

地铁盾构机穿越复杂地质施工技术探析

周思贤

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 四川 成都 610036

[摘要]随着我国城市化进程的加快, 地铁作为一种高效、环保的公共交通方式, 正逐渐成为解决城市交通拥堵问题的关键。然而, 在地铁隧道施工过程中, 盾构机穿越复杂地质条件成为一大技术难题。文章以某城市地铁盾构工程为背景, 分析了复杂地质条件下盾构机施工所面临的问题, 并探讨了相应的解决措施, 以为类似工程提供参考。

[关键词]盾构机; 复杂地质; 施工技术; 问题分析; 解决措施

DOI: 10.33142/sca.v7i7.12773

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

Exploration on Construction Technology for Subway Shield Tunnels Passing through Complex Geology

ZHOU Sixian

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Chengdu, Sichuan, 610036, China

Abstract: With the acceleration of urbanization in China, the subway, as an efficient and environmentally friendly public transportation method, is gradually becoming the key to solving urban traffic congestion problems. However, in the construction process of subway tunnels, the shield tunneling machine crossing complex geological conditions has become a major technical problem. This article takes a subway shield tunneling project in a certain city as the background, analyzes the problems faced by shield tunneling machine construction under complex geological conditions, and explores corresponding solutions, in order to provide reference for similar projects.

Keywords: shield tunnels machine; complex geology; construction technology; problem analysis; solution measures

引言

地铁隧道施工中, 盾构法因其施工速度快、地表影响小、施工质量好等优点而得到广泛应用。然而, 在实际施工过程中, 盾构机在穿越复杂地质条件时, 往往会遇到一系列技术问题, 如地层变形、涌水、岩层破碎等, 给施工带来很大困扰。因此, 针对复杂地质条件下盾构机的施工技术进行研究, 具有重要的现实意义。

1 工程概况

深圳市城市轨道交通 14 号线工程土建七工区, 包含两站三区间, 即朱洋坑站~坑梓站区间、坑梓站~坑梓站~朱洋坑站-坑梓站区间风井区间、朱洋坑站-坑梓站区间风井、昂鹅车辆段出入段线区间。区间列车设计最高时速可达到每小时 120 公里。区间隧道存在断裂带、孤石、微风化花岗岩、上软下硬等多种复杂地质情况。此外, 该区间地面建筑密集、管线错综复杂, 施工难度和风险极高^[1]。

2 复杂地质现象

(1) 风化沟槽。在某些施工路线区域, 风化会导致基岩顶部出现不规则的隆起, 这种现象不仅干扰了顶部标高的一致性, 还可能引起不规则的上升或下降。此外, 这种侵蚀性地貌的形成加剧了岩石风化程度的非均匀性, 对施工的整体品质产生了不利影响。

(2) 球状风化体及风化岩块。在花岗岩构成的施工

区域, 常常会遇到各式各样的球状风化体。这些球状体的存在不仅会对盾构机的顺畅行进构成阻碍, 而且也会对工程质量带来负面影响。此外, 砂岩残积土层中混杂着许多硬度不一的砂岩碎块, 同样会在一定程度上干扰施工过程的顺利进行。

(3) 断裂构造。在多次地质构造变迁的影响下, 地质线缆往往呈现出断裂特征的明显发展。特别是断裂带区域, 地质结构相对薄弱, 周围地貌常常出现裂隙, 这些裂隙不仅构成了丰富的地下水系, 也给施工带来了额外的挑战, 对工程进度和效率产生不利影响^[2]。

3 地铁盾构机穿越复杂地质施工技术

3.1 软硬不均地层盾构掘进施工技术

在盾构掘进施工过程中, 地质特性的差异对施工过程有着极大的影响。因此, 在掘进过程中, 需要根据地层的软硬程度, 对刀盘转速进行精细的调整和控制。

当地层的土质较软弱时, 盾构掘进会对地层造成较大的影响, 会导致土压失衡, 进而引发路线偏移, 严重时甚至可能造成掌子面坍塌, 对施工安全构成威胁。因此, 在这种情况下, 需要加强对掘进速度的控制, 尽可能地放缓掘进速度, 以减少对地层的扰动。即便是在面对坚硬岩层的情况下, 通过控制掘进速度, 也能保证刀盘顺利转动, 从而使岩层得到充分的破碎。另一方面, 在坚硬岩层环境

中,刀盘的磨损情况会进一步加剧。因此,在控制盾构机前进时,除了需要适当降低推力外,还需要减小刀盘转速。通常情况下,将刀盘转速控制在1.0 r/min为宜,而每圈的贯入量则宜控制在5 mm。这样,既能保证施工的顺利进行,又能有效延长刀盘的使用寿命^[3]。

总的来说,在盾构掘进施工过程中,根据地质特性的不同,对刀盘转速进行调整控制,是保证施工安全和效率的重要措施。同时,也需要在掘进速度、推力和贯入量等方面进行综合考虑,以实现施工过程的优化。

3.2 中、微风化岩层盾构施工技术

地铁盾构机是一种用于在地下进行隧道开挖的机械设备,能够在复杂的地质条件下进行施工作业。在地铁隧道建设中,盾构机穿越中风化、微风化岩层的情况较为常见,这种地质条件下盾构施工技术具有一定的挑战性。本文将介绍地铁盾构机在中风化、微风化岩层中穿越施工的技术要点。

在盾构机的选型方面,需要考虑地质条件、隧道长度、隧道直径等多种因素。在中风化、微风化岩层中,盾构机的刀具磨损较大,需要选择具有较强切割能力的刀具。同时,由于地质条件不稳定,需要选择具有较好稳定性的盾构机。在施工过程中,需要对地质条件进行充分的调查和分析,了解地质变化对盾构施工的影响。在盾构机穿越中风化、微风化岩层时,地面的沉降是难以避免的,需要采取措施控制沉降量,保证地面建筑物的安全。同时,在盾构机穿越地质破碎带时,需要注意防止隧道坍塌的风险。

在盾构机的操作方面,需要根据地质条件变化及时调整盾构机的参数,保证盾构机的正常运行。在穿越中风化、微风化岩层时,需要控制盾构机的推进速度和刀盘转速,防止刀具磨损过快。同时,需要定期检查盾构机的运行状态,及时发现并处理故障。在施工过程中,还应注意环境保护和文明施工。在盾构机穿越中风化、微风化岩层时,需要采取措施减少对周围环境的影响,避免产生噪音、粉尘等污染。地铁盾构机穿越中风化、微风化岩层的施工技术具有一定的挑战性。需要根据地质条件选择合适的盾构机,采取措施控制地面沉降和隧道坍塌的风险,及时调整盾构机的参数,保证盾构机的正常运行。

3.3 凿除洞门及试掘进技术

在地铁隧道盾构施工过程中,凿除洞门及试掘进技术是一项至关重要的环节。为了确保施工安全,提升始发端头保护力度,施工人员采用了连续墙围护结构。这种结构的应用,使得始发端地层的安全稳定得到了有效保障。

在实际施工过程中,施工人员对始发地层进行了分步骤凿除处理。首要任务是对竖井内侧600mm厚的混凝土进行凿除。这一步骤的目的是使盾构机能够顺利安装,并确保其正常运行。在盾构机安装完成10天后,施工人员开始了剩下的550mm厚混凝土的凿除工作,因为保护好外层

钢筋是确保施工安全的关键^[4]。

在凿除过程中,施工人员采取了一系列措施来确保施工安全。首先,对凿除区域进行了详细的地质调查,了解了地层的分布情况,为凿除工作提供了科学依据。其次,我们针对不同地质条件,采用了合适的凿除方法,如爆破法、机械切割法等。同时,为了防止凿除过程中产生的土体松动、坍塌,施工人员对凿除区域进行了加固处理。此外,施工人员还对施工人员进行严格的安全培训,确保他们在施工过程中能够严格遵守安全规程。

在凿除洞门及试掘进施工中,通过采用连续墙围护结构,对始发端头进行了充分保护,为盾构机的顺利始发创造了有利条件。在今后的地铁隧道盾构施工中,施工人员将继续总结经验,优化施工技术,为我国地铁建设贡献力量。

4 盾构施工遇孤石的应用措施

4.1 孤石破碎作业原理

孤石破碎作业原理主要包括冲击破碎、磨削破碎和热力破碎等。冲击破碎是利用冲击力对孤石进行破碎。在盾构施工过程中,可采用高压水流冲击孤石,使其破裂成小颗粒。此外,还可以使用专门设计的冲击破碎装置,通过高速旋转的刀具对孤石进行冲击,达到破碎目的。磨削破碎是利用磨削力对孤石进行破碎。在盾构施工过程中,可采用旋转刀具对孤石进行磨削,将其磨成小颗粒。磨削破碎具有破碎效果好、破碎速度快等优点,但需要一定的施工设备和技巧。热力破碎是利用高温对孤石进行破碎。在盾构施工过程中,可采用高温火焰对孤石进行烧烤,使其产生热应力,从而破裂成小颗粒。热力破碎具有破碎效果好、破碎速度快等优点,但需要注意火焰的控制和安全防护措施。在实际盾构施工过程中,应根据孤石的硬度、形状、大小和地质条件等因素,选择合适的破碎方法。同时,为保证施工安全,还需对破碎作业过程中的冲击力、磨削力和热力等进行有效控制,确保施工的顺利进行。

4.2 盾构对孤石的处理

在盾构施工中,排出方法是保证工程顺利进行的关键环节之一。地质条件的复杂多变,盾构类型的不同,都对排土策略提出了多样化的要求。针对现场的具体地质特性,必须进行细致的评估与分析,从而合理调整排出方法,确保施工效率和安全。

在遇到孤石的情况下,首先需要判定孤石的最大直径。这一步骤至关重要,因为它直接影响着盾构设备的选型及其参数设置。当孤石的直径不超过200毫米时,可以采取较为常规的排出方法。这是因为尺寸较小的孤石能够通过盾构机内部的旋转刀盘,并且不会对排土系统造成过大压力。然而,对于直径超过200毫米的孤石,情况就有所不同了。这时,就需要对盾构机的刀盘开口率和开口宽度进行细致的调整^[5]。刀盘开口率是指刀盘上开口部分的面积与刀盘总面积的比率,这个比率需要根据孤石的大小来优

化,以确保刀盘能够在排土的同时有效地处理孤石。开口宽度则影响着刀盘处理物料的能力,过大或过小都会影响施工效率。

为了确保排出效率和防止堵塞,还需要根据孤石的大小和类型选择合适规格的螺旋输送机。螺旋输送机是盾构机中用于运输排出土体的设备,其规格的合理选择可以有效避免因输送能力不足导致的施工中断。在处理岩石碎片时,同样需要谨慎。尽管较小的岩石碎片可以通过刀盘,但过小的碎片可能会影响排土效率,甚至造成设备堵塞。因此,在施工过程中,必须对碎片大小进行有效控制,必要时通过筛选或其他方法去除过小的碎片。

总的来说,盾构施工中的排出方法需要根据多种因素进行灵活调整。从孤石的直径到刀盘开口率和宽度的设定,再到螺旋输送机的规格选择,都需要精心策划和执行。只有这样,才能确保盾构施工的顺利进行,同时保障工程的安全与效率。

4.3 盾构选型问题

孤石是指在地质条件下,由于各种原因形成的尺寸较大的硬质岩石,其粒径和分布特点对于盾构选型具有重要的参考价值。针对性地分析盾构选型问题,首先需要考虑的是破大放小的原则,即快速处理孤石,再高效收集并将其清理干净。这一原则的实施可以有效降低盾构施工中的风险,提高隧道工程的质量和进度。盾构刀盘采用的是面板式结构,这种结构可以提供更好的切削性能和稳定性,其配套开口槽,以焊接的方式在开口处设置粒径限制器。在该装置的作用下,可以阻隔 300~400mm 以上粒径的孤石,以免其直接进入刀盘。这种设计可以有效保护刀盘,延长其使用寿命,降低施工过程中的故障率^[6]。

在处理孤石的过程中,粒径和分布特点是一个重要的参考依据。通过对孤石的粒径和分布特点进行详细的分析,可以更好地选择合适的盾构选型,从而提高施工效率,降低施工风险。同时,粒径限制器的设置通过合理设置粒径限制器,可以有效地防止大粒径孤石进入刀盘,从而保护刀盘,提高施工效率。

4.4 孤石预处理方法

在盾构机施工过程中,经常会遇到难以破除的孤石问题,这不仅影响工程进度,还可能对设备造成损害。为了解决这一难题,可以预先采取多种措施,以确保施工的顺利进行。

首先,对孤石周边的风化土层进行地面或洞内预加固是一种有效的方法。通过对风化土层进行加固,可以提高其稳定性,为盾构机破岩和人工破岩提供更为有利的条件。预加固措施包括注浆、冻结、锚喷等,这些方法可以根据

具体情况选择使用。其次,静态爆破是利用化学药剂在孤石内部产生热量和气体,从而使孤石破碎。火药爆破则是在孤石上设置炸药,通过爆炸产生的冲击波将孤石破碎。这两种方法都需要严格的安全措施,确保施工过程中人员和设备的安全。另外,地面钻孔爆破或冲孔破除孤石也是一种有效的处理方式。地面钻孔爆破是在孤石上方钻孔,将炸药放入孔内,通过爆炸将孤石破碎。冲孔则是利用高压水流冲击孤石,使其破碎。这两种方法具有施工速度快、效果明显等优点。

在实际施工中,可以根据具体情况选择一种或多种方法进行处理。例如,当孤石较大时,可以先进行洞内静态爆破或火药爆破,将孤石破碎成较小的块状,再通过盾构机进行破碎和清除。当孤石周围的风化土层较薄时,可以先进行地面钻孔爆破或冲孔处理,再进行盾构施工。总之,在盾构机施工过程中,遇到难以破除的孤石问题,可以预先采取多种措施进行处理,以确保施工的顺利进行。这些措施包括对风化土层的预加固、洞内静态爆破或火药爆破、地面钻孔爆破或冲孔等。在实际施工中,可以根据具体情况选择一种或多种方法进行处理,以提高施工效率,降低工程成本。

5 结语

本文以某城市地铁盾构工程为背景,分析了复杂地质条件下盾构机施工所面临的问题,并探讨了相应的解决措施。结果表明,通过优化盾构机选型、参数设置、密封结构等方面,可以有效控制地层变形、涌水问题和岩层破碎,为类似工程提供了有益参考。然而,由于复杂地质条件下的盾构施工具有较大不确定性,施工过程中仍需根据实际情况灵活调整措施,确保隧道施工的顺利进行。

[参考文献]

- [1]刘臣.地铁盾构机穿越复杂地质施工工艺[J].设备管理与维修,2022(8):146-148.
- [2]牛国强,王帅.地铁盾构机穿越复杂地质施工技术[J].建筑技术开发,2022,49(1):39-41.
- [3]王贯洲.地铁盾构机穿越复杂地质施工技术[J].工程建设与设计,2021(9):121-123.
- [4]陈俊.地铁盾构机穿越复杂地质施工技术及相关措施[J].工程机械与维修,2020(5):116-117.
- [5]王伟.地铁盾构机穿越复杂地质施工技术[J].中国高新科技,2020(4):76-77.
- [6]王峰.地铁盾构穿越水下复杂溶洞区施工技术研究[J].低碳世界,2023,13(8):145-147.

作者简介:周思贤(1997.4—),男,单位名称:中铁三局集团桥隧工程有限公司,毕业学校和专业:武汉轻工大学 土木工程。