

基于外来水入侵的污水处理厂进水量评估

黄荣敏, 张浩, 成浩科, 刘卡, 张爱红, 丁睿, 郭帅

Theoretical influent assessment of wastewater treatment plant based on investigation of extraneous water

HUANG Rongmin, ZHANG Hao, CHENG Haoke, LIU Ka, ZHANG Aihong, DING Rui, GUO Shuai

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20220806001>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于博弈论组合赋权的水环境综合治理效果评价

Evaluation of comprehensive water environment treatment effect based on game theory combination weighting
水利水运工程学报. 2018(6): 105 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.06.014>

基于水龄抑制蓝藻水华的供水水库取水方案优选

Optimization of reservoir cycling water scheme based on water age to reduce algal bloom risk
水利水运工程学报. 2020(2): 85 <https://doi.org/10.12170/20190226004>

窝崩抢护治理中树头石阻水效果试验研究

Experimental study on the water blocking effect of tree head-stone in the treatment of pit collapse
水利水运工程学报. 2021(3): 119 <https://doi.org/10.12170/20200623001>

基于AHP-集对分析的矿井水资源利用风险评估

Risk assessment of mine water resource utilization based on analytic hierarchy process and set pair analysis
水利水运工程学报. 2021(3): 126 <https://doi.org/10.12170/2021120002>

中国水-能源-粮食关联系统协同安全评价

Security evaluation of water-energy-food nexus system in China
水利水运工程学报. 2020(4): 24 <https://doi.org/10.12170/20190603009>

基于RBF代理模型和粒子群算法的水交换优化研究

Optimization of water exchange based on RBF surrogate model and particle swarm optimization
水利水运工程学报. 2020(5): 40 <https://doi.org/10.12170/20190724002>



扫码进入官网，阅读更多精彩文章

关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20220806001

黄荣敏, 张浩, 成浩科, 等. 基于外来水入侵的污水处理厂进水量评估[J]. 水利水运工程学报, 2023(4): 107-113. (HUANG Rongmin, ZHANG Hao, CHENG Haoke, et al. Theoretical influent assessment of wastewater treatment plant based on investigation of extraneous water[J]. Hydro-Science and Engineering, 2023(4): 107-113. (in Chinese))

基于外来水入侵的污水处理厂进水量评估

黄荣敏¹, 张浩¹, 成浩科¹, 刘卡¹, 张爱红¹, 丁睿¹, 郭帅²

(1. 长江生态环保集团有限公司, 湖北武汉 430062; 2. 合肥工业大学土木与水利工程学院, 安徽合肥 230009)

摘要: 针对长江流域某片区污水系统地下水、雨水入流渗入造成污水处理厂进水量上升、进水 COD 浓度下降的现象, 在实施排水系统提质增效过程中, 基于现场实地调查和其他地区的评估经验, 采用经验值法、现场试验法和水质特征因子法评估该片区旱天的地下水理论入渗量, 通过典型旱、雨天水量对比分析雨天入流渗入量, 最后计算得到污水处理厂在旱、雨天情景下的日均进水量。结果表明: 该片区污水管道每千米管长地下水入渗量为 67.0 m³/d, 雨水入流量为 71.6 m³/d; 污水处理厂旱天进水均值为 4.07 万 m³/d, 雨天为 5.15 万 m³/d。该结果可为后续提质增效项目的开展和整治效果评估提供理论依据, 并为片区排水系统的日常运维提供参考。

关键词: 排水系统; 外来水; 入流渗入; 污水处理厂

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2023)04-0107-07

随着城镇化进程的加快, 我国城市基础设施尤其是排水系统建设, 在质和量的方面都有了长足的进步。2020 年我国城市建成区排水管网长 80.3 万 km, 管道密度为 11.1 km/km², 城市污水处理厂数量为 2 618 座, 城市污水处理率达到 97.53%^[1]。但随着国家高质量发展不断深入, 我国排水系统短板依然明显, 在运行效率和质量方面都存在较大的优化空间^[2]。特别是在以长江生态环境根本好转为主要目标的长江大保护战略开展过程中, 补齐城镇污水收集和处理设施短板、实施污水处理提质增效, 不仅是推进城镇排水系统高质量运行的关键任务, 更是消灭黑臭水体、提升水环境质量的关键步骤^[3-4]。

基于《城镇污水处理提质增效三年行动方案》的要求, 在围绕排水片区实施“一厂一策”的系统化整治过程中, 排水管网中雨水、地下水等外来水的入流渗入是降低排水系统输送和处理效率, 造成污水处理厂水质稀释, 甚至污水溢流污染的重要因素^[5]。因此, 准确评估排水系统外来水状况, 是制定具体排水系统整治措施、提升管网系统健康度、实现提质增效和水环境治理目标的关键工作^[6-7]。针对长江流域某片区污水处理厂进水量大、水质低的状况, 在实地调查的基础上, 基于经验值法、现场实测法、水质特征因子法和旱雨天对比等方法, 评估典型旱、雨天情景下片区排污系统中地下水和雨水入流渗入量, 为后续提质增效工程的目标制定和效果评估提供依据, 并为排水系统的日常运维提供参考。

1 研究区域概况

研究区域位于长江下游某沿江城市, 某污水处理厂的服务面积约 90 km², 地势平坦, 属亚热带季风气候, 多年平均降雨量 1 227 mm。区域内水资源丰富, 地下水位较高, 普遍位于地面下 1.00~1.25 m。用地类

收稿日期: 2022-08-06

基金项目: 中国长江三峡集团有限公司科研项目(202103355); 长江生态环保集团有限公司科研项目(HB/AH2021039); 安徽省重点研发计划项目(202104i07020012)

作者简介: 黄荣敏(1981—), 男, 湖北黄梅人, 高级工程师, 主要从事市政工程给排水研究。

E-mail: huang_rongmin@ctg.com.cn 通信作者: 郭帅(E-mail: guoshuai@hfut.edu.cn)

型以工业用地为主,以及较少的居住用地和待开发地块。图 1 为片区污水系统示意,片区管网为雨污分流制,雨水管线总长 266.14 km,污水管线总长 150.75 km,污水干管沿程设有 4 座提升泵站,污水最终汇入片区最北端的污水处理厂,根据泵站和水厂的相对位置,可将片区划分为 5 个子汇水区。

污水处理厂一期设计处理能力为 6 万 m^3/d ,设计进水水质为化学需氧量(COD)400 mg/L、氨氮 30 mg/L、总氮 40 mg/L、总磷 4 mg/L,出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准。2018 年前由于片区内管网建设滞后,仅主要收集了子汇水区⑤内的污水,污水处理厂日均进水量不到 1 万 m^3/d ,未能实现片区内污水的全面收集和处理,经多年完善后最终形成了当前的排水体系。

2 问题分析

前期经过系统性污水纳网整治后,片区污水收集量明显上升,但水量和水质方面仍存在问题,这表明片区排水系统运行管理的重心应由提升污水纳网水平转移至进一步提质增效。具体问题体现在:

(1)污水厂进水量过大,管网水位偏高。图 2 为片区污水处理厂 2018 年 1 月至 2020 年 12 月的进水量,由于片区内新建主干管陆续投用(如箭头①~③所示),污水处理厂进水量由 2018 年的日均 1.29 万 m^3/d ,提升至 2020 年的日均 3.77 万 m^3/d ,超过了 2020 年片区范围内的用水户 3.24 万 m^3/d 的日均用水量,这表明水厂进水包含了较大比例的外来水量。调查发现片区污水管网满水管段合计占比超过污水管线总长的 50%,整个片区污水系统长期处于高水位运行状态。这说明片区管网存在普遍的外来水入侵,造成排水系统运行不畅。

(2)污水处理厂进水浓度长期偏低。图 3 为片区污水处理厂 2018 年 1 月至 2020 年 12 月的进水水质情况,其中进水 COD 下降明显,由 2018 年的平均 97 mg/L 降至 2020 年的平均 57 mg/L。结合水厂进水量同步上升的趋势,可以看出随着片区管网系统的完善,污水收集量提升的同时,也将更多外来水量纳入了排水系统。从管道敷设条件看,因片区污

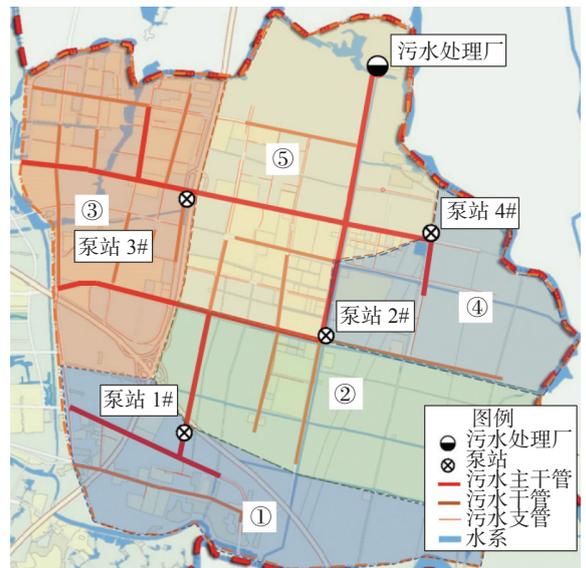


图 1 研究区域污水排水系统和子汇水区划分

Fig. 1 Sewer system and sub-catchments of study catchments

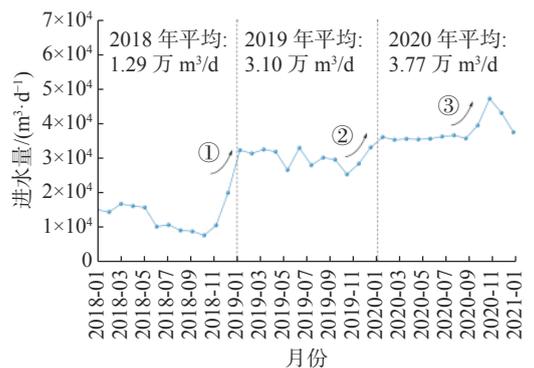


图 2 污水处理厂进水量

Fig. 2 Influent flow of the wastewater treatment plant

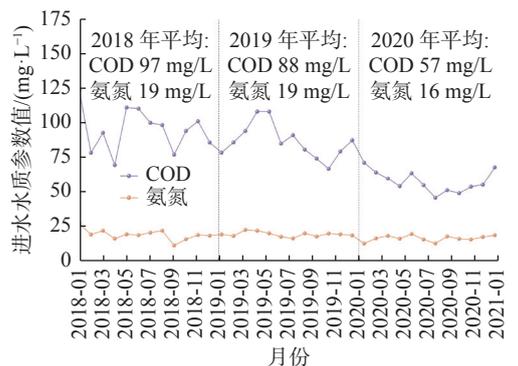


图 3 污水处理厂进水水质

Fig. 3 Influent water quality of the wastewater treatment plant

水泵站较少,很多明挖施工和顶管施工的管段埋深较大(主干管为6.5~8.0 m),位于渗透系数较大的杂填土与素填土层内,且处于地下水位线以下,建成管段易受地下水入渗影响而降低污水浓度。

为推进片区管网系统的综合治理,该市于2019年开展了污水系统提质增效项目,对管网整体外来水入侵状况进行预诊断与评估将是项目的重要前置任务,可为管网整治修复工作的绩效评估提供参考,也可为排水系统日常运维提供指导。

3 片区外来水入侵状况评估

排水系统外来水来源一般有地下水、地面雨水径流、河湖倒灌水、自来水漏损和基坑排水等^[5]。由于研究片区为雨污分流制,且实施过雨污混接整治,因此基本排除河湖倒灌因素。另外,自来水漏损、基坑排水等不是持续性的外来水源,并且在片区整治过程中已对现存的基坑排水进行了控制(禁止排放至污水管道),因此地下水入渗和雨天时地面雨水径流是本片区排水系统外来水的主要来源。

3.1 旱天地下水入渗量评估

3.1.1 经验值法 经验值法是指为便于排水系统的设计规划,相关单位对代表性排水管道的地下水入渗量进行实地测量,然后评估得到管道外来水入渗量估算指标,以供评估时参考。在进行管道实际水量水质调查前,经验值法是了解片区外来水总体状况最直接有效的办法。冯杭华等^[7-8]对上海市10条典型管道和居民小区管道的外来水入渗量进行了实地测量,确定排水片区的外来水量可取原生污水总量的10%~20%,或按单位管长50~75 m³/(km·d)计,当管龄长、埋深大且为流沙地质时,应采用指标上限。《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)中也根据国内外研究提供了相应的经验指标范围,如表1所示。

表1 根据经验值法确定片区地下水入渗量

Tab. 1 Groundwater infiltration amount of the catchment analyzed by the empirical value

序号	参考来源	经验指标范围	地下水入渗量范围
1	李田等 ^[8]	单位管长按50~75 m ³ /(km·d)计	(0.75~1.31) 万m ³ /d
2	《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)	按原生污水总量的10%~15%计	(0.30~0.46) 万m ³ /d
3	GB 50014—2021中日本经验指标	按原生污水总量的10%~20%计	(0.30~0.60) 万m ³ /d
4	GB 50014—2021中德国经验指标	管网服务区域单位面积内<0.15 L/(hm ² ·s)	<11.7 万m ³ /d
5	GB 50014—2021中美国经验指标	管网服务区域单位面积内按0.2~28 m ³ /(hm ² ·d)计	(0.18~25.2) 万m ³ /d

研究片区2021年日均用水量为3.6万m³/d,污水排放系数取0.85,由此得到理论原生污水量应为3.06万m³/d,再结合表1各项经验指标,可得到片区地下水入渗量范围。由于片区为流沙地质,大部分管道埋设于地下水位以下,因此评估时按经验值上限计算。其中德国和美国的经验指标都以管网服务单位面积为基准提供参考值,而本次评估区域内存在较多尚未配制排水管道的未开发区域,因此其评估结果的上限较高,不宜采用。根据上海、《室外排水设计标准》和日本经验值指标的计算结果在(0.30~1.31)万m³/d,较符合本区域的实际情况。

3.1.2 现场试验法 为了更好地掌握本研究片区内外来水入流入渗的实际情况,于2020年11月22日和2021年11月10日(均为旱天)对片区内3条污水管道的地下水入流入渗量进行了现场测验。排水管道入渗量现场测定方法通常有3种,即水桶量测法、标尺水位定量法和抽水计量法。本次试验采用标尺水位定量法。试验时需要选取长直无支管的管道,先用气囊封堵上游来水,待排尽管内水流后,再封堵管道下游,通过定时读取封堵管道的液位,换算得到管内入渗量。为便于掌握管道实时液位,现场试验时用在在线水位计替代水位标尺。

3段管道的基本状况和现场试验数据如表2所示。计算得到3条管段单位管长的入渗量分别为111.60、86.78和22.00 m³/(km·d),其中管段1、2结果高于表1所示的上海典型管段经验指标,管段3结果低于此范围,因此不同管段管材、管龄、缺陷状况等方面的差异,会导致其地下水渗入量出现差别。根据试

验前期的管道 CCTV(管道闭路电视)检测记录可知,3 条管道中只有管段 1 出现了一级渗漏缺陷(点漏),另外 2 条管道分别存在破裂和错口的结构性缺陷,但现场试验时也测得了一定外来水入渗量,这表明破裂、错口等结构性缺陷极易受到降雨、地下水位升降等因素的影响而演变成为渗漏缺陷,同样会造成管道外来水入侵。根据以上实测结果,结合片区污水管网规模,得到片区整体地下水入渗量为(0.33~1.68)万 m³/d,均值 1.01 万 m³/d,其下限值位于经验值法的计算结果范围内,而上限值则更高,这表明该片区管网的地下水入侵状况相比经验地区更为严重。由于同一片区的管道条件通常较为复杂,因此基于典型管段的现场试验法的评估结果也具有一定的不确定性,只能反映地下水入渗量的大致状况。

表 2 污水管道入渗量现场测定试验

Tab. 2 Field measurement test of pipeline infiltration amount

测定项目	管材	管径	管长/m	管底埋深/m	缺陷状况	起始液位/m	最终液位/m	试验历时/h	单位管长入渗量/(m ³ ·(km·d) ⁻¹)	片区入渗量/(万 m ³ ·d ⁻¹)
管段1	波纹管	DN400	69.8	2.0	1级渗漏点1处	0.07	0.20	13.5	111.60	1.68
管段2	钢筋混凝土	DN400	80.2	2.5	2级腐蚀、1级破裂,视频无明显渗漏	0.06	0.24	15.4	86.78	1.31
管段3	钢筋混凝土	DN400	100.0	3.6	2级错口,1级结垢,视频无明显渗漏	0.08	0.15	24.0	22.00	0.33

3.1.3 水质特征因子法 水质特征因子法是利用管网污水中赋存的污染物作为示踪剂(也称水质特征因子)来进行外来水调查,由于水质特征因子在管网中的浓度会随外来水的进入而产生突变,因此可通过管网中的特定水质指标浓度,来对系统外来水进行定量评估^[9]。解析原理如下所示,其中式(1)为排水系统水量平衡方程,式(2)为排水系统化学质量平衡方程:

$$Q_{IN} = Q_{SW} + Q_{GW} \quad (1)$$

$$Q_{IN}C_{IN} = Q_{SW}C_{SW} + Q_{GW}C_{GW} \quad (2)$$

$$R_{GW} = Q_{GW}/Q_{IN} \times 100\% = (C_{SW} - C_{IN})/(C_{SW} - C_{GW}) \times 100\% \quad (3)$$

式中: Q_{IN} 、 C_{IN} 分别为旱天污水处理厂总进水量和水质; Q_{SW} 、 C_{SW} 分别为片区原生污水量和水质; Q_{GW} 、 C_{GW} 为地下水入渗量和水质; R_{GW} 为地下水入渗比,即地下水入渗量占进厂总水量的比例,反映入渗的严重程度。

根据水质特征因子的选取原则,理想的水质特征因子在不同的排水系统水量来源中应具有显著的浓度差异,同时还应能够在线监测。根据实地调查,片区内地下水水质良好,地下水 COD 浓度可以忽略不计($C_{GW} \approx 0$ mg/L),因此 COD 指标可以满足不同水量来源浓度差异显著的要求,并且各泵站和污水处理厂都安装了 COD 在线监测仪,因此采用 COD 指标作为特征因子进行地下水入流入渗状况评估。

为了掌握片区原生污水的 COD 浓度 C_{SW} ,对片区内 379 处用水户的污水排口全部进行了水质采样检测,采样期间为旱天,除去无水流的排口和异常数据后,统计得到工业企业、公共建筑和居民小区 3 种用水户排放污水的 COD 分布状况。如图 4 所示,片区内工业企业污废水排放口最多, COD 浓度普遍较低,其中 COD 低于 100 mg/L 的排口数量为 91 个,占工业企业排口总数的 46%,这部分工业废水直接进入管网,是造成原生污水浓度偏低的原因之一^[10]。居民小区排口虽然数量较少,但是其排放 COD 浓度高于工业企业,主要分布在 300~400 mg/L。基于以上排口 COD 浓度和 2020 年各用水户用水量进行了加权平均,得到平均 COD 浓度作为该片区原生污水的理

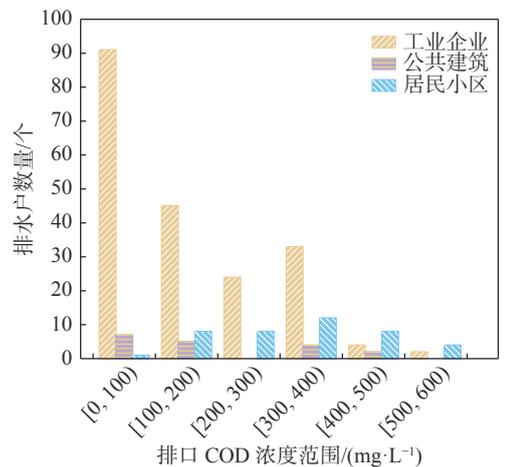


图 4 不同用水户排放污水 COD 浓度状况

Fig. 4 COD concentration of sewage discharged by different water users

论浓度 C_{sw} , 计算用水量为 3.16 万 m^3/d , 接近 2021 年 3.6 万 m^3/d 片区日均总用水量, 因此计算得到的理论原生污水浓度可代表整个片区的实际状况, 计算结果为 $C_{sw}=158 \text{ mg/L}$ 。考虑到片区范围较大, 污水在管网中的水力停留时间较长, 管道微生物降解作用会使 COD 沿程衰减^[11], 取降解率 7.5% 计, 即 $C_{sw}=147 \text{ mg/L}$ 。

Q_{IN} 、 C_{IN} 取连续 5 个典型旱天污水处理厂的每日进水量和进水 COD 均值, 时间为 2021 年 9 月 24 日至 9 月 28 日(5 日进水量较为平稳), 其天气状况和水厂进水水质水量如表 3 所示。

根据式(3)对连续 5 个旱天内污水处理厂进水量组成进行了评估, 结果如图 5 所示, 连续 5 个旱天的片区排水系统的地下水入渗量范围为 0.77~1.46 万 m^3/d , 均值为 1.1 万 m^3/d , 地下水入渗比为 18%~34%。

因经验值法受限于多种环境因素的影响, 易导致不同地区评估结果差异性较大, 故参考近似区域上海市的经验值, 得到入渗量范围为(0.75~1.31)万 m^3/d , 均值 1.03 万 m^3/d 。现场试验法和 COD 示踪法均基于现场实测, 入渗量范围分别为(0.33~1.68)万 m^3/d 和(0.77~1.46)万 m^3/d , 均值分别为 1.01 万 m^3/d 和 1.12 万 m^3/d 。综合以上 3 种方法的评估结果, 得到片区地下水入流入渗量范围为(0.33~1.68)万 m^3/d , 取其平均值 1.01 万 m^3/d 作为该片区的日均地下水入渗量评估值。

3.2 雨天入流入渗量评估

雨水进入污水管道, 将占据排污管道输送空间, 降低污水输送效率, 造成局部区域污水溢流, 也会稀释水厂进水浓度。通过对比分析污水处理厂晴、雨天进水量的变化, 进一步评估片区雨水入网的占比, 评价方法如下:

$$Q_{RDII} = Q_{RIN} - Q_{IN}, \quad R_{RDII} = Q_{RDII} / Q_{RIN} \times 100\% \quad (4)$$

式中: Q_{RIN} 为片区雨天污水处理厂进水量; 由于 Q_{IN} 中已经包含地下水入渗量, 因此 Q_{RDII} 表示降雨导致的雨水入流入渗量; R_{RDII} 表示雨天入流入渗量占雨天水厂总进水量的比例。

分别选取 2 个典型旱雨天事件, 每个事件分为 3 个典型旱天(连续 3 天进水量平稳)及紧接的 3 个连续雨天, 期间天气和水厂的进水状况如表 4 所示。其中旱天与雨天进水水量和水质都有明显差异, 因此可作为用于分析雨水入流入渗的典型降雨事件。

两次降雨事件期间片区排水系统雨水入流入渗量分析结果如图 6 所示。其中降雨事件 1 旱天进厂

表 3 典型旱天污水厂进水状况
Tab. 3 Influent condition of wastewater treatment plant in typical dry days

日期	天气	日进水量/($m^3 \cdot d^{-1}$)	进水COD均值/($mg \cdot L^{-1}$)
2021-09-24	多云	42 960	116.7
2021-09-25	多云	43 325	94.2
2021-09-26	晴	44 645	96.1
2021-09-27	多云	42 390	98.3
2021-09-28	晴	47 085	110.3



图 5 典型旱天地下水入渗量

Fig. 5 Groundwater infiltration amount of sewer system in typical dry days

表 4 典型旱雨天污水厂进水和天气状况

Tab. 4 Wastewater treatment plant influent and climate conditions of typical dry and wet days

事件	日期	天气	日进厂水量/($m^3 \cdot d^{-1}$)	日均进厂COD/($mg \cdot L^{-1}$)
降雨事件1	2021-02-23	多云	38 450	95.90
	2021-02-24	多云~晴	38 466	95.62
	2021-02-25	多云~晴	39 186	93.61
	2021-02-26	中雨	45 834	71.57
	2021-02-27	小雨	53 160	85.40
	2021-02-28	小雨~阴	48 060	85.52
降雨事件2	2021-06-10	阴	44 660	74.00
	2021-06-11	阴~多云	44 460	75.30
	2021-06-12	阴~多云	44 140	87.00
	2021-06-13	中雨~雷阵雨	58 355	149.60
	2021-06-14	中雨~雷阵雨	56 280	100.10
	2021-06-15	小雨~中雨	54 165	103.50

本底水量为 3.87 万 m^3/d , 降雨后的 Q_{RDII} 为(0.71~1.45)万 m^3/d , Q_{RDII} 为 16%~27%; 事件 2 旱天进厂本底水量为 4.44 万 m^3/d , 降雨后的 Q_{RDII} 为(0.97~1.39)万 m^3/d , Q_{RDII} 为 18%~24%。两次分析结果比较接近, 因此综合得到降雨入流入渗量为(0.71~1.45)万 m^3/d , 取其均值 1.08 万 m^3/d 作为该片区雨水入流入渗的评估值。

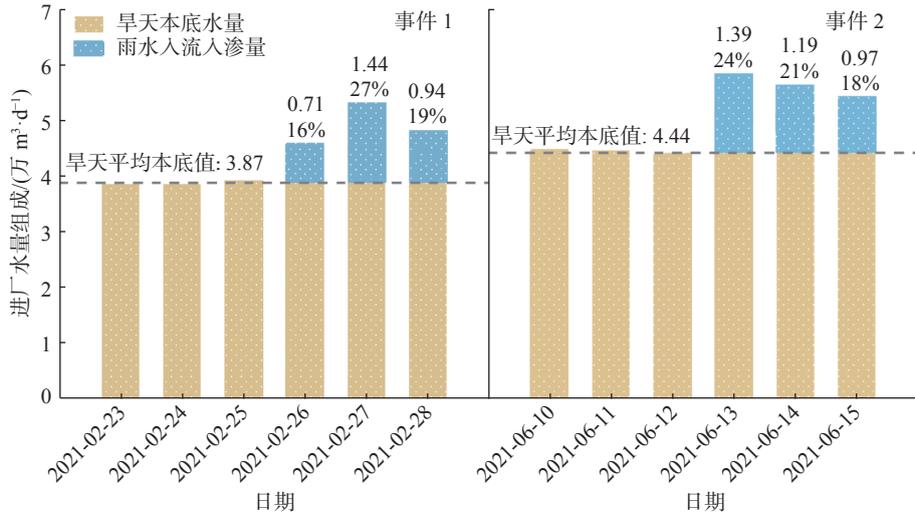


图 6 典型雨天入流入渗量

Fig. 6 Inflow and infiltration amount in typical wet days

3.3 片区日均进厂污水量评估分析

综上, 根据用水量折算法得到片区理论原生污水量为 3.06 万 m^3/d , 地下水入渗量为(0.33~1.68)万 m^3/d , 均值 1.01 万 m^3/d , 每千米管长入渗量为 67.0 m^3/d , 因此旱天日进厂水量评估值为(3.39~4.74)万 m^3/d , 均值 4.07 万 m^3/d , 地下水入渗比 R_{GW} 为 24%; 雨天雨水入流入渗量为(0.71~1.45)万 m^3/d , 均值 1.08 万 m^3/d , 单位管长为 71.6 $\text{m}^3/(\text{km}\cdot\text{d})$, 因此雨天进厂水量评估值应为(4.10~6.19)万 m^3/d , 均值 5.15 万 m^3/d , 雨水入流入渗比 R_{RDII} 为 21%。

4 结 语

针对污水处理厂进水过量、水质稀释的现象, 基于多种水量水质调查方法, 分析评估旱雨天情景下污水处理厂的日均进水量组成, 为后续提质增效任务的目标制定、绩效评估和日常运维提供了重要参考。

通过经验指标法、现场试验法、水质特征因子法评估的旱天排污系统单位管长地下水平均入渗量为 67.0 $\text{m}^3/(\text{km}\cdot\text{d})$, 通过典型旱雨天水量对比分析得到片区单位管长雨水入流入渗量为 71.6 $\text{m}^3/(\text{km}\cdot\text{d})$, 因此旱天日均进水均值应为 4.07 万 m^3/d , 雨天应为 5.15 万 m^3/d , 与 2021 年水厂实际进水状况较为符合。根据片区用水户排污浓度调查, 得到加权计算的原生污水 COD 理论浓度为 158 mg/L , 这表明片区内用水户用水效率普遍偏低, 是水厂进水浓度较低的重要原因。根据现场试验法和水质特征因子法评估得到的地下水入渗量和入渗率, 均高于经验值法的相关指标, 这表明受不同地区实际状况的影响, 外来水入渗状况存在差异。

参 考 文 献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城市建设统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014. (Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China. Statistical yearbook of urban construction in China[M]. Beijing: China Statistics Press, 2014. (in Chinese))
- [2] 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))

Chinese))

- [3] 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))
- [4] 周小国,惠二青,彭寿海,等.长江沿线污水处理厂进水BOD₅浓度与管网运营调查分析[J].给水排水,2021,47(增刊1):129-133. (ZHOU Xiaoguo, HUI Erqing, PENG Shouhai, et al. Investigation and analysis of BOD₅ concentration for sewage plants and pipe network operation along the Yangtze River[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(Suppl1): 129-133. (in Chinese))
- [5] 施翔.排污管网外来水量评估新策略及工程应用研究[D].合肥:合肥工业大学,2021. (SHI Xiang. Study on new strategy for extraneous water assessment and engineering application in sewer system[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2021. (in Chinese))
- [6] 郭帅,张土乔,ZHU D Z.地下水渗入排污管道的定量方法[J].中国给水排水,2013,29(4):21-25. (GUO Shuai, ZHANG Tuqiao, ZHU D Z. Quantitative methods for groundwater infiltration into sewer system[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(4): 21-25. (in Chinese))
- [7] 冯杭华,陈海涛,施翔,等.外来水量诊断法在污水管网预诊断中的应用[J].水利水运工程学报,2022(4):62-69. (FENG Hanghua, CHEN Haitao, SHI Xiang, et al. Application of external water quantity diagnosis method in pre-diagnosis of sewage pipe network[J]. Hydro-Science and Engineering, 2022(4): 62-69. (in Chinese))
- [8] 李田,张善发,时珍宝.上海市排水管道的地下水渗入量测评[J].中国给水排水,2003,19(7):12-15. (LI Tian, ZHANG Shanfa, SHI Zhenbao. Evaluation on ground water infiltration capacity into Shanghai sewerage system[J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(7): 12-15. (in Chinese))
- [9] XU Z X, WANG L L, YIN H L, et al. Source apportionment of non-storm water entries into storm drains using marker species: Modeling approach and verification[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 61: 546-557.
- [10] YANG F L, ZHANG X Z, LI J H, et al. Simple method to quantify extraneous water and organic matter degradation in sewer networks[J]. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2021, 7(1): 172-183.
- [11] 曹业始, ABEGGLEN Christian, 刘智晓,等.改造当前国内污水管网需要综合考虑的四个因素[J].给水排水,2021,47(8):125-137. (CAO Yeshi, ABEGGLEN Christian, LIU Zhixiao, et al. Integrated considerations of the four factors to improve and upgrade current sewer systems in China[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(8): 125-137. (in Chinese))

Theoretical influent assessment of wastewater treatment plant based on investigation of extraneous water

HUANG Rongmin¹, ZHANG Hao¹, CHENG Haoke¹, LIU Ka¹, ZHANG Aihong¹, DING Rui¹, GUO Shuai²

(1. *Yangtze Ecology and Environment Co., Ltd., Wuhan 430062, China*; 2. *College of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China*)

Abstract: The inflow and infiltration in the sewer system in a certain area of the Yangtze River Basin caused a significant increase of water inflow and decrease of influent concentration of the wastewater treatment plant. The project of improving the quality and efficiency of the sewer system was implemented, and the area was systematically rectified with “one plant, one policy”. During the process, based on the evaluation experience in other areas and on-site field investigation, the theoretical range of groundwater infiltration in dry days in the area was evaluated by the empirical value method, field test method and water quality characteristic factor method. The inflow and infiltration of rainwater in the area were calculated, and the theoretical inflow of the wastewater treatment plant in the area under drought and rain conditions was finally calculated. The results show that the average groundwater infiltration amount per kilometer of the wastewater pipeline in this area is 67.0 m³/d, and the rain-induced inflow amount is 71.6 m³/(km·d); the average influent of the wastewater treatment plant is 40,700 m³/d in dry days and 51,500 m³/d in rainy days. The results can provide a theoretical basis for the subsequent quality and efficiency improvement projects and the evaluation of the improvement effect, and provide a reference for the daily operation and maintenance of the drainage system in the area.

Key words: sewer system; extraneous water; inflow and infiltration; wastewater treatment plant