

西部小城镇污水处理经济适用技术分析

何强,吴正松,彭述娟,陈迅

(重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室,重庆 400045)

摘要:中国西部小城镇的实际情况决定了其污水处理技术不能照搬东部地区现有的技术和经验。论文调查分析了我国东部地区污水处理的现状、存在的问题和发展趋势,结合西部小城镇社会经济和自然地理条件,分析了西部小城镇污水处理的技术需求,并针对不同地区的自然环境特征提出了相对较为适宜的污水处理技术。

关键词:西部小城镇;污水处理;经济适用技术

中图分类号: X505

文献标识码: A

文章编号: 1674-2842(2008)01-0052-04

Analysis of feasible and cost-effective technology for wastewater treatment in Western China towns

HE Qiang, WU Zheng-song, PENG Shu-juan, CHEN Xun

(Key Lab of Eco-Environment of the Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: With special condition, Western China area has a special requirement for technologies of wastewater treatment and can not copy existing technologies and experiences of Eastern China area. This paper investigated and analyzed status quo, existing problems and development trend for wastewater treatment of Eastern China area. Combining the social and economic situation and the natural environmental characteristics, the technical requirements for wastewater treatment in these towns were analyzed, and feasible and cost-effective technologies of wastewater treatment in Western China towns were presented for the regions with different natural environmental characteristics.

Key words: Western China towns; wastewater treatment; feasible and cost-effective technology

中国西部地区地域辽阔,自然地理环境复杂多样,气候条件差异显著;经济发展相对落后,农村贫困人口占全国农村贫困人口的48.18%,国家级贫困县占全国61.8%^[1-2]。

我国现有城市污水处理厂80%以上采用活性污泥法。随着我国对环境质量要求的提高,特别是修订后的国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)对出水氮、磷的要求的提高,使得新建城镇污水处理厂必须考虑氮磷的去除问题,由此开发了改良A/A/O工艺、回流污泥反硝化生物除磷工艺、曝气生物滤池工艺等。本论文在分析中

国西部小城镇社会、经济、环境特点,借鉴东部发达地区经验的基础上,结合西部小城镇的实际,对污水处理技术进行了分析,以期为中国西部小城镇选用适宜的污水处理技术提供参考。

1 中国东部地区污水处理现状分析

1.1 东部地区污水处理现状

80年代以前,东部城市污水处理处于起始阶段,采取的工艺通常为普通活性污泥法,投资大,运行费用高;80年代污水处理厂工艺仍然以活性污泥法为主,但逐步被改良的活性污泥法所取代,这时期,工艺流程简单、运行稳定、管理方便、出水水质好的氧化沟处理工艺得到了推广应用。90年代以来,随着城市污水处理事业的快速发展,不同类型的氧化沟在东部污水处理厂相继投入使用,各种具有除

收稿日期:2008-05-30

基金项目:中荷国际合作“中国西部小城镇环境基础设施经济适用技术与示范”(MOC-NGGP-2003)。

作者简介:何强(1965-),男,江苏江阴人,教授,主要从事水处理理论与技术、绿色建筑与水资源利用技术研究。

磷脱氮的新工艺(如 AB 法、A/O、A²/O、SBR 及其变形工艺等)继氧化沟后,也逐渐成为污水处理工艺的主流。

1.2 东部地区污水处理存在的主要问题

尽管东部地区经济较发达,其运用的污水处理工艺投资相对较高,设备先进,但在实际运作中也存在着一些问题,主要包括:

(1) 城市污水处理厂的运营缺乏有效的机制,环境监管难以到位。在所调研的污水处理厂中,90% 以上的污水处理厂的运营仍由政府包办。

(2) 污水收集管网建设滞后,雨水管道混接现象严重,排水系统的整体效率仍较低下。

(3) 污水处理收费标准低,征收不到位。

(4) 部分工业企业超标、超总量排污,使得污水处理厂的运行水质高于设计水质,影响城市污水处理厂的正常运行。另外,污泥无害化处理能力严重不足,存在着二次污染隐患。

1.3 东部地区污水处理的发展趋势

从工艺的选择上,东部地区的污水处理厂大多还是采用比较成熟的工艺;在实际运作中,他们不单纯追求工艺上的先进性,还要结合当地的经济、运行环境和人力资源等因素来综合考虑。其发展趋势主要如下:

(1) 水体富营养化的现象得到广泛关注,对现有污水处理厂进行提质改造,增强除磷脱氮功能,以减轻对水体的污染。

(2) 发挥市场作用机制,吸收社会资本和外资进入污水处理市场。如浙江温州、江苏泰州等地积极推行 BOT 投资运行模式,解决了建设资金短缺,运行效率低下等问题。

(3) 单独分散处理转为城市集中处理,为城市污水回用提供了水质和水量的保证。中水回用与分质供水,建立水资源循环型社会提上了议事日程。

2 西部地区污水处理现状与技术要求

2.1 西部地区污水处理现状

西部地区的城市和工业集中地区大部分环境污染相当严重,流经城市的河流水质恶化,目前仅有几个省会城市和一些旅游城市及三峡库区建有城镇污水处理厂,其它城镇特别是小城镇的生活污水基本上直排江河。在西部已建成的污水处理厂中,绝大部分采用活性污泥法工艺,如:A/O 工艺、氧化沟工

艺、SBR 工艺等。一些旅游城市对处理要求较高,也有采用 A²/O 工艺、ICEAS 工艺的。根据当地自然、社会经济条件具体情况有所不同。但总的来说,污水处理厂较少,小城镇污水处理率仅有 0.3%。

2.2 西部地区污水处理率低的原因

(1) 从经济发展水平来看:西部地区是我国主要的经济落后区,尽管国家西部大开发战略使西部经济取得了长足的发展,但与东部地区相比还有相当大的差异,而且这种差距还在逐步加大。从经济总量看,目前东部地区人均 GDP 是西部地区的 2.2 倍,比改革开放之前增加 0.5 个百分点。从 1999 到 2006 年 7 年多的时间里,东西部地区人均 GDP 的差距由 6430 元扩大到 15981 元,增加近 150%。从人均收入水平看,东部地区城镇居民人均可支配收入和农村居民人均纯收入都是西部地区的 1.5 倍,比改革开放之前分别增加 0.5 个和 0.4 个百分点^[3]。

落后的经济发展水平一方面导致环境基础设施投入不足,有限的环境基础设施运行费用的承受能力使得投资和运行成本难以收回,很多企业不愿意投资于西部小城镇环境基础设施建设;另一方面自身经济实力的不足使得西部地区在污水处理技术研发、工程设计、施工建设和运行管理等方面的投入较少,到目前为止还没有相对成熟的适合西部小城镇自身特色的污水处理技术体系和相应的管理经验。

(2) 从自然地理条件来看:中国西部地区位于长江、黄河的上游,自然地理环境复杂多样,气候条件差异显著,地质条件多变,地貌类型多样,交通不发达等客观因素造成了在西部地区进行环境基础设施建设所需要的投资较东部平原地区昂贵。例如东部地区污水处理投资平均在 1500 元/(m³·d⁻¹)左右,而三峡库区的污水处理投资平均在 2500 元/(m³·d⁻¹)以上。

(3) 从人力资源来看:西部地区教育相对落后,高等文化程度人口比重低,而文盲率高。目前西部地区的文盲人口有 3206 万约占全国文盲人口总数的 37.69%,城镇人口的文盲率均高于全国的平均值^[4]。这种低质量的人力资源素质很难满足现代社会对劳动者知识技能的需要。另外,由于西部地区经济发展活力不够,缺乏对人才的吸引力和对人力资源开发的动力,使原本就很匮乏的人才问题变得更加严重。由于上述原因,使得西部地区在城市污水处理率和污水处理厂集中处理率均低于全国平均水平 and 东部地区,详见表 1。

表1 2006年中国各地区城市污水处理率
和污水处理厂集中处理率^[5](%)

项目	城市污水处理率	污水处理厂集中处理率
全国	55.67	43.06
西部	45.03	36.02
东部	63.89	54.79
东部/西部	1.42/1	1.52/1
全国/西部	1.24/1	1.20/1

表2 各适用工艺技术指标比较

工艺名称	主要优点	主要缺点	适用范围
A ² /O 工艺	1. 对 COD、BOD、SS 等有较高的去除率； 2. 对氮、磷有较好的去除效果； 3. 运行费用低，占地少； 4. 出水水质好。	1. 运行管理要求较高； 2. 投资较大。	超低浓度进水和低温条件。
改良氧化沟	1. 有效去除 COD、BOD、SS，出水水质好； 2. 运行管理方便，操作维护简单； 3. 耐冲击负荷能力强； 4. 运行方式灵活。	1. 占地较大，氧利用率相对低，耗能较大； 2. 泥水分离符合要求低。	地形平坦；气温较低，或高原地区；低温地区采用时，设计参数 SRT 宜放长，负荷取低值，同时注意保温；水质水量变化大的地区，维护管理人员缺乏。
人工湿地	1. 运行成本低，管理简易； 2. 占地小，是普通人工湿地的 1/2 ~ 1/4。	1. 处理负荷较低； 2. 占地面积较大。	中低浓度的进水；有较宽阔的荒地；三峡库区和西南高原地区（有一定地形高差）。
ICEAS 工艺	1. 出水水质稳定，水质好； 2. 脱氮除磷效率高； 3. 造价省，占地少； 4. 集 A ² /O 功能于一池； 5. 自控水平高。	1. 设备造价偏高，技术全部进口； 2. 运行管理经验少，操作要求严格。	中低浓度的进水，地形较平坦。
曝气生物滤池 (BAF 法)	1. 占地面积小，出水水质高； 2. 管理简单，运行费用低； 3. 设施可间断运行； 4. 氧气利用率高，能耗低。	1. 生物除磷效果有限； 2. 对预处理系统要求较高。	地形高差较大、用地紧张；气温较低，或高原地区；水质水量变化大的地区，维护管理人员缺乏。

表3 各适用工艺经济指标比较

处理工艺	占地指标 (m ² /m ³ 污水)	耗电指标 (度/m ³ 污水)	总投资指标 (元/m ³ 污水)	单位运行费用 (元/m ³ 污水)
Carrousel 氧化沟	1.125	0.35	1412.5	0.45
A ² /O	1.19	0.29	1580	0.60
ICEAS	0.65	0.22	1130	0.42
人工湿地	3	0.03	1971	0.32
BAF	1.35	0.27	1582.03	0.36

2.4 西部小城镇污水处理技术推荐

(1) 通过对小城镇的实地调研和有关文献分析，中国西部小城镇污水处理技术应着重考虑以下要求：投资省，运行费用低；操作管理简单；抗冲击负荷能力强；处理效果稳定，具备脱氮除磷功能；适合当地独特的自然条件。

(2) 通过对东部地区污水处理技术和经济的分析以及各适用工艺技术指标和技术经济指标的比较，并根据西部小城镇的地域特征，笔者对中国西部小城镇的污水处理技术作以下推荐：

高原寒冷地区：包括青海省、四川省西南部、

2.3 西部小城镇污水处理工艺适用技术研发

本研究在分析中国东部地区污水处理的现状、存在的问题和发展趋势的基础上，针对西部小城镇特点，着重对以下技术进行了改进或开发，并在四川、云南和重庆市小城镇进行了工程示范。各工艺技术评估指标比较见表2，各适用技术经济指标比较见表3。

云南省的西部和西藏自治区等地区可选用曝气生物滤池、生物接触氧化法、活性污泥和生物膜混合工艺、改良型 SBR 工艺等，对于地形相对较为平坦的地区，还可以选用改良型氧化沟、人工湿地、土地处理法等工艺技术。

西北缺水地区：包括新疆、内蒙古、甘肃、宁夏等地区，污水处理技术宜简易处理为主，同时强调水的回收利用，可以充分利用该地区广大的沙漠化土地，大力推广污水的土地处理技术。污水经处理后可作为市政杂用水或回灌地下水，一方面可解决水污染问题，另一方面可部分缓解水危机。

西南丘陵地区(三峡库区):包括重庆、四川部分地区拟选用曝气生物滤池、生物接触氧化法、简易 SBR、BIOLA K 等工艺。如果城镇周围有较大面积的荒地,则人工湿地技术是较为理想的选择;在地形较陡的情况下,还可以充分利用地形,进行自然曝气复氧,提高处理效率。

平原地区:主要包括成都平原、广西盆地和关中盆地等地区可以选用氧化沟系列工艺、BIOLA K、曝气生物滤池、改良型 SBR、人工湿地等工艺。

3 结论

辽阔的地域,复杂的自然地理环境,落后的经济发展水平,匮乏的人才资源决定了西部小城镇的污水处理技术不能一味照搬东部的模式,但可以借鉴东部地区的成功经验并根据自身的实际情况因地制宜。

综合比较基建投资、运营费用和管理水平等因素,ICEAS、SBR 及其变型工艺、人工湿地、BAF 工艺和改良型的氧化沟工艺在西部小城镇均具有较好的适用性,可根据当地自然和社会经济等各方面条件综合考虑选择具体的污水处理工艺。

参考文献:

- [1] 曹玉书. 西部大开发战略研究. 北京:中国物价出版社,2003.
- [2] 李桂珍. 西部地区农村贫困现象的哲学反思. 甘肃农业,2005,2:20-21.
- [3] 林钢铁. 贯彻落实科学发展观,推进东西部地区互动合作. 中国金融,2008,4:16-19.
- [4] 王琳. 西部地区人力资源开发的现状及思路. 发展,2007,1:62-63.
- [5] <http://www.stats.gov.cn>

(上接第 51 页)

- [9] 吴高明等. 焦化废水(液)物化处理技术研究[博士论文]. 武汉:华中科技大学,2006.
- [10] Thomsen A. B. Degradation of quinoline by wet oxidation — kinetic aspects and reaction mechanisms. Water Res.,1998,32,136-146.
- [11] SFetzner. Bacterial degradation of pyridine, indole, quinoline, and their derivatives under different redox conditions. Appl Microbiol Biotechnol,1998,49:237-250.
- [12] 申海虹. 含氮杂环化合物的缺氧生物降解研究[硕士论文]. 上海:同济大学,2002.
- [13] DLicht, SSJohansen, EArvin, BKAhring. Transformation of indole and quinoline by *Desulfobacterium indolicum* (DSM3383). Appl Microbiol Biotechnol,1997,47:167-172.
- [14] 崔明超,李丽,陈繁忠. 喹啉及其衍生物微生物降解研究进展. 上海环境科学,2003,22(1):52-56.
- [15] Wang Jianlong, Quan Xiangchun, Han Liping, Qian Yi, Werner-Hegemann. Microbial degradation of quinoline by immobilized cells of *Burkholderia cepacia*. Water Research, 2002, 36: 2288-2296.
- [16] 何苗,张晓健,等. 杂环化合物及多环芳烃厌氧酸化降解性能的研究. 中国给水排水,1997,13(3):13-16.
- [17] Johansen S S, Licht D, Arvin E, et al. Metabolic pathways of quinoline, indole and their methylated analogs by *Desulfobacterium indolicum* (DSM 3383). Appl. Microbiol. Biotechnol., 1997, 47:292-300.
- [18] Liu Shiumei, Jones W J, Rogers J E. Biotransformation of quinoline and methylquinolines in anoxic freshwater sediment. Biodegradation, 1994, 5(2):113-121.
- [19] Licht D, Johansen S S, Arvin E, et al. Transformation of indole and quinoline by *Desulfobacterium indolicum* (DSM 3383). Appl. Microbiol. Biotechnol., 1997, 47:167-172.
- [20] 李咏梅. 焦化废水生物处理工艺研究[博士论文]. 上海:同济大学,1999.
- [21] 李咏梅,孙丽娟,黄明祝,等. 同分异构体喹啉和异喹啉的缺氧降解性能比较. 环境污染与防治,2005,27(6):420-423.
- [22] 全向春,王建龙,韩力平,等. 喹啉与葡萄糖共基质条件下生物降解的动力学分析. 环境科学学报,2001,21(4):416-419.
- [23] 刘佐才,全向春,韩力平,等. 喹啉的生物降解动力学. 物理化学学报,2000,26(7):663-666.
- [24] O'Loughlin E. J., Kehlner S. R., Gerald K. S. Isolation, Characterization, and Substrate utilization of a quinoline — degrading bacterium. In: *Biodegradation Biodegr.*, 1996, 107-118.
- [25] 雷晓玲等. 焦化废水中有机物的生物处理特性及处理工艺改进对策. 环境科学学报,1995,15(4):385-391.