

基于高分辨率卫星遥感与三维设计模型的电网工程 建设质量管控技术研究

张卓群,苑博,李沛洁,张苏

国网经济技术研究院有限公司,北京 102209

DOI:10.61369/EPTSM.2025090010

摘要 : 电网工程建设质量直接关系着国家的经济民生,是新型电力系统的重要基础设施底座。本文介绍了高分卫星遥感技术与三维设计建模标准的特点与优势,重点探讨了基于高分卫星遥感与三维设计模型的电网工程建设质量管控的具体实施方法和流程,以及其在设计、施工和验收各阶段的应用场景和成效,有效支撑工程数字化转型。最后,对高分卫星遥感、三维设计建模和人工智能技术在的电网工程的高质量建设过程中的融合应用给予了建议和展望。

关键词 : 高分卫星遥感; 三维设计模型; 人工智能; 电网工程

Research on Quality Control Technology for Power Grid Engineering Construction based on High-Resolution Satellite Remote Sensing and 3d Design Model

Zhang Zhuoqun, Yuan Bo, Li Peijie, Zhang Su

State Grid Economic and Technological Research Institute Co., Ltd., Beijing 102209

Abstract : The quality of power grid engineering construction is directly related to the national economy and people's livelihood, serving as a critical infrastructure foundation for the new power system. This paper introduces the characteristics and advantages of high-resolution satellite remote sensing technology and 3D design modeling standards, with a focus on exploring the specific implementation methods and processes of quality control in power grid construction projects based on high-resolution satellite remote sensing and 3D design models. It also discusses their application scenarios and effectiveness across the design, construction, and acceptance phases, effectively supporting the digital transformation of engineering. Finally, recommendations and prospects are provided for the integrated application of high-resolution satellite remote sensing, 3D design modeling, and artificial intelligence technologies in the high-quality construction process of power grid engineering.

Keywords : high-resolution satellite remote sensing; 3D design model; artificial intelligence; power grid engineering

引言

电网工程是国民经济的重要命脉^[1],在现代能源供应体系中发挥着重要的枢纽作用,持续推动能源清洁低碳转型。面对新型电力系统建设和工程数字化转型需求^[2],电网工程作为连接能源生产和消费环节的重要纽带,迫切需要融通先进技术,提高建设质量,拓展资源共享,共同提升电网工程“六精四化”智能建造水平,全面保障电网建设安全、优质、高效,全面保证电网运行经济、可靠、稳定。

为了更好适应大规模高比例新能源外送、大规模跨区输电和跨流域的水火互济,以及极端天气导致多种自然灾害频繁等,如何采用先进的遥感与数字技术保障电网高质量建设已成为必然趋势。依托高分卫星遥感技术在输变电工程通道或场地清理范围内工程建设质量,以及周围自然环境、安全隐患的监测等,结合三维设计BIM模型的仿真模拟与灾害推演,能够对工程总体施工进度、安全质量和建造过程等进行有效监控和预警,确保输变电工程高质量建设与安全施工。

一、高分卫星遥感技术

高分卫星遥感技术主要是依托我国自主建立的卫星系统,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影、感应、传输和处理等手段,实现卫星影像对地面物体运动轨迹和特征性质的识别^[3]。高分卫星遥感技术具有视点高、视域广、采集快和连续好

国网经研院科技项目责任书编号: ZZKJ-2023-10。

等优势，可直接从遥感技术平台获取特定时间段内的卫星数据，并能通过计算机进行图像处理和加工。目前，高分卫星遥感技术已普遍应用于土地资源、森林资源、地质矿产资源、水利资源调查和农作物估产等方面的普查，并逐步推广至工程建设领域，特别是电网工程^[4]。

（一）高分卫星

目前，国内外高分辨率商业卫星其空间分辨率已达到亚米级水平，我国高分卫星已构建起高空间、高光谱、高时间分辨率的自主遥感体系，为国民经济建设提供了持续、稳定、高精度的对地观测数据支撑。近些年，国产高分专项系列卫星相继发射，高分卫星遥感图像获取质量显著提升。其中，高分一号于2013年4月26日在酒泉卫星发射中心发射，它突破了高空间分辨率、多光谱与高时间分辨率结合的光学遥感技术；高分二号于2014年8月19日在太原卫星发射中心发射，具有亚米级空间分辨率、高定位精度和快速姿态机动能力等特点；高分三号于2016年8月10日在太原卫星发射中心成功发射升空，也是我国首颗分辨率达到1米的C频段多极化合成孔径雷达(SAR)卫星等。随着高分辨率立体测绘卫星数据处理技术的持续突破，基于卫星影像的分析技术也逐步走向实用化。

（二）遥感监测

基于现代摄影测量与遥感科学技术理论，融合计算机和网络技术等，高分辨率卫星遥感影像数据完全具备在大范围区域内进行测绘和数据分析。基于高分卫星遥感技术，可实现高精度遥感影像的地物判读，并能快速获取大尺度、大范围的工程建设相关区域的实施状况，对总体施工进度和通道清理施工过程进行监控和预警；也能利用高分卫星遥感技术，实现电网工程建设全过程对环境影响的评估、监测和预警，特别是地质等各类自然灾害。此外，利用高分卫星遥感技术，也能实现对电网线路工程施工前、后的房屋拆迁范围、林木采伐范围进行复核监测，以及对施工道路及运维道路的方案及环水保方案进行评估和监控等。

二、三维设计模型应用

2010年起，电网行业积极的推动三维数字化技术，盛大凯、邵鑫和胡君慧等^[5]首先提出了电网信息模型概念，并建立以GIM为基础的智能电网信息模型共享平台。目前，电网工程三维设计模型（简称：GIM模型）已成为电网三维设计的主要载体，并针对电网工程数字化需求，构建了完善的电网工程三维设计标注体系，包括：数据存储、信息交互、建模深度、工程移交等技术标准，为规范电网工程BIM技术应用奠定了坚实的基础。

（一）模型标准

2018年以来，电网行业构建了涵盖输变电工程设计全专业、全过程的输变电工程GIM标准体系，对数据格式、设计对象、设计过程、软件功能、数字成果等方面进行了规范，国网公司形成了上下游全业务环节数据对接的企业系列标准11项，国家标准1项。以此为基础，国网和南网公司共同依托中电联电网工程三维设计标准化标委会，构建了团体三维设计模型搭建与应用标准体

系，累计发布6项行标、9项团标，涵盖了数据标准、建模规则、设计要求、移交标准、软件支撑等方面。

（二）模型应用

BIM技术是数字化技术发展的重要里程碑，电网三维设计模型及工程应用具有明显的技术优势，主要体现在工程建设全生命周期可视化与仿真模拟。其中，在电网工程设计与建设过程中，三维设计模型替代了二维图纸的表达，有效支撑了工程的设计与校核、专业的提资与交互、方案的校核与评审、施工的预测与推演等，都可以直观的展现与可视化，克服了原有二维图纸建造的局限性。此外，同样在电网工程设计与建设过程中，以三维设计模型为载体，可以附加工程图纸、设备信息、安装检测等信息，实现建设阶段的“同生共长”，并能提早开展设计方案、造价方案、安装方案、施工方案和管理方案等的仿真模拟与安全推演，有效提升了工程建设质量，也为数字孪生电网建设搭建了数据底座。

三、电网工程建设质量管控

（一）管控措施

基于高分遥感技术采集的电网工程本体及周围环境的影像数据，结合三维设计模型在不同工况下的仿真模拟情况，有效推导出工程建设的全过程的质量与安全等级，实现对电网工程建设质量的精准管控。其中，高分遥感技术应对电网工程站区及线路塔位的原始环境、施工过程和验收环节分段进行影像拍摄采集、数据处理存储、内容对比分析等，有效提取建设质量问题。对于工程大范围区域，以及地质等各类自然环境的变化，结合三维设计模型搭建地理信息场景，高效准确的完成工程建设方案及自然灾害的推演与预测，全方位提升工程各环节质量管控力度。

（二）设计阶段

以高分卫星遥感影像为基础，结合电网工程三维设计模型，设计人员可快速搭建电网工程地理信息场景，涵盖主要交叉跨越、重要道路、水系等地物；也能通过基于人工智能的专业化影像数据解译，辨识特殊地形地貌，以及滑坡、断裂构造及岩土类型等，辅助开展工程设计阶段的站址比选、路径优化，确保电网工程建设安全与合理，有效避让自然保护区、环境敏感点、地质危险区等。例如：设计阶段，可以采用高分辨率卫星遥感影像构建工程地理信息场景，生成DEM和DOM数据，构建架空输电线路三维设计模型，完成线路路径的优化比选和杆塔排位，有效支撑杆塔逐基逐腿配置与精准投资^[6]。

（三）施工阶段

利用高分卫星遥感技术可对电网工程施工与建设过程进行监控，基于电网工程建设区域的卫星遥感影像，结合人工智能算法实现对影像的识别与解译，并结合施工建设质量问题语义标签开展电网工程建设全过程的监控，满足大范围、全覆盖、全过程、可追溯的施工质量管控需求^[7,8]。结合工程三维设计模型“同生共长”对比机制，构建施工质量问题库和问题语义标注，形成基于人工智能技术的全色、多光谱影像数据融合与分析监控预警智

能体,有效提高工程质量问题的提取能力,实现准确和高效的智能监控。对于复杂多变的自然环境,设计、施工、监理和建管单位均可结合电网工程三维设计模型和高分卫星影像开展灾害模拟和隐患推演,确保工程建设经济合理与安全可靠。例如:施工阶段,可以采用高分辨率卫星遥感影像识别房电网站址和线路通道内容的植被信息,结合多时相遥感影像变化监测和三维模型实施进度,监控工程建设方案的合理性与植被清理进度等,也可监控施工牵张厂或施工道路布置的经济性和准确性,以及弃土、垃圾等的堆放情况,从而预测施工建设方案对周围环境的影响,以及可能存在的风险隐患。

(四) 验收阶段

依托跨阶段高分卫星遥感技术影像数据对比,结合电网工程施工验收规定、环保水保管理要求等,重点对验收阶段的工程本体和周围环境进行分析,辅助开展工程验收工作。通过高分辨率卫星影像与三维设计模型的对比分析,完成工程本体建设方案一致性验收,以及站区和通道内障碍物清理情况分析与检查,有效提升了工程验收效率^[9]。通过高分辨率卫星影像与工程验收质量

数据要求对比分析,也能完成环保水保验收与植被恢复情况确认,有效提高了环保水保管控力度。例如:验收阶段,充分利用高分遥感影像采集与数据编程分析,可以完成房屋拆迁、树木砍伐、扰动土地整治等环保水保和通道清理验收工作,也可通过三维设计模型与高分卫星遥感影像进行模型与实物一致性校验等工作,全面提升工程验收质效,实现电网高质量建设。

四、结论与展望

基于高分卫星遥感、三维设计模型和人工智能技术,电网工程建设质量管控技术能够有效支撑设计、施工与验收等各环节质量与效率提升,不仅能够实现工程建设方案的优化比选,也能支撑施工建设质量管理与验收,更好实现电网工程的高质量建设与智能化发展。未来,随着高分卫星遥感技术、三维设计建模技术、人工智能图像识别技术和“空-天-地”一体化监测技术的不断发展,卫星遥感+三维模型的融合技术必将在构建安全、高效、智能的现代电网体系中将扮演越来越重要的角色。

参考文献

- [1] 张卓群,李宏男,李士锋,等.输电塔-线体系灾变分析与安全评估综述 [J].土木工程学报,2016,12(49):75-88.
- [2] 齐立忠.电网工程 BIM 技术应用 [M].中国电力出版社,北京.
- [3] 宋继明,倪向萍,唐明利,等.高分卫星遥感技术在特高压工程环保水保管理中的应用研究 [J].矿产勘查,2021,12(8):1829-1834.
- [4] 阎平,王刚.面向对象的遥感分类方法在输电线路地表信息提取中的应用 [J].北京测绘,2020,34(4):575-579.
- [5] 盛大凯,郑鑫,胡君慧,等.研发电网信息模型(GIM)技术,构建智能电网信息共享平台 [J].2013,34(8):1-5.
- [6] 姚林,徐春,白明启.多源遥感影像在输电线路优化设计中的应用 [J].山西建筑,2023,49(18):181-184.
- [7] 赖余斌,袁太平,洪巧章,等.基于卫星遥感技术的电网建设全过程动态监控技术研究 [J].绿色科技,2018,24:187-190.
- [8] 丁永福,张金德,刘皓,等.数据分析技术在特高压直流工程施工中地质灾害预警的应用研究 [J].矿产勘查,2020,11(10):2317-2323.
- [9] 洪巧章,赖余斌,彭飞.高分辨率遥感影像在电网工程建设中的应用研究 [J].绿色科技,2020,18:229-232.