

文章编号: 1673 - 9469(2015) 01 - 0019 - 04

doi: 10. 3969/j. issn. 1673 - 9469. 2015. 01. 006

地铁暗挖车站近接既有结构施工响应分析

扈士琰

(中铁十六局集团地铁工程有限公司, 北京 100025)

摘要: 以北京地铁 15 号线奥林匹克公园站近接既有隧道结构为工程背景, 采用三维数值模型对其施工响应进行分析和动态模拟, 并与现场实测进行对比, 可得以下结论: 上部小导洞开挖引发的地表沉降占总位移的 69.3%, 为暗挖车站近接既有结构施工的关键步序; 上部小导洞开挖建议采取超前注浆加固、缩短开挖进尺、及时施作桩顶冠梁及钢管柱等; 地表沉降最大值位于暗挖车站中线部位, 影响范围为车站中线两侧约 40 m; 暗挖车站施工完成后, 既有隧道结构竖向位移最大值为 11.06 mm, 满足规范安全要求。

关键词: 暗挖车站; 既有结构; 近接; 小导洞开挖; 地表沉降; 结构强度

中图分类号: U231

文献标识码: A

Analysis on construction response of the metro mining station adjacent to existing structure

HU Shi - yan

(China Railway 16th Bureau Group Subway Engineering Co. Ltd., Beijing 100025, China)

Abstract: Taking the Olympic Park station in Beijing 15 line as the project background, the dynamic simulation of the existing structure down - traversed by subway station is performed by 3D numerical model vs. site measurement. The results show that: the rate of upper small pilot tunnel excavation is 69.3% of the total surface subsidence, the upper small pilot tunnel excavation is a key step in the existing structure down - traversed by subway station of subsurface excavation station; The suggestion measures are advanced grouting, short footage and tough supporting; crown beam on pile and steel - pipe column applied timely; the maximum surface subsidence is located at the station midline, the range of influence is 40 m at the station both sides; after the subsurface excavation completed, The maximum vertical displacement of the structure of existing tunnel is 11.06 mm and is meet the requirement of Technical code of maintenance for city bridge.

Key words: mining station; existing structure; adjacent; surface subsidence; structural strength

近接既有地下结构的主要风险来自施工过程中对既有结构影响^[1-4]。多位学者对地铁车站、区间近接既有结构进行了相关研究, 得出了一些有益结论^[5-10]。本文选取北京地铁 15 号线奥林匹克公园站近接既有隧道结构为依托, 针对北京地区砂性土与粘性土互层的地质条件, 采用三维数值计算与现场实测对暗挖车站近距离近接既有隧道结构进行动态模拟, 分别从近接施工引发的地表沉降、既有隧道结构竖向位移的角度对施工扰

动效应进行分析, 研究现有开挖方式与支护参数条件下近接既有结构的安全性, 为类似工程提供借鉴与参考。

1 工程背景

暗挖车站结构宽 25.5 m, 高 16.2 m, 长 126 m, 采用 8 导洞开挖。暗挖车站施工前, 已经对洞周围岩进行降水, 所以不考虑地下水的作用。暗挖车站近接既有结构剖面关系如图 1 所示。

收稿日期: 2014 - 10 - 24

基金项目: 国家自然科学基金(51308182)

作者简介: 扈士琰(1986 -), 男, 河北邢台人, 硕士, 主要从事地铁施工管理方面的工作。

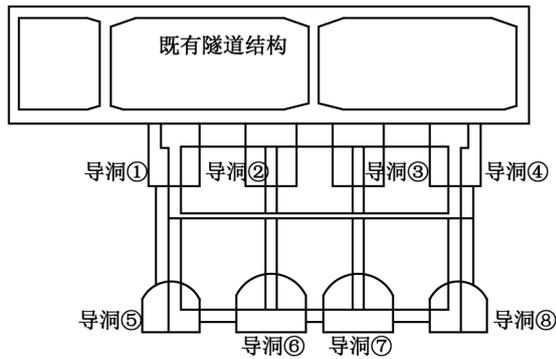


图1 暗挖车站近接既有结构剖面

Fig.1 The profile of metro mining station adjacent to existing structure

暗挖车站近接既有隧道结构施工步骤:

- (1) 开挖小导洞前超前加固洞周地层。
- (2) 先开挖导洞 1、4, 然后开挖导洞 2、3, 两者错距 5 m, 导洞支护后施作车站结构两侧钻孔灌注桩及桩顶冠梁。
- (3) 先开挖导洞 5、8, 然后开挖导洞 6、7, 两者错距 5 m, 导洞支护后施作车站结构两侧钻孔灌注桩。
- (4) 在导洞 1、4 内施作桩顶冠梁并回填, 同时施作钢管桩。
- (5) 开挖车站顶板上部土体, 施作车站顶板。
- (6) 开挖站厅层下部土体, 并施作车站中楼板及侧墙。
- (7) 开挖车站下部土体, 施作车站底板及侧墙, 封闭车站结构。

2 计算模型的建立

2.1 计算模型的建立

以北京地铁 15 号线奥林匹克公园站近接既

表 1 围岩力学参数

Tab.1 Mechanical parameters of surrounding rock mass

土层		重度/kN/m ³	粘聚力/kPa	内摩擦角/°	弹性模量/MPa	泊松比
① ₃₁	粉砂	19.1	0	22	23	0.28
② ₁₁	粉质黏土	19.4	34.6	14.3	11.2	0.30
② ₂	粉土	19.8	15.9	14.3	10.6	0.31
④ ₁	粉质黏土	19.6	37.9	13.1	11.2	0.33
④ ₂	粉土	19.9	10.6	23.6	19.2	0.32
⑤ ₁	粉质黏土	19.8	36.8	14.9	11.6	0.34
⑤ _{1夹}	粉土	20.3	6	33.7	15.2	0.31
⑤ ₂	粉土	20.3	24.4	23.7	13.5	0.31
⑤ ₃₁	粉砂	19.1	0	22	22.8	0.28

有结构为依托, 地下结构开挖只会影响周边一定范围内的土体, 计算模型边界范围: 选取暗挖车站宽度方向为 x 轴, 数值为 125 m; 选取暗挖车站长度方向为 y 轴, 数值为 45 m; 选取土层重力方向为 z 轴, 数值为 85 m。根据勘察单位提供的资料, 区域内地层自上而下可分为 6 层, 暗挖车站近接既有结构共有 40 226 个节点、10 320 个单元。计算模型网格划分如图 2 所示。

暗挖车站近接既有隧道结构计算模型采用位移边界条件: 两侧约束水平位移, 底部约束竖向位移, 顶部为自由边界。

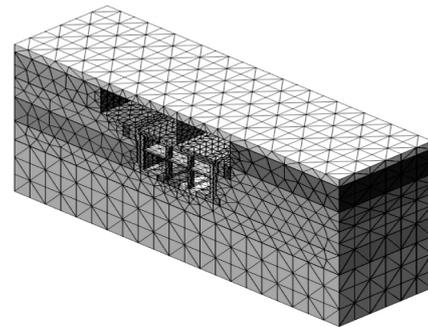


图2 计算模型网格剖分图

Fig.2 The mesh profile of calculation model

2.2 计算参数的确定

计算模型遵循如下基本假定:

- (1) 区域内地层服从 Drucker - Prager 弹塑性屈服准则; 车站与既有隧道结构服从理想线弹性本构模型。
 - (2) 各地层近似层状分布。
 - (3) 不考虑地下水与构造应力的影响。
- 区域内地层物理力学参数如表 1 所示。
钢筋混凝土结构采用理想线弹性模型, 弹性模量为 25.5 GPa, 泊松比为 0.2。

3 近接既有结构计算分析

选取计算模型 y 轴中间断面为重点研究对象,分别从近接施工引发的地表沉降、既有隧道结构竖向位移及各阶段既有隧道结构强度检算的角度,对地铁暗挖车站近接既有结构施工响应进行数值分析。

3.1 地表沉降

暗挖车站近接既有结构施工引发的地表沉降是表征土建施工对环境影响的重要指标,特别是对于建筑物密集分布、交通繁忙、管线较多的中心城区。

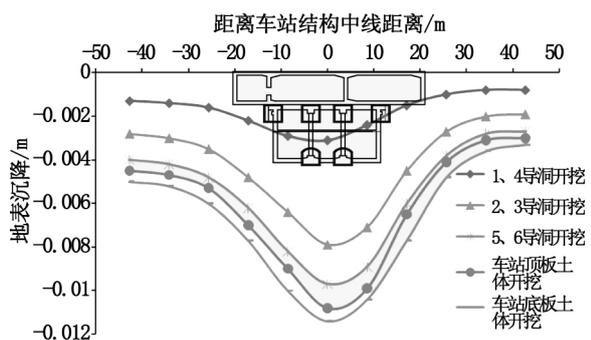


图3 地铁车站近接施工引发的地表沉降

Fig.3 Ground settlement curve of metro mining station adjacent to existing structure

图3为地铁暗挖车站施工引发地表沉降曲线,可得以下结论:

(1) 暗挖车站导洞 2、3 开挖引发地表沉降占最终位移值的 41.9% ,所占比例最大;导洞 1、4 开挖引发地表沉降所占次之,比例数值为 27.4% 。

(2) 由计算结果可得,上部导洞开挖引发的地表沉降比例达到 69.3% ,因此成为暗挖车站近接既有结构的关键步序,应超前注浆加固洞周地层,缩短开挖进尺,及时施作桩顶冠梁及钢管柱,增大车站结构的竖向刚度。

(3) 暗挖车站近接既有隧道结构引发的地表沉降最大值出现在车站中线部位,影响范围为车站中线两侧约 40 m 。

3.2 既有隧道结构竖向位移

暗挖车站施工引发既有结构变形,既有隧道结构的竖向位移成为近接施工响应的重要评价指标。

图4为暗挖车站不同施工阶段既有隧道结构位移云图,可得以下结论:

(1) 既有隧道结构竖向位移变化值最大发生在开挖导洞 2、3 阶段,位于新建车站中线上方最大值为 8.37 mm;

(2) 暗挖车站施工完成后,既有隧道结构竖向位移最大值为 11.2 mm,满足《城市桥梁养护技术规范》安全要求,说明现行开挖方法与支护参数条件下,地铁暗挖车站近接施工可以确保既有结构安全运营。

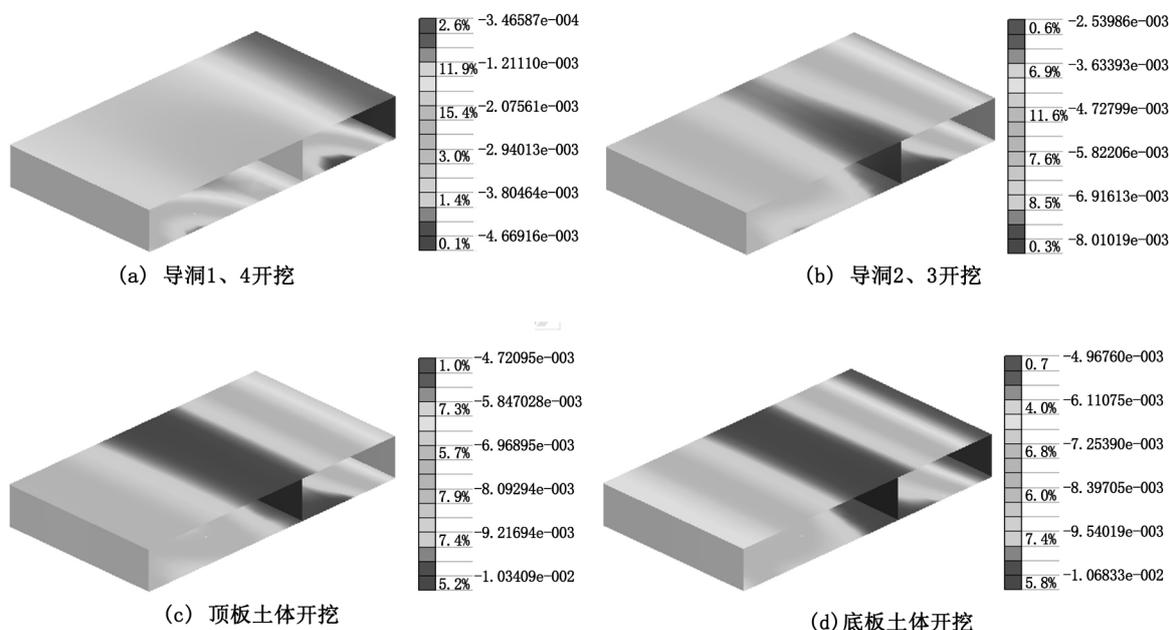


图4 不同施工阶段既有隧道结构位移云图

Fig.4 The displacement cloud picture of different construction stage

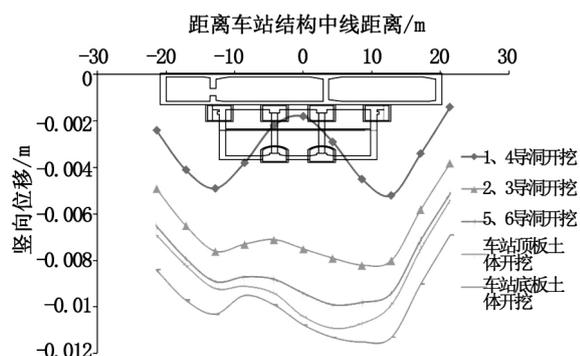


图5 暗挖车站施工引发既有结构竖向位移

Fig.5 The vertical displacement of existing structure by Underground metro station construction

图5为地铁暗挖车站施工引发既有隧道结构竖向位移,可得以下结论:

(1)暗挖车站导洞2、3开挖引发既有隧道结构竖向位移所占比例最大,这与地表沉降规律一致。

(2)暗挖车站导洞1、4时,既有隧道结构底板下中部土体有一定范围的隆起变形,建议导洞1、4与2、3错距开挖,减小开挖进尺。

4 现场实测对比

选取地铁车站中线上方地表测点进行地表沉降跟踪监测,与数值计算结果进行对比,如表3所示^[9-10]。

表3 地表沉降分阶段控制

Tab.3 The ground settlement control by stage

施工步序	累计沉降 值/mm	沉降差 /mm	所占 比重
1、4 导洞开挖	3.2	3.2	26.9%
2、3 导洞开挖	8.0	4.8	41.4%
5、6 导洞开挖	9.9	1.9	16.4%
车站顶板土体开挖	10.8	0.9	7.7%
车站底板土体开挖	11.6	0.8	7.8%

由表3可得地铁车站中线上方地表沉降变形规律:暗挖车站导洞2、3开挖引发地表沉降占最终位移值的41.4%,所占比例最大;导洞1、4开挖引发地表沉降所占次之,比例数值为26.9%,这与数值计算结果基本吻合。

5 结论

1)暗挖车站导洞2、3开挖引发地表沉降占最终位移值的41.9%,导洞1、4开挖引发地表沉降为27.4%,上部导洞开挖成为暗挖车站近接既有结构的关键步序。

2)上部小导洞开挖应超前注浆加固洞周地层,缩短开挖进尺,及时施作桩顶冠梁及钢管柱,增大车站结构的竖向刚度。

3)暗挖车站近接既有隧道结构引发的地表沉降最大值出现在车站中线部位,影响范围为车站中线两侧约40m。

4)暗挖车站施工完成后,既有隧道结构竖向位移最大值为11.06mm,满足《城市桥梁养护技术规范》安全要求。

5)暗挖车站导洞1、4时,既有隧道结构底板下中部土体有一定范围的隆起变形,建议导洞1、4与2、3错距开挖,减小开挖进尺。

6)通过不同施工阶段弯矩对比,在暗挖车站下结构施工扰动条件下,近接既有结构满足结构强度安全要求。

参考文献:

- [1]王梦恕. 21世纪是隧道及地下空间大发展的年代[J]. 西部探矿工程, 2000, 62(1): 7-8.
- [2]日本铁道综合技术研究所. 近接既有隧道施工对策指南[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
- [3]孙钧, 刘洪洲. 交叠隧道盾构法施工土体变形的三维数值模拟[J]. 同济大学学报, 2002, 22(4): 379-385.
- [4]李围, 何川. 南京地铁区间隧道盾构法施工关键技术研究-区间盾构隧道近接玄武湖公路隧道施工研究报告[R]. 成都: 西南交通大学, 2002, 44-49.
- [5]李围, 何川. 盾构隧道近接地下大型结构施工影响研究[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(10): 1277-1281.
- [6]刘维宁, 张弥, 邝名明. 城市地下工程环境影响的控制理论及其应用[J]. 土木工程学报, 1997, 30(5): 66-75.
- [7]YAMAGUCHI J, YAMAZAKI J, KIRITANI Y. Study of ground tunnel interaction of four shield tunnels driven in close proximity in relation to design and construction of parallel shield tunnels [J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1998(13): 289-304.
- [8]SINGH B, VILADKAR M N, MEHROTRA V K. Rock mass strength parameters mobilized in tunnels [J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1997, 12(1): 47-54.
- [9]扈世民, 王梦恕, 张丽, 等. 基于变位分配法地铁车站变形规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2013, 32(2): 266-272.
- [10]胡群芳, 黄宏伟. 盾构近接越已运营隧道施工监测与技术分析[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(1): 42-46.

(责任编辑 王利君)