

既有地铁车站侧墙开洞改造设计方案

王 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 地铁车站换乘改造时,需要确保既有运营车站的结构安全和运营安全。以合肥轨道交通 1 号线云谷路站侧墙改造为例,提出了一种一次性凿除单个开洞的侧墙改造方案,并采用三维有限元软件计算分析了各工况下既有车站的内力重分布及变形情况。验算结果表明,所提出的改造方案可满足既有车站结构安全要求。

关键词 地铁;换乘车站;侧墙开洞改造

中图分类号 U231.3;U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.01.015

Side Wall Opening Reconstruction Design of Existing Metro Station

WANG Bin

Abstract When reconstructing metro stations for interchange, it is necessary to ensure the structural safety and operational safety of the existing operation station. Taking Hefei Rail Transit Line 1 Yungu Road Station side wall reconstruction as an example, a reconstruction scheme of side wall opening single hole at one time is proposed, and three-dimensional finite element software is adopted to calculate and analyze the existing station internal force redistribution and deformation under various working conditions. The checking calculation results show that the proposed reconstruction scheme can meet the structural safety requirements of the existing station.

Key words metro; interchange station; side wall opening reconstruction

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

随着各大城市中轨道交通线路的不断增加,换乘车站的数量也逐渐增多。但由于城市轨道交通线网规划调整等原因,一些前期未预留换乘条件的地铁车站需调整为换乘车站。为满足换乘功能,不可避免地需要对既有地铁车站侧墙结构进行开洞改造^[1]。侧墙开洞改造设计方案尤为重要,其关系到既有地铁车站结构安全及运营安全。本文以合肥轨道交通 1 号线(以下简称“1 号线”)云谷路站既有车站侧墙改造为例,提出一种一次性凿除单个

开洞的侧墙改造方案,并采用三维有限元软件计算验证所提方案的可行性,可为类似工程提供参考与借鉴。

1 工程概况

1 号线云谷路站位于庐州大道与云谷路交叉口,沿庐州大道南北向布置,为地下两层双柱三跨岛式站台车站。当初 1 号线建设时,云谷路站为非换乘车站,后期由于城市轨道交通线网规划的调整,将云谷路站调整为 1 号线与合肥轨道交通 5 号线(以下简称“5 号线”)的换乘车站。5 号线车站为地下三层双柱三跨岛式站台车站,垂直于 1 号线沿云谷路东西向布置。云谷路站车站总平面图如图 1 所示。5 号线与 1 号线采用站厅层换乘方式,两车站之间通过换乘厅进行连通。由于 1 号线车站实施时未预留换乘条件,所以 5 号线施工时需在既有 1 号线侧墙上进行开洞改造,以实现两条线路的换乘功能。

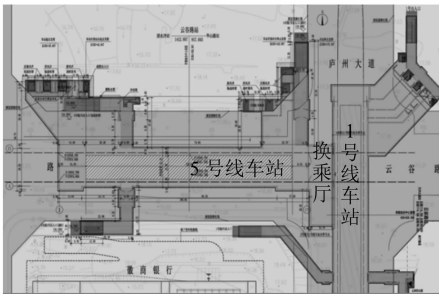


图 1 云谷路站车站总平面图

Fig. 1 General plan of Yungu Road Station

2 侧墙改造方案研究

2.1 侧墙开洞改造范围

新建换乘厅采用明挖顺作法施工,拟在换乘厅侧墙施工时进行既有车站侧墙改造。从建筑功能及视觉效果角度考虑,侧墙宜连续开洞、开大洞;从对既有车站结构安全及运营安全角度考虑,既有侧墙宜少开

洞、开小洞,故侧墙改造范围需根据本站具体情况,结合建筑功能、结构安全等因素综合确定。

首先,改造时应充分利用既有车站的有利条件进行施工。由于既有车站西侧墙已预留了一个宽为 5 m 的出入口门洞,本次侧墙改造工程可直接利用其作为非付费区通道。其次,根据 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》,开洞改造应满足既有车站结构承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算。侧墙开洞会降低侧墙刚度,进而引起既有车站结构位移及内力重分布,且侧墙刚度降低越多,结构位移和内力重分布的变化幅度越大。因此,若采用连续大开洞方案会导致侧墙局部刚度削弱过多,对既有车站的结构受力和变形影响过大,进而影响既有车站的结构安全及运营安全。为降低对既有车站的影响程度,改造设计中考虑分散侧墙开洞的方案,即在侧墙开洞总宽度不变的条件下,采取控制单个开洞宽度、增大各开洞之间的间距等措施,在相邻两开洞之间保留一定宽度的既有侧墙。侧墙开洞平面布置图如图 2 所示。该方案既可满足车站建筑功能,又可降低对既有车站结构受力和变形的影响程度。

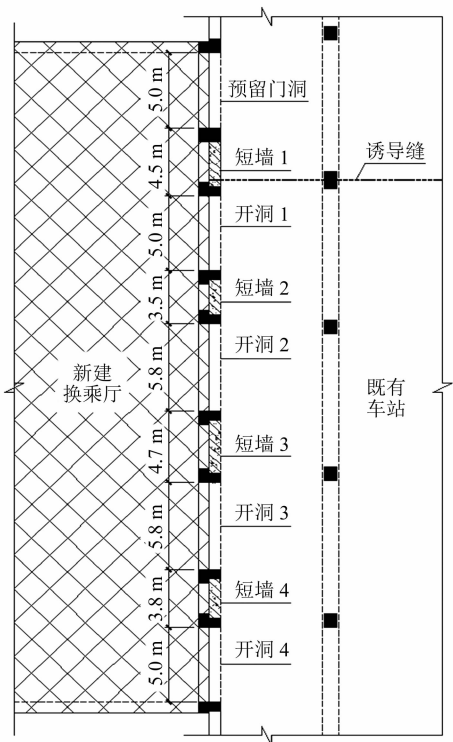


图 2 侧墙开洞平面布置图

Fig. 2 Floor plan of side wall openings

在高度方向上,侧墙开洞的净高需要 3.35 m,1

号线车站主体结构净高为 4.85 m,新建工程一般利用结构高差设置孔边加强梁,如图 3 a) 所示。本次侧墙改造工程中,若设置此种孔边加强梁,需先凿除孔洞上方侧墙及板墙相交处的顶板结构,对既有车站结构内力和变形影响较大。为降低对既有车站的影响,改造过程中考虑保留顶板与侧墙腋角以上结构,将侧墙凿除至腋角底部,再在腋角下及换乘厅内设置 L 型加强梁,如图 3 b) 所示。

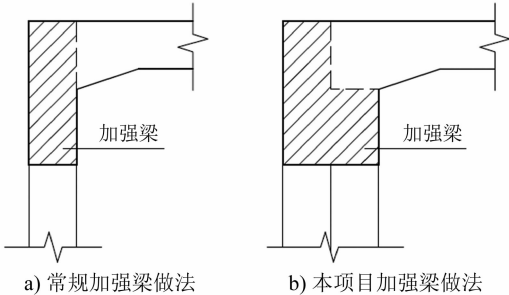


图 3 侧墙孔洞上部加强梁做法

Fig. 3 Construction of side wall opening with upper reinforced beam

2.2 侧墙开洞改造工序

由图 2 可知,换乘厅范围内 1 号线侧墙共有 5 个开洞,其中 1 个为 1 号线车站建设时已预留门洞,其余 4 个为本次新增开洞。为降低对既有车站的影响,新增 4 个开洞应逐个打开,且相邻开洞应跳开施工,先行开洞的后浇梁柱框架达到设计强度后,方可进行下一开洞施工,依据此思路确定的开洞顺序为:开洞 2—开洞 4—开洞 1—开洞 3。

就单个开洞而言,既有地铁车站侧墙按照“化整为零、随挖随支”的原则进行改造^[2-3],分块凿除单个开洞范围内既有侧墙并分段浇筑框架梁柱。此方案的优点为单次凿除侧墙结构尺寸较小,对既有车站影响相对较小,但同时存在框架梁施工缝多、钢筋接头多、施工难度相对较大等缺点。经比选和分析研究,本次改造设计中提出一种既有地铁车站侧墙一次性凿除单个开洞、施工后浇筑框架的开洞改造方案,单个开洞主要施工工序为:① 既有车站站厅层局部临时围挡,并在靠近侧墙改造位置架设临时型钢支撑;② 凿除改造范围侧墙结构;③ 施工洞边加强框架梁柱;④ 待加强框架混凝土达到设计强度后,拆除站厅层临时支撑和围挡。侧墙单个开洞改造工序如图 4 所示。

本改造工序是否可行,需重点进行两方面验算:① 由于 1 号线车站已运营,站台层轨行区无架设支撑条件,所以仅在站厅层架设临时支撑,需验

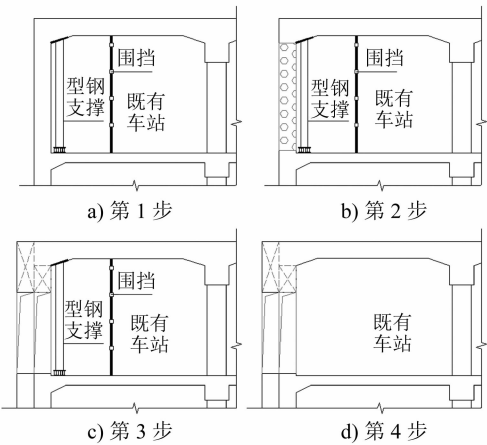


图 4 侧墙单个开洞改造工序图

Fig. 4 Process drawing of side wall single opening reconstruction

算加撑后的中板受力是否满足要求;② 侧墙单次开洞范围较大,在架设临时支撑条件下,既有车站受力及变形是否满足要求。

3 有限元计算分析

3.1 计算模型及其参数

既有 1 号线车站主体为地下两层矩形框架结构,采用明挖顺作法施工,车站底板及侧墙主要位于硬塑状黏土层中,顶板覆土厚约 1.8 m,主要结构尺寸及材料特性如表 1 所示。

表 1 既有车站结构特性表

Tab. 1 Structural characteristics of existing station

构件	尺寸	混凝土强度等级
顶板	0.7 m(厚)	C35、P8
中板	0.4 m(厚)	C35
底板	0.8 m(厚)	C35、P8
侧墙	0.7 m(厚)	C35、P8
顶纵梁	1.0 m(宽)×1.8 m(高)	C35、P8
中纵梁	1.0 m(宽)×1.0 m(高)	C35
底纵梁	1.0 m(宽)×1.8 m(高)	C35、P8
框架柱	0.8 m(宽)×0.9 m(长)	C40

注:框架柱柱距为 9.75 m。

采用有限元分析软件建立三维计算模型,对既有车站侧墙改造前、改造中和改造后的结构内力重分布及变形情况进行计算分析。车站梁、柱结构用杆单元模拟,车站顶板、中板、底板及侧墙结构用壳单元模拟。在侧墙及底板边界处采用只受压弹簧约束,弹簧刚度根据土体水平及垂直基床系数取值,计算方法采用荷载-结构法。计算所考虑的荷载有结构自重、垂直及水平土压力、地面超载及其水平分力、人群及设备荷载等,由于车站位于硬塑

黏土层中,渗透性较低,所以施工期间不考虑地下水压力的影响。所建立的三维有限元计算模型如图 5 所示。

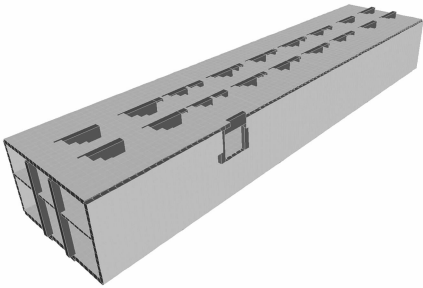


图 5 三维有限元计算模型

Fig. 5 Three-dimensional finite element calculation model

3.2 计算结果及分析

有限元计算的主要目的是分析验算既有车站改造施工阶段及后期使用阶段的安全性,同时验证所提改造方案的可行性。由计算结果可知,既有车站侧墙改造对靠近改造一侧的顶板、中板、侧墙内力影响相对较大,对远离改造一侧的顶板、中板、侧墙及底板、顶纵梁、中纵梁、底纵梁、中立柱内力影响相对较小。侧墙改造过程中,各工况下既有车站靠近改造一侧的顶板、中板、侧墙结构在主受力方向的弯矩标准组合值如表 2 所示。

由表 2 可知:① 侧墙改造前后,靠近改造一侧的顶板和侧墙弯矩重分布最为明显,开洞处顶板与侧墙交角处的负弯矩减少了 67%,预留短墙与顶板交角处的负弯矩增加了 16%,顶板跨中正弯矩增加了 16%,负二层侧墙跨中正弯矩增加了 11%,负二层侧墙上支座处负弯矩在开洞处和短墙处分别减少了 19%和 10%。② 改造期间,由于临时支撑作用在中板上,中板边支座负弯矩在开洞处和短墙处分别增加了 21%和 16%,临时支撑拆除后弯矩有一定的回落,相对改造前分别增加了 7%和 5%。③ 工况 1 开洞对既有车站弯矩重分布影响最大;工况 2 与工况 1 开洞净距为 13.3 m,工况 2 开洞时对工况 1 弯矩重分布范围未产生叠加影响;工况 3 和工况 4 新增开洞与已完成的开洞净距仅为 2.3~3.9 m。新增开洞时,其对既有车站已完成开洞范围内的结构弯矩产生了叠加影响,但影响程度较首次开洞要小。

根据三维有限元计算结果,开洞顶部侧墙最大沉降为 0.2 mm,顶板跨中最大沉降为 0.1 mm,框架柱顶最大沉降为 0.1 mm。由此可知,侧墙改造引起的既有车站沉降相对较小。侧墙改造引起既有车站

表 2 侧墙改造过程既有车站弯矩变化情况

Tab.2 Bending moment change of existing station during side wall reconstruction							
结构部位	主受力方向弯矩标准值/(kNm)						改造前后 变化幅度/%
	工况 0	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	
顶板跨中	230	250	250	261	261	266	16
顶板边支座(开洞处)	-285	-93	-93	-93	-93	-95	-67
顶板边支座(短墙处)	-285	-295	-295	-308	-320	-330	16
中板跨中	36	37	37	37	37	36	0
中板边支座(开洞处)	-140	-173	-173	-173	-173	-150	7
中板边支座(短墙处)	-140	-162	-162	-162	-162	-147	5
负一层侧墙上支座(开洞处)	-285	-93	-93	-93	-93	-95	-67
负一层侧墙上支座(短墙处)	-285	-295	-295	-308	-320	-330	16
负一层侧墙跨中	-90	-86	-86	-78	-75	-76	-16
负二层侧墙上支座(开洞处)	-185	-173	-173	-173	-173	-150	-19
负二层侧墙上支座(短墙处)	-185	-173	-173	-173	-173	-167	-10
负二层侧墙跨中	237	250	250	254	258	262	11
负二层侧墙下支座	-461	-462	-462	-464	-460	-462	0

注：工况 0 为开洞前并架设站厅层临时支撑，工况 1 为实施开洞 4 及洞边加强梁柱，工况 2 为实施开洞 2 及洞边加强梁柱，工况 3 为实施开洞 1 及洞边加强梁柱，工况 4 为实施开洞 3 及洞边加强梁柱，工况 5 为拆除站厅层临时支撑完成改造；顶板及侧墙弯矩负值表示外侧受拉；中板弯矩负值表示上侧受拉；变化幅度正值表示弯矩值增大，变化幅度负值表示弯矩值减小。

部分结构弯矩增大，根据既有车站结构配筋对弯矩增大后的结构进行了验算，如表 3 所示。由表 3 可知，既有车站配筋可满足改造中、改造后的结构承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求。

表 3 既有车站结构配筋验算表

Tab.3 Checking calculation for structural reinforcement of existing station

结构部位	弯矩标准值/(kNm)	实际配筋/(mm ² /m)	承载能力 验算情况	裂缝宽度/mm
顶板跨中	266	3 270	满足	0.07
负二层侧墙跨中	262	3 270	满足	0.07
短墙与顶板交角	-330	3 270	满足	0.12
中板边支座	-173	2 533	满足	0.24

4 结语

本文以合肥轨道交通 1 号线云谷路站侧墙改造为例，研究拟定了侧墙改造范围和改造施工工序，并采用三维有限元软件计算分析了侧墙改造对既有车站的影响，获得主要结论如下：

1) 既有运营地铁车站侧墙改造设计时，应合理确定改造范围和改造工序，并分析及验算改造对既有车站的影响，确保改造中及改造完成后既有地铁车站的结构安全及运营安全。

2) 侧墙大面积改造开洞时，可通过控制单个开洞尺寸、增大相邻开洞之间的净距和保留一定宽度

侧墙等措施，降低改造对既有车站结构的影响程度。

3) 侧墙改造施工工序应综合考虑结构受力、结构构造和施工难易程度等因素。

4) 侧墙改造前后，既有车站结构弯矩重分布较明显，主要表现为：改造侧侧墙与顶板交角处负弯矩显著降低，顶板跨中正弯矩、负二层侧墙跨中正弯矩、开洞附近侧墙与顶板交角处负弯矩均有一定程度的增加。

参考文献

[1] 宋冰晶. 对地铁标准站进行换乘改造的思考[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(6): 140.
SONG Bingjing. An approach to upgrading of standard subway station to transfer station[J]. Railway Standard Design, 2017, 61(6): 140.
[2] 安东辉, 邵文. 地铁车站扩建改造工程对原有结构受力影响分析[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(11): 129.
AN Donghui, SHAO Wen. Analysis on the effect of the expansion and reconstruction of the metro station on the stress of original structures[J]. Railway Standard Design, 2020, 64(11): 129.
[3] 李储军, 王立新, 胡瑞青, 等. 黄土地区地铁车站换乘改造施工力学行为研究[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(9): 101.
LI Chujun, WANG Lixin, HU Ruiqing, et al. Study on mechanical behavior of transfer and reconstruction of metro stations in loess area[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(9): 101.

(收稿日期: 2021-08-02)