

电力工程线路设计中的关键技术与优化策略研究

陈捷

广东 湛江 524000

DOI:10.61369/WCEST.2025110006

摘 要：电力工程线路设计国内外均有进展，也面临挑战。其关键技术及优化策略涵盖多方面，现场勘察、可研编制等各环节都有相应技术与策略。新型复合材料、节能导线、BIM技术等应用及数字化移交标准研究对设计优化意义重大，虽目前有不足，但数字孪生与绿色建造理念有望带来新突破。

关键词：电力工程线路设计；关键技术；优化策略

Research on Key Technologies and Optimization Strategies in Power Engineering Line Design

Chen Jie

Zhanjiang, Guangdong 524000

Abstract：power engineering line design has made progress at home and abroad, but also faces challenges. Its key technologies and optimization strategies cover many aspects, and there are corresponding technologies and strategies in field investigation, feasibility study preparation and other links. The application of new composite materials, energy-saving wires, BIM Technology and the research of digital handover standards are of great significance for design optimization. Although there are shortcomings at present, the concept of digital twins and green construction is expected to bring new breakthroughs.

Keywords：power engineering line design; key technologies; optimization strategy

引言

随着电力行业发展，电力工程线路设计国内外均有显著进步。然而，该领域面临复杂地形选线、恶劣气象影响及环保要求等挑战。2023年颁布的《关于推进电力基础设施高质量发展的指导意见》强调提升电力工程技术水平与环保性能。在此背景下，线路设计需综合关键技术与优化策略，涵盖路径选择、杆塔选型、全流程优化等，运用三维激光扫描、GIS空间分析等技术，考虑负荷预测、环保评估等要素，以应对挑战，实现电力工程线路设计科学性、可靠性及可持续发展。

一、电力工程线路设计概述

（一）电力工程线路设计现状

随着电力行业的发展，电力工程线路设计在国内外都取得了显著进步。在国内，电网建设规模不断扩大，线路设计技术日益成熟。一方面，超高压、特高压输电线路设计技术已达国际先进水平，能够有效实现远距离、大容量输电，满足不同地区用电需求。另一方面，智能化设计手段逐渐普及，借助地理信息系统（GIS）、计算机辅助设计（CAD）等技术，提高了设计效率与精准度^[1]。在国外，发达国家电力工程线路设计起步较早，在绝缘技术、导线选型、电磁环境控制等方面积累了丰富的经验。一些国家注重采用新材料、新工艺，以提升线路的性能与可靠性。然

而，国内外在电力工程线路设计中仍面临诸如复杂地形地貌带来的选线难题、恶劣气象条件对线路安全运行的影响，以及日益严格的环保要求等挑战，这些都需要进一步探索关键技术与优化策略来加以应对。

（二）关键技术及优化策略体系架构

电力工程线路设计中的关键技术及优化策略体系架构涵盖多个重要方面。关键技术层面，涉及线路路径选择技术，需综合考虑地形地貌、气象条件、周边环境等因素，以确保线路安全与经济^[2]。同时，杆塔选型技术也至关重要，要依据线路荷载、电压等级等确定合适杆塔类型。在优化策略体系架构方面，构建起覆盖勘察、设计、实施全流程的框架模型。勘察阶段，加强对地质、水文等详细探测，为设计提供精准数据；设计阶段，运用先

进软件进行模拟分析，优化线路走向与杆塔布局；实施阶段，严格把控施工质量，确保设计方案有效落地，通过各流程紧密衔接与协同，提升电力工程线路设计整体水平。

二、前期勘察与可研编制关键技术

（一）现场勘察技术体系

在电力工程线路设计的现场勘察中，三维激光扫描技术凭借其高精度、高效率的特点，能够快速获取线路沿线地形地貌的海量点云数据，生成高精度的三维模型，直观呈现地形起伏、地物分布等情况，适用于复杂山区、峡谷等地形条件下的线路勘察，为线路路径规划提供准确基础数据^[3]。地质雷达技术则利用高频电磁波，对地下介质的电性差异进行探测，可清晰识别地下埋藏的障碍物、空洞、地质分层等情况，在查明线路沿线地下地质状况方面应用广泛，如在确定杆塔基础位置时，帮助避免地下不良地质对杆塔稳定性的影响，有效提升电力工程线路设计的科学性与合理性。

（二）可研编制关键技术要素

在电力工程线路设计的可研编制中，负荷预测是重要技术要素。需综合考虑区域经济发展、产业结构变化等因素，运用科学方法，如时间序列分析、回归分析等，精准预测未来电力需求，为线路设计提供基础数据支撑^[4]。路径比选方面，要结合地形地貌、地质条件以及周边环境等，通过实地勘察与地理信息系统（GIS）技术，对比不同路径方案的经济性、安全性与可行性，选出最优路径。环保评估同样关键，需依据相关环保法规，分析线路建设对生态环境的影响，如电磁辐射、植被破坏等，并制定相应环保措施，确保电力工程线路建设符合环保要求，实现可持续发展。

三、线路设计关键技术研究

（一）路径设计关键技术

1. 多目标优化决策技术

在电力工程线路设计的路径设计中，多目标优化决策技术至关重要。构建的综合评价指标体系涵盖经济性、安全性与环保性^[5]。经济性方面，需考量线路建设成本、运营维护成本等，通过合理规划路径以降低经济投入。安全性则关注线路抵御自然灾害、保障电力稳定传输的能力，比如根据地形地貌和气象条件选择适宜线路走向，规避易发生事故区域。环保性要求线路设计尽量减少对生态环境的破坏，如避开自然保护区、珍稀动植物栖息地等。多目标优化决策技术就是要在这些相互关联又可能相互制约的目标之间寻找平衡，运用科学算法和模型，对不同路径方案进行综合评估与决策，实现电力工程线路在经济、安全与环保多方面的最优设计。

2. GIS空间分析技术应用

在电力工程线路设计里，GIS空间分析技术应用对路径自动选线意义重大。该技术凭借强大的空间数据处理与分析能力，为线路设计提供有力支持。通过对地形、地物、气象等多源空间数据

的整合与分析，能精确评估不同路径方案的可行性^[6]。比如，利用数字高程模型分析地形起伏，规避高山、深谷等复杂地形，降低施工难度与成本。同时，借助缓冲区分析确定线路与周边设施的安全距离，保障电力线路运行安全。还能运用网络分析功能，在众多路径方案中寻找最优路径，实现线路最短、经济成本最低等目标。GIS空间分析技术的应用，有效提升了电力工程线路路径设计的科学性与合理性。

（二）结构设计关键技术

1. 杆塔结构优化设计

在电力工程线路设计中，杆塔结构优化设计至关重要。探讨不同材料与结构形式下的杆塔力学性能优化方法意义重大。不同的材料特性会显著影响杆塔力学性能，如钢材强度高但重量大，而新型复合材料可能兼具轻质与高强度特性，需综合考量成本、耐久性等因素进行选择^[7]。结构形式方面，格构式、单杆式等不同结构在力学性能上各有特点。对于格构式杆塔，通过合理布置杆件，优化节点连接方式，可有效提高整体稳定性与承载能力；单杆式杆塔则要注重截面形状与尺寸优化，以更好地抵抗风荷载与导线张力。通过对材料与结构形式的深入研究与优化，能提升杆塔力学性能，降低工程成本，保障电力线路安全稳定运行。

2. 导线选型与电磁环境控制

在电力工程线路设计的结构设计关键技术中，导线选型与电磁环境控制至关重要。新型导线材料特性的分析是导线选型的基础。不同材料具有各异的电气、机械性能等，需综合考量以满足工程需求。例如，一些新型导线材料可能具备更好的导电率或抗腐蚀性能，有助于提升线路传输效率与使用寿命。同时，电磁干扰抑制技术是控制电磁环境的关键^[8]。通过合理选择导线类型、优化线路布置以及采用屏蔽等技术手段，能够有效降低线路运行时产生的电磁干扰，减少对周边环境和电子设备的影响，确保电力系统安全稳定运行的同时，保障周围电磁环境质量，实现电力工程与周边环境的和谐共存。

四、全生命周期优化策略

（一）路径优化策略

1. 智能寻优算法应用

在电力工程线路设计的路径优化中，遗传算法与粒子群算法发挥着重要作用。遗传算法通过模拟生物遗传进化过程，对线路路径进行寻优。其参数设置规则至关重要，如种群规模需根据问题复杂程度确定，规模过小可能导致算法早熟，无法找到全局最优解；规模过大则会增加计算量与时间成本^[9]。交叉概率和变异概率影响算法的搜索能力与收敛速度，合适的取值能平衡全局搜索与局部搜索。粒子群算法模拟鸟群觅食行为，粒子的速度和位置更新公式中的参数，如惯性权重、学习因子等，决定算法的寻优性能。惯性权重较大利于全局搜索，较小则利于局部开发。恰当设置这些参数，能使两种智能寻优算法在电力工程线路路径优化中高效运行，实现路径的优化设计，降低工程成本，提高电力传输效率。

2. 环境敏感区避让策略

在电力工程线路设计中，环境敏感区避让策略至关重要。环境敏感区涵盖自然保护区、水源地、生态脆弱区等^[10]。设计时，应运用高精度地理信息系统（GIS）技术，全面精准识别环境敏感区的边界与范围。对无法完全避让的情况，需与相关环保部门充分沟通，进行详细的环境影响评估。通过优化线路走向、采用高塔跨越等技术手段，减少对敏感区的影响。同时，优先选用环保型材料与施工工艺，降低施工与运营期间对周边生态环境的破坏，如采用降噪设备减少施工噪声、选用低污染杆塔材料等。在保障电力工程功能的前提下，最大限度地保护生态环境，实现电力工程与生态环境的和谐共存。

（二）材料优化策略

1. 新型复合材料应用

在电力工程线路设计的全生命周期优化策略之材料优化策略中，新型复合材料的应用至关重要。评估碳纤维复合材料在杆塔结构中的应用可行性，主要从多方面考量。碳纤维复合材料具备高强度、低密度的特性，能有效减轻杆塔自重，降低运输与安装难度，减少人力物力资源投入，从而降低建设阶段成本。同时，其优异的耐腐蚀性可延长杆塔使用寿命，减少运行维护阶段的维修与更换次数，节省维护费用。从全生命周期视角看，虽然碳纤维复合材料初始采购成本可能较高，但综合建设、运行、维护等阶段，能显著提升经济效益与性能表现，对电力工程线路长期稳定运行具有重要意义。

2. 节能导线经济性分析

在电力工程线路设计中，对节能导线进行经济性分析，要综合考量全生命周期内的各项成本与效益。一方面，计算初始采购成本，不同材质、规格的节能导线价格差异较大，需结合工程需求精准选择。同时，考虑运输与安装成本，其受导线重量、长度及施工条件影响。运行阶段，关注电能损耗成本，节能导线虽前期投入可能较高，但良好导电性能可降低长期电能损耗。维护成本也不容忽视，如导线的检修、更换频率及费用。另一方面，分析节能导线带来的效益，像降低能耗对环境的积极影响，长期看可减少因环保问题产生的潜在成本，还能因提高输电效率带来经济效益。通过全面的经济性分析，在保证电力工程质量与性能的基础上，实现成本效益的最优平衡，为节能导线在电力工程线路设计中的合理应用提供科学依据。

（三）智能化设计策略

1. BIM 技术集成应用

在电力工程线路设计中，BIM 技术集成应用于全生命周期优化的智能化设计意义重大。于设计交底环节，借助 BIM 技术构建精确三维模型，能直观呈现线路走向、杆塔位置、交叉跨越等复杂信息，设计人员可向施工人员全方位展示设计意图，双方实时沟通，快速解决潜在问题，有效避免施工过程中的设计变更。在施工模拟方面，利用 BIM 技术对施工过程进行动态模拟，依据模拟结果优化施工方案，提前预演施工难点，提前制定应对措施，提高施工效率，保障施工安全。通过设计交底与施工模拟中的 BIM 技术集成应用，实现电力工程线路设计全生命周期的智能化与精细化，提升整体工程质量与效益。

2. 数字化移交标准研究

在电力工程线路设计的数字化移交标准研究中，制定涵盖设计参数与检测数据的数字化移交规范至关重要。设计参数方面，需明确线路路径走向、杆塔选型、导线及绝缘子等规格参数的详细记录要求，这些参数是线路后续运行、维护及升级改造的重要依据。检测数据则包括施工过程中的质量检测数据，如杆塔基础强度检测、导线连接点电阻检测等，以及运行阶段的实时监测数据，像气象条件、线路荷载等。通过统一规范这些数据的格式、存储方式及移交流程，可确保不同阶段的数据有效衔接与共享，实现电力工程线路全生命周期内各参与方对数据的高效利用，为线路的持续稳定运行和优化管理奠定坚实基础。

五、总结

电力工程线路设计中，关键技术的创新与优化策略的应用，极大提升了线路设计的科学性与可靠性。如新型勘测技术的运用，提高了数据采集的精准度；优化的杆塔设计与导线选型策略，有效降低了线路损耗与建设成本。然而，本研究仍存在一些不足。在智能勘测技术融合方面，尚未实现全面深度的整合，影响了勘测效率与数据挖掘能力。在全寿命周期成本控制上，缺乏更为系统、精细的成本核算体系。展望未来，数字孪生技术有望构建逼真的线路虚拟模型，助力设计优化与运维管理；绿色建造理念将推动线路设计采用更环保的材料与工艺，实现可持续发展，为电力工程线路设计带来新的突破。

参考文献

- [1] 杜梦洁. 高中政治课作业设计优化策略研究 [D]. 河南师范大学, 2021.
- [2] 张德亮. 居住建筑设计的优化策略与价值工程的评价方法 [D]. 重庆大学, 2021.
- [3] 邱绍雪. “双减”背景下小学英语作业设计的优化策略研究 [D]. 吉首大学, 2023.
- [4] 董海燕. 小学数学作业设计优化策略研究 ——以 X 小学为例 [D]. 扬州大学, 2023.
- [5] 李劭雄. 性能导向 —— 气候响应建筑优化设计的能量策略模式与决策流程图谱研究 [D]. 东南大学, 2022.
- [6] 陈继文. 电力工程建设中输电线路技术的优化策略与思考 [J]. 电力设备管理, 2024(2): 188-190.
- [7] 张一宁. 通信传输线路的质量控制及优化策略研究 [J]. 中国设备工程, 2022(1): 145-146.
- [8] 王昊. 电力工程中 110kV 输电线路设计与优化路径研究 [J]. 中国高新科技, 2025(2): 65-67.
- [9] 王宾, 沈彤伟, 刘晨生. 通信传输线路的质量控制及优化策略研究 [J]. 中国宽带, 2022, 18(8): 67-69.
- [10] 张宁波. 居民建筑节能设计中的问题与优化策略研究 [J]. 环境科学与管理, 2021, 46(8): 32-37.