

地铁盾构机穿越复杂地质施工技术

陈亮 张雯

武汉市市政建设集团有限公司 湖北 武汉 430058

摘要:如今,地铁交通已经成为现代城市中不可或缺的交通方式。而随着城市规模和需求的不断扩大,地铁隧道施工成为了一个重要的发展趋势。在地铁隧道的建设中,盾构机技术成为了最主要的施工技术。然而,地质环境的变化和复杂的施工条件,给盾构机技术带来了挑战。因此,了解和掌握地铁盾构机穿越复杂地质施工技术至关重要,而这也成为了相关领域的研究重点。本文将就地铁盾构机穿越复杂地质施工技术以及发展趋势进行深入剖析,以期期为地铁隧道施工的安全保障和快速推进提供有益的建议和启示。

关键词:地铁盾构机;穿越复杂地质;施工技术

引言:随着城市交通的不断发展,地铁交通的建设已经成为现代城市建设的重要内容。而地铁隧道的建设,则是地铁交通中重要的组成部分。在地铁隧道建设中,盾构机技术是最常用的隧道施工技术。然而,地质环境的复杂性常常制约着盾构机技术的发展和应用。因此,研究地铁盾构机穿越复杂地质施工技术,提高盾构机的穿越效率和安全性,对保障地铁隧道工程的顺利建设,提高城市交通的质量和效率具有重要意义。

1 地铁盾构机概述

地铁盾构机是一种用于地下隧道施工的机械设备,通常被用于城市地铁、轻轨、公路隧道等大型地下工程的建设中。隧道工程遵循的是在地下构筑道路等公共设施,尽管这项工作听起来枯燥无味,但是这对于城市现代交通体系的完善来说至关重要。地铁盾构机的主要工作原理是使用推进机械将特制的隧道壳体带入地下土层,在钻进过程中将土层推向后方,同时施工工人在机械后方进行隧道的封顶和墙壁的砌筑工作。地铁盾构机通常由多个可转动的平行装置组成,装置的周围有一排固定的刮板,能够按照特定角度旋转,以便进行横向和纵向的夹层挖掘和拉长隧道的过程。地铁盾构机的使用可以取代传统开挖隧道施工方式,具有环保、经济、高效等显著优点。首先,地铁盾构机的使用可极大降低空气和噪声污染,因为使用这种机器不需要开挖水井和将土石等物料运到地面。其次,与传统的手工勘测、手动挖掘的方式相比,地铁盾构机具有效率更高的优势,能够更快速地完成大型隧道工程,从而在时间和成本上节约了大量资金。此外,对于对重要的地理位置和历史建筑物进行保护的工程,盾构机还可以最小化影响,并将其完成工作的最佳时间控制在工程范围内^[1]。

2 地铁盾构机穿越复杂地质施工技术

地铁盾构机穿越复杂地质是城市地铁建设过程中一

个十分棘手的问题。不同的地质条件可能对盾构机施工带来不同程度的影响,例如软土地带、高压岩层、水压作用区域以及脆性破碎带等等。为了有效克服这些挑战,盾构机应用了一系列面对不同地质地段的施工技术。

2.1 穿越涌水和高水压地质区域的防水技术

在地下隧道建设中,涌水和高水压地质区域是难点问题之一,很容易给隧道施工带来很大的困难。因此,隧道建设工程必须采用防水技术,以保证隧道的密封性和防水性能。本文将介绍几种常见的穿越涌水和高水压地质区域的防水技术。(1)注浆技术。注浆技术是一种常见的防水技术,通过在隧道开挖前或者隧道开挖过程中注入灰浆或其他硬化材料防止水流渗透进入隧道。隧道开挖前,可以对注浆点进行一定的预处理,例如对可能涌水的大地下坑、高水位的开洞等区域进行注浆处理,以达到控制涌水和防止水流渗透的目的。注浆后的灰浆会逐渐固化,从而提供强大的支撑能力和密封效果^[2]。(2)拼接密闭式隧道结构技术。密闭式隧道结构技术是指在盾构开挖过程中通过建造密闭式隧道结构,以保证隧道的密封性和防水性能。在施工过程中,盾构机推进一定距离后,封闭盾壳顶部和尾部的区间,再开始下一段开挖。通过这种方法,可以将隧道尽可能地划分成段,避免水流侵入尚未施工完成的区域,从而保证隧道的完整性和支撑结构的稳定性。此外,对于盾构机后部,在它退出每个待施工区间后适时进行填充胶浆,并进行横向、纵向等多个方向的封闭,以防止水流渗透进隧道。(3)预制板式防水屏技术。预制板式防水屏技术是利用预制板将隧道内的岩石缝隙、裂缝或孔洞完全封闭,达到防水效果。这种技术是在隧道开挖后进行的,先根据实际施工需要在现场加工预制板,然后在隧道内安装封闭岩石缝隙、孔洞的地方。这种技术在水压较高、施工

环境复杂等情况下效果较好，可以有效避免水流渗透进入隧道，保证施工安全和工程质量。

2.2 多层差异地质层穿越技术

在地铁隧道的建设过程中，多层差异地质层是一个非常常见的情况。这种地质情况会给隧道的施工带来很大的困难。在穿越多层差异地质层时，不同层的地质力学参数、地质条件以及地形地貌等都会发生变化，因此隧道的施工难度和调整难度都会大大增加。为了在多层差异地质层中顺利穿越，并确保隧道建设的安全性和准确性，建议采取以下的技术措施：（1）建立合理的穿越计划。在多层差异地质层的情况下，建立合理的穿越计划是非常重要的。应该通过对隧道穿越地层的地质分析，建立准确的地质模型，确定每一层地层的物理、机械、水文地质特征以及相应的处理方法。在制定穿越计划时，需要考虑到多种因素，如隧道掘进的速度和深度、地下水涌入的压力、隧道内空气质量等，以确保隧道的安全性和施工质量。（2）采用切割区分隧道穿越地层。在穿越多层差异地质层时，可以采用切割区分隧道穿越地层的方法。根据地质层不同的物理、力学特征、钢筋的配置情况以及隧道直径的大小，采用合理的切割技术，将不同地层的岩土松散层分开，避免受到不同地层的影响。对于岩性，通常采用切除的方式，对高强度岩层采用矛头钻机具有很好的穿越能力。（3）多层地层的封隔。在穿越多层地质层时，封隔是一个非常重要的环节。在隧道进行切割区分之后，需要对不同的地层进行有效地封隔，避免隧道施工造成的影响扩散到其他地层中。在封隔过程中，可以使用钻孔注浆、注浆隔离带、填充材料等方法，有效地隔离不同地层之间的水流和土屑，包裹住隧道结构，增强其稳定性和密实度^[3]。（4）安装合理的支撑结构。在穿越多层差异地质层时，不同地层的稳定性和支撑能力也会发生差异，因此需要采用不同的支撑和加固措施来保障隧道结构的安全性。在隧道开挖过程中，可以安装各种支撑结构，并根据实际情况适时调整支撑节距和支撑杆粗细，以确保隧道结构的稳定性和安全性。

2.3 软土和软岩地质穿越技术

在地铁隧道建设过程中，软土和软岩地质层的穿越通常是个大挑战。这些地质条件通常会给施工带来较大的风险和难度，因此需要采取一系列合理有效的技术措施来确保隧道建设的安全性和准确性。以下是几种针对软土和软岩地质层的穿越技术：（1）浅层隧道地质勘探。在隧道建设之前，首先需要对地下地质情况进行充分的勘探。在针对软土和软岩地质层进行勘探时，通

常会进行地质探测和地质测量，以确定地下的构造、地层和岩性情况。此外，可以使用地震勘探、地下水位测定、堰塞强度试验等科学方法，得出更精确的地质勘探信息，使工程施工更加准确、安全和稳定。（2）预处理软土和软岩地质层。在穿越软土和软岩地质层之前，通常会运用预处理技术，以提高地质层的支撑力和稳定性。这种处理方式通常包括地层加固、封闭液态层和超强氧化处理等。在处理软土地质层时，可以进行压实、排水、加固等技术处理。（3）合理调整切割工艺。对于软土和软岩地质层的穿越，需要根据地层条件合理调整切割工艺，并且随时根据地质要求进行调整。例如，在通过软土地质层时，可以采用盾构、顶管等技术进行隧道开挖，以避免地质灾害的发生。而在穿越软岩地质层时，可以采用先支护后开挖的方式进行施工，结合注浆等技术，提高地质层的支撑力和稳定性^[4]。（4）合理选用支护材料。在穿越软土和软岩地质层时，需要对隧道进行有效的支护，并且需要根据地质层的物理力学特性和施工情况选择合适的支护材料。例如，在岩石土层、软岩层和砂砾土层中，可以采用钻孔锚喷、施工钢架、锚杆、注浆等支护方式，以确保施工安全和质量。（5）制定合理的安全措施。为了确保隧道建设的安全性，在穿越软土和软岩地质层时，需要采取一系列的安全措施。例如，在施工过程中，需要耐心细致地观察地质的变化情况，及时进行调整，并设立监测系统来监控施工过程中的地质变化和隧道结构状态。此外，还需要建立应急处理机制，并严格培训施工人员，提高他们在应急处理方面的能力。

2.4 针对断层、裂缝等地质异常情况的应对技术

断层和裂缝是隧道建设中常见的地质异常情况，它们的存在会给隧道建设带来较大的风险和难度，因此需要采取一系列的应对技术来保证隧道建设的安全性和稳定性。以下是针对断层、裂缝等地质异常情况的应对技术：（1）确认并标定断层和裂缝。在隧道建设前需要充分的地质勘探。在发现断层和裂缝后，需要进行精确定位和标定。地震、地磁勘探、阻抗法等探测技术，以及岩芯取样、地质工程扫描、测量等技术可以对断层、裂缝进行研究和判断，确定它们的走向、间距和强弱等情况。（2）采取安全隔离措施。针对断层和裂缝等地质异常情况，通常采用隔离措施。例如，在岩石和混凝土等固体岩体中，可以采用零余距离钻爆、加固钢架、钢筋网、锚杆、纤维网等技术隔离断层或裂缝。而在软土或软岩中，可以采用注浆隔离带、玻纤钢网隔离、大口径钻孔注浆等技术，形成有效的隔离带。这些措施的应

用,可以有效地降低断层和裂缝对隧道结构的影响,同时提高施工的安全性和稳定性。(3)采取合理的支撑措施。针对断层和裂缝等地质异常情况,需要采取合理的支撑措施,以确保隧道的稳定性。例如,在断层或裂缝周围区域内,可以采用导向钢架、锚杆等支撑措施,加强地层稳定性,减小对结构的影响^[5]。(4)注重安全监测和及时处理。在隧道建设过程中,需要对断层和裂缝的变化情况,如位移、变形、裂缝扩张等情况进行实时监测,并制定相应的应对措施。如在发现异常情况时进行现场扫描和监测,确定原因和性质,及时通知工程监管部门,并采取必要的防护措施。

3 地铁盾构机技术的发展趋势

地铁隧道是地下交通系统的重要组成部分,而现代化的隧道建设离不开先进的盾构机技术。近年来,随着地铁建设规模的扩大和新技术的不断应用,盾构技术也在不断创新。

3.1 安全性能进一步提升

盾构机是地铁隧道建设中不可或缺的设备,其安全性能是衡量现代化盾构机技术的重要指标。目前,一些重点工程逐渐引入了先进的智能化控制系统,实现了实时数据监测、远程操控等功能,大大增强了盾构机的安全性和稳定性。此外,在制造材料、结构设计、生产工艺等方面也在不断做出改进,为进一步提升盾构机的安全性能提供了有力的保障^[6]。

3.2 绿色环保更受重视

随着社会对环境保护意识的不断提高,绿色环保也成为地铁盾构技术的发展趋势之一。在行业推广普及新能源技术的支持下,一些盾构机制造商开始着重开发环保型盾构机产品。这些产品能够高效利用资源,减少环境污染,既能够有效保护环境,也能够降低建设成本,为城市地铁发展提供了更可持续的发展模式。

3.3 数字化技术推动盾构机智能化

随着信息化技术的快速发展和普及,盾构机技术也

在向数字化、智能化方向发展。利用物联网、传感器等技术,将大量数据收集回来,通过数据分析、模型仿真等手段,采集更精细的信息,实现隧道建设的高效、精准、智能化。此外,随着人工智能、机器学习等技术的不断推广,盾构机的自主学习、自适应等功能也将逐渐得到实现。

3.4 大型化趋势日益明显

盾构机的发展趋势呈现出大型化、高效化的特点。未来,盾构机的规模将会越来越大,最大的盾构机直径甚至会达到28米左右。这将大大提高盾构机的开挖效率和施工效益,加快地铁隧道建设的速度和质量。

结束语

地铁隧道建设的快速发展与城市交通的日益紧张的需求密不可分。而地铁盾构机穿越复杂地质施工技术的发展则是地铁隧道建设的重要支柱之一。在面对复杂地质环境时,采用正确的施工工艺和技术,保障盾构机的安全稳定,显得尤为重要。同时,更多的应用新技术和新材料,进一步提高盾构机的智能化,提高效率和减少对环境的污染,也是未来地铁盾构机技术应当在追求的方向。

参考文献

- [1]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(01):39-41.
- [2]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(09):121-123.
- [3]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(05):116-117.
- [4]吕鹏程.复杂地质条件地铁盾构施工技术要点及安全影响因素[J].价值工程,2020,39(08):171-174.
- [5]胡鹰志.复杂地质条件下富水动压砂层盾构开仓加固区施工技术[J].施工技术,2020,49(13):10-13.
- [6]刘承宏,陈宇博.复杂地质条件下穿老旧建筑物盾构法地铁施工技术研究[J].中国设备工程,2019(18):109-111.