

# Application of Transmission System Structural Safety Monitoring Platform Based on BIM+GIS

Long Tang

China Railway Second Survey and Design Institute Engineering Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610031, China

## Abstract

With the expansion of transmission system scale and increasing operational complexity, structural safety monitoring has become increasingly critical. Traditional monitoring methods suffer from low efficiency, fragmented data, and inadequate visualization, making them insufficient for meeting the demands of smart grid operations and risk prevention. This study proposes a transmission system structural safety monitoring platform based on BIM and GIS technologies. The platform enables three-dimensional digital modeling of infrastructure components (e.g., towers and transmission lines), integrates multi-source monitoring data, and facilitates spatial visualization management. It achieves comprehensive, real-time, and precise structural condition monitoring with anomaly alerts. Case studies demonstrate that the platform significantly enhances monitoring efficiency, optimizes risk response workflows, and provides digital technical support for ensuring safe and stable transmission system operations.

## Keywords

BIM+GIS; power transmission system; safety monitoring platform

## 基于 BIM+GIS 的输电系统结构安全监测平台的应用

唐龙

中铁二院工程集团有限责任公司, 中国·四川成都 610031

## 摘要

随着输电系统规模扩大与运行环境复杂化, 结构安全监测重要性持续提升。传统监测手段存在效率偏低、数据分散、可视化不足等短板, 难以适配智能电网高效运维与风险防控需求。本文提出基于BIM和GIS技术的输电系统结构安全监测平台, 实现杆塔、线路等设施三维数字化建模、多源监测数据集成与空间可视化管控, 完成全面、实时、精准的结构状态感知与异常预警, 并通过案例研究, 验证平台可有效提升监测效率、优化风险处置流程, 为输电系统安全稳定运行提供数字化技术支持。

## 关键词

BIM+GIS; 输电系统; 安全监测平台

## 1 引言

输电系统作为电力系统核心组成部分, 该系统的安全直接关系到电力供应的稳定性。由于输电系统跨越地域较广, 涉及的设备较为复杂, 传统监测手段已难以满足对输电系统结构安全进行实时、全面的监测。随着互联网技术的发展, 建筑信息模型 BIM 和地理信息系统 GIS 的快速发展, 为输电系统结构安全监测提供新的方法, BIM 技术能够建立详细的三维模型, GIS 技术提供地理空间数据, 本文基于 BIM、GIS, 构建安全监测平台对输电系统进行实时监控, 及时发现潜在安全隐患, 提高输电系统的可靠性。

【作者简介】唐龙(1972-), 男, 中国四川蓬溪人, 本科, 高级工程师, 从事铁路电力电气工程、新能源工程勘察设计研究。

## 2 BIM+GIS 集成平台架构设计

### 2.1 平台架构设计原则

基于 BIM+GIS 设计安全监测平台需要遵循以下原则:

模块化原则: 将平台划分为不同功能模块, 每个模块负责特定功能, 便于后期维护升级。

开放性原则: 平台应支持多种数据格式、接口标准, 便于与其他系统集成、数据交换。

可扩展性原则: 安全监测平台要具备扩展新功能、模块, 便于随着技术发展, 满足业务需求变化。

稳定性原则: 平台应具备良好的稳定性和容错能力, 保证在高峰时段和突发情况下能够正常运行。

用户友好性原则: 平台界面应简洁直观, 便于用户快速上手操作。

## 2.2 BIM 与 GIS 数据集成

### 2.2.1 数据模型对应

在 BIM 与 GIS 融合应用过程中，数据模型对应是实现多源数据协同的基础环节。BIM 模型包含精细化构件信息、设备参数、几何尺寸及属性数据，可精准描述输电杆塔、导线、金具等结构实体的详细特征，如建筑构件、设备信息等。GIS 系统则侧重地形地貌、地理坐标、线路走廊、周边环境等宏观空间信息。二者数据维度与表达重点存在差异，需通过统一映射规则建立对应关系，将 BIM 构件的唯一标识、空间位置、属性信息与 GIS 地理要素进行关联匹配。该步骤明确构件实体与地理空间对象的对应规则，规范数据格式与编码标准，消除信息孤岛，实现 BIM 精细模型与 GIS 空间数据的精准对接与高效互通，保证跨平台数据一致性、完整性与准确性，为后续结构安全监测与空间分析提供可靠的数据支撑<sup>[1]</sup>。

### 2.2.2 数据转换与映射

数据转换与映射是实现 BIM 与 GIS 数据互通的关键步骤。由于 BIM 模型与 GIS 系统在数据结构、存储方式和应用侧重点上存在显著差异，二者原生数据格式难以直接兼容，必须通过标准化转换实现数据格式统一，才能支撑跨系统信息交换与集成应用。该环节核心是将 BIM 精细化构件信息，转换为 GIS 平台可识别、可解析的空间数据格式，常用转换标准包括 Industry Foundation Classes (IFC) 与 CityGML。IFC 作为 BIM 领域通用中性格式，可完整保留输电结构构件、设备参数、材料属性及关联关系等信息；CityGML 则具备良好的地理空间表达能力，能够实现三维对象与地理空间位置的有效衔接。通过建立规范的数据映射

规则，将几何信息、属性信息、空间关系进行对应转换，可有效避免信息丢失与语义歧义，为后续三维可视化展示、空间分析及结构安全监测奠定统一的数据基础。

### 2.2.3 实时数据同步

输电系统结构安全监测涉及大量动态感知数据，需保证 BIM 模型与 GIS 空间数据的实时同步更新，以支撑状态监测与预警决策。Web 服务采用基于 HTTP 协议的接口设计规范，通过标准 GET、POST、PUT、DELETE 等请求方式实现资源操作，并依托 URL 完成资源定位与数据交互。当输电线路上的传感器监测到设备温度、位移、振动等异常信息时，监测数据会实时上传至 GIS 系统进行空间定位与初步判断，随即通过 RESTful API 向 BIM 系统发起数据更新请求。BIM 系统接收并解析指令后，自动更新对应构件的运行状态、参数信息及预警标识，并在三维场景中完成可视化展示，从而实现监测数据、空间信息与模型状态的动态联动，为结构安全实时监控提供可靠保障。

## 2.3 平台功能模块设计

基于 BIM 和 GIS 集成平台功能模块设计流程图如图 1 所示。

图 1 中数据管理模块负责 BIM 和 GIS 数据的导入、导出、存储、管理工作；三维可视化模块利用 BIM 和 GIS 数据实现输电系统结构的三维可视化展示；安全监测模块实时监测输电系统结构的状态，发现潜在的安全隐患并发出预警；数据分析模块对监测数据进行处理和分析；用户管理模块实现用户的注册、登录、权限管理等功能。这个流程图确保平台能够高效地进行三维可视化、安全监测、数据分析，为输电系统结构安全监测提供全面的支持<sup>[2]</sup>。

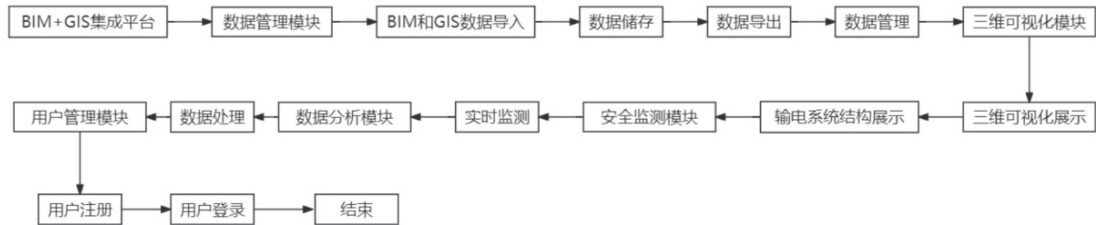


图 1 平台功能流程图

## 2.4 平台技术路线与关键技术

### 2.4.1 平台技术路线

本输电系统结构安全监测平台采用 B/S 架构作为核心部署模式，用户仅需借助常规 Web 浏览器即可登录访问、操作各项功能，彻底摒弃专用客户端软件的安装与维护成本，兼顾易用性与便捷性；同时该架构具备优异的多用户并发访问能力，可稳定处理大批量同步访问请求，适配大型输电网络跨区域、广覆盖的监测管控需求。

平台依托大数据技术搭建全维度数据处理体系，针对输电设备运行状态、周边环境参数、现场视频图像、传感器感知信息等多源异构监测数据，实现高效存储、分类管理、深度挖掘与智能分析，精准识别结构形变、设备异常、环境

隐患等潜在风险。结合 BIM 与 GIS 数据融合、实时同步机制，形成“架构支撑 - 数据处理 - 融合应用 - 预警决策”的完整技术链路，为平台高效稳定运行、实现智能化安全监测提供坚实技术保障。

### 2.4.2 关键技术

利用 WebGL、Three.js 等前沿的 Web 图形技术，结合 BIM 数据，构建输电系统结构的三维模型，利用 Cesium 开源 WebGIS 引擎加载轻量化处理后的 BIM 模型，实现三维可视化，通过 MBTiles Server 实现地形与影像的离线下载，丰富三维场景的背景信息。让用户能够更直观地了解输电系统的结构，结合实时监测技术，通过数据分析提前预测潜在安全隐患，提前进行干预。

数据集成技术实现 BIM 和 GIS 数据的高效集成，确保数据的一致性，通过数据转换工具，实现多种数据格式的转换、整合。统一的数据格式是 BIM 和 GIS 数据集成的基础，利用数据转换工具对 BIM 和 GIS 数据进行清洗、转换、整合，构建数据中心，存储和管理集成后的数据，通过自动化的数据转换和整合流程，提高数据处理效率，为电力系统安全运行提供有力保障<sup>[1]</sup>。

### 3 案例研究与应用分析

#### 3.1 案例介绍

##### 3.1.1 项目背景

本文分析的输电系统案例位于一地形复杂的高原山地区域，涵盖多个变电站和输电铁塔，总长度超过数百公里，该输电系统是该项目电力供应的重要基础设施，对于保障工程用电的稳定性具有重要意义，但该输电系统的结构安全监测面临着诸多挑战。

##### 3.1.2 项目挑战

地形复杂性：整个输电系统绝大部分处于海拔 3000m

以上，穿越山地、河流等多种地形，复杂地形给输电铁塔和变电站的监测带来极大困难，传统的监测方法难以覆盖所有关键区域，难以保证数据的实时性。

环境因素：该地区的天气变化无常，时常伴随着大雪、冰雹等恶劣天气，天气状况对输电系统的结构安全构成严重威胁，需要更加严密的监测预警机制。

监测难度：由于输电系统分布广泛，监测点众多，传统的监测方法需要大量人力物力投入，难以实现全面、准确地监测。

##### 3.1.3 BIM+GIS 监测平台

为解决上述挑战，引入 BIM 和 GIS 集成技术构建输电系统结构安全监测平台，BIM 技术能够提供输电系统结构的详细三维模型，如变电站、输电铁塔等关键设施的详细信息，GIS 技术能够提供精确的地理信息数据，包括地形、地貌、环境等因素，将 BIM 和 GIS 技术相结合对输电系统进行三维可视化监测，得到表 1 数据。

表 1 BIM 和 GIS 监测数据表

监测项目	BIM 模型数据	GIS 地理信息数据	实时数据
变电站 A	包含内部布局的三维模型	经纬度: xx1.xx, xx.xx	温度: 25° C
	设备清单: 变压器、开关	海拔: 3200m	湿度: 60%
	结构信息: 钢结构	周边地貌: 山地	震动: 无
输电铁塔 B	铁塔结构三维模型	经纬度: xx2.xx, xx.xx	倾斜角度: 0.1°
	塔材材质: 钢材	海拔: 3500m	风速: 10m/s
	输电导线类型: 铝合金	风向: 北风	导线张力: 正常
输电线路 C	路径规划: 起点至终点	长度: 5km	绝缘子电压: 正常
	杆塔数量: 10 座	途经地形: 河流、平原	电流: 200A
	导线类型: 铜绞线	周边植被: 密林	监控视频: 正常

#### 3.2 监测效果分析

变电站 A: 温度和湿度均在正常范围内，表明变电站内部环境稳定；震动监测显示无异常，说明变电站的结构稳定，未受到外部震动的影响。

输电铁塔 B: 倾斜角度为 0.1°，处于安全范围内，但应持续监测，确保铁塔稳定；风速和风向数据有助于预测铁塔是否会受到更严重的风力影响；导线张力正常，说明输电导线处于良好状态。

输电线路 C: 绝缘子电压正常，表示线路的电性能良好；电流在正常范围内，未出现过载或异常情况；监控视频正常，有助于及时发现线路的外部威胁或异常情况。

建议：对于输电铁塔 B，由于其位于山地且风速较高，建议加强风力对铁塔影响的监测，并提前规划应对恶劣天气的措施；对于输电线路 C，由于途经河流和平原等复杂地形，建议加强对地形变化或地质活动的监测，以确保线路的稳定性和安全性；优化预警系统，提高其对潜在风险的识别能力。

### 4 结语

本文研究实践表明，基于 BIM 和 GIS 融合构建的输电

系统结构安全监测平台，能够有效提升输电系统全生命周期监测能力，显著增强对线路形变、杆塔隐患等潜在风险的精准识别与预判水平。该平台突破了传统监测模式效率低、数据分散、可视化程度弱的局限，实现了多源数据整合与三维可视化管控，有力保障了输电系统运行稳定性。平台的实际应用不仅全面提高了输电系统安全运维水平，降低了故障发生概率，更为智能电网数字化转型提供了创新技术方案，对推动电力行业安全监测与运维管理智能化发展具有重要的参考价值与推广意义。

#### 参考文献

- [1] 张悻宁,孟令军,夏丽霞,徐海峰.基于Web安全的输电线路分布式故障监测与智能诊断系统设计[J].自动化与仪器仪表,2019,(03):135-139.
- [2] 胡夏恺,杨聃,朱悦林,等.基于BIM+WebGIS的输电系统结构安全监测可视化平台构建[J].中国农村水利水电,2020,(12):185-188+192.
- [3] 隆晨海,杨森,熊子萱,李金亮,李文波.基于TOF技术的输电带电作业安全监测与预警系统[J].湖南电力,2020,40(02):62-67.