

复合地层中地铁盾构施工刀具磨损特征及更换策略

章 昊

中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司 四川 成都 611130

摘要: 本文深入探讨了复合地层中地铁盾构施工刀具的磨损特征及更换策略。概述了复合地层的地质特征和盾构施工的基本原理与流程,分析了复合地层中盾构施工刀具的类型、配置以及磨损机理,包括微观变形疲劳磨损、犁沟磨粒磨损和凹坑磨粒磨损等。在此基础上,提出了刀具更换的基本原则,如安全性优先、磨损程度评估、经济性与效率并重、适应性调整,并探讨了刀具更换技术的优化措施,如智能化监测、快速更换技术和刀具修复与再利用,还讨论了刀具磨损的预防措施和日常维护与保养方法,以及建立刀具磨损监测与预警系统的重要性。

关键词: 复合地层; 地铁盾构施工; 刀具磨损; 更换策略

引言: 复合地层因其地质特征的多样性和复杂性,给地铁盾构施工带来了诸多挑战。特别是在刀具磨损方面,不同类型和层次的地层对刀具的切削性能和寿命提出了更高要求。因此,深入研究复合地层中地铁盾构施工刀具的磨损特征及其更换策略,对于提高施工效率、降低成本和确保施工安全具有重要意义。

1 复合地层地质特征与盾构施工概述

1.1 复合地层地质特征

复合地层是指在地下工程开挖断面范围内和开挖延伸方向上,由两种或两种以上不同地层组成,且这些地层的岩土力学、工程地质和水文地质等特征相差悬殊的组合地层。复合地层的组合方式多样,但总的来说有两类:一类是在断面垂直方向上不同地层的组合;另一类是在水平方向上地层的不同组合。

1.1.1 复合地层在垂直方向上的变化

最典型的垂直方向上的复合地层就是所谓“上软下硬”地层。即隧道断面上部是松软土层,而下部是坚硬的岩石地层;或者上部是软弱的岩层而下部是硬岩层;或者是在硬岩层中夹软岩层;或者是软岩层中夹硬岩层;或者是岩石地层中夹破碎带、溶洞等等。这种垂直方向上的地层变化给隧道施工带来了极大的挑战,因为不同的地层需要采用不同的掘进方式和支护措施。

1.1.2 复合地层在水平方向上的变化

在一施工段当中,可能分布着不同时代、不同岩性、不同风化程度或不同层序的地层,从而表现出水平方向上工程地质性质的差异。这种水平方向上的地层变化同样增加了施工的难度,因为掘进过程中需要不断调整掘进参数和支护方式,以适应地层的变化。另外,复合地层中还可能存在一些不良地质现象,如花岗岩球状风化体、溶洞、流木、古墓、古井等特殊地质,这些特

殊地质现象同样需要采取特殊的施工措施,以确保施工的安全和顺利进行。

1.2 盾构施工基本原理与流程

盾构施工技术是暗挖法施工中的一种全机械化施工方法,其基本原理是运用钢质组件在隧道设计轴线上利用刀盘在开挖面切削土体向前推进,通过钢质组件外壳和管片支承四周围岩防止发生隧道内的坍塌和渗水。盾构施工的基本流程包括始发作业准备、盾构始发与到达、盾构掘进、衬砌压浆和防水等。(1)始发作业准备:盾构机组装、导口密封垫圈的安装、反力座的设置、后续设备的设置以及盾构试运转等。拆除临时挡土墙时,若采用拆除临时挡土墙随后盾构掘进的始发方式,有可能地层坍塌、地下水涌入的危险,则需对地层进行加固^[1]。(2)盾构始发与到达:盾构始发指利用临时拼装管片承受反作用力的设备,将盾构机从始发竖井进入地层沿设计线路掘进的一系列施工作业。盾构到达指在稳定地层的同层,将盾构机沿设计线路掘进到到达竖井的井壁处,从预先准备的大开口处把井将盾构机拉进竖井内,或掘进到达墙的预定位置停下来等待的一系列作业。(3)盾构掘进:正确使用千斤顶配置,确保所需推力和掘进方向,保证开挖面的稳定。掘进方向是由推力的大小和施加的位置所决定的,须事先考虑曲线、坡度等来选择千斤顶的个数和位置。在掘进过程中,需要不断监测和调整掘进参数,以确保掘进的安全和顺利进行。(4)衬砌压浆和防水:掘进过程中,需要及时向衬砌背后的空隙注浆,以防止地层移动和固定衬砌环位置。同时,还需要进行防水处理,以确保隧道的防水性能。

2 复合地层中盾构施工刀具磨损特征

2.1 刀具类型与配置

在复合地层中进行盾构施工时,刀具的类型与配置

直接关系到掘进效率、施工安全性以及刀具的磨损情况。根据不同的地质条件和掘进要求,盾构机通常配备有多种类型的刀具,这些刀具在功能、形状、材质等方面均有所差异。在复合地层中,常见的盾构机刀具类型包括单刃滚刀、双刃滚刀、正面刮刀、边缘刮刀、齿刀、先行刀和中心刀等。单刃滚刀和双刃滚刀主要用于破碎硬岩和中硬岩,通过挤压作用将岩石破碎;正面刮刀、边缘刮刀和齿刀则主要用于切削软岩和软弱地层,通过剪切作用实现掘进。先行刀因其伸出高度较高,通常直接焊接在刀盘面板上,用于先行插入岩体面,为后续刀具的掘进创造有利条件。中心刀则安装在刀盘中心部位,用于辅助掘进和保持盾构机的稳定性。在刀具配置上,需要根据复合地层的地质特征和掘进要求进行合理选择。通常,滚刀主要用于破碎强度较高的岩层,而刮刀则主要用于切削软弱地层。在软硬地层交替的复合地层中,需要合理配置滚刀和刮刀的数量、高度差以及类型,以确保掘进的平稳性和效率。

2.2 刀具磨损机理分析

在复合地层中,盾构机刀具的磨损是一个复杂且多变的过程,其磨损机理主要包括微观变形疲劳磨损、犁沟磨粒磨损和凹坑磨粒磨损等。微观变形疲劳磨损是刀具磨损的一种主要形式,它通常发生在刀具材料的次表面,表现为鱼鳞状迭加变形和接触疲劳裂纹。这种磨损是由于刀具在掘进过程中不断受到交变应力的作用,导致材料内部产生疲劳裂纹,进而发展为微观断裂和剥落。在复合地层中,由于地层性质的差异和掘进参数的调整,刀具所受的交变应力也会发生变化,从而加速微观变形疲劳磨损的进程。犁沟磨粒磨损是由于岩石中的硬粒或杂质在刀具表面滑动或滚动时,对刀具材料产生的切削和犁皱作用^[2]。在复合地层中,特别是含有硬质颗粒或破碎带的地层中,犁沟磨粒磨损尤为严重。凹坑磨粒磨损是由于岩石中的磨粒在刀具表面弹跳或压入时,形成的压痕凹坑。

3 复合地层中盾构施工刀具更换策略

3.1 刀具更换的基本原则

在复合地层中进行盾构施工时,刀具作为盾构机与地层直接接触的关键部件,其性能状态直接影响掘进效率和施工成本。因此,刀具更换策略的制定至关重要,它应遵循以下几个基本原则:(1)安全性优先。安全性是刀具更换的首要原则。在进行刀具更换前,必须确保掘进系统已完全停止,并采取必要的防护措施,如断电、隔离、通风等,以防止意外事故的发生。操作人员应接受专业培训,熟悉刀具更换的操作流程和安全规

范,确保在更换过程中不出现误操作。(2)磨损程度评估。刀具更换的时机应根据刀具的磨损程度来确定。磨损程度的评估可以通过观察刀具的表面形态、测量磨损量、分析掘进参数变化等多种方式进行。在复合地层中,由于地层性质的差异,不同刀具的磨损速度可能不同,因此应对每种刀具进行单独评估,以确保更换的准确性和及时性。(3)经济性与效率并重。刀具更换策略的制定还应考虑经济性和效率。一方面,刀具更换不应过于频繁,以免增加不必要的维护成本;另一方面,刀具磨损到一定程度后,必须及时更换,以避免影响掘进效率和施工质量。(4)适应性调整。在复合地层中,地层性质的变化可能导致刀具磨损速度和类型的差异。刀具更换策略应具有一定的适应性,能够根据地层性质的变化进行及时调整。例如,当地层由软变硬时,应适当增加滚刀的数量和类型,以提高破岩能力;当地层由硬变软时,则应减少滚刀的数量,增加刮刀等切削型刀具的比例。

3.2 刀具更换技术的优化

3.2.1 智能化监测

引入智能化监测系统,实时监测刀具的磨损情况和掘进参数的变化,通过数据分析,可以预测刀具的磨损趋势和更换时机,为刀具更换提供科学依据。同时,智能化监测系统还可以对掘进过程进行实时监控,及时发现潜在的安全隐患。

3.2.2 快速更换技术

研发和应用快速更换刀具的技术和设备,如自动换刀系统、快速锁紧装置等。这些技术和设备可以大大缩短刀具更换的时间,提高更换效率。同时,它们还可以减少人为操作带来的误差和风险,提高更换的安全性^[3]。

3.2.3 刀具修复与再利用

对于磨损较轻的刀具,可以采用修复技术进行处理,如焊补、表面涂层等,以恢复其切削性能和使用寿命。刀具修复不仅可以减少新刀具的购买成本,还可以降低废弃刀具对环境的影响。对于某些特殊类型的刀具,如滚刀等,其内部结构和材料具有较高的价值,可以通过再利用的方式实现资源的最大化利用。

3.3 刀具更换策略的实施与效果评估

制定了刀具更换策略后,关键在于其实施与效果评估。以下是关于实施与评估的几个关键步骤:(1)实施计划:根据制定的刀具更换策略,制定详细的实施计划。计划应包括刀具更换的时间表、所需材料和设备、操作人员分工等内容。应考虑到实施过程中可能出现的风险和应对措施。(2)监督与执行:在实施过程中,应

有专门的监督人员对计划执行情况进行跟踪和监督。确保各项措施得到落实,发现问题及时解决。操作人员应按照计划要求严格执行操作流程和安全规范,确保更换过程的顺利进行。(3)效果评估:更换完成后,应对更换效果进行评估。评估内容应包括刀具的使用寿命、掘进效率的提升、施工成本的降低等方面。还应收集操作人员的反馈意见,了解更换策略在实际操作中的可行性和适用性。根据评估结果,可以对刀具更换策略进行进一步调整和优化。

4 复合地层中盾构施工刀具磨损预防与维护

4.1 刀具磨损预防措施

根据地质勘察结果和掘进需求,科学选择刀具类型与配置。对于硬度较高的地层,应选用耐磨性更强的刀具材料,如硬质合金或陶瓷刀具;合理设置刀具的布局 and 数量,确保掘进过程中的受力均衡,降低局部磨损风险;优化掘进参数,如掘进速度、刀盘转速、推力等,以适应不同地层特性,避免刀具因过度受力而加速磨损;加强地层预处理,如注浆加固、超前支护等,可改善地层条件,减轻刀具负担,从而降低磨损速率。最后,建立严格的刀具使用管理制度,确保刀具在规范的操作和维护下使用,避免因操作不当导致的额外磨损。

4.2 刀具日常维护与保养

刀具的日常维护与保养是确保其长期稳定运行的关键。第一,定期对刀具进行清洁和检查,去除表面附着的泥土、碎石等杂质,检查刀具的磨损情况和结构完整性。对于轻微磨损的刀具,可采取研磨或修复措施,恢复其切削性能。第二,加强刀具的润滑与冷却,以降低摩擦和热量对刀具的损害。在掘进过程中,确保切削液的充足供应,并定期检查切削液的品质和流量。第三,还需对刀具的紧固部件进行检查和紧固,防止因松动导致的异常磨损。在停机或换刀时,对刀具进行全面检查和维护,及时发现并处理潜在问题,确保刀具处于最佳工作状态。

4.3 刀具磨损监测与预警系统

为进一步提高刀具磨损管理的智能化水平,建立刀具磨损监测与预警系统至关重要。该系统通过集成传感器、数据采集模块和分析软件,实时监测刀具的磨损情况和掘进参数的变化。传感器安装在刀具或掘进机上,用于采集刀具的振动、温度、切削力等关键数据。数据采集模块将这些数据上传至云平台或数据中心,进行分析和处理。分析软件运用先进的算法和模型,对刀具磨损趋势进行预测和评估,为管理人员提供决策支持^[4]。当刀具磨损达到预设阈值时,系统发出预警信号,提醒管理人员及时采取措施,如调整掘进参数、更换刀具等,以避免因刀具过度磨损导致的施工中断和设备损坏。同时,系统还可记录刀具的使用历史和维护记录,为后续的刀具选型、配置和更换提供数据支持。

结束语

综上所述,复合地层中地铁盾构施工刀具的磨损管理是一个系统工程,需要从刀具选型、配置、使用到维护的全过程进行精细化管理。通过深入分析刀具磨损特征,制定科学的更换策略,结合智能化监测技术和快速更换技术的优化应用,可以有效降低刀具磨损对施工效率和成本的影响。同时,加强刀具的日常维护和保养,建立刀具磨损监测与预警系统,对于提高盾构施工的可靠性和安全性具有重要意义。

参考文献

- [1]王树英,刘朋飞,胡钦鑫,王海波,黄硕,钟嘉政,刘正日,阳军生.盾构隧道渣土改良理论与技术研究综述[J].中国公路学报,2020,33(05):8-34.
- [2]崔建东.上软下硬地层盾构掘进引起地表沉降超限研究[J].工程技术研究,2022,7(9):23-26.
- [3]竺维彬,钟长平,米晋生,等.超大直径复合式盾构施工技术挑战和展望[J].现代隧道技术,2021,58(3):6-16,42.
- [4]王海明.上卵石下泥岩地层盾构掘进控制技术研究[J].铁道建筑技术,2021(6):140-143.