

# 复杂地质条件钢管立柱灌注桩施工技术

刘波明<sup>1,2</sup>, 郭优腾<sup>1,2</sup>, 李春生<sup>1,2</sup>

(1. 江西省地质工程(集团)公司, 江西 南昌 330029; 2. 赣中南地质矿产勘查研究院, 江西 南昌 330029)

**摘要:** 钢管柱逆作法在超大超深基坑中的运用越来越广泛, 钻孔桩与钢管柱的有效结合, 大大缩短了工期并降低造价, 而施工中钢管柱的垂直度控制是钢管柱施工质量的重要指标之一。为使钢管柱的垂直度满足设计要求, 保证施工质量, 通过采用旋挖钻与冲击钻有机结合在复杂地质条件下的钢管立柱灌注桩施工的工程实例, 归纳、总结并提出该技术在钢管立柱灌注桩施工的工艺方法和控制措施等。

**关键词:** 钢管立柱桩; 逆作法; 灌注桩; 钢护筒; 垂直度; 旋挖钻; 冲击钻

**中图分类号:** TU473 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)08-0077-04

**Construction Technology of Steel Pipe Column Grouting Pile in Complex Geological Conditions/LIU Bo-ming<sup>1,2</sup>, GUO You-teng<sup>1,2</sup>, LI Chun-sheng<sup>1,2</sup>** (1. Jiangxi Geo-engineering (Group) Corporation, Nanchang Jiangxi 330029, China; 2. Ganzhongnan Institute of Geology and Mineral Exploration, Nanchang Jiangxi 330029, China)

**Abstract:** Steel pipe column reverse construction method is more and more widely applied in ultra large and ultra deep foundation pit, by the effective combination of bored pile and steel pipe column, the construction period and cost are greatly shortened. The verticality control is one of the important indicators of the construction quality of the steel pipe column. In order to meet the design requirements on the verticality of steel pipe column and ensure the construction quality, with the engineering case of steel pipe column grouting pile construction by the combination of auger drill and percussion drill in complex geological conditions, the paper summarizes and puts forward the technological process and control measures for reverse construction technology in steel pipe column grouting pile construction.

**Key words:** steel pipe column pile; reverse construction method; bored grouting pile; steel casing; verticality; auger drill; percussion drill

## 0 引言

随着社会的进步,经济的发展,高层建筑、港口码头、桥梁基础工程日益增多,地下工程愈来愈多,开发和利用地下空间的要求日显重要。为减少施工对环境的影响,节约材料,降低施工成本,在开发利用地下空间时采用围护—永久结构一体设计,钢管柱逆作法在超大超深基坑中的运用越来越广泛,钻孔桩与钢管柱的有效结合,大大缩短了工期并降低造价。本文结合昆明置地广场工程项目的钢管立柱灌注桩施工实例,详细介绍了该工程在有杂填土、素填土、淤泥或溶洞等复杂地质条件下的钢管立柱灌注桩施工中,采用较长钢护筒作为护壁结构,旋挖钻和冲击钻结合成孔工艺手段,克服了复杂地质条件对施工质量的不利影响,优质高效地完成了施工任务。

## 1 工程概况

### 1.1 工程项目情况

昆明置地广场工程建筑占地面积为 19667 m<sup>2</sup>, 地面以上建筑主要为城市综合体一幢高 275.5 m (53 层)、高层住宅一幢 150.7 m (49 层)、裙楼 24.6 m (5 层), 基坑开挖深 17 m。基础采用钻孔灌注桩, 抗压桩桩数 134 根, 桩径 0.8~1.4 m, 桩长 30~50 m, 入岩深度平均约 4 m。地下室立柱直径 0.5~0.6 m, 与桩基同导管一次性灌注。

### 1.2 工程地质条件

拟建场地地质条件复杂, 地表层主要为人工填土层, 由杂填土、素填土组成; 上部为第四系的冲、洪积、坡、洪积地层, 以圆砾、粘性土为主, 表层分布少量淤泥, 中部以河、湖(沼)沉积地层粉土、粘性土、有机质粘土等为主, 下部为残积红粘土层; 下伏基岩为石炭系灰岩。溶洞分布于破碎灰岩层中, 洞内由大量粘性土、粉土等填充, 充填物状态为湿, 可塑状态, 高压缩性, 钻孔揭露溶洞垂直高度为 1.7~10.5 m, 分布于场地东北角, 溶洞顶、底板岩体较为破碎。

收稿日期: 2016-03-02; 修回日期: 2016-06-02

作者简介: 刘波明, 男, 汉族, 1976年生, 高级工程师, 从事地基基础、基坑围护、房屋建筑、路桥工程等技术管理工作, 江西省南昌市解放西路 658 号, 605853989@qq.com。

### 1.3 设计要求

抗压桩要求桩端进入持力层较完整中风化灰岩不小于0.5倍桩径,平均入岩深度约4 m,桩(柱)身倾斜率 $\geq 1/400$ ;孔底沉渣厚度 $< 5$  cm。桩身混凝土强度C40,立柱混凝土强度C60。

## 2 工程技术难题

### 2.1 地质条件复杂

本工程成孔设计较深,应穿过人工填土层;第四系的冲、洪积,坡、洪积地层的圆砾、粘性土;破碎灰岩层和溶洞,进入中等风化灰岩(较完整)层。中风化灰岩,巨厚—厚层状结构,岩心多为短柱状、长柱状,但不连续,局部有少量溶隙、溶孔和溶槽,并充填方解石、石英等岩脉,岩心采取率为40%~70%,RQD值35%~75%。局部地段20~25 m深度范围(个别30 m深)裂隙、岩溶作用相对发育,并由于机械破碎等原因,导致RQD值相对较低,为0~10%,钻进困难。岩石坚硬程度分类属坚硬岩,岩体相对较为完整,单轴饱和抗压强度平均值为93.1 MPa,岩石软化系数均 $> 0.75$ ,局部地层坡大较陡易使旋挖、冲击倾斜跑位,最终造成钻孔偏位、倾斜等质量问题。

### 2.2 嵌岩深

抗压桩均要求进入较完整中等风化灰岩层,最大单桩极限承载力4200 kN。工程桩入岩较深,平均深度约4 m,最深达10 m,岩石单轴抗压强度高达80~140 MPa,成孔困难。

### 2.3 成孔质量要求高

钻机成孔质量是保证钢管柱灌注桩的关键所在,钢管柱灌注桩是地下建筑的永久结构支撑,钢管柱灌注桩垂直度要求高,倾斜率 $\geq 1/400$ ,成孔时沉渣厚度 $< 5$  cm。

## 3 施工工艺制定及设备选择

### 3.1 钢管立柱桩施工工艺

混凝土地坪浇筑→钢筋笼、钢管柱制作、检测、验收→泥浆池及循环系统设置→测量定桩位(硬地坪上放出桩位纵横轴线)→埋设护口管→钻机定位校正→钻机成上部桩孔→吊车安放钢护筒→钢护筒调整校正后压入土体(超声波检查)→钻孔到设计标高→清孔→桩孔深度、孔径、垂直度、桩底沉渣的检测验收→吊车安放钢筋笼→下放钢筋笼至孔口

(钢筋笼在孔口固定)→吊放钢管柱(下口与钢筋笼连接)→下放钢筋笼及钢管柱到设计标高固定→下导管→第二次清孔(桩底沉渣的检测验收)→水下灌注C40混凝土到桩顶标高后提拔灌注导管至钢管柱底部标高下约2 m(混凝土试块取样)→更换C60混凝土浇筑到钢管柱设计标高并返出钢管柱内C40混凝土(混凝土试块取样、钢管周边同时回填碎石反压)→回收钢护筒。

### 3.2 成孔设备的选择

根据各地层情况及成孔工艺的需要,决定了设备的选择。本工程根据工程实际情况,决定采用旋挖钻机与冲击钻机组合成孔,以便提高成孔的钻进进度及成孔质量。

## 4 解决技术难题的施工措施

### 4.1 成孔孔壁稳定技术措施

清理场地,放样测量钢管立柱桩的桩位,采用现浇孔口护壁混凝土,同时对桩位平面进行混凝土硬化,护筒直径比钢护筒直径大20~30 cm,孔口护壁混凝土深2.5 m,埋设护筒时必须保证护筒的垂直度。浇混凝土护壁埋设达到强度要求,旋挖机就位钻进。根据本工程的地质条件,泥浆以自然造浆和人工造浆相结合的方式,泥浆性能技术指标如表1。

表1 孔口泥浆性能技术指标

泥浆位置	密度/( $g \cdot cm^{-3}$ )	粘度/s
注入孔口泥浆	1.15~1.25	20~24
排出孔口泥浆	1.25~1.30	20~26

当钻孔遇到溶洞时,采用下放钢护筒穿过溶洞层,以保证钻孔时泥浆不流失,同时该钢护筒在下放钢管柱时又可以起到导向限位作用。

### 4.2 钻进技术措施

根据拟建场地地质条件,上部人工填土和第四系地层软弱松散,采用旋挖钻机进行钻进。下部基岩为石炭系强度较高灰岩,采用冲击钻成孔工艺。

在成孔过程中认真观察钻机的进尺情况,避免钻机在钻进时出现倾斜。如遇岩石,旋挖钻机无法成孔,或发现岩石不完整,一半是土,一半是岩石时,改用冲击钻机进行成孔作业。在钻进过程严格控制冲程,缓慢钻进,确保钻孔的垂直度。

### 4.3 钢管立柱灌注桩垂直度控制措施

#### 4.3.1 第一次钻进施工

现浇混凝土护壁达到强度要求后,旋挖钻机就位,再次精确校准钻机与桩位的中心,两者中心必须在垂直线上。旋挖钻机进行钻进,成孔过程中现场技术人员每进尺 5 m 检查钢丝绳位置是否偏移以及钻机是否水平,以保证桩的水平位置及垂直度,每根桩成孔后及时用超声波检测仪(有资质的专业检测单位与专业人员)对桩孔垂直度进行检测(桩孔垂直度做到一桩一测)。当钻进到桩顶标高约 3.0 m 时停钻,即第一次钻孔完成,见图 1。



图 1 旋挖钻机第一次钻孔完成

#### 4.3.2 “井”字校正支架定位固定及下放钢护筒

第一次钻孔完成后在孔口平面上安放“井”字校正支架,并将其定位固定牢固。用 50 t 吊机将钢护筒吊起,沿导向架缓慢下放(见图 2)。在下放过程中用全站仪进行监控,确保钢护筒在下放过程中处于垂直状态,保证钢护筒中心与桩中心重合。当钢护筒放到孔底后,保持吊立状态,且钢护筒高出地面 1 m,在钢护筒外侧采用粗砂回填与桩孔之间的间隙。松开吊车吊钩,移开吊车,采用旋挖钻机将钢护筒强行压入土内,保留钢护筒上口高出地面 0.1 ~ 0.2

m,并采用超声波对钢护筒垂直度进行检查(图 3),同时根据检查结果计算出钢护筒 4 个方位的偏差值。



图 2 钢护筒下放



图 3 钢护筒垂直度检测

#### 4.3.3 钢管柱限位支撑

钢护筒垂直度进行检测合格后,旋挖钻机更换与桩径相同的钻头,继续二次钻进至桩底。

根据钢护筒检查及实际测量的结果分别计算出 -2.3、-10.3 m 处钢护筒实际中心与钢管柱设计中心坐标的偏差值,从而可以计算出 4 个方位的偏差值,为加工支撑肋板提供准确的数据(见图 4)。

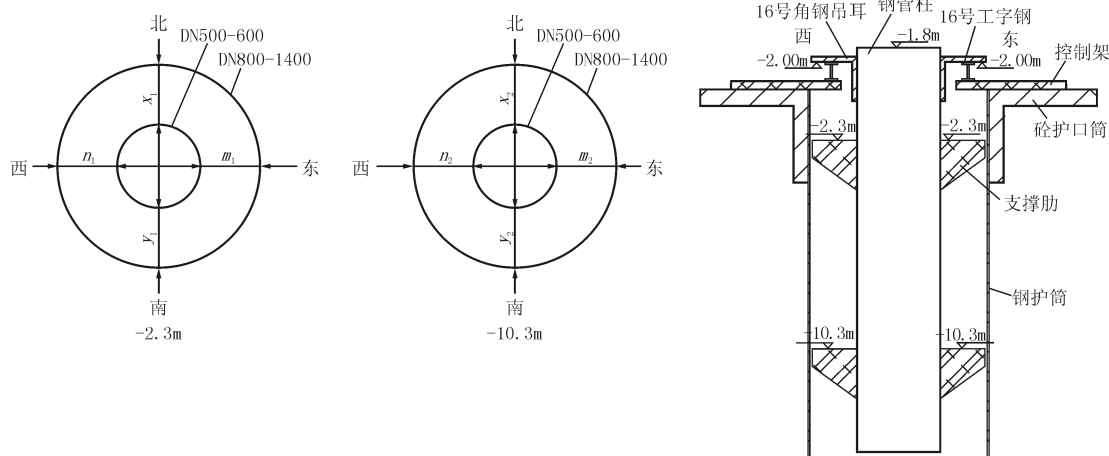


图 4 钢管立柱限位示意图

#### 4.3.4 钢筋笼及钢管柱下放

成孔完成后,对成孔的质量进行验收,符合要求后再进行清孔下放钢筋笼、吊放钢管柱,钢筋笼下放到孔口时临时固定,待钢管柱下口与钢筋笼连接好后再同时下放。下放时,钢管柱与钢护筒的4个方位必须对应(图5),下放时应按要求用水准仪调整其水平标高,直至符合设计要求,最后在孔口焊接角钢将其固定在“井”字控制架上,采用超声波检测仪检查钢管柱的垂直度。



图5 钢管立柱下放

#### 4.3.5 混凝土灌注

钢管柱的垂直度经检查合格后,及时下导管进行二次清孔。严格控制泥浆的含砂率,清孔停止后立即进行混凝土灌注,确保沉渣厚度 $<5\text{ cm}$ 。导管采用 $\text{Ø}258\text{ mm}$ 或 $\text{Ø}300\text{ mm}$ 钢管快速接头灌注导管,每节 $2\sim 3\text{ m}$ ,配 $1\sim 2$ 节 $1\sim 1.5\text{ m}$ 的短管,钢导管内壁光滑、圆顺,内径一致,接口严密。导管使用前应全部预拼装、编号并进行水密承压和接头抗拉试验。进行水密试验的水压不小于孔内水深 $1.5$ 倍的压力,也不应小于导管壁和焊缝可能承受灌注砼时最大内压力 $p$ 的 $1.3$ 倍。

水下灌注桩先采用C40混凝土到桩顶标高后提拔灌注导管使管底至钢管柱底部标高以下约 $2\text{ m}$ ,再更换C60混凝土浇筑到钢管柱设计标高并返出钢管柱内C40混凝土,从而保证钢管柱混凝土质量,同时在灌注钢管柱内混凝土时在钢管柱周边回

填碎石反压。待混凝土灌注完成 $24\text{ h}$ 且终凝后,采用振动锤拔出,回收钢护筒。

## 5 结语

(1)根据不同地质条件采用不同的钻孔施工工艺,同时严格控制钻孔时的泥浆技术指标,当遇到溶洞等复杂地质条件时采用较长钢护筒作为护壁结构,保证钻孔的进度及成孔的质量。

(2)对于钢管立柱桩垂直度控制,在成孔过程的每个工序施工中都应采取相应措施严格控制,采取下 $12\text{ m}$ 钢护筒,用超声波检测仪测出钢护筒 $-2.3\text{ m}$ 和 $-10.3\text{ m}$ 两处四方与中心点的偏位,再采取在钢管柱对应位置加焊相应宽度的支撑肋,保证了钢管立柱桩的垂直度。

(3)采用CX-901E型测斜仪对钢管柱进行垂直度检查,其检测结果满足设计要求,目前对已开挖的钢管柱再次检测,各柱的垂直度及位置偏差均满足设计要求。

## 参考文献:

- [1] 曾维楚,钟明,徐勇,等. 钢管柱逆作法施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):56-59.
- [2] 周少斌,陈祥灏. 逆作法一柱一桩钢格构柱定位的施工技术[J]. 西部探矿工程,2007,19(10):217-218.
- [3] 廖秋林,江绍忠,许宁,等. 超深逆作钢管柱垂直度控制施工技术[J]. 工程质量,2010,28(1):22-25,29.
- [4] 严斌,陈建国,俞志标,等. 逆作法“一柱一桩”施工技术[J]. 浙江建筑,2009,26(12):43-45.
- [5] 黄运飞. 深基坑工程实用技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1996.
- [6] 叶江忠. 一桩一柱立柱桩垂直度控制技术[J]. 中国高新技术企业,2009,(18):159-160.
- [7] 卢永存. 建筑结构逆作区一柱一桩工程施工技术[J]. 建筑施工,2005,(10).
- [8] 康忠. 逆作法施工中一柱一桩的施工方法与技术保障措施[J]. 建筑施工,1993,(3).
- [9] 李涛. 逆作法地下结构一柱一桩支承系统施工质量控制技术[J]. 施工技术,2014,(13):1-18.