

节能减排与可再生能源丛书

处理分散式生活污水的 地下渗滤技术



王成端 著

CHULI FENSANSHI SHENGHUO WUSHUI DE DIXIA SHENGLÜ JISHU



科学出版社

节能减排与可再生能源丛书

处理分散式生活 污水的地下渗滤技术

王成端 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者多年研究分散式生活污水处理的科研成果。全书共分9章,首先在对分散式生活污水处理工艺进行优选的基础上,提出地下渗滤技术是一种适宜于分散式污水处理的低成本处理技术,然后重点介绍了人工快速渗滤系统技术、人工土配比技术、腔式地下渗滤技术、无砾石管式地下渗滤系统、无砾石微孔管地下渗滤中试及其主要影响因素的研究成果,最后给出了地下渗滤系统的工程应用实例。

本书适合环境工程技术人员、运行管理人员、研究生、环境管理干部与职工、社会环保人士阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

处理分散式生活污水的地下渗滤技术 / 王成端著.

—北京: 科学出版社, 2013

(节能减排与可再生能源丛书)

ISBN 978-7-03-037529-2

I. ①处… II. ①王… III. ①生活污水-污水处理
IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 104994 号

责任编辑: 张 展 罗 莉 陈 靖 / 封面设计: 墨创文化

责任校对: 陈 靖 / 责任印制: 邱志强

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年5月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2013年5月第一次印刷 印张: 10 3/8

字数: 206千字

定价: 48.00元

德性之知

——《节能减排与可再生能源丛书》代序

2009年12月，世界气候大会在丹麦哥本哈根举行，这标志着在全球政治层面上，人类所面临的环境问题已经被提到了一个刻不容缓的议事日程。

近代以来，人类历史的核心内容，就是人与自然的角逐，也就是如何确立相对于自然的人类中心主义观念。三百年的工业化发展使得人类对自然界的无节制地过度开发，一系列全球性生态危机已经说明地球承受或支持工业高速发展的能力已逐步受到制约和挑战。

马克思早在160多年前就指出，自然界是人的无机的身体，保护这个无机的身体就是在保护我们自己。生态文明是人类文明的一种形态，它以尊重和维护自然为前提，以人与人、人与自然、人与社会和谐共生为宗旨。它是对工业文明进行深刻反思的结果。在地球上，只有人才具有客观地（至少在某种程度上）评价非人类存在物的能力，人的这种能力既是一种殊荣，也是一种责任，既是赞天地之化育，也是超越一己之得失。

张载在《正蒙》中提出了“德性之知”，认为拥有“德性之知”就能使人“体天下之物”。人们在环境与生态问题上，在经济与社会发展问题上，在萦绕生活的方方面面要形成“德性之知”，即对人存在的意义和价值有更理性、更长远的认识和理解，才能以“知”之成熟来贯彻“行”之健康。

自1978年从事太阳能等新能源与可再生能源工作以来，我一直在国内外四处奔波。身之所及，目之所触，让我深深地感到，全球特别是发展中国家，既要发展经济，更亟待普及节能减排与可再生能源知识；同时必须提高全民的生态环境保护意识和可持续发展的理念。

《节能减排与可再生能源丛书》缘于2009年10月的“第六届中国西部国际太阳能—风能论坛”，由国内著名高校和科研院所多年从事新能源、低碳经济研究的著名教授、研究员、高级工程师等，组成强大的写作队伍。经过近三年的积极准备和策划，丛书的第一批书即将付梓。丛书分为节能减排技术及其应用、可再生能源的基础理论与技术、低碳社会建设与绿色循环经济发展模式三大内容，兼顾专业性 with 科普性，反映了当今国内在新能源、节能减排、绿色与低碳经济领域内的最新研究成果和技术。本丛书非常适合相关专业研究人员、机关公务员、企事业单位工作人员阅读参考，也可用作大专院校相关专业的教材。

但愿这套丛书能够促进人们建立起科学、朴素、节能、环保、绿色、低碳的

生活方式与发展意识和理念，更加关注我们的生存环境；同时对大力发展新能源和可再生能源、加快推进能源科技进步和能源多元清洁发展，培育战略性新兴产业，保护生态环境，应对气候变化，实现可持续发展，并为“十二五”末，实现非化石能源消耗占一次能源消费比重达到 11.4%，非化石能源发电装机比重达到 30% 的目标做出积极的贡献。

在丛书策划筹备期间，科学出版社的领导杨岭和莫永国等编辑及骆进、吴耀琪、张凯山、李智、魏一康、冷跃进、姚蔚平、马重芳、刘锦超、唐昌建、李建明、柴娟、刘孝敏、田凌等专家和同仁做了积极的贡献，在此深致谢意！

由于丛书涉及学科领域多、知识面广，尽管编著者精心编写、力求完善，但由于水平所限，在诸多问题的研究和认识上尚待提高，难免有遗漏和不妥之处，敬请读者批评指正，以便再版时修正。

是为序。

联合国工业发展组织国际太阳能技术促进转让中心主任

亚太地区太阳能研究与培训中心主任

甘肃自然能源研究所所长、研究员

甘肃省太阳能、风能协会会长

中国可再生能源学会副理事长

中国能源学会副会长

中国能源环境科技协会副会长



2012. 10. 09

于北京

前 言

党的十八大提出了建设美丽中国的奋斗目标，这是我们炎黄子孙梦寐以求的愿景。要建成美丽中国，就必须建成美丽城镇、美丽乡村。现阶段，县级及其以上城市的环境治理有了较大改善，于是广大乡村的环境治理则显得更为紧迫，因为广大乡村在美丽中国的建设中涉及的区域最大。随着国家新农村的大力建设，农村居民生活水平显著提高。与此同时，农村地区用水量也随之加大，使得生活污水的产生量骤增。大量未经处理的生活污水肆意排放，流入小河道，进入江河湖海等受纳水体，加剧了原本就较严重的河流和湖泊水环境污染。因此，农村的生活污水治理势在必行。

目前我国城市污水处理厂大都采用传统的活性污泥法二级处理工艺，其运行费用昂贵，而且还需要配套大量的管网收集系统，这部分费用比污水处理厂本身建设费用约高一个数量级。因此集中式污水处理技术对于农村地区并不适用。像乡村、城市独立社区、近郊地区、风景旅游区等无法进入市政污水管网区域的污水，我们称为分散式生活污水，其治理需要低投入、低维护、高效率处理的低成本污水处理技术。分散式污水处理可以克服集中式污水处理的许多不足之处，具有显著优势，即便是经济发达的美国，也约有 20% 的生活污水选择以分散式处理为主。

地下渗滤技术是一种适用于处理乡村生活污水的低成本土地处理技术，在欧美乡村得到了广泛应用。该技术具有不影响地面景观、运行管理简单、处理效果好等特点。本书结合作者在四川省科技支撑计划中的研究成果，主要阐述地下渗滤处理分散式生活污水的思路、方法和技术。本书首先在对分散式生活污水处理工艺进行分析优选的基础上，提出地下渗滤技术是一种适宜于分散式污水处理的低成本处理技术；然后通过对各种地下渗滤技术的研究，尤其是对人工快速渗滤系统技术、人工土配比技术、腔式地下渗滤技术、无砾石管式地下渗滤系统、无砾石微孔管地下渗滤中试及其主要影响因素的研究，对地下渗滤技术在我国推广应用提供技术支撑。本书共 9 章，其中第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 9 章由王成端撰写；第 4 章、第 5 章由王晓艳、王成端撰写；第 6 章由蔡世涛、王成端撰写；第 7 章、第 8 章由党振华、王成端撰写。

本书的出版，要感谢四川省科技支撑计划《无砾石微孔管地下渗滤系统处理

生活污水的技术研究与示范》(2009SZ0244)项目和四川理工学院环境学科建设项目资助,同时要感谢四川科学城神工环保科技有限公司在项目研究与实施方面提供的帮助。

由于撰写时间仓促,再加上作者的知识有限,书中不妥或错误之处恳请批评指正。

王成端

2013年3月6日

目 录

前言

第 1 章 分散式生活污水处理工艺的优选	1
1.1 分散式生活污水的来源及特点	1
1.2 分散式生活污水处理面临的问题与要求	2
1.3 分散式生活污水处理工艺的优化选择	3
1.3.1 分散式生活污水处理的工艺方案	3
1.3.2 分散式生活污水处理工艺的优化	4
参考文献	6
第 2 章 地下渗滤技术研究概论	7
2.1 地下渗滤系统污水处理的机理	7
2.2 地下渗滤系统的类型	9
2.3 地下渗滤系统对环境的影响	12
2.4 地下渗滤系统的优点及运行的关键	13
2.4.1 地下渗滤系统的优点	13
2.4.2 地下渗滤系统运行的关键	13
2.5 地下渗滤系统国内外研究现状	15
2.5.1 地下渗滤系统国外研究现状	15
2.5.2 地下渗滤系统国内研究现状	17
参考文献	18
第 3 章 人工快速渗滤系统技术	21
3.1 基质的选择	21
3.2 植物的选择	22
3.3 运行技术	22
3.3.1 预处理技术	22
3.3.2 曝气量	23
3.3.3 水力负荷周期	23
3.3.4 湿干比	23
3.3.5 碳氮比	24

3.3.6	“过冬”问题	24
3.3.7	堵塞问题	24
3.4	去除机理的研究	25
3.4.1	有机物的去除	25
3.4.2	氮的去除	25
3.4.3	磷的去除	26
	参考文献	26
第4章	地下渗滤系统的人工土配比技术	29
4.1	试验材料及土壤理化性质	29
4.1.1	试验材料	29
4.1.2	土壤理化性质	30
4.2	试验装置及进水水质	31
4.2.1	试验装置	31
4.2.2	试验进水水质	31
4.3	人工土质量配比的正交试验设计	32
4.4	试验结果与分析	32
4.4.1	污染物质去除率的正交试验分析	33
4.4.2	渗透系数的正交试验分析	36
4.4.3	最佳质量配比试验结果分析	38
4.5	人工土与天然土去除效果的对比分析	39
4.6	人工土与天然土渗透速率下降幅度的对比分析	39
4.7	人工土与天然土堵塞程度的对比分析	40
4.8	不同地下渗滤系统去除效果的对比分析	42
	参考文献	43
第5章	腔式地下渗滤技术	44
5.1	试验设计	44
5.1.1	试验装置的建立	44
5.1.2	试验工艺流程及试验系统	45
5.1.3	试验用水及试验仪器设备	46
5.2	分析方法	47
5.2.1	土壤理化性质的分析方法	47
5.2.2	土壤表面形态的分析方法	47
5.2.3	水质检测方法	47
5.2.4	水中金属离子的分析方法	48
5.2.5	试验数据的处理	48
5.3	污水可生化性分析	48

5.4	试验系统的启动	49
5.5	腔式地下渗滤系统结构参数的确定	51
5.5.1	腔体结构参数的正交试验设计	51
5.5.2	试验进水水质	52
5.5.3	试验结果及分析	52
5.5.4	最优结构参数试验结果	54
5.6	腔式地下渗滤系统运行参数的优选	55
5.6.1	水力负荷的优选	55
5.6.2	配水时间的优选	57
5.6.3	湿干比的优选	59
5.6.4	取样时间的优选	61
5.6.5	最佳运行参数下系统的运行效果	63
5.7	重金属污染的原子吸收分析	64
	参考文献	64
第6章	无砾石管式地下渗滤系统	66
6.1	无砾石管式地下渗滤系统结构与原理	66
6.2	无砾石管式地下渗滤系统存在的问题	67
6.3	无砾石微孔管地下渗滤系统试验设计	68
6.3.1	试验装置的建立	68
6.3.2	试验条件	69
6.3.3	检测项目与分析测试	70
6.3.4	管道结构参数的确定与微孔孔径的优选	72
6.4	新老系统的性能比较试验	75
6.5	污染物的去除	78
6.5.1	COD 的去除	78
6.5.2	氮的去除	82
6.5.3	TP 的去除	88
6.5.4	污染物质在系统土层中的去除过程比较	89
6.6	无砾石微孔管地下渗滤系统的渗透速率与启动时间	90
6.6.1	渗透速率	90
6.6.2	启动时间	91
6.7	无砾石微孔管地下渗滤系统技术经济分析	91
6.7.1	技术可行性分析	91
6.7.2	经济可行性分析	92
	参考文献	93

第7章 无砾石微孔管地下渗滤中试研究	95
7.1 中试试验装置的建立	95
7.1.1 试验设计	95
7.1.2 中试试验装置	96
7.2 试验条件	97
7.2.1 试验用水	97
7.2.2 试验土壤	97
7.2.3 试验期间气候条件	97
7.2.4 进水和取样方式	98
7.2.5 试验设备及仪器	98
7.3 中试装置的启动过程研究	98
7.3.1 实验内容	98
7.3.2 实验进水水质范围	98
7.3.3 系统的启动和运行	99
7.3.4 试验结果与分析	99
7.4 相同水力负荷不同地下渗滤系统的试验研究	106
7.4.1 试验进水水质范围	106
7.4.2 水力负荷为 $1\text{ cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 时地下渗滤系统试验研究	106
7.4.3 水力负荷为 $3.19\text{ cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 时地下渗滤系统试验研究	111
7.4.4 水力负荷为 $5\text{ cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 时地下渗滤系统试验研究	115
7.4.5 水力负荷为 $7\text{ cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 时地下渗滤系统试验研究	120
7.5 不同水力负荷相同地下渗滤系统试验研究	124
7.5.1 试验进水水质范围	125
7.5.2 COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 的去除效果比较	125
7.5.3 不同水力负荷对 COD 去除性能的影响	127
7.5.4 不同水力负荷对 TP 去除性能的影响	128
7.5.5 不同水力负荷对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除性能的影响	128
7.5.6 不同水力负荷对 TN 去除性能的影响	129
参考文献	129
第8章 影响无砾石微孔管地下渗滤的主要因素	131
8.1 试验进水水质范围	131
8.2 系统的运行条件	131
8.3 试验结果与分析	132
8.3.1 COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 处理效果对比	132
8.3.2 管道的影响	135
8.3.3 植物的影响	136

8.3.4 土壤的影响	137
8.3.5 植物、土壤和管道的协同作用	138
参考文献	139
第9章 地下渗滤系统的工程应用	140
9.1 CRI 系统	140
9.1.1 CRI 系统工艺原理	140
9.1.2 CRI 系统处理效果	142
9.1.3 CRI 系统的实际应用实例	143
9.2 地下渗滤系统在大裕村的实际应用	144
9.2.1 工艺过程设计	145
9.2.2 构筑物系统设计	146
9.2.3 系统净化效果	146
9.3 地下渗滤系统在滇池流域的实际应用	147
9.3.1 工艺参数及流程	147
9.3.2 主要处理单元设计	148
9.3.3 工程运行情况	149
9.4 地下渗滤系统在校园污水处理中的应用	149
9.4.1 污水处理规模与出水水质的确定	150
9.4.2 总体技术方案设计	150
9.4.3 深度处理方案设计	151
9.4.4 实际处理结果	151
参考文献	152

第 1 章 分散式生活污水处理工艺的优选

随着我国社会经济的快速发展,农村生活水平的不断提高以及农村畜禽养殖、水产养殖和农副产品加工等产业的发展,农村的生活污水、废水产生量与日俱增,形成了许许多多分散式生活污水污染源。当前,在城镇化进程中,虽然不可避免地要进行大范围、高投入的污水处理项目建设,但这些项目主要集中在城市,往往将城市郊区和乡村或其他远离城区的单位从服务范围中剔除,致使其中的大部分污染源不能纳入未来的城市污水收集系统或城市污水处理厂,全国大部分农村及偏远地区的生活污水得不到有效处理。这些城市污水管网收集不到或集中处理不经济的生活污水称为分散式生活污水。近十年来,我国农村水资源污染越来越严重,农村面源污染中的污染物种类多、数量大、分布广,导致大部分水源中重金属、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、总磷(total phosphorus, TP)、化学需氧量(chemical oxygen demand, COD)、大肠杆菌、阳离子表面活性剂等指标均存在不同程度的超标。2010 年中国的村镇污水排放量约 270 万吨,占到我国生活污水排放总量的 80%以上,而占全国总面积近 90%的广大农村,96%的村庄没有排水渠道和污水处理设施。分散式生活污水污染源所产生或排放的污水由于得不到很好的治理,随意就地排放,对地面水环境造成的污染和对水生态造成的破坏正日渐突出,不但直接影响工农业生产经济效益,同时也不利于社会经济的发展和稳定。

1.1 分散式生活污水的来源及特点

分散式生活污水主要来源于不能纳入城市污水收集系统的居民区、旅游风景区、度假村、疗养院、郊区及村镇等分散的人群聚居地,主要包括冲洗厕污水和洗涤废水。分散式生活污水的组成物质主要是生活废料和人畜的排泄物,通常含有大量的氮、磷等营养物质及细菌、病毒、寄生虫卵等微生物,一般不含有毒物质,容易造成地表水及地下水的污染。因人口密度、生活习惯、生活方式和经济程度等的不同,分散式生活污水的水质水量存在较大的差异,但所含有有机物浓度均相对偏高。

分散式生活污水具有如下特点：种类多，分布广且分散，水质水量变化大；管网收集系统不健全，缺乏污水处理设施，属于粗放型排放；间歇排放，集中在早、中、晚三个时间段，污水流量小，且日变化系数大，一般为 3.5~5.0；污水成分复杂，但各种污染物的浓度较低，污水可生化性好。据统计，全国的水体污染中约有 30%~60% 的污染来自分散式生活污水^[1]。并且由于居民环保意识、区域及技术条件等限制，这些污水通常不能纳入城市污水集中收集系统，因此得不到很好的治理就就地排放，造成农村水环境污染及湖泊富营养化，其对水体造成的污染日益严重，严重制约了我国社会经济的发展，影响了人们的生活和健康。

我国分散式生活污水的基础资料较缺乏，相关研究显示，我国分散式生活污水水质状况如下^[2]：重铬酸盐法化学需氧量(COD_{Cr})<1000 mg/L，五日生化需氧量(BOD₅)<500 mg/L，总氮(total nitrogen, TN)为 35~45 mg/L，悬浮固体(suspend solid, SS)<500 mg/L，NH₃-N 为 23~30 mg/L，TP 为 5~8 mg/L。不同的污染源，其排水水质有差异，所以水质的变化主要受分散式生活污染源的性质所影响。

1.2 分散式污水处理面临的问题与要求

随着城镇化进程的推进和农村生活水平的提高，农村生活污水的排放量逐年增多，随之产生的分散式生活污水也越来越大。尽管城市生活污水二级生物处理技术比较完善，但其投资运行费用高，不适合用于治理分散式生活污水。据统计，日处理量为 1 万吨的城市生活污水处理厂，投资成本约为 1500 万元，年运行费用约为 150 万~200 万元^[3]。污水土地处理系统水力负荷较低，处理水量越大，占地面积就越大，加上我国土地资源十分有限，实现分散污水资源化的目标较严峻。我国农村地区经济力量相对薄弱，缺乏排水渠道，分散式生活污水处理设施运行方面的技术力量也比较薄弱，并且缺乏专业的污水处理人员，很难完成污水处理厂的日常维护和管理，无法达到城市生活污水处理厂的技术要求。因此，像城市一样建设集中式污水处理厂在经济上和技术上都是不合理的。我们必须寻求一种低投资、高效率、低运行成本、操作简便、管理方便的分散式污水处理技术。

目前，我国城市污水处理厂大都采用传统的二级活性污泥法工艺，其运行费用很高，而且集中式污水处理厂建设除了基建投资以及日常运行费用外，还需要配套大量的管网收集系统，而这部分费用往往比污水处理厂本身建设费用还高约一个数量级。因此集中式的城市污水处理技术对于农村地区单家独户或有限几户家庭的生活污水处理并不适用。

分散式污水处理可以克服集中式污水处理的许多不足之处，具有以下优点：

不依赖于复杂的基础设施,受外界影响较小;系统自主建设,运行和维护管理较为方便,不易受到不可预知的人为破坏;可应用于各种场合和规模;处理后污水易于进行回用。正是基于分散式污水处理系统的这些优点,即便是经济发达的美国,也约有20%的生活污水选择以分散式处理为主。分散式污水处理已经成为国内外生活污水处理的一种重要技术。

在我国,由于大多数分散式生活污水处理技术处于研究阶段,可选用的适宜分散式生活污水处理的技术还较少,因此分散式生活污水处理率较低。分散式生活污水处理技术的选择原则包括^[4]:①处理效率高,可使处理后的污水达标排放;②建设费用低;③运行费用低,不用投加化学药剂,节省能源;④运行和管理简单,利用当地技术和管理力量就能够正常运行;⑤节省占地面积;⑥适应当地条件,如利用当地的废塘、涂滩、废弃的土地等。

土地处理技术是分散式生活污水处理技术的首选。近年来,随着污水处理技术的发展和革新,一个新的概念——绿色技术被引入了城镇污水处理技术中,并引起了世界各国的关注。2001年11月,建设部、环保总局、科技部联合颁发实施的《城市污水处理及污染防治技术政策》中明确指出^[5]:“因地制宜,在有条件的地方采用土地处理技术等自然净化技术,将城镇污水处理与生态工程有机结合起来。”根据我国的国情和经济、地质、气候、人口分布特点,研究开发基建投资低,能耗低,处理效率高,能促进资源循环和再利用的就地污水土地处理技术,是因地制宜,实现分散式生活污水处理无害化、资源化的有效途径^[6,7]。

1.3 分散式生活污水处理工艺的优化选择

1.3.1 分散式生活污水处理的工艺方案

目前国内关于分散式生活污水的处理工艺主要有:人工生物净化、自然生物净化、人工生物净化与自然生物净化结合三大处理技术。随着污水处理技术的不断发展,水解-好氧处理技术、管道处理工艺、生物膜自然净化工艺、深井曝气等一些新技术以低能耗、低投资、管理简单而受青睐。但分散式污水处理工程与一般的城市污水处理厂还是有很大的差别的。尤其是分散的村镇相对大中城市比较落后、经济发展水平低、水质水量变化较大,而且村镇周围广阔的农田有一定的自净能力并为污泥处理提供了便利条件,因此在工艺选择时有别于一般的城市污水处理工程。

在德国、美国、荷兰等国的规划方案中,序批处理工艺被作为研究开发计划中的关键研究内容。我国地域辽阔,各地村镇的地理和气候差别很大,因而适用于分散式村镇的污水处理工艺不能一概而论,在工艺优化时可考虑以下几种类型

的工艺^[8]：

(1)常规工艺简化型。受分散式村镇的经济发展水平限制，常规工艺进行处理存在投资大、运行费用高、运行管理复杂、设备维修困难等弊病。因而对常规工艺进行适当的改变，可以达到工艺简化、节省投资的目的。

常见的工艺简化方式把几个不同阶段的工艺简化为一步工艺，用一个构筑物代替多个常规构筑物。在设计时应应对池体结构、曝气方式、污泥处理部分进行相应的调整才能保证整个系统的处理效果。国内有报道的简化工艺是取消初沉池或调节沉淀池，直接利用酸化水解池作为预处理单元，并在酸化水解池底安装曝气机，加入一定形状的生物填料，强化水解池的去除功能；并采用多层人工渗滤系统，在人工渗滤系统上层种植植物和花卉等，减少系统有机质的积累。该工艺与传统二级处理工艺相比，可节省基建投资 45%~50%，节约能耗 80%，处理成本降低 75%，减少占地面积 2/3 以上。

(2)常规工艺复合型。分散式村镇随着季节变化和村镇发展水平的不同，其污水的水质水量变化很大。虽然多工艺复合使整个处理系统变得复杂，但有时由于多工艺的互补性，可以实现处理效率提高、构筑物体积减小、抗冲击负荷的目的。多工艺复合增加了管理和运行维护上的困难，因此应考虑对处理设施进行标准化、系列化、成套化、自动化以降低安装、运行和维护的要求。

(3)人工处理与自然净化结合型。分散式村镇周围农田多，而污水量相对大中城市而言要小得多，因而在污水处理及污泥处理部分应考虑自然净化的功能。在能够实现污水处理后直接进行农田灌溉的地方，其污水处理只要达到农业灌溉用水水质要求即可。从而可以节约有限的水资源，使污水资源化。

分散式村镇污水处理厂将产生大量的污泥，不能因为缺乏经济技术优势而使不经稳定处理的生污泥直接农用或就近排放，这将对农田和周边地区造成二次污染。国内已研究出对分散式村镇污水处理厂的生污泥采用直接脱水和堆肥的技术，将使污泥达到稳定化和无害化。这种无害化后的污泥直接作为肥料或加工成为复合肥料用于农业、绿地，使污泥资源化，从而使污泥脱水的成本显著降低，减少药剂的消耗。

1.3.2 分散式生活污水处理工艺的优化

一般分散式村镇在经济、技术水平方面处于劣势，而在生物自净能力方面有很大的优势。因而分散式村镇污水处理工艺的优化应达到以下几个目标：投资省，处理成本低，节能，易管理和运行，充分利用自净能力，无二次污染。表 1.1 分两类共给出了 17 个优化指标^[8]：占地面积 A (平方米/1000 吨污水)、基建投资 I_1 (万元)、设备投资 I_2 (万元)、运行费用 I_3 (元/天)、人员定额 M (人)、能耗 N (度/天)、污灌可实现度 G 、污水资源化率 L 、污泥资源化率 S 、工艺简化

度 T_1 、工艺复合度 T_2 、设备标准化 T_3 、构筑物标准化 T_4 、处理效率 E 、旧厂改造利用率 X_1 、后期扩建有利度 X_2 、技术成熟度 X_3 。

在污水处理工程的工艺优化实践中，因为需要考虑多个指标综合进行技术经济分析，而方案对比时多以经验为主，缺乏可操作性，主观性比较强；为了提高工艺优化的客观度，作者提出使用优化对照表和计算比较分的方法，并根据方案总分来确定最优工艺方案。

表 1.1 中，共有 17 个指标，既有经济指标，也有技术指标，其中指标 7~13 主要是根据分散式村镇污水处理工艺的三种可选类型(工艺简化型、工艺复合型、人工处理与自然净化结合型)确定的。因而按照表 1.1 得出的优化结果既体现了一般的污水处理工艺方案选择比较因子，也反映了分散式污水处理的特殊性，其优化结果具有针对性。

在分类时主要根据计算比较分的方法不同，将Ⅰ类指标称为差值加分指标，将Ⅱ类指标称为相对值加分指标，多个方案中实际值最大的比较分为 0 分。其他方案的比较分计算公式为

$$CM_{Ii} = (V_{\max} - V_i)/V_{\max}$$
$$CM_{IIi} = V_i/V_{\max}$$

式中， CM_{Ii} 表示Ⅰ类指标中第 i 个比较分， CM_{IIi} 表示Ⅱ类指标中第 i 个比较分， $V_{\max}$ 为多方案中指标的最大实际值， V_i 为某一工艺方案指标 i 的实际值。

由表 1.1 中示例优化结果可知最优方案为工艺方案 3，即分散式村镇污水处理宜选用人工处理与自然净化相结合的工艺。

探寻一种低投资、低运行费用、低操作要求，并且具有良好污染物去除能力的分散式污水处理工艺是实现有效控制分散式村镇生活污水面源污染的必然要求。

表 1.1 污水处理工艺优化对照表及其示例

优化指标		工艺方案		工艺方案 1		工艺方案 2		工艺方案 3	
		实际值		比较分		实际值		比较分	
Ⅰ类指标	1 占地面积 A	200	0.33	300	0.00	250	0.17		
	2 基建投资 I_1	300	0.00	400	0.25	380	0.05		
	3 设备投资 I_2	500	0.00	350	0.30	400	0.20		
	4 运行费用 I_3	200	0.10	220	0.00	210	0.05		
	5 人员定额 M	35	0.00	30	0.14	33	0.06		
	6 能耗 N	335	0.26	450	0.00	360	0.20		