

文章编号: 1674-9057(2013)04-0694-05

doi:10.3969/j.issn.1674-9057.2013.04.020

# 漓江风景名胜区沿岸乡镇污水处理与排放方案

杨雄<sup>1</sup>, 齐姗姗<sup>1</sup>, 李金城<sup>2</sup>

(1. 桂林市环境保护科学研究所, 广西 桂林 541001; 2. 桂林理工大学 环境科学与工程学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 在综合考虑漓江风景名胜区沿岸乡镇污水特性、污水排放要求、受纳水体景观影响和经济技术因素的基础上, 从污水收集方式、处理规模、处理工艺、出水标准等方面, 构建景区沿岸乡镇污水处理方案, 并提出乡镇小片区和大片区污水处理方案的主要工艺流程及技术指标。研究表明: 乡镇小片区污水处理宜采用高效地埋无动力生物反应器处理系统, 乡镇大片区污水处理宜采用一体化A/O生物反应器处理系统, 并根据乡镇环境特征和景观要求设计景观塘排放和污水扩散器排放等排放方式。

**关键词:** 乡镇污水; 处理技术; 排放方案; 漓江风景名胜区

**中图分类号:** X522

**文献标志码:** A

漓江风景区沿岸乡镇是风景区的重要组成部分, 随着区域经济和景区旅游业的发展, 乡镇的规模不断扩大, 污水排放量有所增加, 且大部分乡镇污水排放口位于景区风景游览线路附近水域, 其污水排放对景观质量的影响越来越明显。目前国内对乡镇污水处理技术、工艺方案、运营管理等方面研究较多<sup>[1-4]</sup>, 排放与处理也取得了一定的成果<sup>[5-8]</sup>, 但有针对性的开展景区沿岸乡镇污水处理技术的研究较少, 且普遍对处理后的尾水排放重视不够。因此探讨如何因地制宜处理风景区沿岸乡镇污水, 并根据乡镇不同的环境特性和景观要求, 研究有利于景区景观质量维护的污水排放方式, 对景区乡镇的可持续发展有重要的现实意义。

## 1 基本情况

桂林漓江风景名胜区总面积 1 159.4 km<sup>2</sup>, 是以世界上最为典型的岩溶景观为基础的国家级风景名胜区。在漓江风景名胜区中, 漓江沿岸乡镇主要分布在磨盘山码头至阳朔留公村段, 涉及的乡镇主要包括大圩镇、草坪镇、杨堤乡、兴坪镇和福利

镇。在这些乡镇中, 草坪镇、杨堤乡、兴坪镇位于风景区的核心景区和一级保护区内, 大圩和福利位于风景区一般景区和三级保护区内, 详见图 1。

## 2 景区沿岸乡镇污水排放特征

### 2.1 污水排放量受旅游活动影响明显

根据调查, 漓江风景区沿岸乡镇人均综合污水排放系数为 115 ~ 175 L/(人·d), 福利镇污水排放量最大, 为 2 430 t/d, 草坪乡最小, 仅有 105.4 t/d。生活污水主要由厨房洗涤污水、洗衣污水、洗浴污水、冲洗卫生间的粪便污水等构成, 污水组成基本不包含工业废水, 居民散养畜禽产生的污水量较少; 在各类型的污水中, 洗涤污水量最大, 约占污水水量的 40% ~ 60%。近年来, 随着漓江沿岸乡镇水冲厕改造工程的比例提高, 冲洗卫生间的粪便污水排放量明显增多。漓江沿岸各乡镇污水日变化系数一般在 3.0 ~ 5.0, 但受旅游活动影响, 沿岸乡镇旅客住宿和餐饮产生的污水量有所增加, 在旅游旺季, 旅客产生污水量会大于本地居民产生的污水量, 而且乡镇污水量的日变化波动较大。

收稿日期: 2013-01-18

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 1140002-1-1; 桂科攻 10124002-3; 桂科转 1298010-1); 广西教育厅科研项目(桂教科研 2009111X125); 桂林市科学研究与技术开发计划项目(20130116-3; 20100126-2); 广西矿冶与环境科学实验中心项目资助(KH2012ZD004)

作者简介: 杨雄(1965—), 男, 高级工程师, 研究方向: 环境规划与评价, yang3721@139.com。

引文格式: 杨雄, 齐姗姗, 李金城. 漓江风景名胜区沿岸乡镇污水处理与排放方案[J]. 桂林理工大学学报, 2013, 33(4): 694-698.

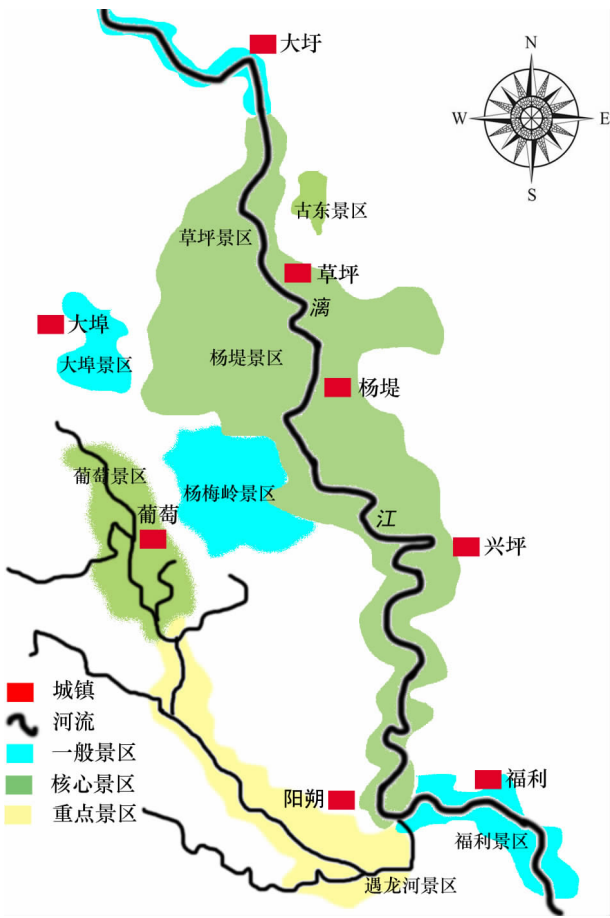


图1 漓江风景名胜区沿岸乡镇分布

Fig.1 Location of coastal towns along Lijiang River scenic area

2.2 污水水质变化大

漓江风景区沿岸乡镇生活污水中有机物含量较大，并含一定量的氮、磷。由于没有工业废水，污水中基本不含重金属和有毒有害物质。乡镇生活污水水质波动大，不但一年之中有明显的不同，而且一天当中不同时段的水质差别也极为明显。通过对近两年漓江风景名胜区及其周围乡镇污水进行的34次水质监测结果可以看出，沿岸乡镇生活污水排放浓度变化非常大，COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N和TP等污染物最大值和最小值相差几十倍，其中BOD<sub>5</sub>相差172倍，污染物浓度变化情况详见表1。

表1 漓江风景区及周边乡镇生活污水污染物浓度变化				
Table 1 Change of sewage pollutant concentration in towns along Lijiang River scenic area				
类别	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP
最小值	17	1.7	0.16	0.10
最大值	490	293.8	63.40	8.24
平均值	47	8.2	0.296	1.45

2.3 排放水域景观要求高

漓江是世界著名的风景游览河流，景观质量要求高，若景区沿岸乡镇污水处理后尾水排放不当，会对漓江局部水域景观造成损害，影响漓江的形象。

2.4 污水排放的自然条件差异大

漓江风景区沿岸乡镇有些是处于岩溶峰丛洼地内，有些则位于支流汇入漓江的岩溶峰林平原内，污水排放的自然条件和环境有较大的差异，污水排放方案的设计需要因地制宜，综合考虑各因素后进行设计。

3 景区沿岸乡镇污水处理与排放方案设计

虽然漓江风景区沿岸乡镇污水特性及排放条件有较大的差异，但是这些乡镇在污水收集、处理与排放技术上也具有共性，通过对方案中污水收集方式、处理规模、处理技术和排放方式等环节进行分析和方案设计，最终确定污水处理与排放方案。

3.1 污水收集方式

由于景区沿岸乡镇受地形和河流分割明显，且乡镇的建成区需处理的污水量均较小，污水大规模集中处理的投资费用和运行成本较高，因而在设计方案时选择以地形与河流为界线进行分区收集、处理并排放。

3.2 处理规模

污水处理规模是影响污水处理技术选择的重要因素。根据景区沿岸乡镇现状污水排放量和《漓江风景名胜区总体规划》中设计的处理规模，将景区沿岸乡镇污水处理规模分为两个区间范围，即20~200 m<sup>3</sup>/d和200~1 500 m<sup>3</sup>/d，按照规模分别确定处理技术。

3.3 处理技术

结合景区沿岸乡镇污水排放特征，在处理技术上选择抗冲击负荷、调节能力强的工艺，并充分利用地形地势，采用生物生态组合处理技术。处理工艺设计上采用经济节能型工艺及设备，减少处理设施的数量，减缓处理系统对地表景观资源的破坏，减少异味的影响。本文在处理工艺设计上采取“预处理+生物反应器+景观排水系统”三阶段式设计，工艺设计同时符合与景观相协调的原则。

3.4 排放方式

本文在景区沿岸乡镇污水排放方式设计上考虑避免尾水排入水体造成局部景观和视觉的污染。漓江风景区沿岸乡镇可采用的污水排放方式主要有设置常规污水排污口、设置景观塘和污水排放器 3 种。在选择时需综合分析乡镇在风景区中的定位与景观要求、排放的环境特性、污水特性等因素确定。

3.4.1 设置常规排污口排放 该方式适用于一般景区的漓江沿岸乡镇，且排放口只能设置在附近无景点或无游览线路经过的漓江支流。

3.4.2 设置景观塘排放 设置景观塘排放系统，既可以进一步降低污染物浓度，也可使尾水通过混合稀释，减小污水与漓江水在视觉上的差别，并通过植物景观设置使其周围景观相协调。对于漓江风景区沿岸乡镇，在自然条件允许的情况下均可构建景观塘排放系统。景观塘的大小主要取决于自然条件、污水排放量等因素。如所在乡镇污水处理设施周围有农田或河漫滩之类的自然净化系统，也可以考虑通过将部分达标污水回用于农田生态系统或进入自然净化系统，以进一步减缓污水排放对漓江景观的不利影响。

3.4.3 采用污水扩散器排放 在漓江风景名胜区内，有些乡镇，如草坪镇和杨堤镇位于漓江岩溶峰丛峡谷中，这类乡镇其背后是陡峭石峰，前面是清澈的江水，群峰倒映水中。乡镇土地资源少，建成区通过缓坡向江中倾斜，地表基本无支流和河谷，降水主要通过第四纪粘土或岩溶管道进入地下。

这类乡镇建成区与水面间的区域通常是旅游船只停靠区，且受江水涨落影响明显。在枯水期，由于水位下降，边滩出露，游人常在沙滩上行走于景观中。因此，这类乡镇如通过常规的污水排放口排放尾水，则会对沙滩及入河口的水域产生景观污染，同时由于受沙滩的自然条件、水流以及水位的涨落等因素影响，这类乡镇基本上也难以进行景观排放塘的建设。

为了解决这类乡镇处理后的污水排入漓江的问题，本文提出用污水扩散器技术进行排放。从目前国内外实践来看，污水扩散器主要用来将简单处理后的城市污水排入近海<sup>[9-11]</sup>，以利用海洋环境容量来降低污水处理成本，但污水扩散器技术在河流的应用很少，这主要是由于污水不经处

理直接排入江河，从我国现行的法律来说是不允许的，而经处理达标的污水，基本上不考虑景观的要求，直接通过沟渠排江。景区沿岸乡镇污水经处理达标后，采取污水扩散器排放方式，可以减缓污水排放对周围景观的影响。

4 污水分区处理与排放方案

结合以上处理与排放方案各环节设计，对漓江风景区沿岸乡镇，可依地形和河流分布情况，采用一个或多个片区收集、处理、排放的方式。本文提出两种景区沿岸乡镇污水的处理与排放方案：一种为乡镇小片区污水处理与排放方案，适合处理规模较小的片区（处理污水量每天 20 ~ 200 m<sup>3</sup>）；另一种为乡镇大片区污水处理与排放方案，适合处理规模较大的片区（处理污水量每天 200 ~ 1 500 m<sup>3</sup>）。这两种方案的排放方式均采用景观塘排放系统进行设计。对于沿岸乡镇受自然条件及其他因素限制无法设置景观塘排放系统的，应对方案中排放方式采用污水扩散器排放方式进行设计。

4.1 乡镇小片区污水处理与排放方案

乡镇小片区污水处理方案适用于乡镇中小片区的生活污水的处理，处理规模不宜小于每天 20 m<sup>3</sup>，可通过各单元组合达到每天 200 m<sup>3</sup>，出水水质能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918—2002）的一级 A 标。

该方案设计由高效地理无动力生物反应器、潜流复合式人工湿地、景观塘排放系统 3 部分组成，处理技术的工艺流程详见图 2，处理与排放结构详见示意图 3。该方案特点是无动力、运行不需人员操作、不影响生态景观，依靠或人工构建水力坡度，污水自流进入各处理单元。主要技术指标：高效地理无动力生物反应器处理的水力停留时间约 36 h，污泥清掏周期 360 d；接触氧化渠水力停留时间 ≥ 24 h；人工湿地水力停留时间 ≥ 24 h，水力负荷 0.2 ~ 0.6 m<sup>3</sup> /（m<sup>2</sup> · d）。

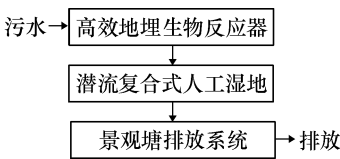


图2 乡镇小片区污水处理工艺流程  
Fig. 2 Small-area sewage treatment process flow

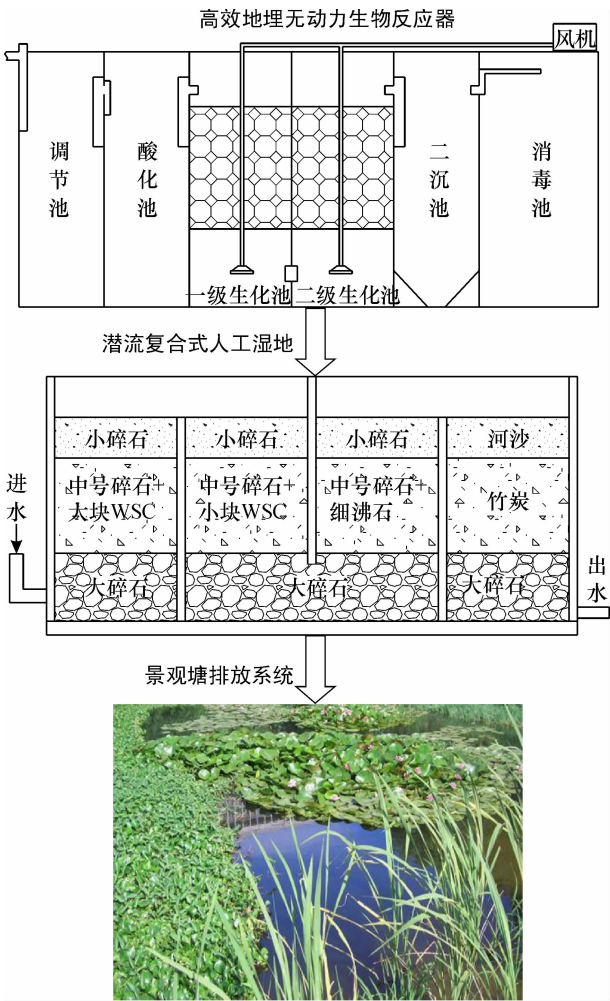


图 3 乡镇小片区污水处理与排放结构

Fig. 3 Structure of small-area sewage treatment and discharge

4.2 乡镇大片区污水处理与排放方案

乡镇大片区污水处理的组合技术由一体化厌氧好氧 (A/O) 生物反应器、人工湿地和景观排放系统结合而成，工艺流程详见图 4。该技术所采用的潜流复合式人工湿地和景观塘系统的结构与乡镇小片区污水处理技术相同，而乡镇大片区污水处理技术所采用的一体化 A/O 生物反应器处理结构详见示意图 5。

该技术适用于桂林乡镇大片区的污水处理，处理规模不宜小于每天 100 m<sup>3</sup>，可通过各单元组合达到最大每天 1 500 m<sup>3</sup> 的处理能力。该技术去除有

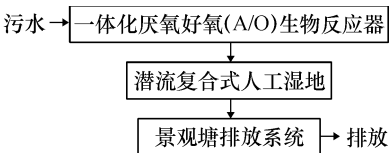


图 4 乡镇大片区污水处理工艺流程

Fig. 4 Large-area sewage treatment process flow

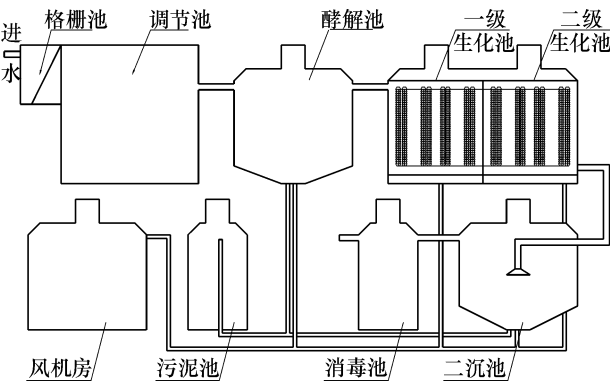


图 5 一体化 A/O 生物反应器处理结构

Fig. 5 Integration of A/O biological reactor

机污染物及氨氮主要依赖于设备中的 AO 生物处理工艺，其工作原理：在 A 级，由于污水有机物浓度较高，微生物处于缺氧状态，此时微生物为兼性微生物，所以 A 级池具有一定的有机物去除功能，有效减轻后续好氧池的有机负荷，但经 A 级池处理的污水，仍有一定量的有机物及较高 NH<sub>3</sub>-N 存在。为了使有机物得到进一步氧化分解，同时在碳化作用完成情况下硝化作用能顺利进行，在 O 级设置有机负荷较低的好氧生物接触氧化池。O 级池中主要存在好氧微生物及自氧型细菌（硝化菌），其中好氧微生物将有机物分解成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O；自养型细菌（硝化菌）利用有机物分解产生的无机碳或空气中的 CO<sub>2</sub> 作为营养源，将污水中的 NH<sub>3</sub>-N 转化成 NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N，O 级池的出水部分回流到 A 级池，为 A 级池提供电子接受体，通过反硝化作用最终消除氮污染。

该组合技术工艺的特点是结构紧凑，对各种污染物均有高效的去除能力，动力成本低、操作运行人员少、与景观协调。处理后的出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918—2002）的一级 A 标。

4.3 污水扩散器排放方式设计

对于漓江风景名胜区中草坪镇和杨堤镇，其污水排放方式采用污水扩散器排放，扩散器的安装位置、类型需根据排放口附近水域宽、水深等参数进行设计。

桂林至阳朔的漓江河段，全程 86 km，浅滩 66 处。浅滩水面窄、河水浅、流速大，且河床的卵石清晰可见；相对而言，深潭河面宽、河水深，但流速较缓。因此，为减缓污水排放的景观影响，

污水扩散器均宜安装在深潭段。在漓江的深潭段,通常也是河流弯曲段,污水扩散器应设置在河流的凹岸,这不仅有利于污水的扩散,且污水扩散器不易受泥沙冲淤影响。此外,污水扩散器的位置选择还需要与乡镇的取水口和游船码头保持一定的距离。

目前,工程界采用的河道扩散器主要有中心扩散器和 T 型扩散器两种形式。漓江目前的航道级别为最低级别的Ⅶ级,到 2015 年规划航道提升到Ⅵ级标准,但漓江为重要的旅游航运水道,船只往返繁忙,且水生生物回游范围要求较大,因此不允许扩散器布置在江河中心。另外,从施工及运行管理来看,中心布置施工困难,不便于维修及反冲洗,并且施工时会影响通航,而 T 型扩散器对江河的航运、生物回游等影响较小,施工与管理都较方便,加上工程投资相对较少。因此,漓江风景区沿岸乡镇的污水排放宜用 T 型扩散器。

## 5 结束语

对风景区乡镇污水进行适当的处理和排放是确保风景区的可持续发展的重要前提。漓江风景名胜区分区片单独收集、处理和排放。污水处理宜采用生物生态组合处理技术,并要选择抗冲击负荷、调节能力强的工艺,以应对乡镇污水水质、水量变化大的特点,且乡镇污水的处理设施要与周边

自然环境相协调。污水排放要考虑乡镇在风景区中的定位与景观要求、排放的环境特性、污水特性等因素,并重点考虑尾水是否进入核心景区、进入漓江流域位置以及排放口所在区域自然地理条件,最终确定乡镇污水排放方式。

## 参考文献:

- [1] 叶晟. 关于我国小城镇污水处理技术的探讨 [J]. 现代企业文化, 2009 (23): 144 - 145.
- [2] 张克峰, 王永磊, 陈文娟. 我国中小城镇污水处理适用工艺探讨 [J]. 净水技术, 2005 (6): 26 - 29.
- [3] 赵宝江. 乡镇污水处理途径探讨 [J]. 青海环境, 2011, 21 (4): 185 - 190.
- [4] 蒋初成. 漓江水质变化对水处理工艺的影响 [J]. 桂林工学院学报, 2003, 23 (4): 339 - 342.
- [5] 刘纲, 陆燕勤, 许立巍, 等. 接触氧化 - 人工湿地组合工艺处理桂林市郊村落污水 [J]. 桂林工学院学报, 2006, 26 (4): 33 - 36.
- [6] 韩丽, 李金城, 廖雷, 等. 复合装置处理农田废水效果分析 [J]. 桂林工学院学报, 2006, 26 (2): 239 - 241.
- [7] 李金城, 王君雅, 徐芝芬, 等. 不同人工湿地填料除磷性能试验 [J]. 桂林理工大学学报, 2010, 30(4): 602 - 607.
- [8] 徐芝芬, 李金城, 莫德清, 等. 组合工艺对农村生活污水中氮磷的去除效果 [J]. 桂林理工大学学报, 2011, 31 (2): 252 - 257.
- [9] 徐高田. 污水海洋处置工程多喷口稀释扩散规律研究 [D]. 上海: 同济大学, 1996.
- [10] 徐高田, 韦鹤平. 上海市污水治理二期工程扩散器的改进设计 [J]. 环境工程, 2000, 18 (4): 13 - 15.
- [11] 王超. 城市污水扩散器排放技术的发展和运用 [J]. 河海科技进展, 1994, 14 (2): 10 - 16.

## Sewage Treatment and Discharge Plan of Lijiang Scenic Coastal Villages and Towns

YANG Xiong<sup>1</sup>, QI Shan-shan<sup>1</sup>, LI Jin-cheng<sup>2</sup>

(1. Guilin Research Institute of Environmental Protection Science, Guilin 541001, China; 2. College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** For the sewage characteristics, discharge rules, water body visual impact, economic and technological factors, sewage treatment plan of coastal towns is constructed according to sewage collection, scale of treatment, treatment technology and discharge pollutant standard. The main process and technological indexes of small-area and large-area sewage treatment plan are proposed. Recent study shows that efficient underground unpowered biological reactor system could be applied to small-area sewage treatment, integration of A/O biological reactor system could be applied to large-area sewage treatment. Good pond filter system and sewage diffuser are put forward based on the environmental characteristics and landscape rules for coastal towns.

**Key words:** Lijiang River scenic area; town sewage; treatment technology; discharge plan