

# 长螺旋搅拌桩钢管桩复合支护技术在基坑工程中的应用

何世鸣<sup>1</sup>, 赵振国<sup>1,2</sup>, 吴盛斌<sup>1,2</sup>, 张青宇<sup>1,3</sup>, 杨敏<sup>1</sup>, 夏柏如<sup>2</sup>

(1. 北京建材地质工程公司, 北京 100102; 2. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083; 3. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059)

**摘要:** 在施工较硬土层时, 长螺旋搅拌桩新工艺的优势尤为明显。北京金马工业区污水处理工程基坑支护时采用了长螺旋搅拌桩中插入钢管桩与复合土钉墙相结合的支护形式, 既满足了支挡的要求又兼具挡水的功效, 节约了投资。实践证明这是一种既安全可靠又经济实用的方法。

**关键词:** 长螺旋搅拌桩; 钢管劲芯水泥土桩; 止水帷幕

**中图分类号:** TU473.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2009)01-0055-03

**Application of Long Spiral Rotating Pile with Steel Pipe Combined Support Technology in Foundation Pit Project/** HE Shi-ming<sup>1</sup>, ZHAO Zhen-guo<sup>1,2</sup>, WU Sheng-bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Qing-yu<sup>1,3</sup>, YANG Min<sup>1</sup>, XIA Bai-ru<sup>2</sup> (1. Beijing Building Material Geological Engineering Corporation, Beijing 100102, China; 2. School of Engineering & Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China)

**Abstract:** The patent technology of the long spiral mixing pile is one of the emerging construction technologies. It can be used in the foundation pile treatment, foundation pit supporting project and the waterproof curtain, especially in the construction in hard stratum. The combined support technology of long spiral mixing pile inserted steel pipe and composite soil nail was used in a sewage treatment project in Beijing, it not only met the requirement of supporting and waterproof, but also reduced the cost. The practice shows that the technology is safe, reliable, economical and useful.

**Key words:** long spiral mixing pile; cement-soil pile with stiffening core of steel pipe; waterproof curtain

## 1 工程概况

拟建的金马工业区污水处理工程位于北京市顺义区金马工业区内, 该污水处理站主要由污泥压缩池、沉淀池、O池三部分组成。为纯地下砌体结构, 基础埋深分别为6.1、9.0、10.5 m, 本工程±0.00为现自然地面。

## 2 地层及地下水条件

### 2.1 地层地貌

拟建场地在地貌上位于潮白河洪冲积扇中部, 表层为人工堆积层, 其下为第四纪沉积层, 第四纪地层的厚度约在220~280 m。

根据钻孔资料及土工试验资料, 拟建场地地层分为人工填土层及一般第四纪沉积层, 划分为7个大层, 地层描述如下:

①粘质粉土填土, 黄褐, 稍密, 较湿, 较塑~较软, 主要由粉质粘土组成, 含树根系等有机杂质, 含

少量砖块、灰渣等建筑垃圾, 厚度0.77~0.8 m;

②粘土, 褐黄, 中密, 饱和, 可塑, 中等强度, 含氧化铁, 夹有粉质粘土, 含硬石, 厚度1.3~1.8 m;

③砂质粉土, 褐黄, 中密, 饱和, 可塑, 中等强度, 含氧化铁、云母片、石英, 夹粘质粉土薄层, 厚度1.1~1.8 m;

③<sub>1</sub>粉质粘土, 褐黄, 中密, 饱和, 可塑, 中等强度, 含氧化铁, 厚度0.7~0.8 m;

④砂质粉土, 黄灰, 中密, 饱和, 硬塑, 较硬, 含有云母碎片、石英, 夹粘质粉土薄层, 厚度0.7~1.4 m;

④<sub>1</sub>粘土, 灰色, 中密, 饱和, 可塑, 中等强度, 含有机质, 厚度0.4~0.8 m;

⑤粘土, 灰色, 中密, 饱和, 可塑, 中等强度, 含有机质, 夹粉质粘土、重粉质粘土薄层, 厚度2.2~2.3 m;

⑤<sub>1</sub>砂质粉土, 灰色, 中密, 饱和, 硬塑, 较硬, 含

收稿日期: 2008-07-21

作者简介: 何世鸣(1965-), 男(汉族), 河北涉县人, 北京建材地质工程公司副总工程师、教授级高级工程师、一级注册建造师, 探矿工程专业, 从事岩土工程设计施工技术质量管理及新技术开发研究工作, 北京市朝阳区望京西路50号-1卷石天地大厦4层, he.shi.ming@263.net; 赵振国(1982-), 男(汉族), 河北磁县人, 中国地质大学(北京)工程技术学院硕士在读, 地质工程专业, 从事地质工程研究工作, 北京市海淀区学院路29号。

云母片、石英、有机质,厚度0.3~3.2 m;

⑥砂质粉土,灰色,中密,饱和,硬塑,较硬,含云母片、石英,夹粘质粉土薄层,厚度1.5~2.0 m;

⑥<sub>1</sub>粉质粘土,灰色,中密,饱和,可塑,中等强度,含有机质,厚度0.5~1.8 m;

⑦细砂,灰色,中密,饱和,较硬,含云母碎片、石英,厚度1.5~2.0 m。

## 2.2 地下水条件

### 2.2.1 地下水类型

据勘察揭露,场地内地下水有2层,主要为第四系地层中的孔隙水、潜水,稳定水位为0.8~3.0 m,主要受大气降水和地下径流补给,水位应季节性而变化。上层滞水赋存于④砂质粉土层中,台地潜水赋存于⑤<sub>1</sub>、⑥砂质粉土层中。

### 2.2.2 历史水位

根据拟建场区附近已有的资料,拟建场区历年最高水位标高接近自然地面,近3~5年最高水位为地下2.0 m。

### 2.2.3 腐蚀性评价

根据水质分析结果,场地地下水对混凝土无腐蚀性;但在干湿交替条件下,对钢筋混凝土结构中的钢筋有弱腐蚀性。

## 3 基坑支护止水方案

### 3.1 支护止水方案选择

(1)目前常用的支护形式主要有以下几种:护坡桩与锚杆支护、悬臂桩支护、上部土钉墙(挡土墙)下部桩锚支护、土钉墙支护、微型桩复合土钉墙支护和地下连续墙支护等。

(2)目前比较成熟的基坑止水形式主要有以下几种:工程降水、地下连续墙、止水帷幕。根据北京建设委员会及水务局发布的文件,北京地区自2008年3月1日起限制工程降水。

(3)根据以上几种支护形式和止水形式的适用范围、安全性及经济性特点,结合基坑各部位的开挖深度,尤其是场区内水文地质条件,从表1的地层条件中我们可以注意到粘土⑤层的内摩擦角只有7.33°,平均厚度超过6 m,在这样一个软弱的土层下面富含台地潜水,临近支护工程也表明极易坍塌。这种条件对基坑的支护提出了更高的要求。这就要求方案的选择不仅要满足土压力的要求,而且必须有良好的止水效果。护坡桩与锚杆支护虽然满足土压力的要求,但显然止水效果不佳;复合土钉墙没有止水的作用,基坑安全得不到保证;地下连续墙虽然

能够满足挡土和止水的要求,但成本过高。因此,经过综合比较,结合该工程的地质条件,周边环境及工期要求最终采用搅拌桩中插钢管与复合土钉结合的方案,具体方案如下:

表1 地层参数表

层序	地层名称	层厚 /m	重度 /( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c$ /kPa	内摩擦角 $\varphi$ /(°)
①	粘质粉土	0.8	17.8		
②	粘土	1.3	19.0	24.4	23.44
③	砂质粉土	1.8	19.6	8.67	33.15
③ <sub>1</sub>	粉质粘土	0.7	19.4	5	12
④	砂质粉土	1.4	20.0	8	34.15
④ <sub>1</sub>	粘土	0.8	18.3	10	12.8
⑤	粘土	2.2	18.9	23.33	7.33
⑤ <sub>1</sub>	砂质粉土	0.7	19.6	7	34

在地表往下4.5 m段采用坡比为1:0.8的大放坡,4.5 m以深部分采用搅拌桩内插钢管桩形成支护帷幕,再加复合土钉墙联合支护方案;

对基坑内错台处采用坡比为1:1的大放坡,坡面挂网喷射混凝土。

## 3.2 支护止水方案设计

### 3.2.1 搅拌桩内插钢管桩设计参数

在基坑外侧先做一排水泥土搅拌桩,在搅拌桩中插入钢管桩,再做预应力复合土钉墙。搅拌桩桩径600 mm,桩距0.45 m,桩顶位于地表下4.5 m,桩长分别为9 m(1-1剖面)和7.5 m(2-2剖面),钢管的直径为75 mm。水泥掺入量为15%,水灰比为0.45,搅拌提升速度为1.0 m/min。

### 3.2.2 长螺旋搅拌水泥土桩施工主要设备参数

启动柜:额定电压380 V,额定电流100 A;

注浆泵:BWT-50型,排出管直径19 mm,排出流量70~32 L/min,柱塞直径36 mm,额定功率90 kW,工作压力2 MPa。

钻机(长螺旋钻机改进):KLB625型,钻孔直径400~600 mm,钻孔深度23 m,钻杆转速21 r/min;输出扭矩48 kN·m,工作面最大坡度2°。

振动锤:TDZ-10A型,功率15 kW,用于振插钢管;

吊车:20 t,用于吊钢管及振插装置。

### 3.2.3 复合土钉墙设计参数

基坑上部4.5 m坡比为1:0.8的大放坡,在4.5 m处预留一个2.0 m宽的平台,从4.5 m至10.5(1-1剖面)、9.0 m(3-3剖面)设置3~4层土钉。土钉间距为1.4 m(1.3 m)×1.5 m,呈梅花形布置。土钉倾角为100°,钻孔直径110~150 mm。

主筋拉杆为1 $\phi$ 20、2束7 $\phi$ 5,西侧外配1 $\phi$ 14加强筋与所有主筋端头相连。墙面挂 $\phi$ 6.5@200 $\times$ 200的钢筋网片,并喷射80 mm厚的混凝土面层,喷射混凝土的强度为C20。设置1排2束7 $\phi$ 5钢绞线的预应力锚杆,并分别施加100 kN拉力锁定在20槽钢腰梁上。

#### 4 施工工艺

该工程工期要求紧,日工作量相对大,所以采用了“长螺旋搅拌水泥土桩及其施工方法”及“劲芯水泥土组合桩及输送装置”(200420116299.9)专利技术,用改进的长螺旋钻机搅拌成桩后利用吊车起吊设备和导向装置将钢管插入。搅拌成桩后采用吊车吊装一台15 kW的偏心振动锤,将钢管垂直打入桩体中,在桩头部设置导正器来保证钢管垂直正中地进入桩体中。搅拌桩养护7天后可进行下一步的土方开挖和土钉作业。

该工程一共设计搅拌桩352根,总延米2756 m,共插入钢管桩352根,计2756 m。搅拌桩桩径600 mm,间距450 mm,桩长9.0、7.5 m两部分。水泥采用P.O32.5普通硅酸盐水泥,掺量15%,水灰比0.45,掺入水泥用量5%的早强剂。本工程自2008年4月20日起,到2008年5月22日完成,工期33天。

##### 4.1 施工工艺流程(如图1所示)

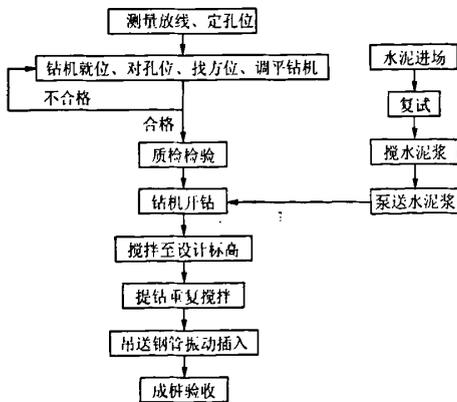


图1 施工工艺流程图

##### 4.2 施工过程中应注意的事项

(1)严格按设计确定的参数控制喷浆量和搅拌提升速度。为保证施工质量、提高效率及减少水泥浪费,应尽量连续工作。输浆阶段必须保证足够的输浆压力,连续供浆。一旦因事故停浆,为防止断桩和缺浆,应将搅拌头下沉到停浆点的0.5 m以下,待

恢复供浆后再喷浆搅拌;如停工40 min以上,必须立即进行全面的清洗,防止水泥在设备和管道中结块,影响施工进度。

(2)严格控制搅拌时的下沉速度和提升速度,提升或下沉速度 $>$ 1.0 m/min,以保证加固范围内每一深度均得到充分搅拌。

(3)严格按照设计的水灰比配置浆液喷浆,定期检查搅拌叶片的直径大小,如因磨损使叶片直径小于设计值时,应及时更换叶片。

(4)在钢管的插入过程中,要求保持起吊适当,钢丝绳以能使装置保持正直而不紧绷为宜,为使钢管保持竖直,钢管外加绳索进行人工调整。

#### 5 施工检测

基坑的安全与稳定直接关系到工程本身的安全。根据基坑支护有关规范要求,基坑支护和主体结构施工阶段必须对基坑支护系统进行监测。在施工过程中加强监测,及时掌握支护系统动态变化,应用检测所得的信息指导施工,是施工过程科学化、信息化,确保支护系统和周围环境安全的重要措施。

在该工程的基础施工过程中,通过现场检测,其中基坑边的最大水平位移为10 mm,平均不超过8 mm;最大沉降量为8 mm,平均不超过5 mm;而且槽底干燥无水。表明基坑是稳定安全的,该方案在此工程中的应用是成功的。施工效果见图2所示。

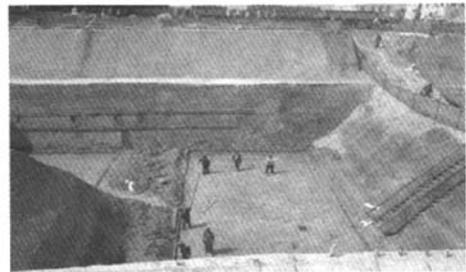


图2 施工效果图

#### 6 结语

由检测结果看,并经实践证明:该技术不仅能满足支挡要求而且还兼具挡水的功效,节约了投资,效率高,是一种实用的新技术,在北京地区土层中其优势明显。

#### 参考文献:

- [1] 何世鸣,陈正国,田震远,等.劲芯水泥土组合桩及输送装置:中国,200420116299.9[P].2006-05-03.