

金桥北路公交区域调度中心建筑基坑与 地铁基坑同步施工的工程实例

祝伟伟, 林 松

(杭州市勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310012)

摘 要: 金桥北路公交区域调度中心项目毗邻杭州至富阳地铁 1 号线风亭基坑, 由于使用功能的不同, 地铁的建筑、结构、围护等方式都与常规的建筑工程不同, 而本项目又需要与毗邻地铁基坑同步施工, 我们需要提前将两个工程的建设、监理、设计、施工等单位及政府监督部门统一协调, 避免两个工程的相互影响及制约。该工程地处富阳区金桥北路附近, 开挖范围内以填土、粉质黏土、淤泥质土层为主, 土质条件较差, 因基坑开挖深度较深, 承压水埋深较浅, 有承压水突涌的风险, 围护设计时需要特别考虑承压水的处理方式。另外, 两个工程交接处的设计形式不同, 需要在图纸设计阶段就进行沟通, 并在交接部位加强处理, 避免出现薄弱区域, 造成不必要的损失。在基坑施工过程中, 两家单位要及时沟通, 协调好土方开挖、支撑施工、底板施工、土方外运、拆除支撑的时间节点。本文从施工前的协调、围护形式、支撑设置形式、承压水的处理方式 4 个方面提出建筑基坑毗邻地铁基坑同步施工时基坑围护的若干问题及解决方法。

关键词: 毗邻地铁; 施工协调; 基坑设计; 交接部位; 同步施工; 承压水处理

中图分类号: TU473

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2023)S1-0040-06

An engineering example of simultaneous construction of the foundation pit of Jinqiao North Road Bus Regional Dispatching Center building and the subway foundation pit

ZHU Wei-wei, LIN Song

(Hangzhou Geotechnical Engineering and Surveying Research Institute with Limited Liability, Hangzhou 310012, Zhejiang, China)

Abstract: Jinqiao North Road Bus Regional Dispatching Center project is adjacent to Fengting foundation pit of Hangzhou-Fuyang Metro Line 1. Due to different functionality, the subway construction, structure, and enclosure are different from other conventional projects. As this project needs to be constructed simultaneously with the adjacent subway foundation pit, the units of construction, supervision, design and government supervision departments of the two projects need to be organized in a unified and coordinated way in advance to avoid mutual restrictions between the two projects. The project is located near Jinqiao North Road in Fuyang District. Fill, silty clay and silty soil are the main soil layers in the excavation range. The soil condition is poor. Since the excavation depth is deep and the confined water buried shallowly, the risk of confined water gushing exists. The treatment of confined water should be considered in the design of the enclosure. In addition, the two engineering junctions are designed in different forms. The design companies need to communicate timely at the drawing design stage, coordinate about the strengthening treatment at the connections to avoid weak joints and unnecessary economy loss. In the process of foundation pit construction, two units need to timely discuss to deal with excavation, support construction, floor construction, earthwork transport, and the time of removing support. In this paper, from the four aspects of coordination before construction, the form of enclosure, the form of support setting and the treatment of confined water, some problems and solutions of foundation pit enclosure when building foundation pit adjacent to subway foundation pit during simultaneous construction are proposed.

收稿日期: 2023-04-30

作者简介: 祝伟伟 (1982—), 女, 江西上饶人, 本科, 高级工程师, 主要从事岩土工程勘察、设计与地铁安全评估方面的工作。E-mail: 48195851@qq.com。

Key words: adjacent to metro; construction coordination; foundation pit design; junction; simultaneous construction; confined water treatment

0 引言

随着杭州城市轨道交通的快速发展, 地下空间开发项目不断的增加, 地铁基坑与毗邻建筑基坑同步建设的项目成为地铁建设和地下空间开发的又一发展趋势。因两个基坑建设工期会出现重叠, 进而形成同步施工的状态, 存在较大技术难度及安全风险。为确保两个基坑的顺利进行, 两个工程的建设、监理、设计、施工等单位都需要统一协调^[1-2], 解决地铁基坑与周边地块开发的相互影响, 降低合建基坑^[3-4]的施工风险, 优化双方的设计方案。

1 项目概况及工程地质、水文条件

金桥北路公交区域调度中心项目位于杭州市富阳区原杭州公交 514 路富阳站内, 西临金桥北路及在建杭富线桂花路站, 南靠金桥村安置地块。本工程总用地面积(含地铁风亭) 3 853 m², 总建筑面积(含地铁风亭) 5 700 m²。本基坑毗邻地铁 1 号线风亭基坑, 两基坑需要合建。基坑周边环境见图 1^[5-6]。

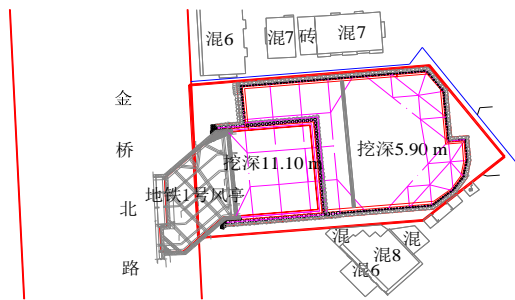


图 1 基坑周边环境示意图
Fig. 1 Surrounding environment of the foundation pit

开挖范围内土层自上而下依次为: ①₁ 杂填土, ①₂ 素填土, ②₂ 粉质黏土夹黏质粉土, ④₂ 淤泥质粉质黏土, ④₂ 夹层黏质粉土, ⑥₂ 淤泥质粉质黏土, ⑨₄ 圆砾。坑底坐落在④₂ 淤泥质粉质黏土层上, 开挖范围内土质较差^[7]。典型地质剖面图见图 2。各土层物理力学参数见表 1。

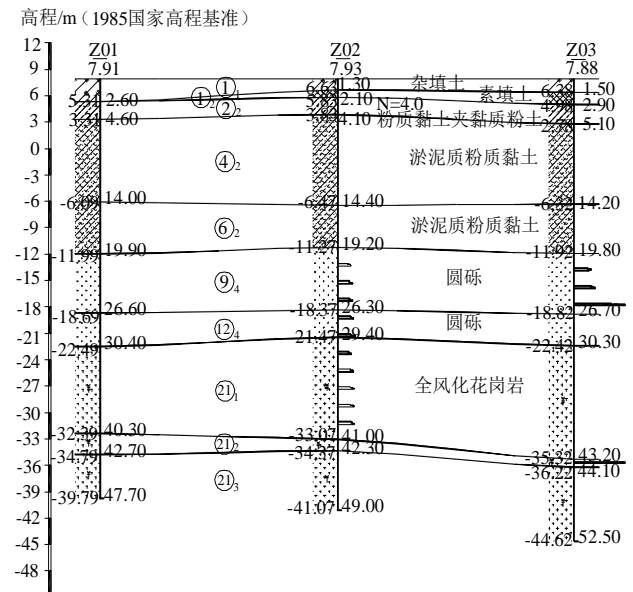


图 2 典型地质剖面图
Fig. 2 Typical geological profile

本场地浅部地层①层及②层中所见的地下水, 性质属松散孔隙型潜水。该潜水主要受大气降水及地下同层侧向径流补给, 主要以蒸发方式及地下同层侧向径流排泄, 并具有季节性。详勘期间在勘探孔内测得地下初见水位约在现地表下 0.60~1.30 m, 相当于 85 国家高程 6.78~7.32 m; 地下稳定水位约在现地表下 1.10~1.90 m, 相当于 85 国家高程 5.94~6.75 m, 年均水位变化幅度值约 1.5 m。

表 1 各土层物理力学参数

Table 1 Physical and mechanical parameters of each soil layer

土层名称	饱和重度 $\gamma_{sat}/(\text{kN}/\text{m}^3)$	重度 $\gamma_m/(\text{kN}/\text{m}^3)$	水平渗透系数 $k_H/(\text{cm}/\text{s})$	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	地基承载力 特征值 f_{ak}/kPa
① ₁ 杂填土	—	(18.0)	(5.0×10^{-4})	(8.0)	(9.0)	—
① ₂ 素填土	—	(17.5)	(5.0×10^{-5})	(8.0)	(8.0)	—
② ₂ 粉质黏土夹黏质粉土	27.2	19.7	1.0×10^{-5}	14.0	15.0	100
④ ₂ 淤泥质粉质黏土	44.1	17.6	7.0×10^{-8}	9.0	8.0	80
④ ₂ 夹层黏质粉土	—	18.5	5.0×10^{-5}	6.0	20.0	110
⑥ ₂ 淤泥质粉质黏土	40.7	17.7	5.0×10^{-7}	10.0	9.0	85
⑨ ₄ 圆砾	—	21.0	8.0×10^{-2}	3.0	35.0	350

注: ()内数据为经验值。

本工程场地下部存在承压水,其含水层介质为⑨₄层及⑫₄层圆砾层,含水层厚度较大。勘察调查可知,上述含水层之间水力联系密切,水量丰富,隔水层为其上覆的淤泥质土和黏性土层。根据承压水水位观测孔G11孔实测,承压水水位埋深为地面下2.39 m,相当于85国家高程5.46 m,承压水水头高程一般在±1.0 m之间波动。

2 设计方案

(1) 施工前的协调

建筑基坑与毗邻地铁基坑同步施工^[2-3],涉及到两个工程的建设、监理、设计、施工等单位及政府监督部门的协调,信息有效沟通是确保工程顺利进行的关键。

施工前期双方参建单位需仔细查看图纸,特别是交接处的设计形式,是否有冲突,明确哪方先施工,后施工是否需要加强处理等问题,避免后续出现不必要的损失。

(2) 围护形式

建筑基坑近似正方形,开挖面积较小,约为2 400 m²,基坑四周下坎线距离用地红线较近,无大放坡条件;东侧为河道,西侧为道路;北侧及南侧为民房。地下室为1层(地铁风井处为2层),开挖深度范围为5.90 m、11.10 m。基坑采用钻孔灌注桩外设1排三轴水泥搅拌桩加1道钢筋混凝土内支撑结合坑内加固(地铁风井处采用2道支撑),坑内集水明排,地表水采用明沟截排水的方案。

地铁1号线风亭基坑采用的是600 mm厚的地连墙(34.70 m),金桥北路公交区域调度中心项目基坑采用的是直径800 mm的钻孔灌注桩(22.30 m)。地铁风亭的围护结构地连墙先行施工,地连墙混凝土扰流产生的地下障碍物强度较高,后续施工的建筑基坑围护结构钻孔灌注桩不能与地连墙紧贴施工,建筑基坑采用的是在钻孔桩与地连墙交接的位置再打设Φ800@600高压旋喷桩处理^[4-6]冷缝的搭接。

(3) 支撑形式

在支撑布置形式上,由于建筑基坑呈正方形,适合采用周边角撑、中间对撑的布置形式。采用该形式,将整个基坑分为几个开挖空间,便于基坑挖土、组织分区施工。水平内支撑竖向布置上应考虑如下原则:支撑与地下室楼板的净距要满足施工楼板作业需要;支撑竖向布置要使各工况下围护桩受力情况最优,支撑布置有利于挖机作业。

地铁1号线风亭基坑和金桥北路公交区域调度中心项目基坑均采用两道钢筋混凝土支撑,为了开挖方便,两个基坑的支撑标高设置成统一标高,但是因为两个坑是独立的支撑体系,所以在支撑布置上两个基坑不能相互影响,交接处敞开,支撑布置形式考究。金桥北路公交区域调度中心项目典型围护剖面见图3。

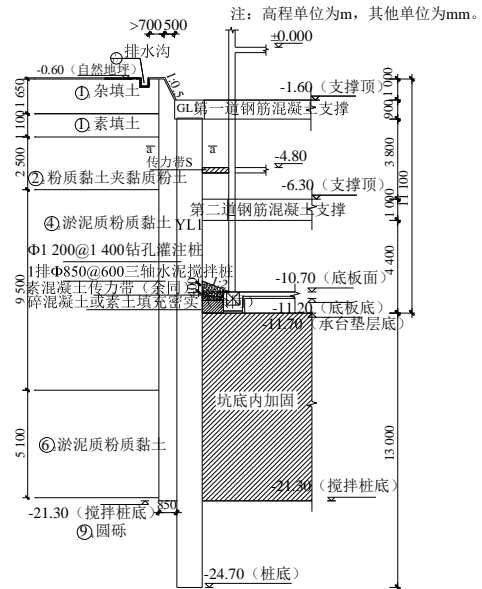


图3 金桥北路公交区域调度中心项目典型围护剖面
Fig. 3 Typical envelope profile of Jinqiao North Road Bus Regional Dispatching Center project

(4) 承压水的处理方式:

地铁1号线风亭基坑采用的是地连墙打穿圆砾及坑内三轴搅拌桩满堂加固至坑底下3 m的方式,建筑基坑采用的是三轴水泥搅拌桩满堂加固至坑底下9.6 m的方式。地铁1号线风亭典型围护剖面如图4所示。两个基坑的处理方法不同,但是都能有效防止承压水突涌。以下为地铁基坑抗渗流(抗突涌)稳定性验算。

本工程基坑最大挖深约为11.10 m,分布有1层承压水。根据勘测报告提供的数据,承压水水位为85国家高程5.46 m,承压水水头高程一般在±1.0 m之间波动。按国标《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)^[7]附录W规定,基坑底抗渗流验算公式见式(1)。

$$\gamma_m(t+\Delta t)/P_w \geq 1.1 \quad (1)$$

式中: γ_m 为透水层以上土的饱和重度, kN/m³; $t+\Delta t$ 为透水层顶面距基坑底面的深度, m; P_w 为含水层水压力, kPa(本次承压水水头按85国家高程4.46~6.46 m计算)。地铁风亭区域以最不利情况(Z08孔)估算结果见表2~3。

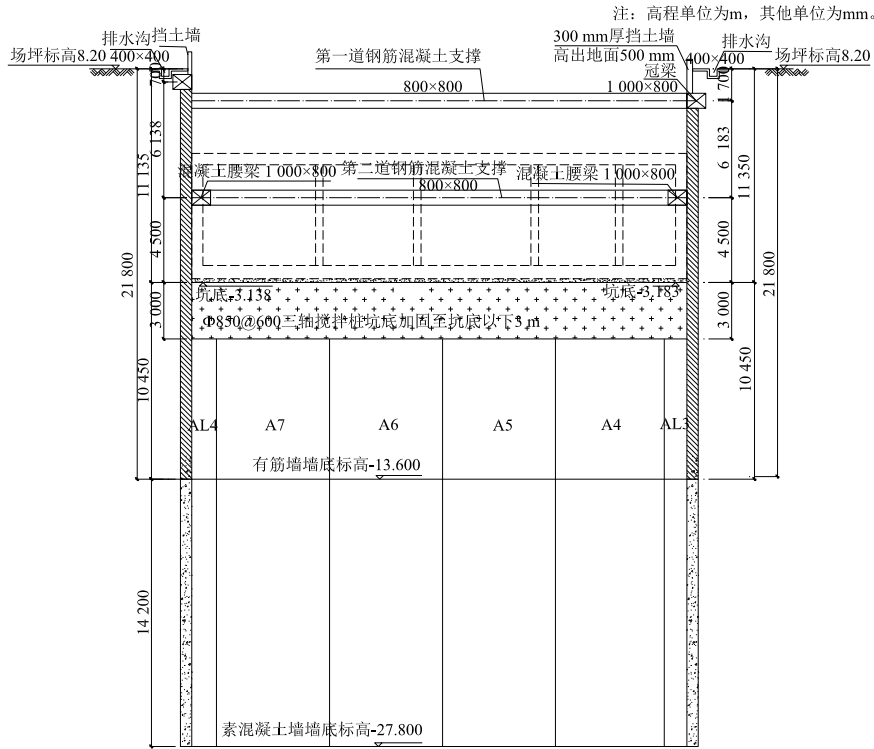


图 4 地铁 1 号线风亭基坑典型围护剖面

Fig. 4 Typical envelope section of Fengting foundation pit on subway line one

表 2 地铁基坑抗渗流 (抗突涌) 稳定性验算

Table 2 Anti-seepage (anti-uprush) stability calculation of subway foundation pit

参数	$\gamma_m/(kN/m^3)$	$t+\Delta t/m$	P_w/kPa	$\gamma_m(t+\Delta t)/P_w$
Z08	17.7	8.67	163.3~183.3	0.93~0.83

表 3 加固后地铁基坑抗渗流 (抗突涌) 稳定性验算表

Table 3 Anti-seepage (anti-uprush) stability calculation of subway foundation pit after reinforcement

参数	$\gamma_m/(kN/m^3)$	$t+\Delta t/m$	P_w/kPa	$\gamma_m(t+\Delta t)/P_w$
Z08	20.0	8.55~10.63	163.3~183.3	1.1

经上述估算可知, 本工程的 $\gamma_m(t+\Delta t)/P_w$ 计算值远小于 1.1, 可知本工程场地基底地层条件不能满足抗渗流 (抗突涌) 稳定要求, 所以需要采取措施抗承压水突涌。方案采用坑底加固土体的方式来处理。经上述验算可知, 加固后本工程的 $\gamma_m(t+\Delta t)/P_w$ 计算值需 ≥ 1.1 , 设计时取 9.60 m 为加固厚度能满足要求。

3 施工监测成果

图 5~8 为建筑基坑与地铁基坑同步施工开挖过程中的监测数据。监测结果显示, 在基坑施工阶段, 地表沉降最大值为 16.32 mm, 桩顶水平位移最大值为 6.45 mm, 支撑轴力最大值为 1 245 kN, 围护结构最大位移深度约在 4 m 深处, 最大位移值为 27.12 mm。监测数据均在允许值范围内, 围护体

系^[8-11]安全可靠。

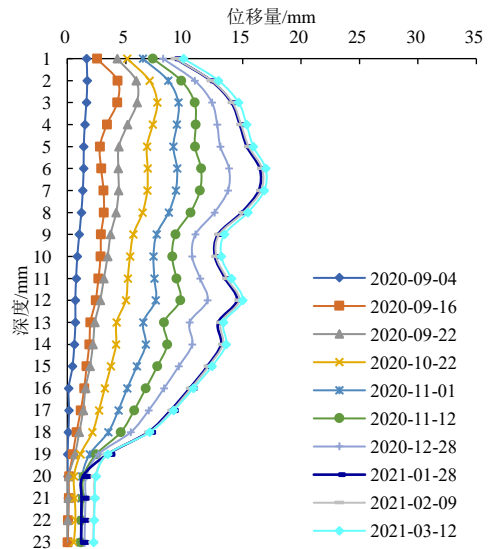


图 5 土体深层水平位移曲线

Fig. 5 Horizontal displacement along depth

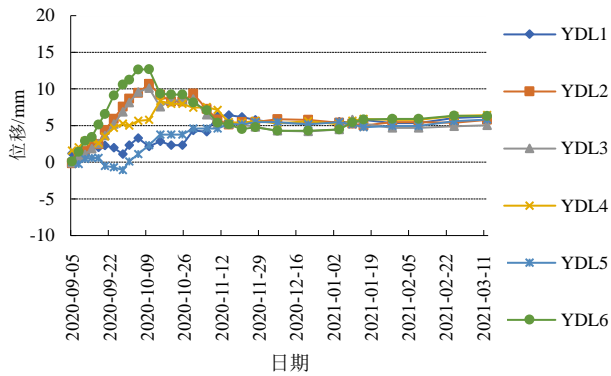


图6 桩顶水平位移曲线

Fig. 6 Horizontal displacement at pile top

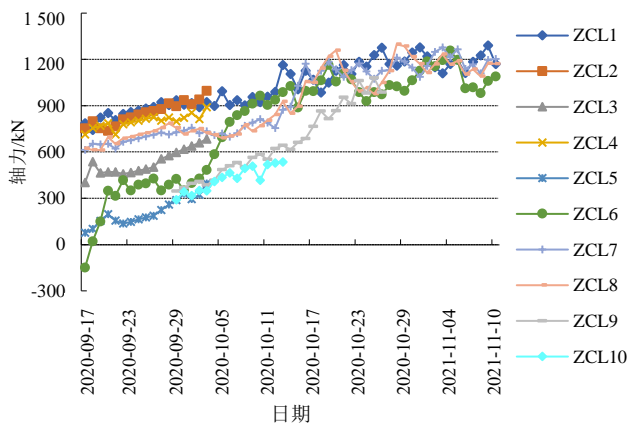


图7 支撑轴力时程曲线

Fig. 7 Time history curves of supporting axial force

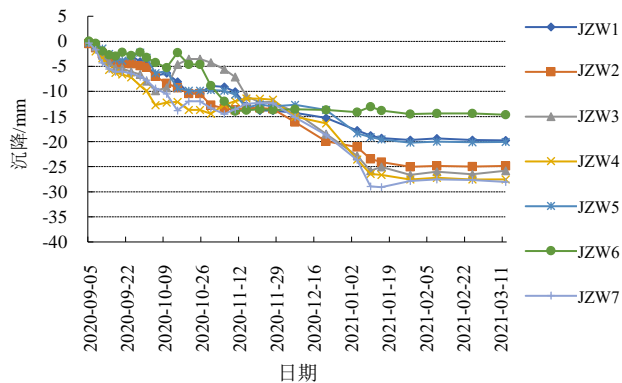


图8 沉降时程曲线

Fig. 8 Time history curves of settlement

4 结论

地铁基坑与毗邻建筑基坑同步施工涉及到多家单位的协调,技术的沟通,本基坑与地铁车站合建,省去了交接部分的地连墙和围护桩,为双方基坑建设节省了造价,而且合建双方工期安排能及时协调,确保了双方的施工进度,保证了地铁的顺利通行。本文提出以下几点建议供后续类似工程参考和借鉴。

(1) 规划建设前期,两个工程的建设、设计、施工、监理等单位需要及时沟通,统筹考虑两个工程的建筑、结构、基坑等图纸,特别要关注是否有相互矛盾、影响的地方。

(2) 特别注意交接点的衔接处理方式,地铁和常规建筑层高、底板等要求不同,结构设计在交接面处设置了施工缝,预埋了止水钢板,围护设计在交接处增加了高压旋喷桩等衔接工作,两种不同的设计形式必须要加强处理,以免出现薄弱点。

(3) 该场地下部存在承压水,在深基坑围护中,承压水的处理也是工程的关键,虽然两工程的处理方式不同,但是都能很好地解决问题。

(4) 施工过程中,两个基坑的施工进度需要协调,比如每层土的开挖时间、支撑施工及拆除的时间、运土时间以及出土的设置。

参考文献

- [1] 郭青. 地铁神舟路站基坑与周边地块基坑合建设计与研究[J]. 建筑技术开发, 2016, 43(3): 20-22.
GUO Qing. Shenzhou Road subway station pit and surrounding land in building design and research foundation[J]. Building Technology Development, 2016, 43(3): 20-22.
- [2] 赵兴波. 地铁车站与相邻建筑基坑一体化施工技术[J]. 建筑施工, 2018, 40(5): 662-664.
ZHAO Xing-bo. Integrated construction technology for metro station and adjacent building foundation pit[J]. Building Construction, 2018, 40(5): 662-664.
- [3] 王兴华, 李清狮, 潘建军, 等. 建筑深基坑邻地铁施工的总承包管理[J]. 建筑技术, 2019, 50(2): 210-212.
WANG Xing-hua, LI Qing-shi, PAN Jian-jun, et al. General contract management of adjacent subway construction in deep foundation pit of building[J]. Architecture Technology, 2019, 50(2): 210-212.
- [4] 邸国恩. 地铁车站与建筑地下室基坑工程整体支护设计[J]. 地下空间与工程学报, 2009, 5(增刊 2): 1637-1642.
DI Guo-en. Deep excavation support structure design for metro station and building basement[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2009, 5(S2): 1637-1642.
- [5] 姜宝臣, 李现森. 复杂敏感环境下的深大基坑设计与实践[J]. 隧道建设, 2017, 37(5): 600-608.

- JIANG Bao-chen, LI Xian-sen. Design and practice of deep and large-scale foundation pit in complex and sensitive environment[J]. Tunnel Construction, 2017, 37(5): 600-608.
- [6] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 第三版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 869-872.
- GONG Xiao-nan. Manual for Ground Treatment[M]. Third Edition. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008: 869-872.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基基础设计规范: GB 50007—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for Design of Building Foundation: GB 50007—2011[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [8] 于涛. 软土地区深基坑施工对邻近地铁隧道的影响[J]. 地基处理, 2021, 3(5): 427-432.
- YU Tao. Influence of deep foundation pit construction on adjacent subway tunnels in soft soil[J]. Journal of Ground Improvement, 2021, 3(5): 427-432.
- [9] 张爱民, 王宁. 大型建筑基坑施工对临近地铁车站的影响分析[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(10): 53-57.
- ZHANG Ai-min, WANG Ning. Influence analysis of large building foundation pit construction on adjacent metro station[J]. Urban Rail Transit Research, 2020, 23(10): 53-57.
- [10] 冯龙飞, 杨小平, 刘庭金. 紧邻地铁侧方深基坑支护设计及变形控制[J]. 地下空间与工程学报, 2015, 11(6): 1581-1587.
- FENG Long-fei, YANG Xiao-ping, LIU Ting-jin. Supporting design and deformation control of deep excavation adjacent to the metro side[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2015, 11(6): 1581-1587.
- [11] 刘焕存, 黎良杰, 王程亮, 等. 紧邻地铁站基坑支护设计与变形控制[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(增刊 1): 654-658.
- LIU Huan-cun, LI Liang-jie, WANG Cheng-liang, et al. Design and deformation control of excavation support project close to a subway station[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012, 34(S1): 654-658.