

盾构智能建造新技术与展望研究

张 雄

中铁七局三公司 陕西 西安 710000

摘要: 随着地下空间开发日益增多, 盾构法作为一种主要的隧道施工方法在城市地铁、水利、交通等领域得到广泛应用。近年来, 盾构智能建造技术发展迅速, 显著提高了施工效率与安全水平。本文旨在系统梳理盾构智能建造的新技术进展, 并对其未来发展趋势进行展望。

关键词: 盾构法; 智能建造; 新技术; 展望

引言

盾构法因其掘进速度快、对环境影响小等优点, 成为城市地下空间开发的首选工法。然而, 传统的盾构施工仍面临诸多挑战, 如地质条件复杂、施工风险高、人工操作依赖性强等。智能建造技术的引入, 为盾构施工提供了新的解决方案和发展方向。

1 盾构智能建造新技术

1.1 盾构机智能化改造

1.1.1 自动导航与定位技术

在盾构施工中, 确保盾构机能够沿着预定的路线精准掘进是至关重要的。自动导航与定位技术在这一环节中扮演着举足轻重的角色。通过集成高精度测量设备, 如激光测距仪、陀螺仪等, 盾构机能够实时获取自身的位置、姿态以及掘进方向等关键信息。这些高精度测量设备不仅具备极高的测量精度, 而且能够在复杂多变的地下环境中稳定工作, 为盾构机的自动导航提供了坚实的基础。惯性导航系统作为自动导航与定位技术的核心组成部分, 通过感知盾构机的加速度和角速度等运动信息, 能够自主推算出盾构机的当前位置和姿态。这种自主推算的能力使得盾构机在失去外部信号源的情况下, 仍然能够保持一定的导航能力, 大大提高了盾构施工的连续性和稳定性。实时数据处理算法则是将上述测量设备和惯性导航系统获取的数据进行融合处理, 以得出盾构机的最优位置和姿态估计。这些算法不仅考虑了数据的实时性, 还充分考虑了数据间的相互关系和误差传递等问题, 确保了盾构机自动导航与定位的准确性和可靠性。通过应用自动导航与定位技术, 盾构机能够实现自主掘进, 减少了对人工操作的依赖, 降低了人为操作误差对掘进精度的影响^[1]。同时, 这种技术还能够根据地质条件的变化实时调整掘进策略, 提高了盾构机在复杂地质条件下的适应性和掘进效率。可以说, 自动导航与定位技术是盾构智能建造不可或缺的一环, 它的引入为盾

构施工的智能化发展奠定了坚实的基础。

1.1.2 智能掘进控制系统

盾构施工面临的巨大挑战之一便是地质条件的不确定性。不同的地层、岩石、土壤以及地下水位都会对盾构机的掘进造成不同程度的影响。为了应对这些复杂多变的地质条件, 智能掘进控制系统应运而生。该系统采用了先进的控制算法, 这些算法基于现代控制理论和人工智能技术, 能够实时分析盾构机的工作状态, 并根据地质条件的变化做出相应的调整。通过不断地学习和优化, 这些控制算法能够使盾构机在各种复杂地质条件下都能保持稳定的掘进速度和方向。而传感器网络则是智能掘进控制系统的“眼睛”和“耳朵”。盾构机上布满了各种类型的传感器, 它们能够实时监测盾构机的位置、姿态、速度、温度、压力等关键参数, 并将这些数据实时传输到控制系统中。通过对这些数据的分析和处理, 控制系统能够准确判断盾构机的工作状态以及前方的地质条件, 从而做出相应的调整。智能掘进控制系统的引入, 使得盾构机在掘进过程中不再完全依赖于操作人员的经验和判断。它能够自动调节掘进参数, 如推力、扭矩、转速等, 确保盾构机在复杂地质条件下始终保持最佳的掘进状态。这不仅提高了盾构施工的效率和质量, 还大大降低了施工风险和成本。智能掘进控制系统是盾构智能建造的核心技术之一。它的出现, 标志着盾构施工进入了一个全新的智能化时代, 为地下空间开发带来了更多的可能性和机遇。

1.1.3 智能化故障诊断与预警系统

盾构机作为地下空间开发的重要设备, 其稳定、高效的运行对于确保工程进度和安全至关重要。然而, 在长时间的掘进过程中, 盾构机难免会出现各种故障, 如何及时诊断并预警这些故障成为了亟待解决的问题。智能化故障诊断与预警系统便是针对这一问题而研发的。该系统利用大数据分析和机器学习技术, 对盾构机运行

过程中产生的海量数据进行深度挖掘和分析。通过对数据的处理,系统能够准确识别出盾构机的各种故障模式,如机械故障、电气故障、液压故障等,并对故障的原因和严重程度进行智能诊断。此外,智能化故障诊断与预警系统还具备强大的预警功能。它可以根据盾构机的历史运行数据和当前工作状态,预测未来一段时间内可能出现的故障,并及时发出预警信息。这使得维修人员能够在故障发生前进行预防性维护,避免了因故障停机而造成的工期延误和经济损失。智能化故障诊断与预警系统的引入,不仅提高了盾构机的可靠性和使用寿命,还为盾构施工的安全管理提供了有力支持^[2]。通过对故障的智能诊断和预警,施工单位能够及时发现并处理潜在的安全隐患,确保盾构施工的安全、顺利进行。智能化故障诊断与预警系统是盾构智能建造的重要组成部分。它的应用,不仅提升了盾构机的运行效率,还为地下空间开发的安全、高效进行提供了坚实的技术保障。

1.2 智能施工管理系统

1.2.1 数字化施工管理平台

在盾构施工中,管理流程的数字化和智能化已成为提升工程效率和质量的关键。基于BIM(建筑信息模型)的数字化施工管理平台,便是这一趋势下的重要产物。BIM技术以其强大的信息整合和可视化能力,为盾构施工带来了革命性的变化。通过构建基于BIM的数字化施工管理平台,我们能够实现盾构施工全过程的可视化、协同化和智能化管理。这意味着,从施工前的规划设计,到施工中的进度控制、质量管理,再到施工后的维护管理,所有环节都能在一个统一、高效的平台上进行。该平台能够将盾构机的运行状态、施工进度、物料消耗等关键信息实时整合并展示,使管理人员能够随时掌握施工现场的第一手资料。同时,通过BIM模型的三维可视化功能,管理人员还能够直观地了解盾构隧道的空间布局和施工细节,大大提高了决策的准确性和效率。此外,该平台还支持多方协同工作。设计、施工、监理等各方能够在平台上实时交流和协作,共同推进项目的进展。这种协同化的工作模式不仅提高了工作效率,还减少了因信息沟通不畅而造成的误解和纠纷。基于BIM的数字化施工管理是盾构智能建造的重要组成部分。它通过将传统施工管理流程进行数字化和智能化改造,实现了盾构施工全过程的可视化、协同化和智能化管理,为提升盾构施工效率和质量提供了有力的技术支持。

1.2.2 智能物料管理系统

盾构施工过程中,物料的供应和管理是确保工程顺利进行的重要环节。传统的物料管理方式往往依赖于人

工记录和盘点,不仅效率低下,而且容易出错。为了解决这一问题,智能物料管理系统应运而生。该系统采用了RFID(无线射频识别)技术、物联网技术等先进手段,对盾构施工所需的各类物料进行智能跟踪与管理。通过为每个物料贴上RFID标签,系统能够实时追踪物料的位置、数量和状态,确保物料的及时供应和有效利用。RFID技术使得物料的识别变得快速而准确。当物料通过RFID读写器时,其携带的信息能够被自动读取并上传到管理系统中。这样,管理人员无需手动扫描或输入物料信息,大大提高了工作效率。物联网技术的应用则进一步提升了物料管理的智能化水平。通过与盾构机、仓库、运输车辆等设备的联网,系统能够实时监控物料的库存情况、运输进度和使用情况。当库存低于预设阈值时,系统会自动发出补货提醒,确保施工现场不会因缺料而停工。智能物料管理系统的引入,不仅提高了盾构施工的物料管理效率,还降低了物料浪费和丢失的风险。通过精确控制物料的进出和使用,系统能够帮助施工单位节约成本,提高资源利用率。智能物料管理系统是盾构智能建造中不可或缺的一环^[3]。它利用RFID、物联网等先进技术,实现了对盾构施工所需物料的智能跟踪与管理,为盾构施工的顺利进行提供了有力的物料保障。

1.2.3 智能安全监控系统

盾构施工作为一项复杂的地下工程,其安全性是施工过程中最为关键的因素之一。为了确保施工现场的安全,并及时应对各种潜在的安全风险,智能安全监控系统成为了盾构施工中不可或缺的一部分。该系统通过安装智能摄像头、传感器等先进设备,能够全方位、实时监测施工现场的安全状况。智能摄像头可以捕捉到施工现场的每一个角落,通过高清画面传输,使管理人员能够远程监控施工现场的实时情况,及时发现任何不安全因素或违规行为。而传感器则能够监测施工现场的各种环境参数,如温度、湿度、气体浓度等,以及盾构机的工作状态。一旦这些参数超出安全范围,系统便会立即发出警报,提醒管理人员及时采取措施,避免事故的发生。智能安全监控系统的实时监测和预警功能,大大提高了盾构施工的安全性。它不仅能够及时发现并处理安全隐患,还能够事故发生后提供详细的记录和分析,帮助管理人员找出事故的原因,防止类似事故的再次发生。此外,智能安全监控系统还能够与其他的智能化系统进行联动,如智能化故障诊断与预警系统、数字化施工管理平台等,实现信息的共享和协同工作,进一步提升盾构施工的安全管理水平。智能安全监控系统是盾构智能建造中保障施工安全的重要工具。它通过实时监测

和预警,确保盾构施工的安全进行,为地下空间开发提供了坚实的安全保障。

2 盾构智能建造技术展望

2.1 进一步深化智能化改造

在未来的隧道和地下空间建设中,盾构智能建造技术无疑将发挥更加核心的作用。随着人工智能、物联网、大数据等前沿技术的持续进步和融合应用,盾构机的智能化改造将迈入一个全新的阶段。我们可以预见,未来的盾构机将不再仅仅是依赖预设程序和人工干预的简单机械,而是将进化为具备强大自主学习和决策能力的智能体。借助先进的感知系统和深度学习算法,这些盾构机能够实时分析施工过程中的各种数据,包括地质条件的变化、设备的运行状态、施工环境的变化等,并根据这些信息自动调整掘进策略,以最优的方式应对各种复杂情况。此外,通过物联网技术,盾构机还能实现与其他设备和系统的无缝连接和协同工作,构建一个高度智能化的施工网络。在这个网络中,盾构机不仅是执行者,也是决策者,能够根据施工需求和系统反馈,自主调整工作计划和资源配置,确保施工过程的顺利进行。未来的盾构智能建造技术将为我们带来更加高效、安全、可靠的隧道和地下空间建设方案。通过进一步深化智能化改造,我们有望实现盾构施工的全面智能化,为地下空间开发注入新的活力和可能性。

2.2 构建智慧盾构施工生态圈

盾构智能建造的未来将远远超越单一的机械智能化,而是向着一个更为宏大的愿景迈进——构建智慧盾构施工生态圈。在这个生态圈中,盾构机只是智能建造体系的一部分,整个施工过程将被视为一个有机整体,从设计、施工到管理,每一个环节都将被纳入智能化的范畴。设计环节将借助先进的BIM技术和大数据分析,实现更加精准和高效的设计方案制定。施工环节则通过物联网、云计算等技术,实现各种施工资源的智能调度和优化配置,确保施工过程的顺利进行。同时,管理环节也将迎来革命性的变化,通过智能化的管理系统,可以实现对施工进度、质量、安全等方面的实时监控和预警,大大提高管理效率。智慧盾构施工生态圈的构建,将打破传统施工过程中各环节之间的信息壁垒和协作障碍,实现信息的共享和协同作业。这不仅将进一步提高

盾构施工的效率和质量,还将为整个地下空间开发行业带来更加广阔的发展前景。构建智慧盾构施工生态圈是盾构智能建造技术发展的重要方向^[4]。通过整合各种先进技术和资源,打造一个高效、协同、智能的盾构施工体系,将为地下空间开发注入新的活力和动力。

2.3 强化数据挖掘与应用能力

在盾构施工的每一个环节中,都会产生海量的数据,这些数据背后隐藏着丰富的信息和价值。为了充分挖掘和利用这些数据资源,未来盾构智能建造将更加注重数据挖掘与应用能力的培养。通过引入先进的数据分析技术和算法,可以对盾构施工过程中的各种数据进行深度分析和挖掘。这些数据包括盾构机的运行状态、施工进度、物料消耗、安全监控等多个方面。通过对这些数据的分析,可以及时发现潜在的问题和隐患,为施工管理人员提供准确的决策依据。同时,数据挖掘还可以帮助施工单位发现盾构施工过程中的改进空间和优化方向。通过对历史数据的分析,可以总结出施工过程中的最佳实践和经验教训,为今后的施工提供有益的参考和借鉴。此外,强化数据挖掘与应用能力还可以促进盾构智能建造技术的持续创新和发展。通过对数据的不断分析和挖掘,可以发现新的技术趋势和应用场景,为盾构智能建造技术的研发和推广提供有力的支持。

结语

盾构智能建造新技术的发展为地下空间开发带来了新的机遇和挑战。本文系统梳理了盾构机智能化改造和智能施工管理系统的新技术进展,并对其未来发展趋势进行了展望。相信在不久的将来,盾构智能建造技术将在地下空间开发领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]姜涛.盾构机自动控制技术现状分析及展望[J].黑龙江交通科技,2017,40(02):148-149.
- [2]石玉玺.盾构机自动控制技术的应用研究[J].技术与市场,2016,23(11):115.
- [3]林志勇,王智超,刘浩.盾构智能建造技术发展现状与趋势分析[J].地下空间与工程学报,2023,19(3):899-907.
- [4]赵绪明,张立伟.盾构隧道智能建造关键技术研究与应用[J].隧道建设(中英文),2023,43(12):1-10.