

超深硬岩中临近地铁地下连续墙成槽施工技术研究

孙士远¹, 郭东海², 池商钤³, 柯建平⁴

1. 中庆建设有限责任公司, 吉林 长春 130119

2. 厦门特房建设工程集团有限公司, 福建 厦门 361010

3. 厦门第一建筑工程集团有限公司, 福建 厦门 361003

4. 福建省二建集团(厦门)有限公司, 福建 厦门 361011

摘要: 地下连续墙作为深基坑最常见的支护形式, 在超深硬岩成槽过程中, 传统施工工艺耗材耗时耗力, 且由于对岩层扰动较大, 对地铁运营将产生安全隐患。文章以实际项目为工程背景, 对超深硬岩中临近地铁地下连续墙成槽施工技术进行研究。结果表明, 地铁保护范围内地下连续墙在超深硬岩成槽施工中, 通过采用旋挖引孔、双轮铣凿岩、反循环清渣综合成槽施工方法, 可以达到快速入岩成槽的施工效果。与传统施工工艺相比, 硬岩旋挖引孔、双轮铣凿岩综合成槽施工技术对岩层无扰动、对地铁运营影响小、安全可靠、方便快捷。此外, 该施工技术利用旋挖机进行岩石破碎, 分序引孔, 再采用双轮铣顺导孔凿岩, 可以大大提高工作效率。

关键词: 超深硬岩; 临近地铁; 地下连续墙; 成槽施工

Study On Troughing Construction Technology Of Underground Diaphragm Wall Near Subway In Ultra-Deep Hard Rock

Sun Shiyuan¹, Guo Donghai², Chi Shangqian³, Ke Jianping⁴

1.Zhongqing Construction Co., LTD., Changchun, Jilin 130119

2.Xiamen Tefang Construction Engineering Group Co.,Ltd., Xiamen, Fujian 361010

3.Xiamen First Construction Engineering Group Co., LTD., Xiamen, Fujian 361003

4.Fujian Second Construction Group (Xiamen) Co., LTD., Xiamen, Fujian 361011

Abstract: As the most common form of support for deep foundation pits, underground continuous walls are time-consuming and labor-intensive in traditional construction techniques during the formation of ultra deep hard rock trenches. Moreover, due to significant disturbance to rock layers, they pose safety hazards to subway operations. The article takes an actual project as the engineering background and studies the construction technology of trench formation for adjacent subway underground continuous walls in ultra deep hard rock. The results show that in the construction of ultra deep hard rock grooves for underground continuous walls within the protection range of the subway, the comprehensive groove construction method of rotary excavation, double wheel milling and rock drilling, and reverse circulation slag cleaning can achieve the construction effect of rapid rock entry and groove formation. Compared with traditional construction techniques, the comprehensive slotting construction technology of hard rock rotary drilling and double wheel milling drilling has no disturbance to the rock layer, has little impact on subway operation, is safe, reliable, and convenient. In addition, this construction technology utilizes rotary excavators for rock fragmentation, sequential drilling, and then uses double wheel milling to drill along the guide hole, which can greatly improve work efficiency.

Keywords: ultra deep hard rock; adjacent to the subway; underground continuous wall; trenching construction

引言

随着城市人口的快速增长, 人们对高质量交通方式的需求越来越强烈, 地铁出行作为一种绿色快捷的出行方式, 给人们的生活带来了极大的便利。但随着地下空间的开发利用也产生了诸多难题, 地下连续墙作为深基坑工程的重要组成部分, 其施工质量直接影响工程的安全^[1-3]。此外, 在面对超深硬岩的复杂地质环境下, 传统的地下连续墙施工方法在施工质量和施工效率方面也面临一系列挑战。

在超深硬岩成槽过程中, 传统施工工艺一般采用成槽机液压抓斗成槽至岩面, 再换冲孔桩机圆锤冲击入岩、方锤修槽和采用双轮铣凿岩直接成槽两种施工工艺^[4-6]。当成槽入硬质中、微风化岩深度超过一定厚度时, 冲击入岩易出现卡钻、斜孔, 后期处理工时耗费用大, 冲孔偏孔需回填大量块石进行纠偏, 重复破碎, 耗材耗时耗力, 严重影响施工进度^[7-9]。当成槽入硬质中、微风化岩深度较大, 采用双轮铣直接成槽, 对设备损耗较大, 且耗时较长, 成本较大。另外, 由于冲孔桩机、大直径潜孔锤施工对岩层扰动较大, 对地铁

基金项目: 福建省住建厅科学技术计划项目(2023-K-97)

作者简介: 孙士远, 男(1987-), 中庆建设有限责任公司, 高级工程师, 从事道路与桥梁施工技术方面的研究工作。

运营将产生安全隐患,相关法规严禁在地铁50m保护范围内采取冲击施工^[10]。因此,如何在复杂地质环境下运营地铁附近进行基坑工程地下连续墙成槽施工,既要保证地下连续墙施工安全,同时还要保证临近地铁正常运营是目前施工中的难题。

基于此,文章结合某临近地铁的地下连续墙工程,结合现场条件及设计要求,对地铁保护范围内地下连续墙硬岩旋挖引孔、双轮铣凿岩综合成槽施工技术进行了研究,通过采用旋挖引孔、双轮铣凿岩、反循环清渣综合成槽施工方法,达到快速入岩成槽的施工效果,取得了显著成效,实现了方便快捷、高效经济、质量保证、安全可靠的目标,达到预期效果。

一、超深硬岩中临近地铁地下连续墙成槽施工技术

(一) 适用范围

本施工技术适用于地铁保护范围内入硬岩的地下连续墙的施工项目,尤其是工期紧迫,深度不超过40m地下连续墙硬岩成槽施工项目。

(二) 工艺原理

该施工工艺采用液压抓斗机先进行槽段上部土层部分成槽,再利用旋挖钻机分序对槽段硬岩部分进行引孔至设计槽底标高,然后采用双轮铣对已引孔硬岩部分进行分序凿岩并清渣,最后利用液压抓斗进行刷壁、清孔的综合成槽施工。

(三) 施工工艺流程

地铁保护范围内地下连续墙硬岩成槽主要施工工艺流程:液压抓斗机上部土层成槽-旋挖机硬岩分序引孔-双轮铣凿岩、反循环清渣-液压抓斗机刷壁、清渣-超声波测壁仪验槽-吊放钢筋笼网片,灌注混凝土成槽。

二、关键施工技术

(一) 液压抓斗机上部土层成槽

(1) 分三序抓槽,先抓两边,再抓中间,为保证成槽质量及钢筋网片顺利安装,槽段两端各超挖0.6m宽度,实际成槽宽度7.2m。

(2) 施工时为确保下一步旋挖钻机引孔的垂直度,在上部土层抓槽时,在槽段内保留7.0m左右土层或风化层。

(3) 抓槽时严格控制成槽垂直度,确保垂直度控制在0.5%。

(二) 旋挖机硬岩分序引孔

(1) 旋挖钻机选择BG38及以上大功率大扭矩的前趴杆钻机施工,可确保引孔垂直度及施工效率。

(2) 钻具选用直径1.2m、长度2.5m以上直筒截齿筒钻或牙轮筒钻,配备直径1.2m、长度1.8m以上直筒捞砂斗,确保引孔垂直度。

(3) 旋挖钻硬岩采取取芯钻进、捞渣交替作业,加快引孔效率。

(4) 旋挖机在引孔施工时,先对主孔进行施工至设计槽底标高,再将副孔施工至设计槽底标高;相邻主副两引孔,最外边间距为铣轮机的外边距(2.8m),确保双轮铣高效凿岩。

(5) 旋挖钻进过程中,观察钻孔侧斜仪,及时纠正垂直偏差,以确保引孔垂直精度。

(三) 双轮铣凿岩、反循环清渣

(1) 旋挖机引孔完成后,采用双轮铣对槽段岩层进行切割破碎成槽,其施工流程同样分三序成槽,先铣两边、再铣中间,实际成槽宽度7.2m;凿岩过程中,铣轮与两边槽壁间隙各保持在3cm的保护层厚度。

(2) 双轮铣施工时,严格定位,确保铣轮位于所引的导向孔内,并实时观察垂直度,确保成槽垂直度。

(3) 成槽进尺的同时孔底进行反循环清渣,在保证不影响上部土层槽壁稳定性的前提下,同步吸出碎岩和沉渣,大大提高了施工效率。

(四) 液压抓斗机修槽、清渣

(1) 双轮铣完成施工后,采用液压抓斗进行修槽,即将抓斗对槽壁进行修孔,修槽时注意观察侧斜仪,及时纠正垂直偏差,以确保成槽垂直精度。

(2) 液压抓斗反复对槽底沉渣进行清理,确保槽底沉渣少于50cm,并满足设计及规范要求。

(五) 超声波测壁仪验槽

双轮铣完成施工后,采用超声波测壁仪对槽壁进行检验,确保成槽尺寸、垂直度满足设计要求,如图1所示。



> 图1 超声波测壁仪

(六) 吊放钢筋笼网片、灌注混凝土成槽

(1) 在吊放钢筋笼时,对准槽段中心,不碰撞槽壁壁面,不强行插入,以免钢筋网片变形或导致槽壁坍塌;钢筋网片入孔后,控制顶部标高位置,确保满足设计要求,如图2所示。



> 图2 钢筋网片入槽

(2) 钢筋网片安放后,及时下入灌注导管;灌注导管按要求下入2套导管,同时灌注,以满足水下混凝土扩散要求,保证灌注质量,如图3所示。



> 图3 灌注导管安放

(3) 灌注导管下放前, 对其进行泌水性试验, 确保导管不发生渗漏; 导管安装下入密封圈, 严格控制底部位置, 并设置好灌注平台。

(4) 在水下混凝土灌注过程中, 每车混凝土浇筑完毕后, 及时测量导管埋深及管外混凝土面高度, 并适时提升和拆卸导管; 导管底端埋入混凝土面以下一般保持2~4m, 不大于6m, 严禁把导管底端提出混凝土面。

(5) 混凝土在终凝前灌注完毕, 混凝土浇筑标高高于设计标高0.8m。

(七) 地下连续墙质量控制

严格控制成槽宽度, 必须分好实际幅宽线, 确保成槽宽度为7.2m。并确保上部土层及分化层厚不少于7m; 严格控制引孔施工质量, 重点检查旋挖钻头、钻杆定位, 确保施工时的无较大位移; 旋挖成孔时, 应严格控制垂直度; 在钻进过程中, 在钻进岩石硬度变化接触面时, 应适当减小钻压, 若发现偏差应及时采取相应措施进行纠偏; 引孔完成施工后, 双轮铣凿岩时, 确保双轮铣铣轮定位准确, 并开启气体反循环装置, 吸出碎岩、沉渣, 保证双轮铣凿岩的效率。

双轮铣成槽过程中, 控制槽内泥浆液面高度不低于导墙高度以下1m。并确保泥浆质量是否符合相关规范和标准, 预防塌孔; 在双轮铣施工过程应随时观察双轮铣可视化数字显示屏, 分析和了解铣头在槽中的空间位置, 及时通过铣头的定位导向板可选择性双方向顶推进行液压抓斗的位置调整, 以确保修槽质量; 双轮铣的垂直度控制可通过驾驶室中的显示屏上进行实时监控, 若出现偏差, 机手可通过X-X轴轴侧偏、Y-Y轴轴侧偏和控制成槽速度等方法进行调整。

成槽完成后进行超声波侧壁检验成槽质量是否符合设计标准; 成孔完成后, 为保证最终成槽质量后, 应进行清孔, 调整槽中泥浆指标符合混凝土灌注标准。

三、效益分析

(一) 经济效益分析

本施工技术先利用旋挖机进尺效率高和施工硬质斜岩时垂直度好的特点, 对坚硬岩体进行预先分序引孔, 使双轮铣两铣轮能嵌入相邻两导孔内, 降低双轮铣施工难度; 再采用双轮铣顺导孔凿岩, 进尺效率提升3~5倍, 边进尺边清理碎岩碎渣, 降低了设备损耗, 减少成槽清孔时间, 大大提高了工作效率。

本施工技术通过旋挖引孔, 方便控制导孔垂直度, 使双轮铣顺导孔凿岩, 确保双轮铣成槽垂直度。并对传统铣轮进行改进, 增加气举反循环装置, 边成槽边清孔, 确保孔底成渣满足设计要求。由于旋

挖机硬岩引孔、双轮铣凿岩均为对岩层进行硬切割, 相比传统的冲孔桩机冲击破碎引孔、修槽工艺, 对地层扰动小、噪音小, 对地铁运营无影响、安全可靠, 并完全满足对地铁保护范围内施工要求。

总之, 相比采用双轮铣成槽的施工工艺, 大大缩短了成槽时间, 进一步减少了成槽施工配套作业时间和大型吊车等机械设备的成本费用, 且铣轮损耗小, 施工效率大大提升, 体现出显著的经济效益。

(二) 社会效益分析

本施工技术已在多个项目施工中应用, 无论在施工效率、工程质量, 还是在工程项目成本控制上, 都突显出优越性, 解决了地下连续墙超深硬岩成槽施工过程中进度慢、间接成本高的难题, 提供了一种创新的入岩成槽综合施工方法, 旋挖机引导孔, 大大降低了岩石的整体强度, 减少了双轮铣设备磨损, 提高双轮铣施工效率, 加快了项目施工进度, 且对岩层扰动小、对地铁运营影响小、安全可靠, 取得了显著的社会效益。

四、结语

结合具体工程施工实践, 对超深硬岩中临近地铁地下连续墙成槽施工技术进行研究, 得到以下技术总结:

(1) 地铁保护范围内地下连续墙在超深硬岩成槽施工中, 通过采用旋挖引孔、双轮铣凿岩、反循环清渣综合成槽施工方法, 可以达到快速入岩成槽的施工效果。

(2) 与传统施工工艺相比, 地铁保护范围内地下连续墙硬岩旋挖引孔、双轮铣凿岩综合成槽施工技术对岩层无扰动、对地铁运营影响小、安全可靠、方便快捷。

(3) 该施工技术先利用旋挖机进行岩石破碎, 对坚硬岩体进行预先分序引孔, 再采用双轮铣顺导孔凿岩, 进尺效率提升3~5倍, 边进尺边清理碎岩碎渣, 降低了设备损耗, 减少成槽清孔时间, 大大提高了工作效率。

参考文献

- [1] 黄海俊. 双轮铣在地下连续墙成槽施工中的应用及质量控制[J]. 建筑科技, 2022, 6(03): 118-120.
- [2] 金磊. 复杂条件下地连墙试成槽施工分析与管理[J]. 建设监理, 2022(03): 78-82+99.
- [3] 张坤. 复杂地质条件下超深地下连续墙成槽施工工艺研究[J]. 工程机械与维修, 2022(01): 116-118.
- [4] 王伟, 李永恒, 李思琪, 等. 旋挖桩钻机引孔成槽技术在地连墙施工中的应用分析[J]. 安徽建筑, 2023, 30(03)
- [5] 徐彬彬. 既有综合管廊下地连墙施工技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022(27): 93-95.
- [6] 黄志雄. 地铁地连墙工程中双轮铣与引孔设备联合施工技术研究[J]. 中国高新技术, 2022(17): 93-94+109.
- [7] 王骁. 铁路超深基坑地下连续墙成槽施工工艺[J]. 居业, 2024(02): 73-75.
- [8] 吕鹏涛. 上层软土下层基岩地下连续墙成槽施工技术[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(01): 75-79+86.
- [9] 胡小波. 深入岩地下连续墙成槽施工关键技术的应用[J]. 城市道桥与防洪, 2023(08): 239-242+23.
- [10] 张帆帆. 上软下硬复合地层基坑地连墙成槽设备配置及工效分析[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(04): 80-82.