

北京地铁10号线西土城站换乘改造施工技术^{*}

叶新丰^{1,2} 黄明利³ 张志恩³ 李子辰^{1,2} 孙明⁴ 范丽萍^{1,2}

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司, 100068, 北京; 2. 城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室, 100068, 北京; 3. 北京交通大学土木建筑工程学院, 100044, 北京; 4. 中铁二十二局集团有限公司, 100043, 北京)

摘要 [目的]以北京地铁10号线西土城站换乘改造施工为例,对未预留换乘条件的既有地铁车站换乘改造施工方案展开研究。[方法]为满足与北京地铁昌平线换乘的要求,对既有1号线西土城站进行换乘改造。在既有地铁10号线西土城站站厅层侧墙开洞与换乘通道接驳;清空站厅层,全部改为付费区,闸机、安检移至各出入口地面厅或地下厅;在站厅层与站台层之间的楼板开洞增设自动扶梯、电梯等。此外,对站内施工区域的混凝土结构进行沉降变形监测,以控制侧墙破除、楼板开洞等站内改造施工作业对既有车站自身结构的影响,保证了北京地铁10号线西土城站换乘改造施工的安全和混凝土结构稳定。[结果及结论]建议在以后的地铁车站规划时,应具有一定的前瞻性,从城市轨道交通发展的大层面进行车站的结构设计,以充分预留出换乘空间。

关键词 北京地铁10号线;西土城站;换乘改造;施工方案;实测分析

中图分类号 U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.08.060

Interchange Renovation Construction Technology of Beijing Subway Line 10 Xitucheng Station

YE Xinfeng^{1,2}, HUANG Mingli³, ZHANG Zhien³, LI Zichen^{1,2}, SUN Ming⁴, FAN Liping^{1,2}

(1. Beijing MTR Construction Administration Co., Ltd., 100068, Beijing, China; 2. Beijing Key Laboratory of Fully Automatic Operation and Safety Monitoring for Urban Rail Transit, 100068, Beijing, China; 3. School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, 100044, Beijing, China; 4. China Railway 22nd Bureau Group Co., Ltd., 100043, Beijing, China)

Abstract [Objective] Taking the interchange renovation construction of Beijing Subway Line 10 Xitucheng Station as example, the construction scheme for interchange renovation in existing station without reserved transfer conditions is studied. [Method] To meet the interchange requirements with Beijing

Subway Changnan Line, the existing Line 1 Xitucheng Station undergoes an interchange renovation. Openings are made on the side walls of this station concourse floor to connect with the interchange passage. The entire concourse level is cleared and converted into a paid area, with ticket gate and security inspection relocated to ground or underground halls at each entrance. Escalators and elevators are added by creating openings in the floor between the concourse and platform levels. Additionally, settlement deformation monitoring of the concrete structures in the station construction area is conducted to control the impact of activities such as side wall demolition and floor openings on existing station structure. This ensures the safety and stability of the concrete structure during the interchange renovation construction at Beijing Subway Line 10 Xitucheng Station. [Result & Conclusion] It is suggested to hold long-term foresight in future station planning, carry out station structure design from the macro-perspective of urban rail transit development, and preserve sufficient interchange space.

Key words Beijing Subway Line 10; Xitucheng Station; interchange renovation; construction scheme; field measurement analysis

随着城市化进程的不断推进,以地铁为主的城市轨道交通建设迅速发展,城市地铁线网纵横交错,且仍在不断完善中。因此,经常会遇到新线并入既有车站形成换乘车站的现象。换乘车站是城市地铁网络的重要节点,由于地铁前期规划的前瞻性考虑不够,因此在后期建设中,就需要对既有车站进行改造,包括站内设施改造、增加换乘通道等,以完成与新建车站结构连通,其施工风险较大,会对既有车站的正常运营产生一定的影响。对既有地铁车站换乘改造施工技术进行研究有助于为以后类似换乘车站的施工提供借鉴经验^[1-3]。

文献[4]详细介绍了西安地铁2号线南稍门站换乘改造施工过程,并对结构破除、开挖支护、孔口

^{*}北京市轨道交通建设管理有限公司双创基金项目(SCJJ2021005)

封堵等关键工序的施工力学效应进行了分析和实时监测,保证了车站换乘改造的施工安全。文献[5]经综合考虑现有客流情况、新增客流量及换乘客流出入站组织需求等方面,将成都地铁东坡路站由通道换乘优化为十字节点换乘,解决了换乘车站人流拥堵问题。文献[6]通过增建换乘节点、加宽站台、加大站厅公共区等措施,提高了杭州地铁市民中心站市民换乘的便捷性和出行效率。文献[7]通过分析实际换乘车站案例,认为即使在没有设置预留换乘节点的情况下,经过改造、扩容等措施也能实现便捷的换乘和可行的客流组织。文献[8]通过分析几种常规预留换乘形式的换乘车站实例,提出了远期换乘站在线网规划、站位选址、换乘节点预留等设计方面应考虑的问题。文献[9]认为设置小交路的换乘车站会造成瞬时集中客流的增加,加重了客流组织难度,通过研究提出了清客状态下的侧站台合理设计宽度。文献[10]分析了西安地铁双寨站未预留换乘条件下的换乘方案设计,提出拆除自动扶梯、电梯,增加地面出入站厅等措施可满足西安地铁14号线并入后客流增加的需求。文献[11]认为,在既有线未预留换乘条件的情况下,两线实现客流的单向换乘,可将对既有线的运营影响降到最低。

北京地铁10号线西土城站由于未预留换乘条件,昌南线并入后,客流大幅增加,需要对既有西土城站进行改造。本文借鉴上述已有换乘车站改造经验,对西土城站换乘改造方案及施工技术进行了研究。

1 北京地铁10号线既有西土城站改造概况

西土城站车站总长为176.6 m,总宽为19.7 m,东西两端为三层矩形端厅,中段为单层拱形断面,与昌南线T型换乘。由于10号线西土城站未预留换乘条件,与昌南线西土城站形成换乘后,客流量增加,根据预测昌南线开通前西土城站客流量为11 951人次/h,昌南线开通后客流量增加至24 629人次/h,10号线西土城站站台到站厅的服务设施能力不足,且无法满足消防疏散的要求,因此需对既有10号线西土城站进行换乘改造。

1.1 改造项目

改造内容包括:

1) 侧墙开洞新建换乘通道与既有西土城站站厅层接驳,见图1所示。

2) 既有10号线西土城站站厅层与站台层楼板开洞增设楼梯、自动扶梯,东厅既有电梯南移,见图2所示。

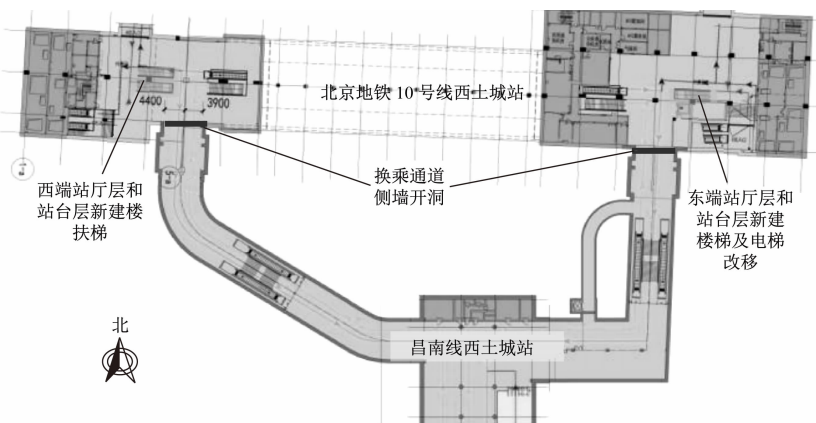


图1 既有西土城站站内改造平面示意图

Fig.1 Diagram of existing Xitucheng Station internal renovation plan

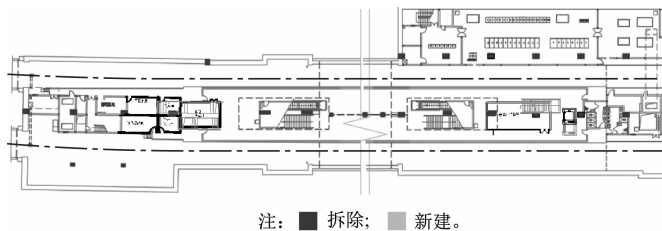


图2 既有地铁10号线西土城站站台层改造平面示意图

Fig.2 Diagram of existing Line 10 Xitucheng Station platform level renovation plan

3) 因换乘需要,10 号线站厅要清空,全部改为付费区,闸机、安检移至各出入口地面厅或地下厅,如图 3 所示。由此引起出入口的改造,C 出入口采用原地面亭扩大为地面售检票厅的方案改造,同时为了地面厅总体的美观,需要将风井及安全出口位置做相应的改移;D 出入口改造采用原地面亭扩大

为地面售检票厅的方案,见图 3。

1.2 既有车站换乘改造封站的必要性

1) 厅、台楼梯施工期间为保证安全务必围挡,最小围挡范围如图 4 所示。围挡距站台门净距为 0.5 m,围挡长度为 21.0 m。若不封站,两侧站台分别影响 1 节车厢乘客上、下车,导致运营无法正常组织。

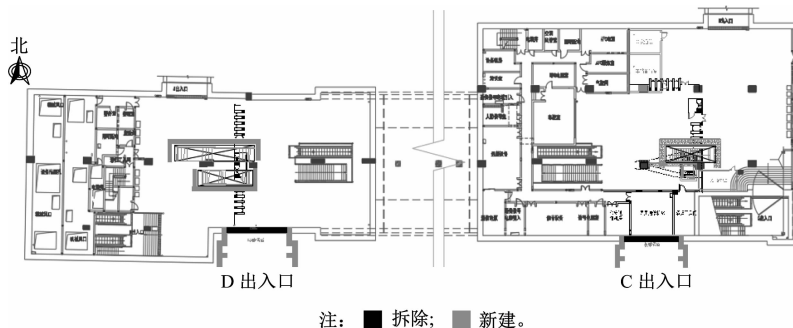


图 3 既有地铁 10 号线西土城站站厅层改造平面示意图

Fig. 3 Diagram of existing Line 10 Xitucheng Station concourse level renovation plan

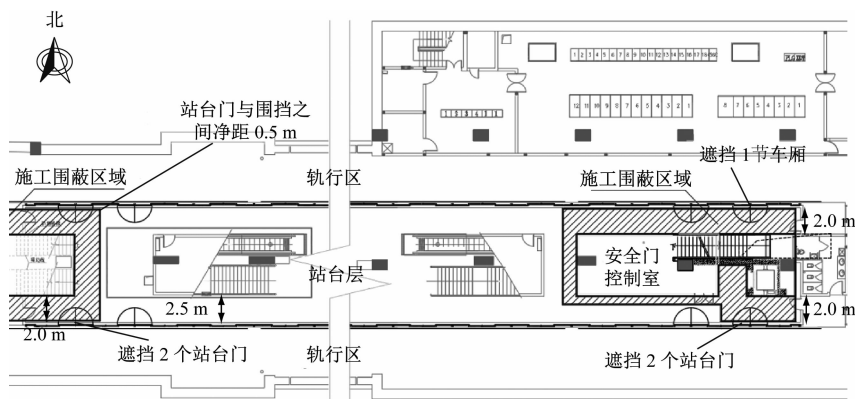


图 4 围挡安装位置平面图

Fig. 4 Plan of fence installation position

2) 既有站西厅改造增加楼梯开洞时,施工会占用站厅内非付费区 91 m^2 (总 286 m^2), 占用 30% 的面积,影响安检机布置。同时改移进出站闸机时,由于场地空间有限,进站闸机可以保持数量不变,出站闸机减少一部,使人工售票口无法恢复,见图 5。

3) 既有站东厅改造增加楼梯开洞时,施工会占用站厅内非付费区 60 m^2 (总 312 m^2), 占用 20% 的面积,但剩余非付费区形状不规则,影响安检机布置,见图 6。

基于以上原因既有西土城站进行封站改造。

2 车站换乘改造施工方案

2.1 侧墙开洞接驳换乘通道

北京地铁昌南线与既有 10 号线通过连接通道

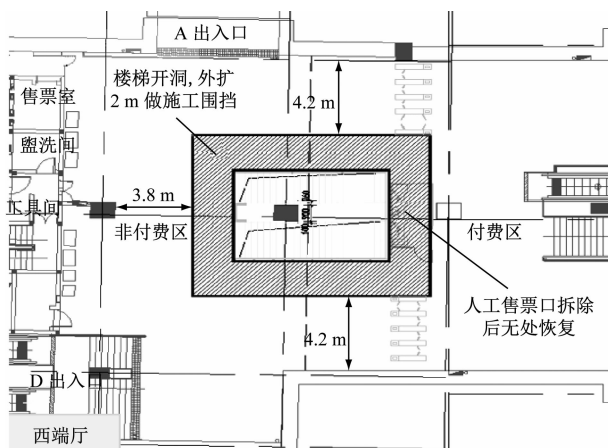
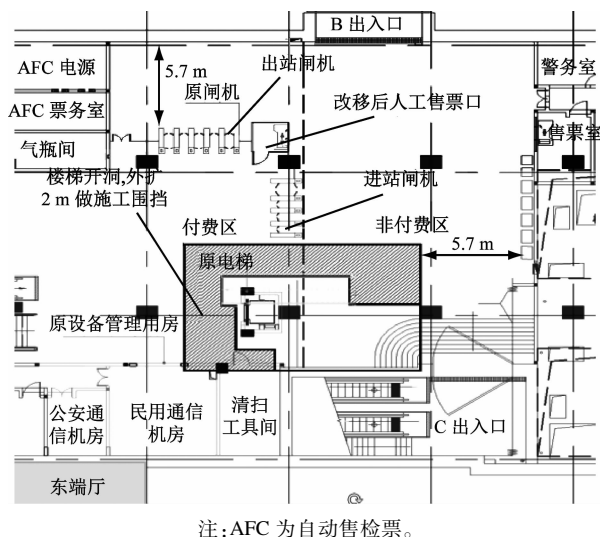


图 5 既有站西端厅改造平面图

Fig. 5 Existing station west-end hall renovation plan

换乘,因此需要对换乘通道与 10 号线交界处的侧墙

进行开洞,利用水钻切割破除洞门混凝土。具体施工工艺如下:



注:AFC为自动售检票。

图6 既有站东端厅改造平面图

Fig. 6 Existing station east-end hall renovation plan

1) 根据开洞位置弹的墨线位置,将钻机固定在混凝土表面,接好水钻电源,采用直径为108 mm的钻头,按照布孔位置水钻依次切割混凝土结构。为消除马牙槎,孔位搭接20 mm,待每块混凝土切割完毕后,采用人工方式将其取下并转至地面,再由专人运至指定位置。

2) 水钻开洞后,洞口边有月牙边,需人工剔除。施工时用小扁铲将混凝土表面松动的石子、水泥砂浆凿掉、剔平,直到清出密实的混凝土面。再用钢丝刷子刷一遍,最后用清水冲洗干净。

3) 清理作业面,将切割下来的混凝土块及时清理干净,必须及时运至垃圾集中堆放点,及时运出。

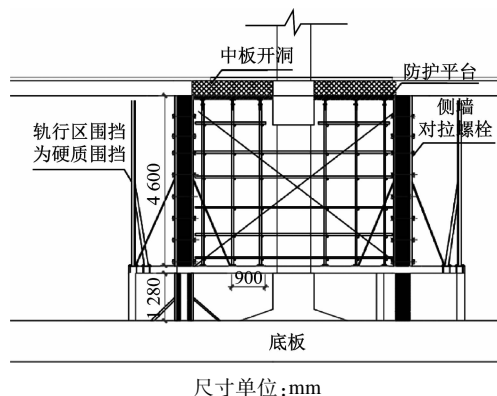
4) 进行防水处理,在洞口外围表面铺设防水板,防止换乘通道与既有西土城站接驳处产生地下水渗漏。

2.2 西端厅改造施工

主要施工项目有设备用房改造,新增楼梯、自动扶梯开洞,中板支撑墙及自动扶梯安装,新建楼梯施工等。站内西端厅改造施工步序:围挡、站内设备保护→小站台设备及管线拆除→设备房结构拆除→自动扶梯倒运至站台层公共区→中板支撑墙及自动扶梯基坑施工→中板开洞→自动扶梯及新建楼梯施工→设备房砌筑及装修→拆除临建→验收。

在西端厅的改造项目中,中板开洞可能会对车站结构产生扰动影响,为保证西厅楼板开洞施工安

全、可靠,需在楼板开洞施工前完成中板支撑墙施工。支撑墙共分为6个部分,分别位于既有西土城站站台南、北两侧,新建墙厚度为0.4 m,高度为6.4 m。楼板支撑墙为不连续墙,其中两处是利用现有站台板墙加厚,两侧各加厚10 cm,剩余墙体均在既有底板上新建,墙体厚度均为40 cm,高度为6.4 m,墙体根部与既有站体结构植筋连接。支撑墙站台板下采用方木支撑完成浇筑,站台板上因施工高度达到4.6 m,采用对拉螺杆支撑并加设抛撑形式进行施工,见图7。



尺寸单位:mm

图7 支撑墙与站台板位置关系剖面图

Fig. 7 Profile diagram of position relation between support wall and platform slab

2.3 东端厅改造施工

站内东端厅改造主要施工项目有设备用房拆除,新增楼梯开洞,电梯南移,新建楼梯施工等。站内东端厅改造施工步序:围挡、站内设备保护→电梯拆除→加固梁施工→新建墙柱→拆除中板及新建电梯井道→新建楼梯及电梯安装→装修收边、收口→临建拆除→验收。

其中,较为关键的改造项目为新建支撑墙、加固梁施工以及电梯井道拆除及新建。

1) 新建支撑墙:其为竖向连续墙,上下两端与底板及中板通过植筋连接形成整体,分站台板下及站台板上两次施工,均采用对拉螺栓加抛撑形式完成。

2) 新建加固梁:利用既有中板作为梁的一部分,上下梁之间通过中板竖向开洞植筋形成整体,加固梁底模采用满堂红支架加定制U形钢模完成。

3) 电梯井道拆除及新建:①电梯井道拆除。电梯侧墙混凝土结构采用绳锯分块静力切割,从上往下依次完成,井道内部搭设脚手架平台。②电梯井道新建。墙体上下两端与既有结构通过植筋连接,

分三次浇筑,主要采用对拉螺栓加抛撑形式,墙内设置满堂支架增加整体稳定性。

3 既有站站内换乘改造施工监测分析

为监测施工期间站厅层混凝土结构沉降变形特征,在东西端厅各布设 5 个监测点,分别为东 ZTC1—ZTC5、西 ZTC1—ZTC5,见图 8。

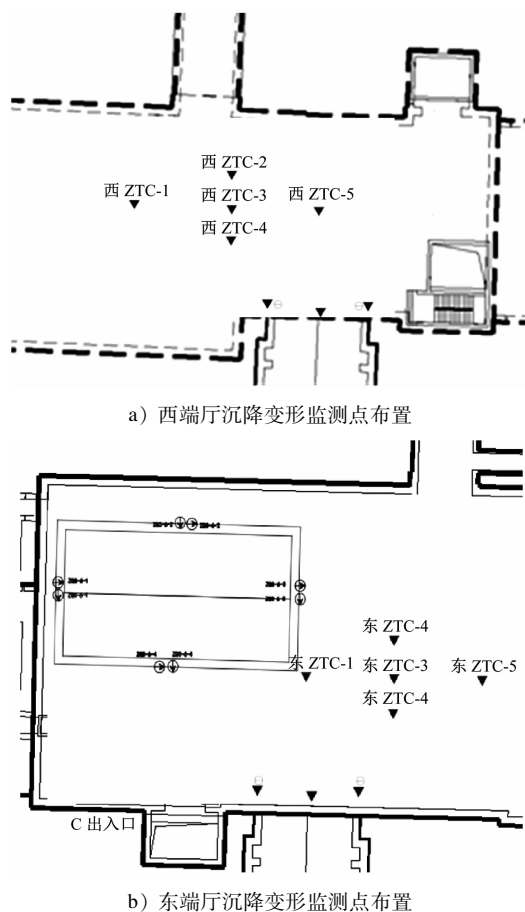


图 8 站厅层结构变形监测点布置图

Fig. 8 Layout diagram of structural deformation monitoring points on station concourse level

1) 西端厅沉降变形分析:从两端厅结构沉降变形曲线(见图 9)中可以看出,西端厅改造施工期间,受楼板开洞等工序的施工扰动影响,监测点西 ZTC5 沉降变形最大,为 0.48 mm,因此改造施工对混凝土结构的安全性影响较小。

2) 东端厅沉降变形分析:从东端厅结构沉降变形曲线(见图 10)中可以看出,东端厅改造施工期间,受基坑开挖、楼板开洞等工序的施工扰动影响,监测点东 ZTC4 沉降变形最大,为 0.48 mm,因此改造施工对混凝土结构的安全性影响较小。

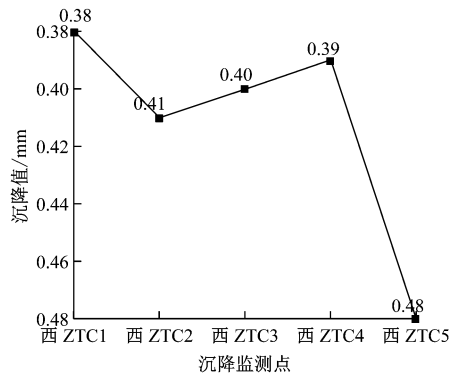


图 9 西端厅结构沉降变形曲线

Fig. 9 Settlement deformation curve of west-end hall structure

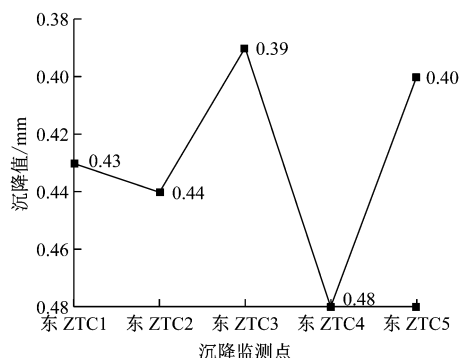


图 10 东端厅结构沉降变形曲线

Fig. 10 Settlement deformation curve of east-end hall structure

4 结语

本文以北京地铁 10 号线西土城站为例,分析了未预留换乘条件的既有车站在新线并入形成换乘车站后经常会存在客流量骤增、现有设施无法满足客流畅通的问题,通过站内改造,拆除站厅层安检、闸机、票亭、通信机房、清扫间、电梯及井道,并增加自动扶梯、电梯等设施进行扩容,可最大程度满足客流组织需求,且改造施工对既有车站结构自身安全性影响也较小。在施工既有车站与换乘通道接驳口时应注意防水处理,以避免地铁运营期间地下水侵入而造成损失。

建议在以后的地铁车站规划时,应具有一定前瞻性,从城市轨道交通发展的大层面进行车站结构设计,充分预留出换乘空间和设施,以最大程度地改善乘客的换乘感受和效率。

参考文献

- [1] 姜林波. 实例分析轨道交通与厦门高铁北站换乘建筑方案[J]. 铁道建筑技术, 2017(4): 36.

JIANG Linbo. Case analysis of construction scheme for transfer-

- ring between rail transit and Xiamen North High-speed Rail Station[J]. Railway Construction Technology, 2017(4): 36.
- [2] 王华伟. 北京地铁黄庄换乘车站施工[J]. 现代城市轨道交通, 2006(1): 41.
- WANG Huawei. Construction of Huangzhuang metro exchange station in Beijing[J]. Modern Urban Transit, 2006(1): 41.
- [3] 周立新, 李英, 缪和平. 城市轨道交通系统的换乘研究[J]. 城市轨道交通研究, 2001, 4(4): 35.
- ZHOU Lixin, LI Ying, MIAO Heping. Research on the passenger transfer of urban mass transit[J]. Urban Mass Transit, 2001, 4(4): 35.
- [4] 王其升. 既有地铁车站运营期间换乘改造施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2021(7): 116.
- WANG Qisheng. Transfer reconstruction technology of existing subway station during operation[J]. Railway Construction Technology, 2021(7): 116.
- [5] 边振来. 成都地铁东坡路站换乘改造方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(7): 125.
- BIAN Zhenlai. Study on the interchange transformation scheme of Chengdu Metro Dongpo Road Station[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(7): 125.
- [6] 储强锋. 杭州地铁市民中心站换乘改造实例[J]. 都市快轨交通, 2016, 29(5): 60.
- CHU Qiangfeng. Add transfer node to achieve convenient transfer-taking Hangzhou citizen center station reconstruction as a case study[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2016, 29(5): 60.
- [7] 邱蓉. 新建线路与既有线换乘方案研究[J]. 铁道建筑技术, 2013(6): 54.
- QIU Rong. On transfer plans for new and existing subway lines [J]. Railway Construction Technology, 2013(6): 54.
- [8] 石广银. 北京地铁远期双线换乘站换乘形式分析[J]. 隧道建设, 2014, 34(1): 24.
- SHI Guangyin. Analysis on transfer modes between existing double-track metro stations of Beijing Metro with long-term metro stations[J]. Tunnel Construction, 2014, 34(1): 24.
- [9] 张彤松. 设置小交路的 T 型地铁换乘站方案研究[J]. 隧道建设(中英文), 2020, 40(7): 1011.
- ZHANG Tongsong. Study on scheme of T-shaped metro transfer station with part route [J]. Tunnel Construction, 2020, 40(7): 1011.
- [10] 李阿萌. 西安地铁双寨站既有高架站与新建地下站换乘方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(7): 102.
- LI Ameng. Transfer scheme between the existing Shuangzhai elevated station and new underground station in Xi'an Metro[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(7): 102.
- [11] 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.
- 收稿日期:2022-03-29 修回日期:2022-05-05 出版日期:2024-08-10
Received:2022-03-29 Revised:2022-05-05 Published:2024-08-10
• 第一作者:叶新丰,正高级工程师,yexf2000@163.com
通信作者:张志恩,博士研究生,2550398151@qq.com
• ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 334 页)

- [4] 陈雪莹, 谭忠盛, 袁杰, 等. 富水圆砾地层盾构隧道联络通道加固技术研究[J]. 土木工程学报, 2017, 50(增刊1): 105.
- CHEN Xueying, TAN Zhongsheng, YUAN Jie, et al. Case study on soil reinforcement method for the cross-passage construction of shield tunnel in water-rich round gravel stratum[J]. China Civil Engineering Journal, 2017, 50(S1): 105.
- [5] 王喆. 富水砂层地铁联络通道泵房注浆加固施工技术[J]. 价值工程, 2019, 38(11): 129.
- WANG Zhe. Grouting reinforcement construction technology for pumping station of water-rich sand layer subway communication channel[J]. Value Engineering, 2019, 38(11): 129.
- [6] 于海莹, 彭玉林, 张立艳, 等. 城市地铁施工期事故统计分析[J]. 地下空间与工程学报, 2019, 15(增刊2): 852.
- YU Haiying, PENG Yulin, ZHANG Liyan, et al. Statistical analysis on urban metro accidents during construction period [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2019, 15(S2): 852.
- [7] 李享松, 覃娟, 罗概, 等. 富水砂卵石地层注浆参数优化研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2016, 13(3): 469.
- LI Xiangsong, QIN Juan, LUO Gai, et al. Study on optimization of grouting parameters in water-soaked sand and cobble stratum [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2016, 13(3): 469.
- [8] 周瑶. 富水砂卵石地层新型注浆材料研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2021.
- ZHOU Yao. Research on new grouting material for water-rich sandy gravel stratum [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2021.
- [9] 贾军. 富水砂卵石地层地铁车站袖阀管注浆加固技术[J]. 施工技术, 2016, 45(增刊2): 206.
- JIA Jun. Grouting reinforcement technology of sleeve valve pipe of subway station in water rich sand and gravel stratum [J]. Construction Technology, 2016, 45(S2): 206.
- 收稿日期:2023-02-21 修回日期:2023-03-24 出版日期:2024-08-10
Received:2023-02-21 Revised:2023-03-24 Published:2024-08-10
• 第一作者:李乔斌,高级工程师,654955041@qq.com
通信作者:臧鹏,工程师,285028868@qq.com
• ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license