

# 换乘车站基坑开挖及区间暗挖下穿施工对既有地铁站的变形控制及影响分析

朱 斌

(安徽省综合交通研究院股份有限公司, 230001, 合肥//高级工程师)

**摘 要** 为研究既有车站影响保护区内深基坑施工及暗挖下穿对其的变形及内力的影响,并对既有车站进行施工阶段过程中的安全性评估,以合肥市某地铁换乘车站项目为依托,并参考行业内标准及相似案例,给出相应的变形控制标准。利用有限元分析软件 MIDAS GTS 对项目施工全过程进行三维建模,并与现场监测数据进行对比。研究结果表明:合肥地铁 8 号线工程施工全过程完成时,3 号线主体结构变形最大沉降为 2.39 mm,满足控制标准要求;主体结构承载力和抗裂缝要求均满足要求。

**关键词** 地铁换乘站; 基坑开挖; 暗挖下穿既有车站; 变形控制

**中图分类号** TU433:U231.4

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.03.033

## Deformation Control and Influence Analysis of Interchange Station Foundation Pit Excavation and Interval Covered Under-passing Excavation on Existing Metro Station

ZHU Bin

**Abstract** To study the influence of the deep foundation pit construction and covered under-passing excavation in the existing station protected area on the deformation and internal force of the station, and to evaluate its safety during the construction stage, a metro interchange station project in Hefei is taken as a basis and by referring to industry standards and similar cases, corresponding deformation control standards are given. Using the finite element analysis software MIDAS GTS, a construction 3D modeling for the whole project process is carried out and compared with the on-site monitoring data. The results show that: when the whole construction process of Hefei Metro Line 8 is completed, the maximum subsidence of Line 3 main structure deformation is 2.39 mm, which meets the requirements of the control standard. The bearing capacity and crack resistance of the main structure both fulfil the requirements.

**Key words** metro interchange station; foundation pit excavation; covered excavation under-passing existing station; de-

formation control

**Author's address** Anhui Comprehensive Transportation Research Institute Co., Ltd., 230001, Hefei, China

## 0 引言

在城市轨道交通新线建设中,车站深基坑开挖及暗挖下穿等施工工况会对既有车站产生一定的位移和内力的影响,如果超过《轨道交通结构安全保护技术规程》规定的允许值,就会影响既有线路的正常运营,甚至可能造成结构的破坏。因此,在施工过程中对既有车站的保护措施和新建工程的施工技术要求变得尤为严格。文献[1-2]利用有限元分析软件模拟分析了既有车站换乘厅基坑开挖对既有车站的结构位移影响。文献[3]利用 MIDAS GTS 有限元分析软件,计算分析不同开挖步序的新建暗挖隧道下穿对既有车站结构的影响。文献[4]在传统深基坑施工技术和方法的基础上,并利用有限元分析软件、施工监测和数据分析等方法,总结了针对新建换乘车站基坑的施工措施,如地下连续墙成槽施工中泥浆控制措施、对既有地铁车站的主体加固措施等。文献[5]以新建北京地铁 6 号线下穿既有 5 号线为例,主要研究了隧道暗挖下穿既有车站的风险控制措施。文献[6]以南京地铁 5 号线工程为依托,研究基坑开挖和暗挖下穿对既有车站的叠加影响,利用 MIDAS GTS 有限元分析软件对风险控制措施进行验证,并为后续相似的工程提出一定的意见。

以上引用工程案例主要是运营车站周边的基坑工程或暗挖下穿工程对其的影响,而像本文所涉及工程这种基坑及暗挖下穿工程同时存在的叠加分析的研究很少。本文利用有限元分析软件 MIDAS GTS 结合合肥地铁 8 号线(以下简称“8 号

线”)一里井站工程特点,对8号线项目施工全过程进行三维建模计算分析,分析8号线基坑开挖和区间暗挖下穿两个施工过程对既有的合肥地铁3号线(以下简称“3号线”)的叠加影响,并进行安全性评估;并通过计算结果与监测数据对比,验证了3号线在运营期间可不受外部施工的影响。

## 1 工程简介

新建8号线一期项目工程一里井站位于临泉路与阜阳北路交叉口处,沿阜阳北路南北走向,新建换乘车站与3号线一里井站T型相交。新建区间暗挖段下穿3号线一里井站既有车站。

新建8号线一里井站为地下三层岛式车站,车站主体为局部双柱三跨矩形框架结构,主要采用明挖顺筑法施工。车站基坑开深度约为26.2~26.7 m,主体基坑支护结构采用厚1 000 mm地下连续墙+5道内支撑形式。

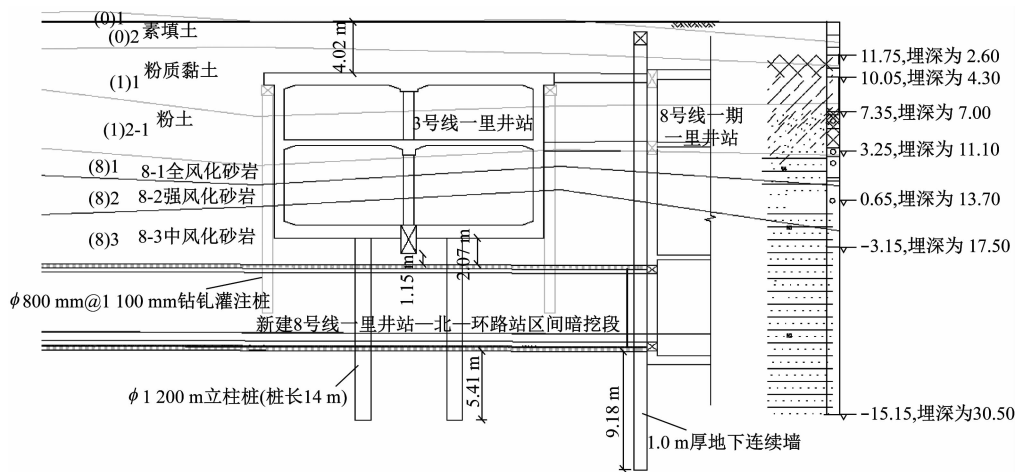
8号线一期工程一里井站设置为站前折返,为满足一期运营的停车要求设置本段暗挖区间,采用

矿山法施工,左、右线长度均为63.0 m;区间下穿3号线车站主体结构底板最小覆土为2.07 m,距3号线车站底板下翻纵梁1.15 m,最大地面覆土约为19.99 m。换乘车站与既有车站平面位置关系如图1所示,8号线新建一里井站—北一环路站区间暗挖段与3号线既有车站纵剖面关系如图2所示。



图1 8号线一里井站与既有3号线一里井站的平面位置关系图

Fig. 1 Plane relation diagram of Line 8 Yilijing Station and existing Line 3 Yilijing Station



注:标高和埋深单位均为m。

图2 新建8号线一里井站—北一环路站区间暗挖段与3号线既有车站纵剖面关系图

Fig. 2 Longitudinal cross-section relation diagram the interval covered excavation section of newly built Line 8 Yilijing Station - Beiyihuan Road Station and Line 3 existing station

根据《合肥市城市轨道交通条例》的规定,8号线新建工程位于合肥城市轨道交通严格保护区。结合《城市轨道交通结构安全保护技术规范》<sup>[7]</sup>、《建筑变形测量规程》<sup>[8]</sup>及轨道交通运营监测数据分析,3号线既有车站在新建8号线工程施工过程中变形控制标准为:水平位移、竖向位移预警值为3 mm,控制值为5 mm,变形速率小于1 mm/d;车站结构裂缝宽度控制值为迎水面<0.2 mm,背水面<

0.3 mm。

## 2 新建工程对既有车站施工保护措施

### 2.1 8号线一里井车站基坑工程

8号线车站主体围护结构采用1 m地下连续墙;8号线车站与3号线一里井站相邻换乘通道车站采用1 000 mm钻孔灌注桩+二重管旋喷桩止水;换乘通道采用东侧半幅临时铺盖盖挖顺作法施

工。8 号线新建车站主体围护结构平面、纵剖关系 如图 3 及图 4 所示。

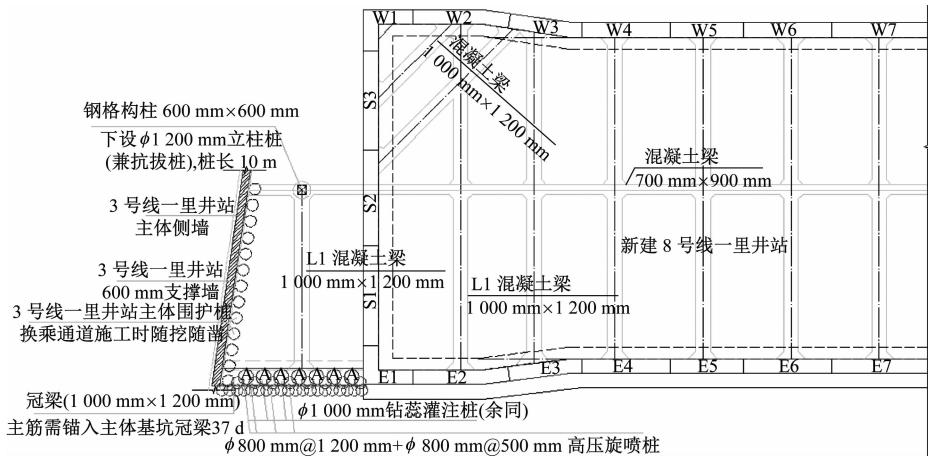


图 3 8 号线新建一里井站主体围护结构平面图

Fig. 3 Plan of main retaining structure of Line 8 newly built Yilijing Station

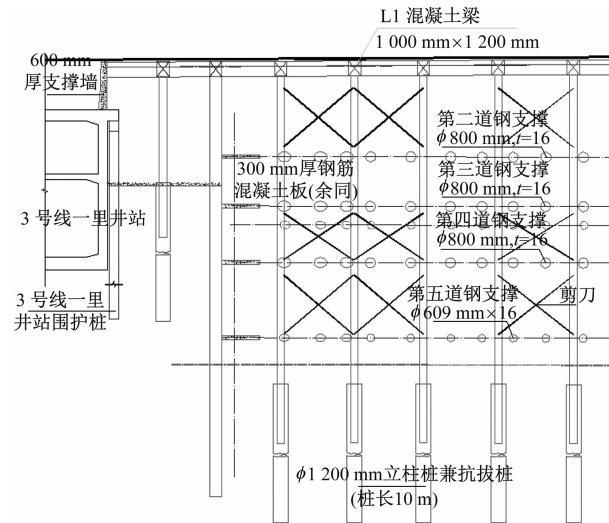


图 4 8 号线新建一里井站主体围护结构纵剖面图

Fig. 4 Longitudinal cross-section of main retaining structure of Line 8 newly built Yilijing Station

2.2 区间暗挖段下穿工程

本区间标准隧道断面采用台阶法( 环形开挖预留核心土) 开挖施工, 循环进尺长度标准段为 0.5 m, 台阶法标准段无加固区, 在下穿 3 号线既有车站段在拱顶 120°范围内采用钢管花注浆加固措施, 加固范围为拱顶以上 1.5 m。

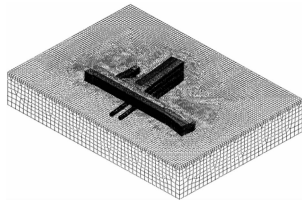
3 新建工程模型建立

3.1 模型建立及参数取值

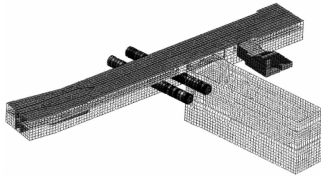
本工程利用有限元分析软件 MIDAS GTS 建立三维模型。对项目场地内的土体、基坑支护结构等

采用不同的单元模拟, 并赋予不同的材料参数。利用施工阶段分析方法和激活/钝化有限元网格组技术, 分步激活与钝化各个施工阶段的相应单元, 动态模拟工程实际施工过程。

根据圣维南原理, 模型在纵向和横向应取基坑开挖施工深度的 2~3 倍。计算时的边界条件为: 上表面为自由面, 其余三面设置法向约束。整体计算模型如图 5。



a) 整体模型



b) 区间暗挖下穿段工程模型

图 5 整体计算模型

Fig. 5 Overall calculation model

土体采用修正摩尔-库仑本构模型, 车站结构、围护支撑结构、衬砌结构等采用弹性材料模拟。土体、车站结构、围护结构等的物理力学指标如表 1 及表 2 所示。

3.2 模型计算工况

本文主要研究既有 3 号线一里井站严格影响区内新建工程施工对主体结构的安全影响分析, 本文

表1 土层物理力学参数值

Tab.1 Physical and mechanical parameters of soil layer

土层名称	重度/ (kN/m³)	弹性模 量/MPa	固结快剪		泊松比
			黏聚力/ kPa	内摩擦 角/(°)	
人工填土	18.0	4.5	10.0	12.0	0.28
粉质黏土	19.7	6.0	30.0	13.0	0.33
粉土	20.1	7.0	16.7	23.3	0.30
全风化泥质砂岩	20.0	10.0	30.0	16.1	0.30
强风化泥质砂岩	23.4	12.0	100.0	25.0	0.22
中风化泥质砂岩	25.7	15.0	300.0	31.0	0.21

表2 结构构件材料参数取值

Tab.2 Material parameter values of structural members

结构构件名称	材料	重度/ (kN/m³)	弹性模量/ MPa	泊松比
梁、板、墙、二衬	C35	25.0	$3.15 \times 10^4$	0.2
柱	C50	25.0	$3.45 \times 10^4$	0.2
钢材	Q235B	78.5	$20.6 \times 10^4$	0.3
初支	C25	25.0	$2.80 \times 10^4$	0.2

不赘述新建工程的具体施工工况,主要研究分为两个方面:

- 1) 8号线一里井站主体结构及换乘通道基坑开挖施工对3号线既有一里井站主体结构安全影响分析;
- 2) 8号线一里井站—北一环路站区间暗挖段施工对3号线既有一里井站主体结构安全影响分析。

4 数值分析计算结果

4.1 3号线一里井站结构位移影响分析

提取8号线一里井站基坑开挖过程及隧道暗挖施工过程中各工况中3号线一里井站主体结构最大变形结果如图6,图7,提取全施工过程中各工况的位移数据并绘制变化趋势如图8所示。

- 由图6—图8可以看出:
- 1) 3号线一里井站结构的竖向位移最大值出现在换乘通道开挖工况,最大竖向位移量为2.53 mm。低于变形控制值5 mm,满足控制标准要求。
- 2) 3号线既有车站竖向位移变化曲线表现为先增大后减小,又增大到最大值后降低的变化趋势。变化曲线刚开始从负到正的主要原因可能为:在8号主体结构刚开始开挖时开挖深度较低,周围

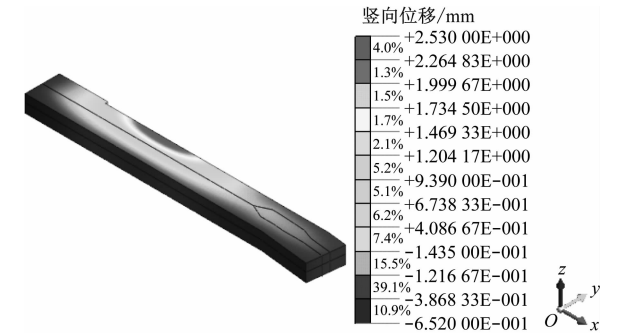


图6 基坑开挖过程中3号线一里井站结构竖向位移云图  
Fig.6 Nephogram of Line 3 Yilijing Station structure vertical displacement during foundation pit excavation

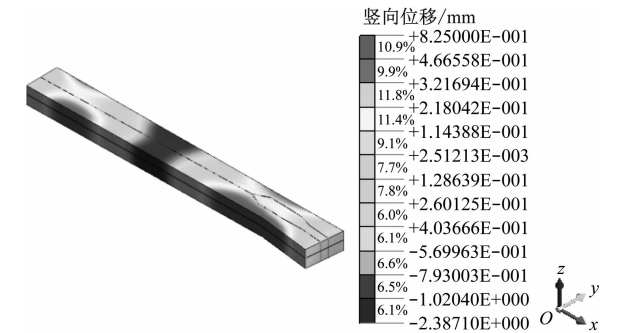


图7 暗挖过程中3号线一里井站结构竖向位移云图  
Fig.7 Nephogram of Line 3 Yilijing Station structure vertical displacement during covered excavation

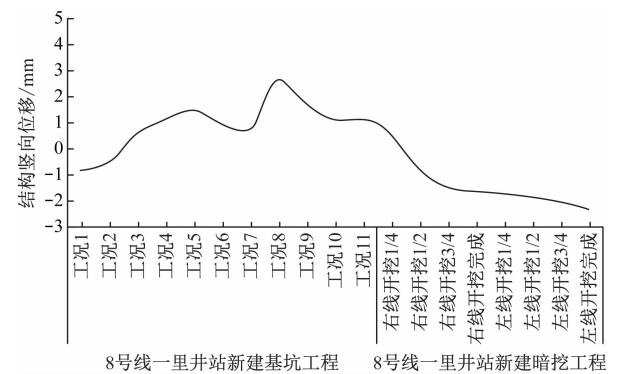


图8 各工况下3号线一里井站站结构的位移变化趋势  
Fig.8 Displacement change trend of Line 3 Yilijing Station structure under various working conditions

- 土体表现为沉降的趋势,同时3号线车站主体结构刚度较大,表现为与周围土体同样的沉降变化。随着基坑开挖深度的增大,土体卸载量增大导致坑底隆起较大,带动周围3号线车站主体结构向上移动。
- 3) 暗挖开挖下穿3号线车站主体结构时表现为沉降位移的趋势,最终总竖向沉降量为2.39 mm。低于变形控制值5 mm,满足控制标准要求。

4.2 3 号线车站结构内力影响分析

提取新建工程模拟施工完成后 3 号线一里井站结构底板弯矩如图 9 所示。其承载力及抗裂验算结果见表 3。

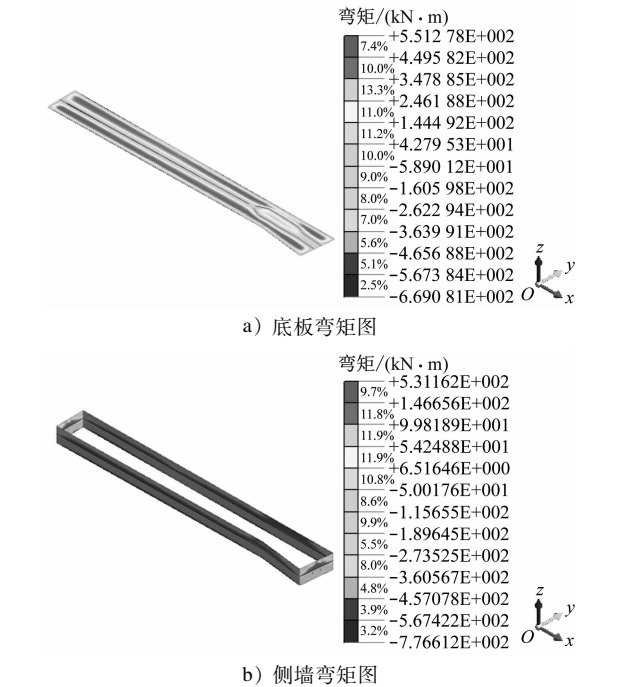


图 9 新建工程完成后 3 号线一里井站结构弯矩云图  
Fig. 9 Bending moment nephogram of Line 3 Yilijing Station structure after new project completion

表 3 3 号线一里井站结构承载力及抗裂验算  
Tab. 3 Structural bearing capacity and crack resistance checking calculation of Line 3 Yilijing Station

工况	计算部位的断面尺寸	各工况的结构最大弯矩/(kN·m)	承载力是否满足	最大裂缝宽度/mm	裂缝宽度控制要求是否满足
新建工程完成后	底板	支座为 669	满足	0.05	满足
	1 000 mm × 1 000 mm	跨中为 551	满足	0.19	满足
	侧墙	支座为 776	满足	0.12	满足
	1 000 mm × 800 mm	跨中为 530	满足	0.14	满足

由表 3 可以看出,各工况下,既有 3 号线一里井站结构的承载力及裂缝控制均可满足控制标准要求。

5 结论

1) 新建车站基坑开挖过程中 3 号线一里井站结构的最大竖向位移量为 2.53 mm;区间暗挖施工

完成时 3 号线一里井站竖向叠加位移为 -2.39 mm。计算值均低于 5 mm,满足控制标准要求。

2) 新建 8 号线一里井站基坑开挖及区间暗挖施工时,既有 3 号线一里井站主体结构的承载力及裂缝控制均满足控制标准要求。

参考文献

[1] 张文超. 地铁换乘车站深基坑开挖对既有车站的影响研究[D]. 西安: 长安大学, 2017.  
ZHANG Wenchao. Study on the influence of deep foundation pit excavation of metro transfer station on existing station[D]. Xi'an: Chang'an University, 2017.

[2] 张国亮, 韩雪峰, 李元海, 等. 新建地铁站基坑与既有车站结构间相互影响的数值分析[J]. 隧道建设, 2011, 31(3): 284.  
ZHANG Guoliang, HAN Xuefeng, LI Yuanhai, et al. Numerical simulation on interaction between new foundation pit and existing metro station[J]. Tunnel Construction, 2011, 31(3): 284.

[3] 郭宏博, 李少友. 新建地铁车站大断面密贴暗挖下穿既有地铁车站施工方案[J]. 施工技术, 2018, 47(增刊 1): 576.  
GUO Hongbo, LI Shaoyou. Construction scheme of new transfer metro station large section[J]. Construction Technology, 2018, 47(S1): 576.

[4] 薛长迁. 新建地铁车站基坑施工对既有车站影响控制[J]. 天津建设科技, 2014, 24(4): 53.  
XUE Changqian. Influence control of foundation pit construction of new subway station on existing station[J]. Tianjin Construction Science and Technology, 2014, 24(4): 53.

[5] 孙旭东. 暗挖隧道密贴下穿既有线车站施工关键技术[J]. 隧道建设, 2013, 33(5): 412.  
SUN Xudong. Case study on key construction technologies for mined tunnels crossing closely underneath existing metro station[J]. Tunnel Construction, 2013, 33(5): 412.

[6] WANG H, LIU F, PENG H. Safe construction technologies for newly-built metro station foundation pit closely crossing underneath adjacent operation metro station[J]. Tunnel Construction, 2018, 38(11): 1836.

[7] 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, 2014.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical code for protection structures of urban rail transit structure: CJJ/T 202—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑变形测量规程: JGJ 8—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for deformation measurement of building and structure: JGJ 8—2016[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1998.

(收稿日期:2022-02-17)