

基于空天技术的铁路建设管理提升技术研究

郑海乐 林从福

江苏省铁路集团有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11716

[摘要] 随着铁路工程建设的快速发展,传统管理手段在工程进度、质量、安全等多个关键方面逐渐暴露出局限性,难以满足当下铁路建设高效、精准管理的需求。与此同时,无人机、卫星等空天技术在交通领域的应用发掘日益深入,为铁路工程建设管理提供了新的视角和手段。本项目致力于研究无人机、卫星等先进空天技术在铁路建设与管理领域的潜在应用,旨在推动这些技术在工程建设中的运用,以提升工程管理的质量和效率。

[关键词] 无人机; 卫星; 空天技术; 铁路; 工程管理

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Research on the Enhancement of Railway Construction Management Based on Aerospace Technology

Haile Zheng Congfu Lin

Jiangsu Railway Group Co., Ltd

[Abstract] With the rapid development of railway engineering construction, traditional management methods have gradually revealed their limitations in key aspects such as project progress, quality, and safety, making it difficult to meet the current needs for efficient and precise management in railway construction. At the same time, the application of aerospace technologies such as drones and satellites in the field of transportation is increasingly deepening, providing new perspectives and methods for railway engineering construction management. This project is dedicated to studying the potential applications of advanced aerospace technologies such as drones and satellites in the field of railway construction and management, aiming to promote the use of these technologies in engineering construction to enhance the quality and efficiency of project management.

[Key words] Drone; Satellite; Aerospace Technology; Railway; Engineering Management

引言

改革开放以来,我国铁路工程建设取得显著成就,并且对经济和区域联系产生重要影响。然而,随着项目规模扩大和建设环境复杂化,传统管理手段在关键环节显示出局限性。比如传统管理模式效率低,难以及时获取偏远地区铁路建设信息,导致工程监控滞后和问题解决延迟。此外质量检测多为抽样,难以覆盖所有细节,安全管理也因无法实时监测而难以防控风险。而空天技术如无人机和卫星的发展为铁路工程建设管理带来新机遇。尤其是无人机能深入现场采集高精度数据,卫星技术提供宏观层面的关键资料,提升管理时效性和科学性。本研究以江苏省铁路工程为例,探讨无人机和卫星技术在铁路建设管理中的应用,旨在为盐宜铁路等项目提供技术方案,推广成功经验,提升我国铁路工程建设管理水平。

国外空天技术在铁路工程领域的应用较早且成熟。欧洲铁路部门利用卫星遥感技术进行铁路规划、建设和维护,如德国通

过高分辨率卫星影像监测土地变化和地质灾害,法国利用卫星测绘数据和GIS优化铁路线路。美国和澳大利亚在无人机技术方面领先,美国铁路公司使用无人机进行基础设施巡检,澳大利亚利用无人机进行地形测绘和土方量计算。

近年来,我国铁路工程领域对空天技术的应用逐渐增多。卫星技术在铁路规划和建设用地分析中发挥作用,但与国外相比,数据处理精度和多源数据融合应用方面还有待提升。其中无人机技术在铁路工程中的应用增长迅速,但主要集中在数据采集,深度挖掘和智能分析不足,数据集成和协同作业技术壁垒尚未解决,缺乏标准化和智能化的全流程应用体系。

1 空天技术基础与铁路工程应用适配性研究

无人机技术原理与特性:无人机(UAV)是通过无线电遥控和程序控制的不载人飞行器,其飞行原理基于空气动力学。多旋翼无人机通过调节旋翼转速实现飞行动作,四旋翼无人机的十字形结构和四个旋翼提供稳定飞行。无人机控制系统集成了GPS

和IMU等导航传感器,实现精准定位和自主飞行,同时飞控算法确保飞行稳定性和数据采集准确性。无人机搭载多种高精度任务载荷,如高清摄像头、红外热成像仪、激光雷达和多光谱相机,用于铁路工程的不同需求。高清摄像头提供高分辨率影像,红外热成像仪检测热点发现故障隐患,激光雷达测绘地形构建三维模型,多光谱相机分析植被和地质情况。与传统勘测巡检相比,无人机具有高机动性和灵活性,能覆盖复杂区域,成本效益突出,操作简便,快速部署,时效性强,能快速响应任务需求,为铁路工程建设管理提供及时准确的数据支持。

卫星高清影像技术特性:卫星高清影像是铁路工程建设管理的关键支撑,涉及从获取到数据处理的一系列流程。专业对地观测卫星搭载光学和雷达传感器,实现对地球表面的周期性观测。光学传感器通过捕捉反射的太阳光生成高分辨率影像,而雷达传感器则能穿透云雾实现全天候成像,适用于复杂气象条件下的铁路工程监测。获取的卫星影像需经过辐射校正、几何校正和影像增强处理,以转化为有效信息。辐射校正消除成像偏差,几何校正确保影像与地理空间位置匹配,影像增强处理突出地物信息,如铁路工程的线路、建筑和地质构造。卫星高清影像在铁路工程建设管理中具有独特优势。高分辨率能精准识别工程细节,如轨道铺设状态;广阔的覆盖范围便于宏观掌控建设布局;时效性优势体现在定期更新影像数据,反映工程进度,为管理决策提供实时数据支持,确保工程高效推进。

空天技术与铁路工程管理的契合研究中,我们重点关注铁路工程的规模大、线路长、地域广等特点。以盐宜铁路为例,工程跨越多地区,面临复杂地形和多种工程设施。传统管理手段在复杂工况下信息处理难度大。空天技术,特别是无人机和卫星影像,能精准识别工程进度,提供实时比对和宏观态势,确保工程按计划推进。质量管控方面,无人机搭载的设备能高精度检测关键部位,卫星影像辅助检测地质变化,预警质量隐患。安全管理上,无人机能迅速应对突发事件,卫星监测气象和环境变化,为空天技术与铁路工程管理的深度融合提供坚实基础,助力铁路工程高效、安全推进。

2 基于无人机的管理应用

进度管理方面,以盐宜铁路桥梁工程为例,介绍无人机在工程进度监控中的数据采集与处理流程。该标段多座高架桥同时施工,地形复杂,传统测量手段难以高效获取进度信息。选用大疆M300RTK系列多旋翼无人机,搭载高精度RTK模块和禅思P1全画幅相机,能在复杂地形环境下稳定飞行,精准拍摄桥梁建设细节。飞行作业前,利用航线规划软件制定飞行航线,设置航线高度为100-150米,采用多角度倾斜摄影方式,确保关键部位无拍摄死角。无人机自动起飞、巡航与拍摄,每周两次,采集高分辨率影像资料及飞行参数记录,实时回传至地面控制站并本地存储。数据处理环节,使用影像处理软件进行预处理,进行空中三角测量,生成高精度点云数据,提取三维信息,通过模型对比分析,精确计算关键进度指标,生成工程进度数据报告,为工程管理团队提供决策依据。无人机采集的数据通过可视化图表展示,

提高工程管理效率。折线图以时间为横轴,关键施工节点为纵轴,展现施工进度。柱状图对比桥墩或标段进度,显示施工均衡性。利用GIS平台,将无人机生成的桥梁三维模型与地形数据结合,实现工程进度的三维可视化。通过颜色或符号区分不同施工区域,管理人员可从多角度观察并控制施工节奏。通过分析可视化数据,若桥墩浇筑进度滞后,可结合无人机影像和现场记录分析原因。三维模型中设备停滞可及时调配资源,确保施工流畅,实现工程进度的精准控制和动态调整,保障工程按时高质量完成。

无人机在铁路巡检中的应用,通过运用多种先进的技术手段,有效地识别出潜在的安全隐患。其中,光学相机作为一项关键技术,能够提供高分辨率的影像资料,帮助工作人员精准地定位出铁路设施中的病害位置。此外,热红外成像仪的应用,使得无人机能够探测到物体的热辐射,从而发现那些可能导致危险的过热隐患。通过激光雷达技术,无人机能够构建出铁路设施的三维模型,为预警结构风险提供了有力的技术支持。在紧急情况下,无人机能够迅速抵达事故现场,通过回传实时画面,协助救援人员进行有效的救援工作。更进一步,结合热红外成像技术,无人机在火灾发生时,能够穿透浓烟,精准地定位火源位置,辅助灭火工作,从而减少火灾带来的损失,确保铁路运输的安全以及人员的生命安全。

3 基于卫星高清影像管理应用

盐宜铁路建设中,建设用地的及时准确交付至关重要。通过卫星高清影像获取数据,需选定合适的卫星数据源,如高分二号卫星,其亚米级分辨率能清晰显示铁路沿线建设用地细节。使用遥感图像处理软件进行预处理,包括辐射校正和几何校正,确保影像准确。影像解译阶段结合人机交互和计算机自动分类,人工勾绘建设用地边界,计算机自动分类识别建设用地,区分其他地物。为提高精度,对特殊设施如车站、货场等采用面向对象分类技术,综合多维度特征精细化分类提取。例如,车站建筑的规则形状、面积和纹理特征,通过设置特征阈值准确提取,生成包含详细信息的矢量数据,为工程建设管理提供精准数据支持。

地形地貌分析应用。铁路工程规划初期,卫星影像是分析沿线地形地貌的重要数据源。以盐宜铁路为例,利用GIS软件处理高分辨率卫星影像,提取地形地貌关键要素。通过DEM技术,生成高精度三维地形模型,展现地势变化。在山区,依据地形模型识别复杂地形特征,为线路选线提供依据。模拟不同线路方案,筛选出适宜坡度、工程量小的路径,降低建设难度与成本,确保铁路稳定与安全。周边环境评估考量。卫星影像在铁路线路规划中评估周边环境作用显著。从生态角度,多光谱影像精准识别植被、湿地、自然保护区等生态敏感区域。盐宜铁路规划时,调整线路避免破坏生态环境,保护生物多样性。针对沿线社会环境要素,卫星影像清晰显示居民区、学校、工厂分布。结合环境影响预测模型,合理布局线路,设置防护措施,减少对周边生活、学习、生产的干扰,实现铁路建设与社会环境和谐共生,为线路优化提供数据支撑,保障工程可持续发展。

4 空天技术与既有工程管理平台的集成技术策略

空天技术与铁路既有工程管理平台的集成技术策略,是通过整合无人机、卫星等先进设备,实现了对铁路工程全方位、高精度的数据采集。这些设备搭载的传感器能够提供详尽的现场信息,从而提升工程进度监控的精准度。在数据传输层面,利用SDN技术构建的空天地融合网络架构,优化了数据的传输效率和灵活性。数据处理与存储层则通过专业软件和算法对采集数据进行清洗、分析和存储,构建起结构化的数据仓库,以便于数据的快速查询和调用。应用服务层拓展了多样化的功能应用,如工程进度管理和安全监控预警系统,以可视化方式精准把控工期和安全风险。系统集成和功能模块集成方面,深度融合了工程进度管理、安全监控、质量管理等核心模块,打破了信息孤岛,实现了空天技术与既有平台的协同作业。人工智能技术的应用,使得智能算法能够自动识别工程质量问题,提升检测效率和铁路运行安全。硬件设备的不断革新,提高了设备的续航能力和影像分辨率,满足了高精度工程建设的需求。大数据分析和预测模型的应用,为铁路工程提供了科学决策依据,推动了铁路工程建设管理向数据驱动的转变。整体而言,这一集成技术策略通过优化数据采集、强化数据传输、深化数据处理与存储、拓展应用服务层功能、集成智能算法、革新硬件设备、挖掘大数据潜力,全面提升了铁路工程建设管理的智能化水平,确保了工程建设的效率和安全。

5 结束语

空天技术和无线传输技术的结合,显著提升了铁路工程管理的效率和精确度,为铁路工程的数字化和智能化发展提供了技术支持。无人机和卫星技术的融合将形成智能感知体系,增强

信息获取的精准性和时效性。例如,在山区铁路建设中,卫星用于监测山体位移,无人机进行详细勘查,支持灾害预警。人工智能技术将推动空天技术进步,实现数据的自动化和智能化分析。智能算法在铁路工程质量检测和安全巡检中能自动识别问题,提高检测效率和铁路运行安全。无人机和卫星技术的硬件设备将不断进步,提升续航能力和影像分辨率,以满足高精度工程建设需求。空天技术采集的大数据将深入挖掘潜在价值,通过数据分析和预测模型,精准回溯和预测铁路工程建设历程和未来走势,为铁路工程提供科学决策依据,推动铁路工程建设管理向数据驱动转变。此外,空天技术在铁路工程进度管理中的应用,通过实时监测和数据分析,有效提升了工程进度的监控能力,确保了工程建设按计划进行。

【参考文献】

- [1]苗晓岐.多源遥感技术在藏东南艰险复杂山区泥石流物源识别中的应用[J].地质通报,2021(12):1-10.
- [2]倪苇.基于GIS+BIM的西十高铁设计成果综合应用平台研究[J].铁道标准设计,2022(1):15-20.
- [3]吴玮,王汇,苏伟,刘慧.基于卫星遥感的铁路灾害监测与评估应用研究[J].航天返回与遥感,2024,45(1):1-14.
- [4]卫星通信技术在高速铁路中的应用探索[J].百度文库,2024(3):40-45.

作者简介:

郑海乐(1982—),男,汉族,陕西省渭南市人,研究生,正高级,研究方向(工作领域):(铁路公路工程管理、交通数智化技术应用)。