

# 复杂环境下受煤坑基坑复合土钉墙支护施工

李亚帮, 陈金刚

(郑州大学工程力学系, 河南 郑州 450001)

**摘要:**对于周边环境极其复杂的受煤基坑,设计与施工方案是否合理,关系到正常的生产、安全以及后期的维修工程。为了提高支护效果,避免多次反复维修,结合平顶山八矿支护工程,采用桩锚支护、土钉墙挂网喷砼支护、预应力土钉加固联合支护的方案,取得了良好效果。信息化施工方法的观测表明,基坑水平位移及其周围建筑物的沉降量都在安全范围,保证了基坑和周边建筑物的安全。

**关键词:**复杂环境;受煤基坑支护;复合土钉墙;人工挖孔桩;预应力锚杆

**中图分类号:**TU472 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)10-0049-03

**Composite Soil-nailed Wall Retaining Construction for the Coal-storing Pit in Complex Environment/LI Ya-bang, CHEN Jin-gang** (Department of Engineering Mechanics of Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450001, China)

**Abstract:** For the coal-storing pit surrounded by extremely complex environments, the design scheme is related to the normal production, safety and late maintenance works. In order to improve the supporting effect and avoid repeated maintenance, combined support with original supporting by the 8th Coal Mine of Pingdingshan, pile-anchor, soil-nailed meshing-concrete spraying and pre-stressed soil-nailing reinforcement was adopted with good effect. Based on the observation by information-construction method, the horizontal displacement of foundation pit and the settlement of the surrounding buildings are in a safe range, the safety of the foundation pit and the surrounding buildings were ensured.

**Key words:** complex environment; coal-storing pit supporting; composite soil-nailed wall; manual-excavation pile; pre-stressed anchor

复合土钉墙技术是在传统土钉墙的基础上,配合采用预应力锚杆、水泥土搅拌桩、超前树根桩(微型桩)等技术措施,以控制土钉支护的变形,满足环境对支护的设计要求而形成的一种组合式支护技术<sup>[1]</sup>。复合土钉墙技术在工程上正在得到广泛的应用;采用锚杆和土钉墙联合支护方案实现了结构水平侧移小和土钉支护结构受力合理的优点<sup>[2]</sup>;土钉墙联合钢板桩加一道内支撑的支护技术应用于围护深基坑成功<sup>[3]</sup>;普通土钉墙、钢筋砼护坡桩和预应力锚杆的复合支护方案得到成功应用<sup>[4]</sup>;复合土钉墙技术应用于青岛福林大厦基坑支护,解决了基坑垂直开挖的难题<sup>[5]</sup>。相关文献用FLAC3D软件对复合土钉墙进行了数值模拟<sup>[6]</sup>,其模拟效果与实测结果吻合较好,对以后的工程施工和设计具有一定的指导意义。本文主要通过工程实例来说明复合土钉墙在复杂的环境下,实际施工效果与设计是否符合,并对施工过程中测得的数据进行分析,对以后平顶山地区受煤坑基坑支护施工和设计提供依

据。

## 1 工程概况

拟建平煤天安股份有限公司八矿选煤厂技术改造一期工程新受煤坑基坑支护工程,基坑下口面积为823.5 m<sup>2</sup>,上口面积为1104.98 m<sup>2</sup>,基坑深8.65 m,基坑降水采用集水坑明排法。基坑采用土钉墙、人工挖孔桩和预应力锚杆联合支护方案,基坑土钉墙展开面积为2343.3 m<sup>2</sup>,锚杆土钉均采用Ø25 mm螺纹钢制成,孔径均为100 mm。施工期间,应进行坡顶位移监测和土钉内力检测,沿基坑顶部四周共布置22个基坑观测点(沉降和变形)。

本基坑的周边极其复杂(见图1)。基坑的南面是铁路10号线,北面西段是污水处理厂,污水池紧挨坑边,北面东段是3个已建煤仓,中煤仓紧贴坑边是洗煤厂洗煤污水排水渠,中段有已建三樘框架,框架上是受煤运输通道,东面是已建成受煤坑。

收稿日期:2009-04-29

基金项目:国家自然科学基金项目(50709030);河南省教育厅自然科学基金项目(2008A410002,2007570011)

作者简介:李亚帮(1982-),男(汉族),河南扶沟人,郑州大学在读硕士,工程力学专业,从事充填裂隙渗流特性研究工作,河南省郑州市科学大道100号,yabangli@126.com;陈金刚(1973-),男(汉族),河南邓州人,郑州大学副教授、硕士生导师,固体力学专业,博士,从事充填裂隙渗流特性研究工作,chenjg@zzu.edu.cn。

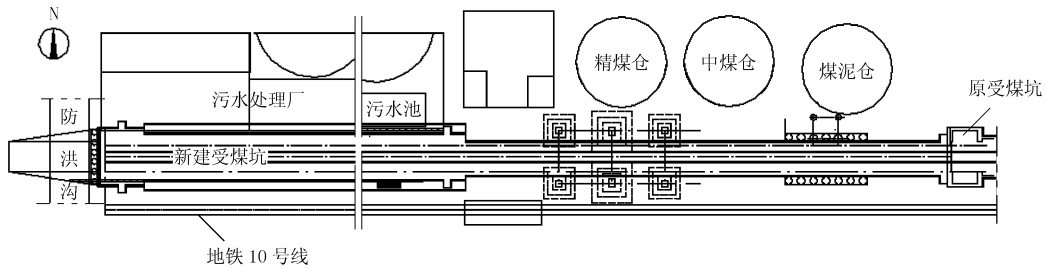


图1 基坑复杂环境

## 2 工程地质水文地质条件

### 2.1 地质条件

第①层杂填土:上部主要为砼路面及填矸,下部主要为粘性土混砖粒、煤屑、钙质结核等,松散,层厚1.50~7.00 m;第②层粉质粘土:黄褐色,含少量铁锰质结核及钙质结核,局部富集,稍有光滑,韧性高,干强度中等,无摇晃反应,该层土分布普遍,层位稳定,可塑~硬塑,层厚1.60~6.70 m;第③层粘土:褐黄~棕红色,含少量铁锰质结核及钙质结核,局部富集,下部夹有砂岩、泥岩碎块,光滑,韧性高,干强度高,无摇晃反应,该层土分布普遍,层位稳定,硬塑~坚硬,层厚0.20~19.00 m;第④层基岩:以砂岩为主,灰白~灰黄色,中等风化~微风化,主要矿物成分为石英、长石具水平层理,钙质胶结,该层揭露最大厚度3.00 m。

### 2.2 水文条件

地下水稳定水位埋深在自然地面下2.30~4.25 m之间,稳定水位标高介于86.16~110.35 m之间。场地地下水主要赋存于②层粉质粘土及③层粘土中,属孔隙潜水类型,为上层滞水。主要接受大气降水渗入、侧向和垂直向径流补给,并以蒸发、人工开采及侧向径流进行排泄。

## 3 基坑支护方案设计

### 3.1 基坑特点

基坑开挖深度8.65 m,基坑范围的土体是杂填土、粉质粘土、粘土,土质强度较低,高压缩性,边坡的稳定性低,坡壁易滑塌,不利于基础施工,应对坡壁进行有效的支护,防止坡壁坍塌,并能保证基坑四周土体位移在允许范围内。

### 3.2 基坑支护方案设计

(1)基坑的西立面宽7.8 m,由于防洪沟距离受煤坑较近,要保证西立面土体的稳定性,采用人工挖孔桩加预应力锚杆的支护方案;(2)在基坑的南立面是铁道10号线,为了保证铁道下土体的稳定,在第二排利用预应力锚杆加固;(3)基坑的北立面仍

按6排土钉支护(见图2);(4)在考虑到框架以东的已建框架距离基坑很近,设计利用人工挖孔桩,在桩上架梁,梁间加钢梁支撑的设计方案;(5)针对中间框架基坑两侧已有原来的建筑基础,框架内的土体杂填土较多,对其进行放坡处理,然后利用土钉墙支护。

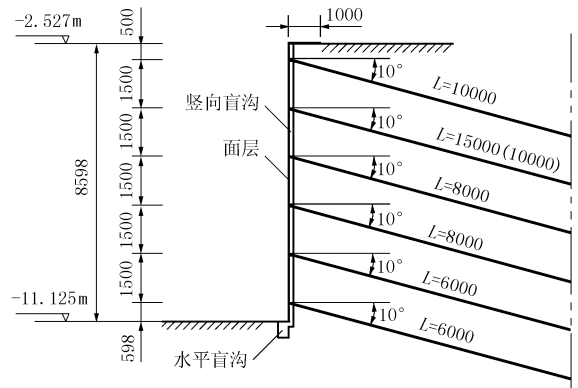


图2 基坑北面围护剖面图

## 4 基坑支护施工

### 4.1 土钉墙的施工

土钉墙施工工艺流程:修整边坡→成孔→安装土钉钢筋→注浆→挂钢筋网→安装泄水管→喷射砼→养护。

修整边坡采用人工修坡,要求有良好的平整度;成孔直径要求100 mm,倾角 $\pm 3^\circ$ ;安装土钉钢筋要做好托架的焊接工作;注浆采用1:1水泥砂浆,注浆管要插入孔内距孔底0.25~0.5 m处;钢筋网片要求 $\text{O}6@200 \times 200$ ,加强筋与土钉进行点焊;泄水管间距为3000 mm $\times$ 3000 mm,长度400 mm;喷射砼时喷头与受喷面应保持垂直,距离宜为0.6~1.0 m,喷射作业应分段分片依次进行,喷射顺序应自下而上,喷砼厚度120 mm,误差为 $\pm 10$  mm;喷射砼终凝2 h后,应洒水养护,养护时间不得少于7天。

### 4.2 人工挖孔桩施工

人工挖孔桩施工工艺流程:放线定桩位→检查验收→安装井架→开挖桩孔土方→安放孔顶护筒→

继续开挖土方→支设护壁模板→放置操作平台→浇注护壁砼→拆除模板继续下段施工→清石渣清孔→排除孔底积水→清渣验收→安放钢筋笼→浇注桩身砼。

### 4.3 预应力锚杆施工

预应力锚杆施工工艺流程:锚杆机就位→稳定钻杆调整孔位及角度→钻孔出土→接螺旋钻杆继续钻孔到设计孔深→退出螺旋钻杆→插锚杆和注浆管→注浆→二次注浆→养护→安装锚板→预应力张拉→锁定。

锚杆的孔位,将在相应孔位按间隔跳跃的施工工序分2序成孔,两序间隔时间以二次注浆终凝时间为最短时间;锚杆总长度20 m,锚固段长度17 m,自由段长度为3 m,锚固体直径100 mm,锚杆倾角 $10^{\circ}$ ,锚杆水平间距1.3 m,杆体采用 $\text{O}25$  mm螺纹钢;注浆采用二次注浆,水泥采用42.5级水泥,注浆体采用水灰比0.45~0.60水泥砂浆;要等锚体强度达到设计强度的75%时开始张拉,张拉机具主要为ZB4-500型油泵、YC1200×320型穿心式千斤顶、计量表、钢尺等,宜采用跳张法,即隔二拉一;张拉至锚杆设计拉力,当锚杆应力没有明显衰减时,退至设计锁定拉力后锁定。

## 5 变形观测与支护效果

通过现场监测,掌握基坑开挖过程中围护体及周围土体的受力和变形情况,并有效指导施工,确保周边建筑物、构筑物 and 地下管线不受破坏,因此必须建立信息化施工。在基坑工程施工前对基坑周围环境进行调查记录;基坑开挖期间每天观测一次,如遇位移、沉降及其变化速率较大时,则应增加观测次数;若测量值大于控制值时,应立即采取应急措施。

### 5.1 基坑周围建筑物的沉降观测

在基坑的北面污水厂临近基坑的污水池设立沉降点,在基坑开挖的最后阶段,每天对污水池的沉降做观测,到施工结束,污水池最大沉降10 mm。在基坑的南北边沿共设置22个沉降变形观测点,其中最大沉降量16 mm。在施工过程中,北面由于有地下水的渗透作用,沉降比南坡稍微大一些,但是经过每天的观测表明:利用土钉墙加固使土体整体垂直位移都在安全范围内。

### 5.2 基坑的水平位移观测

累计最大水平预警值为40 mm,水平位移速率连续3天超过3 mm/d,应向施工单位报警进行加固

处理。利用全站仪测得22个测点的最大水平位移31 mm(见表1),其它观察结果均在30 mm以下,基坑两边的土体水平位移均在安全范围内,为原有建筑物的安全提供了保障。

表1 基坑水平位移监测数据表

测点	累计位移值 /mm	测点	累计位移值 /mm	测点	累计位移值 /mm
N1	-11	N9	-26	S6	-12
N2	-10	N10	-21	S7	-17
N3	-14	N11	-18	S8	-25
N4	-15	S1	-10	S9	-18
N5	-10	S2	-9	S10	-19
N6	-8	S3	-11	S11	-16
N7	-19	S4	-13		
N8	-31	S5	-14		

注:N指的是北坡测点,S指的是南坡测点。

## 6 结论

(1)复合土钉墙是将预应力锚杆、人工挖孔桩、土钉墙等结合起来联合支护的一种新型支挡结构。本基坑支护稳定性说明支护效果达到了要求,为基础的施工提供安全的施工环境。

(2)本工程基坑满足了施工周期短、投资少和保证基坑及周边建筑安全的要求,表明复合土钉墙技术的运用是成功的。

(3)预应力锚杆锁定值不宜太大,本工程基坑南坡平均位移14.91 mm,明显低于北坡测点平均位移16.64 mm,预应力控制土体边坡变形明显增强。

(4)对于垂直开挖的基坑,如采用复合式土钉墙支护的设计方案,既扩大了土钉墙的应用范围,又确保了支护体系的安全性。

(5)为今后该地区的基坑支护设计与施工和复合土钉墙的发展应用提供参考。

## 参考文献:

- [1] 代国忠,王晓斌.深基坑工程复合式土钉墙支护技术的应用综述[J].常州工学院学报,2008,21(5):51-5.
- [2] 方东.土钉与锚杆联合支护在深基坑工程中的应用[J].地质科技情报,2005,24(S1):62-64.
- [3] 郑少河,金剑亮,徐承鹏.土钉墙与钢板桩加内支撑复合支护的设计及应用[J].岩土工程学报,2006,28(S1):1620-1621.
- [4] 陈建军.复合土钉墙支护技术在深基坑工程中的应用[J].中国建设信息,2008,(8):48-49.
- [5] 李明,魏一祥.复合土钉墙支护技术在青岛福林大厦基坑支护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):63-66.
- [6] 张尚根.复合土钉墙支护FLAC3D数值模拟与实测结果对比[J].岩土力学,2008,29(S1):129-134.