

武汉汉口地区污水系统流量调查分析及对策研究

李敏¹, 高兰¹, 梁胜文¹, 陈翠珍¹, 张春洋²

(1. 武汉市水务科学研究院, 湖北 武汉 430014; 2. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

摘要: 为解决武汉汉口地区污水处理厂进水浓度偏低、泵站运行负荷不均衡、部分污水溢流到排水明渠导致水体黑臭等问题,对汉口地区污水收集及处理系统现状进行全面调研,考察污水量的分布特点及其成因。调研发现,汉口地区各污水系统间存在多个连通点,进一步对子系统边界的连通点进行测流并重新划分汇水范围线,修正污水量计算后提出了污水调配和排水系统规划调整的建议。另外,对地下水渗入量和施工排水量也进行了探讨,提出了施工排水的解决方法。

关键词: 污水系统; 污水量调查; 污水调配; 施工排水

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)03-0110-06

Investigation of Sewage System Quantity in Hankou District of Wuhan City and Its Countermeasures

LI Min¹, GAO Lan¹, LIANG Sheng-wen¹, CHEN Cui-zhen¹, ZHANG Chun-yang²

(1. Wuhan Water Science Research Institute, Wuhan 430014, China; 2. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China)

Abstract: A comprehensive investigation on present situation of sewage collection and treatment system was conducted in Hankou District of Wuhan City, and the distribution characteristics of sewage and the causes were analyzed, which desired to solve the problems such as low influent concentration in wastewater treatment plants in Hankou District, unbalanced loads of pumping stations, black and odorous water body induced by sewage overflow discharges, and so on. It was found that there were multiple connectivity points between the sewage subsystems in Hankou District. The boundary points flow rate of the sewage subsystems was further measured, and new catchment boundaries were divided. Based on these results, the sewage quantity was recalculated, and suggestions of sewage distribution adjustment and drainage system planning adjustment were proposed. Moreover, capacity of groundwater infiltration and construction drainage was also investigated, and the solution of construction drainage was put forward.

Key words: sewage system; investigation of sewage quantity; sewage distribution; construction drainage

2016年底中央环保督查组督查武汉期间,提出武汉市城市污水处理效率不高、污水溢流导致水体黑臭等问题。《武汉市“四水共治”工作方案(2017年—2021年)》也提出通过全过程控污、全系统截污、全方位治污,实现建成区湖泊港渠全截污、黑臭水体基本消除。科学有效实施控源截污措施是黑臭水体治理的难点和关键,截污的前提是对排水管网

问题进行系统调查,分析污水量分布,厘清污水产生量、处理量、溢流量之间的平衡关系。汉口是武汉市的金融、商业、贸易中心,受污水溢流等影响,汉口地区机场河和黄孝河两条重要排水明渠均出现了不同程度的黑臭现象,目前该地区正在积极推进机场河、黄孝河明渠的综合治理工作。为此,笔者对汉口地区污水收集及处理系统现状进行了全面调研,考察

了污水量的分布特点及其成因,同时对地下水渗入量和施工排水量也进行了探讨,以期为该地区黑臭水体治理中的截污措施确定提供数据支撑,也为该地区污水处理厂和污水泵站改扩建、各污水系统总体调度及平稳运行提供数据及决策支持。

1 汉口排水系统现状及问题

1.1 排水系统现状

汉口地区目前已建设并投入运行的污水处理厂共有 3 座,即汉西污水处理厂(现状为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,规划为 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)、三金潭污水处理厂(现状为 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)和黄浦路污水处理厂(现状为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。配套上述污水处理厂,已建成并投入运行的污水泵站有服务于汉西污水处理厂的古田二路泵站($Q = 6.5 \text{ m}^3/\text{s}$)、常青路泵站($Q = 5.4 \text{ m}^3/\text{s}$),服务于三金潭污水处理厂的铁路桥泵站(两期 $Q = 4.5 \text{ m}^3/\text{s}$)、建设渠泵站($Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$),另有即将完工的塔子湖泵站($Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$)和石桥泵站($Q = 0.35 \text{ m}^3/\text{s}$)。污水处理厂和泵站的位置分布如图 1 所示。



图 1 汉口地区的污水系统

Fig. 1 Sewage system in Hankou District

汉口地区采用雨污合流与分流相结合的体制。图 1 中黄色区域为合流制区域。为提高污水管网的安全性及调配的灵活性,汉口地区各污水系统间设置连通管线。

1.2 存在的问题

汉口地区的污水处理厂进水浓度偏低,影响污水处理厂污染物的削减效率及其运行效率;污水量分布呈现东多西少的特点,设计规模最大的古田二路泵站 4 台泵中长期只需运行 1 台水泵,而常青路泵站常年满负荷运行,铁路桥泵站不仅满负荷运行,而且有大量污水从旁边六孔节制闸溢流至黄孝河明

渠,导致黄孝河水体黑臭严重。

1.3 流量分析

为查清汉口地区污水处理厂进水浓度偏低、泵站运行负荷不均衡、部分污水溢流到排水明渠导致水体出现黑臭现象等问题,需要通过测流进行定量研究。

① 管网关键点测流

2016 年武汉市对汉口地区第三、四季度污水系统关键点进行水质、水量排查,寻找该区域污水浓度偏低的原因。管网关键点测流结果见表 1。

表 1 汉口地区污水系统关键点的水量统计

Tab. 1 Sewage quantity of key points of sewage system in Hankou District $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

项 目	9 月 1 日	9 月 3 日	9 月 30 日	12 月 6 日	12 月 11 日	12 月 12 日
汉西	古田二路泵站	2.28	2.34	11.13	8.27	11.49
	常青路泵站	—	—	42.19	42.66	40.16
	合计	17.52	11.51	53.32	50.93	52.27
三金潭	建设渠泵站	6.16	5.01	10.37	9.03	9.99
	铁路桥泵站	41.1	40.42	34.15	26.35	26.78
	黄孝河溢流	69.32	51.93	31.97	18.85	17.77
	合计	116.58	97.36	76.49	54.23	54.54
黄浦路	黄浦路污水厂	3.7	3.4	3.84	5.23	4.69
	黄浦路系统溢流进三金潭系统	6.56	7.82	—	—	4.49
	合计	10.26	11.22	—	—	9.18
污水总量	137.8	112.27	133.65	110.39	113.2	115.56
污水量均值	127.9			113.05		
供水总量	95.44	96.84	95.51	91.72	91.22	90.4
居民生活污水量	76.35	77.48	76.41	73.38	72.98	72.32

注: 测流期间黄浦路泵站一直在改造,黄浦路系统污水部分进入三金潭系统。9 月 1 日和 3 日常青路泵站检修。

从表 1 可以看出,古田二路、常青路和铁路桥泵站汇水范围内 12 月份(枯水期)污水量均值分别为 11.5×10^4 、 42.5×10^4 和 $45.86 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,对比其设计规模可知污水泵站负荷分布不均衡。建设渠泵站和黄浦路污水厂的实际水量与其设计规模基本匹配。汉口地区 3 座污水厂的总处理能力为 $120 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,能满足 12 月(枯水期)的污水处理需求,但在 9 月(丰水期)仍有 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右的缺口。

② 系统连通点流量分析

由于古田二路、常青路、铁路桥泵站和黄浦路污水厂在合流制排水区域均存在多处连通点,为厘清

地下水渗入总量的宏观控制,但该指标缺乏普遍意义,不够严格。因此本研究选用第二种方法来表征。不同地区地下水渗入量差异较大,据国内外文献资料显示:德国某市的地下水渗入量为 $1\,296\text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{d})$;加拿大蒙顿市的地下水渗入量为 $2\,419\text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{d})$;上海某泵站冬、夏季的测定值分别为 $3\,800$ 和 $6\,300\text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{d})$;上海程桥、古北和中原 3 个小区受居住密度和地质条件影响,取值范围分别为 $2\,330 \sim 2\,700$ 、 $1\,440 \sim 2\,160$ 和 $420 \sim 550\text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{d})$ ^[1~3]。汉口地区的类似研究较少,本研究在计算汉口地区的地下水渗入量时参照武昌晒湖地区的测定值 $1\,500\text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{d})$,计算得出丰水期和枯水期的地下水渗入量占污水总量的比例分别为 12.9% 和 14.6%,与 2016 年版《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)中地下水渗入量指标参考取值为污水量的 10%~15% 相符。

2.2 施工排水

汉口合流区属于长江一级阶地,含水层厚度很大,承压水头很高,施工过程中通过止水帷幕降水控制承压水,施工排水量大。武汉市曾对汉口地区在 2015 年和 2016 年建设的 200 多个工地进行施工排水量调查,涉及到深井降水的基坑有 100 多个,其中仅大型工地恒隆广场(常青系统)和凯德广场(常青系统)的排水量就分别高达 3.06×10^4 和 $4.04 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,可见施工排水量非常大。根据已有的统计数据,粗略估算汉口地区日均施工排水量为 $30 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 左右。若将汉口地区施工排水量由理论计算值 $16.46 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 调整到 $30 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,则污水总量为 $126.59 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,与实测污水总量基本一致。

武汉市政府近几年投入大量的经费进行基础设施建设,未来 10 年,武汉也将处于快速发展过程中,大量的施工排水将排入市政管网。汉口地区合流制汇水区域面积较大,施工排水接入合流制市政管网,将全部汇集到污水处理厂,不仅会增加汉口地区的污水总量,还会降低污水处理厂的进水浓度和处理效果、增加运行电耗。因此可考虑采用一些工程措施将施工排水再利用或接入分流制雨水管网,来减少进入合流制市政管网的施工排水量,降低污水厂处理水量,提高污水厂进水水质。也可参照德国柏林的方法,在城市的街道路面上建立架空管,将施工排水经初步处理后排入附近水体,或者作为黑臭水体治理中河道的生态基流补水。但这些措施的可行

性尚需要加强论证并得到政府的政策扶持。

2.3 城市功能变化的影响

城市的快速发展带来了城市功能变化,给汉口地区污水系统运行带来极大挑战。古田地区的工业企业等大用水户的搬迁,导致污水量减少,按早期规划建设的古田二路泵站出现设备闲置。常青路和铁路桥泵站汇水范围内,由于商业和房地产行业的兴盛,大量工地在建,且涌入大量居住人口,使得这些区域污水量明显增大,常青路和铁路桥泵站常年处于满负荷运行状态,超负荷污水溢流进入黄孝河明渠,导致水体黑臭。汉口地区污水泵站的设计参数和实际运行参数如表 3 所示。

表 3 汉口地区污水泵站设计参数和实际运行参数

Tab. 3 Comparison of design and running parameters of sewage pumping stations in Hankou District

项 目	规划面积/ km^2	设计旱季污水量/ $(10^4\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$	设计处理能力/ $(10^4\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$	实际面积/ km^2	实际旱季污水量/ $(10^4\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$
古田二路泵站	28.7	28.39	56.16	27.92	14.48
常青路泵站	25.7	23.48	46.66	25.75	50.37
铁路桥泵站	18.1	17.3	38.88	24.00	34.67
黄浦路污水厂	7.2	7.87	10	5.05	9.85

古田二路泵站汇水范围内人口增多,但是减少了原规划中 $8.02 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 的工业水量;铁路桥泵站的汇水范围内人口急剧增多;常青系统的实际污水量增加比例远大于居住人口增加比例。

2.4 截流倍数探讨

常青路、铁路桥泵站处于满负荷运行状态,受地形和管道高程、管网水流流向和汉西污水厂规模限制,很难将这两个系统内的污水大量调配到古田系统。在雨季,黄孝河明渠溢流更加严重。特别是常青路和铁路桥泵站,设计截流倍数较小,因城市发展、居住人口增加带来的污水量增加,使得泵站常年满负荷运行。随着国家对水环境的日益重视,对面源污染和雨水径流污染的控制越来越严格,截流倍数需相应提高,现有污水提升泵站和污水厂规模将很难适应未来的发展需求。在后期规划中可考虑通过改造现有合流管道、污水调配、增大污水厂处理规模、建设低位箱涵和地下隧道等方式来综合解决^[4]。

2.5 汉口地区管网连通可行性探讨

大多数城市的污水管线呈枝状分布,但为提高污水管网的安全性及调配的灵活性,汉口地区各污水系统间设置连通管线。北京市排水集团已经进行管网连通的相关实践,运行结果也证实管网连通能较好地解决污水处理厂的超负荷运行、处理设施的浪费及污水未经处理直接排放的问题^[5]。但是汉口地区的污水处理厂规模尚显不足,将常青路和铁路桥泵站系统污水调配到古田二路泵站受到汉西污水厂规模的限制,管网连通的优势难以发挥,还会给污水量调查带来较大的难度。随着城市发展和对水环境要求的提高,武汉市必然需要提高管网截流倍数,污水处理厂及其配套系统的规模也将扩大。在后期污水规划中应长远考虑到城市发展或区域功能调整的可能性及其对管网的影响,合理确定污水系统布局和管网连通方式,才能在污水处理厂水量变化或污水管网某处发生事故时,便捷地进行污水调配。

2.6 污水调配策略

铁路桥系统位于黄孝河明渠起端,接明渠处设置有六孔节制闸,规划闸口关闭后所有污水经铁路桥泵站抽排至三金潭污水厂,因此铁路桥系统污水总量为泵站提升水量和黄孝河溢流量。在9月份(丰水期)和12月份(枯水期)铁路桥系统内污水总量分别为 66.12×10^4 和 $45.86 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,而枯水期时铁路桥系统自产污水量为 $34.67 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其余为黄浦路污水厂和常青系统串流到铁路桥系统的水量。可见汉口地区管网没有连通时,理论上六孔节制闸在枯水期可以关闭。黄浦路泵站维修结束后,黄浦路污水厂系统的污水量和污水厂处理规模基本匹配,可在澳门路和前进四路修建两座下开式液动阀门将黄浦路污水厂系统串入铁路桥系统污水隔断。

常青系统枯水期的污水总量为 $50.37 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中 $41.77 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水由常青路泵站提升到汉西污水厂进行处理,剩余 $8.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水在现状条件下通过黄孝西路串流到铁路桥系统。

丰水期汉口地区污水总量多出了 $14.85 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,即使汉西及三金潭污水处理厂均达到满负荷,汉口地区仍需新建或扩建 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水处理厂以应对丰水期的水量增加。

综合以上分析,建议将常青系统的王家墩 CBD

地区约 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水通过新建中转泵站提升到古田二路泵站,继而进入汉西污水厂;黄孝西路的串水不隔断;在铁路桥系统末端新建规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水处理厂。

3 建议

3.1 加强管道的检修、清淤和维护

测流过程中发现长丰大道、利济北路和黄石路等多个地段管道淤积严重,因此需加强汉口地区管道的维护与疏通。加强对管网配套设备的管理与维护,定期检查;对排水管道使用规则的执行实施监督,杜绝分流区雨污混接;对污水管道和构筑物加强维修,预防意外事故的发生等。

3.2 加强对施工场地基坑降水的排放管理

在施工降水过程中,应充分利用现场条件,可考虑将施工排水根据水质状况再用于工业、农业、景观河道、市政杂用、居民区杂用等方面。对于汉口地区,可考虑将黄孝河和机场河周边的施工排水再用于河道的生态基流补水,其余的施工排水尽可能地接入市政分流制雨水管网。有关建设和水务主管部门宜探索施工排水再利用途径和排入市政雨水管网的管理措施,在项目前期及实施阶段执行必要的管理措施,以节约水资源,促进水资源的合理利用,提高污水处理厂的进水浓度。

3.3 建立和完善排水管网应用模型

武汉市水务局于2012年启动了武汉市中心城区排水设施普查工作以及水务管理系统建设工作,并于2013年完成管网普查5567.9 km,同时建设了武汉市水务局排水信息综合展示与查询平台。建议进一步利用武汉现有排水GIS数据和人口、地形、降雨、系统运行等数据,建立和完善汉口地区综合水力模型,对现状污水系统运行状态、截污管截流倍数等进行计算分析,为排水系统运行调度、规划和建设提供决策参考。

4 结论

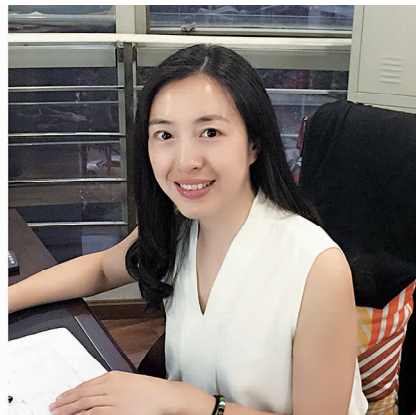
通过对武汉汉口地区各污水系统的边界连通点进行测流,发现黄孝西路、前进四路和澳门路3个主要的连通点。根据测流结果修正各污水系统的汇水范围线,计算各污水系统的理论污水量,并与实测污水量进行对比分析,发现古田二路泵站运行负荷低主要是因为工业企业外迁;常青路和铁路桥泵站满负荷运行主要是因为区域的居住人口骤增和施工排水量大。因此建议将常青系统的王家墩 CBD 地区

的污水通过泵站提升到古田二路泵站,在铁路桥系统末端新建规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水处理厂来解决污水溢流问题。同时建议探讨采用地面架空管将施工排水排入附近水体或用于河道生态基流补水的可行性。随着城市的快速发展和面源污染控制要求的提高,汉口地区现有的污水处理厂和污水收集系统还将面临着扩建、改建问题。

参考文献:

- [1] De Bénédittis J, Bertrand-Krajewski J L. Infiltration in sewer systems; comparison of measurement methods [J]. Water Sci Technol, 2005, 52(3): 219 - 227.
- [2] 唐建国, 张悦. 德国排水管道设施近况介绍及我国排水管道建设管理应遵循的原则 [J]. 给水排水, 2015, 41(5): 82 - 92.
- [3] 王梦江, 周骅, 陈华. 上海城市排水系统地下水渗入量现状及对策 [J]. 上海水务, 2003, 19(3): 15 - 18.
- [4] 汉京超. 城市雨水径流污染特征及排水系统模拟优化研究 [D]. 上海: 复旦大学, 2013.

- [5] 侯良洁, 李慧颖, 袁玉霞, 等. 应对污水量不均衡与变化的污水管网运行措施 [J]. 给水排水, 2011, 37(3): 96 - 99.



作者简介: 李敏 (1980 -), 女, 湖北汉川人, 硕士, 高级工程师, 主要从事供水、排水、生态保护等规划、设计、科研工作。

E-mail: 61750935@ qq. com

收稿日期: 2017 - 06 - 11

(上接第 109 页)

- ional parameters on nitrogen removal efficiency and microbial communities in a full-scale activated sludge process [J]. Water Res, 2011, 45(17): 5785 - 5795.
- [7] Gullicks H, Evans E A, Ringelestein J, et al. Trickling filter nitrification performance characteristics and potential of a full-scale municipal wastewater treatment facility [J]. J Environ Eng, 2004, 130(11): 1280 - 1288.
- [8] Pagga U, Bachner J, Strotmann U. Inhibition of nitrification in laboratory tests and model wastewater treatment plants [J]. Chemosphere, 2006, 65(1): 1 - 8.
- [9] 康焜, 林铁. 溶解氧对硝化反硝化反应的影响 [J]. 环保科技, 2003, 9(3): 13 - 15.
- [10] 李志华, 朱珂辰. 以比耗氧速率作为丝状菌膨胀预警指标的研究 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(11): 39 - 42.
- [11] 赵丽君, 方芳, 郭劲松, 等. 溶解氧对 SBR 脱氮性能与脱氮方式的影响 [J]. 环境工程学报, 2015, 9(3): 1148 - 1154.
- [12] 樊杰, 陶涛, 柴成山. 过量曝气对生物除磷性能的影响研究 [J]. 安全与环境工程, 2013, 20(4): 62 - 66.

- [13] 蒋廷弘, 邱丽敏, 汪文生, 等. 北冲污水净化厂 A^2/O 工艺反硝化效果分析 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(8): 116 - 118.



作者简介: 李谦 (1990 -), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 研究方向为污水处理。

E-mail: lqiyut_0515@ 163. com

收稿日期: 2017 - 07 - 21