

附件3

水产养殖污染防治技术政策编制说明

（征求意见稿）

《水产养殖污染防治技术政策》编制组

2013年10月

项目名称：水产养殖污染防治技术政策

项目统一编号：1.1.2

承担单位：中国环境科学研究院

环境保护部南京环境科学研究所

编制组成员：席北斗、何连生、李一葳、孟 睿、陈 昕

项目管理负责单位及负责人：中国环境科学研究院 党秋玲

技术处项目负责人：刘睿倩

目 录

1. 技术政策的制定背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 项目承担单位.....	1
1.3 工作过程.....	1
2. 我国水产养殖业发展与环境污染现状.....	2
2.1 我国水产养殖业发展与现状.....	2
2.2 我国水产养殖模式概况.....	3
2.3 养殖设施发展模式.....	3
2.4. 水产养殖业主要污染情况.....	4
2.5 国内外相关政策研究.....	6
2.6 贯彻、执行技术政策需要配套的管理政策.....	8
3. 水产养殖业水体净化技术.....	10
3.1 物理净化技术.....	10
3.2 化学净化技术.....	13
3.3 生物修复技术.....	16
3.4 养殖水循环处理利用技术.....	31
4. 《技术政策》必要性、指导思想和结构框架.....	32
4.1 必要性.....	32
4.2 指导思想.....	32
4.3 结构框架.....	33
5. 主要技术内容说明.....	33
5.1 总则.....	33
5.2 合理应用养殖技术.....	33
5.3 污染防治技术.....	36

《水产养殖污染防治技术政策编制说明》

（征求意见稿）

1. 技术政策的制定背景

1.1 任务来源

随着我国水产养殖业的快速发展，水产养殖过程中残饵和某些化学药物的累积，水产养殖业总体规划无序，放养密度不合理，排泄物超过环境的承受力，养殖废水未经净化任意排放，自身水体及邻近水体的污染相当大。

为此国家环保部于 2011 年下达《水产养殖污染防治技术政策》（以下简称技术政策）的编制任务，旨在从污染控制和技术适用角度，提出我国主要养殖模式污染控制的技术政策导向，引导养殖企业和养殖户选择最佳的生产工艺和适宜的污染防治技术路线和措施，控制日益严重的水产养殖污染。

1.2 项目承担单位

本《技术政策》编制单位为中国环境科学研究院，协作单位为环境保护部南京环境科学研究所。

1.3 工作过程

（1）参照环境保护部（原国家环境保护总局）2006 年颁布的《国家环境保护标准制修订工作管理办法》的要求，2011 年 5 月，中国环境科学研究院和环境保护部南京环境科学研究所成立项目组，开展《技术政策》的编制工作。

（2）《技术政策》编制过程中开展了国内外相关政策、法规、标准、技术规范及技术政策的调研工作。重点结合国内已经发布实施的有关水产养殖污染处理和利用的行业标准和技术政策，对我国水产养殖业污染防治工程设计、建设现状、设施运营管理现状等进行了详细的调研。

（3）2012 年 7 月编制完成《技术政策》的开题报告，并组织相关专家召开技术论证会，参加会议的包括北京市水产科学研究所、北京市环科院、中国水产研究院淡水渔业研究中心、江苏省海洋水产研究所、中国地质大学环境学院的专家。

会议期间，与会专家提出了许多具体修改意见，编制组对此给予了充分重视，并进行了修改工作。

（4）2012 年 7 月，编制组完成了《技术政策》（初稿）和编制说明的编写工作，并进一步征求了北京市水产科学研究所、北京市环科院、中国水产研究院淡水渔业研究中心、江苏省海洋水产研究所、中国地质大学环境学院等专家的意见，经过意见反馈和修改形成《技术政策》（征求意见稿）初稿及其编制说明。

（5）2013 年 9 月，编制组组织召开了《技术政策》项目中期报告专家讨论会，针对专家组及环境保护部科技标准司领导提出的修改意见，编制组对《技术政策》（征求意见稿）

的修改稿及其编制说明进行了深入修改和完善，形成《技术政策》（征求意见稿）及其编制说明。

2. 我国水产养殖业发展与环境污染现状

2.1 我国水产养殖业发展与现状

随着世界人口的增长和用量的增加，渔业资源从一度被称为“不可枯竭”的资源变为日益稀缺的资源。为满足人类对优质蛋白质的需求，各主要渔业国家更加关注水产养殖业，使其迅速成为世界食品生产产业中发展最快的部门之一。特别是我国的水产养殖业，近年来在全球动物性食品生产中增长最快。

中国的水产品产量居世界首位，是世界上惟一的水产养殖产量超过捕捞产量的国家。1986年，我国颁布实施《中华人民共和国渔业法》，以法律形式确立了“以养为主”的渔业发展方针，改变传统的以捕捞为主的资源开发利用方式，实现了渔业发展从“以捕为主”到“以养为主”的历史性转变，开辟了我国渔业发展的广阔空间。水产养殖的产业布局也发生了重大变化，已从沿海地区和长江、珠江流域等传统养殖区扩展到全国各地。养殖产量自20世纪80年代中后期进入快速增长期，并且一直带动世界水产养殖量的增长，在20世纪90年代初期我国水产养殖总量超过世界其他国家的总和。养殖品种呈现多样化、优质化的趋势，海水养殖由传统的贝藻类为主向虾类、贝类、鱼类、藻类和海珍品全面发展；淡水养殖打破了以“青、草、鲢、鳙”四大家鱼为主的传统格局，鳊鲂、罗非鱼、河蟹等一批名特优水产品已形成规模。我国进行规模化养殖的水产品种类已达50多种。工厂化养殖、深水网箱养殖、生态养殖等养殖模式发展迅速。

水产养殖业已成为我国农业的重要组成部分和当前农村经济的主要增长点之一，据统计，2010年，渔业产值占农林牧渔业产值比重为9.30%。全国水产养殖面积764.5万公顷，比上年增长4.97%，其中海水养殖面积208.1万公顷、淡水养殖面积556.4万公顷，分别比上年增长11.92%和2.59%；全国养殖水产品产量3829万吨，比上年增长5.72%，其中海水养殖产量1482万吨、淡水养殖产量2347万吨，分别比上年增长5.49%和5.87%。

表1 全国水产养殖产量表 单位：吨

指标		2010年	百分比
1. 海水养殖		14823008	38.7%
养殖方式	池塘	1978317	17.4%
	普通网箱	324882	1.9%
	深水网箱	55517	0.2%
	筏式	4033368	16.9%
	吊笼	868094	4.2%
	底播	4019421	19.3%
	工厂化	114594	0.4%
按水域分	海上	7708505	52.0%
	滩涂	5485416	37.0%
	其它	1629087	11.0%
养殖品种	鱼类	808171	5.5%

	甲壳类	1061096	7.2%
	贝类	11082321	74.8%
	藻类	1541322	10.4%
	其他类	330098	2.2%
2. 淡水养殖		23465343	61.3%
养殖方式	围栏	522978	28.7%
	网箱	1130855	62.1%
	工厂化	167235	9.2%
按水域分	池塘	16477168	70.2%
	湖泊	1536629	6.5%
	水库	2844430	12.1%
	河沟	742704	3.2%
	其它	621680	2.6%
	稻田养成鱼	1242732	5.3%
养殖品种	鱼类	20641757	87.2%
	甲壳类	2138028	9.0%
	贝类	251008	1.1%
	藻类	9691	0.0%
	其他类	424859	1.8%
	观赏鱼	207906	0.9%

2.2 我国水产养殖模式概况

依据农业部渔业局主编的《2011 中国渔业年鉴》，按养殖水体划分，水产养殖可分为海水养殖和淡水养殖。按养殖方式划分：海水养殖可分为池塘养殖、普通网箱养殖、深水网箱养殖、筏式养殖、吊笼养殖、底播养殖和工厂化养殖；淡水养殖可分为围栏养殖、网箱养殖和工厂化养殖。按水域划分：海水养殖可分为海上养殖、滩涂养殖和其他养殖；淡水养殖可分为池塘养殖、湖泊养殖、水库养殖、河沟养殖、其他养殖和稻田养成鱼。

淡水养殖以池塘养殖为最主要的生产方式，池塘养殖产量占全国淡水养殖总产量的 70%；海水养殖以海上养殖为主，海上养殖的产量占海水养殖总产量的 52%。

2.3 养殖设施发展模式

目前我国设施化程度较高的养殖模式主要是池塘养殖、流水型养殖设施、循环水养殖设施和网箱养殖设施。与其它养殖方式相比，具有更高的生产效率。

池塘养殖设施分为淡水池塘养殖设施和海水池塘养殖设施：虽然设施化程度相对较低，但却是水产养殖的主要模式。

流水型养殖设施有较完备的设施系统，有规整的鱼池、给排水装置甚至厂房和设备，是工厂化养殖的初级形式，其系统设置依赖于水资源供应量和地域环境条件，养殖用水直接排放，有常流水和间隙换水2种形式。常流水设施系统是冷水鱼（虹鳟、鲟鱼等）养殖的主要方式，北方沿海的鲆鲽类养殖和南方的鳗鱼养殖主要采用的是间隙式换水形式；此外，苗种繁育系统一般也采用流水方式。流水型设施的养殖产量占水产养殖总量的比重虽然很低，但却是高价值鱼类的主要生产方式。

循环水养殖设施具有可实现养殖生产条件全人工控制的设施和设备系统,是工厂化养殖的高级形式。由于投资回报、运行成本等方面的因素,循环水养殖在我国还处于现代农业生产方式的示范地位;淡水、海水的养殖生产系统,以及水族观赏系统都有范例,在苗种繁育方面有一些生产性应用。

网箱养殖设施分为内陆湖泊水库和沿海内湾使用的普通网箱,以及宽阔海域使用的深水网箱,是集约化的养殖设施系统。

上述养殖设施,除最为低级的池塘养殖设施在养殖生产中占主体地位外,其它几种模式在生产量上都还处于相对弱小的地位,而且设施化程度越高,应用程度越低,这是由养殖设施的投资、生产成本、运行管理要求等因素造成的。因此,这些设施大多用来养殖经济价值相对较高的水产品。随着社会的发展和工业化程度的提高,必然对水产养殖生产在资源、环境、效率等方面提出越来越高的要求,养殖生产模式的设施化是必然趋势。

2.4. 水产养殖业主要污染情况

2.4.1 我国水产养殖业污染概况

对于水产养殖而言,使用的环境资源就是水资源,养殖水域的水质直接关系到水产养殖业的产量、质量、经济效益和生态环境效益。水产养殖对水环境的影响主要是导致水体各种理化因子的改变和底泥环境的变化,主要原因是:残饵和某些化学药物的累积;放养密度不合理,排泄物超过环境的承受力;养殖废水未经净化直接外排,使水体氮、磷等元素增加、导致水体富营养化或加重水体富营养化等。

目前,随着水产品市场需求的扩大,我国水产养殖业已趋向集高密度、高产出等养殖模式发展,从而不仅造成自身环境污染,而且使含有残饵、残骸、排泄物、化学药剂的废水大量排入水体造成污染。同时由于养殖布局和养殖模式等缺乏养殖生态学理论及相关的生态调控等技术的指导,还严重破坏了水域生态平衡。虽然与人类其他活动向水体排污量相比,水产养殖的排污量所占比重还不算大,但由于水产养殖区大部分水体交换条件差,易产生累积污染,因此,我国水产养殖水环境治理问题日益明显。

随着我国水产养殖业的迅猛发展,水产养殖依赖的载体—水资源的环境状况已经成为国家和业界十分关注的问题。

目前,我国水环境污染严重,72%的河段被污染,并主要为有机污染。全国 532 条河中,有 438 条污染,占 82.3%,其中局部养殖水域污染十分严重,水生态系统与渔业资源严重破坏,导致鱼虾死亡率增加,或种类与种群数量下降。而天然渔场的物种个体小型化、早熟、种类单一,生产作业分布区显著下降,也让水体环境在这种长期单一养殖下出现生态性退化。

导致生态恶化、破坏,加剧渔业资源衰退的原因主要是不合理的填河围湖、不当拦河筑坝、围海造田、以牺牲环境为代价的盲目养殖、传统养殖。而近二十年来的中国大量的池塘集约化养殖,投入了上千万吨的饵、肥料和大量药物,并导致了每年近 3 亿立方米养殖废水的排放,更加剧了江河湖库的富营养化和污染程度。

2011 年，全国渔业生态环境监测网对渤海、黄海、东海、南海、黑龙江流域、黄河流域、长江流域和珠江流域及其它重点区域的 120 个重要渔业水域和 43 个国家级水产种质资源保护区的水质、沉积物、生物等 18 项指标进行了监测，监测总面积 1920.7 万公顷。结果表明：中国渔业水域生态环境状况总体保持稳定，局部渔业水域污染仍较重，主要污染指标为氮、磷、石油类和铜。

海洋天然重要渔业水域主要受到无机氮、活性磷酸盐和石油类的污染。无机氮污染以东海区、黄渤海区部分渔业水域和珠江口相对较重，活性磷酸盐污染以东海区、渤海及南海近岸部分渔业水域相对较重，石油类污染以渤海部分渔业水域相对较重。

海洋渔业水域沉积物中，主要受到镉、砷、铜和铅的污染。镉、铜污染以东海区和南海区及渤海部分渔业水域相对较重，砷污染以南海区和渤海部分渔业水域相对较重，铅污染以南海区部分渔业水域相对较重。

近岸海域：遭受不同程度污染与生态破坏。目前，我国大部分海域水质基本良好，但近岸海域遭受不同程度污染与生态破坏，大中城市毗连的海域与海湾、入海口，污染与生态破坏严重，并继续恶化。

基于这种现状，我国的渔业资源持续衰退，不适用于渔业水域的海域中，渤海占 79%，黄海占 45%，东海占 78%，南海占 28%。

近海污染导致水产养殖病害频发，产品质量也随之降低。目前，全国 5~8%的水产养殖区丧失养殖功能，浅海区 50%不符渔业水质标准，赤潮使贝类中毒。

江河重要渔业水域主要受到总磷、非离子氨、高锰酸盐指数及铜的污染。总磷污染以黄河、长江及黑龙江流域部分渔业水域相对较重，非离子氨污染以黄河及辽河流域部分渔业水域相对较重，高锰酸盐指数污染以黑龙江、辽河、黄河流域部分渔业水域相对较重，铜污染以黄河及长江上游部分渔业水域相对较重。

湖泊、水库重要渔业水域主要受到总氮、总磷和高锰酸盐指数的污染，总磷和总氮的污染依然比较严重。

七大水系中 50%河段不符合渔业水质标准。相关资料显示，珠江、长江、黄河、松花江干流基本良好，城镇河段污染严重；淮河、海河、松花江与辽河系污染严重。其占淡水鱼类捕捞量 90%，超渔业水质指标水域占 26%（5000km）。

城市地表水有机物污染严重，内陆河水质尚可。有渔业价值的中小河流 50%（2800km）河段不符渔业水质标准，且鱼虾类基本绝迹，很多名贵鱼类已接近濒危状态。

2.4.2 调研水产养殖污染情况

2010 年 12 月-2012 年 3 月，编制单位实地走访了山东（青岛、即墨、滨州）、江苏（大丰、宜兴、射阳等）、浙江（舟山、湖州）、天津（武清区，天津宝坻区）近 100 个水产养殖场，完成了我国水产养殖业水环境污染状况的基本调研工作。

调研的养殖池塘和养殖场以混养和精养的模式为主，养殖规模从 8 到 200 亩以上不等，养殖历史从 3 到 20 年以上不等，根据现场调研与监测得知，海水养殖中，刺参、南美白对虾的主要污染因子是 COD（超过海水水质第三类水质标准），脊尾白虾和梭子蟹、半滑舌鳎和文蛤的主要污染因子是 N 和 P。除了脊尾白虾和梭子蟹外，其他品种在养殖过程中生物体均出现了一定程度的 Cu、Zn、Pb、Cr 等重金属的富集。淡水池塘养殖中，除了异育银鲫外，其他养殖品种 COD、TN 和 TP 均出现了一定程度的超标（地表水水质Ⅲ类标准），另外南美白对虾、鲤鱼、黑鱼和鲈鱼在养殖过程中出现了 Cu、Zn 等重金属的富集。淡水工厂化养殖，甲鱼的 COD 超标（地表水水质Ⅲ类标准）严重，对周围的水体影响较大，需进行一定的处理后才能排放。淡水围栏养殖主要的污染因子是 TN。

2.5 国内外相关政策研究

2.5.1 国外相关情况研究

在美国，为了严格保护渔业资源、环境和居民的身体健康等，从联邦到州都制定了各种强制性的渔业法律法规，并印成手册，广为散发。从 200 海里专属经济区渔业管理、野生水生动物的保护开发利用、引种、游钓、鱼塘建设许可，鱼类州际间的运输、饲料及饲料添加剂和渔用药物的使用、水产品的质量保证和安全等等都有明确详细的规定，如《鱼类和野生生物条例》（1956），《大湖渔业条例》（1956），《黑鲈条例》（1966），《保护渔民条例》（1967），《河口保护条例》（1967），《美国环境保护条例》（1969），《联邦环境保护控制使用农药条例》（1972），《水质净化条例》（1972），《濒危鱼类条例》（1972），《马格鲁森渔业保护和管理法》（1976），《美国水产养殖条例》（1980），《美国渔业促进法》（1980），这些渔业法律法规均以国家正式法令公布。上述法律法规对保护环境，保护渔业发展与环境、资源、生态协调，确保渔业的可持续发展，最终保护渔业从业者和消费者的正常利益具有重要意义。

加拿大在水域利用、保护和水产品生产、加工、销售、出口的管理等方面也制定了相应的法律法规。主要有《渔业法案》、《加拿大环境评估法案》、《适航水域保护法案》、《水产养殖发展战略》、《海洋法案》、《北极水域污染保护法案》、《饲料法案》、《食品和药品法案》、《海洋哺乳类规章》等，其目的是在保护环境的基础上发展水产养殖业。

挪威是设立渔业立法最早的国家，在近千年的渔业发展过程中，挪威人认识到以法治国的重要性，在水产养殖方面制定了如《有关鱼类孵化养殖场的构造、装备、建立和扩建条例》、《鱼病防治法》等法规。并专门制定了《渔业养殖法》（1985 年 6 月 14 日），其规定了关于鱼类、贝类养殖规定，规定水产养殖必须申领养殖证，水产养殖必须征求邻近养殖单位、海岸局、环保部门、国防部门及农业部门的意见。考察是否对航运、环境等方面造成影响，是否符合无公害的法律规定（对环境无害、符合卫生标准、无污染），养殖者取得养殖的权利并依法承担违法责任。在养殖过程中，养殖者必须逐月向地区渔业局上报养殖情况的报表。

内容包括网箱编号、养殖品种、投放年份、是否放养新鱼种、网箱水体、饲养尾数、单尾均重、总重量、死亡尾数、饲料用量等，地区渔业局会派人监督检查。

日本目前形成了内容较完善、结构较稳固的水产法律体系。日本水产法律体系主要包括渔业秩序的维持，水产资源的保护和管理，渔船、渔业合作组合，栽培渔业，渔港渔区设施，水产品流通等7个方面，15个法律。渔业管理制度与资源保护法律规范。主要包括：《渔业法》（1949）及《渔业登记令》（1951）等相关政令、省令；《海洋资源保护与管理法》（1996）；《水产资源保护法》（1951）；《关于强化金枪鱼资源保护与管理特别措施法》（1996）及其基本方针。水产业振兴与发展战略法律规范，主要包括：《水产业改良普及事业推进纲要》（1965）、《沿岸渔场整顿开发法》（1974）、《海洋水产资源开发促进法》（1971）、《持续性养殖生产确保法》（1999）、《珍珠养殖事业法》（1952）等。渔业生态环境保护法律规范。主要包括：《因水银等毒物污染水产动植物遭受损失的被害渔业者的资金融通特别措施法》（1973）；《濒危野生动植物种保护和保存法》（1992）；《关于对捕获国内特定种事业实行许可手续的命令》（1993 总理府、农林水产省令）；《野生水产动植物保护基本方针》（农令），《环境基本法》（1993）等等。

2.5.2 国内相关情况研究

目前，我国在水产养殖业方面的法律法规主要有《中华人民共和国渔业法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《水产养殖质量安全管理规定》、《完善水域滩涂养殖证制度试行方案》、《水产苗种管理办法》、《海域使用管理法》、《中华人民共和国水污染防治法》及其实施细则、《水产原、良种审定办法》、《饲料和饲料添加剂管理条例》、《渔业水域污染事故调查处理程序规定》、《水生野生动物保护实施条例》、《水产苗种管理办法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国环境保护法》等等。近年来我国虽已出台了不少相关的法律法规，但仍存在以下问题：

第一，部分条款法律强制力不够

如《渔业法》对无证养殖的处罚，只规定“责令改正。补办养殖证或者限期拆除养殖设施”，如此轻的法律责任追究力度对违法养殖者显然起不到多大威慑作用。对已领养殖证但不按规定区域和种类养殖的，无明确的处罚条款；《水产养殖质量安全管理规定》对养殖生产各个环节的管理都有规定，但缺乏落实的措施和手段；《水产苗种生产管理办法》。只强调了苗种许可证的发放，未涉及发放后的管理问题，这都增加了执法的难度。

第二，法规体系不完善，执法依据不足

譬如目前没有专门的渔药和渔用饲料管理法规，只得参照《兽药管理条例》、《饲料和饲料添加剂管理条例》及有关行业标准进行执法。再如《海域使用管理法》规定，对养殖用海要根据养殖方式和用海规模实行分级审批，这样极易造成同一海区多头管理的混乱，在实际执行中缺乏可操作性，导致对水产养殖业的管理强度不够，养殖厂主只追求经济利益，随意变水域为池塘，为追求产量提高，投入大量饲料、渔药，严重污染了水域生态环境。

第三，一些法律规范之间出现冲突

例如养殖证和海域使用证之间存在法律关系不清的问题。有关部门做了很多工作动员渔民办了海域使用证或养殖证，接着再让其在同一海域办另一种证，群众难以理解，这种情况下再去强制执行，很容易引起渔民的抵触，难以取得好的执法效果。

第四，缺乏专项法律

目前，国内的渔业法规以渔业整体为出发点，把养殖业、捕捞业以及渔业资源的增殖和保护作为重点，进行了一般性的规定，全国性单项法规相对较少。而且，我国现行的法律体系中，主要为中央级别的法律法规，地方法律法规不完善，只有少数发达省份（如浙江）设立了水产养殖业管理的相关法律法规。而美国、挪威等国家都已制定了水产养殖业管理的专门法律，而且中央级别和地方级别的法律法规均较为完善。我国应该借鉴其经验，健全和完善我国水产养殖业的相关法律法规，制定符合我国水产养殖业现状的特定法律法规，解决水产养殖业生产过程过中的水污染问题。

2.6 贯彻、执行技术政策需要配套的管理政策

随着我国水产养殖事业的蓬勃发展，水产养殖规模不断扩大，养殖业已经给环境造成巨大压力，导致了一系列环境问题的产生。

从技术层面考虑，目前已有的水产养殖污染防治技术基本可以达到较好的治理效果，但在不同类型的养殖企业和养殖户中推广应用这些技术，还受到经济成本、传统习惯和知识水平等社会要素的制约。因此，解决水产养殖造成的环境问题，仍需要相关配套管理政策的支持。

2.6.1 因地制宜制定水产养殖政策和相关法律、法规细则，提高相关法律、法规细则的可操作性

我国国土广阔，由于各地域自然条件、养殖规模等方面差异巨大，因此不适宜制定统一养殖模式进行发展。各地应根据自身条件，制定相应水产养殖发展政策和法规。

必须进一步提高水产养殖相关法律、法规细则的针对性和可操作性。农村小型水产养殖场和养殖户涉及范围广，虽然个体养殖量少，但总体数量却不可忽视，且大部分地区小型养殖场、养殖户未治理或未彻底治理产生的污染，所排放的污染物对环境带来严重的污染隐患。这些小型水产养殖户是一个较为特殊的群体，非个体工商户，也不具有法人资格，是国家法规上的盲点或空白点。

2.6.2 制定渔业用水排放标准或选用与之相当的标准

要求水产养殖用水应符合农业部《无公害食品海水养殖用水水质》（NY5052-2001）或《无公害食品淡水养殖用水水质》（NY5051-2001）等标准，禁止将不符合水质标准的水源用于水产养殖。

要求养殖场对废水排放进行控制，对超标排放者进行处罚。我国也先后制定和颁布了一系列与渔业有关的法律法规，如《中华人民共和国渔业法》等，但却无相应的渔业用水排放

标准。随着水产养殖向规模化、集约化的方向发展，其工业化的特点愈加明显，制定水产养殖废水排放标准，发展和推广水产养殖最佳环境管理实践（BMPs），制定和执行水产养殖废水排放许可证制度更为重要。

2.6.3 建立健全水产养殖法规和许可证制度

对养殖区域全面规划，对规模以上的水产养殖场的建设进行环境影响评估，确定环境容纳量或养殖容量。在实际生产中，在尚未搞清楚养殖容量和环境容量时，盲目和超负荷地发展水产养殖，必将对环境产生极大的负面影响。全面推进养殖权登记和养殖证核发工作，加强水域滩涂养殖权保护和救济政策研究，切实维护养殖渔民合法权益。

2.6.4 建立和加强水产养殖环境管理系统

我国水产养殖长期以来属于农业部和各地区水产系统管辖，环境部门较少介入，这与我国的人口压力、生产方式和经济、财政实力等有关。而在一些西方国家，水产养殖业通常由多部门进行协同管理。如挪威水产养殖业由渔业部、环境部、农业部、地方政府与劳工部颁布实施的一系列法规、条例直接控制。美国联邦政府管理渔业的职能部门是农业部，而各州的职能部门有所不同，有的是环境管理局，有的是自然资源保护局。在我国建立一套水产养殖环境管理系统，则需要有环境影响评价、环境法、水产养殖技术等相关机构的介入。同时要加强渔业协同组合管理机能，让从事渔业的企业和渔民参与到水产养殖业的资源保护和环境管理中去。各级主管部门还需制定和应用水产养殖污染防治工程技术规范，以保护养殖环境。

2.6.5 做好水产养殖规划，合理安排养殖布局

科学的养殖规划是污染控制技术政策实施的前提，合理的养殖布局不仅可以降低养殖的环境风险，提高污染的处理效率，而且可以将大量分散小型水产养殖场集中，整合资源和能力，形成合力，集中治污。而从目前我国现状看，一方面，养殖规划缺乏科学性，所划定的禁养区、限养区和养殖区缺乏科学依据，很难做到从源头控制污染；另一方面，养殖管理的职权分散在渔业、卫生、水务、环保等部门，职责分工也不明确，所指定的养殖规划实施主体不明确，难以实施。因此，必须尽快出台养殖规划制定的技术规范，并在相关法律中明确规划的实施主体，由规划的实施主体根据环境容量和水质要求，组织编制养殖水域规划，以推进规模化和集约化水产养殖环境影响评价，促进水产养殖业有序发展。

2.6.6 实施养殖池塘标准化改造

多渠道筹措资金，以高产健康养殖和节能减排为目标，引导企业和养殖户对现有淤积严重、老化坍塌的中低产池塘进行标准化改造，配套完善水、电、路和养殖废水达标排放等公共服务设施，改善养殖环境和生产条件，提高水产养殖综合生产能力；加强和优化池塘标准化改造的区域布局，提升水产养殖集约化、规模化、标准化和产业化发展水平。

2.6.7 制定经济政策，推动科学养殖发展

养殖业是市场经济的组成部分，受市场波动影响大，它的发展、调整和治理工作必须符合市场规律。在现有的技术条件下，水产产业集中、污染技术的应用都会产生一定的成本，这在很大程度上会影响技术政策的实施。因此，政府应该充分利用信贷、利率和税收等财政政策，对技术政策的实施给予支持，提高技术政策实施经济可行性，解决技术政策推广过程中的“市场失灵”问题。主管部门应建立环境友好型水产品评价制度，对在水产养殖污染防治中的先进养殖户或个人，通过不同形式予以奖励；对在污染防治工作中成绩出色的地方政府与主管部门，予以物质和精神奖励；同时树立典型，重视宣传，发挥先进与模范带头作用。

3. 水产养殖业水体净化技术

水产养殖废水处理相对于普通的污水处理来说，污染物种类少、含量变化小、生化过程耗氧量低。养殖水处理的水质范围、标准要细致、狭窄得多，并且水处理的目的是有所不同。水产养殖废水的处理除了要满足排放的标准之外，有时候还要根据需要满足循环利用的要求。使用频繁换水的方法来改善水质，势必造成水资源的巨大浪费。而对于一些冬季需要加温的养殖种类，直接将水排放还会造成能源上的流失，若对这类废水进行处理达到养殖用水的需求后回用，不仅可以减少环境的负荷，还可以大大节省热能源。

养殖水体净化技术是现代水产养殖工程的组成部分之一，是以养殖水体为研究对象，利用可控的人工措施，采用一系列方法改善养殖水体环境，以解决水产品安全、鱼类疾病及资环境等问题，提高水产养殖生产力。

养殖水体净化技术主要包括：物理净化技术，化学净化技术，微生物净化技术，大型藻类及底栖动物净化技术，人工湿地及稳定床净化技术等。目前，比较成熟的水产养殖废水处理技术主要有固/液分离技术、泡沫分离技术、微孔膜过滤技术、臭氧处理技术、紫外照射消毒技术和生物过滤技术等，它们分别从物理、化学、生物的角度对废水进行处理。

3.1 物理净化技术

水产养殖废水的物理净化技术通常有曝气法、沉淀法、过滤法、臭氧处理法、紫外线照射法、超声波法、稀释法和磁分离法等。

3.1.1 曝气、吹脱和气提法

曝气和吹脱法是使压缩空气与废水充分接触，使废水中溶解气体和易挥发的溶质穿过气液界面，向气相扩散，从而达到脱除污染物的方法。主要为增加水中溶氧量，清除水中有害气体以达到改善水质的目的。如果借助适宜的温度，调节 pH 值还可以实现对部分氨氮的去除。

气提法适用于处理连续排放的高浓度氨氮废水，操作条件与吹脱法类似，对氨氮的去除率可达 97%以上。该方法具有工艺流程简单、处理效果稳定、运行费用低等优点，但水温低时吹脱效率低，且容易生成水垢，严重时操作根本无法正常进行，且需要加碱调节 pH 值，处理成分单一，在处理过程中吹脱的气体排放到大气中能造成二次污染，因此该技术一般不单独使用，需要和其他方法联合使用。

在集约化水产养殖特别是苗种生产中，往往持续开启气泵充氧。增氧机能使池塘水体上下水层对流，增加水中溶氧量，使水中有毒气体氧化或溢出，打破水体分层，起到改善水质的作用。目前池塘养殖中普遍使用的是叶轮式增氧机，在养虾、养鳊池中通常使用水车式增氧机。

3.1.2 沉淀法

沉淀法用来沉淀颗粒较大、自由沉降较快的固体污染物，采用自然沉淀（如沉砂池）或加入化学药剂，使水中的悬浮物等生成沉淀而去除。沉淀池的面积依照养殖规模、用水程度来定，面积一般为 5~10 亩。

自然沉淀是指水中固体颗粒在不改变形状或大小的情况下因重力作用而从水中分离出来的过程。自然沉淀池就是利用这一原理，在水流速度很慢的情况下使密度较大的悬浮物（如泥沙、黏土等）从水中分离出来。

混凝沉淀是指通过添加剂而使水中杂质产生结晶或沉淀，并从水中分离出来的过程。石灰处理就是利用这一原理，使水中的悬浮物形成沉淀而从水中分离出来。

3.1.3 过滤法

将被处理的水通过粒状滤料，使水中杂质被滤料截留而得以去除的方法称过滤法。此法的目的是清除水体中的固体废物、悬浮物及大型水生生物等。由于养殖废水中的剩余残饵和养殖生物排泄物等大部分以悬浮态大颗粒形式存在，因此采用物理过滤技术去除是最为快捷、经济的方法。过滤装置是从传统的砂滤池不断发展起来的，其基本原理是阻隔吸附作用。常用的过滤设备有机械过滤器、压力过滤器、砂滤器等。在实际处理工程中，机械过滤器（微滤机）是应用较多、过滤效果较好的方式；沸石过滤器兼有过滤与吸附功能，不仅可以去除悬浮物，同时又可以通过吸附作用有效去除重金属、氨氮等溶解态污染物；砂滤池能很好地去除 SS，但是去除氮和磷效果不佳。

美国开发的一种筒状的机械过滤器，筒体四周附有滤网，筒体置于水中工作时，部分滤网浸没在水中，废水从开口端流入筒内，污物被留在网上，过滤过的水又回流到池中，而污物被喷头冲到漏斗内而排出。瑞典一种高度为 3 140~4 725mm、直径 900~1 910 mm 的过滤器在工作时，污水由装置的下部经过中心管和吸附污物的砂混合在一起，由升液器上升到装置上部，在此分离，污物清除后，砂经管道流入沉淀池，靠锥形分解器的作用均匀降下，上升的水和下降的砂相遇，这样，水被净化后从另一根管道放回鱼池。日本有一种过滤器，其工作原理是水泵将池水吸上后，经喷洒管喷入过滤池，经过过滤池内一层小颗粒沸石和一个特制过滤器处理，过滤后的水流回养鱼池。

3.1.4 吸附法

吸附是利用水中的一种或多种物质在吸附剂表面或空隙中的附着以达到净化水质的目的。麦饭石、沸石、活性炭及其改性后的材料也逐渐被尝试用于处理水产养殖废水。沸石兼有过滤与吸附功能，不仅可以去除悬浮物，同时又可以通过吸附作用有效去除重金属、氨氮

等溶解态污染物，对于某些特殊废水处理，以及循环水深度处理等有较好的效果；活性炭对于水中的无机物有很好的吸附性，对于一些重金属氧化物如汞、铅、锡、镍等也有较强的吸附能力。随着材料技术的发展，已有研究者针对水产养殖废水特点，研制出纳米净水材料，并在实践中取得了良好的效果。

3.1.5 臭氧处理法

臭氧发生应用技术是把 O_2 氧化成 O_3 通进水体中，用 O_3 氧化有机物，从而加速有机物质的分解，同时又可以不引入其他杂质。臭氧的净化原理在于它在水中的氧化还原电位为 2.07 V，高于氯(1.36 V)和二氧化氯(1.5 V)。它能够破坏和分解细胞的细胞壁(膜)，迅速扩散渗入细胞内，从而杀死病原菌。臭氧在水中分解的中间物质羟基自由基($\cdot OH$)，具有很强的氧化性，可以分解一般氧化剂难分解的有机物。因此，用臭氧处理废水，既能够迅速灭除细菌、病毒和氨等有害物质，又能增加水中溶解氧，从而达到净化养殖废水的目的。用臭氧方法处理水产养殖废水，对鱼、虾、蟹类的生长极为有利，经济效益也非常明显，在欧美已广为采用。臭氧在水产养殖废水处理中，除抑制病毒菌对鱼虾的感染、传播外，还可以降解有机物，降低化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)，又因其有助凝作用，对改善水质亦有良好的效用。

国外报道，用臭氧处理水产养殖废水，对养殖鱼类可增产 30%以上，对虾池虾类可增产 60%以上；对鱼、虾、蟹苗进行对比试验，成活率均提高 90%以上。一般对含有病毒或病菌的水体，注入臭氧 0.5~1.2mg/L 就可全部杀死水中微生物；0.5~0.7mg/L 的量足够作为预防使用。生产中还应根据具体的养殖种类和系统运行方式等来确定正确的臭氧投加量。

3.1.6 紫外线照射法

利用紫外线(波长 200~400nm)照射可以对水产养殖用水进行消毒，杀灭水中致病微生物。紫外线处理法具有灭菌效率高、作用时间长、不必向水中添加化学物质等优点，但其一次性投资成本较高。利用紫外线处理水体时要求浑浊度低、水层薄、流速慢等，不适用于封闭式循环水养殖环境。晏小霞等利用养殖水池进行了光照处理系统对养殖废水净化效果的研究。通过光照处理系统研究了海南省陵水县饶德对虾养殖场高位虾池中央排污口排放废水。试验设施为长、宽、高分别为 65m、2m、0.4m 的长条形水槽，最前端是调节池，末端是出水集水池，中间为氧化沟。废水经泵抽取至 PVC 管以喷水形式喷入调节池，溢流进氧化沟，最终从出水集水池经虹吸管返回养殖塘。结果表明，光照处理系统对废水具有良好的处理效果，主要污染物的去除率高，几种污染物 NO_3--N 、 NO_2--N 、 $Ammonia-N$ 、TP、COD 的去除率分别为 61.73%、57.74%、80.07%、49.87%、13.66%。该系统利用自然资源进行养殖废水的处理，成本低廉、操作简单、系统出水水质稳定。

3.1.7 泡沫分离、磁分离技术

泡沫分离是以气泡为介质，利用组分的表面活性差进行分离的一种分离方法。自 20 世纪 70 年代，泡沫分离技术已在工业废水处理中得到广泛应用。其原理是向被处理水体中通

入空气,使水中的表面活性物质被微小气泡吸着,并随气泡一起上浮到水面形成泡沫,然后分离水面泡沫,从而达到去除废水中溶解态和悬浮态污染物的目的。对于水产养殖水体来说,可以实现蛋白质等有机大分子和凝胶等与海水分离,将其在未被矿化成氨化物和其他有毒物质前就被去除,避免了有毒物质在水体中积累,而且通入空气可向养殖水体提供必需的溶解氧,对维护养殖水体生态环境有良好作用,并且可以降低水体的浊度,稳定水体的 pH 值,增加溶氧量。泡沫分离法一般适用于半咸水和海水,其效率主要受气泡大小等因素影响。影响泡沫分离装置运行的参数主要有:用作溶剂、气体和溶质的物质,溶质的浓度,气体的流速, pH 值,温度,塔体参数(塔的高度和直径、入流淹没的深度等)。其中气泡比表面积大,吸附分离作用效果好,形成的气泡稳定性强。Spotte(1979)认为气泡以 0.8mm 为最佳。

磁分离是利用电磁原理对水体中的重金属离子等污染物进行电磁分离,是较新颖的水处理方法。因其成本及技术要求较高,加之设计上存在一些问题,目前尚未普及应用。

3.2 化学净化技术

化学净化技术是利用化学反应来改变水体的某些性质或者去除水中的污染物的过程。采用的方法主要有凝聚、中和、络合、氧化还原、消毒等。针对水体各污染物浓度的水平,可投加相应的化学物质来去除。

3.2.1 漂白粉消毒法

漂白粉又名含氯石灰,是次氯酸钙、氯化钙和氢氧化钙的混合物,为灰白色颗粒状粉末,有强烈的氯臭,使用浓度一般为10~20mg/L,水溶液呈碱性。能部分溶于水,其中有效氯含量为25%~32%,稳定性差,在空气中可吸收水分和二氧化碳而分解并放出氯,在阳光直射下也会分解,使药效降低。漂白粉是一种廉价而广泛使用的消毒剂和水质净化剂,施于水中产生次氯酸和次氯酸离子,对细菌、病毒、真菌孢子等均具有不同程度的杀灭作用。由于水溶液中含有氢氧化钙,故可调节水池中的pH值。产品应置于阴凉、干燥、通风处密闭保存。使用前应测定有效氯含量,现用现配。

使用含氯药品会产生余氯处理问题。余氯是指氯制剂加入到被处理水中并与其中还原性物质作用后剩余的总氯量(活性氯、次氯酸和有机氯化物),而不是氯离子。余氯的去除方法中,最有效的除氯剂是硫代硫酸钠。

3.2.2 生石灰消毒法

生石灰(氧化钙)呈灰白色或白色,块状,使用浓度一般为150mg/L水体。在空气中吸水后逐渐变成熟石灰,熟石灰能与空气中的二氧化碳作用形成碳酸钙。氧化钙主要用于清塘消毒,能杀死细菌、寄生虫卵和敌害生物等。储存时应注意防潮以免吸水。一般晴天用药,现用现配。

3.2.3 絮凝剂和助凝剂

絮凝沉降是广泛应用于给水、工业废水、城市污水及污泥脱水等处理过程的一种水处理方法。通过向水体中加入絮凝剂可以使得胶体粒子失去稳定作用或发生电性中和,不稳定的

胶体粒子再互相碰撞而形成较大的颗粒。搅拌及布朗运动可使粒子间产生碰撞，当粒子逐渐接近时，氢键及范德华力促使粒子结成更大的颗粒。碰撞一旦开始，粒子便经由不同的物理化学作用而开始凝集，较大颗粒的粒子便可以从水中分离沉降出来。

目前使用的絮凝剂按其来源及性质可分为无机絮凝剂、合成有机高分子絮凝剂和天然生物高分子絮凝剂。单独或联合使用各种絮凝剂均能使水体快速净化。对于大面积的水产养殖场，由于絮凝后的污染物沉淀于池底，无法与养殖水体分离，絮凝处理后养殖废水中的有机物质大部分是悬浮态颗粒的形式存在。大颗粒的粪便和残饵可以采用过滤等物理方法去除，而悬浮态或胶状大分子则需要加入絮凝剂使其凝聚沉降后再除去。在养殖废水处理中需要注意的是絮凝剂使用要适量。絮凝剂用量过大会对处理效果起反作用，而且无机絮凝剂的残余对水生物有腐蚀性和毒性，而高分子有机絮凝剂则会产生致癌、致畸、致突变等有害效应。

当单用絮凝剂不能取得良好效果时，可投加某些辅助药剂以提高絮凝效果，这种辅助药剂称为助凝剂。按助凝剂在水中的作用，可大体将其分为四类：pH调节剂，主要是各种碱性物质；氧化剂，其作用一是破坏水中的有机物以提高絮凝效果，二是改变絮凝剂形态促进絮凝效果；絮凝体加固剂，充当絮凝的核心，用来加快絮凝过程和增加絮凝牢固性；高分子吸附剂，主要是高分子物质（如天然的水溶性淀粉和人工合成的聚丙烯酰胺等）。Dimitri R Kioussis等人(2000)研究了用聚氯丙烯酰胺多聚体水凝胶去除水产养殖废水中的 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 等营养盐离子的方法，得到了很高的去除效率。多聚体水凝胶具有三维的多聚网络结构，能够吸附大量的水，同时能够去除 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 等离子。其制备方法是通过化学作用交联线性的聚氯丙烯酰胺而制成。在干凝胶中用紫外检测 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} ，分别下降了15mg/g、16mg/g、17mg/g。实验显示在6h内能够去除 PO_4^{3-} -P 98%、 NO_3^- -N 50%， NO_2^- -N 85%，并且该凝胶还可以再生，其再生方法是在释放营养盐离子后用1mol/L的NaOH溶液洗刷。

3.2.4 强氧化剂

（1）含氯消毒剂

含氯消毒剂的种类繁多，包括氯气、二氧化氯、氯胺等，消毒效果好。高含量的氯消毒剂除能杀灭病菌、病毒外，对杀灭鱼类体表寄生的小瓜虫、累枝虫以及铁锚虫等也有良好的作用。多年来氯消毒剂得到广泛应用，公认其是比较安全的。但氯消毒法对某些病毒、芽孢无效，并且产生有机氯化物，易造成污染。近年来有研究表明，氯化作用过程中产生致突变、致癌效应，特别在水中含有机腐殖质的情况下为甚。这种情况已经引起国际有关科学家的高度重视及关注。

水产养殖中常用的含氯消毒剂有二氯异氰尿酸钠、三氯异氰尿酸、二氯海因、二氧化氯等。

二氯异氰尿酸钠商品名又称鱼康、优氯净。含有效氯是漂白粉的两倍。为白色结晶性粉末，具有强烈氯臭，性质稳定，易溶于水，水溶液呈弱酸性。其消毒活性物质主要为氯化尿酸，它在水中分解成次氯酸，具有较强的氧化性，毒性比漂白粉强。

三氯异氰尿酸商品名又称鱼安、强氯精（TCCA）。含有效氯是漂白粉的三倍。为白色结晶，具有强烈氯臭，性质稳定，微溶于水，水溶液呈酸性。它在水中分解成异氰酸和次氯酸，具有较强的杀菌能力，毒性较优氯净还强。

二氯海因为琥珀酰氯亚胺与二氯二甲基乙内酰脲。性质较稳定，易溶于水，有氯臭，含有效氯50%~70%；毒性较优氯净、强氯净小，药效较温和。

二氧化氯在常温下为淡黄色气体，性质极不稳定，易爆炸。用水吸收以后，制成2%~5%的稳定型二氧化氯则无色、无味、无臭。其作用机理是释放新生态氧和次氯酸根离子，氧化功能很强，能迅速杀灭细菌和病毒。杀菌力强、副作用小。

（2）高锰酸钾

高锰酸钾是一种强氧化剂，在酸性、中性及碱性水环境中均有极强的氧化性，生产上不仅可用作杀菌消毒剂，也是一种良好的脱色除臭剂，但其质量分数太高也会对水产动物产生毒害作用，因此使用时须控制剂量。

（3）甲醛

甲醛为无色澄清液体，可用于养殖水体的灭菌、杀虫过程，具有价廉、使用方便、消毒效果好等优点；但也有用量较大、刺激性较强的缺点。近年来，国外研究开发出改进型醛类消毒剂，既提高了灭活能力，同时也降低了刺激性气味的浓烈程度。

（4）高铁酸钾复合剂

高铁酸钾复合剂是目前国际上流行的环保型制剂之一，也是美、英、日等国家继生产高锰酸钾、高铁酸钾之后的新产品。它既能迅速杀灭水中细菌病毒及藻类，又能高效助凝、吸附及降解难分解的有机物、氰化物、硫化物、甲硫醇、氨、亚硝酸盐以及重金属污染物，故有杀菌兼水土改良剂之名。使用中无刺激气味，无残留，不生成二氯甲烷等诱癌物质，同时还具有高效、速效、用量少、成本低等优点，近年来受到养殖业主的欢迎。

其他常用的消毒剂还有抗生素类、磺胺类、呋喃类、季胺盐类、重金属类等，主要用于杀灭水体中的致病生物。

3.3 生物修复技术

我国高密度水产养殖业普遍存在大量饵料投入、大量用药和大量换水的现象，结果在杀灭病原生物的同时也使有益生物大量减少，造成生态系统的严重失衡，养殖水环境污染日益加重，病害频繁发生，养殖产品质量下降。采用生物调控的方法，利用生物之间及生物和水环境之间的复杂关系进行水质调控，以达到生态平衡，是有效改善水环境质量、提高养殖生产成功率的安全技术。

生物修复也称为生物消毒、生物再生或生物恢复，是利用生物特别是微生物降解环境中的某种或某几种污染物，从而消除环境污染的一个受控或自发进行的过程。通常所说的生物修复技术是指以自然界中微生物对有机物的降解作用为基础，人为促进条件下的工程化的生物修复。生物不仅局限于微生物，还包括一些大型植物、小型底栖动物、微型藻类等；消除的环境污染物不仅包括有机物，也包括一些重金属、有毒有害无机物等。

与传统或现代的物理、化学修复方法相比，生物修复技术具有以下优点：①费用省：生物修复可在现场进行，节省了很多费用，其费用是物理化学方法处理费用的30%~50%。②环境影响小：生物修复只是一个自然过程的强化，其最终产物是二氧化碳、水和脂肪酸等，不会形成二次污染或导致污染的转移，可以永久性地消除污染物的长期隐患。③最大限度地降低污染物的浓度。④在其它技术难以应用的场合，可以采用就地生物修复技术。⑤可同时修复受污染的水体和土壤（底质）。

生物修复的类型：

（1）根据修复主体来分：修复主体是参与生物修复的生物类群，这些生物类群包括微生物、植物、动物以及它们构成的生态系统。因此生物修复可分为微生物修复、植物修复、动物修复和生态修复四大类。

（2）根据修复受体来分：修复受体是生物修复的对象，即环境要素。因此生物修复可分为土壤生物修复、河流生物修复、湖泊生物修复、海洋生物修复、地下水生物修复、矿区生物修复、垃圾场生物修复等。

（3）根据修复实施的场所来分：可分为原位生物修复、异位生物修复和联合生物修复。

科技人员在利用现代生物技术，从自然环境中分离得到对生态环境中污染物具有降解作用的微生物，如能降解养殖水体中氨态氮或亚硝态氮的硝化细菌、能对养殖环境致病性细菌有裂解作用的噬菌蛭弧菌，通过生物工程技术对所分离的微生物进行优化、筛选，得到了能有效改善养殖水体环境的微生态制剂，为更好地发展养殖业提供了基础。

3.3.1 微生物修复

微生物制剂又称益生菌、利生菌、益生素。它是根据微生物生存繁殖的原理，对动物体及其生活环境中正常的有益微生物菌种或菌株经过鉴别、选种、大量培养、干燥等一系列加工手段制成后，重新介入其体内或环境中形成优势菌群以发挥作用的活菌制剂。其基本指导

思想是用人或动物正常生理菌群的成员,经过选种和人工繁殖,通过各种途径制成活菌制剂,然后再以投加方式使其回到原来环境,发挥自然的生理作用。它具有成本低、无毒副作用和不污染环境等特点,符合健康养殖的要求。

根据微生态制剂应用范围,可以把它们分为医用微生态制剂、兽用微生态制剂、环境改良微生态制剂和农用微生态制剂等。兽用微生态制剂一是采用乳酸杆菌、双歧杆菌、蜡样芽孢杆菌等制作的活菌制剂,用于防治畜、禽、鱼的消化道、泌尿道疾病;一是以乳酸杆菌和蜡样芽孢杆菌为主的饲料添加剂,多用于动物的育肥、抗病,可代替抗生素,减少有毒物质在体内的残留量。农用微生态制剂是以多种蜡样芽孢杆菌构成的植物微生态制剂,通过调节微环境、寄主、正常微生物种群和病原物之间的平衡,可使农作物产量提高 10%~30%。此外,正在研制和试用的改良土壤结构、有利于植物生长发育的土壤微生态制剂,可以增产增收。医用微生态制剂广泛应用于临床上多种疾病的防治,已成为人们有病辅治、未病防治、无病保健的重要工具。环境改良用微生态制剂主要用于水体环境和固体废物的处理,包括生活污水、工业废水、养殖水域、固体废物、城市环境的治理和改良。

近年来,微生物制剂在水产养殖业中的应用包括两方面内容:一方面是拌饵投喂,用以改善鱼虾肠道微生物菌群、提高鱼虾消化率、增强鱼虾免疫力的饲料微生物添加剂,目前应用较多的菌类有乳酸菌、芽孢杆菌、酵母菌等。另一方面是改善水质的水体微生物调控剂,主要有光合细菌、芽孢菌、硝化细菌等。许多学者和生产厂家研究利用不同菌株的不同特性,将多种微生物菌株培育后复合为复合微生物制剂,以期发挥它们的综合效果。薛恒平等

(1997)使用以芽孢杆菌、光合细菌、蛭弧菌组成的复合菌剂按 1g/m³投入对虾池,结果试验池对虾病毒病发病时间较对照池延迟 10d,产量增加 40%。叶奕佐等(1996)将光合细菌和放线菌一起施用于温室无砂养鳖池,结果 COD 去除率在 90%以上。

在水产微生态制剂上,微生态制剂作用机理主要通过生态占“位”、优势种群和生态平衡的理论来解释。大部分水产致病菌是条件性致病菌,如鳃弧菌、嗜水气单孢菌等,环境条件、宿主状况以及它们本身数量与发病致病有密切关系。优势种群益生菌在养殖环境中可以通过占据生态位来控制条件性致病菌的发展,达到在变化的过程中保持优良环境的目的。在正常微生物种群及其宿主和环境所构成的微生态系统内,少数优势种群对整个种群起控制作用,使失衡的微生态达到新的平衡。此外,微生态制剂的作用机理还有生物屏障理论、生物夺氧理论以及能量流、物质流及基因流的“三流循环”学说,这里不做详述。

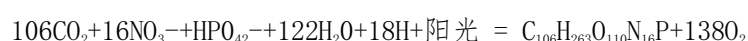
目前国际上对开发新微生态制品的主要方向已从单纯的“益生菌”或“益生素”转向结构合理、效果更加优越的“合生元”。据日本报道:实验研究已经证明,在双歧杆菌活菌制

剂中加入双歧因子后，其效果比不加的制剂提高 10~1000 倍。正在开发能使活菌制剂有更好稳定性的新剂型，例如微胶囊剂型，它们能延长活菌在产品中的存活时间，保证有更多益生菌进入肠道而使其发挥有益的作用。此外，有些学者正在利用生物学和遗传工程技术，改造益生菌的遗传基因，将外源性基因转入菌中，构建更优良的菌株。

微生态制剂的微生物必须在生物学和遗传学特征上保证安全和稳定，一次应用前必须经过严格的病理、毒理试验，证明无毒、无害、无耐药性等副作用才能使用。目前常用的微生物种类主要有乳酸菌、芽孢杆菌、酵母菌、放线菌、光合细菌等几大类。美国 FDA（1989）规定允许饲喂的微生物有 40 多种，其中近 30 种是乳酸菌，但在实际生产中使用的主要有乳酸杆菌、粪链球菌、芽孢杆菌和酵母。我国 1994 年农业部批准使用的微生物品种有：蜡样芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、粪链球菌、双歧杆菌、乳酸杆菌、乳链球菌等，其中大部分也属于乳酸菌类。生产 AA 级农产品规定的微生态制剂主要有：芽孢杆菌（蜡样芽孢杆菌与枯草芽孢杆菌等）、硝化和反硝化菌、乳酸杆菌、酵母菌及丝状真菌、光合细菌，用于水体调节的微生态制剂主要有芽孢杆菌剂、光合细菌制剂。

3.3.2 藻类在净化水体中的应用

微藻是一类具有典型的光能自养代谢、以单细胞或简单的多细胞群体形式生活，通过裂殖或产生生殖孢子等方式繁殖的低等植物的通称，具有资源丰富、种类繁多、光合效率高、生长速度快、适应性强的特点。藻类在分类学上分别属于原核生物界和原生生物界，但具体归类后，淡水中生活的种类仅限于蓝藻、绿藻、硅藻，以及金藻和裸藻等植物门中的少数种属。藻类的分子式近似地为 $C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P$ ，其光合作用的反应方程式如下：



在光照条件下，藻类开始生长，为了自身生长的需要，藻类消耗水中的氮和磷，同时以 CO_2 作为碳源。和异养菌相比，藻类并不依赖于有机碳源。藻类的另一个优点是产生氧气，出水溶解氧浓度很高，使水体质量大大提高，所以部分藻类具有净化废水的效果。

目前，大量研究已经肯定了藻类对污水中氮、磷等营养物去除的作用和效果，也有研究指出某些污水适合于作为藻类培养的培养基。藻类的净化作用不仅仅适用于生活污水，而且也适于其他污水的处理，如食品加工废水、牲畜等农业废水、工农业混合废水及工业废水。Govindan（1984）在研究来源于生活污水、农业和纺织废水组成的混合污水中培养驯化的几种藻类时，发现除了氮、磷被大量去除外，污水中的 BOD 和 COD 也减少了 90%。一般藻类培养被建议作为二级处理出水后的三级处理手段。Tam 等（1989）将小球藻和栅藻分别培养在一级处理出水和二级处理出水中，结果表明，两种藻类在一级处理出水中生长得更好，对氮、

磷的去除率在培养的第一周即达到 70%以上,比二级处理出水的净化效率高一些。所以认为藻类培养更适合于作为二级处理手段。

在藻类应用于污水处理的工艺中,藻类和水后续分离一直是需要探讨的问题,而藻类膜系统不仅适用于营养物质的去除,而且易于和水分离。由 Water Adey 和 Karen Loveland 开发的 ATS 工艺就是一种藻类膜工艺,已经有成功的应用。利用微藻处理水产养殖废水,一方面可以净化污水,另一方面可以获得有价值的藻类,促进养殖业的可持续发展。

3.3.3 大型藻类和底栖动物生物净化技术

随着海水养殖业的迅猛发展,养殖对象的排泄、残饵的腐化分解及水流状况的不佳,导致了养殖水体营养盐的不断累积,严重威胁到近海的生态环境。国内外学者一致认为混养大型藻类是吸收、利用营养物质和延缓水质富营养化的有效措施之一。利用大型海藻吸收水中的营养盐,既可以改善水质,又可以为提取藻胶、制取沼气或肥料提供宝贵的生物来源。

在有效控制外源污染的同时,通过调控水生生态系统结构,恢复自然、健康与稳定的水生生态系统功能,增强对外界干扰的缓冲能力,使水生生态系统处于良性与可持续循环状态,是水环境治理的最佳途径。底栖动物作为系统内部调控,在水生生态系统物质和能量循环中处于十分重要的地位,它们种类多、分布广、食性广,对污染水体具有明显的净化效应。据有关研究,在中一富营养型湖泊内,底栖动物在生物量上占主要地位,通过增加螺蛳、河蚌放养量,补充底栖动物资源数量,增加系统稳定性,促进物质循环,可达到净化水质的目的。

(1) 大型藻类净化技术

大型藻类的生物净化作用自 20 世纪 70 年代开始,逐渐得到人们的重视。目前实验进行的大型藻类生物净化作用所涉及的大藻包括绿藻、褐藻、红藻等,主要针对养殖自身污染研究,养殖环境的营养盐负荷以及可能造成的赤潮生物的暴发研究。

大型藻类的生长需要吸收大量的溶解有机物和无机物,且优先选择 NH_4^+ ,比如可食江蓠就可以快速吸收 NH_4^+ 。不仅如此,它们还可以吸收重金属 (Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+}),这对养殖后期养殖动物健康生长具有重要意义。大型藻类具有很强的净化废水的能力,尤其对于富营养化的养殖污水更是变废为宝、化害为利的良方。同时,大型海藻产品可作为食物食用,是重要的绿色食品,还可以作为饲料、工业原料和有机肥料,是具有较高经济价值的商品。在海水养殖集中的区域或者工厂化养鱼的排水区域,大规模的栽培大型海藻是吸收利用营养盐物质、净化水质、减轻养殖区富营养化的有效途径之一。

20 世纪 90 年代以来,欧盟启动了有关富营养化和大型海藻的 EUMAC 研究计划,以研究海藻在海区富营养化过程中的响应和作用,研究水域跨越波罗的海到地中海的欧洲沿岸海

区。瑞典科学家 Haglund、Pedersen 和智利科学家 Troell 等通过在鱼类养殖区栽培江蓠，利用鱼类养殖过程中产生的废物作为海藻生长的营养源，从而降低养殖水域中氮和磷的浓度，同时提高了单位水体综合养殖的经济效益。研究显示，1ha 的海区每年可生产江蓠 258t，通过江蓠的收获，可去除 1020kg 氮和 374kg 磷。因此，大型海藻是海洋环境中非常有效的生物过滤器。

利用大型海藻对富营养化海水养殖区进行生物修复最大的特点是系统不引入大量的外来物质，靠养殖体系自身的营养物质和能量起作用，大型海藻在适宜的条件下自行生长，不需要人为施加能量，是一个自发的过程。因此，大型海藻的生物修复是一个自然过程。

大型藻类是海区重要的初级生产者，生命周期长、生长快，能通过光合作用吸收和固定水体的碳、氮、磷等营养物质进行生长繁殖，同时增加水体的溶解氧。路克国等（2008）对大型海藻化学成分的分析表明，其组织中具有丰富的氮库，可以高效地吸收储存大量的无机氮。当养殖在营养盐不足的环境中时，体内的氮库仍然可以维持它们较好的生长；当营养盐含量较高时，即使光照不足，大型海藻也会吸收超过自身生长需要的营养盐，从而充实内部营养库以备快速生长时利用。与浮游植物不同，大型海藻吸收营养物质合成的生物量，可以通过收获的途径输出，减轻水体污染的同时，又能实现养殖污染物的资源化利用。另外，对大型海藻营养盐吸收和同化的研究表明，同样浓度的营养盐，大型藻类对 N 的吸收速率大于对磷的吸收速率，对 NH_4^+-N 的吸收速率大于对 NO_3--N 的吸收速率。而 NH_4^+-N 往往是鱼类养殖水体无机营养盐的主要存在形式，因而大型藻类对水体无机营养盐具有很好的清洁作用。在受金属和有机污染的海区种植大型海藻，可使水体污染情况得到减轻，海区 DO 恢复到较高水平，降低生态因子指标 BOD、POC，以及水体和沉积物中的金属含量如铜、锌、铅和镉等重金属，使水体生态系统得到恢复。大型海藻的生命周期较长，在同一海区，可根据不同海藻的生活习性和季节变化，交替栽培龙须菜、条斑紫菜等优良海藻品种，通过将海藻收获上岸，以达到净化水质的目的。

在富营养化海水养殖区混养大型海藻具有诸多优点，例如：①大型海藻处于第一营养级，直接收获有利于海洋生态系统的能量向人类流动，从而可以取得更大的生态效率；②可以降低无机营养物质的近海排放量，减少可能暴发的毁灭性和造成巨大损失的超营养事件，比较适合大面积的富营养化污染治理，而且不易带来二次污染；③对养殖者而言，当前氮和磷的排放（未摄食和排泄的营养）较高，意味着相同投入产生的经济效益降低，而采用大型海藻进行营养物质的吸收则可通过各种海藻食品和生化产品的形式挽回一定损失；④大型海藻对水体营养物质的去除可以为海水养殖管理者提供新型可持续发展、环境友好的技术支持，有

利于保持近岸海域生态的健康等。

表 2 为几种常见海藻的产量及 C、N 和 P 含量比较。从表 2 可以算出，每收获 1t 紫菜鲜藻，从水体转移出的 N、P 分别为 6.2 kg 和 0.6kg。由此可见，紫菜鲜藻具有降低营养负荷的作用，并且生物修复效应非常明显。

表 2 几种常见海藻的碳、氮和磷含量比较（均为湿重） %

海藻	营养成分		
	C	N	P
海带	7.9	0.22	0.03
紫菜	2.7	0.62	0.06
江蓠	2.5	0.25	0.003

大型藻类对水产养殖废水的净化作用、效果，以及对营养盐的吸收速率，随外界物理、化学和生物因素的变化而变化，如温度、光照、盐度、浑浊度、水流、pH 值和营养盐的浓度、存在形式等理化因素。海藻的营养史、组织类型、生活史、年龄、表面积和体积比以及藻体形态的变化等生物因素也都会影响营养盐的吸收。营养和光照是制约水产养殖系统生物量和生产率的关键环境因子。现场的营养和对营养的管理可以控制海藻的生物量、生产率、附生藻类和产品的质量；光照通过光合作用影响大型藻类对营养盐的吸收和生物过滤作用，光能刺激一些海藻对硝酸盐的吸收，而氨的吸收可能较少地依赖于光，在黑暗状态下也能吸进行；光周期和光质也可以影响海藻对营养盐的吸收。

在大型海藻与鱼类共养的水体中，通过控制海藻的生物量，可有效地降低营养物的浓度，维持水体中的溶氧量，降低鱼类发生窒息和水质恶化的危险性，从而保证养殖活动安全有序。利用大型海藻的生物修复功能，改善养殖区的水环境质量，是实现海水养殖可持续发展的有效途径。

(2) 底栖动物净化技术

作为水体生态系统的的重要组成部分，底栖软体动物，如河蚌、牡蛎、螺蛳等，可有效降低水体中富营养物质的含量，明显改善水质，在理论和应用上都有着重要的意义。大量研究证实，底栖软体动物对污染水体中的低等藻类、有机碎屑、无机颗粒物具有较好的净化效果。许多实验研究表明，底栖动物群落在底栖—浮游耦合和营养物质的释放过程中起着非常大的作用，某些沿岸和河口的底栖动物在限制浮游生物初级和次级生产量中具有重要作用。

底栖动物的净水效果：以往对淡水贝类的相关研究，只提出补充底栖动物资源，如增加螺、蚌的放养量，可以达到净化水质的目的。魏阳春（1999）的相关研究表明：铜锈环棱螺

与其野外共生系统的综合作用更有利于去除氨氮;较大规格的三角帆蚌能有效消除水体悬浮物和叶绿素 a, 提高水体的透明度。软体动物处于整个水生生态系统的重要位置, 它的数量和组成将在较大程度上影响生物净化的效果。如在实际应用中, 作为生物栅强化净化系统的辅助部分, 底栖动物的群落构建将影响整个净化系统的功效。

底栖动物对水体的指示作用很有价值, 且便于利用。利用底栖软体动物监测重金属污染在国外有大量的研究, 国内在海洋软体动物方面研究较多, 而在淡水软体动物方面研究较少。软体动物中的一些种类可作为环境重金属污染的指示生物, 如紫贻贝、魁蚶、褶牡蛎可以作为指示海水 Cd 污染的指示生物。

底栖软体动物富集重金属的研究。大量研究已证实, 多数底栖软体动物对重金属有明显的富集作用, 在相同条件下, 同一种软体动物对不同的重金属富集能力是不同的。

近年来, 有关底栖软体动物对水体重金属富集效果方面已有大量的研究成果。袁维佳(2000)等报道, 螺蛳对水体中的重金属有很强的富集能力, 其体内的重金属含量是水体的 800~20 多万倍; 对不同的重金属有不同的富集能力, 例如, 对重金属 Cu、Zn、Cr、Cd、Pb 的富集研究表明: 对 Pb 的富集较弱, 对 Cr 和 Cd 的富集较差。陆超华(1998)等研究表明, 近江牡蛎对水环境中 Zn 的累积是净累积型, 其体内的锌含量与水体中的锌浓度存在简单的线性关系。

近年来, 许多学者对底栖动物富集重金属的机理进行了研究。有人研究螺类发现, 螺类不但从溶液中而且也从沉积物中吸收重金属, 对溶解态、离子交换态、碳酸盐结合态的重金属积累能力强, 对结晶态的重金属积累能力最弱。毕春娟等(2006)也对富集机理进行了探讨, 得出结论: 所有重金属主要是在河蚌的软体组织中产生富集。此外, 据王魏根(2004)等对河蚌的富集机理的研究表明, 河蚌体内重金属的积累程度和其体内这些元素的本底水平、对不同元素积累能力的高低以及水环境中这些元素浓度的大小有关。可见, 底栖软体动物富集重金属的效果是与重金属在水中的存在状态密切相关的。

目前底栖软体动物净化研究中常见的种类都具有较强的耐污和强滤食能力, 能有效地吸收水体中的氮、磷和重金属成分。另外, 国内外研究发现, 利用多种水生高等植物、水生植被及软体动物组建人工复合生态系统在治理水体富营养化时具有独特优势, 它能克服单一水生生物季节性变换明显、生物净化作用不稳定的缺点, 发挥多种水生生物在时间和空间上的差异, 实现优势互补, 从而可稳定地净化水环境, 但这一技术应用范围极其有限, 目前只处于围隔试验阶段。

(3) 大型藻类及底栖动物协同净化养殖废水技术应用研究

编制组在黄海水产研究所小麦岛水实验室进行了大型藻类吸收营养盐和贝类去除悬浮颗粒物实验，并将两者结合起来进行试验，去除效果明显，见表 3～表 5：

表 3 不同贝类对悬浮颗粒物的去除 单位：g/L

时间/h	0	1	2	3	4	5	6	24
空白	1.00	0.90	0.79	0.69	0.60	0.52	0.44	0.41
牡蛎	1.00	0.82	0.70	0.59	0.47	0.36	0.28	0.07
扇贝	1.00	0.85	0.76	0.64	0.53	0.41	0.31	0.12
文蛤	1.00	0.87	0.78	0.67	0.52	0.42	0.34	0.15

表 4 海带+牡蛎对养殖废水中 SPM 等的影响

时间/h	pH	T/℃	DO/(mg/L)	SPM/(mg/L) (control)	SPM/(mg/L) (test)
0	7.47	6.00	7.54	200	200
1	7.56	7.00	7.42	196	155
2	7.72	8.80	7.32	192	138
3	7.90	10.00	7.10	189	102
4	7.98	12.00	7.02	189	83
5	8.10	13.00	6.50	188	60
6	8.13	13.00	6.55	188	38
24	7.60	5.20	6.50	181	31

表 5 石莼+牡蛎对养殖废水中 SPM 等的影响

时间/h	pH	T/℃	DO/(mg/L)	SPM/(mg/L) (control)	SPM/(mg/L) (test)
0	7.47	6.00	7.54	200	200
1	7.54	7.00	7.39	196	165
2	7.69	8.80	7.02	192	149
3	7.80	10.00	6.82	189	111
4	7.98	12.00	6.56	189	88
5	8.11	13.00	6.21	188	63
6	8.12	13.00	5.83	188	42
24	7.59	5.20	5.60	181	35

3.3.4 生物处理和修复技术

人工湿地生态工程技术是由人工建造和控制，模拟自然湿地系统净化污水能力的特点，利用生态系统中物理、化学和生物的重重协同作用，通过过滤、吸附、沉淀、离子交换、植物吸收和微生物分解等来实现对污水的高度净化。目前这一技术正逐步同水产养殖结合，用于养殖废水的处理和回收利用。

在美国，Costa-Pierce 等将水产养殖和湿地生态系统结合起来，利用三级处理后的城

市污水再经人工湿地处理后进行水产养殖,结果表明,水质中氨氮浓度小于 0.4mg/L,连续 8 个月的试验结束后,鱼的生物量从养殖初期的 0.16~0.21kg/m³ 增加到收获期的 1.50~2.00kg/m³,该试验为处理后的城市污水利用提供了一条途径。Summerfelt 等通过构建湿地系统处理浓缩后的养殖固体物质,固体物质填充率达到 1.35cm/d,试验周期为 3 个月,结果表明,垂直流湿地和表面流湿地处理总悬浮物(TSS)能力分别达到 98%和 96%,处理凯氏氮(TKN)均达到 82%~93%。在台湾,Lin 等为有效防止养殖废水中过高的营养盐造成接受水体发生富营养化,同时为实现废水回用的目的,设计了一套表面流和潜流串联的人工湿地系统,运行结果表明,氮的去除在系统建成 30d 后即出现明显效果,在连续 7 个月的运行过程中,氨氮的去除率达到 86%~98%,总无机氮的去除率达到 95%~98%,出水中氨氮浓度小于 0.3mg/L,亚硝酸盐浓度小于 0.01mg/L,完全满足养殖用水的要求。此外,David 等将人工湿地当作生物过滤器用于大规模对虾养殖,占地 7.7hm²的湿地系统每天处理来自 8.1hm²高密度养虾池排出的 13 600m³ 废水。结果表明,该系统能有效降低总磷、总悬浮物以及无机悬浮物浓度,在循环运行期间,能维持养殖水体中较低的有机物、总氮和硝酸盐。李谷等(2004)通过构建复合养殖—人工湿地生态系统,开展了将人工湿地用于水产养殖废水处理与回用的研究,他们认为,系统对氮去除的机制在于基质吸附、沉淀、氨挥发、植物吸收和湿地中微生物转化等多方面的综合作用,其中,硝化和反硝化作用在氮的去除中起着重要作用。这是因为适宜的基质中存在着大量的硝化和反硝化细菌,湿地中植物根际的输氧造成根际区含氧,而非根际区经常处于厌氧状态,因而有利于硝化和反硝化反应的进行。

从生态学角度考虑,人工湿地特别适用于一个水产养殖系统内部的生物修复,它的一个重要特征是能够适应于任何环境。人工湿地的生物—生态综合处理程序如果设计得当,完全可以达到恢复生态系统平衡的目的。不仅如此,这一技术还可实现养殖废水的综合利用与无污染排放,这对于减轻严重的水污染和生态环境的恶化具有重要的意义。从费用上讲,人工湿地无论是建设还是维护,相对于工厂化水处理要便宜得多。澳大利亚湿地公司进行的一项研究发现,人工湿地的一个生命周期只需要花费传统生物技术 10%的费用,因此,加强这方面的研究尤为重要。

我国高密度水产养殖普遍存在大量饵料投入、大量用药和大量换水的现象,已经出现水环境污染负荷日益加重、环境恶化导致病害频繁发生和引发养殖产品质量下降等问题,带来了巨大的经济损失。利用生态修复技术处理水产养殖废水已经得到了广泛的认可,与传统的物理修复和化学修复相比,生物修复具有费用低、耗时短、净化彻底、不易产生二次污染、不危害养殖功能、不破坏生态平衡等诸多优点。应用较多的实用处理技术有稳定塘处理技术、

人工湿地处理技术和土地处理技术。

（1） 稳定塘处理技术

稳定塘是一种经过人工修整而设有围堤和防渗层的池塘，它主要利用水生生物系统，依靠自然生物净化功能使污水得到净化，是迅速推广污水处理工艺、实施污水资源化利用的有效方法，因而稳定塘处理技术成为我国近年来在水产养殖的水处理领域着力推广的一项新技术。

适用条件：稳定塘处理系统具有基建投资省、运行费用低、管理维护方便、运行稳定可靠等诸多优点，不足之处是占地面积大、净化效果受气温等自然因素影响。如小城镇附近有可利用的天然养鱼塘、天然废塘等条件，可考虑采用该处理系统。

工艺特点及功能：

① 高效藻类塘。高效藻类塘不同于传统稳定塘的特征，主要表现在：较浅的塘深度，一般为 0.3~0.6m，而传统的稳定塘根据其类型不同，塘内深度一般在 0.5~2m；有一垂直于塘内廊道的连续搅拌装置；较短的停留时间，比一般的稳定塘的停留时间短 7~10 倍；宽度一般较窄。

高效藻类塘的这些特点，使得它比传统稳定塘运行成本更低、维护管理更简单，克服了传统稳定塘停留时间过长、占地面积大等缺点，在处理农村及小城镇污水方面具有广阔的应用前景。

② 水生植物塘。利用高等水生植物，主要是水生维管束植物提高稳定塘处理效率，控制出水藻类，除去水中的有机毒物及微量重金属。研究表明，生长速度最快和改善水质效果最好的水生维管植物有水葫芦、水花生和宽叶香蒲。

③ 多级串联塘。将单塘改造成多级串联塘，其流态更接近于推流反应器的形式，从而减少了短流现象，提高了单位容积的处理效率。从微生物的生态结构看，由于不同的水质适合不同的微生物生长，串联稳定塘各级水质在递变过程中，会产生各自相适应的优势菌种，因而更有利于发挥各种微生物的净化作用。在设计多级串联塘时确定合适的串联级数，找到最佳的容积分配比特别重要。采用厌氧水解（酸化）塘（好氧塘、兼性塘（好氧塘、好氧塘（厌氧塘三种工艺分别对农药废水进行处理，结果表明，厌氧水解（酸化）塘（好氧塘工艺处理乐果废水比普通生物稳定塘的水力停留时间短，处理效果稳定。

④ 高级综合塘系统。高级综合塘系统由高级兼性塘、高负荷藻塘、藻沉淀塘和深度处理塘 4 种塘串联组成，每个塘都经过专门设计。高级综合塘系统与普通塘系统相比，具有水力负荷率和有机负荷率较大、水力停留时间较短、占地少、无不良气味等优点。

工艺优缺点：目前在处理农村、小城镇、水产养殖废水中稳定塘及其人工强化技术实用性强，应用也较广泛，与常规处理技术相比具有显著的优点。

①适合不同的处理规模，基建费用低。处理构筑物由各种天然塘系统或经简单修建而成，没有复杂的机械设备，工程十分简易，整个系统的基建费用只有常规处理方法的 1/2 或 1/3。

②出水水质稳定，回用领域广。稳定塘及其人工强化技术处理的出水一般可以达到二级排放标准，如果设计了脱氮除磷的功能，出水甚至可以达到一级排放标准。出水可以用于回灌农田、水产养殖或景观用水。

③运行费用低，系统基本不耗能。稳定塘系统依地势而建，污水可自流，无须额外动力，因此运行费用只有常规工艺的 10%~50%。

④管理十分简单，维护容易。设计良好的稳定塘污水处理系统几乎不需要管理和维护。

⑤无需污泥处理，可实现污水资源化。

传统的稳定塘也存在诸多缺点，包括：有机负荷低，占地面积大，处理效果受气候条件影响大，悬浮藻类使出水 COD 较高。随着稳定塘的逐步推广应用，发展了很多新型塘和组合塘工艺，进一步强化了稳定塘的优势，或者弥补了原有技术的不足。

（2）人工湿地处理技术

人工湿地是一种为处理污水而利用工程手段模拟自然湿地系统建造的构筑物，在构筑物的底部按一定的坡度填充选定级配的填料（如碎石、砂子、泥炭等），在填料表层土壤中种植一些对污水处理效果良好、成活率高、生长周期长、美观以及具有经济价值的水生植物（如芦苇）。人工湿地的特点是：出水水质好，具有较强的氮磷处理能力，运行维护方便，管理简单，投资及运行费用低。有关资料显示，人工湿地投资和运行费用仅占传统二级生化处理技术的 10%~50%，较适合于资金少、能源短缺和技术人才缺乏的中小城镇和乡村。

适用条件：人工湿地主要通过生态处理系统内微生物和水生植物的协同作用实现污染物的去除，这就要求人工湿地所处环境适宜于微生物和水生植物的生长。对于北方寒冷地区，为保证冬季人工湿地仍具有较好的处理效率，通常需要更大的土地面积。因而在土地面积有限的区域，不适合采用人工湿地技术。一般情况下，人工湿地适宜于温暖地区、土地可利用面积广阔的区域，尤其适用于利用盐碱地或废弃河道进行工程设计。对于我国广大农村地区来说，占地面积较大的人工湿地污水处理工艺具有很好的应用前景。

形式：按照工程设计和水体流态的差异，人工湿地污水处理系统分为 3 种类型：表面流湿地、潜流湿地和垂直流湿地。

①**表面流湿地**。表面流湿地与自然湿地最为接近，其水流状态是污水以较慢速度在湿地

表面漫流，类似于沼泽。绝大部分有机物的降解由位于植物水下茎秆上的生物膜来完成，湿地中的氧来源于水面扩散与植物根系传输，这种湿地具备投资少、操作简单、运行费用低等优点，但占地大、水力负荷小、净化能力有限，系统运行受气候影响大，不能充分利用填料及丰富的植物根系，夏季易孳生蚊蝇。因而该类型湿地主要适用于水质较好的情况，可以用来实现污水的深度处理。

②**潜流湿地**。潜流湿地是目前较多采用的人工湿地类型，在潜流湿地系统中，污水在湿地床的内部流动，一方面可以充分利用填料表面生长的生物膜、丰富的根系及表层土和填料截流等的作用，以提高其处理效果和処理能力；另一方面由于水流在地表以下流动，具有保温性能好、处理效果受气候影响小、卫生条件好的特点。这种工艺利用了植物根系的输氧作用，对 BOD、COD 等有机物和重金属等去除效果好，但控制相对复杂，氮、磷去除效果一般。

③**垂直流湿地**。垂直流湿地综合了地表流湿地和潜流湿地的水流特点，污水从湿地表面纵向流入填料床底。在这种湿地系统中，湿地床交替地被充满水和排干，在向床内充水的过程中空气被挤出，床的基底材料逐渐被淹没；当湿地床完全被水所饱和以后，水就全部被排出，在排水过程中新鲜的空气被带入床内，为污染物的去除提供氧源。该类型湿地适于处理氨氮含量高的污水，但处理有机物能力欠佳。湿地运行一段时间后，床体可能会被大量的生物所堵塞，限制了水和空气在床体内的流动，降低了处理效果。因此，设计中有必要考虑增设备用床交替运行，以便利用闲置期进行生物降解。

（4）工艺优缺点

农村地区的污水处理工艺应具备管理简单、运行费用低等特点，而人工湿地系统处理构筑物由各种天然生态系统或经简单修建而成，没有复杂的机械设备，其最大的优势就在于简单性，适合不同的处理规模，基建费用低廉，易于运行维护与管理。

尽管人工湿地具有较多优点，但也存在很多不足：首先，人工湿地的占地面积远比传统处理工艺高得多，因此提高人工湿地的污水处理率是今后的一大难题；其次，季节因素的变化，如温度、降雨量等也限制了湿地的发展。

（3）土地处理技术

土地处理系统是将污水有控制地投配到具有一定构造和良好扩散性能的土层中，利用土壤毛细管浸润扩散原理，通过生态系统的物质循环和能量流动逐级降解污染物、净化污水的处理系统。与其他污水生物处理技术相比，具有投资省、节能、运行费用低等优点，并且污水在被处理的同时可作为一种资源加以利用。例如，污水中的营养物质和水能被农作物、牧草和林木所吸收，经过处理后的水可用于水产的发展。

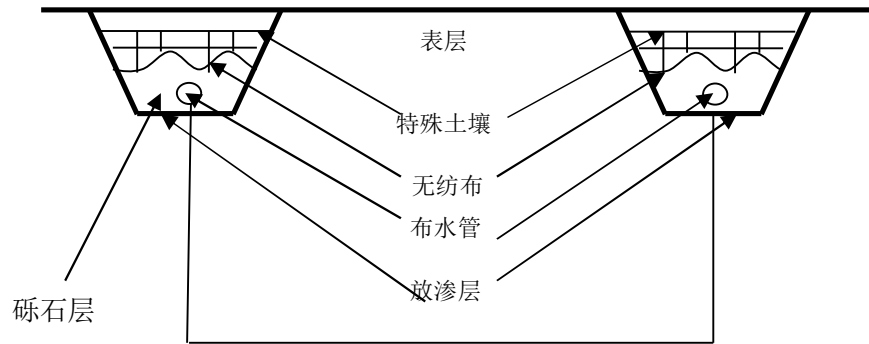


图1 土地渗滤系统示意图

适用条件：土地处理技术突破国内外污水深度处理系统的局限，在美、日、澳等国已经有广泛的应用，效果良好，该技术特别适合我国农村实际经济发展水平。土地处理技术的应用对于农村地区来说，不仅不占用土地，反而节省了其他污水生物处理技术的占地。

工艺流程及功能：在我国研究和应用比较多的污水土地处理工艺有：污水快速渗滤处理系统、污水地下渗滤处理系统，最近又在大力推广发展“非尔脱”污水灌溉新技术。

① 污水快速渗滤处理系统

快速渗滤系统将污水有控制地投配到具有良好渗透性能的土地表面，在污水向下渗滤的过程中，由于过滤、沉淀、氧化、还原以及生物氧化、硝化、反硝化等一系列物理、化学及生物的作用，使污水得到净化处理。在快速渗滤系统运行中，周期性地向渗滤田灌水和休灌，使表层土壤处于淹水/干燥，即厌氧、好氧交替运行状态。在休灌期，表层土壤恢复好氧状态，在这里产生强力的好氧降解反应，被土壤层截留的有机物为微生物所分解；休灌期土壤层脱水干化有利于下一个灌水周期水的下渗和排除。在土壤层形成的厌氧、好氧交替运行状态有利于氮、磷的去除。

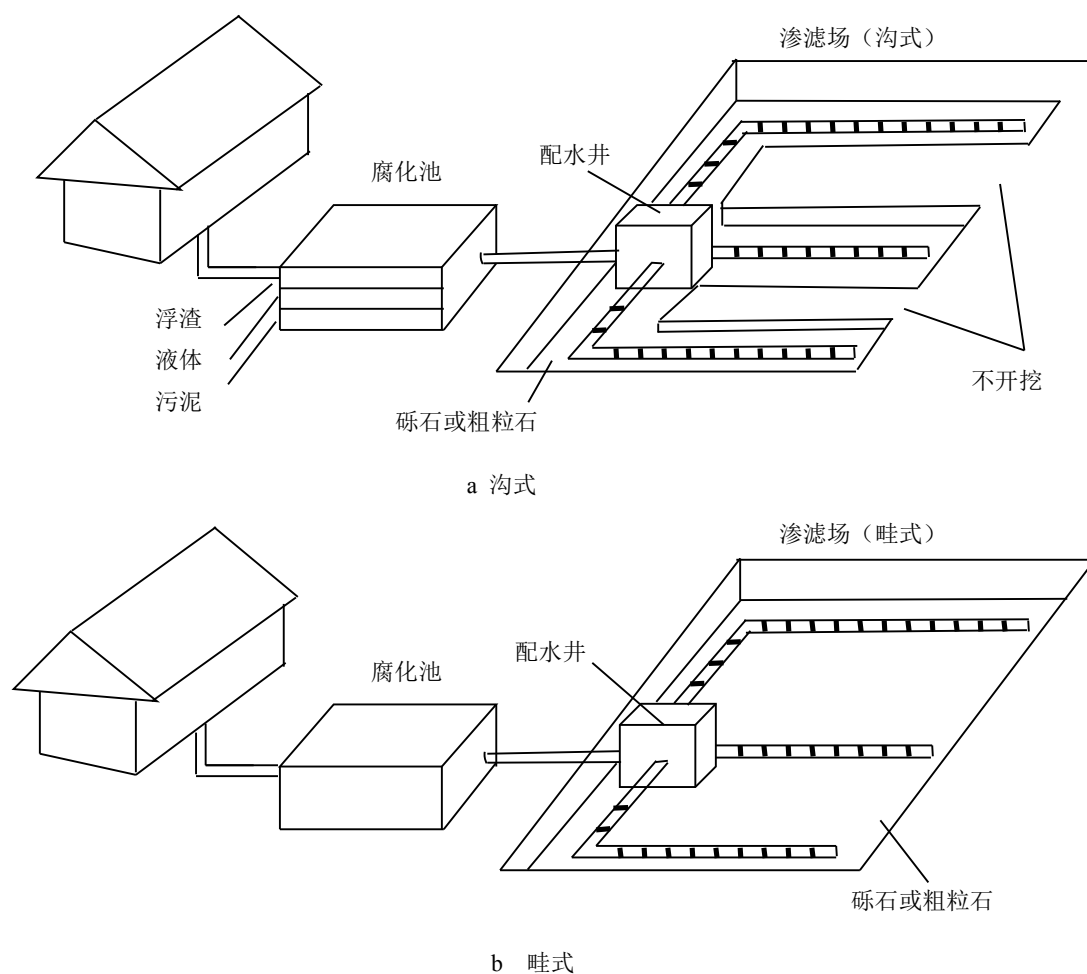


图2 快速渗滤系统

② 地下渗滤处理系统

污水地下渗滤处理系统是将经过腐化池（化粪池）或酸化水解池预处理后的污水有控制地通入地下约0.15m深的渗滤田，在土壤的渗滤作用和毛细管作用下，污水向四周扩散，通过过滤、沉淀、吸附和微生物降解，使污水得到净化。在地下渗滤处理系统中，在需氧微生物和厌氧微生物的作用下，污水中的有机污染物被吸附、降解，土壤中的微生物又为原生动物和后生动物所摄取；污水中的有机氮在微生物的作用下转化为硝酸氮，伸入土层中的植物根系吸收部分有机污染物、硝酸氮以及磷等植物性营养物，这样，通过生物—土壤系统的复杂而又互相联系和互相制约的作用，使污水得到净化。

地下渗滤处理系统具有无损地面景观、不受外界气温影响、易于建设、便于维护、不堵塞、投资省、运行费用低、对进水负荷的变化适应性强、耐冲击、出水可回用等优点。地下渗滤处理系统的种类很多，目前应用较广的是污水土壤渗滤净化沟和土壤毛细管浸润渗滤沟。

③ “非尔脱”污水灌溉新技术

“非尔脱”高效、持续性污水灌溉新技术主要是利用污水进行作物灌溉，通过灌溉土地

处理后,再用地下暗管将污水汇集和排出。该系统一方面可以满足作物对水分和养分的要求,同时可降低污水中氮、磷等元素的含量,使之达到污水排放标准。其特点是过滤后的污水都汇集到地下暗管排水系统中,排水系统设有水泵,可以控制排水暗管以上的地下水位以及处理后污水的排出量,见图3。

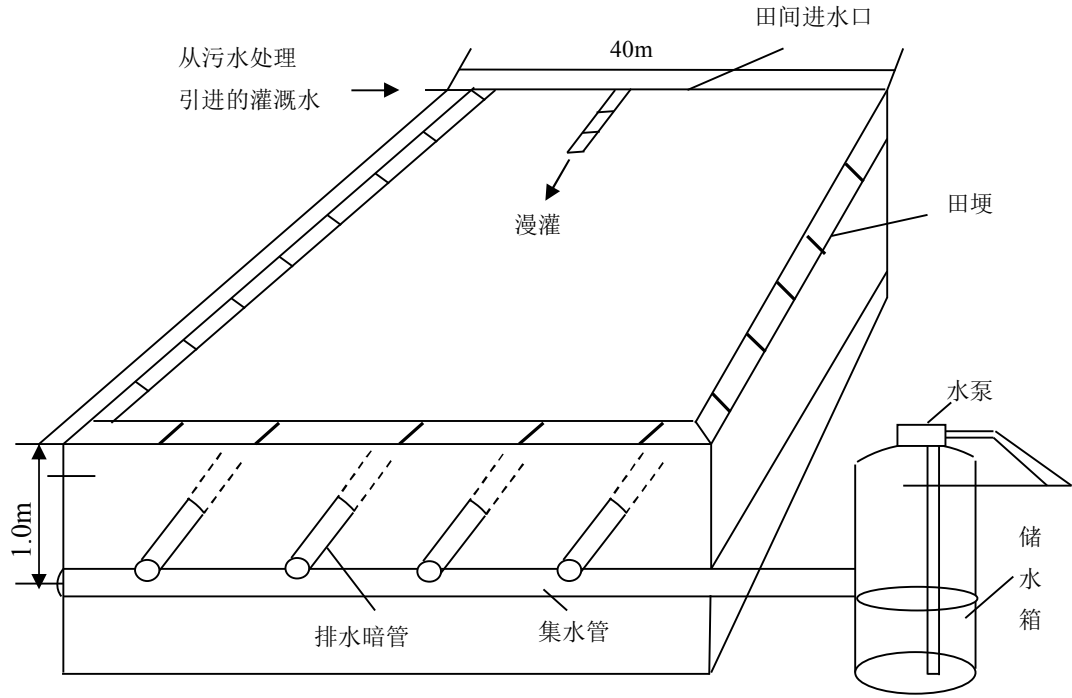


图3 “非尔脱”工艺示意图

工艺优缺点：土地处理技术利用土壤的自然净化能力，具有基建投资低、运转费用少、抗冲击负荷强、系统稳定性好、操作管理简便等优点，特别适合我国国情。同时，还能够利用污水中的水肥资源，把污水处理与绿化相结合，美化和改善区域生态环境。它的不足之处在于占地面积相对较大，然而在农村地区，污水土地处理可以与农业种植结合，因而这种处理工艺不额外占用土地。

“非而脱”系统对生活污水的处理效果好，运行费用低，特别适用于土地资源丰富、可以轮作休耕的地区，或是以种植牧草为主的地区。该系统实质上是以土地处理系统为基础，结合污水灌溉农作物。人们担心长期使用污水灌溉后污水中的病原体进入土壤，污染农作物。但根据大量调查和试验表明，土壤—植物系统可以去除城市污水中的病原体。为慎重起见，国内外一致认为，处理后的城市污水适宜灌溉大田作物（旱作和水稻）。因为大田作物的生长期长，光照时间长，病原体难以生存；而蔬菜等食用作物，生长期短，有的还供人们生食，则不宜采用污水灌溉。此外，这种处理方法受作物生长季节的限制，非生长季节作物不灌溉，污水处理系统就不能工作。暗管排水系统在我国多用于改良盐碱地和农田渍害，一般造价较高，若用于处理生活污水还需修建控制排水量的泵站，则造价更高，推广应用有一定困难。

3.4 养殖水循环处理利用技术

我国是水产养殖大国，目前关于水产养殖废水循环利用的研究主要针对工厂化水产养殖。池塘养殖过程中需要定期更新换水，而养殖废水中存在大量的碳、氮、磷等营养物质，造成了水资源的巨大浪费。国内对水产养殖污水净化与水资源再生利用研究尚处于起步阶段，净化处理技术尚停留在传统工艺上，去除氮化合物效果差。池塘养殖投放饲料所含氮的利用率只有 12%~16%，磷利用率只有 10%~17%，其残剩饲料和鱼类排泄物形成的污染物对水体、沉积物等造成严重污染，导致养殖水体藻类生物量过剩，出现藻类和鱼类争氧的矛盾，养殖生态系统遭到破坏。近几年，许多研究者采用不同的方式将养殖废水进行处理，以期使水质达到渔业养殖标准后进行循环利用。

3.4.1 水产养殖废水循环利用及多余藻类生物量资源化

编制组在多个池塘进行水产养殖废水循环利用试验，池塘容积为 10m×5.5m×1.5m，每个池底铺 10cm 泥土。试验用水抽自大型鱼塘，每个试验池放水 75m³。铜锈环棱螺和贝类三角帆蚌从河流中捞取，银鲫、鲈鱼由江苏明天滩涂科技公司提供。通过利用“藻类—螺类—鲈鱼—微生物”营养链关系对养殖废水中多余有机质、营养盐的去除，研究了养殖废水净化、循环利用及水体多余藻类生物量资源化等问题。循环水泵流量 8m³/h，每天抽水两次，每次 30min，9d 一个循环（循环鱼池剩水 3m³），共运行 54d，在系统运行的各个时期，TN、NO₃--N、NO₂--N 的平均去除率都超过 80%，总氨（NH₄⁺+NH₃）去除率达 97.17%，TP 的去除率达 94.17%，CODCr 的去除率为 71.87%。出水口 TN、TP、叶绿素平均值均达到湖泊Ⅲ类水质标准，CODCr 达到了Ⅰ类水质标准，NO₃--N、NO₂--N、总氨（NH₄⁺+NH₃）、溶解氧含量都符合渔业水质标准要求。该系统处理能力稳定性较高，可以调控藻类种群结构，充分利用了水体藻类和营养物质，将其转化为螺贝类或者价格更高的鲈鱼等而增加了养殖效益，还可以节约水资源，减少养殖废水排放量。

具体的流程设计见图 4。

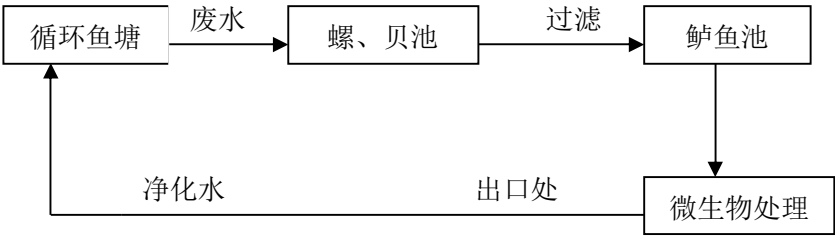


图 4 工艺流程图

3.4.2 臭氧/生物活性炭深度处理循环养殖废水

臭氧/生物活性炭工艺广泛应用于工业废水、城市污水处理二级出水、自来水等的深度处理，能有效去除水体中的有机污染物、氨氮，降低污、废水毒性，减少外排废水可能对人

们生活和生存环境带来的危害。郭恩彦等（2009）开展了臭氧/生物活性炭深度处理循环养殖废水的中试研究，臭氧最佳投加量为4mg/L，显著增强了水体的可生化性，使全有机碳/紫外吸光度提高80%。臭氧/生物活性炭对循环养殖废水中的有机物和氨氮具有良好的去除效果。臭氧/生物活性炭对TOC、高锰酸盐指数和UV₂₅₄的最终去除率比生物活性炭分别高11.9%、13.4%和6.5%。臭氧/生物活性炭对氨氮的最终去除率为96.0%。

臭氧/生物活性炭深度处理循环水养殖系统流程见图5：

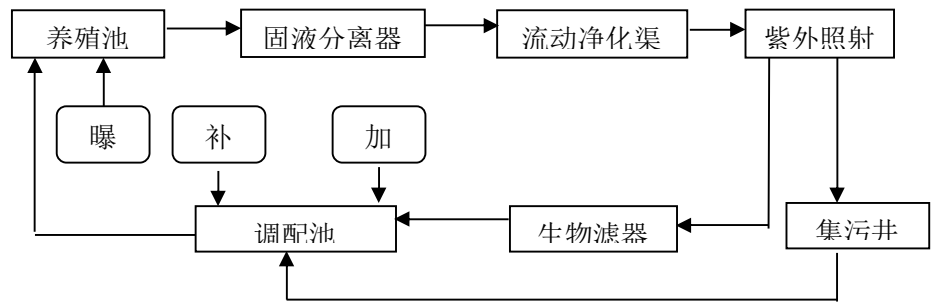


图5 循环水养殖系统流程图

由此，臭氧化能显著增强循环养殖废水的可生化性，有利于后续活性炭的生物处理。臭氧/生物活性炭能有效去除循环养殖废水中的有机物和氨氮，能达到循环养殖水用水要求，能够提高养殖系统养殖水的重复利用率，实现资源节约和环境友好；处理过程中运行稳定，管理方便，在对养殖水循环深度处理方向上有很深远的发展情景。

4. 《技术政策》必要性、指导思想和结构框架

4.1 必要性

当前，随着水产养殖业的迅速发展，水产养殖过程中残饵和某些化学药物的累积，水产养殖业总体规划无序，放养密度不合理，排泄物超过环境的承受力，养殖废水未经净化任意排放等，对自身水体及邻近水体的污染相当大。虽然与人类其他活动向水体排放量相比，水产养殖的排污量所占比重还不算大，但对于某些局部水域，将对水体环境的影响产生叠加作用，很可能成为刺激富营养化和赤潮发生的一个重要因素，应引起足够的重视。

针对现有问题，本《技术政策》提出相应的解决，水产养殖过程中防止污染的技术路线和技术方法，在水产养殖污染防治方面起到指导、推荐的作用。

4.2 指导思想

为了规范水产养殖污染防治技术路线，引导养殖场和养殖户使用适宜的污染防治技术，国家环保部在2011年组织编制《水产养殖污染防治技术政策》。本技术政策从污染技术适用的角度，分别对我国各种养殖模式：淡水养殖、海水养殖提出技术指导，引导养殖企业和养殖户选择最佳的养殖模式、养殖技术和适宜的污染防治技术措施，控制日益严重的水产养殖污染。

4.3 结构框架

本《技术政策》分为3章，共20条。第一章 总则，介绍《技术政策》的目的意义、法律依据和适用范围，阐明了水产污染防治技术路线的基本原则和技术路线。从第二章至第三章，分别从清洁生产、污染防治技术措施、对水产养殖污染防治新技术、新装备的研发及对水产养殖企业运行与监测等方面提出了水产养殖污染防治的技术发展方向。

5. 主要技术内容说明

5.1 总则

为了防治水产养殖环境污染，保护生态环境，促进水产养殖污染防治技术进步，总则中明确提出健康养殖、清洁养殖、生态安全、食品安全和可持续发展的总体发展战略要求，“控制总量、合理投饵、规范用药、因地制宜、治管并重”的技术原则，实行“清洁生产、全过程控制、资源化利用、强化管理”的技术路线。通过促进水产养殖业的可持续发展，逐步提高污染防治水平；因地制宜地开展水产养殖污染综合整治，污染物排放稳定达标，逐步减少污染物产生和排放，以此从总体上对水产养殖污染防治进行把握。

目前，我国设施化程度较高的养殖模式主要是池塘养殖、流水型养殖设施、循环水养殖设施和网箱养殖设施。与其它养殖方式相比，它们具有更高的生产效率。

5.2 合理应用养殖技术

当前，我国水产养殖污染防治应注重在养殖过程中降低资源损耗和污染负荷，实现源头减排，因此应坚持循环经济和清洁生产的发展理念，重视水产养殖废水的收集存储及固体废物减量化、资源化。

根据水域条件，合理规划布局，控制适度规模，规范养殖活动。

制定与实施养殖容量，不同水域条件科学制定水产养殖容量，做到既发展渔业又保护环境。水产养殖活动应科学合理布局防治出现局部水域富营养化。

池塘养殖宜发展鱼草、鱼菜、混养等生态养殖模式；围网（网箱）应根据养殖容量确定养殖密度和混养形式，确保不降低养殖水域水质；湖泊水库等大水面淡水养殖宜根据水生态功能和环境容量确定养殖种类、养殖结构和规模，逐步取缔网箱养殖，规范围网养殖；流水型养殖应发展循环水养殖模式，提高水资源利用率。鼓励研发和推广新型健康养殖和生态养殖模式。

水产养殖业在我国发展较快，自2004年起，我国水产养殖总产量已达世界总产量的70%以上，已成为重要的农业污染源。为追求高产量，发展高密度的水产养殖模式，加大投饲强度，从而造成水体营养物的投入过高，是养殖水体污染负荷加重的主要原因。科学确定养殖密度和混养形式，采用生态养殖技术，是控制水产养殖对环境影响的重要措施。

流水型养殖设施有较完备的设施系统，有规整的鱼池、给排水装置甚至厂房和设备，是工厂化养殖的初级形式。其系统设置依赖于水资源供应量和地域环境条件，养殖用水直接排放，有常流水和间隙换水两种形式。常流水设施系统是冷水鱼（虹鳟、鲟鱼等）养殖的主要方

式，北方沿海的鲆鲽类养殖和南方的鳗鱼养殖主要采用的是间隙式换水形式；此外，苗种繁育系统一般也采用流水方式。流水型设施的养殖产量占水产养殖总量的比重虽然很低，但却是高价值鱼类的主要生产方式。

我国虽然是“养殖大国”而非“养殖强国”。因为我国的水产养殖模式大多数仍为传统的养殖模式，随着养殖业的进一步发展，这种养殖模式的弊端也日益表现出来，已经远远不适应我国水产养殖发展的要求，其主要表现在：传统养殖方式虽可以通过增加养殖面积来增加养殖总量，但水产品质量降低，养殖效益已明显下降；养殖营养物的外排、化学药物的使用造成水体自身污染、环境恶化；主要养殖品种病情严重且呈暴发性流行；在海水养殖业中，由于人为对滩涂和养殖海域的破坏，造成大面积赤潮，使得沿岸生态环境严重恶化，水域生物多样性减少等。由于以上种种弊端的存在，我国水产品总产量虽连续几年居世界第一，但质量却不尽人意，出口常因微生物超标及使用禁用的抗生素而被拒收。水产品的卫生安全问题已成为目前水产业所面临的严重问题。上述这些问题已成为水产养殖业健康持续发展的巨大障碍。因此，人们逐渐认识到了问题的严重性，开始探索新的养殖模式、研究新的养殖技术、方法等等来减轻养殖环境压力，维系水产养殖业的可持续发展。

推广水产养殖废水循环利用技术，设置收集存储和净化设施，减少污染物排放和水资源消耗。

水产养殖废水的处理除了要满足排放的标准之外，有时候还要根据需要满足循环利用的要求。使用频繁换水的方法来改善水质，势必造成水资源的巨大浪费，而对于一些冬季需要加温的养殖种类，直接将水排放还会造成能源上的流失，若对这类废水进行处理达到养殖用水的需求后回用，不仅可以减少环境的负荷，还可以大大节省热能源。

应加强水质调控和管理，鼓励通过合理使用消毒剂、酸碱度调控剂、高效复合微生物制剂、底质改良剂和采用水生植物栽培等方法来调节养殖水质，保持养殖水体生态系统平衡，增强自净能力，减少污染物排放。

养殖生物生活在水里，水体环境的好坏，直接影响水产养殖的成败。水环境很复杂，有诸多因子组成，这些变量因子在动态中相互影响，相互制约，又相对稳定，构成一个小的生态平衡系统。如果环境因子突然变化，偏离养殖生物正常的生活范围，就会使养殖生物产生应激反应，表现行为异常，食欲下降，生长受抑制，生殖能力降低，皮肤渗透性增强，免疫力下降等，据资料报道和不完全统计，水产养殖病害绝大多数是由环境因子突然恶化而引起的。因此，水产养殖宜发展生物生态调控技术，保持养殖水体生态系统平衡，增强自净能力，减少污染物外排。水体生态平衡，除了水和养殖生物，主要表现在藻相平衡、菌相平衡、理化平衡三个方面。

加强投饵管理，提高饵料质量和饵料转化率，鼓励使用全价饲料，定时、定位、定质、定量投饵，从源头实现固体废弃物减量化。鼓励研发和推广应用高效、环保的配合饵料或优质饵料。

高温季节水产养殖动物食欲明显增强，摄食量增多，进入生产旺期，同时这个时期也是水质易变的危险季节。投饵要实行“四定”原则，即定时、定位、定质、定量，其中投饵量要根据天气、水质和鱼吃食情况灵活掌握：①一般天气晴朗饲料可多投；阴雨天可少投；天气闷热雷雨之前应停止投饵。②水色好、水质肥爽、可正常投饵，水色淡可增加投饵量；水色过浓应减少投饵量。③鱼类争食激烈可正常投饵；上浮鱼群减少，争食不激烈时，可减少投饵量。④鱼病治疗时间，投饵量应适当控制。

控制投饵次数：一般精饲料每天早中晚各投喂一次，青饲料每天投喂一次，青饲料以2小时吃完为准。严格控制鱼浮头时投喂。

提高投饵质量：使用环保型饲料，提高饲料系数，降低营养物的投入。精饲料要求营养全面且充足的全价配合饲料，避免投喂霉变、劣质饵料。夏季空气潮湿，饲料要存放好，避免发潮发霉。确定投喂地点：定点投喂，使用投饵机，达到省时、省力、减少浪费，降低成本。

无论是精养还是半精养网箱养鱼都需要投喂饲料，而投喂的饲料总有一部分不能为养殖的生物所食而造成水体污染。要解决好饵料的污染问题，必须要①合理控制饵料成分的比例；②提高蛋白质的生物学价值；合理使用添加剂；④改善加工工艺，从而实现绿色养殖的目标。

开发高效、环保、低污染的鱼饵料是饵料工业和养殖业发展的必然趋势，也是缓解养殖业与环境之间的恶性循环和生产无公害水产品的前提。总的来说，高效、环保、低污染鱼饵料的应用将成为今后水产养殖业发展的方向。

水产养殖应规范养殖药品使用管理，宜根据养殖对象、药物的特性、水环境特征等合理使用药物，减少药物残留，并禁止使用违禁药物。鼓励研发和推广应用符合环保和水产品质量标准的渔业药品。

随着水产养殖的快速发展，集约化水平不断提高，养殖环境和养殖水域日趋恶化，水产养殖病害不断发生。过量使用抗生素、益生菌和微生态制剂也会对环境产生深刻影响。因此，应规范养殖药品使用管理，宜根据养殖对象、药物的特性、水环境特征等合理使用药物，禁止使用违禁药物。

高温既是鱼类最佳生长季节，同时也是最易感染病害的时期，一旦发病传染极快，应做好综合防病工作。①预防细菌性鱼病。每半月使用一次漂白粉，全池泼洒使池水成 1.2PPM 或溴氯海因、季胺盐等。②定期使用微生物制剂。如光合细菌、EM 原露、芽孢杆菌等，以改变生态环境，达到防病的目的。③内服药饵。主要用三黄粉、诺氟沙星、恩诺沙星、鱼血散等药的任意一种添加到饲料中制成药饵，按常规用量，连喂 5-7 天，每月 1-2 次。④对症下药。发现鱼病要及时请专业技术人员正确诊断，防止扩大蔓延。

药物防治是水产动物病害控制的三大措施之一，也是我国水产动物病害防治中是最直接、最有效和最经济的方法。由于我国的养殖品种众多，养殖产量占全世界水产养殖总量的 70%左右，成为渔药生产和使用的大国一般水产养殖中常用的化合物主要为控制疾病向水体

中施用的杀菌剂、杀真菌药、杀寄生虫剂，为控制水生植物施用的杀藻剂、除草剂，为控制其他有害生物施用的杀虫剂、杀杂鱼药物、杀螺剂，还包括为降低水生生物创伤施用的麻醉剂和促进产卵或增进生长的激素，提高机体免疫能力而使用的疫苗，以及消毒水、改良水质、增加生产力的化合物等。因此为防治水产养殖污染，需加强对渔业药品的研发。

5.3 污染防治技术

水产养殖废水是水产养殖的主要污染。水产养殖废水处理相对于普通的污水处理来说，污染物种类少、含量变化小、生化过程耗氧量低。养殖水处理的水质范围、标准要细致、狭窄得多，并且水处理的目的也有所不同。

水产养殖废水应重点控制COD、氮、磷、重金属、硫、悬浮物等污染指标和水体残饵、药物、排泄物等污染物。

水产养殖废水主要来源于未被水生生物利用的残余饲料、水生生物的代谢产物、药物、化学添加剂及底质释放等。养殖中产生的所有残饵、残骸和排泄物都要在水体中分解并消耗溶解氧，分解的产物主要成分为氨氮，结果造成水中的溶解氧量降低，氨氮上升，水质恶化。在诸多水质指标中，溶解氧和氮化物（主要是氨氮）的含量是至关重要的，对多数鱼类而言，当水体的溶解氧小于3mg/L，非离子氮（氨氮）大于25μg/L时，就会影响鱼类生长，造成腮损伤，甚至窒息死亡。因此，养殖废水应重点控制COD、氮、磷、重金属、硫、悬浮物等污染因子和水体残饵、药物、排泄物等污染物。

水产养殖废水宜因地制宜选择处理技术和工艺，处理排放水质应达标排放，污染物排放量符合本地区总量控制要求。

在废水处理方面，我国水产养殖场废水处理设备普遍匮乏，很多养殖场直接将废水外排到环境中，因此本《技术政策》规定了排放水质应达标排放，且处理排放水质应达标排放，污染物排放量符合本地区总量控制要求。

工厂化养殖废水处理可采用过滤、沉淀、吸附等物理、化学净化技术，以及与生物生态组合的净化技术，并进行消毒处理后排放；鼓励采用削减养殖废水遗留药物生物毒性的技术。鼓励研发和推广先进、高效、低成本的工厂化水产养殖废水处理和回用的新技术与设备。

养殖水体净化技术是现代水产养殖工程的组成部分之一，是以养殖水体为研究对象，利用可控的人工措施，采用一系列方法改善养殖水体环境，以解决水产品安全、鱼类疾病及资源环境等问题，提高水产养殖生产力。

工厂化养殖的主要特点表现在生产的连续性，无季节性和主动控制性，而主动控制环境和营养供给是工厂化生产的核心。其主要控制以下十个方面：水体循环，水体控温，水质监测，生物过滤，充气增氧，臭氧脱色，饵料投喂，死鱼收集，污水处理，起捕分类。就监测项目而言，过去仅监测一般流量，水温和溶解氧三项，目前国外一些工厂监测七项，增加了PH，光照，无机物，有机物。就监测控制范围从过去主要上下限到现在一些单项达到任意要求控制，并从机械化进入自动化或半自动化控制。按上述要求，我国的工厂化养殖水平

还相当低。我们目前能够做到的流量，水温和溶解氧三项指标控制是通过大量换水，锅炉升温 and 充气来解决，可以说是以消耗能源，牺牲环境来换取效益，对工厂化而言是一种初级的粗养阶段。我国应重视先进、高效、低成本的工厂化水产养殖废水处理新技术与设备的开发及新能源的利用。

使用频繁换水的方法来改善水质，势必造成水资源的巨大浪费，而对于一些冬季需要加温的养殖种类，直接将水排放还会造成能源上的流失，若对这类废水进行处理达到养殖用水的需求后回用，不仅可以减少环境的负荷，还可以大大节省热能源。因此，鼓励开发养殖废水回用处理技术及成套装备。

海水网箱养殖鼓励采用混养技术、生物生态调控技术、深层曝光、充氧、残饵收集等技术改善养殖区域水质。

与工业废水和生活污水相比，水产养殖产生的废水具有两个明显的特点，即潜在污染物的含量低和水量大，加之海水盐度效应，以及养殖废水中污染物的主要成分、结构与常见陆源污水的差异，增加了养殖废水的处理难度，因此，很多污水处理技术应用效果不佳，需技术和工艺加以改进。通常养殖废水中的营养成分、溶解有机物、悬浮固体和病原体是处理重点，国内外水产养殖和环境学者针对养殖废水处理技术进行了大量研究，以期开发出是用的养殖废水处理技术和工艺。目前，有混养技术、生物生态调节技术、深层曝光等相对成熟的技术改善养殖区域水质。

池塘养殖应配置土壤过滤系统、人工湿地、生态沟渠或净化塘系统等废水处理和循环利用养殖废水，避免直接外排周边水体。

在水产养殖中，水质是一个不容忽视的方面，水质好坏直接影响到养殖对象的生长发育，每一种水产动物都需要有适合其生存的水质条件，水质若能满足要求，养殖动物就能顺利生长发育。部分池塘养殖由于长期缺乏改造，高密度放养、大量施肥和投饵，特别是某些地区化肥的不合理使用，导致淤泥沉积过快，池水过肥或过老。池塘养殖过程中和养殖结束后没有有效地处理流失的氮、磷等营养物质，给相邻湖泊和江河的富营养化带来巨大压力。目前，多数池塘应用土壤过滤系统、人工湿地、生态沟渠或净化塘系统技术等处理养殖废水。

水产散养密集区养殖废水可因地制宜采用稳定塘、湿地等运行管理简便、经济可行的工艺技术。

我国的水产养殖有很多散养户，其中部分养殖户产生的废水直接外排到周围的水体，造成严重的水体污染。因此，在散养密集区因因地制宜的选择运行管理简便又经济实用的工艺技术对养殖废水进行处理。

工厂化养殖排放的恶臭气体应收集并采用生物除臭技术进行处理。臭气排放应符合国家或地方恶臭污染物排放标准。

夏季是水产养殖生产的关键季节，随着气温、水温的持续升高，水产养殖动物食

欲明显增强，摄食量增多，进入生产旺期，同时这个时期也是水质易变、病害暴发和流行的危险季节，氨氮易聚集在池塘底泥中，鱼容易感染暴发性出血病或氨氮中毒死亡。此外，部分池塘易出现蓝绿藻，既消耗氧气，又败坏水质，造成缺氧。故在高温季节要控制投饲和施肥量，同时也要合理调节水质。

水产养殖形成的空气污染主要是集约化、工厂化养殖的恶臭污染。空气污染会影响人类健康和周围环境，必须给予足够的重视。

工厂化养殖和网箱养殖应配置固体废物收集系统，采用堆肥、厌氧等技术实现水产养殖固体废弃物资源化利用。

池塘养殖和网箱围网养殖产生的淤泥、粪便、及未利用饵料应及时清除，鼓励采用堆肥、厌氧消化等技术处理和资源化利用。鼓励研发和推广应用养殖底泥、沉积物收集和无害化处理的技术与设备。

近些年来，鉴于固体废物运输和处置成本的不断提高，因填埋而使城市周围可用土地的日渐减少，人类社会对环境保护的迫切要求，有限自然资源的逐步枯竭，这就使各发达国家在固体废物管理中，将变废弃物为有用材料和能源的转换，已经成为比过去更有吸引力的一种选择。因此，在水产养殖业中固体废弃物的减量化与资源化必不可忽视。

由于技术经济的原因，我国固体废物处理利用的发展趋势必然是由“无害化”走向“资源化”，“资源化”是以“无害化”为前提的，“无害化”和“减量化”应以“资源化”为条件。

水生动物尸体应按照有关卫生防疫规定进行妥善处置。

近几年，我国各省（市）先后出台《动物防疫条例》，重视水生动物防疫工作，在健全法规制度、加强机构建设、强化执法监督等方面成效显著，取得了重大突破。