



国家出版基金项目

NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



村镇环境综合整治与生态修复丛书

NONGCUN SHENGHUO WUSHUI CHULI
YU ZAISHENG LIYONG

农村生活污水处理 与再生利用

侯立安 席北斗 张列宇 等编著



化学工业出版社



村镇环境综合整治与生态修复丛书

NONGCUN SHENGHUO WUSHUI CHULI
YU ZAISHENG LIYONG

农村生活污水处理 与再生利用

侯立安 席北斗 张列宇 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为《村镇环境综合整治与生态修复丛书》中的一个分册。全书共6章,重点围绕国内外农村生活污水处理现状、我国农村生活污水控制与建设模式,微纳米曝气的土壤渗滤系统强化脱氮技术与干式厌氧发酵产沼技术展开编著工作,介绍了国内外的农村生活污水处理技术,探讨了农村生活污水处理模式的选择,并提出了我国农村生活污水治理的管理模式与今后的发展方向。

本书具有较强的技术性和应用性,可供从事污水处理及再生利用的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校环境工程、市政工程、生态工程及相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

农村生活污水处理与再生利用/侯立安等编著. —北京:
化学工业出版社, 2019.1
(村镇环境综合整治与生态修复丛书)
ISBN 978-7-122-33226-4

I. ①农… II. ①侯… III. ①农村-生活污水-污水处理-研究-中国②农村-生活污水-废水综合利用-研究-中国 IV. ①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第243862号

责任编辑:刘兴春 左晨燕 卢萌萌
责任校对:宋 玮

文字编辑:汲永臻
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京新华印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 彩插5 字数441千字 2019年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:98.00元

版权所有 违者必究

《村镇环境综合整治与生态修复丛书》 编委会

顾 问：刘鸿亮 魏复盛 任阵海 刘文清 杨志峰

主 任：侯立安

副 主 任：席北斗

编委成员：(排名不分先后顺序)：

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 侯立安 | 席北斗 | 张列宇 | 杨天学 |
| 何小松 | 夏训峰 | 李 瑞 | 魏自民 |
| 李英军 | 王世平 | 赵 越 | 汪群慧 |
| 李秀金 | 吴伟祥 | 李鸣晓 | 黄彩红 |
| 赵 颖 | 李艳平 | 党秋玲 | 籍国东 |
| 周顺桂 | 胡晓农 | 蔡五田 | 冯传平 |
| 郭华明 | 朱昌雄 | 王洪臣 | 范 彬 |
| 檀文炳 | 王丽君 | 马 涛 | 王红强 |
| 赵昕宇 | | | |

《农村生活污水处理与再生利用》 编著人员名单

编 著 者：侯立安 席北斗 张列宇 李曹乐
李国文 黎佳茜 熊 瑛 潘海宁
祝邱恒 王 凡 马 涛 赵 琛
王红强 张少康 郝 禹

前言

Preface

目前我国农村生活污水每年的产生量为 67.7 亿~90.3 亿吨。这些污水基本上未经处理就直接排放,所造成的环境污染问题已经影响和威胁到了广大农民群众的生存环境与身体健康,也影响着我国社会主义新农村建设的进程。为全面贯彻党的十九大乡村振兴战略“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”内涵,以及推广农村生活污水处理与再生利用技术,我们围绕农村生活污水的现状、处理技术和资源化利用开展《农村生活污水处理与再生利用》编著工作,旨在为农村基层环境管理人员、从事“三农”环境问题研究的人员以及相关专业的师生等广大读者提供能较全面地反映目前国内外农村生活污水控制技术及其应用实践的资料。

本书主要由长期从事我国农村生活污水处理技术研究及应用的科技工作者共同编著而成。编著人员根据自己多年的研究体会和实践经验,参阅了当前大量的国内外农村生活污水处理研究和应用方面的文献资料,借鉴了国内外同行专家有关农村生活污水处理的先进理念、技术和应用案例,重点围绕国内外农村生活污水处理现状、我国农村生活污水控制与建设模式、微纳米曝气的土壤渗滤系统强化脱氮技术与干式厌氧发酵产沼技术展开编著工作,介绍了国内外的农村生活污水处理技术,探讨了农村生活污水处理模式的选择,并提出了我国农村生活污水治理的管理模式与今后的发展方向。本书较全面地整合了国内外农村污水治理的技术、方法与工程应用,期望能为我国农村污水治理分析的研究提供较为完整的参考资料。

本书由侯立安、席北斗、张列宇等编著,具体编著人员及分工如下:第 1 章、第 2 章由侯立安、席北斗、李曹乐编著;第 3 章、第 4 章由张列宇、李曹乐、李国文编著;第 5 章由张列宇、席北斗、李国文编著;第 6 章由张列宇、侯立安、黎佳茜编著。全书最后由张列宇统稿、定稿。本书在编著过程中也参考了该领域诸多专家学者的研究成果,得到了很多学者和同行的帮助,在此向在本书研究资料收集整理过程中提供帮助的熊瑛、潘海宁、祝邱恒、王凡、马涛、赵琛、王红强、张少康、郝禹等表示感谢。每章后面附有参考文献目录,有些引述的内容未能注明出处,在此向这些作者表示歉意,并致以深深的谢意。

本书编著出版旨在起到抛砖引玉的作用,希望能够进一步提高人们对农村污水处理新技术及污水治理重要性的认识,唤起人们对农村水环境治理及农村生态环境保护的责任心和紧迫感。

限于编著者水平及编著时间,书中不足及疏漏之处在所难免,敬请各位同人和广大读者批评指正。

编著者

2018 年 6 月

目录

Contents

- 1.1 我国农村水环境污染现状 / 001**
 - 1.1.1 我国农村的水环境现状 / 001
 - 1.1.2 农村水环境的基本特征 / 002
 - 1.1.3 农村污水的产生量和水质 / 003
 - 1.1.4 我国农村污水的特点 / 007
 - 1.1.5 我国农村污水存在的问题及分析 / 007
- 1.2 我国农村污水处理的可行性与水环境保护 / 010**
 - 1.2.1 我国农村污水治理的可行性分析 / 010
 - 1.2.2 我国农村的水环境保护目标 / 010
 - 1.2.3 我国农村污水处理出水排放标准和执行的法律 / 011
- 1.3 我国农村生活污水的对策及建议 / 012**
 - 1.3.1 完善相关法律法规 / 012
 - 1.3.2 制定农村污水的排放标准、处理技术指南与规范 / 013
 - 1.3.3 建立农村生活污水的技术评估体系 / 013
 - 1.3.4 探索农村生活污水治理的 PPP 模式 / 013
 - 1.3.5 建管结合 / 014
 - 1.3.6 建立农村生活污水处理设施的第三方监管平台 / 014
- 参考文献 / 014**

- 2.1 国外典型农村污水处理技术模式介绍 / 016**
 - 2.1.1 挪威农村生活污水处理技术模式 / 016
 - 2.1.2 日本农村生活污水处理技术模式 / 023
- 2.2 国外农村生活污水处理技术工艺及工程适应性分析 / 025**

第 1 章

我国农村水环境现状

001

第 2 章

国外农村生活污染控制技术现状

016

第3章

多介质生态床分散污水处理技术

115

2.2.1 小型污水处理厂 / 025

2.2.2 稳定塘 / 030

2.2.3 土地处理系统 / 035

2.2.4 湿地与人工湿地 / 044

2.2.5 生物膜法处理 / 047

2.2.6 化粪池 / 048

2.2.7 膜生物反应器 / 052

2.2.8 一体化处理装置 / 064

2.3 国外几种农村污水处理系统的设计 / 069

2.3.1 化粪池处理系统 / 069

2.3.2 土壤过滤系统 / 070

2.3.3 人工湿地系统 / 074

2.3.4 机械曝气系统 / 074

2.3.5 间歇式砂滤池处理系统 / 075

2.3.6 延时曝气处理系统 / 079

2.3.7 固定化生物膜处理系统 / 080

2.3.8 序批式反应器 / 081

2.4 适用于国内农村污水处理的技术模式与应用案例 / 081

2.4.1 化粪池 / 082

2.4.2 稳定塘 / 093

2.4.3 土地处理系统 / 097

2.4.4 其他几种污水处理技术 / 099

参考文献 / 111

3.1 多介质生态床分散污水处理技术主要内容 / 115

3.1.1 多介质新材料 / 116

3.1.2 多介质生态系统防堵塞技术 / 120

3.1.3 多介质生态冬季保温技术 / 121

3.1.4 分散型生活污水分质回用及水质安全保障技术 / 122

3.2 多介质生态床农村生活污水处理设备 / 125

3.2.1 单户庭院景观化处理装备 / 126

3.2.2 小型分散式生活污水处理装备 / 128

3.2.3 分散式生活污水处理装备 / 128

参考文献 / 131

第4章

深型土壤渗滤系统污水处理技术的应用

132

第5章

分散型污水处理工程实例

215

4.1 深型地下土壤渗滤系统对生活污水净化效果及机理 / 133

4.1.1 不同水力负荷条件下污水净化效果 / 133

4.1.2 不同水力负荷条件下氮的去除机理研究 / 135

4.1.3 有机物在脱氮过程中的变化规律研究 / 144

4.1.4 结论 / 154

4.2 磷对深型土壤渗滤系统中氮的迁移转化作用机制 / 155

4.2.1 土壤背景值的测定 / 155

4.2.2 磷在不同负荷下的迁移转化规律 / 158

4.2.3 不同磷负荷对氮素迁移转化的规律影响研究 / 168

4.2.4 结论 / 175

4.3 富里酸对深型地下土壤渗滤系统中反硝化过程的影响 / 176

4.3.1 深型土壤渗滤系统对污水的净化效果研究 / 176

4.3.2 添加富里酸后系统对污水的净化效果研究 / 183

4.3.3 结论 / 190

4.4 基于微纳米曝气的土壤渗滤系统强化脱氮技术 / 190

4.4.1 曝气强化的土地渗滤系统启动实验 / 190

4.4.2 最佳溶解氧条件鉴别及系统运行分析 / 198

4.4.3 渗滤系统参数沿程变化及原理解析 / 204

4.4.4 结论 / 213

参考文献 / 214

5.1 典型工程实例 / 215

5.1.1 大兴区生态清洁小流域综合治理工程青云店生活污水处理技术案例（2015年） / 215

5.1.2 多介质固定生物床-潮汐流人工湿地集成技术模式案例 / 218

5.1.3 浙江省海宁市一体化多介质生物滤床农村生活污水处理案例 / 223

第6章

农村生活污染的保障机制

256

5.1.4 广西壮族自治区南宁市“美丽南方”景区的民居生活污水分散处理技术案例 / 229

5.2 典型工程案例的运行效果调查 / 231

5.2.1 采样位置简介 / 231

5.2.2 依据第三方监测数据获得的运行效果 / 236

5.2.3 依据典型工程直接采样分析获得的运行效果 / 240

5.2.4 小结 / 243

5.3 典型工程案例的设计参数核算 / 244

5.3.1 预处理的设计 / 244

5.3.2 水力负荷率的设计 / 245

5.3.3 污染负荷率的设计 / 247

5.3.4 设计参数核算小结 / 248

5.4 典型工程案例的工程投资与运行费用 / 249

5.4.1 国内不同处理规模的投资与成本简介 / 249

5.4.2 上海农村污水处理工程的投资与成本 / 254

6.1 农村区域生活污染控制和生态建设政策保障机制调研 / 256

6.1.1 国外农村区域生活污染控制和生态建设政策保障机制调研 / 256

6.1.2 我国生活污染控制和生态建设保障机制现状与需求 / 258

6.2 农村环境保护基础设施建设的保障机制框架 / 259

6.2.1 农村生活污染控制与生态建设生态补偿机制政策框架 / 259

6.2.2 农村生活污染控制与生态建设投入机制政策框架 / 260

6.2.3 农村生活污染控制与生态建设长效运行机制政策框架 / 260

6.3 农村生活污染控制与生态建设技术推广平台框架 / 260

参考文献 / 261

附录 I 水污染防治行动计划 / 262

附录 II 农村人居环境整治三年行动方案 / 275

附录 III 全国农村环境综合整治“十三五”规划 / 281

附录

262

索引 / 293

第 1 章 我国农村水环境现状

1.1 我国农村水环境污染现状

1.1.1 我国农村的水环境现状

当前,我国农业生产正走向科学、多元、集约、高效的现代农业阶段,农业生产现代化程度不断提高的同时,农村的生态环境失衡、自然生态资源退化以及生态环境污染的问题越来越引起人们的重视。近年来我国农村的水环境问题频繁发生,水环境污染已严重威胁人们的身体健康,部分地区水生态遭到毁灭性破坏。农村环境生态问题已经引起广大民众和各级政府的高度关注。尽管经过长期不懈的努力,我国农村水生态环境建设和保护取得了很大成绩,但形势依然十分严峻。我国农村人口多、底子薄,农村地区覆盖面积大,地区之间经济发展很不平衡。同时,由于农村经济发展方式粗放,致使农村污水治理发展滞后,农村水环境问题日益突出。从总体上来看,由土地退化、资源过度开发引起的一系列农村水生态环境问题比较突出,水资源日益短缺和水环境污染所引发的生态灾害和生态问题愈加复杂,水生态环境状况总体不容乐观。例如,每年产生量 80 多亿吨的农村生活污水几乎全部直排,威胁着广大农民群众的生存环境与身体健康。日益突出的农村污水问题,已经成为改善民生、全面贯彻党的十九大精神、加快推进农业农村现代化的重要制约因素。

长期以来,我国城乡经济社会发展形成了严重的二元结构,实行的是城乡分治的建设机制,城乡差距不断扩大。由于受城乡二元结构影响,我国农村水环境保护能力相对薄弱。目前,农村的水生态保护没有和当前的经济社会发展结合起来,基本上处于产业发展破坏水生态之后开展末端水生态治理的被动状态,没有从优化产业布局、从源头减少水生态破坏入手,农村产业布局性生态破坏问题突出,在实际工作中更是缺乏配套和有效的水生态安全评估体系和水生态保护对策。农村水生态环境安全与生态保护问题已经成为开展农村环境保护工作的薄弱环节和制约新农村建设发展的重要因素,导致了城乡环境发展不同步和环境污染问题突出。如果不加以有效解决,将严重制约“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的社会主义新农村建设进程。目前,我国农村环境保护能力相对薄弱,加上农村经济发展水平相对落后,使得农村抵御环境

恶化的能力远远不及城市，从而使农村环境保护呈现脆弱性、累积性和复杂性的特点，特别是在新农村建设过程中出现的生态破坏、生态用地挤占、生态安全空间破碎化等问题比较突出。

我国“十三五”规划提出推进农村改革和制度创新，增强集体经济组织服务功能，激发农村发展活力，全面改善农村生活条件，科学规划村镇建设、农田保护、村落分布、生态涵养等空间布局。加强农村生活污水的处理，是推进新农村改革发展的重要组成部分，也是社会主义新农村建设的重要内容。农村生活污水是造成农村水环境污染最重要的原因，且会随着农村生活方式的改变而加剧，成为农村人居环境改善需要解决的迫切问题。党的十九大以来，党中央坚持把解决好“三农”问题作为全党工作重中之重，提出了乡村振兴战略，要按照“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”的总要求，建立健全城乡融合发展体制机制和政策体系，加快推进农业农村现代化。产业兴旺，就是要紧紧围绕促进产业发展，引导和推动更多资本、技术、人才等要素向农业农村流动，调动广大农民的积极性、创造性，形成现代农业产业体系，促进农村第一、第二、第三产业融合发展，保持农业农村经济发展旺盛活力。生态宜居，就是要加强农村资源环境保护，大力改善水电路气房讯等基础设施，统筹山水林田湖草保护建设，保护好绿水青山和清新纯净的田园风光。

基于此，研究我国农村污水的现状，应用并推广与我国农村经济社会发展水平相适应、有效、可操作的农村污水处理技术和实践经验，可以为新农村建设过程中水环境的保护工作提供科学依据和技术指导。同时，开展我国农村污水处理技术的应用研究，可以促进农村产业结构布局的调整和优化，提升产业发展水平，为新农村建设的生态化和持续化发展提供决策依据。此外，在当前农村经济快速发展的过程中，结合国家实施的“保增长、保民生、调结构、上水平”的发展战略，开展新农村污水处理、治理与生态保护对策研究，体现了未来新农村建设中环境保护从源头做起和过程控制的战略思想，将有效地处理好新农村环境保护与农村经济发展的关系，对于保障民生、推动农村环保产业发展和农村经济结构调整以及拉动内需等方面也将具有重要的意义。因此，加强我国新农村建设中的污水处理研究和水生态环境保护对策研究，是社会主义新农村建设中有效解决突出水环境问题、改善民生的客观要求，也是推动城乡统筹和农村生态文明建设、推动我国社会主义新农村建设的迫切需要。

1.1.2 农村水环境的基本特征

广义上的农村污水是指：农村地区居民在生活和生产过程中形成的污水^[1]。污水具体产生的范围包括生活污水和生产废水两个方面。其中，农村生活污水是指居民生活过程中粪尿（若有分散型的畜禽养殖存在的话则称人畜粪尿，否则称人粪尿）和洁具冲洗、洗浴、洗衣、厨房、房间清洗所排放的污水等。农村生产废水是指畜禽养殖业、水产养殖业、农产品加工业以及从事与农业生产有关的工作（如乡镇企业、农田特别是设施农业）所排放的不符合国家地表水排放标准的废水。

由于农村生产废水的广义定义包含的废水有些与农业的水污染界线有重叠或含糊不

清之处，也因为不同生产废水的污染物成分和浓度十分不一致，使其水处理工艺有很大区别，因此在本书中所说的农村污水，实际上多数时候特指的是农村生活污水，有时候也包含了狭义的农村生产废水。

狭义上的农村污水是指：农村居民集聚区内生活用水后排放的污水，包括粪尿和洁具冲洗、洗浴、洗衣、厨房、房间清洗排放污水等。农村生产废水是指农村居民集聚区内各类生产活动所产生的生产废水，主要包括畜禽养殖业、餐饮业、农产品加工业等废水。通常，在一个自然村或行政村的地域范围内很难将这两类污水区分开来，并分别进行单独处理。按照国家有关规定，村镇污水处理要根据污染源排放途径和特点，因地制宜采取集中处理和分散处理相结合的方式。通常，集中处理有利于节省建设投资。根据上述要求，在农村污水处理中，符合经济接纳范围内的村镇污水应就近排入市政排水管网，输入城市污水处理设施进行集中式的处理。凡是在市政排水管网经济接纳范围以外的、村庄管辖区内的农村污水定义为分散型农村污水。对于分散型农村污水要根据其污染源排放途径和特点，因地制宜采取集中处理和分散处理相结合的方式。其中，分散型处理可以一家一户式、多家式、分片集中式的方式进行污水处理。

1.1.3 农村污水的产生量 and 水质

1.1.3.1 国内不同地区农村污水的产生量和水质现状

为推进农村生活污水治理，住房和城乡建设部组织编制了东北、华北、东南、中南、西南、西北六个地区的农村生活污水处理技术指南，针对全国不同地区农村污水产生量和水质做了说明。全国各地区农村生活用水量见表 1-1。

表 1-1 全国各地区农村生活用水量 单位：L/(人·d)

| 村庄类型 | 东北地区 用水量 | 东南地区 用水量 | 华北地区 用水量 | 西北地区 用水量 | 西南地区 用水量 | 中南地区 用水量 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 经济条件很好，有独立淋浴、水冲厕所、洗衣机，旅游区 | — | 120~200 | — | — | 150~250 | — |
| 经济条件好，室内卫生设施较齐全，旅游区 | 80~135 | 90~130 | 100~145 | 75~140 | 80~160 | 100~180 |
| 经济条件较好，卫生设施较齐全 | 40~90 | 80~100 | 40~80 | 50~90 | 60~120 | 60~120 |
| 经济条件一般，有简单卫生设施 | 40~70 | 60~90 | 30~50 | 30~60 | 40~80 | 50~80 |
| 无水冲厕所和淋浴设备，无自来水 | 20~40 | 40~70 | 20~40 | 20~35 | 20~50 | 40~60 |

随着农村经济的快速发展，农村地区生活水平不断提高，乡村聚居点生活污水引起的环境污染问题也日益严重。如表 1-2 所列。2002 年的统计结果表明：全国农村污水日排放量就达 320.5 万吨，其中总氮（TN）日排放量约为 283.1 万吨，总磷（TP）日排放量约为 56.6 万吨，基本未经任何处理就直接排放，污染了地表水和地下水^[2]。

表 1-2 全国各地区农村生活污水日平均排污状况

单位: mg/L

| 区域 | pH 值 | SS | COD | BOD ₅ | NH ₃ -N | TP |
|----|---------|---------|---------|------------------|--------------------|---------|
| 东北 | 6.5~8.0 | 150~200 | 200~450 | 200~300 | 20~90 | 2.0~6.5 |
| 东南 | 6.5~8.5 | 100~200 | 70~300 | 150~450 | 20~50 | 1.5~6.0 |
| 华北 | 6.5~8.0 | 100~200 | 200~450 | 200~300 | 20~90 | 2.0~6.5 |
| 西北 | 6.5~8.5 | 100~300 | 100~400 | 50~300 | 3~50 | 1.0~6.0 |
| 西南 | 6.5~8.0 | 150~200 | 150~400 | 100~150 | 20~50 | 2.0~6.0 |
| 中南 | 6.5~8.5 | 100~200 | 100~300 | 60~150 | 20~80 | 2.0~7.0 |

根据吕锡武^[3]等对太湖流域农村生活污水的抽样调查,在经济状况较好的宜兴地区,农村人均用水量 70~110L/(人·d)、排水量 25~70L/(人·d),其高低值与农户的节水意识等因素相关,与经济条件关系不大;排水量仅为用水量的 40%~80%,其高低由排水设施的完善程度决定,经济条件好的农户排水设施相对完善。农村生活污水的 COD(化学需氧量)、BOD₅(五日生化需氧量)高于城镇生活污水, COD 350~770mg/L, BOD₅ 200~400mg/L, BOD₅/COD 比值为 0.45~0.55,可生化性好;SS(悬浮物) 250mg/L, KN(凯氏氮) 30~40mg/L, pH 6~9,与城镇生活污水相当;TP 2.5~3.5mg/L,稍低于城镇生活污水。因此,吕锡武^[3]等提出太湖流域农村生活污水处理可依据以下水质进行设计: COD 600mg/L、BOD₅ 280mg/L、SS 250mg/L、KN 38mg/L、TP 2.75mg/L、pH 6~9。太湖流域农村生活污水应选择投资省、能耗少、运行费用低、维护管理简便的处理工艺,如生物膜与土地或湿地处理相结合的方法。

近年来昆明市环境科学研究所对昆明市城郊的小城镇和农村的生活污染负荷进行过调查,小城镇人均生活污染负荷值和农村人均生活污染负荷值如表 1-3 所列。表中的小城镇综合排水量和污染物负荷值实际上已不完全是农户的生活污水,还包含了餐饮废水、养殖废水以及未进入工业废水统计的作坊式非农户生活废水。实际上,昆明农村生活污水各项污染物浓度远远低于城市生活污水的含量。刘忠翰^[4]等在 2003~2005 年对滇池湖滨地区斗南村的排放污水调查结果表明,凯氏氮(KN)和氨氮(NH₃-N)的浓度含量分别为(14.64±3.63)mg/L、(9.11±0.83)mg/L,是城市污水 KN 和 NH₃-N 的 65%和 54%。

表 1-3 2003 年滇池流域城郊小城镇和农村人均生活污染负荷值

| 居住类型 | 综合排水量 /[L/(人·d)] | COD _{Cr} /[g/(人·d)] | TN /[g/(人·d)] | TP /[g/(人·d)] |
|-------------|---------------------|---------------------------------|------------------|------------------|
| 昆明城郊小城镇(乡镇) | 135 | 29.7 | 7.04 | 0.68 |
| 昆明农村的村庄 | 50 | 17.4 | 0.4 | 0.46 |

农村生活污水的浓度存在较大的差异,刘忠翰^[5]等的早期(1994~1996年)滇池流域农村排水调查表明(表 1-4):农村污水通常含人畜粪尿,因而排出的生活污水中氮磷含量,特别是磷含量较城市污水高;农村村镇污水一般是明沟收集后就近排入河道,这种排水方式使污染物浓度随季节发生变化,并有地区差异;农村污水的 BOD₅ 和

COD_{Cr}含量虽然比城市污水低,但BOD₅/COD_{Cr}的比值(0.39~0.92)比城市污水高,说明农村污水有更高的可生化性。

表 1-4 1994 年 2~6 月和 1996 年 7~8 月滇池湖滨地区农村污染水质抽样分析结果

单位: mg/L

| 采样地点 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | KN | NH ₃ -N | TP |
|------|-------------------|------------------|--------|-------|--------------------|-------|
| 古城镇 | 29.1 | 11.4 | 42.0 | 19.38 | 2.44 | 4.24 |
| 晋宁县城 | 26.8 | 22.9 | 104.0 | 17.12 | 12.09 | 4.21 |
| 新街乡 | 109.9 | 79.6 | 64.0 | 55.67 | 38.73 | 17.44 |
| 小梅子村 | 98.0 | 88.4 | 148.0 | 35.82 | 22.72 | 18.88 |
| 斗南村 | 117.6 | 95.4 | 10.0 | 7.11 | 3.69 | 2.06 |
| 矣六村 | 231.3 | 203.6 | 1146.0 | 19.70 | 10.83 | 15.13 |
| 官渡镇 | 290.1 | 266.8 | 191.0 | 38.40 | 13.30 | 10.71 |

10 多年来,为迎合城市居民的旅游需求,城乡一体化建设步伐加快,农村旅游业发展迅速。“农家乐”多位于距城市较近、自然环境优美、有历史文化沉积的乡村。但随着“农家乐”这一旅游形式的蓬勃发展,带来的水污染问题也日益突出。根据陈俊敏等^[6]对成都市大庄园休闲农家乐排放的污水调查发现,农家乐污水主要由餐饮污水和厕所冲洗污水组成,有机污染物、氮和油的含量较高,尽管监测项目未对 TP 等进行测定,但依然可断定其含量也比较高。该农家乐的规模为:最大接待能力 100 人/d,旅游高峰期的污水量约为 13.5m³/d,平均为 9.8m³/d。在有水冲厕所的农村地区,污水一般先进入化粪池。由于没有专门的污水处理设施,除农户自留地使用部分粪液,剩余部分在雨季通过溢流方式就直接排入附近的地表水体(如河流)中。目前还缺乏农村三格化粪池的调查数据,根据城市社区、院校的三格化粪池的出水污染物浓度初步调查^[7-10],COD_{Cr}、BOD₅、SS、TN、TP 在各地表现出的含量水平是不一样的,该水平与生活习惯、人群类型和气候因素有关。

1.1.3.2 农村污水产生量和水质的初步调查——以上海为例

(1) 上海农村污水产生量

由于很难获得全国性的农村污水产生总量情况,我们在调查中初步获得了公开或内部报道的上海农村生活污染源的数据。根据上海市环保局 1992 年下达、由上海农学院园林环境科学系和上海农业科学院环境科学研究所承担、1995 年 10 月提交的重点科技攻关项目“上海市郊非点源污染综合调查和防治对策研究报告”,生活污染源调查结论如下。

根据国内外资料初步确定村镇居民和人粪尿的排污系数(表 1-5),按上海市环卫局的资料,每人每天平均排鲜粪 0.25kg、鲜尿 1kg,除设有污水处理厂的镇以外,生活污水都间接或直接地排入水环境,在此次调查乡镇和农村的人粪尿均以 10% 进入水体计算,显然对于某些镇如朱家角等来说,这个系数是偏低的。对于设有污水处理厂的县镇,生活污染负荷没有计算在内。显然这种计算结果(表 1-6)与实际有一定偏差,

也可能是偏低的。生活污染物排放的 COD_{Cr} 为 $4.2 \times 10^4 \text{t}$ 、TN 为 4753t、TP 为 1065t，总的等标排放量 $18206.06 \text{m}^3/\text{a}$ ，其中人粪尿占 27.21%，而生活污水占 72.79%。需要指出，在某些地区人粪尿的比例要比上述数值高得多。按地区，因为人口多的原因，浦东和崇明的污染率指数分别排第一位、第二位，分别是 14.86% 和 14.18%，而且浦东新区原市区地域还没有计算在内；按污染率指数，TP 排第一位，为 58.52%，而 TN 和 COD_{Cr} 分别为 26.11% 和 15.37%。

表 1-5 上海农村生活污水和人粪尿排放系数

| 类型 | 计量单位 | 生活污水 | | | 人粪尿 | | |
|-----|----------|--------------------------|-----|-----|--------------------------|------|-------|
| | | COD_{Cr} | TN | TP | COD_{Cr} | TN | TP |
| 村居民 | g/(人·d) | 16 | 1.6 | 0.4 | 54 | 12.5 | 1.44 |
| 镇居民 | kg/(人·a) | 20 | 2.0 | 0.5 | 19.84 | 3.06 | 0.524 |

表 1-6 上海十县区生活污染负荷及其评价

| 县区 | 农业人口 /万人 | 居民人口 /万人 | 生活污水/(t/a) | | | 人粪尿/(t/a) | | | 等标 排放量 | 占比 |
|---------------------------------|-------------|-------------|--------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|-----------------------|-------|
| | | | COD_{Cr} | TN | TP | COD_{Cr} | TN | TP | m^3/a | % |
| 青浦 | 36.44 | 9.22 | 2466.1 | 246.6 | 61.68 | 814.9 | 125.8 | 21.57 | 1423.6 | 7.83 |
| 闵行 | 25.86 | 24.43 | 2518.3 | 251.8 | 63.02 | 787.1 | 121.5 | 20.83 | 1432.2 | 7.86 |
| 浦东 | 45.95 | 32.06* | 4767.6 | 476.8 | 119.3 | 1478.0 | 228.0 | 39.12 | 2705.3 | 14.86 |
| 金山 | 39.13 | 16.68 | 2890.0 | 289.0 | 72.29 | 940.7 | 145.2 | 24.90 | 1661.5 | 9.13 |
| 奉贤 | 40.22 | 11.98 | 3167.8 | 316.8 | 79.25 | 1020.5 | 157.5 | 27.01 | 1816.1 | 9.97 |
| 松江 | 36.60 | 13.35 | 2557.7 | 255.8 | 63.97 | 840.4 | 129.7 | 22.24 | 1474.1 | 8.10 |
| 南汇 | 55.98 | 11.39 | 4053.3 | 405.3 | 101.4 | 1323.5 | 204.2 | 35.00 | 3232.0 | 12.81 |
| 嘉定 | 33.73 | 14.14 | 2407.7 | 240.8 | 60.22 | 788.2 | 121.6 | 20.86 | 1386.3 | 7.61 |
| 崇明 | 55.24 | 17.57 | 4508.8 | 450.9 | 112.8 | 1444.6 | 222.9 | 38.24 | 2581.1 | 14.18 |
| 宝山 | 23.42 | 14.91* | 2456.1 | 245.6 | 61.48 | 760.5 | 117.4 | 20.13 | 1393.5 | 7.65 |
| 总计 | 393.58 | 165.72 | 31793.4 | 3179.3 | 795.40 | 10198.4 | 1573.8 | 269.95 | 18206.06 | 100 |
| 等标排放量/(m^3/a) | | | 2119.56 | 3179.3 | 7954 | 679.9 | 1573.8 | 2699.5 | 18206.06 | |
| 占比/% | | | 15.99 | 23.99 | 60.02 | 13.73 | 31.77 | 54.50 | 100 | |

注：* 不包括原属市区的人口。

20 世纪 90 年代，上海农村经济发生很多变化，水冲厕所和三格化粪池的普及使农村卫生状况有很大的改善，但也使农村生活污水排放方式发生变化。显然，上述估算和评价不能适应农村化粪池出水水量和水质的评估，但上述人口、污染物年排放量、生活污水和人粪尿排泄量组成的生活污染负荷对计算人均排放量仍然是重要的参考依据。

(2) 上海农村污水水质状况

上海农村生活污水有以下特点：分散排放、水量变化大、水质不稳定。经济、高效、节能、技术先进可靠的农村生活污水处理技术和管理模式不仅是上海市经济和环境

协调发展的迫切需求,也是我国农村经济和环境协调发展的迫切需求。

1.1.4 我国农村污水的特点

虽然我国城乡一体化建设逐步加快,但农村生活污水处理仍存在较大的问题,例如污水处理技术有待进一步提高、系统处理方法需要进一步加强、基础设施较为缺乏等。我国农村生活污水存在的主要问题如下。

① 面广、分散,村庄分散式的地理分布特征造成污水分散排放、难以收集,而集中排放的管网费用高昂。

② 生活污染源多,除来自人粪尿外,还有畜禽粪尿、农产品废弃物和厨房污水、家庭清洁废水、生活垃圾堆放过程产生的渗滤液、高浓度废水等。

③ 增长快,随着农村经济的发展、农民生活水平的提高和生活方式的改变,生活污水的产生量也日益提高。

④ 随意排放、难以集中处理,由于没有专门的污水处理设施,村庄没有配套排水管网建设规划,即便有简易的排水管网或沟渠,也没有严格的设计,多数是顺地势向低洼处或沿排水明渠排放,经常因排水不畅造成室外污水沿街漫流,污染环境。

⑤ 有机污染物浓度高、排放不均匀,农村生活污水一般排放量较小,往往使有机污染物、氮和磷含量偏高,生活污水排放极其不均匀,日变化系数一般高达3.0~5.0。

⑥ 处理率低,通常缺乏水处理设施,多数地区还在使用传统的旱厕,有水冲厕所的农村地区基本上只有化粪池(特别是三格化粪池)设施,其排水中污染物含量依然很高。

1.1.5 我国农村污水存在的问题及分析

1.1.5.1 农村污水处理标准、处理技术规范尚未建立

我国农村污水处理刚刚起步,系统化、规范化、标准化程度较差,出台的一些技术规范缺乏必要的科学验证,技术参数、经济参数、社会接受度有待认证。现在的农村污水处理直接套用城镇的污水处理标准体系。从严格意义来说,到目前为止,我国还没有农村生活污水处理排放标准,仅在北京、浙江、江苏、湖北等省市出台的地方农村生活污水处理实用技术指南、技术导则等规定中有相关标准,因此在设计与建设上几乎无标准与规范可循,工程设计只能参照其他相关规范进行。我国农村生活污水处理技术的设计不规范,主要体现在以下几个方面。

(1) 出水标准不合理

我国大部分农村生活污水排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918),但是由于农村地区的污水处理技术、运行管理水平及监测手段等都严重落后于城镇地区,造成了很多污水处理设施“不达标”。而且北方缺水型地区完全可以采用更低的《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005),对出水进行回用。