



农村生活污水 分散式处理技术及应用

蒋克彬 彭 松 张小海 李久义 主编

中国建筑工业出版社

农村生活污水分散式 处理技术及应用

蒋克彬 彭 松 张小海 李久义 主编

中国建筑工程出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农村生活污水分散式处理技术及应用/蒋克彬等主编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2009
ISBN 978-7-112-11234-0

I. 农… II. 蒋… III. 农村-污水处理 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 151598 号

农村生活污水分散式处理技术及应用

蒋克彬 彭松 张小海 李久义 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 印张: 10 1/8 字数: 290 千字

2009 年 10 月第一版 2009 年 10 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-11234-0

(18506)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书根据目前成熟的污水处理技术、工程实例、分散式处理示范工程汇总而成，主要包括以下内容：农村水环境现状；农村生活污水基本情况与控制对策；国外有关农村分散式治污措施介绍；净化槽技术；厕所与改厕；沼气处理技术；污水土地处理；稳定塘；人工湿地；生物膜法；SBR 工艺及其案例；氧化沟；农村生活污水分散式治理技术的应用。书中提到的技术涵盖了目前分散式处理技术的大部分内容，有的已经在农村的生活污水方面得到应用和推广。

本书主要以从事农村污水分散式处理技术的工程技术人员以及爱好者为对象，可以作为农村生活污水分散式处理技术的培训读物，也可以供环保工程技术人员、农村基层干部、高等院校的老师与学生参考。

* * *

责任编辑：张文胜 姚荣华

责任设计：赵明霞

责任校对：刘 钰 关 健

前 言

农村水环境既是农村大地的脉管系统，对雨洪旱涝起着调节作用，又是农业生产和农民生活的生命之源。然而，近10年来，我国农村水资源污染越来越严重，水环境状况越来越恶化，大部分农村的水源中重金属、氨氮、总磷、化学耗氧量、大肠杆菌、阴离子表面活性剂等指标均存在不同程度的超标。在农村大部分集镇均可见到周边河流被污染的现象，这不仅造成粮食减产，而且使我国广大农村地区的基本饮用水安全得不到保障。据调查，我国人群患病的88%、死亡的33%都与生活用水不洁直接相关。农村水环境的恶化，不但直接影响到工农业生产的经济效益，也不利于经济发展和社会稳定。

现阶段，农村地区生活污水的处理率低，绝大部分生活污水未经处理直接排放。国内对农村生活污水的治理随着三河、三湖污染的加重才刚刚兴起，但农村治理工程较少，很多处理技术也仅仅处在示范研究阶段。目前农村生活污水的治理存在一个较大的难点，即基建投资以及运行费用较大，农村经济实力以及技术力量很难满足常规城市生活污水处理厂技术要求等。因此，急需开发高效、低能耗、低成本的污水资源化技术，引进适合我国国情的国外发达国家的先进技术与工艺，解决农村生活污水污染问题。

目前，我国采用的小型生活污水处理工艺主要有：化粪池、沼气发酵技术、稳定塘、污水的土地处理、人工湿地、生物膜法、活性污泥、氧化沟以及其上述各种工艺的组合。化粪池能够降低SS的70%~75%和 BOD_5 的30%~35%，但是无法达标排放。农村养殖业的发展促进了沼气池的建设，沼气池产生的

沼液、沼渣可以作为有机肥综合利用；沼肥能改良土壤，防治或抑制农作物病虫害的发生，沼液可用来浸种和根外施肥；如果管理得当，沼气发酵技术是当前农村小型生活污水处理的切实可行的技术之一。利用稳定塘处理污水可以充分利用地形，节约资金，并能够实现污水的资源化，但是稳定塘占地面积大，处理效果易受气候影响，所以很难普及。污水土地处理系统有慢速渗滤、快速渗滤、地表漫流、地下渗滤等形式，经常和氧化沟结合起来使用，可充分利用自然条件，结构简单、费用低，对广大农村和小城镇地区很适用。湿地工艺灵活高效，是目前分散式处理措施常用的技术。活性污泥法和生物膜法工艺是使用最为广泛的小型生活污水处理工艺，具有运行安全可靠、投资省、施工安装方便、建设工期短、操作管理方便等特点。该类工艺主要包括物理处理、生物处理、消毒三大部分，其中物理处理工艺起到预处理作用，通常采用格栅、沉淀等工艺；生物处理部分是主要的处理工艺，采用生物滤池、生物接触氧化法和活性污泥法等工艺；后处理一般是消毒后回用或排放。但在农村地区需要技术人员来管理与维护，日常操作很困难。因此，应根据农村地区的实际情况，包括经济发展、农民的文化素质、地区的气候条件以及各种资源可利用情况，来选择合适的处理工艺，同时，对于示范工程和处理工艺，应借鉴国内外先进的管理经验进行推广、完善并制度化。

本书包括以下 12 个方面的内容：农村水环境现状；国外农村生活污水治理措施与应用；净化槽；厕所与改厕；厌氧净化技术与沼气；污水土地处理系统；稳定塘；人工湿地处理系统；生物膜法；SBR 工艺；氧化沟；农村生活污水分散式治理技术的应用。书中提到的技术涵盖了目前分散式处理技术的大部分内容，有的技术已经在农村的生活污水方面得到应用和推广。

本书根据目前成熟的处理技术、工程实例、分散式处理示范工程编写而成，书中引用了公开发表的有关生活污水处理技术论文和有关书籍中的部分内容，在此编者向作者们表示感谢。

本书由蒋克彬编写第三章、第五章、第六章、第八章、第十章、第十二章；彭松编写第一章、第二章；张小海编写第四章、第七章；由北京交通大学的李久义副教授编写第九章、第十一章；全书由蒋克彬统稿。在本书编写中得到了宿迁市清源环境科学研究所的大力支持。

本书主要以从事农村污水分散式处理技术的工程技术人员以及爱好者为读者对象，可以作为生活污水分散式处理技术的培训教材，也可以供环保界工程治理技术推广人员、管理人员、高等院校的学生参考。

由于编者水平有限，书中有不妥之处，敬请读者批评斧正。

编者

目 录

第一章 农村水环境现状	1
第一节 我国农村水环境污染状况	1
一、全国水环境质量	1
二、农村水环境	2
第二节 农村生活污水基本情况	4
一、基本特征	4
二、农村生活污水的处理现状	6
三、农村生活污水治理工艺选择原则	6
第三节 农村生活污水的防治策略、技术措施 以及需要注意的问题	8
一、农村生活污水的防治策略	8
二、技术措施	9
三、分散型污水处理系统的普及与发展措施	12
四、实施农村水环境改善工程需要注意的问题	12
第二章 国外农村生活污水治理措施与应用	15
第一节 国外农村生活污水的治理措施介绍	16
一、澳大利亚“FILTER”污水处理系统	16
二、韩国的湿地污水处理系统	18
三、日本农村生活污水处理系统	19
四、美国的高效藻类塘系统	21
五、荷兰的一体化氧化沟	22
六、法国的蚯蚓生态滤池	23
七、“LIVING MACHINE”生态处理系统	25
八、其他	27

第二节	启示	27
一、	学习与借鉴国外先进技术的同时需要创新	28
二、	治理技术应与农村的经济发展和建设规划相结合	28
三、	制定农村污水分散处理技术标准、设计规范与操作指南	28
第三章	净化槽	30
第一节	概述	30
一、	净化槽使用人口的变化趋势	30
二、	净化槽技术在日本的发展历史及现状	30
三、	净化槽的分类与工艺原理	33
第二节	与净化槽相关的法律、法规体系与制度	36
一、	与净化槽相关的法律	36
二、	净化槽技术标准体系	36
三、	认证体系	37
四、	净化槽性能评价制度	38
五、	补贴制度	38
第三节	净化槽的维护管理	39
一、	净化槽的清扫与污泥处理	39
二、	净化槽的法定检查	40
第四节	几种新型的生物反应器	41
一、	生物膜滤池	41
二、	填料流动床	41
三、	生物滤床流动池	42
四、	膜反应器	42
五、	具有除磷功能的净化槽	43
第五节	启示与净化槽在我国的应用前景	43
一、	启示	43
二、	净化槽在我国的应用与前景展望	44
第四章	厕所与改厕	47

第一节	三格化粪池	47
一、	三格化粪池的原理	47
二、	三格化粪池的结构	48
三、	三格化粪池容积的计算方法	49
四、	施工要求与方法	49
五、	三格化粪池厕所的启用和使用	51
六、	其他形式的厕所	52
第二节	集成式生物化粪池	55
第三节	农村改厕	56
一、	改厕的意义	56
二、	改厕的模式及要求	58
第五章	厌氧净化技术与沼气	60
第一节	厌氧生物处理工艺的发展概况及特征	60
一、	厌氧生物处理工艺的发展过程	60
二、	厌氧生物处理的主要特征与应用	61
第二节	早期的厌氧生物反应器	63
第三节	厌氧消化池	64
一、	消化池的类型与构造	64
二、	消化池的设计计算	67
第四节	高速厌氧生物反应器	68
一、	厌氧接触法	68
二、	厌氧生物滤池	71
第五节	农村生活污水沼气净化技术	75
一、	典型的农村沼气模式	75
二、	沼气池建造技术	77
三、	沼气池的施工技术	92
第六节	沼气池的效果评价与造价估算	98
一、	沼气池与普通化粪池的比较	98
二、	沼气的效益分析	98
三、	沼气池的废水处理效果	99

四、沼气池造价	99
第七节 沼气工程产业化措施	100
一、存在的问题	100
二、对策	101
第六章 污水土地处理系统	104
第一节 土地处理系统分类	104
第二节 土地处理系统水质净化的原理	116
第三节 土地处理系统工艺设计参数与要求	117
一、地表漫流	117
二、设计要求	123
三、快速渗滤	126
四、慢速渗滤	133
五、地下渗滤系统	135
第四节 土地处理工艺处理生活污水案例	138
一、土壤毛细管渗滤	138
二、污水绿地利用型土壤毛细管渗滤沟的设计	139
三、生活污水土壤毛细管渗滤的处理与回用	142
第七章 稳定塘	147
第一节 稳定塘的特点、类型	147
一、特点	147
二、类型	147
第二节 稳定塘介绍	149
一、厌氧塘	149
二、兼性塘	153
三、好氧塘	155
四、曝气塘	158
第三节 稳定塘塘体设计要求与附属设施	159
一、稳定塘的塘体设计要求	159
二、稳定塘的附属设施	160
第四节 氧化塘应用实例	161

一、国外情况	161
二、国内典型的稳定塘	161
三、氧化塘设计实例	165
第八章 人工湿地处理系统	168
第一节 人工湿地的分类	168
第二节 人工湿地的基本构造	171
第三节 人工湿地的基本特点	178
第四节 人工湿地场地系统工艺与技术参数	180
一、自由水面人工构筑湿地	180
二、地下潜流型人工湿地	182
三、人工湿地构筑要求与运行管理	183
第五节 人工湿地技术的发展与应用	187
一、人工湿地技术的发展	187
二、国外人工湿地工程的应用	188
三、人工湿地在我国的发展	191
四、其他应用实例介绍	192
第六节 人工湿地设计实例	197
一、芦苇湿地处理工艺	197
二、垂直潜流生态湿地处理小区污水	201
第九章 生物膜法	207
第一节 基本原理	207
第二节 生物滤池	209
一、构造	209
二、生物过滤法的基本流程与分类	214
三、影响生物滤池性能的主要因素	216
四、生物滤池系统设计计算	218
五、塔式生物滤池	219
第三节 生物转盘	221
一、生物转盘的构造与原理	221
二、生物转盘的优缺点	222

三、生物转盘的设计计算	223
第四节 其他形式的生物膜法处理设备	226
一、生物接触氧化	227
二、生物流化床	228
三、曝气生物滤池	231
第五节 生物接触氧化工艺案例	237
第十章 SBR 工艺	240
第一节 SBR 工艺概述	240
一、工艺流程	240
二、SBR 工艺主要性能特点	241
三、工艺设计方法	242
四、曝气设备	246
五、滗水设备	247
第二节 各种改进型 SBR 技术	250
一、ICEAS	250
二、CASS	251
三、DAT-IAT	252
四、UNITANK	252
五、MSBR	253
六、小型一体化设备	253
第三节 设计案例	254
一、SBR 工艺	254
二、CASS 工艺案例	256
第十一章 氧化沟	260
第一节 氧化沟活性污泥法工艺的特点及现状	260
一、氧化沟技术的发展	260
二、氧化沟工艺的主要特点	262
三、氧化沟的主要工艺形式介绍	263
四、预处理的选择	266
第二节 氧化沟工艺典型工程实例	267

第三节 氧化沟主要设计参数	269
一、基本设计参数	269
二、氧化沟反应池容积设计与需考虑的因素	269
三、需氧量 (AOR) 计算	270
四、剩余污泥量计算	272
五、曝气设备的选择	272
六、检测和控制	273
七、运行与维护	273
第十二章 农村生活污水分散式治理技术的应用	277
第一节 污水厌氧发酵—人工湿地处理技术	277
一、污水厌氧发酵技术介绍	277
二、厌氧发酵 (沼气) —人工湿地技术	279
三、厌氧发酵—人工湿地处理工艺设计	281
四、设计需要注意的问题	284
五、计算实例	288
六、厌氧发酵 + 人工湿地工艺工程实例	291
第二节 多工艺组合处理技术的应用与 示范工程	291
一、多工艺组合处理技术	291
二、工程建设与维护管理要求	296
三、工程应用实例	298
四、其他分散式处理技术	305
五、各种示范工程工艺设计参数汇总	306

第一章 农村水环境现状

第一节 我国农村水环境污染状况

一、全国水环境质量

根据《2008 年中国环境状况公报》，全国水系除西北诸河水质为优，西南诸河水质良好外，浙闽区河流水质为轻度污染，七大水系水质总体为中度污染，湖泊（水库）富营养化问题突出，整体来说全国地表水污染仍较为严重。

1. 河流

2008 年，长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河七大水系水质总体与 2007 年持平。200 条河流 409 个断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 55.0%、24.2% 和 20.8%。其中，珠江、长江水质总体良好，松花江为轻度污染，黄河、淮河、辽河为中度污染，海河为重度污染。

长江水系水质总体良好。104 个地表水国控监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 85.6%、6.7%、1.9% 和 5.8%，主要污染指标为氨氮、石油类和五日生化需氧量。

长江干流水质总体为优，与 2007 年相比，水质无明显变化。

长江支流水质总体良好，与 2007 年相比，水质无明显变化。长江十大支流中，岷江、沱江、嘉陵江、乌江、沅江和汉江水质为优；雅砻江、大渡河、湘江和赣江水质良好。但岷江眉山市段、赣江南昌市段为轻度污染，污染指标为氨氮。图 1-1 给出了七大水系水质类别比例。

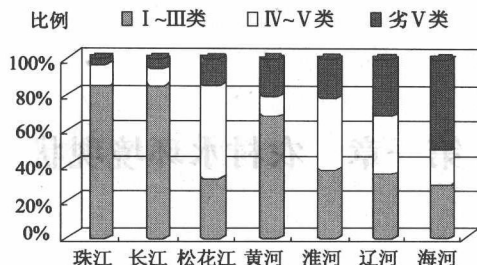


图 1-1 七大水系水质类别比例

2. 省界河段

省界河段水质良好。20 个断面中，I ~ III类、IV ~ V类和劣V类水质的断面比例分别为 85.0%、10.0% 和 5.0%。与 2007 年相比，水质无明显变化。污染最严重的断面为位于滁州皖—苏交界的滁河汭河断面，其水质为劣V类，主要污染指标是氨氮、高锰酸盐指数和五日生化需氧量。

二、农村水环境

1. 农村水环境基本状况

农村水环境是分布在农村的河流、湖沼、沟渠、池塘、水库等地表水体、土壤水和地下水体的总称。水环境既是农村地区的脉管系统，也是全国水环境的重要组成部分，既对雨洪旱涝起着调节作用，又是农业生产和农民生活饮用的生命之源。

我国是一个人口众多的农业大国，水资源严重短缺，人均水资源占有量仅为 2400m^3 ，约为世界人均占有量的 $1/4$ ，全国有乡镇 41360 多个，农村人口达 92000 多万人。近年来，我国农村水资源污染越来越严重，水环境状况越来越恶化，大部分农村的水源中，化学耗氧量、氨氮、总磷、大肠杆菌、阴离子表面活性剂、重金属等指标均存在不同程度的超标。在农村大部分集镇均能见到周边河流被污染的现象。“有河皆枯、有水皆污”这句话已成为我国农村环境污染最真实的写照。农村水体环境的污染不仅造成粮食减产，而且对农村饮水安全也构成威胁。目前我国广大农村地区达 3 亿多的农村人口的基本饮用水

安全得不到保障。据调查,我国农村人群患病的88%、死亡的33%都与生活用水不洁直接相关。

工业及城市污染向农村转移,乡镇企业布局不当、治理不够导致的工业污染很严重。农村地区点源污染与面源污染共存、生活污染与工业污染叠加、各种新旧污染与二次污染相互交织,导致了农村水环境的恶化,直接影响到工农业生产,危及群众健康与社会稳定,已成为我国农村经济社会可持续发展的制约因素。

2. 农村水环境恶化的原因

(1) 乡镇企业排放的污染物造成水环境污染

乡镇企业具有布局分散、规模小和经营粗放等特征,据统计,全国乡镇企业的废水年排放量达30亿t,化学需氧量排放300万t,固体废物排放量达3000万t,严重污染了农村的水环境。直到今天,有的地方还存在乡镇企业直接排放大量未经处理的废水情况。许多乡镇企业(主要集中在造纸、印染、电镀、化工、冶炼、矿产、机械加工、建材等)生产过程中产生的废水未经处理直接排向河沟、水库和农田,大量杂乱堆放的工业固体废物、生活垃圾又对地表水和地下水产生了二次污染。近年来,由于国家产业政策的调整和升级,许多水污染严重的企业从城市转移到郊区或小城镇,一些电子、机械废旧垃圾性物品也转移到农村。目前,农村工业污染已使全国20万平方公里的耕地遭到严重破坏,进一步加剧了农村水环境的污染。

(2) 化肥、农药的大量不合理使用造成水环境污染

一是由于农业生产中有机肥料施用的大幅度减少,氮、磷、钾肥的不合理使用和化肥使用的快速增长造成污染水体环境。二是由于农村每年不仅大量地使用农药,而且绝大部分直接向水体施药,致使这些农药大部分流失到土壤、水体和大气中。而大量的残留农药随降雨进入水体以及水土流失过程中土壤养分和有机质随泥沙一起被带入水环境,造成水环境污染。农村面源污染的特点是污染物种类多、数量大、分布广,面源