

我国不同区域分散型污水处理技术与应用

文 / 刘俊新

(中国科学院生态环境研究中心
住房和城乡建设部农村污水处理技术北方研究中心)



一、概述

近年来,我国城镇化速度加快,但许多镇区的基础设施不完善,很多镇区包括建制镇对污水的排放、收集、治理都没有相应配套的处理措施,污水对环境污染十分严重。而且我国政府一直以来对城市污水治理比较重视,而对广大的农村地区并没有给予足够关注,即使是在江浙一带经济发达地区,虽然农民的生活水平显著提高,但是个人住宅与周边环境的差距是非常大的。

1、农村污染现状问题严峻
我国农村污染非常严重,主

要体现在以下几方面:

(1) 全国有60多万个行政村和250多万个自然村,农村经济发展迅速,生活水平高,但农村的环境建设与经济发展不同步,农村水环境污染严重。

(2) 农村的“脏乱差”现象对人群健康存在威胁。

(3) 农村污水治理是新农村建设的重点内容之一。

2、污水处理模式

(1) 集中处理

我国城市污水大多采用集中处理,且集中处理率逐年提高。截止到2011年底,我国城市

污水集中处理率达到82%(见图1),已经趋于饱和状态,但村镇的污水集中处理率非常低,城市与农村的差距很大,这也使国家将注意力转移到了村镇污水分散处理的层面上来。

(2) 分散处理

适于处理独户或住宅区及商业区的污水,特点是:投资小、管道费用少、运行灵活、可实现再生水就地回用。

二、村镇污水特征

1、村镇污水处理的调查工作

在住建部村镇建设司的支持下,“农村污水处理技术北方研究中心”组织了全国村镇生活污水的抽样调查工作,调查点分布全国29个省。调查内容主要有:社会经济、水环境、用水排水、污水治理、需求意愿、制约因素等。对全国200个县、200个镇(乡)和200个行政村进行问卷调查,采集有效数据111655个。同时,组织300多名研究生开展了农村污水入户调查。

对典型区域的农村污水特征调查,主要包括:浙江苕溪流域和嘉兴(水网地区,15个行政村)、北京曹家路流域(北方水

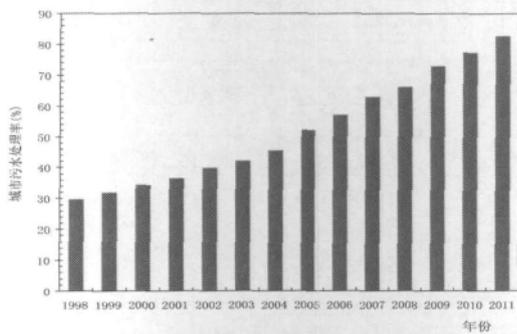


图1 我国每年城市污水处理率

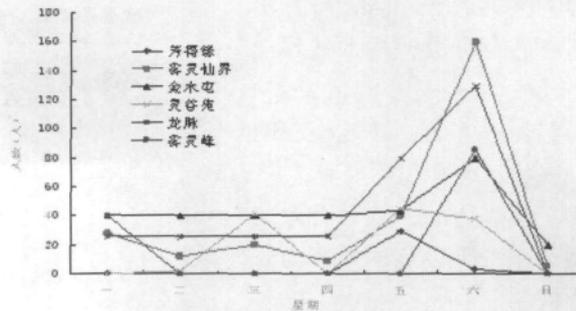


图2 部分度假村用水量变化图

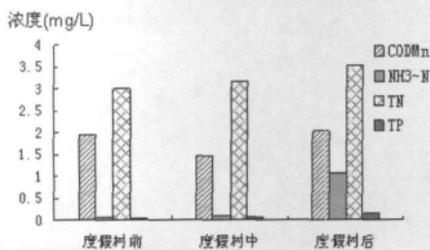


图3 度假村水质变化图

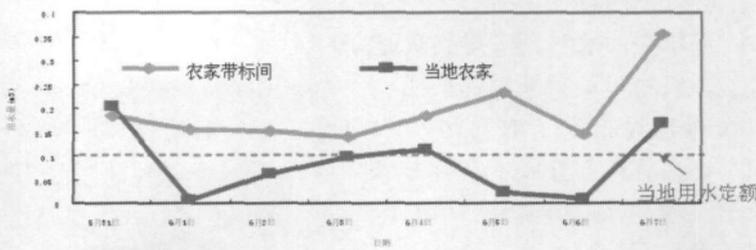


图4 度假村人均用水量调查图

源地, 2个行政村)、云南泸沽湖(高原风景保护区, 1个自然村)、四川向峨乡(山区, 4个行政村)。

2、调查结果

(1) 基础设施建设不足

村镇基础设施建设普遍不足, 特别是农村, 缺乏完善、统一的污水收集与处理系统以及垃圾集中收集与清运系统。导致许多村边明沟污水流淌, 畜禽粪便及生活污水随意排放, 农村环境污染严重。

(2) 污水排放特征与地域有关

不同地域用水习惯不同, 污水产生量和排放规律有差异。人均生活用水量呈南方高北方低的趋势, 农村低于城镇。

由于粪便还田和农田灌溉等原因, 农村地区生活污水排放系数明显低于城镇居民。

山区分散居住户基本采用旱厕, 污水大多直排; 经济较发达的地区和保护区, 采用化粪池和土壤渗滤等系统简单处理。

(3) 风景区污水受季节影响

旅游风景区的主要污染源来自旅游业及相关产业, 特征是污染物产生量随旅游旺季和淡季的变化显著波动。度假村用水量变化见图2、水质变化见图3、人均用水量调查见图4。

(4) 生活污水与畜禽污水是主要点源

生活污水和畜禽养殖粪便与污水是村镇的主要点污染源。生猪养殖过程中的抗生素和生长素等过量使用状况值得注意和认真对待; 在经济发达地区, 乡村工业废水也是重要的污染源; 村镇建设的宾馆和度假村排污随季节变化很大, 夏季排污量大, 是季节性点污染源。

点源特点: 分散; 水质、水量变化大, 日变化系数大; 大多未经处理直接排放。

(5) 地表径流是主要面源

面污染源主要来自地表径流;

生活垃圾、农业废弃物的随意堆放是村落的主要污染源;

村镇小型工业污染包括务工人员的生活垃圾等污染。

3、特点与问题

(1) 分散污水特点

水质、水量变化大, 日变化系数大, 排放无规律;

污水排放分散, 大规模管网收集污水有困难, 且经济上不合算。

(2) 存在的问题

缺乏资金保障、缺乏科学规划、缺乏高效组织、缺乏技术标准、缺乏长效管理。

在技术方面: 城市污水厂

的技术工艺不适合，需要研究和总结真正适合分散型污水处理技术；

在管理方面：缺乏相应的规程、规范、准则和标准等；

在机制方面：缺乏有效的分散型污水处理设施的投资与长期运营机制；

在实施方面：缺乏产业支撑，技术能力不足。

4、已有的技术规范

近年来，农村经济得到快速发展，农村污染问题受到重视，新农村建设带动了农村污水治理，许多省市都开展了农村污水整治工程，并提出适合当地的适用技术。

住建部针对农村污水治理发布了“村庄整治技术规程”、“镇（乡）村排水工程技术规程”等国家或行业标准。另外，在住建部村镇司的组织下，编写了《东北地区农村生活污水处理技术指南》、《华北地区农村生活污水处理技术指南》、《西北地区农村生活污水处理技术指南》、《东南地区农村生活污水处理技术指南》、《西南地区农村生活污水处理技术指南》、《中南地区农村生活污水处理技术指南》等技术指南，同时通过住建部颁发的文件予以发布实施。

三、分散污水处理技术与应用

1、分散污水处理技术

(1) 分散污水处理技术概况

目前用于分散型污水处理技术多种多样，按原理分为：

物化处理技术：沉淀、过滤、混凝、吸附和消毒技术等；

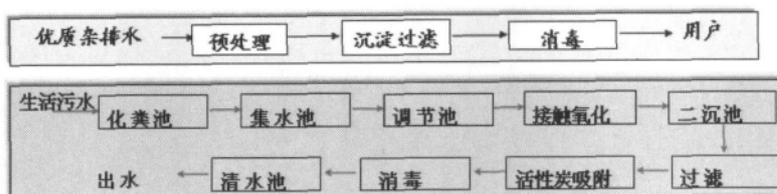


图 5

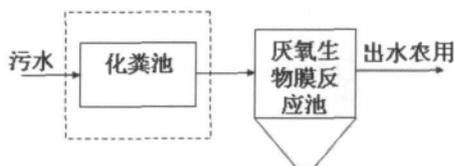


图 6

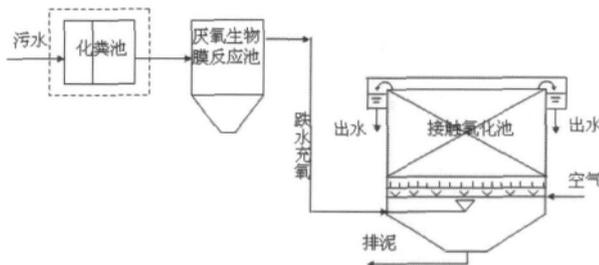


图 7

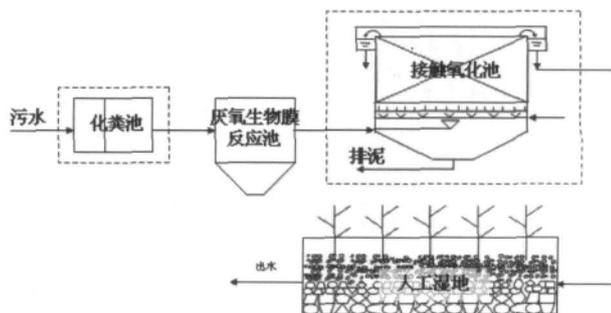


图 8

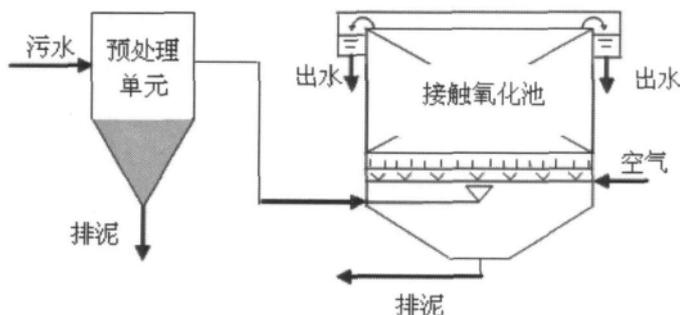


图 9

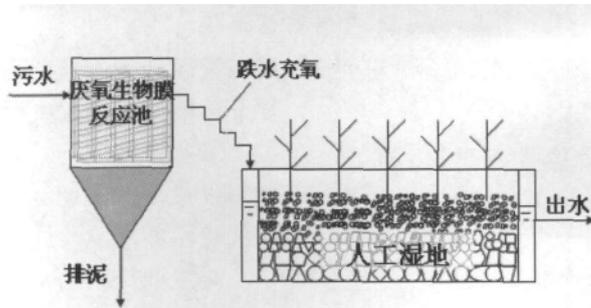


图 10

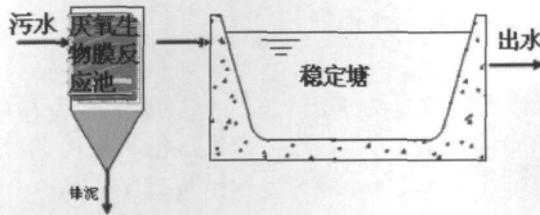


图 11

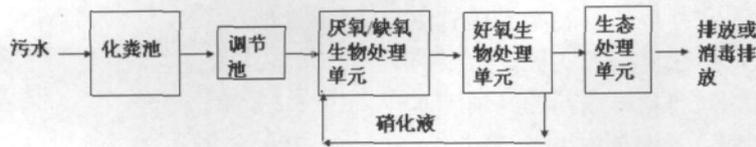


图 12

生物处理技术：化粪池、沼气池、氧化沟、SBR、生物膜法等；

生态处理技术：生态滤池、人工湿地、稳定塘、土地渗滤、亚表层渗滤等；

组合技术：根据水质要求进行技术组合。

(2) 预处理技术

常用的污水预（初级）处理技术主要有化粪池和厌氧生物膜技术。作用是：主要通过微生物的厌氧发酵作用，去除粪便污水或其他生活污水中部分悬浮物、有机物和病原微生物，可有效降低后续处理单元的有机污染负荷。

(3) 生物处理技术

常用的生物处理技术主要有：生物接触氧化池、氧化沟、SBR、净化槽等。作用是：采取

一定人工措施，创造适宜环境，使微生物大量增殖，有效去除污水中悬浮物、有机物、氮和磷等污染物。

(4) 生态处理技术

常用的生态处理技术主要有：人工湿地、氧化塘（稳定塘）、土地渗滤、生物浮岛等。作用是：可去除污水中的悬浮物、有机物、氮和磷等污染物，通常在生物处理之后对污水进行深度净化。

(5) 分散污水处理的技术选择

单一技术通常难以满足达标排放或回用水质的要求，需要根据进水水质特点、排放要求以及当地的环境条件选择合适的单元技术进行组合，形成适宜的组合技术（工艺）。

按污水处理规模选择可分

为：散户（单户或多户）、村庄污水集中处理。技术选择宜根据污水处理规模选择适宜的技术。对于便于统一收集污水的村落，通过技术经济对比和环境影响评价后，宜采用村落集中污水处理站。

按污水处理要求选择可分为：非旅游区，人口居住密度低，水环境容量较大，污水处理主要以去除有机物COD和悬浮物SS为主；重点河流、湖泊、水源地、旅游景区村落，污水处理除去除COD和SS之外，还要考虑去除氮和磷等营养元素；以回用为目的，需要满足相应的回用水质标准。

污水处理组合技术与工艺选配依据的主要因素：土地资源、经济状况、进水水质、水环境现状、出水排放要求、地形和气候等。

因地制宜，根据技术的特点和适用范围，结合当地条件进行选配。尽量利用地形，污水采用重力自流和跌水充氧，以降低运行费用。

污水处理工程不仅要满足相关排放要求，还要注重景观美化、环境协调。

2、分散污水处理技术的应用

(1) 城镇分散污水处理技术系统典型工艺流程见图5。

(2) 以去除COD为主要目标的污水处理工艺：

散户污水处理工艺组合

a.化粪池+厌氧生物膜反应池工艺流程见图6。适用范围：

无空闲土地用于污水处理，非河网地带，出水水质排放要求宽松的地方。该工艺对COD和SS

的去除效率为40%-70%，但对氮磷基本无去除效果，因此出水不宜直接排放池塘或河流，以避免给池塘富营养化增加负担，可回用浇灌农田或菜地，为农作物提供营养物质。

b. 化粪池+厌氧生物膜反应池+曝气充氧+接触氧化

工艺流程见图7。适用范围：有地势落差的丘陵或山区，利用跌水充氧可以节能。

c. 化粪池+厌氧生物膜反应池+接触氧化+人工湿地

工艺流程见图8。适用范围：适用于土地资源相对丰富，气候温暖，日照充沛，出水水质要求较高的地方的多户污水处理。

村落污水处理工艺组合

a. 预处理+接触氧化

工艺流程见图9。适用范围：土地资源有限，经济条件较好或者地势落差大，以村容村貌整治为主要目的，周边水体富营养化不严重，以去除有机物COD和悬浮物SS为主要目标，对磷的去除无特别要求。

b. 厌氧生物膜反应池+曝气充氧+人工湿地

工艺流程见图10。适用范围：有一定面积的闲置土地或沟渠用于建造人工湿地，最好具有一定的地势落差，该地没有被树荫遮盖，日光照时间长，对出水中氮磷浓度无严格排放要求。

c. 厌氧生物膜反应池+稳定塘

工艺流程见图11。适用范围：具有自然低洼坑塘，或有较大面积闲置水沟或池塘，干旱缺雨的地方更合适。

风景区/水源地分散污水处理工程

住建部农村污水处理技术北方研究中心在云南泸沽湖风景区做一个污水处理工程项目，运行至今状况良好。工艺流程见图12。

四、发达国家分散污水治理

1、美国

(1) 美国对于分散型污水的治理有自己的模式，由于美国地广人稀，采取的技术主要是“户外厕所—污水坑—化粪池—分散式污水处理系统”这一模式。对农村污水处理的发展始于1987年《水质法案》的实施。主要的法规体系包括：联邦的《清洁水法案》、《安全饮用水法案》、《海岸带修正法案》、《水质法案》，环保局的《分散处理系统手册》、《分散处理系统管理指南》以及州和民族地区立法。

(2) 美国对于分散污水治理的财政补助制度比较完善，包括州清洁水滚动基金和国家环保局、农业部、房屋和城市发展部、各州政府的项目资助。其中，州清洁水滚动基金是由联邦拨款+各州配套20%，低息或无息贷款，期限20年，偿还的贷款和利息再次进入滚动基金。例如，马萨诸塞州支持分散污水的项目计划，政府采取的措施主要有：贴息贷款。最高达10万美元；减税。减免3年共4500美元税金，用于分散系统维修；社区分散系统管理项目。提供资金用于保障社区、整个地区乃至水域范围内的系统长期安全。

(3) 运营模式按照联邦环保

局《分散处理系统管理指南》的规定，根据集中程度可以分为：

业主自主方式：仅限于维护需求最低的系统。执法部门定期邮寄保养提示及注意事项。

专业维护方式：鼓励业主与有专业技术人员签订维修保养合约。适用较复杂的技术系统。

许可运行方式：发放运行许可证，适用于敏感水体区域。

机构管理方式：运行许可证发放给机构而非业主。适用于饮用水源保护区。

机构所有权方式：由机构集中建设、运行与维护。相当于集中处理。

2、芬兰

(1) 发展概况

2003年颁布《排水管网以外地区生活污水处理政府法令》，又称《本地污水处理法令》(OWSD)。

(2) 法规体系

芬兰宪法(731/1999)——任何人都对保护环境负有责任，政府应努力保证环境健康；环境保护法(86/2000)——对污水处理和无害化的一般要求；本地污水处理法令(542/2003)——为污水系统提出的一般环境要求；各地的城市环境保护规定——各地对污水系统作出的环境规定。

(3) 财政补贴制度

原则上，物业所有者必须对自家的污水处理系统的运行效果负责。在申请建房时就必须包含污水系统的规划，并且在建房时受当地环境或建筑部门监督。原则上由建筑物所有者支付污水处理与运行管理的费用。政

府通过基金为低收入家庭提供一定补助, 补助额不超过总费用的35%。

(4) 污水处理技术

集中式污水处理: 芬兰鼓励乡村污水处理尽可能通过一个小型的管网系统收集然后集中处理。该系统可以由市政部门运营, 也可以由私营的水合作社管理。

分散式污水处理系统: 包括盥洗水和厕所水分开处理和混合处理两种类型。

3、英国

(1) 法规体系

英国与污水处理相关的法律大多数是对欧盟相关指令的解释。在英国, 最重要的法案是《水资源法案》(1991) 和《环境法案》(1995); 另外就是发放排水许可证制度。

(2) 乡村污水处理

集中式污水处理: 小型污水处理厂, 通常包括沉砂池、初沉池和生物处理系统。常见的生物处理系统有常规生物滤池、生物转盘、延时曝气活性污泥法、生物接触法以及氧化沟。

分散式污水处理系统: 包

括污水槽、化粪池等。

4、日本

(1) 日本农村污水治理概况

发展史: 1969年推行《建筑基准法》, 1983年实施《净化槽法》, 使日本农村污水治理有法可依。

法律规范: 对城镇以及人口密度40人/ha的地区实施《下水道法》; 对农村村落和家庭实施《净化槽法》。

(2) 日本家庭污水处理的财政补助制度

1987年, “合并净化槽设置整备事业” 补助制度。对于家庭设置合并净化槽, 市町村给予个人家庭补助时, 由国家给予市町村一定的国库补助, 补助额为市町村给予家庭补助标准额的1/3。

从1994年起, 日本政府开始实施“特定地域生活排水处理事业” 补助制度。限于急需开展生活排水对策的地区。以市町村为主体推动净化槽的普及事业时, 由国家给予事业费总额1/3的国库补助。另外, 由市町村设立公营企业, 承担净化槽的日常维护管理等业务。家庭仅负担约

10%。

五、结语

1、分散型污水采用城镇污水厂的模式行不通, 即使建成也很难运营维护下去, 必须建立适合分散污水处理的运行、管理和检查与监督体系与模式, 使之能够长期稳定、有效地运行。

2、我国地域广阔, 不同地域的用水习惯不同, 污水产生量和排放规律有很大差异, 污水处理应因地制宜。

3、目前研究和应用的分散污水处理技术类型很多, 应逐渐向规范化和标准化发展。

4、村庄排水系统问题需要予以关注。

5、目前有关分散污水治理尚缺乏长期有效的评估与监督机制。

6、发达国家经过多年的摸索和实践, 已经形成比较完善的分散污水治理体系, 包括财政补贴、扩大社会力量与市场机制的作用、第三方负责制等, 对我国具有借鉴意义。(本文根据“2012第二届中国农村与小城镇水环境治理论坛” 录音整理)

(上接 50 页)

境问题, 还对食品安全和农业可持续发展影响深远。当前制约我国土壤修复工程开展的主要瓶颈是适合我国需要的土壤治理技术设备缺乏, 工程经验不足, 现在技术设备不能满足日益紧迫的现实需要。

常用的污染场地修复技术: 挖掘、稳定/固化、化学淋洗、气提、热处理、生物修复等。

八、重点领域——其他污染防治领域

包括噪声与振动控制、资源循环利用等领域。

1、通用噪声控制: 提高汽车、机械设备、电梯的消声器、隔振器等配套产品的自动化和集成化水平; 以及大型电厂和直流输电变电工程噪声控制技术。

2、交通噪声控制: 发展新

型实用声屏障技术, 通风隔声窗产品。

3、城市轨道交通噪声与振动控制: 实现阻尼弹簧浮置板轨道隔振技术的国产化; 优化和开发适用于各类轨道交通的新型隔振器, 尤其是减低钢轨“波磨”的可靠隔振技术, 以及地铁用大风量阵列式消声器。