

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.24.016

厦门城市混合功能街区雨污混接改造实践

张 朔

(福建省建筑科学研究院有限责任公司 福建省绿色建筑技术重点实验室,
福建 福州 350108)

摘 要: 在海绵城市建设、黑臭水体治理和污水处理提质增效等政策背景下,雨污混接改造是城市水问题治理的关键一环。选取厦门市典型混合功能街区雨污混接改造实践案例,分析街区内排水系统溯源排查和现场踏勘问题,提出从建筑立管到室外排水管网及特殊排水设施的系统性改造方案和具体改造方法,并确定现有排水管道和排水附属构筑物的修复原则和技术措施,为后续推进片区雨污混接改造工作提供示范,也对类似项目具有一定借鉴作用。

关键词: 排水系统修复; 混合功能街区; 雨污混接; 改造方案

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)24-0099-07

Practice on Illicit Discharge Reconstruction in Xiamen Urban Mixed-use Functional Blocks

ZHANG Shuo

(Fujian Provincial Key Laboratory of Green Building Technology, Fujian Academy of Building Research Co. Ltd., Fuzhou 350108, China)

Abstract: Under the policy background of sponge city construction, black-odorous water treatment and sewage treatment quality and efficiency improvement, reconstruction of illicit discharge is a crucial step in the treatment of urban water problems. Taking an illicit discharge reconstruction practice of a typical mixed-use functional block in Xiamen as an example, the problems of drainage system traceability and site survey in the block are analyzed to propose a systematic reconstruction scheme and specific reconstruction methods, from building risers to outdoor drainage pipelines and special drainage facilities. The restoration principle and measures of existing drainage pipelines and drainage accessory facilities are determined to provide demonstration model for following reconstruction work of illicit discharge in the district, serving as a reference to similar projects as well.

Key words: drainage system restoration; mixed-use functional block; illicit discharge; reconstruction scheme

随着城市化进程的不断加快,城市规模和居住人口逐年递增,许多原有城市基础设施已难以满足现有城市发展和居民正常生活的需求。城市雨污水

管网作为重要的基础工程设施之一,具有收集城市污水、及时排除雨水的作用,但长期以来,由于城市建设存在“重地上、轻地下”的弊端,导致城市建成区

基金项目: 福建建设科技计划项目(2022-K-153)

通信作者: 张朔 E-mail: 549868418@qq.com

的排水系统存在大量雨污混接情况,由此引发的水环境、水安全问题逐年增多^[1-2]。为加强城市排水系统建设,国家有关部门相继推出海绵城市建设、黑臭水体治理和污水处理提质增效相关政策,城市排水设施建设逐步从重数量的规模增长模式向重质量、重效果的精准治理模式转变,注重“质”与“效”的双提升^[3]。自《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》发布以来,厦门市成立了污水处理设施高质量高标准建设指挥部,并提出加快补齐全市污水收集、处理设施短板,加快建设高素质高颜值现代化国际化城市的目标,在相关政策的推动下,至2021年厦门市已全面完成城市建成区的排水管网排查工作,目前正按片区有序推进雨污混接改造^[4-5]。

为更好地指导片区雨污混接改造工作,规范改造原则和方法,有必要在大量改造工作推进前选取某个区域作为先行样板工程,提前发现改造过程中可能存在的问题并总结相应经验,为后续改造项目提供參考。先行样板区域的范围不宜过大,否则较难保证先行改造的进度,起不到先行先试的效果;范围也不宜过小,例如仅包含1~2栋建筑,无法反映片区内项目类型和混接情况的多样性。因此,城市混合功能街区的尺度较为适合作为雨污混接改造的先行样板段,也能反映不同建筑类型雨污混接的特点。

以厦门市某片区雨污混接改造工程为例,通过资料分析和实地调研,选取片区内的一个混合功能街区作为研究对象,分析其雨污混接现状和相应改造技术措施,梳理改造原则和改造标准,以对后续片区雨污混接改造工作的高质量推进起到良好示范作用。

1 项目概况

该片区雨污混接改造工程位于厦门市湖里区,整个改造片区约3.1 km²,改造样板段位于片区中部,北侧为乌石浦路,西侧为兴山路,东侧为禾山路,南侧为内部道路,如图1所示。

该片区内包括住宅小区A、住宅小区B、酒店C和学校D四个主要地块和乌石浦南路,总面积约8.3 hm²,其中住宅小区A为2000年左右建成的住宅小区,住宅小区B为2008年左右建成的住宅小区,酒店C为2014年建成的商住两用楼,学校D为2000

年左右建成的中等职业学校,乌石浦南路为市政支路,宽约7 m,本次改造区域的长度约170 m。选取的样板段内包含住宅、学校、商业、酒店、道路等多种项目类型,建筑建成时间有一定跨度,属于片区内较典型的混合功能街区。

改造工程的主要内容包括在排水单元内部进行雨、污水管道的混接改造(含建筑混接排水立管改造);根据管道溯源排查结果和实际需求增加市政雨污水管网,同时对混接情况进行整治;修复现状排水管道因使用年限较久、维护不当等造成的结构性损害。



a. 片区和样板段范围



b. 样板段项目分布

图1 项目区位

Fig.1 Project location

2 存在的问题

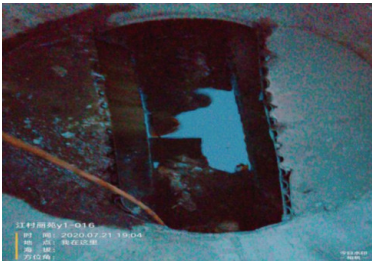
2.1 溯源排查

溯源排查成果最能反映排水系统的运行现状,是雨污混接改造最重要的设计依据之一。主要通过实地调查、管道机器人闭路电视(CCTV)检测和管道潜望镜(QV)检测等方式进行排查。该项目所处区域排水体制规划为分流制,排查结果显示室外均设置雨污两套排水管网,但由于存在雨污混接情况,现状多为混合制排水系统。样板段区域内共排查排水管道约5.9 km,大部分为混凝土管或HDPE管,地块内和市政道路共存在17处雨污混接点,排水管道和排水构筑物缺陷数量较多,整个排水系统现状运行状态较差,具体情况如表1所示。

表 1 溯源排查情况汇总
Tab.1 Summary of pipeline network traceability investigation 处

| 片区组成 | 现状管道管径及材质 | 混接点数量 | 管道缺陷数量 | | | | | 排水构筑物缺陷数量 |
|--------|--|-------|----------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|
| | | | 缺陷分类 | 1级 (轻微) | 2级 (中等) | 3级 (严重) | 4级 (重大) | |
| 住宅小区 A | 污水:DN200~400 混凝土管或 HDPE 管;雨水:DN200~400 混凝土管 | 2 | 错口(CK) | 0 | 0 | 0 | 1 | 井盖混盖 7 处,检查井缺陷 8 处,检查井均缺少防坠网 |
| | | | 破裂(PL) | 0 | 2 | 2 | 5 | |
| | | | 渗漏(SL) | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | | | 障碍物(ZW) | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 住宅小区 B | 污水:DN200~300 HDPE 管;雨水:DN200~400 HDPE 管 | 2 | 变形(BX) | 0 | 4 | 3 | 0 | 井盖混盖 5 处,检查井缺陷 21 处,缺少防坠网 55 处 |
| | | | 异物穿入(CR) | 0 | 0 | 2 | / | |
| | | | 破裂(PL) | 0 | 0 | 2 | 0 | |
| | | | 障碍物(ZW) | 0 | 2 | 1 | 1 | |
| 酒店 C | 污水:DN180~300 UPVC 管;雨水:DN180~300 UPVC 管或 HDPE 管 | 1 | 变形(BX) | 0 | 0 | 3 | 0 | 井盖混盖 6 处,检查井缺陷 2 处,检查井均缺少防坠网 |
| | | | 错口(CK) | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| | | | 破裂(PL) | 0 | 2 | 3 | 2 | |
| | | | 脱节(TJ) | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 学校 D | 污水:DN200~300 混凝土管或 HDPE 管;雨水:雨水边沟、DN200~600 混凝土管或 HDPE 管 | 7 | 支管暗接(AJ) | 0 | 2 | 3 | 0 | 井盖混盖、模糊 35 处,检查井缺陷 31 处,检查井均缺少防坠网 |
| | | | 变形(BX) | 0 | 6 | 10 | 11 | |
| | | | 错口(CK) | 1 | 2 | 0 | 1 | |
| | | | 异物穿入(CR) | 2 | 0 | 1 | 0 | |
| 乌石浦南路 | 污水:DN300 混凝土管或 HDPE 管;雨水:DN400~500 混凝土管 | 5 | 破裂(PL) | 1 | 8 | 7 | 4 | 井盖混盖、模糊 13 处,检查井缺陷 22 处,检查井均缺少防坠网 |
| | | | 变形(BX) | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | | | 错口(CK) | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | | | 破裂(PL) | 1 | 0 | 2 | 1 | |
| | | | 起伏(QF) | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | | | 障碍物(ZW) | 0 | 1 | 0 | 0 | |

通过对溯源排查数据进一步分析可知,雨污混接中大部分为污水混接入雨水系统,在晴天条件下仍能观察到相当的污水量排入雨水系统,最终排入下游的水体,造成环境污染。代表性混接情况如图 2 所示。



c. 酒店 C 污水接入雨水检查井



a. 住宅小区 A 污水接入雨水算



d. 乌石浦南路污水接入雨水检查井



b. 住宅小区 B 拖把池接入雨水算

图 2 溯源排查混接点情况示例

Fig.2 Example photos of illicit discharge during pipeline network investigation

管道缺陷共有 107 处,其中管道破裂和变形是最主要的缺陷类型(见图 3),分别占 39% 和 35%,造

成这种现象的主要原因有两方面:一是施工过程中管道基础处理不良,造成不均匀沉降;二是采用的排水管材质量较差或施工水平较差,导致管道安装后容易因外界条件变化而破坏。从缺陷程度上看,轻微缺陷数量较少,2~4级缺陷均有一定数量,说明管道整体破坏程度较为严重,亟需进行修复。

除管道缺陷外,检查井及井盖的普遍性缺陷也较多,主要为未安装防坠网、井盖混盖、井壁未完全粉刷抹平、管线穿过等,不利于日常的运维和管养工作开展。

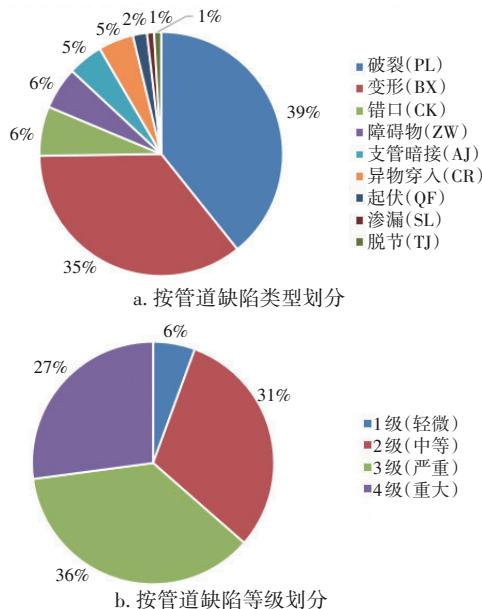


图3 排水管道缺陷分布

Fig.3 Distribution of pipeline defects

2.2 现场踏勘

城市混合功能街区涉及各种类型的排水户,相关前期资料一般较少,仅依靠溯源排查很难厘清现场存在的各类问题,因此有必要组织现场踏勘。首先,对溯源排查判定的混接点进行现场核实;其次,对溯源排查未探明的排水问题进行现场查看,例如立管私接、底层经营排水户私自改造、日常不规范的排水行为等;再次,结合现场条件确定更加合理的改造策略和方案,例如,改造施工空间是否受限、居民出行是否受到影响、现有景观是否受到破坏等。

在样板段改造设计的现场踏勘过程中,通过现场开井抽查的方式复核了溯源排查资料的准确性,排查出的问题与现场基本一致,个别溯源排查报告中未体现的检查井晴天时仍有少量出流,通过现场

判断分析,较有可能是由于夏季部分住户的空调冷凝水排出,不影响整体雨污分流效果。现场踏勘发现溯源排查阶段未具体探明的问题主要包括:①部分住户私自将阳台改为洗衣房或厨房,导致部分生活污(废)水与屋面雨水混合排入室外雨水系统;②各个地块内均设有集中垃圾收集点,但收集点未进行雨污分流处理,在日常垃圾桶冲洗清洁或下雨时污染物易随雨水径流通过邻近雨水口进入雨水系统;③一层的店铺私自进行排水改造情况较多,且存在不规范的日常排水行为,例如住宅楼下餐饮店铺直接将含油废水倾倒入邻近的雨水算,生鲜超市直接将清洗污水冲入雨水算,店铺私自设立冲洗点将污水排入建筑边沟或雨水算等(见图4)。



图4 现场踏勘排水问题示例

Fig.4 Example photos of drainage problems during site visit

3 改造方案

该项目以源头雨污混接改造、排水管网系统完善为原则进行设计,各排水单元内按照“一楼一策”理念确定改造方案,采用的技术路线主要分为前期准备、问题识别和改造措施三大部分(见图5),针对溯源排查和现场踏勘后的现状问题逐一提出相应改造方案,使得最终建设成效满足雨污混接改造的目标。

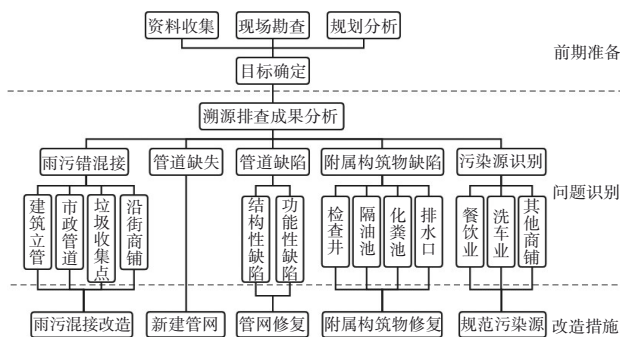


图5 改造技术路线

Fig.5 Reconstruction technical routes

3.1 建筑立管与室外排水管道

样板段地块单元中建筑高度不一,根据现场踏

勘情况,发现立管混接均在多层住宅的楼栋,建筑高度相对不高,且建筑外墙均有条件新建立管,因此考虑将原建筑合流排水立管改作污水立管,并新建雨水立管达到雨污完全分流的效果。

结合建筑实际情况可采用两种具体做法(见图6):一种是将原有雨水斗直接抹平封堵并做好防水措施,增设伸顶通气帽及立管检查口,在女儿墙侧壁开孔安装侧入式雨水斗,连接外墙新建的雨水立管;另一种是将原合流立管上部与原有雨水斗断开,并增设伸顶通气帽及立管检查口,原有雨水斗与新增雨水立管相连接。立管底部将污水立管改造接至室外污水管网,同时将新建雨水立管就近接入室外雨水管网,室外管网有缺失的区域需新建管线连接至原有排水系统。

含有雨水管网及污水管网两套系统,可以对错混接管道直接进行改接,局部缺少主管的位置需要新建检查井和管道进行连接。

3.2 特殊排水设施

餐饮店铺如未设置隔油装置,含油餐饮污水直接排入市政排水管网,容易造成管道淤堵,一般采用增设隔油池或隔油器的方式进行预处理。由于改造区域内的餐饮店铺主要位于沿街位置,室外空间较为有限,而设置室外隔油池需占用较大位置并新建含油废水管线,考虑施工难易及成本造价,采用在店铺内增设成品不锈钢隔油器的方式,将餐饮店内含油废水处理后排至市政污水管网。在室内设置隔油器时,应设置通气管并通向室外。

针对各地块内设置的集中垃圾收集点在下雨或冲洗时造成污水流入雨水管网的情形,对现场有条件的垃圾收集点进行统一改造(见图7),现有空间无法进行改造的收集点位与小区物业或地块管理部门协商重新设置点位,并按雨污分流原则进行建设。在原有未做特殊处理的垃圾收集点四周设置一定高度混凝土围挡,防止冲洗污水流出收集点之外,同时也防止降雨时收集点外的大量雨水径流入,与污水混合进入污水管网。围挡高度可根据实际情况进行调整,如设置过低,冲洗污水易冲出围挡,降雨时径流也容易溢流至收集点内,导致截流效果较差,如设置过高,容易影响小区物业垃圾桶人工搬运的操作,因此结合一般降雨量和实践经验建议围挡高度控制在5~10 cm。此外,在垃圾收集点区域内设置排水暗沟,用于收集清洗污水,污水由边沟引流至周边污水管网,暗沟与污水管网连接处设置U型水封,防止臭气返逸。

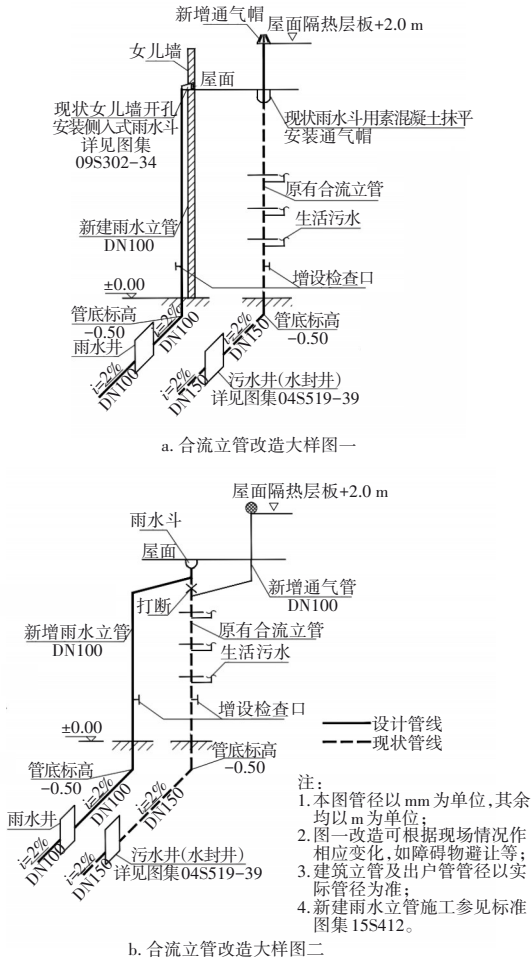
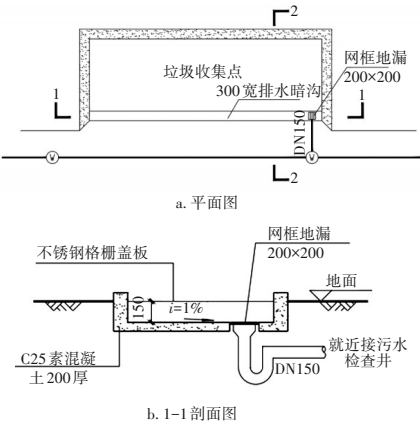


图6 立管改造做法

Fig.6 Schematic diagram of riser reconstruction method

项目中大部分混接产生的原因是室外排水管道的错混接,由于室外已采用分流制排水体制,即



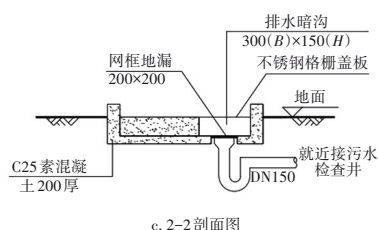


图7 垃圾收集点改造示意

Fig.7 Schematic diagram of reconstruction of garbage collecting points

3.3 管道修复

由于混合功能街区的建筑类型繁杂,溯源排查发现的管道缺陷种类和数量均较多,若全部进行修复代价较大,同时作为片区雨污混接改造工程的样板段,十分有必要确定管道总体修复原则,为后续项目提供依据和支撑,因此,在分析样板段管道缺陷分布的基础上,根据管道缺陷等级确定管道修复指数和养护指数等级,并结合实际工程经验和造价控制原则,确定对于住宅小区等地块项目,现状污水管道修复或养护等级为Ⅲ级、Ⅳ级及现状雨水管道修复或养护等级为Ⅳ级的缺陷全部纳入片区改造工程统一实施修复,修复或养护等级为Ⅲ级的雨水管道,若在污水管开挖修复范围内则同步进行修复,其余缺陷问题提交给各排水单元管理单位,结合自身情况安排改造。对于市政道路项目,现状修复或养护等级为Ⅲ级、Ⅳ级的雨污水管段全部进行修复,存在渗漏1级及以上、破裂2级及以上、腐蚀2级及以上、变形3级及以上、错口3级及以上、脱节3级及以上等缺陷的污水管段全部进行修复,存在破裂、渗漏、脱节、错口2级及以上的雨水管段全部进行修复,避免路面塌陷隐患。

排水单元内的雨污混接改造项目往往室外交通量较小、管道埋深较浅,因此具备开挖条件且管道缺陷严重或缺陷密集的管段推荐采用开挖施工,有利于节省工程成本,但开挖路面和设置围挡可能会造成一定粉尘和噪声污染。现场不具备开挖条件、管段仅有局部缺陷需要修复或有其他不适合开挖的情形时,例如在样板段改造设计过程中,住宅小区A、B内局部区域现场无条件进行开挖施工,学校D内主要通行道路考虑到施工期间师生仍需正常通行,且校方希望尽量缩短改造工期以减小对教学的影响,因此部分管段需考虑采用非开挖修复方法。经分析,不适合开挖管段的缺陷类型主要为管

道破裂、渗漏、障碍物和轻微错口等,通过对不同非开挖方式的技术与经济比选,设计在疏通管道的基础上选用目前主流的原位固化法(CIPP)中的紫外光原位固化法进行修复^[6],该方法较适用于地块内排水管道的修复,对环境和交通影响小,同时施工周期短、施工可控性好,整体修复质量较好^[7]。

3.4 排水附属构筑物修复

雨污混接改造过程中涉及修复的排水附属构筑物主要包括检查井和化粪池。对于破损井盖或其他存在安全隐患的井盖直接更换,更换时根据检查井所处位置,相应选择重型或轻型井盖;对于井盖完好,但标识不清的井盖,暂不更换,直接在其上喷涂“雨/污”标识加以区分。对于检查井中安全网破损、缺失或存在其他安全隐患的情况,同步安装或更换安全网。对于自身结构基本完整,仅未粉刷抹平或轻微渗漏的检查井,可在冲洗后使用离心喷射水泥砂浆的方法对破损井壁进行修复,对结构破损严重、渗漏水量较多的检查井建议直接进行更换。对于检查井内踏步,若腐蚀程度超过50%,则将其改为铸铁踏步;若踏步腐蚀程度低于50%,直接对原踏步进行防腐处理。对于破损流槽,同步进行修复,保障系统排水顺畅,流槽表面可使用20 mm厚1:2.5水泥砂浆抹面,压实抹光,同时流槽应与上下游管道平顺一致,以减少水流阻力。

化粪池主要存在渗漏、淤积、错混接等问题,对于渗漏或淤积严重的化粪池或砖砌化粪池应直接更换;对于渗漏程度较轻的化粪池,可采用砂浆喷注的方式进行修补;对于淤积程度较轻的化粪池,根据实际情况使用高压水枪冲洗疏通或采用人工疏通的方式。对于化粪池出水管错接至雨水系统的情况,必须将错接的化粪池出水管改接至污水系统,解决雨污混接的问题。

4 结论

城市混合功能街区是城市运行的重要单元,也是城市排水问题治理的关键对象之一。在片区雨污混接改造过程中,选取合适的混合功能街区作为示范,有助于后续工程的顺利推进。以厦门市典型城市混合功能街区为例,通过对溯源排查和现场踏勘资料进行分析,发现街区内排水管道及附属排水构筑物整体破坏均较为严重,其中破裂和变形是主要管道缺陷类型,防坠网缺失、井盖混盖、井壁未完

全粉刷抹平等是主要构筑物缺陷。基于现状问题,提出了整体雨污混接改造思路,并阐述了建筑立管、室外排水管道、特殊排水设施、管道及排水构筑物修复的具体方法。通过确定改造与修复原则和标准做法,为后续项目推进提供了可复制、可推广的经验做法,有助于城市整体雨污分流目标的实现。

值得说明的是,单一街区无法涵盖片区或城市内所有雨污混接问题类型,选取有代表性的街区可以大大减少后期工作推进的难度,但在实际项目实施中仍应坚持问题导向的原则,因地制宜采用科学合理的技术措施与方法进行改造。

参考文献:

- [1] 高小平. 老城区雨污分流改造工程的对策与思考[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 16-21.
GAO Xiaoping. Countermeasures and thinking about rainwater and sewage separation reconstruction project in old town [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(10): 16-21 (in Chinese).
- [2] 徐文刚, 马达. 关于旧城片区雨污分流改造的思考[J]. 安徽建筑, 2022, 29(12): 79-80.
XU Wengang, MA Da. Thinking about rainwater and sewage separation reconstruction of districts in old town [J]. Anhui Architecture, 2022, 29(12): 79-80 (in Chinese).
- [3] 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).
- [4] 王宁, 曾坚, 康晓鹏, 等. 高密度建成区排水系统雨污

分流改造研究与实践[J]. 给水排水, 2022, 48(12): 56-61.

WANG Ning, ZENG Jian, KANG Xiaokun, *et al.* Research and practice on transformation of rainwater and sewage diversion of drainage system in high-density built-up areas [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(12): 56-61 (in Chinese).

- [5] 陈俊宇. 排水管网病害分析及改造策略研究[J]. 给水排水, 2023, 49(9): 137-143.

CHEN Junyu. Drainage network disease analysis and reconstruction strategy research [J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 49(9): 137-143 (in Chinese).

- [6] 向维刚, 马保松, 赵雅宏. 给排水管道非开挖 CIPP 修复技术研究综述[J]. 中国给水排水, 2020, 36(20): 1-9.

XIANG Weigang, MA Baosong, ZHAO Yahong. Research review on trenchless CIPP repair technology in water supply and drainage pipes [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(20): 1-9 (in Chinese).

- [7] 吴甜, 刘奇. 紫外光原位固化法非开挖技术在管道修复中的应用[J]. 水利水电技术, 2021, 52(S2): 143-147.

WU Tian, LIU Qi. Application of UV in-situ curing method in pipeline repair [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2021, 52(S2): 143-147 (in Chinese).

作者简介: 张朔(1990-), 男, 福建南平人, 硕士, 工程师, 主要从事给排水设计与咨询工作。

E-mail: 549868418@qq.com

收稿日期: 2023-12-19

修回日期: 2023-12-27

(编辑: 衣春敏)