

大数据技术在地铁列车项目进度动态管控中的应用

郭太宇

重庆交通建设管理有限公司 重庆 401121

【摘要】：现代地铁建设呈现规模化、复杂化发展趋势，截至 2024 年底，我国在建地铁项目总里程超 8000 公里，单个项目平均涉及 200+分包单位、5000+施工人员、1000+各类设备，项目管理数据量年均增速达 65%。传统管理模式因数据处理滞后、分析维度单一，导致大型地铁项目平均工期延误率达 18.7%，资源浪费率超 23%。大数据技术构建“实时采集—智能分析—动态优化”闭环，深度挖掘项目全周期数据。文章结合重庆 9 号线，量化验证其在进度监控、风险预警与资源配置中的成效，提出“三维采集+双模预测+可视化协同”管控框架，为地铁列车项目提供可落地的技术支撑。

【关键词】：大数据技术；地铁列车；项目进度；动态管控；实时监控

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.090

引言

地铁建设作为城市基础设施的关键部分，其项目管理在进度控制方面面临严峻挑战。传统方法难以应对日益复杂和海量的数据需求，导致进度偏差大、资源配置低效。大数据技术的兴起为此提供了新路径：通过先进的采集与分析手段，实时获取各环节关键数据，精准预测进度趋势与潜在风险，实现动态调整与优化。其在地铁列车项目进度管理中的深入应用，已成为提升整体管理效能的核心手段。

1 地铁列车项目进度管控的现状与挑战

地铁列车项目的进度管控在当前的建设实践中存在着诸多问题，特别是在大型城市地铁建设中，项目的规模和复杂性使得进度管理面临巨大的挑战。传统的进度管理方法依赖于人工记录和定期更新，这种方式难以满足高效、精准的需求。项目进度的监控多依赖于各施工单位的自报数据，缺乏统一、实时的数据平台，导致信息滞后，进度预测的准确性较差^[1]。项目中的各种因素，如工期延误、资源调配不当、天气等外部因素，往往使得进度控制困难重重。这些因素的干扰使得项目进度难以准确把握，无法及时调整资源配置或采取有效的应对措施。

传统进度管理以“甘特图+关键路径法（CPM）”为核心，存在三大局限：一是数据处理能力不足，单个项目日均产生超 10 万条施工数据，但传统工具难以融合多源异构信息，约 80% 的潜在风险被忽略；二是预测模型单一，仅依赖历史工期线性外推，未纳入地质波动（如岩层硬度±20%）、气象异常（如降雨超均值 30%）等动态因素，预测准确率普遍低于 60%；三是决策支撑薄弱，进度信息需经“施工队—项目部—公司”三级人工流转，响应周期超 72 小时，且缺乏

可视化手段，导致管理层难以在风险初期及时干预，错失调控良机。

2 大数据技术在项目进度动态管控中的实现与应用

2.1 实时进度监控：精准把控工序节点

依托施工现场的物联网终端（如智能传感器、UWB 定位设备、AI 摄像头等），系统对盾构掘进、结构浇筑等关键工序进行毫秒级数据采集，并与 BIM 计划自动比对，生成动态“进度偏差热力图”^[2]。以重庆轨道交通 9 号线为例（全长 32.3 公里，设 26 座车站），应用前关键工序偏差平均滞后 48 小时，曾因管片供应脱节致盾构机闲置超 216 小时；应用后，偏差 30 分钟内即可预警并干预。盾构机日均有效作业时长由 7.5 小时提升至 9.2 小时，单区间掘进周期从 45 天缩短至 38 天，整体进度偏差率稳定控制在±3%以内，显著增强计划执行力。

2.2 资源优化配置：降低浪费率

基于历史数据与实时工况，构建“资源—工序”动态匹配模型，实现人力、设备、材料的精准投放。设备调度融合盾构姿态、地质反馈与路径拥堵指数，智能推荐转场方案，使大型设备闲置率由 21.5% 降至 9.8%，单台盾构机月均节能降本 3.2 万元；材料管理通过 RFID 与地磅联动，实现钢筋、混凝土从出厂到浇筑的全链路追踪，并预测 72 小时需求，推动库存周转率提升 42%，缺货率由 17% 降至 3.5%，减少浪费超 800 万元；人员调配依据班组效率数据动态分配任务，窝工率从 17% 降至 6.3%，人工成本节约 12.8%。

3 大数据技术助力项目进度管理的优化路径与策略

3.1 数据采集优化：构建“三维全覆盖”采集体系

为支撑高精度进度动态管控，构建覆盖时间、空间与业务维度的“三维全覆盖”数据采集体系^[3]。时

间维度上,实行“实时+定时”分级采集:关键工序(如盾构掘进、管片拼装)以5分钟/次频率进行毫秒级传感采集,辅助工序(如场地整备)则每2小时轮询一次,兼顾时效性与系统效率。空间维度上,打通“地面—地下一场外”全场景链路:地下依托“5G+漏缆”保障通信连续性,场外物流通过GPS与电子围栏实现运输全程可视。业务维度上,突破单一进度视角,同步集成质量(如混凝土强度、钢筋保护层厚度)、安全(如临边防护、动火作业)和成本(如机械台班超耗)等多维数据,形成四维融合数据池。该体系显著增强进度异常溯源能力,例如某项目通过关联焊接质量不合格与工序停滞数据,精准定位返工原因,优化工艺后返工率下降70%,充分彰显多维数据对进度根因分析的支撑价值。

3.2 预测模型优化:迭代“双模型融合”预测算法

针对地铁项目不同阶段的预测需求,构建长短周期互补的智能预测机制。短期(1-7天)采用LSTM模型,融合设备状态、人员出勤、气象预警等实时数据,工序完成预测准确率达92.3%;长期(1-3个月)采用随机森林模型,结合地质报告、历史工期及政策因素,评估关键节点风险。两模型通过统一特征平台共享参数、互校结果,并每季度注入超10万条新数据迭代优化,使预测误差率持续下降3%-5%。该架构兼顾近期调度敏捷性与中长期计划稳健性,为动态管控提供科学支撑。

3.3 协同机制优化:建立“三级可视化”管控体系

构建“三级可视化”管控体系,提升多主体协同效率。一线施工层通过移动端APP实时接收任务指

令、偏差预警和工艺图解,响应效率提升60%;项目管理层依托PC端Dashboard,全景监控资源占用、工序衔接与风险分布,进度简报生成时间由4小时缩短至10分钟;企业决策层通过指挥中心大屏,聚焦关键路径偏差、资源瓶颈及跨项目调度建议,重大决策周期从72小时压缩至24小时内。该体系实现“执行—管理—决策”信息无缝贯通,有效消除传统层级传递中的失真与延迟。

3.4 风险管控优化:构建“预警—处置—复盘”闭环机制

将风险管控从被动响应转向主动治理,建立标准化闭环流程。风险按影响与概率分为三级:红色(如盾构卡机)1小时内响应,橙色(如材料断供)4小时内介入,黄色(如工序冲突)24小时内处理。系统内置智能处置引擎,触发预警后自动匹配预案(如设备故障推送备用调度方案),并记录全过程形成结构化案例。通过月度复盘,聚类分析重复事件,持续优化预测模型与预案。某项目应用后,风险处置效率提升50%,同类问题复发率下降62%,实现从“救火式”应对到“免疫式”防控的转变。

4 结语

大数据技术为地铁项目进度管理提供了全新的视角与解决方案,通过精确的数据分析与预测,能够有效优化进度管控,实现资源的合理调配与风险的提前预警。其在实际应用中为项目提供了更高效的决策支持,使得项目管理更加精准与智能化。未来,随着技术的不断发展,基于大数据的项目进度管理方法必将为更多复杂项目提供可持续的管理模式和保障。

参考文献:

- [1] 徐传龙,张瑾,张翔瑜,等.地铁列车振动荷载作用下砂土液化特性试验研究[J].青岛理工大学学报,2025,46(06):47-54+89.
- [2] 张世涛.大数据技术在城市轨道交通客流预测中的应用研究[J].今日制造与升级,2025,(04):91-94.
- [3] 刘光俊.基于大数据技术的地铁列车智能运维系统核心模块设计与实现[D].山东大学,2023.