

## 架空输电线路的三维数字化设计技术分析

谷晓民 王红山

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]** 架空输电线路的建设需充分考虑复杂的地理环境与技术标准,而在现代工程要求下,传统设计方式已显现出诸多不足。通过三维建模与数据集成,三维数字化设计技术能够更精确地模拟线路运行状态,并在施工前识别潜在风险,从而提升工程精度与安全性。随着应用的深入,该技术正逐步取代传统方法,成为架空输电线路设计与管理的重要支撑,推动着电力行业向智能化与高效化方向发展。

**[关键词]** 输电线路; 数字化设计; 关键技术

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15849

中图分类号: TM75

文献标识码: A

### Analysis of 3D Digital Design Technology for Overhead Transmission Lines

GU Xiaomin, WANG Hongshan

State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** The construction of overhead transmission lines needs to fully consider the complex geographical environment and technical standards, and under the requirements of modern engineering, traditional design methods have shown many shortcomings. Through 3D modeling and data integration, 3D digital design technology can more accurately simulate the operation status of power lines and identify potential risks before construction, thereby improving engineering accuracy and safety. With the deepening of application, this technology is gradually replacing traditional methods and becoming an important support for the design and management of overhead transmission lines, promoting the development of the power industry towards intelligence and efficiency.

**Keywords:** transmission lines; digital design; key technology

#### 引言

电力需求的持续增长,使架空输电线路的设计与运维面临更高的技术要求。传统的二维设计模式与人工管理方式,在应对复杂工程需求时显现出诸多局限,设计精度难以保障,且施工过程中的风险亦难以有效控制。随着三维数字化设计技术的引入,这一问题得到了显著改善。通过整合地理信息系统(GIS)与建筑信息模型(BIM)等先进技术,不仅设计的精确度与施工效率得以提升,运维管理也得到了优化,为电力行业的现代化发展提供了更加高效的技术支撑。

#### 1 架空输电线路三维数字化设计的优势与挑战

##### 1.1 提高设计精度与效率

在架空输电线路设计中,三维数字化设计技术显著提升了设计精度与效率。传统的二维设计方法,在应对复杂线路与地理环境时,往往面临图纸重叠、信息误差以及修改困难等问题。通过构建数字化三维模型,线路的各个细节得以在直观的空间中展示,误差的发生因此大大减少。借助精准的三维建模,设计人员能够清晰识别构件间的相互关系,潜在问题可在早期发现并加以优化,从而减少了后期修改与施工调整的成本。在处理大量复杂数据时,三维数字化设计展现出了极高的效率,与地理信息系统(GIS)结合后,设计人员可以迅速获取并分析地形、气候等环境因素,进而优化线路布局,确保设计与实际地理条件高度

契合。基于数据驱动的设计方式,不仅加快了设计周期,也增强了整体方案的合理性与可行性。

##### 1.2 降低施工风险

三维数字化设计在架空输电线路施工中显著降低了施工风险,尤其是在复杂地形与环境条件下。传统设计依赖平面图纸,施工人员常常无法全面掌握现场的地理特征与施工条件,这往往导致误判或遗漏,从而引发施工延误或安全隐患。通过精准的三维建模,施工现场的地形、障碍物及周边环境被真实再现,施工人员能够在施工前全面了解现场的复杂情况。由此,施工方案得以更具针对性,避免了因对现场实际情况了解不足而带来的风险。三维模型的应用使施工进度、材料使用等信息能够有机结合,确保各环节按照预定计划顺利进行,提前识别潜在施工障碍。借助虚拟仿真技术,施工人员得以进行提前模拟演练,问题可在早期发现并调整方案,从而减少了现场施工中的盲目性与应急处理的频率。该技术的应用,显著降低了设计与施工配合不当、设备或材料使用错误等引发的施工事故,保障了施工过程的安全与顺利推进。

##### 1.3 面临的技术挑战

尽管三维数字化设计在架空输电线路的应用中展示了显著优势,实际实施过程中依然面临诸多技术难题。一个突出问题是数据获取的准确性。尽管现有的地理信息系统与测量工具提供了大量数据,确保这些数据具有高精度

与实时性依然是一项挑战,尤其是在复杂地形或偏远地区。若数据精度不足或更新延迟,设计结果与实际不符的风险将增加,从而影响整个项目的效果。另一个技术瓶颈来源于三维建模的复杂性。架空输电线路设计涉及多个变量,如环境、设备及地形等,这些因素使得建模过程既繁琐又耗时。尽管现有建模软件在功能上不断优化,但智能化不足及模型处理速度慢的问题仍然存在。尤其在大型工程中,如何高效生成并调整精细化的三维模型,依旧是亟待突破的技术难点。三维设计平台的兼容性也是不可忽视的问题。不同专业的设计软件通常采用不同的技术标准与数据格式,跨平台的数据共享与协同工作仍面临技术挑战。如何确保多个系统能够无缝对接,从而保证设计的统一性与流程的流畅性,是当前亟待解决的问题。因此,推动技术创新与软件平台整合显得尤为重要,只有这样,才能充分发挥三维数字化设计的潜力。

## 2 三维数字化设计关键技术分析

### 2.1 工程地理信息数据获取手段

在三维数字化设计中,工程地理信息数据的精准获取至关重要,它直接影响设计的精度与可靠性。随着工程需求的日益提升,传统手工测量方式已难以满足对数据精度与采集效率的高要求。因此,依托先进技术手段进行数据采集已成为当前的主流趋势。现今,常见的数据获取方式包括遥感技术、激光雷达(LiDAR)与无人机(UAV)测绘。遥感技术通过卫星或航空影像捕捉地面信息,在大范围区域内迅速获取地形数据,具备在复杂环境下精准识别地物的能力。激光雷达则以高精度的三维扫描为工程提供精细化的点云数据,尤其在地形起伏较大或存在遮挡的区域表现尤为突出。无人机测绘因其操作灵活、数据采集效率高,广泛应用于现代工程中,特别适用于高空线路或难以抵达的区域,能够快速获取局部详细信息。通过多种技术手段的融合,设计人员得以获得实时且高精度的地理信息,大大减少了人工测量所带来的误差,同时提升了数据处理效率,为三维建模提供了坚实的数据支撑。精准的数据采集不仅有助于提前识别潜在的地理障碍,也为工程方案的优化奠定了坚实的基础。

### 2.2 批量智能化建模技术

批量智能化建模技术,作为三维数字化设计中的一项重要创新,在提升设计效率方面展现了显著作用,尤其在大规模复杂项目的建模过程中,效果尤为突出。传统建模方式主要依赖人工操作,过程繁琐且容易出错,而人工智能与自动化技术的结合,使得建模过程得以显著简化,推动了批量智能化建模的广泛应用。该技术的核心优势在于,能够基于现有的工程数据,迅速生成大量符合设计标准的三维模型。智能算法通过解析输入数据,自动识别设计需求及环境因素,从而批量创建符合工程规范的建模结果<sup>[1]</sup>。例如,在架空输电线路设计中,这一技术能够自动构造适

应地形条件的塔基、导线及支撑结构等三维模型,极大地减少了人工操作的繁琐性,同时降低了误差的发生。随着机器学习技术的不断进步,批量建模系统在数据积累的基础上逐步优化建模方式,提高了模型的精度,增强了设计的灵活性。在项目规划阶段,设计人员可以通过设定相关参数与规则,使系统自动调整生成的模型,从而实现更优的设计方案。这一模式不仅显著提升了建模效率,还为工程全生命周期提供了高质量的数字化支撑,减少了人为干预带来的不确定性,为后续施工与运维奠定了精准的数据基础。

### 2.3 功能完善的三维设计软件支撑

当前,电力设计院在三维设计软件的研发方面尚未完全成熟,工程项目大多仍依赖于市场上的商业化软件。然而,通过调研发现,国内主流的三维设计软件在实际应用中存在运行卡顿、智能化水平有限、兼容性较差以及测量数据输入繁琐等问题。这些技术瓶颈不仅影响了设计效率,也降低了精度,制约了三维数字化设计技术的进一步推广。针对这些问题,必须在软件平台功能优化方面采取有效措施,以充分发挥三维设计的优势。提升设计平台的“一体化”能力,是推动软件优化的关键途径。通过集成不同专业的设计软件及应用系统,可实现信息互通与资源整合,从而优化计算流程,提高绘图效率,并构建“所见即所得”的直观设计模式,以保障设计质量。为达到这一目标,需要在现有商业软件的基础上进行二次开发,持续完善核心功能,解决运行卡顿与兼容性不足等技术难题,以适应未来工程的数字化设计需求及全生命周期管理。深化全专业设计的协同工作,同样是提升软件应用水平的重要手段。通过强化三维模型的全属性协同能力,实现形体结构、设计参数与后台数据库的无缝衔接,可在整个设计过程中开展在线三维校审。这种协同方式不仅有助于提高设计精度,同时能够有效减少设计环节中的冲突与不一致问题,确保项目执行的高效性与准确性。结合大数据与智能化技术,可进一步增强设计平台的综合能力。借助大数据处理与数据挖掘手段,能够分析并提取海量数据中的关键信息,而人工智能的引入,则使得设计平台具备专家级的经验模拟、自学习、推理及关联分析能力,从而提升设计的智能化水平。设计人员在此基础上能够更高效地作出决策,快速调整方案,使整个设计流程更加精准、智能并富有前瞻性。

## 3 三维数字化设计在架空输电线路施工中的应用

### 3.1 施工阶段的应用

在架空输电线路施工过程中,三维数字化设计的应用对于提升施工精度与效率起到了至关重要的作用。通过提前建立三维模型,设计团队能够在虚拟环境中全面分析线路布局,重点关注塔基分布、导线走向以及地形特征等关键因素。借助这直观且精准的模型,施工人员得以在施工前识别潜在的难题,从而优化线路布设,减少因地形变化或气候影响所带来的调整,确保施工方案的合理性与可行

性。在实施阶段，三维模型不仅作为施工指导依据，还能够精准地确定塔基的位置与高度，从而有效降低人为因素带来的误差。基于数字化模型，施工团队能够合理规划施工进度，实行精细化管理，确保各项任务按照预定计划高效推进，进而减少资源浪费，提高工程实施的经济性。施工前，通过三维设计技术进行虚拟仿真，能够有效评估施工过程中可能面临的风险，尤其是在地形复杂或气象条件不稳定的区域。这使得提前制定安全措施成为可能，从而降低了施工事故发生的概率。借助这一技术手段，施工的安全性得到了增强，现场管理得到了优化，减少了因调度混乱或突发情况而带来的时间损失，从而提高了施工的整体可控性与执行效率。

### 3.2 施工过程中的质量控制

在架空输电线路施工阶段，质量控制直接关系到工程的顺利推进，而三维数字化设计技术在这一过程中发挥了核心作用。通过三维建模，施工团队能够实时获取各施工环节的精确数据，并及时反馈，从而实现全过程的质量监管。施工期间，所有关键设计参数，如塔基尺寸、材料规格、导线张力等，均被纳入三维模型，以确保现场作业严格遵循既定设计标准<sup>[2]</sup>。基于三维数字化技术，施工现场能够实时比对设计模型与实际施工状况，并借助高精度定位系统快速识别施工误差。出现塔基安装位置偏移或导线张力偏离规范时，系统便可立即发出警示，提醒施工人员及时调整。这一即时反馈机制，极大提高了施工精度，有效避免了因误差导致的返工与资源损耗，从而提升了整体施工效率。此外，三维数字化技术具备全程追溯功能，施工过程中的所有数据均被完整记录并存档，便于后续质量核查与验收。通过数据的长期积累，不仅增强了施工人员的质量责任意识，也为后期运维与管理提供了精准的数据支撑。借助这一技术手段，施工质量得到了有效保障，确保了项目能够按计划、高标准交付。

### 4 三维数字化设计在架空输电线路运维中的应用

三维数字化设计在架空输电线路运维中的应用价值极为突出，尤其在提升工作效率与保障电力系统稳定性方面，展现了明显的优势。借助精确的三维模型，运维人员得以直观地查看每段线路及塔基的具体位置、结构特征与运行状态。这种可视化方式有效弥补了传统巡检模式可能存在的信息盲区，使得维护作业得以更加精准与高效<sup>[3]</sup>。在日常运维过程中，三维数字化设计能够随时调取并分析

线路运行数据，帮助运维团队迅速识别异常状况。结合传感器反馈与实时监测信息，系统可提供线路温度、张力等关键参数。当数值出现异常波动时，预警机制将自动触发，提示运维人员立即采取应对措施，从而避免设备故障进一步恶化或引发停运风险。通过三维技术，运维人员可在设备检修与更换前，先行制定维修方案，并通过虚拟模型模拟各项操作的可行性，从而选择最优方案实施。此种方式不仅缩短了维修时间，降低了运维成本，同时也提高了作业的安全性与精确度。随着三维数字化技术的深入应用，架空输电线路的运维正逐步向智能化、自动化方向发展，进一步增强了电力系统的稳定性与可靠性。

### 5 结语

三维数字化设计技术的应用，使架空输电线路的设计与运维进入了全新的发展阶段。通过精准的三维建模与数据整合，不仅设计的精确度与施工效率得到了显著提高，同时施工过程中可能面临的风险也被有效减少，为电力系统的稳定运行奠定了坚实的基础。在运维管理方面，该技术的优势尤为突出，依托实时监测手段，不仅能够准确掌握线路的运行状态，还能提前识别潜在隐患。优化维护策略与提升响应速度，进而使得运维成本显著降低，安全风险也得到相应的减少。尽管三维数字化设计技术在架空输电线路领域已展现出广阔的应用前景，现阶段仍存在诸多技术瓶颈，诸如软件功能的进一步完善与数据处理能力的提升，仍是亟待解决的关键问题。未来的发展方向将需围绕这些关键环节展开深入研究，以实现更高水平的技术突破。随着技术的不断演进，三维数字化设计将在输电线路的管理与维护中发挥更大作用，提供高效且可靠的解决方案，助力电力行业的智能化升级。

#### [参考文献]

- [1]高皋,范燕波,姚斐. 架空输电线路的三维数字化设计技术分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(12): 294-295.
- [2]张博雄,院淑芳,刘力铖,等. 架空输电线路三维数字化设计关键技术分析[J]. 河北电力技术, 2019, 38(4): 7-10.
- [3]郑博. 基于数字化的架空输电线路设计三维模型构建[J]. 电工技术, 2023(15): 122-124.

作者简介: 谷晓民(1992.2—), 毕业院校: 华北电力大学, 所学专业: 机械工程及自动化(输电线路), 当前就职单位: 国网石家庄供电公司, 职务: 输电运检专责工, 职称级别: 工程师。