

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2024.11.022

典型高速公路服务区污水水质与处理 效果调研分析

岳志轩¹, 夏阳光¹, 杨小丽^{*1}, 唐燕华¹, 吴正运²

(1. 东南大学 土木工程学院, 江苏 南京 211189; 2. 华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210001)

摘要: 选取江苏省境内车流量和污水排放情况有较强代表性的典型高速公路服务区进行实地调查与水质监测, 分别对不同时间段以及不同等级服务区的水质变化特征进行深入分析, 为服务区污水处理工艺设计和运行维护提供参考。结果表明, 不同等级公路服务区进水浓度存在较大差异, 同一等级公路不同服务区之间进水浓度也存在较大差异; 受服务区规模、功能差异以及车乘人员数量随机性的影响, 污水处理设施的进水水质在每时甚至每月都具有较大的波动性, 同一服务区节假日期间进水 COD、 NH_4^+-N 和 TN 浓度变化系数分别可达 2.50, 2.21, 2.31; 不同服务区进水浓度变化系数存在较大差异且无明显变化规律。出水水质分析结果表明, 高速公路服务区污水处理设施抗冲击负荷能力普遍较弱, 脱氮除磷效能低, 出水难以稳定达标; 与 A^2O 工艺相比, MBR 工艺具有更高的 COD、 NH_4^+-N , TN 去除效能; TP 主要通过化学除磷去除; 较大的调节池容积可以延长水力停留时间, 有助于提升污水处理系统抗冲击负荷能力。调研发现, 高速公路服务区污水处理主要存在水质水量基础数据缺乏、设计规模不匹配、工艺不尽合理、维护管理力度不足、监督管理缺位等问题, 提出深入水质水量调研、研发适宜工艺、加强运维管理、落实监督责任等相应对策。

关键词: 环境工程; 污水处理; 实测分析; 高速公路服务区; 水质变化; 处理效果

中图分类号: U492.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2024) 11-0199-08

Investigation and Analysis on Sewage Quality and Treatment Effect in Typical Expressway Service Areas

YUE Zhi-xuan¹, XIA Yang-guang¹, YANG Xiao-li^{*1}, TANG Yan-hua¹, WU Zheng-yun²

(1. School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 211189, China;

2. China Design Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210001, China)

Abstract: The investigation on sewage quality in expressway service areas is of great significance for the sewage treatment design and operation. The field survey and water quality monitoring were conducted in the typical expressway service areas with strong representativeness in terms of traffic volume and sewage discharge in Jiangsu province. The water quality variation characteristics in different time periods and different grade service areas were analyzed to provide reference for the sewage treatment process design and operation in service areas. The result indicates that the significant variations exist in the influent water concentrations in the expressway service areas with different grades, as well as in the different service areas with the same grade. Affected by the service area scale, functional difference, and the randomness of passenger number, the influent water quality of sewage treatment facilities has significant fluctuations every hour or even every

收稿日期: 2022-01-19 修改日期: 2024-05-28

基金项目: 华设设计集团股份有限公司开放基金专项课题项目 (KY2020020)

作者简介: 岳志轩 (1999-), 男, 甘肃兰州人, 硕士研究生. (seu_yzx@163.com)

* 通讯作者: 杨小丽 (1977-), 女, 江苏靖江人, 教授. (yangxiaoli@seu.edu.cn)

month. The variation coefficients of COD, NH_4^+-N , and TN concentrations in the same service area during holidays can reach 2.50, 2.21, 2.31 respectively. The influent water concentration variation coefficients in different service areas are quite different and have no obvious variation rule. The analysis results of effluent water quality show that the sewage treatment facilities in expressway service areas generally have weak impact load resistance, low efficiency of nitrogen and phosphorus removal, and the effluent is difficult to reach the standard stably. Compared with the A^2O process, the MBR process has higher removal efficiency of COD, NH_4^+-N , and TN. TP is mainly removed by using chemical phosphorus removal. The larger volume of adjustment tank can prolong the hydraulic retention time. It is helpful to improve the impact load resistance of sewage treatment system. It is found that the main problems of expressway service area sewage treatment are the basic data lack on water quality and quantity, mismatched design scale, unreasonable process, insufficient maintenance, and lack of supervision and management. Therefore, the corresponding countermeasures are supposed to put forward, e. g., in-depth study on water quality and quantity, investment in suitable processes, strengthening operation and maintenance management, and implementing supervisory responsibilities.

Key words: environmental engineering; sewage treatment; field study; expressway service area; water quality change; treatment effect

0 引言

近年来,随着交通强国战略的大力推进,高速公路建设快速发展^[1]。截至 2023 年底,全国高速公路总里程达到 18.36 万千米,沿线服务区数量达到 6 000 余座。高速公路服务区对保障交通运输安全、缓解司乘人员疲劳具有重要意义^[2],但与此同时产生的污水排放影响却不容忽视^[3-4]。服务区污水具有碳氮比低、氮磷含量高、水质水量冲击负荷高等特点^[5-6],目前国内多采用 A^2O 、生物接触氧化、序批式活性污泥法(SBR)、膜生物反应器(MBR)、人工湿地^[7-10]等工艺进行处理,但由于缺乏对进水水质水量变化的调研和分析,工艺设计进水水质和规模往往与实际情况不匹配^[11]。同时,大部分服务区缺乏专业人员对污水处理设施进行运行维护,导致出水难以稳定达标^[12]。因此,本研究以江苏省为例,调研不同等级高速公路服务区污水水质水量,揭示高速

公路服务区污水周中、周末和节假日水质变化特征,为服务区污水处理工艺设计和运行维护提供参考。

1 服务区选取与采样

1.1 调研服务区选取

高速公路服务区的选取遵循纵向和横向原则,纵向原则是指根据《江苏交通年鉴 2019》中全省国家高速公路年平均断面日均车流量,结合调研可行性,选取经过江苏省境内的首都放射线高速公路、横纵路线高速公路和高速公路联络线上的服务区;横向原则是指根据高速公路服务区车流量和人流量差异选取就地处理和接入市政管网的服务区。根据这一原则,选取了江苏省境内具有代表性的 8 座服务区,选取结果如表 1 所示。其中,A 高速公路服务区位于高速公路联络线,BCEFH 服务区位于横纵路线,DG 服务区位于首都放射线,各服务区车流量和污水排放情况有较强的代表性。

表 1 调研服务区选取
Tab. 1 Survey service areas selection

高速公路	名称	地点	断面日均车流量/辆	处理水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	污水排放情况
G4221 沪武高速	A 服务区	南京	41 004	150~300	A^2/O 工艺,排放
G25 长深高速	B 服务区	南京	25 981	80~200	A^2/O (南区), MBR (北区), 合并排放
G25 长深高速	C 服务区	南京	25 981	100	大型调节池+ A^2/O 工艺,排放
G2 京沪高速	D 服务区	淮安	61 913	60~300	A^2/O 工艺,排放
G15 沈海高速	E 服务区	苏州	36 454	400	A^2/O +MBR 工艺,中水回用
G42 沪蓉高速	F 服务区	常州	74 792	200~400	接市政管网
G2 京沪高速	G 服务区	扬州	61 913	200	接市政管网
G40 沪陕高速	H 服务区	扬州	18 941	200	接市政管网

1.2 采样和分析方法

高速公路服务区污水排放受车流量影响较大, 因此本研究分别调研了周中、周末和节假日进、出水水质, 进水采样点为调节池进水端, 出水采样点为排放口, 其中 B 服务区出水采样点为 MBR 出水口, 采样时间为 10:00 ~ 14:00。在周末 (2021.1.24) 和节假日前期 (2020.10.1) 对 8 座服务区进行取样; 同时选取 ABCD 这 4 座不同等级的典型服务区进行周中 (2020.9.23)、周末 (2021.1.24) 和节假日 (2020.10.1, 2020.10.7)

取样, 监测 COD, NH_4^+-N , TN 和 TP 等水质指标, 测试方法参考《水和废水监测分析方法》(第四版)^[13]。

2 结果与讨论

2.1 不同等级服务区污水进水水质分析

为揭示不同等级服务区进水水质变化规律, 为污水处理设施设计、运维提供参考, 本研究在周末对 8 座服务区进行采样分析, 其 COD, NH_4^+-N , TN 和 TP 进水浓度如图 1 所示。

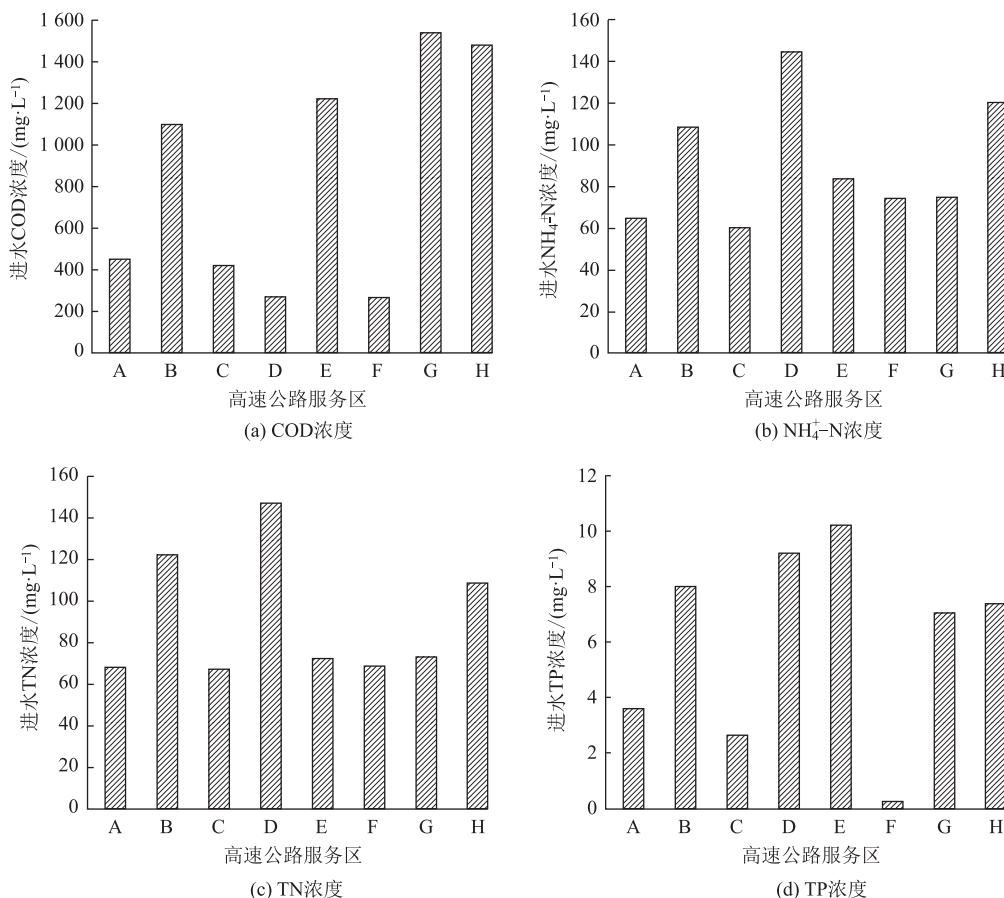


图 1 不同等级服务区进水污染物浓度

Fig. 1 Influent pollutant concentration in service areas with different grades

由图 1 可知, 各服务区周末进水 COD, NH_4^+-N , TN 和 TP 的浓度范围分别为 267.20 ~ 1 537.20, 60.02 ~ 145.02, 66.77 ~ 146.62 mg/L 和 0.26 ~ 10.20 mg/L, 进水浓度存在较大差异。同时可以发现, 同样位于 G2 高速的 DG 服务区进水 COD 浓度分别为 272.00 mg/L 和 1 537.20 mg/L, 相差 5.65 倍, 进水 NH_4^+-N , TN, TP 浓度分别相差 1.93 倍, 2.01 倍, 1.30 倍; 同样位于 G25 高速的 BC 服务区进水 COD, NH_4^+-N , TN 和 TP 浓度分别相差 2.58 倍, 1.81 倍, 1.83 倍, 3.03 倍。这说明同一条高速公路上的不同服务区间进水 COD 浓度也存在较大差异。

不同等级公路服务区进水浓度存在较大差异, 同一等级公路不同服务区之间进水浓度也存在较大差异, 分析认为, 进水污染物浓度的差异可能是因为服务区规模和功能差异、以及过往车辆和人员数量的随机性造成的^[14]。廖家楠^[15]在对陕西省高速公路服务区污水处理现状的分析中也指出, 污水水质变化与交通量、服务区进出人员有密切联系。由于车流量的随机性和服务区不同功能区产生的污水水质差异, 服务区污水处理设施的进水水质在每时甚至每月都具有较大的波动性。

利用 SPSS 对 4 项指标进行相关性分析, 使用

Spearman 相关系数表示相关关系的强弱情况, 结果如表 2 所示。进水 COD 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TP 之间的相关系数分别为 0.21、0.38, 不存在明显的正相关性, 表明高速公路服务区进水污染物浓度变化的无规律性。进水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TP 之间的相关系数为 0.76, 且 $p<0.05$, 相关性较显著, 可能是因为 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TP 的主要来源均为厕所废水。

表 2 进水污染物浓度相关性分析

Tab.2 Correlation analysis on influent pollutant concentration				
分类	COD	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	TN	TP
COD	1.0	0.21	0.21	0.38
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	0.21	1.0	0.95	0.76
TN	0.21	0.95	1.0	0.69
TP	0.38	0.76	0.69	1.0

2.2 不同时间段各等级服务区处理效果

由于 FGH 服务区排放污水接市政管网, E 服务区经 $\text{A}^2/\text{O}+\text{MBR}$ 组合工艺深度处理后进行中水回用, 因此后续重点对 A (联络线服务区)、B (横纵路线服务区)、C (横纵路线服务区)、D (首都放射线服务区) 4 座具有独立污水处理设施的服务区在周中、周末、节假日前期和节假日后期进行进出水水质分析。

2.2.1 COD 去除效果

不同时间段各服务区 COD 进出水浓度及去除率变化如图 2, 表 3 所示。

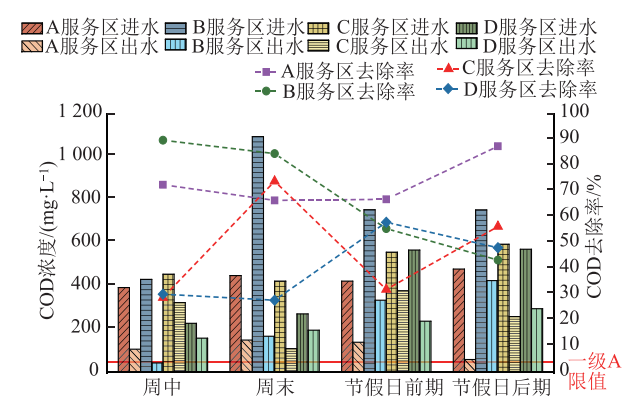


图 2 不同时间段各服务区进出水 COD 浓度和去除率的变化
Fig.2 variations of COD concentration and removal efficiency in different service areas during different time periods

由表 3 可见, A 服务区进水 COD 浓度在不同时间段变化幅度不大; 与周中相比, B 服务区周末和节假日进水 COD 浓度变化系数分别为 2.53 和 1.75, 变化较大; CD 服务区进水 COD 浓度在周中和周末相差不大, 在节假日前后大幅度增加, 平均变化系数分别为 1.26 和 2.50。不同等级服务区进水 COD

表 3 各服务区 COD 浓度随时间分析

Tab.3 Analysis on COD concentration varying with time in different service areas

高速公路 服务区	周末 COD 浓度 (与周中相比)		节假日平均 COD 浓度 (与周中相比)	
	进水浓度 变化系数	去除率/%	进水浓度 变化系数	去除率/%
A	1.14	-6.04	1.15	4.66
B	2.53	-5.17	1.75	-40.27
C	0.93	45.02	1.26	15.32
D	1.19	-2.32	2.50	22.91

注: (1) “+”表示升高; “-”表示降低; (2) 进水浓度变化系数指进水污染物指标各时间段浓度与周中浓度的比值, 下同。

浓度在各时间段的变化规律不同, 这进一步证明高速公路服务区进水污染物浓度变化的无规律性。从节假日 COD 浓度来看, 位于首都放射线的 D 服务区进水浓度变化系数最高为 2.50; 位于高速公路联络线的 A 服务区进水浓度变化系数最低为 1.15。目前国内服务区污水处理设计普遍仅考虑 1.5~2 的水量变化系数, 未考虑水量变化和水质变化的同步性, 因此, 服务区污水处理应优化工艺设计系数取值范围。

由图 2 可见, 除 B 服务区周中 COD 出水浓度外, 4 座服务区各时期出水 COD 浓度均未达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002) 一级 A 标准。田伟等^[16]的调查中, 也发现不同服务区 COD 处理效率相差很大, 且处理效率都不高, 出水 COD 浓度难以达到 (GB18918—2002) 一级 A 标准。与周中相比, 节假日期间位于首都放射线的 D 服务区平均去除率上升了 22.91%, 这可能是因为 D 服务区污水处理设施设计规模较大, 周中时处理水量不足 $60\text{ m}^3/\text{d}$, 未达到设计满负荷值。同时可以发现, 节假日期间位于横纵路线的 B 服务区 COD 平均去除率下降了 40.72%, 同样位于横纵路线的 C 服务区平均去除率反而上升了 15.32%, 这可能是因为 B 服务区污水处理装置设计规模较小, 节假日期间水量升高, 水质波动较大, 超过了装置抗冲击负荷处理能力, 污水未能得到有效处理, 而 C 服务区不仅具有较大的调节池, 而且进水 COD 浓度变化较小, 有效缓解了节假日进水的高负荷冲击影响。调研分析表明, 服务区出水 COD 难以稳定达标, 一方面是因为采用的处理工艺设计与实际产生污水水质水量不匹配, 另一方面是因为与城镇污水处理相比, 高速公路服务区缺少长距离管网系统作为水质调节系

统, 化粪池和隔油池出水中大分子有机物质没有得到充分水解^[17], 微生物难以有效利用。设计时采用较大的调节池可以延长水力停留时间, 利于大分子有机物质的水解, 提升处理工艺的抗冲击负荷能力。

2.2.2 NH₄⁺-N、TN 去除效果

不同时间段各等级服务区 NH₄⁺-N、TN 进出水水质变化及去除率如图 3, 表 4 所示。

由表 4 可见, 各服务区进水 NH₄⁺-N、TN 浓度在周中和周末相差不大, 在节假日期间均大幅度增加。节假日期间, 位于首都放射线的 D 服务区进水 NH₄⁺-N、TN 浓度变化系数最小, 这与节假日期间进水 COD 浓度变化规律相反, 可能是由于污染物来源不同造成的。

由图 3 可知, 4 座服务区各时期出水 NH₄⁺-N、TN 浓度均未达到 (GB18918—2002) 一级 A 标准。周德柱等^[18] 对国内多个高速公路服务区进行调查, 结果也表明不同服务区进水 NH₄⁺-N 相差较大, 处理效率不高并且普遍较低, 出水 NH₄⁺-N 和 TN 难以满足 (GB18918—2002) 一级 A 标准, 甚至存在出水 TN 浓度高于进水的情况; 与本调研结果一致。由图 3 还可以发现, ACD 这 3 座服务区采用 A²O 工艺, 周中 TN 去除率均低于 30%; B 服务区周中 NH₄⁺-N、TN 去除率分别达到 80.73%, 59.05%, 优于其余 3 座

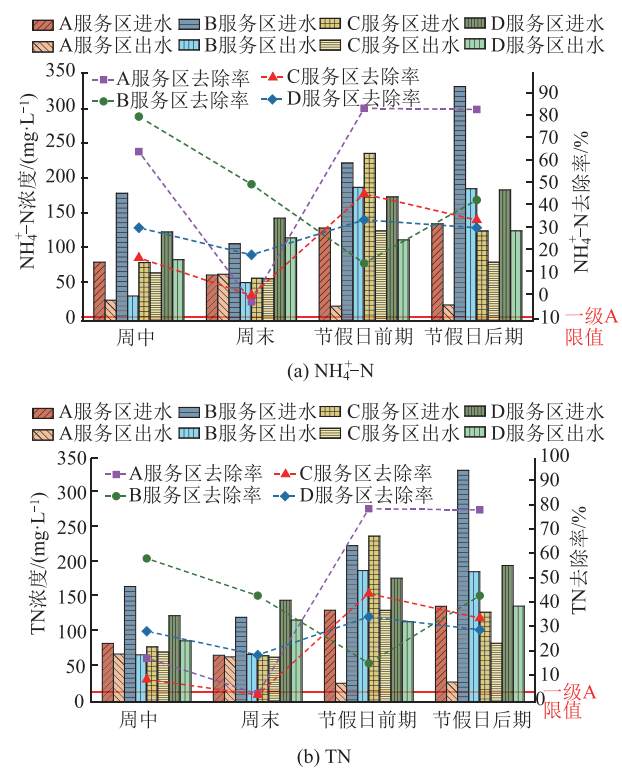


图 3 不同时间段各服务区进出水 NH₄⁺-N、TN 浓度和去除率的变化

Fig. 3 Variations of NH₄⁺-N and TN concentration and removal efficiency in different service areas during different time periods

表 4 各服务区 NH₄⁺-N、TN 浓度随时间分析

Tab. 4 Analysis on NH ₄ ⁺ -N and TN concentration varying with time in different service areas									
高速公路 服务区	周末 TN 浓度 (与周中相比)		周末 NH ₄ ⁺ -N 浓度 (与周中相比)		节假日平均 TN 浓度 (与周中相比)		节假日平均 NH ₄ ⁺ -N 浓度 (与周中相比)		
	进水浓度 变化系数	去除率变化/%	进水浓度 变化系数	去除率变化/%	进水浓度 变化系数	去除率变化/%	进水浓度 变化系数	去除率变化/%	
A	0.80	-14.78	0.78	-66.80	1.60	61.13	1.62	19.03	
B	0.73	-15.29	0.60	-30.10	1.68	-29.19	1.54	-51.18	
C	0.84	-6.27	0.73	-16.71	2.31	30.28	2.21	22.63	
D	1.18	-9.76	1.16	-12.04	1.51	3.26	1.44	-1.77	

服务区, 这是因为该服务区采用 MBR 工艺, 利于增殖缓慢的硝化细菌生长繁殖, 取得了较好的水质处理效果, 但出水仍未达到 (GB18918—2002) 一级 A 标准。这一方面是因为进水浓度高且变化幅度较大, 另一方面由于缺乏长距离收集管网作为调节器, 化粪池和隔油池出水中大分子有机物质没有得到充分水解, 反硝化菌难以有效利用。

由表 4 可见, 与周中相比, 周末 4 座服务区 NH₄⁺-N 和 TN 去除率明显下降, 这是因为周末取样时间为冬季, 水温低于 10 ℃, 硝化菌活性受到抑

制, NH₄⁺-N 去除率下降, 进而 TN 去除率也相应下降。与周中相比, 节假日期间位于横纵路线的 B 服务区 NH₄⁺-N、TN 平均去除率分别下降了 51.18%, 29.19%, 可能是因为 B 服务区污水处理装置设计规模较小, 节假日期间水量升高, 水质波动较大, 超过了装置抗冲击负荷处理能力, 污水未能得到有效处理, MBR 工艺抗冲击负荷的优势无法得到体现。同样位于横纵路线的 C 服务区 NH₄⁺-N、TN 平均去除率分别上升了 22.63%, 30.28%, 可能是因为 C 服务区设置有较大的调节池, 一方面增强了污水处

理设备的抗冲击负荷能力，另一方面使得大分子物质得到充分水解，一定程度上弥补了低水量时的有机负荷缺乏问题^[19]，为反硝化菌提供了充足碳源。

由表 4 还可以发现，4 座服务区中，不同时间段内 A 服务区污染物去除率变化幅度最大。与周中相比，A 服务区周末 NH_4^+-N 去除率下降 66.80%，其余 3 座服务区 NH_4^+-N 去除率下降最高值仅为 30.10%；节假日期间 TN 去除率上升 66.13%，其余 3 座服务区 TN 去除率上升最高值仅为 30.28%。这是因为 2020 年 9 月 23 日典型周中取样后，污水处理设施出现故障，A 服务区委托专业机构于 9 月底接种高浓度污泥并重启了装置。重启后的污水处理装置在短时间内表现出了较高的污染物去除效能。但由于设计缺陷和运维不当，污泥富集生长情况不佳，装置难以长时间稳定运行，一段时间后，污染物去除效率再次下降。这一现象表明，良好的维护措施是污水处理设施长期稳定运行的重要保障。

2.2.3 TP 去除效果

不同时间段各等级服务区 TP 进出水水质变化及去除率如图 4，表 5 所示。

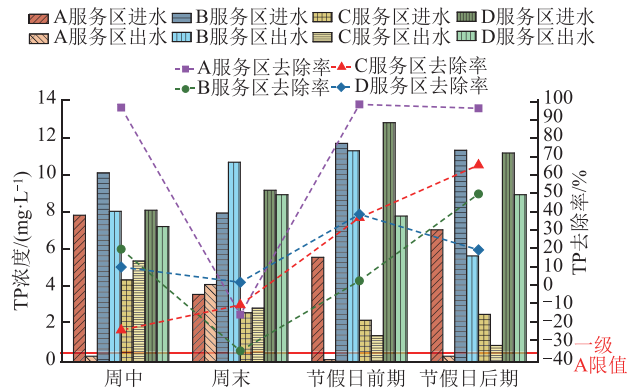


图 4 不同时间段各服务区进出水 TP 浓度和去除率的变化
Fig.4 Variations of TP concentration and removal efficiency in different service areas during different time periods

由表 5 可见，A 服务区进水 TP 在周末偏低，节假日变化不大；B 服务区进水 TP 在各时间段变化不大；C 服务区周末及节假日进水 TP 浓度均低于周中，TP 浓度变化系数分别为 0.60 和 0.54；D 服务区进水 TP 浓度在节假日大幅度增加，与周中相比，平均变化系数为 1.48。不同等级服务区进水 TP 浓度在各时间段的变化规律不同，进一步表明高速公路服务区进水污染物浓度变化的无规律性。

由图 4 可见，设有化学除磷设施的 A 服务区 TP 去除率较高，除周末调研当天由于投药装置损坏外，服务区出水 TP 浓度可达到（GB18918—2002）一级 A

表 5 各服务区 TP 浓度随时间分析
Tab.5 Analysis on TP concentration varying with time in different service areas

高速公路 服务区	周末 TP 浓度 (与周中相比)		节假日平均 TP 浓度 (与周中相比)	
	进水浓度 变化系数	去除率/%	进水浓度 变化系数	去除率/%
A	0.46	— 110.86	0.81	0.69
B	0.79	— 54.46	1.14	6.33
C	0.60	13.50	0.54	74.29
D	1.13	— 8.15	1.48	18.73

标准。其余 3 座服务区未设置化学除磷设施，各时期出水 TP 浓度均未达到一级 A 标准。这表明高速公路服务区污水 TP 去除主要依靠化学除磷，可能是因为污水处理设施运行中几乎不排除剩余污泥，导致生物除磷效果有限。

由表 5 同时可以发现，节假日期间 BD 服务区 TP 平均去除率分别升高了 6.33% 和 18.73%，可能是因为 BD 服务区节假日污水浓度和流量较高，促进了聚磷菌生长，提高了好氧摄磷能力，短时间内提高了 TP 去除率。C 服务区周末和节假日 TP 去除率分别升高了 13.50% 和 74.29%，可能是因为周中水量较小，污水在调节池内停留时间较长，回流污泥中磷的释放速率较大^[20]。

2.3 江苏省高速公路服务区污水处理存在问题及对策

调研结果显示，各服务区污水处理出水 COD， NH_4^+-N ，TN，TP 这 4 项指标普遍未达到（GB18918—2002）一级 A 标准，现有服务区污水处理工艺的设计、运行存在以下问题。

(1) 水质水量基础数据缺乏

由于高速公路服务区规模、车流量、功能差异，其污水排放量变化较大，同时水质也产生较大的波动^[21]。调研中发现 A、B、D 服务区设计规模分别为 96，150，150 m^3/d ，但在节假日期间 A、D 服务区日处理水量可达到 300 m^3/d ，水量变化系数达到 2~3，高于设计时普遍考虑的水量变化系数 1.5~2.0；B 服务区节假日期间日处理水量可达到 200 m^3/d ，实际水量变化系数满足设计值，但未考虑到水质水量变化的叠加性影响。由于设计流量、进水水质与实际产生量和水质不匹配，实际污水水质水量变化系数高于设计变化系数会进一步增加水质水量冲击负荷，进而破坏系统运行的稳定性，增大污水处理的难度，污水处理设施难以取得稳定的运行效果。

(2) 工艺设计存在缺陷

高速公路服务区污水进水水质、水量冲击负荷大, 同时缺少城镇污水长距离排水管道的水解作用, 而现有服务区调节池设计容量普遍偏小, 不仅导致水质水量调节功能削弱, 而且大分子有机物无法被充分水解。此外, 传统的 A^2O 工艺抗冲击负荷能力有限, 脱氮除磷优势无法发挥; MBR 工艺效果虽优于 A^2O 工艺, 但从水质检测结果来看, 也难以满足实际污水处理需求。

(3) 维护管理力度不足

调研通过现场翻阅资料、咨询管理人员、核查仪器设备等方式, 发现高速公路服务区配备专业管理人员的情况较少, 多数为水电工代管, 导致装置检修、设备更换、运行维护等工作均存在一定困难, 部分设备出现锈蚀, 设施出现故障停用后难以快速重启。调研还发现, 污水处理设施中污泥不能及时清理排放的状况非常普遍, 造成设备堵塞和微生物群落整体退化。部分服务区污水处理设施经过专业团队的运行维护后, 短时期内表现出较好的污染物去除效能, 但水电工代管一段时间后处理效果再次下降。

(4) 监督管理缺位

调研中发现服务区污水处理缺乏有效的管理制度和相应的巡查机制, 成为环保督察的盲区, 排放污水不达标却并没有得到重视与解决。

针对上述问题, 可采取的改进措施有:

(1) 深入开展高速公路服务区水质水量调研, 研发符合高速公路服务区污水水质水量变化特性的处理工艺。

(2) 污水处理工艺设计采用“一区一策”原则, 适当放大调节池或增设水解酸化池, 重视化学除磷, 并选用脱氮除磷效果好、抗冲击负荷能力强、占地面积小、施工方便、运行和维护简单的处理工艺。

(3) 加强管理人员业务技术培训, 提升运行管理人员业务水平, 定期对污水处理设施进行维护保养, 确保处理设施可以长效稳定运行。

(4) 构建江苏省高速公路服务区智慧水环境监测网络, 各部门间信息共享, 落实管理主体责任, 共同保障服务区污水处理稳定达标。

3 结论

(1) 周末各服务区进水污染物浓度差异较大, 且无明显规律性变化; 与周中相比, 除 TP 浓度无统一变化规律外, 节假日各等级服务区进水 COD、 NH_4^+-N 和 TN 浓度均存在不同程度的升高, 浓度变化系数范

围分别为 1.15~2.50, 1.44~2.21, 1.51~2.31。

(2) 所调研的具有独立污水处理设施的服务区污水处理均不能满足实际处理需求。相较于 A^2O 工艺, MBR 工艺具有更高的 COD、 NH_4^+-N 和 TN 去除效能, 而较大的调节池容积有助于水质水量调节和增强大分子有机污染物水解, 可将增大调节池、增设化学除磷、MBR 耦合工艺作为改进方向。

(3) 现有服务区污水处理存在水质水量基础数据缺乏、工艺设计不合理、维护管理不足、监督管理缺位等问题, 应采取“一区一策”原则, 从开展水质调研分析、开发适宜工艺、加强运维管理, 落实监督责任等方面加以改进。

参考文献:

References:

- [1] 李小鹏. 加快建设交通强国 [N]. 北京: 人民日报, 2020, 12. 17.
Li Xiao-peng. Accelerate the Construction of a Strong Transportation Country [N]. Beijing: The People's Daily, 2020, 12. 17.
- [2] 杨星, 余青. 旅游交通综合体影响因素及动力机制研究 [J]. 公路交通科技, 2024, 41 (5): 134-142.
YANG Xing, YU Qing. Study on Influencing Factor and Dynamic Mechanism of Tourism Transportation Complex [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2024, 41 (5): 134-142.
- [3] 王新军, 刘龙, 孔亚平, 等. 高速公路附属设施污水处理系统存在的问题及对策 [J]. 公路, 2011 (9): 199-222.
WANG Xin-jun, LIU Long, KONG Ya-ping, et al. Issues and Measures about Sewage Treatment System of Expressway Affiliated Facilities in China [J]. Highway, 2011 (9): 199-222.
- [4] 孔亚平, 刘学欣. 公路运营期水资源保护技术分析 [J]. 公路交通科技, 2013, 30 (1): 146-151.
KONG Ya-ping, LIU Xue-xin. Analysis of Water Resource Protection Technology during Highway Operation Period [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2013, 30 (1): 146-151.
- [5] 徐亮, 孙强, 任雪松, 等. 湖北高速公路服务区污水处理现状及存在问题研究 [J]. 交通节能与环保, 2013, 9 (1): 55-59.
XU Liang, SUN Qiang, REN Xue-song, et al. Research on the Present Situation and Problems in Hubei Expressway Service Area Sewage Treatment [J]. Transport Energy Conservation & Environmental, 2013, 9 (1): 55-59.
- [6] 夏阳光. 高速公路服务区高冲击负荷低碳氮比污水处理工艺优化研究 [D]. 南京: 东南大学, 2020.
XIA Yang-guang. Research on Optimization of High Impact Load Low Carbon Nitrogen Ratio Sewage Treatment

- Process in Expressway Service Areas [D]. Nanjing: Southeast University, 2020.
- [7] 张东亮. 污水处理工艺与技术在高速公路服务区的应用 [J]. 湖南交通科技, 2019, 45 (1): 158-161.
ZHANG Dong-liang. Application of Sewage Treatment Process and Technology in Expressway Service Area [J]. Hunan Communication Science and Technology, 2019, 45 (1): 158-161.
- [8] 张磊, 岳佳妮, 单连斌, 等. 水解酸化/MBR/人工湿地处理高速公路服务区污水 [J]. 环境保护学, 2019, 45 (2): 1-44.
ZHANG Lei, YUE Jia-ni, SHAN Lian-bin, et al. Hydrolysis Acidification/MBR/Constructed Wetlands Combined Process for Expressway Service Sewage Treatment [J]. Environmental Protection Science, 2019, 45 (2): 1-44.
- [9] 王琳, 隋春晓, 展威. 潮汐流人工湿地处理高速公路服务区污水研究 [J]. 环境科学与技术, 2016, 39 (9): 136-139.
WANG Lin, SUI Chun-xiao, ZHAN Wei. Research on Tidal-flow Constructed Wetland for Treating Sewage in Highway Service Area [J]. Environmental Science & Technology, 2016, 39 (9): 136-139.
- [10] 刘学欣. 公路服务区污水生物生态协同处理技术的工程实践 [J]. 中国给水排水, 2018, 34 (12): 103-106.
LIU Xue-xin. Engineering Practice of a Combined Bioecological Sewage Treatment Process in Expressway Service Area [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (12): 103-106.
- [11] 杨艳刚, 邵社刚, 沈毅, 等. 高速公路服务区给排水情况调查及影响因素分析 [J]. 公路, 2013, 7 (12): 197-200.
YANG Yan-gang, SHAO She-gang, SHEN Yi, et al. Investigation and Analysis of Influence Factors for Water Supply and Drainage in Service Areas of Expressway [J]. Highway, 2013, 7 (12): 197-200.
- [12] 陈颖青, 葛晓光. 高速公路服务区污水处理水量调节优化对策 [J]. 给水排水, 2023, 59 (增2): 128-133.
CHEN Ying-qing, GE Xiao-guang. Optimization Measures for Regulating Sewage Treatment Water Volume in Highway Service Areas [J]. Water and Wastewater Engineering, 2023, 59 (S2): 128-133.
- [13] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
State Environmental Protection Administration of China. Monitoring and Analytic Methods of Water and Wastewater [M]. 4th ed. Beijing: Environmental Science Press of China, 2002.
- [14] 黄芳, 郭凤香, 周燕宁, 等. 新冠肺炎疫情对居民出行行为的影响 [J]. 公路交通科技, 2023, 40 (10): 166-174.
HUANG Fang, GUO Feng-xiang, ZHOU Yan-ning, et al. Impact of COVID-19 on Residents' Travel Behavior [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2023, 40 (10): 166-174.
- [15] 廖佳楠. 陕西省高速公路服务区污水处理现状分析与对策研究 [D]. 西安: 长安大学, 2019.
LIAO Jia-nan. Analysis and Countermeasures of Sewage Treatment in Expressway Service Areas in Shaanxi Province [D]. Xi'an: Chang'an University, 2019.
- [16] 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.
TIAN Wei, HE Juan, YANG Zhi-min, et al. Characteristics and Technology Screening of Sewage Treatment in Highway Service Area in Chongqing [J]. Environmental Science and Technology, 2012, 35 (3): 90-93.
- [17] 王宝宝, 金鹏康, 郝晓宇, 等. 城市污水管网中污染物转化规律的模拟研究 [J]. 中国给水排水, 2015, 31 (15): 24-27.
WANG Bao-bao, JIN Peng-kang, HAO Xiao-yu, et al. Simulation Study on Transformation of Pollutants in Urban Sewer Network [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31 (15): 24-27.
- [18] 周德柱, 刘煌, 胡燕, 等. 高速公路服务区污水处理现状问题及应对策略浅析 [J]. 公路交通技术, 2020, 36 (6): 131-136.
ZHOU De-zhu, LIU Huang, HU Yan, et al. Analysis on the Current Problems and Countermeasures of Sewage Treatment in Expressway Service Area [J]. Technology of Highway and Transport, 2020, 36 (6): 131-136.
- [19] 梁丽萍, 张林. 江苏省高速公路服务区污水处理现状及解决对策 [J]. 中国给水排水, 2017, 33 (4): 20-25.
LIANG Li-ping, ZHANG Lin. Problems and Solutions for Sewage Treatment in Expressway Service Areas in Jiangsu Province [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33 (4): 20-25.
- [20] 李亚静. 硝化聚磷菌与传统聚磷菌富集及基质代谢特性对比研究 [D]. 天津: 天津大学, 2013.
LI Ya-jing. Comparative Study on Enrichment and Matrix Metabolism Characteristics of Nitrifying Phosphorus Accumulating Bacteria and Traditional Phosphorus Accumulating Bacteria [D]. Tianjin: Tianjin University, 2013.
- [21] 杨春丽, 陈方, 戢晓峰, 等. 高速公路服务区满意度与自驾游群体使用行为研究 [J]. 公路交通科技, 2023, 40 (2): 198-205.
YANG Chun-li, CHEN Fang, JI Xiao-feng, et al. Study on Satisfaction Degree and Self-driving Travelers' Usage Behaviors in Expressway Service Areas [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2023, 40 (2): 198-205.