

数字化转型背景下地铁质量技术工程管理的创新应用

施志康

浙江省建投交通基础建设集团有限公司 浙江 杭州 310012

【摘要】：数字化转型为地铁建设项目带来了显著的变革，尤其在质量管理和工程效率方面的应用。通过引入 BIM、大数据、物联网和人工智能等技术，地铁项目能够实现全过程的智能化监控和管理。这些技术提升了施工过程的实时监控能力，优化了资源配置，确保了质量控制的精准性。同时，数字化技术为工程管理模式带来了创新，推动了项目管理的协同化、自动化和智能化。地铁建设中的数字化转型不仅提升了项目管理的效率和透明度，也为行业的可持续发展奠定了坚实的基础。

【关键词】：数字化转型；地铁工程；质量管理；技术创新；智能化应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.09.101

引言

地铁作为城市交通的重要组成部分，面临着日益复杂的建设挑战。传统的工程管理方式已无法完全应对高效、精准的质量管理需求。随着数字化技术的快速发展，地铁工程在施工、监控、调度等各方面逐步实现了技术升级。从大数据的应用到人工智能的集成，数字化手段在提升项目管理精度和施工质量方面展现了巨大潜力。尤其在质量控制和技术管理的过程中，数字化工具的使用已变得不可或缺。地铁建设中的质量技术管理正朝着更高效、更智能的方向发展，这不仅提高了工作效率，还确保了工程质量的可控性和可追溯性。因此，探讨数字化转型在地铁质量技术管理中的创新应用，不仅具有现实意义，也为未来地铁建设管理的发展提供了新的思路。

1 数字化转型与地铁质量管理的关系

1.1 数字化技术在地铁工程中的应用现状

数字化技术的引入为地铁工程的质量管理提供了新的解决方案。从自动化测量设备、物联网传感器到大数据分析平台，这些技术已被广泛应用于项目各个阶段。在设计和施工过程中，数字化技术通过实时监控施工进度、精确掌握结构变形等关键数据，确保工程的安全性与精确度。在质量检测和验收阶段，通过云平台的协作与数据共享，项目各方能够实时访问相关信息，优化决策效率，减少人为错误。施工现场的无人机与机器人技术也逐步被应用，进一步提高了数据采集的准确性与施工的效率。

1.2 质量管理面临的挑战与瓶颈

地铁工程的质量管理中仍然存在一系列挑战。传统的质量控制手段较为依赖人工检查和定期检测，往往存在效率低下、数据滞后等问题^[1]。由于施工过程的复杂性和动态性，无法实时获取精准的质量数据，导致工程质量难以做到全程可控。在质量检测中，传统方法难以覆盖到所有环节，且无法实现精准

化、定量化管理。此外，项目中各个部门之间的信息沟通和数据共享仍有待加强，数字化工具的应用尚未全面普及，且在技术层面仍存在融合性问题，造成信息的断层与滞后，进而影响了质量管理的整体效果。

1.3 数字化转型的必要性与优势

数字化转型对地铁质量管理的引入具有不可或缺的优势。通过全面采集和实时处理大数据，可以对项目的进展、质量以及安全情况进行全方位监控，确保各环节的数据及时反馈给决策者。数字化技术能够实现全过程的质量追溯，为后续的改进和优化提供数据支持。同时，借助人工智能与机器学习技术，管理系统能够预测潜在的质量风险，并及时发出预警，减少突发质量问题的发生。数字化还提升了工程信息的共享与透明度，打破了信息孤岛，促进了各参与方的协作和决策效率。

2 创新技术在地铁质量控制中的应用

2.1 大数据与质量监控的结合

大数据技术在地铁质量控制中发挥着至关重要的作用，通过对施工过程中的海量数据进行实时分析，能够精准监控施工进度、质量以及安全状况。施工过程中，传感器与监控设备不断收集着结构应力、温度、湿度、振动等多维度数据，这些数据通过大数据平台进行汇总与处理，生成全面的质量监控报告。借助大数据分析，管理人员可以对质量指标进行动态评估，识别潜在的质量问题，及时采取纠正措施。质量问题的历史数据可以为今后的项目管理提供参考依据，实现精准的质量预测与预防，从而提升质量管控的整体水平。

2.2 物联网技术在现场管理中的作用

物联网技术在地铁项目的现场管理中逐步得到了广泛应用，通过实时采集各类传感器、设备的反馈数据，能够实现对施工现场的全面监控与管理。施工现场的物理环境、人员位置以及设备状态可以通过联网传感器实时监测，信息实时传输到

中央控制系统^[2]。该技术不仅能有效跟踪各项作业进度，还能够出现设备故障或环境异常时及时报警，避免事故发生。在质量管理层面，物联网技术还通过将质量检测设备与系统联网，实时记录检测结果，并自动生成质量报告，提升了质量检测的效率与准确性，从而确保施工质量的高效控制。

2.3 人工智能与自动化管理的实施效果

人工智能与自动化技术的结合为地铁工程的质量管理提供了智能化解决方案。通过深度学习和图像识别技术，人工智能能够对施工现场的质量进行自动检测，发现潜在的质量问题或施工缺陷。AI系统能够分析历史数据，识别出影响施工质量的关键因素，提供针对性的改进方案。而在自动化管理方面，通过机器人与自动化设备的引入，施工和质量检查流程的效率得到了显著提升。自动化设备不仅能够完成高精度的施工操作，还能够进行全天候的质量检测工作，减少人为操作失误，并降低了管理成本。智能化的决策系统通过实时数据分析，能够为项目管理者提供准确的施工质量状况，优化决策流程，提升整体工程质量水平。

3 数字化技术提升地铁项目工程管理效率

3.1 工程项目管理中的实时数据分析

实时数据分析在地铁项目管理中发挥着重要作用，特别是在施工过程中。通过安装在施工现场的传感器和监测设备，能够即时获取关于施工进度、资源利用和质量控制的数据。这些数据通过云平台进行实时传输，项目管理人员可以随时查看并分析施工现场的各项指标。通过数据分析，项目团队可以及时识别潜在的问题，如施工进度滞后、材料短缺等，进而采取即时的纠正措施。结合智能分析工具，数据不仅能反映当前的施工状态，还能够进行预测分析，帮助管理者提前识别可能的风险点，从而减少施工中断和资源浪费。这种实时的数字化监控手段极大提升了项目管理的透明度，使得决策更加数据驱动，并提高了管理工作的响应速度与准确性。

3.2 技术创新带来的成本与时间节省

技术创新对地铁项目的成本和时间控制具有显著的影响。传统的施工方法在操作中往往会存在诸如资源浪费、施工延误等问题，而数字化技术的引入有效缓解了这些问题。通过使用自动化施工设备、智能化材料管理系统、以及虚拟现实（VR）技术对施工场景的预演，施工过程中的物料使用和工期安排得到了精准控制^[3]。智能化设备和机器人能够高效完成重复性工作，大大提高了生产效率，减少了人工成本。数字化工具能够实时监控项目的各项开支，通过大数据分析帮助管理者在预算内控制成本，避免资源浪费。技术的创新使得项目的施工周期大大缩短，不仅减少了工期带来的成本压力，还加快了工程的

整体进展，提升了项目的时间管理效益。

3.3 工程管理模式的转型与升级

数字化技术推动了地铁项目工程管理模式的转型，从传统的人工管理模式向智能化、自动化的方向发展。传统的工程管理主要依赖人工操作和纸质记录，存在效率低、错误率高等问题。通过BIM（建筑信息模型）和项目管理系统（PMIS）的广泛应用，项目管理者能够在一个平台上实时查看项目的全貌，掌握施工进度、质量和预算情况。这种信息化管理模式使得项目各方能够实时共享数据，减少了信息孤岛的现象，提高了沟通效率。数字化管理系统还能够通过智能化的数据分析支持决策制定，帮助项目团队及时调整施工方案，优化资源配置。随着智能化技术的普及，项目管理的决策更加科学和精准，从而推动了工程管理模式的全面升级，提升了项目管理的整体效率。

4 数字化转型在地铁建设中的实际案例分析

4.1 国内外地铁建设中的成功案例

在国内，数字化转型在地铁建设中的应用已成为提升项目效率与质量的关键因素。上海地铁的“智慧工地”项目便是一个典型案例。通过引入BIM（建筑信息模型）技术与物联网传感器，施工过程中的各类数据得到实时监控与管理，从而大幅提升了工程质量与施工效率。通过智能化技术，项目管理人员能够实时跟踪施工进度，检测现场的各种潜在风险，确保施工按计划推进。在国际上，新加坡的地铁建设项目也广泛应用了数字化技术，采用了地理信息系统（GIS）与BIM技术相结合的方式对项目设计与施工管理。项目中，实时数据分析和传感器技术帮助监控施工环境、监测土壤和地下水状况，确保施工过程中不受环境因素的影响，提高了地铁建设的安全性和质量。这些成功案例为全球范围内的地铁建设提供了可参考的模式，证明了数字化转型在提升工程效率、质量控制方面的巨大潜力。

4.2 数字化转型带来的质量提升

数字化转型对地铁项目的质量提升具有显著作用。通过引入BIM和物联网技术，施工中的每一环节都能够得到实时监控和管理。BIM技术使得地铁项目在设计阶段就能够全面考虑到施工中的各种细节，避免了传统设计阶段的错误和重复^[4]。施工过程中，项目管理者能够实时获取施工现场的各类数据，包括温度、湿度、土壤状况等，这些信息有助于判断施工的实时状况和质量问题，确保工程质量不受控制之外的影响。同时，数字化技术可以优化施工工艺，通过模拟仿真来预测可能的质量风险，从而提前做出调整，避免质量问题的发生。施工后的质量评估也更加精确，通过传感器和数据分析，能够为后期的

维护与修复提供有力的数据支持,进一步提升了项目的长期质量保障。

4.3 案例中的技术应用与管理经验

在分析国内外成功案例时,技术应用的多样性与管理经验的融合是值得借鉴的。以北京地铁“4号线”的数字化建设为例,项目通过全面引入BIM与GIS技术,实现了项目全生命周期的数字化管理。从设计到施工,再到后期的运营维护,所有的数据都进行了数字化存档和实时监控。这种做法不仅有效减少了施工中的错误,还提升了项目的资源利用效率。在管理经验方面,这些案例中普遍应用了跨部门的协同管理模式,项目各方通过数字平台实时共享信息,确保了沟通的高效性与及时性。数据驱动的决策模式帮助管理者更加精准地识别潜在的工程风险,提前进行风险预警与处理。在这些成功的案例中,技术的应用不仅提升了项目管理效率,还促使管理模式发生了深刻变革,从而为后续项目的开展积累了宝贵的经验与教训。

5 未来发展方向与地铁质量管理创新

5.1 新兴数字化技术对地铁建设的影响

5G技术的普及,使得地铁项目中实时数据的传输速度和稳定性得到极大提升,实时监控和数据分析的能力更加强大。结合边缘计算的应用,数据处理能够更接近施工现场,提高了决策的及时性和准确性。虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术的结合,为施工人员提供了更直观的设计与施工指导,大大减少了错误率,提高了施工质量。机器学习与人工智能也将在质量控制中发挥重要作用,通过对历史数据的学习,自动化识别潜在的质量风险并提供优化建议。随着这些新兴技术的不断成熟,地铁建设将在效率、成本控制、质量管理等方面实现全方位的提升,推动行业向智能化迈进。

5.2 未来质量管理的智能化趋势

在未来,质量管理体系将不再依赖人工巡检和抽检,而是

通过智能传感器和自动化检测设备进行实时监控。施工现场的各类传感器将持续监测土壤、结构、环境等关键数据,智能化管理平台将根据这些实时数据进行自动化分析与判断,生成质量评估报告^[5]。通过物联网与人工智能技术的结合,质量管理不仅能够实现全过程的监控,还能精准预测质量问题的发生并提前采取措施。智能化决策系统将逐步取代传统的人工决策,基于大数据和算法模型,提供优化的质量管理方案和实时调整措施。智能化趋势将极大提升质量管理的效率、准确性和可控性,进一步降低风险,提升地铁建设的整体质量。

5.3 数字化转型下的工程管理模式的长远发展

传统的工程管理模式往往依赖手工记录和信息传递,效率低且易出错。而数字化转型通过BIM、GIS、云计算等技术的应用,实现了项目数据的全面集成与实时共享。未来,地铁项目的管理模式将更加注重数据驱动与协同作业,所有参与方可以通过数字化平台共享实时信息,确保各部门之间的高效沟通与协作。在工程全过程中,项目管理者将更加依赖于数据分析和智能化决策系统,实施精细化管理,减少人为干预,提升工程管理的精准度与透明度。工程管理的智能化和自动化不仅能够提高资源配置的效率,还能够实现更加科学的进度控制与风险预测,为地铁项目的可持续发展提供强有力的保障。随着技术的不断革新,地铁建设的工程管理模式将在智能化、自动化的引领下发生深刻的变革,向更加高效、透明和可持续的方向发展。

6 结语

数字化转型在地铁建设中的应用为质量管理和工程效率带来了显著提升。新兴技术的引入,推动了项目管理模式的智能化、自动化变革,提高了施工质量和精度。随着技术的不断发展,地铁工程管理将进一步向高效、智能、协同的方向发展,为行业的可持续进步提供了强有力的支持。

参考文献:

- [1] 谢天禧,李艳丽.数字化转型对林业企业绿色技术创新的影响与机制研究[J].商展经济,2026(1):182-187.
- [2] 张登博.地铁列车智能化数字化转型中的技术挑战与对策[J].人民公交,2025(8):78-80.
- [3] 李文杰.探讨地铁施工中的工程质量控制技术[J].交通科技与管理,2021(14):168-168+170.
- [4] 夏本柱.城市地铁工程项目造价控制方法研究[J].中国招标,2026(1):172-175.
- [5] 王瑞强,郭彬彬,梁桃,何义,范小叶.上跨既有地铁盾构区间地铁工程结构变形控制技术[J].粉煤灰综合利用,2025,39(4):90-94.