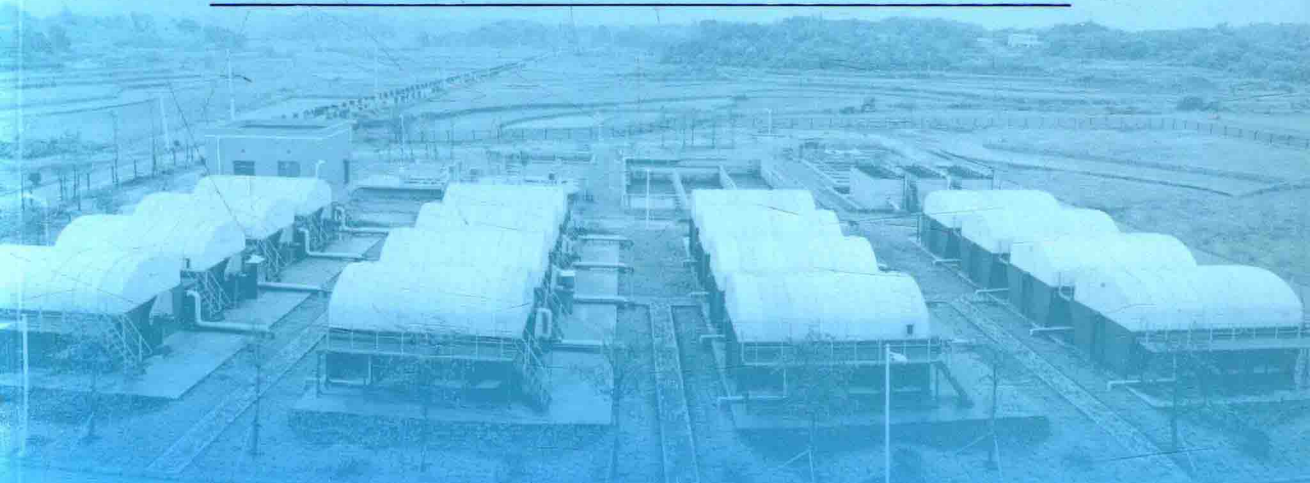




中国「村镇」

污水处理系统解决方案

文一波 编著



化学工业出版社



中国村镇

污水处理系统解决方案

文一波 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细介绍了我国村镇污水的特点及适合的污水处理系统,内容包括村镇水污染问题、村镇污水处理发展政策与措施、村镇污水处理工艺技术、村镇污水处理成套化设备、村镇污泥处理与处置、村镇污水处理厂(站)设计、村镇污水收集和管网厂(站)建设、村镇污水处理厂(站)运营管理和村镇污水处理解决途径及工程案例。

本书适合从事污水及污泥处理的政府环保部门、设计研究院、科研院所的相关人员阅读,也适合高等学校相关专业的师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

中国村镇污水处理系统解决方案 / 文一波编著. —北京:
化学工业出版社, 2016.5

ISBN 978-7-122-26438-1

I. ①中… II. ①文… III. ①农村-污水处理-中国
IV. ①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第044419号

责任编辑: 左晨燕
责任校对: 宋 玮

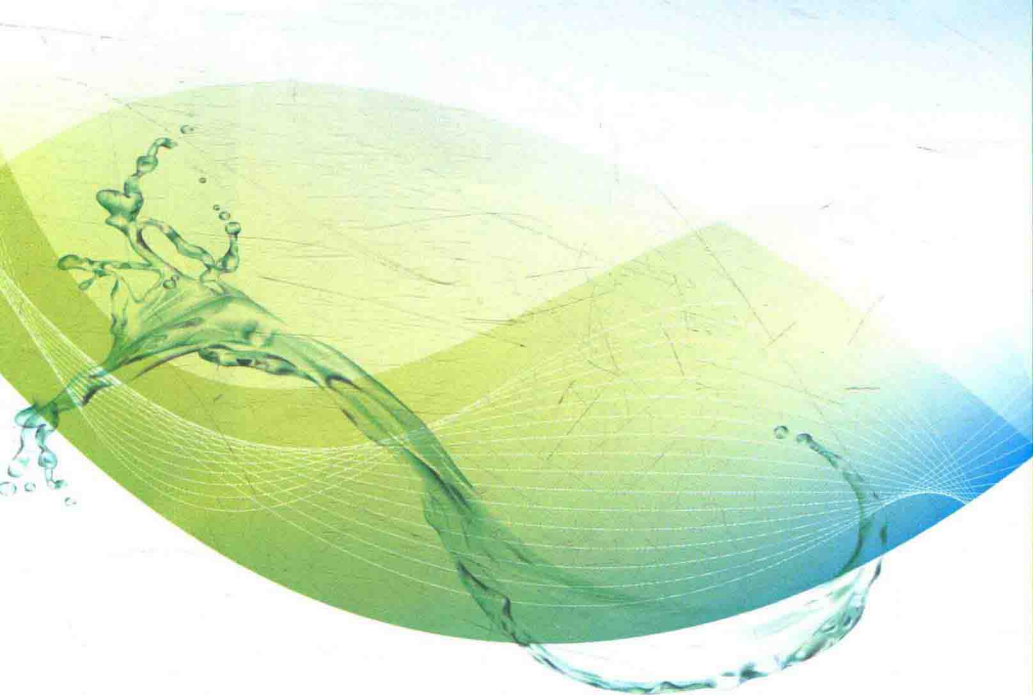
装帧设计: 张 辉

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: 北京方嘉彩色印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张14¼ 字数333千字 2016年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 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



序 1

污水资源化、能源化是符合可持续发展战略的污水处理新方向，发达国家已经有很多应用实例，中国也应大力推行。应特别注意要符合我国国情，坚持优质水优用、低质水低用的原则，并根据再生水的回用途进行分类、排序，然后决定再生水的水质需达到的标准。我国人口众多，农业灌溉需水量大，应优先将再生水用于农田灌溉，此时不需要进行脱氮除磷，可以为农田同时提供水和肥料。没有条件进行再生水回用的地方，应根据不同受水水体的条件和特征规定排放标准。

本书阐述了村镇污水处理的适用工艺、技术和再生水回用的途径选择，这在我国农村人口多、村镇污水处理和利用尚未普及的条件下具有十分重要的现实意义。村镇具有很多与城市不同的特点，不能照搬城市污水处理与利用的模式。因此，村镇污水处理与利用是当前中国应予以关注的大问题。希望本书能够引起业界关注，共同努力，在不久的将来，通过村镇污水处理和利用的研究、开发和普及，能够改善村镇水环境面貌，实现资源节约、环境保护、社会经济发展的“三赢”。

中国工程院院士

钱易

序 2

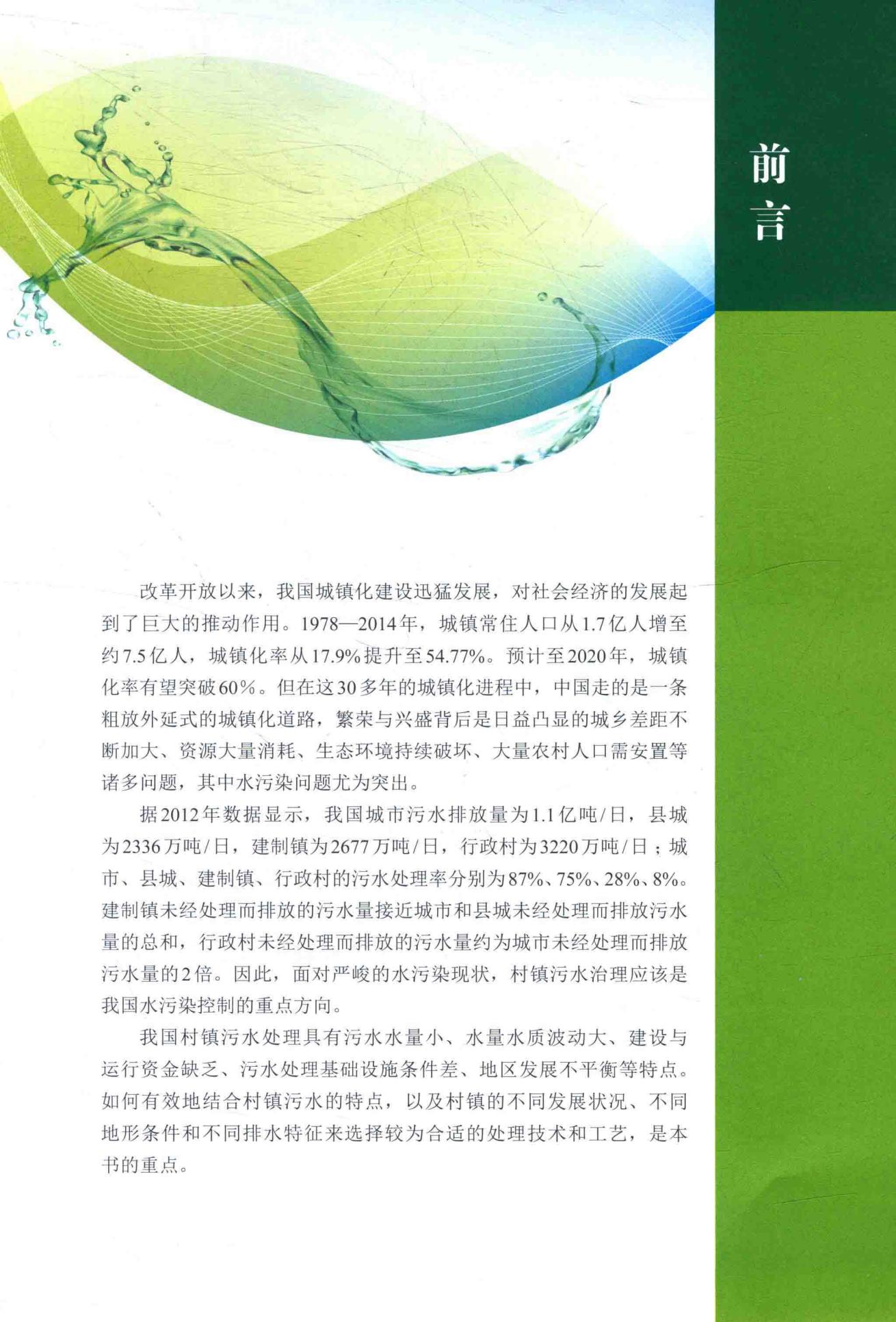
污水是宝贵的“第二水源”。

在水的社会循环中，要尊重水的自然运动规律和品格，合理科学地使用水资源，不过量开采水资源。同时，要将使用过的废水进行再生净化，保证上游地区的用水循环不影响下游水域的水体功能，水的社会循环不损害水自然循环的客观规律，从而维系或恢复城市乃至流域的良好水环境，实现水资源的可持续利用。

中国村镇污水处理的出路，应该在可持续发展和水的健康循环理念的指导下，因地制宜，通过必要的政策和资金支持、适宜的工艺技术、安全可靠的厂（站）区和管网建设、长期有效的运营管理来统合综效，循序渐进，不断提升，形成适合中国村镇污水处理的系统解决方案，并建立以县镇或区域为单元的循环型排水系统体制。

中国工程院院士

张解



前言

改革开放以来,我国城镇化建设迅猛发展,对社会经济的发展起到了巨大的推动作用。1978—2014年,城镇常住人口从1.7亿人增至约7.5亿人,城镇化率从17.9%提升至54.77%。预计至2020年,城镇化率有望突破60%。但在这30多年的城镇化进程中,中国走的是一条粗放外延式的城镇化道路,繁荣与兴盛背后是日益凸显的城乡差距不断加大、资源大量消耗、生态环境持续破坏、大量农村人口需安置等诸多问题,其中水污染问题尤为突出。

据2012年数据显示,我国城市污水排放量为1.1亿吨/日,县城为2336万吨/日,建制镇为2677万吨/日,行政村为3220万吨/日;城市、县城、建制镇、行政村的污水处理率分别为87%、75%、28%、8%。建制镇未经处理而排放的污水量接近城市和县城未经处理而排放污水量的总和,行政村未经处理而排放的污水量约为城市未经处理而排放污水量的2倍。因此,面对严峻的水污染现状,村镇污水治理应该是我国水污染控制的重点方向。

我国村镇污水处理具有污水水量小、水量水质波动大、建设与运行资金缺乏、污水处理基础设施条件差、地区发展不平衡等特点。如何有效地结合村镇污水的特点,以及村镇的不同发展状况、不同地形条件和不同排水特征来选择较为合适的处理技术和工艺,是本书的重点。

本书共分为9章，第1章就农村和小城镇两个概念做了区分，并简要论述了当前我国村镇水污染现状及污水处理面临的问题；第2章列举了国外村镇污水治理的成功经验，并汇总了我国在村镇污水治理方面的发展政策与措施，在该章结尾还对未来村镇污水处理所面临的问题提出了对策；第3章介绍了污水处理的5种常规方法，并选列了12种村镇污水处理工艺技术，基本涵盖了适用于村镇污水处理的所有技术，最后概述了工艺选择的要点；第4章介绍了一体化污水处理设备和成套组合化污水处理设备；第5章就村镇污泥处理处置方法和设备做了介绍；第6章阐述了村镇污水处理厂（站）设计中的注意事项；第7章就村镇污水收集及管网、厂（站）建设中的问题做了说明；第8章概述了村镇污水处理厂（站）的运营管理模式、规章制度、设备保养及维护方式等，并提出了通过互联网技术实现村镇污水治理的无人值守；第9章提出了村镇污水处理系统解决方案，并列举了村镇污水处理的典型案例，最后对村镇污水处理进行了效益分析。

希望本书中的内容对从事村镇污水处理的人员能有一定的参考价值，并在某种程度上起到指引作用，更希望凭借绵薄之力为我国村镇污水处理事业的发展作出贡献，这无疑将体现本书的价值与编写初衷。

本书的出版首先要感谢我在清华大学环境学院的工程博士指导老师钱易院士，同时，也非常感谢左剑恶、王凯军等老师的悉心指导和帮助。感谢北京桑德环境工程有限公司及“北京市小城镇污水处理与回用工程技术研究中心”的王俊安、潘华崑、魏维利、温利雪、娄高彬、曲喜杰等同事对本书内容所需基础材料进行收集和整理等工作的辛勤付出。感谢国家“十二五”水专项课题“小城镇污水处理成套设备产业化与整装集成应用”（2015 ZX07319001）的大力支持。

限于笔者水平，书中的疏漏和不妥之处敬请指正。



2015年8月18日于桑德湖畔

目录

第1章 村镇水污染问题 1

1.1 村镇定义及特点	1
1.1.1 农村	2
1.1.2 小城镇	3
1.1.3 村镇地域性	6
1.2 村镇水污染现状	7
1.2.1 村镇污水来源及特点	7
1.2.2 村镇水污染现状	10
1.2.3 村镇污水处理需求	13
1.3 村镇污水处理面临的问题	15
1.3.1 村镇污水处理发展政策措施	15
1.3.2 村镇污水处理技术及工艺选择	17
1.3.3 村镇污水处理设施规划与建设	17
1.3.4 村镇污水处理厂（站）运营管理	17
参考文献	18

第2章 村镇污水处理发展政策与措施 19

2.1 国外政策与措施成功经验	19
2.1.1 美国	19

2.1.2 德国	21
2.1.3 日本	22
2.1.4 以色列	24
2.2 国外发展模式.....	25
2.2.1 发达国家的城乡协调发展型模式	25
2.2.2 发展中国家的乡村综合开发型模式	26
2.3 国内政策与措施发展演变	26
2.3.1 国家政策与措施	26
2.3.2 地方政策与措施	31
2.4 未来发展所需政策支持及必要措施	32
2.4.1 中国发展模式	32
2.4.2 排放标准	33
2.4.3 投资管理模式	36
2.4.4 资金支持	40
2.4.5 发展政策措施	42
参考文献	43

第3章 村镇污水处理工艺技术 44

3.1 污水处理方法.....	44
3.1.1 物化处理	44
3.1.2 好氧生物处理	52
3.1.3 厌氧生物处理	53
3.1.4 生态处理	55
3.1.5 组合处理	56
3.2 污水处理典型工艺技术	62
3.2.1 化粪池	62
3.2.2 厌氧生物滤池	63
3.2.3 氧化沟	64
3.2.4 SBR.....	70
3.2.5 MBR	77
3.2.6 生物接触氧化	78
3.2.7 曝气生物滤池	79
3.2.8 MBBR	81

3.2.9 生物转盘	82
3.2.10 稳定塘	84
3.2.11 土地处理	89
3.2.12 人工湿地	92
3.3 村镇污水处理工艺技术选择	93
3.3.1 村镇污水处理工艺技术相关要素	94
3.3.2 村镇污水处理工艺选择主要原则	95
3.3.3 村镇污水处理工艺技术适用性分析	96
参考文献	98

第4章 村镇污水处理成套化设备 101

4.1 一体化污水处理设备	102
4.1.1 适用条件	102
4.1.2 一体化MBR设备	102
4.1.3 一体化生物接触氧化设备	104
4.1.4 一体化MBBR设备	104
4.1.5 一体化生物转盘	106
4.2 成套组合化污水处理设备	107
4.2.1 适用条件	107
4.2.2 MBBR成套组合化污水处理设备	107
4.2.3 高效生物转盘+精密过滤污水处理设备	108
4.3 村镇污水处理设备化的优势	109
参考文献	110

第5章 村镇污泥处理与处置 111

5.1 污泥处理方法	111
5.1.1 污泥物理处理	111
5.1.2 污泥化学处理	119
5.1.3 污泥生物处理	121
5.1.4 污泥生态处理	122
5.2 移动式污泥处理设备	122
5.2.1 浮动吸泥设备	122
5.2.2 一体化移动式污泥处理设备	123

5.2.3 污泥电渗透高压干化装置	125
5.3 村镇污泥处置与资源化利用	127
5.3.1 污泥集中处置	127
5.3.2 污泥焚烧	128
5.3.3 污泥填埋	129
5.3.4 污泥土地利用	130
5.3.5 污泥和垃圾协同资源化利用	131
参考文献	132

第6章 村镇污水处理厂（站）设计 133

6.1 设计水质水量确定.....	133
6.1.1 设计进水水质	133
6.1.2 设计出水水质	135
6.1.3 设计水量	137
6.2 设计原则及设计步骤	140
6.2.1 设计原则	140
6.2.2 设计步骤	141
6.3 厂（站）址选择和工艺流程确定	143
6.3.1 厂（站）址选择	143
6.3.2 村镇污水处理工艺流程的确定	144
6.4 村镇污水处理厂（站）平面与高程布置	145
6.4.1 平面布置	145
6.4.2 高程布置	147
6.4.3 其他因素	148
参考文献	149

第7章 村镇污水收集和管网厂（站）建设 150

7.1 村镇污水的收集.....	150
7.1.1 村镇污水收集存在的问题	150
7.1.2 村镇污水收集的合理规划	151
7.1.3 村镇污水的收集方式	153
7.2 村镇污水管网的布置、建设和运行维护	155
7.2.1 污水管网主要组成	155

7.2.2 污水管网平面布置	156
7.2.3 污水管网建设	157
7.2.4 污水管网运营维护	158
7.3 村镇污水处理厂（站）建设	159
7.3.1 村镇污水处理厂（站）的建设程序	159
7.3.2 村镇污水处理厂（站）的施工建设	161
参考文献	162

第8章 村镇污水处理厂（站）运营管理 163

8.1 村镇污水处理厂（站）运营模式	163
8.1.1 政府主导的运营模式	163
8.1.2 社会资本参与的运营模式	164
8.1.3 专业第三方运营模式	166
8.2 村镇污水处理厂（站）运行与管理	170
8.2.1 运行管理的重要考核指标	170
8.2.2 各工艺单元及设施的运行管理	171
8.2.3 设备的运行管理与维护	175
8.2.4 自控系统的日常维护与管理	177
8.2.5 安全生产管理	178
8.3 村镇污水处理厂（站）运营优化	180
8.3.1 运营成本控制	180
8.3.2 人员配置优化	181
8.3.3 工艺参数优化	182
8.4 智能互联运营管理平台	182
8.4.1 SMART小城镇运营管理系统	184
8.4.2 SMART农村运营管理系统	186
参考文献	191

第9章 村镇污水处理解决途径及工程案例 192

9.1 村镇污水处理解决途径	192
9.1.1 必要的政策和资金支持	193
9.1.2 适宜的工艺技术	197
9.1.3 安全可靠的厂（站）区和管网建设	199

9.1.4 长期有效运营管理	200
9.2 典型工程案例.....	200
9.2.1 SMART村镇污水处理系统解决方案	200
9.2.2 湖南省长沙县“16+2”污水处理厂（站）工程项目	203
9.2.3 江苏省泰州市姜堰区“2+5”污水处理厂工程项目	207
9.2.4 江苏省泗阳县“14+1”污水处理厂工程项目	208
9.2.5 北京永乐经济开发区污水处理应急项目	209
9.2.6 北京姚辛庄村级污水处理项目	209
9.2.7 其他典型案例	211
9.3 村镇污水处理效益	213
9.3.1 社会效益	213
9.3.2 经济效益	213
9.3.3 环境效益	213
参考文献	214

村镇水污染问题

城镇化是农业社会走向工业社会的客观规律和必由之路，是人类社会现代文明的重要标志^[1]。党的“十六大”报告第一次明确提出“走中国特色的城镇化道路”的伟大方针，“十七大”报告丰富了“走中国特色的城镇化道路”的重要内涵，“十八大”报告进一步提出，“坚持走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化的道路，促进‘四化’同步发展”，十八届三中全会再次提出：健全城乡发展一体化体制机制，把完善城镇化健康发展机制作为重要工作内容。城镇化已成为当前中国最大的内需和发展潜力所在，是中国未来较长一段时期实现持续平稳发展的最大动力。

习近平总书记指出：“当前城镇化的重点应放在使中小城市、小城镇得到良性的、健康的、较快的发展上”和“要实现城乡一体化，建设美丽乡村。城镇化要发展，新农村建设也要发展，要推进城乡一体化发展”。作为新型城镇化的重要主体，农村和小城镇（以下简称村镇）的发展已被赋予新的内涵。但要清醒地看到，村镇发展带来的资源环境破坏正在日益加剧，特别是从20世纪80年代以来，中国工业及城市污染大量向村镇转移，村镇的生活污染和工业污染叠加，水环境不断恶化，对广大的村镇居民身体健康、生命安全构成了严重的威胁，同时，也影响到了村镇经济社会的可持续发展。因此，要实现美丽中国梦，离不开美丽村镇的建设；要建设美丽村镇，一定要坚持环境与经济同步可持续发展。

1.1 村镇定义及特点

人口规模是衡量城市和村镇的一个重要因素。依据国务院最新印发的《关于调整城市规模划分标准的通知》（国发〔2014〕51号），以城区常住人口为统计口径，可将城市划分为五类七档，如图1-1所示：城区常住人口1000万人以上的为超大城市；500万人以上1000万人以下的为特大城市；100万人以上500万人以下的为大城市，其中300万人以上500万

人以下的城市为Ⅰ类大城市，100万人以上300万人以下的为Ⅱ类大城市，50万人以上100万人以下的为中等城市；50万人以下的为小城市，其中20万人以上50万人以下的为Ⅰ类小城市，20万人以下的为Ⅱ类小城市。与小城市人口规模相比，村镇的人口要少很多，一般为几百人至几万人。

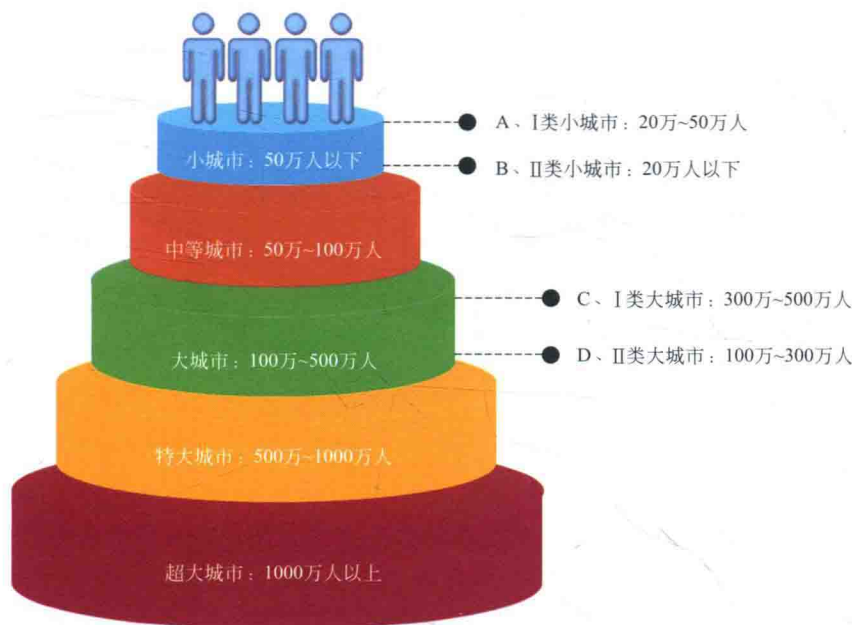


图1-1 城市规模等级划分标准

注：以城区常住人口为统计口径划分，以上包含本数，以下不包含本数。

1.1.1 农村

农村一词，起源于俄文，有垦荒、从树林中开辟耕地等意思。按现在新华字典里的解释来说，农村是指以从事农业生产为主的劳动者聚居的地方。在进入工业化社会之前，社会中大部分的人口居住在农村。在人们的概念里，农村是不同于城市和城镇的，是同城市相对应的区域，具有特定的自然景观和社会经济条件，也叫乡村，主要是指从事农业的农民聚居地，泛指农业区。农村主要包括自然村、行政村和未达到建制镇标准的乡村集镇，并以农业产业（自然经济和第一产业）为主，如各种农场（畜牧和水产养殖场）、林场（林业生产区）、园艺和蔬菜生产等。

在现阶段，村落仍是中国农村的基本单元。村落的形态与规模受到自然环境因素的影响。在广大农村，农业仍是主要产业，家庭是社会生活的中心，这是农村最重要的特征。农村人口散居于广大地域的不同村落中，人口密度相对较低，人口流动率小。我国农村同城市相比有如下特点。

① 农村的基本特点是分散。农村人口密度小，生产场所比较分散，商店、学校、文化等建筑设施一般相距较远。另外，居民点分散在农业生产的环境之中，具有田园风光。

② 农村主要以农业为主。目前，我国务农的劳动力占乡村劳动力总数的75%，改革开放以来，我国农村乡镇企业异军突起，非农产业迅速发展，在少数发达地区的农村，农民

已逐步摆脱了土地，转而从事工、商业。

③ 农村建设发展制度缺失。受历史因素制约，农村在投入和建设方面缺少有效的管理机制，因此导致城乡发展的不平衡、不协调。此外，农村建设的储备也存在不足，包括人才、队伍、理念，如何建立有效的农村建设管理机制是目前必须予以解决的一项问题。

④ 农村中的物质文化设施跟不上城市，农民的物质文化生活水平较低。农村交通不发达，导致经济发展较为缓慢。另外农村地方习俗较浓厚，多数农村有本地的一些约定俗成的习惯风俗。

⑤ 农村人际关系的交往范围较窄。就目前我国农村的实际而言，家族聚居的现象较为明显；宗族和亲戚仍然是农民社会交往的首要对象，串亲戚是他们的主要交往方式。

⑥ 农村环境较城市来说污染较小，一直未引起政策的重视。安静的环境，清新的空气，优美的田园山光，农村的自然环境本该为带动农村旅游业的发展提供得天独厚的条件，但是，由于农村环境问题长期以来一直被忽略，加上农村本身的地域和经济特点，环境治理方面存在困难。

⑦ 农村在政治上受城市的领导，在经济上为城市服务，是城市经济繁荣的基础，农村在文化教育设施上处于较低的层次，而城市是一个社会的政治、经济、文化的中心，对周围的农村有着较强的辐射作用。

从发展的观点来看，农村是与城市相对应的一种地域概念，也是一个历史范畴。在人类社会初期，生产力水平极端低下，没有城市和农村的区分。直到社会经济发展到一定阶段，城市才从农村分离出来，因此，城市是生产力发展到一定阶段的产物。在生产力高度发达的未来社会中，城市与农村的本质差别将消失。在不同的国家、不同时期、不同地区，所规定的农村统计口径不同。例如：美国1950年以前规定，凡是人口在2500人以下的、没有组织成自治单位的居住地就算农村；1950年后规定，不论其是否组织成自治单位，凡人口在2500人以下或人口在每平方英里1500人以下的地区及城市郊区都算作农村。欧洲各国一般以居住地在2000人以下者为农村。在中国没有直接规定“农村”这一统计指标的口径，仅规定了“市镇总人口”和“乡村总人口”这两个统计指标。国家统计局解释，“市镇总人口”指市、镇辖区内的全部人口；“乡村总人口”指县（不含镇）内的全部人口。目前，根据各地农村的经济状况、基础设施、自然环境条件，可将农村划分为不同类型。

① 发达型农村。经济状况好〔人均纯收入 >6000 元/（人·年）〕，基础设施完备，住宅建设集中、整齐，有一定比例楼房的集镇或村庄。

② 较发达型农村。经济状况较好〔人均纯收入 $3500\sim6000$ 元/（人·年）〕，有一定基础设施或具备一定发展潜力，住宅建设相对集中、整齐，以平房为主的集镇或村庄。

③ 欠发达型农村。经济状况差〔人均纯收入 <3500 元/（人·年）〕，基础设施不完备，住宅建设分散，以平房为主的集镇或村庄。

目前，我国农村与城市相比，各方面的差距还比较大。但是随着城镇化的不断推进，城乡一体化建设的不断发展，农业人口在以各种方式向非农业部门转移，城乡差距将越来越小，甚至有可能被消灭。

1.1.2 小城镇

小城镇，顾名思义即为较小的城镇，它介于城市和乡村之间。作为“乡村之首，城市之

尾”，小城镇是联系城乡的桥梁和纽带，是农村经济和社会的中心。关于小城镇概念与范围的界定，历来颇有争议，对小城镇涵盖范围的认识众说纷纭，不同地区不同行政主管部门对小城镇的涵盖范围都有不同的理解，不同的理论工作者和实际工作者对小城镇的定义和范围往往也存在着许多不同的观点和看法。归纳起来，不同学科对小城镇的理解有狭义和广义之分。

我国狭义上的小城镇是指除设市城市以外的建制镇，包括县城。建制镇是农村一定区域内政治、经济、文化和生活服务的中心。1984年国务院转批的民政部《关于调整建制镇标准的报告》中关于设镇的规定调整如下。

① 凡县级地方国家机关所在地，均应设置镇的建制。

② 总人口在2万人以下的乡、乡政府驻地非农业人口超过20%的，可以建制；总人口在2万人以上的乡、乡政府驻地非农业人口占全乡人口10%以上的亦可建制。

③ 少数民族地区、人口稀少的边远地区、山区和小型工矿区、小港口、风景旅游区、边境口岸等地，非农业人口虽不足20%，如确有必要，也可设置镇的建制。

我国广义上的小城镇，除了狭义概念中所指的县城和建制镇外，还包括了小城市和集镇的概念。1993年发布的《村庄和集镇规划建设管理条例》对集镇提出了明确界定：集镇是指乡、民族乡人民政府所在地和经县级人民政府确认由集市发展而成的作为农村一定区域经济、文化和生活服务中心的非建制镇。这一观点强调了小城镇发展的动态性和城乡一体化，是我国目前小城镇研究领域更为普遍的观点。从环境保护的角度考虑，广义的小城镇概念更能突出小城镇的城乡纽带作用，它所涉及的范围也必然更为广泛，它不仅包括县城和建制镇，还可以包括小城市、城市区县、城市周边地区、城市社区或城中村、集镇、旅游区、交通服务站、新农村等，这体现了小城镇的大内涵，也体现了小城镇的环境保护在新型城镇化发展过程中的重要战略意义。

中国小城镇的发展源于农村，是由传统农村经济发展过程中形成的集市逐步演变而来的。即从农村临时择地进行多余农产品的交易开始，逐步转变成固定的商店、市场，并聚集一定规模的人口和多种行业，最终形成一个永久性的社区。随着农村经济的发展，小城镇这种社区类型正在越来越背离其他乡村性的社会特征，而向着城市过渡。由于小城镇首先是以农村经济交易中心的形式出现，它们对农村的经济活动有着重要的作用，是农村商业活动的发源地；同时，小城镇又在逐步体现出其向城市的过渡，与城市之间有着较密切的交通和经济联系。因此，小城镇起到了将大中城市与农村联系起来的中介和纽带作用；小城镇是大中城市和农村的中间区域，在促进城乡一体化、提供公共服务、转移农村剩余劳动力、吸纳农村人口、带动农村经济发展等方面具有重要的作用。随着城镇化的发展，小城镇的特点也越来越突出，主要表现在以下几方面。

① 小城镇中的乡镇企业占总数的比重仍然过低，使散布在广大农村地带的小城镇难以发挥区域内的龙头作用。

② 小城镇多是在政府发动的基础上产生、发展的，受政治因素影响强烈。城镇的数量和发展受政府支配，形成了政治中心和经济中心一体化的城镇网络。在某一阶段，城市发展的政策指向优于经济指向，使得一定区域内的城镇体系可能在某一经济发展阶段并不能适应区域经济的发展，出现超前或滞后性。人为选定的增长极可能与现实的区域经济发展情况并不相符合，造成城镇在周围区域内的集聚、扩散效果不明显。

③ 数量庞杂的小城镇建设给原本土地、资源、资金有限的经济带来沉重压力。小城镇大多数规模过小，却要建设一整套基础设施，投资大、利用率低，并且要占用大量土地。