

河南信息南广场基坑支护技术

何俊照^{1,2,3}, 李云安¹, 金玉玲⁴, 宋 黑², 梁 东²

(1.中国地质大学(武汉),湖北 武汉 430074; 2.河南省地矿建设工程(集团)有限公司,河南 郑州 450007; 3.河南省地质环境勘查院,河南 郑州 450007; 4.河南省地矿局测绘地理信息院,河南 郑州 450007)

摘要:河南信息南广场基坑支护工程,分别采用了桩锚支护、微型桩+预应力锚杆复合土钉墙支护和微型桩复合土钉墙支护体系,具体介绍了护坡桩、预应力锚索、微型桩、预应力锚杆、土钉墙、花管桩设计施工方案以及基坑监测变形异常后采用的应急处理方案,技术成果为类似工程的设计施工提供参考。

关键词:桩锚;微型桩;预应力锚杆;复合土钉墙;变形异常应急处理;深基坑支护

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)09-0084-05

Application of Deep Foundation Pit Supporting Technology in Zhengzhou/HE Jun-zhao^{1,2,3}, LI Yun-an¹, JIN Yuling⁴, SONG Hei², LIANG Dong²(1.China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2.Henan Geology and Mineral Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450007, China; 3.Henan Geological Environment Exploration Institute, Zhengzhou Henan 450007, China; 4.Institute of Surveying Mapping and Geoinformation of Henan, Zhengzhou Henan 450007, China)

Abstract: In a foundation pit supporting engineering of Zhenzhou, the pile-anchor support, micro-pile + pre-stressed anchor composite soil nailing wall support and micro-pile composite soil nailing wall support systems are adopted respectively. The paper introduces the design and construction schemes of slope retaining pile, pre-stressed anchor cable, micro pile, pre-stressed anchor, soil nailing wall and perforated pipe pile in detail, as well as the emergency response plan adopted for the abnormality in foundation pit deformation monitoring, this technical achievement provides reference for the design and construction of similar projects.

Key words: pile anchor; micro pile; pre-stressed anchor; composite soil nailing wall; emergency treatment of deformation anomalies; deep foundation pit support

1 工程概况

1.1 工程基本概况

河南信息南广场工程位于郑州市金水路以南英协路西侧,地面以上为地面广场,地下为 2 层地下空间工程,北侧紧贴已建成河南信息广场大楼,与其地下停车场每层均通过预留洞口相连。该工程长 126.9 m,宽 99.0 m,框架结构,采用天然地基梁筏基础,基坑开挖深度 11.0 m,基坑支护结构的安全等级为一级,支护结构重要性系数 1.1。

1.2 基坑周边环境条件

本基坑工程东侧北段紧邻英协路,基坑底边线距离外墙 2.0 m,墙外 2.3 m 为国防电缆线,埋深 1.0 m;东南段为工程项目部办公用房(1 层)距离 4.0 m;北侧紧邻已建成河南信息广场大楼(高 13 层,基础基底标高为 -8.5 m,采用钻孔灌注桩基

础),部分紧贴大楼地下室边线,最远距离 3.5 m;西侧为银基王朝售楼部,基坑底边线距离外墙 22.0 m、距离售楼部 36.0 m;南侧为空地,可放置建筑材料,基坑周边环境见图 1。

1.3 场地工程地质条件及水文地质条件

工程场地地形平坦,地貌单元为黄河冲积平原,场区表层为填土,其下为第四系全新统及上更新统冲洪积地层,与基坑支护降水相关的地层自上而下为:①填土,稍密;②粉土,稍密—中密;③粉土,中密—密实,局部地段夹薄层粉砂;④粉质粘土,软塑—可塑;⑤粉土,中密—密实,有砂感;⑥粉质粘土,软塑—可塑;⑦粉土,中密—密实,局部夹薄层粉砂;⑧含有机质粉质粘土,灰、灰黑色,软塑—可塑,局部含较多腐殖质;⑨中砂,中密—密实;⑩粉质粘土,可塑—硬塑;⑪粉土,中密—密实。与基坑支护有关的各

收稿日期:2018-05-13

作者简介:何俊照,男,汉族,1978 年生,河南省地矿建设工程(集团)有限公司总经理,中国地质大学(武汉)在读博士,高级工程师,一级注册建造师,注册安全工程师,地质工程专业,从事地质工程技术研究及管理工作,河南省郑州市互助路 25 号,hejunzhao1978@163.com。

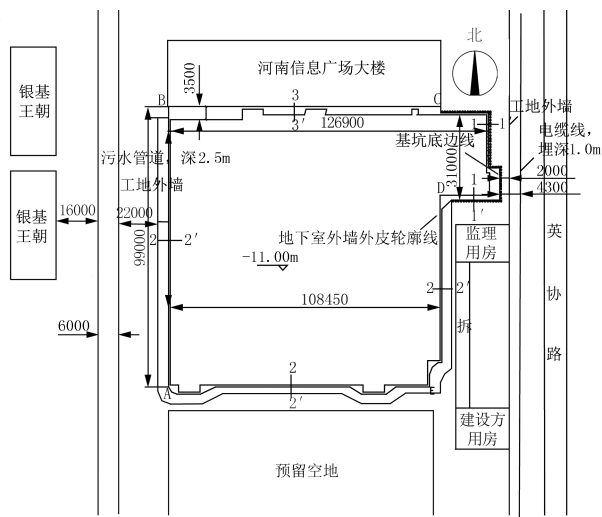


图 1 基坑周边环境及支护平面布置图

土层物性指标及力学参数详见表 1。

表 1 基坑支护各土层计算参数取值

层号	岩土名称	厚度/ m	重度 γ / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	粘聚力 c_k/kPa	内摩擦角 $\varphi_k/(\text{°})$	承载力特 征值/ kPa
①	杂填土	1.3	10.0	0.0	10.0	
②	粉土	2.4	18.8	13.5	16.0	130
③	粉土	2.4	18.6	14.1	14.2	140
④	粉质粘土	1.9	18.2	21.4	10.8	90
⑤	粉土	4.3	18.9	10.5	13.0	130
⑥	粉质粘土	1.5	18.4	22.0	9.0	90
⑦	粉土	1.1	19.2	11.5	16.0	160
⑧	粉质粘土	3.4	18.7	19.0	11.5	100
⑨	中砂	11.1	20.0	0.0	25.0	230

工程场地地下水位类型为潜水,补给来源主要为大气降水,20 世纪 90 年代以前场区附近地下水位为 0.5~1.0 m,近年由于郑州东部大规模建设开发降水影响水位大幅下降,施工期间地下水位埋深约 9.0 m,年变幅 0.5~1.0 m。由于地下水水位埋藏较浅,应采取降水措施。

2 基坑支护的关键点及难点

本基坑工程基坑开挖面积较大、开挖深度较深、基坑周边环境较复杂、地下水潜水量较丰富,如何在基坑支护开挖过程中有效控制因基坑开挖等因素引起基坑周边的位移,尽量减小对基坑周边建筑的影响,确保基坑周边的土体及建(构)筑物安全稳定,是本次基坑支挖开挖工程的关键点。

而基坑北侧紧贴已建成河南信息广场大楼,在其基底以下(-8.5 m)尚需再开挖 2.5 m,虽然其基底以下采用了钻孔灌注桩桩基础方案,还需考虑南

侧面临界面开挖 11 m 引起的侧向失稳问题,及下部开挖引起的桩间土扰动影响桩基整体稳定性和承载力,如何确保已建成大楼安全是该基坑工程的难点之一;施工过程中发现基坑东侧污水管道及场地内自备化粪池存在较严重的漏水情况,在基坑开挖过程中发现该部位支护结构顶部发生较大位移,如何确保该部位支护结构安全稳定,预防并控制该部位基坑东侧英协路路面的不均匀沉降,确保支护结构及道路管线的安全,也是该基坑支护工程的难点。

3 基坑支护方案

3.1 基坑支护方案选择

基坑支护应满足保证基坑周边建(构)筑物、地下管线、道路的安全和正常使用,保证主体地下结构的施工空间^[1]。坚持安全第一,确保基坑开挖及地下室施工全过程基坑边坡及周边环境的安全稳定的前提下,尽可能降低工程造价的设计原则。按照设计原则及关键点和难点,考虑本工程现状及需要着重解决的问题,根据本工程基坑的具体情况,综合考虑施工的可能性和场地的工程地质条件、施工期间可能的气候条件,安全、经济、工效几方面,针对不同条件分别采用不同的支护方案^[2-6];基坑工程东侧(CD段)北段由于有人防工程,距离东边道路(英协路)较近,无放坡空间,确定基坑东侧北段(人防部分)采用桩锚联合支护方案(1-1'剖面);基坑南侧(EA段)为空地,西侧(AB段)距离已建建筑物较远,东侧(DE段)距离 1 层建筑物(建设临时用房)仅 4.0 m,但跟建设方沟通后,1 层建筑物要拆掉近 4 m 宽,因此有放坡位置,且 1 层建筑物为临时用房,因此该 3 部位均采用微型桩+预应力锚杆复合土钉墙支护方案(2-2'剖面);基坑北侧(BC段)为已建成河南信息广场大楼,上部 8.5 m 为地下室边墙,下部为地基土,基础型式为钻孔灌注桩桩基础,拟采用微型桩复合土钉墙支护方案(3-3'剖面),为防止建筑物发生不均匀沉降,在建筑物垂直于基坑方向布置垂直观测点并加强观测频率。基坑支护方案布置参见图 1。

3.2 基坑支护体系设计施工

3.2.1 桩锚支护方案(1-1'剖面)^[7-10]

CD段采用桩锚支护方案,钻孔灌注支护桩自地表下开始施工,桩径 800 mm,桩间距 1.5 m,桩长 21 m,沿基坑开挖边线布置; $\text{Ø}800$ mm 灌注桩主筋

采用18 Φ 22,均匀配筋,主筋上部预留700 mm伸入冠梁;加强筋采用 Φ 16@2000;箍筋采用 Φ 8.0@200。浇注砼的标号为C30。支护桩顶部采用冠梁连结,冠梁截面积800 mm \times 900 mm,配筋16 Φ 16,箍筋采用 Φ 8.0@200。浇注砼C30。共设3排预应力锚索,分别位于-3.5、-6.0、-8.0 m处,锚索孔径150 mm,水平间距1.5 m,倾角15 $^\circ$ 。锚索采用3-7 Φ 15.2型有粘结钢绞线。各剖面单根预应力锚索施加预应力均为100 kN,并在基坑监测中根据结果确定是否需要提高施加预应力。并在锚索上下部及之间设置4排摩擦土钉或构造土钉,以增加土体的总体抗剪强度,并增加对面层喷射砼钢筋网的整体连结稳定性。详见图2。

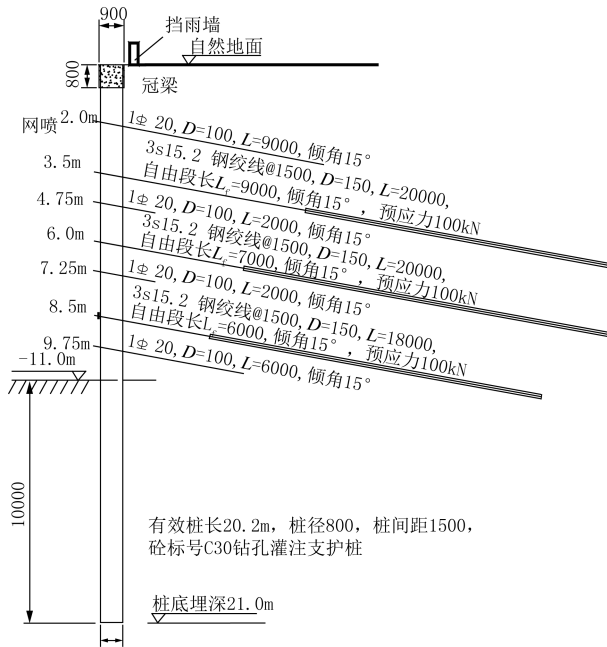


图2 桩锚支护剖面图

3.2.2 微型桩+预应力锚杆复合土钉墙设计方案(2-2'剖面)^[11-13]

基坑东侧南段DE段、南侧EA段及西侧AB段采用微型桩预应力锚杆复合土钉墙支护方案^[2]。采用二级放坡并在中间设一平台,平台标高-4 m,台宽1.5 m,平台上部及下部放坡比例均为1:0.3。在二级平台上施工微型桩,桩顶标高-4.0 m,间距为1.0 m,桩径150 mm,桩长为10.0 m,下入DN100 \times 3 mm的钢管,注浆压力 \leq 0.5 MPa,水灰比控制在0.45~0.50之间,每米水泥用量 \leq 50 kg,微型桩内填0.5~1.0 cm碎石,水泥结合体强度为C20。

共设7层土钉(锚杆),垂直间距1.4~1.5 m,水平间距1.5 m,倾角为15 $^\circ$,使用洛阳铲成孔,成孔直径100 mm。其中第3排和第5排为预应力锚杆,采用 Φ 25 mm螺纹钢,长度15 m,腰梁采用16号槽钢;土钉采用 Φ 20 mm螺纹钢,长度7~12 m。坡面挂网的分布网片筋采用 Φ 6.5@250 mm \times 250 mm格式布置,加强筋采用 Φ 16@1500 mm \times 1500 mm纵横布置。喷射砼采用PC32.5级复合硅酸盐水泥,砂子采用中砂,且砂的含水率控制在5%~7%,石子用坚硬、耐久、杂质少的碎石,且最大粒径一般不应大于10 mm。喷射砼的面层强度为C20,配合比一般采用水泥:砂:碎石质量比为1:2:2,水灰比为0.4~0.5。详见图3。

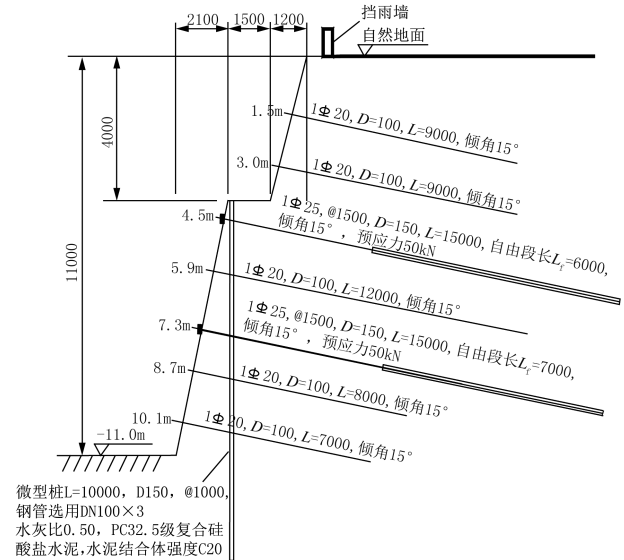


图3 微型桩预应力锚索复合土钉墙支护剖面图

3.2.3 微型桩复合土钉墙支护方案(3-3'剖面)

经过计算,侧向失稳满足安全要求,但需密切加强观测。本侧只需考虑桩间土的稳定即可,因此本侧采用微型桩加短土钉复全土钉墙支护方案。共布设1排微型桩,桩长4.5 m,间距1.0 m;2排土钉,长度均为5 m,纵向间距1.3 m,水平间距1.5 m。其他参数同2-2'剖面相关参数。微型桩及土钉水平间距施工时根据大楼基础下的钻孔灌注桩桩间距进行适当调整。详见图4。

4 基坑降水方案

基坑工程施工期间场地地下水埋深9.0 m,基坑基底深度位于水位以下,因此基坑开挖前需要基坑降水工作。降水方案需快速有效的使地下水位

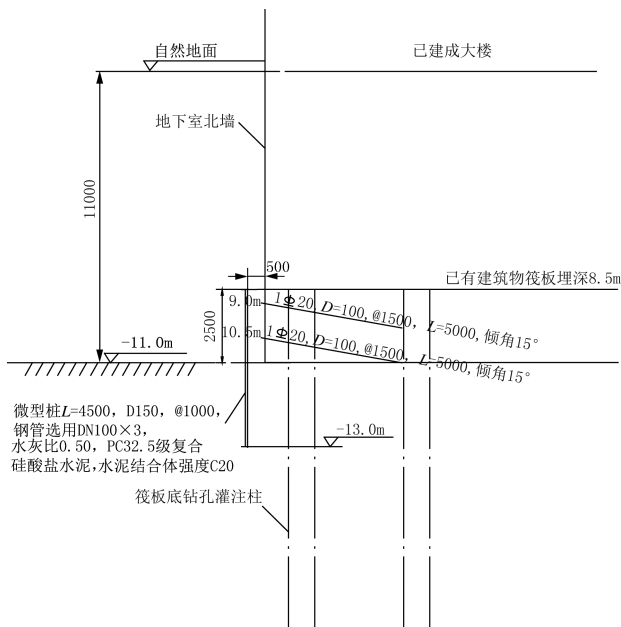


图 4 微型桩复合土钉墙支护剖面图

降至基坑底 0.5~1.0 m 以下,水头标高至少需降至 11.5~12.0 m。要有效控制降水深度和幅度,在满足基坑开挖要求前提下,根据现场情况合理布置降水井点和管井,减少由于水位下降引起的地面沉降等不良地质现象;充分考虑场地的水文地质条件并准确计算基坑涌水量,保证基坑降水效果的前提下,尽量降低降水施工费和降水运行成本。

根据现场条件,综合采取管井降水局部配合轻型井点降水措施进行基坑降水。根据周边已有施工经验,结合降水分析计算结果,管井布置考虑到场地类型,且采取控制水位降水以降低对周边环境的影响,同时避免未来施工封井问题,故在具体布置时沿基坑周边及中心布置,按照 22.5~30 m 间距布设(见图 5),在基坑周边设置 22 眼降水井,管井深度 25 m,成井时以进入第⑨层中砂层,适当加深或减浅,抽水时基坑内维持水位 11.5~12.0 m。由于施工期间跨越雨季,基坑顶部也要做好截水排水工作,防止雨水倒灌基坑。

5 基坑工程现场监测结果及局部变形异常应急处理

根据基坑安全等级及周边环境条件,共布设 16 个基坑监测点,分别对北部已建成大楼及基坑支护结构坡顶进行水平位移及竖向位移观测,并对基坑深层土体及锚索内力进行监测,对周边道路、管线及建筑物进行变形观测^[2]。其中坡顶水平位移及竖向

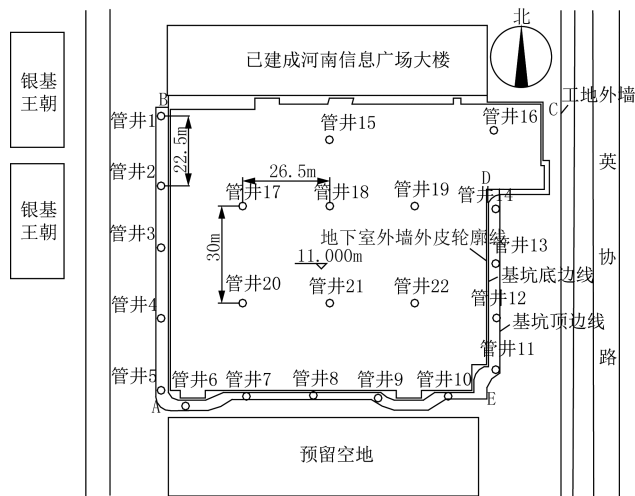


图 5 降水平面布置图

位移监测结果详见表 2。

表 2 基坑工程监测累计最大水平位移及竖向位移值 mm

观测点号	累计最大水平位移值	累计最大竖向位移值
C1	153.1	161.78
C2	102.3	115.41
C3	60.7	73.03
C4	48.8	60.71
C5	55.7	71.61
C6	31.8	38.20
C7	29.3	31.01
C8	26.6	28.51
C9	26.6	28.60
C10		34.55
C11		7.53
C12		7.54
C13		7.55
C14		7.56
C15		31.05
C16	5.3	0.12

根据监测结果,桩锚支护结构及北侧已建大楼边侧基坑支护开挖期间水平位移及竖向位移值均很小,累计最大变形值均小于 10 mm;复合土钉墙除基坑东南角部位外,其他部分累计水平位移均小于 35 mm,累计竖向位移均小于 40 mm,也满足变形要求。基坑东南角部分(监测点 C1—C5)坡顶变形量较大,累计水平位移最大值(C1 点)达到 153.1 mm,累计竖向位移最大值(C1 点)达到 161.78 mm,分析其原因是施工期间发现东南部外侧污水管道及临时化粪池出现较严重漏水导致该部位基坑侧壁第③、④、⑤层粉土、粉质粘土、粉砂层坡面漏水。施工期间该部位工程降水一直未完全达到预

期,基坑开挖至-5 m时,在监测值达到报警值并出现基坑坡面侧壁漏水后,根据场地实际情况综合采用基坑外侧施工2排水泥注浆孔注浆堵漏,并局部加插2排轻型井点配合降水。第6、7排土钉施工期间受影响由于土层含水未能较好成孔,采用花管桩代替土钉施工,为确保基坑安全,又增加1排微型桩,增加3排花管桩,降水及支护施工均取得了比较理想的结果。后期该部位监测结果趋于稳定。应急处理支护方案详见图6。

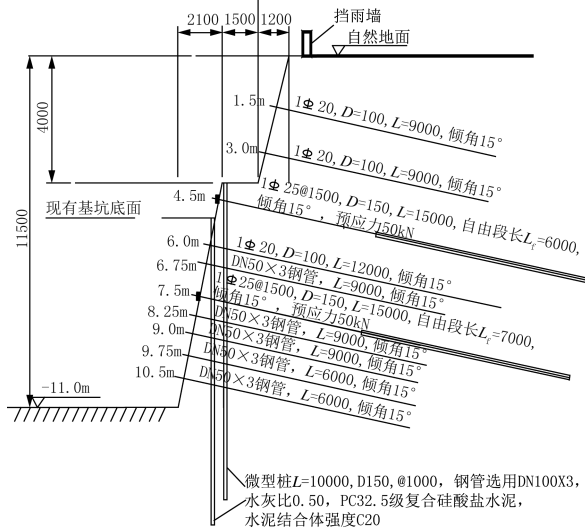


图6 基坑东侧应急处理支护方案变更图

6 结语

(1)随着地下空间的大幅开发利用,基坑工程得到了极大发展,越来越多的基坑支护技术被采用和完善,针对不同的地质条件、周边环境条件及其他因素条件有针对性地制定不同的支护方案,能在确保基坑工程安全的情况下有效降低工程成本和工期,实现基坑工程的高效率优化设计和施工。

(2)桩锚支护方案在施工场地不能进行放坡开挖及施工条件受到限制的城市密集区被经常采用。其支护体系主要由一系列排桩和锚杆组成,其中排桩为挡土体系,采用预应力锚杆(索)取代基坑支护内支撑为支撑体系,给支护排桩提供锚拉力,以减小支护排桩的位移与内力,并将基坑的变形控制在允

许的范围内,其安全系数大、变形小,安全可靠。

(3)在允许适当放坡的情况下采用微型桩+预应力锚杆复合土钉墙是郑州同类基坑的首选方案,微型桩进行超前支护可有效减少基坑变形、减小放坡空间,预应力锚杆可控制变形、增加边坡稳定性,复合土钉墙支护方案在确保基坑安全及变形控制满足要求的情况下造价较低,更加经济。

(4)基坑支护开挖期间应加强监测,发现变形异常情况应立即暂停施工,综合采用多种有针对性的处理措施进行应急处理。方可确保基坑支护开挖工程安全。

参考文献:

- [1] JGJ 120-2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] 宋立峰, 左人宇. 复杂周边环境条件下的基坑工程设计与施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(9): 9-11.
- [3] 李连祥, 陈连军, 姜小明. 多支护形式在复杂环境深基坑中的应用[J]. 土工基础, 2007, 21(2): 4-6.
- [4] 黄举松, 谭金娥, 李志明. 边界环境复杂条件下基坑支护施工技术分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(11): 42-45.
- [5] 熊赞民, 高全臣, 陆伟, 等. 多种支护方式在深基坑工程中的综合应用[J]. 建筑科学, 2009, 24(3): 75-77.
- [6] 黄全海, 梁宇. 联合支护技术在深基坑支护的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(7): 72-77.
- [7] 吴文, 徐松林, 周劲松, 等. 深基坑桩锚支护结构受力和变形特性研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, (3): 399-402.
- [8] 李华伟, 聂庆科. 深基坑开挖过程中桩锚支护结构变形和受力状态演化过程[J]. 煤炭学报, 2011, (S2): 315-320.
- [9] 朱桂春, 刘兴鑫, 韩武娟. 深基坑桩锚支护体系的受力变形研究及优化设计[J]. 安全与环境工程, 2012, (1): 124-128.
- [10] 赵菲, 周冰, 王渭明. 深基坑桩锚支护变形模拟分析[J/OL]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2013, (6).
- [11] 张钦喜, 朱绪平, 潘旭亮等. 复合土钉支护的设计和应用实例[J]. 土木工程学报, 2004, 37(5): 65-70.
- [12] 韩爱民, 肖军华. 复合土钉墙变形数值模拟与设计参数优化组合[J]. 地下空间与工程学报, 2005, (5): 797-799, 803.
- [13] 赵德刚, 蒋宏. 复合土钉墙变形与稳定性分析[J]. 岩土工程学报, 2006, (S1): 1687-1690.
- [14] 刘国彬, 等. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [15] 沈治新, 贾万鑫, 宋国龙. 天津崇德园基坑支护工程技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(4): 71-73.
- [16] 刘文峰, 陈之伟, 苏白济. 复合土钉墙在市区深基坑支护工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(3): 73-76.