

# 软硬交替复杂地质发泡剂辅助桩基成孔工法

魏 勇

中铁上海工程局集团第四工程有限公司 天津 300480

**摘要:**本工程地处燕山山脉与华北平原的交界处,地层较多,地质变化多样。工程施工时因地质情况复杂,成孔机械在钻进岩层、土层过程中经常遇到塌孔、卡钻、埋钻等无法成孔的难题,进而导致施工进度严重滞后,施工成本大幅度增加。

中铁上海工程局集团有限公司从保证成孔、成桩质量,加快成孔效率及合格率,节约施工成本的角度出发,采用以潜孔锤为主,长螺旋钻机为辅的钻进成孔方法,增加护筒跟进、发泡剂辅助成孔等措施,高效经济的完成了桩基施工,先后研发了一种用于松散岩层地质的潜孔锤快速成孔施工方法,一种泡沫剂辅助成孔的施工设备等技术,并在格调石溪花园项目中进行了推广应用,有效避免了钻进过程中的塌孔、卡钻、埋钻、扬尘等施工问题,实现了高质量成孔作业,最终总结形成本工法。

**关键词:**潜孔锤;发泡剂;洛阳钻;辅助成孔

## 1 发泡剂辅助桩基成孔技术

### 1.1 概述

针对软硬交替岩层地质,采用长螺旋钻机、洛阳铲钻机辅助潜孔锤钻机进行钻进并配合发泡剂辅助成孔。通过对气动潜孔锤钻进进行改进,改进后的工艺设备在气动潜孔锤锤头位置增加一趟管路,松散岩层钻进时,同时增加水箱,水箱内加入发泡剂,通过管路将发泡剂与水混合溶液通过空压机送入潜孔锤锤头,风压与发泡

剂混合液通过钻头出风口进入钻孔内,发泡剂的粘结性则起到粘结粉末、封堵裂隙通道、护壁、减轻塌孔的作用,又因松散岩层颗粒为粉末状,发泡剂混合溶液将钻孔内的松散岩层粉末粘结成块体,增加了岩层粉末自身的比重,进而通过增加空压机送风量,将松散岩层颗粒排出钻孔,达到清渣、成孔的目的。

## 2 施工工艺流程及操作要点

### 2.1 工艺流程图

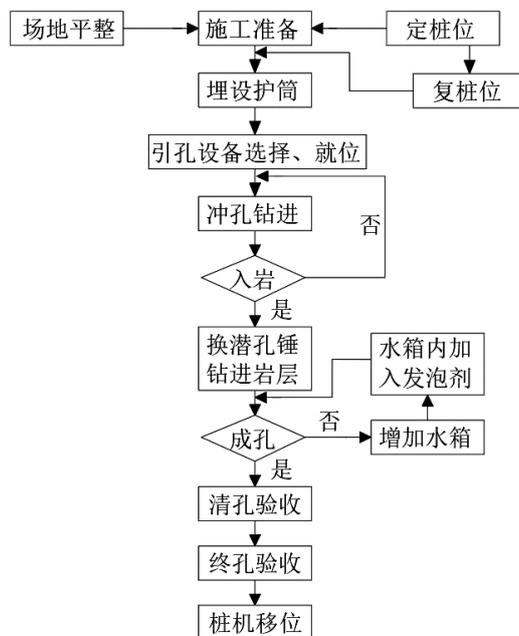


图1 工艺流程图

### 2.2 操作要点

#### 2.2.1 施工准备

部分楼座位于原始冲沟内,原状地面标高低于设计桩顶标高,最低处约8m。首先对地表进行清理,清除表

层耕植土分层回填压实后整平场地。素土回填前对回填土进行相关试验，测得最佳含水量和最大干密度，以便过程控制回填土施工质量。回填分层厚度不大于35cm，压实度不小于0.94。

(1) 定桩位

首先，由设计单位给与楼座桩位坐标。其次由市政控制点引测形成场区控制网，依据坐标仪器放样，确定桩位。

(2) 复桩位

利用RTK测量设备精确定位桩点，并更换测量人员、更换设备复核桩位。

2.2.2 埋设护筒

为防止孔口坍塌及回填区打桩时塌孔问题，需埋设护筒，深度为回填土深度+50mm，原状土层上采用潜孔锤钻进时，可只在孔口埋设护筒，护筒高800mm。

2.2.3 引孔设备选择、就位

根据地质勘察报告、设计桩径400mm及现场高低台地限制等因素，首先选择采用旋挖DF160E旋挖钻机进行试桩，土层钻进效率高，但钻至岩层时，速度缓慢，并发现旋挖钻齿头磨损严重，如继续钻进，则会磨损钻头尺座，故将旋挖钻机改进为集束式长螺旋钻机，利用螺旋钻杆钻进土体，改进型的螺旋钻杆最大施工长度为11m。当土体埋深超过11m时，更换洛阳钻继续钻进引孔，待入岩后更换为潜孔锤钻机钻进。

2.2.4 换潜孔锤钻进岩层

(1) 依据长螺旋钻机及洛阳钻钻孔进尺情况，判断达到岩层时，更换气动潜孔锤钻进。

(2) 气动潜孔锤冲击钻进时，应匀速慢进，遇阻力大时潜孔锤向上提升，提升距离约0.30-0.50m，再次随振动冲击进尺，孔深钻至5-8m，提升螺旋杆排除钻渣一次，钻至孔深钻至接近孔底进行第二次排除钻渣，孔深达到设计要求。采用空压机气压达到12Mpa压力清孔2-3分钟，提升螺旋杆排除钻渣。

钻进参数：330HP空压机，钻进过程中为12Mpa气压，潜孔锤气压值2.41-3.0Mpa。

(3) 增设水箱设备，水箱内加入发泡剂。当气动潜孔锤在松散岩层中无法成孔时，潜孔锤配合发泡剂护壁快速成孔施工技术领域中的一个创新，该技术利用潜孔锤施工的优点，又创新的将发泡剂通过潜孔锤送分管送入锤头，通过锤头进入孔内后，将孔内松散且独立的颗粒碎料粘结在一起，从而增大了松散料颗粒重度，再通过风压将粘结在一起的渣料吹出钻孔。同时，利用发泡剂的膨胀力及粘结力，起到护壁作用，减少部分松

散料因风压问题的塌孔。从而大大提高了软硬交替岩层条件下的采用潜孔锤施工工法的成孔合格率。

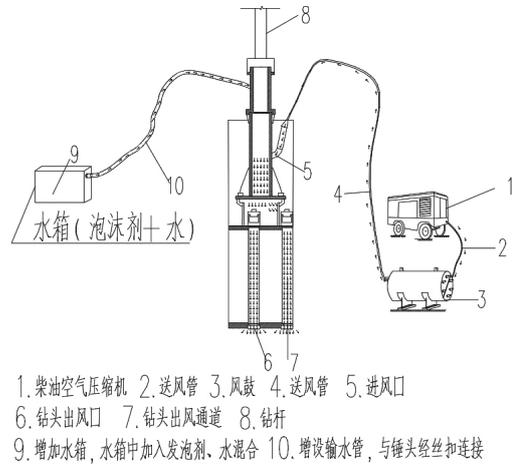


图2 潜孔锤增加水箱设备护壁粘结系统图

2.2.5 清孔验收

(1) 钻孔达到设计孔深后潜孔锤孔底通过气压清孔2-3分钟随螺旋杆提升排除沉渣，经检测孔深与沉渣厚度≤100mm满足设计要求后停止。在桩机潜孔锤头端部设有排渣通道，凿除的渣可利用压力风为介质由排渣通道排到长螺旋钻杆上，将长螺旋钻杆提升，钻出的渣就可直接排至孔外，完成钻孔的清孔，通过高压高速压力风的清理后，孔底被清理干净，不存在沉渣。

(2) 成孔结束后，利用线坠测绳及超声波仪器检测钻孔深度、孔径及沉渣厚度，计算出沉渣厚度并控制在100mm之内，符合规范及设计要求。

2.2.6 终孔验收

利用线坠测绳检测钻孔深度沉渣厚度，沉渣厚度并控制在100mm之内，报检验收。

2.2.7 桩机移位

浇注完成后，起吊导管，桩基移位，进行下一个循环。

3 质量控制

3.1 主要施工控制

3.1.1 施工质量控制及检测标注见表1成孔质量检测要求表

表1 成孔质量检验要求

序号	检查项目	允许偏差	检查方法
1	桩位	≤70	开挖后量桩中心
2	孔深	+300mm 0	测钻具长度或用重锤测量
3	桩径	-20mm	用伞形孔径仪或超声波探测
4	垂直度	< 1.0%	测钻杆的垂直度或用超声波探测

3.2 桩位偏差

3.2.1 桩位由测量工程师现场测量放线，报监理工程

师审批。

3.2.2 钻机就位时,认真校核潜孔锤对位情况,如发现偏差超标,及时调整。

### 3.3 桩身垂直度

3.3.1 钻机就位前,进行场地平整、夯实,针对高低台地、高回填区必须按照规范要求整平夯实、回弹的打桩平台满足机械作业要求的作业面及压实度,最大限度减少塌孔、斜孔的情况发生,也防止钻机出现不均匀下沉导致成孔偏斜。

3.3.2 钻机用水平尺校核水平度,用液压系统调节支腿高度。

3.3.3 成孔时,采用吊垂线校核钻具垂直度,同时至少测两个垂直孔径方向,确保垂直度满足设计和规范要求。

## 4 成孔质量

4.1 成孔过程中,控制潜孔锤下沉速度,派专人观察钻具的下沉速度是否异常,钻具是否有挤偏的现象,若出现异常情况应分析原因,及时纠偏。

4.2 终孔深度如出现异常(短桩或超长桩),及时上报设计、监理进行妥善处理,可采取超前钻预先探明引孔地层分布。

4.3 成孔时,由于钻具直径相对较小,引孔过程中钻杆与孔壁间的环状孔隙小,对孔壁稳定有一定的作用。但在提钻时,由于风压大,对孔壁稳定有一定的破坏作用,此时应控制提升速度、降低风压,防止引起孔壁坍塌。

4.4 对于孔口为砂性土,引孔容易造成孔壁不稳定,采取下入孔口护筒护壁、孔口护筒焊接铁板底座,防止孔口护筒位置偏移。

4.5 成孔时,派专人及时清理孔内岩渣,防止岩渣二次入孔,造成孔口堆积、重复破碎,防止埋钻、卡钻现象发生。

## 5 安全措施

5.1 各类人员必须具备相应的执业资格才能上岗,所有职工必须经过三级安全教育,特殊工种作业人员必须持有特种作业操作证,并严格按照规定定期进行复查。

5.2 在每台钻孔桩机上安装安全操作规程、警示标志及单元生产预警牌,提醒施工人员时刻注意安全。

5.3 进入施工现场不准穿硬底鞋、拖鞋,必须戴好安全帽。电焊工操作时应戴好面罩、护目镜、焊接手套。

5.4 施工机械必须经安全检查合格后方可使用。机械的进退场、组装拆卸,尤其应注意安全。安设钻机机架应铺垫平稳,架设稳定牢固。

5.5 施工机械需专人操作,操作前须认真检查机械设备的各个重要部位,严禁机械带病运行。经常巡视机械

的运转情况,发现异常,及时纠正处理。

5.6 电器设备必须有安全接地的防护装置,严禁带电修理,非专职人员不得擅自操作。雨季施工时,提前搭设防雨棚、雨天时用于遮盖电器设备、用电机具等。

5.7 成孔后要及时灌注混凝土,未灌注的孔口设置洞口防护,且固定牢靠。

## 6 环保措施

6.1 施工、生活污水必须通过三级沉淀池在场内过滤、沉淀池处理后,方可排入城市下水管道。

6.2 工场地出入口设置标准的洗车槽、沉淀池、高压冲洗水枪,机动车辆在洗车槽内冲洗干净后才能驶出工地,施工现场扬尘管理满足“六个百分百要求”。

6.3 通过增加水箱,水箱内加入发泡剂,通过风管进入钻头后到达钻孔内,将原干法作业创新成为湿法作业,解决了气动潜孔锤扬尘污染问题,环保效果显著,在多次迎接政府扬尘科检查中获得好评。

## 7 效益分析

### 7.1 经济效益

通过本项目创新的在软硬交替岩层潜孔锤配合发泡剂护壁快速成孔施工方法,成功的解决了复杂地质、松散层岩层及软硬交替岩层地质条件中无法成孔的难题。桩基工程计划开始时间为2020年1月13日,计划竣工日期为2020年10月1日,实际竣工日期为2020年8月1日。累计节约工期为60天。累计节约费用91万余元。

### 7.2 社会效益

软硬交替岩层潜孔锤配合发泡剂护壁快速成孔施工方法,极大提高了一次性成孔合格率,节约施工成本,受到业主乃至当地政府的认可。同时认真总结,攻坚克难,荣获国家级QC二等奖,省部级QC一等奖,进一步巩固应用成果,提升企业形象,创造价值。

## 结束语

通过采用改进后的长螺旋钻机、洛阳钻、气动潜孔锤等机械配合使用,结合不同复杂多变的地质条件,总结形成成果如下:

(1) 将最小直径450mm旋挖钻机改装成直径400mm长螺旋钻机。

(2) 使用洛阳钻接力钻进超深土层地质。

(3) 使用气动潜孔锤钻进岩层,同时增加水箱内加入发泡剂,使发泡剂及松散颗粒填充孔内节理裂隙,同时发泡剂将孔内松散、独立粉末状岩屑粘结成块,增加颗粒比重,进而通过风压完成排渣。

为了施工更便捷,我们又改进了设备配置,就是在设备上增加台座、台座上直接安装水箱,沿台座布置管路,

进入钻杆、钻头系统，这样就使得钻机与水箱在同一设备上，移动便捷，维护方便，大大减轻了人工工作量。

创新思维、改进设备、改善工艺，最终通过努力下，提前完成工期节点，兑现进度承诺，节约成本，收益显著。

#### 参考文献

[1]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,(11).

DOI:10.3969/j.issn.1672-7428.2009.11.018.

[2]苏冬九.CJ-130型双向气动潜孔锤的研制[J].中南大学.2008.DOI:10.7666/d.y1323809.

[3]梁贵和,吕蓉,关洪军,等.空气-泡沫钻进技术及其应用实例[J].水文地质工程地质.2004,(5).DOI:10.3969

[4]安民,尹晋忠,张许平,等.潜孔锤钻进技术在施工中的应用[J].山西水利.2002,(5).49-50