

江苏省高速公路服务区污水处理现状及解决对策

梁丽萍¹, 张林²

(1. 绍兴文理学院 生命科学学院, 浙江 绍兴 312000; 2. 江苏省交通规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 服务区污水处理是高速公路环境保护的重点及难点问题。通过对江苏省高速公路服务区的走访调研,总结了水污染防治工作存在的技术及管理问题。以缓解水力和有机负荷冲击为目的,提出“连续循环曝气”的污水处理工艺路线,并探讨了适用于高速公路服务区现状的水处理设施营运模式。以沿江高速公路芙蓉服务区为研究案例,认为工艺技术创新和管理模式改进对改善出水水质具有明显作用。

关键词: 高速公路服务区; 污水处理; 冲击负荷; 管理模式

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)04-0020-06

Problems and Solutions for Sewage Treatment in Expressway Service Areas in Jiangsu Province

LIANG Li-ping¹, ZHANG Lin²

(1. College of Life Science, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China; 2. Jiangsu Provincial Communication Planning and Design Institute Co. Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: Sewage treatment in service areas is an important and difficult issue in expressway environmental protection. By investigating expressway service areas in Jiangsu Province, technology and management problems of water pollution control were summarized. For the purpose of easing hydraulic and organic impact load, the sewage treatment process of continuous cyclic aeration was proposed. Furthermore, the operation mode applicable for water treatment facilities in expressway service areas was discussed. Based on a case study of Furong service area in Yanjiang expressway, it was considered that technology innovation and management improvement could play a positive role in improving effluent quality.

Key words: expressway service areas; sewage treatment; impact load; management mode

高速公路服务区等远离城镇区域,所产生的生活污水一般无法就近排入市政管网,需经有效处理后方可排入地表水体。随着近年来国家高速公路通车里程的迅速增长,各地服务区配套污水处理设施亦相继建成投入使用。但目前服务区污水处理设计尚缺乏行业标准,不同地区对工艺流程、技术参数的

选取和确定存在一定争议;同时由于交通流量、人群生活习惯的差异性,导致服务区污水特性亦不尽一致,这均给污水处理设施的建设及营运带来一定困难^[1,2]。根据交通部科研院对全国16个省高速公路服务区的调研结论,虽然污水处理设施配置率达到100%,但存在工艺选择不当、设备故障率高等诸

多不足之处,出水排放达标率整体偏低。随着国家《水污染防治行动计划》的深入实施,服务区污水处理及污染控制已逐渐成为交通建设管理和环境保护部门关注的热点问题。

笔者通过对江苏省高速公路服务区的走访调研,分析现有污水处理设施存在的问题并提出解决对策,探讨如何构建科学合理的维护管养体系。并以江苏省沿江高速公路芙蓉服务区为研究案例,总结了污水处理设施的改造、调试及营运经验,以期交通运输环境保护工作提供技术支持和管理决策依据。

1 江苏省高速公路服务区污水处理现状调查

服务区生活污水可视为沿高速公路分布的分散点污染源,随着近年来交通流量的急剧增加,污染负荷也随之增强^[3]。根据对江苏省高速公路路网功能分析,选取8条高速公路中的18处服务区进行现场调查。本次调研所选点位(见表1)数量占全省高速公路服务区的16.7%,覆盖苏南、苏中、苏北地区的主要交通干线,采用接触氧化、生物流化床、膜生物反应器等多种工艺,可以较好地反映江苏省高速公路服务区的污水处理现状。

表1 调查点位分布及污水处理工艺

Tab. 1 Distribution of investigation sites and wastewater treatment technology

项目	调研点位	污水处理工艺
京沪高速	川星等4处服务区	接触氧化
沿江高速	芙蓉、新桥服务区	接触氧化
沪宁高速	黄栗墅服务区(南)	接触氧化+人工湿地
	黄栗墅服务区(北)	SMBR
宿淮盐高速	仙人山服务区	接触氧化
	古盐河、九龙口服务区	接触氧化
	成子湖服务区	生物流化床
江海高速	郭村、白米服务区	接触氧化
连徐高速	邵楼服务区	接触氧化
	锦屏山服务区	生物流化床
沿海高速	灌云、射阳服务区	接触氧化
宁杭高速	宁杭服务区	接触氧化+MBR

1.1 服务区污水污染特性

从污染行为来看,服务区污水来源主要包括冲刷厕所废水、餐饮废水、盥洗废水和绿化冲洗水,其中冲刷厕所废水和餐饮废水占污水总量的70%以上,多数服务区污水排放量在30~80 m³/d范围内。根据逐时、逐日排水量统计资料,污水主要产生于7:00—

11:00和15:00—17:00两个时段,部分节假日污水排放量可增至平时的1.6~2.0倍,波动性较为明显。

对18处服务区的调节池进水口进行水质采样检测,统计各污染指标的浓度范围及平均值,并与典型生活污水水质^[4]相比较,结果如表2所示。由于餐饮、冲刷废水占总排污量的比重较高,污水有机污染负荷高于生活污水,其中总磷、总氮浓度分别为典型生活污水的1.58倍和4.1倍,故污水处理工艺必须考虑脱氮除磷功能。根据24 h连续采样分析,污水水质基本不受污水排放量的变化影响。

表2 服务区污水采样分析

Tab. 2 Sampling and analysis for sewage in service area
mg · L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	总磷	总氮	动植物油
检测范围	324~621	171~315	5.5~15.5	77~274	40~97
平均值	514	269	12.6	162	65
典型生活污水	400	200	8	40	50

1.2 处理设施运行情况

污水处理设施多采用无锡、扬州等地厂商提供的地理式玻璃钢罐体,少数为专项改造或设计的混凝土池体;污水处理工艺均不同程度采用生化处理方法,以接触氧化为主。由于管养不善或运行年限超期,电控柜、风机、提升泵等设备故障较多,更换维修频繁;填料脱落、曝气头损坏等现象较为常见。部分格栅、隔油池、化粪池等预处理设施未能及时清理,以致发生堵塞壅水。

1.3 出水达标排放率

服务区污水排放去向多为地表沟渠、河塘等,少数经市政管网排入地方污水厂,水质排放标准多执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准或《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级标准。根据水质监测结果,服务区污水普遍不能达标排放,COD、BOD₅、氨氮和总磷等水质指标达标率分别为39%、11%、22%和0。部分服务区污水因超标排入鱼塘、蟹塘等敏感水体,已引起地方环境纠纷。

2 污水处理现状问题剖析

污水生化降解是在人工设定下进行的复杂的生物化学过程,通过构成连续稳定运行的微生态处理系统,实现对有机污染物的高效分解^[5-7]。当前,服

务区污水处理的主体工艺——生物接触氧化法,技术工艺和设备装置已相当成熟完善;但是限于服务区污水特性、设备选型等诸多原因,未能实现良好的污水降解效果。笔者对调研过程中发现的污水处理设施问题进行总结,并系统分析问题的产生原因。

2.1 设计目标与污水特性不匹配

当前服务区污水处理采用的一体化地埋式装置,多为面向居民小区、部队医院的成套产品,设计

处理规模、进水水质一般参考典型生活污水的经验参数。调查(见表3)发现,各地服务区污水实际产生量仅为设计处理量的20%~40%,由于池体(罐体)有效容积过大,造成污水实际停留时间和污泥龄过长,易出现水质恶化、污泥上浮等现象。尽管进水水质偏高于典型生活污水,一定程度上弥补了低水量造成的有机负荷不足,但间歇性高浓度污水会对微生物处理系统产生较大的有机负荷冲击。

表3 设计处理能力和实际进水参数的对比

Tab.3 Comparison between design treatment capacity and influent parameters

项目	设备厂商	设备型号	污水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)		COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	
			设计处理能力	污水产生量	设计进水	实际进水
黄栗墅服务区	—	—	240	70~90	400~500	466
芙蓉服务区	—	—	100	50~60	400	453
九龙口服务区	江苏彬鹏	WSZ-10A	240	40~60	400~500	481
灌云服务区	江苏鹏鹞	WSA-5FL	120	25~30	150~400	504
射阳服务区		WSA-5FL	120	40~50	150~400	421
邵楼服务区	扬州澄露	JYJ-5	120	30~40	≤ 400	—

注:黄栗墅、芙蓉服务区污水处理设施为经专项改造的混凝土池体。

2.2 工艺缺乏脱氮除磷功能

服务区污水处理装置多以缺氧—好氧工艺为主,但普遍未设置硝化液循环和污泥回流环节,微生物脱氮除磷功能受到限制,甚至出现因有机物氨化导致出水氨氮浓度高于进水的现象。检测结果表明,服务区出水氨氮、总磷平均浓度为65.2 mg/L和2.3 mg/L,分别为《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准限值的4.3倍和4.6倍。

2.3 抗负荷冲击能力偏低

污水生化降解需对微生物提供源源不断的能量和物质以维持其生存条件,尽管短时间内生物膜具有一定的抗负荷冲击能力,但当进水速率长期不稳定时,仍会造成微生物大量死亡和生物膜脱落。调节池、提升泵和液位控制器组成的联合调节系统,是控制装置进水速率和处理负荷的决定因素。

污水经调节池潜污泵一次提升后,以重力流形式排向后续处理单元,提升泵的启动/关闭通过液位浮球开关控制。由于设计处理量高于污水实际产生量,更兼市场上难以采购小流量污水泵,工程上多采用额定流量为10~15 m^3/h 的污水提升泵,运行方式为间歇运行。因进水量低、调节池体积过大等原因,池内液位长期不能达到水泵开启条件,污水在调节池内长期积累以致恶化发臭;当达到启泵液位高度时,由于水泵额定流量偏高,又导致大量高浓度污

水短时间内排入生化处理单元。基于以上原因,调节池未能发挥对污水均质均量的作用,反而使生化处理单元的水力负荷和有机负荷更不均匀;同时曝气风机多与提升泵联动运行,曝气时间不足又导致好氧池内溶解氧浓度偏低。现场调查发现,调节池提升泵运行时间间隔多在24 h以上。

2.4 维护管养力度不足

大多数服务区未配备专业管理人员,污水处理设施的日常调试、维护多由水电工兼职,维护管养力度参差不齐。受地理位置、人员配备、维护经费等因素限制,装置检修、栅渣清运、设备零部件更换等工作存在一定困难,兼职水电工缺乏调试维护的常识技能,导致部分污水处理装置长期处于停用或非正常运行状态。

综上所述,设计进水指标偏离实际,以及工艺参数无法满足水处理微生物脱氮除磷和正常生长的稳定环境,是当前服务区污水处理设施的主要技术问题。考虑到水处理设施的养护情况差强人意,现有管理模式弊病亦不可忽视。重点从工艺优化和技术改进、管理模式完善等方面,探讨高速公路服务区污水处理的建议措施。

3 工艺流程优化和技术改进

3.1 处理规模和进水水质

高速公路服务区用水服务对象主要为接待旅

客,故客流量是决定污水排放量的重要因素。根据对服务区污水量和客流量的调查统计和回归分析,认为两者存在较强的相关性(见图1),可通过客流量大致确定服务区污水处理规模。考虑到节假日高速公路客流高峰,日变化系数可取2.0。设计进水水质可选用表2中服务区污水检测数据的平均值。

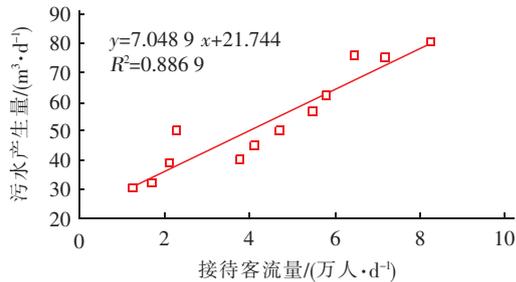


图1 服务区客流量与污水产生量的相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis between passenger flow and sewage quantity

3.2 提高脱氮除磷能力

曝气段设置硝化液循环泵,定期将硝化液输送至缺氧段,循环输量根据实际情况调试而定,可通过“硝化—反硝化”作用实现脱氮效果。由于好氧污泥产生量偏低,故不考虑设置污泥回流环节,通过

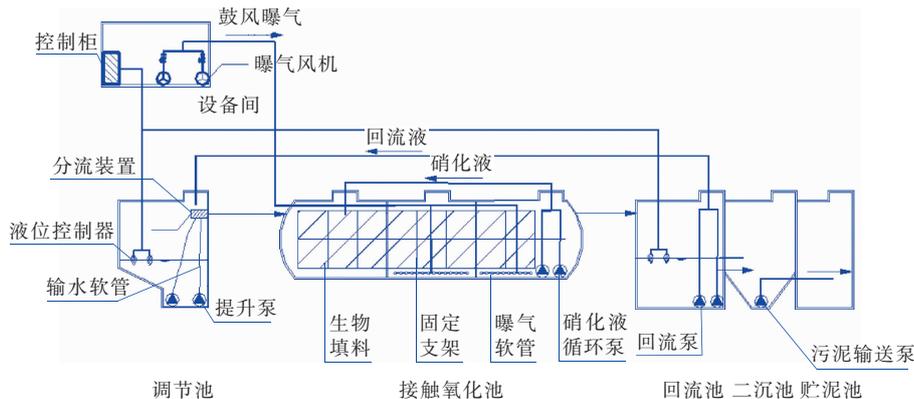


图2 “连续循环曝气”污水处理工艺流程

Fig. 2 Flow chart of “continuous cyclic aeration” sewage treatment process

4 完善营运管理模式

高速公路服务区地理位置一般较为偏僻,间隔距离较远,耗材补充、设备检修等多有不便;且服务区大多不具备污水处理设施维护管理的专业人才,故建议各地高速公路管理公司与地方环保单位签订技术服务协议,将所辖服务区污水处理设施的营运维护工作,统筹委托于专业机构代为管理,并重点做好以下工作。

投加除磷药剂(以铁盐、铝盐为主)实现化学除磷。

3.3 减缓冲击负荷

生化处理单元后增设回流池,内置潜污回流泵,并通过液位控制器实现自动运行。回流池与调节池之间设有循环回路,通过调节池提升泵、回流池回流泵及输水管道组成的循环系统,可使装置内生活污水处于连续流动状态,缓解了进水不均对生化处理单元造成的冲击负荷。同时在调节池出水口设置分流装置,并在分流管道安装截止阀,可对污水流量进行微量调节,进一步平衡接触氧化系统的水力有机负荷。

上述工艺现已授权国家实用新型专利,并在部分高速公路服务区试点应用,工艺流程见图2。“连续循环曝气”工艺可根据污水实际接纳量及进水浓度,灵活调整提升泵和回流泵的启泵、停泵液位,以及曝气风机的运行时间,对各类生活污水的适用性较强。由于装置内污水长期处于流动曝气状态,即使调节池内长期未排入新鲜污水,或短期内排入大量高浓度污水,仍可为微生物提供较稳定的有机物质和能源,可避免因进水不均出现的污水滞留腐败或水力扰动现象,具有良好的抗负荷冲击能力。

① 健全环境管理机构

各级高速公路管理公司应建立自上而下的环境管理机构,落实机构负责人和专业职能人员,制定年度营运方案计划,并编制相关技术文件和管理手册。

② 保证清淤疏通力度

服务区污水中难溶解性固体杂物较多(如卫生纸、果皮菜根等),需及时对易发生沉积堵塞的部位进行清淤疏通。定期清掏格栅、化粪池和隔油池,建

议频次不低于6个月;定期清理调节池杂物和生化处理单元的脱落填料,以防止堵塞水泵、提升管线和出水堰,建议频次不低于3个月。

③ 加强设备检修和运行状态监管

做好对水泵、风机、电控柜等重点设备的保养工作,定期检修轴承、密封垫、偏心轮等部件,并检查曝气头、浮球、填料、管件管材等耗材的破损情况,对无法利用的零部件及时替换处理。

长期运行下,水泵、风机工作点会沿特性曲线发生偏移。管理人员需定期测试提升泵流量、溶解氧浓度等数据,并通过控制水泵频率、风机转速等方式,确保主要设备运行工况与设计参数相吻合。

④ 水质检测分析及工艺调试

定期对出水水质进行采样分析,并出具第三方检测报告,作为对相关负责人员业绩考核的重要依据;同时对主要处理单元内污水进行采样,测定MLVSS、SVI、DO等可反映微生物生长状态的理化指标,有条件下可进行镜检,结合水质检测报告及时发现问题,采取针对性的调试手段。

5 案例分析

以沿江高速公路芙蓉服务区污水处理工程为分析案例,进一步阐述服务区污水处理的工艺设计思路和管理模式,并总结工程技术改造和营运维护的经验不足,为服务区污水处理工程建设及管理提供参考。

5.1 项目背景

芙蓉服务区原有地理式污水处理罐体,设计处理能力为240 m³/d,采用接触氧化工艺,无硝化液循环和污泥回流环节。由于污水实际产生量仅为50~60 m³/d,调节池水力停留时间长达2~3 d,夏季滋生大量蚊蝇;生化反应单元设计尺寸偏大,微生物生长状况不理想,填料不能正常挂膜。后因长期未清理格栅等预处理设施,造成水泵堵塞烧毁,污水经调节池直接溢流至地方沟渠,原污水处理设施废弃停用。

5.2 技术改造

2011年8月,设计单位对服务区原污水处理设施进行技术改造,保留并利用原化粪池、调节池等单元,新建地理式玻璃钢罐体,采用“连续循环曝气”污水处理工艺。综合考虑节假日污水排放峰值、未来客流量的增长等因素,确定处理规模为100 m³/d,设计进水水质采用表2中服务区污水的平均检测

值。

根据相关水处理构筑物设计标准及规范,确定各处理单元的结构尺寸和设备选型。其中,接触氧化池缺氧段水力停留时间为6 h,曝气段水力停留时间为12 h,曝气量控制为4.0 m³/h,硝化液回流比控制在75%~100%。提升泵、回流泵均通过液位控制器自动运行,回流泵启动液位同溢流水管的管底标高保持一致。

5.3 工艺调试

工程投入运行后,通过调节池分流装置进一步控制进水速率,提升泵运行时间间隔可控制在2~4 h以内,单次运行时间达6 h以上,大幅降低了污水在调节池内的滞留时间;回流泵单次运行时间在3~4 h范围内,部分污水经输水管道排回调节池,其余部分经溢流口排入二沉池,实现了污水在各处理单元间的循环流动。

工程运行初期,出水氨氮、总氮指标偏高。经检测分析发现,原水中碳氮比仅为5.4:1,碳源严重不足。现场选用葡萄糖溶液作为补充碳源,通过电磁计量泵定量投入接触氧化池,同时调节硝化液回流比和曝气量,脱氮效率可达到90%以上。

工艺方案设计阶段,项目组曾考虑通过污泥回流实现生物除磷,然而二沉池实际污泥产量非常有限,污泥回流量很低,除磷效果不明显;后通过电磁计量泵向二沉池定量投入除磷剂稀溶液,出水总磷浓度可降低至0.4 mg/L以下。工艺稳定运行后,主要污染物排放浓度均可满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准的限值要求(见表4)。

表4 出水水质检测结果

Tab. 4 Test results of effluent quality

项目	pH值	COD/ (mg· L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg· L ⁻¹)	氨氮/ (mg· L ⁻¹)	总磷/ (mg· L ⁻¹)	SS/ (mg· L ⁻¹)
数值	7.5	57.6	25.8	3.8	0.4	22.0
注: 以上检测数据由江苏省理化测试中心提供。						

5.4 维护管养

建设单位委托无锡瑞博仪自动化设备有限公司负责污水处理设施的营运工作,全面负责损耗品供应、工艺调试、水质检测、机电设备检修等事务管理。当处理系统发生设备非正常损坏、出水水质异常等情况时,维护单位可在24 h内提供现场应急服务,并且保证在2~3个工作日内污水处理设施恢复正常运行。

该污水处理设施自建成运行5年以来,运行情况良好,未发生因污水超标排放引起的环境投诉事件;年均运行费用约6.59万元,折合水处理成本为1.8元/m³。污水处理设施的各项运行费用如表5所示。

表5 污水处理设施运行费用

Tab.5 Operating costs of sewage treatment facilities

万元

项 目	年运行费用	备注说明	
机电设备检修及零配件更换	机械格栅	0.3	半年检修并更换主要零部件;运行期间若出现零部件损坏,即时更换
	曝气风机	0.6	
	水泵	1.5	
	投药装置	0.3	
	潜水搅拌机	0.2	
	自控系统	0.1	
	闸阀管件	0.3	
药剂消耗	斜管及曝气头	0.1	投加量为5.0 kg/d,价格按4 000元/t计
	葡萄糖	0.73	
	消毒氯片	0.15	
水质监测分析	聚合氯化铝	0.11	投加量按0.5 kg/d计,价格按6 000元/t计
	水质监测分析	1.2	定期对各级处理单元COD、氨氮、总磷、总氮、BOD、SS等指标监测分析,每三个月监测一次,单次费用按3 000元/次计
清理维护	化粪池、隔油池、二沉池等	1.0	委托地方环卫部门定期清理化粪池、隔油池和贮泥池等,每半年清理一次,每次服务费用为0.5万元
注: 不含土建、罐体加工、机电设备购置等一次性投入。			

6 结语

为解决服务区污水冲击负荷过高的问题,针对性地提出了“连续循环曝气”的工艺流程。通过保持各构筑物内污水的循环流动状态,有效平衡了生化处理单元的水力负荷和有机负荷;不仅给高速公路服务区污水处理提供了工艺思路,同时也对分散式污水处理技术的发展应用具有一定借鉴意义。

江苏省高速公路网已基本建成,鉴于房建区污水排放水质普遍不达标的现状,对现有水处理设施

的技术改造和管理维护,将是未来交通环境保护工作的重点内容。建设单位需对污水特性、现有设施运行问题等进行详细调查,并与房建、市政等专业技术对接,在尽可能利用既有设施的前提下,合理确定改造方案。同时,如何建立污水处理设施营运维护的监督、考核和激励机制,将成为各项管理性措施及制度能否落实的关键环节。

参考文献:

- [1] 刘学欣,孔亚平. 公路服务区污水处理工艺综合分析[J]. 公路,2011,(6):189-191.
- [2] 陈书雪,刘宝双,张峻峰. 高速公路服务区分散式污水处理技术研究[J]. 中国资源综合利用,2011,29(9):45-48.
- [3] 胡博,何霞. 高速公路服务区污水水质水量特征调查[J]. 净水技术,2010,29(5):46-49.
- [4] 戈蕾,葛大兵. 城市家庭生活污水水量调查与水质分析[J]. 环境科学与管理,2010,35(2):16-17.
- [5] 田伟,何娟,杨志敏,等. 重庆高速公路服务区污水特征及处理工艺遴选[J]. 环境科学与技术,2012,35(3):90-93.
- [6] 张龙,涂勇,刘伟京,等. 高速公路服务区污水A/O生化处理工艺运行参数研究[J]. 水处理技术,2014,40(2):96-101.
- [7] 朱玉峰,李正要. 高速公路服务设施污水处理技术探讨[J]. 公路交通科技:应用技术版,2010,(10):501-504.



作者简介:梁丽萍(1984-),女,内蒙古四子王旗人,博士,讲师,从事水污染控制研究工作。

E-mail:liangliping0702@usx.edu.cn

收稿日期:2016-07-16