

# 郑州郑东新区某深基坑桩锚支护施工与监测

曹友杰<sup>1,2</sup>, 贾述望<sup>2</sup>, 肖光庆<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京)水资源与环境学院, 北京 100083; 2. 河南省有色金属地质矿产局, 河南 郑州 450003)

**摘要:**郑州市郑东新区 CBD 2 号地下公共停车场深基坑工程采用桩锚支护技术, 从工程地质水文地质条件、土方开挖、降水、支护结构施工以及基坑监测等方面, 详细论述了这种支护技术在基坑工程中的应用、效果和注意事项。

**关键词:** 基坑工程; 桩锚支护; 降水; 监测; 郑州郑东新区

中图分类号: TU473.2 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2012)01-0053-04

**Application and Monitoring on Pile-anchor Supporting Structure for Foundation Pit/CAO You-jie<sup>1,2</sup>, JIA Shu-wang<sup>2</sup>, XIAO Guang-qing<sup>2</sup>** (1. School of Water Resources Environment, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450003, China)

**Abstract:** The pile-anchor supporting was used in a deep foundation pit construction in Zhengzhou. The paper discussed the application, effects and attention points of this technology in conditions of engineering geology and hydrogeology, earth excavation, dewatering, supporting structure and foundation pit monitoring.

**Key words:** foundation pit; pile-anchor supporting; dewatering; monitoring; Zhengdong new district in Zhengzhou

## 1 工程概况

郑州市郑东新区 CBD2 号地下公共停车场深基坑工程, 位于 CBD 商务中心区众意西路与商务外环路交叉口东北角。拟开挖基坑场地地形平坦, 南北长度平均约为 110 m, 东西宽度平均约为 90 m, 坑深约 12 m。根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-99) 和《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002), 综合判定本工程基坑为一级基坑, 侧壁安全等级视周围环境不同, 临路两面定为一, 其余两面定为二级。基坑平面位置详见图 1。

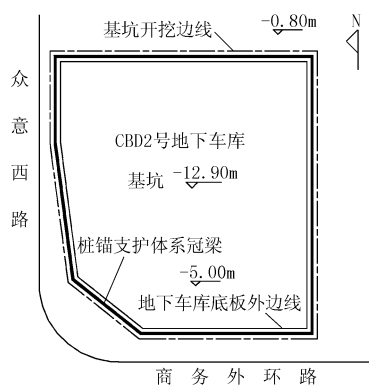


图 1 基坑平面位置图

## 2 工程地质水文地质条件

场地土除浅部杂填土外, 约 11.5 m 以浅为新近

沉积, 约 11.5 以深为第四纪全新世沉积的地层。地下水类型可分为潜水及微承压水。约 16.3 ~ 19.5 m 以浅粉土、粉质粘土层为第 1 大含水层, 属潜水弱透水层, 潜水稳定地下水位埋深介于 9.4 ~ 9.8 m; 16.3 ~ 19.5 m 以深至约 35.0 m 深度范围内的粉砂、细砂层为第 2 大含水层, 属微承压水透水层。根据邻近场地抽水试验结果和本区区域水文地质资料, 承压水静止水位埋深 15.0 m 左右, 承压水头 5.0 m 左右。基坑工程影响深度范围各土层特征见表 1。

## 3 桩锚支护方案

根据基坑等级和基坑侧壁安全等级, 结合专家评审意见, 最终选定并优化支护方案为桩锚支护方案, 上部采用复合土钉墙, 下部采用排桩加 2 道预应力锚索支护, 在临路两面的上部坡顶增设微型桩, 桩锚支护结构体系见图 2。

## 4 基坑降水

根据设计方案, 基坑降水采用坑内外相结合开放式管井降水, 管井深度 26 m, 管井数量采用潜水非完整井理论计算共 26 眼, 沿基坑开挖边线外侧以及坑内均匀布设, 不设隔水帷幕。降水的主要目的

收稿日期: 2011-07-25

作者简介: 曹友杰(1970-), 男(汉族), 河南杞县人, 中国地质大学(北京)在读博士, 河南省有色金属地质矿产局勘察公司副经理、高级工程师、注册建造师, 从事水文地质、工程地质以及地基基础施工技术管理工作, 河南省郑州市郑东新区七里河南路 35 号, caoyu@sohu.com。

表1 工程地质水文地质条件一览表

层号	土层名称	厚度 /m	层底埋深 /m	天然重度 $\gamma$ /( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	直剪		三轴/UU		渗透系数 /( $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$ )
					$c/\text{kPa}$	$\varphi/(\text{°})$	$c_{\text{un}}/\text{kPa}$	$\varphi_{\text{un}}/(\text{°})$	
②	粉土	2.6~4.5	4.0~5.8	18.92	12.2	19.8	11.7	19.2	0.6
③	粉土	3.0~4.9	7.3~10.2	19.38	13.0	21.4	12.6	21.0	0.7
④	粉质粘土夹粉土	1.1~3.0	9.5~11.8	19.29	16.5	6.5	15.1	5.3	0.1
⑤	粉土	2.0~4.8	13.3~15.5	19.61	13.8	22.5	12.0	19.6	0.8
⑥	粉质粘土	1.0~2.0	14.4~16.5	19.49	20.8	8.5	17.8	5.8	0.1
⑦	粉质粘土夹粉土	1.5~5.0	16.3~19.5	19.82	18.7	9.5	20.7	10.5	0.1
⑧	粉砂	3.5~7.0	21.8~24.6	19.80	3.5	25.0	3.0	28.0	3.0
⑨	细砂	约11	约35.0		3.0	28.0			6.0

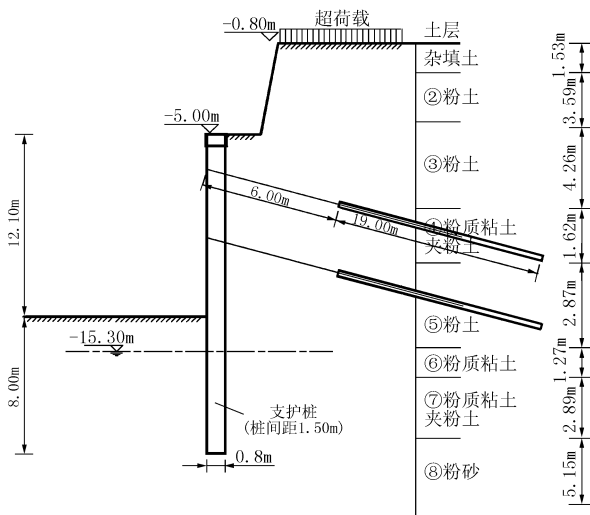


图2 基坑支护结构体系剖面图

是水位降深要满足基坑土方开挖以及地下车库主体结构施工的需要,关键问题是同时要满足基坑抗隆起验算以及兼顾开放式降水引起的周边地面特别是路面沉降不能超过规范要求以至于对路面及周边管线等敏感设施造成损坏。为此,降水前需要进行坑底抗隆起验算,以便指导降水施工。

设水位降深至坑底高度为  $H$ , 水位埋深和基坑深度均以原自然底面为起算点(见图3),第⑥层粉质粘土为相对隔水层,土的天然重度为  $19.49 \text{ kN/m}^3$ ,其顶板最浅埋深为  $13.3 \text{ m}$ ,顶板最深埋深  $15.5 \text{ m}$ ,微承压水顶板埋深  $15 \text{ m}$ ,水头高度  $h$  为  $5 \text{ m}$ ,基坑开挖至  $12 \text{ m}$  时,水位应降至坑底以下埋深  $H$ ,应有下式成立:

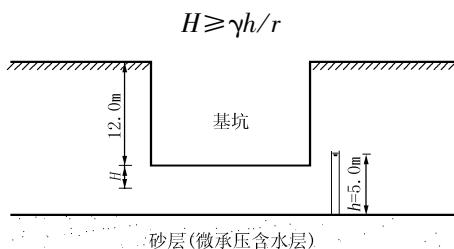


图3 基坑底部抗隆起计算简图

可得  $H$  应大于或等于  $2.5 \text{ m}$ ,也就是水位应降至原自然地面以下  $14.5 \text{ m}$ ,降水前潜水位埋深为自然地面下  $9.4 \sim 9.8 \text{ m}$ ,微承压水头埋深  $10 \text{ m}$  左右,水位降深  $5 \text{ m}$  左右,可知降水井为潜水-承压混合井,应采用相应理论公式对降水涌水量进行校正。降水过程中更应严密观测周围地面沉降数据,先小排量提前降水,根据周边沉降观测数据和降深观测数据配合施工总体进度调整降水量。

## 5 支护体系施工

基坑工程是一项系统性很强的分部工程,施工前要考虑支护结构形式、基坑深度、地质条件、周围环境等因素制定详尽的施工、环保和监测方案,经审批后方可进行施工。在土方工程开挖前,首先应对降水、排水措施进行设计和布置,使降排水系统正常运行,不影响土方开挖和支护结构施工的进行。

支护体系施工的关键是要与土方开挖相结合,施工顺序及工序衔接要恰当,严格执行“开槽支撑,先撑后挖,分层开挖,严禁超挖”十六字原则。施工工艺合理顺序安排宜为:测放基坑上口边线→布设降水管井并预降水→上部放坡开挖至护坡排桩桩顶标高部位并做坡面土钉喷护→测放并施工基坑周边支护桩→施工冠梁连接支护桩→结合降水分层开挖土方并施工预应力锚索并做好基坑监测→根据监测结果调整施工进度直至基坑开挖和支护结构完成→持续监测、降水维持水位降深以满足要求。

以上施工工艺中重点要做好以下几个环节。

(1) 基坑上口边线的测放。要根据图纸要求和放坡比例,细致计算主体结构的基础外边线以及预留作业面宽度,认真核对基坑上口边线是否包括前面几项尺寸,并做详细测量记录经监理单位或业主签验复核后方可进行开挖施工。

(2) 降水井施工及预降水。降水井施工应严格按照施工图纸要求的直径、深度以及滤管长度等进行施工,滤料的选择和填筑要符合要求,成井后应充

分洗井,保证单井出水量。

(3) 支护桩和冠梁施工。本工程采用水下钢筋混凝土灌注桩作为支护桩,沿基坑周边内侧布设,桩径 800 mm,桩长 15 m,桩间距 1.5 m,桩身混凝土强度等级为 C30,通长配筋,保护层厚度 50 mm,桩顶在坡口以下 4.5 m,坑底以下嵌固深度为 7.5 m。支护灌注桩施工严格按照施工图和《建筑桩基规范》(JGJ 94-2008)有关要求,采用反循环机械成孔,水下混凝土灌注,施工完成后进行了桩身完整性检测,优良率达 98%。冠梁高 600 mm,宽 1200 mm,混凝土强度等级与桩身强度相同。

(4) 锚杆施工。本基坑工程共布设 2 道锚杆,上下相隔 2 m,锚杆水平间距 1.5 m,锚杆杆体采用钢绞线,设计长度 25 m,自由段长度 6 m,机械套管成孔,注浆材料为素水泥浆,水灰比 0.45,注浆工艺采用二次高压注浆法,并进行 7 天强度张拉试验,注浆体材料强度达到设计强度的 80% 左右开始张拉锁定,用锚具将锚杆固定于腰梁上。

(5) 土方开挖。事实证明,严格执行土方开挖十六字原则是避免基坑工程事故的最好办法,考察出现基坑险情比如周围地面沉降过大、基坑水平位移过大导致地面开裂甚至坍塌等事故,最重要原因往往是土方超进度开挖,没有很好地贯彻执行土方开挖十六字原则。另外还应注意挖方时不应碰撞或损伤支护结构和降水设施,坡顶堆置土方或其他机械材料等重物不应超过设计荷载值。

## 6 基坑工程监测

### 6.1 监测项目

本基坑安全等级为一级,及时有效的监测是基坑工程顺利施工的预警手段,所以也是基坑安全的重要保障。根据《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497-2009)规定,基坑工程监测项目的选择,在充分考虑工程水文地质条件、基坑工程安全等级、支护结构特点及变形控制要求的基础上,考虑到该工程的特点,确定的监测项目如下:

- (1) 周围道路沉降监测;
- (2) 围护桩体深层水平位移(测斜);
- (3) 地下水位监测;
- (4) 围护桩顶水平位移、垂直位移监测;
- (5) 锚索内力监测。

### 6.2 监测结果分析

根据监测结果,对道路沉降、支护桩深层水平位移以及锚索内力变化作重点分析。

道路沉降的变化规律,与基坑开挖深度、基坑距离远近、施工工况有密切关系:开挖深度越深,变化量越大;离基坑越近,变化量越大。各道路监测点垂直位移的最大累变量和出现日期如表 2(上升为正,下降为负)所示,道路最大沉降为 17.20 mm,随时间变化渐渐趋于稳定,见图 4。

表 2 道路沉降监测点参数一览表

点号	最大累变量/mm	出现日期
D1	-17.20	2010-10-12
D2	-16.60	2010-10-12
D3	-4.40	2010-09-21
D4	-0.60	2010-07-01
D5	+0.90	2010-09-08
D6	-1.00	2010-08-13
D7	+1.39	2010-06-14
D8	-1.14	2010-07-18

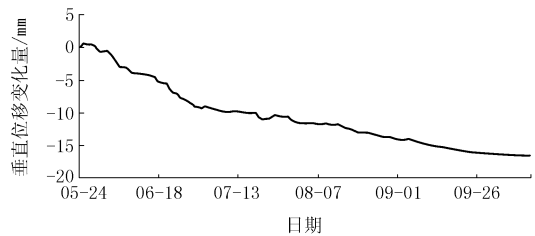


图 4 道路监测点垂直位移变化曲线图

基坑支护桩体测斜各监测孔的详细变形从测斜孔 CX4 为例进行分析:该孔的变化规律与其他监测孔变化规律基本相同,随施工工况的不同而相应变化,其变化与基坑开挖深度、底板浇筑时间紧密相关,基坑开挖越深,其变形越大,其最大变形位置随着开挖深度变化而变化,见图 5。

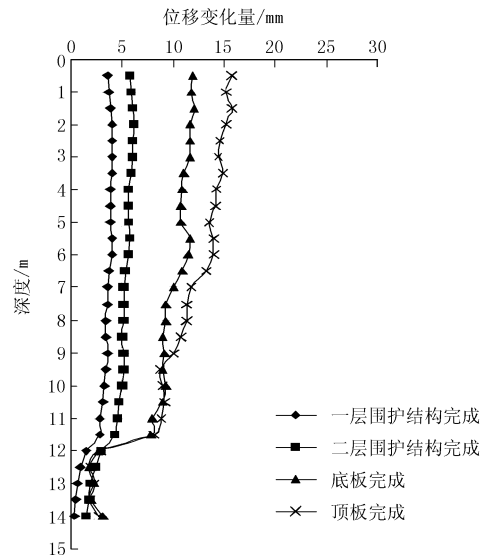


图 5 测斜孔不同时间不同深度位移曲线图

锚索内力监测点的重要参数见表3。锚索内力监测点内力的详细变化见图6。从图6可以看出:基坑开挖施工过程中,监测点变化曲线表现为逐步上升趋势,这是由于土体的开挖,桩体受力逐渐增大,锚索应力也相应增加;底板完成后,变化量变化较小,趋势走向平稳。

表3 锚索内力监测点重要参数一览表

点号	最大累变量/kN	出现日期
E1	+107.39	2010-09-21
E2	+43.69	2010-09-18
E3	+65.46	2010-08-01
E4	-12.78	2010-08-25
E5	+67.70	2010-06-16

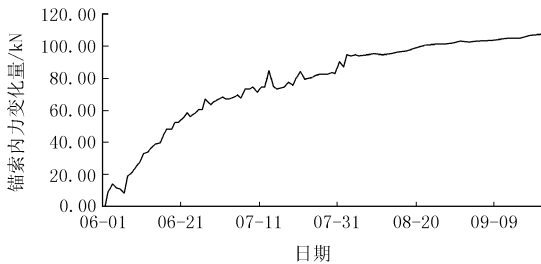


图6 锚索内力变化曲线图

## 7 结论

根据郑州市郑东新区 CBD 2 号地下公共停车

场深基坑工程桩锚支护体系的施工实践和监测结果可以得到如下几点结论:

(1) 在需要降水的少粘性粉土地区深基坑工程中,采用桩锚支护体系是适当的;

(2) 深基坑支护工程的施工要严格遵守“开槽支撑,先撑后挖,分层开挖,严禁超挖”十六字原则;

(3) 在深基坑支护施工过程中,要重点做好土方开挖、支护桩施工、降水、锚杆施工等几个关键环节,并及时有效地进行基坑监测工作,做到提前预警,及时反馈,信息化施工;

(4) 基坑工程监测点和监测项目要设置合理,做到监测结果能及时服务于基坑工程施工,保障基坑安全。

## 参考文献:

- [1] 张在明. 地下水与建筑基础工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [2] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] 编委会. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [4] 龚晓南. 基坑工程实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [5] 曹友杰. 少粘性土中包气带水对某基坑工程施工的影响及其处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(11).

(上接第49页)

## 7 结语

(1) 绳索取心液动锤是集绳索取心与液动冲击回转钻进为一体的国内最新钻探技术, 具有钻进效率高、钻孔质量好、岩心采取率高、钻探成本低等诸多优点, 不仅可以提高钻进效率, 还可以克服破碎地层的“堵心”和坚硬致密地层的打滑现象, 同时可以有效防止孔斜。

(2) SYZX 系列绳索取心液动锤具有结构简单、启动容易、工作稳定可靠、使用维修方便的特点, 易于推广应用。

(3) SYZX 系列绳索取心液动锤适应性强, 有利于深孔钻进, 是绳索取心钻进技术向更高层次发展

的必然趋势, 是一项值得推广的高效新技术。

## 参考文献:

- [1] 蒋光旭, 等. SYZX96/75 绳索取心液动锤钻具的应用效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6): 13-19.
- [2] 杨泽英. SYZX75 型绳索取心液动潜孔锤的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9): 73-74.
- [3] 朱金凤, 陈师逊. SYZX75 型绳索取心液动锤在招远玲珑金矿勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(8): 22-26.
- [4] 石生明, 朱永宁. SYZX75 型绳索取心液动锤在坚硬致密“打滑”地层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(9): 15-20.
- [5] 福建省 121 地质大队. 绳索取心煤田深孔( $\geq 1200$  m)施工工艺技术总结[R]. 福建龙岩: 福建省 121 地质大队, 2010.

祝广大读者、作者新年快乐!