

# YCJF-20 型冲击反循环钻机进行地下 连续墙成槽施工技术

杨东河, 刘珂, 夏小兴, 王国伟, 张永春, 李绍琳

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

**摘要:**成槽施工是地下连续墙施工的重要工序, 厦门地铁 3 号线湖滨东路站地下连续墙施工中采用 YCJF-20 型冲击反循环钻机冲击钻进法进行成槽施工。介绍了 YCJF-20 型钻机的主要技术参数、特点和工作原理, 以及导墙和导孔施工、钻机布置、泥浆制备、冲钻成槽等成槽施工过程。

**关键词:**地下连续墙; YCJF-20 型冲击反循环钻机; 冲击钻进; 成槽施工; 专用锤头

**中图分类号:** TU476+.3; P634.3+1   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1672-7428(2018)11-0065-04

**Trenching Construction Technology of Underground Diaphragm Wall by YCJF-20 Percussive and Reverse Circulation Rig/YANG Dong-he, LIU Ke, XIA Xiao-xing, WANG Guo-wei, ZHANG Yong-chun, LI Shao-lin**(No.1 Institute of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, Jinan Shandong 250014, China)

**Abstract:** The trenching construction is an important process for underground diaphragm wall, YCJF-20 percussive and reverse circulation rig is used in trenching construction of underground diaphragm wall in a station of Xiamen metro line 3. This paper introduces YCJF-20 rig about its main technical parameters, characteristics and working principles, as well as the construction process of guide wall and guide hole, drilling rig layout, mud preparation and trenching by percussive drilling.

**Key words:** underground diaphragm wall; YCJF-20 percussive and reverse circulation rig; percussive boring; trenching construction; special hammer

## 0 引言

地下连续墙作为一种基础工程新技术, 具有施工振动小、墙体刚度大、整体性好、可靠性高等优点, 因此被广泛应用于各类地下结构物, 如高层建筑物基坑挡土支护、高层建筑地下室外墙主体结构、城市地铁车站以及港口、桥梁等。地下连续墙施工过程中, 关键技术是: 如何在复杂的地基中开挖出符合设计要求的槽孔和保证槽孔在开挖或回填过程中的稳定, 因此对连续墙施工设备的选择和施工工艺的研究, 是连续墙成功施工的重要条件。

## 1 工程简介及地层特征

厦门地铁 3 号线是厦门西南-东北向骨架线, 是厦门本岛与翔安片区快速跨海的连接通道, 全长

36.7 km, 包含主线和支线两部分。湖滨东路站地下连续墙项目位于 3 号线主线上, 项目 6 m 一段, 设计深度 43 m, 厚度 1 m, 入岩深度 10~13 m。根据前期勘探调查, 该项目区域地层结构主要为第四系覆盖层及燕山晚期侵入岩两大类。其岩性分布及特征见表 1。

## 2 成槽设备和方案选择

冲钻法作为地下连续墙最早的一种施工技术, 在连续墙的施工中一直占据着重要地位。近十几年, 随着连续墙成槽新设备和新技术的不断涌出, 冲钻工法在连续墙的施工中已不再占据主导地位, 但在漂卵石层、硬岩石层或单独使用或与其它工法配合使用, 依然取得了较好的经济效益和社会效益。

收稿日期: 2018-05-25

作者简介: 杨东河, 男, 汉族, 1982 年生, 主要从事探矿工程机械、地质装备产品的设计工作, 山东省济南市章丘区创业路 2899 号, ydh383@163.com。

通信作者: 刘珂, 男, 汉族, 1983 年生, 主要从事探矿工程机械、地质装备产品的设计工作, 山东省济南市章丘区创业路 2899 号, 15054152084@163.com。

表1 项目区域岩性分布及特征

时代	成因	岩性组成	岩性特征
第四纪	人工填土	杂填土、填砂、素填土、抛石	厚度变化大,密实度及均匀性差,工程性能较差
	海积层	砂土、粘性土、淤泥、淤泥质砂	淤泥、淤泥质砂承载力低,压缩性高,透水性微,易发生流变、触变等不良特效,工程性能差;粉细砂承载力低,压缩性中等,透水性弱,易发生流土型破坏,工程性能差
	冲洪积层	粘性土、粘土质砂及中粗砾砂	中粗砾砂承载力一般,压缩性中等偏低,透水性中等,工程能力较差;粘土、粉质粘土承载力一般,压缩性中等,透水性弱,工程性能一般
	残积层	残积砂质、砂质粘性土	承载力低,压缩性中等,透水性弱,工程性能较好
燕山晚期	花岗闪长岩	基岩主要为花岗闪长岩,局部存辉绿岩岩脉	全强风化带;承载力一般,压缩性中等,透水性弱,遇水易软化,强度急剧降低,工程性能一般;碎裂状强风化带;承载力高、压缩性低,透水性中等,工程性能较好;中等风化带;承载力高、近不可压缩,透水性中等,但岩质不甚均匀,工程性能好;微风化带;承载力高、不可压缩,透水性弱,均匀性好,工程性能好

根据表1区域岩性分布及特征可以看出,湖滨东路站项目地层结构前30m主要是密度较小的填土层和砾砂,30m以深为坚硬的花岗闪长岩,此种地层结构,成槽方案可以考虑液压抓斗和冲钻组合、旋挖和冲钻组合,也可以单独选用冲钻法,综合地层结构、时间和成本等多种因素,此处单独选用了冲钻法。设备采用了山东省地质探矿厂生产的YCJF-20型全液压冲击反循环钻机,配备6BS/3PN型砂石泵组,采用冲击反循环工法冲钻成槽。

### 3 YCJF-20型钻机主要技术参数、特点和工作原理

#### 3.1 钻机主要技术参数

钻孔直径700~2000mm;钻孔深度80m;钻头质量6t;冲击行程100~1300mm;主卷扬提升能力100kN;副卷扬提升能力30kN;工具卷扬提升能力20kN;钻塔额定负荷250kN;钻塔有效高度7.5m;主电机功率55kW;主机质量14t;运输尺寸7370mm×2300mm×3030mm。

#### 3.2 钻机特点

(1) 钻机为全液压传动,液压油缸冲击方式工作,冲击频率和冲击行程可无级变速调节,操作方便,运行平稳,噪声低,过载保护好;

(2) 钻机整体结构合理,实现了机、电、液一体化,自动冲击采用了单片机控制,性能指标先进,工作安全可靠,其总体水平达到了国内领先水平;

(3) 锤头由差动卷扬机牵引,可实现自动调平,能有效防止卡钻事故的发生;

(4) 钻机配有液压步履,施工现场可自行移位,提高了施工效率,节省了施工时间和施工成本。

#### 3.3 工作原理

钻机差动卷扬机两侧卷筒伸出两根受力相等的钢丝绳,钢丝绳经过冲击机构天车轮,绕到钻塔前方

牵引冲击锤头,差动卷扬机由液压马达提供动力,带动冲击锤头做上下自由落体运动,靠冲击动能击碎岩石。冲击锤头做自由落体不断击碎岩石的同时,副卷扬机通过钻塔天车轮吊装排渣系统,通过6BS/3PN型砂石泵组反循环的方式及时将施工孔内的碎渣排出。

## 4 成槽施工过程

### 4.1 施工导墙和先导孔

根据施工设计,在连续墙施工位置划线,标定其具体位置,之后挖掘机沿标线开挖出宽1m的导墙,因导墙位于马路上,其地基较为坚实,因此并未对导墙进行加固处理。

YCJF-20型全液压冲击反循环钻机在填土层施工相对于液压抓斗成槽机、旋挖钻机效率较低,因此,地下连续墙先导孔的施工由旋挖钻机完成。根据湖滨东路站项目设计规划,地下连续墙单元槽标准长度6m,宽1m,结合连续墙单元槽尺寸和冲击反循环钻机施工特点,在每段连续墙单元槽内由旋挖钻机施工6个 $\Phi 1000$ mm外切圆孔作为先导孔,打到设计标深后,移开旋挖钻机,清理现场,为布置YCJF-20型冲击反循环钻机做准备。

### 4.2 布置钻机

导墙和先导孔施工完毕后,沿连续墙纵向方向布置冲击反循环钻机。布置钻机,最重要的是要保证钻机在施工过程中平稳无滑动,因为钻机一旦在施工过程中产生滑动现象,就会影响连续墙施工垂直度,而连续墙成槽垂直度是连续墙施工的重要关键点之一,直接影响着连续墙施工的成功与否。因此布置钻机前,场地必须提前平整压实,钻机下方垫枕木并固定到一起,以防止钻机施工过程中出现滑移现象。另外,钻机布置到位后,应保证钻机钻孔中心和先导孔

中心在同一铅垂线上,同时可以用吊坠测中心等类似方法做中心偏差度测量,经 3 次以上测量,两中心偏差度 $\leq 2$  cm 为宜。钻机现场布置如图 1。



图 1 钻机现场布置图

#### 4.3 制备泥浆

钻机在冲钻成槽过程中,泥浆起到保护槽壁和运送渣土的作用,因此控制护壁泥浆的质量好坏,对成功成槽具有重要的意义。湖滨东路站项目采用了膨润土制浆,制浆的方法和时间通过前期试验确定,制浆时,将膨润土、水、纯碱等材料按比例配制,然后用 3PNL 型泥浆泵产生的高速水流搅动 30 min 以上,使膨润土颗粒充分溶解,施工时,泥浆间隔 2 h 搅动一次,以保证泥浆性能最佳。施工到岩石层时,由于冲击时间变长,泥浆容易发生沉淀、流失等现象,为了保证泥浆的质量,在泥浆中加入了 CMC 外加剂,以提高泥浆的密度和粘度,通过实际表现来看,加入 CMC 外加剂后,对护壁泥皮的形成效果十分明显。钻机在整个冲钻成槽过程中,泥浆液面高度一直保持在导墙以下 0.5 m 处,随着槽深向下延伸,不定时向槽内补充泥浆,使泥浆液面始终保持在刻度线附近;同时,每隔 3~4 h,使用泥浆密度仪、粘度计等仪器对泥浆各项性能指标进行检测,以确保槽内泥浆质量。

另外,在施工过程中,对泥浆的循环利用和废渣处理也有相应的规范要求,特别是对施工过程中产生的大量废渣,要求必须及时可靠的运出场区,以免影响施工进度,为此,施工现场还配备了挖掘机等工程机械设备。

#### 4.4 冲钻成槽

前期所有准备工作结束后,开启钻机,进行冲钻

打孔。钻机牵引  $\varnothing 1000$  mm 圆锤头,沿钻孔中心线放入旋挖钻机打的先导孔内,同时与 6BS/3PN 型砂石泵组相连接的排渣管由副卷扬牵引,与锤头一并下入孔内,排渣管吸管口距离孔底控制在 0.5 m 左右位置,圆锤头靠自由落体冲击力冲击破碎松软的土层和坚硬的岩石层,同时破碎的渣屑则通过 6BS/3PN 型砂石泵组及时排到泥浆池中。冲孔起始阶段,应先采用低频率、低冲程(0.5 m 以内)冲击,待锤头整个平稳的进入冲孔内后,再采用大频率、大冲程(1.3 m)冲击,确保孔壁的稳定。在第四系覆盖层中冲击作业,采用 0.6~1 m 冲程冲击钻进,入到岩石层后,则采用最大冲程 1.3 m 进行冲击钻进,工作深度直至设计标高 43 m。另外,在松散或易发生流变、触变的土层,循环方式采用了正、反循环间断工作,以便钻头能冲击挤实地层,防止泥浆漏失造成塌孔现象。在整个锤头冲钻过程中,为保证连续墙的垂直度,要求每隔 2 h 必须测量一次孔斜情况,孔较浅时,可根据钢丝绳与两侧孔壁距离来判定,孔较深后,采用超声波测壁仪来进行确定;冲钻过程中,一旦发现连续墙垂直度超过标定数值,及时进行修正,符合要求后,按要求继续施工。施工完一个孔后,必须提钻对锤头进行检查,发现有开裂地方应及时修补,防止带病作业,发生掉钻、卡钻现象。根据施工连续墙单元槽尺寸,冲击钻机牵引圆锤头沿先导孔打出 6 个相切主孔( $\varnothing 1000$  mm),主孔与主孔之间未冲钻到的岩石部分(副孔),最后用方形锤头进行修孔、扫孔,使其成为标准的连续墙槽段。冲钻成槽施工示意图见图 2。

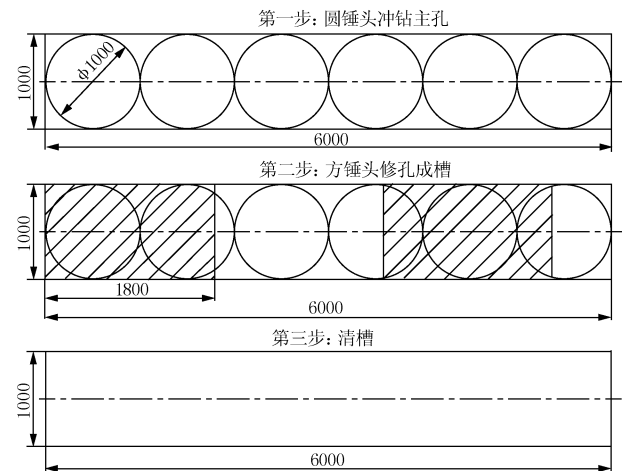


图 2 成槽施工示意图

另外,在用方形锤头修孔成槽时,先前用的方形锤头都是在圆锤头下围处焊接 4 块钢板改进而来,冲

钻效率低,而且经常出现卡钻现象,影响了施工进度。为彻底解决此问题,我们根据连续墙施工尺寸,专门设计了专用方形锤头(图3)。专用方形锤头长1800 mm,宽1000 mm,高2000 mm,有上围板和下围板,所有结构件对称分布,结构更加合理,受力也更加均匀。得益于专用方形锤头上述特点,冲钻效率明显提高,原先方锤头冲钻副孔,需要6次以上才能变成完整的槽孔,而现在仅需要冲钻4次就可以成槽,卡钻现象也基本被杜绝,冲钻效率较原先锤头大幅提升。



图3 专用方形锤头

方形锤头进行修孔、扫孔成槽之后,应及时进行清孔。清孔时,槽内的泥浆应先静止一段时间,待碎渣全部沉淀到槽底后,下导管,借助6BS/3PN型砂石泵组反循环的方式将槽底碎渣全部排出槽外。

## 5 结语

此次,在厦门地铁3号线湖滨东路站地下连续墙

项目上,采用YCJF-20型冲击反循环钻机结合专用锤头用冲钻法进行成槽施工,整体钻进平稳,成孔质量高,虽然在覆盖层钻进效率相对较低,但是入岩后,在花岗岩这类硬岩层,钻进效率却是最高,总体上达到了预期施工效果,取得了较好的经济效益和社会效益。另外,YCJF-20型冲击反循环钻机在厦门地铁3号线湖滨东路站成功施工表明,尽管冲钻施工工法相对其它工法施工效率较低,但其工法仍有较强的生命力,特别是遇到漂卵石、硬岩这一类特殊地层,在其他工法无法开展情况下,冲钻工法仍是最佳选择方案。

## 参考文献:

- [1] 张瑞云,孟丽君,孙铁城.地下连续墙成槽施工工法及设备适用性分析[J].工程力学,2003,(S1):431-434.
- [2] 唐爱国,王玉吉,李庆彬.YCJF-20全液压冲击反循环钻机结构特点及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):50-52.
- [3] 王立刚.YCJF-25全液压冲击反循环钻机施工大直径桩[J].科学之友,2009,27(9):23-24.
- [4] 徐军政.厦门地铁3号线跨海段主要工程地质问题及地质选线[J].铁道标准设计,2015,59(11):18-22.
- [5] 方俊波,刁天祥.上软下硬地层地下连续墙成槽施工[J].现代隧道技术,2002,39(1):34-37.
- [6] 王志强,王建庄.CJF-12型钻机在地下超薄连续墙工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2001,(1):63-66.
- [7] 党亚杰,肖昭然,聂彬.地下连续墙入岩成槽施工工艺改进[J].施工技术,2015,44(1):43-45.
- [8] 刘永杰,刘彦林.地下连续墙冲击成槽施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),1998,(S1):109-111.