

盾构机复杂地质掘进技术研究

韩小鹏

中铁隧道局集团三处有限公司 广东 广州 510000

摘要: 在进行地下项目建设的过程中,涉及到的区域比较广。在对一些复杂地质区域进行建设时,需要引进更加先进的工艺和设备,才能提高项目的建设效果。企业在对项目建设情况进行管理时,需要根据不同地区的地理特征和水文条件,制定针对性的施工方案,还需要对各种类型设备的运用性能进行全面的检验,提高综合建设效果。实际上盾构机设备在使用时,可以满足复杂地质的建设要求,还可以提高作业的安全性。基于此,本文就地铁盾构机穿越复杂地质施工技术进行相关的分析和探讨。

关键词: 盾构机;复杂地质;掘进技术

引言:随着现代城市建设的加速推进,地下空间的开发利用变得愈发重要。在复杂多变的地质条件下,如何高效、安全地进行隧道掘进施工成为了一个亟待解决的问题。盾构机复杂地质掘进技术应运而生,为这一难题提供了有效的解决方案。该技术不仅显著提升了施工效率与质量,更在保障工程安全方面发挥着不可替代的作用。因此,深入研究和应用盾构机复杂地质掘进技术,对于推动城市建设与发展具有重要意义。

1 盾构机复杂地质掘进技术的价值

1.1 提升施工效率与质量

在复杂地质条件下,传统施工方法往往面临诸多挑战,如掘进速度慢、安全风险高、施工周期长等。而盾构机凭借其强大的掘进能力和适应性,能够在复杂地质环境中实现高效、安全的施工^[1]。利用其特殊的掘进头和泥浆循环系统,盾构机能够稳定地掘进隧道,同时保持掘进面的压力平衡,有效避免了地层塌陷等安全风险。更重要的是,盾构机还能够一边挖土一边安装墙壁,大大提高了施工效率,缩短了工期,降低了成本。

1.2 保障工程安全

面对复杂地质条件,施工安全性是首要考虑的问题。盾构机通过其精密的控制系统和实时监测功能,能够实时监测掘进过程中的各项参数,如掘进速度、推力、扭矩等,一旦发现异常情况,能够立即采取措施进行调整,最大程度上确保施工过程中的安全稳定。此外,盾构机还能够通过泥水加压式平衡施工等先进技术,实现对掘进面的有效支撑与压力平衡,进一步保障了施工的安全性。

1.3 推动技术创新与发展

盾构机复杂地质掘进技术的不断发展,快速推动了相关领域的技术创新与进步。例如,为了适应复杂地质

条件,盾构机的设计制造不断优化,包括掘进头的定制化设计、推进系统的优化升级、泥浆循环系统的科学调控等。技术上的创新与进步不仅提高了盾构机的掘进能力和适应性,还为其他领域的技术创新提供了有益的借鉴和参考。

1.4 促进城市地下空间开发

随着城市化进程的加快,城市地下空间的开发成为了一个重要的方向。盾构机复杂地质掘进技术的应用,为城市地下空间的开发提供了有力的技术支撑。无论是地铁、轻轨等轨道交通项目,还是地下管廊、水利设施等基础设施项目,盾构机都能够凭借其高效的掘进能力和良好的适应性,高效实现地下空间的快速开发。此举不只是为了提高了城市的承载能力和运营效率,还促进了城市的可持续发展。

1.5 带动相关产业发展

盾构机复杂地质掘进技术的发展,还带动了周边相关产业的快速发展。例如,盾构机的设计制造需要涉及机械设计、制造、自动化等多个不同领域的知识和技术,这促进了相关产业的发展和升级。与此同时,盾构机的施工和维护也需要大量的专业人才和技术支持,继而有力地推动了相关产业的发展和壮大。

1.6 提升国际竞争力

随着全球地下工程领域的不断发展,国际竞争日益激烈。盾构机复杂地质掘进技术的发展,提升了我国在这一领域的国际竞争力的同时,还为我国企业走向国际市场提供了有力的技术支持。经过不断的技术创新和优化升级,我国盾构机已经具备了与国际先进水平相媲美的能力,并在多个国际项目中取得了成功的应用经验。

2 盾构机复杂地质掘进技术

2.1 泥水加压平衡技术

泥水加压平衡技术是盾构机在复杂地质条件下掘进的重要技术手段。在调整泥水的密度与含砂量后，该技术能够成功实现对掘进面的有效支撑与压力平衡，尽可能确保掘进过程的稳定与安全。而且，严格控制掘进参数，如切口压力、推力与刀盘转速，以应对不同地质条件的挑战。在穿越砂层、软土等易坍塌地层时，泥水加压平衡技术显得尤为重要，它能有效防止掘进面坍塌，最终保证施工进度与质量。

2.2 智能监测与调整技术

智能监测与调整技术是盾构机应对复杂地质环境的另一大利器。安装刀具旋转监测系统、舱内伸缩式摄像系统等先进设备，能够实现对掘进过程的实时监控与数据分析。一旦发现异常情况，如刀具磨损加剧、掘进面失稳等，系统可立即发出预警并自动调整施工参数，以大幅度减轻或消除潜在风险。另一方面，智能化技术还能提高盾构机的掘进效率与施工安全性，为复杂地质条件下的掘进施工提供有力保障。

2.3 刀具与掘进头定制化设计

针对不同地质条件，盾构机的刀具与掘进头需要进行定制化设计。例如，在面对硬岩时，采用更锋利的切割轮以提高掘进效率与破岩能力；而在上软下硬地层中，则需优化刀具布局与材质，以减少磨损并维持稳定的掘进状态。定制化设计能够确保盾构机在不同地质条件下的掘进效率与施工质量，提高工程的经济效益与社会效益。

2.4 注浆与土体压密技术

注浆与土体压密技术是盾构机在复杂地质条件下掘进的关键措施之一。通过注浆增加土体的黏聚力和抗剪强度，提高土体的稳定性；同时，利用盾构机的刀盘和推进系统对土体进行压实、剪切等作用，使土体变得紧密和坚硬^[2]。特别是在砂层等颗粒大、透水性的地层中，注浆与土体压密技术尤为重要，能够有效防止土体松动和掘进面坍塌。

2.5 掘进参数优化与调整

在复杂地质条件下，盾构机的掘进参数需要根据实际情况进行优化与调整。采取科学调控掘进参数，如推力、扭矩、掘进速度等措施，完全可实现对掘进过程的精确控制。而且，根据地质勘察数据和实时监测结果，及时调整掘进参数以应对不同地质条件的挑战。优化与调整能够确保盾构机在复杂地质条件下的掘进效率与施工质量，从而为地下工程建设提供有力支持。

3 盾构机复杂地质掘进技术的应用策略

3.1 优化盾构机设计以适应复杂地质

在复杂地质条件下，盾构机的设计优化不单单能够提高掘进效率的关键，更是确保施工安全的重要保障。面对长距离砂层掘进，传统盾构机往往面临刀具磨损严重、掘进面易坍塌等挑战。为此，设计团队需对掘进头进行针对性改进，采用高强度、高耐磨性的合金材料，以提高刀具的耐用性和抗冲击能力。与此同时，通过优化掘进头的结构布局，增强其对掘进面的支撑能力，也可减少掘进过程中的地层扰动。

对于上软下硬地层，设计团队还需重点考虑增加掘进头的灵活性和适应性。引入可调节角度的掘进头设计，使其能够根据不同地层条件进行灵活调整，确保掘进过程平稳进行。除此之外，推进系统的优化也至关重要。设计团队需确保推进系统具备强大的扭矩和推力，以克服复杂地质带来的巨大阻力。当然，需要提醒的是，还应应对泥浆循环系统进行全面优化，确保泥浆的密度、粘度等参数能够满足不同地层条件下的掘进需求，有效平衡掘进面的压力，防止地层失稳。

3.2 精细控制掘进参数以提高掘进效率

在盾构机的掘进过程中，精细控制掘进参数无疑是提高掘进效率的核心策略。切口压力、推力、刀盘转速等关键参数，如同盾构机的“生命指征”，需严格根据地质条件的实时变化进行精准调控。对于软土地层，土壤质地松软，掘进阻力相对较小，此时可适当提高刀盘转速，利用高速旋转的刀具快速切割土壤，从而加快掘进速度，提升作业效率。

但当面对硬土地层时，则需采取截然不同的策略。硬土地层中，土壤质地坚硬，掘进阻力显著增加，若继续维持高转速，将加速刀具磨损，甚至可能导致刀具损坏。所以，此时应适当降低刀盘转速，以尽量减少刀具与土壤的摩擦，延长刀具使用寿命。并且，泥浆循环系统的参数调整也必不可少。根据地层情况，适时调整泥浆的密度、粘度等参数，可以有效维持掘进面的稳定，防止地层坍塌或水土流失，确保掘进过程的安全与平稳。

3.3 智能化技术应用提升掘进监控水平

智能化技术的应用为盾构机在复杂地质掘进中提供了前所未有的有力支持。采用安装刀具旋转监测系统、舱内伸缩式摄像系统等先进设备，施工人员可以实时监测掘进过程中的刀具磨损情况、掘进面状态以及地层变化等关键信息。这些设备不仅能够实时采集数据，还能通过算法分析，预测潜在风险，为施工人员提供及时、准确的预警信息。

一旦发现异常情况，智能化系统可立即发出预警，并自动调整掘进参数，如降低刀盘转速、增加推力等，

以避免潜在风险。智能化的调整提高了掘进效率，还大大降低了施工风险。此外，智能化技术的应用还极大地提高了掘进过程的可视化程度。通过高清摄像系统和远程监控系统，施工人员可以实时查看掘进面的状态，了解地层变化，为施工提供更加直观、准确的指导。可视化的施工指导一方面提高了施工精度，另一方面也提升了施工效率。

3.4 科学控制盾构姿态确保掘进质量

盾构姿态的控制，是确保掘进质量、保障隧道安全的重要环节。在掘进过程中，盾构机的姿态稳定性直接决定着隧道的轴线精度和掘进面的平整度。因而，应严格控制盾构机的姿态，避免产生过大的偏差。

为了实现这一目标，施工人员需密切关注盾构机的掘进状态，通过降低推力、调整油缸等方式，对盾构姿态进行精确控制。在此基础上，应尽量避免迅速纠正姿态，以防止产生较大的蛇形开挖面，影响隧道的整体质量和稳定性。在控制盾构姿态的过程中，还需特别注意保持掘进面的平整度和稳定性。也就是说，实时监测掘进面的状态，及时调整掘进参数，确保掘进过程始终沿着预定的轴线进行，从而保障隧道的掘进质量和安全性。

3.5 强化拼装技术提升隧道质量

拼装技术在盾构掘进过程中扮演着举足轻重的角色，它影响到隧道的整体质量和稳定性。精确检测并分析盾构机在工作过程中的推力数据、扭矩数据等关键信息，使施工人员能够对成型隧道进行更为精准的拼装控制。其结果有助于优化隧道的结构布局，还能显著提升隧道的整体承载能力和耐久性。

在拼装过程中，施工人员需严格遵守相关技术规范，确保每一片管片之间的连接都紧密、平整，无缝隙。采用先进的连接技术和材料，如高强度螺栓、密封垫片等，可以有效防止环缝松弛、漏水等问题的发生^[3]。此过程中，还需格外注意管片连接盾构进出洞口的环节。该环节是隧道结构中的薄弱环节，往往容易受到地质条件、施工误差等多种因素的影响。为此，在设计和施工过程中，应充分考虑各种因素，确保连接部位的稳定性和安全性。

最后，需要注意的是，拼装技术的提升还需与盾构

机的设计优化相结合。优化掘进头的结构布局、提高刀具的耐用性和灵活性等措施，可以在一定程度上降低拼装过程中的难度和风险，提高拼装效率和质量。

3.6 加强防水施工质量保障隧道长期运行

防水施工质量控制是确保隧道长期稳定运行不可或缺的一环。注浆过程中，施工人员需严格控制注浆充实度，确保注浆材料能够充分填充地层中的空隙，形成致密的防水层。这样一来，不仅有助于防止地下水渗漏，还能提高隧道的整体稳定性和安全性。

要想达到这个目的，施工人员需对注浆材料、注浆压力、注浆速度等参数进行精确计算和严格控制。同时，还需加强注浆过程的监测和记录工作，及时发现并处理注浆过程中的异常情况。

除了注浆过程外，堵漏质量控制也不容忽视。在隧道掘进和拼装过程中，往往会出现一些难以避免的渗漏点。对于这些渗漏点，施工人员需及时进行处理和修复，防止渗漏问题进一步扩大化。采用先进的堵漏技术和材料，如化学注浆、防水涂料等，可以有效提高堵漏效果和耐久性。

另外，加强日常维护与定期检修工作也是保障隧道防水性能的重要措施。定期对隧道进行检查和维护，及时发现并处理潜在的渗漏隐患，可以确保隧道的防水性能始终保持在设计要求以上。

结语：综上所述，盾构机复杂地质掘进技术具有极高的价值，不仅提升了施工效率与质量、保障了工程安全、推动了技术创新与发展、促进了城市地下空间开发、带动了相关产业发展，还提升了国际竞争力。未来，随着科技的不断进步和工程实践的深入积累，盾构机复杂地质掘进技术将继续发挥更大的作用，为地下工程领域的发展贡献更多的力量。

参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [3]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.