

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.08.060

深入岩地下连续墙成槽施工关键技术的应用

胡小波

(上海远方基础工程有限公司,上海市 200436)

摘要:成槽是地下连续墙施工的关键工序,深入岩地质条件下的成槽施工是当前的难点问题之一。结合入岩成槽的工程实践,系统地总结了超深入岩的几种成槽施工工艺,包括冲击锤成槽、铣槽机成槽、“两孔一铣(抓)”或者“一孔一抓(铣)”、钻爆铣槽等工艺。针对成槽施工的主要施工设备和辅助施工设备进行了介绍,详细论述了几种组合成槽工艺的关键技术及其适用范围。并基于松坪站项目,介绍了两孔一铣工艺与一孔一铣的实际应用,比较分析这两种工艺。结果表明,一孔一铣工艺施工效率高出41%。对于深入岩条件下地下连续墙的成槽施工具有一定的指导意义。

关键词:深入岩成槽;冲击锤成槽;铣槽机成槽;两钻一铣(抓);一孔一铣(抓);钻爆铣槽

中图分类号: TU94

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0239-04

0 引言

当前我国城市地下空间开发的规模不断扩大,基坑工程的发展呈现出向超深方向发展的趋势。地下连续墙以其独有的优势,在基坑围护结构中被广泛应用。值得关注的是随着基坑深度的增加,地下连续墙的成槽深度也随之而加深。在软土或者入岩较浅的情况下,成槽的难度相对较低,但是嵌岩较深的情况下,成槽施工的质量和进度面临的巨大的挑战,因此超深入岩地质条件的成槽施工技术研究是当前的一个难点问题,目前主要是从成槽工艺和成槽设备的选择两个方面进行研究^[1-8]。

1 地下连续墙成槽施工工艺

地下连续墙成槽设备以液压抓斗和双轮铣槽机为主。在软土和粉砂性土地区液压抓斗成槽机可以实现一抓到底;在硬岩地质条件下,成槽机的入岩能力有限,必须辅助以其它的设备如旋挖钻、潜孔锤进行成槽,也可以采用铣槽机或者铣槽机与其他设备的组合进行成槽。

对于首开幅或者一期槽段尽可能采用三抓成槽的方式,对于连接幅或闭合幅可以采用两抓或三抓成槽,套铣接头的二期槽段则必须采用一铣成槽。

2 成槽设备

地下连续墙成槽设备主要分为两种,第一种为

主要施工设备,包括液压抓斗成槽机和双轮铣槽机。第二种为辅助施工设备,包括冲击锤、旋挖钻和潜孔锤。

2.1 主要成槽设备

液压抓斗和双轮铣槽机成槽的原理有本质的区别,对于软土和砂性土的地质条件下成槽,仅液压抓斗即可成槽,进入硬岩时采用铣槽机成槽。

(1) 液压抓斗成槽

采用履带式起重机悬挂抓斗,通过斗齿切削土体,并将切削下来的土体利用抓斗提出槽段进行卸土。

(2) 双轮铣槽机

双轮铣槽机是由柴油提供动力,两个液压马达带动铣轮低速相向转动,通过铣轮上全断面的铣齿切削地层中的泥土及岩石实现强力推进,土体及岩层切削形成小块后,与膨润土泥浆混合,由液压马达驱动离心泵或者气举反循环系统将混合物送到泥浆筛分系统,经过筛分处理后的泥浆泵送回到槽段内,渣土和碎石则废弃处理。

2.2 辅助设备

针对一些特殊情况如需要进行深入岩的地下连续墙成槽施工,液压抓斗成槽机不能够进行入岩成槽,液压双轮铣槽机能够入岩但是进尺效率不理想,可能低于0.1 m/h,不足以满足现场施工的进度要求。此时则需要辅助设备引孔施工,增加成槽机的切入点,或者减少铣槽机铣轮的工作面,加快铣槽的进度。

(1) 冲击锤

收稿日期: 2023-05-22

作者简介: 胡小波(1991—),男,大专,助理工程师,从事地下工程施工工作。

冲击锤有圆锤和方锤之分,圆锤主要用于引孔,方锤主要用于圆锤引孔后的修槽,将圆锤未完全处理的边角进行修正。采用冲击锤成槽有以下几个特点:

- a. 冲击锤成槽的功效低于 0.3 m/h, 如果要求成槽的进度较高,可通过大量增加锤机数量实现。
- b. 冲击锤成槽的现场文明施工较差。
- c. 废浆率较高。采用锤击钻冲击成孔时需要采用抽桶不断的进行清渣,如果使用反循环冲击钻机则可以避免清渣。

(2)旋挖钻

针对一些砾石层、强度在 14 MPa 以下的岩石层,可以采用旋挖钻配合引孔,后用成槽机或者铣槽机进行成槽。

(3)潜孔锤

潜孔锤的工作是利用气压驱动锤内活塞,高频冲击锤端钻头,在孔底直接钻凿、破碎岩石,对多类型的基岩均可轻易穿透钻进。冲击锤排出的废气通过钻头清扫孔底,将岩粉从钻杆与孔壁间的环形空间排出孔外,这样起到了清孔的作用。

3 入岩成槽工艺及其特点

入岩成槽的方式有多种,最常见的是冲击锤冲击成槽和成槽机成槽,而最为先进的工艺是双轮铣槽机成槽,“两孔一抓”、“两孔一铣”则是采用其他设备配合铣槽机或成槽机进行成槽作业的。

3.1 冲击锤成槽

对于基岩强度较低或者入岩深度较浅的地区,可以采用单一冲击锤进行成槽工艺。根据槽段宽度在槽段端部和中部用冲击锤钻成 3~4 个起导向作用的主孔,导向孔之间剩余部分的上部黏土层和砂土层采用成槽机处理,下部岩层则用冲击锤击碎形成副孔,对于主孔和副孔未能处理的棱角可采用方锤修孔成槽,后采用气举或者泵举法进行清孔。采用方锤修槽时需要注意卡锤的问题,解决卡锤的关键在于锤击的操作手的熟练度。

该工艺的特点体现在以下几个方面:

- (1)设备价格较低,市场资源充足,操作简单,市场基础广泛;
- (2)地层适应能力较强,除噪声要求较为严格的城市外,适用所有地层;
- (3)修孔能力强,特别是针对不均匀地层、孤(块)石、斜岩地层易于保持垂直度;

(4)成槽功效较慢,一些工期相对较为充裕的项目可以采用多锤机协同施工。

3.2 铣槽机成槽

冲击锤成槽的效率非常低,尤其是超深入岩的工况。故,在工期较为紧张的情况下,为了提高施工的速度可以直接采用铣槽机。首先使用小型挖掘机,将预开挖的槽段先挖掘 2.5 m 以上的深度并注满泥浆,使得铣槽机入槽铣槽时其泥浆能够浸入在液面以下。随后,从顶部到底部的土层开挖及开挖完成后的泥浆置换都由双轮铣槽机完成。单独采用铣槽机成槽需要考虑不同的地层对铣轮的影响,在软土、泥岩等地层容易出现“糊轮”现象,因此在成槽时需要考虑铣轮的铣齿的选用。并且,二期铣槽机的造浆量特别大,需要考虑施工过程中多余泥浆的处理。目前泥浆处理较多采用压滤系统进行。

铣槽机具备成槽工效快、精度高、噪音小、环保、地层适应范围广等优点,成槽质量也较高,特别适用于均匀覆盖层和中低强度基岩的成槽,然而,在含有较大直径的孤石或者坚硬岩石中,采用该工艺工效低、设备磨损大、施工成本高,须采用辅助设备协同施工。

3.3 “两孔一铣(抓)”或者“一孔一铣(抓)”工艺

(1)两孔一铣(抓)

两孔一铣(抓)是指采用冲击锤或者旋挖钻进行引孔,后采用铣槽机(成槽机)进行成槽,或采用旋挖钻进行主孔的引孔施工,冲击锤施工副孔,引孔结束后用铣槽机(成槽机)进行修槽。该工艺适合于基岩强度在 20 MPa 以下的岩石成槽。使用旋挖引孔时需要注意引孔的垂直度,在岩层一旦垂直度出现倾斜,将很难进行修正。冲击锤引孔时每隔 1.5~2 m 需要将冲击锤移开,采用成槽机清渣,如果使用反循环冲击钻机可以一锤到底,减少施工步骤。

针对一些坚硬基岩地区的成槽,单独采用铣槽机也能够进行成槽,但是成槽功效非常低,采用辅助引孔的措施后可以大幅提高成槽的速度。斜岩、大直径孤石、溶洞地层的地区引孔垂直度的控制难度非常大,可以采用冲击锤或潜孔锤,但是需要适时填入石子保证锤头与岩面能够全面接触,也可以采用旋挖钻成孔,钻头需要采用岩心钻头。

(2)一孔一铣

在一些强度达到 30 MPa 以上的岩层单独采用铣槽机成槽因其强度较高铣槽的速度较慢,为了加快铣槽的速度,在每一铣的中间引一个孔,减少铣轮

和岩石的接触面,加快铣槽的进度,这种方法称之为“一孔一铣”。

3.4 钻爆铣槽

由于液压双轮铣不能单独适应大直径孤(块)石或坚硬岩层,可以先行采用钻孔爆破进行预处理,即通过前期勘探探明的地质情况,对存在孤石及基岩异常凸起的部位,首先通过地质钻机进行引孔施工至孤石及基岩位置,随后进行岩石引孔,然后从地表将炸药安放在岩石指定位置,利用炸药爆炸产生的能量将岩石破碎解体,待岩石破碎后,再采用铣槽机铣削,这种方法可以大幅增加铣槽机铣除孤(块)石与硬基岩的工效,设备及材料损耗也相应降低。

该工艺是将爆破技术与成槽技术的集成,分为钻孔预爆、槽内钻孔爆破和槽内聚能爆破。钻孔预爆技术适用于已探明的孤(漂、块)石密集区和坚硬岩层。槽内钻孔爆破则适用于成槽过程中遇到的孤石和坚硬岩层。槽内聚能爆破一般应用于小直径块石或爆破钻机不能使用的情况。

爆破施工中应考虑孤石大小、基岩凸起位置、岩石强度、岩石深度、周边环境等因素影响,严格控制单段起爆最大用药量、爆破振动,确保施工安全。

4 成槽过程中出现的问题

4.1 成槽质量

地下连续墙进入中风化岩石和软岩岩层深度较深的情况下,成槽设备选型和泥浆制备质量是保证成槽质量和功效的关键,成槽过程中主要考虑成槽的垂直度和槽壁的稳定性问题。

(1) 成槽的垂直度控制。

导向孔的垂直度决定着成槽的垂直度,一旦垂直度超过规定的偏差将导致地连墙的侵限,严重的将影响钢筋笼的下放。垂直度的控制主要从两个方面进行;加大超声波测试的频率;加强操作手的垂直度控制意识的教育。

(2) 槽壁稳定性控制

槽壁稳定性主要是通过控制泥浆的指标来实现的。在实际施工中,也可以通过其他措施来降低槽壁失稳的可能性,如:导墙深度加深;导墙厚度在增加;导墙一侧设备站立位置下铺设钢板,分散导墙位置处大型设备的集中力。

4.2 槽底沉渣处理

墙底沉渣厚度控制与沉渣处理的质量将直接影响到地下连续墙竖向承载力,进而对主体结构的安

全性及使用产生影响,也增加了水下混凝土灌注的质量风险。

由于铣槽机设备上具备反循环清底系统,因此铣槽机施工的项目可以不考虑沉渣问题,但是冲击成槽或者冲抓成槽的项目必须要进行清底换浆,在成槽施工前要储备一定量的新浆,成槽结束后采用反循环的方式进行清基,同时将置换出来的槽底泥浆废弃,在槽段内不断的注入合适方量的新浆。

5 项目实例

5.1 项目概况

松坪站是深圳市城市轨道交通13号线工程中间站,位于科苑路与期山路的“十”字交叉路口,是13号线与规划的24号线的换乘站,本工程为松坪站1号风亭组围护结构工程,见图1。围护结构为地下连续墙,墙深16m,厚800mm,见图2。

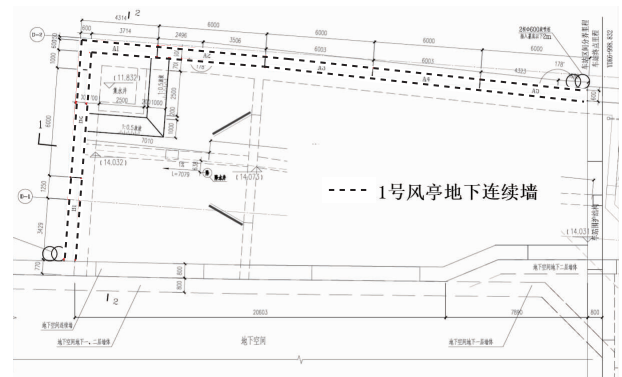


图1 地下连续墙平面布置(单位:mm)

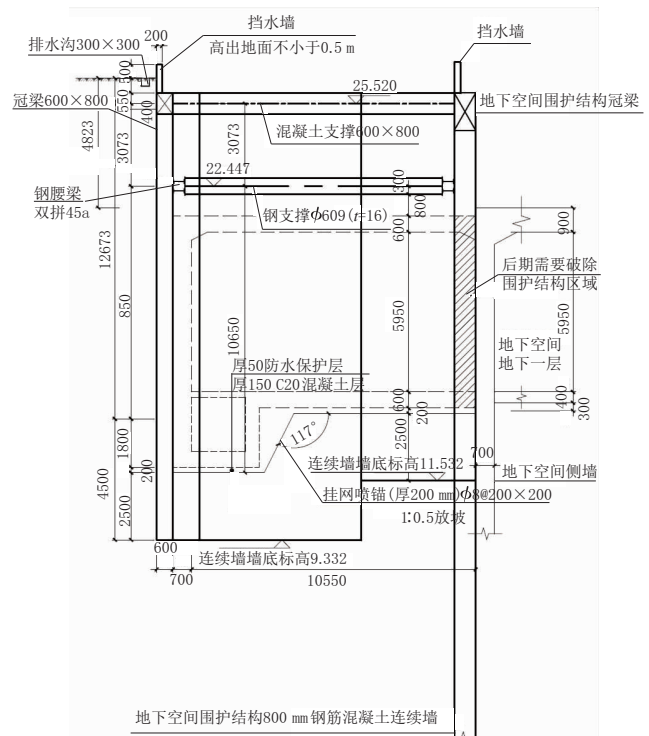


图2 围护结构剖面示意图(单位:mm)

5.2 地质条件

该项目施工地层包括素填土层、强风化花岗岩层、中风化花岗岩层以及微风化花岗岩层。其中,素填土层平均厚度 3 m,强风化黑云母花岗岩层平均厚度 8 m,中风化黑云母花岗岩层平均厚度 3 m,微风化黑云母花岗岩层平均厚度 2 m。

5.3 施工工艺选择

考虑到该项目须入微风化岩层 2 m,因此,项目前期选用两孔一铤施工工艺,采用冲击锤配合铤槽

机进行成槽施工。根据现场实际施工情况,得到 BC01、BC02 两幅地连墙成槽记录,见表 1。结果表明,两孔一铤施工工艺下,单幅地下连续墙成槽施工时间为 41 h 左右,在效率下不能在施工期限内完成所有地连墙施工。因此,现场进行了施工工艺更正,由原来的两孔一铤变成了一孔一铤,设备上舍弃了冲击锤,启用了旋挖钻机进行引孔施工。工艺改变后,根据继续施工的情况,得到了一孔一铤成槽统计表,见表 2。

表 1 两孔一铤成槽统计表

槽段号	地质	层厚	进尺效率	进尺时间	单抓进尺时间	单幅进尺时间
BC01	素填土层	3.1	5	0.62	16.5	41.13
	强风化黑云母花岗岩层	7.6	3	2.53		
	中风化黑云母花岗岩层	3.3	1	3.3		
	微风化黑云母花岗岩层	2	0.2	10		
BC02	素填土层	3.1	5	0.62	16.4	40.97
	强风化黑云母花岗岩层	7.7	3	2.57		
	中风化黑云母花岗岩层	3.2	1	3.2		
	微风化黑云母花岗岩层	2	0.2	10		

表 2 一孔一铤成槽统计表

槽段号	地质	层厚	进尺效率	进尺时间	单抓进尺时间	单幅进尺时间
BC03	素填土层	2.9	5	0.58	9.7	24.18
	强风化黑云母花岗岩层	8.2	3	2.73		
	中风化黑云母花岗岩层	3.3	1.4	2.36		
	微风化黑云母花岗岩层	2	0.5	4		
BC04	素填土层	2.9	5	0.58	9.5	23.65
	强风化黑云母花岗岩层	8	3	2.67		
	中风化黑云母花岗岩层	3.1	1.4	2.21		
	微风化黑云母花岗岩层	2	0.5	4		

结果表明,一孔一铤工艺运用后,单幅地连墙成槽时间约为 24 h,较两孔一铤单幅成槽时间降低了 41%,大大降低了成槽施工时间,有效降低了成槽施工成本。

6 结语

成槽施工是地下连续墙施工的关键工序,入岩成槽主要考虑地质、岩石强度、地下水、工期、成本及社会环境等因素,综合考虑进行成槽设备、成槽工艺和辅助设备的选择,以期适应地质条件,最大限度地发挥设备功效。

参考文献:

[1] 李松晏,梁森,张文,等.临近地铁超深基坑嵌岩地下连续墙施工技

术[J].施工技术,2019,48(9):90-93.

[2] 詹涛,杨春勃,安斌.在泥质粉砂岩地层中采用双轮铤快速成槽施工技术[J].隧道建设(中英文),2018,38(17):2019-2025.

[3] 刘洋.岩石地层超深地下连续墙成槽施工技术[J].建筑施工,2017,39(11):1585-1590.

[4] 王清友,孙万功,熊欢.塑性混凝土防渗墙施工[M].北京:中国水利水电出版社,2008.

[5] 宗敦峰,刘发建,肖恩尚,等.超深与复杂地质条件混凝土防渗墙施工关键技术[M].北京:中国水利水电出版社,2018.

[6] 中国土木工程学会土力学及岩土工程分会.深基坑支护技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[7] 丛嵩森,杨晓东,田彬.深基坑防渗体的设计施工与应用[M].北京:知识产权出版社,2012.

[8] 龚晓南.深基坑工程设计与施工手册.中国建筑工业出版社[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.