

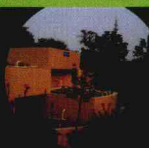
中国农村



生活污水处理

主 编 张齐生

江苏科学技术出版社



“十二五”国家重点图书出版规划精品项目

 江苏省金陵科技著作出版基金

中国农村



生活污水处理

主 编 张齐生

副 主 编 郑 正 周培国

编写人员 张齐生 郑 正 周培国

张文妍 吴光前 张继彪



 江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国农村生活污水处理/张齐生主编. —南京:
江苏科学技术出版社, 2013.1

ISBN 978-7-5345-8889-1

I. ①中… II. ①张… III. ①农村-生活污水-污水处理-研究-中国 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第247090号

中国农村生活污水处理

主 编 张齐生

责任编辑 张小平

责任校对 郝慧华

责任监制 刘 钧

插图绘制 徐香玲

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司

江苏科学技术出版社

出版社地址 南京市湖南路1号A楼,邮编:210009

出版社网址 <http://www.pspress.cn>

经 销 凤凰出版传媒股份有限公司

排 版 南京展望文化发展有限公司

印 刷 江苏凤凰盐城印刷有限公司

开 本 718 mm × 1 000mm 1/16

印 张 13.5

插 页 4

字 数 270 000

版 次 2013年1月第1版

印 次 2013年1月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-8889-1

定 价 128.00元(精)

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

致读者

社会主义的根本任务是发展生产力，而社会生产力的发展必须依靠科学技术。当今世界已进入新科技革命的时代，科学技术的进步已成为经济发展、社会进步和国家富强的决定因素，也是实现我国社会主义现代化的关键。

科技出版工作肩负着促进科技进步、推动科学技术转化为生产力的历史使命。为了更好地贯彻党中央提出的“把经济建设转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来”的战略决策，进一步落实中共江苏省委、江苏省人民政府作出的“科教兴省”的决定，江苏科学技术出版社于1988年倡议筹建江苏省科技著作出版基金。在江苏省人民政府、江苏省委宣传部、江苏省科学技术厅（原江苏省科学技术委员会）、江苏省新闻出版局负责同志和有关单位的大力支持下，经江苏省人民政府批准，由江苏省科学技术厅、凤凰出版传媒集团（原江苏省出版总社）和江苏科学技术出版社共同筹集，于1990年正式建立了“江苏省金陵科技著作出版基金”，用于资助自然科学范围内符合条件的优秀科技著作的出版。

我们希望江苏省金陵科技著作出版基金的持续运作，能为优秀科技著作在江苏省及时出版创造条件，并通过出版工作这一平台，落实“科教兴省”战略，充分发挥科学技术作为第一生产力的作用，为建设更高水平的全面小康社会、为江苏的“两个率先”宏伟目标早日实现，促进科技出版事业的发展，促进经济社会的进步与

繁荣做出贡献。建立出版基金是社会主义出版工作在改革发展中的发展机制和新的模式，期待得到各方面的热情扶持，更希望通过多种途径不断扩大。我们也将在实践中不断总结经验，使基金工作逐步完善，让更多优秀科技著作的出版能得到基金的支持和帮助。

这批获得江苏省金陵科技著作出版基金资助的科技著作，还得到了参加项目评审工作的专家、学者的大力支持。对他们的辛勤工作，在此一并表示衷心感谢！

江苏省金陵科技著作出版基金管理委员会

序

面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，党的十八大明确指出要把生态文明建设放在突出地位，融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程，努力建设美丽中国。同时提出要加强水源地保护和用水总量控制，推进水循环利用，建设节水型社会。

国土是生态文明建设的空间载体，农村拥有最大的国土面积。农村水环境的治理，对我国水环境的保护和利用、对农产品安全生产、对国民整体健康水平的提高，均有着重要的现实意义。

加快社会主义新农村建设是国家“十二五”规划的重要内容。农村生活污水处理是影响农村环境的重要因素，也是新农村建设中加强基础设施建设、推进村庄整治工作的重要内容。因此，加强农村生活污水收集、处理与资源化利用，确保农村饮用水水源的安全，是农村环境改善迫切需要解决的问题。

受地理条件、生活方式、经济发展等多方面因素的影响，农村生活污水处理一直是一道难题。我国农村人口数量大、居住分散，而且农村经济力量薄弱、管理水平低，因此农村生活污水处理不能沿用和

照搬大中型城市污水处理工艺,以免造成工程投资和运行费用过高,给工程建设和长期运行增加难度。我国对农村生活污水处理的研究起步较晚,且规模较小,但近几年涌现出一批结合农村实际情况而研究开发的农村生活污水处理及资源化利用新技术。随着全国农村环境连片整治工作的推进,社会主义新农村建设在全国陆续开展,农村污水处理工程也在全国各地快速推进。

《中国农村生活污水处理》一书在介绍作者团队多年来研究成果的同时,还系统收集整理了国内外农村生活污水处理的新技术,对每一项新技术的原理和应用实例,采用图文并茂的形式予以详细介绍,是一本理论紧密联系实际的优秀科技专著。污水处理,建设是基础,管理是关键。该书对我国农村生活污水处理方面的技术规范、标准、法规及政策进行了初步的探讨,可为管理部门提供借鉴。

该书具有较高的学术价值和重要的实际意义,定能为广大从事农村生活污水处理和新农村建设的科技工作者、管理干部提供技术支持和技术研发方面的参考,为推动农村环境污染的防治工作长期可持续发展提供指导,为建设美丽中国做出贡献。

张金鼎

2012年12月

(中国工程院院士,南京大学环境学院教授)

目 录

1. 农村水环境污染现状

1.1 农村水环境现状	1
1.2 农村水污染成因	7
1.2.1 工业污染	7
1.2.2 面源污染	8
1.2.3 畜禽养殖污染	10
1.2.4 生活污染	11
1.3 农村污水特点和水质指标	13
1.3.1 规模小且分散	13
1.3.2 地区差异大	14
1.3.3 水量和水质变化大	15
1.3.4 管理水平低	16
1.3.5 建设和运行资金短缺	16
1.3.6 适宜工艺少	16
1.3.7 水量水质指标	16
1.4 农村污水处理中存在的问题	19
1.4.1 基本资料缺失	19

1.4.2 工艺选择不当	19
1.4.3 运行维护资金短缺	20
1.4.4 相关政策和标准缺乏	20
1.4.5 管理技术水平低	20

2. 农村水污染治理的意义

2.1 国家政策	22
2.2 重点流域治理与农村污水防治	24
2.2.1 太湖流域	24
2.2.2 巢湖流域	27
2.2.3 滇池流域	29
2.3 意义	32

3. 农村生活污水处理模式与技术

3.1 处理模式	33
3.1.1 集中布置模式	34
3.1.2 分散布置模式	34
3.1.3 管网截污模式	35
3.1.4 工艺选择的原则	35
3.2 处理技术	37
3.2.1 人工湿地	37
3.2.2 土地处理技术	44
3.2.3 序批式活性污泥技术	51
3.2.4 稳定塘	59
3.2.5 塔式蚯蚓生态滤池	63
3.2.6 高效微生物—改性竹炭技术	67
3.2.7 生物接触氧化技术	75
3.2.8 生物滤池	85

3.2.9 厌氧沼气池	97
3.2.10 净化槽	107
3.2.11 膜生物反应器技术	117
3.2.12 组合技术	121
3.3 排放标准	143
3.4 工程运行管理	146
3.4.1 现状与问题	146
3.4.2 运行管理模式探讨	147

4. 农村污水的资源化利用技术

4.1 农村污水农业灌溉技术	150
4.1.1 概述	150
4.1.2 污水灌溉的国内外发展历史	151
4.1.3 污水灌溉的利弊分析	152
4.1.4 开展污水灌溉需要注意的问题	155
4.1.5 国内外污水灌溉的水质标准问题探讨	156
4.1.6 再生水农业灌溉	162
4.2 农村污水的厌氧产沼资源化技术	165
4.2.1 “一池三改”技术要点	166
4.2.2 国内“一池三改”推广现状和经济社会效益分析	167
4.2.3 “一池三改”技术对于改善农村地区水环境的意义	168

5. 国内外农村污水处理现状

5.1 国外农村污水处理现状	169
5.1.1 国外农村污染防控体系	169
5.1.2 国外农村污水处理技术	172
5.2 国内农村生活污水处理现状	175
5.2.1 太湖流域农村生活污水处理现状	175

5.2.2	三峡库区及四川地区农村生活污水处理现状	180
5.2.3	滇池流域农村生活污水处理现状	181
5.2.4	海河流域农村生活污水处理现状	182
5.2.5	珠江流域及我国南部地区农村生活污水处理现状	185

6. 农村水污染防治建议

6.1	配套完善政策规划	186
6.2	强化工程管理	192
6.3	落实资金来源	192
6.4	加快污染治理	194
6.5	加强宣传教育	197

参考文献		199
------	-------	-----

后 记		205
-----	-------	-----

1 农村水环境污染现状

1.1 农村水环境现状

多年来,我国城市的环境保护工作受到了人们的普遍关注,并得到各级政府主管部门的重视,城市环境有了明显改善。但随着农村城镇化的加速和农村居民生活水平的日益提高,农村环境也出现了污染加剧的趋势,而农村的环境治理却没有引起足够的重视。农村水环境的治理,对我国水资源的保护和利用、对农产品的安全生产、对国民整体健康水平的提高,均有着重要的现实意义。

我国是一个干旱、缺水严重的国家,素有“十年九旱”之说。据史料记载,在过去的2 200多年中,发生大的旱灾就达1 300次之多。2000~2009年我国旱灾的有关统计数据见表1-1(引自《2006中国水旱灾害公报》及《2010中国统计年鉴》)。2010年,云南、广西、贵州、四川、重庆5省(区、市)发生大干旱,造成饮水困难人数达2 212万人,耕地受旱面积 $7\,400 \times 10^3 \text{ hm}^2$,部分地区干旱持续近5个月,仅云南省损失就已超过170亿元。2011年初,河北、山西、江苏、安徽、山东、河南、陕西、甘肃8省冬小麦受旱面积达 $6\,745.3 \times 10^3 \text{ hm}^2$,其中严重受旱面积 $1\,220.7 \times 10^3 \text{ hm}^2$ (图1-1)。

我国水资源人均占有量只有 $2\,300 \text{ m}^3$ 左右,约为世界人均水量的1/4。我国水资源不仅人均占有量少,而且水资源分布极不均匀,长江以北水系流域面积占国土面积的63.5%,水资源却仅占全国的19%。水利部水资源调查评价成果表明,近年来,我国北方地区水资源量明显减少,其中,黄河、淮河、海河和辽河流域最为显著,地表水资源量减少17%,水资源总量减少12%;尤其是海河流域,地表水资源量减少41%,水资源总量减少25%。

表 1-1 2000~2009 年中国旱灾统计

年份	受灾面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$)	成灾面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$)	绝收面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$)	粮食损失 ($\times 10^8 \text{ kg}$)	饮水困难人口 (万人)	饮水困难牲畜 (万头)
2000	40 540.67	26 783.33	8 006.00	599.60	2 770.00	1 700.00
2001	38 480.00	23 702.00	6 420.00	548.00	3 300.00	2 200.00
2002	22 207.33	13 247.33	2 568.00	313.00	1 918.00	1 324.00
2003	24 852.00	14 470.00	2 980.00	308.00	2 694.00	1 665.00
2004	17 255.33	7 950.67	1 677.33	231.00	2 340.00	1 320.00
2005	16 028.00	8 479.33	1 888.67	193.00	2 313.00	1 976.00
2006	20 738.00	13 411.33	2 295.33	416.50	3 578.23	2 936.25
2007	29 386.00	16 170.00	—	—	—	—
2008	12 137.00	6 798.00	—	—	—	—
2009	29 259.00	13 197.00	—	—	—	—



图 1-1 严重的旱灾

近年来,虽然我国的污水处理率在不断提高,但污水的年排放量也在大幅度增加。2009年,全国生活污水排放总量为 $354.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,工业污水排放总量为 $234.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,总污水排放量为 $589.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ (《2010中国统计年鉴》)。2008年,水利部对全国10个水资源一级区的主要河流或河段水质状况按全年、汛期、非汛期进行了监测评价。全年总评价河长147 727.5 km,其中Ⅰ~Ⅲ类水河长占总评价河长的61.2%,Ⅳ~Ⅴ类水河长占18.2%,劣Ⅴ类水河长占20.6%;汛期总评价河长146 824.0 km,其中Ⅰ~Ⅲ类水河长占总评价河长的60.1%,Ⅳ~Ⅴ类水河长占21.6%,劣Ⅴ类水河长占18.3%;非汛期总评价河长146 650.4 km,其中Ⅰ~Ⅲ类水河长占总评价河长的61.6%,Ⅳ~Ⅴ类水河长占16.3%,劣Ⅴ类水河长占22.1%(《2008年中国水质量资源年报》)。2009年调查表明,长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河7大水系总体为轻度污染。203条河流408个地表水国控水质监测断面中,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、5日生化需氧量(5 days Biochemical Oxygen Demand, BOD_5)和氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)。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。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(Total Nitrogen, TN)和总磷(Total Phosphorus, TP),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%;其他均为中度营养,占57.7%(《2009年中国环境状况公报》)。

近年来,我国各地水污染事件不断发生,2007年突发水污染环境事件178次[《全国环境统计公报(2008年)》],2008年突发水污染环境事件198次[《全国环境统计公报(2009年)》](图1-2)。2009年,环境保护部共接报并妥善处置突发环境事件171起,比上年增加26.7%。按照环境污染类型分类,水污染事件80起,大气污染事件61起(图1-3),固体废物污染事件3起,土壤污染事件16起,海洋污染事件2起,其他类型环境污染事件9起(《2009年中国环境状况公报》)。2010年,我国又发生了多起水污染事件,如盐城水污染事件、紫金矿业水污染事件、大连水污染事件、哈尔滨松花江水污染事件等,这些污染事件都造成了严重的经济损失,社会影响较大。

受长期城乡“二元”发展结构的影响,我国在城市环境日益改善的同时,农村的环境保护长期受到忽视,生态环境质量急剧下降,环境污染给农民带来了严重



图 1-2 突发水污染事件



图 1-3 突发大气污染事件

的负面影响。2005年,住房和城乡建设部《村庄人居环境现状与问题》调查报告显示,通过对全国具有代表性的9省43县74个村庄进行入村入户调查,96%的村庄没有排水渠道和污水处理系统。另据统计,全国农村每年有超过 $2\,500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 生活污水直接排入河流、水塘,造成河流、水塘等水环境污染,影响村民居住环境,威胁村民身体健康和生态安全,是农村重大的安全隐患。牲畜乱跑、粪便遍地、污水横流的现象到处可见,尤其是雨天,雨水、污水与牲畜粪便、垃圾混合,无处下脚(图1-4)。《2008年中国环境状况公报》在概括全国农村环境保护形势时,用了6句话:“农村环境问题日益突出,生活污染加剧,面源污染加重,工矿污染凸显,饮水安全存在隐患,呈现出污染从城市向农村转移的态势。”

大量生产生活污水和各类废弃物未经处理排入各种水体,加之公共卫生设施跟不上发展的需要,农村饮用水源大多受到大肠菌群等的污染,大量居民饮用不上安全卫生水。据初步统计,农村自来水普及率尚不到40%,仅有14%的村庄有供水设施,而且用水器具质量和供水效率低,处理设施简陋,约有3.2亿农村人口饮水不安全,其中1.9亿人的饮用水有害物质含量超标,6 300多万人饮用高含氟水,3 800



图1-4 农村生活垃圾污染

多万人饮用苦咸水,饮水含氟量大于 2 mg/L 的人口约占病区总人口的40%(《国家农村小康环保行动计划》,2006)。

以河北省为例,据统计,河北省有5 457万农村人口,以每年每人产生 0.25 t 垃圾计算,全省农村每年产生的生活垃圾约 $1\,360 \times 10^4\text{ t}$ 。但是污水和垃圾处理情况却不乐观,到2008年末,全省779个县城以外的建制镇、974个乡、41 372个行政村中,共建排水管道 $2\,203\text{ km}$ 、排水暗渠 804 km ,有10个乡镇修建了小型污水处理设施,全省乡镇污水处理设施拥有率仅为1.8%。垃圾处理方面,全省村镇配有环卫专用车辆 $2\,434$ 辆,年生活垃圾清运量为 $133.88 \times 10^4\text{ t}$,年生活垃圾处理量为 $8.95 \times 10^4\text{ t}$,垃圾处理率仅为6.7%(孙曙光等,2009)。

化肥、农药、农用薄膜等虽然成为提高土地生产率的重要手段,但是这些农用化学物质及废弃物的污染却在不断加大。2007年,河北省农用化肥施用量为 $311.87 \times 10^4\text{ t}$,农药的使用量为 $83\,520\text{ t}$,农用塑料薄膜使用量为 $113\,687\text{ t}$ (孙曙光等,2009)。大量未被利用的化肥、农药残留于土壤或者直接进入空气和水环境中,给环境带来了不良的影响。

畜禽养殖污染严重。2008年末,河北省生猪的规模化养殖占全省生猪总存栏数的38.8%,奶牛的规模化养殖占47.86%,肉牛的规模化养殖占32.9%,蛋鸡的规模化养殖占9.77%,肉鸡的规模化养殖占20.54%,羊的规模化养殖占2.01%。畜牧业散养户居多、规模化养殖率低,清理粪便的方式以干清和水冲为主,致使畜禽粪便成为主要污染源(孙曙光等,2009)。

随着城市环境准入标准的提高和环境管理的加强,一些污染企业加速向农村转移,加大了农村环境的压力,“三废”排放居高不下,治理水平比较低,不仅影响了工业经济的发展质量,而且给环境安全带来了负面影响。

受以往客观条件的制约,我国目前的诸多环境法规,如《环境保护法》《水污染防治法》等,对农村环境管理和污染治理的具体情况考虑不够。过去,我们一直把环保工作重点放在大中城市,而忽视了占全国面积大部分的广大农村地区,农村环境问题日益恶化,其中水污染问题尤为突出。在现代生活中,人类对自然的影响力越来越大,由于工业污水、生活污水等流入江河湖泊中,使得水体受到了污染,呈现出迅速恶化趋势。而在农村,由于对面源污染及其特点重视不够,监测、管理及污染控制比较复杂,成本过高,只能对受害地进行监测,很难全面监控排污情况,这是造成农村水环境污染的一个重要原因。农村水环境的恶化,不但直接影响到工农业生产经济效益,也不利于社会的发展和稳定。