

地铁区间盾构施工技术

李刚柱

杭州市南排水利发展有限公司 浙江 杭州 311101

摘要：地铁区间盾构施工是一种高效、安全的隧道建设方法，涉及掘进控制、管片拼装、注浆加固及姿态测量与纠偏等关键技术。施工过程中，需严格把控原材料质量，加强掘进与拼装环节的精度控制，确保注浆加固效果，并实时监测盾构姿态进行纠偏。竣工验收阶段，全面检查隧道结构、防水及设备安装，确保工程质量。地铁区间盾构施工技术的不断优化，为城市地铁建设提供了坚实的技术支撑。

关键词：地铁区间；盾构法；施工技术

引言：随着城市化进程的加速，地铁作为城市交通的重要组成部分，其建设质量日益受到关注。地铁区间盾构施工以其高效、安全、环保的特点，成为地铁隧道建设的主流方法。该技术通过精确控制掘进、拼装、注浆加固及姿态测量等关键环节，确保隧道建设的稳定性和可靠性。本文旨在探讨地铁区间盾构施工的关键技术及质量控制要点，为地铁建设提供有益参考。

1 地铁区间盾构施工概述

地铁区间盾构施工是地铁建设中一种高效且先进的隧道施工方法。该方法的核心在于利用盾构机这一专用机械设备，在地下进行连续、稳定的隧道掘进作业。在地铁区间盾构施工中，盾构机扮演着至关重要的角色。它装备有精密的切削刀盘，能高效地切削地层，无论是软土还是硬岩，都能应对自如；盾构机内部配备了先进的液压装置，能精确地控制掘进的方向和速度，确保隧道掘进过程的平稳与安全。掘进过程中，盾构机负责切削地层，还负责将切削下来的土料通过特定的输送系统排出隧道。这个过程中，土仓压力的控制尤为关键，它直接关系到掘进过程中的地层稳定性和施工安全。当掘进至一定长度后，盾构机尾部开始进行预制混凝土管片的拼装作业。这些管片经过精密设计和制造，能紧密地拼接在一起，形成隧道衬砌结构，为隧道提供坚固的支撑和保护。整个盾构施工过程涵盖了多个关键工序，包括盾构机的始发、掘进、接收等。始发阶段，要确保盾构机能够平稳、准确地进入隧道；掘进阶段，要保持掘进过程的连续性和稳定性；接收阶段，要确保盾构机能够安全、顺利地退出隧道。地铁区间盾构施工以其高效、安全、环保等优点，在城市地铁建设中得到了广泛应用。随着技术的不断进步和创新，盾构施工方法也在不断完善和发展，为城市地铁建设提供了更加可靠的技术支持。

2 地铁区间盾构施工关键技术

2.1 掘进控制技术

(1) 掘进参数的合理确定是基础。在考虑地质条件时，若遇到软土地层，如淤泥质黏土，刀盘转速可适当降低，防止土体过度扰动造成坍塌；在硬岩地层，需提高刀盘转速，并匹配相应的推进速度。对隧道直径和埋深因素，大直径隧道盾构掘进时，刀盘扭矩需求更大，需综合调整参数以保障刀盘稳定切削。深埋隧道要应对更高的水土压力，推进速度要更谨慎控制，避免压力失衡。姿态角的调整也至关重要，依据测量系统反馈，保证盾构机沿着设计轴线推进，防止出现“抬头”或“低头”现象。(2) 实时监控盾构机运行状态是保障施工安全的关键。密切关注盾构机的各项参数，包括千斤顶压力、螺旋输送机扭矩等。如千斤顶压力异常波动可能意味着盾构机遇到不均匀的阻力，是地质突变或刀具磨损问题；对刀盘、刀具的磨损情况进行监测，磨损严重会影响掘进效果和效率，通过安装在刀盘上的传感器或定期开仓检查来掌握其状态。(3) 根据掘进效果反馈及时调整参数对于确保施工质量不可或缺。通过分析渣土的形状、湿度和排出量等信息，判断掘进参数是否合适。若渣土呈块状且排出量异常，是刀盘转速或推进速度不合理。对已完成掘进段的隧道衬砌变形、地表沉降等情况进行监测，若出现超出允许范围的沉降，及时调整掘进参数，减少对周围土体的扰动，保障隧道施工质量^[1]。

2.2 管片拼装技术

地铁区间盾构施工过程阶段，管片拼装技术是确保隧道结构稳定性和耐久性的重要环节。为了达到高质量的拼装效果，要采取专业措施。第一，高精度的测量仪器是管片拼装的基础。在拼装前，应使用先进的测量设备对隧道轴线、高程等进行精确测定，确保管片的安装位置准确无误。此外要对管片本身进行严格的尺寸和

形状检测,以确保其符合设计要求。第二,采用专业的拼装设备是提高拼装效率和质量的关键。现代盾构施工通常配备有自动化或半自动化的管片拼装机,这些设备能够精确控制管片的姿态和位置,减少人为误差;操作人员要具备专业的技能和经验,能熟练操作拼装设备,并根据实时监测数据进行调整。第三,对拼装过程进行严格的质量控制和检查是确保工程质量的必要措施。在拼装过程中,应实施全过程监控,包括管片的吊装、定位、连接等各个环节。在地铁区间盾构施工中,每完成一环管片的拼装,都必须开展全面且细致的检查工作。要重点查看管片间的缝隙宽度,确保其符合设计规定的精确数值范围,对连接螺栓的紧固情况进行严格检查,保证每个螺栓都拧紧到位。无论是缝隙过宽还是螺栓松动等问题,如果发现,都要立刻安排处理和整改。因为若这些小问题得不到及时解决,随着施工推进,问题会不断累积,最终严重威胁整体工程质量^[2]。

2.3 注浆加固技术

(1) 注浆加固技术的核心在于注浆材料和注浆工艺的选择。注浆材料的选择需根据地质条件和工程需求进行,常见的注浆材料包括水泥浆、化学浆等。水泥浆具有成本较低、强度高、可灌性好等优点,适用于多种地质条件;化学浆则具有凝结时间快、强度高、渗透性好等优点,特别适用于快速加固或处理特殊地质条件的场合。注浆工艺的选择需考虑注浆压力、注浆流量、注浆孔布置等因素,以确保注浆材料能够均匀地注入到围岩中,形成有效的加固层。(2) 注浆过程中要严格控制注浆压力和流量。注浆压力的大小直接影响到注浆材料的扩散范围和加固效果,根据地质条件和注浆材料的特性进行合理设定。注浆流量则需根据注浆孔的布置和注浆材料的注入速度进行调整,以确保注浆过程的连续性和稳定性;还对注浆过程进行实时监测和记录,包括注浆压力、注浆流量、注浆时间等参数,以便及时发现问题并进行处理。(3) 注浆加固技术的效果评估也是项重要工作。对注浆后的围岩进行取样分析和检测,评估注浆加固的效果,包括加固层的厚度、强度等参数。同时对注浆过程中出现的问题进行总结和分析,以便为后续的注浆加固工作提供参考和借鉴。注浆加固技术在地铁区间盾构施工中扮演着至关重要的角色,它能有效提高隧道围岩或土体的稳定性,还增强其承载能力,为后续的盾构推进创造更加有利的条件。向地层中注入特定配比的浆液材料,填充空隙、减少沉降量,且在一定程度上阻止地下水渗透,这对防止地面塌陷及保护周边建筑物的安全极为关键。合理应用注浆技术还降低施工难度,

加快工程进度,节约成本。在复杂地质条件下进行地铁建设时,采用先进的注浆加固方案是确保工程质量和安全的重要手段。

2.4 盾构姿态测量与纠偏技术

第一,姿态测量运用高精度的测量仪器和方法。如通过全站仪和自动导向系统相结合,实时获取盾构机的三维坐标、滚动角、俯仰角和偏航角等姿态参数。这些参数精确地反映了盾构机在地下的位置和方向,为后续的分析 and 决策提供依据。测量过程中,要考虑地下环境对测量信号的干扰,保证测量数据的准确性和及时性。第二,根据测量得到的盾构姿态数据进行纠偏分析。当盾构机姿态出现偏差时,要判断偏差的类型和程度。若为小幅度偏差,通过调整盾构机千斤顶的推进力分布来实现纠偏。如在盾构机向一侧偏移时,适当增加另一侧千斤顶的推力,使盾构机逐渐回到设计轴线上。对较大幅度的偏差,要更谨慎地制定纠偏方案,涉及调整掘进速度、刀盘转速等参数,同时密切关注纠偏过程对周围土体和已拼装管片的影响,避免因纠偏幅度过大造成管片错台、破损或土体过度扰动等问题。在地铁区间盾构施工过程中,精确的测量和合理的纠偏措施至关重要。通过使用高精度测量仪器,如全站仪、电子水准仪等,实时、精准地获取盾构机的姿态数据,包括其水平偏差、垂直偏差、扭转角度等信息。基于这些数据,采用科学合理的纠偏措施,如调整千斤顶的推力分配、优化掘进参数等。

3 地铁区间盾构施工质量控制

3.1 原材料质量控制

(1) 原材料的检验与验收工作必须严格执行。对盾构施工来说,管片是关键原材料。在管片生产前,要对其制作材料如水泥、砂石、钢筋等进行详细检测。水泥的强度等级、安定性等指标需符合设计要求,砂石的粒径、含泥量等参数也要严格把控,如细骨料含泥量过高会降低管片的强度和抗渗性。对于钢筋,要检查其屈服强度、抗拉强度和伸长率等指标,确保其能满足管片在复杂受力环境下的承载要求;像止水带、密封胶等防水材料的质量检验也不容忽视,它们直接关系到隧道的防水性能。(2) 原材料使用过程中,要遵循科学的流程和方法。如管片预制时,水泥、砂石、水和外加剂的配合比要精确控制,保证混凝土的强度和耐久性。钢筋的绑扎过程阶段,要严格按照设计图纸施工,保证钢筋的间距、数量和位置准确无误,使管片在承受盾构推进过程中的压力、弯矩等荷载时不会出现结构破坏。(3) 加强原材料的存储和保管是维持其质量的重要环节。对

于水泥,要存放在干燥、通风良好的仓库中,防止受潮结块,影响其胶凝性能。砂石应分类堆放,并做好防雨措施,避免含水率大幅变化影响混凝土质量。钢筋要防止生锈,可采用涂油、覆盖等防锈措施。对于一些对环境条件敏感的外加剂,要按照规定的温度和湿度条件存储,确保其性能稳定,为盾构施工质量提供保障^[3]。

3.2 施工过程质量控制

第一,建立健全的质量管理体系和质量控制制度是基础。这包括制定详细的施工计划、作业指导书和操作规程,明确各级管理人员和操作人员的职责和权限,确保每个环节都有明确的质量标准和责任人。还建立有效的沟通机制,确保信息的及时传递和问题的快速解决。第二,加强对关键工序和重要部位的监控和检查是关键。施工过程中,重点关注盾构机的掘进、管片拼装、注浆加固等关键工序,以及隧道轴线、高程、防水性能等重要部位。通过采用先进的监测设备和技术手段,对这些关键环节进行实时监控和记录,及时发现并进行处理。第三,定期对施工设备进行检查和维护是保障施工质量稳定性的重要措施。施工设备的性能和状态直接影响到施工质量和进度。因此定期对盾构机、测量仪器、拼装设备等进行检查和维护,确保其处于良好的工作状态。对发现的设备故障或性能下降,及时进行维修或更换,避免对施工质量造成不良影响。施工过程质量控制是地铁区间盾构施工中的关键环节,要通过建立健全的质量管理体系、加强关键工序和重要部位的监控和检查、定期对施工设备进行检查和维护等措施来确保工程质量^[4]。

3.3 竣工验收质量控制

(1)竣工验收质量控制的核心在于对隧道进行全面而细致的检查与评估。这包括但不限于隧道结构的完整性、稳定性以及尺寸精度等方面的检查。对隧道衬砌结构,应重点检查其是否存在裂缝、渗漏等缺陷,以及管片拼接是否紧密、平整。同时对隧道的防水性能进行严格测试,确保在地下水压力作用下,隧道内部不会出现渗漏现象。对隧道内的设备安装,如照明、通风、排水

系统等,也应进行全面检查,确保其功能正常,满足运营需求。(2)竣工验收阶段应邀请相关专家和技术人员参与,以确保验收工作的客观性和公正性。这些专家和技术人员应具备丰富的地铁施工和验收经验,准确识别潜在的质量问题,并提出合理的整改建议。通过专家组的现场勘查和评估,确保隧道质量达到设计要求,为后续地铁运营提供安全保障。(3)对于在竣工验收过程中发现的问题和缺陷,及时进行处理和整改。这包括但不限于对裂缝进行修补、对渗漏点进行封堵、对设备安装进行调试等。整改工作应严格按照设计要求和相关规范进行,确保问题得到彻底解决。同时建立质量追溯机制,对整改过程进行记录和跟踪,以便在后续运营中出现问题时能够迅速定位原因并采取措施。地铁区间盾构施工的竣工验收质量控制是确保工程质量的重要环节。通过全面检查、专家评估以及及时整改,确保隧道质量符合设计要求,为地铁项目的顺利运营提供有力保障^[5]。

结束语

地铁区间盾构施工技术的不断发展和完善,为城市地铁建设带来了革命性的变革。通过精确控制掘进、拼装、注浆加固等关键环节,以及严格把控原材料和施工过程质量,确保了地铁隧道的稳定性和安全性。未来,技术的持续进步与创新将推动地铁区间盾构施工技术迈向更高效、更智能的新阶段,为城市交通系统的可持续发展注入强劲动力,贡献卓越价值。

参考文献

- [1]钟伟栓.地铁盾构区间岩溶处治施工技术要点[J].工程技术研究,2024,9(8):45-47.
- [2]王旭.地铁区间隧道盾构法掘进施工技术设计与应用研究[J].工程技术研究,2023,8(5):83-85.
- [3]王娇.地铁盾构区间施工沉降处理技术[J].工程技术研究,2023,8(4):82-84.
- [4]朱鹏鹏,李晓钰.地铁区间盾构施工技术探究[J].智能城市,2019,5(4):105-106.
- [5]汤德品.岩溶发育区域地铁区间盾构施工技术[J].工程建设与设计,2019(14):147-150.