

分散型农村生活污水处理 技术研究

FENSANXING NONGCUN SHENGHUO WUSHUI CHULI

JISHU YANJIU

张列宇 王晓伟 席北斗 等 / 编著

国环境出版社

分散型农村生活污水处理技术研究

张列宇 王晓伟 席北斗 等编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

分散型农村生活污水处理技术研究/张列宇等编著. —北京:
中国环境出版社, 2014.11
ISBN 978-7-5111-2110-3

I. ①分… II. ①张… III. ①农村—生活污水—污水
处理—研究 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 242898 号

出 版 人 王新程
责任编辑 丁莞歆
责任校对 尹 芳
封面设计 岳 帅

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67175507 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 12 月第 1 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 17
字 数 374 千字
定 价 49.00 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

前 言

近年来我国由土地退化、资源过度开发引起的一系列农村生态环境问题日渐突出,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更加复杂化,农村生态环境状况总体形势不容乐观。农村污水的随意排放和所造成的环境污染问题普遍存在。例如,每年产生量约 80 多亿吨的农村生活污水几乎全部直排。水环境污染威胁着广大农民群众的生存环境与身体健康,影响我国社会主义新农村建设的进程,并受到广大民众和各级政府的高度关注。日益突出的农村污水问题,已经成为改善民生,全面贯彻党的十七大精神,深入贯彻落实科学发展观,全面建设资源节约型、环境友好型社会和实现全面建设小康社会、推动社会主义新农村建设的重要制约因素。为了有序推进我国社会主义新农村建设,规范农村生活污水处理设施设计、建设和运行管理,我们围绕农村生活污水处理技术和治理开展编写工作。旨在为专业人士和广大读者提供一本较全面的能够反映目前国内外农村生活污水处理技术及其应用实践的资料。

本书主要是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写而成。编写组成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,重点围绕农村生活污水集中式处理技术模式与案例、农村生活污水处理工程应用实例、农村生活污水处理工程典型实践经验、农村生活污水资源化处理技术工艺方案、农村生活污水处理工程的性能效果和运行成本分析等展开编写工作,介绍了国外的农村生活污水处理技术,探讨了农村生活污水处理技术评价方式和对策出路,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。因此,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,为我国农村生活污水治理提供了一部较为完整的参考资料。

全书共分八章,由中国环境科学研究院张列宇(博士、副研究员)组织编写,并对书稿进行统稿、整理和校对。本书的第一章由中国环境科学研究院王晓伟、席北斗(博士、研究员)编写,第二章、第四章由张列宇编写,第五章由王丽君、王红强编写,第六章由闫亚男、郭鑫、王红强编写,第七章和第三章的第一节、第二节由张列宇编写,第三章的第三节、第四节由信阳师范学院饶本强(博士、副教授)、王雷编写,第八章由河南城建学院王红强(博士、副教授)编写。

本书成稿和出版过程中得到了我国著名水生态学家刘鸿亮院士和水环境生态学家刘永定研究员的大力支持和鼓励,在此深表谢意。同时,还要感谢中国科学院水生生物研究所丘昌强研究员和沈银武高级工程师以及云南省环境科学研究院刘忠翰教授对本书出版的支持和关注,感谢中国环境出版社的编辑为本书付出的辛勤工作。此外,本书引用了国内外许多专家学者的科研成果和文献资料,对本书的编写起到重要作用,在此我们深表谢意。最后,要感谢“十二五”科技支撑项目——“中部水网区连片村镇控源与水体强化净化技术集成与示范”(2012BAJ21B06)。

我国农村污水处理和环境治理问题任重道远。本书的编写,旨在起到抛砖引玉的作用。希望本书的出版,能够进一步提高人们对农村污水处理新技术及污水处理重要性的认识,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。由于编者水平有限,书中出现的谬误和不当之处,敬请各位同仁和广大读者批评指正。

编 者

2014年10月

目 录

第 1 章 我国农村水环境现状	1
1.1 我国农村水环境污染状况	1
1.1.1 我国农村的水环境现状	1
1.1.2 农村水污染的基本特征	2
1.1.3 农村污水的产生量 and 水质	3
1.1.4 我国农村污水的特点	6
1.2 我国农村污水处理的可行性与 water 环境保护	7
1.2.1 我国农村污水治理的可行性分析	7
1.2.2 我国农村的水环境保护目标	7
1.2.3 我国农村污水处理出水排放标准和执行的法律依据	8
第 2 章 农村生活污水特征分析与处理技术模式选择	9
2.1 农村生活污水特征分析	9
2.1.1 农村生活污水水质特征的区域差异性分析	9
2.1.2 国内农村生活污水水质数据分析——以上海农村为例	10
2.2 农村生活污水处理技术模式分析	14
2.2.1 资源回收利用的处理技术模式	14
2.2.2 处理方式的选择	14
第 3 章 国内外农村污水处理技术现状	15
3.1 国外典型农村污水处理技术模式介绍	15
3.1.1 挪威农村生活污水处理技术模式	15
3.1.2 日本农村生活污水处理技术模式	23
3.2 国外农村生活污水处理设施	25
3.2.1 污水池	25
3.2.2 化粪池	27
3.2.3 小型污水处理设备	31
3.2.4 小型污水处理厂	34
3.2.5 氧化塘	35
3.2.6 土墩、垛	37
3.2.7 国外其他污水处理设施	37
3.3 国外农村生活污水处理技术工艺及工程适应性分析	40
3.3.1 小型污水处理厂	40
3.3.2 稳定塘	44
3.3.3 土地处理系统	48

3.3.4	湿地与人工湿地	54
3.3.5	生物膜法处理	57
3.3.6	厌氧沼气池处理	59
3.3.7	一体化处理装置	59
3.4	国外几种农村污水处理系统的设计	61
3.4.1	化粪池处理系统	61
3.4.2	土壤过滤系统	62
3.4.3	人工湿地系统 (Constructed Wetland)	65
3.4.4	机械曝气系统 (Mechanical Aeration Systems)	66
3.4.5	间歇式砂滤池处理系统	66
3.4.6	好氧处理系统 (Aerobic process)	70
3.4.7	固定化生物膜处理系统 (Fixed film systems)	70
3.4.8	序批式反应器 (Sequencing batch reactor systems)	72
第4章	我国农村地区污水处理典型实践经验	73
4.1	太湖地区农村污水处理经验	73
4.1.1	滴滤池—人工湿地组合技术	73
4.1.2	厌氧发酵—接触氧化—人工湿地组合技术	74
4.1.3	生态滤池—人工湿地组合技术	74
4.1.4	厌氧发酵—生态土壤—(护坡)湿地组合技术	74
4.2	滇池流域农村污水处理经验	75
4.2.1	早期的中试工程实践	75
4.2.2	中期的中试工程和示范工程实践	76
4.2.3	近期的示范工程实践	78
4.3	上海农村生活污水处理与利用经验	80
4.3.1	上海奉贤区青龙村镇北唐新苑农村生活污水处理工程	80
4.3.2	上海崇明县陈家镇裕安社区农村生活污水处理工程	82
4.3.3	上海金山区廊下镇中华村农村生活污水处理工程	85
4.3.4	上海南汇区航头镇海桥村农村生活污水处理工程	88
4.3.5	上海嘉定区华亭镇毛桥村农村生活污水处理工程	90
4.3.6	上海金山区廊下镇中联村农村生活污水处理工程	91
4.3.7	上海南汇区书院镇塘北村农村生活污水处理工程	93
4.3.8	上海崇明县前卫村农村生活污水处理工程	95
4.3.9	上海崇明县陈家镇瀛东村农村生活污水处理工程	96
4.3.10	上海闵行区浦江镇农村生活污水处理工程	98
第5章	深型土壤渗滤系统	101
5.1	土壤处理系统的概念	101
5.1.1	地下土壤渗滤系统	101
5.1.2	地下土壤渗滤系统对污染物的净化机理	101

5.2	深型土壤渗滤系统处理农村生活污水	103
5.2.1	不同水力负荷条件下的污水净化效果	104
5.2.2	有机物在脱氮过程中的变化规律研究	113
第 6 章	人工湿地农村污水处理系统	127
6.1	人工湿地的脱氮机理	127
6.1.1	湿地基质的作用	128
6.1.2	植物的作用	130
6.1.3	微生物学过程	132
6.1.4	湿地脱氮的其他途径	136
6.2	人工湿地对病原菌的去除机制	136
6.2.1	污水中常见的病原菌	137
6.2.2	常用的灭菌工艺	138
6.2.3	国内外研究现状	139
6.2.4	人工湿地对病原菌的去除机制研究	140
6.3	高氨氮下人工湿地植物的筛选	153
6.3.1	人工湿地中植物的选择原则	153
6.3.2	人工湿地植物的研究内容	154
6.3.3	高氨氮下人工湿地植物的筛选	156
6.4	人工湿地脱氮强化技术	164
6.4.1	中试装置简介	164
6.4.2	人工湿地强化脱氮效果	165
6.5	人工湿地保温技术	172
6.5.1	寒冷地区保温增温技术的研究现状	172
6.5.2	粪便和芦苇秸秆协同发酵产热增温新技术	174
6.5.3	结论与建议	189
6.6	人工湿地植物资源的循环利用	190
6.6.1	实验装置	190
6.6.2	实验方法	191
6.6.3	实验结果与讨论	191
6.6.4	小结	199
6.7	人工湿地处理农村生活污水工程实例分析	199
6.7.1	人工湿地处理农村生活污水水质理化指标分析	199
6.7.2	人工湿地对不同污染物的去除效果分析	201
6.7.3	人工湿地处理农村生活污水微生物指标分析	205
第 7 章	微纳米曝气生物膜反应器处理系统	210
7.1	生物膜反应器处理系统	210
7.1.1	生物膜反应器对污染物的脱除机理	210
7.1.2	生物膜反应器工艺优化措施	211

7.2	微纳米曝气生物膜反应器的设计及应用	213
7.2.1	微纳米气泡	213
7.2.2	微纳米曝气强化气液传质的作用机理	214
7.2.3	微纳米曝气技术促进氧化的作用机理	214
7.2.4	微纳米曝气的技术特征	214
7.2.5	成功实例	215
7.3	微纳米曝气生物膜反应器的工艺研究	215
7.3.1	材料与方法	215
7.3.2	试验启动	217
7.3.3	紫外光谱分析方法	217
7.3.4	最佳工艺的确定	218
7.3.5	结论	220
7.4	微纳米曝气生物膜反应器处理污水过程中 DOM 变化分析	220
7.4.1	分析项目与方法	220
7.4.2	有机物变化分析	220
7.4.3	同步荧光光谱分析	221
7.4.4	三维荧光光谱分析	223
7.4.5	紫外可见光谱	225
7.4.6	电镜扫描分析	228
7.4.7	结论	229
7.5	生物膜反应器除磷分析	229
7.5.1	温度	229
7.5.2	溶解氧	230
7.5.3	氨氮浓度的影响	231
7.5.4	污泥量	231
第 8 章	农村生活污水处理技术评价、发展对策与管理控制	232
8.1	农村生活污水治理技术评价	232
8.1.1	适用于我国农村污水处理利用的技术类型	232
8.1.2	农村污水处理技术推广应用过程中遇到的问题	232
8.1.3	适用于农村污水处理利用的技术综合评价	233
8.2	农村生活污水防治策略与发展对策	234
8.2.1	我国农村生活污水处理的防治策略	234
8.2.2	农村污水处理利用发展对策分析	234
8.3	农村污水处理利用管理控制与发展方向	236
8.3.1	农村污水处理利用管理控制	236
8.3.2	农村污水处理利用的发展方向	239
	参考文献	242

第 1 章

我国农村水环境现状

1.1 我国农村水环境污染状况

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,致使农村污水治理滞后,农村水环境问题日益突出。从总体上看,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更加复杂化,水生态环境状况总体不容乐观。例如,每年产生量约 80 多亿 t 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,全面贯彻党的十七大精神,深入贯彻落实科学发展观,全面建设资源节约型、环境友好型社会和实现全面建设小康社会、推动社会主义新农村建设的重要制约因素。

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,所以目前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“十一五”规划提出了建设社会主义新农村的重大历史任务，并明确了“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的建设目标。加强农村生活污水的处理，是村容整治的组成部分，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。自党的十六届五中全会以来，正在有序推进社会主义新农村的建设，并把“人居环境良好”作为社会主义新农村的一项重要标准，这既体现了以人为本、全面协调可持续发展的理念，也是提高农村居民生活质量的必然要求。加强农村的环境污染整治工作已纳入各级政府的重要议事日程，农村生活污水的治理已成为我国农村环境污染整治和生态环境建设的重要内容。

基于此，研究我国农村污水的现状，应用和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、改善民生的客观科技要求，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 农村水污染的基本特征

农村污水的广义定义是指：农村地区居民在生活和生产过程中形成的污水。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，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，

因此在本课题研究过程所说的农村污水,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。

农村污水的狭义定义是指: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 and 水质现状

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。2002年的统计结果表明:全国农村污水日排放量就达320.5万t,其中总氮(TN)日排放量约为283.1万t,总磷(TP)日排放量约为56.6万t,基本未经任何处理就直接排放,污染了地表水和地下水(张克强等,2006)。

根据吕锡武等人(2006)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70~110 L/(人·d)、排水量25~70 L/(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 350~770 mg/L, BOD₅ 200~400 mg/L, BOD₅/COD 比值为0.45~0.55,可生化性好;SS(悬浮物)250 mg/L, KN(凯氏氮)30~40 mg/L, pH值6~9,与城镇生活污水相当;TP 2.5~3.5 mg/L,稍低于城镇生活污水。因此,吕锡武等人(2006)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 600 mg/L、BOD₅ 280 mg/L、SS 250 mg/L、KN 38 mg/L、TP 2.75 mg/L、pH值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(2003年),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1-1所示。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。刘忠翰等（2005）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 mg/L±3.63 mg/L、9.11 mg/L±0.83 mg/L，是城市污水 KN 和 NH₃-N 的 65%和 54%。

表 1-1 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/（d·人）]	COD _{Cr} / [g/（d·人）]	TN/ [g/（d·人）]	TP/ [g/（d·人）]
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，刘忠翰等（1997）的早期（1994—1996 年）滇池流域农村排水调查表明（表 1-2）：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含量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 1-2 1994 年 2—6 月和 1996 年 7—8 月滇池湖滨地区农村污水水质抽样分析结果

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

近 10 多年来，迎合城市居民的旅游需求，加速了城乡一体化建设步伐，使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。根据陈俊敏等人（2006）对成都市大庄园休闲庄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。应该指出：这个农家乐的规模是最大接待能力只有 100 人/d，旅游高峰期的污水量约为 13.5 m³/d，平均为 9.8 m³/d。在有水冲厕所的农村地区，一般都是先进入化粪池。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（崔理华等，2000；陈朱蕾等，1998；孙仲楠等，2006；宋军，1997），表明 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、TN、TP 在各地表现出的含量水平是不一样的，一个重要原因是与生活习惯、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科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：

表 1-3 上海农村生活污水和人粪尿排放系数

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

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 1-3），按上海市环卫局的资料，每人每天平均排鲜粪 0.25 kg、鲜尿 1 kg，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 1-4）与实际有一定偏差，也可能是偏低的。生活污染排放的 COD_{Cr} 为 4.2 万 t、TN 为 4 753 t、TP 为 1 065 t，总的等标排放量 18 206.06 m^3/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占第一位、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 占第一位，为 58.52%，而 TN 和 COD_{Cr} 分别为 26.11%和 15.37%。

在 20 世纪 90 年代期间，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和处理要求：经济、高效、节能、技术先进可靠的农村生活污水处理的技术和管理模式不仅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。

表 1-4 上海十县区生活污染负荷及其评价

县区	农业人口/万	居民人口/万	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。

1.1.4 我国农村污水的特点

（1）村镇人口较少，分布广而且分散，生活污水水质和水量波动性大，排水管网很不健全。因此，所选污水处理工艺应抗冲击负荷能力强且宜就近单独处理。

（2）村镇经济力量较为薄弱且地区间发展极不平衡。因此，污水处理应该充分考虑基建投资低、运行费用低、维护能耗低的处理工艺。

（3）村镇缺乏污水处理专业人员，所选工艺应运行管理简单，维护方便。因此，在选择农村污水处理技术和模式时，应当切实考虑当地自然、经济、社会条件，因地制宜地采用投资省、能耗低、维护管理方便、处理效果好的工艺。

我国农村生活污水存在的主要问题是：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、难于收集以及集中排放的高额管网费用；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、难于集中处理，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。

1.2 我国农村污水处理的可行性与水环境保护

1.2.1 我国农村污水治理的可行性分析

我国农村污水具有以下特征:①农村受生活习惯的影响,污水中油腻物质含量较高,使有机污染物含量偏高;②农村已普及水冲厕所、小型的三格化粪池等设施,污水排放的城镇化特点比较显著;③农户的居住人口发生较大变化,体现在青年人外出务工现象普遍,外地务工人员在农村居住现象普遍,使污水产生量与居住人口不一致,污水流量的季节性变化特别显著。这些因素都影响到水处理工艺和设计参数的选择。

同时,由于我国农村人口众多,产生的废水量大大超过国外的农村;我国污水处理厂数量少,有的小城市还没有建设污水处理厂,因此运输的距离过长导致运输费用过高。因此,我们需要通过国外先进技术借鉴与创新,将农村污水治理技术与农村的经济发展和建设规划相结合,因地制宜地采用可行、可操作的适合于当地农村的污水处理技术和工艺方案,并制定农村污水处理技术标准、设计规范与操作指南,为今后的污水处理提供样板和操作规程。

1.2.2 我国农村的水环境保护目标

1.2.2.1 我国农村的水环境保护目标

由于我国农村生活污水治理的基础比较薄弱,污水处理工作处于起步阶段,为了有利于加速新农村建设步伐,有序、规范化地推进分散型农村污水处理设施的建设和保证处理效果,使河网水质有明显的好转,制定我国农村水环境保护目标很有必要。

根据我国污水综合排放标准的相关规定,通常选用一般水域的第二类污染物中的SS、 BOD_5 、 COD_{Cr} 、 NH_3-N 、TP(以P计)。建议参照城镇二级污水处理厂的排放标准执行,以实现以下两个阶段的目标。

远期目标:防治水污染,保护区域性河流与河网水质,保障人体健康,维护良好的生态系统,使分散型农村污水处理出水接纳河流的水质,在多数时段和河段达到国家地表水Ⅲ类水质标准。

近期目标:优先截流河道沿岸村庄生活污水不经处理直接入河,以防止河流严重污染、水质变黑变臭,使分散型农村污水处理出水接纳河流的水质,在多数时段和河段达到国家地表水Ⅳ类水标准。

1.2.2.2 课题研究设置的保护目标

课题研究的边界只局限在分散型农村污水处理技术上,故有必要设置分散型农村污水

处理技术的保护目标。保护目标仍然采用分两步走的方式,分阶段逐步地完成:近期目标是实现城镇污水处理厂污染物排放标准(GB 18918—2002)的一级 B 标准,同时,进一步完善适应我国分散型农村污水处理的技术路线、处理工艺、技术组合与集成以及相关的工程设计参数;远期目标是实现城镇污水处理厂污染物排放标准(GB 18918—2002)的一级 A 标准,有数套适用不同场地条件与水质类型的技术集成(或组合)的处理工艺。

1.2.3 我国农村污水处理出水排放标准和执行的法律依据

1.2.3.1 排放标准

因地方排放标准严于国家城镇污水处理厂的排放标准,选择地方标准有利于加快河道水质的改善。例如,上海农村污水处理出水的排放标准仍分成两个阶段。远期目标:分散型农村污水处理设施的处理出水水质执行上海市污水综合排放标准(DB 31/199—1997)的一级标准或二级标准,即 SS 为 20~30 mg/L、BOD₅ 为 20~30 mg/L、COD_{Cr} 为 60 mg/L、NH₃-N 为 10~15 mg/L、PO₄³⁻-P 为 0.5~1.0 mg/L。近期目标:分散型农村污水处理设施的处理出水水质执行上海市污水综合排放标准(DB 31/199—1997)的三级标准,即 SS 为 70 mg/L、BOD₅ 为 50 mg/L、COD_{Cr} 为 100 mg/L、NH₃-N 为 25 mg/L、PO₄³⁻-P 为 1.0 mg/L。

1.2.3.2 农村污水治理遵循的主要法律依据

主要包括以下几步法律法规:①《中华人民共和国环境保护法》;②《中华人民共和国水污染防治法》;③《中华人民共和国地表水环境质量标准》(GB 3838—2002);④《中华人民共和国城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002);⑤《中华人民共和国畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001);⑥《中华人民共和国农田灌溉水质标准》(GB 5084—92);⑦《城市污水处理及污染防治技术政策》(2005-05-29 实施,建设部、国家环境保护总局、科学技术部联合发布);⑧《湖库富营养化防治技术政策》(2004-05-10 实施,国家环境保护总局发布);⑨《畜禽养殖业污染防治技术规范》(2002-04-01 实施,国家环境保护总局发布)。