

西安地铁3号线车站暗挖出入口通道负距离下穿 自来水阀门井方案设计*

文保军¹ 侯莉娜² 菅士良²

(1. 中铁西安勘察设计研究院有限责任公司, 710054, 西安; 2. 西安工业大学建筑工程学院, 710021, 西安//第一作者, 高级工程师)

摘要 针对西安地铁3号线车站暗挖通道负距离下穿自来水阀门井问题, 采用在暗挖通道弧形拱顶增设平直段的方法, 对通道断面形式进行方案设计及数值分析, 并提出暗挖通道下穿阀门井施工优化设计思路及方案。研究表明: 采用所提出的优化方案可以保持通道弧形拱顶主体形状, 结构受力合理并能降低施工风险; 未发现施工中的自来水泄漏情况, 隧道内变形满足要求; 给水管及阀门井变形均达到设计目标。

关键词 西安地铁; 车站; 暗挖通道; 阀门井; 方案设计

中图分类号 U231.3

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2022.09.005

Design of Xi'an Metro Line 3 Station Underground-excavated Entry/Exit Passage Negative Distance Under-passing Water Valve Chamber Scheme

WEN Baojun, HOU Li'na, JIAN Shiliang

Abstract Targeting the problem of Xi'an Metro Line 3 station underground-excavated passage under-passing water valve chamber in negative distance, the method of adding straight section on arc vault of the underground-excavated passage is adopted to conduct scheme design and numerical analysis of passage cross-section form. Optimization design idea and scheme for construction of the underground-excavated passage under-passing valve chamber are put forward. Research results show that by adopting the mentioned optimization scheme, the main arc vault shape of the tunnel is maintained, the structure stress is reasonable, and construction risk is reduced. No water leakage was found during construction, and the deformation in the tunnel met the requirements. The deformation of water supply pipe and valve chamber both reached the design target.

Key words Xi'an Metro; station; underground-excavated passage; valve chamber; scheme design

First-author's address Xi'an Survey, Design and Research Institute Co., Ltd. of CREC, 710054, Xi'an, China

随着我国城市化进程的加快, 城市轨道交通大规模发展, 不可避免地出现了地铁隧道以及地下车站的暗挖通道与市政水电管线交叉穿越的情况。目前, 对于此类情况, 设计中主要采取管线迁改、增加暗挖通道埋置深度、小距离下穿通过等措施进行处理。但对于施工中遇到的新管线, 或当管线实际标高与图纸出现偏差时, 如何低风险、低成本地解决问题是城市轨道交通在目前发展中遇到的新难题。

当管线侵入暗挖通道时, 常用的处理措施有换拱法以及将暗挖通道断面由弧形拱顶改为直线形拱顶^[1]。但换拱法在既有支护拆除及回填过程中, 存在非常大的施工风险; 而改为直线型拱顶的方法又无法在隧道上方形成有效的拱效应, 进而容易导致结构受力不合理和施工风险高等问题。除此之外, 该方法还需调整线路或通道坡度^[1]。现有案例多针对暗挖通道施工时, 分析管线下方保持一定距离的穿越问题, 对零距离或负距离(已侵入结构)下穿管线的问题涉及较少。

本文以西安地铁3号线某站暗出入口挖通道负距离下穿自来水阀门井的结构侵占问题为切入点, 对暗挖通道及阀门井施工现状进行分析, 并以给水管沉降变形控制标准为目标, 对暗挖通道的断面形式进行方案设计及数值模拟验算, 提出暗挖通道下穿阀门井施工工法的设计思路及方案。本文研究可为类似地铁工程施工中, 解决突发性管线侵限问题提供参考与借鉴。

1 工程概况

1.1 工程简介

西安地铁3号线延兴门站共设置5个出入口及2个风亭, 其IV号通道共设3段暗挖通道(A、B、C

* 国家自然科学基金项目(51378416); 国家自然科学基金项目(51378410); 陕西省自然科学基金项目(2018JQ5099)

通道)、4 个明挖基坑(1~4 号基坑)、1 个消防通道以及 2 个风亭。结构底板最大埋深 15 m 左右,通道总长约为 308 m。车站Ⅳ号出入口暗挖通道从 Y 型节点明挖段结构进洞向车站方向开挖,设计采用 CD(中隔壁)工法。在 1 号导洞开挖至 18.0 m 处遇混凝土结构,侵入结构净空尺寸约为 500 mm,影响隧道施工。结合管线资料及现场地面情况调查,同时经产权单位确认,此混凝土结构为 JS DN 2 200 mm(JS 为给水管)自来水阀门井基础,此阀门井为东南二环自来水的控制枢纽,无迁改和停止供水的可能。根据现场调查可知:

1) 车站Ⅳ号通道上方 JS DN 2 200 mm 实际标高较原设计标高低 0.600 m,导致通道暗挖段初支与管线较近;

2) 车站Ⅳ号暗挖通道上方 WS DN 1 000 mm(WS 为活水管)、JS DN 600 mm 及 PS DN 1 200 mm(PS 为排水管)等管线与暗挖通道平面相交,但竖向距离较远,对本工程影响较小;

3) 车站Ⅳ号通道的主通道上方存在一处给水管检修阀门井,阀门井内净空尺寸为 4.0 m×4.5 m×4.1 m,检修阀门井基础部分侵入Ⅳ号通道主通道 510~610 mm,如图 1 所示。

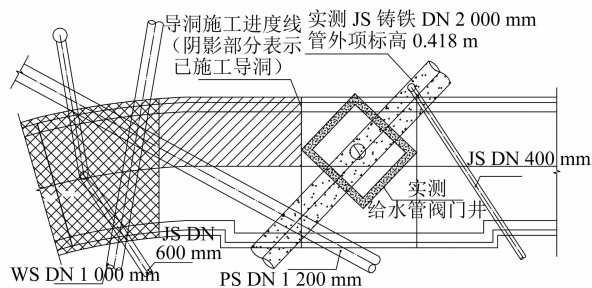


图 1 延兴门站Ⅳ号通道 DN 2200 mm 给水管及阀门井分布情况

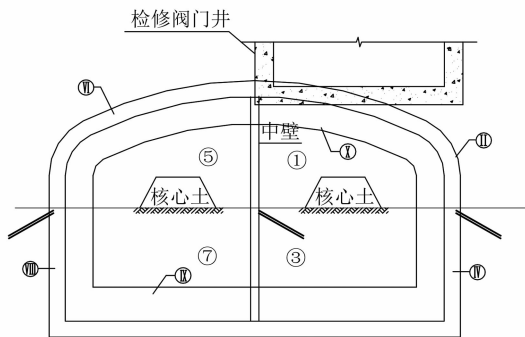
Fig. 1 Distribution of DN 2200 mm water supply pipe and valve chamber in passage IV of Yanxingmen Station

Ⅳ号暗挖通道 1 号导洞开挖至 16.5 m 处时,发现给水管阀门井基础侵入结构问题,致使通道无法继续施工。同时,由于暗挖通道初期支护无法闭合成环,导致支护钢架结构变形持续发展,且未有趋于稳定的迹象。此外,暗挖通道施工还面临以下问题:①暗挖通道部分导洞已施工,现阶段无法改变路径;②地铁 3 号线已全面进入安装装修阶段,后续安装工程时间紧迫;③给水管一旦漏水,巨大的水压力可迅速填充已开挖通道,并反灌至地铁车站和区间。

1.2 暗挖通道及阀门井施工现状

1.2.1 暗挖通道施工现状

Ⅳ号出入口部分通道采用浅埋暗挖法施工。暗挖段采用 CD 法施工,如图 2 所示。



注:阿拉伯数字表示通道土方开挖部位;①部位开挖进尺 16.5 m,可见阀门井基础;③部位开挖进尺 13.5 m;⑤部位开挖进尺 11.5 m;⑦部位开挖进尺 7.5 m;罗马数字表示通道支护部位。

图 2 暗挖通道施工步骤图

Fig. 2 Construction steps of underground-excavated passage

JS DN 2200 mm 给水管横跨Ⅳ号出入口,埋深为 5.4 m,管底距结构顶面 310 mm。阀门井为 4.0 m×4.5 m×4.1 m 混凝土结构,呈东南-西北走向;JS DN 400 mm 给水管从 JS DN 2 000 mm 主管道接出,走向西南向,管底与 JS DN 2 200 mm 结水管齐平,如图 3 所示。

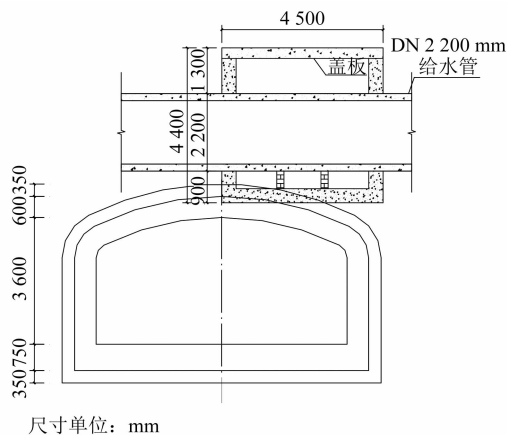


图 3 暗挖通道与给水管及阀门井关系

Fig. 3 Relationship between underground-excavated passage and water supply pipe and valve chamber

1.2.2 阀门井施工现状

JS DN 2 200 mm 给水管阀门井地面埋深约为 4.5 m,阀门井为钢筋混凝土+盖板形式,阀门井内为给水管节点,节点处设置伸缩补偿器。暗挖通道在施工过程中,阀门井基础侵入暗挖通道拱顶。

2 暗挖通道下穿自来水阀门井方案设计控制目标

根据 DBJ 61-98—2015《西安城市轨道交通工程监测技术规范》、CJJ/T 202—2013《城市轨道交通结构安全保护技术规范》,以及国内外其他资料调查结果,参考已建地铁穿越类似市政管线和沉降实测资料^[2-4],确定 JS DN 2 200 mm 给水管沉降变形控制标准如下:

1) JS DN 2 200 mm 给水管:允许沉降控制值 ≤ 20 mm,差异沉降控制值 $\leq 0.25\%L_g$ (L_g 为管节长度),变形速率控制值 ≤ 2 mm/d,施工前应 与产权单位确认。

2) 检修阀门井:由于检修阀门井内为 JS DN 2 200 mm 给水管接口,两节管线间通过伸缩补偿器适应变形。在节点处允许沉降控制值 ≤ 5 mm,差异沉降控制值 $\leq 0.1\%L_g$,变形速率控制值 ≤ 1 mm/d,施工前应 与产权单位确认。

3 暗挖通道下穿自来水阀门井方案设计

3.1 暗挖通道断面形式方案设计

3.1.1 设计方案

为减小换拱带来的施工风险,提出在暗挖通道拱顶中心增加一平直段的断面形式,如图 4 所示,这样既增宽了断面又避免了已施工通道换拱,通道截面亦对称。

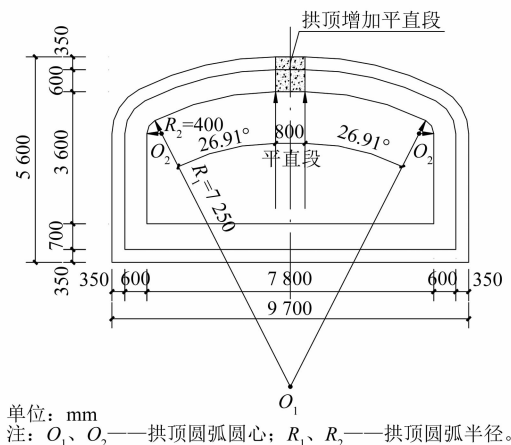


图 4 通道拱顶增加平直段

Fig. 4 Straight section added to the passage vault

3.1.2 数值分析

建立拱顶增加平直段的暗挖通道结构有限元模型,并进行结构初期支护、二衬内力及变形计算,结果如图 5 和图 6 所示。由图 5 和图 6 可知,暗挖

通道拱顶增加平直段受力合理,可满足结构承载力和变形的要求,同时所提方案也符合施工现状。

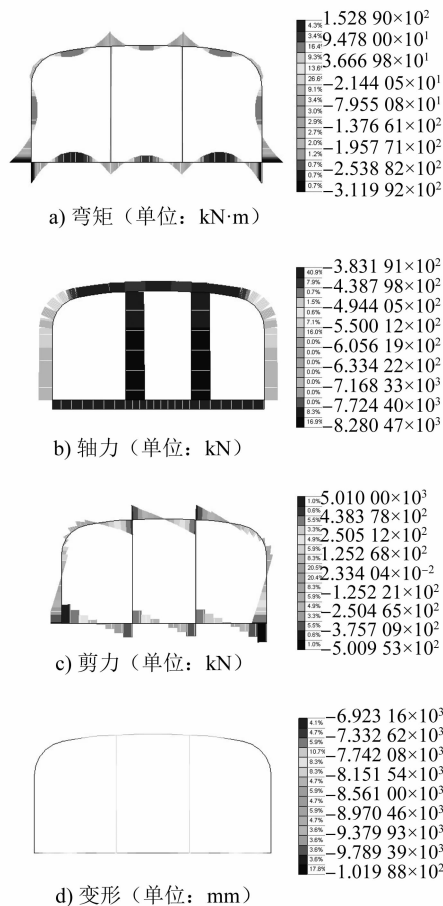


图 5 初期支护内力及变形仿真模拟结果

Fig. 5 Simulation results of internal force and deformation of primary support

3.2 暗挖通道内施工工法方案设计

3.2.1 施工工法方案设计思路

暗挖通道在下穿检修阀门井段的开挖工法由 CD 法改为双侧壁法施工,如图 7 所示^[1]。由于拱顶下压空间有限,为保证暗挖通道起拱效果,拱部格栅钢架高度由 350 mm 渐变为 250 mm,拱部格栅钢架主筋设置附加钢筋,超前支护尽量打设;施工中二衬不拆除竖撑,在竖撑中焊接水平钢板作为止水环,竖撑直接埋置于二衬中,待二衬混凝土凝固后割除多余竖撑。

3.2.2 施工工法方案

1) 调整开挖工法:为保证管道使用安全,暗挖通道下穿管道、阀门井段开挖工法由 CD 法调整为双侧壁法。相比于 CD 法,双侧壁法增加一道临时支撑,减小一次开挖面积与临空面,可最大限度保证不对阀门井基础产生扰动。

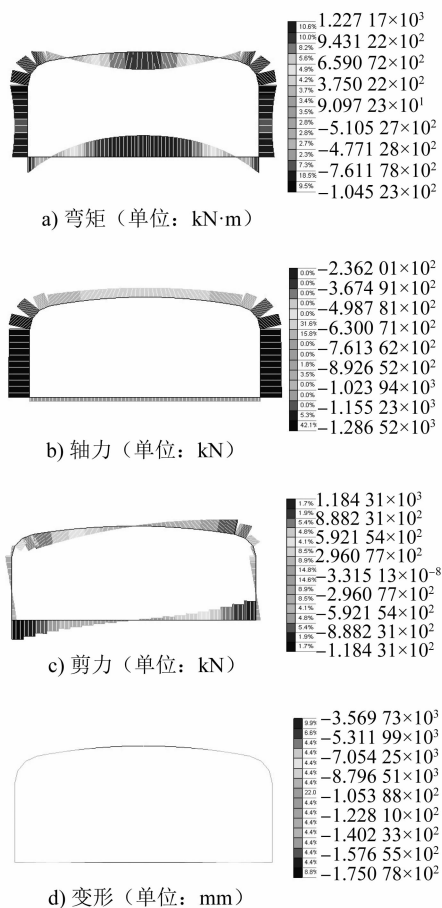
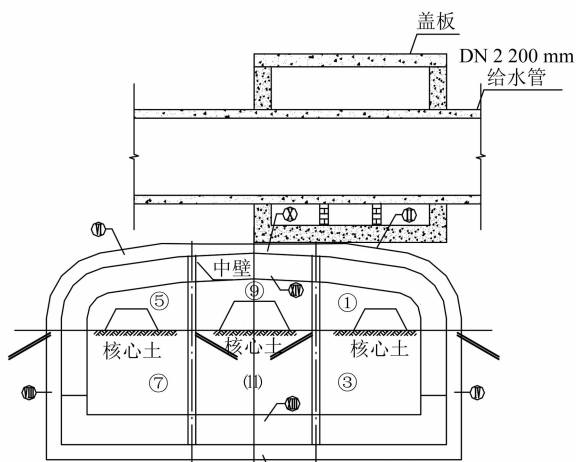


图6 二衬内力及变形仿真模拟结果

Fig. 6 Simulation results of internal force and deformation of secondary lining



注: 阿拉伯数字表示通道土方开挖部位; 罗马数字表示通道支护部位。

图7 通道内双侧壁法施工

Fig. 7 Double side wall construction method in passage

2) 加强超前支护: 暗挖通道施工时, 按照设计施工双排超前小导管, 使小导管在拱部开挖范围外侧形

成棚洞结构, 降低开挖施工对开挖范围以外土体的扰动。超前小导管内压注水泥砂浆, 以增强小导管刚度。

3) 控制开挖进尺、钢架密排: 格栅钢架在穿过自来水管段时采取密排通过。控制开挖进尺, 每循环进尺不超过 50 cm。开挖完成后及时安装初期支护格栅钢架, 喷锚支护。

4) 支护背后注浆回填: 初期支护完成封闭后及时进行初期支护背后注浆, 控制好注浆压力 (不超过 0.3 MPa), 确保初期支护与土层间密实, 进一步减小土层沉降的可能性。

3.3 阀门井加固和监测措施

为确保暗挖通道在施工期间上部给水管及阀门井安全, 经研究决定在施工期间将阀门井盖板掀开, 以便于对给水管及阀门井采取加固和监测措施。主要措施如下:

1) 沿 JS DN 2200 mm 给水管周边, 在阀门井侧壁钻孔, 使给水管在阀门井侧壁处由原先的刚接改为柔性连接, 从而避免了阀门井发生沉降变形时, 带动给水管变形造成破坏。

2) 在阀门井接口处进行沉降监测, 并安排专人进行现场巡视。当发现节点处渗漏水时, 及时进行落实紧固, 防止漏水。

4 方案设计效果分析

从 2016 年 7 月初—2016 年 8 月中旬, 车站 IV 号通道暗挖段按照所提方案进行暗挖通道下穿自来水阀门井施工, 施工过程中未发现自来水泄露和变形超标的情况, 隧道内变形监测也满足设计要求, 施工顺利完成, 并于 2016 年 8 月底完成地面阀门井回填施工, 同时恢复路面交通。在施工期间, 给水管的最大沉降为 4 mm, 差异沉降控制值小于等于 $0.25\%L_g$, 为 1 mm, 满足设定目标。施工期间检修阀门井最大沉降为 5 mm, 差异沉降控制值小于等于 $0.1\%L_g$, 为 2 mm, 满足设定目标。

5 结语

在对暗挖通道及阀门井施工现状分析的基础上, 提出对暗挖通道的断面形式进行设计和数值模拟, 同时对暗挖通道及阀门井施工工法进行方案设计, 研究结果表明:

1) 按照所提方案进行暗挖通道下穿自来水阀门井施工, 未发现自来水泄露和变形超标的情况,

(下转第 32 页)