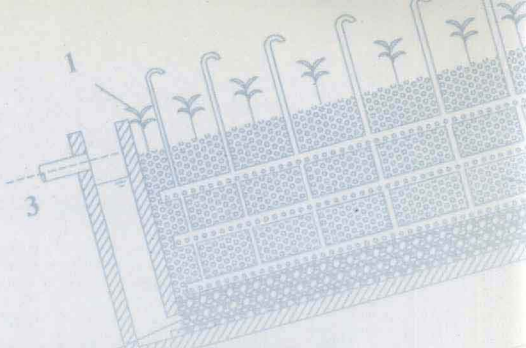




农村生活污水处理技术 研究与示范

主 编 李仰斌
副主编 谢崇宝 籍国东 等



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

农村生活污水处理技术 研究与示范

王 强 主编
王 强 副主编 王 强 副主编



中国环境出版社
CHINA ENVIRONMENTAL PUBLISHING HOUSE

农村生活污水处理技术 研究与示范

主 编 李仰斌

副主编 谢崇宝 籍国东 杨继富 李 晓



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据我国农村生产力发展水平和农村自然气候特点,提出我国农村生活污水处理技术和设施应满足低成本、少维护、生态化和效果好四项基本要求。考虑到我国农村居住的分散性和村落居住的相对集中性,将我国农村生活污水处理对象划分为五大单元:单户处理单元、联户处理单元、村落处理单元、联村处理单元和并网处理单元。同时结合农村生活污水处理技术的适宜性和经济性,研究总结了六项实用技术:多功能折流反应器技术、多介质生物滤池处理技术、多介质人工湿地处理技术、多介质毛管渗滤处理技术、土壤—作物地下渗滤处理技术、风力曝气活性污泥法。在此基础上,提出了处理农村生活污水的七种组合模式:单户型毛管渗滤模式、单户型土壤作物地下渗滤模式、联户型人工湿地模式、多介质生物滤池组合人工湿地模式、多功能折流反应器组合多介质生态技术模式、多功能折流反应器组合多介质生物滤池及毛管渗滤技术模式、多功能折流反应器组合多介质生物滤池及人工湿地技术模式。

本书面向广大从事农村水环境及农村生活污水处理工作的技术人员和管理人员,也可作为高等院校相关专业的参考资料,以期为我国农村水环境安全和水环境整治提供有益的帮助。

图书在版编目(CIP)数据

农村生活污水处理技术与示范 / 李仰斌主编

-- 北京:中国水利水电出版社,2010.10

ISBN 978-7-5084-7977-4

I. ①农… II. ①李… III. ①农村—污水处理 IV.
①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第199941号

书 名	农村生活污水处理技术与示范
作 者	主编 李仰斌 副主编 谢崇宝 籍国东 等
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 10印张 237千字
版 次	2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《农村生活污水处理技术与示范》

编写人员

主 编 李仰斌

副主编 谢崇宝 籍国东 杨继富 李 晓

编 委	张国华	宗承坤	周 游	邹 鹏	李 斌
	李 冰	张小兵	徐 佳	姚寒峰	曲 强
	高 虹	畅明琦	李振琪	皮晓宇	王 旭
	杨明安	郭 丰	封华强	郝桂玲	王倪进



前言

农村生活污水面广量大、增长迅速、收集处理较为困难，这已逐渐成为农村主要面源污染之一。农村生活污水造成的环境污染不仅是农村水源地潜在的安全隐患，而且还会直接危害农民的身心健康和生存发展。因此，加强农村生活污水收集处理与资源化设施建设，避免因生活污水直接排放而引起的水体和土壤污染，对切实改善农村人居环境，保障农业生产发展具有重要的现实意义。

本书根据我国农村生产力发展水平和农村自然气候特点，提出了在我国农村开展生活污水处理应该考虑的基本要素，即选择适合我国农村生活污水处理技术的四项基本要求。①低成本：主要从处理设施建设方面来考虑，使用成本较低的材料和设备及技术，尽可能就地取材，在满足需要的前提下，以简单实用为原则。②少维护：主要从运行管理方面来考虑，复杂的操作和经常性维护很难适应当前乃至今后相当长时间内的农村实际，无论是管理人员的技术水平还是运行维护经费都要求尽可能减少人工干预。③生态化：相对于城市，农村具有较为丰富的土地、植物和水体，因此，在污水处理技术选择上，应优先考虑采用生态化处理方法，并尽可能就地回用，达到污水资源化的目的。④效果好：主要从处理设施的水力负荷、温度适宜性、进出水水质等方面考虑，我国农村的生活习惯决定了农村生活污水排放具有间歇性、集中性、水质变化大等特点，加之冬季气温较低，因此水处理设施只有具备抗水力负荷和污染负荷冲击能力强、耐低温等特性，才能确保终年稳定运行，排水水质才能实现稳定达标。考虑到我国农村居住的分散性和村落居住的相对集中性，根据农村生活污水处理技术的适宜性和经济性，农村生活污水处理可分为以下五大单元。①单户处理单元：以一家一户为对象，单独进行收集处理。②联户处理单元：以相对集中的多家多户为对象，统一规划建设生活污水的收集和处理设施。③村落处理单元：以自然村落或行政村为对象，统一规划建设生活污水的收集和处理设施。④联村处理单元：以相对集中的多个村为对象，统一规划建设生活污水的收集和处理设施。⑤并网处理单元：主要以城市周边农村或乡镇为对象，可通过城市污水管网延伸或建设类似城

市污水处理厂等方式来解决生活污水处理问题，参照城市污水建设标准执行。文中出现的标准、规范中，未加年份的，以最新年份为准。

基于我国农村生活污水处理的四项基本要求，针对五大单元，本书提出了农村生活污水处理的六项技术。

①多功能折流反应器技术：其核心装置为多功能折流生物反应器，该反应器集厌氧与好氧等过程于一体，各处理单元之间采用折流管连接，具有化粪池、厌氧悬浮、生物浮动床和沉淀池等多种综合功能，具有除磷、脱氮和降解有机物的能力，能够全年运行。

②多介质生物滤池处理技术：多介质生物滤池由多介质滤料层和透水滤层交替构筑而成，其核心技术是嵌套填充的多介质滤料层，多介质滤料层以原生介质滤料为主，辅以大沸石，透水滤层由砾石和改性沸石组成，二者功能各异，既可增加污染物的反应时间，又可有效防止多介质模块的堵塞。

③多介质人工湿地处理技术：多介质人工湿地处理装置采用有利于反硝化脱氮和终年运行的深层集水垂流态设计方法，由布水管、集水管、湿地植物、透气基质层、布水层、多介质滤层、集水层和防渗层等组成，其主要构筑形式与多介质生物滤池处理装置一致，由多介质模块和透水模块按“砖墙式”字形交替构筑而成，构筑填料由灰渣、砾石、沸石、多介质滤料等材料按一定比例混合构成。

④多介质毛管渗滤处理技术：多介质毛管渗滤装置由透气层、毛管浸润层、透水层、多介质模块层、布水槽、集水层、防渗层、聚氨酯滤网等组成，其构筑形式与前述两种处理装置基本一致，但其填料具体比例不同，专门设计的布水槽主要是为了延长污水停留时间和充分发挥土壤及植物根系的污水处理作用。

⑤土壤—作物地下渗滤处理技术：土壤—作物地下渗滤系统是一项处理分散排放污水的实用技术，其处理过程为：污水首先进入预处理设施，后经混凝土或陶土管自流至渗滤沟；经布水管分配到每条渗滤沟床中，然后通过砾石层的再分布，在土壤毛细管的作用下上升至植物根区，通过土壤的物理化学作用、微生物的生化作用、植物的吸收和利用，将污水进行处理和净化。

⑥风力曝气活性污泥法：该技术利用了一种通风机械曝气装置，一方面，通过风能将压缩空气输入池底，并以气泡的形式扩散到污水中，使氧气迅速转移到污水中，供微生物利用；另一方面，利用安装在曝气机表面的喷头，将水喷洒到空气中，使空气中的氧与水滴充分接触而供微生物利用。这些单项技术和设备在实践中都具有各自的适用范围和优缺点。但是，由于我国地域发展不平衡，地域间经济社会发展水平差别较大，环境质量要求不一，因地制宜采用多元化的农村生活污水处理模式更加符合客观实际。因此，本书在上述六项技术的基础上，提出了处理农村生活污水的七种组合模式：

①单户型毛管渗滤模式；②单户型土壤作物地下渗滤模式；③联户型人工湿

地模式；④多介质生物滤池组合人工湿地模式；⑤多功能折流反应器组合多介质生态技术模式；⑥多功能折流反应器组合多介质生物滤池及毛管渗滤技术模式；⑦多功能折流反应器组合多介质生物滤池及人工湿地技术模式。

本书凝练了“十一五”国家科技支撑计划“农村饮用水源保护与生活排水处理技术研究”（合同编号 2006BAD01B08）和水利部公益性行业科研专项“农村生活排水资源化利用技术模式研究”（任务书编号 200801048）的部分成果，这些成果由中国灌溉排水发展中心、北京大学、中国水利水电科学研究院、山东省水利科学研究院、北京中灌绿源国际咨询公司和北京盖雅技术中心等单位合作完成。主要内容包括：农村生活污水集中处理和分散处理关键技术及设备，集中供水条件下农村生活污水收集、处理与资源化的工程技术模式，农村生活污水工程规划设计与施工技术指南。本书是集体智慧的结晶，除编著人员外，许多专家和领导都对本书的内容提出过十分有益的意见和建议。编者要特别感谢冯广志教授、刘学功教授、蔡守华教授、李贵宝教授在百忙之中对本书进行了咨询和审阅。在项目研发过程中，得到水利部农村水利司和国际合作与科技司的大力支持和帮助。同时，在项目调研和试验分析等方面，也得到了许多单位的热情支持和协助，在此一并致谢。

书中如有不妥之处，敬请各位同行批评指正。

编者

2010.06.28



目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 我国农村生活污水处理现状	2
1.2 农村生活污水处理技术体系	3
1.3 发达国家农村生活污水处理概况	12
1.4 我国农村生活污水处理基本要求	14
第 2 章 农村生活污水处理系统规划	16
2.1 规划原则	16
2.2 总体布局	17
2.3 分类单元	18
2.4 建设内容	19
2.5 设计标准	20
第 3 章 农村生活污水收集管网及构筑物设计	27
3.1 污水收集	27
3.2 管道设计	29
3.3 排水泵站	36
3.4 附属构筑物	38
第 4 章 多功能折流反应器处理技术	39
4.1 概述	39
4.2 系统组成	40
4.3 设计要点	41
4.4 适用范围及建设成本	43
4.5 实例	43
4.6 结语	46
第 5 章 多介质生物滤池处理技术	47
5.1 概述	47
5.2 系统组成	47
5.3 设计要点	48

5.4	适用范围及建设成本	50
5.5	实例	50
5.6	结语	54
第6章	多介质毛管渗滤处理技术	55
6.1	概述	55
6.2	系统组成	55
6.3	设计要点	56
6.4	适用范围及建设成本	57
6.5	实例	57
6.6	结语	61
第7章	多介质人工湿地处理技术	63
7.1	概述	63
7.2	系统组成	64
7.3	设计要点	65
7.4	适用范围及建设成本	66
7.5	实例	66
7.6	结语	70
第8章	土壤—作物地下渗滤处理技术	72
8.1	概述	72
8.2	系统组成	73
8.3	设计要点	73
8.4	适用范围及建设成本	74
8.5	实例	74
8.6	结语	81
第9章	风力曝气活性污泥法	82
9.1	概述	82
9.2	系统组成	83
9.3	设计要点	84
9.4	适用范围及建设成本	86
9.5	实例	86
第10章	农村生活污水处理工程运行管理	88
10.1	水质监测	88
10.2	运行管理	89
第11章	农村生活污水处理技术集成及示范	92
11.1	单户型农村生活污水处理技术模式	92
11.2	集中式农村生活污水处理技术模式	105

11.3 结语	115
附件 I 多功能折流反应器	116
附件 II 多介质生物滤池	137
附件 III 多介质毛管渗滤装置	142
附件 IV 多介质人工湿地	144
参考文献	146

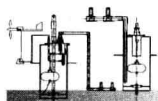
第 1 章 绪 论

农村饮水安全是保障农民群众身体健康，促进农村经济发展，建设社会主义新农村的重要基础。农村饮水解困和农村饮水安全问题一直受到国家的高度重视，政府先后制定了一系列扶持政策。然而，在大力开展农村饮水安全供水工程建设的同时，农村生活污水排放给农村生活、生产和居住带来了新的环境问题。

长期以来，我国广大农村地区的生活污水、生活垃圾和农业废弃物任意排放和丢弃的问题未引起人们足够重视。人畜粪便、生活垃圾和生活污水等废弃物大部分没有得到处理，随意堆放在道路两旁、田边地头、水塘沟渠或直接排放到河渠等水体中，致使“污水乱泼、垃圾乱倒、粪土乱堆、柴草乱垛、畜禽乱跑”，“室内现代化，室外脏乱差”，这已成为部分农村人居环境的真实写照。2005 年《村庄人居环境调查》中曾这样描述我国的村容村貌——如果全国只有 10 个村庄，那么这 10 个村庄的人居环境为：4 个没有自来水，其中 3 个在猪圈或厕所旁打了一口井，供人们饮用；6 个没有公共活动场所；7 个养着猪、牛、羊、鸡、兔，其中 5 个不宜人居；8 个没有电脑或图书室；9 个没有在防火上花一分钱；9 个还在使用传统旱厕；9 个随便找个地方乱堆垃圾；10 个都把脏水往外泼。

生活污水的无序排放使农村大部分地区河、湖等水体受到普遍污染，下渗的生活污水污染地下水，极易导致一些流行性疾病的发生与传播，对饮用水水质安全构成严重威胁。据世界卫生组织的资料，在发展中国家，80%的疾病是由不安全的水和恶劣的卫生条件造成的，妇女儿童受危害最严重。农村生活污水的粗放型排放导致水体中污染物总量超过其自净能力，严重破坏水体生态平衡，影响农村地区的环境卫生，甚至造成巨大经济损失。农村水环境的恶化使农村人居环境质量下降，影响人民群众身心健康和农村的可持续发展，也影响和制约新农村的建设。

近年来，国家对农村环境问题高度重视，广大农民群众要求改善人居环境状况的愿望强烈。启动农村小康环保行动计划，加强农村基础设施和环境建设已成为农村改革发展中的重要内容之一，因此必须强调“实施农村清洁工程，加快改水、改厨、改厕、改圈，开展垃圾集中处理，不断改善农村卫生条件和人居环境”。将“资源节约型、环境友好型农业生产体系基本形成，农村人居和生态环境明显改善，可持续发展能力不断增强”作为到 2020 年农村改革发展基本目标任务之一。加强农村生活污水收集、处理与资源化设施建设，避免因生活污水直接排放而引起农村水环境、土壤和农产品的污染，确保农村水源安全和农民身体健康，这既是新农村建设中加强基础设施建设、推进村庄整治工作的一项重要内容，也是当前农村人居环境改善需要解决的最急需、最迫切、最突出的问题，具有重要的现实意义。



1.1 我国农村生活污水处理现状

1.1.1 农村生活污水特点

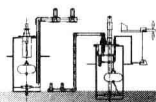
由于农村与城市居民经济条件和生活方式的差异，使得农村生活污水的水质水量与城市生活污水存在较大差异。农村生活污水包括：洗涤、沐浴、厨房炊事、粪便及其冲洗等产生的污水，主要含有有机物、氮和磷，以及细菌、病毒、寄生虫卵等，一般不含有有毒物质。由于我国农村社会经济发展的不平衡，再加上各地的生活习惯与习俗千差万别，各地区农村生活污水的水质水量也相差较大。表 1.1 为中国灌溉排水发展中心在江苏、宁夏、新疆、山西、湖北等地调研分析获得的农村单户生活污水的水质指标。指标包括 pH 值、悬浮物 (SS)、化学需氧量 (COD)、五日生化需氧量 (BOD_5)、氨氮 (NH_3-N)、油类、挥发酚、阴离子表面活性剂、总氮 (TN)、总磷 (TP) 等。

表 1.1 典型生活污水水质指标

地区	pH 值	SS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	NH_3-N (mg/L)	油类 (mg/L)	挥发酚 (mg/L)	阴离子表面 活性剂 (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
江苏	5.55	93	1320	551	2.7	5.5	0.1	10.9	48.9	7.1
宁夏	7.38	252	4427	1736	43.4	26.3	0.1	178.6	89.4	11.0
新疆	6.51	844	3920	1660	27.03	366.0	0.2	5.7	58.7	5.6
山西	6.1	84	2450	—	25.2	—	—	—	—	—
湖北	5.24	327	351	480	25.2	234.0	0.5	45.3	74.6	12.1

调研结果表明，我国农村生活污水的水质呈现如下特征：在水量方面，经济发达地区的农村生活污水水量远高于欠发达地区；在水质方面，经济发达地区的农村生活污水中氮和磷含量高于欠发达地区，而有机污染物含量较欠发达地区要低。这是因为，经济欠发达农村地区，用水时有反复使用后再排放的习惯，从而使有机物浓度较高；同时，由于这些地区农村普遍没有使用卫生洁具，造成生活污水中粪便较少，氮和磷的浓度偏低。总体而言，我国农村生活污水的特点是：间歇排放，量少分散，瞬时变化大，经济越发达，生活污水氮、磷含量越高。

此外，随着政府对农村居民饮水安全的高度重视和对其投资的增加，农村居民生活用水量相应增加，用水保证率得以提高，其间接后果是带来农村居民生活排水量的增加，如收集处理不当，易对农村生态环境，尤其是对人居环境造成破坏，并易对地表水或浅层地下水造成污染，以致由于水源恶化带来新的饮水不安全人口。因此，农村生活排水应引起重视。据 2007 年卫生部完成的《中国农村饮用水与环境卫生现状调查报告》，生活垃圾和污水是农村家庭垃圾的主要来源，养殖业垃圾和秸秆杂草在一些村污染严重，工业企业向农村地区转移造成当地垃圾和污水的大量增加。据全国 657 个县 6590 个村的调查数据，农村居民日人均生活污水量为 29.30L，农村地区日人均工业污水量为 7.86L、养殖业日人均污水量为 4.98L，其他生产性污水日人均量为 0.41L，合计污水总量为 42.55L，污



水中随意排放的生活污水量、生产性污水量分别占总量的 44.29% 和 20.20%，如果按照农村地区 2006 年底 9.5 亿人计算，每年农村地区的生活污水、生产性污水排放总量达到 102 亿 m^3 和 46 亿 m^3 ，其中随意排放的近 96 亿 m^3 ，即使是采用明沟明渠排放的污水，95% 以上未经任何处理直接排入自然水体和农田，其污染和病毒危害依然存在。

1.1.2 农村生活污水处理现状

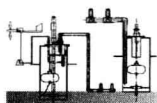
近年来，随着农村经济的迅猛发展和农民生活质量的显著提高，农村生活用水量和用水保证率也大幅度上升，从而带来了农村生活污水量的大幅度增加。然而，据建设部 2005 年 10 月对 9 省 43 县 74 村庄的入村入户调查报告《村庄人居环境现状与问题》显示，96% 的村庄没有排水渠道和污水处理系统。农村生活污水主要通过以下三种途径排入地表环境：①直接洒向地面；②就近排入河道；③通过下水道排入河道。农村生活污水收集处理不当，已对农村生态环境和人居环境造成严重破坏，对地表水和浅层地下水的污染，也已成为威胁农村饮水安全新的隐患。

据调查，在农村生活污水收集方面，目前我国大部分农村缺乏完善的排水设施，已有的排水管渠是随着农村的发展而逐步建立的，因而缺乏整体性和系统性，排泄能力较差。在农村生活污水处理方面，缺乏污水处理设施，生活污水处理能力低，设施不配套或不完善，污水处理设施的建造与运行远远滞后于新增加的排污量；此外，由于各地的经济状况、环保意识、人群素质等原因，更多的农村生活污水没有经过处理直接排入地表环境。

因此，系统研究生态技术处理农村生活污水的适宜性，加强农村生活污水无害化处理与资源化利用，突破现有技术瓶颈，通过在全国范围内的试验示范，提出有针对性的适合我国农村特点的处理模式，是广大农村生活污水处理和资源化利用的现实需求，对避免因农村生活污水直接排放而引起农村水体、土壤和农产品的污染，确保农村水源安全和广大人民群众的身体健康具有重要的现实意义。

1.2 农村生活污水处理技术体系

农村生活污水处理技术方法可分为物理处理法、生物处理法和生态处理法等三类方法。第一类，物理处理法利用物理作用分离污水中的漂浮物和悬浮物，主要方法有：①沉淀法，污染物依靠重力作用而沉淀分离；②筛选法，污染物依靠格栅、筛网等器械或介质的阻碍作用而被截留；③过滤法，污染物依靠粒状滤料的吸附、凝聚等作用而被分离。第二类，生物处理法又可分为活性污泥法和生物膜法。①活性污泥法是利用悬浮于水中微生物（通称活性污泥）的代谢作用来分解水中污染物的一种生物处理法，它是处理城市生活污水的一种主体工艺，主要有普通曝气活性污泥法、阶段曝气活性污泥法、吸附再生曝气活性污泥法、完全混合活性污泥法、延时曝气活性污泥法、氧化沟、AB 法（吸附—生物降解工艺的简称，该工艺将曝气池分为高低负荷两段，各有独立的沉淀和污泥回流系统）、SBR 法（间歇式活性污泥法）、膜生物反应器等。②生物膜法则是将微生物附着在载体上，形成厌氧或好氧生物膜，利用生物膜中微生物的代谢作用来分解水中污染物的一种生物处理法，主要有生物滤池、生物转盘、生物接触氧化池等。第三类，生态处理方法主要有人工湿地、稳定塘、土地处理、厌氧沼气发酵及相应的组合工艺等。



农村污水处理的基本方法详细分类如图 1.1 所示。目前，生活污水物理和生物处理方法在城市污水处理中有着广泛的应用，在处理工艺、结构设计等方面有相应的标准，技术较为成熟，因此本书重点介绍农村生活污水生态处理技术方面的内容。

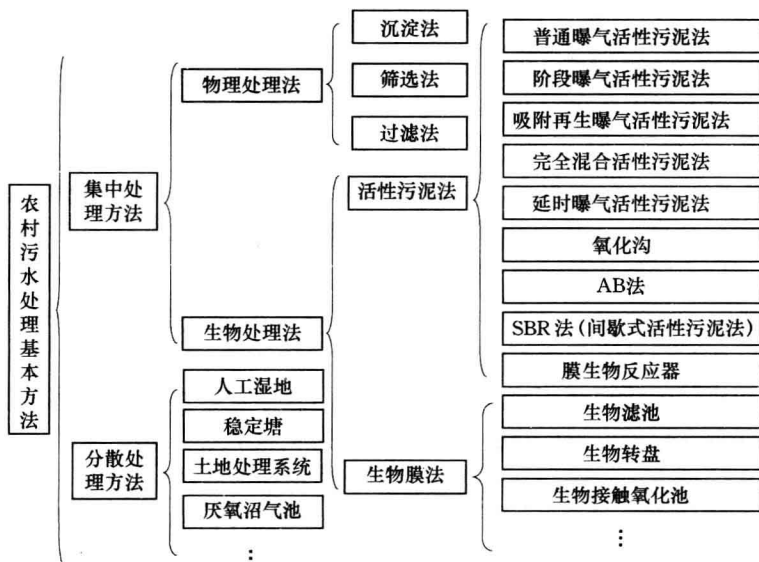


图 1.1 农村污水处理基本方法

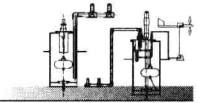
1.2.1 稳定塘处理系统

1.2.1.1 研究进展

稳定塘也称为氧化塘或生物塘，是一种经过人工适当的修整，具有围堤和防渗层的池塘，主要依靠自然生物净化功能使污水得到净化。其净化过程与自然水体的自净过程相似，主要利用菌藻的共同作用或菌藻、水生生物的综合作用处理废水中的有机污染物。

早在 3000 多年以前，人们就开始使用池塘处理污水。但是用稳定塘处理污水有记录可查的是 20 世纪之初的事。世界第一个有记录的稳定塘系统修建于美国得克萨斯州的圣安东尼奥市。欧洲最早且至今仍在运行的稳定塘是 1920 年在德国巴伐利亚州慕尼黑市建造的，处理该市生化处理厂的出水，即作为三级处理用。其后一段时间，由于稳定塘占地面积较大，该项技术的发展几乎处于停滞状态。

我国从 20 世纪 50 年代开始进行氧化塘处理污水的实验研究，从 60 年代起陆续建立了一批稳定塘污水处理系统，如西安李家壕污水库、齐齐哈尔稳定塘、保定唐河污水库等。1983~1985 年，国家环境保护局先后召开了四次全国稳定塘污水处理技术交流会，1985 年，建设部召开了一次全国性稳定塘污水处理技术讨论会。1985~1990 年，稳定塘污水处理技术研究被列为国家“七五”科技重点攻关项目，由国家环境保护局等主持，组织全国有代表性的单位和地区对稳定塘技术进行全面的研究。20 世纪 80~90 年代，我国稳定塘污水处理技术得到迅速发展，开发了许多种稳定塘处理系统。与传统的二级生物处理相比，稳定塘污水处理系统具有能充分利用地形、工程简易、基建投资和运转费用低、



能耗少、运行维护管理方便和维修简单、便于操作、能有效去除污水中的有机物和病原体、处理效果稳定、无需污泥处理等优点，此外，稳定塘还具有美化环境，形成生态景观的作用，因此稳定塘是经济欠发达地区实现污水处理迅速发展，实施污水资源化利用的有效方法。

1.2.1.2 稳定塘的类型

依据稳定塘的微生物优势群体类型以及稳定塘的充氧状况，稳定塘可分为以下四种类型。

(1) 好氧塘。好氧塘通过好氧细菌对有机物进行分解，其分解物又被藻类所利用，藻类再通过光合作用释放氧为好氧细菌所吸收使污水净化。好氧塘深度较浅，一般小于 0.5m，多为 30~50cm。BOD₅ 负荷为 40~120kg/(10⁴m²·d)，水力停留时间 10~40d。好氧塘的水中应保持足够的溶解氧，所以高负荷好氧塘需要水汽混合，防止沉淀，避免厌氧环境发生。

(2) 兼性塘。兼性塘是处理城镇生活污水时最常用的稳定塘类型，也经常被用于处理小城镇的生活污水，以及城市污水处理厂一级沉淀处理后的出水或二级生化处理后的出水。兼性塘水深一般大于 1m，通常为 1.2~2.5m。BOD₅ 负荷为 10~100kg/(10⁴m²·d)，水力停留时间 7~180d。兼性塘上层为好氧区，下层为厌氧区，介于好氧区与厌氧区之间为兼性区，通过好氧、兼性、厌氧区细菌的共同作用净化污水。

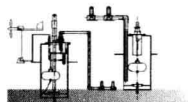
(3) 厌氧塘。厌氧塘水深一般在 2m 以上，通常为 3.0~5.0m，当土质或地下水条件许可时，多采用上限值。BOD₅ 负荷为 150~1000kg/(10⁴m²·d)，水力停留时间为 5~30d。厌氧塘常用于处理高浓度有机废水，用于处理生活污水时，往往与其他类型的稳定塘联合使用。

(4) 曝气塘。曝气塘采取人工曝气方式供氧，曝气塘水深一般为 2~6m，BOD₅ 负荷为 10~300kg/(10⁴m²·d)，水力停留时间为 3~10d。曝气塘一般又可分为好氧曝气塘和兼性曝气塘两种。好氧曝气塘除要求塘水都含溶解氧以外，还要求有足够高的曝气混合程度，能使全部悬浮固体都处于悬浮状态。兼性曝气塘中，当曝气设备的功率仅能使部分固体物质处于悬浮状态，而另一部分固体物质则沉积在塘底进行厌氧分解反应，曝气设备提供的溶解氧也不能满足全部需要，因而又称部分混合曝气塘。这类曝气塘易于操作和维护，污水在塘中分布较为均匀，但占地面积仍较大，出水悬浮物含量仍较高，处理效率受低水温的影响较大。

由于传统的稳定塘存在有机负荷低、占地面积大、环境条件差、淤泥淤积使有效池容减小、处理效果受气候条件影响大、悬浮藻类使出水的 COD 高等缺点，近年来国内外学者提出了一些新型稳定塘，并开展了系统研究，以期克服稳定塘的这些缺点。

(1) 水生植物塘：在塘内种植一些纤维管束水生植物或高等水生植物，如芦苇、水花生、水浮莲、水葫芦等，能够有效控制出水藻类，有效地去除水中的有机污染物和微量重金属，特别是对氮、磷有较好的去除效果。

(2) 生态系统塘：在塘内养殖鱼、蚌、螺、鸭、鹅等，这些水产水禽与原生动物、浮游动物、底栖动物、细菌、藻类之间通过食物链构成复杂的生态系统，既能进一步净化水质，又可以使出水中藻类的含量降低。



(3) 高效藻类塘：高效藻类塘是美国加州大学伯克利分校的 Oswald 提出并发展的，塘的深度较浅，一般为 0.3~0.6m，停留时间较短，一般为 4~10d 左右；高效藻类塘的宽度较窄，且被分成几个狭长的廊道。这样的构造可以很好地配合塘中的连续搅拌装置，促进污水的完全混合，调节塘内氧和二氧化碳的浓度，均衡池内水温以及促进氨氮的吹脱作用。

(4) 悬挂人工介质塘：在稳定塘内悬挂比表面积大的人工介质，如纤维填料，为藻菌提供固着生长的场所，通过提高其浓度来加速塘内去除有机质的反应，从而改善塘的出水水质。

(5) 超深厌氧塘：超深厌氧塘是另一种稳定塘新工艺，具有 BOD₅ 容积负荷大，占地面积小，受温度影响小的优点。美国 Oswald 提出的“高级综合塘系统”（AIPS）中，在兼性塘内设置 6m 深的厌氧坑，污水从坑底进入塘内，坑内污水上升流速很小，全部 SS 和 70% 的 BOD₅ 基本可以在坑中被去除。

(6) 移动曝气塘：普通曝气塘多为固定式曝气，移动式曝气近似于有多个曝气器同时运转，可缩短氧分子扩散所需时间，含氧水也随着移动式曝气器的移动而迁移，曝气器的移动不仅有利于保持塘内溶解氧均匀分布而避免死角，而且进一步缩短了氧分子扩散所需时间。

常用的稳定塘系统的优缺点及适用范围见表 1.2。

表 1.2 常用稳定塘比较

塘型	优 点	缺 点	适 用 范 围
好氧塘	深度较浅，溶解氧高； 基建投资少，运行费用低； 处理效果较好； 管理简单	面积大，占地多； 出水藻类含量高； 产生一定臭味	去除营养物质，处理溶解性有机物，串联在其他稳定塘后做进一步处理，处理二级处理后的出水
厌氧塘	耐冲击负荷强； 占地少； 保温效果较好； 能降解一些难以好氧降解的有机物	对温度要求高	处理有机物含量高的工业或农业污水
兼性塘	基建投资少，运行费用低； 塘中的不同部位发挥不同的作用； 处理效果较好； 管理简单	面积大，占地多； 出水水质不稳定； 产生一定臭味	处理一级出水、二级出水或厌氧塘出水或小城镇污水
曝气塘	体积小，占地少； 对进水质有较大的纳受能力； 处理程度较高	运行费用高； 出水中固体物质含量高； 处理污水效率受低水温的影响大	二级处理以及三级处理，工业废水的预处理或小型污水处理厂

1.2.1.3 稳定塘的设计

有关稳定塘的规划设计可参考《城市污水稳定塘设计手册》、《污水稳定塘设计规范》（CJJ/T 54）等文献，本节仅简要介绍稳定塘设计的技术要点。

1. 稳定塘的塘体设计

(1) 塘体位置及设计。