

# 卫星遥感技术在电力线路设计中的应用分析

刘建蓝

福建永福电力设计股份有限公司, 福建 福州 350108

**摘要：** 随着电力线路建设对环境适应性要求提升, 卫星遥感技术成为电力线路设计中的重要工具, 该技术具备高精度、广域覆盖和多源数据融合等优势, 能够在线路路径优化、基础设施布局、防雷策略等方面提供精准支持。基于此, 本文重点分析了卫星遥感技术在电力线路设计中的应用方法, 旨在为智能化线路设计提供技术参考。

**关键词：** 卫星遥感技术; 电力线路设计; 应用

## Application Analysis of Satellite Remote Sensing Technology in Power Line Design

Liu Jianlan

Fujian Yongfu Power Design Co., Ltd. Fuzhou, Fujian 350108

**Abstract:** With the increasing demand for environmental adaptability in power line construction, satellite remote sensing technology has become an important tool in power line design. This technology has the advantages of high precision, wide area coverage, and multi-source data fusion, and can provide precise support in line path optimization, infrastructure layout, lightning protection strategies, and other aspects. Based on this, this article focuses on analyzing the application methods of satellite remote sensing technology in power line design, aiming to provide technical references for intelligent line design.

**Keywords:** satellite remote sensing technology; power line design; application

### 前言

电力线路设计对我国电能供应稳定性具有直接影响, 因此近年来我国在积极加强电力系统建设过程中, 不仅对电力线路设计重要性产生了深刻认知, 同时也加大了对各种先进技术的应用力度。卫星遥感技术在实际使用中呈现出高精度特点, 借助卫星遥感数据可更加全面地掌握线路沿线地形特征、植被分布、水文情况以及气象条件, 为路径优化奠定了基础。在这种情况下, 积极探索卫星遥感技术在电力线路设计中的应用研究具有重要意义。

### 一、卫星遥感技术融入电力线路设计的优势

卫星遥感技术在电力线路设计中的应用能够为线路规划、路径优化、防雷设计等环节提供精确数据依据, 以高分辨率遥感影像全面覆盖地形地貌, 可精确掌握线路经过区域的地形变化、植被分布、水文条件等重要参数来提高线路规划的精度, 确保设计中避开地形复杂区域, 优化线路路径, 降低工程难度<sup>[1]</sup>。卫星遥感技术还能够实时提供地表温度、气象条件等信息, 对线路的防雷策略进行有效设计, 分析雷击频率和雷电强度分布, 可精准判断线路受雷电影响的区域, 优化防雷装置的布设, 从而有效降低线路运行过程中的风险<sup>[2]</sup>。此外, 卫星遥感技术还能够通过智能化数据处理和建模, 提取地表三维模型, 快速获取线路沿线的高差信息, 计算线路倾斜角度, 确保线路能够适应地形变化。在此基础上结合多光谱影像, 可识别植被类型和覆盖度, 从而为防火设

计提供支持, 合理选择线路走廊的植被清理范围, 使线路路径避开植被茂密或水流密集区域, 减少外界环境对线路安全运行的影响, 提供电力线路周边环境的动态监测能力, 在设计初期即可对潜在的地质灾害风险区域进行预测和规避, 减少自然灾害对电力线路的影响, 从根本上确保电力线路的安全性、经济性<sup>[3]</sup>。

### 二、基于卫星遥感技术的电力线路设计要点

#### (一) 路径优化实现智能选址

基于卫星遥感技术的电力线路设计能够实现路径优化和智能选址, 形成的高分辨率地形数据, 能够获取线路沿线的地理环境重要信息, 用作初步筛选路径的基础, 在综合分析不同区域的地质、气候及生态因素, 避开地质灾害频发区 and 环境敏感区, 优化线路走廊<sup>[4]</sup>。三维地形模型结合遥感影像, 可精准计算线路坡度

作者简介: 刘建蓝 (1984.10-), 男, 汉族, 河南省潢川县, 高级工程师, 大学本科。研究方向: 遥感、测绘技术及在电力领域的应用。

和高差，确保线路在复杂地形中的可行性，避免线路因地形复杂而增加建设和维护成本。遥感影像实际应用中能自动提取地表特征，线路路径可以基于地表反射率、地貌特征进行优化，遥感影像中不同波段反映的植被覆盖情况及水体信息，可以为路径规划提供数据支持，避免线路经过植被茂密或水文复杂区域，降低环境对线路安全的影响<sup>[5]</sup>。

### (二) 基础设施精细化布局

卫星遥感技术所产生的高分辨率遥感影像能够精准识别线路沿线的地理环境，并构建三维地形模型确定变电站、输电塔等关键基础设施的位置，使其合理避开高陡坡地、滑坡区等不稳定区域，保证线路安全性<sup>[6]</sup>。遥感数据可实时监测地表变化，结合地质分析模型为基础设施布局提供准确的地质信息支持，在分析不同区域的地质条件、气象数据中可确保基础设施布局在地质灾害易发区得到科学规划，降低运营风险<sup>[7]</sup>。另外，遥感技术还能够优化线路路径周围的空间利用，精准布设防雷设施、基础支撑结构等，同时能够识别周边环境中的干扰因素，避免布局中出现潜在风险（见表1）。

表1：电力线路设计中的基础设施精细化布局

区域	地形特征	植被覆盖率 (%)	水文条件	地质灾害风险	优化布局
线路沿线 A	高陡坡地	75	中等	高	避开
线路沿线 B	滑坡区	60	较差	中	避开
线路沿线 C	平坦区域	25	良好	低	适合
线路沿线 D	植被密集	90	中等	高	避开

### (三) 综合防雷布局

电力线路设计中采用卫星遥感技术进行综合防雷布局可精确获取雷击频发区域的气候特征，掌握雷暴活动的强度、频率和分布范围，集中分析雷击活动密集区，可实现对线路路径的优化，避开雷击高发区域，降低雷击对电力线路安全运行的影响，同时借助多光谱成像技术识别地表的电导率差异，精准定位易受雷击影响的区域，能为防雷设施的布局提供依据。卫星遥感技术可构建三维地形模型，结合线路走廊的地形高差计算雷击电流路径，合理布设防雷设施，避免因地形影响导致雷击概率增大<sup>[8]</sup>。气象数据结合线路周边植被信息，可有效分析线路所处区域的雷击风险，并合理布设防雷杆塔、避雷针等设备，确保电力线路防雷系统能够在不同环境条件下保持高效、稳定地运行。

## 三、基于卫星遥感技术的电力线路设计流程

### (一) 数据采集预处理

卫星遥感技术在电力线路设计中的应用需利用数字高程模型（DEM）数据和高分辨率遥感影像数据，全面采集地形地貌信息，其中 DEM 数据能提供三维地形的详细信息，确定线路路径的高差及倾斜角度，确保线路设计与地形匹配。遥感影像数据通过光学影像可以清晰展现地表的植被、水体及建筑物分布，重点关注云层覆盖的影响，尤其在多云区域，云影覆盖面积过大会导致数据失真，影响线路设计的精度<sup>[9]</sup>。在预处理中，影像数据的辐射校

正与几何校正是保证数据精度的基础，辐射校正用于消除大气散射和吸收对影像亮度的影响，确保影像的光谱信息能够准确反映地表物体特征；几何校正则通过调整影像的几何形变，使其与实际地理坐标系对齐，确保影像中每个像素与地理位置一一对应，提升设计中的空间精度。影像的光谱分析也在预处理阶段进行，针对植被和水体的光谱特征，能够利用多波段数据识别不同地表类型，为路径选择提供数据支撑。预处理过程中，影像颜色的变化也需要重点分析，特别是在地形复杂区域，影像颜色反差较大时，可能代表地表高度、植被密度或其他地表特征的显著变化。对颜色变化的定量分析，可以优化线路设计方案，使线路避开地形突变或环境复杂区域，影像处理后，生成的栅格数据将作为输入，为后续的路径优化、基础设施布局等环节提供精确的地理参考（见表2）。

表2：电力线路设计中数据采集与预处理

数据类型	用途	关键操作	精度要求	数据分辨率 (米)	覆盖面积 (平方公里)
DEM 数据	提供三维地形信息	高差计算	高	10	1000
遥感影像	显示地表植被、水体、建筑物分布	云层影响分析	中	0.5	500
影像辐射校正	消除大气散射影响	辐射误差修正	高	1	100
影像几何校正	校正影像几何变形	像素与地理位置对齐	高	1	100
影像光谱分析	识别地表类型	光谱特征提取	中	0.3	50

### (二) 卫星遥感影像高精度校正

卫星遥感影像技术应用中，影像像元的二值化处理能够通过明确地表物体的光谱特征，将影像中各像元分为目标和背景两类，提取线路路径设计所需的特定地理信息。可设定合理的阈值对影像进行分类，避免干扰因素对设计结果的影响，二值化处理后，几何校正通过消除影像在拍摄时因传感器角度、地形高差等因素产生的几何畸变，实现影像与实际地理坐标系统一致。辐射定标能够消除由于大气散射、太阳高度角变化等因素引起的影像亮度误差，确保影像中每个像元反映地表物体的真实光谱特性<sup>[10]</sup>。使用辐射定标后，影像能够提供准确的辐射信息，特别是在识别地形、植被覆盖和水体等地理特征时，能够进一步提升影像数据的可靠性。此外，多光谱影像的校正过程还需考虑各波段间的辐射差异，确保各波段数据能够在同一光谱范围内提供一致的地理信息，避免在路径优化时因波段误差影响线路选择的精确性。影像数据经过高精度校正后，可以用于电力线路的路径优化、防雷策略制定等环节，提升线路设计的科学性和智能化水平。影像校正的精度要求能够直接影响线路设计过程中地形分析、障碍物识别等环节的准确性，为后续的基础设施布局和线路安全评估提供重要依据。

表3: 卫星遥感影像精准矫正数据表

校正步骤	主要功能	精度要求	误差范围 (米)	控制点数量 (个)	辐射定标参数
像元二值化	提取目标地理信息	中	1	50	光谱阈值
几何校正	消除影像几何畸变	高	0.5	100	GCP 配准
辐射定标	消除亮度误差	高	0.1	80	大气模型校正
多光谱波段校正	校准波段间辐射差异	中	0.3	60	波段重叠校准

### (三) 影像无缝接边与镶嵌技术

将 RGB-D 格式转换为 ICC 文件格式, 能够确保影像色彩的精准表达, 尤其在大尺度影像处理时, 能够避免色彩失真的问题。无缝接边要求影像边界间无明显色差或亮度差异, 因此需要对影像反射率进行精细控制。当反射率为 0% 时, 影像色调无明显变化, 但当反射率超过 50% 时, 色阶差异可能明显增大, 产生亮度不均匀问题<sup>[11]</sup>。因此, 需要在镶嵌过程中对每个像素点的反射率进行动态调整, 确保影像边缘的色彩和亮度能够保持一致。影像镶嵌技术能够通过多幅影像的融合, 生成大范围的连续影像, 使用双线性插值法对影像重叠区域进行平滑处理, 能够消除不同影像间的边缘效应, 保证影像镶嵌后的整体连续性。在影像拼接过程中, 需要对影像进行几何校正, 确保不同影像的坐标系统完全匹配, 避免因地理位置偏差导致的影像错位, 对于地形复杂区域, 影像的高程信息需要结合数字高程模型 (DEM) 进行校正, 可确保影像镶嵌后地形信息的准确性。

### (四) 多源影像数据深度融合

多源影像数据深度融合中, 将卫星遥感影像、LiDAR 数据和数字高程模型 (DEM) 进行统一处理, 为电力线路设计提供精确的地理基础。影像融合过程需要选择合适的算法完成匹配, 常用方法包括基于特征点的 SIFT 算法或 SURF 算法, 精确识别并对齐不同数据源中的地理特征点, 确保数据间的几何一致性。将各类影像数据作为基础底图进行多维度融合时, 优先处理高程数据、地表反射率、植被覆盖度等多种参数, 确保电力线路设计中能够精确反映线路经过的复杂地形与地表信息。多源数据融合过

程中, 还需针对不同分辨率的数据进行精细化处理, 使用小波变换或金字塔融合等算法能够有效解决分辨率差异带来的误差。高分辨率数据用于提取地表细节, 低分辨率数据提供广域覆盖, 通过这一层次融合方式, 能够在电力线路设计中实现全局视野与局部精度的有效结合。深度融合不仅能够优化线路路径, 还能够防雷策略制定中, 结合气象卫星数据识别雷击高发区, 确定合理的避雷设施布设点。

### (五) 线路设计智能化

线路设计智能化依托卫星遥感技术结合 GNSS 定位、无人机激光雷达技术, 可实现电力线路设计流程的高度自动化, GNSS 定位技术能够精确获取线路沿线的地理坐标, 为线路设计提供高精度的空间参考。无人机搭载激光雷达 (LiDAR) 技术在复杂地形中发挥关键作用, 能够实时获取地表三维模型数据, 并结合数字高程模型 (DEM), 为线路路径优化提供详细的地形高差、坡度和地貌特征信息。通过激光雷达的高分辨率点云数据, 能精确识别线路沿线的障碍物和地形变化, 确保线路规划避免高风险区域。智能化设计还能够通过人工智能算法优化线路路径, 借助算法模型对多源数据进行综合分析, 动态生成最优线路路径, 减少线路穿越高风险地带或复杂地形的风险。数据融合后自动化算法能够根据不同环境因素, 实时调整线路设计方案, 确保线路路径在各个环节的安全性及经济性, 路径优化的智能化进一步结合大数据分析技术, 能在短时间内处理大量数据并给出合理设计方案, 提升整体设计效率。

## 四、结论

综上所述, 卫星遥感技术在电力线路设计中发挥了重要作用, 能够通过精准的数据采集、影像校正、无缝接边与多源数据融合等技术手段, 提升线路设计的智能化水平与精确度。随着该技术的不断发展, 电力线路设计在面对复杂地形与多变气候时的适应能力将进一步增强, 确保电力系统运行的安全性与稳定性。未来, 电力线路设计还将进一步结合更多先进技术, 实现全面的智能化与高效化转型。

## 参考文献

- [1] 赵寅峰, 张竟超, 陈少宏, 等. 智能电力巡检中基于卫星遥感的环境要素提取方法 [J]. 电力系统装备, 2024(2):139-141.
- [2] 邹绍悦, 刘翔, 夏昊. 基于卫星影像的输电线路周边地表隐患识别方法 [J]. 中国科学院大学学报, 2023, 40(6):778-787.
- [3] 杨潇钰, 余勤, 叶强, 等. 基于遥感技术的输电走廊植被山火预警平台研究 [J]. 自然灾害学报, 2021, 30(6):67-76.
- [4] 文刚, 周仿荣, 李涛, 等. LINS-GNSS: 滤波与优化耦合的 GNSS/INS/LiDAR 巡检机器人定位方法 [J]. 南京信息工程大学学报, 2023, 15(1):85-93.
- [5] 周仿荣, 文刚, 马仪, 等. 遥感数据驱动的电力污秽等级 XGBOOST 预测模型 [J]. 地理空间信息, 2023, 21(12):21-24.
- [6] 苏晓, 张卓成, 陈峻宇, 等. 基于多源遥感数据的输电线路危险源检测及智能运维方案研究 [J]. 电气技术与经济, 2023(2):26-30.
- [7] 丁琦. 利用遥感图像目标定位算法开展 500 kV 架空输电线路山火跳闸预警系统设计 [J]. 电力系统装备, 2023(12):8-10.
- [8] 贺晓波, 杜永军, 黄文华. 基于无人机多源遥感数据的输电线路勘测设计 [J]. 电力勘测设计, 2023(z1):118-122.
- [9] 张可, 张庚生, 王宁, 等. 基于遥感和深度学习的输电线路地表水深预测 [J]. 自然资源遥感, 2023, 35(1):213-221.
- [10] 陈诚, 戴永东, 沈筠, 等. 基于无人机遥感技术的配电网巡检系统设计 [J]. 微型电脑应用, 2023, 39(5):107-110.
- [11] 赵华伟, 周林, 谭明伦, 等. 基于光学遥感和 SBAS-InSAR 的川渝输电线路滑坡隐患早期识别 [J]. 自然资源遥感, 2023, 35(4):264-272.