

王家官庄旧村改造基坑支护设计与施工实践

李先经, 王会军, 刘心起
(青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266100)

摘要:介绍了青岛市即墨区王家官庄旧村改造项目基坑支护设计方案与基坑支护实施情况,该工程地层条件复杂,地下水丰富,又靠近石鹏水库,环境条件较复杂,通过采用土钉墙与高压旋喷桩止水帷幕,基坑降水等技术措施的顺利实施,基坑支护效果良好,确保了地下车库基坑开挖、基础施工的安全,施工质量满足相关技术要求。

关键词:基坑支护;高压旋喷桩;止水帷幕;土钉墙;降水

中图分类号:TU473 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)01-0069-06

Design and construction of the foundation pit support for Wangjiaguangzhuang old village reconstruction

LI Xianjing, WANG Huijun, LIU Xinqi

(Qingdao Geological Engineering Survey Institute, Qingdao Shandong 266100, China)

Abstract: This paper introduces the design and implementation of the foundation pit support for the Wangjiaguangzhuang old village reconstruction project in Jimo District of Qingdao City. The project is characterized with complex stratum conditions, rich groundwater, and is close to Shipeng Reservoir with complicate environmental conditions. Through the successful implementation of technical measures such as the soil nailing wall and high pressure jet grouting pile water cut-off curtain, foundation pit dewatering, good foundation support has been achieved, ensuring the safety of foundation pit excavation and foundation construction in the underground garage; and the construction quality meets the relevant technical requirements.

Key words: foundation support; high pressure jet grouting pile; water cut-off curtain; soil nailing wall; dewatering

1 工程概况

王家官庄旧村改造项目(观澜国际小区),建筑面积约 66 万 m²,地下车库面积 12 万 m²。我院自 2010~2017 年先后承担王家官庄旧村改造一期、二期、三期项目基坑支护设计与施工任务。拟建工程场区位于青岛市即墨区营流路以西、长江一路以北。基坑开挖深度为 6.55~7.43 m,基坑安全等级为二级,周边环境条件较复杂。本文以二期项目为例重点对基坑支护设计、施工实践进行阐述。

2 工程地质水地质情况

2.1 地形地貌及周边情况

场区原为村庄,较平坦,勘察期间因一期正在施工,场区有堆土,勘探孔口地面高程 21.20~22.83

m,堆土标高 24.21~24.82 m。场区地貌为山前冲洪积平原。

12~17 号楼基坑平面布置如图 1 所示,基坑北侧为已建 18~20 号楼(32F,框架结构),距离基坑约 17 m;基坑东侧为已建 21 号楼(34F,框架结构、筏板基础)、正在施工建设的 22 号楼(34F,框架结构、筏板基础),距离基坑最小距离为 1.7 m;基坑西北侧为既有居民住宅(均为 2 层砖混结构)和居民道路,住宅距离基坑最小距离约 8.4 m,道路距离基坑距离约为 2.0 m;基坑西南侧为一期已建成项目,由于二期项目计划实现与一期地下车库的对接,因此,西南侧将大开挖,不存在基坑;东南侧距离红线距离较远,放坡空间充足。项目三期 25~27 号楼基坑则与二期地下车库相接,东南侧近邻石鹏水库。

收稿日期:2019-02-25; **修回日期:**2019-12-02 **DOI:**10.12143/j.tkge.2020.01.013

作者简介:李先经,男,汉族,1970 年生,设备管理中心副主任,工程技术应用研究员,探矿工程专业,从事岩土工程勘察、设计与基础施工和管理,山东省青岛市崂山区科苑纬四路 73 号,13853263096@163.com。

引用格式:李先经,王会军,刘心起.王家官庄旧村改造基坑支护设计与施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):69-74.

LI Xianjing, WANG Huijun, LIU Xinqi. Design and construction of the foundation pit support for Wangjiaguangzhuang old village reconstruction[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(1):69-74.

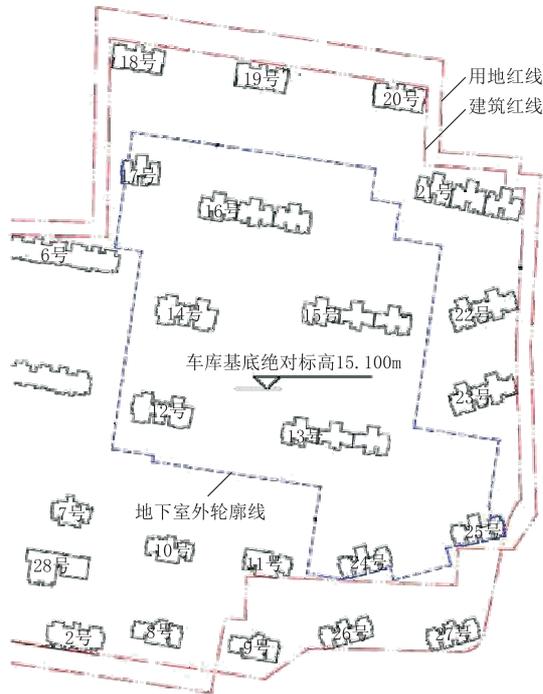


图1 基坑平面布置

Fig.1 Layout of the foundation pit

2.2 地层情况

根据勘察报告描述,场区第四系土层主要由全新统人工填土层、全新统陆相冲洪积层和上更新统陆相冲洪积层组成。基岩为白垩系青山群安山岩,并穿插分布有泥质粉砂岩。各岩土层分布特征及其物理力学参数见表1。

第①层杂填土为灰褐—黄褐色,稍湿,松散,主要由粘性土、砂土组成,该层土回填时间较长,除堆土外,其他地段自重固结基本完成,但强度较低。

2.3 水文地质条件

地下水类型主要为第四系孔隙承压水。主要赋存于第⑫层粗砂中,勘察期间属丰水期季节,钻孔中测得稳定水位埋深4.00~6.60 m,水位标高15.72~17.69 m,地下水主要补给源为大气降水,地下水年变幅1~2 m。

3 基坑支护设计

3.1 基坑支护设计概述

表1 岩土参数汇总

Table 1 Summary of geotechnical parameters

层号	岩土层名称	层厚/m	平均厚度/m	层底标高/m	粘聚力 c /kPa	内摩擦角 φ / $^{\circ}$	平均重度 γ /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	地基承载力特征值 f_{ak} /kPa	变形模量 E_0 /MPa	压缩模量 E_s /MPa	弹性模量 E /GPa
①	杂填土	0.30~4.50	1.46	17.23~21.67	0.0	18.0	19.0				
③	粉质粘土	0.60~5.00	2.59	15.73~20.10	23.0	13.3	19.7	170		5.5	
③ ₁	细中砂	1.00~2.50	1.60	15.87~18.19	0.0	20.0	19.0	160	5.0		
⑪	粉质粘土	1.00~5.60	3.26	11.75~17.00	25.4	12.8	19.8	200		5.9	
⑫	中粗砂	0.80~8.00	4.35	6.70~14.04	0.0	15.0	20.0	350	20.0		
⑯	强风化安山岩	0.30~10.10	2.09	6.70~11.86	0.0	40.0*	23.0	450	25.0		
⑰	中风化安山岩	0.50~8.60	4.39	0.71~11.83	0.0	60.0*	25.0	2000			30

*:等效内摩擦角。

项目一期、二期12~17号楼、三期25~27号楼基坑支护设计方案均采用了高压旋喷止水帷幕结合基坑内降水控制地下水,复合土钉墙支护方案^[1-3]。二期18~23号楼因采用天然地基,筏板基础,基坑开挖具有放坡空间,故采用了放坡结合土钉墙支护,基坑降水结合明排控制地下水。

3.2 二期12~17号楼基坑支护方案

12~17号楼基坑最大开挖深度为6.90 m,最小开挖深度为6.60 m,支护结构采用复合土钉墙支护型式,围护结构分为3个单元进行设计^[4-5](详见图2),AB段为3单元,BC段、DE段为1单元,CD段为2单元,基坑侧壁安全等级为二级^[6-7]。

因二期22号楼基坑已回填,且原设计采用放坡

支护,土钉长度1000 mm,对12~17号楼基坑支护无影响。

3.3 基坑止水及场区内降水

由于拟建场区基底标高处为承压含水层,出水量较大,为保护环境,因此整个拟建场区采用高压旋喷桩止水帷幕进行止水,结合场区内降水控制地下水。由于场区面积较大(场区内部存水量较大),因此,需在基坑周边及基坑范围内设置适当数量的降水井,并结合明排方案进行坑内降排水,坡顶设置截水台、坡面设置泄水孔、坡底设置排水沟。坑内在基坑开挖过程中通过设置排水沟明排水方式排水,排水沟距坡底0.3 m;坡面上适当设置泄水孔,以每10

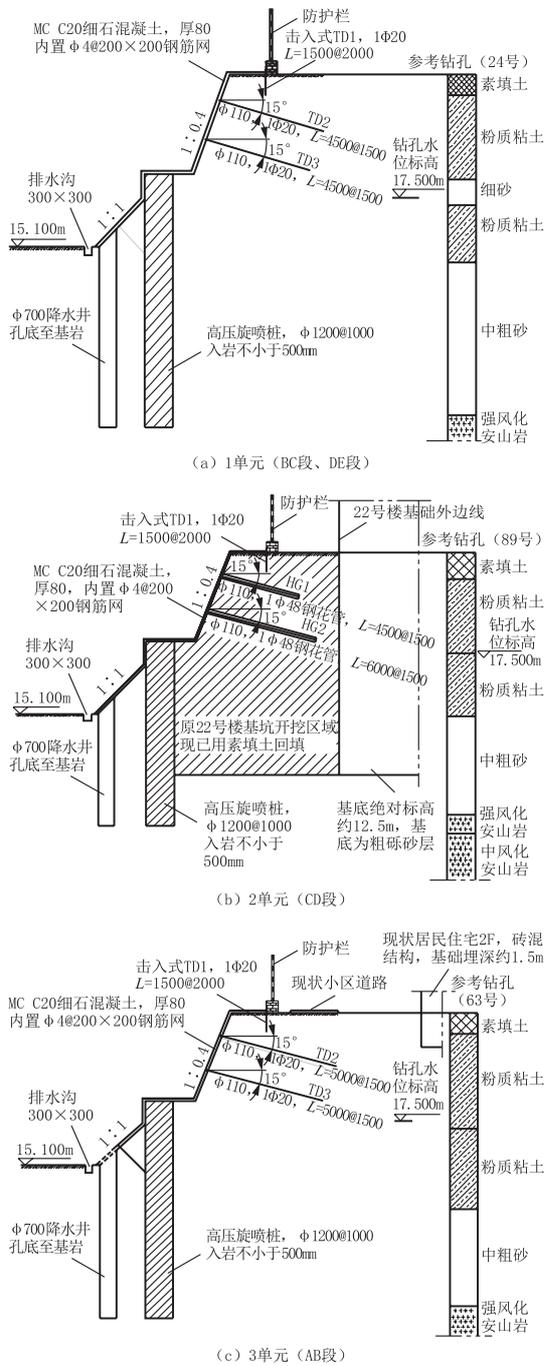


图 2 基坑支护剖面

Fig.2 Cross-section of the foundation pit support

m² 一个为设置原则。保证坑内地下水位在基础底板以下不小于 0.5 m。

4 施工技术要求

4.1 施工顺序^[8-9]

(1)土方开挖:分层分段进行,最大开挖范围为 30 m,严禁超挖;

(2)钢花管、土钉施工:每层土方开挖后应及时进行支护施工;

(3)面层施工:每排支护结构施工结束后及时进行挂网、喷浆;

(4)高压旋喷桩施工:土层开挖至 3.8 m 时,进行旋喷桩的施工;

(5)排水沟施工:截面尺寸 300 mm×300 mm,沟壁采用粘性土烧结砖,底部采用素混凝土垫层。

4.2 基坑开挖要求

(1)挖土施工要严格控制,统一协调,按挖土方案严格执行,控制每次挖土的位置、深度等,不得随意挖土;

(2)分层分段开挖,分层分段要在施工方案中明确,分层开挖深度应严格控制,不得超挖;

(3)制定合理的挖土车辆行进路线,避免载重车辆沿基坑边行驶碾压;

(4)挖土操作要格外小心,严禁撞击支护及钢管桩,特别是夜间挖土施工,要有专人指挥;

(5)基坑边严禁堆放土方,基坑边 5 m 范围内堆放钢筋、沙石料等材料要求附加荷载 ≥ 15 kPa;

(6)满足回填条件后,应及时对基坑进行土方回填;

(7)塔吊应单独设基础,避免对围护的不利影响,混凝土泵车停放位置应尽量远离基坑,尽量减小对围护结构的振动。

4.3 主要结构构件的施工技术要求

(1)钢筋土钉采用 HRB335 螺纹钢筋,直径为 20 mm,机械成孔,成孔孔径为 110 mm,土钉位置的允许偏差为 100 mm,土钉倾角的允许偏差为 3°,土钉杆体长度应大于设计长度^[10];

(2)击入式钢管土钉施工时端部应做成尖锥状,顶部宜设置防止钢管顶部施打变形的加强构造,主浆材料应采用水泥浆,水泥浆水灰比为 0.5,注浆压力 ≤ 0.6 MPa,应在注浆至管顶周围出现返浆后停止注浆,当不出现返浆时,可采用间歇注浆的方法;

(3)高压旋喷桩采用直径 1200 mm,间距为 1000 mm,入岩深度 ≤ 0.5 m,桩位的允许偏差为 50 mm,垂直度的允许偏差为 0.5%;

(4)坡面挂 $\phi 4$ mm@200 mm×200 mm 成品钢筋网,面层喷射 80 mm 厚细石混凝土,强度等级为 C20,钢筋网间距的允许偏差为 ± 30 mm,细骨料宜选用中粗砂,含泥量 $\leq 3\%$,选用粒径 ≥ 20 mm 的

级配砾石,水泥与砂石的质量比宜取1:4~1:4.5,砂率宜取45%~55%,喷射作业应分段依次进行,同一段内喷射顺序应自上而下均匀喷射,一次喷射厚度宜为30~80 mm,喷射混凝土时,喷头与土钉墙面应保持垂直,其距离宜为0.6~1.0 m,喷射混凝土终凝2 h后应及时喷水养护^[11];

(5)注浆液采用纯水泥浆,水灰比为0.5,水泥浆内可掺入能提高注浆固结体早期强度或膨胀的外掺剂,其掺入量宜按室内试验确定,注浆管端部至孔底的距离 \geq 200 mm,注浆拔管过程中,注浆管口应始终埋入注浆液面内,应在水泥浆液从孔口溢出后停止注浆,注浆后,当浆液液面下降时,应进行孔口补浆;

(6)注浆采用二次压力注浆工艺,二次压力注浆采用水灰比为0.5的水泥浆,二次注浆管应牢固绑扎在杆体上,注浆管的出浆口应采取逆止措施,二次压力注浆时,终止注浆压力 \leq 1.5 MPa;

(7)降水井的施工应首先按照设计要求测放井位,然后钻机就位后进行管井的成孔施工(成孔过程中应保持孔内液柱压力与地层侧压力的平衡,若成孔难度较大可采用套管护壁,成孔过程中冲洗介质的选用应符合现行规范、规程要求并考虑现场实际的钻进情况),成孔工艺选用回转钻进泵吸反循环工艺,成孔完毕后进行井管的吊放安装(安装前需先进行配管),井管安装完毕后进行滤料的填充(滤料应按设计规格进行筛分,其磨圆度应较好、不含泥土和杂物),滤料的填充工艺应根据现场的实际情况进行选择,为防止泥皮硬化,下管填滤料之后应立即进行洗井(本方案采用水泵洗井),必要时在管井的施工阶段进行试抽水试验(检验管井出水量的大小,确定管井设计出水量和设计动水位)。

4.4 质量检验要求(检测)

(1)水泥按同品种、同强度等级进行检验,不超过200 t为同一编号进行检验;

(2)混凝土的强度等级必须符合设计要求,用于检查结构构件混凝土强度的试件,应在混凝土的浇筑地点随机抽取,现场搅拌混凝土浇筑每台班应留设不少于1组试块,每组3块;

(3)钢筋的检验应按不同厂家、不同规格的钢筋分批按照国家对钢筋检验的现行规定进行检验,检验时以60 t同一批号、同一规格尺寸的钢筋为一批进行检验;

(4)水泥浆体检测应符合现场使用标准,按照国

家规范对浆体的稠度、配合比及浆体的强度等进行质量检验;

(5)喷射混凝土面层应进行现场试块强度试验,每500 m²喷射混凝土面积的试验数量 \leq 1组,每组试块 \leq 3个;

(6)喷射混凝土面层应进行厚度检测,每500 m²喷射混凝土面积的检测数量 \leq 1组,每组的检测点 \leq 3个,全部检测点的面层厚度平均值不应小于厚度设计值,最小厚度不应小于厚度设计值的80%;

(7)土钉的抗拔承载力检测时,土钉检测数量不宜少于土钉总数的1%,且同一土层中的土钉检测数量 \leq 3根,对安全等级为二级、三级的土钉墙,抗拔承载力检测值分别不应小于土钉轴向拉力标准值的1.3倍、1.2倍,检测土钉应采用随机抽样的方法选取,检测试验应在注浆固结体强度达到10 MPa或达到设计强度的70%后进行,当检测的土钉不合格时,应扩大检测数量;

(8)旋喷桩直径、规格、桩间距以及入岩深度应根据设计要求按照相关规范进行检测;

(9)降水井的出水量的实测值应不小于设计出水量,当降水井设计出水量超过抽水设备的能力时,按单位储水量检查,降水井抽水稳定后,井水含砂量 \leq 1/20000~1/10000(体积比);井管的斜度 \geq 1°,井管内沉淀物的高度应小于井深的5%。

5 基坑监测

本基坑工程周边环境较复杂,因此除进行安全可靠围护体系设计、严格按规范要求施工外,尚应进行现场监测,做到信息化施工。由建设单位委托第三方进行基坑变形监测。

基坑围护体系随着开挖深度增加必然会产生侧向变位,关键是侧向位移的发展趋势。一般围护体系的破坏都是有预兆的,因而进行严密的基坑开挖监测非常重要。通过监测可及时了解围护体系的受力状况,对设计参数进行反分析,以调整施工参数,指导下步施工,遇异常情况可及时采取措施。基坑开挖监测是保证基坑安全的一个重要的措施^[12]。

5.1 本基坑监测项目

(1)边坡顶部水平位移监测;

(2)边坡顶部竖向位移监测;

(3)临近地面、建筑物竖向位移监测;

(4) 监测单位认为应当监测的其它项目。

5.2 监测仪器要求

满足观测精度和量程的要求;有良好的稳定性和可靠度;监测前应对仪器设备检查调试;计量器必须在检定周期的有效期内使用。坡顶水平位移采用经纬仪或全站仪测定,观测点精度 ≤ 0.5 mm,坡顶垂直位移采用水准仪测定,观测点精度 ≤ 0.5 mm。

5.3 监测频率

监测单位接到建设单位委托后及时展开工作,布置监测点,测得原始数据。

- (1) 开挖深度 5.0 m 以内时,1 次/2 d;
- (2) 开挖深度 >5.0 m 时,1 次/d;
- (3) 底板浇筑后 7 d,1 次/2 d;
- (4) 底板浇筑后 7~14 d,1 次/3 d;
- (5) 底板浇筑后 14~28 d,1 次/5 d;
- (6) 底板浇筑完工 28 d 后,1 次/10 d;

监测单位可根据监测结果对监测频率进行调整。当有危险征兆时,应实时跟踪监测。监测期限:基坑开挖前至基坑回填结束。

当出现下列情况之一时应加强监测,缩短监测时间间隔:

- (1) 基坑监测项目达到报警值;
- (2) 监测数据变化较大或速率加快;
- (3) 存在勘察未发现的不良地质;
- (4) 超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况施工;
- (5) 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏;
- (6) 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计值;
- (7) 基坑支护结构出现开裂;
- (8) 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂;
- (9) 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂;
- (10) 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常

情况。

5.4 监测报警

(1) 坡顶部水平位移累计绝对值达 50~60 mm (相对开挖深度 h 的 0.6%~0.8%),变化速率 10~15 mm/d;

(2) 坡顶部竖向位移累计绝对值达 50~60 mm (相对开挖深度 h 的 0.6%~0.8%),变化速率 5~8 mm/d;

(3) 周边地表竖向位移累计绝对值达 50~60 mm,变化速率 4~6 mm/d;

(4) 周边地表裂缝宽度累计绝对值达 20 mm 并持续发展;

(5) 锚杆拉力累计绝对值达设计值的 70%~80%。

工程施工和使用期限内,每天均应由专人对支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等进行巡查,并做好记录,发现异常情况,及时报告相关单位。当出现下列情况之一时,必须立即进行危险报警,并应对支护结构和周边环境中的保护对象采取应急措施:

- (1) 监测数据达到监测报警值的累计值;
- (2) 支护结构或周边土体的位移值突然明显增大或坑内出现隆起、陷落等;
- (3) 锚杆体系出现过大大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象;
- (4) 周边地面出现较严重的突发裂缝或危害结构的变形裂缝;
- (5) 根据工程经验判断,出现其它必须进行危险报警的情况。

6 基坑支护完成工程量及取得的效果

自 2010 年 11 月至 2018 年 8 月,王家官庄旧村改造基坑支护项目分 3 期施工,我院与建设单位先后签订多份基坑支护施工合同,累计完成工程量详见表 2。

表 2 基坑支护完成工程量汇总
Table 2 Summary of the work amount of the foundation pit support completed

阶 段	面层/m ²	土钉/m	高压旋喷/m	注浆花管/m	降水/(台·日 ⁻¹)	备 注
一期基坑支护	10700.0	4150.0	7128.0		2906	降水井 279 m
二期基坑支护 18~21 号楼	9092.3	2203.0		330.0	4307	降水井 235 m,共分 4 个基坑
二期基坑支护 22~23 号楼	4623.6	1395.5		1380.0	单独发包	两个基坑
二期基坑支护 12~17 号楼	7774.6	3286.0	7182.6	472.5	2446	降水井 236 m
三期基坑支护 25~27 号楼	5862.6	1726.0	4396.0	704.0	4060	降水井 95.1 m
合计	38053.1	12760.5	18706.6	2886.5	13719	

2010年11月完成一期基坑周长约1000m;2012年10月,完成二期22、23号楼基坑支护,2013年完成二期12~17号楼基坑支护施工,基坑周长约620m。

2017年9月又承担三期25~27号楼基坑周长约385m,于2018年8月竣工(图3)。除二期22、23号楼基坑降水工作由建设单位单独发包外,其余基坑支护所有工作均由我院施工完成。



图3 三期基坑支护现场

Fig.3 Site of Phase III foundation pit support

经建设单位委托第三方对基坑变形进行监测,基坑沉降、位移参数均在规范允许偏差之内,所施工的多个基坑稳定,没发生任何变形过大或坍塌现象。

该项目一期、二期基坑支护设计方案荣获了青岛市优秀岩土工程设计三等奖。

7 结语

基坑支护工程是高层建筑的重要部分,基坑支护设计及施工方案是否合理关系到基坑施工的经济性及整个建筑施工的安全问题。王家官庄旧村改造项目建设规模较大,根据其周边环境及工程地质条件,分期进行分区域设计,一期基坑支护设计与施工自2010年10月开始,至2018年8月基坑支护三期竣工,因施工质量可靠,设计方案经济、合理,与建设单位建立了长期战略合作关系,先后共完成产值1000多万元,取得了较好的经济与社会效益。

特别是王家官庄旧村改造三期基坑支护,于2017年9月开工,至2018年8月完成(因规划设计等问题停工较长一段时间),施工周期长,经过严寒冬期及雨季检验,基坑边坡一直保持稳定,竣工验收质量合格。实施结果证明,基坑设计达到了预期效

果,保证了整个工程施工期间的安全。

该项目基坑支护设计与施工的成功实施,取得了较好的经济与社会效益,在该地区积累了成功的实践经验,对类似地层条件、环境条件基坑支护设计、施工具有参考和借鉴作用。

参考文献(References):

- [1] GB 50007-2011, 建筑地基基础设计规范[S].
GB 50007-2011, Code for design of building foundation[S].
- [2] GB 50010-2010, 混凝土结构设计规范[S].
GB 50010-2010, Code for design of concrete structures[S].
- [3] 李光宏. 复杂环境基坑支护方案的综合设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(9): 80-83.
LI Guanghong. Comprehensive design of foundation pit support scheme in complex environment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(9): 80-83.
- [4] 何俊照, 李云安, 金玉玲, 等. 河南信息南广场基坑支护技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(9): 84-88.
HE Junzhao, LI Yun'an, JIN Yuling, et al. Application of deep foundation pit supporting technology in Zhengzhou[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(9): 84-88.
- [5] 杨生彬. 土钉墙与预应力锚杆联合支护技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(8): 8-10, 16.
YANG Shengbin. Composite support technique for soil-nailing wall and pre-stressed anchor [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2006, 33(8): 8-10, 16.
- [6] GB 50739-2011, 复合土钉墙基坑支护技术规范[S].
GB 50739-2011, Technical code for composite soil nailing wall in retaining and protection of excavation[S].
- [7] JGJ 120-2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
JGJ 120-2012, Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations[S].
- [8] 王建庆. 北京中元国际改扩建工程复杂场地深基坑设计与施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(4): 60-64.
WANG Jianqing. Design and construction of deep foundation pit for reconstruction and expansion program in complex site of Beijing[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(4): 60-64.
- [9] 何司忠. 北京东坝中路红松园基坑支护工程设计与施工方案[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(4): 54-59.
HE Sizhong. Design and construction scheme of a foundation pit project in Beijing[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(4): 54-59.
- [10] CECS 22:2005, 岩土锚杆(索)技术规程[S].
CECS 22:2005, Technical specification for ground anchors[S].
- [11] GB 50086-2015, 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范[S].
GB 50086-2015, Technical code for engineering of ground anchorages and shotcrete support[S].
- [12] GB 50497-2009, 建筑基坑工程监测技术规范[S].
GB 50497-2009, Technical code for monitoring of building foundation pit engineering[S].

(编辑 周红军)