

长螺旋钻孔压灌桩嵌岩技术的改进与应用

丁旭亭, 苏 华, 虞利军
(浙江省岩土基础公司, 浙江 宁波 315040)

摘要:普通长螺旋钻孔压灌桩适用于砂层、砾石层、硬土层及软岩层,不适用于硬度较高的岩石层。经改进钻头,加装加压系统、冷却系统后,长螺旋钻孔压灌桩可用于块石填土层、卵石层及较软—较硬基岩的钻进,拓宽了适用范围。工程实践证明,该嵌岩技术使用效果良好,具有推广价值。

关键词:长螺旋钻孔压灌桩;长螺旋压灌桩机;钻头;加压系统;冷却系统;嵌岩技术

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)11-0062-04

Improvement of Rock Drilling Technology for Long Spiral Bored Grouting Pile and the Application/DING Xu-ting, SU Hua, YU Li-jun (Zhejiang Geotechnical Foundation Co., Ningbo Zhejiang 315040, China)

Abstract: General long spiral bored grouting pile is suitable for sand layer, gravel layer, hard soil and incompetent bed, but not for those lithosphere with high hardness. By the improvement on bit with pressure system and cooling system installing, the application scope of long spiral bored grouting pile is broadened: it can be used in block filling layer, cobble layer and soft-hard bedrock. The engineering practice proves that this technology is effective with promotion value.

Key words: long spiral bored grouting pile; long spiral pressure grouting pile machine; bit; pressure system; cooling system; rock drilling technology

1 长螺旋钻孔压灌桩概述

长螺旋钻孔压灌桩是由长螺旋钻具向下钻孔,土体顺着钻杆的螺旋叶片向上输送至地面,钻孔至设计标高后,通过混凝土泵送设备将混凝土泵入钻杆心管,然后边泵送混凝土边提拔钻杆,直至地表面,最后将钢筋笼插入桩身成桩。该灌注桩工艺的优点有:(1)无需泥浆护壁,噪声小,(2)成孔时无振动、无挤土效应,对相邻基桩及周边环境无不良影响;(3)成孔穿透能力强,可穿透一般的砂层、砾石层、硬土层及软岩(饱和单轴抗压强度 $f_c \leq 15$ MPa);(4)施工效率高,对于直径600 mm、深20 m的钻孔,非岩石层钻进,成孔时间约0.5 h;进入软岩($f_c \leq 15$ MPa)1D(D为桩径),成孔时间约0.5 h。

普通长螺旋钻头切削具一般为铲形耐磨硬质合金截齿(见图1),钻进原理为钻头回转,切削具吃入地层,将地层按螺旋线切削下一层,切削下的岩土碎屑沿螺旋叶片上返输送到孔口。由于切削具吃入硬岩困难,普通长螺旋钻孔压灌桩一般仅适用于砂层、砾石层、硬土层及软岩层,对于饱和单轴抗压强度 $f_c > 15$ MPa的岩层,成孔十分困难。如能提高嵌岩能力,则可以大幅度提高单桩承载力,从而拓宽该成桩

工艺的适用范围。



图1 普通长螺旋钻头

2 长螺旋钻孔压灌桩嵌岩技术的改进

2.1 嵌岩技术破岩机理分析

嵌岩的关键是碎岩,只要岩石被破碎,则其适用于普通长螺旋钻孔压灌桩技术。因此,嵌岩技术的关键是解决碎岩技术。长螺旋钻孔压灌桩嵌岩技术的碎岩形式主要表现为硬质合金对岩石的压碎作

收稿日期:2015-09-29;修回日期:2015-11-12

作者简介:丁旭亭,男,汉族,1970年生,总工程师,高级工程师,注册岩土工程师,探矿工程专业,从事岩土工程设计与施工工作,浙江省宁波市江东区宁穿路448弄16号,ding0810@163.com。

用,而钻压不同,硬质合金破碎岩石会呈现出表面破碎(研磨性破碎)、疲劳破碎及体积破碎等不同的特征。当钻压过小,硬质合金在岩石表面作冲击、滑动复合研磨性破碎,产生点状微细裂纹或只产生塑性或弹性变形,其破碎效果极差。当钻压虽有增加,但仍达不到所钻岩石的抗压强度极限值,不能够形成体积破碎,只是在岩石表层经过多次往复交替破碎,才能将部分岩石破碎分离,其钻进效果亦不理想。当钻压达到岩石抗压强度极限值后,才呈现体积破碎,这时钻进效率就较高。据以上分析,嵌岩钻头破碎岩石的过程是当钻压达到岩石抗压强度极限值后,发生突然压入破碎。所以在钻进时,应根据岩石强度,增加钻压,以便有效破碎岩石。

为此,本文提出对长螺旋钻孔压灌桩的嵌岩技术实施改进,具体有 3 个方面:(1)改进长螺旋钻头,使钻头具备碎岩能力;(2)增设加压系统,使钻压可超过岩石抗压强度;(3)增设冷却水系统,使钻头在钻进过程中得到降温,保持正常工作。

2.2 钻头改进

普通长螺旋钻头底部一般镶嵌铲形块状截齿(参见图 1),材料选用 YG8 硬质合金,通过截齿切入地层刻取岩土实现钻进,遇硬岩时,截齿不能切入岩石,无法进尺。

改进后的钻头,在底部镶嵌高强度球状硬质合金,材料选用钨钴硬质合金 YG8C 或 YG11C,通过硬质合金对岩石的压碎、冲击作用实现钻进。要求镶嵌的硬质合金具有硬度高、强度高、耐磨性好、耐热、耐腐蚀等性能。要求钢胎体耐磨性好,硬质合金镶嵌牢固。长螺旋钨钴硬质合金钻头如图 2 所示。

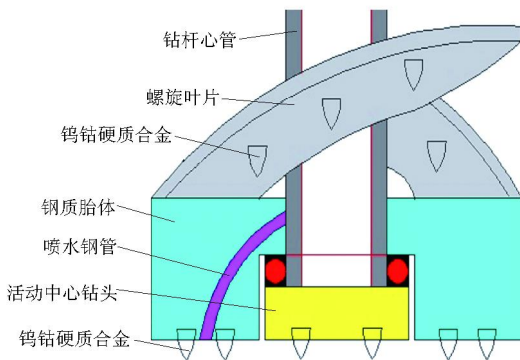


图 2 长螺旋钨钴硬质合金钻头示意图

2.3 加压系统

普通长螺旋钻孔压灌桩钻压由动力头及钻杆自

重提供,钻压不可调节,达不到球齿压碎硬岩所需的压力。长螺旋钻孔压灌桩加压系统由加压卷扬机、滑轮组(上、下滑轮组及导向滑轮)、钢丝绳及配重组成。配重的作用是平衡岩石通过钻头、螺旋钻杆传导至机台的反作用力。加压卷扬机启动后,拉紧钢丝绳,通过滑轮组的作用,将加压卷扬机的张拉力扩大 6 倍施加给动力头,使动力头经钻杆加压至钻头球齿,从而实现碎岩钻进。通过调节加压卷扬机的张拉力可调节施加至钻头的钻压,根据加压卷扬机的电动机功率及钢丝绳强度,加压系统最多可加压 600 kN。加压后,球齿压力应大于岩石抗压强度,一般为 15 ~ 50 MPa。加压系统示意图见图 3。

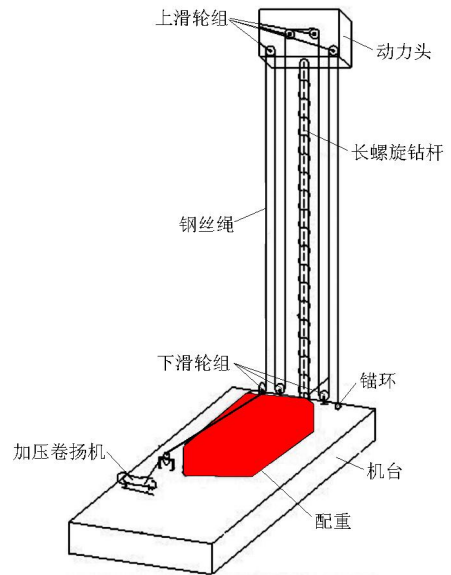


图 3 长螺旋钻孔压灌桩加压系统示意图

2.4 冷却水系统

长螺旋钻孔压灌桩冷却水系统由高压泵、蓄水箱、输水管及喷嘴组成(见图 4、图 5)。冷却水系统的作用是使钻头在钻进块石层、卵石层、基岩过程中得到降温,保持正常工作。

3 长螺旋钻孔桩机高度改进

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008),长螺旋钻孔压灌桩适用的建议桩径为 300 ~ 800 mm,最大桩长 ≥ 25 m。规范对桩径和桩长作出限制,主要是考虑了桩机动力头电机功率大小及桩架、钻杆的稳定性。经增大桩机动力头电机功率、提高桩架及钻杆强度、验算桩架稳定性后,经工程实例验证,长螺旋钻孔压灌桩桩径可扩大为 1000 mm,桩长

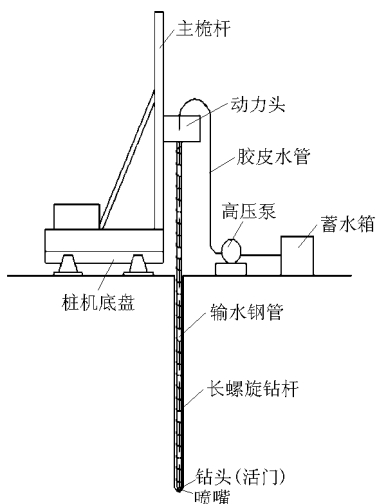


图4 长螺旋钻孔压灌桩冷却水系统示意图



图5 长螺旋钻头冷却水喷射

可增至55 m。

4 长螺旋钻孔压灌桩嵌岩成孔施工要点

嵌岩钻进不同于普通软地层钻进,其施工要点如下。

(1) 钻进至风化基岩时,成孔速度显著放缓,此时同时启动加压系统和冷却系统。

(2) 启动加压系统:开启加压卷扬机,拉紧钢丝绳,经过滑轮组的作用,将加压卷扬机对钢丝绳的张拉力扩大至6倍施加给动力头,通过动力头经螺旋钻杆传导至钻头,岩石被压碎后,随着螺旋叶片被推送至地面(见图6)。

(3) 启动冷却系统:开启高压泵,使冷却水经过胶皮管和钻杆内的输水钢管传送至钻头的喷嘴喷出,冷却钻头。

(4) 转速控制:选用低转速动力头钻进,4 r/min。



图6 嵌岩钻进

(5) 钻速控制:较硬岩石进尺速度 >10 cm/min。

(6) 压力控制:根据岩石强度确定压力,钻压应超过岩石抗压强度。具体操作时根据钻速、动力电流强度来判断钻压是否合理。

(7) 动力电流强度控制:非岩石层钻进时,电流强度读数为额定值的40%~60%;入岩时,电流强度急剧增大,可至额定值的90%~100%,此时,应及时减压空钻,以防烧坏电机;入岩后,调节钻压,使电流强度稳定为额定值的50%~70%。

5 工程实例

5.1 浙江宁波慈城新区湖东地块三期桩基工程

该地块为商住混合用地,总建筑面积超11万 m^2 ,采用灌注桩基础,要求桩端进入中风化凝灰岩 $<1D$ 。该中风化岩层饱和单轴抗压强度为30~40 MPa,局部达60~70 MPa,属较坚硬岩。设计桩长20~50 m(岩层起伏大,桩长不一),桩径700~800 mm,混凝土强度C35,单桩抗压承载力特征值3000~3700 kN,桩数1989根。

该工程投入6台改进型长螺旋压灌桩机,平均每台桩机成桩5根/天。施工过程顺利,长螺旋钻机转速统一为4 r/min,非中风化岩层施工时不启动加压系统;进入中风化岩层,启动加压系统、冷却系统,钻杆跳动明显,动力头电机电流强度急剧变化,瞬时值可达300 A,此时及时减压空转,再缓慢加压,使动力头电机电流强度保持在150~200 A范围内,钻进速度6~10 cm/min。

静载荷抗压试验23根桩、静载荷抗拔试验5根桩,经检测,承载力均达到设计值,小应变桩身质量检测均合格。

5.2 浙江奉化金钟财富广场桩基工程

该工程主要建筑物为 6 幢 22 ~ 32 层的酒店式公寓、办公楼,建筑面积 135698 m²,采用灌注桩基础,要求桩端进入中风化凝灰质粉砂岩 ≤ 1 m。该中风化岩层属较软岩,少部分区域为较硬岩。设计桩长 31 ~ 48 m,桩径 700 mm,混凝土强度 C40,单桩抗压承载力特征值 4000 kN,桩数 663 根。

该工程投入 3 台改进型长螺旋压灌桩机,平均每台桩机成桩 6 根/天,施工过程顺利。静载荷试验 13 根桩,经检测,承载力均达到设计值,小应变桩身质量检测均合格。

6 结语

(1) 普通长螺旋钻孔压灌桩适用于砂层、砾石层、硬土层及软岩层,桩径 300 ~ 800 mm,桩长 ≥ 25 m,不适用于硬度较高的岩石层。经加装加压系统、冷却系统后,长螺旋钻孔压灌桩可用于块石填土层、卵石层及较软—较硬基岩的钻进。

(2) 经改进长螺旋钻孔桩机桩架、动力系统后,桩径可达 1000 mm,桩长可增至 55 m。

(3) 长螺旋钻孔压灌桩嵌岩技术具有无泥浆污

染、噪声小、无振动、无挤土、穿透力强、施工速度快、成本相对较低等特点,具有良好的社会效益和经济效益,具有重要的推广应用价值。

参考文献:

- [1] JGJ 94—2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [2] 徐波,王有为,吴慧娟,等. 建筑业 10 项新技术(2005)应用指南[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005:4-9.
- [3] 张公正. 牙轮钻头钻井参数探讨[J]. 探矿工程,1999,(5):45-46.
- [4] 许祿,曹国卿. 长螺旋钻孔在 CFG 桩施工中存在问题的浅析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4):22-23.
- [5] 陈飞,刘宏标. 长螺旋超流态混凝土灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):41-44.
- [6] 杨展,汤凤林. 钢结硬质合金型胎体性能及其热压金刚石钻头研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程,2008,(6):37-40.
- [7] 金成文,闫君,刘吉东. 超流态长螺旋钻孔灌注桩在西藏日喀则市行政中心工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3):42-44.
- [8] 苏明星. 长螺旋钻孔灌注桩施工工艺浅析[J]. 科技创新导报,2010,(8):58-60.
- [9] 胡小兵,华昆. 加压式嵌岩型长螺旋钻孔灌注桩应用技术[J]. 施工技术,2015,44(9):105-108.

(上接第 61 页)

能力最好。图 8 为最优化组合钻头结构参数情况下钻头孔底流场速度云图,在该参数组合下,钻头对外环空的卷吸流量可达 0.057 kg/s,钻头底喷孔流体喷射流速在距出口 4 mm 处仍能保持 446 m/s 的

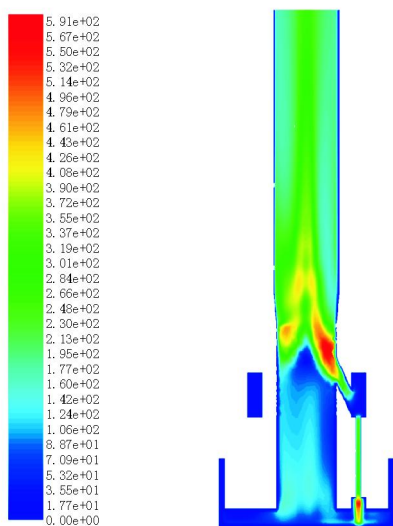


图 8 最优参数钻头结构孔底流场速度云图

高速喷射,而一般钻头底部出刃为 2.5 ~ 3 mm,因此该结构参数下钻头能够保持良好的切削性能。

参考文献:

- [1] 王如生. 反循环强有力气体喷射钻进技术理论及试验研究[D]. 吉林长春:吉林大学,2007:6-10.
- [2] 夏汉庸,方磊,王冲,等. 粗粒土层钻探过程中常见问题分析[J]. 施工技术,2008,(S1):137-140.
- [3] 赵志强. 贯通式潜孔锤反循环取心关键技术与试验研究[D]. 吉林长春:吉林大学,2013:7-8.
- [4] 王栋. 拉瓦尔喷管推偏特性的理论与试验研究[D]. 江苏南京:南京理工大学,2012:4-5.
- [5] 李莉佳,翟立新,殷琨,等. 旋流式反循环钻头孔底流场模拟分析[J]. 机械设计与制造,2014,(10):8-11.
- [6] 李鹏飞,徐敏义,王飞飞,等. 精通 CFD 工程仿真与案例实战[M]. 北京:人民邮电出版社,2011:197-199.
- [7] 于航,殷琨,罗永江,等. 内喷孔式反循环钻头结构优化设计及 CFD 模拟分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):49-52.
- [8] 吴金生,陈礼仪,张伟. 破碎松软地层取心钻头孔底流场数值模拟及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):107-110.