

三峡库区生态屏障区污水处理工艺及污水处理厂建设费用研究

续衍雪¹ 吴 熙² 黄一凡³ 谢阳村¹ 徐 敏^{1#}

(1.环境保护部环境规划院,北京 100012;2.北控水务集团有限公司,北京 100024;3.北京师范大学水科学研究院,北京 100875)

摘要 近年来,国家在污水处理方面加大了工程建设的投入,污水处理厂数量逐年增加。三峡库区生态屏障区是中国重要的淡水资源库,是长江经济带的主要区域,对长江沿岸的发展起着至关重要的作用,该区域内乡镇较多,因此选取适用于乡镇级小规模污水处理厂的工艺及确定合理的建设成本范围也是亟需解决的问题。结合污染特征、气候特点、经济能力、处理规模及进出水浓度规律等实际因素,推荐氧化沟、A²/O、序批式活性污泥法(SBR)、人工湿地、人工快渗等5种处理工艺可供选择应用,同时通过收集典型建设投资案例数据,分析计算出各处理工艺不同处理规模的吨水投资,该结果可以有效指导三峡库区生态屏障区内污水处理厂的规划建设。

关键词 污水处理工艺 建设费用 小规模污水处理厂 三峡库区生态屏障区

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2016.04.019

Research of sewage treatment process and construction costs in barrier range of Three Gorges reservoir area XU Yanxue¹, WU Xi², HUANG Yifan³, XIE Yangcun¹, XU Min¹. (1. Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012; 2. Beijing Enterprises Water Group Limited, Beijing 100024; 3. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract: In recent years, with the pace of sewage treatment plants' construction speeds up, the number of sewage treatment plant is increasing significantly. The barrier range of Three Gorges reservoir area is the important fresh water resource in our country, it is the main area of the Yangtze River economic belt, and it plays an important role in the development of Yangtze River coastal region. There are more villages and towns in this area, so it's important to choose suitable sewage treatment process and construction costs for small-scale wastewater treatment plants. This paper recommend 5 kinds of process including oxidation ditch, A²/O, SBR and artificial wetland, rapid infiltration combined with the feature of pollution, climate characteristics, economic capacity, processing scale and water concentration. By collecting typical construction investment cases, this paper analyzed the sewage treatment plant investment value for different process and scale. It could play a good guidance for sewage treatment plants' construction in the area.

Keywords: sewage treatment process; construction costs; small scale sewage treatment plants; barrier range of Three Gorges reservoir area

近年来,随着水污染的日益严重,国家在污水处理方面加大了工程建设的投入^[1]。环境保护“十二五”规划颁布以来,全国各地污水处理厂建设脚步逐渐加快,每年陆续有大量污水处理厂建成投产,同时区县级小规模污水处理厂数量也逐年增加,因此选取适用于小规模污水处理厂的工艺及确定合理的建设成本范围也是亟需解决的问题^[2]。

三峡库区位于长江流域上游下段,库区地貌类型以山地为主,库区地势高低起伏大。三峡库区生态屏障区为三峡水库土地淹没线至第一道山脊线之间^[3-4],它是我国重要的淡水资源库,是长江经济带的主要区域,对长江沿岸的发展起着至关重要的作用。

该区域主要以乡镇居多,贫困县较多。随着政府对环保工作的逐渐加深,屏障区内乡镇级污水处理厂建设速度也逐渐加快,然而该区域内人口分布稀疏、污水产生量少、资金短缺等问题仍较突出^[5],因此本研究主要针对三峡库区生态屏障区内特点,对污水处理工艺选取进行分析,同时通过收集相似污水处理厂建设实例,统计分析污水处理厂建设费用范围。

1 研究区域

三峡库区生态屏障区地跨湖北省西部和重庆市中东部,包括湖北省宜昌市的夷陵区、秭归县、兴山县及恩施州的巴东县,重庆市的巫山县、巫溪县、奉

第一作者:续衍雪,男,1984年生,硕士,助理研究员,主要从事流域规划与管理工作。# 通讯作者。

节县、云阳县、万州区、开县、忠县、石柱县、丰都县、涪陵区、武隆县、长寿区、渝北区、巴南区、江津区等19个区县和重庆主城区(包括渝中区、南岸区、江北区、沙坪坝区、北碚区、大渡口区、九龙坡区),总面积5 527.55 km²,总人口共491.04万人。

2 污水处理工艺的选择

2.1 选取依据

2.1.1 污染特征

长江是三峡库区生态屏障区重要的饮用水水源,目前水质总体较好,但随着社会经济的发展,部分河段总磷指标呈上升趋势,并存在超标风险。三峡库区生态屏障区长江干流共布设7个国控断面。2013年,7个国控断面水质均超出《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅲ类限值,其中寸滩、朱沱、晒网坝、清溪场4个国控断面总磷为首要污染物,同时2008—2013年,该4个国控断面总磷质量浓度总体呈现上升趋势(见图1)。基于高功能水体保护的要求,三峡库区生态屏障区污水处理设施建设时可选择具有脱氮除磷效率高的处理工艺,如氧化沟、A²/O、A²/O等。

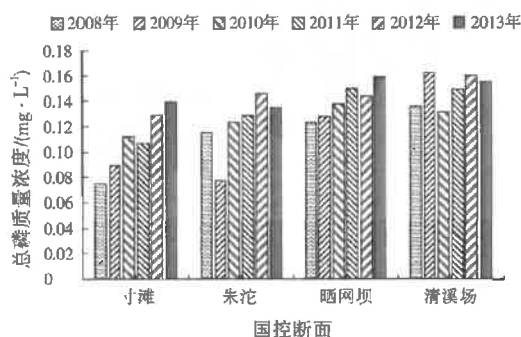


图1 2008—2013年4个国控断面总磷变化

Fig.1 Total phosphorus concentration changes in 4 state-controlled sections from 2008 to 2013

2.1.2 气候特征

三峡库区生态屏障区属亚热带季风湿润气候,气温温和,年平均温度在18~19℃;雨量充沛,多年平均降水量约1 200 mm,水资源较丰富;植物种类繁多,林果种类齐全。基于上述自然条件,人工湿地^[6]、人工快渗^[7]等生态处理工艺以及氧化沟等表面曝气工艺在三峡库区生态屏障区均有较强适用性。

2.1.3 经济能力

根据《国家扶贫开发工作重点县名单》,三峡库区生态屏障区11个县为国家级贫困县,人均GDP仅为1.6万元,远低于全国平均水平,污水处理工艺的选择要考虑当地环保投入能力,对于经济能力较

强的重庆主城区,可选择氧化沟、A²/O、序批式活性污泥法(SBR)等投入相对较大、处理效果较好的处理工艺;对于贫困县以及经济条件较差的乡镇,可选择人工湿地、人工快渗、折流生物滤池曝气等投入相对较小的处理工艺。

2.1.4 处理规模

统计三峡库区生态屏障区各乡镇驻地人口规模,参照《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》,以产排污系数法估算各乡镇驻地生活污水处理需求。结果显示,14.7%的乡镇污水处理规模在5 000 t/d以上;26.5%的乡镇污水处理规模在3 000~5 000 t/d;32.7%的乡镇污水处理规模在1 000~3 000 t/d;26.1%的乡镇污水处理规模在1 000 t/d以下。根据《小城镇污水处理工程建设标准》,规模为1 000~3 000 t/d的污水处理厂,根据《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的要求,主要采用一级处理工艺,主要包括沉砂沉淀法、化学沉淀法等;规模为3 000~5 000 t/d的污水处理厂,根据GB 18918—2002的要求,主要采用强化一级处理和二级处理工艺,主要包括活性污泥法、生物膜法以及氧化塘、人工湿地、人工快渗等污水自然处理工艺。

2.1.5 进出水浓度

三峡库区生态屏障区污水处理厂以处理生活污水为主,COD、氨氮进水质量浓度多数分别在200~350、20~40 mg/L,选择处理工艺后要结合进水浓度,确定设计参数。根据《重点流域水污染防治规划(2011—2015年)》,到2015年,城镇污水处理厂确保达到GB 18918—2002中一级B标准。然而根据调查结果,目前尚有39%的污水处理厂出水未达到GB 18918—2002中一级B标准,主要在于出水氮、磷指标难以达标。因此,在处理工艺选择时,可选择具有脱氮除磷效率高的处理工艺,如氧化沟、A²/O、SBR等,并注重工艺设计搭配,使出水水质达标。

2.2 污水处理工艺比较

以三峡库区生态屏障区目前已选用的处理工艺为参考,结合区域污染治理需求、自然经济特征以及环保投入能力,提出可供选用的5种处理工艺(氧化沟、A²/O、SBR、人工湿地和人工快渗),具体处理工艺选取需依据环境条件、土地面积、进出水要求、设计规模、投资与运行管理等因素确定,详见表1。

污水处理厂建设前期要根据实际处理水量、进水浓度、地区经济特点等选择合适的处理工艺。氧化沟、A²/O、SBR等3种处理工艺主要以动力型二

表 1 选取的污水处理工艺优缺点及适用条件
Table 1 Advantages, disadvantages and applicable condition of selected technology

处理工艺	优点	缺点	适用条件
氧化沟	出水水质好,抗冲击负荷能力强,除磷脱氮效率高,污泥易稳定,能耗省,便于自动化控制	污泥膨胀,污泥易产生泡沫,污泥上浮,流速不均及污泥沉积,对于 BOD 较小的水质完全没有处理能力	适用于中小规模的污水处理厂,在一定程度上有利于难降解有机物的去除,且抗冲击负荷能力强;当城市污水中工业废水比例较高时有较好的适应性
A ² /O	构造简单,总水力停留时间较短,运行费用低,控制复杂性小,不易发生污泥丝状膨胀,处理效果好	反应池容积大,污泥内回流量大、能耗较高,用于中小型污水处理厂费用偏高,沼气回收利用经济效益差,污泥渗出液需化学除磷	适用于较大规模污水处理,更适合于有脱氮除磷需求的城镇污水处理厂
SBR	净化效果好,耐冲击负荷,各工序可根据水质水量进行调整,运行灵活,构造简单,便于操作和维护管理,可有效控制活性污泥膨胀,脱氮除磷效果好	运行成本较高,自动化程度要求较高,易产生浮渣	适用于中小城镇的污水处理;对于出水水质要求高、水资源紧缺、用地紧张的区域,该处理工艺具有较强适用性
人工湿地	建设和运行费用低,易于维护,适用于三峡库区特殊的土壤、气候等条件,一次性投资少,无大型机械设备投入	占地面积大,易受病虫害影响,常由于设计不当使出水达不到设计要求或不能达标排放,部分人工湿地甚至变成污染源	在经济能力有限的中小城镇具有广阔的应用前景
人工快渗	污染物在同一构筑物得以去除,工艺流程简洁,便于操作,易于管理和维护,不产生剩余污泥,避免了二次污染,抗冲击负荷强,动力消耗小	生物脱氮效果得不到保障,高氮污水在冬季低温时可能无法处理到完全达标,工艺占地面积较大	在经济能力有限的中小城镇具有广阔的应用前景

级生化处理系统为主,也是目前应用最广且技术较成熟的处理工艺;人工湿地和人工快渗主要利用生态系统的削减能力对污水进行处理,对较小规模及经济能力较弱的乡镇污水处理厂的应用存在较大优势,但若保证出水水质能够稳定达标,则建议提升前序处理的程度。

3 污水处理厂建设投资标准

污水处理厂建设投资主要根据建设内容核定,一般包括污水和污泥处理的生产设施、辅助设施和附属设施等,其总投资一般包括建筑安装工程费、设备购置费、工程建设其他费用、基本预备费等。

本研究收集了 153 个污水处理厂建设案例,涉及重庆、湖北、江西、云南、安徽、山东等地区,针对提出可选择的 5 种处理工艺进行统计分析。根据污水处理行业经验及实际情况调查显示,相同条件同种处理工艺下,吨水建设投资随着污水处理规模的增加而逐渐减小,两者大体符合对数关系式。

根据收集污水处理厂建设投资实例,分别对 5 种处理工艺绘制处理规模与吨水投资散点图,结合散点图分布,得出对数关系式,详见图 2。

除人工湿地的 R^2 较小外,其余 R^2 均较大,表明两者对数关系程度较好。由于人工湿地案例大部分为重庆市内乡镇污水处理厂且设计单位水平参差不齐,导致散点图对数关系较差。根据实际调查考核,本研究中对数关系式仍可近似计算投资水平。因此,由 5 种处理工艺的对数关系式分别计算不同处理规模的吨水投资。根据三峡库区生态屏障区实地情况,处理规模选择 200~5 000 t/d,并划分 4 个档次,详见表 2。

由表 2 可见,200~5 000 t/d 的乡镇级污水处理厂吨水投资在 2 000~5 500 元;各处理工艺不同处理规模的吨水投资跨度基本在 1 000~1 500 元,处理规模越小,吨水投资越大;氧化沟吨水投资相对较大,而人工湿地及人工快渗的吨水投资相对较小。

表 2 5 种处理工艺不同处理规模的吨水投资¹⁾
Table 2 Investment scope of different scales and technology

处理工艺	处理规模/(t·d ⁻¹)				元
	200~500	500~1 000	1 000~3 000	3 000~5 000	
氧化沟	5 100~5 500	4 500~5 100	3 700~4 500	3 300~3 700	
A ² /O	4 900~5 400	4 500~4 900	3 900~4 500	3 600~3 900	
SBR	4 500~5 000	4 100~4 500	3 500~4 100	3 200~3 500	
人工湿地	3 300~3 700	2 900~3 300	2 400~2 900	2 100~2 400	
人工快渗	3 300~4 100	2 800~3 300	2 300~2 800	2 000~2 300	

注:1)建设投资包括设备购买、建筑安装费、工程建设其他费用以及基本预备费(不包含管网建设、土地征用费用及土地平整费);出水水质要求达到 GB 18918—2002 中一级 B 标准。

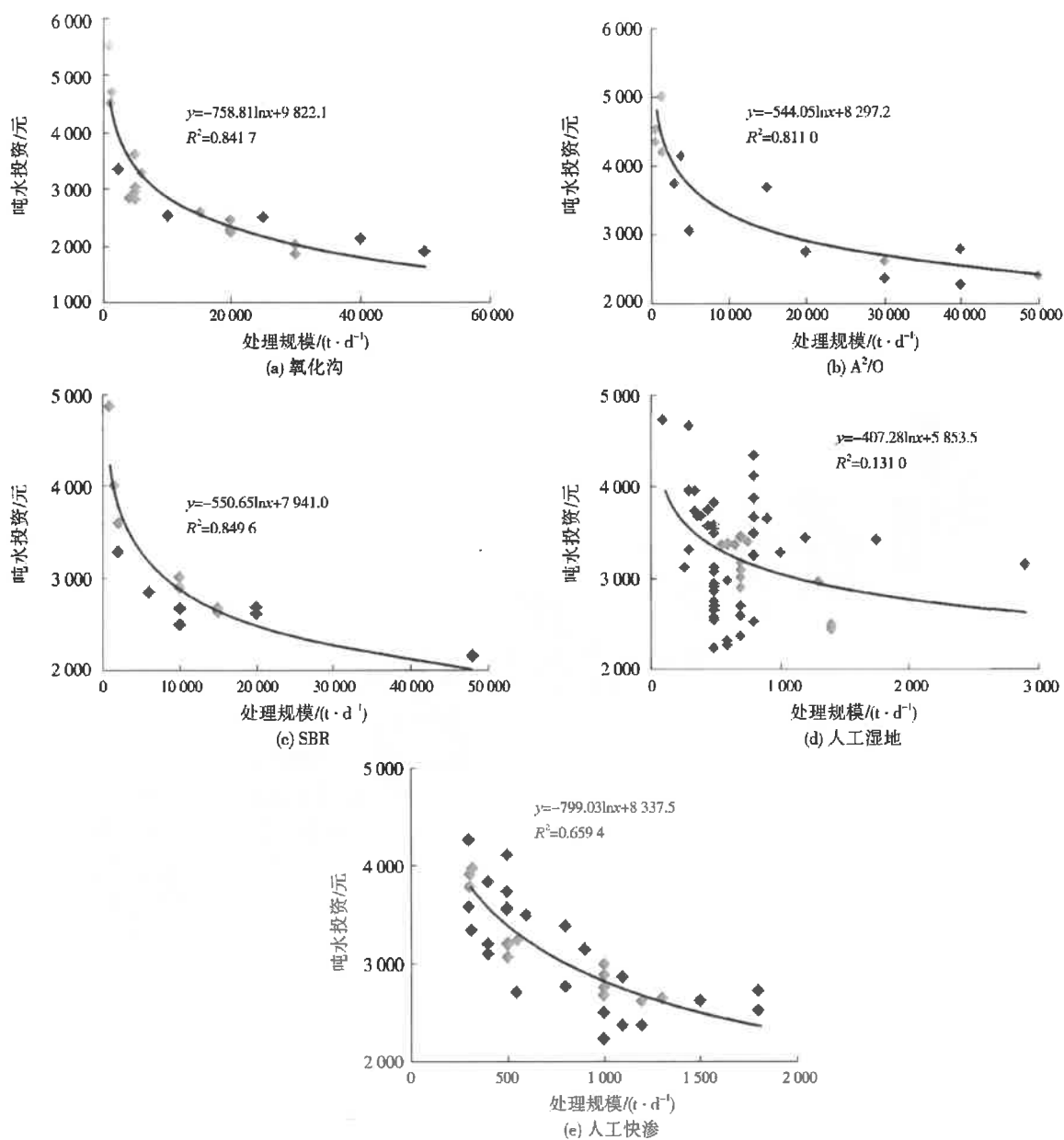


图2 各处理工艺处理规模与吨水投资散点图

Fig.2 Scatter plot between treatment scale and per unit investment

表2中吨水投资是在给定的边界条件下计算得出,但实际中地形、进水浓度、出水要求、物价、人工费等因素均对费用产生一定影响,若污染指标浓度过大或较小时应考虑增加其他工艺段或是加药保证碳氮比合理等,建设投资费用则会发生浮动;物价、人工费等均会随时间及地域的不同发生变化。因此,在具体项目建设前期,可以在上述研究成果的基础上,结合实际污水处理厂建设的具体情况,对吨水投资进行适当的调整,最终确定建设投资费用。

4 结 语

(1) 三峡库区生态屏障区主要以乡镇级污水处理厂为主,通过实地调查和案例分析,氧化沟、A²/O、SBR、人工湿地及人工快渗等5种处理工艺在三峡库区生态屏障区乡镇污水处理厂可选择应用,具体处理工艺选取需依据环境条件、土地面积、进出水要求、设计规模、投资与运行管理等因素确定。

(2) 200~5 000 t/d的乡镇级污水处理厂吨水

(下转第102页)