

《含油污水处理工程技术规范》(征求意见稿) 编制说明

目 次

目 次.....	1
1 规范编制来源及意义.....	3
1.1 任务来源.....	3
1.2 编制的法律和政策依据.....	3
1.3 相关标准及规范.....	3
1.4 规范制定的必要性.....	4
2 编制原则、方法和技术路线.....	4
2.1 规范的编制范围及原则.....	4
2.2 制定规范的技术路线.....	5
3 规范的编制过程.....	6
4 含油污水来源及处理技术现状.....	7
4.1 含油污水来源.....	7
4.2 含油污水对环境的危害.....	9
4.3 处理技术现状.....	10
4.4 国内含油污水处理工程调查.....	20
5 含油污水处理技术的确定.....	21
5.1 基本原则.....	21
5.2 含油污水治理技术路线.....	22
5.3 治污路线的可行性.....	22
6 规范条文说明.....	22
6.1 适用范围.....	22
6.2 总体设计.....	22

6.3 含油污水处理技术比较.....	22
6.4 含油污水油水分离单元设计.....	23
6.5 施工与验收.....	46
7 典型污水处理流程技术要点.....	47
7.1 机械制造、金属压延加工业含油污水处理流程.....	47
7.2 轻工业含油污水处理流程.....	47
7.3 油脂化工业含油污水处理流程.....	49
7.4 成品油站（库）含油污水处理流程.....	50
7.5 屠宰与肉食品加工工业含油污水处理流程.....	50
7.6 餐饮业含油污水处理流程.....	51
8 与执行现行法律、法规、规章、政策的关系及实施建议.....	52

1 规范编制来源及意义

1.1 任务来源

根据国家环境保护总局于 2006 年下达的《国家环境保护标准计划任务书》中，编制《污水油水分离工程技术规范》（项目统一编号：1398）的任务，江西金达莱环保研发中心有限公司作为主编单位承担了该规范的研究及编制工作，参编单位有华中科技大学和北京市环境保护科学研究院。

2007 年 12 月 19 日由国家环保总局科技标准司主持并通过了该项规范开题报告评审。根据与会专家意见，工程技术规范不仅仅是单元处理工艺，应包括该类污染源污水处理工艺。因此，该项规范名称由《污水油水分离工程技术规范》拟改为《含油污水处理工程技术规范》。

1.2 编制的法律和政策依据

- 1、《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日）
- 2、《中华人民共和国水污染防治法》（1996 年 5 月 15 日修正）
- 3、《环境标准管理条例》
- 4、《“十一五”国家环境保护标准规划》 国家环境保护总局文件环发〔2006〕20 号
- 5、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》国家环境保护总局公告 2006 年 第 41 号
- 6、《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》国家环境保护总局公告 2007 年 第 17 号
- 7、《关于加强国家环境保护标准技术管理工作的通知》环科函〔2007〕31 号
- 8、《国家环境保护标准计划任务书》（项目统一编号：1398）
- 9、《标准化工作导则》（GB/T 1.1-2000 、GBT 1.2-2002）

1.3 相关标准及规范

- 1、《石油产品油对水界面张力测定法(圆环法)》（GB/T 6541-1986）
- 2、《水质 石油类和动植物的测定 红外光度法》（GB/T 16488-1996）
- 3、《潜油电泵装置的安装》（GB/T 17388-1998）
- 4、《潜油电泵电缆系统的应用》（GB/T 17389-1998）
- 5、《环境保护产品技术要求·油水分离装置》（HJ/T243-2006）
- 6、《石油化工废水处理设计手册》（中国石化出版社）
- 7、《油气厂、站、库给水排水设计规划》（SY/T0089-96）
- 8、《用于突然释放的油/水分离器性能测定的标准操作规程》（ASTM D 6157-1997）

1.4 规范制定的必要性

我国自 1973 年发布第一个国家环境保护标准《工业“三废”排放标准》起，截至 2005 年底，已发布各类环境保护标准 841 项，包括环境质量标准、污染物排放标准、环境基础标准、监测分析方法标准和环境标准样品标准。各省、市、自治区人民政府根据当地环境质量状况和环境管理需要，制订和发布了一系列地方环境标准。构成了以国家环境标准为主体，地方环境标准为补充的我国环境标准体系，这些环境标准为防治环境污染起到了重要的作用。

但受各类因素的制约和影响，我国部分现行国家环境标准（特别是环境保护行业标准、污染防治技术政策）还不够完善，对行业技术进步的促进作用不足，和国际相应标准尚有一定差距。

含油污水处理工程在国外已有多种成熟技术；而在国内，其核心技术主要是“隔油—凝聚气浮—生化”的“老三套”工艺。近十几年，新型混凝剂以及吸附法、膜分离法、电解法等分离技术才逐渐得以运用。目前，我国针对含油污水处理工程尚无系统的行业标准；在与油田开采、石油化工、船舶运输等行业相关的环境保护规范中虽有较详细规定，但对其它行业适用性不强。因此，有关工程设计、施工、运行也只是参照其他类似工艺的规范，结合设计人员的经验进行。

制定本技术规范的目的是提供含油污水处理单元的设计依据，建立一套突出行业特点、可操作性强的设计规程。另外，考虑到排放含油污水的行业众多，环保部门对这些企业进行的管理时，在处理含油污水问题上，也存在无据可依的困难。因此，有必要根据国家环保法规和含油污水处理产业的特点，结合国内外含油污水处理工程技术现状，制订一个技术上先进、经济上合理、环境上容许、实践上可行的污水处理工程技术规范，为污水处理和资源化提供技术支撑。

2 编制原则、方法和技术路线

2.1 规范的编制范围及原则

制定本规范是为了建立含油污水处理技术的应用依据，建立一套完善的、系统的单元工程技术规范。适用于环保行业污水治理工程中的含油污水处理工程，去除污水中的浮油（油珠粒径大于 $100\ \mu\text{m}$ ）、分散油（油珠粒径 $10\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ ）、乳化油（油珠粒径 $0.1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ ）。

制定本规范主要遵循以下原则：

1. 符合国家发展循环经济的政策和发展方向。
2. 规范基本结构格式符合国家环境保护标准编制的要求，标准数值建立在环境可接受性、

技术可行性等共同支持的基础上，并与国家相关规章、标准相协调。对部分不宜用数值表达的技术要求，以标准性条款表述。

3. 重点针对食品加工、餐饮、机械制造和金属压延加工、轻工、化工、油气销售站（库）等行业制定含油污水处理工程技术规范；

4. 坚持调查研究，实事求是，突出重点；

5. 处理过程中尽量不加入化学处理剂，以防止对环境产生二次污染。

6. 处理设备要在性能良好稳定、适于工程需要的前提下，尽量根据国内设备产品性能，选用合适的工艺指标。

7. 逐步与国外先进标准接轨；积极推广成熟可靠的新工艺、新技术。

制订规范时，一方面要考虑与国际标准接轨，另一方面以成熟可靠的新工艺和新技术为依据，对新建项目要求用新工艺、新技术，减少能源消耗，实行污染物最小量化的清洁生产。积极借鉴国外先进标准，提高我国含油污水处理工程技术总体水平。

8. 标准限值制定有理有据，既要体现生产工艺、污染防治技术的先进性、安全可靠，又要兼顾我国的国情和经济可行性，有利于标准的实施。力求科学性、合理性、规范性、可操作性。

2.2 制定规范的技术路线

本规范制定主要是通过实地调研、国内外资料和文献查阅，根据我国含油污水处理技术、治理现状、行业发展需要和环境保护的要求等确定规范的技术内容和标准值。

1. 新的工程技术规范不再考虑国家明令淘汰的落后工艺，用排放标准促使落后工艺的自动淘汰；

2. 不同时期建设的现有的含油污水处理技术应基本一致。推动老企业采用新技术进行技术改造、更新环保设施，使不同时期建设的企业环境治理成本趋于一致，基本处于相对公平的市场竞争环境中；

3. 参考《环境保护产品技术要求 油水分离装置》（HJ/T 243-2006）等相关现有标准、文献、资料编写含油污水处理工程技术规范总则、污水来源、处理技术、技术参数、处理工艺设计、废油及污泥处理、安全与环保、节能及消防措施、工程验收等内容。

具体工作内容包括：

(1) 资料收集和实地调研。

调查、收集国内外有关含油污水处理工程技术的研究文献、工程设计图纸资料等；调查

食品加工、餐饮、机械制造和金属压延加工、轻工、化工、油气销售站（库）等行业的生产工艺特点、污水处理工艺特点，及实际运行情况。

(2) 含油污水处理技术研究。

在收集资料的基础上，深入研究食品加工、餐饮、机械制造和金属压延加工、轻工、化工、油气销售站（库）等行业国内外现有的成熟的含油污水处理工艺及控制指标，筛选制定技术标准所依据的典型工艺及水质控制技术；并通过资料研究、现场考察、采样分析等手段，深入研究相关行业的生产工艺、污染因子、处理技术、排放特征、处理成本，并对行业污水处理进行总体技术经济评估，总结成功的经验和存在的问题。

(3) 行业污水处理工艺关键问题研究集成。

主要解决食品加工、餐饮、机械制造和金属压延加工、轻工、化工等行业的含油污水处理工程技术相关的工艺选择、工艺设计、关键设计参数、处理效果和不同工艺的达标可行性等。

(4) 搜集国家发布的有关含油污水处理技术的国家标准、行业标准等文件资料，分析它们之间的相互关系。

(5) 搜集发达国家有关含油污水处理技术的标准、技术发展历程、最新技术工艺等资料，了解含油污水处理技术的历史和未来发展。

(6) 抽样调查国内含油污水处理工程现有工艺技术水平、经济社会效益、存在的问题及技术发展趋势。

(7) 通过以上工作，撰写标准草案及其编制说明，编制说明中明确规范制订的依据，如污染物去除率分析、运行稳定性分析、技术经济分析等内容。

(8) 依据环境规范的制订工作程序，完成后续的有关工作。

主要包括标准草案的征求意见、意见处理、编制送审稿、审议送审稿、编制报批稿、报批该标准等。

3 规范的编制过程

2007年5月江西金达莱环保研发中心有限公司、华中科技大学和北京市环境保护科学研究院开始了《含油污水处理工程技术规范》的编制工作。编制工作从国内外相关标准和文献资料调研开始，重点结合国内已经发布实施的有关含油污水处理和利用的行业标准，对含油污水处理工艺状况进行调研。2007年5月，确定编制工作大纲；2007年12月通过开题报告；2008年2月确定重点企业调查名单，完成调查表格设计。2008年5月，完成含油污水处理重点企业的调查报告。2008年8月，完成技术研究报告的各部分初稿。2008年9月，完成技术

研究报告的汇总整理。2008年11月，完成《含油污水处理工程技术规范》和编制说明的初稿，并提交相关部门审阅；2009年07月，完成《含油污水处理工程技术规范》征求意见稿及编制说明。

4 含油污水来源及处理技术现状

4.1 含油污水来源

含油污水中的油分一般认为以浮油、分散油、乳化油、溶解油等四种形态在污水中存在。

(1) 浮油: 铺展在污水表面形成油膜或油层，这种油的油滴粒径较大，一般大于 $100\ \mu\text{m}$ ，占总含油量的 $70\% \sim 80\%$ 以上。

(2) 分散油: 以油粒形状分散在污水中，不稳定，经静止一段时间后往往变成浮油，这种油的粒径在 $100\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$

(3) 乳化油: 在污水中呈乳浊状，细小的油珠外边包着一层水化膜且具有一定量的负电荷，水中含有一定量的表面活性剂，使乳化物呈稳定状态，油粒径一般在 $10\ \mu\text{m} \sim 0.1\ \mu\text{m}$ ，油粒之间难以合并，长期保持稳定，难以分离。

(4) 溶解油: 油以化学方式溶解于水中，油粒直径在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下，甚至可小到几纳米，极难分离。

溶解油通常很难用常规的方法从含油污水中分离出来，因此本技术标准仅适用于分离污水中的浮油、分散油和乳化油。

含油污水来源很多，主要有金属工业、石油工业、食品加工、餐饮业、轻工、化工等行业。其含油量及其特征，随工业种类不同而异，同一种工业也因生产工艺流程、设备和工作条件等不同而相差较大。污水中所含油类，除重焦油的比重可达 1.1 以上外，其余的比重都小于 1。

表 4-1 为常见工业含油污水中的油含量。

表4-1 工业污水中油含量

工业污染源	油含量 (mg/L)	工业污染源	油含量 (mg/L)
轧钢厂	7200	纺织厂	21
餐饮业	150	羊毛洗涤	1605~12260
热轧	20	肥皂生产	250
冷轧	100~2000	金属锻造加工	35
游离态油	500	液压系统污水	5000
冷轧冷却水	2088~48742	轧铝	5000~50000
冷轧洗涤水	113~3034	罐盒成形	200000
副产品焦炉	2~240	食品加工	3830
焦化厂	21.4	食品加工(鱼类)	520~13700
连续铸铁厂	20~22	脂肪提炼厂	14~3551
高炉	102	食用油炼制	4000~6000
钢丝生产	716	金属抛光	100~5000
原油压舱水	32~1050	电镀污水	33~1123
油罐洗涤水	32~91	油田盐水	25~50
涂料生产	1900	油田生产污水	7~10000
飞机维修	500~1200	制革污水	40200
车辆维修	490	轮胎生产	38~928
木材防腐	55~1360		

含油污水来源主要有金属工业、石油工业、食品加工、餐饮业、轻工、化工等行业。

金属工业中含油污水两大来源产业是钢材制造业和金属加工业。

在钢材制造业中，钢锭被热轧或冷轧成所需要的形状。来自热轧过程的污水主要含有润滑油和液压油。在冷轧前钢锭必须用油处理以便于润滑并除去铁锈，在轧制时喷以油—水乳化液作为冷却剂，成形后须将钢材表面所黏附的油清除。因此冷轧厂产生的洗涤水和冷却水可能含有较高浓度的油，其中25%以上是很难分解的乳化油。

金属加工业生产成型的金属器件，如活塞及其他的机械零部件。这些器件在生产过程中需在冷却、润滑、清洗等方面用水，而且在运行中往往与设备或材料直接接触，水中带入大量氧化铁颗粒、金属粉尘和润滑油脂，形成含油污水。该过程产生的油性污水含研磨油、切削油及润滑油。

含油污水另一较大来源是石油工业。石油生产、炼制、储存或运输，或在使用这种工业产

品过程中都将产生含油污水。我国在油田开采、炼油工业、石油化工等行业已经制定了相应的含油污水处理技术规范，在本规范中就不再赘述。

食品加工业所排放的含油污水是指在加工处理肉、鱼和家禽时，产生于屠宰、清洗及副产品加工等过程中的油脂类物质，其中的主要污染源是来自脂肪提取工段，特别是湿法（或蒸汽）脂肪提取过程。据调查，肉类加工厂的污水中脂肪含量可达数千mg/l。食用油榨制加工行业的设备、容器和地面冲洗废水中也含有较高浓度的植物油。

在毛纺织工业中，多数含油污水是在工艺过程的最初阶段内由洗涤纤维产生的，其中洗涤羊毛的污水最有害。虽然该类污水可提取出有价值的羊毛脂，但是产生的污水依然有高的其它可提取物，因而难以处理。

运输业中含油污水多数是漏失、溢出或清洗产生的。运输油槽车需清洗，以防止产品受到污染。因此，清洗液中常含有油料，如果不加以处理而排出，也会带来污染。

油气销售过程中的加油站污染，是近年来出现的一个新的、越来越突出的污染问题。我国目前已加油站林立，在地面冲洗和降雨过程中都会产生大量含油污水。

在化工产业生产流程中加热和冷却过程有些油料会引进水系统。这些油料可能从密封不严处、冷凝器或热交换器装置引进，从而造成冷却水油污染。

4.2 含油污水对环境的危害

石油及加工制品是多组分烃类（链烃和芳烃）有机混合物，动植物油脂是多组分烃基脂肪酸类有机混合物，COD、BOD值高，有一定的色度和气味，易燃，易氧化分解，一般都比水轻，难溶于水。

水体被油类污染后，其感观状态（色、味等）发生变化，影响水资源的使用价值，危害水产资源和人类健康。

1. 恶化水质、危害水产资源

浮油极易扩散成油膜，4.5dm³可形成2.8 × 10⁻⁴mm厚的油膜、覆盖2.0 × 10⁴ m²的水表面。1mg石油氧化时约需3~4 mg氧。因而会使水体缺氧，产生恶臭，导致水生生物缺氧窒息而死亡。香港一油库漏油，近4千吨油类排入水体，使100多家网箱养殖鱼遭到污染不能食用而死亡，损失达120万美元。油类对海洋的污染造成的后果也十分严重。近50年内海生动物灭绝超过1000种，近20年来，海洋生物减少了40%。

2. 危害人体健康

油类和它的分解产物中，存在着多种有毒物质（如苯并芘、苯并蒽及其它多环芳烃）。这些物质在水体中被水生生物摄取、吸收、富集，造成水生生物畸变。分散在水体中的油珠还会被

水生生物粘附或吸附。通过食物链的作用进入到人体，使肠、胃、肝、肾等组织发生病变，危害人体健康。

3. 污染大气

在水体中以油膜形式浮在水面，表面积大，在多种自然因素作用下，其中一部分组分和分解产物挥发进入大气，污染和毒化水体上空和周围的大气环境。由于扩散和风力的作用，会使污染范围不断扩大。

4. 影响农作物生长

用含油污水灌溉农田，可使土壤油质化。油类粘附在作物的根茎部，影响作物对养分的吸收，造成农作物减产或死亡。油类中一些有毒有害物质也可能被作物吸收，残留或富集在植物体内，最终危害人体健康。

5. 影响自然景观

油类在水体中由于自然力或人为作用，会形成乳化体。这些乳化体常会相互聚成油—湿团块，或粘附在水体中的固体飘浮物上，形成所谓的油疙瘩。聚集在沿岸、码头、风景区，形成大片黑褐色的固体块，使自然景观遭到破坏。

6. 影响洁净的自然水渠

由于船舶航行、水流流动、大雨及其它因素，使含油污水和被油污水污染水域的油分转移到未污染的水域，造成更大面积的污染，威胁到饮用水源。

此外，由于渗水的作用，含油污水还可能会影响地下水水质。

4.3 处理技术现状

实现油水分离，应从两方面考虑：一、是根据凝聚理论的斯托克斯定理，胶体颗粒的沉降速度与颗粒的直径成正比，对于一种特定的体系，要提高颗粒的沉降速度，只有通过聚结使颗粒聚合增加粒径来实现；二、是要破坏乳化液的稳定性，就必须破坏胶体颗粒的带电性，和压缩胶体颗粒的双电层厚度，以降低其电势能的屏障，从而使胶体脱稳。

含油污水的主要处理手段有重力分离、粗粒化、气浮、过滤、吸附、膜分离等。

4.3.1 重力分离法

重力分离法是利用油和水的密度差及油和水的不相溶性，在静止或流动状态下实现油珠、悬浮物与水分离。分散在水中的油珠在浮力作用下缓慢上浮、分层，油珠上浮速度取决于油珠颗粒的大小，油与水的密度差，流动状态及流体的粘度。它们之间的关系可用 Stokes 和 Newton 等定律来描述。

重力分离技术是应用最广泛、最实用的一种含油污水处理技术。该法适用于除去污水中的

浮油、部分分散油、重油以及油-固体物等不与水溶解的有害物质，但不能除去污水中的溶解油和乳化油。

该分离方法具有能接受任何浓度的含油污水，同时能除去大量的油污和悬浮固体等杂质，不消耗药剂，无二次污染，运行维护费用低等优点。但处理出水往往达不到排放标准。

该类方法设备结构简单，易操作，除油效果稳定。多年来重力分离法作为一种基本而简便的物理分离油水方法，一直是国内外学者研究的热点。重力油水分离技术经历了如下的发展过程。

(1) API型油水分离池(平流式隔油池)

API型油水分离池是由API (American Petroleum Institute)研制出来的装置。在构造方面，为回收漂浮的油而增加了回转式集油管，其它则与平流式沉淀装置完全相同。平流式隔油池占地面积大，构造简单，维护容易，使用较为方便，除油效率达60%~70%，可除去的最小油滴粒径为100 μm ~150 μm 。缺点是占地面积大。

(2) PPI型油水分离池

所谓PPI型油水分离池(平行板式隔油装置, Parallel Plate Interceptor)，是由壳牌(Shell)石油公司于1950年研制出来的斜板式油水分离池。它是在平流式隔油池内沿水流方向安装数量较多的倾斜平行板，不仅增加有效分离面积，而且也提高了整流效果。斜板间距为100mm，倾角为45°。在斜板内被分离的油，沿着斜板的下表面上升，而后收集到捕油顶盖内，再从顶盖一端的溢流管流出，从而回收原水中的油珠。这种装置可去除大于80 μm 的油珠。

(3) CPI型油水分离池

CPI (Coagulated Plate Interceptor)为波纹斜板式隔油装置，也是由壳牌(Shell)石油公司研制出来的一种斜板式油水分离池。和PPI型油水分离池一样，它也是一种斜板式分离装置。但斜板的形状不是平板，而是波纹板。而且，由于斜板的间距为20mm~40mm，所以可以使每单位容积的分离面积增大。设计分离大于60 μm 的油珠。其优点是油水分离效果好，停留时间短(一般不超过30分钟)，占地面积小。

(4) CPS聚结板分离器

英国Fram公司于70年代初开发了先进的聚结板分离器(Coalescing Plate Separator)，其中的聚结元件为一叠V型板，聚结板由玻璃纤维制成，板上有放液孔，允许聚结油滴垂直穿过板。该设备主要适合处理含油量在，200mg/L~1000mg/L的污水，出口水质在50mg/L左右。通过现场应用证明了其独特的优越性，使油水分离向前迈进了一大步。

(5) Performax板式聚结器

到了80年代,美国C-E NATCO公司开发了商标为Performax的板式聚结器,这是一种错流设备。其聚结部分是由多层斜板重叠而成,与单层板式聚结器相比,可大大提高分离效率,而且不易阻塞。聚结部分可由不同材料制造,如聚丙烯、不锈钢和碳钢。在相同的运行条件下,该装置的处理能力远远大于以往的分离器,成为油水分离向高效、小型化发展的关键技术。

80年代以来,水力旋流分离技术的开发应用成为油水分离技术发展的标志,具有设备体积小,停留时间短,处理效率较高的优点。但由其分离原理所决定的高流速对含油污水会造成严重的二次乳化,要求进出口较大的压差作为运行能量,而且对排液控制要求高,因而在一定程度上限制了该技术的实际应用。这期间在重力沉降分离领域,仍以填料式分离器为主,并逐渐与聚结技术相结,在世界范围内得到广泛应用。

4.3.2 气浮法

气浮法是一种不断推广的油水分离技术。其基本原理是将空气以微小气泡形式注入水中,使微小气泡与在水中悬浮的油粒粘附,形成水—气—油粒三相复合体,该复合体整体密度小于水,从而使悬浮粒子随气泡一起浮升到水面,从水中分离。

要实现气浮分离必须具备以下三个基本条件:一是必须在水中产生足够数量的微气泡;二是必须使待分离的污染物形成不溶性的固态或液态悬浮物;三是必须使气泡能够与悬浮粒子相粘附。由于乳化油的稳定性,气浮前必须先采取脱稳、破乳措施,常投加破乳剂。

根据产生气泡的方式不同,气浮法可分为加压溶气气浮、鼓气气浮、电解气浮等,其中应用最多的是加压溶气气浮法。加压空气浮选一般将约为处理量的30%~100%的污水加压到表压为0.3 MPa~0.6 MPa,通入压缩空气(或用水射器带入空气),使空气溶解于水,把这部分溶解有空气的加压溶气水,送入浮选池,加压溶气水中的空气在较低的压强环境下从溶气水中释放,析出大量平均直径为80 μm的微气泡,使污水中的乳化油珠粘附在气泡上一起向上升浮到水面上而达到分离的目的。还有混凝沉淀气浮法,即在气浮过程中投加适当的混凝剂,使气浮的效果更加有效,但是该法浮渣量大且含有大量气泡。

另外还有吸附气浮法,即在气浮池里投加粉末活性炭,吸附污水中的油和溶解性污染物,废炭以及污水中的其他悬浮物附着在气泡上并与气泡一起上浮到池顶由除渣机除去。江汉石油机械厂同各油田设计院合作,针对油田采出水研制开发了溶气气浮、叶轮式气浮、喷射式气浮等各种气浮设备。

涡凹气浮(CAF)系统是一种是世界独创的专利水处理设备,也是美国商务部和环保局的出口推荐技术,在国外已得到广泛应用。该系统关键设备是涡凹曝气机,其工作原理是利用空气输送管底部散气叶轮的高速转动在水中形成一个真空区,液面上的空气通过曝气机输入水中,填

补真空，微气泡随之产生并螺旋形地上升到水面，空气中的氧气也随之溶入水中。CAF系统具有投资省、运行费用少、处理效果显著、操作简单等优点。涡凹气浮(CAF)系统应用于克拉玛依石油化工厂石化污水处理的工程实例取得了良好的处理效果,表明该系统值得在石化领域推广应用。

气浮法处理含油污水工艺成熟，油水分离效果好而且稳定，但缺点是浮渣难以处理。

目前，对气浮法的研究多集中在气浮装置的革新、改进以及气浮工艺的优化组合方面。如浮选池的结构由方形改成圆形以减少死角，采用溢流堰板排出浮渣而去掉机械刮泥设备等。此外还开发出一些新型的设备和工艺流程。如刘军利用涡流泵的特殊搅拌功能来改进工艺而形成高效气浮装置，将难以相溶的水和气体进行高效混合溶解并同时进行压送，不仅大大缩减了搅拌工艺环节，而且能替代工艺复杂且成本较高的空气压缩机、大型溶气罐等，实现了设备的小型化。经此工艺处理的污水含油质量浓度由80mg/L降至10mg/L完全能够达到排放标准；王振欧等将压缩空气溶气改为喷射器吸气溶气，提高了浮选过程的处理效果，增强了系统抗冲击负荷的能力。浮选出水中油质量浓度由40mg/L降至20mg/L，COD由150mg/L降至110mg/L，且出水水质稳定。流程中因省去了空压机，所以可降低能耗、减少噪声、降低污水治理成本，取得较好的环境和经济效益；肖坤琳等在实验研究的基础上，结合单级气浮技术和多级板式塔理论，开发出两级气浮塔处理含油污水的新工艺，实现了塔釜一次曝气，多级气浮分离。试验测定表明，当进水含油质量浓度为20mg/L~150mg/L时，二级气浮塔板处理效率较单级处理要高出20%，试验阶段处理水量为6L/h。

气浮技术用于除油在我国只是近一、二十年的事，对引进的设备和技术还没有完全消化和吸收；现有设备的自动化程度不高，操作管理跟不上，影响处理效果；气浮除油机理的研究也存在很大不足，这些都影响到气浮技术在污水除油中的应用。

4.3.3 粗粒化法

粗粒化法又称聚结法。该方法是利用油、水两相对聚结材料亲和力和力相差悬殊的特性，油粒被材料捕获而滞留于材料表面和孔隙内形成油膜。当油膜增大到一定厚度时，在水力和浮力等作用下油膜脱落，合并，聚结成较大的油粒。由斯托克斯公式可知，油粒在水中的浮升速度与油粒直径的平方成正比。聚结后粒径较大的油珠则易于从水中被分离。经过粗粒化的污水，其含油量及污油性质并无变化，只是更容易用重力分离法将油除去。

粗粒化处理的对象主要是水中的分散油和非表面活性剂稳定的乳化油，粗粒化除油是粗粒化及相应的沉降过程的总称。粗粒化技术在19世纪初美国有了第一项专利，20世纪40年代有了除去油中水分的应用报道，70年代才应用于含油污水的处理上。

该法的关键是聚结材料。聚结材料的形状主要有纤维状和颗粒。常用的亲水性材料是在聚酰胺、聚乙烯醇、维尼纶等纤维内引入酸基(磺酸基、磷酸基等)和盐类;亲油性材料主要有蜡状球,聚烯系或聚苯乙烯系球体或发泡体,聚氨酯发泡体等。许多研究者认为材质表面的亲油疏水性是主要的,而且亲油性材料与油的接触角小于 70° 为好。因此,亲油、耐油、疏水性能好的材料分离效果最佳。

粗粒化法可以把 $5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 粒径以上的油珠完全分离。聚结材料将这些小颗粒油珠聚结成能脱离材料表面的、比较大的油珠后,再利用重力分离法将油珠从水中分离出来,或用吸油机将油提取出来。黄盛蓉等采用聚丙烯吸油毡作粗粒化层,用PWT-4型油水分离装置处理油库含油污水,处理后出水油含量 $<10\text{mg/L}$ 。

粗粒化法除油的效果,与表面活性剂的存在和多少有关。微量活性剂的存在会抑制粗粒化床的效果,因而粗粒化法不适用于乳状含油污水的去除。

粗粒化法分离含油污水具有效率高、结构简单、无需外加化学试剂,无二次污染,设备占地面积小,基建费用较低等优点。但存在处理悬浮物浓度高的含油污水时,聚结材料易堵塞的问题。

4.3.4 过滤法

过滤法指使悬浮颗粒受到一定的限制,当污水流动时,会将悬浮颗粒抛弃的油水分离方法。其分离效果取决于限制颗粒的过滤介质。过滤主要是悬浮颗粒与滤料介质之间粘附作用的结果。

水流中的悬浮颗粒能够粘附于滤料介质表面上,涉及两个问题。首先,被水流挟带的颗粒如何与滤料介质表面接近或接触,这就涉及颗粒脱离水流流线而向滤料介质表面靠近的迁移机理,一般认为迁移由拦截、惯性、扩散和水动力等作用引起;第二,当颗粒与介质表面接触或接近时,依靠哪些力的作用使得他们粘附于介质表面上,这就涉及粘附机理。粘附是水中颗粒迁移到滤料表面上时,在范得华引力和静电力相互作用下,以及某些化学键和某些特殊的化学吸附力下,被粘附于滤料介质表面上,或者粘附在介质表面上原先粘附的颗粒上。粒径较小的油珠是含油污水中的一种悬浮颗粒,可以通过过滤的方法去除。

常见的颗粒介质滤料有石英砂、无烟煤、玻璃纤维、高分子聚合物等。

过滤法设备简单、操作方便,投资费用低。但随运行时间的增加,压力降逐渐增大,需经常进行反冲洗,以保证正常运行。

对于过滤的研究成果,主要表现在对过滤机理进行的探索研究,创立了各种过滤理论模式以及过滤介质的改进。

近20年来,中国和日本相继展开了对纤维滤料的研究。在含油污水的处理中,纤维球滤料

已具有较好的除油能力，但由于纤维球表面有极强的亲油性，使其吸附油后不能冲洗干净，阻碍了纤维球滤料在含油污水过滤处理中的推广应用。后来，对纤维球表面进行亲水疏油改性，研制开发了改性纤维球滤料，不仅有很好的除油效果，而且具有很强的反洗再生能力。

4.3.5 膜分离法

膜分离法是S. Sourirajan所使用并在近20多年迅速发展起来的分离技术。膜分离技术就是利用膜的选择透过性进行分离和提纯的技术。当污水中油粒子粒径为微米量级时，可用机械方法进行前处理。膜法处理可根据污水中油粒子的大小，合理地确定膜截留分子量，且处理过程中一般无相的变化，一般可不经破乳过程，直接实现油水分离。并且在膜法分离油水过程中，不产生含油污泥，浓缩液可焚烧处理；透过流量和水质较稳定，不随进水中油分浓度波动而变化；一般只需压力循环水泵，常温下操作，有高效、节能、投资少、污染小的特点。

正因为其有这么多的优点，所以膜分离技术得到广泛的应用，美国在1991年前后研究了一种陶瓷超滤膜处理采出水用于油田回注。

在国内，膜分离技术在油田污水处理中的研究和应用也有很大进展。李永发等用超滤膜处理胜利油田东辛采油厂预处理过的污水，处理后油截留率为97.7%，能达到低渗透油田回注水标准。梁立军等用中空纤维超滤器对大庆油田的注水站回注水进行了试验，开发的膜组件在通量上比常规的中空纤维组件大3倍~4倍，在0.08MPa的压差下，其通量最大。温建志等采用中空纤维超滤膜对油田含油污水进行了处理，研究表明，总悬浮固体质量浓度由6.69mg/L下降为0.56mg/L，油质量浓度由127.09mg/L下降为0.5mg/L，达到了满意的效果。华北油田、江汉油田、胜利油田都有应用超滤膜技术的报道，国家环保总局副局长土心芳也说中国十分重视膜科学技术的发展，希望它成为解决我国水体污染问题的重要手段。

以压力差为推动力的膜分离过程一般有微滤、超滤和反渗透三种。它们是根据被过滤物质质点的大小来分的。反渗透膜一般只允许溶剂粒子透过，而其中的小分子、大分子及微粒不能透过。超滤膜可允许溶剂粒子和小分子透过，而大分子和微粒不能透过。微滤膜则只能阻止微粒的通过。

4.3.6 其他分离方法

4.3.6.1 离心分离法

离心分离法是使装有含油污水的容器高速旋转，形成离心力场，因固体颗粒、油珠与污水的密度不同，受到的离心力也不同，达到从污水中去除固体颗粒、油珠的方法。

该法常用来分离分散油，对乳化油的去除效果不太好。离心分离法设备体积小、除油效率高，但高流速产生的紊流容易将部分分散油剪碎，而且运行费用高，因此常用于处理水量少，

占地受限制的场所，如海上采油平台、油船等。

常用的设备是水力旋流分离器。

旋流分离器在液固分离方面的应用始于19世纪40年代，现在较为成熟，但在油/水分离领域的研究要晚得多。虽然液固分离与液液分离的基本原理相同，但二者设备的几何结构却差别较大。脱油型旋流分离器起源于英国。从20世纪60年代末开始，由英国南安普顿大学Martin Thew教授领导的多相流与机械分离研究室开始水中除油旋流分离器的研究，发明了双锥双入口型液液旋流分离器，在试验过程中取得满意效果。随后，Young GAB等人设计出的与双锥型旋流器具有相同分离性能但处理量要高出1倍的单锥型旋流分离器。经过几何优化设计，Conoco公司提出了K型旋流分离器，对于直径小于10 μm 的油滴分离性能提高更加明显。

由于旋流分离器具有许多独特的优点，旋流脱油技术在发达国家含油污水处理特别是在海上石油开采平台上已成为不可替代的标准设备。

目前，水力旋流器在世界各地的油田，如北海、非洲、西欧、东南亚、中东、南美洲、北美洲、澳大利亚等国家和地区的海上和陆地油田都有应用。1985年日本北海就成功应用旋流技术处理900 m^3/h 的含油污水。据Carbutt C F报道，美国德州西部Permian Basin油田，将水力旋流器代替隔油与浮选单元处理油田采油污水，然后经一级过滤、气提、软化、二级过滤、离子交换，出水可用作蒸汽锅炉用水。北海U1a油田采用油水分离器和水力旋流器串连处理油田污水，处理后水质达回注水要求。据不完全统计，Vortoil水力旋流器从1984年~1990年已安装投运的有70个油田，其日设计采出水处理量已达111万 m^3 。近几年来，我国也陆续从国外引进了数套Vortoil水力旋流器，在采出水处理上取得了良好的效果。

4.3.6.2 化学法

化学法又称药剂法，是投加药剂由化学作用将污水中的污染物成分转化为无害物质，使污水得到净化的一种方法。常用的化学方法有中和、沉淀、混凝、氧化还原等。

对含油污水主要采用混凝法。混凝法是向含油污水中加入一定比例的絮凝剂，在水中水解后形成带正电荷的胶团与带负电荷的乳化油产生电中和，油粒聚集，粒径变大，同时生成絮状物吸附细小油滴，然后通过沉降或气浮的方法实现油水分离。

絮凝剂一般分为无机絮凝剂、复合絮凝剂以及有机絮凝剂。常见的絮凝剂有聚合氯化铝(PAC)、三氯化铁、硫酸铝、硫酸亚铁等无机絮凝剂和丙烯酰胺、聚丙烯酰胺(PAM)等有机高分子絮凝剂，不同的絮凝剂的投加量和pH值适用范围不同。

为了提高絮凝的效果，克服日益加剧的水污染问题，近年来有许多学者对絮凝剂进行了改进，也开发了许多新型絮凝剂，主要为无机高分子絮凝剂和复合絮凝剂。杨永哲等在聚合氯化

铝的制备过程中加入 Fe^{3+} ，使 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 发生聚合，从而得到改进型复合碱式氯化铝。动态试验表明，改进型复合碱式氯化铝的最佳碱化度是2.0，铝铁物质的量比为1:1，在此条件下，投加这种碱式氯化铝节省投药量20%左右，因而产生浮渣较少，运行费用较低，由此而成为一种有效的溶气气浮法的破乳剂。无机高分子絮凝剂主要是铝盐和铁盐的聚合体系，如聚氯化铝（PAC）、聚硫酸铁（PFS）、聚硅氯化铝（PASC）、聚硅硫酸铝（PASS）聚硅硫酸铁（PFSS）等。聚氯化铝（PAC）是常用的水处理剂，但其处理成本较高，而且沉降速度较慢。与聚氯化铝（PAC）相比，聚硫酸铁（PFS）具有COD去除率高、成本低廉且沉降速度较快等优点。但处理后铁在水中有残留，易造成管线腐蚀；具有合适铝硅物质的量比的聚硅氯化铝（PASC）主要通过电中和及吸附架桥起到混凝作用，不但较聚氯化铝（PAC）具有更好的除油、脱色、降藻、除油和去除COD的絮凝功效，而且降低了投药成本；聚硅硫酸铝（PASS）由于硅铝之间的作用，不但去油率高、沉降速度快，在低温低油条件下仍有较好的絮凝效果，而且处理后残余铝量可显著降低；聚硅硫酸铁（PFSS）在降低SS，增大矾花直径，提高沉降速度等方面均优于聚氯化铝（PAC）和聚硫酸铁（PFS）。聚硅硫酸铝（PASS）和聚硅硫酸铁（PFSS）都是通过长链大分子卷扫聚集作用使形成的絮凝体沉降速度增大，同时可以显著降低残余铝和残余铁含量。综合比较二者处理效果相当，只是聚硅硫酸铁（PFSS）贮藏时间可达到聚硅硫酸铝（PASS）的3倍。

复合混凝剂由不同盐系结合而成。如含 Al^{3+} 的聚硅酸絮凝剂，是在聚硅酸的基础上，加入适当的 Al^{3+} 而形成的一种复合型的无机阳离子高分子絮凝剂。具有良好的絮凝效果。SPTL-CS复合絮凝剂是以 FeSO_4 、硫酸、铝盐为基本原料，在硫酸介质中以 MnO_2 为催化剂经空气氧化而得到的一种高聚合度无机高分子絮凝剂，但使用这种絮凝剂需先去除浮油。XG977絮凝剂是以聚合硫酸铝铁和钙盐为主的多聚物，其分子中具有多核羟基络合离子结构，在投加量相同条件下，XG977的处理效果明显优于聚合氯化铝（PAC），且污泥体积小，其形成絮体的沉降性能优于PAC，综合处理费用比聚合氯化铝（PAC）低20%。

常用的有机絮凝剂是聚丙烯酰胺、ZB型阳离子有机絮凝剂等。现场试验表明，在除油率大致相同的情况下，ZB复合配方的投加量约为聚氯化铝（PAC）的1/2—1/5，并且有废渣生成量少，废渣含水率低、含油量高的特点，它是聚氯化铝（PAC）很好的替代品。

混凝法适合于靠重力沉降不能分离的乳化状态的油滴和其他细小悬浮物。

新型混凝剂在含油污水的处理方面已有应用，如关卫省等采用XDY混凝剂处理胜利油田吨六站污水，当投药量为20mg/L时，悬浮物去除率为50.6%，油去除率为97.4%；另外，有学者采用新型絮凝剂XG977处理油田采出水，取得了良好的效果。

4.3.6.3 电化学法

电化学法包括电解法、电火花法、电磁吸附分离法和电泳法。

电解法包括电凝聚和电气浮,电凝聚是利用溶解性电极电解乳化油污水,从溶解性阳极溶解出金属离子(一般用Al作阳极),金属离子发生水解作用生成氢氧化物吸附凝聚污水中的乳化油和溶解油,然后沉淀实现油水分离。

电解凝聚法其特点是:使用可溶性阳极如金属铝或铁作牺牲电极,通过化学反应,既产生气浮分离所需要的气泡,也产生使悬浮物絮凝的絮凝剂。电解凝聚法具有可去除的污染物种类广泛、反应迅速、适用的pH范围宽、处理效果好、占地面积小、操作简单、浮渣量相对较少等优点,但存在着阳极金属消耗量大、需要大量盐类作辅助药剂、耗电量高且运行费用较高等缺点。改进的电絮凝法主要为电池滤床法,但工艺还不成熟,仍处于探索阶段。如陈水平等将铸铁屑和小颗粒焦炭屑,按一定体积比混合,搅匀,用活化剂进行表面活化然后装入小玻璃柱中用内电解法来处理船舶含油污水,油分的去除率一般可超过90%。当油分浓度升高,到接近铁屑脱离能力最大点时,处理后的污水油分浓度会迅速上升。韩洪军等采用焦炭—铁屑粒料微电池滤床法处理含油污水去除率为70%~80%。

电解气浮法是利用不溶性电极电解含有乳化油和溶解油的污水,利用电解分解作用和初生成的微小气泡的上浮作用,使乳化油破坏,油珠附着于气泡上浮形成浮渣而被去除。电解产生的气泡细小均匀,因而捕获杂质的能力比较强,去除固体杂质和油滴效果较好,电解气浮法缺点是电耗大、电极损耗大,单独使用时不能达到排放要求。

电火花法是用交流电来去除污水中乳化油和溶解油的方法。装置由两根同心排列的圆筒组成,内圆筒同时兼作电极,另一电极是一根金属棒,电极间填充微粒导电材料,污水和压缩空气同时送入反应器下部的混合器,再经多孔筛板进入电极间的内圆筒。筒内的导电颗粒呈翻腾床状态,在电场作用下,颗粒间产生电火花,在电火花和污水中均匀分布的氧作用下,油分被氧化和燃烧分解。净化后的污水由内部经多孔顶板进入外圆筒并由此外排。

电磁吸附分离法是使磁性颗粒与油/水乳状液污水相掺混,在其吸附过程中,利用油珠的磁化效应,再通过磁性过滤装置将油分去除。高梯度磁性分离器用于炼油厂含油污水处理的分离效果很好。

电泳法分离乳化油是利用污水中油珠表面所带的负电荷在电场的作用下定向移动从而实现油水分离。不管是外加电场还是具有不同电极电位的材料放在一起自然形成的电场都可以达到目的。

王车礼、裴峻峰等采用电絮凝法处理油田污水,考察了电流强度、聚合氯化铝(PAC)投加

量、电极板间距和pH值对污水脱油率的影响。正交实验结果表明，在选定条件下进行电絮凝实验，电解反应4min，污水脱油率达到84.3%。

王蓉沙、邓皓等应用电絮凝浮选法对油田3类主要污水进行处理研究结果表明，电絮凝法适宜油田污水处理，具有明显的去油作用和降低污水的COD、SS作用，处理后污水能达到国家污水排放标准。

韩洪军采用微电池滤床法处理含油污水，将焦炭—铁屑粒料浸没在含油污水中，构成完整的微电池回路。在其表面有电流流动，从而促进金属的电化学腐蚀，使大量的金属离子进入污水成为凝聚剂，使油珠很快完成电泳沉积和聚结，油去除率达70%—80%。

陈水平研究了用铁屑内电解法处理船舶机舱含油污水。实验结果表明，油污水的SS、油分和COD_{Cr}去除率分别超过95%、90%和80%，处理后的污水油分浓度低于15mg/L，符合有关国际公约的标准，出水水质优于油水分离器。

Qgutveren等采用电絮凝处理含油污水，取得良好效果。

S. Rubach等采用电絮凝处理北海油田采出水。研究发现，当电导率由60mS/cm提高到480060mS/cm(相当于含盐量从1g/L上升至80g/L)时，耗电量相应由9Kwh/m³降到1.5 Kwh/m³，而出水油浓度在10mg/L~15mg/L间变化，去除率均在98%以上。油的去除效率几乎不受其他因素的影响。

4.3.6.4 超声波分离法

超声波(频率一般 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^8$ Hz)，是一种机械波，它在介质中传播时，具有机械作用、空化作用和热作用。其中机械振动作用会对油和水等介质产生凝聚、破乳、释气等作用。当超声波通过含油污水时，造成微小油滴与水一起振动。随着油滴和水滴的位移振动，使小油珠和小水珠凝聚成大的油珠和水珠。因油和水的重力差异，大水滴迅速下沉，油珠上浮，从而达到油水破乳分离。另外，超声波可使油水界面张力降低，对破乳有利。

超声波法油水分离效果良好。但利用该方法处理含乳化油污水时，必须先通过试验确定最佳的声波频率，否则可能出现超声粉碎效应，影响处理效果。

国外超声波用于破除乳化油的研究开展得比较早，80年代就有相关的报道。Stefaneseu Aurelian和Amilcar Vladimir用超声波使原油脱盐脱水，原油通过一旁路管道，旁路管道有超声波作用，然后再回到主管道。日本专利曾报道采用超声波来处理切削废油和船用废油。用超声波处理船用废油，800℃，超声波作用1h，油中含水量可低至1.45%(m/m)，而直接用热沉降1h，油中含水量为3.15%。

4.3.6.5 盐析法

盐析法是将向污水中投加无机盐类电解质达一定浓度时,油珠扩散层中阳离子由于排斥作用被赶到吸附层中,导致双电层破坏,油珠变成中性而相互合并成更大油珠,从而达到破乳的目的。

常用的电解质是钙、镁、铝的盐类,它既可中和电荷,又可置换表面活性剂的金属皂,处理效果较好。

盐析法投盐量一般控制在1%~5%之间,处理出水达不到排放标准,多用作初级处理。该法油水分离时间长,设备占地面积大,而且对由表面活性剂稳定的油/水乳状液的处理效果不理想。

综上所述,对于含油污水来说,除油的处理方法虽然较多,但各种方法都有其局限性,在实际应用中通常是几种方法联合分级使用,使出水水质达到排放标准或后续处理工艺要求。

4.4 国内含油污水处理工程调查

为了使该规范成为一部既具有实践性、适用性,又具有前瞻性和创新性的工程建设技术规范,编制小组成员对国内食品加工、餐饮、机械制造和金属压延加工、轻工、化工、油气销售站(库),包括石油化工、冶金等行业污水处理工程作了详细的调查研究工作。

其中包括中国石化武汉分公司排水污水处理站,处理能力达400m³/h;沈阳石蜡化工有限公司污水处理厂,处理能力2640m³/d;武汉油脂化学厂,处理能力2500m³/d;神龙汽车有限公司;武汉和平肉类食品股份公司肉类加工厂等多家企业。

调查结果表明,目前国内运行的含油污水处理工程多采用隔油—气浮—生化法处理流程。不同之处在于有些含油污水中石油类污染物浓度很高,进水生化性差,采用隔油+二次气浮+生化法处理工艺。而如屠宰与油食品加工厂的生产污水中油污主要成份为动植物油,污水的可生化性好,但其中SS浓度高,且可能含有大量的病毒。因此,其处理流程采用格栅+沉淀+生化法+消毒处理工艺。即使相同的污水水质,其生化处理工艺也不尽相同。如同样为屠宰废水,可采用好氧生物处理法,可采用厌氧+好氧生物处理法。但总的来说,含油污水处理工程在其运行中应注意以下几点:

1. 应保证含油污水预处理效果,为后续工艺创造良好水质条件。含油污水属工业生产废水,其水质和水量变化大,极易影响后序工艺。同时,预处理水质达不到设计要求,将直接影响生化系统运行,严重时破坏活性污泥系统的污泥活性。尤其当乳化油和重油进入生化系统后,活性污泥颗粒被油黏附包裹,微生物的呼吸、新陈代谢及生长繁殖受到限制,生化处理效果下降,有时会出现污泥上浮、大量死亡等现象,严重影响生产的正常运行。因此,在生产运行中,要严格监控进水水质变化情况,保证生产平稳受控。其主要手段是在完成正常操作的同时,加

强水质监测，以便及时准确地分析判断系统的工作运行状况，及时调整工艺运行方式。运行中，一般对进水中的油、COD、挥发酚、氰化物、磷废根、氨氮等每日分析一次，对pH值则2h分析一次（pH值的变化可在某种程度上反映水质的变化）；同时，注意进行及时的直观检查，遇有异常情况则立即增加分析项目与频次。根据分析判断，对于因操作原因造成的水质波动要从操作上予以完善；如进水水质恶化，要立即切换至调节池予以缓冲，以防生化系统受到冲击，待水质好转后再缓慢少量逐步送回。

2. 做好浮油回收，防止二次污染。浮油脱水前应静止12h以上，并用蒸汽加热至60℃~80℃，温度要严格控制在此范围内。采取罐底排水的方式除去油中水分，保证脱水处理后油中含水不大于5%；同时，脱水操作必须严防油污流入下水道造成再次污染。进油和向外送油前后，油污管线必须及时用蒸汽吹扫，防止油污粘挂管线内壁或阀门及设备内，造成堵塞，影响生产正常运行。

3. 应处理好油泥，创造出良好的环境效益。油泥是炼油污水处理的产物，也是含油污水去除污染物效果的最终体现，但油泥又是比较难于处置的。最彻底的治理方式是全部焚烧，但焚烧前要先进行浓缩和脱水。多种油泥汇合到一起进行浓缩，可达到预期的浓缩效果。脱水设备则比较难以选择。

4. 保持活性污泥系统污泥的活性和数量是维持系统长期稳定运行的关键。含油污水水质变化频繁，极易对活性污泥造成危害；同时，共营养源比例也满足不了BOD：N：P=100：5：1的需要。运行中一般投加磷酸氢二钠做为磷源，来补充系统对磷的需求。但如果系统有生活污水作补充营养源的话，则可不投加任何营养物。运行中，遇有水质冲击时，可暂停部分曝气池进水，进行充氧闷曝，使活性污泥得以再驯化，待活性恢复后再进水运行；然后再对另一部分曝气池进行同样的恢复性驯化，保证全系统的连续稳定运行。另外，通过提高进水质量、加强鼓风曝气，并加大剩余污泥排放量，使系统活性污泥快速繁殖，曝气池内微生物得以置换，这样，活性污泥土会很快恢复其活性。

5 含油污水处理技术的确定

5.1 基本原则

结合国内外先进经验和最新的环境保护理念，以改善环境质量为宗旨，按照废物减量化、资源化、无害化的处理原则，以环境质量为基准，从实际出发、合理规划、防治结合、综合管理。

5.2 含油污水处理技术路线

目前，国内外对含油污水的处理基本上是综合利用和达标排放两种形式。含油污水处理首先应考虑提高水的循环利用率，尽量做到污染物资源化，实现综合利用。

5.3 治污路线的可行性

虽然我国的含油污水处理技术，与发达国家相比，起步较晚，但通过多年的科技攻关，成套技术已日趋成熟，我国目前已具备根据各类含油污水特殊性的差异，进行包括预处理和深度处理处理的全部设计，同时研发了与之相对应的含油污水处理一体化设备。

6 标准条文说明

本标准正文部分共分八章，包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、总体设计、含油污水油水分离单元设计、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行维护管理。下面对标准中主要部分进行说明。

6.1 适用范围

本标准适用于新建、扩建和改建的以油污染为主体的工业(商业)污水处理工程。适用行业包括：肉食品加工、餐饮、机械制造和金属压延加工、轻工、化工、油气销售站(库)等行业和场所。

建设部于2007年发布的《油田采出水处理设计规范》适用于油田开采污水处理工程；中国石油和化学工业局于2000年发布了《石油化工污水处理设计规范》可适用于规范石油化工污水处理工程；另外，《船舶污染物排放标准》、《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》、《内河船舶防污染结构与设备规范》等对船舶运输污水的排放及处理有严格规定。

6.2 总体设计

由于城市污水处理系统没有单独的除油功能，因此对含油废水要单独进行除油处理。根据不同行业废水的含油特点，选择适合处理其废水的工艺，选择的处理工艺，要求技术成熟，同时经济节省。含油污水处理深度分为一级处理、二级处理及三级处理。为不影响后续生化处理效果，一级处理出水含油量应控制在30mg/L以下，不宜超过50mg/L。

6.3 含油污水处理技术比较

含油污水处理的主要手段有重力分离、粗粒化、气浮、过滤、吸附、膜分离等方法。下表6-1为各种处理方法的优缺点及适用范围。

表 6—1 各种处理方法的优缺点及适用范围

方法名称	适用范围	去除粒径(μm)	主要优点	主要缺点
重力分离	浮油、分散油	>60	效果稳定,运行费用低	占地面积大
气浮	分散油、乳化油	>10	效果好,工艺成熟	占地面积大,浮油难处理,药剂用量大
化学凝聚	乳化油	>10	效果好,工艺成熟	占地面积大,药剂用量多,污泥难处理
电解	乳化油	>10	除油率高,连续操作	装置复杂,耗电量大,消耗大量铝材,难大型化
电磁吸附	乳化油	<60	除油率高,装置占地面积小	耗电量大,工艺未成熟
膜过滤	乳化油、溶解油	<60	除水水质好,设备简单	膜清洗困难,操作费用高
砂滤	分散油	>10	除水水质好,投资少,无浮油	反吹操作要求较高
粗粒化	分散油、乳化油	>10	设备小型化,操作简单	滤料易堵,存在表面活性剂时效果差
吸附	溶解油	<10	除水水质好,装置占地面积小	吸附剂再生困难,投资较高

6.4 含油污水油水分离单元设计

6.4.1 隔油池

隔油池是利用上浮的方法去除污水中相对密度小于1的浮油的构筑物。在隔油池中,相对密度小于1、粒径较大的油品杂质上浮于水面,与水分离;相对密度大于1的杂质则沉于池底。所以,隔油池同时又是沉淀池,但主要起到隔油的作用。

目前,国内外主要采用平流式隔油池(API)、平板式隔油池(PPI)、波纹斜板式隔油池(CPI)。

我国炼油厂使用的标准设备是平流式隔油池(API),是根据美国石油协会确定的定型标准而设计的。PPI隔油池与CPI隔油池都为斜板隔油池,其在API的基础上设置了倾斜板,可有效减少油珠上升距离,使油珠在斜板下表面聚集成较大油滴。

API、PPI、CPI隔油池特性比较见下表6—2

表6—2 API、PPI、CPI隔油池特性比较

项目	API	PPI	CPI
除油效果(%)	60~70	70~80	70~80
占地面积(处理量相同时)	1	1/2	1/3~1/4
可能除去最小油滴粒径(μm)	100~150	60	60

最小油滴的上浮速度 (mm/s)	0.9	0.2	0.2
油分离去除方式	刮板及集油管集油	利用压差自动流入管内	集油管集油
泥渣去除方式	刮泥机将泥渣集中到泥渣坑	用移动式吸泥软管或刮泥设备排除	重力排泥
平行板清洗	没有平行板	定期清洗	定期清洗
防火防臭情况	表面浮油有着火危险, 且臭气散发	表面为清水、不易着火、臭气也不多	多用于聚胺酯类, 有着火危险, 臭气较少
附属设备	刮油刮泥机	卷扬机, 清洗设备及安装平行板用单轨吊车	没有
基建费	低	高	较低

根据使用过(API和斜板池)的一家大型炼油厂经验, PPI和CPI隔油池虽然可减少隔油池尺寸, 但较小的尺寸并不利于油滴的粗粒化, 且破乳的停留时间较少, 有时还会造成斜板的严重污染。因此, 斜板隔油池应定期采用蒸汽及水冲洗斜板, 防止堵塞。污水含油量较大时, 可采用较大的板间距, 含油量小时, 间距可适当减小。

通过某炼油厂污水处理设施数据, 下表6-3列举了包括API隔油池在内的几种油脂分离技术的去除效率。

表6-3 几种油脂分离技术的去除效率

处理技术	污水来源	去除率 %	
		游离油	乳化油
API隔油池	初始污水	60~99	--
气浮法, 无化学剂	API出水	70~95	10~40
气浮法, 加化学剂	API出水	75~95	50~90
化学凝聚与沉降	API出水	60~95	50~90

表中数据来源于炼油污水处理, 但也适用于其它含油污水的处理。某冷轧钢厂含油700mg/L(其中游离态油470mg/L, 乳化油230mg/L), 流量为3,000gal/min的污水用隔油池处理, 游离态油分离效率为90%。用API隔油池处理平均含油60mg/L的炼油厂污水, 出水含油量为35mg/L~178mg/L; 另有报道, 运用API隔油池处理类似炼油污水, 出水平均含油量为20mg/L左右。一家肉类加工厂污水中脂类含量为2,850mg/L, 污水流量为 $1 \times 10^6 - 7 \times 10^6$ gal/d。在隔油池中停留90min并撇去浮油后, 污水中油脂浓度约为750mg/L, 降低了75%左右。

隔油池分离单元处理效率见下表6-4:

表6—4 隔油池分离单元处理效率

工业	处理方法	油脂浓度 mg/L		去除率 %
		进水	出水	
石油炼制	API 隔油池	30	12	60
	API 隔油池	50	8	84
	API 隔油池	100	20	80
	API 隔油池	--	9~915 平均109	--
	CPI 隔油池	150~500	50~86	--
	CPI 隔油池	500~700	178`330	--
石油化工	API 隔油池	190	132	31
汽油炼制	API 隔油池	253	17	93
食油炼制	API 隔油池	3416~6100	1050~1125	--
动植物油炼制	撇油池	3984	3195	20

平流式隔油池的计算方法有如下两种:

1. 按上浮速度计算

$$A = \alpha \frac{Q}{u_0}$$

式中 Q 污水设计流量 m³/s

α 与池容积利用率和水流紊动状况有关的修正系数, 按水流速度v与上浮速度u₀之比, 由下表6—5查取, 一般要求v ≤ 15u₀, 且v不大于54m/h;

u₀ 油粒上浮速度 m/s 可通过试验求出。当缺乏有关资料时, 可取0.3 mm/s~0.35mm/s

表6—5 α 与速度v/ u₀的关系

v/ u ₀	20	15	10	6	3
α 值	1.74	1.64	1.44	1.37	1.28

u₀也可直接应用修正的Stokes公式计算:

$$u_0 = \frac{\beta g d^2 (\rho_0 - \rho_1)}{18\mu}$$

式中 ρ₀ 水的密度 kg/m³

ρ₁ 油粒的密度 kg/m³

μ 水的绝对黏度 Pa·s

g 重力加速度 9.8m/s²

d 油粒的直径 m

β 表示由于水中悬浮物影响, 使油粒上浮速度降低的系数

$$\beta = \frac{4 \times 10^4 + 0.8s^2}{4 \times 10^4 + s^2}$$

式中 s 污水中悬浮物浓度 mg/L

隔油池有效池长L(m)按下式计算

$$L = \alpha \left(\frac{v}{u_0} \right) h = \frac{A}{nb}$$

式中 L 有效池长

b 单格池宽

n 隔油池格数

2. 按污水停留时间计算

根据污水停留时间t为1.5h~2.0h和水平流速v为2mm/s~5mm/s计算

$$t = \frac{V}{Q}$$

式中 V 隔油池容积 m³

Q 污水体积流量 m³/h

$$v = \frac{Q}{3.6A}$$

式中 A 隔油池中过水断面面积 m²

v 水平流速

6.4.2 气浮法

气浮法是利用高度分散的微小气泡作为载体, 粘附污水中悬浮物, 使其密度小于水而上浮到水面以实现固液分离的过程。

与沉淀法相比, 气浮法具有以下特点:

1. 由于气浮池表面负荷最高可达12m³/m².h, 水在池中停留时间只需10min~20min, 而且池深只需2m左右, 故占地少, 节省基建费用。
2. 气浮池具有预曝气作用, 出水和浮渣具有一定的含氧量, 有利于后续处理或再利用, 泥渣不易腐化。
3. 浮渣含水率低, 一般在96%以下, 比沉淀池污泥体积减少2倍~10倍, 有利于后续处

理，而且表面刮渣易于池底排泥。

4. 可回收利用油脂。

5. 气浮法所需药剂比沉淀法节省。但气浮法电耗较大，处理每吨污水比沉淀法多耗电约 0.02kw. h~0.04kw. h。

下表6-6、表6-7为国外某具有典型技术水平的炼油厂污水处理的投资费、维修与操作费用。

表6-6 炼油污水处理的投资费用（1967年）

工艺	处理量 ×10 ⁶ gal/d	投资费 ×10 ⁴ \$	投资强度 \$/kgal*d
API隔油池	3.0	4.65	15.50
	7.5	10.50	14.00
	15.0	21.00	14.00
空气浮选	3.0	11.15	37.16
	7.5	22.275	29.70
	15.0	37.125	24.75

表6-7 炼油污水处理的投资费用（1967年）

工艺	处理量 ×10 ⁶ gal/d	投资费 ×10 ⁴ \$/a	投资强度 \$/kgal*d
API隔油池	3.0	2.30	0.02
	7.5	3.60	0.01
	15.0	5.50	0.01
空气浮选	3.0	3.70	0.03
	7.5	7.40	0.03
	15.0	11.77	0.02

下表6-8、表6-9为国外某肉类加工厂含油污水处理的投资费、维修与操作费用。

表6-8 肉类加工厂含油污水处理的投资费用（1967年）

工艺	处理量 ×10 ⁶ gal/d	投资费 ×10 ⁴ \$	投资强度 \$/kgal*d
隔油池	0.125	1.2	96.00
	0.54	3.5	64.81
	1.68	25.0	14.88
空气浮选	0.125	-	-
	0.54	6.0	111.11
	1.68	15.0	89.28

表6-9 肉类加工厂含油污水处理的投资费用（1967年）

工艺	处理量 ×10 ⁶ gal/d	投资费 ×10 ⁴ \$/a	投资强度 \$/kgal*d
隔油池	0.125	0.1	0.03
	0.54	1.0	0.07
	1.68	1.8	0.04
空气浮选	0.125	-	-
	0.54	1.3	0.10
	1.68	3.0	0.07

气浮过程包括气泡产生、气泡与颗粒附着及气泡与颗粒上浮脱离过程。

空气浮选法处理时，油脂—气泡混合体在水面形成一层泡沫，然后被撇去。铁盐或铝盐等化学混凝剂（有时辅以有机聚合电解质）特别有利于提高空气浮选法的效率。溶气气浮法不需投加化学药剂便可达到80%~90%的油脂取出率。如加入化学药剂，估计效率可达到90%以上。在某工业污水处理中，直接进行气浮处理时，油脂去除率为62%，投加25mg/L的硫酸铝混凝剂后去除率提高到94%。一家炼油厂采用气浮法处理污水，油脂去除率为70%，聚合电解质和膨润土加入后，使其去除率提高到95%；另一家炼油厂，气浮去除率为79%，加入25mg/L的硫酸铝混凝剂后去除率增至87%；第三家炼油厂的气浮法去除率为70%~80%，加入30mg/L~70mg/L的硫酸铝混凝剂后去除率达到90%，如加入75mg/L~100mg/L石灰，则去除率达93%。因此，有研究表明，絮凝—气浮法能去除炼油污水中97%的油份，75%的悬浮固体物质，并使BOD与COD都降低80%。其降低的程度应随污水性质而异。

下表为各种含油污水经气浮法或絮凝—气浮法后出水水质。

含油污水经气浮法或絮凝—气浮法处理数据见下表6—10：

表6—10 含油污水经气浮法或絮凝—气浮法处理数据

工业污水来源	混凝剂	油脂浓度 (mg/L)		去除率 %
		进水	出水	
炼油厂	无	125	13	72
	100mg/L明矾	100	10	90
	无	154	40	74
	三氯化铁	34	3	95
	无	72	7	90
	聚电解质 (5 mg/L~15mg/L)	16~3200 (平均410)	1~206 (平均27)	93
油轮压舱油	100mg/L 明矾 (+1mg/L聚合物)	133	15	89
石油化工	三氯化铁	100	14	86
	三氯化铁	180	14	92

	明矾	165	22	87
轧钢	石灰+硫酸亚铁	10~2000	8~275 (平均76)	
	石灰+硫酸亚铁	10~2000	3~183 (平均20)	
涂料生产	150mg/L 明矾 (+1mg/L聚合物)	1900	0	100
飞机维修		250~700	20~50	90
车辆维修	30 mg/L明矾+某 种化学品	490	5	99
洗衣业	明矾+聚合物	205	76	63
	氯化钙+聚合物	703	143	80
		440	190	57
		760	170	78
		1600	230	86
		230	84	63
		513	53	90
	硫酸亚铁+石灰+ 聚合物	915	28	97
	硫酸铁+聚合物	341	101	70
	聚合物	39	16	59
肉类加工	无	3830	270	93
	无	4360	170	96
	300 mg/L明矾	1944	142	93
食油 (未经 API)	明矾+聚合物	4250	1570	63
食油		5700	630	89
食油 (经 API)	明矾+聚合物	950	250	74
食油 (API+ 均质)	明矾+聚合物	1107	95	91
食油 (经撇 油池)	明矾+聚合物	558	245	56
海产品加 工	石灰+聚合物	3195	357	89
金枪鱼加 工 (中试)	石灰+氯化铁	558	106	81
海虾加工 (中试)	明矾+聚合物	852	128	85
纱线洗涤	水合氯化铝	2300~8160	40~248	88~99
羊毛洗涤	水合氯化铝	1650~12260	35~287	82~99

气浮法按照气泡产生方法可分为加压溶气气浮法、喷射溶气气浮法、电解气浮法等。国内含油污水处理厂目前常用加压溶气气浮法。加压溶气气浮法较其它气浮法主要优点是气泡

直径小，一般为15-30 μ m，在供气量相同时，气泡吸附的比表面积较大，气泡上浮速度慢，与吸附质点接触时间长，可提高上浮效果。加压溶气气浮法处理流程主要有全加压溶气气浮法、部分加压溶气气浮法和部分回流加压溶气气浮法。下表为此三种加压溶气气浮流程的比较。目前常用部分回流加压溶气气浮法。

全加压溶气气浮法、部分加压溶气气浮法和部分回流加压溶气气浮法的比较见下表6-11

表6-11 全加压溶气气浮法、部分加压溶气气浮法和部分回流加压溶气气浮法的比较

项目	全加压溶气气浮法	部分加压溶气气浮法	部分回流加压溶气气浮法
溶气水量 (%)	100	20-30	20-30
设备容量 (溶气罐、机泵)	大	小	小
电量消耗	大	小	小
污水乳化	加重	加重	较轻
空气消耗	大	较大	小
加药量			
硫酸铝 (mg/L)	60-80	60-80	30-40
聚合铝 (mg/L)	20-40	20-40	15-25
絮凝效果	差	差	好
释放器堵塞	严重	严重	少
气浮池容积	小	较大	较大
操作流程	简单	较复杂	较复杂
出水含油量 (mg/L)	30左右	30左右	20左右

气浮法设计计算：

1. 药剂耗量

$$G = MQ \cdot 10^{-3}$$

式中 G 每小时药剂 (工业品) 耗量 kg/h

M 投药量 (根据筛选试验确定或按经验数据选用) mg/L

Q 处理污水量 m^3/h

2. 药液量

$$G_1 = \frac{G}{c}$$

式中 G_1 药液量，即每小时药剂溶液量 kg/h

G 每小时药剂 (工业品) 耗量 kg/h

c 药液重量百分浓度

3. 药剂溶解池容积

$$W = 8KG_1 \cdot 10^{-3}$$

式中 8 每班次配药一次, 即一班次为8小时

G_1 药液量, 即每小时药剂溶液量 kg/h

K 安全系数 一般取1.1~1.5

W 药剂溶解池容积 m^3 /间

4. 溶气罐容积

$$W = \frac{qt}{60}$$

式中 W 溶气罐有效容积 m^3

q 单个溶气罐进水量 m^3/h

t 溶气罐停留时间 一般为1min~3min

5. 溶气罐直径

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi H}}$$

式中 D 溶气罐直径 m

W 溶气罐有效容积 m^3

H 溶气罐圆柱部分高度 m 一般 $\geq 2m$

6. 理论溶解空气量

$$c = 736K_T P$$

式中 c 理论溶解空气量 ml/L水

P 溶气罐绝对压力

K_T 溶解系数 见附录

7. 理论需气量

$$c_1 = 736K_T (P - 1) = 736K_T p$$

式中 c_1 理论需要空气量 ml/L水

p 溶气罐表压

8. 实际所需空气量

$$q_1 = \frac{c_1 q}{1000\eta}$$

- 式中 q_1 溶气罐所需空气量 m^3/h
 c_1 理论需要空气量 ml/L水
 η 溶气效率 一般为0.6-0.9
 q 溶气罐进水量 m^3/h

9. 供风量

$$q_2 = 2nq_1$$

- 式中 q_2 供风量 即供给的空气量 m^3/h
 q_1 每个溶气罐所需空气量 m^3/h
 n 溶气罐个数
 q 溶气罐进水量 m^3/h

10. 风压

$$p_2 = p + p_{\text{阻}}$$

- 式中 p_2 供风风压 MPa
 p 溶气罐表压 一般为 0.35MPa~0.55MPa
 $p_{\text{阻}}$ 空气管道总阻力 MPa

11. 反应室容积

$$W = \frac{QT_1}{60}$$

- 式中 W 反应室有效容积 m^3
 Q 处理水量 m^3/h
 T_1 反应池停留时间 一般为3min~10min

12. 分离池容积

$$W = \frac{Q_2 T_2}{60}$$

- 式中 W 分离池有效容积 m^3
 Q_2 进入分离池的污水流量 m^3/h
 全溶气及部分溶气流程 $Q_2 = Q$

部分回流溶气流程 $Q_2=Q+Q_1$

Q 处理水量

Q_1 回流溶气污水水量 m^3/h

一般 $Q_1=(0.3-0.5)Q$

T_2 分离池停留时间 min

一般全溶气流程为60min; 部分回流溶气流程为40min

13. 分离池有效长度

$$L = \frac{W}{nBH}$$

式中 L 分离池有效长度 m

W 分离池有效容积 m^3

n 分离池间数 $n \geq 2$

B 分离池单间池宽 m

一般 $B=4.5m$

H 分离池有效水深 m

$H=1.5-2.5m$ 常取2m

14. 出水堰堰上水头

$$h_0 = \sqrt[3]{\left(\frac{Q_2}{1.86B}\right)^2}$$

式中 h_0 堰上水头 m

Q_2 分离池进水量/间 m^3/s

B 分离池每间池宽 m

15. 集渣槽上缘标高

取堰上水头再高出3-5cm

可近似取高出堰顶6cm左右

6.4.3 粗粒化

如果油粒粒度微小, 则由于重力沉降速度慢, 使得油的分离效果差。这时可采用“粗粒化”措施。一般认为“粗粒化”的机理是润湿聚结、碰撞聚结、截留附着等作用的联合结果。

粗粒化材料可选用亲油疏水的纤维状或板状材料, 如聚丙烯、涤纶、尼龙、聚苯乙烯、聚胺脂、蜡球等, 也可使用石英砂、煤球等无机材料。

聚结材料是聚结除油效果的关键。对其选择不但要对材料的亲油疏水性、粒度和表面积等方面进行测定，还必须用待处理污水对材料除油效果进行考察。因此，聚结材料的选择必须遵循以下几点：

1. 耐油性好，不能被油溶解或溶胀
2. 具有一定的机械强度，且不易磨损
3. 不易板结，冲洗方便
4. 一般情况下采用亲油性材料
5. 尽量采用相对密度大于1的材料
6. 货源充足，加工、运输方便、价格便宜
7. 粒径3mm-5mm为宜

聚结材料除油试验效果见下表6-12

表6-12 聚结材料除油试验效果

聚结材料名称	比湿润度 Tb/Tw	粒度 mm	表面积 M ² /g	含油量 mg/L				除油效率 %
				进水		出水		
				范围	平均	范围	平均	
聚丙烯	0.33	3-4	<4	41-633	227	17-195	66.6	70.6
聚苯乙烯	0.67	1-2	<4	43-149	93	10-36	21.3	77.2
FY-101蜡	3.6	0.8-2.0	<4	43-149	93	12-34	19.3	79.3
FY-101	0.67	0.8-2.0	<4	43-149	93	18-39	28.8	69.2
GDX	11.5	0.8-2.0	400	43-149	93	6-22	14.3	84.7
FDB-206	大	1.5-4.0	800	32-273	110	3-16	9.4	91.5
石英砂	0.17	0.8-1.2	<4	43-149	93	22-48	34.2	63.2

6.4.4 过滤法

过滤除油是小油珠凝聚和大油珠直接去除两种机理的综合过程。其影响因素很多，包括含油污水的性质、油脂浓度、油滴大小、固体废物含量及水力状况变化等。运行时可能出现滤料“中毒”现象，需经常更换，导致较高维修费用。在适当条件下，用过滤法可达到良好的出水水质，有报道称油脂出水浓度可达1mg/L~50mg/L。但简单使用过滤法其效果并不稳定。

下表为各种混合滤料对油脂的去除效果。

各种混合滤料对油脂的去除效果见下表6-13。

表6—13 各种混合滤料对油脂的去除效果

污水来源	油脂浓度 mg/L		去除率 %	污水来源	油脂浓度 mg/L		去除率 %
	进水	出水			进水	出水	
洗衣业	76	46	39	石油炼制	8	8	0
	8	1	87		35	6	83
	16	33			10	8	20
铸铝	8500	9940			12	12	0
连续铸钢	22	<0.5	98		18	11	39
钢铁热成形	8.8	6.7	24		27	17	37
涂料生产	1000	1140		纺织业	303	476	

有研究对某冷轧钢厂含油污水进行三种过滤法技术比较。该冷轧钢厂污水含乳化油230mg/L，流量3000gal/min。污水首先通过油水分离装置撇去浮油。三种处理技术分别为：快速砂滤池；快速砂滤池前投加聚合电解质混凝剂；快速砂滤池+硅藻土滤池。下表6—14为该中试出水水质。

表6—14 三种过滤法技术比较

工艺	出水含油量 mg/L	投资费 ×10 ⁴ \$	运行费 \$/d
快速砂滤池	20	75	300
快速砂滤池前投加聚合电解质混凝剂	10	77.5	372
快速砂滤池+硅藻土滤池	5	100	440

因此，混凝过滤法被认为特别适用于含机械分散态油脂污水。

下表6—15为混凝单一层砂滤的处理效果。

表6—15 混凝单一层砂滤的处理效果

进水含油量 (mg/L)	出水含油量 (mg/L)	去除率 (%)	进水含油量 (mg/L)	出水含油量 (mg/L)	去除率 (%)
35	16	54	201	15	93
42	13	69	99	14	86
36	9	75	870	23	97
55	23	58	1050	21	98
32	9	72	489	23	95
255	29	89			

滤料是滤池的核心部分，它提供悬浮物接触絮凝的表面和纳污空间。在水处理中常用的滤料有石英砂、无烟煤粒、石榴石粒、磁铁矿粒、白云石粒、花岗岩粒及聚苯乙烯发泡塑料

球等。

滤池中滤料的粒径、级配和质量直接影响滤池运行效果。根据级配曲线可确定滤料的有效粒径和不均匀系数 K_{80} 。 K_{80} 越大，滤料越不均匀。

$$K_{80} = d_{80} / d_{10}$$

d_{10} 有效粒径 表示通过10%滤料质量的筛孔直径，表示小颗粒的粒径，实验表明，起主要过滤作用的有效部分正是粒径小于 d_{10} 的颗粒，故将 d_{10} 称为有效粒径。

d_{80} 通过80%滤料质量的筛孔直径，即滤料中粗颗粒的代表粒径

如采用不均匀系数很大的滤料，在反冲洗时，可能会出现大颗粒冲不动，小颗粒随水流失的想象。造成反冲洗后孔隙率和含污能力减小，水头损失增大。如采用不均匀系数较小（极限值为1）的滤料，则筛分困难。目前，国内快速滤池一般采用 $d_{10}=0.5\text{ mm}\sim 0.6\text{ mm}$ ， $K_{80}=2.0\sim 2.2$ 的滤料，国外则倾向于选用稍大的 d_{10} 值和较小的 d_{80} 值。

滤层的纳污能力和过滤效果还与滤层厚度有关。滤料粒径一定时，滤层厚度越大，去除率越高。在设计条件给定时，滤料粒径和厚度应根据过滤方程和阻力公式计算或有实验确定。对于经絮凝处理的天然水或沉淀池出水，在滤速 $4\text{ m/h}\sim 12.5\text{ m/h}$ 的范围内，为确保60%~90%的油度去除率，滤层厚度与滤料粒径的比值应大于800。当进水悬浮物量较大时，宜采用粒径大、厚度大的滤料层，以增大滤层的纳污能力；当进水悬浮物量较小时，宜采用粒径小、厚度大的滤料层。

按滤层结构，滤池有单层滤池、双层滤池和三层滤池。单层滤池通常以石英砂为滤料。由于石英砂粒度较小，因而虽能获得较好的水质，但污染物穿透深度浅，不能充分发挥整个滤层的纳污能力。此外，沉积于细砂顶面上的污染物极易固结，反洗时也不易被冲去，以致可以使60%左右的水头损失发生在上部5cm的滤层中，这种现象在过滤悬浮物浓度高的污水中尤为严重。双层滤池可克服这一缺点。双层滤池上层多采用白煤或陶粒，粒径 $0.8\text{ mm}\sim 1.8\text{ mm}$ ，厚度 $30\text{ mm}\sim 40\text{ mm}$ ；低层用石英砂，粒径 $0.5\text{ mm}\sim 1.2\text{ mm}$ ，厚度 $40\text{ mm}\sim 50\text{ mm}$ 。滤速 $8\text{ m/h}\sim 10\text{ m/h}$ ，反冲洗强度 $15\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 16\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，延时 $8\text{ min}\sim 10\text{ min}$ 。根据经验，当煤层的最大粒径为砂层的最小粒径的3倍，则两层之间的混杂高度约为 $5\text{ cm}\sim 10\text{ cm}$ 。双层滤池上层滤料白煤密度小而粒度大，孔隙率较大，因而具有较大纳污能力，可去除进水中大部分悬浮物。下层的细砂则起到“精滤”作用，以保证较好出水水质。在反冲洗时比较容易膨胀，只要粒度适宜，反洗后仍能处于滤层上层，而不至于产生较大程度混杂。三层滤料是在双层滤料滤池下再加一层密度比砂大而粒度比砂小的滤料，通常采用石榴石（相对密度3.83）或钛铁矿（相对密度

4.5) 或磁铁矿砂(相对密度4.75), 可进一步改善出水水质。下表6-16为单层滤池的滤层规格及相关运行和设计参数。

表6-16 单层滤池的滤层规格及相关运行和设计参数

滤池类型	滤料规格		运行设计参数		
	滤料粒径 mm	滤层厚度 mm	滤速 m/h	反冲洗强度 L/m ² .s	反冲洗时间 min
重力沉降后 粗滤料滤池	2-3	200	10	12-15	7-5
大滤料滤池	1-2	150-200	7-10		
中滤料滤池	0.8-1.6	100-120	5-7		
细滤料滤池	0.4-1.2	100	5		
生化处理后 大滤料滤池	1-2	100-150	5-7	12-15	7-5

在国内, 单层砂滤池常用的反冲洗强度为12-15 L/m².s~15 L/m².s, 相应的膨胀率为45%, 反冲洗延时为7min~15min。在双层滤料中, 为了要冲去两种滤料层界面处污物, 故反冲洗强度值要比单层滤池的稍大, 常用13 L/m².s~16 L/m².s, 相应的膨胀率为50%, 反冲洗延时为8min~6min。在欧美国家, 由于使用的滤料稍细(单层砂滤池滤料有效粒径0.45 mm ~0.55mm, 双层滤池为砂0.5mm~0.55mm, 白煤0.6mm~1.0mm), 反冲洗强度值一般采用10L/m².s~13L/m².s, 相应的膨胀率值为20%—30%, 反洗延时10min~3min。实验观察和理论分析结果证明, 当滤料较粗时, 达到相同反冲洗效果时的膨胀率应该而且可以低一些。

配水系统(又称排水系统)的作用是收集滤后水, 并使反冲洗水在整个滤池平面上均匀分布。配水系统的合理设计是滤池正常工作、保持滤料层稳定的重要保证。滤池反冲洗水是从反冲洗水管输入的, 如反冲洗水在池内分配不均匀, 局部地方反冲洗水量过大, 滤料流化程度高, 将会使这部分的滤料移到反洗水量小的地方。滤层的水平移动使滤料分层混乱, 局部地方滤料厚度减薄, 出现水质恶化, 反冲洗阻力减小。使配水系统的反冲洗水分布均匀, 采用两种方法: 1. 尽可能增大配水系统中布水孔眼的阻力, 称为大阻力配水系统。穿孔管式的配水形式即为大阻力配水。2. 尽可能减小水从进口端流到末端的水头损失, 即为小阻力配水系统, 如豆石滤板、格栅板。

普通快滤池是敞口, 靠水层本身的重力克服滤层阻力进行过滤, 作用水头4m~5m范围内。而压力滤池则是将滤料装填于密闭压力容器内, 利用外加压力克服滤层阻力进行过滤, 作用水头15m~25m。由于在较高最终水头损失下操作, 过滤周期长, 反冲洗次数少, 运行管理比

较方便。特别适用于水量较小而悬浮物浓度较高场合。

6.4.5 混凝法

混凝法是在混凝剂的离解和水解产物作用下，使水中分散油粒脱稳，并且破坏乳化液中乳化剂，从而分离出油脂的化学处理过程。该过程包括混凝剂与污水的快速混合，油滴凝聚成团，上浮或沉降分离等步骤。

许多工业部门都采用混凝加重力沉降或气浮的方法除油。采用混凝加重力沉降的除油效果见下表6—17。

表6—17 混凝加重力沉降的除油效果

污水来源	絮凝剂	油脂含量 mg/L		去除率 %
		进水	出水	
涂料生产	铝酸钠	1260	22	98
	明矾	1810	11	99
	明矾+石灰	830	16	98
	明矾+石灰+氧化铁	393	91	77
	明矾+石灰+聚合物	980	22	98
	明矾+聚合物	1700	880	48
洗衣业	明矾+聚合物	642	8	99
	明矾+聚合物	1200	153	87
钢铁酸洗	明矾+聚合物	15	4	73
	石灰	3	1	66
钢管制造	石灰+聚合物	650	6	99
涂料生产	石灰+聚合物	5	4	20
	聚合物	1100	22	98

溶气气浮法不需投加化学药剂便可达到80%—90%的油脂取出率。如加入化学混凝剂，估计效率可达到90%以上。

目前，关于混凝剂的定义有两种意见，一种是根据胶体粒子聚集过程的不同阶段，即胶粒的表面改性即及胶粒的粘连，起胶粒表面该性作用的药品称为凝聚剂，使胶粒粘连的药品称为絮凝剂，兼有上述两种功能的药品称为混凝剂。另一种意见为，将混凝和絮凝不加以区分，原因是上述两过程在机理上很难区分。国外水处理界倾向于后一种意见。我国则倾向前一种意见。

混凝剂对油滴的混凝过程，实际上是混凝剂—乳化剂、混凝剂—油滴和油滴—乳化剂综合作用的结果。为提高混凝效果，必须根据污水中油滴和细微悬浮物的性质和浓度，正确控制混凝过程中的工艺条件。影响凝聚效果的因素主要有：

- 1) 水温 凝聚剂的水解速度与温度有关，一般来说，水温在20℃~30℃为宜。

2) 水的碱度及pH值 铁、铝盐混凝剂水解产物中主要起混凝作用的是多核多羟基阳络离子的电性中和作用和吸附桥连作用，其次是氢氧化物沉淀的卷带网捕作用。投加铝盐最适宜pH值为6.4~7.8。投加铁盐凝聚时pH值为5~7范围内，Fe(OH)₃絮团可以迅速形成，最佳pH值为6.0~6.4，但有的资料指出以pH值为9.0~11为佳。

3) 混凝剂的种类及用量 混凝剂品种的选择除了考虑来源、成本等因素外，还应考虑：当水循环使用时，混凝剂不应带入对生产有害的物质；混凝剂的用量取决于含油污水的性质以及混凝过程的pH值。各种混凝剂的最佳用量范围时是各不相同的。

4) 搅拌强度和时间的 一般水处理中，混合阶段的G值约为500s⁻¹~1000s⁻¹，混合时间为10s~30s，一般捕超过2min；在反应阶段，G值约为30s⁻¹~60s⁻¹，停留时间一般为10min~30min，GT值在10⁴~10⁵范围内。在含油污水处理中应取低限值。

除了以上因素外，污水中盐类离子和污染物浓度、性质，以及投药方式方法等对凝聚也有一定的影响。

目前国内常用混凝剂有无机多价金属盐类和有机高分子聚合物两大类。前者主要有铁盐和铝盐，后者主要有聚丙烯酰胺及其变性物。

常用的无机混凝剂见下表6-18

表6-18 常用的无机混凝剂

分类		混凝剂
低分子	无机盐类	硫酸铝、明矾、硫酸亚铁、硫酸铁、铝酸钠、三氯化铁、三氯化铝
	酸、碱类	碳酸钠、氢氧化钠、氧化钙、硫酸、盐酸
	金属电解产物	氢氧化铝、氢氧化铁
高分子	阳离子型	聚合氯化铝、聚合硫酸铝、聚合硫酸铁、聚合磷酸铝、聚合氯化铁、聚合磷酸铁
	阴离子型	活化硅酸、聚合硅酸
	复合型	聚合氯化铝铁、聚硅酸硫酸铁、聚硅酸硫酸铝、聚合硅酸氯化铁、聚合硅酸铝、聚合硅酸铁、聚合硅酸铝铁、聚合磷酸铝铁、硅钙复合型聚合氯化铁、聚合氯硫酸铁

常用的有机混凝剂见下表6-19

表6-19 常用的有机混凝剂

分类		混凝剂
表面活性剂	阴离子型	油酸钠、硬脂酸钠、十二烷基苯磺酸钠、松香酸钠
	阳离子型	十八烷醋酸、烷基三甲基氯化铵
低聚合度高分子(分子量约为)	阴离子型	藻元酸钠、羧甲基纤维素钠
	阳离子型	水溶性苯胺树脂盐酸盐、聚乙烯亚胺

1千万至数万)	非离子型	淀粉、水溶性尿素树脂
	两性	动物胶、蛋白质
高聚合度高分子(分子量约为十万至数百万)	阴离子型	聚丙烯酸钠、水解聚丙烯酰胺、马来酸共聚物
	阳离子型	聚乙烯吡啶盐、乙烯吡啶共聚物聚丙烯酰胺
	非离子型	聚丙烯酰胺、聚氧化乙烯

常用的无机盐混凝剂及其主要性能表6-20

表6-20 常用的无机盐混凝剂及其主要性能表

名称	分子式	主要性能
精制硫酸铝	$Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	含 $Al(SO_4)_3$ 50%~60%; 使用适宜水温 20℃~30℃, pH 值=6.5~8.0; 水解缓慢, 使用时需加一定量的碱, 但腐蚀性小, 使用方法简单, 卫生条件好。
粗制硫酸铝	$Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	含 $Al(SO_4)_3$ 20%~25%, 水不溶物 20%~30%, 故使用中需增加精制工序; 使用适宜水温和 pH 值同精制硫酸铝; 价格较精制硫酸铝低 20%左右。
明矾	$Al(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$	使用条件同硫酸铝, 现已大部分被硫酸铝取代
聚合氯化铝	$[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$	碱化度要求在 40%~60%; 对水温适应范围宽, 适宜 pH=5~9, 投加后无需加碱; 混凝效果好, 消耗量少, 设备简单, 操作方便, 腐蚀性小。
硫酸亚铁	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	碱化度要求高、浊度高的污水; 受水温影响小, 适宜 pH=5.5~8.0; 混凝效果好, 絮体形成快且稳定, 但腐蚀性较大
三氯化铁	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	不受水温影响, 在 6.0~11.0 范围内均可使用; 易溶解, 渣量少, 絮体大, 沉降快, 但腐蚀性大, 且在溶解时产生 HCl 气体, 污染空气
聚合硫酸铁	$[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n/2}]_m$	适宜水温 20℃~40℃, pH 值=5.0~8.5; 消耗量少, 混凝效果好, 腐蚀性和出水残留 Fe 含量比 $FeCl_3$ 小, 絮体沉降性比铝好, 中和所需碱量少于除聚合铝以外所有铝、铁盐, COD 去除率和脱色效果都优于其他所有铝盐、铁盐。

无机和有机合成高分子混凝剂的生产 and 应用虽已取得长足的进步, 其品种也不断增多, 应用领域不断扩大, 对污水的处理效果不断提高, 但它们在使用过程中的不安全性和对环境造成的二次污染的危险性也逐渐引起人们的注意。因此, 研发、使用新型高效、安全、不污染环境的微生物絮凝剂是目前絮凝剂研究的新方向。

为了促进混凝效果, 生成粗大、结实、易于沉降的絮凝体, 使用时还可投加一些辅助剂, 即助凝剂。助凝剂作用有:

1. 投加酸或碱类物质以调节 pH 值, 如石灰等。

2. 投加水玻璃、活化硅酸、活性炭等以增强絮凝体的密实性和沉降性。
3. 投加氯等氧化剂，将亚铁离子转化为铁离子，并破坏水中对混凝过程有干扰的有机物。

混凝工艺过程见下图6-1：

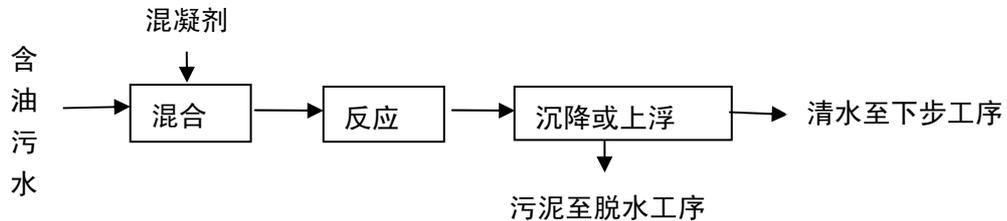


图6-1 混凝工艺过程

其中，混合过程要求快速而均匀，混凝剂在水中水解聚合反应的速度很快，欲在短时间内使混凝剂在水中分布均匀，需急速搅动，通常要达 $100\text{r}/\text{min}\sim 60\text{r}/\text{min}$ ，输入能量应使速度梯度不小于 $300\text{m}/\text{s}\cdot\text{m}$ ，停留时间 $1\text{min}\sim 2\text{min}$ 。

反应过程需控制紊流度和反应时间。欲得到具有一定质量和强度的絮体，反应池中水流应有一定的紊流度，使已生成的小絮体有相互碰撞的机会，利于凝聚长大。一般反应池中水流速度 $0.2\text{m}/\text{s}\sim 0.6\text{m}/\text{s}$ ，搅拌转速在 $20\text{r}/\text{min}\sim 40\text{r}/\text{min}$ 。反应时间一般为 $5\text{min}\sim 10\text{min}$ 。反应时间如过短，则产生的絮体过小；反应时间过长，则会增加能耗。

混凝过程设备包括药剂配制设备、加药设备、混合设备和反应设备。

混凝过程的投药方式有干法和湿法。干法是将经过粉碎、易溶于水的药剂直接投入污水中。其优点是占地面积小。缺点是对药剂粒度要求严格，投放量控制严格，劳动条件差，工程上应用很少。湿法投药是首先将药剂配制成一定浓度的水溶液，然后按要求定量投入污水中。

药剂配制通常在搅拌草内进行。搅拌方式多采用空气搅拌和机械搅拌。

特别是在配制高分子混凝剂溶液时，应控制固态混凝剂投入水中的速率和搅拌强度，尤其在采用机械搅拌时，机械强度过高，会打碎大分子，从而降低其混凝效果。在使用固体粉末状聚丙烯酰胺配制溶液时，为防治溶解过程粉末出现“鱼眼”现象，可在溶解槽内先加入计算量 $1/2$ 的温水（不超过 66°C ），在搅拌下将粉末缓慢加入使其溶解后，再补加水，调至需要浓度。

加药设备一般采用高位槽或泵送方式，将配制好的混凝剂水溶液，投加到污水中。采用高位槽投加方式时，为保证投加量的波动尽量小，高位槽需设有回流管，以保持高位槽中液位恒定。当采用泵投加方式时，当输送聚丙烯酰胺溶液时，应采用容积泵，以避免因离心

泵产生的剪切作用使聚合物分子量降低。

混合设备使药剂均匀迅速扩散到所投入水流中。混合可通过水力或机械完成。

反应设备是紧接在混合设备之后，完成混凝过程的最终设备。由于混合过程和反应过程关系紧密，因此，它们的设计参数要求紧密结合，取得最佳混凝效果。有时，这两个过程可以结合起来，在一个设备中完成。

反应池的主要设计参数为搅拌强度和搅拌时间。搅拌方式有水力搅拌和机械搅拌。水力搅拌反应池的基本形式有隔板反应池、涡流式反应池及旋流式反应池。一般隔板反应池停留时间20min~30min，涡流式反应池停留时间5min~10min，旋流式反应池停留时间10min~15min。

常见的反应池见下图6-2：

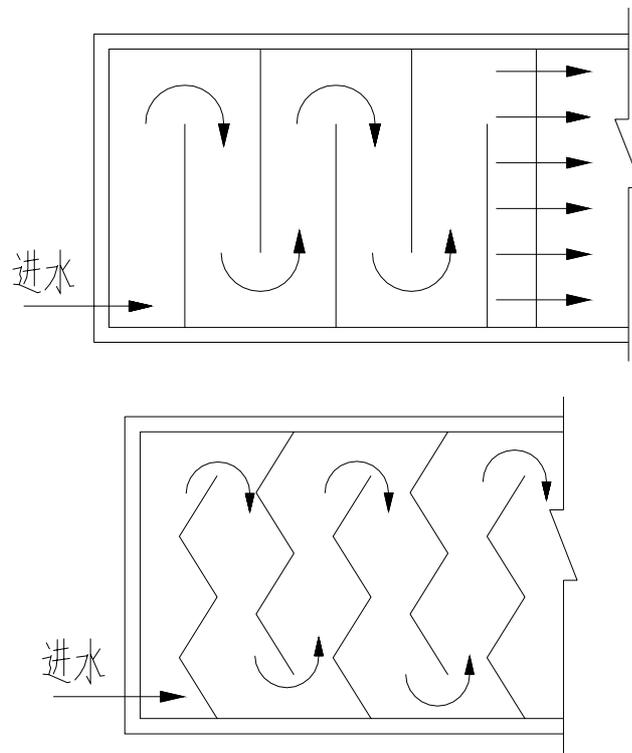


图6-2 平流式隔板反应池

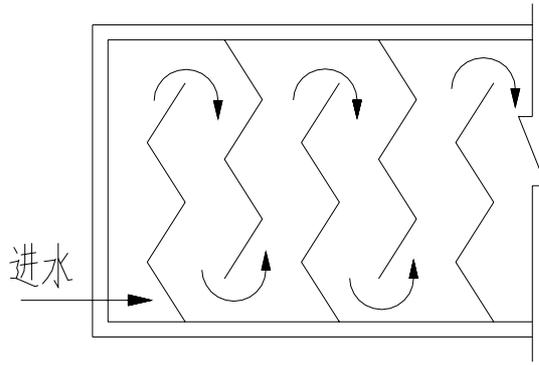


图6-3 竖流式折板反应池

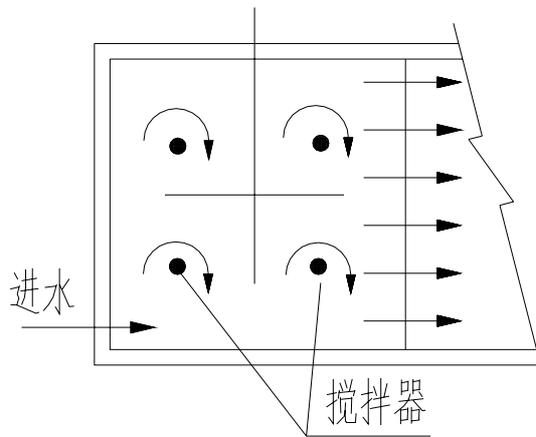


图6-4 机械搅拌反应池

反应池的选型应综合考虑污水处理厂的规模大小、总体布置和混凝过程原理3个因素。一般大、中型污水处理厂多采用水力搅拌反应池，小型污水处理则多选用机械搅拌型反应池。

6.4.6 餐饮污水处理设备

餐饮业含油废水中油的存在主要是浮油、分散油，油的颗粒较大，主要成分为脂肪和脂肪油，来源于动物油、植物油的加工过程。处理方法包括：

1. 预处理，主要将污水中的固体物分离出来，一般在进水口设隔栅、滤网。
2. 初级处理，利用油与水的比重差，在贮槽中让油类物质与水重力分离，再从废水表面把油撇去。重力分离器的效率取决于合适的水力设计和污水的停留时间。
3. 二级处理，一般把油收集起来，让水进一步处理后排放。

其小型一体化设备系统参见下图。

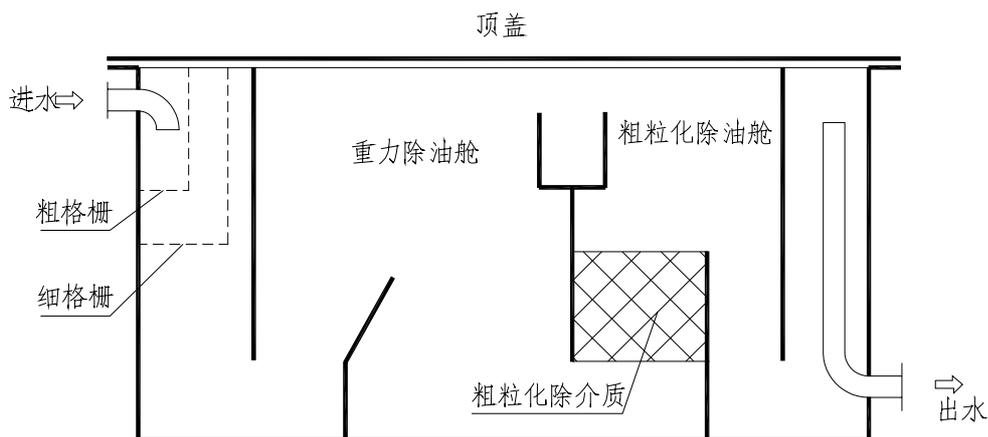


图6-5 小型一体化设备

6.4.7 含油污水的生物处理法

含油污水经隔油、气浮等预处理后，将污水含油量降到小于50mg/L，后续处理可采用生物法处理。生物处理法包括传统活性污泥法、接触氧化法、SBR法、厌氧生化法、氧化塘法等。在此过程中，极性油脂被生物降解，非极性油脂或通过初级处理工艺除去，或进入生物絮凝体内，最后与剩余污泥一起排出。

下表6-21列出了采用活性污泥和曝气池处理含油污水效果。

表6-21 采用活性污泥和曝气池处理含油污水效果

生物处理方法	污水来源	油脂浓度 mg/L		去除率 %
		进水	出水	
活性污泥	副产品焦化生产	240	5	98
活性污泥	皮革鞣制与抛光	171	91	47
		247	35	86
		553	17	97
		413	25	94
曝气池	皮革鞣制与抛光	720	17	97
活性污泥	纺织	324	303	6

据报道，一家食油炼制厂污水，采用API隔油池、空气浮选池、曝气池及活性污泥池处理，原始污水中油脂浓度为3000mg/L~6000mg/L，经气浮单元后降为95mg/L~250mg/L，经曝气池后为64 mg/L~100mg/L，经过活性污泥池后油脂的最终出水浓度为11mg/L。

另一家炼油厂污水系统采用API隔油池、空气浮选、生物（厌氧塘）等技术。气浮单元出水含油40mg/L，厌氧塘停留20天以上后，出水含油量低于18mg/L。

城市污水—工业污水联合生物处理厂采用不同的生物化学法去除油脂情况见下表6-22。

表6-22 采用不同的生物化学法去除油脂情况

生物处理类型	工厂数	平均油脂浓度mg/L		去除率%
		进水	出水	
传统活性污泥法	18	40.8	4.0	90
传统活性污泥法	5	57.3 (36.7)	15.4	73
分步曝气法	1	162.5	9.4	94
纯氧活性污泥法	1	47.3 (13.4)	4.3	91
接触氧化法	3	38.5	7.1	82
快速曝气活性污泥法	4	26.6	3.0	89
延时曝气活性污泥法	4	21.9	2.9	87
快速滴滤法	15	34.1	7.8	77

注：（）内为极性油脂浓度

上表所列数据可以看到，分步曝气法处理效率最高；而纯氧活性污泥法可氧都能保证较高的油脂去除率。

6.4.8 含油污水膜处理法

膜分离法是利用膜的选择透过性进行油水分离和提纯的方法。通过选择合适的膜过程和膜组件，可有效去除水中的分散油、乳化油及溶解油。常应用于含油污水处理的膜分离技术有超滤(UF)和微滤(MF)。

微滤是膜分离法中应用最普遍的一项技术，主要分离溶液中大于0.05 μ m的微粒，切割分子量大于100万的物质。现已应用于油田采出水的处理及石油化工行业生产污水的深度处理。

含油污水中的乳化油是以微米级大小的粒子存在于水中，重力分离和粗粒化分离都较困难。超滤膜孔径在纳米级，可使油污浓缩，使水和低分子有机物透过，从而使油水分离。超滤膜通过此种机理，可将含乳化油0.8%-1.0%的污水浓缩至含油10%，甚至更高。可使用的膜有：CA膜、聚酰胺膜、聚砜胺膜等。

下表6-23为超滤法去除油脂的中试结果：

表6-23 超滤法去除油脂的中试结果

污水来源	油脂浓度 mg/L		去除率%
	进水	出水	
胶合剂和密封剂	522	162	69
	478	184	62

洗衣业	600	<9	98
	749	28	96
	795	10	99
	7890	38	99
合成橡胶生产	12	5	58
	28	11	61
木制加工	2160	55	97

6.4.9 污泥处理及处置

含油污泥体积庞大，若不加以处理直接排放，不但占用大量耕地，而且对周围土壤、水体、空气都将造成污染，伴有恶臭气体产生。污泥含有大量的病原菌、寄生虫（卵）、铜、锌、铬、汞等重金属，盐类以及多氯联苯、二恶英、放射性核元素等难降解的有毒有害物质。

常用的含油污泥处理方法有脱水、萃取、焚烧法、生物法、热处理法、调剖等方法。

常用含油污泥脱水方法及效果见下表6-24。

表6-24 常用含油污泥脱水方法及效果

脱水方法		脱水装置	脱水后含水率(%)	脱水后状态
浓缩脱水		重力、气浮、离心浓缩	95~97	近似糊状
自然干化法		自然干化场、晒沙场	70~80	泥饼状
机械脱水	真空过滤	真空转鼓、真空转盘	60~80	泥饼状
	压力过滤	板框压滤机	45~80	泥饼状
	滚压过滤	滚压带式压滤机	78~86	泥饼状
	离心过滤	离心机	80~85	泥饼状
干燥法			10~40	粉状、粒状
焚烧法			0~10	灰状

污泥的处置是指将处理过的含油污泥残渣进行最终处置，常用的途径有固化制砖、污泥燃料化和作为焦化装置原料。

6.5 施工与验收

含油污水处理工程的设计、施工单位应具有国家相应的工程设计、施工资质。含油污水处理工程的设计及安装工程应符合设计文件及设备技术文件。工程施工前，应满足本规范3.3的相关内容。含油污水处理工程竣工验收应按照《建设项目（工程）竣工验收办法》中的规定执行。含油污水处理工程的环境保护验收应按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》执行。含油污水处理工程验收污水处理单体及设备应满足本规范第4章相关内容。工程竣工验

收前，严禁投入生产性使用。

7 典型污水处理流程技术要点

7.1 机械制造、金属压延加工业含油污水处理流程

一般机械工业含油污水中乳化油含量较低，且易于破乳，因而污水经隔油、气浮及砂滤后即可达到排放标准或回用。但对于特殊行业的机械加工污水的乳化油含量很高，破乳较困难，需进行后续的生物处理后污水才能达标排放或回用。

冶金行业中含油污水来源于有些设备、材料在生产过程中，在冷却、润滑、清洗等方面的排水。如连铸的直接喷淋冷却水、轧钢轧辊和层流冷却水、钢材冷却冲洗水等。污水中带入大量氧化铁颗粒、金属粒尘和润滑油脂，形成乳化程度高、成份复杂的含油污水。该污水必须经处理达标后循环使用或排放。

金属加工乳化油污水处理推荐流程

污水→调节池→一级反应槽→气浮池→二级混凝气浮池→中间调节池→接触氧化池→二沉池→消毒池→排放池

金属压延加工乳化油污水处理推荐流程

污水→调节池→隔油池→气浮池→超滤或微滤→排放或回用

机械加工含油废水处理推荐流程

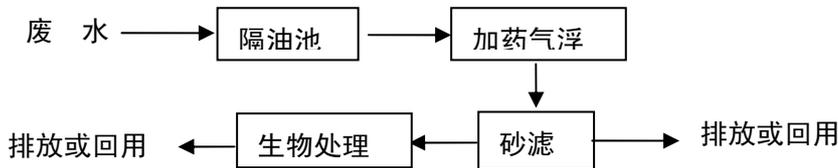


图7-1 机械加工含油废水处理流程

7.2 轻工业含油污水处理流程

《中国统计年鉴》中对轻工业的定义为：主要提供生活消费品和制作手工工具的工业。包括：①以农产品为原料的。如棉、毛、麻、丝的纺织及缝纫，皮革及其制品，纸浆及造纸，食品制造等工业；②以非农产品为原料的。如日用金属、日用化工、日用玻璃、日用陶瓷、化学纤维及其制品、火柴、生活用木制品等工业。轻工业产品大部分是生产消费品，一部分作为原料和半成品用于生产，如化学纤维、工业用布、纸张、盐等。

本规范编制了玻璃厂和纺织印染业含油污水处理标准。平板玻璃的生产占玻璃行业总产量80%以上，且95%以上的平板玻璃生产线依靠重油为燃料。污染物排在玻璃行业排放总量中占较大份额。平板玻璃的生产废水必须经过处理才能排放。平板玻璃生产企业的废水，按

其来源可分为生产外排水和生活外排水。生产外排水包括车间地面冲洗废水、余热锅炉房废水、化验室废水、深加工车间和重油站废水等，主要污染物是SS、COD、油类污染物、含氟物质和重金属等污染物质。生活外排水包括来自食堂、浴室、行政办公楼等外排水，主要污染物有SS、COD、动植物油等。在平板玻璃生产过程中，玻璃成形车间、机修车间的污水中所含油类物质及玻璃深加工过程中玻璃原片和坯体清洗是油类物质的主要来源，平板玻璃厂废水中含油量12 ~ 15mg/L。

纺织厂废水主要来自将坯布生产成成品过程中的退浆、染色、印花、皂洗、拉幅定型工序及厂区的生活污水。废水中主要含分散、酸性等多种染料，助剂有涂层胶、烧碱、溶剂、表面活性剂、浆料等。此类废水具有色度高、成分复杂、水质水量变化大、可生化性差等特点。以某纺织厂污水为例，污水水质及执行排放标准见下表7-1：

表 7-1 污水水质及执行排放标准

项目	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	色度	PH 值
进水	900-1000	300-400	500-800	≤1000 倍	9.5-11.5
出水	75.6	12.6	50	30 倍	6.5-8.5

纺织印染业含油污水处理技术分为两个方面：① 水解酸化——生物接触氧化法处理工艺的特点：可生化性好，处理效果稳定；处理负荷高，占地面积小；工艺简单；无污泥膨胀，泡沫少；产生剩余污泥少。② 好氧+厌氧联合生物处理法的特点：对进水有机负荷的变化适应性强，容积负荷高，不进行污泥回流，不存在污泥膨胀，处理效果好；耐冲击负荷；出水水质稳定，直接用污水制作溶气水；设备占地面积小，工程造价和运行费用低。

玻璃厂含油废水处理推荐流程

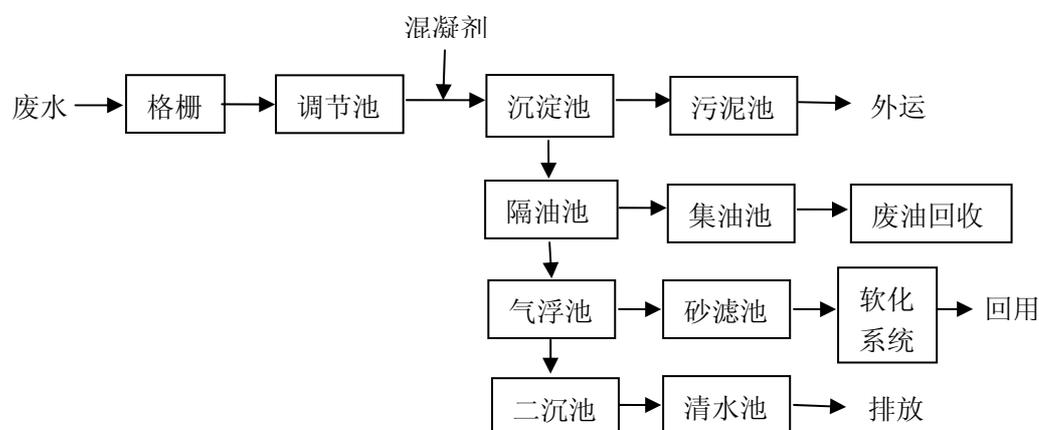


图7-2 玻璃厂含油废水处理流程

纺织印染含油废水处理推荐流程

① 水解酸化——生物接触氧化法

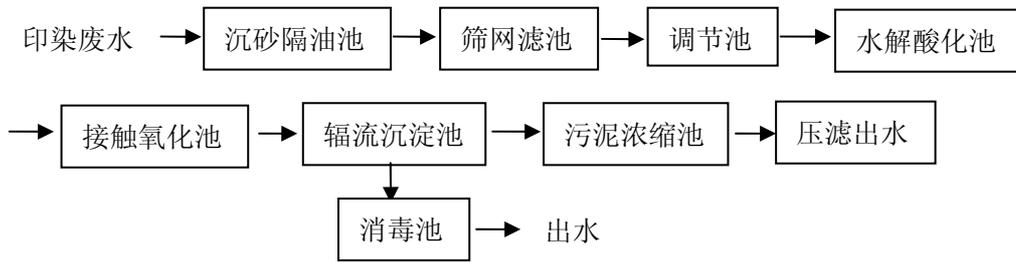


图 7-3 水解酸化—生物接触氧化法处理纺织印染含油废水工艺流程

② 好氧+厌氧联合生物处理法

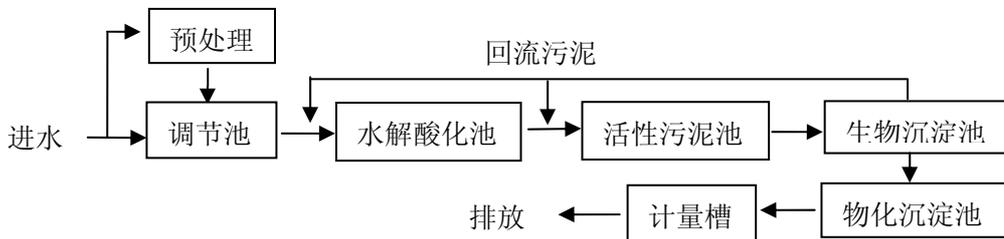


图 7-4 好氧+厌氧联合生物处理法处理纺织印染含油废水工艺流程

7.3 油脂化工含油污水处理流程

油脂化工产品应用范围十分广泛，主要涉及日用化工、食品加工、医药卫生、海洋生物、感光材料、合成树脂、有色金属等20多个领域，其主要品种已达200多种。

目前国内油脂化工产业主要有以下门类：

1. 油脂净化加工以下脚酸化油和“地沟油”为原料，生产各类工业油脂，供油漆和助剂等领域使用。

2. 油脂加氢硬化加工主要为香皂、药皂、肥皂粉生产提供原料。

3. 食用硬化油、巧克力脂以食用油为原料，产品用于巧克力、人造黄油和沙拉酱等生产。

4. 生产脂肪酸和脂肪胺系列产品。脂肪酸主要包括芥酸、硬脂酸、甘油、山萘酸等产品；脂肪胺主要包括芥酸酰胺、十八烷基胺醋酸盐、双十八烷基二甲基氯化铵、双二十烷基二甲基氯化铵、十八烷基三甲基氯化铵等产品。脂肪酸和脂肪主要应用于纺织产业的柔软剂和活性剂。国内最大生产企业是四川泸天化，建成了年产3万吨多种天然油脂的脂肪酸和年产5600吨脂肪胺装置，形成了较大规模。

因此，油脂化工行业产生的污水成分复杂、有机物浓度高、含有大量的动植物油和石油类污染等污染物。油脂化工污水应进行清污分流，含油污水进行预处理后，再进行生化处理。

油脂化工含油污水处理推荐流程

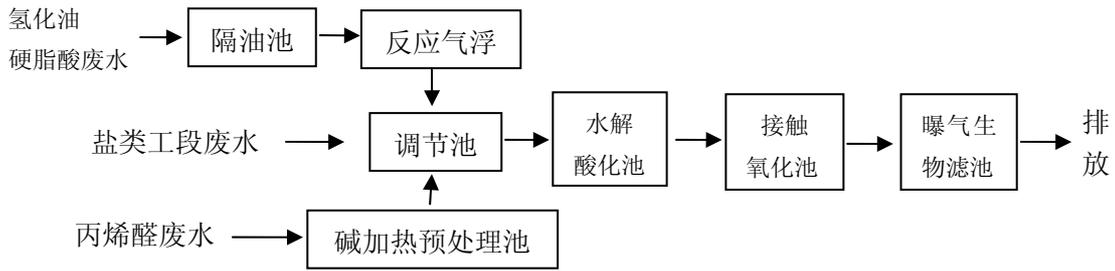


图7-5 油脂化工含油污水处理工艺流程

7.4 成品油站（库）含油污水处理流程

成品油销售站（库）主要污水来源于油品运输工具和油罐沉积水及清洗水。成品油销售站（库）内地面雨水可散流排出站外。当雨水有明沟排到站外时，在排出围墙前，应设置水封装置。汽油、柴油溶于水后，含有苯类、醇类、脂类等有机物质，因此，污水性质比较复杂。最常见的污染物为：苯、甲基苯、乙基苯、二甲基苯、环己烷、萘、二甲基苯、环己烷、萘、异辛烷、油、脂等，水质略显酸性，可生化性差。成品油库（站）中产生的废水排放应采用清污分流，即雨水、生活污水、含油废水分流制。初期10分钟雨水和含油污水，排入含油污水池，再经隔油池、油水分离器等污水处理设施处理。生活污水宜采用生化处理工艺处理。以某油库污水为例，该油库混合污水水质及执行排放标准见下表7-2。

表7-2 油库混合污水水质及执行排放标准

项目	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	石油类 (mg/L)	SS (mg/L)
废水	750~4500	250	20~150	250
排放标准	60	20	5	20

混合废水的 ρ (BOD₅ / COD_{Cr}) 值在0.1~0.3之间，较一般生化法BOD/COD比值偏低，且油含量在20mg / L~150mg / L。

由上表可见油库含油污水可生化性较差，其污水中主要含非极性油脂。因此，主要处理技术为重力油水分离装置、粗粒化聚结器等。

7.5 屠宰与肉食品加工工业含油污水处理流程

屠宰与肉类加工工业污水与其他食品污水比较起来，其有机物含量较低，COD 范围在 1000 mg / L~6000mg/L。屠宰与肉类加工工业污水的特征近似于生活污水，但在屠宰与肉类加工生产中要排出大量的肉屑、内脏杂物、血污、油脂、毛及未经消化的食料等，因此有机物含量

比生活污水高很多。又由于屠宰与肉类加工的对象可能是带病体或病毒携带者，因此，污水处理应考虑最终的杀菌消毒。屠宰与肉类加工污水另一特点是 SS 较高，且水质水量波动较大，必须针对行业特点将污水中有机物质（主要是悬浮物）进行回收利用或处置。

屠宰与肉食品加工厂污水处理方法有筛网、上浮、沉降、化学沉淀、生物处理、杀菌消毒等。通常情况下，厌氧处理是解决该类高浓度有机废水的常用方式，厌氧处理对 COD 会有大量削减，但很难保证有较高的出水达标等级。所以，如果要求较低的出水浓度，后续好氧处理可以满足要求。小型屠宰加工厂污水可经筛网、浮上除油、杀菌等处理，满足排放要求后，排入城镇排水系统。

推荐流程：

污水→粗格栅→旋转格网→调节隔油池→过滤→粗粒化→压力溶气气浮→水解酸化→接触氧化→二沉池→消毒池→排放池

污水→无动力油水分离装置→粗粒化→涡凹气浮→水解酸化→接触氧化→二沉池→消毒池→排放池

7.6 餐饮业含油污水处理流程

餐饮业含油污水的产生是由于在烹饪过程中使用大量的动物油和植物油，这些油脂经加热烹炒、高温煎炸后部分进入食物，而在刷洗餐具、油锅以及倒掉残油和残羹冷炙的过程中，大量油脂与厨间生活污水混合进入下水道而形成的。其性质属生活污水范围，但动植物油含量较高，污水的水质水量变化较大。

由于全国各地饮食习惯不同，而且油脂还经过了高温处理，因此油脂在水中的成分和存在形式复杂。悬浮油约占餐饮业含油污水中总油量的 50%~60%，这部分油珠在水中静置后能较快自行上浮，以连续相的油膜漂浮在水面上，易于与水分离；分散油其所占总油量的 35%~45%，这部分油珠在短时间内很难上浮；另外尚有少量粒径 $<1\mu\text{m}$ 的油珠即乳化油能稳定地分散在水中，其在水中的溶解度为 5mg/L~10mg/L，约占 3%~5%；以分子状态分散于水中的溶解油，油与水形成均相体系，约占 0.5%~1.5%；在水中油珠粘附在固体悬浮物表面上形成的固体附着油占含油总量的 2%~6.5%。

餐饮业通常建在生活区或商业区，因此，其污水处理系统应优先考虑地理式成套设备以减少占地及对周围环境的影响。

处理后污水排向城镇地表水体的推荐流程

污水→无动力油水分离装置→过滤→粗粒化→涡凹气浮→水解酸化→接触氧化→二沉

池→消毒池→排放池

处理后污水排向城镇污水收集系统的推荐流程

污水→餐饮污水处理一体化装置→排放池

8 与执行现行法律、法规、规章、政策的关系及实施建议

本标准制定的内容均符合国家相关的环保政策。《含油污水处理工程技术规范》属于环境污染治理工程技术规范中的行业通用实用技术标准，应与《环境污染治理方法类工程技术规范》配套使用。同时，本标准作为我国环境技术管理体系中的一部分，在编制过程中，有关条款能引用国家现有国家标准或行业标准的直接进行了引用，尽量避免重复，力求简化。内容上力求突出含油污水治理特有的技术要求，层次上尽量体现与各标准之间的衔接配套关系。因本标准为首次制定，实施一段时间后，根据反馈的问题和技术进步情况，进行修订完善、更新标准的内容。