

适合我国农村的污水处理模式探讨

沈坚^{1,2}, 罗刚², 周琪², 谢丽²

(1. 浙江水利水电专科学校, 浙江杭州 310018; 2. 同济大学污染控制与资源化国家重点实验室, 上海 200092)

摘要 随着我国农村经济的发展以及社会主义新农村的建设, 农村污水的处理开始引起广泛的关注。阐述了现阶段我国农村污水处理存在的问题, 介绍了国外采用的农村污水处理模式, 提出了我国农村污水处理模式的选择原则, 并探讨了适合我国国情的可行的农村污水处理模式。

关键词 农村; 污水; 处理模式

中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611(2008)29 - 12859 - 03

Discussions on Sewage Treatment Methods Suitable for Rural China

SHEN Jian et al (Zhejiang Water Conservancy and Hydropower College, Hangzhou, Zhejiang 310018)

Abstract Sewage treatment in rural areas has caught wide attention with the development of rural economy and the construction of socialist new countryside in China. The problems existing in rural sewage treatment in China at present stage were illustrated. And treatment methods adopted in foreign countries were introduced in detail. Finally, selection principles for rural sewage treatment were proposed and feasible rural sewage treatment methods suitable for China were also discussed.

Key words Rural; Sewage; Treatment mode

近几年随着湖泊富营养化原因的逐步明朗, 农村的污染治理问题越来越受到各方面的重视。2005年, 建设部《村庄人居环境现状与问题》项目组织对全国部分村庄的调查显示: 96%的村庄没有排水沟渠和污水处理系统, 89%的村庄将垃圾堆放在房前屋后、坑边路旁甚至水源地、泄洪道、村内外池塘。我国目前有60多万个行政村、250多万个自然村, 居住2亿多农户, 近8亿人, 他们生活在我国大部分的国土面积上, 所产生的污水亟待合理处理。笔者探讨了适合我国农村采用的污水处理模式, 以期在农村污水处理提供参考。

1 农村污水处理存在的主要问题

1.1 缺乏正确认识, 小投入也可以处理污水 现在一说到污水处理, 人们可能马上联想到建污水处理厂, 而且是采用高科技的手段, 实际上污水处理尤其是生活污水处理完全可以采用一些很简单的方法, 比如现在不少地方开始试点的人工湿地的方法就是非常经济实用的。

1.2 污水随意排放, 造成生态系统困境 农村的污水处理受生产、生活方式、经济发展程度等多方面因素的影响, 农村生活污水的随意排放已经成为农村区域重要的污染源。生活污水未经适当处理而直接排入相邻的河网, 对周围的水环境造成污染, 影响到地下水及居民饮用水的安全, 进而造成地方局部性的生态系统困境。

1.3 资金短缺, 来源不足 减轻农民负担是国策, 但是现阶段农村房屋建设基本上是以农户自己出资为主, 并没有专项的污水处理补助, 其他可利用的资金来源主要是国家和地方的政策性专项补贴, 但是专项补贴必须专款专用。基于农民本身的文化素质基础, 很难将这些补贴项目与实际工程结合起来, 造成农村污水处理资金来源缺乏。

1.4 缺少足够的技术支持, 建后管护难以实现 污水处理设施的维护需要一定的技术基础和专门人员, 农村地区现状

是经济基础薄弱、从业人员技术水平和管理水平较低, 而且现在农村有文化的青壮年大多外出打工经商, 很少有常住家中的, 这给污水处理措施的建后管护造成了人员上的障碍, 必然影响污水处理的后期效果。

2 农村污水处理可借鉴的国外模式

针对农村居民分散居住的特点, 国外有很多项目专门研究分散式污水处理的实施方法, 结合我国农村现状, 适合我国借鉴的模式主要有以下几种:

2.1 利用自然地理条件, 建设自然处理系统 所谓自然处理系统是指利用自然过程来处理污水, 以达到污水处理的预期效果。自然处理系统可分为: 土地处理系统; 人工湿地处理系统; 各种构造的稳定塘系统。

在利用土地处理系统方面, 根据美国的经验, 在所有自然处理系统之前需要一些机械预处理, 比如细格栅或初次沉淀池来去除污水中可能阻塞配水系统的固体, 现在美国有超过2000万个土壤吸收系统用于污水处理。有数据表明, 慢速渗滤土壤吸收系统对BOD、氮、磷、重金属、微量元素及微生物等的去除非常有效。

在利用人工湿地处理系统方面, 一些国家已有成功的经验, 比如德国和瑞典。人工湿地是一种废水处理系统, 运行良好的人工湿地可以接纳化粪池以及二级处理的出水, 各类人工湿地的水域范围、填充的基质材料和植物的种类都是可以控制的, 可以去除大部分生活污水中的污染物。

在利用各种构造的稳定塘系统方面, 法国有超过2500个稳定塘系统在处理废水, 稳定塘系统是以一种连续进水的浅池塘, 通常是几个池子的串联, 最普遍的组合是厌氧塘加兼性塘, 后面再串接若干好氧塘(也叫熟化塘), 废水从第一个池子进入, 从最后一个流出。这种组合流程可以去除除氮和磷(营养型污染物)以外的所有污染物。这种废水处理系统是一个自然过程, 是最简单的污水处理方式之一。

以上所述3种自然处理系统, 投资较少, 后期维护也相对容易, 但是都存在占地面积大的缺点。

2.2 将污水处理设施集成化, 方便运行管理 污水处理设

基金项目 上海市科委国际合作项目“崇明村镇污水生物生态联合处理技术”(062307038)。

作者简介 沈坚(1970-), 女, 浙江海宁人, 副教授, 从事生态水利工程建设, 水利工程造价管理方面的研究。

收稿日期 2008-07-07

施集成化就是将几类污水处理方式联合使用,也就是一般污水处理厂的微型版。这方面的典型代表是日本的净化槽技术。在日本,净化槽通常用于没有排水系统的边远乡村,是以农户家庭为单位的生活污水一体化处理设施。在日本已安装 800 万个净化槽,服务人口约 3 600 万,每个槽的服务人口在 50 人以下。净化槽由厌氧滤池、接触氧化池、沉淀池和消毒池组成,在厌氧滤池和接触氧化池中加入填料,每个池子的池容等于或大于按人口计算的容积量。日本政府对使用净化槽出台支持政策和法律制度,并提供技术人员的培训。

在挪威,由于地广人稀,一般以小型污水处理厂处理作为就地处理的方法,主要采用生物法、化学法和生物化学法联合处理,已建成的超过 4 000 个。其中,服务人口 35 人以下的占 88.2%,服务人口 35~500 人的占 6.5%,服务人口 500~2 000 人的占 5.3%。方法上以生物化学法联合处理所占比例最大,约为 55.0%。

将污水处理设施集成化的优点是便于运行管理,同时可以保证出水的水质;缺点是造价高,必须进行定期维护,且需要连续的电力供应来维持运转。

2.3 从源头卫生设施入手,分类收集污水 从源头卫生设施的改造入手,主要目的是把污水进行必要的分类,至少要把雨水、洗浴用水、尿液和粪便分类收集回收。据研究显示:尿液里含有大量的溶解养分,可以直接用于农业生产;粪便溶于污水排放会带来健康危害必须处理后再排放;洗浴用水用生物滤池和膜处理技术进行处理是非常经济有效的^[1]。

在瑞典,研究人员提出基于循环理念的生态卫生系统,即进行尿液分离、粪便的限制储存和无害化处理,将养分回归土壤。他们设计了一种尿液分离卫生间,已经有 3 000 多个应用于实践,但是大规模应用还存在一些生活习惯上的障碍;在德国,在一个面积为 3.5 hm² 的居住地实施一种黑水处理系统,包括真空卫生间、真空排水管和沼气站,这个系统还利用太阳能和人工湿地,住户利用沼气和太阳能系统为房屋供热,利用垂直进水人工湿地处理灰色废水^[1]。

源头卫生设施如果能全面改造,将各类污水分类收集并利用,可全面改善污水处理的现状,为水资源可持续利用创造良好的条件。但是这种源头卫生设施的改造需要投入大量的人力物力,还需要高素质的人员加以配合,它的缺点也是显而易见的。

3 适合我国农村污水处理的模式选择

3.1 选择的原则 农村污水处理工艺选择时应重点考虑以下原则:要满足达标处理的要求。针对我国农村地区的地形地势、道路交通条件以及居民住宅建设布局等具体情况,探索因地制宜的农村污水收集处理方式,解决当前村庄污水达标处理排放问题,最终达到节约水资源、保护环境、促进农村地区的社会经济发展与资源、环境相协调的目的。选择经济适用的处理技术。考虑到我国广大农村地区财力状况薄弱、农民实际承受能力较低这一普遍情况,农村污水处理技术的选择要量力而行,选择运行操作简便,日常维护管理简单的污水处理方式;处理工艺的选择着重应该考虑选用既成熟可靠又简便易行,同时运行稳定、维护管理方便,利用当地技术和管理力量能够满足正常运行需要的工艺技术。

3.2 可选择的具体模式探讨

3.2.1 以人工湿地处理为主的自然处理系统。人工湿地系统处理污水可以适合不同的处理规模,基建费用低廉,处理单元经简单修建而成,不需要复杂的机械设备,易于运行维护与管理。人工湿地的主要材料如碎石、砂砾、土壤等均可就地取材,处理系统可以依地势而建,污水自流进入,无需额外动力,运行费用低廉。有条件的农村地区应当充分利用附近的废池塘、沼泽地,建设人工湿地处理系统。

1990年,中国建成了第一个人工湿地处理系统——深圳白泥坑污水处理系统,处理污水量 4 500 m³/d,处理场占地 0.84 hm²,实际使用面积 0.50 hm²,设计 BOD₅ 进水最高浓度 100 mg/L,SS 进水最高浓度 150 mg/L,两者的出水浓度均为 30 mg/L,达到城市污水二级排放标准。刘超翔等在滇池流域农村进行了人工湿地(人工复合生态床)处理生活污水的试验和生态处理系统设计。试验结果表明,采用芦苇和茭白混种的方式,可以提高 BOD 和氮、磷的去除率。

现阶段,人工湿地处理生活污水已得到很多研究的肯定,其关键技术是对人工湿地预处理部分的设计。吴磊等研究了“厌氧-跌水充氧接触氧化-人工湿地的组合工艺”以及“水解-脉冲滴滤池/人工湿地组合新工艺”;孙宗健等研究了“人工土壤渗滤-湿地系统”,取得了不错的效果;此外,同济大学研究的蚯蚓生态滤池也可用于人工湿地预处理。

在常州,由中德生态城市规划和管理项目所进行的分散式生活污水处理示范项目——“潜流生态床技术的分散式污水及污泥处理系统”的装置(图略),在 2006 年 10 月投入运行,根据监测结果,出水效果理想。氨氮去除率达 93%,总磷去除率达 86%,出水水质已达到城镇污水处理厂一级排放 B 标准。根据国际经验,随着生化反应器状态日趋稳定,各项指标将越来越好,最终设计将达到一级排放 A 标准^[2]。

3.2.2 以土地渗流方式为主的自然处理系统。土地渗流方式包括慢速渗滤、快速渗滤、地表漫流,其中美国主要采用的是慢速渗滤(SR)。SR 是指将废水利用到耕作土壤中,达到处理的目的,同时可以满足作物生长的需要。系统设计取决于单位土地面积上的废水流量、作物的选择和管理。

我国在 20 世纪 90 年代初建设了一些土地渗流的示范工程。以慢速渗滤为主的自然处理系统的典型是:沈阳西部的滞洪区建有面积为 700 hm² 的慢速渗滤土地处理污水场(图 1)^[3-4]。该处理系统包括主系统、调节系统和辅助系统,主系统为占地 500 hm² 的水稻田,调节系统为耐污耐湿的紫穗槐及垂柳林地,主要调节主系统的水力负荷和污染负荷;辅助系统包括周围污水预处理池、上水沟、侧渗沟等,占地 143 hm²。污水经沉淀、氧化预处理后,进入田块以等间距平行排布的上水沟,使污水能均匀迅速地进入地块。污水经处理后由侧渗沟排出,汇入总排水沟,最后自流排入系统外的自然水体。以快速渗滤为主的自然处理系统的典型是:北京昌平的快速渗滤土地利用系统,该系统利用“土壤-水-微生物”系统的自然净化污水能力,取代常规二级处理方法。该工程已运行多年。据该系统快速渗滤池运行 15 个月的净出水水质资料,净化污水对 COD_{Cr}、BOD₅、SS、NH₄⁺-N、NO₃-N、有机 N、TP 及粪便大肠杆菌去除率分别为 91.9%、

95.3%、98%、85.6%、54.1%、83.2%、69.0%、98.0%，净化效果明显^[5]。

以土地渗流方式为主的自然处理系统中,系统对 BOD、COD、氨氮、总氮和总磷去除率较高,并且投资少,运行费用低,管理简单,维护方便,有净化污水、美化绿化环境和节约水资源的综合效果。适用于我国地域较广的农村进行分散式污水处理。该系统对土质有一定的要求,以土质通透性能强、活性高、水力负荷大、处理效率高为原则;也可以在附近用砂、草炭及耕作土人工配置成滤料,制成人工滤床或生物滤床,这样可以防止土壤板结。

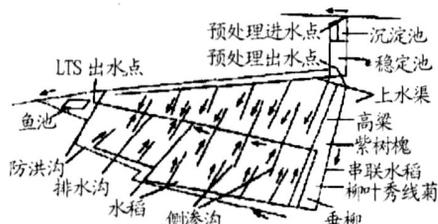


图 1 沈阳慢速渗滤土地处理与利用污水系统示意图

Fig 1 Sketch map of slow rate land treatment and wastewater utilization system

3.2.3 以塘处理方式为主的自然处理系统。以塘处理方式为主的自然处理系统主要是指稳定塘污水处理系统,这种系统是一个自然过程,是最简单的污水处理方式,但是其中存在着复杂的微生物生态系统,对此过程现在仍处于研究阶段,设计主要依靠经验。

稳定塘系统是由若干自然或人工挖掘的池塘通过菌藻互生作用或菌藻、水生生物的综合作用而实现污水净化的目的。为实现资源化利用,稳定塘还可种植经济植物,放养水生动物等。稳定塘系统一般不需要附加材料,动植物均为当地种类,在有水塘基础的地区,工程造价低于土壤渗滤处理系统,运行也不需要过多的维护管理。较完整的稳定塘系统可使污水流过并达到较好的出水水质,但是一般对氮和磷这类营养性物质的去除效果较差。在我国水资源相对丰沛的南方农村地区如果能结合地形条件,设立以塘处理方式为主的自然处理系统,可望有较好的应用前景。稳定塘内水生植物的布置应兼顾挺水植物、漂浮植物和沉水植物间的合理搭配,以发挥其最大效能。

3.2.4 采用小型一体化设备。小型一体化污水处理设备具有处理工艺稳定,出水水质容易达标的优点,但是小型一体

化污水处理设备也有运行维护费用高,设备工艺复杂,操作复杂等缺点。因此,在广大农村的推广应用必须考虑经济适用等问题。

在浙江某示范村,按处理水量 80 t/d 设计,该一体化处理设施以厌氧工艺为主,集生物降解、污水沉降、氧化消毒等于一体,设施结构紧凑、占地少、可整体设置于地下,运行经济、抗冲击负荷能力强、处理效率高,施工、管理维修方便^[6]。该工艺由 5 部分组成,包括细格栅过滤池、厌氧生物滤池、好氧生物滤池、斜板沉淀池和过滤消毒池,工作原理和污水处理厂各单元相同,可看成是一个微型污水处理厂(图 2)。

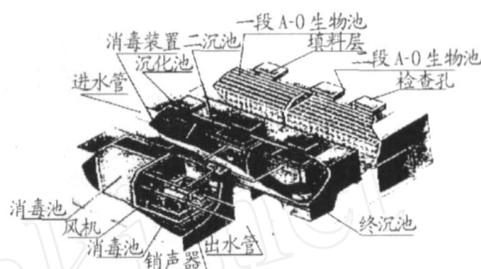


图 2 浙江某示范村的小型一体化设备工艺

Fig 2 Process of small-sized integration equipment in a demonstration village of Zhejiang

4 结论

随着全国新农村建设步伐的加快和相关政策的扶持,北京、浙江等地已经开始建设示范性工程和规模化运行的处理设施,但治理技术多是借鉴国外已成功运行的分散式污水处理技术,有些并不一定适用于我国。我国广大农村应发挥自身优势,充分利用荒地、废地、池塘、沼泽等大力发展污水生态处理技术,在实际应用中可通过科学设计、优化组合,对各种处理技术综合运用,达到技术上的互补。未来的污水处理技术会向着多方面、深层次的方向发展。可以预见,多种系统的联合使用会成为今后发展的主要方向。

参考文献

- [1] 郑安. 农村污水处理亟待重视 [J]. 中华建设, 2007(9): 20 - 21.
- [2] 董文茂. 分散式生活污水处理: 为中国农村污水处理提供新思路 [J]. 绿色经济, 2007(5): 66 - 68.
- [3] 孙铁珩, 曲向荣, 韩淑华, 等. 城市生活污水慢速渗滤土地处理系统净化功能的研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1993: 79 - 290.
- [4] 李汝琪, 段振渤. 城市污水快速渗滤土地处理系统示范工程的研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1993: 411 - 420.
- [5] 赵思平, 颜京松. 废水处理与利用生态工程——类型及一些案例 [J]. 城市环境与城市生态, 2000, 13(6): 67 - 69.
- [6] 郑展望, 周联友. 一体化工艺处理浙江某示范小康村生活废水 [J]. 污染防治技术, 2007(4): 78 - 80.

(上接第 12858 页)

- [7] 陈彦. 低档茶及茶副产品有用成分的开发利用 [J]. 化学世界, 1995(7): 383 - 385.
- [8] 曾庆楣. 低档茶及茶副产品的综合开发利用 [J]. 湖北农业科学, 1993(1): 38 - 40.
- [9] 叶倩, 梁月荣, 陆建良, 等. 茶渣综合利用研究进展 [J]. 茶叶, 2005, 31(3): 150 - 153.
- [10] 中国标准出版社第一编辑室. 茶叶标准汇编 [M]. 2 版. 北京: 中国标

准出版社, 2005

- [11] 李志南. 茶多酚与 Pb^{2+} 络合反应机理及其应用研究 [J]. 贵州科学, 1996, 14(3): 41 - 47.
- [12] 叶毓琼, 邓跃全. 离子交换 - AES 法分析茶水中可溶性铁、铜、锰、锌的无机和有机形态 [J]. 四川大学学报: 自然科学版, 1995, 32(3): 329 - 332.
- [13] 高舸, 陶锐. 茶叶中微量元素 Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn 的溶出率及化合态研究 [J]. 卫生研究, 2000, 29(4): 232 - 235.