

超大断面地铁车站零距离穿越既有车站施工关键技术及变形规律

刘国生

中铁隧道局集团建设有限公司, 广东 佛山 528253

[摘要]目前地铁工程中多线换乘的站点迅速发展, 地铁车站开始由单站向多站换乘变化, 部分老旧车站前期规划考虑不足, 其无预留换乘施工环境受到既有有线条件限制。在进行新线施工中往往需要下穿既有线, 针对特殊零距离下穿工程, 新线轨行区顶板与既有运营线底板距离较近或直接相邻, 因此, 在此部位施工中存在空间局促的问题; 由于施工扰动和运营动载等方面影响, 在此敏感区域的施工, 如施工方法不当, 极大可能会引起地层变形, 导致既有有线结构的沉降变形超标, 进而影响既有线的正常运营。因此确保新建地铁车站施工中既有车站的安全运行尤为重要。以成都轨道交通 8 号线换乘站地下穿越 1 号线站台为基础, 总结了超大断面暗挖施工对既有车站结构施工关键技术, 并进行变形规律的总结, 确保施工过程中满足安全控制标准, 最终实现一系列关键技术成功运用, 为类似工程提供参考和借鉴。

[关键词]地铁车站; 大断面; 沉降规律; 受力特征

DOI: 10.33142/ect.v2i1.10675

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

Key Construction Techniques and Deformation Laws for Zero Distance Crossing of Existing Stations in Super Large Section Subway Stations

LIU Guosheng

China Railway Tunnel Group Construction Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528253, China

Abstract: At present, the rapid development of multi line transfer stations in subway engineering has led to a shift from single station to multi station transfer. Some old stations have insufficient planning considerations in the early stage, and their construction environment without reserved transfer is limited by existing line conditions. In the construction of new lines, it is often necessary to underpass existing lines. For special zero distance underpass projects, the top plate of the new line track area is close to or directly adjacent to the bottom plate of the existing operating line. Therefore, there is a problem of limited space during construction in this area; Due to construction disturbances and operational dynamic loads, improper construction methods in this sensitive area may cause geological deformation, leading to excessive settlement and deformation of the existing line structure, thereby affecting the normal operation of the existing line. Therefore, ensuring the safe operation of existing subway stations during the construction of new subway stations is particularly important. Based on the underground crossing of the transfer station of Chengdu Metro Line 8 through the platform of Line 1, this paper summarizes the key technologies for the construction of existing station structures using ultra large section concealed excavation construction, and summarizes the deformation laws to ensure that safety control standards are met during the construction process. Finally, a series of key technologies are successfully applied, providing reference for similar projects.

Keywords: subway stations; large cross-section; settlement law; force characteristics

近年来, 在我们的综合国力和经济技术不断进步的今天, 城市轨道交通也得到了持续健康发展。由于地铁多建于城市中心区域, 面临着以下一系列问题: 毗邻或下穿老旧、大型建筑物; 地下各种管线交错复杂; 下穿既有隧道、箱涵; 下穿桥梁、侧穿桩基; 上穿、并行或下穿既有地铁车站或区间等。因各类建构筑物的结构形式、功能作用、地域敏感性等各方面的原因, 对新建地铁车站的施工带来巨大的影响, 且因各工程的特殊性、唯一性, 在施工建造中缺少同类可借鉴使用方法, 并且此类施工往往伴随重大安全风险, 对施工过程中对施工的方案要求严格、对安全风险的把控要求高。因此, 城市地铁的不断建设发展也是对现有施工技术的挑战, 不断地“强制”施工工艺的进一步提升。

1 工程概况

1.1 下穿车站与既有车站平面位置

倪家桥站 8 号线位于成都市人民南路和倪家桥路交汇处, 车站位于人民南路西侧, 沿领事馆路和倪家桥路布置, 部分轨行区下穿既有 1 号线和待建 18 号线, 进行三站换乘, 三线平面布置图如图 1 (a) 所示。既有车站为地下两层岛式明挖车站, 长 180 m, 与 8 号线为 T 型换乘。新建地铁车站为地下三层岛式站台车站, 总长 277m, 宽 22.3m, 换乘节点范围基坑深度 35.14m, 暗挖段沿 8 号线主体结构纵向剖面图如图 1 (b) 所示。在地下三层, 需要对已有的站点进行紧密连接, 下穿隧道暗挖断面面积为 211.77m^2 , 宽度为 23.4m, 高度为 9.05m 和 8.55m, 穿越长度为 18.7m, 如图 2 所示。

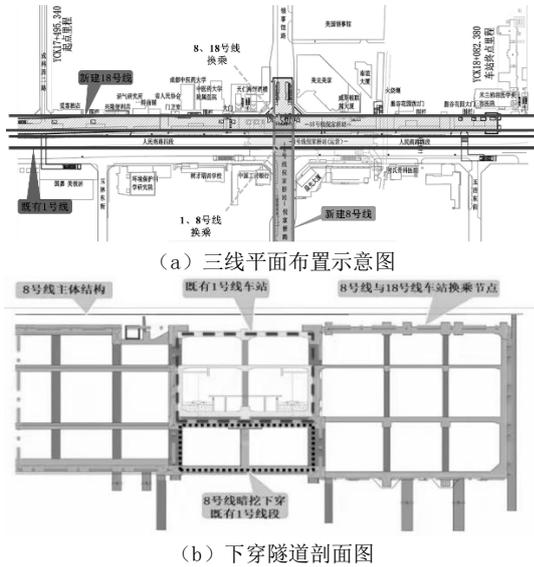


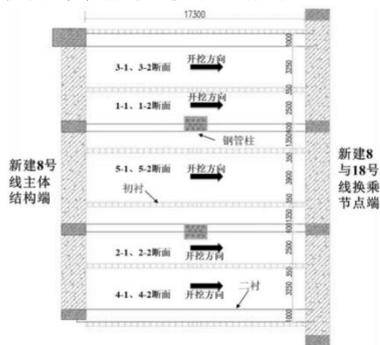
图1 下穿隧道与既有车站位置关系

1.2 地质情况

在该区域的上部,也就是在<2-5-3>的中密砾石土层中,下半部分位于<5-2>强风化泥岩,基坑底部埋深2~3m,为中风化泥。地下水产于基岩裂缝,通常含有少量的水分,但是在岩石比较碎裂的时候,往往会产生一个局部的饱水区域。

1.3 施工关键技术

由于新建下穿隧道顶板直接接触既有车站底板,存在结构受力复杂、结构变形敏感性大、施工操作空间狭小等问题,既有车站的沉降控制要求高、难度大,需采取一系列相关措施控制地铁通道开挖、支护施工过程中的变形沉降,从而避免影响既有地铁线路的正常运营。本项目采用在既有结构顶板和侧墙连接角部设置L型梁约束既有结构的变形;在既有机构地板和侧墙结合部位以下,新建通道口部施作马头门,控制既有结构的沉降变形。其次采用分部暗挖工法结合钢管桩顶撑工艺完成下穿隧道开挖工作。为控制沉降和变形,开挖采用5导洞10断面小导洞分部施工。各部开挖完成后,及时进行初期支护的施工,尽快形成新的受力支撑体系,在沉降基本稳定后,施作二次衬砌,完成受力体系转换。施工顺序和步骤及分部断面形式如图2所示。



(a) 开挖方向 (俯视图)

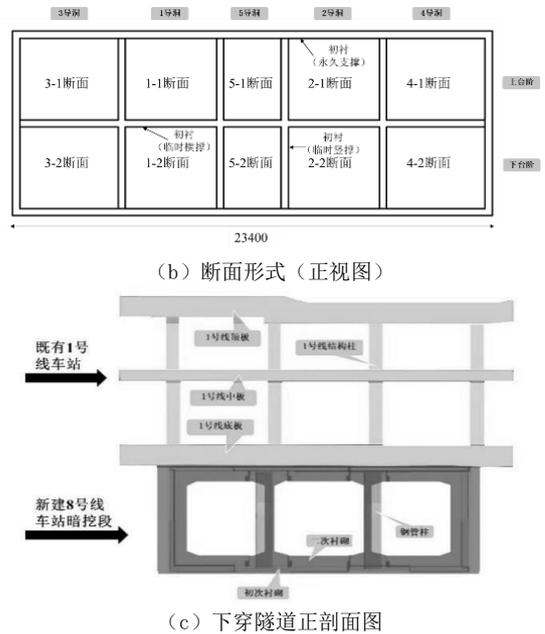
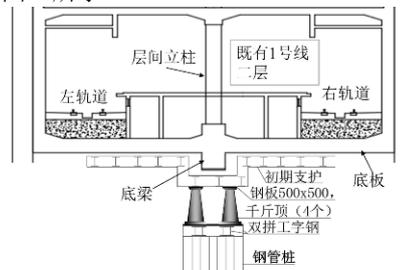


图2 下穿隧道施工断面

1.4 主要施工工艺

(1) L型梁及马头门约束体系。在新建隧道开挖施工之前,先在现有车站顶板和侧墙角部施工L型梁,在现有结构底板和侧墙底部、新开挖掘道口部施工马头门,加强对既有现有车站的变形和沉降约束作用,控制现有车站的变形。L型梁如图1(b)所示,是连接8号线及18号线换乘节点的主要结构的顶板和现有站的顶板的结构,马头门位于现有站的底板下方,起到支持现有站侧壁和底板的作用。

(2) 钢管群桩顶撑技术。在新建隧道开挖过程中,分别在1号导洞和2号导洞中,现有车站受力框架柱下施工钢管桩。钢管桩采用潜孔钻机进行施工,桩底锚到底板底部下6m,每处钢管桩由11根Φ219钢管柱组成形成钢管群桩,钢管壁厚12mm,长度为12m的无缝钢管,钢管柱施工完成后,在钢管柱中注入C50微膨胀混凝土,在柱顶设置钢架平台,最后在钢架平台上放置4个100t千斤顶支撑,使钢管群桩能够支撑现有车站,完成地铁通道在开挖过程中的受力转换;此方法可以通过对千斤顶的顶升状况对现有车站进行沉降调控,实现沉降变形协调的作用。在二次衬砌浇筑时撤出千斤顶,并施工钢管混凝土柱恢复受力,如图3所示。



(a) 钢管群桩与千斤顶



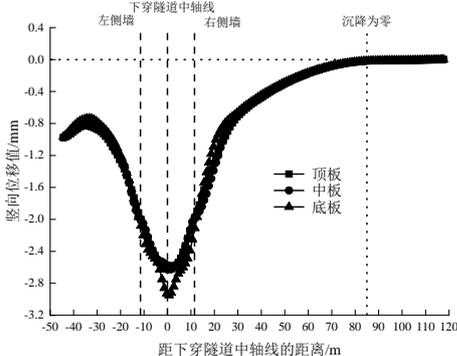
(b) 现场照片

图3 钢管群桩顶撑工艺

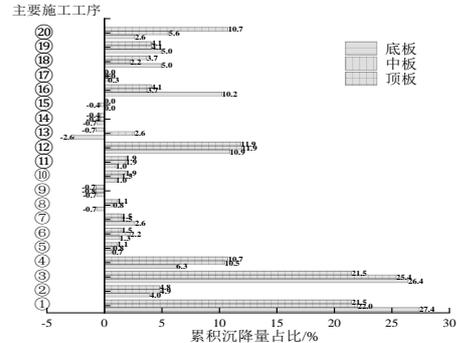
2 地铁车站变形监测

2.1 既有地铁车站结构变形数据分析

在整个施工程序完成后,在现有车站的中轴线上各楼板的节点处,布置相应量测点位,测得对应的位移数据,绘制垂直位移曲线图,如图(a)所示,按照主要施工程序对各楼房进行施工,各楼板的最大累积沉降量占总沉降量的百分比如图(b)所示,+值代表为上升位移,-值代表为下降位移。



(a) 所有施工程序完成时,现有结构的中轴线的垂直位移曲线图



(b) 楼板最大累积沉降量占比

图4 施工过程中既有车站楼板变形情况

由图4位移曲线图和各工序沉降占比情况可知,在施工所有工序完成后,现有车站底板沿中轴线呈“V字型”变形,顶板、中板呈“U字型”变形,在新建下穿隧道与现有车站交叠位置沉降相对明显,新建开挖隧道施工影响范围约85m,是开挖宽度23.4m的3.63倍,是开挖高度

9.05m的9.39倍。现有车站结构底板沉降终值为3.03mm、结构中板沉降终值为2.68mm,结构顶板沉降终值为2.70mm,经对比,结构底板沉降量是中板、顶板沉降量的1.35倍左右,且顶板沉降量略大于中板沉降量,经对各工序数据对比、分析,产生此现象的原因为,现有车站一层侧墙的破除施工扰动引起顶板沉降。

通过图示分析,8号线端部围护结构破除工序及新建隧道1-1断面开挖工序,是对现有结构变形影响最大的工序,其中底板在这两项工序中的沉降占总沉降量的26%左右,中板在这两项工序中的沉降量分别占总沉降量的22.01%和25.37%,顶板在这两项工序中的沉降量占总沉降量的21.48%。经过分析得出,在整体施工过程中,需加强控制此关键、重点工序的管理,避免现有车站结构的突变变形和变形过大的影响。

3 既有车站变形实测结果与计算结果

3.1 既有车站变形实际监测方案

按照图5所示,在现有车站各轨道上,每间隔5~10m布置一个监控量测断面,收集运营轨道的竖向位移数据。根据相关技术规范^[10]得,检测项目实测值与结构安全控制指标值的比值 <0.6 时,可正常进行外部施工作业,本项目结构安全控制指标值10mm,预警值为6mm,速率为1mm/d。

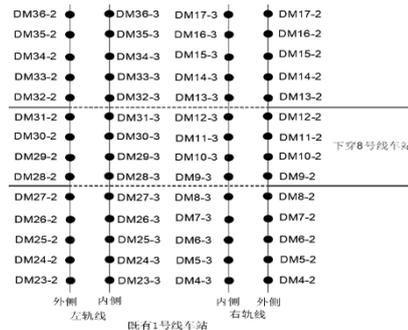
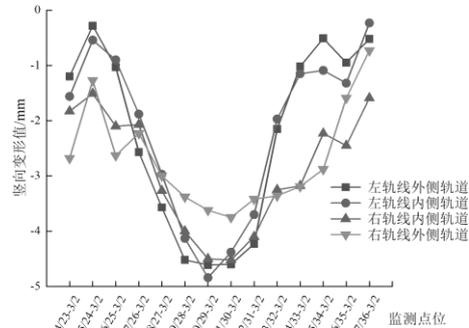


图5 既有1号线轨线监测点布设

3.2 既有车站实测变形分析

现有地铁车站轨道监控量测点位在新建隧道施工过程中的实测位移时程曲线图,如图6所示,+值为向上位移,-值为向下位移。



a) 全部施工步骤完成时

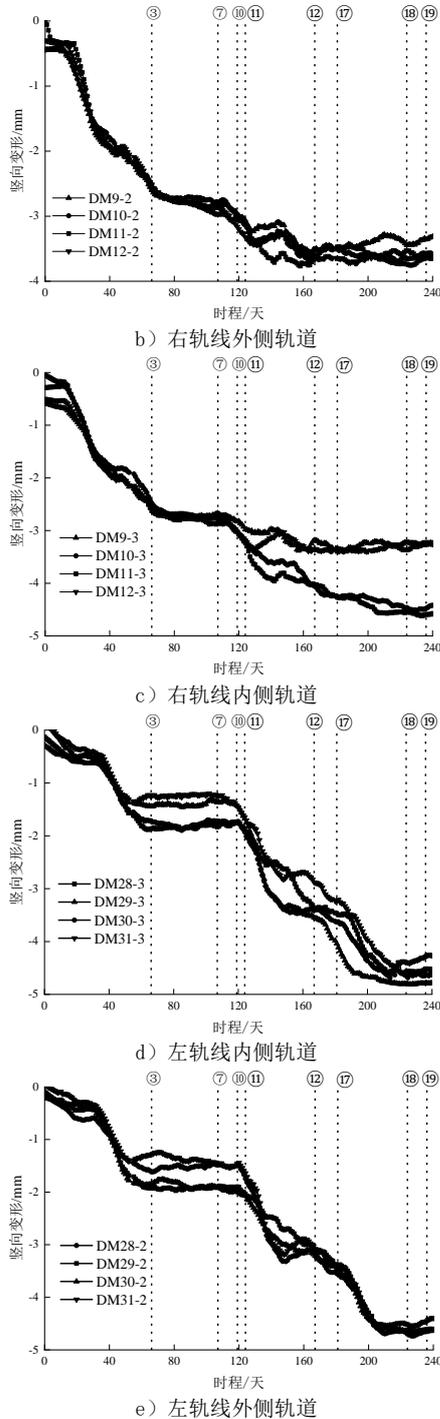


图6 现有车站各轨道监控量测点位竖向变形时程曲线

由图6各轨道沉降情况可知,受应力集中和叠加影响,现有车站各轨道的沉降规律基本相同,在新建隧道和现有结构交叠处沉降较大,其中左侧轨道沉降量最大,为4.84mm,沉降量是另外轨道的1.05~1.29倍;随后向远离轨道两侧逐渐减小;另外,整体上左线轨道受开挖影响较右线轨道大,轨道内侧变形沉降比轨道外侧大。其中左轨内侧轨道沉降最大。通过对比分析,施工中沉降的主要

影响因素是新建隧道1-1断面的开挖工序。通过实践证明,运用此工法施工,能保证现有结果的沉降变形满足安全控制标准及规范要求。

3.3 现有车站实测变形结果与计算值的对比分析

通过对监控量测实测值和模拟计算值进行对比,如图7所示,+值为向上位移,-值为向下位移。

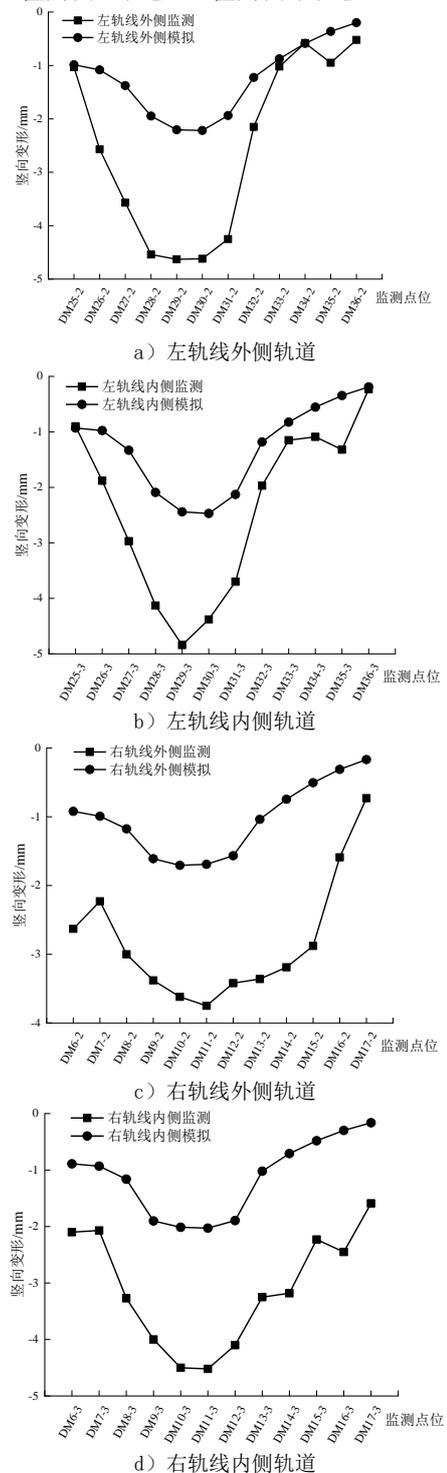


图7 全部施工步骤完成时现有车站轨线实测结果与计算结果对比

由图 7 可知,在施工期间现有车站的变形实测结果和模拟计算值的变形趋势一致,均表现为隧道中轴线处变形最大,向两侧逐渐减小的情况。其中,实测变形最大为左线轨道内侧,实测变形量为 4.84mm,其值为计算值 2.02mm 的 2.38 倍;其次为左线轨道外侧,实测变形量为 4.61mm,其值为计算值 1.71mm 的 2.70 倍。另外,右线轨道内侧实测变形量为 4.52mm,是计算值 2.22mm 的 2.04 倍;右线外侧实测变形量为 3.75mm,是计算值 2.47mm 的 1.52 倍。总体实测变形值最大值为计算值的 1.52~2.70 倍。经对监测数据及现场施工情况进行分析,主要原因有以下几方面:(1)现场施工过程中支护不及时,在沉降最大的开挖期间,未按时完成初期支护。(2)施工期间受到平均 3 分钟一趟的列车动载的影响,导致变形加大。(3)施工工序间步骤衔接速度慢。通过对比分析,实测结果与计算结果都满足安全控制要求。

4 结论

通过对超大断面地铁车站零距离下穿现有车站施工技术的探索,经过对施工过程的总结分析,以及相关监控数据和模拟计算结果对比,得到以下主要结论:

(1)在此类下穿施工中,采用施工 L 型梁和马头门约束变形结构以及分部暗挖工法结合钢管桩顶撑工艺,能有效的控制现有车站结构的变形和沉降,能保障运营线的正常运营。

(2)在地铁通道开挖中,因应力重分布及应力叠加等影响,在新建隧道和现有车站立交处沉降最大,中间楼板处沉降最大,其次向两侧逐渐减小;横向单侧影响范围约为 85m,在施工过程中对沉降变形影响较大的工序为新建车站围护桩的破除、新建隧道 1-1 断面开挖、二次衬砌 1 段施作。

(3)现有车站各轨道沉降变形实测数值与模拟计算结果变化趋势一致,受现场施工过程中开挖后支护不及时、施工工序步骤衔接速度、运营线列车动载等方面原因影响,导致实际沉降量比计算沉降量大 1~3mm,实测数值与计算数值均满足安全控制标准及规范要求。受开挖顺序和应力集中的影响,最大沉降位于左线轨道内侧,

[参考文献]

- [1]牛晓凯,张顶立,刘美麟,等.新建地铁车站长距离密贴下穿既有隧道方案比选及实测变形分析[J].土木工程学报,2015,48(1):270-274.
- [2]《地铁设计规范》.GB 50157-2013[S]
- [3]《工程地质手册》编委会.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [4]《城市轨道交通工程监测技术规范》.GB50911-2013[S]
作者简介:刘国生(1978.10—),男,毕业院校:长沙理工大学,所学专业:交通土建工程,当前就职单位:中铁隧道局集团建设有限公司,职务:总经理,职称级别:高级工程师。