



张后虎 主编
祝栋林

农村生活污水处理技术 及太湖流域示范工程案例分析

中国环境科学出版社

农村生活污水处理技术及太湖流域 示范工程案例分析

主 编 张后虎 祝栋林

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

农村生活污水处理技术及太湖流域示范工程案例分析/张后虎, 祝栋林主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2011.9

ISBN 978-7-5111-0606-3

I. ①农… II. ①张… ②祝… III. ①农村—生活污水—污水处理 ②太湖—流域—污水处理—案例分析 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 107810 号

责任编辑 高速进
责任校对 扣志红
封面设计 玄石至上 梁楚晗

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 9 月第 1 版
印 次 2011 年 9 月第 1 次印刷
开 本 880×1230 1/32
印 张 7.5
字 数 200 千字
定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换



张后虎 男，1977年11月出生于江苏省兴化市。环境保护部南京环境科学研究所 副研究员/工学博士/研究生导师。主要从事流域农村面源污染控制和固体废弃物处置与资源化方面的研究；2008年环境工程专业博士研究生毕业于同济大学，获2009年度同济大学优秀博士学位论文奖和2011年上海市优秀博士学位论文奖；获上海市科技进步奖二等奖和教育部技术发明二等奖；发表核心期刊论文30余篇，含SCI/EI论文10多篇；申请国家发明专利10多项，授权4项；主持国家自然科学基金、江苏省自然科学基金、中央级公益性科研院所基本科研业务项目；作为主要完成人参与国家水污染控制重大科技专项和中国科学院战略性先导科技专项等项目；任国际IWA会员，中国环境科学学会会员和江苏省南京市环境卫生科学学会理事等。

作者简介



祝栋林 男，1973年3月出生于江西省赣州市。江苏省工程咨询中心 副研究员/博士。南京大学环境科学硕士毕业，国家注册咨询工程师、国家注册环境影响评价工程师、江苏注册省咨询专家。先后参与“太湖流域水环境综合治理国家总体方案”“江苏省太湖流域水环境综合治理实施方案”等国家和省重大项目的编制；主持了“环太湖生态农业圈建设规划”“太湖流域农业产业结构调整专项报告”“太湖流域种养殖模式转换研究报告”“太湖流域农村分散生活污水处理专项规划”“常州市溇湖水环境综合整治规划”“长荡湖水环境综合整治规划”“太湖治理省级专项资金一二期项目绩效评估”“江苏省太湖流域综合治理实施方案中期评估”等一系列相关课题。获得国家级优秀工程咨询成果二等奖两次，省级优秀工程咨询成果一等奖三次，省级优秀工程咨询成果二等奖五次。

《农村生活污水处理技术及太湖流域 示范工程案例分析》

编 委 会

主 编：张后虎 祝栋林

副主编：张 毅 孙庆瑶 焦少俊

编 委：张后虎 张 毅 祝栋林 孙庆瑶 张洪玲

梁 斌 蒯广东 王 伟 焦少俊

前 言

我国水环境污染问题日益凸显，2007 年 5 月底太湖蓝藻暴发，水源地水质恶化，危及近百万人生活用水安全。长期以来，由于治理资金短缺和对农村水环境保护意识的淡薄，农村地区的生活污水未经处理就直接排放，成为江河湖泊水体水质下降的主要原因。进行农村生活污水处理技术的研究，探索适合农村生活污水的处理模式，对推动社会主义新农村的建设，具有迫切的现实意义。

在中央级公益性科研院所基本科研业务专项（2010 环保部南京环科所重点项目）、国家自然科学基金（41005090）和江苏省自然科学基金（SBK201020326）共同资助下，本书从我国农村水体环境治理的迫切需要出发，介绍了农村生活污水治理的现状，论述了目前国内外先进的、适合农村生活污水处理的主流技术，包括好氧厌氧技术及其组合，土地处理、人工湿地、活性污泥以及膜处理技术，并对其研究方向和使用范围进行了探讨和剖析。以太湖流域现有农村生活污水示范工程为例，介绍了相关技术的应用效果和优缺点，力求理论与实践相结合。

本书适合从事农村生活污水处理技术研发、设计、工程、管理和运行人员使用，可作为高校科研院所环境保护、

自然生态、农村建设等相关学科的教学参考书。

本书的优点：当前关于农村生活污水方面的书籍较多，但对建设的示范工程总结类的专业书籍较少，目前，各种污水处理技术在太湖流域各县市的农村地区都进行了广泛的试点应用，其中，分布在南京、镇江、常州、无锡及苏州的在建和已建的各种技术示范基地分别为 2 项、39 项、156 项、192 项和 164 项，共计 553 项。本书不仅系统介绍了农村生活污水的处置原理，并首次全面对上述技术实施的示范工程进行了评价。

本书由张后虎和祝栋林主编，张毅、孙庆瑶、张洪玲、梁斌、焦少俊和蒯广东参加编写。全书共 9 章，第 1、2 章由张后虎和祝栋林编写，第 3、4 章由张毅和孙庆瑶编写，第 5、6 章由孙庆瑶和焦少俊编写，第 7 章由张洪玲和焦少俊编写，第 8 章由祝栋林和梁斌编写，第 9 章由梁斌和张洪玲编写；王伟和蒯广东负责初稿整理和最终校稿工作。

由于编写人员的能力和水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2011 年于中国南京紫金山麓

目 录

第 1 章 概 述.....	1
1.1 我国水环境污染状况.....	1
1.2 农村水环境.....	2
1.3 农村生活污水基本情况.....	5
1.4 农村生活污水的收集方式.....	8
1.5 农村生活污水的排放标准.....	10
第 2 章 化粪池与沼气池.....	12
2.1 化粪池.....	12
2.2 沼气池.....	19
第 3 章 人工湿地处理技术.....	39
3.1 人工湿地的发展历史.....	39
3.2 人工湿地的分类.....	42
3.3 人工湿地的主要组成及功能.....	46
3.4 人工湿地的处理原理.....	66

3.5 人工湿地的优缺点.....	68
3.6 人工湿地的设计、建设和运行管理.....	71
3.7 工程实例.....	78
第4章 土地处理技术.....	86
4.1 污水土地处理的概念和发展历史.....	86
4.2 污水土地处理的原理.....	89
4.3 污水土地处理系统的组成.....	90
4.4 污水土地处理的主要工艺.....	91
4.5 污水土地处理的优缺点.....	119
第5章 稳定塘处理技术.....	122
5.1 稳定塘的概念和发展.....	122
5.2 稳定塘的处理原理.....	123
5.3 稳定塘的主要类型.....	126
5.4 稳定塘的优缺点.....	128
5.5 稳定塘的设计和运行管理.....	132
第6章 活性污泥法处理技术.....	134
6.1 活性污泥法的原理.....	134
6.2 活性污泥法的影响因素.....	136

6.3 活性污泥法新工艺.....	138
6.4 活性污泥法系统设计和运行中的一些重要问题	154
第 7 章 生物膜处理技术.....	167
7.1 生物滤池.....	167
7.2 生物转盘.....	174
7.3 生物接触氧化.....	179
7.4 生物流化床.....	183
第 8 章 太湖流域农村生活污水处理示范工程.....	185
8.1 植物土壤渗滤——人工湿地.....	185
8.2 厌氧净化-跌水充氧接触氧化-人工湿地工艺.....	188
8.3 微动力净化装置——潜流式人工湿地.....	190
8.4 EV 生化生态复合塘——生态系统组合净化湿地..	192
8.5 地埋式微动力氧化沟技术.....	195
8.6 阿科蔓生态基纳污河道原位处理.....	196
8.7 集中式复合生物滤池人工湿地处理技术.....	199
8.8 厌氧池-滴滤池——人工湿地	201
8.9 无动力净化装置——人工湿地技术.....	203
8.10 塔式蚯蚓生态滤池——人工湿地系统.....	205

8.11 生物净化槽-强化生态浮床工艺	208
第9章 国外农村生活污水治理措施与应用	210
9.1 美国的高效藻类塘系统	210
9.2 韩国的湿地污水处理系统	211
9.3 日本农村生活污水处理系统	212
9.4 澳大利亚“FILTER”(非尔脱)污水处理系统	214
9.5 荷兰的一体化氧化沟	215
9.6 土壤毛细管渗滤净化系统	216
9.7 “LIVING MACHINE”生态处理系统	216
附 录	218
参考文献	223

第 1 章 概 述

1.1 我国水环境污染状况

2009 年全国地表水污染依然较重。长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河七大水系总体为轻度污染。203 条河流、408 个地表水国控监测断面中, I ~III类、IV~V类和劣V类水质的断面比例分别为 57.3%、24.3%和 18.4%。主要污染指标为高锰酸盐指数、五日生化需氧量(BOD_5)和氨氮。其中, 珠江、长江水质良好, 松花江、淮河为轻度污染, 黄河、辽河为中度污染, 海河为重度污染(表 1-1)。

表 1-1 我国主要水系污染状况

水系	国控监测断面数	各类水质断面比例/%				主要污染指标
		I ~III类	IV类	V类	劣V类	
长江水系	103	87.4	5.8	2.9	3.9	氨氮、 BOD_5 和石油类
黄河水系	44	68.2	4.5	2.3	25.0	石油类、氨氮和 BOD_5
珠江水系	33	84.9	12.1	0	3.0	石油类和氨氮
松花江水系	42	40.5	47.6	2.4	9.5	高锰酸盐指数、石油类和氨氮
淮河水系	86	37.3	33.7	11.6	17.4	高锰酸盐指数、 BOD_5 和石油类
海河水系	64	34.4	10.9	12.5	42.2	高锰酸盐指数、 BOD_5 和氨氮
辽河水系	36	41.7	13.9	8.3	36.1	BOD_5 、氨氮和石油类

我国湖泊（水库）富营养化问题突出，26 个国控重点湖泊（水库）中，满足Ⅱ类水质的 1 个，占 3.9%；Ⅲ类的 5 个，占 19.2%；Ⅳ类的 6 个，占 23.1%；Ⅴ类的 5 个，占 19.2%；劣Ⅴ类的 9 个，占 34.6%。主要污染指标为总氮和总磷。营养状态为重度富营养的 1 个，占 3.8%；中度富营养的 2 个，占 7.7%；轻度富营养的 8 个，占 30.8%；其他均为中营养，占 57.7%。

1.2 农村水环境

1.2.1 农村水环境基本状况

农村水环境是河流、湖沼、沟渠、池塘、水库等地表水体、土壤水和地下水体的总称。我国总计有乡镇 45 412 个，村民委员会 739 980 个，乡村户数 23 692.7 万户，乡村人口达 91 960 万人。农村人口分散，数量多，严重缺乏生活污水的收集和处理设施，这使农村生活污染源成为影响水环境的重要因素。随着我国经济发展和人民生活水平的提高，由此带来的严峻的环境污染问题日益受到人们的关注。过去，我们一直把环保工作重点放在大中城市，而忽视了占全国总面积近 90% 的广大农村地区。从而致使农村环境问题日益恶化，而水污染环境问题尤为突出，呈现出迅速恶化的趋势。据测算，全国农村每年产生生活污水约 80 亿 t。严重污染了农村地区居住环境，农村大部分地区河、湖等水体普遍受到污染，饮用水水质安全受到严重威胁。直接危害农民的身体健康，严重影响农村地区的环境卫生，极易导致一些流行性疾病的发生与传播。

据统计，目前全国有 80% 以上的河流受到不同程度的污染，我国农村有近 7 亿人的饮用水中大肠杆菌超标，1.7 亿人的饮用水受到有机污染。此外，由于农药等化学物质的广泛使用，致使许多地方的地下水已经不适于饮用，严重影响了人民群众的身体健康和农村经济的健康发展。据估算，农村环境问题每年造成的经济损失已超过千亿元。

1.2.2 农村水环境恶化的原因

1.2.2.1 农业生产污染

随着科技的进步,我国农业生产方式也发生了重大变化,以往的农家肥等有机肥料被农药、化肥的广泛使用所取代。农民施用的化肥中,只有 1/3 被农作物吸收,1/3 进入大气,剩余的 1/3 则留在土壤中。氮肥和磷肥施用过量、钾肥施用不足与区域间分配不平衡,导致土壤板结、土质下降,肥料利用率低。土壤和肥料养分易流失,从而造成对地表水、地下水的污染,硝酸盐含量超标,富营养化程度加剧。

据农业部的统计数据显示,我国农药年用量为 80 万~100 万 t,其中使用在农作物、果树、花卉等方面的化学有毒农药占 95%以上,这其中只有 10%~20%的农药附着在农作物上,其余 80%~90%进入土壤、水体和大气中,一部分在灌水和降水等淋溶作用下进入地下,污染地下水,另一部分则通过径流污染地表水。

随着农业发展步伐的加快,蔬菜保护地面积不断扩大,农用薄膜的使用量逐步上升,实际回收率不可能达到 100%,有相当一部分的薄膜散落田间地头,大部分残留在土壤中,大约经过 60 年的时间才能全部降解,在降解过程中一些有害物质随土壤中地下水的渗透对水体造成一定的影响。

1.2.2.2 乡镇企业排放的污染物

自改革开放以来,乡镇企业得到了蓬勃发展,这些企业中相当一部分属于效益较差、能耗较大、环境污染严重的企业,并且技术含量低,尤以造纸、纺织、非金属矿制品、化工及食品加工业为主。据了解,造纸业的污水排放量占总排放量的 44.9%。再加上乡镇企业布局分散,规模小和经营粗放,且环保意识差,每年都有大量的生产垃圾和工业污水未经处理直接排向河流或沟渠,严重污染其周边地区的水环境。杂乱堆放的工业固体废物又对地表水和地下水产

生了二次污染。

部分工矿企业开采矿产资源，具有地表开采和地下挖掘两重性，地表露采不仅占用了土地，破坏地表生物的栖息地，而且废弃尾矿等还占用土地，造成原下垫面性质的变化，地表尾矿废物的占用，在降水作用下，表面有害物随径流流入水体，造成河流和土壤污染。在大风的情况下，大量矿物粉尘及有害物排入大气，又造成空气污染。此外，随着城市环境污染控制不断加强，重污染企业不断向郊区城镇转移，从而使农村污染程度明显高于城市中心区。

1.2.2.3 畜禽养殖污染

随着城乡居民对肉类消费的需求，农村畜牧养殖业得到快速发展，养殖专业户数量和规模不断扩大，相应农民的经济效益得到提高。但是有不少养殖专业户进行散养，大量畜禽粪便不能及时处理，畜禽粪便污染逐年加重。有资料显示，养殖一头猪产生的污水是一个人生生活产生污水的 7 倍，而养殖一头牛则是 22 倍。北京近郊禽畜养殖场排放的有机物，相当于全市工农业生产污水和生活污水中所含有机污染物的 2~3 倍。这些有机物未经处理，渗入地下或进入地表水，使水环境中氨氮、硬度和细菌总数超标，严重威胁着居民饮用水的安全。

由于环保意识弱，很少建垃圾处理池和沼气池。大部分村庄畜禽粪便、污水没有无害化处理。畜禽在村里随便乱跑，畜禽粪便排泄物随处可见。污水未经任何处理直接排入水体或排泄物随意堆放，这些污水随雨水等流入河流，造成当地环境和地下水污染，扩大了污染区。

1.2.2.4 城镇居民生活污水和废弃物污染

生活污染源主要是城乡生活中使用的各种洗涤剂和污水、垃圾、粪便等，多为无毒的无机盐类。

目前，农村居民在生活水平提高的同时，生活方式并没有随之发生变化，还是按照传统的生活方式生活，农村居民的生活污水大都是直接倒在房前屋后，这种排放污水的方式，不但使污水横流，影响村容，而且污水长期渗入地下，生活污水中含氮、磷，硫多、

致病细菌多，造成农村地下水水质恶化。大多数农村的简易自来水或手压机井直接取用不经任何处理的地下水为饮用水，对人们的身体健康造成了很大的威胁。

在广大农村，受传统生活习惯的影响和现实排污管道、污水处理场、垃圾收集、处理等基础设施建设严重滞后的制约，垃圾处理方面，依然是各家顾各家，各人顾各人。乱倒垃圾、乱丢废弃物的现象较为普遍。垃圾随意堆放等现象随处可见，严重污染了水环境。随着农村经济建设的快速发展，生态环境也受到严重破坏，大量的固体废弃物增多，再加上广大农民环境意识不强，各种包装袋、果皮等物乱扔，村里大街小巷、田边地头、水塘沟渠等随处可见。同工业垃圾一样，生活垃圾没有得到充分利用，大部分农村没有固定的集中垃圾堆放点。广大农民为了处理方便，把垃圾往河沟里随意倾倒或露天堆放在城郊和乡村，这不仅占去了大片的农田，还可能传播病毒细菌，其渗透液污染地表水和地下水，导致水环境恶化，许多沟渠和河流变成了“黑河”，使农村饮水安全受到了严重威胁，直接影响了农民群众的身体健康。

1.2.2.5 水土流失防治措施不到位

水土流失是指在水力、重力、风力等外力的作用下，水土资源和土地生产力的损失和破坏。人为不合理的开矿、修路、采石等生产建设，破坏了地面植被和地貌，也会造成水土流失。因此，水土流失不仅使得农业资源遭到破坏，引起土壤退化，土地生产力下降，生态环境恶化，而且造成水环境非点源污染和水质的恶化，因此，防治水土流失，保护水土资源，是促进生态、经济和社会健康发展的必然措施。

1.3 农村生活污水基本情况

1.3.1 农村生活污水的基本特征

由于农村的特殊性，一般没有固定的污水排放口，排放比较分