

隧道超前地质预报水平冲击钻探取心技术

侯锦¹, 杜宇本², 蒋良文¹, 刘泽军¹

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610031; 2. 西南交通大学, 四川 成都 611756)

摘要:隧道超前地质预报是隧道施工中必不可少的环节。在分析目前钻探取心工艺的基础上,结合隧道施工的实际情况,提出采用冲击钻探取心技术来实现隧道超前地质预报。从隧道水平冲击钻进施工设备改进完善和三重管取心钻具研制2个方面来进行研究,通过对现有钻机的改进完善满足了隧道水平冲击钻探取心施工的要求,根据冲击取心钻进的特点,设计出的三重管取心钻具解决了水平冲击钻探取心的难题。多个工程实践应用,水平冲击钻进施工速度快,岩心采取率高,能满足隧道超前地质预报的要求。有望在川藏铁路施工中发挥重要作用。

关键词:隧道施工;超前地质预报;水平冲击钻探;取心钻具;双重管;三重管;川藏铁路

中图分类号:P634;U455 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2021)05-0027-05

Coring technology of horizontal percussion drilling for advance geological prediction in tunneling

HOU Jin¹, DU Yuben², JIANG Liangwen¹, LIU Zejun¹

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610031, China;

2. Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 611756, China)

Abstract: Tunnel geological prediction is a necessary step in tunnel construction. With analysis of the current coring drilling technology, and taking into consideration of the actual tunneling situation, the author proposes to use coring technology of percussive drilling to realize advance geological prediction in tunneling. This paper studies the improvement of horizontal percussion drilling equipment and the development of the triple tube coring tool. The existing drilling rig has been improved to meet the requirements of horizontal percussion coring drilling. According to the characteristics of percussive coring drilling, the triple tube coring tool has been designed to solve the problem with horizontal percussion coring drilling. Multiple field applications proved that horizontal percussion drilling can provide high drilling speed and high core recovery, and can meet requirements of tunnel geological prediction. It is expected to play an important role in the construction of Sichuan-Tibet Railway.

Key words: tunnel construction; advance geological prediction; horizontal percussion drilling; coring tool; double tube; triple tube; Sichuan-Tibet Railway

0 引言

隧道超前地质预报是隧道施工中必不可少的环节,掌握和反馈隧道地质条件信息,为调整和优化隧道设计参数、防护措施,优化隧道施工组织、制定施工安全应急预案、控制工程变更设计提供依据。做好隧道超前地质预报工作,可以预防各类突

发性地质灾害,降低地质灾害发生概率,有效规避工程建设风险,实现工程安全、质量、工期、环境和投资控制目标,将直接和间接地创造巨大的经济效益和社会效益。目前在高风险隧道开挖施工中,隧道超前地质预报工作已作为隧道施工的重要环节,已被纳入工序管理。

收稿日期:2020-09-01; 修回日期:2020-11-17 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.05.004

作者简介:侯锦,男,汉族,1974年生,教授级高级工程师,地质工程专业,硕士,长期从事岩土工程施工、地基与基础处理、钻探设备研究及推广工作,四川省成都市金牛区通锦路3号,642567538@qq.com。

引用格式:侯锦,杜宇本,蒋良文,等.隧道超前地质预报水平冲击钻探取心技术[J].钻探工程,2021,48(5):27-31.

HOU Jin, DU Yuben, JIANG Liangwen, et al. Coring technology of horizontal percussion drilling for advance geological prediction in tunneling[J]. Drilling Engineering, 2021,48(5):27-31.

隧道超前地质预报的内容有:(1)地质情况及水文地质预报;地层岩性,如软弱夹层、破碎地层、煤层及特殊岩土等;(2)地质构造,特别是断层、节理密集带、褶皱构造等;(3)不良地质,特别是溶洞、暗河、人为坑洞、放射性、有害气体。

隧道地质超前预报方法分为地质方法和地球物理方法,地质方法包括地质素描、超前地质钻探等;地球物理方法包括地震法、电磁法等,目前以地震法为主。在所有的隧道超前地质预报手段中,由于钻探取心具有直观、明了、预报准确等特点,因此越来越受到重视。

1 问题的提出

随着社会发展对资源的需求加大,带动着钻探工程的增加和技术的应用。经过几十年的发展,我国的钻探事业获得了极大进展,体现在钻探技术多样化和高水平方面,也通过总结提出一些有效的技术方案和方法^[1-2]。

隧道超前地质预报主要是探测隧道开挖面前方的地质情况,水平钻探取心是重要手段之一。作为高风险隧道的一道工序,隧道超前地质预报和隧道开挖是相互交替进行的,如何协调隧道开挖施工正常进行、减少施工干扰和准确、及时地完成隧道超前地质预报工作的矛盾,是摆在施工技术人员面前的难题。通过水平钻探取心,获取开挖面前方地层的岩心,直观观察地层岩性情况,同时对前方有害气体、不良地质、特殊性地层进行探测,确保隧道开挖在可控状态下进行,从而保证隧道施工人员和隧道本身安全。

隧道超前地质预报和隧道开挖是高风险隧道施工的2道重要工序,在这2道工序中,隧道超前地质预报施工占用的时间越短,那么用于隧道开挖的时间就越多,隧道开挖进尺就越快。因此,如何提高隧道超前地质预报效率、减少工序占用时间,是隧道超前地质预报水平钻探工作的重要任务。

钻进取心技术是一项较为综合的技术,它涉及到地层因素、设备因素、工艺技术、操作人员水平等^[3]。目前,隧道超前地质预报水平钻探取心工艺主要采用金刚石回转取心技术和冲击回转取心技术,金刚石回转取心技术是国内外比较成熟的工艺技术,广泛应用于地质钻探取心领域。在钻探取心工艺选择方面,有采用绳索取心钻进工艺+泥浆护

壁技术及跟管钻进技术来达到钻进目的^[4-5]。钻机方面,有立轴式钻机金刚石绳索取心钻进、新型的液压力头钻机金刚石绳索取心钻进。不论哪种设备工艺,在施工过程中都离不开钻探冲洗液,用来润滑、冷却、排粉渣。在所采取的设备及工艺条件下最终目的都是提高岩心采取率。为切实保护岩心管内的岩心不被扰动,同时提高钻进巨厚砂层时的岩心采取率,研究设计了岩心保护罩^[6]。而冲击回转取心技术是近年来出现的一种新的钻探取心工艺技术,与金刚石回转取心技术相比,具有适应面广、取心效率高等特点,也逐渐被人们所接受。

随着川藏铁路总体方案的公布和大量隧道工程项目的开工,隧道超前地质预报需求加大,尤其是川藏铁路沿线的特殊地质条件,隧道超前地质预报就显得更加重要。因此对隧道超前地质预报技术的研究非常必要。本文主要论述隧道超前地质预报水平冲击钻探取心技术、水平冲击取心钻具及工程实践应用等。

2 水平冲击钻探取心原理

空气潜孔锤钻进是一种成熟的冲击回转钻进技术。常规潜孔锤钻进采用全断面钻进,具有钻进速度快、成孔效率高的优点,目前被广泛用于不要求采取岩样的岩土基础处理工程中。隧道超前地质预报水平冲击钻探取心技术,是在潜孔锤钻凿原理的基础上发展了潜孔锤取样钻进技术,它主要是在潜孔锤的下部加取心钻具,实现取样钻进的目的。

隧道超前地质预报水平冲击钻探取心技术主要由空压机、隧道取心钻机、钻杆、取心钻具、钻头等组成^[7-9],为保证施工效率还配备了一些辅助工器具。

3 水平冲击取心钻具

隧道超前地质预报水平冲击取心钻具主要包括双重管冲击取心钻具、三重管冲击取心钻具。

3.1 双重管冲击取心钻具

双重管冲击取心钻具由冲击器、双层钻具管及取心钻头3部分组成。

双层钻具管由钻具外管和钻具内管构成,钻具外管为一根整体的特制材料钢管,钻具内管由2个半合管构成。将钻具内管(2个半合管)合成一个整体管后,装入钻具外管中,组成了双重管冲击取心钻具,下部连接取心钻头,上部连接冲击器,冲击器上

部再连接钻杆,这样便构成了双重管冲击取心钻具。在钻进施工过程中,取心钻头破取岩石后,岩心进入钻具内管(2个半合管),起到保护岩心的作用,钻具外管则起到传递扭矩和承受钻进冲击力的作用,满足了隧道水平超前冲击钻进取心要求,加快了钻进速度,提高了岩心采取率。

3.2 三重管冲击取心钻具

三重管取心钻具由中铁二院研制,并获得专利(专利号:ZL2018 2 2181810.8),其组成为冲击器、三重管钻具及取心钻头3部分,如图1所示。三重管取心钻具设计思路利用双管取心原理,制作上采用3层管结构。三重管钻具从内层到外层结构分别为:钻具内管、钻具中管、钻具外管。它能满足隧道水平超前冲击取心钻进的要求,加快钻进速度,提高岩心采取率,延长钻具使用寿命。三重管取心钻具实物如图2所示。



图1 三重管冲击取心钻具结构示意图

Fig.1 Structural diagram of the triple tube percussion coring tool

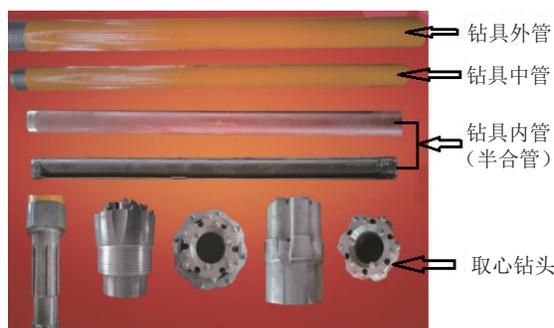


图2 三重管冲击取心钻具实物

Fig.2 Triple tube percussion coring tool

钻具内管:由2个特制半合管钢管组成,钻进采取到的岩心装入在岩心内管中。避免受到钻进过程的干扰。能显著地提高岩心采取率,大大提高了钻进速度和岩心质量。

钻具中管:由一个完整的钢管组成,它与钻具内管紧密地套在一起,防止岩心装入钻具内管的过程中,钻具内管被装入的岩心胀开。

钻具外管:钻具内管与钻具中管组合后,一起装入钻具外管中。钻具外管既保护着钻具中管和钻具

内管,也起着传递冲击力和扭矩的作用。

4 水平冲击取心钻机及辅助技术

根据隧道超前地质预报水平冲击钻进取心要求,中铁二院在常规履带钻机的基础上进行了改进、完善,形成了适应于隧道超前地质预报水平冲击钻进取心要求的钻机(型号为CJQX-100A),该钻机除满足冲击钻探取心所需要的转速、扭矩、给进力等外,还具有下列隧道超前地质预报水平冲击取心辅助技术优势。

4.1 混合动力系统

钻机的钻进性能及易操作性是隧道超前地质预报水平钻探技术的关键。在钻机改进方面,采用装备轻量化设计原理,开展模块化、轻量化、快装性改进^[10-12],隧道取心钻机设计为柴油机和电动机双动力系统,在钻机进出隧道施工现场和施工现场没有系统电力的条件下,直接采用柴油机,方便快速进行隧道超前地质预报冲击钻探取心,节省施工时间。

4.2 辅助平台

CJQX-100A型钻机主要用于隧道洞内施工,需要满足快速、方便进入和撤离施工现场的要求,因此在钻机底板上设置了钻杆、钻具安放平台,在操作台底部设置了工器工具箱,可以保证所有的施工钻杆、钻具、工具等随着钻机一起进出现场,确保快速撤离施工工作面。

4.3 风水除尘装置

在隧道内采用高压风进行冲击钻进时,会排出较多的粉尘,对环境产生一定的污染,危害施工人员的身心健康。因此在设计过程中,在钻机上设计了风水除尘装置(专利号:ZL 2019 2 1626251.5),来消除冲击钻进过程中产生的粉尘飞扬,见图3、图4。其工作原理为:将水装入水箱中,在水箱上部通入高压风,在施工过程中水箱中的水随着高压风一起进入冲击器,通过钻头底部进入孔底,在孔底润湿粉尘,从而防止了粉尘的飞扬。

4.4 岩心快速退取装置

冲击取心岩心装入岩心管后,由于钻具内管(半合管)被岩心向外挤压,使得钻具内管与钻具中管之间的摩擦力增大,若采用人工退心难度太大,因此采用液压设计原理^[13],利用钻机自身液压系统,设计岩心快速退取装置,安装在钻机尾部位置(图5),其工作原理见图6。



图3 风水除尘装置实物

Fig.3 Wind water dust removal device

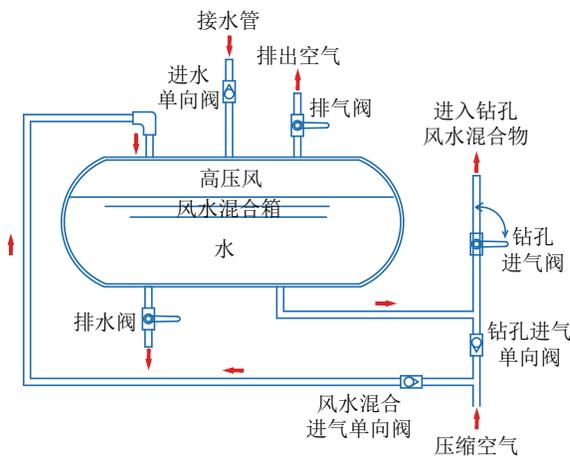


图4 风水除尘装置原理

Fig.4 Schematic diagram of the wind water dust removal device



图5 岩心快速退取装置

Fig.5 Quick core removal device

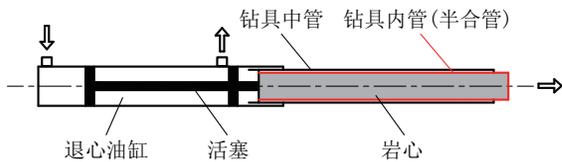


图6 岩心快速退取原理

Fig.6 Schematic diagram of quick core removal

将钻具中管外部插入岩心快速退取装置内部并固定,油缸顶住钻具内管,通过液压便可将钻具内管从钻具中管中推出,实现岩心快速退取。

5 工程应用

隧道超前地质预报水平冲击钻探取心技术已在玉磨铁路、贵南高铁、成兰铁路、郑渝高铁、成昆铁路复线、渝昆高铁、济莱高铁、中老铁路等多条线路推广应用,采用改进完善的GJQX-100A型水平冲击取心钻机和三重管取心钻具,累计钻孔数量达100个,累计钻探进尺近3000m,最大冲击取心钻孔深度达50m(渝昆高铁),岩心采取率均在85%以上,30m深钻孔冲击取心钻进最快4h施工完成^[14-15],完全满足隧道开挖和超前地质预报2个工序的工序时间安排,岩心采取率高,能满足隧道超前地质预报的要求。施工情况及采取的岩心见图7、图8。



图7 隧道超前地质预报水平冲击取心钻进施工

Fig.7 Horizontal percussion core drilling for advance geological prediction in tunneling



图8 冲击取心钻进采取的岩心

Fig.8 Cores taken with percussive core drilling

6 结语

隧道超前地质预报水平冲击钻探取心施工速度快,岩心采取率高,能满足隧道超前地质预报的要求。随着川藏铁路建设的启动,希望该技术能在川藏铁路隧道施工中发挥重要的作用。

参考文献(References):

- [1] 邓鹏.新形势下探矿工程的钻探技术研究[J].能源与环境, 2020(2):59-60.
DENG Peng. Research on drilling technology of exploration engineering under the new situation[J]. Energy and Environment, 2020(2):59-60.
- [2] 王达,赵国隆,左汝强,等.地质钻探工程的发展历程与展望——回顾探矿工程事业70年[J].探矿工程(岩土钻掘工程), 2019,46(9):1-31.
WANG Da, ZHAO Guolong, ZUO Ruqiang, et al. The development and outlook of geological drilling engineering—To review the 70th anniversary of exploration engineering[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(9):1-31.
- [3] 张青海.小秦岭北矿带厚覆盖层钻探技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(10):53-57.
ZHANG Qinghai. Drilling technology for thick overburden in the northern mining belt of Xiaolingling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(10):53-57.
- [4] 谭春亮,宋殿兰,岳永东,等.北京地震台白家瞳观测井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):19-23.
TAN Chunliang, SONG Dianlan, YUE Yongdong, et al. Construction technology of drilling from Baijiatuan Monitoring Well at Beijing Seismic Station[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):19-23.
- [5] 武汉地质学院.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1981.
Wuhan Institute of Geoscience. Drilling technology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1981.
- [6] 秦承春.提高深部钻探取芯质量的技术方法探讨[J].西部探矿工程,2016,28(1):17-19.
QIN Chengchun. Discussion on technical methods for improving coring quality in deep drilling[J]. West-China Exploration Engineering, 2016,28(1):17-19.
- [7] 刘卫东,常序都.钻探工程技术实训(上)[M].成都:四川大学出版社,2015.
LIU Weidong, CHANG Xudu. Drilling engineering technology training (1)[M]. Chengdu: Sichuan University Press, 2015.
- [8] 刘卫东,常序都.钻探工程技术实训(下)[M].成都:四川大学出版社,2015.
LIU Weidong, CHANG Xudu. Drilling engineering technology training (2)[M]. Chengdu: Sichuan University Press, 2015.
- [9] 赵建勤,李子章,石绍云,等.空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):55-59.
ZHAO Jianqin, LI Zizhang, SHI Shaoyun, et al. Air DTH hammer drilling technology and its application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008, 35(7): 55-59.
- [10] 张金昌,刘凡柏,黄洪波,等.5000米智能地质钻探技术与装备研发[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):1-8.
ZHANG Jinchang, LIU Fanbai, HUANG Hongbo, et al. Research and development of 5000m intelligent geological drilling technology and equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):1-8.
- [11] 薛倩冰,张金昌.智能化自动化钻探技术与装备发展概述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):9-14.
XUE Qianbing, ZHANG Jinchang. Advances in intelligent automatic drilling technologies and equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4): 9-14.
- [12] 张金昌.地质钻探技术与装备21世纪新进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):10-17.
ZHANG Jinchang. New development of the 21st Century geological drilling technology and equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(4): 10-17.
- [13] 孙成通.液压传动[M].北京:化学工业出版社,2005.
SUN Chengtong. Hydraulic transmission[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [14] 杜宇本,侯锦,等.铁路工程勘察潜孔锤取心跟管钻进技术研究报告[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2019.
DU Yuben, HOU Jin, et al. Research report on DTH hammer coring and casing drilling technology for railway engineering investigation [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2019.
- [15] 楼日新,侯锦,等.适用于铁路工程勘察的潜孔锤取心跟管钻进技术的设备改进和工艺完善研究[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2016.
LOU Rixin, HOU Jin, et al. Research on equipment improvement and process improvement of DTH hammer coring and pipe following drilling technology suitable for railway engineering investigation [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2016.

(编辑 周红军)