

新建车站零距离穿越既有地铁车站的施工保护措施及效果分析

李世辉

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 210003, 南京//高级工程师)

摘要 新建车站零距离穿越既有地铁车站结构,势必会对其运营安全及结构变形产生不可忽视的影响。以南京某工程为实例,明挖基坑开挖通过与既有车站结构间增设一排隔离桩、对称开挖,暗挖施工采用上下台阶法进行开挖、左右导洞对称施工。根据有限元数值分析基坑开挖引起的临近地表沉降和既有车站结构的变形,沉降最大值为 9.8 mm,既有结构新增最大沉降量 2.9 mm,累计沉降量 8.3 mm,可确保既有结构的安全。

关键词 地铁车站;零距离穿越;运营安全;数值分析

中图分类号 TU435

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.020

Protection Measures and Effect Analysis of New Station Construction Crossing the Existing Subway Station at Zero Distance

LI Shihui

Abstract The construction of a new station crossing the existing subway station at zero distance is bound to have negligible impact on the operational safety and structural deformation. In the case study of a metro project in Nanjing City, the open-cut foundation pit is symmetrically excavated by adding a row of isolation piles between the pit and the existing station structure, while the buried excavation construction adopts bench method and the symmetrical construction of left and right guide holes. According to the finite element numerical simulation, the near surface subsidence and the deformation of the existing station structure caused by foundation pit excavation are analyzed, the maximum value of settlement is 9.8 mm, the new maximum settlement of the existing structure is 2.9 mm, and the cumulative settlement is 8.3 mm, thus the safety of the existing structure is ensured.

Key words subway station; zero distance crossing; operation safety; numerical analysis

Author's address China Railway First Survey and Design Institute Group, Ltd., 210003, Nanjing, China

目前,临近既有城市轨道交通工程的新建工程施工已成为新的工程难题。新建工程下穿既有地铁结构不可避免地会引起既有结构的变形和运营,其施工方案设计及理论计算尤为重要。

文献[1-7]结合相关实际,对该类工程提出了一些处理措施。但在既有结构未预留成熟施工条件的情况下,新建地铁车站结构零距离下穿既有地铁结构的案例研究较少。

本文针对南京地铁5号线上海路站零距离穿越既有地铁车站进行理论计算和设计研究,总结既有车站的变形规律,为既有车站的运营安全提供技术支持。

1 工程概况

1.1 工程概述

南京地铁5号线上海路站穿越既有地铁车站后形成的T型换乘站,为地下3层(局部2层)岛式站。新建车站与既有车站关系如图1所示。

既有地铁主体结构采用明挖顺做法施工,基坑深15.56~16.36 m,围护结构为 $\phi 1\ 200\text{ mm}$ 人工挖孔桩。上海路(莫愁路)与汉中路路口处围护结构采用 $\phi 1\ 200\text{ mm}@2\ 400\text{ mm}$ 人工挖孔桩,桩间采用分层挂网喷锚支护。设计时只考虑预留与5号线换乘条件,并预留了侧墙开洞条件和钢筋接驳器。既有车站换乘节点预留条件如图2所示。

既有线底部下方预留的桩基长度较短,故新建地铁车站底板下方出现了超短桩(长仅2 m,如图3~4所示),从而影响了整体建筑物的安全,且面临暗挖富水地层等技术难题。其周边环境复杂、施工难度大。

1.2 基坑地质条件

根据岩土工程勘察报告^[8],本场地由上往下分别为填土层、粉质黏土层、粉质黏土混粉砂层、含卵

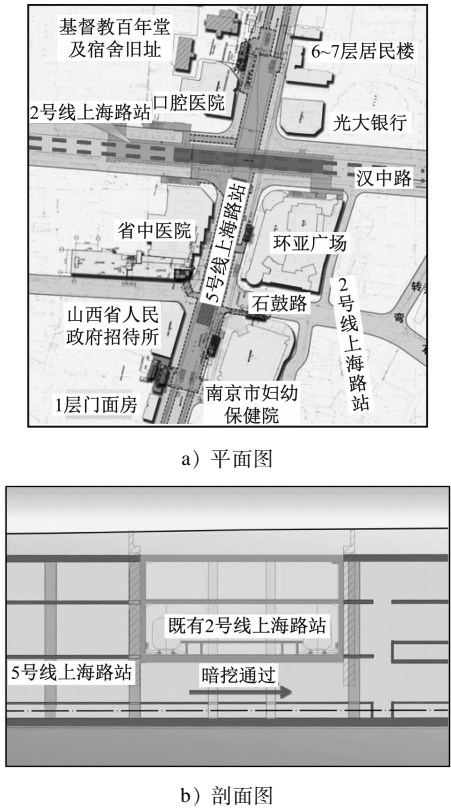


图1 新建工程下穿既有车站关系图

砾石粉质黏土层、强风化砂砾岩层及中风化砂砾岩层,工程场地地下水有孔隙潜水、孔隙承压水和基岩裂隙水。根据基岩裂隙水的埋藏条件,在填土层和基岩相接的地段,该层地下水具有潜水的性质;而其上有黏性土分布的区域,该层地下水则具有承压水的性质。

2 对既有地铁结构的保护

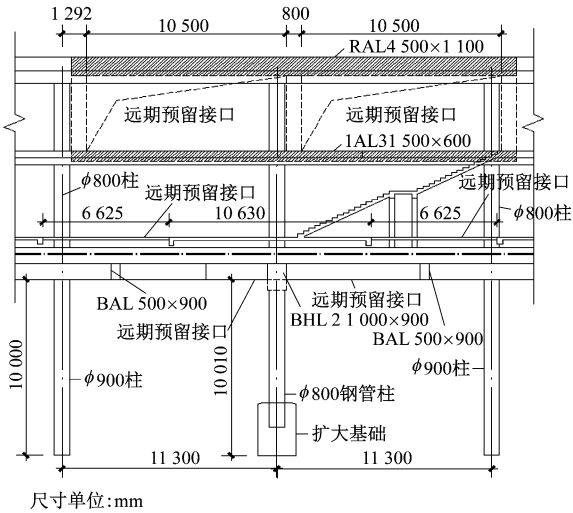
2.1 控制方案

既有车站标准段宽21.8 m,底板埋深约为15.6 m。新建车站暗挖节点处宽约25.0 m,底板埋深约为23.1 m,暗挖段长度约为22.0 m,暗挖高度为7.713 m。

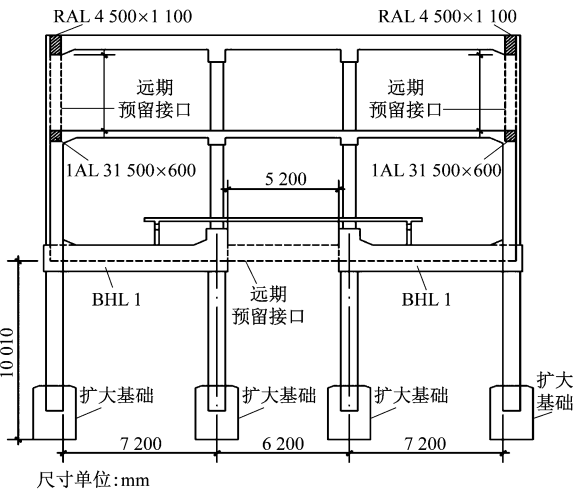
2.1.1 新建工程明挖围护结构

新建工程明挖主体围护采用钻孔灌注桩+内支撑的支护形式(如图3所示)。既有地铁车站两侧增设1排 $\phi 1\,000\text{ mm}@1\,300\text{ mm}$ 的隔离桩,与既有车站围护桩间的净距为0.5 m,并在隔离桩上设置斜撑。斜撑与对撑上下错开布置。

基坑内侧围护桩桩间设100 mm厚的C25挂网喷射混凝土。潜水含水层采用旋喷桩进行止水。对深层承压水采用从坑内向坑外进行注浆的方式截水。



a) 纵剖面图



b) 横剖面图

图2 既有车站换乘节点预留条件

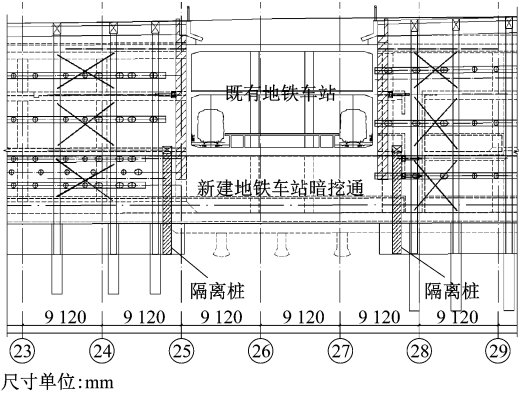


图3 新建工程纵剖面布置图

2.1.2 新建工程暗挖节点支护措施

新建工程从既有车站结构下方穿过部分采用暗挖施工。既有地铁车站底板主要位于强风化岩中,新建车站底板主要位于中风化岩中。其主要施

工保护方案如下:

(1)采用上下台阶法进行开挖,左右导洞对称施工。施工步序为:①施工新建明挖车站部分,并预留换乘节点,暗挖出土条件;②采用台阶法施工换乘节点两侧边墙和底板部分,同时预留接茬钢筋及防水板接头;③台阶法开挖中间岩柱,施工换乘节点的中间桩、梁和底板;④采用台阶法开挖剩下部分,并施工该处的抗拔桩、梁和底板;⑤拆除临时支撑,施作换乘节点剩余结构,并与既有车站进行有效连接。

(2)开挖时,应及时施做横向友撑。施作抗拔桩时,可局部破除临时横向友撑及初期支护,并在附近进行补强。

(3)下穿部分的暗挖节点应分段分步开挖。根据监测结果,若需要,则可在开挖过程中每隔3 m设置1道以钢立柱支撑,作为应急储备措施;待支撑完成后,再进行其他导洞的开挖;支撑既有车站底板时,应采取合理的施工临时措施,以防止支撑形成集中荷载对底板的破坏;严格控制每次开挖的深度,当临时钢立柱与换撑冲突时,可在局部区域按左右对称的原则拆除冲突处的换撑,并在附近补强。

施工方案要求对既有地铁车站结构进行自动化监测,并通过在周边重要结构物上设置位移计、孔隙水压力计、应力计等各类测量元器件,来实时采集相关数据。

2.2 控制标准及监测点布置

按南京地铁类似经验,结合相关规范^[9-10]和运营至今的结构现状,本项目具体控制标准为:既有地铁车站结构新增沉降量 $<5\text{ mm}$,已有沉降量累计值 $<10\text{ mm}$ 。

换乘节点处监测点断面布置如图4所示。

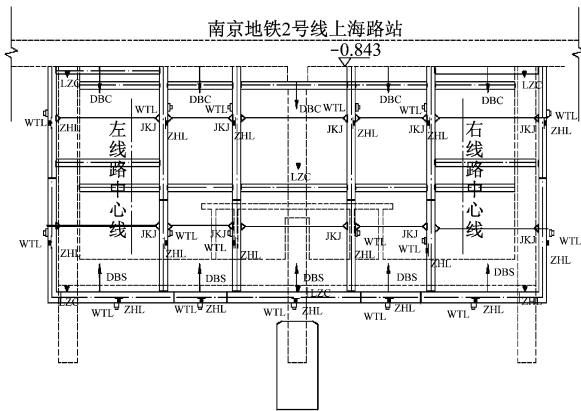


图4 换乘节点处监测点断面布置

3 保护方案控制效果分析

3.1 数值分析计算模型

数值分析采用MIDAS GTS-NX来分析模拟新建工程基坑施工中各工况对既有地铁车站的变形影响。

有限元数值分析主要研究以下两个方面内容:①明挖段开挖对既有结构的安全影响分析;②暗挖段开挖对既有结构的安全影响分析。有限元三维计算模型如图5所示。其中,暗挖段与既有车站结构关系如图6所示。

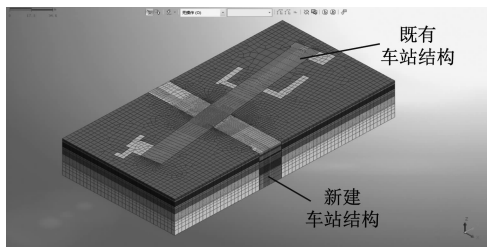


图5 三维计算模型

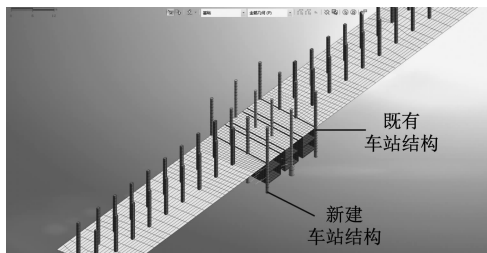


图6 新建工程暗挖段与既有车站结构（显示底板及柱）关系图

既有车站结构板、墙和柱的结构计算工况为:

(1)在新建工程明挖施工对既有车站结构的影响计算中:工况1为开挖至第一道支撑,工况2为开挖至第三道支撑(按最不利条件选取),工况3为开挖至坑底。

(2)在新建工程暗挖施工对既有车站结构的影响计算中,按施工阶段的最不利状况进行模拟:工况4为开挖左右导洞台阶,施作临时支护、锚杆及左右边墙;工况5为开挖中导洞上台阶、下台阶及中部底板;工况6为拆除中部锚杆,开挖预留岩柱段,对称上下台阶开挖,暗挖段开挖完成。

3.2 模型材料及属性

各土层采用摩尔库伦本构关系,其部分物理力学参数如表1所示。基坑围护各主要构件材料主要为混凝土和钢结构。

表 1 土层的部分物理力学参数表

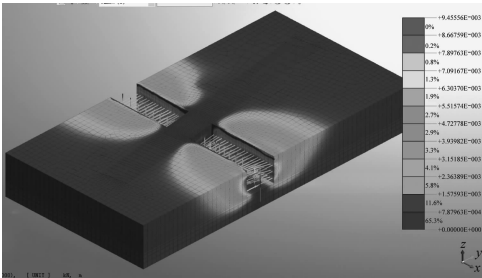
| 地层 | 重度/ (kN/m ³) | 弹性模 量/MPa | 泊松 比 | 摩擦 角/(°) | 黏聚 力/kPa |
|------------------|-----------------------------|--------------|---------|-------------|-------------|
| 杂填土 | 19.5 | 4.4 | 0.31 | 15.0 | 5.0 |
| 素填土 | 19.2 | 4.9 | 0.38 | 10.0 | 11.0 |
| 粉质黏土 | 20.0 | 5.7 | 0.30 | 7.1 | 46.1 |
| 残积土 | 20.0 | 8.0 | 0.31 | 15.0 | 40.0 |
| 中风化砂砾岩 (含砾砂岩) | 23.6 | 2 540.0 | 0.28 | | |

3.3 计算结果分析

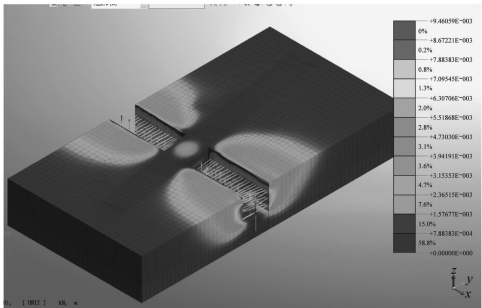
本项目基坑开挖过程中,主要分析工程周边地表沉降、既有地铁车站结构变形等数据。

3.3.1 周边地表沉降

在新建工程基坑开挖过程中,随着开挖深度的加大,周边地表沉降也增大。对应的周边地表沉降应力云图如图 7 所示。



a) 新建工程明挖基坑开挖至坑底



b) 新建工程暗挖完成

图 7 新建工程开挖对周边地表沉降影响

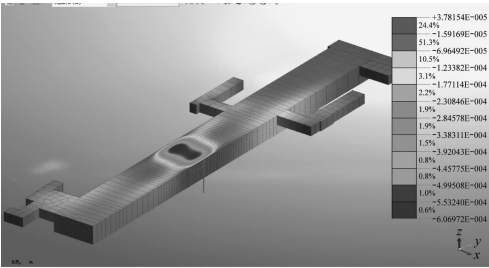
新建工程基坑开挖会引起少量的地表沉降,且沉降值随着施工的进行不断增加。由于既有车站下部土体尚未开挖,靠近既有车站土体的地表位移值较小,靠近明挖开挖侧的沉降量值稍大。明挖段在底部基坑开挖完毕之后,基坑中间区域沉降量最大,最大沉降值为 9.80 mm,小于 30.00 mm,满足规范要求。可见,明挖段虽靠近既有车站结构区域,但明挖施工对土体竖向位移影响较小。

地表沉降最大沉降值在明挖段发生。暗挖几乎不会引起既有线及其附近地表沉降。模型计算

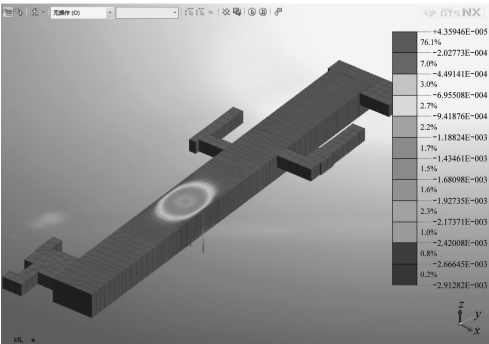
的最大沉降值为 0.10 mm。可见,暗挖施工对车站上部土地地表位移基本无影响。

3.3.2 既有车站结构变形

基坑开挖引起的既有车站结构变形应力云图如图 8 所示。



a) 新建工程明挖基坑开挖至坑底



b) 新建工程暗挖完成

图 8 新建工程开挖对既有车站结构沉降(隆起)影响

沿既有车站底板左右边线,在下穿段主体中心线两侧各取 30 m,作为研究范围。取 2 m 为一段(共 18 段),计算其变形值。各施工阶段的最大变形结果如图 9 所示。

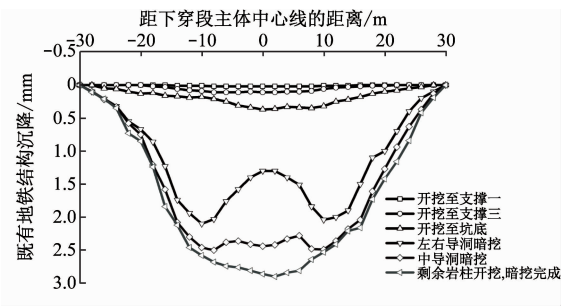


图 9 新建工程对既有车站结构沉降影响

由计算结果可知,新建基坑在对称明挖时,对既有结构几乎没有影响,其引起的结构最大隆起值为 0.02 mm,最大沉降值为 0.37 mm。左右边导洞开挖时的底板沉降值为 2.10 mm,中导洞暗挖完成时的最大沉降为 2.50 mm,暗挖完成时的最大沉降为 2.90 mm。这些最大沉降均发生在结构底板。开

挖时,上部既有车站结构的沉降呈逐渐增大的趋势,主要是随着开挖断面扩大,底板所受弯矩增大,相应位移也增大所致。但新增最大沉降量为2.90 mm,小于沉降控制标准(5.00 mm)。结合运营期的已有沉降量累计达8.30 mm,小于10.00 mm。可见,分部开挖合理。

4 结语

本文通过对南京某新建工程基坑明挖及暗挖段对既有地铁车站结构影响的数值分析,得到基坑开挖对零距离下穿既有地铁车站结构的内力影响,验证了相关施工措施的效果:

(1)明挖基坑与既有车站结构间增设了1排隔离桩,对称开挖,支护结构合理可行,使既有车站结构的变形成得到较好的控制,满足规范要求。

(2)暗挖采用上下台阶法进行开挖,左右导洞对称施工,其支护体系满足对既有车站保护的要求。这是既有地铁车站结构沉降控制的关键措施。

(3)在基坑开挖过程中下,既有结构位移呈平缓变化,且均在可控范围内,较好地体现了结构之间的整体稳定性,也反映了结构及工法设计的可行性。

参考文献

- [1] 万良勇,宋战平,曲建生,等.新建地铁隧道“零距离”下穿既

有车站施工技术分析[J].现代隧道技术,2015,52(1):168.

- [2] 赵克生.浅埋暗挖法地铁区间隧道零距离下穿既有线施工技术[J].铁道标准设计,2008(12):72.
- [3] 韩焯,刘赧炜,STANDING J R.隧道下穿既有线的案例分析与沉降分析方法[J].土木工程学报,2012,45(1):134.
- [4] 王剑晨,张顶立,张成平,等.北京地区浅埋暗挖法下穿施工既有隧道变形特点及预测[J].岩石力学与工程学报,2014,33(5):947.
- [5] 王志刚.北京地铁四号线宣武门站下穿既有车站施工方案研究[J].隧道建设,2009,29(5):506.
- [6] 朱正国,余剑涛,朱永全.区间隧道零距离下穿既有地铁车站施工方案研究[J].现代隧道技术,2013,50(6):124.
- [7] 毕俊丽,王伟锋.新建地铁车站零距离下穿既有区间影响分析[J].现代隧道技术,2010,47(5):65.
- [8] 南京市测绘勘察研究院有限公司.南京地铁5号线D5-XK04标上海路站岩土工程详细勘察报告[R].南京:南京市测绘勘察研究院有限公司,2016.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市轨道交通结构安全保护技术规范:CJJ/T 202—2013[S].北京:中国建筑工业出版社.
- [10] 南京市人民代表大会常务委员会.南京市轨道交通条例:南京市人大常委会公告第10号[S].南京:南京市人民代表大会常务委员会,2014.

(收稿日期:2018-04-12)

(上接第76页)

4 结语

城市轨道交通车站与高铁车站等对外交通枢纽进行充分的融合和一体化建设,是未来城市轨道交通发展的趋势,有助于发挥其骨干交通功能,并提高车站内各类乘客的服务效率。但一体化的建设必然会对原车站的标准化设计带来冲击,如何保证车站空间布局与设备设施配置的合理性,提高乘客的服务水平,需要考虑众多的随机影响因素。

标准化的规划理论、设计规范,难以满足相应的运营服务需求。本文详细地介绍了乌鲁木齐枢纽站仿真优化的实际案例,以期城市轨道交通车站设计提供相应的个性化优化方法与技术借鉴。

参考文献

- [1] 安诚傲林规划设计顾问(上海)有限公司,方理工程顾问(上海)有限公司,共融管理咨询(上海)有限公司.乌鲁木齐城市轨道交通2号线运行服务效果策划总报告与专题报告[R].上海:安诚傲林规划设计顾问(上海)有限公司,2016.
- [2] 倪桂明,孙礼超,潘安,等.从工程走向服务——城市轨道交通发展的反思与创新[M].上海:同济大学出版社,2017.
- [3] 蒋蓉,陈乃志.地铁地下空间的功能与商业空间开发[J].城市轨道交通研究,2007(6):12.
- [4] 叶玉玲,陈俊晶,刘小亚.高铁站与市内交通换乘衔接选择研究[J].城市轨道交通研究,2017(11):45.
- [5] 宋杰.乌鲁木齐轨道交通国际机场站的建筑设计[J].城市轨道交通研究,2018(1):77.
- [6] 邹晓磊.城市轨道交通车站乘客行为及客流组织研究[D].上海:同济大学,2009.

(收稿日期:2018-06-08)