

# 节能型变频器在长螺旋旋喷搅拌桩止水帷幕中的应用

何世鸣<sup>1</sup>, 赵晓东<sup>2</sup>, 李德江<sup>1</sup>, 贾城<sup>1</sup>, 杨敏<sup>1</sup>, 程金霞<sup>1</sup>, 黄鑫峰<sup>1</sup>

(1. 北京建材地质工程公司, 北京 100102; 2. 北京工业大学, 北京 100124)

**摘要:**长螺旋旋喷搅拌桩技术是一种新型的止水帷幕技术, 采用改装的长螺旋钻机在机械搅拌土体的同时进行高压喷射水泥浆形成桩体。由于长螺旋钻机钻杆转速较慢, 但提升速度较快, 使高压水泥浆不能充分切割土体, 使桩体均匀性差, 强度低, 止水效果不好, 而在长螺旋钻机中使用变频器后可人为改变钻杆升降速度, 使旋喷搅拌更充分, 桩体更完整, 止水效果更好。同时也省去了繁琐的动滑轮系统, 使得装置更简便。发电机功率变小, 钻机电流变小, 达到了节能的目的。

**关键词:**长螺旋旋喷搅拌桩; 变频器; 止水帷幕; 升降速度

**中图分类号:** TU472.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)10-0085-04

**Application of Energy-saving Converter for Waterproof Curtain of Long Spiral Rotary Jetting and Mixing Pile/HE Shi-ming<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-dong<sup>2</sup>, LI De-jiang<sup>1</sup>, JIA Cheng<sup>1</sup>, YANG Min<sup>1</sup>, CHENG Jin-xia<sup>1</sup>, HUANG Xin-feng<sup>1</sup> (1. Beijing Building Material Geotechnical Engineering Company, Beijing 100102, China; 2. Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)**

**Abstract:** The long spiral rotary jetting and mixing is a new technology, by which the pile is constructed with mechanical mixing soil under high-pressure jetting by the modified long-spiral drill. The rotary speed of the long-spiral drilling is slow, but the lifting speed is quick. The soil can't be cut fully by the high-pressure cement, which causes the low pile body uniformity, low strength and poor water-stop effect. While the converter is used in the long-spiral drilling, the lifting and falling speed can be adjusted in need of construction for fully mixing, better pile body condition and better water-stop effect. At the same time, the movable block is saved; the appliance becomes more simple and convenient with smaller generator power and drilling current for energy saving.

**Key words:** long spiral rotary jetting and mixing pile; converter; waterproof curtain; lifting and falling speed

## 0 引言

长螺旋旋喷搅拌桩<sup>[1]</sup>是采用在长螺旋钻机上加上无螺旋叶的搅拌杆, 钻头上带有搅拌叶, 搅拌叶两侧带有水平方向的高压喷头的改装方法, 在喷射高压水泥浆液的同时机械搅拌土与水泥浆形成具有整体性、水稳定性和具有一定强度的桩体。由于北京大部分地区地质情况较好, 土体强度高, 部分地区有砂层和卵石层, 因此传统止水帷幕的工艺方法很难确保质量, 甚至无法实施。长螺旋钻机已经在北京使用多年, 适应多种土层, 成孔效果较好。因此应用在止水帷幕中可以拓展止水帷幕在北京硬土地区的使用。然而长螺旋钻机主要是为土层钻孔而设计应用的, 因此在应用到止水帷幕中会存在机具转速慢, 提升速度快的问题。这两个问题会影响旋喷搅拌成桩质量, 提速过快会产生锯齿形桩, 如图 1 所示。同时自该技术应用到止水帷幕中以来, 一直是

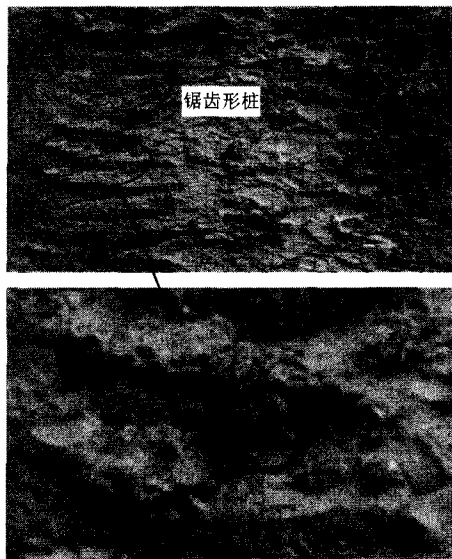


图 1 提速过快产生帷幕桩的缺陷

收稿日期: 2010-09-10

**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、注册岩土工程师, 北京市建委岩土工程技术专业专家, 兼中国地质大学研究生导师、长春工程学院及北京工业大学客座教授、昆明理工大学兼职教授, 探矿工程专业, 硕士, 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甲 50-1 号卷石天地大厦 A 座 4 层, he.shi.ming@263.net.

采用16个动滑轮组成的减速系统,使得长螺旋钻机提升速度由原3.6 m减为1.2 m,冬季施工时工人在机上安设滑轮系统时,每一小时就需换岗一次,尤其刮风寒冷时更甚。所以对其进行改革成为必须。

为解决此问题我们引入变频器应用在长螺旋钻喷搅拌钻机上,以改善成桩质量,减轻工人劳动强度,改善工作条件,同时使装置简便,便于组装,便于维修。同时达到节能目的。

## 1 变频器工作原理

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置。英文译名是VFD(Variable-frequency Drive),变频器的主电路

大体上可分为两类:电压型和电流型。电压型是将电压源的直流变换为交流的变频器,直流回路的滤波是电容;电流型是将电流源的直流变换为交流的变频器,其直流回路滤波是电感。

变频器的发展已有数十年的历史,在变频器的发展过程中也曾出现过多种类型的变频器,目前成为市场主流的变频器基本上有着图2和图3所示的基本结构。

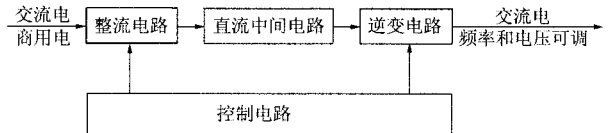


图2 变频器的基本构成

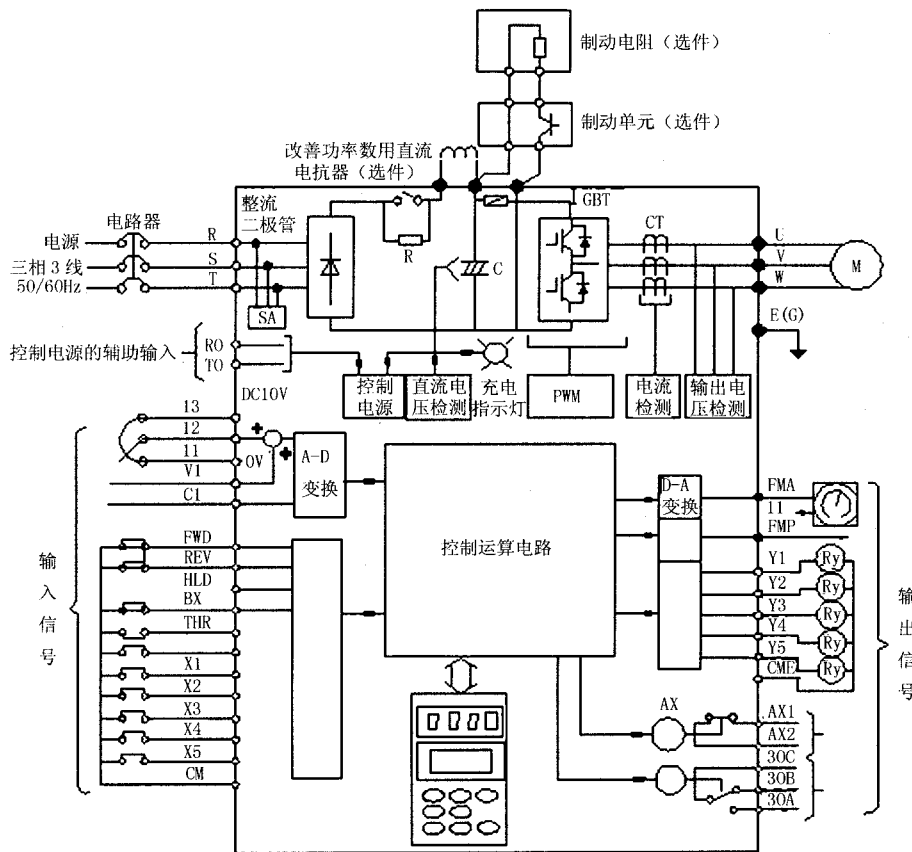


图3 变频器的电路构成

## 2 变频器的选择与安装接线

### 2.1 变频器的选择

首先依据荷载类型、电机的级数及功率大小,选择适配该电机的变频器规格和型号。最后选择了对应30 kW电机的NVF1-30/TS4变频器。

### 2.2 变频器的安装

由于变频器属于精密的电力电子产品,其现场

安装的好坏,环境的优劣直接影响变频器的正常工作和使用寿命。因此应注意以下事项。

#### (1) 变频器的环境条件

①温度:运行环境温度在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 需降温使用。

②湿度:空气的相对湿度 $\leq 95\%$ ,无结露。

③海拔高度:变频器安装在海拔高度1000 m以下可以输出额定功率,海拔高度超过1000 m,变频

器需降额使用。

④冲击和振动:不允许把变频器安装在有可能经常受到振动的地方。

⑤电磁辐射:不允许把变频器安装在接近电磁辐射源的地方。

⑥水及水汽防护:不允许把变频器安装在有可能出现淋水或结露的地方。

⑦大气污染:不允许把变频器安装在大气污染的地方,例如存在粉尘、腐蚀性气体等环境中。

(2)变频器使用了塑料零件,拆装盖板时不应用力过大,应小心安装。由于安装在长螺旋钻机上,应注意高空坠物对变频器的损害。

(3)将变频器尽可能安装在清洁的场所,或可阻挡任何悬浮物质的封闭型平板内。

(4)变频器要用螺丝垂直且牢固地安装在安装板或墙壁上。

(5)变频器安装在不可燃表面上,同时,为了使热量易于散发,应在其周围留有足够的空间。

### 2.3 变频器的接线

(1)安装布线时应将电源线和控制电缆尽量分开,例如使用独立的线槽等。如控制电路连线必须和电源电缆交叉,应垂直交叉布线。

(2)使用屏蔽导线或双绞线连接控制电路,要确保未屏蔽处尽可能短,条件允许时应采用电缆套管。

(3)检测仪表及传感器连接线应使用绞合的屏蔽线,并且用电缆金属夹钳接地。

(4)变频器和电机等的接地线接到同一点上。

(5)变频器连接到提升钻杆的卷扬机上,外接电源,接线方法可参考图3。通过控制提速和固定转度来增加搅喷时间。

### 2.4 变频器与长螺旋钻机的连接

通过控制长螺旋钻机上盘卷钢丝绳的卷扬机转速,来控制钻头的提升速度。三项电源输入到变频器后,变频器根据提前输入的信号,自动运算,变频。改变频率后的三项电源,作为卷扬机的电源,改变频率后卷扬机的转速改变,使钻头的提升速度改变。其连接方式如图4。



图4 变频器在长螺旋钻机上的连接

20层、钢筋混凝土框架-剪力墙结构,裙房部分地上2层,裙房及地下部分为钢筋混凝土框架结构;主楼、裙房及地下车库均为地下4层,筏板基础,基础埋深为19.11 m。特别注意的是:基坑东侧北部5 m远处为6层办公楼,1层地下室,天然地基;基坑东侧中部5 m远处为16层住宅楼,1层地下室,基础埋深约5 m,采用预制桩基础,桩长10 m;基坑东侧南部7 m处为3层办公楼,无地下室,天然地基。

拟建建筑基坑开挖时为保证已有建筑的安全,采用了桩锚局部内支撑支护结构。在护坡桩之间采用了长螺旋旋喷搅拌水泥土帷幕桩进行止水。

### 3.2 工程地质情况

拟建场地标高为44.54~45.26 m,地面下勘察深度范围内的土层划分为人工堆积层、第四系沉积层,按地层岩性及其物理力学指标进一步划分为8个大层,各土层自上而下的分布简述如下。

①层杂填土:杂色,稍密,湿,含大量碎砖块、植物根茎、煤屑、灰渣等,部分地段为素填土。

②层粘质粉土:褐黄~褐灰色,稍湿~饱和,中下密,含氧化铁、云母等。夹②<sub>1</sub>层砂质粉土透镜体:褐黄色,稍湿,中下密,含氧化铁;②<sub>2</sub>层粉质粘土透镜体:褐黄色,可塑,含氧化铁;②<sub>3</sub>层粘土透镜体:褐黄色,可塑,含氧化铁、氧化锰。

③层粉质粘土:褐黄~褐灰色,可塑,含氧化铁、氧化锰。夹③<sub>1</sub>层粘质粉土:褐黄~褐灰色,饱和,中下密,含氧化铁、云母。

④层粘质粉土:褐黄色,中密,饱和,含氧化铁、云母、铁锰质结核等。夹④<sub>1</sub>层细砂:褐黄色,中上密,饱和,主要矿物成分为石英、长石、云母;④<sub>2</sub>层粉质粘土:褐黄色,可塑,含氧化铁。

⑤层中细砂:褐黄色,饱和,中上密~密实,主要矿物成分为石英、长石、云母,含5%左右的圆砾。

⑥层粉质粘土:褐黄色,硬塑,含氧化铁、云母及

## 3 工程实例

### 3.1 工程概况

拟建中国建筑科学研究院科研试验大楼位于北京市朝阳区北三环东路30号中国建筑科学研究院内。拟建建筑物由2栋科研主楼、裙房、地下车库组成,形成大底盘多塔楼联体结构;科研主楼部分地上

姜石等。夹⑥<sub>1</sub>层粘质粉土:褐黄色,饱和,中上密,含氧化铁、云母;⑥<sub>2</sub>层粘土:褐黄色,硬塑,含氧化铁、云母。

⑦层卵石:杂色,饱和,密实,卵石含量约为70%,卵石母岩成分主要为灰岩、石英岩、花岗岩等,中细砂、粉质粘土为主要充填物,卵石最大粒径12 cm左右,一般粒径4~6 cm,亚圆形,偶含漂石。夹⑦<sub>1</sub>层中细砂透镜体:褐黄色,饱和,密实,主要矿物成分为石英、长石、云母;⑦<sub>2</sub>层圆砾透镜体:杂色,饱和,中密,母岩成分主要为灰岩、石英岩、花岗岩等,中细砂为主要充填物,最大粒径4 cm左右,一般粒径1~2 cm,亚圆形。

⑧层卵石:杂色,饱和,密实,卵石含量约为80%,卵石母岩成分主要为灰岩、石英岩、花岗岩等,中砂为主要充填物,卵石最大粒径18 cm左右,一般粒径6~8 cm,亚圆形,偶含漂石。夹⑧<sub>1</sub>层粉质粘土透镜体:褐黄色,硬塑,含氧化铁;⑧<sub>2</sub>层圆砾透镜体:杂色,饱和,中密,母岩成分主要为灰岩、石英岩、花岗岩等,中细砂为主要充填物,最大粒径5 cm左右,一般粒径1~2 cm,亚圆形。

### 3.3 水文地质条件

拟建场地在勘察深度范围内分布有3层地下水:第一层为潜水,静止水位埋深4.1~6.4 m;第二层为层间潜水,水位埋深13.0~15.5 m;第三层为微承压水,水位埋深20.1~22.5 m。地下水对混凝土结构无腐蚀性,在干湿交替作用条件下对钢筋混凝土结构中的钢筋有弱腐蚀性。

### 3.4 长螺旋旋喷搅拌桩设计施工

本工程采用桩间高压旋喷搅拌水泥浆(简称喷搅桩)形成全封闭止水帷幕,可靠的切断坑内外水力联系,并在基坑的工作面内设明沟抽排残留水的方式控制地下水。帷幕桩设计为旋喷搅拌桩,桩长20.0 m(从地表下4.0 m计算),在现有的每两根护坡桩中间布置一根喷搅桩。桩位布置如图5。变频器采用多段速运行设定,在含水层采用0.5 m/min的提速,含水层以外采用1 m/min的提速。这样可以增加含水层处帷幕桩的桩径,提高止水的可靠性,达到理想的止水效果。冬季施工,同一个基坑,两种不同的变速装置,1号钻机采用变频器变速,2号桩机仍采用16个滑轮组成的滑轮变速体系,在更换变速系统时,1号机只需2 h,而2号机需要1天的时间!同时我们还发现,加装了变频器的钻机,原使用300 kW的发电机,现在只要250 kW即可;原来施工时钻机电流达到80 A,感觉很吃力,如再钻进就有

断钻危险,而现在电流只有50~60 A,感觉很轻快,节能。

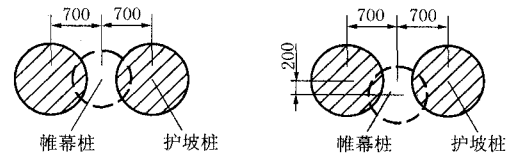


图5 布桩形式

### 3.5 工程效果

待挖至坑底时,工程帷幕封水效果良好。采用变频器后,钻杆提拔速度可随地质情况控制。工程改装比较容易,变频器安装快捷,对工期影响小,工人劳动强度也小了,尤其冬天更显优越了。工程效果图片如图6和图7。



图6 开挖后局部桩间情况



图7 开挖到底后情况

## 4 结论

长螺旋钻机通过添加变频器,使长螺旋钻机钻杆提升速度可以得以控制,使成桩质量得以进一步提高。从基坑开挖后的效果来看,帷幕止水效果较好,达到设计要求,没有出现明显的锯齿形桩。施工组装方便,省时省力。同时发电机功率小了,施工过程中电机电流小了,施工难度小了,节能了。因此变频器可在长螺旋旋喷搅拌钻机上广泛使用。

### 参考文献:

- [1] 何世鸣,李江,孙根岩,等.长螺旋旋喷搅拌水泥土帷幕桩及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):31-35.
- [2] 刘伟强.变频器基础与应用[M].北京:冶金工业出版社,1997.1-16.