

SH25H 型液压风动冲击钻机在大口径硬岩钻孔 灌注桩施工中的试验研究

何龙飞, 林 坚, 孙亚军, 王宇清

(上海金泰工程机械有限公司, 上海 安亭 201805)

摘 要:根据京沪高速铁路徐州东站大口径嵌岩灌注桩工程, 试制 SH25H 型液压风动冲击钻机、采用气动潜孔锤空气正循环组合钻进工艺, 结合捞砂桶排渣, 摸索总结出一套针对硬岩地层的干式成孔新方法, 钻进效率及钻孔质量显著提高, 为大直径成孔施工增添了一种新的方法。

关键词:大口径; 嵌岩灌注桩; 捞砂桶; 液压风动冲击钻机

中图分类号: P634.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)08-0041-03

Experimental Study on SH25H Hydraulic and Pneumatic Impact Drill in Large Diameter Bored-grouting Pile Construction in Hard Rock/HE Long-fei, LIN Jian, SUN Ya-jun, WANG Yu-qing (Shanghai Jintai Engineering Machinery Co., Ltd., Shanghai 201805, China)

Abstract: By the large diameter rock-socket bored-grouting pile project in the construction of Beijing-Shanghai high-speed railway, the SH25H hydraulic pneumatic impact drill was trial manufactured with the pneumatic DTH and positive circulation rotary drilling technology, and chip removal was carried by bailing bucket. A new method for dry borehole drilling was explored and summarized with high drilling efficiency and high quality of borehole.

Key words: large diameter; rock-socket bored-grouting pile; bailing bucket; hydraulic and pneumatic impact drill

灌注桩孔嵌岩钻进技术亦即大直径钻孔硬岩钻进技术是国内外钻孔工程界极为关注和竭力研究的难题之一。目前应用最广泛的大直径硬岩钻孔施工方法是采用组合牙轮或滚齿钻头。对于中硬以上岩层, 组合牙轮或滚齿钻头仍难以进尺, 钻进效率很低, 且钻头磨损严重^[1]。SH25H 型液压风动冲击钻机是我公司自主研发的以钻进中硬以上岩层为主的新型桩基础施工设备, 在灰岩地层大口径嵌岩灌注桩成孔工程中, 我们试验应用了贯通式气动潜孔锤与空气正循环联合捞砂桶排渣组合钻进工艺, 取得了显著的效果。

1 工程概况

本试验依托项目为京沪高铁徐州站站房、雨棚工程混凝土灌注桩成孔, 施工地为江苏省徐州市东甸子区。钻孔技术参数为: 桩径 800 mm, 设计桩长 6.5~34.7 m 不等, 孔口标高 48 m, 混凝土强度等级 C35, 共计 258 根。施工技术要求为: 钻孔垂直偏差 <1%; 桩径允许偏差 ± 20 mm; 桩位偏差 ± 50 mm; 孔深偏差 +300 mm。

2 工程地质情况

2.1 自然条件

试验场地地处江苏省徐州市东郊, 为江苏、河南、山东三省交界, 交通发达。工地除雨季外无地表流水, 地下水埋藏较深。

2.2 地层情况

主要为灰岩, 青灰色, 弱风化, 节理裂隙较发育, 岩心呈短柱状, 节长 5~40 cm, RQD = 70%; 局部存在溶洞, 棕红色、黄褐色或红褐色硬塑粘土充填。地下水位未见, 承载力特征值 450~800 kPa。硬度较高, 可钻性差。

3 施工方案

前期施工主要采用 CK1500 型冲击钻机, 主要存在以下问题:

- (1) 钻进效率低, 时效最高达 0.083 m/h;
- (2) 由于地层为灰岩及漂石夹杂泥土, 采用泥浆护壁容易造成泥浆散失;
- (3) 遇局部漂石时锤头偏移, 钻孔垂直度难以保证, 通过添加碎石块纠斜大大增加了辅助时间, 降

收稿日期: 2010-03-08; 修回日期: 2010-06-24

作者简介: 何龙飞(1983-), 男(拉祜族), 云南景谷人, 上海金泰工程机械有限公司工程师, 地质工程专业, 硕士, 从事地下施工装备的研究与开发工作, 上海市安亭洛浦路 45 号, helongfei334@sina.com。

低了钻进效率;

(4) 锤头在提升与下放的过程中,由于泥浆液对孔壁的冲刷及负压导致孔壁塌方。

本项目特点为:开孔即为硬岩,且桩径较大,为 $\varnothing 800$ mm,旋挖钻机及冲击钻机施工效率太低,无法达到工期要求,且沉渣清除效果不好,影响了钻孔灌注桩的质量。

本次试验采用SH25H型液压风动冲击钻机,采用压缩空气驱动冲击器工作,冲击器冲击钻头孔内破碎岩石并且利用压缩空气正循环吹渣结合捞砂桶的排渣工艺,大大增加了钻进效率,提高了成孔质量,在大直径钻孔硬岩钻进技术上属国内外首创。

4 主要设备组成

SH25H型液压风动冲击钻机(见图1);可伸缩摩擦阻式钻杆;3台空压机,容积流量分别为20、17、17 m^3/min ,公称排气压力为0.7 MPa; $\varnothing 800$ mm硬质合金球齿钻头;FC15B型冲击器(见图2)($\varnothing 705$ mm \times 1963 mm),冲击功3000~12000 J,冲击频率450~850次/min,耗风量40~80 m^3/min ,工作风压0.6~1.0 MPa;捞砂桶(见图3),外径 $\varnothing 765$ mm,壁厚12 mm,高500 mm;扩径桶外径 $\varnothing 765$ mm;护桶 $\varnothing 820$ mm \times 2 m。



图1 SH25H型液压风动冲击钻机

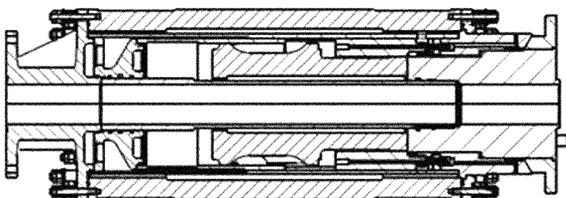


图2 FC15B型冲击器结构示意图



图3 捞砂桶

5 试验过程

5.1 钻进工艺参数

5.1.1 钻压及转速

钻压靠钻具自重施加,动力头为 180° 回转方式,转速为20 r/min,扭矩为25 $\text{kN}\cdot\text{m}$ 。

5.1.2 风量及风压

井内空气上返风速必须大于或等于 15 m/s ^[2],潜孔锤才能发挥较好效果,根据苏联的经验公式^[3]:

$$Q = 47.1KF(D - d) \quad (1)$$

式中: Q ——所需风量, m^3/min ; K ——考虑孔深损耗的系数;孔深200 m以内取1; F ——孔内涌水时,风量增加系数,其值与涌水量有关,中等以小涌水量时取1.5; D ——钻孔直径,m; d ——冲击器外径,m。

得出需要风量 $37.09 \text{ m}^3/\text{min}$,所以3台空压机并联供气,总供风量为 $54 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

5.1.3 排渣方式

采用空气正循环吹孔与捞砂桶联合排渣。压缩空气通过钻头底面排气孔直接吹向孔底,冷却钻头,将岩屑沿冲击器与钻孔环状间隙吹出孔口。由于钻孔直径较大,随钻孔深度的加深,岩屑的上返速度逐渐降低,排渣效果下降,导致重复破碎,降低钻进效率,还可能造成埋钻事故。故通过在冲击器与钻杆联结处安装捞砂桶,增强排渣效果。

5.1.4 护壁

现场地表爆破4 m后回填,为了防止塌孔埋钻,埋置了护桶,护桶采用厚14 mm的钢板卷制而成,内径为820 mm,长度为2 m,钢护桶埋设高出地面0.3 m。

5.2 钻进成孔

本次试验采用空气正循环钻进成孔工艺,钻进时压缩空气开始循环驱动潜孔锤工作,对岩石实施冲击回转碎岩钻进^[4]。大直径潜孔锤产生的巨大

冲击能量使岩石破碎充分,钻头每颗球齿下的岩石产生体积破碎^[5],尾气通过回气管引入冲击器中心通道从钻头底面排出,携带岩屑沿着钻具与孔壁环状间隙上返,部分细小的岩屑直接吹出孔口(如图4所示),颗粒较大的岩屑则沉积在捞砂桶内,通过提钻清除桶内岩屑(如图3所示)。现场发现,钻进深度5 m内岩屑直接吹出孔口,岩屑颗粒5~7 mm约占70%,最大颗粒直径为15 mm(如图5所示);当钻进深度超过5 m,孔口无大颗粒岩屑吹出,大部分为粉尘,岩屑主要沉积在捞砂桶内,5~8 mm约占30%,大部分为小于5 mm(如图6所示)。平均每小时清渣一次。



图4 孔口排渣效果

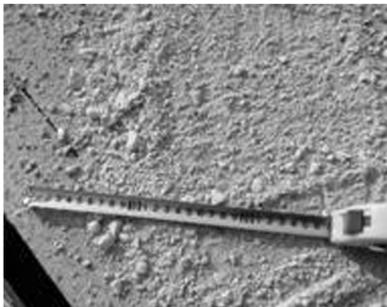


图5 孔口排出的岩屑



图6 捞砂桶内的岩屑

机钻孔、BAUER BG25C 型旋挖钻机的数据对比见表1~3。

表1 SH25H 型钻机试验数据

| 序号 | 回次 | 起始深度/m | 终止深度/m | 进尺 /m | 用时 /min | 时效 /m | 冲击频率/(次·min ⁻¹) |
|----|----|--------|--------|-------|---------|-------|-----------------------------|
| 1 | 1 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 16 | 3.75 | 350 |
| | 2 | 3.0 | 3.45 | 0.45 | 17 | 1.59 | 400 |
| | 3 | 3.45 | 3.95 | 0.5 | 30 | 1 | 385 |
| | 4 | 3.95 | 4.91 | 0.96 | 9 | 6.4 | 干吹孔 |
| 2 | 1 | 2.0 | 8.05 | 6.05 | 139.2 | 2.61 | 340 |
| 3 | 1 | 2.0 | 6.5 | 4.5 | 120 | 2.25 | 315 |
| 4 | 1 | 2.0 | 2.9 | 0.9 | 18 | 3 | 307 |
| | 2 | 2.9 | 4.0 | 1.1 | 42 | 1.57 | 悬挖清土 |
| | 3 | 4.0 | 6.0 | 2.0 | 60 | 2 | 405 |

表2 CK1500 型冲击钻机钻孔工作记录

| 日期 | 纯钻进时间/h | 辅助时间/h | 孔深/m | 进尺/m |
|-------|---------|--------|-----------|------|
| 11.20 | 7 | 1 | 5.8~6.8 | 1.0 |
| 11.21 | 23 | 0 | 6.8~8.8 | 2.0 |
| 11.22 | 8.5 | 15.5 | 8.8~9.5 | 0.7 |
| 11.23 | 5 | 19 | 9.5~10.0 | 0.5 |
| 11.24 | 13 | 11 | 10.0~11.0 | 1.0 |
| 11.25 | 6 | 18 | 11.0~11.5 | 0.5 |
| 11.26 | 15 | 9 | 11.5~12.5 | 1.0 |
| 11.27 | 11.5 | 12 | 12.5~13.5 | 1.0 |
| 11.28 | 24 | 0 | 13.5~15.5 | 2.0 |
| 11.29 | 23.5 | 0 | 15.5~17.2 | 1.7 |

表3 BAUER BG25C 型旋挖钻机工作记录

| 孔深/m | 回次进尺/m | 用时/h | 回次钻速/(m·h ⁻¹) |
|-----------|--------|------|---------------------------|
| 0~5.0 | 5.0 | 12.5 | 0.4 |
| 5.0~8.5 | 3.5 | 10.0 | 0.35 |
| 8.5~10.0 | 1.5 | 5.5 | 0.27 |
| 10.0~12.5 | 2.5 | 6.5 | 0.38 |

由表2可得CK1500型冲击钻机平均钻进效率为0.0514 m/h,BAUER BG25C型旋挖钻机钻进效率为0.65 m/h,而SH25H型液压风动冲击钻机总进尺16.5 m,用时6.67 h,平均时效为2.47 m/h。到工程结束时共完成9个桩孔,总进尺55.15 m,平均效率达2.24 m/h,9个钻孔孔底沉渣厚度均小于30 mm,达到了施工要求,钻孔垂直偏差≤1%,孔径偏差严格控制在20 mm范围内。

6 结论

(1)SH25H型液压风动冲击钻机采用正循环吹孔结合捞砂桶的排渣工艺,在灰岩地层大口径嵌岩灌注桩成孔施工中平均钻进效率达到了2.47 m/h,是CK1500型冲击钻机的48倍,是普通旋挖钻机的3.8倍;

(下转第46页)

5.3 试验数据

SH25H型钻机的试验数据与CK1500型冲击钻

纠正。钻井施工完成后,准确测量、分析钻井垂直度偏差,严格控制在1‰以内。同时精确计算出钻井井筒的整体有效断面直径,确保钻井垂直度 $<1‰$ 且井筒有效断面满足井壁安放和壁后充填固井止水工艺的要求。实际测量 $\varnothing 8.3$ m 钻井的垂直度为0.6‰,钻井的有效断面为 $\varnothing 8.12$ m,如图2所示。

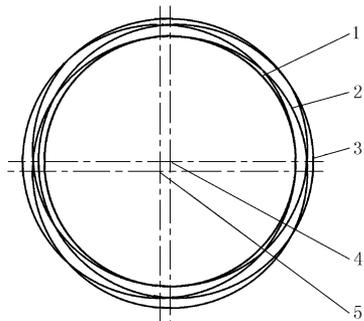


图2 $\varnothing 8.3$ m 钻井垂直度及有效断面示意图

1—内包络圆(钻井有效断面);2,3—钻井不同深度的水平断面;4—设计钻井中心;5—实际钻井中心

4 几点体会

(1) 超大直径钻井施工一般都采用分级扩钻成井工艺,使用的滚刀钻头结构有平底、截锥体和球面体等型式。 $\varnothing 4.0$ m 以上滚刀钻头一般为截锥体组合型式。从控制钻井垂直度的因素考虑,平底钻头

优于截锥体和球面体结构型式。超大直径钻井施工,综合考虑钻井洗井排渣、垂直度控制等因素,一般情况下优先选用截锥体或球面体结构型式钻头,解决钻井洗井排渣能力不足问题,同时增加钻头围圈高度,采取安置导向器和增加粗径钻具重力的措施控制钻井垂直度。选用截锥体型式扩孔组合钻头,锥体部分的锥角一般控制在 130° 左右为宜,排渣口设置在锥体与平底部分的过渡区,能取得良好效果。

(2) 在各种控制钻井垂直度的工艺措施中,宜优先选用在粗径钻具的位置设置导向器的控制方法。增加粗径钻具的重力控制钻井垂直度在大深度、要求钻井偏斜量小的钻井施工中效果不明显,同时增加粗径钻具的重力还受设备提升能力的影响。

(3) 超大直径钻井施工钻井垂直度控制要采取以预防为主措施,控制钻井垂直度要综合考虑各种因素的共同作用,包括地层、设备、工艺等因素,在实际施工中,只要工艺措施得当、参数选取合理,完全能够控制钻井的垂直度满足设计规范要求。

参考文献:

- [1] 翁家杰. 井巷特殊施工[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.
- [2] 靖向党. 钻孔工程[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.

(上接第43页)

(2) 由于采用干孔成孔工艺,避免了冲洗液对孔壁的冲蚀,减少了塌孔事故;

(3) 由于空气潜孔锤钻进工艺的“小压力、慢转速”和气举正循环的“孔底加压、悬垂钻进”特点,使钻孔的垂直度提高,钻孔垂直偏差 $\leq 1\%$;

(4) 捞砂桶与孔壁环状间隙过小导致较大岩屑无法上返,孔底重复破碎严重,捞砂桶结构的合理性有待于进一步完善;

(5) 钻杆与孔壁环状间隙过大,降低了岩屑上返流速,加重了孔底重复破碎;

(6) 由于采用空气正循环排渣,孔口排出粉尘量很大,对环境造成很大的污染,笔者建议根据多喷嘴引射器原理,利用压缩空气高速喷射在孔口部位形成真空负压,抽吸孔口粉尘沿着一定管路排出并

收集,具体设计方案有待于进一步的研究。

本文为大直径钻孔硬岩钻进技术提供了一种新的高效高质量的新方法,对提高我国大直径钻孔水平具有重要意义,必将有广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 王茂森,殷琨,张晓光. 大直径环式组合潜孔锤及钻进工艺研究[J]. 地质与勘探,2006,42(2):90-96.
- [2] 博琨. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术钻具优化及应用研究[D]. 长春:吉林大学,2009.
- [3] 张祖培,殷琨,蒋荣庆,等. 岩土钻掘工程新技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [4] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [5] 何智敏,隆威,万步炎,等. CJ-130型双向气动潜孔锤施工工艺初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):65-68.