

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.01.017

华南某市典型用地类型污水排放特征监测与分析

赵思索¹, 李 钢², 李一平¹, 王海英³, 周玉璇¹, 陈黄隽¹,
蒋海砖³, 杨正韡³

(1. 河海大学 环境学院, 江苏 南京 210024; 2. 南京泽淳水务工程有限公司, 江苏
南京 211300; 3. 南宁市勘测设计院集团有限公司, 广西 南宁 530022)

摘 要: 为深入剖析与诊断我国南方城市污水处理厂进水浓度较低的原因,以华南某市建成区为例,选取5种典型用地类型共306个地块开展调查和实测,对其污水排放特征进行了研究。结果表明,研究区域内合流、清污分流不彻底和较彻底的地块排水BOD₅日平均浓度均值分别为95.10、118.51、145.24 mg/L;5类典型地块中,居民小区和公共机构地块的排水污染物日平均浓度相对较低,其中COD日平均浓度均值分别为255.58、219.94 mg/L,公共机构地块排水BOD₅日平均浓度均值不足100 mg/L;不同类型地块排水水质差异较明显,除工业地块外,其他地块排水的BOD₅/TN值普遍集中在2.29~3.56,低于可生物脱氮指标(BOD₅/TN≥4);与国内其他地区相比,华南地区人均用水量偏高可能是导致地块排水水质浓度相对偏低的原因。提升地块排水管道清污分离程度是排水系统提质增效的关键因素之一。

关键词: 提质增效; 排水系统; 用地类型; 清污分离; 雨污混接

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)01-0115-08

Monitoring and Analysis of Sewage Discharge Characteristics of Typical Land Use Types in a City in South China

ZHAO Si-suo¹, LI Gang², LI Yi-ping¹, WANG Hai-ying³, ZHOU Yu-xuan¹,
CHEN Huang-jun¹, JIANG Hai-zhuan³, YANG Zheng-wei³

(1. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210024, China; 2. Nanjing Zechun Water Engineering Co. Ltd., Nanjing 211300, China; 3. Nanning Survey and Design Institute Group Co. Ltd., Nanning 530022, China)

Abstract: To analyze and diagnose the reasons for the low influent concentration of municipal wastewater treatment plants in southern China, the sewage discharge characteristics of 306 plots belonged to 5 typical land use types in a built-up district of a city in South China were investigated and measured. In the study area, the average daily BOD₅ in plots with combined system, incomplete separate system and complete separate system were 95.10 mg/L, 118.51 mg/L and 145.24 mg/L respectively. In the five typical plots, the average daily concentration of pollutants in the effluent from residential communities and public institutions was relatively low. Specifically, the average daily COD was 255.58 mg/L and 219.94 mg/L respectively, and the average daily BOD₅ in the effluent from public institutions was less than 100 mg/L. The effluent quality of various types of plots varied significantly. With the exception of industrial plots, the BOD₅/TN ratio of other plots was generally concentrated within the range of 2.29 to 3.56, which was lower than the biological nitrogen removal requirement (BOD₅/TN≥4). Compared to other regions in China, the

relatively high per capita water consumption in South China might be the cause for the relatively low concentration of effluent quality in the plots. One of the key factors for improving quality and efficiency of the drainage system lies in improving the separation degree of clean water and sewage in drainage pipes within the plots.

Key words: improving quality and efficiency; drainage system; land use type; separation of clean water and sewage; misconnection of rainwater and sewage

自《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》提出以来,我国各地积极投入到提升污水收集率、提高污水处理效能、整治外来水等工作中^[1],重点关注污水直排、清污不分、污水处理厂进水浓度低等问题^[2],在城市水环境治理方面取得了阶段性成果。但受地理位置、经济发展、自然环境等条件的影响,各地排水系统的整治难度与治理成效存在差异,目前全国不少地方污水处理厂的进水浓度仍低于设计值,进水碳源不足,难以满足处理工艺的需求,严重影响了污水处理系统的正常运行和效能,阻碍了城市的可持续发展和生态文明建设^[3]。

不止我国,东南亚的一些发展中国家同样也面临污水厂进水有机污染物浓度偏低的问题,例如,越南胡志明市、顺化市污水厂进水BOD₅分别为50、93 mg/L,泰国曼谷污水厂进水BOD₅仅为44 mg/L^[4],由此可见,如何科学改善污水处理厂进水水质、提高市政管网内污水浓度逐渐成为国内外排水领域的共性问题。以往国内“提质增效”的有关研究主要关注市政干、支管输送过程中发生的水质衰减,认为管网中水质的衰减通常是由外来水入流稀释原生污水、系统高水位低流速运行造成的物理沉降和降解转化等因素所致^[5],关于城市排水系统源头环节的研究则少见报道,但现有研究表明,污水在接入市政管网时就已经发生了水质衰减^[6]。为此,笔者选取雨量充沛、人均用水量偏高的南方某典型城市,以该城市典型地块作为研究对象,考察不同排水体制和清污分流程度下的污水排放特征,以期从排放源头上剖析污水处理厂进水浓度低的原因,为提质增效行动提供数据支撑和参考依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域概况

该市位于我国华南地区,其特点是夏季高温多雨、冬季温暖干燥、无霜期长,属于亚热带季风气候

区域,日平均降水强度和最大降水强度分别为6.50、283.20 mm。研究区域位于该市主要建成区,2020年污水处理厂服务人口约为164.20万人。

1.2 研究方法

1.2.1 研究对象基本信息

以城市地块为研究对象,在其末端的总出水管进行水质和水量同步监测。参考《城市用水分类标准》(CJ/T 3070—1999)并根据不同用地类型的用水性质将城市地块划分为5类:居民小区地块(城市范围内所有居民家庭的日常生活用水)、公共机构地块(卫生事业、教育事业、机关等用水)、商业地块(餐饮、旅馆业用水)、城中村地块、工业地块(生产用水)。为确保监测结果尽可能真实地反映该市各用地类型污水排放特征,根据当地供水厂提供的用水组成比例确定各用地类型选取数量,同时保证所选对象均匀分布。本研究最终选取了306个地块,包括139个居民小区、74个公共机构、39个商业地块、29个城中村以及25个工业地块,并根据地块内部管网的排水体制进行分类:合流制地块、存在一定比例错混接的分流制地块(以下简称“混接分流制地块”)以及分流较彻底的地块(内部管线几乎不存在错混接点,以下简称“分流制地块”),地块的具体信息如表1所示。

表1 研究对象的选取与排水体制的分类情况

Tab.1 Selection of research object and classification of drainage system 个

项目	居民小区	公共机构	商业地块	城中村	工业地块
合流制	35	38	8	13	—
混接分流制	55	21	13	4	—
分流制	49	15	18	12	—
合计	139	74	39	29	25

1.2.2 水样的采集

本研究于2021年2月—4月开展,主要集中在旱季,为了减少降雨对采样结果的影响,采样日需

满足前期无雨时间 ≥ 3 d。由于不同用地类型排污规律可能存在差异,本研究基于现有居民用水习惯^[7],结合各类型地块全天实际用水量调研,以尽可能捕捉各类型地块的排水高峰和低谷期为要求,在一天内的午间用水高峰期(11:30—13:00)、晚间用水高峰期(17:30—19:00、21:00—23:00)和夜间用水低谷期(01:30—04:30)共4个时段各完成一次样品采集,各地块的监测均于24 h内完成。水样的分析指标包括COD、BOD₅、NH₃-N、TN和TP共5种常见污染物,采集与测定方法分别按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91—2002)与《水和废水监测分析方法》要求进行。为尽量减少偶然因素的影响,同一时段共采集3瓶水样,前后间隔1 min,均匀混合后装入棕色玻璃瓶保存;水量监测采用容器法,同一时段用1 L量筒于3 min内监测3次瞬时流量后取均值。

1.2.3 管网信息的收集与数据分析方法

本研究通过大量实地踏勘与资料收集,梳理了各个地块内部管网的排水体制、总出水点位。监测结果分析中,对306个地块4个时段的水量与水质结果进行加权平均处理,以此作为各地块的全日代表性水质情况,以下简称日平均浓度;当涉及不同地块水质对比分析时,对同类型地块的日平均浓度取算术平均值,即日平均浓度均值;若单个地块的总出水点位不唯一,则同时监测多个出水点,将各股污水的水量与污染物浓度做加权平均处理。

2 结果与讨论

2.1 不同排水体制下地块排水特征

为研究排水体制对城市地块出水水质的影响,对合流制、混接分流制、分流制地块末端出水污染物的日平均浓度进行对比分析,252个地块(不包括城中村与工业地块)的BOD₅日平均浓度分布情况如图1所示。3种地块出水的BOD₅日平均浓度相对集中在100~150 mg/L,整体表现为分流制>混接分流制>合流制,对应的BOD₅日平均浓度均值分别为145.24、118.51、95.10 mg/L。其中,合流制地块的BOD₅浓度分布相比分流制地块重心整体“左移”,浓度超过300 mg/L的地块占比为零,且位于密集区间(100~150 mg/L)左侧的占比超过了其总量的51.72%,而混接分流制、分流制地块的这一比例分别为35.21%、23.52%,由此说明了当前合流制地块

出水水质浓度普遍偏低。推测其原因,合流制地块普遍老旧,管网条件与对应的节水卫生器具等与现有新建雨污分流地块相比较为落后,不利于地块出水水质浓度的提高。鉴于雨污分流地块出水水质相对较好,建议针对合流制地块施行清污分离、分流改造,考虑到出水浓度相对较低(BOD₅<100 mg/L)的合流制地块体量较大,优先整改带来的水质改善效果更为明显。

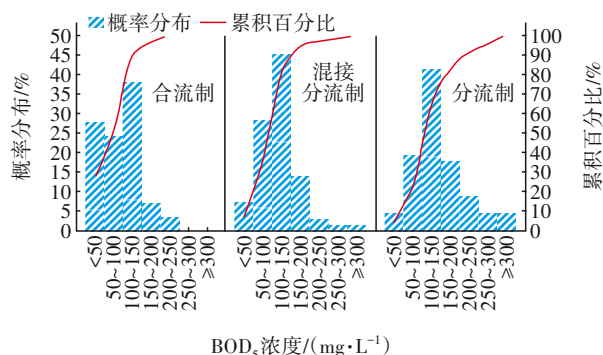


图1 3种排水体制下地块出水BOD₅日平均浓度分布情况

Fig.1 Distribution of average daily BOD₅ concentration in effluent of three drainage systems of the urban plots

2.2 典型城市地块的排污特征

2.2.1 不同用地类型地块的排污水质

基于306个城市地块所划分的5种用地类型,对同一用地类型出水水质的日平均浓度取算术平均值,结果见表2。从COD、BOD₅来看,5类地块整体呈现工业地块>城中村>商业地块>居民小区>公共机构的趋势,其中居民小区与公共机构排水的COD日平均浓度均值低于260 mg/L,公共机构的BOD₅日平均浓度均值低于100 mg/L;从NH₃-N来看,5类地块则表现为城中村>居民小区>商业地块>公共机构>工业地块,工业地块排水NH₃-N浓度明显低于其余4类地块。图2为用水高峰和低谷期5类地块排水COD、NH₃-N浓度分布情况。可以看出,各时段两种污染物浓度变化基本与日平均浓度的上述规律相符,因此,以《江苏省城镇污水处理提质增效精准攻坚“333”行动方案》中提出的污水处理厂实现进水COD ≥ 260 mg/L或BOD₅ ≥ 100 mg/L的目标为基准,居民小区与公共机构的排水已经属于低浓度污水。

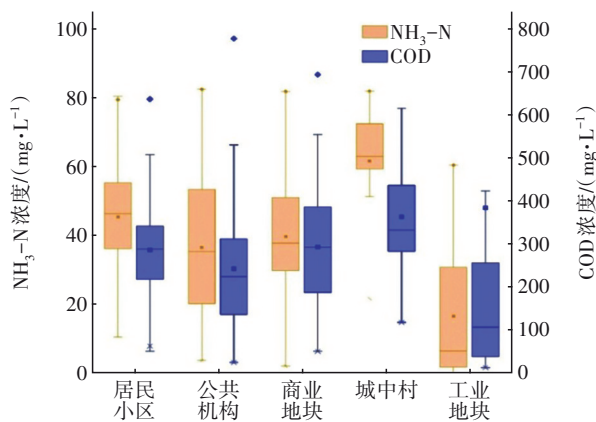
由表2可知,5类地块排水的B/C>0.40、BOD₅/TP>20,整体上表现出良好的可生化性能,且满足污水厂除磷工艺的需求;从脱氮的角度来看,除工业

地块外,其余5类地块排水BOD₅/TN平均值均低于4,说明污水在接入市政管网前就已经表现出碳氮比偏低的现象。需要指出的是,相比其他地块,不同工业地块排水水质存在明显差异,尽管其B/C均值达到了0.51,但从分布来看,接近70%的地块小于0.40,从图2中也可看出,工业地块排水COD浓度普遍偏低,说明工业地块排水COD日平均浓度只是“虚高”,仅存在部分高有机浓度的工业废水接入市政管网,分析其原因:一方面,不同制造行业可能存在排污差异;另一方面,由于环保部门对企业设有排放限制,部分工业废水在接入市政管网前已在厂内被处理成浓度较低的尾水。考虑到诸如食品加工类工业废水的有机污染物负荷较高,建议因地制宜,将其作为末端污水处理厂的补充碳源。另外,城中村与居民小区两类地块的用水性质较为相似,但是城中村的污水浓度明显高于居民小区,推测可能是因为城中村往往包含夜市、菜市等区域,其污水组成相比于普通居民小区更为复杂^[8],增加了高浓度污水接入的可能性。

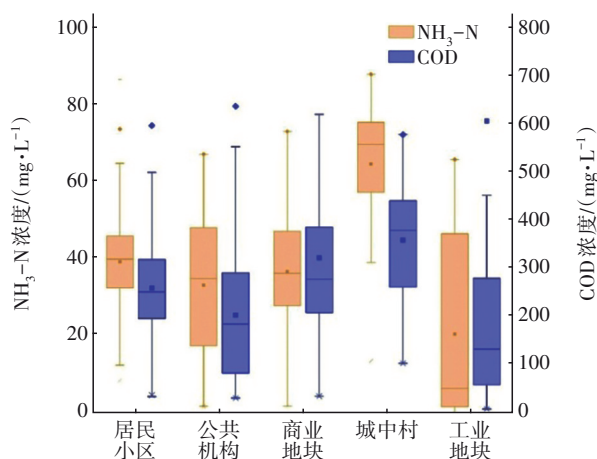
表2 不同地块排水水质特征

Tab.2 Wastewater quality characteristics of different urban plots

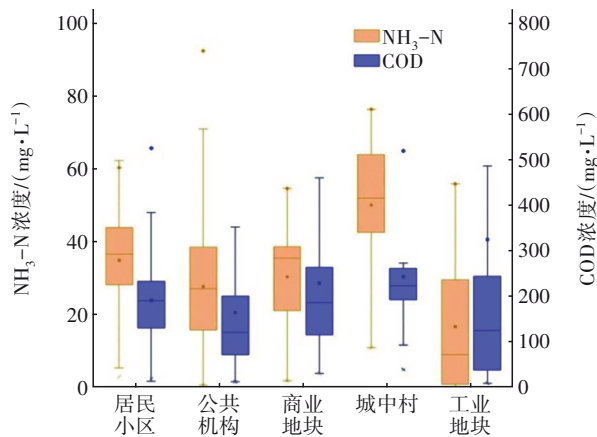
地块类型	污染物浓度/(mg·L ⁻¹)			污染物浓度比		
	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	B/C	BOD ₅ /TN	BOD ₅ /TP
居民小区	255.58	120.38	40.71	0.46	2.46	27.95
公共机构	219.94	96.91	34.62	0.44	2.29	26.58
商业地块	301.38	142.64	35.96	0.47	3.20	34.50
城中村	325.60	150.72	59.36	0.46	2.18	24.00
工业地块	381.37	193.54	17.39	0.51	6.86	27.24



a. 午间用水高峰期



b. 晚间用水高峰期



c. 夜间用水低谷期

图2 不同时段不同用地类型排水NH₃-N与COD浓度分布
Fig.2 Distribution of NH₃-N and COD concentrations in wastewater of different land use types at different time periods

2.2.2 部分地块不同清污分离度的水质特性比较

为进一步探究不同排水体制对不同类型地块排水水质的影响,选取对低浓度污水贡献相对较大的居民小区和公共机构两类地块进行排水水质分析。结果显示,对于居民小区,合流制、混接分流制、分流制排水的COD日平均浓度均值分别为218.12、262.72、292.61 mg/L;对于公共机构,合流制、混接分流制、分流制排水的COD日平均浓度均值分别为173.32、183.96、262.58 mg/L。可以看出,两类地块排水依然表现出分流制>混接分流制>合流制的水质规律,合流制居民小区排水的COD日平均浓度不足220 mg/L,同类型公共机构则不足180 mg/L,且与其混接分流制的浓度相近;而分流制居民小区和公共机构排水的COD日平均浓度分别达

到290、260 mg/L以上,相比合流制高出70~90 mg/L。结合表1可知,目前实行雨污分流的小区占到了居民小区总数的3/4,但其中有超过半数的居民小区存在内部管网错混接;公共机构中实行雨污分流的地块数量不足一半。考虑到抽样地块在新、老城区均匀分布,可以推测该市的居民小区大部分已经实行雨污分流,而公共机构依然以合流制为主,而且两类地块的雨污分流系统中仍有半数以上清污分离不彻底。

根据《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》,若以污水厂进水 BOD_5 浓度不得低于100 mg/L为依据进行评估,可发现本研究抽查的139个居民小区、74个公共机构中,分别存在44个居民小区、45个公共机构排水 BOD_5 日平均浓度在接入市政管网前就已经低于目标值,即存在近32%~61%的地块为末端污水厂提质增效任务做负向贡献,可见该市源头地块的排污现状并不利于污水厂提质增效目标的实现。假设对目前存在错混接的两类地块进行管网改造、清污分离后,其排水浓度可达到正常分流制的日平均水平,根据测试数据中各地块的排水量加权推算得知,两类地块排水的COD日平均浓度均值理论上将分别提升约13%、16%。

2.3 居民小区排水水质的影响因素

2.3.1 人均用水量的影响

表3列举了我国不同地区居民小区排水COD浓度、人均用水量以及末端污水厂进水浓度参考值。可知,华南城市居民小区排水的COD日平均浓度均值不足260 mg/L,低于西北、华北、华东等地区城市,接近典型的低浓度生活污水水质。关于城市人均用水量,有研究表明^[9],在经济因素方面,城市水价与人均收入约束着人们的用水习惯;在自然因素方面,由北至南随着平均气温的升高,饮水、清洁卫生和淋浴等用水行为的频率也随之增加,而生活污水中以洗浴用水为主导的水质浓度相对较低,随着南方洗浴用水量的增大,一定程度上稀释了生活污水^[6],导致南方居民小区排水水质浓度普遍低于北方。另外,由于居民生活污水排放已逐步上升为影响污水排放总量的主导因素^[3],源头排水的污染物浓度偏低势必影响末端污水处理厂的进水水质,侧面解释了本研究末端污水处理厂进水COD浓度参考值远低于其他城市的现象。由此说明,华南城市

居民小区排水水质浓度与当地居民的用水习惯存在关联,当前较高的人均用水量给南方城市污水处理厂的提质增效任务增加了难度。

表3 我国不同地区城市居民小区排水水质情况

Tab.3 Drainage water quality of urban residential communities in various areas of China

地区	城市	居民小区排水COD浓度/(mg·L ⁻¹)	污水处理厂进水COD浓度参考值/(mg·L ⁻¹)	人均生活用水量/(L·人 ⁻¹ ·d ⁻¹)
西北/华北	兰州 ^[10]	400~600	300	137
	呼和浩特 ^[11]	500~800	202	
	西安 ^[12]	489	276	
华北	天津 ^[13]	350	240	145
	北京 ^[14]	420~440	234	
	青岛 ^[14]	470	288	
华东	上海 ^[15]	320	236	203
	无锡 ^[16]	308	158	
	镇江 ^[17]	267~336	177	
	合肥 ^[18]	136~332	115	
华南	佛山	227	164	240
	本研究	256	99	

注: 人均生活用水量的数据来源于生态环境部在2021年发布的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》。

为探讨居民小区排水水质提升的可行性,从用水结构的角度分析,南方家庭排水组成大致可分为“浅灰水”(洗澡、盥洗污水)35.70%、“深灰水”(厨房、洗衣污水)37.20%、“黑水”(厕所污水)27.10%^[19-20],假设该市推行节水行动,约束居民用水习惯,将“浅灰水”降至30%，“深灰水”与“黑水”提升至40%、30%时,估算出户污水COD平均浓度理论上可达到407 mg/L,提升率为8.49%,按此提升率计算用水结构调整后的居民小区排水COD日平均浓度均值可提升至277 mg/L。

2.3.2 清污分离的影响

不同排水体制的居民小区排水污染物日平均浓度均值见表4。可知,排水体制对居民小区排水水质的影响比较明显,尤其是 BOD_5 的差异最大,合流制与分流制的 BOD_5 平均浓度差约为40 mg/L,变化幅度达到了36%。已有研究表明,城市污水管道出现破损、渗漏等缺陷的概率与管龄和人均管道长度存在较为明显的正向相关性^[21],如图3所示,合流制居民小区的建成年代普遍集中在1995年—2003年,相比其他两类分流制居民小区更为老旧,且年

代跨度较大。由此推断,可能是由于合流制居民小区的管龄相对较高,管道变形、破损等问题较多,进而导致地下水、自来水入渗,稀释了原生污水。混接分流制居民小区建成年代普遍集中在2010年—2015年,整体上略旧于分流制,体现出早期建设雨污分流小区时由于认识、监管不足等因素导致的管线错混接乱象。结合图1可以看出,混接分流制地块排水水质浓度分布情况与分流制极为相似,但作为存在“瑕疵”的分流制系统,即使是在旱季其管网中的水质浓度也低于清污彻底分离的分流制系统。结合以往的雨污混接调查经验来看,沿街门店的污水可能直接进入道路市政雨水管中,居民小区内诸如阳台洗衣、厨房污水等经雨水落水管进入小区的雨水管中排出地块^[2],因此地块内部污水收集率不足可能是导致混接分流制居民小区排水水质浓度偏低的原因之一。

表4 不同排水体制的居民小区排水污染物日平均浓度均值

Tab.4 Average daily concentration of drainage pollutants from different drainage systems of residential communities $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP	BOD_5	COD
合流制	38.55	46.01	3.97	103.57	218.12
混接分流制	38.58	47.16	4.23	119.63	262.72
分流制	45.44	54.31	4.81	140.82	292.61

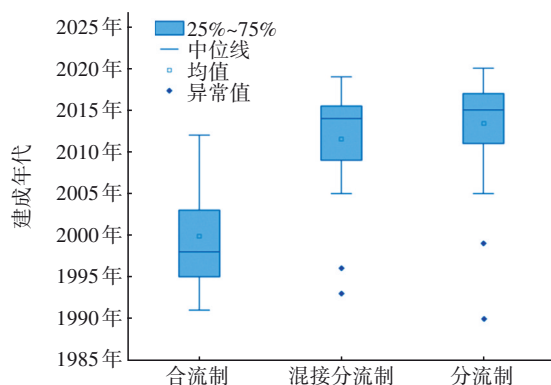


图3 不同排水体制的居民小区建成年代分布

Fig.3 Age distribution of residential communities of different drainage systems

另一方面,从管网运行条件的角度来看,合流制管网内污水晴天流速较慢,一定程度上成为颗粒态污染物的储存箱^[22]。桑浪涛等^[23]研究表明,在管网污水流速较小时吸附于大颗粒物上的碳类有机污染物沉积现象显著,氮、磷组分污染物则通常吸

附于小粒径颗粒物上或以溶解态形式存在而不易沉降,本研究在现场踏勘时发现采样点上游通常表现出污水充满度低、流速小的运行状况,促进了颗粒态污染物的重力沉降,由此也侧面解释了不同排水体制下的5种常规污染物中,COD和 BOD_5 的浓度差异最明显。综上,从源头上对错接乱排、雨污混流等排水管网进行改造,推进城市地块源头正本清源,做到真正的清污分离是污水处理厂水质提升的关键措施之一。

3 结论

① 结合排水体制来看,合流制、混接分流制、分流制3种系统排水 BOD_5 日平均浓度低于 100 mg/L 的地块数量分别占各自样本量的51.72%、35.21%、23.52%, BOD_5 日平均浓度均值分别为95.10、118.51、145.24 mg/L ,说明当前合流制地块排水水质浓度普遍较低,有必要通过管网雨污分流、清污分离措施改善排水水质,建议优先针对老城区低浓度排污的合流制地块进行整改。

② 5类地块排水的COD和 BOD_5 日平均浓度均呈现出工业地块>城中村>商业地块>居民小区>公共机构的趋势,其中,工业地块排水水质浓度表现出“虚高”的现象,地块排水水质浓度差异明显,而公共机构排水水质浓度整体较低, BOD_5 日平均浓度不足 100 mg/L ,对污水系统的提质造成负面影响。除工业地块排水以外,其余4类地块排水的 BOD_5 /TN平均值不足4,低于污水厂脱氮工艺的需求,说明在城市污水系统的源头就已表现出碳源偏低的现象。

③ 在该市抽取的139个居民小区中,约有32%的地块排水 BOD_5 日平均浓度不足 100 mg/L ;同时,相比于我国其他地区,华南地区居民生活污水水质浓度相对偏低,受自然因素、家庭用水结构等的影响,较高的人均用水量增加了南方城镇污水处理厂提质增效的难度,建议从居民小区与公共机构开始适当推行节水行动。

④ 旱季条件下导致不同排水体制居民小区排水水质存在差异的原因可能与管龄有关,合流制居民小区的管龄普遍长达20年,存在管道破损、变形而引起地下水和自来水入渗的可能。作为城市污水系统的源头,地块内部管网改造、清污分离的重要性不可小觑。

参考文献:

- [1] 孙永利. 城镇污水处理提质增效的内涵与思路[J]. 中国给水排水, 2020, 36(2): 1-6.
SUN Yongli. Connotation and way of quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(2): 1-6 (in Chinese).
- [2] 唐建国, 张悦, 梅晓洁. 城镇排水系统提质增效的方法与措施[J]. 给水排水, 2019, 45(4): 30-38.
TANG Jianguo, ZHANG Yue, MEI Xiaojie. Strategies and methods for improving the quality and efficiency of the urban drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(4): 30-38 (in Chinese).
- [3] 邢玉坤, 曹秀芹, 柳婷, 等. 我国城市排水系统现状、问题与发展建议[J]. 中国给水排水, 2020, 36(10): 19-23.
XING Yukun, CAO Xiuqin, LIU Ting, et al. Current status, problems and development suggestions of urban drainage system in China [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(10): 19-23 (in Chinese).
- [4] YAP H T, NGIEN S K. Assessment on inflow and infiltration in sewerage systems of Kuantan, Pahang[J]. Water Science and Technology, 2017, 76 (11/12): 2918-2927.
- [5] 毛艳荣, 卜俊玲, 卢宝光, 等. 广州市西朗污水处理系统提质增效案例分析[J]. 给水排水, 2020, 46(10): 45-51.
MAO Yanrong, BU Junling, LU Baoguang, et al. Research on quality improvement and efficiency improvement of Xilang sewage treatment system in Guangzhou City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(10): 45-51 (in Chinese).
- [6] 伍彬, 张鸣, 李一平, 等. 华南地区城镇居民生活污水排放规律及污染物排放量[J]. 环境工程, 2022, 40(12): 196-201.
WU Bin, ZHANG Ming, LI Yiping, et al. Discharge law of domestic source water and pollutant discharge of urban residents in South China [J]. Environmental Engineering, 2022, 40(12): 196-201 (in Chinese).
- [7] 孙永利, 张维, 郑兴灿, 等. 城镇居民人均日生活污水污染物产生量测算之产污规律[J]. 中国给水排水, 2020, 36(6): 1-6.
SUN Yongli, ZHANG Wei, ZHENG Xingcan, et al. Emission regularity of daily domestic sewage pollutant production of urban residents per capita [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(6): 1-6 (in Chinese).
- [8] 段庄, 陈诗浩, 姚娟娟, 等. 珠海浅丘地区城中村合流制排水的水量和水质特征[J]. 中国给水排水, 2020, 36(13): 101-105.
DUAN Zhuang, CHEN Shihao, YAO Juanjuan, et al. Wastewater quantity and quality characteristics of combined sewer system in urban village in shallow hilly region of Zhuhai City [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(13): 101-105 (in Chinese).
- [9] 田韶英, 李晓春, 杨宝中, 等. 西安市城镇居民生活用水量需求影响因素分析[J]. 中国农村水利水电, 2014(2): 35-38.
TIAN Shaoying, LI Xiaochun, YANG Baozhong, et al. Xi'an urban residents living water demand factors analysis [J]. China Rural Water and Hydropower, 2014(2): 35-38 (in Chinese).
- [10] 徐静. 甘肃省城镇生活源水污染物排放规律与系数探究[D]. 兰州: 兰州大学, 2019.
XU Jing. Study on Pollutant Emission Law and Coefficient of Urban Domestic Source Water in Gansu Province [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2019 (in Chinese).
- [11] 石宏奎. 呼和浩特市生活污染源水污染物产排污系数研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2013.
SHI Hongkui. The Study of the Pollution Generation and Discharge Coefficient of Different Types of Domestic Pollution Source in Hohhot [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2013 (in Chinese).
- [12] 杨仙娥. 西安市城市污水变化特性分析及规律研究[D]. 西安: 长安大学, 2010.
YANG Xian'e. Research on the Changeable Feature and Regulation of Xi'an Municipal Wastewater [D]. Xi'an: Chang'an University, 2010 (in Chinese).
- [13] 孙静, 宋兵魁, 王子林, 等. 北方缺水城市城镇居民生活排污系数调查研究——以天津市为例[J]. 环境污染与防治, 2018, 40(1): 112-117.
SUN Jing, SONG Bingkui, WANG Zilin, et al. Research on pollution discharge coefficient of urban residents in northern water shortage city: a case study of Tianjin [J]. Environmental Pollution & Control, 2018, 40(1): 112-117 (in Chinese).
- [14] 魏亮亮, 李健菊, 陈颜, 等. 公共建筑、化粪池设置及管道传输对城市生活污水水质参数的影响分析[J]. 给水排水, 2020, 56(S2): 155-166.
WEI Liangliang, LI Jianju, CHEN Yan, et al. Effect of public construction, septic tank and pipeline transmission on the water quality of urban sewage [J].

- Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(S2): 155–166 (in Chinese).
- [15] 朱环,李怀正,叶建锋,等.上海市居民生活用水主要污染物产生系数的研究[J].中国环境科学,2010,30(1):37–41.
- ZHU Huan, LI Huaizheng, YE Jianfeng, *et al.* Coefficients of major pollutants in domestic sewage in Shanghai [J]. China Environmental Science, 2010, 30(1): 37–41 (in Chinese).
- [16] 周乙新,李激,王燕,等.城镇污水处理厂低浓度进水原因分析及提升措施[J].环境工程,2021,39(12):25–30.
- ZHOU Yixin, LI Ji, WANG Yan, *et al.* Reason analysis and improvement measures for low concentration of influent water in urban sewage treatment plant [J]. Environmental Engineering, 2021, 39(12): 25–30 (in Chinese).
- [17] 彭银仙,郑璐,吴春笃,等.镇江市生活污水排放水质水量特征分析[J].江苏科技大学学报(自然科学版),2012,26(1):91–94.
- PENG Yinxian, ZHENG Lu, WU Chundu, *et al.* Characteristics of domestic wastewater quality and quantity discharged of Zhenjiang City [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2012, 26(1): 91–94 (in Chinese).
- [18] 王蕾.十五里河流域城镇居民生活污水排放特征研究[D].南京:南京大学,2018.
- WANG Lei. The Emission Characteristics of Domestic Sewage from Urban Residents in the Shiwuli River Basin [D]. Nanjing: Nanjing University, 2018 (in Chinese).
- [19] 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.
- GE Lei, GE Dabing. Investigation and analysis of sewage from urban families [J]. Environmental Science and Management, 2010, 35(2): 16–17 (in Chinese).
- [20] 吴雪,张英,何佳,等.滇池流域城市居民家庭生活污水特征研究[J].中国给水排水,2021,37(11):89–95.
- WU Xue, ZHANG Ying, HE Jia, *et al.* Characteristics of urban residents domestic sewage in Dianchi Lake watershed [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(11): 89–95 (in Chinese).
- [21] 李若晗.城市污水管道检测、评价与影响因素研究[D].北京:清华大学,2016.
- LI Ruohan. A Study of Urban Sewer Inspection Assessment and Related Factors [D]. Beijing: Tsinghua University, 2016 (in Chinese).
- [22] 徐祖信,徐晋,金伟,等.我国城市黑臭水体治理面临的挑战与机遇[J].给水排水,2019,45(3):1–5.
- XU Zuxin, XU Jin, JIN Wei, *et al.* Challenges and opportunities of black and odorous water body in the cities of China [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(3): 1–5 (in Chinese).
- [23] 桑浪涛,石烜,张彤,等.城市污水管网中污染物冲刷与沉积规律[J].环境科学,2017,38(5):1965–1971.
- SANG Langtao, SHI Xuan, ZHANG Tong, *et al.* Law of pollutant erosion and deposition in urban sewage network [J]. Environmental Science, 2017, 38(5): 1965–1971 (in Chinese).

作者简介:赵思索(1998–),男,湖北潜江人,硕士研究生,研究方向为水环境综合治理。

E-mail:390735605@qq.com

收稿日期:2023-03-03

修回日期:2023-06-05

(编辑:刘贵春)

复苏河湖生态

建设人水和谐美丽中国