

# 土钉和桩锚在长沙华韵城市海岸基坑支护中的应用

隆威<sup>1</sup>, 郑克清<sup>1</sup>, 王雅琼<sup>2</sup>, 闫双斌<sup>1</sup>, 龙玉民<sup>1</sup>

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南长沙 410083; 2. 湖南中医药大学, 湖南长沙 410208)

**摘要:**针对长沙市华韵城市海岸 A 区基坑工程的实际情况, 在分析了几种支护方案优缺点的基础上, 提出了分段采取桩锚、土钉墙联合支护方案, 实践验证了所提出的方案科学合理。详细介绍了各段的支护设计及施工工艺。

**关键词:**基坑支护; 土钉墙; 锚杆; 护壁桩

**中图分类号:** TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)02-0036-03

**Application of Pile-anchors and Soil Nails to Support for Foundation Pit Excavation/LONG Wei<sup>1</sup>, ZHENG Ke-qing<sup>1</sup>, WANG Ya-qiong<sup>2</sup>, YAN Shuang-bin<sup>1</sup>, LONG Yu-min<sup>1</sup>** (1. School of Geoscience and Info-physics, Central South University, Changsha Hunan 410083, China; 2. Hunan University of Traditional Chinese Medicine, Changsha Hunan 410208, China)

**Abstract:** A support scheme with the pile anchor and soil nail combination is proposed through analysis of different support schemes in respect of the particular excavation conditions at the Yun Hua Urban Coast A site in Changsha, and practice has proved that the scheme is proper. The support design and the construction procedures are described in detail.

**Key words:** excavation support; soil-nailing wall; pile anchor; wall protection pile

## 1 工程概况

拟建的华韵城市海岸 A 区工程位于长沙市银盆南路东侧, 原长沙市第四水厂内, 南邻沁园春小区。场地原为第四水厂的游泳馆和厂房设施、水池、汽车修理厂及洗车场, 西面建有 4 层住宅楼, 东面建有小区道路, 且道路下埋藏有较多地下管网, 大部分现已推、挖整平。A 区钻孔孔口标高介于 38.38 ~ 51.75 m 之间, 最大高差为 13.37 m, 基坑开挖深度范围 6.5 ~ 10 m, 基坑侧壁安全等级为一级。

本次基坑支护工程分为 AB、BC、CD、DA 共 4 段, 长度分别为 72、56、70、54.5 m。

基坑平面情况如图 1 所示。

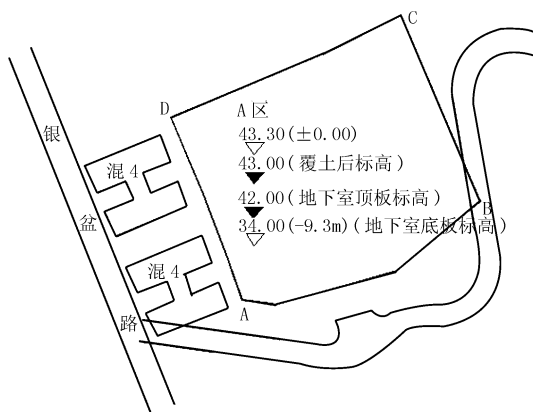


图 1 基坑平面图 (单位:m)

## 2 工程地质条件

场地原始地貌属湘江流域阶地地貌。场地地层自上而下依次为: 人工填土层、第四系新近冲积层、第四系冲积层、第四系残积层及第三系泥质粉砂岩。岩土的物理力学性质见表 1。

场地内 A 区地下水类型主要为上层滞水, 赋存于杂填土①中, 其水量较小, 随季节性变化较大, 主要为大气降水和生活污水下渗补给。A 区稳定水位埋深为 0.50 ~ 3.50 m, 相当于标高 36.58 ~ 41.01 m。

## 3 基坑支护设计

### 3.1 基坑支护方案选择

#### 3.1.1 几种支护方案分析

基坑支护结构型式多种多样, 按照支护结构受力和施工工艺不同, 支护结构型式可分为: 混凝土灌注排桩支护、地下连续墙支护、桩锚支护、土钉墙支护、喷锚网支护等。根据施工经验以及工程具体情况, 考虑以下几种方案。

(1) 土钉支护。设备简单, 易于推广, 能与土方开挖配合好, 实行平行流水作业, 则工期可缩短, 噪声小, 经济效益好, 一般成本低于灌注桩支护, 分层

收稿日期: 2010-08-15

**作者简介:** 隆威(1962-), 男(汉族), 重庆丰都人, 中南大学地球科学与信息物理学院副院长、教授, 探矿工程专业, 从事探矿工程专业教学、科研、设计及施工管理工作, 湖南省长沙市; 郑克清(1985-), 男(汉族), 黑龙江鸡西人, 中南大学在读硕士研究生, 地质工程专业, 从事地质工程等方面的研究工作, 494788633@qq.com。

表 1 地层的主要物理力学性质指标统计表

地层	基坑各向平均厚度/m				天然重度 $\gamma$ /( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	内摩擦角 $\varphi$ /( $^\circ$ )	粘聚力 $c$ /kPa	土体与锚固体极限 摩阻力标准值/kPa
	北面 CD	西面 AD	南面 AB	东面 BC				
杂填土①	2.00	1.10	1.50	2.00	18.5	8	8	25.0
粉质粘土②	2.50	1.80	3.20	3.50	19.0	14	18	36.0
粉质粘土③	5.00	3.20	4.30	4.50	19.0	17.5	25	50.0
全风化板岩④	4.50	3.50	4.80	4.80	20.0	35	35	140.0
强风化板岩⑤	4.00	5.00	4.80	4.80	23.0	45	50	320.0
中风化板岩⑥	>10	>10	>10	>10		25		520.0

施工,边监测边施工,便于采取必要措施,但需要较大的地下空间,并且土钉支护的变形较大。

(2)喷锚网支护。结构简单,承载力高,安全可靠;可用于多种土层,适应性强;施工机具简单,施工灵活,污染小,噪声低,对周围环境的影响小;可与土方开挖同步进行,不占用绝对工期;本身不需要打桩,支护费用相对较低。

(3)桩锚支护。能较好的控制基坑变形与位移,开挖施工空间大,但施工费用较高。

### 3.1.2 选择的基坑支护方案

根据基坑的实际情况,综合考虑各方案的优缺点,最终基坑支护方案如下。

基坑北面(CD段):基坑深度为 6.5 m,采用土钉墙支护,该面放坡角度  $85^\circ$ ,设计 4 排土钉,从上至下土钉长度依次为 8、5.5、4、4 m,水平间距为 1.5 m,竖向间距为 1.5 m,钻孔直径 130 mm,土钉倾角  $15^\circ$ (见图 2)。

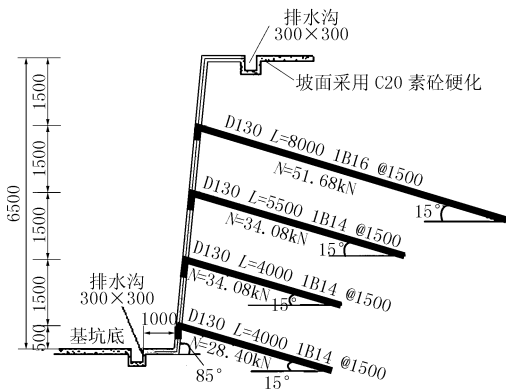


图 2 北面(CD段)支护剖面图

基坑西面(AD段):基坑深度为 6.5 m,由于西面建有 4 层住宅楼,距离较近,采用桩锚支护,设置一排锚杆,在地表下 3.5 m 处;护壁桩采用人工挖孔桩,桩长 9.3 m,桩径 1000 mm,桩中心间距 2000 mm,采用 II 级钢筋,混凝土标号为 C25,主筋保护层厚度为 50 mm,螺旋筋采用 A8,间距 200 mm,加强筋采用 A16,间距 2000 mm,以加强钢筋笼的整体刚度,有利于钢筋笼掉放和整体性;锚杆取 3 根采用

705 的钢绞线,长度 21.5 m,倾角  $15^\circ$ (见图 3)。

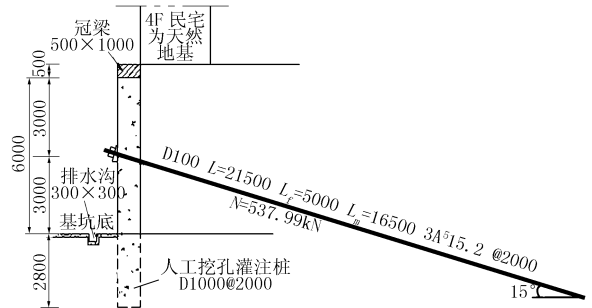


图 3 西面(AD段)支护剖面图

基坑南面(AB段):基坑深度为 8.0 m,采用土钉墙支护,该面放坡角度  $85^\circ$ ,设计 5 排土钉,从上至下土钉长度依次为 13.5、9.5、8.0、7.0、6.0 m,水平间距为 1.5 m,竖向间距为 1.5 m,钻孔直径 130 mm,土钉倾角  $15^\circ$ (见图 4)。

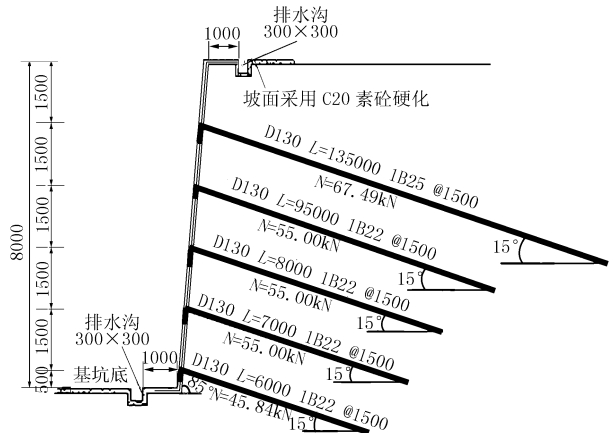


图 4 南面(AB段)支护剖面图

基坑东面(BC段):基坑深度为 10.0 m,由于建有小区道路,且道路下埋藏有较多地下管网,所以采用桩锚支护,设置 2 排锚杆,第一排在地表下 3.5 m 处,第二排在地表下 7.0 m;护壁桩采用人工挖孔桩,桩长 14.80 m,桩径 1000 mm,桩中心间距 2000 mm,采用 II 级钢筋,混凝土标号为 C25,主筋保护层厚度为 50 mm,螺旋筋采用 A8,间距 200 mm,加强筋采用 A16,间距 2000 mm,以加强钢筋笼的整体刚度,有利于钢筋笼掉放和整体性;第一排锚杆取 3 根

Ø20的钢筋,杆长21 m,倾角15°;第二排锚杆取2根Ø28的钢筋,杆长15 m,倾角15°(见图5)。

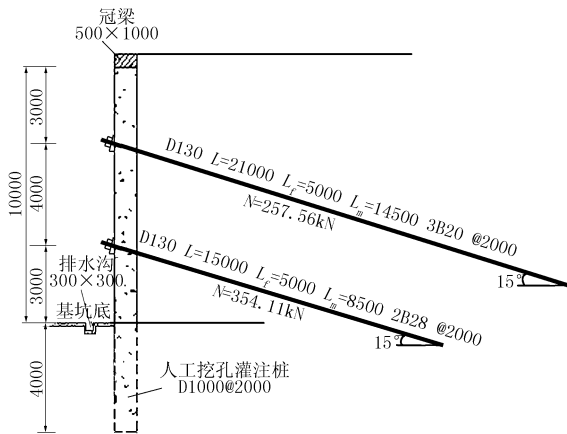


图5 东面(BC段)支护剖面图

### 3.2 基坑截排水

基坑坑顶、坑底均设置一排横向排水明沟,为防止地表水从人工填土中渗入基坑,须对坑顶地表加以硬化,并在喷射砼坡面上设置泄水孔,采用Ø60 mm PVC排水管,向坑内倾斜10%~15%,竖向间距均为2.0 m,横向间距3.0 m,呈梅花形布置。

## 4 基坑支护施工工艺

### 4.1 人工挖孔灌注桩施工

主要施工工艺及流程:测量放线→桩孔开挖→钢筋笼制作安装→混凝土搅拌及浇捣→开挖圈梁地槽→圈梁支模→圈梁钢筋制作安放→混凝土搅拌及浇捣→成桩。

### 4.2 锚杆施工

土层锚杆施工包括:钻孔、锚杆制作与安装、灌浆、张拉锁定等。施工前必须做准备工作。

#### 4.2.1 灌浆

采用两次注浆。

第一次灌浆:灌浆管应插入孔底(离孔底50~100 mm),在泥浆泵正常压力下灌入泥浆。当孔口返浆3 min后,结束第一次灌浆。

第二次灌浆:首先将孔口封紧,(封孔可用气泡或橡皮塞),然后开始灌浆。灌浆压力 $\leq 0.3$  MPa。当压力达到后,稳定3 min结束注浆,并及时拔出注浆管。浆液固结后抗压强度达到20 MPa。

#### 4.2.2 土层锚杆试验

(1)基本试验。基本试验必须把荷载加到锚杆破坏为止,以求其极限承载力。如果试验时破坏发生在拉杆或锚头上,则必须缩减锚杆体直径或长度重新试验。务必使试验破坏发生在土与锚杆体的结

合处。

(2)验收试验。验收试验锚杆的数量应取锚杆总数的5%,且不得少于3根。

### 4.3 土钉施工

土钉施工包括定位、成孔、置筋、注浆等工序,一般情况下,可借鉴土层锚杆的施工经验和规范。土钉墙支护的成功与否不仅与结构设计有关,而且在很大程度上取决于施工方法,施工工序和施工进度设计与施工的紧密配合是土钉墙支护成功的重要环节。

土钉施工工艺流程:

- (1)按设计要求开挖工作面,修正边坡;
- (2)喷射第一层混凝土;
- (3)安设钉孔,插筋、注浆及设置垫板;
- (4)绑扎钢筋网,留搭接钢筋,喷射第二层混凝土;
- (5)开挖第二层土,按此循环,直至坑底标高;
- (6)设置坡顶及坡底排水装置。

## 5 基坑监测

### 5.1 监测内容

本基坑安全等级为一级,监测内容包括:

- (1)支护结构(坡顶)沉降及水平位移监测;
- (2)周围土体地表沉降及水平位移监测;
- (3)周边建、构筑物的沉降及水平位移、裂缝、倾斜监测;
- (4)地下水位监测;
- (5)土钉、锚杆拉力及预应力损失值监测。

### 5.2 监测频率

边坡工程监测应包括施工安全监测和防治效果监测。

施工阶段:施工安全监测宜采用连续自动定时监测方式进行监测,原则上采用24 h自动定时监测方式进行,以使监测信息能及时地反映滑坡体变形破坏特征,供有关方面做出决断。如果工程扰动大,坡体变形大,应采用8、12、24 h监测一次的方式进行。

施工完成后:防治效果监测时程不应少于一个水文年,数据采集时间间隔宜为7~10天,在外界扰动较大时,如暴雨期间,应加密监测次数。

## 6 结论

- (1)本工程基坑支护边界环境较复杂,在基坑

(下转第42页)

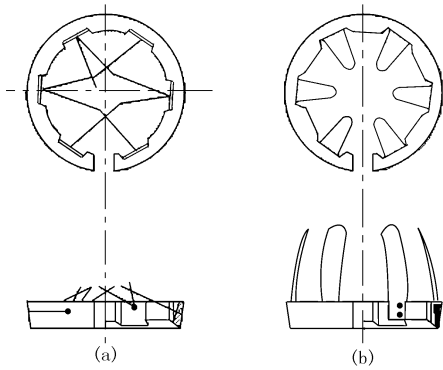


图1 前端带弧形爪的簧片式卡簧示意图

采用以上方法在 $\varnothing 171$  mm和 $\varnothing 150$  mm单管金刚石钻头钻进孔段最大深度分别达到22.5 m和55.6 m,金刚石钻头的机械钻速可达 $0.8 \sim 1.2$  m/h,岩心获得率可达80%以上,而之前未采取任何技术手段单纯靠运气取心的获得率普遍只有20%~30%。因此采用带弧形爪簧的簧片式卡簧取心,岩心的获得率有了较大幅度提高。由于回次岩心获得较多,孔底残留岩心少,孔底干净,来回扫孔和重复取心的频率也大大降低,钻孔事故率也减少,钻孔质量非常好。因此,采用我们自行加工和改进的针对本工程的特殊取心方法是行之有效的,并值得在类似工程中推广和应用。

## 9 结语

(1) KL植物胶具有粘弹性、粘度高、失水量小、润滑减阻好、携渣悬浮能力强等特性,在钻进人工填筑堆石层中有良好的护壁作用。护壁排粉效果十分理想,能保持孔底清洁,减少卡埋钻事故。膨润土泥浆的加入使人工填筑块石有一定充填和胶结作用,

还能减少孔内植物胶冲洗液漏失。配合纤维素、锯末粉等材料能够封堵部分漏失通道,起到一定的防漏失作用。

(2) KL植物胶与同类其他产品(如SM植物胶、田菁胶等)相比具有掺量少、原材料丰富(来源于野生植物果实籽粒),易于生产加工等优点,且获得的浆液流变性(塑性粘度、表观粘度、动切力和触变性等)和润滑减阻性都较同类其它植物胶好,完全可以代替SM植物胶,因而具有较好的推广应用价值。

(3) 水泥-水玻璃速凝砂浆可以有效填充堆石层内无固结或少固结物形成的架空结构,采用此法堵漏既简单、又实用,与其他单位研制生产的专用堵漏剂或堵漏材料相比,可大大降低成本,是一种经济、合算、施工简单的堵漏手段,在科技不断更新、发展的今天,它仍具有一定的推广和实用价值。

## 参考文献:

- [1] 王胜,陈礼仪,等.新型KL植物胶无固相环保钻井液体系[J].煤田地质与勘探,2010,(3).
- [2] 王胜,陈礼仪,刘科宇,等.KL植物胶钻井液的环保特性研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(5):13-15.
- [3] 唐进军,黄贡生,CL植物胶复合无固相冲洗液在复杂地层绳索取心钻进的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(11):25-29.
- [4] 徐健,张光熙,一种新型的钻探无固相冲洗液[J].水利技术监督,2008,(2).
- [5] 牛文林,陈礼仪,朱宗培,植物胶类冲洗液在地质灾害防治勘察工程中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2005,(12).
- [6] 李世忠,等,钻探工艺学(中册)[M].北京:地质出版社,1989.
- [7] 刘广志,金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [8] 中国水电顾问集团西北勘测设计研究院伊朗TALEGHAN项目设计组.伊朗TALEGHAN水利枢纽工程坝址区工程地质复核报告[Z].2003.

(上接第38页)

支护结构设计及施工过程中,综合考虑了工程地质水文地质条件,基坑周边环境因素,施工季节,支护结构使用年限等因素,做到了合理设计,精心施工,严格监控,基坑支护取得了较好的实效。

(2) 监测资料表明,土钉墙支护结构变形在允许范围内,稳定可靠,避免了采用桩锚支护造成支护成本增加,使该基坑设计达到了合理的优化设计,避免了资源的浪费,使该基坑支护既经济合理又安全可行。

(3) 通过对现场支护后的实时监测得知西面和东面桩锚支护的基坑在控制变形方面取得了良好的效果。

(4) 基坑设计、施工过程及施工以后,进行监测是十分必要的,可以实时掌握基坑的各种动向,以便在不同的阶段采取更为合理的支护设计及施工的变更,可以避免大事故的发生,节省人力物力,从而做到技术上安全,也可以做到经济上节省。

## 参考文献:

- [1] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] 陈忠汉,黄书秩,程丽萍.深基坑工程[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [3] 彭振斌.深基坑开挖与支护工程设计计算与施工[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [4] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [5] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].
- [6] GB 50007-2002,建筑地基基础设计规范[S].