

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.14.010

# 特殊条件下原水管道迁改的结构保护及施工设计

李 猛, 陈江舟, 林斯香, 谢富强, 董 斌  
(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

**摘 要:** 由于城市扩建和基础设施升级,某大口径原水管道需在短时间内完成迁改。考虑到迁改中需确保管道不间断通水等特殊条件,设计中应重点关注结构保护方案对比和施工技术。详细讨论了过路段管道结构保护的5种方案(包括直埋管道、内切圆钢套管保护、内切圆混凝土半包保护、满包同心圆钢套管保护、钢筋混凝土包管保护)以及接驳处2种墙墩设计方案的技术和经济可行性。结果表明,钢筋混凝土包管保护方案在工期、施工工艺以及满足迁改工程要求等方面具有综合优势;预先浇筑的钢筋混凝土墙墩可用作管道接驳转弯处的临时拖拉墩,缩短接驳时间。此外,对过路段、保护点和接驳点的施工工艺进行了优化设计,并提前施工,以确保在短时间内完成原水管道的迁改和接驳,保障民生用水。

**关键词:** 原水管道; 迁改工程; 结构保护; 施工设计; 方案比选

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)14-0057-06

## Structural Protection and Construction Design for Relocation and Renovation of Raw Water Pipelines under Unique Conditions

LI Meng, CHEN Jiang-zhou, LIN Si-xiang, XIE Fu-qiang, DONG Bin  
(Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Due to the requirements of urban expansion and infrastructure upgrading, the relocation of a large diameter raw water pipeline needs to be completed in a short period of time. Considering the special conditions such as ensuring uninterrupted water supply for pipelines during relocation and renovation, the design should focus on comparing structural protection schemes and construction techniques. This paper thoroughly discussed the technical and economic feasibility of five structural protection schemes for the pipeline: directly buried pipeline, inner circular steel casing protection, inner circular concrete half-wrapped protection, full concentric round steel casing protection, and reinforced concrete casing protection. Additionally, two design schemes for wall piers at the connection points were also examined in detail. The scheme of reinforced concrete casing protection offered comprehensive advantages in terms of construction period, construction technology, and meeting the requirements of relocation engineering. The pre-cast reinforced concrete wall pier served as a temporary drag pier at the pipeline connection turning point, effectively reducing the connection time. In addition, the construction technology for the crossing section, protection point, and connection point was designed and implemented in advance to ensure the swift relocation and connection of the raw water

pipeline, thereby guaranteeing access to clean water for people's livelihood.

**Key words:** raw water pipeline; relocation engineering; structural protection; construction design; scheme comparison and selection

水资源是人类生存的重要基础,原水管道在保障城市用水方面起着至关重要的作用。随着城市建设的不断扩展,周边道路逐渐拓宽,一些旧原水管道由于与新规划道路交叉点较多,以及受建设年代久远、腐蚀等因素影响,需要进行迁改<sup>[1-2]</sup>。

原水管道具有埋深大、数量多和口径大等特点<sup>[3-5]</sup>,其迁改通常受到埋深、直径和工期等因素的影响。浅埋和工期长的管道更容易进行迁改<sup>[6-7]</sup>,而对于工期短、埋深较大的大口径原水管道,其迁改复杂,施工操作困难<sup>[8]</sup>。在短时间内完成大口径原水管道的迁改并确保不间断通水等特殊条件下,相关方案的实际工程案例相对较少。因此,在特殊条件下对大口径原水管道迁改工程的结构保护方案进行比选以及施工工艺设计,具有实际的指导意义和应用价值。

## 1 工程概况

### 1.1 工程背景

项目位于海南省海口市,由龙塘水源厂北侧引出的钢筋混凝土原水管(DN1 400和DN1 600)沿着镇区道路和铁龙路西侧布设,运行规模约 $44\times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,承担着海口市75%的城市居民生活用水和建设用水。在建的三永公路是海南省国省道干线的重要组成部分,也是城市发展中的关键交通干线。三永公路将在K17+680~K18+320区段与原水管交汇,共有4个交汇点,其中3个是交叉点,1个是相切点(见图1)。

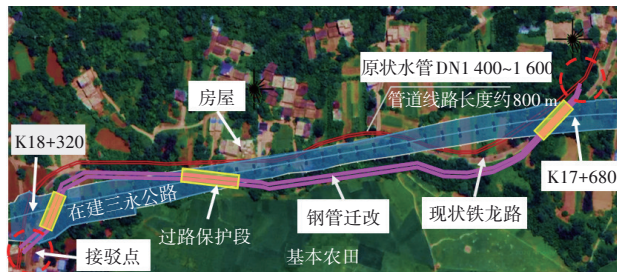


图1 原水管道(三永公路段)K17+680~K18+320区段示意

Fig.1 Schematic diagram of K17+680~K18+320 section of the raw water pipeline (Sanyong Road section)

由于该区段存在农田淤泥,地质条件差,且原

水管已使用20多年,年久老化,异常脆弱,导致爆管情况经常发生,极大地影响了居民生活用水和周围房屋的安全。此外,该区段的三永公路车流量大,若原水管发生爆管,不仅抢修难度大,而且影响交通和道路安全。因此,需对K17+680~K18+320区段的原水管道进行迁改。

### 1.2 迁改原则

现场存在基本农田,设置排泥设施可能导致淹没风险,不利于供水安全。若将管道架空于基本农田中,将永久占用基本农田约0.133 4 hm<sup>2</sup>。由于农田用地手续无法合法转为其他用途,占用农田的方案难以推进。此外,原管道周围有大量房屋建筑,沿着原水管道路径改造会对居民建筑物的结构产生不利影响,还可能导致额外的经济赔偿,增加迁改成本并延长施工工期。因此,综合考虑施工成本、工期、供水任务等因素,管道迁改应遵循以下原则:

① 保障居民正常用水。缩短工程周期,确保管道接驳施工时间不超过政府规定的10 h,以减小对居民用水需求的影响。同时,需制定供水应急预案。

② 满足政府规划要求。迁改管道不得占用基本农田,尽量减少对沿线居民住宅建筑的影响,降低对居民生活的干扰。在方案制定过程中,与规划部门充分沟通,确定管道迁改的位置,并上报相关部门以获得批准。

③ 优化性价比。需综合考虑迁改费用,以降低其他费用支出,并遵循绿色发展原则。

## 2 特殊条件下原水管迁改方案比选

### 2.1 特殊条件下原水管道迁改难点

基于迁改原则,全面考虑了地质条件、管道保护方法以及规划要求等多重因素,最终确定了原水管道的迁改方案,即在该区段内采用钢管替代钢筋混凝土管,将钢管朝农田一侧布置,穿越三永公路3次,并对过路段和接驳处的管道进行保护。

三永公路车流量大,导致路面荷载传递到管道的负荷相当大,因此,对过路段的钢管进行有效保护至关重要。此外,考虑到原钢筋混凝土管为承插

管,接驳处涉及钢筋混凝土管和钢管的连接施工,这也是难点之一。

处的管道结构进行保护,并完成2处接驳点的设计。

2.2 原水管道迁改工程结构保护方案比选

基于原水管道迁改位置,需对过路段和接驳点

2.2.1 过路段保护方案对比

对5种过路段管道结构保护方案进行了比较,结果如表1所示。

表1 过路段管道结构保护方案对比

Tab.1 Comparison of protection schemes for pipeline structure in passing sections

项目	直埋管道	内切圆钢套管保护	内切圆混凝土半包保护	满包同心圆钢套管保护	钢筋混凝土包管保护
主要技术方案	在垫层表面直接铺设输水管道,回填基槽并进行路面加固	钢套管内切输水管,在输水管道与钢套管之间的空腔注入水泥砂浆,回填基槽并做路面加固	采用混凝土包裹下端输水管,以限制其位移,其余做法可参考内切圆钢套管技术方案	输水管外部分别套上同心圆钢套管,套管之间填充水泥砂浆,用C30抗渗钢筋混凝土包裹钢套管。回填基槽并做路面加固	增厚输水主管壁,并用钢筋混凝土包覆钢套管,其余做法参考满包同心圆钢套管技术方案
优点	施工技术简单,工程造价低	①钢套管隔离周边环境不利影响,保护内层输水主管;②空腔内的水泥砂浆可以避免肋环在压力管上造成环向应力的集中,从而防止剪切破坏的发生	①钢套管可隔离周边环境不利影响,保护内层输水主管;②限制管道层的位移,避免由碎石垫层扰动引起的破坏	①输水主管和钢套管内外的防腐措施可在工厂内提前预制;②钢套管外部的钢筋混凝土结构承受道路荷载;③隔离周边环境不利影响,保护管道的防腐层;④保障路基稳定性	①钢筋混凝土结构承受道路荷载;②隔离周边环境的不利影响,保护管道防腐层;③保障路基的稳定性;④消除后期隐患,降低爆管发生的概率,实现无需检修的效果
工期	施工操作简单,工期短	施工复杂,技术要求高,周期较长	施工复杂,技术要求较高,周期较长	本地无钢套管,定制时间长,施工复杂,工期较长	管材制作、运输时间短,施工简便,工期短
经济成本	维修简单,成本较低	检修困难,维修成本高	检修困难,维修成本高	开槽检修困难,维修成本高	无需检修,维修成本低

综合考虑5种方案的技术和经济可行性,其中钢筋混凝土包管保护方案在施工工艺、方案优点、工期和经济成本等方面均具有优势。因此,选择钢筋混凝土包管保护方案作为过路段管道结构的保护方法。

2.2.2 接驳处墙墩设计方案对比

承插口处在通水时可能产生较大的冲击力,从而扰动甚至破坏管道,因此,在接驳处设计墙墩用于保护管道并限制其位移。对现浇和预先浇筑2种墙墩设计方案进行了综合比较,结果如表2所示。

表2 接驳处墙墩设计方案对比

Tab.2 Comparison of wall pier design schemes at the connection point

项目	现浇墙墩方案	预先浇筑墙墩方案
施工阶段	接驳时同时浇筑墙墩	接驳前一段时间预先浇筑墙墩
主要技术方案	接驳DN1 600管道时,同时在其基槽内浇筑混凝土墙墩	采用钢板桩支护墙墩基槽,在指定深度铺设宽翼缘H型钢(HW),利用槽钢连接HW型钢,并在抗滑桩背部和HW型钢腹部焊接抗剪键,以提高整体稳定性;在板材拼接完成后,进行墙墩的浇筑
优缺点	优点:施工技术简单,成本较低。缺点:现浇墙墩需要较长时间才能达到所需强度,导致在规定时间内难以完成接驳,对居民生活用水造成严重影响	优点:预先浇筑墙墩可作为管道接驳拐弯处的临时拖拉墩,为管道接驳提供足够强度,平衡管道通水时转弯处因工作压力产生的推力,减少承插口对钢管的影响。在接驳时只需焊接HW型钢和DN1 600钢管,无需等待强度达到要求,接驳时间短,对居民生活用水影响小,符合迁改原则要求。缺点:分阶段施工,施工技术要求高,成本高

在接驳前的一段时间,预先浇筑墙墩能够为管道接驳提供足够的强度,从而缩短接驳时间。因此,工程最终选择采用预先浇筑墙墩方案进行施工。

3 原水管道迁改施工设计

根据过路段管道结构保护和接驳处施工方案,

制定管道迁改的整体施工工艺,迁改管道平面布置如图2所示。

为确保管道接驳时间不超过10 h,需提前完成管道防腐处理,并对过路段、保护点和接驳点的墙墩提前施工。停水期间,只需进行DN1 400和DN1 600钢管的接驳工作。



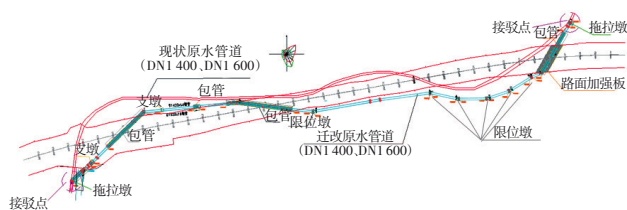


图2 迁改管道平面布置

Fig.2 Layout plan of the relocation pipeline

### 3.1 过路段施工设计

过路段的管道上部存在较大车辆荷载,虽然沥青路面和加强板能分担部分荷载,但传递至管道的荷载仍较大。采用钢筋混凝土包管(见图3)承担上部荷载并确保路基稳定性,以防钢管受压,从而保护管道安全。与此同时,钢筋混凝土包管还可以隔离周围可能影响管道安全的不利因素,保护管道防腐层,防止管道发生腐蚀。

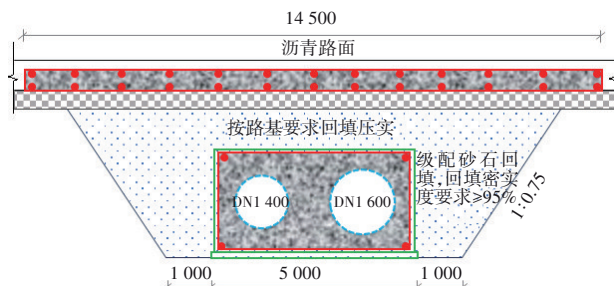


图3 过路段管道保护大样图

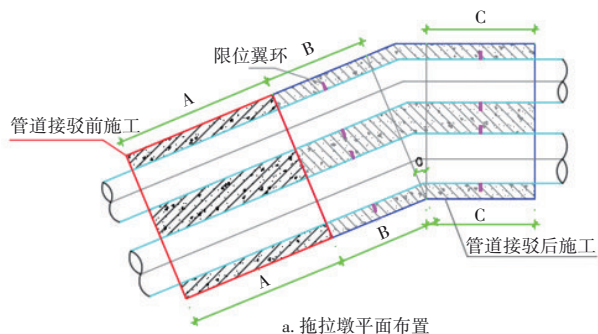
Fig.3 Detailed drawing of pipeline protection across road section

### 3.2 保护点施工设计

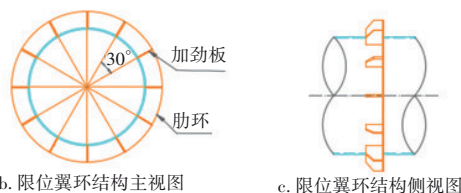
在连续拐弯处设置限位墩,地势较低处设置支墩,接驳处设置拖拉墩,以限制管道位移,防止压力管道通水后发生扰动破坏。在原水管接驳前,提前进行拖拉墩、限位墩和支墩的施工,以缩短接驳时间。

#### 3.2.1 拖拉墩设计

在接驳点附近设置拖拉墩,以防拉力对原水管造成损害。拖拉墩的结构设计见图4。



a. 拖拉墩平面布置



b. 限位翼环结构主视图

c. 限位翼环结构侧视图

图4 拖拉墩结构设计

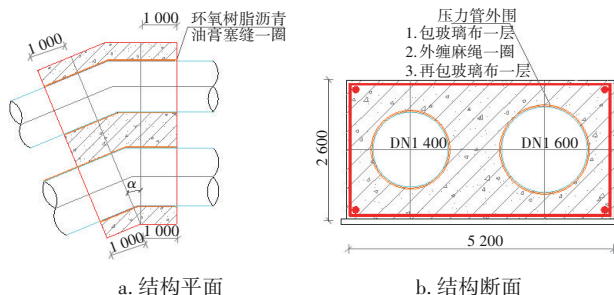
Fig.4 Structure design of the drag pier

拖拉墩分阶段施工,接驳前同时对A段和墙墩进行浇筑,混凝土达到强度后限制钢管的移动。接驳时焊接HW型钢与B、C段的限位翼环,使钢管与墙墩形成整体,以固定钢管位置,防止管道因工作压力导致折断。

#### 3.2.2 限位墩设计

为了避免推力对压力管造成损坏,在转弯处设置限位墩,防止管道在合力作用下发生扰动。使用环氧树脂沥青油膏填塞限位墩处钢管外部包裹的玻璃布与钢筋混凝土之间的空隙,以防止温度变化导致管道破坏。

限位墩的结构设计见图5。



a. 结构平面

b. 结构断面

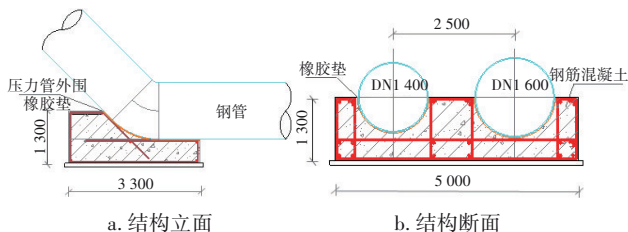
图5 限位墩结构设计

Fig.5 Structure design of the limit pier

#### 3.2.3 支墩设计

在地势低洼处设置钢筋混凝土支墩,用于支撑管道的弯曲部位。在钢管与钢筋混凝土接触处放置橡胶垫,以防止管道因热胀冷缩效应而出现磨损破坏。

支墩的结构设计见图6。



a. 结构立面

b. 结构断面

图6 支墩结构设计

Fig.6 Structure design of the pier

### 3.3 接驳点施工设计

原水管接驳前,预先铺设 HW 型钢并浇筑墙墩。接驳时焊接抱箍和 HW 型钢,使墙墩与钢管形成整体(见图 7)。

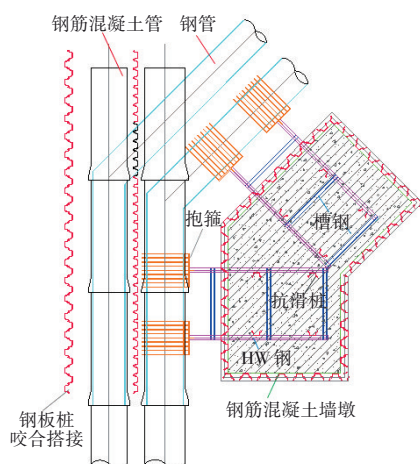
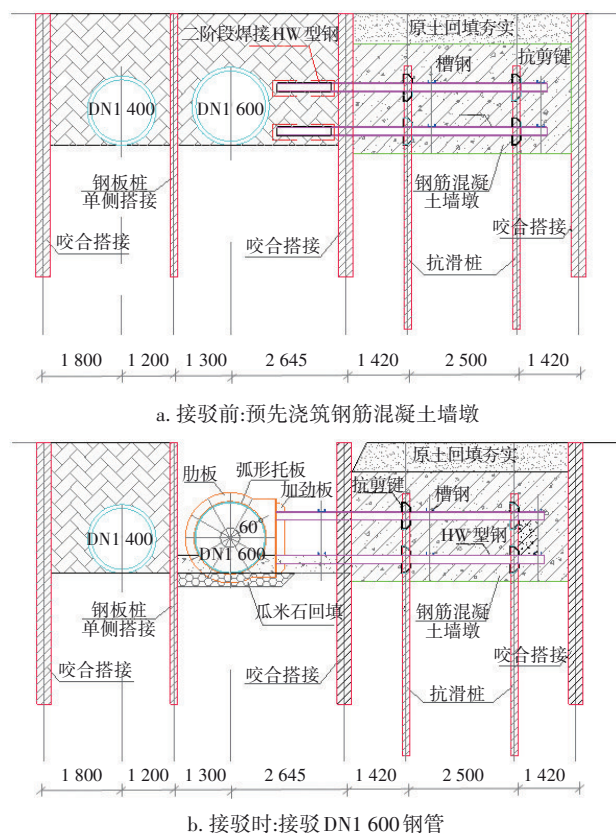


图 7 接驳点施工平面

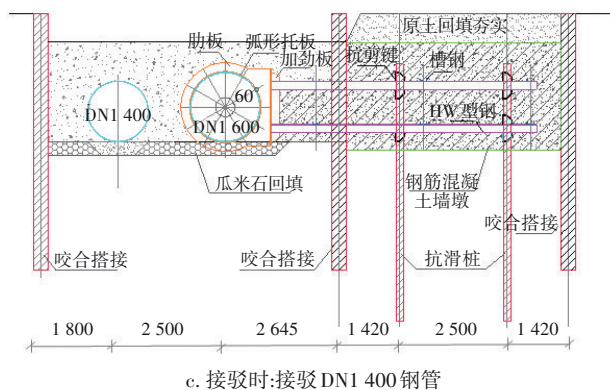
Fig.7 Construction plan of connection point

利用墙墩的强度固定钢管,防止在通水时由于冲击力导致钢管错位或破坏。接驳点的施工分为接驳前和接驳时两个阶段,其中接驳时又分为接驳 DN1 600 钢管和接驳 DN1 400 钢管两步骤。具体施工步骤见图 8。



a. 接驳前:预先浇筑钢筋混凝土墙墩

b. 接驳时:接驳 DN1 600 钢管



c. 接驳时:接驳 DN1 400 钢管

图 8 接驳点的施工步骤

Fig.8 Construction procedure of connection point

① 接驳前阶段:预先浇筑钢筋混凝土墙墩。钢筋混凝土墙墩主要由 HW 型钢、槽钢、抗滑桩以及钢筋混凝土组成。在指定深度铺设 HW 型钢,使用槽钢连接 HW 型钢并水平固定。在抗滑桩背部和 HW 型钢腹部焊接抗剪键,为 HW 型钢提供竖向支撑[见图 8(a)]。浇筑混凝土形成墙墩,以平衡管道通水时由工作压力产生的推力。

② 接驳时阶段:a. 接驳 DN1 600 钢管。在 DN1 400 钢管两侧垂直打设 SP-Ⅲ型钢板桩,固定其两侧土体,以防施工过程中对 DN1 400 钢管造成扰动;接驳 DN1 600 新管时,将新管上的抱箍与 HW 型钢进行焊接后浇筑速干素混凝土,以固定 DN1 600 钢管,避免其因通水时所受轴力和推力而发生位移[见图 8(b)]。b. 接驳 DN1 400 钢管。此时混凝土限制 DN1 600 钢管横向位移,避免对 DN1 400 钢管的干扰。拔出位于两管之间的 SP-Ⅲ型钢板桩,进行 DN1 400 钢管的接驳,完成后恢复通水[见图 8(c)]。

### 4 结语

通过比较 5 种过路段管道结构保护方案和 2 种接驳处墙墩设计方案,确定了最佳方案。制定了过路段、保护点和接驳点的施工设计方案,确保输水压力管道通水后的安全运行。工程实施后的一年内,该项目保持稳定运行,得出以下结论:

① 对过路段的钢管进行钢筋混凝土浇筑,利用钢筋混凝土的刚度承受由路面传递下来的荷载,隔离其他不利因素,防止管道腐蚀和爆管,从而保护管道安全,实现过路段无需检修的效果。

② 预先浇筑的钢筋混凝土墙墩可用作管道接驳转弯处的临时拖拉墩,以平衡管道通水时由工作压力产生的推力,减小推力对接驳点的影响。接

驳时,只需焊接墙墩内的HW型钢和DN1 600钢管,无需等待强度达到要求,缩短接驳时间,满足接驳时限的要求。

③ 接驳前完成保护点的施工,减少混凝土硬化等待时间,节省接驳时间。利用混凝土强度保护管道安全,防止压力管道通水后发生扰动破坏。

#### 参考文献:

- [1] 邵永建. 试论厦门市集杏海堤原水管渠迁改工程过海管道顶管技术的应用[J]. 企业技术开发, 2011, 30(13): 58-59, 61.  
SHAO Yongjian. Application of pipe jacking technology in Xiamen Jixing reconstruction project [J]. Technological Development of Enterprise, 2011, 30(13): 58-59, 61 (in Chinese).
- [2] 谭庆俭, 齐利华, 付朝晖, 等. 对澳供水大型原水管道工程设计[J]. 中国给水排水, 2023, 39(12): 75-79.  
TAN Qingjian, QI Lihua, FU Zhaozhui, et al. Design of large-scale raw water pipeline project for water supply to Macao[J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(12): 75-79 (in Chinese).
- [3] 靳云辉, 秦川, 郝静, 等. 成都地铁6号线建设中的市政管线迁改设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(2): 50-55.  
JIN Yunhui, QIN Chuan, HAO Jing, et al. Design of municipal pipeline reconstruction during subway construction of Chengdu metro line 6[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(2): 50-55 (in Chinese).
- [4] 曾广德, 简德武, 翟作卫, 等. 厦门市翔安原水跨海管道工程的设计与施工[J]. 中国给水排水, 2009, 25(14): 103-105.  
ZENG Guangde, JIAN Dewu, ZHAI Zuowei, et al. Design and construction of submarine pipeline project in Xiang'an, Xiamen [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(14): 103-105 (in Chinese).
- [5] 杨广伟. 地铁建设中大管径深埋并行排水管道迁改设计[J]. 工程建设与设计, 2021(12): 28-33.  
YANG Guangwei. Design of large diameter and deep buried parallel drainage pipeline relocation in metro construction [J]. Construction & Design for Engineering, 2021(12): 28-33 (in Chinese).
- [6] 郝小旋. 肇庆市大旺大道市政给排水工程设计研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7(8): 206-208.  
HAO Xiaoxuan. Research on municipal water supply and drainage engineering design of Dawang Avenue in Zhaoqing City [J]. Engineering and Technological Research, 2022, 7(8): 206-208 (in Chinese).
- [7] 李敏. 市政道路下石油管线改迁案例分析及探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(1): 42-44.  
LI Min. A case study of relocation of oil pipeline under urban roadways [J]. Communications Science and Technology Heilongjiang, 2022, 45(1): 42-44 (in Chinese).
- [8] 杨成鹏, 姜瑛, 曹永, 等. 海底管道水下法兰保护结构设计[J]. 石油化工设备, 2018, 47(3): 27-30.  
YANG Chengpeng, JIANG Ying, CAO Yong, et al. Design of subsea flange protector for subsea pipeline [J]. Petro-Chemical Equipment, 2018, 47(3): 27-30 (in Chinese).

作者简介:李猛(1986-),男,湖北荆州人,硕士,高级工程师,主要研究方向为市政工程结构。

E-mail:limeng6217@139.com

收稿日期:2023-11-18

修回日期:2024-01-05

(编辑:沈靖怡)

珍惜地下水,珍视隐藏的资源