

长螺旋钻机在粘性坚硬地层中的应用探讨

阮小峰, 耿 峰, 孙俊志
(河南省地矿局第二地质勘察院, 河南 郑州 450000)

摘要:以许昌市三国大剧院桩基工程为例,从普通长螺旋钻机、液压力头钻机、利用变频技术的高自重最大扭矩动力头钻机在坚硬地层钻进中遇到的问题和应对措施等几方面,论述了各款型长螺旋钻机对地层的适应性,为以后类似工程施工选择施工机械提供参考。

关键词:灌注桩;坚硬地层;长螺旋桩钻机;液压力头;变频;高自重最大扭矩动力头

中图分类号:TU473.1+4 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2016)08-0072-05

Application of Long Spiral Drill in Hard and Sticky Formations/RUAN Xiao-feng, GAN Feng, SUN Jun-zhi (The second geological prospecting institute of henan mine bureau, Zhengzhou Henan 450000, China)

Abstract: Taking the example of pile foundation engineering of Sanguo Grand Theater of Xuchang City, the difficulties encountered in hard formations by ordinary long spiral drilling machine, hydraulic driving head drill and high weight and large torque dynamic head drill with frequency conversion technology are presented with the related countermeasures. The adaptability to formations are discussed for various models of long spiral pile hole drilling machine to provide reference for construction machinery selection in similar engineering.

Key words: bored grouting pile; hard formation; long spiral pile driver; hydraulic dynamic head; frequency; high weight and large torque dynamic head

0 引言

长螺旋钻机具有成孔效率高、质量好、无振动、无冲击,噪声、泥浆污染小,耗用钢材少,施工工期短及机械化程度高等优点,是一种理想的施工机具。为了在不同的地层中施工取得最大的效益,长螺旋钻机在钻孔时有3种动力头可供选择。本文通过对长螺旋钻机不同动力头形式在粘性坚硬地层的应用对比,阐述了各种动力头长螺旋钻机在不同地层中的适应性、存在的问题和应对措施,为以后的类似工程施工提供了参考。

1 工程概况

本工程位于许昌市魏都区灞陵路与新兴路交叉口西南角,西邻清泥河,南临宝源路。主体工程由演艺中心、4~5层配套楼及地下室组成。建设规模约5万m²。

该工程采用钢筋混凝土钻孔灌注桩,桩基结构安全等级为二级,桩基设计等级为甲级。设计工程桩共1298根(见表1),受力钢筋保护层厚度50mm,砼充盈系数<1.15,浇灌砼时桩顶面高出设计

标高600mm,试桩前桩顶凿至设计标高,孔底沉渣厚度<100mm。

表1 设计桩基概况一览表

桩型号	桩顶设计 标高/m	桩数/ 根	桩径/ mm	桩长/ m	抗压/抗拔	极限承载力/kN
Zh-1	54.50	698	700	20	抗拔	1800
Zh-2	54.50	600	700	20	抗压	3400

2 场地工程地质条件

在钻探揭露深度范围内,拟建场地内地基土均为第四系沉积土层,按照其形成地质时代、成因类型及其工程性质共划分了19个工程地质单元层,2个亚层(①~③层为第四系全新统沉积土层,④~⑫层为第四系上更新统沉积土层,⑬~⑰层为第四系中更新统沉积土层),桩底持力层为⑩层粘土,桩基施工涉及的主要地层分述如下:

①杂填土(Q₄^{ml}):由砖瓦碎块、混凝土路面和砂石混杂组成(河道内杂填土主要由淤泥、水草及少量生活垃圾混杂组成),杂色,松散—密实、密实度变化大。层厚0.30~2.30m,层底标高为64.53~

收稿日期:2015-12-04; 修回日期:2016-07-05
作者简介:阮小峰,男,汉族,1978年生,岩土分院技术负责,注册岩土工程师,从事地基处理、桩基施工、基坑设计与施工工作,河南省郑州市郑开大道,490478760@qq.com。

70.60 m。

②粉质粘土(Q_4^{al+pl}):黄褐色,可塑状为主、偶见硬塑状;切面较光滑、稍有光泽,无摇振反应,韧性中等,干强度中等;含少量铁锰质结核等包含物。层厚0.40~3.20 m,层底标高为65.01~67.20 m。

③粉土(Q_4^{al+pl}):灰黄色,稍湿一湿,中密一密实状;无光泽反应,摇振反应迅速,韧性低,干强度低;含少量铁锰质结核等包含物。层厚1.70~6.50 m,层底标高为61.45~65.50 m。

④粉土(Q_3^{al+pl}):黄灰色,湿,密实状;无光泽反应,摇振反应迅速,干强度低,韧性低;含1%~5%小钙质结核及白色蜗牛碎片等包含物。层厚2.00~4.50 m,层底标高为57.81~63.50 m。

⑤粉质粘土(Q_3^{al+pl}):黄褐色,可塑—硬塑状;切面较光滑、稍有光泽,无摇振反应,韧性高,干强度中等;局部含10%~15%粒径为1.0~4.0 cm的钙质结核等包含物。厚度1.30~5.30 m,层底标高为54.69~60.60 m。

⑥粉土(Q_3^{al+pl}):黄灰色,稍湿一湿,密实状;无光泽反应,摇振反应迅速,韧性低,干强度低;含少量铁锰质斑点等包含物。厚度1.50~6.10 m,层底标高为49.33~59.10 m。

⑦粉质粘土(Q_3^{al+pl}):棕褐色,硬塑状;切面较光滑、有微弱光泽,无摇振反应,韧性高,干强度中等—高;含10%~20%粒径为0.1~1.5 cm的钙质结核等包含物。厚度1.70~5.00 m,层底标高为46.95~54.10 m。

⑧粘土(Q_3^{al+pl}):棕黄色,硬塑状;切面稍光滑、有微弱光泽,韧性中等(易碎),干强度中等;含小粒径铁锰质结核等包含物。厚度2.30~6.90 m,层底标高为41.70~50.90 m。

⑨粘土(Q_3^{al+pl}):浅棕黄色,硬塑状,切面稍光滑、有很微弱光泽,韧性高,干强度高;含15%~20%粒径为1.0~4.0 cm的钙质结核及少量细小铁锰质结核等包含物。厚度2.90~5.00 m,层底标高为38.20~47.60 m。

⑩粘土(Q_3^{al+pl}):褐黄色,硬塑状,切面稍光滑、有很微弱光泽,韧性高,干强度高;含10%~15%粒径为1.0~4.0 cm的钙质结核及少量细小铁锰质结核等包含物。厚度3.30~6.40 m,层底标高为33.30~39.30 m。

⑪粘土(Q_3^{al+pl}):棕黄色,硬塑状;切面不光滑,

韧性中等—高,干强度高;含5%~20%的钙质结核及15%~20%砾石等包含物,粒径1~3 cm。厚度3.40~6.40 m,层底标高为29.20~35.30 m。

⑫粘土(Q_3^{al+pl}):褐黄色,硬塑状为主、偶见坚硬状,切面稍光滑,韧性高,干强度高;含少量钙质结核及铁锰质结核和青灰色条状斑纹等包含物。厚度4.10~7.20 m,层底标高为24.95~28.10 m。

⑬粘土(Q_2^{al+pl}):棕黄色,硬塑状为主、偶见坚硬状,切面稍光滑,韧性高,干强度高;含约10%粒径为0.5~1.0 cm的钙质结核及少量细小铁锰质结核等包含物。在3号钻孔中见有条带状中砂。厚度8.10~9.90 m,层底标高为16.13~19.90 m。

3 施工工艺

由于桩端持力层钙质结核胶结,回转钻机钻进困难,成孔时间在10~15 h之间,加之场地前期开挖了2.5 m的基坑,存在场地狭窄、拉泥浆难等问题,经研究,决定采用长螺旋钻孔压灌混凝土后插钢筋笼施工工艺。施工工艺流程如图1所示。

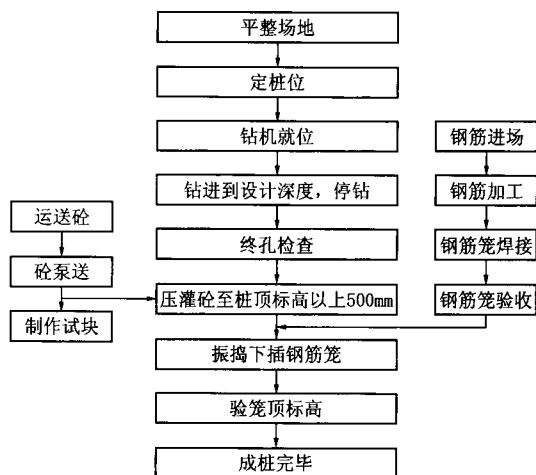


图1 长螺旋压灌桩施工工艺流程

该工艺使用先进的振动法后插钢筋方式植入钢筋笼。在混凝土灌注后,将钢筋笼与振动锤结合在一起,振动通过 $\varnothing 127$ mm钢管传导至笼底,靠振动力将钢筋笼振入孔内,其后边振动边拔出振动锤和钢管,该施工方法工效快,污染小,桩身混凝土密实,能充分保证成桩质量。

4 工程中出现的问题与思考

4.1 长螺旋钻机成孔遇坚硬层难以成孔

4.1.1 问题

地下20余米有层钙质结核,由于长螺旋钻机成

孔自身不带压力原因,完全靠自重跟钻头成孔,遇坚硬岩层难以成孔。

4.1.2 原因分析

钻具压力不够;钻机扭矩不足。

4.1.3 应对措施

更换更大的钻机,使用自重大、大扭矩的动力头,以提供足够的下压力,并更换锥度更大的钻头。

4.2 后插筋钢筋笼振捣不到位

4.2.1 问题

个别桩的钢筋笼插不到位。

4.2.2 原因分析

混凝土运输时间过长或在工停待时间过长,导致入孔混凝土和易性不好,坍落度不满足要求;振动锤质量过轻,激振力不足;钢筋笼插入时未调直或调直不到位,导致钢筋笼插入孔壁。

4.2.3 应对措施

桩的施工要连续,要加快成孔速度,减少两根桩之间的成桩时间差,保证管道和泵料斗内的混凝土的流动性;运到工地的混凝土要有足够的和易性,不得耽搁过长的时间;混凝土灌注完成后要即时清泥插笼,不得耽搁;要采用自重和功率较大的振动器,振捣杆要有足够的刚度,并保证垂直。

4.3 长螺旋钻机钻进压灌泥浆成孔的问题

4.3.1 问题

在无水的黄土和粉土层中用长螺旋钻机成孔已应用广泛,但在含水地层中成孔却应用不多,本工程采用长螺旋钻机在含水地层中压灌泥浆成孔,既有成功、又有失败。

4.3.2 原因分析

地层变化太大,地质报告有偏差,对地质报告领悟不足,经验不足。大扭矩长螺旋钻机叶片窄小,底部土层结核含量较多,砂化严重,含水量较大,土层难以完全带出孔底,造成孔底沉渣较大,难以成孔。

4.3.3 应对措施

对于钻孔底部存在 5 m 以上粘土层的情况,且未有坚硬结核的情况下,普通长螺旋钻进压灌泥浆成孔是可行的。但遇到坚硬结核层,普通钻机无法成孔时,采用大自重、大扭矩,加厚、加粗钻杆成孔(见图 2)。



图 2 钻进用长螺旋钻头和厚壁钻杆

4.4 安全问题

4.4.1 问题

出现了钢丝绳崩断、钻头掉落孔底等事故。

4.4.2 原因分析

工人安全意识低,没有经过正规培训;安全监督不到位;安全教育流于形式,劳务负责人安全意识太差。

4.4.3 应对措施

找劳务队时,要找长期从事本行业,工作经验丰富的劳务队;对劳务人员要进行严格的入场安全教育,考试合格才能进现场工作,做好安全技术交底和签字工作;对机械设备的易损件(如销子、钢丝绳等),要定期检查保养,发现问题立即更换。

5 不同长螺旋钻机的特点及用情况

5.1 普通长螺旋钻机

5.1.1 基本参数(见表 2)

表 2 各种长螺旋钻机基本参数

钻机类型	动力头扭矩/ kW	钻孔直径/ mm	输出转速/ (r·min ⁻¹)	变速挡次	动力功率/ kW	适应地层	钻具类型
普通长螺旋钻机	20~65	300~600	8~30.5	3	2×22~2×55	粘性土、粉土、砂土、人工填土的地基处理	普通钻具和钻头
液压动力头长螺旋钻机	100~360	400~1500	3~25	无级变速	2×45~5×55	可有效地钻进卵石层、强风化岩层和较硬的地质层	厚壁钻具和耐磨钻头
采用变频技术的高自重大扭矩长螺旋钻机	80~180	400~1200	7~25	无级变速	2×75~2×90	可有效地钻进硬粘土结核层、卵石层、强风化岩层和较硬的地质层	厚壁钻具和耐磨钻头

5.1.2 钻机的特点

(1) 动力头采用双驱动、大中心通孔的减速器,

承载、过载能力高,结构紧凑,噪声低,寿命长。

(2)桩架为液压步履式结构,可自行起落立柱,行走、回转、对位准确、可靠,施工效率高,劳动强度低。

(3)桩机采用拖运与装运相结合的方式,整体性强、场地转移方便,费用低。

(4)整机的电气、液压、操纵、监视仪表均集中在司机室内,司钻人员操作方便。

5.1.3 在工地上应用存在的问题

(1)进尺缓慢、26 m 深的钻孔需要钻进 5~8 h,个别钻孔钻不到位。

(2)钻杆抱钻,不出泥,孔径越磨越大,泥顺钻孔壁挤上来,硬粘土磨成了稀泥,孔壁泥皮过厚。

(3)钻进时不敢放绳,稍有不慎,则出现卡钻现象,其中有一个钻孔卡钻后,钻杆留置孔中,造成了钻孔报废,被迫变更了设计。

(4)完成几个钻孔后,由于效率极其低下,耗电量过大,只好退出了施工现场。

5.2 液压动力头长螺旋钻机

5.2.1 基本参数(见表2)

5.2.2 钻机的特点

全液压力头采用了恒功率驱动,使调速更加方便。可以将扭矩提升到机架的最大承受力,启动扭矩能够达到额定的 85%~90%,而且全液压力头在同样扭矩的情况下,其自重是普通三环动力头的 70%。所以当全液压力头装配的长螺旋钻机在钻进过程中遇到停钻或者卡钻时,能够轻松二次启动,启动平稳,对电网的冲击较小。全液压力头大大提高施工效率,特别对复杂地层有非常好的效果,是普通动力头施工效率的 2~3 倍。

全液压力头与传统动力头相比的优点:

(1)输出扭矩大,可有效的钻进卵石层、强风化岩层和较硬的地质层,大大拓展了长螺旋钻机的施工范围。

(2)动力头可带载启动。在钻孔的过程中如果动力头钻机因意外情况停转,主泵电机重新启动后,可在原地带载启动,降低机手操作强度,便于操作,而其他动力头是做不到的。

(3)动力头转速可变。地层阻力的变化通过系统压力反馈给动力头液压马达,液压马达控制机构根据压力调节排量,从而达到合适的转速继续钻进,地层适应能力较强。

(4)动力头质量较三环动力头减速器大大减轻,降低了钻机在带钻杆移动时整机的中心摆动。有效提高了整机的稳定性,保证施工安全。

(5)设计的动力头及整机均采用液压传动,有效降低了桩机架的机械振动,可延长整机结构架的使用寿命。

5.2.3 在工地上的应用情况

(1)实现了无级变速,不存在卡钻问题。

(2)由于动力头自重较轻,钻进效率较低,个别土层出现了打滑、进尺缓慢情况。

(3)钻进时间长,一个钻孔需 2~5 h,钻孔泥皮过厚。

(4)桩机行走操作平稳,但对桩机的维护要求较高。

5.3 采用变频技术的高自重大扭矩长螺旋钻机

5.3.1 基本参数(见表2)

5.3.2 钻机的特点

(1)普通长螺旋钻机大多采用电机直接驱动减速箱或变速箱直接驱动钻杆、钻头,这种控制方式存在着许多不足:如果使用减速箱,则钻头只有一个速度,不管遇到什么地质情况都只能按照相同速度打桩,这样导致效率太低;而变速箱虽然能通过机械换挡,实现调速,但因机械制作难度大,成本高,通常也只有 3 挡,只能实现 3 个速度的切换。而切换时又操作麻烦,因此故障率高。装载了变频器的长螺旋钻机,变频器以一拖二的方式驱动 2 台电机同向旋转形成力矩带动钻杆,利用变频器的面板电位器调速以对应不同的速度要求。并且能够具备调速精度高、稳定性好、操作简洁及功能齐全的特点,同时大幅降低了减速箱的制造成本,大大提高了工作效率,也减少了机器的磨损,延长了使用寿命。

(2)基本配线图见图 3。

(3)由于变频器使用在螺旋打桩机上需拖带 2 台以上电机,一般需在变频器输出端加装输出电抗器。

5.3.3 在工地上的应用情况

(1)实现了无级变速,不存在卡钻问题。

(2)由于动力头自重较大,钻进效率高。

(3)钻进时间短,一个钻孔仅需 0.5~2 h。

(4)钻机行走操作较平稳,但对钻机的安全性要求较高。

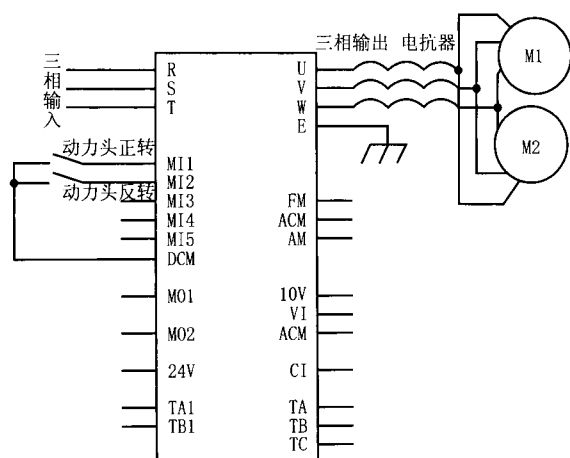


图3 基本配线图

6 结语

通过许昌市三国大剧院桩基的施工,不仅在技术层面积累了丰富的经验,在质量控制方面也有了长足的进步,具体的施工体会如下。

(1)长螺旋钻孔压灌泥浆护壁成孔施工工艺,在纯粘土层或钻孔底部有5 m以上的粘土层情况下是可用的。其钻孔底部为粉性、砂性土层,则不成功(含水地层)。

(2)遇结核胶结、含小卵石的地层,普通钻机成孔困难时,可用自重大、扭矩大的动力头钻机成孔,其动力头钻机配电采用了变频器专用柜调节,以防产生憋钻、卡钻等事故。

(3)后插钢筋笼要求既要快,也要好。成孔、灌注、插筋时间要抓紧,两根桩的成桩时间间隔不宜超过2 h,在夏天高温季节更应加快速度;此外,混凝土

和易性要好,进入现场的混凝土使用前要抽测混凝土坍落度,范围应在180~250 mm,混凝土泵送管道要尽量短,接头要密封良好,高温季节要进行覆盖。

(4)要根据地层情况选用适宜的钻机类型和钻具,否则对进度和成本会造成很大影响。

参考文献:

- [1] 何世鸣,赵晓东,李德江,等.节能型变频器在长螺旋喷搅桩止水帷幕中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):85-88.
- [2] 丁旭亭,苏华,虞利军.长螺旋钻孔压灌桩嵌岩技术的改进与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):62-65.
- [3] 何世鸣,张爱军,裴保国,等.风动潜孔锤在北京地铁长螺旋(定)喷搅桩帷幕桩施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):73-76.
- [4] 杨付伟,鲁建军.GYD-20型全液压力头工程钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):34-36.
- [5] 徐圆.长螺旋钻机自适应协调钻进系统研究[D].湖南长沙:中南大学,2011.
- [6] 陈义庄,胡均平.对CFG长螺旋钻机动力头液压驱动方案的探究[J].工程机械,2008,(4).
- [7] 史佩栋.桩基工程手册(桩和桩基础手册)[M].北京:人民交通出版社,2008.
- [8] 田宗建.长螺旋钻孔压灌桩在施工中的质量控制[J].油气田地面工程,2014,(10).
- [9] 胡小兵,华昆.加压式嵌岩型长螺旋钻孔压灌桩应用技术[J].施工技术,2015,44(9).
- [10] 王岷,康进辉,刘钊.超流态长螺旋钻孔灌注桩在基础施工中的应用[J].水利水电技术,2012,43(5).
- [11] 罗春雷,宋长春,顾增海,等.基于地质特性的长螺旋钻机提升功率的研究[J].广西大学学报(自然科学版),2013,38(2).