

# 滨海复杂地层超深旋挖钻孔灌注桩质量问题改进技术

李友东, 王国辉

(河北建设勘察研究院有限公司, 河北 石家庄 050031)

**摘要:** 钻孔上部存在较厚的淤泥质软弱地层, 旋挖钻孔灌注桩施工时应在孔口设置泥浆缓存池, 始终保持钻孔内的泥浆面高度。护壁泥浆的性能是保证钻孔质量的基础, 施工时必须加强对泥浆性能指标的监测, 必要时应采用泥浆净化装置对泥浆进行净化。选择合理的护筒埋设长度和钻进参数, 不仅可以保证施工质量, 还可大幅降低施工成本。

**关键词:** 旋挖钻孔; 灌注桩; 滨海地层; 泥浆缓存池; 钻孔质量; 孔形检测

**中图分类号:** TU473 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)11-0080-04

**Quality Improvement Technology for Ultra-deep Rotary Bored Grouting Pile in Complex Coastal Strata/LI You-dong, WANG Guo-hui** (Hebei Research Institute of Construction & Geotechnical Investigation Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050031, China)

**Abstract:** Because of the thick soft silt layer in upper part of the borehole, a mud pool should be set up at the mouth in the construction of rotary bored grouting pile to keep the mud surface height in the borehole. The mud performance is the foundation to ensure the drilling quality, the performance indicators monitoring should be strengthened in the construction, and mud purifying device may be used if necessary. Reasonable selection of steel protective pipe embedding length and drilling parameters can not only ensure the construction quality, but also can greatly reduce the construction cost.

**Key words:** rotary drilling; bored grouting pile; coastal strata; mud pool; drilling quality; borehole checking

## 0 引言

江苏滨海电厂规划建设2台1000 MW燃煤发电机组,厂址位于江苏省盐城市滨海滩涂,场地地势低洼,大部分为浅塘、沟河,场地标高一般为0.6~2.6 m。本工程基础采用旋挖钻孔灌注桩,设计桩径800 mm,有效桩长63 m,桩端进入持力层⑧粉细砂层 $\leq$ 1600 mm。钢筋主筋保护层厚度为70 mm,钢筋笼直径660 mm。工程施工开始后进行的测孔检查发现,钻孔上部明显扩径,而钻孔底部则明显缩径,说明现有的施工工艺不能可靠保证钻孔灌注桩的施工质量。经现场反复试验,通过增加孔口泥浆缓存池,调整泥浆性能参数,改进钻具和钻进工艺参数等措施,有效保证了施工质量。

## 1 工程地质条件

场区内地层主要为第四系地层的河流相及滨海河口相沉积物,划分为8个主要地层,自上而下分别如下。

①填土:灰色,主要为粉质粘土、粉土,软塑—可塑,层厚一般1.3 m左右。

②淤泥质粉质粘土夹粉土:灰黄、黄褐色,软塑—流塑,夹粉土、粉砂薄层,层理清晰,呈千层饼状,层厚约1.7~5.4 m。

③粉土:灰、褐灰色,中密—密实,偶夹薄层粘性土,饱和,层厚约11.3~14.4 m,层顶埋深5.1 m左右。

④粘土:灰黄、草黄色,软塑,下部软塑—可塑,局部为淤泥质粘土,层厚约1.5~5.1 m,层顶一般埋深17.4 m。

⑤粉土夹粉质粘土:灰、褐黄色,饱和,中密—密实,含贝壳、云母碎屑及钙质结核,夹粉质粘土薄层或透镜体,地层分布不均匀,层厚约5.6~11.6 m,层顶埋深一般20.3 m左右。

⑥粉砂:灰黄、草黄色,饱和,密实,局部为粉细砂,层厚约7.7~14.9 m,层顶埋深约28.4 m。

⑦粉质粘土夹粉砂:灰、深灰色,可塑为主,稍湿—很湿,局部夹薄层粉细砂、粉土,粉砂、粉土局部呈透镜体状分布,层厚约13.5~22.0 m,层顶埋深39.7 m左右。

⑧粉细砂:灰、暗绿色,饱和,密实,局部夹粉质粘土和粗砂砾,粘土夹层为硬塑状态,层厚约3.2~

收稿日期:2016-08-10

作者简介:李友东,男,汉族,1978年生,高级工程师,岩土工程专业,从事岩土工程设计与施工管理工作,河北省石家庄市建华南大街58号, hbjklyd@163.com。

8.8 m,层顶埋深一般超过58.9 m。

工程场地地下水主要为赋存于松散沉积物中的孔隙水,属于潜水型,常年地下水稳定水位埋深的变化幅度一般为0.5~2.0 m。

## 2 施工初期发现的钻孔质量问题

为顺利通过上部淤泥质土,施工初期采用旋挖钻机埋设长护筒,护筒长度6 m,护筒直径900 mm,钻头直径为780 mm。施工时按泥浆密度 $1.05 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$ ,粘度19 s左右,含砂率为5%左右性能指标参数组织施工。成孔施工时较为顺利,但成孔后孔径检测时发现,在孔深10~20 m之间扩孔严重,最大孔径1033~1555 mm,孔深50 m以深普遍存在较严重的缩径现象,最小孔径429~675 mm(见图1),进行扫孔后孔深50 m以深仍存在缩径现象(见图2)。

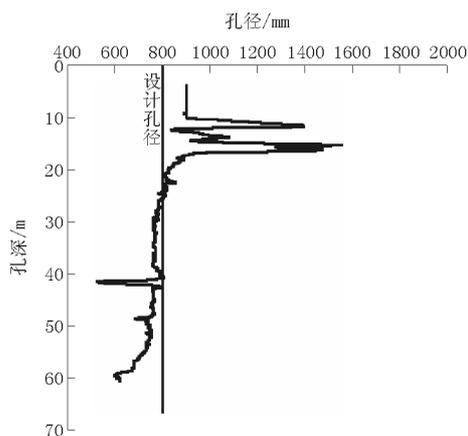


图1 YC69孔第一次测孔成果图

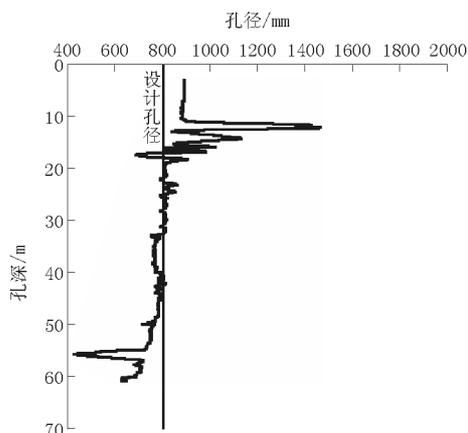


图2 YC69孔扫孔后二次测孔成果图

为改善钻孔下部缩径,将钻头直径先后增大至800、810、830 mm,增大至830 mm后,孔径检测反映

孔深50 m以深孔径能够满足要求,但孔深10~20 m处仍存在扩径现象,且因钻头直径增大,灌注混凝土的充盈系数也相应增大到1.3左右,施工成本大幅增加。

为改善钻孔上部的扩径问题,适当降低混凝土的充盈系数,将孔口护筒由6 m加长到10 m,钻头直径改为800 mm,泥浆密度控制在 $1.1 \sim 1.12 \text{ g/cm}^3$ ,泥浆粘度控制在22 s左右,成孔后进行了检测,发现钻孔30~60 m之间孔径得到了改善,但钻孔局部仍出现扩径和缩径现象,混凝土的充盈系数降低不明显。

## 3 钻孔质量问题形成原因分析

通过对钻孔过程和孔形检测结果进行仔细分析,施工时可能存在以下问题。

(1) 钻孔上部的扩径(坍孔的表现)发生在护筒底口以下,发生此问题的原因可能是护筒埋设长度短,钻进时对此部位的粉土扰动大。旋挖钻机的钻杆较粗,反复上提、下放钻杆的施工工艺特点使钻孔内的泥浆面反复波动,钻杆全部提出与钻杆全部放入孔内的泥浆面波动幅度达2~4 m,护筒底部以下的粉土层在护壁泥浆压力反复变动下出现坍塌。

(2) 上部钻孔扩径与粉土层厚大,在钻具的反复扰动下稳定性较差有关。另外,⑥、⑦、⑧土层均为砂性土,导致泥浆性能劣化,钻孔下部一定深度处泥浆中含砂率较高。

(3) 本项目为通长钢筋笼,钢筋笼笼径660 mm,钢筋笼下设过程较为顺利,未发生明显卡滞现象。说明钻孔直径真正缩至660 mm以下的可能性较小,孔形检测发现的下部缩径现象可能是泥浆中含砂率高,密度大,下部钻孔的泥浆内悬浮有大泥团,致使测孔仪在泥浆的作用下不能充分张开所致。

(4) 灌注混凝土充盈系数偏大的原因一是钻孔上部坍塌,二是为改善钻孔下部的缩径问题而采用的钻头直径过大所致。

## 4 旋挖钻孔工艺的改进过程

根据上述质量问题的原因分析,我们从护筒长度、钻头直径、泥浆性能指标、孔内泥浆面高度、钻进工艺参数等方面进行旋挖钻孔工艺的改进。

### 4.1 护筒长度的调整

为了保证旋挖钻机在钻进过程中能够顺利穿过

上部淤泥质粉质粘土层,护筒埋设长度为6 m,但成孔检测发现护筒底以下出现严重塌孔现象。

为增加护筒埋设深度,项目部采用振动锤埋设长护筒工艺,根据地层条件,护筒长度暂定为10 m。埋设护筒时发现,护筒底端进入③层密实粉土后下沉很困难,埋设一个10 m的护筒需1~1.5 h,灌注完成后拔出护筒十分困难,且护筒拔出后发现护筒外壁带出10~20 cm厚的淤泥(见图3),导致护筒拔除后桩顶混凝土面下沉达2~2.5 m,给施工质量带来了隐患。



图3 护筒拔起后的外观

经过现场多次尝试,发现护筒长度定为8 m后既可以改善护筒底塌孔的现象,还可以不用采用振动锤埋设长护筒工艺,降低施工成本,最终将护筒长度定为8 m。

#### 4.2 泥浆性能的改善措施

钻孔深度范围内存在较厚的粉土和砂层,必需保证钻进过程中的泥浆性能。

通过现场多次调整泥浆性能试验,将泥浆密度控制在 $1.11 \sim 1.13 \text{ g/cm}^3$ ,泥浆粘度控制在21 s左右,pH值控制为9后,不仅改善了扩径、缩径的现象,且能够悬浮大量的泥沙,很有效的保证成孔质量。

由于本工程孔深较深,且存在较厚砂层,成孔后泥浆的含砂率达10%左右,旋挖钻机成孔工艺存在着泥浆不能循环的特性,导致孔底泥浆含砂率大、泥浆稠。为解决上述问题,我们采用泥浆净化器对泥浆进行处理,把泥浆含砂率控制在3%以内。同时,用挖掘机每天清理一次泥浆坑底的沉淀物,从而保证了泥浆性能。

#### 4.3 设置孔口泥浆缓存围堰,保持孔内泥浆面稳定

由于本工程孔较深,钻杆提起后浆面下降幅度大(一般为3.5~4 m),造成钻孔过程中泥浆面频

繁波动。本项目地下水位约为0.5 m,泥浆面频繁波动可能造成钻孔内泥皮两侧的压力失衡,严重时出现塌孔现象。钻孔上部的扩径、坍塌现象可能就是由此导致。

因此,我们在孔口设置泥浆缓存围堰(见图4),围堰的容积以钻杆提出后钻孔内泥浆面与护筒溢浆口平齐为标准,以保证孔内泥浆对孔壁压力的最大化,减轻钻孔上部孔壁坍塌现象。



图4 孔口泥浆缓存围堰

#### 4.4 钻进参数的调整

(1)提、放钻速度:通过现场多次试验及对比,一般提、放钻速度 $\geq 0.55 \text{ m/s}$ 。钻孔上部适当放慢提、放钻速度,减轻提、放钻泥浆对孔壁和护筒的扰动。另外,提钻较快在孔内很容易形成“活塞”效应,最终造成塌孔和缩径现象。

(2)进尺速度:由于本场地层上部由软、流塑状态的淤泥质粉质粘土夹粉土层和层厚较大的粉土层组成,下部由砂性土组成,在如此复杂的地层中采用同等进尺会对孔型质量造成一定的影响。通过不断地尝试,在淤泥质粉质粘土夹粉土层中每钻进尺为40~50 cm,在粉土层中每钻进尺为70~80 cm,在砂性土层中每钻进尺为满钻,成孔后对成孔质量进行了跟踪检测,发现塌孔和缩径的现象有所改善。

(3)钻至离孔底50~100 cm时停钻30 min,使泥浆中的大颗粒泥团沉淀到孔底,再将钻孔挖至设计孔深,其目的是控制钻孔完成后的孔底沉渣。

(4)钻孔完成后孔径检测前利用钻头在孔内上下提拉2次,使钻孔上下泥浆均匀,降低由于泥浆中粗颗粒下沉造成的稠度增加,减轻泥浆稠度对测孔仪张开的影响。

#### 4.5 钻头直径的确定

钻进工艺调整后通过试验,采用直径为780 mm的钻头在下部不能满足设计孔径,采用直径为810、

830 mm 的钻头,虽然孔径能够满足要求,但灌注混凝土充盈系数较大,通过采用不同直径的钻头多次尝试,采用直径为 800 mm 的钻头最为合适。

## 5 改进后的成果

通过对泥浆性能、钻进控制工艺的改进,确定了合适的护筒长度和钻头直径,并采用气举反循环二次清孔工艺,钻孔质量有了明显改善。

### 5.1 孔形检测结果

钻孔工艺改进后的测孔成果见图 5,由孔形检测图可以看出钻孔质量有了明显提高,钻孔上部 8~20 m 间的扩径现象和钻孔下部 50~60 m 间的缩径现象都有了明显改善,上部最大孔径由工艺改进前的 1033~1555 mm 缩减到 840~1050 mm,下部最小孔径由改进前的 429~675 mm 增加到 780~797 mm。改进后的平均孔径一般在 820~830 mm。

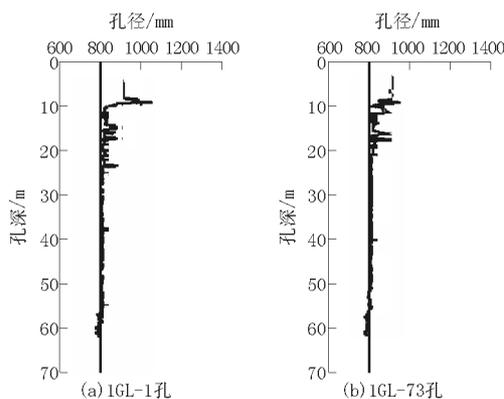


图5 钻进工艺改进后的测孔成果图

### 5.2 改进后的混凝土充盈系数

工艺改进前灌注混凝土的平均充盈系数为 1.23,最大 1.30,工艺改进后的平均充盈系数下降到 1.13。

### 5.3 确定的施工工艺及施工参数

经过反复试验,最终确定的施工工艺和施工参数如下。

(1)旋挖钻头直径采用 800 mm(最外侧斗齿之间的距离),护筒长度采用 8.0 m,护筒直径采用 900 mm。护筒的埋设先采用 900 mm 的钻头从地面向下钻至 7 m 处,然后使用钻机副卷扬将护筒吊入孔并对正,最后采用钻机自身动力将护筒压入。

(2)钻孔施工前设置孔口泥浆围堰,围堰容积  $< 2.5 \text{ m}^3$ ,以保证钻进过程中孔内泥浆面高度不高于护筒出浆口。把钻机的供浆泵配电盘进行改进,钻机操作手用远程遥控器控制加浆,以保证加浆及时。

(3)泥浆性能参数:泥浆密度控制在  $1.11 \sim 1.13 \text{ g/cm}^3$ ,泥浆粘度控制在 21 s 左右,pH 值控制为 9,含砂率为 3% 以内。施工时采用泥浆净化器对泥浆进行处理,以控制泥浆含砂率。同时,用挖掘机每天清理一次泥浆坑底的沉淀物,从而保证泥浆性能。

(4)钻进参数:提、放钻速度  $\geq 0.55 \text{ m/s}$ ,淤泥质粉质粘土夹粉土层中每钻进尺为 40~50 cm,粉土层中每钻进尺为 70~80 cm,砂性土层中每钻进尺为满钻。

(5)灌注混凝土前采用气举反循环进行二次清孔,以保证灌前孔底沉渣厚度满足要求。

## 6 结语

在滨海复杂地层中采用旋挖钻进工艺成孔时,为保证施工质量应特别注意以下几点。

(1)当钻孔上部存在较厚的淤泥质软弱地层,旋挖钻孔时应在空口设置泥浆缓存池,始终保持钻孔内的泥浆面高度。

(2)护壁泥浆的性能是保证钻孔质量的基础,施工时必须加强对泥浆性能指标的监测,必要时应采用泥浆净化装置对泥浆进行净化。

(3)选择合理的护筒埋设长度和钻进参数,不仅可以保证施工质量,还可大幅降低施工成本。

## 参考文献:

- [1] 黎中银,夏柏如,吴方晓.旋挖钻机高效入岩机理及其工程应用[J].中国公路学报,2009,22(5).
- [2] 王国辉,胡建敏,等.预排水动力固结法加固吹填粉土地基试验研究[J].工程勘察,2009,(S2).
- [3] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [4] 苏宏阳,酆锁林.基础工程施工手册[M].北京:中国计划出版社,2002.
- [5] 中国地质调查局.水文地质手册[M].北京:地质出版社,2012.
- [6] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [7] 马红月,郑现磊,张西坤,等.旋挖钻头设计制造数据库系统设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):63-66.
- [8] 林礼进.优质泥浆在旋挖钻孔灌注桩护壁中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):52-60,80.
- [9] 李旺.旋挖钻孔灌注桩在泥质粉砂岩地区施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):67-69.
- [10] 任荣.钻孔灌注桩施工质量控制[J].西部探矿工程,2009,(1):28-29.
- [11] 贾韶丽.钻孔灌注桩的施工及质量控制[J].西部探矿工程,2009,(8):14-16.
- [12] 肖其宽.钻孔灌注桩施工工艺浅析[J].西部探矿工程,2012,(11):194-197.
- [13] GB 51004—2015,建筑地基基础工程施工规范[S].