
水污染防治先进实用技术汇编

(征求意见稿)

环境保护部
住房和城乡建设部

二〇一四年十二月

前 言

“水体污染控制与治理科技重大专项（以下简称水专项）作为一项重大的科技、民生工程，是落实生态文明建设和创新驱动发展战略的重要内容之一。经过全国近千家科研单位、三万余人的共同努力，水专项第一阶段已初步构建国家流域水污染治理和水环境管理两大技术体系，为国家流域水环境综合治理、饮用水安全保障和水环境管理提供了重要科技支撑，也为我国水污染防治技术全面升级提供了充分储备。

为推动水专项相关技术成果的社会共享和应用转化，为国务院即将发布的《清洁水行动计划》提供科技支撑，水专项牵头组织部门环境保护部和住房城乡建设部对水专项第一阶段实施以来产出的1000多项关键技术进行了评估筛选，遴选出307项技术先进、经济可行、推广简便的代表性技术成果，编制形成《水污染防治先进适用技术汇编》（以下简称《技术汇编》）。

《技术汇编》涵盖行业水污染控制技术（84项）、面源污染控制技术（24项）、水体治理与修复技术（28项）、城镇污水防治与资源化技术（46项）、饮用水安全保障技术（52项）、水质水量调度技术（7项）、水环境监测与预警技术（28项）和水环境管理技术（38项）八个领域，入选技术分别来源于水专项下设的湖泊（56项）、河流（100项）、城市（56项）、饮用水（52项）、监控预警（34项）和政策（9项）六大主题，都在相关示范工程中得到了应用，并进行了实际实施和第三方监测等过程，具备进一步推广的前景。

《技术汇编》分为技术目录和技术简介两部分。第一部分技术目录中，包含技术名称、技术内容、适用范围和完成单位等信息。

第二部分技术简介中详细阐述了各项技术的具体内容、应用工程与案例、联系单位信息等。由于编制时间有限，未对各项技术的技术经济指标和实际运行情况进行现场核实。

希望本《技术汇编》能为有关管理部门、科研单位和企业在水环境保护与治理工作中提供帮助。

目录

前 言	II
一、 行业水污染控制技术	13
(一) 技术目录	13
(二) 技术简介	23
化工、石化行业废水污染控制技术	23
1、集成技术：煤化工清洁生产技术	23
2、酚氰废水陶瓷膜脱油技术	24
3、酚氰废水全酚萃取技术	25
4、生物强化脱难降解有机物技术	27
5、高氨氮废液氨精馏回收技术	28
6、集成技术：丙烯腈废水处理集成技术	29
7、高氰化物高氨氮废水膜吸收分离技术	30
8、高氰化物、高有毒有机物废水辐射分解处理技术	32
9、有机聚合物颗粒连续砂滤截留技术	33
10、难降解有机废水氧化混凝深度处理技术	34
11、BAF-UF/RO 耦合乙烯废水回用技术	35
12、水基清洗-立式旋转焚烧法油泥中油回收和热利用技术	37
13、微絮凝-接触过滤难降解石化废水回用技术	38
14、多格室脱氮型 MBR 反应技术	39
15、纳滤-亚硝化/厌氧氨氧化-非均相电催化反渗透浓水高效处理技术	41
16、生物定向转化采油污水难降解组分处理技术	42
17、A/O-BAF-UF-RO 化工综合有机废水回用技术	44
18、生物载体+A/O+多参数联合调控强化脱氮关键技术	45
19、高盐分有机工业废水治理与资源化技术	46
20、臭氧高效物化氧化处理技术	48
21、精细化工行业废水脱毒减排深度处理集成工艺	49
22、复杂难降解有毒化工废水新型高效催化转化技术	51
23、高浓度氨氮废水高效吹脱与氨资源化技术	52
24、高浓度苯胺类工业废水资源化处理技术	53
25、高浓度化工废水两相厌氧+二级好氧低能耗处理技术	54
26、脱氨分子筛合成及分子筛交换柱高氨氮废水处理技术	55
27、高毒污染物“高能液态燃灭”技术	57
造纸行业废水污染控制技术	59
28、臭氧微氧化结合气浮的深度脱色技术	59
29、楔形高浓度水解污泥床水解酸化技术	60
30、制浆造纸废水复合仿酶深度处理技术	61
31、造纸过程污泥减量化的综合技术	63
32、废纸造纸废水集成技术	64
制药行业废水污染控制技术	65
33、抗生素高效发酵分离技术	65

34、抗生素废水臭氧芬顿联合催化氧化深度处理技术.....	66
35、Fe/C 微电解含铜黄连素废水处理与铜回收技术.....	67
36、无机陶瓷膜 Vc 发酵醪液渣中古龙酸钠高效分离技术.....	68
37、制药凝结水原位再生技术.....	70
38、水解酸化-接触氧化低浓度磷霉素钠废水处理技术.....	71
39、高级氧化-UASB-MBR 黄连素废水处理集成技术.....	72
40、湿式氧化-磷酸盐结晶高浓度磷霉素钠废水处理与磷回收技术.....	74
41、基于两级分离内循环厌氧为核心的生物制药废水处理技术.....	75
42、生物制药废水双膜（UF+RO）深度处理分质回用技术.....	77
钢铁重金属行业废水污染控制技术.....	78
43、焦化工序导热油替代技术.....	78
44、陶瓷膜预处理除油-强化短程硝化反硝化-臭氧非均相催化氧化焦化废水处理集成技术.....	80
45、混凝-过滤-水质稳定钢铁综合废水回用技术.....	81
46、IT 行业新型有机污染物脱毒减害深度处理和重金属废水与污泥生物处理处置技术.....	83
47、硫化锌精矿搭配锌浸出渣直接浸出关键技术.....	84
48、锌冶炼过程提高镉回收率新工艺.....	86
49、湿法高效除氯及除氯渣的资源化利用技术.....	88
50、沉铁渣的资源化利用关键技术.....	89
51、硫渣资源化利用关键技术.....	91
52、深度净化重金属冶炼废水的多基团复合配位体生物制剂制备.....	92
53、硫酸法钛白粉厂酸性含铁废水深度处理与回用技术.....	93
54、硫铁矿制酸厂酸性含砷废水零排放关键技术.....	95
55、含重金属有机物复合污染废水膜生物法处理技术.....	97
56、用于处理清淤事故下高浓度重金属河水的可渗透吸附反应墙.....	98
57、利用水泥、粉煤灰及硫化物添加剂处理重金属污染底泥技术.....	99
58、水泥、粉煤灰、膨润土及外加剂联合固定技术.....	101
印染、纺织行业废水污染控制技术.....	102
59、单级水封法消除闪蒸汽的冷凝水回收技术.....	102
60、自絮凝法印染废水预处理技术.....	103
61、零价铁强化厌氧还原印染废水处理技术.....	105
62、聚合铝镁高效脱色絮凝剂制备与应用技术.....	106
63、印染综合废水处理集成技术.....	107
64、复合生物酶清洁印染前处理技术.....	108
食品加工行业废水污染控制技术.....	110
65、淀粉糖水解液直接电渗析脱盐技术.....	110
66、丙酮甲醛共沸精馏分离技术.....	111
67、糠醛废液制醋酸钙融雪剂技术.....	111
68、赖氨酸高效发酵与结晶分离技术.....	112
69、豆瓣多级逆流洗涤技术.....	113
70、载体复配 SBR 强化生物脱氮技术.....	114
71、“前置水解酸化+强制内循环改良 UASB+填料 CASS+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术.....	116

72、果汁加工清洁生产工艺改造集成	117
73、食品（果汁）加工行业废水资源化与高质利用关键技术	119
制革行业废水污染控制技术	120
74、制革清洁生产关键技术集成	120
75、制革终端处理关键技术集成	121
76、无机和生物絮凝的耦合预处理+优选硝化菌种的 AO 串联脱氮处理联控技术	123
工业园区混合废水控制技术	124
77、生化尾水的磁性微球树脂吸附深度处理技术	124
78、适度催化氧化联合生物处理的保障技术	125
79、城镇污水协同处理技术	126
80、高盐/超高盐高浓度有机废水复合式厌氧反应器处理技术	127
81、工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术	128
82、高浓度有毒有机化工废水电催化-活性炭厌氧生物流化床预处理技术	130
83、工业行业水污染控制治理投资和运行费用函数建模技术	131
84、水污染物排放许可证全过程管理技术	132
二、面源污染控制技术	135
（一）技术目录	135
（二）技术简介	138
农业面源控制技术	138
1、基于总量削减-盈余回收-流失阻断的菜地氮磷污染综合控制技术	138
2、基于减量和循环利用的稻田污染减排与净化技术	139
3、稻田适时适地养分综合调控氮磷减排技术	140
4、基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术	141
5、农田尾水生态沟渠与缓冲带联合净化技术	142
6、大蒜间作作物定向、快速选择与间作技术	143
7、水稻种植农药水环境污染全程防治集成技术	144
8、富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术	145
9、氮肥后移施用技术	147
10、水稻控释肥育秧箱全量施肥技术	148
养殖面源控制技术	149
11、畜禽粪便和养殖有机垃圾厌氧消化过程消除抑制技术--CSTR 产甲烷反硝化联合 MSBR 短程硝化反硝化技术	149
12、养殖废水碳源碱度自平衡碳氮磷协同处理技术	150
13、养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术	151
14、猪粪、秸秆和厨余垃圾联合堆肥技术	152
15、新型饮水器和两坡段干湿分离养猪生产污水削减技术	153
16、保氮除臭免通气槽式堆肥发酵技术	154
17、山地果畜结合区面源污染控制技术	156
18、农业污染物治理投资和运行费用函数建模技术	157
农村生活面源	158
19、生活污水多介质土壤层耦合处理技术	158
20、立体循环一体化氧化沟技术	159
21、易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术	160
22、复合塔式生物滤池农村生活污水处理技术	161

23、高效生物生态景观联动处理技术.....	162
24、生活垃圾与生活污水共处置新型沼气池技术.....	164
三、 水体治理与修复技术.....	166
（一）技术目录.....	166
（二）技术简介.....	169
1、湖口区污染物拦截前置库构建技术.....	169
2、有毒有害污染底泥环保疏浚技术.....	172
3、疏浚底泥快速脱水干化技术.....	173
4、复合型污染河道水体强化生物接触氧化-多级人工湿地组合处理技术.....	174
5、“稳定塘—湿地”尾水生态净化技术.....	175
6、湖滨区污染控制成套技术.....	177
7、湖滨-缓冲带生态建设成套技术.....	179
8、一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船技术.....	182
9、富藻水腐熟水解—厌氧—缺氧好氧氧化—生态处理技术.....	183
10、大型仿生式水面蓝藻清除技术与设备.....	184
11、可隐没式智能蓝藻拦截与导流技术.....	186
12、洱海水生植被防退化技术.....	188
13、鱼类群落结构调控技术.....	192
14、水生植物群落重建及生物多样性恢复技术.....	193
15、北方缺水湖泊湖滨带恢复关键技术.....	194
16、城市湖泊生态修复与文化景观协调建设原理和技术.....	195
17、北方寒冷地区 A/O-人工湿地组合工艺污水处理技术.....	196
18、城镇污水处理厂出水生态湿地净化技术.....	197
19、河道-湿地-前置库水质改善技术.....	199
20、再生水调蓄湖库生态构建与水质净化技术.....	200
21、大型水生植物适度调控藻类富营养化技术.....	201
22、大型底栖生物和沉水植物联合调控富营养化技术.....	202
23、基于白洋淀氮、磷控制的水生植物平衡收割与资源化利用技术.....	204
24、以沉水植物评价水体稳态类型的技术.....	205
25、城区河道水质净化与生态修复集成技术.....	207
26、景观水体化学-微生物-水生植物复合强化净化与藻类过度生长控制技术.....	208
27、滨海地区景观水体构建技术.....	209
28、城市河湖水系水质保障与修复技术.....	210
四、 城镇污水防治与资源化技术.....	213
（一）技术目录.....	213
（二）技术简介.....	219
城镇污水深度处理技术.....	219
1、三相内循环生物膜处理技术.....	219
2、好氧/准好氧单级自养脱氮填埋场渗滤液减质减量技术——一种单级自养脱氮反应器的启动方法.....	221
3、微好氧双膜处理技术.....	222
4、寒冷地区城市污水底部曝气氧化沟处理技术.....	224
5、新型磁性树脂制备与产业化技术.....	226
6、生活垃圾转运站渗滤液快速处理技术.....	227

7、A ² O 工艺优化与强化脱氮技术	228
8、微絮凝-砂滤深度处理工艺优化与自动加药系统	231
9、污水再生处理雾化曝气臭氧氧化技术	232
10、MBR 强化脱氮除磷技术	233
11、城镇污水处理厌氧缺氧硝化曝气生物滤池	235
12、微孔曝气变速氧化沟技术	236
13、小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术	237
14、小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术	238
15、城市污水厂 A ² O 工艺功能提升“精细化”调控技术	240
16、氧化沟工艺污水厂功能提升调控技术	240
17、库区生活污水与垃圾渗滤液协同处理技术	242
18、强化初期雨水处理的库区污水厂优化运行调控技术	243
19、山地小城镇污水自然曝气渠道式下水道处理技术	245
20、山地小城镇序批式人工湿地污水处理技术	246
21、山地小城镇污水处理复合式人工湿地技术	247
22、不同进水水质和出水要求的氧化沟处理工艺的升级改造工艺技术	249
23、村镇低碳氮比污水高效低耗分散就地净化组合技术	250
24、利用地形势能的小型污水处理曝气设备成套化技术	251
25、强化氮磷营养盐控制适用于三峡库区乡镇污水处理的新工艺	252
26、厂矿区混排污水集成生态处理技术	253
污泥处置处理技术	255
27、环境友好型高效污泥转盘干化技术与设备	255
28、热泵辅助污泥厌氧消化技术与设备	256
29、剩余污泥水热处理技术	257
30、污泥底泥联合高温烧结制备陶粒技术	258
31、城市污水厂湿污泥生物发酵制营养土	259
32、污泥复合循环流态化清洁焚烧技术	260
33、污泥干化焚烧污染物控制技术	261
再生水技术	263
34、基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术	263
35、工业园区生化尾水深度处理与回用技术	264
36、不同途径回用的城市污水再生处理关键技术	265
37、回用水补水条件下的水体水质保障关键技术	268
城镇污水控制技术	269
38、新型室外负压污水抽吸技术	269
39、大管径排水管道清淤技术	270
40、截流式合流制排水系统溢流污染控制集成技术	271
41、分流制排水系统雨水管网混接识别与改造技术	273
42、合流管网的源-流-汇综合降污集成技术	274
43、老城区滨河带适宜性真空截污技术	276
44、雨水径流时空分质收集处理技术	278
45、山地城市面源污染控制技术	278
46、村镇生态型排水技术	279
五、 饮用水安全保障技术	282

（一）技术目录.....	282
（二）技术简介.....	289
水源水质调控技术.....	289
1. 受污染河网原水水质湿地调控技术.....	289
2. 引黄水库水源系统渠库多级水质净化技术.....	292
3. 强潮河口水库泄水抑咸避咸调度技术.....	294
4. 水库群水质动态过程评价与水质水量反馈调度控制技术.....	296
5. 长距离原水管水质优化控制技术.....	297
6. 备用水源建设的工程设计技术.....	299
7. 农村高密度养殖区水源保护组合处理技术.....	302
8. 农村库泊型饮用水水源污染控制模式与适用技术.....	303
水厂净化处理技术.....	305
9. 高氨氮和高有机物污染河网原水典型工艺优化组合技术.....	305
10. 高速曝气生物滤池预处理技术.....	306
11. 曝气生物流化池预处理-强化混凝技术.....	307
12. 高藻水强化去除组合工艺.....	308
13. 活化沸石吸附-混凝沉淀-气浮耦合水质净化技术.....	309
14. 炭砂滤池短流程深度处理技术.....	310
15. 基于加氨的含溴离子原水臭氧氧化副产物溴酸盐抑制技术.....	311
16. 基于氨氮和过氧化氢的溴酸盐控制技术.....	312
17. 臭氧-活性炭深度处理工艺微型动物控制技术.....	313
18. 中小水厂膜组合工艺.....	315
19. 大型水厂超滤膜过滤组合工艺及运行优化技术.....	316
20. 高藻高氨氮湖库原水多级屏障水质净化技术.....	317
21. 季节性污染水源常规工艺强化处理技术.....	318
22. 臭氧-微膨胀上向流生物活性炭-砂滤集成技术.....	320
23. 复合金属氧化物吸附-接触过滤强化除砷技术.....	321
24. 地下水氨氮、铁锰同步生物去除技术.....	322
25. 小规模水厂铁锰去除技术.....	323
26. 南水北调来水处理技术.....	324
27. 农村小型水厂技术升级改造技术.....	325
28. 分散水源慢滤设备.....	327
29. 小型一体化超滤膜水质净化设备.....	328
30. 含氟地下水改性活性氧化铝处理技术.....	329
31. 海岛多水源原水水质净化技术集成.....	331
管网安全输配技术.....	333
32. 山地城市多级加压供水系统优化设计技术.....	333
33. 基于模型的管网优化运行控制技术.....	334
34. 水源切换管网黄水预测、预防与控制技术.....	337
35. 县镇联片管网安全供水技术.....	338
36. 城市间协同供水联合调度技术.....	339
水质监测材料与设备.....	341
37. 供水水质检测用标准物质.....	341
38. 颗粒物计数仪.....	342

39.	基于发光菌的生物毒性监测设备.....	343
40.	基于水生生物的水质在线生物安全预警设备(BEWs).....	344
41.	智能化多参数水质在线监测设备.....	346
42.	免化学试剂在线水质检测设备.....	348
管理技术.....		349
43.	基于我国饮用水消费习惯的污染物健康风险评估技术.....	349
44.	供水绩效评估管理技术.....	351
45.	地表水饮用水源保护区划分技术.....	353
46.	生活饮用水水源水质标准制定技术.....	355
47.	饮用水水质监测标准化技术.....	356
48.	三级水质监测网络构建技术.....	357
49.	水质信息管理系统构建及可视化技术.....	360
50.	水厂应急净化技术.....	362
51.	供水系统规划调控技术.....	365
52.	水质督察支撑技术.....	367
六、	水质水量调度技术.....	369
(一) 技术目录.....		369
(二) 技术简介.....		370
1、	流域水质水量耦合模拟技术.....	370
2、	太子河流域水质水量优化配置仿真模型技术.....	373
3、	区域尺度再生水资源调配及循环利用技术.....	374
4、	多闸坝分布式河流水质水量耦合模拟技术.....	376
5、	洪污发生、发展与时空演变的全过程预警预报技术.....	377
6、	闸坝群水质一水量多目标联合调度及风险分析技术.....	378
7、	闸坝群水质水量联合调度决策支持内嵌式耦合技术.....	380
七、	水环境监测与预警技术.....	383
(一) 技术目录.....		383
(二) 技术简介.....		387
监测与识别技术.....		387
1、	流域水环境优控有机污染物筛选方法关键技术.....	387
2、	便携式水体藻类原位荧光快速监测仪研制技术.....	389
3、	麦穗鱼活体急性毒性测定新技术.....	390
4、	双向散射式水体浊度自动测量仪研制新技术.....	392
5、	微纳米结构薄膜电极 COD 便携式检测仪研制新技术.....	393
6、	蓝藻水华生消过程遥感定量监测技术.....	394
7、	流域水环境沉积物质量评价技术.....	394
8、	流域水生生物监测技术.....	396
9、	流域风险污染物快速测定技术.....	397
10、	松花江流域风险评估技术.....	398
11、	毒害污染物生态风险评估技术.....	400
12、	生物毒性测试东江流域代表性生物种选育技术.....	401
13、	东江流域排水与水体生物毒性测试、快速检测技术.....	402
14、	东江水系典型水生生物鉴定系统与监测规范.....	403
15、	基于 ASV/PSA 方法的铅、镉、砷等分析检测新技术.....	405

16、铅、镉、砷等新型离子的选择电极检测技术.....	407
17、太湖有毒有害与高氮磷污染底泥勘测鉴别评估技术.....	408
18、管道视频检测机器人及其控制、视频采集、记录技术.....	410
预警技术.....	411
19、突发性水环境风险应急生态风险评估技术.....	411
20、流域水环境风险评估与预警数据集成与共享平台系统技术.....	412
21、流域水环境突发型风险预警与控制技术.....	414
22、流域水环境累积型风险分级预警技术.....	417
23、浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术.....	422
24、城市水环境安全监管信息平台.....	424
25、排水管道结构性安全监控及预警技术.....	425
26、排水管道有害气体安全监控与预警技术.....	426
27、废水生物抑制性实时监控技术.....	427
28、排水管网有毒有害工业废水的实时在线监测、预警及污水厂联动调控技术.....	427
八、水环境管理技术.....	430
（一）技术目录.....	430
（二）技术简介.....	435
1、基于地统计学的流域环境要素的空间异质性分析技术.....	435
2、基于 ISODATA 多元空间聚类的流域水生态功能区定量划分技术.....	439
3、基于主动性指标选择的河流健康综合评估技术.....	442
4、基于水陆因子关联度分析的水生态功能区指标筛选技术.....	445
5、水质基准水效应比（WER）技术.....	448
6、最少毒性数据需求（MTDR）技术.....	451
7、基于浮游生物完整性指标的流域水环境生态学基准制定技术.....	453
8、基于相平衡的沉积物质量基准制定技术.....	456
9、流域水生态承载力多指标评价方法技术.....	461
10、少资料流域水污染物总量分配技术方法:负荷历时曲线（LDC）.....	463
11、多要素耦合的控制单元划分技术.....	466
12、允许纳污量计算的稳态设计水文条件选择技术.....	470
13、基于正算法与情景分析法的控制单元允许排放量计算方法.....	474
14、山区水库型控制单元水质目标管理技术.....	476
15、河网型控制单元水质目标管理技术.....	478
16、城市河段控制单元水质目标管理技术.....	480
17、感潮河段控制单元水质目标管理技术.....	482
18、北方缺水型河流水质目标管理技术.....	485
19、太湖流域基于控制单元的水质目标管理技术（TMML 技术）.....	488
20、污染防治最佳可行技术评估程序与方法.....	492
21、印刷线路板、化工涂料、制革（轻工）行业微量有毒有害污染物单元处理技术及集成技术评估.....	496
22、基于计量经济模型、投入产出模型的中长期水环境宏观形势预测技术方法.....	501
23、水污染防治政策的社会经济影响分析技术.....	503
24、水污染防治政策评估技术指南.....	506
25、水环境管理公共政策的公平和效率分析技术.....	508
26、水污染防治政策的绩效分离技术.....	510

27、全成本水价定价方法.....	512
28、利用计量经济学模型研究产业结构—污染物排放关联性.....	514
29、河网总量控制目标制定与小区域分配技术.....	516
30、大型水库蓄水运用初期敏感水环境问题识别诊断和生态安全评价关键技术.....	518
31、水质安全保障分区关键技术.....	519
32、区域社会经济结构、发展模式与水环境承载能力量化模拟技术.....	521
33、松花江水环境质量管理决策支持系统.....	523
34、山地城市排水系统安全与城市径流污染控制信息管理技术.....	525
35、城市水环境系统动态仿真及规划决策支持系统构建技术.....	526
36、城市污水处理系统运行绩效评价技术.....	526
37、我国小城镇水污染治理目标管理与决策技术.....	528
38、典型城市排水系统模式优化选择和溢流污染治理方法.....	529

一、 行业水污染控制技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
化工、石化行业废水污染控制技术						
1	集成技术：煤化工清洁生产技术	煤化工剩余氨水经气浮脱油，陶瓷膜过滤脱油，萃取脱酚/高效蒸氨后回收有价值组分后经厌氧水解后强化生物脱碳脱氮，混凝处理后过滤，高级氧化处理后经曝气生物滤池，实现合格排放或者较高水质回用。	煤焦化、煤气化等行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	23
2	酚氰废水陶瓷膜脱油技术	开发一种内置绕流件的抗堵塞、高通量的陶瓷膜过滤器，悬浮物去除率接近 80%，表面浮油去除率 60%，多环芳烃类物质去除率接近 100%。	煤焦化、煤气化等行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	24
3	酚氰废水全酚萃取技术	开发了全酚油高效协同萃取剂，同步萃取单元酚、多元酚及杂环化合物，提高萃取脱酚效率，且萃取剂溶解度小，成本低。	煤焦化、煤气化等行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	25
4	生物强化脱难降解有机物技术	采用外循环厌氧共代谢工艺促进难降解有机物降解，后接好氧-缺氧生物膜工艺，实现废水 COD 去除率达到 80%，总酚去除率 85%以上，氨氮去除率 50%以上。	煤气化等行业废水	哈尔滨工业大学	河流	27
5	高氨氮废液氨精馏回收技术	通过热解络合-分子精馏技术实现废水中重金属与氨氮的分离；通过塔内件设计和表面处理、添加阻垢分散剂，保证设备长期稳定运行，实现过程全自动运行。	煤气化、焦化、有色冶金、稀土、电池等行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	28
6	集成技术：丙烯腈废水处理集成技术	“膜分离-辐射分解-生物处理”工艺，充分发挥膜分离、辐射分解和生物处理等多种方法的优越性和互补性，同时实现资源的回收和污染物的减排。	丙烯腈废水的预处理	中国环境科学研究院、清华大学	河流	29
7	高氰化物高氨氮废水膜吸收分离技术	丙烯腈废水经过滤去除悬浮颗粒杂质后，用 NaOH 调节 pH 至 11~12；以稀 H ₂ SO ₄ 为吸收剂，膜吸收回收铵盐；然后用 H ₂ SO ₄ 调节废水 pH 至 5~6，以 NaOH 溶液为吸收剂，膜吸收回收 NaCN。	丙烯腈废水的预处理，分离回收高浓度的氰化物和氨氮	中国环境科学研究院、清华大学	河流	30

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
8	高氰化物、高有毒有机物废水辐射分解处理技术	研究了适用于废水处理的自屏蔽电子加速器,利用该电子加速器对废水进行辐照处理,实现氰化物和有毒有机物的降解。	丙烯腈废水的预处理	中国环境科学研究院、清华大学	河流	32
9	有机聚合物颗粒连续砂滤截留技术	首先采用聚合物截留去除的自动反冲洗连续砂滤技术去除废水中的悬浮颗粒物(有机高分子聚合物),减少了颗粒物对生物处理单元的影响;然后利用投加改性生物填料的 A/O 生物膜处理单元实现废水中的 DMAC 和丙烯腈的有效去除;最后采用氧化混凝技术实现废水中难降解有机化合物的有效去除,使出水达标排放。	化纤(腈纶)含 DMAC 废水处理	中国环境科学研究院	河流	33
10	难降解有机废水氧化混凝深度处理技术	同时发挥氧化和混凝的作用:氧化使部分难降解物质、胶体物质降解转化、改变表面电荷,氧化反应产物作为混凝剂,通过电中和、吸附架桥和网捕卷扫作用,进一步去除污染物。	化纤(腈纶)含 DMAC 废水处理	中国环境科学研究院	河流	34
11	BAF-UF/RO 耦合乙烯废水回用技术	开发曝气生物滤池新型生物陶粒填料,对填料、超滤反渗透膜材质、清洗药剂、方法及周期进行选择 and 调节,使各处理单元耦合集成。	石化行业——废水回用	辽宁省环境科学研究院	河流	35
12	水基清洗-立式旋转焚烧法油泥中油回收和热利用技术	以生物-物化协同为工艺核心,利用生物代谢对污染物进行定向转化;以两步焚烧法对难脱附油泥进行热能利用,以电动修复法对低浓度油泥进行深度处置。	石化行业——油泥处理	中国科学院沈阳应用生态研究所	河流	37
13	微絮凝-接触过滤难降解石化废水回用技术	在过滤前不设沉淀工序,通过加入一定量的絮凝剂在短时间内形成微小絮凝体,然后立即进入池滤,絮凝反应在滤池中进行。	石化行业——废水资源化	大连理工大学	河流	38
14	多格室脱氮型 MBR 反应器技术	集成 A/O、接触氧化、膜分离等工艺,兼具颗粒污泥、生物膜、活性污泥等多种生物形态,生物量大,脱氮效果好、耐冲击,运行管理简单。	石化行业——废水处理	中国环境科学研究院	河流	39
15	纳滤-亚硝化/厌氧氨氧化-非均相电催化反渗透浓水高效处理技术	应用厌氧氨氧化来完成缺乏有机碳源的高浓度 NH_4^+-N 废水的高效生物脱氮,并耦合纳滤技术完成硝化抑制剂的有效分离,并利用非均相电催化技术快速降解有机污染物,可实现对膜法浓水的脱碳、除氮的功能和对实际有机物污	石化行业——膜法浓水处理	大连理工大学	河流	41

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		染废水的高效处理。				
16	生物定向转化采油污水难降解组分处理技术	研发了适合辽河油田采油污水的复合型微生物菌剂,实现了采油污水难降解组分在厌氧生物反应器中的定向转化。	石化行业——采油污水处理	中国科学院沈阳应用生态研究所	河流	42
17	A/O-BAF-UF-R O 化工综合有机废水回用技术	利用 A/O 工艺调整污水水质,降解有机污染物,脱除部分氮磷;耦合 BAF 保障外排水水质,为后续膜处理工艺奠定基础;再以双膜法解决 TDS 等污染物的去除,实现回用锅炉或冷却水目标。	石化行业——废水处理	中国科学院沈阳应用生态研究所	河流	44
18	生物载体+A/O+多参数联合调控强化脱氮关键技术	通过 A/O 好氧反应池内悬浮载体挂膜后表面存在丰富的生物相,促进了处理系统的生物多样性,营造了丰富的硝化菌群、建立了特殊的生物薄膜结构。通过运行参数的在线检测及反馈,实现处理工艺的优化调控。	合成氨废水	郑州大学	河流	45
19	高盐分有机工业废水治理与资源化技术	基于耐盐型特种吸附材料,实现高盐分有机工业废水中水溶性难降解污染物的去除及资源回收。	高含盐(>3%)、难生物降解有毒有机工业废水	江苏南大金山环保科技有限公司	河流	46
20	臭氧高效物化氧化处理技术	该集成设备在高效去除有机物的同时,还可有效地强化含 N 杂环类及氨基化合物的氨化作用。	石化行业——废水处理	中国环境科学研究院、大连理工大学	河流	48
21	精细化工行业废水脱毒减排深度处理集成工艺	强化絮凝—深度催化氧化—选择性吸附。	精细化工行业废水	华南理工大学科技开发公司、广东工业大学	河流	49
22	复杂难降解有毒化工废水新型高效催化转化技术	利用光、电、波对催化剂的协同效应激发产生高密度均匀分布的·OH 自由基,从而降解难降解有毒污染物。	化工废水中含盐、高浓度、难降解、有毒废水的预处理	南京工业大学	湖泊	51
23	高浓度氨氮废水高效吹脱与氨资源化技术	基于传统氨氮吹脱技术,改进吹脱塔塔内件、采用新型高效填料及优化工艺,提高氨氮脱除效率,降低能耗。	含高浓度氨氮废水的资源化处理	南京工业大学	湖泊	52

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
24	高浓度苯胺类工业废水资源化处理技术	经对吸附树脂表面化学修饰及脱附工艺的优化,开发氨基修饰的复合功能树脂吸附为核心的资源化处理工艺。	含高浓度苯胺类工业废水的资源化处理	南京大学	湖泊	53
25	高浓度化工废水两相厌氧+二级好氧低能耗处理技术	两相厌氧的产酸和产甲烷阶段分别在两个独立的反应器反应;二级好氧第一级高负荷,而第二级低负荷。	可生化性较好的高浓度化工废水处理	江苏省环境科学研究院	湖泊	54
26	脱氨分子筛合成及分子筛交换柱高氨氮废水处理技术	分时利用碱酸快速活化交换剂的方法,改进的射流抽气器和自力式稳压装置。	去除废水中油类和烃类等有机物	中国水利水电科学研究院	湖泊	55
27	高毒污染物“高能液态燃灭”技术	利用水在超临界条件下特性,有机污染物完全氧化、二次污染小;经超临界水热氧化反应,C转化为CO ₂ ,H转化为H ₂ O。	石油、化工、医药、军工等高毒性有机废水	上海交通大学	湖泊	57
造纸行业废水污染控制技术						
28	臭氧微氧化结合气浮的深度脱色技术	将臭氧氧化法的“氧化分解发色基团、促进絮凝作用”与离子气浮法的“高密度离子气泡混凝去除有机物”两方面的技术优势结合。	制浆造纸废水	郑州大学	河流	59
29	楔形高浓度水解污泥床水解酸化技术	采用楔形池体结构反应器,利用池体水平截面积的变化,形成高低流速变化区间。不同沉降速度的污泥就能悬浮在反应器中,形成高浓度污泥床,从而大幅度提高反应速率,并有效降低成本。	废纸造纸废水	郑州大学	河流	60
30	制浆造纸废水复合仿酶深度处理技术	该技术通过复合仿酶催化,将溶解性有机污染物转化为不溶性物质,再通过固液分离手段实现废水净化。	各种制浆废水	山东大学	河流	61
31	造纸过程污泥减量化的综合技术	采用纤维回用系统与一沉池污泥分级回用,加强纤维回收,采用高负荷厌氧技术大幅度降低剩余生物污泥量,实现污泥减量化。	适用于各类制浆造纸厂,处理滤水性差,留着率低的造纸污泥	陕西省环境科学研究设计院、西安交通大学	河流	63
32	废纸造纸废水集成技术	厌氧采用IC反应器,好氧采用A/O工艺;氧化工艺采用Fenton氧化。	以废纸为原料造纸	江苏省环境科学研究院	湖泊	64

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
			企业产生的废水			
制药行业废水污染控制技术						
33	抗生素高效发酵分离技术	复合絮凝剂开发,生物破乳剂和化学助剂复配优化。	抗生素行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	65
34	抗生素废水臭氧芬顿联合催化氧化深度处理技术	臭氧芬顿联合催化氧化技术。	抗生素行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	66
35	Fe/C微电解含铜黄连素废水处理与铜回收技术	采用 Fe-C 微电解技术处理高浓度含铜黄连素制药废水,通过活性炭的吸附以及絮凝沉淀作用去除大量 COD, 提高废水的可生化性。	制药行业——黄连素废水	中国环境科学研究院	河流	67
36	无机陶瓷膜 Vc 发酵醪液渣中古龙酸钠高效分离技术	采用无机陶瓷膜分离技术代替原有的絮凝-沉淀技术, 高效分离回收 VC 发酵醪液渣中的古龙酸钠。	制药行业——VC 发酵醪液渣资源化	北京碧水源有限公司、中国环境科学研究院	河流	68
37	制药凝结水原位再生技术	采用反渗透技术原位再生,将凝结水制备为纯水, 满足提取工段纯水需求。	制药行业——冷凝水回收	北京碧水源有限公司、中国环境科学研究院	河流	70
38	水解酸化-接触氧化低浓度磷霉素钠废水处理技术	将厌氧微生物控制在水解酸化的环境条件下,将难生物降解高分子有机底物转化为易降解的简单有机物,降低磷霉素钠生物毒性,改善和提高磷霉素钠废水可生化性的功能。	制药行业——综合废水处理	中国环境科学研究院	河流	71
39	高级氧化-UASB-MBR 黄连素废水处理集成技术	制药废水经脉冲电絮凝物化预处理单元或臭氧氧化预处理提高可生化性后依次进入 UASB、MBR 生化单元进行水解酸化和好氧生物作用,最后经膜过滤处理后出水。	制药行业——黄连素废水处理	中国环境科学研究院	河流	72
40	湿式氧化-磷酸盐结晶高浓度磷霉素钠废水处理与磷回收技术	针对高浓度磷霉素钠废水,在湿式氧化条件下,利用分子氧破坏磷霉素废水中高浓度有机磷化合物 C-P 键,实现 P 的无机化,再采用磷酸钙和磷酸铵镁结晶沉淀方法对废水中无机化磷酸盐进行回收。	制药行业——磷霉素钠废水处理与资源化	中国环境科学研究院	河流	74
41	基于两级分离内循环厌氧为核心的生物制药废水	突破气液固三相分离器的设计优化及分离效果研究、IC 反应器的水力学优化研究、IC 启动和运行特性研究、IC	高浓度生物发酵制药废水处理	南京大学	河流	75

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	处理技术	关键调控参数的优化研究,提高了两级分离内循环厌氧反应器的复合和处理效果。	理			
42	生物制药废水双膜(UF+RO)深度处理分质回用技术	采用 PVDF 帘式膜组件有效地进行固液分离;针对反渗透膜易污染的特性,改变布水方式防止膜的污染;采用离线清洗方法对膜进行清洗。	高浓度生物发酵制药废水处理	南京大学	河流	77
钢铁重金属行业废水污染控制技术						
43	焦化工序导热油替代技术	用高温分离式热管回收的荒煤气 450℃ 以上的高温段余热传递给导热油,再用被加热的高温导热油为焦化化工序提供热量,降温后用热油循环泵压送到荒煤气显热回收装置,形成密闭循环加热系统,不断地为用热设备提供热量。	冶金行业——能源节约	东北大学	河流	78
44	陶瓷膜预处理除油-强化短程硝化反硝化-臭氧非均相催化氧化焦化废水处理集成技术	形成的关键技术包括:抗污染陶瓷膜除油技术、生物强化脱碳脱氮技术、基于极性有机物和总氰高效去除的高效混凝剂、催化臭氧氧化技术和吸附分离-化学催化氧化再生技术等。	冶金行业——焦化废水处理	中国科学院过程工程研究所	河流	80
45	混凝-过滤-水质稳定钢铁综合废水回用技术	利用高效聚硅铝絮凝剂钢铁综合废水进行预除浊,进一步利用聚合氯化铝与氢氧化钠复配使用结合高密度沉淀工艺有效地去除废水的硬度和碱度。	冶金行业——钢铁废水处理	大连理工大学	河流	81
46	IT行业新型有机污染物脱毒减害深度处理和重金属废水与污泥生物处理处置技术	该技术集成了“微生物强化脱毒+常规二级生物处理+高级氧化脱毒”的工艺。	新型有机污染物脱毒减害/重金属废水与污泥处理	环境保护部华南环境科学研究所、中山大学	河流	83
47	硫化锌精矿搭配锌浸出渣直接浸出关键技术	针对设计的逆流工艺中出现的问题,采用“顺流浸出”工艺优化方案,将“低浸”与“高浸”串联浸出。	锌冶炼清洁生产	北京大学、中南大学	河流	84
48	锌冶炼过程提高镉回收率新工艺	将氧化锌三段浸出改为两段浸出和氧化锌酸上清直接萃取提镉新工艺。	锌冶炼清洁生产	北京大学、中南大学	河流	86
49	湿法高效除氯及除氯渣的资源化利用技术	利用铜及二价铜离子与溶液中的氯离子相互作用,生成难溶的氯化亚铜沉淀,进而从溶液中将氯除去。	锌冶炼清洁生产	北京大学、中南大学	河流	88
50	沉铁渣的资源化	焦比在 40-60%之间,反应温度应当控	锌冶炼清	北京大学、	河流	89

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	利用关键技术	制在于 1100-1200℃ 的范围内, 反应时间一般在 30-60 分钟。	洁生产	中南大学		
51	硫渣资源化利用关键技术	考察了硫磺添加量等因素对硫磺胶凝材料制备的影响, 以实现硫磺渣的资源利用以及其他废渣的无害化处理。	锌冶炼清洁生产	北京大学、中南大学	河流	91
52	深度净化重金属冶炼废水的多基团复合配位体生物制剂制备	利用这三种重金属耐受细菌, 通过将菌种活化、培养、收集、洗涤、烘干、研磨即制备得到三种除铅的非活性生物吸附剂。	冶炼行业重金属废水处理	北京大学、中南大学	河流	92
53	硫酸法钛白粉厂酸性含铁废水深度处理与回用技术	由三个部分组成: 钛白粉酸性含铁废水分步中和氧化除铁新方法, 高钙钛白废水混凝共沉淀降钙新工艺和钛白粉酸性含铁废水除铁脱钙一体化新方法。	化工行业含铁含重金属废水处理	北京大学、湘潭大学	河流	93
54	硫铁矿制酸厂酸性含砷废水零排放关键技术	由两部分组成: 碱性高钙废水低浓度二氧化碳脱钙的方法和碱性高钙废水二氧化碳与碳酸钠脱钙的新方法。	化工行业含铁含重金属废水处理	北京大学、湘潭大学	河流	95
55	含重金属有机物复合污染废水膜生物法处理技术	由三部分组成: 生物气循环式电磁厌氧膜生物反应器, 磁性微生物载体材料 and 好氧 MBR 反应器。	化工行业含铁含重金属废水处理	北京大学、湘潭大学	河流	97
56	用于处理清淤事故下高浓度重金属河水的可渗透吸附反应墙	可渗透吸附反应墙是一种原位被动修复技术, 污染物与墙体材料发生反应而被吸附, 从而达到去除污染物、修复受污染水体的目的。	内源重金属污染	北京大学、湖南大学	河流	98
57	利用水泥、粉煤灰及硫化物添加剂处理重金属污染底泥技术	利用工业废物粉煤灰、固化剂水泥以及硫化物添加剂安全处理处置霞湾港清淤底泥技术。	内源重金属污染	北京大学、湖南大学	河流	99
58	水泥、粉煤灰、膨润土及外加剂联合固定技术	通过添加外加剂为硝酸钙、亚硝酸钠、偏铝酸钠、硫酸钠、木质素磺酸钠、十二烷基硫酸钠和三乙醇胺的全部混合物, 增加了底泥固化体的抗压强度。	内源重金属污染	北京大学、湖南大学	河流	101
印染、纺织行业废水污染控制技术						
59	单级水封法消除闪蒸汽的冷凝水回收技术	采用高温高压蒸汽经管道进入轧染车间耗汽设备-烘干机烘筒及烘箱热交换器, 经过热交换, 得到冷凝水; 采用水封装置消除闪蒸汽, 利用一定高度的静水压力抵抗冷凝水回收系统的输水管内气压变化, 提高冷凝水和余热回收	印染行业——冷凝水回用	大连理工大学	河流	102

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		率。				
60	自絮凝法印染废水预处理技术	利用各类染料电中和作用能使其发生絮凝作用,实现部分有机物杂质的处理。	印染行业——废水处理	大连理工大学	河流	103
61	零价铁强化厌氧还原印染废水处理技术	开发一种新型厌氧与物化相结合的处理技术-零价铁强化厌氧处理技术:将零价铁置于厌氧反应器内,利用零价铁对厌氧还原的增强作用,实现印染废水的高效脱色和 COD 去除。	印染行业——废水处理	大连理工大学	河流	105
62	聚合铝镁高效脱色絮凝剂制备与应用技术	利用当地丰富镁矿资源,采用热熔-复配二步工艺制备出聚合铝镁复合混凝剂,用于印染废水的高效脱色和 COD 去除。	印染行业——废水处理	中国科学院生态环境研究中心	河流	106
63	印染综合废水集成技术	采用“调节—厌氧水解—A/O (PACT)—高效澄清—过滤”组合工艺处理印染综合废水。	印染综合废水或以印染为主的工业园区废水处理	江苏省环境科学研究院	湖泊	107
64	复合生物酶清洁印染前处理技术	研制了复合酶制剂 wck-3 和 wck-d,通过可变性活化体系,严格控制不同阶段的 pH 值,解决了因工艺条件无法统一而复合酶中各单酶的效用减弱的问题。	棉纱和棉针织物染整加工中的精炼过程,以及练漂后的去除织物上的残留 H ₂ O ₂	清华大学	城市	108
食品加工行业废水污染控制技术						
65	淀粉糖水解液直接电渗析脱盐技术	玉米淀粉液化及糖化—粗过滤—膜过滤—颗粒活性炭脱色—电渗析脱盐—蒸发浓缩—结晶。	玉米深加工行业	中国科学院过程工程研究所	河流	110
66	丙酮甲醛共沸精馏分离技术	萃取精馏溶剂组成优化,萃取精馏和溶剂回收的双塔工艺模拟优化。	玉米芯制糠醛行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	111
67	糠醛废液制醋酸钙融雪剂技术	利用糠醛生产的塔底废水制备环保型融雪剂。	玉米芯制糠醛行业废水	中国科学院过程工程研究所	河流	111
68	赖氨酸高效发酵与结晶分离技术	发酵液—预处理—膜过滤—浓缩—直接结晶—分离—干燥—产品。	玉米深加工行业	中国科学院过程工程研	河流	112

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
				究所		
69	豆瓣多级逆流洗涤技术	豆粕中蛋白质精确识别技术,蛋白质释放行为及解聚机理,基于 pH 梯度的多级逆流提取工艺。	大豆深加工	中国科学院过程工程研究所	河流	113
70	载体复配 SBR 强化生物脱氮技术	通过填料篮装置,提高了挂膜速度,硝化菌大量固着增殖,起到了对味精废水进行强化深度脱氮的效果。	高含氮有机发酵废水	郑州大学	河流	114
71	前置水解酸化+强制内循环改良 UASB 集成技术	前置水解酸化均质均量技术与改良 UASB 结合,水解酸化可去除部分 SS 并降低改良 UASB 进水负荷,改良 UASB 通过增设内循环系统利用回流使反应器的升流速度恒定。	酒精废水	郑州大学	河流	116
72	果汁加工清洁生产工艺改造集成技术	工艺优化,结合高效厌氧技术、供气式低压射流曝气器和深沟型氧化沟技术,实现无线传输和中央控制。	适用于果汁生产这类生产用水量大,耗能高,生产废水排放量大,浓度高低碱度偏酸性的企业	陕西省环境科学研究设计院、西安交通大学	河流	117
73	食品(果汁)加工行业废水资源化与高质利用关键技术	生产工艺优化,在无线网络控制下,利用高效生物技术处理生产废水,减少污泥排放,并应用新式厌氧发酵技术处理固废,实现沼气应用。	适用于果汁生产企业	陕西省环境科学研究设计院、西安交通大学	河流	119
制革行业废水污染控制技术						
74	制革清洁生产关键技术集成	以“保毛脱毛、无铵脱灰、高吸收铬鞣、操作液回用”为主导的牛皮制革清洁生产技术集成。	牛皮制革生产传统工艺改造	安徽省环境科学研究院、陕西科技大学	河流	120
75	制革终端处理关键技术集成	通过两段厌氧+硫化物化学吸收集成技术,联合 UHF 和 SBR 工艺。	制革行业综合废水处理	郑州大学、南京大学	河流	121
76	无机和生物絮凝的耦合预处理+优选硝化菌种的 AO 串联脱氮处理联控技术	开发经济高效,集脱铬、脱硫、脱色、除 SS 多功能于一体的预处理絮凝剂。成功开发 A/O 复配脱氮处理技术,保证了系统对氨氮的稳定去除。	皮革废水	郑州大学	河流	123

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
工业园区混合废水控制技术						
77	生化尾水磁性微球树脂吸附深度处理技术	利用磁性微球离子交换树脂对生化尾水中水溶性有机污染物的离子交换、氢键等多重作用，实现高效快速去除。	废水量较大的印染、工业园区污水处理厂等生化尾水的深度处理	南京大学	湖泊	124
78	适度催化氧化联合生物处理保障技术	通过寻求催化氧化与生物处理的最佳结合点，降低药剂费用，改善可生化性，最大限度发挥生物处理优点。	主要用于经过二级处理的工业废水末端出水	北京国环清华环境工程设计研究院有限公司	城市	125
79	城镇污废水协同处理技术	采用“水解酸化-活性污泥-混凝沉淀-曝气生物滤池”（HOCB）工艺，活性污泥仅设好氧段，采用较长的水力停留时间。	适用于处理印染、化工、机械加工等行业的混合工业废水	清华大学	城市	126
80	高盐/超高盐高浓度有机废水复合式厌氧反应器处理技术	对厌氧流化床和折流反应器集成，形成复合式厌氧反应器，构建出不同种群微生物的优势生长环境，实现了常温条件下厌氧的高效能。	适用于高盐高浓度有机废水常温厌氧预处理	重庆大学	城市	127
81	工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术	采用生物—生态组合工艺处理园区污水厂尾水，出水氮、磷、COD及主要有毒有害污染物达到地表水的V类标准。	适用于工业园区集中式污水处理厂尾水的深度处理与循环利用	同济大学、合肥工业大学	城市	128
82	高浓度有毒有机化工废水电催化-活性炭厌氧生物流化床预处理技术	综合电催化氧化、吸附和生物降解作用，可高效去除废水急性生物毒性、提高可生化性、削减有机负荷。	适用于高浓度、难降解有毒有机化工废水的预处理	合肥工业大学、同济大学	城市	130
83	工业行业水污染控制治理投资和运行费用函数建模	完成38个工业行业水污染控制投资和运行费用函数建模。	工业行业、园区废水控制	环境保护部环境规划院	政策	131

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	模技术					
84	水污染物排放许可证全过程管理技术	形成了水污染物排放许可证申请、审核、发放、监管等关键管理技术。	工业企业、园区废水管控	南京大学环境学院	政策	132

（二）技术简介

化工、石化行业废水污染控制技术

1、集成技术：煤化工清洁生产技术

技术依托单位：中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

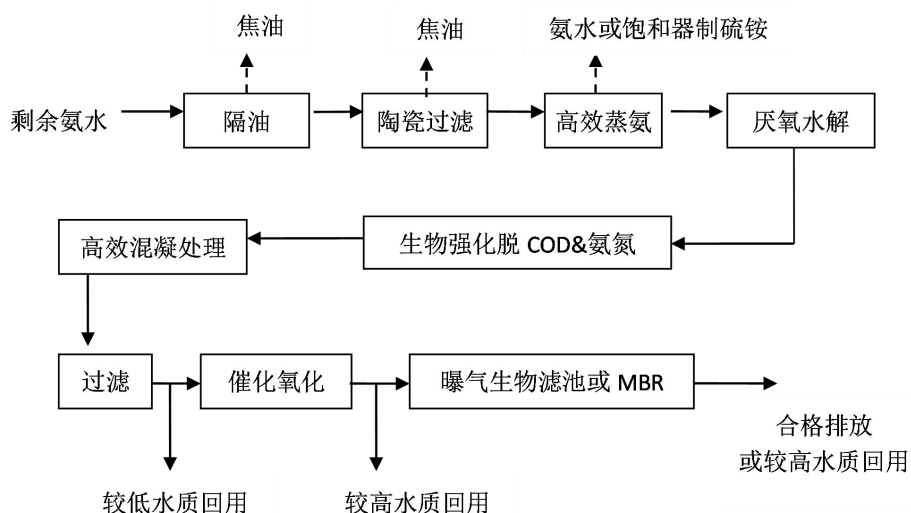
适用范围：煤焦化、煤气化等行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

煤化工剩余氨水经过气浮脱油，陶瓷膜过滤脱油，再经过萃取脱酚/高效蒸氨后回收有价值组分，然后经厌氧水解后强化生物脱碳脱氮，再经混凝处理后过滤，最后经高级氧化处理后经曝气生物滤池，可实现合格排放或者较高水质回用。整个过程充分回收高浓度废水中的有价值组分，并根据生产实际情况，实现不同水质回用要求。

二、工艺流程



三、关键技术

1. 抗油污管式陶瓷膜过滤成套技术与设备
2. 抗堵塞、高通量蒸氨技术。
3. 强化短程硝化反硝化技术
4. 高效混凝技术，
5. 低成本催化氧化技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例:

应用单位: 七台河宝泰隆煤化工有限公司和哈尔滨煤化工有限公司

(1) 完成煤焦化行业清洁生产示范工程 1 项, 工程依托单位为七台河宝泰隆煤化工有限公司, 完成主要工作如下:

新建1个处理规模200 m³/h 的焦化酚氰废水综合处理—选煤水闭路循环工程, 处理后出水COD<100mg/L;

新建1个规模80 t/h 的干熄焦示范工程, 完全替代湿法熄焦工艺, 从源头减少污染产生;

建设1条处理规模10 m³/d 的酚氰生物出水催化氧化处理中试线, 现场实验结果表明, COD 浓度最低可降低到30 mg/L, 色度小于20倍;

经过以上示范工程建设, 宝泰隆煤化工有限公司年回收氨氮超过690吨, 减排废水超过170万吨, 节水约90万m³, 减排COD 2500 吨, 为企业取得经济效益190.8万元/年。

(2) 完成煤气化行业清洁生产示范工程1项, 工程依托单位为哈尔滨煤化工有限公司, 完成主要工作如下:

改进了原有加压气化工工艺过程, 较原有技术源头减少新鲜水200吨/天; 通过降低汽氧比, 减少气化剂中蒸汽的投入量提高水分解率, 降低了造气车间气化炉运行中酚水产生量。汽氧比由原来5.3 t/kNm³降低到4.6 t/kNm³, 减少投入蒸汽量14 t/h, 按其分解率计算, 减少产生酚水量10 t/h左右。

新建处理能力80 t/h 的造气废水预处理装置和130t/h 的造气废水预处理装置各一套, 于2009年4月完成工程建设并实现稳定运行。废水中油、总酚、氨的回收率分别达到80%、90%、85%, 废水中油浓度由500mg/L降低到100mg/L, 总酚浓度由6000mg/L降低至500mg/L, 氨氮由1500mg/L降低到200mg/L, 优于设计指标。

通过以上配套工程建设, 哈尔滨煤化工有限公司每年节水317万吨, 回收酚18.5吨/天, 回收氨26.9吨/天, 减排COD达11000吨/年, 通过产品回收和节省新鲜水和排污费, 每年为企业创造经济效益5634.2万元。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 中国科学院过程工程研究所

联系人: 曹宏斌

电 话: 010-82544845

E-mail: hbciao@home.ipe.ac.cn

地 址: 北京市中关村北二条一号过程大厦

2、酚氰废水陶瓷膜脱油技术

技术依托单位: 中国科学院过程工程研究所、萍乡庞泰实业有限公司

技术发展阶段: 工程示范

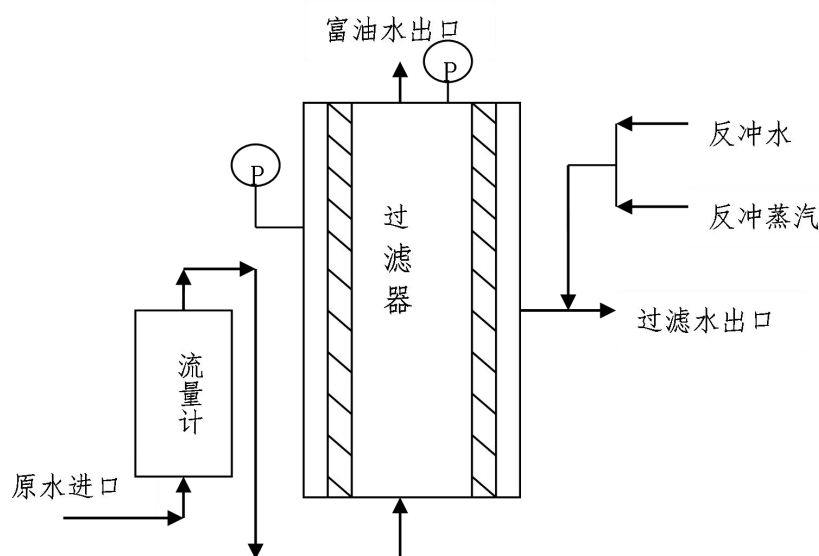
适用范围: 焦化、煤气化等行业废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

陶瓷膜脱油是指通过集吸附、表面过滤和深层过滤相结合的过滤方式, 在剩余氨水通过陶瓷膜过滤器时, 将重力除油后残存的大量小油滴分离富集的过程, 回收废弃资源, 同时降低后续处理负荷。

二、工艺流程



三、关键技术

本技术主要通过开发一种高效微孔陶瓷过滤膜，并通过内置绕流件，形成一种抗堵塞、高通量的内扰流陶瓷膜过滤器。并对滤材、过滤温度、过滤方式、反冲洗时间、温度、压力、反冲方式等操作参数优化。当过滤压力达到0.03MPa时，滤出水质明显变好，总的悬浮物去除率接近80%，表面浮油平均去除率60%，高生物毒性的多环芳烃类物质去除率接近100%。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

鞍钢股份有限公司：新建处理能力70m³/h的高浓度剩余氨水陶瓷膜微孔脱油处理单元，废水中油回收率达到80%，浓度由500降至100 mg/L，悬浮物去除率大于80%，过滤通量达0.7t/m²/h。

联系方式:

联系单位：鞍钢股份有限公司焦化事业部

联系人：刘汉锐

电 话：13104126839

地 址：鞍山市鞍钢股份有限公司

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：中国科学院过程工程研究所

联系人：曹宏斌

电 话：010-82544845

E-mail: hbcao@ipe.ac.cn

地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

3、酚氰废水全酚萃取技术

技术依托单位：中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

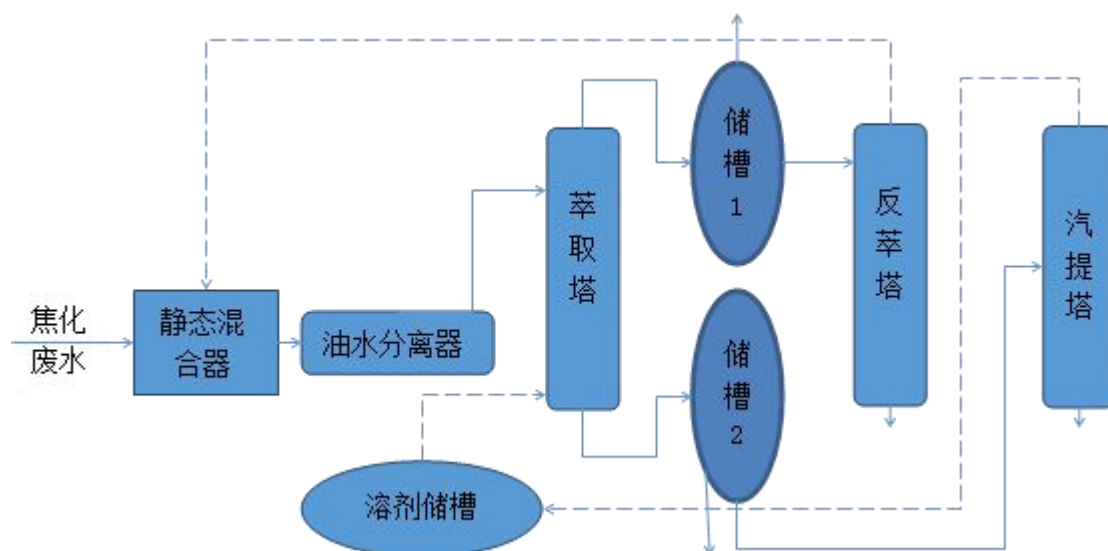
适用范围：焦化、煤气化等行业废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

酚油协同萃取是指利用酚油类有机物在水和有机介质中溶解度或分配系数的巨大差异，外加有机萃取剂后，通过强化传质过程，实现单元酚、多元酚和焦油类物质从废水中协同转移到有机相中，实现废水中酚资源回收的目的。萃取到有机相中的酚油再通过碱洗或热精馏实现再生

二、工艺流程



酚氰废水与萃取剂分别从萃取塔的上端和下端进入萃取塔进行酚油协同萃取，脱油后的酚氰废水去蒸氨或生化处理，富油有机相进入碱洗塔，将其中的酚类物质再生，脱酚后的有机相部分回流到萃取塔萃取，部分去精馏塔，通过精馏回收有机相中的焦油。

三、关键技术

针对酚氰废水成分复杂，单元酚、多元酚、杂环化合物共存，多元酚处理难度大的特点，开发了全酚油协同萃取高效萃取剂，重点突破了以下关键技术点：改进经典热力学模型，建立了多溶剂共存时混合溶剂物理性质热力学预测模型，及混合有机溶剂与全酚废水的液液相平衡模型，成功预测有机溶剂混合后的物理性质和萃取全酚的分配系数，并集成有机溶剂和污染物的物理化学性质和热力学参数，建成全酚高效萃取用萃取剂设计平台；针对废水中盐对全酚萃取效果的影响，提出预测盐影响的经验模型；在全酚萃取热力学活度模型的基础上，建成的酚氰废水全酚萃取的操作优化设计平台；开发了全酚油协同萃取高效萃取剂，同步萃取单元酚、多元酚及杂环化合物，提高萃取脱酚效率，且萃取剂溶解度小，成本低。

四、技术来源及知识产权概况

自主开发

实际应用案例:

鞍钢股份有限公司：配套改造处理能力40 m³/h的酚油协同萃取示范处理单元，废水中总酚回收率达到85%，废水中总酚浓度降低至500 mg/L，焦油降至100mg/L。

联系方式:

联系单位：鞍钢股份有限公司焦化事业部

联系人：刘汉锐

电 话：13104126839

地 址：鞍山市鞍钢股份有限公司

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院过程工程研究所
联系人：宁朋歌
电 话：010-82544844
E-mail: pgning@ipe.ac.cn
地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

4、生物强化脱难降解有机物技术

技术依托单位：哈尔滨工业大学等

技术发展阶段：工程示范

适用范围：煤气化等行业废水

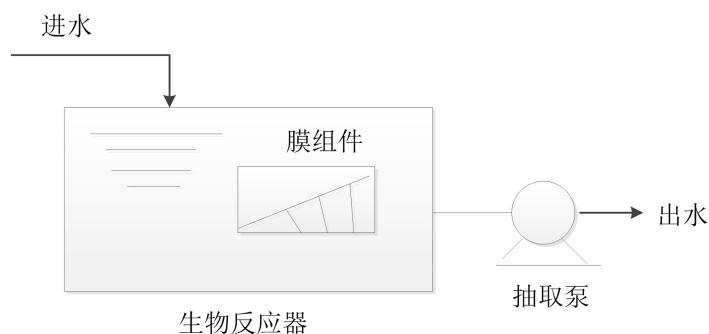
主要技术指标和参数：

一、基本原理

生物强化脱难降解有机物主要采用好氧-缺氧（A/O）生物膜工艺，微生物附着在载体物质上增殖生长，形成一层薄的生物膜，各种细菌及微型生物附着在膜表面，起到去除废水中有机污染物的作用，形成有机污染物-细菌-原生动物的食物链。

二、工艺流程

1. 采用固着纤维丝和流化填料作为生物膜载体，控制停留时间、温度和pH，经过一段时间培养形成膜生物反应器；
2. 外加甲醇，实现难降解有机物与易降解有机物共代谢作用；
3. 或外加挥发酸，促进难降解有机物与易降解有机物共代谢作用。



三、关键技术

采用好氧-缺氧（A/O）生物膜工艺处理煤化工行业废水，选取固着纤维丝和流化填料为生物膜载体，COD去除率达到80%，总酚去除率85%以上，氨氮去除率50%以上。在此基础上，采用外循环厌氧共代谢工艺，在煤化工废水中加入甲醇基质，与难降解有机物形成协同代谢效应，大幅提高COD和总酚去除率。研究了甲酚的厌氧产甲烷的限速步骤，并以ADM模型为基础，以酚系物为污染物主体，加入难降解有机物、易降解有机物、抑制物质，建立复杂体系中酚系物厌氧生物降解动力学模型，指导实际工艺设计。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

中煤龙化煤化工股份有限公司：处理能力135 m³/h的废水生化处理单元，废水的COD的去除率可以提高至90%以上，经过强化混凝后出水COD小于100mg/L。

联系方式：

联系单位：中煤龙化哈尔滨煤化工有限公司

联系人：李龙家
电 话：0451-57210072
地 址：黑龙江省哈尔滨市依兰县达连河镇气化路

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：哈尔滨工业大学
联系人：韩洪军
电 话：13946003379
地 址：黑龙江省哈尔滨市哈尔滨工业大学

5、高氨氮废液氨精馏回收技术

技术依托单位：中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

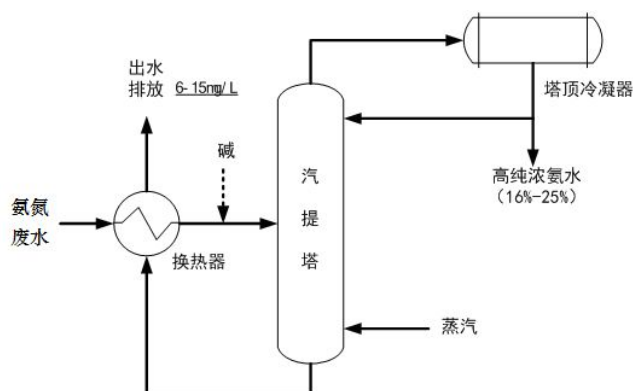
适用范围：煤气化、焦化、有色冶金、稀土、电池等行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

基于氨与水分子相对挥发度的差异，通过氨-水的气液平衡、金属-氨的络合-解络合反应平衡、金属氢氧化物的沉淀溶解平衡的热力学计算，在汽提精馏脱氨塔内通过数十次气液平衡将氨氮以分子氨的形式从水中分离，然后以氨水或液氨的形式从塔顶排出，并被冷凝器冷却到常温成为高纯氨水进行回收；在塔底得到较纯净的处理出水。

二、工艺流程



废水首先与碱（碱源选择包括 NaOH、石灰等，根据不同的工艺要求而不同）反应，调节 pH 同时脱除水中大部分重金属离子，或氟离子、硫酸根离子等，物理分离颗粒物后再向废水中添加阻垢分散剂，预热后进入精馏塔在强化解络合药剂的作用下进行热解络合-分子精馏，脱氨后的水与原水换热后继续利用微孔过滤设备回收解络合的重金属氢氧化物，净化水达标排放或继续回收盐，塔顶冷凝液得到 16% 以上的高纯浓氨水可回用或直接销售。

三、关键技术

高氨氮废液氨精馏汽提回收技术的关键包括以下几点：重金属与氨氮的络合与热解络合-分子精馏技术实现废水中重金属与氨氮的分离与深度去除；高性能专用塔内件设计技术实现塔内件的节能、抗垢、高通量和高弹性负荷等要求；高温高碱的钙盐阻垢分散技术从操作工艺优化、塔内件结构设计、塔内件表面处理、阻垢分散剂等方面综合提高了氨汽提塔操作过程中的阻垢防堵效率，将清塔周期由 2 周延长到 6 个月，保证设备长期稳定运行；氨氮废水热解络合-分子精馏处理的过程动态控制技术保障了氨氮废水处理设施的稳定、可靠运

行，满足任何工况下的废水处理达标，整套系统通过应用传感器和自动执行机构，实现了全自动运行。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

吉林吉恩镍业股份有限公司，建成处理能力为300t/d的氨氮废水精馏脱氨工程，氨氮由2000mg/L以上降低到15mg/L以下。

联系单位：吉林吉恩镍业股份有限公司

联系人：曲兵

电 话：13500907182

地 址：吉林省吉林市红旗岭镇

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院过程工程研究所

联系人：刘晨明

电 话：13311025786

E-mail: chmliu@ipe.ac.cn

地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

6、集成技术：丙烯腈废水处理集成技术

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：中试

适用范围:丙烯腈废水的预处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

首先利用膜吸收过程分离、回收、浓缩废水中80%以上的无机氰化物和氨氮；其次利用辐射分解技术去除废水中残留的无机氰化物和丙烯腈，提高废水的可生化性；最后，利用高效生物反应器（厌氧—好氧）去除废水中高浓度可降解的有机污染物。上述组合工艺可充分发挥膜分离、辐射分解和生物处理等多种方法的优越性和互补性，同时实现资源的回收和污染物的减排。

二、工艺流程

工艺流程为“膜分离-辐射分解-生物处理”。具体如下：

1、采用砂滤和微滤去除废水中大部分的悬浮物和胶体物质，然后利用膜吸收过程分离、回收、浓缩废水中80%以上的无机氰化物和氨氮；

2、浓缩液作为生产丙酮氰醇的原料或其他用途，同时降低处理丙烯腈废水所需的辐射剂量；

3、利用辐射分解技术去除废水中残留的少量无机氰化物和丙烯腈，提高废水的可生化性；

4、利用高效生物反应器（厌氧—好氧）去除废水中高浓度可降解的有机污染物；

三、关键技术

1、膜吸收分离技术；

2、辐射分解处理技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 中国石油吉林石化公司

实际应用案例介绍: 中国石油吉林石化公司丙烯腈厂每年排放丙烯腈废水200000 t, 废水中氰化物平均浓度为2300 mg/L, 氨氮平均浓度为35000 mg/L。根据中试装置运行结果, 若该厂废水采用本技术进行处理, 经过膜吸收后按回收废水中氰化物2000 mg/L, 氨氮30000 mg/L计算, 每年可从废水中回收754 t NaCN和27429 t (NH₄)₂SO₄, 有效减少污染物向环境中的排放, 大幅降低后续处理负荷。废水再经辐射分解处理, 可进入后续生物处理。

联系单位: 清华大学

联系人: 王建龙

电 话: 010-62784843

E-mail: wangjl@tsinghua.edu.cn

地 址: 清华大学能科楼A401

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 周岳溪

电 话: 010-84915311

E-mail: zhouyuexi@263.net

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

7、高氰化物高氨氮废水膜吸收分离技术

技术依托单位: 清华大学

技术发展阶段: 中试

适用范围: 丙烯腈废水预处理

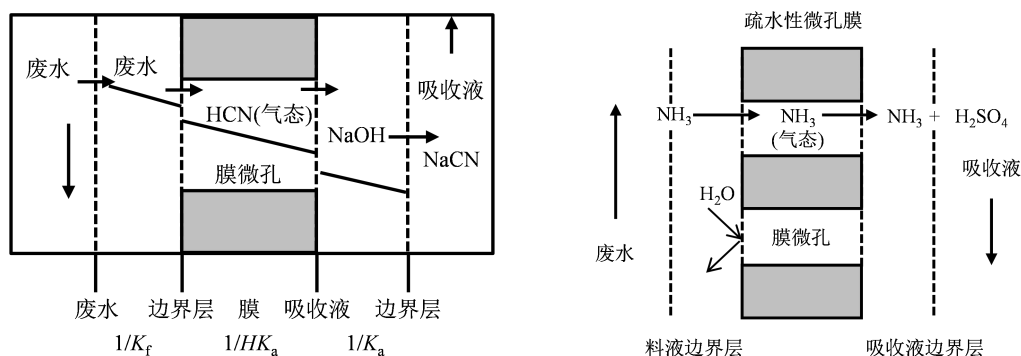
主要技术指标和参数:

一、基本原理

膜吸收法是膜技术与气体吸收技术相结合的新型膜分离技术, 适宜分离、回收和浓缩溶液中的无机和有机类挥发性物质。膜吸收法去除丙烯腈废水中氰化物和氨氮的原理如图所示。

膜吸收法去除氰化物时, 废水pH调至5~6, 氰化物以HCN形式存在, 挥发性HCN沿膜微孔向膜的另一侧扩散, 在微孔膜—吸收液面处被吸收液(如5~10%NaOH)吸收, 以NaCN回收。因膜呈疏水性, 水或溶液及溶液中非挥发性物质不能透过膜, 从而实现氰化物的分离、回收、浓缩。

膜吸收法去除氨氮时。废水pH调至11~12, 氨氮以分子形态存在, 氨分子经膜孔迁移, 在微孔膜—吸收液面处被稀酸(如H₂SO₄)吸收, 以铵盐回收。



膜吸收法去除氰化物和氨氮的原理示意图

二、工艺流程

- (1) 砂滤和精滤（5 μm）去除废水中的悬浮颗粒杂质
- (2) 用 NaOH 调节废水 pH 至 11~12；废水流经膜接触器的管程（中空纤维的管腔），吸收液流经壳程。当废水经过管程时，NH₃ 经膜孔迁移，在微孔膜—吸收液面处被稀酸（如 H₂SO₄）吸收，以铵盐回收。
- (3) 用 H₂SO₄ 调节废水 pH 至 5~6；废水流经膜接触器的管程（中空纤维的管腔），吸收液流经壳程。废水在管程中流动时，挥发性 HCN 沿膜微孔向膜的另一侧扩散，在微孔膜—吸收液面处被碱液（如 5~10% NaOH）吸收，以 NaCN 回收。

三、关键技术

由于丙烯腈废水中除游离态氰化物外，还含有丙酮氰醇等物质，因此应先在碱性条件下回收氨，并使丙酮氰醇分解释放氰化物，然后在酸性条件下回收氰化物，以保证氰化物的回收效率。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

应用前景：

中国石油吉林石化公司丙烯腈厂每年排放丙烯腈废水200000 t，废水中氰化物平均浓度为2300 mg/L，氨氮平均浓度为35000 mg/L。根据中试装置运行结果，若该厂废水采用本技术进行处理，经过膜吸收后按回收废水中氰化物2000 mg/L，氨氮30000 mg/L计算，每年可从废水中回收754 t NaCN和27429 t (NH₄)₂SO₄，有效减少污染物向环境中的排放，大幅降低后续处理负荷。

联系单位：清华大学

联系人：王建龙

电 话：010-62784843

E-mail: wangjl@tsinghua.edu.cn

地 址：清华大学能科楼A401

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：周岳溪

电 话：010-84915311

E-mail: zhouyuexi@263.net

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

8、高氰化物、高有毒有机物废水辐射分解处理技术

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：中试

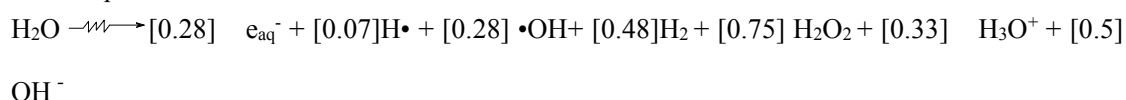
适用范围：丙烯腈废水预处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

电离辐射降解的原理是：当水分子受到 γ 射线或电子束辐照时，激发或电离水分子产生一系列羟基自由基($\bullet\text{OH}$)、水合电子(e_{aq}^-)、氢原子($\text{H}\bullet$)、 H_2O_2 等具有极高反应活性的粒子，这些粒子与水体中的污染物分子发生诸如加成、取代、电子转移和断键等反应，使水体中的有毒有害污染物降解成为低毒或无毒的易生物降解物质，甚至彻底矿化为 CO_2 和 H_2O 。

在 pH 值 3~11 之间时，水的辐射化学反应一般表述如下：



上式括号内是相应粒子的产额(G值)，表示每吸收100 eV能量所生成(或破坏)的该种粒子数目。在辐照过程中，最主要涉及的是 $\bullet\text{OH}$ 、 e_{aq}^- 和 $\text{H}\bullet$ 三种粒子的化学反应。其中， $\bullet\text{OH}$ ($E_0=2.8\text{ V}$)在水溶液中是强氧化剂，容易进攻电子云密度高的位置发生加成、夺氢和自由基复合等反应。 e_{aq}^- ($E_0=-2.9\text{ V}$)则是已知最强的还原剂，可以与卤代有机物迅速进行电子俘获反应，从而达到脱卤目的。 $\text{H}\bullet$ ($E_0=-2.1\text{ V}$)也是一种较强的还原剂，其作用与 e_{aq}^- 类似。因此，水体受到辐照时产生 $\bullet\text{OH}$ 、 e_{aq}^- 和 $\text{H}\bullet$ ，尤其是几乎等量的 $\bullet\text{OH}$ 和 e_{aq}^- ，在特定反应过程中到底是氧化还是还原作用占主导地位受到许多因素的影响，例如污染物类型、饱和气氛以及水体中自由基的俘获剂等。

二、工艺流程

废水→电离辐照→出水

三、关键技术

电离辐射预处理技术与装置的核心为水处理实用的电子加速器及束下装置。技术依托单位综合多种技术，成功研制了适用于污水处理的卧式自屏蔽电子加速器的示范装置。该装置电子束最大能量为0.55 MeV，20 mA，额定功率11 kW，成功进行了30 t/d规模的含氰废水和印染废水的连续辐照处理，取得了良好的处理效果。在此基础上，正与江苏达胜加速器制造有限公司紧密合作，设计处理规模500 t/d工业废水的电子加速器水处理装置。

此外，借鉴俄罗斯和韩国的相关经验，根据加速器的结构特点，设计出满足废水连续流动的束下装置，主要包括辐照反应池和喷嘴 (专利申请号 CN 102616880 A, CN103319037A, ZL2012 20565390.3)。

研发的适用于水处理的低能量电子加速器装置在国内处于领先水平，适用于中试和工业规模的污水处理。本套设备的成功研发，不仅开创了我国电子加速器连续辐照处理工业废水的先例，具有广阔的应用空间。主要创新点如下：

- 1) 电子束能量0.5-2.5 MeV，最大束流100 mA，最大束功率可以达到120 kW，电子加速器的电流转换效率达75%以上。创新要点：体积小，占地面积少；功率大，处理能力强；高效节能，适用于废水、废气和污泥等环保处理。
- 2) 根据不同能量规格的电子加速器，设计相应的喷射装置，确保电子束能够顺利穿透水层。束下流速保持在1.5m/s—5.0m/s，具有良好的流体设计，流向和流速分布均匀，适合大规模处理各类废水。
- 3) 将电子加速器辐照与常规的物理-化学、生物处理等工艺相结合，实现高效、节约处理工业废水和微污染水的深度处理等。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成。

应用前景:

中试试验中,采用电离辐射处理膜吸收处理后的丙烯腈废水,对氰化物的去除率分别达到90%~97%,废水中腈类、含氮杂环和有机酸及酯类的种类和浓度大幅下降。

联系单位:清华大学

联系人:王建龙

电 话: 010-62784843

E-mail: wangjl@tsinghua.edu.cn

地 址: 清华大学能科楼A401

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 周岳溪

电 话: 010-84915311

E-mail: zhouyuexi@263.net

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

9、有机聚合物颗粒连续砂滤截留技术

技术依托单位: 中国环境科学研究院

技术发展阶段: 工程示范

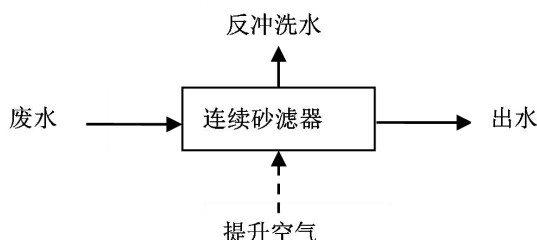
适用范围: 化纤(腈纶)含 DMAC废水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

采用一定粒径的石英砂作为过滤介质,依靠过滤截留作用实现废水中有机聚合物颗粒的截留。通过设计,使滤柱内同时实现废水的过滤和滤料的清洗,从而实现连续进水过滤操作。原水加药絮凝后经原水管流进砂滤器底部,在砂滤器底部以环状布水均匀进入,水体向上流动,遇到细小的砂粒阻挡,悬浮物随砂粒下沉,清水通过砂粒缝隙上浮,在砂滤中间部位装有气提管,空压机不断将空气送入气提管中带动管内砂粒上浮,管外的砂粒不断填充气提管带走砂粒的空位,气提管上端外侧安装着自动反冲洗装置,气提管流出的砂粒在下沉过程中受到上流清水的冲洗作用而将悬浮物截留,随冲洗水一同流出池外;砂滤器的上部设有可调节的出水堰板,调节出水水量。

二、工艺流程



三、关键技术

有机聚合物颗粒连续砂滤截留技术

四、技术来源及知识产权概况

技术集成。

实际应用案例:

应用单位: 吉林奇峰化纤股份有限公司

本技术与技术依托单位研发的其他相关技术集成, 构建了化纤腈纶“有机高分子聚合物截留-A/O生物膜-氧化混凝”处理工艺。该工艺中连续砂滤截留装置位于废水生物处理之前, 可有效截留废水中含有的有机聚合物颗粒, 使生物处理出水COD降低约30mg/L。该工艺已成功应用于松花江流域的大型化纤企业吉林奇峰化纤股份有限公司废水处理工程(设计规模400m³/h), 其建设投资和运行成本低于类似工程, 废水DMAC、丙烯腈等有毒物质去除率90%以上, 解决了松花江流域DMAC等特征有机物的污染问题, 工程稳定运行, 出水水质显著优于原有工艺, 达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)。

联系人: 张文秀

电 话: 13069152596

地 址: 吉林省吉林市九站街516—1号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 周岳溪

电 话: 010-84915311

E-mail: zhouyuexi@263.net

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

10、难降解有机废水氧化混凝深度处理技术

技术依托单位: 中国环境科学研究院

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 化纤(腈纶)含DMAC废水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

同时发挥氧化和混凝的作用: 氧化使部分难降解物质、胶体物质降解转化、改变表面电荷, 然后再进行混凝作用。氧化混凝剂以铁盐、铝盐等物质为主, 带有表面电荷, 本身是一种电解质, 使溶液中的离子浓度增加, 易于实现对污染物质的吸附, 降低作用间隙, 加速胶粒凝聚, 促进电子转移, 提高氧化作用; 氧化混凝剂进入水中, 首先直接氧化污染物质, 然后氧化反应产物作为混凝剂, 通过电中和、吸附架桥和网捕卷扫作用, 进一步去除污染物。

二、工艺流程

主要工艺流程如图所示:



三、关键技术

氧化混凝药剂的制备与使用, 主要包括, 1) 制备: 主料和辅料选择, 温度、干湿度、浓度等制备条件优化; 2) 使用: 反应器构型, 混合时间、反应时间、回流时间及回流量等

工艺条件优化。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 吉林奇峰化纤股份有限公司

本技术与技术依托单位研发的其他相关技术集成, 构建了化纤腈纶含DMAC废水“有机高分子聚合物截留-A/O生物膜-氧化混凝”处理工艺。该工艺中氧化混凝单元位于废水生物处理之后, 可有效去除生物处理等难于去除的难降解有机物, 使出水COD达到150mg/L以下。该工艺已成功应用于松花江流域的大型化纤企业吉林奇峰化纤股份有限公司废水处理工程(设计规模 10000m³/d), 其建设投资和运行成本低于类似工程, 废水DMAC、丙烯腈等有毒物质去除率90%以上, 解决了松花江流域DMAC等特征有机物的污染问题, 工程稳定运行, 出水水质显著优于原有工艺, 达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)。

联系人: 张文秀

电 话: 13069152596

地 址: 吉林省吉林市九站街516—1号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 周岳溪

电 话: 010-84915311

E-mail: zhouyuexi@263.net

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

11、BAF-UF/RO 耦合乙烯废水回用技术

技术依托单位: 辽宁省环境科学研究院

技术发展阶段: 工程示范

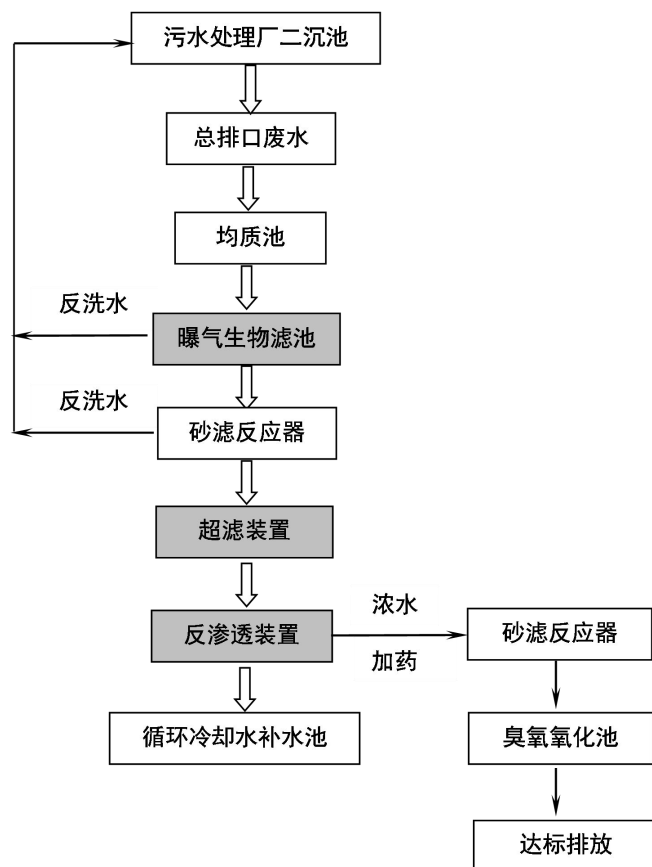
适用范围: 适用于乙烯化工废水深度处理

主要技术指标和参数:

一、技术简介

乙烯外排废水量大, 废水中有机物和盐含量较高, 是影响废水深度处理技术及用途的关键因素, 采用了先进曝气生物滤池(BAF)-超滤/反渗透(UF/RO)耦合工艺集成技术, 实现了废水回用于循环冷却水目标。实验研究了曝气生物滤池新型生物陶粒填料、超滤反渗透膜材质选择、清洗药剂、方法及周期, 各处理单元耦合集成等, 解决了膜污染以及使用寿命的问题。建设了规模为 7200 t/d 示范工程, 示范工程废水回用率 80%, 年减排废水 200 万 t。

二、工艺流程



三、关键技术

提出了乙烯化工废水深度处理的曝气生物滤池+超滤+反渗透耦合工艺技术方案；

优化了运行时间、反冲洗、药洗周期等运行参数；

提出了水下曝气生物滤池、超滤、反渗透运行控制要点；

确定了系统运行方式，考察了系统的综合效能。

四、技术来源及知识产权概况

合作研发

实际应用案例：抚顺乙烯化工厂污水回用工程

应用单位：抚顺乙烯化工厂

实际应用案例介绍

建设经济成本：按每天 7200 吨处理量计算，示范工程建设成本为 5800 元/吨。

直接运行成本：示范工程直接运行费用约为 2.25 元/吨，包含：电费、药剂、人工等。

联系单位：抚顺乙烯化工厂

联系人：王凤娜

电话：13050174533

地址：辽宁省抚顺市东洲区城乡路2号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：宋永会

电 话：010-84928380

E-mail: songyh@craes.org.cn

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

12、水基清洗-立式旋转焚烧法油泥中油回收和热利用技术

技术依托单位：中国科学院沈阳应用生态研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于油田罐底及浮渣等污泥处理

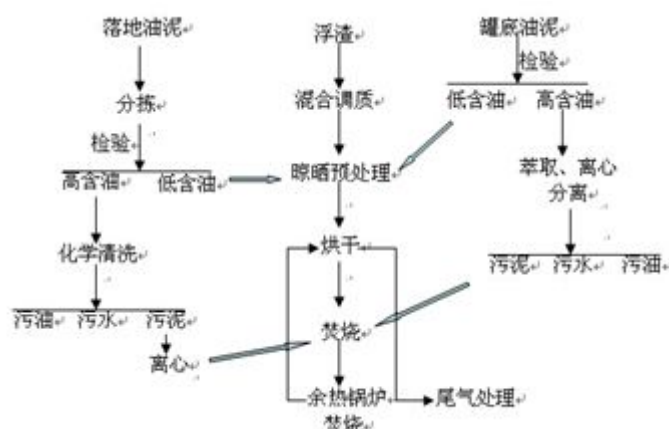
主要技术指标和参数：

一、基本原理

油田作业及污水处理产生的浮渣、罐底及落地油泥等，具有石油烃含量高、矿物组成复杂、可利用热值高等特点，本研究基于石油烃的吸附解析、有机物热值利用及残炭二次燃烧等机理，采取水基药剂-卧式旋转淘洗、立式旋转焚烧等技术方法，在清洗药剂、卧式转笼设备、焚烧装置等方面均取得了创新性技术突破。通过以上技术和设备使得污泥的处理实现减量化和无害化目标。

二、工艺流程

由三个子系统组成：一是浮渣污泥反絮凝脱水减量、二是污泥卧式旋转淘洗单元、三是立式旋转焚烧与尾气处理系统。



三、关键技术

突破了两项关键核心技术：一是卧式旋转淘洗-水基药剂清洗，提出了罐底和落地污泥的淘洗技术方案，优化了泥水混合液比例、清洗药剂配方、清洗时间、药剂剂量、搅拌强度、两相离心污泥脱水效率等运行参数；二是立式旋转焚烧技术，提出了立式旋转焚烧和残炭二次燃烧的处理思路，完成预热、旋转进料焚烧、二燃室焚烧、尾气处理等运行控制要点。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：辽河油田华油环保公司

实际应用案例介绍

辽河油田华油环保公司油泥处理厂一期处理规模为 5000 吨/年，采用“脱水-清洗-焚烧”工艺，设计进料油泥含油量为 8%-10%、含水量低于 40%，处理后烧渣和烟尘达到国家标准。示范工程由三个子系统组成：一是浮渣污泥脱水减量、二是污泥卧式旋转淘洗单元、三是立式旋转焚烧与尾气处理系统。

建设经济成本：按每年 5000 吨处理量计算，示范工程建设成本仅为 3000 元/吨油泥。

直接运行成本：示范工程直接运行费用约为 95 元/吨油泥，包含：电费、药剂、人工等。

联系单位：辽河油田华油环保公司
联系人：王琦
电 话：13904279917
地 址：盘锦市双台子区曙光工业园区

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院沈阳应用生态研究所
联系人：李刚
电 话：024-83970449
E-mail: ligang@iae.ac.cn
地 址：沈阳市沈河区文化路72号 110016

13、微絮凝-接触过滤难降解石化废水回用技术

技术依托单位：大连理工大学

技术发展阶段：工程示范

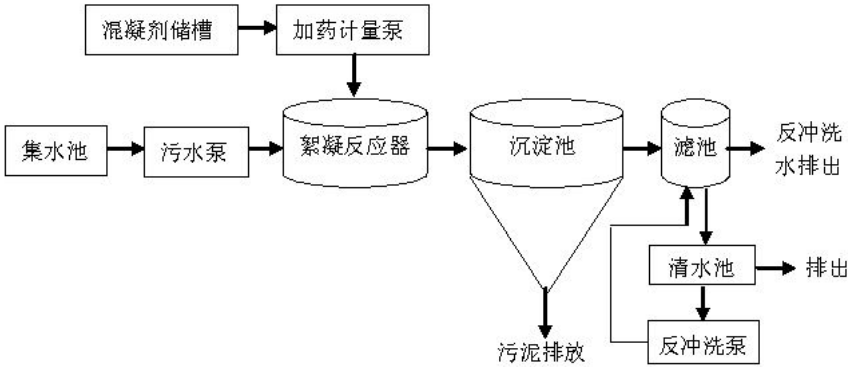
适用范围：化纤废水的深度处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对化纤废水二级处理系统出水水质超标的问题，根据生化系统出水水质分析，依据相应排放标准与回用标准，在综合考虑经济性和处理效果的稳定性基础上，经过物理、化学与生物法污水深度处理工艺的筛选，采用絮凝-接触过滤深度处理工艺处理化纤废水二级生化出水。小试与现场中试研究进行了絮凝剂的筛选和比较、高效絮凝反应器的开发及絮凝工艺参数的优化。为使絮凝反应器的速度梯度按混凝动力学规律连续变化，自主开发一种螺旋絮凝反应器，该反应器由对数螺线构成。其具体内涵和特征如下：絮凝反应器包括进水口、出水口和反应器本体；反应器本体包括一个宽度连续变化的流槽，所述宽度连续变化的流槽用于使絮凝反应器中水流速度的梯度连续变化且逐渐减小。

二、工艺流程



三、关键技术

化纤废水深度处理的微絮凝-接触过滤技术：在过滤前无沉淀工序，通过加入一定量的絮凝剂在短时间内形成微小絮凝体，然后立即进入池滤，絮凝反应可在滤池中进行。该技术深度处理化纤废水二级生化出水，污染物去除率高、运行稳定、投药量少、反应时间短、出

水可直接达标排放或回用。现场中试（24 m³/d）系统运行稳定、混凝速率快、停留时间短、污染物去除效率高，COD、TP、浊度与 SS 去除率分别达到 59%、96.9%、92.6%与 78.4%；化纤废水二级生化出水经过絮凝-接触过滤工艺深度处理后满足《辽宁省综合污水排放标准》与《中石油初级再生水回用指标》。中试运行成本为吨水 0.5 元左右。该项关键技术解决了化纤综合废水生化系统出水 COD 和 TP 超标以及出水不能回用的瓶颈问题，已应用于辽阳石化化纤废水深度处理与回用示范工程。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：中国石油辽阳石化分公司

实际应用案例介绍

示范工程新建深度处理回用单元，将原二沉池排水汇集至集水池，经过絮凝-接触过滤深度处理后，出水水质从示范工程实施前的COD 60 mg/L、SS 50 mg/L、TN 20 mg/L与TP 1.5 mg/L分别降至COD 30 mg/L、SS 10 mg/L、TN 10 mg/L与TP 0.5 mg/L，满足中石油初级再生水回用指标的要求。示范工程深度处理单元运行费用约0.4元/吨水，废水处理规模为24000 m³/d，回用规模10000 m³/d，年减排COD大约350 t。

联系单位：大连理工大学

联系人：徐晓晨

电话：15141189998

地址：大连市凌工路2号，116024

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：大连理工大学

联系人：杨凤林

电话：13909854501

E-mail: yangfl@dlut.edu.cn

地址：大连市凌工路2号，116024

14、多格室脱氮型 MBR 反应技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：难降解石化工业废水的二级生化处理

主要技术指标和参数：

停留时间32 h，其中膜分离：好氧：缺氧=1.5：5：1，好氧格室隔板位置1/3处，外回流比150%，内回流比2000%，COD去除率70-80%，氨氮去除率可达到97.0%以上，总氮去除率可达到80.0%以上，吨水处理成本为1.65~3.30元/吨。

一、基本原理

通过A/O、接触氧化、氧化沟、泳动床等工艺与膜分离技术的综合集成，使其兼具颗粒污泥、生物膜、活性污泥等多种生物形态，该反应器生物量持留量大，硝化和脱氮效果好、耐冲击性能较强，装备化程度高，运行管理简单，对于难降解石化工业废水具有很好的适用性和应用前景。好氧区分成多个格室有效地强化了微生物处理系统中水质对微生物的选择性培养，使得各格室具有独特的优势微生态系统，从而发挥多元化的水质净化功能。各格室中安装悬挂式的聚丙烯纤维填料，能够提高反应器附着型微生物的持留效率，首先提供了局部

生物膜好氧、缺氧的微生态环境，可有效地提高反应器的脱氮效果；其次，尽可能地选择和滞留特征性难降解污染物的高效菌种；另外，生物膜的脱落和格室中内循环的湍流水力状态，为颗粒污泥的形成提供了很好的存在条件，使得反应器中具有非常丰富的生物相状态，提高了反应器的耐冲击能力和污染物去除效果。

二、工艺流程

工艺流程为“缺氧区—多格室内循环好氧区—膜分离区—出水”。具体如下：

- 1、反应器进水经水泵首先注入缺氧区，然后依次进入好氧区的5个不同的好氧格室和单独的膜分离格室，在出水抽吸泵的作用下，经中空纤维膜组件分离后出水排出；
- 2、缺氧区内设电动机械搅拌装置，剩余污泥经排放口排出；
- 3、通过设置前置缺氧区和好氧区，模拟集成A/O工艺，主要用于反硝化脱氮，缺氧区/好氧区体积比为1/5，硝化液和污泥通过回流泵回流至缺氧区；
- 4、通过将好氧区分为多段格室串联，模拟集成氧化沟工艺，反应器整体呈推流状态，混合液通过格室间连通孔依次进入下一格室，单个格室内呈完全混合式流态；
- 5、通过内循环隔板在1/3处将每个好氧格室隔成上下连通的两侧，1/3侧底部设曝气头进行充氧曝气，并使好氧格室形成内循环，2/3侧竖向安装生物填料，在循环流的水力湍流作用下形成不规则摆动；
- 6、混合液在膜分离室实现泥水分离，膜组件选用淹没式的中空纤维帘式膜组件，通过抽吸泵产生负压抽吸出水；
- 7、被浓缩后的污泥随硝化液经回流泵重新回流至缺氧区；
- 8、膜组件下方设曝气装置，使帘式膜组件膜丝产生扰动，防止产生泥饼，影响膜组件产水率。

三、关键技术

- 1、好氧多格室分区技术；
- 2、单格室内循环技术；
- 3、A/O、接触氧化、氧化沟、泳动床、膜分离的综合集成技术；

四、技术来源及知识产权概况

优化集成。

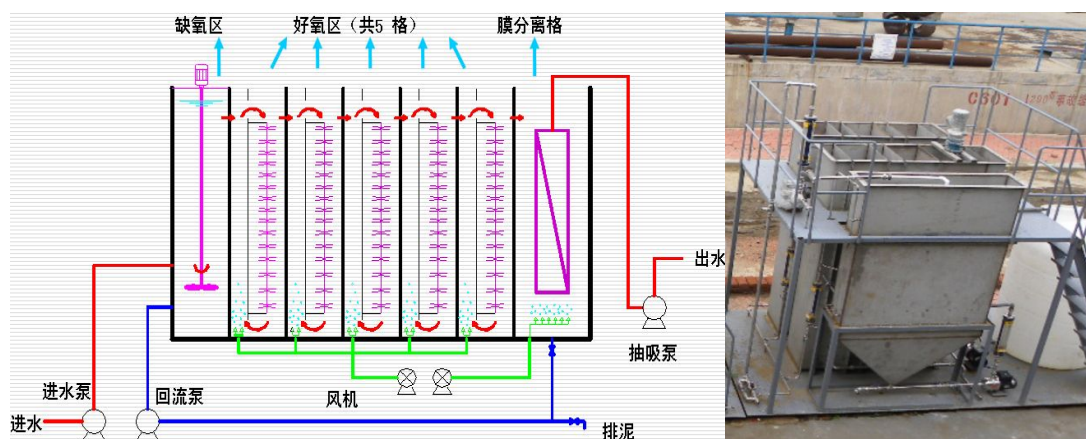
申请发明专利：一种新型多格室脱氮型膜生物反应器，201110007319.3

实际应用案例：

应用单位：辽宁省抚顺石化腈纶厂

实际应用案例介绍。

该技术的小试实验在抚顺试验基地完成并取得较好的应用效果，已应用于抚顺石化腈纶厂废水处理中试，试验结果表明，该工艺有效地提高了系统硝化和脱氮效果，氨氮去除率可达到97.0%以上，总氮去除率可达到80.0%左右，吨水处理成本为1.65~3.30 元/吨，克服了抚顺石化腈纶厂水处理流程中出水氨氮高于进水的问题，有望彻底解决难降解干法石化腈纶废水处理的达标排放问题。同时，与腈纶厂现有工艺“好氧池、一沉池、调酸池、静态混合器、二沉池、缺氧池、生物流化池、硝化池、三沉池”等构筑的占地面积相比，分格室集成化的反应器构型设计可节省30.0~65.0%的占地面积。详见下图所示。



多格式脱氮型 MBR 设备流程示意图

联系单位：中国环境科学研究院
 联系人：宋永会，田智勇
 电 话：010-84917206-602
 E-mail: Hktyzy2008@163.com
 地 址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院
 联系人：宋永会
 电 话：010-84928380
 E-mail: songyh@craes.org.cn
 地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

15、纳滤-亚硝化/厌氧氨氧化-非均相电催化反渗透浓水高效处理技术

技术依托单位：大连理工大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：膜分离浓水的处理

主要技术指标和参数：

膜分离单元过膜压差0.3 MPa，产水率40.0~60.0%；COD去除率可达80.0%以上，产水COD浓度低于50 mg/L，其一价盐通过率为67.0%，二价盐通过率为15.0%。厌氧氨氧化单元控制反应温度为30~35℃，停留时间6h，对NO₂⁻-N与NH₄⁺-N的去除率均可达到90.0%以上；非均相电催化氧化处理膜分离浓水单元，水力停留时间4.0 h，电解池槽压1.5-3.0 V，近中性和室温条件下，COD去除率可达80.0%以上。

一、基本原理

以纳滤单元完成氨氮与硝化抑制剂分离，使亚硝化单元能够完成部分氨氮的亚硝化，厌氧氨氧化过程以氨氮作为电子供体、亚硝酸盐为电子受体，形成最终产物氮气，实现高浓度氨氮无需外加碳源的自养脱氮，减少64%的曝气量，污泥产量和二氧化碳排放量可减少90%。同时创新性提出了非均相电催化氧化技术，以负载型羟基氧化铁（FeOOH）作为固相催化剂和三维粒子扩展阴极，利用阴极区发生的异相Fenton-like反应生成的羟基自由基，无选择地与反渗透浓水中的氨氮、难降解有机污染物发生快速链式反应。固相催化剂可连续使用，运行成本低，处理费用省。该技术可有效处理含高浓度氨氮的膜分离法浓水，且运行成本低

廉，具有广泛的应用前景。

二、工艺流程

工艺流程为“膜分离—部分亚硝化—厌氧氨氧化—出水”。具体如下：

1、反应器进水经纳滤/反渗透处理后，膜后水可直接达标排放，膜前浓水进入部分亚硝化和厌氧氨氧化单元进行处理；

2、部分亚硝化单元，通过限量曝气实现50%左右氨氮的亚硝化；

3、浓水中剩余的氨氮和亚硝酸盐通过厌氧氨氧化反应直接形成氮气予以脱除。

三、关键技术

1、部分亚硝化-厌氧氨氧化技术；

2、非均相电催化氧化技术；

四、技术来源及知识产权概况

优化集成。

申请发明专利：一种快速增殖厌氧氨氧化菌的装置及方法，201110043759.4

实际应用案例：

应用单位：辽宁省抚顺石化腈纶厂

实际应用案例介绍。

应用纳滤-亚硝化/厌氧氨氧化-非均相电催化技术处理抚顺石化腈纶厂二级处理出水，其优化的运行参数为：产水量500 L/h，过膜压差0.3 MPa，产水率40.0~60.0%；COD去除率可达80.0%以上，产水COD浓度低于50 mg/L，其一价盐通过率为67.0%，二价盐通过率为15.0%。厌氧氨氧化单元控制反应温度为30~35℃，停留时间6 h，实现了厌氧氨氧化菌的快速倍增以及对实际腈纶废水的高效处理。厌氧氨氧化菌倍增时间为0.09 d⁻¹，对NO₂⁻-N与NH₄⁺-N的去除率均可达到90.0%以上；非均相电催化氧化技术处理抚顺石化腈纶厂纳滤浓水，在水力停留时间4.0 h，电解池槽压1.5-3.0 V，近中性和室温条件下，均取得了较好的处理效果，COD去除率可达80.0%以上，实现了对实际有机物污染废水的高效处理。

技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：大连理工大学

联系人：杨凤林

电 话：13909854501

E-mail: yangfl@dlut.edu.cn

地 址：辽宁省大连市甘井子区凌工路2号

16、生物定向转化采油污水难降解组分处理技术

技术依托单位：中国科学院沈阳应用生态研究所

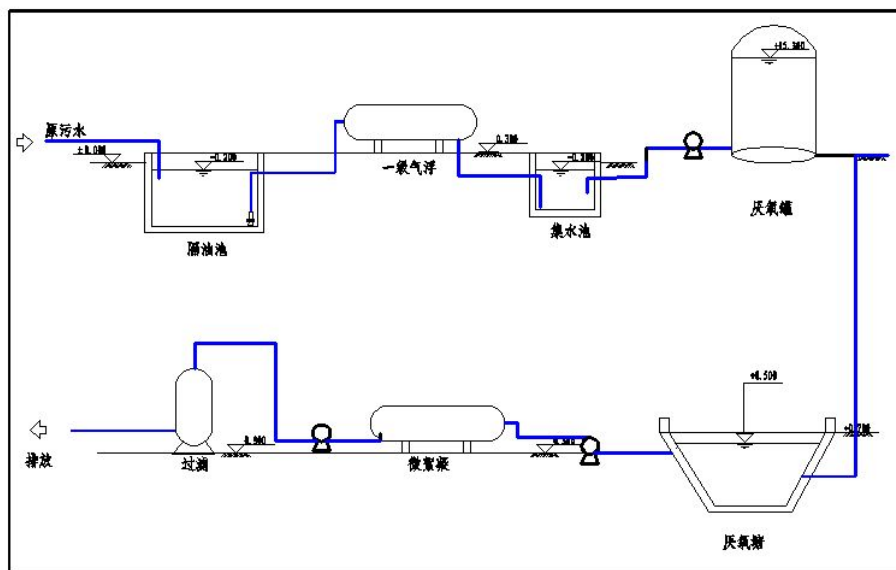
技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于油田采油污水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理 针对采油污水中石油类及各种有机高分子聚合物等难降解组分（尤其是稠油污水中的胶质、沥青质等石油类成分），基于有机物的厌氧、好氧和兼性菌对稠油污水的不同作用，自主研发了适合辽河油田采油污水的复合型微生物菌剂，实现了采油污水难降解组分在厌氧生物反应器中的定向转化，为后续的物化分离工艺提供技术支持。

二、工艺流程



采油污水生物降解与转化工艺，主要由两段组成，一是厌氧段，二是兼性及好氧段；厌氧段通过厌氧菌对其中的有机物进行调整和转化，兼性及好氧段既起到降解作用，同时也能将大分子有机物转化成脂肪酸类。

三、关键技术

自主研发了适合辽河油田采油污水的复合型微生物菌剂，组方包括：铜绿假单胞杆菌、枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、弗氏丙酸杆菌、液化金杆菌、环状芽孢杆菌、萎蔫短小杆菌、球形节杆菌、木棍杆菌和热土厌氧棒菌。该技术具有降解石油和产生生物表面活性剂的双重功能，与单独使用石油降解菌的处理效率比较，处理效率可提高20%左右，并且厌氧出水中脂肪酸类有机物比例升高，且可调控污染物的定向转化。复合型菌剂采用含多种外源微生物和土著微生物，可利用微生物间的协同作用和共代谢作用，促进污水中污染物的降解和转化，可显著提高降解产物中脂肪酸等物质的比例，对污染物的降解具有调控功能，对于石化难降解稠油废水处理具有很好的适用性和应用前景。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：辽河油田华油环保公司

实际应用案例介绍

辽河油田采油污水处理示范工程，位于曙光工业园区，处理能力为300吨/天，应用的主要工艺技术为隔油浮选-厌氧生物转化-兼性及好氧生物降解-微絮凝气浮-过滤-高级氧化。该工艺具有除油、除COD的双重作用，稳定运行情况下，出水水质可满足国家标准。

联系单位：辽河油田华油环保公司

联系人：王琦

电 话：13904279917

地 址：盘锦市双台子区曙光工业园区

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：中国科学院沈阳应用生态研究所

联系人：郭书海

电 话：024-83970449
E-mail: shuhaiguo@iae.ac.cn
地 址：沈阳市沈河区文化路72号 110016

17、A/O-BAF-UF-RO 化工综合有机废水回用技术

技术依托单位：辽宁省环境科学研究院

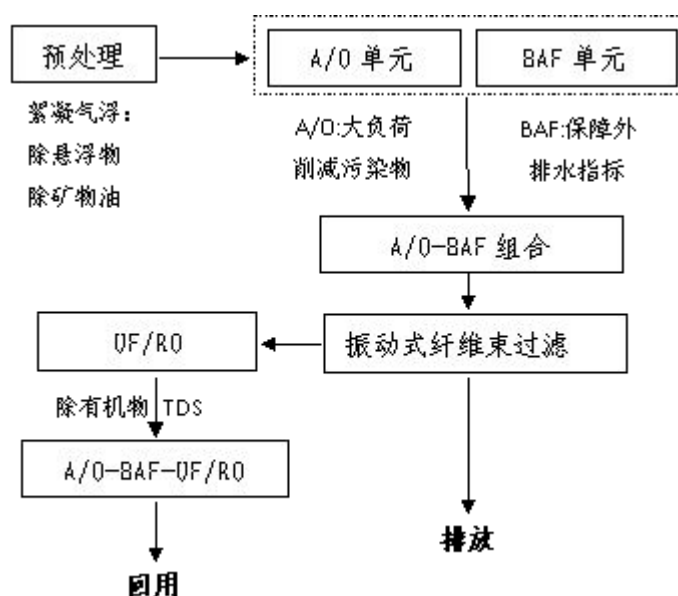
技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于化工综合有机废水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理 为支撑辽河流域石油化工行业污水深度处理回用，减少和避免污染物排放，解决联合化工企业的化学肥料、聚烯烃、精细化工、塑料加工等综合废水污染问题，开发了基于隔油-气浮等预处理的A/O-BAF-UF-RO系统工艺：①A/O工艺调整污水水质，降解有机污染物，脱除部分氮磷；②BAF重点保障外排水水质，为后续膜处理工艺奠定基础；③双膜法解决TDS等污染物的去除，实现回用锅炉或冷却水目标。该工艺针对化工综合废水的水质波动性问题，以絮凝浮选为主的物化段削减大部分COD污染负荷，再采用两级生物处理工艺，提高了抗冲击能力，保证了系统的生物处理水质指标，并为双膜法的平稳运行提供了保障。

二、工艺流程



三、关键技术

开发了联合化工复杂水质的高负荷强化预处理技术。针对联合化工废水COD较高、污染物成分复杂等特征，通过高强度的隔油-气浮预处理，削减COD负荷20%以上，为后续生物与膜处理工艺段起到很好的保障作用；开发了难降解废水的A/O-BAF排放技术。针对联合化工废水水质可生化性差的特点，通过A/O处理技术，改善污水的可生化性，提高B/C至0.3以上；针对高标准排放的COD要求，组合了BAF工艺，可保障外排水水质达到辽宁省污水综合排放标准（DB 21/1627-2008）；开发了UF-RO双膜深度处理回用技术。在达标排放处理基础上，采用双膜联合工艺，实现UF系统去除溶解性有机物和高价离子、RO单元去除TDS（>99%）的技术目标。因此，双膜法出水水质稳定，可满足回用水的水质要求。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 华锦集团

实际应用案例介绍

联合化工废水A/O-BAF-UF-RO集成工艺可以实现污水多目标回用: 多介质过滤出水与反渗透出水按照一定比例混合后可以满足化工企业工艺用水水质要求, 反渗透单元出水经混床离子交换处理后可以满足锅炉补给水水质要求, 反渗透单元产生的浓水可回用与场地冲洗、冲渣等, 减少了化工企业污染物排放, 提高了水资源利用率。目前该技术已经在华锦集团废水处理与回用工程(5万t/d)以及中国五矿营口中板有限公司废水回用工程中进行了应用, 为辽河流域水质改善、污染物削减提供强有力技术支撑。对于大型化工企业的污水处理厂应用具有引领作用, 对于石油化工园区的综合化工污水处理具有技术应用的引领作用。

联系单位: 辽宁省环境科学研究院

联系人: 杨明珍

电 话: 15524522725

地 址: 盘锦市双台子区红旗大街

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 辽宁省环境科学研究院

联系人: 杨明珍

电 话: 15524522725

E-mail: yangmzh@126.com

地 址: 崇山东路34号

18、生物载体+A/O+多参数联合调控强化脱氮关键技术

技术依托单位: 河南省化工研究所有限责任公司

技术发展阶段: 推广应用

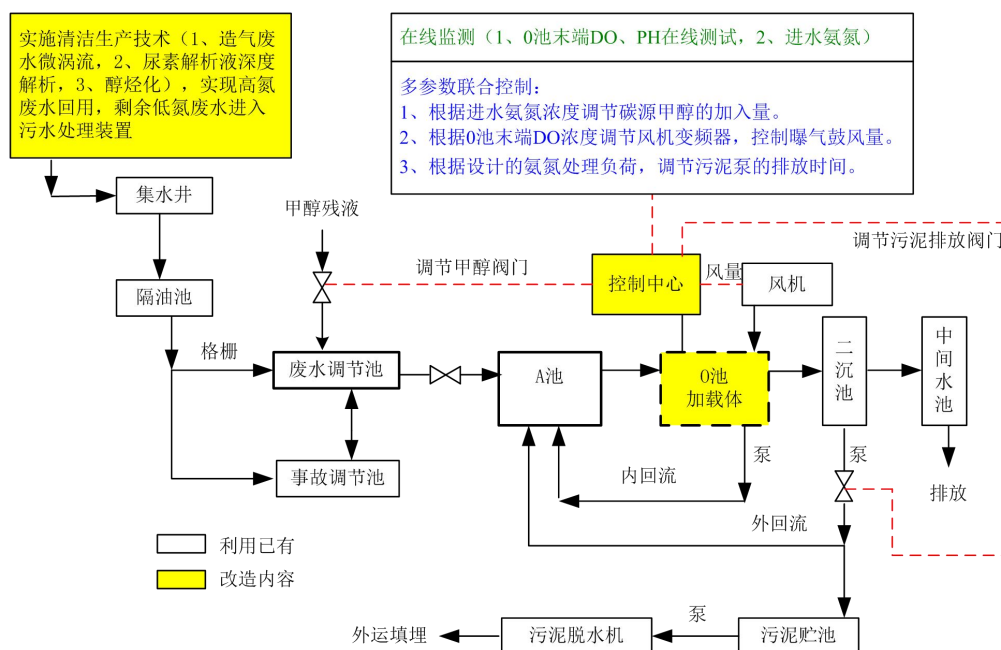
适用范围: 合成氨废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

通过好氧池内悬浮载体挂膜后表面存在丰富的生物相, 促进了系统生物多样性。氮肥废水的水质水量波动变化由其生产工艺的特殊性和企业的科技水平所决定, 污水处理装置运行管理较复杂, 多参数调控技术的运用为氮肥废水处理提供了先进的工艺管理控制手段。多参数联合调控技术在合成氨废水处理的运用尚未见到相关报道, 具有很好的创新性。多参数联合调控技术基于从实际运行管理中获得的各项参数, 建立了相应的自动控制模块, 通过自动控制模块的精确性、稳定性和可操作性提高了处理系统的管理水平。

二、工艺流程



三、关键技术

生物载体+A/O+多参数联合调控强化脱氮关键技术

实际应用案例:

应用单位: 中平能化集团飞行化工有限公司

实际应用案例介绍:

示范工程采用课题研发的生物载体+A/O+多参数调控强化脱氮组合处理技术, 在飞行化工现有污水处理装置的基本上改造。改造内容包括: 在现有 A/O 处理装置的 6 个好氧池内投加生物球悬浮载体, 可实现增大生物量, 优化细菌结构, 提高耐冲击能力; 同时在现有装置的基本上增加了脱氮过程多参数联合调控系统, 根据进水水质变化, 实施曝气量 (控制鼓风机曝气量, 调整 DO 浓度为 1.5-2.5 mg/L)、碳源加入量 (依据实时进水氨氮浓度调整外加碳源投量, 投加的比值为 2: 1)、污泥排放量等关键影响因子的精细化控制, 实现脱氮工艺条件的最优化, 可以尽可能的减少外碳源使用量, 节约电能消耗, 最大限度的降低运行成本。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 郑州大学

联系人: 何争光

电 话: 0371-67739306

E-mail: hezhengguang163@163.com

地 址: 河南省郑州市科学大道100号

19、高盐分有机工业废水治理与资源化技术

技术依托单位: 江苏南大环保科技有限公司

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 化工、染料等行业排放的高含盐 (>3%)、难生物降解有毒有机工业废水的治理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

本技术基于具有高耐盐性、对水溶性有机污染物具有高吸附容量和高吸附选择性的新型吸附材料，实现高盐份有机废水中水溶性难降解有机污染物（如邻苯二甲酸等）的吸附分离；树脂吸附饱和后用碱脱附，达到有用物质的资源回用。整个工艺通过开发的以新型连续吸附再生设备为核心的成套化集成装置实现，具有成本低、自动化程度高、操作简便等特点。

二、工艺流程

工艺流程为“水质调节—机械过滤除杂—邻苯二甲酸分离回收—生化处理”。具体如下：

- 1、首先将高盐分有机废水pH调节至适宜的范围，调整有机物在废水中的形态；
- 2、机械过滤，采用精密过滤器过滤去除废水中影响树脂吸附的固体物质；
- 3、树脂吸附：连续再生树脂吸附集成处理分离回收高盐废水中的邻苯二甲酸等有机物；
- 4、生化处理：回收有机物后的废水进行HBR高效生物处理，最终实现废水达标排放。

三、关键技术

- 1、耐盐型特种吸附材料；
- 2、以树脂吸附技术为核心的高浓度、高盐份、难降解有机工业废水治理与资源化集成工艺；

- 3、新型连续吸附再生水处理装置。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发+优化集成

自主研发：耐盐型特种吸附材料（CN 201310046263.1）；新型连续吸附再生水处理装置

优化集成：以树脂吸附技术为核心的高浓度、高盐份、难降解有机工业废水治理与资源化集成工艺

实际应用案例：

应用单位：河南庆安化工科技股份有限公司

实际应用案例介绍。

河南庆安化工科技股份有限公司位于淮河流域沙颍河上游流域河南省新郑市。处理对象为增塑剂生产废水，含有高浓度的丁醇、辛醇、邻苯二甲酸二辛酯（DOP）、邻苯二甲酸二丁酯（DBP）、邻苯二甲酸二异丁酯（DIBP），同时含有高浓度的无机盐，主要为NaCl、Na₂SO₄，其主要水质情况为COD>45000 mg/L，色度>100，PH>12，BOD₅<2000mg/L，盐份>4.65%。本技术处理出水COD可削减约56%，对特征污染因子邻苯二甲酸的去除率约98%，回收率约85%；出水可达到国家污水排放一级标准（GB18918-2002）。

联系单位：河南庆安化工科技股份有限公司

联系人：宋广勋

电 话：13703929759

E-mail: disong_2@163.com

地 址：河南省新郑市庆安路 189 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：江苏南大金山环保科技有限公司

联系人：吕路

电 话：025-85572627

E-mail: esellu@nju.edu.cn

地 址：江苏省南京市国家级南京经济技术开发区恒竞路27号

20、臭氧高效物化氧化处理技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：难降解工业废水预处理

主要技术指标和参数：

臭氧投加量3.5 g/L，30%浓度H₂O₂投加量0.4 mg/L，超声波功率300W/m³，254 nm紫外光辐照剂量300 J/m²，PAC投加量10 mg/L，接触氧化时间0.5 h，COD去除率>40%，接触氧化时间1.0 h，COD去除率>70%。

一、基本原理

利用机械混合溶气泵，通过高速旋转的叶轮将O₃气泡与叶流充分混合、溶解、释放，将0~30 μm微米级的臭氧微气泡均匀地分散于处理水中，不但极大地强化了臭氧与处理水的接触氧化效果，而且具有浮选作用，增强了工艺对于较大颗粒物的物理分离去除效果。超声波技术的耦合利用了超声波的空化作用，使得微米气泡边界产生瞬时高温，创造了类似湿式氧化的特殊条件，可显著增强臭氧氧化效果。另外，紫外光的光解作用和催化作用、双氧水的辅助氧化作用以及粉末活性炭催化作用等多种耦合技术可灵活地与臭氧氧化进行耦合和集成。综上所述，该集成设备可根据处理水水质和工段位置，灵活设计多技术协同催化的技术联用方案，最大限度地提高臭氧接触氧化塔的处理效果。

二、工艺流程

工艺流程为“溶气泵—配水—释放接触—浮渣分离”。具体如下：

- 1、首先反应器进水和臭氧发生器所产生的O₃气体经机械混合溶气泵充分混合溶解后首先注入臭氧高级氧化塔的底部配水仓；
- 2、处理水经过配水仓顶的孔板进入微气泡释放接触区内进行微气泡释放；
- 3、含渣液流继续向上进入浮渣分离接触区，非含渣液流折流向下进入气液分离接触区，通过出水口一部分排出，一部分回流至溶气泵进水管；
- 4、氧化塔微气泡释放接触区上方安装有超声波振子和UV₂₅₄紫外光源，提供超声波和紫外协同催化作用；
- 5、浮渣分离接触区所产生浮渣溢流至浮渣收集槽经浮渣排放口排出；
- 6、纯氧气源经气源干燥器干燥后为臭氧发生器提供补充气源，氧化塔气液分离后的尾气经尾气排放口和单向阀依次进入碱性气体吸收罐、酸性气体吸收罐和尾气干燥器，回收至臭氧发生器进气口为其提供回流气源；
- 7、湿法计量投加系统分别投加混凝剂、粉末活性炭和双氧水（H₂O₂）至机械混合溶气泵的进水管路，提供混凝作用及粉末活性炭 / H₂O₂的协同催化作用。

三、关键技术

- 1、机械混合溶气臭氧接触氧化技术；
- 2、超声波、紫外光、双氧水及粉末活性炭的多技术协同催化技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成。

授权发明专利：一种多技术协同催化微气泡臭氧高级氧化塔，ZL201110007316.X

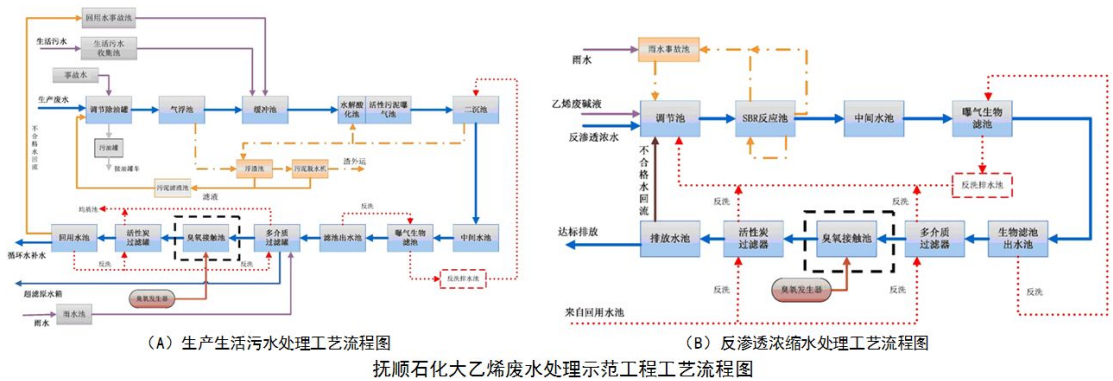
实际应用案例：

应用单位：辽宁省抚顺石化大乙烯化工厂

实际应用案例介绍。

该反应器在高效去除有机物的同时，还可有效地强化含N杂环类及氨基化合物的氨化作用，可有效解决二级生化处理单元中氨化过程难的瓶颈问题。该技术应用于腈纶厂中试试验结果表明，处理效果优于常规臭氧氧化工艺，COD_{Cr}去除率可提高1~2倍。抚顺石化80万吨

大乙烯化工厂中产生生活废水和反渗透浓水的处理工艺中成功应用了该项单元技术, 详见下图所示。



联系单位：大连理工大学
联系人： 杨凤林
电 话：13909854501
E-mail: yangfl@dlut.edu.cn
地 址：辽宁省大连市甘井子区凌工路2号

技术信息咨询单位及联系方式：：
单位名称：中国环境科学研究院
联系人：宋永会，田智勇
电 话：010-84917206-602
E-mail: Hktyzy2008@163.com
地 址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号

21、精细化工行业废水脱毒减排深度处理集成工艺

技术依托单位：广东工业大学
技术发展阶段：工程示范
适用范围：精细化工行业废水
主要技术指标和参数：

- 一、基本原理
- 采用高电荷密度淀粉基絮凝沉淀去除精细化工行业废水中的有机胶体和重金属;采用聚胺酯薄膜和钛网基TiO₂纳米管光催化剂氧化降解精细化工行业废水中的苯系污染物;采用羧甲基壳聚糖-膨润土复合吸附剂选择性吸附重金属离子。
- 二、工艺流程
- 工艺流程为：“强化絮凝—深度催化氧化—选择性吸附”。
- 针对精细化工行业废水中的有机胶体和重金属，将经过碱性变性的淀粉与铁盐、铝盐进行复配制备得到高电荷密度的淀粉基复合絮凝剂，利用复合絮凝剂中铝、铁水解产生类似于双亲分子的络离子和多核络离子，对胶体发生“吸附电中和”作用，同时复合絮凝剂能提供大量的高分子疏水性氢氧化物聚合物，通过羟基桥联作用与胶体形成架桥聚凝体。该絮凝剂对精细化工废水脱色率和COD去除效率高、沉降速度快、污泥量少、pH适用范围广、无二次污染。处理pH 6, Pb²⁺浓度50mg/L的含铅废水，絮凝剂投加量100mg/L, Pb²⁺去除率99.94%。
- 针对精细化工行业废水中的苯系污染物，利用接枝了氨丙基硅氧烷的改性TiO₂纳米管的表面伯胺基与PU薄膜表面引入的异氰酸酯基团发生反应，使TiO₂纳米管负载于PU薄膜表面

得到以聚氨酯薄膜为基体的负载型TiO₂纳米管复合掺杂催化剂；以钛网做阳极，铂电极做阴极，采用阳极氧化法制备了以金属钛网为基体的负载型TiO₂纳米管复合掺杂催化剂。利用金属钛网负载型TiO₂催化剂与光-Fenton法联用，可以起到协同作用，与单纯Fenton试剂氧化技术相比，氧化效率提高23%，并能有效破坏苯环结构。该技术可降解难降解有机物并能氧化破坏重金属络合物、有机物配体。

三、关键技术

1、高电荷密度淀粉基絮凝剂

将经过碱性变性的淀粉与铁盐、铝盐进行复配制备得到高电荷密度的淀粉基复合絮凝剂，利用复合絮凝剂中铝、铁水解产生类似于双亲分子的络离子和多核络离子，对胶体发生“吸附电中和”作用，同时复合絮凝剂能提供大量的高分子疏水性氢氧化物聚合体，通过羟基桥联作用与胶体形成架桥絮凝体。该絮凝剂对精细化工废水脱色率和COD去除效率高、沉降速度快、污泥量少、pH适用范围广、无二次污染。处理pH 6，Pb²⁺浓度50mg/L的含铅废水，絮凝剂投加量100mg/L，Pb²⁺去除率99.94%。

2、聚胺酯薄膜和钛网基TiO₂纳米管光催化剂

利用接枝了氨丙基硅氧烷的改性TiO₂纳米管的表面伯胺基与PU薄膜表面引入的异氰酸酯基团发生反应，使TiO₂纳米管负载于PU薄膜表面得到以聚氨酯薄膜为基体的负载型TiO₂纳米管复合掺杂催化剂；以钛网做阳极，铂电极做阴极，采用阳极氧化法制备了以金属钛网为基体的负载型TiO₂纳米管复合掺杂催化剂。利用金属钛网负载型TiO₂催化剂与光-Fenton法联用，可以起到协同作用，与单纯Fenton试剂氧化技术相比，氧化效率提高23%，并能有效破坏苯环结构。该技术可降解难降解有机物并能氧化破坏重金属络合物、有机物配体。

3、壳聚糖交联沸石重金属吸附剂

酸性条件下，膨润土悬浮液与十六烷基三甲基溴化铵和羧甲基壳聚糖在70℃温度下恒温搅拌活化得到平均产率为87%的羧甲基壳聚糖-膨润土复合吸附剂；对Cu²⁺、Ni²⁺和Cr³⁺吸附含量分别是111.22 mg/g，79.56 mg/g，83.42 mg/g

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：安美特（中国）化学有限公司

实际应用案例介绍。

安美特（广州）化学有限公司位于广州经济技术开发区永和经济区阿托菲纳工业园内。该公司成立于1998年，是全球四大石油公司之一的道达尔（TOTAL）石油化工集团的下属公司，是全球为普通五金电镀（General Metal Finishing）提供技术及服务、为印刷电路板（Printed Circuit Board）提供化学药品和设备的代表性供应商。该企业采用铬酸、甲醛、烯丙基磺酸钠、吡啶羟丙基磺基钠盐、硫酸铜、一乙醇胺、丁二醇、丙炔磺酸钠、氰化亚铜、氰化钠、氰化锌、硫酸镍、硫酸等600多种原材料生产电镀添加剂和感光油墨。该公司代表了当前精细化工工业先进生产工艺和先进生产技术，废水排放量远远小于同行业，但浓度是同行业的十几倍以上。

目前公司每天产生生产废水和研发废水（模拟生产废水）100余吨，废水中Cu²⁺、Ni²⁺浓度为20~30 mg/L，COD为5000~20000 mg/L。由于废水中相当一部分重金属离子以络合物的形式存在，有机物中含有相当部分的苯环化合物，处理后的废水只能达到污水综合排放标准中的三级排放标准，COD仍达300 mg/L以上，且仍含有不少的有毒物质，这些废水最终都会排放到饮用水源地—东江，废水排放所引起的潜在危害较大。依托安美特（中国）化学有限公司污水处理站，建成了100 m³/d的精细化工废水脱毒减排与深度处理示范工程。示范工程采用“强化絮凝—深度催化氧化—选择性吸附”集成工艺，将集成工艺融入到安美特

(广州)化学有限公司废水处理厂原有工艺中,对原有工艺进行改造调整,使其在原有处理基础上,更有效去除苯系污染物及络合重金属污染。具体为:通过解析精细化工废水有毒有害特征污染物,从污染物结构组成及基团特征确定特征污染物的关键控制过程与影响因素;改造原有的絮凝剂种类和投药系统,将原有的絮凝剂 PAC 改为淀粉基絮凝剂;将原有的普通 Fenton 法改造为 TiO_2 光催化与 Fenton 试剂联用法;增加吸附装置,并以羧甲基壳聚糖-膨润土做为吸附剂。通过将突破成果与现有的关键技术进行试验组合、筛选设计等环节的联合攻关并使之配套。

连续 6 个月运行的第三方监测结果表明,出水平均 COD 24.9mg/L, Cu^{2+} 0.01mg/L、 Ni^{2+} 0.02 mg/L, 实现了在达标基础上分别再减排 95.0%、99.5%、98.0%;出水苯系物 0.07mg/L, 无急性毒性;水回用率 35% (表 3)。解决了该行业减排,降低了毒害性风险。示范工程可削减汇入东江的 COD 14.25t/a, Cu^{2+} 0.597 t/a, Ni^{2+} 0.0294 t/a, 苯系物 0.0137 t/a。

联系单位:安美特(中国)化学有限公司

联系人:彭明智

电 话:020-82981667

地 址:广州经济开发区永和区新庄二路73号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:华南理工大学科技开发公司

联系人:胡勇有

电 话:020-39380506

E-mail: ppyyhu@scut.edu.cn

地 址:广州市五山路华南理工大学28号楼西侧

22、复杂难降解有毒化工废水新型高效催化转化技术

技术依托单位:南京工业大学

技术发展阶段:工程示范

适用范围:化工废水处理中含盐、高浓度、难降解、有毒废水的预处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

利用光、电对催化剂的协同效应,在反应器内激发产生高密度均匀分布的 $\cdot\text{OH}$ 自由基,从而使难降解有毒污染物快速、高效地降解。本技术特点为:①处理效率高;②废水生物毒性大大降低;③常压操作,反应温度不超过 80°C ,节能安全;④适用于处理高浓度复杂有机废水;⑤适用于含盐废水的处理;⑥反应迅速,处理时间短,一般5~20min;⑦运行成本低、操作简单、易工程化等优点。本技术适合于含盐、难降解、有毒工业废水的预处理,构建了成套工业化装置,并在多个示范工程中得到了应用,效果显著;本技术的成功开发和工程应用,解决了化工废水处理中高浓度难降解有毒废水预处理难题,保障了后续废水生化处理的效果。

二、工艺流程

已形成高效催化转化系列成套装置。高浓度难降解有毒废水进入高效催化转化装置,在装置内与产生的羟基自由基进行反应,使难降解有机分子分解成小分子,并有一部有机物最终被矿化,因而,处理后的废水的COD、生物毒性可得到有效降低,可生化性得到明显提高。

本技术对特征污染物脱除率85%~99%,生物毒性去除率85%以上;运行成本约5~10

元/吨水，投资仅为传统催化氧化设备的1/3~1/8。

三、关键技术

复杂难降解有毒化工废水新型高效催化转化技术。

1、研发成功光-电-波协同新型催化转化技术，实现了对高浓度有毒有机化工废水经济而有效的强化预处理；

2、成功研发了均相和非均相催化剂，满足不同水质废水处理要求；

3、突破了反应器优化设计与放大等关键技术难点，国内首次成功创制工业化规模的成套处理装置，实现了工程化应用。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例：

应用单位：南京八幸药业科技有限公司

实际应用案例介绍：八幸药业科技有限公司主要生产医药中间体，部分产品的生产废水具有COD浓度大、盐分含量高、毒性强、难生物降解等特点，采用高效催化转化装置进行预处理，出水COD去除率在60%左右，处理效果稳定；生物毒性大大降低，由Ⅰ级降为Ⅳ级，几乎达到无毒状态。

联系单位：南京八幸药业科技有限公司

联系人：唐成

电 话：18752071913

E-mail: njtc@njhakko.js.bnet.cn

地 址：南京市溧水区白马镇工业集中区

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京工业大学

联系人：赵贤广

电 话：13851624491

E-mail: zxg174@163.com

地 址：南京市新模范马路5号科技创新大楼B2003

23、高浓度氨氮废水高效吹脱与氨资源化技术

技术依托单位：南京工业大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：含高浓度氨氮废水的资源化回收

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本技术对吹脱塔结构进行了改进，并采用高效填料，强化了气液传质过程，显著提高了氨氮吹脱效率；同时研发了可再生复合酸性水溶液氨吸收剂，可高效吸水吹脱气中的氨，使废气完全能达标排放；饱和氨吸收剂再生释放出高浓度氨气，获得高浓度氨水，氨水可回用或外售，实现了废水中氨氮的高效回收和资源化；再生后的氨吸收剂循环使用。

二、工艺流程

工艺流程为“吹脱—吸收-吸收剂再生（再生后循环使用）-氨水回收”。具体如下：

废水在吹脱塔经空气吹脱除氨后排入后续污水处理系统，从吹脱塔顶出来的吹脱气进入

吸收塔与可再生氨吸收剂接触，经氨吸收剂吸收氨后的吹脱气达标排放；从吸收塔底出来的接近饱和的氨吸收剂进入再生塔再生释放出吸收的氨气，经冷凝获得10%-20%的氨水回用或资源化，再生后的吸收剂在进入吸收塔循环使用。

工艺参数：在室温、气液比=1000~2000:1、pH=11~11.5的条件下，氨氮去除率就可达95%以上。

三、关键技术

1、吹脱塔结构优化；

2、可再生复合酸性水溶液氨吸收剂。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成。

实际应用案例：

应用单位：常熟华益化工有限公司

实际应用案例介绍：在常熟华益化工有限公司高氨氮废水预处理工程中得到应用，效果显著。在水进水氨氮浓度约4000mg/L的条件下，吹脱后出水氨氮浓度小于200mg/L以下，氨氮吹脱率达95%以上，满足了后续废水处理要求；废水中氨的总回收率可达94%，回收的氨水回用于生产，很好地解决了氨的二次污染问题。

联系单位：常熟华益化工有限公司

联系人：孙梁

电 话：18962320267

E-mail: cshyhg@foxmail.com

地 址：江苏中国江苏常熟新材料产业园富虞路18号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京工业大学

联系人：赵贤广

电 话：13851624491

E-mail: zxg174@163.com

地 址：南京市新模范马路5号科技创新大楼B2003

24、高浓度苯胺类工业废水资源化处理技术

技术依托单位：南京大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：含高浓度苯胺类工业废水的资源化处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对高浓度苯胺类工业废水资源化处理需求，开发了以树脂吸附技术为核心资源化处理工艺，通过对吸附树脂表面化学修饰及脱附工艺的优化，解决了苯胺类物质吸附—脱附过程中易氧化、变质等难点，实现苯胺类物质的资源化回收。

二、工艺流程

工艺流程为“pH调节—过滤—吸附—解吸”。具体如下：

废水用NaOH溶液调节pH值在8±0.5后过滤，滤液经过氨基修饰的复合功能树脂固定床吸附处理，出水COD可达500mg/L以下，邻氯苯胺低于5mg/L。吸附饱和后采用脱附剂脱附，

脱附液的回收产物主要为邻氯苯胺盐酸盐，且纯度达99%以上。

三、关键技术

氨基修饰复合功能树脂的高效吸附-脱附技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例:

应用单位：常州佳森化工有限公司

实际应用案例介绍：常州佳森化工有限公司联苯胺生产过程中排放的废水，其中约含8%氯化钠，pH值在2-3，COD为 5000-7000mg/L,其中邻氯苯胺为3000~5000 mg/L，该废水有机物浓度高，毒性大，用常规的方法难以处理。采用树脂吸附为核心的工艺建成了日处理500m³的高浓度联苯胺生产废水的工程化装置，通过树脂吸附回收废水中的邻氯苯胺，每m³废水可回收邻氯苯胺约2.5Kg，出水邻氯苯胺低于5mg/L、COD在500mg/L以下，达到管网接管标准的要求。

联系单位：常州佳森化工有限公司

电 话：0519-85773786

地 址：常州新北区春江镇圩塘化工区龙港三路

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：南京大学

联系人：龙超

电 话：025-89680380

E-mail: clong@nju.edu.cn

地 址：南京市仙林大道163号

25、高浓度化工废水两相厌氧+二级好氧低能耗处理技术

技术依托单位：江苏省环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：可生化性较好的高浓度化工废水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

该技术将两相厌氧和二级好氧生化进行优化组合。两相厌氧的产酸段和产甲烷段分别在两个独立的反应器中进行反应，在产酸段起主要作用的是水解或发酵细菌，能将复杂的含碳大分子有机物水解为简单的小分子有机物，再进一步发酵为各种有机酸，可以提高产甲烷反应器中产甲烷细菌活性，从而提升反应器的处理能力、效率以及运行稳定性；而二级好氧第一级以高负荷的方式运行，利用细菌和低级霉菌占优势的混合菌种，采用高MLSS，维持较低的溶解氧，在较短的时间内，去除废水中大部分有机物。而第二级以低负荷的方式运行，供氧充足，培养原生动物占优势活性污泥，可保证出水水质。两相厌氧和二级好氧生化组合工艺可降低整个生化处理系统的能耗。

二、工艺流程

工艺流程为“水解酸化池—中间池—产甲烷池—一级好氧池-中沉池-二级好氧池-二沉池”。具体说明如下：

经调节和匀质后的高浓度废水经泵提升进入水解酸化池，酸化后的废水进入中间池，再

经泵提升进入产甲烷池进行厌氧降解，出水自流进入一级好氧池进行好氧降解，经中沉池泥水分离后进入二级好氧池进一步好氧降解，经二沉池泥水分离后进入后续深度处理系统。一级好氧和二级好氧设独立的污泥回流系统，污泥回流比均为100%。

三、关键技术

两相厌氧+二段好氧低能耗生化处理技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成，获发明专利1项。

实际应用案例：

应用单位：无锡市虎皇漆业有限公司

实际应用案例介绍：无锡市虎皇漆业有限公司主要生产油漆、涂料、树脂和高沸点溶剂等产品，生产废水主要来自溶剂MADE中和分层废水和定期洗釜废水、醇酸树脂合成反应生成的少量废水，废水中主要含有硝酸盐、铜离子、甲醇、丁二酸、戊二酸、己二酸以及少量混合脂（丁二酸二甲酯，戊二酸二甲酯，己二酸二甲酯）、苯甲酸和其他有机化合物。针对该高浓度化工废水，采用两相厌氧+二级好氧为核心的组合处理工艺，设计处理能力为350m³/d，两相厌氧+二级好氧处理系统的COD去除率可达95%以上。

联系单位：无锡市虎皇漆业有限公司

联系人：虞国君

电 话：0510-87541658

E-mail: huhuang@huhuang.com.cn

地 址：宜兴市芳桥工业区虎皇大道888号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：江苏省环境科学研究院

联系人：邹敏

电 话：025-86656582

E-mail: js-hks@163.com

地 址：南京市凤凰西街241号

26、脱氮分子筛合成及分子筛交换柱高氨氮废水处理技术

技术依托单位：中国水利水电科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：去除废水中油类和烃类等有机物

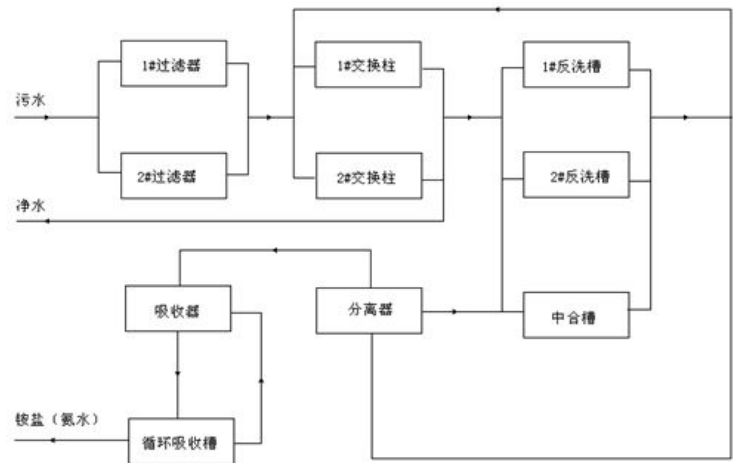
主要技术指标和参数：

一、基本原理

首次将分时利用碱酸快速活化交换剂的技术应用于高氨氮工业废水的处理中交换剂的反洗，有效解决了交换剂吸附饱和后难以恢复交换性能的技术瓶颈，为离子交换法在高氨氮工业废水领域的应用开辟了新途径。

首次将水封原理引入氨氮回收系统，设计了一套高效的自力式稳压器，以水位高低来间接调节回收氨水气液界面的压力，解决了现有以水作为溶剂，将氨氮回收为氨水工艺中，氨氮在水中的溶解受到温度、氨水浓度、气液界面的压力等因素影响而难以控制的技术瓶颈。本装置压力调节方便，稳压精度高，可生产≥17%的浓氨水，回收产品纯度高，可直接回用至氮肥生产线。

二、工艺流程



本示范工程采用集“预处理——吸附——解析——回收利用”为一体的氨氮废水交换柱处理技术，具体包括以下四个部分：

1) 预处理单元

根据现场考察和废水水样分析，水体中悬浮物、油类、重金属化合物含量较高，为减轻该部分污染物对后续氨氮处理的效果，需要设置预处理单元，本示范工程为了节省工程占地，大胆尝试了将预处理单元与氨氮处理单元合并，统一在交换柱内完成，并取得了较好的效果。

2) 氨氮交换吸附

筛选并配制了一种对氨氮具有最佳交换吸收特性的复合交换剂（具体参见第三章交换剂吸附解析性能研究），并相应研发了一套交换柱水处理装置。

3) 交换剂氨氮解吸

当交换柱中的复合交换剂吸附氨氮饱和后，需要对其进行解吸，将吸附的氨氮析出，重新恢复交换剂的吸附性能。本课题研究组通过大量试验研发了一种分时利用碱、酸快速活化交换剂性能的方法和装置。

4) 氨氮回收利用

考虑清洁生产和资源回收利用，解吸后每升废水中氨氮浓度达到上万毫克，作为以专业生产碳酸氢铵为主业的重庆万利来化工厂，氨氮回收利用具有重要价值。因此，本课题研发了一套以气液稳压平衡为理论基础的氨氮回收装置，选用自来水做为回收液，生产出 200 滴度（滴度为当量浓度的二十分之一，在制碱与制碳酸氢铵中用以表示氨水的浓度，1 滴度=1/20 当量浓度=1/20×17 克氨/升=0.85 克氨/升）的浓氨水，可直接回用于生产线。

三、关键技术

分时利用碱酸快速活化交换剂的方法，改进的射流抽气器和自力式稳压装置。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：高氨氮工业废水交换柱处理工艺

应用单位：重庆市万利来化工股份有限公司

实际应用案例介绍：处理规模120-240m³/d（单个交换柱处理水量120 m³/d；两个交换柱并联时处理水量240 m³/d），处理能力：原水氨氮浓度400-800mg/l，处理后出水氨氮浓度小于15mg/l。

联系方式:重庆市潼南县梓潼镇中间坡2号, 402660。

联系单位: 重庆市万利来化工股份有限公司

联系人: 邓大福

电 话: 13320276153

地 址: 重庆市潼南县梓潼镇中间坡 2 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国水利水电科学研究院

联系人: 周怀东

电 话: 010-68781892

E-mail: hdzhou4@iwhr.com

地 址: 北京市海淀区复兴路甲1号

27、高毒污染物“高能液态燃灭”技术

技术依托单位: 上海交通大学 江苏武进双惠环境工程有限公司

技术发展阶段: 工程示范

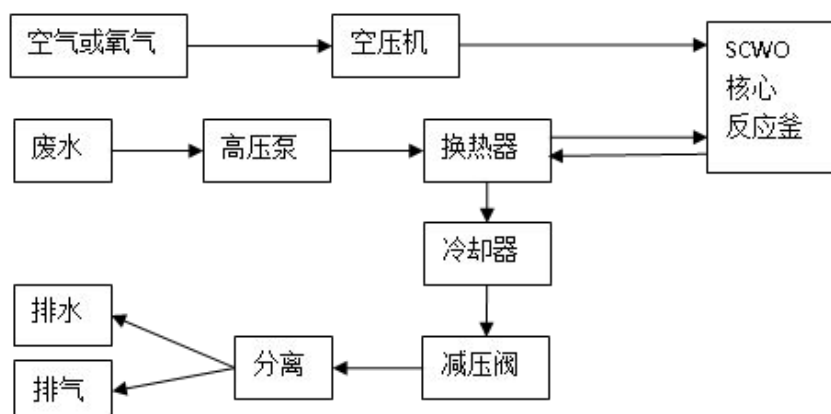
适用范围: 石油、化工、医药、军工等高毒性有机废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

超临界水氧化法 (SCWO) 是指在温度和压力高于水的临界温度 (374.3°C) 和压力 (22.05MPa) 的反应条件下, 以超临界水为反应介质, 以氧气或双氧水为氧化剂, 将水中有机污染物彻底氧化成 CO_2 和 H_2O 的过程。在超临界状态水成为了一种具有高扩散性和优良传递特性的非极性介质, 而基于超临界水的特性而产生的超临界水氧化技术具有很多优越性, 该技术几乎适用于处理含有机污染物的任何废液。

二、工艺流程



超临界水氧化技术的工艺流程图

操作流程:

(1) 准备: 水泵、空压机的润滑油是否需要能换 (空压机每工作30hr更换一次专用润滑油, 水泵每工作200hr更换一次齿轮油;

- (2) 检查：温度、压力指示仪表设置与显示是否正确。检查冷却器是否充满冷凝水。
- (3) 启动：打开进料泵的放气阀，开始进料。先将进料口放入清水桶，打开进料泵，变频器维持10-20Hz，循序升温，断续打开空压机，并控制系统压力不高于20Mpa。约需要2hr左右时间。
- (4) 升压：压力升高到20Mpa，可以开始加热循序升温。温升到至少一个反应釜测温点达到500℃以上，打开进料泵放气阀，将进料管切换到污水桶，持续开启空压机，并根据污水浓度，调节进料泵变频器流量和设定温控仪表温度。系统可以进入自动控制程序。
- (5) 系统停止时，需要打开进料泵放气阀，进料管切换到清水罐，系统持续运行直至污水全部处理排出反应系统，约需要1-2hr。
- (6) 关闭空压机、关闭加热器，持续清洗1hr，系统温度降低到300℃以下，压力低于10Mpa，可以关闭系统，自然冷却。
- (7) 压力调节阀堵塞或其它意外情况时，可以切换到手动状态，关闭进水、关闭空压机、关闭加热，适当打开放气阀。

三、关键技术

空气氧化自燃技术：采用空气压缩机直接供空气作为SCWO的氧化剂，具有设备简单、成本低的优点。

多阀联排除垢技术：无机物质在超临界状态下溶解度很低，容易堵塞，结合高压冲击除垢原理与多阀联排技术，采用PLC压力、温度协同控制，并用多阀程序开启不断排出无机物质和有机残渣，成功解决了设备易堵塞的问题，并实现断续流自动运行。

PLC加热控制技术：装备中设置有电磁频谱加热器、压力传感器、温度传感器等部件，通过PLC控制实现压力温度的在线监控与协同控制，具有热效率高、点火快、操作运行方便、不易堵塞、易扩大生产规模等优点。

燃烧清洁剂技术：有机型燃烧促进剂具有提升自燃效率、清除积炭、清洁管路、消除污垢等功效。直接攻击有机分子中的长链碳键，在反应室产生“微爆”，促进雾化，引发有机物完全燃烧，提高热效率、降低能耗、减少有机物排放。

四、技术来源及知识产权概况

序号	申请或授权的专利名称	申请号或批准号	申请/批准国别
1	处理高固含量流体的高温高压流水热装置	ZL201120298303.8	中国
2	一种多用途超（亚）临界水热处理设备	20121011816.4	中国
3	一种超临界水反应釜的测控方法	201210177045.7	中国
4	直管间壁式换热器	201010533885.3	中国

实际应用案例：

应用单位：江苏武进双惠环境工程有限公司

核心设备为水热氧化处理工艺，由核心反应釜1件和换热器1件组合而成，核心反应釜（6580×1010×1816），重约1.0t，设计压力30MPa，设计温度600℃。经处理后的污水符合国家排放标准。

联系单位：常州市武进双惠环境工程有限公司

电 话：0519-86266800

地 址：常州市武进区前黄寨灵台蒋家工业园

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：上海交通大学
联系人：申哲民
电 话：13061602996
E-mail: zmshe@sjtu.edu.cn
地 址：上海市闵行区东川路800号

造纸行业废水污染控制技术

28、臭氧微氧化结合气浮的深度脱色技术

技术依托单位：郑州大学

技术发展阶段：推广应用

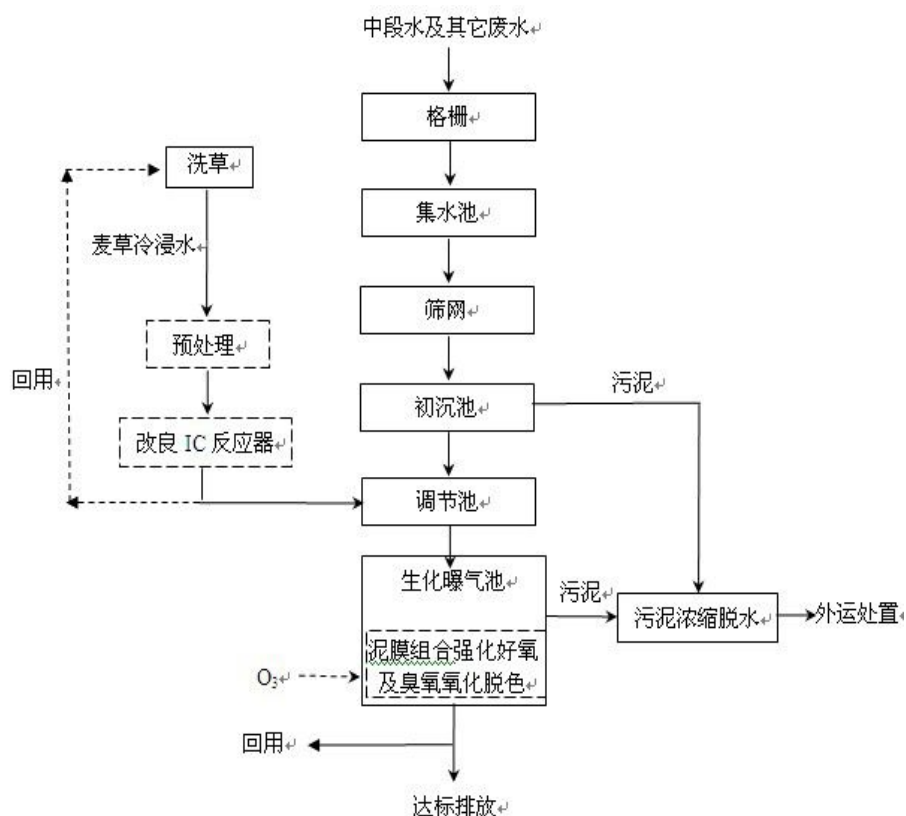
适用范围：制浆废纸废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据主要生产工艺流程和用水、排水情况，对洗草水和综合废水进行取样分析，全面了解企业现有废水中 COD、SS、色度等主要污染物的含量及水质特点。为了去除冷浸水中所含的泥沙、SS 等，拟采用改良型絮凝沉淀工艺对其进行预处理，以去除掉大部分的 SS，降低有机物含量，降低一定的色度，减轻其污染负荷。为满足好氧处理单元进水水质要求，采用了加大冷浸洗草的用水量，洗草的吨浆用水量为 80m³ 左右。为降低整个生产工艺吨浆用水量，削减吨浆排水量，提高洗草水的可生化性，拟对麦草冷浸废水进行单独的厌氧处理，即采用改良 IC 反应器或厌氧处理技术。采用活性污泥和生物膜组合的强化好氧生物技术，在好氧曝气过程中适度减少悬浮活性污泥浓度、增加附着生物量，提高好氧段的总 MLSS 浓度，延长污泥龄，另外生物膜的厌氧/缺氧环境可使系统内生物相更加丰富，有助于提高木质素在好氧反应器内的降解效率。臭氧是一种强氧化剂，它对纤维素、木素及其衍生物等有机物、生物微粒和某些无机物的氧化没有选择性，但能选择性快速分解有机物的显色基团，臭氧氧化的脱色效果明显。

二、工艺流程



三、关键技术

- 1、臭氧微氧化结合离子气浮脱色技术
- 2、洗草废水改良厌氧酸化处理技术

实际应用案例:

应用单位: 河南一林纸业有限责任公司

实际应用案例介绍:

示范工程为河南一林纸业有限责任公司, 位于沙颍河上中游许昌段, 距离出市断面约9公里, 作为示范点, 其所具备的实施条件主要有: 纸浆造纸行业满足河南省环境保护专项资金重点支持, 有利于减少流域或区域主要污染物排放量, 环境效益和社会效益明显; 现有污水处理站具有整套的处理工艺, 主要是采用生化的处理工艺, 主体采用Biolak工艺, 示范工程只需增加部分设施。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 郑州大学

联系人: 何争光

电 话: 0371-67739306

E-mail: hezhengguang163@163.com

地 址: 河南省郑州市科学大道100号, 450001

29、楔形高浓度水解污泥床水解酸化技术

技术依托单位: 郑州大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 废纸造纸废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

采用楔形高浓度污泥床水解酸化技术同步实现 SS 高效分离与可生化性提升。采用“楔形高浓度污泥床水解酸化+厌氧反应器+好氧+深度氧化+气浮”处理工艺，在降低前处理成本，减少物化污泥产生量的同时，保证前处理单元的高去除率，为实现趋零排放提供重要的技术经济支撑。该技术是在目前厌氧反应器基础上改进设计而成，主要借助活性污泥的絮凝作用，通过反应器水平截面积的变化实现“上部上升流速低便于污泥沉降、下部上升流速高以促进混合”，集成高效液固分离和快速水解酸化双重功能，解决了传统水解酸化反应器污泥流失大、混合效果差和反应器布水不均三大主要问题。

二、工艺流程

工艺流程为“楔形高浓度污泥床水解酸化+厌氧反应器+好氧+深度氧化+气浮”。

首先利用楔形高浓度污泥床为核心的水解酸化调控技术和厌氧单元，提高厌氧单元对高无机盐、低BOD/COD值废水的耐受性并大幅降低好氧处理进水COD，显著降低处理成本；其次将好氧与高级氧化技术相结合，强化SS和COD去除效果，提升出水水质，使工艺出水满足纸机毛布清洗水水质要求（即COD<50mg/L，SS<40 mg/L），以保证生产的正常进行，避免出现糊网、车速降低等问题。

三、关键技术

楔形高浓度水解污泥床水解酸化技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：河南省龙源纸业有限公司

实际应用案例介绍：

示范工程采用楔形高浓度污泥床水解酸化技术同步实现SS高效分离与可生化性提升，确保厌氧单元处理出水COD降低到800mg/L以下，后接好氧+高级氧化+气浮强化COD和SS去除，处理后废水回用率达到50%以上，最终实现吨纸废水的趋零排放。处理规模为6600m³/d，进水COD3000~4000mg/L，出水COD为50mg/L以下，投资约为880万元，工程直接运行成本约1.1~1.3元/吨水联系方式:

联系单位：郑州大学

联系人：原保群

电 话：13803711677

E-mail: 13803711677@163.com

地 址：河南省郑州市高新区科学大道100号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：郑州大学

联系人：何争光

电 话：0371-67739306

E-mail: hezhengguang163@163.com

地 址：河南省郑州市科学大道100号，450001

30、制浆造纸废水复合仿酶深度处理技术

技术依托单位：山东省环境保护科学研究设计院，山东大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：生化后制浆造纸废水深度处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

复合仿酶处理技术是根据废水中主要有机污染物的分子结构特点及性质，采用模拟过氧化氢酶技术，提供特定的反应条件，首先通过仿酶催化条件下的自由基传递转移、选择性部分氧化等过程使废水中以木质素衍生物为主的有机污染物分子的羧基、羰基等副电性基团增加，然后进行络合、混凝等多种反应过程，反应生成的配位化合物和聚合物等物质与废水中原有有机物相比分子量大幅度增加、亲水集团明显减少，相应的其水溶性大幅度下降，可以从废水中沉淀分离出来，达到污染物去除的目的。

二、工艺流程

工艺流程为“二沉出水—磁化混合反应器—催化反应池—一级沉淀池—二级反应池—二级沉淀池”。具体如下：

- 1、首先将二沉出水由泵提升至磁化混合反应器，并在反应器中加入条件促成药剂；
- 2、磁化混合反应器出水进入催化反应池，实现加入药剂与废水中污染物的催化反应；
- 3、催化反应池出水进入一级沉淀池，实现废水中不溶性沉淀物与废水的固液分离；
- 4、一级沉淀池出水进入二级反应池，通过加入药剂，实现废水的中和和进一步净化；
- 5、二级反应池出水进入二级沉淀池，实现固液分离，出水回用或达标排放。

三、关键技术

- 1、废水复合仿酶催化反应技术；
- 2、废水磁化处理技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：山东晨鸣纸业集团股份有限公司

实际应用案例介绍

山东晨鸣纸业集团采用本课题研究技术率先实施了30000m³/d造纸废水深度处理回用工程，该工程主要处理杨木化机浆废水、白卡纸白水等废水，深度处理工程在系统进水COD_{Cr} 300-500mg/L、色度300-600倍的条件，处理出水COD_{Cr} 50mg/L、色度10倍下，处理费用在0.6-1.0元/m³。深度处理出水打入全厂供水系统，回用于制浆造纸生产过程。

鉴于该工程的良好处理效果，晨鸣集团在其子公司武汉晨鸣、江西晨鸣、赤壁晨鸣、齐河晨鸣、吉林晨鸣、寿光晨鸣等全部采用该技术建设了废水深度处理工程，目前这些项目均已投产运行，为晨鸣集团的废水减排做出了重要贡献。

联系单位：山东晨鸣纸业集团股份有限公司环保计量处

联系人：田红梅

电 话：0536-2158750

E-mail: cmhbjl@163.com

地 址：山东省寿光市圣城街

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：山东大学

联系人：张波

电 话：0531-86106106

E-mail: zhangbo62@163.com

地 址：山东省济南市大南路27号，250100

31、造纸过程污泥减量化的综合技术

技术依托单位：西安交通大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：制浆造纸厂

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过改变制浆造纸污泥的留着率提升一沉池污泥的回用率，利用纤维回用系统与一沉池污泥分级回用，加强纤维回收，采用高负荷厌氧技术大幅度降低剩余生物污泥量，实现污泥减量化

二、工艺流程

工艺流程主要为“一沉池进水回用—添加助留剂—优化筛网效率—高效厌氧反应器处理”

技术主要包括：

- 1、一沉进水回用：各工段就近回用废水，减少一沉池的水量；
- 2、污泥改性技术：在污泥回用过程中，添加有机和无机高分子助留剂组合，提高污泥留着率，提高胶体性能并增大纸张强度；
- 3、筛网优化技术：采取纤维回收网目数为100-200目，，增强喷水压力和增加过滤面积，避免糊网；
- 4、高效厌氧生物技术：利用厌氧降解技术减少90%剩余污泥的产生。

三、关键技术

1、污泥助留剂制备技术；

2、高效厌氧生物技术

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：

应用单位：西安市万隆造纸厂

实际应用案例介绍

脱墨浆造纸节水减排示范工程，工程地点：西安市未央区三桥镇天台路。规模：年产3.4万吨废纸脱墨再生纸厂，处理水量4000 m³/d。示范内容：（1）基于集成优化理论的用水网络优化技术；（2）高效厌氧反应器为核心的水处理技术；（3）适应高浓度胶体废水处理的改良型UASB反应器；（4）造纸过程污泥减量化的综合技术。工程内容包括：（1）改造原污水处理工程，建设厌氧-好氧生物处理为主的废水处理工程，做到节水条件下的达标排放。（2）完成清洁生产改造；（3）完成沼气的收集和利用工程。示范工程建成以来运行效果良好，达到了设计的节水节能减排目标。通过造纸过程的清洁生产改造和厌氧-好氧生物处理为主的废水处理技术，实现节水条件下的达标排放。废水厌氧处理过程产生沼气的收集和利用实现了可再生能源的有效利用。企业通过内部清洁生产的改造，废水排放量和污染量都大幅度减少。在课题组的建议下，在原有的1#和2#线两条废水处理系统中，停运了一个废水处理系统，只运行其中的一半。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：陕西省环境科学研究院

联系人：司全印

电话：029-87292510
E-mail: siquanyin@163.com
地址：西安市长安北路49号，710061

32、废纸造纸废水集成技术

技术依托单位：江苏省环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：以废纸为原料生产高档瓦楞纸和箱板纸的造纸企业产生的废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

主要针对以废纸为原料生产高档瓦楞纸和箱板纸的造纸企业。通过节水措施，提高水在生产过程中的复用率，降低吨纸的排水量。但吨纸排水量降低会使排放的废水中污染物浓度升高，难降解物质增多，处理难度加大，难以稳定达到《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544-2008）表3中制浆和造纸联合生产企业的标准（ $COD \leq 60mg/L$ ）。

高浓度造纸废水采用“初沉、厌氧、好氧、高级氧化、沉淀”集成技术处理，其中：厌氧采用IC反应器，可大幅去除废水中的有机物；好氧采用A/O工艺，进一步降解有机物并通过硝化/反硝化脱氮；经IC、A/O工艺处理后，尾水中主要以难降解的可溶性有机物为主，采用Fenton氧化工艺进行氧化深度处理，经最终沉淀降低悬浮物和胶体物质后排放。

二、工艺流程

工艺流程为“初沉-IC厌氧-A/O-Fenton氧化”。具体流程如下：

1、生产废水经管道输送至污水处理站，先经过格栅去除水中纤维然后进入初沉池进行沉淀，进一步去除废水中的颗粒物。

2、初沉池出水进入调节池在调节池中调整水质水量并投加营养盐及氢氧化钠以达到厌氧微生物生长的要求。

3、调节池出水经泵提升至IC反应器内，在IC反应器内利用厌氧微生物降解废水中的有机物，IC反应器主要去除废水中易降解有机物，并将其转化为沼气利用，其对COD去除率可达80%左右。

4、IC反应器出水进入A/O池，在A/O池中利用好氧微生物进一步去除废水中的有机物，其对COD的去除率可达90%左右。

5、A/O池出水进入Fenton氧化系统，Fenton氧化系统需投加硫酸、硫酸亚铁、双氧水氢氧化钠等化学品，可将废水中无法被生物降解的有机物彻底氧化，从而使废水出水达到排放要求。

整套处理工艺COD去除率可达到99%左右，最终处理出水COD可控制在60mg/L以下。

三、关键技术

1、废纸造纸废水“初沉-IC厌氧-A/O-Fenton氧化”集成处理技术；

2、Fenton氧化深度处理技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成。

实际应用案例：

应用单位：无锡荣成纸业有限公司

实际应用案例介绍：无锡荣成纸业有限公司通过在线节水和白水回用等手段，使吨纸排水量从15t降为9t左右，采取节水措施后废水的浓度大幅上升，针对高浓度造纸废水采用采用课题研发的集成处理技术对原有废水处理工程改造。

示范工程运行结果表明，处理出水COD低于60mg/L，达到GB3544-2008中表3特别限值的要求，处理成本约为5元/m³。

联系单位：无锡荣成纸业有限公司
联系人：柳芳
电 话：510-83316666
E-mail: x5007@longchenpaper.com
地 址：江苏省无锡市惠山区洛社镇中兴西路43#

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：江苏省环境科学研究院
联系人：郭方峥
电 话：13805157559
E-mail: gfz2002@163.com
地 址：江苏省南京市建邺区应天大街927号中北大厦4楼

制药行业废水污染控制技术

33、抗生素高效发酵分离技术

技术依托单位：哈药集团制药总厂、中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

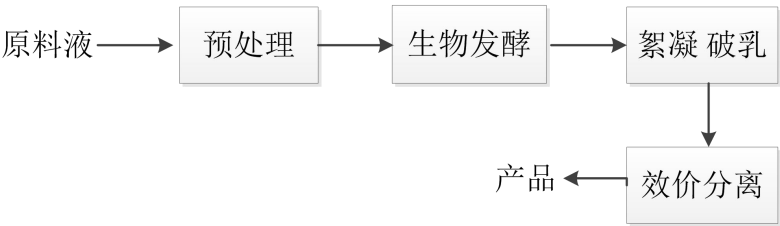
适用范围：抗生素行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

用发酵法生产青霉素的发酵液成份非常复杂，除目标产物外，还含有金属离子、菌体分泌的多种蛋白质以及胞内物质，用溶媒萃取法提取时会产生乳化现象，给提取过程带来较大困难，并影响产品透光率。通过对发酵液进行絮凝和破乳处理后，结合过滤除去大部分杂质，可大幅提高青霉素提取效率。

二、工艺流程



制药原料液经预处理后，去除部分有害杂质，进行生物发酵，发酵液中含多种金属离子、蛋白和胞内物质，通过破乳和絮凝后去除大部分杂质，可有效提高效价分离效率，提高产品收率，降低生产成本

三、关键技术

抗生素高效发酵分离技术包括以下关键技术点：通过新型生物质絮凝剂开发及纯化分离效果和成本对比，选取壳聚糖絮凝剂用于青霉素发酵液提取工艺；针对化学破乳剂生产周期长、用量大、污染水质的弊病，生物破乳剂絮凝沉降性能低、发酵浓度低的缺点，进行化学破乳剂和生物破乳剂的复配优化，开发出生物破乳剂xy-1和化学破乳剂PCI-1复合破乳剂；开发膜过滤工艺截留青霉素发酵液中的杂质和菌丝，近半数蛋白质被截留在滤浆中，萃取处

理是乳化现象大大减轻，提高青霉素发酵液提取的效价。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

哈药集团制药总厂,完成年产7000吨青霉素清洁生产示范线改造,效价分离效率从45000稳定提高到55000单位。

联系单位: 哈药集团制药总厂

联系人: 韩洪斌

电 话: 0451-86662926

E-mail: webadmin@hayaozong.com

地 址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路109号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国科学院过程工程研究所

联系人: 曹宏斌

电 话: 010-82544845

E-mail: hbcao@ipe.ac.cn

地 址: 北京市中关村北二条一号过程大厦

34、抗生素废水臭氧芬顿联合催化氧化深度处理技术

技术依托单位: 哈尔滨工业大学

技术发展阶段: 中试

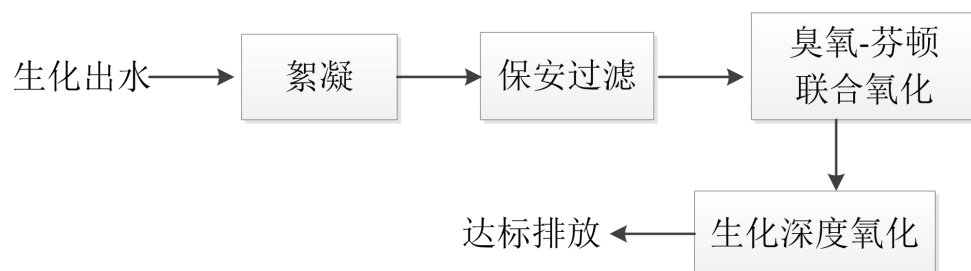
适用范围: 抗生素废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

臭氧芬顿联合催化氧化技术对COD 去除率可达到50%左右,出水B/C 提高到0.3 左右,能够达到预处理效果。臭氧催化氧化和芬顿氧化有很好的协同促进作用,臭氧催化氧化对废水中具有不饱和双键及苯环的难降解有机物进行开环断链,使之变成可生化性好的小分子物质,芬顿氧化能大幅去除水中污染物重量,两者结合更强化了各自优势,并且出水中铁离子产生大量 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 絮体,通过吸附絮凝可以将废水中难以生化降解的树脂残留成分有针对性去除。由此可见臭氧芬顿联合催化氧化技术处理效果好,运行稳定,作为抗生素废水深度处理项目的预处理技术是可行的。

二、工艺流程



生化出水经絮凝沉降后,进一步除去部分非极性有机物,再经过保安过滤,除去未完全沉降的絮体,再经过臭氧、芬顿或臭氧-芬顿联合氧化,未完全降解的羧酸等中间产物经过生化深度氧化,最终实现达标排放。

三、关键技术

针对臭氧氧化和芬顿氧化都具有提高出水B/C比，降低COD含量的能力，但两种单一技术均达不到预计目标，开发臭氧-芬顿联合氧化处理技术。臭氧催化氧化对废水中含不饱和双键和苯环难降解有机物进行开环断链，使之变成生化性好的小分子物质，芬顿氧化则对COD去除效果更明显。芬顿氧化过程添加铁离子会在出水中形成大量 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 絮体，通过吸附絮凝可有针对性去除废水中难以生化降解的7-ACA树脂残留组分，达到更优的处理效果。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

哈药集团制药总厂，完成中试实验。

联系单位：哈药集团制药总厂

联系人：韩洪斌

电 话：0451-86662926

E-mail: webadmin@hayaozong.com

地 址：黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路109号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：哈尔滨工业大学

联系人：马放

电 话：13904810011

地 址：哈尔滨工业大学环境学院

35、Fe/C 微电解含铜黄连素废水处理与铜回收技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：高浓度含 Cu^{2+} 工业废水

主要技术指标和参数：

废水pH为2.0-3.0,铁投加量为25 g/L，废活性炭投加量为30 g/L， Cu^{2+} 、铁粉与炭粉的投加量比例约为1: 1~1.25:1~1.5，搅拌反应1~1.5小时。

一、基本原理

Fe-C微电解预处理单元处理含铜黄连素制药废水，该技术集活性炭吸附、Fe/C微电解及Fe的氧化还原作用等作用于一体。废水经Fe-C微电解技术预处理后，具有生物毒性的黄连素结构被破坏，通过活性炭的吸附以及絮凝沉淀作用去除大量COD，提高废水的可生化性，降低了其对后续生化处理单元的冲击。高浓度的 Cu^{2+} 经铁还原转化为单质铜。残渣中含有剩余活性炭与铜，经过压缩过滤、焚烧等处理后以 CuCl_2 形态回收再利用。

二、工艺流程

工艺流程为“铁碳微电解—压滤—回收”。具体如下：

- 1、首先将高浓度含 Cu^{2+} 废水装入铁碳微电解反应器中；
- 2、投加一定量的铁粉与活性炭，搅拌反应约1小时；
- 3、采用螺杆泵固液混合物打入压滤机进行分离，其中废液进入后续处理单元，实现达

标排放；

4、将固体废渣（主要成分为铜与炭）干燥后焚烧，最后经盐酸溶解后以CuCl₂形态实现资源。

三、关键技术

1、粉末态铁碳微电解技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：东北制药集团股份有限公司

该集成技术和设备已应用于东北制药集团高浓度含铜废水的生产规模试验。结果表明，Fe-C处理后，对黄连素的去除率达70.0%以上，废水中残余Cu²⁺低于20 mg/L，出水满足东药生化处理工艺的要求，回收得到的CuCl₂作为催化剂再次应用于黄连素的生产。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：宋永会，曾萍

电 话：010-84919726

E-mail: zengping71@hotmail.com

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：宋永会

电 话：010-84928380

E-mail: songyh@craes.org.cn

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

36、无机陶瓷膜 Vc 发酵醪液渣中古龙酸钠高效分离技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：发酵醪液产品分离

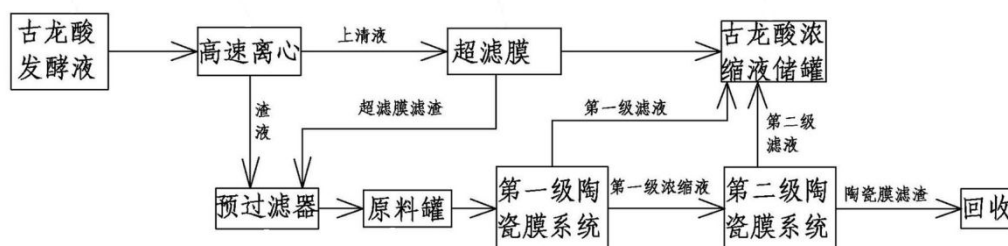
主要技术指标和参数：

一、基本原理

无机陶瓷膜分离技术是基于多孔陶瓷介质的筛分效应而进行的物质分离技术，采用与传统“死端过滤”“滤饼过滤”等过滤方式截然不同的动态“错流过滤”方式：即在压力驱动下，原料液在膜管内侧膜层表面以一定的流速高速流动，小分子物质（液体）沿与之垂直方向透过微孔膜，大分子物质（或固体颗粒）被膜截留，使流体达到分离浓缩和纯化的目的。

二、工艺流程

主要工艺流程如图所示：



三、关键技术

采用无机陶瓷膜高效分离 VC 发酵醪液渣中古龙酸钠。VC 生产采用细菌发酵，发酵液中蛋白胶体及细菌代谢产物的分离是提取工段的难题。采用无机陶瓷膜高效分离 VC 发酵醪液渣中古龙酸钠，具有操作方便、节能、不造成新的环境污染等优点，耐高温；化学稳定性好，能抗微生物降解；对于有机溶剂、腐蚀气体和微生物侵蚀表现出良好的稳定性；机械强度高，耐高压，有良好的耐磨、耐冲刷性能；孔径分布窄，分离性能好，渗透量大，可反复清洗再生，使用寿命长；对发酵液染菌批次物料也能很好的处理。因此在 2-酮-L-古洛糖酸的分离提纯中的应用日益广泛。

目前醪液分离技术包括加热、絮凝、有机膜超滤和超临界萃取等方法。加热会影响古龙酸的收率，絮凝使用絮凝剂增加成本，遇到严重染菌批号又影响絮凝效果，滤液质量差，而且影响下游树脂收率，超临界萃取操作条件较为严苛，且该项技术只停留在实验室阶段，并没有工程化。有机板式超滤膜不能分离固形物含量高的液体，无机陶瓷膜具有聚合物分离膜所无法比拟的一些优点：耐高温；化学稳定性好，能抗微生物降解；机械强度高，耐高压，有良好的耐磨、耐冲刷性能；孔径分布窄，分离性能好，渗透量大，可反复清洗再生，使用寿命长；对发酵液染菌批次物料也能很好的处理。因此对高固含量的 VC 发酵液，无机陶瓷膜过滤有较大的优势。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：

应用单位：东北制药集团

VC 发酵醪液在东北制药集团的产生量约为 120t/d。陶瓷膜处理过程中无需添加助剂，浓缩物质（菌丝体等）可回收利用，减少废渣排放 2500 t/a，每年减少有机污染物产生与排放（折 COD）142.1 t。并且陶瓷膜滤液中杂质含量明显降低，减轻了后续离子交换工艺的负担，延长了清洗周期，减少了废水排放。采用原絮凝沉淀工艺时，离子交换废水排放量为 2600 m³/d，COD 浓度约为 850 mg/L；采用陶瓷膜工艺后离子交换废水排放量为 1752 m³/d，COD 浓度约为 773 mg/L，年减排 COD 258 t，COD 排放量降低了 38.91%。

该工艺在高效回收产品的同时，减少了进入废水的有机物，降低了污水处理厂的负荷。目前该技术和设备已应用于东北制药集团高浓度 VC 醪液的生产规模试验。同厂里原有的絮凝-沉淀工艺相比，陶瓷膜工艺回收的料液透光率提高了 20.64%，物料中的蛋白含量明显降低，物料质量明显提高，从而有效提高后续工艺古龙酸和 VC 的品质和收率。

VC 发酵每批料平均产生 7.5 t 高速离心渣液，平均古龙酸含量为 69.81 mg/mL，车间收率约为 86.5%。每月高速离心渣液中古龙酸总量为 52357.5 kg，经陶瓷膜处理后每年可以多产古龙酸 9347.7 kg，年创经济效益 126.2 万元。

该集成设备操作简单、占地面积小、处理效率高，可大大减少进入废水的有机物，有利于废水的后续生化处理。本技术在东北制药集团实施后，可增加古龙酸的产量，增加盈利，因而具有很好的适用性和应用前景。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：孙晓明

电 话：010-84914202

E-mail: sunxm@craes.org.cn

地 址：北京安外大羊坊8号，中国环境科学研究院

37、制药凝结水原位再生技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：含低浓度有机物凝结水再生回用

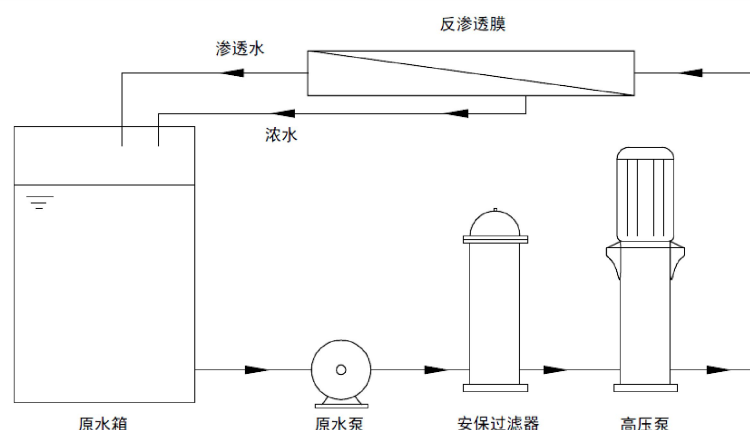
主要技术指标和参数：

一、基本原理

制药凝结水在生产工艺中通过蒸馏冷凝得到，水质通常较好，离子含量低与蒸馏水水质相当。因生产中有有机物产生，凝结水中会含有少量有机物，经过处理后可再生回用。因凝结水中有机物含量低，何难用蒸馏、萃取等分离技术将有机物去除。采用反渗透膜技术，利用膜的高效分离效果可将凝结水中有机物去除，得到水质较好的水，回用于生产过程。

二、工艺流程

主要工艺流程如图所示：



三、关键技术

采用反渗透技术处理制药凝结水，该废水呈酸性，pH 值大约为 3.2，水温较高，水中的硬度、无机盐含量、悬浮固体含量很低，有机物含量较高，TOC 浓度约 356.8 mg/L，电导率为 164.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。蒸汽在使用后绝大部分变成冷凝水，其水质接近纯水的水质，是宝贵的可再次利用的能源。提取工段每天有 500 t 左右的凝结水未进行任何利用，同时提取工段离子交换工艺离子交换树脂清洗需消耗大量纯水，对水质要求较低，电导率小于 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 即可满足需求。本技术采用反渗透技术原位再生，将凝结水制备为纯水，满足提取工段纯水需求，替代外购纯水，从而有效降低新鲜水耗和废水排放，为行业节水减排清洁生产提供技术支持。

该工艺不仅可以减少外购纯水量，减少购水费用，还可以削减废水排放量，减轻末端废水处理压力。目前该技术和设备已应用于东北制药集团 VC 生产提取工段三效蒸发凝结水的中试规模试验，产水规模 500 L/h，反渗透进水应调节 pH 值为 6~7，温度小于 35℃，进水压力为 1~1.5 MPa，回收率为 50% 左右。脱盐率高于 99%，TOC 去除率高于 98%。当进水电导小于 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，TOC 小于 350 mg/L 时，所产纯水电导小于 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，TOC 小于 6 mg/L；

当进水电导小于 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，TOC 小于 1000 mg/L 时，所产纯水电导小于 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，TOC 小于 15 mg/L。产水可满足 VC 制药提取工段纯水水质要求，从而替代外购纯水。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：

应用单位：东北制药集团

将制药凝结水处理后达到 VC 制药提取工段所需纯水的水质要求，不仅可以减少外购纯水量，减少购水费用，还可以削减废水排放量，减轻末端废水处理压力；另外，为避免温差过大损坏生产设备，外购纯水需加热后才能满足提取工段水温要求，本工艺充分利用凝结水的余温，所产纯水温度控制在 35℃ 左右，能够减少加热耗能。因此制药凝结水原位再生制备纯水技术具有明显的环境和经济效益，对促进制药行业的节水减排具有重要作用。

凝结水处理成本主要包括电费、药剂费、膜组件费等，以本中试规模的设备为例计算如下：设备运行功率约为 2 kW，凝结水原位再生成本为 2.96 元，企业外购纯水吨成本约为 8 元，每吨纯水可节约成本 5.04 元，每吨节约加热成本 3.6 元，每吨纯水可产生经济效益 8.64 元。

近年来，随着膜材料和制膜技术的迅猛发展，开发出了各种性能优异的反渗透复合膜，这些膜对中小分子有机物的截留率较高，有的还具有一定的抗污染、耐有机溶剂等性能，极大地提高了反渗透技术用于小分子有机物分离的可行性。采用反渗透技术回收制药凝结水，相对蒸发法具有节水、节能的优势，因此，从技术集成的角度，该套集成技术和设备具有明显先进性。

该集成设备操作简单、占地面积小、处理效率高。本技术在东北制药集团实施后，可大大减少外购纯水量及相应的购水费用，还减少废水排放量及加热耗能，因而具有很好的适用性和应用前景。

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：孙晓明

电 话：010-84914202

E-mail: sunxm@craes.org.cn

地 址：北京安外大羊坊8号，中国环境科学研究院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京碧水源有限公司

联系人：文剑平

电 话：010-80768999

E-mail: wenjianping@originwater.com

地 址：北京市海淀区生命园路23-2号 102206

38、水解酸化-接触氧化低浓度磷霉素钠废水处理技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：抗生素废水处理

主要技术指标和参数：进水磷霉素钠浓度小于 20 mg/L，水解酸化段的 HRT 定于 72 h，好氧反应段 HRT 定于 24 h。

一、基本原理

水解酸化能将难生物降解高分子复杂有机底物转化为易生物降解的低分子简单有机物，降低磷霉素钠废水的生物毒性，提高了废水可生化性。同生活污水混合，可以为磷霉素钠的降解细菌提供维持生命的能量和基质，这能达到磷霉素钠废水与生活污水共代谢的目的。

二、工艺流程

工艺流程为“水质水量调节—水解酸化—接触氧化—二沉池泥水分离—排水”。具体如下：

- 1、进水到达调节池进行水质水量调节，与生活污水混合提高废水的可生化性；
- 2、废水进入反应器后，在兼性厌氧条件下将难降解物质转化为易生物降解物质；
- 3、从水解酸化池的出水进入接触氧化反应器，经微生物好氧处理后的废水排入二沉池。
- 4、泥水混合物在二沉池沉淀分离，上清液作为出水排放，出水达到行业排放三级标准。

三、关键技术

- 1、水解酸化-接触氧化生物共代谢技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：东北制药集团

该技术的小试实验在沈阳试验基地完成，中试试验在东北制药集团股份有限公司中试基地取得良好效果。试验结果表明：该反应器在高效去除废水中COD同时，还可有效地提高废水的可生化性。当进水COD平均值在2000 mg/L时，反应器接种污泥运行30 d，出水COD在100~300 mg/L之间，去除率在80.0%以上，达到了多数化学合成类制药企业执行的《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的二级标准。该结果也表明水解酸化-接触氧化工艺中的微生物对磷霉素钠的耐受程度可以达到20 mg/L。该集成技术已应用于东北制药集团张士制剂厂区污水处理工程。试验结果表明，有机磷的去除率达70%以上。该技术的小试实验在沈阳试验基地完成，中试试验在东北制药集团股份有限公司中试基地取得良好效果。试验结果表明：该反应器在高效去除废水中COD同时，还可有效地提高废水的可生化性。当进水COD平均值在2000 mg/L时，反应器接种污泥运行30 d，出水COD在100~300 mg/L之间，去除率在80.0%以上，达到了多数化学合成类制药企业执行的《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的二级标准。该结果也表明水解酸化-接触氧化工艺中的微生物对磷霉素钠的耐受程度可以达到20 mg/L。该集成技术已应用于东北制药集团张士制剂厂区污水处理工程。试验结果表明，有机磷的去除率达70%以上。

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：宋永会，曾萍

电 话：010-84919726

E-mail: zengping@craes.org.cn

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：宋永会

电 话：010-84928380

E-mail: songyh@craes.org.cn

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

39、高级氧化-UASB-MBR 黄连素废水处理集成技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：抗生素制药废水处理

主要技术指标和参数:

Fenton段的参数: pH 3.07、 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{COD}$ 0.75、 $\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2$ 摩尔比 0.05、 $Q=250\text{ L/h}$, UASB的反应器的HRT48 h, MBR反应器的HRT24 h, 膜通量 $50.0\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 曝气量 $6.0\text{ m}^3/\text{h}$ 。

一、基本原理

制药废水经脉冲电絮凝物化预处理单元或臭氧氧化预处理提高可生化性后依次进入UASB、MBR生化单元进行水解酸化和好氧生物作用, 最后经膜过滤处理后出水。脉冲电絮凝或臭氧氧化物化预处理单元氧化破化有机物结构, 降低废水的生物毒性, 提高废水可生化性, 并去除大量COD, 降低了后期处理中的生物负荷。UASB和MBR生化单元利用厌氧颗粒污泥和微滤膜截留、富集、固定高效降解微生物, 降解残留毒物和高浓度有机物, 同时可实现废水中N的同步硝化反硝化脱除。制药废水经脉冲电絮凝物化预处理单元或臭氧氧化预处理提高可生化性后依次进入UASB、MBR生化单元进行水解酸化和好氧生物作用, 最后经膜过滤处理后出水。脉冲电絮凝或臭氧氧化物化预处理单元氧化破化有机物结构, 降低废水的生物毒性, 提高废水可生化性, 并去除大量COD, 降低了后期处理中的生物负荷。UASB和MBR生化单元利用厌氧颗粒污泥和微滤膜截留、富集、固定高效降解微生物, 降解残留毒物和高浓度有机物, 同时可实现废水中N的同步硝化反硝化脱除。

二、工艺流程

工艺流程为“水质水量调节—高级氧化(Fenton/臭氧氧化/电絮凝)—UASB—MBR—排水”。具体如下:

- 1、进水到达调节池进行水质水量调节;
- 2、经过高级氧化处理降解废水中的大分子物质, 提高废水的可生化性;
- 3、从高级氧化池出来的排水达到中间池去除多余的羟基自由基, 再进入UASB反应器;
- 4、废水进入反应器后, 在厌氧条件下进一步将难降解物质转化为易生物降解物质;
- 5、从UASB排放的废水进入MBR反应器, 经微生物处理后的废水通过膜组件直接达到2008年化学制药废水的排放标准。

三、关键技术

- 1、脉冲电絮凝技术;
- 2、臭氧氧化技术;
- 3、Fenton氧化技术;
- 4、UASB-MBR技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主创新

实际应用案例:

应用单位: 东北制药集团

该技术的小试与中试实验均在东北制药集团股份有限公司试验基地完成, 取得良好处理效果。高级氧化-UASB-MBR组合工艺对黄连素废水的去除率为94.8%, 出水平均COD为80 mg/L, 该集成技术工艺可实现出水达到制药废水行业标准。黄连素废水在东北制药集团的产生量约为30吨/天, 该技术在东药应用后, 每天可减少COD排放833.3 kg。该技术的小试与中试实验均在东北制药集团股份有限公司试验基地完成, 取得良好处理效果。高级氧化-UASB-MBR组合工艺对黄连素废水的去除率为94.8%, 出水平均COD为80 mg/L, 该集成技术工艺可实现出水达到制药废水行业标准。

联系单位: 中国环境科学研究院

联系人: 宋永会, 曾萍

电 话: 010-84919726

E-mail: zengping@craes.org.cn

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 宋永会, 曾萍

电 话: 010-84919726

E-mail: zengping@craes.org.cn

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

40、湿式氧化-磷酸盐结晶高浓度磷霉素钠废水处理与磷回收技术

技术依托单位: 中国环境科学研究院

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 高浓度含有机磷工业废水

主要技术指标和参数:

湿式氧化条件为反应温度200~250℃、氧分压为1.0 MPa。磷酸钙沉淀法按 $\text{Ca}^{2+}/\text{PO}_4^{3-}$ 摩尔比2:1投加饱和 CaCl_2 , 而磷酸铵镁法按 $\text{Mg}^{2+}/\text{NH}_4^+/\text{PO}_4^{3-}$ 摩尔比1.1:1:1投加 MgCl_2 和 NH_4Cl , 保持pH值为9.0, 反应约30 min。

一、基本原理

在湿式氧化条件下, 利用分子氧破坏磷霉素废水中高浓度有机磷化合物C-P键, 实现P的无机化的同时, 将废水中高浓度有机物转化为小分子有机酸, 去除废水的生物毒性, 提高可生化性, 实现废水中COD去除率95.0%和有机磷转化率99.0%以上。在此基础上, 采用磷酸钙和磷酸铵镁结晶回收技术, 通过钙、铵镁磷酸盐结晶沉淀方法对废水中无机化磷酸盐进行回收。

二、工艺流程

工艺流程为“湿式氧化—水浸分离—深度除磷—砷碱分离”。具体如下:

1、首先将高浓度有机磷废水装入湿式氧化反应器中, 密闭;

2、预热至设定温度, 开启搅拌, 采用高压氧气钢瓶通入指定分压的氧气, 开始湿式氧化反应;

3、采用磷酸钙(CP)沉淀法, 向出水中投加一定量的饱和 CaCl_2 溶液, 或采用磷酸铵镁(MAP)结晶法, 投加一定比例的 MgCl_2 和 NH_4Cl 溶液, 静置反应约半小时, 得到上层上清液与底层磷酸钙或磷酸铵镁晶体沉淀;

4、底层磷酸钙或磷酸铵镁晶体作为磷资源得到回收, 而上清液可进入生化单元进一步处理, 实现达标排放。

三、关键技术

1、湿式氧化技术;

2、磷酸盐固定化技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 东北制药集团股份有限公司

该反应器在高效去除COD的同时, 还可有效地强化对磷霉素钠等有机磷类物质的降解, 并实现磷的回收。废水进水COD 60000 mg/L, 总有机磷15000 mg/L条件下, 反应时间30 min内, 可实现出水COD 3000 mg/L以下, 总有机磷20 mg/L以下, COD和有机磷去除率分别为95.0%和99.0%以上。在 $\text{Mg}^{2+}:\text{NH}_4^+:\text{N}:\text{PO}_4^{3-}:\text{P}$ 摩尔比1.2:1:1以及 $\text{Ca}^{2+}:\text{PO}_4^{3-}:\text{P}$ 摩尔比1.2:1

条件下，磷酸盐固定化回收率99.9%以上，并可实现吨水回收磷酸盐109.8 kg（以 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 计）。

联系单位：中国环境科学研究院研究院

联系人：宋永会，曾萍

电 话：010-84919726

E-mail: zengping71@hotmail.com

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：宋永会，曾萍

电 话：010-84919726

E-mail: zengping71@hotmail.com

地 址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

41、基于两级分离内循环厌氧为核心的生物制药废水处理技术

技术依托单位：郑州大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：高浓度生物发酵制药废水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

两级分离内循环厌氧反应器针对高浓度生物发酵制药废水，突破气液固三相分离器的设计优化及分离效果研究、IC反应器的水力学优化研究、IC启动和运行特性研究、IC关键调控参数的优化研究，提高了两级分离内循环厌氧反应器的复合和处理效果，为高浓度生物发酵制药有机废水的能源化、资源化处理提供系统集成创新技术。

二、工艺流程

两级分离内循环厌氧反应器（IC）是目前世界上最先进的厌氧处理技术，该技术在第二代厌氧反应器 UASB 的基础上，把多级处理技术、流化床技术、污泥颗粒化技术、内外循环等技术集合在同一个厌氧反应器内，在内循环厌氧反应器（IC）中，厌氧颗粒污泥（微生物）将废水中的 COD 厌氧降解转化为沼气。内循环厌氧反应器（IC）是基于气体提升原理，而由“上升管”和“下降管”中所含气体量的不同而产生的，受反应器气流的驱动，循环流比率取决于进水 COD 浓度，因此可达到自行调节。高的进水 COD 负荷产生高的气体流动，就会有更多的循环，有更强的进水产生稀释效应。产生的气体被两个称之为三相分离器的装置从所处理的废水中分离出来，引出反应器。内循环厌氧反应器（IC）含有上下两个 UASB（上流式厌氧污泥床反应器）的反应室，其中一个负荷高，一个负荷低，它的特点是沼气在整个反应器中分两个阶段分离。在第一阶段收集的气体驱动气流上升，并形成内部循环流。

三、关键技术

自主研发的两级分离内循环厌氧反应器与国际其他同类型厌氧反应器相比造价低廉，且处理效果良好。拓洋实业使用该技术，在去除废水中大量有机物的同时，产生沼气 30000 标方/d，沼气发电 4.8 万度/d，直接产生经济效益 792 万元/年。不仅大大削减了 COD 排放量，同时还为企业节省能源消耗，带来一定的经济效益，因此具有良好的经济性。目前，核心科技成果两级分离内循环厌氧反应器已成功在郑州拓洋、南阳普康、皖北药业、新乡泰隆、漯河银鸽等近 10 家公司得到应用，处理效果良好稳定，得到应用企业的一致认可。

两级分离内循环厌氧反应器（IC）是目前世界上最先进的厌氧处理技术，该技术在第二代厌氧反应器 UASB 的基础上，把多级处理技术、流化床技术、污泥颗粒化技术、内外循环等技术集合在同一个厌氧反应器内，在内循环厌氧反应器（IC）中，厌氧颗粒污泥（微生物）将废水中的 COD 厌氧降解转化为沼气，内循环厌氧反应器（IC）是基于气体提升原理，而由“上升管”和“下降管”中所含气体量的不同而产生的，受反应器气流的驱动，循环流比率取决于进水 COD 浓度，因此可达到自行调节。高的进水 COD 负荷产生高的气体流动，就会有更多的循环，有更强的进水产生稀释效应。产生的气体被两个称之为三相分离器的装置从所处理的废水中分离出来，引出反应器。内循环厌氧反应器（IC）含有上下两个 UASB（上流式厌氧污泥床反应器）的反应室，其中一个负荷高，一个负荷低，它的特点是沼气在整个反应器中分两个阶段分离。在第一阶段收集的气体驱动气流上升，并形成内部循环流。经过改进后 IC 反应器处理能力达到 10 kgCOD/（m³·d）以上，COD 去除率达到 85%以上。

反应器内污泥浓度高，微生物量大，且存在内循环，传质效果好，进水有机负荷可超过普通厌氧反应器的 3 倍以上；其体积相当于普通反应器的 1/4-1/3 左右，大大降低了反应器的基建投资，占地面积少。它具有抗低温能力强、具有缓冲 pH 值的能力、内部自动循环，不必外加动力等优点。两级分离内循环厌氧反应器在去除污染物的同时可以产生沼气，给企业带来直接经济效益，降低企业的能源消耗，因此具有很强的市场竞争力和良好应用推广前景。

两级分离内循环厌氧反应器（IC）技术研发内容包括：气液固三相分离器的设计优化及分离效果研究、IC 反应器的水力学优化研究、IC 启动、运行特性研究、IC 关键调控参数的优化研究。此技术已成功应用于高浓度难降解制药废水，经过改进后 IC 反应器处理能力达到 10 kgCOD/（m³·d）以上，COD 去除率达到 85%以上。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：郑州拓洋实业有限公司

实际应用案例介绍

郑州拓洋实业有限公司是世界知名的食品添加剂和医药中间体的专业生产企业。采用两级处理结构，提升了反应器抗冲击能力，并且有效防止了污泥膨胀和污泥流失。流化床结构使得颗粒污泥与进水混合均匀，便于污泥颗粒化。优良的三相分离功能，保证了反应器高效的运行。新增强制内循环使得反应器在处理 10 kgCOD/(m³·d)以下，以及 30-50 kgCOD/(m³·d)之间的极端负荷下的废水时能够正常运行，处理能力得到加强，应用领域得到加宽。内循环厌氧反应器（IC）有效克服了反应器内部短流或堵塞问题，提升了反应器抗冲击能力并且有效防止了污泥膨胀和污泥流失，从而达到了高效稳定的处理效果。

联系单位：郑州大学

联系人：买文宁

电 话：13803991600

E-mail: wenningm@126.com

地址：河南省郑州市高新区科学大道100号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京大学

联系人：李爱民

电 话：025-83595222

E-mail: liaimin@nju.edu.cn

地 址: 南京汉口路22号, 210093

42、生物制药废水双膜（UF+RO）深度处理分质回用技术

技术依托单位：郑州大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：高浓度生物发酵制药废水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据废水回用标准要求，考虑二沉池出水悬浮物和浊度较高，采用 PVDF 帘式膜组件，能够有效地进行固液分离，分离效果远好于传统的沉淀池，出水水质良好，出水悬浮物和浊度接近于零。双膜法多用于冶金废水的处理，在生物制药领域的运用较少，针对制药废水特性，优化了双膜系统联合运行工况条件。针对反渗透膜易污染的特性，改变布水方式防止膜的污染；采用离线清洗方法对膜进行清洗。

二、工艺流程

两级分离内循环厌氧反应器（IC）是目前世界上最先进的厌氧处理技术，该技术在第二代厌氧反应器 UASB 的基础上，把多级处理技术、流化床技术、污泥颗粒化技术、内外循环等技术集合在同一个厌氧反应器内，在内循环厌氧反应器（IC）中，厌氧颗粒污泥（微生物）将废水中的 COD 厌氧降解转化为沼气。内循环厌氧反应器（IC）是基于气体提升原理，而由“上升管”和“下降管”中所含气体量的不同而产生的，受反应器气流的驱动，循环流比率取决于进水 COD 浓度，因此可达到自行调节。高的进水 COD 负荷产生高的气体流动，就会有更多的循环，有更强的进水产生稀释效应。产生的气体被两个称之为三相分离器的装置从所处理的废水中分离出来，引出反应器。内循环厌氧反应器（IC）含有上下两个 UASB（上流式厌氧污泥床反应器）的反应室，其中一个负荷高，一个负荷低，它的特点是沼气在整个反应器中分两个阶段分离。在第一阶段收集的气体驱动气流上升，并形成内部循环流。

三、关键技术

双膜（UF+RO）深度处理分质回用关键技术超滤水回收率为 95%-97%，超率产水的 SDI（污染指数）值约为 1 左右，而如果使用传统的多介质过滤，SDI 值通常只能达到 3-4，显著改善了下游反渗透的工作情况。原水经过反渗透去除 98%以上的无机离子。双膜处理技术过水率达 50-70%，COD 去除率达到 50%以上，运行效果稳定良好。

双膜处理技术操作简单、运行费用低。与其他深度处理系统相比，占地面积小，节省厂区有限的空间和施工费用。超滤装置采用错流过滤，系统回收率高，能耗低。经过双膜处理后出水水质满足直流冷却水水质控制指标和循环冷却水水质要求，可再用于生产当中，缓解企业用水压力，从根本上节省水资源，具有很好的经济性。

双膜处理技术反应启动快、反应条件温和；设备简单、能耗低、占地面积小等优点，近年来发展迅速，被广泛应用于高品质再生水的制备；可以去除废水中绝大部分可溶性盐类、胶体及有机物，大大提高 COD 去除率，浊度可基本完全去除；分离效率高，可以将污染物过滤回收，而不需要沉淀池；经济效益可观，中水回用可节约大量的水资源，同时带来一定的利润，经双膜处理后出水 COD≤15 mg/L。

超滤（UF）采用 PVDF 帘式膜组件，能够有效地进行固液分离，出水水质良好，出水悬浮物和浊度接近于零。反渗透（RO）是利用反渗透膜的特性来去除水中绝大部分可溶性盐类、胶体及有机物。与其他深度处理相比，双膜处理技术优点突出，在制浆造纸、纺织印染、棉粕化纤、制药、化工等企业污水深度处理领域都在尝试这种新型高效的深度处理方法，具有良好的应用前景。

双膜（UF+RO）深度处理分质回用关键技术研发内容包括：超滤（UF）前的混凝砂滤预处理工艺过程的开发与研究、双膜系统联合运行工况条件的研究及过程的优化、膜污染的防治与清洗，此技术膜处理过水率达 50-70%。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：郑州拓洋实业有限公司

实际应用案例介绍

郑州拓洋实业有限公司是世界知名的食品添加剂和医药中间体的专业生产企业。双膜处理技术反应启动快、反应条件温和；设备简单、能耗低、占地面积小等优点，近年来发展迅速，被广泛应用于高品质再生水的制备；可以去除废水中绝大部分可溶性盐类、胶体及有机物，大大提高 COD 去除率，浊度可基本完全去除；分离效率高，可以将污染物过滤回收，而不需要沉淀池；经济效益可观，中水回用可节约大量的水资源，同时带来一定的利润，经双膜处理后出水 COD≤15 mg/L。

联系单位：郑州大学

联系人：买文宁

电 话：13803991600

E-mail: wenningm@126.com

地址：河南省郑州市高新区科学大道100号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京大学

联系人：李爱民

电 话：025-83595222

E-mail: liaimin@nju.edu.cn

地 址：南京汉口路22号，210093

钢铁重金属行业废水污染控制技术

43、焦化工序导热油替代技术

技术依托单位：东北大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于导热油系统

主要技术指标和参数

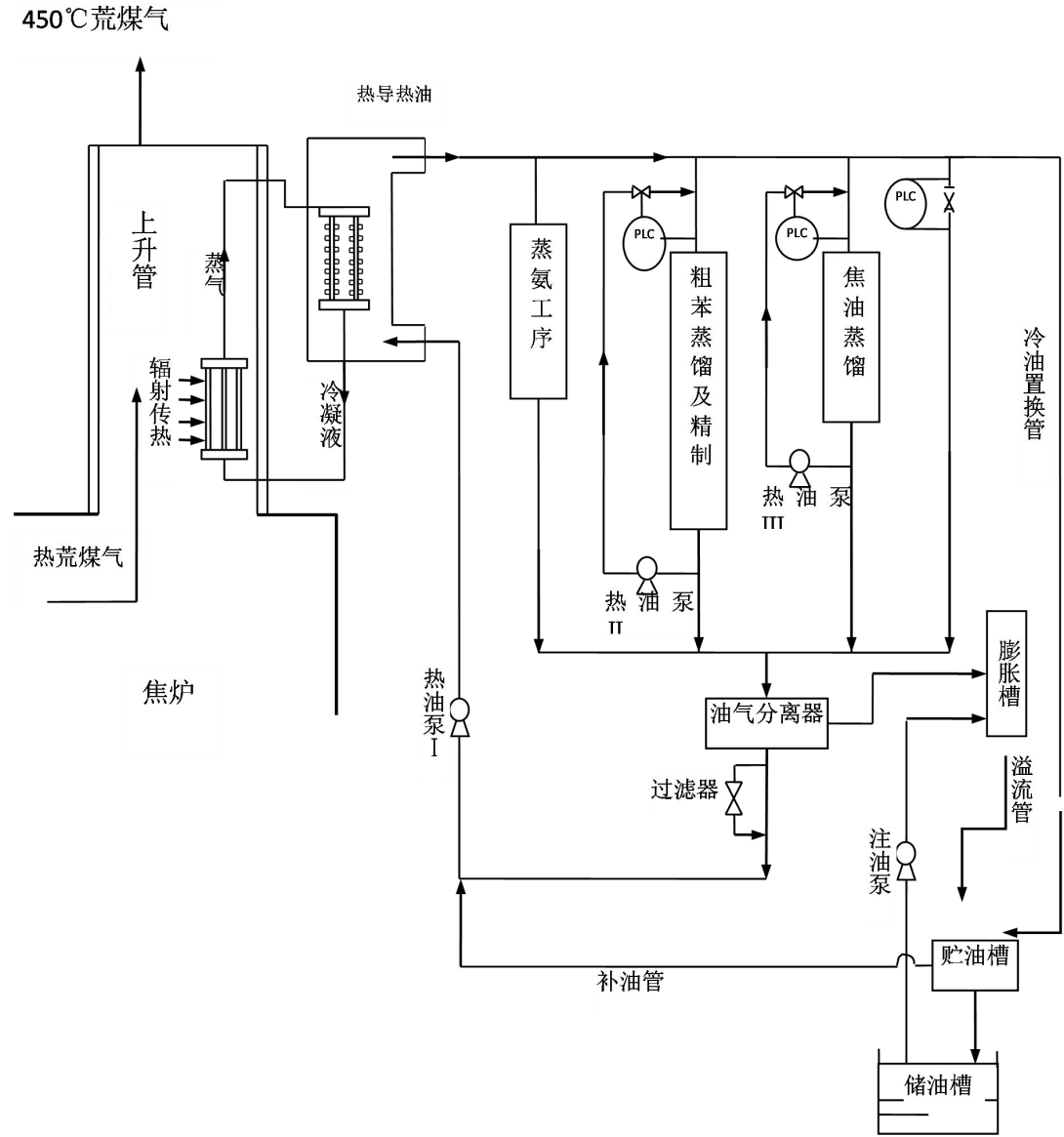
一、基本原理

因导热油系统具有热利用效率高、设备紧凑、可实现多个不同温度用热设备加热的工艺、可采用 PLC 自动控制系统达到精确控温等优点，为实现焦化工序回收荒煤气显热并用于化产生产提供了理想的解决方案。用高温分离式热管回收的荒煤气 450℃ 以上的高温段余热传给导热油，再用被加热的高温导热油去焦化化产工序（包括：蒸氨工序、粗苯蒸馏及精制工序、焦油蒸馏工序）提供热量，降温后用热油循环泵压送到荒煤气显热回收装置，形成密闭循环加热系统，不断地为用热设备提供热量。

从炭化室出来 800℃ 左右荒煤气由上升管下部引入，通过辐射换热将热量传给布置在上升管壳体内壁的分离式高温钠热管受热端管束，温度降至 450℃ 左右离开上升管，再用原来的氨水喷洒系统冷却至 80~85℃ 后进入集气管；上升管内的受热端管束吸收辐射热后，管内

的钠蒸发成蒸汽，上升至分离式热管的放热端，将热量传递给导热油，被加热的高温导热油为各焦化化产工序（蒸氨工序、粗苯蒸馏及精制工序、焦油蒸馏工序）用热设备提供所需的油温和油量。导热油在 PLC 系统下进行自动调节控制，将各工序用热设备的导热油温度控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，导热油系统根据蒸氨工序、焦油蒸馏、粗苯蒸馏及精制工艺温度的不同要求，分成 3 个回路进行供热系统。各回路的导热油换热后进入回油总管至油气分离器，易挥发的水分和轻质组分由顶部排出送至膨胀槽放空，导热油经过滤器滤除炭粒等固体物杂质后进入导热油循环泵，由热油泵加压送入分离式热管换热器进行加热，形成密闭循环加热系统，不断地为各工序用热设备提供热量。整个导热油系统的温度、流量、压力均通过 PLC 自动控制系统实现调节和控制。

二、工艺流程



三、关键技术

提出热管式荒煤气显热回收与导热油加热一体化工艺，即采用热管回收荒煤气显热，然后将回收得到的热量用于导热油加热，最后将加热后的导热油用于蒸氨或焦油蒸馏等环节；优化了工质材料、热管换热器等关键材料；

采用分离式热管荒煤气显热回收流程设计方案，完成热量由受热段到放热段的输送，达到回收荒煤气显热并加热导热油供化产生产使用的目的。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：

应用单位：鞍山钢铁集团公司

应用效果：应用导热油集成工艺，每年可减少蒸汽的消耗量为 73 万 t，同时减少了相应量的新水 73 万 t，另外由于导热油蒸氨实现无蒸汽蒸氨后可为减少蒸氨废水 42.6 t/h，年降低污水产生量 37 万 t。

经济性分析：按蒸汽 120 元/t、新水 3 元/t、排污及处理费 2.4 元/t 计，则年直接经济效益达到 9067.8 万元。

应用前景分析：集成工艺不仅减少了热量的浪费，减少了蒸汽和新水的消耗，也减少了高浓度废水的产生，如果再计入由此减少的初冷器、焦油频繁加热冷却所需的循环水量，其环境效益、经济效益将更加显著。故该技术具有较好的应用前景。

联系单位：鞍山钢铁集团公司

联系人：

电 话：

地 址：辽宁省鞍山市铁西区千山西路 1 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：东北大学

联系人：高成康

电 话：13591649957

E-mail: gaock@smm.neu.edu.cn

地 址：辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号

44、陶瓷膜预处理除油-强化短程硝化反硝化-臭氧非均相催化氧化焦化废水处理集成技术

技术依托单位：中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于焦化废水处理

主要技术指标和参数：

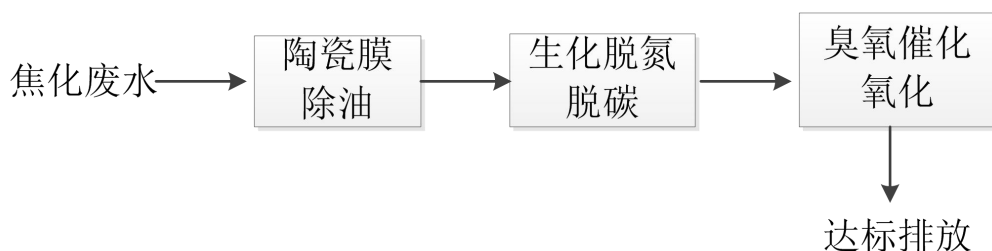
一、基本原理

钢铁焦化废水抗污染陶瓷膜除油技术：通过对陶瓷膜表面进行亲水改性和表面孔径调控，制备出陶瓷除油膜管，该膜管的孔道均匀，油去除率和抗污染能力提高，利用过滤器内置扰流部件提高设备抗污染能力，同时根据焦化废水特点，焦油和焦粉进行聚结大幅度提高粒度，从而在微孔膜下实现较高的分散油去除率（>70%）和悬浮物去除率（>90%），避免了传统超滤膜除油成本较高的缺点。

生物强化脱碳脱氮技术：在厌氧阶段，部分难降解有机物水解为容易生物降解有机物，从而提高可生化性；在缺氧阶段，通过新型生物反应设备和过程动态实时控制，实现废水中难降解有机物和（亚）硝态氮的高负荷脱除；在好氧一段实现碳氧化菌的高效截留与高活性生长，最大限度脱除 COD，降低有毒物对后续硝化的抑制，提高抗冲击能力。

催化臭氧氧化技术：成功开发耐用高效非均相催化剂，结合催化氧化反应设备研制，提高有机物氧化效率，提高深度处理水质，同时大幅度降低臭氧使用量，从而降低处理成本，开发了臭氧多相氧化设备与工艺。

二、工艺流程



焦化废水中组分复杂，含大量有机物和油分。通过开发抗污堵的陶瓷膜过滤器，先脱除大量悬浮态的油滴，然后通过二段式好氧厌氧工艺强化生物脱碳脱氮，再经过臭氧催化氧化深度处理，去除难降解有机污染物，出水 COD<50 mg/L，可实现达标排放。

三、关键技术

焦化废水抗污染陶瓷膜除油技术较气浮除油，除油率高，亦避免了空气将酚类氧化为醌类而降低了生化性。该技术不仅去除油类物质和悬浮物，而且对高分子量的多环芳烃类物质也有较高的去除率，降低了废水中难降解有机物含量。

生物强化脱碳脱氮技术：相对于传统 A/O 和 A²/O 生物脱氮工艺，该技术的耐污染物冲击负荷或水力负荷提高 30%，COD 去除效率提高 15%，色度去除率提高 50%，运行成本降低 20%，解决了现有生物脱氮工艺抗冲击能力差、处理成本高、处理效果差等问题。

催化臭氧氧化技术：能在中性条件下将难降解有机物选择性氧化分解，使处理后的废水 COD、色度、苯并芘等全部指标达到国家最新排放标准，处理成本低，有机物和色度去除率高，处理成本远低于 Fenton 等氧化技术，同时不引进盐类，有利于废水回用。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，申请两项国家发明专利

实际应用案例：

应用单位：鞍山钢铁公司焦化废水处理工程

实际应用案例介绍

将上述关键技术系统集成，形成基于陶瓷膜-强化生化-温和湿式氧化技术的焦化废水处理集成技术，依托鞍钢化工三期 220 万 t 焦炉配套焦化废水工程完成工程示范。工程的废水处理规模为 4800 t/d。示范工程处理出水从原来的钢铁行业二级标准提高到国家即将颁布的焦化行业新标准和辽宁省地方标准（COD 从原有 150~200 mg/L 降低到 20~50 mg/L），稀释水降低 50%，节水 438000 t/a，COD 削减 300 t/a。与原有 A²/O 系统相比，整改后处理成本吨水费用从 8.81 元略微提高到 8.99 元，出水水质大大改善。

联系单位：中国科学院过程工程研究所

联系人：李玉平

电话：010-82544845

地址：北京市中关村北二条一号过程大厦

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学与工程工程研究所

联系人：李玉平

电话：010-82544845

Email: ypli@ipe.ac.cn

45、混凝-过滤-水质稳定钢铁综合废水回用技术

技术依托单位：大连理工大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于钢铁综合废水的深度处理

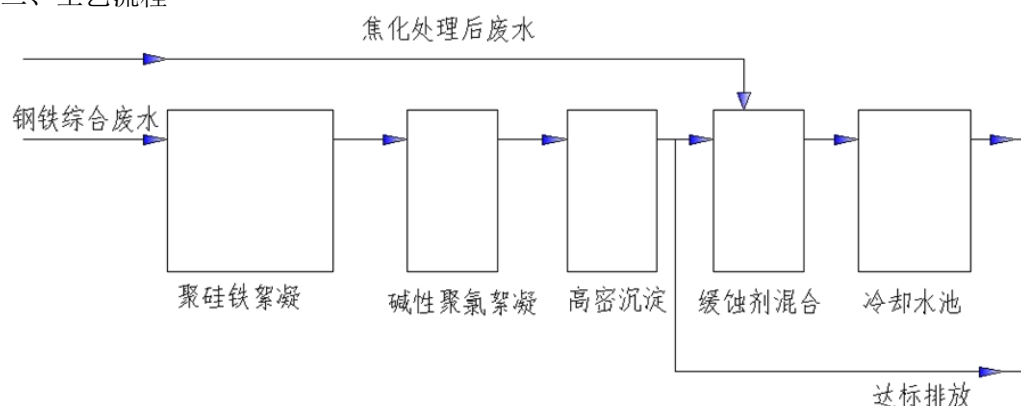
主要技术指标和参数：

一、基本原理

提出了钢铁综合废水的混凝除浊及水质稳定技术，满足钢铁综合废水处理的回用要求。该技术首先利用高效聚硅铝絮凝剂，对综合废水进行预除浊；进一步利用聚合氯化铝与氢氧化钠复配使用结合高密度沉淀工艺，实现对废水的 COD、硬度和碱度的去除，满足废水的回用要求。

提出焦化废水出水与高浊度处理水混合的水质稳定技术方法，该方法通过将焦化废水深度处理出水与高浊度废水按 10%~20%比例混合，同时加入 PBTCA 和 Zn^{2+} ，控制循环水的腐蚀率在 0.125 mm/a 以下，达到《工业循环冷却水处理设计规范》（GB50050-95）要求。这一技术解决了焦化废水的回用问题，降低了钢铁企业新鲜水的消耗量。

二、工艺流程



钢铁综合废水——聚硅铝混凝除浊——聚合氯化铝碱复配混凝——高密度沉淀——达到回用标准——与焦化深度处理出水按比例混合——加入缓蚀剂——达到工业循环水标准

钢铁综合废水经过聚硅铝混凝剂混凝除浊后，继续进行聚合氯化铝与碱复配的二次混凝，经过高密度沉淀工艺，将废水中的大部分有机物和碱度硬度等去除，达到回用水标准。与焦化废水深度处理出水按照一定比例混合，加入缓蚀剂后，控制废水的腐蚀率，达到循环冷却水标准。

三、关键技术

1. 钢铁综合废水处理的混凝调控技术，可以大幅降低出水的硬度、碱度指标，满足废水的回用要求，同时该技术还具有反应 pH 范围宽，投加量小，矾花形成快，形态密实粗大，絮凝物比重大，易于沉降，絮凝速度快的特点，提高了系统的处理能力。

2. 钢铁综合废水回用的水质稳定技术，该技术的特点：将焦化废水出水按一定比例与高浊度处理水，通过复配缓蚀剂的添加，保证回用水水质

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成，申请两项国家发明专利

应用单位：北台钢铁公司

实际应用案例介绍

北台钢铁公司钢铁综合废水处理与回用示范工程，地点位于本溪市北台区，处理规模为 13 万 t/d。所研发的混凝调控关键技术对钢铁综合废水 COD、硬度、碱度等指标去除效果皆有提高，出水 COD、硬度、碱度分别由原有工艺的 29.6 mg/L、240 mg/L、54.3 mg/L 降低为示范工艺的 23.8 mg/L、185 mg/L、40.7 mg/L。通过钢铁综合废水回用的水质稳定技术，可使循环水符合《工业循环冷却水处理设计规范》（GB50050-95），这说明该废水作为补充水回用于炼钢浊环水系统具有可行的。

该工程的实施可削减 COD 5200 t/a、氰化物 50 t/a、挥发酚 15 t/a、硫化物 40 t/a；可获得回用水 3600 万 t/a。

联系单位：大连理工大学环境工程研究设计院

联系人：王静
电话：0411-84708503
地址：大连市凌工路2号，116024

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：大连理工大学
联系人：周集体
电话：0411-84706252
Email: zjiti@dlut.edu.cn
地址：大连市凌工路2号，116024

46、IT 行业新型有机污染物脱毒减害深度处理和重金属废水与污泥生物处理处置技术

技术依托单位：中山大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：新型有机污染物脱毒减害/重金属废水与污泥处理

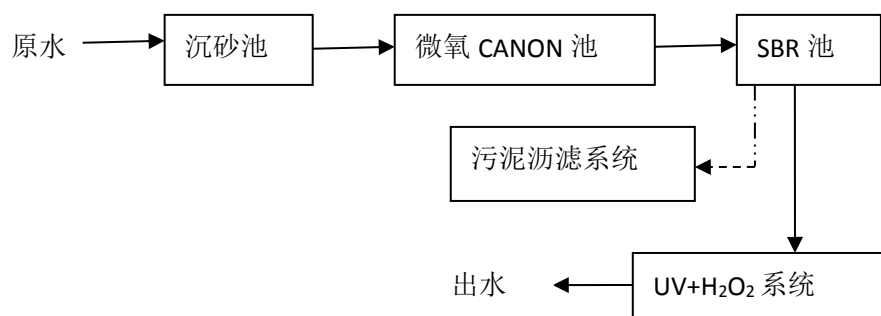
主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对目前电子信息产业生产基地对COD等常规污染物难于稳定达标排放，对环境持久性污染物和激素类物质及重金属处于基本不设防或粗放式管理的现状，通过对IT产业园区工业企业的实地调研，提出了相关企业经济技术可行的先进清洁生产方案，实现重金属、环境持久性污染物和环境内分泌干扰物源消减40%以上。集成了“微生物强化脱毒+常规二级生物处理+高级氧化脱毒”的工艺。

二、工艺流程

原水进入该工艺沉砂池后，进入微氧 CANON 池，在此驯化培养的具有高效降解溴阻燃剂的微生物菌群，在进水端对持续性难降解有机污染物进行前期的处理，有效降解部分有机污染物，减轻后续 SBR 的负荷，同时，在此启动 CANON 自养脱氮系统，在同一反应器中同时进行亚硝化反应和厌氧氨氧化反应，达到脱氮的最终目的。出水进入 SBR 池，通过对 SBR 工艺参数的调整，如进水、厌氧、曝气、排水时间的调整，改善现有 SBR 对氨氮、总氮及总磷的去除能力。SBR 池出水进入 UV+H₂O₂ 系统，对二级处理出水进行深度处理，与前端的水解酸化池中微生物降解联合起来，共同完成水中难降解有机污染物及内分泌干扰物的去除。同时，污泥进入污泥浓缩池，污泥浓缩池中投加亚铁与硫粉，培养驯化硫杆菌，进行污泥重金属生物沥滤去除，提高污泥的脱水性能，同时降低污泥的土地利用中重金属污染的风险。最终整体实现工业园区重金属、总氮、环境持久性污染物和环境内分泌干扰物等有毒有害物质消减 90% 以上。



示范工艺工程流程图

三、关键技术

- 1、活性炭固定效应强化厌氧氨氧化微生物活性技术；
- 2、聚乙烯醇-海藻酸钠-活性炭包埋强化厌氧氨氧化微生物活性技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 惠州市第七污水处理厂

利用惠州市第七污水处理厂现有设施建立了万吨/日级IT行业新型有机污染物脱毒减害深度处理和重金属与污泥生物处理处置示范工程。该工艺选择污水处理厂的配水池作为微氧CANON池,水力停留时间为4.8h,最大处理能力达到15000吨/d,通过调整DO、pH及进水NH₃-N浓度启动CANON工艺以去除环境持久性污染物和内分泌干扰物,同时实现高效自养脱氮;再进入常规的二级生物处理工艺,出水以H₂O₂/UV进行高级氧化脱毒,最终整体实现工业园区重金属、总氮、环境持久性污染物和环境内分泌干扰物等有毒有害物消减90%以上。该工艺能很好的去处污水处理厂进水中的溴阻燃剂类新型难降解有机物及重金属,可直接应用于现有污水处理厂工艺的技术升级改造,具有良好的经济与社会效益。

联系单位: 中山大学

联系人: 贾晓珊

电 话: 13533772524

E-mail: eesjxs@mail.sysu.edu.cn

地 址: 广州市新港西路135号环境科学与工程学院

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 环境保护部华南环境科学研究所

联系人: 彭晓春

电 话: 020-85557690

E-mail: pengxiaochun@scies.org

地 址: 广州市员村西街7号大院, 510655

47、硫化锌精矿搭配锌浸出渣直接浸出关键技术

技术依托单位: 中南大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 锌冶炼清洁生产

主要技术指标和参数:

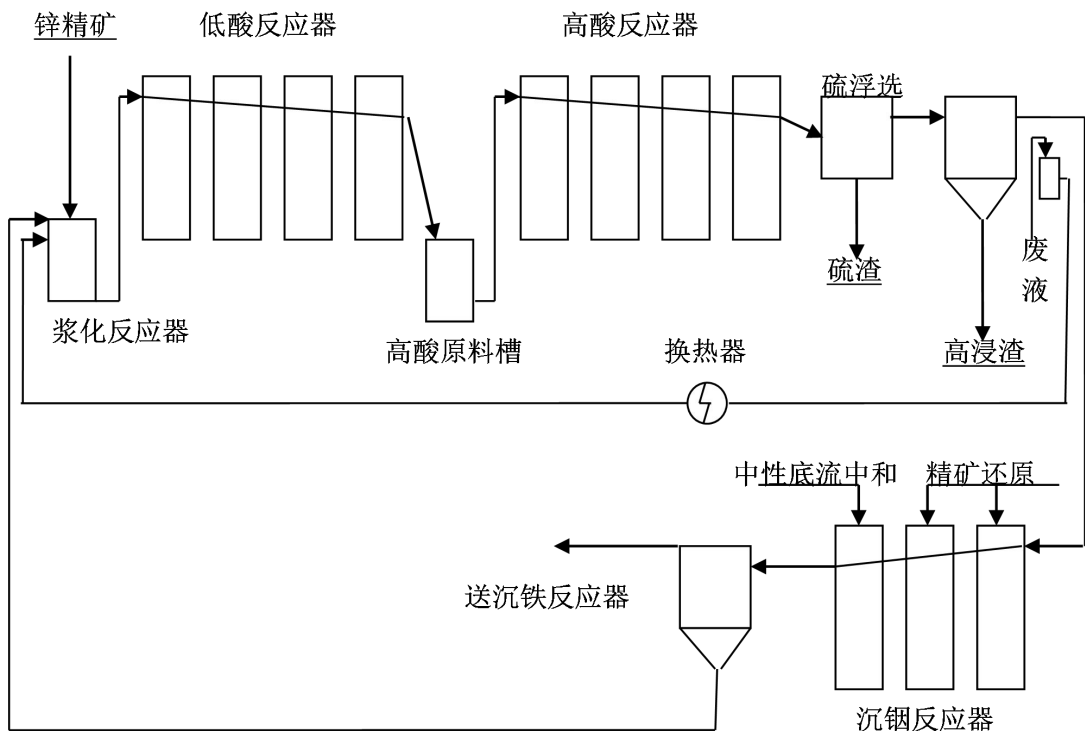
一、基本原理

锌精矿常压富氧直接浸出技术是利用铁的价态变化来实现硫化锌的直接浸出,直接获得浸出液和硫磺,从而取代了传统湿法炼锌过程中的精矿干燥、焙烧、浸出和制酸。常压富氧直接浸出工艺与传统炼锌工艺相比,少了精矿焙烧和制酸系统,且锌总回收率高,操作成本低环境污染小,是进行环境综合治理、淘汰落后工艺、节能减排、实现循环经济、提高经济效益的有效途径。

二、工艺流程

针对设计的逆流工艺中出现的问题,采用“顺流浸出”工艺优化方案,将“低浸”与“高浸”串联浸出,同时将浮选后的高酸溢流经原沉钒反应器进行精矿预还原;为减少沉铁过程中和剂加入量,在最后一个沉钒反应器内加II系统中性底流进行预中和,沉钒浓缩槽溢流送沉铁

工序，进行针铁矿沉铁。其简要工艺流程图如图1-1所示。



还原优化改造后顺流工艺流程图

经过以上工艺优化改造，解决了中和剂供应不足的问题，同时利用硫化锌精矿做还原剂，降低了进沉铁前溶液中 Fe^{3+} 含量，为沉铁过程中针铁矿形成创造了有利条件。

同时，针对常压富氧搭配处理锌浸出渣过程进行了相应的技术设备改造及升级。

如，针对还原能力不足的问题，进行了13#浸出反应器做还原的相关改造，将高酸原料槽液通过高酸高位槽打入13#浸出反应器进行还原，同时对13#做还原进行了条件摸索实验，确定了不同流量、不同铁比例下锌精矿的还原量，同时为保证铜在还原过程中不沉淀，对酸度条件进行了初步摸索，确定了20g/L以上酸度要求。

针对中性底流对预中和、沉铁的影响，将中性底流改进低酸浆化，预中和改用焙砂做中和剂，有效的解决了沉铁浓密机澄清稳定。另外，也进行了精矿备料系统的改进、锌精矿泡沫开路压滤的改进、精矿底流改循环的改进、氧气管道的改造、排气系统的改造、直浸罐搅拌机密封水供应系统改造等。

三、关键技术

本技术研究主要开展了常压富氧顺流工艺优化研究。如将“低浸”与“高浸”串联浸出，同时将浮选后的高酸溢流经原沉铁反应器进行精矿预还原；为减少沉铁过程中中和剂加入量，在最后一个沉铁反应器内加Ⅱ系统中性底流进行预中和，沉铁浓缩槽溢流送沉铁工序，进行针铁矿沉铁。同时围绕顺流工艺进行了精矿备料系统、锌精矿泡沫开路压滤等系列配套设备的改进。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位：株冶集团

针对常压富氧生产过程存在的硫渣漂浮等系列问题，株洲冶炼集团股份有限公司在引进的芬兰锌精矿常压富氧浸出技术工艺了基础上，将原逆流工艺改成了“顺流浸出”工艺，并进行了配套工艺装置优化。产业化运行结果表明，采用顺流工艺，系统运行稳定，整班系统流量波动率由原来的50%有效降低至目前的10%；系统循环流量由改进前240m³/h左右降低至目前150m³/h左右；硫渣水溶锌明显下降，由原来的5.5%下降至3%左右，提高了系统锌的直收率；有效降低了高浸渣和硫渣中锌的含量，由原来的7%左右降低至目前低于5%的水平；铁渣品位由原来的25%左右提升至目前的31%左右。

联系单位：中南大学

联系人：王海鹰

电 话：13874882823

E-mail: haiyw25@sohu.com

地 址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号环境工程研究所

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

48、锌冶炼过程提高镓回收率新工艺

技术依托单位：中南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：锌冶炼清洁生产

主要技术指标和参数：

一、基本原理

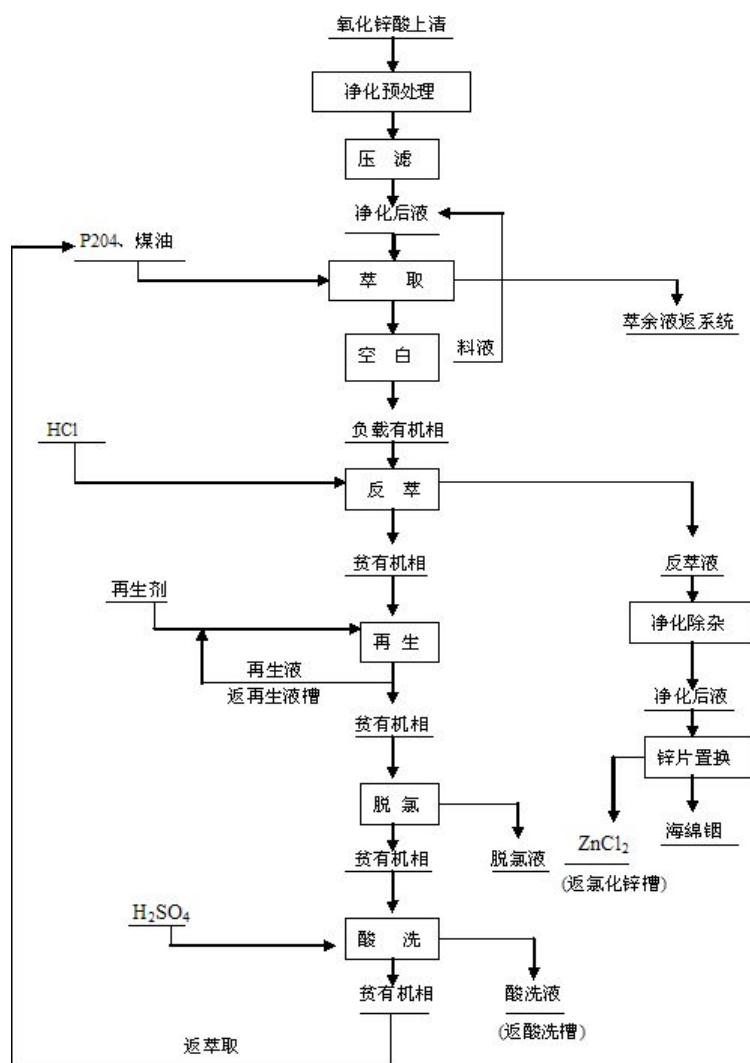
株冶硫化锌精矿浸出液中的镓在针铁矿沉铁过程几乎全部转入铁渣，并最终富集于氧化锌。由于含铁高，在氧化锌酸浸及富集置换过程中会形成大量镓铁矾，导致镓富集渣浸出率降低，给后续镓回收带来了很大的困难，这已成为株冶常压富氧镓富集过程急需解决的技术瓶颈。

为提高镓回收率，降低镓生产成本，本课题提出将氧化锌三段浸出改两段浸出和氧化锌酸上清直接萃取提镓新工艺，浸出过程消除了镓铁矾的形成，也为氧化锌酸上清直接萃取新工艺创造了条件。同时减少了锌粉置换沉镓、富集渣转运、富集渣浸出等工序，不仅简化工艺流程，消除镓在锌粉置换和富集渣二段浸出等工序损失，提高镓回收率，也能大幅降低镓生产成本，还可消除锌粉置换时砷带来的危害。

二、工艺流程

本技术主要针对镓提取工艺中的关键步骤氧化锌两段浸出过程及氧化锌酸上清直接萃取提镓过程进行了系统优化。

本技术涉及的氧化锌酸上清直接萃取提镓工业化试验工艺流程见图。



氧化锌酸上清直接萃取提锗工艺流程

酸上清直接萃取工业流程分为高酸上清预处理工序、料液萃取工序、反萃液净化工序、净化后液置换工序及压团与铸型工序。

三、关键技术

本技术重点开展了氧化锌三段浸出改两段浸过程中的工艺过程研究，以及氧化锌酸上清直接萃取提锗过程工艺参数优化。

四、技术来源及知识产权概况

技术集成优化。

实际应用案例：

应用单位：株冶集团。

本技术针对传统锗回收工艺存在的锗回收率不足40%，且工艺流程长、成本高、中间渣料多、易产生有毒气体砷化物等问题，采用两段浸出和氧化锌酸上清直接萃取提锗新工艺，其锗浸出回收率提高约3个百分点，锗浸出率则有大幅提升，在6个百分点之上；而且锗直接萃取过程锗的回收率要大于91.27%；所得粗锗质量较高，含锗品位在99.50%以上，锗回收率可提高10个百分点以上。新工艺较好地实现了锗萃取回收，减少了锗富集沉锗和锗富集渣两段浸出工序，年可节约锌粉近3000吨，节约锌粉加工成本1500万元，同时消除锌粉置换时砷带来的危害；此外，该工艺可实现萃余液中Cl⁻离子含量大幅度降低，有机相再生不再使用

NaOH，可以连续使用。

联系单位：中南大学

联系人：王海鹰

电 话：13874882823

E-mail: haiyw25@sohu.com

地 址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号环境工程研究所

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

49、湿法高效除氯及除氯渣的资源化利用技术

技术依托单位：中南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：锌冶炼清洁生产

主要技术指标和参数：

一、基本原理

在常压富氧浸锌过程中，硫酸锌浸出液的净化是关键环节之一。当硫酸锌净化液中氯含量超过300 mg/L时，阳极板会出现溶解“烧板”现象，严重腐蚀阳极板。电流效率下降，电锌产品杂质升高，贵重的阳极板损害严重，生产设备腐蚀严重，增加生产成本，同时加重现场环境污染。这些影响随氯含量的增加而加剧，进而会导致整个电解过程瘫痪。针对湿法炼锌氯含量高的问题，寻求一条有效途径，高效脱除硫酸锌溶液中氯，迫在眉睫。

本技术提出采用铜渣除氯及除氯渣资源化利用。铜渣除氯基本原理是利用铜及二价铜离子与溶液中的氯离子相互作用，生成难溶的氯化亚铜沉淀，进而从溶液中将氯除去。铜渣除氯的反应式为： $\text{Cu} + 2\text{Cl}^- + \text{Cu}^{2+} = \text{Cu}_2\text{Cl}_2$ 。

所用的铜渣可以是两段净化除铜镉时产出的铜渣，也可以用从铜镉渣中回收镉后产出的铜渣。采用此法除氯时，应在除铜前进行，否则除氯后的溶液又被铜离子污染，还需再次除铜。

二、工艺流程

本技术通过铜渣作用直接实现高效除氯。

三、关键技术

采用除铜浓密底流渣加入直接浸出中上清液实现高效脱氯，其优化工艺条件为，中上清pH 2.0-3.0，除氯温度 $<60^\circ\text{C}$ ，净化时间30-60min，铜渣加入量为2-5g/L中上清液。工业运行实验表明，溶液中的氯降至200mg/L以下，氯脱除率 $>80\%$ 。随着中上清pH值的增加，脱氯率逐渐下降。温度升高有利于除氯，但过高可能导致氯化亚铜的返溶，反而降低除氯效果。净化时间增加不利于氯的脱除，一般可控制在30—60min。

所得的除氯铜渣直接加入铜富氧熔炼，进行铜回收，以实现资源化利用。

四、技术来源及知识产权概况

技术集成优化

实际应用案例:

应用单位：株冶集团

实际应用案例介绍。

在株洲冶炼集团建立10万吨/年常压富氧直接浸锌减污技术示范工程，2011年，株冶常压直接浸出系统年产出除氯铜渣近1800吨，含铜约925吨，通过铜系统回收的粗铜量达到878.9吨，其铜回收率为95%。以上数据表明，本工艺的実施不仅实现了直接浸出炼锌过程溶液高效铜渣脱氯，以废制废，而且对于除氯渣由铜富氧熔炼过程回收粗铜，实现了资源化利用。

联系单位：中南大学

联系人：王海鹰

电 话：13874882823

E-mail: haiyw25@sohu.com

地 址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号环境工程研究所

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

50、沉铁渣的资源化利用关键技术

技术依托单位：中南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：锌冶炼清洁生产

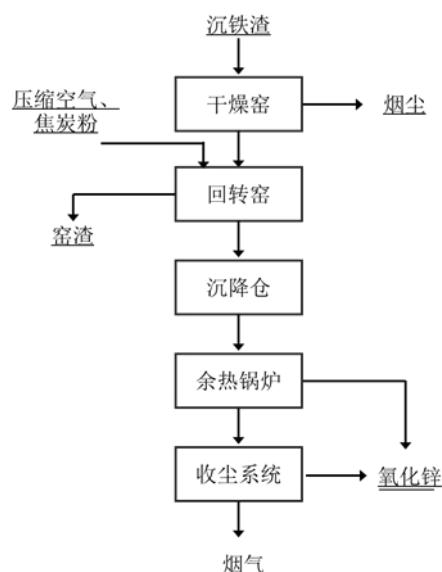
主要技术指标和参数：

一、基本原理

湿法浸出锌精矿的过程中有大量的含铁矿物同样被硫酸溶解在溶液中，溶解的铁在浸出溶液中有可能形成不溶于稀硫酸的铁酸锌而留在浸出渣中，造成锌的浸出率降低，并导致锌的总回收率低。同时铁溶解在溶液中，不利于锌冶炼过程的后续锌电积作业。因此，除铁已经成为湿法炼锌工艺中重要的工序环节。

二、工艺流程

本技术主要通过高温作用，控制金属挥发及还原作用，使有价金属资源挥发富集。



三、关键技术

通过技术工艺条件优化，探索焦炭比、温度、还原时间等操作条件对锌、铅、银、铜等挥发率的影响。得到焦比在40-60%之间，反应温度应当控制在于1100-1200℃的范围内，反应时间在30-60分钟时，Zn、Pb、In和Ag的挥发率可分别达到95.20%、97.41%、89.86%和5.21%。Cu、As、S在残渣中的固化率分别可达98.56%、67.74%和4.84%。直浸沉铁渣经高温处理后得到的残渣少部分呈现出长条形态，大部分呈现不规则形态。沉铁渣在高温处理过程中出现了金属铁的还原，且金属铁主要呈现出球形形态。

四、技术来源及知识产权概况

技术集成优化。

实际应用案例：

应用单位：株冶集团。

针对株冶现有生产工艺中的常压富氧直浸产生的沉铁渣，在综合其化学元素全分析及物相分析研究结果的基础上，采用高温挥发法对沉铁渣进行了系统的实验研究，探讨了焦炭比、温度、还原时间等操作条件对铁、锌、铅、银、铜等挥发率的影响。高温实验结果表明，较优条件为，焦炭比在40-60%之间，反应温度应当控制在于1100-1200℃的范围内，反应时间一般在30-60分。在优化工艺条件下，Zn、Pb、In和Ag的挥发率可分别达到95.20%、97.41%、89.86%和5.21%。Cu、As、S在残渣中的固化率分别可达98.56%、67.74%和4.84%。直浸沉铁渣经高温挥发处理后所得残渣中铁的主要物相存在形式是Fe₂O₃占36.83%，Fe₃O₄占26.37%，金属铁Fe占22.72%，FeO及其他占14.08%。

联系单位：中南大学

联系人：王海鹰

电 话：13874882823

E-mail: haiyw25@sohu.com

地 址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号环境工程研究所

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804
E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn
地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

51、硫渣资源化利用关键技术

技术依托单位：中南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：锌冶炼清洁生产

主要技术指标和参数：

一、基本原理

株冶集团常压富氧直接浸锌项目实施后，每年将产生7.3万吨含硫大约80%的硫精矿。硫磺混凝土是一种用硫磺来代替水泥浆作胶结料的混凝土，它是把加热的骨料与熔化的硫磺相拌合，冷却后所得的产物，其应在特殊环境(如酸、碱盐、溶剂、化工和污水处理等设施)中使用，具有快速冷凝、高机械强度、极佳的抗腐蚀能力、低水渗透性等优点。用元素硫固定回收金属硫化物的研究是一种重金属废渣处理的新方法，不仅可以固定重金属并回收废渣中有价金属，同时还可以使得分离金属后的废渣成为硫磺建材的原料，实现重金属废渣的资源化。本技术主要围绕浸锌工艺产生的硫磺渣，及株冶污酸体系产生的含汞污酸废渣，污酸体系产生的石膏渣等废渣，考察了硫磺添加量等因素对硫磺胶凝材料制备的影响，以实现硫磺渣的资源利用以及其他废渣的无害化处理。

二、工艺流程

主要工艺流程为，将含重金属硫渣置于硫化钠溶液中浸泡，同时进行机械搅拌，将废渣中过多的重金属离子预硫化成金属硫化物后烘干、研磨过100目筛后，并加入砂子作为骨料，得到混合物置于模具中，再放入加热炉中，140-150℃加热，并不断搅拌至胶粘状，20-40min后取出模具，压实、冷却后脱模，可制备成耐酸防腐性建材。

本技术可广泛适用于冶金、化工、电镀行业产生的固体废弃物或半流体状物质，包括冶炼废渣、含重金属粉尘、重金属污泥及沉积物、浮选尾矿和尾砂。

三、关键技术

本技术主要围绕浸锌工艺产生的硫磺渣，及株冶污酸体系产生的含汞污酸废渣，污酸体系产生的石膏渣等废渣，考察了硫磺添加量等因素对硫磺胶凝材料制备的影响，以实现硫磺渣的资源利用以及其他废渣的无害化处理。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例：

应用单位：株冶集团。

株冶硫磺渣搭配污酸体系废渣制备硫磺胶凝材料最佳工艺参数为：硫磺渣用量为25%，硫化渣用量为55%，石膏渣用量为20%，废渣粒径需小于150 μ m，加入骨料量为15%时。此时获得的硫磺胶凝固化体的抗压强度可达为47.5Mpa。为了保证固化体抗压强度达到国家标准，需要对其进行进行机械力强化硫稳定化预处理，当硫化钠浓度为200g/L，球料比为3.9:1，液固比为2.75:1，反应时间为1h时，Zn的浸出毒性为2.85mg/L，Cd的浸出毒性为0.77mg/L，达到浸出毒性鉴别标准。

联系单位：中南大学
联系人：王海鹰
电 话：13874882823

E-mail: haiyw25@sohu.com

地 址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号环境工程研究所

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

52、深度净化重金属冶炼废水的多基团复合配位体生物制剂制备

技术依托单位：中南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：冶炼行业重金属废水处理

主要技术指标和参数：

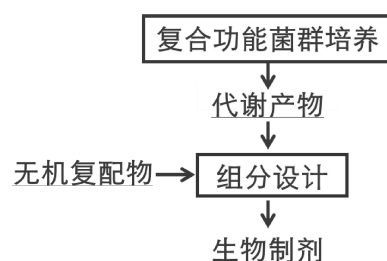
一、基本原理

通过重金属污染土壤中菌株筛选和分离,得到这三种重金属耐受细菌。通过将菌种活化、培养、收集以及细菌代谢产物功能扩增的多基团嫁接等方法,制得可对水体中重金属离子有高效吸附性能的生物制剂,具有效率高、选择性强和吸附容量大等特点。

二、工艺流程

以氧化亚铁硫杆菌、氧化硫硫杆菌为主的化能自养菌菌群在9K培养基培养,控制温度20—40℃, pH值1.5~2.5。由此得到的菌液与氯化亚铁、硫酸亚铁、硫酸铁等铁盐化合物进行复配,进行组分设计,控制温度20~40℃, 搅拌反应1~7小时。将所得到的生物制剂溶液进行固液分离, 分离液可循环用于细菌培养, 固相在100~200℃条件下干燥, 得到含有大量羟基、巯基、羧基、氨基等功能基团组的物质, 即为生物制剂。

主要工艺流程如下：



三、关键技术

本技术通过对废渣污染场地取样分析, 经过筛选和分离得到三株细菌: Pannonibacter phragmitetus T1, Enterobacter sp.T2, Microbacterium sp.T3, 这三株细菌能够耐受 Pb^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ag^{+} 、 Hg^{2+} 多种重金属。基于所得菌株的培养, 通过结构基团的嫁接设计及无机复配物的组分设计, 可得到生物制剂。

与其它重金属废水处理方法相比, 所开发的生物制剂成本低廉、使用过程无需外加营养源; 工艺具有净化重金属高效、抗冲击负荷强、无二次污染, 投资及运行成本低、操作简便、运行稳定等优势, 可实现重金属废水的资源化或“零排放”。具有显著的环境效益、社会效益和一定的经济效益, 可广泛应用于重金属废水处理领域。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例:

应用单位: 株冶集团

实际应用案例介绍

本技术已经在长沙市高新科技园建立了1万吨/年生物制剂生产线, 目前进行稳定生产, 所得药剂主要用于株冶重金属废水深度处理示范工程的运行维护及技术推广验证用。

联系单位: 中南大学

联系人: 王海鹰

电 话: 13874882823

E-mail: haiyw25@sohu.com

地 址: 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号环境工程研究所

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 北京大学

联系人: 倪晋仁

电 话: 010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址: 北京市海淀区颐和园路5号 100871

53、硫酸法钛白粉厂酸性含铁废水深度处理与回用技术

技术依托单位: 湘潭大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 化工行业含铁含重金属废水处理

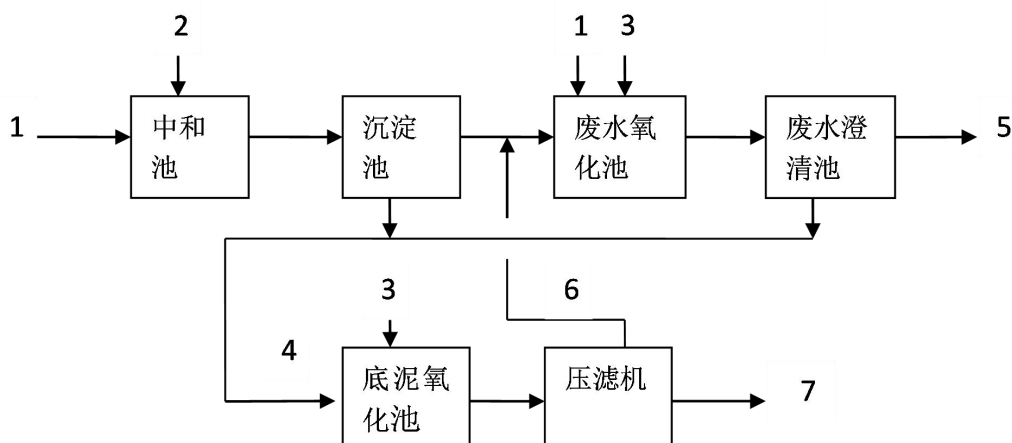
主要技术指标和参数:

一、基本原理

课题研发的硫酸法钛白粉厂酸性含铁废水深度处理与回用技术, 由三个部分组成: 钛白粉酸性含铁废水分步中和氧化除铁新方法, 高钙钛白废水混凝共沉淀降钙新工艺和钛白粉酸性含铁废水除铁脱钙一体化新方法。

二、工艺流程

工艺流程如图所示



图中: 1. 酸性含铁废水; 2. 电石渣浆或石灰乳; 3. 压缩空气; 4. 底泥;

5.清废水； 6.滤水； 7.滤渣。

1、将酸性含铁废水与电石渣浆或石灰乳在中和池通过机械混合进行中和反应，控制pH为9.0~12.0、反应时间为10~20分钟，

使废水中的亚铁生成絮凝性氢氧化物具有良好的沉淀性。

2、中和后的含渣废水进入沉淀池，沉淀时间为20~40分钟。

3、沉淀池的上清废水进入废水氧化池，在废水氧化池的pH调节区用少量酸性含铁废水进行pH调节，pH调节值为6~9；然后进入曝气区氧化，曝气氧化处理时间为20~30分钟，使废水中的少量亚铁被氧化成高铁悬浮物。

4、将含少量高铁悬浮物的废水进入废水澄清池，澄清时间为30~60分钟，澄清后的清废水直接排放。

5、将在步骤二沉淀池和步骤四废水澄清池沉积的底泥，通过抽吸送至底泥氧化池进行曝气氧化处理，时间为40~80分钟；经过曝气氧化处理后送到压滤机过滤，滤水返回到废水氧化池与沉淀池来的上清废水一同处理，滤渣按传统方法处置。

三、关键技术

1、分步中和氧化新方法处理钛白粉酸性含铁废水技术

2、复合絮凝剂与混凝共沉淀技术

3、中和除铁与碳酸钠和磷酸三钠脱钙一体化技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位：中盐株洲化工集团有限公司

实际应用案例介绍。

建设了“中盐湖南株洲化工集团有限公司 14400t/d 钛白粉厂酸性废水深度处理与回用工程”。其应用方式是对原有废水处理工艺的革新，包括使用了新的工艺方法（流程）、新的设备结构和新的水处理复合絮凝剂。所产生的效果为：

①实现了废水减排 50%以上，排放废水稳定达标，为解决备受长株潭三市人民关注的清水塘入江废水色度污染做出了重要贡献。工程于 2010 年 1 月通过了湖南省环保厅的验收。

②新工艺不仅有效地解决了设备快速结垢问题，而且全部以废治废，节约了大量硫酸，降低了处理成本；废水的大量回用，为企业带来了可观的经济效益。

③企业在解决了废水污染的瓶颈制约后实现了钛白粉产量 3 万吨设计目标，2010—2011，钛白粉创造了其历史上最好的经济效益。

④该技术推广到广西北海高岭科技有限公司 60 万吨高岭土选矿酸性废水处理工程，同样取得成功，使该公司废水实现达标排放。

联系单位：湘潭大学

联系人：黄力群

电 话：13807333006

E-mail: huanglq_q12@sina.com

地 址：湖南省湘潭市湘潭大学化工学院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804
E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn
地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

54、硫铁矿制酸厂酸性含砷废水零排放关键技术

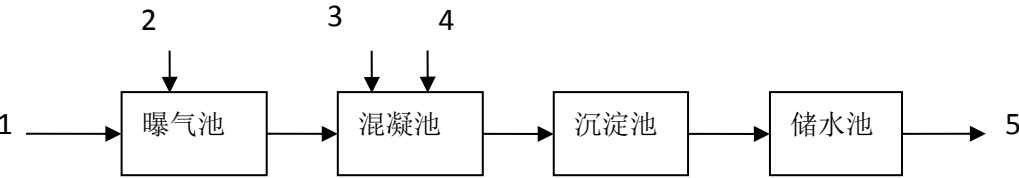
技术依托单位：湘潭大学
技术发展阶段：推广应用
适用范围：化工行业含铁含重金属废水处理
主要技术指标和参数：

一、基本原理

将除砷处理以后生成的碱性高钙硫酸废水脱钙，作为硫铁矿制酸厂酸性含砷废水零排放工程的一项关键技术进行研发，以相应的技术成果支持中盐湖南株洲化工集团有限公司硫铁矿制酸装置实现含砷废水零排放。该技术也是硫酸行业实现含砷废水零排放需要的共性关键技术之一。

二、工艺流程

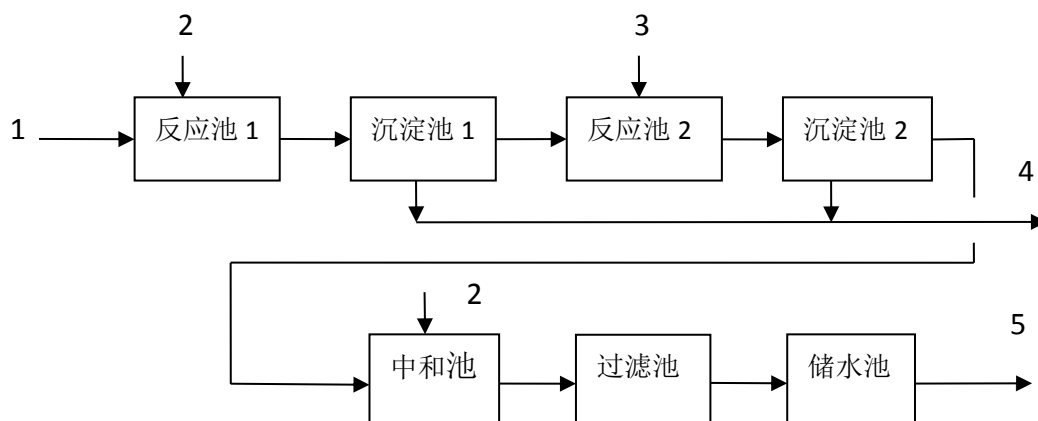
1、碱性高钙废水低浓度二氧化碳脱钙方法。其工艺流程图如图1所示。经过除砷氟处理生成的碱性高钙硫酸废水进入曝气池，用含低浓度二氧化碳压缩空气进行曝气，一方面使其中的氢氧化钙生成碳酸钙晶核并引起过饱和硫酸钙生成结晶，另一方面使其中的少量亚铁充分氧化生成难溶的三价铁；废水再进入混凝池，加入铝-铁复合混凝剂和PAM进行混凝处理，形成混凝共沉淀条件；混凝池的出水在沉淀池发生碳酸钙、硫酸钙、氢氧化铁与混凝剂共沉淀，使废水的钙浓度降低至不饱和状态；沉淀池的出水进入回用水储水池，可以全部送到酸洗工序循环利用。



图中：1.除砷氟的碱性高钙硫酸废水；2.含低浓度二氧化碳压缩空气；3.铝-铁复合混凝剂；4.PAM；5.部分脱钙废水循环利用。

图 1 碱性高钙废水低浓度二氧化碳脱钙工艺流程图

2、碱性高钙废水二氧化碳与碳酸钠脱钙方法。所述碱性高钙废水是指以石灰做碱剂处理各种酸性废水所生成的碱性高钙废水。其工艺流程图如图2所示。碱性高钙废水进入反应池1，用二氧化碳废气进行曝气处理，使其中的氢氧化钙生成碳酸钙晶核并引起过饱和硫酸钙生成结晶；然后废水进入沉淀池1发生碳酸钙与硫酸钙共沉淀（可以视情况加入适量混凝剂助沉）；沉淀池1出水进入反应池2，加入碳酸钠使硫酸钙生成难溶碳酸钙，再进入沉淀池2进行沉淀；沉淀池2的出水进入中和池，用二氧化碳废气曝气中和至中性，再进入过滤池过滤，滤出水进入储水池，成为脱钙清水，可以作为循环水补充水或者某些工艺用水，实现循环利用。



图中：1.碱性高钙废水；2.二氧化碳废气；3.碳酸钠；4.渣水；5.脱钙清水。

图2 碱性高钙废水二氧化碳与碳酸钠脱钙工艺流程图

三、关键技术

- 1、碱性高钙废水低浓度二氧化碳脱钙技术
- 2、碱性高钙废水二氧化碳与碳酸钠深度脱钙新技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位：中盐株洲化工集团有限公司

实际应用案例介绍。

中盐湖南株洲化工集团有限公司硫酸厂的硫铁矿制酸装置为年产 16 万吨，位于株洲清水塘工业区中盐株化永利生产区。中盐株化于 2010 年 8 月开始实施硫酸厂含砷废水零排放二期技改，采用了本课题所研发的碱性高钙废水低浓度二氧化碳脱钙技术。由于技改工程量不大，基本上是利用原有废水处理设施进行改造，2010 年底开始投入试运行。

经过低浓度二氧化碳脱钙处理以后的废水钙浓度一般处于 500-600mg/L。经过半年多的试运行和调整之后，脱钙处理的废水已经全部回用于硫铁矿制酸装置的净化工序，运行稳定，无废水排放，实现了含砷硫酸废水零排放。

联系单位：湘潭大学

联系人：黄力群

电 话：13807333006

E-mail: huanglq_q12@sina.com

地 址：湖南省湘潭市湘潭大学化工学院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

55、含重金属有机物复合污染废水膜生物法处理技术

技术依托单位：湘潭大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：化工行业含铁含重金属废水处理

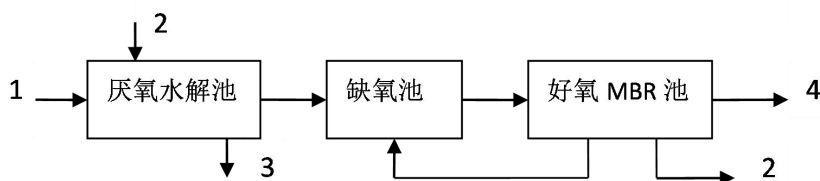
主要技术指标和参数：

一、基本原理

课题研究的含重金属有机物复合污染废水膜生物法处理技术，由三部分组成：一种处理含重金属有机物复合废水的生物气循环式电磁厌氧膜生物反应器，一种用于含重金属有机物废水处理的磁性微生物载体材料和一种好氧MBR处理含重金属有机物复合废水的工艺。

二、工艺流程

废水处理生物气循环式电磁厌氧膜生物反应器，是一种新式厌氧MBR反应器，可应用于含重金属有机物复合污染废水的处理。用生物质废料制备磁性微生物载体，是一种以废治废方式生成的废水处理功能材料，能够使微生物反应器增强效果，可应用于MBR工艺处理含重金属有机物复合污染废水。A2/O-MBR工艺适合处理含重金属有机物和氨氮的清水塘入江废水，已经被清水塘工业污水处理厂工程采纳，并且主体工程竣工，即将投入运行；这是国内用MBR工艺处理含重金属有机物氨氮废水的首家应用，填补了国内空白。



图中：1.含重金属有机物废水；2.剩余活性污泥；3.剩余酸化污泥；
4.出水达到城镇污水处理厂排放标准。

AA/O-MBR 处理含重金属有机物废水工艺流程图

实际应用案例：

应用单位：中盐株洲化工集团有限公司

实际应用案例介绍。

株洲清水塘工业污水处理厂工程设计为两套废水处理装置，一套是冶炼废水处理装置，规模为10000 m³/d；另一套是混合化工废水处理装置，规模为20000 m³/d。建设方经过调研，决定冶炼废水采用物化法工艺进行深度处理，混合化工废水采用膜生物法进行处理。

联系单位：湘潭大学

联系人：黄力群

电 话：13807333006

E-mail: huanglq_q12@sina.com

地 址：湖南省湘潭市湘潭大学化工学院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁
电 话：010-62759804
E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn
地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

56、用于处理清淤事故下高浓度重金属河水的可渗透吸附反应墙

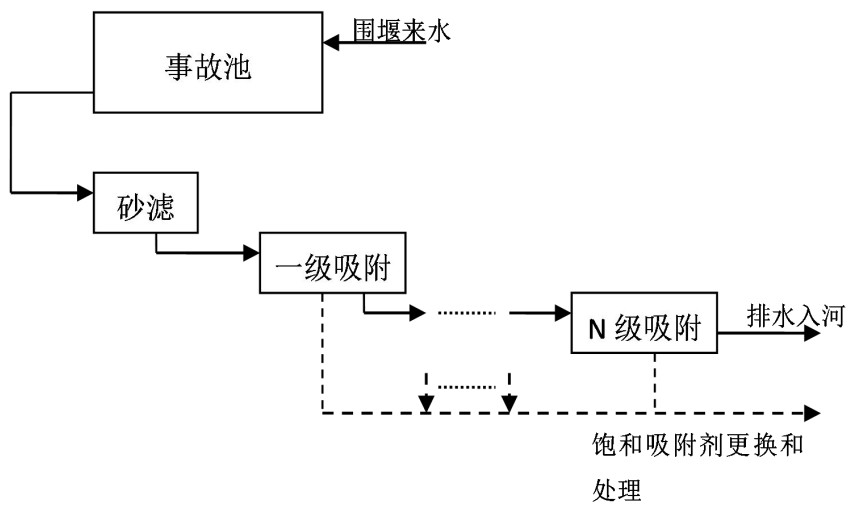
技术依托单位：湖南大学
技术发展阶段：推广应用
适用范围：内源重金属污染治理与生态修复
主要技术指标和参数：

一、基本原理

可渗透吸附反应墙是一种原位被动修复技术，一般将高效吸附剂安装在构筑物中，垂直于地下水流方向。当水流在自身水力梯度作用下通过吸附反应墙时，污染物与墙体材料发生反应而被吸附，从而达到去除污染物、修复受污染水体的目的。

二、工艺流程

该工艺主要由固定化生物吸附剂构成的可渗透吸附反应墙组成，事故状况下河水应急处理的可渗透吸附反应墙技术路线如图4-2所示。每一级吸附所对应的吸附剂针对一种或多种重金属污染物，根据事故废水的重金属污染类型确定吸附剂组合和处理级数。



三、关键技术

可渗透吸附墙技术的核心在于高效吸附剂的选择。因此，针对霞湾港清淤河水的水质特点，自主研发了多种新型高效的吸附剂，如磁性纳米颗粒和多种固定化生物吸附剂。

通过采用自主研发的吸附剂，利用其吸附选择性强、吸附容量大的特点，开发出高效的可渗透吸附反应墙技术，可以实现事故状况下河水应急处理。该技术具有工艺简单，处理效率高，劳动强度小等优点。通过多级吸附墙的组合，对河水中的Cd、Zn、Cu和Pb等重金属的去除率均达到95%以上。

其中自主研发的改性黄孢原毛平革菌吸附剂不仅对重金属具有高效的去除效率，同时对一些有机物也具有非常好的效果，优选条件下二氯酚的去除率可达98%以上，对重金属废水的治理和水环境的改善具有重要意义。

目前，该类型新产品已申请了相关专利，如改性黄孢原毛平革菌吸附剂及其制备和应用

(专利号201010132148.2)、利用黄孢原毛平革菌同时去除废水中镉和二氯酚的方法(专利号201010528030.1)、硫代乙酰胺在促进胞外镉结晶颗粒聚集增长上的应用(专利号201010563464.5)、黄孢原毛平革菌去除水体中重金属污染物的方法(专利号201110007639.9)、氮修饰纳米二氧化钛和黄孢原毛平革菌复合吸附剂及其制备方法和应用(专利号201110265170.9)。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例:

应用单位: 株洲循环经济投资发展有限责任公司

本项目位于株洲市清水塘工业区霞湾港下游河段。在霞湾港重金属污染治理工程中用于处理清淤事故排放的高浓度重金属河水的应急处理技术, 设计处理水量为319 m³/d, 设计进水水质的主要指标, SS≤800 mg/L, Cd≤8 mg/L, Zn≤100 mg/L, Pb≤50 mg/L。该系统包括砂滤池、一级吸附系统和二级吸附系统组成, 出水水质达到《污水综合排放标准》

(GB8978-1996) 一级标准。

联系单位: 湖南大学

联系人: 杨朝晖

电 话: 15717484818

E-mail: yzh@hnu.edu.cn

地 址: 湖南大学环境科学与工程学院(410082)

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 北京大学

联系人: 倪晋仁

电 话: 010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址: 北京市海淀区颐和园路5号 100871

57、利用水泥、粉煤灰及硫化物添加剂处理重金属污染底泥技术

技术依托单位: 湖南大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 内源重金属污染治理与生态修复

主要技术指标和参数:

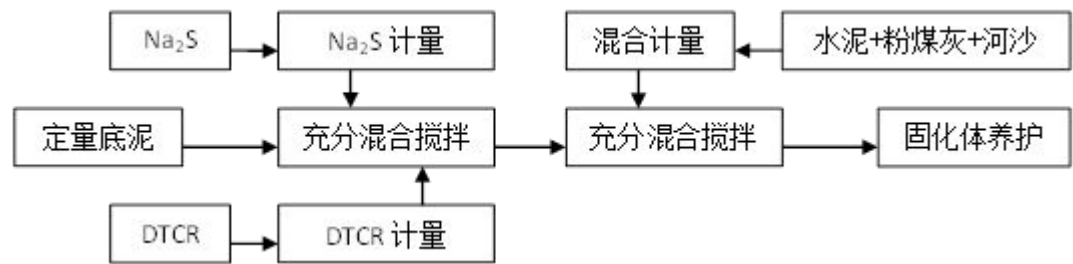
一、基本原理

高分子螯合剂是一类具有螯合重金属离子功能的高分子。螯合剂稳定化处理技术的最大特点是危险废物经过处理后其增容比远低于其它常规的固化/稳定化方法。水泥固化后的增容比达1.5~2, 使占用土地面积和处置费用增加, 而采用螯合剂处理废物时固化后体积几乎没有增加, 其增容比常常小于或等于1, 从而减少了后续处置量, 降低了费用。另外, 由于重金属形成了稳定的螯合物沉淀, 一般情况下难以浸出。结合重金属污染底泥的污染现状及实际情况, 螯合剂稳定化处理技术将更具有更广阔的前景和实用价值。

二、工艺流程

利用工业废物粉煤灰、固化剂水泥以及硫化物添加剂安全处理处置霞湾港清淤底泥技术。其中硫化物添加剂的使用可以使底泥中不稳定形态的重金属转化为稳定形态, 底泥中的重金属难再析出, 再使用粉煤灰作为辅助材料, 水泥作固化剂对添加过硫化物的底泥进行固

化，其中粉煤灰可以降低固化体的渗透性，减少重金属的浸出，此技术可以达到底泥安全处理处置的效果。利用水泥、粉煤灰及硫化物添加剂处理重金属污染底泥技术路线如图所示。



三、关键技术

提出了高效稳定清淤底泥中高含量重金属离子（重度污染底泥）的固化稳定化技术。优化了硫化物添加剂、粉煤灰、水泥以及河沙的配比以及固化体养护时间等操作参数。

构建了利用水泥、粉煤灰及硫化物添加剂处理重金属污染底泥技术工艺，并申请了相关专利：重金属污染底泥固化剂及其固化方法. 201010242352.X，利用水泥与有机硫化物固化-稳定化重金属污染底泥的方法. 201210464084.5.

四、技术来源及知识产权概况

自主研发与技术优化集成

实际应用案例:

应用单位：湖南株洲霞湾港

实际应用案例介绍

“利用水泥、粉煤灰及硫化物添加剂处理重金属污染底泥技术”，相比于传统的重金属污染底泥的处理处置方法，本技术的水泥用量仅相当于传统水泥固化的40%，底泥固化体重金属浸出率低，可达到生活垃圾填埋场污染控制标准（GB 16889-2008），处理成本仅相当于传统方法的50%。本技术将用于霞湾港底泥清淤工程中的重金属污染底泥安全处理。

霞湾港重金属底泥污染治理工程总投资20283万元，对霞湾港自清水路至湘江口重金属污染严重的4.06km河段进行综合治理，清淤量38360m³，平均清淤深度1.0m，清除重金属污染物镉、砷、铅、铜、锌的量分别为0.47t、0.26t、4.99t、1.15t、22.16t。改善霞湾港水质，以及湘江株洲至长沙段水环境质量，确保长沙、株洲、湘潭三市的饮用水安全，并将对清水塘地区的生态恢复发挥重要的作用。

联系单位：湖南大学

联系人：杨朝晖

电 话：15717484818

E-mail: yzh@hnu.edu.cn

地 址：湖南大学环境科学与工程学院(410082)

技术信息咨询单位及联系方式

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

58、水泥、粉煤灰、膨润土及外加剂联合固定技术

技术依托单位：湖南大学

技术发展阶段：推广应用

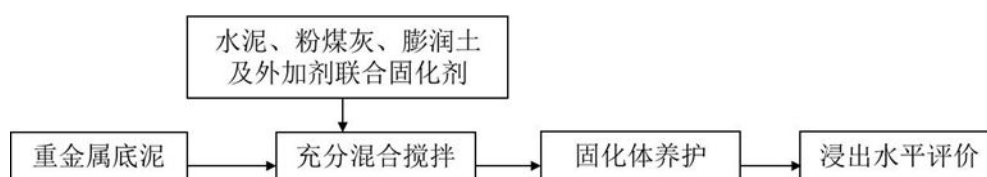
适用范围：内源重金属污染治理与生态修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对现有技术的不足，提供一种水泥掺量低、固化/稳定化效果理想、能极大地降低底泥固化体重金属浸出浓度的重金属底泥固化剂。通过添加外加剂为硝酸钙、亚硝酸钠、偏铝酸钠、硫酸钠、木质素磺酸钠、十二烷基硫酸钠和三乙醇胺的全部混合物，增加了底泥固化体的抗压强度。

二、工艺流程



固化重金属污染底泥时，适当掺入混凝土外加剂（早强剂、减水剂、引气剂和防水剂等），可减少水泥用量，降低成本；促进水泥水化，提高固化体的强度、密实性、抗渗性，改善固化体内部结构；激发粉煤灰的活性，加速粉煤灰的水化过程。实验所用外加剂为硝酸钙、亚硝酸钠、偏铝酸钠、硫酸钠、木质素磺酸钠、十二烷基硫酸钠和三乙醇胺（质量比分别为5：5：5：10：0.5：0.75：0.25）的全部混合物。

以水泥、粉煤灰、膨润土和外加剂添加量为影响因素，以固化体抗压强度和Cu、Cd、Pb毒性浸出浓度为评价指标，采用正交表L9(3⁴)，进行3水平4因素正交试验。试验结果确定了底泥固化稳定化最佳的物料配比，即底泥，水泥，粉煤灰，膨润土，外加剂重量比为1000:200:300:30:25。最佳配比固化试验表明，相对于正交试验中其他配比，此条件下固化体的抗压强度得到了明显提高，同时浸出液中的重金属浓度得到进一步降低。

三、关键技术

提出了一种水泥掺量低、固化/稳定化效果理想、能极大地降低底泥固化体重金属浸出浓度的重金属底泥固化剂。

研发了一种增加混凝土强度的新型外加剂，并申请了相关专利：重金属污染底泥固化剂.201110342103.2。

优化了硝酸钙、亚硝酸钠、偏铝酸钠、硫酸钠、木质素磺酸钠、十二烷基硫酸钠和三乙醇胺的配比，增加了底泥固化体的抗压强度。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发与技术优化集成

实际应用案例：

处理对象为霞湾港中度重金属污染的底泥，通过掺入重金属底泥固化剂，固化体浸出浓度均能达到生活垃圾填埋场污染控制标准（GB16889-2008）。养护至28d时抗压强度均有所增加，Cd、Pb的浸出浓度进一步降低。本技术的固化剂处理重金属污染底泥时固化体的抗压强度高，浸出液pH和重金属浸出浓度得到很大程度降低，并且对重金属稳定效果更好，能满足国家标准（GB 16889-2008）的相关要求。

联系单位：湖南大学
联系人：杨朝晖
电 话：15717484818
E-mail: yzh@hnu.edu.cn
地 址：湖南大学环境科学与工程学院(410082)

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学
联系人：倪晋仁
电 话：010-62759804
E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn
地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

印染、纺织行业废水污染控制技术

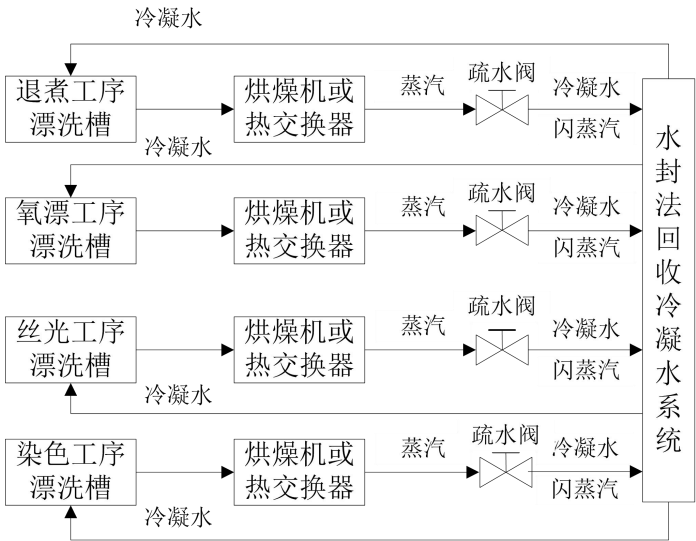
59、单级水封法消除闪蒸汽的冷凝水回收技术

技术依托单位：大连理工大学
技术发展阶段：工程示范
适用范围：适用于印染生产冷凝水回用
主要技术指标和参数

一、基本原理

印染生产工艺的烘干机 and 热交换器需要使用大量的蒸汽，热交换后会变为饱和和冷凝水。高温冷凝水在进入较低压力的容器内后，由于压力的降低较易出现闪蒸情况，变为一部分容器压力的饱和水蒸气和饱和水。因闪蒸汽的量和压力很难保证在一个稳定的条件内，一旦出现大量闪蒸汽，很难加以回收利用。水封是利用一定高度的静水压力来抵抗排输水管内气压变化，防止管内蒸汽泄漏的设备。当水管内蒸汽从冷凝水回收系统的密闭高压环境进入外界常压大气环境后，先与水封装置内水面接触，蒸汽与水发生热量传递，在水升温的同时蒸汽冷凝为凝结水，既避免了水蒸汽在生产车间内的无组织排放产生的危害，也可以帮助冷凝水回收系统稳定压力，保障回收系统顺畅运行。

二、工艺流程



三、关键技术。

采用高温高压蒸汽经管道进入轧染车间耗汽设备—烘干机烘筒及烘箱热交换器,经过热交换,得到冷凝水;将烘筒及热交换器末端安装疏水器实现水气分离;采用水封装置消除闪蒸汽,利用一定高度的静水压力抵抗冷凝水回收系统的输水管内气压变化,防止管内蒸汽泄漏,提高冷凝水和余热回收率;冷凝水直接送入锅炉或其他需用高温热水的工序,实现冷凝水的回用。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位:海城海丰集团

印染工业示范工程,地点位于辽宁省海城市感王镇海城海丰集团轧染车间,冷凝水的回收技术是将较高温度的蒸汽冷凝水和降温过程中产生的大量的冷却水回收集,对蒸汽冷凝水的热量和水量进行回收再利用,由于冷凝水的回用率增加,减少用水量及废水排放量,降低污水处理负荷,海丰集团轧染车间采用的冷凝水和冷却水回收技术,年减排污水达 20% 以上。

联系单位:大连理工大学环境工程设计研究院

联系人:张芸

电话:0411-84706151

地址:大连市凌工路2号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:大连理工大学

联系人:张耀斌

电话:0411-84706263

E-mail: yaobinzhang@163.com

地址:大连市凌工路2号116024

60、自絮凝法印染废水预处理技术

技术依托单位:大连理工大学

技术发展阶段:工程示范

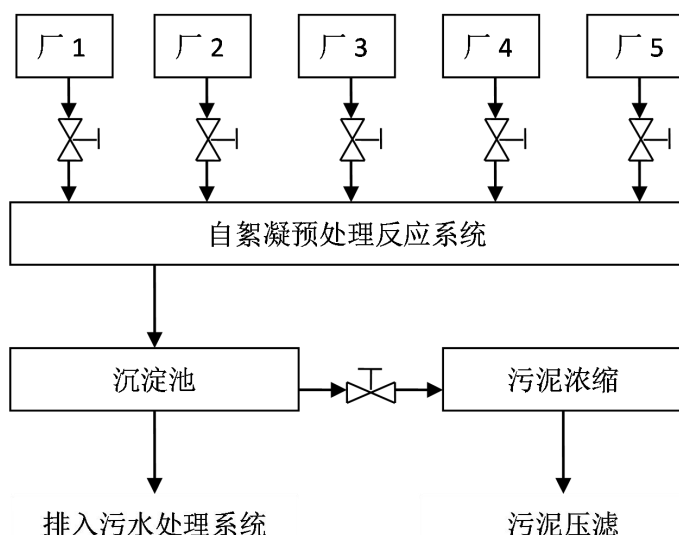
适用范围:适用于印染废水集中处理的预处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

印染废水一般具有较强的碱性,大部分的 pH 值在 11 以上。同时,废水中的各种染料和助剂,除了部分溶解在水中外,相当部分在水中呈胶体状态,并带有一定的电荷。不同的生产工序或不同的印染企业排放的印染废水所含的染料不同,所带电荷也各有差别。当各类的印染废水混合时,各类染料(或助剂)的电中和作用可能使染料分子发生絮凝作用,从而获得一定的沉淀效果,实现部分有机物杂质的预处理。

二、工艺流程



各企业排放的废水进过管道收集后，进入园区污水处理厂的集水池，之后流入混合搅拌池，采用空气搅拌，将废水充分混合、反应。采用水泵将废水泵入沉淀池，进行预沉淀，经过沉淀后的上清液 pH 大致为中性或弱碱性，可以直接进入生化系统处理。而污泥则由排泥泵抽至污泥浓缩池继续处理。

三、关键技术

将印染废水混合后，采用曝气方式或水力回流方式，不投加化学药剂，搅拌反应时间为 20~30 min，使其中的各类印染物质分子充分反应、聚合；反应后的污水抽提到预沉池，进行污泥分离，上清液排入后续的生化处理单元继续处理，污泥由污泥泵抽提后进行压滤，沉淀后的水质明显优于进水。结果表明：将各种印染混合废水按照一定比例混合后，将 pH 调整到 10 左右时，形成了良好的自絮凝作用，沉淀后 COD 去除率平均达到 20.6%。这种方法可以有效降低废水的有机负荷，运行费用低廉。这种预处理方法不仅节约各企业的开支，减轻后续处理负荷，使园区污水处理厂运行保持稳定，而且为污水处理厂的进水管理提供了方便的管理方式，即可以按照污水量进行计量收费，避免了以浓度为标准造成的计量和收费难题。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：海城印染园区污水处理

实际应用案例介绍

污水厂日处理印染废水能力为 4 万 t，接纳园区各类印染废水的排入处理。在处理工艺之前，设置自絮凝单元。各企业排入的印染废水经过自絮凝单元的充分混合、搅拌、反应、沉淀，实现无絮凝剂投加的 COD 有效消减，COD 去除效率超过 15%，有效降低了后续处理的负荷，提高了排水水质。同时为园区污水处理厂以污水量为计量单位的收费模式提供了技术依据。

联系单位：大连理工大学环境工程设计研究院

联系人：张芸

电话：0411-84706151

地址：大连市凌工路2号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：大连理工大学

联系人：张耀斌
电话：0411-84706263
E-mail: yaobinzhang@163.com
地址：大连市凌工路2号116024

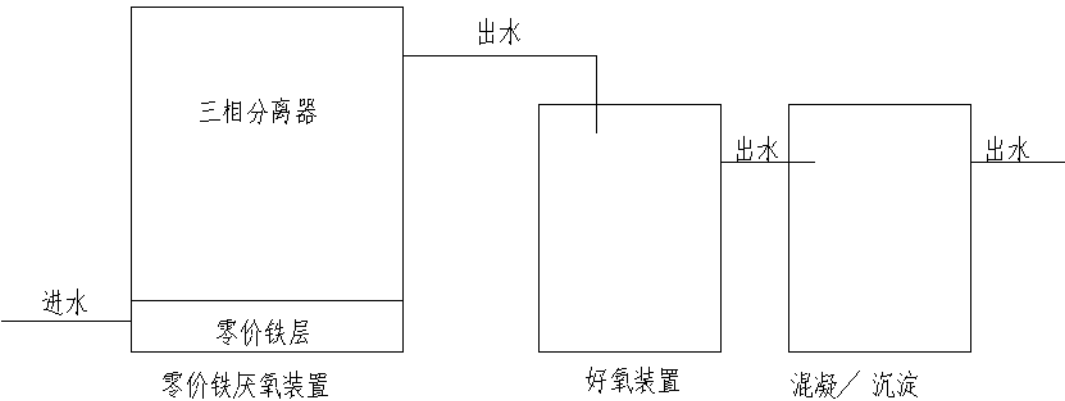
61、零价铁强化厌氧还原印染废水处理技术

技术依托单位：大连理工大学
技术发展阶段：工程示范
适用范围：适用于印染废水的厌氧生物处理
主要技术指标和参数：

一、基本原理

印染废水的生化处理一般从厌氧开始，其作用在于厌氧还原脱色和提高可生化性。但是在实际过程中印染废水的厌氧处理效果不佳。本项目开发了一种新型厌氧与物化相结合的处理技术—零价铁强化厌氧处理技术：将零价铁置于厌氧反应器内，利用零价铁对厌氧还原的增强作用，降低氧化还原电位，提高厌氧微生物活性，促进厌氧生物处理中的厌氧产酸和厌氧产甲烷，从而提高有机物处理和脱色效果。

二、工艺流程



一定量的零价铁，加入到厌氧反应器的中部，利用反应器的内循环使污泥与铁屑充分混合，出水经过好氧后，溶出的铁离子可以起到絮凝剂的作用，在混凝段与胶体反应，进一步提高水质。

三、关键技术

形成零价铁强化厌氧处理技术，该零价铁强化厌氧反应器中的氧化还原电位比参比厌氧反应器（无零价铁）低 80~100 mV，反应器的出水 pH 更接近于 7，COD 去除率比参比反应器提高 20%~30%左右，甲烷产量高于参比反应器 25%~35%左右；由于零价铁的作用，该反应器具有良好的抗有机负荷、染料负荷，以及水力负荷冲击的能力，在 HRT=24~36 h 时，该反应器能够缩短处理时间 12 h 左右；温度降低和染料浓度增加对该反应器性能的影响明显小于普通厌氧反应器，在一定范围内变化时，零价铁强化厌氧反应器的出水 COD 浓度、脱色率保持相对稳定；辅以回流或电场的作用，能进一步强化零价铁在厌氧中的作用，在启动期污水处理性能良好，污泥粒径在 80 天后达到 0.5~1 mm，此时容积负荷达到 10 kg COD/m³d，COD 去除率达到 90%左右，快速完成污泥颗粒化和反应器的启动。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，获得两项国家发明专利。

实际应用案例：

应用单位：海城印染园区（以及山西仟源制药有限公司）

实际应用案例介绍

该技术在海城印染园区污水处理厂进行了现场中试，结果显示，零价铁强化厌氧反应器对实际印染废水的 COD 去除率达到 30%~50%，脱色率达到 50%~60%，而普通厌氧反应器的 COD 去除率低于 10%，色度去除率低于 20%。该技术也在山西仟源制药高浓度制药废水处理工程中成功应用，进水 COD 达到数万 mg/L，经过零价铁强化厌氧处理工艺后，COD 去除率达到 80%以上，经过后续处理，制药废水排水达到当地环保标准，获得良好的环境和社会效益。

联系单位：大连理工大学环境工程研究设计院

联系人：童健

电话：13904286931

地址：大连市凌工路2号，116024

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：大连理工学

联系人：张耀斌

电话：0411-84706263

E-mail: yaobinzhang@163.com

地址：大连市凌工路2号 116024

62、聚合铝镁高效脱色絮凝剂制备与应用技术

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于印染废水的生化后处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

铁盐和铝盐是常用的无机絮凝剂。研究表明，供筛选絮凝剂脱色能力顺序为：铝盐>聚铁>三价铁>二价铁，镁盐复配后，絮凝剂脱色效能提高。利用当地丰富的镁矿资源，采用热熔-复配二步工艺制备出聚合铝镁复合混凝剂。该絮凝剂在中性和较宽的碱性条件下，有良好的絮凝效果，适合于具有碱性的印染废水的脱色絮凝处理。利用当地丰富天然资源，制备了一种对碱性印染废水具有很好脱色效果的高效絮凝剂。

二、工艺流程

制备流程：酸溶镁粉及铝土矿——压滤——镁铝混合液——赤泥调碱——制得成品

应用流程：生化处理后经过二沉池的废水——调节 pH——铝镁絮凝——沉淀——排放

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，申请1项国家发明专利。

实际应用案例：

应用单位：海城印染园区

实际应用案例介绍

在小试实验中，当混合溶液 pH 值为 12 时，脱色率达到了 98%，对典型活性染料、酸性染料、耐晒染料、分散染料的脱色率也分别达到 90%以上。该絮凝剂在海城印染 40000 t/d 废水处理工程中进行了应用示范。采用 0.8‰投加量运行，出水 COD 稳定在 55~60 mg/L，色度 20 倍，出水水质优于现有絮凝剂聚合氯化铝的处理效果（80 mg/L，30 倍色度）。其投加量低于 1~5‰左右的聚合氯化铝的投加量，不仅节省运行费用，而且大幅降低污泥排放。

联系单位：中国科学院生态环境研究中心

联系人：彭先佳
电话：010-62849198
地址：北京市海淀区双清路18号，100085

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院生态环境研究中心
联系人：彭先佳
电话：010-62849198
E-mail: xjpeng@rcees.ac.cn
地址：北京市海淀区双清路18号，100085

63、印染综合废水处理集成技术

技术依托单位：江苏省环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：印染综合废水或以印染为主的工业园区废水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对印染综合废水色度高、pH高、水质水量变化大、难降解物质多等问题，通过对常规处理单元技术的优化和组合，实现经济、高效处理。

通过高效厌氧折流板反应器（ABR）提高厌氧处理效果和抗冲击负荷能力，改善印染废水可生化性，降解有机物，降低色度；强化A/O（PACT）对高难降解有机物和氨氮、总氮的去除；高效澄清-过滤进一步去除废水中的有机物、TP、SS和色度等污染物，确保处理出水达标排放。

二、工艺流程

工艺流程为“调节-ABR厌氧水解-A/O（PACT）-二沉-高效澄清-过滤”。

经调节和匀质后的印染综合废水经泵提升进入ABR厌氧水解池进行厌氧水解和色度去除，同时改善废水B/C比。厌氧酸化后的废水自流进入A/O（PACT）池进行有机物和氮的降解，通过粉末活性炭的投加，改善污泥沉降性能、提高污泥浓度，吸附部分难降解有机物和发色基团。A/O（PACT）出水经二沉池泥水分离后进入深度处理系统，高效澄清池进一步进行有机物去除和SS、部分色度，经高效澄清后进入最后进行过滤，保证出水水质稳定达标。二沉池和高效澄清池的污泥回流比均为50-100%。

整套处理工艺具有良好的污染物去除效果，COD、BOD₅、总氮、氨氮和总磷去除率分别达到90%、95%、80%、99%及99%左右。

该工艺较常规先物化工艺污泥产生量减少20~40%，可显著减少污泥处理处置费用。

三、关键技术

- 1、印染综合废水“调节-ABR厌氧水解-A/O（PACT）-高效澄清-过滤”集成处理技术；
- 2、印染综合废水ABR厌氧水解技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成，该工艺获发明专利2项。

实际应用案例：

应用单位：常熟梅李污水处理有限公司

实际应用案例介绍：常熟市梅李污水处理有限公司集中处理梅李工业园区工业废水、生活污水及镇区部分生活污水，其中印染废水占接管水量的80%以上。工程设计规模2.0万m³/d，采用了课题研发集成的“折流式厌氧水解—A/O（PACT）—高效澄清—过滤”组合工艺，

工程运行结果表明，该集成工艺具有处理效果好、投资省、成本低等特点。

提标改造工程总投资3300余万元，吨水投资低于1700元，直接运行费用约为1.70元/m³。该示范工程具有良好的经济性。

联系单位：常熟梅李污水处理有限公司

联系人：邹建伟

电 话：13806230622

E-mail: zjw19561224@163.com

地 址：常熟梅李通港工业园

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：江苏省环境科学研究院

联系人：许明

电 话：13913847106

E-mail: yexumingbai@126.com

地 址：南京市通江路16号中北大厦4楼

64、复合生物酶清洁印染前处理技术

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：复合精炼酶 wck-3 主要用于棉纱和棉针织物染整加工中的精炼过程，复合除氧抛光酶 wck-d 主要用于练漂后的去除织物上的残留 H₂O₂ 以利于后序加工和整理过程去除纤维表面的毛羽而实现织物表面光洁。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本课题所研制的复合精炼酶 wck-3 就是以碱性果胶酶为主的多元复合酶。其作用是去除果胶物质的同时，又能与其它酶产生协同效应随即去除蜡状物和其它非纤维杂质，从而实现理想的精炼效果。此复合酶在精炼时发生三步反应：第一步反应是在弱酸性条件下纤维素酶破坏纤维表皮层，降解纤维表面的微纤和去除附在纤维上的棉籽壳；第二步是在碱性条件下果胶酶与果胶质的水解反应，降解去除果胶物质；第三步反应是表面活性剂与棉织物中蜡状物质的乳化反应。棉纤维中的果胶和蜡状物质等杂质主要存在于角皮层和初生胞壁中。在酶精炼中，由于棉纤维表面存在着许多微孔和裂缝，使酶能够通过这些微孔和裂缝渗透到角皮层和初生胞壁中，从而接触到杂质并将其降解。果胶酶与果胶形成一个复合物，然后又与这个复合物继续反应使其变成水溶性产物从纤维上溶解下来，即当果胶酶作用于棉纤维表面时，使角皮层和初生胞壁中的果胶迅速分解为水溶性的低聚物或半乳糖醛酸等，此时作为生物胶及果胶酸盐等物质被分解后，表皮层和初生胞壁中的非纤维素杂质也相继被释放出来，并被非离子表面活性剂等助剂溶解、分散及乳化而去除。从而使织物获得良好的润湿性及服用性。

wck-d 是由过氧化氢酶和纤维素酶复合而成。组分过氧化氢酶只对 H₂O₂ 有催化水解作用，在生物净化工艺条件下，可快速去除残留在织物上的 H₂O₂，而对染料没有作用，所以，脱氧和染色可以同浴；wck-d 的另一组分是纤维素酶，其作用是催化水解纤维素，在生物抛光工艺条件下，纤维素酶和机械冲击同时作用，纤维素酶的水解作用使纤维表面的微纤弱化，机械配合下将绒毛去除，从而使织物达到生物抛光的目的。

二、工艺流程

工艺流程为：

复合精炼酶 wck-3：精炼——氧化灭活——水洗；

具体如下：

- 1、弱酸性浴处理：温度（57-60℃）、时间（10min）、pH 值（4.0-5.0）；
- 2、碱性浴处理：温度（57-60℃）、时间（20min）、pH 值（9.0-9.5）；
- 3、温和氧化灭活：温度（60-70℃）、时间（60-90min）、pH 值（9.0-9.5）。

复合除氧抛光酶 wck-d：除氧抛光染色——水洗——皂洗灭活——水洗——酸洗——甩干——后整理。

具体如下：

- 1、除氧：室温、时间（10-20min）；
- 2、染色：加匀染剂、染料运转 10min 后，分 3 次加完元明粉，控制每分钟升 1℃ 至 60℃（保温 10min 完成抛光过程），加代用碱保温固色 30min；
- 3、水洗：室温、时间（10min）；
- 4、皂洗灭活：温度（90℃）、时间按（10min）；
- 5、水洗：室温、时间（10min）；
- 6、酸洗：室温、时间（10min）。

三、关键技术

- 1、自主研发的复合生物酶 wck-3 和 wck-d。

四、技术来源及知识产权概况

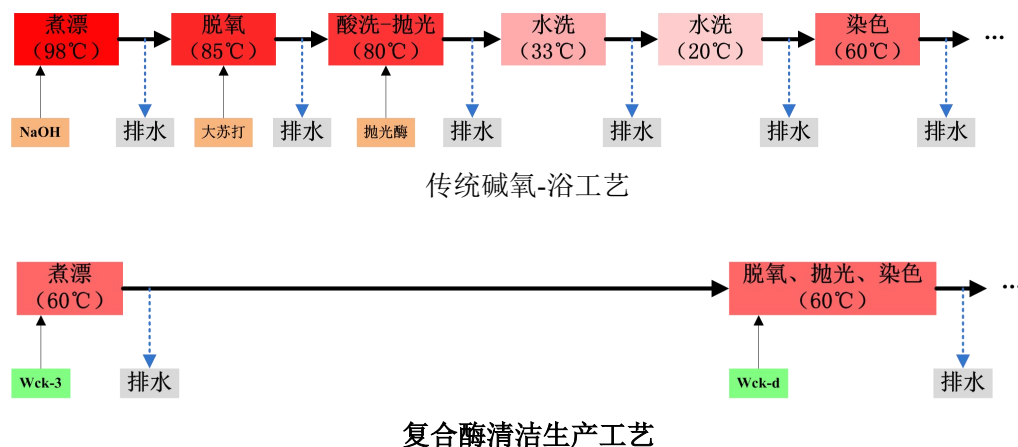
自主研发

实际应用案例：

应用单位：江苏坤风纺织品有限公司

实际应用案例介绍：

采用自主研发的复合生物酶对传统棉针织印染工艺进行改造，具体工艺对比如下图所示：



在保证产品质量的前提下，前处理段的排水量降低 50%，废水 COD 负荷降低 19.7%；相比传统高温烧碱工艺，综合生产成本降低 21.6%~54.1%。

联系单位：清华大学

联系人：周律

电 话：010-62773079

E-mail: zhou2001@263.net.cn

地 址：北京市海淀区清华大学中意环境节能楼 733 室

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：周律

电 话：010-62773079

E-mail: zhou2001@263.net.cn

地 址：北京市海淀区清华大学中意环境节能楼 733 室

食品加工行业废水污染控制技术

65、淀粉糖水解液直接电渗析脱盐技术

技术依托单位：长春大成新资源集团有限公司、中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：玉米等粮食深加工等行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

直接电渗析脱盐原理是在直流电场作用下，以电位差为推动力，利用离子交换膜的选择透过性，把电解质从淀粉糖水解液中分离出来。电渗析虽然电压较高，但电流并不大，不会发生氧化还原反应，不影响淀粉糖溶液的组成。在外加电场的作用下，溶液中的阴、阳离子分别向阴极和阳极移动，保留溶液中的淀粉糖等有价值组分，实现杂质脱除的目的。

二、工艺流程

玉米淀粉乳液化及糖化—粗过滤—膜过滤—颗粒活性炭脱色—电渗析脱盐—蒸发浓缩—结晶

三、关键技术

传统技术采用离子交换法处理淀粉糖发酵液，耗酸碱、水耗高、淀粉糖损失大，采用电渗析脱盐工艺，可直接从淀粉糖液中脱除氯、铵、硫酸根、钙离子等，并且减少化学试剂消耗，不损失淀粉糖组分。关键技术包括电渗析膜污染源分析及膜污染防控技术、膜污染在线清洗技术、离子渗透和水渗透防控技术，在此基础上开发出适合淀粉水解液体系的电渗析装置，实现工业化生产。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

长春大成新资源集团有限公司，首次在行业内采用电渗析脱盐工艺，建成年产10万吨淀粉糖生产线，电迁移装置一次脱盐率达80%，电渗析除盐的吨成本在原有工艺基础上下降22%左右。

联系单位：长春大成新资源集团有限公司

联系人：褚腊林

电 话：0431-87879541

E-mail: dclkr2008@163.com

地 址：吉林省长春市西环城路886号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院过程工程研究所
联系人：曹宏斌
电 话：010-82544845
E-mail: hbcao@ipe.ac.cn
地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

66、丙酮甲醛共沸精馏分离技术

技术依托单位：天津大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：玉米芯制糠醛行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

萃取精馏是向精馏塔顶连续加入高沸点添加剂，改变料液中被分离组分之间的相对挥发度，使普通精馏难以分离的液体混合物变得易于分离的一种特殊精馏方法。萃取精馏和普通精馏相比，操作参数更多，所用萃取剂循环使用。通过这种方法，可将常规精馏无法分离的甲醇和丙酮混合物分离，制备出单组分的工业级产品。

二、工艺流程

玉米芯水解—原液精馏的不凝气（加粗醛精制的蒸汽）—精馏分离—丙酮或甲醛产品

三、关键技术

萃取精馏分离丙酮甲醇共沸物的关键技术包括萃取溶剂开发、工艺参数优化、萃取剂回收及全流程模拟。萃取剂的选择直接关系萃取精馏过程的经济性，通过模糊数学方法，综合评判溶剂的选择性、溶解性、挥发度、沸点、黏度、密度、表面张力和比热等因素的影响，并从备选的五种溶剂中选取最佳萃取剂。采用UNIQUAC模型，通过RPO/II软件对分离过程模拟，确定间歇萃取精馏的操作方式，并优化进料口位置、回流比等参数。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

长春佳辰环保设备有限公司，完成中试实验。

联系单位：天津大学

联系人：隋红

电 话：022-27404701

E-mail: suihongfirst@163.com

地 址：天津市南开区卫津路92号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院过程工程研究所

联系人：曹宏斌

电 话：010-82544845

E-mail: hbcao@home.ipe.ac.cn

地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

67、糠醛废液制醋酸钙融雪剂技术

技术依托单位：长春佳辰环保设备有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：玉米芯制糠醛行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

将醋酸含量较高的糠醛废水用生石灰中和至碱性，采用高效双蒸系统将水份蒸出。蒸出水蒸气经吸附后达到中水标准全部由糠醛企业回用。剩余浓溶液利用活性炭吸附，再经脱色除杂、喷雾干燥、造粒后，制备出国际通用的环保型融雪剂产品醋酸钙镁。

二、工艺流程

糠醛废水残液—中和调节—气浮—砂滤—脱色—喷雾干燥—造粒

三、关键技术

目前国内外生产醋酸钙镁融雪剂的通用工艺是白云石或石灰岩与醋酸反应，与氯化钠相比成本太高，因此很难被普遍推广。糠醛生产过程会产生大量废水，其主要组分为醋酸，利用这种廉价的原料来源，采用生石灰中和生成醋酸盐，后用高效双蒸系统将水份蒸出。蒸出水蒸气经吸附后达到中水标准全部由糠醛企业回用。剩余浓溶液利用活性炭吸附，再经脱色除杂、喷雾干燥、造粒后，制备出国际通用的环保型融雪剂产品醋酸钙镁。本技术已在长春佳辰环保设备有限公司建立产业化工程。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

长春甲辰环保设备有限公司，建成年产10000吨环保融雪剂示范工程，满负荷运行后可年节水100万吨，减排COD14000吨。工程运行后已生产液体和固体两种融雪剂，投放市场后，受到客户的一致认可。

联系方式：

联系单位：长春佳辰环保设备有限公司

联系人：于广军

电 话：0431-81153385

E-mail: songhaitao826@163.com

地 址：吉林省长春市经济开发区浦东路3048号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院过程工程研究所

联系人：徐红彬

电 话：13801398826

E-mail: hbxu@ipe.ac.cn

地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

68、赖氨酸高效发酵与结晶分离技术

技术依托单位：长春大成新资源集团有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：玉米深加工等行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

传统赖氨酸发酵液均采用离子交换法提取赖氨酸，产生大量含高氨氮和高COD废水，环境污染严重。通过流程优化后，去掉离子交换环节，经过深度除杂后直接进行浓缩液的结

晶，大大降低新鲜水、液氨和化学试剂消耗，过程更清洁且原料消耗更少。

二、工艺流程

发酵液—预处理—膜过滤—浓缩—直接结晶—分离—干燥—产品

三、关键技术

赖氨酸高效直接发酵与结晶分离技术省略了传统的离子交换脱盐净化步骤，大幅降低酸碱、新鲜水和能量消耗，并降低有价值组分流失。关键技术是通过基因工程技术开发高产、适应性强的赖氨酸新菌种，并调变培养基配方，降低发酵液中发酵因子残留量，提高结晶效率；通过控制纳滤膜的孔径截留低分子量蛋白、多肽，提高赖氨酸结晶物的纯度，产品纯度 $\geq 98.5\%$ ，符合NY39-1987标准。

高效结晶反应器设计，

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

长春大成新资源集团有限公司，建成年产2万吨/年直接结晶法制备赖氨酸的生产线，节省大量新鲜水和蒸汽，通过分级制备两种纯度的赖氨酸产品，提高赖氨酸的利用率，采用赖氨酸直接结晶法年产10万吨98%赖氨酸，每年可少排污水230万立方、节新鲜水120万立方、节约液氨1.25万吨、节约盐酸6.21万吨、节约氯化铵1.5万吨、节约蒸汽19万吨、节约电1000万度。

联系单位：长春大成新资源集团有限公司

联系人：褚腊林

电 话：0431-87879541

E-mail: dclkr2008@163.com

地 址：吉林省长春市西环城路886号

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：长春大成新资源集团有限公司

联系人：褚腊林

电 话：0431-87879541

E-mail: dclkr2008@163.com

地 址：吉林省长春市西环城路886号

69、豆瓣多级逆流洗涤技术

技术依托单位：中国科学院过程工程研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：大豆深加工行业废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

多级逆流固液提取技术是一种固相物料和溶剂相对运动方向相反、连续定量加入固相物料和溶剂并导出残留物和提取液的连续分离技术。多级逆流固液提取大豆分离蛋白时，清水从右向左移动，豆粕相对于提取液从左向右移动，在整体上豆粕与提取液相对运动方向相反。提取液经过酸沉淀后依次经离心、洗涤和喷雾干燥后获得大豆分离蛋白粉。

二、工艺流程

大豆预处理—溶液浸出—脱溶剂—多级逆流提蛋白—蛋白沉淀后加工

三、关键技术

豆瓣多级逆流洗涤技术包括豆粕中蛋白质精确识别技术，蛋白质释放行为及解聚机理，pH梯度的多级逆流提取等关键技术。通过蛋白质反相色谱技术对大豆分离蛋白中不同种类的蛋白质进行分离，并利用蛋白质酶解技术进行处理，采用HPLC-MS技术进行组分识别，确定了不同种类蛋白的归属性。通过减少11S解聚可增加11S蛋白沉淀量，进而减少乳清废水中的蛋白质总量。在提取过程中增加豆粕与提取液之间浓度梯度有利于提高其释放速率，释放出的高分子量组分及时移出有助于增加豆粕和提取液之间浓度梯度并提高豆粕中7S和11S的释放量。在多级逆流固液萃取过程增加pH梯度可加速蛋白释放速率，pH梯度范围为7-8，最佳固比例为1: 8，最佳提取时间为20分钟。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

大庆日月星有限公司，建立了大豆分离蛋白多级逆流固液萃取与pH梯度提取耦合工艺；完成了处理量为20L的实验室规模多级逆流固液萃取工艺研究；并确定了连续操作工艺参数；完成了日处理2吨豆粕的中试设备加工及调试中试实验已正常运行，达到了豆粕的日处理量为2吨的规模，提取过程流速约850L/h。

联系单位：中国科学院过程工程研究所

联系人：张贵锋

电 话：010-82544845

E-mail: gfzhang@home.ipe.ac.cn

地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位：中国科学院过程工程研究所

联系人：张贵锋

电 话：010-82544845

E-mail: gfzhang@home.ipe.ac.cn

地 址：北京市中关村北二条一号过程大厦

70、载体复配 SBR 强化生物脱氮技术

技术依托单位：郑州大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：高含氮有机发酵废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

本关键技术发明了一种填料篮装置。若干填料篮通过串联，置于生物反应池曝气盘间隙的混合液中。填料篮置于曝气盘间隙中，从而有效避免气泡对于填料上生物膜的直接剪切作用，使形成的生物膜不易脱落；同时气泡推动填料篮间的废水作环流运动，当泥水混合液随环流反复经过填料时可以起到对易挂膜微生物的筛选作用，即易粘附填料的微生物逐渐被吸附，不易粘附的微生物随环流沉降于池底，从而可以提高挂膜速度；另外填料篮中向下水流还有助于老化生物膜脱落，防止生物膜过厚。填料篮之间的区域由于曝气作用为富氧区，溶解于流动水层中的氧以浓度梯度为动力向两侧的生物膜扩散，以满足填料上生物膜中微生物

对氧的需求。这种氧浓度的梯度分布有利于厌氧（缺氧）过程的进行。填料篮底部将沉降下来的污泥分散流向两侧，继而随曝气继续环流，从而避免沉降于曝气盘的间隙造成死角区污泥老化变质。这样既可以起承托填料的作用，同时也可以起导向气泡的作用，从而使填料篮内整体水流向下，避免气泡对环流的扰动影响，有利于污泥与填料的接触吸附以及沉降作用，强化了生物膜的硝化作用。

二、工艺流程

工艺流程为“填料篮间的味精废水作环流运动-微生物挂膜—硝化菌固着增殖—强化深度脱氮”。具体如下：

- 1、填料篮置于曝气盘间隙中，味精废水产生的气泡推动填料篮间的废水作环流运动；
- 2、味精废水环流运动产生的剪切力可以起到对易挂膜微生物的筛选作用，从而可以提高挂膜速度；
- 3、生物膜内有极其丰富的生物相，延长了微生物食物链，提高了生物量，同时由于生物膜的存在可以使世代时间较长、比增值速度很小的硝化菌得到固着繁殖，继而强化生物膜的硝化能力；
- 4、硝化菌的生长繁殖吸收了味精废水中大量的氮源，起到了对味精废水强化深度脱氮的作用。

三、关键技术

载体复配SBR强化生物脱氮技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：河南莲花味精股份有限公司

实际应用案例介绍：

河南省莲花味精股份有限公司积极配合国家“十一五”水专项“食品发酵废水污染负荷稳定削减关键技术研究示范之味精废水部分”（2009ZX07210-002-002.1）子课题的示范工程建设，采用载体复配SBR强化生物脱氮技术，处理规模2000m³/d，于2012年5月开工建设，2012年7月进水试运行，目前处于正常运行期间，处理后出水平均COD68.6mg/L，氨氮在7.0mg/L，优于企业排水COD143.6mg/L，氨氮17.6mg/L，其他各项指标满足正在制定的《味精工业污染物排放标准》的要求。

联系单位：河南省莲花味精股份有限公司

联系人：周阳

电 话：13938065776

E-mail: zhouyang0255@sina.com

地 址：河南省项城市莲花大道 18 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：郑州大学

联系人：何争光

电 话：0371-67739306

E-mail: hezhengguang163@163.com

地 址：河南省郑州市科学大道100号

71、“前置水解酸化+强制内循环改良 UASB+填料 CASS+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术

技术依托单位：郑州大学

技术发展阶段：推广应用

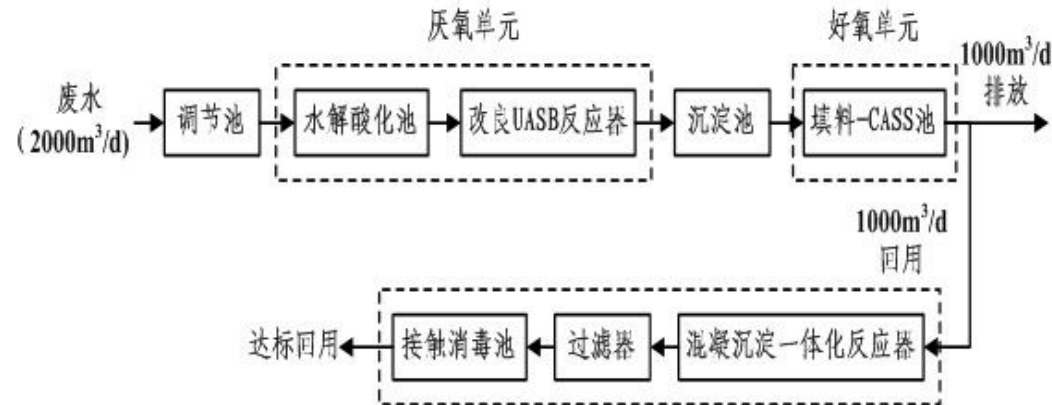
适用范围：酒精废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

前置水解酸化均质均量技术与改良 UASB 结合，水解酸化可去除部分 SS 并降低改良 UASB 进水负荷，改良 UASB 通过增设内循环系统利用回流使反应器的升流速度恒定，而恒定的升流速度可以显著提升泥水混合效率，提升改良 UASB 的负荷，改善厌氧生物处理效果；可缓冲冲击负荷的不利影响；降低三相分离器的泥水分离压力。填料 CASS 通过在填料表面形成生物膜增加反应器内生物量和生物种类，且形成的生物膜表面到内部存在溶解氧梯度，达到深度脱氮的目的。深度处理“混凝沉淀-过滤-消毒”出水可满足循环冷却水补充用水要求，达到酒精废水回用的目的。

二、工艺流程



三、关键技术

“前置水解酸化+强制内循环改良 UASB+填料 CASS+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术

为实现酒精废水末端污染物削减和中水回用的目标，开展厌氧、好氧和深度处理技术研究，并突破了以“前置水解酸化+改良 UASB”厌氧技术为核心的集成技术。

强制内循环改良 UASB 主要采用在反应器内三相分离器下部增设回流装置，通过增设内循环系统，利用回流使反应器的升流速度恒定，而恒定的升流速度可以保持污泥床稳定的膨胀和搅动，避免产生配水不均匀和沟流等现象，从而显著提升泥水混合效率，改善厌氧生物处理效果。改良 UASB 的优势主要有以下几点：内循环可保证形成足够的水量“洗出”絮状污泥，加快颗粒污泥的形成；可以稀释突然增高的 COD 浓度，缓冲冲击负荷的不利影响；当 UASB 反应器工作不正常或需要关停时，可以通过内循环尽可能地降低厌氧池内的挥发性脂肪酸(VFA)；提高反应器内水力上升流速，有利于颗粒污泥的形成；通过三相分离器内泥水的回流，可有效避免液面浮渣的形成，最大程度的降低三相分离器的泥水分离压力，达到提高分离效率的目的。而前置水解酸化在去除 SS 的同时也起到了均质均量的效果，对于难降解废水还可提高其可生化性，所以整体集成工艺应用领域不仅限于酒精废水行业，同时可应用于高浓度难降解废水的处理。而填料 CASS 技术，通过投加一种自主研发的填料篮装置，改善了反应池的流体动力学状态，提高了溶解氧的转移效率，增加生物膜的稳定性，具有增加生物量、生物种类以及促进深度脱氮的作用，达到污染负荷削减的同时并实现废水回用。

“前置水解酸化+改良 UASB+填料 CASS+混凝沉淀-过滤+消毒”关键技术对酒精废水进

行处理后，填料 CASS 出水运行费用为 0.62 元/吨废水，深度（混凝沉淀-过滤+消毒）单元运行费用为 0.37 元/吨废水，与国内同类技术相比，可有效提高废水处理效果且综合运行成本低，具有较好的市场推广前景。同时经技术查新，“前置水解酸化+改良 UASB+填料 CASS+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术目前国内尚未在酒精行业有工程应用，属于创新性技术集成，为沙颍河流域内酒精行业废水控源减排与提标处理提供了典范，并为实现流域内酒精行业废水污染物稳定削减和提标提供了可靠的、成熟的技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：漯河天冠生物化工有限公司

实际应用案例介绍：

河南省漯河天冠生物化工有限公司，地属淮河最大支流沙颍河中上游，是河南省“十一五”规划重点发展企业，主要以玉米深加工产品为主，目前生产规模为玉米酒精 14 万 t/a，玉米淀粉 12 万 t/a。玉米酒精及淀粉生产属典型的发酵行业，废水排放量大且污染浓度高，发酵罐清洗废水、酒精糟液和冷凝水都送至污水处理站进行处理。企业污水处理站现有处理能力 5000m³/d，采用厌氧 UASB+CASS 工艺，主要存在以下问题：（1）现有 UASB 反应器达不到设计负荷、颗粒污泥形成缓慢，以致末端处理污染负荷偏高；（2）现有废水处理设施冬季运行不稳定，二级生化出水水质波动较大；（3）国家颁布新的行业水污染物排放标准，现有工艺无法满足提标要求；（4）现有废水排放量大，从节约水资源考虑，需提高废水回用率。

示范工程分两部分：“前置水解酸化+改良 UASB+填料 CASS”示范工程规模 2000m³/d、“混凝沉淀-过滤+消毒”深度处理示范 1000m³/d。示范工程建成运行后，实现填料 CASS 出水 COD≤80mg/L、氨氮 5≤mg/L，满足酒精废水提标要求；较示范工程改造前主要污染物 COD、氨氮削减率分别提高了 50.3%、87.9%，COD、氨氮排放量分别减少了 40.4t/a、1.6t/a，实现了酒精废水处理改造工艺比原工艺主要污染物减排 40%或以上；深度处理后的中水可回用于厂区循环冷却水补给水，减少废水排放量 36.5 万 t/a，实现废水回用率达 50%，具有显著的环境效益和社会效益。

联系单位：郑州大学

联系人：宋宏杰

电话：13837178003

E-mail: songhj@zzu.edu.cn

地址：河南省郑州市文化路 97 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：郑州大学

联系人：何争光

电 话：0371-67739306

E-mail: hezhengguang163@163.com

地 址：河南省郑州市科学大道100号

72、果汁加工清洁生产工艺改造集成

技术依托单位：西安交通大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：果汁加工厂

主要技术指标和参数：

一、基本原理

由于此类企业生产用水量大，耗能高，生产废水排放量大，浓度高，故而充分利用了该行业的行业特质，采取清洁生产工艺改造技术改变洗涤工序、供水方式和生产用水充分循环利用等措施，使生产每吨浓缩果汁的用水量由23-27吨降低到13吨；并利用自主研发的浓缩果汁加工废水低碱耗厌氧处理技术，开发了内外双循环高负荷厌氧反应器，实现果汁加工行业清洁生产，节能减排，并对产生的沼气进行再利用，降低成本。

二、工艺流程

工艺流程主要为“生产工艺改造—高效厌氧生物反应器处理—应用有射流式曝气器的深沟型氧化沟处理”。

技术主要包括：

- 1、生产工艺改造：利用水夹点技术，实现废水减排16%；
- 2、高效厌氧生物技术为核心的废水处理工艺：污泥产生量减少68%，废水处理能力提升一倍；
- 3、深沟型氧化沟技术：融合射流曝气、物相强化传递、紊流剪切等技术的供气式低压射流曝气器处理果汁废水处理系统中的厌氧出水；

三、关键技术

- 1、高效厌氧生物技术
- 2、供气式低压射流曝气器结合深沟型氧化沟技术
- 3、基于Zigbee技术的无线网络污水监控系统

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成、关键技术自主研发

实际应用案例：

应用单位：泾阳怡科食品有限公司

果汁加工行业废水厌氧-好氧废水处理示范工程，地点：陕西省泾阳县桥底镇。公司规模：日处理鲜果1000吨，处理水量 4000-5000m³/d。主要工程内容包括：企业的清洁生产改造；废水处理系统的改造、新建设备包括风险池、φ5.6×21.0m的体外自循环高负荷膨胀颗粒污泥床反应器、沼气系统（沼气脱水脱硫、贮存、输送和高压蒸汽锅炉等）、基于物联网的中央控制系统、污泥脱水系统等。工程运行效果显示：主要耗水环节节水约60%，废水产生量降低约45%，污泥量减少约40%；污水处理碱投加量减少1/3以上，节省动力约40%；出水COD浓度由150mg/L减少到85mg/L以下。

联系单位：泾阳怡科食品有限公司

联系人：李德龙

电话：18691018500

地址：陕西省泾阳县桥底镇

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：陕西省环境科学研究设计院

联系人：司全印

电 话：029-87292510

E-mail: siquanyin@sohu.com

地 址：西安市长安北路49号，710061

73、食品（果汁）加工行业废水资源化与高质利用关键技术

技术依托单位：西安交通大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：果汁加工厂废水、固废资源化与高质利用

主要技术指标和参数：

一、基本原理

由于此类企业生产用水量大，耗能高，生产废水排放量大，浓度高，故而充分利用了该行业的行业特质，通过工艺优化实现废水减排16%，并利用以高效厌氧技术为核心，包括利用结合有供气式低压射流曝气器的深沟型氧化沟技术，在本技术独创的无线传输和中央控制系统控制下，实现果汁加工行业清洁生产，节能减排，并对产生的沼气进行再利用，降低成本。应用气-液混合搅拌系统的全混式高效厌氧发酵罐处理果汁生产固体废弃物，并用高效氧化铁脱硫剂等实现沼气的净化。

二、工艺流程

工艺流程主要为“生产工艺改造—高效厌氧生物反应器处理—应用有射流式曝气器的深沟型氧化沟处理—全混式高效厌氧发酵罐—沼气净化”

技术主要包括：

- 1、生产工艺改造：利用水夹点技术，实现废水减排16%；
- 2、高效厌氧生物技术为核心的废水处理工艺：带有喷射旋流混合装置的高负荷自循环厌氧颗粒污泥悬浮床反应器为核心的高效厌氧技术；
- 3、深沟型氧化沟技术：融合射流曝气、物相强化传递、紊流剪切等技术的供气式低压射流曝气器处理果汁废水处理系统中的厌氧出水；
- 4、全混式高效厌氧发酵罐：应用有气-液混合搅拌系统；
- 5、沼气净化：高效氧化铁脱硫剂

三、关键技术

- 1、高效厌氧生物技术
- 2、供气式低压射流曝气器结合深沟型氧化沟技术
- 3、基于Zigbee技术的无线网络污水监控系统
- 4、气-液混合搅拌系统
- 5、高效脱硫剂

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成、关键技术自主研发

实际应用案例：

应用单位：陕西海升果业发展股份有限公司乾县分公司

果汁加工行业固体废弃物资源化利用示范工程，地点：乾县城关镇。公司规模：加工能力≥2000吨/日的浓缩果汁厂；日处理苹果2000吨生产线的废水和废弃物量。主要工程内容包括：（1）苹果固体废弃物的厌氧消化工程；（2）沼气利用工程；（3）废水深度处理和节水技术。工程运行效果显示：企业固体废弃物量减少37.58t/d，废弃物外运处置费降低34.6%，回收利用沼气140.5万方/年。。

联系单位：陕西海升果业发展股份有限公司乾县分公司

联系人：李国良

电话：13335301750

地址：陕西省乾县城关

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：陕西省环境科学研究设计院

联系人：司全印

电 话：029-87292510

E-mail: siquanyin@sohu.com, siquanyin@163.com

地 址：西安市长安北路49号，710061

制革行业废水污染控制技术

74、制革清洁生产关键技术集成

技术依托单位：陕西科技大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：牛皮制革生产传统工艺改造

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对传统制革行业大部分为手工或半自动化操作、技术装备差、生产工艺落后、生产成本低、废水排放量大现状，开发与优化一套适合中国传统制革行业技术改造和产业升级的制革清洁生产技术，并进行关键技术的系统集成，主要研究任务包括：

- (1)浸水和清洗节水回用技术
- (2)保毛脱毛-浸灰液循环技术
- (3)脱灰液脱氨-循环技术
- (4)高吸收铬鞣法-残液循环清洁工艺

二、工艺流程

本项目针对制革生产工艺浸灰、脱灰、铬鞣等主要污染工段开展清洁生产技术集成，其技术要点主要包括以下几个方面：

- (1) 以生物酶和均匀渗透型多功能浸灰剂为主导的保毛脱毛技术，配合浸灰液循环回用，改变传统石灰/硫化碱浸灰工艺，大幅度削减常规工艺中的大量石灰沉淀物和残渣污染。
- (2) 以无铵低温软化酶结合高缓冲弱酸性复合型无铵脱灰剂为主导的脱灰工艺。
- (3) 以高吸收铬交联助剂为主导的低铬高吸收鞣制技术，在减少铬粉用量的四分之一以上，降低铬液产污量50%以上，配合废铬液循环，实现铬液的零排放；
- (4) 采用低液比、少清洗节水工艺，使用水量比传统工艺节水35%以上。

由上述结点为体系，形成牛皮制革清洁生产关键技术集成。

三、关键技术

保毛脱毛技术

本实验采用保毛脱毛技术，在传统的碱法脱毛基础上，分为两个阶段。第一阶段，利用石灰对毛干进行护毛处理后，再用少量的硫化碱、硫氢化碱或蛋白酶破坏毛根而使毛脱去。待毛掉干净后，第二阶段补加水和石灰，促进碱膨胀及纤维疏松。工艺在第一阶段通过调节硫化钠和石灰的比例，达到一定程度上保毛又可以松动毛根效果，使硫化钠只作用于毛根，靠转鼓的机械作用或机器很容易地将毛从皮上连根拔出。待毛掉干净后，再进行下一步补加水和石灰，促进进一步膨胀和纤维疏松。各废液均回收、沉降、过滤再循环使用。工艺中主要检测指标为pH，并不时观察毛根松动情况来调整化料投加量及转鼓转动时间。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 安徽鑫皖制革有限公司

实际应用案例介绍。

作为本项目的示范工程企业在国内具有典型性,通过本项目的实施,给同类企业带来了新的技术和清洁生产管理理念,通过现场生产性试验,基本解决了行业生产管理粗放,保毛脱毛工艺不稳定、铬循环形式流于表面,确保了企业在不新增设备的情况下,实现了无氨脱灰、高吸收铬鞣工艺的改进,大幅度地降低了污染物产生总量。使企业制革技术水平、产品档次得到了基本的改善,为企业的进一步升级提供了全方位的技术支持。项目实施后,经过清洁工艺后,可降用水量25~30%,减少一般污泥量30%,减少铬污泥量50%,降低污染负荷50%以上,可减少吨污水处理费用2元,污泥处置费2.5元,以每张皮排放1吨水计,较现有水处理费用节约4.5元。经上下游协同,可实现每张皮新增经济效益14元,以示范企业年产30万张皮计,年经济效益420万元,当年投入投资成本150万元,并新增效益270万元。

联系单位: 陕西科技大学

联系人: 马宏瑞

电 话: 13991376232

E-mail: 56589397@qq.com

地址: 陕西省西安市未央大学园区

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 安徽省环境科学研究院

联系人: 安徽省环境科学研究院

电 话: 0551-2839352

E-mail: tea69@vip.163.com

地 址: 安徽省合肥市长江西路10号

75、制革终端处理关键技术集成

技术依托单位: 南京大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 制革行业综合废水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

该工艺以二段厌氧反应代替传统的物化处理作为制革废水的预处理,降低了硫酸盐浓度,降低了硫酸盐对厌氧微生物的毒害作用,同时提高了其可生化性,有助于后续的生物处理,同时采用缺氧腐殖填料床与SBR的结合工艺,对氨氮和TN有明显的去除效果,其中对TN的去除是在其原有工艺基础上没有的,同时回收了硫化氢,具有一定的经济效益。

二、工艺流程

(1) 水解酸化罐

在水解酸化罐中,制革综合污水通过自吸泵从调节沉淀池中提升进入完全混合酸化反应器内,进水与回流污泥通过管道混合后经喇叭口释放,从池底进入反应器。

(2) 液碱吸收塔

在硫化氢吸收塔,硫化氢气体从吸收塔底部进入,碱洗涤液经洗涤液储槽底部流出经吸收塔顶部流入与气体接触,硫化氢被液碱吸收转化为硫化氢钠溶液,返回洗涤液储槽中。剩余的气体从吸收塔顶部被风机送入酸化反应器底部。积累的硫化氢钠溶液可以回用到制革生

产的工序中。

(3) 酸化沉淀罐

酸化反应器出水进入竖流式沉淀池在重力作用下实现泥水分离,上层清液从沉淀池顶部流出,经磁力泵提升后进入上流式厌氧生物膜反应器;残余气体从顶部气管经洗涤器洗涤后释放;底部沉淀污泥经螺杆泵部分回流至酸化反应器,部分排放处理。

(4) 上流式厌氧生物滤池

酸化沉淀池出水从底部进入厌氧生物膜反应器,与负载于无烟煤上的生物膜作用,废水中的有机物被产甲烷菌MPB转化为甲烷,剩余的硫酸盐进一步还原为硫化氢气体。

(5) 上流式缺氧腐殖床(UHF)

厌氧阶段的出水与SBR的回流液,经过转子泵的混合,通过滤池中朝下的喇叭口进入滤池底部,在连续的水力作用下,和填料混合,向上流动。

(6) 序批式活性污泥法(SBR)

水流通过滤池上部溢流管进入滤池中,进水的同时开启离心曝气机。

三、关键技术

(1) 通过两段厌氧+硫化物化学吸收集成技术,在水解酸化段,降低硫酸盐浓度,提高综合废水的可生化性,在厌氧腐殖填料滤池阶段,利用水力射流实现填料的循环,实现COD去除率达到70%、硫化物去除率达80%、出水BOD/COD>0.35,出水COD浓度维持在1000mg/L以下,硫酸盐在200-300mg/L。

(2) 联合UHF和 SBR 工艺,该组合工艺抗冲击负荷能力强,污泥龄控制比较灵活,处理效果好;在UHF罐外安置空压机,空压机定时启动一段时间,产生的压缩空气从配气穿孔管道进入罐内。生成的大量微小气泡形成搅拌作用,促进泥炭填料的轻微流态化,减缓短流效应。UHF罐内的缺氧环境利于反硝化菌的增长,可以还原从SBR系统回流至UHF罐中的硝酸盐。出水进入SBR工艺单元。在SBR工艺单元中,泥炭可以与活性污泥发生良好絮凝实现高效固液分离,利用SBR排泥过程实现部分难降解污染物的去除,使得出水氨氮≤25mg/L。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发与优化集成相结合

实际应用案例:

应用单位:安徽鑫皖制革有限公司

实际应用案例介绍。

示范企业经过工程改造后,缺氧填料床COD、NH₄⁺-N去除率稳定在50%以上,最终出水COD维持在60mg/L以下, NH₄⁺-N在10mg/L以下,色度有明显削减。解决了原有生化单元水停留时间较短及工艺稳定性问题。同时通过实现氨氮、COD有效的控制,出水水质达到GB8978-1996污水综合排放一级标准;通过填料补充更新可提高污染物去除。

联系单位:南京大学

联系人:吴军

电 话:13905177329

E-mail: njuwujun@nju.edu.cn

地址:南京市仙林大道163号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:郑州大学

联系人:何争光

电 话:0371-67739306

E-mail: hezhengguang163@163.com
地 址: 河南省郑州市科学大道100号

76、无机和生物絮凝的耦合预处理+优选硝化菌种的 AO 串联脱氮处理联控技术

技术依托单位: 南京大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 皮革废水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

在工艺上将活性污泥和高分子硅酸絮凝剂结合,降低用药量,提高处理效果。无机絮凝剂结构稳定,可以作为生物聚胶团的载体和聚集核心,加速生物聚胶团的形成并可以稳定其结构,而且无机絮凝中引入 Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} 等离子,形成了很多功能基团,对废水中 S^{2-} , 铵根离子, Cr^{6+} 都有吸附去除作用,因此扩大了吸附范围。MBBR-A/O 复配是活性污泥法和生物接触氧化法相结合的 A/O 工艺。本设计先采用 O 池,削减有毒硫化物含量,为自养硝化菌创造有利的生态环境,后续采用多个 MBBR-AO 串联池串连使废水处于厌氧和好氧的交替状态,并根据进水水质特点调整不同区位进水量和污泥的回流量分配,为生物脱氮创造有利条件。同时选用特定的筛选、扩大培养方式使筛选的硝化菌种能适应的高盐废水的生境,确保接种硝化菌在废水生物菌群的优势地位,保证了系统对氨氮的稳定去除。

二、工艺流程

首先原废水经过引水管网,自流进入预处理单元。预处理包括,曝气调节池和初沉池。曝气调节池功能主要是调节水质水量,稳定水中 pH 值,并防止废水腐化产生臭气,废水流入初沉池后进行泥水分离,将废水中的可沉降的 SS 尽可能地去除。出水进入一级生化反应池,先进行水解酸化,后进行好氧,同时在生化池中投加多功能高效絮凝剂,絮凝剂一方面可悬浮微生物提供载体,另一方面也可以控制 S^{2-} 和 NH_3^+-N 为在一定浓度范围内,为后续的厌氧生化处理创造条件。废水经过一级好氧生化处理后进入上流式水解系统,经过上流式水解系统中的污泥层过滤,能够截取 SS,同时降低 COD,并使含苯环的色素得到破解,以提高可生化性并降低色度。厌氧系统出水进入 A/O 复配反应池。针对制革废水经过厌氧处理后的出水有机质高的特点,先采用 O 池,削减有机质含量并进一步硫化物的毒害作用,为自养硝化菌创造有利的生态环境,后续 AO 或多个 AO 串联池串连使废水处于厌氧和好氧的交替状态,并根据进水水质特点调整不同区位进水流量分配,为生物脱氮创造有利条件,为了使高氨氮废水顺利硝化,添加特制硝化细菌,将氨氮浓度控制在设定范围内。

三、关键技术

1、无机絮凝和生物絮凝的耦合技术

2、外加硝化菌种的AO串联脱氮处理技术

实际应用案例:

应用单位: 河南博奥皮业有限公司

实际应用案例介绍:

河南博奥皮业有限公司成立于 1989 年 10 月,是周口市委、市政府评为“重大突出贡献企业”和“中国制革工业龙头企业”。皮革加工也是沙颍河上中游流域的支柱产业,也是氨氮排放大户,我们看到皮革业在流域中星罗棋布,仅周口市全市共有皮革企业 24 家。项城市,是沙河、颍河、贾鲁河的交汇处,下游不远即为省界纸店国控断面,因此选取该公司产生的皮革废水作为脱氮试点,从地理位置和水质特点来说,都有明显的示范意义。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：郑州大学
联系人：何争光
电 话：0371-67739306
E-mail: hezhengguang163@163.com
地 址：河南省郑州市科学大道100号

工业园区混合废水控制技术

77、生化尾水的磁性微球树脂吸附深度处理技术

技术依托单位：南京大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：废水量较大的印染、工业园区污水处理厂等生化尾水的深度处理。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据生化尾水中有机污染物的特性，以及水量大、浓度低等特点，开发了磁性微球离子交换树脂的全混式深度处理工艺，利用磁性微球离子交换树脂与生化尾水中水溶性有机污染物的离子交换、氢键等多重作用，实现高效、快速去除。通过树脂动态再生，确保处理过程的连续运行。

二、工艺流程

在反应区中树脂与生化尾水充分接触反应，达到对水体中有机物、总磷等污染物的去除，处理后出水进入沉淀分离区进行自然沉淀实现固液分离；沉淀分离下部的树脂大部分回流至反应器中继续运行，小部分送入再生池进行再生处理，再生后的树脂回流至反应器中循环使用。

新型磁性微球吸附材料反应速度快（接触反应时间15 min左右）、易再生、易分离。对印染生化尾水COD、总磷、总氮、色度等去除率分别可达40~70%、40~70%、15~30%和80~90%。

三、关键技术

1、磁性微球离子交换树脂的全混式深度处理技术；

2、全混式树脂吸附反应器。

四、技术来源及知识产权概况

该技术为课题原创技术，在国际上首次采用全混式吸附处理工艺将磁性微球吸附深度处理技术应用于废水处理工程。高效的全混式吸附反应器已获2项国家发明专利。

实际应用案例：

应用单位：常州老三集团有限公司

实际应用案例介绍：在常州老三集团有限公司建立印染生化尾水深度处理示范工程，COD、TN、TP削减率分别大于50%、25%和50%，色度去除率大于90%，根据环境监测站结果，总排口COD51.6mg/L，TN 2.1mg/L，TP 0.147mg/L，达到太湖标准的要求；工程总投资约为150万元，吨水投资约为300元/吨、处理成本0.3~0.4元/吨。

联系单位：常州老三集团有限公司
电 话：0519-88829148
E-mail: laosan@laosanchina.com
地 址：常州市天宁区凤凰路8-9号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京大学

联系人：龙超

电 话：025-89680380

E-mail: clong@nju.edu.cn

地 址：南京市仙林大道163号

78、适度催化氧化联合生物处理的保障技术

技术依托单位：北京国环清华环境工程设计研究院有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：主要用于经过二级处理后的工业废水末端出水处理。作为膜分离单元的保障技术。

适用进水 COD 不大于 150 mg/L，硬度（以 CaCO_3 计）不大于 1500 mg/L，碱度（以 CaCO_3 计）不大于 2000 mg/L；其出水可进行膜分离过滤或脱盐后用于循环冷却水补水、锅炉给水或工艺用水。该技术也可推广用于污水回用中反渗透或纳滤浓排水、以及循环水系统排水中有机物的处理与达标排放。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术集成了高级氧化法对难生物降解有机物的处理能效和微生物处理的环境友好性，通过投加少量的高级氧化试剂，利用产生的自由基与废水中有机物反应，使其转变为生物易降解物质，同时去除废水中少量 COD；之后利用微生物处理单元中填料的截留、吸附及生物膜降解等作用，去除大多数的 COD。达到同时去除二级出水中有机物、硬度、碱度以及铁锰等离子体的目的，保障膜分离稳定高效运行，服务于污水回用。

二、工艺流程

工艺流程为：调节池——催化氧化反应器——絮凝沉淀池——生物反应器——出水
具体如下：

- 1、废水进入调节池，将 pH 值调节至 3.0~3.5；
- 2、催化氧化反应器中，投加氧化剂及催化剂，反应 2h；
- 3、之后进入絮凝沉淀池，沉淀；
- 4、最后通过生物反应器进一步去除有机物。

三、关键技术

- 1、“适度”催化氧化的条件控制；

四、技术来源及知识产权概况

集成技术

实际应用案例：

应用单位：宜兴协联生物化学有限公司

实际应用案例介绍：

采用此工艺对协联生物污水处理站二级出水进行了研究示范。

经过适度催化氧化联合生物处理，废水中的 COD 能够去除 60%以上，出水 COD 小于 30 mg/L，硬度去除率 50~60%，碱度小于 450 mg/L，铁锰含量小于 0.1 mg/L，作为脱盐系统的预处理，有效的防止了膜的生物及化学污染，经过脱盐系统处理后的废水，出水 COD 及硬度检测不出，能够达到循环冷却水补充水/锅炉补充水的要求。

联系单位：北京国环清华环境工程设计研究院有限公司

联系人：陆茵
电 话：010-62798505
E-mail: luyin07@mails.tsinghua.edu.cn
地 址：北京市海淀区清华大学学研大厦 B708 室

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京国环清华环境工程设计研究院有限公司
联系人：陆茵
电 话：010-62798505
E-mail: luyin07@mails.tsinghua.edu.cn
地 址：北京市海淀区清华大学学研大厦 B708 室

79、城镇污废水协同处理技术

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：本技术适用于含工业废水比例较高的城镇污水处理厂的升级改造或者新建工程，尤其适用于印染、化工、机械加工等行业混合工业废水的处理。对于具有以下特征的污废水：1) 工业废水比例较高， COD_{Cr} 是达标排放的限制性；2) 氮素含量相对不高，不需要采用专门的生物脱氮工艺；3) 进水水质复杂，有机组分繁多，可生化性较差，该技术具有针对性。对于有再生回用需求的污废水处理厂，也适合采用该技术。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术针对含工业废水比例较高的城镇污水处理厂二级处理尾水残留有机物复杂，出水有机物、总磷和色度高、氮素含量相对较低的特点，基于改善污废水可生化性、提高复杂有机物去除效果的需求，将城镇污水处理厂常用的AA/O工艺改为水解-好氧工艺，优化了水解预处理和曝气池单元的运行参数，将常规 A^2/O 工艺改为好氧氧化，减少溶解性易生物降解有机物在厌氧/缺氧段的消耗，提高好氧段生物量，改善活性污泥性状；同时充分利用有限的池容，延长好氧氧化停留时间达16~18h，提高复杂有机物的好氧降解效率。以去除 COD_{Cr} 总体效果最优为目标，优化了混凝-曝气生物滤池深度处理工艺。在此基础上，形成“水解-活性污泥-混凝沉淀-生物过滤”污废水协同处理工艺，实现了生物-物化单元的协同作用和功能互补，可整体上提高城镇污水处理系统对有机物、总磷的去除效果及系统运行的稳定性。

二、工艺流程

工艺流程为“水解-活性污泥-混凝沉淀-生物过滤”。具体如下：

- 1、污水进入水解酸化池，与池中污泥混合，发生水解酸化反应。水力停留时间为12小时。
- 2、水解出水进入曝气池，仅采用好氧氧化，易采用较低的有机负荷和较长的水力停留时间，适宜的有机负荷为 $0.045\text{--}0.205\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLVSS}\cdot\text{d})$ ，水力停留时间为优选16~18小时。
- 3、二沉池出水通过混凝沉淀步骤，进一步去除悬浮性有机物、部分胶体物质及大分子有机物，避免后续曝气生物滤池的阻塞，同时降低有机负荷，有利于后续曝气生物滤池的运行。
- 4、混凝沉淀后采用曝气生物滤池对污水进行处理，去除水中残留的长碳链脂类物质和中小分子有机物。最终出水可以满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

三、关键技术

-
- (1) 优化的二级生物处理工艺与参数。
 - (2) 适用于二级处理尾水的混凝-曝气生物滤池深度处理工艺。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 苏州角直污水处理厂

实际应用案例介绍: 城镇污废水协同处理技术已应用于处理能力为 4 万 m³/d 的苏州角直污水处理厂升级改造工程, 实施的主要内容包括改造原 A²/O 工艺的曝气池、新建后混凝沉淀池、新建曝气生物滤池, 以及相关的配套设施。曝气池停留时间为 16~18h, 气水比为 12:1~19:1, 污泥回流比为 65%~100% 时, 二级处理单元的有机物去除效果明显改善, COD_{Cr} 和 TP 去除率较原工艺提高了 10% 左右。改造后曝气池出水 COD_{Cr} 降低 33%, 波动范围变小, TP 降低 47%。经混凝沉淀-曝气生物滤池后, 系统出水 COD_{Cr} 低于 50mg/L, TP 为 0.20mg/L, 色度达到 30 倍。解决了原有常规工艺没有针对性、传统 A²/O 工艺出水 COD_{Cr} 和 TP 超标、生物主体处理单元效果不好、曝气池污泥浓度低、出水难以达到新排放标准要求等关键问题, 出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。

联系单位: 苏州角直污水处理厂

联系人: 蒋兴根

电 话: 0512-66190252

E-mail: xmhy301@yahoo.com.cn

地 址: 苏州市角直镇吴淞路6号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 清华大学

联系人: 张旭

电 话: 010-62792336

E-mail: zhangxu@tsinghua.edu.cn

地 址: 北京市海淀区清华大学环境节能楼702

80、高盐/超高盐高浓度有机废水复合式厌氧反应器处理技术

技术依托单位: 重庆大学

技术发展阶段: 工程示范

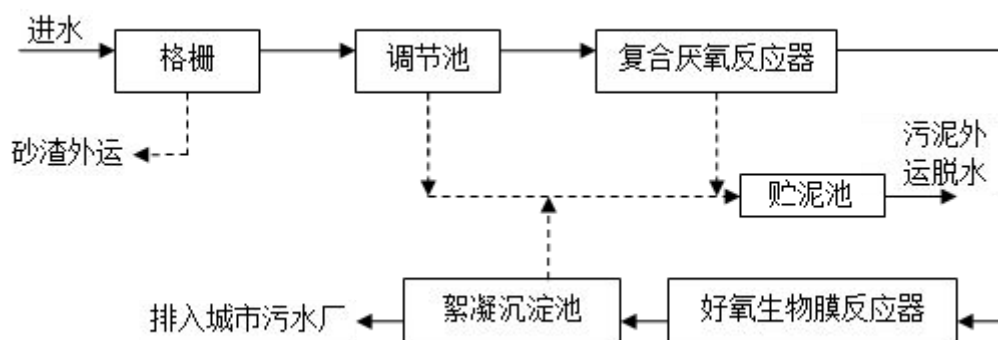
适用范围: 高盐/超高盐高浓度有机榨菜废水常温厌氧预处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

污水首先进入高负荷流化区, 污水中的微生物与颗粒活性炭接触并附着在多孔载体表面, 对污染物进行吸附和降解, 逐渐形成活性较强的生物膜, 保证了流化区的高效去除效能; 同时, 通过在生物处理区设置组合填料, 并通过设置折流墙分成多个单池, 由于不同单池之间存在污染物浓度梯度, 使得不同种群的微生物在不同单池内生长并形成优势菌群, 使污染物进一步得到充分降解。

二、工艺流程



三、关键技术

- 厌氧复合反应器构建技术
- 高盐废水耐盐/嗜盐微生物系统快速构建技术
- 厌氧复合反应器常温高效运行技术
- 冬季低温处理效能保障组合处理技术

实际应用案例

应用单位：重庆市涪陵榨菜集团(股份)有限公司

实际应用案例介绍：

在涪陵李渡工业园区华富榨菜厂建成高盐高浓度有机废水预处理示范工程，规模1000 m³/d，主要接纳园区榨菜厂生产的第一次腌制废水和生产加工废水。研发的高盐高浓度有机废水复合式厌氧反应器关键技术示范工程中得到成功应用，有效解决了高盐高浓度有机废水常温厌氧处理效能低的技术难题。研究得出了反应器各季节运行的最佳工况及关键控制参数；示范工程运行结果表明，该工程处理效能高、抗冲击能力强，出水水质稳定达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

联系单位：重庆市涪陵榨菜集团(股份)有限公司

联系人：余帮兵

电 话：1389682658

E-mail: flzcybb@163.com

地 址：重庆涪陵-涪陵榨菜集团有限公司

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：重庆大学

联系人：周健

电 话：15523829081

E-mail: zhoujian@126.com

地 址：重庆沙坪坝重庆大学B区城市建设与环境工程学院

81、工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术

技术依托单位：同济大学、合肥工业大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于工业园区集中式污水处理厂尾水的深度处理与循环利用。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对化工园区污水厂的尾水特征,采用生物滤池—潜流人工湿地—自由水面人工湿地与生态氧化塘组合工艺进行处理,氮、磷、COD以及主要有毒有害污染物在上述生物—生态工艺中得到了有效去除,出水达到了《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的V类标准的要求,可回用于园区绿化与市政用水等。

二、工艺流程

工艺流程为“污水厂尾水-人工快渗生物滤池-潜流人工湿地-表面流人工湿地-生态氧化塘-出水回用”。具体如下:

工业园区集中式污水处理厂达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准的尾水,首先进入人工快渗生物滤池,通过微生物的降解作用,去除废水中部分剩余污染物,使处理后的废水达到生态处理系统的进水水质要求。

生物滤池出水经配水后均匀进入水平潜流人工湿地,水中的污染物经过吸附、微生物降解、吸收等多种途径去除,水平潜流湿地出水进入表面流湿地时,水中的污染物已经降低到很低的水平,表面流湿地中水流的流动能够加快水体复氧过程,提高水体中溶解氧含量,还可以在水生植物的吸收作用下进一步减少氮磷的含量,特别是降低氨氮的浓度。为进一步保证出水水质,根据已往研究结果与实际工程经验,在组合人工湿地后面增加一级生态氧化塘工艺,使水质稳定至接近地表水,确保安全回用。

三、关键技术

1、工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主设计工艺方案,并在各单元技术基础上优化集成。

实际应用案例:

应用单位:合肥循环经济示范园区

实际应用案例介绍:

针对合肥循环经济示范园区污水处理厂含有一定有害污染物的尾水,采用人工快渗生物滤池-潜流人工湿地-自由水面人工湿地-生态氧化塘-后潜流人工湿地组合工艺进行深度处理。出水COD、氨氮、总磷等主要指标达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的V类标准。示范工程位于合肥循环经济示范园区污水处理厂内,于2010年5月建成,占地11亩,建设规模为360m³/d。

由于示范工程的成功运行,此技术已被该园区采用,园区规划3000亩人工湿地,作为其日处理3万吨污水厂尾水的深度处理,已委托同济大学完成了园区人工湿地的可行性研究报告,并于2012年底通过立项审批,一期(480亩)工程已完成工程设计,目前正在施工建设阶段。

联系单位:合肥工业大学

联系人:崔康平

电 话:0551-62901523

E-mail: cuikangping@163.com

地 址:安徽省合肥市屯溪路193号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:同济大学

联系人:李咏梅

电 话：021-65982693
E-mail: liyongmei@tongji.edu.cn
地 址：上海市四平路1239号

82、高浓度有毒有机化工废水电催化-活性炭厌氧生物流化床预处理技术

技术依托单位：合肥工业大学、同济大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于高浓度、难降解有毒有机化工废水的预处理。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术综合了电催化氧化、吸附和生物降解处理作用，特别适用于含难降解有毒有机物的废水处理，在高效去除化工废水急性生物毒性、提高废水可生化性的同时，使废水的污染负荷削减60%左右。研发的新型内循环多维电催化氧化废水处理装置，克服了传统电催化设备水力混合特性差、有效反应时间短、电极易损坏的缺点，实现了装置内水力停留时间与污染物停留时间分离，在不增加设备水力停留时间下，延长了污染物滞留时间，提高了反应效率。活性炭厌氧生物流化床工艺综合了吸附和生物降解作用，处理效率高，工艺稳定，耐冲击负荷，污泥量少，占地省、运行成本低。该成果采用电催化氧化+活性炭厌氧生物流化床组合工艺替代传统的铁碳微电解+Fenton试剂氧化+厌氧水解酸化预处理工艺，COD去除率提高了20%左右，处理成本从4.5元/吨左右降至2.5元/吨左右。

二、工艺流程

工艺流程为“农药化工废水-中和沉淀-混凝气浮-电催化氧化-厌氧活性炭生物流化床-生物接触氧化-曝气生物滤池-出水达标排放”。具体如下：

高盐度、高浓度有毒有机农药废水先采用中和沉淀和混凝气浮，调节废水的pH至中性，并去除废水中的大部分悬浮物和油类污染物，然后送入电催化氧化反应器，高效去除废水的急性生物毒性、提高废水可生化性，再经活性炭厌氧生物流化床高效截留降解废水中的有机污染物，出水达到后续好氧生化单元的进水要求，经生物接触氧化和曝气生物滤池处理后，出水达到园区污水接管标准（《污水综合排放标准》GB8978-1996的三级标准）。

三、关键技术

- 1、高盐度有毒有机化工废水的电催化氧化预处理技术；
- 2、高浓度难降解有机废水的活性炭厌氧生物流化床处理技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成。

开发的“内循环多维电催化废水处理装置”获实用新型授权专利（ZL.2010 2 02406669.5）。

实际应用案例：

应用单位：合肥久易农业开发有限公司、合肥星宇化学有限公司。

实际应用案例介绍：

针对合肥久易农业开发有限公司的生产废水，开展了高浓度难降解有毒有机农药废水电催化氧化和活性炭生物流化床实验研究，取得了预期成果，2010年3月，在合肥久易农业开发有限公司建立了150m³/d的高浓度难降解有机农药废水处理示范工程，并于2010年8月顺利通过环保部门的达标验收。2010年11月，工业园区内的合肥星宇化学有限公司通过调研，采用了该成果，建设了180m³/d的农药废水处理工程，该工程于2011年5月也顺利通过环保部门的达标验收。

联系单位：合肥工业大学
联系人：崔康平
电 话：0551-62901523
E-mail: cuikangping@163.com
地 址：安徽省合肥市屯溪路193号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：合肥工业大学
联系人：崔康平
电 话：0551-62901523
E-mail: cuikangping@163.com
地 址：安徽省合肥市屯溪路193号

83、工业行业水污染控制治理投资和运行费用函数建模技术

技术依托单位：环境保护部环境规划院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：工业行业

主要技术指标和参数：

一、基本原理

基于文献总结和现有数据基础，提出了治理投资和运行费用函数的理论模型，并应用二阶二级函数获得治理投资和运行费用函数的基本形式。其中，投资函数的通用形式可以表示为：

$$\ln INV_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Q + \alpha_2 (\ln Q)^2 + \sum_k \beta_k \ln S_k \ln Q + \dots + \varepsilon$$

工业水污染控制的运行费用函数形式为：

$$\ln C_{in} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln W_{in} + \alpha_2 (\ln W_{in})^2 + \sum_{k=1}^N \beta_k \ln E_{kn} \ln W_{in} + \sum_{k=1}^N \sum_{p=1}^N \gamma_{kp} \ln E_{kn} \ln E_{pn} + \alpha_3 (\ln E_{kn})^2 + \varepsilon$$

基于上述模型对工业行业水污染治理投资和运行费用进行建模分析，构建了 38 个工业行业不同性质、不同规模和不同治理技术下的水污染治理投资和运行费用函数，并对函数进行经济意义检验、统计及计量经济学检验，确保建模结果的科学性和合理性。在上述工作基础上，基于概率抽样和统计学原理对工业废水治理联合费用和单项污染物治理费用进行了分离，实现了工业废水治理联合费用和单项污染物治理费用分离技术突破，并在此基础上，归纳总结了不同行业、不同性质、不同规模及不同污染治理技术下工业水污染治理投资和运行费用特征。

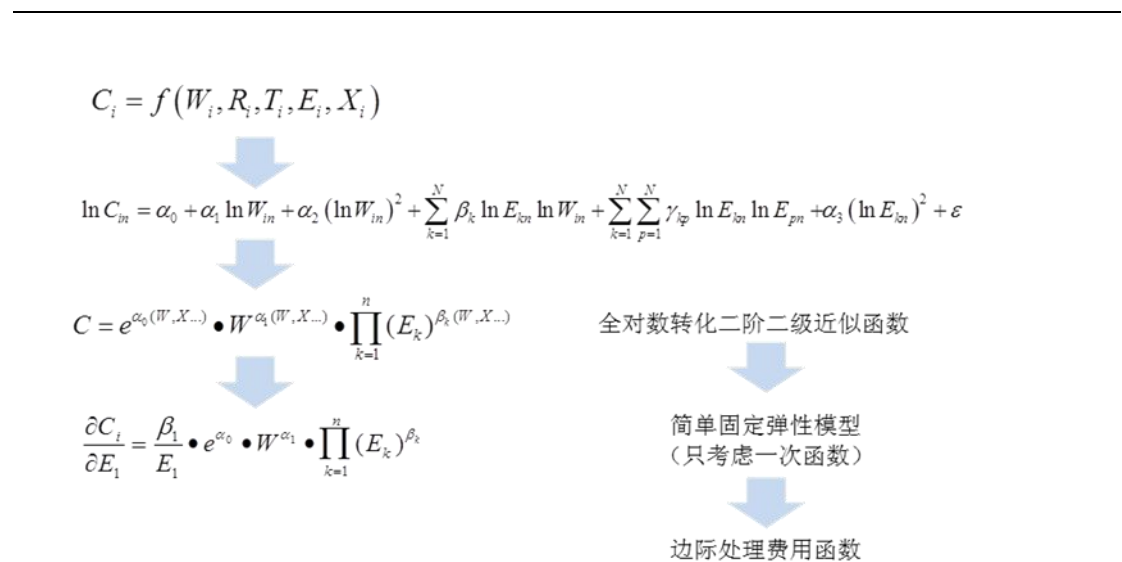
二、工艺流程

无

三、关键技术

工业行业水污染控制治理投资和运行费用函数建模技术

废水治理费用函数模型：



处理费用与废水实际处理量，处理设施所在地区，污染物的处理效率，处理工艺类型和企业的特性(如行业属性、所有制等)有关。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

五、实际应用案例：

无

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：环境保护部环境规划院

联系人：彭菲

电 话：010-84947706-619

E-mail: pengfei@caep.org.cn

地 址：北京市朝阳区北苑路大羊坊8号院

84、水污染物排放许可证全过程管理技术

技术依托单位：南京大学环境学院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：工业园区废水

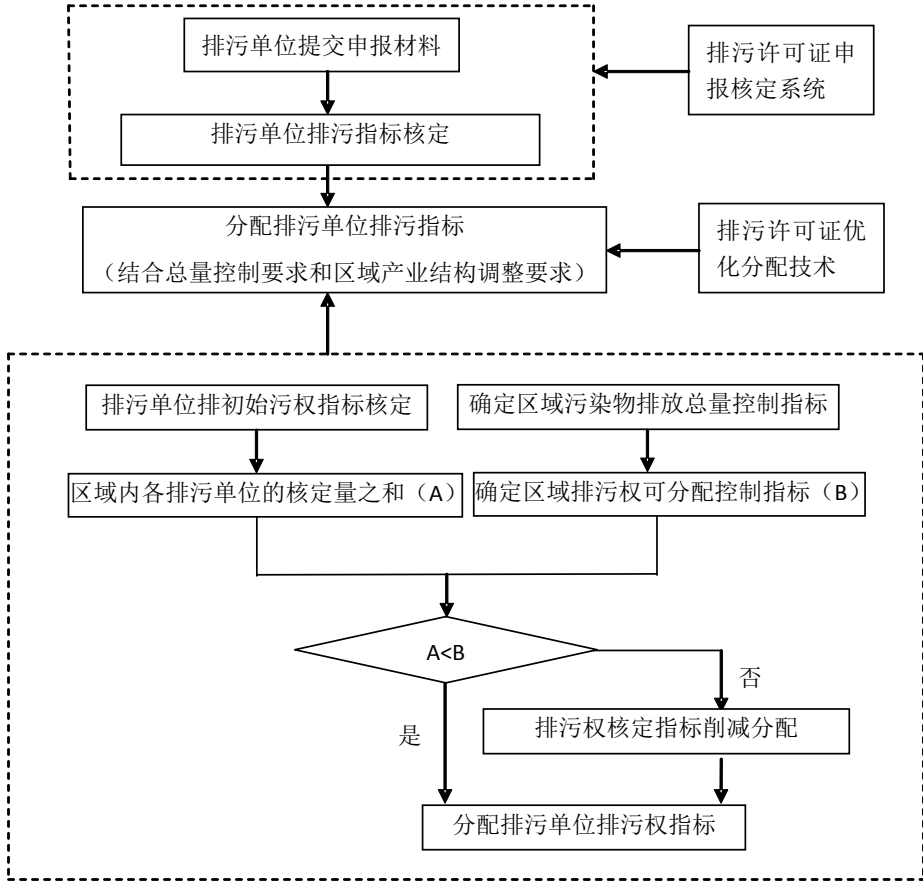
主要技术指标和参数：

一、基本原理：

融合原有相关政策，并对管理体制、信息机制、实施机制等各个方面进行协调和整合的政策体系。将排污申报、环境标准管理、环境影响评价、环境监测、排污口设置管理、环保设施监管、排污收费、限期治理等制度以及违法处罚等方面规定集合在一起，成为实现污染源稳定达标排放的有效管理手段。通过排污许可证将排污者应执行的有关国家环境保护的法律法规、标准和环保技术性管理文件等要求具体化，明确到每个排污者。根据许可证对各排污者的排污行为提出具体要求，包括前置性条件（如排污单位的建立是否符合环境影响评价法和国家产业政策，即排污者是否有合法身份），日常管理性要求（如在生产经营过程中维护污染治理设施正常运行，监测污染物产生和排放情况，按期向环保部门报告，按期参加年检等），技术性要求（如排放污染物的浓度、速率、数量、时段等参数），并将这些要求以书面形式确定下来，作为排污单位守法和环境保护部门执法以及社会监督的凭据。

二、管理流程：

排污许可证申报首先由排污单位向环境主管部门提交相关申报材料，主管部门审核所需资料是否齐全，如果不齐要求排污单位补齐。排污单位提出排污量申报之后，主管部门结合总量控制要求和区域产业结构调整需求对申报排放量进行核定，并分配排污单位排污指标，同时加强对污染物实际排放量和水质在线监测仪器的监管。



三、关键技术

整合水污染物排放申报系统、排放许可证排放指标核定发放技术、排放许可证核查、追踪技术和绩效评估技术等，开发了具有动态决策支持功能的排污许可证管理技术体系。(1) 建立了水污染物排放许可证申报系统，通过明确申报系统的基本原则，详细规定了排放因子、发放对象、申请条件等排放许可证申报中的重点核心问题，支持排放许可证的水污染物总量控制及区域环境管理的功能。(2) 结合不同地区发展状况，建立了针对不同排污单位的具有调控产业结构和布局功能的水污染物排放许可证多目标核定发放系统，并编写了水污染物排放许可证排污指标核定发放技术规范。(3) 设计了由污染源自动监控系统、动态监测比对和基于物料平衡核算的污染物排放多手段核定技术，同时针对我国重点污染源自动监控系统不充分、运行状态不佳、数据准确性不足、动态数据传输不到位等情况，提出水污染物排放量的动态准确核定方法，确保排放许可证制度有效实施。(4) 以当前水污染物排污许可证的实施与管理需求为基础，系统设计了排放许可证全过程管理的技术平台框架，构建了太湖流域主要水污染物排放许可证使用平台，完成了相应的软硬件开发。平台主要包括排污许可证申请和核定两个子系统。其中，申请系统包括排污单位基本信息、产品及原材料、水污染排放信、排放口信息、COD 指标申请、申请信息提交、审批结果查阅、申请表打印、信息公示九个子单元。核定系统包括在线监测数据、监督监测数据、物料核算数据、在线监督权重、排污量核定、排污量统计、账户安全设置七个子单元。管理平台充分考虑了软件系统的适用

性和可操作性，为太湖流域排污许可证申报和管理的提供了重要手段，有力支撑了水污染物排污许可证政策的实施。

关键技术突破点

- (1) 加权污染负荷重点源筛选法；
- (2) 基于公平的区域总量分配优化；
- (3) 汇流单元的许可证优化分配方法。

四、技术来源及知识产权概况：

自主研发

五：实际应用案例

应用单位1： 常熟市环保局

实际应用案例介绍：

以现有法律为基础。充分考虑常熟市相关社会、经济和环境现状，对排放许可证制度实施框架设计及各项实施技术进行研究，通过总结经验，对现行排污许可证制度进行优化，制定了常熟市水污染物排放许可证制度实施技术指南。与现有相关技术指南相比，本指南突出了太湖流域污染特征，加强了对氨氮、总磷等区域主要污染因子的控制；根据排放强度及污染贡献率，明确需实施排污许可证制度及重点监管的区域污染源，充分发挥环保部门监管能力；将允许排放量与区域容量总量挂钩，为区域总量减排提供了有力支撑；加强证后监管，强化年检制度；考核排污单位的同时，加强对环保部门进行考核，实现权责统一。从而为排污许可证制度的实施、落实“管理减排”、改善太湖流域水环境质量提供了技术保障。

联系单位：常熟市环保局

联系人：王晓东

电 话：0512-52812816

地址：江苏省常熟市海虞北路52号

应用单位2：昆明市环保局

实际应用案例介绍：

在进行深入调研、分析和对比研究的基础上，对西部地区水污染物排放许可证管理技术指南进行了研究，对排污许可证管理的目的及意义、工作任务及程序、实施排污许可证的步骤及技术要点、考核内容、档案管理和相关附件进行了研究，并编制了西部地区水污染物排放许可证实施技术指南，为推动西部地区排污许可证制度的顺利实施，提升西部地区环境管理水平提供参考依据。

联系单位：昆明市环保局

联系人：温柯

电话：0871-64141273

地址：昆明市呈贡新区锦绣大街1号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京大学

联系人：张炳

电 话：025-89680536

E-mail: cemp@nju.edu.cn

地 址：南京市栖霞区仙林大道163号

二、面源污染控制技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
农业面源控制技术						
1	基于总量削减-盈余回收-流失阻断的两低两高型菜地氮磷污染综合控制技术	化肥优化减量技术、填闲作物原位阻控技术、生态拦截带技术和稻田湿地技术。	设施菜地氮磷污染的控制	中国科学院南京土壤研究所	湖泊	138
2	基于减量和循环利用的稻田污染减排与净化技术	轮作制度调整技术、稻田按需施肥技术、新型缓控释肥技术、稻田湿地净化技术等。	稻田的污染减排	中国科学院南京土壤研究所	湖泊	139
3	稻田适时适地养分综合调控氮磷减排技术	全程考虑土壤潜在养分供应能力、合理的目标产量以及相应的养分需求等诸多因素，融入稻田生态湿地的理念，在保证水稻产量的同时进一步削减了化肥氮磷的流失通量。	水稻种植区	浙江大学	湖泊	140
4	基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术	包括分区限量施肥技术和土壤氮磷养分库增容技术（以碳控氮技术），以土壤“碳坝、碳通道”控制农田面源污染。	农田面源污染防治	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	湖泊	141
5	农田尾水生态沟渠与缓冲带联合净化技术	通过格栅、沉淀池的拦截作用，去除农田尾水中的悬浮物含量，降低农田尾水的 N、P 含量。	农田面源污染防治	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	湖泊	142
6	大蒜间作作物定向、快速选择与间作技术	确定最佳播期、株距、行距、条带宽度、栽培模式、种植周期等关键技术参数，减少肥料用量。	农田面源污染防治	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	湖泊	143
7	水稻种植农药	以“控源、阻断、修复”为主要思	水稻种植业农	中科院南	湖泊	144

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	水环境污染全程防治集成技术	路，主要包括水稻农药控源减量化使用技术、农药污染物拦截阻断技术及农药污染物生态处理技术。	药减排	京环科所		
8	富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术	对富磷区高含磷地表径流进行仿肾型收集和处理，使坡面汇水区污染进行再削减。	对山地富磷地区径流中总悬浮物（SS）、磷（P）、氮（N）等面源污染物的去除	云南大学	湖泊	145
9	氮肥后移施用技术	减少前期施肥量，根据作物品种与长势在分蘖期和孕穗期增加施肥量。	宁夏引黄灌区	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所	河流	147
10	水稻控释肥育秧箱全量施肥技术	将控释氮肥在水稻育秧时一次集中施于水稻种子附近，插秧时肥料附着在水稻根系上带进水田。	宁夏引黄灌区	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所	河流	148
养殖面源控制技术						
11	畜禽粪便和养殖有机垃圾厌氧消化过程消除抑制技术	采用 CSTR 反应器进行同时产甲烷反硝化处理，减少后续除氮的压力和反硝化碳源不足的难题。	畜禽粪便废水的处理	重庆大学	湖泊	149
12	养殖废水碳源碱度自平衡碳氮磷协同处理技术	基于微动力曝气技术、两步进水和“厌氧-缺/微氧”双循环 SBR 运行模式，构建 SBR 系统碳源碱度自平衡，增设畜粪/养殖废水处理系统剩余污泥高浓度厌氧消化单元，强化脱氮效果。	养殖废水处理	浙江大学	湖泊	150
13	养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术	筛选保氮除臭功能微生物结合中高温纤维素降解微生物，减少高效堆肥中的氮损失及恶臭排放；进一步筛选解磷解钾、生防促生等一系列功能的目标微生物，开发一系列高效复合多功能有机肥，形成高附加值的堆肥后加工产品。	养殖废弃物资资源化利用	浙江大学	湖泊	151
14	猪粪、秸秆和	采用基于大类粗分的农村生活	适用于累积处	北京市水	湖泊	152

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	厨余垃圾联合堆肥技术	垃圾分类收集技术体系，处理各类农牧业废弃物、厨余垃圾等有机废弃物。	理各类畜禽粪便和厨余废弃物	利 科 学 研 究 所、中国农业大学		
15	新型饮水器和两坡段干湿分离养猪生产污水削减技术	进行分区圈栏设计、采用两坡段干湿分离地板和节水型饮水器，达到改善猪舍圈栏环境、粪尿快速分离和节水目标。	10000 头商品育肥猪生产线	河 南 省 环 境 保 护 科 学 研 究 院、郑州牧业工程高等	河流	153
16	保氮除臭免通气槽式堆肥发酵技术	集成了“底部架空免通气槽式发酵技术”和“生物过滤法氨回收及臭气净化技术”2 项核心专利技术。	畜禽粪便、农业有机固体废物资源化堆肥处理	河 南 省 环 境 保 护 科 学 研 究 院、郑州大学	河流	154
17	山地果畜结合区面源污染控制集成技术	从系统结构上实现循环利用养殖业的废弃物，通过实行果园生态化种植和病虫草害综合防治，减少化学农药的使用，有效控制水土流失，实现“控源-减排-净化”的污染防治目标。	南方丘陵果畜结合区面源污染控制	环 境 保 护 部 南 京 环 境 科 学 研 究 所	河流	156
18	农业污染物治理投资和运行费用函数建模技术	构建了针对规模化畜禽养殖场沼气池和有机肥处理两种污水和污染物治理技术的水污染控制投资和运行费用函数。	规模化畜禽养殖场	中 国 农 科 院 农 业 经 济 研 究 所	政策	157
农村生活面源						
19	生活污水多介质土壤层耦合处理技术	反应器内多介质填料（铁粉、石灰石、生物改性材料、微生物菌种、碳源缓释材料等）。与土壤层耦合形成大量厌氧-好氧微区。	农村生活污水处理	浙江大学	湖泊	158
20	立体循环一体化氧化沟技术	将传统氧化沟混合液的平面循环改为立体循环，固液分离器利用主沟水流产生的动力自动回流。	农村生活污水处理	中 科 院 生 态 中 心	湖泊	159
21	易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术	将水解段和甲烷化段分离，保证甲烷化产沼过程的稳定运行，避免了厌氧过程环境条件控制的复杂性。	农村生活垃圾处理	同济大学	湖泊	160
22	复合塔式生物滤池农村生活污水处理技术	复合式塔式生物滤池系统工艺由水解酸化池、塔式蚯蚓生态滤池、人工湿地组成。	农村生活污水处理	南京大学	湖泊	161
23	高效生物生态景观联动处理	以高效一体化生物反应器为核心的生物处理段与近自然人工	分散生活污水处理	河海大学	湖泊	162

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	技术	湿地的生态处理段相结合，取得稳定的除磷脱氮效果。				
24	生活垃圾与生活污水共处置新型沼气池技术	以生活易腐性有机垃圾和秸秆类废物为骨料，生活污水回灌提供养分，共同厌氧发酵产沼，实现沼气化、肥料化。	农村生活垃圾与污水处理	环境保护部南京环境科学研究所	湖泊	164

（二）技术简介

农业面源控制技术

1、基于总量削减-盈余回收-流失阻断的菜地氮磷污染综合控制技术

技术依托单位：中国科学院南京土壤研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：设施菜地氮磷污染的控制

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对太湖流域设施菜地化肥投入量高（年投入量 $1310 \text{ kg N ha}^{-1}$ 、 $450 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ）、肥料利用率低（ $<20\%$ ）、土壤养分累积率高（一年3季蔬菜作物轮作后土壤硝态氮含量从 84mg/kg 增加到 241mg/kg ，累积率达 187% ）等特点，研发了基于总量削减-盈余回收-流失阻断的两低两高型菜地氮磷污染综合控制技术。包括（1）化肥源头优化减量技术（总量削减），即在保证作物产量的情况下，基于作物的养分吸收特点和土壤肥力状况，从肥料的用量上进行优化，从而减少化肥投入，降低养分流失风险；（2）填闲作物原位阻控技术（盈余回收），对设施菜地休闲期土壤的氮磷养分进行原位拦截；（3）生态拦截带技术（流失阻断），在设施菜地的排水沟渠内设计生态拦截框，从而有效降低氮磷排放；（4）稻田湿地技术（流失阻断），在整个设施菜地示范区的总排水口处设计稻田工湿地，消纳净化设施菜地排水。

二、工艺流程

河水灌溉——设施菜地源头减量技术——填闲作物原位拦截——生态拦截沟渠——稻田湿地——河道。

三、关键技术

- 1、设施菜地化肥投入减量技术
- 2、夏季揭棚期的填闲作物原位阻控技术
- 3、稻田人工湿地净化技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发集成。

实际应用案例：

应用单位：无锡市胡埭镇龙延村村委会

2010年稻季在无锡市胡埭镇龙延村沙滩村大棚蔬菜生产基地进行了小规模的技术示范，示范面积约10亩。全年施氮量可减少 $170\text{--}350 \text{ kg/ha}$ 对产量没有影响；蔬菜品质有所提

高,减少环境排放 N 60-182kg/ha; 在夏季高淋洗期(接棚期)种植高效吸收型填闲作物(甜玉米等),可有效减少淋洗 30-60%。研究结果表明,填闲玉米对氮素淋洗拦截率为 30%左右,化肥减量的同时配合填闲作物对氮淋洗的拦截率为 61%。在减量和种植填闲作物的基础上,配合生态拦截沟渠,并在夏季充分利用稻田湿地的强化净化作用,可进一步减少菜地的污染排放。将设施菜地与稻田偶联,通过生态沟渠的拦截作用以及湿地稻田的吸收再利用功能,在整个水稻生长季削减设施菜地径流排放的各污染负荷总量分别为,硝态氮 15 kg ha⁻¹,总氮 16.81 kg ha⁻¹,总磷 0.16 kg ha⁻¹。共削减示范区内设施菜地(10 亩)硝态氮 10kg,总氮 11.2kg,总磷 0.1kg。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位:中国科学院南京土壤研究所

联系人:施卫明

电话:025-86881566

E-mail:wmshi@issas.ac.cn

地址:南京市北京东路71号

2、基于减量和循环利用的稻田污染减排与净化技术

技术依托单位:中国科学院南京土壤研究所

技术发展阶段:工程示范

适用范围:稻田面源污染的控制

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对太湖流域的稻田实际生产情况,充分挖掘稻田这一人工湿地的功能,结合太湖污染治理的需求,根据稻田离河湖的远近,有针对性地提出了不同的稻田污染减排技术。在太湖流域一级保护区或沿河/湖区域,采用轮作制度调整技术;在对非沿河湖区域的稻麦轮作田,采用基于叶色的按需施肥技术或新型缓控释肥技术;对临近菜地、桃园或等农村生活污水处理工程、重污染河流(无其他重金属等污染)的稻田,采用稻田人工湿地的低污染水净化技术。

轮作制度调整技术在太湖流域传统稻麦轮作的基础上,改冬季种植冬小麦为种植紫云英绿肥或豆科等具备固氮功能的植物,因此冬季无需施肥,从而能有效削减冬春季的径流排放,而紫云英稻季还田,因其碳氮比适宜以及养分易分解释放等特点,能带入稻田优良的有机氮源,减少稻季氮肥用量,降低稻季径流排放,从而达到稳产高产。

化肥科学减量技术则利用先进的光谱探测技术对水稻的生长营养状况进行实时无损快速诊断,并在高产目标的指导下进行按需精确施肥,可有效提高氮肥利用率,从而有效避免施肥不足造成的产量损失以及过度施肥造成的环境污染,保证高产的同时减少污染。

稻季湿地净化低污染水技术,主要利用稻田人工湿地这一功能,通过土壤吸附作用、硝化反硝化作用以及水稻植株的吸收利用等去除净化污水中的氮磷,实现生产与环境的双赢。

二、关键技术

1. 稻田轮作制度调整技术
2. 稻田按需施肥技术
3. 稻季湿地净化低污染水技术

三、技术来源

自主研发集成。

实际应用案例:

应用单位: 无锡市胡埭镇龙延村村委

在核心示范区胡埭镇镇龙延村进行了技术示范, 稻麦轮作改为水稻-紫云英轮作, 紫云英还田, 稻季施肥 150 kg N/ha, 水稻产量平均 507kg/ha, 比常规稻麦轮作农户施肥模式 (483kg/ha) 平均增产 5%, 并能减少 TN 的环境排放量 13.5kg/ha/yr, 减排 56.2%。

稻麦轮作田, 稻季采用按需施肥技术, 水稻产量和收益与农户基本持平, 但氮肥用量减少至 153kg/ha, 稻季氮环境排放量减少 40%左右; 麦季采用有机无机减量施肥技术 (总氮用量 180kg/ha, 有机肥占 20%), 产量与农户对照持平, 可减少氮肥投入 30%, 减少 N 水环境排放 25-30%。

利用稻田湿地消纳环境中养分的技术示范结果表明, 稻季可消纳环境来源 (低污染水) 中的 TN 约 93kg/ha, TP 约 8.8kg/ha。对低污染水中总氮、总磷的去除率平均为 72%和 91%, 稻田排水 TN 稳定在 2mg/L 以下, TP 在 0.2mg/L 以下, 达地表水 V 类水标准。水稻仅前期施氮 60kg/ha, 产量分别为 480、429、488kg/亩, 可达农户产量的 90%以上。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 中国科学院南京土壤研究所

联系人: 施卫明

电 话: 025-86881566

E-mail: wmshi@issas.ac.cn

地 址: 南京市北京东路71号

3、稻田适时适地养分综合调控氮磷减排技术

技术依托单位: 浙江大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 水稻种植区

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对种植业普遍存在的化肥施用过量、养分管理水平低下、农田径流氮磷流失负荷偏高等情况, 在测土配方的基础上全程考虑了土壤潜在养分供应能力、合理的目标产量以及相应的养分需求、养分平衡、养分利用效率以及社会经济效益等诸多因素, 注重中后期作物养分需求, 融入稻田生态湿地的理念, 在保证水稻产量的同时进一步削减了化肥氮磷的流损失量, 成为作物高产养分管理的一个革新。

二、工艺流程

稻田适时适地养分调控氮磷减排技术根据农田土壤养分状况、作物产量和流损失量, 确定肥料用量与配比, 建立农田环境友好型减肥技术; 同时, 根据作物生理需肥量, 在分析各分次施肥期与生育期植株大小、叶片叶绿素含量、根系与地上部氮磷浓度以及氮磷流损失量的基础上, 确定最佳分次施肥时间与施肥量, 实现农田氮磷减排与肥料减量的目标。

在作物生长期根据叶绿素仪读出的叶绿素指数 (SPAD 值) 或用简易的叶片比色卡 (LCC) 的计数来监测作物生长过程中对氮素需求关键时期的植株氮素营养状况, 同时根据植株的实际氮素状况来判断和调整分蘖期和拔节期所需追施的尿素的量。

稻田适时适地养分全程调控氮磷减排技术的关键步骤包括:

- ①根据气候条件、耕作制度、作物品种特性和经济效益, 确定水稻作物目标产量;
- ②在代表性田块设立缺肥小区测定土壤氮磷钾潜在供应能力;
- ③运用养分决策支持系统 (NuDSS) 软件, 计算作物需 NPK 肥料总量;
- ④从作物 N 素平衡供应出发, 调节 N 肥分次施用时期; 基于叶色卡读数确定作物关键

生育期 N 肥施用量；

⑤结合常规土壤测试方法，确定 P、K 肥施用量，以及进行微量元素诊断和矫正，保证养分的平衡供应。

三、关键技术

1、水稻专用缓释肥研发及施用技术

2、稻田AWD节水减肥技术

3、稻田节水控排氮磷消纳技术

4、反硝化吸磷生态沟渠构建技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：杭州市余杭区径山镇前溪村

实际应用案例介绍。

课题组以农业清洁生产为抓手，削减种植业面源污染负荷为重点，在苕溪流域中游径山镇建立了以本技术为核心的 3034 亩集约化稻作制农田氮磷污染原位控制示范工程。在水稻全生育期（6 月—11 月），连续 6 个月对集约化稻作制农田氮磷污染原位控制示范工程总排水沟渠水质进行监测。监测结果表明，集约化稻田示范区出水口 TN、TP 等指标较之周边常规耕种稻田出水，浓度明显下降。结合排水水量计算表明，在整个水稻季 3034 亩稻田示范工程的 TN 流失量削减 2.1 吨，TP 流失量削减 0.24 吨，稻田示范工程末端排水氮、磷面源污染削减分别达 31.7%、24.2%，显著改善了农田出水的水质，展示了该技术显著的环境效益。

联系单位：浙江大学

联系人：梁新强

电 话：13094817828

E-mail: liang410@zju.edu.cn

地 址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：浙江大学

联系人：梁新强

电 话：13094817828

E-mail: liang410@zju.edu.cn

地 址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

4、基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术

技术依托单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：农田面源污染防治

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本项技术包括了两个部分：分区限量施肥技术和土壤氮磷养分库增容技术（以碳控氮技术）。分区限量施肥技术，融合应用传统土壤学、植物营养学、地学方法和现代信息高新技术，通过GPS定位的农田土壤网格采样，结合高精度土壤空间数字模型，气象与多年农田养分平衡状况，迅速而详尽了解一个区域农田土壤养分时空变化状况，并据此制定这一区域各主要种植模式下分区施肥技术标准。以碳控氮技术，本课题通过外源有机物料对农田土壤氮

素的固持与矿化机制研究，揭示了土壤“碳坝、碳通道”效应。“碳坝”效应主要通过增强土壤碳库，对无机氮素起到固持与保蓄作用，从而提高土壤氮储量，使土壤中无机氮素保持在相对稳定的浓度，从而降低流失风险。“碳通道”效应可使土壤碳库固持的无机氮素缓效释放，在作物需肥时提供必需的养分。

二、工艺流程

区域土壤养分空间分布状况的快速获取——>养分分区——>分区配肥——>以碳控氮

三、关键技术

分区限量施肥技术

以碳控氮技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发与优化集成

实际应用案例：

应用单位：大理市上关镇

实际应用案例介绍：示范区位于洱海北部，罗时江下游，北起青龙桥、南到洱海罗时江湿地入口，东起密苴河西到洪山。涉及洱源县的邓川镇和大理市的上关镇，农田面积6116亩。大春主要种植作物水稻、小春主要种植作物大蒜和蚕豆。所采用技术为，基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术。

联系单位：大理白族自治州农业局

联系人：倪喜云

电 话：13388728458

E-mail: yangsushu@sina.com

地 址：大理州龙山行政办公区

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

联系人：刘宏斌

电 话：13911095956

E-mail: hbliu@caas.ac.cn

地 址：北京市海淀区中关村南大街12号

5、农田尾水生态沟渠与缓冲带联合净化技术

技术依托单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

技术发展阶段：工程示范

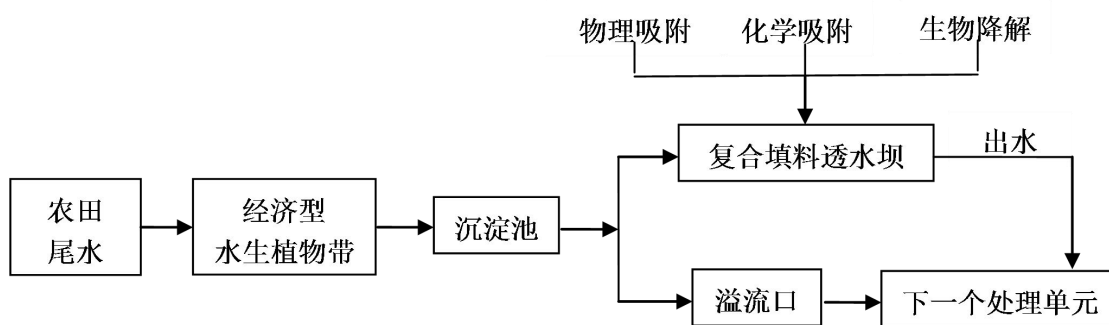
适用范围：农田面源污水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

农田尾水中的悬浮物含量，降低农田尾水的 N、P 含量。然后通过种植的水生经济作物，增加沟渠生物量，强化对 N、P 的去除能力。最后通过复合填料透水坝的填料介质以及其上附着的微生物的物理、化学、生物联合作用，进一步去除农田尾水中的 N、P 含量，从而实现农田尾水生态净化。与现有技术相比其优点在于：具有对农田低浓度面源污水的生态净化功能，可有效削减其氮、磷含量；充分利用现有的农田沟渠空间，节约了土地资源；设施结构简单，便于建设和后期维护，建设成本低；种植经济型水生植物，可有效降低运行维护成本。

二、工艺流程



三、关键技术

农田尾水生态沟渠与缓冲带联合净化技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，获专利一项

实际应用案例：

应用单位：大理市上关镇

实际应用案例介绍：示范区农田内，新建长240m、宽1.8m的生态沟渠，改进长1800m、宽0.4m的生态沟渠，服务农田约2000亩。生态沟渠进、出水TN多次平均去除率为26.1%，TP多次平均去除率为22.7%；

联系单位：大理白族自治州农业局

联系人：倪喜云

电话：13388728458

E-mail: yangsushu@sina.com

地址：大理州龙山行政办公区

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

联系人：刘宏斌

电话：13911095956

E-mail: hbliu@caas.ac.cn

地址：北京市海淀区中关村南大街12号

6、大蒜间作作物定向、快速选择与间作技术

技术依托单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：农田面源污染防治

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对洱海坝区小春经济作物布局不合理、施肥量大、肥料利用率低以及作物种类过于单一所带来的严重面源污染问题，以“生物多样性、种间互促性、系统稳定性、经济可行性”为基本原则，确定间作作物（蚕豆-大蒜）的最佳播期、株距、行距、条带宽度、栽培模式、种植周期等关键技术参数。蚕豆-大蒜间作模式，氮肥施入量较大蒜单作优化施肥氮肥施入量减少20%，

二、工艺流程

间作条带比例：采用大蒜/蚕豆=4/1间作模式，大蒜条带宽为1.6m,蚕豆条带宽为0.4m，株行距采用农户常规株行距比例；确定最佳播种期，适时播种，一般在十月中下旬播种。播种方式为点播，大蒜种植密度为150万株/hm²左右，播种量约为3750kg/hm²。蚕豆采用常规行距，播种密度为46万株/hm²左右。播种后浇水一次，以利于肥料进入土壤和作物出苗。

三、关键技术

大蒜间作作物定向、快速选择与间作技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：大理市上关镇兆邑村

实际应用案例介绍：该项技术在洱源县上关镇兆邑村实施了200亩的示范推广，大蒜产量比习惯种植增加10%左右，可减少氮磷化肥施用量30%以上。该技术操作简单，可以减低生产成本，容易被农户接受。

联系单位：大理白族自治州农业局

联系人：倪喜云

电 话：13388728458

E-mail: yangsushu@sina.com

地 址：大理州龙山行政办公区

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

联系人：刘宏斌

电 话：13911095956

E-mail: hbliu@caas.ac.cn

地 址：北京市海淀区中关村南大街12号

7、水稻种植农药水环境污染全程防治集成技术

技术依托单位：环保部南京环境科学研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水稻种植业农药减排

主要技术指标和参数：

一、基本原理

建立水稻种植农药对水环境污染的全程控制集成技术，以“控源、阻断、修复”为主要思路，具体内容包括水稻农药控源减量化使用技术、农药污染物拦截阻断技术及农药污染物生态处理技术。

二、工艺流程

以当地历史病虫害发生状况和实地观察情况为依准，运用农药风险评价技术进行农药环境风险评估，开展农药精确使用和替代使用。通过设置生态沟渠，实施对水体中农药的拦截，并通过氧化塘，围挡以及生态跌落坝进一步加强水体的充氧曝气、拦截吸附，促进农药等污染物在进入开放水体之前的有效降解。在沟渠中后段建筑生态坝，营造沉淀池，构建光解水解发生的环境，流水经过生态坝，曝气充氧，进入竹炭及格栅构筑的生态氧化池，利用竹炭材料吸附，生物膜氧化处理农田排水中的农药。经过沟渠拦截后的农田排水，再进入自然生

态系统中，利用植物等各种生物进行深化处理，结合当地情况，通过构建生态沟渠和生态滞留塘，处理农药等有机化合物，经过生态处理后的排水再进入开放水体系统。

三、关键技术

1、水稻农药控源减量化使用技术

2、农药污染物拦截阻断技术

3、农药污染物生态处理技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：余杭区

西安寺村生态拦截及处理工艺设施设计最大流量假设为农田使用农药后的暴雨径流情况，生态处理蓄水塘面积5000 m²，张堰村设计农田蓄水沟渠面积1000 m²。处理工艺主要采用拦截、沉淀、曝气、生态氧化及生态拦截处理等流程的综合集成。该项成套技术的经济指标主要为初期建设一次性投入，用于建设生态沟渠和生态滞留塘，每亩水稻田可减少农药有效使用含量10-20g左右，减少了农药投入费用及人工费用，每亩可节支增收10~20元左右。

联系单位：环保部南京环境科学研究所

联系人：单正军

电 话：13605149328

E-mail: sszjnies@163.com

地 址：南京市蒋王庙街8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：环保部南京环境科学研究所

联系人：单正军

电 话：13605149328

E-mail: sszjnies@163.com

地 址：南京市蒋王庙街8号

8、富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术

技术依托单位：云南大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：对山地富磷地区径流中总悬浮物（SS）、磷（P）、氮（N）等面源污染物的去除。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

适用范围：主要以对山地富磷区磷输出的防控为目的，将土石工程与生物工程结合设计成微沟渠分流/入渗系统和导出/汇集系统，使汇水区的污染物就地消纳。适用于对山地富磷地区径流中总悬浮物（SS）、磷（P）、氮（N）等面源污染物的去除。

技术瓶颈：在填料对水的处理中，填料堵塞是对处理效果有很大影响的一个问题，而在山地富磷区的径流中，泥沙含量较大。如何针对当地气候条件，利用当地地形，设置各级沉砂-滤砂系统以减少填料堵塞，以及如何对不同填料和植物进行组合以实现其对面源污染物的最大去除率是本技术的瓶颈。

技术来源：根据当地地形和气候条件，按照仿生学原理，将地表按照生物体最大的解毒和净化器官—肾脏的工作原理，以常用的湿地填料和生物填料进行组配，依托当地植被，建立仿肾型多层次除污沟渠系统，实现对面源污染物尤其是磷的削减。

创新点：在冲刷较严重、植物难以生长的地段，用生物量较大的植物的秸秆建立植物拦砂坝；将填料放置于植生袋内，保证接触面积的同时，便于放置和回收；植物组合与填料组合搭配，实现其对面源污染物的最大去除率。

二、工艺流程

1) 技术原理：通过分析富磷区径流中的养分元素输出状况，通过各种方式降低径流中各形态的磷成为解决该技术问题的关键，通过建立拦砂坝、沉砂池和草滤带降低泥沙和颗粒态磷的含量，通过填料和植物实现对溶解态磷吸附吸收。

2) 工艺流程

查阅历年降雨资料并分析径流中 ss、总磷（TP）、溶解态磷（DP）、总氮（TN）的含量，根据降雨量和 ss 含量确定沉砂-滤砂系统的规模；根据降雨量、相关面源污染物的浓度确定所需的填料和植物的量；根据降雨量、汇水面积、径流量和水力停留时间、水力负荷、流量、流速等水力参数设计集水/排水沟渠的尺寸。

3) 主要技术参数的确定

①沉砂池的参数确定；

②草滤带相关参数的确定；

③植物组合与填料组合的选择。

4) 技术设计

①设计思想

根据项目区的气候、地形等条件，通过最小的投入，实现对项目区径流中面源污染物的最大去除率。

②设计内容

植物拦砂坝设计：选择项目区内生物量大的入侵物种紫茎泽兰的秸秆作为植物拦砂坝的材料，从上而下选择多个“壶口”地形，呈阶梯状依次建若干个植物拦砂坝，当径流经过时，将大颗粒的泥沙和碎石截留，防止下游沟渠系统的堵塞，并且可以减少颗粒态磷、氮的流失和泥沙输出，根据径流强度适当改变植物拦砂坝的数量，在径流产生强度大的位置增加拦砂坝的体积与数量。

沉砂池设计：由于项目区内泥沙含量大，需沉砂能力较强的沉砂系统，沉淀池作为应用较为广泛的沉砂方式，技术较为成熟，对于去除一定粒径的泥沙具有较好的效果。根据当地的降雨量和径流量，建一个或多个矩形沉淀池，其长宽高的尺寸以使表面水力负荷 q 在 0.8~3.0 为宜。

●草滤带参数设计：针对项目区泥沙量大、颗粒态磷含量高的特点，为更好的去除泥沙，设置了草滤带对径流中的泥沙进一步去除。由于受项目区立地条件的限制，草滤带的坡降和宽度可选择性较小，根据对草滤带的去除效果的要求，设定草滤带长度为 30m。

●沟渠系统的参数设定：根据实验结果，系统达到要求的去除效果时，水在沟渠系统中的停留时间需大于 20min，根据项目区的降雨量和汇水面积，并考虑充分发挥填料和植物的吸附作用，沟渠的长度设置为约 310m，截面积为 0.44m²。

三、关键技术

1、富磷区坡面汇水区仿肾型收集技术

2、富磷区坡面汇水区再削减技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：昆明市晋宁县上蒜镇段七村

在段七村富磷山区，选择一富磷区汇水沟，建立了四级植物拦砂坝、一个沉砂池、一个草滤带和沟渠处理系统，占地总面积约1300m²。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：云南大学

联系人：付登高、段昌群

电 话: 15925211825

E-mail: dgfu@ynu.edu.cn

地 址: 云南省昆明市翠湖北路2号云南大学生态学与环境学院

9、氮肥后移施用技术

技术依托单位: 中国农业科学院

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 宁夏引黄灌区

主要技术指标和参数:

一、基本原理

传统的宁夏单季水稻氮肥施用模式多为50%~70%基肥+50%~30%的返青和分蘖追肥,认为孕穗期追施氮肥易造成贪青晚熟,但氮肥施入土壤和水田后极易转换成铵态氮和硝态氮而存在淋洗到深层土体和水体的风险。由于水稻在拔节期之前营养生长对氮素的吸收较少,基肥比例过大难以满足目前高产水稻品种中后期植株对氮素的吸收、运转和分配的需要,易造成过多的无效分蘖,后期脱肥。氮肥后移可保证土壤氮素持续有效供应,提高籽粒产量及氮肥利用率。本技术基于优化施氮条件下水稻不同生育阶段的氮素吸收量而进行氮肥后移的思路,以农民习惯施氮方法为对照,探讨氮肥后移对水稻氮素吸收和各形态氮素随水体转化运移的影响,为灌区作物持续高产、提高氮肥利用率和减少氮素对环境污染提供技术途径。

二、工艺流程

利用市场上广泛使用的施可丰化工厂生产的缓释复合肥,养分总含量为46%,其中N含量为23.0%, P_2O_5 为13.0%, K_2O 为10.0%。采用从日本引进的侧条施肥插秧机,进行侧条施肥试验,两年的试验结果表明高肥处理(High fertilizer)为最佳处理,在氮素投入降低约40%的基础上,水稻产量比农民常规施肥处理略有增加,且大幅度降低了氮素径流和淋失的风险。

三、关键技术

施肥时期: 根据作物长势确定最佳施肥时期,不能太早也不能太晚。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 示范区。

实际应用案例介绍。

2009年和2010年两年的试验结果表明,在优化施肥条件下,氮素平均分为3次做基肥,后两次分别在分蘖期和孕穗期做追肥施入为合理的氮肥运筹模式。两年产量结果平均,N240/3处理在氮素投入在比农民常规施肥处理降低20%的基础上,水稻子粒产量比FP处理增加了397 kg/hm²。N240/3的平均氮肥利用率为40.0%,氮肥利用率在各处理中最高,比FP处理提高了8%。两年平均N300处理、N240/3处理NO₃⁻的净淋洗量分别为25.08 kg/hm²、13.16 kg/hm²,占TN净淋洗量的比例分别为:81.53%、81.39%,可见NO₃⁻是氮素淋洗损失的主要形态,各处理TN损失量有超过80%是以NO₃的形态损失的。2009年,N300处理、N240/3处理的氮素净流失量分别为30.91 kg/hm²、16.18 kg/hm²,2010年各处理的净流失量分别为30.61 kg/hm²、16.16 kg/hm²,两年平均淋洗量分别占氮素投入的比例为10.3%、6.74%,N240/3处理的TN淋洗量比FP处理减少了14.64 kg/hm²,降低幅度为47.5%。

联系单位: 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

联系人: 杨正礼

电 话: 01082108989

E-mail: yangzl426@126.com

地 址：北京中关村南大街12号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

联系人：杨正礼

电 话：010-82108989

E-mail: yangzl@cjac.org.cn

地 址：北京中关村南大街12号，100081

10、水稻控释肥育秧箱全量施肥技术

技术依托单位：中国农业科学院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：宁夏引黄灌区

主要技术指标和参数：

一、基本原理

育秧箱全量施肥技术，采用控释肥料，施用后30天内不释放。在育秧时，将控释氮肥均匀撒在水稻种子附近，插秧时肥料就包裹在水稻根系上，肥料释放时集中在水稻根系附近，容易被吸收，从而提高作物的肥料利用率，降低养分淋失。

二、工艺流程

将控释氮肥在水稻育秧时一次集中施于水稻种子附近，插秧时肥料附着在水稻根系上带进水田，这种施肥方法的优点是可将肥料集中在水稻根系附近，使得水稻根际形成一个良好的供肥库，贮肥库逐渐释放供给水稻生育的需求，从而减少了肥料养分的固定和流失，适应水稻自身代谢的需要，提高了肥料利用率。控释氮肥产地为日本，全N含量为40%，用厚度为2cm的木条加工长为60cm、宽为30cm、高为3cm的育秧用木盘。按照每L土中分别加入0.33g N、P₂O₅、K₂O配制水稻育秧土。量取2L育秧土加入到木盘中，用水浇透；然后放入提前浸泡好的水稻种子约150ml，均匀撒在育秧土上；然后根据试验设计称取定量的控释氮肥撒在水稻种子上，保证种子全部被覆盖；然后量取1L育秧土覆盖在肥料上，保证肥料全部被覆盖；将育秧盘用水洒透，放入育秧棚中，管理如大田育秧，待秧苗生长高度到8cm~12cm时插秧。

三、关键技术

控释肥料

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：示范区。

实际应用案例介绍。

与农民常规施肥处理比较，采用育秧箱全量施肥技术，N-90 处理在氮素投入降低 70% 的基础上，水稻子粒产量下降了 352 kg/hm²，但方差分析结果差异不显著，可见 N-90 处理并没有导致水稻减产。氮肥利用率平均达到了 53.9%，比对照处理提高了 20.7%。氮素流失形态以 NO₃-为主，N-90 处理 TN 流失量比常规处理减少了 15.22 kg/hm²，相应的退水污染负荷降低了 47.3%。采用控释肥育秧箱全量施肥技术，氮素施用量降低了 70%，显著地提高了氮肥利用率，有效地减少氮素养分其它途径的损失。

联系单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

联系人：杨正礼
电 话：01082108989
E-mail: yangzl426@126.com
地 址：北京中关村南大街12号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所
联系人：杨正礼
电 话：010-82108989
E-mail: yangzl@cjac.org.cn
地 址：北京中关村南大街12号，100081

养殖面源控制技术

11、畜禽粪便和养殖有机垃圾厌氧消化过程消除抑制技术--CSTR产甲烷反硝化联合MSBR短程硝化反硝化技术

技术依托单位：重庆大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：畜禽粪便废水的处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

CSTR产甲烷反硝化-MSBR短程硝化反硝化组合工艺，其工艺过程特征在于，先采用CSTR反应器进行同时产甲烷反硝化处理，将后续含硝酸盐氮或亚硝酸盐氮的好氧出水回流进入前端的厌氧反应器进行反应，这样既可以减少后续除氮的压力和反硝化碳源不足的难题，同时回流水进入厌氧反应器进行反硝化反应，其产生的大量碱度可有效防止反应器发生酸化。再采用MSBR反应器进行短程硝化反硝化处理，实现废水COD、亚硝氮、氨氮的同时去除。

二、工艺流程

CSTR产甲烷反硝化-MSBR短程硝化反硝化组合工艺，其工艺过程特征在于，先采用CSTR反应器进行同时产甲烷反硝化处理，将后续含硝酸盐氮或亚硝酸盐氮的好氧出水回流进入前端的厌氧反应器进行反应，这样既可以减少后续除氮的压力和反硝化碳源不足的难题，同时回流水进入厌氧反应器进行反硝化反应，其产生的大量碱度可有效防止反应器发生酸化。再采用MSBR反应器进行短程硝化反硝化处理，实现废水COD、亚硝氮、氨氮的同时去除。并可以节省40%的碳源、25%需氧量和50%的污泥产量。

CSTR厌氧反应器进水有机负荷为 $3\text{kgCOD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ，pH为6.8~7.6，温度 $35\pm 1^\circ\text{C}$ ， $\text{COD}/\text{NO}_2\text{--N}=30:1$ ；五池型MSBR反应器由A2/O和SBR构成，二者设计污泥负荷分别为 $0.25\text{kgCOD}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 和 $0.1\text{kgCOD}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 。为保持短程硝化的稳定性，每日调节稳定DO在 $0.5\sim 1.2\text{mg/L}$ ；MSBR反应池出水回流管至CSTR反应器废水进口处，提高进水pH并提供亚硝氮防止反应器酸化。系统对COD去除率 $\geq 95\%$ ，氨氮去除率 $\geq 90\%$ ，总氮去除率 $\geq 70\%$ ，亚硝氮积累率在90%以上。

本工艺实现产甲烷反硝化于一体，联合MSBR短程硝化反硝化处理畜禽废水，该技术在有效转化畜禽废污水中的碳为沼气的同时，还可高效去除其中的氮，实现畜禽废水的碳氮污染物同时去除。

三、关键技术

CSTR产甲烷反硝化联合MSBR短程硝化反硝化技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：白市驿板鸭食品有限责任公司污水处理站

应用单位：白市驿板鸭食品有限责任公司

实际应用案例介绍：采用CSTR产甲烷反硝化-MSBR短程硝化反硝化组合工艺，工程规模为1200t/a，预期目标是畜禽粪便和养殖有机垃圾厌氧发酵产沼率 $\geq 1.0\text{m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ；畜禽养殖废弃物COD去除率 $\geq 75\%$ 。

联系方式：重庆市九龙坡区白市驿镇白新街92号，410329，

联系单位：白市驿板鸭食品有限责任公司

电 话：023-65703333

地 址：重庆市九龙坡区白市驿镇白新街 92 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：重庆大学

联系人：郭劲松

电 话：13908361618

E-mail: guo0768@126.com

地 址：重庆市沙坪坝区沙正街174号（400030）

12、养殖废水碳源碱度自平衡碳氮磷协同处理技术

技术依托单位：浙江大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：养殖废水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

畜禽养殖投资风险高、收益不确定，照搬工业废水处理工艺，存在养殖废水处理成本高，养殖户难以承受等问题，降低废水处理设施运行费用是养殖废水处理系统长效运行的关键。养殖废水碳氮磷达标生物处理系统的运行费用50%以上来源于风机曝气，因此，解决曝气能耗问题是降低运行成本的根本途径。本技术在规模化养猪废水传统厌氧-SBR处理工艺基础上，增设畜粪/剩余污泥高浓度厌氧消化单元，创建以“厌氧产沼-沼气稳定发电”为核心的养殖废水处理产能系统，建立养殖废水处理系统耗电与发电的平衡，最终实现规模化养猪废水处理动力设备系统自驱，降低处理系统运行费用。

二、工艺流程

养殖猪场废水先进入经过水力筛去除废水中的悬浮物。之后，废水进入酸化池内，废水中可生物降解大分子有机物被分解为溶解性小分子有机物，同时部分固体物质被截留。废水自水解酸化池进入厌氧池中，废水经过厌氧处理后产生的沼气。经厌氧处理后的出水与酸化池出水在配水池按一定比例混合后进入SBR池进行脱氮除磷生物处理，出水达标排放/农田综合利用。废水生物处理剩余污泥及部分畜粪主要通过高浓度厌氧发酵产沼气，产生的沼气与废水处理厌氧处理池产生的沼气汇合，经净化后通过沼气发电机组发电，驱动养殖场废水处理系统设备运转。

三、关键技术

1、微动力曝气技术

2、“厌氧-缺/微氧”双循环SBR技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 余杭区径山镇

已用于浙江蓝天生态农业开发有限公司规模化猪场废水处理, 实际工程出水 COD<400mg/L, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度<50mg/L, TP<8 mg/L, 达到《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596-2001)。废水处理运行成本降低20%以上。以万头猪场为例(处理水量120吨/日), 应用本技术年削减COD 排放224.0 吨, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 排放20.8 吨, TP 排放2.4 吨, 沼气约10万立方米, 可明显改善苕溪流域畜禽养殖区域的环境质量, 取得了巨大的社会、经济和环境效益。

联系单位: 浙江大学

联系人: 吴伟祥

电 话: 13034201208

E-mail: weixiang@zju.edu.cn

地 址: 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 浙江大学

联系人: 吴伟祥

电 话: 13034201208

E-mail: weixiang@zju.edu.cn

地 址: 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

13、养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术

技术依托单位: 浙江大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 养殖废弃物资源化利用

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对苕溪流域规模化畜禽养殖业固体废弃物污染问题, 重点解决畜禽养殖废弃物粪便污染减排中堆肥资源化保氮除臭功能有机肥技术问题, 筛选研制一系列高效纤维素、保氮除臭发酵复合功能微生物, 结合生防、促生等高效功能微生物, 研发耐高温快腐熟保氮除臭发酵复合菌剂与复合多功能微生物添加剂制备技术, 实在堆肥。

二、工艺流程

以畜禽粪便资源化循环利用与污染控制为核心, 筛选一系列具有耐高温功能的纤维素降解功能微生物, 加快堆肥过程的纤维素降解, 缩短堆肥发酵周期; 筛选保氮除臭功能微生物结合中高温纤维素降解微生物, 组配一系列高效保氮微生物发酵复合菌剂, 进一步结合高效堆肥调理剂, 共同减少高效堆肥过程中的氮素损失以及恶臭的排放; 进一步筛选解磷解钾、生防促生等一系列功能的目标微生物, 开发一系列高效复合多功能有机肥, 大大提高堆肥产品中有益微生物数量与比率, 提高产品的品质与效益, 形成高附加值的堆肥后加工产品。

三、关键技术

1、高效纤维素降解菌剂生产技术

2、保氮除臭复合菌剂与堆肥调理剂生产技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 余杭区径山镇

已应用于浙江森禾种业股份有限公司畜禽养殖废弃物资源化处理。建立 50 吨/年微生物菌剂发酵制备示范生产线;建立从物料调适、菌剂强化、快速启动、保氮保碳、翻混供氧、适度发酵等多方面综合调控的堆肥保氮除臭适度发酵技术体系,建立年消纳猪粪、牛粪等畜禽粪便 18000 吨的一机多槽式堆肥发酵示范生产线;建立全封闭堆肥车间的恶臭气体收集管网系统,采用多级生物过滤技术,进行堆肥发酵恶臭气体的生物过滤净化,实现堆肥发酵的清洁生产;通过功能化二次堆肥发酵生物有机肥质量调控、农经作物全营养复混肥料配方调控,建立年产有机肥 3000t/a、有机无机复混肥 2000t/a 的示范生产线。

联系单位: 浙江大学

联系人: 吴伟祥

电 话: 13034201208

E-mail: weixiang@zju.edu.cn

地 址: 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 浙江大学

联系人: 吴伟祥

电 话: 13034201208

E-mail: weixiang@zju.edu.cn

地 址: 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

14、猪粪、秸秆和厨余垃圾联合堆肥技术

技术依托单位: 中国农业大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 累积处理各类畜禽粪便和厨余废弃物

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对厨余垃圾成分复杂,各种可生物降解的物料繁多,在添加到农业废弃物堆肥后会增加臭气和氮素损失,其关键问题是臭味的控制,本研究开发了猪粪、秸秆与厨余联合堆肥技术,通过对比分析7种不同堆肥物料配比的处理效果,运用模糊数学方法从技术和环境角度评价了不同堆肥物料配比的环境和技术指标,确定了联合堆肥物料最佳配比为62%猪粪+18%秸秆+20%厨余,通风条件是 $0.06 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^3)$,每半小时间歇式通风,可实现渗滤液零产生,有效的控制了臭气并且具有良好的固氮保氮效果,堆肥产品满足国家《城镇垃圾农用控制标准》(GB 8172-87)要求。

二、工艺流程

本研究开发了猪粪、秸秆与厨余联合堆肥技术,确定了联合堆肥物料最佳配比为62%猪粪+18%秸秆+20%厨余,通风条件是 $0.06 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^3)$,每半小时间歇式通风,可实现渗滤液零产生,有效的控制了臭气并且具有良好的固氮保氮效果,堆肥产品满足国家《城镇垃圾农用控制标准》(GB 8172-87)要求。

三、关键技术

开展畜禽粪污、秸秆与厨余垃圾联合堆肥资源化研究，分析了研究区厨余垃圾面源污染最大的是西北旺镇，最小的为南口镇，猪粪面源污染最大的是沙河镇，最小的是温泉镇。通过对厨余垃圾、猪粪、鸡粪、牛粪四种有机废弃物面源污染贡献值的估算，厨余垃圾CODCr、TN、TP、TK分别占总量的94.33%、91.23%、97.46%和93.53%。在对厨余垃圾单独堆肥研究中发现，升温速度慢，在堆肥第7天才上升到54℃，并且产生大量的渗滤液，总重占厨余垃圾开始阶段湿重的44%。开展三种物料联合堆肥研究，在20%厨余+18%秸秆+62%猪粪，通风条件是0.06 m³/（min•m³），每半小时间歇式通风条件下，不产生渗滤液，臭气产量最少，生产的有机肥在各项指标上完全满足《城镇垃圾农用控制标准》（GB 8172-87）规定的各项指标。

主要研究过程为：

2009年4月~2009年7月，进行常温畜禽粪便条件下纤维素分解酸化复合菌系的筛选和构建；进行研究区农村生活垃圾、畜禽粪污现状调查，并分析农村生活垃圾、畜禽粪便污染负荷。

2009年8月~2009年10月，对筛选出的菌剂进行性质测定；进行厨余垃圾单独堆肥实验。

2009年11月~2010年7月，进行中低温固定床反应器沼气发酵技术优化；进行猪粪、秸秆与厨余垃圾联合堆肥原料配比研究。

2010年8月~2011年1月，进行低温厌氧处理有机废水关键技术研究；研究基于控制渗滤液产生联合堆肥中试设计。

2010年2月~2011年10月，进行固定床厌氧反应器处理高浓度猪粪尿试验，开展猪粪、秸秆厨余联合堆肥中试监测。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：北京周边各区县

实际应用案例介绍

已在北京周边各区县建成年处理规模为2000~5000t秸秆（含蔬菜废弃物）、粪便和厨余垃圾联合堆肥厂若干个，累积处理各类畜禽粪便和厨余废弃物总量达到2万吨以上，产生精品有机肥6000吨，替代化肥300t(按纯营养计算)，产生3万元效益。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京市水利科学研究所

联系人：李其军

电 话：010-68460474

E-mail: lqj@bwsti.com

地 址：北京市海淀区车公庄西路21号 100048

15、新型饮水器和两坡段干湿分离养猪生产污水削减技术

技术依托单位：郑州牧业工程高等专科学校

技术发展阶段：工程示范

适用范围：10000头商品育肥猪生产线

主要技术指标和参数：

一、基本原理

1.利用猪固有的行为习性（定点排泄），从工程设计入手，改进现有圈栏设计，以便于集中收集粪便，减少冲洗用水量；2.根据猪的排泄物特性，改进现有地板结构，达到固液快

速分离目的；3.根据猪摄食和饮水行为特点，改进现有采食槽和饮水器的构造以及改变安装位置，达到减少饲料和水源浪费的目的。

二、工艺流程

工艺流程为“分区圈栏设计—两坡段干湿分离地板—节水型饮水器”。分区圈栏设计有助于实现猪只“三点定位”的形成，减少圈栏污染面积；两坡段干湿分离地板，通过对比研究不同地板坡度和地板表面粗糙度对地板污水流动速度和污染面积的影响，通过对比不同地板缝隙大小与断面形状对漏粪量的影响，研究开发通长的直条形缝隙固液快速地板，集成两坡段干湿分离设计方案；节水型饮水器，根据猪摄食和饮水行为特点，采用节水型饮水器，优化安装位置。三技术集成可有效改善圈栏环境，节水减排。

三、关键技术

- 1、基于“三点定位”的分区圈栏设计；
- 2、防侧漏可回收新型饮水器研制；
- 3、两坡段干湿分离地板的研制。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发了一种猪用饮水装置(ZL201120096822.6)和一种猪用狭缝地板(ZL201120383960.2)两个专利；优化集成了两坡段干湿分离技术。

实际应用案例：

应用单位：雏鹰农牧集团股份有限公司

实际应用案例介绍

集成圈栏分区设计、两坡段干湿分离、新型饮水器等3项工艺技术，在雏鹰农牧10000头猪生产线示范，示范工程设计规模12栋育肥猪舍，总建筑面积5616平方米，存栏育肥猪3360头，年出栏10000头商品猪，实施了养猪生产过程干湿分离干清粪工艺、节水减排源头消减技术。

联系单位：雏鹰农牧集团股份有限公司

联系人：李九龙

电 话：13598426269

E-mail: 13598426269@126.com

地 址：郑州市新郑薛店镇

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：河南省环境保护科学研究院

联系人：钟崇林

电 话：0371-66328023

E-mail: zcl62101@sina.com

地 址：河南省郑州市顺河路1号，450004

16、保氮除臭免通气槽式堆肥发酵技术

技术依托单位：郑州大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：畜禽粪便、农业有机固体废弃物堆肥处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

在畜禽粪便等有机固体废弃物原料中，添加筛选的高效腐熟菌剂和调理剂等，采用底部架空免通气好氧槽式发酵工艺，利用微生物分解有机固体废弃物产生的热量使原料堆温升

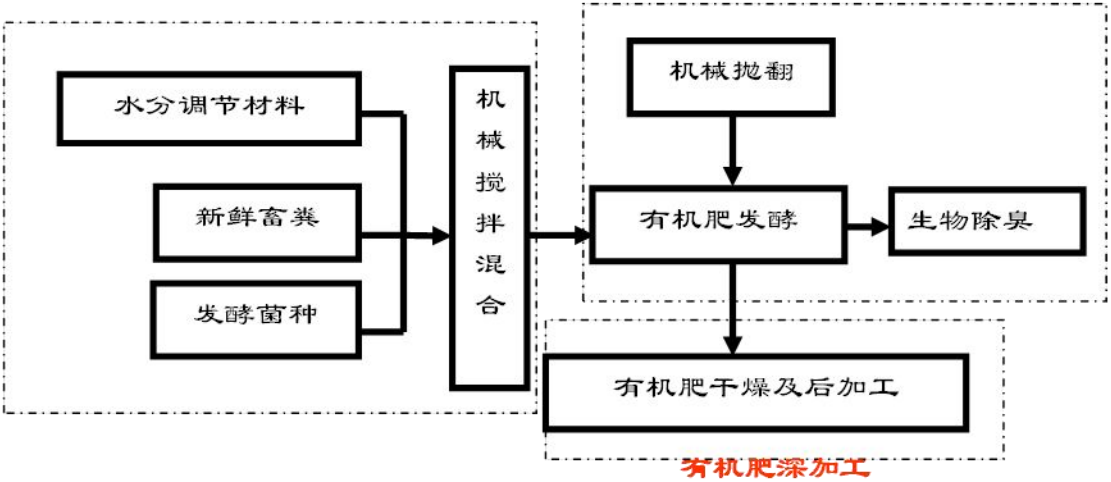
高，产生的高温将原料中有害病原菌、虫卵和杂草种子等杀灭，起到无害化的作用；同时将有机固体废弃物中不稳定物质进行降解和转化，最终将其转化为无臭无味、富含有机质和植物营养元素的优质有机肥。生产过程中通过通过将发酵槽结构的优化设计，利用空气负压技术加速槽底空气流通，实现免强制氧气供应，在保证微生物活动对氧气需要的情况下，减少通气操作对原料的扰动以减少臭气和氨气挥发，并通过生物过滤技术将生产过程中挥发的氨气进行回收臭气净化处理，实现改善场区生产环境和空气质量的同时，防止有机肥生产过程向大气环境进行氨氮的排放。

二、工艺流程

利用有机固体废弃物生产有机肥的基本工艺由原料预处理、高温发酵腐熟和有机肥深加工、臭气生物净化四个工艺段组成，如下图所示。

原料预处理：利用细碎干燥的有机物料将原料水分含量调节至 50-60%、C/N 比调节至 25-30：1，为后续的微生物快速发酵提供一个良好的生长条件。通过添加快速发酵菌或回流利用已腐熟的有机肥增加原料中微生物数量，以提高有机肥发酵速度并将有机肥发酵周期缩短至 10 天。

高温发酵：利用微生物分解有机固体废弃物时产生的高温将原料中有害生物进行杀灭起到无害化作用的同时，将其中的不稳定物质进行降解和转化，最终将其转化为无臭无味、富含有机质和植物营养元素的有机肥。在发酵池设计上，通过将发酵池底部架空实现免强制的氧气供应以减少臭气和氨气挥发，并实现生产节能。通过密闭发酵区域和收集该区域的污染空气进行生物过滤法除臭的同时，实现对发酵过程中挥发氨氮的回收，并改善生产场内空气质量和生产环境。



有机肥生产工艺流程

有机肥深加工：主要将发酵腐熟后的有机肥进行干燥、粉碎和营养元含量调节及造粒等内容，以满足农业生产的实际需要。

三、关键技术

保氮除臭免通气槽式堆肥发酵技术：该技术集成了2项核心专利技术，“底部架空免通气槽式发酵技术”和“生物过滤法氨回收及臭气净化技术”。

底部架空免强制通气槽式发酵技术，通过发酵池结构的优化设计，将发酵池底部架空并利用负压技术，使有氧空气扩散进入堆体，满足堆肥过程中微生物对氧气的需求，同时减少

翻抛次数以减少臭气排放和氨挥发；堆肥过程中产生的冷凝水等，可以排入通风槽统一收集回收利用。与传统工艺相比该技术可实现节能30%、减少氨气和臭气释放50%以上，一次发酵周期缩短至7-10天，本技术已申报国家发明专利（一种槽式发酵方法（201210210825.7））。

生物过滤法氨回收及臭气净化技术，采用生物过滤法氨回收技术，将挥发出来的氨等资源进行回收，将恶臭废气通过生物过滤净化室内，利用填料中的高效除臭菌种，将恶臭废气中污染物吸收转化为无害的CO₂和H₂O，即实现了N资源回收，又保证了堆肥场区的环境质量，恶臭废气净化效率在90%以上，使废气达标排放，本技术已申请1项专利(一种多通道恶臭废气生物净化器ZL201120328166.8)。

四、技术来源及知识产权概况

该技术完全由郑州大学自主研发。

实际应用案例：

应用单位：贵州茅台酒股份有限公司

贵州茅台酒股份有限公司每年约产生 20 万吨副产物酒糟，本项目一期建设年年产 3 万吨的优质有机肥的工程。以酒糟为主要原料，通过添加高效腐熟菌剂，采用“底部架空免强制通气槽式发酵技术+生物过滤法臭气净化技术”、链板式翻抛设备等，实现发酵生产过程的连续性，一次发酵周期缩短至 10 天以内。生产过程无需强制通气，不但可以减少氨气和臭气的释放，同时降低能耗，产生的恶臭废气采用生物过滤法净化后排放。有机肥产品符合国家《有机肥标准》（NY 525-2012），经过净化后的废气达到《国家恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）。

联系单位：郑州大学

联系人：李顺义

电 话：13526608760

E-mail: lsy76@163.com

地 址：郑州市科学大道 100 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：郑州大学

联系人：王岩

电 话：0371-67781062

E-mail: wangyan371@zzu.edu.cn

地 址：郑州市科学大道 100 号

17、山地果畜结合区面源污染控制技术

技术依托单位：环境保护部南京环境科学研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：南方丘陵果畜结合区面源污染控制

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对东江源以丘陵山区小流域为主的地貌特征，以小流域为系统单元，实行山坡种果，山沟养猪，沟底筑坝养鱼的果畜生态农业模式。该生态农业模式从系统结构上实现循环利用养殖业的废弃物，减少化肥的使用量，并通过实行果园生态化种植和病虫害综合防治，可有效减少了化学农药的使用和有效控制水土流失，实现“控源-减排-净化”的污染防治目标，在满足当地经济发展的同时确保其对东江源头区水环境影响的最小化。

二、工艺流程

- 1、果园生态化种植，山顶戴帽、山腰种果、山脚穿靴，梯壁留草，合理修建排水沟、沉砂池等设施；猪场干湿分离、建立沼气循环利用系统；
- 2、以农业防治为基础，以杀虫灯诱杀、捕食螨防治红蜘蛛和植物多样性配置为核心，协调运用生物农药控害技术，综合防治果园病虫害；
- 3、建立以猪粪自制有机肥和沼液为主的果园肥料体系；
- 4、猪场废水（沼液）部分返回果园，部分经短程硝化反硝化技术处理后，再经氧化塘、鱼塘、湿地处理后排出；
- 5、体系排水汇集到滞留塘（鱼塘），利用生态浮床、微生物菌剂等净化，再经湿地净化后排出系统。

三、关键技术

- 1、果园农用化学品减量化技术；
- 2、滞留塘生态净化系统构建；
- 3、有机固体废弃物循环利用技术；
- 4、生猪养殖高氨氮废水处理技术；
- 5、果园生物截留缓冲带建设和生态沟渠构建。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：赣州王品果业有限公司

该成果在东江源头区安远县江西王品农业科技开发有限公司1600亩脐橙果园推广应用，果园通过生态化改造，采用生物、物理等综合措施防治病虫害，进行有机方式种植，脐橙价格明显高于当地常规种植脐橙，估计带来直接经济效益318万元，有效保护了果园生态环境，同时辐射带动周边农户。同时该成果将在安远县脐橙果园逐步推广应用，推动该区域农业循环经济，促进源头区果业和畜禽养殖业的发展，同时提高了当地环保意识，对东江源头区水资源保护起到积极作用。

联系单位：环境保护部南京环境科学研究所

联系人：席运官

电 话：025-85287062

E-mail: xygofrcc@126.com

地 址：南京市蒋王庙街8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：环境保护部南京环境科学研究所

联系人：李德波

电 话：025-85287085

E-mail: ldb@nies.org

地 址：江苏省南京市蒋王庙街8号 210042

18、农业污染物治理投资和运行费用函数建模技术

技术依托单位：中国农科院农业经济研究所

技术发展阶段：示范技术

适用范围：规模化畜禽养殖场

主要技术指标和参数:

一、基本原理

在对污染物治理投资环境、投资重点、投资决策、投资主体和资金来源等投资机理进行系统研究基础上,研究建立了污染物处理的投资和运行费用计量评价理论模型,分别针对规模养殖场沼气处理和农村生活废物产生有机肥两种主要的污染物处理方式进行分类建模,在对污染治理投资和运行费用函数上凸函数曲线的假设下,使用幂函数形式作为主要的概念模型,具体模型形式为:

$$C = \begin{cases} \alpha Q^{\beta} & Q \leq \bar{Q} \quad 0 < \beta < 1 \\ \phi Q^{\gamma} & Q \geq \bar{Q} \quad \gamma > 1 \end{cases}$$

在上述假设基础上,通过对全国 29 个省市抽样调查数据的建模分析,针对南北方不同区域进行分类模拟,确定了模型主要参数,为后续的技术经济分析奠定了基础。

二、关键技术

农业污染物治理投资和运行费用函数建模技术

三、技术来源及知识产权概况

优化集成

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国农业科学院农业经济与发展研究所

联系人: 黄仁

电 话: 13910633782

E-mail: hr918@sina.com

地 址: 北京市中关村南大街12号

农村生活面源

19、生活污水多介质土壤层耦合处理技术

技术依托单位: 浙江大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 农村生活污水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

农村住宅生活污水经管道收集至新型生物填料厌氧池,经厌氧消化后通过布水管均匀布入多介质高效生物脱氮除磷反应器。反应器内填有多层经科学配方混合而成的多介质专用填料,该填料利用铁粉、石灰石、生物改性材料、微生物菌种、碳源缓释材料等。多介质填料内形成大量厌氧-好氧微区,生活污水在反应器内经连续的厌氧-好氧过程,有机物分解、氮经硝化反硝化得到去除,磷与铁、钙共沉淀存于介质内。长期运行后(5-10年),更换的介质可作土壤改良剂,不存在二次污染。处理后出水水质可达到GB18918-2002一级标准。

二、工艺流程

工艺流程为“农村污水—新型生物填料厌氧池—多介质无动力高效反应器—达标排放”。

具体如下:

进入本工艺流程前,生活污水需要设置化粪池、隔油-沉砂-格栅井,除去油脂、粗大杂

物、泥砂等。本系统前也应设置格栅-沉砂井，防止从管网进入的杂物。

厌氧池应为多格式内设填料的厌氧系统，水力停留时间不小于2d。当水质浓度高时，就增加停留时间。

反应器水力负荷不大于0.3 m³/d。

三、关键技术

1、多介质土壤层耦合技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：安吉，余杭，临安，贵州湄潭

除在安吉、余杭进行了示范工程外，还在安吉、建德等地的连片整治工程和生态建设中进行了推广。在贵州湄潭进行了养殖污水处理的示范工程，日处理量为30 m³，运行时间6个月。从十几个不同地点、不同水量、不同运行时间来看，出水效果良好，完全适用于农村地区的污水处理。鉴于以上技术特点和工艺优势，适用于我国大部分地区。

联系单位：浙江大学

联系人：罗安程

电 话：13357128632

E-mail: acluostu@yahoo.com.cn

地 址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：浙江大学

联系人：罗安程

电 话：13357128632

E-mail: acluostu@yahoo.com.cn

地 址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

20、立体循环一体化氧化沟技术

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段：推广应用

适用范围：农村生活污水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

氧化沟具有处理效果好，便于维护管理等优点在污水处理中广为应用，但是氧化沟工艺也存在占地面积大、能耗高等问题。立体循环一体化氧化沟技术将传统氧化沟混合液的平面循环改为立体循环，由一隔板将氧化沟主沟分为上、下层流道，沟内液体在转刷的推动下沿上、下层流道循环流动。固液分离器设置在主沟的弯道处，利用主沟的水流产生的动力自动回流。由于立体循环一体化氧化沟独特的立体循环结构，占地面积减少了约50%，使得一次性投资成本大幅降低；同时，在运行过程中，立体循环一体化氧化沟仅由一台电机驱动转刷，设备少、维护简便，管理费用省，而且，固液分离器实现污泥自动回流，能耗的降低使得运行成本减少约10%以上。

二、工艺流程

工艺流程为“农村污水—化粪池—立体循环一体化氧化沟—达标排放”

三、关键技术

立体循环一体化氧化沟技术
四、技术来源及知识产权概况
自主研发

实际应用案例:

应用单位: 余杭

在苕溪流域的余杭区径山镇建立了村落规模的(30 t/d)生活污水处理示范工程,为我国新农村建设中村镇水污染控制提供了技术支持。运行期间出水效果良好,完全适用于农村地区的污水处理。

联系单位: 中国科学院生态环境研究中心

联系人: 郭雪松

电 话: 13521681968

Email: gxs0122@rcees.ac.cn

地 址: 北京市海淀区双清路18号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国科学院生态环境研究中心

联系人: 郭雪松

电 话: 13521681968

Email: gxs0122@rcees.ac.cn

地 址: 北京市海淀区双清路18号

21、易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术

技术依托单位: 同济大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 农村生活垃圾处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

固相有机物的厌氧降解基本可划分为液化(水解)和甲烷化(气化)两个阶段。两阶段的优势微生物相不同;其中,水解段微生物大多为兼性,对pH环境的兼容性亦较大;而甲烷化段微生物为严格厌氧,仅适应中性的pH环境。生活垃圾,即使是在分类收集或分选后,仍然是高度混杂性的基质,其发酵环境条件很难严格控制,在村镇社区小规模的处理设施条件下,更加难以实现严格厌氧和中性pH环境的控制。课题研发的关键技术,将水解段和甲烷化段予以分离,隔离了混杂生活垃圾对甲烷化段微生物的直接影响,可以保证甲烷化产沼过程的稳定运行,也避免了厌氧过程环境条件控制的复杂性,简化了设备设计,为技术成本与村镇社区条件的相容性提供了基础;同时,水解段采用堆置发酵方式,也为水解后衔接好氧稳定提供了条件。

同时,为了保证足够的有机物水解率,达到要求的有机物气化水平,采用了沼液循环水解方式,从微生物、环境条件和传递条件三方面强化水解发酵速率。

二、工艺流程

可降解生活垃圾分流收集,通过分类收集实现可降解生活垃圾(食品垃圾、卫生用纸、居住区的农作物残余等)的分流收集;可降解生活垃圾水解发酵,分流收集可降解生活垃圾形成堆体,通过限量通风和循环液浸滤强化水解发酵使易降解有机物溶出;水解液甲烷化产沼,富集了溶出有机物的水解液在厌氧反应器中甲烷化发酵转化为沼气,沼液循环至水解堆

体利用；水解剩余物好氧稳定制堆肥，堆体水解完成后停止循环液浸滤，足量通风进行好氧稳定和腐熟，得到堆肥产品。

三、关键技术

1、易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：余杭区径山镇

目前，上述关键技术示范工程已在余杭径山镇和临安临目乡稳定运行，余杭径山漕桥村生活垃圾分类与分质处理资源化利用技术研究及示范：建设地点位于径山镇漕桥村老漕桥片区，服务村民约270户，900余人。示范工程采用前端分类收集有机垃圾，有机垃圾好氧堆肥腐熟，尾气过滤净化的处理工艺。已建成示范工程的主要设施有：垃圾收集运输体系，好氧堆肥槽，强制通风系统，恶臭过滤处理处置系统，堆肥分选筛等。垃圾处理能力2-3t/d。

联系单位：同济大学

联系人：邵立明

电 话：13918834161

E-mail: slm0039@163.com

地 址：上海市杨浦区四平路1239号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：同济大学

联系人：邵立明

电 话：13918834161

E-mail: slm0039@163.com

地 址：上海市杨浦区四平路1239号

22、复合塔式生物滤池农村生活污水处理技术

技术依托单位：南京大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：农村生活污水中污染物去除

主要技术指标和参数：

一、基本原理

工艺前端将农户现有的化粪池改造后或直接加以利用，用污水管收集后（经格栅）进入水解酸化池。然后提升至高效厌氧池，水自流至复合塔式生物滤池单元，经生物、生态及物化处理后，出水由下部沟道，排放至人工湿地进行进一步强化处理，确保总氮、总磷去除效果，同时也确保冬季低温条件下的系统污水处理效率。

二、工艺流程

工艺流程为“水解酸化池—高效厌氧池—蚯蚓生态滤池—复合人工湿地”。具体如下：

1. 水解酸化池的来水为农户管网收集来的生活污水，具有混合、沉淀和消化的功能，经水解酸化作用后进入高效厌氧池单元，可有效去除污染物TN约10~15%，TP约2~10%，COD_{Cr}约22%，SS约98%以上，可达到较好的预处理效果；

2. 蚯蚓生态滤池由2个或多个塔层组成，每个塔层有30cm左右的以土壤为主的滤料层，是蚯蚓活动区域也是主要的处理生活污水的区域，土壤层下是不同粒径、不同种类的填料，

以砾石、砂石、煤渣为主。每个塔层下面布有均匀的出水孔，塔层与塔层之间有40cm左右的空间，在污水滴落的过程中，可以充分地补充有机质分解时所需的氧分。

蚯蚓生态滤池在普通的生态滤池基础上，充分利用了蚯蚓与微生物的协同作用，以及蚯蚓的增加通气性、分解有机物等功能，能够更好地更有效地进行污水处理。蚯蚓在滤池内降解有机物，还可通过其砂囊研磨与肠道的生物化学作用，以及与微生物的协同作用，促进C，N，P转化与矿化，但其主要功能为在土壤活动层内的机械疏松、消解，对滤床起物理清扫作用，防止土壤板结、堵塞。蚯蚓在滤池内的活动还能有效提高微生物数量及微生物活性，改变，促进有机物质的厌氧分解转化。

3. 复合人工湿地具有投资及运行费用低、运行管理方便、对负荷变化适应性强、出水具有一定的生物安全性、生态环境效益显著等优点，比较适合于管理水平不高、水量及水质变化不大的城郊或乡村应用，同时人工湿地还具有对氮磷污染物去除效果好的特点，因此作为塔式蚯蚓生态滤池的辅助技术，用来处理太湖流域的农村生活污水尾水。

三、关键技术

1、复合塔式生物滤池技术；

2、复合人工湿地技术。

四、技术来源及知识产权概况

集成创新

实际应用案例：

应用单位：武进区农林局

农村生活污水处理系列化技术自2008年应用于社会以来，先后在武进区武进港沿岸和周边农村环境整治及村庄村落污水处理项目中，采用复合塔式生态滤池和改进型毛细管渗滤沟技术及其他复合型生态技术处理我区共33个自然村（村民小组）的污水。自污水处理工程实施以来，处理设施运行良好，经抽样检测，生活污水经设施处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准，有效地控制了进入太湖的水污染负荷，改善了武进区入太湖重点控制河流的水质，降低了水污染对居民身体健康的影响，美化了村内景观，有良好的社会效益和环境效益。

联系单位：武进区农林局

联系人：周明

电 话：13506142682

E-mail: 413160485@qq.com

地 址：常州市武进区行政中心E座4楼

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京大学

联系人：郑正

电 话：021-65643342

E-mail: zzhenghj@fudan.edu.cn

地 址：上海市邯郸路220号

23、高效生物生态景观联动处理技术

技术依托单位：河海大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：分散生活污水处理

主要技术指标和参数:

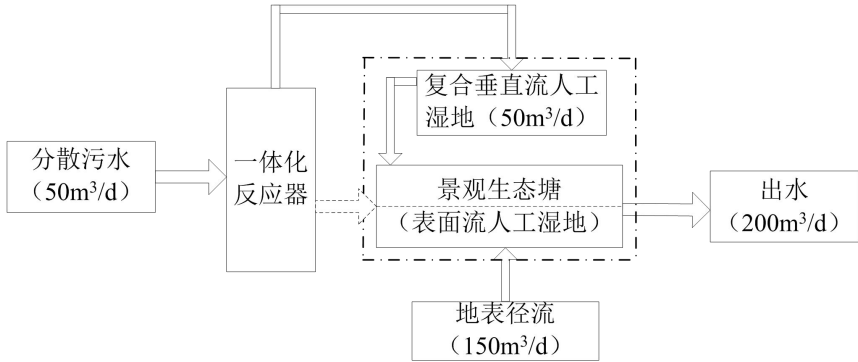
一、基本原理

太湖流域地区处于太湖流域，土地资源稀缺且每年有 3 个月的低温期，单独采用生态处理技术处理农村生活污水，存在着占地面积大，冬季运行效果差等缺点，而单独采用生物处理方法则存在除磷工艺复杂，运行成本过高等缺点。本技术采用“生物生态联动”的思路，首先将分散污水接入高效一体化生物反应器，利用微生物的降解作用，实现污水中有机物和氨氮的有效去除；出水再进入湿地系统，利用系统中适宜的填料及水生景观经济作物进一步去除 N、P，使出水 COD、N、P 全面达标。将生物处理与生态处理技术有机结合，充分发挥各自的优势，达到既节省成本和运行费用，又能取得稳定的除磷脱氮效果的目的。

二、工艺流程

高效生物生态景观联动处理系统是以高效一体化生物反应器为核心的生物处理段与近自然人工湿地的生态处理段相结合，充分利用河沟、洼地、水塘等自然条件，因地制宜、因水而异地实现污染物处理、就地消纳和经济利用的水处理技术。高效生物生态联动处理系统有效的结合了生物处理与生态处理的优势，既克服了生物处理方法存在除磷工艺复杂，运行成本过高的缺点，又实现了冬季低温期污染物的有效去除。

工艺流程如图 2-1 所示：



高效生物生态景观联动处理技术处理工艺流程

三、关键技术

近自然景观湿地生态系统联动除污技术

高效一体化生物反应器技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发+优化集成，授权发明专利 2 项：一种可调式多功能人工湿地反应装置及应用方法（ZL200910235094.x）、一种导流式水平潜流人工湿地反应器（ZL 201010103907.2）；授权实用新型专利 1 项，一种新型人工湿地调料模块（ZL201020105878.9）。

实际应用案例:

应用单位：武进区农林局

实际应用案例介绍：

高效生物生态景观联动处理技术已经在常州市武进区前黄镇前水车桥进行了工程示范，工程规模为 200m³/d，居民生活污水经收集后先经过高效一体化生物反应器去除部分有机物及 N、P，然后进入近自然人工湿地进一步去除污染物。进水 COD 为 78.84~212.0mg/L、TN 为 23.48~38.99mg/L、TP 为 1.25~3.24mg/L 和 NH₄⁺-N 为 18.85~38.59mg/L，出水 COD 为 47.3~67.2mg/L、TN 为 10.2~17.9mg/L、TP 为 0.11~0.55mg/L、NH₄⁺-N 为 7.9~15.9mg/L。可达到《城市污水再生利用 景观环境用水水质标准》（GB/T18921-2002）。

联系单位：武进区农林局

联系人：蒋惠中
电 话：18912308102
E-mail：
地 址：常州市武进区行政中心E座4楼

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：河海大学
联系人：陈卫
电 话：13913899869
E-mail: cw5826@hhu.edu.cn
地 址：南京市鼓楼区西康路1号(210098)

24、生活垃圾与生活污水共处置新型沼气池技术

技术依托单位：环境保护部南京环境科学研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：农村生活垃圾与生活污水处置

主要技术指标和参数：

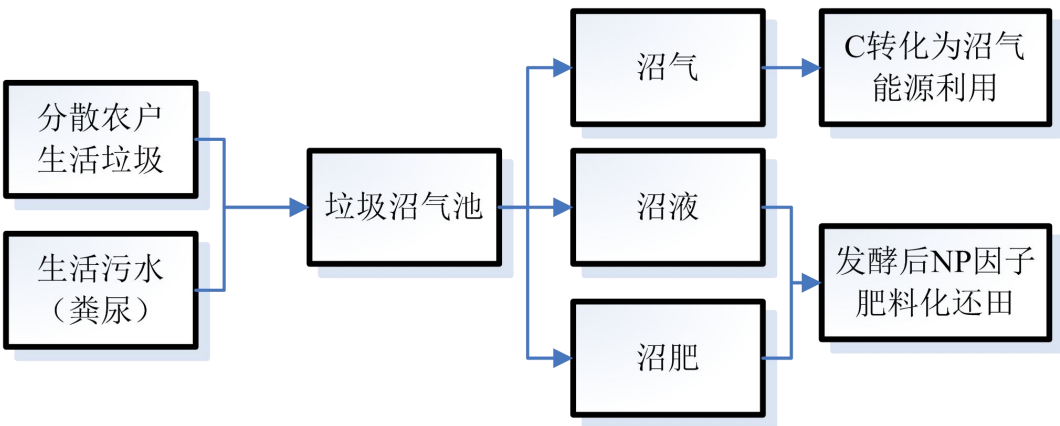
一、基本原理

针对当前地埋式沼气池产气量低、冬季效果差的基本现状，及分散农村生活垃圾与生活污水无法经济的纳入现有的收集系统，以农村生活易腐垃圾为骨料，生活污水回灌提供养分、调节水分，共同厌氧发酵产沼，实施生活垃圾和粪尿沼气和肥料化用途。设计软体沼气膜形成的温室合理用太阳能，避免了传统地埋式沼气池，冬季气温低产气差的缺陷。适于分散户型，服务期长，经济效益显著，利于推广。该技术为新型生活垃圾和粪尿沼气池同时替代农村传统沼气池和化粪池提供了可能。

二、工艺流程

以易腐性有机垃圾成分和辅以秸秆类废物为骨料，加以农村畜禽粪便为营养，用农村生活污水流动分配养分的厌氧发酵技术，实现农村废物的共处置目标，达强化产沼和加速骨料腐熟程度的最终目的，而尾水可经矿化垃圾-植物系统处置。

工艺流程见下图。



生活垃圾与生活污水共处置新型沼气池技术工艺流程图

三、关键技术

利用软体沼气膜促进冬季沼气生产技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，授权 1 项发明专利，一种农村分散居民生活垃圾与人粪便共处置沼气池（ZL201110049317.0）。

实际应用案例：

应用单位：宜兴市农林局

实际应用案例介绍：

该技术应用于漕桥河汇水支流(庙尖浜)和沿岸村落—宜兴市周铁镇分水中和村的综合整治工程中，利用该技术建成了生活垃圾与生活污水共处置产沼工程，包括主体发酵池、第二格发酵池、人粪便和生活垃圾进料口、沼液和沼渣出料口，其中，主体发酵池连接第二格发酵池，在主体发酵池和第二格发酵池上方设置分离格栅分离沼液和沼渣。设置农村家庭户用座便器出水管与沼气池底不低于 1.5 m 的高程差，从而可借助冲厕力量和重力作用沿管道将人粪便污水灌入垃圾堆体内进行混合。家庭人口 3-7 人，设置沼气池体积应介于 10~25 m³ 之间较经济。首次装填的生活垃圾与每日回灌的生活污水之间的固液比为 50~20:1，日常装填新垃圾与回灌生活污水的固液比为 1:1~5。本技术示范建成规模 10m³ 沼气池 3 座，覆盖人口 15 人，日产沼气 50L-200L，可满足 5 口之家的供热取暖。削减：COD，2~3 吨/(户·年)；TN：0.4~0.6 吨/(户·年)；TP：20~30kg/(户·年)，经济效益回收 2000 元/(户·年)，一次性投资 1.0 万元/户，运行年限 8~12 年。

联系单位：宜兴市农林局

联系人：张红卫

电 话：13812201886

E-mail:

地 址：江苏省无锡市宜兴市东山西路62号

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：环境保护部南京环境科学研究所

联系人：张毅敏

电 话：18951642953

E-mail: zym@nies.org

地 址：南京市玄武区蒋王庙街8号（210042）

三、 水体治理与修复技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
1	湖口区污染物拦截前置库构建技术	采用风能提水驱动库区水流,采用复合生态回廊技术优化了库区空间布局,增加水力停留时间,提高净化效率。	湖泊污染物拦截与生态修复	环境保护部南京环境科学研究所	湖泊	169
2	有毒有害污染底泥环保疏浚技术	采用原状高浓度低扰动矩形水平薄层疏挖装置对进行疏浚,采用配套的高浓度输送技术输送上岸,降低处理难度。	内河湖库污染底泥的疏浚	中交上海航道勘察设计研究院有限公司	湖泊	172
3	疏浚底泥快速脱水干化技术	采用“两段式疏浚底泥快速混合反应”+“负压直排”联用技术,快速脱除底泥疏浚堆场内的水分。	含水率 90% 以上的疏浚泥浆	中交上海航道勘察设计研究院有限公司、上海交通大学	湖泊	173
4	复合型污染河道水体强化生物接触氧化-多级人工湿地组合处理技术	集成接触氧化与多级生态滤池技术对河水进行异位净化;在河道里构建高效生态浮岛,原位净化河水。	南方平原河网地区面源污染物拦截和削减	同济大学	湖泊	174
5	“稳定塘—湿地”尾水生态净化技术	集成了物理—生物脱毒、陆生植物浮岛、表面流生态湿地和潜流湿地技术。	污水厂尾水深度净化及富营养化水体的净化	浙江大学	湖泊	175
6	湖滨区污染控制成套技术	因地制宜地改造村落、农田排水沟,通过收集、拦截、储存、净化等实现多级屏障拦截减流失氮磷。	针对以农业面源、农村村落污染为主的湖滨区面源控制及生态修复	中国环境科学研究院;东南大学	湖泊	177
7	湖滨-缓冲带生态建设成套技术	将农业面源污染控制、低生物量草坪建植与径流拦截、湖滨带水生植物配置有机组合,减少和净化区内外污染物。	大堤的湖滨带,建设了湖泊防护林和连带部分较高强度农田	中国环境科学研究院;上海市农业科学院	湖泊	179

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		统的恢复和重建。				
15	水生植物群落重建及生物多样性恢复技术	针对洱海沉水植物覆盖度低、湖泊及沿岸区菱和荇菜等浮叶植物过度生长和蔓延的问题,建立的菹草、黑藻、苦草人工重建和以自然恢复为主的水生植被重建关键技术。	水体生态修复	中国科学院水生生物研究所	湖泊	194
16	富营养化湖泊生态系统恢复技术	利用特定的综合生态恢复技术,对富营养化的湖泊生态系统进行恢复。	富营养化湖泊生态恢复	中国科学院水生生物研究所	湖泊	195
17	北方寒冷地区A/O-人工湿地组合工艺污水处理技术	根据北方气候春秋短、冬夏长的特点,制订了不同的耦合工艺,分别适合冬季、夏季污水处理;筛选强化脱氮填料、研究低温硝化菌强化脱氮与不同人工湿地组合脱氮技术。	北方寒冷地区污水厂出水人工湿地冬季运行	辽宁北方环境保护有限公司	河流	196
18	城镇污水处理厂出水生态湿地净化技术	探讨不同类型湿地对污水处理效果,对进出水的生物毒性进行测定建立人工湿地主要污染物降解反应动力学模型。	城镇污水处理厂出水净化,主要出水水质指标达到地表水Ⅳ类标准。	北京市水利科学研究所、中国矿业大学(北京)	河流	197
19	河道-湿地-前置库水质改善技术	该技术以恢复入淀河流水环境功能要求为目标,针对低氧低碳高氨氮水质特征以及长流径的入淀过程和广阔淀口区等地貌特征,研发了“河道-湿地-前置库”逐级脱氮除磷净化技术。	北方低溶氧和高氨氮河流	河北省环境科学研究院、北京师范大学	河流	199
20	再生水调蓄湖库生态构建与水质净化技术	基于生态水资源工程技术、食物网操纵技术、风力提水曝气与湿地合成粘土矿物技术的整合,创新了再生水调蓄湖库生态构建与水质改善技术,提高了再生水调蓄湖库的水质净化功能。	流域再生水调蓄湖库生态构建与水质改善	华北电力大学	河流	200
21	大型水生植物适度调控藻类富营养化技术	利用大型水生植物抑制藻类生长。	草型湖泊	中国环境科学研究院	河流	201
22	大型底栖生物和沉水植物联合调控富营养化技术	利用大型底栖生物和沉水植物净化水体。	草型湖泊	中国环境科学研究院、天津大	河流	202

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
				学		
23	基于白洋淀氮、磷控制的水生植物平衡收割与资源化利用技术	对水生植物进行及时收割,可有效抑制沼泽化。	草型湖泊	中国环境科学研究院、河北省环境科学研究院	河流	204
24	以沉水植物评价水体稳态类型的技术	利用沉水植物对湖泊进行生态评价。	草型湖泊	中国环境科学研究院	河流	205
25	城区河道水质净化与生态修复集成技术	在多元生态构建、河道充氧、底泥污染控制等技术集成基础上,提出针对城区不同类型河道的分阶段水质净化与生态修复组合技术方案。	河道水质净化与修复	清华大学;常州环保科技开发推广中心	城市	207
26	景观水体化学-微生物-水生植物复合强化净化与藻类过度生长控制技术	通过微生物复合菌剂、加强型锁磷剂、智能型投药装置研制,对微生物、化学、水生植物复合强化技术进行集成。	征地困难地区进行景观水体水质改善及功能恢复的原位修复技术	天津市市政工程设计研究院、天津艾杰环保技术有限公司	城市	208
27	滨海地区景观水体构建技术	结合湖库污染信息系统、水系统规划,水系统循环调度技术,进行水系统的规划与构建。	具有本底或历史污染的坑、塘、河、库等水系单元。	天津市环境保护科学研究院、华北市政设计研究院总院	城市	209
28	城市河湖水系水质保障与修复技术	集成了水量水质调配、污水厂尾水深度生态处理、河道水生植物-人工强化原位组合生态修复等技术。	城市河湖水系水质保障与修复	同济大学、中国科学院水生生物研究所、上海城市污染控制工程研究中心有限公司	城市	210

(二) 技术简介

1、湖口区污染物拦截前置库构建技术

技术依托单位：环境保护部南京环境科学研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：湖泊污染物拦截与生态修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

由于湖泊污染负荷主要来自入湖河流，通过在入湖湖口处构建前置库系统进行污染拦截。前置库系统采用了新型复合式生态回廊技术、湖口区天然能源驱动提水技术，并结合生态浮床、水生植被修复、生物操纵等技术，通过沉降吸附、微生物降解、动植物吸收等作用，实现对入湖污染物的高效去除和水域的生态修复。

二、工艺流程

前置库系统包括调蓄缓冲区、生态拦截区、强化净化区、深度净化区和生态稳定区和导流系统。

I、调蓄缓冲区：调蓄缓冲区位于系统最前端，通过一条溢流坝与下游生态拦截区隔开，对系统进水水质和流速进行缓冲，还通过曝气增氧，去除水体有机物和营养盐。调蓄缓冲区尾部设计溢流坝布水系统，使调蓄缓冲区待净化水体可以顺利且均匀的进入生态拦截区。

II、生态拦截区：在污水进入主库区的最前端，对库区水下地形以及边坡进行改造并种植大型挺水植物-芦苇，建成生物格栅，既对引入处理系统的河水中的颗粒物、泥沙等进行拦截和沉降处理，又去除了水体中的氮、磷以及有机物。

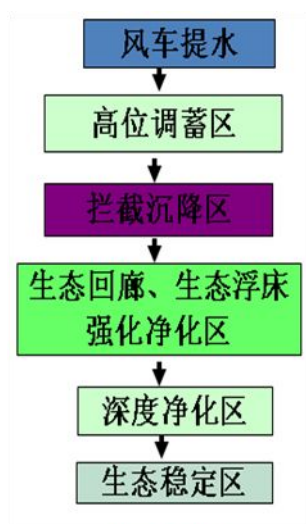
III、强化净化区：主要应用浮游植物强化净化技术、生态浮床强化净化技术、人工基质附着生物强化净化技术等生物-生态的方法在短时间内对水体氮、磷和有机物进行强化净化。

IV、深度净化区：利用自然湿地原理进行水体净化。自然湿地内不添加填料，种植芦苇作为湿地植物，主要依靠土壤吸附、植物吸收和颗粒物自然沉降对水质进行净化。湿地水流采取回廊式设计，使流经的水体与土壤和植物充分接触，增加土壤吸附能力和植物吸收的面积，延长水力停留时间，增强湿地的净化能力。

V、生态稳定区：通过在生态稳定区种植各种类型的水生植物，包括挺水植物、浮叶植物和沉水植物，并放养浮游植物食性的鱼类、蚌、螺，以期构建复杂稳定的生态系统，达到进一步削减水体污染物的目的。

VI、导流系统：导流系统主要由水体提升装置、溢流坝、导流坝和出水闸门组成。水力提升装置将河道内的富营养化水体提升至前置库净化系统内，经过溢流坝对水体流态进行调整后进入主体净化系统。导流坝的作用主要是延长水体在前置库库区内的停留时间。通过出水闸门控制系统内的水位高低和水体下泄。

前置库工艺流程见图。



前置库技术

前置库系统工艺流程图

三、关键技术

1、复合式生态回廊技术

2、天然能源驱动技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，授权1项发明专利，湖口区天然能源驱动的前置库系统（ZL 201010573769.4）；申请发明专利2项，“去除微污染河水氮磷的生态回廊及其建造方法（201010512758.5）”、“以渔控草的可移动式网箱处理氮磷污染水体”。

实际应用案例：

应用单位：常州市武进区西太湖生态休闲区管委会、常州市武进西太湖湖滨城建设投资有限公司

实际应用案例介绍。

在太湖西北部，夏溪河与扁担河汇合入太湖的湖口处，构建了前置库技术示范和工程示范。技术示范面积为100亩，蓄水量为50000m³，采用风车提水调蓄、人工复合生态回廊、前置库系统水力调配等前置库系统构建技术等。工程示范面积约为2.3km²，以拦截进入太湖的污染物，削减太湖污染负荷。经前置库示范工程处理后TN、TP、COD分别削减42.79%、37.96%、4.59%。

联系单位：常州市武进区西太湖生态休闲区管委会

联系人：凌光绪

电 话：13327896000

E-mail: lgx_70@sohu.com

地 址：江苏省常州市武进区延政西路西太湖常州西太湖科技产业园（武进经发区）管委会

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：环境保护部南京环境科学研究所

联系人：张毅敏

电 话：18951642953
E-mail: zym@nies.org
地 址：南京市玄武区蒋王庙街8号（210042）

2、有毒有害污染底泥环保疏浚技术

技术依托单位：中交上海航道勘察设计研究院有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：内河湖库污染底泥的疏浚

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过精确控制机械薄层矩形切削原位污染底泥，使污染底泥实现原状高浓度的疏挖，以达到高浓度、无二次污染或小二次污染风险的目的。整个过程实现全封闭，从定位、挖掘、提升、移位等全在水下近距离小范围内进行，实现基本无扰动或小扰动的目标。疏浚装置开体下放，挖掘，闭体，输泥，平移，再次开体下放，挖掘。装置整体伸入水下，通过两根泥浆提升管与高浓度泵送系统相接，实现即挖即提即输，可达到高浓度污染泥浆的快速输送。通过合理的机械结构设计，和对装置的控制，能够达到基本呈水平的挖掘面，整个装置防扩散效果较好，疏浚作业循环时间大幅缩短。同时突破规范和常规输送理论，可以 40%的高浓度将挖掘的污染底泥输送上岸，大大降低后续泥浆处理处置的难度。

二、工艺流程

工艺流程为“疏浚船舶定位—全封闭底泥疏挖—全封闭疏挖底泥水下提升—高浓度泥浆管道输送”。具体如下：

- 1、疏浚船舶到达指定区域，精确定位，设备就绪；
- 2、采用原状高浓度水平精确薄层疏挖装置对原位底泥进行精确水平薄层疏挖，整个疏挖过程实现水下全封闭；
- 3、采用原状土水下全封闭提升技术将装置疏挖的污染底泥提升至水面以上，通过管道与高浓度泥浆泵连接，整个过程实现水下全封闭，无泄漏；
- 4、利用高浓度泥浆泵进行管道输送，输送浓度可达40%，突破规范与常规输送理论的局限，将污染底泥输送上岸。

三、关键技术

1、原状高浓度薄层疏浚技术

针对原位的污染底泥进行原状高浓度精确水平薄层疏挖及全封闭提升的装置和技术，疏挖及输送过程全封闭，污染物低扰动；挖掘底泥保持原状浓度；疏挖切面可为矩形，可实现环保疏浚要求的薄层疏挖；结合污染底泥高浓度输送技术的研究，可实现疏挖后污染底泥高浓度管道封闭连续输泥；结合精确的船舶精确定位技术和疏浚机构精确定位和高运行精度，疏挖精度可达到厘米级，并配以研发的厘米级高精度浚后检测技术，可随时检测疏挖的效果，用以对环保疏浚工程进行有效评估。

2、高浓度管道输送技术

该技术突破规范和常规输送理论，推荐疏浚、输送细颗粒土质可达 40%高浓度，同时建立、率定验证了太湖底泥浆体输送的离心泵扬程特性和管路摩阻损失特性的经验公式，探讨了离心泵-管路系统用于输送太湖底泥浆体的最适宜输送密度，推介最适宜输送密度为 $1.25\sim 1.35\text{t/m}^3$ ，为太湖底泥环保疏浚输送系统的选择和设计计算提供了理论依据；

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

该技术在本课题的示范工程中进行了示范应用,且采用该技术的阿根廷马坦萨—里亚丘埃洛河污染土疏浚与处理工程方案得到阿方业主的采纳,推广应用价值明显。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司

联系人: 江帅

电 话: 13482428601

E-mail: jsycl0817@163.com

3、疏浚底泥快速脱水干化技术

技术依托单位: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司、上海交通大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 疏浚泥浆快速脱水干化

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对太湖疏浚底泥含水率高、颗粒粒径细的特点,研发了配合这两类药剂使用的混合和反应装置,形成了一种高效的疏浚底泥两段式混合反应脱水干化技术,该技术通过向疏浚底泥中投加复配的脱水剂和改良剂,通过泥水分离实现底泥脱水过程;通过混合单元的特殊结构,实现高效脱水剂、改良剂与疏浚底泥在混合单元中的充分混合,并在后续管道中流动反应后,进入底泥堆场中自然沉降,实现泥水分离和余水达标排放,达成快速脱水的目标,节约大量场地。

针对河湖疏浚底泥电负性高、颗粒粒径小、有机质含量高、脱水干化困难等特性,研发了疏浚底泥负压直排原位物理脱水干化技术,该技术利用负压直排技术直接将疏浚底泥中的水排出土体,实现快速脱水干化的目标,利用设置在疏浚底泥中的竖向排水通道,大大提高排水效率,加快脱水干化速度。处理后疏浚土含水量低,承载力较高,且对各类疏浚底泥的适用性较好。

针对干化方法占用大量土地资源,影响环保治理工程效果和投资的问题,集成除杂、分选、沉淀浓缩、泥水分离、以及余水处理等技术,形成了污染底泥疏浚干化一体化技术,经过污染底泥脱水干化系统处理后,环保疏浚泥浆中 99%以上的颗粒可实现与水体分离,形成含水率 35-45%左右的干泥,有效降低运输及堆放难度。同时,分离出水体经过余水处理达标排放。该技术适用于疏浚工程区缺乏底泥堆场的情况。

二、工艺流程

工艺流程为“疏浚泥浆—两段式管道混合反应—负压直排”以及“泥浚泥浆—除杂—分选—泥水分离—余水处理或干化处置”。具体如下:

1、向疏浚底泥中投加复配的脱水剂和改良剂,通过泥水分离实现底泥脱水过程;

2、通过混合单元的特殊结构,实现高效脱水剂、改良剂与疏浚底泥在混合单元中的充分混合,并在后续管道中流动反应后,进入底泥堆场中自然沉降,实现泥水分离和余水达标排放;

3、待最后一次表层沉淀余水排除后,在堆泥堆场中实施负压直排。即每隔一段距离在堆场中扦插排水板,并将每排排水板的顶部通过排水管连接至真空泵;启动真空泵,将堆场内部的水分通过排水板、排水管排出堆场,经过约3个月运行后,底泥堆场整体承载力达到

30kPa以上。

4、污染底泥疏浚干化一体化技术，污染泥浆通过除杂系统，杂质去除率达98%，再进分选系统，去除0.075mm以上粒径颗粒，底流通过泥水分离系统，将固体颗粒和液体分离，干泥经输送机运送至装车点或堆场，余水经管道流向余水处理系统，经进一步处理，余水可达标排放。

三、关键技术

1、污染底泥疏浚干化一体化技术

针对干化方法占用大量土地资源，影响环保治理工程效果和投资的问题，集成除杂、分选、沉淀浓缩、泥水分离、以及余水处理等技术，形成了污染底泥疏浚干化一体化技术，具有主要设备占地面积小、系统自动化程度高、工程适应性强、可连续运转且具开放性等特点。经过污染底泥脱水干化系统处理后，环保疏浚泥浆中99%以上的颗粒可实现与水体分离，形成含水率35-45%左右的干泥，有效降低运输及堆放难度。同时，分离出水体经过余水处理达标排放。该技术适用于疏浚工程区缺乏底泥堆场的情况。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

该技术在本课题的示范工程中进行了示范应用，同时在课题承担单位承接的武汉官桥湖污染底泥疏浚工程中得以推广应用，形成产值约5600万，并且在随后中标的龙阳湖污染底泥疏浚与处理处置工程确定用该技术进行底泥脱水干化处理，预计形成产值2300万，另外以该技术为主的阿根廷马坦萨—里亚丘埃洛河污染土疏浚与处理工程方案得到阿方业主的采纳，推广应用价值显著。

联系单位：上海航道工程总承包有限责任公司

联系人：徐高宗

电 话：13004137586

E-mail:

地址：上海市浦东新区浦东大道850号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中交上海航道勘察设计院有限公司

联系人：江帅

电 话：13482428601

E-mail: jsycl0817@163.com

4、复合型污染河道水体强化生物接触氧化-多级人工湿地组合处理技术

技术依托单位：同济大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：平原河网地区的农业面源污染物的拦截净化

主要技术指标和参数:

一、基本原理

通过新型模块化生物接触氧化-生态滤池组合工艺、农村生态沟渠往复式植物栅格系统

和密植型生态浮床等技术的集成与优化，因地制宜，利用河边滩等荒弃地，采用异位和原位双重净化方式，在入河之前对污染物进行生态拦截与深度净化，最终实现入河污染物负荷的有效削减，为水体水功能稳定达标和饮用水水质安全提供保障。

二、工艺流程

- 1、沟渠来水首先经过格网过滤，去除水中较大的悬浮物。
- 2、格栅出水流至生态填料接触氧化渠进行预处理，氧化渠内放置纤维生态草填料，并对水体进行曝气，以保证处理效果。
- 3、出水流入多级生态滤池系统，利用基质-微生物-植物的共同作用对河水进行净化。
- 4、在通过在河道里构建密植型高效生态浮岛和强化净化型生态湿地，以实现入河污染物的原位净化。

三、关键技术

- 1、模块化生物接触氧化-生态滤池地组合工艺
- 2、农村生态沟渠往复式植物栅格系统
- 3、密植型生态浮床构建技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：杭州市余杭区、浙江海宁实康水务有限公司

实际应用案例介绍

目前该项技术已成功应用到北苕溪入河污染物截留与消纳净化示范工程和余杭区北湖水源地水质生态保障示范工程，并将取得较好的水质净化效果，区域农村污染物系统削减技术示范工程的COD_{Cr}、TN、TP和NH₃-N去除率分别达到57.5%、73.8%、75.8%和59.0%。并将本课题所研发的微污染水体生物接触氧化-复合流人工湿地强化截留与净化技术作为方案的核心技术，用来净化海宁自来水厂原水生态净化工程。

联系单位：同济大学

联系人：张海平

电 话：13818862380

邮 箱：hpzhang@tongji.edu.cn

地 址：上海市杨浦区四平路1239号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：同济大学

联系人：张海平

电 话：13818862380

邮 箱：hpzhang@tongji.edu.cn

地 址：上海市杨浦区四平路1239号

5、“稳定塘—湿地”尾水生态净化技术

技术依托单位：浙江大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：污水厂尾水N/P深度净化

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本技术针对污水处理厂排放的尾水氮磷等营养物质含量高,对纳污水体富营养化贡献大的问题,研究开发“稳定塘—湿地”生态净化技术。开展高效植物生态系统脱氮除磷技术研究,筛选适宜当地条件的高效生物组合,开展生态塘植物浮岛技术、高效植物与水体中微生物对污染物的协同作用规律、复合垂直流人工湿地等技术的研究,开展“稳定塘—湿地”生态系统的运行模式技术研究,攻克“稳定塘—湿地”生态系统协调与控制技术、系统中污染物迁移转化过程控制技术,优化“稳定塘—湿地”生态系统的运行条件,研究净化尾水的利用模式,并进行高效植物生态治工程经济效益分析,提升污水处理厂尾水出水水质。

二、工艺流程

本技术为物理—生物脱毒技术、陆生植物浮岛技术、表面流生态湿地技术和潜流湿地技术的高度集成,形成了成套的生态工程技术体系,可有效去除污水处理厂尾水中的氮、磷浓度,并符合相关水质标准。该技术工艺采用强化的自然净化原理,以重力流为驱动力,不使用化学试剂,是属于环境友好型的环保技术。

1) 强化微生物膜净化系统

在城市污水出水口下游,管道连接,自流进入附着生长复合漂浮植物稳定塘兼沉淀池。活性污泥处理尾水经二沉池出水,尚残留数1-10 mm的生物絮体和未被凝聚的胶体颗粒和难以快速降解有机物质,通过载体和附着型微生物膜吸附有机物质,增加滞留分解时间,促进BOD、COD的进一步降解。上覆漂浮植物吸收尾水中的N、P等植物营养物质并经过同化作用,合成植物体;重金属、难分解有机物也经植物提取,积累到植物中,通过定期移除植物带出污染物质,同时植物根系也是微生物附着的特殊载体,根系分泌的酶促进污染物降解。尾水中携带的 $\text{NH}_3\text{-N}$,小部分在微曝气中向空气中挥发,大部分通过强化附着硝化菌群氧化转变成 $\text{NO}_3\text{-N}$,便于后续反硝化脱氮。经过生物膜接触氧化和水生植物的共同作用,残留污泥变得易于凝聚沉降,在稳定塘中沉积,定时排出。磷也通过好氧、缺氧、聚磷菌固定,部分经沉淀污泥输出。

2) 有害物质高效去除系统

运用滤料吸附及超积累特异植物萃取技术,对上一级系统来水中的重金属及有毒有机物,进行二次重点去除。该系统也建有二组并联双池串联的吸附性滤床,吸附重金属、有毒难分解合成有机物及部分营养盐,形成高浓度的区域,通过不同的特异超积累植物,吸收移除植物残体达到脱毒的目的。

3) 营养物质集约式植物资源化系统

建设多级串联运行池塘,种植大型牧草、花卉快速大量吸收氮、磷等营养物质,转化合成植物体;种植对氮有较高转移能力的陆生牧草通过其根系吸收营养物质及根系上微生物吸附分解有机质,达到去除氮、磷等富营养物质目的;运用水培陆生蔬菜,通过其根系吸收营养物质,实现系统资源化利用。

4) 高效自净水生态系统

通过植物茎杆、根区营养膜降解,水质深度澄清,残存 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 基本转化去除。通过微生物吸附分解有机物质、特异水生植物吸收转化营养物质以及水生动物生命活动等共同作用,建立具有自我净化能力的生态系统,以达到再次去除氮、磷及微量持久性有毒物质的目的。使污水还原成类似地表水,具有较好的安全性。

5) 植物生态滤地系统

运用人工湿地技术,由砾石、沙、植物、微生物组成的滤池,滤除吸附植物碎屑、藻类等,去除SS、氮磷及微量有毒有害物质。

三、关键技术

1、植草镶嵌技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 临安城市污水处理有限公司

实际应用案例介绍

“稳定塘—湿地”尾水生态净化技术已在临安市城市污水处理有限公司的尾水深度净化中得以推广应用, 当前已完成3300t/d的城市污水处理厂尾水“稳定塘—湿地”示范工程的建设。该示范工程为物理—生物脱毒技术、陆生植物浮岛技术、表面流生态湿地技术和潜流湿地技术的高度集成, 形成了成套的生态工程技术体系, 可有效去除污水处理厂尾水中的氮、磷浓度, 并符合相关水质标准。经过该生态工程的处理, 污水处理厂尾水中的COD、NH₃-N、TP的去除率分别为49%、57%、42%, 并为十二五建设6万t/d城市污水处理厂尾水高效植物生态治理示范区提供了详细的运行参数和示范效果。

联系单位: 浙江大学

联系人: 陈红

电 话: 0571-88982028

E-mail: chen_hong@zju.edu.cn

地 址: 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 浙江大学

联系人: 陈红

电 话: 0571-88982028

E-mail: chen_hong@zju.edu.cn

地 址: 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

6、湖滨区污染控制成套技术

技术依托单位: 中国环境科学研究院, 东南大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 针对以农业面源、农村村落污染为主的湖滨区面源控制及生态修复。

主要技术指标和参数:

缓冲带村落生活污水的生物生态耦合处理技术中厌氧池、跌水充氧接触氧化池的水力停留时间分别为 30h、1h; 水生蔬菜型人工湿地水力负荷为 $0.33\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。“地下蓄水池+边坡漫流型人工湿地或水生蔬菜型人工湿地”, 设计降雨强度重现期一年, 地面集水时间 15min。最佳运行参数为水力负荷为 $0.01\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、湿地填料为煤渣、坡度为 100、运行间隔天数为 3d。边坡漫流湿地的坡度范围为 $5^\circ\sim 10^\circ$ 。生态净化塘有效容积约 500m^3 , 能一次性容纳五年最大降雨重现期的 15min 初雨地表径流。对于打捞藻类腐解后再利用技术, 2 座打捞池的腐解藻类可灌溉经济林面积 50 亩。

一、基本原理

针对湖滨区内存在的典型污染源, 如自然村落、高产蔬菜地、稻麦轮种田、废弃水产养殖场、和人工经济林或园林, 采用污染净化型农业与生态净化再生利用技术为核心的污染控制技术, 包括湖滨区村落多源污染生物生态耦合控制技术、湖滨区高产蔬菜地流失氮磷的多级屏障拦截与逐次削减技术、湖滨区高产蔬菜地流失氮磷梯级利用的水生蔬菜湿地技术、湖滨区水产养殖污染零排放的污染控制技术、湖滨区人工经济林与园林径流污染控制技术。以上技术的有机组合可以因地制宜地改造村落、农田排水沟, 利用生态拦截沟自动收

集村落、农田的高浓度暴雨初期地表径流进入各类处理单元，通过收集、拦截、储存、净化达到多级屏障拦截与逐次削减流失氮磷负荷的目的。

二、工艺设计

根据湖滨区主要的污染类型，将工艺布置分解为：湖滨区农村多源污染控制区-湖滨蔬菜种植污染控制区-湖滨区水产养殖污染控制区-湖滨区人工经济林与园林径流污染控制区。主要工艺构成图。

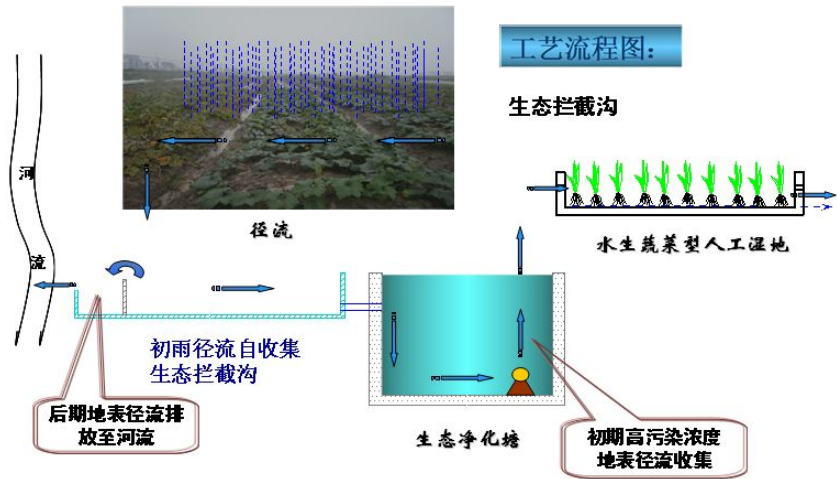
具体分解如下：

- (1) 湖滨区村落多源污染生物生态耦合控制技术；
- (2) 湖滨区高产蔬菜地流失氮磷的拦截与利用技术；
- (3) 湖滨区水产养殖污染零排放的污染控制技术；
- (4) 湖滨区人工经济林与园林径流污染控制技术。

三、关键技术

初期暴雨高浓度地表径流收集处理技术

初期暴雨径流携带的农田面源污染是非雨期的 5-20 倍不等，因此控制初期暴雨径流污染是解决农田面源污染的重要环节；而初期暴雨径流与非暴雨径流的无选择性接纳是现存治理技术中急待解决的问题。本技术首次突破了地表径流收集技术的无区分性弱点，设计了一套完备装置，可以自动选择搜集初期高浓度地表径流，而将非雨期极低浓度的来水自动溢流，大大节约了处理成本，减少能耗。本技术的特点是高效、低成本、低能耗、低维护，具有较大的实用价值。该项关键技术成功应用在以下 2 个技术示范中：高产蔬菜地流失氮磷的梯级利用与生态拦截削减技术示范、稻麦轮种型农田流失氮磷梯级利用与生态拦截削减技术示范。该项关键技术已经申请发明专利 2 项：一种自动收集处理河网区村落初期雨水的装置，实用新型专利 201120295061.7；收集处理河网区村落初期雨水的装置和方法 201110232761.6。



初期暴雨高浓度地表径流收集处理技术示意图

实际应用案例

应用单位：宜兴市周铁镇人民政府 宜兴市农林局

实际应用案例介绍：本技术在周铁镇进行了工程示范，其中，湖滨区村落多源污染生物生态耦合控制技术示范区集水面积 1800m²。村落生活污水的生物生态耦合处理技术：厌氧池、跌水充氧接触氧化池的水力停留时间分别为 30h、1h；水生蔬菜型人工湿地水力负荷为

0.33m³/(m²•d)。出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标准；村落初期雨水径流的收集净化技术出水水质 TN、TP 削减 50%以上。湖滨区高产蔬菜地流失氮磷的拦截与利用技术示范区总面积约 1500m²，处理对象为湖滨区内约 30000m²的高产蔬菜地初期雨水径流流失的氮磷，最大日处理能力 54 吨。因地制宜改造菜地旁边的排水沟为生态拦截沟，使其中的植物初步拦截高产蔬菜地初期雨水径流中颗粒态污染物；利用附近的池塘进行调蓄，强化其生态净化功能，进一步拦截、削减径流中的氮磷负荷；构建水生蔬菜型人工湿地约 150m²，运用具有经济效益的水生蔬菜作为湿地植物，构建可持续的多级拦截系统。工程内容包括建设生态拦截沟、生态净化塘、水生蔬菜型人工湿地、泵房、计量槽。示范工程的监测结果表明，本技术可以对初期雨水径流携带的 TN、TP 削减 50%以上；湿地夏季种植空心菜，每次收割约 3 千克/平方米，冬季种植水芹菜，每次收割约 4 千克/平方米，除去运行维护成本，还能取得一定的经济效益，能够保证本工程的长效运行，以及发挥可持续生态效益。湖滨区水产养殖污染零排放的污染控制技术，示范区的南北塘示范工程占 1500m²，削减约 40 亩的稻麦轮种地径流流失的氮磷。该地区稻麦轮作田径流流失总氮平均浓度在 10.86-14.09mg/L，总磷平均浓度在 1.52-1.85mg/L，多生境生态塘的氮磷拦截效率平均达到 50%以上。其中组合生态浮床上层夏秋季种植空心菜，冬季种植水芹菜，种植面积约 100m²，具有一定的经济效益。多生境生态塘周围的生态护坡种植菖蒲等水生植物，增添了美化环境的自然景观。湖滨区人工经济林与园林径流污染控制技术的示范工程占地面积约 900 m²，包括太湖蓝藻腐熟池 2 座，泵房 1 间；陈藻灌溉经济林面积达 50 亩。

联系单位：宜兴市农林局

联系人：徐永辉

电 话：0510-87951009

E-mail: 564493940@qq.com

地 址：江苏省无锡市宜兴市东山西路 62 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院，东南大学

联系人：叶春，吕锡武

电 话：010-84915191

E-mail: yechbj@163.com

地 址：北京市朝阳区北苑路大羊坊 8 号

7、湖滨-缓冲带生态建设成套技术

技术依托单位：中国环境科学研究院、上海市农业科学院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：建有大堤的湖滨带及建设了湖泊防护林（功能区）和连带部分较高强度农田种植的湖滨-缓冲带区域。

主要技术指标和参数：

缓冲带农业生产区短流径入河农田尾水强化拦截湿地面积占总汇流面积的 1~2%，湿地长宽比限定在 3:1~5:1；缓冲带防护隔离区林下低生物量草坪品种应选择耐阴性好、株形低矮、便于维护应选择耐阴性好、株形低矮、便于维护、季节更替不明显的常绿草本植物，亩播种量一般为 1.5~2kg，建植第一年需适度修剪，林下地表径流收集净化系统包括林下径流收集沟、生态蓄滞池、边界缓冲湿地、生态调节塘，林下径流收集沟设计长度为

300~400m/1000m²，边界缓冲湿地应根据收集区域多点进水，湿地内植物以挺水植物种植为主，种植面积占湿地面积的 20%左右；生态调节塘以恢复挺水植物和沉水植物为主，水力停留时间不少于 2d；堤岸型湖滨带水生植物倒置式配置适用范围为 80~120m（堤岸到湖体）；外围挺水植物带恢复宽度 8~10m；恢复区内部挺水、浮叶、沉水植物修复面积占总水面面积的比例以 10~15%、20~25%、10~15%为宜。

一、基本原理

湖滨-缓冲带生态建设成套技术是根据湖泊陆域到水域，划定缓冲带农业生产区-缓冲带防护隔离区-湖滨带的空间布局，结合各区域现状及问题，分别采用适宜的技术体系，包括缓冲带农业生产区短流径入河农田尾水强化拦截净化技术、缓冲带防护隔离区林下低生物量草坪建植与径流拦截净化技术、堤岸型湖滨带水生植物倒置式配置技术。最终形成地域空间上有机衔接、生态结构上合理延续，污染迁移上有效缓冲的生态屏障。

二、工艺设计

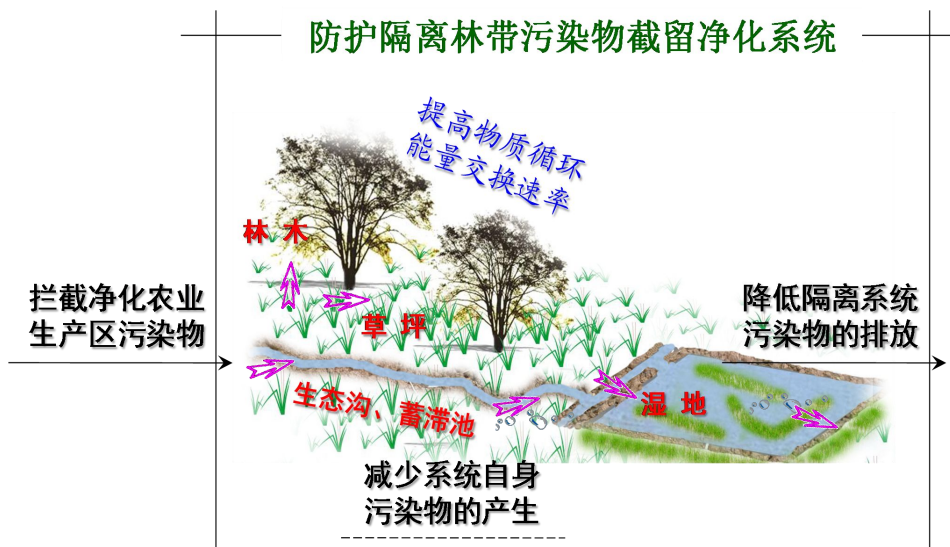
依据区域功能划分，本技术基本工艺为：农田尾水污染物拦截净化（缓冲带农业生产区）-林下低生物量草坪建植与径流蓄滞净化（缓冲带防护隔离区）-堤岸湖滨植物倒置式配置（堤岸型湖滨带），具体分解如下：

- （1）缓冲带农业生产区除对普通农田排水沟渠进行生态化改造外，对短流径入河农田尾水根据地势建设强化净化湿地；
- （2）根据现有地形和现状，采用不同方式（明渠或涵管）连通缓冲带农业生产区和防护隔离区，使农业生产区径流进入防护隔离区进行进一步净化，实现缓冲的目的；
- （3）缓冲带防护隔离区建植低生物量草坪，草坪品种依据耐阴、本地种等基本原则；
- （4）在建植低生物量草坪的基础上，构建林下地表径流收集与净化系统，包括径流收集沟、径流蓄滞池、边界缓冲湿地及生态调节塘等；
- （5）根据堤岸型湖滨带的特点，采用倒置式的水生植物配置方式，辅以潜堤消浪等技术，为区域内整体水生植物恢复和演替创造适宜的条件。

三、关键技术

（1）缓冲带防护隔离区林下低生物量草坪建植与径流拦截净化技术

该关键以降低林地系统自身污染物发生量为突破点，结合径流污染拦截与生态净化技术，在强化高效拦截与持续净化上游污染物排入的基础上，实现防护隔离林带缓冲、调节等生态功能提升的目的。本技术有 2 个子技术构成，分别是隔离林带生态草坪建设技术、地表径流系统重建与生态净化技术。该项关键技术首次关注林草系统自然衰败过程中的二次污染问题；突破了现存防护林自身的二次污染问题：采用低产污的生态草坪构建湖滨缓冲带防护隔离林带，同时设置污染物截留净化系统；使防护林带自身污染最小化。

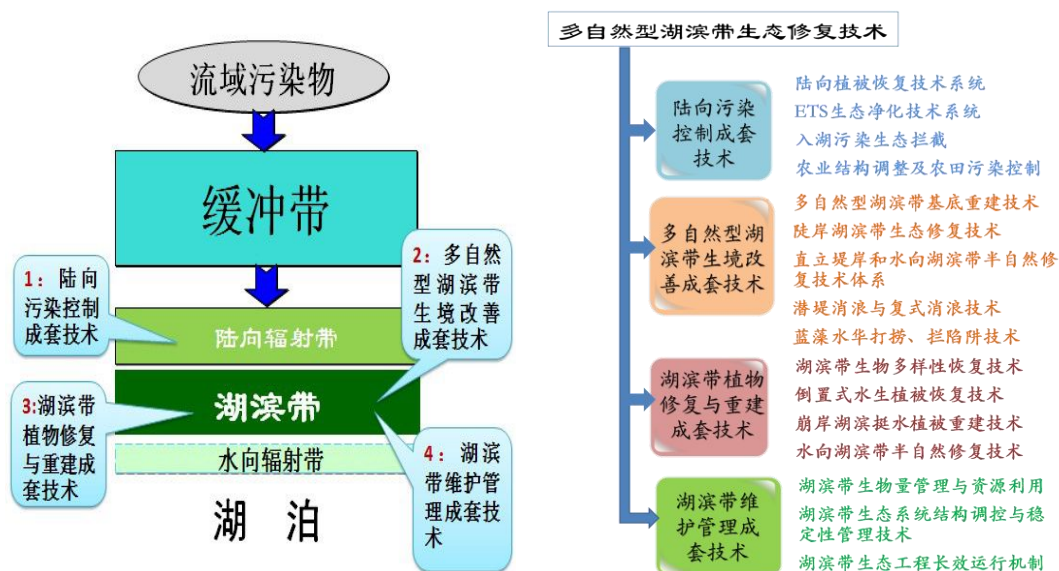


防护隔离林带污染物截留净化技术示意图

经跟踪研究，与非示范区比较，技术系统自身污染物输出大幅降低，减少径流产生量，高效拦截、净化农业生产区的输入污染，维护成本低。主要污染物削减率为：TN 92.4%、TP 92.8%、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 61.5%、 COD_{Mn} 50.7%。

(2) 多自然型湖滨带修复成套技术

根据我国湖泊湖滨带的生态环境特点及存在的问题，在问题诊断和驱动因子分析的基础上，分类集成研究了“多自然型湖滨带生态修复成套技术”，形成了解决大堤建设、强风浪侵蚀、陡岸、崩岸、藻类堆积等问题的湖滨带生态修复成套技术体系，主要内容包括：陆向污染控制技术、多自然型湖滨带生境改善技术；湖滨带植物修复与重建技术；湖滨带维护管理技术。



湖滨带生态修复技术体系构成图

实际应用案例

应用单位：宜兴市周铁镇人民政府 宜兴市农林局

实际应用案例介绍：本技术在宜兴市周铁镇进行了工程示范，其中，缓冲带农业生产区

生态建设涉及面积为 135 亩，包括区内部分排水沟渠的生态化改造工程（1100m）、区内河道生态建设工程（1070m）、短流径入河农田尾水强化净化湿地工程（2 处，总面积 112m²，汇流面积约 10.5 亩），示范工程效果表明，湿地对总氮处理效率达到 40%以上，总磷处理效率 30%以上，河段修复实施前后：NH₃-N 下降比例平均为 60.3%，TP 为 62.1%，陆水间生态得到衔接与优化；缓冲带防护隔离区建设面积 46 亩，其中低生物量草坪建植约 30 亩，品种为白三叶、马蹄金和红花酢浆草，林下地表径流收集沟 1800m，边界缓冲湿地 1500m²，生态调节塘 7900m²，示范工程效果表明，低生物量草坪的建植有效促进了林木生长，草坪枯落物由野生的年 700g/m²，降低至 100 g/m²，工程实施显著提高了缓冲带防护隔离区对上游来水中污染物的拦截净化能力，TN、TP、NH₃-N 的削减率分别达到了 92.4%、92.8%、61.5%，生态调节塘中的水质指标显著降低，生态环境条件得到极大改善；湖滨带水生植物修复水域面积 16000m²（长 150m，宽 110m），建设潜堤消浪带（土工管）186m，导藻沟 120m，宽度平均 10m，基底修复面积约 9000m²（缓坡等），挺水植物修复面积 5000m²（芦苇），浮叶植物修复面积 2000m²（睡莲、荇菜），沉水植物修复面积 1000m²（苦草、马来眼子菜、黑藻），示范工程效果表明，区域内水体 TN 由示范前的平均 5.12 mg/L，降低至示范后的平均 4.77 mg/L，降低比例平均为 6.8%；NH₃-N 则由示范前的平均 2.09 mg/L 降低至平均 0.72 mg/L，降低比例平均为 65.6%，而 TP 波动较大，水生植物恢复良好，一年的运行结果看，除紧靠大堤的一片芦苇未恢复起来外，其余均长势良好，其中芦苇密度由最初种植时的平均 13 株/m² 增加至平均 47 株/m²。

联系单位：宜兴市农林局

联系人：徐永辉

电 话：0510-87951009

E-mail: 564493940@qq.com

地 址：江苏省无锡市宜兴市东山西路 62 号

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：中国环境科学研究院，上海市农业科学院

联系人：叶春，邹国燕

电 话：010-84915191

E-mail: yechbj@163.com

地 址：北京市朝阳区北苑路大羊坊 8 号

8、一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船技术

技术依托单位：中国船舶重工集团公司第702所、东南大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：大规模蓝藻暴发的富营养化湖泊湖面蓝藻机械化打捞、现场减容，能够连续作业
主要技术指标和参数：

一、基本原理

首先通过采集装置对富藻水进行采集，藻水从进藻管路进入反应池，与藻水一起进入混合后输进PAC与藻水混合箱混合。与此同时，开启PAM与铁粉的加药泵，输进反应池与藻水混合。混合后的藻水由反应池底部的管路流入藻水分离池。启动磁盘组的电机带动磁盘缓缓转动，即可以将藻水槽内带磁性的藻团吸附，通过铲藻条相切，藻泥刮下后，流进藻泥收集箱。而通过磁盘吸附后的水，通过溢流口流向清水输出管路，直接排放湖中。

二、工艺流程

一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船一次性将富藻水含水率降到90%以下，以简洁高效的一级分离技术代替传统的气浮加离心或气浮加压滤两级组合工艺。具有设备效率高、体积小，适合船载的特点，这一技术的应用还有效避免了由于船体晃动对气浮效率的影响。

三、关键技术

- 1、蓝藻高效磁分离及浓缩脱水技术；
- 2、浅吃水船型技术；
- 3、表层藻水高浓度采集技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发与优化集成。

实际应用案例：

应用单位：无锡市蓝藻治理办公室

实际应用案例介绍。一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船，应用于太湖水华蓝藻机械化打捞，处理能力大于30m³/h；机械除藻后的水体中藻类密度减少达90%以上，可一次性将富藻水含水率降到90%以下，其效果显著优于传统气浮（含水率95%），介于气浮与离心脱水（含水率85%）之间。

联系单位：无锡市蓝藻治理办公室

联系人：匡民

电 话：0510-80109259

E-mail: wxslizb@163.com

地 址：无锡市永乐路89 号水利大厦

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国船舶重工集团公司第七〇二研究所

联系人：倪其军

电 话：13952461545

E-mail: nqj003@sina.com

地 址：无锡市滨湖区山水东路222 号

9、富藻水腐熟水解—厌氧—缺氧好氧氧化—生态处理技术

技术依托单位：东南大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于从富营养化湖泊打捞上来的蓝藻(富藻水)的处理与利用

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本技术系统首先对富藻水进行腐熟水解，经腐熟水解后的富藻水经高效厌氧反应器厌氧消化去除大部分有机物并产生沼气能源；经厌氧消化后的沼液则进行缺氧好氧氧化生物处理，去除有机物及部分氮磷营养盐；由于沼液含氮磷元素较高，生物处理出水中氮磷浓度依然较高，难以达标排放，因而采用水生蔬菜人工湿地去除氮磷营养元素并对其进行资源化利用。

与现有的藻水分离、厌氧发酵以及腐熟灌溉等单一技术相比，本技术在处理富藻水时能够实现藻水中有有机生物物质的沼气转化、氮磷农业资源化利用、处理后尾水达标排放以及经济作物产出等多重目标，可有效解决湖泊大规模蓝藻水华的处理处置难题；另外，沼气以及水

生蔬菜的收益可补偿蓝藻处理的费用,进一步降低蓝藻处理的成本,环境效益与经济效益更为显著,因而具有很好的推广价值。

二、工艺流程

工艺流程为“富藻水腐熟水解—厌氧—缺氧好氧氧化—生态处理”。具体如下:

- 1、首先对富藻水进行自然腐熟水解;
- 2、采用高效集成二级厌氧反应器对腐熟后的富藻水进行厌氧消化,沼气可用于发电,或用作燃料;
- 3、经厌氧消化后的沼液进行缺氧好氧氧化生物处理,去除有机物及部分氮磷营养盐;
- 4、生物处理出水进入水生蔬菜型人工湿地,一方面进一步去除有机物和氮磷营养盐,另一方面实现氮磷的资源化利用,收获蔬菜。

三、关键技术

- 1、富藻水腐熟及高效二级厌氧发酵技术;
- 2、生物处理出水中氮磷资源化利用技术。

实际应用案例:

应用单位:宜兴市新庄街道

实际应用案例介绍:

技术示范位于宜兴市周铁镇符渎港口,利用富藻水腐熟水解—集成式高效厌氧反应器—缺氧好氧生物接触氧化池—水生蔬菜人工湿地组合技术,对陈藻进行处理,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002)》一级A标准,可以用于灌溉或排入自然水体中。系统COD、TP和TN去除率分别达到98%、90%和85%以上,出水达到国家一级A排放标准;厌氧阶段产沼气量约2.85L/kgCOD,水生蔬菜人工湿地夏季空心菜的产量约为1700kg/(月·亩)。组合技术实现了富藻水中的有机物产沼、氮磷农业资源化利用,处理后尾水达标排放的目标。

联系单位:宜兴市新庄街道

联系人:史明华

电 话:0510-87565529

E-mail:757131441@qq.com

地 址:宜兴市新庄街道震泽路

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:东南大学

联系人:吕锡武

电 话:13914753816

E-mail:xiwulu@seu.edu.cn

地 址:南京市四牌楼2号,东南大学能源与环境学院

10、大型仿生式水面蓝藻清除技术与设备

技术依托单位:中科院南京地理与湖泊研究所

技术发展阶段:推广应用

适用范围:可在水华蓝藻易堆积需要清除、但是又必须绝对避免二次污染的湖泊饮用水水源地区域推广使用。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

仿照鲢鱼滤食浮游生物的原理,研制出以“鳃式过滤器”为核心技术(ZL200910031268.0)的“大型仿生式水面蓝藻清除设备”(ZL200910026679.0)。

二、工艺流程

技术工艺:抽吸富藻水(1000m³/h)→仿生式鳃式过滤器→浓缩富藻水→摇振浓缩→藻泥→收集→运输。

操纵工艺:接受蓝藻水华发生预报→达到蓝藻打捞现场→清除蓝藻→收集→运输→无害化处理。

主要技术经济指标:

- (1) 吃水深度 0.3 米, 适合浅水湖泊水源地沿岸带的浅水区域蓝藻的高效打捞与清除;
- (2) 搭载 10m 宽幅分离铲, 作业幅宽 10m;
- (3) 1000m³/h 汲藻泵管系统, 达到 1000m³/h 的流量精确分离、汲取、过滤处理清除随风漂移的表层富藻水;
- (4) 5×4KW 电推进器组、中控驾驶系统, 最大航速 5km/h;
- (5) 12m² 叠层式摇振浓缩筛、50KW 发电机组;
- (6) 最大浓缩比 50:1, 可见藻群体滤除达 100%;
- (7) 每立方米富藻水的处理成本为 0.03-0.05 元。

三、关键技术

鳃式过滤器技术

大型仿生式水面蓝藻清除设备技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

五、技术的创新点、优势及适用性

创新点:

湖泊富营养化引起的蓝藻灾害导致了除藻技术的迫切社会需求,从人工打捞沿岸带堆集的蓝藻层开始,为提高效率和降低劳动强度而研发了各种“吸藻装置”;为打捞远离湖岸的水面蓝藻堆集层,又研发了具备过滤、浓缩功能的蓝藻收集船;为富集清除湖面上稀疏散布漂移的蓝藻,将拦挡-导流-富集措施(围隔)和陆上蓝藻收集站相结合;为了清除水体中悬浮的蓝藻,将气浮分离技术搬进了船舱或者湖面。可以说技术应有尽有,为湖泊蓝藻灾害控制发挥了重要作用。

优势:

(1) 解决了富含蓝藻表水层高效分离汲取问题

在微风条件下(风速<4m/s),蓝藻会在水表层富集,富集水层厚度与蓝藻积累量和风力扰动强度有关,一般在 5cm 以内,遇到风浪扰动或船只行进波扰动时就会扩散,如何在行进作业状态下高效分离汲取富含蓝藻的表水层,这是一大技术难点。大型仿生式水面蓝藻清除设备从载体平台结构、分离铲结构、集藻泵管系统结构及其与分离铲的吻合等方面综合考虑,已经解决了这一技术问题。

(2) 解决了大流量藻水分离问题

如果采用传统的“振动斜筛”或“带筛机”,在总面积 120 m² 的载体平台上要实现流量达 1000m³/h 的藻水分离是根本不可能的。本项目仿照鲢鱼高效滤食浮游生物原理,研发了鳃式过滤技术,在 50m² 的载体平台空间上集约了 600 m² 的过滤面积,圆满解决了大流量藻水分离问题。

(3) 解决了大量藻浆的储运问题

大型仿生式水面蓝藻收集设备每小时可收集处理富含蓝藻湖水 1000 m³,蓝藻丰富时藻

浆产量可达 50 m³，自身仅有 3 m³ 的藻浆缓存能力，解决大量藻浆的储运问题是保障其连续作业的关键。如果像联合收割机那样由其它运输船只承接运输藻浆，不仅运输费用昂贵，还将大大降低蓝藻收集设备的自由度和工作效率。为解决这一问题，我们仍然仿照鲢鱼排便的原理，袋装藻浆，漂浮拖运，实现无限量存储并降低运输成本，确保蓝藻收集设备的独立、连续、高效作业。

实际应用案例：

应用单位：中科院南京地理与湖泊研究所

实际应用案例介绍。

该技术在课题开展期间运用于巢湖水源保护区蓝藻水华清除，保证了原巢湖市饮用水供水安全及当地正常的工农业产生。

2010 年 6 月中旬持续西南风导致水华蓝藻向东漂移，在集中式水源保护区内大量蓝藻水华堆积，臭味难闻；7 月 4 日部分自来水厂出水异味，一度停水 4 小时，引起群众恐慌；应地方政府要求，项目组实施湖泊水源地蓝藻监测预警，并应用研制的大型仿生式蓝藻清除设备，每小时 1000 立方米水，过滤水体中高密度蓝藻，保证每天 4 万吨取水安全，及时化解了供水危机，保障了水源地水质的安全，维护了社会稳定，得到地方政府肯定。

大型仿生式水面蓝藻清除设备具有很好的产业化前景，可在水华蓝藻易堆积需要清除、但是又必须绝对避免二次污染的湖泊饮用水水源地区域推广使用。该设备代表“水专项”作为重大科技成果，参加了“十一五”国家重大科技成就展、“十一五”环保成就展暨十二届中国国际环保展，并在太湖流域的湖泊、云南高原湖泊和天津于桥水库等得到推广应用。目前该设备已经进驻南京市省级科技产业园区，实现产业化了。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中科院南京地理与湖泊研究所

联系人：李文朝

电 话：025-86882100

E-mail: wchli@niglas.ac.cn

地 址：江苏省南京市北京东路 73#

11、可隐没式智能蓝藻拦截与导流技术

技术依托单位：中科院南京地理与湖泊研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：在微风（< 3 m/s）漂移进入的蓝藻是引起巢湖市水源保护区内蓝藻集聚和危及正常供水的主要原因，因而在水源保护区西侧边界设智能蓝藻防线，拦挡、导流、富集来自大湖面的蓝藻，另外也适用于应对偶发性的水华蓝藻和污染水团入侵。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

在“全封闭式柔性深水围隔（ZL200710024370.9）”基础上，研发了可隐没式围隔技术。采用充气式柔性连续棒状浮体和比重大于水的材料，通过程序控制的充气和放气实现快速浮现-隔离和隐匿-连同，可以在几分钟内浮现于水面，用于组建长度数千米的智能蓝藻防线，以拦挡、富集、导流随微风漂移的蓝藻。排出浮体中的空气可以使围隔迅速隐伏于水底，便于水流交换和躲避风浪。

二、工艺流程

工艺路线：蓝藻水华预测预警→对隐伏于水底的围隔进行充气→可隐没式围隔上浮→拦

截、导流蓝藻等污染物→当蓝藻水华漂移离开→抽气，围隔下沉→结束任务。

主体结构：蓝藻防线主体采用可隐没式智能柔性围隔，墙布宽度 2.6m，上端安装φ150 带状充气浮体，下端设纲绳，与布设在湖底的锚固网络系统扣接。

以湖底纵向锚链为固定蓝藻防线设施的大纲，南端套在钢管桩上，北端通过钢管桩上贴近湖底的定滑轮和绞车张紧，以夹具固定在钢管桩水面以上。围隔上、下纲绳两端以滑块-滑轨松弛固定在钢管桩上，由缆绳向上牵拉固定，随着水位变化调整固定高度。北端上纲绳在启动充气前应拉出水面。

主要技术经济指标：

控制动力 1.5 千瓦，浮现速度 2m/s，在水深 3m 以内条件下每千米建设投资 60-80 万元，使用寿命 10 年以上。

三、关键技术

可隐没式智能柔性围隔快速浮现-隔离和隐匿技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发.

五、技术的创新点、优势及适用性

创新点：采用充气式柔性连续棒状浮体和比重大于水的材料，通过程序控制的充气和放气实现快速浮现-隔离和隐匿-连同，可以在几分钟内浮现于水面，用于组建长度数千米的智能蓝藻防线，以拦挡、富集、导流随微风漂移的蓝藻。排出浮体中的空气可以使围隔迅速隐伏于水底，便于水流交换和躲避风浪。

优势：可隐没式蓝藻防线技术克服了一般围隔技术的缺陷，为水面蓝藻拦挡富集提供了更加生态、环保的技术手段。

适用性：可隐没式蓝藻防线设施适用于不同水体条件，可作为拦挡富集水面蓝藻的有效措施，也可用于建设蓝藻防护工程。

实际应用案例

应用单位：中科院南京地理与湖泊研究所

实际应用案例介绍。

2010 年开始，在巢湖市水源保护区开展了中试技术参数测试及示范工程建设。由海军圩西南角向南岸草鸡头方向设置蓝藻防线，全长 1740m。在北端沿岸设风机房（N31° 36' 21.00" E117° 48' 12.20"），面积 3×4=12m²，地板与堤顶等高。蓝藻防线北端沿垂直于岸堤方向布设，距离风机房 30m，二者之间以栈桥连接。蓝藻防线南端在 5#航标东侧（N 31° 35' 33.28" E117° 47' 36.50"）。蓝藻防线走向 210°（南偏西 30 度），与偏西风成锐角，被拦截漂浮杂物沿着蓝藻防线向北端自动聚集。在蓝藻防线北端西侧设置泊位，用以泊靠大型蓝藻清除设备。定制杂物打捞船，并在风机房旁建塔吊，以清运水源保护区范围内的漂浮垃圾杂物和杂草。

在微风条件下（风速<3m/s）对水面漂浮蓝藻的拦截实率接近 100%。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中科院南京地理与湖泊研究所

联系人：李文朝

电 话：025-86882100

E-mail: wchli@niglas.ac.cn

地 址：江苏省南京市北京东路 73#

12、洱海水生植被防退化技术

技术依托单位：中国环境科学研究院、中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于洱海等类似湖泊的水生植被防退化

主要技术指标和参数：

一、基本原理

洱海水生植物优势种演替剧烈，其变动可以划分为三个主要时期。即 60 年初至 80 年代初期的扩张期、80 年代中期到 90 年代中期的稳定期、以及 90 年代至今的衰退期。已有洱海水生植物研究表明，对环境条件反应最为敏感的水生植被-沉水植被的演替有如下规律：由红线草、大茨藻与海菜花等群落为主的水生植被演替到黑藻占优势的群落，到黑藻与苦草占优势，上世纪末至今形成了微齿眼子菜占绝对优势的植被格局。

近 50 年来，洱海水生高等植物经历了由原生群落到多优势群落再到单优势群落和开始退化的过程；期间水生植物多样性降低，群落结构趋于简单化，种类由贫营养型过渡到中一富营养型占据优势。较耐污的微齿眼子菜和苦草成为洱海最大的 2 个种群，广泛分布于各个群落之中，其生物量占全湖总生物量的 77%。金鱼藻因其生长及扩张的速度很快，夏季往往在北部大部分区域形成单一优势种。而其他物种一般分布面积很小，整体生物量所占比例低，其生境逐渐被微齿眼子菜或苦草取代。

一般认为在湖泊中沉水水生植物面积超过 15% 以上才开始对湖泊生态系统结构产生影响，面积超过 30% 以上才开始具有显著的清洁水质功能，面积接近 50% 时表明水生植物优势和清水稳态已得到确立，植被面积超过 50% 以后的继续扩张容易产生湖泊的沼泽化趋势（图 3-85）。而洱海的沉水植被分布面积由 80 年代的约 40% 骤降至目前的 5%，并且在现阶段富营养化趋势无法短期内遏制的情况下，仍有可能持续下降。因此随着沉水植被分布面积的下降，它对于洱海湖泊系统的反馈、调控、稳定的一系列生态功能亦会逐渐消失，从而不利于生态系统的稳定与恢复。

二、工艺流程

在综合分析洱海生态现状的基础上，进行了多项沉水植被修复技术研发，并参考国内外研究成果，初步形成一套适合洱海沉水植被修复的技术体系。已经开展了不同水位梯度下沉水植物的种类筛选技术，沉水植物种子库复苏技术，沉水植物修复的水底光需求评价技术等。洱海沉水植被放退化技术体系主要包括：水质与透明度改善技术、水位优化试运行技术、沉水植物繁殖体补充技术、人工辅助植被修复技术、洱海沉水植被种植资源保护区规划和洱海沉水植被管理方案。通过这些综合技术的运用和推广，有望使洱海沉水植被在“十二五”增加到 13%，在“十三五”增加到 18%。

三、关键技术

（1）水质改善

有效改善水质与提高水体透明度是目前洱海水生植被恢复的重要前提条件，通过截污、减排等方式结合行政手段削减入湖营养盐。基于“十一五”期间研究获得的有关参数及阈值，水质改善的总体目标分为两个阶段：

第一阶段，“十二五”期间将水体透明度提高至 2 米，水体营养盐总氮削减至 0.45mg/L，总磷削减至 0.04mg/L。

第二阶段，“十三五”期间将水体透明度从 2.0m 提高到 2.5m，水体营养盐总氮削减至 0.35mg/L，总磷削减至 0.03mg/L。

（2）优化水位运行节律

洱海近 50 年来沉水植被的扩展和衰退都与水体底部光照环境息息相关，底部光照环境

主要由水位和水质透明度决定,而水质透明度又与入湖营养盐和水质自净能力相关。这些因素相互影响,可见洱海水生态系统管理应从总体上把握,多渠道协同管理才能获得预期成效。鉴于面源污染和入湖污染控制已成为共识,只是这些行动的成效具有时间滞后性。

1) 在洱海管理条例允许范围内,适度降低(0.5-1 米)春季 3-6 月的运行水位,使这一时期洱海底部光照环境得到改善,有利于沉水植物复苏。2009-2010 年洱海水生态调查表明,3-6 月份是沉水植被复苏和快速生长的重要阶段,这一时期洱海水透明度较高,水温相对较低,浮游植物数量低,水华风险低,是水位优化的良好时期。因此在春季实施低水位运行,降低洱海春季(3-5 月)水位,使湖心平台大部分区域水深在 4 米以内,待沉水植被充分恢复后可适当提高水位,夏季湖心平台最大水深不超过 6 米。可在湖心平台投掷沉水植物种子和种植黄丝草、黑藻、苦草等耐阴喜肥植物,或在培养盆中萌发和培育后嵌入式投入。

在秋冬两季仍实施高水位运行,即维持适当的年水位变幅,有利于沉水植被的生长和分布。从长远考虑,须维持洱海相对稳定的周年水位变化,有利于改善目前沉水植被群落结构和分布格局,延缓沉水植被演替进程,对于洱海的可持续发展与利用具有重大意义。

2) 水位优化试运行须与水生态系统监测同步进行。为了及时掌握水位调控的生态效益,需要同步监测沉水植被生长、分布水深、浮游植物、水质理化等指标的动态,综合判断水位优化的生态效益与风险。

(3) 繁殖体补充技术

1) 水生植物优选

目前洱海水体氮磷浓度较高,水质透明度、底质条件、水生植被组成与种群密度具有较大的区域性差异。主要优势种为:金鱼藻、黄丝草、狐尾藻。其中金鱼藻生物量季节性变化极大,不利于生态系统的稳定;狐尾藻形成的花序较少,无性繁殖体比较少见,而且种子很小,不易采集;黄丝草等眼子菜属植物的种子产量很大,容易收获,对整个生态系统的稳定能够发挥积极的作用。所以,在繁殖体修复中应以黄丝草为主要修复对象,同时兼顾其他眼子菜属物种(比如,穿叶眼子菜、马来眼子菜、菹草、光叶眼子菜、菹齿眼子菜)和苦草的使用,加强景观美化的作用。

2) 繁殖体收集

在繁殖体收集过程中通过有性和无性繁殖体的搭配,本地和异地材料的搭配,提高恢复种群遗传多样性水平。对黄丝草,马来眼子菜,菹齿眼子菜,苦草等物种可在 9-10 月花果期结束时大量采集当年的种子,在 12 月冬初时期集中采集休眠芽和块茎;对菹草可在 5 月末同时采集种子和芽苞。断枝可通过扦插技术用于植被恢复。采集断枝应重点选取地下匍匐茎,可与采集休眠芽和块茎工作同时在秋末冬初进行。

依据现有种群分布特点划定采集区域。将北部沙坪湾,海潮湾和南部体育馆作为黄丝草繁殖体的采集区;从才村码头向北直到喜洲湾,以及双廊湾作为马来眼子菜和穿叶眼子菜的主要采集区;双廊湾与海东湾作为苦草主要采集区;才村码头北部至下鸡邑附近作为菹草繁殖体采集区。

3) 繁殖体萌发

沉水植物无性繁殖体的萌发率较高,而种子的萌发率比较低。眼子菜属的种子萌发率仅在 20%左右,苦草的种子萌发率在 50%左右,通过一些辅助手段可以有效提高。

低温层积处理(cold stratification):在萌发前的低温处理能够打破种子的休眠期,有效提高种子萌发率。处理温度为 4℃,处理时间 2 个月。

去除种皮:眼子菜属的种子一般形体较大,种皮较厚,成为阻碍萌发的主要原因。在萌发前通过机械作用将种皮部分破碎,可有效提高萌发率。

萌发温度:沉水植物适宜的萌发温度为 20℃左右,通过温室调节萌发温度进行有效诱导,提高萌发率与幼苗成活率。

水深诱导：对萌发出的幼苗进行集中培养，逐步增加水深至 100cm，加快幼苗成长速度，在较短的时间内形成成熟植株，用于植被修复。

4) 优化种群遗传结构

有性繁殖体的大量使用：沉水植物由于较低种子萌发率和幼苗更新速度，使得种群遗传结构较为单一。因此有针对性的大规模使用种子繁殖来恢复种群的遗传结构。

异地物种的使用：采集洱海附近水体（剑湖、丽江黑龙潭、拉市海等）相应物种的繁殖体，对洱海种群加以补充，通过引入与本地种群遗传背景差异较大的种群繁殖体，增加洱海种群的遗传多样性，使本地种群在基因水平上的适合度有所提高。

5) 繁殖体的投放

在温室中将繁殖体进行大规模萌发后，于幼苗培养基地进行预培养，待植株具有较强的存活能力后投放到植被修复区。并结合春季水位优化运行措施，逐步恢复洱海沉水植物种群规模。

6) 繁殖体保存与种子库补充

洱海湖区当前的种子库资源较为贫乏，沉积物理化环境不适合种子的长期保存，而沉水植物在每个繁殖周期又会产生大量的有性和无性体，造成资源浪费。因此，通过建立繁殖体保存设施，将每年收集的各种繁殖体有效保存起来，在适宜的环境中保持其萌发活力，保证长期水生植被恢复工程所需的种质资源。

(4) 人工辅助水生植物修复

采用水草草皮技术、水草适应性定植技术、水草幼苗补充、多样性镶嵌技术、沉水植物抗风浪剪切物理辅助技术等因地制宜、因时制宜地开展沉水植被辅助修复。

(5) 种质资源保护

1) 保护区的选定

保护区应具备以下几个条件：风浪影响较小；底质坡度平缓；水位变化不大；人类和渔业活动干扰较小；物种资源基础较好。湖湾是建立保护区的首选地点。洱海中的海东湾位于海东镇西侧（N 25°42'34.88", E 100°14'53.36"），水域面积 2 km²，外围有金银岛有效降低风浪影响，底部平坦，渔业活动较少，物种资源丰富（19 个物种），是建立种质资源保护区的最佳地点。

2) 本地物种保护措施

在不影响景观的前提下，通过渔网或栅栏将需保护水域围起来，将保护水域的大型草食性鱼类清除出去，并安排工作人员定期清理漂浮植物。在充分调查保护区内现有物种资源的基础上，对容易形成单优群落的物种（金鱼藻，黄丝草）加以严格管理。每年收集保护区内各物种的成熟种子，将其中部分进行萌发，在幼苗培养基地培养至成年株进行补充栽种，以逐步扩大保护区范围，将另一部分种子作为种质资源保存于繁殖体保藏设施。

3) 引种措施

每年分两次（春秋两季）从附近水体中（丽江、香格里拉等地）采集洱海缺少的沉水植物的繁殖体与幼苗，向保护区引种，以丰富洱海水生植物资源。

(6) 水生植被管理

1) 优势植物收割工程

通过收割方式不仅能有效保证湖泊休闲与景观功能，有利于渔业捕捞等经济活动，促进了其他沉水植物物种在生长期有效占据各自的生态位；而且还可以通过带走植物体内的氮和磷等营养盐的方式起到削减湖泊中营养水平的作用。

规划在北部海潮湾（7.6 km²）和喜洲湾（2.2 km²）的两个微齿眼子菜单优群落进行人工或机械收割，目前这两个湖湾的沉水植物群落结构已经呈现严重单优化，在春季生长期微齿眼子菜生物量能达到每平方公里 2.1 万吨和 1.8 万吨，其密度每平方米分别约为 7600 株和

6500 株，覆盖度约为 78%和 85%。并且它能在水体形成非常密集的遮阴层，严重影响到其他物种生长以及渔业捕捞。因此在春季生长期将这两个湖湾微齿眼子菜的生物量收割至每平方公里 1 万吨左右、密度降至每平方米 3000 株左右。

而在夏季，金鱼藻生长相对其他物种快许多，能迅速扩张覆盖至大部分水面，所引起的遮光作用十分不利于其他沉水植物生长。该物种一般分布在北部沙坪湾（5.6 km²）且呈斑块状分布，覆盖度约为 70%，生物量约为每平方公里 4 万吨。因此在夏季将湖湾金鱼藻的生物量收割至每平方公里 0.8 万吨左右。

2) 漂浮植物清理

在部分湖湾如沙坪湾、海潮湾和体育馆等主要沉水植物分布区，漂浮植物如菱角、浮萍和水绵在夏季大面积覆盖水面并持续恶化。这不仅影响景观，而且严重危害这些湖区沉水植物的生长，从而导致生态系统的退化。

因此规划在夏季将这几个湖区的漂浮植物进行人工清除，对于菱角和浮萍施行浅水区（小于 2.5 m）清除 50%、深水区（大于 2.5 m）清除 80%；而对于水绵应尽量完全清除。清理面积分别约为沙坪湾（4 km²）、海潮湾（3.5 km²）、体育馆（1.5 km²）。

3) 植物残体回收利用工程

规划在江尾和喜洲各建立一个水生植物回收处理中心，将收割或清除的沉水植物或漂浮植物蕴含丰富的生物能转化为可以直接利用的能源；而且植物的残体含有氮、磷、钾及微量元素，可以用作农田肥料或者加工成饲料；另外还可以用来池塘养鱼减轻渔业养殖投入。

4) 沉水植被群落监测工程

规划在大理才村建立洱海沉水植被长期监测工作站，并在洱海五个主要沉水植被分布区（包括沙坪湾、海潮湾、喜洲湾、海东湾和体育馆前水域）和湖心平台共设立六个监测站点。在洱海沉水植被有效管理、实施水位优化运行、繁殖体补充等措施施行时，对沉水植被的生长、分布、繁殖体和水质等进行原位同步监测，获取第一手关键参数及监测资料，为洱海沉水植被的全面恢复提供重要参考与科学依据。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发与优化集成

实际应用案例:

应用单位：大理州大理市洱海管理局与大理州大理市环境保护局

实际应用案例介绍。

① 应用案例概况

课题研究技术在本课题示范工程洱海水生态防退化综合示范工程得到应用，本课题示范工程在 2011 年 1 月开始进行监测，完工后连续监测，对水质和水生生物进行连续监测。示范工程区内负荷削减 30%，生物多样性指数增加 20%，黑藻和苦草群落占沉水植被总面积 30%，并形成可自我维持的稳定群落。

示范工程发挥了良性的示范作用，对于促进洱海藻源内负荷消减和水生态长期管理具有重要意义。通过综合示范工程的建设，使得示范区水域沉水植被覆盖度提高，水生生物多样性指数提高，透明度增加，示范区水域总体上达到以沉水植被占优势的清水稳态，水体藻类生物量下降，水华爆发风险大幅减低；示范工程综合技术经济指标具有一定的示范性，采用的技术具有针对性、系统性和完整性和可操作行。控制入湖污染负荷，修复沉水植物，实施生态调整是洱海水生态防退化的关键环节。

② 主要技术创新点

根据本课题的现场调查、现场原位的模拟研究以及中试研究认为，目前洱海防治沉水植被退化的关键参数是改善水体的透明度和改善水质。初步认为，到 2015 年，洱海水体透

明度由 1.5 米提高到 2 米，水质总磷浓度改善到 0.03mg/L，总氮浓度改善到 0.4mg/L，沉水植被方面可由现在的 5%增加到 13%左右，逐步完成洱海一圈沉水植被的恢复；到 2020 年，透明度进一步提高到 2.5 米，洱海沉水植被的面积可以恢复到约 18%。

本项研究成果是本课题通过现场研究与调查研究获得，从历史的角度剖析了洱海沉水植被退化的原因，重点研究了水位与透明度对沉水植被分布的影响，并研究了湖心平台种子库特征，初步揭示了洱海沉水植被退化消失的原因，填补了洱海水生态空白，是洱海下一步恢复沉水植被的重要基础和依据。

③ 效益评价及应用前景分析

本课题主要的成果包括两个方面，其一是诠释了洱海作为富营养化初期湖泊的水生态特征，并掌握了洱海水生态演变的主要驱动力，该成果是科学决策洱海保护和治理的科学依据，支撑了洱海今后保护和治理工作；其二是研究确定了洱海从全湖角度防治生态系统退化的关键技术参数，是支撑洱海流域水质改善、污染物削减以及环境管理决策的关键，是洱海保护和治理的抓手，具有极大的应用前景。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：大理州大理市洱海管理局，大理州大理市环境保护局

联系人：刘滨

电 话：13988561685

E-mail: lakeerhai@163.com

地 址：大理白族自治州州级龙山行政办公区

13、鱼类群落结构调控技术

技术依托单位：中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：生态修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过洱海土著鱼类增殖放流种类的结构调整，更加有效地恢复洱海土著鱼类的资源，显著地提高了洱海土著鱼类的生物多样性和完整性，促进了整个生态系统的恢复和重建。

二、关键技术

1、洱海特有鱼类人工培育技术；

2、洱海特有鱼类增殖放流技术；

3、洱海鱼类群落优化技术。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：云南省大理州环保局

实际应用案例介绍。

针对洱海土著鱼类逐渐衰退特点，该项成果的核心关键技术为洱海土著鱼类的人工放流增殖技术，掌握了限制春鲤等土著鱼类人工放流效果的关键环境因子等关键技术。通过该项目的技术支撑，大理洱海管理局进行了洱海土著鱼类人工放流种类的结构调整和放流技术的改进，实现了从单一放流大头鲤到杞麓鲤、春鲤和大头鲤等多品种放流模式的改进。2007年，放流杞麓鲤70万尾，春鲤50万尾；2011年，杞麓鲤的放流增加到240万尾，春鲤的放流增加到160万尾；并于2011年，首次成功放流了云南裂腹鱼6万尾。每年增殖放流的鲢、鳙数

量不断增加，2011年鲢放养量达381吨。该项成果的推广和应用为洱海土著鱼类的人工增殖放流提供了关键技术支撑，通过洱海土著鱼类增殖放流种类的结构调整，更加有效地恢复洱海土著鱼类的资源，显著地提高了洱海土著鱼类的生物多样性和完整性，促进了整个生态系统的恢复和重建。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国科学院水生生物研究所

联系人：刘永定

电 话：027-68780715

E-mail: liuyd@ihb.ac.cn

地 址：湖北省武汉市东湖南路7号

14、水生植物群落重建及生物多样性恢复技术

技术依托单位：中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：生态修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

水生植物群落重建及生物多样性恢复技术是通过野外调查和围隔原位试验，确定了影响水生植物生长和分布的重要环境因子，针对洱海沉水植物覆盖度低、湖湾及沿岸区菱和荇菜等浮叶植物过度生长和蔓延的问题，建立的菹草、黑藻、苦草人工重建和以自然恢复为主的水生植被重建关键技术。主要集成了“基于种子播种的沉水植物快速重建技术”、“基于石芽萌发的菹草恢复技术”、“基于浮叶植物收割调控的沉水植物自然恢复技术”等多种技术。

二、关键技术

- 1、基于种子播种的沉水植物快速重建技术；
- 2、基于石芽萌发的菹草恢复技术；
- 3、基于浮叶植物收割调控的沉水植物自然恢复技术。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：云南省大理州环保局

实际应用案例介绍。

该项成果在洱海沙坪湾示范区（0.75 km²）进行了集成应用，取得了显著成效。2010年10月示范区水生植物覆盖率超过90%，生物量（5796 g/m²）同比增加73%，生物群落多样性指数同比增加30%，增强了水生植被对水体的净化功能，水体透明度由原来的160cm增加到210cm。依托洱海地方配套工程项目，该项成果在沙坪湾、沙村湾、海潮河湾等湖湾进行了推广应用，累计割除菱、荇菜和凤眼莲约1500多吨，使水体氮负荷消减21.8kg/km²、磷负荷消减2.76 kg/km²，浮叶和漂浮植物分布面积比应用前减少了约50%，沉水植物覆盖面积相应增加了约10%。

该成果为恢复沉水植被、优化水生植物群落结构提供了重要的技术支撑，可使沉水植物得到较快恢复，增加水生植被的多样性和稳定性，增强水生植物的净化功能，充分发挥它们对悬浮物的拦截吸附、水体氮磷负荷的消减和浮游植物抑制的作用，并显著改善沿湖消落区的生态景观。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 中国科学院水生生物研究所

联系人: 刘永定

电 话: 027-68780715

E-mail: liuyd@ihb.ac.cn

地 址: 湖北省武汉市东湖南路7号

15、北方缺水湖泊湖滨带恢复关键技术

技术依托单位: 中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 北方缺水湖泊

主要技术指标和参数:

一、基本原理

综合考虑以上各方面因素,并结合目前技术、经济、社会等条件进行分析,确定湖泊生态修复思路为:因地制宜,将现有护坡建设或改良成为纯自然护坡,在消涨带恢复和改良挺水植物,在枯水期水位线以下重建浮叶植物和沉水植物,最终形成完整的陆生植被和水生植被系列,起到保持水土,稳定底泥,削减面源污染和内源污染,增加生物多样性,以及美化景观等作用;同时结合地形特点,改造现有芦苇湿地,使之成为处理面源污染的天然反应器,并改善景观。

二、工艺流程

综合考虑以上各方面因素,并结合目前技术、经济、社会等条件进行分析,确定湖泊生态修复思路为:因地制宜,将现有护坡建设或改良成为纯自然护坡,在消涨带恢复和改良挺水植物,在枯水期水位线以下重建浮叶植物和沉水植物,最终形成完整的陆生植被和水生植被系列,起到保持水土,稳定底泥,削减面源污染和内源污染,增加生物多样性,以及美化景观等作用;同时结合地形特点,改造现有芦苇湿地,使之成为处理面源污染的天然反应器,并改善景观。

1、湖岸湿生植被构建

现有芦苇湿地段:护岸灌木主要用连翘和金银花两种植物,种植密度为10-15株/m²;坡面丰水期水位线以上以狗牙根和草地早熟禾混播,构建常绿草坪,并在草坪上栽植紫叶小檗,起造景和稳固土壤的作用;丰水期水位线附近,栽植黄花鸢尾、千屈菜、宽叶香蒲、水葱、菰、雨久花等植物,种植密度为8-10株/m²。

芦苇湿地两端:在岸边旱柳之间栽植连翘和金银花,种植密度为10-15株/m²,与芦苇湿地段协调一致,形成一整体;在丰水期水位线附近补栽部分芦苇和香蒲,增强护岸效果和景观效果。

2、消涨带水生植被构建

本区消涨带高差可达0.5-0.8m,坡度较大,而且底质主要为沙质。因此,主要栽植耐水淹的芦苇、香蒲、香根草等植物。采用点状栽植方法,利用其自身的繁殖,再扩展成线、成片。

3、浮叶植物、沉水植物重建

浮叶根生植物和漂浮植物重建:在平水期水深小于1m的水域,小面积分散栽植睡莲、大藻、芡实,各约20-40m²。另外,栽植荇菜、菱角等漂浮植物各约30m²。注意控制漂浮植物的扩展面积,在植物衰亡期收取植物残体,以防在水中腐烂分解,产生二次污染。

沉水植物重建:沉水植物中伊乐藻、菹草在秋季能萌芽,能越冬,在早春可快速生长;其它沉水植物在春季萌芽,夏季快速生长,秋季形成繁殖体越冬。因此,本项目拟重建这两

类沉水植物，以使沉水植物在各季节都能持续不断地发挥作用。

三、关键技术

1、湖岸生态修复技术

2、消涨带修复技术

3、浮叶植物、沉水植物重建技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院水生生物研究所

联系人：梁威

电 话：027 68780951

E-mail: wliang@ihb.ac.cn

地 址：湖北省武汉市东湖南路7号

16、城市湖泊生态修复与文化景观协调建设原理和技术

技术依托单位：中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市湖泊生态修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

对湖区水生植物的群落进行恢复构建与草型湖泊生态系统恢复的过程中，开展了沉水植物的优选、定植和扩繁技术的研究，水生植物群落结构优化技术的研究，以及水生植物收割调控技术的研究。

二、工艺流程

西湖湖西沉水植物恢复示范工程主要分布在茅家埠、乌龟潭、浴鹄湾等三处湖湾区域。在示范工程实施前两次（2009年9月和2010年9月）对沉水植物进行调查，发现该区域均没有沉水植物存在。利用开发的水生植物群落构建与草型湖泊生态系统恢复技术，对湖西区域的水生植物群落进行恢复。之后利用系统布点法和专业判断法对沉水植物群落进行调查，经前后三次（2011年11月、2012年5月和2012年8月）全面评估示范工程水域的沉水植物恢复状况，发现茅家埠、乌龟潭、浴鹄湾等约70万m²区域已成功建立起了沉水植物群落，且能够自然繁殖、更新、扩展。

沉水植物恢复示范工程项目实施后，已在70万m²沉水植物匮乏的湖区成功恢复了以沉水植物为主（平均盖度达到32.93%，总鲜重达211.7吨），浮叶、挺水植物为辅的复合群落，且能自我繁殖、扩展，四季自然更替。同时氮磷浓度较同期下降10%~15%，多样性指数提高67%。北里湖区和湖西区域的示范工程均取得良好的效果。

示范区建成前后对浮游动物调查，从种类组成来看，建成前浮游动物以小型轮虫为主，轮虫种类数占浮游动物的82%，枝角类和桡足类数量较少，约占浮游动物的18%。示范区建成后浮游动物以轮虫为主，轮虫种类数占浮游动物的84%，枝角类和桡足类占16%。湖西水域水草恢复之前后，浮游动物的种类组成，基本保持不变。而2009年恢复以前轮虫种类以习富水体的臂尾轮属、龟甲轮属为主，2012年恢复之后轮虫种类以习寡富水体的多肢轮属、龟纹轮属为主。

杭州湖西区域水鸟主要以广布种为主，古北种次之，东洋种居后。2011年观察到水鸟6目9种170只，2012年观察到6目12种257只。说明西湖水域水鸟有增加的趋势。

三、关键技术

1、沉水植物的优选、定植和扩繁技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 武汉市东湖生态旅游风景区听涛管理处

实际应用案例介绍: 武汉市东湖生态旅游风景区位于城区的二环线和三环线之间, 是首批国家重点风景区, 2001年1月被评为AAAA级风景名胜区, 四季皆可游览, 素有“春兰、秋桂、夏荷、冬梅”之美誉, 其中东湖是中国最大的城中湖。《东湖生态旅游风景区景观水体生态生态修复研究及工程示范》采用中国科学院水生生物研究所在城市湖泊水体生态修复方面取得的一系列研究成果, 如城市湖泊水生植物群落优化、生态系统调控与管理技术。本项目主要包括景观水生植被恢复等内容, 以挺水植物为主进行品种的选取和栽植(包括荷花、再力花、黄花鸢尾、香蒲、芦苇等)。在缓坡区域内以人工栽植的方式为主; 在深水区域内以沉包栽植的方式为主; 并结合其他合理的栽植方式同时进行。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国科学院水生生物研究所

联系人: 贺锋

电 话: 027-68780832

E-mail: hefeng@ihb.ac.cn

地 址: 湖北省武汉市武昌区东南南路7号

17、北方寒冷地区 A/O-人工湿地组合工艺污水处理技术

技术依托单位: 辽宁北方环境保护有限公司

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 适用于北方寒冷地区城市污水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

人工湿地受季节、气温等因素影响较大, 冬季低温时污染物的去除率比气温高的季节低, 特别是 N、P 等污染物, 影响了其在冬季低温地区的推广使用。针对上述问题, 开展 A/O-人工湿地污水处理耦合工艺相结合的新型工艺研究。根据北方气候春秋短、冬夏长的特点, 制订了不同的耦合工艺, 分别适合冬季、夏季污水处理。而筛选的强化脱氮填料、低温硝化菌剂与不同人工湿地工艺组合, 则增强了脱氮效果。

二、工艺流程

污水经粗格栅去除粗大杂物, 经细格栅进一步去除较小颗粒物, 同粗格栅截留下来的栅渣外运至垃圾场。细格栅过滤混合液进入沉砂池砂水分离装置进行分离, 去除污水中的砂石, 截留的砂石外运。

沉砂池出水流入 A/O 池, 进行生化处理, 在缺氧段难于生物降解的有机物转化为分子结构简单、易于生化的小分子物质, 进行兼氧水解酸化反应后进入好氧曝气段, 绝大部分有机污染物和部分氮、磷得到降解和去除。

A/O 池出水流入二沉池进行固液分离, 二沉池上清液进入人工湿地处理系统, 进行深度处理, 最后经过消毒计量达标后排放; 沉淀污泥排入污泥池, 一部分通过污泥回流泵提升回流至 A/O 反应池, 另一部分剩余污泥则通过污泥泵提升进入污泥浓缩脱水机, 浓缩脱水后泥饼外运进行填埋处置。

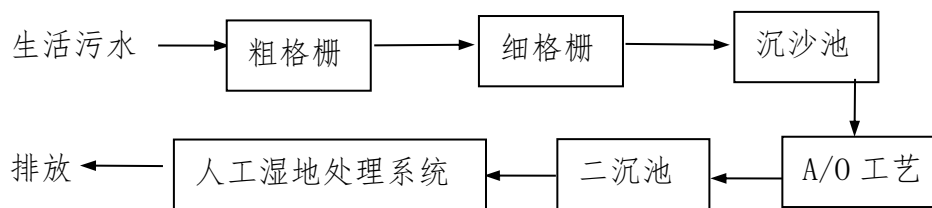


图 A/O-人工湿地组合工艺污水处理流程图

三、关键技术

根据北方地区春秋短、冬夏长的特点，及运行“低耗、高效”的理念，把处理工艺分冬、夏两种处理方案。冬季运行时，对污染物的去除以A/O为主，人工湿地为辅；夏季运行时，对污染物去除以人工湿地为主，A/O为辅，保证处理后的污水常年达标排放。培养、驯化出在低温条件下仍能保持较强活性的耐冷脱氮菌株，使硝化过程在冬天较低温度条件下仍可正常进行，从而显著提高人工湿地在低温条件下的脱氮效果。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例:

应用单位：昌图县环境保护局

昌图县人工湿地污水处理厂，位于辽宁省铁岭市，处理能力为 20000t/d，应用的主要工艺技术为生态处理技术-人工湿地与生物处理技术-A/O工艺相结合的新型工艺。冬季运行结果表明：在温度在-20℃以下时出水浓度满足城镇污水处理厂污染物排放一级B标准（GB18918-2002）。冬季运行时，耦合工艺对污染物的去除主要以预处理为主，预处理工艺对COD、NH₄⁺-N、TP去除的贡献分别达到69%、66%、51%；人工湿地的贡献分别为31%、34%、49%。夏季运行结果表明：A/O+复合流湿地耦合工艺中COD的去除主要依靠预处理和人工湿地的共同作用来完成，预处理和人工湿地对有机物的去除贡献率基本持平，分别达到49%和51%，人工湿地的去除贡献略高。但是，预处理和人工湿地对NH₄⁺-N、TN、TP的去除贡献率差异就比较显著，预处理的贡献较小，对NH₄⁺-N、TN、TP的贡献率分别达到25%、20%、26%；NH₄⁺-N、TN、TP的去除主要依靠人工湿地来实现，去除贡献率分别达到75%、80%、74%。沸石对NH₄⁺-N、TN的去除效果最好，去除率分别达到90%、85%以上。投加菌剂湿地NH₄⁺-N去除率最高值为60%，最低值为18%，基本稳定在20%~40%左右；未投加菌剂湿地NH₄⁺-N去除率最高值为61%，最低值为8%，基本稳定在15%~35%左右。该示范工程出水浓度满足城镇污水处理厂污染物排放一级B标准（GB18918-2002）。

联系单位：昌图县环保局

联系人：张柱

电话：0410-5800939

地址：辽宁省铁岭市昌图县站前大街 37 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：辽宁北方环境保护有限公司

联系人：王艳青

电话：024-62780155

E-mail: aben_001@126.com

地址：辽宁省沈阳市东陵区双园路 30 甲-2 号, 110161

18、城镇污水处理厂出水生态湿地净化技术

技术依托单位：中国矿业大学（北京）

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城镇污水处理厂出水净化

主要技术指标和参数：

一、基本原理

人工湿地主要由湿地基质、植物、微生物等组成，在人工湿地污水净化过程中，基质、植物和微生物三者相互联系且互为因果，形成了一个共生系统，利用基质-微生物-植物的物理、化学和生物的三重协同作用，通过基质的过滤、吸附、共沉、离子交换，植物吸收和微生物降解等来实现对废水的净化。

二、工艺流程

污水处理厂出水经过缓冲布水区，进入主体人工湿地系统，在流经人工湿地系统时，经过物理截留、化学沉淀及生物降解等作用去除大部分污染物，然后出水进入好氧塘，同样经过物理、化学及生物等作用后，进一步净化污水。最后，经净化后的水流入关沟河，作为景观用水。

三、关键技术

1、北方人工湿地填料、植物筛选技术

1) 选取粉煤灰陶粒、砾石、沸石、石灰石四种基质，通过对吸附动力学、pH值条件影响、对氮磷的等温吸附及解析等特性的研究，对氮磷吸附性能进行对比研究，研究结果表明，沸石、石灰石、粉煤灰陶粒、砾石等四种基质均表现出了较好的对氮、磷的吸附效能；

2) 综合考虑脱氮除磷能力、耐寒性、根系的发达程度、景观效果、经济价值、地域适应性及生态系统平衡性和生态安全性等因素，筛选采用芦苇和香蒲作为人工湿地系统的主打植物；

2、北方人工湿地最佳工艺条件确定技术

通过对水平、垂直潜流人工湿地的不同水力负荷、不同基质深度、不同过水面积等条件下对污水中氮、磷、碳等污染物的去除效果进行研究，确定最佳的人工湿地构造及运行参数。

3、北方人工湿地冬季运行中氮磷高效去除技术

设计人工湿地曝气装置系统，通过设置不同曝气时间，对人工湿地系统中微生物生长情况、对污水中典型污染物的去除效果等进行研究。研究结果表明，运用底部曝气装置对湿地内部进行充氧不仅加速了湿地内部好氧菌的生长，而且提高了湿地内部处理水的温度，通过人工湿地底部曝气，提高了湿地冬季主要污染物的去除效果。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：昌平污水处理厂

实际应用案例介绍：

本项研究成果已经应用在昌平污水处理厂出水湿地深度处理工程中。南口污水处理厂出水经过缓冲布水区，进入主体人工湿地系统，在流经人工湿地系统时，经过物理截留、化学沉淀及生物降解等作用去除大部分污染物，然后出水进入好氧塘，同样经过物理、化学及生物等作用后，进一步净化污水。最后，经净化后的水流入关沟河，作为景观用水。

基质选择砾石或沸石、陶粒、石灰石，植物选择芦苇、菖蒲及美人蕉。该工程于2010年9月建设完成，正式投入运行，运行期间各环节运转正常，工程施工完成后，经过一段时间的启动期运行，进入稳定运行期，稳定运行期间人工湿地出水流经经氧化塘后，水质完全满足课题要求，达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的IV类水标准。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京市水利科学研究所

联系人：李其军
电 话：010-68460474
E-mail: lqj@bwsti.com
地 址：北京市海淀区车公庄西路21号 100048

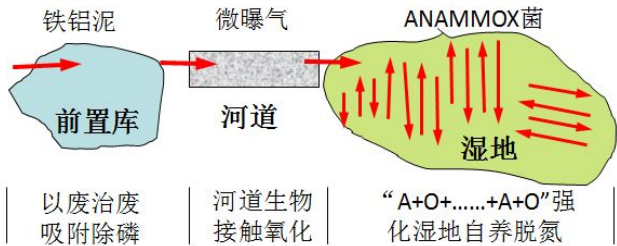
19、河道-湿地-前置库水质改善技术

技术依托单位：北京师范大学
技术发展阶段：推广应用
适用范围：北方低溶氧和高氨氮河流
主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术以恢复入淀河流水环境功能要求为目标，针对低氧低碳高氨氮水质特征以及长流径的入淀过程和广阔淀口区等地貌特征，研发了“河道-湿地-前置库”逐级脱氮除磷净化技术。采用分子生物学等技术，在府河筛选出高效脱氮细菌，研发了“A/O”强化湿地自养脱氮技术及工艺；研究了利用改性水厂铁铝泥等固体废弃物高效除磷的前置库技术及工艺。其技术建立了20 km²示范区，并在白洋淀生态保护工程中推广应用。为解决非常规补给河流城市污水处理厂排水标准与受纳河流水质标准的矛盾提供了技术支撑，解决了华北半干旱地区低氧高氨氮河流水质改善的难题并推广应用。

二、工艺流程



三、关键技术

在具有低溶氧和高氨氮特点的府河沉积物中，首次发现并筛选出土著厌氧氨氧化菌群，经序列对比后提交美国国立生物信息中心，在GenBank登记59个序列号（HM565015-17，HM573585，HM573886，HM533588-90，KC190112-190162），通过对厌氧氨氧化菌群生长特征与影响因素的研究，结合府河地理和水文特征，提出多级“A/O”厌氧氨氧化与自养脱氮技术，突破了以氧化还原过程调控为重点的“河道-湿地-前置库”逐级脱氮除磷技术工艺，获得国家授权发明专利（多氧化还原环境交替的河流脱氮装置，ZL200910162159.2）。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：安新县环保局
在安新县崔公堤成功建立20 km²的示范区。

采用“河道-湿地-前置库”逐级脱氮除磷技术成果，于2011年实施了安新县污水净化工程，包括大张庄排干渠、大张庄排碱沟和公堤排干渠等进行了综合整治，还清了安新县城区水系，使大张庄排干渠COD下降至40 mg/L以下，有效缓解了污水和垃圾对于县城及周边居民生活的影响，消除白洋淀生态安全隐患；随着河流污染控制与水质改善技术的提升和创新团队建设，课题承担单位“十二五”又争取承担了“水专项”子牙河流域污染负荷与水质改善的课题，中央财政经费3127.20万元。其成果将继续在子牙河流域推广应用。

联系单位：安新县环保局
联系人：郭悦安
电 话：0312-5321236
地 址：安新县育才路 邮编:071000

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：河北省环境科学研究院
联系人：王靖飞
电 话：0311-87908583
E-mail: hb_szx@yahoo.com.cn
地 址：河北省石家庄市裕华区雅清街30号 050030

20、再生水调蓄湖库生态构建与水质净化技术

技术依托单位：华北电力大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围:适用于指导南四湖流域再生水调蓄湖库生态构建与水质改善，在南水北调东线工程沿线区域及中国北方暖温带也具有借鉴意义

主要技术指标和参数：

一、基本原理

基于水质、水华控制与生态可持续性三重目标，以结构和功能可持续的生态水资源工程技术和风力提水曝气与合成粘土矿物水质改善整合技术研发为基础，突破食物网调控核心技术，创新再生水调蓄湖库生态构建与水质净化整合技术，提高湖库水质净化能力的可持续性和生态系统弹性，确保再生水调蓄湖库出水水质长效、稳定达到地表水Ⅲ类标准，降低水华爆发风险。

二、工艺流程

通过生态闸坝控制动态优化再生水调蓄湖库进出水流量、水土接触景观界面与水流停留时间；构建生态过水堰与风力提水曝气装置调控湖库水体流场，改善水体的流动性和溶氧条件，提高微生物降解效率；利用生态集布水渠构建与合成粘土矿物吸附-微生物分解-植物提取耦合，有效削减水体的氮、磷负荷；基于稳定同位素分析、野外调查与分析，整合“上行控制”、“下行控制”及“竞争排斥”等复杂食物网关系，调控库塘4级营养级结构，促进物质流在食物网内快速、高效地循环和流动，增强食物网的结构和功能稳定性，

三、关键技术

技术名称：（1）结构和功能可持续的生态水资源工程技术；（2）食物网生态构建和操纵技术；（3）风力提水曝气与合成粘土矿物水质改善整合技术

技术性能指标：结构和工程可持续的生态水资源工程技术在再生水调蓄湖库污染物去除中的贡献率可达到17%；食物网调控技术通过初级生产者的直接吸收，以及消费者的间接摄取，氮、磷的物质在食物网中快速循环，在再生水调蓄湖库污染物去除中的贡献率可达到57%。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

1、山东美泉环保科技有限公司

滕州市城郭河（白腊湾片区）人工湿地水质净化工程、滕州市城郭河（曹庄片区）人工

湿地水质净化工程、滕州市界河唐楼矿坑塌陷地湿地工程

联系单位：山东美泉环保科技有限公司

联系人：岳文超

电话：400-678-8653

地址：山东省济南市天桥区蓝翔路 15 号时代总部基地一区 18 幢

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：华北电力大学

联系人：张化永

电 话：010-61773935

E-mail: zhyacas@yahoo.com

地 址：北京昌平区北农路2号, 102206

21、大型水生植物适度调控藻类富营养化技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：富营养化水体

主要技术指标和参数：

一、基本原理

芦苇、香蒲及荷花根系能强烈吸附水体中的氮、磷元素，三种水生植物协调作用，加速水体中的氮循环是湖泊中的氮、磷元素有效降低，从导致富营养化的源头进行治理，可有效减缓湖泊的富营养化进程。三种水草皆为白洋淀区的土著物种，有效降低治理湖泊的经济成本，就地取材，简便可行，具有较强的可操作性和广泛的应用性，技术的实施不影响湖泊生态系统原有生态功能，对长期维护草型湖泊生态健康具有重要意义。

二、工艺流程

具体实施方式如下：

开展湖区实地调研，在水生植物过度生长的富营养化重度水域应用该技术。考察该区域的水体污染程度、水生植物种类及盖度，同时结合历年水质指标变化情况和植物种类差异，选择水生植物的最佳配比以种植的最佳位置。

水生植物：若该地区没有上述水生植物，则需移植栽种，一般情况下，三种水生植物均为湖泊固有土著植物，将三种植物按着不同盖度配比即可。

1 三种水生植物梯度配置方法：

芦苇：为陆地两生，适宜浅水区的挺水植物，适宜种植于岸堤边。

香蒲：为挺水植物，吃水深度较芦苇深，可以在其下方种植。

荷花：浮叶植物，适应生存环境能力强，可顺次在香蒲下方种植。

2、三种水生植物配比盖度：

三种水生植物按着不同梯度进行配比，其每种植物的盖度值不同，净化效果不同。大量实验结果表明，治理白洋淀湖泊富营养化，该配比效果显著。

针对草型湖泊，其芦苇、香蒲、荷花的盖度最佳配比分别为20%，40%，40%；

在湖泊中种植水生植物，加速湖泊自净能力，可以有效降低水体中氮、磷浓度，遏制了湖泊富营养化进程，对湖泊生态系统的健康发展起到了积极的作用。

三、关键技术

1、水生植物配比技术

芦苇：为陆地两生，适宜浅水区的挺水植物，适宜种植于岸堤边。

香蒲：为挺水植物，吃水深度较芦苇深，可以在其下方种植。

荷花：浮叶植物，适应生存环境能力强，可顺次在香蒲下方种植。

三种水生植物按着不同梯度进行配比，其每种植物的盖度值不同，净化效果不同。大量实验结果表明，治理白洋淀湖泊富营养化，该配比效果显著。

针对草型湖泊，其芦苇、香蒲、荷花的盖度最佳配比分别为20%，40%，40%；

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：安新县白洋淀湿地保护区管理处

在白洋淀的杜家淀淀区进行 10 公顷的应用，依据自然地形，移栽土著水生植物。外侧有航道，围格 1-6 中间相连接，基本彼此不透水，单个围格通过帆布升降和围网实现与周边水体交换。

辐射区结合水生植物自然生长情况进行调整和扩增。种植格局皆为从台田到湖心的“挺水-沉水-浮水”格局。示范区从北到南依次为区 1、区 2、区 3。3 个区块植物配置与盖度比例见下表。辐射示范区已经有部分植物，对植物布局 and 结构进行调整，并补种如表 1 所示的植物种类。

根据 2012 年 3 月至 2012 年 8 月份工程区内外水质监测，主要水质指标包括总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD_{Mn})、透明度(SD)和叶绿素 a(Chla)等基本维持在地表水 III 类水质，稳定运行期间维持草型稳态，具体情况见表 3。与区外水质相比，TN、TP、COD_{mn} 等下降 20%以上，透明度提高 20cm 以上。

联系单位：保定市环境保护局

联系人：孟繁师

电 话： 13803277600

地 址：河北省保定市安新县安新镇南合街村委会

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：舒俭民

电 话：010-84915134

E-mail: shujm@craes.org.cn

地 址：北京朝阳区安外北苑大羊坊8号 100012

22、大型底栖生物和沉水植物联合调控富营养化技术

技术依托单位：天津大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：富营养化水体治理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

底栖生物及沉水植物能强烈吸附水体中的氮、磷元素，两种物种协调作用，可以加速吸收利用富营养化水体中体中的氮磷能力，同时沉水植物有防风能力，能有效阻止底泥上浮，该技术对治理湖泊富营养化具有重要意义。

二、工艺流程

本发明涉及一种大型底栖生物和沉水植物联合调控富营养化方法，包括以下步骤：（1）选择相应的进行富营养化调控的水体；（2）检测水质指标；（3）选择适合相应水体的大型底栖生物；（4）投放大型底栖生物；（5）选择适合相应水体的沉水植物；（6）种植沉水植物；（7）打捞底栖生物和水生植物；（8）检测水质指标；（9）重复步骤（3）-（8）。本发明通过大型底栖生物和沉水植物的联合作用，抑制藻类过度生长，降低富营养化水体的营养盐水平，增加水体生物多样性，逐步恢复水生生态系统。通过对食物链高营养级生物及其他营养级生物的直接捕获，将营养盐转移出水体，并能产生一定的经济效益，最终实现生态系统良性循环和自净。

三、关键技术

1 选择适合相应水体的大型底栖生物

选择相应的进行富营养化调控的水体，并根据水体的水文特征、富营养化水平以及相应水域的水生生物群落特征划分具体功能区域；检测水质指标，定期检测水体的理化指标包括营养盐水平、水温、溶氧、透明度、pH，以及浮游植物、浮游动物指标；适合相应水体的大型底栖生物，包括：背角无齿蚌、圆顶珠蚌、三角帆蚌、中华园田螺、梨形环棱螺、方形环棱螺，以及耳萝卜螺、椭圆萝卜螺、静水椎实螺、小土蜗。

2 调整投放生物的密度

据富氧化水平投放大型底栖生物，投放密度为 $10-200\text{g}/\text{m}^3$ ；选择适合相应水体的沉水植物，所述沉水植物包括狐尾藻、金鱼藻、菹草、篦齿眼子菜、轮叶黑藻；种植沉水植物，沉水植物的种植密度为 $1-100\text{株}/\text{m}^3$ 。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：安新县白洋淀湿地保护区管理处

在白洋淀的小西淀淀区进行10公顷的应用，根据小西淀内现存生物组成和养殖模式特点，调整示范工程区生物结构和密度，构建削盐控藻生物链。根据示范区地形、水质、底质、水文和水生生物特点，构建4个生物链调控区，水域面积各2-3公顷，共11公顷。

示范区通过打桩固定尼龙渔网相隔以避免动物的迁移，尼龙渔网网目为60目。为维持水生植物的生物量，通过网捕和电击的方法除去草鱼。1#区为自然留存的穗花狐尾藻，至7月植株密度达30%；1#和4#于2010年冬分别播撒菱角种625公斤，至2011年7月菱的覆盖率达40%。2#和4#调控区按照3:1的比例放养鲢鳙（体重约25g）2万尾，1#、3#和4#放养中华圆田螺各1500Kg；3#和4#放养中华绒螯蟹扣蟹各4.8万只，日本沼虾仔虾（体长2cm）9万尾。共投喂3000Kg玉米和2000Kg土豆作为中华绒螯蟹的食物。

通过以上组合构建了四种食物链即削盐生物链（沉水植物/浮叶根生植物+底栖软体动物）、控藻食物链（浮游植物-浮游动物-滤食性鱼类）、碎屑生物链（沉水植物+底栖软体动物+底栖甲壳动物）和复合生物链（沉水植物/浮叶根生植物+底栖软体动物+底栖甲壳动物+滤食性鱼类目标生物链）。

通过分析2011年4月-2012年8月的13次示范区水质监测数据，结果表明：综合示范区水质明显改善，透明度显著提高，总氮和总磷浓度明显减低，叶绿素a含量明显下降，达到稳定。通过在示范区的示范工作，进一步筛选了目标生物链，确定水生生物在示范区中的放养

模式，建立并完善削盐-控藻-碎屑生物链联合调控富营养化技术。

联系单位：保定市环境保护局

联系人：孟繁师

电 话：13803277600

地 址：河北省保定市安新县安新镇南合街村委会

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：舒俭民

电 话：010-84915134

E-mail: shujm@craes.org.cn

地 址：北京朝阳区安外北苑大羊坊8号 100012

23、基于白洋淀氮、磷控制的水生植物平衡收割与资源化利用技术

技术依托单位：河北省环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：大型水生植物密集区

主要技术指标和参数：

一、基本原理

水生植物具有吸附氮、磷能力，通过建立相应的模型，推算出吸附氮、磷的含量，在收割的同时，不仅创造了经济价值还抑制了湖泊沼泽化的蔓延。

芦苇成型燃料资源化利用项目的实施，不但能将芦苇及废弃物变废为能，变废为宝，还可以降低当地农户用能支出，增加收入。同时解决废弃物污染水质问题，改善环境和空气质量。

二、工艺流程

1 白洋淀生态系统氮磷营养盐的循环特征调查

根据对各种形态氮、磷在食物链和水体中的循环规律研究，同时借鉴其他类似湖泊的研究成果，确定白洋淀生态系统中参与氮磷循环的生物成员可分为三个营养级，即大型水生植物和浮游植物→浮游动物→鱼类，营养库可分为水体、水生植物、浮游动物、有机碎屑、和底质等五个营养库。

2 白洋淀水生植物平衡收割技术

白洋淀水生植物主要包括：挺水植物、漂浮植物、浮叶植物和沉水植物 4 种类型，据研究，一般情况下水生植物净化能力的大小是：沉水植物>漂浮植物>浮叶植物>挺水植物。沉水植物的收获和利用，是防止湖泊富营养化的有效措施。

3 白洋淀水生植物资源化利用技术

芦苇成型燃料资源化利用技术及菹草特色优质饲料资源化利用技术

三、关键技术

白洋淀水生植物平衡收割技术

收割船的设计技术

①双动力驱动技术

明轮驱动和螺旋桨驱动构成了收割船前进和工作的动力。当收割船快速行驶时，两种动力可以同时工作，提高行驶速度；当水深较浅时，可以单独使用明轮进行驱动。

②液压控制技术

液压控制具有单位功率的重量轻、布局灵活方便、调速范围大、工作平稳、快速性好、易于操纵控制并实现过载保护、易于自动化和机电液一体化、易于实现直线运动、液压系统设计、制造和使用维护方便等诸多优点。

③实体建模及仿真技术

利用三维造型软件将所需零件造型出来，并进行虚拟装配，可以发现零件与零件是否干涉，从而有利于改进设计；仿真技术可以在零件或装配体施加工作载荷，模拟工作状态，从而可以验证设计是否可靠，可以节约大量的设计制造时间和成本。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：保定市环境保护局

该示范工程工程地点白洋淀，规模22.5公顷，研制的白洋淀水草收割船（HKY-1）开展机械平衡收割示范，HKY-1型水草收割船航速大于5公里/小时，生产率大于3吨/小时，转弯半径为0。动力为40千瓦，增加了脱水装置，漏割率为0。示范于2012年4月-8月进行，示范区水生植物得到平衡采割，各种设施状态良好，运行管理符合规范。通过对示范工程运行的监测，平衡收割能削减示范区水体氮磷含量，改善示范区水质，防止水体快速沼泽化。每年能回收废弃芦苇4.7万t，可产生年利润1048万元，新增N移出量为578.32吨、P移出量为34.50吨，环境效益可观。示范工程全面实施后，示范区富营养化及沼泽化的趋势得到有效控制。示范工程区营养盐有效削减，生物填平作用明显降低。为白洋淀和其他类似湖泊的沼泽化控制提供了技术支撑和管理示范。该项技术可显著提高水生植物收割效率，为实现水生植物资源化利用提供原料保证，不仅有效的削减了水体中营养盐的含量，可有效改善白洋淀水生态状况，减轻水生态恶化带来的危害。

联系单位：保定市环境保护局

联系人： 陈建起

电 话：0312 3037180

地 址：保定市东风中路1495号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：舒俭民

电 话：010-84915134

E-mail: shujm@craes.org.cn

地 址：北京朝阳区安外北苑大羊坊8号 100012

24、以沉水植物评价水体稳态类型的技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：北方草型潜水湖泊

主要技术指标和参数:

一、基本原理

以群落生态学、数量生态学、水生生物学、水化学等理论和方法为基础，分析不同沉水植物物种对水环境的适应性以及对主要影响因子的适应区间及耐受程度，同时比较底栖动物、浮游动物等不同生物评价方法的精确度，最终建立出了利用沉水植物来进行水质评价的

初步原则，以期为重污染水体内进行生物修复提供科学依据。

二、工艺流程

通过北京市水系及白洋淀不同淀区开展水生生态系统现状调查，结合浮游生物、底栖动物以及研究区域内水体物理、化学指标的差异性，建立沉水植物耐污梯度等级，筛选影响沉水植物生长的关键因子以及关键因子阈值范围，并在此基础上架构出沉水植物-浮游生物-底栖动物对应耐污级别，最终建立一套完整的沉水植物对水生生态系统的评价标准。

三、关键技术

沉水植物耐污敏感度识别研究

首先确定沉水植物主要环境影响因子阈值分析，其次沉水植物耐污等级排序。

具体内容如下：白洋淀77个采样点中共记录了17种沉水植物，物种及其分布频度见表44。频度较高的物种有金鱼藻、莛齿眼子菜、黑藻和轮藻；对影响白洋淀中沉水植物分布的物理化学进行因子主成分分析，得出水体中氨氮、总氮、总磷是影响沉水植物分布的最关键因素。为了进一步探讨沉水植物在某种生境下能否存活以及生物量的大小，结合各沉水植物存在的区域内的生物量与该区域水体中氮磷含量作图，并通过添加趋势线观察水体中营养物质对沉水植物的直接作用，以期得出各物种对氮磷的耐受性及适应阈值。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：保定市环境保护局

针对白洋淀淀泊相对隔离，水质等级及生物群落结构差异性较大的特点，创新地提出了以沉水植物有效的评价草型湖泊水体稳态等级、以沉水植物与叶绿素 a 生物量比值评价湖泊水体稳态等级和以营养物阈值划分水体稳态等级的技术，三种方法评价结果具有良好的敏感性和结论的有效性、一致性。

① 以沉水植物评价水体稳态等级的方法。阐明了沉水植物的水质适应区间，提出了物种的耐污值和水体稳态等级判定的指示物种：以轮藻、狸藻、小茨藻为草型稳态指示物种，以金鱼藻和莛齿眼子菜为藻型富营养化水体指示物种。沉水植物监测水体质量的方法是几种生物类群中最好的生物监测方法，具有简便性。

② 草藻生物量比判定湖泊水体稳态的方法。叶绿素 a 含量 (ug/L) 数值与沉水植物鲜重 (kg/m²) 数值相比，当比值<1 时，为草型；当比值介于 1-5 之间时为过渡型；≥5 时为藻型。

③ 用时间序列法和比较湖沼学两种方法提出白洋淀稳态状态维持的营养盐阈值浓度：清水稳态阈值为 Chla<20ug/L，TN<0.76mg/L，TP<0.036mg/L，COD_{Mn}<6mg/L，DO>9mg/L；浊水稳态阈值为 Chla>100ug/L，TN>17mg/L，TP>0.9mg/L，COD_{Mn}>18mg/L，DO<4mg/L。此阈值为藻型向草型清水稳态的水生态调控确定了明确的目标值，减少了治理的盲目性。

该项技术登记了2项专利。研究结果揭示了白洋淀受水产养殖和人为排污影响较大，生态系统相对脆弱，人为干扰加速白洋淀各个相对封闭小淀泊的草藻转化过程。与长江流域浅水湖泊（草型稳态向藻型稳态转换的TP阈值为0.07-0.1mg/L，藻型稳态向草型稳态转换的TP阈值为0.02-0.03mg/L）相比能更容易从草型转为藻型，而藻型区域转为草型区域的难度要大很多。沉水植物评价方法是最简便且与其他方法相关性最大的评价方法。以沉水植物判定法划分白洋淀草藻稳态类型分布。白洋淀一半区域为草-藻过渡型，草型清水区域面积不足20%，藻型浊水区域30%。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：舒俭民

电 话：010 84915134

地 址：北京朝阳区安外大羊坊8号院中国环境科学研究院

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：中国环境科学研究院
联系人：舒俭民
电 话：010-84915134
E-mail: shujm@craes.org.cn
地 址：北京朝阳区安外北苑大羊坊8号 100012

25、城区河道水质净化与生态修复集成技术

技术依托单位：清华大学；常州环保科技开发推广中心

技术发展阶段：工程示范

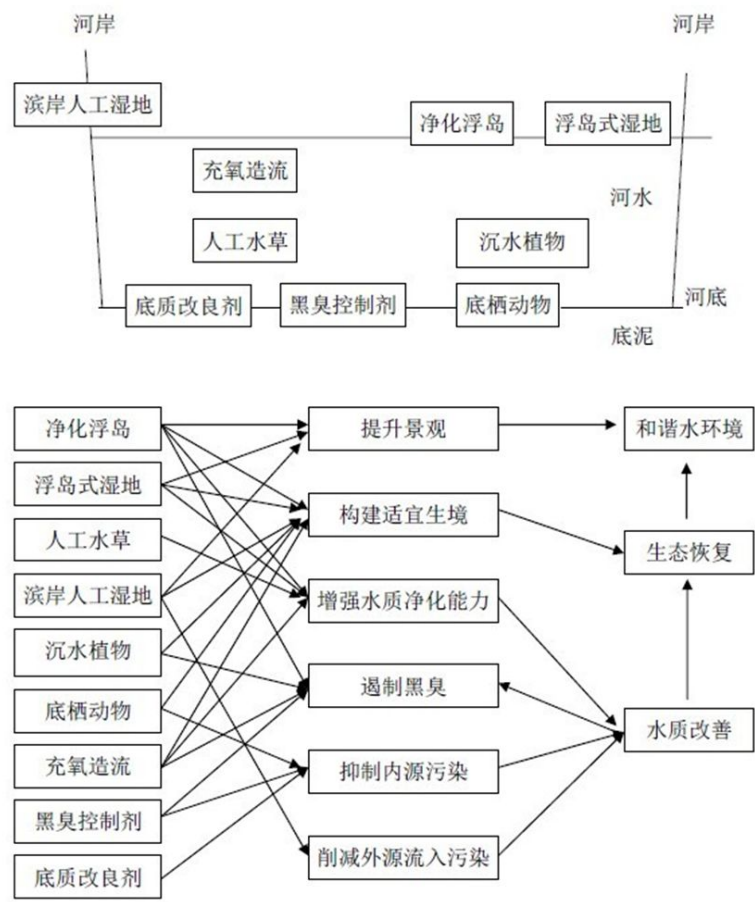
适用范围：河道水质净化与修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对城区河道水文水质特点，通过技术比选、设计方法研究与规范化、高效能产品的研发、优化调控模型构建、水质生态效应的全面定量解析，使多元生态构建、河道充氧造流、底泥污染控制、河水快速净化、水力调配控制等单项技术方法得以完善、优化，并在单项技术研发完善及多项技术耦合机制研究的基础上，提出了针对城区不同类型污染河道的组合技术方案，分应急、过渡、水质改善、生态恢复等不同阶段，明确各项技术实施要点的差异，最终形成城市河道水质净化与生态修复集成技术体系。

二、工艺流程



三、关键技术

明确提出多元生态构建技术在不同类型河道或河道治理不同阶段的功能定位差异,针对目前国内外对河道修复技术生态效应评估匮乏的现状,在河道修复技术示范河道开展了全面的生态系统构成监测并将长期进行,有利于提高生态修复工程设计实施的针对性;以实际水文水质气象监测为基础,建立起河道需氧量测算分析、河道曝气与调水充氧方式选择、河道充氧设计及设备选型思路、充氧设备性能评估等一系列方法体系,有利于提高河道充氧工程设计实施的科学性。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位:常州市环境保护局

实际应用案例介绍:组合技术方案在常州市北市河(河长 2117m、平均河宽 15m)及柴支浜(河长 450m、平均河宽 20m)分别建立“滞流型河道多元生态构建水质改善技术示范工程”和“重污染河道物化/生物耦合消除黑臭示范工程”,示范河段水质显著好转,黑臭现象得以遏制,河道景观显著改善,水生生物增多。

联系单位:清华大学

联系人:王慧

电 话: 010-62772137

E-mail: wanghui@tsinghua.edu.cn

地 址:北京市海淀区清华园 1 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:清华大学

联系人:王慧

电 话: 010-62772137

E-mail: wanghui@tsinghua.edu.cn

地 址:北京市海淀区清华园 1 号

26、景观水体化学-微生物-水生植物复合强化净化与藻类过度生长控制技术

技术依托单位:天津市市政工程设计研究院、天津艾杰环保技术工程有限公司

技术发展阶段:工程示范

适用范围:本技术适合于征地困难地区进行景观水体水质改善及功能恢复的原位修复技术,可有效改善水体富营养化状态。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

针对景观河道水体自净能力差、富营养化现象严重、藻类过度生长等现状,课题通过新型微生物复合菌剂、加强型锁磷剂的研制,对微生物、化学、水生植物复合强化技术进行集成,研发了智能型自动投药装置,进行水质净化及控制的原位修复技术研究,实现 V 类水体,适合于征地困难的地区进行景观水体水质改善及功能恢复,可有效改善水体富营养化状态,符合建设生态宜居城市需求。

二、工艺流程

根据天津景观水体水质特点,将微生物净化、化学除磷、水生植物吸附克藻这三种净化

技术优化复合。复合技术通过兼顾三种技术的空间和时间效果，取长补短，实现水体整体生态系统的恢复。

- (1) 按照先投加微生物复合菌剂，去除水体中的有机物和氨氮；
- (2) 再投加强型锁磷剂，去除水体中的磷，并最终覆盖在水体底部污泥层上，进一步地控制底部污泥的磷释放；
- (3) 同时栽种的水生植物能辅助净化水体并抑制藻类的生长，水生植物对水体中营养盐（N、P）具有较强的吸收能力，特别是对总氮的去除有较好的效果，能够弥补复合微生物菌剂和化学除磷药剂对总氮去除能力的不足。

三、关键技术

1、微生物复合菌剂研制技术；

2、加强型锁磷剂配置技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：天津市排水管理处

实际应用案例介绍：卫津河-卫津河水环境改善示范工程主要通过微生物菌剂、锁磷剂投加及水生植物浮床构建等手段对景观河道水体进行水质改善及水体功能恢复。卫津河南段（外环桥~解放南路桥），河道长度500m，宽度25m，水深2.5m，水体体积25000m³。长泰河（绿水道~外环线），河道长度100m，宽度25m，水深2.5m，水体体积 6250m³。采用先投微生物菌剂，再投加锁磷剂，同时栽种水生植物的方式进行治理。总体示范工程水体体积约35000m³，建设运行时间约持续6个月。经治理，水质由劣V类达到V类水体水质的要求，实现水体整体生态系统的恢复，采用复合技术是景观河道富营养化水体治理的发展趋势。复合技术应用后，卫津河南段及长泰河南段水体各项指标均有显著降低，其中，卫津河TP最高去除率为20%，TN最高去除率为12.9%，NH₃-N最高去除率为35%，COD最高去除率为51%，达到技术要求；长泰河总磷最高去除率为48%。NH₃-N最高去除率为71%。COD最高去除率为25%，水体透明度由浑浊逐渐变清，水质改善效果明显。

联系单位：天津市排水管理处

联系人：潘留明

电 话：13752476061

E-mail: liumingpan@126.com

地 址：天津市南京路1号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：天津艾杰环保技术工程有限公司

联系人：张大群

电 话：022-27836375

E-mail: twice@sina.com

地 址：天津市和平区卫津路73号嘉里中心

27、滨海地区景观水体构建技术

技术依托单位：天津市环境保护科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：滨海大型功能城区

主要技术指标和参数:

一、基本原理

滨海地区景观水体构建技术通过湖库污染信息系统为水体本底污染治理提供依据,并充分利用原有坑、塘、河、库等水系单元进行水系统规划,基于流体动力学研发水系统循环调度模型并模拟确定进、出水,及曝气推流复氧等点位。该技术从水系统规划与构建设计着手,提高水体自净能力与景观效果。

二、工艺流程

工艺流程为“本底污染治理—水系统规划—水力循环调度”。具体如下:

1、在水环境调查和实验室分析的基础上,开发了湖库污染物信息系统,并对本底污染水及底泥进行治理;

2、进行水系统规划,充分利用原有坑、塘、河、库等水系单元;

3、基于流体动力学软件对规划水系进行情景模拟,确定水力调度的进、出水点位,及重要水质提升(如曝气、推流、湿地等)节点位置。

三、关键技术

1、湖库污染信息系统;

2、水系统规划技术。

3、水力循环调度技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例:

应用单位:中新天津生态城水务投资有限公司

实际应用案例介绍:课题在汉沽污水库前期调查和实验室分析的基础上,开发了汉沽污水库主要污染物信息系统。该系统不仅是对监测资料的储存和管理,而且针对未来汉沽污水库底泥疏浚工程及环境管理开发了分析、计算功能,为汉沽污水库的治理提供了依据;课题充分利用原有坑、塘、河、库等水系单元,形成了《中新天津生态城水系构建方案(规划方案研究)》,规划性研究成果已经成为指导滨海高新区与中新生态城水环境设计、建设的指导性文件。

联系单位:中新天津生态城水务投资有限公司

联系人:刘振江

电 话:13602020876

E-mail:13602029876@163.com

地 址:天津生态城汉北路17号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:天津市环境保护科学研究院

联系人:刘红磊

电 话:022-87671635

E-mail:hongleiliu@126.com

地 址:天津市南开区复康路17号

28、城市河湖水系水质保障与修复技术

技术依托单位:同济大学、中国科学院水生生物研究所、上海城市污染控制工程研究中心有

限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城市河湖水系水质保障与修复

主要技术指标和参数：

一、基本原理

(1) 在南淝河和巢湖市环城水系实际水质监测数据的基础之上，建立南淝河和环城水系的水量水质模型，并通过开展水文、水质观测对模型进行率定；通过水文-水质模拟，对南淝河和环城水系的入河污染源强进行核准，并分析上游各种水量调配方案条件下的河道的水流条件；根据河道的可调度水资源总量，提出优化的水量调配技术方案。在现有水量补充或水质改善为核心的调水引流技术基础上，通过生态水力学控藻试验，确定可抑制藻类生长的最佳河道水文条件；以生态水力学控藻为目标，充分利用闸泵等水工建筑物的水资源调配功能，构建以水功能区划及水体修复为目标的“库-河-湖”多闸坝水质水量调配技术。该技术以河网水动力水质耦合模型为工具，以闸、泵、涵等水工建筑物的调度运行行为手段，以河道水位、流速、水质、浮游植物生物量及种群结构为依据，基于生态水力学理论，充分考虑流域调水引流对河流水文情势及富营养化的影响，为实现区域水资源优化分配和水生态安全提供技术保障。

(2) 为确保人工湿地对污水处理厂尾水的深度净化效果，围绕化学需氧量、氨氮、硝酸盐氮和总磷等主要限制性指标，识别了人工湿地深度净化过程中的技术问题。

(3) 将生态浮床、生物膜接触氧化、河道曝气和原位控藻等技术组合应用于景观水体，是为恢复河道水生态系统做铺垫，只有在水体生境达到植物生长要求的基础上，才有可能成功重建水生植被，从而达到稳定水质和建立水生态系统的目的。除此之外，在水质保障和完善生态系统的基础上，将河道景观规划结合起来，这样水生植被恢复又可以发挥美化环境的功能，提升整个城市水体的景观效果。

二、工艺流程

开发合肥市南淝河和巢湖市环城河水系水量水质数学模型，并通过现场调水试验，形成城市河流水量水质调配技术体系。通过工艺流程创新、碳源补充、填料选择、防堵塞等研究，提出城市污水厂尾水人工湿地深度处理技术。通过从南淝河流域及周边地区分布的各类水生植物中筛选水生植物先锋种，进行菹草、金鱼藻、穗花狐尾藻、马来眼子菜、苦草、黑藻、睡莲、荇菜、荷花等水生植物的恢复。

三、关键技术

- (1) 城市水系水量水质调配技术，以及南淝河生态补水方案与巢湖环城河活水方案；
- (2) 碳源补充的高效脱氮的人工湿地城市污水厂尾水深度处理工艺技术；
- (3) 污水处理厂尾水补水城市河道人工强化与水生植物组合原位生态修复技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成；

申请发明专利6项，其中授权2项。

实际应用案例：

应用单位：合肥市排水管理办公室/巢湖活水靓城工程办公室

实际应用案例介绍：

针对南淝河的污染特点及存在问题，在南淝河自董铺水库下游到合九铁路桥附近河段4.3 km长度范围内开展南淝河水环境综合整治示范工程。岸带水生植物恢复重建4.2 km长，恢复挺水植物种类12种；设置组合生态浮床、原位曝气等城市河道原位生态修复设备，恢复水生植物面积20000 m²，恢复重建水生植物种类21种；采用生物质添加的潜流人工湿地技术，构建城市污水厂尾水深度处理人工湿地7000 m²。开展水质水量调配工程，调水流量为6

m³/s，使流速提高到0.1-0.2 m/s。

针对巢湖市城区河道水环境存在的问题，对河道近岸带生态改造。通过示范工程的实施与建设，实现河道近岸带生态改造与生岸带水生植物恢复带1.3 km；重污染河段生态清淤与底质修复工水生植物恢复面积共计13200 m²；框架式模块化密植型生态浮床1200 m²；构建旁道人工湿地670 m²。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：同济大学

联系人：成水平

电 话：021-65980763

E-mail: shpcheng@tongji.edu.cn

地 址：上海市杨浦区四平路1239号

四、 城镇污水防治与资源化技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
城镇污水深度处理技术						
1	三相内循环生物膜处理技术	该技术同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点,比传统工艺节能 30%。	城镇污水、中低浓度工业废水以及受污染雨水	中国科学技术大学	湖泊	219
2	好氧/准好单级自养脱氮填埋场渗滤液减质减量技术	通过限制性供氧,在实现亚硝酸阶段的基础上,可在较短时间内启动单级自养脱氮系统。	垃圾渗滤液、污水处理厂污泥析出液及畜禽动物粪便废水等高氨氮低 C/N 比废水	重庆大学	湖泊	221
3	微好氧双膜处理技术	将传统膜生物反应器与生物膜反应器耦合,选材廉价,设计巧妙,系统中能同步实现硝化和反硝化,去除污染物。	冲击负荷大及含部分油污污染物的生活污水	中国科学技术大学	湖泊	222
4	寒冷地区城市污水底部曝气氧化沟处理技术	该技术主要包括底部曝气氧化沟技术和“二小一 V”技术,可推广应用于我国其他北方地区。	适用于北方寒冷地区城市污水的深度处理	吉林省环境科学研究院	河流	224
5	城市污水达Ⅳ类水质深度处理集成技术	采用以新型磁性微球树脂为核心的深度脱氮除磷脱色技术及强化混凝过滤为核心的除浊技术。	城市污水达Ⅳ类水质深度处理	南京大学	河流	226
6	新型磁性树脂制备与产业化技术	系列可再生磁性树脂吸附剂,利用其较好的流体力学性能及反应动力学效能,开发出高效低耗的生化尾水深度净化用与回用技术,可以利用现有设施进行简单改造和有效替代。	工业废水深度处理	南京大学	河流	227
7	生活垃圾转运站渗滤液快速处理技术	利用“生化调节-快速处理”工艺研发了垃圾转运站高浓度渗滤液快速处理技术。	城市垃圾转运站渗滤液处理	清华大学、常州市环境卫生管理处	城市	228
8	A ² O 工艺优化与	围绕 A ² O 工艺的问题,进行识	采用 A ² O 及其类	北京建	城市	231

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	强化脱氮技术	别、诊断,提出优化和调控措施;研究强化脱氮、稳定运行技术,降低单位能耗。	似工艺的生活污水处理厂	工 环 境 发 展 有 限 责 任 公 司		
9	微絮凝-砂滤深度处理工艺优化与自动加药系统	建立药剂加药量与水质水量的响应关系,借助自动控制系统及时根据水质调整加药量。	适用于城市污水处理厂微絮凝过滤深度处理工艺的絮凝剂的投加量的控制。	河 海 大 学	城市	232
10	污水再生处理雾化曝气臭氧氧化技术	利用微米气泡(呈雾状)对臭氧进行溶气,可极大加快气液之间的传质速率,有利于提高臭氧利用率。	适用于小规模污水深度处理的情况	清 华 大 学	城市	233
11	MBR 强化脱氮除磷技术	针对低碳源污水,在不投加外部碳源的基础上,通过膜分离和生物处理单元有机耦合,解决脱氮除磷对碳源需求的矛盾。	低碳源污水脱氮除磷	清 华 大 学、北 京 碧 水 源 股 份 有 限 公 司	城市	235
12	城镇污水处理厌氧缺氧硝化曝气生物滤池(A ₂ N-BAF)工艺	基于反硝化脱氮除磷和曝气生物滤池组合工艺的低碳氮比城市生活污水成套技术。	城镇生活污水处理,尤其是低碳氮比城镇生活污水处理	哈 尔 滨 工 业 大 学 深 圳 研 究 生 院	城市	236
13	微孔曝气变速氧化沟技术	微孔曝气技术,变速氧化沟技术,等宽变速氧化沟、等深变速氧化沟以及多级变速氧化沟等多种构型。	城镇生活污水处理	桂 林 理 工 大 学	城市	237
14	小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术	针对北方小城镇的水质特征,建立了以水解-好氧为核心的污水处理集成工艺,针对不同水质目标建立了强化技术措施。	我国北方地区,特别是东北、西北和华北地区的15个省市、自治区小城镇	哈 尔 滨 工 业 大 学、北 京 市 环 境 保 护 科 学 研 究 院	城市	238
15	小城镇抗堵型地下升流式A/O土地高效处理技术	针对传统土地处理技术效率低、易堵塞,不能脱氮除磷等缺点,建立了小城镇抗堵型地下升流式A/O土地高效处理技术。	经济相对薄弱、水量水质波动较大的小城镇	青 岛 理 工 大 学	城市	240
16	城市污水厂A ² O工艺功能提升	通过调整运行模式参数,优化碳源利用,调控精细曝气模式,调	适用于A ² O工艺污水处理厂	重 庆 大 学/重 庆	城市	240

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	“精细化”调控技术	控曝气转盘位置、数量、速度和控制分区溶氧等措施,保障出水稳定优于一级 B 标准,节能减排。		水务集团		
17	氧化沟工艺污水处理厂功能提升调控技术	基于 ORP 多参数联动氧化沟 SND 调控技术;基于 PPFS 的生物/物化协同处理技术。	城市生活污水氧化沟工艺污水处理厂	重庆市水务集团股份有限公司	城市	242
18	库区生活污水与垃圾渗滤液协同处理技术	通过垃圾渗滤液汇入比例、污水厂的回流比、溶解氧、污泥浓度等参数的优化调控,使污水厂出水稳定达标排放。	垃圾渗滤液与生活污水合并处理的污水厂	中国科学院生态环境研究中心	城市	243
19	强化初期雨水处理的库区污水厂优化运行调控技术	初期雨污水中颗粒物去除的强化预处理技术、初期雨污水冲击时 A ² /O 工艺的优化调控方案、合流污水特细砂强化预处理技术、合流污水随季节变化时 A ² /O 工艺的优化调控方案。	受初期雨水冲击的中小城市污水处理厂	同济大学	城市	245
20	山地小城镇污水自然曝气渠道式下水道处理技术	利用下水渠道空间,内设悬浮填料构建多级生物膜净化系统;利用山地自然地形落差进行跌水充氧;实现污水输送和净化的同步。	适于地形落差较大、输送距离较长、经济及管理水平低的山地小城镇污水处理工程,以及污水厂用地受限的污水处理工程	重庆大学	城市	246
21	山地小城镇序批式人工湿地污水处理技术	对人工湿地采用间歇进水和增设排空闲置,强化大气复氧,提高处理效能,其序批式运行方式:进水-反应-出水-排空闲置。	适于有一定地形落差的,用地面积受限的山地小城镇污水处理工程。	重庆大学	城市	247
22	山地小城镇污水处理复合式人工湿地技术	复合型人工湿地由竖向折流湿地-侧向潜流湿地组成,在竖向折流湿地中,污水以上下折流的方式推流穿行,在侧向潜流湿地单元设自然复氧区。	适于低温地区及低碳氮比的山地小城镇污水处理工程	重庆大学	城市	249
23	不同进水水质和出水要求的氧化沟处理工艺的升	采用回流污泥预浓缩系统和内置缺氧区提升厌氧-氧化沟工艺脱氮除磷性能。	低碳源城镇污水	同济大学	城市	250

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	级改造工艺技术					
24	利用地形势能的小型污水处理曝气设备成套化技术	跌水曝气就是水体从高处跌落,搅动水面,产生水跃,使液面与空气接触的表面不断更新,把空气中的氧转移到水中,从而使水充氧的过程。	村镇污水处理	重 庆 大 学	湖泊	251
25	强化氮磷营养盐控制适用于三峡库区乡镇污水处理的新工艺	厌氧处理+跌水曝气+改良人工快渗系统组合工艺,活性污泥法-生物膜法一体化处理设备+人工湿地组合工艺。	城镇污水处理	重 庆 大 学	湖泊	252
26	厂矿区混排污水集成生态处理技术	该技术系统由沉淀塘、氧化塘、复合湿地处理系统、表面流人工湿地和稳定塘组成,结合各单项技术的优势,具有抗污染冲击负荷能力强、环境安全和免维护的特点。	适用于中低浓度受工业污染雨水、生活污水	中 国 科 学 院 水 生 生 物 研 究 所	湖泊	253
污泥处置处理技术						
27	环境友好型高效污泥转盘干化技术与设备	基于多相变间接换热的渐变式污泥转盘干化技术。	城市污水处理厂机械脱水污泥,各种工业污泥以及江河湖泊产生的污泥、底泥	沈 阳 航 空 航 天 大 学、清 华 大 学	城市	255
28	热泵辅助污泥厌氧消化技术与设备	将污水源热泵与厌氧消化集成,以廉价的低品位热能置换出高品质燃料----沼气,并开发了新型升流式消化器,可使污泥减量一半以上,实现了污泥减排以及能量的回收与梯级利用。	有机物含量0.4以上的污泥	清 华 大 学	城市	256
29	剩余污泥水热处理技术	基于创新的序批式水热新工艺,工艺包括进料、蒸汽加热、反应、一次闪蒸、二次闪蒸、出料。	污水处理厂污泥脱水、污泥高浓度厌氧消化	清 华 大 学	城市	257
30	污泥底泥联合高温烧结制备陶粒技术	利用污泥、河道底泥和电厂粉煤灰为原料,通过配方优化与工艺调整,制备水处理人工陶粒滤料或建筑轻骨料。	污水处理厂来水工业废水占比较高比例、污泥有机质含量较低,且污泥和河道底泥缺乏出路的城镇	清 华 大 学、甬 直 污 水 处 理 厂	城市	258
31	城市污水厂湿污泥生物发酵制营	常温发酵法研究城市湿污泥生产园林营养土的可行性;用添加	污水厂剩余污泥	重 庆 市 园 林 绿	城市	259

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	养土技术	酵素扩培菌方法解决升高发酵温度和缩短发酵时间等提高污泥生产营养土的发酵效果;用好氧发酵法和厌氧发酵法的交替发酵方式解决污泥生产的营养土达到“三化”要求。		化 科 学 研 究 所、 重 庆 大 学、重 庆 水 务 集 团		
32	污泥复合循环流态化清洁焚烧技术	采用复合循环流态化燃烧方式,辅以物料复合循环、多层二次风湍流和分级送风等创新,提高燃烧稳定性和热效率。	污水厂剩余污泥	浙 江 大 学	城市	260
33	污泥干化焚烧污染物控制技术	采用污泥干化尾气处理优化工艺,燃烧过程控制和尾部脱除相结合,使污泥干化焚烧污染物排放优于国家标准。	污水厂剩余污泥	浙 江 大 学	城市	261
再生水技术						
34	基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术	该技术包括再生水低温寡营养深度脱氮除色集成技术等关键技术,可基本解决再生水生产工艺控制与运行策略的技术问题。	高品质再生水生产工艺的新建或改造	北 京 城 市 排 水 集 团 有 限 责 任 公 司	城市	263
35	工业园区污水厂生化尾水深度处理与回用技术	针对工业园区污水厂生化尾水难以达标排放问题,开发出以磁性可再生树脂吸附剂为核心的集成处理工艺,采用高效能全混式反应器,可稳定满足提标与回用处理要求。	工业园区污水厂生化尾水深度处理与回用	南 京 大 学	河流	264
36	不同途径回用的城市污水再生处理关键技术	生物造粒流化床技术、臭氧-气浮技术和再生水水质稳定技术等实现不同途径回用的城市污水再生处理。	城市污水及工业废水处理、再生水处理	西 安 建 筑 科 技 大 学 大 学	城市	265
37	回用水补水条件下的水体水质保障关键技术	研发了以雨污再生水为主要补水来源的水体水质安全保障技术和多元组合水质保障技术体系。	雨水、污水再生回用	西 安 建 筑 科 技 大 学	城市	268
城镇污水控制技术						
38	新型室外负压污	在室外污水收集井中采用水封	适用于地势平坦、	上 海 市	城市	269

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
	水抽吸技术	抽吸管保持收集单元负压并杜绝空气进入系统的一种新型室外污水收集技术。	建筑密集、河网密布、经济条件较为落后的镇村室外排水	政 工 程 设 计 研 究 总 院 (集团) 有 限 公 司		
39	大管径排水管道清淤技术	整个水力清淤系统包括清淤小船清淤小船、管道清通器、地上操作系统及充气橡胶闸门。清淤效率高、成本低。	适用于管径大于1000的山地城市管道清淤	重 庆 大 学	城市	270
40	截流式合流制排水系统溢流污染控制集成技术	基于水力模型排水系统改造方案;基于单位投资环境效益的最佳截流倍数确定方法;初期雨水就地处理处理设备。	合流制排水系统改造及溢流污染控制方案研究及设计	同 济 大 学, 合 肥 市 排 水 管 理 办 公 室, 武 汉 理 工 大 学、安 徽 建 筑 工 程 学 院	城市	271
41	分流制排水系统雨水管网混接识别与改造技术	基于混接污染成因源解析、混接污染源现场调查检测和混接改造决策支持平台的混接改造集成技术。	城市分流制管网雨污混接改造	同 济 大 学	城市	273
42	合流管网的源-流-汇综合降污集成技术	通过技术集成,解决雨污水在合流制管网系统源-流-汇净化链中的系统净化,提高合流制管网的截污效率。	城市合流制雨污水管网改造	江 苏 大 学	城市	274
43	老城区滨河带适宜性真空截污技术	开发适用于老城区滨河带截污工程的真空排水系统,提出适宜于老城区滨河带的“重力调蓄-线性真空”截污模式。	老城区滨河带截污工程	清 华 大 学 深 圳 研 究 生 院、常 州 市 排 水 管 理 处	城市	276
44	雨水径流时空分质收集处理技术	基于初、后期雨水分流概念与高性能吸附材料渗滤技术,利用城市下垫面有限的土地资源,高效去除径流污染物。	针对城市雨水径流形成的污染	清 华 大 学、江 南 大 学	城市	278
45	山地城市面源污染控制技术	根据山地城市地形特点,集成了屋面径流分流、模块化绿色屋	适用于具有山地特色的城市面源	重 庆 大 学、中 国	城市	278

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		顶、浅草沟控制、道侧渗流带、亚表层促渗等单项技术。	污染控制。	科学院生态环境研究中心、华中农业大学		
46	村镇生态型排水技术	将乡镇地表径流消能、沉沙、分流，污染物在径流通过原位渗透、在线处理和“汇”端截流等方式被净化。	河流上游乡镇地表径流面源污染的控制	中科院生态中心	湖泊	279

（二）技术简介

城镇污水深度处理技术

1、三相内循环生物膜处理技术

技术依托单位：中国科学技术大学

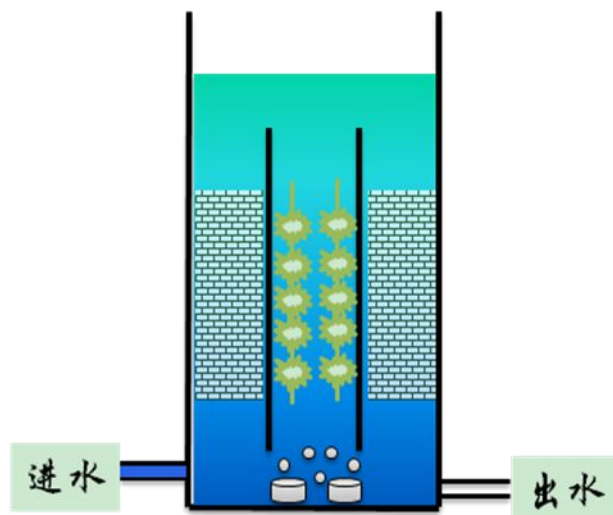
技术发展阶段：工程示范

适用范围：城镇污水、中低浓度工业废水以及受污染雨水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该集成化工艺同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点，特征是主体反应器采用双套筒结构，内筒为填充半软性悬挂填料的生物接触氧化，外筒为填充页岩陶粒的生物滤池；在内筒底部曝气推动水流在填料区和过滤床之间形成环流，由此在反应器内形成内循环；同时外筒壁上开有通风口，并采用 4-8 的高径比，在外筒过滤床内形成较强的拔风状态，通风效果良好、能耗低；废水经内筒生物接触氧化处理后，通过内循环，经由布水器自上而下滴入生物滤池，水流紊动强烈，滤料上的生物膜、污水、空气—此固、液、气三相接触充分，充氧效果良好，污染物质传质速度快；另外，当有冲击负荷时，污染物大部分在生物接触氧化池内处理掉，克服了单一生物滤池遇到冲击负荷时容易堵塞的弊端。所以此三相内循环生物膜反应器同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点，并且克服了原有系统曝气能耗高、抗冲击负荷性能差、供氧不足、易堵塞的缺点，从而降低系统能耗，抗负荷冲击，减少污水处理系统占地面积，降低污水处理系统建设和运营成本；系统在低能耗、高效、稳定的同时，获得较好污染物去除效果和出水水质。同时实现气、液、固三相分布于反应器内不同功能分区，结合曝气控制，实现好氧、厌氧和缺氧操作的合理分配，从而提高曝气效率。反应原理图如图。



低能耗三相反应器原理图

二、工艺流程

污水经内筒生物接触氧化处理后，通过内循环，经由布水器自上而下滴入生物滤池，水流紊动强烈，滤料上的生物膜、污水、空气接触充分后出水。

三、关键技术

- 1、快速挂膜填料构建技术
- 2、反应器内部结构的优化技术
- 3、曝气与反应器流态优化技术
- 4、耦合反应器高效低耗稳定运行技术
- 5、三相生物膜耦合技术

四、技术来源及知识产权概况

该技术为本课题自主研发的集成技术，已申请国家专利，专利名称：生物膜反应器、废水处理系统及废水的处理方法 申请号： 201110134094.8

五、技术的创新点、优势及适用性

创新点：该技术同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点，并克服了各自的缺点，提高污染物去除效率。

优势： 1) 比传统生物膜工艺节能 30%以上；
2) 水力停留时间缩短 1/3；
3) 主要污染物去除率高于 60%。

适用性：该技术适宜处理城镇污水、中低浓度工业废水以及受污染雨水，能有效削减 N、P 等污染物。巢湖流域各入湖河流存在大量直排河流的中低浓度工业废水，可将该技术推广应用，从源头控制污染物进入河流及湖泊。

实际应用案例：

应用单位：巢湖污染治理综合开发有限公司

该技术在皖维高新材料股份有限公司应用于厂区受污染雨水的处理，运行效果良好，可以削减主要污染物 60%以上。

处理规模：800 t/d

工程面积：1040m²

建成时间： 2009 年底

运行时段：2010 年 3 月-2011 年 4 月

示范工程总投资：120 万元

示范工程运行期间主要对 COD、TP、TN、SS 做了详细检测，如表数据所示。

示范工程处理效果

	COD _{Cr}	TP	TN	SS
平均进水(mg/L)	79.2	1.50	12.4	50.6
平均出水(mg/L)	23.5	0.50	4.7	15.6
去除率 (%)	70.3	66.7	62.1	69.2
去除量 (t/a)	16.3	0.29	2.25	10.2
考核指标 (t/a)	13.7	0.26	1.15	5.3

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：巢湖污染治理综合开发有限公司

联系人：何中军

电话：13966338228

地址：原巢湖市环境科学研究所

2、好氧/准好氧单级自养脱氮填埋场渗滤液减质减量技术---一种单级自养脱氮反应器的启动方法

技术依托单位：重庆大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：工程示范处理垃圾填埋场的垃圾渗滤液、污水处理厂的污泥析出液以及家禽养殖场的动物粪便废水等高氨氮低C/N比废水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本技术通过限制性供氧，在实现亚硝酸阶段的基础上，可在较短时间内启动单级自养脱氮系统，这样就解决了单级自养脱氮反应器接种物来源的难题，并且启动方式简单易行，降低了系统启动难度，缩短了启动时间。

二、工艺流程

1) 首先接种污泥于单级自养脱氮生物膜序批式反应器内：反应器所接种的污泥为好氧污泥和厌氧污泥的混合污泥，两者的混合体积比为1-2:1，接种总量为反应器有效容积的60~70%，通过搅拌使污泥保持悬浮状态。2) 在限制性供氧和少量有机碳源的条件下，构建以亚硝化菌和硝化菌为主导的微生物系统。具体操作为：少量有机碳源通过控制反应器进水氨氮浓度小于500mg/L同时C/N比小于2实现；控制溶解氧为0.8~1.5mg/L，温度为20~35℃，pH为7.0~8.5，水力停留时间为18~36 小时。3) 通过限制性供氧，控制氨氮氧化至亚硝酸阶段，以富集亚硝化菌，抑制硝化菌的生长，建立以亚硝化菌为主导的微生物系统。具体操作为：控制溶解氧为0.5~1.2 mg/L，温度为20~35℃，pH为7.0~8.5，水力停留时间为18~36小时。4) 在稳定的亚硝酸阶段基础上，通过调整曝气方式及控制溶解氧水平，优化亚硝化菌及厌氧氨氧化菌共存的微环境，促使厌氧氨氧化菌的生长与富集，从而启动单级自养脱氮系统。5) 优化亚硝化菌及厌氧氨氧化菌共存的微环境可采用间歇曝气或连续曝气方式实现：当采用间歇曝气方式时，曝气时间为1.5~3.0小时，曝停时间比为1: 1，曝气时溶解氧

条件为1.8~2.5 mg/L，停曝时溶解氧条件为0.2~0.5 mg/L；当采用连续曝气方式时，溶解氧条件为0.5~1.0 mg/L。不管是间歇曝气还是连续曝气，控制温度为20~35℃，pH为7.0~8.5，水力停留时间48~192 小时。

三、关键技术

在实现亚硝酸阶段的基础上启动单级自养脱氮反应器，以处理垃圾填埋场的垃圾渗滤液、污水处理厂的污泥析出液以及家禽养殖场的动物粪便废水等高氨氮低C/N比废水。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：白市驿板鸭食品有限责任公司污水处理站

应用单位：白市驿板鸭食品有限责任公司

实际应用案例介绍：采用CSTR产甲烷反硝化-MSBR短程硝化反硝化组合工艺，工程规模为1200t/a，预期目标是畜禽粪便和养殖有机垃圾厌氧发酵产沼率 $\geq 1.0\text{m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ；畜禽养殖废弃物COD去除率 $\geq 75\%$ 。

联系方式：重庆市九龙坡区白市驿镇白新街92号，410329，

联系单位：白市驿板鸭食品有限责任公司

电 话：023-65703333

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：重庆大学

联系人：郭劲松

电 话：13908361618

E-mail: guo0768@126.com_

地 址：重庆市沙坪坝去沙正街174号（400030）

3、微好氧双膜处理技术

技术依托单位：中国科学技术大学

技术发展阶段：工程示范

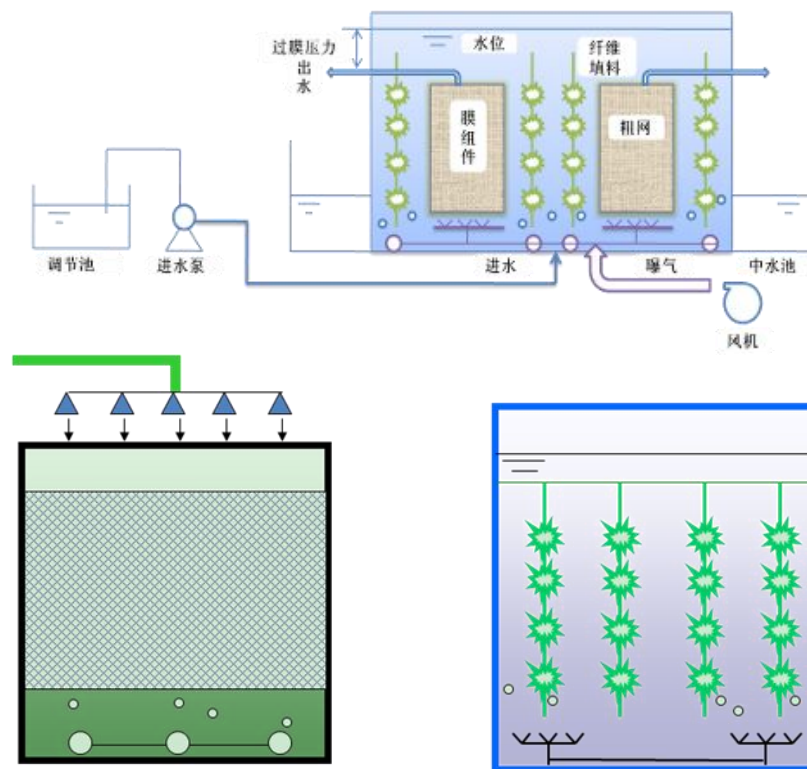
适用范围：适用于处理冲击负荷大及含部分油污污染物的生活污水的一种膜处理新技术

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该微好氧双膜处理系统是传统膜生物反应器与生物膜反应器的耦合。膜生物反应器(MBR)具有污染物去除率高、出水水质好等优点，但膜组件价格高、能耗高，且膜易污染的缺点。研究开发的微好氧双膜处理系统利用廉价粗网材料代替传统微滤膜，采用重力出水和低曝气量，降低了成本和运行费用，且能有效缓解膜污染；在系统中加入纤维填料，实现较好的微好氧环境，并通过连续进水、间歇曝气实现同步硝化、反硝化，最终达到COD、TN、TP的同时去除。该系统充分利用微好氧生物群落对冲击负荷的优异适应性，实现废水污染物的持续高效去除。反应器结构原理如下图所示。

双膜生物反应器示意图：



微好氧双膜反应器原理示意图

二、工艺流程

污水经调节池由进水泵引入微好氧双膜反应器，底部进水并曝气处理，污水自下而上经过膜组件，处理后，由反应器上部过膜压力出水。

三、关键技术

- 1、系统优化和模块化控制技术
- 2、自动化运行技术
- 3、廉价膜组件挂膜技术

四、技术来源及知识产权概况

该技术为本课题自主研发的集成技术，已申请国家专利，专利名称：一种污水处理工艺的优化方法 申请号：201110127239.1

五、技术的创新点、优势及适用性

创新点：将传统膜生物反应器与生物膜反应器耦合，集成两种反应器的优点，并选用廉价的膜材料，降低成本并能缓解膜污染问题。

优势： 1) 运行操作简单；

2) 一次性投资低，仅为常规膜生物反应器的 1/5；

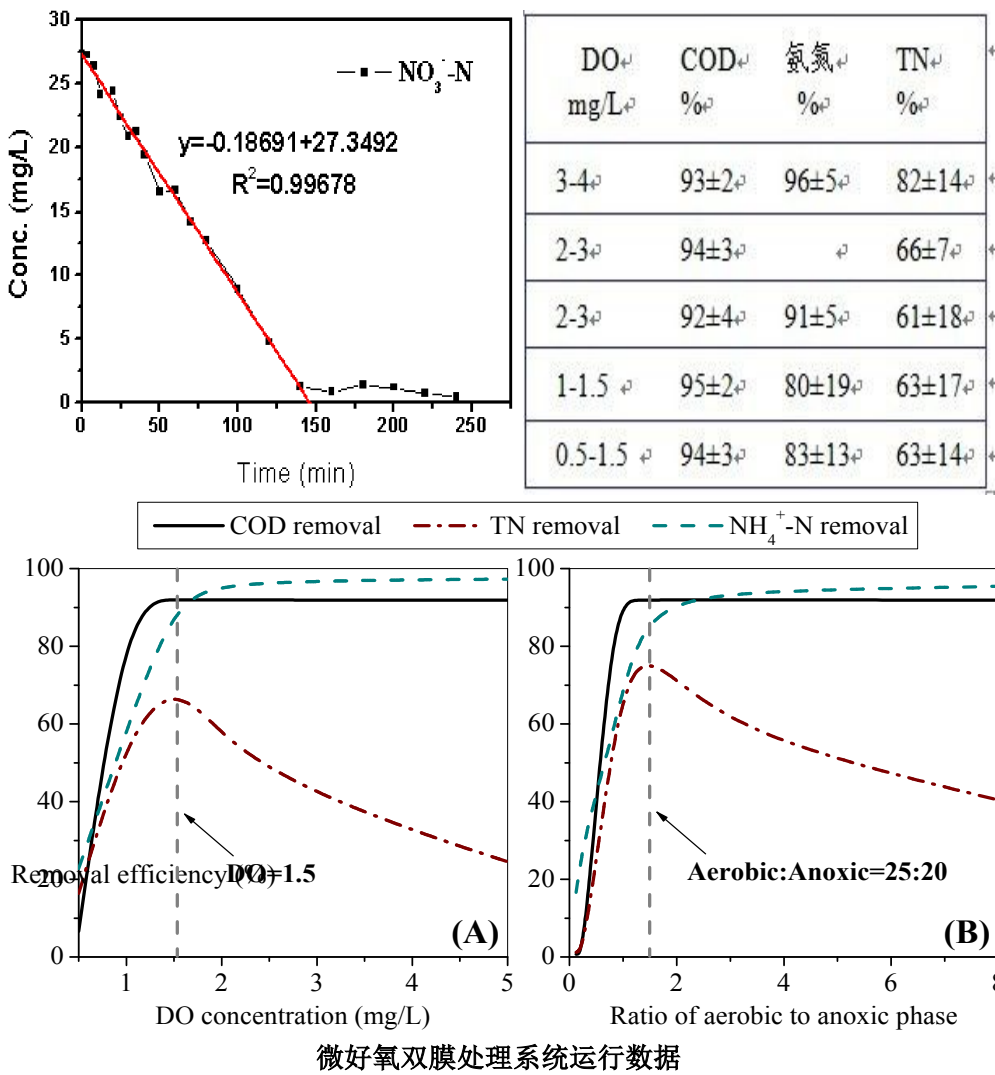
适用性：巢湖流域经济水平相对不发达，政府及企业用于环境保护的投资相对薄弱，该技术最大的优势是投资低，操作简单，尤其适用于在巢湖流域推广应用。

实际应用案例：

应用单位：巢湖污染治理综合开发有限公司

本课题根据微好氧双膜处理技术的设计原理，合理选材，建成微好氧双膜处理系统，用于处理厂矿区生活污水，有效的发挥其自身的优点，实现 COD、TN、TP 的同时高效去除。

该系统运行数据如下：



微好氧双膜处理系统运行数据

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：巢湖污染治理综合开发有限公司
联系人：何中军
电话：13966338228
地址：原巢湖市环境科学研究所

4、寒冷地区城市污水底部曝气氧化沟处理技术

技术依托单位：吉林建筑工程学院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于北方寒冷地区城市污水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

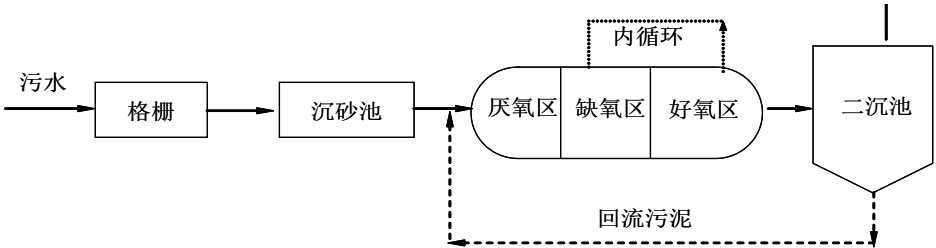
以一系列的试验研究为基础，提出在严寒地区采用AAO氧化沟污水处理系统时，应根据寒冷地区的特点，采用底部曝气氧化沟系统，其曝气设备应为水下叶轮推进装置和微孔曝气板组合方式，由于是两个完全独立的设备进行充氧及搅拌，可分别控制流速及溶解氧，并能够高效简单地运行操作，而且利用空压机排出的压缩空气进行充氧，具有隔热压缩的加热

效果，可防止水温降低。

根据污水生物处理的好氧缺氧及脉动惯性效应理论，为了强化处理能力，发挥氧化沟处理系统的最大效能，构建了底部曝气氧化沟系统能够以交替缺氧好氧方式运行的技术方法。采用这种特殊组合方式的底部曝气氧化沟系统，不但可以防止水温降低，保证处理工艺在冬季也能够稳定进行运转，而且通过缺氧好氧交替运行及污水中的有机物与悬挂在填料上生长的固着微生物的接触强度，可强化污水生物处理的综合效能，提高污水处理效率，改善出水的综合水质。

二、工艺流程

主要工艺流程如图所示：



三、关键技术

提出了在严寒地区采用底部曝气氧化沟的技术方案，提出了底部曝气氧化沟低温条件下启动方式；

优化了混合液污泥浓度、污泥龄、停留时间、回流比、回流污泥浓度等运行参数；

提出了水下推进器、冲击负荷影响、曝气设备、微孔曝气板等运行控制要点；

构建以交替复合式缺氧好氧方式运行的技术方法，考察了底部曝气氧化沟处理城市污水的综合效能。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：

应用单位：长春水务集团城市排水有限责任公司

长春东南污水厂深度处理示范工程，地点位于长春市净月开发区，处理能力为10万吨/天，应用的主要工艺技术为适用于北方地区的底部曝气氧化沟+“二小一V”（即小孔眼网格反应池、小间距斜板沉淀池、V型滤池）的技术工艺，即针对受纳水体特点和示范工程所在区域的实际情况，确定简单、高效、节能、灵活多变、适应性强、具有脱氮除磷功能的AAO底部曝气氧化沟系统作为东南污水处理厂污水生物处理的核心工艺，并根据受纳水体水文特点，选择了节能高效、出水效果稳定的小孔眼网格反应池、小间距斜板沉淀池和V型滤池等高效混凝沉淀处理技术，对AAO底部曝气氧化沟系统出水进行进一步深度处理，以保障在最不利条件下东南污水处理厂的出水水质河道景观用水的要求，通过这种处理方法长春东南污水处理厂建设不但大幅度地减少对伊通河城市上游段的严重污染，同时其出水作为景观用水可弥补伊通河上游水量不足的问题，既减少了污染又美化了环境。该示范工程规模为10万吨/日，出水水质达到《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T 18921-2002)的要求。

联系单位：长春水务集团城市排水有限责任公司

联系人：贾国元

电 话：13943056410

地 址：长春市净月经济开发区

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 吉林省环境科学研究院

联系人: 沈贵生

电 话: 0431-85958403

E-mail: gss313@163.com

地 址: 吉林省长春市红旗街1547号 130012

5、新型磁性树脂制备与产业化技术

技术依托单位: 南京大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 工业废水深度处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

适于工业废水深度处理的磁性丙烯酸系强碱阴离子交换树脂在合成原料与技术、产品结构及性能等方面均取得了创新性技术突破。适于工业废水深度处理的磁性丙烯酸系强碱阴离子交换树脂(NDMP)在合成过程中参杂了三氧化二铁,表面呈针形 Fe_2O_3 特征;同时添加了有机致孔剂,致使其平均粒径较大(6.68 nm);另外,该产品的永磁性较强,适用于较大分子量污染物的去除。因此,该产品在生化尾水COD较高条件下,仍能体现优越的深度净化功能。

二、工艺流程

由三个子系统组成:一体式反应沉淀池、脱附再生系统、脱附液处置与盐回收系统。

三、关键技术

突破了两项关键核心技术:一是磁性可再生树脂吸附剂制备技术;二是印染工业废水达循环冷却水回用标准的深度处理技术。采用自主研发的系列可再生磁性树脂吸附剂,利用其较好的流体力学性能及反应动力学效能,开发出高效低耗的生化尾水深度净化用与回用技术,可以利用现有设施进行简单改造和有效替代,对印染等工业废水生化尾水中的COD、TN、TP、色度去除率可分别达到50-60%、30-45%、40-55%及90%以上,尾水中溶解性有机质的浓缩倍率可达到8000倍以上,并降低了药剂消耗、降低了运行成本、提高了技术可靠性,工业废水深度处理后可达到GB18918-2002一级A标准要求,主要指标已达到工业废水回用水标准。

自主发明的NDMP系列磁性树脂具有机械强度高、使用寿命长、便于分离(接触反应时间15 min左右)、易于再生(再生率可达到90%以上)等优点,年损耗率不足10%。该产品在水处理过程中宜采用全混式工艺,可显著提高应用效率,大幅降低投资成本,且能稳定满足工业废水提标与回用处理要求,环境与经济效益突出。

NDMP系列磁性树脂在全混式反应器中投加量仅3%,吨水投资仅120元、吨水损耗仅0.03元,相比膜分离技术,在材料投资及成本等方面均具有明显优势。

目前,该类型新产品已申请PCT专利并同时进入美国等国实审。经测定,其交换容量、机械强度、使用寿命等均优于澳大利亚Orica公司生产的国际品牌树脂MIEX。可见,该产品的制备技术及应用性能等均处于世界领先水平。另外,自主生产的磁性可再生树脂吸附剂在生产成本上也具备显著的竞争优势。

澳大利亚Orica公司开发的MIEX树脂及其水处理技术,在欧美等发达国家中200多家自来水厂获得了广泛的应用推广。自主发明的NDMP系列磁性树脂在使用效果、使用寿命、制造成本等方面均优于MIEX树脂,因此在低污染水净化等领域具有广阔的应用前景。

磁性可再生树脂吸附剂工业化制备技术意义重大。目前已在淮河流域建立了系列磁性可

再生树脂吸附剂的工业化制造基地，具备了批量生产能力，产品理化特征稳定，填补了国内同类产品的空白，打破了相关技术装备的国际垄断，其国产化、产业化将对我国新兴环保产业的高端化发展以及相关领域国际竞争力的进一步提升具有重要意义。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：郑州纺织产业园污水处理厂

实际应用案例介绍

郑州纺织产业园污水处理厂一期处理规模为 10000 m³/d，采用“一级混凝沉淀-水解酸化-推流曝气活性污泥-二级混凝沉淀”工艺，设计进水水质为 COD 1000 mg/L、色度 500 倍，设计出水水质 COD 100 mg/L、色度 30 倍。磁性树脂深度净化与回用新技术应用示范工程最大设计处理能力为 3600 m³/d（按 120%设计），设计进水主要指标 COD≤100 mg/L，出水主要指标满足 GB 18918-2002 一级 A 标准要求（即 COD≤50 mg/L）。示范工程由三个子系统组成：一体式反应沉淀池、脱附再生系统、脱附液处置与盐回收系统。设计进水主要指标 COD≤100 mg/L，出水主要指标满足 GB 18918-2002 一级 A 标准要求（即 COD≤50 mg/L）。

建设经济成本：按每天 3000 吨处理量计算，示范工程建设成本仅为 300 元/吨废水。

直接运行成本：示范工程直接运行费用约为 0.4 元/吨废水，包含：电费、药剂、人工等。

联系单位：南京大学

联系人：刘福强

电话：13913871032

E-mail: jogia@163.com

地址：江苏省南京市栖霞区仙林大道163号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：南京大学

联系人：李爱民

电 话：025-83595222

E-mail: liaimin@nju.edu.cn

地 址：南京汉口路22号，210093

6、生活垃圾转运站渗滤液快速处理技术

技术依托单位：清华大学；常州市环境卫生管理处

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城市垃圾转运站渗滤液处理

主要技术指标和参数:

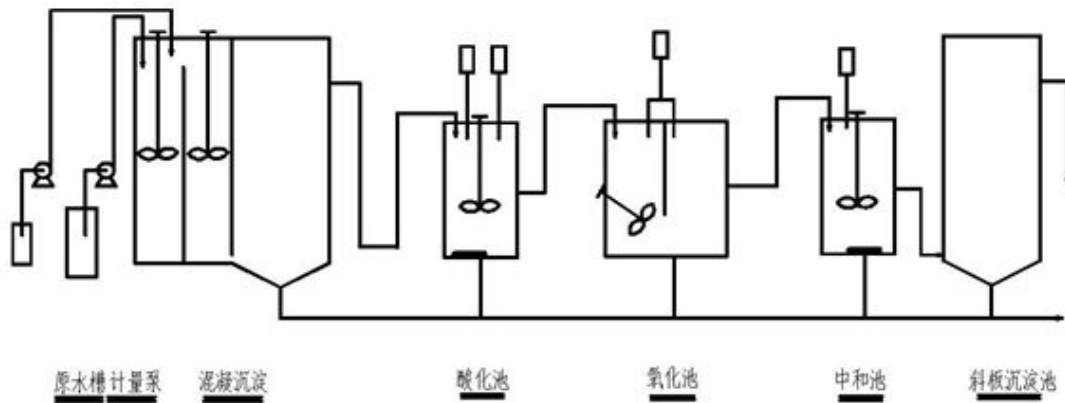
一、基本原理

生化调节-快速处理技术先采用厌氧折流板技术对污染物浓度变化巨大的垃圾转运站渗滤液进行预处理，然后采用 fenton 氧化等方法进一步处理渗滤液中的污染物；各种工艺设备实现了一体化可移动，采用自动化控制手段，实现了絮凝沉淀药剂和高级氧化药剂的准确投加。

二、工艺流程

生化调节池和自动化快速处理设备平均每天处理垃圾渗滤液 2t。主要由原水槽计量泵、

混凝沉淀池、酸化池、氧化池、中和池、斜板沉淀池。具有全封闭工作环境，简单易操作，设备故障率低，自动化程度高的特点。



生活垃圾转运站渗滤液快速处理工艺流程图

三、关键技术

生化调节-快速处理技术先采用厌氧折流板技术对污染物浓度变化巨大的垃圾转运站渗滤液进行预处理，然后采用 fenton 氧化等方法进一步处理渗滤液中的污染物。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：常州市城市管理局

实际应用案例介绍：在常州市博爱路转运站，建立了处理能力为 2m³/d 的“生活垃圾收运系统渗滤液控制与处理技术”示范工程，转运站污水 COD 从 15000mg/L 降至 1000mg/L，油脂降至 50mg/L，原水色度去除 95%以上，出水澄清透明且消除了臭味，运行成本 25 元/m³。

联系单位：清华大学

联系人：蒋建国

电 话：010-62783548

E-mail: jianguoj@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园 1 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：蒋建国

电 话：010-62783548

E-mail: jianguoj@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园 1 号

7、A²O工艺优化与强化脱氮技术

技术依托单位：北京建工环境发展有限责任公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：采用A²O及其类似工艺的生活污水处理厂

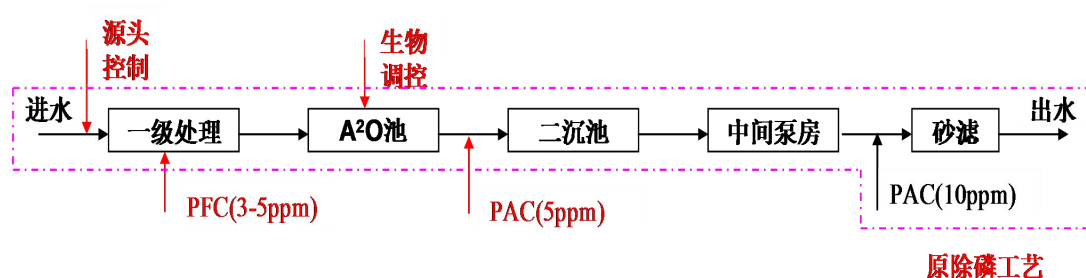
主要技术指标和参数：

一、基本原理

由于A²O工艺本身存在固有的欠缺、以及运行控制的不当，其强化脱氮和稳定运行一直是待解决的共性问题。那么，如何在原有设计基础上实现强化脱氮、保证稳定达标运行是许多污水厂面临的实际问题，在诊断的基础上，通过优化调控、或适当的工艺改进是解决脱氮和不稳定达标问题最经济、也是优先采取的方案。

以昆山市北区污水处理厂为例，围绕改良型A²O工艺存在的问题，进行了系统的识别、诊断，并提出了工艺优化和调控的措施；研究强化脱氮技术、稳定运行技术，并通过工艺优化运行降低单位处理能耗。

二、工艺流程



总磷稳定运行对策框图

三、关键技术

(1) A²O工艺优化运行与强化脱氮技术

以北区污水处理厂为研究对象，针对脱氮难、达标不稳定等问题，围绕问题识别、诊断、工艺调控、示范工程验证等方面开展了深入研究，取得了以下主要成果：

①从北区污水处理厂的实际情况出发，识别并解决了该厂脱氮达标不稳定问题

(a) 北区污水处理厂A²O工艺运行中的主要问题为总氮（TN）和总磷（TP）达标不稳定。本课题实施前，一级A排放标准TN达标率54%；利用本课题的成果对工艺进行优化调控后，TN达标率上升到95%。

(b) 掌握了北区污水处理厂污染物的去除规律。前置反硝化区是系统脱氮的重要途径，对TN去除贡献率为42%，反硝化效率高达81.5%。

(c) 脱氮问题的识别、诊断表明，影响系统脱氮效果的关键环节在于反硝化，前置反硝化区的脱氮效果直接影响出水TN的达标率；影响缺氧区反硝化效果的主要因素是碳源和硝化液回流比。

(d) 提出了污水处理厂优化运行参数和关键控制因子。

②建立了A²O工艺的脱氮诊断方法和调控策略

(a) 通过对工艺设计、设备状况、运行状况的研究，建立了A²O工艺脱氮贡献的评价方法。

(b) 利用常年运行数据，系统评价工艺运行的稳定性和存在的问题；建立了A²O脱氮诊断的在线监测和评价方法。

(c) 结合脱氮效果的关键控制因子（FA、FN1和FN2）设定取值并动态调控运行参数。

(2) 基于A²O工艺开发出高效强化脱氮技术

针对传统A²O基于单一回流硝化液脱氮的技术瓶颈，提出了在好氧区末端新增一个缺氧区的方法，用于强化脱氮。同时，在该缺氧区中安装生物填料，利用生物膜脱氮。通过两个缺氧区实现了活性污泥和生物膜的双重脱氮功能。

以昆山北区污水处理厂实际污水开展小试试验研究，出水TN一般5—10mg/L，去除率高达79.9%，优于国家一级A排放标准。

(3) 高浓度进水去除TP的稳定运行对策

针对污水处理厂进水TP持续严重超标（一般达6—8 mg/L）问题，采取了生物调控、多点物化辅助除磷的调控措施，建立了总磷稳定达标运行的应急处理方法和常态运行对策。

(4) A²O工艺节能降耗技术

北区污水处理厂能耗构成分析结果表明：鼓风机能耗占总能耗的53.3%，进水提升泵占总能耗的15.8%，两者共占总能耗的69.1%。具体运行优化措施包括：

①进水泵优化变频

对提升泵房进水泵进行优化变频，在满足工艺要求的基础上，有效降低了进水泵的运行能耗。

②变频调节鼓风机，减少曝气量。

③污水处理厂工艺段全程分析表明：消化液回流点位于第二廊道末，可基本完成生化反应。第三廊道对于硝化、碳化反应的贡献不大。故根据DO、NH₃-N指标来调整曝气量，减少风机能耗。将第三廊道末的DO值由调控前的2-3mg/L，降低至1.5mg/L。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

获得发明专利1项：

用于污水强化脱氮的双缺氧脱氮方法及设备[P]. 发明人：陈亚松，中国：201110023588.9

获得实用新型专利1项：

用于污水强化脱氮的双缺氧脱氮设备. 发明人：陈亚松. 中国：201120019567.5.

实际应用案例：

应用单位：宜兴市清源污水处理厂

宜兴市清源污水处理厂采用A²O生化处理工艺，日处理规模5万吨。由于经常受到进水的冲击（主要表现为SS、TP和COD等指标），针对高浓度进水总磷的冲击，清源污水厂采用了国家水专项课题“多点物化+生物调控”的调控措施，在清源污水厂进水口设计了进水端加药系统，生物池同步物化除磷设施。在进水总磷异常时（平均值5-8mg/L），前置进水口端都加PAC（3-5mg/L），二沉池前投加PAC（10mg/L），出水总磷达到一级A排放标准。另外，在进水受到高浓度SS、COD冲击时，前置投加PAC（3-5mg/L），水解酸化池作为沉淀缓冲区，可以大幅缓解对生化系统的冲击，有效保证了出水达标的稳定性。

联系方式：

联系单位：宜兴市建邦环境投资有限公司

联系人：桂毅 电话：0510-80769090 E-mail: guiyi@bceed.net

地址：江苏省宜兴市宜浦路88号

应用单位：宜兴市徐舍污水处理厂

宜兴市徐舍污水处理厂采用A²O生化处理工艺，设计处理量1万吨/d，实际处理规模约1200吨/d，由于进水氨氮、总氮浓度较高，2011年6月前总氮难以达到一级A排放标准要求。从2011年6月初，应用了国家水专项关于强化脱氮的综合诊断和调控技术，通过脱氮诊断的方法体系，指出了徐舍污水厂存在碳源不足、硝化不彻底、反硝化效率不高、工艺控制参数不合理等问题，并在现有工艺设施上，以严格控制关键指标和参数值为主线，提出了多项调控手段和措施：如回流比的调整、溶解氧的控制、碳源的补充、间歇运行的调整等。通过调控，经过长达半年的运行氨氮达标率99%，总氮达标率100%。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京建工环境发展有限责任公司

联系人：陈亚松

电 话：15206159550
E-mail: chenyasong@bceed.net
地 址：北京市朝阳区清街2号院9#

8、微絮凝-砂滤深度处理工艺优化与自动加药系统

技术依托单位：河海大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：太湖流域城市污水处理厂微絮凝过滤深度处理工艺

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对城市污水处理厂二级出水水质水量波动的问题，建立优化的絮凝剂自动投加控制系统，从而保障出水稳定达标，同时降低运行成本。该系统的核心是药剂加药量与水质水量的响应关系，已通过前期实验得到该响应关系式，通过该系统可以有效控制加药量，节约处理成本。

根据絮凝原理，絮凝过程中所需药剂加药量可按下式计算：

$$QPAC=K\times Q\times L\times (P-0.5)^a(S-10)^b/(\lambda\times N)$$

式中：QPAC：计算的液态PAC投药量（m3/h）；

K：修正系数（0.5~1.5）； Q：出水流量（m3/h）；

L：该范围内固体药耗（g/m3）； P：在线监测TP浓度（mg/L）；

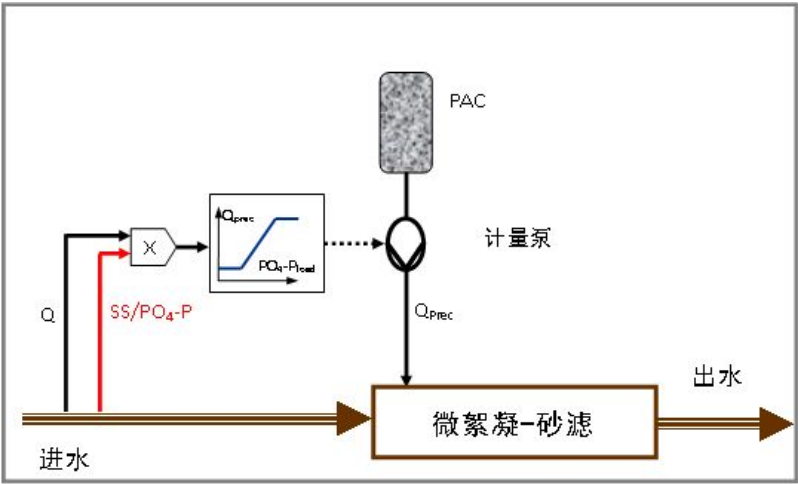
S：在线监测SS浓度（mg/L）； a：修正指数（0.8~1.2）；

b：修正指数（0~0.2）； λ：药液比重（在5%内可为1）；

N：药液百分比（0~100%）。

昆山北区污水处理厂的微絮凝-砂滤工艺加药关系式： $QPAC=1\times Q\times 7.18\times (P-0.5)^{0.992}(S-10)^{0.026}/(1\times 10\%)$

二、工艺流程



三、关键技术

根据来水水质、水量的变化，及时调整微絮凝-砂滤工艺的加药量，在去除污染物，保证污水处理效果的同时，减少药剂使用量，实现环境效益和经济效益。

与同类技术相比，该技术的性能特点如下：

（1）建立了加药量随进水水质和水量的实时变化关系，在保证水质稳定的前提下，最大限度地降低了絮凝剂的投加量；

-
- (2) 加药系统采用电脑程序控制, 保证了装置运行的稳定性;
- (3) 具有较为广泛的适用性, 可在新建污水处理厂和已建污水处理厂工艺改造中应用, 且基本无需改动原有工艺结构;
- (4) 出水水质受进水水质、水量的干扰小, 提高了出水水质的稳定性, 延长了滤池的反冲洗周期和滤料的使用寿命, 提高了产水率, 经济效益显著。

4) 技术来源及知识产权概况

自主研发, 已授权发明专利2项。

实际应用案例:

应用单位: 昆山市北区污水处理厂

实际应用案例介绍:

本成果在昆山北区污水处理厂的微絮凝砂滤工艺系统(5万吨/天)中得到示范应用。系统硬件构成包括: PLC系统、CPU、电源模块、数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块、模拟量输出模块、以太网模块; 系统软件构成包括: 上位机软件: Intouch10.0、PLC软件CONCEPT 2.6。系统响应时间为30分钟, 每30分钟根据进水的水质水量变化调整加药量。

自动加药控制系统可在充分保证出水水质达标的基础上, 节约药剂15—20% (对于10万吨/天污水处理厂可节约药剂75吨/年, 相应节约费用15万元), 并可降低工人的劳动强度, 减少污泥产生量。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 河海大学

联系人: 李 轶

电 话: 13776417768

E-mail: envly@hhu.edu.cn

地 址: 南京市西康路1号河海大学环境学院

9、污水再生处理雾化曝气臭氧氧化技术

技术依托单位: 清华大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 适用于小规模污水深度处理的情况, 要求前一级二级处理COD低于50mg/L、SS低于20mg/L, 采用纯氧源臭氧发生系统, 臭氧浓度达到130mg/L以上。

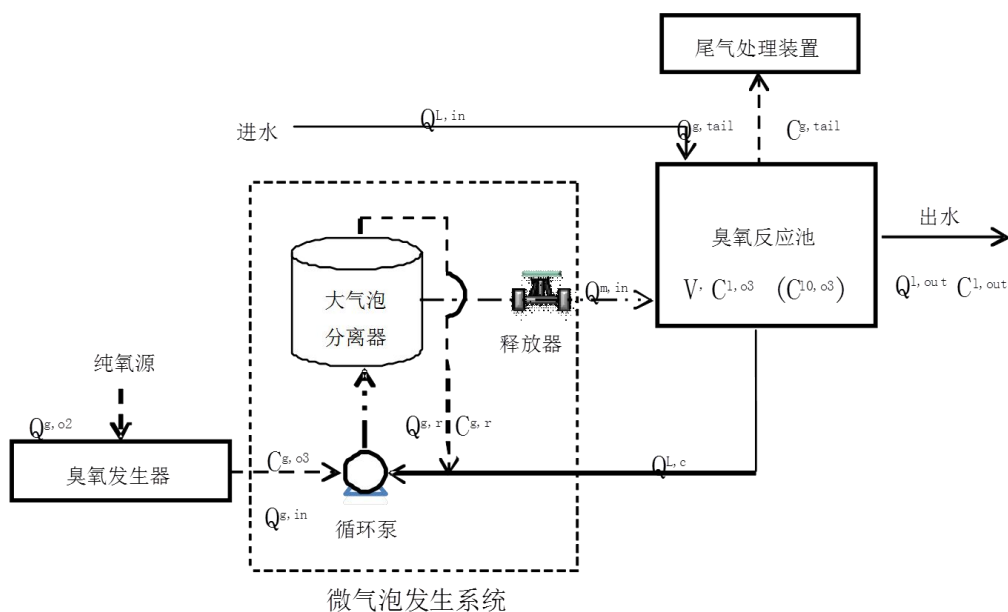
主要技术指标和参数:

一、基本原理

采用微米气泡(粒径小于50 μm)溶臭氧, 一是可增大气液接触面积, 二是强化臭氧氧化能力, 提高臭氧利用率及氧化能力; 其关键技术在于微气泡发生系统,

二、工艺流程

本技术的工艺如下图所示



雾化曝气臭氧氧化系统示意图

三、关键技术

微气泡发生和控制系统、推流式臭氧反应器、固体悬浮物分离系统

四、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成

实际应用案例:

本成果已建成污水深度处理雾化曝气中试装置一套,在昆山建邦环境投资有限公司北区污水处理厂得到示范应用,处理能力1000 m³/d。运行结果表明:雾化曝气臭氧氧化工艺对细菌的灭活率明显优于微孔曝气臭氧氧化工艺;同时,雾化曝气臭氧氧化工艺具有气浮效果,对SS

联系单位: 昆山市北区污水处理厂

联系人: 陈亚松 电 话: 15206159550

E-mail: chenyasong@bceed.net

地 址: 昆山市长江北路398号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 清华大学

联系人: 胡洪营

电 话: 010-62794005

E-mail: hyhu@tsinghua.edu.cn

地 址: 清华大学环境学院

10、MBR强化脱氮除磷技术

技术依托单位: 清华大学、北京碧水源股份有限公司

技术发展阶段: 推广应用

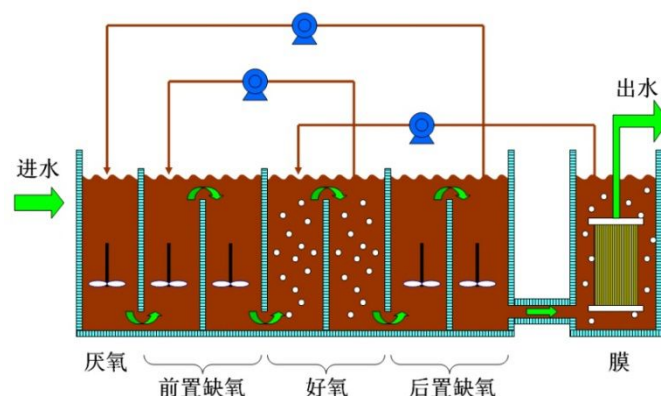
适用范围: 低碳源污水脱氮除磷

主要技术指标和参数: 处理出水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A和《城市污水再生利用-景观环境用水水质》标准,内源反硝化脱氮贡献达到20~30%。

一、基本原理

充分利用MBR截留高浓度污泥的特点，使高浓度的硝化菌滞留在反应器内，提高硝化效果；利用细胞内部碳源，通过合理的工艺设计，强化内源反硝化，提高总氮去除率；利用膜的高效截留效果，强化对胶体磷的截留；根据MBR工艺的特点，优化化学除磷药剂和方法，以弥补生物除磷作用的不足，强化除磷效果。

二、工艺流程



工艺流程包括厌氧-前缺氧-好氧-后缺氧-膜池。污水首先进入厌氧池，在该池发生厌氧释磷；之后进入前缺氧池，来自好氧池的回流带来大量硝酸盐，反硝化菌利用进水中的碳源进行反硝化脱氮，同时部分反硝化聚磷菌利用胞内PHA进行反硝化除磷；之后进入好氧池，进水中的氨氮通过硝化作用被去除，聚磷菌通过吸磷去除溶解性磷；之后进入后缺氧池，由于碳源在好氧池已基本消耗殆尽，此阶段的主要功能是利用高污泥浓度促进内源反硝化，实现总氮的深度去除；最后进入膜池，该池的高污泥浓度、高溶解氧和高分离能力进一步保障出水水质。

三、关键技术

开发了针对当地污水水质的强化内源反硝化的MBR脱氮除磷工艺技术，解决太湖地区低碳/氮比污水，出水氮磷浓度难以同时达标的难点，具有抗冲击负荷能力强、出水水质稳定等特点

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：无锡市硕放污水处理厂

实际应用案例介绍：在无锡硕放污处理厂建立了处理规模2万m³/d的示范工程。该工程于2009年11月投入运行。运行监测数据表明，出水COD、氨氮、总氮、总磷等出水水质指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A和《城市污水再生利用-景观环境用水水质》标准，吨水平均能耗0.65kWh/m³。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系方式：0510-81819627

联系单位：清华大学

联系人：黄霞

电 话：010-62772324

E-mail: xhuang@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园1号

11、城镇污水处理厌氧缺氧硝化曝气生物滤池

技术依托单位：哈尔滨工业大学深圳研究生院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城镇污水处理

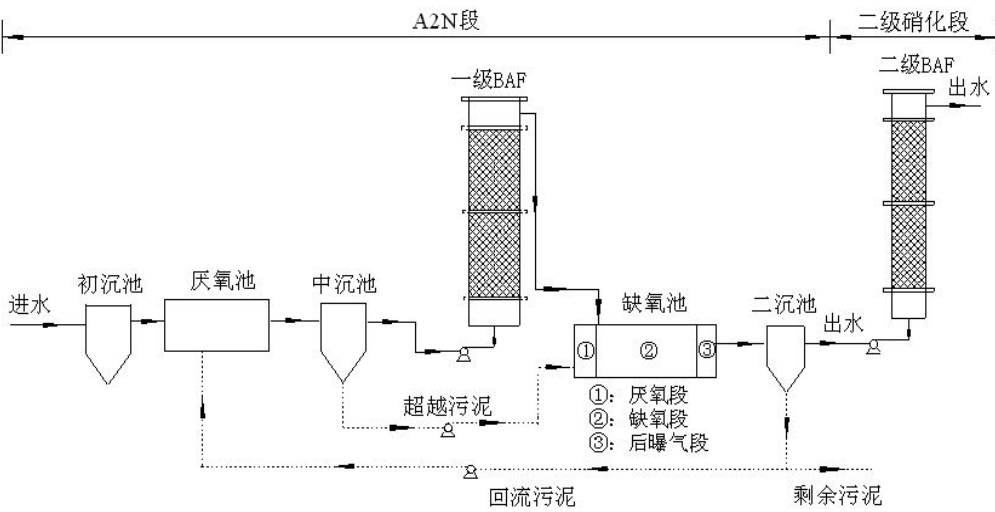
主要技术指标和参数：

一、基本原理

传统的生物脱氮除磷工艺中，有机物对硝化细菌具有抑制作用；反硝化脱氮与聚磷菌的厌氧释磷过程都需要有机碳源，存在碳源不足的问题；同时，硝化细菌和除磷细菌因世代期不同，导致SRT矛盾。A2N/BAF组合工艺将反硝化除磷菌与硝化菌分开培养，使各菌种在最合适的条件下生长，这就能充分发挥各菌种的优势，提高处理效率，成功解决了传统处理工艺所存在的上述两个难以解决的矛盾。

二、工艺流程

污水首先与污泥在厌氧池内混合，完成COD的吸附及释磷；泥水混合液经中沉池泥水分离后，完成了污水中的碳、氮分离。中沉池出水上清液进入一级BAF硝化柱进行硝化，污水中的氨氮在此被硝化细菌氧化为硝态氮，为缺氧池反硝化吸磷提供电子受体；经过厌氧释磷并储存了体内PHB的污泥从中沉池底部超越至缺氧池，与富含硝态氮的BAF出水在缺氧池中混合，进行反硝化吸磷；最后完成脱氮除磷过程的泥水混合液进入二次沉淀池完成最终的泥水分离，上清液经二级BAF处理后出水排放，污泥一部分进入厌氧池继续下一个循环，另一部分作为剩余污泥排走已完成系统中磷的最终去除。



A₂N/BAF 工艺流程图

三、关键技术

- 1、曝气生物滤池进水强化混凝预处理技术；
- 2、反硝化脱氮除磷技术；
- 3、水力自清洗纤维过滤技术；
- 4、节地型污水厂组团设计方法。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成

实际应用案例：

应用单位：深圳市龙岗区建筑工务局

实际应用案例介绍：开发的A2N/BAF工艺、曝气生物滤池曝气量均匀性控制技术、水力自清洗纤维过滤技术等多项技术成果已经运用于深圳市上洞污水处理厂（3000t/d）的示范工程，降低了污水厂的用地面积、运行成本，提高了工艺的智能控制水平，设计出水标准为一级A标准。

滤料研究成果，已经与广州瑞澳环保科技有限公司合作实现了产业化，并将粒径为1.2-2.5mm的陶粒运用于广州市东濠涌水质净化厂（13.6万t/d）建设，实现了良好的经济效益和社会效益。

联系人：林鲁生
电 话：0755- 89553688
E-mail: lushenglin@163.com
地 址：深圳市龙岗清林中路213号

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位：哈尔滨工业大学深圳研究生院
联系人：董文艺
电 话：0755-26033482
E-mail: dwy1967@qq.com
地 址：深圳市南山区西丽大学城哈工大E412室

12、微孔曝气变速氧化沟技术

技术依托单位：桂林理工大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城镇污水处理

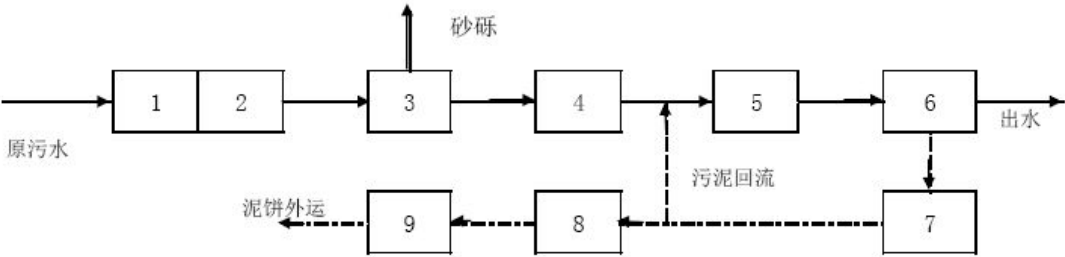
主要技术指标和参数:

一、基本原理

依据流体力学理论,将微孔曝气的高充氧效率和高氧利用效率与液流推动混合巧妙地结合,在微孔曝气氧化沟沟型方面进行了技术创新,提出变速氧化沟的概念,并在此基础上,设计了等宽变速氧化沟、等深变速氧化沟以及多级变速氧化沟等多种构型,可满足不同的变速要求。

二、工艺流程

七里店污水净化厂采用Carrousel氧化沟为主体的生化二级处理方式,生化单元设两组氧化沟,其工艺流程简下图:



1-粗机械格栅；2-污水泵站；3-曝气沉砂池；4-细人工格栅；5-Carrousel氧化沟
6-辅流式二沉池；7-污泥泵站；8-重力浓缩池；9-污泥

三、关键技术

- 1、曝气氧化沟同步硝化-反硝化强化技术；
- 2、分区供氧优化技术；
- 3、变速氧化沟技术；

四、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成

实际应用案例：

应用单位：桂林七里店污水净化厂

实际应用案例介绍：根据课题研究成果已成功应用于桂林市七里店污水净化厂技术改造示范工程，通过改造曝气推流系统、新建沉淀池，优化工艺控制等措施，老厂区污水处理能力由4万吨/日通过技术升级改造为6万吨/日，处理出水COD等指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

联系单位：桂林市排水有限公司

联系人：杨侃

电话：0773-3830312

E-mail: glyangkan@163.com

地址：桂林市环城南路7号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：桂林理工大学

联系人：王敦球

电话：0773-3693255

E-mail: 1144909815@qq.com

地址：广西桂林市雁山区雁山街319号

13、小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术

技术依托单位：哈尔滨工业大学、北京市环境保护科学研究院

技术发展阶段：工程示范

适用范围：北方地区小城镇

主要技术指标和参数：

一、基本原理

以水解-好氧生物处理为核心的污水生化处理工艺，利用水解工艺替代功能单一的初沉池，不仅提高了污染物处理率和污水生化性能，还特别适应小城镇水质波动较大特点；利用SBR改型工艺，具有占地面积小、结构紧凑、可实现工艺脱氮除磷，且省掉二沉池等特点，对寒冷小城镇具有较好的适应性。

二、工艺流程

工艺流程为“格栅—沉砂池—水解池—改型SBR—消毒”。

主要工艺特点：

1、水解反应器内为升流式的水力学流态，这样使反应器具备了良好的截留污泥的能力，促使微生物与进水基质的充分混合接触，完成大分子有机物的水解酸化过程，并有利于反应器内菌群的功能分区，保证反应器内较高的基质降解效率，适合进水水质较高、水量不稳定的北方低温小城镇污水处理。

2、由于水解反应器可通过停留其中的水解酸化菌和反硝化菌进行水解酸化处理和反硝

果脱氮作用，以去除COD、BOD、悬浮物SS和总氮指标，并将污水中的难降解有机物转化为易被生物降解的有机物，适合于进水水质不高的北方小城镇污水处理。

3、水解-好氧工艺由于采用厌氧处理技术，在处理水的同时，也完成了对污泥的处理，污泥量比常规污水处理工艺减少50-60%。使污水、污泥处理一元化，简化了传统处理工艺流程采用厌氧-好氧污水处理工艺。

4、水解-好氧工艺由水解、厌氧、缺氧、好氧、沉淀五部分组成，可实现系统的单元化、模块化、集成化，布置紧凑，占地少。

三、关键技术

1、低温污水溶解氧强化传质技术；

2、低温污水生物功能强化技术；

3、系统优化运行技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：磐石市污水处理厂

实际应用案例介绍。

磐石污水处理工程采用了水解-好氧工艺，共分两期建设，其中二期实际处理污水量约为7500 m³/d，于2011年10月建成运行。目前运行状态良好，出水水质均能符合GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级B标准限值要求。在整个建设和运行过程中，采用低温污水溶解氧强化传质技术措施、低温污水生物功能强化技术措施，以及系统优化运行技术措施，使得冬季条件下污水好氧处理单位水温提升了2-3℃，降低了示范工程的运行过程能耗，保证了污水处理系统中微生物的活性，在实际处理污水量仅为设计规模55%的情况下，实现了污水处理成本低于0.45元/m³的考核指标。

联系单位：磐石污水处理厂

联系人：王广智

电 话：0451-86283003

E-mail: hitwgz@126.com

地 址：吉林省磐石市宝山乡河口村

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：哈尔滨工业大学

联系人：赵庆良

电 话：0451-86283017

E-mail: zhql1962@163.com

地 址：哈尔滨市南岗区海河路202号

14、小城镇抗堵型地下升流式A/O土地高效处理技术

技术依托单位：青岛理工大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：经济相对薄弱的小城镇

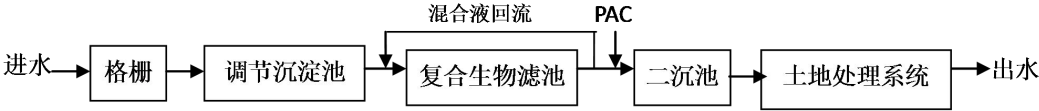
主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对传统土地处理技术处理效率低、易堵塞，不能脱氮除磷，占地面积较大，夏季滋生

蚊蝇，有一定气味等突出问题，开发了土地处理系统进水预处理技术、耕作层下污水土地自然净化系统构造的优化技术、耕作层下污水土地自然净化系统防堵塞技术、污水土地自然净化系统顶部的综合利用技术等，建立了小城镇抗堵型地下升流式A/O土地高效处理技术。

二、工艺流程



系统进水首先经过格栅，去除较大的悬浮物和漂浮物后进入调节沉淀池均衡水质水量，再进入复合型生物滤池，污水依次经过厌氧、好氧环境，出水回流到复合型生物滤池入口，厌氧条件下通过厌氧微生物去除部分有机污染物，同时进行反硝化，去除硝酸盐，好氧条件下利用好氧微生物的新陈代谢作用，氧化分解水中的有机物，同时进行硝化反应，去除氨氮。复合型生物滤池出水进入二沉池，以进一步去除脱落的生物膜，然后经配水井配水后进入耕作层下土地处理系统，利用土壤、微生物、植物构成的生态系统对污水进行净化，出水达标排放。二沉池的污泥通过蚯蚓生态处理后，可作肥料供农田使用。

三、关键技术

- 1、耕作层下污水土地自然净化系统防堵塞技术；
- 2、污水脱氮除磷的厌氧-好氧土地处理工艺；
- 3、耕作层下污水土地自然净化系统构造的优化技术；
- 4、处理系统顶部耕作层优化利用技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例：

应用单位：青岛市莱西市河头店镇污水处理厂

实际应用案例介绍。

山东省河头店镇污水处理厂设计规模为500m³/d，处理河头店镇工业园区废水及东大寨村生活污水于2010年7月建成投产运行。示范工程连续运行6个月以上，并连续监测示范工程水质变化，COD、BOD₅、氨氮、总氮、总磷和SS等均达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级B标准。

联系单位：青岛理工新环境技术开发有限公司

联系人：王森

电 话：0532-84962169

E-mail: lne21@126.com

地 址：青岛市莱西市河头店镇东大寨村

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：青岛理工大学、

联系人：郭一令

电 话：0532-84962169

E-mail: yilingguo@126.com

地 址：山东省青岛市四方区抚顺路11号

15、城市污水厂A²O工艺功能提升“精细化”调控技术

技术依托单位：重庆大学 重庆水务集团股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用于 A²O 工艺污水处理厂调控。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据库区污水处理厂普遍存在的设计标准偏低，进水水质波动大，运行适应性较差，进水碳氮比较低等问题，通过调整运行模式参数，优化碳源利用，调整曝气模和控制溶解氧分区等方式，确保污水处理厂出水稳定达标，节能减排。

二、工艺流程

(1) 调整运行模式参数：根据季节/进水特征、模拟、调控模式参数；(2) 优化碳源利用：根据位置功能、合理分配碳源；(3) 调控精细曝气模式：调控曝气转盘位置、数量、速度；(4) 控制分区溶氧：形成多级A/O，提升TN去除；(5) 优化污泥回流：增加污泥浓度，提升污泥活性。

三、关键技术

1、AAO精细化调控技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：井口污水处理厂（2万吨/天）、忠县污水厂（2万吨/天）、涪陵污水厂（8万吨/天）。

实际应用案例介绍。重庆市井口污水处理是重庆市主城区排水工程三期建设重点项目之一，位于沙坪坝区，规划总服务面积14.4km²，服务人口12万人，近期(2010年)工程设计规模2万m³/d，远期(2020年)工程设计规模4万m³/d。污水处理厂配套管网排水体制为分流制。污水处理工艺采用A/A/O氧化沟，共设两座，污泥采用机械浓缩脱水一体化工艺，处理后尾水排入嘉陵江，处理后污泥运往垃圾填埋场填埋处置。污水处理厂于2008年5月正式投产运行。该技术在井口污水厂应用后，COD减排量提高了10.2%，TN减排量提高了18.3%，TP减排量提高了14.8%

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：重庆水务集团股份有限公司

联系人：扈庆

电 话：63860805

E-mail: 49716712@qq.com

地 址：重庆市龙家湾1号

16、氧化沟工艺污水厂功能提升调控技术

技术依托单位：重庆市水务集团股份有限公司、重庆大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城市生活污水氧化沟工艺污水厂

主要技术指标和参数：

一、基本原理

1) 多参数联动氧化沟 SND 调控技术

基于氧化还原反应的电化学原理，研究ORP与DO、氨氮、硝态氮的关联性，率定相关

系数,反馈调控运行参数如回流比、曝气运行模式,在长寿污水厂一期工程中进行工程化应用研究,提出多参数联动氧化沟SND调控策略,即根据不同季节的水温和进水流量,预置ORP、DO控制区间以及氧化沟出水氨氮、硝态氮的浓度范围,在线实时采集参数数据,利用ORP与DO、ORP与氧化沟出水氨氮、硝态氮的相关关系模型,判断系统实时运行状态和各参数与预置控制区间的差异,确定调控技术措施并动作,通过对曝气设备的运行方式调控、辅以回流比、HRT等参数的微调,并利用氧化沟出水氨氮和硝态氮的变化对预置控制区间进行反馈和调整,以达到调控系统获得最佳SND效果。

2) 基于PPFS的生物/物化协同处理技术

现有化学除磷剂投加量高,与生物协同处理存在矛盾,为减少化学除磷剂投加量,提高与生物协同处理效能,研究以硫酸亚铁为主体,辅以磷酸等添加剂,在常温常压制备条件下开发了新型除磷剂—复合聚磷硫酸铁(PPFS)。通过研究新型除磷剂的生物/物化协同处理效能,获得了除磷剂精确投加方式与控制技术。

二、工艺流程

污水处理厂采用倒伞型表面曝气改良型氧化沟工艺,改良型氧化沟是在卡式氧化沟基础上进行的优化改良,在普通的卡式氧化沟前增加厌氧池,强化厌氧释磷;氧化沟缺氧区进水,有利于反硝化细菌在缺氧条件下获得充足的碳源,从而完成 $\text{NO}_3\text{--N}$ 的反硝化,氧化沟富氧区出水,聚磷菌可过量吸收磷,实现磷的去除。并且建有化学除磷系统,化学除磷剂投加点为氧化沟出水井,工艺流程图如图所示。

三、关键技术

①ORP、DO与总氮、氨氮和硝氮浓度关系分析、多参数相关统计规律分析,提出多参数联动氧化沟SND调控技术;②通过开发新型多功能除磷混凝剂(PPFS复合聚磷硫酸铁)对生物/物化协同处理机理和效果分析以及生物/物化协同系统的影响因素分析,提出基于PPFS的生物/物化协同处理技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位:重庆市三峡水务长寿排水有限责任公司

实际应用案例介绍:

本研究项目生产性试验和示范工程为长寿污水厂一期工程,规模4万 m^3/d ,见下图,一期工程设计采用GB8978—1996一级标准,正式投产运行于2003年,主体工艺为改良型CarrouseL氧化沟,为一个系列共2条氧化沟单沟,4廊道设计,设计单池处理量 $2\times 104\text{m}^3/\text{d}$ 。沟长62m,廊道宽7m,设计有效水深3.9m,氧化沟有效池容 6170m^3 ,设计水力停留时间7.40h;厌氧池有效水深5.9m,池容 945m^3 ,设计水力停留时间1.13h。氧化沟内设3台55Kw倒伞表曝机,其中外沟两台曝气机可调频,廊道中部设潜水推进器,共四台。

通过对氧化沟工艺的全氧化沟布点测试、ORP、DO与总氮、氨氮和硝氮浓度关系分析、多参数相关统计规律分析,提出了多参数联动氧化沟SND调控技术,包括:(ORP、DO、氨氮)在线仪表安装位置(氧化沟出水口后端);ORP、DO最佳范围;工艺多参数调控策略。通过开发新型多功能除磷混凝剂(PPFS复合聚磷硫酸铁),生物/物化协同处理机理和效果分析,生物/物化协同系统的影响因素分析,提出了基于PPFS的生物/物化协同处理技术,包括混凝剂最佳投加点和投加量和生物/物化协同处理最佳参数,实现了氧化沟工艺的功能提升,长寿污水厂出水主要指标稳定达到并优于一级B标,部分指标达到一级A标,总氮减排量提高18.4%,TP减排量提高11.3%。

联系单位:重庆水务集团股份有限公司

联系人：陈贵生
电 话：18716430072
E-mail: 543712171@qq.com
地 址：重庆市长寿区凤城镇轻化路3号

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：重庆水务集团股份有限公司
联系人：朱俊
电 话：13983068587
E-mail: 20579431@qq.com
地 址：重庆市渝中区龙家湾1号

17、库区生活污水与垃圾渗滤液协同处理技术

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段：工程示范

适用范围：垃圾渗滤液与生活污水合并处理的污水厂

主要技术指标和参数：

一、基本原理

目前，三峡库区许多中小城镇污水厂接受未经处理的垃圾渗滤液。与普通生活污水相比，垃圾渗滤液存在营养元素比例失调，氨氮含量高，磷含量偏低，溶解性固体含量过高，水质变化较大，毒性较高等特点。垃圾渗滤液的汇入改变了城镇污水厂的进水水质，造成污水厂一些指标难以达到排放标准，给污水厂的安全稳定运行和管理带来风险。本关键技术通过适当的内回流比，污泥量和污泥龄以及渗滤液均匀排入污水处理厂等优化调控措施，可使出水稳定达到一级B排放标准。

二、工艺流程

通过研究得出的库区垃圾渗滤液和生活污水合并处理调控的模式：1) 准入负荷以下的优化调控为主的模式和2) 准入负荷以上的预处理模式。

(1) 优化调控为主的模式：通过垃圾渗滤液稳定汇入、现有污水处理厂回流比、污泥量和污泥龄等运行参数优化，并建立不同状况下相应的优化运行方案，可使污水处理厂的COD、TN和TP稳定达标排放。

(2) 预处理模式。主要针对渗滤液中的氨氮和总氮采取部分去除的预处理措施，使达到准入负荷要求的上限后排入市政系统，然后按优化调控模式运行。

调研结果表明，库区污水厂平均垃圾渗滤液的汇入量与生活污水量的比例在1:100-1:2700间，远低于渗滤液和生活污水的准入比例，因此，库区垃圾渗滤液和生活污水合并处理的污水厂以优化调控为主。

三、关键技术

(1) 库区垃圾渗滤液和生活污水合并处理准入负荷确定

(2) 库区城镇污水与垃圾渗滤液协同处理优化调控与长效运行管理

涉及专利：200910236073.X、201010148495.4和201110123166.9。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：涪陵区污水处理厂

涪陵区污水处理厂服务范围为城区江东片区和江南片区，近期服务人口30万人。设计近

期处理水量为8万m³/天；主体采用倒置A²/O二级生物处理工艺。涪陵区垃圾卫生填埋场位于涪陵城区西南方荔枝办事处鹅颈关村与乌江村交界处设计日处理能力360吨。渗滤液的产量随季节和天气变化很大：雨季约最大400 m³/d，旱季约100 m³/d。未经处理直接溢流入市政管网，雨季短时间溢流。存在问题为：冬季水温偏低时系统总氮去除有时超标；渗滤液水量变化大，存在大量集中汇入对水厂冲击较大，造成出水氮素超标。由于渗滤液汇入比例低于准入负荷，结合课题的研究成果和实际工程情况，本课题在该污水厂开展了中小城镇垃圾渗滤液与城市污水协同处理优化调控技术示范和中小城镇垃圾渗滤液与城市污水协同处理的长效运行示范。主要通过以下优化调控方案：1) 使垃圾渗滤液稳定汇入；2) 曝气池、缺氧池和好氧池的回流比、污泥浓度、污泥龄、溶解氧等参数优化；并针对不同季节采用相应的运行参数和策略；3) 设备改造和提升。示范工程运行后，垃圾渗滤液与城镇污水协同处理示范运行后，除磷脱氮效率提高了16.6%，并且处理效果的稳定性得到显著加强。污水处理厂污水处理设施单位投资增加幅度为4.7%，单位污水处理能耗的增加幅度为2.0%，单位污水处理成本的增加量为0.003元。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国科学院生态环境研究中心
联系人：郭雪松
电 话：01062923543
E-mail: gxs0122@rcees.ac.cn
地 址：北京海淀区双清路18号

18、强化初期雨水处理的库区污水厂优化运行调控技术

技术依托单位：同济大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：中小城市污水处理厂运行调控

主要技术指标和参数：

一、基本原理

重庆三峡库区的年降雨为1000~1200mm，其中60~75%都集中在6-9月份，其特点是降雨历时短，降雨强度大，易形成的中小城市地面径流量大、冲刷力强，其初期雨水携带污染物多，对水环境的污染影响大。加之，现阶段重庆主城部分区域和三峡库区范围内的部分中小城市由于管网系统不完善，三峡库区中小城市的污水处理厂多采用截流式合流制排水系统，雨季时水质的变化受到当地气候、空气状况、服务区面积、地表特性等复杂因素影响，导致雨污混流污水变化大、水质复杂，旱季和雨季的原水水质水量的剧烈变化给污水厂的设计和运行带来一系列困难。所以为了污水厂的稳定高效运行，不仅需要考虑其旱季时运行管理情况，还需要研究雨季时污水厂雨污联合调控措施和运行策略。

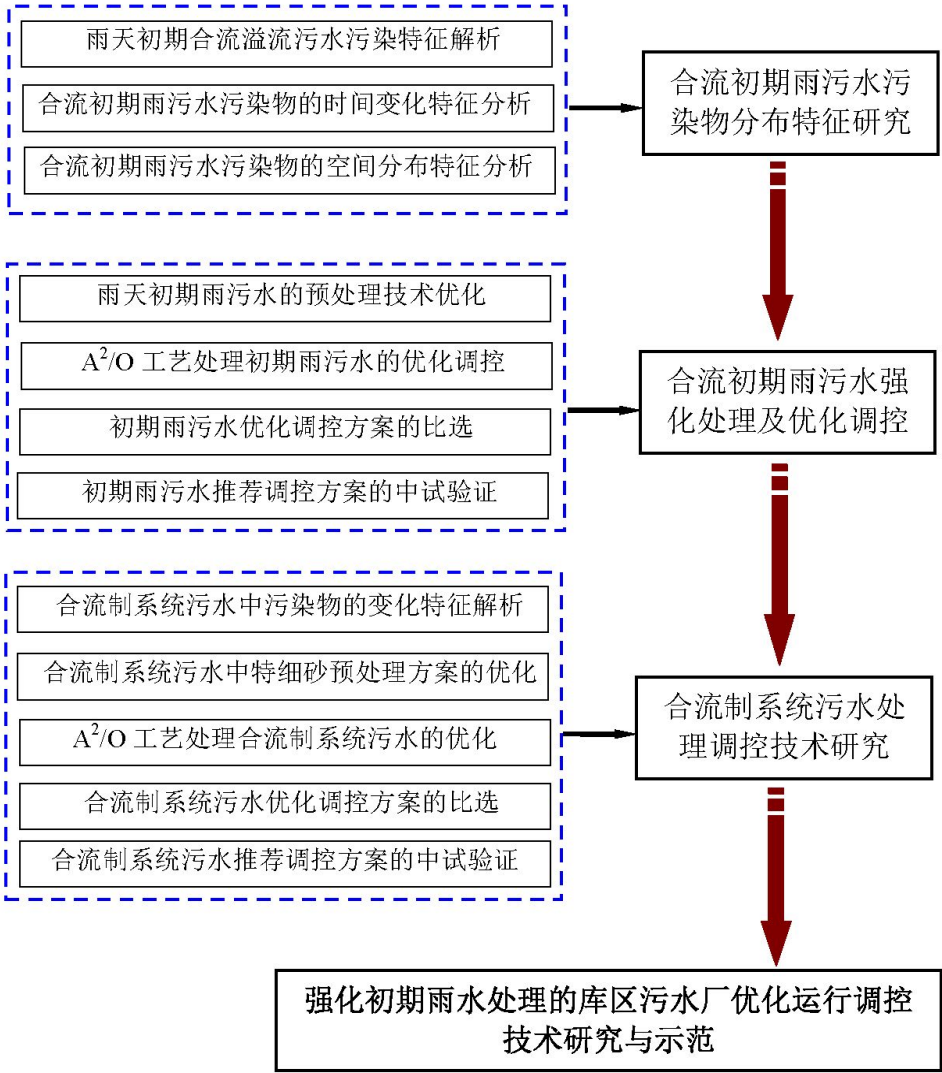
对于合流制系统造成的暴雨时期对污水厂的流量冲击负荷，国外目前多采用在污水厂中增设雨水简易处理储存构筑物的方式，在暴雨流量进入时将初降雨水转入，而在流量负荷减小之后再处理部分储存的雨水送至生物处理部分进行处理，即降低了对污水厂生物处理构筑物的冲击，又对污染较重的初期雨水进行了有效处理。但对于与污水处理部分的设计计算，则需根据各流域的特点进行，以达到可靠和经济的目的。

要打破上述突出问题对库区中小城市污水厂稳定运行的影响，需要从技术、管理、运行三个方面开展工作，通过相互结合，形成适合中小城市的优化运行的技术系统与管理模式。

二、工艺流程

针对暴雨期库区降雨短历时、高径流的特点，对重庆三峡库区污水厂的运行造成了极大

影响的问题，在分析雨天初期合流溢流污水污染情况、初期冲刷效应、污染物的时间变化特征及空间变化特征的基础上，研究了暴雨期合流初期雨污水中颗粒物去除的强化预处理技术及暴雨期合流初期雨污水冲击时A²/O工艺的优化调控方案，比较了小试规模时不同预处理方案与A²/O工艺优化调控方案抗击初期雨污水冲击的组合应用效果，并选择了最佳的优化调控方案与参数进行中试验证。同时，针对合流制系统污水中含大量特细砂，且传统的除砂工艺除砂效果差的问题，在研究合流制系统污水主要污染物时间变化特征、空间变化特征以及特细砂特性的基础上，研究了合流制系统污水中去除特细砂的强化预处理技术与合流制系统污水随季节变化时A²/O工艺的优化调控方案，比较小试规模时不同预处理方案与A²/O工艺优化调控方案的组合应用效果，选择最佳的优化调控方案与参数进行中试验证。最后根据小试与中试实验所获得的优化控制方案与参数，进行工程示范。技术工艺流程如下图所示：



三、关键技术

1、库区合流污水处理与优化运行调控技术

通过对合流污水污染物进行研究后发现，污水中存在的特细砂是影响合流污水生物处理过程运行不稳定的一个主要原因；根据特细砂的特征，研究了去除合流污水特细砂的技术及其工艺条件；在此基础上，通过对不同季节A²/O工艺处理合流污水影响COD、氨氮、总氮和总磷的关键因素，获得了使处理后的出水稳定达到一级B排放标准的最优调控参数。

2、库区初期雨污水强化处理技术

在对库区合流制排水系统雨天初期雨污水污染物变化规律进行分析的基础上,研究了初期雨污水中颗粒物强化去除的预处理技术,发现无论采用絮凝沉淀还是旋流沉砂结合初沉池的方法,都可以有效去除初期雨污水中的颗粒物;通过技术和经济分析,确定采用旋流沉砂+初沉池方案对合流初期雨污水进行预处理,并对其工艺条件进行优化。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 重庆市涪陵污水处理厂

三峡库区中小城市的污水处理厂多采用截流式合流制排水系统,雨季时水质的变化受到当地气候、空气状况、服务区面积、地表特性等复杂因素影响,导致雨污混流污水变化大、水质复杂,旱季和雨季的原水水质水量的剧烈变化给污水厂的设计和运行带来一系列困难。重庆市涪陵污水处理厂应用本课题所研发的技术之后,尽管进水有较大的波动,但出水相对比较稳定,COD、SS、氨氮、TN及TP出水浓度分别稳定在10-52 mg/L、8-17 mg/L、0.71-7.48 mg/L、8.0-19.3 mg/L与0.2-1.25 mg/L,出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级B排放标准。进入水体的污染负荷削减23.1%,除磷脱氮效率提高21.1%,处理效果的稳定性也得到显著加强,出水中COD、TN和TP波动较小,稳定达到一级B排放标准。收集的初期雨水处理率超过90%,污水处理设施单位投资增加幅度为4.4%,示范工程优化调控运行后单位污水处理成本的增加幅度为1.4%,单位污水处理能耗的增加幅度为7.1%,单位污水处理成本的增加量为0.011元/m³。另外,进入污水管网的初期雨水处理率为99.8%

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 重庆市涪陵污水厂

联系人: 陈银广

电 话: 13916842667

E-mail: yinguangchen@tongji.edu.cn

地 址: 上海市四平路1239号

19、山地小城镇污水自然曝气渠道式下水道处理技术

技术依托单位: 重庆大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 适于地形落差较大、输送距离较长、经济及管理水平低的山地小城镇污水处理工程,以及污水厂用地受限的污水处理工程

主要技术指标和参数:

一、基本原理

自然曝气下水道系统集成污水输送与净化为一体,利用下水道空间,自然地形落差进行跌水充氧。在长距离输送渠道中,通过投加高效悬浮生物填料,在空间上构建成多级生物膜系统,净化能力强。

二、工艺流程



三、关键技术

- 简易预处理技术
- 跌水曝气下水渠道强化自然充氧技术
- 跌水曝气下水渠道填料构成技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，已授权发明专利《跌水曝气式污水输送处理渠道》ZL 2011 1 0232627.6。

实际应用案例:

应用单位: 重庆市武隆仙女山新区开发有限公司

2009年9月, 在重庆武隆县仙女山镇谭家沟建成山地小城镇污水自然跌水曝气下水道处理示范工程, 工程规模: 1200m³/d, 自然跌水曝气下水渠道1.826km, 地形高差达88m。通过在跌水曝气下水渠道中设置高效悬浮生物填料, 在空间上构建成多级生物膜系统, 使渠道集收集输送和净化功能为一体。示范工程经2年多运行, 出水稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》二级标准, COD可达到一级B标准, TN及TP保持30%~50%去除率, 出水进入仙女山镇谭家沟污水处理厂处理。示范工程单位投资1225元/m³, 单位运行费用0.022元/m³。该系统管理维护简单, 不需要专业人员, 预处理池中的浮渣及污泥仅需定期清理。

联系单位: 重庆市武隆仙女山新区开发有限公司

联系人: 田奎

电 话: 18983301366

E-mail: 806018641@qq.com

地 址: 武隆县巷口镇建设中路142号

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 重庆大学

联系人: 周健

电 话: 15523829081

E-mail: zhoujian@126.com

地 址: 重庆沙坪坝重庆大学B区城市建设与环境工程学院

20、山地小城镇序批式人工湿地污水处理技术

技术依托单位: 重庆大学

技术发展阶段: 工程示范

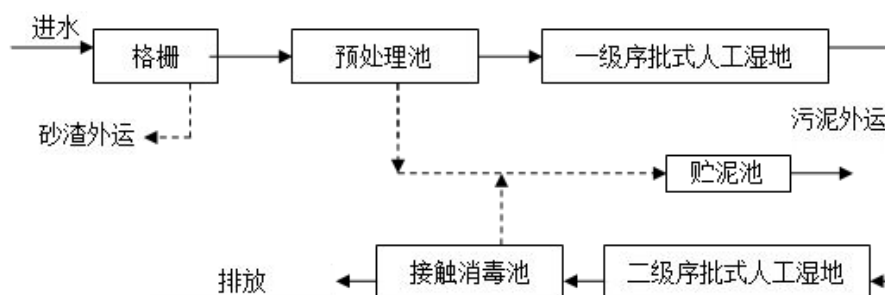
适用范围: 适于有一定地形落差的, 用地面积受限的山地小城镇污水处理工程。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

人工湿地采用“进水-反应-排水-排空闲置”的序批式周期运行方式, 通过间歇进出水, 并在运行工况中设置排空闲置期等强化自然复氧能力, 解决了现有连续流人工湿地工艺自然复氧能力较低, 硝化及脱氮效果差, 以及占地面积大等问题。

二、工艺流程



三、关键技术

- 序批式人工湿地的构成
- 序批式人工湿地的强化复氧
- 高效除磷填料的组合配置
- 序批式人工湿地的高效脱氮技术
- 序批式人工湿地深床处理技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例:

应用单位: 重庆市武隆仙女山新区开发有限公司

实际应用案例介绍:

武隆仙女山新区大坪污水处理厂服务范围为武隆仙女山镇夏宫、阔江、香叶路沿线新区居民和旅游设施排放的生活污水, 服务面积约2平方公里。设计规模1000 m³, 占地0.64 ha, 污水经自然曝气渠道式下水道预处理后进入污水处理厂, 污水厂采用序批式预处理池, 该池集调节、絮凝、沉淀、沉砂功能多种功能于一体, 运行工况灵活、管理方便。通常情况下可不加药, 以调节、沉淀、沉砂功能为主, 冬季为强化去除效果, 可以向进水中投加絮凝剂, 去除污水中部分有机污染物, 减轻保证后续序批式人工湿地的运行负荷; 污水经二级人工湿地处理, 经消毒后排放, 出水稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》一级B标准, 工程投资1200元/m³污水, 与传统表面流人工湿地工艺相比, 节约投资33%; 工程运行费用为0.08元/m³污水。

联系单位: 重庆市武隆仙女山新区开发有限公司

联系人: 田奎

电 话: 18983301366

E-mail: 806018641@qq.com

地 址: 武隆县巷口镇建设中路142号

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 重庆大学

联系人: 周健

电 话: 15523829081

E-mail: zhoujianntt@126.com

地 址: 重庆沙坪坝重庆大学B区城市建设与环境工程学院

21、山地小城镇污水处理复合式人工湿地技术

技术依托单位：重庆大学

技术发展阶段：工程示范

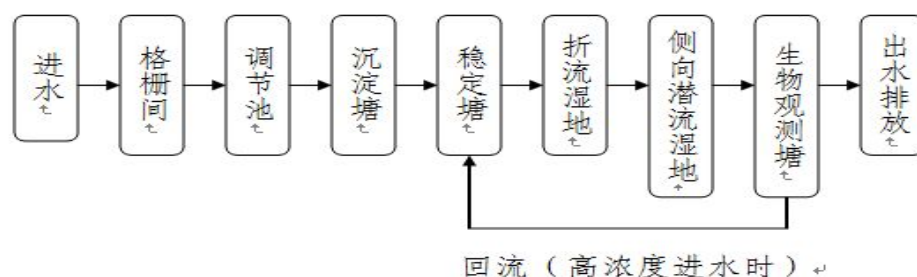
适用范围：低温地区及低碳氮比的山地小城镇污水处理工程

主要技术指标和参数：

一、基本原理

复合型人工湿地由竖向折流湿地-侧向潜流湿地的，污水经预处理后进入处于厌氧环境的竖向折流湿地滤池，在竖向折流湿地中，污水以上下折流的方式在湿地中推流穿行，通过过滤、厌氧生物反应和植物吸收去除污染物，为后续处于好（兼）氧状态的侧向潜流湿地提供条件，侧向潜流湿地每个单元均由侧向潜流湿地床和自然复氧区组成，水流成S形流动。污水经自然复氧区后，溶解氧得到提升，强化了湿地的处理效能。

二、工艺流程



三、关键技术

- 低碳氮比污水处理运行控制关键技术
- 低温地区复合式人工湿地组合处理技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例：

应用单位：重庆都市农业发展有限公司

实际应用案例介绍：

2011年3月，建成运行白市驿镇污水处理示范工程。示范工程规模1500m³/d，采用复合式人工湿地技术，通过处于厌氧环境的竖向折流湿地滤池和处于兼（好）氧环境的侧向潜流湿地，设置内回流系统（高浓度进水时选用）、自然富氧区和不同级配碎石填料强化处理效能，出水水质可以稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级B标准。污水处理占地指标4.3(m²/m³·d)，单位投资1520元/m³污水，单位运行成本0.08元/m³污水，与现有人工湿地系统工艺相比，节约投资21%。

联系单位：重庆大学

联系人：翟俊

电 话：13637966883

E-mail: zhajun99@sina.com

地 址：重庆大学B区城市建设与环境工程学院

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：重庆大学

联系人：翟俊

电 话：13637966883

E-mail: zhajun99@sina.com

22、不同进水水质和出水要求的氧化沟处理工艺的升级改造工艺技术

技术依托单位：同济大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：低碳源城镇污水处理

主要技术指标和参数：出水氮磷浓度均达到城镇污水处理厂污染物排放标准一级A排放标准（GB18918-2002）

一、基本原理

通过对回流污泥预浓缩系统和内置缺氧区对提升厌氧-氧化沟工艺脱氮除磷性能研究，回流污泥预浓缩能够强化预缺氧池中硝酸盐的内源去除率、强化厌氧区碳源有效利用，保护厌氧环境，强化系统的除磷能力；而内置缺氧区能够强化氧化沟内碳源的有效利用，强化系统的脱氮能力。

二、工艺流程

在常规的“厌氧+氧化沟”工艺基础上，通过添加回流污泥预浓缩系统，将回流污泥通过预浓缩池进行重力浓缩后再回流至预缺氧池，上清液直接流入氧化沟的缺氧段。

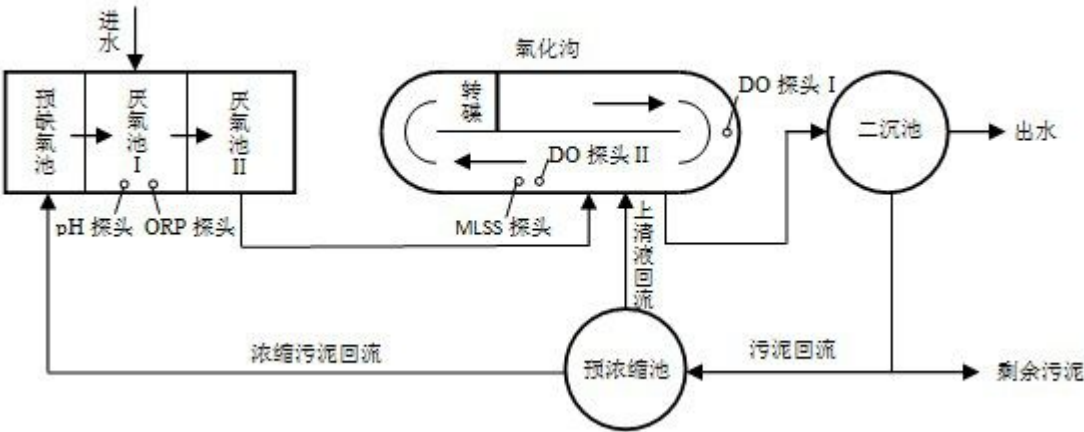


图2-1 新型氧化沟中试工艺流程图

三、关键技术

结合污泥预浓缩系统和内置缺氧区

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位：巢湖市污水处理厂

由于巢湖市污水处理厂的全年进水水质存在波动，综合这两个新系统的功能，将两者有机结合起来，处理不同低碳源城镇污水，其运行效果如表1所示：

综合改良型氧化沟工艺全年运行效果

时间(月)	气温(℃)	COD 平均	C/N 平均	预浓缩比	内回流比	TN(mg/L)	(mg/L)
3-6	17-25	177	>5	80%-90	200	<15	<0.5
				%	%		
7-10	25-33	123	4	55%-70	100	15-20	0.5-1.0
				%	%		

11-2	-16	196	5.7	40%-50	50%	<20	<0.5
%							

从全年的运行效果看，综合回流污泥预浓缩系统和内置缺氧区改良传统厌氧-氧化沟系统，能够确保系统在进水碳源较低时，出水仍能达到国家污水排放一级B标准，当碳源相对充足时，出水甚至能够达到一级A排放标准，极大地强化了系统脱氮除磷的效果。

技术信息咨询单位及联系方式:
 联系单位：同济大学
 联系人：杨殿海
 电 话：021-65981361
 E-mail: yangdaihai@tongji.edu.cn
 地 址：上海市四平路1239号

23、村镇低碳氮比污水高效低耗分散就地净化组合技术

技术依托单位：重庆大学
 技术发展阶段：推广应用
 适用范围：乡镇污水处理
 主要技术指标和参数:

- 一、基本原理

在实现亚硝酸阶段的基础上启动单级自养脱氮反应器，以处理垃圾填埋场的垃圾渗滤液、污水处理厂的污泥析出液以及家禽养殖场的动物粪便废水等高氨氮低C/N比废水。
- 二、工艺流程
 - 1) 首先接种污泥于单级自养脱氮生物膜序批式反应器内：反应器所接种的污泥为好氧污泥和厌氧污泥的混合污泥,两者的混合体积比为 1-2:1,接种总量为反应器有效容积的 60～70%，通过搅拌使污泥保持悬浮状态。
 - 2) 在限制性供氧和少量有机碳源的条件下，构建以亚硝化菌和硝化菌为主导的微生物系统。具体操作为：少量有机碳源通过控制反应器进水氨氮浓度小于 500mg/L 同时 C/N 比小于 2 实现；控制溶解氧为 0.8～1.5mg/L，温度为 20～35℃，pH 为 7.0～8.5，水力停留时间为 18～36 小时。
 - 3) 通过限制性供氧，控制氨氮氧化至亚硝酸阶段，以富集亚硝化菌，抑制硝化菌的生长，建立以亚硝化菌为主导的微生物系统。具体操作为：控制溶解氧为 0.5～1.2 mg/L，温度为 20～35℃，pH 为 7.0～8.5，水力停留时间为 18～36 小时。
 - 4) 在稳定的亚硝酸阶段基础上，通过调整曝气方式及控制溶解氧水平，优化亚硝化菌及厌氧氨氧化菌共存的微环境，促使厌氧氨氧化菌的生长与富集，从而启动单级自养脱氮系统。
 - 5) 优化亚硝化菌及厌氧氨氧化菌共存的微环境可采用间歇曝气或连续曝气方式实现：当采用间歇曝气方式时，曝气时间为 1.5～3.0 小时，曝停时间比为 1：1，曝气时溶解氧条件为 1.8～2.5 mg/L，停曝时溶解氧条件为 0.2～0.5 mg/L；当采用连续曝气方式时，溶解氧条件为 0.5～1.0 mg/L。不管是间歇曝气还是连续曝气，控制温度为 20～35℃，pH 为 7.0～8.5，水力停留时间 48～192 小时。

三、关键技术

在实现亚硝酸阶段的基础上启动单级自养脱氮反应器，以处理垃圾填埋场的垃圾渗滤液、污水处理厂的污泥析出液以及家禽养殖场的动物粪便废水等高氨氮低C/N比废水。

四、技术来源及知识产权概况
优化集成

技术信息咨询单位及联系方式：

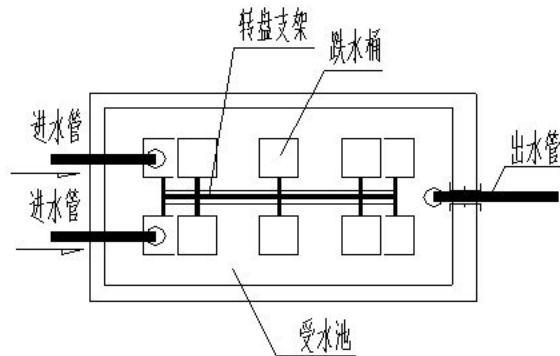
单位名称：重庆大学
联系人：郭劲松
电 话：13908361618
E-mail: guo0768@126.com
地 址：重庆市沙坪坝去沙正街174号（400030）

24、利用地形势能的小型污水处理曝气设备成套化技术

技术依托单位：重庆大学
技术发展阶段：推广类技术
适用范围：乡镇污水处理
主要技术指标和参数：

一、基本原理

跌水曝气就是水体从高处跌落，搅动水面，产生水跃，使液面与空气接触的表面不断更新，把空气中的氧转移到水中，从而使水充氧的过程。将若干的小桶置于一个大圆转盘的圆周上，小桶桶壁上钻很多小孔，利用山地乡镇天然的地形高差，在污水从高位向低位自然流动的过程中，通过管道将污水从高处跌落进入桶中，水从居于高处的桶壁小孔射出的过程中，改变污水的流动途径和方式，被分成若干细小的水滴束流，水与空气的接触面较直接大水片跌落扩大了约100倍，得以充分曝气。曝气装置如下图所示。



跌水曝气装置平面图

二、工艺流程：

通过实验测试表明：污水通过每级 3-5m 跌落，自然跌水曝气以后，污水中的 DO 含量提高的范围是 0.06-0.72mg/L，增长率在 3.30%-17%之间。平均增长率为 11.39%。从而实现无能耗跌水自动曝气，达到水流势能与动能的充分转化和利用。自然跌水曝气池对 NH_4^+-N 的去除率在 1.07%-6.87%之间，平均去除率为 3.56%；TN 的去除率在 1.75%-40.04%范围之间，平均去除率为 17.15%；TP 的去除率在 0.85%-30.48%范围之间，平均去除率为 7.68%；COD 的去除率在 1.92%-37.66%之间，平均去除率为 15.18%。所以利用地形高差势能的跌水曝气能有效的提高污水中的 DO 浓度。

三、关键技术

改良人工快渗系统

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 重庆市万州区高峰镇污水处理厂

目前已完成5000吨/天规模示范, 平均节省能耗65%, 丰水期可满足能源自给。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 重庆大学

联系人: 郭劲松

电 话: 13908361618

E-mail: guo0768@126.com

地 址: 重庆市沙坪坝去沙正街174号 (400030)

25、强化氮磷营养盐控制适用于三峡库区乡镇污水处理的新工艺

技术依托单位: 重庆大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 乡镇污水处理

主要技术指标和参数:

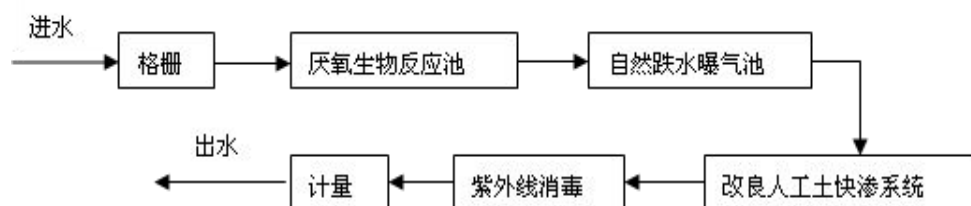
一、基本原理

厌氧处理+跌水曝气+改良人工快渗系统组合工艺、活性污泥法-生物膜法一体化处理设备+人工湿地组合工艺

二、工艺流程

①厌氧处理+跌水曝气+改良人工快渗系统组合工艺

通过该组合工艺, 收集的污水先通过格栅去除大的漂浮物和悬浮物, 进入厌氧水解池, 经厌氧发酵后, 再自流进入自然跌水曝气池, 污水由厌氧反应转化为好氧生物降解过程, 经曝气后的污水输入配水渠, 进入改良人工土快速渗滤系统, 经土壤生态系统的拦截、过滤、好氧化、厌氧反硝化过程, 经集水渠汇流至紫外线消毒渠, 统一计量后出水。该工艺充分利用了自然地形高差将污水跌落, 实现无能耗跌水自动曝气, 同时也充分利用了改良人工土层快速渗滤系统的去除性能。其工艺流程如下图所示:



②活性污泥法-生物膜法一体化处理设备+人工湿地组合工艺。

通过该组合工艺, 首先将待处理污水引入缺氧区, 不停搅动以便待处理污水与活性污泥充分混合, 在该区实现生物释磷和局部反硝化; 将上一步处理后的污水从缺氧区引入曝气区, 曝气区设置有填料, 将微生物悬浮生长的活性污泥和固定生长的生物膜结合起来, 通过连续曝气或间歇曝气对进入曝气区的污水进行曝气处理; 将第二步曝气处理后的污水从曝气区引入沉淀区, 自然沉淀实现泥水分离, 沉淀后形成的净水从沉淀区上部引出, 再经人工湿地进一步处理。沉淀后形成的污泥混合液回流到缺氧区, 其余剩余污泥直接排掉。

三、关键技术

改良人工快渗系统

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：走马镇污水处理厂，体育中心污水处理站，农民新村污水处理站，海南云天污水处理站。

应用单位：重庆桃花溪市政建设有限公司

实际应用案例介绍：①走马镇污水处理厂工艺：活性污泥——生物膜一体化+人工湿地处理技术；规模：近期规模600 m³/d（2012），远期规模1200m³/d（2020）。②体育中心污水处理站：工艺：活性污泥——生物膜一体化+人工湿地处理技术；规模：近期规模200 m³/d（2012），远期规模600 m³/d（2020）。③农民新村污水处理站：工艺：活性污泥——生物膜一体化+人工湿地处理技术；规模：近期规模100 m³/d（2012），远期规模400 m³/d（2020）。④海南云天污水处理站：工艺：活性污泥——生物膜一体化+人工湿地处理技术；规模：近期规模100 m³/d（2012），远期规模400 m³/d（2020）。

联系方式：重庆市九龙坡区九龙园区盘龙二村101号，400050，

联系单位：重庆桃花溪市政建设有限公司

联系人：张森林

电 话：023-68962997

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：重庆大学

联系人：郭劲松

电 话：13908361618

E-mail: guo0768@126.com

地 址：重庆市沙坪坝去沙正街174号（400030）

26、厂矿区混排污水集成生态处理技术

技术依托单位：中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于中低浓度受工业污染雨水、生活污水

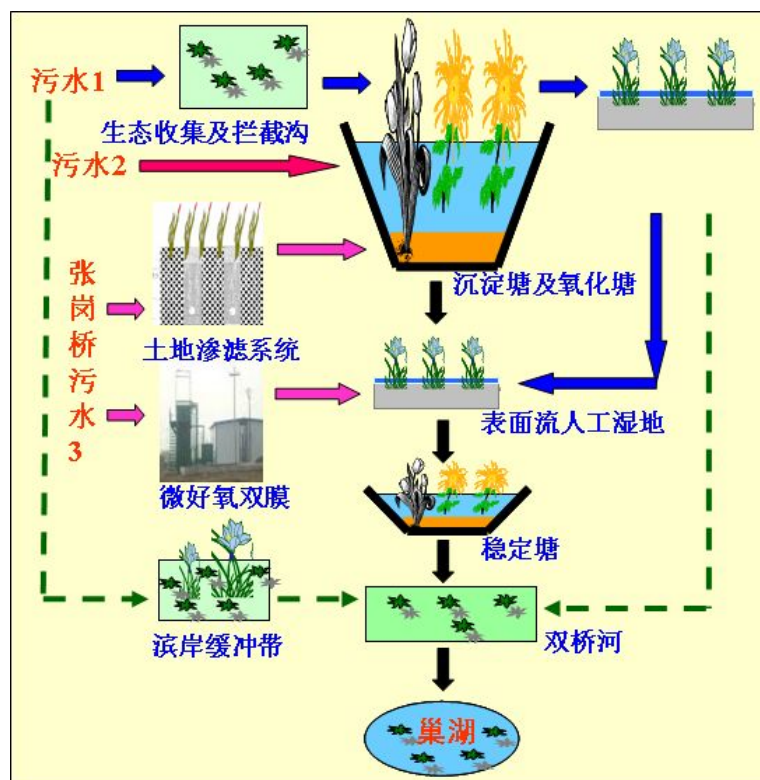
主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对巢湖市城郊缺乏污水收集系统，近期内尚无截污管网建设规划，厂矿区生活污水、地表径流（初期雨水）直接排入河道等问题，因地制宜地开展入河污水的收集、拦截及一体化处理技术体系研究。以生物生态处理系统为核心，辅以源头控制和过程收集拦截的复合净化技术与工程示范，最大限度削减污水对河道水体的影响。研发生物—强化生态工艺处理系统，主要技术特点为结构简单、成本低、低能耗和环境安全，适于多种受污染水体的治理，易于大范围推广。最终形成适合巢湖城市下游河流城区与城郊污染控制的具有景观与净化复合功能特点的低成本的生态工艺集成技术体系。

二、工艺流程

对悬浮物含量高的水泥厂区废水及生活污水混合水（污水2）采用沉淀塘——氧化塘——湿地——稳定塘工艺；对流经农田的厂区生活污水（污水1）采取生态收集及拦截沟——沉淀塘——氧化塘——湿地——稳定塘工艺；对来自张岗桥的高浓度生活污水采用沉淀——土地渗滤——沉淀塘——氧化塘——湿地——稳定塘工艺。该技术工艺流程如图所示。



三、关键技术

- 1、生态收集及拦截沟技术
- 2、土地渗滤系统技术
- 3、多塘-人工湿地技术

四、技术来源及知识产权概况

该技术为本课题研发的集成技术，已申请国家专利，专利名称：一种河滩坡岸多塘湿地废污水处理方法及装置。申请号：201110190773.7。

五、技术的创新点、优势及适用性

创新点：针对不同的污水来源，使用不同的生态处理方法，集成土地渗滤技术、多塘系统及人工湿地技术，最终实现氮磷污染物的有效去除。

优势： 1) 系统抗冲击负荷能力强，环境安全；
2) 一次性投资低，比传统技术降低 20%；
3) 运行成本低，免维护。

适用性：巢湖流域经济水平相对不发达，政府及企业用于环境保护的投资相对薄弱，该技术投资低，运行成本低，免维护，尤其适用于在巢湖流域及类似经济欠发达地区推广应用。

实际应用案例：

应用单位：巢湖污染治理综合开发有限公司

课题将研发的厂矿区混排污水处理技术，应用于厂区生活污水及初期雨水生物净化示范工程（张岗桥示范工程），示范工程位于双桥河张岗桥段（水泥厂生活区附近），工程区污水主要来自巢湖水泥厂生活区，城市初期雨水主要来自巢湖水泥厂厂区和生活区，均通过沟渠直接排入双桥河。工程处理规模：4000t/d，工程面积：12500m²。自 2009 年开始建设，2010 年建成后一直运行至今，运行效果良好。

技术信息咨询单位及联系方式：

地址：原巢湖市环境科学研究所

泥的充分加热。污泥中的水分以蒸汽的形式被脱除，干化后的污泥从干化机底部的出料口经螺旋出料装置排出干化机。通入干化机的饱和蒸汽通过相变换热后，变成蒸汽冷凝水，经由干化机中心轴内的冷凝管排出。

(3) 污泥干化产生的污泥废蒸汽由引风机从干化机的蒸汽出口引出，并与排出的蒸汽冷凝水在换热器内进行换热，进行余热回收后，蒸汽冷凝水可升温到近100℃。蒸汽冷凝水被导回到锅炉中继续加热，产生蒸汽。

(4) 污泥干化过程产生的臭气和不凝的挥发性有机化合物(VOC)由离心风机抽送到生物除臭装置内进行除臭处理，剩余气体导入污水厂曝气池内进行曝气处理。污泥蒸汽冷凝水送入到污水厂进行进一步的污水处理。

三、关键技术

环境友好型高效污泥转盘干化技术

四、技术来源及知识产权概况

污泥干化主体设备自主研发，干化系统为优化集成，该技术已申请并获批国家发明专利。

实际应用案例：

应用单位：昆山建邦环境投资有限公司

实际应用案例介绍：

2010年，昆山建邦环境投资有限公司引进沈阳航空航天大学、清华大学“污泥减量化与资源能源综合利用技术研究”项目研究成果。将环境友好型高效污泥转盘干化技术应用在陆家污水处理厂（日产污泥15吨，服务人口9万人）污泥处理工程。项目总投资80万元，单位投资成本3.4万元/t（80%WS），运行成本为124.9元/t（80%WS），该成果的应用，为当地政府节省污泥处置费用18-42万元/年。应用结果表明该技术具有能耗低、运行管理简单、运行成本低、环境友好、适应性强、处理时间短、占地面积小、处理能力大、卫生化程度高等优点，社会及经济效益巨大。

联系单位：昆山建邦环境投资有限公司

联系人：颜孜佳 电 话：0512-57060771

地 址：昆山市陆家镇和合路陆家污水处理厂

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：沈阳航空航天大学

联系人：李润东

电 话：024-89724818

E-mail: rdllee@163.com

地 址：沈阳市道义南大街37号

28、热泵辅助污泥厌氧消化技术与设备

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：有机物含量0.4以上污泥

主要技术指标和参数：35℃发酵时，污泥停留时间11 d，平均VSS去除率60.7%；停留时间9 d，平均VSS去除率50%；平均产气率1.05m³/kgVSS以上。

一、基本原理

以廉价的低品位热能置换出高品质燃料沼气，并开发了新型升流式消化器，可使污泥减量一半以上，实现了污泥减排以及能量的回收与梯级利用。

二、关键技术

热泵和内循环污泥厌氧消化器

三、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成。申请获得1项发明专利和1项实用新型专利，已授权。

实际应用案例:

应用单位: 昆山市北区污水处理厂

实际应用案例介绍:

依托该技术在昆山市北区污水处理厂建立了容积6.5m³的中试系统（见下图），并开展了连续运行试验验证。中试系统的运行结果显示，35℃厌氧发酵时，污泥停留时间11 d，平均VSS去除率60.7%；停留时间9 d，平均VSS去除率50%；平均产气率1.05m³/kgVSS以上。

联系单位: 昆山市北区污水处理厂

联系人: 陈德明 电 话: 0512 57061983

E-mail: chendeming@bceed.net

地 址: 昆山市长江北路398号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 清华大学

联系人: 吴静

电 话: 010-62789121

E-mail: Wu_jing@tsinghua.edu.cn

地 址: 清华大学环境学院

29、剩余污泥水热处理技术

技术依托单位: 清华大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 污水处理厂剩余污泥脱水

主要技术指标和参数: 污泥水热后脱水泥饼含水率低于 50%，污泥减量化率大于 70%。

一、基本原理

水热技术通过在密闭的容器中将污泥加热，在一定温度和压力下污泥微生物细胞破碎，胶体结构破坏，粘度降低，胞内水、毛细吸附水和表面吸附水大量析出，从而提高了污泥的脱水性能。同时，在水热过程中大分子有机物发生水解，由固相转移至液相，从而大幅度提高了污泥的生物降解性能。

二、工艺流程

序批水热工艺，也称（Hydrothermal Sequence Batch Process，HSBP），水热反应器是水热序批工艺的核心装置，其基本工作步骤分为进料、加热、反应、闪蒸、出料5步。

进料: 通过动力空气将浆化污泥输送至某水热反应器。

加热: 通过一次闪蒸蒸汽加热，提高能量利用率。

反应: 保温一段时间，使污泥细胞充分破碎，胞液溶出。

闪蒸: 分两次闪蒸，充分利用余热，降低能耗。

出料: 排至热泥储罐，待脱水工序使用。

水热序批工艺装置采用3R2F1D模式，即3个反应器循环，2次闪蒸，1次回流稀释。每个水热反应器均需经历进料（FI）、一次闪蒸蒸汽加热（1S）、原料蒸汽加热（S）、反应（R）、一次闪蒸（1F）、二次闪蒸（2F）、出料（FO），共七步。三个水热反应器在执行程序的安排上相互错开，分别构成一个闭路循环，以保证原料污泥不断输入和水热污泥不断输出。

三、关键技术

开发了以水热技术为核心的城市污水处理厂剩余污泥减量化技术，基于多级闪蒸、梯级换热的工艺原理，开发了序批式水热闪蒸反应器，实现了伴随物质传递的高效能量交换，比国外同类技术节能30%。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 无锡市硕放污水处理厂

实际应用案例介绍: 构建了以水热处理为核心的剩余污泥处理技术, 以无锡硕放污水处理厂为依托, 建立了示范工程。该工程处理规模10 t-泥饼/d, 于2010年6月投入运行, 已运行1年多。水热处理后脱水泥饼含水率低于50%, 污泥减量大于70%。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系电话: 0510-81819627

联系单位: 清华大学

联系人: 王伟

电 话: 010-62772814

E-mail: solid@tsinghua.edu.cn

地 址: 北京市海淀区清华园1号

30、污泥底泥联合高温烧结制备陶粒技术

技术依托单位: 清华大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 污水处理厂来水工业废水占较高比例、污泥有机质含量较低, 且污泥和河道底泥缺乏出路的城镇

主要技术指标和参数:

一、基本原理

污泥底泥联合高温烧结制备陶粒技术是利用不同类型固体废物之间的衔接互补作用, 将多种废物统筹控制, 协同处理, 通过“以废治废”, 实现城镇固体废物最大限度的资源化。此技术完全以污泥、底泥、粉煤灰等废物为原料, 通过配方优化与工艺调整, 采用干法液压成型和分段温控连续式双推板烧结炉, 制备水处理人工陶粒滤料或建筑轻骨料。经检测, 产品性能能满足不同要求, 生产工艺过程中污染物均达标排放。

二、工艺流程

烧结制备陶粒的流程为“热风干燥—物料粉磨—混合上料—造粒成型—高温烧结—除尘脱臭”。具体如下:

1、首先将原料干燥处理至含水率15%左右;

2、将原料粉磨至细度200目;

3、粉磨后的干燥污泥、底泥和粉煤灰按照配比混合均匀, 干法液压成型, 形成粒径5mm的均匀陶粒颗粒;

4、设置预热区间和烧结区间温度, 采用液压推进系统进料, 控制推送时间间隔, 陶粒料球经过烧结炉各区间的预热、烧结后出料冷却, 得到陶粒滤料或建筑轻骨料产品;

5、干化和烧结过程中的烟气经烟气净化系统的除尘脱臭达标排放。

6、陶粒滤料可返回至污水厂使用及用于河道水环境整治, 轻骨料可建材化利用。

三、关键技术

-
- 1、污泥干化技术；
 - 2、陶粒高温烧结技术。
 - 四、技术来源及知识产权概况
- 优化集成
- 发表论文4篇，申请专利2项。

实际应用案例:

应用单位：苏州市角直污水处理厂

实际应用案例介绍。

陶粒制备示范生产线生产的陶粒滤料已用作角直污水处理厂曝气生物滤池填料，性能优良，对COD和TP均有较好的去除效果，运行稳定，出水可以满足要求。

联系单位：苏州市角直污水处理厂

联系人：蒋兴根

电 话：13402581569

地 址：苏州市角直镇吴淞路6号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：清华大学

联系人：刘建国

电 话：01062782029

E-mail: jgliu@tsinghua.edu.cn

地 址：清华大学环境学院814

31、城市污水厂湿污泥生物发酵制营养土

技术依托单位：重庆市园林绿化科学研究所、重庆大学、重庆水务集团股份有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于污水处理厂湿污泥发酵制营养土。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

用好氧发酵法和厌氧发酵法的交替发酵方式解决污泥生产的营养土达到“三化”要求。

二、工艺流程

污泥交替发酵起始参数控制：根据污泥含水量、有机质含量合理添加有机物料和酵素扩培菌，调节堆体起始含水量、碳氮比；（2）污泥交替发酵的无害化、营养化控制：根据不同季节污泥泥质特征调整好-厌氧交替时间、通风量、通风时间等参数；（3）发酵终止时间控制：根据发酵温度、发酵时间、堆体大肠菌群杀灭效果及腐殖质含量确定堆体是否达到三化要求。

三、关键技术

1、好氧-厌氧交替发酵技术；

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：重庆市鼎旺园林有限公司

实际应用案例介绍。应用规模150t/d，营养土满足主要指标满足《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》标准。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：重庆园林科学研究院
联系人：陈祥
电 话：13852881503
E-mail: cxyx@foxmail.com
地 址：九龙坡区白市驿镇清河村15社

32、污泥复合循环流态化清洁焚烧技术

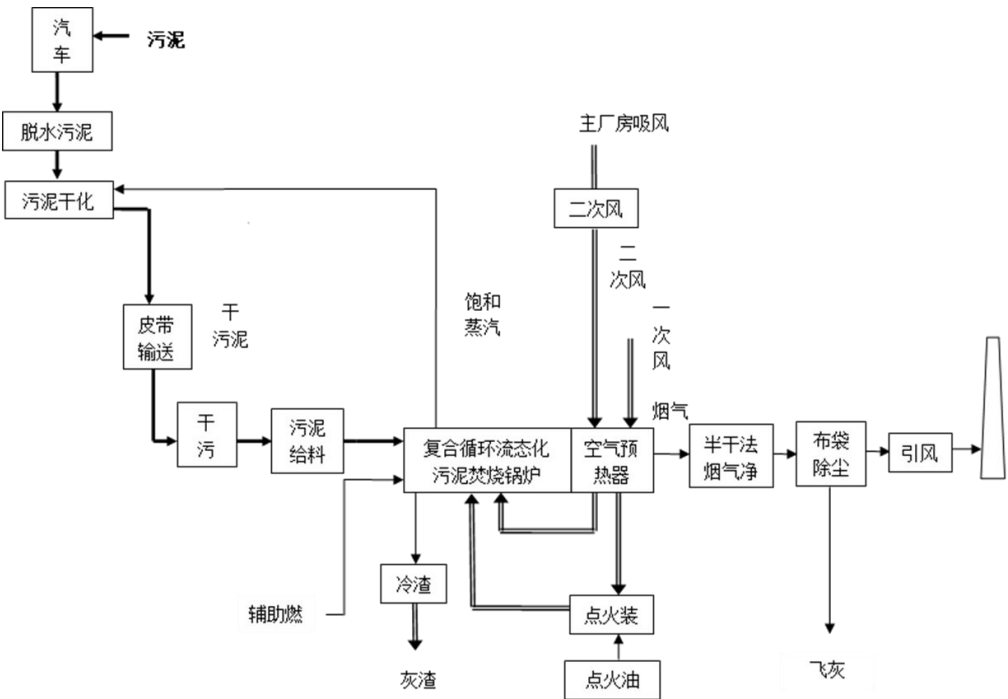
技术依托单位：浙江大学
技术发展阶段：推广应用
适用范围：剩余污泥
主要技术指标和参数：

一、基本原理

开发了不同容量的污泥复合循环流化床焚烧锅炉，通过物料复合循环、多层二次风湍流、冷热风分级送风、受热面优化布置、采用抗腐蚀管材等措施，提高燃烧稳定性和热效率，实现根据污泥含水率和热值不需或仅需少许辅助燃料即可实现能量自平衡。

根据用户的不同需求，可以采用下列焚烧方式：a. 新建焚烧炉焚烧半干化后的污泥（或直接焚烧湿污泥）；b. 半干化后的污泥（或湿污泥）掺入现有的燃煤锅炉混烧；c. 半干化后的污泥与生活垃圾或其他固体废弃物混烧。

二、工艺流程



三、关键技术

(1) 研究了污泥的热解动力学特性和理论燃烧温度。分析了污泥在流化床内的燃烧过程及特点。

(2) 开发了不同容量的污泥复合循环流化床焚烧锅炉，通过物料复合循环、多层二次风湍流、冷热风分级送风、受热面优化布置、采用抗腐蚀管材等措施，提高燃烧稳定性和热

效率，实现根据污泥含水率和热值不需或仅需少许辅助燃料即可实现能量自平衡。流化床污泥焚烧锅炉热效率为85%，灰渣热灼减率<5%，污泥焚烧灰综合利用率100%。

(3) 形成了包含污泥干化系统、污泥焚烧炉系统、烟气净化系统、余热利用系统的污泥无害化资源化集成系统，研究了确定最佳入炉含水率的系统优化设计方法，形成了干化焚烧、煤粉锅炉掺烧和与生活垃圾混烧等多种污泥无害化处置的技术路线。该技术充分体现了节能和循环经济的原则。污泥深度脱水和干化后提高了热值、节省后续焚烧处理的费用；干化后的污泥经高温焚烧后产生的灰体积将缩小90%以上，有毒有机物热分解彻底，焚烧产生能源可回收利用，灰、渣可作为建材材料使用。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，申请发明专利数4，发明专利授权数2。

实际应用案例：

应用单位：浙江清园生态热电有限公司

实际应用案例介绍：

富阳1500吨/日污泥深度脱水焚烧工程从2010年4月投产以来，污泥脱水设备及污泥焚烧炉运行良好。工程各项环保指标都达到或优于国家生活垃圾焚烧污染控制标准（GB18485-2001），减排贡献量达到了40万吨二氧化碳当量，同时每年可节约填埋用地45亩，节约标煤2.5万吨。工程已经运行并具有良好的经济效益。目前该工程已被国家发改委和住建部列入首批污泥处理处置国家级示范工程。

联系单位：浙江清园生态热电有限公司

联系人：童建华

电 话：13968168402

地 址：杭州市富阳市春江街道八一村杭州富阳八一污水处理厂

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：浙江大学

联系人：王飞

电 话：0571-87952628

E-mail: wangfei@zju.edu.cn

地 址：浙江省杭州市西湖区浙大路38号浙江大学热能所

33、污泥干化焚烧污染物控制技术

技术依托单位：浙江大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：剩余污泥

主要技术指标和参数：

一、基本原理

利用流化床燃烧方式，炉温控制在850℃-950℃之间，其温度属于最适合脱硫的温度范围。采用及分段供风技术，NO_x生成量低。焚烧炉热容量大，燃烧稳定，炉内温度分布均匀，可以抑制常规气态污染物的生成。采用“3T”技术，通过冷热风多级送风、物料多重循环，并配置生活垃圾焚烧炉所采用的尾气净化系统，使二噁英等有机污染物排放优于国家《生活垃圾焚烧污染物控制标准》（GB18485-2001）。

二、工艺流程

(1) 采用“气固分离+水汽冷凝+回炉焚烧”的三段式污泥干化尾气处理和控制的优化工

艺，全面防止了污泥干化过程产生的臭气外泄；

(2) 利用流化床燃烧方式，炉温控制在850℃-950℃之间，其温度属于最适合脱硫的温度范围。采用及分段供风技术，NO_x生成量低。焚烧炉热容量大，燃烧稳定，炉内温度分布均匀，可以抑制常规气态污染物的生成。

(3) 采用“3T”技术，通过冷热风多级送风、物料多重循环，并配置生活垃圾焚烧炉所采用的尾气净化系统，使二恶英等有机污染物排放优于国家标准。

三、关键技术

(1) 研究了污泥干化过程中污染物排放特性，开发了污泥干化过程污染物排放控制技术 & 工艺。

(2) 研究了污泥焚烧过程中污染物排放特性。对污泥焚烧过程中常规污染物、重金属和二恶英的排放进行了试验研究。开发了针对污泥焚烧的尾气处理集成工艺，使烟气排放达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2001）。技术措施包括：

a. 采用流化床燃烧方式，炉温控制在850~950℃之间，其温度属于最适合脱硫的温度范围。采用及分段供风技术，NO_x生成量低。焚烧炉热容量大，燃烧稳定，炉内温度分布均匀，可以抑制常规气态污染物的生成；

b. 采用“3T”技术，并配置生活垃圾焚烧炉所采用的尾气净化系统，使二恶英等有机污染物排放优于国家标准。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，申请发明专利数2。

实际应用案例：

(1) 应用单位：浙江嘉兴发电有限责任公司

嘉兴250吨/日污泥干化焚烧工程自2011年6月连续正常运行，焚烧后烟气排放达到相关标准，焚烧灰渣全部综合利用。示范工程运行效果良好，工艺运行稳定，示范工程运行效果达到任务要求。示范工程是国内首次在大型燃煤电站上开展污泥干化焚烧项目，具有良好的示范效果。

联系单位：浙江嘉兴发电有限责任公司

联系人：钱晓峰

电 话：13957316623

E-mail: zdxiaofeng@163.com

地 址：浙江省嘉兴市乍浦六里湾浙江嘉兴发电有限责任公司

(2) 应用单位：浙江清园生态热电有限公司

富阳1500吨/日污泥深度脱水焚烧工程从2010年4月投产以来，污泥脱水设备及污泥焚烧炉运行良好。工程各项环保指标都达到或优于国家生活垃圾焚烧污染控制标准（GB18485-2001），减排贡献量达到了40万吨二氧化碳当量，同时每年可节约填埋用地45亩，节约标煤2.5万吨。工程已经运行并具有良好的经济效益。目前该工程已被国家发改委和住建部列入首批污泥处理处置国家级示范工程。

联系单位：浙江清园生态热电有限公司

联系人：童建华

电 话：13968168402

地 址：杭州市富阳市春江街道八一村杭州富阳八一污水处理厂

地 址：浙江省杭州市雷霆路60号长城大厦16楼

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：浙江大学

联系人：王飞

电 话：0571-87952628

E-mail: wangfei@zju.edu.cn

地 址：浙江省杭州市西湖区浙大路38号浙江大学热能所

再生水技术

34、基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术

技术依托单位：北京城市排水集团有限责任公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：高品质再生水生产工艺的新建或改造

主要技术指标和参数：

一、基本原理

基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术主要包括超滤膜+臭氧集成技术和反硝化滤池+曝气生物滤池+臭氧集成技术，主要针对含难降解COD、胶体及微量有毒有机污染物的二级处理出水 and 有机物浓度及冬季水温较低的北方地区二级出水的深度处理提供技术支撑，主要出水水质达到地表Ⅳ类标准。

二、工艺流程

对于难降解COD和胶体及微量有毒有机污染物高的二级处理出水，采用UF+ O₃再生水深度处理技术进行再生水处理，通过膜单元的过滤作用截留水中绝大部分颗粒物、病原微生物及部分大分子有机物，臭氧处理单元进一步氧化水中残留的有毒有害有机物质以保证出水色、嗅及有机物达到再生水水质要求。该组合处理技术可以起到“多级屏障”的作用，对二级水中的毒害微生物、有机物等进行多层次的去除。

针对北方地区二级污水有机物浓度及冬季水温较低的水质特点，采用反硝化生物滤池+曝气生物滤池+臭氧工艺再生水集成技术，利用开发的快速启动方法，系统启动周期可大大缩短，通过工艺单元的调控策略和反硝化滤池碳源投加策略，可实现再生水深度脱氮、去除有机物，同时实现良好的脱色除味功效。

三、关键技术

1、再生水低温寡营养深度脱氮除色集成技术

2、多屏障再生水UF+O₃集成技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：北京市卢沟桥再生水厂，北京市清河再生水厂

1、卢沟桥再生水示范工程建于北京市卢沟桥污水处理厂内；工程规模为10万m³/d；采用反硝化滤池+曝气生物滤池+臭氧氧化处理工艺。卢沟桥再生水示范工程以卢沟桥污水处理厂二级处理出水为水源，处理后排放水质满足景观环境用水水质及城市杂用水水质要求，主要指标达到地表Ⅳ类水体的水质标准。该示范工程技术工艺由碳源投加系统、反硝化滤池、曝气生物滤池及臭氧氧化处理单元组成。通过生物滤池和臭氧氧化有效控制出水营养盐、浊度和色度。卢沟桥再生水示范工程每年可为永定河、凉水河等提供高品质再生水量约3000

万m³，具有较好的经济、社会和环境效益。

2、清河再生水示范工程建于北京市清河污水处理厂内，工程规模为8万m³/d;采用超滤膜+臭氧氧化处理工艺。清河污水处理厂二级处理出水水质执行一级B标准，为达到市政杂用及景观环境补充用水的水质要求，提升清河污水处理厂二级出水水质，针对直接影响到再生水的回用的浊度和色度指标，将超滤膜和臭氧集成的污水深度处理工艺研究成果应用于清河污水处理厂再生水示范工程。在原有构筑物的基础上，增加臭氧氧化处理系统，包括臭氧制备系统及臭氧接触反应池。运行时超滤膜出水跨越活性炭池直接进入臭氧接触反应池。主要出水水质指标达到地表水IV类标准。清河再生水示范工程每年可为奥林匹克公园、圆明园、清河等提供高品质再生水量2300万m³，具有较好的经济、社会和环境效益。

联系单位：北京城市排水集团有限责任公司

联系人：李鑫玮

电 话：87740105

E-mail: lixinwei@bdc.cn

地 址：北京市朝阳区高碑店甲1号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京城市排水集团有限责任公司

联系人：李鑫玮

电 话：87740105

E-mail: lixinwei@bdc.cn

地 址：北京市朝阳区高碑店甲1号

35、工业园区生化尾水深度处理与回用技术

技术依托单位：南京大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：工业园区低浓度生化尾水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对工业园区生化尾水难处理、回用率低等特点，采用以磁性可再生树脂吸附剂为核心的工业园区污水厂生化尾水深度净化新技术和以高速流水力循环与沉淀一体化树脂反应器为核心的新装备，对 COD、TN、TP 的去除率可分别达到 50 %-60 %、30 %-45 %、40 %-55 %，且脱色率高达 90 %以上。

二、工艺流程

本方案确定的处理工艺流程为磁性可再生树脂吸附剂与混凝过滤集成工艺。

若将磁性可再生树脂吸附剂与常规混凝沉淀工艺进行工艺组合，这样可以扬长避短，充分发挥磁性可再生树脂吸附剂和传统混凝沉淀各自所长，克服各自所短。磁性可再生树脂吸附剂可以有效去除水中疏水性酸，不仅可以减轻后续混凝沉淀工序的处理负荷，也能增强混凝沉淀的絮体性能，改善混凝处理效果。同时，混凝沉淀能去除污水中大分子有机污染物，进一步降低出水的浊度。该磁性可再生树脂吸附剂与混凝沉淀集成工艺具有改进简易、操作简便、投资少、运行成本低的特点。

三、关键技术

1、新型可再生磁性树脂制备技术；

适于工业废水深度处理的磁性丙烯酸系强碱阴离子交换树脂在合成原料与技术、产品结构与性能等方面均取得了创新性技术突破。适于工业废水深度处理的磁性丙烯酸系强碱阴离

子交换树脂（NDMP）在合成过程中参杂了三氧化二铁，表面呈针形 Fe_2O_3 特征；同时添加了有机致孔剂，致使其平均粒径较大（6.68nm）；另外，该产品的永磁性较强，适用于较大分子量污染物的去除。因此，该产品在生化尾水 COD 较高条件下，仍能体现优越的深度净化功能。

2、新型可再生磁性树脂吸附与分离技术。

该工艺主要由反应系统、再生系统和脱附液处置系统组成。反应系统操作参数如下：反应池中树脂与废水体积比为 1/200 - 1/400、反应池反应时间 30 min、沉淀池停留时间 20 min、树脂回流比 10% - 20%；再生系统操作参数如下：再生剂成分为质量百分比 15% - 20% 的 NaCl 溶液、再生时间为 30 min；脱附液处置系统操作参数如下：分离系统膜组件 MWCO 为 200Da—300Da、催化降解反应池停留时间为 2 h。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：郑州市金州水务有限公司

实际应用案例介绍：

在示范企业新建 1 项新型磁性树脂生化尾水深度净化与回用新技术应用示范工程。设计规模为 3000 m^3/d ，设计进水主要指标 $\text{COD} \leq 100 \text{ mg/L}$ ，出水主要指标满足 GB 18918-2002 一级 A 标准要求（即 $\text{COD} \leq 50 \text{ mg/L}$ ）。示范工程大幅减少了向外界排放的污染物排放量，对于周边水环境改善具有重要意义，环境效益和社会效益显著。

联系单位：南京大学环境学院

联系人：liaimin

电 话：02589680378

E-mail: liaimin@nju.edu.cn

地址：南京市栖霞区仙林大道 163 号南京大学仙林校区环境学院 A418

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：南京大学

联系人：李爱民

电 话：025-83595222

E-mail: liaimin@nju.edu.cn

地 址：南京汉口路22号，210093

36、不同途径回用的城市污水再生处理关键技术

技术依托单位：西安建筑科技大学

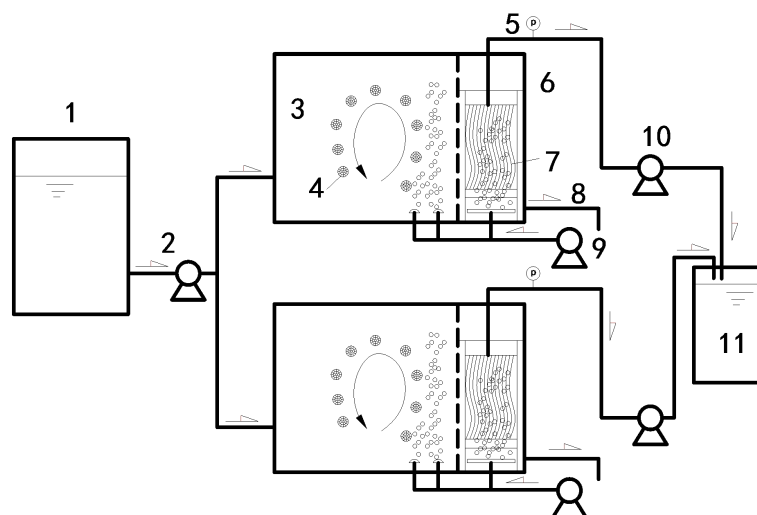
技术发展阶段：工程示范

适用范围：城市污水及工业废水处理、再生水处理

主要技术指标和参数：

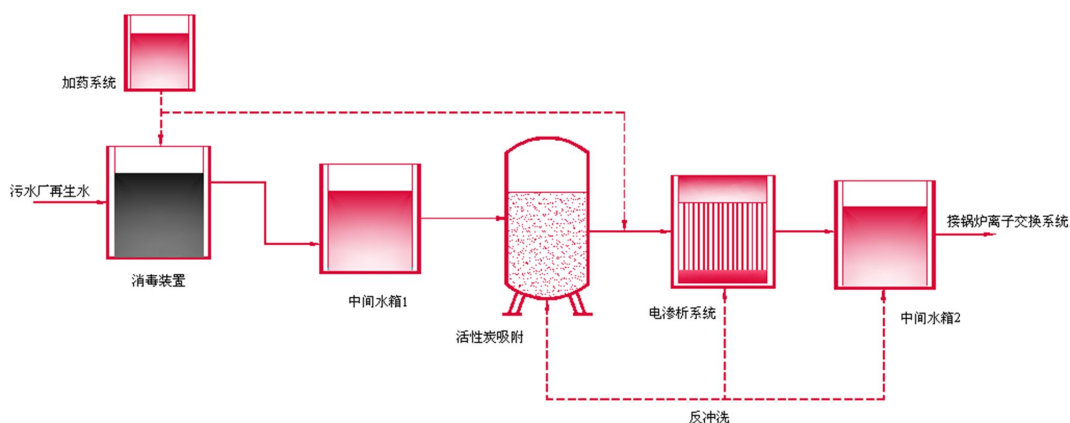
一、基本原理

针对再生水市政回用和景观环境回用的水质保障需求，课题研发了城市污水直接再生的 A2O-MBR 处理技术、复合式膜生物反应器处理技术、生物造粒流化床-臭氧气浮组合处理技术；针对再生水作为工业用水原水的水质保障要求，课题研发了臭氧气浮一体化污水深度处理技术；针对再生水回用于工业循环补充水、冷却水、锅炉用水的水质保障要求，课题研发了适用于企业内再生水深度净化的化学-物化组合阻垢、缓蚀和水质稳定技术。应用上述技

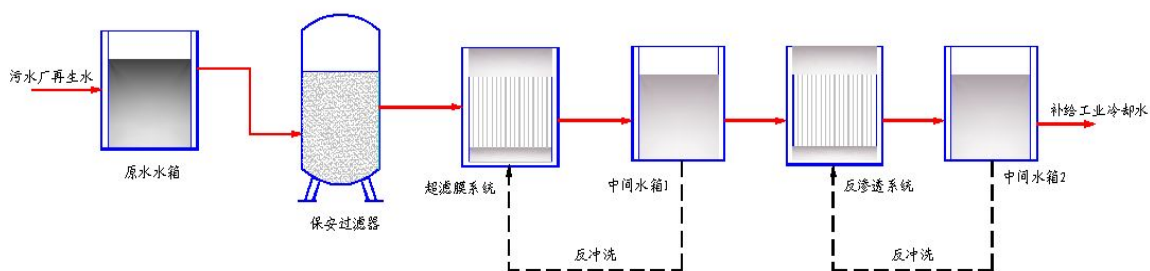


1. 水箱 2. 提升泵 3. 曝气池 4. 填料 5. 负压表 6. 膜池 7. 膜组件
8. 剩余污泥 9. 鼓风机 10. 抽吸泵 11. 清水池

复合式膜生物反应器工艺流程



再生水补充锅炉用水处理工艺



再生水补充工业冷却水处理工艺

三、关键技术

- 1、物化-生化组合污水处理与再生技术；
- 2、化学-物化组合污水深度处理技术；
- 3、生物强化污水处理与再生技术；
- 4、再生水补充锅炉用水的水质稳定技术；
- 5、再生水补充工业冷却水的水质稳定技术。

四、技术来源及知识产权概况

项目技术为本单位自主研发，其中关键技术直接来源于专利技术“一种水力旋流造粒水处理固液分离器（ZL201010598742.0）”“一种臭氧供气压力稳定装置及使用该装置的气浮反应器（ZL201110122083.8）”。

实际应用案例：

应用单位：西安思源学院

示范工程建成设施的总处理规模为5500 m³/d，其中新建污水处理设施采用“A2O+MBR”处理工艺，规模为4000 m³/d，分为2组，每组处理规模2000 m³/d，其中一组完成设备安装投入运行，另一组作为远期发展备用；现有污水处理设施升级改造规模1500 m³/d，采用“AO+混凝沉淀过滤”工艺。校园再生水利用实行分质供水，“A2O+MBR”处理的优质再生水用于水景补水、室内冲厕、绿地喷灌等用途；“AO+混凝沉淀过滤”处理的一般再生水用于校园绿化和道路浇洒。目前投入运行的再生水生产设施规模为3500 m³/d。同时建成了校园雨水收集利用系统及人工湖水质保障系统。

联系人：张洪生

电 话：18991233155

E-mail: zhanghongsheng@126.com

地 址：西安市东郊水安路28号思源学院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：西安建筑科技大学

联系人：张琼华

电 话：029-82205652

E-mail: qionghuazhang@gmail.com

37、回用水补水条件下的水体水质保障关键技术

技术依托单位：西安阎良国家航空高技术产业基地

技术发展阶段：工程示范

适用范围：污水再生回用领域

主要技术指标和参数：

一、基本原理

课题针对再生水调蓄和景观利用中的水质保障需求，研发了雨污再生水为主要补水来源条件下的水体水质安全保障技术。建立了集水力调控、物化调控、生态调控为一体的多元组合水质保障技术体系。

二、工艺流程

工艺过程描述如下：

“生物造粒流化床+臭氧气浮”组合处理工艺

三、关键技术

- （1）研发了雨污再生水为主要补水来源条件下的水体水质安全保障技术；
- （2）集水力调控、物化调控、生态调控为一体的多元组合水质保障技术体系

四、技术来源及知识产权概况

来源于本单位自主研发技术。

实际应用案例：

应用单位：西安陕鼓动力股份有限公司

该示范工程包括厂区污水处理与再生设施建设、雨水收集与净化设施建设、“陕鼓生态园”再生水环境景观回用设施建设、厂区雨水利用设施建设等内容。污水处理设施的处理能力为2000 m³/d，采用“生物造粒流化床+臭氧气浮”组合处理工艺，处理水用于陕鼓生态园（总面积70596 m²，其中湖水面积14338 m²，绿化面积44296 m²）的景观补水和绿化用水；厂区雨水收集与净化设施用于厂内绿化用水。结合陕鼓生态园人工湖建设，进行了人工湖多元生态水质保障技术的应用示范。

联系人：吴金文

电 话：15929893620

E-mail: wjw@shangu.com

地 址：西安临潼区代王镇

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：西安建筑科技大学

联系人：张琼华

电 话：029-82205652

E-mail: qionghuazhang@gmail.com

城镇污水控制技术

38、新型室外负压污水抽吸技术

技术依托单位：上海市工程设计研究总院（集团）有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于地势平坦、建筑密集、河网密布、经济条件较为落后的镇村室外排水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

新型室外负压污水抽吸技术利用负压抽吸原理，在正常运行时，室内污水重力流到室外污水收集井，一个或若干个住户或区域设置一个污水收集井，污水收集井作为缓冲存水容积，在收集井底部与水封抽吸管相连，在水封抽吸管下部形成水封，在负压站内负压驱动下，污水从水封管抽吸管进入负压收集管道，负压收集管与负压站内的负压收集罐相连，运行时，通过系统控制污水收集罐的最低负压和最高负压，在最低负压时，控制使与负压收集管连接的各污水收集井内的污水不溢出，在最高负压时，控制使水封抽吸管内水封不破坏。

二、工艺流程

工艺流程为“污水收集—收集管道—负压站”。具体如下：

1. 在污水收集单元，负压抽吸收集技术采用水封措施使管网内维持负压状态，不需要真空界面阀，无机械和控制部件和设备。

2. 在收集管道单元，一般传统的真空收集管道由于是通过空气输送污水，所以在上坡阶段需要敷设成波浪形，以便于污水的输送，但在室外负压抽吸系统中，收集时空气不会进入负压管道，在管道布置也无需布置成波浪形。

3. 在负压站单元，系统的运行模式与传统的真空排水系统有较大的区别，真空泵和水泵均可作为负压收集罐内提供运行的负压，真空泵等相关设备的配置与传统的方式明显不同，真空运行时间也大大缩短，运行能耗明显降低，同时可省去真空监控系统，使系统大大简化。

三、关键技术

-
- 1、水封式负压抽吸技术；
 - 2、负压控制技术。
- 四、技术来源及知识产权概况
- 自主研发

实际应用案例:

应用单位: 苏州角直甫里村

角直镇甫里村(大娄村)共 72 户, 平均每户 20 人计, 人口约 1440 人设计, 每天收集水量约 144m³/d。我单位利用新型室外负压污水收集装置对大娄村实行生活污水收集, 收集后的污水通过泵排到市政排水管网中, 解决了该地区污水由于无出路而直接排放水体的问题, 改善了周边河流的水质情况, 村内环境得到很大改善。

联系单位: 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司
联系人: 陈嫣
电 话: 021-51299152
E-mail: chenyan@smedi.com
地 址: 上海市中山北二路 901 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司
联系人: 陈嫣
电 话: 021-51299152
E-mail: chenyan@smedi.com
地 址: 上海市中山北二路 901 号

39、大管径排水管道清淤技术

技术依托单位: 重庆大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 适用于山地城市管径大于1000mm的排水管道的水力清淤。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

本清淤技术主要基于水力清淤的基本原理, 将管道内水位抬高, 并利用自主发明的清淤小船在管道内进行搅动与刮动, 然后迅速将蓄水放空, 利用水流速度将所清淤积物冲入下游检查井进行清掏。整套设备制作成本约为10万元, 是目前国外水力清淤设备的1/10。

二、关键技术

- 1、大管径排水管道清淤技术;
- 三、技术来源及知识产权概况
- 自主研发

实际应用案例:

应用单位: 重庆市排水有限公司

选择了重庆主城渝中区红岩山排水主管进行示范, 该管道是一条直径为1.2m, 长为50m的钢筋混凝土管。管中的污水流速约为0.2m/s。管中沉积下来的沉积物深0.15-0.25m, 管中还有一些石子、砖块之类的障碍物, 可能是由于周围的施工建设引起的。整个清淤过程耗时35分钟。

2013年4月, 受重庆市排水公司委托, 应用本技术对重庆市截污干管W4管道进行了清淤,

管径为DN1200~2000，清淤管道长度为1200m,该管道位于重庆市江北区。该应用工程于2013年4月建设完成并投入使用。

2013年6月，受重庆市排水公司委托，应用本技术对重庆市截污主干管-B管线进行了清淤，管径为DN2000~DN2500，清淤管道长度为2200m,该管道位于重庆市江北区。该应用工程于2013年6月建设完成并投入使用。

联系单位：重庆市排水有限公司
联系人：刘石虎
电 话：13668052016
地 址：重庆市渝中区长江滨江路126号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：重庆大学
联系人：翟俊
电 话：13637966883
E-mail: zhaijun99@sina.com
地 址：重庆大学城市建设与环境工程学院

40、截流式合流制排水系统溢流污染控制集成技术

技术依托单位：合肥市排水管理办公室

技术发展阶段：示范类技术

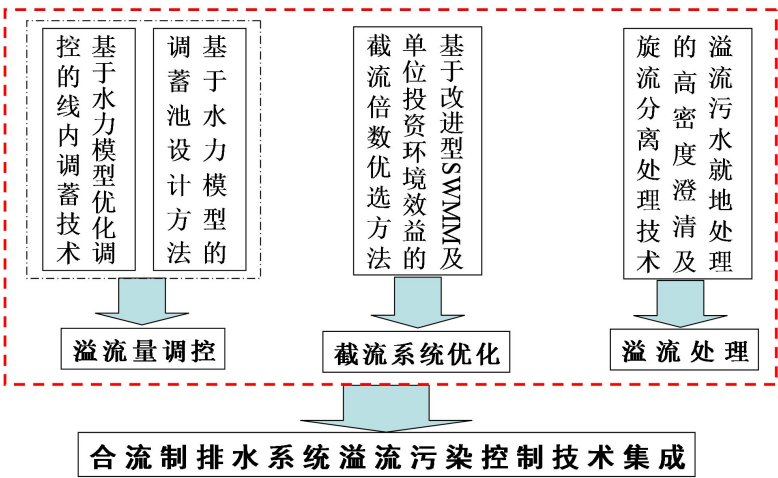
适用范围：合流制排水系统改造及溢流污染控制方案研究及设计

主要技术指标和参数：

一、基本原理

基于水力模型完成了杏花排水系统改造方案优化与优化运行方案削减溢流水量的研究，提出了排涝能力未达标的旧合流制系统改造工程的方案，以及改造工程完成后的系统的优化运行方案。提出了控制杏花系统的雨天溢流的调蓄池建设方案，并完成其工艺设计。采用耦合了管底冲淤的改进型SWMM软件预测不同截流倍数下污染物的去除比。以最大单位投资污染物去除比为优化目标，获得基于单位投资环境效益的最佳截流倍数。研究开发了用于初期雨水就地处理的旋流分离及高密度澄清处理设备。

二、工艺流程



三、关键技术

(1) 基于水力模型优化调控的线内调蓄技术

采用当量连接管概化老杏花系统与南淝河的雨天重力出流水力联系,建立了改造前杏花系统的水力模型,可模拟不同启排水位对杏花系统新增管道容积的调蓄效果的影响。制定了可充分发挥杏花系统新增管道容积的调蓄效果的系统建设完善方案,以及改造后系统的优化运行方案。

根据示范工程半年的实际运行数据和当地降雨特性与排水系统能力的概率,计算结果表明经过优化改造与调控的新系统较老杏花系统可削减溢流量30%。

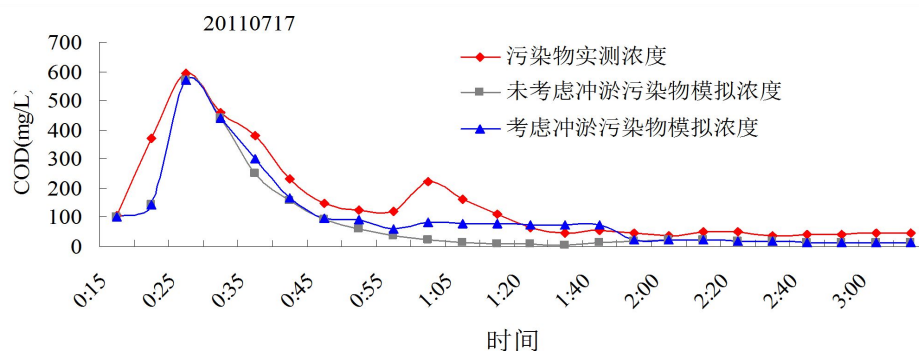
(2) 基于水力模型的初期雨水调蓄池设计方法

运用排水管网水力模型,研究了初期雨水调蓄池的设计参数与运行方式,根据代表性降雨年份的实际降雨过程进行长期连续模拟,分析了现有截流倍数下不同设计运行参数的调蓄池的运行效率,评价了调蓄池容积对年溢流削减率、年溢流次数、年蓄满次数的影响,并分析了调蓄池容积的利用效率,建立了根据当地排水管网现状、接纳水体环境容量、降雨特性进行调蓄池设计的可靠方法。

(3) 基于改进型SWMM和单位投资环境效益的截流倍数优选方法

建立了耦合管底冲淤的改进型SWMM预测模型,可大幅度提高合流管道系统雨天出流降雨后期的水质模拟精度,如COD总量相对误差绝对值的均值由22.70%降至15.15%。

查新结果表明,在SWMM中耦合管底沉积物冲淤模块构建改进型SWMM的研究成果在国内外未见相关报道。



管底冲淤对合流污水中COD模拟结果的影响

利用改进型SWMM模型,预测合流制排水系统雨天水质水量、不同截流倍数时特定污染物全年的截污比及相应的污染物去除比;根据不同截流倍数时截流干管和污水处理设施的工程投资,得到巢湖市老城区单位投资最大污染物去除比的截流倍数为4.0,建立了基于改进型SWMM和单位投资环境效益的合流制系统截流倍数优选方法。

(4) 初期雨水就地处理技术

研究开发了用于初期雨水就地处理的旋流分离及高密度澄清处理设备。通过现场中试,确定了旋流分离设施及高密度澄清设施处理雨污混合污水的设计与运行参数。高密度澄清中试设备对SS、COD平均去除率分别为80%、60%;旋流分离就地处理中试设施对SS、COD平均去除率分别为20%、13%。建设了处理规模为500m³/h的分流制混接系统初期雨污混合污水旋流分离处理的示范工程。

查新结果表明,针对巢湖流域而言,采用旋流分离和高密度澄清技术处理初期雨水在国内未见文献报道。

四、技术来源及知识产权概况

该技术整体上属于优化集成技术。其中,利用水力模型研究线内调蓄减少溢流量、利用改进型SWMM优选截流倍数技术为自主研发型。

实际应用案例:

应用单位：合肥市城市防洪管理所

在示范工程中科学利用低标准排水系统排涝达标改造形成新的管网调蓄容积，结合泵站的优化控制，在保证排涝安全的前提下，可以达到平水年削减雨天溢流水量30%，削减溢流污染负荷大于30%的目标。

在合肥市南淝河上游建立了示范工程，建造了南淝河清 I、II 冲沟处理能力为500 m³/h 的初期雨水处理设施，处理超过截流能力的雨污水，示范工程达到了削减雨天污染负荷30% 的指标。

联系单位：同济大学

联系人：李田

电 话：15800652430

E-mail: tianli@tongji.edu.cn

地 址：上海市四平路1239号

41、分流制排水系统雨水管网混接识别与改造技术

技术依托单位：同济大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城市分流制排水系统雨水管网混接改造

主要技术指标和参数：

一、基本原理

在通过雨水管网混接成因解析确定雨水管网混接来源及混接水量的基础上，确定雨水管网混接改造的基本方案（分流改造为主或者末端截流为主）；对拟实施分流改造的重点区域，有针对性地开展混接现场调查，确定混接点的位置及混接水量；采用混接改造综合决策支持平台，对分流改造的可行性进行论证，优化混接改造工程技术方案。

二、工艺流程

1. 雨水管网混接污染成因解析

综合采用雨污水管网水量平衡分析和水质特征因子检测方法，确定雨水管网混接来源及混接水量比例。首先是对研究区域污水产生量、污水收集量和旱天雨水管网不同运行工况下的排放量进行平衡分析，确定混接水量来源（污水、地下水、河水等）；采用表征不同混接类型的水质特征因子指标，通过入流和出流的污染物质量平衡分析，进一步明确雨水管网混接成因及混接水量（不同类型的生活污水、不同行业工业废水等）。

通过雨水管网混接污染成因解析，初步确定混接改造的基本方案（分流改造为主或者末端截流为主）。

2. 雨水管网混接源现场调查

对于需进行分流改造的系统，进一步通过分区域单元的管网水量和水质特征因子调查，并采用研发的雨水管网多功能检测装置，开展现场调查，确定主要混接源的位置及混接水量；对河水倒灌和管网渗漏严重的系统，调查河水倒灌点和管道破损管道。

3. 雨水管网混接改造优化技术方案论证

采用研发的雨水管网混接改造决策支持系统，对雨水管网混接改造方案进行优化论证。雨水管网混接改造决策支持系统集成综合管网水力模型、管网GIS系统和管网运行实时监控系統；管道GIS系统能够直观显示雨污水混接点源位置、混接水量、混接管埋深、雨污水管线走向等信息；管网监控系统对雨污水管网运行水位进行实时动态监测；管网水力模型结合管网GIS系统和运行监控系统对污水管网在混接改造前后的水力效能进行评估，确定分流改造的可行性和必要的局部改造污水管段。

三、关键技术

- 1.基于水量平衡和水质特征因子的雨水管网混接成因解析技术
- 2.雨水管网混接改造决策支持系统平台与混接改造优化技术

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发与优化集成

实际应用案例:上海市漕河泾排水系统雨水管网混接改造

应用单位：上海城市排水有限责任公司

研究成果应用于上海市漕河泾排水系统雨水管网混接改造。上海市漕河泾排水系统服务面积3.74km²，1986年兴建，设计为分流制排水系统。兴建以来，雨水管网混接严重。“十一五”期间，通过本课题研究开展工程示范，采用雨水管网混接污染成因解析技术和混接污染源调查检测技术，确定了该区域的混接类型（包括生活污水、工业废水、地下水和河水）及混接水量，并确定了所有200多个混接点的位置和水量、40多个河水倒灌点位置以及破裂受损的雨水管段。结合雨水管网混接改造决策支持系统对混接改造可行性进行论证，对3个大流量的生活和工业混接点源（约占工业和生活污水混接总量35%），实施就地雨污分流改造；对200多个量小面广的分散源，实施了末端市政泵站旱流污水截流（截流能力21600m³/d）；对与雨水管网连通的40多个河水倒灌点实施封堵或者修复。示范工程实施后，基本消除了该示范区雨水管网旱流放江，直接改善了周边的中心城区骨干河道水质。

联系单位：上海城市排水有限责任公司市南防汛分公司

联系人：徐剑伟

电 话：021-64806991

E-mail: 1963931756@qq.com

地 址：上海市鲁班路792号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：同济大学

联系人：徐祖信

电 话：021-65981650

E-mail: xzx@stcsm.gov.cn

地 址：上海市四平路1239号

42、合流管网的源-流-汇综合降污集成技术

技术依托单位：江苏大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：城市合流制管网改造

主要技术指标和参数:

一、基本原理

这是一项由多种单项技术组成的集成技术，主要针对城市合流污水污染消减，结合合流污水的产流过程，系统地进行从源头、输运过程、溢流汇流水体开展针对性的技术应用研究，在此基础上通过技术集成，解决雨污水在合流制管网系统源-流-汇净化链中的负荷匹配与功能耦合、系统中污染物输运规律及对管网系统运行参数的响应过程等科学问题，提高合流制管网的截污效率。通过系统总结，从规划、管理和工程三个方面提出了城市溢流污染控制的系统解决方案。

二、工艺流程

“源头减污”：溢流污染产生的源头主要来源包括①住宅区生活污水的排放；②工业区生活污水以及达标排入城市下水道的工业废水；③固体废弃物及生活垃圾的随意堆放，降雨时产生的径流污染；④道路、庭院陆地等在降雨时产生的地表径流⑤错时分流技术应用，实现雨天时的早流调蓄。通过对这五种溢流污染物质来源输入量的减少（一般包括生活污水的有效调控；减少生活用水量或者循环用水；减少固废和垃圾的露天堆放或无害化处置；减少硬化地面或软化地面及加强径流拦蓄等），实现溢流污染物质的产生量最小化。

“过程控污”：在“源头减污”的基础之上，或者对于那些源头上无法减量的污染物质（如无法减少生活污水量或工业废水量）或场所，在溢流污染物质迁移的过程中，利用拦截、阻断、调蓄、分质截留等技术，阻碍污染物质的运移或延长污染物质的迁移路径，从而实现污染物质迁移与扩散量的最小化。在可能的情况下，利用城市绿地或路面下渗等系统内部自我消纳的能力，将合流管网系统内部的部分或者全部的“有用”污染物质进行再利用，实现固体废弃物的资源化利用。拦截和阻断溢流污染物质迁移和扩散的技术一般采用构建缓冲带如生态沟渠或者人工生态系统等措施直接拦截和阻断，或者采用路面下渗系统的措施，增加溢流污染物在合流管网系统中的循环过程，间接地延长了污染物质在系统内部的使用频度，相当于减少了污染物质向系统之外输出。针对一些固废、垃圾等溢流污染物质，除了在源头上减少其产生量外，在“拦截”技术上一一般让这些物质经过收集填埋等处理，进而延长这些物质在系统内部的反应过程，达到输出量的最小化；也可采用分质截流技术，对不同污染程度的区域设置不同的截流倍数，实现污染物的最大化截流。

“过程控污”更深层次的意义在于，对于一些难以有效物理拦截的溢流污染物质，有必要对其进行深度的处理与净化。在溢流污染物中，COD、氮、磷的含量通常相对较高，并且具有易溶于水、易迁移、形态较多等特点，需要进行建设额外的控制工程进行深度处理与净化，这类工程一般包括以下三大类：管内淤泥减量化，调蓄处理一体化净化系统和物化组合措施等。通过这些工艺的物理、化学和生物的联合作用，实现合流管网系统中氮、磷等难减量化的溢流污染物质最大化从系统内去除。

“末端治污”：包括两部分内容，其一为管网系统末端的污染物深度净化系统；主要内容包括构建溢流口生物、生态、物化净化措施；进一步控制排入水体的污染物质。其二是指在对溢流污染物质最大化去除之后，需要对整个受纳水体系统进行重新审视与修复，实现合流管网系统内的受纳水体系统的健康良性发展。主要内容包括重建受纳水体系统的水生生态，使之成为新的生态系统中的主要初级生产者、重要生物的生境建造者和营养吸收转化的驱动者和悬浮物质沉降的促进者；重建基本的生态系统生产者—消费者—分解者结构，使之形成具有循环功能的食物网关系；在形成生态系统基本结构的基础上，以生态工程措施恢复和提高系统的生物多样性，使之渐趋稳定，最终实现受纳水体系统自我修复能力的提高和自我净化能力的强化，由损伤状态向健康稳定状态转化。

三、关键技术

- 1、错时分流技术；
- 2、分质截留技术。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

知识产权情况：技术开发单位结合本技术开发了各类实用技术10余项，共申请并授权发明专利12项。

实际应用案例：

应用单位：镇江市水利投资公司

本项目研究成果已成功应用于镇江市老城区合流管网系统的改造工程中，其中典型案例为“镇江市古运河中段综合整治工程”和“镇江市老城区‘医政路生活小区’合流管网改造工

程”。其中古运河改造项目设计流域面积7.8平方公里，排水管道近38公里；医政路小区排水管道1800m，涉及化粪池改造15个。利用本研究成果分别构建了古运河沿岸入河合流管网系统源-流-汇综合降污系统（具体包括：截流式合流制排水管网溢流污染控制示范工程，污水泵站溢流污染原位快速处理示范工程。）以及生活小区污水的错时分流系统。本研究示范工程的建设每年可减少入河污染物320吨（以COD计），氨氮近22吨。产生良好的社会效益和环境效益。

联系单位：镇江市水利投资公司
联系人：张耘
电 话：0511-89999982
E-mail: zhangxl@163.com
地 址：江苏镇江市宝塔北路京口闸枢纽辅房

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：江苏大学环境与安全工程学院
联系人：吴春笃
电 话：13805293698
E-mail: wcdijs@126.com
地 址：江苏省镇江市学府路301号

43、老城区滨河带适宜性真空截污技术

技术依托单位：清华大学深圳研究生院、常州市排水管理处

技术发展阶段：工程示范

适用范围：老城区滨河带截污工程

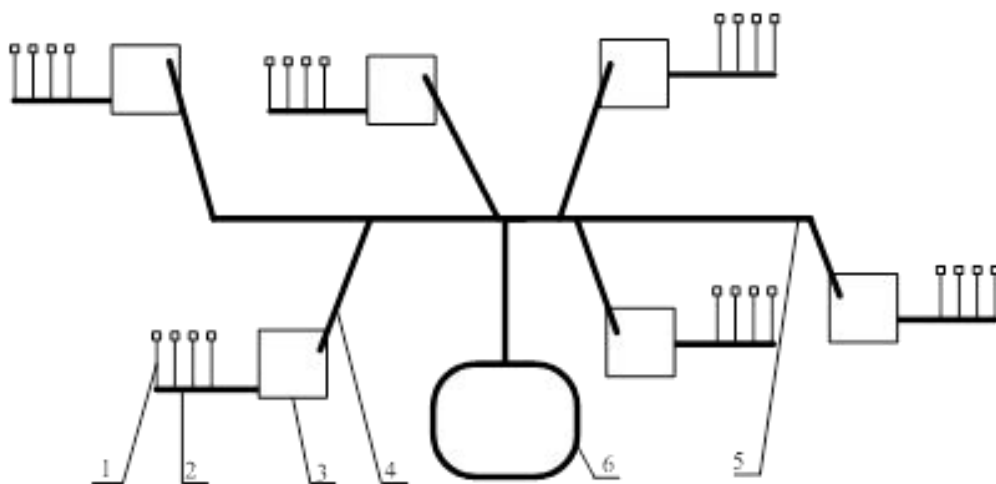
主要技术指标和参数：

一、基本原理

适宜性真空截污技术创造性地提出并示范了一种与雨污排放口衔接的具有调蓄功能的室外真空截污系统，该系统采用沿岸架管的方式实现与多个雨污排放口的衔接并完成污水收集，在收集过程中集水单元容积可调，从而实现调蓄功能。

二、工艺流程

该真空截污系统，在各排污口相对集中河岸设置重力调蓄短管，收集排放的污水；污水通过重力流汇入防水不锈钢真空阀井，间断自动抽吸至真空管路系统，最终通过负压作用收集至真空泵站。真空截污系统如工艺流程图所示：



1 截污口排放污水进入收集立管，2 通过多个收集立管汇集到重力调蓄管，3 进入真空阀井，4 真空支管，5 最后通过真空主管，6 真空泵站。

三、关键技术

针对老城区滨河带污水排放杂乱，收集设施简陋及无法开挖埋管的特点，开发了适用于老城区滨河带截污工程的真空排水系统，提出了适宜于老城区滨河带的“重力调蓄-线性真空”截污模式。设计开发浮球/压力感应式真空界面单元抽吸能力可达 2~3L/s，最佳管材选择为 UPVC 给水管材，抗压要求>1MPa。从水力学，能效及气液流态等方面研究了真空管道负压输水特性，总结提出相应的优化设计方法和技术方案，并应用于北市河沿岸实施“滨河生活区沿河截污适宜性技术示范工程”。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：常州市城乡建设局

实际应用案例介绍：该工程共设置真空收集箱 5 处，其中 4 处为电动控制真空收集箱，1 处为气动控制真空收集箱，其中 1 处服务于中山门商业区初期雨水拦截收集示范工程，4 处服务于滨河带截污工程。

联系单位：清华大学深圳研究生院

联系人：管运涛

电 话：0755-26036702

E-mail: Guanyt@sz.singhua.edu.cn

地 址：深圳南山区西丽大学城清华园区

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学深圳研究生院

联系人：管运涛

电 话：0755-26036702

E-mail: Guanyt@sz.singhua.edu.cn

地 址：深圳南山区西丽大学城清华园区

44、雨水径流时空分质收集处理技术

技术依托单位：清华大学、江南大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：针对城市雨水径流形成的面源污染

主要技术指标和参数：对SS、COD以及TP的污染负荷削减率达到50%

一、基本原理

针对城市雨水径流形成的面源污染，基于初期后期雨水分流概念与高性能吸附材料渗滤技术，充分利用城市下垫面有限的土地资源，解决污染物吸附容量小材料更新频率高的问题，在提高地表表层通透性的同时对径流污染物进行高效去除。

二、工艺流程

结合示范区的排水规划，根据拟建立的当地降雨气象与城市暴雨径流资料，在既有雨水管网排入自然水体的滨河地带，修建若干初期雨水截流池、雨污管网连接溢流池、清洁雨水土地渗滤净化池，构建清洁雨水和污染雨水的分质收集和分别处理体系，使得对污染初期雨水进行截留和沉淀，其后泵入污水管网，进入污水处理厂进行处理，后期雨水通过土地渗滤等净化系统后排入天然水体，从而实现最大程度削减城市面源对城市水环境的污染负荷目标，达到城区水环境质量的持续保持和健康发展。

三、关键技术

针对城市径流特点，初期与后期雨水径流分质分流技术，将初期污染雨水暂时贮存并沉淀，后期雨水分流至渗滤系统处理，可应对不同强度的降雨事件同时保证系统处理效果。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：无锡市太湖新城建设投资管理有限公司

实际应用案例介绍：在太湖新城建设了两套雨水污染控制与利用工程。服务面积约10000 m²的“道路雨水截流渗滤系统”示范工程A于2010年8月建成，对污染严重的道路雨水的污染负荷的消减率达到70%以上；服务面积约0.73km²的“绿地雨水径流处理系统”示范工程B于2011年5月完成建成，对SS、COD以及TP的污染负荷削减效率均在50%以上。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系电话：0510-85918265

联系单位：清华大学

联系人：左剑恶

电 话：010-62772455

E-mail: jiane.zuo@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园1号

45、山地城市面源污染控制技术

技术依托单位：重庆大学、中科院生态中心、华中农业大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于具有山地特色的城市面源污染控制。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本课题开发的山地城市面源污染控制技术，主要基于自主开发的包括屋面径流分流技术、模块化绿色屋顶技术、浅草沟控制技术、道侧渗流带技术、亚表层促渗技术等单项面源

污染控制技术。从源头削减到迁移段控制最后到汇区治理，全过程对面源污染进行处理。

二、关键技术

- 1、屋面径流分流技术
- 2、模块化绿色屋顶技术
- 3、浅草沟控制技术
- 4、道侧渗流带技术
- 5、亚表层促渗技术

三、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 重庆市竹林实验学校、重庆市江北区国奥村居住小区

重庆市竹林实验学校属建成区、重庆市江北区国奥村居住小区属新开发区。分别在两个示范区依据地形采用了屋面径流分流技术、模块化绿色屋顶技术、浅草沟控制技术、道侧渗流带技术、亚表层促渗技术。示范工程治理面积共3.75km²，总处理径流量约50万m³/a，去除单位COD投资成本为1.05元/kg，去除单位COD运行成本为1.80元/kg，分别为污水处理厂的76%和75.0%左右。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中科院生态环境研究中心

联系人: 王效科

电 话: 18601272168

E-mail: wangxk@rcees.ac.cn

地 址: 中国科学院生态环境研究中心

46、村镇生态型排水技术

技术依托单位: 中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 村镇地表径流面源污染控制

主要技术指标和参数:

一、基本原理

随着城镇化进程发展，越来越多的河网地区的小城镇地表成为了污染物输出的“关键源区”，该技术旨在研发适用于丘陵型乡镇的生态型排水技术，将乡镇的地表径流进行消能、沉沙、分流，污染物在径流过程中通过原位渗透、在线处理和“汇”端截流等方式达到净化，减少进入河的污染负荷。

二、工艺流程

该关键技术具体由植草沟技术、低位绿地技术、透水地面技术、生态稳定塘技术、山体护坡技术等优化配置组成，分述如下：

1) 植草沟技术

植草沟是利用地表植物和土壤来截流净化雨水径流污染物的一种设施。植被浅沟收集较多径流量，具有输送功能，适宜较长距离传输雨水径流，在坡度、土质、景观等满足要求的区域可以替代雨水管。当降雨径流流经植草沟时，经沉淀、过滤、渗透、持留及生物降解等共同作用，径流中的污染物被去除。在降雨径流污染控制和雨水利用系统中，植草沟的设计应尽可能增加持留、渗透、传输、净化雨水能力，设计主要涉及水力计算和满足水质净化功能两部分，同时考虑水文、土壤及植物类型等因素。

2) 低位绿地技术

低位绿地技术是常见的控制地表径流的生态工程技术。低位绿地的地面低于不透水路面或广场面，雨水可以直接流入然后渗入地下，大雨时可以暂存部分雨水，是减少地表径流和面源污染的好设置。

3) 透水地面技术

透水地面技术是指通过在地面铺设透水砖营造孔隙（微孔或大孔），从而使地面具有透水功能。在一般的硬质地面，污染物累积过程快、雨水入渗量小、径流系数大，从而形成径流的时间短促，对污染物的冲刷强烈，污染物输出的动力学增强。如果将地面设计为具有良好透水性能的地面，既可以较好地控制暴雨径流水质（去除水中的有机污染物质），同时也能够对暴雨径流量进行适当的控制，特别是小型降雨事件。透水地面同时还兼具防滑、降噪、排水、防眩等优点。

4) 控污型岸边带系统

控污型岸边带系统属于一种岸边缓冲带系统，是指邻近受纳水体，有一定宽度，在陆相边界具有岸边植被绿化缓冲带，在水相边界具有岸边湿地系统，在管理上与其他生态系统分割的地带。该系统的首要功能是可减少污染源和河流、湖泊之间的直接连接，具备过滤截留地表径流和陆源污染物的功能。同时还具有提高生物多样性，防浪固堤，提供娱乐休憩场所等多重功能。控污型岸边带系统独特的物理和生物地球化学特性决定陆地与水体间的水量、养分的流动。污染物在从陆地向水体迁移的途径中，以地表径流、潜层渗流的方式通过缓冲带进入水体。

5) 水土保持技术

水土保持是对自然因素或人为活动造成水土流失所采取的预防和治理措施。主要有生物措施、蓄水保土耕作措施和工程措施。生物措施指采取造林种草及管护的办法，增加植被覆盖率，维护和提高土地生产力的一种水土保持措施。主要包括造林、种草和封山育林、育草等技术。蓄水保土耕作措施是指以改变坡面微小地形，增加植被覆盖或增强土壤有机质抗蚀力等方法，保土蓄水，改良土壤，以提高农业生产的技术措施。如等高耕作、等高带状间作、沟垄耕作少耕、免耕等。工程措施指防治水土流失危害，保护和合理利用水土资源而修筑的各项工程设施，包括治坡工程（各类梯田、台地、水平沟、鱼鳞坑等）、治沟工程（如淤地坝、拦沙坝、谷坊、沟头防护等）和小型水利工程（如水池、水窖、排水系统和灌溉系统等）。

6) 暴雨径流储存净化技术

暴雨径流储存设施能减缓流速，暂时或长期储存径流，使雨水在当地利用，或补充地下水。暴雨径流储存设施大小不一，类型多样，应根据因地制宜的原则进行设计。在示范工程中采用的储存设施有滞留塘和旱溪。滞留塘建设费用较高，存水容量大；旱溪灵活性强，占地面积较小，可调节洪峰。

7) 生态稳定塘技术

生态稳定塘是天然的或加以人工修整的池塘。污水在塘内缓慢流动，停留时间较长，有机物通过水中的微生物的代谢活动而降解，溶解氧则由塘内生长的水生植物通过光合作用和水面复氧作用而提供，污水的净化过程同天然水体的自净过程很相近。

在完整的生态稳定塘系统中，通过在塘内种植水生植物（芦苇、蒲草、水葱等），养殖鱼、虾等，形成多条食物链的生态系统。在太阳能的作用下，水中的有机污染物首先被细菌和真菌进行代谢降解，形成 CO_2 、N、P等无机营养盐类，它们经藻类和其他水生植物的光合作用，使有机物和营养物最终转化为水生作物、水产、水禽等有用资源加以回收，并使雨水得到高效净化。

三、关键技术

1、植草沟技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 浙江省临安市玲珑街道

实际应用案例介绍: 该关键技术已在丘陵型乡镇地表径流污染控制工程应用, 该示范工程旨在应用丘陵型乡镇地表径流污染控制的集成技术, 使乡镇地表径流消能、沉沙、分流; 污染物通过在线处理和“汇”端截留等方式达到消减, 减少进入受纳水体的污染物负荷, 由森竹园示范工程和宏渡村示范工程两部分组成。森竹园径流污染控制示范工程主要由坡面水土保持工程、房地雨水净化利用工程、地面雨水入渗工程、地面雨水入渗工程、滞留塘、净化池循环工程、低位绿地、生态稳定塘工程七个部分组成; 宏渡村径流污染控制示范工程主要由植草沟、低位绿地、生态庭院、河岸湿地、水源透水石坝等工程组成。经杭州市环境监测中心站出具的第三方监测报告表明, 示范工程实施后, 示范区域暴雨时段示范乡镇的COD、SS、NH₃-N、TP的污染负荷削减分别为32%、87%、33%、33%。

联系单位: 中国科学院生态环境研究中心

联系人: 尹澄清

电 话: 010-62849307

E-mail: cqyin@263.net

地 址: 北京市海淀区双清路18号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国科学院生态环境研究中心

联系人: 尹澄清

电 话: 010-62849307

E-mail: cqyin@263.net

地 址: 北京市海淀区双清路18号

五、 饮用水安全保障技术

（一）技术目录

编号	技术名称	技术内容（50 字以内）	适用范围（50 字以内）	完成单位	所属主题	页码
水源水质调控技术						
1	受污染河网原水水质湿地调控技术	构建由预处理塘系统、水位提升和曝气充氧系统、湿地根孔生态净化系统、湖区深度净化系统、达标引水系统等多个子系统耦合组成梯级净化系统，以及由沟壕和植物床镶嵌组合多级阶式湿地串并联相结合的大规模生态湿地，实现水量合理分配，各类污染物分级净化。	南方平原河网地区。	中国科学院生态环境研究中心、浙江大学、嘉兴市水务投资集团有限公司	饮用水主题	289
2	引黄水库水源系统渠库多级水质净化技术	根据引黄水库水源系统水质时空分布特征，在沉沙条渠、水库与输水管的水质最不利点分别设置监测预警、梯级湿地、原位强化净化和突发污染应急处理等单元，形成“渠-库-管”多级净化系统。	黄河下游地区引黄水源系统。	中国城市规划设计研究院、济南市供排水监测中心、济南市清源水务有限责任公司	饮用水主题	292
3	强潮河口水库泄水抑咸避咸调度技术	构建集监测-模拟-预报预警-泄水为一体的泄水抑咸优化调度系统和基于“多泵轮启”的蓄淡避咸控制系统，实现智能取水，有效节约水资源,削减水源中含盐量。	水源地受咸水入侵影响的地区。	浙江大学、浙江省水文局、浙江省水利河口研究院	饮用水主题	294
4	水库群水质动态过程评价与水质水量反馈调度控制技术	综合评价水库群水质动态过程，通过策略分析模块得到有利于加速改善水库水质的水量调度控制策略，修正水量调度方式。	大型城市原水系统的优化调度。	深圳市水务规划设计院	饮用水主题	296
5	长距离原水管水质优化控制技术	分析水质指标变化，建立氨氮变化模型，提出间歇预加氯优化法，分析附着型水生生物繁殖规律，提出氧化剂控制法。	南方地区城市生活饮用水长距离引水管道系统。	广州市自来水公司、哈尔滨工业大学、广东省建筑设计研究院	饮用水主题	297

6	备用水源建设的工程设计技术	从规划建设层面,提出了备用水源工程建设的关键技术指标,确定了备用水源规划设计的主要指标体系。	形成的《城市供水备用水源工程规划设计导则》,可为国内同类设施的建设提供指导。	北京市市政工程设计研究总院	饮用水主题	299
7	农村高密度养殖区水源保护组合处理技术	在分析污染水体生物标记确定污染来源的基础上,集成了养殖污染减排、污染物循环利用、养殖废水生物净化等技术。	养殖区农村水源保护。	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、广东省微生物研究所、广东省农科院等	饮用水主题	302
8	农村库泊型饮用水水源污染控制模式与适用技术	提出综合治理、逐步削减和修复的解决方案,同时针对不同污染源源头控制和生态修复提出了相应的技术方案。	农村库泊型水源地保护。	农业部沼气科学研究所、重庆市农业科学院、四川省水利科学研究院	饮用水主题	303
水厂净化处理技术						
9	高氨氮和高有机物污染河网原水典型工艺优化组合技术	利用生物预处理、生物活性炭和滤池的除氨氮能力以及强化常规工艺、臭氧-生物活性炭的除有机物的能力,充分发挥预处理、强化常规、深度处理等不同工艺单元中的物理、化学和生物的协同耦合和优势互补作用,显著提升处理效果。	高氨氮和高有机物原水处理。	浙江大学、嘉兴水务投资集团有限公司、上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司等	饮用水主题	305
10	高速曝气生物滤池预处理技术	对于经常性氨氮超标的水源水,开发了高速曝气生物滤池技术,该技术以陶粒为生物载体,采用升流式运行方式。	南方地区季节性出现的高氨氮和高有机物污染问题。	清华大学、华南理工大学、广州市自来水公司	饮用水主题	306
11	曝气生物流化池预处理-强化混凝技术	构建了适于引黄水的曝气生物流化池预处理-强化混凝技术,实现了氨氮和有机物高效去除、改善了混凝效果。	高有机物、高氨氮水源水处理。	山东建筑大学、济南市供排水监测中心、济南泓泉制水有限公司等	饮用水主题	307
12	高藻水强化去除组合工艺	构建引黄水厂常规工艺改造的机械混凝-折板反应-浮沉池-活性过滤-紫外/液氯消毒组合工艺,实现了不同季节条件下藻及藻毒素、臭味物质的高效去除。	低温低浊及高藻水处理。	济南市供排水监测中心、山东大学、山东建筑大学等	饮用水主题	308
13	活化沸石吸附-混凝沉淀-	通过活化沸石强化混凝-沉淀-一气浮耦合实现了对水源中氨	氨氮、有机物污染原水处理。	北京首创股份有限公司、哈	饮用水主题	309

	气浮耦合水质净化技术	氮、挥发性小分子以及悬浮物有效去除。		尔滨工业大学		
14	炭砂滤池短流程深度处理技术	把水厂原有的砂滤池改造成活性炭石英砂双层滤料滤池，显著提高对有机物和氨氮的去除效果。	常规净水工艺水厂的升级改造。	清华大学、深圳市水务（集团）有限公司、东莞市东江水务有限公司	饮用水主题	310
15	基于加氨的含溴离子原水臭氧化副产物溴酸盐抑制技术	针对微污染原水处理的臭氧生物活性炭工艺中溴酸盐生成风险问题，提出了基于加氨的臭氧氧化副产物溴酸盐控制技术。	溴离子浓度相对较高，污染较为严重的原水臭氧生物活性炭深度工艺。	上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司、上海市供水调度监测中心	饮用水主题	311
16	基于氨氮和过氧化氢的溴酸盐控制技术	针对微污染原水处理的臭氧生物活性炭工艺中溴酸盐生成风险问题，提出了基于加氨的臭氧氧化副产物溴酸盐控制技术。	溴离子浓度相对较高，污染较为严重的原水臭氧生物活性炭深度工艺。	上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司、上海市供水调度监测中心	饮用水主题	312
17	基于氨氮和过氧化氢的溴酸盐控制技术	针对引黄水库水高溴离子臭氧化过程中溴酸盐超标的问题，建立了以氨氮和过氧化氢为主的溴酸盐控制技术。	溴离子浓度相对较高，污染较为严重的原水臭氧生物活性炭深度工艺。	清华大学、济南市供排水监测中心	饮用水主题	313
18	臭氧-活性炭深度处理工艺微型动物控制技术	以交替预氧化、强化混凝生物去除和活性炭池冲击式生物灭活与去除等技术为主组成南方臭氧-活性炭深度处理工艺的中微型生物多级屏障控制技术。	南方湿热地区深度处理水厂。	深圳市水务（集团）有限公司、西安建筑科技大学、深圳大学	饮用水主题	315
19	中小水厂膜组合工艺	原水经混凝-沉淀去除浊度和一部分有机物后进入粉末活性炭-超滤生物反应器，依靠生物降解、活性炭吸附和膜分离联合作用去除氨氮和溶解性有机物。	微污染原水的中小规模水厂深度处理。	同济大学	饮用水主题	316
20	大型水厂超滤膜过滤组合工艺及运行优化技术	原水经预氧化-混凝-沉淀-砂滤处理后进入膜分离系统，确保膜分离系统的稳定运行和水质达标。	适用于大型水厂工艺改造。	哈尔滨工业大学、东营市自来水公司	饮用水主题	317
21	季节性污染源常规工艺强化处理技术	针对水源水的季节性臭味问题，采用 KMnO_4 预氧化及粉末活性炭吸附进行处理；针对高氨氮原水，采用纯氧曝气-活性无烟煤过	出现季节性高氨氮、高臭味原水的水质净化。	清华大学、东莞市东江水务有限公司	饮用水主题	318

		滤技术进行处理。				
22	臭氧-微膨胀上向流生物活性炭-砂滤集成技术	将传统下向流生物活性炭池改为微膨胀上向流运行方式，并将滤池置于活性炭池后，提高颗粒物和微生物拦截效果。	臭氧-活性炭深度处理工艺优化。	清华大学、山东建筑大学、济南泓泉制水有限公司	饮用水主题	320
23	复合金属氧化物吸附-接触过滤强化除砷技术	原位引入复合金属氧化物，利用其界面氧化与吸附作用完成As(III)氧化与As(V)吸附，并通过接触过滤单元完成砷的去除。	大中规模城市除砷水厂建设；现有水厂的强化除砷工艺升级改造。	中国科学院生态环境研究中心、郑州自来水投资控股有限公司	饮用水主题	321
24	地下水氨氮、铁锰同步生物去除技术	利用跌水曝气等方式进行地下水补氧后，利用滤池进行地下水中铁锰和氨氮的同步生物去除。	含铁锰及氨氮地下水的净化。	哈尔滨工业大学、北京工业大学	饮用水主题	322
25	小规模水厂铁锰去除技术	利用余压射流曝气与分级过滤组合的技术进行地下水铁锰去除。	小规模水厂铁锰去除。	中国农业科学院农田灌溉研究所、农业部环境保护科研监测所、辽宁省清原县水利工程技术管理站	饮用水主题	323
26	南水北调来水处理技术	针对南水北调工程通水后受水区城市供水系统面临的水源多样化、复杂化和不确定性等问题，建立了针对无脊椎动物、臭味、有机物并易与现行工艺结合的多项处理技术。	南水北调受水区城市供水系统。	北京市自来水集团有限责任公司、郑州自来水投资控股有限公司、北京市政工程设计研究总院等	饮用水主题	324
27	南水北调来水处理技术	针对南水北调工程通水后受水区城市供水系统面临的水源多样化、复杂化和不确定性等问题，建立了针对无脊椎动物、臭味、有机物并易与现行工艺结合的多项处理技术。	南水北调受水区城市供水系统。	北京市自来水集团有限责任公司、郑州自来水投资控股有限公司、北京市政工程设计研究总院等	饮用水主题	325
28	农村小型水厂技术升级改造技术	针对农村小型水厂改造升级中的问题，集成研发了一批新技术新设备，如消毒剂、絮凝剂自动投加设备等。	农村小型水厂改造。	四川省水利科学研究院、农业部沼气科学研究所、重庆市农业科学院	饮用水主题	327
29	分散水源慢滤设备	利用小型慢滤设备对水源中颗粒物、微生物进行拦截，并对有机污染物进行生物降解。	分散水源简易处理。	中国水利水电科学研究院	饮用水主题	328
30	小型一体化	将加药消毒工艺嵌入膜分离系	农村分散型供水。	中国农业科学	饮用水主	329

	超滤膜水质净化设备	统中,构建基于超滤膜的小型一体化水质净化设备,防止膜污染。		院农业环境与可持续发展研究所、开创阳光环保科技发展(北京)有限公司	题	
31	含氟地下水改性活性氧化铝处理技术	利用硫酸铁改性活性氧化铝,采用三柱串联吸附工艺,并辅以进水调酸等方式进行地下水除氟。	适用于含氟地下水除氟。	清华大学	饮用水主题	331
管网安全输配技术						
32	山地城市多级加压供水系统优化设计技术	基于关键线路生命周期成本分析的山地城市多级加压供水系统分区分级技术;基于高速排气、起点分流和两级止回的山地城市供水系统爆管预防技术。	山地城市管网设计。	重庆大学	饮用水主题	333
33	基于模型的管网优化运行控制技术	对基于多层次模糊理论的供水管网安全评价技术、多水源供水管网仿真建模与模拟分析技术、多水源切换供水条件下的供水管网优化运行等技术进行研究,建立城市供水管网安全保障与运行控制系统。	供水管网安全评价与管网改造、管网仿真模拟与科学化运行管理。	青岛理工大学、济南市供排水监测中心、济南水业集团有限责任公司等	饮用水主题	334
34	水源切换管网黄水预测、预防与控制技术	从水的腐蚀性评价和管网自身稳定性评价两个方面,建立水源切换条件下管网黄水的预测评价方法,以及有效控制管网“黄水”产生的综合技术方案。	水源切换下的管网水质保障。	北京市自来水集团有限责任公司、中国科学院生态环境研究中心、清华大学	饮用水主题	337
35	县镇联片管网安全供水技术	以多点水源联片供水管网管理系统和多点水源联片供水管网水质保障方案为核心,构建县镇联片管网安全供水技术。	县镇联片供水。	清华大学	饮用水主题	338
36	城市间协同供水联合调度技术	以管网图幅拼接以及坐标转换等技术为核心,构建多区域管网动态模型构建技术,实现多区域管网应急调度。	区域以及城市间的供水调度。	同济大学、苏州水务投资发展有限公司	饮用水主题	339
水质监测材料与设备						
37	供水水质检测用标准物质	开发出2-甲基异莰醇合成制备技术、土臭素合成制备技术、氯乙烯纯化制备技术等,形成水质检测用系列标准品。	城市供水水质检测用的标准物质。	中国计量科学研究院	饮用水主题	341

38	颗粒物计数仪	以低耦合光机设计、高信噪比信号放大等技术为核心,研制出在线颗粒物计数仪和台式颗粒物计数仪,设备测量精度等各项技术参数和性能指标总体上达到同类进口产品水平。	城市供水水质监测。	杭州绿洁水务科技有限公司	饮用水主题	342
39	基于发光菌的生物毒性监测设备	采用 ISO 11348 的标准方法,通过检测发光菌(费希尔弧菌)和被测水样反应时的发光强度变化实现对被测水样的毒性监测;毒谱范围涵盖 5000 种以上潜在的毒性物质。	城市供水水源监测预警。	杭州绿洁水务科技有限公司	饮用水主题	343
40	基于水生生物的水质在线生物安全预警设备(BEWs)	基于水生生物回避行为反应与污染物毒性存在较好剂量-反应关系,真正实现对于水源地水质生物综合毒性有效的连续、实时监测和预警	城市供水水源水质生物综合毒性监测预警。	中国科学院生态环境研究中心、无锡中科水质环境技术有限公司	饮用水主题	344
41	智能化多参数水质在线监测设备	以小体积湿法化学分析检测平台、防“钝化”无汞电化学分析技术、水质多参数智能解析技术等为核心,研制出智能化多参数水质在线监测仪。	饮用水水源地和地表水等的安全预警。	杭州聚光环保科技有限公司	饮用水主题	347
42	免化学试剂在线水质检测设备	以微型小功率紫外光源的脉冲调制技术、酪氨酸酶修饰金刚石薄膜电极传感技术等为核心,研制出硝酸盐氮在线分析仪等多种免试剂在线监测仪。	水体中有机污染物、硝酸盐氮等原位测量。	河北先河环保科技有限公司	饮用水主题	348
饮用水管理技术						
43	基于我国饮用水消费习惯的污染物健康风险评估技术	采用疾病负担(DALY)作为评价终点,构建了针对病原微生物、致癌物和非致癌物三类污染物的健康风险评估技术,克服了传统方法在不同污染物之间无法进行比较的缺点,构建了相对完整的污染物质风险评估方法体系。	饮用水健康风险评估及水质标准制定。	中国科学院生态环境研究中心、北京大学、中国环境科学研究院	饮用水主题	349
44	供水绩效评估管理技术	建立了城市供水绩效指标体系,确定了指标基准值,制定了数据采集和校核方法,开发了供水绩效评估软件及系统。	供水行业和企业绩效评估与管理、政府部门对供水企业的监督与管理。	北京首创股份有限公司	饮用水主题	351
45	地表水饮用水源保护区划分技术	以经验类比、迁移时间法(TOT)和环境风险评估方法为核心,建立了地表水源各级保护区水域	集中式地表水(河流、湖库型)饮用水水源地。	中国环境科学研究院	饮用水主题	353

		和陆域划分方法。				
46	生活饮用水水源水质标准制定技术	确定了与简易处理、常规处理、深度处理相对应的三级水源水质指标的限值；提出了适用于我国水源特点的以“级别评价”替代“达标评价”的水源评价方法。	生活饮用水卫生标准、生活饮用水水源水质标准的（修）制订、标准实施及动态评估。	中国城市规划设计研究院、中国疾病预防控制中心水质环境与健康相关产品安全所、中国环境科学研究院等	饮用水主题	355
47	生活饮用水水源水质标准制定技术	确定了与简易处理、常规处理、深度处理相对应的三级水源水质指标的限值；提出了适用于我国水源特点的以“级别评价”替代“达标评价”的水源评价方法。	生活饮用水卫生标准、生活饮用水水源水质标准的（修）制订、标准实施及动态评估。	中国城市规划设计研究院、中国疾病预防控制中心水质环境与健康相关产品安全所、中国环境科学研究院等	饮用水主题	356
48	饮用水水质监测标准化技术	通过新方法开发、原方法改进和国外方法的引进优化，编制了涵盖 62 个水质指标 30 个水质检测方法的《城市供水水质检验方法标准》，对《生活饮用水卫生标准》内 106 项水质指标检测方法进行了补充；针对水源、水厂和管网的全流程供水水质在线监测，从监测指标的选择、监测点设置、监测频率等方面进行规范，规定了浊度等 9 项指标在线监测仪性能参数、校验、运行维护等方面的技术要求。	生活饮用水水质检测及水质在线监测。	中国城市规划设计研究院、中科院生态环境研究中心、济南市供排水监测中心等	饮用水主题	357
49	水质信息管理系统构建及可视化技术	集成了基于时空关系模型的水质数据存储技术、基于数据融合的辅助决策支持技术和基于加权计算的水质综合分析评价技术；构建了基于 GIS 的水质数据叠加对比分析、缓冲对比分析和拓扑对比分析工具。	饮用水水质监测预警系统建设。	住房和城乡建设部信息中心、中国地质大学(武汉)、中国城市规划设计研究院	饮用水主题	360
50	水厂应急净化技术	系统集成活性炭吸附、化学沉淀、氧化/还原、强化消毒、曝气吹脱和藻类综合处理 6 类关键应急净水技术，适用于城市大规模水厂，全面覆盖有机物、重金属、还原性污染物、挥发性污染物、病原微生物和藻类等污染物	饮用水水源突发性污染水厂净水应急处理。	清华大学、北京市市政工程设计研究总院、中国城市规划设计研究院等	饮用水主题	362

		类型，可有效应对饮用水水质标准中 100 多种有毒有害污染物。				
51	水质信息管理系统构建及可视化技术	集成了基于时空关系模型的水质数据存储技术、基于数据融合的辅助决策支持技术和基于加权计算的水质综合分析评价技术；构建了基于 GIS 的水质数据叠加对比分析、缓冲对比分析和拓扑对比分析工具。	饮用水水质监测预警系统建设。	住房和城乡建设部信息中心、中国地质大学(武汉)、中国城市规划设计研究院	饮用水主题	365
52	水厂应急净化技术	系统集成活性炭吸附、化学沉淀、氧化/还原、强化消毒、曝气吹脱和藻类综合处理 6 类关键应急净水技术，适用于城市大规模水厂，全面覆盖有机物、重金属、还原性污染物、挥发性污染物、病原微生物和藻类等污染物类型，可有效应对饮用水水质标准中 100 多种有毒有害污染物。	饮用水水源突发性污染水厂净水应急处理。	清华大学、北京市市政工程设计研究总院、中国城市规划设计研究院等	饮用水主题	370

(二) 技术简介

水源水质调控技术

1. 受污染河网原水水质湿地调控技术

技术依托课题：区域饮用水源优化配置与水质改善技术集成与示范(2008ZX07421-001)

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心、浙江大学、嘉兴水务投资集团有限公司

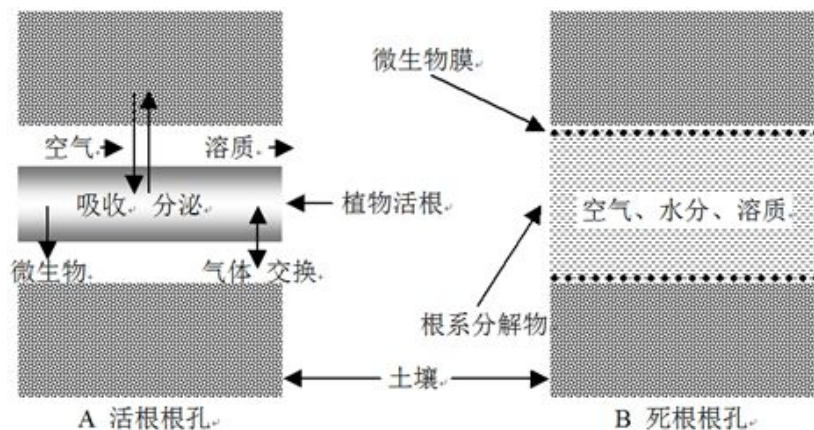
技术发展阶段：工程示范

适用范围：南方平原河网地区

主要技术指标和参数：

一、基本原理

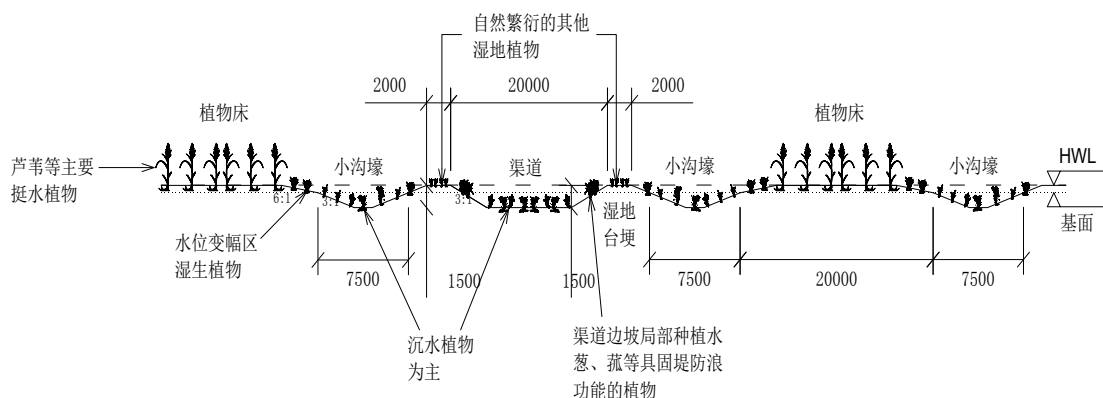
采用人工构筑根孔的方式，在湿地构建初期就构造一个由根系、土壤、土壤微生物、水、空气等组成的“多层次界面系统”，其良好的多层次交叉管孔分布特征对污染物质的空间传输迁移过程具有明显的移向、导流和整合富集作用，并影响土壤亚界面各种物质动态和能量流动过程。氮磷及其他污染物在土壤—根孔微界面发生优先流动和迁移，并在土壤系统的物理、化学和微生物过程中，达到转化降解并最终去除的目的。



湿地根孔技术原理示意图

二、关键技术

利用人工根孔强化物质传输，构建沟壕-植物床系统增加水陆交错带界面，通过水力调控加速氧化还原交替过程，最终实现污染物质在湿地系统中的有效截留和降解。



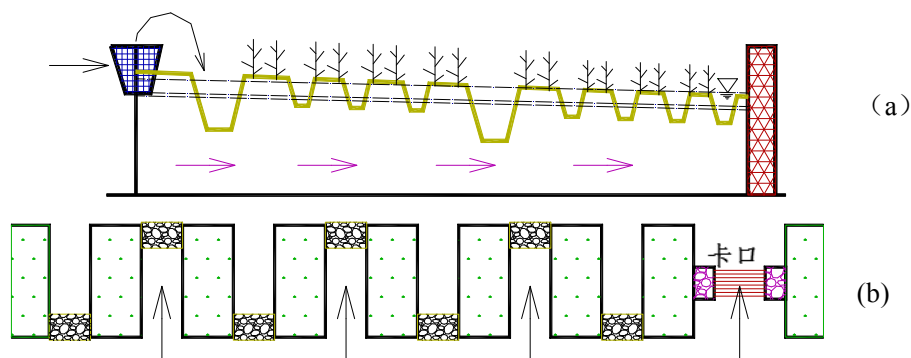
植物床—沟壕—湿地—渠道连续体剖面示意图

该技术的核心在于创新性提出了通过构建人工湿地生态根孔 (CRCT)来强化湿地系统的水分流动和物质传输功能。CRCT 模拟湿地自然的芦苇根孔系统，以人为埋植的植物秸秆作为湿地的填料/介质，有效地改变了湿地土壤亚表层的大孔隙结构，为人工湿地建设和应用开辟了一条新途径。

三、技术工艺

工艺流程——合理“串并联”思路：预处理区——根孔生态净化区——深度净化区组成有机串联体，大沟、小沟、植物床组成有机并联体。

水力调控——合理设计和优化运行思路：水力梯度和竖向设计，卡口、堵头水量输配控制，多种水力运行管理模式。



多级阶式湿地串联(a)和并联(b)相结合的形式示意图

针对南方河网地区水源水质污染较为突出的问题，构建大规模生态型人工湿地。生态湿地内部设置关键的净化处理单元，并采取合理的连接方式，使河网地区的原水先后经过湿地的各个单元，并使水量得到合理分配，从而实现各种类型的污染物的分级净化，显著提升水源水质。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发/优化集成

五、应用情况及典型案例

嘉兴市石臼漾水厂水源生物—生态修复示范工程位于嘉兴市区西北角楔形绿地，是石臼漾水厂（日供水能力 25 万 m^3/d ）的水源地，总面积 3878 亩，湿地核心净化区 1630 亩：包含生物预处理区、根孔湿地生态净化区、深度水源净化区。



嘉兴市石臼漾生态湿地工程平面图

石臼漾生态湿地工程北郊河西侧区块（410 亩）于 2009 年 5 月建成，并与先期建成的北郊河东侧区块（1220 亩）联合试运行，之后对湿地系统进行了进一步优化完善。按湿地总面积计算，工程建设直接成本约为 62 元/ m^2 ；石臼漾生态湿地工程的年运行费约为 3.34 分/ m^3 。



嘉兴市石臼漾生态湿地工程鸟瞰图

水源主要水质指标改善情况为：浊度、氨氮、总铁去除率均大于 30%，总磷去除率大于 25%，总锰、总氮去除率大于 15%， COD_{Mn} 去除率为 5%。该工程为石臼漾水厂每日 25 万吨的安全供水奠定了重要基础。同时湿地储水能力为 120 万 m^3 ，在河网遭到突发性污染时，具备接近 5 天的应急供水保障能力。

此外，湿地工程还带来区域环境改善、生物多样性保护、区域宜居舒适度提升等多重生

态服务功能。浙江省嘉兴市石臼漾水源生态湿地工程获住建部 2011 年中国人居环境范例奖（建城[2011]203 号）和 2012 年迪拜国际改善居住环境最佳范例奖（建办城函[2013]24 号）。

成果使用单位：嘉兴市水务投资集团有限公司

联系人：办公室

电 话：0573-82511733

E-mail: 13957387789@163.com

地 址：嘉兴市拥军路 680 号

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位 1：中国科学院生态环境研究中心

联系人：王为东

电 话：18910760659

E-mail: wdwang@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路 18 号

联系单位 2：浙江大学

联系人：郭宗楼

电 话：13185083979

E-mail: zlguo@zju.edu.cn

地 址：浙江杭州浙江大学紫金港校区生物系统工程与食品科学学院

2. 引黄水库水源系统渠库多级水质净化技术

技术依托课题：引黄水库水源系统水质改善技术与示范（2009ZX07422-002）

技术依托单位：中国城市规划设计研究院、济南市供排水监测中心、济南市清源水务有限责任公司

技术发展阶段：中试技术

适用范围：引黄水库“渠-库-原水管网”水源系统全流程水质净化与藻类控制

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对引黄水库普遍面临的高藻、高嗅味和消毒副产物前驱物浓度高等问题，将生态湿地和水库原位净化技术引入引黄水源系统，构建了“沉沙条渠—水库—原水管网”多级水质净化技术，以达到保障后续工艺的处理效果、降低制水成本以及减少消毒副产物的目的。

沉沙条渠部分采用了组合湿地水源水质净化技术。该技术根据渠内的水质分区，在高浊区和低浊区分别构建了自然强化湿地和人工湿地。自然强化湿地单元依据沉沙条渠内的水质分区和地势条件对沉水、挺水、浮水等水生植物进行了优化配置，该单元主要承担总磷的去除功能。人工湿地单元优选出了双级“表流+潜流”湿地形式，并植入了自主研发的免施工除磷柱。该单元通过湿地填料、植物及水位的优化，强化了总氮、总磷与消毒副产物前驱物的去除效果。上述组合湿地技术具有集沉沙与水质净化功能为一体的功能。

在水库中构建了遮光抑藻和曝气-水下人工礁水库水质原位净化技术。利用颤藻垫层的增殖与脱落与嗅味值之间良好的相关性来确定颤藻的特定生长区域，在水库入口设置遮光抑藻单元，并采用降低水下光照度来抑制藻类的生长，进而达到控制嗅味发生的目的；采用风能、太阳能驱动循环及曝气复氧装置与人工水草、生物悬浮球等设备材料，将水体混合和复氧技术与微生态强化技术相结合，形成了基于水体富氧的微生态强化水质原位净化系统，达到“互相增效”的水质改善效果。

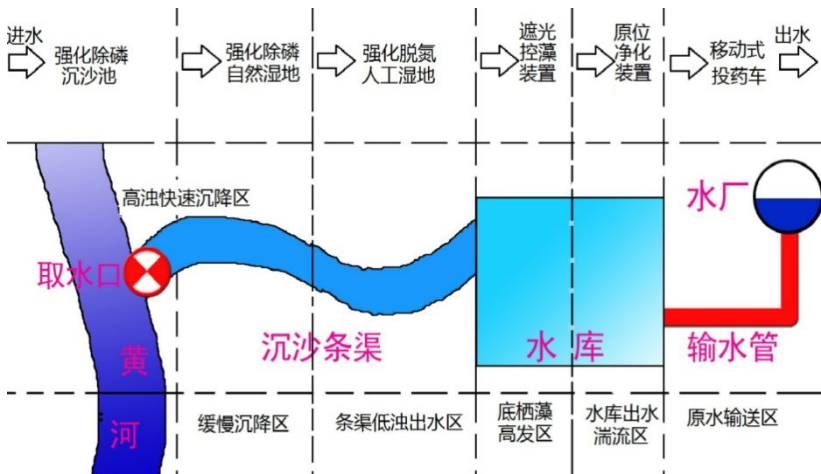
在原水管网系统构建了输水水质改善技术，以应对藻类、石油等水源突发污染问题。在水库输水管道设置药剂投加口，并建立了移动式应急处理系统，可实现次氯酸钠、高锰酸钾、

二氧化氯、酸、碱、粉末活性炭等药剂的自动投加，形成了针对不同污染类型和水平的输水系统水质改善应对预案。

二、关键技术

①引黄水库沉沙条渠梯级湿地净化技术。创新利用黄河泥沙为基质，在沉沙条渠内构建梯级湿地，使之具备集沉沙与水质净化功能为一体的功能，成为引黄水源第一道水质安全屏障，有效降低了进入引黄水库的营养盐含量。②库内控藻技术。针对引黄水库存在产嗅底栖藻的问题，引入移动式遮光装置抑制底栖藻生长，构造开放式水体原位净化系统，破坏浮游藻类生长环境，降低藻类发生的风险及强度。③输水系统水质改善技术。利用输水管道作为药剂的反应场所，可应对各种突发性污染。

三、技术工艺



引黄水库水源系统渠库多级水质净化技术工艺流程图

引黄水库水源系统渠库多级水质净化技术工艺由强化除磷沉砂池、自然湿地、人工湿地、遮光控藻装置、原位净化装置和管道净化部分组成。①强化除磷沉砂池：强化泥沙沉降，减少对湿地植物的影响，同时利用泥沙吸附作用进行强化除磷。②自然湿地：在库前沉沙条渠内分区种植 15 种植物，营造多样生态系统。③人工湿地：构建 13 组复合湿地，有效消减氮磷和消毒副产物前驱物。④遮光控藻装置：针对水库入口石砌堤坝易引发底栖藻的问题，在石砌堤坝上方水面设置漂浮遮光装置，抑制藻类生长、降低嗅味水平。⑤原位净化装置：在水库出口建设原位净化装置，实现水体解层、藻类控制与生态修复。⑥管道净化：利用移动式药剂投加装置，以原水管道作为药剂反应场所，改善出水水质，作为最后一道屏障。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

该技术在济南鹊山水库的沉沙条渠、水库内建设了自然强化湿地、人工湿地中试装置、原位净化中试工程、输水水质改善系统、应急生物控藻装置、输水水质改善系统 5 个中试工程。

实际应用案例介绍：

自然强化湿地依托济南鹊山水库在沉沙条渠进行建设，面积 13 公顷，湿地引入黄花鸢尾、花叶芦竹、水菖蒲等 15 种本地水生植物，处理能力达 28 万 m³/日，最高负荷达到 2.1 m³/m²·d，总磷的去除率达到 50%以上。同时，建设复合人工湿地 1000 m²，植入自主研发的免施工除磷柱，引入 3 种本地人工填料及 16 种本地水生植物，优选双级“表流+潜流”湿地单元，负荷可达到 0.5 m³/m²·d，总氮去除率超过 15%，COD 去除率超过 20%。



人工湿地全景



人工湿地配水控制室

技术应用单位及联系方式:

单位名称: 济南市清源水务有限责任公司

联系人: 魏长学

电话: 0531-88957700

E-mail: Jnqygs@126.com

地址: 济南市文化东路 45 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国城市规划设计研究院

联系人: 桂萍

电话: 13601281728

E-mail: guiping@nwqc.gov.cn

地址: 北京车公庄西路 5 号

3. 强潮河口水库泄水抑咸避咸调度技术

技术依托课题: 潮汐影响城市饮用水安全保障共性技术与示范 (2009ZX07424-001)

技术依托单位: 浙江大学、浙江省水文局、浙江省水利河口研究院

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 水源地受咸水入侵影响的地区

主要技术指标和参数:

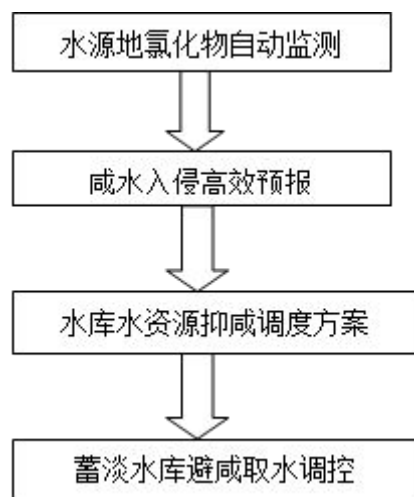
一、基本原理

构建了基于潮汐河口多点同步实时盐度监测数据的咸潮入侵预测技术,通过上游水库泄水抑咸与蓄淡水水库避咸相结合的策略,有效提高潮汐影响水源的原水氯化物达标率和取水效率。该技术解决了潮汐影响地区水源地盐度超标与水量保障之间的矛盾,在保证水源氯化物达标的同时,有效节约了水资源。

二、关键技术

该技术重点解决了强潮河口盐度的有效模拟和预报及重点水源区域水动力盐度三维数值模拟等技术难题,提出了特殊枯水大潮组合条件下规避咸潮风险的调度方案,研发了考虑水源地水质要素的水库多泵轮启技术,实现了跨区域蓄淡水水库避咸控制多点集中监控信息远程无线传输。该技术能够保证即使在枯水大潮期间,水源地原水的盐度仍可达标。

三、技术工艺



该组合工艺根据水源地咸水入侵情况,包括水库水资源抑咸调度和蓄淡水水库避咸取水调控两部分。监测潮汐河流咸水入侵自动实时检测数据,及时准确获取水源地盐度场;通过开展水动力-盐度耦合咸水入侵模拟,揭示强潮河口水质三维时空分布规律;基于海域潮汐条件和水能利用的咸潮预测,确定合理的水库泄水量,实施水库水资源抑制咸水入侵的优化调度;当在枯水大潮时期,上游水库泄水不足以完全抑制水源地咸水入侵时,需启动蓄淡水水库的避咸调度,根据实测水源地氯化物值、实验室预报咸度入侵值及水库水位三值,取水泵站启动“多泵轮启技术”,实现安全取水时段、水泵负荷、水库蓄淡水量最优。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源: 优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位: 杭州市林水局

本技术在钱塘江河口 12 公里水源地河段进行了示范,建立起“水库泄水抑咸示范区”和“蓄淡水水库避咸调度控制示范工程”。在钱塘江河口乍浦、澉浦、盐官、仓前、七堡、闸口、南星水厂和之江等 8 站进行全天候同步实时氯化物自动观测和数据传输;以大刀沙泵站为枢纽的强潮河流蓄淡避咸调度控制示范工程,取水规模达到 26m³/s。经过 1 年多氯化物实时监测和 2 次泄水试验监测结果分析表明,钱塘江示范区河段原水氯化物达标率达到 96.5%,实现了水源地咸水入侵时段含盐量削减 30%以上,同时通过“大潮多放,小潮少放”的非均匀泄水抑咸,可节约水资源量 20%以上。

技术应用单位及联系方式:

联系单位: 杭州市闲林水库管理处

联系人: 杨志祥

电 话: 0571-87973073

E-mail: lsj.xlsk@hz.gov.cn

地 址: 杭州市三台山路 25 号二号楼 3 楼

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 浙江大学

联系人: 孙志林

电 话: 13606705667

E-mail: oceanszl@163.com

地 址: 浙江杭州浙江大学紫金港校区安中大楼港口海岸及近海工程研究所

4. 水库群水质动态过程评价与水质水量反馈调度控制技术

技术依托课题：珠江下游地区水源调控及水质保障技术研究示范(2009ZX07423-001)

技术依托单位：深圳市水务规划设计院

技术发展阶段：示范技术

适用范围：适用于大型城市原水系统的优化调度

主要技术指标和参数：

一、基本原理

以定性控制理论为指导，根据水库群构成的原水系统结构特征，采用分散控制方法建立以水库为决策单元的水质水量反馈控制模型，模型中以水库群上游每个水源的水质状态作为输入信息，以当前水库的水质状态作为反馈信息，通过策略分析模块得到有利于加速改善水库水质的水量调度控制策略，根据调控策略修正水量调度方式，在满足水厂供水需求的条件下，反馈控制不断修正调度方式最终使水库的水质满足要求。

二、关键技术

1.构建网络概化系统

运用复杂网络拓扑结构动态组合技术，进行抽象总结，将水源调度网络系统中所包含的各调度对象及其对应关系概化为由点、线、面等基本图元构成的有向图模型，建立扩展性较好的供水系统网络模型，模拟实际供水系统的结构。

2.建立系统水质仿真模拟系统

对锰、铁、总磷、硝酸盐、氨氮、总氮、高锰酸盐指数、石油类、挥发酚等 9 个水质指标统一建立水质仿真模拟模型，并分别应用到系统水库水质模拟中，采用智能优化算法对各个水库进行参数估计，最后运用水质水量同步观测数据进行模型验证工作，建立完整的原水系统水质仿真模拟模型。

3. 综合评价水质动态过程

以综合污染指数评价方法(归一化思想)和规范中单因子指数评价方法（考虑最不利因素）为基础，构建单因子水质指数评价指标(SFPI)，结合 SFPI 及水库蓄水量的变化，提出针对单个水库及水库群整体的水质动态过程的综合评价方法。

4.建立系统水量优化配置系统

包括原水系统水量优化配置模型优化目标的确立，供需平衡动态模拟模型的构建和采用大系统分解协调技术进行模型的求解。

5.水质水量反馈控制耦合系统

应用水质仿真模拟系统，在已知当前水体在时段初的水质、蓄水量、入流量、出流量及上游水源时段平均水质组分浓度条件下，预测当前水体在时段末的水质组分浓度，并将当前时段的预测结果作为下一个时段的初始状态，实现水质滚动预测。为充分利用预测结果信息，进一步优化系统水量调配策略改善系统水质，采用水质-水量反馈机制，建立水质水量控制耦合模型。利用时段初水体的水质状态作为反馈信息，其上游水源的水质状态作为输入信息，输入到设定的策略分析器中，经过一系列的策略分析得到改善水质的水量调度策略，并根据策略反馈到水量调配过程中，指导水量调配，在保证污染得到控制的条件下，有效降低系统中受污染水体的组分浓度，最终达到保障水源的水质安全的目的。

6.保障水源水质和水量的原水调配系统软件平台

系统以水库水资源上报信息管理系统、水雨情自动监测系统、水质自动监测系统等数据采集系统为主要数据来源，运用 webService 技术在不同系统服务器之间搭建基于 Internet 的数据通讯通道，从各个系统中提取部分关键数据存放到本系统的数据库中，运用 SQL Server 数据库管理系统对所有数据进行组织、存储、管理，系统用户可以通过 C/S 结构的客户端程序实现系统的调度、分析、决策等核心功能，同时利用 B/S 结构的 web 信息发布平台将部

分调度信息公开发布。基于目前水质检测并未全部实现自动化的客观情况，开放水质数据的人工上报接口，实现人工检测数据的手工录入，以保证系统数据的完整性。系统按照功能可划分为综合信息、图形系统、报表系统、数据查询、高级应用、系统维护等六大功能子系统。

三、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

四、应用情况及典型案例

应用单位：深圳市水务局

实际应用案例介绍：

深圳市城区水库型水源地污染监控与安全调配示范工程，覆盖东深流域全部水源保护区 23 个环境监测点，实现 7 座水库及相关 21 座水厂的多目标水源优化调度，工程总投资 1673 万元。



技术应用单位及联系方式：

联系单位：深圳市水务局

联系人：吉海

电 话：13824737303

地 址：深圳市福田区莲花路水源大厦

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：深圳市水务规划设计院

联系人：陈凯

电 话：13602502809

E-mail: 13602502809@163.com

地 址：深圳市福田区莲花路水源大厦

5. 长距离原水管水质优化控制技术

技术依托课题：南方大型输配水管网诊断改造优化与水质稳定技术集成与示范 (2009ZX07423-004)

技术依托单位：广州市自来水公司、哈尔滨工业大学、广东省建筑设计研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围： 南方地区城市生活饮用水长距离引水管道工程水质优化及附着水生物控制。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术根据南方长距离输水管道管壁中附着生长生物的种类、生长特性，建立了针对附着生物的氧化剂控制法、水力冲洗法等生长控制和清除方法。

二、关键技术

（一）原水长距离输送输水管道水质优化技术

提高管道中溶解氧（DO）浓度，可以利用管壁上生物膜作用降低水中氨氮浓度，改善水质。当 DO 浓度为 4 mg/L 时，模拟管道能去除 24%的高锰酸盐指数。

（二）附着型水生生物控制技术

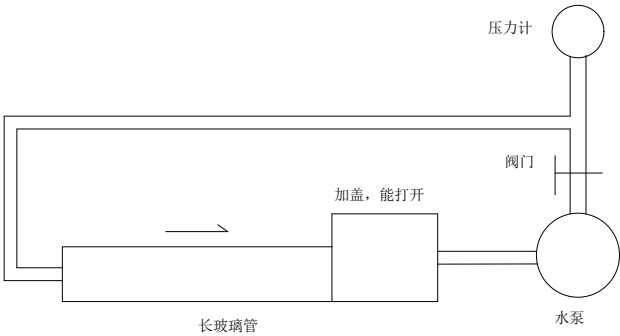
南方长距离输水管道中的主要水生生物为淡水壳菜，通过研究提出以下淡水壳菜生长预测及控制的方法。

1. 淡水壳菜生长预测方法。监测水体水质、藻类、有机物与淡水壳菜生长的相应关系，观察淡水壳菜平均壳长变化来推测繁殖时期，可为输水管道中淡水壳菜的滋生情况进行预警和预报。

2. 淡水壳菜生长控制技术。向管道头部间歇性投加次氯酸钠（有效氯为 2~3mg/L），加药第三天有贝壳大量排出。

三、技术工艺

采取实际工程与模型试验相结合相对比的方法，通过模拟试验工艺，调整原水管的运行参数或在取水泵站投加药剂，考察工程实践状况。



模拟试验装置工艺流程图

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发/优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位：广州市自来水公司

实际应用案例介绍：

广州市南部供水工程取水规模为 100 万 m³/d，于 2004 年投产，从北江顺德水道取原水，经长 26.7 km、直径 2.2 m 的两条输水管道，输送到南洲水厂进行净水处理。水源水质较好，基本达到国家地表水标准 II 类。水源地存在的主要污染物为总氮。南洲水厂原水管道工程长距离输水管道的首尾两端—以西海水域为取水口的泵站集水池的进口处与末端南洲水厂集水井底部，以及中间管道内壁，均发现了大量成团状的淡水壳菜。在工程运行过程中，于 2011 年春末至秋末时期应用间歇预加氯法优化原水水质、应用氧化剂法控制淡水壳菜过度生长，在原水取水端口，连续投加次氯酸钠 4 小时，控制原水出站时余氯 2~3mg/L。管道末端半月内排除淡水壳菜近 400 斤，达到控制淡水壳菜过度生长的目的。



技术应用单位及联系方式:

联系单位: 广州市自来水公司

联系人: 林浩添

电 话: 020-87159111

E-mail: zgs@gzwatersupply.com

地 址: 广州市越秀区中山一路 12 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 广州市自来水公司

联系人: 林浩添

电 话: 020-87159111

E-mail: zgs@gzwatersupply.com

地 址: 广州市越秀区中山一路 12 号

6. 备用水源建设的工程设计技术

技术依托课题: 珠江下游地区水源调控及水质保障技术与示范(2009ZX07423-001)

技术依托单位: 北京市市政工程设计研究总院

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 国内同类设施的规划建设

主要技术指标和参数:

一、基本原理

通过备用水源建设规模适用性研究,从规划建设层面,提出了备用水源工程建设的关键技术指标,确定了备用水源规划设计的主要指标体系,包括:调蓄设施的建设规模、工程等级、供水风险、构建类型、系统构成、设计标准、水质维护措施等,并制订了相关的工程设计技术导则。

二、关键技术

1.备用水源定位

以解决突发性水源污染、季节性排污影响,或现有主要水源相对单一且受到周期性咸潮或断流影响等水源安全问题而建设,以解决城市水资源相对短缺、提高城市供水保证率为目标,并具备与现有水源切换运行条件的水源。

2.备用水源工程规划设计的主要任务和规划内容

城市供水应急备用水源工程规划设计的主要内容应包括预测城市备用水量,并进行水资源与应急备用水源取水水量之间的供需平衡分析、选择城市应急备用水源并提出相应的备用给水系统布局框架;确定应急备用水源配套设施的位置和用地;提出应急备用水源调度措施以及应急备用水源水质维护、水源地保护的要求和措施。

3.备用水源的构建类型

① 地下水与地表水联合调度。同时具有地下水和地表水水源的城市,可根据地下水开采和涵养的要求、降水和干旱的自然条件以及用水需求的变化,通过联合调度,合理配置资源量。

② 江心或岸边蓄淡备用水库。以江河作为主要水源并受咸潮上溯影响的城市,在江(河)面较宽且不影响正常通航和行洪的情况下,可利用江心岛构建蓄淡备用水库,或在岸边就近设置蓄淡避咸水库,用于解决咸潮上溯或江(河)断流对供水的影响。

③ 江库联网。以江河作为主要水源并受咸潮上溯影响的城市,在境内有可利用水库的情况下,可构建江库联网的应急备用水源。在咸潮期或排涝期到来之前,将江河的淡水引入联网水库,以避咸避污蓄淡,保证城市水厂的取水水质。

④ 多水库联调。有多座水库的城市可构建多水库联调的应急备用水源,通过联合调度和切换运行,充分利用总的调蓄容量控制水体的污染负荷。

⑤ 其他应急备用水源。沿海或缺水的城市,也可结合海水以及城市污水和雨水的再生利用,作为水质要求低的行业的应急备用水源,减少高品质水的总量需求。

4.备用水源规模的指标与计算

给出了应急备用水源规模的计算公式:

(1) 对于单一供水水源城市,应急备用水源规模为风险期需水量,按下式确定:

$$Q = q \times (1 - k) \times t$$

其中: Q — 备用水源规模(吨);

q — 城市平均日用水量(吨/天);

k — 风险期用水压缩比例(%);

t — 持续时间(天);

(2) 对于多水源供水的城市,应急备用水源规模为风险期需水量减风险期可用水量,按下式确定:

$$Q = q \times (1 - k) \times t - Q'$$

其中: Q' — 风险期可用水量(吨),包括干旱时水源枯水流量、未受咸潮影响水源水量、未污染水源水量等可用水量之和。

5.备用水源系统构成及设计标准

阐述了应急备用水源系统的构成,包括应急备用水源及配套的取水、输水及水处理设施,以及监控调度系统等。提出对应急备用水源系统工程设施选址的要求等。

6.备用水源水质维护的工程技术措施

主要包括预沉淀、曝气、导流、水库-闸泵群联合调度、生态调控和水厂水质控制技术,对各种技术处理的水质问题、适用条件、设备要求、运行参数等给出规定和指导。

三、技术来源及知识产权概况

技术来源:自主研发

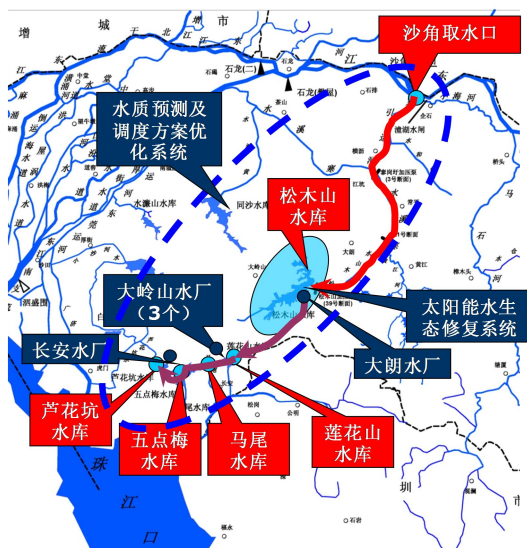
通过本部分的研究最终形成了《城市供水备用水源工程规划设计导则》,该导则填补了我国目前在城市供水水源建设方面的空白,可为国内同类设施的建设提供指导。

四、应用情况及典型案例

应用单位:东莞市水务局

实际应用案例介绍：

备用水源规划设计指标体系为东莞市江库联网工程建设立项提供了技术支撑。确定了江库联网工程实现 1.1 亿 m^3 的兴利库容，可确保东莞市在应急条件下的 30 天城市供水水源备用能力。通过东江与 9 座水库联网，实现境内水源与东江的科学调度，合理利用东江丰水资源入库调蓄，以丰补枯，保障供水安全。依托工程总投资 24.4 亿元，工程全部建成后，取水规模为 27 m^3/s 。以调蓄应急为目标，示范工程实现松木山—莲花山—马尾水库的管道连通，取水规模为 12 m^3/s ，完成工程投资 1.3 亿元。



技术应用单位及联系方式：

联系单位：东莞市江库联网工程中心

联系人：金明强

电 话：13326887654

E-mail: jmqaa@163.com

地 址：东莞市松木山水库管理处大院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京市市政工程设计研究总院

联系人：郅燕秋
电 话：13911553590
E-mail: qieyanqiu@bmedi.cn
地 址：北京市海淀区西直门北大街 3 号楼 1406 室

7. 农村高密度养殖区水源保护组合处理技术

技术依托课题：华南村镇塘坝地表饮用水安全保障适用技术与示范（2008ZX07425-002）
技术依托单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、广东省微生物研究所、广东省农科院
发展阶段：工程示范
适用范围：养殖区农村水源保护
主要技术指标和参数

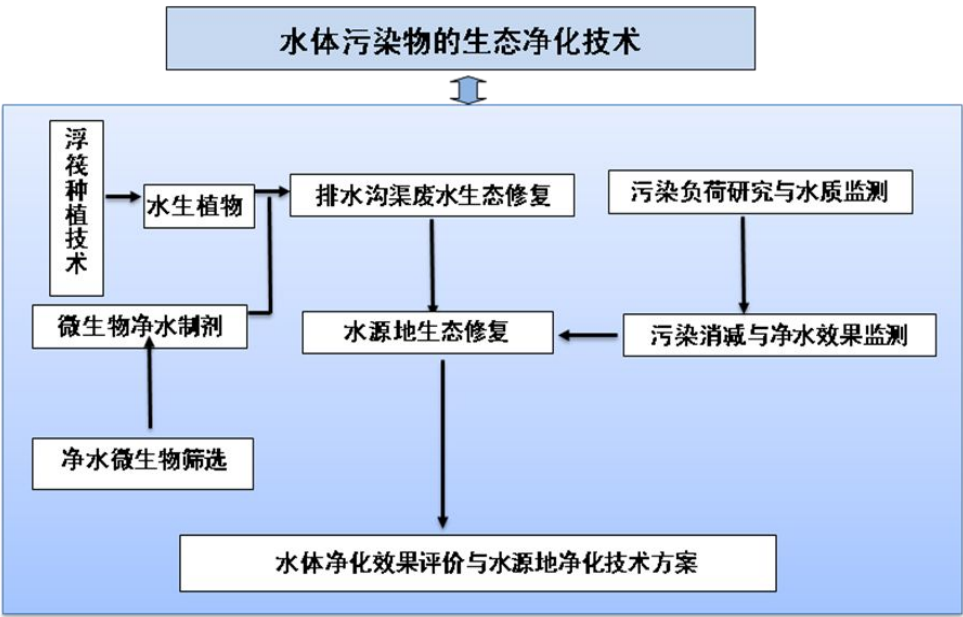
一、基本原理

通过生物降解、循环利用以及猪舍垫料发酵床等技术控制猪舍、鱼塘的污染物排放；利用不同生态位植物与微生物组合构建养殖废水的多级生物净化技术，对水源水质进行进一步改善提升。

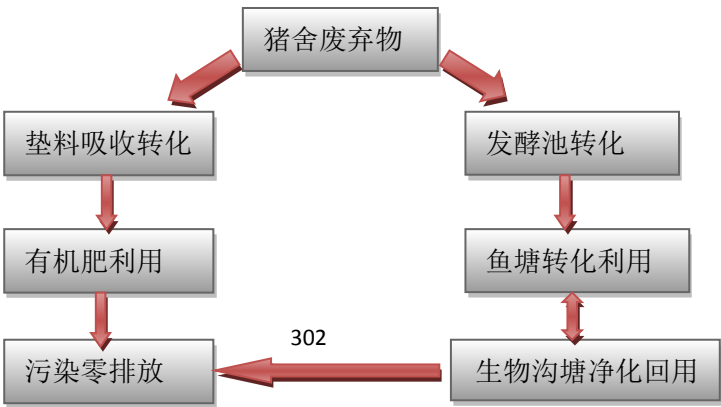
二、关键技术

- 1、污染物循环利用减排技术；
- 2、养殖废水生物净化技术。

三、技术工艺



水体污染物的生态净化工艺流程图



养殖污染控制工艺流程图

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

实际应用案例：

应用单位：广东省惠州市潼桥镇、福建宁德市九都镇

广东惠州市潼桥镇小型集中供水示范工程集成应用了污染物循环利用减排技术和生物净化技术，解决了水源周边 1500 头猪-500 亩鱼塘的立体养殖污染排放问题，改善了 4000m³ 废水排放沟渠和 500m³ 水源池塘水质，解决了小型集中供水水源不达标的问题。

福建宁德市九都镇通过污染物循环利用减排技术，解决了溪涧水源上游 2000 头猪养殖场的污染排放问题，通过养殖场污染零排放保障了水源水质的安全。

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

联系人：郭萍

电 话：010-82109561

E-mail: guoping@caas.cn

地 址：北京市海淀区中关村南大街 12 号中国农科院环发所

8. 农村库泊型饮用水水源污染控制模式与适用技术

技术依托课题：西南村镇库泊地表饮用水安全保障适用技术与示范（2009ZX07425-003）

技术依托单位：农业部沼气科学研究所

技术发展阶段：示范类技术

适用范围：农村水源地污染治理与保护，削减 COD、氮、磷等污染物

主要技术指标和参数：

一、基本原理

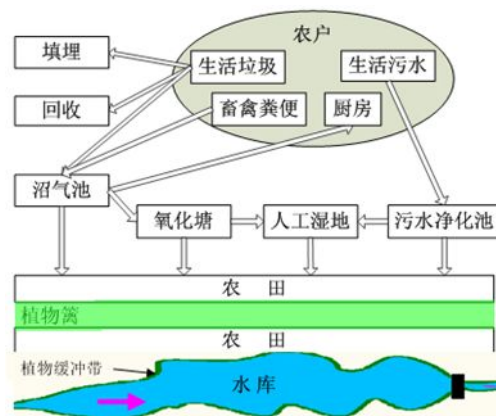
针对农村水源地不同的污染源，提出综合治理、分步实施、逐步削减和修复的思路，研发出生活污水、养殖污水等的污染控制技术，并结合农业生产过程构建农村小型水源地污染物多级拦截技术。

二、关键技术

1、生活污水净化系统；

2、人工湿地、沼气池。

三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发/优化集成

五、应用情况及典型案例

实际应用案例介绍：

（1）户用型生活污水净化沼气池

应用单位：重庆巴南、四川乐至示范区等

装置采用厌氧消化+人工湿地组合工艺，在四川乐至县和重庆巴南区建设示范装置 27 处，覆盖示范农户 100 户以上。编写了生活污水净化沼气池运行管理规程，2014 年 6 月 1 日起作为农业部行业标准已经颁布。

（2）巴南成功桥水库周边鸭场污染控制与修复示范工程

应用单位：重庆巴南示范区

水库周边过去规模养鸭污染严重，污水致使水库水质超标，甚至夏天库水发臭。项目实施后关停了主要养鸭场，但仍然需要对剩余污染进行处理，对已被污染过的土壤和水域进行修复。

污染控制和修复工程建设内容包括沼气池、植物篱、径流池、径流污染控制、湿地氧化塘、多级农田生态湿地和梯级人工湿地等多级处理，通过两年运行明显改善污染状况，水源水质已经达到地表水环境质量标准（GB3838-2002）III 类水标准。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：巴南区水利工程管理站，乐至县水利工程管理总站

联系人：李红卫，黄春勇

电 话：13983210770, 13882990753

E-mail: 907141675@qq.com; 1462146766@qq.com

地 址：重庆市巴南区江洲路 16 号；乐至县天池镇乐安路 53 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：农业部沼气科学研究所

联系人：胡启春，王文国

电 话：028-85225639

E-mail: qichun204@163.com

地 址：四川省成都市人民南路四段 13 号

水厂净化处理技术

9. 高氨氮和高有机物污染河网原水典型工艺优化组合技术

技术依托课题:高氨氮和高有机物污染河网原水的组合处理技术集成与示范

(2008ZX07421-003)

技术依托单位:浙江大学、嘉兴水务投资集团有限公司、上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司等

技术发展阶段:工程示范

适用范围:高氨氮和高有机物原水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

利用生物预处理、生物活性炭和滤池的除氨氮能力以及强化常规工艺、臭氧-生物活性炭的除有机物的能力,充分发挥各工艺单元的协同耦合作用,构建受污染水源水质净化的多级屏障。

二、关键技术

实现预氧化、快速混合、强化混凝、高效沉淀和污泥浓缩的全效集成的强化常规处理技术;上向流微膨胀生物活性炭和石英砂滤池后置组合处理技术;两级臭氧生物活性炭处理技术;生物处理优化技术;各处理单元的协同和多级屏障技术;不同水质条件下组合工艺流程的优化筛选技术。

三、技术工艺

(1)当原水氨氮最高月平均值小于 3mg/L,耗氧量最高月平均值小于 8 mg/L 时,采用工艺 1。

工艺 1:原水→生物(化学)预处理→强化混凝沉淀→臭氧氧化→上向流生物活性炭→(微絮凝)→砂滤→出水

或:原水→生物(化学)预处理→强化混凝沉淀→砂滤→臭氧氧化→下向流生物活性炭→出水

当原水中氨氮浓度小于 1.5mg/L, COD_{Mn} 小于 6mg/L 时,可以省去生物预处理工艺。

(2)当原水氨氮浓度长期在 3mg/L 以上,高锰酸盐指数浓度长期大于 8mg/L 时,需采用工艺 2。

工艺 2:原水→生物(化学)预处理→(强化)混凝沉淀→砂滤→一级臭氧-生物活性炭→二级臭氧-生物活性炭→出水

四、技术来源及知识产权概况

技术来源:优化集成

五、应用况及典型案例

实际应用案例介绍:

1)平湖古横桥水厂三期工程位于嘉兴平湖市,其工程规模 4.5 万 m³/d,工艺流程为:悬浮填料生物接触预氧化+活性炭强化斜管高效澄清+均粒滤料过滤+两级臭氧活性炭+氯消毒。该示范工程通过延长生物接触氧化池的停留时间,提高气水比,采用直径为 50 mm、填充率为 40%以上的聚丙烯圆柱形填料、改善水力流态等措施,提高生物硝化活性,强化生物预处理,进一步提高悬浮填料生物接触氧化池对氨氮和有机物的去除效果。采用粉末活性炭回流组成活性炭强化斜管澄清池对常规工艺进行强化,强化常规处理工艺对有机物的去除能力,降低了出水浊度和混凝剂投量,提高了对氨氮和有机物的去除效果;通过臭氧的多点投加,适当延长臭氧接触时间、活性炭池的停留时间,增加活性炭的厚度,从而提高臭氧

-活性炭工艺中对有机物的去除效率、降低副产物的产生，通过在炭层和滤板之间设 30mm 石英砂滤层，提高了出水水质的安全性。该示范工程对河网地区重污染原水的饮用水处理工艺进行了优化集成，从而使 V 类或劣 V 类的河网原水经组合工艺处理后，出水水质达到 GB5749-2006 要求。

联系单位：平湖市自来水公司
联系人：沈飏
电 话：0573-85122566
E-mail: shenbiao@pinghu.gov.cn
地 址：平湖市启元路

2)嘉兴贯泾港水厂位于嘉兴市区正南，其工程规模 15 万 m³/d。其主体工艺为生物预处理+中置式高密度沉淀池+臭氧催化接触池+上向流活性炭滤池+快速微絮凝+砂滤池+液氯消毒。采用了高密度沉淀池、翻板滤池、臭氧催化氧化、上向流悬浮活性炭接触滤池等新型工艺，并以砂滤池放在工艺流程的最后，为出水水质的生物安全性提供了保障。

联系单位：嘉兴市嘉源给排水有限公司
联系人：查人光
电 话：0573-82094111
E-mail: zhareng@163.com
地 址：嘉兴市环城南路 396 号
技术信息咨询单位及联系方式：
单位名称：浙江大学
联系人：张燕
电 话：0571-88206753
E-mail: zhangyan@zju.edu.cn
地 址：浙江大学建筑工程学院市政工程研究所

10. 高速曝气生物滤池预处理技术

技术依托课题：季节性污染原水预处理和常规处理工艺强化技术集成与示范
(2008ZX07423-002)

技术依托单位：华南理工大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：南方地区季节性出现的高氨氮和高有机物污染问题

主要技术指标和参数：

一、基本原理

采用大颗粒球形轻质陶粒，保障了反冲洗效率，允许高滤速，高生物量高，提高了生物硝化能力。

二、关键技术

利用轻密度多孔陶瓷生物填料，构建高滤速（可达 16m/h）、高层厚生物滤池，生物量高，设施紧凑，对水中氨氮进行高效硝化，提高出水水质。

三、技术工艺

原水→高速曝气生物滤池→混凝沉淀→砂滤池→消毒→出水

其中，高速曝气生物滤池设置在前端，对常规处理工艺进行生物强化，形成“给水高速曝气生物滤池-常规处理生物强化”工艺。采用大颗粒球形轻质陶粒，与 16m/h 滤速和 3.2m

滤料层厚对应的过滤水头仅为 0.5~0.6m，利用现有原水提升泵的富余水头，不增加提升能耗；冲洗前后过滤水头损失差不超过 10cm，采用集中鼓风系统能够保持各座滤池均匀曝气，针对原水氨氮 $\leq 4\text{ mg/L}$ 所需气水比为 0~0.5。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：广州市自来水公司新塘水厂

在广州新塘水厂建设 73.5 万 m^3/d 示范工程，于 2010 年 10 月投产，氨氮平均去除率 83.3%；出厂水 $\text{COD}_{\text{Mn}} \leq 2.0\text{ mg/L}$ 。过滤水头损失为 0.5~0.6m。给水高速曝气生物滤池单位工程投资约 120 元/（ m^3/d 水），单位处理成本（含折旧费）约 0.024 元/（ m^3 水），单位处理成本（不含折旧费）约 0.011 元/（ m^3 水），滤池单位占地约 60 m^2 /（万 m^3/d 水）。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：广州市自来水公司

联系人：林浩添

电 话：020-87159111

E-mail: zgs@gzwatersupply.com

地 址：广州市越秀区中山一路 12 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：华南理工大学

联系人：陆少鸣

11. 曝气生物流化池预处理-强化混凝技术

技术依托课题：高藻引黄水库水常规工艺强化集成技术与示范（2008ZX07422-003）

技术依托单位：山东建筑大学、济南市供排水监测中心、济南泓泉制水有限公司等

技术发展阶段：推广应用

适用范围：高有机物、高氨氮水源水处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过生物填料的优选和反应器的结构优化，开发出曝气生物流化池生物预处理技术，结合混凝剂投加优化，构建出用于氨氮和有机物强化去除的曝气生物流化池预处理-强化混凝技术。

二、关键技术

该技术采用计算流体力学方法优化了生物流化池体结构和曝气管布置方式间距及曝气参数，克服了现有生物流化池存在的悬浮填料积泥、填料在流化池后端累积等缺点；同时针对不同季节水库水质特点，提出夏季高藻期采用 PFAC-PDMDAAC、冬季低温低浊期采用 PASiC、春秋季采用 PFAC 的优化混凝策略。通过曝气生物流化池-混凝组合工艺的协同运行，有效减少了混凝剂用量，提高了氨氮及有机物的去除效果。

三、技术工艺

该技术的工艺流程为原水-曝气生物流化池-混凝，主要用于水库水有机物和氨氮问题突出，混凝效果不佳的水厂。该工艺协同发挥了曝气生物流化池和混凝的作用。混凝过程针对不同的水质时期，采用不同的混凝技术，提高污染物的去除，改善混凝效果，保证后续工艺的高效运行。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发与优化集成结合技术

五、应用情况及典型案例

生物流化池预处理技术属于储备技术,该技术在济南鹊华水厂中试基地进行处理规模为 120m³/d 验证试验,对氨氮的去除效率在 80%以上。课题组研发系列混凝剂应用于中国石化集团胜利石油管理局供水公司对盐碱地区受污染引黄水库水净化工艺集成应用,PDMDAAC 复合混凝剂用于耿井、辛安等 7 个水厂对耗氧量去除效果提高了 30%,浊度降低了 49%,出厂水水质大幅度提高。

技术应用单位及联系方式:

单位名称:中国石化集团胜利石油管理局

联系人:顾学林

电话:15105460687

E-mail:renjie225.slyt@sinopec.com

地址:山东省东营市东营区济南路 258 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:济南市供排水监测中心

联系人:贾瑞宝

电话:13505317293

E-mail:jiaruibao68@126.com

地址:济南市纬五路 68 号

12. 高藻水强化去除组合工艺

技术依托课题:高藻引黄水库水常规工艺强化集成技术与示范(2008ZX07422-003)

技术依托单位:济南市供排水监测中心、山东大学、山东建筑大学等

技术发展阶段:工程示范

适用范围:高藻水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

研发了基于混凝、溶气气浮和沉淀一体化设计的沉淀/气浮技术,通过气浮与沉淀的协同作用,实现了不同季节条件下藻及藻毒素、臭味物质的高效去除。

二、关键技术

该工艺充分发挥了浮沉技术的优势,解决了高藻水沉淀效果不稳定和后续滤池堵塞问题,实现了不破坏藻细胞的高效除藻,规避了胞内藻毒素及臭味物质的释放风险。

三、技术工艺

构建了适于常规工艺改造的机械混凝-折板反应-浮沉池-活性过滤-紫外/液氯消毒组合工艺,该组合工艺针对不同水质时期,灵活切换采用不同的运行方式,即低温低浊期和高藻期采用沉淀/气浮联合运行方式,其他水质期可单独运行沉淀工艺。结合活性滤池的生物降解功能,该工艺强化了浊度、有机物、藻和臭味的去除能力,可有效保障出水水质稳定达标。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源:示范类技术

五、应用情况及典型案例

本技术应用于济南玉清水厂处理工艺升级改造示范工程。工艺为课题研发的强化混凝-浮沉池-活性过滤-紫外/液氯消毒组合工艺,工程规模 10 万 m³/d,截止目前已累积稳定运行

3 年，低温低浊期浮沉池出水浊度在 0.5NTU 以下，出厂水浊度在 0.1~0.2NTU 之间；高藻期除藻效果由 35%提升至 65%，结合二氧化氯预氧化，除藻率可达 99%以上。示范工程水厂的稳定运行，充分证明了课题研究成果的有效性和可行性，可为高藻原水处理提供参考。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：济南泓泉制水有限公司

联系人：万吉昌

电话：18853163088

E-mail: wanjichang@sohu.com

地址：山东省济南市槐荫区二环西路美里湖办事处南邻

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：济南市供排水监测中心

联系人：贾瑞宝

电话：13505317293

E-mail: jiaruibao68@126.com

地址：济南市纬五路 68 号

13. 活化沸石吸附-混凝沉淀-气浮耦合水质净化技术

技术依托课题：水源季节性重污染的城市饮用水安全保障共性技术与示范

(2009ZX07424-006)

技术依托单位：哈尔滨工业大学、北京首创股份有限公司

技术发展阶段:工程示范

适用范围:氨氮、有机物污染原水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

混凝沉淀可有效去除水中浊度，但对挥发性臭味物质和小分子有机物去除效率低；气浮单元则对水中微小颗粒、某些小分子有机物、挥发性臭味物质有良好的去除作用，但应对高浊度原水能力弱。沉淀/气浮耦合技术是在现有沉淀池基础上进行改造，将现有平流沉淀池分成前、中、后三段，在沉淀池中段区域内设置斜板，在沉淀池后段将部分原有沉淀部分改造成气浮区，从而有利于发挥沉淀与气浮两段处理单元各自的特点，满足季节性污染河流水质净化处理的需要，提高处理工艺对浊度、有机物的去除效率。

二、关键技术

1、投加改性沸石粉除氨氮技术。在处理含氨氮原水时，采用投加 200 目改性沸石粉（80-200mg/L 投量）的方式强化氨氮的去除。

2、平流沉淀池升级为斜板沉淀-气浮联合处理改造技术。充分利用传统平流沉淀池的池容，解决了传统平流沉淀池处理效率低、短流、异重流等问题，提高了固液分离阶段对水中悬浮物、有机物、藻类、臭味等污染物的去除效率，提高了整个水处理系统应对水源水质变化能力，同时，预充氧过程对后续氧化及生物单元有积极作用。

三、技术工艺

工艺流程为：“原水—吸附剂投加—混凝—斜板沉淀（改造后）—气浮（改造后）—过滤—深度净化工艺（可选）—消毒”。

其中斜板沉淀段主要承担水中颗粒悬浮物（浊质）、有机物、氨氮的去除功能；气浮段主要承担水中小分子有机物、臭味物质、微小粒径颗粒等污染物的去除功能。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源自主研发/优化集成

执行过程中,对前期研发的专利技术设备(微污染源三级联用净水方法及所用的沉淀装置(ZL201010222365);侧旋流排泥的斜板沉淀池(ZL 200910072141);双向流斜板沉淀装置(ZL 200720016161))开展了技术优化集成和示范工程生产试验验证工作。

五、应用情况及典型案例

实际应用案例介绍:

该技术在淮南市一水厂得到应用,改造单元设计负荷2.5万吨/日。该水厂原水夏季水中悬浮物浓度高,水质波动大,原有沉淀池是传统平流沉淀池,对水中浊质去除效率较稳定,但对冬季低浊期偶发的含藻水,原水中臭味物质、有机物等污染物去除效果不佳,对突发性污染没有缓冲能力。

采用的沉淀/气浮串联耦合技术,在现有沉淀池基础上进行改造,在沉淀池中段区域内设置斜板,在沉淀池后端将部分原有沉淀部分改造成气浮区,前端和中间设置导流区,充分发挥沉淀和气浮各自的特点。在不增加占地面积和运行成本的情况下,提高处理工艺对浊度、有机物、藻类、臭味物质的去除效率。

示范工程运行结果显示,改造实施后,沉淀/气浮工艺,对有机物COD的平均去除率达到35.8%,对氨氮的平均去除率达到51.5%,对浊度的平均去除率达到94%,处理效率稳定,且可超负荷25%运行。

技术应用单位及联系方式:

单位名称:淮南首创水务有限公司

联系人:王全胜

电话:13866313922

E-mail:wqs1010@163.com

地址:淮南市田家庵区朝阳中路

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:哈尔滨工业大学

联系人:翟学东

电话:13936578923

E-mail:13936578923@163.com

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区黄河路哈尔滨工业大学二区市政环境工程学院

14. 炭砂滤池短流程深度处理技术

技术依托课题:南方湿热地区深度处理工艺关键技术与系统集成”(2009ZX07423-003)

技术依托单位:清华大学

技术发展阶段:工程示范

适用范围:条件受限常规净水工艺水厂的升级改造

主要技术指标和参数:

一、基本原理

炭砂滤池短流程深度处理技术是把水厂原有的砂滤池改造成活性炭石英砂双层滤料滤池,在滤池原有的对颗粒物去除截留的基础上,通过增加颗粒活性炭对有机物的吸附作用和强化滤层中微生物对污染物的生物降解作用,提高对有机物和氨氮的去除效果。

二、关键技术

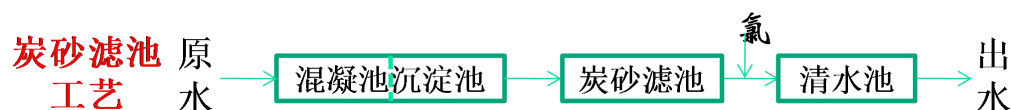
通过选择适宜的石英砂和颗粒活性炭的滤料级配与冲洗方式,避免了炭砂滤池混层与冲洗时滤料流失问题。因炭砂滤层的纳污能力强、生物降解性好、生物硝化能力高于砂滤池,可在不增加常规处理工艺水厂净水构筑物的条件下,实现炭砂滤池短流程深度处理,特别适合于只有轻度污染或季节性污染的水源,或是受到经济条件或场地条件所限的原有水厂的升

级改造。

试验表明，对 COD_{Mn} 的去除率从砂滤的不到10%提高到30%以上，对 UV_{254} 的去除率从砂滤的基本无去除提高到20%以上。同时，炭砂滤池对氨氮的去除效果明显优于砂滤。

炭砂滤池短流程深度处理技术主要用于条件受限的原有水厂的升级改造。

三、技术工艺



炭砂滤池出水浊度稳定在0.1NTU以下，对 COD_{Mn} 、 UV_{254} 的去除率提高到30%、20%以上，应对氨氮的能力由0.5-1mg/L提高到3mg/L。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：东莞第二水厂

实际应用案例介绍：

该技术成功地应用于东莞第二水厂炭砂滤池改造，示范规模为1万 m^3/d 。半年的运行数据显示出良好的运行效果，出水水质明显优于水厂平行运行的砂滤池，尤其是对季节性氨氮、有机物和臭味去除，具有良好效果。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：东莞市东江水务有限公司

联系人：盛德洋

电 话：13802374100

E-mail: sdy@djsw.com.cn

地 址：东莞市东城区学院路269号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：张晓健

电 话：010-62781779

E-mail: zhangxj@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华大学环境学院

15. 基于加氨的含溴离子原水臭氧氧化副产物溴酸盐抑制技术

技术依托课题：微污染江河原水高效净化关键技术与示范（2008ZX07421-004）

技术依托单位：上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司、上海市供水调度监测中心

技术发展阶段：工程示范

适用范围：溴离子浓度相对较高，污染较为严重的原水臭氧生物活性炭深度工艺

主要技术指标和参数：

一、基本原理

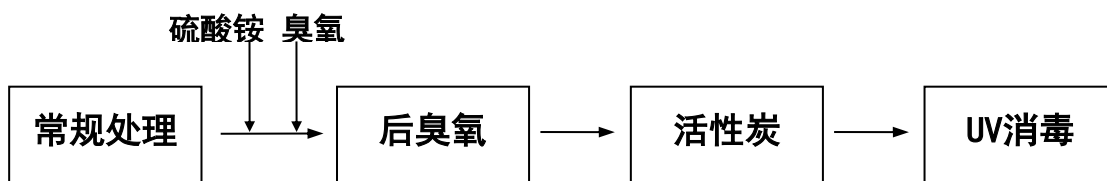
由于溴酸盐一旦生成就很难在水厂工艺中被去除，因此在臭氧氧化过程中减少溴酸盐的生成是解决饮用水中溴酸盐问题的最佳途径。投加一定量氨氮可降低溴酸盐的生成量，氨氮能与 HOBr / BrO 反应，抑制溴酸盐生成。

二、关键技术

基于加氨的溴酸盐抑制技术:在后臭氧接触池前投加硫酸铵,氨氮能与HOBr / BrO反应,抑制溴酸盐的生成。当氨氮含量投加到0.3-0.5mg/L时,溴酸盐降到最低。氨氮投加对于溴酸盐生成的抑制效果与原水水质有关,特别是当原水含有一定的氨氮时,或当消毒工艺使用氯胺消毒时,此技术最为合适。

三、技术工艺

在砂滤池和后臭氧接触池之间,在温度较高时投加硫酸铵,以氨氮计0.3-0.4mg/L。黄浦江原水采用氯胺消毒方式,此加氨点为原常规工艺时氯胺消毒的加氨点,工艺实施经济,操作简便。



四、技术来源及知识产权概况

技术来源: 优化集成; 该技术利用原常规工艺时加氨点, 通过技术参数优化与工艺集成, 因地制宜抑制溴酸盐生成, 工艺实施经济, 操作简便。

五、应用情况及典型案例

应用单位: 上海市临江水厂

上海市60万m³/d的临江水厂成功应用该项技术, 其进厂原水为黄浦江原水, 溴离子浓度为200-300μg/L, 结合水厂的现有工艺设施, 采用加氨的溴酸盐抑制技术的工程化改造后, 水厂出水的溴酸盐浓度在5μg/L以下。

技术应用单位及联系方式:

成果使用单位: 上海市供水调度监测中心

联系人: 童俊

电话: 13564576081

地址: 上海市江西中路484号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司

联系人: 黄怡

电话: 021-55219833

E-mail: huangyi7802@gmail.com

地址: 上海市许昌路230号

16. 基于氨氮和过氧化氢的溴酸盐控制技术

技术依托课题: 高嗅味引黄水库水臭氧-生物活性炭优化技术与示范(2008ZX07422-004)

技术依托单位: 清华大学、济南市供排水监测中心

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 溴离子浓度相对较高, 污染较为严重的原水臭氧生物活性炭深度工艺

主要技术指标和参数:

一、基本原理

溴酸盐可以通过臭氧直接氧化和羟基自由基氧化两种方式产生, 但直接氧化是主要途径。因此, 在投加臭氧初期投加过氧化氢, 可以促进O₃分解为•OH, 控制溴酸盐产生的直接途径, 从而降低溴酸盐的生成。

二、关键技术

本技术提出了基于氨氮和过氧化氢的溴酸盐控制技术。原水溴离子为100 $\mu\text{g/L}$ 左右，臭氧投加量 $<2.5\text{mg/L}$ 时，氨氮浓度在0.1~0.5 mg/L ，可控制溴酸盐不超标；当原水溴离子浓度上升到250 $\mu\text{g/L}$ ，臭氧投加量大于2 mg/L ，投加氨氮不能有效控制溴酸盐时，需要投加 H_2O_2 。 H_2O_2 的投加量以与第一段臭氧投加量的摩尔比为1:1时为佳。该技术极大地降低了溴酸盐的生成风险，同时提高了水中有机物的去除效果。

三、技术工艺

在三段式臭氧反应器的第一段投加适量的氨氮或过氧化氢。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

本技术对于解决高溴离子水源水地区在应用臭氧-生物活性炭深度处理技术时的溴酸盐超标问题效果显著。在溴离子浓度、臭氧投加量较低时利用水源水中的氨氮，或者投加适量氨氮，可控制溴酸盐不超标；当溴离子浓度高，臭氧投加量高时，可联合投加氨氮和过氧化氢，在控制溴酸盐的同时提高有机物的氧化效果。

实际应用案例介绍：

济南市鹊华水厂以引黄水库水为水源，溴离子浓度经常在100 $\mu\text{g/L}$ 以上。为了解决有机物和臭味问题，水厂由原来的常规处理工艺改造为常规工艺+臭氧-生物活性炭深度处理工艺，臭氧投加量为1.5-2 mg/L 。当原水中氨氮含量较低时，溴酸盐浓度超出10 $\mu\text{g/L}$ 的水质标准。利用本技术成果，在氨氮不能独立解决溴酸盐问题时，在第一段臭氧投加摩尔比1:1的过氧化氢，有效控制了溴酸盐浓度达到水质标准要求。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：济南泓泉制水有限公司

联系人：万吉昌

电话：18678833088

E-mail: wanjichang@sohu.com

地址：山东省济南市槐荫区二环西路美里湖办事处南临

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：刘文君

电话：13801128383

E-mail: wjliu@tsinghua.edu.cn

地址：北京市海淀区清华大学环境学院

17. 臭氧-活性炭深度处理工艺微型动物控制技术

技术依托课题：南方湿热地区深度处理工艺关键技术与系统化集成(2009ZX07423-003)

技术依托单位：深圳市水务（集团）有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：南方湿热地区深度处理水厂

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对剑水蚤等微型动物在净水系统滋生繁殖的问题，采取包括微型动物监测预警技术和交替预氧化、炭滤池和砂滤池生物拦截等多层级屏障组成的全流程综合预防控制技术。

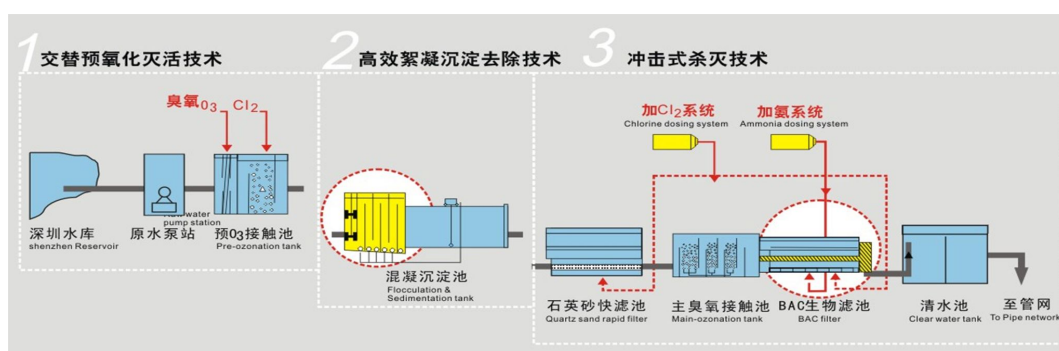
二、关键技术

该项关键技术的核心是基于深度处理工艺生物风险的来源及变化规律,通过建立生物风险的监测方法和预警体系,根据风险的类型和级别,启动由交替预氧化、强化混凝以及炭滤池和砂滤池生物拦截灭活等全流程生物控制技术体系的不同环节,达到保障水厂出厂水生物安全性的目标。

三、技术工艺

生物预警监测—生物风险预警—生物风险控制。具体如下:

- 1、生物风险监测:对原水的水温、浊度、微生物和微型动物密度进行常年跟踪监测,并根据预警监测结果调整监测频率和监测点。
- 2、生物风险预警:根据风险预警指标和预警值,确定风险类型和级别;
- 3、生物风险控制:根据风险评估结果,启动多级屏障措施的相应控制点。包括交替预氧化灭活、强化絮凝沉淀去除、新型绿色药剂灭活、炭池和砂滤池的冲击式活体去除等创新性技术。



全流程多级屏障微型动物预防与控制技术示意图

四、技术来源及知识产权概况

技术来源:自主研发和优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位:深圳市梅林水厂

实际应用案例介绍

该技术全面应用到了深圳市梅林臭氧活性炭深度处理水厂,水厂供水规模为50万吨/日,其臭氧-生物活性炭工程投入使用1年后,出现剑水蚤、猛水蚤等甲壳类浮游动物大量繁殖和穿透问题。针对微型动物孳生繁殖和穿透的生物风险,在水厂应用了包括:氯-臭氧交替与氧化生物灭活、强化混凝生物去除、炭滤池和砂滤池冲击式活体生物去除、末端物理截流等关键技术后,示范水厂生物繁殖和穿透问题得到彻底解决,活性炭池细菌微生物的穿透风险也明显降低,保障了供水片区的水质安全。

联系单位:深圳市梅林水厂

联系人:胡翔

电 话:0755-83160433

E-mail: huxiang@waterchina.com

地 址:广东省深圳市福田区桥香路1038号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:深圳市水务(集团)有限公司

联系人:刘丽君

电 话：0755-82127159

E-mail: liulijun@waterchina.com

地 址：广东省深圳市深南中路1019号万德大厦

18. 中小水厂膜组合工艺

技术依托课题：华东河网地区县镇饮用水安全保障技术与示范（2008ZX07425-007）

技术依托单位：同济大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：微污染原水的中小规模水厂非氧化深度处理

主要技术指标和参数：

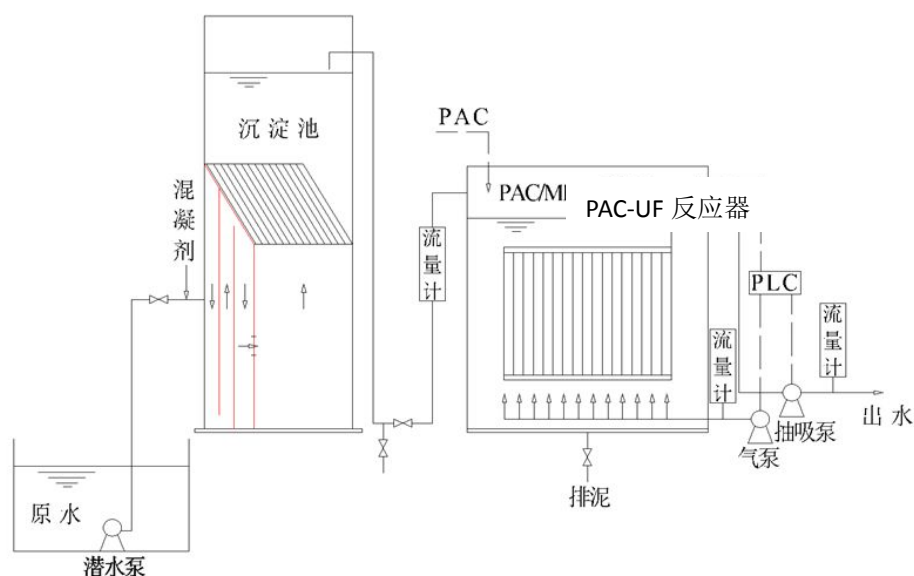
一、基本原理

采用投加粉末活性炭PAC的超滤膜工艺（PAC/UF）来处理微污染水源水。原水经混凝、沉淀去除浊度和一部分有机物后进入膜反应器，依靠生物降解、活性炭吸附和膜分离联合作用来实现优质饮用水生产。

二、关键技术

混凝、生物粉末活性炭和超滤膜集成技术。原水由潜水泵提升至沉淀池，经过混凝沉淀去除大部分浊度颗粒和一部分有机物后，自流进入到膜反应器中，同时在进水口处投加粉末活性炭（PAC）。鼓风机通过穿孔曝气管向反应器中连续供氧以满足微生物生长和PAC颗粒悬浮的要求，同时在膜表面形成一定的水力剪切和冲刷作用防止膜面污染物过度沉积。

三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位：上虞市自来水公司

实际应用案例介绍：

开发一套浸没式膜组合工艺系统中试设备，在上源闸水厂投入使用，出水浊度达到0.02NTU。超滤膜几乎不受水质变化、水温、PAC投加的影响，PAC-UF有较好的COD_{Mn}去除效果，运行稳定后氨氮去除率接近100%。

联系单位：同济大学

联系人：史俊
电 话：13816106290
E-mail: nana_sj@163.com
地 址：上海市同济大学环境科学与工程学院
技术信息咨询单位及联系方式：
单位名称：同济大学
联系人：邓慧萍
电 话：021-65982688
E-mail: denghuiping@sina.com
地 址：上海市同济大学环境科学与工程学院

19. 大型水厂超滤膜过滤组合工艺及运行优化技术

技术依托课题：引黄水库水超滤膜处理集成技术与示范（2008ZX07422-005）

技术依托单位：哈尔滨工业大学、东营市自来水公司

技术发展阶段：示范类技术

适用范围：适用于大型水厂工艺改造

主要技术指标和参数：

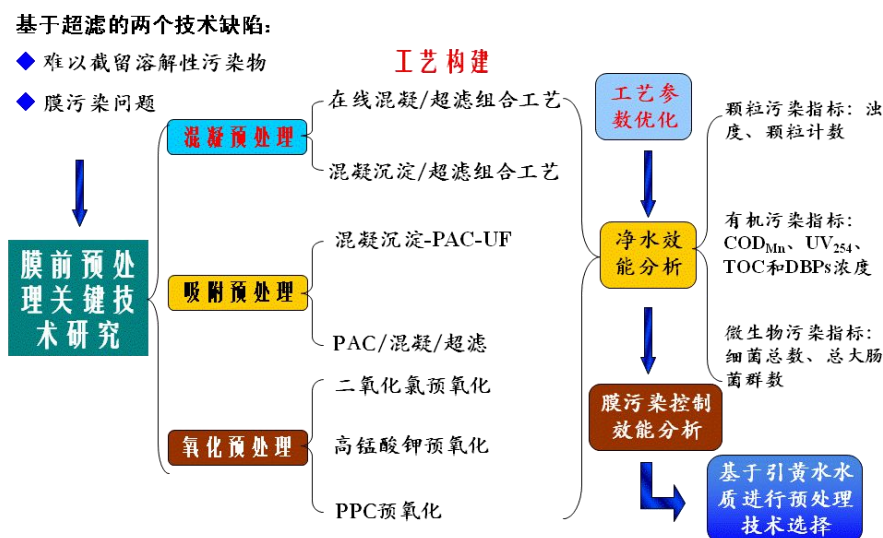
一、基本原理

通过将膜前混凝、吸附、预氧化等预处理技术进行合理组合，构建了一系列膜前预处理关键技术，不仅能强化超滤工艺对有机物、臭味物质以及藻等特征污染物的去除效能，还能有效的缓解超滤膜污染，维持组合工艺的稳定运行，并减少运行过程中的能量消耗。

二、关键技术

在研究膜前混凝预处理、吸附预处理和氧化预处理的基础上，提出了多种工艺组合模式，建立了粉末活性炭吸附/混凝/沉淀预处理和高锰酸盐预氧化/混凝/沉淀两种预处理关键技术，解决了超滤存在的难以截留溶解性有机物和膜污染的技术问题，实现了超滤工艺在大规模水处理工程的应用，并长期稳定运行。

三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发与优化集成的结合

五、应用情况及典型案例

应用单位：东营自来水公司南郊净水厂

粉炭投加设计投加量5~30mg/L，投配溶液的制备浓度1%~5%可调。该系统设置3个投加点，其中两个分设在一级泵房至沉淀池的管路上，另一个设置在膜池的进水管路上。

高锰酸盐投加量1mg/L，投配浓度2%。投加点设置在一级泵房与沉淀池之间DN900管路上。

膜前预处理关键技术的应用很大程度地控制了超滤膜的污染，使得示范工程在连续运行的三年仅进行过两次维护性清洗，基本上实现了超滤的零污染运行。出水水质满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）要求。出厂水浊度从0.4-0.5NTU降到0.02NTU以下，COD_{Mn}、TOC和UV₂₅₄平均去除率达44.93%、43.36%和19.89%，比原常规工艺提高了9.08%、10.03%和7.61%。膜后出水颗粒数均低于50cnts/mL。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：东营市自来水公司

联系人：纪洪杰

电话：13963360488

E-mail：jhj485@163.com

地址：山东省东营市南一路262号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：哈尔滨工业大学

联系人：梁恒

电话：15945181332

E-mail：hitliangheng@163.com

地址：哈尔滨市南岗区黄河路73号

20. 高藻高氨氮湖库原水多级屏障水质净化技术

技术依托课题：高藻、高有机物湖泊型原水处理技术集成与示范（2008ZX07421-002）

技术依托单位：同济大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：微污染湖库型原水的水质净化

主要技术指标和参数：

一、基本原理

预臭氧可以控制藻类生长，将相对较大分子有机物氧化成小分子，有利于后续生物预处理池中的生物降解；后臭氧-生物活性炭工艺可进一步去除有机污染物和色度、臭味；超滤膜作为生物活性炭滤池微生物可能泄漏的多级屏障把关工艺，又可以有效截留水中残留的细菌等微生物和胶体物质等。因此，预臭氧+生物预处理+常规处理+深度处理+超滤膜对于微污染湖库水可以充分发挥多级屏障作用，保障供水水质。

二、关键技术

1) 预臭氧投加量随季节可不同，上限一般 $\geq 1.0 \text{ mg / L}$ 。

2) 生物预处理池中的悬浮填料挂膜最好从夏初开始，挂膜速度和挂膜效果直接影响悬浮填料的悬浮状态及其在水中的分布均匀性，进而影响其对氨氮的去除效果。

3) 后臭氧-生物活性炭工艺宜置于砂滤池之后，不宜倒置。倒置活性炭池承担砂滤池负荷，反冲洗频率增加，既会影响活性炭使用寿命，也会影响活性炭层中的生物稳定性和生物膜作用的发挥。

4) 超滤膜置于最后作为把关处理工艺，既可减少膜污染问题，又可保障饮用水的水质安全。

三、技术工艺

1) 预臭氧化+生物预处理(生化耦合技术)→絮凝→沉淀→砂滤→后臭氧氧化→生物-活性炭滤池→超滤膜。该工艺适用于高藻、高有机物、高氨氮、高嗅味等湖库型污染水源,气温相对较高、经济发达地区、水质要求高。

2) 预臭氧化+生物预处理(生化耦合技术)→絮凝→沉淀→砂滤→后臭氧氧化→生物-活性炭滤池。适用于耗氧量、氨氮、藻嗅等含量较高的微污染水源。

3) 预臭氧化→絮凝→沉淀→砂滤→后臭氧氧化→生物活性炭滤池。适用于耗氧量、氨氮、嗅味呈季节性变化的水源。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源:自主研发/优化集成

五、实际应用案例:

1) 无锡中桥水厂部分水净化采用该工艺流程(15万m³/d):

预臭氧化+生物预处理(生化耦合技术)→絮凝→沉淀→砂滤→后臭氧氧化→生物-活性炭滤池→超滤膜多级屏障把关处理→出厂水。该工艺流程解决并更好应对了湖泊型水源长期存在的高藻、高有机物和高氨氮导致的水质耗氧量和氨氮等超标问题,特别是长期困扰湖泊型原水的自来水季节性嗅味问题。

2) 无锡中桥水厂45万m³/d的处理流程、无锡雪浪水厂和锡东水厂,应用工艺:

预臭氧化+生物预处理(生化耦合技术)→絮凝→沉淀→砂滤→后臭氧氧化→生物-活性炭滤池→出厂水。

3) 预臭氧化→絮凝→沉淀→砂滤→后臭氧氧化→生物-活性炭滤池→出厂水

这个工艺流程在长三角地区被大量采用,诸如上海以黄浦江为水源的水厂,均采用此工艺流程。苏州工业园区水厂、吴江新建水厂;镇江(长江水源)水厂等。

技术应用单位及联系方式:

联系单位:无锡市自来水总公司

联系人:陆纳新

电 话:13812533816

E-mail: lunaxin@wxwater.com.cn

地 址:无锡市人民西路128号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:同济大学

联系人:高乃云

电 话:13816869935

E-mail: gaonaiyun@sina.com

地 址:同济大学环境科学与工程学院

21. 季节性污染水源常规工艺强化处理技术

技术依托课题:季节性污染原水预处理和常规处理工艺强化技术集成与示范
(2008ZX07423-002)

技术依托单位:清华大学

技术发展阶段:工程示范

适用范围: 出现季节性高氨氮、高嗅味原水的水质净化

主要技术指标和参数:

一、基本原理

高锰酸钾与粉末炭预处理技术适用于珠江下游城市季节性排涝所引起的原水中嗅味物质的控制。通过这种组合能够去除还原性比较强的硫醚硫醇类嗅味物质，去除易于吸附的土臭素和2-MIB类嗅味物质。

纯氧曝气能够为高浓度氨氮去除过程提供足够的电子供体，不会扰动滤床去除浊度的过程，活性无烟煤滤料能够承载丰富的微生物群落，去除高浓度的氨氮。

二、关键技术

高锰酸钾和粉末活性炭组合能够同时去除两类性质完全不同的嗅味物质，而纯氧曝气和活性无烟煤组合能够同时去除浊度和高浓度的氨氮。由此，在常规工艺水厂中，能够实现一些深度处理的功能，有效应对季节性污染源经常遇到的高浓度氨氮和嗅味问题。

纯氧曝气和活性无烟煤过滤联用技术适用于传统石英砂滤池的改造，仅仅换填活性无烟煤滤料，加装纯氧曝气器即可，简单易行，投资省，运行费用低，效果显著。

三、技术工艺

原水→高锰酸钾→粉末活性炭→混凝沉淀→纯氧曝气→活性无烟煤过滤→消毒→出水

其中，将高锰酸钾预氧化和粉末活性炭投加到反应池中，纯氧曝气布置在沉淀池末端，用活性无烟煤代替石英砂滤料，不需要增加构筑物，在常规水厂就能够升级改造。KMnO₄投加量为1~3mg/L，作用时间为5min至10min左右。粉末活性炭投加量为10~20mg/L，嗅味物质去除效率达到80%以上。高锰酸钾与粉末炭预处理用于强化混凝沉淀工艺，不仅能够有效去除嗅味物质，还能去除其他一些污染物。

纯氧曝气采用纯氧气源，通过旋转水力曝气器和微纳米气泡曝气等，水中溶解氧浓度能够达到20mg/L以上。纯氧曝气与活性无烟煤过滤组合，能够有效去除氨氮，去除率达到95%以上，亚硝酸盐污染能够得到有效控制。滤速8m/h，滤料层1m。采用微纳米气泡曝气，不需要消耗额外的动力。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：东莞市自来水公司第二水厂

高锰酸钾和粉末活性炭预处理强化混凝沉淀，规模为18万m³/d，可有效去除COD和嗅味物质，综合运行成本小于0.1元。

纯氧曝气和活性无烟煤过滤联用技术强化快滤池，规模为1万m³/d，目标是实现组合工艺对季节性高嗅味和高氨氮的去除。嗅味物质去除率大于90%，氨氮去除率大于95%，并能有效去除COD，综合运行成本小于0.1元。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：东莞市东江水务有限公司

联系人：盛德洋

电 话：13802374100

E-mail：sdy@djsw.com.cn

地 址：东莞市东城区学院路269号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：张锡辉

电 话：13910419543

E-mail: xihuizh@tsinghua.edu.cn

地 址：清华大学深圳研究生院

22. 臭氧-微膨胀上向流生物活性炭-砂滤集成技术

技术依托课题：高嗅味引黄水库水臭氧-生物活性炭优化技术与示范(2008ZX07422-004)

技术依托单位：清华大学、山东建筑大学、济南泓泉制水有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：臭氧-活性炭深度处理工艺优化。

主要技术指标和参数：

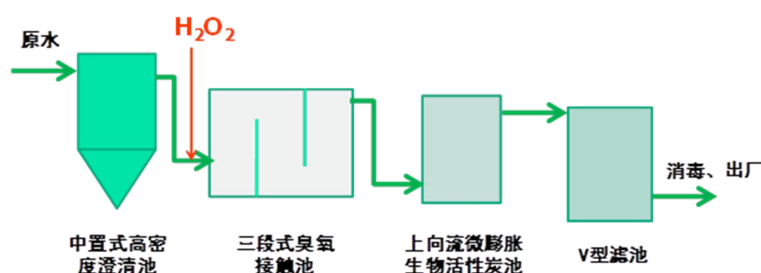
一、基本原理

传统的臭氧-生物活性炭处理工艺置于常规处理工艺砂滤之后，生物活性炭池采用下向流，炭池出水直接进入清水池。由于活性炭出水中颗粒物较多，影响消毒效果，容易导致出水中微生物超标，影响水的生物安全性。臭氧-微膨胀上向流生物活性炭-砂滤集成技术的生物活性炭池采用上向流方式，不易堵塞，水头损失小；砂滤置于活性炭池之后，可有效保障出水浊度在较低水平，降低生物泄漏的风险。

二、关键技术

本成果的关键技术核心是微膨胀上向流生物活性炭处理技术。通过研究确定了活性炭粒径、上向流滤速与膨胀率的关系曲线，发现活性炭粒径不影响生物处理效果，因此可选用常规粒径的活性炭而不必选用高价的小颗粒炭，并发现活性炭层膨胀率在20%左右的微膨胀状态时，水流分布均匀，有机物去除效果更好，炭磨损小，不易堵塞，反冲洗周期可以达到一个月，节省运行费用。

三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发。

五、应用情况及典型案例

本技术成果有机物去除效果好，水头损失小，运行费用低，可有效降低微生物泄漏风险，与传统的砂滤-臭氧-下向流生物活性炭处理技术相比具有较明显的优势。

实际应用案例介绍：

济南鹊华水厂以高嗅味、高有机物的引黄水库水为水源，在水厂改造中采用了臭氧-微膨胀上向流生物活性炭-砂滤集成技术，处理规模20万m³/d，工程于2011年6月建成通水，调试和运行工作也按照本研究提供的优化参数进行，完成调试后出水水质明显改善，充分验证了本集成技术的可靠性。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：济南泓泉制水有限公司

联系人：万吉昌

电话：18678833088

E-mail: wanjichang@sohu.com

地址：山东省济南市槐荫区二环西路美里湖办事处南临

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：刘文君

电话：13801128383

E-mail: wjliu@tsinghua.edu.cn

地址：北京市海淀区清华大学环境学院

23. 复合金属氧化物吸附-接触过滤强化除砷技术

技术依托课题：地下水源城市饮用水安全保障共性技术与示范（2009ZX07424-002）

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心、郑州自来水投资控股有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：大中规模城市除砷水厂建设；现有水厂的强化除砷工艺升级改造

主要技术指标和参数：

一、基本原理

在含砷原水中引入原位反应生成的复合金属氧化物，通过复合金属氧化物的界面氧化作用将水中电中性的难以去除的As(III)转化为电负性的易于去除的As(V)，并利用复合金属氧化物的吸附作用将水中As(V)吸附形成颗粒态砷；进一步地，颗粒态砷在后续的接触过滤单元中得以过滤去除。在长期运行过程中，滤料介质表面会逐渐形成复合氧化物滤膜，并在实际工程运行中，滤膜生成厚度会逐渐增加构成除砷的另一道屏障。

二、关键技术

1、复合金属氧化物原位制备技术

2、复合金属氧化物氧化-吸附除砷技术

3、吸附-接触过滤除砷技术

三、技术工艺

工艺流程为“含砷原水→复合金属氧化物氧化-吸附除砷→接触过滤→出水”。

具体如下：

1.增加复合金属氧化物原位制备与投加、控制系统；

2.将滤床上方30%的滤层（即滤膜厚度最大的部分）更换为新砂，新砂在水力分级作用下至滤床最下方；

3.将复合金属氧化物前驱液投加到含砷原水中进行充分反应，将As(III)氧化为As(V)，并将溶解态砷转化为颗粒态砷；

4.颗粒态砷经接触过滤单元过滤，水中砷得以去除；

5.每隔一定时间（2年左右），将滤床上方30%的滤层（即滤膜厚度最大的部分）更换为新砂；在滤池反冲洗操作过程中，下层滤料在水力分级作用下至滤床上方，而新砂则移至滤床最下方。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：郑州自来水投资控股有限公司东周水厂

东周水厂供水规模为20万吨/天，系统生产性试验和长期工程运行数据显示，采用本技术进行水厂强化除砷改造之后，砷去除率提高30%左右，出厂水砷浓度稳定达标（在7μg/L左右），浊度去除率提高了0.5%~5.0%，出水铁、锰含量完全满足国家标准要求；滤池抗冲击负荷能力明显提高；新增净水成本为0.02~0.04元/吨水。

复合金属氧化物吸附-接触过滤强化除砷技术充分发挥了跌水曝气-接触过滤除铁除锰水厂的工艺功能，在水厂现有工艺的基础上实现砷的强化去除，具有很好的技术可行性和经济可行性。

联系单位：郑州自来水投资控股有限公司东周水厂

联系人：沙净

电 话：0371-67695407

E-mail: shajing2008@163.com

地 址：河南省郑州市中原区郑上路78号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院生态环境研究中心

联系人：刘锐平

电 话：010-62849160

E-mail: liuruiping@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路18号

24. 地下水氨氮、铁锰同步生物去除技术

技术依托课题：北方寒冷城市饮用水安全保障共性技术与示范（2009ZX07424-005）

技术依托单位：哈尔滨工业大学、北京工业大学、哈尔滨市松北供水有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：含铁锰及氨氮地下水的净化

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过构建高效生物净化滤层，从而利用铁锰氧化菌以及硝化细菌的氧化作用对地下水中的铁锰进行氧化过滤去除，并将氨氮转化为硝酸盐氮，确保出水水质中铁、锰、氨氮的达标。

二、关键技术

在研发、集成高铁锰复合污染水质高效生物净化滤层技术及高铁锰复合污染水质生物净化工艺快速启动稳定运行技术两项单项技术的基础上，形成氨氮复合污染含铁锰地下水同步生物净化集成技术，达到通过一次生物过滤净化氨氮复合污染含铁锰地下水。

三、技术工艺

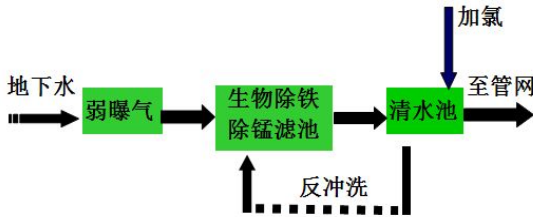
工艺流程为“曝气—生物过滤”。

具体如下：

1、首先将由井群抽取的地下水经输水管渠输送到水厂的曝气池车间，进行曝气充氧工艺；

2、含氧地下水进入生物滤池进行一级生物过滤工艺；

3、生物滤池的出水进入清水池，并进行氯消毒工艺。



氨氮复合污染含铁锰地下水同步生物净化工艺流程图

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发/优化集成

五、应用情况及典型案例

该项技术目前已经在哈尔滨市松北区前进水厂得以进行工程示范。

应用单位：哈尔滨市松北区前进水厂

针对现有处理工艺对低温高铁高锰氨氮复合污染潜流漫滩水难以处理达标以及水厂供水量扩增需求，为达到降低基建投资、制水成本及提高出水水质的目的，采用生物同层净化工艺对哈尔滨市松北区前进水厂进行改扩建，以满足松北区生产和居民生活用水量的快速增长。一期工程由单级串联运行变成并联运行，供水能力由 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，新建二期工程 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。改扩建后水厂在原水总Fe 10~15mg/L， Mn^{2+} 0.8~1.5 mg/L， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 约1.2mg/L的情况下，水厂出水总Fe $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ， $\text{Mn}^{2+} \leq 0.05 \text{ mg/L}$ ， $\text{NH}_4^+\text{-N} \leq 0.2 \text{ mg/L}$ 。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：哈尔滨市松北供水有限公司

联系人：郝乙元

电 话：15046056873

E-mail: 15046056873@139.com

地址：哈尔滨市松北区前进村

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：哈尔滨工业大学

联系人：张杰

电 话：13500802562

E-mail: 6282031@163.com

地址：哈尔滨市南岗区黄河路72号

单位名称：北京工业大学

联系人：李冬、曾辉平

电 话：13121218006，15201227561

E-mail: lidong2006@bjut.edu.cn, zenghuiping@bjut.edu.cn

地址：北京市朝阳区平乐园100号

25. 小规模水厂铁锰去除技术

技术依托课题：东北村镇地下饮用水安全保障适用技术与示范（2008ZX07425-004）

技术依托单位：中国农业科学院农田灌溉研究所、农业部环境保护科研监测所、辽宁省清原县水利工程技术管理站

技术发展阶段：工程示范

适用范围：小规模水厂铁锰去除

主要技术指标和参数：

一、基本原理

利用提升泵余压曝气池中对地下水进行射流曝气，铁锰被氧化成胶体或沉淀，部分在沉淀池中沉淀并通过定期排泥去除，其余经过多种组合滤料分级过滤去除。

二、关键技术

1、射流曝气技术；

2、分级过滤组合净化技术；

3、紫外线消毒技术

三、技术工艺

工艺流程为“供水水源—余压射流曝气—多级组合过滤—过滤池—反冲洗排泥—净水蓄

水池—水塔—紫外灯消毒—用水户”。

具体如下：

- 1、首先通过提升泵将水源提升到曝气池；
- 2、余压射流曝气氧化，经多级组合滤料过滤，过滤后的水进入净水蓄水池；
- 3、过滤池中沉淀利用无油空气压缩机和潜水泵进行“气升水淋”式反冲洗，再将滤料吸附截流的铁锰通过自吸泵排出处理系统；
- 4、净水蓄水池中水再经提升泵进入水塔，靠重力向农户供水，并在主管道末端进行紫外灯消毒。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发/优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位：辽宁省清原县草市镇

辽宁省清原县草市镇集中饮水工程采用该技术，示范规模50 m³/d，示范面积0.5km²，解决了150户村镇居民安全饮水问题。技术应用后，地下饮用水源原水水质铁削减96%以上、锰削减74%以上，COD_{Mn}削减24%以上，投资成本800-1000元/m³，运行成本0.5-0.7元/m³。

联系单位：辽宁省清原县水利工程技术管理站

联系人：张同军

电 话：13942370618

E-mail: qynsgsxj@163.com

地 址：辽宁省抚顺市清原满族自治县清河路21

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国农业科学院农田灌溉研究所

联系人：齐学斌 李平

电 话：0373-3393227、3393402

E-mail: qxb6301@mail.aliyun.comfirip@163.com

地 址：河南省新乡市宏力大道（东）380号

26. 南水北调来水处理技术

技术依托课题：南水北调受水区饮用水安全保障共性技术与示范（2009ZX07424-003）

技术依托单位：北京市自来水集团有限责任公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：南水北调受水区城市供水系统

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对南水北调工程通水后受水区城市供水系统面临的水源多样化、复杂化和不确定性等问题，研究取得了针对无脊椎动物、嗅味、有机物并易与现行工艺结合的多项处理技术。该技术提出在水源水质满足集中式生活饮用水要求的条件下，常规处理工艺出水水质指标可以满足《国家生活饮用水卫生标准》；考虑到最不利水源条件及工艺适应性，需要增加预氧化和粉末活性炭吸附的预处理措施，或增加臭氧-活性炭深度处理工艺。

二、关键技术

1) 针对无脊椎动物入侵的防治与控制措施：针对南方水厂处理系统中常见的无脊椎动物沼蛤可以采用在水厂投加二氧化氯0.4-0.6mg/L（连续投加6天以上），同时在反应池设置格栅完全去除；针对南水北调水源中的剑水蚤在维持水中余氯0.8mg/L（接触3h）或臭氧浓

度0.4mg/L（接触8min）可以完全灭活。

2) 针对丹江口水库水源水质的饮用水净水技术：丹江口水库水质条件下，常规处理工艺出水水质指标满足《国家生活饮用水卫生标准》。对于多水源水厂设计，应充分考虑最不利水源条件及工艺适应性，增加预氧化和粉末活性炭吸附的预处理措施，或增加臭氧-活性炭深度处理工艺；对于可能存在的沿途污染和生物迁移等问题，可预留适当的强化应对措施；

3) 基于河北应急水源水质的饮用水净水技术：针对南水北调河北应急水源中的剑水蚤、臭味等问题，研究了集强化常规工艺、药剂氧化（预氯化、臭氧氧化）、粉末炭吸附于一体的杀蚤除嗅综合控制技术。

三、技术工艺

工艺流程为“原水-预处理-混合-絮凝-沉淀-一级储水箱-砂滤-主臭氧-活性炭-二级储水箱-超滤-紫外消毒-清水池”。本技术工艺着重对水源水的预处理技术、滤池反冲洗方式以及臭氧/活性炭联用工艺等方面进行研究。通过对不同工艺之间的组合，可以实现多种工艺流程的中试试验。

针对南水北调应急水源中的剑水蚤、臭味等问题，研究了集强化常规工艺、药剂氧化（预氯化、臭氧氧化）、粉末炭吸附于一体的杀蚤除嗅综合控制技术。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：集成应用。

五、应用情况及典型案例

应用单位：北京市自来水集团有限责任公司

根据应急水源水质条件对北京市现行处理工艺的影响，提出了多水源水质条件下北京市第三水厂、田村山水厂的运行工艺组合方案和工艺运行参数，并进行了技术应用示范。应用结果表明：改造优化后水厂工艺运行稳定且效果良好。市疾控中心的水质检测结果表明，切换水源期间，第三水厂和田村山水厂出厂水水质可满足国家《生活饮用水卫生标准》要求，课题研究成果确保了在水源频繁切换过程中出水安全。

联系单位：北京市自来水集团有限责任公司

联系人：顾军农

电 话：01082411894

E-mail: gujunnong@126.com

地 址：北京市朝阳区德外花虎沟第九水厂院内

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京市自来水集团有限责任公司

联系人：顾军农

电 话：01082411894

E-mail: gujunnong@126.com

地 址：北京市朝阳区德外花虎沟第九水厂院内

27. 农村小型水厂技术升级改造技术

技术依托课题：西南村镇库泊地表饮用水安全保障适用技术与示范（2009ZX07425-003）

技术依托单位：四川省水利科学研究院等

技术发展阶段：示范类技术

适用范围：农村小水厂技术改造

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对村级水厂水质净化效率存在的问题，提出了增设预处理措施、强化混合沉淀过滤、

优化消毒等村级水厂改造技术,可显著改善老旧水厂净水效果。

二、关键技术

1.絮凝

(1) 穿孔旋流絮凝反应池改造方案: 设置网格(或栅条)以防止水流短路,改善絮凝效果;

(2) 絮凝剂投加方式改进: 机械搅拌,智能投加。采用项目组自主研发的絮凝剂投加系统,无极变速泵确保絮凝剂充分溶解,同时形成的絮体结构又不被破坏。独立球阀系统保证絮凝剂不沉淀,可实现水来药来,水停药停,实现了絮凝剂的均匀精准投配。

2.沉淀

(1) 改进排泥措施。可在每个排泥斗排出口加装水力喷嘴,平衡斗间排泥压力差,辅助排泥,条件允许的情况下,采用机械虹吸(泵吸)排泥方式。

(2) 沉淀池上方加设遮阳网架屋盖。防止藻类滋生、减少大风吹进杂物和减缓斜管因曝晒老化等作用。

3.过滤

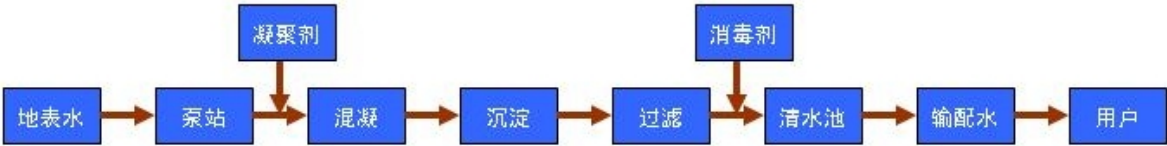
定期清洗或者更新滤料,以保证滤料级配符合要求,过滤效果差时可采用煤砂双层滤料。无阀滤池的改造,可采用改变进水方式和进水分箱等方式。

4. 消毒

研制出高纯二氧化氯发生器,采用PVC材料制成,全密封设计,原料转化率可达95%以上;超低位差势能定比定量投加设备,利用地形位差做动力,根据虹吸原理制成,利用容积已定的箱子,设置好投药的比例,设备可在200mm的超低水位自动启动,将水源自动投入下一处理单元,同时也将消毒剂定比定量地投入水中,水位低于启动水位时,虹吸被破坏,系统自动停止,圆满解决了消毒剂投加难以控制的问题,并且不需要动力和任何计量设备,非常适宜于在农村地区使用。

管网较短时可采用紫外消毒,利用无极灯在发亮的过程中产生的紫外线和臭氧对饮用水进行消毒,紫外线+臭氧消毒有效弥补彼此的不足之处,并且相互促进。

三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

五、应用情况及典型案例

本课题组已经对重庆巴南和四川乐至示范区进行了两个水厂的改造,使水厂的处理能力和出水水质明显提高。

技术应用单位及联系方式:

联系单位: 巴南区水利工程管理站, 乐至县水利工程管理总站

联系人: 李红卫, 黄春勇

电 话: 13983210770, 13882990753

E-mail: 907141675@qq.com; 1462146766@qq.com

地 址: 重庆市巴南区江洲路16号; 乐至县天池镇乐安路53号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：四川水利科学研究院
联系人：周芸
电 话：18980879499
E-mail: zhouyun8732@foxmail.com
地 址：四川省成都市青羊区牧电路7号

28. 分散水源慢滤设备

技术依托课题：西北村镇集雨饮用水安全保障适用技术与示范（2008ZX07425-005）

技术依托单位：中国水利水电科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：分散水源简易处理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

是一种将传统慢滤技术用于分散型水源水质净化的技术。合理级配的滤料表面形成生物膜，在对浊度物质进行拦截的同时，通过生物降解作用去除部分污染物。

二、关键技术

简易慢滤设备既适用于农村小型集中式饮水处理,也适用于一家一户分散式饮水处理,具有投资省、成本低、运行管理简便、可自动运行等特点,无需投加任何化学药剂,仅需几个月清洗一次表层滤料,适合在农村推广应用。

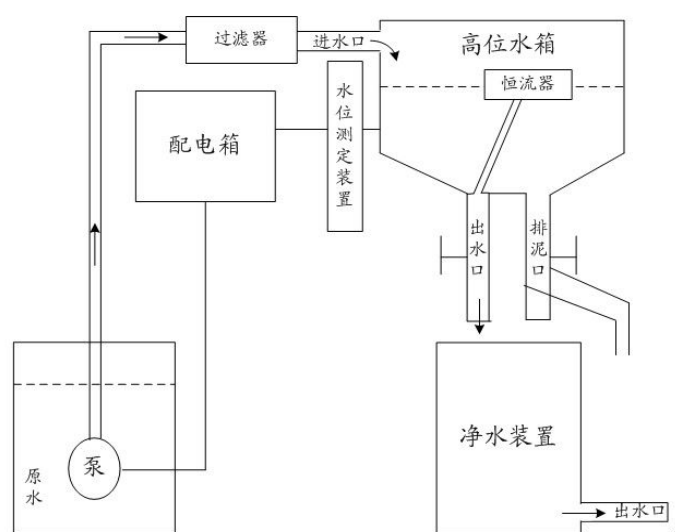
三、技术工艺

小型自动慢滤设备由高位配水箱、前置Y型过滤器、慢滤柱、自动化控制配电箱四部分组成。工艺流程和装置外观见图1和图2。其中,慢滤柱是本套设备的技术核心,基本操作步骤包括:

1) 慢滤柱启动。慢滤柱中的滤料采用湿法装填,即一边添加滤料,一边加水。反应器启动初期采用正常滤速的四分之一,持续运行约10天后逐步增加流速至设计滤速。

2) 设备日常运行。设备带有自控系统,用户可以根据实际需要采用连续或间歇运行的方式。

3) 慢滤柱滤料更换。运行2-3个月,需要清除慢滤柱表层滤料防止堵塞。关闭进水阀,将慢滤柱的水放至露出滤料表层时,铲除表层滤料(约2cm)。



家用自动慢滤水处理设备流程图

四、技术来源及知识产权概况

技术来源:自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位: 甘肃省会宁县新添堡乡道口村

实际应用案例介绍: 新添堡乡道口村位于会宁县东南, 距县城20km, 共有304户1868人, 该村是新农村建设示范点, 回民居住区, 饮水方式为屋面集雨水。课题在道口村示范屋面雨水分散式慢滤处理技术。示范人口数量为40户200人, 每个示范户分别安装1套家用自动慢滤处理设备。

联系单位: 甘肃省会宁县新添堡乡道口村

联系人: 王俊

电 话: 13809303968

地 址: 甘肃省会宁县新添堡乡道口村

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国水利水电科学研究院

联系人: 刘玲花

电 话: 010-68781886

E-mail: lhliu@iwhr.com

地 址: 北京市海淀区玉渊潭科技园水环境所

29. 小型一体化超滤膜水质净化设备

技术依托课题: 华南村镇塘坝地表饮用水安全保障适用技术与示范(2008ZX07425-002)

技术依托单位: 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、开创阳光环保科技发展(北京)有限公司

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 农村分散型供水

主要技术指标和参数:

一、基本原理

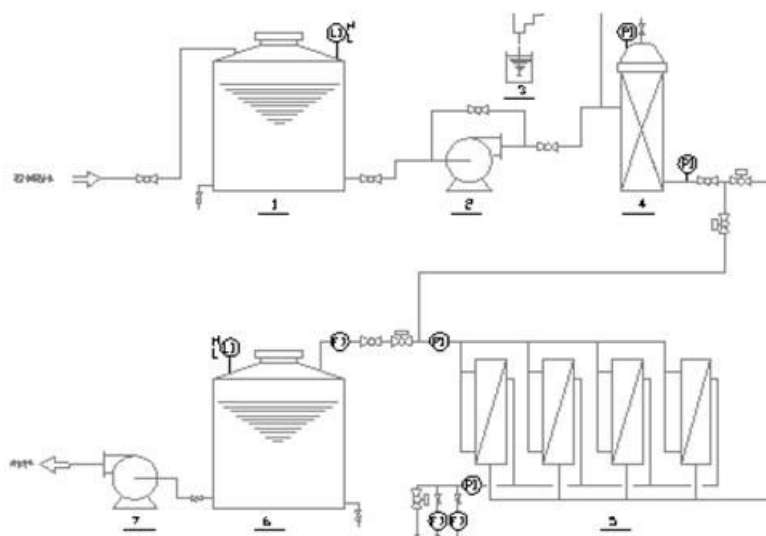
集加药消毒和超滤膜过滤为一体的分散型水质净化系统, 通过前置消毒控制超滤膜的生物污染。

二、关键技术

前置消毒和超滤膜过滤一体化技术, 有效防止了原水对过滤设备的污染以及净水在供水系统中的二次污染。

三、技术工艺

原水(如水井、山泉、淡水河流或湖泊等)引入储水箱, 设置一定的流量由原水泵输入加药系统, 加药系统根据原水水质状况、流量和后续管网的长度等参数, 定量加入消毒药剂后流向过滤装置, 其中的中空超滤装置去除原水中的各种微粒、胶体粒子、有机物和微生物等大分子溶质后进入净水箱备用, 根据用户需求由水泵将净水输送给用户。该水处理设备在原水进入过滤装置进行过滤之前, 通过加药系统将药物添加到流入过滤装置的原水中, 从而有效地清除了原水中包含的微生物。因此, 进入过滤装置的原水基本不含有对过滤装置有负面影响的微生物。该水处理设备在经过一段时间的间歇性使用后, 也不会出现微生物滋生, 进而影响过滤装置过滤性能的问题。滤膜前置加药系统的消毒剂不仅防止了滤膜装置的污染, 而且防止了后续供水系统中微生物的二次污染。从而确保系统出水和龙头水质的稳定达标。



小型集中供水工艺流程

1 原水箱 2 原水泵 3 加药系统 4 精密过滤器 5 超滤装置 6 净水箱 7 净水泵

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发。

五、应用情况及典型案例

应用单位：广东省惠州市潼桥镇、福建宁德市九都镇

广东省惠州市潼桥镇原水为浅层井水，水处理设备的处理能力为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，供水人口500人，每天运行5-8小时。福建宁德市九都镇的原水为地表山涧溪流水，水处理设备的处理能力为 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，供水人口2000人，每天运行13-20小时。每天按照用水量和用水周期定期运行，保障龙头消毒剂余量的稳定达标。

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

联系人：郭萍

电 话：010-82109561

E-mail: guoping@caas.cn

地 址：北京市海淀区中关村南大街12号中国农科院环发所

30. 含氟地下水改性活性氧化铝处理技术

技术依托课题：华北县镇地下水联片供水与除氟适用技术与示范（2009ZX07425-006）

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适用于含氟地下水除氟

主要技术指标和参数：

一、基本原理

研发出用于含氟地下水处理的硫酸铁改性活性氧化铝吸附剂，再生中通过采用硫酸铁活化的方式解决了硫酸铝再生导致的铝离子偏高的问题。

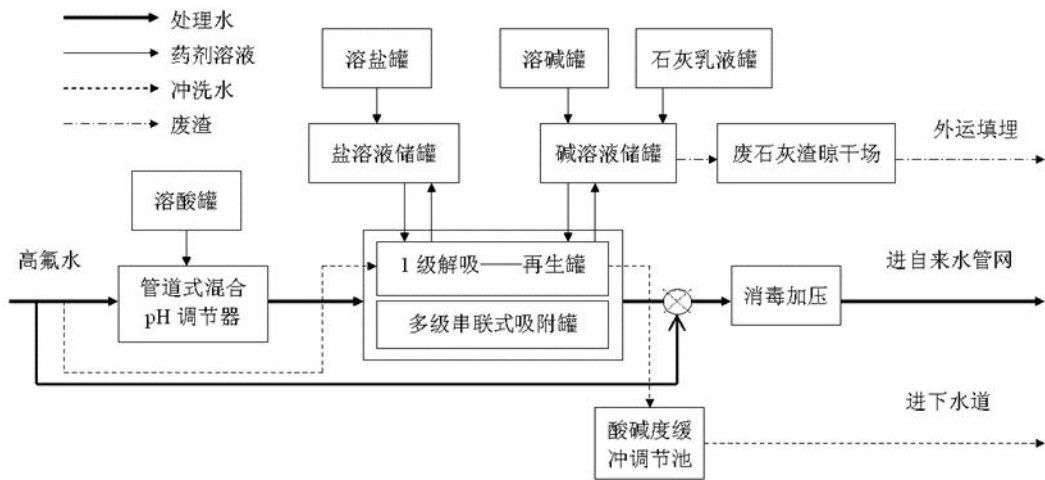
二、关键技术

采用活性氧化铝作为除氟吸附剂，在吸附剂再生中采用硫酸铁活化，解决了硫酸铝再生

导致的铝离子偏高的问题。

三、技术工艺

工艺流程：



具体如下：

- 1.高氟井水经过盐酸调节pH值到6左右，上向流进水，处理水从吸附罐上部流出。
- 2.吸附-解吸罐4台，其中1-3号以三级串联方式进行吸附操作。待3号罐出水超标时，切换1号罐进入解吸-再生阶段，2号罐变成第一级、4号罐变成第三级，如此循环往复，进行三级吸附，一段解吸-再生操作。出水端设置对出水的氟浓度与pH值的自动检测。
3. 利用碱液进行吸附剂再生，然后利用硫酸铁溶液进行活化。
4. 含有大量氟离子的碱液进入尾液处理单元，经过盐酸调pH值后，加入石灰乳溶液及PAM进行絮凝，絮凝体自反应罐底部流入干化槽进行干化，上清液排入下水道。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：北京燕龙供水有限公司

在北京市昌平区东南部小汤山镇建设含氟地下水净化示范工程1项，规模为1000m³/d，采用硫酸铁改性活性氧化铝固定床三柱串联吸附除氟技术，原材料价格低廉，处理效果良好，运行稳定，在降低含氟地下水处理费用方面效果明显，在进水氟含量为3.0mg/l时，出水氟含量平均为0.69mg/l，除氟的运行成本为0.47元/m³，同时还解决了原水砷超标的问题。

联系单位：北京燕龙供水有限公司

联系人：程明博

电 话：13810042529

E-mail：cmb19821122@163.com

地 址：北京市昌平区二毛环岛西侧

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：张旭

电 话：010-62792336

E-mail：zhangxu@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华大学环境节能楼702

31. 海岛多水源原水水质净化技术集成

技术依托课题：沿海岛屿村镇饮用水安全保障技术与工程示范（2008ZX07425-008）

技术依托单位：浙江大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围:海岛多水源原水处理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

围绕产水水质、投资成本、运行成本、操作管理（全自动、少耗材）四个影响海岛村镇饮用水处理技术推广应用的关键问题，以超滤膜净水技术为核心，研发了超滤技术在海岛应用推广的适用性技术。

二、关键技术

1. 海岛苦咸水反渗透淡化节能技术

针对海岛部分淡水水源季节性咸淡交替、分层咸淡交替现象，研发了苦咸水淡化/淡水净化一体化技术、间歇运行下膜自清洗的延长膜使用寿命的PLC控制的膜污染自动冲洗技术、漂浮式水面浮动原水抽吸技术等，形成了一整套从取水到产水的海岛村镇典型水源水净化集成创新技术，开发出经济实用和便于管理的全自动海岛典型水源水净化设备。

2. 海岛太阳能动力屋顶接水净化技术

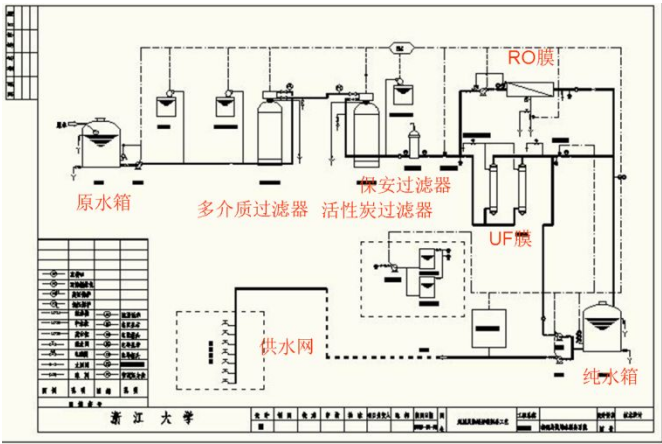
针对海岛夏季水电两缺现象，研发智能化太阳能动力屋顶接水供水系统，以直流供电、太阳能—市电—蓄电池联合供电、根据太阳能发电情况合理优化切换电源的智能化家用屋面雨水净水的动力技术，通过稳定系统压力、解决了海岛小型家用雨水净化装置的正反冲洗与分质供水的运行

3. 海岛集成膜丝断裂检测的中空纤维超滤膜净化技术

针对海岛用水冲击负荷大，中空纤维膜膜丝易断裂且检测修复困难的问题，研发了集成气检模块的膜处理装置的膜丝断裂检测技术。

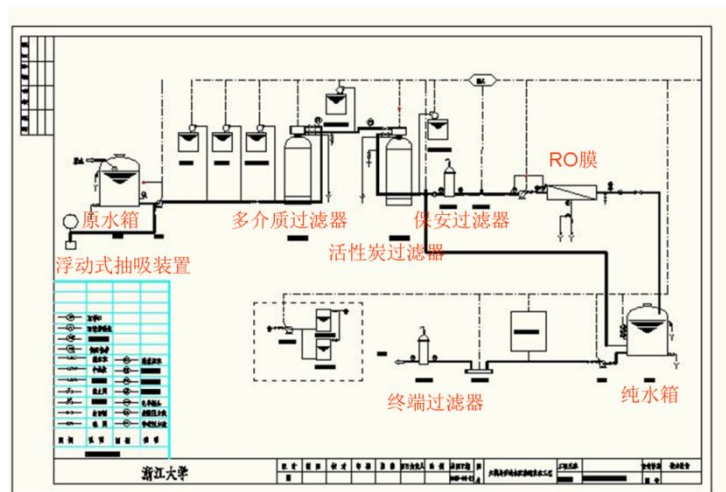
三、技术工艺

1、海岛咸淡交替山塘水净化技术



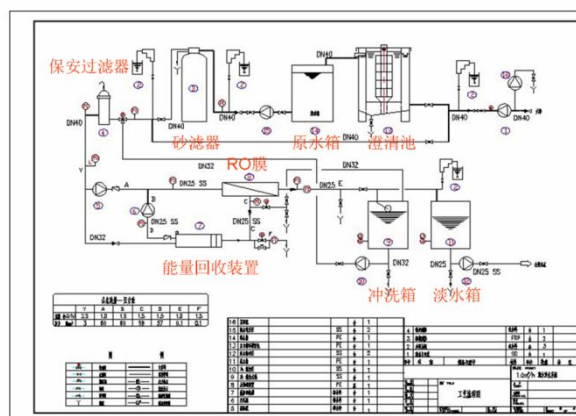
海岛苦咸水淡化/淡水净化一体化工艺流程图

2、海岛平地水库苦咸水淡化技术



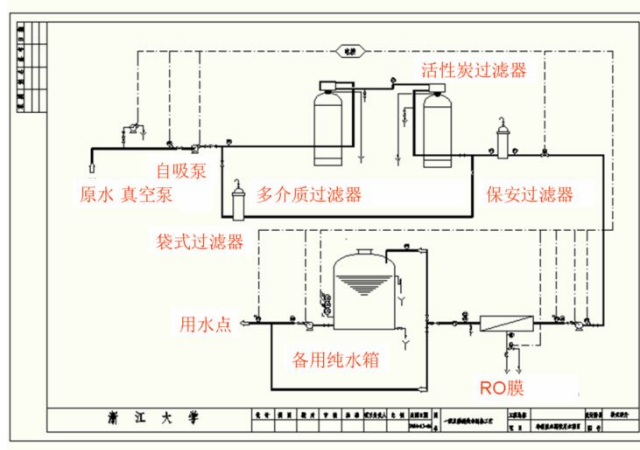
海岛苦咸水反渗透淡化工序流程图

3、移动式小型海水反渗透淡化技术



自带能量回收装置的海水反渗透淡化工序流程图

4、移动式（车载式）应急深度水处理技术



车载式深度水处理装置工艺流程

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位：浙江省舟山市东极镇政府

应用技术：海岛坑道井水/山塘水超滤膜净化技术

实际应用案例介绍：

浙江省舟山市东极镇中心地处N 30°11′, E 122°40′, 东极镇东至两兄弟岛屿接东海（20海里外为公海），南至黄大洋接洋鞍渔场，西至岱巨洋，北至嵎山渔场。距沈家门约45.5公里（27海里），陆域面积11.7平方公里，共有28个大小岛屿，108块礁。庙子湖、青浜、黄兴、东福山为4个常驻人口岛。全镇共有庙子湖、青浜、黄兴、大岙4个行政村，13个自然村，镇政府驻庙子湖岛南岙。东极镇是唯一一个没有与大陆联网的乡镇，用电全部由柴油机发电供应。

东极镇淡水水源主要分布在庙子湖岛，分别为仰天坪和小天地山塘，总蓄水量6万，其中小天地水库4.5万立方，仰天坪水库1.5万立方。东极镇水厂就位于舟山市庙子湖岛，以这两个小山塘为水源。但是，由于水库水浊度达15-50NTU，水厂出水完全无法达到水质要求。由课题组研制的海岛坑道井水/山塘水处理设备ZJU-UF系列（2组，规模20m³/h）在东极镇水厂得到了推广应用，设备出水水质经检测后达标。

联系单位：东极镇人民政府

联系人：陈其伦

电 话：13905807919

地 址：舟山市普陀区东极镇人民政府

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：浙江大学

联系人：周永潮

电 话：13857121865

E-mail: zhoutang@zju.edu.cn

地 址：浙江省杭州市余杭塘路866号浙江大学紫金港校区安中大楼A513室

管网安全输配技术

32. 山地城市多级加压供水系统优化设计技术

技术依托课题：山地丘陵城市饮用水安全保障共性技术与示范（2009ZX07424-004）

技术依托单位：重庆水务集团股份有限公司

技术发展阶段：工程示范

适用范围：山地城市管网设计

主要技术指标和参数：

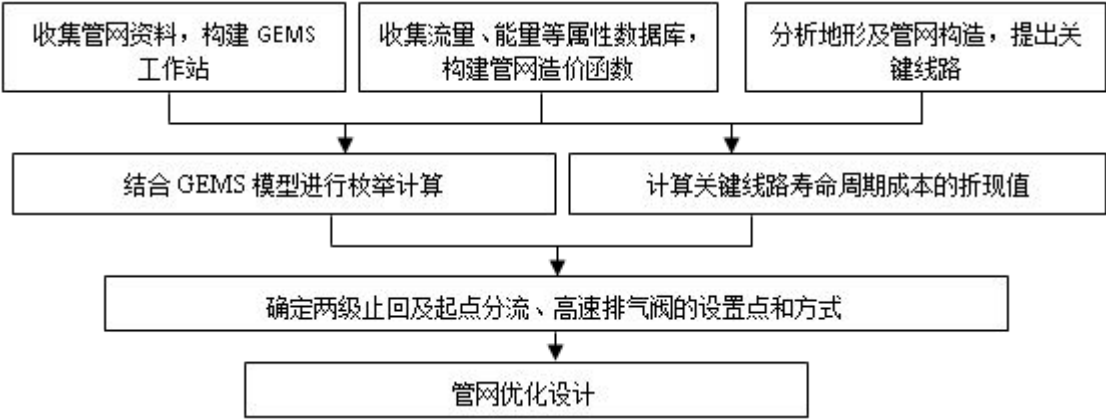
一、基本原理

山地城市供水管网优化设计技术的主要原理是基于干、支分开的基本理念。其中，干线指从二级泵站到控制点的管线，一般是起点（泵站、水塔）到控制点的管线，终点水压已定，而起点水压待求，可通过干线经济流速来确定；支线指起点的水压标高已知，而支线终点的水压标高等于终点的标高与最小服务水头之和，可根据水力坡度、充分利用两点的压差来确定。

对于供水高差较大（100m以上）的山地城市供水管道，采用两阶段止回及管道起点连续流量1/5管径控制技术，通过流量及分级止回，有效地降低高扬程供水的水锤效应。山地城市供水系统排水阀应满足：在充气压力0.2MPa，管内压力100m水头时，单位时间排气量应在0.87m³/s以内。

二、关键技术

- 1、基于关键线路生命周期成本分析的山地城市多级加压供水系统分区分级技术；
 - 2、基于高速排气、起点分流和两级止回的山地城市供水系统爆管预防技术；
- 三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发或优化集成，已授权发明专利3项。

五、应用情况及典型案例

应用单位：重庆水务集团股份有限公司

多级加压供水系统分区分级技术成果应用于重庆市江南片区供水管网改造示范工程，采取了5级10区混合供水模式。其中，通过优化计算增加会展中心输水管联络管（关键线路）管径（从DN500增大到DN700），使江南水厂二级泵站输水压力下降了1.6~3m，降低了系统生命周期成本和能耗，实现了配水系统优化，使该片区供水系统年节约电费160万元以上，投资回收期仅约3.5年。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：重庆水务集团股份有限公司

联系人：田胜海

电 话：13808367431

E-mail: 1274436210@qq.com地 址：重庆市渝中区龙家湾1号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：重庆大学

联系人：向平

电 话：13193083916

E-mail: szhjzx@126.com

地 址：重庆市沙坪坝区沙正街174号

33. 基于模型的管网优化运行控制技术

技术依托课题：黄河下游城市供水管网水质保障技术与示范（2009ZX07422-006）

技术依托单位：青岛理工大学、济南市供排水监测中心、济南水业集团有限责任公司等

技术发展阶段：示范类技术

适用范围：供水管网水质安全评价与管网改造、管网水质保障与科学化运行管理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

采用安全系统工程的原理与方法,对管网系统中存在的危险、有害因素进行辨识和分析,确立以能够全面、客观、准确反映管网供水安全总体状况的各类影响因子为主的评价指标系统;利用模糊综合评价的方法构建管网安全评价体系,计算出体系的安全评价等级;判断管网系统发生事故的可能性及其严重程度,从而为制定防范措施和供水管网优化改造提供科学依据。

二、关键技术

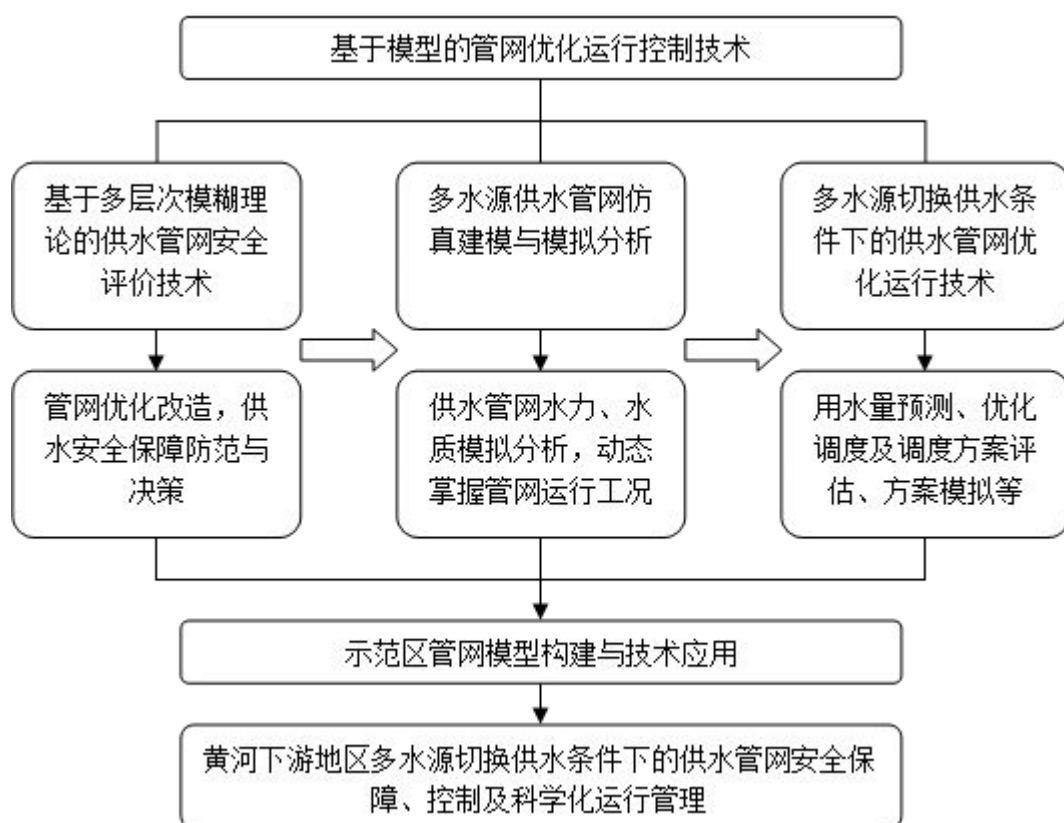
1、多水源供水管网仿真建模与模拟分析技术

通过分析多水源切换供水条件下混合供水区域的供水特征及水质变化规律,对管网图形、属性及动态参数等信息进行模拟,采用自主研发的管网负荷测试装置及阻力系数测试装置对管网大用户用水负荷、管道C值等参数进行测试,为供水管网仿真建模及模型校核提供数据基础;构建基于微观模型理论的开放式区域供水管网仿真模型,及基于智能优化算法的校核模型,实现供水管网仿真模型的基础校核和边界流量的自适应动态精准校核;在上述研究的基础上,采用Microsoft Visual Studio系统自主研发了《城市供水安全保障平台》,通过动态水力模拟计算,实现了全面掌握供水管网的水流方向、节点压力、管段流量、管段流速等参数的仿真模拟;通过动态水质模拟计算,实现了较为准确的掌握相应水力工况下管网典型水质指标的模拟分析;所研发的多水源供水管网仿真建模与模拟分析技术为城市供水管网安全保障与科学管理运行提供了重要理论依据与技术支持。

2、多水源切换供水条件下的供水管网优化运行技术

在对多水源调配、控制节点水龄等进行研究的基础上,以供水管网安全评价及仿真模拟数据为基础,针对黄河下游城市供水管网运行管理缺乏科学可靠的理论依据、以人工调度为主、管网压力分布不均、管网水质安全难以保障、“黄水”现象时有发生等问题,以最大程度满足实际供水需求、降低能耗且通过多水源调配降低“黄水”发生几率等为目标,以各加压站出水流量及压力、水泵运行组合及调速泵调速比等为决策变量,构建综合考虑供水水质、供水安全性及经济性的具有工况适应性的多水源多目标优化调度模型;在此基础上,采用Microsoft Visual Studio系统自主研发了《城市供水优化运行系统》,完成了用水量预测、离线调度、在线调度、推荐调度方案与方案评估以及在线工况数据获取与更新等功能,实现了基于模型的管网优化运行控制技术。

三、技术工艺



四、技术来源及知识产权概况

自主研发，已获得软件著作权2项，专利3项。

五、应用情况及典型案例

应用单位：济南水业集团有限责任公司

实际应用案例介绍：

选择济南市经十路以北，解放路以南，二环东路以西，历山路以东供水区域为示范区，示范区供水面积约62平方公里，开展黄河下游地区基于管网水质识别评价的运行控制技术的应用与示范。

1、示范区供水管网仿真模拟

（1）示范区供水管网水力模拟。通过对济南示范区供水管网的参数测试及水力模拟计算，能够全面的掌握示范区管网的水流方向、节点压力、管段流量、流速等运行工况，为示范区管网的合理运行管理提供重要的技术支持。

（2）示范区供水管网模型校核。为提高示范区管网模型精度，保证所构建的微观仿真模型的实用性和有效性，采用灵敏度分析与遗传算法相结合的方法，建立示范区管网校核优化模型，对阻力系数及节点流量等管网重要参数进行校核计算。

2、示范区供水管网优化运行。对示范区供水管网日、时用水量进行预测，在此基础上，进行示范区供水管网优化调度计算。通过对优化计算结果进行统计分析，示范区加压站日平均供水能耗由1520kwh降至1460kwh，能耗降低率约为4 %。可见，从长远角度看，通过对示范区各加压站的优化调度计算，可有效降低示范区供水能耗。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：济南水业集团有限责任公司

联系人：徐慧

电话：18678397757

E-mail: xuhuihui1973@sohu.com

地址: 山东省济南市普利街107号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 青岛理工大学

联系人: 吕谋

电话: 13853226651

E-mail: lvmou1@163.com

地址: 青岛市抚顺路11号

34. 水源切换管网黄水预测、预防与控制技术

技术依托课题: 南水北调受水区饮用水安全保障共性技术与示范(2009ZX07424-003)

技术依托单位: 北京市自来水集团有限责任公司、中国科学院生态环境研究中心、清华大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 水源切换下的管网水质保障

主要技术指标和参数:

一、基本原理

该技术针对出厂水水质的改变可打破管壁界面层与原输配水质所形成的相对平衡状态的问题,从水的腐蚀性评价和管网自身稳定性评价两个方面建立了水源切换条件下管网黄水的预测评价方法;同时从管网管垢稳定性识别、调控管网入水水质和管壁生物膜结构的腐蚀产物释放控制等方面,提出了有效控制管网“黄水”产生的综合技术方案。

二、关键技术

1、多水源分区调度调配技术: 根据不同供水区域管网稳定性特征采取不同的水源切换方式。稳定性强的管网区域采用一次性置换,而对于管网稳定性差的区域需要综合采取措施,降低管网入水的腐蚀性;同时控制各水厂供水压力(流量),避免腐蚀性强的水进入管网稳定性低的区域;

2、水质调节联合消毒工艺控制水质稳定性及管垢稳定性的控制技术: 对水源切换的敏感区域,通过水质化学稳定性相关参数和消毒剂联合调控,同时提高管网进水的化学稳定性和管网自身稳定性,促进稳定性管垢形成及铁还原菌成为优势菌。

3、通过不同水源混合的方式调节管网入水腐蚀性的控制技术: 控制出厂水 SO_4^{2-} <80mg/L, 碱度处于120mg/L~150mg/L。

三、技术来源及知识产权概况

技术来源: 集成应用。

四、应用情况及典型案例

实际应用案例:

应用单位: 北京市自来水集团有限责任公司

研究形成了多水源频繁切换条件下管网水质的稳定性评价和预测方法,提出了南水北调多水源供水下水源及管网稳定性识别技术,实现了水源切换情况下管网黄水的预测;建立了以调控管网进水水质及生物膜为主的黄水控制技术综合方案,并在北京市部分管网区域开展了应用示范。

成果应用有力保障了首都供水安全,避免了2009—2012年间水源频繁切换造成黄水现象的发生,有效缓解了北京市水资源紧缺的矛盾,研究与工程应用结合紧密,取得重要的社会效益和经济效益。

联系单位: 北京市自来水集团有限责任公司

联系人：顾军农
电 话：01082411894
E-mail: gujunnong@126.com
地 址：北京市朝阳区德外花虎沟第九水厂院内

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京市自来水集团有限责任公司、中国科学院生态环境研究中心
联系人：顾军农、石宝友
电 话：010-82411894
E-mail: gujunnong@126.com; byshi@rcees.ac.cn
地 址：北京市朝阳区德外花虎沟第九水厂院内

35. 县镇联片管网安全供水技术

技术依托课题：华北县镇地下水联片供水与除氟适用技术与示范（2009ZX07425-006）

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：县镇联片供水

主要技术指标和参数：

一、基本原理

县镇联片管网安全供水技术主要包括多点水源联片供水管网管理系统和多点水源联片供水管网水质保障方案两部分。多点水源联片供水管网管理系统可实现供水预案预演与校核、爆管等突发事件预演与应对方案制定和供水系统规划优化等功能；多点水源联片供水管网水质保障方案集消毒剂优选、消毒点优选、基于在线监控的消毒剂投加和管网水质优化监控等于一体，对管网水质实现全面有效的控制。

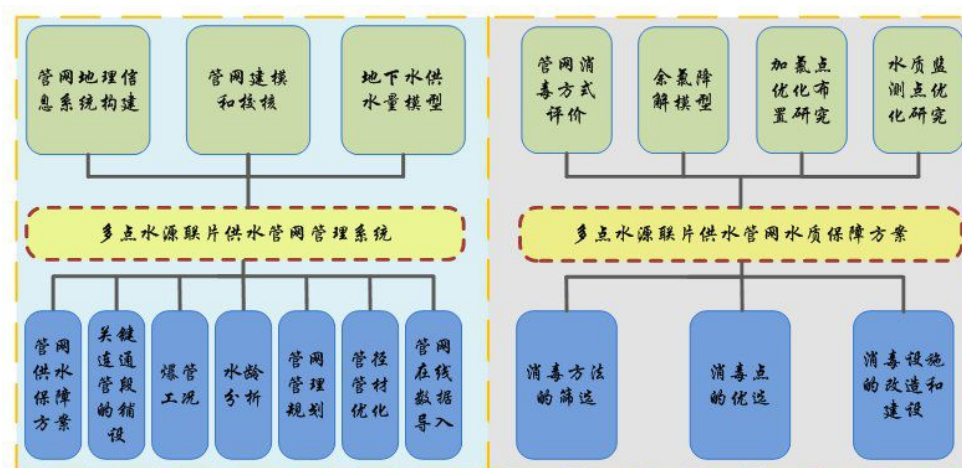
二、关键技术

1、多点水源联片供水管网管理技术。在城乡供水一体化过程中，多个独立供水的乡镇管网往往联片形成较大的供水管网，这类管网一般供水距离长，节点水量小，管网基础数据不完整。多点水源联片供水管网管理技术采用EPANET开源代码，建立了管网水力学模型，模型参数采用遗传算法率定，以水力学模型为基础，建立了多点水源联片供水管网管理平台，具备支持管网规划、爆管管理、水龄分析等日常管网管理功能。

2、多点水源联片供水管网水质保障方案。通过自主研发的水质模型，模拟管网中余氯的降解过程，确定管网中水质薄弱点，并以此为基础，确定二次加氯节点，以末梢水质达标为目标，优化加氯量，管网余氯浓度、亚氯酸盐和氯酸盐浓度等符合国家饮用水水质标准（GB5749—2006）。

三、技术工艺

技术工艺：



县镇联片管网安全供水技术路线图。

具体如下：

1. 多点水源联片供水管网管理技术

主要功能包括管网供水保障方案制定、关键连通管段铺设、爆管工况分析、水龄分析、管网管理规划、管径管材优化、管网在线数据导入等。

2. 多点水源联片供水管网水质保障方案

以管线探测和管网GIS和SCADA系统为基础，建立管网在线管理系统，以管网补压点为依托，优化设置消毒点，以流量和消毒剂浓度在线监测为基础，优化确定消毒剂投加。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

应用单位：北京燕龙供水有限公司

该技术已应用于昌平东部供水管网，建立示范工程1套，应用范围为3.8万m³/天，覆盖水源点34个，经第三方水质检验，管网末梢水水质符合《生活饮用水卫生标准GB5749-2006》的要求，可为我国华北地区的县镇饮水安全保障提供技术支持。

联系单位：北京燕龙供水有限公司

联系人：程明博

电 话：13810042529

E-mail: cmb19821122@163.com

地 址：北京市昌平区二毛环岛西侧

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：刘书明

电 话：010-62787964

E-mail: shumingliu@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华大学环境节能楼403

36. 城市间协同供水联合调度技术

技术依托课题：饮用水安全区域联动应急技术与示范（2008ZX07421-006）

技术依托单位：苏州水务投资发展有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：区域以及城市间的供水调度

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对现有城市供水片内供水水源单一、水厂缺乏应付突发水质污染的应急处理措施、区域供水主干环网度不够和供水片间联络程度有限的现状,为实现“原水互补,清水联通”的区域应急联合供水系统,以供水GIS、SCADA和水力水质模型为工具,通过城市间协同供水系统优化布局、突发事故情况下城市间供水联合调度,建立区域联网供水与应急调度决策支持平台,形成具有城市连绵区特色的协同供水与联合调度技术。

二、关键技术

1、多区域联网供水模型构建技术:多区域联网供水模型是掌握区域供水管网信息,进行供水应急方案分析的基础。供水管网联合应急调度平台构建的首要任务是整合各供水企业的管网模型,形成区域联网模型。处理情况包括将不同的CAD、GIS文件转化为管网模型文件,然后将四个区的管网模型文件进行拓扑结构简化、坐标转换和图幅拼接,形成具有管网现状评估、异常状况诊断和制作优化调度预案的区域供水联网模拟平台。经对供水管网模拟软件3HHY NetSimu V8.0的功能改进,实现了各自来水公司管网模型与SCADA系统数据交换,支持多人同时浏览操作,保证数据实时更新等功能。

2、压力监测点优化布置技术:供水管网压力监测的主要目的是通过供水SCADA系统监测值,了解供水管网的运行状况,以便对供水管网进行调度、事故监控与管理。布置方式通常采用优化计算与定性原则相结合的方式,其中供水管网中压力监测点分布数量和位置采用聚类分析法,结合供水分界线、管网末梢、大用户或重要部门、管网调度敏感点等确定。通过优化计算后,在区域供水网络中新增60套DLA-P10系列智能数据采集终端,它具有强大主台软件,具有与管网建模、科学调度等相关系统的数据接口。

3、多区域管网应急调度分析技术:为了解事故对管网正常用水造成的影响,需要在管网模型的基础上,引入管网事故时用水安全性评价指标。将管网可靠度系列指标用于评价事故对管网供水安全的影响。给水管网可靠性评价,就是对给水管网系统中各要素进行综合的系统分析,以获得管网运行的可靠性情况。根据水量和水压之间的函数关系,当水压高于系统允许的最大水压时,虽能满足水压要求,但存在安全隐患,容易引起爆管等安全事故,因此定义节点失效;当水压值大于期望的水压值而小于允许的最大水压值时,水量满足要求;当水压低于期望的水压值但高于允许的最小水压值时,水压部分满足要求;当水压低于允许的最低水压值时,节点就完全失效。若节点水龄不大于理想的节点水龄值,则该节点处于理想的服务状态;若节点水龄值在理想水龄值和允许的最大水龄值之间,则该节点处于可允许服务状态;若节点的水龄值超出允许最大水龄值,则该节点处于不可接受服务状态。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发。

申请并获得开发软件2个,供水管网水质监测分析与评价软件,软著登字第0239506号,供水管网水力与水质模拟系统软件,软著登字第0177221号;建立供水管网应急调度平台1个。

四、应用情况及典型案例

应用单位:苏州水务投资发展有限公司

根据苏州市区域供水联合应急调度的需求,开发了“苏州市供水管网联合应急调度平台”。该技术基于给水管网不同数据源和地图拼接方法,构建了多区域给水管网动态模型;结合供水管网侧压点优化布置理论并考虑运行需求,进行了测压点的优化选址;结合节点平均水力可靠性与水质可靠性评价方法,进行了多区域应急调度方案分析。然后从计算软件、水压监测设备和操作指南编制等方面,构建了区域联网供水与应急技术决策支持平台。

基于供水模拟软件3HHY NetSimu V8.0进行了功能改进,平台软件实现了支持大规模的

数据量：采用标准数据库SQL Server保存数据，可与各自来水公司现有管网模型和SCADA系统交换数据；支持多人同时浏览操作，具有相关系统升级改造、扩容和资料更新后保证数据自动准备导入与必要的导出功能等。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：苏州水务投资发展有限公司

联系人：华伟

电 话：051265238303

E-mail: Xtt0622@126.com

地 址：苏州市姑苏区人民路1100号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：同济大学环境科学与工程学院

联系人：董秉直、李树平

电 话：02165985869

E-mail: lishuping@tongji.edu.cn

地 址：上海四平路1239号

水质监测材料与设备

37. 供水水质检测用标准物质

技术依托课题：水质监测材料设备研发与国产化（2008ZX07420-008）

技术依托单位：中国计量科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市供水水质检测用的标准物质

一、基本原理

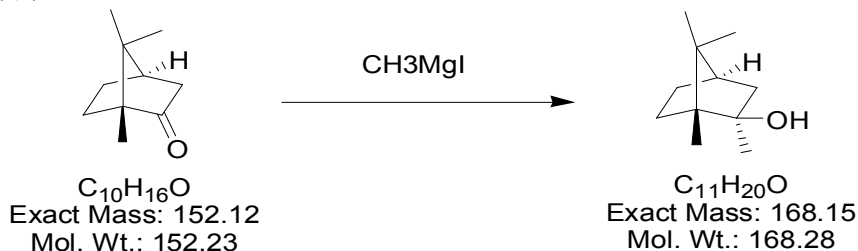
针对《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中非常规的 64 项水质指标的检测需求和国内现有水质检测用标准物质品种不全，组分单一等问题，从重点有机污染物入手，突破标准样品合成、提纯、配制、定值和稳定等关键技术，重点解决了微囊藻毒素-LR、土臭素、2-甲基异莰醇、氯乙烯等核心物质合成纯化关键技术。

二、关键技术

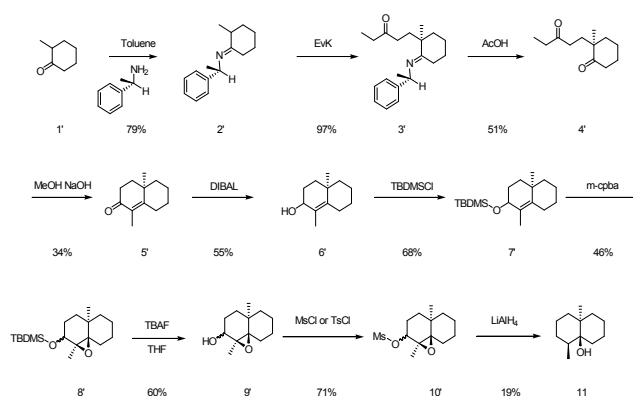
1.2-甲基异莰醇制备技术。使用新型的碘甲基格氏试剂的方法，用 D-樟脑为原料，创新性地采用一锅法制备格氏试剂和产物 2-甲基异莰醇的工艺路线；纯化方法采用了新颖的硅胶柱色谱纯化其中硅胶柱色谱采用二氯甲烷/石油醚 1:1~50 梯度洗脱的方法，研发出了产业化合成 2-甲基异莰醇的最优化反应条件和纯化方法。

2.土臭素制备技术。选择了（R）- α -苯乙胺作为手性合成的试剂用于手性的控制，提高了手性纯度。利用该技术已经合成获得了原料，通过多次常规色谱柱分离并结合手性色谱柱分离等方法进行纯化，最终获得了满足标准物质研制需求的土臭素纯品（纯度大于 99%）。

三、技术工艺：



2-甲基异茨醇的合成制备工艺



土臭素(Geosmin) 合成路线

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

应用单位：国家城市供水（排水）监测网济南监测站

联系单位：国家城市供水（排水）监测网济南监测站

联系人：王明泉

电 话：13615314696

E-mail: wwwmq108@163.com

地 址：山东省济南市纬五路 68 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国计量科学研究院

联系人：何雅娟

电 话：010-64524788

E-mail: heyj@nim.ac.cn

地 址：北京市北三环东路18号

38. 颗粒物计数仪

技术依托课题：水质监测材料设备研发与国产化（2008ZX07420-008）

技术依托单位：杭州绿洁水务科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市供水水质监测

一、基本原理

采用激光光束垂直入射被检测的液体，由于颗粒物通过时会阻挡光束，产生光强的变化及电脉冲信号，通过测量光强度大小及脉冲信号的多少达到检测颗粒物粒径和数量的目的。

二、关键技术

1.激光技术、精密机械设计技术在颗粒检测装置上的应用

通过不同波长激光光源的筛选以及精密机械设计方案的确立，使不同颗粒物粒径产生相匹配光电信号的技术得以实现。

2. 高信噪比信号放大技术

在信号处理上采用了 Butterworth 滤波, 输出钳位等技术, 系统在提高增益的同时, 依然能保证信号的稳定性, 最终使得系统的信噪比超过了 3:1。

三、设备构成

设备由采水单元、检测单元、数据分析单元、显示单元、通讯单元等几部分组成。采水单元主要是采集水样并定量, 检测单元主要是收集光信号并转换成电信号, 数据分析单元主要是进行数据整理并分析, 显示单元主要是显示检测结果、技术参数和操作界面, 通讯单元主要是将数据上传到监测中心。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源: 自主研发, 2012 年被科技部、环保部、商务部、质检总局四部委联合评为国家重点新产品

五、应用情况及典型案例

颗粒物计数仪是城市供水系统过程监控、制水工艺优化、“两虫”风险控制的重要监测设备, 在供水及相关行业中具有广阔的应用前景。本产品自 2010 年研发成功后已有 300 多台在采用各种水处理工艺的水厂及不同行业的水处理单位使用, 如深度处理工艺的杭州南星水厂、绍兴宋六陵水厂、北京九水厂, 膜处理工艺的东营水厂, 传统工艺的萧山三水厂、富阳水厂以及东莞六水厂, 石化行业、市政管网二次供水行业、大专院校科研机构, 等等。

杭州南星水厂通过监测颗粒物的粒径和数量指标, 进行了延长滤池反冲洗时间的工艺优化试验。测试结果显示: 在保证对滤池的使用效率没有影响的前提下, 可将原来每 48 小时进行一次反冲洗的时间延长至 56 小时, 这样一年可以减少 25 次反冲洗, 能节约大量电力和反冲洗用水、试剂等。东营水厂通过监测滤池出水颗粒物的变化能及时发现膜组件的穿透、拉丝等故障。

应用单位名称: 杭州市水业集团有限公司南星水厂

联系人: 毛文钰

电 话: 0571-86585803

E-mail: maowenjue@163.com

地 址: 杭州市上城区之江中路 98 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 杭州绿洁水务科技有限公司

联系人: 单旭亮

电 话: 13357102056

E-mail: sxl@grean.com.cn

地 址: 浙江省杭州市拱墅区康桥康景路 18 号

39. 基于发光菌的生物毒性监测设备

技术依托课题: 水质安全评价及预警关键技术研发与应用示范 (2009ZX07420-004)

技术依托单位: 杭州绿洁水务科技有限公司

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 城市供水水质监测

一、基本原理

本技术采用 ISO 11348 的标准方法, 通过检测发光菌 (费希尔弧菌) 和被测水样反应时的发光强度变化实现对被测水样的毒性监测。水样毒性的强弱, 可以通过光线变弱的程度与

无毒对照空白实验的比较来表征。

二、关键技术

- 1、低温恒温和磁力搅拌模块的实现
- 2、取样机械臂设计及自动化检测模块的实现
- 3、发光细菌活性控制的研究及光子计数技术的实现
- 4、数据采集、分析、传输以及后台实时在线监测系统的开发及综合毒性计算和预警算法的实现

三、设备构成

设备由采水单元、检测单元、数据分析单元、显示单元、通讯单元等几部分组成。采水单元主要是采集水样和空白标样，检测单元主要是发光菌与水样、标样反应并收集光信号转换成的电信号，数据分析单元主要是进行数据整理并分析、比对，显示单元主要是显示检测结果、技术参数和操作界面，通讯单元主要是将检测数据上传到监测中心。

四、技术来源及知识产权概况

通过技术创新和研发升级，成功实现了自主研发综合毒性监测仪，2012 年被住建部列为全国建设行业科技成果推广项目。

知识产权：用于综合毒性检测吸放装置的定位系统 ZL 2010 10156342.4；

五、应用情况及典型案例

在线综合毒性监测仪在地表水、自来水厂水源取水口等地已有 50 多台的实际应用，如国家和地方城市供水水质监测网中心站（济南、成都、东莞等地）、浙江省地表水水质自动监测站（富阳渔山站、湖州新塘港站、嘉兴王江泾站等），通过连续不间断监测水质生物毒性指标达到日常水质监管和饮用水源安全预警的目的。

实际应用案例：浙江省环境保护科学设计研究院在湖州新塘港水质自动监测站试用，通过两年多的数据对比和硬件测试表明，毒性指标测试可以在 5-30 分钟内完成，能保证对水质毒性变化进行快速、连续的表征，仪器工作正常，稳定性好，反应灵敏，是性能良好、经济适用的水质应急监测与早期预警系统。

应用单位名称：浙江环境保护科学设计研究院

联系人：徐鹏伟

电 话：0571-87978245

E-mail: pwxu@zjshky.com.cn

地 址：杭州市天目山路 109 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：杭州绿洁水务科技有限公司

联系人：单旭亮

电 话：13357102056

E-mail: sxl@grean.com.cn

地 址：浙江省杭州市拱墅区康桥康景路 18 号

40. 基于水生生物的水质在线生物安全预警设备(BEWs)

技术依托课题：水质监测材料设备研发与国产化（2009ZX07420-008）

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心、无锡中科水质环境技术有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市供水水源水质生物综合毒性监测预警

一、基本原理

本技术基于水生生物回避行为反应与污染物毒性存在较好剂量-反应关系，通过低压高频电信号传感器技术连续实时监测生物运动行为变化，结合生物毒性数据模型、环境胁迫阈值模型、生物毒性行为解析模型对水质变化进行智能监测预警，迅速判断污染爆发时间和污染物综合毒性。能直接、客观地反映出原水对水生生物的综合毒性，具有连续、快速、实时、多通道自动监测预警等特点，真正实现对于水源地水质生物综合毒性有效的连续、实时监测和预警。

二、关键技术

- 1、敏感连续实时的生物毒性传感器的实现；
- 2、水生生物回避行为的获取和有效特征反应的提取和解析的实现；
- 3、生物毒性数据库和模型、环境胁迫阈值模型、生物毒性行为解析模型等生物综合毒性专属算法模型的实现和运用；
- 4、技术硬件和软件的研发均符合水环境毒理学规范，有效降低假阳性误报警概率，提高生物安全监测预警系统的可靠性、稳定性；
- 5、海量连续实时数据的采集、判断、解析和传输以及数据中心的实时交互、显示

三、设备构成

设备由采水单元、配水单元、连续实时监测单元、数据采集分析单元、生物综合毒性专属算法模型单元、显示操作单元和通讯交互模块单元等部分组成。

采水单元主要是采集水样和对照空白标样，配水单元主要预处理和分配水样，连续实时监测单元主要是生物毒性传感器获取水生生物实时连续行为的电信号，数据采集分析单元主要是将电信号转化成有效的数字信号，并提取出有效特征反应，生物综合毒性专属算法模型单元主要是生物毒性数据库和模型、环境胁迫阈值模型、生物毒性行为解析模型等生物综合毒性专属算法模型的运用和解析来全面判断预警生物综合毒性，显示操作单元主要是显示连续实时的生物行为曲线、综合毒性监测预警结果、技术参数和操作控制界面，通讯交互模块主要是将海量连续实时的生物行为曲线、综合毒性监测预警结果实时有效地上传到监测预警数据中心。

四、技术来源及知识产权概况

本技术属于自主研发的生物综合毒性在线监测预警技术，科学院成果鉴定该技术在国内外属于原创性研制，具备国际及国内技术先进性。

知识产权：申请和授权专利 10 余项。

五、应用情况及典型案例

已在北京、上海、广州、深圳、重庆、西安、天津、石家庄、济南、沈阳、新疆、宁波等 60 余个不同水源地投入使用。是 2008 奥运会、2008 年汶川地震、2009 全运会、2010 世博会、2011 亚运会、十七大、十八大两会等我国重大活动事件水质安全保障的首选在线生物预警设备。在长期稳定的实际运用中有效实现了水源水质安全的生物毒性的连续实时有效的监测和预警，并在实际监测预警中数次起到了有效的监测和预警，使水质监测部门和相关单位在第一时间采取应急措施，避免水质安全事故。

应用单位名称：

- 1、北京市京密引水渠温泉管理所

联系人：白云领

电 话：13910313703

E-mail: baiyunling.0131@163.com

地 址：北京市海淀区温泉镇京密引水温泉管理所，100095

2、宁波市环境监测中心

联系人：赵建平

电 话：0574—56118825

E-mail: zjpmwq@126.com

地 址：宁波市宝善路 105 号，315010

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院生态环境研究中心

联系人：饶凯锋

电 话：13661198499

E-mail: raokf@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路 18 号

41. 智能化多参数水质在线监测设备

技术依托课题：水质监测材料设备研发与国产化（2008ZX07420-008）

技术依托单位：杭州聚光环保科技有限公司、无锡中科水质环境技术有限公司、中科院合肥物质科学研究院等

技术发展阶段：推广应用

适用范围：饮用水水源地和地表水等的安全预警

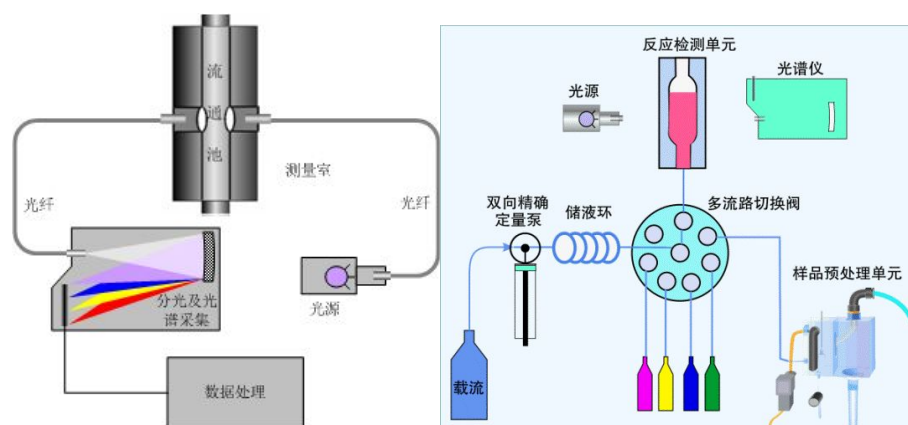
一、基本原理

基于小体积湿法化学分析在线检测技术、无汞电化学分析技术和多参数智能解析技术等，开发出集成水质常规理化分析模块、特征污染因子分析模块和生物在线分析模块的智能化多参数水质在线监测平台。其中，常规理化分析涉及水质常规综合参数（pH、电导率、浊度、溶解氧和温度）和常规污染因子（COD、氨氮），主要反映水质内源性变化及受污染的程度；特征污染因子分析涵盖重金属（铅、镉、铜、锌、汞、砷等）、挥发酚、氰化物、藻类、特殊有机物等 10 余种监测因子，用于监测水质污染的主要问题来源；生物在线分析可以实现水质综合毒性评估，在水质安全预警中起到关键性作用。

二、关键技术

1. 小体积湿法化学分析在线检测技术

小体积湿法化学分析在线检测平台由双向精确定量泵、储液环、微通道多流路选择阀和反应检测单元构成，其中储液环的一端与定量泵连通，另外一端与微通道多流路选择阀的公共通道连通，微通道多流路选择阀的其余通道分别与待分析样品、化学试剂、空气、检测室以及废液通道连通。该平台以微通道多流路选择阀作为试剂和样品流路的切换控制器件，以双向精确定量泵作为样品和试剂的输送和定量器件，同时结合紫外/可见光纤光谱等检测技术，可以满足水质在线分析的需要。该平台集成化程度高、检测准确（误差 $\pm 3\%$ ）、重复性好（误差 $\pm 2\%$ ），并且试剂用量少（一次分析只消耗 5mL 试剂，相当常规设备的 1/5-1/10），维护周期长。



分析平台示意图

2. 无汞电化学分析技术

采用环境友好的Bi膜电极代替传统的汞膜电极，结合同位镀膜技术，保证了检测模块具有与汞膜电极技术相当的灵敏度而无汞二次污染风险。此外，检测模块引入电极在线清洗技术、电极“钝化”自检测和电极“自活化”等技术，有效克服了水样中有机物对电极的污染，提高电极稳定性，延长了电极响应的稳定性，在水源水检测应用中电极维护周期延长至一个月以上。

3. 以生物毒性为基础的水质多参数智能解析技术

以污染物响应指纹数据库、污染物的生物行为变化规律以及剂量-反应时间关系为基础，结合水质特征污染参数在线监测信息，构建了智能化多参数水质在线监测系统，实现水质多参数综合评估。通过综合污染信息的获取和分析，既可掌握典型污染物的浓度信息，又可判断污染物的综合效应，还可以结合综合响应信息初步捕获和判别未知污染物信息，实现了生物监测技术与理化监测技术的综合应用。

二、技术构成

智能化多参数水质在线监测系统由水质安全在线生物预警模块和水质在线多参数理化分析模块构成，其中多参数理化分析包括水质常规综合参数（pH、电导率、浊度、溶解氧和温度）和特征污染物参数（铅、镉、铜、锌、汞、砷、挥发酚、氰化物、氨氮、亚硝酸盐、藻类）。水质特征污染参数用于在线监测已识别的、发生频率高、毒性大的典型污染物；在线生物预警模块首先用于识别水体的综合毒性水平，解决了以往多种低浓度污染物的协同效应毒性不能识别的问题，并进行污染事件毒性程度的报警提示。同时在线生物预警与常规水质综合参数构成一个智能监测模块，依据内置的污染物指纹搜索数据库，实现饮用水主要污染物的智能化识别和解析。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：天津经济技术开发区环境监察支队

实际应用案例介绍：2010年，项目研制的智能化多参数水质在线监测系统在天津经济技术开发区东区自来水厂取水口对水源水质进行在线监测示范应用。该系统主要对自来水厂入水水质进行监控，测量的参数包括综合五参数、氨氮、总磷、总氮、总有机碳、高锰酸盐指数、生物毒性预警、叶绿素a（藻类）等。整个系统安装、调试完成后一直稳定运行，实现了水质实时在线监测和水质污染情况的有效识别，持续运行至今。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：天津经济技术开发区环境监察支队

联系人：田顺

电 话：022-25202746

地 址：天津经济技术开发区宏达街19号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：杭州聚光环保科技有限公司

联系人：项光宏

电 话：18657716128

E-mail: guanghong_xiang@fpi-inc.com

地 址：浙江省杭州市滨江区滨安路760号

42. 免化学试剂在线水质检测设备

技术依托课题：水质监测材料设备研发与国产化（2008ZX07420-008）

技术依托单位：河北先河环保科技股份有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水体中有机污染物、硝酸盐氮等原位测量

一、基本原理

研发微型小功率紫外光源的脉冲调制技术、酪氨酸酶修饰金刚石薄膜电极传感技术，集成式免试剂、易维护的在线水质监测仪器及水质监测预警系统，避免了有毒有害化学试剂存在的二次污染风险。

二、关键技术

（1）微型小功率紫外光源的脉冲调制技术。通过微型小功率紫外光源脉冲调制技术进行设计，研制了脉冲高压模块,主要由脉冲高压氙灯及驱动氙灯工作的高压电源组成，采用微型小功率紫外光源脉冲调制技术，保证了光源稳定性与寿命(光源稳定时间3个月，寿命10年)。高压电源的设计满足高压氙灯的工作需要，产生1000V的高压，稳定性好，能够输出频率为100Hz的高压方波。

（2）酪氨酸酶修饰金刚石薄膜电极传感技术。使用硼掺杂金刚石薄膜作为电极基底有利于保持酪氨酸活性、降低背景电流，从而得到较高的信噪比和较长的电极寿命；采用共价键结合固定法使酪氨酸酶分子在电极表面实现大量及稳定的固定；在酚类修饰电极的制备过程中，加入纳米粒子N，放大电信号，提高导电性。

三、技术构成

免化学试剂在线水质检测系统的构成单元为紫外吸收（UV）在线分析仪、硝酸盐氮在线分析仪、紫外可见扫描式多参数在线分析仪、浊度在线分析仪、叶绿素在线原位分析仪、水中油在线原位分析仪、水质挥发酚自动监测仪、水质氰化物自动监测仪、水质挥发性有机物自动监测仪、藻活性在线分析仪。其中紫外吸收（UV）在线分析仪、硝酸盐氮在线分析仪、紫外可见扫描式多参数在线分析仪、浊度在线分析仪以紫外吸收光谱特性响应水中有机污染物、无机污染物；水中油在线原位分析仪、水质挥发酚自动监测仪以激发光谱与发射光谱特性响应水中的叶绿素和石油类污染物；水质挥发酚自动监测仪以酪氨酸酶修饰的金刚石电极响应水中的挥发酚类污染物；水质氰化物自动监测仪以氰离子选择电极响应水中氰化物污染物；水质挥发性有机物自动监测仪以挥发性有机物膜萃取后色谱分析水中的挥发性有机物；藻活性在线分析仪以藻类不同生长阶段的荧光光谱特性响应藻浓度。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：岗南水文站

实际应用案例介绍。

2009年8月，浮标式水质自动监测系统在石家庄市岗南水库示范基地正式安装运行。此系统包括课题研究成果浮标式水质自动监测系统及其搭载的免化学试剂原位在线传感器(本课题研究成果：紫外吸收、硝氮、紫外可见扫描、叶绿素、水中油；集成传感器：常规五参数)、数据采集及预警软件，实现了水源地TOC、CODMn、叶绿素等污染参数的在线自动监测。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：岗南水文站

联系人：华伟

电 话：13014377299

地 址：河北省平山县岗南镇

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：河北先河环保科技股份有限公司

联系人：李少华

电话：15511857310

E-mail: lishaohua@sailhero.com.cn

地址：石家庄开发区湘江道251号

管理技术

43. 基于我国饮用水消费习惯的污染物健康风险评价技术

技术依托课题：饮用水水质风险评价方法及其应用研究（2009ZX07419-001）

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段：推广应用

适用范围：饮用水健康风险评价及水质标准制定

主要技术指标和参数：

一、基本原理

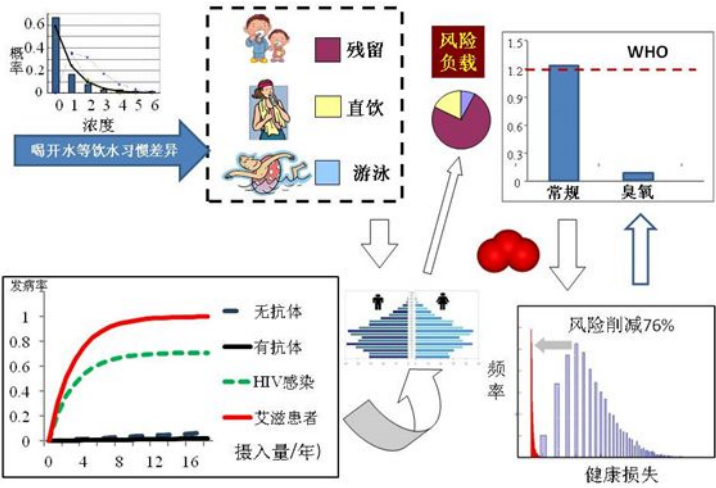
在全面调查我国重点城市的水源和出厂水的水质基础上，结合现有毒理学数据和我国饮用水特殊消费习惯，初步构建了基于我国饮用水消费习惯、人群年龄分布及免疫状况的病原微生物、致癌污染物以及非致癌污染物三类污染物的饮用水健康风险评价方法体系，完成了对隐孢子虫、氯乙酸、全氟化合物、多环芳烃和镍等五类污染物的详细风险评价。对于病原微生物主要采用疾病负担的评价终点，并考虑水的摄入是否沸腾等加热消毒方式进行暴露定理。对于致癌性污染物风险评价主要采用致癌发生率作为终点进行评价。对于非致癌污染物，则采用商值法和污染物的暴露概率超过安全阈值的累计概率进行风险定量。

三、关键技术

基于人群免疫状态的风险评价技术：采用疾病负担作为评价终点，针对我国饮用水特殊消费习惯、采用统合分析方法对不同来源毒性数据进行解析，考虑人群年龄分布及免疫状况的健康风险评价方法，能够实现不同类型污染之间进行横向比对，为风险削减成本-效益分析提供技术基础。

二、技术工艺

采用疾病负担定量风险评价法可以对隐孢子虫等多种污染物经饮用水途径的健康风险进行了评价和分析,评价结果以发病率和表示疾病负担的伤残调整寿命年(disability adjusted life year, DALY)作为风险表征,方法流程:



疾病负担饮用水风险评价技术流程

四、技术来源及知识产权概况

自主创新。

五、应用情况及典型案例

实际应用案例介绍：

第一次比较系统全面地开展了饮用水健康风险评价方法研究,初步构建了基于我国饮用水消费习惯、人群年龄分布及免疫特点的病原微生物、致癌污染物以及非致癌污染物三类污染物的饮用水健康风险评价方法体系,以及基于不连续积分方法和伤残权重校正因子的不同作用终点污染物风险比较方法, 结合针对全国35个重点城市127个水厂的两次大规模水质调查结果,对我国饮用水水质进行了健康风险评价,并针对饮用水卫生规范中健康相关指标进行了风险排序的尝试,提出了我国第一份优先控制污染物清单,建立的方法学体系以及初步应用成果对于推动风险评价在我国供水行业的应用具有重要意义,对政府部门开展饮用水水质标准修订和水质风险管理, 以及供水企业进行供水设施改造提供了重要的科技支撑。

技术应用单位及联系方式：

单位名称：中国城市规划设计研究院

联系人：宋兰合

电话：13031171069

E-mail：songlh21st@sohu.com

地址：北京市车公庄西路5号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院生态环境研究中心

联系人：安伟

电话：18910760907

E-mail：anwei@rcees.ac.cn

地址：北京海淀区双清路18号

44. 供水绩效评估管理技术

技术依托课题：城镇供水绩效评估体系研究与示范（2009ZX07419-006）

技术依托单位：北京首创股份有限公司

技术发展阶段：示范类技术

适用范围：供水行业和企业绩效评估与管理、政府部门对供水企业的监督与管理

主要技术指标和参数：

一、基本原理

结合我国城市供水行业管理特点，借鉴国际绩效管理框架与成功经验，采用统计分析、检验、理论研究和现场数据调研相结合，专家评审与多方论证相呼应的方法，建立了涵盖6类评价领域24个绩效的绩效指标体系，定义了49个指标变量及其数据采集、校核方法，为供水企业的运营管理、政府主管部门的监督管理提供了可量化管理和考核依据。

二、关键技术

（1）供水绩效指标的评价与筛选

分析和研究国际上成功应用的绩效指标以及我国的绩效指标；运用绩效指标使用频度分析、专家咨询、问卷调查和统计检验等方法，依据目的性、全面性、精炼性、层次性、可比性、科学性、可测性、独立性等原则评价和筛选了供水绩效指标，构建了中国绩效指标体系。

（2）绩效数据的采集和校核方法

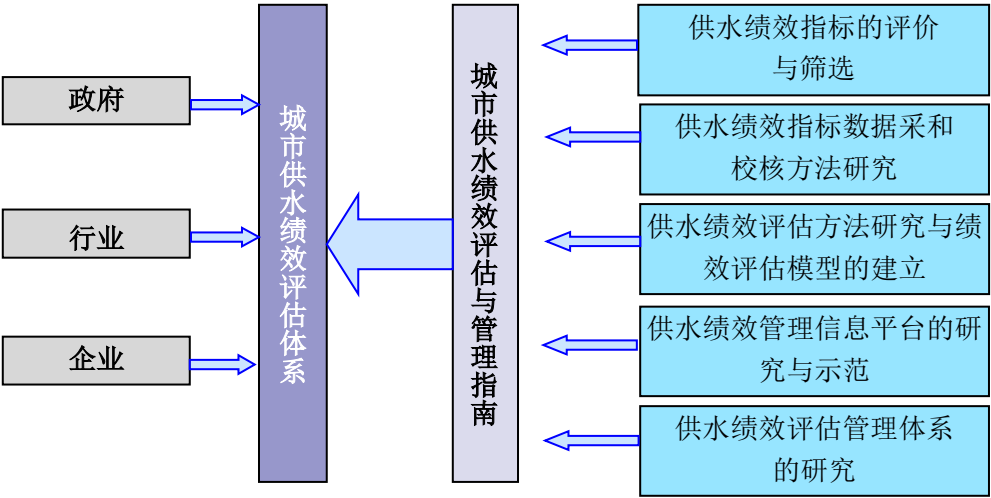
借鉴IWA关于数据类型的定义、划分依据和“国际会计准则”中可靠性理论，定义了绩效指标数据和数据的准确性和可靠性；根据数据来源或获取途径不同（如管理信息系统、台账报表、第三方权威机构等）定义了数据采集方法和校核方法。

（3）评估方法与评估模型研究

研究目标管理法、关键绩效指标考核法、平衡记分卡法、“3E”评价法、标杆管理法等评估方法和流程，结合经济系统本身的复杂性，确定了以 KPI 绩效考核方法为主的绩效评估模型；研究企业基准值、行业基准值或行业通用的经验值设定了评估模型基准值。

（4）供水绩效管理信息平台的研发

基于“云计算”的信息计算平台，采用模块化开发和B/S（浏览器/服务器）模式，搭建了城市供水绩效信息管理平台，实现了多地绩效评估信息的在线填报和多维度、多侧面的绩效信息结果展示，为其全国范围内的推广应用奠定基础。

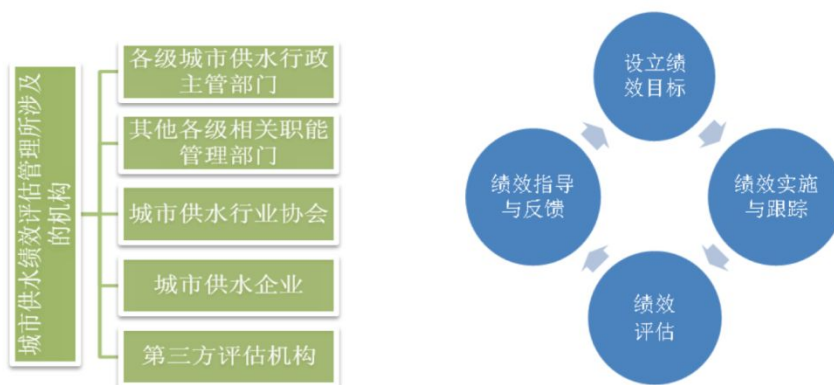


供水绩效评估体系关键技术框架



(5) 城市供水绩效评估管理体系的研究

从供水企业管理、行业引导和政府监管需求出发，根据统一协调、分级管理，系统开放、数据共享，第三方独立评估与企业自我评估相结合，公平公正、程序规范，公开透明、公众参与以及激励相容等原则编制了《供水绩效评估技术指南》和《供水绩效评估管理办法（讨论稿）》，有助于完善饮用水安全保障管理技术体系。



三、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

四、应用情况及典型案例

应用情况：在上海市自来水市南有限公司、安庆市自来水公司、成都市自来水有限责任公司、马鞍山首创水务有限责任公司、铜陵首创水务有限责任公司、淮南首创水务有限责任公司等6家水务企业开展示范应用，这些水务企业具有不同规模、跨流域区域化的典型特点，其所在城市具有明显的经济差异，课题研究成果在提高这些典型水务企业的绩效管理水平的同时，也反映出企业运行管理中的不足，这在整个供水行业中发挥了示范效应。

典型案例：

课题实施期间，示范企业淮南首创的运行管理绩效水平得到不同程度变化。以2009年到2011年的绩效指标变化为例：管网压力合格率由98.5%提高99.6%；产销差率由43%降低到41%；配水综合单位电耗降低了8%；水池供水能力利用率稳定在70%左右；当期水费回收率稳定在97.6%的良好水平；电话接通率由87%下降到63%。此外，绩效课题的实施还促进了GIS、SCADA、营收系统等信息化系统的实施或升级，强化了企业的信息化建设。

技术应用单位及联系方式：

联系单位：淮南首创水务有限责任公司

联系人：王全胜

电 话：13866313922

E-mail: wqs1010@163.com

地 址：淮南市田家庵区朝阳中路

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京首创股份有限公司

联系人：张现国

电 话：010-84552266

E-mail: zhangxianguo@capitalwater.cn

地 址：北京市朝阳区北三环东路8号静安中心七层

45. 地表水饮用水源保护区划分技术

技术依托课题：饮用水源地保护与管理技术研究与示范（2009ZX07419-003）

技术依托单位：中国环境科学研究院、贵阳市环境保护科学研究院

技术发展阶段：示范类技术

适用范围：集中式地表水（河流、湖库型）水源地。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

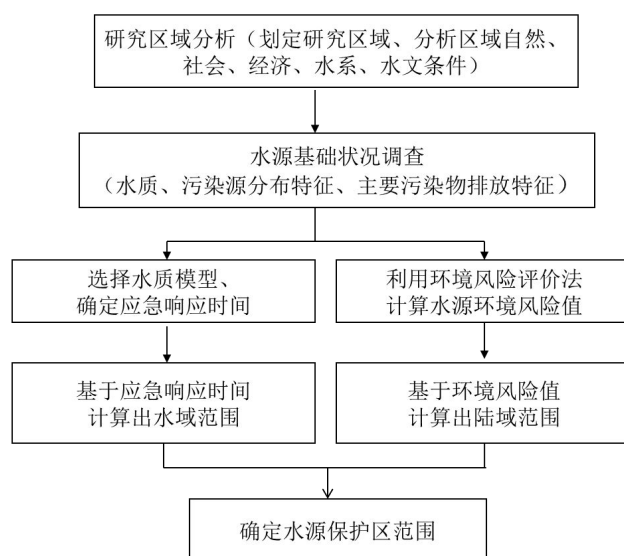
针对水源上游区域潜在的污染风险，通过分析水源上游区域主要污染源类型、分布特征及水源污染特征，以正常情况下满足风险源管理的需求、出现突发环境事件时有足够的时间关闭取水口为原则，建立基于环境风险管理的地表水水源保护区划分方法。正常情况下满足风险管理的需求，主要是依据水源陆域范围污染源风险的高低，确定水源保护区陆域范围的大小，以实现风险源的科学管理，降低事故风险；出现突发环境事件时有足够的时间关闭取水口，则是通过在一定的应急响应时间内（发生突发环境事件到启动应急程序关闭取水口的时间）内污染物迁移距离（TOT迁移时间法）作为保护区的水域范围，以确保取水口的安全。

二、关键技术

此项关键技术核心是利用应急响应时间和环境风险值实现了保护区水域和陆域划分方法的耦合。利用该方法划分水源保护区，可实现水源地水域和陆域不同保护目标的兼顾，既可在日常管理时有效防范水源陆域风险，又可在突发环境事件发生时保证取水口安全。该技术解决了水源保护区陆域全部依靠经验值确定的难题，创新性地提出了基于环境风险的地表水源保护区划分方法，解决了当前水源保护区划分技术对突发环境事故风险考虑不足的问题，且保护区划分方法更为科学合理和便于操作。

三、技术工艺

该技术的工艺流程如下：开展水源上游陆域风险源分布状况调查，计算水源上游不同汇水区域企业的环境风险值；选择水质模型，进行模型参数的率定和模型验证；依据水源地管理的现状，确定应急响应时间；利用水质模型模拟应急响应时间内主要污染物迁移的范围作为保护区水域的范围；比较各区域风险值的大小，并确定各风险值与最小值之间的比例；参照《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ/T338-2007）的经验值确定风险值最低区域陆域范围，其余区域的陆域范围依据比例扩大。



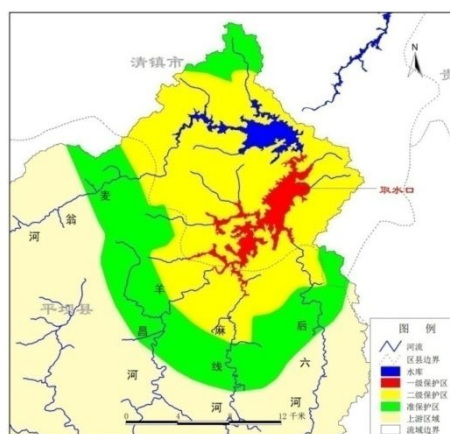
四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

实际应用案例介绍：

该技术依托贵阳市红枫湖水库水源地进行技术示范。通过开展红枫湖水源地主要入库支流羊昌河、麦翁河、麻线河、后六河、卫江大渠等5条河流流域内的81家企业环境风险状况的调查评价，计算出5条支流区域环境风险值，其中，羊昌河流域的环境风险最高，环境风险值1.73，卫家大渠流域环境风险值为0.22，后六河无环境风险。考虑湖库水源地的特点，确定各支流入库口作为敏感目标进行保护。选择MIKE21进行水质模拟，确定应急响应时间为2个小时，红枫湖水源保护区采用的划分方法为：利用经验类比法确定一级保护区水域和流域范围；利用应急响应时间法确定各入库支流二级保护区水域范围，利用环境风险评价法确定各入库支流的二级保护区范围，并根据红枫湖水源保护的需要，参照二级保护区划分方法划定准保护区。



红枫湖水源保护区示范研究结果示意图

红枫湖饮用水源保护区示范研究结果与现状比较

项目	一级保护区(k m ²)	二级保护区(k m ²)	准保护区(k m ²)	上游面积(k m ²)	流域面积(k m ²)
保护区现状	31.97	132.27	320.37	1111.39	1596
示范研究结果	21.26	246.91	158.53	1169.30	1596

面积变化	-10.72	+114.64	-161.84	+57.91	0

红枫湖水源保护区面积变化对环境管理具有较强的现实意义。水源地一级保护区面积缩小且大部分为水域,可降低水源一级保护区周边陆域整治的难度,解决红枫湖水源地一级保护区违章建筑物清拆和居民搬迁的难题;二级保护区范围扩大后,保护区内的企业污染源数量增加,通过加大管理力度,既可保障二级保护区内无排污口,又能在一定程度上降低农业种植和农村生活的污染强度;从应对突发环境事件的角度,可确保入库支流水体在进入库区前有足够的时间响应污染事件。同时,红枫湖流域以农业种植为主,流域上游交通不便,工业企业多位于准保护区和二级保护区及湖边。准保护区面积缩小,在不影响支流水质的情况下,可以适度减少对污染物排放的控制力度,减轻环境监管的压力。

技术应用单位名称及联系方式

单位名称: 贵阳市环境保护科学研究院

联系人: 李越越

电 话: 13985110660

E-mail: 627974997@qq.com

地 址: 贵阳市南明区青云路488号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 付青

电 话: 010-84915302

E-mail: fuqing@craes.org.cn

地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

46. 生活饮用水水源水质标准制定技术

技术依托课题: 饮用水源与饮用水水质标准支撑技术研究(2009ZX07419-002)

技术依托单位: 中国城市规划设计研究院、中国疾控中心水质环境与健康相关产品安全所、中国环境科学研究院等

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 生活饮用水卫生标准、生活饮用水水源水质标准的(修)制订、标准实施及动态评估。

主要技术指标和参数:

一、技术需求

针对我国饮用水安全管理中存在的水质标准不协调的问题,系统开展水质标准制定及标准实施支撑技术研究,为建立切实有效的饮用水安全保障管理技术体系提供科学技术支撑。

二、关键技术

基于污染物可处理性的饮用水源水质标准制定技术。

三、技术要点

1、基于污染物可处理性分析的水源水质指标体系建立

通过文献研究、实际水厂调查和污染物加标中试实验,对《生活饮用水卫生标准》中规定的各种污染物的可处理性进行分析,确定与简易处理、常规处理、深度处理等三种净水工艺类型相对应的三级水源水质指标的限值。

2、基于我国饮用水水源水质特点的水源水质检测及评价技术

通过对近年来我国饮用水水源污染物的区域分布及季节变化特征的分析,结合出厂水水质实际检测情况,确定不同水源(地表水源和地下水源)相关污染物的检测频率,提出了适用于我国水源特点的以“级别评价”替代“达标评价”的水源评价方法。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

根据关键技术形成的主要成果，已经在城市供水行业管理中得到应用。

课题提出的《生活饮用水水源水质标准》修订案已采纳，修订后的标准将替代现行《生活饮用水水源水质标准》（CJ 3020-93）。

地 址：北京市三里河路9号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国城市规划设计研究院

联系人：宋兰合

电 话：010-58323312

E-mail: songlh21st@sohu.com

地 址：北京市车公庄西路5号

47. 饮用水水质监测标准化技术

技术依托课题：水质监测关键技术及标准化研究与示范（2008ZX07420-001）

技术依托单位：中国城市规划设计研究院、中科院生态环境研究中心、济南市供排水监测中心等

技术发展阶段：推广应用

适用范围：生活饮用水水质检测及水质在线监测。

主要技术指标和参数：

一、技术需求

我国饮用水水质检测方法标准滞后于检测技术的发展、在线监测缺乏技术规范、缺乏应对突发性污染事故的应急监测方法和技术，饮用水水质监测技术体系整体发展滞后，难以有效支撑《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）的全面实施。为适应标准实施、应急处理、水质督察和运行管理的需要，需完善《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）水质指标的实验室水质检测方法标准，开发适用于突发性污染事故的应急监测方法和技术，规范水质在线监测设备在饮用水领域的应用。

二、关键技术

实验室检测技术，城市供水水质在线监测技术，城市供水应急监测技术。

三、技术要点

1、实验室检测技术

对 62 项水质指标的检测方法进行了方法的开发和完善，使得《生活饮用水卫生标准》全分析的检测成本降低 20%，检测时间缩短 30%，为《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）的全面实施提供了检测技术基础。

2、水质在线监测技术

针对浊度、余氯、电导率、氨氮、UV254、pH、温度、叶绿素 a 和溶解氧等 9 项指标，编制了《城市供水水质在线监测技术规程》，规程从在线监测设备的性能参数、适用条件、运行维护的技术要求、校验方法及数据有效性判别等方面进行规范，填补了我国供水行业在线监测方法的空白。

3、应急监测技术

在搜集分析近 1000 例城市供水应急案例的基础上，筛选出 180 种我国城市供水特征污染物，建立了基于荧光免疫法、酶联免疫法的藻毒素、汞等 8 项污染物的快速监测方法，编

制了《城市供水水质应急监测方法指南》和《城市供水特征污染物监测技术指南》2项技术指南。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

课题提出的《城市供水水质检验方法标准》和《城市供水水质在线监测技术规程》建议稿，住房和城乡建设部正式列入修订计划。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国城市规划设计研究院

联系人：何琴

电 话：010-58323358

E-mail：heqin916@163.com

地 址：北京市车公庄西路5号

48. 三级水质监测网络构建技术

技术依托课题：三级水质监控网络构建关键技术与示范（2008ZX07420-002）

技术依托单位：中国城市规划设计研究院、住房和城乡建设部信息中心

技术发展阶段：推广应用

适用范围：国家、省、市级城市饮用水水质监控网络的构建；支持城市饮用水水质监测预警系统建设。

主要技术指标和参数：

一、技术需求

解决城市供水水质信息不畅通、信息难整合等城市供水水质监测预警系统建设的关键问题，为各级政府建立通畅的水质信息通道并为城市饮水安全实施监控（如城市供水水质预警与应急系统的建设）提供技术支撑。

二、关键技术

在线监测信息采集与传输、实验室检测数据可定制自动导出导入、应急监测数据采集与传输、三级水质监控中心网络通讯平台构建。

三、技术要点

1、构建用户系统和权限管理，采用 WEB service 技术，建立统一的身份认证体系及数据交换接口，保证课题研发的多个软件具有统一的用户编码；

2、建立数据上报指标体系；

3、统一城市供水管理信息系统的关键编码规则；

4、针对城市供水水质在线监控的特点，通过初步建立数采仪通讯协议，实现对具有反控功能的在线监测设备，数据监控中心应可远程操作；

5、初步探索了适用于不同网络条件下的三级网络 vpn 与政务外网组网方式。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

①国家级城市供水水质监控网络框架

应用单位：建设部城市供水水质监测中心

联系方式：

联系单位：中国城市规划设计研究院

联系人：周长青

电 话：58323371

E-mail: zhoucq@nwqc.gov.cn

地 址：北京车公庄西路 5 号

●城市供水水质在线监控网络框架建设

可接收山东省、杭州市、东莞市三个示范地城市供水水质在线监测实时数据。

●城市供水水质数据上报（非实时）监控网络框架建设

实现重点城市全覆盖，接收日常水质数据上报和年度全国城市供水水质督查数据上报；可接收山东省、杭州市、东莞市三个示范地的非实时（上报）数据，可接收江苏省省级自建（异构）系统的上报数据。

●组网方式

非实时数据采集网的组网方式是：与山东省省级监控中心为 VPN 组网，与杭州和东莞监控中心采用数据加密后公网传输。

实时数据采集网的组网方式是：在山东省监控中心组服务器的许可下，接收山东省在线监测数采仪单点多发实时数据；与杭州和东莞监控中心实现在线监测数据库端经加密后的实时对接。

●运行状况

所有系统正常运行。全国城市供水管理信息系统于 2010 年 3 月开始运行，可查看各地上报数据；城市供水水质数据上报系统新版于 2009 年开始运行，可查看重点城市上报数据；城市供水水质在线监测信息管理平台于 2012 年 1 月开始运行，可查看各地水质在线实时数据。

●应用关键技术点

共性应用：统一用户认证体系、关键编码规则、EXCEL 导入模板

特性应用：数据接口、混合组网、实验室 lims 数据导入

②山东省城市供水水质监控网络框架

应用单位：山东省住房和城乡建设厅、济南市供排水监测中心

联系方式：

联系单位：山东省住房和城乡建设厅

联系人：王冠

电 话：0531-87080817

E-mail: sdcj87080820@126.com

地 址：山东省济南市市中区小纬四路 46 号

联系单位：济南市供排水监测中心

联系人：陈兴厅

电 话：13964136122

E-mail: chenxingting168@163.com

地 址：山东省济南市市中区纬五路 68

●示范内容

省市两级协同建设

●城市供水水质在线监控网络框架建设

济南市完成 5 个水库输水管道起点的水质在线监测点建设、2 个地下水厂进厂原水水质在线监测点建设、共享已建的 5 个地表水厂进厂原水水质在线监测点、完成 7 个水厂出厂水水质在线监测点建设、30 个管网水水质在线监测点（其中二次供水单位 10 个，管网点 20 个）建设。

潍坊市新建 1 个水源地、2 个水厂和 2 个管网点水质在线监测点，东营市 1 个水源地、

1 个水厂和 2 个管网水质在线监测点。

●城市供水水质数据上报（非实时）监控网络框架建设

非实时数据采集网（水质、水量、基础信息），覆盖山东省住房和城乡建设厅管理下的全部地级市、覆盖的县级市和县城合计 52 个

●组网方式

城市供水水质监控中心硬件设备置于济南市供排水监测中心 6 楼市政数字化机房。山东省省内非实时数据采集网利用公网，实时数据采集利用 GPRS。

山东省省级数据中心与国家级数据中心采用 VPN 组网方式实现数据上报在数据库层面的及时上传。实时采集数据由山东省省级监控平台应用城市供水水质在线监测信息管理平台软件控制向国家级平台实现单点多发。

●运行状况

山东省暨济南市水质监测网络于 2010 年 11 月正式上线。系统登录网址：<http://58.59.9.55/fw0901>。

●应用关键技术点

共性应用：统一用户认证体系、关键编码规则、EXCEL 导入模板。

特性应用：水库型供水水源，采用明渠或管道远距离输水的城市供水水质监控在线监测点布局，城市供水水质在线监测数采仪通讯协议，在线监测设备单点多发，与国家站的 VPN 组网。

③杭州市城市供水水质监控网络框架

应用单位：浙江省杭州市公用事业监管中心（杭州市城管办）、市水业集团、市环保局、市林水局

联系方式：

联系单位：浙江省杭州市公用事业监管中心

联系人：王润

电 话：0571-86418522

E-mail: ambrosini@vip.qq.com

地 址：杭州市江干区三里亭三区 1 幢

●示范内容

省域水环境综合治理重点区域

●城市供水水质在线监测网络框架建设

杭州市共享环保现有 5 个水源点，水业集团 4 个出厂水监测点，4 个杭州市区管网监测点，按市政府的协调，示范性点位的在线监测实时数据已进入杭州市级数据采集中心。

●城市供水水质数据上报（非实时）监控网络框架建设

非实时数据采集网（水质、水量、基础信息），覆盖杭州市水业集团供水范围。

●组网方式

城市供水水质监控中心硬件设备置于杭州市华数政务集约中心机房。杭州市城市级数据采集组网方式为从政务外网向水业集团布置专线，建立在线监测数据共享通道（可从水业集团数据库获取信息）；通过在已纳入政务外网的林水局、环保局机房建立前置服务器（双网卡），获取共享信息，发送到水质监控中心服务器。

杭州市市级数据中心与国家级数据中心之间的网络构建，采用数据库层面的对接，即上报数据加密后利用公网实现及时上传。实时采集数据在数据中心的关系型数据库经加密后向国家级平台的实时数据库发送。

●运行状况

于 2011 年 3 月启用，系统登录网址：<http://125.210.34.179/fw0901>。

●建设特点

实现水业集团、林水局、环保局按权限的多部门信息共享。环保部门和供水企业在线监测数据共享模式为服务器端建立接口对接。

利用环保部门建设的杭州市钱塘江入境断面渔山地表水水质在线监测站作为城市供水水质在线监测网的上游节点，形成第一道城市供水水质预警防线。

●应用关键技术点

共性应用：统一用户认证体系、关键编码规则、EXCEL 导入模板

特性应用：政务外网内用户与非政务外网用户的数据采集组网方式、多部门信息共享模式、多部门在线监测信息共享方式是采用服务器端建立接口实现共享。在线监测信息与国家级实时数据库的传输方式为通过 JDBC 数据库连接池登录 SQL Server 2008 关系库，定时读取实时数据。人工上报数据加密后向国家站传输。

④东莞市城市供水水质监控网络框架

应用单位：东莞市水务局

联系方式：

联系单位：东莞市水务局水质中心

联系人：戴吉胜

电 话：13602336301

E-mail: djsaa@163.com

地 址：东莞市东城区梨川周屋围大街

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国城市规划设计研究院

联系人：边际

电 话：010-58323376

E-mail: bianji@nwqc.gov.cn

地 址：北京市车公庄西路5号

49. 水质信息管理系统构建及可视化技术

技术依托课题：水质信息管理系统及可视化平台关键技术研发与示范（2008ZX07420-003）

技术依托单位：住房和城乡建设部信息中心、中国地质大学(武汉)、中国城市规划设计研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：饮用水水质监测预警系统建设。

主要技术指标和参数：

一、技术需求

针对城市供水主管部门难以及时完整获取水质数据、多样化海量水质数据难以综合处理和分析等城市供水水质监测预警系统建设的关键问题，建立国家、省、市三级水质信息管理系统及可视化平台，支撑水质安全监管，形成新的管理形态。

二、关键技术

基于水质数据时空关系模型，基于数据融合的辅助决策支持技术，基于加权计算的水质综合分析评价技术，基于GIS的水质信息空间分析。

三、技术要点

1、基于时空关系模型的水质数据存储技术

基于水质数据时空关系模型，实现水质数据以及时空关系的高效存储。提供多种水质数据检索优化策略。

2、基于数据融合的辅助决策支持技术

研究基于时空关系的水质数据可靠性技术、融合基于时空关系的生产流程、时间序列和管理层级的高可靠水质数据。

3、基于加权计算的水质综合分析评价技术

建立面向层级的宏观、综观、微观的城市供水水质管理效能综合评价体系。提出城市供水水质综合管理效能评价方法。

4、基于 GIS 的水质信息空间分析

通过研究水质数据叠加模型、缓冲模型和拓扑模型，构建水质数据叠加对比分析、缓冲对比分析和拓扑对比分析工具。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

山东省及济南市水质信息管理系统及可视化平台

应用单位：济南市供排水监测中心

针对水质数据管理困难、水质数据表现方法单一、水质数据缺乏分析手段、水质数据分级管理机制尚未健全等现状，本课题研究并突破了以上关键技术，研发了山东省及济南市水质信息管理系统及可视化平台，提供多种可视化表达方式，并整合各类信息，提供多维数据分析手段，展示水质信息、分析水质变化趋势、提供应急处置信息化支持。

山东省及济南市水质信息管理系统及可视化平台部署在山东省及济南市城市供水水质预警监控中心，目前通过三级网络课题的数据入库，山东省已有 58 个在线监测点实现了数据监测和传输入库，其中济南市 49 个、潍坊市 5 个、东营市 4 个，平台可以开展数据管理、展示和分析。山东省已有 140 多个水司和 240 多个水厂开始使用平台按月、按日上报实验室检测数据。

联系方式：济南市供排水监测中心

联系单位：济南市供排水监测中心

联系人：陈兴厅

电 话：0531-88668366

地 址：济南市市中区纬五路 68 号

东莞市水质信息管理系统及可视化平台

应用单位：东莞市水质监测中心

实际应用案例介绍。

本课题研究并突破了以上关键技术，研发了东莞市水质信息管理系统及可视化平台，目前通过三级网络课题的数据入库，可对 20 多个在线监测点的实时与历史数据进行展示、分析、提示异常情况，辅助东莞市水质监测中心日常在线监测管理。可对 30 多个水司和 40 多个水厂的日报和月报数据进行管理和分析。

联系方式：东莞市水质监测中心

联系单位：东莞市水质监测中心

联系人：戴吉胜

电 话：0769-27285456

地 址：东莞市学院路 178 号

杭州市水质信息管理系统及可视化平台

应用单位：杭州市城管办

本课题研究并突破了以上关键技术，研发了杭州市水质信息管理系统及可视化平台，杭州市水质信息管理系统及可视化平台基于 5 个原水监测点、4 个出厂水监测点、4 个管网水监测点水质在线监测数据和水业集团实验室检测数据（共计 140 项指标）进行水质管理和

可视化监测,通过数据交换方式获取水业集团、环保局、林水局等各部门和各单位的数据(包括市区4个水厂取水口、渔山断面、水业集团4个管网监测点,共11个在线监测点,10类43个参数),可满足杭州市城市供水水质的信息化管理需求,为供水水质的日常管理、信息可视化提供工作平台。

联系方式:杭州市城管办

联系单位:杭州市城管办

电 话:0571-86418522

地 址:杭州市中河北路90号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:住房和城乡建设部信息中心

联系人:郝力

电 话:010-58934213

E-mail: haolihao126@126.com

地 址:北京市三里河路9号

50. 水厂应急净化技术

技术依托课题:自来水厂应急净化处理技术及工艺体系研究与示范(2008ZX07420-005)

技术依托单位:清华大学、北京市市政工程设计研究总院、中国城市规划设计研究院等

技术发展阶段:推广应用

适用范围:饮用水水源突发性污染水厂净水应急处理。

主要技术指标和参数:

一、技术需求

针对近年来城市水源污染事故频发的现状,开发应急处理技术,为行业提供应急供水技术规范,为供水企业提供应急供水工程技术与工艺,并对有关地区城市的应急示范工程建设提供技术支持。

二、关键技术

应对可吸附污染物的应急吸附技术、应对金属和类金属污染物的化学沉淀技术、应对还原性/氧化性污染物的化学氧化/还原技术、应对微生物污染的强化消毒技术、应对挥发性污染物的曝气吹脱技术、应对藻类暴发的应急综合处理技术。

三、技术要点

1、应对可吸附污染物的应急吸附技术

可以有效应对66种污染物,包括26种芳香族化合物、20种农药、3种卤代烃、9种人工合成有机物、3种藻类特征污染物、5种多环芳烃。粉末活性炭的投加量应急时一般为10-40mg/L,一般不超过80mg/L。活性炭吸附时间最低为30分钟。

2、应对金属和类金属污染物的化学沉淀技术

可以有效应对铬、镉、汞、铅、铊、铋、钡、银、铍、钒、钛、铜、锰、镍、锌、钴、砷、硒等重金属和类金属类污染物,具体可分为弱碱性化学沉淀法、铁盐沉淀法、硫化物沉淀法、磷酸盐沉淀法等。

3、化学氧化/还原技术

化学氧化/还原技术,可有效应对金属锰、铬,无机离子硫化物、氰化物、氨氮、亚硝酸盐,有机物微囊藻毒素、甲硫醇、乙硫醇、甲硫醚、二甲二硫、二甲三硫、水合肼,以及消毒副产物氯化氰。与化学沉淀法组合,还可有效应对砷、铊、铋3种金属和类金属。

4、应对挥发性污染物的曝气吹脱技术

采用曝气吹脱法对三氯甲烷、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷、四氯化碳、三溴甲烷、氯

乙烯、二氯甲烷、1,1二氯乙烯、1,2二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、1,1,1三氯乙烷、1,1,2三氯乙烷、1,2二氯乙烷、三氯甲烷总量等15种短链氯代烃及部分消毒副产物。

5、应对微生物污染的强化消毒技术

可有效应对细菌总数、总大肠菌群、耐热大肠菌群、粪型链球菌群、肠球菌、产气荚膜梭状芽孢杆菌、隐孢子虫、蓝氏贾第鞭毛虫等8种微生物指标。

6、应对藻类暴发引起水质恶化的综合应急处理技术

运用粉末活性炭吸附、预氧化技术组合技术及强化常规工艺，可有效应对因藻类暴发而释放的土臭素、二甲基异冰片、环柠檬醛等藻类代谢类致臭物质和甲硫醚、对甲硫醚、二甲二硫、二甲三硫等藻类腐败恶臭物质。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：自主研发

五、应用情况及典型案例

应用单位：多项应急处理技术在北京自来水集团有限责任公司第九水厂、广州市自来水公司、天津自来水集团有限公司凌庄水厂、成都市自来水有限责任公司第六水厂、济南市清源水务公司、无锡市自来水总公司相关示范工程，以及2012年广西龙江河镉污染事故、2011年浙江余杭饮用水臭味事件的应急供水实践中都有应用。

北京自来水集团有限责任公司第九水厂：2009年投入使用，应急处理能力150万m³/d，示范技术是粉末活性炭吸附和高锰酸钾氧化等应急处理技术。该示范工程大大提高了第九水厂应对有机污染物、还原性污染物和季节性藻类致嗅物质浓度升高等水源水质问题的能力。

广州市自来水公司：示范地点在广州市西部的西村、江村、石门三个自来水厂，2009年投入使用，净化处理能力220万m³/d，示范技术是粉末活性炭吸附、化学沉淀、高锰酸钾氧化等应急处理技术。该示范工程大大提高了水厂应对有机污染物、重金属类污染物、氰化物等还原性污染物的能力。

无锡市自来水总公司：无锡市自来水公司“太湖水源水厂应急处理工程”，位于南泉水源厂和中桥、雪浪、锡东三个水厂内，2009年投入使用，净化处理能力115万m³/d，示范技术是粉末活性炭吸附和高锰酸钾氧化等应急处理技术，大大提高了无锡市应对太湖水源水质变化，保障安全供水的能力。

成都市自来水有限责任公司第六水厂：该示范工程位于成都市第六水厂取水口和厂内，2011年投入使用，净化处理能力140万m³/d，示范技术是粉末活性炭吸附和高锰酸钾氧化等应急处理技术。由于成都市以都江堰水系作为单一水源，该示范工程的使用，提高了成都市应对水源水质污染的能力。

天津自来水集团有限公司凌庄水厂：凌庄水厂的应急处理工程包括采用粉末活性炭工艺来进行活性炭吸附应急处理、通过加氯间改造来进行强化消毒应急处理、通过加药间改造和斜板沉淀池改造来进行化学沉淀和化学氧化应急处理。2010年投入使用。示范地点在天津市凌庄水厂内，2010年投入使用，净化处理能力50万m³/d。

济南市清源水务有限责任公司：位于济南市的鹊华水库、玉清水厂内，2011年投入使用，处理能力40万m³/d。主要包括药剂投加口和加药系统，实现高锰酸钾、二氧化氯和粉末活性炭的自动投加。

柳州威立雅水务有限公司：2012 年1月下旬至2月中，广西龙江河受到高浓度含镉污水污染，柳州等地数百万人饮用水安全受到严重威胁。根据本课题研究成果，提出了以弱碱性铁盐化学沉淀法为核心的一系列应急净水技术。该应急净水技术在柳州市的柳西水厂（30 万m³/d）等主力水厂投入应用，有效去除了镉、砷、铊、锑等多种重金属，确保出厂水质达标，为此次水污染事件的顺利解决提供了有效的技术保障。

杭州余杭水务有限公司：2011年6月5日，浙江省杭州市余杭区发现自来水有浓烈异味，瓶窑水厂（5万m³/d）因此被迫关闭。根据本课题研究成果，确定了以粉末活性炭吸附为主的应急处理技术方案、开展实验室可行性研究并指导工程实施，经过连夜试验、调运应急物资并在工程上实施，于6月8日晚实现对污染物的有效去除，并于6月9日上午11点全面恢复供水。

联系单位：北京自来水集团有限责任公司第九水厂

联系人：张春雷

电 话：13520484816

E-mail: cnyther@126.com

地 址：北京自来水集团有限责任公司

联系单位：成都市第六水厂

联系人：谢海英

电 话：13881999974

E-mail: xiehaiying3@sina.com

地 址：成都市自来水有限责任公司

联系单位：广州自来水集团有限责任公司

联系人：陈诚

电 话：13828482980

E-mail: aska_chen@126.com

地 址：广州自来水集团有限责任公司

联系单位：济南市供排水检测中心

联系人：冯桂学

电 话：13406957508

E-mail: fengguixue11@163.com

地 址：济南市供排水检测中心

联系单位：天津自来水集团有限公司凌庄水厂

联系人：李荣光

电 话：13821351232

E-mail: lirongguang@gmail.com

地 址：天津自来水集团有限公司

联系单位：无锡市自来水总公司

联系人：别娜娜

电 话：13812065601

E-mail: zlssz@126.com

地 址：无锡自来水总公司

联系单位：柳州威立雅水务有限公司

联系人：袁坚

E-mail: yuan.jian@lz-veoliawater.com

地 址：广西壮族自治区-柳州市-鱼峰区东环路 81 号 545006

联系单位：杭州余杭水务有限公司

联系人：陈潜

E-mail: cq3007a@163.com

地 址：杭州市余杭区临平藕花州大街 231 号 311100

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：陈超

电 话：010-62781779

E-mail: chen_water@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园 1 号

51. 供水系统规划调控技术

技术依托课题：城市供水系统规划调控技术与示范（2008ZX07420-006）

技术依托单位：中国城市规划设计研究院、重庆大学、北京市政工程设计研究总院和郑州市自来水总公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市总体规划中的供水专项规划。

主要技术指标和参数：

一、技术需求

针对目前我国城市空间布局不协调、缺乏对应急供水的考虑、缺乏对区域供水的考虑等城市规划中的问题，建立相关的技术方法体系，以在区域协调、经济补偿、利益共享的基础上统筹规划水资源配置、水源选取与保护以及供水设施的统一布设等，为地方政府组织和科学编制城市供水系统规划提供技术指导。

二、关键技术

城市供水系统高危要素识别及系统应急能力评估方法，基于空间协调、协同供水和多级调度的城市供水规划调控技术，城市供水系统规划方案的综合评估方法。

三、技术构成

1、城市供水系统高危要素识别及系统应急能力评估方法

从水源、输水、净水、配水、用水的供水系统全流程，运用支撑作用与压力响应分析，建立包括水源、水厂、管网等30个规划指标的城市供水安全保障及应急能力评估方法。

2、基于空间协调、协同供水和多级调度的城市供水规划调控技术

在城镇体系规划和城市总体规划层面，以保障安全供水、优化供水系统和管控污染事故为重点，协调供水系统与城镇体系、产业布局、交通等重大基础设施的空间规划布局，建立供水系统区域共享和城乡统筹的规划模式，形成水源切换、清水互联和用水管控等多级应急供水调度的供水系统多目标情景分析规划方法。

3、城市供水系统规划方案的综合评估方法

立足供水系统全流程及其生命全周期，建立包括管网节点压力、流速、水龄、供水设施建设投资、供水系统运行费用、供水系统应急能力等13个指标的城市供水系统规划方案的综合评估方法，形成“城市供水系统动态仿真模型及规划决策支持系统”，为城市供水系统规划提供了应用工具。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

1、济南市城市供水系统规划调控示范研究

应用单位：济南市市政公用事业局

针对济南市供水水源组成复杂但严重依赖黄河、现状供水管网耗能高、应急能力薄弱等问题，应用协同供水和多级调度等技术，确定了分区连片的供水模式，优化了多水源条件下城市供水设施布局。在2010年济南市南部山区三个山区水库全部干涸的情况下，保障了南部高地势用水区的供水压力，同时综合耗能降低了约10%。

联系单位：济南市市政公用事业局

电 话：0531-66605500

地 址：济南市历下区龙洞路龙奥大厦4楼E区

2、郑州市多水源条件下城市供水系统优化布局与科学调度的规划方案研究

应用单位：郑州市自来水投资控股有限公司

针对郑州市供水管网压力调度困难、爆管事故频发的问题，采用供水系统多级调度技术，建立了规划管网模型和管网微观水力模型，优化了分区分压供水系统及提升泵站的布局，可以显著改善西南片区供水管网压力，降低爆管频率。

联系单位：郑州市自来水投资控股有限公司

电 话：0371-67680000

地 址：河南省郑州市中原中路67号

3、东莞市区域供水规划的系统安全综合评估及应急供水多级调度方案示范研究

应用单位：东莞市城市水务局供水管理科

针对东莞市水厂众多但几乎全部依赖东江的水源单一问题，为提高水源应急能力，应用应急能力评估技术，建立了莲花山水库等库群与东江水源联合调度的规划模式，并提出了咸潮入侵水源及江库各水源污染情景下的水源调度方案，规划的实施将显著增强供水应急能力。

联系单位：东莞市城市水务局供水管理科

联系人：

电 话：0769-22830799

E-mail：

地 址：东莞市行政办事中心主楼七楼

4、密云新城供水系统规划示范研究

应用单位：北京檀州自来水有限责任公司

针对密云新城快速发展但水源供需矛盾突出的问题，运用供水系统规划方案的综合评估方法，构建了地下水源、水库引水和再生水组成的多水源系统，并提出了供水厂扩建和管网分区建设的合理时序，促进了该地区再生水利用，保障了供水安全，提高了投资效益。

联系方式：

联系单位：北京檀州自来水有限责任公司

联系人：

电 话：010-69046119

E-mail：

地 址：北京市密云县鼓楼北大街（电话：010-69046119）

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国城市规划设计研究院

联系人：莫罹

电 话：58323409

E-mail：sendtomoli@yahoo.com.cn

地 址：北京车公庄西路5号

52. 水质督察支撑技术

技术依托课题：城市饮用水水质督察技术体系构建与应用示范（2008ZX07420-007）

技术依托单位：中国城市规划设计研究院、北京自来水集团有限责任公司、济南供排水监测中心、郑州市自来水总公司、上海市供水调度监测中心、哈尔滨供排水集团有限责任公司、深圳市水务（集团）有限公司、东莞市水质监测中心

技术发展阶段：推广应用

适用范围：城市供水水质安全监管。

主要技术指标和参数：

一、技术需求

针对我国城市供水水质督察实施过程中缺乏规范化技术的科技难题，研究建立供水系统水质及安全管理检查技术、水质督察现场快速检测技术、水质督察监测资源优化配置技术，构建适合于我国水质监管工作特点的城市供水水质督察技术体系，保障督察技术要素统一、技术方法及流程规范、督察技术资源配置合理、督察检测数据可靠、评价结果反映水质安全实际问题，以增强水质督察工作的客观性、公正性、科学性。

二、关键技术

供水系统水质及安全管理检查技术，水质督察现场快速检测技术，水质督察监测资源优化配置技术。

三、技术构成

1、供水系统水质及安全管理检查技术

基于 4000 多个水厂调查数据的系统分析，结合近年督察的经验总结和水厂的现场调研，确定了供水系统水质安全关键控制点，对管网采样点布设、样品保存时效性、督察结果评价等技术难点进行了重点研究，提出了水质检查中的督察样品采集、保存运输、现场检测、质量控制等环节的检查技术要求，建立了从水源到龙头的供水系统水质安全管理检查的要素和评定标准，构建了水质督察结果评价方法，统一了城市供水督察实施的技术要求，规范了水质督察的技术行为。

（1）水质督察中采样点布设技术

系统提出了在水质督察中水源水、出厂水和管网水采样点布设的数量和位置。针对管网采样点的布设难题，提出水质督察管网点布设的位置、数量，以及布点的优先序和所占比例，弥补了现有标准中对管网水采样点的布设无具体规定的问题，增加了管网水质督察结果的可信度。

（2）城市供水水质安全管理检查技术

对我国不同规模、不同净水工艺、不同经济发展水平地区的水厂进行了调研，确定了 18 个供水水质安全管理关键控制点；依据城市供水行业现有的运行维护及安全管理技术规程中的相关内容，提出了基于关键控制点进行全方位全流程水质安全管理检查的程序、方式、检查要素及评定标准，扩大了水质督察的覆盖面。

（3）水质督察结果评价方法

建立以水质检查结果和水质安全管理检查结果为评价单元的分层级和分系列督察结果评价方法，对供水水源、供水厂、供水管网、二次供水等的供水水质和水质安全管理检查结果进行分别评价和总体评价，进而对整个城市的水质督察结果进行评价，实现对水质督察结果的定量描述，并能对不同供水单位、不同城市的供水水质、水质安全管理状况进行比较。

2、水质督察现场快速检测技术

（1）挥发性有机物的现场准确定量分析

针对当前标准方法中现场检测技术不完善的问题，开发了用于水质督察的现场快速检测方法，实现了在移动实验室系统集成平台上对挥发性有机物的现场定量检测，解决了督察中

由于时效性要求影响挥发性有机物准确定量检测的问题。方法检测 22 种挥发性有机物的测试时间比实验室方法缩短了近三分之一，相对标准偏差为 1.20%-11.29 %，回收率为 80.74%-118.29%，精密度、准确度和灵敏度均能满足城市供水水质督察的要求。

（2）现场检测指标的标准化检测程序

针对水质督察中现场环境条件复杂、检测操作不规范、检测结果不稳定等问题，选择余氯、总氯、二氧化氯、臭氧、氨氮、总大肠菌群和大肠埃希式菌等 7 项现场检测水质指标，对各指标测定过程中的样品前处理、仪器参数设定、分析步骤、环境影响及干扰消除等操作进行了规范，提出优化检测流程、排除环境干扰的规范化现场检测操作技术流程，保证检测结果的准确性。

3、水质督察监测资源优化配置技术

（1）水质督察监测技术资源优化布局

基于全国城市供水厂的数量、生产能力等情况、水质标准对供水厂水质检测的频率和指标要求，以及水质督察任务量，测算目前城市供水水质检测的总体任务量；基于水质监测机构的能力状况、样品检测时间、样品保存时限要求等，测算单个监测机构的检测承载能力和能力辐射半径，在此基础上确定了全国范围内具备不同能力水平的水质监测机构的数量，能够满足全国城镇年度及月度水质检测和水质督察任务的检测需求。

（2）水质督察监测技术资源能力建设要求

在对国内 42 个不同技术水平的监测机构调研的基础上，结合水质检测标准要求，对具备 106 项、42 项检测能力的监测机构和供水厂化验室提出了具体的建设要求，包括设备配置、人员要求和场地环境等的技术要求。

四、技术来源及知识产权概况

技术来源：优化集成

五、应用情况及典型案例

该技术及有关水质督察样品采集、保存、质控的技术要求指导了2010年、2011年和2012年全国城市供水水质督察工作；在四川庐山震后的应急水质监测中，采用现场快速检测方法在监测车中对应急水源和供水进行了有机物现场检测，为保障应急供水水质安全提供准确的检测数据。

应用单位：住房和城乡建设部城市建设司

联系单位：水务处

电 话：010-58934352

联系人：牛璋彬

E-mail:

地 址：北京三里河路9号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国城市规划设计研究院

联系人：李琳

电 话：010-58323464

E-mail: lilin@nwqc.gov.cn

地 址：北京车公庄西路5号

六、 水质水量调度技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
1	流域水质水量耦合模拟技术	对风险源、保护目标与调控措施分析分类,构建基于规则的多目标、多工程、多尺度的“模拟—调度”耦合模型。	适用于我国大江大河搭建面向水污染突发事件的应急调度与管理系统	中国水利水电科学研究院	河流	370
2	太子河流域水质水量优化配置仿真模型技术	采用 SWAT 模型对辽河流域坡面过程进行模拟,太子河流域和浑河流域的坡面过程通过模型精细模拟,辽河干流通过输出系数法估算。	河流水环境管理——流域水资源管理	中国水利水电科学研究院、西安理工大学	河流	373
3	区域尺度再生水资源调配及循环利用技术	通过再生水截蓄导用工程的建设以及联合调度管理,使区域内新增调蓄容量 187.5 万 m ³ ;再生水利用总量达到 450 万 m ³ /年。	区域尺度再生水的回用,包括水量调配、水利设施建设及运装等	辽宁省水利水电科学研究院	河流	374
4	多闸坝分布式河流水质水量耦合模拟技术	动态模拟闸坝影响下单元流域产汇流、河流洪水波、污水团的时空变化分布,形成了拥有自主知识产权模拟系统。	多闸坝复杂流域多尺度分布式水量水质耦合模拟及多模型多参数优化	中科院地理科学与资源研究所、山东大学	河流	376
5	洪污发生、发展与时空演变的全过程预警预报技术	由事前防范预警(包括常态预警和临洪预警)和事后应急预警组成的多闸坝重污染河流突发水污染全过程预警预报。	多闸坝重污染河流突发水污染事件“常态-临洪-应急”全过程预警预报	中科院地理科学与资源研究所	河流	377
6	闸坝群水质—水量多目标联合调度及风险分析技术	提出由预泄期、蓄水期、泄水期组成的三段防污调度新技术及风险分析技术,基于多目标耦合模型进行联合调度。	闸坝群“防洪、防污、供水”于一体的水质—水量多目标联合调度及风险分析	中科院地理科学与资源研究所、南京水利科学研究院	河流	378

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
7	闸坝群水质水量联合调度决策支持内嵌式耦合技术	实现水质水量联合调度多源信息集成、多模型耦合连接和可视化仿真,开发自主知识产权的调度系统平台。	水质水量联合调度多源信息集成、多模型耦合连接和可视化仿真	中科院地理科学与资源研究所、武汉大学	河流	380

(二) 技术简介

1、流域水质水量耦合模拟技术

技术依托单位：中国水利水电科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：寒区大尺度流域水质水量双总量控制与突发性水污染事故应急调度

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据自然和人类双重干扰下松花江流域水循环特点和松花江流域多源复合污染迁移转化特点,开发两个层次的模型:一个是流域层次的水质水量耦合模型,即基于物理机制开发松花江流域分布式二元水循环模型和基于流域水循环模型的松花江流域水质模型,耦合模拟流域水循环和水环境时空演化过程,为科学提出流域水质水量总量控制方案奠定坚实的基础;另一个是干流层次的水质水量动力学模型,即详细考虑干流河道的水动力学机制和污染在干流河道中的迁移转化机制,以及干流水系与控制性水库的耦合机制,构建松花江干流河道水量水质响应模拟平台,为污染突发事件应急调控提供分析平台。

二、工艺流程

遵循“数据收集~模型开发~平台建设”的总体思路进行。首先,基础信息采集与处理体系,以原型站网观测(包括水文、气象、地下水、用水、水质、污染源监测等)为主,包含遥感观测、部门统计、试验实验台站、文献资料查询和实地调查踏勘等手段在内的数据采集体系,实现基础信息的系统采集,通用数据处理技术及信息处理和融合技术实现基础信息的有效前处理。然后,根据松花江流域水循环和水环境演化特点,开发面向流域\区域污染管理的松花江流域分布式二元水循环模拟模型和基于二元水循环模型的流域水质模拟模型,以及开发面向干流应急调度的松花江干流水质水量动力学模型,对坡面水循环和污染迁移转化过程以及河道水量、水质动力学过程进行模拟。最后,整合形成松花江流域水质水量耦合模型系统,为流域水质水量总量控制方案提出和面向水污染突发事件的松花江干流水库群应急调度奠定基础。

三、关键技术

(1)在松花江流域二元水循环模型开发中,建立起了大尺度流域水文模拟的成套技术,包括不完整流域边界的划分技术、大尺度流域整体模拟和参数分区技术、复杂地理条件和人类活动影响的显式模拟技术、流域地表地下水的联合模拟和验证技术等,在大尺度流域水文模拟中具备良好的应用性,更有利于支撑大尺度流域(区域)的水资源综合评价和规划,有利于支撑流域(区域)的水循环过程多维整体调控。

(2)针对东北地区水循环过程特点,开展了冻土水文效应研究,建立了冻土水热耦合

数值模拟模块,对松花江流域内冻土的产生和分布,以及其对流域水循环的影响进行了模拟。通过冻土水热耦合模拟,加强了模型的物理机制,使模型对寒区水循环过程,特别是冬季枯水期径流过程的模拟更为准确,进而有效支撑了松花江流域各水功能区设计流量的计算和核定,具备在寒区水循环研究中进一步推广和深入研究的价值。

(3) 以往的水质模型,针对污染物在河道、湖泊和水库,研究污染物移流扩散,进行水动力学模拟较多,而对污染物从源强开始在流域/区域面上开展全过程长系列的模拟相对较少;且已有的流域水质模型,大都立足于某一实验区(几km²,几十km²),或者某一小流域(几百km²,几千km²),经过充分的试验和大量的污染源调查,建立流域水质模型。松花江流域范围大,下垫面复杂,污染物产生机理不清,难以仅用污染源调查和河道水质监测手段支撑“节能减排”的实施。与国内外同类模型相比,本次开发的模型充分考虑了大流域的适用性,在污染物产生入河的过程进行了适当的概化,更大程度的减小了模型的不确定性。

(4) 针对松花江干流区水污染突发事件应急管理的需求,首次从河流水系特征的角度,分别对明水期和冰期构建了河网水动力与水质动力学模型。将冰期干流模型结合污染物在冰相和水相中的分配特征,对冰封期模型进行率定和验证,初步明确了松花江干流区冰封期水-冰介质中污染物归趋的环境行为。结合已发生的突发性水污染事件过程,研究各种基本情景和丰平枯情景下的水流与污染物浓度传播规律;在以上基础上,定量计算了水库正常调度、加大/减小泄流、活性碳坝拦截、利用泡子调蓄和多库联合调度等不同类型的措施及其组合对松花江干流突发性水污染事件的影响效果。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

2010年松花江水污染模拟与预测分析

(1) 事件背景

松花江支流第二松花江上游于2010年7月底发生百年一遇特大洪水,11条支流发生超历史记录洪水。这次强降雨形成的洪水冲毁了吉林省永吉县经开区内的新亚强生物化工有限公司、吉林众鑫集团两家企业的库房,7138只化工原料桶被冲入温德河(空桶3476只,原辅料桶3662只),进而流入松花江。原辅料桶中装有三甲基一氯硅烷的约有2500只,其他的基本都是六甲基二硅氮烷。

(2) 情景设定

根据有关报道,松花江化工原料桶打捞工作于8月3日基本结束,共打捞和锁定7071只,另有67只未被打捞或锁定。但是,为了分析如果发生类似突发事件的可能造成的不利影响,以及为以后发生此类事故时采取措施的决策提供支持,设定多种情景进行分析,见表。

情景设定

情景	情景说明	盐酸生成量
I	假定未打捞或锁定的 67 桶均为三甲基一氯硅烷,并且桶内原料均泄漏,分析其对水体 PH 值的影响	3.797×10^6 $g = 1.055 \times 10^5$ mol
II	假定有 200 桶三甲基一氯硅烷原料泄漏,分析其对水体 PH 值的影响	11.333×10^6 $g = 3.148 \times 10^5$ mol
III	假定有 500 桶三甲基一氯硅烷原料泄漏,分析其对水体 PH 值的影响	28.333×10^6 $g = 7.870 \times 10^5$ mol
IV	假定有 2500 桶三甲基一氯硅烷原料泄漏,分析其对水体 PH 值的影响	141.667×10^6 $g = 39.351 \times 10^5$ mol

(3) 模拟计算结果

情景I: 假定未打捞或锁定的67桶均为三甲基一氯硅烷,并且桶内原料均泄漏,分析其

对水体pH值的影响可知，在情景I条件下事故仅仅对扶余断面有影响，尽管瞬时释放造成水体pH值接近4.0，但是由于汛期水量较大，影响时间约为2小时，之后返回正常值范围（6.0~9.0）。对于下游各断面有很轻微的影响，水体的pH值会形成一个明显的倒“U”型变化过程，但是都在正常值范围以内，对于同江断面不造成影响。

情景II：假定有200桶三甲基一氯硅烷原料泄漏，分析其对水体pH值的影响可知，在情景II条件下事故对扶余断面和下岱吉断面有影响，且影响较情景I偏严重。在扶余断面瞬时释放造成水体pH值接近4.0，影响时间约为3小时，之后返回正常值范围（6.0~9.0）；在下岱吉断面影响持续时间较长，约15小时左右，最小pH值达到5.70。对于下游各断面有较轻微的影响，水体的pH值会形成一个明显的倒“U”型变化过程，尤其是哈尔滨断面的最小pH值已经非常接近6.0，但是都在正常值范围以内，对出境断面——同江断面不造成影响。

情景III：假定有500桶三甲基一氯硅烷原料泄漏，分析其对水体pH值的影响可知，在情景III条件下事故对除同江断面以外的各个断面都有影响，且影响程度较情景II更加严重。在扶余断面瞬时释放造成水体pH值接近3.0，影响时间约为6小时，之后返回正常值范围（6.0~9.0）；在下岱吉断面影响持续时间较长，约为21小时左右，最小pH值达到5.32；在哈尔滨断面影响持续时间约32小时左右，最小pH值达到5.68；在通河断面影响持续时间约62小时左右，最小pH值达到5.80；在依兰断面影响较小，持续时间约20小时左右，最小pH值达到5.99。对出境断面——同江断面有很轻微的影响，水体的pH值会形成一个明显的倒“U”型变化过程，但是都在正常值范围以内。

情景IV：假定有2500桶三甲基一氯硅烷原料泄漏，分析其对水体pH值的影响。可知，在情景IV条件下事故对下游所有断面都有影响，且影响程度较情景III进一步加深。在扶余断面瞬时释放造成水体pH值接近2.0，影响时间约为9小时，之后返回正常值范围（6.0~9.0）；在下岱吉断面影响持续时间较长，约为40小时左右，最小pH值达到4.62；在哈尔滨断面影响持续时间约65小时左右，最小pH值达到5.02；在通河断面影响持续时间约140小时左右，最小pH值达到5.10；在依兰断面影响较小，持续时间约110小时左右，最小pH值达到5.29。对出境断面——同江断面造成了非常明显的影 响，水体的pH值会形成一个明显的倒“U”型变化过程，最小pH值为5.85，且影响时间较长，约为130小时。

（4）各情景水质影响分析

根据模拟结果可知，不同情景下对河流水体的pH值影响程度分别不同，对情景I~IV情况下对松花江水体水质的影响总结分析如下：

（a）在2010年汛期流量条件下，情景I的计算结果显示影响主要是在扶余断面处，持续时间约为2个小时，对下游的波及影响很小，除扶余断面外，不会对各河段的饮水安全造成威胁。

（b）情景II的计算结果显示扶余、下岱吉断面受影响较大，有将近一天时间水体呈酸性，对饮水安全的影响约为15小时。相对于情景I，下游各断面的H⁺浓度均有所升高，同江断面受到轻微影响，但均在饮用水标准变动范围之内。

（c）情景III的影响波及到依兰断面，同江断面有一个浓度高峰经过，轻微酸性影响出境水体，产生跨界影响。在扶余断面会形成较强酸性水体。

（d）情景IV的影响非常巨大。首先在扶余断面处形成强酸性水体，其pH值达到2.5；沿程各断面，包括出境断面，均出现pH<6.0的水体经过；从扶余断面处开始，整个过程要持续将近一个月，相当于整个干流都要被酸性水体过一遍，尤其是上游相当于浓酸腐蚀一遍，松花江干流将面临一场生态灾难。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国水利水电科学研究院

联系人：王浩
电 话：010-68785602
E-mail: wanghao@iwhr.com
地 址：北京海淀区复兴路甲1号 100038

2、太子河流域水质水量优化配置仿真模型技术

技术依托单位：辽宁省水利水电科学研究院

技术发展阶段：推广应用

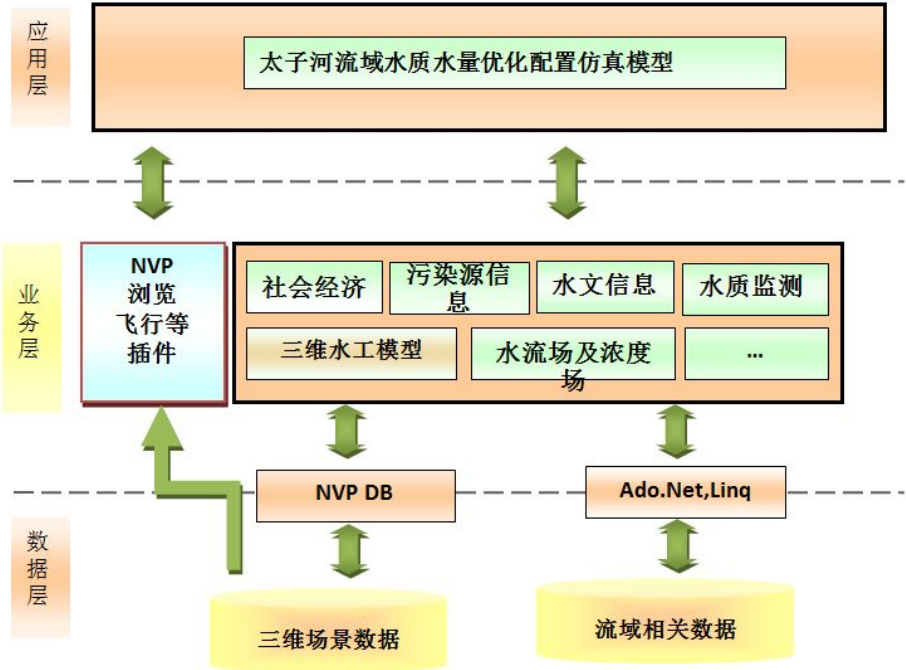
适用范围：流域水质水量优化配置

主要技术指标和参数：

一、基本原理

研究了辽河流域水文坡面过程和水体水质水量响应过程；调研辽河流域水质改善的库群闸坝联合调度技术需求；分析辽河流域社会经济、水资源利用、水利工程运行以及污染物排放与流域水质水量的定量耦合与响应关系。采用 SWAT 模型对辽河流域坡面过程进行模拟，该模型基于物理过程，能够利用 GIS 和 RS 提供的空间数据信息，模拟地表水和地下水水质水量在复杂的大流域中的径流的产生和汇集过程。太子河流域和浑河流域的坡面过程通过模型精细模拟，辽河干流通过输出系数法估算。

二、工艺流程



三、关键技术

建立了辽河流域水质水量仿真模型系统；耦合了流域分布式水文-非点源模型、河流-水库水量水质模型和水工程水力模型等；揭示了辽河流域库群闸坝联合调度对水质水量的影响过程及水质水量迁移变化规律；建立了流域调度方案实施效果动态仿真平台，实现了水质水量调度过程的水流场及污染物输移结果的图形化表达及三维场景的动态效果展示。

四、技术来源及知识产权概况

自主创新

实际应用案例：

应用单位：本溪市水文分局

以辽河流域中水工程调控作用最为显著的太子河流域为例,分析流域水质水量模型的模拟结果。根据频率分析的结果选取的典型年分别是丰水年(1996年, $p=20\%$), 平水年(1990年, $p=50\%$), 偏枯年(1972年, $p=75\%$)和枯水年(1989年, $p=95\%$), 选取2月份表示枯水期, 8月份表示丰水期, 11月份表示平水期, 运用流域水环境系统模型对不同典型年、不同水期的太子河水流水质沿程分布情况进行模拟。以典型平水年为例, 图1至图5分别描述典型平水年的枯水期、平水期和丰水期的沿程水位、流量、流速、COD浓度和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度沿程分布。

水动力模拟结果显示, 平均沿程水位从大到小依次为典型丰水年、典型平水年、典型枯水年和典型特枯年, 丰水期依次大于平水期和枯水期, 太子河上游河段受到闸坝蓄水和筏窝水库调控影响, 水位变化较下游不显著。流速沿程分布规律与水位相似, 从大到小依次为典型丰水年、典型平水年、典型枯水年和典型特枯年, 丰水期依次大于平水期和枯水期。由于受闸坝建设的影响, 太子河干流上游流速呈现显著的离散化分布, 流速峰值与静水状态交替出现; 筏窝水库库区流速十分小, 接近静水; 干流下游流速分布较为连续。

水质模拟结果显示, 沿程水质从典型丰水年、典型平水年、典型枯水年到典型特枯年, 从丰水期、平水期到枯水期, 有一定程度的提高。但由于污染物入河总量过大, 典型特枯年、典型枯水年和典型平水年水文条件下各个水质控制断面水质对于水量变化不敏感。典型丰水年水质较其他典型年有显著提高。太子河上游河段主要超标污染物为COD, 而下游河段 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为主要超标污染物。

7个水质控制断面, 在不同典型水文年条件下模拟的水质情况, 即COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的现状浓度与水质目标之间的差距。除了干流上游砬子断面满足水质目标要求之外, 其余断面在不同水文年下均有不同程度的水质超标。

联系单位: 辽宁省供水局

联系人: 徐海军

电 话: 13898827699

地 址: 沈阳市和平区十四纬路5号, 110003

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 辽宁省水利水电科学研究院

联系人: 李趋

电 话: 024-23251136

E-mail: skyliqu@126.com

地 址: 沈阳市和平区十四纬路1号, 110003

3、区域尺度再生水资源调配及循环利用技术

技术依托单位: 山东大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 区域尺度再生水的回用, 包括水量调配、水利设施建设及运装等

主要技术指标和参数:

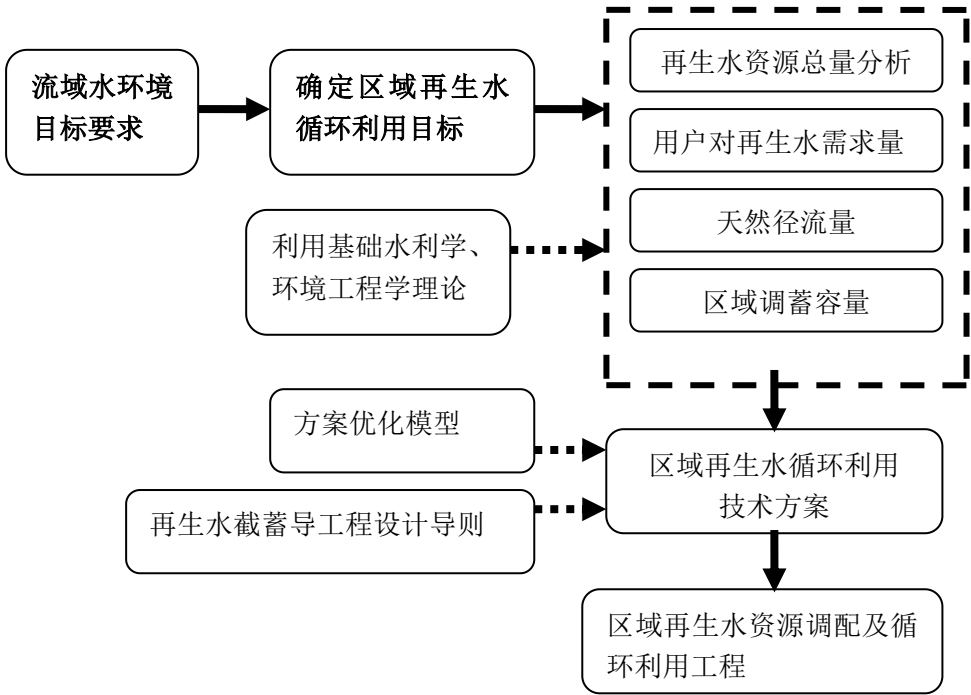
一、基本原理

基于流域再生水循环利用的客观要求, 对区域再生水资源总量、工农业及市政对再生水需求量、生态耗水量、区域天然径流量、区域调蓄容量等边界条件进行调查、分析, 结合水力学及环境工程学等基本理论, 建立区域再生水资源调配及循环利用边界条件统筹理论方法。基于环保与水利设计理念相结合的原则, 提出了再生水截蓄导工程设计导则, 指导相关工程建设。针对多部门管理的现状, 编制了再生水截蓄导用工程调度管理技术规程。通过区域再生水资源调配及循环利用技术体系的构建, 解决了区域内再生水来源与再生水使用在时空上的差异性, 最大程度的使再生水被充分循环利用。同时, 由于再生水被利用, 其含有的

污染物也同时被削减，因此再生水的循环利用，也对流域水环境目标的实现具有促进作用。

二、工艺流程

基于流域水环境目标，确定区域再生水循环利用的具体要求，结合流域水资源状况、经济社会发展状况、区域水文地质条件，利用水利学和环境工程学理论，对区域再生水资源总量、工农业及市政对再生水需求量、生态耗水量、区域天然径流量、区域调蓄容量进行分析，确定区域再生水循环利用的技术方案，通过方案优化模型计算，遵循区域再生水截蓄导工程设计导则的相关规范要求，建设基于再生水调配以及循环利用的工程，解决再生水来源与再生水使用的时空差异。具体流程图如下：



三、关键技术

(1) 基于流域水环境目标要求，从提高流域内再生水循环利用水平角度出发，统筹区域再生水资源总量、工农业及市政对再生水需求量、生态耗水量、区域天然径流量、区域调蓄容量等边界条件，利用基础水利学与环境工程学，构建区域再生水资源调配及循环利用技术体系。

(2) 基于再生水来源与使用在时空上的差异性，为提高再生水循环利用率，提出了环保与水利设计原则相结合的再生水截蓄导工程设计导则，指导相关工程建设，增加再生水调蓄容量和利用设施建设。

(3) 为确保相关工程发挥其功能，鉴于我国现有管理体制，编制了区域内多部门管理的再生水截蓄导工程联合调度管理技术规程，为工程的运行提供支撑。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发。

应用单位：山东省南水北调工程建设管理局

实际应用案例：

示范工程位于在滕州市城郭河流域。城郭河为南四湖 53 条入湖河流之一，为确保调水期调水干线对水质的要求，在城郭河流域应用本技术体系进行了示范，通过对区域内再生水循环利用边界条件的分析，方案模型的优化，提出了技术方案。基于环保与水利设计相结合的理念，遵循再生水截蓄导工程设计导则，对相关工程进行了设计、建设，并利用再生水截

蓄导工程联合调度管理技术规程指导了相关工程的运行。示范工程运行效果表明，区域内再生水利用总量达到 450 万 m³/年，削减入湖 COD 总量达到 225t，氨氮 22.5t，有效削减了入湖河流水量和污染物总量，有利保障了调水干线的水质。

联系单位：山东省南水北调工程建设管理局
联系人：周建仁
电 话： 15853196355
E-mail: envprotzhou@gmail.com
地 址：济南市历山路127号

技术信息咨询单位及联系方式：

联系方式：0531-88366873
联系人：黄理辉
电话：13808933450
E-mail: huanglihui9986@126.com
地 址：济南市山大南路27号

4、多闸坝分布式河流水质水量耦合模拟技术

技术依托单位：中国科学院地理科学与资源研究所

技术发展阶段：推广应用

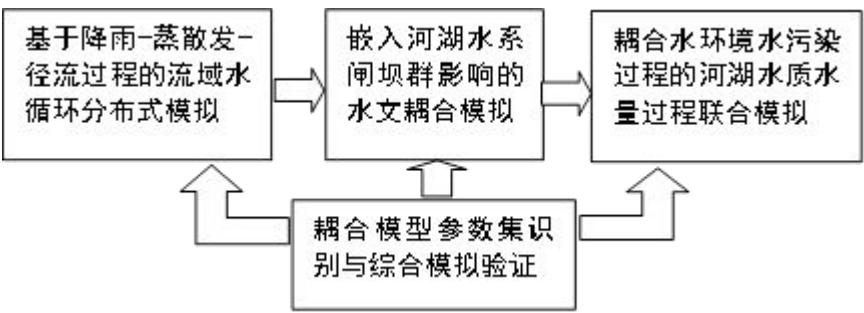
适用范围：多闸坝复杂流域多尺度分布式水量水质耦合模拟及多模型多参数优化

主要技术指标和参数：

一、基本原理

以流域水循环为纽带、受控闸坝群调控与水质水量耦合的流域水系统理论（Global Catchment Initiative），其基本原理是：淮河多次发生的干流重大水污染事故不仅与水循环物理过程(水量及暴雨洪水产汇流)有关,而且与水循环联系的生物及生物地球化学过程(水污染、水质过程)和闸坝调控的人类活动过程直接联系。因此，多闸坝分布式河流水质水量耦合模拟技术，是一个典型的变化环境下的水系统模拟问题。

二、工艺流程



三、关键技术

1. 流域水循环分布式模拟技术
2. 耦合闸坝群运行影响的分布式河流水量耦合模拟技术
3. 多闸坝分布式河流水质水量耦合模拟技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：淮河水利委员会水资源保护局

该项目突破了人工调控流域分布式水量水质耦合模拟技术及多模型多参数优化技术,动态模拟闸坝影响下单元流域产汇流、河流洪水波、污水团的时空变化分布,形成了拥有自主知识产权的流域分布式水量水质耦合模拟系统(DTVGM-V2.0)。主要技术指标和参数:

(1) 嵌入闸坝的分布式时变增益水文模型

将全流域划分成 n 个子流域,每个子流域中充分考虑闸坝的影响。通过建立闸坝群的规则调度模型,耦合了闸坝调度模型与传统的分布式时变增益水文模型,建立了嵌入闸坝的分布式水文模型(DTVGM)。该模型明显提高了水文过程模拟精度。为水质模型模拟提供高精度的具有空间分布的水量数据。

(2) 污染物迁移过程模型

主要包括:(1)建立了流域分布式水质模型,包括了陆面产污、运移过程,河道污染物质迁移转化过程以及水库、湖泊污染物质交换、蓄积、降解等过程;(2)初步完成了典型河段突发性水污染事件污染团运移过程模拟的建模。初步的模拟并与观察水质数据对比,表明该模型可行并具有一定的模拟精度。

(3) 模型参数的不确定性分析

采用蒙特卡罗方法与GLUE方法对分布式时变增益水文模型的参数进行了不确定性分析,找出了多参数的敏感性,分析了导致模型不确定性的原因。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:中科院地理科学与资源研究所

联系人:夏军

电 话:010-64889312

E-mail: xiaj@igsnr.ac.cn

地 址:北京朝阳区大屯路甲11号, 100101

5、洪污发生、发展与时空演变的全过程预警预报技术

技术依托单位：南京水利科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：多闸坝重污染河流水污染事件“常态-临洪-应急”全过程预警预报

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据水污染事件的时序性特点,从事前预防和事后应急两个层面出发,构建了由事前防范预警(包括常态预警和临洪预警2个环节)和事后应急预警两个部分组成的多闸坝重污染河流水污染事件全过程预警预报技术框架,为非汛期闸坝防污管理、汛初洪水期闸坝防污调度以及事后期应急响应提供全方位的技术支撑,以最大程度减少多闸坝河流以闸蓄污水集中成团下泄为典型的水污染事件发生的可能及事故损失。基于水污染事件全过程预警预报技术框架,提出了以闸蓄污水成团下泄风险评估为核心的多闸坝河流水污染事件常态预警技术;构建了由马斯京根河道洪水演进模型、新安江降雨径流预报模型、经验降雨径流预报模型和实时校正技术组成的多闸坝河流水污染事件临洪预警技术;研发了适应多闸坝河流水系-水情-水质特点的,以分块组合、一二维嵌套的水文-水动力-水质耦合数值计算模型为核心的多闸坝河流水污染事件应急预警技术。

二、工艺流程

由三个部分组成：常态预警、临洪预警、应急预警。

三、关键技术

面向水环境实时预警和在线调度的多闸坝大型河网水文-水动力-水质耦合数学模型。模型以服务于水资源和水环境的行业主管部门及流域机构等生产管理部门的日常管理工作为目标而研发，数据适应性强、可直接应用于水环境实时预警和调度，突破了传统水流水质模型以科研、规划和设计为服务对象的局限。模型包括5大模块：①河道径流模拟模块、②河道水质模拟模块、③闸坝调度过程模拟模块、④区间入流及入河污染负荷过程估算模块、⑤水质预警实时校正模块。模型采用一二维嵌套、分块组合的积木架构，针对流域河网水系的组成情况，模型可分割成若干个模块（积木），在应用时可根据实际工作的需要和数据的情况进行灵活的组合，实现模型模拟范围的多种变化。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发，获得软件著作权2项：流域突发水污染事件预警预报系统（2011SR063830）、淮河流域水环境预警与管理系统（2013SR141605）。

实际应用案例：

应用单位：淮河流域水资源保护局

实际应用案例介绍

选择淮河流域蚌埠闸以上区域为示范研究区，以多闸坝河流突发水污染事件全过程预警预报技术体系为核心，研发了淮河中游水文-水动力-水质耦合数学模型，包括淮河干流、沙颍河、涡河3个一维模块和鲁台子河段、蚌埠闸河段2个二维模块。在此基础上，有机融合网络技术、数据库技术、GIS技术等，采用J2EE-FLEX软件开发平台，研发了基于WEBGIS的淮河流域水环境预警与管理系统，并在淮河流域水资源保护局成功实现了业务化运行。系统可为淮河流域水环境保护工作的日常管理和应急管理提供以下的技术支撑：实时水质水情信息在线监视、水文水环境信息管理与维护、常态水质水情预警、应急水质水情预警、常态水质水量联合调度预警、应急水质水量联合调度预警等。所研发的模型及系统在2013年惠济河-涡河跨界氨氮水污染事件的应急处置中得到较好应用，为分期小流量慢速下泄方案的制定提供了较好的科学依据，成功实现了通过闸坝群水量水质联合调度控制污染团影响范围及危害后果、保障了蚌埠市淮河饮用水源地水质安全。

联系单位：淮河流域水资源保护局

联系人：赖晓珍

电 话：0552-3092615

E-mail: lxz@hrc.gov.cn

地 址：安徽省蚌埠市治淮路500号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院

联系人：陈炼钢

电 话：025-85828526

E-mail: lgchen@nhri.cn

地 址：南京市广州路225号，210029

6、闸坝群水质—水量多目标联合调度及风险分析技术

技术依托单位：武汉大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：闸坝群“防洪、防污、供水”于一体的水质—水量多目标联合调度及风险分析

主要技术指标和参数：

一、基本原理

针对流域水文水质要素特性及空间分布的特点，对多维复杂系统进行分解，建立多目标水质水量联合调度数学模型；分析不同雨水情下，闸坝水质水量联合调度的规律，提出了“防污三段调度法”，在历史仿真调度模拟中取得了良好的效果；在河流水环境系统不确定分析的基础上，分析了影响水质水量联合调度的不确定性因素，建立了基于copula函数的水量水质联合调度风险率计算方法和调度方案模糊优选方法，提出了流域防污体系与防污标准概念，探讨了基于copula函数的流域防污标准确定方法。

二、工艺流程

系统主要功能包括地理信息查询、实时水情监测、优化调度、风险分析、配置管理等 5 大模块。

三、关键技术

建立了以多闸坝重污染河流污染事故控制为核心的河流水质-水量联合调度模型，突破了多闸坝重污染河流水质-水量联合调度关键技术；实现了多闸坝重污染河流水质-水量联合调度方案模糊优选，突破了多闸坝重污染河流水质-水量联合调度的风险分析技术

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

针对流域水文水质要素特性及空间分布的特点，对大系统进行分解，建立了多目标水质水量联合调度数学模型；分析了不同雨水情情景下，闸坝水质水量联合调度的规律，提出了“防污三段调度法”，在历史仿真调度模拟中取得了良好的效果；在河流水环境系统不确定分析的基础上，分析了影响水质水量联合调度的不确定性因素，建立了基于copula函数的水量水质联合调度风险率计算方法和调度方案模糊优选方法，提出了流域防污体系与防污标准概念，探讨了基于copula函数的流域防污标准确定方法。主要技术指标和参数：

（1）闸坝群水质水量联合调度模型及求解

针对闸坝群水质水量联合调度系统要素特性及空间分布的特点，采用大系统分解法将系统分解为子系统。分解后的子系统将通过关联因素起整体的耦合作用。建立水质水量联合调度的数学模型。目标函数包括防污目标函数、防洪目标函数、供水目标函数。根据分期调度的主要矛盾，拟将防洪目标、供水作为约束条件，将多目标问题转化为单目标问题进行求解。约束条件包括水库（闸坝）水量平衡约束、库容（闸坝）约束、泄流特性约束、水库（闸坝）综合利用约束、水库（闸坝）引水约束、水库（闸坝）水质平衡约束、汇流节点水量平衡条件、汇流节点水质平衡条件、洪水演进方程、水质演进方程。

根据模型的实际结构，采用大系统分解协调方法进行整体优化；基于闸坝对突发污染事件的预报预警技术，构建多调度情景，进行大规模优化计算。

（2）闸坝群水质水量联合调度的防污三段调度法

调度过程可以划分为三期：洪水预见期、涨水期、退水期。

洪水预见期（预泄）：在洪水来临之前，闸坝利用水环境容量，尽量下泄，一方面减轻污染水体对干流的污染，另一方面为汛期防污调度留出库容。

涨水期（蓄水）：在洪水来临时，要充分利用闸坝所形成的河道库容，进行调蓄，延长污染水下泄时间，尽可能减缓污染水体对干流的影响。

退水期（泄水）：洪峰到来之后，可根据后期天气预报情况，协调防洪与兴利之间的矛盾，合理确定控制水位，或者维持高水位，来多少泄多少；或者降低期末水位，按照入库流

量与上一时刻的下泄流量的平均值下泄。

污染水体浓度极值一般出现在洪水预见期。

(3) 水质水量联合调度风险分析与模糊优选

河流水质水量联合调度风险识别：是指找出造成水质水量联合调度风险的不确定因素，并对其重要性做出排序。河流水质水量联合调度风险的识别是指在对河流水环境系统不确定分析的基础上，分析联合调度风险的形成机理，找出对影响水质水量联合调度风险的各种不确定性因素，并对其作定性描述或定量分析。河流水质水量联合调度风险的识别选用故障树分析方法。河流水质水量联合调度风险因子包括：水文风险因子、气象风险因子、水力风险因子、水质风险因子、调度方案风险因子。

调度方案模拟与模糊优选：应用随机模拟方法，生成不同来水和水质条件组合形成的调度情景共1000种，应用水量水质联合调度模拟BP人工神经网络水量模型、高锰酸盐指数模拟模型和氨氮模拟模型，预测水质达标控制断面水质状况，分别计算高锰酸盐指数和氨氮的水质超标概率。采用多目标模糊综合评价法对调度方案作出综合评价。

(4) 水质水量联合调度风险分析

通过对水质超标风险率、防洪风险率和供水风险率的分析计算，采用多目标模糊优选方法对水质水量联合调度方案进行优劣排序，并进行风险综合分析。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中科院地理科学与资源研究所

联系人：夏军

电话：010-64889312

E-mail: xiaj@igsnr.ac.cn

地址：北京朝阳区大屯路甲11号，100101

7、闸坝群水质水量联合调度决策支持内嵌式耦合技术

技术依托单位：淮河流域水资源保护局

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水质水量联合调度多源信息集成、多模型耦合连接和可视化仿真

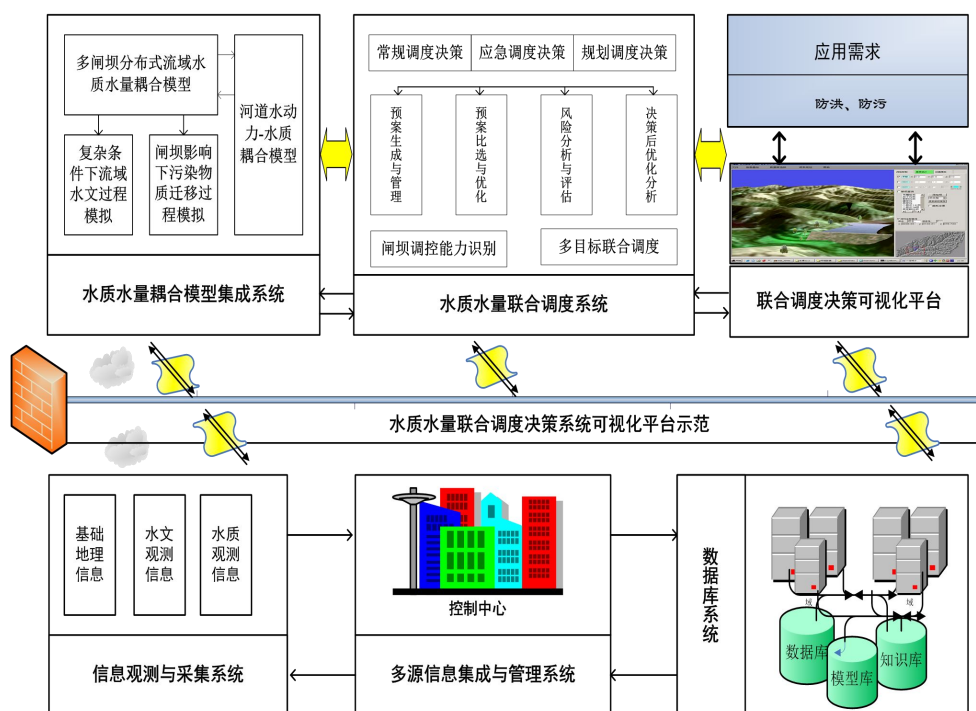
主要技术指标和参数：

一、基本原理

采用客户端/服务器（C/S）架构设计，运行于用户内网环境，基于JAVA平台开发，数据持久层采用Hibernate框架，业务应用层采用Spring框架，客户端程序使用Eclipse for RCP/Plug-in Developers作为开发工具，服务端程序使用MyEclipse Enterprise Workbench作为开发工具，数据库管理软件采用SQL Server，GIS及虚拟现实支撑平台采用Supermap系列软件Java版本。在水文、水质、河道及湖盆地形现状条件下，充分利用GIS、虚拟现实、数据库、多模型耦合和工作流等先进信息技术，呈现实时监测数据，为调度决策提供准确及时的背景信息，建立多种业务流程，耦合集成各类模型，进行河网水系洪水演进、污水迁移的仿真模拟，以反映污水在河流干支流中的运动规律，预测和评估各种水库、闸坝调度方案的对流扩散、稀释和降解效果。

二、工艺流程

主要工艺流程如图所示：



三、关键技术

提出了基于GIS平台与大数据管理的水质水量联合调度多源信息集成技术；

提出了基于模型类抽象和数据库技术的多模型耦合集成技术；

提出了基于虚拟现实的水质水量联合调度可视化与仿真模拟技术；

构建了闸坝群水质水量联合调度决策支持系统。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成与自主研发

实际应用案例：

应用单位：淮河流域水资源保护局

淮河水质水量联合调度示范工程，选择最具典型代表性淮河支流沙颍河为重点示范区，基于超图GIS平台和虚拟现实技术，将“数据”与“模型”进行有机集成，实现水质水量联合调度多源信息集成、多模型耦合连接和可视化仿真。该示范工程为有效地降低河流水污染发生的概率，提供重要技术支撑平台。示范工程主要包括：

(1) 多源信息的采集与数据集成。依靠已有的水文、气象、水质、社会经济用水、排水等信息监测与传输网络，将收集到的不同渠道和不同格式及时空分辨率的“多源”“异构”数据进行深加工和集成管理，其中包括数据的诊断与分析、同化与融合处理等。为实时的水质水量耦合在线模拟与预报、调度和决策，提供高质量的数据支撑。

(2) 实时监测系统。通过连接现场的采集设备或其他职能部门的实时监测数据库，实时或准实时获取雨情、水情和水质等监测数据，然后通过内部的数据处理机制对站点的基础信息和实时数据进行融合集成，进而通过多种富可视化手段（2维/3维GIS、图、表和影像等）将其实时呈现给用户，并提供了查询、定位、浏览和分析等交互式数据探索工具。

(3) 联合调度多模型耦合集成。基于数据、模型和知识多重驱动的决策支持系统，其核心是综合运用预报模型、调度模型、仿真模型等各类模型为管理部门提供决策支持，利用决策者提供的数据和参数来辅助决策者对于某种状况进行分析。模型作为平台的核心部分，包括支持决策分析的各类计算模型。按功能可分为流域水文模型、河道洪水演进模型、水动力学水质模型、闸坝优化调度模型和风险分析模型等五类模型。模型的耦合集成包括：基本

模型对象及封装、模型耦合方式、模型连接方式及交互过程。

(4) 联合调度决策及可视化平台。分为时态空间统计可视化、真三维虚拟可视化和动态模拟可视化三类。时态空间统计可视化技术, 充分利用GIS基本的可视化功能, 应用GIS的空间统计计算功能, 管理时间域, 从空间维度、时间维度为用户提供不同尺度的统计信息, 为用户在时空二维空间内直观、形象地了解水资源与水环境的现状与变化发展情况提供了有效工具。真三维虚拟可视化, 利用先进的3D建模技术, 构建了水工设施虚拟仿真模型, 在三维GIS中植入虚拟现实模型(闸坝、河道等), 通过对背景环境(降雨位置、强度和面积、水流速度), 以及地形夸张系数等的调节, 为用户提供深度视觉体验。动态模拟可视化利用GIS丰富的可视化效果和GIS空间数据库强大的交互能力, 通过GIS的运动控制机制和图层渲染机制, 实现了水文、水质等模型计算过程在GIS地图上的同步展现。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中科院地理科学与资源研究所

联系人: 夏军

电 话: 010-64889312

E-mail: xiaj@igsnr.ac.cn

地 址: 北京朝阳区大屯路甲11号, 100101

七、 水环境监测与预警技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
监测与识别技术						
1	流域水环境优控污染物筛选方法关键技术	针对流域地表水体基于半定量/定量风险分析的半挥发性有机污染物的筛选方法。	流域水环境优控污染物的筛查	中国环境监测总站	监控预警	387
2	便携式水体藻类原位荧光快速监测仪研制技术	本项成果采用叶绿素 a 活体荧光光谱特征分析原理, 结合先进的光机设计、信号调制检测理论、微弱荧光信号检测技术、多组分分类算法和计算机软硬件技术, 研制了拥有自主知识产权的水体藻类原位荧光快速监测仪系统, 实现了水体藻类浓度的原位实时分类监测。	水体藻类浓度的野外快速调查, 固定监测点藻类浓度的长期连续监测	中国科学院合肥物质科学研究院	监控预警	389
3	麦穗鱼活体急性毒性测定新技术	①生物种: 采用了本国淡水水体广泛分布的生物种——麦穗鱼, 因其生活周期短、繁殖快、分批产卵、经济方便易得、实验室饲养方便, 对毒物敏感和易于在实验室培养等优点, 能广泛应用于环境毒物测试; ②计算方法: 进行毒性测试后, 运用方便快捷的软件 SPSS, 能迅速计算出实验结果。	我国河流水体主要水环境污染物(苯类、有机氯、重金属、有机磷农药等)的综合监测	华中农业大学	监控预警	390
4	双向散射式水体浊度自动测量仪研制新技术	在分析研究水体浊度与水中散射光、透射光关系的基础上, 深入比较了散射法和透射法的优缺点, 最终将测低浊度线性度较好的垂直散射法和测中高浊度线性度较好的后向散射法结合起来使用, 设计了独特的垂	湖泊、水库、河流以及水厂等水体浊度的长期连续在线监测及野外现场浊度在线监测	中国科学院合肥物质科学研究院	监控预警	392

		直及 140°后向散射光相结合的光路发射、接收布局。				
5	微纳米结构薄膜电极 COD 便携式检测仪研制新技术	根据电化学原理,首次研制出以硼掺杂金刚石膜电极为传感元件的便携式化学需氧量快速检测仪。该检测仪传感元件稳定,检测过程中不使用有毒化学试剂,响应快速,测量时间不超过 5 分钟,检出限 8.2mg/L,检测范围为 30-10000 mg/L。	市政污水或工业废水的化学需氧量监测,尤其适用于野外水污染应急检测	大连理工大学	监控预警	393
6	蓝藻水华生消过程遥感定量监测技术	构建的水华暴发前的蓝藻定量反演模型以及水华暴发后路径漂移模拟,实现了对蓝藻水华的生消全过程的遥感监测,为蓝藻遥感预警提供了技术方法和基础。	水环境数据集成和共享	环保部卫星应用中心	监控预警	394
7	流域水环境沉积物质量评价技术	建立流域水环境沉积物重金属质量基准方法、确定沉积物重金属质量标准分级及创建沉积物质量评价方法。	水体沉积物识别	中国环境科学研究院	监控预警	394
8	流域水生生物监测技术	包括监测要素、站位布设、监测频率与时间、野外采样及实验室分析方法等技术环节。	水体水生生物监测	中国环境科学研究院	监控预警	396
9	流域风险污染物快速测定技术	根据目标物的性质开发集成水体等环境样品的快速前处理技术以及分析检测技术,建立目标污染物简便快速的分析测定方法。	污染物快速测定	中国科学院生态环境研究中心	河流	397
10	松花江流域风险评估技术	包括制定针对流域的生态风险评估方案,流域生态风险源的确定、生态受体选择原则、暴露评价模型的确定、生态表征技术方法风险管理等内容。	流域生态风险评估	中国科学院生态环境研究中心	河流	398
11	毒害污染物生态风险评估技术	在综合欧美等发达国家毒害污染物生态风险评估方法的基础上,以生态毒性的剂量效应关系推导预测无影响浓度(PNEC)进行影响评价,以风险商(RQ)进行风险表征,提出了我国	河流毒害污染物分析监测	中科院广州地球化学研究院	河流	400

		开展流域水体和沉积物中毒害污染物的风险评价体系。				
12	生物毒性测试 东江流域代表性生物种选育技术	基于生物毒性测试引进国际通用生物种,选育东江代表性生物种,实现实验室长期培育和繁殖,并构建相应的技术规范。	支撑东江流域水质生物毒性监测和生态完整性评估	中国科学院生态环境研究中心、华中农业大学	河流	401
13	东江流域排水与水体生物毒性测试、快速检测技术	建立和发展适合东江流域水体排水痕量有毒物质的快速生物评价技术,设计制作相应的试剂盒产品,同时将上述测试技术在东江流域进行应用示范。	东江流域典型行业排水和东江干流、支流和河涌等纳污水体的急慢性生物毒性筛查	中国科学院生态环境研究中心、环境保护部华南环境科学研究所	河流	402
14	东江水系典型水生生物鉴定系统与监测规范	编制了东江典型水生生物物种的名录筛选、图谱制作、分类鉴定标准和快速采集等河流生物监测关键技术。	河流水生生物监测	暨南大学、中国科学院水生生物研究所	河流	403
15	基于ASV/PSA方法的铅、镉、砷等分析检测新技术	系统地研究了电化学分析技术、化学/生物传感器分析技术用于水体中重金属检测。	河流重金属污染监测与防控	北京大学、湖南省环境监测中心站	河流	405
16	铅、镉、砷等新型离子的选择电极检测技术	系统地研究了电化学分析技术、化学/生物传感器分析技术用于水体中重金属检测。	河流重金属污染监测与防控	北京大学、湖南省环境监测中心站	河流	407
17	太湖有毒有害与高氮磷污染底泥勘测鉴别评估技术	精确测量定位、原状取土技术与底泥疏浚范围、深度确定方法相组合,用以确定不同污染类型的环保疏浚工程的疏浚范围。	底泥环保疏浚勘测、疏浚范围的确定	中国环境科学研究院,中交天津港航勘察设计研究院有限公司	湖泊	408
18	管道视频检测机器人及其控制、视频采集、记录技术	视频机器人在污水管中获得管道内部数据,通过本研究建立的综合评价方法,对污水管道的健康状况进行量化的评估。	300~1000mm管径的污水管	清华大学	城市	410
预警技术						
19	突发性水环境	通过风险识别、风险污染物	地表水河流、	中国环境	监控	411

	风险应急生态风险评估技术	应急生态安全阈值的计算, 暴露表征及应急生态表征进行应急生态风险评估。	流域、水系、湖库	科学研究院、中国科学院广州地球化学研究所	预警	
20	流域水环境风险评估与预警数据集成与共享平台系统技术	首先编制了流域水环境风险评估与预警平台所需各类数据分类体系, 为流域水环境风险评估与预警建立了统一的数据分类基础。	流域水环境应用中数据访问和共享系统的开发	北京北大软件工程有限公司、中国环境科学研究院	监控预警	412
21	流域水环境突发型风险预警与控制技术	围绕突发型水环境风险预警保护目标问题、预警对象问题、预警手段问题、控制标准问题和应急控制问题等问题的关键技术。	流域水环境突发型风险源识别及水污染事件水环境影响快速模拟、饮用水源安全污染事故应急控制阈值确定和突发性水污染事件现场应急控制	中国环境科学研究院	监控预警	414
22	流域水环境累积型风险分级预警技术	针对水环境、生物群落、生物个体 3 个层面的生态受体, 着眼于问题识别、问题分析、问题描述等主要环节, 实施流域-生物群落-生物个体 3 类尺度的流域水环境累积型风险(分级)预警技术。	“流域-水体”作用关系的流域水环境安全预警、水库类型及其水华暴发综合特征的水华风险预警、生物个体响应的生物早期预警	中国环境科学研究院	监控预警	417
23	浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术	通过构建综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的水质蓝藻预测预警模型, 初步实现了在太湖重污染区的水质和蓝藻水华的初步业务化预测预警	湖泊藻华生消动态变化预测预警	江苏省环境监测中心	监控预警	422
24	城市水环境安全监管信息平台	基于河网模型、逻辑校验海量多源数据、断面水质与陆	河网地区城市水环境安	北京清华同衡规划	城市	424

	台	上污染源响应关系的水环境决策分析工具。	全监管	设计研究院有限公司		
25	排水管道结构性安全监控及预警技术	集成自主开发的在线传感器以及无线传输技术,将管道应力及位移数据实时传输至中央管理站,进行日常监控与管理。	山地城市管网结构性安全监控与管理。	重庆大学	城市	425
26	排水管道有害气体安全监控与预警技术	集成自主开发的有害气体监测传感器及无线传输网络,实时监测管道内气体动态变化,并进行预警与应急处理。	城市管网中有害气体的实时监测与管理,并可以用于应急处理。	重庆大学	城市	426
27	废水生物抑制性实时监控技术	利用活性污泥受抑制时呼吸速率(也称耗氧速率,OUR)降低的原理,对污水厂进水(含工业废水)的抑制性做出预警。	预警工业废水非正常排放	清华大学	城市	427
28	排水管网有毒有害工业废水的实时在线监测、预警及污水厂联动调控技术	构建了基于 pH 和电导率两项表征性指标的工业园区排水管网有毒废水在线监测和预警系统。	受工业废水等冲击负荷影响的污水处理厂及配套管网	重庆大学	城市	427

(二) 技术简介

监测与识别技术

1、流域水环境优控有机污染物筛选方法关键技术

技术依托单位：中国环境监测总站

技术发展阶段：推广应用

适用范围：流域水环境优控有机污染物的筛选

主要技术指标和参数：

一、基本原理

建立针对流域地表水体基于半定量/定量风险分析的半挥发性有机污染物的筛选方法。根据水源污染特征调查分析,建立水源地潜在风险有毒有机污染物的快速定性筛查技术方法,对水源地中可能存在的风险污染物进行筛选和确定,针对筛查得到的有毒污染物,依据相关标准中所列入的检测项目和限值进行风险水平分析,对未列入国际水质标准检测项目或没有限值的有机有毒污染物进行健康风险特征分析,建立半定量分析方法,确定开展健康风险评价的必要性。最后,在确认的优先控制污染物清单的半定量的基础上进行初步风险评价,结合相应的生物毒性效应分析的结果,筛选出重点流域典型水源地中风险污染物的种类和数

量，给出了流域优控污染物名单和风险商值。

二、筛选流程

1) 保护目标的确定；

2) 目标物质的确定；

3) 建立定性分析方法：采用C18/HLB串联的固相萃取法进行水样富集，对水样进行全扫描分析，通过解卷积技术（DRS）结合有毒污染物数据库，识别水样中痕量有机污染物，实现水体中特征污染物的初步筛选与确定；

4) P.B.T.分析：并不是所有环境中存在的有机污染物都会造成危害，因此要对污染物清单中的物质进行定性危害评估，找出其中检出率高、或者毒性强的物质，对其进行进一步分析；

5) 定量/半定量分析：对检出率高、毒性强的物质进行定量/半定量分析，将定量/半定量结果作为暴露表征的数据。

6) 生态/健康风险评价：收集初筛出的有机污染物的相关毒性数据，通过整个暴露数据和毒性数据进行预测无效应浓度（PNEC）的计算，来确定暴露于潜在胁迫因子中的受体的风险。

7) 排序：将潜在风险相对较高的物质作为需要优先控制的有机污染物并根据风险大小进行排序，并最终得到该流域的风险有机污染物清单。

三、关键技术

在风险因子甄别的过程中引入了解卷积和保留时间锁定技术，解决了环境样品基质干扰强的问题，结合国际相关标准的有毒化学品数据库，识别复杂基质中数百个痕量化合物，实现水中特征污染物的筛选和确定。

结合定性筛选和半定量分析数据进行风险水平初评，认定潜在风险污染物，给出流域水环境中优控污染物的初筛名单和风险商值。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：南京市环境监测中心

实际应用案例介绍

应用上述方法对太湖流域的水样进行了分析，通过定性危害评估，检出率高于50%的污染物共计41种，约占检出污染物总数的50%。在初筛阶段，设定风险商超过0.1列为优先控制的污染物，因此得到太湖流域的优控污染物清单，主要为多环芳烃类、三嗪类。同时，通过定量分析考查多环芳烃的含量水平和分布特征，通过测定发现，太湖流域各点位的水、沉积物和生物体样品中均检出多环芳烃类化合物，检出的多环芳烃主要集中在蔡、芘、菲、蒽、荧蒽、芴几种组分。实验证明，所建立的筛选方法可靠、实用。多环芳烃广泛存在于3种环境介质中，可被生物累积，其生态风险应引起足够重视，并纳入未来监管重点

联系单位：南京市环境监测中心

联系人：胡恩宇

电话：18951651550

地址：南京市虎踞路175号，210013

技术信息咨询单位及联系方式

系单位：中国环境监测总站

联系人：滕曼
电 话：010-84943186
E-mail: tengman@cnemc.cn
地 址：北京市朝阳区安外大羊坊 8 号院（乙）

2、便携式水体藻类原位荧光快速监测仪研制技术

技术依托单位：中国科学院合肥物质科学研究院

技术发展阶段：应用推广

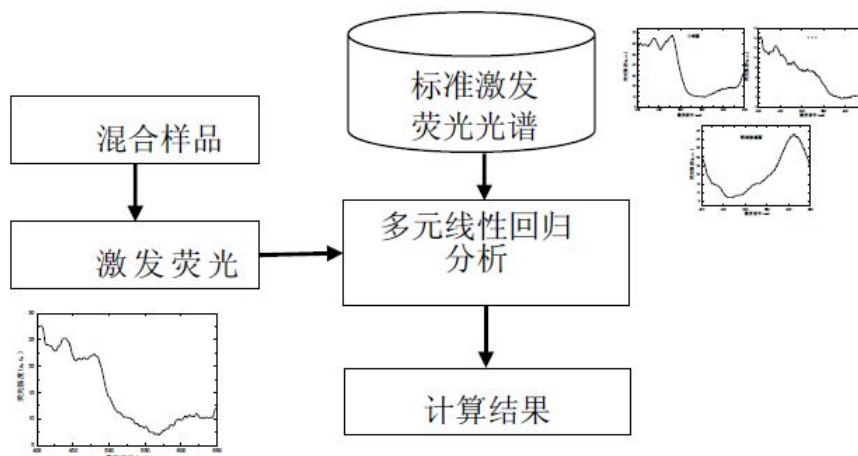
适用范围：水质富营养化、水华在线监测

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据不同门类浮游植物含有的捕光色素成分和含量差异性，采用多波段LED（470, 525, 570, 590, 610 nm）激发，获得特征色素与叶绿素a相互作用后产生的特征激发荧光光谱，结合预先存储的浮游植物标准激发荧光光谱库，通过光谱解析，实现对蓝藻、绿藻、褐藻（隐藻/甲藻/硅藻）等不同门类浮游植物分类测定和叶绿素a浓度的定量测量。

二、工艺流程



三、关键技术

（1）混叠荧光光谱中不同藻类光谱提取与定量解析：基于不同藻类细胞天线色素组成差异及其在荧光光谱表现的指纹特征，采用混叠荧光光谱分离和定量解析算法，实现不同藻类叶绿素a浓度分类测量；

（2）叶绿素a微弱荧光光谱信号检测：由于超高亮LED辐射量在1000μW左右，而荧光信号通常小于激发光3-4个数量级，相对背景较弱。本系统采用窄带化及相干技术实现微弱信号检测，即通过调制技术实现强背景光下对荧光信号的检测。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：合肥市环境监测站、重庆市九龙坡区环境监测站

实际应用案例介绍

2011年8月至2012年8月在巢湖搭载蓝藻水华预警浮标进行了长期外场示范实验；

2011年7月12日至10月19日在重庆九龙坡区马家沟水库进行外场示范运行对比分析实验。

联系单位：中国科学院合肥物质科学研究院
联系人：张玉钧
电话：0551-65593147
地址：安徽合肥蜀山区蜀山湖路350号，230031

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国科学院合肥物质科学研究院
联系人：张玉钧
电 话：0551-5593147
E-mail: yjzhang@aiofm.ac.cn
地 址：安徽合肥 1125 信箱

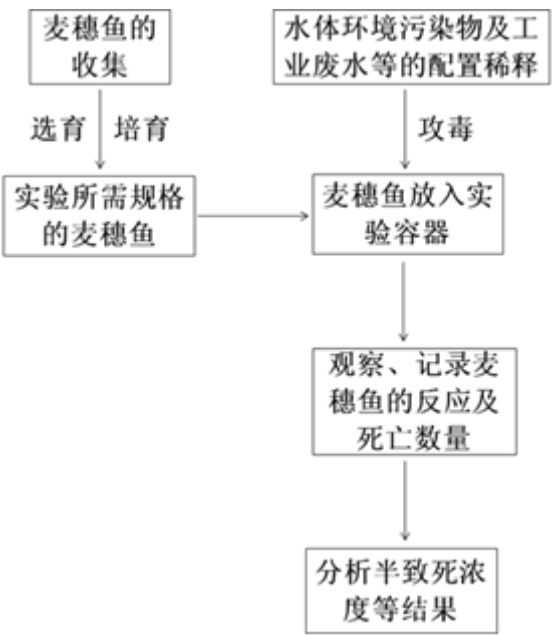
3、麦穗鱼活体急性毒性测定新技术

技术依托单位：华中农业大学
技术发展阶段：推广应用
适用范围：水环境监测的新技术、新方法研发与应用示范
主要技术指标和参数：

一、基本原理

OECD203和GB/T13267-91推荐的青鳉、斑马鱼、黑头软皮鲦等鱼类作为毒性试验材料，这些实验材料都不是我国特有种，存在退化和引种等问题，同时有些鱼类实验动物已受到相应的机构保护，使用这些鱼类实验动物作为毒性试验材料会越来越受到限制。GB/T 21814-2008推荐使用的鱼类种类很多，也缺少特有的小型淡水鱼类。且这些标准对半致死浓度的计算只提到用概率法，没有采用更快捷的软件来分析。本技术完成了我国广泛分布的淡水鱼类种麦穗鱼的选育技术，构建了水环境生物活体急性毒性生物监测新技术，适于对我国河流水体主要水体、水体环境污染物（苯类、有机氯、重金属、有机磷农药等）及工业废水的综合监测。该检测方法成本低廉、易于操作、适于在我国所有区域推广应用。

二、工艺流程



三、关键技术

本技术的关键核心为：1、生物种：采用了本国淡水水体广泛分布的生物种——麦穗鱼，因其生活周期短、繁殖快、分批产卵、经济方便易得、实验室饲养方便，对毒物敏感和易于在实验室培养等优点，能广泛应用于环境毒物测试；2、计算方法：进行毒性测试后，运用方便快捷的软件 SPSS，能迅速计算出实验结果。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：环境保护部华南环境科学研究所

实际应用案例介绍

2011 年 7 月份在环境保护部华南环境科学研究所进行麦穗鱼毒性测试实验，麦穗鱼是我们实验室培育的，麦穗鱼的体长 26 ± 5 mm，体重 0.29 ± 0.08 g。采取了广州市东江流域大墩渡口江水、广州市新塘镇长虹电镀厂废水原液和废水处理液作为受试水体。试验期间水温 22.4 ± 0.5 °C，pH 为 6.20 ± 0.3 ，溶氧为 7.00 ± 0.6 mg/L，经过预实验得出东江流域水和长虹电镀厂废水处理液没有毒性，不能引起受试生物麦穗鱼的死亡，仅长虹电镀厂废水原液对麦穗鱼有很强的毒性，根据预实验的结果设置了 10 个浓度梯度，采用半静态试验法，实验在玻璃缸中进行，玻璃缸的规格是：18 L，每缸放鱼 10 尾，每个浓度设置 3 个平行，测定了麦穗鱼的毒性试验。每天观察鱼的反应情况，长虹电镀厂废水原液对麦穗鱼的毒性极强，受试麦穗鱼的反应是：当把麦穗鱼放入受试液中时，麦穗鱼表现出极度不安，在水中左右上下到处游蹿，随后慢慢游到水面，呼吸急促，一段时间后鱼体渐渐失去平衡，翻滚于水表面，鱼体时而头朝上垂直于水中，时而头朝下倾斜于水中，渐而呼吸减弱，最后翻白沉入水底，并微弱张开鳃盖缓缓呼吸，直至死亡。每天统计麦穗鱼的死亡情况，做好记录，试验结束后采用 Spss 软件对结果统计分析，得出麦穗鱼 24 h、48 h、72 h 和 96 h 的半致死浓度及 95%置信区间详见下表：

长虹电镀厂废水原液对麦穗鱼的急性毒性结果

水体 \ 时间	24 h	48 h	72 h	96 h
长虹电镀厂废水	2.3%	1.9%	1.6%	1.2%
原液	(0.020-0.027)	(0.016-0.020)	(0.012-0.020)	(0.008-0.015)

联系单位：华中农业大学

联系人：祝东梅

电话：13098810415

地址：华中农业大学南苑8栋，430070

技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：华中农业大学

联系人：王卫民

电 话：13871024280

E-mail: wangwm@mail.

hzau.edu.cn

地 址：湖北省武汉市洪山区狮子山街 1 号

4、双向散射式水体浊度自动测量仪研制新技术

技术依托单位：中国科学院合肥物质科学研究院

技术发展阶段：推广应用

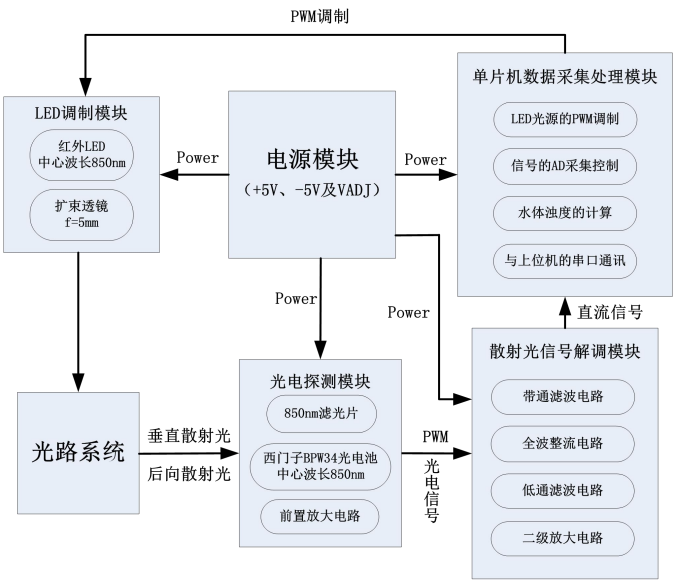
适用范围：水质在线监测

主要技术指标和参数：

一、基本原理

散射式浊度测量是利用特定波长的光束射入水样时，由于水样中存在悬浮物颗粒，使入射光产生散射，散射光的强度与浊度有关，通过测定某一特定方向的散射光强度，即可测出水样的浊度。双向散射式水体浊度自动测量仪将测低浊度线性度较好的垂直散射法和测中高浊度线性度较好的后向散射法结合起来使用，利用 90°散射及 140°后向散射光强与水浊度的数量关系特性，实现水浊度的大范围精确测量。

二、工艺流程



三、关键技术

散射光强度大动态范围高灵敏检测技术：90°散射及140°散射光信号应用于不同程度浊度测量，两路散射光信号强度悬殊大，环境光照强度远高于散射光强度，也是干扰散射光检测的灵敏度。通过研发自动增益调节和PWM调制解调散射光信号检测技术，该技术能够有效抑制背景光及电路噪声的干扰，大大提高系统信噪比，确保散射光的测量精度和测量范围。该项关键技术解决了大动态范围浊度高精度问题，

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：合肥市环境监测站、重庆市九龙坡区环境监测站

实际应用案例介绍

2011年8月至2012年8月在巢湖搭载蓝藻水华预警浮标进行了长期外场示范实验；

2011年7月12日至10月19日在重庆九龙坡区马家沟水库进行外场示范运行对比分析实验。

联系单位：中国科学院合肥物质科学研究院

联系人：张玉钧
电话：0551-65593147
地址：安徽合肥蜀山区蜀山湖路350号，230031

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院合肥物质科学研究院
联系人：殷高方
电话：0551-65593691
E-mail: gfyin@aiofm.cas.cn
地址：安徽合肥蜀山区蜀山湖路350号，230031

5、微纳米结构薄膜电极 COD 便携式检测仪研制新技术

技术依托单位：大连理工大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水环境监测的新技术、新方法研发与应用示范

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本 COD 便携式检测仪以硼掺杂金刚石电极为核心传感器，利用硼掺杂金刚石电势窗口宽、机械强度高、抗腐蚀能力强等优点，根据电化学原理，采用经典的三电极电化学体系测量水体中的化学需氧量。其基本原理是：待测水样和电解液以一定比例进入测量池混合，在测量池中以硼掺杂金刚石膜电极为工作电极，在合适的恒电位下产生羟基自由基，使有机物矿化成 CO_2 和 H_2O ，产生信号电流，信号电流的大小与水体中的有机物浓度成一定的比例关系，通过检测信号电流的大小确定水体中 COD 的浓度。

二、工艺流程

- ① 开机检查：仪器进入自检状态，自检结束后进入操作主界面。
- ② 标准曲线的标定：确定合适的稀释比、选择 4-6 个标准溶液浓度作标准曲线。
- ③ 样品测量：待背景电流稳定后，加入待测样品，进行测定。
- ④ 清洗电极：测定结束后在恒定电位下清洗电极。

三、关键技术

硼掺杂金刚石膜电极的制备技术：利用微波等离子体气相化学沉积设备，优化各种工艺参数，制备出电势窗口宽、机械强度高、对有机污染物有较好响应的硼掺杂金刚石膜，该检测仪传感元件稳定，检测过程中无有毒化学试剂消耗，灵敏度和准确度高，测量时间短(不超过 5 min)，可用于检测市政污水或工业废水的化学需氧量，尤其适用于野外水污染 COD 应急检测。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例：

应用单位：大连市环境监测中心

取自凌水污水处理厂的入口水样，凌水河污水处理厂采用 CAST 工艺，进水水质设计值： $\text{COD}_{\text{Cr}} = 400\text{mg/L}$ ， $\text{BOD}_5 = 200\text{mg/L}$ ， $\text{SS} = 200\text{ mg/L}$ ，总氮 = 25 mg/L ，总磷 = 6 mg/L 。对凌水污水处理厂的入口水样用 COD 便携式检测仪测定 5 次，同时用国家标准方法重铬酸钾法(COD_{Cr})测定 3 次，与重铬酸钾法相比，COD 便携式检测仪的相对误差为 0.5%，连续测定 5 次的相对标准偏差为 7.4%，说明本 COD 便携式检测仪能够准确、稳定的测定实际水

样。

联系单位：大连理工大学

联系人：陈硕

电话：13304118312

地址：大连市甘井子区凌工路2号，116024

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：大连理工大学

联系人：赵慧敏

电话：0411-84706263

E-mail: zhaohuim@dlut.edu.cn

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路2号，116024

6、蓝藻水华生消过程遥感定量监测技术

技术依托单位：环保部卫星应用中心

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水环境监测现代装备研发与技术

主要技术指标和参数：

构建的水华暴发前的蓝藻定量反演模型以及水华暴发后路径漂移模拟，实现了对蓝藻水华的生消全过程的遥感监测，为蓝藻遥感预警提供了技术方法和基础。以前的蓝藻水华监测多用叶绿素 a 浓度表征，它是全部藻类的浓度，这不能准确的反应内陆湖泊水体中蓝藻的情况，而我国富营养化湖泊多为蓝藻水华，这对于定量的表征蓝藻的含量情况以及水华的预警都具有重要的意义。

实际应用案例：

基于 2010-2012 年有效获取的环境一号卫星遥感数据，利用课题研究的水环境遥感监测业务应用平台，共计生产水环境质量综合分析报告 42 期 252 份，其中 2010 年 5 期、2011 年 29 期和 2012 年 8 期；累计测试数据约 200GB。评价指标包括叶绿素 a、藻密度、总氮、总磷、透明度和悬浮物，内容主要涉及水质参数现状分布图、全湖及各湖区统计信息等。此外，针对 2010 年 8 月 21 日、2011 年 7 月 28 日和 2011 年 9 月 24 日三个时相的环 41 境一号卫星数据，开展了湖泛信息提取分析，并制作了湖泛监测报告。结果表明：该平台基本可以完成遥感数据的运行、预处理和相关信息的提取，并较好发挥了数据集成和共享的作用。系统运行稳定、性能良好，为太湖流域水环境管理提供了技术支持。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：环保部卫星应用中心

联系人：吴传庆

电 话：010-58311598

E-mail: wuchuanqing@mep.gov.cn

地 址：北京市海淀区永丰基地丰德东路

7、流域水环境沉积物质量评价技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：河流、湖泊、水库沉积物

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术体系针对流域沉积物理化特性差异大，质量标准难以统一的问题，以相平衡分配理论、美国保护水生生物和人体健康的水质基准为基础，考虑到不同流域沉积物类型、有机质含量，及其生物有效性的差异，提出了适用于我国流域水环境（河流、湖泊、水库）沉积物重金属质量基准建立方法，并根据重金属生物毒性风险进行沉积物质量标准分级和沉积物质量评价，从而形成一套完整的基于风险分级的流域水环境沉积物质量评价技术体系，为我国的流域水环境质量风险管理工作提供理论依据和技术支撑。

二、工艺流程

1、沉积物重金属质量基准建立：依据相平衡分配的基本原理，考虑沉积物类型及有机质百分含量的差异性影响，建立适用于我国流域水环境（河流、湖泊、水库）沉积物重金属质量基准的方法；

2、沉积物重金属质量标准分级：在沉积物重金属质量基准建立的基础上，根据重金属生物毒性风险大小，确定沉积物重金属质量标准分级方案；

3、沉积物质量评价方法创建：利用沉积物重金属质量分级标准作为评价标准，创建沉积物污染指数法（Sediment Pollution Index, SPI）进行流域水环境沉积物质量评价。

三、关键技术

1、基于相平衡分配理论的沉积物重金属质量基准建立方法

（1）沉积物粒度类型及有机质含量对沉积物-水相平衡分配系数的影响分析

（2）流域沉积物重金属质量基准的相平衡修正模型构建及参数确定

（3）典型流域沉积物质量基准值的计算

2、基于重金属生物毒性风险的沉积物重金属质量标准分级方案

（1）沉积物重金属质量标准分级方案的确定

（2）沉积物重金属标准分级剂量-效应关系验证研究

（3）典型流域沉积物重金属质量标准分级的应用

3、沉积物质量评价方法—沉积物污染指数法（SPI）

（1）沉积物污染指数法（SPI）的创建

（2）典型流域沉积物质量评价应用

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：辽河流域及大伙房水库沉积物质量评价

应用单位：辽宁省环保厅

实际应用案例介绍：

本技术对典型流域(辽河流域和大伙房水库)的沉积物重金属质量基准、沉积物重金属质量标准分级确定的基础上，将单因子评价法和SPI法应用于典型流域的沉积物质量评价，评价结果基本一致：辽河流域沉积物质量大多数为“优”，只有站点KQ12为“很差”，KQ15 和XH1为“中”，这些站点沉积物等级较差的原因可能与工业活动有关；大伙房水库的浑河入库水域沉积物质量为“中”，之后库中地区和库尾地区各站点沉积物全部为“优”，这说明大伙房水库沉积物受库首浑河入流悬浮颗粒物的重金属污染影响，之后经过沉降，沉积物质量渐变为“优”。

联系单位：辽宁省环保厅

联系人：徐景阳

电话：13332403039

E-mail:

地址：辽宁省沈阳市东陵区双园路30号甲

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：秦延文

电 话：01084913914

E-mail: qinyw@craes.org.cn

地 址:北京朝阳区安外大羊坊8号

8、流域水生生物监测技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广类技术

适用范围：溪流、河流、湖泊、水库

主要技术指标和参数:

一、基本原理

通过采用经济、高效的生物群落调查技术，在尽可能降低人员、物力成本以及设备限制的前提下，获取准确、可靠、具有完整性、代表性、可比性的生物数据。

二、工艺流程

1、监测要素：包括水文气象基本参数、生境状态、水体及沉积物理化参数、生物参数；

2、生物类群：溪流、河流可采用大型底栖动物、着生藻类、鱼类，湖泊、水库可采用大型底栖动物、浮游藻类、浮游动物；

3、站位布设：根据监测目的，采用随机选择方案或目标设计方案；

4、监测频率与时间：基线调查及长期监测，第一年每季一次，之后每年一次；例行监测每年一次；季节性水环境变化趋势评价，每季一次；

5、生境调查：测量必要的参数，包括河长、河宽、水深、流速、温度、溶氧、pH、浑浊度等，并对生境状态作粗略的视觉评价；

6、大型底栖动物调查：使用500 μ m孔径的手抄网或彼得逊采泥器采集，采集的样本用500 μ m孔径分样筛去除泥沙，并以75%乙醇或5%甲醛固定；实验室分析时，整理、分瓶后，对样品进行鉴定、计数，如个体数量过大，可用标准网格托盘进行分样，最后获取各个种类相对丰度、栖息密度、生物量等参数；

7、着生藻类调查：采样重复位点同大型底栖动物，使用牙刷或移液器从底质上采集藻类，采集时固定采样面积，样品以鲁戈氏液或5%甲醛固定；带回实验室后，对样品进行种类鉴定、计数及叶绿素a测定，对样品中的硅藻进行分析前，采用浓酸氧化法对其进行前处理，最后获取各个种类的相对丰度、生物量、叶绿素a等参数；

8、鱼类调查：取1000m作为采样河段，尽量选择在狭长浅滩或其他天然屏障之间，使用电鱼法或围网法，在固定时间内采集鱼类；采集的鱼类可带回实验室或在现场就地分析，进行种类鉴定、计数及生物学测量，最后获取各个种类的相对丰度、生物量、肥满度、肝指数等指标。

9、浮游藻类调查：在水深小于2m的采样点，采集水面下0.5m的水样1L；当采样位点的水深大于2m时，要对水体进行分层采样，分别取表层下0.5m处、中层以及底层上方0.5m处的水样各1L，贫营养状态水体中可酌情增加采样体积；样品以鲁戈氏液或5%甲醛固定；带回实验室后，对样品进行种类鉴定、计数及叶绿素a测定，对样品中的硅藻进行分析前，采

用浓酸氧化法对其进行前处理，最后获取各个种类的相对丰度、生物量、叶绿素a等参数；

10、浮游动物调查：采水层次同浮游藻类；小型浮游动物（原生动物、轮虫以及未成熟的微小甲壳动物）采水样1L，直接装入样品瓶；大型浮游动物（成熟的甲壳动物）采水样10-50L，用25号浮游生物网将水样过滤后，转移至样品瓶中；样品以75%乙醇或5%甲醛固定；带回实验室后，对样品进行种类鉴定、计数，最后获取各个种类的相对丰度、生物量等参数。

三、关键技术

1、参照状态确定方法

2、生境调查方法

3、生物采样方法。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：中国环境监测总站将这套流域水生生物监测技术，应用于“十二五”启动的松花江流域水生生物试点监测工作

应用单位：中国环境监测总站

实际应用案例介绍：

中国环境监测总站将这套流域水生生物监测技术，应用于“十二五”启动的松花江流域水生生物试点监测工作，对松花江干流及支流上的10个溪流位点、29个河流位点、16个湖库位点进行监测，取得了良好的成效。

联系单位：中国环境监测总站

联系人：刘允

电话：010-84943100

E-mail: liuyun@cnemc.cn

地址：北京市朝阳区安外大羊坊8号（乙）

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：刘录三

电 话：01084915302

E-mail: liuls@craes.org.cn

地 址：北京朝阳区安外大羊坊8号

9、流域风险污染物快速测定技术

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段：工程示范

适用范围：污染物快速测定

主要技术指标和参数：

一、基本原理

根据目标物的性质开发集成水体等环境样品的快速前处理技术以及分析检测技术，建立目标污染物简便快速的分析测定方法。依地方的检测技术水平方法选择合适的方法，尽量使用了简便可靠的采样、制样和测定方法，确保分析方法的准确性和实用性。同时建立严格的质量保证/质量控制（QA/QC）体系和详细的标准操作规程（SOP）。

二、工艺流程

1、顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用（以水中多环芳烃为例）：

水样中多环芳烃的顶空固相微萃取→热解析进样→气相色谱-质谱分析

2、中空纤维支载体液膜静态萃取（以无机汞为例）

中空纤维支载体液膜制备→水样中汞的中空纤维支载体液膜静态萃取→纳米金显色分析

3、选择性萃取阿特拉津的分子印迹固相萃取吸附剂

底泥或土壤样品中阿特拉津的提取→提取液中阿特拉津的分子印迹固相萃取富集及净化→液相色谱分析

三、关键技术

1、顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用

2、中空纤维支载体液膜静态萃取

3、选择性萃取阿特拉津的分子印迹固相萃取吸附剂

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

发展了基于固相微萃取、液相微萃取和分子印迹固相萃取等技术高效样品前处理方法，并与可视化检测、气相色谱-质谱、液相色谱-质谱等联用，建立了松花江优先风险污染物清单中前20种污染物的简便快速的分析测定方法，并编写了详细的分析测定操作指南。

联系单位：中国科学院生态环境研究中心

联系人：刘景富

电 话：13693279060

E-mail: jfliu@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路18号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院生态环境研究中心

联系人：刘景富

电 话：010-62849192

E-mail: jfliu@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路18号 100085

10、松花江流域风险评估技术

技术依托单位：中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段：工程示范

适用范围：松花江流域生态风险评价技术

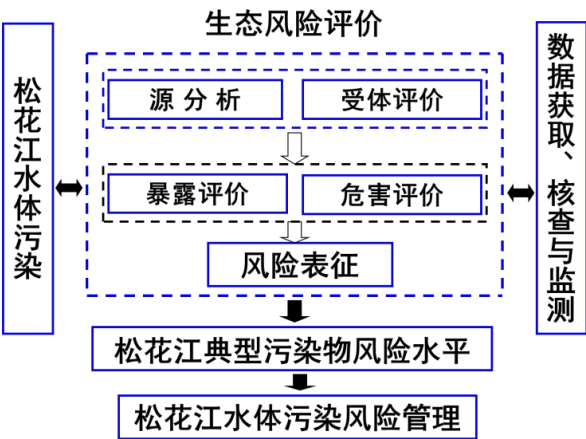
主要技术指标和参数：

一、基本原理

松花江生态风险评估技术是针对松花江高纬度高寒流域水体进行生态风险评价的技术，该方法包括制定针对流域的生态风险评估方案，流域生态风险源的确定、生态受体选择原则、暴露评价模型的确定、生态表征技术方法风险管理等内容。生态风险源主要根据松花江污染物清单和中俄联合监测项目确定；生态受体选择对污染物反应敏感、有“预警”的功能、具有代表性的常见种、对污染物的反应在个体间的差异小、重现性高的物种。构建暴露模型时选择当地主要水生生物作为暴露评价物种，而生态风险表征模型采用最常用的商值法。基于该方法形成的《松花江生态风险评价生态风险评价技术规程》，规定了松花江流域生态风

险源确定、生态受体与概念模型构建、暴露评价、毒理效应与风险表征等生态风险评价全过程的相关技术要求，其主要内容包括规范性引用文件、术语和定义、污染源识别、生态受体、暴露评价、危害评价、风险表征、风险管理等。

二、工艺流程



根据所示的技术框架构，通过开展研究区生态风险暴露途径调查，确定研究区生态系统的主要暴露生物类型和群落结构，了解生物同环境介质间的接触关系，确定在各介质体内的污染物种类和暴露量，为生态风险暴露途径的研究奠定基础。在收集资料、污染源和范围识别的基础上，制定详细的调查计划，布设调查网点，进行现场调查和样品采集，对样品进行污染物指标分析测试。最后进行数据整理分析，以此为基础确定生态风险评价指标性污染物和受体，分析暴露途径，进行生态风险评估。

三、关键技术

1、松花江生态风险评估受体的选择与概念模型建立

2、松花江暴露模型的构建

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

基于发展的技术，对松花江国控断面为主的17个断面PAHs的生态风险进行了评估。可为松花江生态风险污染物的控制和管理提供指导。构建的风险评价概念模型和暴露评价模型已在国家科技支撑计划项目《陆地石油开采生态风险评估与污染控制关键技术研究》中得到部分应用。

联系单位：中国科学院生态环境研究中心

联系人：刘景富

电 话：13693279060

E-mail: jfliu@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路18号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称：中国科学院生态环境研究中心

联系人：刘景富

电 话：010-62849192

E-mail: jfliu@rcees.ac.cn

地 址：北京市海淀区双清路18号 100085

11、毒害污染物生态风险评估技术

技术依托单位：中国科学院广州地球化学研究所、环境保护部华南环境科学研究所、中国科学院生态环境研究中心、北京大学、广东省环境监测中心

技术发展阶段：工程示范

适用范围：

主要技术指标和参数：

一、基本原理

污染物进入水环境后，对水生生物表现出各种生态毒理效应。其效应终点有非专一性的致死性、生长抑制和导致繁殖能力异常等，还有相对专一性的遗传毒性、芳香烃受体效应和内分泌干扰效应等。生态毒理效应测试有活体和离体生物测试方法。污染物的致死性、生长抑制和导致繁殖力异常等效应采用活体生物测试方法测定，而污染物的遗传毒性、芳香烃受体效应和雌激素活性可采用离体生物测试方法。

生态风险评价过程包括危害识别、暴露评价和影响评价（USEPA，1998a）。危害识别即分析污染物对生物潜在的不利影响。暴露评价是预测和测定污染物的暴露浓度。影响评价是对污染物的剂量-效应关系的评价。生态风险评价的主要工作体现在暴露评价和影响评价相结合的风险表征过程。水体和沉积物中污染物的生态风险评价一般按照图2.3所示流程进行（USEPA，1998a），首先确定水体和沉积物中污染物的暴露水平，然后根据文献资料中报道的污染物的生态毒性数据，得到预测无效应浓度（predicted no effect concentrations, PNECs），通过环境中监测或预测的污染物暴露水平与PNECs比较，根据风险等级划分标准表征风险高低，确定受影响的生物。根据取得风险表征结果，对污染物进行风险管理。风险管理一般包括风险分类[不可接受的风险（ $\geq$ PNEC）、需要降低的风险（1% PNEC~PNEC）和可忽略的风险（ $<1\%$ PNEC）]、风险效益分析、风险降低措施和环境监测审查。由于风险评价过程有许多不确定性，因此需要不断更新数据，进行验证和再评价。

二、关键技术

在综合欧美等发达国家毒害污染物生态风险评价方法的基础上，通过预测或测定环境浓度（PEC 或 MEC）进行暴露评价，以生态毒性的剂量效应关系推导预测无影响浓度（PNEC）进行影响评价，然后以风险商（RQ）进行风险表征，据此提出了我国开展流域水体和沉积物中毒害污染物的风险评价体系，针对东江流域水质特点，推导出 200 余种毒害污染物的 PNEC 值，并建立了毒害污染物生态毒性数据库，集成流域毒害污染物风险评估技术 1 套。本课题建立的生态风险评价方法是基于环境水体和沉积物的实际监测浓度进行的评价。

三、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：广东省环境监测中心

东江流域化学品调查及流域化学品生态风险评价

对流域化学品调查，通过调查数据推导化学品的环境浓度。广东省环境监测中心对东江流域工业源、农业源和生活源的化学品进行了初步调查。金属及其相关物质、农药、表面活性剂、塑料添加剂、抗生素等化学品在东江流域内使用量较大，使用频率较高，这些化学品一部分随生产过程进入最终产品，并通过市场销售进行流通，一部分在使用后进入废水、废气和固体废物，经处理后未能完全处理的化学品则排放到各种环境介质中。

使用量较大的金属、表面活性剂、塑料制品、农药、养殖药物等可能是河流环境中金属、壬基酚、双酚 A、农药、抗生素等污染物的来源，这些污染物可在东江流域广泛检出，化学品使用量调查也为流域筛选优控污染物提供了重要依据。

采用毒害污染物生态风险评估技术对东江流域化学品的生态风险进行了表征。东江流域化学品的生态风险表征表明，在 200 余种污染物中有多种污染物在至少一个采样点位表现出高的生态风险，可能对本地生物构成危害。生态高风险区域与化学品的排放有很大关系，铜、

锰、锌、壬基酚、双酚 A、三氯生、三氯卡班、脱水红霉素、罗红霉素等污染物在东江下游和三角洲河口段具有高风险区域，特别在支流淡水河、龙岗河、坪山河、石马河、寒溪水和东莞运河，表明支流河涌的多种污染物已导致高生态风险，进行污染控制势在必行。三唑磷（triazophos）、稻瘟灵（isoprothiolane）、敌敌畏（dichlorvos）、毒死蜱（chlorpyrifos）等目前在用农药在东江流域部分河段也具有高风险，需密切关注。在持久性有机物中，多环芳烃、有机氯农药的一些单体化合物在流域部分点位具有高风险，高风险区域分布在流域各个河段，多氯联苯和多溴联苯醚仅个别单体在某些采样点具有高风险。总之，东江流域化学品的生态风险表征表明多种化学品在东江流域部分河段具有高的生态风险，其中有些区域位于干流河段。生态系统的健康是优质水源的重要标志，一些支流河涌的高风险污染物可能进一步进入干流，对干流水质构成威胁，需要加强管理和控制。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国科学院广州地球化学研究所

联系人：应光国

电话：020-85290200

E-mail: guang-guo.ying@gig.ac.cn

地址：广州市天河区科华街511号，邮编510640

12、生物毒性测试东江流域代表性生物种选育技术

技术依托单位：华中农业大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：流域代表性生物种

主要技术指标和参数：

一、基本原理

用于生物毒性测试的生物种需要对污染物具有一定的灵敏度；并且在养殖过程中营养物质应满足生长条件为原则，不能过高，否则在后期环境水样实验中会因为环境水体中营养物质与养殖条件的不同而对实验结果产生差异；基于以上原理，开发东江流域代表性生物种选育技术。

二、工艺流程

首先进行流域水生生物情况调研，挑选代表性水生生物种，再通过实验室培育条件包括温度、饲料、培育容器、繁殖条件等摸索，形成选育技术。

三、关键技术

1、国际通用种培育和繁殖技术

已引进 4 个国际通用生物种包括淡水发光菌 Q67、普通小球藻、大型溞和青鳉鱼，在实验室条件下完成了养殖和繁殖/增殖条件的确认和优化，形成了培育和繁殖技术。具体培育和繁殖技术如下：

- (1) Q67 菌实验室培育技术。
- (2) 普通小球藻实验室培育技术。
- (3) 大型溞实验室饲养和繁殖技术。
- (4) 青鳉实验室饲养和繁殖技术。

2、东江代表种培育和繁殖技术

采集了东江干流和支流 10 断面的不同营养级的水生生物，进行了分析和调查，依据调查结果和东江流域历史资料，确定了四尾栅藻、美丽胶网藻、四膜虫、轮虫、青虾和唐鱼东江流域代表性水生生物种，已完成实验室的驯化，初步确定其养殖条件。完成了四尾栅藻、美丽胶网藻、四膜虫、轮虫、青虾和唐鱼东江流域代表性水生生物种，初步确定其养殖条件。以四尾栅藻、日本沼虾和唐鱼为例，具体阐述其代表种确定过程和培育条件。具体培育和繁殖技术如下：

-
- (1) 四尾栅藻实验室培育技术。
 - (2) 日本沼虾实验室培育技术。
 - (3) 唐鱼实验室饲养和繁殖技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

无

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 中国科学院生态环境研究中心

联系人: 查金苗

电 话: 010-62849107

E-mail: jmzha@rcees.ac.cn

地 址: 北京市海淀区双清路18号

13、东江流域排水与水体生物毒性测试、快速检测技术

技术依托单位: 中国科学院生态环境研究中心、环境保护部华南环境科学研究所

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 毒性测试

主要技术指标:

一、基本原理

生物毒性测试技术基于不同营养级水生生物(如藻、溞、鱼),能在环境水体中污染物浓度达到一定值时产生反应,如生殖异常、死亡等,基于此原理建立东江流域排水与水体生物毒性测试技术。快速检测技术基于微生物能在短时间内对环境污染物产生反应,如发光率降低、如产生应激酶类等,基于此原理建立快速检测技术。

二、工艺流程

通过实验生物模式化后调整检测条件,完成基于不同营养级水生生物的生物毒性测试技术。快速检测也是通过试验条件与检测终点的确定,建立检测技术。

三、关键技术

1、通用种生物毒性测试技术

目前已完成国际通用种(发光菌、小球藻、大型溞和青鳉)生物毒性测试方法。具体测试技术如下:

- (1) 淡水发光菌 Q67 发光抑制毒性测试技术。
- (2) 普通小球藻生长抑制毒性测试技术。
- (3) 大型溞活动抑制毒性测试技术。
- (4) 青鳉鱼急性毒性测试技术。
- (5) 大型溞繁殖抑制毒性测试技术。
- (6) 青鳉鱼早期生命阶段短期慢性毒性测试技术。

上述毒性测试技术应用于东江干流、支流、河涌水体生物毒性筛查,获得上述水体生物毒性分布水平,其中河涌水体存在较大生物毒性风险;筛查了流域内 5 个典型行业的工业排水生物毒性,获得全面生物毒性分布水平,发现电镀、电子行业存在较大排水生物毒性。形成了东江流域基于生物毒性监测与监控技术体系的标志性成果。

2、快速生物测试技术及相关试剂盒

- (1) 环境雌激素物质快速检测试剂盒方法开发与应用。

已构建雌激素酵母快速测试方法,同时开发了相应的试剂盒,其具体操作方法如下:复苏的菌液与水样混合继续培养 2h。暴露后的酵母经细胞破碎后与底物反应 1h,测定上清

液的 OD420, 然后计算半乳糖苷酶活性。环境雌激素试剂盒在行业排水和河涌水样中进行有效的应用。

(2) 微生物快速检测排水中微量有毒物质的技术规范和试剂盒产品研制。

利用广东省环境微生物菌种库的功能菌株为材料,根据剂量反应关系和微生物种属多样性筛选到了 10 个不同属的细菌和 1 株酵母菌。根据细胞脱氢酶反应原理构建了在 96 孔板上同时测试受试物的急性毒性的方法,已形成试验室内技术规范和初步的产品。2010 年 6 月应用该试剂盒检测了大墩、石滩和太原泵站水样的微生物毒性。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发。

实际应用案例:

2009年,本课题组利用已建立的雌激素快速检测试剂盒,分析了东江下游两个污水厂、8个工业废水排放口和6条接纳河流水体共16个样品中的雌激素效应物质浓度,并按照雌二醇当量(EEQ)计算了水中雌激素效应水平。在被检测废水样品中,排水的EEQ值处于0.3~2.8ng/L之间,其中造纸厂与纸制品厂排水具有明显雌激素效应。采自河涌的6个样品有4个样品检出雌激素活性,雌激素效应水平在1.9~8.8ng EEQ/L之间。结果表明,东江下游行业废水处理厂出水中的EEQ浓度应与河涌水体中的EEQ在相同数量级,与国内报道的其他地区河流及工厂排水污染水平类似。污染较为严重的河涌水体雌激素水平明显高于污水处理厂及工厂排水,推断污染河涌水体中的雌激素效应物质应来自未经处理的污染源。相关论文发表在2011年《中国环境监测》杂志中。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位:中国科学院生态环境研究中心

联系人:查金苗

电话:010-62849107

E-mail: jmzha@rcees.ac.cn

地址:北京市海淀区双清路18号

14、东江水系典型水生生物鉴定系统与监测规范

技术依托单位:暨南大学、中国科学院水生生物研究所

技术发展阶段:推广应用

适用范围:河流水生生物监测

主要技术指标和参数:

一、基本原理

通过开展东江不同类型水生生物(浮游藻类、底栖藻类、大型底栖动物、微型动物、鱼类等)枯、丰、平期全流域调查,掌握了东江主要生物类群群落结构特征,完成了对东江本土生物的全面调查。突破了包括藻类、底栖生物和鱼类物种的名录筛选、图谱制作、分类鉴定标准和快速采集等河流生物监测关键技术。

二、工艺流程

包括河流水生生物采样站位设置、采集水生生物样品、样品处理、生物种类鉴定四部分。

三、关键技术

1、东江生态系统健康的藻类鉴定系统与监测规范

鉴于藻类作为水体中初级生产者,具有较快繁殖率和较短生活历史、对某些环境污染物十分敏感、能够监测短期环境变化的优点,克服我国河流藻类、尤其是底栖硅藻历史资料空白、硅藻志中种类错误、分类参考文献短缺及分类系统陈旧等技术难题,结合美国、欧洲等

国际最新分类系统和我国习惯分类方法，系统编制了东江浮游藻类、着生软体藻类和着生硅藻的种类名录、图谱及达到国际标准的检索系统，该系统已应用于世界主要国家的河流监测，同时便于我国监测人员掌握和国内的一致性。运用该系统鉴定出东江底栖硅藻 426 种，其中 50% 以上为我国河流新记录种，为我国硅藻鉴定与分类提供权威性指导，对我国河流硅藻监测与国际接轨提供了保障。

参考美国国家规范，结合我国河流监测的实际情况，制定了藻类的河流生物监测技术规范，其中包括浮游藻类、着生硅藻和着生软体藻类。包括监测位点分布、样品采集及前处理、藻类鉴定及计数、质量控制、误差控制、生物指标计算等。该规范对热带亚热带不同河流的藻类调查具有普适性，操作简单，重复性强，误差可控。

2、东江水系底栖动物鉴定系统和监测规范

底栖动物主要包括寡毛类、软体动物和水生昆虫三大类群，各类群种类的准确鉴定是进行生物监测的基础，东江水系底栖动物鉴定系统由各类群名录、鉴定图谱和检索系统三部分组成。其中底栖动物名录详细记载了东江干流和各支流的空间分布特征及采集地点；鉴定图谱包括各类群的实物图和分类特征局部手绘图，可直观地反映底栖动物不同类群的形态特征，而东江底栖动物检索系统是基于三个类群形态分类的目、科、属、种检索工具。运用东江流域底栖动物鉴定系统，可根据样本的形态特征，在实验室对样本进行较为快速和准确的分门别类。

依据东江流域干流和各支流的水体特点编制了东江水系底栖动物调查监测规范，包括样点设置、调查方法、调查工具、调查监测内容、调查监测时间及频次、标本鉴定、数据分析与统计等一系列过程的定性或定量描述，使之规范化或标准化，保证取得的数据具有准确性、可比性和可重复性。其中在大型不可涉水河流采用人工基质和岸边定性采集相结合的方法进行标本采集。

3、东江水系鱼类鉴定系统与监测规范

鱼类的种类鉴定是进行鱼类调查和生物监测的基础，东江水系鱼类鉴定系统由东江水系鱼类名录、鉴定图谱和鱼类检索系统三部分组成。其中鱼类名录详细记载了东江鱼类的空间分布特征及采集地点；鉴定图谱为原色图谱，可直观地反映不同种类鱼类的形态特征，而东江鱼类检索系统是基于形态分类的目、科、属、种检索工具。运用东江水系鱼类鉴定系统，可根据采集地和样本的形态特征，在现场或实验室对样本进行较为快速和准确的分门别类。

在参考和借鉴国内外不同水域鱼类调查和监测方法的基础上，根据东江水系的特点编制了东江水系鱼类调查监测规范。通过对调查准备、调查监测内容、调查监测时间及频次、样区选择与设置、捕捞工具与方法、数据分析与统计等一系列过程的定性或定量描述，使之规范化或标准化，保证取得的数据具有准确性、可比性和可重复性。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位：广东省渔政总队仁化大队

实际应用案例介绍：锦江鱼类生物多样性县级自然保护区鱼类生态调查及资源监测

锦江鱼类生物多样性自然保护区为县级自然保护区，位于珠江水系浈江支流锦江。由于历史原因，该保护区建立时未进行功能区划分，对保护区内鱼类及其他生物资源亦未开展科学调查，缺乏总体规划。这种情况不利于保护区的有效管理，也制约了其今后的发展。为此，2013年8月，在暨南大学东江课题组专家的指导下，开展了鱼类资源调查和监测。

本次调查记录鱼类共有73种，隶属于6目，18科，59属。其中鳃鲮目1科1属1种，鲤形目3科40属50种；鲇形目4科7属9种，鲿形目1科1属1种，鲈形目8科9属11种，合鳃目1科1属1种。按不同河段分，其中锦江水库及溪流记录47种，长江河43种，城口河40种。3河段共有

种17种，其中锦江水库与长江河共有种24种，物种相似性指数为0.3636；锦江水库与城口河共有种23种，物种相似性指数为0.3594；长江河与城口河共有种26种，物种相似性指数为0.4561。可见长江河与城口河共有种最多，物种相似性指数亦最大。而锦江水库与城口河共有种最少，物种相似性指数亦最低。根据调查结果编写出锦江鱼类名录和图谱，并完成了总体规划报告。

联系方式：

联系单位：广东省渔政总队仁化大队

联系人：李曙星

电话：13827916383, 0751-6343926

地址：广东省韶关市仁化县新城路24号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：暨南大学

联系人：杨扬

电 话：020-85222101

E-mail: yangyang@scies.org

地 址：广州市黄埔大道西601号，510632

15、基于 ASV/PSA 方法的铅、镉、砷等分析检测新技术

技术依托单位：湖南省环境监测中心站

技术发展阶段：推广应用

适用范围：河流重金属污染监测与防控

主要技术指标和参数：

一、基本原理

采用阳极溶出伏安法（ASV）或电位溶出分析（PSA）技术，利用巯基化导电高分子、乙炔黑-离子液体复合修饰电极、导电聚合物电极、同位铋玻碳电极、Bi/铅离子载体-MWCNTs/GCE、钛硅分子筛-离子液体复合膜修饰电极等新材料，减少或避免金属汞的使用，设计双电极恒电位富集和溶出流程，发展了铅、镉、砷等多种重金属的高敏、联测新方法。

二、关键技术

1、双信号阳极溶出伏安法检测痕量三价砷

采用三电极系统，在负电位下使As(III)还原为As(0)并富集到工作电极表面；再正向扫描至SCE间的某电位点，使富集的As(0)电氧化溶出成As(III)，As(III)进一步电氧化为As(V)；通过检测所产生的氧化电流双响应信号，从而换算出试液中三价砷含量。

2、基于巯基功能化介孔分子筛和离子液体复合膜修饰电极、乙炔黑-离子液体复合修饰电极、导电聚合物电极、同位铋玻碳电极等新材料的溶出伏安法测定水体中痕量的铅、镉、锌、铜等重金属离子

采用巯基功能化介孔分子筛和离子液体复合膜修饰电极、乙炔黑-离子液体复合修饰电极、导电聚合物电极、同位铋玻碳电极等新型复合电极，优化实验条件研究了铅、镉、锌、铜等重金属离子在电极上的电化学反应，提出了一种新型的测定水中铅、镉、锌、铜等重金属离子的溶出伏安法。

3、铅、镉、砷离子联测技术——双通道阳极溶出伏安法

开发了一种双通道阳极溶出伏安法同时检测痕量铅、镉和三价砷的方法：通道1采用工作电极为玻碳电极进行铅、镉的检测；通道2采用工作电极为金电极进行As(III)的检测。通

过检测所产生的氧化电流响应信号，换算出试液中铅、镉和三价砷的含量。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

1、双信号阳极溶出伏安法检测痕量三价砷。

采用的工作电极为金电极，参比电极为饱和甘汞电极(SCE)或银/氯化银电极，对电极为铂、碳或金惰性电极；支持电解质溶液包括中性磷酸缓冲溶液或pH=1.81~8.95的B-R缓冲溶液或0.1~0.5 mol L⁻¹硫酸溶液；在负电位(-1.1~-0.1 V vs SCE)下、试液搅拌富集300~600 s，使As(III)还原为As(0)并富集到工作电极表面；静置10~20 s；正向扫描至1~1.6 V vs SCE间的某电位点，使富集的As(0)电氧化溶出成As(III)，As(III)进一步电氧化为As(V)；通过检测所产生的氧化电流双响应信号，从而换算出试液中三价砷含量，检测下限是0.07 μg/L。方法简便快捷，检测结果更准确，灵敏度高，抗铜离子等物质干扰的性能更好，检测下限符合我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-85)规定的标准，用于实际样品检测获满意结果，可在环境监测、食品安全和生物电化学等领域获得广泛应用。

2、基于巯基功能化介孔分子筛和离子液体复合膜修饰电极、乙炔黑-离子液体复合修饰电极、导电聚合物电极、同位铋玻碳电极等新材料的溶出伏安法测定水体中痕量的铅、镉、锌、铜等重金属离子

基于新型复合电极构建电化学检测体系，采用溶出伏安法使目标重金属离子富集和溶出，氧化峰电流与目标重金属离子浓度线性相关，对铜、铅、镉、锌的最低检测限分别可达到0.5-10μg/L、0.2-2μg/L、0.1-1μg/L和0.5-10μg/L，相对标准偏差分别为2%-6%，Mn²⁺，Fe³⁺，SO₄²⁻，Br⁻，Al³⁺，F⁻，NO₃⁻，SCN⁻，Cl⁻，Ca²⁺和Hg²⁺等离子干扰小，方法具有很好的重现性、重复性和选择性，且有效避免了汞的毒性，方法成功应用于环境水样（如矿山地下水）中铜、铅、镉、锌等离子的测定，检测下限符合我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-85)规定的标准。修饰电极具有许多优良特性，如大的电活性面积，快的电子转移以及低的背景电流，为构建其它物质(如重金属离子和环境污染物)的电化学传感提供了很好的发展平台。

3、铅、镉、砷离子联测技术——双通道阳极溶出伏安法

通道1采用工作电极为玻碳电极，参比电极为饱和甘汞电极(SCE)或者银/氯化银电极，对电极为铂、碳或金惰性电极；支持电解质溶液为含有一定量Bi(III)的0.1 mol L⁻¹的醋酸缓冲溶液(pH 4.5)，进行铅、镉的检测；通道2采用工作电极为金电极，参比电极为饱和甘汞电极(SCE)或者银/氯化银电极，对电极为铂、碳或金惰性电极；支持电解质溶液为0.5 mol L⁻¹硫酸溶液，进行As(III)的检测；通过检测所产生的氧化电流响应信号，换算出试液中铅、镉和三价砷的含量。本发明检测简便快捷，可以快速实现多种元素的同时富集及检测，可在环境监测、食品安全和生物电化学等领域获得广泛应用。

联系单位：湖南省环境监测中心站

联系人：田耘

电 话：0731-82592777

E-mail: 30430232@qq.com

地 址：湖南省长沙市万家丽中路三段118号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址: 北京市海淀区颐和园路5号 100871

16、铅、镉、砷等新型离子的选择电极检测技术

技术依托单位: 湖南省环境监测中心站

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 河流重金属污染监测与防控

主要技术指标和参数:

一、基本原理

合成新型高敏离子载体, 研制对重金属铅、镉、汞灵敏度高、选择性好的敏感膜, 采用化学和电化学技术优化电极结构和性能, 显著降低膜外侧待测离子的背景干扰, 开发基于分子识别的选择性电极和电位检测技术, 实现铅、镉、汞等的高敏分析检测。

二、关键技术

1、Bi/铅离子载体-MWCNTs/GCE用于铅的高敏电分析

应用铅离子载体对铅离子的高选择性和碳纳米管强的导电能力, 在玻碳电极上修饰了铅离子载体-MWCNTs纳米复合膜。应用此电极的方波溶出伏安法成功检测了铅离子。

2、钛硅分子筛-离子液体复合膜修饰电极测定镉

采用无机钛硅原料体系法合成了钛硅分子筛, 将其与导电性能优良的离子液体结合, 构建了均一、稳定的钛硅分子筛-离子液体复合膜修饰电极, 该电极能显著提高Cd(II)的电化学响应。应用此电极建立了一种能高灵敏度检测Cd(II)的新型电化学分析方法。

3、修饰电极溶出伏安法快速测定痕量汞

利用N-N'-吡嗪二硫代氨基甲酸钠(BDP)能与重金属离子形成螯合物的特性, 结合碳糊修饰电极(CPE)制作成BDP/CPE电极, 应用此电极的溶出伏安法成功检测了汞离子。

4、聚硫醇修饰电极检测痕量铅镉

采用聚(2,5-二巯基-1,3,4-噻二唑)(PDMcT)-多壁碳纳米管(MWCNTs)、Nafion和铋膜(Bi)修饰的玻碳电极(GCE), 基于差分脉冲伏安法(DPV)实现了痕量镉和铅的同时检测。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

1、Bi/铅离子载体-MWCNTs/GCE用于铅的高敏电分析

应用Bi/铅离子载体-MWCNTs/GCE电极的方波溶出伏安法检测水中铅离子, 线性范围为0.3~50 $\mu\text{g/L}$, 检测限为0.1 $\mu\text{g L}^{-1}$, 相对标准偏差为4.1%, K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cl^- 、 Br^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 Zn^{2+} 、 Ag^+ 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 等离子干扰小, 对湘江水和自来水中铅离子的检测回收率为87.7%-101.2%。方法简便快捷, 灵敏度高、重现性好, 抗干扰能力强, 可广泛应用于环境水样(如地表水、生活饮用水等)中铅离子的测定。

2、钛硅分子筛-离子液体复合膜修饰电极测定镉

应用钛硅分子筛-离子液体复合膜修饰电极的溶出伏安法检测水中镉离子, 线性范围为 $6.80 \times 10^{-8} \sim 1.63 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, 检测限为 $1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$, 相对标准偏差为4.4%, Al^{3+} 、 Br^- 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 SCN^- 、 F^- 、 NO_3^- 、 Fe^{3+} 、 Cl^- 、 Co^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Ca^{2+} 等离子干扰小, 对湘江水、画眉潭水、井水中镉离子的检测回收率为96.4%-101.6%。方法简便快捷, 灵敏度高、重现性好, 抗干扰能力强, 可广泛应用于环境水样(如地表水、地下水等)中镉离子的测定。

3、修饰电极溶出伏安法快速测定痕量汞

应用N-N'-吡嗪二硫代氨基甲酸钠/碳糊修饰电极的溶出伏安法检测水中汞离子, 线性范围为2~20 $\mu\text{g L}^{-1}$, 检测限为1 $\mu\text{g L}^{-1}$, 相对标准偏差为8%, 方法重现性较好, 电极制作方便,

价格低廉，易于表面更新。

4、聚硫醇修饰电极检测痕量铅镉

应用聚(2,5-二巯基-1,3,4-噻二唑)(PDMcT)-多壁碳纳米管(MWCNTs)、Nafion和铋膜(Bi)修饰的玻璃碳电极(GCE)的差分脉冲伏安法检测水中痕量镉和铅，线性范围为0.1~20 μg/L，检测限分别为0.03和0.05 μg/L，Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Cl⁻、F⁻、Br⁻、Co²⁺、Ni²⁺、SO₄²⁻、PO₄³⁻、Zn²⁺、Fe²⁺、Fe³⁺、Ag⁺、Cu²⁺等离子干扰小，对湘江水、岳麓山泉水和自来水中镉、铅离子的检测回收率为91.0%-102%，相对标准偏差为1.8-4.6%。方法简便快捷，灵敏度高、重现性好，抗干扰能力强，可广泛应用于环境水样（如地表水、地下水和生活饮用水等）中镉、铅离子的联测。

联系单位：湖南省环境监测中心站

联系人：田耘

电 话：0731-82592777

E-mail: 30430232@qq.com

地 址：湖南省长沙市万家丽中路三段118号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京大学

联系人：倪晋仁

电 话：010-62759804

E-mail: nijinren@iee.pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号 100871

17、太湖有毒有害与高氮磷污染底泥勘测鉴别评估技术

技术依托单位：中国环境科学研究院，中交天津港航勘察设计院有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：内河湖库污染底查、底泥环保疏浚

主要技术指标和参数：

一、基本原理

底泥原状精确勘测技术是测量精确定位技术与原状取土技术的组合，污染底泥原状取土技术采用自主研发的中闭锁式原状取土器，配备相关的采样平台，实现了流态、流塑态、软塑态底泥一次性柱状全采取。

在底泥原状精确勘测基础之上，对采集到的样品进行分析测试，得到样品的物理指标和化学指标；然后开展水体底泥的初步鉴别评估，确定重点研究区的位置及范围，利用地理信息系统的空间插值分析，确定不同类型污染研究区域及重点污染物；然后对重点研究区域及重点污染物进行详细鉴别评估，再利用地理信息系统中的空间分析模块，将已确定的总氮严重污染区、总磷严重污染区、重金属高风险区域、持久性有机物污染区域进行叠加，即可得到不同污染类型的底泥环保疏浚范围。

二、工艺流程

工艺流程为“测量精确定位——原状土样采取——土样的现场检验、封装、贮存、运输——实验室分析——初步鉴别评估——详细鉴别评估——确定环保疏浚范围”。具体如下：

1、测量精确定位

采用RTK定位技术与CORS网络实现勘察取样的平面定位，采用回声测深仪实现勘察取

样的垂直定位。

2、原状土样采取

取土器应平稳下放，不得冲击孔底；取土器下放后，确定水深、钻具长度与孔深；提升取土器之前为切断土样与孔底土的联系可以回转1~2圈或者稍加静置之后再提升；提升取土器应做到均匀平稳，避免磕碰。

3、土样的现场检验、封装、贮存、运输

取土器提出地面之后，小心地将土样连同容器内衬管卸下，使用推土器将中闭锁轴阀中的土样推出，土样密封后填贴标签贮存，土样采取之后至开土试验之间的贮存时间不宜超过两周。

4、对采集到的样品进行分析测试，得到样品的物理指标和化学指标。

5、水体底泥的初步鉴别评估，将分析测试结果与水体的背景值或者该水体区域的底泥质量指南相比较，如果分析测试结果的数值小于阈值效应浓度，则该区域水体底泥不需要进行疏浚，如果分析测试结果的数值大于阈值效应浓度，则该分析测试结果所代表的物质为重点污染物。

6、确定重点研究区的位置及范围，利用地理信息系统的空间插值分析，确定不同类型污染研究区域及重点污染物；

7、对重点研究区域及重点污染物进行详细鉴别评估，对以下内容进行详细评估：采样点布设、底泥样本的采集、全底泥和间隙水化学指标评估、毒性评估、生物累积评估和/或底栖无脊椎动物群落分析；

8、利用地理信息系统中的空间分析模块，将已确定的总氮严重污染区、总磷严重污染区、重金属高风险区域、持久性有机物污染区域进行叠加，即可得到不同污染类型的底泥环保疏浚范围。

三、关键技术

1、污染底泥精确勘测取样技术

污染底泥原状精确勘测技术主要应用于河流湖泊底质调查等岩土工程勘察领域，常规取样技术无法采取底泥上覆的悬浮、流态状物质，采取表层的流塑状态的底泥时扰动大，以致在勘测过程中无法辨别和精确定位，但该段是污染物富存段，原状柱状样的采取，对环保评价十分重要。污染底泥原状取土器采用中闭锁技术，取得了悬浮状、流态、流塑态、软塑态底泥一次性柱状全采取的突破性进展。多次实践证明，污染底泥原状取土器原状率平均可达92.3%以上，满足项目目标原状率90%的要求。

2、有毒有害与高氮磷污染底泥鉴别评估的关键技术

由底泥初步鉴别评估确定出沉积物的重点研究区，在此基础上选择性的进行详细鉴别评估，最终确定底泥环保疏浚范围的边界和范围。对底泥的污染类型进行分类，分别确定不同污染类型底泥环保疏浚范围，为后续的疏浚底泥处理处置提供方式提供参考。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：天津市水利科学研究院

实际应用案例介绍。

底泥原状精确勘测技术2010年9月应用于于桥水库底质调查采样，大幅提高了采样的效率、原状率，为后期的科研课题提供了准确的基础资料，主要表现如下：

-
- 1、中闭锁式污染底泥原状取土器采样原状率均在90%以上；
 - 2、该设备采样时提高了湖泊底泥上层流动、浮动状态底泥的采取率，同时，取土器中设有可视化取土管，可以实现对污染底泥更为直观的描述与分析；
 - 3、原状取土器与精确定位技术相结合，提高了勘察结果的精确度。
- 湖泊底泥的精确采样，可以提供准确的基础资料，这对湖泊治理方案的科学性有较好的保障。基础资料的精确，一方面可以避免不必要的投入，节省资金，另一方面，可以科学合理地制定湖泊治理方案，经济、社会、环境效益显著。

联系单位：天津市水利科学研究院
联系人：张凯
电 话：022-28375294
地址：天津市河西区友谊路60号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院
联系人：姜霞
电 话：13910555107
E-mail: jiangxia@craes.org.cn

18、管道视频检测机器人及其控制、视频采集、记录技术

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：适于在300-1000管径的污水管中行走，采集管道数据主要技术指标和参数：能在300-1000管径的污水管中行走；带有原位检测管道内有毒有害气体的功能。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

自主研发的管道机器人能在300-1000管径的污水管中行走，并获得管道内部视频数据，通过本研究建立的综合评价方法，对污水管道的健康状况进行定量化的评估，为科学客观的进行管道维护修复决策提供正确的依据。

二、工艺流程

1)试制污水管道视频机器人系统，主要由移动载体（行走部件）、管道内部环境识别检测系统、信号传递和动力传输及控制系统组成。

2)试制污水管道修复机器人，该机器人机械臂可搭载切刀、磨头以及喷头等工具，对管道中存在的沉积物、结垢、树根以及轻微裂缝等问题可进行切削、打磨以及喷涂处理。

3)建立污水管道缺陷检测结果分级方法和基于模糊决策的排水管道缺陷状况评价方法。对管道机器人检测的数据进行综合分析及管道健康状况评价。

三、关键技术

研发的管道视频检测机器人及其控制、视频采集、记录技术，与国际市场产品性能相当，并具备管道内部易燃易爆、有毒气体原位检测功能。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：无锡市高新水务公司

实际应用案例介绍：在无锡市高新水务公司的协助下，针对高新区的污水管道开展了污

水管道视频检测机器人的示范。收集管道视频数据约42 km，其中重点分析评价管段约25 km，涉及汇水服务面积约18.8 km²，给出无锡高新区污水管道现状健康状况综合指数，直观科学地获得管道健康状况信息。

联系方式：0510-81819627

联系单位：清华大学

联系人：左剑恶

电 话：010-62772455

E-mail: jiane.zuo@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园1号

预警技术

19、突发性水环境风险应急生态风险评估技术

技术依托单位：中国环境科学研究院、中国科学院广州地球化学研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：地表水河流、流域、水系、湖库

主要技术指标和参数：

一、基本原理

本技术针对水污染事故的短时间、高剂量、急性毒性风险暴露条件对水生态系统的影响问题，考虑区域差异对水生态系统的影响，开展我国典型水生态物种对特征污染物急性效应毒理实验数据与美国ECOTOX数据库的校准研究，采用美国EPA生态风险评估的安全阈值计算方法（物种敏感度分布曲线，SSD）确定风险污染物的应急安全阈值，并采用商值法评估突发污染事故的应急生态风险，从而形成适合我国流域特点的突发性环境风险水生态应急评估技术方法，为我国水生态环境风险管理提供了有力的理论依据和技术支撑。

二、工艺流程

1、风险识别：筛选主要风险污染物和需要保护物种，收集风险污染物短期暴露毒理数据；

2、风险污染物的“剂量-效应”分析：借鉴美国毒理数据库数据构建物种敏感度分布曲线（SSD）曲线，确定风险污染物的应急安全阈值；

3、暴露表征：实时监控突发性水污染事故的水质状况，确定流域风险污染物的环境暴露浓度；

4、应急生态风险表征：应用商值法比较预测/实测的环境浓度与预测的无效应浓度，依据应急生态风险等级划分进行生态风险表征。

三、关键技术

1、基于分散液-液微萃取技术，建立未知污染物的快速定性定量分析方法

（1）萃取剂和分散剂筛选及体积优化

（2）混合溶剂体积优化

（3）应急监测方法的确认

2、基于物种敏感度分布曲线（SSD）方法，建立我国常见的5类风险化合物的应急生态安全阈值

（1）构建典型风险污染物的SSD曲线，计算其应急生态安全阈值

（2）典型风险污染物应急生态安全阈值修正及水效应比研究

3、考虑区域差异对水生态系统的影响，建立适合我国流域特点的突发性环境风险水生态应急评估技术方法

-
- (1) 应急生态风险表征方法的建立
 - (2) 突发性水污染事故的水生态应急风险评估应用

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:应用突发性水环境风险应急生态风险评估技术在三峡库区二甲苯污染事故演练中发挥重要作用,并依据该技术制定《突发污染事故保护水生态系统的特征污染物风险控制阈值确定技术规范(建议稿)》,该规范已列入2011年国家环境保护标准编制修订项目。

应用单位:重庆市环保局

实际应用案例介绍:

本技术于2010年12月16日在重庆市环保部、重庆市政府2010年次生突发环境事件联合演练举行,演练模拟了在重庆长寿化工有限责任公司发生的“山体滑坡造成二甲苯罐区泄漏燃烧并流入龙溪河”突发环境污染事件,应急人员在平台模型输入框中输入流速、泄漏量等参数,通过二维水质模型的计算,迅速得出污染团由龙溪河进入长江的一个变化情况 & 到达下游饮用水源点的时间,为污染事故的处置方案制定提供了依据,并计算二甲苯的应急生态安全阈值,进行生态风险表征。最终,通过环保、消防等各部门紧密配合,运用平台模拟预测等功能进行支撑,使事故得到了妥善解决,此次演练圆满结束。

联系单位:重庆市环保局

联系人:张艳军

电话:13638373605

E-mail:

地址:重庆市渝北区冉家坝旗山路252号

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称:中国环境科学研究院

联系人:秦延文

电 话:01084913914

E-mail: qinyw@craes.org.cn

地 址:北京朝阳区安外大羊坊8号

20、流域水环境风险评估与预警数据集成与共享平台系统技术

技术依托单位:北京北大软件工程发展有限公司、中国环境科学研究院

技术发展阶段:推广应用

适用范围:流域水环境应用系统开发

主要技术指标和参数:

一、基本原理

为了解决流域、国家水环境信息的有效集成及共享的技术瓶颈,并为流域水环境风险评估与预警平台提供必需的数据支撑,基于平台数据集成和共享技术需求,针对流域水环境数据的多源、分布、异构的特点,研究流域水环境数据集成与共享技术,构建流域数据集成平台框架,实现流域水环境数据之间的整合及共享。

二、工艺流程

1. 平台数据体系与样例数据库

从平台业务系统需求及环境管理角度分析,可将平台所需数据归为4大类,即基础地理

数据、环境专题数据、决策支持数据及社会经济数据。在数据调研、系统需求分析和数据整理分类基础上，采用Power Designer数据库设计工具，开展了平台样例数据库以及相应元数据的设计工作，主要包括基础地理数据库、遥感影像数据库、污染源数据库、风险源数据库、水环境质量数据库、应急救援数据库、气象监测数据库、水文监测数据库。

2. 多源数据适配器

首先对污染源普查数据库、环境统计数据库和污染源监测数据库中污染源相关数据表格进行了分析、对比，找出了各数据库中污染源共性信息及关键字段，基于此进行了字段映射，并基于XML设计了3个业务系统与平台数据库系统之间的访问配置文件，采用标准的TCP/IP、标准的ODBC进行数据库连接，标准的OLEDB进行Excel表连接，从而建立平台数据库也3个业务数据库之间的访问通道，在此基础上基于ADO.Net开发工具开发了数据访问适配器。

3. 水文气象数据访问中间件

流域水环境风险评估预计预警平台所需气象数据、水文数据从水利、气象官网页进行抓取，首先需要进行系统配置，建立中间件与宿主系统之间的数据访问通道；其次，利用水文气象数据访问中间件将水文、气象网页发布数据实时访问读取并转存到平台数据库中或者Excel形式提供给流域水环境预警平台，要求获得的数据资料和原数据库信息数据一致，并且能够针对多种数据源进行问稳定访问。

4. 流域水环境风险评估预计数据共享平台

水环境专题数据、基础地理数据在关系数据库中按照空间要素分层组织，存储到空间表中。空间表包括空间属性及一般属性，空间属性存储空间对象的空间几何图形、空间范围等空间特性，其中几何图形通过一个空间字段存储；一般属性存储空间对象的名称、位置描述等属性。同时，对空间表建立空间索引，以提高空间数据存取和检索的性能。污染源数据、水环境质量数据及其他非空间数据通过关系数据库的非空间表存储。空间表之间、空间表与非空间表之间以及非空间表之间的关系通过关系数据库中的关系构建。通过这种方式可以实现各类水环境数据在空间上的连续无缝存储，以及空间数据和属性数据的一体化集成管理。

三、关键技术

1、流域水环境风险评估与预警平台数据分类体系；

2、水环境风险评估与预警核心样例数据库；

3、水环境数据适配器；

4、水文气象数据访问中间件。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：目前该平台研究成果已经在辽河流域水环境风险评估与预警评估建设与示范课题及三峡库区水环境风险评估与预警平台建设课题中得到了示范应用，为辽河流域沈阳段及三峡库区重庆段水环境风险评估与预警数据共享与抓取提供了服务，取得了较好效果。

联系方式：

联系单位：辽宁沈阳环境监测中心站，重庆市环境保护信息中心

联系人：徐景阳，张艳军

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：北京北大软件工程发展有限公司

联系人：赵晓玉

电 话：13701269389

21、流域水环境突发型风险预警与控制技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：示范技术

适用范围：流域水环境突发型风险源识别及水污染事件水环境影响快速模拟、饮用水源安全污染事故应急控制阈值确定和突发性水污染事件现场应急控制

主要技术指标和参数：

一、基本原理

1. 从水污染事故发生特征、风险源控制机制、敏感目标受威胁程度着眼，辨识了事故型水环境污染风险源和敏感目标；借鉴德国“清单法”，建立了水环境风险控制与管理评价指标及量化标准，并基于此构建了基于风险品数量、毒性、风险控制有效性的风险源风险值计算方法，和基于敏感目标价值、风险源对敏感目标影响程的敏感目标风险值计算方法；提出了风险源和敏感目标的分级评估方法，分为特大、重大、一般风险源；建立了风险源和敏感目标耦合的水环境风险分区方法。

2. 围绕满足不同资料地区对流域水环境风险模拟预测需求，建立能同时应用于资料缺乏地区和资料详实地区的流域突发性水环境风险应急模拟预测模型库、模型参数库。

3. 以保护水污染事件下暴露人群健康为立足点，以评价污染物短时间，高剂量暴露下的人体健康风险为重点，以污染物急性暴露无响应剂量及暴露人群急性暴露量为基础，建立了非致癌污染物 1 天和 10 天应急控制阈值确定方法。以致癌污染物慢性暴露安全浓度为基准，按照线性相关性原则，建立了致癌污染物 1 天和 10 天暴露的安全阈值。

4. 按照非金属氧化物、重金属、酸碱盐、致色物质、有机物及石油的分类原则筛选出 120 种特征污染物。采用实验模拟试验，建立了土壤、水体受非金属氧化物、重金属、酸碱盐、致色物质、有机物及石油污染应急控制技术。给出了 120 种典型危险化学品突发泄漏至水源水体及土壤事故现场的应急处理方法，提供了物理与化学的应急处理数据。

二、工艺流程

1. 综合考虑风险源具有的风险品数量、风险品毒性和风险源事故发生可能性时，每个风险源的综合风险值大小计算公式如下：

$$R_{\text{风险物品的数量+毒性+风险源发生事故概率}} = \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{\text{第}j\text{种风险品的数量}}{\text{第}j\text{种风险品的允许限值}} \right) \right] * \text{风险源发生事故的的概率}$$

其中， $R_{\text{风险品数量+毒性+风险源发生事故概率}}$ 表示基于风险品数量、风险品毒性、风险源发生事故概率的风险源综合风险值（即风险大小）。风险源发生事故的的概率大小可以根据本研究提出的水环境风险控制与管理评价指标及量化表来确定。

整合风险源影响后的敏感目标风险值是指在综合考虑敏感目标的价值（重要性）和敏感目标的总受胁度基础上的度量，见下式。C 价值用饮用水源地集中饮用水源地的服务人口数量来表征。

$$R_{\text{整合风险源影响后的敏感目标}} = C_{\text{价值}} \times \sum_{i=1}^m \left\{ \text{第}i\text{个风险源发生事故的的概率} \times \frac{1}{\frac{k_{\text{河}}}{v_{\text{河}}} + \frac{k_{\text{库}}}{v_{\text{库}}}} \times \sum_{j=1}^n \left(\frac{\text{第}j\text{种风险品的数量}}{\text{第}j\text{种风险品的允许限值}} \right) \right\}$$

2. 采用构建的基于 netCDF（指针式数据快速提取方式）的流域突发性水污染事件水动力水质模型计算方法，能够有效实现流域突发水污染事件的快速预警。以此为基础，研发了单机版和移动设备版 2 套流域突发性水环境风险模拟模型软件，实现了数据调用输入、模型链接、模型结果显示和信息传输等一系列功能。

3. 非致癌污染物应急控制阈值计算公式如下。

$$SV = \frac{NOAEL \times BW}{UF \times D} \times P$$

式中，SV 为污染物暴露的安全阈值，mg/L；NOAEL 为污染物的无不良反应浓度，mg/(kg·d)；BW 为暴露人群体重，kg；D 为暴露人群日均饮用水量，L/d；P 饮用水占日均可耐受量的比例；UF 为不确定因子。

遗传性致癌污染物急性暴露控制阈值推导公式如下。

$$SC_a = SC_c \times \frac{I_a}{I_c} \times 250$$

SC_a为致癌污染物急性暴露的安全浓度，mg/L；SC_c为致癌污染物终生暴露安全浓度，mg/L；I_a为致癌污染物人体急性暴露的最大可接受年风险，a⁻¹；I_c为致癌污染物终生暴露的最大可接受的年风险，a⁻¹。

4.参考《典型（120 种）污染物应急处理处置技术指南》中给出的 120 种典型危险化学品突发泄漏至水源水体及土壤事故现场的应急处理方法进行应急处理。

三、关键技术

- 1、基于敏感目标和污染源风险特征的流域水环境突发型风险源识别技术；
- 2、流域突发型水污染事件水环境影响快速模拟技术；
- 3、基于饮用水源安全污染事故应急控制阈值确定技术；
- 4、突发性水污染事件现场应急控制技术。

四、技术来源及知识产权概况

关键技术 1,2 和 3 为自主研发，关键技术 4 为优化集成

实际应用案例：

应用单位：重庆市环保局

关键技术1从水污染事故发生特征、风险源控制机制、敏感目标受威胁程度着眼，辨识了事故型水环境污染风险源（包括固定风险源和移动风险源）和敏感目标，建立了事故型水环境污染风险源分级方法、事故型水环境污染敏感目标分级方法和水环境污染风险分区方法。

1.综合考虑风险源单位具有的风险品的数量、风险品的毒性和风险源单位的风险控制和管理情况，确定了三峡库区现有的水环境污染风险源的风险大小。根据建立的风险源分级方法，对三峡库区现有的所有336个事故型水环境污染风险源（包括化工厂、污水处理厂、危化品码头、水上加油站/船）进行了分级。从风险源分级结果来看，当同时考虑风险品数量、毒性和风险源事故发生概率时，特大风险源主要分布在工厂企业中（占工厂企业总数的4.26%），重大风险源主要分布在工厂企业和水上加油站（船）中（分别占其总数的11.35%和27.27%）。在所有的风险源中，特大风险源有10个，重大风险源有52个，一般风险源有274个。

2.综合考虑集中饮用水源地的价值大小、集中饮用水源地受风险源威胁的总受胁度大小，确定了三峡库区现有的所有集中饮用水源地的级别。根据建立的三峡库区事故型水环境污染敏感目标分级方法，对三峡库区现有的99个集中饮用水源地进行了分级。从集中饮用水源地的分级结果来看，当同时考虑集中饮用水源地的价值（服务人口数量）和风险源的影响

时，敏感目标的分级结果与三峡水库的水文条件有很大关系。总的来说，每年的6-9月当三峡水库处于低水位运行，同时自然河流段的水流速度又很大的时候，特大敏感目标的数量最多，有12个，占集中饮用水源地总数的12%。当三峡水库处于高水位蓄水期时，特大敏感目标的数量最少，只有3个，占总数的3%。

3.以三峡库区长江干流作为风险分区分析对象，以10km长度为一个单位区段，给出了三峡大坝沿长江干流河道往上游至江津区共计66个区段的风险分区结果。基于风险源和敏感目标耦合后的水环境污染风险分区的方法，确定每个河道区域单元属于何种级别的风险区，然后确定整个三峡库区风险分区情况。以三峡水库为低水位运行期（6、7、8月）为代表的风险分区结果显示，高风险区分别位于嘉陵江磁器口-朝天门区段、长江珞璜-茄子溪区段、长江重庆城区黄桷坪-唐家沱区段、长江长寿江南-王家湾区段、长江涪陵城区区段，5个高风险区段共长约70km。另有5个区域属于中风险区，区段共长约50km，其余区段都是低风险区。

该关键技术为三峡库区水环境风险评估与预警平台的建设、重庆市水环境管理水平的提升提供了有力技术支撑，自2010年平台业务化运行以来在重庆市53次突发水污染事故中得到应用，为该市成功创建国家环境保护模范城市做出了重要贡献。

联系单位：中国环境科学研究院
联系人：郑丙辉
电话：010-84915231
E-mail: zhengbh@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外大羊坊8号院

应用单位：环境保护部应急中心

应用关键技术2对新安江水污染突发事件进行了预警。2011年6月4日晚上22时55分左右。一辆装载有31吨苯酚化学品的槽罐车，经杭新景高速公路新安江高速出口互通主路段内（S31龙游方向48公里+200米处，距离新安江约1.5公里）时发生抛锚，当车辆正在进行抢修作业时，一辆车牌号为浙HD8399的重型货车与其发生碰撞事故，导致槽罐破裂，苯酚泄漏。事发时，因时逢黑夜和暴雨影响，估计约有20吨泄漏苯酚随地表水流入新安江中，造成部分水体受到污染。模型首先通过地形概化技术生成资料缺乏地区的地形计算地形，然后通过测定的断面流速、水深、河宽，上游流量、下游水位等水文参数作为边界条件，调用污染物参数库中污染物特征参数和相应模型，通过现场不同监测断面的逐级校核，赋于一维水动力水质模型，得到了事故点下游各点污染物峰值变化情况，实现资料缺乏地区水环境风险应急模拟。

联系单位：武汉大学
联系人：彭虹
电话：13437117298
E-mail: Hongpeng@whu.edu.cn
地址：湖北武汉东湖南路8号

应用单位：环境保护部应急中心

2005年11月13日，吉林石化公司双苯厂一车间发生爆炸。截至同年11月14日，共造成5人死亡、1人失踪，近70人受伤。爆炸发生后，约100吨苯类物质（苯、硝基苯等）流入松花江，造成了江水严重污染，沿岸数百万居民的生活受到影响。

应用关键技术3中的非致癌污染物急性人体健康风险评价模型对松花江硝基苯污染事件进行急性人体健康风险评价，并确定水污染事件中污染物的应急控制阈值，在进一步验证本研究建立的非致癌污染物急性暴露健康风险评价方法有效性的基础上，也为开展其它水污染事件污染物的急性健康风险评价提供借鉴。

联系单位：中国环境科学研究院
联系人：郑丙辉
电话：010-84915231
E-mail: zhengbh@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外大羊坊8号院

应用单位：重庆市环保局

生产苯胺的有机化工厂、焦化厂及石油冶炼厂等企业，使用苯胺的染料合成，制药业，印染工业，橡胶促凝剂和防老化剂、打印油墨、2，4，6-三硝基苯甲硝胺、光学白涂剂、照相显影剂、树脂、假漆、香料、轮胎抛光剂及许多其他有机化学品的制造。在这些生产和使用苯胺的行业中以及在贮运过程中的意外事故均会造成对环境的污染、对人体危害。近年来，苯胺污染事故频发，因此，选择苯胺作为示范案例对突发性水污染现场应急控制技术（关键技术4）进行示范。

依据对苯胺理化性质、在环境中的行为及毒理学的分析，指出了在接触苯胺时应该采取的安全防护措施，给出了苯胺在污染土壤和水体时对应的应急处理对策。其中，土壤污染的应急处理技术主要有：挖掘掉表层土壤，粉末活性炭覆盖吸附处理和含苯胺土壤回收后处理；水体污染的应急处理技术主要有：粉末活性炭吸附，天然斜发沸石吸附，双氧水氧化降解和Fenton试剂氧化降解等。

联系单位：中国环境科学研究院
联系人：郑丙辉
电话：010-84915231
E-mail: zhengbh@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外大羊坊8号院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院
联系人：秦延文
电 话：01084913914
E-mail: qinyw@craes.org.cn
地 址:北京朝阳区安外大羊坊8号

22、流域水环境累积型风险分级预警技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：示范技术

适用范围:基于流域-水体作用关系的流域水环境安全预警、基于水库类型及其水华暴发综合特征的水华风险预警和基于生物响应的生物早期预警

主要技术指标和参数：

一、基本原理

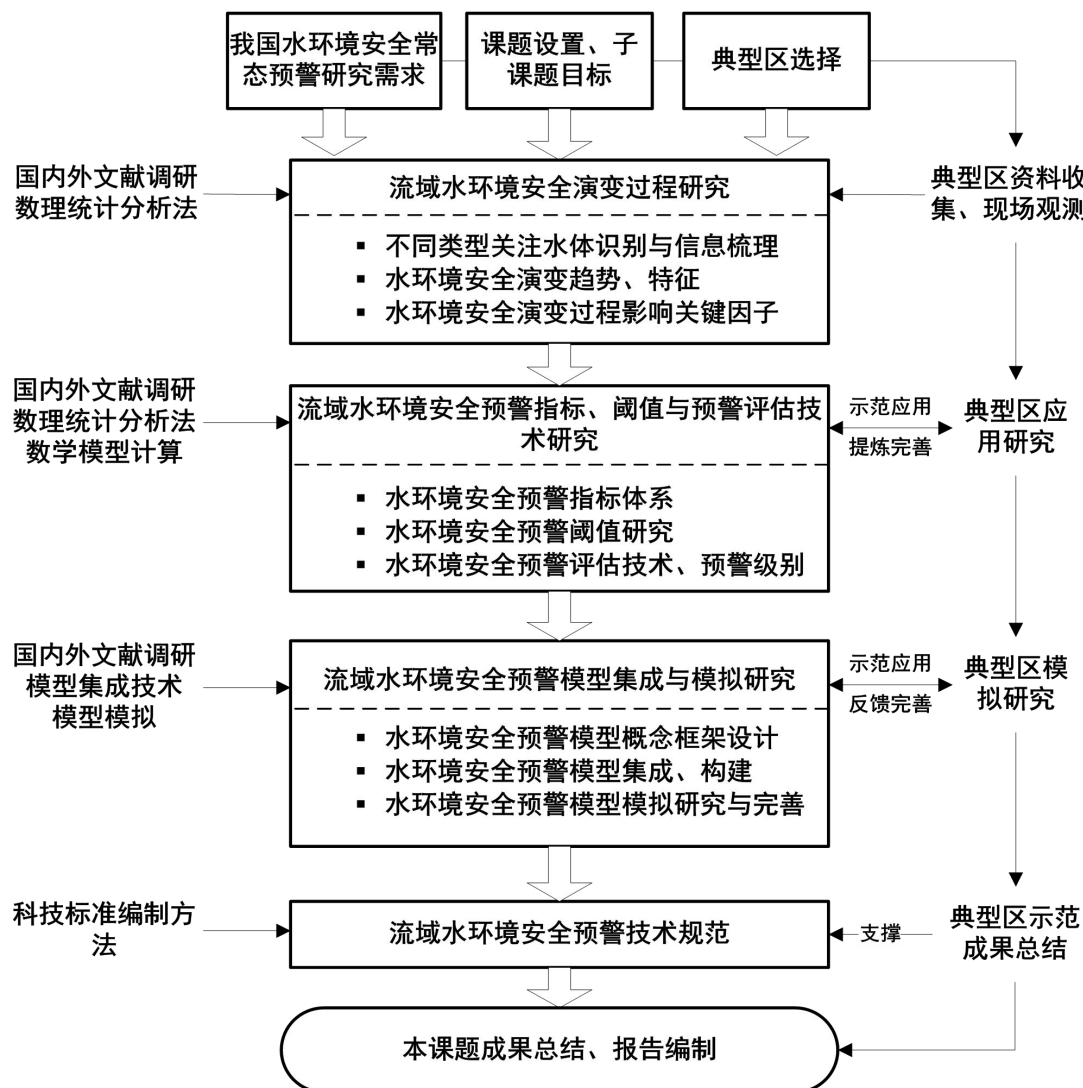
1. 借鉴国内外相关评估框架，着眼于流域-水体相互作用关系和流域尺度预警内涵，首次提出了基于警源-警兆-警情-警策（W-S-S-C）的流域水环境安全累积型预警指标体系及评估预警方法。建立社会经济-土地利用-负荷排放-水质水动力（S-L-L-W）多模块集成的流域水环境安全预警综合模型；采用SD/CA-MARKOV/SWAT/EFDC模块联用，实现了各模块模型的有效集成和模拟；结合情景分析方法，可实现多情景条件下的流域水环境安全预测预警。

2. 基于水库使用功能和水生态健康状况，综合典型水库水华暴发的驱动因子和响应因子，构建水库水华风险预警评估技术。采用因子分值-多元线性回归、决策树-分段性回归、人工神经网络、遥感反演等方法分别进行了水库水华灾害预警模型实证研究；以此为基础，针对不同水库类型水华特征，确立了水华暴发预警的最适模型及其输入参数，并通过对原始监测数据标准化及模型优化的方法，提高预测精度。

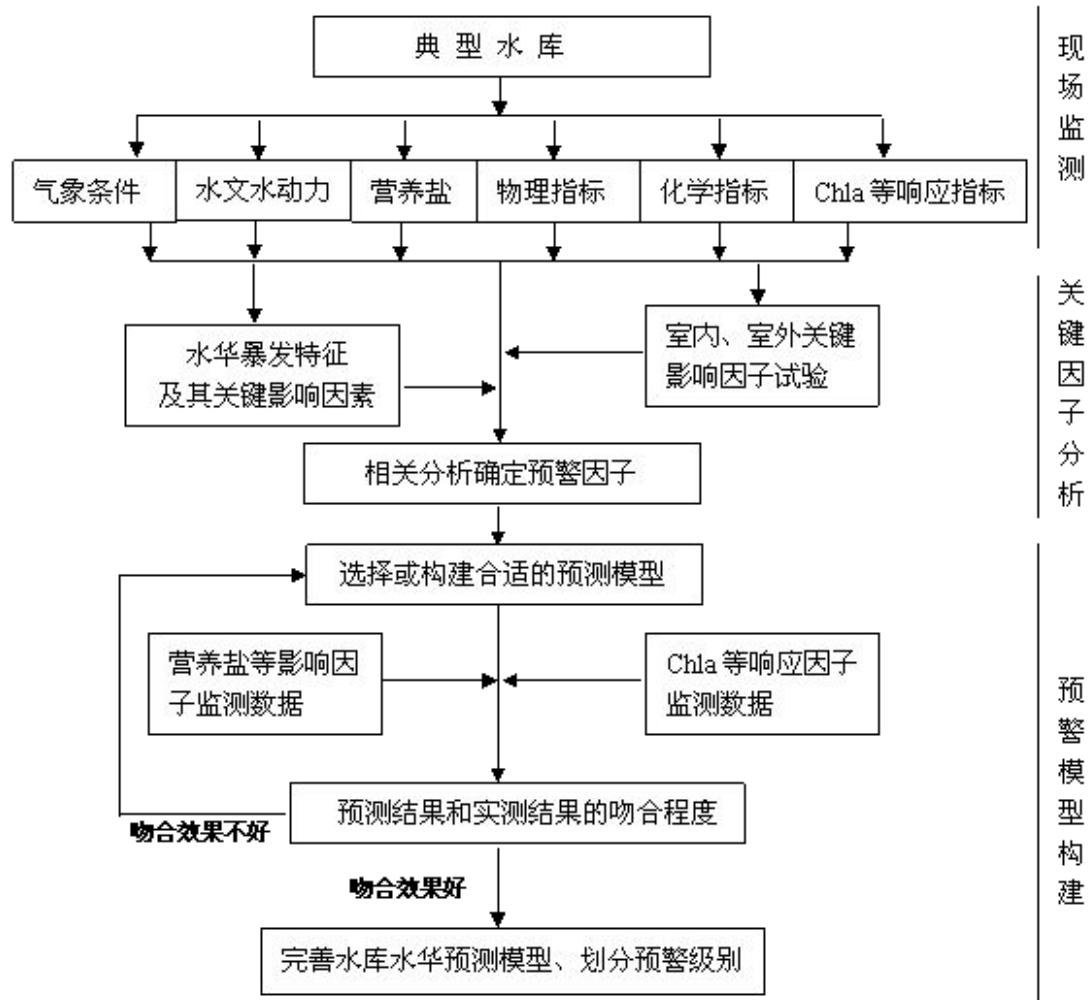
3. 以生物对污染物胁迫做出的生理响应为理论依据，以鱼类呼吸频率和强度作为预警指标，首次利用斑马鱼在线系统监测示范区三峡水库水环境质量，研究构建了基于鱼类个体行为的生物预警技术；以鲫鱼生物标志物（基因表达）为预警指标，采用IBR方法表达浑河示范区水环境生态风险，研究构建了基于鱼类生理特征的生物预警技术。

二、工艺流程

1. 采用数理统计、数学模型、专家咨询等方式，梳理和分析流域调查信息，对水环境安全的主要问题初步识别。结合优先关注问题甄别成果，对关键问题进行定量分析和研究。在此基础上，进一步水环境安全问题进行分类和清单构建，甄别得出水环境安全的优先关注问题。另一方面，着眼于流域水环境安全的驱动力—压力—状态—影响—响应框架模式，分析流域水环境安全评估的技术要点，研究构建水环境安全预警评估指标体系和模型。最后，流域水环境安全预警实现的核心工作在于综合考虑社会经济-土地利用-负荷排放-水质水动力等要素的耦合作用，建立了基于S-L-L-W的水环境预警综合模型框架。结合典型流域的社会经济、土地利用面源污染以及水质水动力的数据，分别调整、完善、建立各个子模块，开展各模块的参数率定、验证；在各模块数据衔接、集成的基础上，共同实现流域水环境安全预测预警。技术路线图如下：



2. 水华预警所用方法和参数需要具有推广性强、参数容易获得等特点。数据驱动方法是较常用的方法，但在构建过程中，由于各原始监测指标量纲不同以及相互间存在共线性关系等问题，影响模型预测效果，因此需要对原始监测数据进行标准化处理或者赋予不同权重来提高预警模型的预测效果。可考虑采用因子分值-多元线性回归法、人工神经网络法、决策树-分段性回归法、水华遥感快速监测和预警法等来对水库水华进行模拟预测。在对比各方法优缺点的基础上，最终选择出最适用于研究区域特征的水华预警模型。基本流程如下图所示：



3. 在对研究区域进行充分调查的基础上，分析得出该区域的生物个体特征及其影响因子。以生物压力响应基因（热休克蛋白（Heat Shock Protein）-30、-60、-70和-90，以下简称HSP-30, HSP-60, HSP-70, HSP-90）、抗氧化系统包括超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase, SOD)和机体胁迫指示标志物- β -转化生长因子（Transforming growth factor - beta, TGF-beta）、过氧化氢酶（Catalase, CAT），谷胱甘肽硫转移酶（Glutathione S-transferase, GST）和谷胱甘肽过氧化物酶（Glutathione peroxidase, GPx）响应、重金属污染标志物-金属硫蛋白（Metallothionein, MT）、雌激素类污染物的标志物-卵黄蛋白原（Vitellogenin, Vtg）、多环芳烃类物质的标志物-细胞色素P450 1A（Cytochrome P450 1A, CYP1A）、有机磷类污染标志物-乙酰胆碱酯酶（Acetylcholinesterase, AchE）等不同生物标志物角度对野生鲫鱼进行分析，以期筛选出能够预警环境污染的特定生物标志物，建立从分子水平上对水环境污染与生态风险进行生物早期预警技术。提取鲫鱼肝组织总RNA并逆转录成cDNA，应用建立好的实时定量PCR方法进行目标基因定量。最后，利用采用生物标志物综合响应法对研究区域的水环境质量进行预警。

三、关键技术

1. 基于流域-水体作用关系的流域水环境安全预警技术
2. 基于水库类型及其水华暴发综合特征的水华风险预警技术
3. 基于生物响应的生物早期预警技术

四、技术来源及知识产权概况

以上三项关键技术均为优化集成

实际应用案例:

应用单位: 沈阳市环境监测中心站、开县环境保护局

基于S-L-L-W框架的流域水环境安全预警模拟技术综合考虑社会经济-土地利用-负荷排放-水质水动力等要素的耦合作用, 构建了社会经济与资源利用模型模块、土地利用预测模型模块、流域面源污染负荷模拟模块和流域水环境水质水动力模拟模块等四个子模块, 在各模块数据衔接、集成的基础上, 共同实现流域水环境安全预测预警。

该关键技术沈阳市环境监测中心站研发的“沈阳市水环境安全压力预警和响应预警综合模型”中得到了示范应用, 直接支撑了“沈阳市水环境风险评估与预警平台”的构建, 为沈阳市环境监测中心的水环境常态管理和风险管理提供了决策支撑。

同时, 应用该水环境安全预警技术对澎溪河流域的水环境安全进行了预警模拟。其中, 社会经济与资源利用模型模块(SD模型)以澎溪河流域2005-2009年的相关社会经济资料为基础, 给出了三种不同发展模式下, 2010年至2025年该流域的社会经济发展和污染负荷排放(点源)预测结果; 土地利用预测模型模块在对澎溪河流域1995~2010年期间的土地利用进行动态分析和转移特征分析的基础上, 给出了三种不同情景下2015年和2020年的澎溪河流域土地利用预测结果; 流域面源污染负荷模拟模块(SWAT模型)采用澎溪河流域2002年至2008年已有的水文水质等资料进行了模型的率定和验证, 在此基础上, 结合土地利用模块预测给出的土地利用结果, 模拟得出了2010年、2015年和2020年下澎溪河流域的面源污染负荷; 流域水环境水质水动力模拟模块(EFDC模型)以点源模拟结果和面源模拟结果为基础, 给出了不同组合情景下未来年份澎溪河水质的变化预测结果。该技术模拟结果为三峡库区上游开县环境保护局进行水环境保护和监督管理的重要决策参考, 为汉丰湖水环境保护以及三峡水库及其上游水污染防治十二五规划的实施提供了技术支撑。其中, 小江流域水环境安全演变过程分析和水环境安全预警评估成果的应用提升了开县环保监管的针对性和有效性, 水环境安全多情景预测预警成果的应用提升了开县水环境保护风险管理水平。

联系单位: 中国环境科学研究院

联系人: 王丽婧

电话: 010-84915302

E-mail: wanglj@craes.org.cn

地址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

实际应用案例:

应用单位: 巫山县环境监测站

基于因子分值-多元线性回归水华预警模型技术(关键技术2), 以巫山县环境监测中心站为应用单位, 为三峡水库支流大宁河富营养化的监测和管理提供技术支持。大宁河是三峡水库的重要支流之一, 其下游即为重要的风景旅游区'小三峡', 因此大宁河的水环境质量受到社会和相关学者的广泛关注, 本方法采用因子分析简化水质指标之间的相关性, 以因子得分(Score values)为自变量用于多元线性回归分析中, 不仅解决了原始监测数据量纲不同的问题, 也克服了多元回归过程中各变量间的共线性问题, 提高了统计稳定性, 避免了单纯使用多元线性回归方法的局限性, 提高了预测精度。基于本项技术的研究成果已经在国际SCI期刊公开发表: Wang Liping and Zheng Binghui. 2013. Prediction of Chlorophyll-a in the Daning River of Three Gorges Reservoir by principal component scores in multiple linear regression models. Water Science and Technology, 67(5), 1150-1158. 该技术提升了巫山县监测站的水华预测能力, 从而为及早发现警情、提前发出警报和水华控制提供了科学依据。

联系单位：中国环境科学研究院
联系人：王丽平
电话：010-84915316
E-mail: wanglp@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

实际应用案例:

应用单位：沈阳市环境监测中心站、重庆市环保局

基于生物响应的生物早期预警技术（关键技术3）主要包含基于生理特征的生物预警技术和基于个体行为的生物预警技术。针对环境微量污染物的低剂量、长期暴露的污染特征，建立以生物分子标志物监控预警水环境质量的技术方法；针对环境突发污染事故的高剂量、短时的污染特征，建立以生物行为在线监控预警水环境突发污染的技术方法。

对于生物分子标志物预警流域水环境质量技术，根据在浑河流域尤其是沈抚段复合污染和低氧环境下的生物畸变现象，建立了以生物抗氧化酶代表的等共计13个分子标志物为指标的流域水环境生物早期预警技术，并对浑河不同时期野生鲫鱼肝组织13个生物标志物基因表达进行了定量研究和表征。在此基础上，进一步采用数学方法将不同基因表达水平进行标准归一化，以IBR值指示浑河流域各点的水环境质量并用于预警流域水环境潜在风险，发现夏季时期浑河流域东陵大桥、浑河大坝（沈阳市内）和三叉河的水环境风险较高，秋季时期东陵大桥、黄腊坨大桥的生物风险较高。另外，发现夏季鲫鱼IBR明显高于秋季IBR值，说明面源污染对浑河流域水环境风险高于点源污染。

对于生物早期预警水环境突发污染监测体系，筛选小球藻和斑马鱼作为敏感指示生物，建立以单胞藻的抑制率、斑马鱼的呼吸行为（呼吸强度和呼吸频率）为监测指标的预警方法。结果表明小球藻对重金属的敏感性依次为 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 和 Zn^{2+} 。 Hg^{2+} 、斑马鱼对 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Pb^{2+} 5种重金属的预警浓度分别为0.08、0.08、4.8、7.5、105mg/L，预警反应时间分别为40、32、30、24、24min。在此基础上，在三峡库区香溪河段开展了生物早期监控水环境质量的示范应用。

联系单位：中国环境科学研究院
联系人：安立会
电话：010-84913914
E-mail: anlh@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院
联系人：王丽婧
电 话：01084915302
E-mail: wanglj@craes.org.cn
地 址：北京朝阳区安外大羊坊8号

23、浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术

技术依托单位：江苏省环境监测中心

技术发展阶段：应用推广

适用范围：湖泊蓝藻水华预测预警

主要技术指标和参数:

一、基本原理

梅梁湖历来是太湖污染问题严重的湖区之一,又因在该湖区及其周边水域内有沙渚、马山和小湾里三个在用和备用饮用水源地,故其也成为了太湖最敏感的水域之一。本研究成果基于重污染区域内的实时水环境自动监测数据以及水文气象、水下地形、遥感影像等资料,通过构建综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的水质蓝藻预测预警模型,并使用长时间序列的、大量而又系统的实测资料进行模型的参数率定,实现了在太湖重污染区的水质和蓝藻水华的初步业务化预测预警。

二、主要创新点

基于太湖梅梁湾重污染区风生流与吞吐流协同作用的浅水湖泊流场特征分析与模拟,实现了浅水湖湾氮、磷污染源解析与总量估算;构建二维水动力学模型耦合浮游植物生态学模型的蓝藻生消模型,预测精度达到 75.6%,处于同类预测预警领先水平。

三、关键技术

(1) 梅梁湖区域范围小尺度预测预警模型建立

① 数据采集与模型计算网格划分:首先搜集整理相关文献资料,了解湖泊蓝藻销往模型的研究现状与研究进展,在此基础上选取模型所需要使用的水动力子模块、浮游植物生态学子模块等,并完成模型构建的准备工作。

针对计算区域(梅梁湾湖面总面积约 127km²)复杂不规则的边界特征,采用无结构的任意三角形网格进行剖分。划分的三角网格的边长为 200m 左右,划分出的三边六节点网格单元数为 3959 个,节点总数 8163 个,非中间节点数 3282 个。

② 模型构建与求解:在第一阶段研究工作的基础上建立基本的浅水湖泊二维水动力和物质输移的基本方程,将浮游植物生态学机理中较为成熟的动力学方程耦合到物质输移方程的源汇项,建立起综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的蓝藻生消模型,并运用有限体积法对构建的模型进行求解。以此为思路,对模型运行的源代码进行合理的编写和调试运行,生成模型计算的可执行文件。

应用二维非恒定流浅水方程组描述梅梁湖水流动。采用有限体积法及黎曼近似解对方程组进行数值求解,通过有限体积法的积分离散并利用通量的坐标旋转不变性把二维问题转化为一系列局部的一维问题进行求解。首先根据计算区域的天然地形采用任意三角形组成的无结构网格剖分计算区域。然后逐时段地用有限体积法对每一单元建立水量、动量和浓度平衡,确保其守恒性,用黎曼近似解计算跨单元的水量、动量的法向数值通量,从而模拟出太湖梅梁湖湖区的水流过程。一方面保证数值模拟的精度另一方面使方程能模拟包括恒定、非恒定或急流、缓流的水流-水质状态。

将浮游植物生态学机理中较为成熟的动力学方程耦合到物质输移方程的源汇项,建立起综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的蓝藻生消模型,并运用有限体积法对构建的模型进行求解。以此为思路,对模型运行的源代码进行合理的编写和调试运行,生成模型计算的可执行文件。模型输入参数包括风速、风向、NH₃-N, TN, TP 和 DO 等指标,输出主要指标为叶绿素浓度。

(2) 模型参数率定:

① 梅梁湾蓝藻预报模型软件开发及参数调试

使用应用实测资料进行模型的参数率定,并进行模型的验证计算,最后在计算的各项结果达到一定精度的条件下将模型应用于蓝藻水华的预测预警。模型参数率定所使用的点位数据由无锡环境监测站提供。

② 模型参数优化及水量水质精度验证

模型采用梅梁湾人工监测数据、自动监测数据以及卫星遥感数据进行了模型参数的率定

与校正。

③ 叶绿素浓度模拟结果验证：

应用模型率定的水动力和水质相关参数进行梅梁湾模型叶绿素 a 浓度验证，模型计算以叶绿素 a 浓度为主，简化各项计算条件，叶绿素 a 初始场根据初始时刻监测点实测数据插值形成，边界条件对应监测间隔时段取监测点的平均值。

(3) 预测预警数据的获取

蓝藻水华爆发预测预警所需数据来自水环境监控预警监测体系，该体系包括自动监测、手工监测及卫星遥感监测等多种数据获取途径。自动监测可实现对水质的实时、连续监测，数据远程传输至监控平台，可随时了解监测点位的水质情况；手工监测在空间上具有更大的灵活性，可较全面地覆盖监测对象，可对梅梁湖中任意点位进行采样监测，手工监测除进行例行的预警监测任务外，在自动监测水质数据发生异常时或污染事故等条件下，可及时派监测人员赶赴现场进行手工加密应急监测，全面了解水质异常状况，与自动监测形成互补关系；以卫星为平台的遥感监测，将工作平台从地面向高空，可以同时得到大面积的动态信息，在大尺度地获取整个梅梁湖湖体藻类水面分布和集聚的完整信息方面具有相当的优势。通过自动监测、人工监测及卫星遥感监测的有机结合，可实现对梅梁湖水质情况及藻类聚集现象的多视角、全天候监测，提高梅梁湖水环境监测的科学性、准确性和灵活性。

四、技术来源及知识产权概况

技术优化集成

实际应用案例：

应用单位：江苏省环境保护厅

浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术已无缝嵌入到太湖重污染区水环境风险评估预警平台中，并于 2011 年 4 月投入试运行。本成果使目前“仅具有蓝藻监控功能”上升到“对未来 3 天蓝藻水华暴发的预测预警”，已蓝藻水华空间聚集与动态变化监控、梅梁湾及同类区域蓝藻水华预警预报方面实现了初步业务化应用。

联系单位：江苏省环境监测中心

联系人：郁建桥

电 话：025-86575258

E-mail: yjq@jshb.gov.cn

地址：南京市凤凰西街241号

技术信息咨询单位及联系方式

单位名称：环保部南京所

联系人：刘庄

电 话：13605181002

E-mail: liuzhuang12@163.com

地 址:南京

24、城市水环境安全监管信息平台

技术依托单位：北京清华同衡规划设计研究院有限公司（原北京清华城市规划设计研究院）

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用于河网地区城市水环境安全监管。

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该系统基于GIS技术进行开发，构建了基础信息数据库和水质信息数据库，从而将河网地理信息、污染源状况、水环境特征和污染物特性数据、水文水质数据等各类数据与区域空间特征相关联，可用于数据的整理、查询、统计、展示等。

二、关键技术

1、水环境多源数据集成管理技术；

2、基于 GIS 的水环境信息展示、查询及统计分析技术。

三、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：苏州市环境保护局（苏州市太湖流域水污染防治办公室）

实际应用案例介绍。

2011年6月至今，监管信息平台已覆盖了苏州市区5类22个重要水体和重点排放源的监管节点，实现了苏州市区水环境数据的实时查询和同步更新，实现了苏州水环境安全管理的区域联动的信息化、科学化管理，避免了传统人工数据管理方式造成的人力成本投入大、数据易丢失和数据使用效率低下等问题，为从行政区划管理向行政与小流域相结合管理模式转变提供了技术支撑。

联系单位：苏州市环境保护局

联系人：陈邵鹏

电 话：0512-68260156

E-mail: shaoepngchen1981@126.com

地 址：苏州市三香路102号407室

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京清华同衡规划设计研究院有限公司（原北京清华城市规划设计研究院）

联系人：赵冬泉

电 话：010-82526161

E-mail: zdq@digitalwater.cn

地 址：北京市海淀区中关村东路8号东升大厦A座901室

25、排水管道结构性安全监控及预警技术

技术依托单位：重庆大学

技术发展阶段：工程示范

适用范围：山地城市排水管网结构性安全监控与预警

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过二次开发与集成优化，研发了在各种不利条件下用于对排水管道应力变化实时监测的数据采集器，基于ZigBee无线传输技术以及GPRS远程无线通信网，构建了排水管道安全运行状况网络化远程动态监测系统，最终提出了山地城市排水管道结构性安全数据采集及无线传输技术。将管道应力及位移数据实时传输至中央管理站，进行日常监控与管理。

二、关键技术

1、山地城市排水管道结构性安全预警技术；

2、低成本排水管道现场数据采集及无线传输技术。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 重庆市排水有限公司

在重庆市主城排水主干管A管线进行了应用, 监测覆盖管道长度23km, 共设置有7个在线监测点, 其中边坡位移监测4处、管道力学性能监测3处以及雨量监测2处。示范工程运行3年左右, 运行效果良好, 系统稳定, 并成功报警2次。

联系单位: 重庆市排水有限公司

联系人: 刘石虎

电 话: 13668052016

地 址: 重庆市渝中区长江滨江路126号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 重庆大学

联系人: 陈朝晖

电 话: 15909353003

E-mail: zhaohuic@cqu.edu.cn

地 址: 重庆大学土木工程学院

26、排水管道有害气体安全监控与预警技术

技术依托单位: 重庆大学、重庆普天庆能科技有限公司

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 适用于山地城市排水管道有害气体的在线监测、日常维护与应急管理。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

通过自主开发了适应下水道特殊环境的气体采集装置(甲烷采集装置、硫化氢采集装置), 并集成了GPRS等无线网络传输技术, 最终构建了排水管道有害气体监控与预警系统, 形成了排水管道有害气体监控与预警关键技术。

二、关键技术

1、污水管道有害性气体安全风险评估技术;

2、排水管道有害气体监控与无线传输技术。

三、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 重庆市江北区观音桥商圈

选择了重庆市江北区观音桥商圈进行了应用示范, 覆盖排水管道长度73km, 共布置了20各在线监测点。该应用工程自2010年10月投入现场试运行, 数据采集与传输达到设计要求, 系统及各现场终端设备工作正常、运行稳定, 获得使用单位好评。系统运行至今, 已成功报警400余次, 高危报警均被安装在现场的临时排危装置排除。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 重庆普天庆能科技有限公司

联系人: 毛跃一

电 话: 13808328253

27、废水生物抑制性实时监控技术

技术依托单位：清华大学
技术发展阶段：示范类技术，可进行推广应用
适用范围：

适用于处理生活污水和工业废水混合污水的处理厂，用于预警工业废水非正常排放（事故排放和偷排）对城市污水处理厂活性污泥的抑制程度。

主要技术指标和参数：

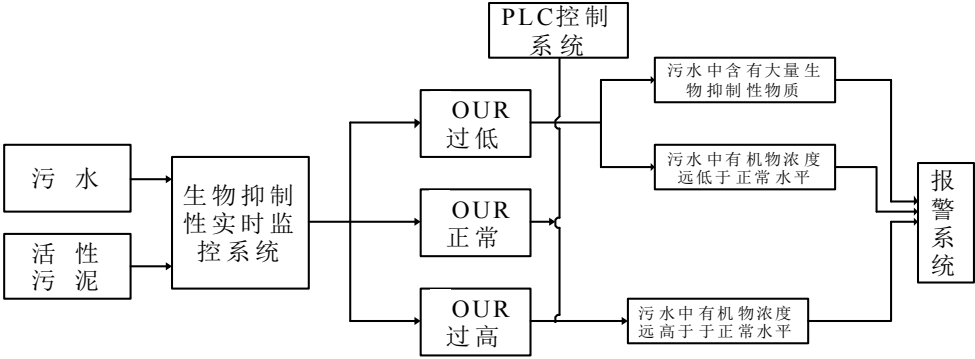
一、基本原理

将污水与污泥用泵输送至生物抑制性实时监控系统，在曝气虹吸槽中曝气充氧、充分混合后，进入密闭盘管推流式生物反应器，通过DO监测仪实时监测反应器两端DO值，由PLC实时计算活性污泥的OUR值，根据OUR值的变化情况，对污水的生物抑制性实时预警。

二、工艺流程

本技术的工艺原理如下图所示：

三、关键技术



基于活性污泥呼吸速率的监测预警系统，气虹池槽、密闭盘管推流式反应器

四、技术来源及知识产权概况

自主研发和优化集成

实际应用案例：

已经在昆山北区污水厂，北京建工集团宜兴污水厂进行现场应用性测试。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学
联系人：胡洪营
电 话：010-62794005
E-mail: hyhu@tsinghua.edu.cn
地 址：清华大学环境学院

28、排水管网有毒有害工业废水的实时在线监测、预警及污水厂联动调控技术

技术依托单位：重庆大学
技术发展阶段：工程示范
适用范围：受工业废水冲击负荷影响的污水厂及其配套管网。
主要技术指标和参数：

一、基本原理

利用在线监测数据传输及预警系统在排水管网实时抽获有毒有害污染冲击负荷,通过信号转换和数据无限远传将所抽获的冲击污染负荷信息传输至污水处理厂数据处理中心,对排水管网中的冲击负荷进行分析,对污水处理厂的运行进行预警,同时分析判断此种冲击负荷的性质和来源。

在污水管网有毒有害工业废水在线监测与信号远传系统的支持下,发现进水水质受到冲击污染负荷,达到调控规程规定的限值时,污水处理厂内能根据调控规程采取相应的调控措施,以减小或避免高比例工业废水对污水处理厂运行的不利影响。

二、关键技术

基于发光菌发光指征的生物毒性快速监测系统主要的关键技术有:

- 1、基于表征性指标的有毒有害废水在线监测技术;
- 2、城市排水管网在线监测数据传输及预警系统;
- 3、城市污水管道有毒污染物溯源监控技术;
- 4、污水厂适应高比例工业废水冲击的联动优化调控技术

三、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位:重庆市渝北区城北污水处理厂

实际应用案例介绍:

工程名称:重庆市渝北区城北污水处理厂适应工业废水冲击负荷的自动调控系统

示范区概况:重庆市渝北区城北污水处理厂于2004投产使用,设计规模为 $4 \times 104 \text{ m}^3/\text{d}$,占地 $2.67 \times 104 \text{ m}^2$ 。现状服务面积约10平方公里,服务人口约6万人,管网主干管总长约47 km。采用改良Orbal氧化沟工艺,处理渝北两路北部城区的生活污水和渝北空港工业园区的工业废水,其中由空港工业园区排入的工业废水约占污水厂总进水量的30%-50%,事故时甚至能达到60%。城北污水厂经常会遭受到来自空港工业园区偷排的工业废水的冲击,严重影响生物处理系统的处理效果,有时甚至会导致系统崩溃。

工程内容:

通过主要污染物之间相关性的实验研究和实际检测数据分析,确定重庆市城北污水处理厂污水管网工业有毒污染物在线监测指标为pH和电导率两项,建设了排水系统有毒污染物在线监测与应急预警系统。

在污水管网有毒有害工业废水在线监测与信号远传系统支持下,在现有控制系统的基础上,进行了一次配电系统及控制设备的改造和二次检测控制系统的改造升级,开发了基于管网有毒有害工业污染物在线监测的厂区优化调控决策控制软件,在增设变频器和电动控制阀等措施的支持下,实现了1) 远程采样信号无线传输; 2) 曝气机节能自动控制; 3) 污泥回流优化自动控制; 4) 溢流闸阀开闭。完成了城北污水处理厂适应工业废水冲击负荷的自动调控系统建设,并且运行效果良好。

工程运行情况:在本项目实施以前,城北污水处理厂经常受到工业废水冲击,且常常导致活性污泥系统崩溃,致使污水厂出水水质恶化,成为该厂出水不能达标排放的主要原因。2004~2010年示范工程建成前,城北污水厂共发生工业废水毒性污染物冲击导致的大小运行事故32次。示范工程运行至今,通过排水管网在线监测设备对非正常工业废水排放的实时捕捉,污水厂调控系统的联动调控,成功消纳了严重工业废水冲击负荷2次,普通冲击负荷8次,避免了污水厂因工业废水冲击而非正常排放。多次工业废水毒性污染物冲击均未导致运行事故,对于雨季超水量负荷也能有效消纳,出水稳定达到《城镇污水厂污染物排放标准》一级B标准。

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 重庆市三峡水务有限责任公司

联系人: 朱俊

电 话: 13983068587

E-mail: zhujun20031802065@126.com

地 址: 重庆市 江北区建新西路4号拓展大厦7楼

八、 水环境管理技术

(一) 技术目录

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
1	基于地统计学的流域环境要素的空间异质性分析技术	针对环境要素的空间自相关特征，通过克里格插值模型对环境要素的半变异函数计算，获取基台值、基底效应、变程等重要的参值，表征环境要素的空间自相关程度，反映其空间异质性。	大尺度的流域水生态分区指标筛选	北京师范大学	监控预警	435
2	基于 ISODATA 多元空间聚类的流域水生态功能区定量划分技术	ISODATA 聚类使用光谱距离作为连续分类的方法对相元进行反复分类，知道找到距离最近的类，将距离近的划分为一类。利用 ISODATA 聚类法，可将多个流域分区指标进行空间聚类，形成综合的空间分类单元，再通过小流域边界和水生生物数据进行分类边界调整，最终完成水生态功能分区。	以流域型指标的流域水生态功能区划分	中国环境科学研究院	监控预警	439
3	基于主动性指标选择的河流健康综合评估技术	综合河流物理、化学和水生生物等多类型评价指标，基于压力-响应关系筛选能够有效指示环境压力的评价指标，在压力-响应预测模型的基础上，确定各指标的阈值范围，最终构建能够全面反映河流健康状况的综合评价指数。	各类型河流生态系统的健康评价	中国环境科学研究院	监控预警	442
4	基于水陆因子关联度分析的水生态功能分区指标筛选技术	应用 Person 或 Spearman 相关分析以及 CCA 排序分析的多元统计方法，根据水域生态因子（水质、水量、水文等）与陆地环境特征因子（地质、土壤、气候、植被、地形、NDVI 等）的相关系数与相关显著性进行逐步筛选，构建了“指标数据标准化-相关分析-排序分析-确定指标”的逐步耦合筛选指标技术。	流域水生态一级二级功能分区指标筛选	北京师范大学	监控预警	445
5	水质基准水效应比（WER）技术	利用不同区域水质对生物毒性的影响推算水效应比值，表征区域	用于区域水质基准/标准的制定	中国环境科学研究院	监控预警	448

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		水质对基准的影响，获得区域水质基准/标准值。		院		
6	“最少毒性数据需求”（MTDR）技术	尝试对我国的 MTDR 要求进行了研究，提出“3 门 6 科”的我国 MTDR 技术。	推导水生生物水质基准	中国环境科学研究院	监控预警	451
7	基于浮游生物完整性指标的流域水环境生态学基准制定技术	运用综合指数法和频数分布法，推导出基于浮游生物完整性的流域水环境生态学各项指标的基准值。	作为流域水质标准制定的准则，作为流域治理的水质目标	南开大学	监控预警	453
8	基于相平衡的沉积物质量基准制定技术	以相平衡分配原理为基础，充分考虑生物可利用性问题，推导出污染物的沉积物质量基准。	支撑以保护底栖生物为目标的沉积物质量基准	南开大学	监控预警	456
9	流域水生态承载力多指标评价方法技术	基于流域水生态承载力评价指标；采用层次分析法，确定各指标层、准则层权重；综合加权估算流域水生态承载度。	流域规划制定，流域尺度的污染物治理方案制定	中国水利水电科学研究院	监控预警	461
10	少资料流域水污染物总量分配技术方法：负荷历时曲线（LDC）	基于流量历时曲线与负荷历时曲线，实现资料缺乏地区的点源和非点源的容量总量计算与分配。	资料丰富或匮乏流域的总量分配	四川大学	监控预警	463
11	多要素耦合的控制单元划分技术	基于“断面优化-边界清洁-管理明确”的多要素耦合的控制单元划分原则，提出基于“流域-行政区叠加和聚类分析”的控制单元划分技术方法。	汇水区域明确，污染源与水质响应关系明确的流域	中国环境科学研究院	监控预警	466
12	允许纳污量计算的稳态设计水文条件选择技术	针对流域水环境容量计算问题，基于流域不同类型污染的风险发生概率，系统地提出不同风险控制水平下稳态设计水文条件的涵义、表达方式，及选择方法。	江河、运河、渠道、湖泊、水库、河口、小型海湾等各类水体允许纳污能力计算	中国环境科学研究院	监控预警	470
13	基于正反算法与情景分析法的控制单元允许排放量计算方法	采用稳态算法估算目标水体的环境容量，并据此得出初步负荷分配方案，再用动态算法对相应的水动力和水质过程进行模拟分析，根据控制目标，确定准确的允许排放量。	湖泊、水库等污染物滞留时间较长的水体	清华大学	监控预警	474
14	山区水库型控制单元水质目标管理技术	在进行水库流域水环境问题诊断的基础上，应用 SWAT 模型模拟核定流域内各类非点源污染产生负荷和入河负荷，建立 EFDC 模	山区水库水质目标管理	中国环境科学研究院	监控预警	476

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		型进行水库水体三维水动力水质模拟，采用正反结合算法进行水库水环境容量计算，制定总量分配方案。				
15	河网型控制单元水质目标管理技术	基于分类输出系数法核算平原河网区非点源污染负荷，分析污染物产生、排放、入河量；基于 EFDC 模型构建河网和湖体水动力水质模型，得到水质响应特征曲线；基于 5 级分配技术得到总量控制方案。	平原河网水质目标管理	清华大学	监控预警	478
16	城市河段控制单元水质目标管理技术	针对城市河段控制单元点源污染及城市暴雨径流污染为主的特点，重点针对水质目标管理技术环节中城市非点源污染负荷的估算及点源允许排放负荷计算的方法开展应用研究。	城市河流水质目标管理	中国环境科学研究院	监控预警	480
17	感潮河流控制单元水质目标管理技术	针对感潮河流的水位、流速等水力要素随潮汐呈周期性变化和排污的浓度双向影响的特点，课题重点提出了河口设计水文条件和河口数学模型的选择及建议。	感潮河流水质目标管理	中国环境科学研究院	监控预警	482
18	北方缺水型河流水质目标管理技术	基于水体保护功能，以识别水体主要污染指标、确定水质目标、核算污染负荷、计算水环境容量、进行污染负荷总量分配、制定削减方案为核心，构建北方缺水型河流水质目标管理技术体系。该技术体系以丰、平、枯水期水质目标管理为年内分期目标，以控制单元为管理单元，完成季节水环境容量的北方缺水型河流水质目标管理方案。	北方缺水型河流水质目标管理	辽宁省环境科学研究院	监控预警	485
19	湖泊流域基于控制单元的水质目标管理技术（TMML 技术）	基于“定位保护功能、确定水质目标、计算环境容量、核算污染负荷、分配污染负荷、制定削减方案”六大核心内容提出了基于控制单元的水质目标管理技术。该技术体系尝试以“月”为时间单位、以“控制单元”为空间单位，来充分考	适用于湖泊流域基于控制单元的水质目标管理	中国科学院地理科学与资源研究所、江苏省环境科学研究院、浙	监控预警	488

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		虑污染物入河量以及水环境容量的年内变化与空间差异，在我国水环境管理的实证研究中尚属首例。		江省环境保护科学设计研究院、河海大学		
20	污染防治最佳可行技术评估程序与方法	污染防治最佳可行技术评价遵守独立、客观、公正、科学原则，开展技术初筛、技术调查、技术评价三阶段工作。	污染防治技术评估	北京国环清华环境工程设计研究院有限公司、清华大学、中国环境科学学会	监控预警	492
21	印刷线路板、化工涂料、制革（轻工）行业微量有毒有害污染物单元处理技术及集成技术评估	本技术提供了一种轻工行业有毒有害污染物治理最佳可行技术评估方法，从生产全过程和末端治理对污染防治技术进行评估，有利于提高轻工行业清洁生产及污染防治技术水平。	印刷线路板、化工涂料、制革等轻工行业污染防治技术评估	华南理工大学	监控预警	496
22	基于计量经济模型、投入产出模型的中长期水环境宏观形势预测技术方法	构建基于计量经济方法与投入产出分析相结合的联立求解模型系统，对国家的社会—经济—水资源—水环境系统进行预测。	全流域单元	环境保护部环境规划院	政策	501
23	水污染防治政策的社会经济影响分析技术	水污染防治政策的社会经济影响分析内容为影响要素分析和影响程度分析，其分析步骤可为影响识别、效果评估和效率分析。	支撑水污染防治行政法规、规范性文件等地方政策、条例等	中国水利水电科学研究院，华中农业大学	政策	503
24	水污染防治政策评估技术指南	给出了水污染政策评估的一般性原则、内容、工作程序、方法及要求。	支撑水污染防治行政法规、规范性文件等地方政策、条例等	中国水利水电科学研究院，中国科学院地理科学与资源研究所	政策	506
25	水环境管理公共政策的公平和效率分析技术	水环境管理公共政策公平性及效率分析关键技术、评估实施分析、评价标准及评价指标体系构建。	支撑水环境管理公共政策	环境保护部环境规划院	政策	508
26	水污染防治政策的绩效分离技术	本技术是综合因素分解分析方法与回归分析方法等，对水污染防	支撑各级行政部门用于评估所颁	中国科学院科技政	政策	510

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
		治政策绩效进行分离并加以评估的技术方法。	布和实施的政 策、法规，以及 绩效考核办法等	策与管理 科学研究所		
27	全成本水价定价方法	以水资源开发利用的全成本为基础，对中国城市水系统供给的水资源的真实成本进行核算。	为我国水价政策的制定、实施和完善提供参考	中国人民大学	政策	512
28	利用计量经济学模型研究产业结构—污染物排放关联性	根据重污染区工业行业结构特点，基于改进的投入产出模型，优选符合当地经济发展和水环境保护目标的工业结构调整方案，构建水环境——工业经济结构多目标优化模型。	研究产业结构— 污染物排放关联性	江苏省环境科学 研究院	湖泊	514
29	河网总量控制目标制定与小区域分配技术	以水功能区为最小计算单元，以各镇区水面面积与水体水质目标两者为权重，将区域的污染物总量控制值分配到各镇区单元。	河网总量控制目 标制定与小区域 分配	江苏省环境科学 研究院；河海大学	湖泊	516
30	大型水库蓄水运用初期敏感水环境问题识别诊断和生态安全评价关键技术	在海量观测数据和多维模拟技术平台的支持下，结合全国湖库生态安全评估技术方法，形成和发展此项技术。	大型水库生态安 全评价与问题诊 断	中国水利水 电科学研 究院	湖泊	518
31	大型水库流域关键污染物容量总量控制方案制定技术	明确库区不同河段环境容量计算模型，构建了主要污染物的水环境容量总量控制技术。	大型水库流域水 环境容量总量控 制方案、规划的 编制	重庆市环境科学 研究院	湖泊	519
32	流域社会经济结构、发展速度与污染物排放量关系量化模拟技术	通过流域社会经济结构与污染物排放量关系量化模拟技术和流域社会经济发展速度与污染物排放量关系量化模拟技术开发，解析流域社会经济结构与发展速度的污染贡献度。	解析流域社会经 济结构与发展速 度的污染贡献 度，为进一步探 讨和设定流域社 会经济结构优化 布局提供理论依 据。	华中师范 大学	湖泊	521
33	松花江水环境风险源管理信息系统	实现风险源识别信息的上报、查询、显示、统计、报表生成，及基于 GIS 的风险源定位、分析、空间区域查询统计、专题图生成等功能。	水环境风险源管 理	中国环境 科学研 究院	河流	523

编号	技术名称	技术内容	适用范围	完成单位	所属主题	页码
34	山地城市排水系统安全与城市径流污染控制信息管理技术	基于 GIS 技术，集成排水管道结构安全、有害气体安全、泄洪排涝与面源污染管理为一体。能实现实时在线监测与应急管理。	山地城市的排水管道安全管理与城市面源污染控制管理	重庆大学	城市	525
35	城市水环境系统动态仿真及规划决策支持系统构建技术	综合运用了不确定性分析技术、GIS 技术和动态演示技术，分为稳态与动态两个层次，能够对多种决策变量进行响应和评价。集成了多项仿真计算功能和规划决策支持功能，并具有河流数字化、监测数据管理、动态仿真展示等功能。	支撑城市水环境系统规划、城市总体规划及相关涉水规划	中国城市规划设计研究院、中国科学院遥感应用研究所	城市	526
36	城市污水处理系统运行绩效评价技术	该技术包括由运行质量、运行效率、可持续性、管理水平和财务经济构成的绩效指标分类体系和评价方法。	城市污水处理系统运行绩效评价和考核	北京城市排水集团有限责任公司	城市	526
37	我国小城镇水污染治理目标管理与决策技术	建立了基于目标管理的小城镇分类管理方法，并依此提出了我国小城镇污水治理的近、中、远期的总体目标，和全国规划的建议。	支撑小城镇污水治理及区域小城镇污水治理	中国科学院生态环境研究中心	城市	528
38	典型城市排水系统模式优化选择和溢流污染治理方法	提出了一套综合评价指标体系，可量化地辅助排水系统排水模式的规划决策；从源头控制、汇流控制和末端处理三个阶段提出溢流放江污染防治对策措施。	大中型城市排水体制的选择和溢流污染治理决策	上海市水务规划设计研究院	城市	529

（二）技术简介

1、基于地统计学的流域环境要素的空间异质性分析技术

技术依托单位：北京师范大学

技术发展阶段：示范技术

适用范围：大尺度的流域水生态分区指标筛选

主要技术内容和关键技术：

一、技术原理

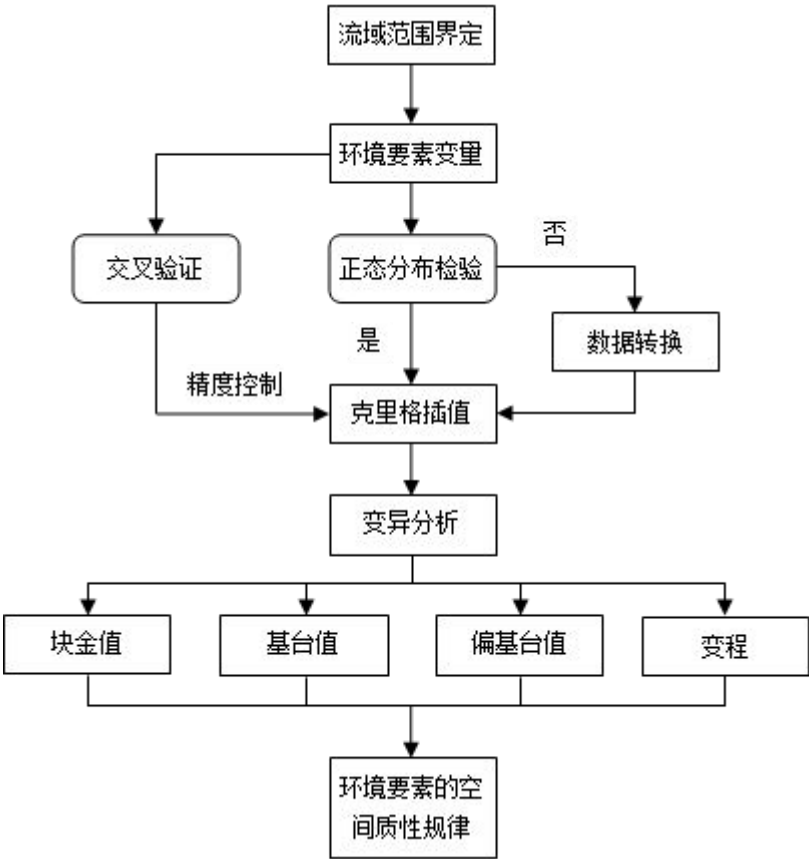
空间异质性是指系统或系统属性在空间上的复杂性和变异程度。两个相距很近的观测点的数据要比相距较远的点上的观测数据接近，距离越小，两点间数值越接近，反之，两点间的数值差异就越大。因此，两点间距离决定了两点间数值差异的大小。这种数值随着距离变化的现象，地统计学中称为空间连续。

环境要素在点 X 与 $X+h$ (h 为空间距离) 处的数值 $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 具有某种程度的自相关，而这种自相关程度采用半变异函数来描述。随着采样点间的距离 h 增大时，半变异函数

逐渐一个相对稳定的常数（基台值），这时的采样点间隔距离（变程）即为该环境要素的空间自相关距离。当半变异函数值超过基台值时，函数值不随采样点间隔距离而改变时，空间相关不存在。变程表示了在这种观测尺度下空间相关性的作用范围，在变程范围内，样点间的距离越小，其相似性，即空间相关性越大。因此，通过以半变异函数为核心的插值模型，可完成对流域环境要素的空间异质性分析。

二、工艺流程

本项技术包括环境要素的选取、数据正态分布检验、数据转换、克里格插值、空间异质性特征分析，技术路线见图。



流域环境要素空间异质性分析技术路线图

三、关键技术方法

1、数据处理

在地统计学分析中，样本数据必须满足正态分布和平稳性的前提假设，对不符合正态分布假设的数据，应对数据进行变换，转化为符合正态分布的形式，并尽量选取可逆的变换形式，最后通过以区域化变量为基础的克里格插值方法，对这些数据进行最优无偏内插线性估计。因此，首先需要检查数据的概率分布特征。根据 Kolmogorov-Smirnov 检验对各变量进行正态分布检验。如果数据是偏态分布的，即向一边倾斜，可以选择数据变换使之服从正态分布，常用的变换函数对数变换、平方根变换、倒数变换、平方根反正弦变换等。因此在创建表面之前了解的数据分布非常重要。首先调用 ArcGIS 的 Explore Data 模块，利用 Histogram 工具、Normal QQ plot 等工具对采样空间的数据分布进行分析，从其图像上找到这些环境数据在空间分布上存在的一些异常值，剔除异常值。如果在直方图或在正态 QQ 图中，数据都没有显示出正态分布，那么就有必要在应用某种克里格插值之前对数据进行转换，使之服从

正态分布。

2、模型建立

克里格插值 (Kriging) 方法是一种广义的线性回归方法, 又称空间局部插值法, 是以半变异函数理论和结构分析为基础, 在有限区域内对区域化变量进行无偏最优估计。

(1) 半变异函数

半变异函数又称半变差函数、半变异矩, 是地统计分析的特有函数。区域化变量 $Z(x)$ 在点 X 与 $X+h$ 处的数值 $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 差的方差的一半称为区域化变量 $Z(x)$ 的半变异函数, 记为 $r(h)$, $2r(h)$ 称为变异函数。具体表示为:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (3-7)$$

式中: $r(h)$ 称为半变异函数; $Z(x)$ 为区域化随机变量, 满足二阶平稳假设; h 为两样本点空间分隔距离; $Z(x)$ 为在空间点 x_i 处的样本值; $Z(x_i+h)$ 为 $Z(x)$ 在 x_i 处距离偏离 h 的样本值 ($i=1, 2, \dots, N(h)$); $N(h)$ 为分隔距离为 h 时的样本点对总数。

(2) 变异分析

半变异函数和协方差函数把统计相关系数的大小作为一个距离的函数, 是地理学相近相似定理的定量化。半变异值随着距离的加大而增加, 协方差随着距离的加大而减小。当两事物彼此距离较小时, 它们是相似的, 因此协方差值较大, 而半变异值较小; 反之, 协方差值较小, 而半变异值较大。此外, 协方差函数和半变异函数随着距离的加大基本呈反向变化特征, 它们之间的近似关系表达式为:

$$r(h) = sill - C(h) \quad (3-8)$$

半变异函数曲线图和协方差曲线反映了一个采样点与其相邻采样点的空间关系。此外, 它们对采样点具有很好的探测作用, 在 ArcGIS 地统计分析模块中可以使用两者中的任意一个, 一般采用半变异函数。在半变异曲线图中有两个非常重要的点: 间隔为 0 时的点和半变异函数趋近平稳时的拐点, 由这两个点产生四个相应的参数: 块金值 (Nugget)、基台值 (Sill)、偏基台值 (Partial Sill) 和变程 (Range)。

空间相关性的强弱可由 Nugget/Sill 来反映, 称为基底效应, 表示样本间的变异特征。如果该比值较高, 说明随机部分引起的空间异质性程度起主要作用, 反之则说明结构性因素 (自然因素) 引起的空间变异性程度较高。该值越大, 表示样本的变异更多的是由随机因素引起的。如果比值小于 25%, 说明系统具有强烈的空间相关性; 如果比例在 25%~75% 之间, 表明系统具有中等的空间相关性; 大于 75% 说明系统空间相关性很弱。

3、交叉验证

本研究拟选择克里格模型方法中的普通克里格方法 (Ordinary Kriging)。对于克里格插值方法, 采用交叉验证 (Cross Validation) 的方法来评价空间化插值的精度, 可确定模型及相关参数值的设定是否合理。

交叉验证法首先使用全部数据来评价自相关模型, 然后删除每个数据点, 一次一个, 并预测该点的值, 将所有预测值与观测值进行比较, 用计算的统计量可以对模型做出正确评价。具体依据是: 如果变异函数取值正确, 那么预测误差的 (Mean) 就应该比较小, 绝对值应该接近于 0。

$$\text{Mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)] \quad (3-10)$$

相似地，平均标准差（Mean Standardized）绝对值接近于 0。

$$\text{Mean Standardized} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Z(x_i) - Z^*(x_i)}{\delta^*(x_i)} \quad (3-11)$$

预测误差的均方根（Root-Mean-Square）应该尽可能小，接近于平均预测标准差（Average Standard Error）；并且标准均方根预测误差（Root-Mean-Square Standardized）接近于 1。

$$\text{Mean Standardized} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2} \quad (3-12)$$

$$\text{Average Standard Error} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta^*(x_i)} \quad (3-13)$$

$$\text{Root-Mean-Square Standardized} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{Z(x_i) - Z^*(x_i)}{\delta^*(x_i)} \right]^2} \quad (3-14)$$

式中： $Z(x_i)$ 为在空间点 x_i 处的样本值； $Z^*(x_i)$ 为在空间点 x_i 处的估计值； $\delta^*(x_i)$ 为在空间点 x_i 处的预测标准差。

四、技术创新点

新近发展的克里格法与 GIS 地统计学方法（Geo-statistics）的结合，满足了要求处理强大的空间数据的管理功能和可视化表达，更加完善了地统计的空间分析功能；并且经研究证明，地统计学既考虑到样本值的大小，又重视样本空间位置及样本间的距离，弥补了经典统计学忽略空间方位的缺陷。

利用地统计学方法，对流域水生态系统的地形地貌、气候、水文、土壤、植被、土地利用等环境要素开展空间异质性分析，分析区域环境要素现状和趋势，并探讨其空间分布规律，为大尺度上水生态功能分区的指标选取提供依据。

五、技术来源及知识产权概况

优化集成。

六、实际应用案例

应用单位：北京师范大学

实际应用案例介绍：

通过地统计学方法对辽河和太湖流域地形地貌、水文气象、地表覆盖等方面的区域化环境要素（海拔、坡度、降水、气温、植被、植被指数等）进行分析，探讨区域化环境要素的集中离散性和空间变异性及其空间变异的尺度，为水生态分区指标的选取提供依据。

1、辽河流域环境要素空间分布特征

选取辽河流域大尺度环境要素变量作为空间异质性分析的指标，包括海拔、坡度、日照时数、降水量、平均气温、相对湿度和 NDVI。通过克里格插值，得到这些变量的半变异函数模型的主要参数。

数据表明，辽河流域各个区域环境要素的基底效应由小到大的顺序为：海拔（0.026）<降水量（0.0589）<相对湿度（0.0719）<日照时数（0.0809）<多年平均温度（0.1262）<NDVI（0.294）<坡度（0.3413）。基底效应越小，表明区域结构性变异性越大；基底效应越大，

表明随机性变异性越大。因此，辽河流域区域性环境要素都存在中等强度或很强的空间变异性，上述要素都适宜作为分区的备选指标，但优先次序依次为：海拔、降水量、相对湿度、日照时数、多年平均温度、NDVI 和坡度。结果表明：辽河流域海拔、降水量、气温和 NDVI 可以作为大尺度水生态分区的适宜指标。

通过对辽河流域生态环境各要素分析，可以发现，辽河流域生态系统环境要素呈现明显的空间异质性，根据相似性将辽河流域划分为 4 个类型区：第 I 类型区主要包括西拉木伦河和老哈河中上游地区及相关支流；第 II 类型区主要包括西辽河、西拉木伦河和老哈河中下游地区，以及辽河干流西部各主要支流；第 III 类型区包括太子河和浑河中上游地区及其主要支流、辽河干流东部各主要支流；第 IV 组区包括太子河干流和浑河干流中下游区域、辽河干流区域及东辽河全流域。

2、太湖流域环境要素空间分布特征

选取太湖流域大尺度环境要素变量作为空间异质性分析的指标，包括海拔、坡度、日照时数、降水量、平均气温、相对湿度和 NDVI。通过克里格插值，得到这些变量的半变异函数模型的主要参数。

数据表明，太湖流域各个区域环境要素的基底效应由小到大的顺序为：NDVI (0.117) < 降水量 (0.123) < 相对湿度 (0.242) < 多年平均温度 (0.254) < 日照时数 (0.260) < 坡度 (0.266) < 海拔 (0.413)。基底效应越小，表明区域结构性变异性越大；基底效应越大，表明随机性变异性越大。因此，太湖流域辽河流域区域性环境要素都存在中等强度或很强的空间结构性变异性，上述要素都适宜作为分区的备选指标，但优先次序依次为：NDVI、降水量、相对湿度、多年平均温度、日照时数、坡度和海拔。结果表明：太湖流域 NDVI、降水量和海拔可以作为水生态分区的适宜指标。

通过对太湖流域生态环境各要素分析，可以发现，太湖流域生态系统环境要素没有呈现明显的空间异质性，根据相似性太湖流域大致有 4 个类型区域：第 I 类型包括太湖西北；第 II 类型主要包括太湖湖体；第 III 类型为太湖东南区域；第 IV 组包括西南部流域。

联系单位：北京师范大学
联系人：徐宗学
联系电话：010-58801136
E-mail: zxxu@bnu.edu.cn
地址：北京市新街口外大街 19 号北京师范大学，100875

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京师范大学
联系人：徐宗学
电 话：010-58801136
E-mail: zxxu@bnu.edu.cn
地 址：北京市新街口外大街 19 号北京师范大学，100875

2、基于 ISODATA 多元空间聚类的流域水生态功能区定量划分技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：以流域型指标的流域水生态功能区划分

主要技术内容和关键技术

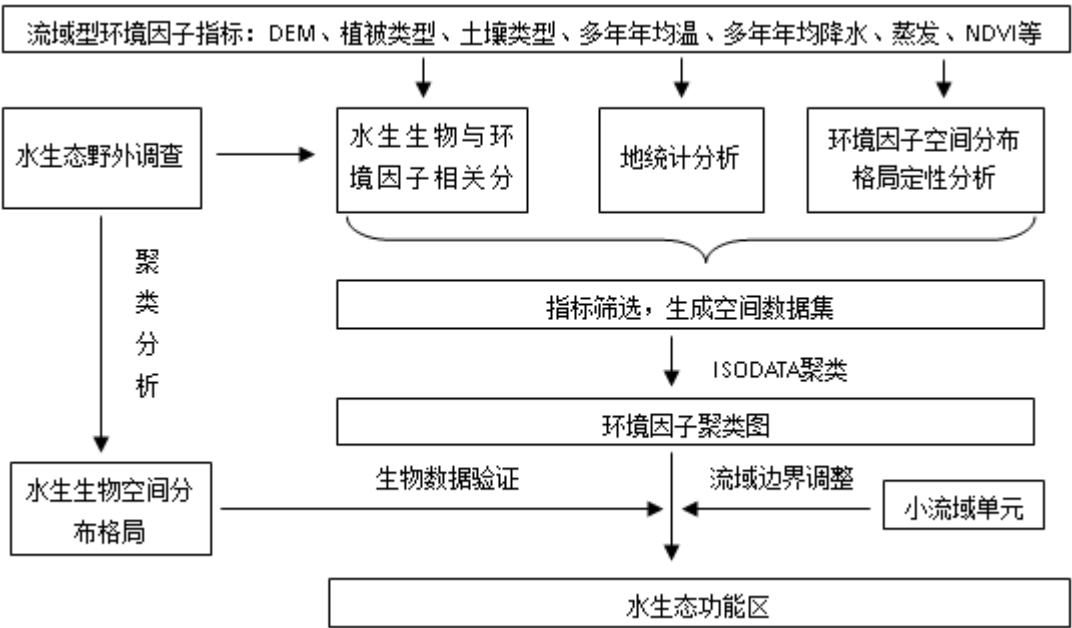
一、技术原理

ISODATA 聚类算法称为迭代自组织数据分析技术 (Iterative Self-Organizing Data

Analysis Technique), 是最常用非监督聚类方法, 是在 k-均值算法的基础上, 增加对聚类结果的“合并”和“分裂”两个操作, 并设定算法运行控制参数的一种聚类算法。使用光谱距离作为连续分类的方法对单元进行反复分类, 知道找到距离最近的类, 将距离近的划分为一类。利用 ISODATA 聚类法, 可将多个流域分区指标进行空间聚类, 形成综合的空间分类单元, 再通过小流域边界和水生生物数据进行分类边界调整, 最终完成水生态功能分区。

二、工艺流程

在流域水生态功能定量划分时, 首先将流域型环境因子进行空间化栅格化处理, 再利用 ISODATA 聚类, 形成多元聚类单元, 通过小流域边界调整和水生生物调查数据验证, 完成流域水生态功能分区。技术路线见图。



基于 ISODATA 聚类的水生态功能分区技术路线

三、关键技术方法

1、离散型指标空间化技术

流域水生态功能分区所筛选出来的指标, 最终要在空间上反映, 形成以单一指标为专题的空间连续曲面图层, 以保证后续的空间聚类计算。流域型指标本身就已经是连续的面数据, 而离散型指标则需要处理为空间连续面数据。可用的插值方法有泰森多边形方法、反距离加权法、移动拟合法、线性内插、双线性多项式插值、样条函数、趋势面分析、变换函数插值法、多元回归分析等。

以河道内分区指标的空间化为例, 采用反距离权重法, 基本步骤是: ①在 GIS 软件中, 所有河流均以线状表示, 以此为中心线, 作一个左右宽度为 200m 的缓冲区, 形成了一个连续的类似河流水系的多边形; ②确定所有采样点均位于该多边形内; ③以上述多边形为边界, 实施反距离权重插值计算; ④插值后得到是一个与水系重叠栅格图。通过上述流程, 完成了离散型数据的空间化。

2、ISODATA 聚类技术

ISODATA 聚类方法通过设定初始参数而引入人机对话环节, 并使用归并与分裂的机制, 当某两类聚类中心距离小于某一阈值时, 将它们合并为一类, 当某类标准差大于某一阈值或其样本数目超过某一阈值时, 将其分为两类。在某类样本数目少于某阈值时, 需将其取消。

如此,根据初始聚类中心和设定的类别数目等参数迭代,最终得到一个比较理想的分类结果。对于 n 个样本,只要给出初始分类 C ,通过迭代计算,就能很快得到分类结果,而且能对聚类效果进行检验,主观随意性较小,即求得的模糊分划系数 $F_c(R_i^*)$ 越接近 1,聚类效果越理想。

$$F_c(R_i^*) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^C r_{ij}^2$$

式中: $F_c(R_i^*)$ 为模糊分划系数; n 为样本数; C 为初始分类数; r_{ij} 为矩阵中的元素。

3、小流域单元提取技术

作为调整聚类结果边界的重要依据,小流域单元的提取是个重要的技术环节。小流域单元提取的原则主要有流域完整性原则和同质性原则。

小流域单元提取的主要流程是:

- ①使用了高精度的 DEM 作为数据源;
- ②使用 ArcGis9.2 里的 Hydrology Modeling 模块来操作小流域的提取。基本操作步骤是:
 - 载入无洼地的 DEM;
 - 流向分析 (Flow Direction);
 - 计算流水累积量 (Flow Accumulation);
 - 提取河流网络 (Stream Net);
 - 流域分析 (Watershed);
 - 栅格转成矢量;
- ③与流域边界合并,保证研究区的范围的完整;
- ④以 1:25 万的线状水系图为底图,对小流域单元进行合并调整,以保证与实际河流和实际流域保持一致,每个单元均有河流分布。

四、技术创新点

1) ISODATA 聚类技术改进了传统的基于多个环境因子专题图空间叠加的分区技术,减少了分区的主观性,增加了分区的准确度。

2) 通过指标空间化技术和河流缓冲区处理技术,实现了线状的河道内分区指标的空间插值,不仅可用于流域水生态功能分区,还可应用于基于水质、河流健康等因子的河流分类管理。

五、技术来源及知识产权概况

改进,集成。

六、实际应用案例

应用单位:中国环境科学研究院

太子河流域水生态功能二级分区示范

应用单位:北京师范大学,中国环境科学研究院

实际应用案例介绍

在太子河流域,选取了流域型分区指标,并通过指标敏感性、变异性和水生态因子相关性分析,同时考虑到指标的水生态学意义的直接性和显著性,最终确定选择高程、NDVI 作为太子河流域水生态二级区划分指标,并进行 ISODATA 空间聚类,获得初步的分区结果。同时,利用太子河流域提取的 105 个小流域单元和水生生物群落分布特征对聚类结果进行调整,最终获得 3 个二级功能区。

联系单位:中国环境科学研究院

联系人：张远
联系电话：010-84926073
E-mail: zhangyuan@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院
联系人：孔维静
电 话：010-84915237
E-mail: kongwj@craes.org.cn
地 址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

3、基于主动性指标选择的河流健康综合评估技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：可以广泛应用于各类型河流生态系统的健康评价，山地河流应用效果更好。

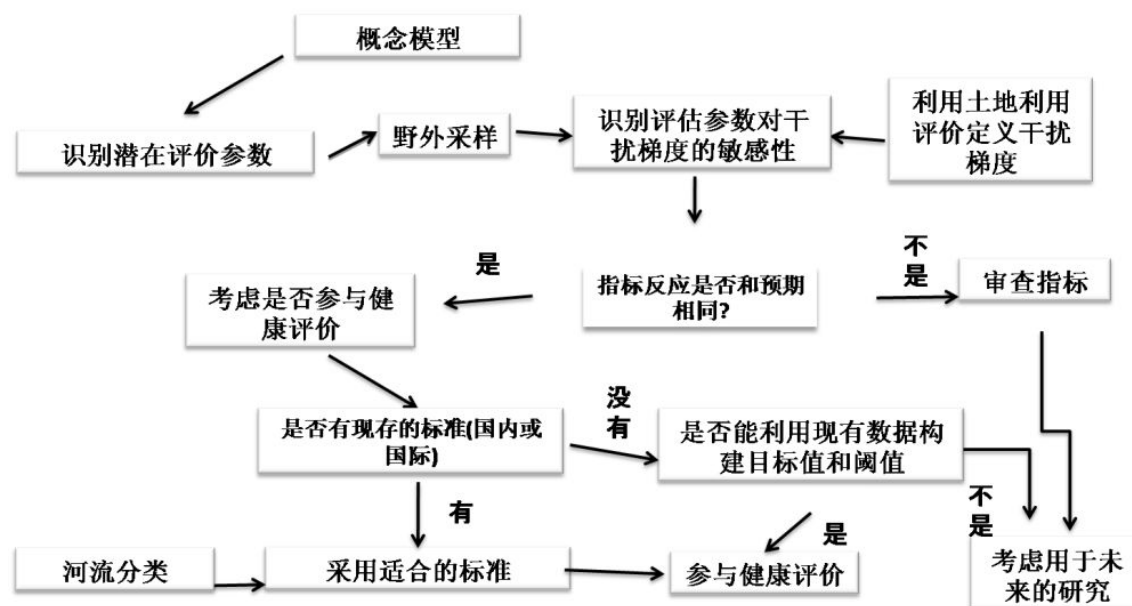
主要技术内容和关键技术

一、技术原理

综合河流物理、化学和水生生物等多类型评价指标，基于压力-响应关系筛选能够有效指示环境压力的评价指标，在压力-响应预测模型的基础上，确定各指标的阈值范围，最终构建能够全面反映河流健康状况的综合评价指数技术方法。

二、工艺流程

基于主动性指标选择与参照条件制定的河流健康综合评价法，主要包含六个关键技术内容（见图）：



河流健康综合评价法标准化技术路线图

1、河流分类

依据河流气候、地理、地貌和水文等特征，将流域内的河流进行分类和分区，将具有相似自然特征的河流归为同一个类型。

2、构建河流概念模型

针对不同类型河流，采用野外调研和文献调研等方法，初步诊断不同类型区中河流生态

系统的压力源，并相应选择合适的评价指标与保护目标。

3、河流健康评价指标

依据概念模型中筛选的压力源和评价指标，开展河流生态系统野外监测，获取河流生态监测数据，利用实测数据分析和验证不同评价指标对压力源响应的敏感性和稳定性，筛选适用于不同河流类型的评价指标。

4、评价标准确定

依据不同类型河流区，参考国家水质标准、文献、模型模拟等技术手段，确定不同健康评价指标的参照值、临界值和 0 值。其中，参照值为生态系统完全未受到或仅受到微弱人为活动干扰时，评价指标的最大值；0 值为生态系统受到最高强度人为干扰时，评价指标理论上的最小值；临界值为生态系统处于管理下限时界限值，位于评价指标的最大值和最小值之间，当评价指标小于临界值时，则表明水生态系统超过了管理的下限要求，应启动相应的河流生态系统管理和修复策略。

5、河流健康综合评价

依据各评价指标的参照值和 0 值，对所有评价指标进行标准化，并根据不同评价指标对河流生态系统完整性贡献的强弱分配权重，计算各样点的健康综合得分

6、健康等级与评价

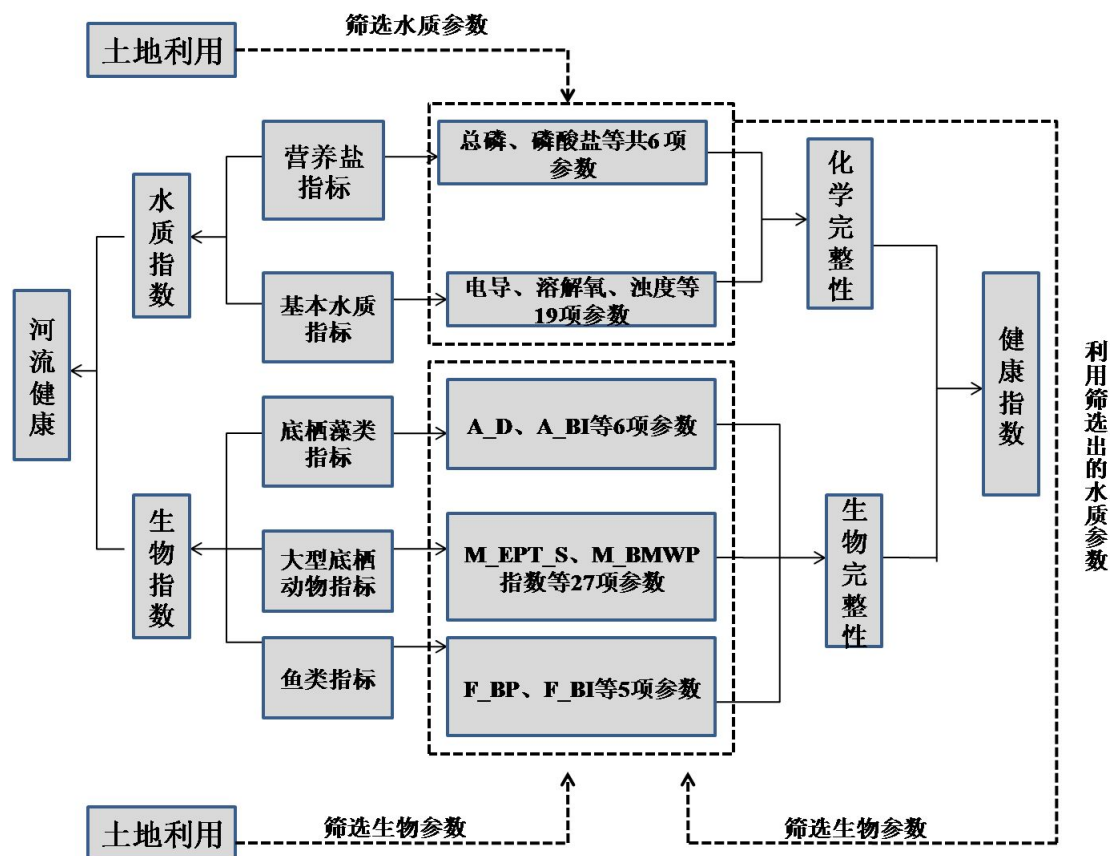
根据河流生态系统管理需求，对河流健康状况进行等级划分，并依据各样点河流健康综合得分进行健康等级评价。

三、关键技术方法

1、主动性的河流健康评价指标的选择

- ①依据数理统计分析，指标对人类活动干扰具有明显的响应关系；
- ②指标对人为活动的响应与大多数文献中的预测趋势一致；
- ③指标间相互独立、不存在重复信息；
- ④能够反映河流健康的特征。

本研究以土地利用类型面积作为首要压力指标，利用总体线性回归模型法，筛选对土地利用面积和水质具有显著响应关系的水生生物指标，以相关性分析显著性检验作为判别候选指标是否有效指示人为活动干扰的依据；筛选对土地利用有显著响应关系的水质指标作为评价指标。



河流健康评价指数构建流程图

2、主动性的河流健康评价指标参照条件制定

参照条件的制定，是目前国内外水生态系统健康评价的难点，本研究中依次按照以下步骤，确定河流健康评价各指标的参照条件：

依据国家地表水、饮用水等水质标准，确定评价指标的参照条件；

依据国内外文献调研，确定不同物理、化学和生物指标的参照条件；

依据本地区水生态系统研究成果，确定不同类型指标的参照条件；

依据模型模拟等手段，选用模型预测值的 5%和 95%百分位值作为参照值和临界值（当指标值越大代表河流健康状况越好时，以 95%和 5%百分位值作为参照值和临界值），确定适合于不同类型水生态区健康评价指标的参照值和临界值。

3、综合评价

在单个指标标准化处理结果的基础上，采用加和平均值的方法，分别计算每个评价目标的得分值，具体如下公式。

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

式中，X 为评价目标综合得分； X_i 为单个指标标准化值；i 为第 i 个指标；n 为指标数。通过专家打分的方式，确定了各个评价目标的权重关系。

根据生态系统健康综合得分，将生态系统健康状况划分为 5 个等级，分别为极好、好、一般、差和极差，其评估标准如表。

生态系统健康评估标准

生态系统健康等级	极好	好	一般	差	极差
评估标准	$0.2 \leq RHI$	$0.2 < RHI \leq 0.4$	$0.4 < RHI \leq 0.6$	$0.6 < RHI \leq 0.8$	$0.8 < RHI$

四、技术创新点

针对目前国内外河流健康综合评价指标筛选没有明确的技术路线的技术难点, 本项技术根据压力响应关系, 反应人类活动的影响, 突破了传统河流生态系统健康评价因子筛选方法, 克服了国内外健康评价中参照条件制定技术难点, 同时综合了河流的物理、化学和生物完整性特征, 形成了全面的生态完整性评价技术方法, 反映水生态区差异。

主要创新点为:

①利用压力-响应模型方法, 基于数理统计分析, 筛选对人为活动干扰具有敏感指示作用的河流化学和水生生物评价指标。

②在水生态功能分区的基础上, 针对不同河流类型建立了一套适应不同河流类型的评价指标和评价标准。

③基于实测数据, 利用压力-响应模型建立不同指标的参照值和 0 值的确定方法, 依据不同河流类型区管理目标, 确定临界值。

五、技术来源及知识产权概况

引进, 改进, 集成。

六、实际应用案例

应用单位: 中国环境科学研究院, 辽宁省环境科学研究院, 中国科学院地理科学与资源研究所, 江西省环境保护科学研究院, 南开大学, 中国科学院生态环境研究中心, 南京大学, 中国科学院南京地理湖泊研究所, 北京师范大学, 北京大学, 中国科学院武汉水生物研究所, 中国水利水电科学研究院

实际应用案例介绍:

基于主动性指标选择和参照条件指定的河流健康综合评价法, 选择我国辽河流域太子河作为主要示范区, 先后开展了 2 次示范研究, 取得了良好的评价结果和社会效益, 形成的河流健康报告卡向地方政府和公众展示了太子河流域水生态系统现状和保护策略。在此基础上, 选择我国辽河、太湖、松花江等 10 个重点流域, 分别开展河流健康综合评价, 并首次形成了全国水生态系统健康评估结果。取得了良好的社会效益。河流健康综合评级法, 将成为我国未来水环境管理的重要技术, 对我国的水生态系统保护和恢复, 具有重要的指导作用。

联系单位: 中国环境科学研究院

联系人: 张远

联系电话: 010-84926073

E-mail: zhangyuan@craes.org.cn

地 址: zhangyuan@craes.org.cn

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 张远

电 话: 010-84926073

E-mail: zhangyuan@craes.org.cn

地 址: 北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号, 100012

4、基于水陆因子关联度分析的水生态功能分区指标筛选技术

技术依托单位: 北京师范大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 适用于流域水生态一级二级功能分区指标因子筛选

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

根据水生态功能分区的目的与原则课题提出了基于水陆耦合原理的分区指标筛选方法,构建了“指标数据标准化-相关分析-排序分析-确定指标”的逐步耦合筛选指标技术,该技术主要运用陆域分区指标与水域特征指标的相关分析与排序分析方法,根据指标间相关系数与显著性分析筛选分区指标。通过对陆域分区指标(地质、土壤、气候、植被、地形、NDVI)进行标准化和定量处理,将陆域分区指标与水生态指标(水质、水量、水文)进行 Person 或 Spearman 相关分析(CA),保留水陆指标间具有显著相关指标,将保留指标再次进行典范对应分析(CCA)进行排序,根据陆域指标在第一轴和第二轴的相关系数大小分别确定水生态一级二级分区指标,最终达到客观、有效地实现流域水生态功能分区的目的。

二、工艺流程

该技术主要包括两部分,即分区备选指标数据标准化以及基于相关与排序分析方法的指标筛选。

(1) 流域水生态功能一级二级区分区备选指标数据标准化

为了筛选流域水生态功能一级二级区划的主要分区指标,首先需构建影响流域水生态系统结构和功能特征的陆域生态影响指标体系,陆域指标体系包括自然背景指标,包括区域自然地理基本要素(地质、土壤、气候、植被、地形、NDVI等),备选指标包括海拔、坡度、坡向、土壤 pH、颗粒组成、有机质含量、全氮、全磷、盐基饱和度、温度、降水、干燥度、湿润度、NDVI 等,其中对于地形、NDVI 指标的栅格数据采用属性值为依据进行分析,对于气象观测站点数据,则采用空间插值方法生成栅格数据,然后将栅格数据转化为矢量数据进行量化。

(2) 流域水生态功能一级二级分区指标筛选

对陆域分区指标(地质、土壤、气候、植被、地形、NDVI)与水域指标(水质、水量、水文)进行 Person 或 Spearman(数据是否符合正态分布)分析,将 P 值小于 0.05 的指标进行保留,将保留指标再次进行典范对应分析(CCA)进行排序,根据陆域指标在第一轴和第二轴的相关系数大小分别确定水生态一级二级分区指标。

三、关键技术方法

在流域水生态功能分区指标筛选中采用的关键技术包括:

(1) “3S”(GPS、GIS、RS)空间信息化及 DEM 数字高程分析技术

尤其 GIS 空间叠加分析技术和 DEM 数字高程处理分析技术,是流域水生态功能分区进行定量判别和指标筛选的关键技术内容。充分利用 GIS 提供的叠置分析、缓冲区分析等功能,实现多源数据的准确、快速处理和分析,GIS 数据标准可帮助构建水生态功能分区的指标体系和编码体系,为建立全数字的、无缝拼接的、适时更新的水生态功能分区数据库奠定基础。

(2) 基于水陆耦合原理的水生态功能一级二级分区指标筛选技术

a 非典型约束性排序方法-相关分析(Component Analysis, CA)

将陆域分区备选指标(地质、土壤、气候、植被、地形、NDVI)与水域指标(水质、水量、水文)进行正态分布分析,符合正态分布的对应指标间进行 Person 相关分析,不符合正态分布的对应指标间进行 Spearman 相关分析,分析结果中 P 值代表了指标间相关分析是否具有显著性,将 P 值小于 0.05 的陆域分区备选指标进行保留,表明该指标可反映水域特征指标可进行多指标的排序分析。

b 典型约束性排序方法-典范对应分析技术(Canonical Correspondence Analysis, CCA)

典范对应分析是由对应分析 CA/RA 修改而产生的新方法。它是把 CA/RA 和多元回归

结合起来,每一步计算结果都与环境因子进行回归,而详细地研究水生态系统与环境的关系。基于陆域和水域耦合作用关系采用 CCA 排序法对相关分析保留指标进行筛选,根据不同陆域生态指标对水域生态指标的解释率(F 值)和相关系数大小进行排序,将在第一轴解释率和相关系数较大陆域分区指标确定为一级分区指标,而在第二轴解释率和相关系数较大的陆域分区指标确定为二级分区指标。

四、技术创新点

以往指标与因子的相关分析多用于单一的陆域或水域生态因子之间,多指标与水陆相关耦合分析应用于水生态功能分区还属首次,该技术应用 Person 或 Spearman 相关分析以及 CCA 排序分析的多元统计方法,根据水域生态因子(水质、水量、水文等)与陆地环境特征因子(地质、土壤、气候、植被、地形、NDVI 等)的相关系数与相关显著性进行逐步筛选,以此构建了流域水生态功能分区的一级二级指标体系,为流域一级二级水生态功能分区提供了有效技术支持。

五、技术来源及知识产权概况

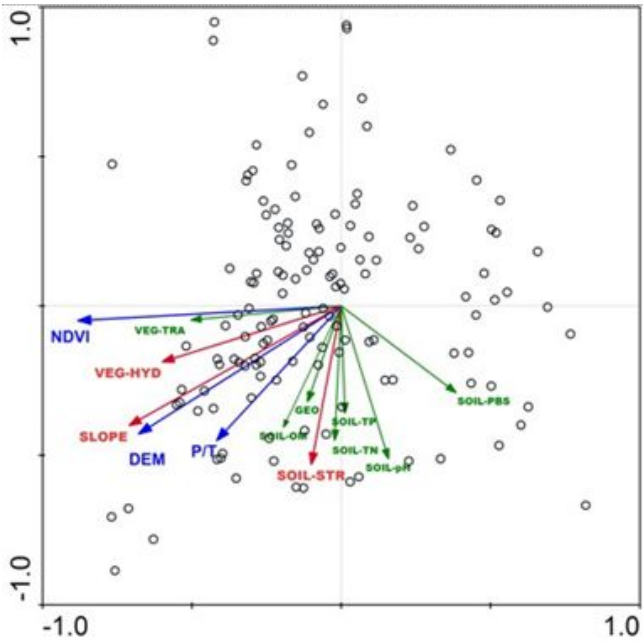
自主研发

六、实际应用案例

应用单位:北京师范大学、南京大学

实际应用案例介绍

该技术方法在东江与淮河流域一级二级功能分区研究中得到了有效应用,水陆指标因子的定性定量分析均运用 3S 手段进行了图形化处理,其中相关分析、CCA 分析后筛选出了一级分区指标 DEM、NDVI、P/T 以及二级分区指标植被水文调节价值量、土壤粘粒含量值、坡度,淮河流域筛选出了一级分区指标平均高程、多年均降雨与多年均气温以及二级分区指标径流深、土壤饱和含水量、地表粗糙度、淋溶土分布。



东江流域水生态与水环境特征的 CCA 排序结果

注：图中符号 DEM 表示高程；P/T 表示降水/温度；NDVI 表示归一化植被指数；GEO 表示地质岩石抗风化能力；SLOPE 表示坡度；VEG-TRA 表示植被过滤净化，VEG-HYD 表示植被水文调节，SOIL-STR 表示土壤粘粒含量，SOIL-OM 表示土壤有

机质含量, SOIL-TN 表示土壤全氮含量, SOIL-TP 表示土壤全磷含量, SOIL-PH 表示土壤酸碱度, SOIL-PBS 表示土壤盐基饱和度。

联系单位: 北京师范大学, 南京大学

联系人: 江源、安树青

联系电话: 010-58806093, 025-83594560

E-mail: jiangy@bnu.edu.cn, anshq@nju.edu.cn

地 址: 北京市海淀区新街口外大街 19 号, 江苏省南京市汉口路 22 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 南京大学

联系人: 安树青

电 话: 025-83594560

E-mail: anshq@nju.edu.cn

地 址: 南京市鼓楼区汉口路 22 号, 210093

5、水质基准水效应比(WER)技术

技术依托单位: 中国环境科学研究院

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 适用于修正区域水质基准时因区域水质差异而产生的生物毒性差异。

主要技术内容和关键技术

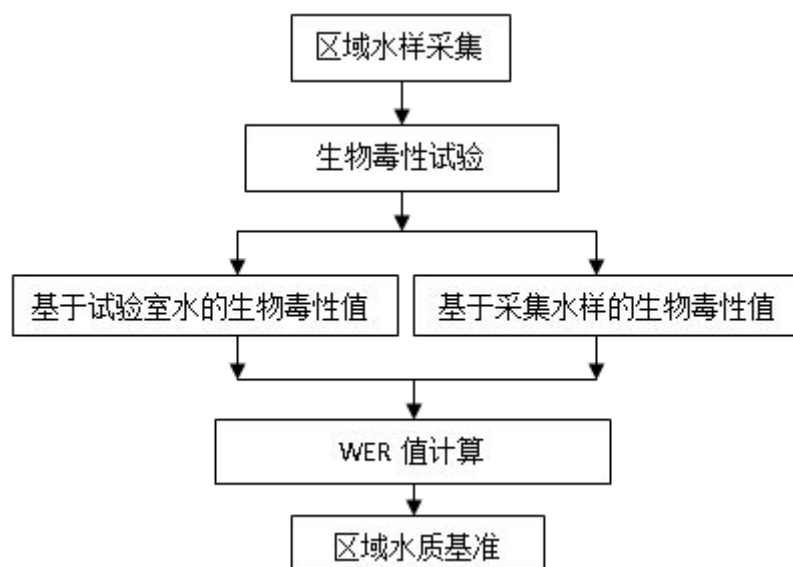
一、技术原理

US EPA 推荐了 3 种对国家基准的修订方法, 其中包括水效应比值法(Water-Effect Ratio Procedure)。水效应比值法是利用北美地区的物种在本地的原水和配制水中进行毒性暴露平行试验, 然后利用污染物在原水中的毒性终点值除以在配制水中的同一毒性终点值, 得到水效应比值(WER), 区域基准等于州基准与 WER 值的乘积, 该法主要关注水质差异。

我国水质基准水效应比(WER)技术研发的目的是为区域水质基准/标准的建立提供技术支持, 主要技术原理是利用不同区域水质对污染物生物毒性的影响推算因水质差异而产生的生物毒性比值, 即: 水效应比值 WER, 以表征区域水质对水质基准的影响, 通过水效应比值 WER 对国家水质基准值进行修正, 从而推导获得区域水质基准/标准值。

二、工艺流程

技术研发的目的是为区域水质基准/标准的建立提供技术支持, 主要内容是利用不同区域水质对污染物生物毒性的影响推算水效应比值 WER, 以表征区域水质对水质基准的影响, 从而推导获得区域水质基准/标准值。



技术路线图

三、关键技术方法

技术内容、技术路线（包括路线图及技术步骤）、关键技术方法等

- 1、**区域水样的采集**，对研究区域进行水样采集，采集的水样马上进行生物毒性试验；
- 2、**实验室用水的生物毒性试验**，用实验室用水对生物进行毒性试验；
- 3、**依据生物毒性试验计算水效应比值(WER)**， 计算公式：

$$WER = \text{采集的水样的生物毒性值} / \text{实验室用水的生物毒性值}；$$

- 4、**区域基准值的推导**，去与基准值依据以下公式进行计算：

$$\text{区域基准值} = WER \times \text{实验室水的基准值}。$$

美国由 US EPA 发布国家水质基准，各州可以根据本州情况对国家水质基准进行修订，其中，为了针对区域水体制订水质基准或标准，USEPA 推荐了 WER(water-effect ratio, 水效应比) 法，其原理是利用同一物种在区域原水与实验室配制水中做毒性暴露平行试验，然后 WER 等于原水中毒性效应值除以配制水中同一终点效应值，区域水质基准或标准等于州水质基准值乘以 WER。

四、技术创新点

由于在流域水平上不同区域之间水质状况差异很大，因此统一的流域水质基准无法准确表征区域水环境特征，从而在水环境管理上带来不科学性和不确定性；通过 WER 技术可以准确反映区域水质状况对污染物生物毒性以及流域水质基准的影响，因此基于 WER 技术获取的区域水质基准/标准可以有针对性地对区域水环境提供保护，突破水环境区域差异化管理的技术瓶颈。

五、技术来源及知识产权情况

优化集成

六、实际应用案例

应用单位：辽宁省环境科学研究院

应用案例介绍：区域（大伙房水库）镉基准

在丰水期和枯水期分别从大伙房水库采集水样，利用丰水期和枯水期的大伙房水库原水与实验室配制水（H = 50 mg/L,下同）进行镉对大型溞、鲫鱼急性毒性暴露平行试验。

大型溞急性实验：利用直线回归法计算 48-h EC₅₀, $WER = 48\text{-h EC}_{50,S} / 48\text{-h EC}_{50,L}$ ，式中下标 S 代表原水，下标 L 代表实验室配制水（下同），试验结果见表 1，得到大伙房水库丰

水期和枯水期的 WER 分别是 2.5831 和 1.1473。

表 1 大型溞急性毒性暴露平行试验结果

试验用水	回归方程	r	n	48-h EC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 (mg/L)	WER
丰水期	Y = 2.7920X + 7.7080	0.9972	30	0.1072	0.0842~0.1364	2.5831
配制水	Y = 1.4616X + 7.0200	0.9958	30	0.0415	0.0262~0.0658	
枯水期	Y = 2.8303X + 8.3956	0.9971	30	0.0631	0.0418~0.0952	1.1473
配制水	Y = 2.0363X + 7.5657	0.9987	30	0.0550	0.0310~0.0975	

鲫鱼急性实验：分别利用丰水期和枯水期的大伙房水库原水与实验室配制水进行鲫鱼急性暴露平行试验，利用直线回归法计算 96-h LC₅₀， $WER = 96\text{-h LC}_{50,S}/96\text{-h LC}_{50,L}$ ，试验结果见表 2，得到丰水期和枯水期的 WER 分别为 2.9406 和 1.3550。

表 2 鲫鱼急性毒性暴露平行试验结果

试验用水	回归方程	r	n	96-h LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 (mg/L)	WER
丰水期	Y = 9.743X - 5.0931	0.9942	30	10.8626	10.2321~11.5320	2.9406
配制水	Y = 2.9466X + 3.3278	0.9867	30	3.6940	3.1433~4.3412	
枯水期	Y = 3.5026X + 1.8759	0.9938	30	7.7972	5.5906~10.8748	1.3550
配制水	Y = 3.7694X + 2.1357	0.9863	30	5.7544	4.2242~7.8389	

鲫鱼慢性试验：利用丰水期原水与配制水进行鲫鱼鱼苗的 28 d 短期慢性毒性平行试验，试验结果如表 3 所示。

表 3 鲫鱼短期慢性毒性平行试验结果

丰水期原水		配制水	
镉浓度 (mg/L)	平均死亡率 ± SD%	镉浓度 (mg/L)	平均死亡率 ± SD%
0.00	3.33 ± 5.77	0.00	0
0.10	10 ± 10	0.02	3.33 ± 5.77
0.22*	23.33 ± 5.77	0.04	0
0.48*	36.67 ± 5.77	0.08*	20
1.07*	60 ± 10	0.15*	43.33 ± 11.55
2.34*	80 ± 10	0.31*	50 ± 10
5.15*	100	0.61*	63.33 ± 5.77
/	/	1.2*	100

说明：*表示与对照组相比有差异显著 ($p>0.05$)。

由表可知，以存活率为终点（试验结束时，各浓度组鱼苗的体长和体重终点无显著差异，结果未列出），镉在丰水期原水中的 LOEC 为 0.22 mg/L，NOEC 为 0.10 mg/L，慢性毒性值为 LOEC 和 NOEC 的几何平均值，经计算为 0.1483 mg/L；镉在配制水中的 LOEC 为 0.08 mg/L，NOEC 为 0.04 mg/L，慢性毒性值计算为 0.0566 mg/L。 $WER = 0.1483/0.0566 = 2.6201$ 。

综合 WER 的研究结果，最终 WER 等于以上 5 个 WER 值的几何平均值，经计算为 1.9866。大伙房水库（实际水体硬度为 73.4 mg/L）镉基准计算如下：

$$CMCR = CMCL \times 1.9866$$

式中 CMCL 代表水体硬度为 50 mg/L 时的辽河流域急性基准，CMCR 代表大伙房水库急性基准，经计算为 2.72 μg/L。

$$CCCR = CCCL \times 1.9866$$

式中 CCCL 代表水体硬度为 50 mg/L 时的辽河流域慢性基准，CCCR 代表大伙房水库慢性基准，经计算为 0.05 μg/L。

应用前景：

WER 技术可以广泛地应用于区域水质基准/标准的制定，在未来区域水质基准/标准的建立以及流域区域差异化管理中发挥重要作用。

联系单位：辽宁省环境科学研究院

联系人：杨小南

联系电话：13842045690

E-mail: yxn681112@yahoo.com.cn

地 址：沈阳市皇姑区泰山路 88 巷 3 号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：闫振广

电 话：010-84915174

E-mail: zgyan@craes.org.cn

地 址：北京朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

6、最少毒性数据需求（MTDR）技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用于在我国生物毒性数据缺乏的条件下，推导水质基准值。

主要技术内容和关键技术：

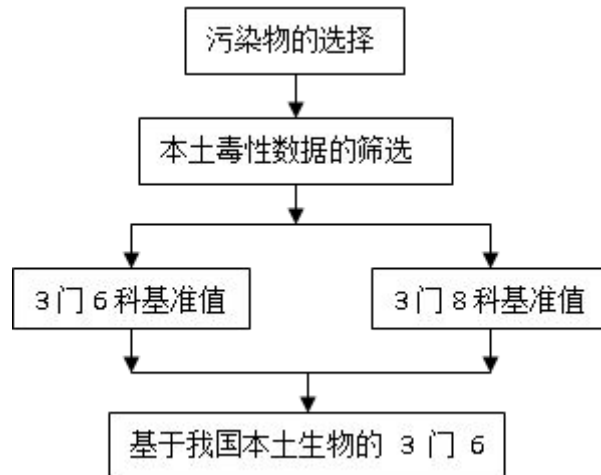
一、技术原理

美国的水环境基准研究开始较早，先后出台了一系列指导文件，并于 1985 年制定了《推导保护水生生物及其用途的水质基准的技术指南》，提出了水生生物水质基准推导的理论方法，并规定了“3门8科”MTDR的要求。本关键技术以USEPA“3门8科”MTDR需求原则为参考，提出适用于我国的“3门6科”MTDR原则，通过对6种重金属（Pb、Cd、Cu、Zn、Hg、Cr）的基于“3门8科”和“3门6科”的水质基准值的比较，发现“3门6科”MTDR基本可行。初步建议的“3门6科”水生生物包括：脊索动物门的鲤科鱼类、除鲤科外的另一种鱼类（冷水鱼类优先）、两栖类；节肢动物门的浮游甲壳类和昆虫类；环节动物门的底栖环节动物类。

二、技术内容与工艺路线

鉴于发达国家的水质基准具有丰富的毒性数据，而我国本土物种毒性数据量缺乏的现状，在推导水生生物水质基准时，若直接采用 US-SSD 法规定的“3 门 8 科”MTDR 有较大难度，因此如何在较少毒性数据量的情况下得到较为准确的水质基准已成为热点。本项目尝试对我国 6 种重金属的“3 门 8 科”和“3 门 6 科”MTDR 要求进行了分析研究，通过对两种 MTDR 技术所得的基准值进行比较，最终提出“3 门 6 科”的我国 MTDR 技术。

我们制定 3 门 6 科的路线图：



技术路线图

三、关键技术方法

依据我国本土生物毒性数据，筛选出“3 门 6 科”毒性数据，计算出基于“3 门 6 科”MTDR 的基准值 CMC，并与基于美国“3 门 8 科”的 CMC 值进行分析比较，找出适合我国的“3 门 6 科”MTDR。计算过程如下：

- ① 根据试验结果，求得受试生物的 48-h LC₅₀（或 EC₅₀）或 96-h LC₅₀（或 EC₅₀）；
- ② 求 SMAV，等于同一物种的 LC₅₀（或 EC₅₀）的几何平均值；
- ③ 求属平均急性值（Genus Mean Acute Value, GMAV），等于同一属的 SMAV 的几何平均值；
- ④ 从高到低对 GMAV 排序；
- ⑤ 对 GMAV 设定级别 R，最低的为 1，最高的为 N；
- ⑥ 计算累积概率 $P = R/(N + 1)$ ；
- ⑦ 选择 P 最接近 0.05 的 4 个 GMAV；
- ⑧ 用选用的 GMAV 和 P，以下公式进行计算，即可得到 FAV。

$$S^2 = \frac{\sum [(\ln GMAV)^2] - [\sum (\ln GMAV)]^2 / 4}{\sum P - (\sum \sqrt{P})^2 / 4}$$

$$L = \frac{\sum (\ln GMAV) - S(\sum \sqrt{P})}{4}$$

$$A = S\sqrt{0.05} + L$$

$$FAV = e^A$$

$$CMC = FAV/2$$

四、技术创新点

MTDR 技术是水质基准推算的关键技术原则，发达国家提出了“3 门 8 科”的 MTDR 技术原则，但基于发达国家水生生物毒性数据充足，而我国数据比较匮乏，因此照搬国外技术原则难度较大。本研究提出“3 门 6 科”的我国 MTDR 技术，在一定程度上突破物种数据需求的技术瓶颈，为我国水质基准的研发提供了基础的技术参考原则。

处于国际/国内什么水平；
国际上属先进水平；国内属领先水平。

五、技术来源及知识产权情况

优化集成

六、实际应用案例

应用单位：中国环境科学研究院

应用案例介绍：“3门6科”MTDA 技术应用案例

我国水质基准研究相对滞后，尚未建立完整的水质基准研究体系，现行水质标准都是参照国外相关标准或基准建立，对我国的水环境保护的科学性值得商榷。目前，我国正在逐步开展系统的水质基准研究，并取得了一定进展，根据SSD的基准推导方法结合MTDR的相关需求，推导了部分污染物的水质基准值。但总体来说，我国水质基准体系相对于发达国家还处于学习和探索阶段。本项目以6种重金属（Pb、Cd、Cu、Zn、Hg、Cr）为例，对水质基准方法学中MTDR技术进行了探讨。

按照USEPA水生生物水质基准计算方法，分别计算了基于“3门8科”的短期暴露基准值CMC（Criteria Maximum Concentration）和基于不同原则的“3门6科”CMC值。

通过对利用不同的MTDR推算6种重金属Cd、Cu、Cr、Hg、Pb、Zn的基准值进行比较分析，表明从“3门8科”中去掉底栖甲壳类和另一类生物的“3门6科”MTDR基本可行，推导的基准值与利用“3门8科”数据的基准值比较接近。初步建议的“3门6科”水生生物包括：鲤科鱼类、除鲤科外的另一种鱼类（冷水鱼类优先）、两栖类、浮游甲壳类、底栖环节动物类和昆虫类。

应用前景描述：鉴于发达国家的水质基准具有丰富的毒性数据，而我国本土物种毒性数据量缺乏的现状，在推导水生生物水质基准时，若直接采用US-SSD法规定的“3门8科”MTDR有较大难度，因此如何在较少毒性数据量的情况下得到较为准确的水质基准已成为热点。本项目通过对MTDR技术的研究，初步建立了适合我国现状的MTDR技术，减少了我国本土生物毒性数据缺乏所带来的限制，在未来区域水质基准的建立中将能起到重要的作用。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：王晓南

联系电话：010-84915174

E-mail: nan625@sina.com

地 址：北京市朝阳区中国环境科学研究院

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：刘征涛

电 话：010-84915175

E-mail: liuzt@craes.org.cn

地 址：北京朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

7、基于浮游生物完整性指标的流域水环境生态学基准制定技术

技术依托单位：南开大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：流域水环境生态学基准的制定

主要技术内容和关键技术：

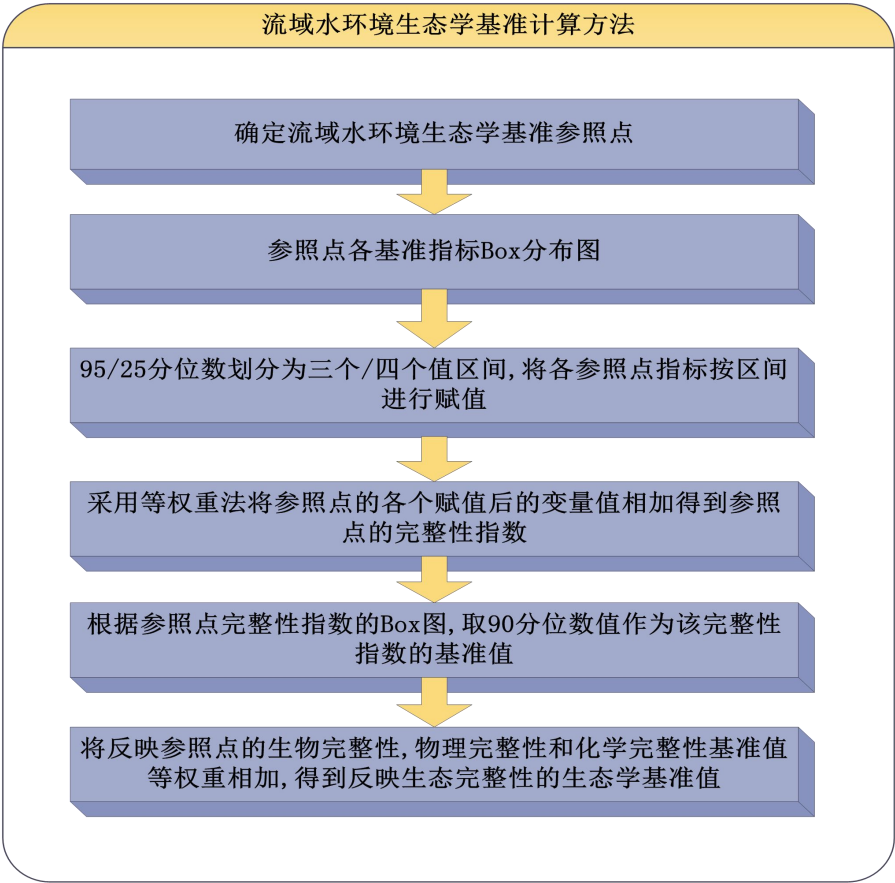
一、技术原理

浮游生物是水体中的一个重要生物群落，它的覆盖面广、繁殖快、对环境的变化敏感、处于营养金字塔的底层，在野外调研中最容易采集，可以作为指示生物群落。因此我们可以基于浮游生物群落变化对生态环境压力的响应关系来确定生态学基准。

二、工艺流程

基于参照点确定流域的浮游生物完整性指标，最后通过生态完整性指数与生态学基准指标的 压力-响应 关系，运用综合指数法计算得到生态学基准值。

本研究主要包括以下几个步骤：①确定流域水环境生态学基准参照点（RS）的理化完整性指标（**Index of Water Integrity, IWI**）、浮游植物完整性指标（**Index of Plankton Integrity, IPI**）、浮游动物完整性指标（**Index of Zooplankton Integrity, IZI**）；②参照点各完整性指标 BOX 分布图；③按照 5%、25%、75%、95% 把 BOX 图中的数值分布范围划分为三个值区间，并将 RS 的各个完整性指标值按所处区间进行赋值；④采用等权重法将 RS 的各生态学基准指标得分相加，得到反映每个 RS 的 IWI、IPI、IZI 的分数；⑤再根据 IWI、IPI、IZI 得分做出 BOX 图，并把 90 分位数值作为该完整性指数的基准值建议值；⑥将反映 RS 的 IWI、IPI、IZI 基准值建议值等权重相加，得到反映生态完整性的生态学基准值建议值（**Index of Ecological Integrity, IEI**）。



生态学基准计算方法

三、关键技术方法

(1) 浮游生物完整性指标

① 浮游植物完整性指标

人类的干扰会造成浮游植物种类和数量的变化，蓝藻、绿藻及硅藻是河流、湖泊中的常见藻类，并会对人类的胁迫压力作出响应，因此可以将这些藻类所占比例的变化作为基准变量指标。另外可以选择浮游植物种类数、浮游植物多样性指数、优势度指数以及生物量或初级生产力的变化作为浮游植物的基准变量指标。各个基准变量指标以及选择的依据如表 1 所示。

表 1 河流、湖泊（水库）浮游植物完整性指标

指标	选择依据
蓝藻比例（cyanobacteria）	富营养化状态下比例增加
绿藻比例（green）	富营养化状态下比例增加
硅藻比例（diatoms）	富营养化状态下比例降低
种类数	随压力增加而降低
多样性指数（H'）	随压力增加而降低
优势度指数（D）	随压力增加而升高
叶绿素营养状态指数 TSI(chl)	随营养物质浓度的增加而增加
藻类生长潜力（AGP）	随营养物质浓度的增加而增加

① 浮游动物完整性指标

浮游动物是河流、湖泊（水库）生态系统中非常重要的一个生态类群，在淡水生态系统中有着承上启下的作用。在人类的干扰下，浮游动物类群的数量和结构也会发生变化。可以选择作为浮游动物完整性变量的指标以及选择依据如表 2 所示。

表 2 河流、湖泊（水库）浮游动物完整性指标

指标	选择依据
轮虫比例	随捕食压力增加而降低
种类数	随压力增加而降低
优势度指数（D）	随压力增加而升高
多样性指数（H'）	随压力增加而降低
丰富度指数（d）	随压力增加而降低
浮游动物摄食率	随压力增加而降低

根据河流、湖泊的实际调查情况及实际数据获取情况，也可以将底栖大型无脊椎动物、鱼类以及沉水植物纳入河流、湖泊（水库）的生态学基准变量指标体系。

（2）赋值方法

浮游植物完整性指标包括几种典型藻类的百分比、种类数、多样性指数、优势度指数、叶绿素 a、藻类生长潜力等；浮游动物完整性指标包括指示生物（常用轮虫）的百分比、多样性指数、丰富度指数、优势度指数、摄食率等。在每个流域的采样点中，选取水质状况较好的几个，作为该水域生态学基准计算的参照点，代表较为理想的状态。各参照点的数据包括前文所列各项参数，将各项参数的数据分别进行排序，确定 5%、25%、75%、95%分位点，按照不同方式分为三类区间，分别对应 1、3、5 分，以此作为赋值的依据。

表 3 赋值标准

指标类型	赋值			备注
	1	3	5	
个体占比	<5% 或>95%	5%~<25% 或 >75%~95%	25%~75%	越接近参照点越佳
种类数	<5%	5%~25%	>25%	越高越佳
多样性和丰富度				
污染物的质量浓度	>95%	75%~95%	<75%	越低越佳

(3) 生态学完整性指数的计算方法

经过赋值, 将各样点所有参数的得分相加, 得到各样点的生态完整性指数(IEI), 同时, 按照参数的分类, 分别可以得出 IWI、IPI、IZI、IFI 和 IBI 的值。有:

$$IEI=IWI+IPI+IZI+IFI+IBI$$

基准值的确定。将各参照点的 IWI、IPI、IZI、IFI 和 IBI 值分别进行排序, 分别取其 90% 分位点作为五个指数的基准值, 五者相加得到 IEI 的基准值。

四、技术创新点

水生态学基准技术构建了我国特有的流域生态学基准技术框架。以生态学基准建议值的推导方法为核心, 该体系包括流域水环境生态学基准指标变量的调查、流域生态环境参照状态的选择方法与技术、基于浮游生物生态完整性基准主要指标与应用、生态学基准值的推导方法、生态学基准的验证与评价。

本课题所建立的水生态学基准技术, 从方法和数据两个层面填补了我国在生态学基准领域的空缺。水生态学基准技术充分考虑了生态系统的各组分的影响和相互作用, 并将其纳入指标体系中, 提高了基准值的合理性和适用性。水生态学基准值技术在太湖和辽河流域的应用表明, 可以在完善生态分区的基础上, 尝试将其推广到我国各大淡水河流及湖泊流域。通过水生态学基准技术制定各流域生态学基准建议值, 一方面可以作为流域水质标准制定的准则, 另一方面可以作为流域治理的水质目标。由此, 在水质目标管理体系中, 水生态学基准技术可以发挥重要的基础性作用。

五、技术来源及知识产权概况

优化集成了美国环境保护局(U.S.EPA)的生物学基准的计算方法, 基于水生物群落的变化, 建立河流与湖泊两种流域类型的生态学基准技术体系。并结合实验数据、野外调研结果及历史资料, 提出了水污染防治重点流域太湖和辽河流域的基于浮游生物完整性指标的水环境生态学基准建议值。本项成果已申请一项国家发明专利(201110279226.6)。

六、实际应用案例

应用单位: 南开大学

实际应用案例介绍: 本课题运用所建立的水生态学基准技术, 采用综合指数法计算出了太湖和辽河流域(包括辽河口)浮游生物多样性指数、总氮、氨氮、叶绿素 a 和溶解氧的生态学基准建议值, 目前正在进行基准值的验证工作。

联系单位: 南开大学环境科学与工程学院

联系人: 朱琳

联系电话: 022-23504379

E-mail: zhulin@nankai.edu.cn

地 址: 天津市南开区卫津路 94 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 南开大学

联系人: 朱琳

电 话: 022-23504379

E-mail: zhulin@nankai.edu.cn

地 址: 天津市南开区卫津路 94 号

8、基于相平衡的沉积物质量基准制定技术

技术依托单位: 南开大学

技术发展阶段: 推广应用

适用范围：适用于制定以相平衡分配为理论基础，以保护底栖生物为目标的沉积物质量基准
主要技术内容和关键技术：

一、技术原理

相平衡分配法被认为是建立数值型 SQC 最有前途的方法，也是美国环保局推荐使用的方法。

相平衡分配法以热力学动态平衡分配理论为基础，并做以下假定：(1) 污染物在沉积物（固相）和间隙水（水相）间的交换是快速而可逆的，处于热力学的平衡，其平衡分配关系可用平衡分配系数 K_p 表述；(2) 沉积物中的污染物主要是其在间隙水中的部分具生物有效性；(3) 底栖生物和上覆水生物对同一污染物具有相似的敏感性，基于这三个假设应用沉积物环境质量基准模型建立数值型沉积物环境质量基准。

二、工艺流程

沉积物质量基准制订的技术框架整体包括：(1)流域沉积物中优先污染物识别；(2)流域典型底栖生物筛选技术(采用相平衡法计算沉积物基准时应对水生生物进行筛选)；(3)流域底栖生物基准指标获取技术；(4)基准值的计算推导技术。

1. 流域沉积物中优先污染物识别

流域沉积物优先污染物的确定应综合考虑到化学物质自身的毒性、环境行为、污染物在环境中的残留现状，以及流域水环境功能与用途等多种因素。采用相应识别技术，可以筛选出毒性强、难降解、残留时间长、在环境中分布广的污染物，作为流域沉积物基准制定的目标污染物。

2. 流域典型底栖生物筛选

不同流域水环境中分布的底栖生物种类存在较大差异。沉积物质量基准的制定需要根据各流域水环境生物区系特点，选择适当的典型物种用于基准值推导，为大多数底栖生物提供适当保护(当采用相平衡法推算沉积物质量基准时，首先需要推算污染物的水环境质量基准，则需要进行流域典型水生生物筛选。根据流域水环境水生生物分布的调查与记载资料，筛选出源于 3 门 8 科的流域土著生物作为水生生物安全基准推导的代表生物)。

3. 流域沉积物基准指标获取

在确定了沉积物质量基准典型底栖生物的基础上，确定针对不同受试生物的毒理学指标，选择适当的生物测试方法，开展特定化学品对各种受试生物的毒性测试；也可以从相关文献资料中筛选符合要求的毒性数据，用于基准值的计算推导。毒性测试方法可参照中华人民共和国国家标准、OECD 化学品毒性测试技术指南、美国 EPA 标准方法等规范性文件。对于尚未建立标准方法的毒性检测，需要在基准值计算推导中详细描述。

4. 基准值的计算推导技术

采用相平衡法推算数值型沉积物质量基准。

三、关键技术方法

以相平衡分配原理为基础，充分考虑生物可利用性问题，对现有的相平衡分配法进行了优化和修正。

1) 对于非离子有机污染物

现有的沉积物环境质量标准是基于线性吸附/解吸模型以及毒性实验推算出来的。而经过本课题组的研究发现，由于疏水性有机污染物存在不可逆吸附，解吸滞后使得按照线性模型简单计算出来的环境标准过于严格，高估了沉积物的环境风险。因此，我们引入了污染物二元吸附解吸模型(DED)模型，对计算非离子有机污染物沉积物质量基准的相平衡分配法进行了修正。修正后的计算模型如下：

$$SQC = K_{OC}^{1st} \cdot f_{OC} \cdot WQC^n + \frac{K_{OC}^{2nd} \cdot f_{OC} \cdot (f \cdot q_{max}^{2nd}) \cdot WQC^n}{(f \cdot q_{max}^{2nd}) + K_{OC}^{2nd} \cdot f_{OC} \cdot WQC^n}$$

2) 对于重金属类污染物

重金属沉积物中是以不同形态存在。其中残渣态重金属[Mei]并不参与和水相的分配,不具有生物有效性。另外,当沉积物中 AVS 含量较高时,二价重金属很容易和 S²⁻结合形成硫化物沉淀,这部分金属也参与平衡分配,不具有生物有效性。因此,重金属的沉积物质量基准可修正为:

$$C_{SQC} = K_p \times C_{WQC} + [M_{ei}] + [AVS - M_{ei}]_{\max}$$

四、技术创新点

(1) 引入了污染物二元吸附解吸模型(DED)模型,对计算非离子有机污染物沉积物质量基准的相平衡分配法进行了修正。

(2) 在沉积物中,重金属残渣态重金属[Mei]并不参与和水相的分配,不具有生物有效性。另外,当沉积物中 AVS 含量较高时,二价重金属很容易和 S²⁻结合形成硫化物沉淀,这部分金属也参与平衡分配,不具有生物有效性。因此,重金属的沉积物质量基准进行了修正。

五、技术来源及知识产权概况

优化集成

六、实际应用案例

应用单位:南开大学

应用案例介绍:辽河和太湖流域 Cd 的沉积物质量基准

镉是一种常见的重金属污染物,被广泛应用于电镀工业、制造合金、电池、焊料及半导体材料等行业。在人体内,镉的半衰期长达 7-30 年,可蓄积 50 年之久,能对多种器官和组织造成损害^[8]。因此,本章以镉为例,阐述了用两种方法计算辽河流域和太湖流域镉的沉积物质量基准的方法。

重金属的沉积物质量基准计算按照式(1)进行,具体公式如下:

$$C_{SQC} = K_p \times C_{WQC} + [M_{ei}] + [AVS - M_{ei}]_{\max} \quad (1)$$

式中: [Mei]为沉积物中残渣态重金属质量分数, mg·kg⁻¹; [AVS-Mei]_{max} 为沉积物中与酸可挥发性硫化物(AVS)相结合的重金属含量, μmol·g⁻¹。

1、K_P的计算

求算重金属在沉积物—水相之间的平衡分配系数 K_P是建立 SQC 的关键所在。可利用现场或实验室测得的沉积物和间隙水中各种重金属的浓度算出 K_P值。这种利用沉积物和间隙水中各种重金属的浓度计算平衡分配系数的方法既简便且可信度较高,避免了模型、参数的复杂计算和其主观选择带来的不确定性。

利用现场或实验室测得数据计算 K_P的方法如下式:

$$K_P = C_S / C_{IW} \quad (2)$$

C_S (mg·kg⁻¹)指金属元素在沉积物固相中的含量。在计算中使用的数据是将冻干的沉积物样品用硝酸、高氯酸及氢氟酸消解后得到的金属元素的总量,以 C_T表示。由于沉积物中残渣态的金属并不参与非均相体系的平衡反应,故在计算中扣除了这一部分含量,即:

$$C_S = C_T - C_T \times A\% = C_T \times (1 - A\%) \quad (3)$$

式中: A表示以残渣态形式存在的金属含量占重金属总量的百分比。另外,为避免颗粒物粒径对颗粒物金属含量的影响,统一采用粒径为63 μm(240目)原样沉积物中的重金属含量进行计算。

C_{IW} (μg·L⁻¹) 指间隙水中金属元素的含量。可根据美国 EPA 的推荐方法获得间隙水,进行金属含量测定。

表 1 太湖和辽河中 Cd 的相平衡分配系数

重金属	太湖			辽河		
	$C_s/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$C_{IW}/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	K_P	$C_s/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$C_{IW}/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	K_P
Cd	1.95	0.74	2.63×10^3	1.66	0.90	1.88×10^3

注： C_s 为金属元素在沉积物固相中的含量； C_{IW} 为间隙水中金属元素； K_P 为固-液分配系数。

表 2 列出了实测的 K_P 与其他水体沉积物重金属的 K_P 比较结果。由表 10.2 可以看出，太湖及辽河 Cd 的 K_P 总体比较接近；与其他水体相比，太湖与辽河略低于长江水系及其他湖泊。各水域的 K_P 之所以存在一定得差距，是因为 K_P 受一系列复杂因素的影响，包括沉积物自身性质和组成(如粒径分布、其他地球化学性质和表面性质等)以及沉积物—水界面环境条件(如 pH、 E_h 和温度等)^[9]。

表 2 太湖和辽河与其他水域沉积物 Cd 分配系数比较

	太湖	辽河	长江下游	洞庭湖	鄱阳湖
$\lg K_P$	3.42	3.27	4.2	4.3	4.8

2、CWQC 的确定

目前，由于我国尚没有制定有关河流重金属慢性生物毒性水质基准，因此 WQC 一般采用美国环保局最新颁布的、基于水生生物对重金属的最终慢性毒理水平和水质硬度制定的淡水水质基准(参见表 3)。如选择 CCC 作为 WQC，则对应的 SQC 为保护底栖生物不受慢性毒害的阈值。

表 3 US EPA 依据水质硬度制定的 Cd 慢性生物毒性淡水水质基准

重金属	长期基准浓度	转换系数
Cd	$CF \times \exp[0.7852 \times \ln(\text{水 } \text{CaCO}_3 \text{ 硬度}) - 2.715]/1000$	$1.101672 - [\ln(\text{水 } \text{CaCO}_3 \text{ 硬度})(0.041838)]$

注：CF 为转换系数。

采用便携式水质分析仪对上覆水硬度进行测定。所测得的辽河流域水 CaCO_3 硬度平均值为 $122.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，太湖流域水 CaCO_3 硬度平均值为 $103.4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。根据美国环保局基于水生生物对重金属的最终慢性毒理水平和水质硬度制定的淡水水质基准，计算太湖及辽河流域的 Cd 水质基准 C_{WQC} 分别为 $0.0023 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (太湖)和 $0.0026 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (辽河)。

3、残渣态 $[\text{Me}]_r$ 的提取方法

采用 BCR 提取法对沉积物重金属元素有效结合态进行提取分析。具体方法如下：

第 1 步(可交换态及碳酸盐结合态): 称取烘干后的样品 0.8 g 置于 100 mL 聚丙烯离心管中，加入 32 mL $0.11 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的醋酸，室温下(25°C)振荡 16 h ，振荡过程中确保样品处于悬浮状态，然后离心 20 min ($3000 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$)，把上清液移入 100 mL 聚乙烯瓶中；往残渣中加入 16 mL 二次去离子水，振荡 15 min ，离心 20 min ($3000 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$)，把上清液移入上述聚乙烯瓶中，储存于冰箱(4°C)内以备分析。

第 2 步(Fe/Mn 氧化物结合态): 往第 1 步的残渣中加入 32 mL 当天配制的 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸羟胺(HNO_3 酸化，pH 为 2)，用手振荡试管使残渣全部分散，再按第 1 步方法振荡、离心、移液、洗涤。

第 3 步(有机物及硫化物结合态): 往第 2 步的残渣中缓慢加入 8 mL ($8.8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)双氧水(HNO_3 酸化，pH 为 2)，用盖子盖住离心管(防止样品剧烈反应而溅出)，室温下放置 1 h (间隔 15 min 用手振荡)；拿去盖子，放到油浴锅中(85°C)加热 1 h ，待溶液蒸至近干，凉置；再加入 8 mL ($8.8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)双氧水(HNO_3 酸化，pH 为 2)，重复上述操作；然后加入 40 mL $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的醋酸铵(HNO_3 酸化，pH 为 2)，按第 1 步方法振荡、离心、移液、洗涤。

第4步(残渣态):按照表4对剩余沉积物进行多部微波消解。

提取过程中所用试剂均为优级纯,所用器皿需用 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硝酸在超声波振荡清洗仪内,清洗 15 min,并用二次去离子水清洗 3 遍,然后在通风橱内晾干。采用火焰原子吸收法测定各金属的含量。

表 4 多部微波消解步骤

步骤	温度/°C	压强/Pa	反应时间/min	功率/W
1#	80	2.02×10^5	5	100
2#	160	1.01×10^6	5	400
3#	200	2.02×10^6	15	800

根据上述试验方法可以获得辽河和太湖流域沉积物中的残渣态均值(表 5)。

表 5 太湖和辽河流域沉积物中残渣态重金属平均含量

重金属	太湖		辽河	
	$C_T(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	残渣态/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$C_T(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	残渣态/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$
Cd	2.09	0.14	1.93	0.27

注: C_T 为将冻干的沉积物样品用硝酸、高氯酸及氢氟酸消解后得到的金属元素的总量。

4、AVS(Acid volatile sulfides, 酸可挥发性硫化物)和 SEM(simultaneously extracted metal, 同步提取金属元素)含量测定

沉积物中 AVS 含量对重金属在固/水相之间的分配作用有决定性的影响。在氧化还原电位升高或 pH 降低等条件下,与 AVS 结合的重金属会因为硫化物被氧化或溶解度增加而释放到间隙水和上覆水中,对水生生物产生危害。Di Toro 等^[11]提出了 SEM(simultaneously extracted metal, 酸提取 AVS 过程中同时提取的重金属总量)的概念,并指出用 $[\text{SEM}]/[\text{AVS}]$ 可以预测沉积物中重金属的生物有效性。许多研究者把 SEM/AVS 的比值作为评价沉积物中金属污染物毒性的手段之一,即 $\text{SEM}/\text{AVS}>1$ 时,沉积物为氧化态,只有部分金属与 AVS 结合,沉积物显示较显著的生物毒性,在推导沉积物 SQC 时,可忽略 AVS 的影响;而 $\text{SEM}/\text{AVS}<1$ 时,沉积物为还原态,沉积物生物毒性效应不显著,AVS 是还原性沉积物中重金属主要的结合相,在推导 SQC 时应考虑 AVS 的影响。

可使用比色法对 AVS 和 SEM 进行测试。比色法的基本原理是在酸性溶液中,在三氯化铁存在下,硫化氢与 N,N-二甲基对苯二胺二盐酸盐反应生成蓝色的亚甲基蓝。颜色深度与水中硫化氢含量成正比。要对 AVS 和 SEM 进行测定,首先要绘制标准曲线。分别取 0, 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00 mL 的硫化钠标准使用液置于 50 mL 比色管中,加水至 40 mL,加 1 mL 硫酸(1+1),用水稀释至刻度;加入 N,N-二甲基对苯二胺二盐酸盐工作溶液 0.5 mL,振荡混合,加 1 mL 三氯化铁溶液,再振动混合,放置 1 min;加 1.5 mL 磷酸氢二胺溶液,振动混匀后,放置 5 min;以试剂空白作参比,在波长 670 nm 下测定显色液的吸光度,绘制工作曲线。

绘制好标准曲线后,可对 AVS 进行测定。将一个搅拌子放入圆底三口烧瓶中,将盐酸加入到分液漏斗中,同时在收集瓶(锥形瓶)中加入氢氧化钠溶液,将实验装置连接好后充入氮气曝气 20 min ($100\text{ cm}^3\cdot\text{min}^{-1}$ 以上),实验时将流速控制到 $40\text{ cm}^3\cdot\text{min}^{-1}$ 。准确称取 3 到 5 g 的湿底泥加入到烧瓶中;打开分液漏斗,使酸溶液慢慢滴入混合物中,同时磁力搅拌混合。反应 30 min 后,停止充入氮气;将溶液迅速转移至 50 mL 比色管中,加水至 40 mL,加 1 mL 硫酸(1+1),用水稀释至刻度;加入 N,N-二甲基对苯二胺二盐酸盐工作溶液 0.5 mL,振荡混合,加 1 mL 三氯化铁溶液,再振动混合,放置 1 min;加 1.5 mL 磷酸氢二胺溶液,振动混匀后,放置 5 min。用 10 mm 比色皿,以试剂空白作参比,在波长 670 nm 下测定显色液的吸光度,利用标准曲线算出硫离子的浓度。

在上述的酸溶性硫化物反应中,沉积物中金属硫化物分解的同时释放的金属离子(SEM)。将反应瓶内的泥水混合物,离心并过 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜用原子吸收或者 ICP-AES 测定其

中 Fe、Cu、Pb、Zn、Cd 和 Ni 等的含量。平行样品中的 SEM 的相对标准偏差均可以控制在 10% 以内。

表 6 太湖流域表层沉积物中 AVS 及 SEM 的含量均值(单位: mmol·kg⁻¹)

区域	AVS	SEM	SEM/AVS
太湖	1.46	1.33	0.86
辽河	1.54	1.39	0.90

注: AVS 为酸可挥发性硫化物; SEM 为同步提取金属元素

5、Cd 的沉积物质量基准

获得所有参数值后, 可以计算太湖与辽河沉积物中 Cd 的质量基准, 太湖的 Cd 沉积物质量基准为 6.42 mg·kg⁻¹ 辽河的 Cd 沉积物质量基准为 5.42 mg·kg⁻¹。

应用前景:

该推导方法可以广泛地应用于区域沉积物质量基准的制定, 在未来区域沉积物质量基准的建立以及流域区域差异化管理中发挥重要作用。

联系单位: 南开大学

联系人: 祝凌燕

联系电话: 18622615285

E-mail: zhuly@nankai.edu.cn

地 址: 天津市卫津路 94 号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 南开大学

联系人: 祝凌燕

电 话: 18622615285

E-mail: zhuly@nankai.edu.cn

地 址: 天津市南开区卫津路 94 号

9、流域水生态承载力多指标评价方法技术

技术依托单位: 中国水利水电科学研究院

技术发展结果: 推广应用

适用范围: 流域规划制定, 流域尺度的污染物治理方案制定

主要技术内容和关键技术:

一、技术原理

流域生态系统是以二元水循环为驱动的“水资源-水环境-水生态-社会经济”互动的复合系统, 流域水生态承载力评价须考虑流域内的社会经济与生态环境之间的耦合和协同进化关系。以河流生态学理论及复合生态系统调控理论为指导, 提出了社会经济-河湖复合生态系统的概化模型, 明确了水资源在社会经济系统内的“供-用-耗-排”流动及其伴生的污染物排泄的耦合机制, 界定了以水环境容量及生态流量的核心约束条件, 提出了流域水生态承载力概念。以驱动力-压力-状态-响应为框架, 筛选了可以良好描述系统结构的推荐指标集和相应量化计算方法, 形成了流域水生态承载力多指标评价方法。

二、工艺流程

该技术包括三部分技术内容。首先, 根据理论分析, 提出了二元循环驱动下的社会经济河湖复合生态系统概化模型。其次, 基于 DPSIR 框架, 筛选了描述该复合生态系统结构特征

的相应指标。最后，采用层次分析法，确定各指标层、准则层权重系数和综合加权公式，实现对流域水生态承载度的度量。

三、关键技术方法

1、DPSR 框架指导下的指标选取

24 项指标的水生态承载力推荐指标集。其中：

驱动力指标 6 项：人口密度、城镇化率、单位国土面积经济强度、人均 GDP、第三产业占 GDP 比重、重点污染工业行业比重；

压力指标 4 项：包括单位 GDP 用水量、人均生活用水量、单位工业产值污染物排放量、人均生活排污量；

状态指标 4 项：包括生态需水保证率、水环境容量利用率、栖息地面积满足率（鱼类）、植被覆盖率；

响应指标 10 项：包括农村生活污水处理率、城镇生活污水处理率、工业废水处理率、中水回用率、农村生活污水排放标准、污水处理厂排放标准、工业废水排放标准、工业用水重复率、节水灌溉面积比、污水治理投资占 GDP 比例。

2、水生态承载力量化模型

考虑到各个指标对水生态承载力的影响力大小不同，引入总权重 w_i ($i=1,2,n$)表示各分指标对总体的影响程度。则各方案水生态承载度 E 可以用以下公式计算：

$$E = \sum_{i=1}^n w_i S_i$$

S_i 为 i 指标的分数值， w_i 为 i 指标在系统中层次总权重。

根据可承载隶属度值大小，可以对整个系统的“可承载”状况进行分类，见表1。

表 1 承载类型的分类

承载度	0~0.2	0.2~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
类型	不可承载	弱可承载	基本可承载	良好可承载

由于水生态承载力系统非常复杂，影响因素众多，系统动力学在研究复杂系统的行为，在处理高度非线性、高阶次、多变量、多重反馈问题方面具有优势；隶属度对水生态承载力的描述直接明了，在确定各项指标权重时，采用层次分析法弥补了均权数法和人为方法使其结果受人为因素影响的不足

四、技术创新点

首次提出并界定了流域水生态承载力概念及内涵，引入了水环境容量、生态需水保证率、栖息地满足率等生态环境约束指标，在传统的水资源承载力、水环境承载力等强调水量、水质约束的基础上，整合了反映水生生物需求的约束，更好地体现了水量、水质、水生态的“量、质、序”的递进约束。

五、技术来源及知识产权概况

自主创新。

六、实际应用案例

应用单位：中国水利水电科学研究院

实际应用案例介绍：

以太子河流域作为实例。太子河流域生态环境总体特征为：工农业较发达，水资源短缺，水质污染严重，水生态严重破坏。根据太子河流域生态环境特征，基于“DPRS”框架方法构建太子河流域水生态承载力评价指标体系，共有 12 个指标；利用层次分析法，确定了太子河流域水生态承载力指标体系的权重（表 2）。

表 2 太子河流域水生态承载力评价指标体系

准则层	分项	指标	指标权重
驱动力	人口	城镇化率 C1	0.184
	经济	人均 GDPC2	0.036
压力	用水	万元 GDP 需水量 C3	0.058
	排污	万元 GDP 污水排放量 C4	0.161
状态	水资源	人均水资源可供量 C6	0.058
		供水量与需水量之比 C7	0.058
	水环境	COD 环境容量利用率 C11	0.096
		氨氮环境容量利用率 C12	0.222
	水生态	森林覆盖率 C8	0.067
		河流生态环境需水率 C9	0.106
		栖息地面积 C10	0.043
响应	治污	万元 GDP 污水处理量 C5	0.085

应用上述指标体系,对太子河流域水生态承载力进行预测,结果表明:综合方案均比原规划方案和其他单项方案的水生态承载力有所提高,其中,观音阁下游区、蓼窝水库区、汤河区、柳壕河区提高效果较为显著,北沙河区、辽阳城区改善程度次之,而本溪城区、鞍山城区的改善效果较为有限。各单项方案中,方案3的调控效果均为最好,次优的方案在各水生态分区各有不同。

联系单位:中国水利水电科学研究院

联系人:谭红武

联系电话:010-68781948

E-mail: tanhw@iwhr.com

地址:北京市海淀区复兴路甲1号,100038

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:中国水利水电科学研究院

联系人:彭文启

电 话:010-68781885

E-mail: pwq@iwhr.com

地 址:北京市海淀区玉渊潭科技园水环境研究所

10、少资料流域水污染物总量分配技术方法:负荷历时曲线(LDC)

技术依托单位:四川大学

技术发展阶段:推广应用

适用范围:该方法可广泛应用资料丰富或匮乏流域的总量分配中。

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

历时曲线法是一种非常实用的水质管理方法,主要包括两种,一种是流量历时曲线,另一种是负荷历时曲线。

1) 流量历时曲线

流量历时曲线(Flow Duration Curves,简称FDC),主要用于水体水文学的研究,但尚未应用到污染物总量控制的工作中。FDC是指目标河流断面处某个时段内大于和等于某一

流量的保证率，是描绘某一给定流量在一段时间内发生频次高低的曲线。这里的流量可以是日流量，也可以是月流量，数据越多，FDC 越准确，但必须能反映出研究断面一年内流量总体变化规律。FDC 的计算公式见下式：

$$P_f = m / n$$

式中： P_f 代表流量值时的保证率； m 代表大于或等于流量值 f 时的流量监测数； n 代表流量监测总数。

2) 负荷历时曲线

负荷历时曲线 (Load Duration Curves, 简称 LDC)，是在流量历时曲线的基础上乘以水质目标或标准值后得到的曲线。LDC 将流量与污染物负荷容量合理的联系在一起，曲线上各点代表不同流量保证率下的污染物负荷容量。

二、工艺流程

(一) 确定污染负荷容量

TMDL 计划在实施的初期，确定水体污染负荷容量常用的方法是计算 7Q10 或平均流量情况下的水体负荷容量，以此值作为水体全年的负荷容量；我国在计算环境需水量及水体污染负荷容量时也经常使用上述方法。利用 7Q10 或平均流量计算出的负荷容量值来保护水体水质，存在着明显的保护过度或保护不足的情况。LDC 代表的是水体多年平均情况下、整个流量段的负荷容量，避免了上述缺点。

为了使总量控制更加合理，FDC 定义了流量历时区域 (Flow Duration Intervals, 简称 FDI,) 即将 FDC 划分为不同的区域。EPA 一般将整个 FDC 划分为 5 个 FDI：高流量区或叫特丰区 (high flows)、丰水区 (moist conditions)、中流量区或叫平水区 (mid-range flows)、枯水区 (dry conditions) 和低流量区或叫特枯区 (low flows)，各区在 X 轴上对应的流量保证率分别为 0-10%、10%-40%、40%-60%、60%-90% 和 90%-100%。FDI 的划分具有重要的意义，EPA 一般将各个 FDI 中点对应的 LDC 值作为此段 FDI 的负荷容量值，进而将污染物的总量控制工作细化到了不同的流量范围。FDI 间隔的确定可根据研究内容的不同而变化，如美国密西西比州环境污染物控制部门利用 LDC 对亚祖河 (密西西比河的一个重要支流) 制定粪大肠菌群 (Fecal Coliform) TMDL 计划时，由于各个流量段的负荷容量变化不大，所以没有进行 FDI 区划；有的研究者将 FDC 平均划分为 10 个 FDI，或者根据水体情况，只研究与水体水质密切相关的流量段。

(二) 确定污染物现有负荷、消减量

污染负荷的消减及分配是 TMDL 计划的一个关键步骤，是水体水质能够达标的基础。历时曲线可以方便地确定出各 FDI 内的污染物现有负荷及消减量。具体方法是：

1. 确定出研究断面的 LDC；
2. 利用断面实测污染物浓度数据乘以对应浓度下的瞬时流量值得到污染物的日负荷；
3. 根据瞬时流量值的保证率，确定出日负荷在 LDC 上的位置，以散点图表示。高于曲线的点表明超过了水质标准，水体水质受损；反之，符合水质标准；
4. 统计每个 FDI 内污染物的日负荷，得到 90% 保证率下的值 (即：高于此值的日负荷只占 10%)，以此值代表 FDI 下污染物的现有负荷；
5. 比较各 FDI 下污染物的现有负荷值和负荷容量值，确定是否需要进行污染物的消减或需要消减多少。

由于天然水体存在很多不确定性，因此 TMDL 计划为不确定性因素预先设定了安全临界值 (MOS)。当 MOS 和利用历时曲线得到的消减量共同作用于水体总量控制工作时，两者可保证水体有 90% 以上的水质监测数据能够达标。

三、关键技术方法

(一) 建立流量历时曲线 (FDC)

FDC 是指控制河流断面处某个时段内大于和等于某一流量的保证率，是描绘某一给定流量在一段时间内发生频次高低的曲线。这里的流量可以是日流量，也可以是月流量，数据越多，FDC 越准确。对于水文测站布局较多，控制性好的流域，FDC 曲线很容易作出；对于流域内控制水文测站站点稀少或控制性不好，控制断面没有水文测站时，可以利用面积比修订得出水文系列或者通过构建分布式水文模型，如本研究中构建的 SWAT 模型，充分利用降雨资料推求各控制断面或单元的径流系列；对于没有水文测站的中小流域，可以利用临近相似流域，利用水文比拟法（即用面积比加雨量修正，然后按径流深等值线图验证）得到 FDC 曲线。

（二）建立负荷历时曲线（LDC）

根据建立的流量历时曲线和实测的水质资料，利用前述的技术原理即可建立各控制单元的 LDC，如下图所示。

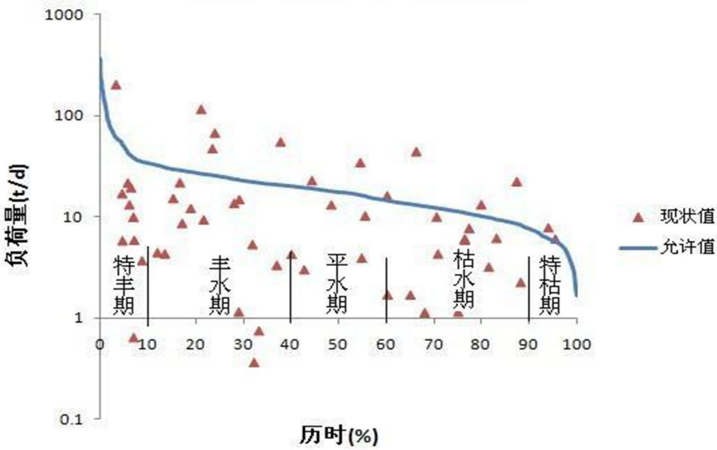


图 1 LDC 法总量分配方法示意图

四、技术创新点

1. 实用于资料系列完整或资料缺乏地区

LDC 是一种基于完整流量模式下的简单数据分析工具，以具体地点水质要求和完整流量系列为基础（对资料缺乏地区可以根据水文学中的面积比拟法获取流量系列，或充分利用降雨资料，通过构建水文模型的进行模拟分析），建立河道断面水质变化与流域潜在污染机制间的联系。特定污染物的 LDC 综合分析图建立后，包含和反映了流域水质现状、允许负荷通量、现状负荷通量、关键水质条件、潜在污染发生机制等诸多水环境信息，可为水质特征分析提供合理依据。由于常规日流量系列的监测和推演已经十分普遍，该方法提出后在美国日益受到重视，许多资料缺乏地区开始陆续采用 LDC 制定并实施 TMDL 计划。

2. 容量计算可避免功能虚置的问题

在流域分配已经完成的情况下，实测断面的允许浓度可能低于功能区水质标准，即功能虚置的问题。因此，计算中要采用分配确定的水质目标。

3. 实现水污染分期控制

历时曲线法在分析季节变化对总量控制的影响时，首先统计各个季节内瞬时流量值，得到不同保证率下的流量值，再乘以水质目标值，即可以得到不同保证率下的日负荷，分析保证率为 25%-75% 的日负荷所在的 FDI，选取此 FDI 下的负荷容量和消减量应用于整个季节。

4. 实现点源和非点源的容量总量控制

利用 LDC 能够清楚的表明水质受损时的流量区间：若多发生于低流量段，表明点源的污染贡献量较大；若发生于高流量段，表明非点源的污染贡献量较大。因点源的量全年相对比较固定，其中点源量可以通过低流量段的量来估计，因此，非点源量为高流量段的总量扣

除按低流量段的估计点源值即是非点源量。

五、技术来源及知识产权概况

自主/集成创新。

六、实际应用案例

应用单位：四川大学

实际应用案例介绍

控制单元超标及其削减项目的确定

以赣江袁河流域作为实例。在实例中，结合袁河流域水功能区划、行政区划和排污状况将袁河流域四个一级区、十一个二级分区及控制单元。根据前述原来，分别作出各控制单元的 LDC，通过分析各控制单元的 LDC 图，对极个别点超标情况可能由于监测数据的问题或者当时出现特殊情况，如果对只有极个别点超标的区域也进行削减，则会极大限制当地经济的发展，因此考虑到袁河当地经济发展的问题，只对出现明显超标的区域进行削减（即新余工业区和新余保留区 II），而对只出现极个别超标的区域不考虑削减问题，这也与实际比较符合，即新余工业区超标，由于新余工业区未达标，导致其下游的保留区也超标。

联系单位：四川大学

联系人：张新华

联系电话：028-85403638

E-mail: xhzhang@scu.edu.cn

地址：成都市一环路南一段 24 号，四川大学 水力学国家重点实验室，610065

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：四川大学

联系人：张新华

联系电话：028-85403638

E-mail: xhzhang@scu.edu.cn

地址：成都市一环路南一段 24 号，四川大学 水力学国家重点实验室，610065

11、多要素耦合的控制单元划分技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：流域汇水区域明确。

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

基于控制断面空间分布确定子流域划分尺度，明确陆域汇水区与水质断面的空间对应关系；通过水质管理主体和污染源分布特征，确定管理单元的划分尺度，明确污染源的产生、排放、入河特征；通过空间叠加技术，将子流域与管理单元进行拆分，得到具有子流域汇水特征和管理特征的控制区；通过空间聚类技术，将具有相同汇水特征和污染源管理特征的区域确定为水质目标管理的控制单元。

二、技术内容或工艺路线

控制单元划分技术主要包括以下 7 个工作内容：

1 控制断面确定

明确水质控制断面的空间分布。

2 子流域划分

依据数字高程模型（DEM）进行流域地表水文分析，获取包含空间拓扑信息的河网与

子流域分割信息，识别出控制断面对应的子流域汇水区。

3 管理单元空间尺度确定和划分

根据管理政策、措施实施主体的特点，确定管理单元的空间尺度。

4 子流域与管理单元叠加分析

子流域与管理单元进行空间叠加，得到具有流域产汇流特征和污染源产排特征的控制区。

5 控制区聚类分析

将具有统一管理属性的控制区进行聚类，得到具有污染产排特征的水质目标管理单元。

6 控制单元划分结果合理性检验和校正

对划分结果进行分析和校正，确保控制单元管理主体明确，污染控制措施科学。

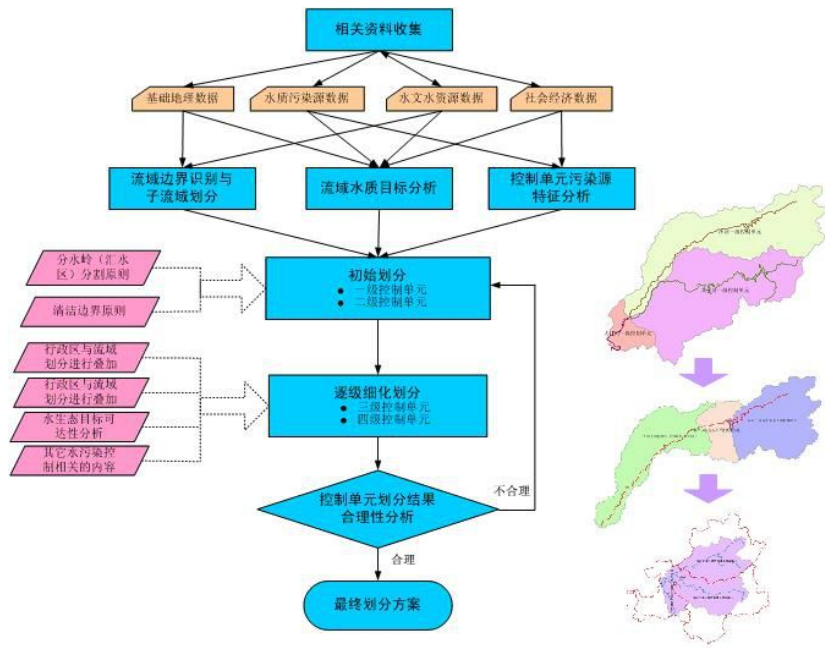


图 1 控制单元划分技术路线

三、关键技术方法

控制单元划分技术主要包括 3 项关键技术：划分原则、子流域识别和划分、子流域与行政区划。

1、确定划分原则

(1) 等级性原则：根据流域特征的不同，控制单元可以逐级划分。

(2) 优先保护高功能水体（清洁边界隔离）原则：以清洁边界为控制单元划分的边界，优先保护高功能区水质目标，实现相邻河段之间水质目标的协调，消除单元之间的边界纠纷。

(3) 汇水区边界隔离原则：控制区以流域或子流域界作为控制单元之间的隔离边界，确保污染物核定方法科学。

(4) 行政管理隔离原则：充分考虑到行政区边界，尽可能维持行政区完整，确保管理措施的落实和实施。原则上控制单元不跨省级行政区范围。

(5) 水体类型隔离原则：将河流-湖泊、河流-水库、河流-河口的交界断面作为控制单元的边界，以便于不同类别水体水质目标管理方案的衔接。

(6) 其他隔离原则：有利于简化污染源管理便于明确环境质量责任人的原则。

2、子流域识别和划分

基于数字高程模型（DEM），利用 Arc/Info 软件进行流域地表水文分析，获取控制断面对应的、含空间拓扑信息的子流域汇水区。

3、子流域与管理区域叠加和聚类分析

子流域与管理单元叠加，划分控制区，在此基础上进行管理特征聚类分析，获得污染核算科学、管理主体明确的控制单元。

四、技术创新点

1 解析控制单元的内涵，确定控制单元划分的原则，提出控制单元划分的技术方法和步骤，解决以往控制单元划分标准不统一，难以实施的困难。

2 综合考虑行政区污染源分布和目标水体控制断面的空间分布，在以往单纯空间尺度划分的基础上，扩展了充分考虑污染源与水质因子相互作用的功能性划分，从而确定控制单元的空间尺度和控制类型。

五、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

六、实际应用案例

应用单位：中国环境科学研究院

实际应用案例介绍：

以大辽河水系为例进行控制单元划分案例研究。依据控制单元划分原则和技术，得到以下划分结果。

1、一级控制区

按清洁边界隔离原则和分水岭隔离原则，将大辽河水系划分为 3 个一级控制区（图 2），分别为大辽河、浑河和太子河控制单元。大辽河三岔口断面水质目标为Ⅳ类，以此作为约束，可保证浑河和太子河与大辽河交界处段Ⅴ类功能区水质目标的实现，各控制单元可独立进行容量总量计算。



图 2 大辽河水系一级控制区元

2、二级控制区

在一级控制区基础上，综合考虑各项原则，进一步划定二级控制区。以浑河为例，在一级控制单元基础上，沿着干流进一步划分得到 3 个二级控制区，一为浑河大伙房水库及上游抚顺段控制区，二为浑河大伙房水库下游抚顺段控制区，三位浑河下游沈阳至鞍山段控制区。

浑河大伙房水库及上游抚顺段控制区与浑河大伙房水库下游抚顺段控制区的边界，主要考虑清洁边界隔离原则，以大伙房水库作为节点。浑河大伙房水库及上游抚顺段控制区出境Ⅱ类水质目标可满足节点下游Ⅲ类功能区水质目标。故两个控制区均可进行独立的容量总量计算，不存在纠纷问题。浑河大伙房水库下游抚顺段控制区与浑河下游沈阳至鞍山段控制区之间的边界，主要考虑清洁边界隔离原则和行政区隔离原则，该边界为抚顺市和沈阳市行政

边界，交界断面的功能区水质目标均为Ⅲ类，亦不会导致跨界纠纷问题。

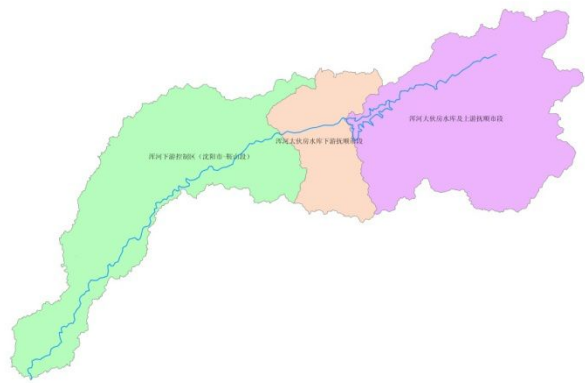


图 3 大辽河水系二级控制区

3、控制单元

在二级控制区划分的基础上，进行控制单元划分，主要考虑行政区隔离原则，既能科学估算污染源，又能切实落实水污染管理措施和政策。以浑河大伙房水库及上游抚顺段控制单元为例，进一步划分得到 3 个控制单元：浑河上游抚顺市清源县控制单元；浑河上游抚顺市新宾县控制单元；浑河上游抚顺市抚顺县控制单元。

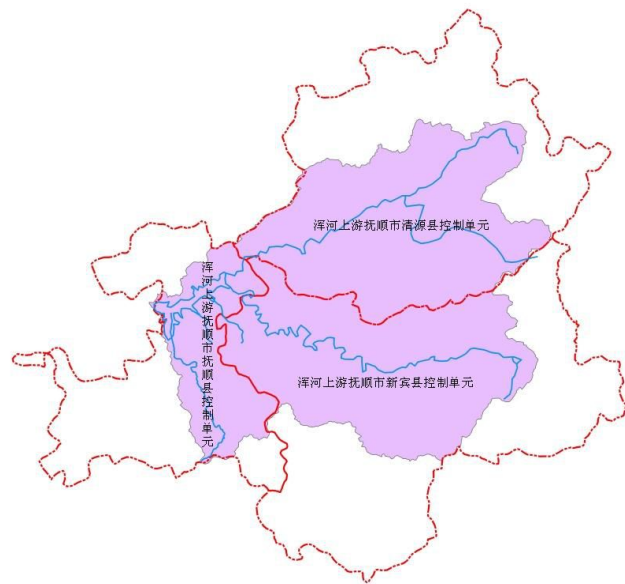


图 4 大辽河水系三级控制单元

联系单位：中国环境科学研究院
联系人：雷坤
联系电话：010-84915305
E-mail: leikun@craes.org.cn
地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

技术信息咨询单位及联系方式：
联系单位：中国环境科学研究院
联系人：雷坤
联系电话：010-84915305
E-mail: leikun@craes.org.cn

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

12、允许纳污量计算的稳态设计水文条件选择技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：河流稳态纳污能力计算。

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

针对确定环境风险条件下，选用稳态水质模型，进行允许纳污量计算和总量分配时采用的设计水文条件，常为一个常数。该水文条件的选择需要根据水污染控制指标类型和环境风险特征，确定污染物浓度的允许平均期和允许超标期，在此基础上计算稳态设计水文条件。

二、工艺流程

设计水文条件选择主要包括以下内容：

1、确定设计水文指标体系参数

主要参数如下：径流量： Q (m^3/s)、水体容积： V (m^3)、水（潮）位： Z (m)、流速： U (m/s)、水温： T ($^{\circ}\text{C}$)、进潮量： W (m^3)、交换率： EA 、滞留时间： RT (天) 等，可以根据所选模型及其他具体情况可选择其它能代表水体特征的参数。

2、不同水体规划及评价可选择的主要指标参数

河流：径流量、水温、pH、硬度、水温

湖库：容积（水位）、流量、流速、水温、交换率、滞留时间

河口：径流量、进潮量、潮位、水温、交换率、滞留时间

海湾：径流量、进潮量、潮位、交换率、水温

3、多指标和多流量来源情况下设计水文条件的处理

(1) 多指标组合

当设计水文指标不只一个，如有流量、水温、pH 值要求，此时为组合频率问题，建议以主控指标频率为主，其它参数的频率可以降低，如流量为主控指标，水温及 pH 值为辅助指标，具体可采用两种方法：

1) 辅助指标的频率低于主控指标的频率（组合频率接近设计频率），如主控指标频率为 66.7%，辅助指标可取 50%，或多年平均（这样的数据也较易得到。此时实际进行总量分配的安全余量可取略大一点）。

2) 辅助指标的频率可采用与主控指标同频率（组合频率高于设计频率），此时设计偏安全，实际进行总量分配时的安全余量可以取小一点，或取零。

(2) 多来源组合

当设计流量包括多条河流，如湖泊、海湾有多条河流要计算入湖入海设计，也是组合频率问题，其处理方式也可以有两种：

1) 各河流同频率，均采用设计频率（组合频率高于设计频率）

2) 各河流流量相加形成合成流量，再计算符合设计频率的设计流量。对于湖、海湾面积较大的情况计算流量时，可以考虑降雨、蒸发和渗漏对进入水体总水量的影响。

4、稳态设计水文条件表达

根据对设计水文条件要素的分析，设计水文表达规范格式为：

$$TxHcy(t) \quad (4)$$

其中：

T:类型系列:有 H-传统水文学方法；B-生物安全方法；HH-人类健康安全方法；E-生态安全方法。

x:允许平均期:平均时段的连续天数,对急性毒性、慢性毒性、窒息、酸碱、三致、耗氧有机物等要求的允许平均期各不相同。

Hc:水文指标:有 Q-流量; U-流速; Z-水位、潮位; V-体积; T-水温; R-滞留时间或交换率; 和其它可表现水体特征的指标。

下标 c 指示平均方法: a—算术平均; h—调和平均; g—几何平均; w—加权平均,未注明时表示算术平均。

y: 重现期: 出现超限事件的平均间隔, 以年计。

t: 控制时段, 年内危险时段(年内排污量最大、温度最高、非点源负荷最大等时段, 和估计历年监测数据评价指标最差的时段), L-枯水期; N-平水期; F-丰水期; Y-全年; 整数为月份表达, 如(12-6)表示 12 月到来年 6 月。分数为季节性容量计算设计条件表达: 如 1/2 表一年分两期估算容量, 1/4 表示分期估算容量, 1/12 表示分月估算容量, 忽略表示按全年数据估算。

5、设计水文条件计算

根据研究区风险特征和风险控制需求, 选择适当的表达形式进行设计水文条件计算。

三、关键技术方法

1、单一河道设计流量选择和计算方法

(1) 基于水文学的设计流量计算方法

设计流量的表达方式为 xQ_y , 其中 H 表示为水文学方法, y 表示重现期(年), x 表示允许平均期(天), Q 表示算术平均流量。 xQ_y 的计算步骤如下:

- 1) 确定允许平均期 x, 如 30 天;
- 2) 确定重现期 y, 换算设计频率 P。如 10 年重现期换算为设计频率 $P=90\%$
- 3) 收集水文站历史日流量资料, 资料年数 n 一般情况下是重现期的 3 倍以上;
- 4) 对每一年(水文年、日历年均可, 按水文年比日历年更合理一些)的数据按时序进行 x 天的滑动算术平均值计算, 然后找到年内 x 天的最小算术滑动均值(如 7 日、30 天最枯平均流量等)。

5) 将多年 x 天的最小算术滑动均值的年极端径流量从大到小排列, 按经验频率式计算经验频率:

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (5)$$

式中, P 为设计频率, m 为径流量的排列序号, n 为样本容量。

6) 建立年极端径流量与经验频率的关系, 计算设计流量值。

(2) 基于水生生物安全的设计流量计算方法

生物安全河流设计流量的表达方式为 xBy , 其中 B 表示生物安全(这里代表调和平均流量), y 表示重现期(年), x 表示允许平均期(天)。 xBy 的计算步骤如下:

- 1) 确定允许平均期 x, 如 4 天(毒性物质)或 30 天(耗氧性有机物);
- 2) 确定重现期 y, 如 3 年;
- 3) 收集水文站历史日流量资料, 一般情况下资料年数 n 要达到重现期的 3 倍以上;
- 4) 确定允许破坏段(excursion)的个数 ne , 用资料年数 n 除以重现期 y。 $ne=n/y$ 。如 12 年的数据, 按重现期 3 年计, 可允许出现 4 个破坏段, 破坏段可覆盖 4x 天。

5) 对多年的数据按时序进行 x 天的滑动调和平均值计算, 得到多年内的全部连续的滑动调和平均值的新的流量序列。

6) 通过试算(一般可通过计算机办公软件的“单变量规划”直接求解)找到不超过允许破坏段数的最大流量即设计流量。给出试算流量值 Q_0 , 计算资料年数内的破坏段数 ne_0 , 如

果 $ne_0 > ne$, 将采用新的调小的 Q_0 重新试算; 如果 $ne_0 < ne$, 将采用新的调大的 Q_0 重新试算; 重复以上过程, 直到 $ne_0 = ne$, 或 $ne_0 < ne$ 且无法上升为止。这时的流量为设计流量。试算时出现多个调和平均破坏段重合, 则扣除重合部分的日数, 将调和平均破坏段覆盖的日数汇总除允许平均期 x 即可得到破坏段的个数。

(3) 基于人类健康的设计流量计算方法

影响人类健康的指标主要指致癌类污染物, 包括地表水饮用水源地的特征污染物指标及致癌的其他重金属指标。

假定对于致癌类污染物主要与点源排放有关, 且致癌物比较保守, 一般采用长期调和平均流量 Q_h 进行限制负荷分析。允许平均期为长期 (70 年), 重现期超过近人的平均寿命, 由于致癌物无阈值, 采用的致癌风险率 (如一百万人七十年饮用同一水源致癌率为一人, 用 10^{-6} 表达) 控制, 其计算步骤:

1) 收集水文站历史日流量资料, 资料年数 n 尽可能长, 达到 70 年以上最好;

2) 剔除零流量数据, 由于断流无水饮用, 将会采用其他备用水源, 因此假设断流时对人体不产生致癌物质的累积;

3) 对多年的数据进行全部数据的调和平均值计算, 得到多年调和平均流量 Q_h 。

采用 Q_h 可以较精确的计算恒定点源排放条件下人类个体一生的累积量。实际监控中采用年均达标控制将偏安全。

(4) 基于细菌类设计流量计算方法

细菌类设计流量的表达方式 xGy , 其中 y 表示重现期 (年), G 表示几何平均 (这里代表几何平均流量) x 表示允许平均期 (天)。 xGy 的计算步骤为:

1) 确定允许平均期 x , 如 30 天;

2) 确定重现期 y , 如 3 年;

3) 收集水文站历史日流量资料, 一般情况下资料年数 n 要达到重现期的 3 倍以上;

4) 确定允许破坏段 (excursion) 的个数 ne , 用资料年数 n 除以重现期 y 。 $ne = n/y$ 。如 12 年的数据, 按重现期 3 年计, 可允许出现 4 个破坏段, 可覆盖 $4x$ 天。

5) 对多年的数据按时序进行 x 天的滑动几何平均值计算, 得到多年内的全部连续的滑动调和平均值的新的流量序列。

6) 通过试算 (一般可通过计算机办公软件的“单变量规划”直接求解) 找到不超过允许破坏段数的最大流量即设计流量。给出试算流量值 Q_0 , 计算资料年数内的破坏段数 ne_0 , 如果 $ne_0 > ne$, 将采用新的调小的 Q_0 重新试算; 如果 $ne_0 < ne$, 将采用新的调大的 Q_0 重新试算; 重复以上过程, 直到 $ne_0 = ne$, 或 $ne_0 < ne$ 且无法上升为止。这时的流量为设计流量。试算时出现多个调和平均破坏段重合, 则扣除重合部分的日数, 将调和平均破坏段覆盖的日数汇总除允许平均期 x 即可得到破坏段的个数。

2、河段节点稳态设计流量分析方法

(1) 流量合成法

流量合成法: 采用已知两个 (或更多) 水文站的原始日流量系列, 根据同时刻节点平衡原则加和后得到新的日流量系列, 然后根据新的日流量系列生成设计保证率下的流量。常用于入湖 (水库、河口) 设计水量的分析。合成方法概念清楚, 方法简单, 很容易实现。

(2) 流量减成法

流量减成法: 采用已知两个 (或更多) 水文站的原始日流量系列, 根据同时刻节点平衡原则相减后得到新的日流量系列, 然后根据新的日流量系列生成设计保证率下的流量。减成方法概念清楚, 方法简单, 很容易实现。

(3) 流量分成法

1) 流入流量分成法: 采用一个 (或更多) 流出节点的水文站的原始日流量系列, 根据

同时刻节点平衡原则估算几个流入河段的设计保证率流量。流入分成方法概念相对比较模糊，由于单一平衡方程多未知量，直接计算是不可能的。由于有流入河段流域面积均小于汇流后的流域面积，从流域面积越小，调节能力越差的定性角度来看，可以判断，分成后的设计流量之和要小于分成前的流出设计流量，定量表达不容易实现。推荐的处理方法：

建立流域内多站设计流量与流域面积关系：

采用拟合曲线（自然过程明显）

采用折线过程（人工水源水汇较大）

然后根据入流河段进入节点前的集水面积，代入关系曲线进行设计流量估算。

2）流出流量分成法：采用一个（或更多）流入节点的水文站的原始日流量系列，根据同时刻节点平衡原则估算几个流出河段的设计保证率流量。流入分成方法概念相对比较模糊。流入分成方法相对比较模糊，但由于单一平衡方程多未知量，直接计算是不可能的。如果采用固定的分流比，则可直接得到各河段的设计流量，实现这一方法难度较大。推荐的处理方法：

利用历时防洪、工程实测的历时数据数据，建立不同流量条件下分流比关系曲线，然后利用分流比系列推算多站日流量系列。

利用实测数据率定河道 n 值，采用数值计算方法得到不同流量的分流比系列，然后利用分流比系列推算多站日流量系列。

采用固定分流比确定设计流量，但采用一定的安全余量，如降低 10%-20% 作为容量计算的设计流量。

四、技术创新点

1、在充分调研国内外水文条件设计的基础上，提出了统一的稳态水文条件的表达形式，适用基于传统水文学方法、生物安全方法、人类健康安全方法及生态安全方法的设计水文条件的设计，采用多年几何平均、多年调和平均、多年算术平均以及最小生态流量、枯水设计流量等多种方式进行稳态水文条件设计的方法。

2、提出了稳态流量节点不平衡原理，纠正了近期规划的常见错误，可大幅度减少一些支流河段设计流量过度高估的问题，降低了规划夸大系数环境容量的风险；提出了稳态流量节点不平衡时无水文站河段的合成、减成、合成处理方法，较好地解决了稳态流量节点不平衡导致的设计流量的计算问题。

五、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

六、实际应用案例

应用单位：中国环境科学研究院

实际应用案例介绍：

南沙河流域控制单元设计水文条件

南沙河流域内有三个水文站，分别为千山站、温泉站、立山站，其中千山站和温泉站设计流量为零，因此选择南沙河所在的浑太河流域内具有代表性的几个站进行设计流量与流域面积的非线性关系估算。

分别对设计流量四个指标 30B3、4B3、7Q10、30Q10 生成多项式和乘幂的关系曲线，选择能够较好地反映设计流量和集水面积之间的关系曲线，代入关系曲线进行无水文站河段的稳态设计流量的近似估算。

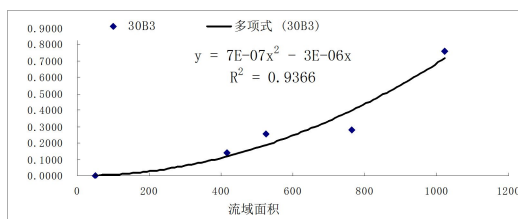


图 2 南沙河无水文站 30B3 估算曲线

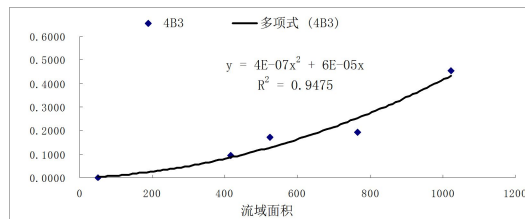


图 3 南沙河无水文站 4B3 估算曲线

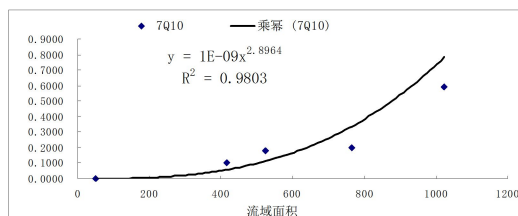


图 4 南沙河无水文站 7Q10 估算曲线

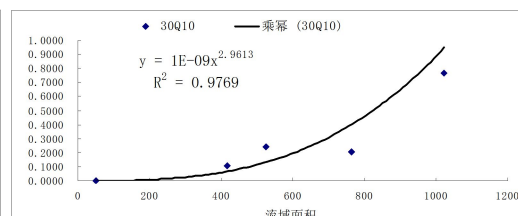


图 5 南沙河无水文站 30Q10 估算曲线

生成的估算曲线表达为：

$$Q_{\text{设}} = \alpha A^{\beta} \quad (\beta > 1)$$

$$\text{或者 } Q_{\text{设}} = \alpha A^2 + \beta A + \gamma$$

其中：A 为集水面积。

本例说明了利用水文站资料生成所有计算断面设计流量的方法，非线性的预测估算模式有别于传统的线性的水文比拟法，具有很高的应用价值。

由于数据为相关生成，无水文站区域流量存在一定的预测误差，实际计算中，可尽量采用数据的下包络线附近的数据，使上游的小支流的设计流量尽量偏小，有助于减少上游排污及生态保护，而适当增加了下游的纳污量。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

联系电话：010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国环境科学研究院

联系人：富国

电话：010-84915314

E-mail: fuguo551225@sina.com

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

13、基于正反算法与情景分析法的控制单元允许排放量计算方法

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：推广应用

试用范围：湖库型控制单元

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

通过反算法利用简单的水质模型可以得到允许纳污量总量的初算结果，以此为基础，结合污染负荷的分配方法，制定不同的负荷分配情景，然后通过正算法利用动态水质模型进行分配方案的达标校核与其对水质影响的分析。在负荷分配方案优化中，利用模型对污染源贡献度的分析，计算污染源权重，并结合分配方案的环境影响程度、经济因素、技术可行性因素等，对方案进行筛选和优化。

二、工艺流程

首先采用稳态算法估算目标水体的环境容量，并据此得出初步负荷分配方案，再用动态算法对相应的水动力和水质过程进行模拟分析，根据控制目标，确定准确的允许排放量。

具体算法如下：

(1) 反算法过程估算总体允许纳污量：反算法即是在确定水质目标的情况下，通过较简单的零维或一维水环境容量模型计算湖库水环境容量，再通过排放方式概化与简单的负荷分配假定，计算排污口的允许排放量。反算法因为考虑因素较少，概化尺度较大，计算结果相对粗略，可用于估算总体允许纳污量。

(2) 优化负荷分配方案：基于反算法的结果，以及“科学性、可行性、公平性、经济性”四大原则，优化负荷分配方案，制定优化后的排污情景，作为正算法的输入条件。

(3) 正算法校核负荷分配情景下目标区域达标情况：在已知污染源位置、污染源排放方式、研究水体水文条件等情况下，通过复杂水环境模型，计算研究水体各空间点、时间点上的水质指标。模型考虑多种边界条件，考虑多指标之间的相互作用，最终计算出精度较高的模拟结果。分析模拟结果是否达到水质目标的要求，如果能够达到水质要求，即将此分配方案存入可行方案库；如果不能达到水质要求，则依据分配原则，再次修改方案，并应用模型进行试算。

(4) 优选可行方案：对于优化分配方式后仍能达到水质目标的方案，依据不同的控制目标，例如经济最优，水质最优，技术最简等，进行方案的优选，得到适于湖库实际情况的最终污染分配方案。

三、关键技术方法

(1) 污染源-水质响应关系与污染源贡献度分析方法。主要是基于动态水质模型的模拟分析，包括建立污染源排放方式时间函数，模拟单个污染源对控制断面的影响，模拟多个污染源联合排放对控制断面的影响，建立污染源-控制断面水质响应关系函数，分析污染源对混合区面积的影响五个步骤。

(2) 减排可行性与经济效益分析方法。确定污染源减排在技术可行情况下的最大减排值，即负荷分配情景的实际的污染物排放量应大于技术可行、政策支持的情况下能进行最大程度减排后的排放量而小于不经过任何污染物减排处理的情况下的最大污染物排放量。以重点污染期为计算时间点，建立减排量或减排比例与减排费用得经济函数。

(3) 优化负荷分配方案确定方法。基于污染源-水质响应关系分析、污染源贡献度分析、减污经济效益分析、减污技术可行性分析等，求解相应的限制条件下的优化分配结果，并根据实际的管理目标、政策要求、利益相关者博弈等实际中的复杂因素，对方案进行再度的改良与筛选，最终得到能够均衡各方条件的相对优方案。

四、技术创新点

提出了将“允许纳污负荷计算”与“负荷分配”整合为一体的正反双向算法新技术路线，把由控制断面水质推算允许纳污负荷量反向算法，与由污染负荷分配情景模拟水体水质变化的正向算法相结合的允许纳污负荷估算方法。使得污染源与水体水质直接建立关系，水质目标确定后，直接将管理要求落实到污染源，便于实际治污工作的开展。与现状容量总量控制技

术相比在进行湖库允许纳污负荷量计算时，具备更高的计算效率与精度。

五、技术来源及知识产权概况

优化集成

六、实际应用案例

应用单位：江苏省环境科学研究院

实际应用案例介绍：

根据可降解型污染物容量模型和营养盐类容量模型估算了柴河水库氨氮和总磷的允许纳污量。在此基础上，选择丰水年中的丰水月作为最不利设计水文条件，基于 EFDC 水动力—水质模型建立与分析了柴河水库污染源-水质响应关系分析与达标情景，通过比较，以及对距离权重因子优化分配方案的公平性评价，确定使用效率优先的距离权重因子分配方案作为柴河水库控制单元的最终负荷分配方案，并通过多因子基尼系数比较分配法对分配方案公平性进行了评价，制定了效率较优并满足公平原则要求的最终分配方案。

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：贾海峰

电 话：13331096839

E-mail: jhf@tsinghua.edu.cn

地 址：北京市海淀区清华园 1 号

14、山区水库型控制单元水质目标管理技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：示范技术

适用范围：山区水库

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

在进行水库流域水环境问题诊断的基础上，应用 SWAT 模型模拟核定流域内各类非点源污染产生负荷和入河负荷，建立 EFDC 模型进行水库水体三维水动力水质模拟，采用正反结合算法进行水库水环境容量计算，制定科学合理、技术和经济上可达的总量分配方案。

二、技术内容或工艺路线

1. 水库水环境问题特征

对于山区饮用水源地控制单元，水库流域研究区域内大型污染企业少，污染负荷主要来源于畜禽养殖污染、农田径流污染以及农村居民生活污染等非点源污染。山区水库受非点源作用，入库总负荷多，会出现主要水质指标（氨氮、总氮、总磷、pH 等）超标和富营养化的问题，在污染控制时需要针对非点源进行全面考虑。

2. 基于 SWAT 模型的流域非点源污染核算

水库型控制单元内污染以非点源污染为主，区域纳污范围即为流域内各支流的汇水区域。受降水径流作用，不同下垫面产生的污染物随径流入库，整个过程是一个非线性复杂的过程，采用单一的、经验性的污染估算，很难反映实际情况，需要选用模型模拟的手段进行。SWAT 模型为目前采用较多的，适用性较强的分布式水文模型，具备模拟流域水量和水质的能力，可以用于山区水库流域控制单元的非点源核算。

采用 SWAT 模型核算后，可以得到不同污染源（农村生活、畜禽养殖、农业种植等）的空间分布强度、入河系数、以及重点断面污染物通量过程，对于设计水文条件、设计通量条件均有较好的支持作用。

3. 基于 EFDC 模型水库水动力水质模型建立与验证

受水库调节、运行方式的影响,污染物在进入水库后会发生一系列的物理、化学、生物反应过程。污染物浓度会随着入库、出库流量的变化,在整个水库范围内出现一定的空间和时间的变化。为了研究水库污染物浓度的时空分布特征,需选用收纳水体水动力水质富营养化模型,进行水质模拟计算。通常做法是采用连续系列进行连续多年的模拟计算,或者选用典型设计水文条件进行情景模拟,从而反映水库水质变化的基本规律。

EFDC 模型是美国 EPA 推荐,能够模拟河流、水库、河口等水体的水动力水质情况。对于山区水库来讲,可构建平面二维或者三维水体模型,进行水体水质模拟。

4. 水库流域污染物总量分配

水库对入库污染物有拦截、滞留的作用,污染物在进入水库后会长期影响着水库水质,对水库总量控制而言,入库污染物总量是重点控制指标。随着水库水动力水质规律性变化,水库水质时空分布在一定条件下会达到相对稳定状态。因此,对于水库而言,可以采用“正反算法”进行水库纳污力计算和总量分配方案确定,即利用稳态模型估算纳污能力,利用动态模型进行分配方案模拟,充分考虑输入条件不确定性、模型机理不确定性、模型参数不确定性,最终通过情景设计分析得到水库总量分配方案。

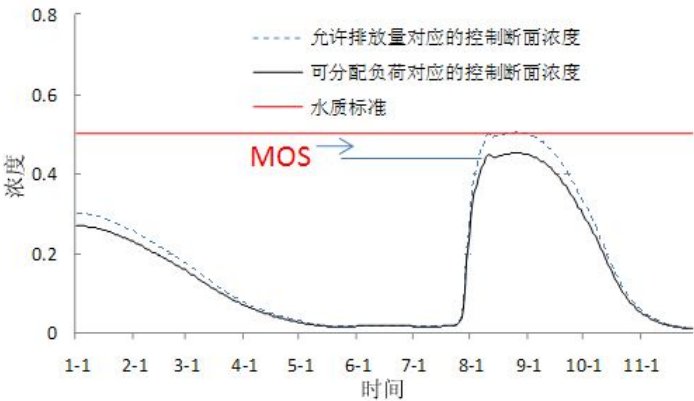


图 1 可分配负荷入库情景下的控制断面水质结果图

三、关键技术方法

1. 应用 SWAT 模型核算流域非点源负荷——山区水库处于山区丘陵地带,其流域河道分界明晰,能够清晰划分出子流域,且流域内工业点源基本已经得到控制,流域污染以非点源为主,因此,可选择 SWAT 模型进行流域非点源模拟,得到污染源分布和入库污染负荷。

2. 应用 EFDC 模型进行水库水质模拟——建立了基于 EFDC 模型的水库水动力-水质耦合模型,完成了关键参数的灵敏度分析和总体不确定性分析,研究水库水质响应特征。

3. 利用正反算法进行总量分配——进行了不同的负荷分配情景设定,并通过多因子基尼系数比较分配法对分配方案公平性进行了评价,制定了效率较优并满足公平原则要求的最终分配方案。

四、技术创新点

1 采用流域模型和水体模型松散耦合的模式研究非点源对水库水质的影响。

2 利用正反算法,即稳态模型和动态模型相结合的方法进行水库总量分配方案。

五、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

六、实际应用案例

应用单位:北京师范大学

实际应用案例介绍:

山区饮用水源控制单元水质目标管理技术方案以辽宁省铁岭市柴河水库及其汇水流域

为研究对象，制定出一套系统、科学、可行的水质目标管理技术。

(1) 在柴河水库流域自然环境及社会经济状况调查结果的基础上，对河流的生态完整性进行了化学、物理生境和生物特性三个方面的评价。对研究区域进行污染源强度和结构分析，结果表明柴河水库流域以非点源污染为主，主要的污染因子为氨氮和总磷。

(2) 根据柴河水库流域的水环境功能区划要求，结合研究区非点源污染为主的污染特征，选择丰水年中的丰水月作为最不利设计水文条件，应用 EFDC 水动力—水质模型，计算了污染源在最不利时期——典型丰水月的入库情况。

(3) 采用允许纳污负荷计算模型，进行污染源-水质响应关系分析，计算出柴河水库最大允许纳污量，并基于确定出的安全余量，采用优化的方法对污染负荷总量进行了分配。

(4) 基于柴河水库流域以面源污染为主的特征，分别从农业源和农村生活源提出了污染物减排方案。

(5) 在分析控制单元污染物总量监控方法的基础上，结合柴河水库流域的实际情况，提出了针对研究区的总量监控方案。

联系单位：北京师范大学

联系人：苏保林

联系电话：010-58802196

E-mail: subl@bnu.edu.cn

地址：北京市海淀区北京师范大学

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：北京师范大学

联系人：苏保林

联系电话：010-58802196

E-mail: subl@bnu.edu.cn

地址：北京市海淀区北京师范大学

15、河网型控制单元水质目标管理技术

技术依托单位：清华大学

技术发展阶段：示范技术

适用范围：平原河网。

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

基于分类输出系数法核算平原河网区非点源污染负荷，分析污染物产生、排放、入河量；基于 EFDC 模型构建河网和湖体水动力水质模型，得到水质响应特征曲线；基于 5 级分配技术得到总量控制方案。

二、技术内容或工艺路线

1. 基于分类输出系数法进行污染源核算

河网地区水系密布、水流复杂、污染物去向不清晰，难以通过建立大尺度模型直接核算流域污染负荷，这对控制单元非点源核算带来很大的难度。针对这种情况，常采用输出系数法进行污染负荷或者入河负荷核算。河网区非点源主要包括农村生活、畜禽养殖、农业种植 3 类污染，在实际核算中应根据各类污染的产生、排放和入河过程，建立分类输出系数模型，分区核算。

2. 应用动态模型进行污染源-水质压力响应关系分析

河网地区河流水质响应规律不明显，难以采用经验性、稳态的水质模型获得清晰、明确

的压力响应关系。必须采用动态水质模型进行水质模拟，在进行模型敏感性分析和不确定分析的基础上，获得相对稳定的水质压力响应特征曲线。

3.应用分级污染分配体系进行总量分配

太湖地区湖泊、河网互相连通，长江、太湖通过河网相互补给，流域内污染物通过支流进入河网，而后进入湖泊。对于控制单元而言，污染主要来源于上游输入、本区支流排放、本区直排。在污染控制中应进行污染源结构分析，明确主控污染源，遵循“分区核算、分类控制”的原则，划分上游污染、本地排放的比例关系，重点控制本地污染，分点、面源进行总量分配。

三、关键技术方法

1. 建立水质响应特征曲线——基于 EFDC 模型分别建立太滬运河河网水动力模型和滬湖三维水动力，基于 wasp 模型建立水质模型，结合设计水文条件和污染源情况，进行水质模拟，得到水质响应特征曲线。

2. 控制单元分级污染分配——按照湖体直接污染源（大气沉降、湖体内源、河流输入等）、直接入湖河流污染负荷、河流上游和本地污染负荷、本地点面源污染负荷等 5 个级别进行污染源分配，得到控制单元污染分配方案。

四、技术创新点

1 综合考虑水环境功能目标、常规污染物含量限制、有毒物质限制、水华限制等多要素，确定控制单元水质控制目标。

2 自下而上将污染来源逐层划分为 5 级，分级进行控制单元总量分配。

五、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

六、实际应用案例

应用单位：中国环境科学研究院

在“分区、分类、分级、分期”的水环境管理理念的指导下，在“流域—区域—控制单元—污染源”水环境管理层次体系中，以水质目标管理为最终目标，直接面向污染源，开展太湖竺山湾-太滬运河控制单元的水质目标管理研究。主要结论如下：

（1）识别了竺山湾-太滬运河控制单元的水环境问题，揭示了控制单元常规污染物含量高，长期大面积处于超标状态。含氮污染物（TN）是首要超标污染物；含磷污染物（TP）其次；有机污染物含量也较大，存在较大的超标风险；水体处于富营养状态，水华现象频发。

（2）确定了控制单元营养物、有机污染物、毒性污染物、浮游植物等水质控制目标。

（3）进行了控制单元点污染源和非点污染源负荷的核定，识别了控制单元的污染源负荷比例和类型。

（4）建立了太滬运河—竺山湾控制单元的多维动态水质模型，计算得出竺山湾允许纳污量。分别选用 EFDC 和 WASP 建立了太滬运河河网和竺山湾的水动力模型和水质模型，对主要参数进行了率定和误差分析，实现了对水动力和水质过程的准确模拟。

（5）采用动态算法，即基于多维动态水质模型建立太滬运河-竺山湾控制单元的负荷-水质响应关系，针对竺山湾的主要水环境问题和污染物现状排放过程，计算出其允许纳污量。其中 TN 为 $2058.5 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ ；TP 为 $92.1 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ ； $\text{NH}_3\text{-N}$ 基于现状排放过程为 $1193.5 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ ，其春夏秋冬四季的浓度限值分别为 $0.90 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.94 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.87 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.85 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ； COD_{Mn} 为 $5102.2 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

（6）识别了竺山湾主要污染负荷来源，利用基于污染物源汇关系的污染负荷层次分配法形成污染负荷分配方案。首先对平原湖湾型控制单元的污染物主要来源进行了识别，并对大气沉降、内源释放、岸带面源、河渠径流四大源的污染物输运原理、负荷及其影响因素进行了分析，核定了主要污染源的排污符合。在污染源识别和负荷核定的基础上，厘清太滬运

河—竺山湾控制单元的污染源汇关系，建立其污染负荷层次分配体系，将计算得出的允许纳污量以负荷形式分配到污染源。负荷分配方案能使竺山湾水质达到预设目标。

(7) 给出了控制单元污染减排方案，确定了污染物削减目标和包括源头削减、过程削减、末端削减的方案。

联系单位：清华大学

联系人：贾海峰

联系电话：010-62793001

E-mail: jhf@tsinghua.edu.cn

地址：北京市海淀区清华大学

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：清华大学

联系人：贾海峰

联系电话：010-62793001

E-mail: jhf@tsinghua.edu.cn

地址：北京市海淀区清华大学

16、城市河段控制单元水质目标管理技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：示范技术

试用范围：城市河段控制单元

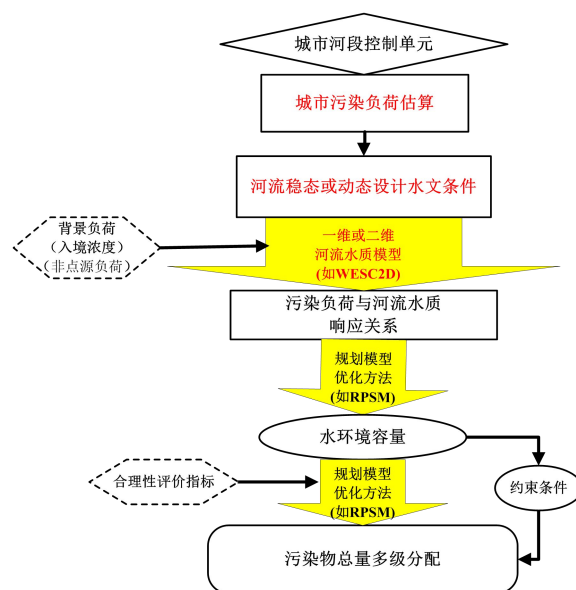
主要技术内容和关键技术

一、技术原理

针对城市河段控制单元点源污染及城市暴雨径流污染为主的特点，重点针对水质目标管理技术环节中城市非点源污染负荷的估算及点源允许排放负荷计算的方法开展应用研究。

二、技术内容或工艺路线

城市河段控制单元一般人口比较集中，经济相对发达，污染相对严重。污染源主要以点源为主，非点源主要是由于城市的快速化发展导致的城市暴雨径流污染。因此，课题提出了基于城市点源入河系数估算和非点源类型源试验和SWMM模型计算-设计水文条件的选择-基于水质模型的输入响应关系计算-水环境容量计算-污染物允许排放负荷计算的城市河段控制单元水质目标管理方法。城市河段控制单元水质目标管理技术路线如图1所示。其中关键是城市非点源污染负荷核定以及城市点源允许排放负荷的分配原则与计算方法。



城市河段控制单元水质目标管理技术路线（模拟优化）

三、关键技术方法

（1）城市暴雨径流的污染负荷估算方法。主要有包括降雨、径流、水质同步观测和降雨、水质同步观测的径流污染试验法，完全合流制、截流式合流制、完全分流制和截流式分流制的水文分割法，水质与流域特征相关关系法，城市非点源污染物冲刷量计算模型法以及适用于城市径流污染模拟的非点源模型法，主要包括 SWMM、Wallingford、STORM、DR3M-QUAL、MOUSE 和 SLAMM 等模型。

（2）城市点源允许排放负荷的分配原则与计算方法。城市河段入河口允许排放负荷计算方法主要是以考虑科学、公平和效率原则的总量分配合理性指标最大为原则的优化分配方法。污染源允许排放负荷计算方法是基于效率原则和入河系数的优化分配方法。

四、技术创新点

提出了采用类型源试验与基于城市排水系统构建 SWMM 数学模型的方法来进行城市非点源负荷核定和基于合理性评价指标的入河排放口允许排放量和基于入河系数的污染源允许排放量计算方法，并在大辽河控制单元进行了应用研究。

五、技术来源及知识产权概况

优化集成

六、实际应用案例

应用单位：江西省环境科学研究院，辽宁省环境科学研究院

实际应用案例介绍

赣江下游控制单元受耗氧类污染物和细菌污染物影响严重，主要污染物为氨氮和粪大肠菌群，因此主要以 COD 和 NH₃-N 为污染物控制水质因子。该城市河段主要以点源的城镇生活污染为主，且受人为排污闸限制，城市暴雨径流污染估算方法难以用于非点源负荷估算，采用入河系数法确定点源负荷。因赣江下游分为 3 支，水流水动力条件复杂，选择采用 WESC2D 模型。设计水文条件选用 1999 年至 2008 年 10 年水文过程。分别以 COD(17.45mg/L) 和 NH₃-N (0.82mg/L) 入境浓度（2000 年-2009 年地表水监测数据 30B3 条件）计算的河流响应浓度和非点源负荷响应浓度为背景负荷，利用 RPSM 方法求解水环境容量模型。安全余量确定方法采用对所有排放源的分配降低一个百分比（10%）。以水环境容量利用率和总量分配合理性指标最大为目标建立了排污口总量分配模型进行排污口总量分配，以等比例消

减法对各排污口纳污范围内企业进行污染源总量分配。

赣江下游控制单元 COD 污染物分配总量为 75993.9kg/d, 27737.8t/a。各排污口企业 COD, 除青山闸与鱼尾闸的企业排放负荷需要削减外, 其它排污口的企业在达标排放的前提下, 排放负荷均维持现状。将青山闸与鱼尾闸的排污口分配负荷乘以工业源所占比例后, 按照等比例分配的原则分配到企业。NH₃-N 污染物分配总量为 5264.6kg/d, 1921.6t/a。各排污口企业间 NH₃-N, 除晨鸣纸业与宏狄氯碱这两个直排企业排放负荷维持现状外, 其它排污口均要进行削减。将各待削减排污口分配负荷乘以工业源所占比例后, 按照等比例分配的原则分配到企业。

大辽河控制单元的采用 SWMM 模型, 对大辽河营口段城市非点源污染进行模拟, 估算出了城市区域四个主要排污口纳污范围内城市非点源污染负荷排放量。

联系单位: 中国环境科学研究院

联系人: 雷坤

联系电话: 010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址: 北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号, 100012

技术信息咨询单位及联系方式:

联系单位: 中国环境科学研究院

联系人: 雷坤

联系电话: 010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址: 北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号, 100012

17、感潮河段控制单元水质目标管理技术

技术依托单位: 中国环境科学研究院

技术发展阶段: 示范技术

试用范围: 感潮河段控制单元

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

针对感潮河流的水位、流速等水力要素随潮汐呈周期性变化和排污的浓度双向影响的特点, 决定了与一般河流控制单元水质目标管理技术在个别技术环节上有所不同。课题针对感潮河段重点提出了河口设计水文条件和河口数学模型的选择及建议。

二、技术内容或工艺路线

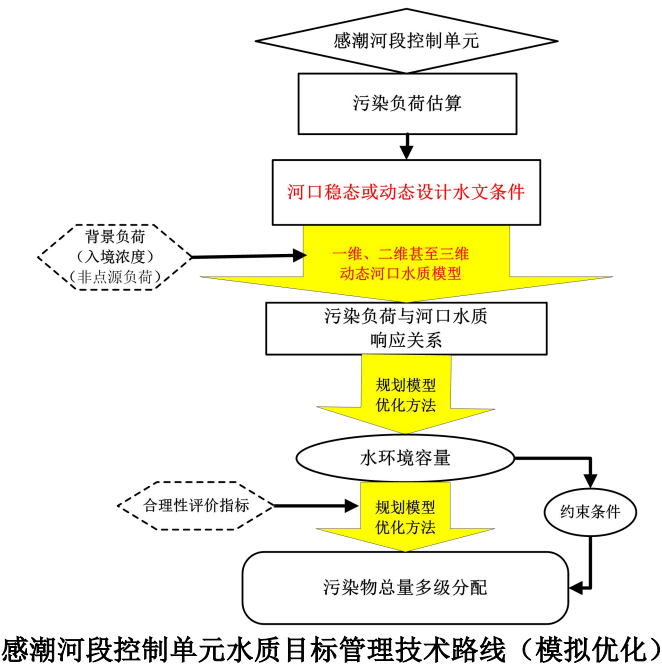
感潮河段控制单元水质目标管理技术中水质目标不仅涉及到地表水环境质量标准, 河口出境断面可能涉及海水水质标准。

河口的设计水文条件以潮流过程为主, 径流量为辅。从允许平均期的角度来看, 有生物安全的要求的功能区, 对毒性物质的慢性效应可考虑 4 天潮流过程, 可以选择小潮过程; 对常规污染物可考虑 30 天潮流过程, 可以选择月潮过程; 对毒性物质的急性效应可考虑流速为零时低水位相应水域的水量。

污染负荷与河口水质响应关系计算的模型主要有河口一维稳态水质数学模型、一维、二维甚至三维动态水质模型。建议采用稳态设计水文条件动态水质模型进行模拟与分析背景负荷(入境浓度)和不同可控污染源(排污口单位负荷)对河流水质的响应关系。

水环境容量计算方法与污染物允许排放负荷分配方法与一般河流无异, 如基于模拟优化和合理性评价指标的污染物允许排放负荷计算方法和基于正反算法与情景分析法的污染物

允许排放负荷计算方法等，建议采用模拟优化法。感潮河段控制单元水质目标管理技术路线如图1所示。



三、关键技术方法

（1）河口达标控制断面选择

保守物质：所有源点断面、入境断面和出境断面（相当于功能区交界断面采用高功能区水质目标）。

非保守物质：重金属及有毒有机物也应选择所有源点断面、入境断面和出境断面，对毒性较低的物质（COD、氨氮等）可采用河段达标断面比例（如70%，原则上不影响本功能区及其他功能区的使用功能）及入境断面和出境断面控制。

（2）河口设计水文条件

a.上边界设计条件—余流量选择

河口区实际的设计流量是潮平均流量，在枝状河口中可根据水文资料分析得出，对于网状河口则可由动态水力学计算得到，感潮河网建议采用合成流量。

采用稳态模型计算允许平均期的算术平均浓度，其平均流量可能有两个选择，一是将径流量处理为每个潮周的平均流量，二是将径流量处理为允许平均期内的多个潮周的平均流量。潮平均模型最好按多潮周计算。如果进行动态计算，上游的来流可以按典型流量过程，也可按设计流量过程计算。

b.下边界设计条件—河口潮汐过程选择

河口潮汐过程为下边界设计水文条件，对精确掌握河网水动力条件是必须要确定的。根据允许平均期可以采用偏危险的设计潮汐过程。如对毒理指标采用4天平均，可以采用枯水期小潮段的过程；如对COD等指标采用30天平均，可以采用枯水期潮汐的月周期过程；实际计算不一定是完整的4天或30天，可根据完整周期数考虑。

总体而言，河口设计水文条件根据具体情况考虑更合理一些，特别是网状河口采用个案分析及处理更好一些。

（3）河口水质数学模型

a.河口断面达标一般采用一维稳态模型。基本设计指标为水文指标，如流量；水力学指标，如流速、断面形状、水力梯度、河道糙率等，一般需要水力学计算。一维容量规划采用

优化技术,推荐分段一维线性水质模型的解析解或数值解。一维容量规划采用方案比较方法,一维线性水质模型的解析解或数值解。

河口河网区推荐潮平均数值模型

$$C = \frac{M}{Q\sqrt{4a+1}} \exp\left[-\frac{Ux}{2E}(\sqrt{4a+1}-1)\right], \quad x>0 \quad (1)$$

$$C = \frac{M}{Q\sqrt{4a+1}} \exp\left[-\frac{Ux}{2E}(\sqrt{4a+1}-1)\right], \quad x<0 \quad (2)$$

b.河口保守物质容量分析水质模型推荐模型

对于河口的保守物质而言,其水环境容量中无自净容量,但不可忽略输移容量,因此河口保守物质容量为稀释容量与输移容量之和,其浓度计算最常用的为一维稳态(潮平均)模型:

$$QC - EA \frac{dC}{dx} = M \quad (3)$$

$$QS - EA \frac{dS}{dx} = M_s \quad (4)$$

式中, Q、E、A、C、S分别为潮平均流量、纵向离散系数、断面面积、污染物浓度、盐度,方程左端第一项为对流通量,第二项为离散通量,右端项为单位时间恒定排放的污染物排放量M和盐通量。由于一般情况下盐源于海水,所以支状河口潮平均的盐通量Ms接近于零,这为较容易地率定纵向离散系数创造了条件,即可以用两断面的盐度梯度数据估算离散系数;对于网状河口河道间可能出现科氏力及地形条件引起的剩余环流,潮平均的盐通量Ms可能出现两条河道通量数值相等方向相反合成为零的情况,但单河道盐通量不为零,此时单河道盐度数据无法以盐平衡来假设率定纵向离散数据,需要采用多点盐度水文同步实测,采用一维河网稳态模拟数值计算,通过计算机优化识别的方法进行纵向离散系数的识别。

c.河口保守浓度容量估算设计

可以考虑分两种情况进行容量估算:在大径流条件下(丰水期),忽略海水交换作用,近似按河流的保守物质计算容量,结果偏安全;在小径流条件下(枯水期),考虑海水交换作用,按河口的保守物质计算容量。

推荐采用公式(3)的数值解法。为利用河口容量,计算海水边界条件时取浓度边界条件较为合理。对于重金属、有毒有机物等,海水的本底浓度较低,限制也很严格,因此,可以给出河口边界接近零的边界浓度,如海区背景浓度、海域功能区标准浓度、咸水阈值(毒理、致癌等)浓度的某个百分比。

d.河口动态水动力水质模型建议选择CE-QUAL-W2、EFDC、WASP和FVCOM模型。

四、技术创新点

针对感潮河段水流及污染物输移特点,提出了感潮河段控制单元水质目标管理技术环节中不同于一般河流的河口水文条件的选择及设计,河口水质数学模型的选择及建议。并在大辽河控制单元开展了基于 WESC2D 和 WASP 耦合水质模型稳态设计水文条件下动态模拟和线性优化算法求解水环境容量和污染物总量分配模型的方法。即在连续 10 年中 30 天平均浓度重现期 3 年不超过 1 次的设计流量条件和最小月潮位条件下,以总量分配合理性指标最大作为优化原则,依据实际排污特点和具体情况,结合情景分析方法,因地制宜地进行污染物总量分配方案的优化设计方法。

五、技术来源及知识产权概况

优化集成

六、实际应用案例

应用单位：辽宁省环境科学研究院

实际应用案例介绍

大辽河控制单元受耗氧类污染物影响严重，主要污染物为氨氮，因此主要以 COD 和 NH₃-N 为污染物控制水质因子。采用入河系数法确定点源负荷，采用类型源试验与基于城市排水系统构建 SWMM 数学模型的方法来进行城市非点源负荷核定估算。设计水文条件选用三岔河流量 21.16m³/s (30B3)，下游河口区根据四道沟 1999 年-2009 年（缺少 2006 年）潮位资料选择潮差最小的一个月数据作为下游边界条件。入境浓度为水质目标 V 类标准。采用动态二维水环境模型（WESC2D）提供水动力条件，WASP 模型分别模拟大辽河控制单元 30B3 设计水文条件下 14 个直排赣江排放口（营口造纸厂已关闭）NH₃-N 和 CODCr（包括点源与非点源）单位负荷对河流污染浓度的贡献率。安全余量确定方法采用对所有排放源的分配降低一个百分比（10%）。以总量分配合理性指标最大为目标建立了排污口总量分配模型，以各排污口纳污范围内企业的总产值最大为原则建立污染源总量分配模型，求解控制单元污染物总量分配方案。

COD 各入河排污口的分配量均大于现状负荷量。大辽河的重度污染很大原因是营口造纸厂的排污，营口造纸厂的 COD 入河量占点源总入河量的 86.76%，营口造纸厂停厂后，污染负荷减小，在上游入境 V 类水的前提下，各排污口均有了剩余环境容量。因此，在各企业均达标排放的情况下，各排污企业的排放量维持现状，不进行削减。NH₃-N 是大辽河的主要污染物，超标严重。除港监潮沟进行企业的污染物削减外。其它排污口的企业在达标排放的情况下，维持现状。

大辽河控制单元水环境总量控制的压力主要取决于上游入境水质要求。现状情况是氨氮在枯季 1-4 月份上游入境比 V 类水高几倍甚至十余倍，最高三岔河的氨氮 29.32mg/L(2003 年 1 月)，致使下游控制单元可利用容量非常少。因此，仅仅是消减大辽河控制单元污染物作用很小，且不利于营口市的经济的发展，应加强上游控制单元污染控制。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

联系电话：010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

联系电话：010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

18、北方缺水型河流水质目标管理技术

技术依托单位：辽宁省环境科学研究院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用北方缺水型河流

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

由于北方河流丰、平、枯水期流量与水质差异明显特征，以年时间尺度水环境容量为基

础的控制单元管理技术难以满足水文季节差异显著特点,建立了以季节水环境容量为基础控制单元水质目标管理技术体系,形成了污染负荷核定、不同水期水文条件设定以及水环境容量总量分配等关键技术,以适应缺水型北方河流水文特点。

二、工艺流程

- 1、水体污染物识别与水质保护目标确定。采用污染标识指数法与单因子污染指数法,分别对辽河流域水质进行单因子评价及综合评价,筛选主要控制因子,确定水质保护目标,为流域污染负荷核定奠定基础。
- 2、污染负荷核定。采用统计方法,结合流域污染源普查数据,核定流域及控制单元工业点源、规模化畜禽养殖、污水厂等点源污染负荷;采用水文分割与输出系数法,结合社会经济统计数据,核定流域及控制单元农业用地、散养畜禽养殖、城镇用地等面源污染,为流域水环境容量计算及污染负荷分配奠定基础。
- 3、不同水期水文条件设定。由于辽河流域水文季节差异明显,分别采用 30Q10、50%保证率、75%保证率等设定不同时期水文条件,为流域水环境功能容量计算奠定基础。
- 3、水环境容量计算与容量总量分配。采用一维水质模型及线性规划模型,根据流域水质保护目标及水文条件,模拟污染物排放量与水质动态响应关系,综合考虑流域人口、经济、污染负荷、容量等因子,计算流域水环境容量及容量总量分配,为污染负荷削减奠定基础。
- 4、污染负荷总量与工程削减方案。根据容量总量分配结果,结合点源与面源污染负荷贡献率大小、环境保护规划、社会经济规划、环境背景值等,实现容量总量在点源、面源、安全余量间的分配,完成污染负荷总量削减方案;结合点源之间污染负荷贡献率大小,完成点源污染负荷总量分配,为污染物总量控制提供科技支撑。

(二) 技术路线

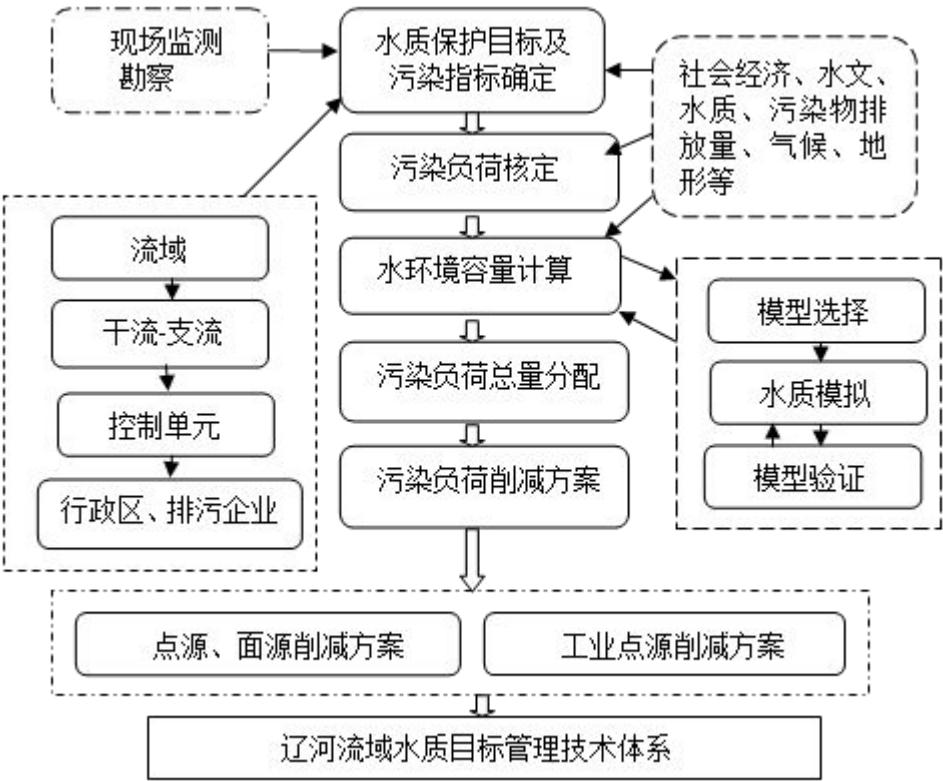


图 北方缺水型河流水质目标管理技术路线

三、关键技术方法

1、面源污染负荷核定技术。采用水文分割法及输出系数法核定面源污染负荷。该技术应用步骤：首先，选取输出系数法模型，在 Johns 提出的输出系数模型基础上，建立考虑降水携带输出的流域非点源负荷输出系数法计算模型。根据具体环境问题和流域特点，识别主要污染物及污染源的种类；采用水文分割和最优化数学方法进行参数率定，根据水文水质监测断面将计算区域划分为若干个小流域，应用水文分割法分离出丰水期面源污染负荷，求解线性方程组计算输出系数；分析模型的可靠性和精度；最后应用模型估算和预测流域的非点源污染负荷。

2、水环境容量计算与分配技术。采用一维水质模型及线性规划模型计算流域水环境容量。水环境容量计算过程包括确定河流水质保护目标及确定水体主要污染物；设定水文条件；流域排污口概化；污染负荷衰减系数确定；采用一维水质模型模拟污染物排放量与水质响应关系；在此基础上，采用线性规划模型，综合考虑人口、经济、污染负荷等因子计算与分配水环境容量，完成流域水环境容量计算与分配。

3、污染负荷总量分配技术。在水环境容量计算基础上，根据点源与面源污染负荷贡献率、水体污染负荷背景值、流域风险源等因子，确定污染负荷总量在点源、面源、安全与量间的分配。其中，安全余量的确定采用经验分析法，根据流域存在风险源状况、污染负荷背景值、地方环保及经济发展规划，确定预留安全余量值。

四、技术创新点

采用水文分割法及输出系数法核定面源污染负荷。以大中型流域为估算单元，综合考虑土地利用形式、水文地理条件等因素，建立流域非点源负荷输出系数法计算模型，利用河流断面的历史监测数据，通过水文分割和最优化数学方法进行参数率定，克服了非点源污染监测难度大，历史资料缺乏的困难。该方法以水文监测资料和河流水质断面监测资料为基础，历史数据相对丰富，通过计算机编程进行计算，实现对流域非点源污染的快速预测和分析。

构建以不同水期为时间尺度的、以季节水环境容量为基础的北方缺水型河流控制单元水质目标管理技术体系。该技术体系集成不同水期污染负荷核定、水文条件设定、水环境容量计算、污染负荷总量分配等技术为一体，不同于以往以年度水环境容量为基础的、季节差异不明显的水环境管理技术体系，实现北方缺水型河流水质目标管理的科学化。

五、技术来源及知识产权概况

集成/示范类技术

六、实际应用案例

应用单位：辽宁省环境保护局、铁岭市环境保护局、盘锦市环保局、抚顺市环保局。

北方缺水型河流水质目标管理技术主要应用于辽河流域、铁岭、抚顺、盘锦示范区。铁岭示范区包括昌图、西丰、开原、清河区、铁岭县、调兵山、银州区 7 个控制单元；盘锦示范区包括盘山县、市辖区、大洼县控制单元，抚顺示范区包括浑河上游清原县、浑河上游新宾县、浑河上游抚顺县、浑河中游抚顺县、浑河中游抚顺市市辖区控制单元，每个控制单元均实现了污染负荷工程削减方案。在辽河摘帽环境治污行动中，调兵山市环保局、铁岭市环保局、抚顺市环保局、盘锦市环保局，先后采用该水质目标管理技术科研成果，规划辽河、浑河污染治理工程项目，该技术在辽河污染摘帽行动中起到非常重要作用。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

联系电话：010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号，100012

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

联系电话：010-84915305

E-mail: leikun@craes.org.cn

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号

19、太湖流域基于控制单元的水质目标管理技术（TMML 技术）

技术依托单位：中国科学院地理科学与资源研究所、江苏省环境科学研究院、浙江省环境保护科学设计研究院、河海大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：适用于湖泊流域基于控制单元的水质目标管理

主要技术内容和关键技术

一、技术原理

在系统分析国内水环境管理现状和国外水环境管理经验的基础上，结合太湖流域的实际情况以及当地总量控制制度的实施经验，提出了太湖流域基于控制单元的水质目标管理技术体系框架。尽管太湖流域水质目标管理技术体系目前尚难以实现美国以“日”为单位的水环境管理水平，但是该技术体系尝试以“月”为时间单位、以“控制单元”为空间单位，来充分考虑污染物入河量以及水环境容量的年内变化与空间差异，在我国水环境管理的实证研究中尚属首例。这种新型的水质目标管理技术体系也被称为“太湖流域 TMML（月最大污染负荷）技术”。

二、技术内容或工艺路线

太湖流域基于控制单元的水质目标管理技术体系框架主要包含以下六个部分的内容：

一是定位保护功能。强调水生态系统保护目标，开展控制单元水生态系统结构与功能评价，结合单元内水环境功能特征以及陆地生态系统的水生态功能分析，完成控制单元的保护功能定位。

二是确定水质目标。在综合考虑水生态功能、水环境功能与陆地生态功能的基础上，建立控制单元保护功能与水质目标的相互关系，通过对比水质资料、参考现有分类系统以及专业人员判断等方法，完成控制单元的水质目标确定。

三是计算环境容量。建立水环境容量的计算模型，开展水环境容量计算参数的率定，完成控制单元逐月水环境容量计算。

四是核算污染负荷。通过现有数据、报告以及实地调查确定控制单元污染源类型、数量和空间位置，利用监测数据、统计数据、数学模型等多种方式，核算控制单元各污染源的污染负荷量，并根据降雨径流关系将年污染负荷量分配到各个月份，完成控制单元逐月污染负荷核算。

五是分配污染负荷。在科学、公平、效率、经济的原则下，在充分考虑经济、资源、环境、管理方面存在的区域差异性，采用多种分配方法，将控制单元月最大污染负荷分配到各个污染源上，实现控制单元点面源以及点源之间的污染负荷分配。

六是制定削减方案。在确定控制单元污染物限定排放量的基础上，制定控制单元各污染源污染物排放的削减措施，引导控制单元实施有效可行的污染物削减方案，并对控制单元污染物削减方案的实施效果进行评估。

三、关键技术方法

太湖流域基于控制单元的水质目标管理技术体系框架的设计突破了以下关键技术：

第一，水生态功能重要性排序。基于湖泊型流域遥感信息数据，划分湿地、河流、湖泊、水库、农田、森林、绿地、草地、荒地和城镇 9 类生态系统类型，基于水陆一体性原则和多

层次分解方法，从流域生态系统角度，将生态服务功能评估指标划分为水源供给、水源储存、水量调节、削减总磷总氮、因土壤保持带来的控制总磷总氮以及泥沙、生境维持和生物多样性以及航运通道等 11 项与水生态有关的功能指标，而不同生态系统类型分别对应不同的生态服务功能评价指标，具体见下表，建立流域尺度单项水生态服务功能评估方法体系，并进行归一化处理，根据各项水生态服务功能在整个流域范围内对目标评估单元的贡献率，构建了不同评估单元上水生态服务功能相对重要性排序模型。

太湖流域生态服务功能评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	湿地	河流	湖泊	水库	森林	草地	农田	城 镇 绿地
供给功能	产品供给	初级产品	√	√	√		√	√	√	√
		水源供给	√	√	√	√				
调节功能	水文调节	水源储存	√	√	√	√				
		水量调节	√	√	√	√	√	√	√	√
	净化水质	削减总氮	√	√	√	√	√	√	√	√
		削减总磷	√	√	√	√	√	√	√	√
	土壤保持	控制总氮					√	√	√	√
		控制总磷					√	√	√	√
		控制泥沙					√	√	√	√
	固碳释氧	固碳	√				√	√	√	√
		释氧	√				√	√	√	√
支持功能	物种保育	生境维持	√				√	√	√	√
		生物多样性	√	√	√	√	√	√	√	√
	通道场所	航运通道	√	√	√					
		排污	√							
文化功能	文化承载	历史文化	√	√	√	√	√	√	√	√
	景观游憩	景观娱乐	√	√	√	√	√	√	√	√

第二，环境容量计算。在湖泊流域河网水环境模型构建的基础上，完成了示范区“单控”和“双控”条件下的水环境容量计算，利用水环境容量分配技术实现了水环境容量的空间和时间分配，得到示范区各控制单元逐月水环境容量分配结果。

其中，“单控”水环境容量计算模型为：

太湖流域河网区水环境容量具体计算公式如下：

$$W_{\text{水环境容量}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \alpha_{ij} \times W_{ij\text{水环境容量}}$$

$$W_{ij\text{水环境容量}} = Q_{0ij}(C_{sij} - C_{0ij}) + KV_{ij}C_{sij}$$

式中， W_{ij} 为计算中最小计算单元的水环境容量，计算中最小空间计算单元为河段(河段为两节点之间的河道)；最小时间计算单元为天； Q_{0ij} 、 V_{ij} 为设计水文条件，采用太湖河网模型计算得到； C_{sij} 为功能区水质目标； C_{0ij} 为上游来水水质浓度； K 为水质降解系数； α_{ij} 为不均匀系数； $\alpha_{ij} \in (0, 1]$ 水面越大，则 α_{ij} 越小。

根据确定的水文边界条件，利用研究区域河网水环境数学模型，计算出研究区域最小空间单元和最小时间单元的水环境容量值；再汇总出示范区总的水环境容量值。

对于往复流地区，采用双向流计算公式，具体如下：

$$W = \frac{A}{A+B} W_{\text{正}} + \frac{B}{A+B} W_{\text{反}}$$

其中, A 为正向流计算时间段天数, B 为反向流计算时间段天数。

W 正为正向河流的水环境容量值, 具体计算公式为:

$$W_{\text{正}} = Q_{01}(C_s - C_{01}) + KVC_s$$

W 反为反向河流的水环境容量值, 具体计算公式为:

$$W_{\text{反}} = Q_{02}(C_s - C_{02}) + KVC_s$$

“双控”水环境容量计算模型为:

采用河流一维稳态模型进行控制断面水质的水质计算, 河流一维稳态模型计算公式如下:

$$C = \frac{W + Q_0 C_0}{Q_0} \exp(-k \frac{x}{86400u})$$

式中, C(x)—Xm 处水体污染物浓度值, mg/L; k—水质降解系数, 1/d; u—流速, m/s; 根据设计水文条件确定。x—污染源与计算断面纵向距离, m; W—概化排污口排污量, t; C0—边界水质浓度值, mg/L; Q0—河流流量, m³/s, Q0=Bhu, B 为河宽, h 为河道平均深度, 根据设计水文条件确定。

第三, 污染负荷分配。根据污染负荷分配的原则, 根据各控制单元的具体情况采用三层分配体系, 逐步对水环境容量进行分配。

本研究在现状排污量的基础上, 添加环境、经济、社会等各个方面的影响因素, 兼顾公平和效益的原则, 对水环境容量进行分配。在三层的分配体系中, 各层各类的分配方法是类似的, 可以归结为如下:

假设在某一层, 需要将污染削减量分配到 n 个方面, 影响分配的因素有 m 个, 第 i 个因素对分配结果的影响程度为 ai, 其中

$$\sum_{i=1}^m a_i = 1 \quad (1)$$

第 i 个因素在第 j 个方面可以量化或货币化的实际值为 Bij, 则第 j 个方面污染削减量的分配比例 ej 可以通过以下计算得到, 首先计算 bij, 有以下两种方法:

$$b_{ij} = \frac{B_{ij}}{B_{ij0}} \quad (2)$$

$$b_{ij} = \frac{B_{ij}}{\sum_{j=1}^n B_{ij}} \quad (3)$$

在这一步中, 根据考虑因素的具体情况, 若其平均值 Bij0 有据可查 (如行业平均经济产值之类), 则采用公式 (2); 若难以查定, 则采用公式 (3), 分母是对分配涉及的所有对象进行求和, 但是在同一层中, 公式的采用应当统一。本课题计算采用公式 (3)。

$$E_j = \sum_{i=1}^m a_i b_{ij} \quad (4)$$

$$e_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n E_j} \quad (5)$$

上述方法的关键在于影响因素的选择,以及各因素影响程度 a_i 的确定。其中 a_i 的确定可以通过德尔菲法、模糊层次分析法等。本课题分配采用德尔菲法。

在示范区各乡镇污染负荷核算的基础上,根据点源与非点源污染负荷的排放特征,利用污染负荷分配技术实现了污染负荷的空间和时间分配,得到示范区各控制单元逐月污染负荷分配结果。

四、技术创新点

太湖流域水质目标管理技术体系的创新点体现在以下两个方面。

第一,在示范区开展了基于控制单元的“双控”水环境容量计算。建立控制单元河道水环境容量模型,计算得出控制单元容量总量控制条件下的水环境容量;建立控制单元内水体与概化排污口的水质响应关系,计算控制单元控制断面达标条件下的水环境容量。比较两者,采用较小值作为该控制单元“双控”条件下的水环境容量值。

第二,最大污染负荷三层分配技术。最大污染负荷分配方法体系的构建,是基于层次分析法、专家评分法、等比例分配法和排污绩效法等多种分配方法的综合运用,提出了基于控制单元的经济产值、现状排污量、万元产值排污量、与敏感生态保护区距离、吨污染物削减成本等指标为依据的江苏太湖流域三层最大污染负荷分配体系,将基于环境容量的最大污染负荷分配到控制单元的工业点源及种植、生活、养殖等面源。

五、技术来源及知识产权概况

消化吸收/优化集成

六、实际应用案例

应用单位:常州市环境保护局、宜兴市环境保护局、湖州市环境保护局

实际应用案例介绍:

在该技术体系框架的指导下,完成了太湖流域示范区 31 个控制单元(其中常州市 13 个、宜兴市 6 个、湖州市 12 个)的保护功能定位、水质目标确定、环境容量计算、污染负荷核算、污染负荷分配和削减方案制定,并集成开发了太湖流域水质目标管理系统,且在示范区常州市、宜兴市和湖州市环保部门进行了初步的业务化运行,取得了良好的经济效益。该技术体系框架的提出将有助于实现太湖流域水环境保护目标应由水环境质量改善向水生态系统健康转变,水环境管理模式应由行政区管理向控制单元管理转变,水污染控制技术应由目标总量控制向容量总量控制转变,同时对于类似地区的流域水环境管理提供了理论支持和方法指导。课题在示范区开展了太湖流域 TMML 技术培训,对其进行了详细介绍,为地方行政管理部门应用这种新型水质目标管理技术提供了人员和技术支撑准备。

太湖流域 TMML 技术符合示范区水环境管理的发展方向,为示范区水环境管理的科学化和信息化提供了有力的技术支撑。课题在应用示范过程中,得到了示范区环境管理、农林、水利、建设等相关部门的大力支持与高度认可,受到了电视、广播、报纸、杂志等媒体的广泛关注与持续报道。

联系单位:常州市环境保护局、宜兴市环境保护局、湖州市环境保护局

联系人:李达、史伟成、沈吉

联系电话:0519-85682760、0510-87998044、0572-2666132

E-mail: cz_ld@163.com、1134789@qq.com、876952673@qq.com

地 址:常州市新北区龙城大道1280号、宜兴市宜城街道荆溪南路35号、湖州市长兴路128号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:中国科学院地理科学与资源研究所

联系人:闵庆文

电 话：010-64889007
E-mail: minqw@igsnrr.ac.cn
地 址：北京市朝阳区大屯路甲 11 号

20、污染防治最佳可行技术评估程序与方法

技术依托单位：北京国环清华环境工程设计研究院有限公司、清华大学、中国环境科学学会

技术发展阶段：示范技术

适用范围：污染防治最佳可行技术筛选与评估

主要技术指标和参数：

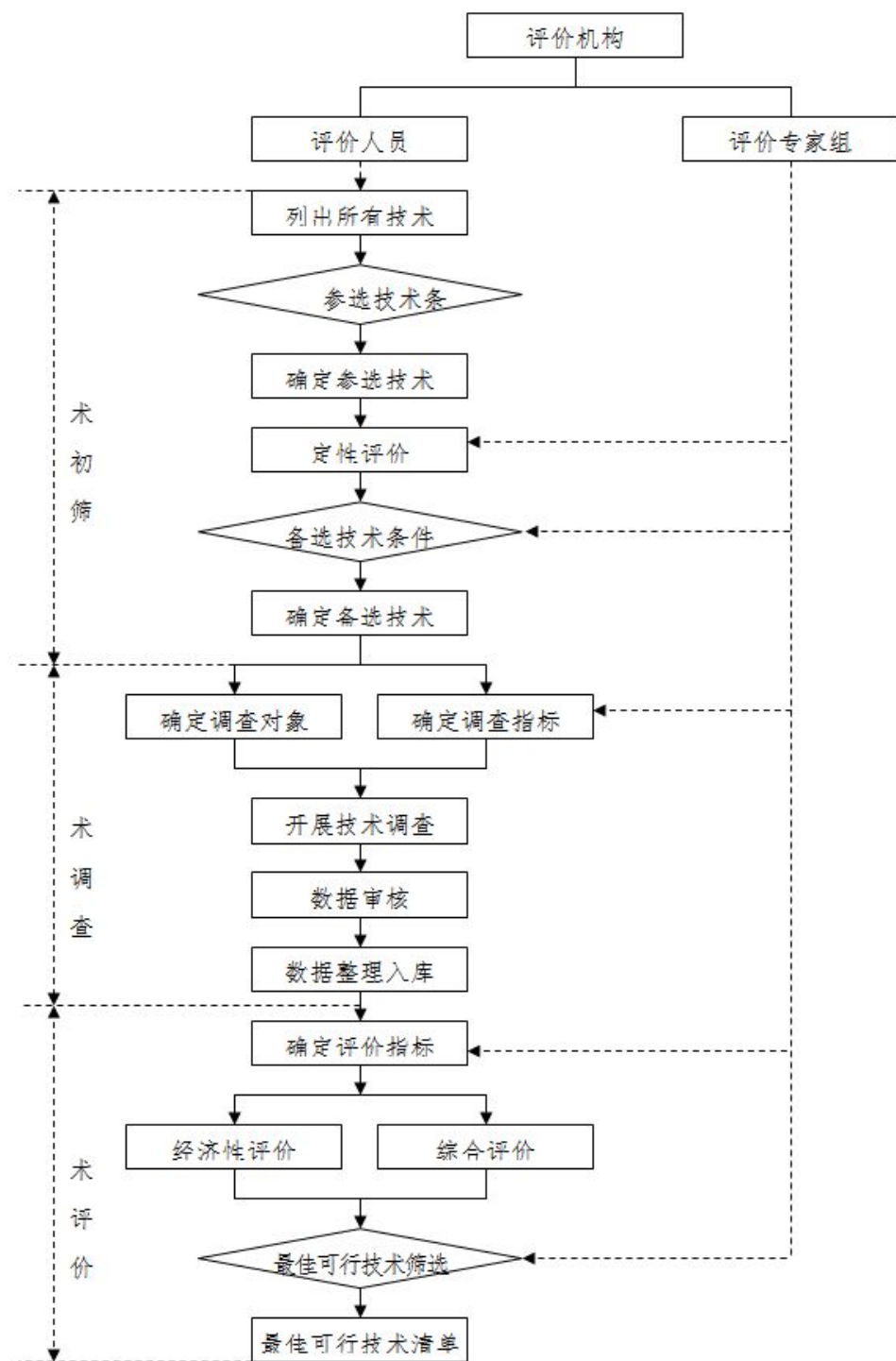
一、基本原理

最佳可行技术指南文件的编制工作基本按照《污染防治最佳可行技术制修订管理办法》（试行）文件中要求的程序进行，而最佳可行技术的评估主要以技术的调研数据为依据进行简单专家评估而得出，缺乏科学的评估过程；并且调研过程中，数据主要以企业提供为主，难以保证技术数据的真实性和全面性。因此，评估筛选出的最佳可行技术的科学性不足。考虑到同一行业的污染防治技术数量较多，并且往往差异性较大，设计将污染防治最佳可行技术评价工作分为三个阶段：技术初筛阶段、技术调查阶段、技术评价阶段。

技术初筛阶段主要采用专家咨询法（即基于专家经验判断的定性评价方法），对参选技术进行初步筛选，确定备选技术。本阶段工作内容主要包括：列出所有技术、确定参选技术、成立评价专家组、确定备选技术等工作环节。技术调查阶段主要采取书面调查与现场调查相结合的方法，获得技术评价工作所需的技术数据。本阶段工作内容主要包括：确定调查对象和指标、开展技术调查、数据审核补充、数据整理入库等工作环节。技术评价阶段主要利用技术调查数据，通过科学的评估方法和经济性分析等手段，对备选技术进行定量评价，经过比较和筛选确定最佳可行技术。本阶段工作内容主要包括：确定评价指标、经济性分析、综合评价、确定最佳可行技术等工作环节。

二、工艺流程

污染防治最佳可行技术指南评价程序见图所示。



污染防治最佳可行技术指南评价程序

评估过程中,可以根据实际情况和最佳可行技术评估工作进展情况,合理选择评价机构。评价机构是由环境主管部门指定或委托机构选定的第三方有资质的评价单位,现阶段是指各污染防治最佳可行技术指南编制单位。评价机构负责按规定程序组织完成整个评价工作。技术评价人员是指负责某行业或重点污染源污染防治最佳可行技术评价工作开展的技术人员,通常是来自指南编制单位。技术评价人员的能力、经验和专业知识结构应能满足技术评价工作的需要,并遵守回避原则。评价机构和技术评价人员必须符合和遵守《科技评估规范》、

《科技评估管理暂行办法》、《国家环境保护技术评价与示范管理办法》中的相关要求。

三、关键技术

1、技术初筛阶段

(1) 确定参选技术

评价机构在对被评价技术背景资料全面了解的基础上,列出该行业或重点污染源当前实际应用的所有技术,形成所有技术清单,并按照过程控制技术和污染治理技术进行分类。评价机构对所有技术进行初步筛选,确定参选技术。参选技术应满足以下要求:

- ①在国内有实际应用工程实例,且能稳定运行;
- ②符合国家相关产业政策;
- ③符合行业清洁生产要求或清洁生产标准。

(2) 成立评价专家组

根据被评价技术所属类型成立相应的评价专家组,即过程控制技术评价专家组或污染治理技术评价专家组。过程控制技术评价专家组以生产工艺专家和行业管理专家为主;污染治理技术评价专家组以环保技术专家和环境管理专家为主。必要时过程控制技术评价专家组和污染治理技术评价专家组中的成员可以有交叉。评价专家组专家人数应不少于9人。

(3) 确定备选技术

备选技术确定过程是按照规定的工作流程,采用基于专家经验判断的定性评价方法,从参选技术中筛选出备选技术。定性评价方法参照专家咨询法(Delphi法),依据系统的程序,采用匿名发表意见的方式,即专家之间不得互相交流和讨论,只能与调查人员联系,通过多轮次调查专家对问卷所提问题的看法,经过反复征询、归纳、修改,最后汇总成专家基本一致的看法,作为预测的结果。这种方法具有广泛的代表性,较为可靠。备选技术确定的工作流程如下:

- ①根据被评价技术特点,确定定性评价指标。
- ②列出定性评价指标表,征询专家意见,必要时根据专家意见对定性评价指标进行适当调整。
- ③制作定性评价专家评分表,发给评价专家,由各评价专家独立打分。1~5不同的分值分别代表很差、较差、一般、较好、很好。
- ④对专家评分进行统计,如果存在较大歧异,则将统计结果反馈给评价专家,由专家重新打分。必要时重复本步骤。

根据专家打分统计结果,达到一般水平(该技术总得分 $\geq 3 \times$ 专家人数 $\times$ 评价指标个数)的参选技术即定为备选技术,形成备选技术清单。当某行业或重点污染源的备选技术数量低于5(含)种时,则备选技术即定为该行业或重点污染源的最佳可行技术。

2、技术调查阶段

(1) 调查方式分类

调查方式分为书面调查和现场调查两种。书面调查是以发调查表的形式对技术应用单位进行调查。现场调查是以实地考察的形式对技术应用单位进行调查。

(2) 确定调查对象

根据备选技术清单,选择代表不同规模、技术类别、应用时间、区域环境、用户管理水平行业里面有代表性的工程项目,确定被调查单位名单。调查数量应满足以下要求:

- ①书面调查:总数原则上应不少于行业内企业数量的20%;如果行业结构过于分散、中小规模企业数量众多,则调查对象的生产能力合计应不少于行业总产能的50%。
- ②现场调查:每种备选技术,调查单位数量不少于3家。

(3) 确定调查指标

①根据被评价技术特点，确定技术调查指标。技术调查指标主要包括资源和能源消耗、污染物排放、经济成本、技术可靠性四类，过程控制技术调查通常涵盖全部指标，污染治理技术调查则通常侧重后三类。不同类型技术在调查指标设计过程中需征求相应评价专家组的意见。

②根据已确定的技术调查指标，制作针对技术应用企业的调查表。因调查方式和内容不同，书面调查表和现场调查表在表格的设计上也有所差别。

（4）开展技术调查

①书面调查：评价人员制作调查表，发往被调查技术应用单位，并责成其填报后返回。被调查单位应如实填写采用此类技术的设备运行情况及相关参数，对不能填写的项目要说明理由；调查表填好后返还给评价机构。

②现场调查：评价人员到被调查技术应用单位，实地考察设备运行情况，收集相关技术资料 and 运行参数；必要时选择有代表性的工程项目进行检测；将收集、记录、实测等方式得到的数据填入调查表中。

③在技术调查过程中应注意问题：确保调查数据的真实、可靠；调查过程中若发现问题应及时调整；现场调查一定要对技术应用企业进行实地考察，收集尽量详细的资料和信息。

（5）数据审核补充

对调查数据进行审核、分析、总结，如果发现某些关键数据信息缺乏、不符合要求或难以确定其置信度，则需要进一步核实或补充调查。

（6）数据整理入库

对调查数据进行整理，录入环境保护行政主管部门指定的技术管理信息库，并与污染防治最佳可行技术指南一起交环境保护行政主管部门留存。

3、技术评价阶段

（1）确定评价指标

根据技术调查指标及调查结果，确定技术评价指标。在确定评价指标过程中需征求相应评价专家组的意见。

（2）经济性分析

用经济性评价方法对备选技术进行定量经济性评价，成本效益分析是通过计算技术的年度总成本和年度环境收益，得到该技术的收益率，计算公式如下：

$$\text{收益率} = \text{年度环境收益} / \text{年度总成本}$$

在计算出各备选技术的收益率后，求得平均值，作为备选技术经济性评价的平均水平。经济评估的方法会以后面的章节详细介绍。

（3）综合评价

①综合评价过程是根据确定的评价指标，选择适宜的综合评价方法，运用技术调查数据，对被评价技术进行定量综合评价。

②综合评价过程中可采用专家咨询法、层次分析法、主成分分析法、属性层次模型等计算方法确定指标权重，本通则推荐使用属性层次模型。评价方法以后面的章节进行了案例分析。

③确定指标权重应遵循自上而下的原则，即先确定一级评价指标权重，再确定二级评价指标权重，依此类推。

④各一级评价指标权重之和为1；某一级评价指标权重等于其从属的各二级评价指标权重之和；某二级评价指标权重等于其从属的各三级评价指标权重之和；依此类推。

⑤综合评价过程中可采用层次分析法、模糊综合评判法、主成分分析法、属性综合评价模型等计算方法进行综合评价计算，本通则推荐使用属性综合评价模型。

⑥综合评价计算应遵循自下而上的原则，即先确定最底层评价指标的评价分值，逐级加

和计算，得到上一级评价指标的评价分值，最终得到被评价技术的综合评价分值。

⑦依计算得到的综合评价分值大小，对备选技术排序。

(4) 确定最佳可行技术

①评价人员根据被评价技术的实际情况、经济性分析和综合评价的定量评价结果，制定污染防治最佳可行技术筛选原则，可参考原则：经济性评价达到平均水平以上的技术；综合评价结果排名在前50%（含）的技术。

②评估计算所确定的最佳可行技术应再次征求专家意见，形成最终的最佳可行技术清单。

③列出污染防治最佳可行技术清单，并对每项技术的适用条件、环境效果、经济性等进行必要的描述。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：清华大学

联系人：高志永

电 话：010-62789411

E-mail: gaozhiyong5928@163.com

地 址：清华大学环境节能楼 环境学院913室

21、印刷线路板、化工涂料、制革（轻工）行业微量有毒有害污染物单元处理技术及集成技术评估

技术依托单位：华南理工大学

技术发展阶段：示范技术

适用范围：轻工行业清洁生产和末端污染治理技术评估筛选

主要技术指标和参数

一、技术背景

为克服综合评价指数法和百分制的缺陷，使最后的结论是各指标综合作用的结果，本课题采用了多指标的模糊综合评判法+层次分析法，综合考虑经济、社会、环境、性能等多方面的影响因素，用系统的、科学的、定量指标判断与综合定性分析相结合的方法，对特定对象所进行的系统分析，从而得到最佳可行技术。通过衡量各条件的权重和每个技术满足条件的程度，可以使企业了解自身的特征工艺和工艺技术性能、社会经济效益、运行操作性能、资源能源消耗、环境污染控制等情况，鼓励处于不同层次的企业提高污染防治水平，从而提高企业自身的清洁生产潜力和末端治理能力。

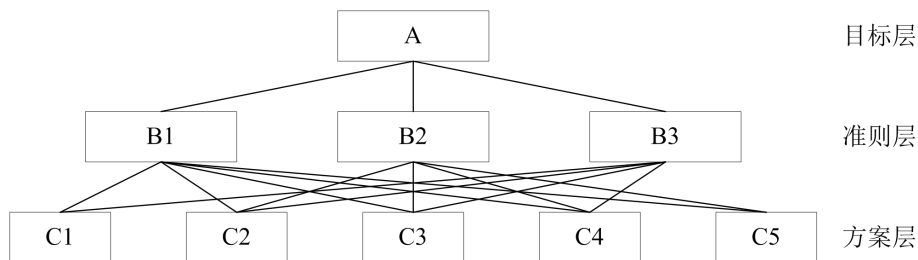
二、技术内容

该关键技术包括两部分内容：以“模糊综合评判法+层次分析法”为核心的技术评估方法以及技术评估指标体系的建立

(1) “模糊综合评判法+层次分析法”技术评估方法原理：

1) 构造层次分析结构

首先将要分析的问题条理化、层次化，然后据此构造层次分析结构的模型。一般层次分析模型分为目标层、准则层、方案层三层。



为解决传统层次分析法中所存在的问题，模糊层次分析法引入模糊一致矩阵，无需再进行一致性检验。

2) 建立优先关系矩阵

针对准则 B_k ($k=1, 2, 3$)，两个元素 C_i 、 C_j 哪个更重要，根据重要性大小采用0.1-0.9标度赋予一定数值，建立优先判断矩阵 $C = (c_{ij})_{n \times n}$ 。

B_k	C_1	C_2	$\cdots$	C_n
C_1	C_{11}	C_{12}	$\cdots$	C_{1n}
C_2	C_{21}	C_{22}	$\cdots$	C_{2n}
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
C_n	C_{n1}	C_{n2}	$\cdots$	C_{nn}

3) 转化为模糊一致矩阵

将优先关系矩阵转化为模糊一致矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$ 。

$$r_{ij} = (r_i - r_j) / 2n + 0.5, \text{ 其中 } r_i = \sum_{j=1}^n f_{ij}, i=1, 2, \cdots, n。$$

4) 层次单排序

用方根法计算排序向量 $W^{(0)}$ ，即某层次因素相对于上一层中某个因素的相对重要性，这种排序为层次单排序。

$$W^{(0)} = \left[\frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{1j}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}}, \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{2j}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}}, \cdots, \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{nj}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}} \right]^T$$

5) 层次总排序

层次总排序为最低层因素相对于最高层的相对重要性或相对优劣的排序值。

6) 决策

根据层次总排序进行决策。

7) 模糊数学

在模糊集合中，给定范围内元素对它的隶属关系不一定只有“是”或“否”两种情况，而是用介于0和1之间的实数来表示隶属程度，还存在中间过渡状态。当隶属于0和1之间值时，就

是模糊集合。

在对三个典型轻工行业实地调查的基础上，利用德尔菲法，根据研究专家的意见，得出行业最佳可行技术评价指标体系B层因素和C层因素的同一层次之间，依照规定的标度定量化后的两两判断矩阵进行标度评判，以1-9数字表示相对重要性。然后计算出各判断矩阵的最大特征根及特征向量，以确定各相邻两层之间的、体现各因素相对重要性的优先级权重，进行层次单排序、层次总排序，并进行判断矩阵一致性检验。

(2) 具体计算步骤如下：

1) 专家组对各个因素的重要性按 1-9 比率标度表进行标度评判，通过专家咨询，分别考查 B 层因素和 C 层因素的相对重要性，得出 A-B、B-C 重要性判断矩阵。

$$B = (b_{ij})_{n \times n} \quad (i, j=1, 2, \dots, n)$$

b_{ij} 表示因素 i 比因素 j 相对上一层次某属性相比较的重要性， n 为矩阵的阶数。

表 1 判断矩阵标度及其含义

标度	含义
1	表示因素 b_i 与 b_j 比较，具有同等重要性
3	表示因素 b_i 与 b_j 比较，具有稍微重要性
5	表示因素 b_i 与 b_j 比较，具有明显重要性
7	表示因素 b_i 与 b_j 比较，具有强烈重要性
9	表示因素 b_i 与 b_j 比较，具有极端重要性
2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8, 分别表示相邻判断 1, 3, 5, 7, 9 的中值
倒数	表示因素比较得判断 b_{ij} ，则 b_j 与 b_i 比较得判断 $b_{ji}=1/b_{ij}$

2) 计算判断矩阵每一行元素的乘积 M_i

$$M_i = \prod_{j=1}^n b_{ij}$$

3) 计算 M_i 的 n 次方根 $\overline{W}_i$

$$\overline{W}_i = \sqrt[n]{M_i}$$

4) 对向量 $W=[W_1, W_2, \dots, W_n]^T$ 正规化，即：

$$\overline{W}_i = \frac{\overline{W}_i}{\sum_{j=1}^n \overline{W}_j}$$

则 $W=[W_1, W_2, \dots, W_n]^T$ ，即为所求的特征向量，也就是同层次相应因素对于上一层次某因素相对重要性的排序权值。

5) 计算判断矩阵的最大特征根 λ_{max}

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{nW_i}$$

6) 计算判断矩阵一致性检验系数 CI

$$CI = \left(\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \right)$$

7) 计算判断矩阵一致性检验系数 CR ，判断其一致性

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

其中 RI 为平均随机一致性指标, 当 $CR < 0.1$ 时, 认为判断矩阵的一致性是可以接受的; $CR > 0.1$ 时, 认为判断矩阵不符合一致性要求, 需要对该判断矩阵进行重新修正。

8) 层次总排序

计算同一层次所有因素对于最高层 (总目标) 相对重要性的排序权值。

层次总排序的一致性检验, 根据公式:

$$CR = \frac{\sum_{j=1}^m a_j CI_j}{\sum_{j=1}^m a_j RI_j}$$

计算得 CR 值, 根据计算出的 CR 值判定层次总排序结果是否具有满意的一致性, 总排序的权重值是否满足科学性的要求。

9) 模糊数学判定

①采用隶属度函数建立规范化评价矩阵

从三个行业所有的最佳可行技术中选取十种以上的废水处理技术, 制作包含处理技术和指标体系的评价表。

在因素论域 $U = (U_1, U_2, \dots, U_p)$ (即评价指标) 基础上, 建立评语等级集

$V = (V_1, V_2, \dots, V_n)$, 确定标准隶属度集 $J = (J_1, J_2, \dots, J_m)$ 。

其中: V_j ($j=1, 2, \dots, n$) 是评价等级标准, n 为评语等级数。一般情况下, 评语等级数取[3, 7]中的整数, 如果取的过大, 那么语言难以描述且不易判断等级归属; 如果取的过小不符合模糊综合评判的质量要求

对于定性指标, 聘请相关领域的专家就处理技术在某些方面的指标进行定性评价, 最终获得行业最佳可行技术在各个指标下的优先度以及在指标体系下总的优先度。建立评语集对各指标因素进行评判, 优先度用 5 种尺度来衡量, 分别为很好、好、中等、差、很差, 用数字[1, 9]中的整数, 对 5 种尺度进行量化后, 将量化结果作为得到评判矩阵。

对于定量指标, 通过在对行业实地调查的基础上, 给出待评方案中各指标的评价值, 采用半阶梯分布函数作为它们的隶属度。

评价指标按属性通常分为效益型、成本型和固定型三类。效益型指标是指评价价值越大越好的指标, 成本型指标是指评价价值越小越好的指标, 固定型指标则是指评价价值越接近某一固定值越好的指标。设 O_1 、 O_2 、 O_3 分别为成本型指标、效益型指标、固定型指标的下标集, 则 $O_1 \cup O_2 \cup O_3 = \{1, 2, \dots, m\}$, 且 $O_s \cap O_t = \emptyset$ ($s \neq t$, $s, t=1, 2, 3$)。

待评方案的评价值必须满足:

成本型指标 I_j , 有 $u_j \leq a_{ij}$;

效益型指标 I_j , 有 $u_j \geq a_{ij}$;

固定型指标 I_j , $u_j = a_j$, 其中 a_j 是固定型指标 I_j 的理想值。

做如下的规范化工作:

$$r_{ij} = \frac{a_j^{\max} - a_{ij}}{a_j^{\max} - u_j}, \quad i=1, 2, \dots, n+1; j \in O_1$$

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - a_j^{\min}}{u_j - a_j^{\min}}, \quad i=1, 2, \dots, n+1; j \in O_2$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{|a_{ij} - u_j|}{\max_i |a_{ij} - u_j|}, \quad i=1, 2, \dots, n+1; j \in O_3$$

$a_{\min j} = \min\{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}\}$, $a_{\max j} = \max\{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}\}$ 分别表示评价指标 I_j 的最小值和最大值。记评价矩阵 A 规范化后的矩阵为 $R=[r_{ij}]_{n \times m}$ 。

②根据以上隶属函数进行计算评价因素 i 隶属于评价等级 j 的隶属度 R_{ij} , 生成因素集与评语集之间的模糊关系矩阵 R 。

根据权重和模糊评判矩阵计算得到综合评价向量; 根据隶属度最大原则进行模糊综合评价, 得出结果。

模糊综合评价计算的确定方法如下:

利用 $B=A \circ R$ 模型计算 (A 为权重向量, $\circ$ 为合成算子), 对 $B=(b_1, b_2, \dots, b_m)$ 向量进行加权平均得总评分。

其公式为

$$G = \frac{\sum_{i=1}^m b_i J_i}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

式中 G 为最终指标得分, 比较各种工艺的评价结果, 通过专家系统进一步验证, 选出最佳可行技术。

(2) 技术评价指标体系的构建

本项目在基于上述方法的基础上建立了一套三级叠加、逐层递归、相对完备的技术评价指标体系, 主要包括: 总目标层、准则层、评价指标层。

总目标层即轻工行业污染防治最佳可行技术的综合评价。二级评价指标是具有普遍性、概括性的指标。它们是工艺技术性能指标、社会经济效益指标 (投资运行费用指标、运行操作性能指标)、资源能源消耗指标、环境污染控制指标。三级评价指标是在二级评价指标之下, 选取代表各子行业生产过程和污染防治特点的、具体的、可操作的、可验证的若干指标。

本评价指标体系可分为定量评价和定性要求两大部分。

定量评价指标选取了有代表性的、能反映“节能”、“降耗”、“减污”和“增效”等有关最终目标的指标, 建立评价模式, 通过对各项指标的实际达到值、评价基准值和指标的权重值进行计算和评分, 综合考评最佳可行技术。

对于可量化的指标, 给出指标限值可采用如下两种方式: 由专家组讨论后给出; 参考技术库中的数据、污染物排放标准等给出。由技术库中数据自动给出的方法如下: 根据环境技术数据库中数据, 查出该指标的最高值以及最低值。

定性评价指标主要根据国家有关推行清洁生产的产业发展和技术进步政策、资源环境保护政策规定以及行业发展规划选取, 用于定性考核企业对有关政策法规的符合性以及其清洁生产工作的实施情况。采用由专家组给出约束条件的方式, 通常采用一些具有模糊意义的表达, 例如用很好、好、一般、差、很差。

三、关键技术

以“模糊综合评判法+层次分析法”为核心的技术评估方法以及技术评估指标体系的建立

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：华南理工大学

联系人：陈元彩

电 话：13672458060

E-mail: chenyc@scut.edu.cn

地 址：广东省广州市天河区五山路381号

22、基于计量经济模型、投入产出模型的中长期水环境宏观形势预测技术方法

技术依托单位：环境保护部环境规划院

技术发展阶段：推广应用

适用范围：全国、流域

主要技术指标和参数：

一、基本原理

通过开展国家中长期水环境管理战略情景分析，构建基于计量经济方法与投入产出分析相结合的联立求解模型系统，对国家的社会—经济—水资源—水环境系统进行预测，分析国家中长期宏观经济的用水需求和水环境形势，揭示社会经济发展和水环境需求之间的内在联系，为国家水环境形势预测提供科学、持续的动态工具，为国家、流域和地区水环境管理、规划和相关决策提供有效支撑。

二、预测流程

1、开发国家中长期经济与水环境综合预测系统，主要包括经济预测子系统、环境预测子系统等部分，建立社会经济发展预测、水资源和环境污染产生预测、水环境污染物排放预测、治理投资和运行费用等模型。在国家中长期经济与水环境综合预测系统中，社会经济活动起着主导作用，经济总量、结构、增长速度和产业布局对水环境有着决定性的影响，生产、消费行为既对水环境产生压力，同时也提供了水污染治理和保护水环境的能力。未来对水环境的需求将主要来自于社会经济领域，而对水环境的改善也依赖于经济结构、生产和消费结构的调整来实现。可以说，社会经济活动的规模和范围决定着未来水环境状态。因此，通过计量经济模型建立社会经济活动与水环境状态之间的联系，并通过对未来社会经济活动规模、速度和范围的预测，进而预测与之相关联的水环境的变化和态势。

2、采用自上而下分解、自下而上案例验证、参数指标逐步调整的思路，建立国家-流域-地区中长期经济与水环境综合预测系统。即先提出国家预测结果分解到流域和地区的方法，根据流域和地区水环境预测关键指标以及基于部门的国家宏观预测结果，将国家预测结果分解到31个省级地区和10大流域；然后，选取典型流域（松花江）和典型省份（辽宁省）利用自下而上的方法进行案例流域（地区）的经济与水环境预测，其预测方法同国家中长期经济与水环境的预测思路；最后，通过两种方法预测结果的比较，对分解方法和指标进行修正，构建国家-流域-地区中长期水环境预测耦合模型以及国家-流域-地区中长期经济与水环境综合预测系统。

3、利用国家-流域-地区中长期经济与水环境综合预测系统和基于行业的国家宏观经济和水环境预测结果，开展国家以及10大流域和31个省级行政区的经济发展和水环境形势预测

分析。预测的基本过程是：首先，利用投入产出模型和经济分析和人口预测分析子系统预测2010-2030年我国宏观社会经济以及人口和城镇化发展趋势，包括相关产品产量、行业产出、城镇化率和人口增长率等，得到预测目标年的经济和人口总量，这部分预测研究属于社会经济子系统的内部运行规律。其次，利用水资源消耗预测模型预测未来需水量，即根据经济部门的经济增长和用水系数，对各经济部门的用水量、新鲜水量、重复用水量进行预测，根据未来城市和农村人口增长和城市、农村生活用水系数，对城市 and 农村生活用水量进行预测；根据畜禽和水产品产量以及灌溉耕地和单位灌溉面积用水量的变化情况，对农业生产用水量进行预测，同时估算生态用水量。然后，利用水环境污染预测模型分别预测农业、工业和第三产业的废水和污染物产生量，并根据既定的污染削减情景方案完成废水和污染物排放量的预测；第四，利用水污染治理预测模型预测不同情景方案下的治理投资和运行费用需求；最后，开展国家中长期水环境形势模拟预测综合分析。

4、建立环境经济分析系统，开展水污染治理对社会-经济的影响研究。环境经济分析系统是国家中长期经济与水环境综合预测系统的子系统之一，是经济预测子系统 and 环境预测子系统的中间纽带。课题采用环境经济投入产出模型和可计算的一般均衡模型（CGE），利用情景和政策模拟的方法对水污染治理的社会经济影响进行定量研究。

三、关键技术

基于计量经济模型、投入产出模型的中长期水环境宏观形势预测技术方法，主要包括经济预测模型、水资源消耗预测模型、废水和污染物排放预测模型、水环境污染治理投资预测模型、国家-区域的经济与水环境预测分解方法、水环境治理对社会经济发展影响的模拟方法等方面。具体如下：

经济预测模型。（1）基本思路：通过集成计量经济模型、扩展线性支出系统、环境投入产出模型构建经济预测模型。首先，利用计量经济模型预测我国经济增长、投资、消费、净出口、就业、财政、收入等；其次，通过扩展线性支出系统研究我国的最终需求结构，包括消费结构、非污染治理投资结构、污染治理投资结构和进出口结构等；最后，通过环境投入产出模型，将上述预测的各种产出和需求与其污染物排放量整合，实现国家层面上的财政收入分配、非污染治理投资、污染治理投资、消费、进出口等的均衡。（2）预测的主要指标：GDP、人口（农村、城镇）、城镇化率、各行业增加值。（3）预测模型的关键技术：全要素生产率的确定、计量经济联立方程的建立和完善、投入产出模型的构建（包括投入产出表的整合、投入产出直接消耗系数的计算等）。

水资源消耗预测模型。（1）预测指标：用水量、新鲜水取水量、重复用水率；（2）用水量预测思路与方法：1）农业用水量预测。农业用水包括种植业和畜禽养殖业两部分，其中，种植业用水量，根据有效灌溉面积和单位面积灌溉用水量测算，并利用灌溉用水量占农业总用水量的比例测算农业总用水量；2）工业用水量预测。工业用水量利用各行业增加值和各行业的单位增加值用水量测算（分新鲜水取水量和重复用水量两个指标预测）；3）生活用水量预测。生活用水包括城镇居民和农村居民生活用水两部分，分别按城镇居民、农村居民人口数和城镇居民、农村居民生活用水系数测算；4）生态用水量的预测。根据生态用水量占其他3类主要用水量的比例估算生态用水量。

废水和污染物预测模型。（1）预测指标：废水、COD、氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）、总氮（TN）、总磷（TP）等的产生量和排放量。（2）预测情景：污染物的排放分两种情景进行预测：一是考虑客观发展目标，即低废水处理率和污染物削减率，按照当前的排放趋势进行预测；二是在结合产业用水结构的调整以及污染物的环境承载力等各种因素的基础上，考虑政策的调控作用所提出的主观控制目标，即高废水处理率和污染物削减率的控制目标。

水环境污染治理投资预测模型。水污染治理投入包括治理投资和运行费用两部分，其中治理投资采用新增设计处理能力乘以单位废水治理投资系数进行预测，运行费用采用废水实

际处理量乘以单位废水运行费用系数进行预测。

国家-区域的经济与水环境预测分解方法。在对中国未来中长期发展以及对水资源需求和水环境预测的基础上,探讨将国家层面的中长期经济与水环境综合预测结果分解到省级层面的方法。把全国各种经济、人口指标以及水资源需求量和水环境污染物产生量、排放量预测的结果分解到各省,对各省、市、自治区各种经济指标和水环境污染物进行预测。具体采用自上而下分解、自下而上案例验证、参数指标逐步调整的思路。在实际计算时,采用权重分解法,进行经济和水环境预测值由国家尺度向省级尺度的分解。其中,经济指标采取不同地区参数调整法,用水量分解采用熵值法,污染物排放量预测采用均方差法。

水环境治理对社会经济发展影响的模拟方法。根据环境经济投入产出模型和投资乘数加速数原理,研究不同区域水污染治理投资和运行费用支出对经济产出和结构的影响,为污染控制目标的合理确定提供依据。同时,构建水污染治理措施的可计算一般均衡模型(CGE),定量分析水污染治理措施(排污费、排放许可交易等)对宏观经济、重点工业行业、居民福利、收入、就业、进出口贸易等的影响,提出水污染治理优化经济增长的科学途径。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

五:实际应用案例:

应用单位:环境保护部环境规划院

实际应用案例介绍:

课题开发了国家-流域-地区中长期经济与水环境综合预测系统,设计不同的中长期情景方案,在国家层面(分解到31省、10大流域)、典型流域(松花江)和典型区域(辽宁省),分别开展了经济社会发展、水资源需求、水污染产生压力、水污染减排情景、水污染排放压力、水污染治理支出的趋势预测,为国家、流域和地区水环境管理、规划和相关决策提供有效支撑。该项研究成果对于揭示社会经济发展和水环境需求之间的内在联系、预测国家、地区和流域的中长期水环境形势、开展国家、地区和流域水环境规划、构建国家和地区、流域水环境管理体系具有指导意义,建议下一步进行推广应用。

联系单位:环境保护部环境规划院

联系人:徐敏

电 话:84947993

E-mail: xumin@caep.org.cn

地 址:北京市安外大羊坊10号,北科创业大厦306

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:环境保护部环境规划院

联系人:徐敏

电 话:84947993

E-mail: xumin@caep.org.cn

地 址:北京市安外大羊坊10号,北科创业大厦306

23、水污染防治政策的社会经济影响分析技术

技术依托单位:中国水利水电科学研究院,华中农业大学

技术发展阶段:示范技术

适用范围:水污染防治政策的社会经济影响评估

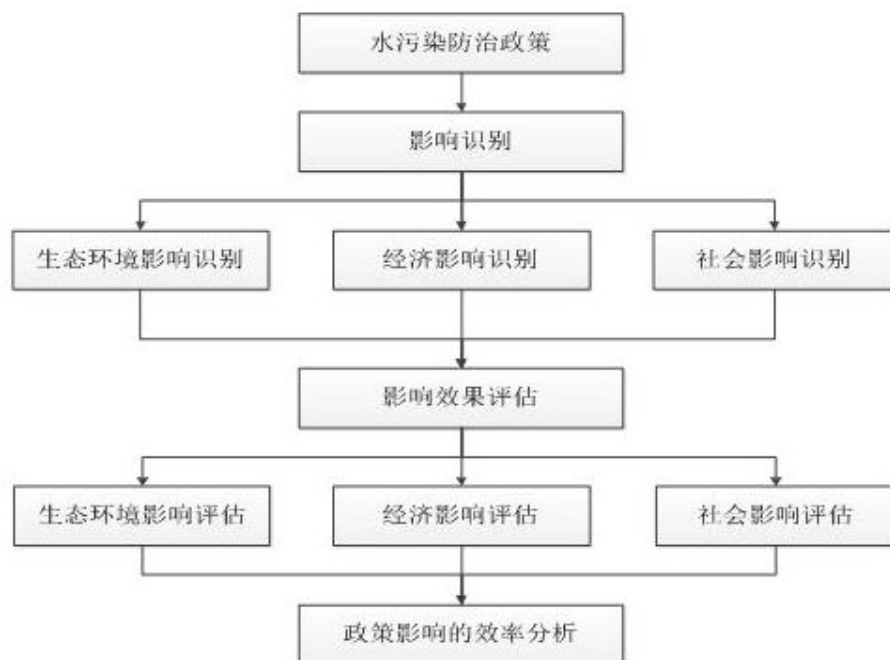
主要技术指标和参数:

一、基本原理

水污染防治政策的社会经济影响分析内容为影响要素分析和影响程度分析,其分析步骤可为影响识别、效果评估和效率分析。影响识别指对水污染防治政策的社会经济影响指标化或定性描述的过程,效果评估则是对识别出的影响要素受影响的程度进行评价的过程,效率分析则是在效果评估的基础上,加入对水污染防治政策的投入的考虑,对水污染防治政策作投入产出分析。

二、工艺流程

以水污染防治政策为对象,以其实施前后社会经济要素的变化为核心,基于水污染防治政策实施的目标、过程和影响,从识别问题、确定评估目标、展开定性和定量分析等步骤,构建水污染防治政策的社会经济影响分析方法体系框架。该方法体系框架包括三个子模型:一是基于定性和半定量分析,识别水污染防治政策的影响的子模块;二是基于水污染防治政策影响的定性或半定量识别结果,进行量化分析的影响效果评估模块;三是基于水污染防治目标及影响效果,进行政策影响的改进分析的效率分析模块。三个子模块在逻辑上组成有机整体。



水污染防治政策社会经济影响分析方法框架

(1) 影响识别主要指对水污染防治政策的社会经济影响指标化或定性描述的过程,其影响识别结果应体现出与水污染防治政策较强的因果关系。按影响识别的基本流程,以及影响识别各环节的主要任务,方法库包括定性和半定量两大类方法,适用于影响识别的不同过程。其中定性分析方法包括文献法、系统流程图法和网络法,分别适用于政策初步识别分析、影响源及因子识别、影响要素及范围识别以及影响途径、性质、时限识别。半定量分析方法主要包括频度分析法、层次分析法和矩阵法,适用于建立影响要素清单。

(2) 效果评估则是对识别出的直接和间接社会经济影响要素的受影响程度进行定量评价。评估方法主要包括直接市场价值法、替代市场法和模拟市场法三大类。其中市场价值法主要适用于水污染防治政策的直接经济影响评估,该类影响一般能通过市场价格反映相关指标的变化。替代市场法和模拟市场法主要适用于水污染防治政策的直接社会影响以及由生态效果影响导致的间接社会影响和间接经济影响评估。

（3）效率分析是在效果评估的基础上，对水污染防治政策的目标及实施效果进行进一步的成本效益分析，提出水污染防治政策的社会经济影响的改进措施。效率评估方法库主要包括数据包络模型和成本效益分析模型。

三、关键技术

1、水污染防治政策的影响识别技术；

影响识别是指定性的分析水污染防治政策产生了哪些社会经济影响，影响范围有多大，并确定哪些影响因素与水污染防治政策有较强的直接或间接关系，最后筛选出这些影响因子，建立相应指标体系，为后续定量评价做准备。一般而言，水污染防治政策的影响识别涉及政策分析、影响源及因子识别、影响的性质和范围等要素的识别、主要影响因子的判别等。根据不同的水污染防治政策、不同的影响对象等，影响识别的方法也不尽相同，具体而言包括系统流程法、网络法、层次分析法和矩阵法等。影响识别的方法库如表所示。

水污染防治政策的社会经济影响识别方法库

类型	具体评估方法	适用环节	优点	局限性
定性	文献法	政策分析	适于收集整理及分类政策文献，把握政策的影响方式、途径	受已有文献约束
	系统流程图法	影响源及因子识别、影响要素及范围识别	适于依据影响途径和方式，识别影响的机理	相关政策影响机制相对复杂，一般需要简化
	网络法	影响途径、性质、时限识别	适于在多因子中建立影响相互关系	因子众多，建立的网络关系相对复杂
半定量	频度分析	社会经济影响因子清单	有效借鉴已有研究成果	不同研究具有差异，需要识别
	层次分析法	社会经济影响因子清单	多层次、多类别建立因子清单	计算步骤相对复杂
	矩阵法	社会经济影响因子清单	简化分析要素关系	要素关系难以全面反映

2、水污染防治政策社会经济影响评估技术方法库

由于政策差异及我国水污染防治政策的社会经济影响的地区差异，本研究提供了影响分析的方法体系，根据具体情况进行方法选择及分析。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

四、实际应用案例：

应用单位：湖北省洪湖市环境保护局

实际应用案例介绍

洪湖位于湖北省中南部，是我国第七大淡水湖泊。由于工业废水和城镇生活污水排放、“围湖造田”、修堤建闸，致使洪湖环境问题日益突出。在对水污染防治政策社会经济影响的时空尺度、涵盖内容和范围进行界定和剖析的基础上，建立了水污染防治政策的社会经济影响评估方法体系。在此基础上，对环境影响评价制度在洪湖流域实施以来的社会经济影响进行了评估，对环评制度的污染物减排量进行了模拟研究，分析了政策实施的直接影响和间接

影响,对洪湖市 2006-2009 年建设项目环境影响评价政策实施所产生的社会效益进行了估算。

联系单位:中国水利水电科学研究院
联系人:程东升
电 话:010-68781882
E-mail: chengdsh@iwhr.com
地 址:北京市海淀区复兴路甲1号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:中国水利水电科学研究院
联系人:程东升
电 话:010-68781882
E-mail: chengdsh@iwhr.com
地 址:北京市海淀区复兴路甲1号

24、水污染防治政策评估技术指南

技术依托单位:中国水利水电科学研究院,中国科学院地理科学与资源研究所

技术发展阶段:示范技术

适用范围:水污染防治政策评估

主要技术指标和参数:

一、基本原理

基于对各种水污染政策的详细分析,提出了模块化的水污染评估模式,即将水污染政策分成了八个模块:政策结果、政策目标、政策措施、执行者、目标群体、监督机制、惩罚机制、政策条文。这八个模块既有联系(构成完成的水污染防治政策),同时政策间又相对独立,因而既可以对政策进行全面的评估,又可以针对具体政策的特点,选择评估的重点模块。针对每个具体模块要回答的具体内容,给出了可选的评估方法。

二、工艺流程:

水污染防治政策评估工作流程分为以下三个步骤,具体为:

(1) 具体水污染防治政策解析

包括水污染防治政策的制订背景、政策内容的分析,以及政策要素的确定。该阶段不但是进行水污染防治政策评估的第一个重要环节,也是进行评估的基础,直接关系到以后环节的完成情况以及完成质量。

①政策的社会、环境背景分析

②政策的政策背景分析

③政策的要素分解

(2) 水污染防治政策评估过程

如果政策目标与措施目标一致,则直接基于政策目标,对“政策结果”进行评估;如果政策目标与措施目标不一致,则对政策目标和措施目标分别进行评估。

首先确定评估的主要内容(或模块),继而选择评估方法,在此基础上,回答以下三个问题:水污染防治政策计划的完成情况、政策的投入产出情况(可选),以及主要影响因素。其中每个部分都包括评估方法的确定、评估指标的选择、数据的收集、分析和整理、以及评估结果的展示几个部分。具体过程包括:

①评估指标的确定

②评估指标所需数据的搜集整理

③评估方法的选择

④评估结果

(3) 水污染防治政策评估报告书的撰写

评估报告书是评估工作最终的呈现方式，要求报告书结构明确、内容清晰、文字简洁、术语专业。阐述以下几个方面的内容：

①评估方的简单说明

②水污染防治政策解析

③政策计划的完成情况与经济效益分析（可选）

④影响政策实施的主要因素分析

⑤最终建议

三、关键技术

1、水污染防治政策与评估方法匹配性技术；

以水污染防治政策预评估—政策实施过程评估—政策实施后的绩效评估为主线，通过对水污染防治政策在制订、实施过程中关键环节的梳理，构建了模块化的水污染防治政策评估模式，将政策的关键环节分解为八个评估模块：政策结果、政策目标、政策措施、执行者、目标群体、监督机制、处罚机制、政策条文。基于政策的执行性质，将水污染防治政策分为：行政命令型、经济刺激型、公众参与型以及混合型四种类型。对每种类型的政策，在分析其特点的基础上，总结了影响政策实施的关键环节，进而给出了进行政策评估时应重点评估的模块。对每个评估模块，给出了具体的评估内容及其要回答的关键问题，同时提供了可选的评估方法。

2、水污染防治政策评估模块构建技术。

水污染防治政策的实施效果，是一个复杂系统的产出，这个复杂系统包括上述从政策制订到实施的各个环节。在这些复杂环节的共同作用下，通过政策实施，产生政策效果。任何一个环节的合理与否都会对最终的政策效果产生影响。基于上述对水污染防治政策从制订到实施过程的关键环节的分析，将政策分解成了八个“评估模块”，包括：政策结果、政策目标、政策措施、执行者、目标群体、监督机制、处罚机制、政策条文。对每个评估模块，进一步给出了评估内容、每个评估内容要回答的具体问题、及可选的评估方法。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

五、实际应用案例：

应用单位：环保部环境规划院、中国人民大学、华中农业大学等

实际应用案例介绍

技术指南给出了水污染政策评估的一般性原则、内容、工作程序、方法及要求等。依照本技术指南制定的基于“模块化”的水污染防治政策评估基本流程，包括基本思路、程序与步骤、各步骤常用的方法、研究和决策者各自职责、需协调之处和协调思路等，对总量控制制度、环境影响评价制度、环境保护目标责任制三项环境政策进行了实证评估。

联系单位：中国水利水电科学研究院

联系人：程东升
电 话：010-68781882
E-mail: chengdsh@iwhr.com
地 址：北京市海淀区复兴路甲1号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国水利水电科学研究院
联系人：程东升
电 话：010-68781882
E-mail: chengdsh@iwhr.com
地 址：北京市海淀区复兴路甲1号

25、水环境管理公共政策的公平和效率分析技术

技术依托单位：环境保护部环境规划院

技术发展阶段：示范技术

适用范围：水环境管理公共政策研究和评估

一、基本原理

公平性分析指分析水环境保护各主体在水环境保护中所承担的责任是否平衡，找出政策中导致各主体之间所负责人不公平的原因，并提出相关的改善建议；效率分析是指分析政策实施目标水环境保护政策的效果产出，水质、水量、污染物排放总量等方面的改善情况，评价政策实施的效益费用比是否达到最大值，探究在能够达到环境目标的前提下是否有成本更低的污染控制方法，使费用效益达到最佳。通过分析政策在公平性和效率方面存在的不足并提出建议，使是环境管理政策兼顾公平和效率。

二、主要分析方法和内容分析过程

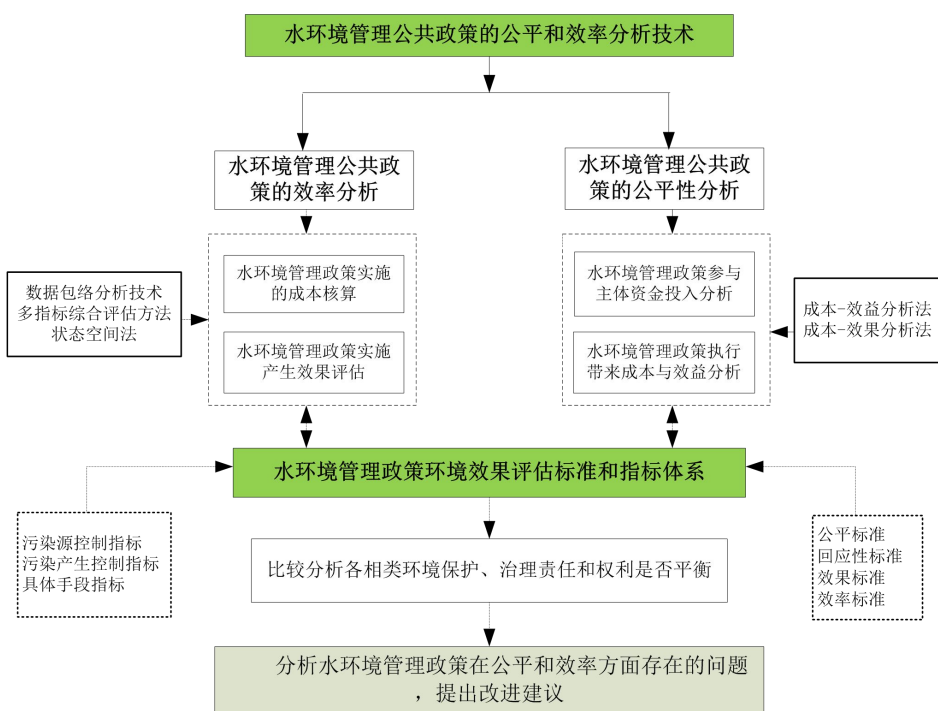
1、计算水环境管理政策实施的成本，包环境管理政策实施的成本为各参与主体投入的资金和由于执行水环境管理政策所带来的成本或降低的效益的总和；

2、核算水环境管理政策实施产生的水环境保护效果，从水质、水量、污染物排放总量方面考核水环境管理政策实施的效果产出，包括各监测断面五日生化氧、氨氮、总磷、总氮、硫酸盐、总硬度、总砷、高锰酸盐指数等的改善情况，污染源控制情况等；

3、结合实际经济情况和资源、环境情况，考察水环境管理政策各参与主体投入的资金和由于执行水环境管理政策所带来的成本或降低的效益以及对清洁水和水环境容量的使用权利，比较分析各相关主题所承担的环境保护、治理责任和权利是否平衡；

4、建立水环境管理政策环境效果评估标准和指标体系，对水环境管理政策进行评估；

5、根据评估结果，识别导致各相关方之间权利、责任不公平的政策措施；分析水环境政策实施的费用效益比是否在符合环境质量标准的前提下达到最低，分析政策在降低污染控制成本和提高环境效益方面存在的问题，提出改进建议。



水环境管理公共政策的公平和效率分析技术路线图

三、水环境管理公共政策的公平和效率分析结论

(1) 关于公平性的结论

关于公平性的结论应当包括：①环境政策是否符合污染者付费原则，即政策干系人是否就各自造成的环境污染承担了相应的责任，承担的责任是否与造成的污染相匹配；②环境政策是否规定给环境污染受害者以相应的补偿和寻求救济的途径，补偿是否足以弥补其损失，寻求救济的途径是否具有可操作性；③环境政策是否规定了机会均等的信息共享机制，政府相关部门、工业企业、城市居民和农民等政策干系人都有机会知道和获取关于环境污染状况的信息；④环境政策是否为水污染防治中弱势群体如城市居民、农民等维护自身环境权益提供特殊的制度保障；⑤水污染防治政策是否为政策干系人参与相关水污染防治政策措施的决策过程提供相应途径。

(2) 关于政策效率的结论

政策效率评估是评估政策的投入与产出的比率关系。政策产出可以政策的效果衡量。关于政策效率的评估结论应当包括：①政策的投入是多少？政策投入即政策成本，它包括：资金的来源与支出、物资和信息的调配与使用、决策者和执行者的数量与工作时间等。②政策的收益是多少？政策的收益不需要追求百分百的货币化，可以是部分以货币形式表现，如政策促进就业、环保产业发展、企业成本降低等方面的效益，也可以部分直接以环境效果的形式体现，如居住条件的改善、环境质量的提高等。③费用的分担和效益的分享，哪些人承担了多少费用，以及哪些人分享了多少效益或效果。④总体的费用-效果或费用-效益情况。

三、关键技术

(1) 水环境管理公共政策的公平性分析

以衡量水环境管理公共政策执行导致与该政策有关的社会资源、利益及成本分配的公平程度为主要目标，基于水环境管理公共政策的识别，分析政策涉及到利益、权责、费用、机制的界定范围，建立水环境管理公共政策的公平性指标体系，基于成本-效果分析法、成本-效益分析法核算结果比较分析各相关主题所承担的环境保护、治理责任和权利是否平衡。

(2) 水环境管理公共政策的效率分析

以衡量水环境管理公共政策要达到某种水平的产出所需的资源投入量或是一定量的政策投入所能达到的最大价值,实现政策效益与成本之间的协调为主要目标,基于水环境管理公共政策实施投入与产出所涉及的社会经济与环境要素,设计评价指标体系的总体构架,确定指标的名称、涵义和口径范围,主要依据统计数据,建立数学模型,形成公共政策绩效定量评估方法,确定指标的计算时间和空间范围,评估水环境管理公共政策实施的成本以及政策实施后效果。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

五:实际应用案例:无

应用单位:无

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称:环境保护部环境规划院

联系人:徐毅

电 话:010-84915861

E-mail: xuyi@caep.org.cn

地 址:北京市朝阳区北苑路大羊坊8号院

26、水污染防治政策的绩效分离技术

技术依托单位:中国科学院科技政策与管理科学研究所

技术发展阶段:推广应用

适用范围:政策、法规绩效定量评估以及绩效考核办法等

主要技术指标和参数:

一、基本原理

该技术主要针对我国命令-控制型水污染防治政策及其效果难以量化这一问题,在对目前国内外已有技术和方法进行比较系统的比较和评价基础上,提出了适合水污染防治政策特点的命令-控制型政策绩效分离定量评估方法论和技术工具,从而将这类政策的绩效从水污染防治总效果中分离出来,以便为水污染防治政策的绩效评估以及政策的制定、改进和完善提供关键技术支撑和科学依据。

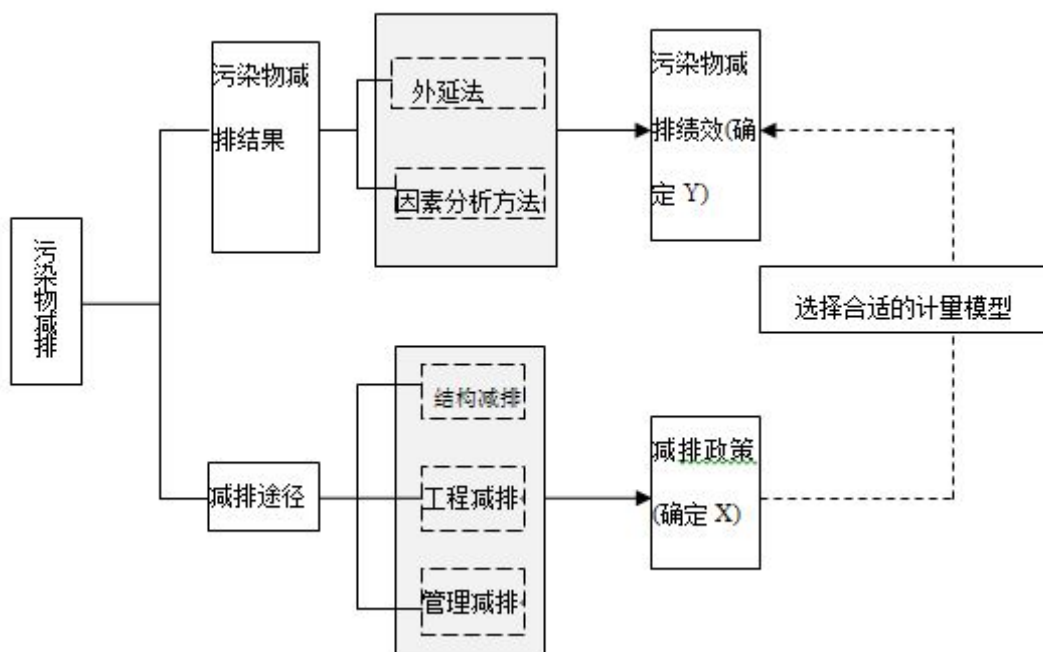
二、技术路线

1、明确分析对象。水污染防治政策绩效分离要分析的对象是污染物防治政策对水污染物排放的影响。因此,需要明确影响者和受影响者之间的逻辑关系,以及研究对象的内涵和边界。

2、选择相应方法。依据所研究的对象和特点以及各种方法的优缺陷,选择相应的评价方法。如评价对象为总量控制目标责任制,当需要从该政策制度实施前后来考察其效果时,可以采用二次分离技术,而当需要考察哪些因素制约总量控制目标责任制完成情况时,可以选择Logistic回归模型技术。

3、开展绩效分离。在方法选择的基础上,确立各种变量,开展政策绩效分离实证或应用研究。如当时间序列数据足够长时,从IPAT方程出发,分离出人口、经济增长和技术进步对污染物排放的影响或者规模效应、结构效应或技术效应,然后在技术效应和政策之间建立函数关系,从而确保政策绩效的分离。当时间序列数据不足,可以采用横截面数据来补充,遴选多个政策变量指标,通过Logistic回归模型技术,确定和诊断主要影响因素。

4、分析评估结果。对研究结果进行判别和分析,包括过程的合理性和结论的可靠性分析。



水污染防治政策绩效分离技术路线图

三、关键技术（请具体说明，如突破点，创新点等）

1、基于IPAT方程与多元回归分析相结合的“二次分离”技术该技术的基本思路：（1）首先借助IPAT方程即一个国家或地区的污染物排放量是该国家或地区人口、经济发展和广义技术进步综合作用的结果，分别分离出其人口、经济发展水平、广义技术进步对水污染排放的贡献度。（2）鉴于广义技术进步受到结构调整、技术进步和政策的综合作用，因此，在分离出人口、经济增长和广义技术进步贡献基础上，以广义技术进步导致水污染物减少累积贡献量为因变量，结构因素、政策因素和技术因素为自变量，采用多元回归模型进行回归分析。（3）如果政策变量可以直接量化，则可以通过选取相关的模型，评价政策的作用。如果政策因素难以量化或是定性变量，在计量模型中可以将其作为虚拟变量进行分析。即在政策发生改变的前后，对政策变量分别赋予不同的数值，通常是0和1。或者在实施政策的地区，政策变量为1，而未实施政策的地区为0，通过检验政策变量的回归系数可以看出政策因素对目标的影响。由于水污染防治政策难以量化，故需要采用虚拟变量。该技术为自主研发，在国内尤其是环境政策评估领域首次得到应用。

2、效应分解模型技术

效应分解模型技术实质上也是IPAT模型衍生结果，特别是体现了结构因素的影响。该技术的基本思路：（1）通过de Bruyn分解模型将某种污染物排放量变化因素分解为规模效应、结构效应和技术效应。（2）将技术效应进一步分解为污染产生强度和污染排放率即清洁技术效应和污染治理效应，从而分离了清洁技术和污染治理对减少污染的贡献。（3）利用分层次的分解方法实现对污染排放或资源消耗变化的完全分解，并在每一个层次中使用平均分配余量方法。该技术为优化集成技术。

3、Logistic回归分析技术

主要以COD总量减排为政策案例来运用二分类logistic模型技术。其基本思路：（1）首先，确立Logistic回归模型。其中，在二分类logistic回归分析模型中，因变量是二分类，即Y=1或0；（2）确定因变量和自变量。自变量按工程、结构、管理三大减排措施，选择具体

领域的减排政策。因变量的确定按照预定目标的确定以“时间过半、任务过半”标准确定。即Y=1： 时间过半，任务过半；Y=0： 时间过半，任务不过半。（3）在减排政策指标相关性分析基础上，对各指标进行单因子回归分析和逐步回归分析，确定进入模型的政策指标，进一步开展绩效分离分析，从而可以比较众多政策影响因素贡献的相对大小。该技术为优化集成技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成，部分为自主研发。

五：实际应用案例：

应用单位：农业部环境监测总站、环境保护部总量控制司

由中国科学院科技政策与管理科学研究所完成的水污染防治绩效分离的关键技术，以环境管理新5项制度、环境保护目标责任制包括总量减排措施等制度或政策为应用案例，开展了相应的实证研究，定量分离出这些制度或政策对全国及各省工业废水排放、重金属排放量的贡献程度，对开展水污染防治管理政策的绩效考核，从而实现政策的不断优化并推动水污染防治工作的开展具有重要意义。该项成果被应用到我国农业环境监测与农村水污染管理等工作的绩效评估中，取得很好的效果，有力地推动了我国的水污染治理工作。

由环境保护部环境规划院等单位开展的水污染防治政策的绩效分离技术研究，通过对比评估得到了“十一五”中期（2008年）和末期（2010年）的工程、结构和管理具体政策措施对污染减排的贡献度，采用效应分解方法得到了“十一五”经济规模效应、产业结构效应、清洁技术效应、污染治理效应对工业污染物排放总量变化的影响。课题研究厘清了影响主要污染物排放的内在驱动因素和作用机制，及各项措施的减排绩效贡献，对“十一五”污染减排评估总结及“十二五”总量控制规划制定提供了有益参考。

联系单位：中国科学院科技政策与管理科学研究所

联系人：陈劭锋

电 话：18611745123

E-mail: sfchen@casipm.ac.cn

地 址：北京市海淀区中关村北一条15号 北京8712信箱

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：中国科学院科技政策与管理科学研究所

联系人：陈劭锋

电 话：18611745123

E-mail: sfchen@casipm.ac.cn

地 址：北京市海淀区中关村北一条15号 北京8712信箱

27、全成本水价定价方法

技术依托单位：中国人民大学

技术发展阶段：推广应用

适用范围：水价政策制定、实施和完善

主要技术指标和参数：

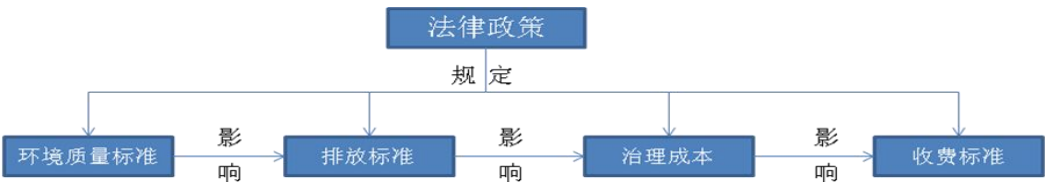
一、基本原理

从自然环境进入经济系统的水量（取水量）必然大致等于从经济系统排入自然环境的水量（排水量）；如果经济系统的取水量和排水量超过自然环境水的再生能力和环境容量，就

会造成水资源枯竭、水环境污染和生态退化。提高水的循环水平、利用效率或降低损耗率，可以减少经济系统对新水的需求量以及排入环境的废水量，达到节水和减排的双重效果。合理的水价政策具有节水和减排双重正向激励，但是必须达到一定的刺激力度，使得用水（包括排水）成本高于循环利用成本。水价政策的有效性必须以环境质量无退化为前提，以对水量和水污染物的严格监管为前提和基础。如果提高水价，却不严格监管，非但不能实现经济政策的收入和调节功能，反而会由于违法收益提高，刺激偷采偷排，产生负向激励。

二、技术路线

水价定价的技术路线为：（1）以水环境功能确定污染物排放标准；（2）以水污染物排放标准确定水污染治理成本；（3）以水污染治理成本确定水价标准。技术路线如下图。



三、关键技术

以水资源开发利用的全成本为基础，对中国城市水系统供给的水资源的真实成本进行核算。全成本包括生产成本、机会成本和外部性成本三部分。

生产成本主要包括本区域（或流域）水利水务工程的投资和运行维护成本（包括勘探、规划、监测、取水、输水、水源地保护、净水、劳工工资等费用，以及水库、水处理厂、输配水系统相关的资本折旧和利息等成本）。

机会成本指的是在水资源开发方面的投入所放弃的以其他方式利用所能获取的最大纯收益。给出了机会成本的确定方法。假设某市的水系统全部委托一个投资商以BOT的形式建设运营，那么投资商必然要求水价要覆盖成本后还得到合理利润。这部分合理利润就是市政府自己建设水系统的机会成本（假设中性政府在水系统的投资收益为0）。

外部成本是指自然资源的开发利用对其他经济主体以及环境和生态带来的损失。给出了中国城市水资源外部性成本计算的理论：某一地区发展过程因过度使用水资源而给了环境和其他地区带来的负外部性，如果该地区的用水受到限制，根据边际收益递减规律，可以计算限制用水对当地造成经济损失。由经济损失和水资源量两个参数，可以计算出水资源的外部性成本。

本课题计算出水利用的总成本，其中生产成本和机会成本是平均成本，外部性成本是边际成本。按照边际成本法确定的价格可以使资源配置处于最优状态，所以外部性成本采用边际成本，可以使水资源总量的配置达到最优。生产成本是基于水务企业的真实数据，确保企业在保本微利的前提下稳定运营。考虑投资的机会成本，可以鼓励社会资本和政府资金可以持续的投入水系统建设和运营当中，从而保障整个水系统能根据城市社会经济发展的需要而不断更新和进步。

本研究确定的定价方法为全国及试点城市的水价制定提供参考依据。建议在实际操作中，以全成本作为定价的基础，按照不同用途实行差别定价，区分出公共物品属性的用水和商品性质的用水。或者统一定价后再向生活用水的消费者和农业生产提供补贴或者购买券，既能充分发挥市场机制使水资源配置最优，同时也可以保障居民生活用水和农业生产用水的公共服务水平。

四、技术来源及知识产权概况：

自主研发

五：实际应用案例：

实际应用案例介绍：合肥市水价政策制定案例

试点城市合肥市在2010年实行了阶梯水价,但对于控制水资源过度消费和减轻水环境污染没有起到明显效果。目前,合肥市水价政策存在的问题主要表现在:(1)居民阶梯水价没有拉开;(2)工商业水价偏低,被财政补贴;(3)水资源费偏低,特别是工商业,加强征缴;(4)污水排污费水平低,加强征缴;(5)工商业污水处理费水平低。依据全成本水价定价技术,调整合肥市水资源费、供水费、污水处理费、排污收费,结合财政补贴应用情况,得到各类用户水价如下表:

取水排水方式	费用组合	价格(元/m ³)
居民用水(含补贴)	水资源费+供水价格+污水处理费	4.67
工业用水(市政供水、市政排水)	水资源费+供水价格+污水处理费	6.30
工业用水(自取水、市政排水)	水资源费+污水处理费	5.02
工业用水(市政取水、直排)	水资源费+供水价格+污水排污费	6.88
工业用水(自取水、直排)	水资源费+污水排污费	5.60

照此调整后的水价征收水费,水费收入由目前的5.7亿元增加至47.67亿元;水价调整对应于污染物排放标准严格、污染物排放量减少,城镇污水处理厂提标后减排585吨COD,排污收费排放标准提高后减少排放3402吨COD,氨氮减排453.6吨,南淝河等纳污河流水质改善到优于V类,巢湖西半湖水质改善到优于IV类;在水系统服务功能改善的同时,用排水的负担在政府财政和企业可接受范围之内。

应用单位:安徽省环境科学研究院、安徽省水利规划办公室、合肥市排水管理办公室、合肥市环保局

联系单位:安徽省环境科学研究院、安徽省水利规划办公室、合肥市排水管理办公室、合肥市环保局

联系人:陈红枫

电 话: 13965002350

E-mail: 356181867@qq.com

地 址: 合肥市长江西路10号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国人民大学

联系人: 昌敦虎

电 话: 010-82502989

E-mail: nicostigerer@163.com

地 址: 北京市海淀区中关村大街 59 号中国人民大学环境学院

28、利用计量经济学模型研究产业结构—污染物排放关联性

技术依托单位: 中国科学院南京地理与湖泊研究所

技术发展阶段: 示范技术

适用范围: 研究产业结构—污染物排放关联性

主要技术指标和参数

一、基本原理

根据2007年重污染区工业各行业的结构及各行业对水环境的污染特点,在投入产出模型基础上,以工业经济最大化及污染减排效果最优为约束目标,构建水环境——工业经济结构多目标优化模型。在产业结构与污染物减排之间建立有效关联,通过产业结构调整优化实现污染物减排。

二、工艺流程

工艺流程为“模型确定与相关参数—情景方案设定—参数确定—模拟结果分析”。具体如下:

1、模型确定与相关参数

环境经济投入产出模型是一种能够定量地揭示环境和经济的内在联系,实现经济发展和环境保护综合平衡的有效方法。

利用投入产出分析技术进行模拟研究,需要明确模型中相关的目标函数、约束条件及其有关参数。

2、情景方案设定

根据经济发展及环境保护相关规划目标,综合考虑研究地区经济发展潜力及其对环境容量的需求等,对2008-2015年发展情景设定两种方案:

情景1: ①工业经济按20%的平均速度增长;工业产业结构基本维持原来状态;②假定产业结构减排的贡献主要来自于工业行业结构调整,贡献设定为12%;③单位工业产值用水量下降25%;④废水治理费用占工业增加值的2.5%。

情景2: ①工业经济按25%的平均速度增长;传统产业规模减量化、新兴产业比重增加;②假定产业结构减排的贡献主要来自于工业行业结构调整,贡献设定为18%;③单位工业产值用水量下降30%;④废水治理费用占工业增加值的3.0%。

3、参数确定

根据模型结构及功能,将12个行业按照情景1和情景2给出相应的COD排放系数、需水系数和废水治理费用系数。

对情景1来说,金属制品业、造纸及纸制品业、食品制造业、机械及电子、纺织业、化工业、石油加工、能源、冶金、医药制造、建材、轻工及其他的COD排放系数分别为0.32、2.75、1.29、0.1、3.26、0.76、0.14、0.33、0.22、0.53、0.17、0.21kg/万元;需水系数分别为4.89、24.4、15.08、6.87、35.52、70.02、52.91、493.1、27.32、30.55、9.08、4.62m³/万元;废水治理费用系数分别为1.01%、3%、1.7%、1.04%、3.01%、3%、1.71%、1.03%、2.85%、2.77%、2.46%、1.71%。

对情景2来说,金属制品业、造纸及纸制品业、食品制造业、机械及电子、纺织业、化工业、石油加工、能源、冶金、医药制造、建材、轻工及其他的COD排放系数分别为0.07、0.58、0.27、0.02、0.68、0.16、0.03、0.07、0.05、0.11、0.04、0.04kg/万元;需水系数分别为3.57、17.81、11.01、5.02、25.93、51.11、38.62、359.96、19.94、22.30、6.63、3.37m³/万元;废水治理费用系数分别为1.01%、3%、1.7%、1.04%、3.01%、3%、1.71%、1.03%、2.85%、2.77%、2.46%、1.71%。

4、模拟结果分析

以2007年重污染区工业污染源普查数据为基础,对模型模拟结果进行分析,情景2是较优方案:

首先,情景2预测的COD排放量为26868.6吨,相比情景1预测的122170.5减少78%;而且能满足COD排放量27049.1吨的约束目标,有利于污染减排目标的顺利实现。

其次,情景2预测的需水量为76.6亿吨,相比情景1预测的79.4亿吨减少3.5%,更有利于节约利用水资源。

再次，情景2预测的工业总产值为38380.8亿元，相比情景1预测的28687.5亿元增加38.6%，更有利于实现工业经济最大化的目标。

三、关键技术

利用计量经济学模型研究产业结构—污染物排放关联性。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 江苏省环境科学研究院

实际应用案例介绍: 根据2007年重污染区工业各行业的结构及各行业对水环境的污染特点, 在投入产出模型基础上, 以工业经济最大化及污染减排效果最优为约束目标, 构建水环境——工业经济结构多目标优化模型。在产业结构与污染物减排之间建立有效关联, 通过产业结构调整优化实现污染物减排。

技术信息咨询单位及联系方式

联系方式: 02586525082

联系单位: 中国科学院南京地理与湖泊研究所

联系人: 赵海霞

电 话: 13770531157

E-mail: hxzhao@niglas.ac.cn

地 址: 江苏省南京市鼓楼区北京东路73号

29、河网总量控制目标制定与小区域分配技术

技术依托单位: 河海大学

技术发展阶段: 示范技术

适用范围: 河网总量控制目标制定与小区域分配

主要技术指标和参数

一、基本原理

通过水文、水质同步监测得到的重污染区污染物降解规律成果, 依据国家和地方制定的重污染区水体水质目标, 考虑研究区域水文情势和水流特征, 采用非稳态水环境数学模型计算成果为基础的容量测算技术, 以河道单元(几百米至几公里)为最小计算单元, 开展各河道逐日水环境容量计算, 进行时间及空间求和后得出研究区域的污染物总量控制目标值。

以各镇区水面面积与水体水质目标两者为权重, 将区域的污染物总量控制值分配到各镇区单元, 各镇区水面面积根据遥感资料解译成果及GIS技术分析得到。根据入湖通量的测算结果和太湖流域入湖断面的水质达标控制要求, 综合考虑区域内社会经济的影响, 制定重污染区主要入太湖河流水质达标的区域污染物分配方案。

二、工艺流程

工艺流程为“水环境容量计算-总量的小区域分配-保证入湖控制断面水质达标的各入河排污口总量分配”, 具体如下:

1、水环境容量计算

根据确定的边界水文条件, 利用重污染区河网水环境数学模型, 计算出研究区域最小空间单元和最小时间单元的水环境容量值; 再根据容量计算公式汇总出研究区域的水环境容量值。研究区总量分配削减方案得出的污染物削减率与重污染区国控及省控断面的水质监测资料数据中断面水质超标率进行对比分析, 若两者数据基本保持一致, 则说明水环境容量计算

结果基本符合实际。根据重污染区污染物削减率与水质超标率对比结果可知，重污染区污染物削减率与水质超标率基本一致（误差在20%以内），表明水环境容量计算结果与水质状况基本吻合，重污染区水环境容量计算结果基本合理。

2、总量的小区域分配

针对研究区河网较为密布这一特点，相对于一般考虑国土面积及河段长度的水环境容量分配方法进行了优化，采用考虑区域内的各镇水域面积所占国土面积的权重，并结合各镇内水功能区划的情况对水环境容量进行小区域分配。

在研究区水环境容量计算过程中，以水功能区为最小计算单元，累加各功能区得到地市水环境容量。在分配时考虑到各镇内的水功能区划要求，并基于遥感资料和GIS技术分析得到的各镇区水域面积，计算得出水域面积所占的权重，参照以上原则将水环境容量分配至各镇区。

3、保证入湖控制断面水质达标的各入河排污口总量分配技术

采用河流一维稳态模型进行控制断面水质的水质计算，根据影响各控制断面水质的概化排污口的位置，采用枯水期设计水文条件，在区域外的边界水质取功能区水质，可建立控制断面与区域内各概化排污口的响应关系。

为得出保证主要入湖控制断面水质达标时，上游各污染源的最大允许排污量，进行控制断面水质达标计算。控制断面达标算法能够保证控制断面水质达标，特别适用于饮用水源地的保护以及国控、省控、市控等重要水质控制断面水质达标的管理。设：控制断面水质浓度为 C_1 ；控制断面上游各污染源排污量为： W_1 、 W_2 、 W_3 等。可根据水质模型公式推导得出控制断面水质与上游排污量之间的函数响应关系式为： $C_1=C(W_1、W_2、W_3.....)$ 。根据函数关系可分析在不同上游排污量情况下 W_1 、 W_2 、 W_3 对 C_1 的影响情况。接下来逐一建立各入湖控制断面与上游河流边界水质及概化排污口排污量响应关系，并对各概化排污口在不同削减方案下的最大允许排污量进行计算。

利用控制断面与上游污染源响应关系模型进行计算，得出在保证主要入湖控制断面水质达标情况下各排污口污染物削减情况。为了验证各入河排污口的总量分配是否合理，利用已经建立的重污染区水环境数学模型，采用响应关系模型计算得出的各排污口污染物最大允许排放量，选取典型入湖控制断面进行水质达标的不确定性分析。

三、关键技术

保证入湖控制断面水质达标的各入河排污口总量分配技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：江苏省环境科学研究院

实际应用案例介绍：通过水文、水质同步监测得到的重污染区污染物降解规律成果，依据重污染区河网水体水质目标，考虑重污染区的水文情势和水流特征，采用非稳态水环境数学模型计算建立了容量测算体系，并对容量的计算成果采用了分析区域水质超标率与污染削减率之间相对误差的方法进行了合理性分析。对于水环境容量分配方法进行了优化，一方面是将水环境容量分配的最小控制单元划分到了镇（街道）级，另一方面采用了考虑控制单元内水域面积所占国土面积的权重，并结合各镇内水功能区划的方法对水环境容量进行小区域分配。在重污染区水环境数学模型的基础上，采用响应关系模型计算得出的各排污口污染物最大允许排放量为重污染区数学模型中输入的污染源排放值进行计算，计算得出主要控制断面的水质值，以验证保证入湖控制断面水质达标时各入河排污口总量分配是否合理。

技术信息咨询单位及联系方式

联系方式: 02586525082
联系单位: 河海大学
联系人: 逢勇
电 话: 13585100649
E-mail: ypang@hhu.edu.cn
地 址: 江苏省南京市鼓楼区西康路1号

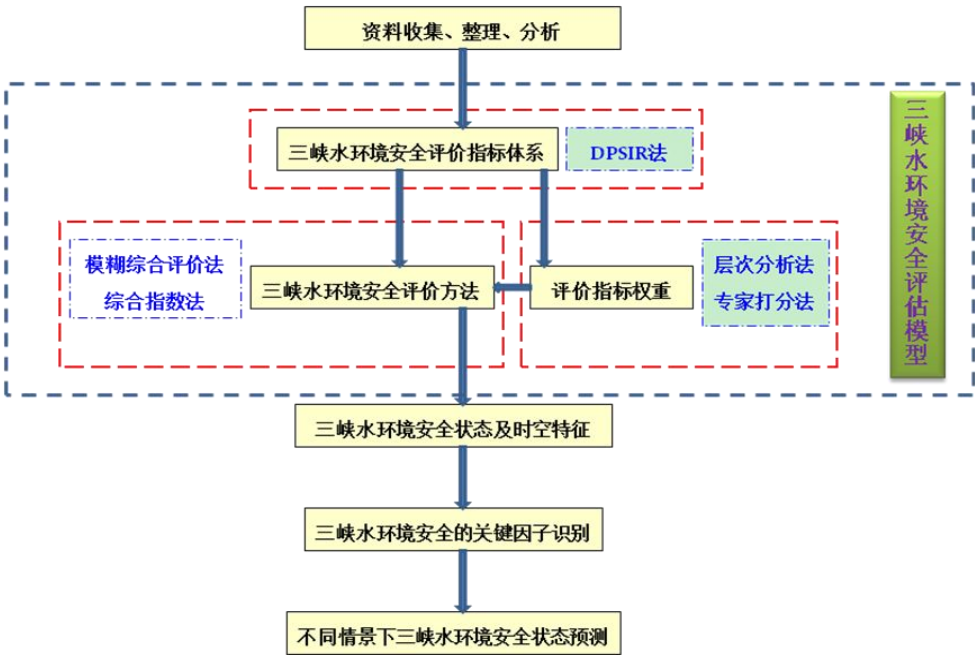
30、大型水库蓄水运用初期敏感水环境问题识别诊断和生态安全评价关键技术

技术依托单位: 中国水利水电科学研究院
技术发展阶段: 示范技术
适用范围: 大型水库生态安全评价与问题诊断
主要技术指标和参数

一、基本原理

课题在海量观测数据和多维模拟技术平台的支持下,结合全国湖库生态安全评估技术方法,形成和发展了大型水库生态安全评价与问题诊断关键技术,完善了评价指标体系,更新基础数据,综合运用了多种数学模拟分析方法,对三峡工程初期蓄水阶段水库水生态安全状态进行了评估。

二、工艺流程



三、关键技术

多维模拟技术平台

评价指标体系的完善

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

实际应用案例介绍。

该成果为《重庆市“十二五”生态建设与环境保护规划》和《三峡后续工作规划-生态环

境保护专题》的编制提供了重要的参考和发挥了很好的技术支撑作用。

技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：水利部中国科学院 水工程生态研究所

联系人：万成炎

电 话：13707191061

E-mail: chywan@mail.ihe.ac.cn

地 址：武汉市洪山区雄楚大街 578 号

31、水质安全保障分区关键技术

技术依托单位：长江水资源保护科学研究所

技术发展阶段：推广应用

适用范围：大型水库水质安全保障分区

主要技术指标和参数：

一、基本原理

水质安全保障分区是应对水库的水环境新问题和水资源保护新要求，以维护水质安全为目标，综合考虑人类活动对水环境的影响，从水域的自然属性和社会属性出发，分析水域水环境现状，结合经济社会需求，划分水质安全保障单元。分区目的在于为大型水库水环境和水资源的研究、管理、评估、监测等提供合适的空间单元。水质安全保障分区采用功能分区与自然分区相结合的方法。水功能分区主要从水资源利用的角度出发，以水资源的用途为分区依据，是一种以水资源利用为主导的功能分区；水质安全保障分区是在水功能分区的基础上，强化了水体生态属性，能够更好地反映水体水环境、水生态的自然特征，利用水生态保护规划的方法将水功能区划进一步优化和完善，适应当今现代水利管理模式的要求。

二、工艺流程：

水质安全保障分区技术主要过程为“分区原则—界定边界—确定指标—进行赋值—综合评价”。具体如下：

1、水质安全保障分区划分的原则：①最高水质安全保障功能；②首要保护饮用水源；③开发潜在功能。

2、水质安全保障分区区划边界确定原则：

①省、市、县、区在河流上的行政分界应为水域功能区的边界，有利于水质控制和水域管理；

②大的支流或者较大的排污支流入口上游的回水区域与自然河道的边界，有助于河段总量控制的实施；

③城市或区县自来水厂或集中式取水点上游附近设置功能区界，可有效保护饮用水源；

④城镇工业区上第一个上游排污口附近设置功能区界，有利于工业区的排污管理。经水浸过滤后进入洗涤系统洗涤，得到锑渣和滤液。锑渣返回锑冶炼，滤液进入下步工序；

3、水质安全保障分区指标确定原则

①完整性：为了使分区的结果可靠，指标应尽量包括对分区产生影响的各个影响因素，所选指标应具有足够的涵盖面。

②可操作性：指标体系不宜过于庞大、结构过于复杂；数据获取要方便；达到定性指标与定量指标的合理组合。

③相对一致性：在区划中，尽量保持各分区内部特征的相对一致性，包括生态类型的相似性，水文要素、地形地貌相一致，自然地域和行政区划相对完整。

④主导因素性：寻求和筛选制约区域分异的主导因素，作为确定区界的主要依据。

4、确定评价指标体系

水质安全保障分区规划应从驱动力、压力、状态和影响 4 个方面，筛选指标，选取的指标从水文、水质、生态、水资源利用、社会经济 5 个方面构建指标体系。水质安全保障分区目的是将河流的开发利用和保护相结合，既考虑河流的自然生态功能，又承认河流的社会功能，维持现状优势功能，改善河流自然属性和社会功能，保护生态，缓冲人类冲击等多种需求。在 5 个评估因子中，水文、水质和生态因子均属于河流的自然属性，水资源利用和社会经济因子属于社会属性。根据以上思路，河流水质安全保障分区指标体系共包含 5 个因子，11 项指标。

5、给水文因子进行赋值

流量过程变异程度由评估年逐月实测径流量与天然月径流量的平均偏离程度表达。计算公式如下：

$$X1 = \left\{ \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{q_m - \overline{Q_m}}{\overline{Q_m}} \right)^2 \right\}^{1/2}, \quad \overline{Q_m} = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} Q_m$$

式中： q_m 为评估年实测月径流量， Q_m 为评估年天然月径流量， $\overline{Q_m}$ 为评估年天然月径流量年均值，天然径流量根据三峡库区水文站长系列（1983-2002年）水文数据统计得到按照水资源调查评估相关技术规划得到的还原量。流量过程变异程度指标（X1）值越大，说明相对天然水文情势的河流水文情势变化越大，对河流生态的影响也越大。

6、给水质因子进行赋值

水质因子层包括4个指标，以4个评估指标的最小分值作为水质因子层赋分。

$$W = \min(X2, X3, X4, X5)$$

式中，W为水质因子层赋分，X2为溶解氧状况指标赋分，X3为耗氧有机污染状况指标赋分，X4为重金属污染指标赋分，X5为氮磷污染状况指数赋分。

7、给生态因子进行赋值

生态因子层包括3个指标，以3个评估指标的平均值作为生态因子层赋分。

$$E = \text{AVERAGE}(X6, X7)$$

式中，E为生态因子层赋分，X6为浮游生物多样性指数赋分，X7为水华发生状况指标赋分。

8、给社会因子进行赋值

社会经济因子层包括2个指标，以2个评估指标的平均值作为社会经济因子层赋分。

$$S = \text{AVERAGE}(X8, X9)$$

式中，S为社会经济因子层赋分，X8为社会关注因子赋分值，X9为区域GDP因子赋分值。

9、给水资源利用因子进行赋值

水资源利用因子层包括2个指标，以2个评估指标的最大值作为水资源利用因子层赋分。

$$U = \max(X10, X11)$$

式中，U为水资源利用因子层赋分，X10为饮用水取水状况赋分，X11为排污状况赋分。

10、对分区进行综合评价

（1）自然属性评估方法

自然属性包括水文、水质和水生态3项，以3个因子层的平均值作为自然属性赋分。

$$NR = \text{AVERAGE}(H, W, E)$$

式中，NR为自然属性赋分；H为水文层得分，W为水质层得分，E为生态层赋分。

（2）社会属性评估方法

社会属性包括社会经济和水资源利用2个因子，4项指标，以4个指标的最大值作为社会属性赋分。

$$SR = \text{Max}(S, U)$$

式中，SR为社会属性赋分；S为社会经济层赋分，U为水资源利用层赋分。

三、关键技术

- 1、水质安全分区界定技术；
- 2、水质安全分区评价指标筛选技术；
- 3、水质安全分区评价指标赋值技术；
- 4、水质安全分区综合评价技术。

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：长江流域水资源保护局

实际应用案例介绍。

基于库区水体水质保障分区目标体系，以保障库区水质安全和水生态健康为目标，在污染负荷现状调查的基础上，根据水库水质安全保障分区及其管理目标，按照分区单元核算了主要污染物的水环境容量，提出三峡库区干支流限制排污和污染负荷消减意见。该成果已被三峡库区水资源保护规划采用，为三峡库区水质安全保护提供重要的管理指导意见。

技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：长江水资源保护科学研究所

联系人：雷阿林

电 话：027-84860347

E-mail: Mengwang1@hotmail.com

地 址：武汉市汉阳区郭茨口金龙路特2号

32、区域社会经济结构、发展模式与水环境承载能力量化模拟技术

技术依托单位：中国环境科学研究院

技术发展阶段：示范技术

适用范围：区域社会经济结构、发展模式与水环境承载能力量化模拟

主要技术指标和参数：

一、基本原理

1、以流域的水功能区规划水质目标为核心目标，在划分计算单元的基础上，核算流域水环境容量，结合流域污染源解析和预测，确定流域污染物总量控制规划目标。

2、设定的3个改善型（资源环境约束型、社会经济约束型和协调发展型）方案，在现状年基础情景上设置5类发展方案，经过优选得到最优方案后，作为2020年的惯性发展方案，再经过改善得到3个改善型方案，然后在这4个方案中优选得到2020年的最优方案，同样，可得到2030年的最优发展方案。

3、对流域代表性的行业进行归并，以2015、2020和2030年为规划水平年，构建综合考虑阶段经济目标、阶段生态目标、阶段社会目标在内的多目标优化模型，结合经济效益、社会效益和环境效益分析，对资源环境约束性、社会经济约束性、协调发展性及规划方案优化结果的分析比较，给出流域社会经济协调发展的推荐方案。

二、工艺流程

1、以流域的水功能区规划水质目标为核心目标，在划分计算单元的基础上，核算流域水环境容量，结合流域污染源解析和预测，确定流域污染物总量控制规划目标。分析流域可削减能力、已有或可能有的污染物控制削减措施，确定总量控制目标至 2030 年实现流域进行阶段削减目标（2008~2015、2016~2020、2021~2030）。

2、在现状年基础情景上设置 5 类发展方案，经过优选得到最优方案后，作为 2020 年的惯性发展方案，再经过改善得到 3 个改善型方案，然后在这 4 个方案中优选得到 2020 年的最优方案，同样，可得到 2030 年的最优发展方案。

3、对流域代表性的行业进行归并，以 2015、2020 和 2030 年为规划水平年，构建了综合考虑阶段经济目标、阶段生态目标、阶段社会目标在内的多目标优化模型，以土地、水资源、人口、污染物处理能力、水环境和资金投入作为约束条件，将机会约束规划和模糊多目标优化相结合构建模糊机会约束多目标规划模型，基于优化结果构建了包括用水量、总人口、COD 及氨氮入河量、GDP 规模、清洁生产、排污费、净产值、城镇生活削减污染物比例等指标在内的社会经济优化评估指标体系，并采用 DEA 方法对优化的不同方案进行评价，并结合经济效益、社会效益和环境效益分析，对资源环境约束性、社会经济约束性、协调发展性及规划方案优化结果的分析比较，给出了流域社会经济协调发展的推荐方案。

三、关键技术

1、计算水环境承载力

以流域内的水功能区规划水质目标为核心目标，依据水功能区的划分的范围进行计算单元的划分，采用一维的水质模型及相关参数，以此计算流域水环境容量。

2、确定流域水污染物总量控制目标

从测算的水环境承载力出发，确定与陆域污染控制单元的总量控制分区、分期指标；针对各污染源制定分期实施目标，将区域总量分配至各污染源（包括点源和非点源之间，及各点源污染源之间）。

3、不同水平年社会经济发展方案生成体系

由于规划污染物总量控制需至 2030 年，对各不同年份之间方案的关系由现状方案按惯性、规划及改善进行调整，得到水平年下 5 类不同的发展方案。

4、生成流域社会经济发展方案集

共拟定 4 种不同情景方案：（1）基准情景：分析基准年流域状况；（2）惯性方案情景：没有拟实施规划情景下的流域发展，作为对规划情景的参考；（3）规划方案情景：依据总体规划设定的发展模式；（4）改善型情景：在对上述情景分析的基础上，设定资源环境约束方案、社会经济约束方案及协调发展方案，根据侧重点不同做出调整改善

5、建立了基于过程模拟模型的流域社会经济协调发展方案优选方法体系

根据赵王河流域的具体情况建立“社会经济—水环境—水资源”耦合的系统动力学模型。将流域作为相互联系相互影响的有机整体，围绕社会经济、水环境和水资源三个子系统，在各个单一子系统耦合到复杂系统的基础上，建立社会经济发展与污染物排放之间的反馈相应关系。在流域系统动力学模型有效的基础上，根据设定的情景方案，包括惯性方案、规划方案以及 3 个改善型（资源环境约束型、社会经济约束型和协调发展型）方案，并模拟不同方案下的污染物排放情况，利用建立的评价指标体系量化不同方案下水环境承载能力。利用构建的东昌湖流域的系统动力学模型对规划年不同方案下的发展情况进行模拟计算，得到评价指标在各方案中的结果，结合水环境承载力的综合评价方法进行评价，计算出各方案的在不同规划年的水环境承载力综合评价指数并进行评价。

6、构建流域社会经济发展模糊机会多目标优化技术体系

构建流域系统优化模型：东昌湖流域三个产业，分别选取具有代表性的行业：第一产业

为农林牧渔，第二产业为工业，第三产业为旅游业。生活分为城镇生活和农村生活。对模型进行求解。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发/优化集成

实际应用案例:

应用单位: 山东黄河河务局供水局聊城供水分局

《东昌湖流域水环境承载力与社会经济发展模式研究》项目选择北方缺水城市湖泊--东昌湖流域作为研究对象,设计并优选了东昌湖流域社会经济发展方案;考虑黄河水与赵王河水分质水资源数量及水质特点,在流域社会经济协调发展方案下运用分质水资源联合调配技术给出了东昌湖生态补水策略。构建了基于流域水环境承载力约束的流域社会经济发展方案生成体系及模糊随机多目标决策优化技术,形成了流水资源优化配置方案域和社会优化发展方案。该成果为我国北方缺水城市分质水资源优化调配、基于承载力的社会经济优化发展提供了模式指导,具有重要的理论意义和推广应用价值。我局在编制聊城市“十一五”、“十二五”发展规划和引黄灌溉水量分配计划中,吸收和采纳了《东昌湖流域水环境承载力与社会经济发展模式研究》的研究成果,使得发展规划和水量分配计划更加科学合理,提高了黄河水资源的利用效率,取得了良好的经济、社会和生态环境效益。

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院

联系人: 夏训峰

电 话: 13611362268

E-mail: xiaxunfengg@sina.com

地 址: 北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号院

33、松花江水环境质量管理决策支持系统

技术依托单位: 中国环境科学研究院

技术发展阶段: 示范技术

适用范围: 松花江水环境风险源监控管理、流域水质监视管理、污染事故的应急处置、影响分析和决策支持。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

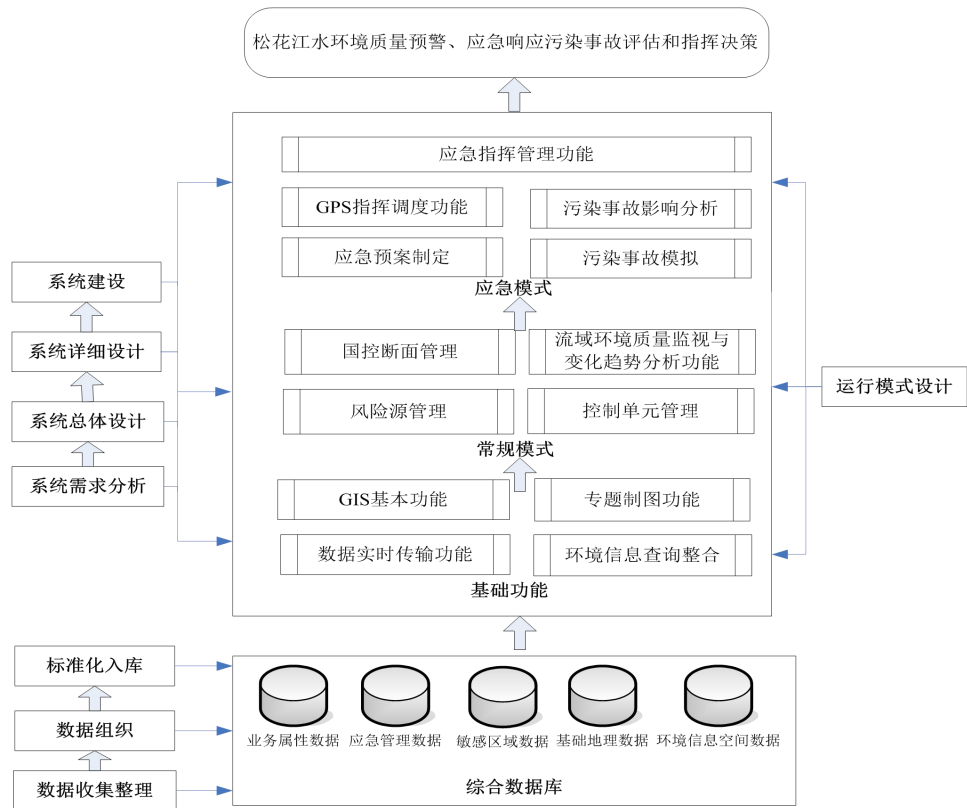
按照松花江水环境质量管理、预警、应急反应、影响分析、决策体系,在松花江水环境质量管理综合数据库的支持下,研制涵盖监视性监测、预警、污染事故应急反应、影响分析、决策支持各个阶段的水环境质量管理决策支持系统,实现风险源监控管理和流域水质监视管理;实现污染事故的应急处置、影响分析和决策支持。

在常规情况下,系统能够及时地跟踪污染源变化情况,全面反映环境质量状况和变化趋势,满足环境管理需要。在应急情况下,利用地理信息系统技术形象生动地模拟流域污染物扩散过程,实现对污染事故应急反应和快速处置,为事故应急指挥部门提供先进的技术支持,最大限度地减少事故造成的损失。

松花江水环境质量管理决策支持系统由数据传输模块、数据整合和维护模块、流域环境水质监视与变化趋势分析模块、风险源监控与预警模块、国控断面管理与分析模块、控制单元管理模块、安全预警模块、应急指挥管理模块、GPS指挥调度模块、污染事故影响预测分析模块、专题制图模块、系统管理模块等构成。

二、工艺流程

主要工艺流程如图所示：



三、关键技术

关键技术

- 1、松花江水环境质量管理决策支持C/S系统
- 2、松花江水环境质量管理决策支持B/S系统

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例：

应用单位：吉林省环保厅、黑龙江省环保厅、环保部东北督查中心

实际应用案例介绍：

松花江水环境质量管理决策支持系统，在黑龙江省环境保护厅、吉林省环境保护厅和环保部东北督查中心安装部署，经设计完成松花江水环境管理决策支持系统示范演练方案，测试了系统常规运行模式和应急运行模式的运行情况、数据传输、系统功能、系统统一指挥协调功能等，特别是在应急情况下，系统快速反应能力和决策支持能力，经过测试、试运行、示范演练及修改完善，目前系统功能稳定。该平台应用效果通过了第三方评估，评估结果该系统的部署提高了相关部门对松花江流域水环境质量管理能力、水污染预警和应急处置能力。

联系单位：中国环境科学研究院

联系人：香宝

电 话：13810427766

E-mail: xiangbao@craes.org.cn

地 址：北京市朝阳区北苑安外大羊坊8号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国环境科学研究院
联系人: 香宝
电 话: 010-84918443
E-mail: xiangbao@craes.org.cn
地 址: 北京市朝阳区安外大羊坊8号

34、山地城市排水系统安全与城市径流污染控制信息管理技术

技术依托单位: 重庆大学

技术发展阶段: 工程示范

适用范围: 山地城市排水系统管理与城市面源污染控制与管理。

主要技术指标和参数:

一、基本原理

基于GIS技术,开发了山地城市排水系统管理与城市面源污染控制GIS系统,系统以“3S”技术为支撑,充分考虑数据的局部共享性,建立基础空间数据库,管道专题空间数据库、属性数据库、专家知识库等空间和属性数据库,基于ArcGIS Engine以及ArcGIS Server、Skyline进行二次开发。所有子系统都是基于ArcGIS Engine构建C/S结构的分析系统,基于ArcGIS Server和Skyline建立B/S结构的查询分析显示系统。

二、关键技术

1、GIS技术

2、3S技术

3、空间数据建库技术

4、DSS技术

5、Web合成技术

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例:

应用单位: 重庆市主城江北区

在重庆市主城江北区进行了集成示范,包括结构性安全监控与预警系统示范、排水管道有害气体安全监控与预警系统示范、泄洪排涝关键节点识别系统示范。

联系单位: 重庆市排水有限公司

联系人: 刘石虎

电 话: 13668052016

地 址: 重庆市渝中区长江滨江路126号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 重庆大学

联系人: 艾海男

电 话: 13752811827

E-mail: aihainan@126.com

地 址: 重庆大学B区城市建设与环境工程学院

35、城市水环境系统动态仿真及规划决策支持系统构建技术

技术依托单位：中国城市规划设计研究院

技术发展阶段：示范技术

适用范围：城市水环境系统规划、城市总体规划及相关涉水规划

主要技术指标和参数：

综合运用了不确定性分析技术、GIS 技术和动态演示技术。分为稳态与动态两个层次。集成了参数率定、参数验证、水量计算、水质计算等仿真计算功能。具有河流数字化的功能，能对水质监测数据、污染源数据进行管理，并具有形象的水量与水质动态仿真展示功能。具有水质评价、压力分析、水环境容量计算、污染削减方案筛选、方案比选等规划决策支持功能。能够对多种决策变量进行响应和评价。

系统基于不确定性分析框架，可降低由于我国水环境数据稀缺所带来的决策风险；引入 GIS 技术，可增加规划信息量并简化系统操作；将动态与稳态模型相结合，可满足不同层次的需求。

基于以上技术，采用 Visual C++ 与 FORTRAN 语言结合，开发了城市水环境系统仿真决策支持系统。目前该项技术成果已取得软件著作权 1 项。以往的城市水系规划只能展现规划的景观效果，而新开发的仿真决策支持系统可进一步展示规划对于水环境的改善效果，确定城市发展合理的规模、结构与布局。仿真决策支持系统增加了规划的技术手段，将规划的效果直观表达，提高了决策的科学性。

技术的创新主要体现在：（1）集成多项技术，功能完善。综合运用了不确定性分析技术、GIS 技术和动态演示技术。具有水质评价、压力分析、水环境容量计算、污染削减方案筛选、方案比选等规划决策支持功能。（2）与城市规划相结合。为城市水环境系统规划提供决策支持。目前国内尚无结合城市规划相关信息的城市水环境系统规划决策支持系统。

实际应用案例：

应用单位：中国城市规划设计研究院

运用城市水环境系统动态仿真及规划决策支持系统构建技术，开发了基于 GIS 的城市水环境系统仿真决策支持系统，并在各示范地的规划研究示范中进行了应用。

技术信息咨询单位及联系方式：

联系单位：中国城市规划设计研究院

联系人：徐一剑

电 话：010-58323420

地 址：北京市海淀区三里河路 9 号

36、城市污水处理系统运行绩效评价技术

技术依托单位：北京城市排水集团有限责任公司

技术发展阶段：应用示范

适用范围：全国城市污水处理系统（城市污水处理厂及排水管网）运行绩效评价和考核

主要技术指标和参数：

一、基本原理

该技术借鉴了国内外经验，研究了英国水务监管体系等 8 个国外排水绩效体系的做法和经验，主要借鉴了指标筛选原则和设计体例；对中国水协及各省现有的绩效评价方法进行了整理、总结和借鉴。根据行业发展需求结合专家咨询意见针对性设计了一系列科学、合理、适用的创新性指标和指数，并在验证过程中不断完善指标的设计。基于全国水务行业发展和监管需求，构建了由十大指数表征的城市污水处理厂运行绩效和以八大指数表征的城市排水

管网运行绩效评分及评价方法、考核模式和绩效结果表征方法。

二、工艺流程：

城市污水厂运行绩效考核体系分五类（运行质量、运行效率、可持续性、管理水平、财务经济）、十大指数、22 项指标，各单项指标满分为 10 分，根据指标重要程度设置权重比例，总分为 100 分。绩效评价结果分为优秀、良好、合格（中）和不合格（差）四个等级。可根据全国及各区域行业管理需要选择单项考核、分类考核、总体考核三种考核评价模式。

运行绩效单项考核：根据行业管理需要从单项绩效指标及十大指数中选取进行单项考核，可按工艺、规模或地域等分类考核或不分类考核。

运行绩效分类考核：根据行业管理需要按运行质量、运行效率、可持续性、管理水平、财务经济五项分类考核。可按工艺、规模或地域等分类考核或不分类考核。

运行绩效总体考核：应按规模分类考核。

排水管网运行绩效评价方法由考核指数（运行质量、运行效率、可持续性）和支撑指数（管理水平、财务经济）表征。其中，考核指数用于排水管网运行绩效总体水平的考核评价（横向评比或纵向对比），支撑指数则用于分析提高排水管网运营水平（考核指数）的改进方向（提高管理水平或加大经费投入）。

三、关键技术

1、绩效指标筛选原则和方法；

2、绩效数据分布规律统计分析方法；

3、绩效管理应用分析模式

四、技术来源及知识产权概况

优化集成

实际应用案例：

应用单位：北京城市排水集团有限责任公司，天津创业环保集团股份有限公司，天津市排水管理处，上海市城市排水有限公司，上海城投污水处理有限公司，深圳市水务（集团）有限公司，重庆水务集团股份有限公司

通过收集全国具有代表性的50个污水处理厂约200万个数据和5个城市排水管网的约1000个数据，作为基础数据支撑，有效验证了指标体系的科学性、合理性和适用性，可以作为绩效管理的基础工具用于企业内部管理和行业监管；验证了考核方法的科学性、公正性和适用性，可以作为考核评价的有效管理工具，用于行业考评工作。通过示范验证初步建立了一套系统的绩效数据采集方法、分析模式、工作流程和诊断评价方法，通过这套方法实施，进一步增强了示范单位的绩效管理意识，改进和强化了绩效管理方法，识别出一系列影响绩效水平的因素，形成了改进运行绩效水平的思路和方案；技术体系研究示范工作对全行业运行绩效的管理带来了有益的影响。

联系单位：北京城市排水集团有限责任公司

联系人：阜巍

电 话：87740105

E-mail: fuwei@bdc.cn

地 址：北京市朝阳区高碑店甲1号

技术信息咨询单位及联系方式：

单位名称：北京城市排水集团有限责任公司

联系人：阜巍

电 话：87740105

E-mail: fuwei@bdc.cn

地 址: 北京市朝阳区高碑店甲1号

37、我国小城镇水污染治理目标管理与决策技术

技术依托单位: 中国科学院生态环境研究中心

技术发展阶段: 推广应用

适用范围: 全国小城镇污水治理及区域小城镇污水治理

主要技术指标和参数:

一、基本原理

我国小城镇数量众多, 经济社会、基础设施、环境需求等方面千差万别。开展小城镇污水治理, 采用全国一刀切的方式显然不行, 势必要分轻重缓急, 制定不同的管理目标, 分类、实施。本技术通过全国小城镇污水调查, 掌握了我国小城镇生活用排水基础数据, 以及污水排放特征和规律。在此基础上, 建立了包括环境胁迫因子、经济能力因子和基础条件因子在内的小城镇污水治理需求度评价指标体系和评价方法。应用需求度评价方法, 将全国划分为不同的目标管理区。之后, 基于区域内小城镇经济发展的不均衡性将区域小城镇污水治理目标分为三级四档进行管理。基于集中污水处理与分散污水治理在环境影响上的差异对两类治理方式适用不同的目标管理体系。通过专家决策的方式, 提出了我国小城镇污水治理的近、中、远期的总体目标。

二、工艺流程:

1、建立小城镇污水治理需求度评价指标体系, 依据需求度评价方法, 将全国划分为不同的目标管理区;

2、基于区域内小城镇经济发展的不均衡性将区域小城镇污水治理目标分为三级四档进行管理;

3、基于集中污水处理与分散污水治理在环境影响上的差异对两类治理方式适用不同的目标管理体系;

4、通过专家决策的方式, 提出了我国小城镇污水治理的近、中、远期的总体目标;

5、应用上述目标管理的方法, 着重针对“十二五”目标进行了指标分解, 并提出全国规划的建议。

三、关键技术

1、小城镇污水治理需求度评价方法;

2、小城镇污水治理目标分级管理方法。

四、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 住房和城乡建设部村镇司

实际应用案例介绍: 住建部村镇司组织编制的《“十二五”全国村镇污水治理规划(建议稿)》采用了我国小城镇水污染治理目标管理与决策技术, 将全国划分为三类治理区, 确定了各治理区的治理目标, 并将治理目标分解至各省。

联系单位: 住房和城乡建设部村镇司

联系人: 鞠宇平, 褚苗苗

电 话: 010-58933609

E-mail: chumm@mail.cin.gov.cn

地 址: 北京市海淀区三里河路9号

技术信息咨询单位及联系方式:

单位名称: 中国科学院生态环境研究中心

联系人: 范彬

电 话: 010-62849142

E-mail: fanbin@rcees.ac.cn

地 址: 北京市海淀区双清路18号。

38、典型城市排水系统模式优化选择和溢流污染治理方法

技术依托单位: 上海市水务规划设计研究院

技术发展阶段: 示范技术

适用范围: 全国大中型城市排水体制的选择和溢流污染治理决策

主要技术指标和参数:

一、基本原理

根据层次分析法的原理,提出了一套综合评价指标体系,可从适用条件、使用效果、管理需求以及投资与运行费用各方面综合评价城市排水系统排水模式的适应性,并定义了具体的指标、完成了指标值的归一化、以及指标权重的分配,采用可量化的多属性决策方法辅助排水系统的规划决策。通过对上海市、合肥市等代表性排水系统运行效果数据以及当地降雨特性、建设投资等数据的分析,验证了该方法的可行性。

在排水系统溢流放江污染防治对策的研究中,根据溢流污染产生—迁移—排放的过程,从源头控制、汇流控制和末端处理三个阶段提出相应的对策措施。源头控制:在对国内外主要源头控制措施及径流消减技术调研的基础上,分析不同地区源头控制措施的适用性。汇流控制:通过对国内外不同调蓄设施调研的基础上,分析总结调蓄设施类型及适用情况,以及调蓄设施合理规模确定方法。末端处理:在对大型污水处理厂接纳初期雨水的水质和水量分析基础上,通过建立污水处理厂数学模型,分析常规污水处理厂接纳初期雨水的处理能力,及雨季抗冲击能力,从而提出技术可靠、经济合理的污水处理厂处理初期雨水的改进工艺。

针对上海市中心城初期雨水污染已成为上海市水环境质量改造制约因素的问题,本课题通过对截流效率、初期雨水收纳水体环境容量、防汛标准可提高程度及雨国外初雨治理标准比较等四方面的系统研究,创新了确定截流标准的方法,在选择污染削减效率最优区间的同时,兼顾城市水体环境容量的许可和管道截流倍数,实现环境效益与经济效益的统一。该方法已应用于上海市初期雨水治理规划和合肥初期雨水治理工程设计中。

对于截流式的排水系统,采用本课题的截流标准确定方法,通常全年降雨场次截流约75%以上,雨量截流量约占降雨量的60%左右,可以实现减少溢流污染30%以上的目标。

二、关键技术

- 1、不同排水模式效能分析逻辑框架及模型技术;
- 2、集中分散处理系统技术与经济效益分析的模型技术;
- 3、大型污水管道最佳输送方式模型技术;
- 4、不同城市排水管网分期建设规模决策技术

三、技术来源及知识产权概况

自主研发

实际应用案例:

应用单位: 上海市水务规划设计研究院

本分析采用已建立的多属性决策模型,分别计算该系统采用合流制或分流制的各个指标值,最终得出分流制和合流制方案的得分。得分高的方案,为该系统更适宜采用的排水模式。通过对虹许地区不同排水体制得分计算分析可知合流制得分明显高于分流制,这表明虹许系统更适宜采用合流制系统,

联系方式: 021-34760531

联系单位: 上海市水务规划设计研究院

联系人: 时珍宝

电 话: 021-34760531

E-mail: shizhenbao1@163.com

地 址: 上海市虹梅路 1535 号星联科研大厦 1 号楼 2 层