

其他水系统研究与应用

杨芳芳, 龚丽影, 朱光灿. 居民小区雨污分流工程质量评估方法的构建与应用[J]. 净水技术, 2022, 41(4):100–107.

YANG F F, GONG L Y, ZHU G C. Construction and application of quality evaluation methods for separated diversion project of rain and sewage water in residential communities[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(4):100–107.



扫我试试?

居民小区雨污分流工程质量评估方法的构建与应用

杨芳芳, 龚丽影, 朱光灿*

(东南大学能源与环境学院, 江苏南京 210096)

摘 要 城镇雨污分流工程建设是消除黑臭水体、缓解城市内涝、提升污水处理系统质效的重要举措,但在实际建设及运行过程中,因设计、施工及管养缺陷,使得管道混错接现象常有发生,并导致雨污分流工程难以完全达到预期效果。文中基于建设过程规范性、雨污分流工程建设成效以及工程建成后运维管养现状,针对居民小区构建了雨污分流工程质量评估指标体系,应用层次分析法(AHP)确定各指标权重,建立雨污分流工程质量评估方法,并用于某区域居民小区雨污分流工程质量评估。结果表明,所建立的评估方法可客观评估片区雨污分流工程建设质量,反映工程存在问题,可为其整改提供依据。

关键词 雨污分流 质量评估 评估指标 评估方法 层次分析法(AHP)

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0177(2022)04-0100-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.04.016

Construction and Application of Quality Evaluation Methods for Separated Diversion Project of Rain and Sewage Water in Residential Communities

YANG Fangfang, GONG Liying, ZHU Guangcan*

(School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract The construction of urban rain and sewage diversion project is an important measure to eliminate black and odorous water body, alleviate urban waterlogging, and improve the quality and efficiency of sewage treatment system. However, there are many defects in design, construction and maintenance leading to illicit connection of pipeline in the actual construction and operation process. For this reason, the rain and sewage diversion project do not achieve the expected result. Based on the standardization of the construction process, the effect of rain and sewage diversion, and the status of operation and maintenance after the completion of project, an evaluation method was constructed in this paper for rainwater and sewage diversion project in residential communities. The proportion of each indicator was estimated by the analytic hierarchy process and the method was used in the quality evaluation of rainwater and sewage diversion project for a certain area. Application shows that the evaluation method can objectively evaluate the construction effectiveness of rain and sewage diversion project. This method can also reflect the existing problems of project and provide a basis for its rectification.

Keywords rain and sewage diversion quality evaluation evaluation index evaluation method analytic hierarchy process(AHP)

[收稿日期] 2021-04-16

[基金项目] 江苏省社会发展项目(BE2018630);无锡市科技发展资金项目(WX18IVJN609)

[作者简介] 杨芳芳(1996—),女,硕士,研究方向为水污染治理, E-mail: 220180512@seu.edu.cn。

[通信作者] 朱光灿,男,教授, E-mail: gc-zhu@seu.edu.cn。

雨污分流工程通过建设独立的雨、污水管网系统,实现雨、污水“各行其道”。实施雨污分流改造对于缓解城市雨天溢流污染、消除黑臭水体以及提高污水处理厂处理效能至关重要。2015年4月,国

务院发布《水污染防治行动计划》(即“水十条”)^[1],要求现有合流制排水系统应分尽分,对难以进行雨污分流改造的区域,采取截流、调蓄和治理等措施,全面推进建成区污水全收集和全处理。但在实际改造过程中,由于管材及施工质量控制不到位、设计管线难以落实^[2]、居民排水习惯差以及工程完成后管网长效管理不善^[3]等,雨污管网混、错接现象时常发生,使雨污分流工程未能达到预期效果,影响水环境的同时加重了污水处理厂的运行负荷,污水进厂浓度被稀释使得总体污染控制效率降低^[4-5]。彭中亚等^[6]发现,江苏某区一污水处理厂进水 COD_{Cr} 、 BOD_5 等水质指标含量较低,2019 年 COD_{Cr} 均值仅为 229 mg/L,低于《江苏省城镇生活污水处理提质增效三年行动实施方案(2019—2021 年)》中进厂水质的要求(COD_{Cr} 含量 ≥ 260 mg/L),且污水管网长期处于高水位运行状态,影响污水处理效果,增加了雨天溢流风险。徐祖信等^[7]研究表明,某大型污水处理厂在 2011 年—2018 年,雨天平平均进水量均高于晴天 14% 以上,雨水进入污水管网,侵占了其传送容量,增加了雨天溢流风险,同时降低了污水处理厂的进水浓度,增加了处理成本。因此,亟需对雨污分流建成区雨、污水管道进行全面评估,明确所存在问题,及时对其进行修复和整改,以消除工程建设和运维质量不达标带来的地下水入渗、雨污管网混接问题,切实提升污水收集与处理效益。

2016 年,住房和城乡建设部发布《城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南(试行)》,该指南以黑臭水体整治为目标,为各地市政排水口、排水管道及检查井排查治理提供了工作方法。目前,福建、上海、南京、无锡、合肥等地已相继发布雨污管网混接排查技术导则,可在一定程度上指导分流制地区雨污管网混接排查和整改,但对于城镇雨污分流工程质量依旧缺乏全过程的分析和评估。

本文聚焦于雨污分流工程,以国内较早开展雨污分流工程建设的城市——南京市为例,针对城镇污水的源头——居民小区雨污分流工程,调研分析其雨污分流工程建设过程和管养状况,构建雨污分流工程质量评估指标体系,建立评估办法,评估典型区域居民小区雨污分流工程质量,为雨污分流工程项目管理、混接改造以及运维管养提供依据。

1 指标体系构建及权重确定

1.1 评估指标体系

本文立足于评估雨污分流工程全过程质量,基于工程建设规范性、雨污分流工程建设成效及工程建成后运维管养现状确定质量评估指标。根据系统性、科学性和可操作性原则,结合南京市雨污分流工程建设与运行管养调研结果,选取建设管理资料指标、节点井水质情况指标和排水设施管养情况指标作为 3 个一级指标,分别评价工程建设规范性、雨污分流工程建设成效和工程建成后运维管养现状,构建雨污分流工程质量评估指标体系。在实际运用中,不同城市需根据自身建设程序设定具体评估指标。

(1) 建设管理资料

雨污分流工程需按建设程序办理相应手续,因此,通过核查雨污分流工程建设管理资料,可评估工程建设规范性。调研南京市雨污分流工程前期手续办理流程,确定居民小区建设管理资料核查指标,共计 11 项,包括立项文件、初步设计批复(概算)、招投标手续、图纸专家意见书、规划审定意见通知书、施工许可证、竣工验收报告、设计图、竣工图、工程竣工时管道检测报告和节点井水质检测报告。

(2) 节点井水质情况

雨污分流管网建成后,若有其他水源(地下水、雨水等)进入污水管网,管道污水浓度将会降低,反之若有污水进入雨水管网,管道雨水浓度将会升高。因此,通过检测污水监测井和雨水节点井水质浓度,可判断雨污分流工程的建设成效。本文采用污水管网收集效果和雨污管网混接情况 2 个指标描述节点井水质情况,以污水监测井在非雨天及雨天的水质判断污水管网收集效果;以污水监测井在雨天及雨水节点井在非雨天的水质判断雨污管网混接情况。

(3) 排水设施管养情况

排水设施目前普遍存在“重建设、轻管理”的现象,运维管理不到位将导致雨、污管网不能充分发挥作用。本研究从管养队伍、管养制度以及管养记录评价居民小区排水设施管养情况。

1.2 指标权重确定

目前,常用的权重确定方法有主观权重赋值法和客观权重赋值法。主观权重赋值法包括层次分析法(AHP)和德尔菲法等^[8-9];客观权重赋值法包括

主成分分析法、标准离差法、熵权法、CRITIC 法以及变异系数法等^[10]。由于 AHP 不需要依赖客观数据, 无需建立繁琐的数据模型, 在缺乏足够数据统计的情况下也能对研究对象作出有效预测^[11], 本文以遴选出的评价指标为内容, 根据 AHP, 采用表 1 所示 1~9 的标度规则对指标按照重要性程度量化评分, 并以问卷调查形式获得若干有效指标重要性程度评分表后, 针对每份评分表建立判断矩阵 [式 (1)]。

表 1 标度说明
Tab. 1 Scale Description

标度	含义
1	表示指标 i 和 j 同等重要
3	表示指标 i 比 j 稍微重要
5	表示指标 i 比 j 明显重要
7	表示指标 i 比 j 强烈重要
9	表示指标 i 比 j 极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述两两比较标度的中间值
倒数	指标 i 和 j 重要性比较得到 C_{ij} , 则指标 j 与 i 的重要性比较 $C_{ji} = 1/C_{ij}$

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中: C ——判断矩阵的一般形式。

计算每份评分表所代表指标权重, 最终以各指标权重平均值作为该指标最终权重。经计算, 建设管理资料、节点井水质情况及排水设施管养情况这 3 个一级指标的权重分别为 0.140 6、0.597 9 和 0.261 5, 各二级指标权重如表 2 所示。

2 片区雨污分流工程质量评估评分标准

雨污分流工程质量评估时, 各二级指标单项得分为 $S_i (i=1, 2, \dots, 16)$, 满分均为 100 分。

2.1 建设管理资料

建设管理资料指标包括雨污分流工程建设过程中需要办理的各项资料, 通过该项评估, 可全面了解工程建设流程的合理性和完整性。针对居民小区建设管理资料单项指标进行评分, 若单项资料具备且有相关部门正式认证, 则该单项指标得分 $S_i (i=1,$

表 2 雨污分流工程质量评估指标及权重

Tab. 2 Quality Evaluation Indicators and Weightness for Rain and Sewage Water Diversion Project

目标层	一级指标	二级指标	
		指标名称	权重
居民小区	建设管理资料	立项文件	0.013 6
		初步设计批复(概算)	0.013 7
雨污分流	工程质量	招投标手续	0.009 7
		图纸专家意见书	0.007 8
评估		规划审定意见通知书	0.007 8
		施工许可证	0.007 6
		竣工验收报告	0.010 0
		设计图	0.010 4
		竣工图	0.012 3
		管道检测报告	0.026 6
	节点井水质情况	节点井水质检测报告	0.021 1
		污水管网收集效果	0.243 8
	排水设施管养情况	雨污管网混接情况	0.354 1
		管养队伍	0.084 4
		管养制度	0.092 7
		管养记录	0.084 4

2, ..., 11) 为 100 分, 若无则为 0 分。

2.2 节点井水质情况

居民小区排水管网末端污水监测井和雨水节点井是指居民小区排水管网接入市政管网前的最后一座井, 若某居民小区有多个末端污水监测井或雨水节点井, 则需对多个井位分别取样检测, 取水质均值作为该小区水质, 基于此判断污水管网收集效果和雨污管网混接情况。一般情况下, 居民小区排水管网中的雨、污水水质处于相对稳定的范围, 因此, 可通过检测水质, 判断污水收集效果或是否存在雨污混接, 从而评价雨污分流工程建设成效。

本研究污水监测井和雨水节点井检测指标均为 COD_{Cr} 和氨氮 (COD_{Cr} 含量表示污水中有机物量, 氨氮含量表示污水来源)。污水监测井非雨天采样从连续第三个非雨天开始, 在早 (7:00—9:00)、中 (11:00—14:00)、晚 (19:00—22:00) 分别取样, 连续检测 2 d 后取各水质指标均值; 污水监测井雨天采样需在降雨开始 30 min 后进行, 以排除初期雨水对水质的影响, 检测 2 d (或以上) 雨天后取各水质指标均值; 雨水节点井在非雨天采样方法与污水监

测井在非雨天采样方法相同。

2.2.1 污水管网收集效果

研究以片区污水监测井在非雨天及雨天 COD_{Cr} 和氨氮含量为依据,计算居民小区污水管网收集效果得分。本研究根据国家《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》和《江苏省城镇生活污水处理提质增效三年行动实施方案(2019—2021年)》,结合南京市雨污分流片区污水管网水质实际碳氮比,设定污水监测井非雨天水质评估高线;根据《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)以及福建省《建成区雨污混接排查技术指南》,设定污水监测井非雨天水质评估低线。雨天时由于地表径流以及地下水位升高,会有部分雨水及地下水进入污水管道,针对此2类情况,降低20%的污水监测井在非雨天的评估线作为雨天评估线,即雨天评估线近似取非雨天评估线的80%,如表3所示。当评估不同城市雨污分流工程质量时,需根据当地污水水质确定评估线。

表3 污水监测井水质评估线
Tab.3 Water Quality Assessment Line of Sewage Monitoring Well

指标	非雨天		雨天	
	评估高线	评估低线	评估高线	评估低线
$\text{COD}_{\text{Cr}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	260.00	150.00	208.00	120.00
氨氮/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	30.00	8.00	24.00	6.40

若污水监测井在非雨天及雨天的 COD_{Cr} 、氨氮实测值大于对应评估高线,即可得单项满分;若 COD_{Cr} 、氨氮实测值小于对应评估低线,单项指标评估不得分; COD_{Cr} 、氨氮浓度实测值位于两者中间,则通过内插法进行计算。

污水监测井在非雨天得分由 COD_{Cr} 、氨氮指标得分计算而得,如式(2)~式(4)。

$$S_{c_1} = \begin{cases} 100 & (c_1 \geq 260.00) \\ \frac{100 \times (c_1 - 150.00)}{(260.00 - 150.00)} & (150.00 < c_1 < 260.00) \\ 0 & (c_1 \leq 150.00) \end{cases} \quad (2)$$

$$S_{d_1} = \begin{cases} 100 & (d_1 \geq 30.00) \\ \frac{100 \times (d_1 - 8.00)}{(30.00 - 8.00)} & (8.00 < d_1 < 30.00) \\ 0 & (d_1 \leq 8.00) \end{cases} \quad (3)$$

$$S_{w_1} = 0.5 \times S_{c_1} + 0.5 \times S_{d_1} \quad (4)$$

其中: c_1 ——污水监测井在非雨天 COD_{Cr} 含量, mg/L ;

d_1 ——污水监测井在非雨天氨氮含量, mg/L ;

S_{c_1} ——污水监测井在非雨天 COD_{Cr} 得分;

S_{d_1} ——污水监测井在非雨天氨氮得分;

S_{w_1} ——污水监测井在非雨天得分。

同理可得,污水监测井在雨天得分计算如式(5)~式(7)。

$$S_{c_2} = \begin{cases} 100 & (c_2 \geq 208.00) \\ \frac{100 \times (c_2 - 120.00)}{(208.00 - 120.00)} & (120.00 < c_2 < 208.00) \\ 0 & (c_2 \leq 120.00) \end{cases} \quad (5)$$

$$S_{d_2} = \begin{cases} 100 & (d_2 \geq 24.00) \\ \frac{100 \times (d_2 - 6.40)}{(24.00 - 6.40)} & (6.40 < d_2 < 24.00) \\ 0 & (d_2 \leq 6.40) \end{cases} \quad (6)$$

$$S_{w_2} = 0.5 \times S_{c_2} + 0.5 \times S_{d_2} \quad (7)$$

其中: c_2 ——污水监测井在雨天 COD_{Cr} 含量, mg/L ;

d_2 ——污水监测井在雨天氨氮含量, mg/L ;

S_{c_2} ——污水监测井在雨天 COD_{Cr} 得分;

S_{d_2} ——污水监测井在雨天氨氮得分;

S_{w_2} ——污水监测井在雨天得分。

居民小区污水管网收集效果得分如式(8)。

$$S_{12} = 0.5 \times S_{w_1} + 0.5 \times S_{w_2} \quad (8)$$

其中: S_{12} ——居民小区污水管网收集效果得分。

2.2.2 雨污管网混接情况

周志鹏等^[12]研究发现,不同峰型降雨类型在降雨径流产生30 min后, COD_{Cr} 、氨氮含量将分别小于50、1.0 mg/L 。赵玉坤等^[13]研究了太湖流域某典型城市降雨事件,结果表明在径流产生30 min后,居民小区内地表径流 COD_{Cr} 含量均小于20 mg/L ,氨氮含量均小于1.5 mg/L 。本文根据《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)、

《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002), 分别设定雨水节点井在非雨天水质评估高线和评估低线, 如表 4 所示。

表 4 雨水节点井非雨天评估线
Tab. 4 Non-Rainy Days Assessment Lines for Rainwater Node Well

指标	评估高线	评估低线
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	50.00	30.00
氨氮/(mg·L ⁻¹)	8.00	1.50

若居民小区雨水节点井在非雨天无水流动, 则可得该项水质评分满分, 否则需根据水质进行评分。若雨水节点井在非雨天下 COD_{Cr} 和氨氮实测值大于评估高线, 表明水质未达到城镇污水处理厂污染物排放要求, 直接下河将会影响流域水质, 单项水质指标不得分; 若实测值小于评估低线, 表明节点井水质已达到地表Ⅳ类水标准, 单项水质指标可得满分, 位于评估高线和评估低线之间, 则通过内插法计算指标得分。

计算雨水节点井在非雨天的得分如式(9)~式(11)。

$$S_{c_3} = \begin{cases} 100 & (c_3 \leq 30.00) \\ \frac{100 \times (50.00 - c_3)}{(50.00 - 30.00)} & (30.00 < c_3 < 50.00) \quad (9) \\ 0 & (c_3 \geq 50.00) \end{cases}$$

$$S_{d_3} = \begin{cases} 100 & (d_3 \leq 1.50) \\ \frac{100 \times (8.00 - d_3)}{(8.00 - 1.50)} & (1.50 < d_3 < 8.00) \quad (10) \\ 0 & (d_3 \geq 8.00) \end{cases}$$

$$S_y = 0.5 \times S_{c_3} + 0.5 \times S_{d_3} \quad (11)$$

其中: c_3 ——雨水节点井非雨天 COD_{Cr} 含量, mg/L;

d_3 ——雨水节点井非雨天氨氮含量, mg/L;

S_{c_3} ——雨水节点井非雨天 COD_{Cr} 得分;

S_{d_3} ——雨水节点井非雨天氨氮得分;

S_y ——雨水节点井非雨天得分。

污水监测井雨天得分见 2.2.1 小节, 则雨污混接情况得分如式(12)。

$$S_{13} = 0.7 \times S_y + 0.3 \times S_{w_2} \quad (12)$$

其中: S_{13} ——雨污混接情况得分。

2.3 排水设施管养情况

居民小区排水设施管养情况指标包括管养队伍、管养制度、管养记录, 该项指标无统一评分标准, 满足地区要求, 则单项指标得分 S_i ($i=14, 15, 16$) 为 100 分; 若无相应内容, 则为 0 分。

2.4 综合评估方法

单个居民小区雨污分流工程质量评估一级指标得分为对应二级指标 (S_i) 得分与其权重 (w_i) 乘积之和; 单个居民小区质量评估得分为各一级指标得分之和。获得单个居民小区质量评估得分后, 根据面积, 计算评估区域居民小区雨污分流工程质量评估总得分, 计算如式(13)。

$$X = \frac{\sum \alpha_j A_j}{A} \quad (13)$$

其中: X ——评估区域总得分;

A ——评估区域居民小区总面积, km²;

α_j ——第 j 个居民小区得分;

A_j ——第 j 个居民小区面积, km²。

3 评估方法的应用

3.1 案例分析

本研究典型区域地处南京市西南部, 距南京市中心 30 km, 南接安徽马鞍山市区和当涂县, 东邻禄口街道, 西连谷里、江宁街道, 北交江宁开发区, 现有居民小区共 20 个。通过收集评估区域内雨污分流片区建设管理资料及排水设施管养信息, 检测污水监测井和雨水节点井水质, 并根据本研究提出的评估方法, 对该区域雨污分流工程质量进行评估。

(1) 建设管理资料

评估区域内居民小区建设管理资料指标中, 部分片区初步设计批复(概算)和施工许可证指标得分为 0, 其余指标得分均为满分。

(2) 节点井水质情况

针对该区域的 20 个居民小区, 共选取小区管网末端 26 座污水监测井和 20 座雨水节点井, 采集 164 个水样, 检测分析得到 328 个水质数据。其中, 污水监测井非雨天和雨天水质各 156 个, 雨水节点井非雨天水质数据 16 个。评估片区污水监测井及雨水节点井水质浓度如表 5 所示, 表中各片区水质

含量均为相应天气下该片区包含监测井及节点井的水质指标均值。

表 5 污水监测井/雨水节点井水质浓度
Tab. 5 Water Quality Concentration of Sewage Monitoring Wells and Rainwater Node Wells

片区编号	污水监测井				雨水节点井	
	非雨天		雨天		非雨天	
	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)
#1	384.67	68.10	299.00	47.73	42.00	3.29
#2	333.67	63.97	354.25	66.08	38.00	1.14
#3	395.67	69.84	271.33	67.32	无水	无水
#4	456.67	71.40	524.50	74.00	58.50	5.53
#5	528.67	72.10	548.00	77.60	56.00	4.68
#6	327.50	72.20	335.50	60.55	45.00	1.59
#7	453.00	65.87	608.00	72.55	无水	无水
#8	419.00	68.80	491.50	62.45	35.00	1.60
#9	471.33	64.63	446.50	65.60	无水	无水
#10	338.17	68.08	348.75	64.43	无水	无水
#11	573.00	83.50	548.00	70.35	无水	无水
#12	481.00	80.63	451.00	63.75	30.00	0.98
#13	486.33	74.93	625.50	72.70	无水	无水
#14	429.00	67.83	488.50	62.55	无水	无水
#15	397.67	61.20	610.00	71.00	无水	无水
#16	379.67	57.23	516.50	69.55	无水	无水
#17	404.33	56.00	466.50	62.05	44.00	1.14
#18	432.33	64.30	580.50	74.45	无水	无水
#19	432.00	64.07	750.00	79.25	无水	无水
#20	543.67	78.33	457.50	61.05	无水	无水

评估区域居民小区污水监测井在非雨天 COD_{Cr}、氨氮含量分别为 327.50~573.00、56.00~83.50 mg/L; 在雨天 COD_{Cr}、氨氮含量为 271.33~750.00、47.73~79.25 mg/L; 各片区在非雨天和雨天 COD_{Cr} 含量均大于 260.00 mg/L, 满足《江苏省城镇生活污水处理提质增效三年行动实施方案(2019—2021 年)》中污水进厂水质要求。参与评估的 20 个片区中 12 个片区雨水节点井在非雨天时无流水, 其余 8 个片区 COD_{Cr}、氨氮含量为 30.00~58.50、0.98~5.53 mg/L, 从 COD_{Cr} 角度看, 均劣于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) IV 类水标准, 可能有污水进入雨水管网, 需对该类片区雨水管网进行现场排查。

根据表 5 数据及 2.2 小节所述评分方法, 计算单片区污水管网收集效果与雨污管网混接情况指标得分。

(3) 排水设施管养情况

目前, 评估区域内居民小区排水设施均由街道代管, 有相应管养协议、管养制度与管养记录, 单片区管养队伍、管养制度和管养记录均可得满分。

(4) 质量评估结果

根据本文所述评估方法, 评估区域内居民小区雨污分流工程质量评分结果如表 6 所示。

评估区域雨污分流工程建设管理资料得分为 12.73 分(满分为 14.06 分), 资料完整度有待提高; 节点井水质情况得分为 57.32 分(满分为 59.79

表6 雨污分流工程质量评估结果
Tab. 6 Quality Evaluation Results for Rain and Sewage
Diversion Project

片区编号	建设管理 资料得分	节点井水质 情况得分	排水设施管 养情况得分	片区 总得分
#1	11.93	48.94	26.15	87.02
#2	11.93	54.83	26.15	92.91
#3	11.93	59.79	26.15	97.87
#4	11.93	39.71	26.15	77.79
#5	11.93	41.33	26.15	79.41
#6	11.93	50.32	26.15	88.45
#7	11.93	59.79	26.15	97.87
#8	11.93	56.50	26.15	94.58
#9	11.93	59.79	26.15	97.87
#10	13.30	59.79	26.15	99.24
#11	11.93	59.79	26.15	97.87
#12	11.93	59.79	26.15	97.87
#13	11.93	59.79	26.15	97.87
#14	13.30	59.79	26.15	99.24
#15	13.30	59.79	26.15	99.24
#16	13.30	59.79	26.15	99.24
#17	13.30	51.11	26.15	90.56
#18	13.30	59.79	26.15	99.24
#19	13.30	59.79	26.15	99.24
#20	11.93	59.79	26.15	97.87
评估区域总得分	12.73	57.32	26.15	96.20

分),部分片区雨水节点井在非雨天有水流动,且水质劣于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水标准,可能存在雨污混接现象;排水设施管养情况得分为26.15分(满分为26.15分),是因为各片区排水设施均由街道代管;居民小区评估总得分为96.20分。

3.2 整改建议

根据质量评估结果,对该区域雨污分流工程整改提出以下建议。

(1)建设管理资料

该区域的#1~#9、#11~#13及#20缺少初步设计批复(概算)及施工许可证,#10、#14~#19片区缺少施工许可证,表明该区域建设资料管理仍存在一定缺陷。建议在简化合并相关工程手续的同时设立资料管理部门,统一档案管理制度,加强管理人员培

训,建立部门考核制度,定期对资料管理进行考核,确保建设资料应存尽存。

(2)管网排查整改

评估区域中#1、#2、#4~#6、#8、#12、#17片区雨水节点井在非雨天有水流动,且水质劣于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类水标准,初步判断存在雨污混接现象。针对此类片区,应及时进行现场踏勘,排除居民随意排污及私接管线导致的污水进入雨水管,并结合管道CCTV/QV检测(电视检测或内窥检测),摸清管道内部状况,若存在混接点,应及时进行修复改造。

(3)排水设施运维管养

评估区域内居民小区排水设施目前均由所属街道代为管养,该模式只能在现阶段发挥管养作用,不利于设施运行的长效性。建议主管部门加快管养移交工作,将排水设施统一交由专业管养单位进行管养,同时管养单位应制定统一养护标准,加强养护人员专业技术培训,形成管网养护台账,强化排水设施养护质量。

4 结语

(1)根据居民小区雨污分流工程建设特点及预期成效,构建质量评估指标体系,结合问卷调查法与AHP确定各指标权重,建立质量评估方法。

(2)对典型区域内居民小区雨污分流工程质量进行综合评估,结果显示该区域内居民小区雨污分流工程在项目资料管理方面仍有待加强,而且部分片区雨水管网可能有污水混入,需结合管道检测及现场踏勘进一步确认。

(3)居民小区雨污分流工程质量评估方法可客观评估工程实际成效,反映雨污分流工程建设所存在问题,有利于对雨污管网运营状态进行判断,及时发现雨污分流管网覆盖空白区域及运行薄弱点,促进管网建设、整改与管养落实,保障城市排水系统稳定高效运行。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发水污染防治行动计划的通知[EB/OL]. (2015-04-02)[2021-03-05]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.htm.
- [2] 周飞翔. 基于海绵城市建设的雨污分流改造模式研究——以鹤壁市为例[J]. 给水排水, 2018, 54(12): 25-30.
- [3] 管慧玲. 关于上海市分流制地区住宅小区雨污分流改造的总

- 结和思考[J]. 净水技术, 2021, 40(s2): 67-70.
- [4] ELLIS J B, BUTLER D. Surface water sewer misconnections in England and Wales: Pollution sources and impacts[J]. Science of the Total Environment. 2015, 526: 98-109. DOI: 10.1016/j.scitotenv. 2015. 04. 042.
- [5] 邢玉坤. 我国排水管网污染源问题分析及截流系统设计研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2020.
- [6] 彭中亚, 袁武, 谭玉龙. 城镇污水收集系统提质增效对策研究——以某污水处理厂 A 片区为例[J]. 给水排水, 2020, 56(s1): 430-440.
- [7] 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, 55(3): 1-5, 77.
- [8] 马萌华. 基于模糊综合评价法的海绵城市 LID 措施综合效能评价体系研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2019.
- [9] 张峰菁. 水污染治理工程绩效评估研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2019.
- [10] 彭定洪, 黄子航. 生态城市发展质量评价方法研究[J]. 中国科技论坛, 2019(8): 95-104.
- [11] HAMMAMI S, ZOUHRI L, SOUISSI D, et al. Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia)[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2019, 12(21): 653-653.
- [12] 周志鹏, 陈铁, 杨松文, 等. 基于雨型的南方典型小流域城市降雨径流污染特征研究[J]. 天津科技, 2020, 47(9): 86-92.
- [13] 赵玉坤, 梅生成. 太湖流域城市地表径流污染物浓度及污染特征分析[J]. 环境科技, 2019, 32(4): 52-59.

(上接第 85 页)

究其原因,可能是在有机污染物的降解过程中,生成的中间产物固着吸附在催化剂的表面,使其比表面积降低,引起表面的活性位点的流失,导致催化效率略微下降。

3 结论

(1)采用水热反应法制备了一种新型 Mo、Co、Fe 三金属铁氧体 $\text{CoFe}_{1.5}\text{Mo}_{0.5}\text{O}_4$ 。

(2)用 XRD 对所制备的铁氧体晶相结构进行表征,材料为立方尖晶石晶相结构且纯度较高。运用 FTIR 对所制备的铁氧体晶体结构中的金属-氧键进行验证表征,表明其内部不同结构位置上有 Fe-O 键的伸缩振动,在对称和反对称位置出现了 O-O 键的伸缩震动。运用 BET 对其比表面积及孔隙的分布进行了检测表征,比表面积为 $48.43 \text{ m}^2/\text{g}$,孔径为 32.84 nm ,孔径分布较为集中,且含有微孔和介孔。

(3)通过对“PMS/SFNPs”体系的影响因素(PMS 投加量、催化剂剂量、初始 pH)进行研究,得出了体系去除 PSA 时最经济有效的各项参数:pH 值=2.5~2.9(未调节),废水 PSA 质量浓度为 $85 \sim 100 \text{ mg/L}$,催化剂用量为 0.20 g/L ,PMS 投加量为 3.0 g/L ,反应接触时间为 90 min ,温度为 25°C ,此时 PSA 去除率可达 87%。

(4)对铁氧体催化剂进行了多次回收利用试验,表明其一直保持着较高的催化活性。

参考文献

- [1] 化学工业出版社. 中国化工产品大全[M]. 4 版. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [2] 翟建国, 周书静, 杨晶, 等. $\text{Fe}^{2+}-\text{H}_2\text{O}_2$ 催化氧化加混凝处理苯酚磺酸废水[J]. 上海环境科学, 2002(10): 625-627.
- [3] 李丽, 刘占孟, 聂发挥. 过硫酸盐活化高级氧化技术在污水处理中的应用[J]. 华东交通大学学报, 2014, 31(6): 114-118.
- [4] 张炳烛, 张钊, 王昆亭, 等. 过硫酸盐非均相催化剂进展[J]. 应用化工, 2018, 47(1): 176-180.
- [5] KAUR M, KAUR N, VIBHA V. Ferrites: Synthesis and applications for environmental remediation[J]. ACS Symposium Series, 2016. DOI: 10.1021/bk-2016-1238.ch004.
- [6] KHARISOV B I, DIAS H V R, KHARISSOVA O V. Mini-review: Ferrite nanoparticles in the catalysis [J]. Arabian Journal of Chemistry, 2019, 12(7): 1234-1246.
- [7] 樊亚楠. 钼酸钴活化过一硫酸盐氧化降解有机染料的效能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [8] LAOKUL P, AMORNKITBAMRUNG V, SERAPHIN S, et al. Characterization and magnetic properties of nanocrystalline CuFe_2O_4 , CoFe_2O_4 , ZnFe_2O_4 powders prepared by the Aloe vera extract solution[J]. Current Applied Physics, 2011, 11(1): 101-108.
- [9] 邹鲁. 尖晶石型复合金属氧化物功能材料的制备、表征及其性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2008.
- [10] KEFENI K K, MAMBA B B, MSAGATI T A M. Application of spinel ferrite nanoparticles in water and wastewater treatment: A review[J]. Separation and Purification Technology, 2017, 188: 399-422. DOI: 10.1016/j.seppur. 2017. 07. 015.