

# 钻孔灌注桩成孔质量检测技术开发应用研究

胡朝彬<sup>1</sup>, 王宝勋<sup>1</sup>, 罗冬华<sup>2</sup>, 刘圣勋<sup>1</sup>, 宋冠樟<sup>1</sup>, 张维国<sup>1</sup>

(1. 天津华北地质勘查局天津华勘基础工程检测有限公司, 天津 300170; 2. 天津华勘岩土工程有限公司, 天津 300181)

**摘要:**充分利用 JJC-1D 型钻孔灌注桩成孔质量检测系统, 对所测孔径范围进行了扩展, 运用分方位四次测量法提高了孔斜度检测精度, 并通过实测泥浆电阻率、沉渣(大浓度泥浆)的电阻率, 进行试验室研究、对比、分析, 形成了检测沉渣厚度的经验参数, 取得了较好的应用效果。

**关键词:**钻孔灌注桩; 成孔质量; 检测系统; 孔径; 倾斜度; 沉渣厚度

**中图分类号:** TU473.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)08-0046-04

**Study on Development and Application of Hole Quality Detection Technology for Bored Grouting Pile/HU Chao-bin<sup>1</sup>, WANG Bao-xun<sup>1</sup>, LUO Dong-hua<sup>2</sup>, LIU Sheng-xun<sup>1</sup>, SONG Guan-zhang<sup>1</sup>, ZHANG Wei-guo<sup>1</sup> (1. Tianjin Huakan Foundation Engineering Testing Co., Ltd., Tianjin 300107, China; 2. Tianjin Huakan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Tianjin 300181, China)**

**Abstract:** By the full use of JJC-1D quality detection system for hole quality of bored grouting pile, the range of measured hole diameter is extended. The hole inclination detection accuracy is improved by 4-azimuth detection method, the actual measurement of mud resistivity and sediment (high concentration mud) resistivity are comparatively analyzed in laboratory to obtain the experience parameters for detection on sediment thickness, by which good results are achieved.

**Key words:** bored grouting pile; hole quality; detection system; hole diameter; inclination; sediment thickness

## 0 引言

近年来城市建筑, 大型桥梁等常采用等直径钻孔灌注桩及非等直径钻孔灌注桩(如支盘桩、扩底桩等)。为了确保施工质量、防患于未然, 对钻孔灌注桩进行成孔质量检测意义重大。由于相关的施工技术规范和质量评定标准都没有明确检测的具体方法和要求, 现有国产的 JJC-1D 型(JJY 2 型)灌注桩检测系统即伞形成孔质量检测仪(图1), 虽然在

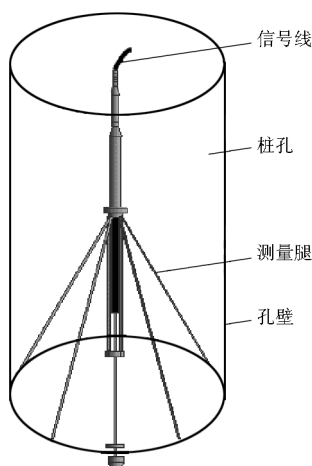


图1 伞形井径仪在孔中工作时的示意图

检测孔径、倾斜度、沉渣等指标方面有一定效果, 但仍存在一定局限。

本课题结合工程实践, 客观总结、分析了灌注桩成孔检测中的检测方法、数据采集及数据处理的利弊, 针对存在的问题进行了相关的应用开发; 扩大了孔径的检测范围, 提高了倾斜度的检测精度; 对天津各区沉渣电阻率做了综合分析, 结合室内研究形成了一套沉渣电阻率的经验参数, 能够轻易的判断其拐点, 从而判断沉渣厚度。

钻孔灌注桩成孔检测新方法的应用, 不但扩大了检测公司的市场占有率, 而且提高了经济效益, 对检测公司的科学、可持续发展具有良好的推动作用。

## 1 孔径检测的扩展

传统的 JJC-1D 型灌注桩检测系统只能够检测孔径为 0.5~1.5 m 的钻孔灌注桩, 我们在其基础上安装加长腿能够测量大孔径的钻孔灌注桩(安装加长腿后能够测量 2.5 m 甚至更大孔径的钻孔灌注桩)、支盘桩等(能够使加长腿充分伸入到支盘内, 更精确的测量盘径)。

利用加长腿测量支盘桩时, 加长腿与测量腿的

收稿日期: 2014-05-15; 修回日期: 2014-07-01

作者简介: 胡朝彬(1981-), 男(汉族), 山东菏泽人, 天津华北地质勘查局天津华勘基础工程检测有限公司项目经理、工程师, 地球探测与信息技术专业, 硕士, 从事桩基检测与物探工作, 天津市河东区广瑞西路 67 号, xiaodong1332@163.com。

衔接一定要在合适的位置,经过反复试验,根据仪器性能恰当的找到连接点。安装时一定保证 4 条加长腿完全对称,否则检测时将出现较大误差。井径测量时,拒绝使用电动泵上拉井径仪,要用人工进行速度控制,这样在测量到支盘时,尽量降低甚至停止井径仪的上拉,使得井径仪测量腿及其加长腿能充分伸入到支盘根部,能够精确的测量出支盘的盘径。图 2 为井径仪下孔现场,图 3、图 4 为 2 个桩孔的孔径成果图。



图 2 孔径检测井径仪准备下放孔中

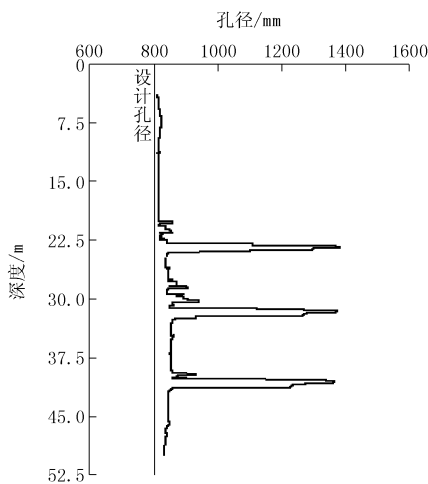


图 3 支盘桩(设计孔径 800 mm,设计支盘盘径 1400 mm)孔径检测成果图

利用加长腿测量普通大直径桩时则相对较简单,测量过程和正常的成孔质量检测相似,只是在测量时,一定要人工控制井径仪的上拉速度,及时感知上拉时力量的大小,一是防止井径仪被挂住(可能的地方有流沙,或者形成塌孔),使得井径仪的加长腿扭曲(不能保证 4 条加长腿完全对称)而在测量井径时出现较大误差,二是防止井径仪扭曲变形不能使用,甚至脱落至井底。

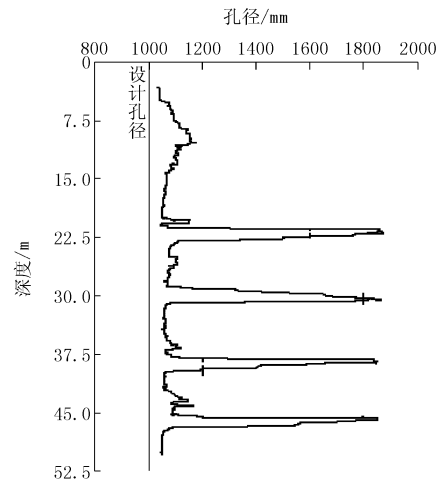


图 4 支盘桩(设计孔径 1000 mm,设计支盘盘径 1900 mm)孔径检测成果图

## 2 倾斜度检测及分方位四次测量法

成孔质量检测另一项重要的技术指标为钻孔的倾斜度(图 5 为倾斜度检测现场)。钻孔的倾斜度越大,越能够测量的精确,这是由仪器的固有属性决定的。所用测斜仪内装有 2 只正交传感器,顶角测量采用一种线性角度传感器(液体摆),其输出值大小与传感器倾斜的角度呈线性关系。倾斜度  $K$  计算公式如下:



图 5 倾斜度检测测斜仪准备下放孔中

$$\alpha = \arctan\left(\tan^2 \frac{X - X_0}{100} + \tan^2 \frac{Y - Y_0}{100}\right)^{0.5}$$

$$E = \frac{d}{2} - \frac{\varphi}{2} \sum h_i \sin \frac{\alpha_i + \alpha_{i-1}}{2}$$

$$K = (E/L) 100\%$$

式中: $\alpha$ ——顶角值, ( $^\circ$ );  $X, Y$ ——二只传感器信号;  $X_0, Y_0$ ——仪器常数(该常数是在测斜仪校正台上标定后确定的,当仪器维修后或受撞击误差  $> 0.1^\circ$  时均需重新标定);  $E$ ——桩孔偏心距, m;  $d$ ——孔径或钻具内径, m;  $\varphi$ ——测斜探头或扶正器外径, m;  $h_i$ ——第  $i$  段测点距, m;  $\alpha_i, \alpha_{i-1}$ ——第  $i, i-1$  测点实测顶角, ( $^\circ$ );  $L$ ——实测桩孔深度, m。

当所检测的孔如果较浅,或者成孔施工时垂直度(即倾斜度)保持得非常好时,则在做常规的倾斜度检测时,测斜仪的扶正器外径(分200和400 mm两种)根本就碰不到孔壁,这样 $\alpha_i$ 及 $\alpha_{i-1}$ 都趋近于零,那么桩孔偏心距 $E$ 的公式可简化为:

$$E = d/2 - \varphi/2$$

倾斜度 $K$ 可直接通过下式简单计算测斜仪的固定倾斜度,即最大精度的倾斜度:

$$K = [(d/2 - \varphi/2)/L]100\%$$

也就是说当给定设计孔深、设计孔径及选定扶正器外径时,则所检测孔的最大精度的倾斜度值就是固定的。举例来说,当设计孔深为38 m,设计孔径为600 mm,扶正器外径为200 mm,那么其最大精度的倾斜度为0.526%。如果原本钻孔施工时倾斜度保持的非常好,其倾斜度的值小于或者远小于0.526%,而甲方、业主或者设计要求倾斜度要小于0.50%(即1/200),那么测斜仪或者所选扶正器所检测的精度不能满足要求。由于上述设计孔径为600 mm,可选用外径为400 mm的扶正器,同样可计算其最大精度的倾斜度为0.263%,如果在钻孔施工时倾斜度 $>0.263\%$ ,即可检测出其真实倾斜度,否则默认为0.263%,满足了甲方、业主或者设计要求。

测斜仪所配备的扶正器最大外径为400 mm,当检测中等直径或大直径钻孔灌注桩时,即使选用外径为400 mm的扶正器,也不能达到设计要求,因此,研究应用了分方位四次测量法,理论上精度能够达到甲方的要求(1/200、1/300等)。举例来说,当设计孔深为40 m,设计孔径为1000 mm,扶正器外径为400 mm,那么其常规检测最大精度的倾斜度为0.75%。而设计要求倾斜度要 $<0.50\%$ (即1/200),那么测斜仪检测精度不能满足设计要求。

分方位四次测量法其检测示意图见图6,即对桩孔有次序的进行4次倾斜度检测,四次测量中心点位尽量按照正方形布置,每一次检测扶正器靠近孔壁的位置为一定值,但以扶正器边沿离孔壁的距离100 mm为宜。四次测量取其倾斜度最大值为所检测孔的倾斜度。按照上述例子来说,其常规检测最大精度的倾斜度为0.75%,采用分方位四次测量法,再取扶正器边沿离孔壁的距离100 mm,现最大精度的倾斜度为0.25%,精度方面,满足了设计要求。图7为分方位四次测量现场。

采用分方位四次测量法,完全可以检测桩径1200 mm以上的孔的倾斜度。采用该方法完成了

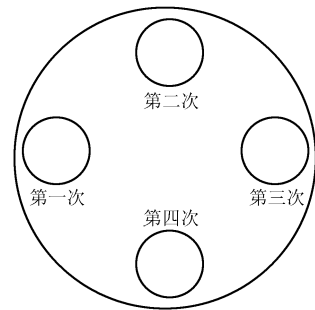


图6 分方位四次测量示意图



图7 倾斜度分方位四次测量法检测现场

衡水哈励逊医院、新建津保铁路引入天津西站工程、津秦铁路客运专线滨海站站房及相关工程、天辰大厦工程、北京地铁十五号线等重点工程施工试验,取得了非常明显的效果。

### 3 泥浆及沉渣电阻率的测量及沉渣厚度的确定

钻孔灌注桩泥浆多为钻进过程中自然形成,它的粘度和含砂量决定于土层的性质及破碎程度、循环处理的工艺,这些都会造成桩孔中泥浆的不均匀。未被完全破碎的土块,及含砂量大、胶体率差的泥浆被大量沉淀到桩孔底部,孔底密度较大的泥浆与上部颗粒悬浮较好的泥浆存在着较明显的电性差异,均匀泥浆电阻率为一条直线,在沉渣界面上电场会畸变,电阻率会发生变化,利用曲线的拐点可以确定沉渣的厚度。但地下水为盐碱水的地区,孔底密度较大的泥浆与上部颗粒悬浮较好的泥浆都为盐碱水搅拌、包围着,其电性差异并不明显,曲线的拐点并不容易判断。

在天津地区,尤其滨海新区,绝大多数地下水为盐碱水,成孔检测仪沉渣检测的固有属性决定了这项指标的测量受到了很大的限制,成孔检测仪的沉渣检测在地下水为淡水的区域较为灵敏,电阻率拐点的判断较为容易(见图8)。为了解决这个“瓶颈”问题,我们针对天津各区(例如滨海新区、河东区、河北区、和平区、西青区、武清区等)成孔检测时

沉渣厚度的判定进行了相关室内研究。在各区采集有代表性的的泥浆,在实验室研究泥浆的电阻率、沉渣(大浓度泥浆)的电阻率(见图 9),试验结果见表 1。

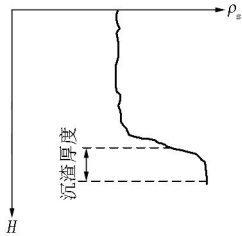


图 8 孔深 - 泥浆视电阻率理论曲线(淡水区域)



图 9 泥浆电阻率实验室内测量

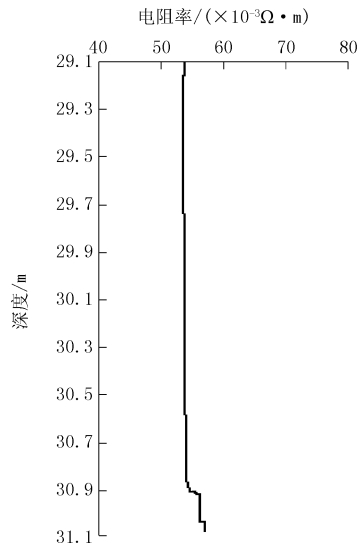


图 10 天津市第二十一中学示范校迁建工程宿舍楼钻孔灌注桩现场沉渣测量曲线

表 1 天津几个区域钻孔灌注桩内所采泥浆电阻率及沉渣电阻率

| 区域地点       | 泥浆电阻率<br>/( $\times 10^{-3} \Omega \cdot m$ ) | 沉渣电阻率<br>/( $\times 10^{-3} \Omega \cdot m$ ) |
|------------|---|---|
| 和平区第 21 中学 | 54.23   | 72.05   |
| 滨海新区胡家园    | 17.90   | 33.38   |
| 河北区志成道     | 39.11   | 41.18   |
| 河东区地铁二号线   | 42.34   | 46.56   |
| 武清区人民医院    | 60.25   | 76.57   |
| 西青区农科院     | 58.20   | 64.41   |

通过对上述各区域所采泥浆的电阻率、沉渣(大浓度泥浆)的电阻率的测量,可以看出,泥浆的电阻率和沉渣的电阻率有较大差别,一般沉渣的电阻率略大于泥浆的电阻率;沿海地区电阻率小于内地地区电阻率。实验室数据的规律与相关参考文献的经验值基本一致。

图 10 为和平区天津市第二十一中学示范校迁建工程宿舍楼钻孔灌注桩现场沉渣测量曲线,其电阻率曲线的拐点在图像上显示不太明显,只是大致可判定沉渣的厚度。泥浆的电阻率与现场实际测量显示的泥浆电阻率比较吻合,只是实验室测量出的沉渣(大浓度泥浆)与野外现场测量的沉渣电阻率有较大差异。这与两者检测时沉渣(大浓度泥浆)的浓度(现场检测时沉渣的浓度不好控制)有一定关系。

#### 4 结语

钻孔灌注桩属于地下隐蔽工程,无法直观的对其

整个施工过程进行完全透明监控,因此配备相应的检测设备对其各个环节进行监测是非常必要的。充分利用 JJC-1D 型钻孔灌注桩成孔质量检测系统,展开其功能:利用加长腿对所测孔径范围进行了扩展,对加长腿的安装及检测时的速度控制做了总结;运用分方位四次测量法提高了孔斜度检测精度,从而能够达到甲方、业主或者设计要求的倾斜度的精度范围(1/200 以内或者 1/300 以内)。从天津市几个区域钻孔灌注桩工地采集相关泥浆样本,进行泥浆电阻率、沉渣(大浓度泥浆)的电阻率的实验室内检测,与现场实测泥浆、沉渣与深度的电阻率曲线做对比分析,实验表明,在曲线拐点反应微弱的情况下仍然能够判断沉渣厚度。

#### 参考文献:

- [1] 张旭东. 灌注桩施工质量的控制[M]. 上海:上海交通大学出版社,1999.
- [2] 陈大望. 建筑力学[M]. 北京:高等教育出版社,1990.
- [3] JTG TF-50-2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] 刘金砺. 桩基设计施工与检测[M]. 北京:中国建材工业出版社,2001.
- [5] 高承成,胡朝彬,徐莉华,等. 钻孔灌注桩成孔质量检测及实例分析[J]. 西部探矿工程,2011,(4).
- [6] DB/T 29-112-2010, J 10497-2010, 钻孔灌注桩成孔、地下连续墙成槽检测技术规程[S].
- [7] 魏登轮,张田玉. JJC-1D 型灌注桩检测系统在施工中的数据处理与分析[A]. 2006 年中国交通土建工程学术论文集[C]. 2006.