

城市更新视角下隧道工程排水及管线迁改设计刍议

陈宇航

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 在新型城市更新的背景下,修建地下隧道已成为缓解高密度交通路网压力的重要解决方案。但实际设计施工过程中会面临多重挑战,比如隧道排水是否可靠、管线迁改能否保通落地等,此类问题均需系统性研究。以郑州市二七广场隧道工程为例,详细阐述了隧道排水设计以及复杂环境下管线迁改与保通方案。通过对该工程的研究与分析,为同类型地下隧道建设提供了案例支撑及设计新思路。

关键词: 中心城区;隧道排水;管线迁改;污水保通;城市更新

中图分类号: U453.6;TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)12-0177-05

Preliminary Discussion on Design of Drainage and Pipeline Relocation in Tunnel Engineering from Perspective of Urban Renewal

CHEN Yuhang

[Tongji University Architectural Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Under the background of new urban renewal, the construction of underground tunnels has become an important solution to relieve the pressure on high-density traffic networks. However, in the actual design and construction process, the multiple challenges will be faced, such as whether the tunnel drainage is reliable and whether the pipeline relocation can be smoothly implemented and unobstructed. All these issues should be systematically studied. Taking the Zhengzhou Erqi Square Tunnel Project as an example, the tunnel drainage design, and the pipeline relocation and smooth implementing schemes are set forth in detail. The study and analysis of this project can provide the case supporting and new design ideas for the construction of similar underground tunnels.

Keywords: central urban area; tunnel drainage; pipeline relocation; unobstructed sewer; urban renewal

0 引言

随着全国城市化建设的推进,地下空间开发已成为疏解中心城区土地资源紧张问题的主要途径,在主城区修建隧道便是其中重要一环。而在这类既有管线密集、主干管道贯穿的场地上开发建设,管线迁改是首要解决的难题^[1]。同时,安全可靠的排水系统是隧道防灾及正常通行的重要保证^[2]。

目前,国内对于隧道排水系统设计研究颇多,以探讨计算要点及系统设计为主,对于复杂条件下管线迁改的研究少有提及。本文以郑州市二七广场隧道工程为例,通过系统阐述隧道排水及管线迁改方案,重点探讨了此类项目设计的重难点及应对措施。可为同类型项目建设提供技术参考,推动城市立体化建设以及城市更新。

1 工程概况

二七广场隧道于2020年10月全面开工建设,2023年6月顺利通车。如图1所示,隧道位于郑州市二七区的二七广场商圈内,以二七塔为核心。隧道工程将交通最为繁忙的西大街与正兴街采用分离式隧道进行连接,下穿二七广场核心区,大大改善地面拥堵情况。隧道总长982 m,暗埋段长约775 m,敞开段长约207 m。

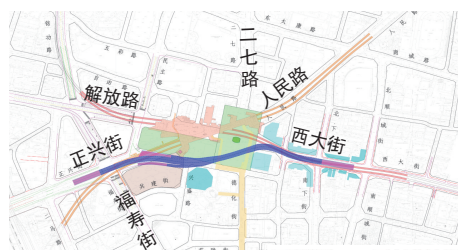


图1 隧道总平面布置图

收稿日期: 2025-05-13

作者简介: 陈宇航(1992—),男,本科,工程师,从事给排水设计工作。

隧道周边紧邻规划主副广场、二七纪念塔、古商城遗址、地铁站等建筑物,上跨地铁一号线和在建地

铁三号线、广场地铁站及地下商业步行街。上述几处建筑物构成了隧道平面线位及竖向的控制条件。

隧道沿线地下管线复杂,敷设有包括给水、污水、雨水、热力、电力、通信、燃气等7类管线。

图2所示的周边概况,促成了二七广场隧道沿线建筑密集、地下管线复杂、交通流量繁忙、施工条件苛刻等特点,成为隧道排水设计及管线迁改的重要考虑因素。



图2 隧道总平面布置图

2 隧道排水方案

2.1 重难点分析

发生降雨时,地道常常成为城市排水咽喉之地,地道积水时有发生,分析其原因主要有以下3个方面^[3]:(1)地道泵站设计规模偏低;(2)地道泵站排水出路不可靠;(3)客水及地下水汇入地道。

分析积水成因,为提高隧道排水可靠性,本项目采用设计规模高标准、排水出路有保障、地面客水少汇入的措施应对。主要包括:(1)设计重现期取高标准50年;(2)新建出水管路按泵站设计流量确定;(3)在敞开段接地点后设置地面段横截沟,拦截敞开段客水,使其排入地面雨水系统,尽可能减少雨水汇入地道。

2.2 雨量计算及参数取值

2.2.1 雨量计算

根据《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)^[4],雨水设计流量 Q 计算如下:

$$Q = q \cdot \psi \cdot F$$

式中: Q 为雨水设计流量, L/s ; q 为设计暴雨强度, $L/(s \cdot hm^2)$; ψ 为综合径流系数; F 为汇水面积, hm^2 。

设计暴雨强度按郑州市2015年新编暴雨强度公式:

$$q = \frac{2631.92 \times (1 + 0.751 \times \lg P)}{(t + 14.2)^{0.779}}$$

式中: P 为暴雨重现期; T 为降雨历时, $\min$, $t = t_1 + t_2$,地面集流时间 t_1 ,管内流行时间 t_2 。

2.2.2 参数取值

上述公式各参数根据《室外排水设计标准》(GB

50014—2021)^[4]及《城乡排水工程项目规范》(GB 55027—2022)^[5]进行选取,取值如下:

综合径流系数 ψ :立体交叉道路排水综合径流系数宜为0.9~1.0,取1.0。

汇水面积 F :按敞开段投影面积并附加该段侧墙面积的一半计入。

暴雨重现期 P :超大城市和特大城市心城区地下通道和下城市广场等设计重现期30~50 a,取50 a。

地面集流时间 t_1 :立体交叉道路排水的地面集水时间应根据道路坡长、坡度和路面粗糙度等计算确定,宜为2~10 min。集流时间可按照坡面汇流进行计算:

$$t_1 = 1.445 \left(\frac{n' L}{\sqrt{i}} \right)^{0.467}$$

式中: n' 为坡面粗糙系数,沥青路面取0.016; L 为坡长,根据坡面汇流长度取30 m; i 为综合坡度,根据道路的横坡及纵坡计算取0.045。计算得 $t_1 = 2.1 \min$ 。

2.3 设计方案

隧道排水遵循“高水高排、低水低排”的设计原则,敞开段雨水经横截沟拦截后就近排入地面雨水系统,剩余雨水经边沟、横截沟收集汇入隧道泵房,经提升后排入配套新建的雨水管网,外排至河道。为保障行车舒适性及安全性,所有横截沟盖板均采用重型防跳盖板,结构强度及防跳性能按高标准选取。

受地铁一号线、在建地铁三号线、二七广场地铁站及地下商业步行街等各项建筑物的限制,主线隧道竖向呈“W”形,道路纵断面存在2个低点,且相距离较长,故需设置两个泵房予以强排。

2.3.1 泵站形式及规模

泵房采用全地下附壁式,紧邻主线隧道,变配电间均布置于地上。根据水量计算,东侧泵站总规模0.25 m^3/s ,西侧泵站总规模0.54 m^3/s ,均配泵4台,3用1备,紧急情况下全开。泵站供电负荷等级按一级,并配备柴油发电机。

2.3.2 设计水位及扬程计算

泵站集水池的设计最高水位一般与进水管管顶相平,集水池的设计最低水位应满足所选水泵吸水头的要求,水泵吸水头高度数据可通过设备样本获取^[6]。最高水位取进水管顶标高-7.45 m,最低水位取吸水要求标高-8.95 m。根据降雨特点确定水泵启动水位,一泵水位-8.45 m,二泵水位-7.95 m,三泵水

位-7.45 m。紧急情况下水位上升至-7.15 m时,四泵全开并报警,指挥中心根据降雨状况确定是否关闭隧道,并在隧道洞口电子屏予以提示。

水泵设计扬程根据设计流量时集水池水位与受纳水体平均水位差和水泵管路系统的水头损失确定^[4]。由上文已知,集水池最高水位-7.45 m,最低水位-8.95 m,平均水位-8.2 m。受纳水体水位按接入地面重力管的管顶标高考虑。管路系统的水头损失根据计算确定。

$$H = H_1 - H_2 + h$$

式中: H 为扬程, H_1 为受纳水体水位, H_2 为集水池水位, h 为管路水头损失。

计算结果如表1所示。

表1 水泵扬程计算表					单位:m
位置	类型	集水池水位	受纳水体水位	水头损失	计算扬程
东泵房	最高扬程	-8.95	-1.9	1.3	8.15
	最低扬程	-7.45	-1.9	1.3	6.65
	平均扬程	-8.2	-1.9	1.3	7.4
西泵房	最高扬程	-8.95	-1.2	1.8	9.55
	最低扬程	-7.45	-1.2	1.8	8.05
	平均扬程	-8.2	-1.2	1.8	8.8

根据计算,东泵房平均扬程7.4 m,取7.5 m,西泵房平均扬程8.8 m,取9 m。

2.3.3 水泵选型

东泵房:流量0.25 m³/s,扬程7.5 m,配泵4台,3用1备,单泵流量300 m³/h,电机额定功率11 kW。

西泵房:流量0.58 m³/s,扬程为9 m,配泵4台,3用1备,单泵流量700 m³/h,电机额定功率30 kW。

2.3.4 集水池容积计算

《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)^[4]中规定地道雨水泵站集水池有效容积不应小于最大一台水泵60 s的出水量。根据泵房的平面布置,集水池平面尺寸8 m×7.5 m,则集水池有效容积:

$$V = 8 \times 7.5 \times (-7.45 + 8.95) = 90 \text{ m}^3$$

满足规范要求的5 m³及10.8 m³,并有一定的冗余,主要考虑适当放大集水容积以增加其调蓄功能,削减下游出水管路的峰值流量。

3 施工期间管线迁改方案

3.1 迁改难点

二七广场隧道位于郑州市中心城区,实施区域的地下管线排布密集。在隧道基坑开挖前需对现有管线进行迁改,预留出空间供隧道结构施工。

本项目管线迁改包括以下两大难点:(1)排水管网的迁改梳理,特别是污水管道的迁改保通;(2)狭窄空间下管线迁改。

3.2 迁改方案

管线迁改主要遵循以下原则:(1)迁改顺序应遵从工程总体计划统筹,先急后缓,先深后浅,先大后小,先主体结构后附属结构;(2)迁改永临结合,优先考虑永久性迁改,临时性迁改次数能少则少,其规模能小则小;(3)迁改周期长、影响大、代价高的管线优先采用原地保护方法,其他管线采取迁改与原位拨移保护并存的方法^[7]。

3.2.1 排水管网的迁改梳理

根据运营管养部门提供的检测报告,隧道沿线雨、污水管网基本运行正常,结构安全。因此原则上保留现有雨污水主管,仅针对部分影响主体结构施工的管段进行迁改,并结合规划要求新建管网。

3.2.1.1 雨水管迁改

现状雨水管沿市政路网敷设,多次穿越隧道。因隧道的修建,将原有系统分割,影响雨水排放,需对其系统性迁改。结合隧道及管道线位东西走向、高程冲突的特点,考虑将原排水分区分为南北两片。隧道北侧尽可能利旧,仅新建支管接入。隧道南侧紧临主体结构新建雨水主管,将以南区域雨水管拦截向东排入下游。迁改前后布置如图3和图4所示。

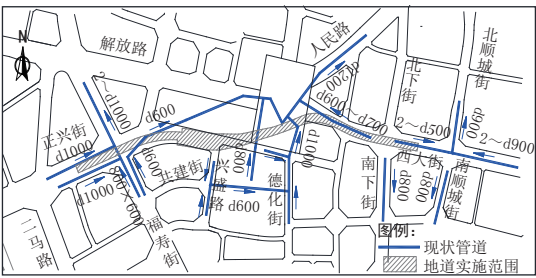


图3 现状雨水系统示意图

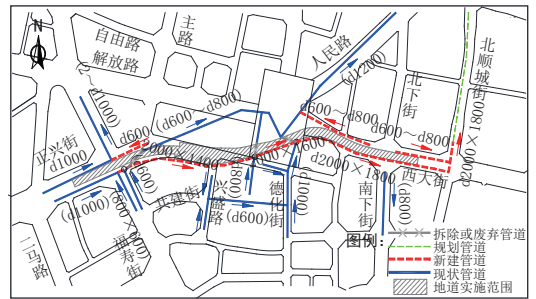


图4 雨水迁改示意图

3.2.1.2 污水管迁改与保通

污水管道的迁改与保通是本工程的重难点。根

据实测管线资料(见图5),该污水主管埋深7~10 m,沿主路敷设,接收南北两侧的支管,自西向东排入下游,同样多次穿越隧道,高程冲突需迁改。

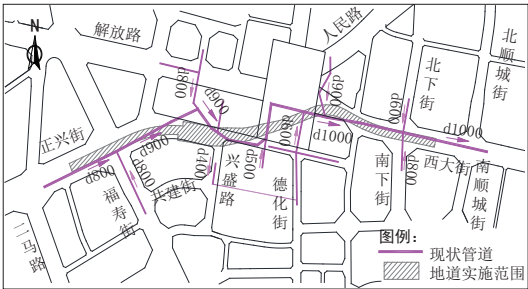


图5 现状污水系统示意图

针对污水管南北均有接入、北片为主南片为辅、东西走向的特点。考虑在隧道北侧新建污水主管,南侧新建支管,分别拦截各自分区上游污水,最终向东排入下游管网。受施工条件限制,东、西两段污水水管采用顶管施工,中央广场区域段污水管与隧道结构采用同槽开挖施工。

施工期间对污水管网的保通,成为本项目的重中之重。污水保通方案遵循先建后废的原则,分四阶段实施,具体布置如下。

迁改一阶段:根据交通组织方案,东、西段顶管先行施工,期间该段道路正常通行(见图6)。

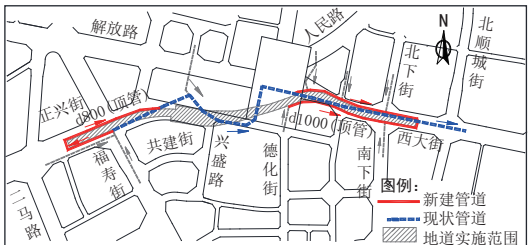


图6 东、西段污水顶管交接

迁改二阶段:顶管完成后对新老管道割接,通水后废除原污水管,腾出空间供隧道基坑开挖(见图7)。

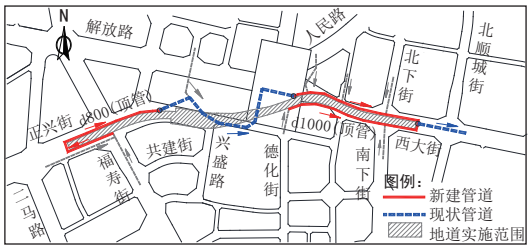


图7 东、西段管道割接及废除

迁改三阶段:中央广场段污水管与该区域隧道结构同槽开挖施工。本段隧道位于现状污水管下方,在基坑开挖时对现状污水进行悬吊保护,同步新建北临结构的污水管(见图8)。

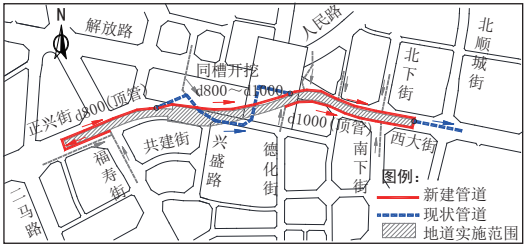


图8 广场段污水管同槽施工

迁改四阶段:待隧道北临污水管实施后,对新老管道割接,通水后废除悬吊保护的污水管,腾出空间实施隧道主体结构,保通完成(见图9)。

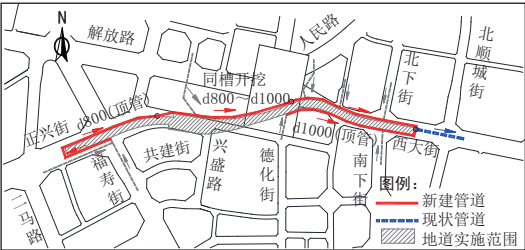


图9 广场段原管废除

在四阶段迁改方案中,综合考虑了各项影响因素,包括隧道建设时序、地面交通疏解、污水保通等,各阶段关注重点如表2所示。

表2 迁改因素汇总表

阶段	考虑因素
一、二阶段	顶管先行施工,避免交通封道;管道割接确保污水保通,为主体结构提供施工空间,加快工期进度
三、四阶段	中央广场段根据建设时序要求,并结合基坑开挖方案同步进行。管道割接确保污水保通,为主体结构提供施工空间,加快工期进度

3.2.2 狭窄空间下管线迁改

隧道东段紧邻两侧建筑,沿线敷设7大市政管线。现状道路断面红线宽度35 m,而隧道基坑开挖宽度20 m,其结构及基坑占据大部分地下空间。若按照常规地埋管线方案布置是无法实施的,可考虑做综合管廊。但经比选后,综合管廊净高要求严格,按规范设计会影响下方轨道1号线运行,并且管廊单段距离较短、不成系统、综合成本高。最终考虑在隧道下方与主体结构合建管线通道。与综合管廊不同,管线通道仅为市政管线提供通行空间,不考虑工作人员日常检修及通风等需求。

管线通道净高1.9 m,净宽8.5 m,通过中隔墙分为电力舱、通信舱、热力舱、给水舱,舱室内采用支架或支墩放置管线。在通道沿线中央处设置临时吊装口,洞口位于隧道行车道处。施工中待管线安装后用混凝土盖板密封,铺上沥青。若后续运营过程中管道需维修,可临时挖除沥青,打开吊装口进行更换养护。

根据交管部门要求,施工期间两侧临街商铺的人行道及非机动车道仍须保通,因此要尽可能减少施工围挡,所有涉及临敷临改的管线均在围挡内进行。本段管线迁改分为 2 个阶段。

一阶段(临改):如图 10 所示,隧道基坑开挖断面内的电力、通讯、给水管线,临时迁改至围挡区域内的施工便道处,明敷或浅埋。雨、污水按上文方案顶管迁改。燃气根据产权单位要求迁改至非机动车道下。最外侧人行道下热力管线保留。

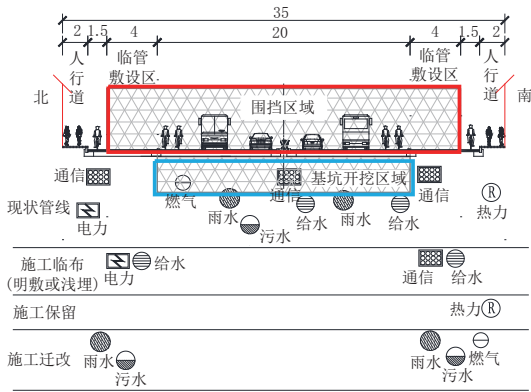


图 10 一阶段临改断面(单位:m)

二阶段(迁改):如图 11 所示,待隧道主体结构及管线通道建成后,电力、通讯、给水、热力管线迁改入内。拆除围挡区域内的临时管线。

4 结 论

(1)隧道排水设计中应确保汇水面积可控,避免客水汇入,可采用设置驼峰或横截沟进行控制。计算汇水面积时计入敞开段侧墙的集雨面积。

(2)隧道排水的综合径流系数一般可取高值,暴雨重现期根据重要程度确定,地面集流时间 t_1 可按坡面汇流公式计算。

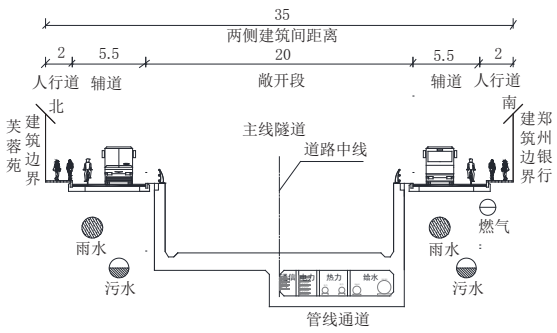


图 11 二阶段迁改断面(单位:m)

(3)水泵扬程计算要考虑最高、最低扬程,选用水泵在设计扬程时处于高效段,水泵在最高、最低扬程的整个工作范围内能安全稳定运行。水泵配备可根据隧道重要性设置备用泵。

(4)集水池结合泵房布置适当放大,增加其调蓄功能,削减下游出水管路的峰值流量。

(5)管线迁改应根据不同施工工艺的特点,综合考虑地面交通、施工周期、管线保通等因素合理制定方案。对于场地过于狭窄、管道无法直埋的区域,可结合隧道修建综合管廊或管线通道。

参考文献:

[1] 张东见.兰州中川国际机场综合交通枢纽工程管线迁改案例分析[J].给水排水,2020,56(2):85-98.
[2] 周杰.多匝道大型隧道排水设计方案技术要点分析[J].山西建筑,2023,49(7):165-168.
[3] 邓特刚,舒昕,刘欣,等.城市地道排水安全性与经济性的设计探讨[J].中国给水排水,2014,30(16):35-38.
[4] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
[5] GB 55027—2022,城乡排水工程项目规范[S].
[6] 黄思进.城市下穿式隧道排水设计[J].城市道桥与防洪,2025(1):162-166.
[7] 吴强,张丰琼.地铁工程市政管线迁改典型作法与特殊管线设计[J].中国给水排水,2025,41(4):80-85.