



农村生活 污水处理工艺与技术应用

李灵娜◎著

延边大学出版社

农村生活 污水处理工艺与技术应用

李灵娜◎著

延边大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

农村生活污水处理工艺与技术应用 / 李灵娜著. --

延吉: 延边大学出版社, 2019.5

ISBN 978-7-5688-6900-3

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第103130号

农村生活污水处理工艺与技术应用

著 者: 李灵娜

责任编辑: 施春艳

封面设计: 吴 倩

出版发行: 延边大学出版社

社 址: 吉林省延吉市公园路977号

邮 编: 133002

网 址: <http://www.ydcbs.com>

E-mail: ydcbs@ydcbs.com

电 话: 0433-2732435

传 真: 0433-2732434

制 作: 山东延大兴业文化传媒有限责任公司

印 刷: 北京建宏印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/32

印 张: 7.25

字 数: 171千字

版 次: 2019年5月第1版

印 次: 2019年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5688-6900-3

定价: 40.00元

前言

水是地球上最重要、分布最广泛的物质之一,是人类社会赖以生存和发展的自然资源,是参与生命形成和生命活动,也是地表物质能量转化的重要因素。随着我国经济、社会的快速发展和城市化进程的不断推进,各种新的环境问题不断出现,各种生活、生产污染物、重金属等物质排入水体,导致水体物理、化学、生物特征的改变,从而造成水质恶化和水体污染,影响水的有效利用,同时对生态环境或人体健康造成危害。水体污染问题严重影响着社会经济活动及人们正常生活的开展。

近年来,由于土地退化、资源过度开发等因素的影响,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。农村生活污水面广、量大,已逐渐成为一些地区主要的面源污染,严重制约着农村地区居民生活质量的改善和生活品质的提高。农村水污染与农村自然环境和经济条件密切相关,农村水污染控制技术政策的选择与设计必须

综合考虑技术、经济、社会和环境效应。而目前全国农村生活污水治理思想观念淡薄、基础设施差、处理技术少的状况却日益凸显,严重制约着城乡一体化的进程,农村生活污水治理问题已经刻不容缓。

本书主要介绍了农村污水处理的基础知识、处理工艺及技术等方面的内容,从几种常见的农村生活污水治理系统着手,对污水处理的相关知识进行陈述。我国农村污水处理和环境治理问题任重道远,本书旨在能进一步普及对农村污水处理技术及污水处理重要性的认识,提高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,引起广大人民群众的重视和参与,为改变农村生活污水的处理现状、改善农村生态环境、促进农村经济和社会的可持续发展做出贡献。本书简明扼要,通俗易懂,强调社会性和实用性的同时,立足于科学性和专业性,对生态环境保护及水资源利用等相关专业的师生及学者能够提供一定的帮助。

目 录

第一章 农村生活污水的基础知识	001
第一节 农村生活污水的概念	004
第二节 农村生活污水的水质	009
第三节 农村生活污水的收集	015
第四节 农村生活污水的排放	019
第二章 农村生活污水处理技术模式	025
第一节 农村生活污水处理技术特点	025
第二节 农村生活污水处理技术模式分析	048
第三节 国外生活污水治理模式	063
第四节 国内生活污水治理模式	071
第三章 农村生活污水人工湿地处理技术	077
第一节 人工湿地处理技术的发展历史	078
第二节 人工湿地处理技术的原理	081
第三节 人工湿地处理技术的优缺点	085
第四节 人工湿地处理技术的组成	087
第五节 人工湿地处理工艺与技术应用	115

第四章 农村生活污水土地处理技术	133
第一节 污水土地处理技术的发展历史	133
第二节 污水土地处理技术的原理	136
第三节 污水土地处理技术的优缺点	139
第四节 污水土地处理技术的组成	142
第五节 污水土地处理工艺与技术应用	143
第五章 农村生活污水微动力处理技术	175
第一节 微动力处理技术的发展历史	175
第二节 微动力处理技术的原理	178
第三节 微动力处理技术的优缺点	182
第四节 微动力处理技术的组成	186
第五节 微动力处理工艺与技术应用	187
第六章 农村生活污水处理的评价与发展	205
第一节 农村生活污水处理技术的评价	205
第二节 农村生活污水的防治策略与发展对策	209
第三节 农村生活污水处理利用管理控制与发展方向	215
参考文献	225

第一章 农村生活污水的基础知识

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。在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。

目前,农村生活污水的无序排放,未经处理、利用的粪便和各种污水严重污染了土壤、地表水和地下水,成为农村环境的重要污染源,这种情况造成了农村河道水体变黑变臭、鱼虾绝迹、蚊蝇滋生的现象,使群众的身体健康受到极大威胁,农村生活污水治理已经迫在眉睫。

按照“十三五”规划,到2020年环境综合整治建制村数量从7.8万个上升到20.8万个,复合增长率22%。到2020年,新增完成环境综合整治的建制村13万个,占目前建制村总数的22.2%,即农村污水处理率将从2014年的10%提升至2020年的33.6%,对应“十三五”期间23%的复合增长。

加上乡村振兴计划出台,污水处理成为农村亟需破解的难题,势必刺激农村污水治理需求的增长,据E20研究院测算,从2018年起,后“十三五”期间村镇污水处理市场剩余空间超过1200亿元。

只是当前农村污水治理在标准、资金、模式、技术、运维、人才等方面存在诸多问题,而最重要的是资金不足问题。尤其是完整有序的政府管理体系匮乏,已经成为农村水治理最大的阻碍。具体来看,目前政府管理体制并未将农村污水处理系统的多个环节和多种功能按照不同政府部门的职能进行有机结合,各政府部门之间互相踢皮球,使得农村污水治理工作同时存在条块分割、组织不力、监管缺位等现象。而且尽管农村生活污水治理工程采用PPP模式有较强的政策支持,甚至有些地方性规定,污水项目必须采用PPP模式,但是从根本上PPP的立法尚未完成,农村生活污水治理是采用政府购买服务还是PPP模式,没有最根本的法律支撑。所以农村污水治理一定要考虑农村财力薄弱、农民经济承受能力偏低的实际情况,在技术选择上,不能追热点,哪个技术热就用哪个;也不能唯效果论,片面追求高标准、高目标,而是要因地制宜,综合区域生态现状、目标以及技术与经济等多方因素,否则就会造成资金浪费,治理效果也适得其反。

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。目前我国农村水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。

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。

第一节 农村生活污水的概念

一、农村生活污水的定义

水污染是指由有害化学物质造成水的使用价值降低或丧失,污染环境的水。农村污水的定义有广义和狭义之分,广义的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;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。

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,因此这里所说的农村污水,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在农村生产废水。

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。

由于农村与城市化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。一方面,因为生活污水组成成分较复杂,含有大量的有机物、无机物、微生物、病原体等物质,其中又富含氮和磷;另一方面,

因为洗浴、抽水马桶、洗衣机等纷纷进入农村家庭,使得农村生活污水排放速度大大快于河流的自净能力,因此,农村生活污水大量排入河流导致其水体富营养化,极大地破坏了河流生态系统。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,各地农村生活污水的水质水量也相差较大。^①

农村水污染物排放量占全国水污染物排放量50%以上,根据前瞻产业研究院发布的《2017~2022年中国农村污水处理行业发展前景预测与投资战略规划分析报告》显示:2016年我国农村污水排放量达到202万吨,2010~2016年复合增速超过10%,预测到2020年可达到近300万吨,由此可见农村污水排放量体量惊人。

二、我国农村生活污水的特点

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。

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。

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

^①尹莘莘.农村生活污水治理现状及对策[J].北方经贸,2017(6):54-55.

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厕所，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。

三、农村居民生活用水量和排水量

农村居民生活用水量受生活条件状况（给排水系统、卫浴器具完善程度等）、生活习惯、节气等因素直接影响。

（一）用水量

依据农村条件（给排水系统、卫生器具完善程度、水资源条件等）不同，生活用水量有所不同。农户用水量存在南北、东西差异，南方人均用水量要高于北方，东部要高于西部。此外，当地地表水丰富程度，也对用水量有很大影响。同时，当地社会经济也是影响用水量的重要因素，如经济发达地区较经济欠发达地区用水量大，洗浴习惯也对用水量影响较大。

在高原、干旱地区,农村生活用水量很小,每人每天用水量仅在20L左右。另外,农村户内养殖的农户污水水质较一般农户污染浓度要高得多。农村基础设施建设的完备程度也影响用水量及排水的收集,自来水用户用水量较大,使用水冲厕所较多的地区用水量较大。

近年来,随着新农村建设的推进,农民生活水平日益提高,部分发达地区农村的用水量已接近城市居民用水量,因此,在确定用水量时,可参考表1-1,在调查当地居民的用水现状、生活习惯、经济条件、发展潜力等情况的基础上酌情确定。

表1-1 农村居民日用水量参考值

农村居民类型	用水量(L/人·天)	
	南方	北方
经济条件很好,有独立淋浴、水冲厕所、洗衣机,旅游区	120~200	100~150
经济条件好,室内卫生设施较齐全,旅游区	90~130	40~80
经济条件较好,卫生设施较齐全	80~100	30~50
经济条件一般,有简单卫生设施	60~90	20~40
无水冲式厕所和淋浴设备,无自来水	40~70	10~30

(二)排水量

农村地区基础设施比较落后,排水管网不健全,因此,生活污水自然排放、蒸发与下渗的损失量较大,其排放量占总用水量的比例普遍低于城市,大部分在50%左右;在一些管网完善的富裕农村地区,污水排放量占用水量的比例与城市接近,达到80%。

考虑农村用排水现状习惯,并参考目前已发布的各类相关

规范、指南等技术指导文件,这里提出农村生活污水排放量应按生活用水量的50%~80%计算。农村生活用水量应结合当地居民的用水现状、生活习惯、经济条件等情况酌情确定。有计量条件的应采用实际计量水量;无计量条件的可参考表1-2进行估算。

表1-2 农村居民日排水量参考值

类型	生活污水(L/人·天)	
	南方	北方
村庄(人口≤5000人)	50~120	30~80
城镇(人口5000~30000人)	80~170	70~130

第二节 农村生活污水的水质

一、主要污染物指标

1. 生物化学需氧量(biochemical oxygen demand, BOD)

在有氧条件下,当温度为20℃时,由于微生物(主要是细菌)的生活活动,使可降解的有机物氧化达到稳定状态所需的氧量(以mg/L为单位),称为生物化学需氧量。水温对生物氧化反应速度有很大影响,一般以20℃为标准。生物化学需氧量代表了可生物降解的有机物的数量,这一指标一般用来表示污水及水体被有机物污染的程度。

2. 化学需氧量(chemical oxygen demand, COD)

化学需氧量在一定条件下,水中各种有机物与外加强氧化

剂作用,最终将有机物氧化成 CO_2 与 H_2O 所消耗的氧量(以 mg/L 计)。常用的氧化剂是重铬酸钾和高锰酸钾。以高锰酸钾作氧化剂时,测得的值称 COD_{Mn} ;以重铬酸钾作氧化剂时,测得的值称 COD_{Cr} 或简写为 COD 。

3. 总有机碳

有机物都含碳,通过测定废水中的总含碳量可以表示有机物含量:总有机碳的测定方法是向含氧量已知的氧气流中注入定量水样,并将其送入以铂为触媒的燃烧管中,在 900°C 高温下燃烧,用红外气体分析仪记录 CO_2 的数量并折合成含碳量即等于总有机碳(TOC)值。为排除无机碳酸盐的干扰,应先将水样酸化,再通过压缩空气吹脱水中的碳酸盐。TOC的测定时间仅需几分钟。TOC最宜用于表示污水中微量有机物。

4. 固体物质

固体物质的组成包括有机物质(又称为挥发性固体)和无机物质(又称固定性固体)。固体物质又可分为悬浮固体(suspended solids, SS)和溶解固体(dissolved solids, DS)两类,二者在组成上又都包含挥发性固体和固定性固体两种。

悬浮固体(或叫悬浮物)中,颗粒直径为 $0.1 \sim 1.0\mu\text{m}$ 者称为细分散悬浮固体;颗粒直径大于 $1.0\mu\text{m}$ 者称为粗分散悬浮固体。悬浮固体是水样用滤纸过滤后,被滤纸截留的滤渣,在 $103^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重所得的固体量;溶解固体是水样过滤后滤过液蒸干的残余固体量。悬浮固体中,有一部分可在沉淀池中沉淀,形成沉淀污泥,称为可沉淀固体。溶解固体含量与悬浮固体含量两者之和即为总固体量(total solids, TS)。

悬浮固体(SS)是污水的一项重要水质指标,原污水中的