

基于供排水量平衡的管网入流入渗评估及其影响因素分析

马 骏¹, 陈芳芳¹, 刘雨桐², 杨 悦¹

¹苏州市排水有限公司, 江苏 苏州

²清苏智慧水务科技(苏州)有限责任公司, 江苏 苏州

收稿日期: 2022年8月12日; 录用日期: 2022年9月12日; 发布日期: 2022年9月21日

摘 要

针对污水管网的入流入渗问题, 以供排水量平衡方法为基础, 提出了入流入渗水量估算与影响因素分析的方法。以苏州市中心区某泵站片区为案例区域, 通过用水量与实际污水流量的对比估算入流入渗水量, 得到该片区2021年总体入流入渗率(占泵站总水量的比例)为32.7%。针对非降雨期间, 以天为单位分析, 得到案例区泵站液位下降1.0 m时入流入渗率上升约8%; 河道水位上升0.10 m时入流入渗率上升约14%。针对降雨期间, 以场次降雨为单位, 共选取12场降雨进行分析, 得到案例区平均每10 mm降雨带来的入流入渗水量约为泵站日均流量的0.20倍; 降雨入流比例与泵站液位成负相关关系, 在大雨条件(或累积降雨量40~60 mm)下的入流比例高于小雨、中雨或长期连续降雨。该结果可为当地的“厂站网”一体化控制提供依据, 以通过合理的液位控制减少管网的入流入渗水量; 针对降雨入流的分析结果可为管网的雨季调控措施提供参考。

关键词

污水管网, 入流入渗, 提质增效, 降雨入流, 泵站调控

Assessment of Water Inflow and Infiltration in Pipe Network Based on Water Supply and Drainage Balance and Analysis of Its Influencing Factors

Jun Ma¹, Fangfang Chen¹, Yutong Liu², Yue Yang¹

¹Suzhou Drainage Service Co., Ltd., Suzhou Jiangsu

²Tsingsu Smart Water Technology (Suzhou) Co., Ltd., Suzhou Jiangsu

Received: Aug. 12th, 2022; accepted: Sep. 12th, 2022; published: Sep. 21st, 2022

文章引用: 马骏, 陈芳芳, 刘雨桐, 杨悦. 基于供排水量平衡的管网入流入渗评估及其影响因素分析[J]. 水污染及处理, 2022, 10(4): 135-144. DOI: 10.12677/wpt.2022.104020

Abstract

Aiming at the problem of inflow and infiltration of sewage pipe network, based on the balance method of water supply and discharge, a method for estimation of inflow and infiltration and analysis of influencing factors is proposed. Taking a pump station area in the central area of Suzhou as a case area, the inflow and infiltration water volume are estimated by comparing the water consumption with the actual sewage flow, and the overall inflow and infiltration rate (accounting for the proportion of the total water volume of the pump station) of this area in 2021 is 32.7%. For the non-rainfall period, taking the day as the unit of analysis, it is obtained that when the liquid level of the pump station in the case area decreases by 1.0 m, the infiltration rate increases by about 8%; when the river water level rises by 0.10 m, the infiltration rate increases by about 14%. During the rainfall period, a total of 12 rainfall events were selected for analysis, and it was found that the average inflow and seepage volume per 10 mm rainfall in the case area was about 0.20 times of the daily average flow of the pump station; the proportion of rainfall inflow is negatively correlated with the liquid level of the pump station. Under heavy rain conditions (or cumulative rainfall of 40~60 mm), the proportion of rainfall inflow is higher than that of light rain, moderate rain or long-term continuous rainfall. The results can provide a basis for the local "plant-station-network" integrated control, so as to reduce the inflow and infiltration of the pipe network through reasonable liquid level control; the analysis results of rainfall inflow can provide reference for the rainy season regulation measures of pipe network.

Keywords

Sewage Pipe Network, Inflow and Infiltration, Quality and Efficiency Improvement, Rainfall Inflow, Pump Station Regulation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前我国许多城镇的排水管网面临着较严重的入流入渗问题。排水管网的入流入渗是指由于管网破损与渗漏、雨污错接混接等原因,导致外来水通过雨水入流、地下水入渗、河水倒灌等途径进入到污水管网,挤占了原有的管网空间,并使污水厂进水量增加、进水浓度降低;在降雨条件下,由于大量降雨入流进入污水管网,可能导致污水出现地面冒溢,或通过错混接进入雨水管网,并最终排入水环境,影响水环境质量。曹业始等人对国内外各城市入流入渗的情况进行了调查分析,发现欧洲国家的外水占比范围为 25%~70%,国内管网外水占比约在 30%~70% [1]; 时珍宝、李田研究发现上海市地下水渗入量要比设计时采用的系数大得多,多数地区在 20%~30%之间[2]; 冯杭华等人采用不同的外水量诊断法对南方某城市的入流入渗量进行评估,结果显示该城市入渗率介于 15%~55%之间[3]。

要解决管网入流入渗问题,需依靠管网检查和修复等工程手段。但全面的管网检查和修复,所需的资金投入及人力、时间成本都很高[4] [5]。另一方面,管网的入流入渗状况与河道水位、管网液位等条件密切相关,当控制河道在高水位或管网在低水位时,可能使得管网的入流入渗水量增加[6] [7]。因此,针对管网存在破损、错混接的现状,如何合理控制管网及河道液位,在防止管网发生污水冒溢或溢流的同时,一定程度上降低入流入渗水量,为回答此问题就需要对管网入流入渗状况展开评估,并对其相关的

影响因素进行分析。

本研究以苏州市中心区的某泵站服务片区为案例,采用供排水量平衡方法,对片区内的污水管网进行入流入渗评估,并分析入流入渗水量与泵站液位、河道水位及降雨等的相关性。相关结果可为当地的“厂站网”一体化控制提供参考,以通过合理的管网液位和河道水位调控,在防止管网污水外溢的同时减少入流入渗水量;针对降雨的分析结果,可估算在不同降雨条件下的管网入流量,为降雨期间的泵站调控、污水厂的雨季应对措施制定等提供参考。此外,未来可通过该方法对其他片区进行分析,从而识别出管网入流入渗问题更严重的片区,优先进行管网检查修复工作。

2. 研究区域与研究方法

本节介绍研究区域概况与研究方法。在研究方法中,供排水量平衡法是本研究中进行管网入流入渗研究分析的基础,该方法通过区域用水量与监测排水量的对比,对管网入流入渗水量进行估算;可对区域全年的总体情况进行评估,也可针对单日或特定时间段进行分析。为了分析不同因素与管网入流入渗水量的相关性,针对旱天情况,以日为单位,分析入流入渗水量与当日泵站液位、河道水位等的相关性;针对降雨情况,以场次降雨为单位,通过降雨发生前后的流量对比,估算由降雨引起的入流入渗水量,并分析其与降雨量大小、泵站液位等的相关性。下面具体介绍。

2.1. 研究区域概况与数据收集情况

本研究选取苏州市中心区的某泵站服务片区为研究区域,片区面积为 1.28 km^2 ,为分流制排水系统,其污水管网属于城东排水系统。该泵站在城东排水系统中为最上游泵站之一,不转输其他泵站片区的污水。片区内污水管网市政管总长度约 4.4 km ,小区管网总长度约 29.8 km 。片区内的用地类型以居住用地和公共服务用地为主,无工业用地。当地属于平原河网地区,降雨和地下水较为丰富。根据苏州市统计年鉴,苏州市区范围内 2016~2020 年的年均降雨量为 1452 mm ;降雨呈现明显的季节分布特征,6~9 月集中了全年约 56% 的降雨量。

为研究该泵站片区的入流入渗情况,共收集以下监测数据:

- ① 该泵站的液位、流量、泵启停状态、泵的电流等在线监测数据,时间范围为 2020 年 5 月~2021 年 12 月,时间精度为 5 min ;
- ② 该泵站片区附近河道水位监测点的在线监测数据,时间范围和精度同①;
- ③ 该泵站片区附近雨量监测点的在线监测数据,时间范围和精度同①;
- ④ 该泵站片区内的用水量数据(用户抄表数据),时间范围为 2021 年全年,时间精度为月。

2.2. 供排水量平衡法

常见的管网入流入渗评估方法包括夜间最小流量法、三角分析法[8]、水量平衡法[9]、水质特征因子法[10]等。其中,夜间最小流量法适用于较小范围的管网入流入渗分析,三角分析法通常以全年为时间尺度进行入流入渗状况的分析,水质特征因子法需要开展额外的水质监测。针对本研究,为了分析入流入渗水量与泵站液位、河道水位及降雨量的相关性,需以天或场次降雨为时间尺度对入流入渗水量进行估算;结合现有的监测数据情况,最终选择水量平衡法。

对于所研究的泵站片区,由于其不转输其他区域的污水,可将进入到该片区的入流总量分为两部分,一部分为用户排放并进入管网系统的原生污水量,一部分为入流入渗等外来水量。根据水量平衡原理,一个片区在某一时段内存储水量的变化,是该片区的入流和出流导致的,即:

$$V_1 - V_0 = (Q_{FS} + Q_{II} - Q_{out}) \cdot T \quad (1)$$

其中, V_1 为管网最终储水量(m^3), V_0 为管网初始储水量(m^3), Q_{FS} 为原生污水(foul sewage)流量(m^3/d), 可通过片区内的用水量与排水系数进行估算, Q_{II} 为管网入流(inflow)与入渗(infiltration)总流量(m^3/d), Q_{out} 为片区出口泵站的流量(m^3/d), T 为分析时段的天数(d)。对于某个时段, 如果管网初始和最终的储水量变化不大, 即认为 $V_1 - V_0 \approx 0$, 则有:

$$Q_{II} = Q_{out} - Q_{FS} \quad (2)$$

由以上公式可以看出, 在采用水量平衡法时, 需要排除管网储水量变化带来的影响。根据管网长度和管径估算, 研究区域内管网的理论最大存储空间约 2030 m^3 , 约为泵站日均流量的 40%。针对较长的时间尺度(如月度、年度等), 管网储水量的变化通常可以忽略; 但针对短时间或单日的入流入渗水量估算, 若管网初始和最终的储水量发生了较大变化, 则可能对入流入渗水量的估算结果带来较大影响。由于管网储水量和泵站液位关系密切, 可以仅选择泵站起始时液位和最终液位相近的时段进行分析, 从而尽可能减少管网储水量变化带来的影响。

2.3. 旱天入流入渗分析方法

针对非降雨和降雨条件, 分别开展管网入流入渗的评估分析。对于非降雨条件, 主要以“天”为单位, 分析管网入流入渗水量与泵站液位、河道水位的影响关系。其中, 用于分析的“旱天”日期的具体选择标准为:

- ① 未发生降雨(当日降雨量不超过 2.0 mm);
- ② 未受到之前降雨影响(降雨发生后的 48 h 内认为受到降雨影响);
- ③ 当天 00:00 与 24:00 的泵站液位差不超过 $\pm 0.20 \text{ m}$;
- ④ 当天泵站最高液位不超过 1.00 m (黄海高程)。

上述的第③条, 为前文所述的减少管网储水量变化影响的考虑。对于第②条, 实际数据分析发现, 不同的降雨场次对管网造成影响的时间长度不同, 部分场次可能影响雨后 3~5 天, 主要体现在管网液位、流量高于旱天正常液位, 而结合第③条可以将这种情况排除。对于第④条, 主要是考虑部分特殊情况下, 泵站停泵导致水位上升, 此时存在污水外溢的风险, 计算得到的入流入渗水量不能反映一般情况, 因此排除。

采用以上方法, 选出用于旱天入流入渗分析的具体日期后, 可计算片区逐日的入流入渗水量, 并与泵站液位、河道水位进行相关性分析。对于单因素的相关性分析, 可以采用 Pearson 相关系数法, 对于多因素的相关性分析可以采用多元线性回归等方法。

2.4. 降雨入流入渗分析方法

与非降雨条件不同, 对于降雨条件而言, 以“天”为单位分析不能充分反映降雨对管网带来的影响。一方面, 一场降雨的持续时间可能跨过多个日期, 若以天为单位可能会将一场较大雨量的降雨分割成若干场小的降雨; 另一方面, 降雨对管网造成的影响可能在降雨结束后持续若干天, 如果仅对发生降雨的当天进行分析, 则会忽略后续的影响。因此, 本研究中对降雨入流入渗的分析, 主要以“场次降雨”为单位, 即从历史数据中人工选取出用于分析的降雨时段, 选择标准为:

- ① 时段的前期未发生明显降雨, 并且泵站液位、流量为正常旱季水平; 另外为避免随机误差, 前期的天数至少应取 3~5 天;
- ② 降雨主要集中在时段的中期;
- ③ 时段的末尾, 泵站日均液位、流量恢复到接近降雨发生前的水平。

以此标准选择分析时段后, 对于每一次场次降雨, 计算降雨引起的入流入渗水量(对比非降雨期间的增加量), 即:

$$V_{RDI} = n_{wet} \cdot (Q_{wet} - Q_{dry}) \quad (3)$$

式中, V_{RDI} 为该场次降雨下, 由降雨驱动的入流入渗总水量(m^3); n_{wet} 为该时段内, 降雨发生后的天数(包括降雨当天); Q_{wet} 为降雨发生后的日均泵站流量(m^3/d), Q_{dry} 为降雨发生前的日均泵站流量(m^3/d)。

计算得到场次降雨的入流入渗水量后, 可以将此水量和累积降雨量、泵站液位等进行相关性分析。

3. 结果与讨论

3.1. 区域入流入渗总体评估结果

根据当地自来水公司提供的数据, 研究区域内 2021 年的年用水总量为 136.6 万吨, 即日均用水量 3742 m^3/d 。根据当地经验, 采用 0.90 作为排水系数, 折算得到原生污水量为 3368 m^3/d 。对比 2021 年泵站实测流量为 5006 m^3/d , 二者差值得到该片区的入流入渗水量为 1638 m^3/d , 占总流量的比例(即入流入渗率)为 32.7%。图 1 展示了研究区域入流入渗的总体情况。和其他研究中南方城市管网状况对比, 该片区的入流入渗率处于中等水平, 但仍有一定的改善空间。

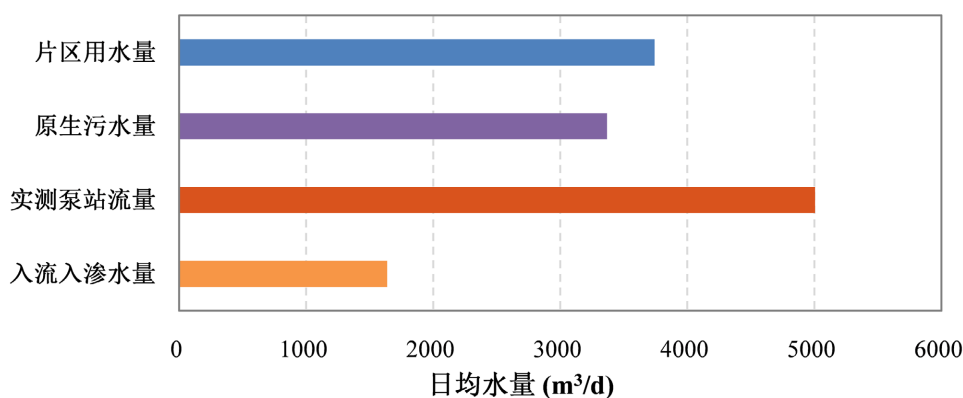


Figure 1. Overall situation of inflow and infiltration in the study area in 2021

图 1. 研究区域 2021 年入流入渗总体情况

采用同样方法, 可对逐月的入流入渗水量和入流入渗率进行评估, 结果显示各月的入流入渗水量在 750~2500 m^3/d 之间波动, 对应的入流入渗率在 19%~42% 之间波动。将各月的入流入渗水量和当月降雨量进行对比, 如下图 2 所示。可见从月度数据来看, 入流入渗水量和降雨量的变化规律并不一致, 例如 1~3 月的降雨量低于 9~11 月的降雨量, 但其入流入渗率达到 36%, 显著高于 9~11 月的 22%。由此可以推断, 管网入流入渗水量除受到降雨影响外, 更多地受到泵站流量控制等人为因素的调节; 换言之, 也可通过合理的人为调控降低入流入渗水量。

3.2. 旱天入流入渗分析结果

采用 2.3 中的分析方法, 根据 2020 年 5 月~2021 年 12 月的监测数据, 选择用于分析的“旱天”共 181 天; 其中, 部分天数存在泵站监测流量偏小、与开泵台数不匹配的情况, 对这部分数据予以剔除, 最终得到有效数据天数为 148 天。由于目前仅收集到 2021 年的用水量数据, 这里假定 2020 年用水量与 2021 年对应月份相同; 并将逐日用水量按照当月的日均值计算, 即可计算得到各个旱天的入流入渗水量。结果显示, 所有旱天的日均入流入渗水量为 1687 m^3/d , 该数值高于前文中 2021 年的入流入渗水量年均值 1638 m^3/d , 主要原因是选取时段不同。下面分析入流入渗水量和泵站液位、河道水位的相关性。

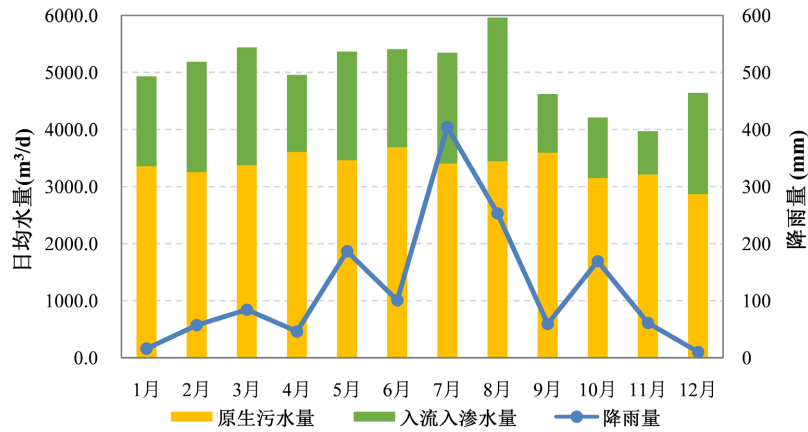


Figure 2. Monthly inflow and infiltration in the study area in 2021
图 2. 研究区域 2021 年逐月入流入渗情况

将筛选后的日期按照泵站液位从高到低排序,并绘制出各日期对应的泵站液位和片区入流入渗水量,如图 3 所示。当泵站液位高于-2.0 m (黄海高程)时,泵站液位与入流入渗水量整体呈负相关关系,计算其相关系数为-0.56;但当泵站液位低于-2.1 m 时,此关系不再成立,主要原因是此时管网内已经为低水位状态(即泵站集水池液位低于进水管管底高程),因此泵站液位与管网液位不再具有相关性。

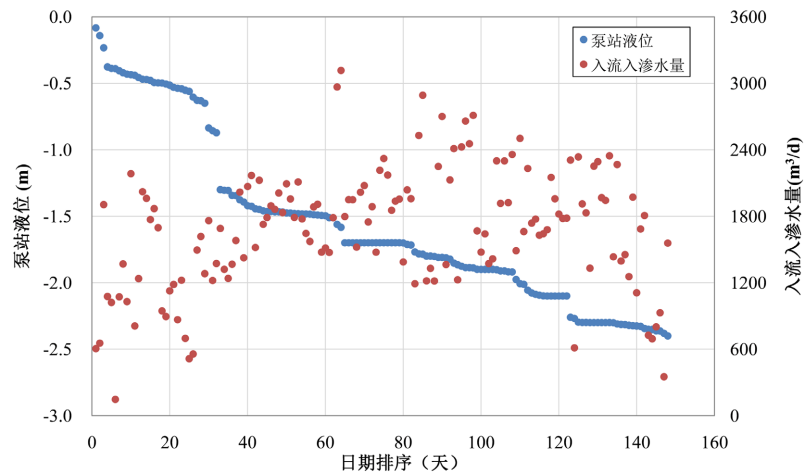


Figure 3. Relationship between liquid level and inflow and seepage volume of pump station in dry days (sorted by liquid level of pump station)

图 3. 旱天泵站液位和入流入渗水量关系图(按泵站液位排序)

同理,再将筛选后的日期按照河道水位从低到高排序,绘制出各日期对应的河道水位和片区入流入渗水量,如图 4 所示。由图可见,河道水位与入流入渗水量整体呈正相关关系;计算其相关系数为 0.50。

以上分析考虑的是单因素对入流入渗水量的影响。同时考虑泵站液位和河道水位对片区入流入渗水量的影响,采用多元线性回归方法,计算得到入流入渗水量 $Y = 6820 \cdot X_1 - 418 \cdot X_2 - 5768$, 其中 Y 为入流入渗水量(m^3/d), X_1 为河道水位(m), X_2 为泵站液位(m); 相关系数为 0.68。即当河道水位上升 0.10 m 时,入流入渗水量增加约 $682 m^3/d$, 对应入流入渗率上升约 14%; 泵站液位下降 1.0 m (但不低于-2.1 m) 时,入流入渗水量增加约 $418 m^3/d$, 对应入流入渗率上升约 8%。另外,采用线性回归法得到的入流入渗水量估算值和真实值仍具有一定偏差,其均方根误差(RSME)为 $381 m^3/d$, 对应入流入渗率的计算误差约

为 8%，说明还可能存在其他影响因素导致旱天入流入渗水量的变化，具体包括：① 用户的逐日用水量 and 用水行为存在波动，通过日均水量 \times 排水系数来估算排水量可能存在一定偏差；② 文中考虑了管网内存水量变化带来的影响，但并不能将其完全消除；③ 泵站流量计、液位计等仪表的测量误差等。

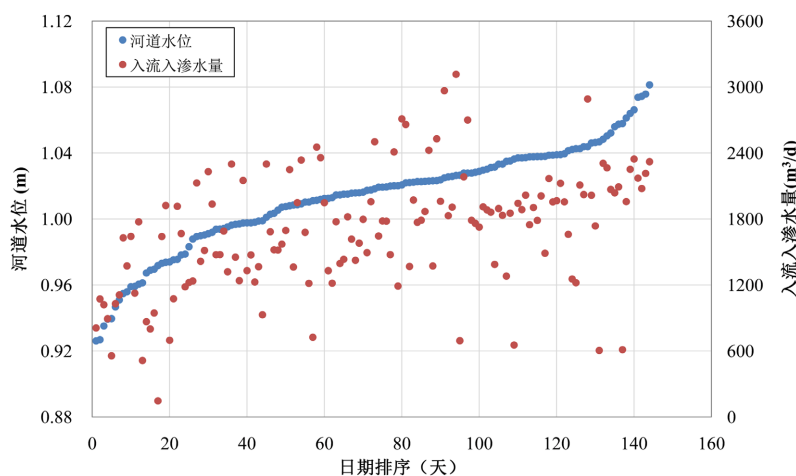


Figure 4. Relation diagram of water level and inflow and seepage volume of dry sky river channel (sorted by river level)
图 4. 旱天河道水位和入流入渗水量关系图(按河道水位排序)

3.3. 降雨入流入渗分析结果

采用 2.4 节中介绍的方法，对降雨带来的入流入渗进行分析。在所收集到的数据范围内，共选择 12 场典型的降雨时段。各降雨时段的逐日泵站流量和日降雨量变化如下图 5 所示。统计各个时段的累计降雨量、降雨驱动入流入渗量、泵站日均液位最高值，结果如表 1 所示。可见除降雨 3 外，各场次降雨均带来了管网入流入渗水量的增加，降雨驱动入流入渗水量和降雨量总体成正相关关系，但二者的比值与降雨量大小及泵站调控状况有关。

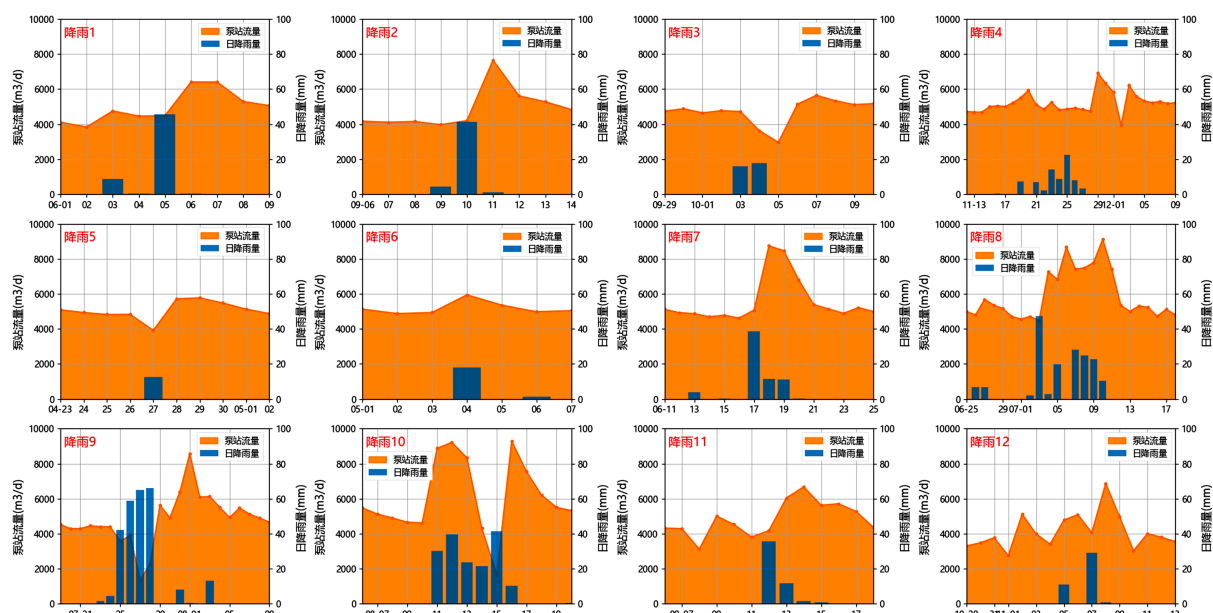


Figure 5. Daily pump station discharge and daily rainfall variation under typical rainfall period
图 5. 典型降雨时段下的逐日泵站流量和日降雨量变化

Table 1. Statistical results of rainfall inflow and infiltration
表 1. 场次降雨入流入渗水量统计结果表

序号	降雨发生日期	累积降雨量 (mm)	降雨驱动入流 入渗水量(m ³)	泵站日均液 位最高值(m)	入流系数(每 10 mm 降雨 对应入流入渗量) (m ³)
降雨 1	2020 年 6 月 5 日	46.2	6197	0.76	1341
降雨 2	2020 年 9 月 9 日~11 日	46.6	7087	0.31	1521
降雨 3	2020 年 10 月 3 日~8 日	33.4	-358	1.32	-107
降雨 4	2020 年 11 月 21 日~27 日	65.6	3781	1.12	576
降雨 5	2021 年 4 月 27 日	12.6	1372	-1.02	1089
降雨 6	2021 年 5 月 4 日	19.2	1409	-1.20	734
降雨 7	2021 年 6 月 17 日~19 日	61.4	11,208	-0.25	1825
降雨 8	2021 年 7 月 3 日~10 日	158.0	22,038	-0.02	1395
降雨 9	2021 年 7 月 25 日~28 日	258.4	9121	0.71	353
降雨 10	2021 年 8 月 11 日~17 日	167.0	16,711	0.60	1001
降雨 11	2021 年 9 月 12 日~15 日	49.8	8631	-0.02	1733
降雨 12	2021 年 11 月 5 日~7 日	41.0	6975	-0.46	1701

为进一步研究上述影响关系,将降雨驱动入流入渗量与降雨量的比例定义为“入流系数”,通过每 10 mm 降雨对应的入流入渗量(m³)进行定量计算。从 12 场降雨总体来看,平均每 10 mm 降雨带来的入流量为 982 m³,约为泵站日均流量的 0.20 倍。按照 2021 年当地降雨量 1356 mm 估算,从全年总量来看,降雨入流占泵站总水量的比例约为 7.3%,并不算太大;但对于降雨发生的时段,降雨入流会导致管网液位上升,对排水系统运行造成一定风险;分析降雨入流量及其影响因素,主要是为了给降雨期间的系统调控提供依据。

图 6 和图 7 分别为累积降雨量——入流系数,及泵站日均液位最高值——入流系数的关系散点图。分析降雨量与入流系数的关系,由于最初的一部分降雨量主要发生渗透或填充地面洼地,并不产生径流,因此对于小雨和中雨而言,入流系数通常较小;对于大雨(或累积降雨量 40~60 mm),入流系数可达约 1300 m³~1800 m³ 每 10 mm 降雨;而在暴雨或长期连续降雨下,排水系统已达到满负荷,多余的入流无法进入管网,因此入流系数又有所减小。而对入流系数与泵站液位的关系,可看出随着泵站最高液位的升高,入流系数呈现出先增加再减小的趋势。对于增加的阶段,主要原因是所对应的降雨量较小,因此泵站液位较低、入流系数也较小;而对于减小的阶段,主要原因是在泵站液位较高的情况下,通常管网液位也较高,降雨入流进入污水管网的驱动力减弱,甚至当泵站液位过高(超过 1.0 m)的情况下,管网内的污水有发生冒溢或外排的风险,因此入流系数显著下降甚至为负值;例如表 1 中的场次降雨 3,其日均液位最高值达到 1.32 m,降雨驱动入流入渗水量为-358 m³,即降雨期间的平均流量低于非降雨期间。此结果说明,要防止降雨期间污水发生冒溢或外排,应控制泵站液位不高于 1.0 m。

由上述分析可见,由降雨驱动的入流入渗水量,与降雨期间泵站的调控措施,以及排水系统的总体能力有关。在现状情况下,由于污水厂日常负荷率较高,应对降雨入流的空间较少,因此进入污水管网的降雨入流量也有限;但若未来污水厂扩建后能力充足,在降雨期间仍尽可能保持管网较低水位运行,那么降雨入流量可能进一步增加。

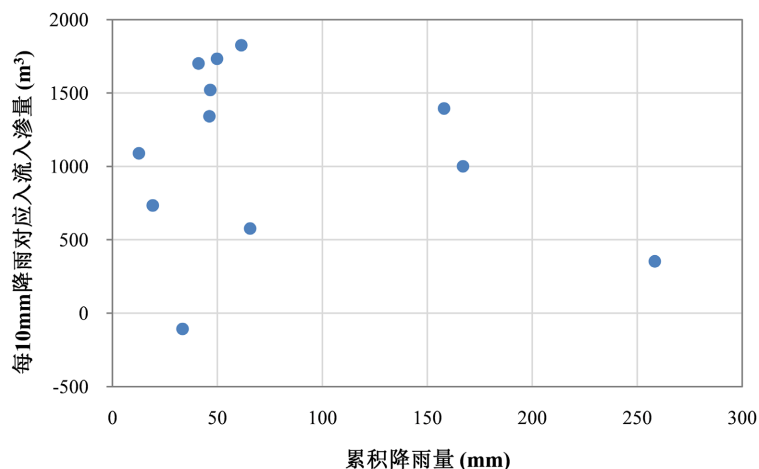


Figure 6. Scatter diagram of cumulative rainfall-inflow coefficient relationship
图 6. 累积降雨量 - 入流系数关系散点图

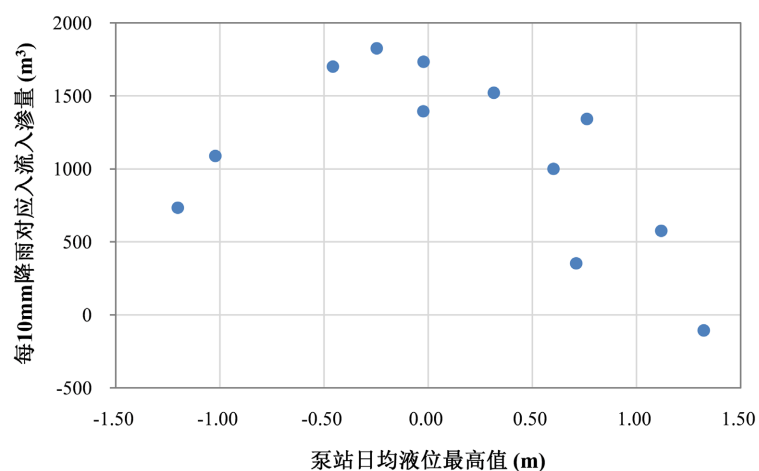


Figure 7. Scatter diagram of the relationship between the maximum daily average liquid level of the pump station and the inflow coefficient
图 7. 泵站日均液位最高值 - 入流系数关系散点图

4. 结论

本研究针对污水管网的入流入渗问题，以供排水量平衡方法为基础，针对非降雨和降雨时期，分别提出了入流入渗水量的估算与影响因素分析方法；并以苏州市中心区某泵站片区为案例，进行了方法的应用。所得结论如下：

1) 采用供排水量平衡分析方法，根据片区内的用水数据和排水系数，估算原生污水量，并与泵站实际监测流量进行对比，其差值认为是入流入渗水量。针对案例区域，结果显示其 2021 年总体入流入渗水量日均值为 $1638 \text{ m}^3/\text{d}$ ，占泵站总水量比例为 32.7%。

2) 针对非降雨期间，以天为单位进行分析，通过逐日 0 点和 24 点的液位变化、日内最高液位等，筛选用于分析的非降雨日期，计算逐日入流入渗水量，并和泵站液位、河道水位进行相关性分析。结果显示，针对案例区域，入流入渗水量与泵站液位呈负相关，与河道水位呈正相关；泵站液位下降 1.0 m 时入流入渗率上升约 8%，河道水位上升 0.10 m 时入流入渗率上升约 14%。该结果说明，通过合理的管网液位及河道水位调控，可一定程度上降低在非降雨期间的管网入流入渗水量。

3) 针对降雨期间,以场次降雨为单位进行分析,通过对比降雨发生前后的泵站日均流量,计算降雨下增加的入流入渗水量。针对案例区域,共选取 12 场降雨进行分析,统计得到平均每 10 mm 降雨带来的入流增加量约 980 m³,约为泵站日均流量的 0.20 倍;该入流比例系数与泵站液位总体成负相关关系,并且大雨(或累积降雨量 40~60 mm)条件下的入流比例大于小雨、中雨或长期连续降雨下的入流比例。由于降雨入流可能对管网安全运行造成风险,可依据降雨入流估算结果,制定相关的排水系统雨季调控措施。

4) 管网的入流入渗状况与排水系统的总体能力、河道与泵站调控措施等密切相关。污水厂处理规模的提升,一方面能在降雨发生时有效应对降雨冲击、减少内涝和降雨径流污染;但另一方面也可能在低水位调控下,使得管网的入流入渗水量进一步增加。在排水系统的规划建设和运行管理中,应从管网运行安全、污水厂水量水质稳定、防止水环境污染等多方面进行综合考虑,才能更好地达到排水系统“提质增效”的目标。

参考文献

- [1] 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, 57(8): 125-137.
- [2] 时宝珍, 李田. 上海市排水管渗入量调查与修复决策[J]. 市政技术, 2004, 22(2): 65-68.
- [3] 冯杭华, 陈海涛, 施翔, 郭帅. 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.
- [4] 王俊岭, 邓玉莲, 李英, 等. 排水管道检测与缺陷识别技术综述[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(33): 13520-13528.
- [5] 沈云. 排水管道非开挖修复技术的造价分析[J]. 城市道桥与防洪, 2020(1): 221-223+M0024.
- [6] 李兰娟, 钱言, 陈天放, 等. 我国南方地区城镇污水处理厂进水低浓度原因分析及对策建议[C]. 中国环境科学学会 2021 年科学技术年会. 环境工程技术创新与应用分会场论文集(一). 2021: 228-233+239.
- [7] 朱弋, 袁方竹. 上海市某片区污水输送干线及其支线地下水渗入情况评估[J]. 科技视界, 2021(17): 1-5.
- [8] 王小婷, 姚越, 周炜, 等. 基于三角分析法的城市污水管网入流入渗量评估[J]. 水污染及处理, 2019, 7(4): 152-159.
- [9] 马翠香, 王荣昌, 曾旭, 成志轩, 杨扬. 平原河网地区污水管网外来水量衡算分析[J]. 净水技术, 2020, 39(6): 61-66.
- [10] 徐祖信, 汪玲玲, 尹海龙, 李怀正. 基于特征因子的排水管网地下水入渗分析方法[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2016, 44(4): 593-599.