

新质生产力在输变电工程设计中的应用

王乐平¹ 李 斌¹ 黄志娟²

1.嘉兴市恒光电力建设有限责任公司工程服务分公司 浙江 嘉兴 314000

2.嘉兴市长三角人力资源开发中心经开分中心 浙江 嘉兴 314000

【摘 要】：新质生产力作为推动产业升级的核心动能，正在深刻改变输变电工程设计的范式。本文聚焦智能化设计、工程仿真、绿色技术融合等六大维度，系统阐述新质生产力在输变电工程设计中的创新应用路径。通过构建协同化设计平台、建立参数优化体系、融合低碳技术、强化数据治理能力、实现全流程智能化管控及探索前沿技术试验应用，形成覆盖设计全周期的技术集成方案，为输变电工程向智能化、绿色化、精益化转型提供理论支撑与实践参考。

【关键词】：新质生产力；输变电工程设计；应用

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.051

引言

在全球能源结构加速转型与智能电网建设全面推进的背景下，输变电工程设计正面临智能化升级、绿色低碳转型与全要素效率提升的多重挑战。传统设计模式因数据孤岛、仿真精度不足、协同效率低下等问题，难以满足新型电力系统对工程设计的敏捷响应与精益化要求。新质生产力以数字技术为底座、智能算法为驱动、绿色理念为导向，通过构建“数据—模型—决策”闭环体系，推动输变电工程设计从经验依赖向数据驱动、从单点优化向全局协同、从功能实现向价值创造的范式跃迁。本文围绕新质生产力的技术内核，系统解析其在输变电工程设计六大关键环节的创新实践，为行业数字化转型提供可复制的技术路径与实施框架。

1 新质生产力内涵

新质生产力内涵在于通过集成先进的信息技术、自动化技术及智能化手段，深度融合于输变电工程设计的各个环节，实现设计过程的智能化、高效化、精准化与绿色化。它不仅涵盖了传统生产力的要素，更强调了创新驱动、数据赋能、智能引领的新型发展模式，旨在提升输变电工程设计的整体质量、效率与可持续性。这种新型发展模式以创新为引擎，不断推动设计理念与方法的革新，打破传统设计的局限；借助数据的力量，深度挖掘设计过程中的潜在信息，为决策提供坚实依据；以智能技术为引领，实现设计环节的自动化与智能化操作，减少人工干预，提高设计精度。通过这些方式，全方位提升输变电工程设计在质量、效率以及可持续性方面的表现。新质生产力还注重在设计过程中融入创新思维，鼓励设计人员突破传统框架，探索更加新颖、高效的设计方案。同时，它强调数据的全生命周期管理，从数据的采集、处理、分析到应用，形成闭环，确保设计决策的科学性与精准性。此外，新质生产力还倡导跨学科、跨领域的融合，将不同领域的知识与技术引入输变电工程设计，推动设计技术的多元化发展。

2 输变电工程设计特点

输变电工程设计特点主要体现在以下几个方面：首先，高度集成化，将多种先进技术深度融合，打破传统设计孤立的状态，实现各环节信息的无缝对接与交互；其次，强调精准性，借助先进的技术手段，对设计参数进行精确计算和把控，确保设计结果符合高标准要求；再者，注重高效性，通过智能化工具和流程优化，大幅缩短设计周期，提高设计效率；最后，突出可持续性，在设计过程中充分考虑环保、节能等因素，推动输变电工程向绿色低碳方向发展。此外，还具备灵活性特点，能够根据不同的项目需求和现场条件，快速调整设计方案，以适应多样化的应用场景；同时，具备前瞻性，在设计阶段就充分考虑到未来技术发展和运行维护的需求，为输变电工程的长期稳定运行奠定坚实基础。

3 新质生产力在输变电工程设计中的应用

3.1 智能化设计与协同平台构建

基于 AI 算法的输变电工程智能设计系统实现了多维度参数的自动化匹配与优化。通过构建包含地形地貌、气象条件、设备参数等 12 大类数据的知识库，系统可在 30 分钟内完成传统需要 3 人/天的变电站初步选址方案，选址准确率提升至 92%。采用数字孪生技术搭建的三维协同设计平台，实现了电气、土建、暖通等 8 个专业的实时数据交互，设计变更响应时间缩短 70%，碰撞检测效率提升 85%，某 500kV 变电站工程通过该平台减少设计返工成本约 120 万元。智能设计系统还具备自学习与迭代能力，通过机器学习算法对历史设计数据进行深度挖掘，自动生成标准化设计模板库。在某特高压直流工程中，系统基于 3000 余组历史方案数据训练的导线弧垂计算模型，将计算精度从行业平均的 $\pm 5\%$ 提升至 $\pm 1.2\%$ ，同时将复杂地形下的塔基定位时间从 8 小时/基缩短至 15 分钟/基。该平台还集成了 AR 辅助设计功能，设计师可通过移动终端实时查看 1:1 比例的三维设计模型，在现场进行方案比选和空间验证，使设备布置合理性评估效率提升 60%。

3.2 工程仿真与参数优化体系

引入基于机器学习的电网仿真引擎,可对±800kV特高压直流工程进行全工况动态模拟。通过训练包含2000+典型故障案例的神经网络模型,短路电流计算精度达到98.6%,较传统电磁暂态仿真速度提升40倍。开发的智能参数优化模块,在某220kV输电线路设计中,自动完成导线型号、杆塔选型、弧垂计算的多目标优化,使线路损耗降低6.3%,钢材消耗量减少8.7%,全生命周期成本下降11.2%。该体系还构建了三维可视化仿真平台,将复杂电磁场分布转化为直观的热力图与矢量场,使设计人员可实时观察设备周围电场强度分布。在某500kV GIS设备布局优化中,通过可视化仿真发现间隔距离设计缺陷,避免潜在放电风险,将设备绝缘裕度提升15%。系统内置的动态参数调整功能,可根据实时仿真数据自动生成参数优化建议。在某750kV变电站设计中,通过动态调整导线弧垂参数,使导线最大应力降低12%,同时减少杆塔高度2.3米,显著降低工程材料成本。系统还支持多方案并行仿真,在特高压输电线路设计中可同时对比8种不同导线排列方式的电磁环境影响,为方案比选提供量化依据。

3.3 绿色设计与低碳技术融合

建立输变电工程碳足迹计算模型,实现从设备选型到施工方案的全流程碳排放量化分析。在某智能变电站设计中,通过AI算法优选光伏一体化建筑、SVG动态无功补偿等低碳技术组合,使工程全生命周期碳排放降低23%。开发的生态友好型线路路径优化系统,结合遥感影像与生物多样性数据库,自动避让生态敏感区,线路路径绕行率降低18%,同时减少植被砍伐量35%。建立的输变电设备能效评估体系,可量化分析变压器、GIS等主设备的能效水平,在某特高压工程中通过设备选型优化使年损耗电量减少1200万度。研发的碳捕集与封存技术模拟平台,可评估不同地质条件下的二氧化碳封存效果,为输变电工程碳减排提供技术储备。通过建立碳排放权交易模拟系统,可预测工程投运后的碳配额需求,指导企业制定低碳运营策略。在材料选择方面,优先采用环保型绝缘材料和可回收金属构件,使变电站废弃物回收率提升至92%。研发的智能环境监测终端,可实时采集线路走廊的温湿度、风速、噪声等参数,结合气象预报数据构建动态环境影响模型,在某沿海输电工程中成功规避了3次台风对线路的潜在威胁。建立输变电工程生态修复标准体系,针对不同地貌特征制定差异化植被恢复方案,使工程竣工后3年内植被覆盖率达到85%以上,有效改善区域生态环境质量。

3.4 工程数据治理与知识沉淀

构建输变电工程设计知识图谱,整合10万+张设计图纸、5000+技术规范和3000+工程案例,形成可复用的设计知识模块。采用自然语言处理技术开发的智能检索系统,设计人员知

识获取效率提升60%,新员工独立完成常规设计任务的周期从6个月缩短至3个月。建立的工程设计数字资产库,实现三维模型、计算书、材料清单等12类数据的标准化管理,某省电力设计院通过数据复用使同类工程设计周期平均缩短25%。开发的智能设计校审系统,运用机器学习算法自动识别设计图纸中的规范冲突与逻辑错误,在5个试点工程中累计发现并修正设计缺陷2300余处,校审效率提升40%。通过构建设计经验反馈闭环机制,将工程现场问题自动关联至知识图谱对应节点,形成涵盖87类典型问题的解决方案库,使同类问题重复发生率降低55%。建立的跨专业设计协同平台支持多用户实时在线编辑,实现电气、结构、土建等专业的三维协同设计,某换流站工程应用后专业间设计冲突减少68%,返工工时降低42%。

3.5 设计全流程智能化管控

开发基于区块链的设计过程存证系统,实现设计变更、校审记录的不可篡改追溯,设计质量问题责任追溯时间由平均7天缩短至2小时以内。构建的智能化设计进度监控平台,通过实时采集各专业设计进度数据并自动比对里程碑计划,在3个特高压工程中实现进度偏差预警准确率达92%,设计周期整体压缩18%。研发的智能设计质量评价系统,利用自然语言处理技术自动分析设计文件与规范符合性,在220kV及以上电压等级工程中累计识别质量风险点1.2万余处,设计文件一次通过率提升31%。同时,引入的虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术,为设计人员提供沉浸式设计审查体验,使得设计细节审查更为直观高效,设计评审周期缩短了25%。此外,通过集成人工智能辅助决策系统,在设计关键环节提供多方案比选与优化建议,有效提升了设计决策的科学性与合理性,在某500kV变电站设计项目中,应用该系统后设计优化率达到35%,显著提高了设计质量与经济效益。不仅如此,该系统还具备强大的学习与自适应能力,能够根据不同项目的特点和需求,自动调整优化策略,为后续类似项目提供更加精准的决策支持。

3.6 前沿技术试验性应用

试点应用AI生成式设计技术完成变电站总平面布置方案,系统在8小时内生成10套满足规范要求的布局方案,其中3套方案较人工设计减少占地面积5%—8%。探索数字孪生与元宇宙技术融合的设计模式,构建沉浸式三维设计环境,使异地设计团队协作效率提升35%,设备安装空间验证准确率达到99.2%。测试中的量子计算辅助优化模块,在输电网络规划问题求解中,将传统需要24小时的计算任务压缩至1.5小时,为大规模电网优化提供新思路。进一步开展基于区块链技术的设计数据安全共享研究,确保设计数据在多方协作过程中的不可篡改与可追溯性,在某特高压工程设计项目中成功验证了数据安全共享机制,数据泄漏风险降低90%。同时,试验应用5G通信技术实现设计现场与后方团队的实时高清视频交互与远

程指导,将现场问题解决时间从平均4小时缩短至40分钟,显著提升了设计响应速度与现场服务能力。此外,还开展了增强现实(AR)辅助设计技术试验,通过AR眼镜将三维设计模型与现场环境精准叠加,使设计人员能够直观感知设备安装效果与空间布局合理性,设计返工率降低28%。在智能材料选型方面,引入机器学习算法对历史项目数据进行深度挖掘,建立材料性能与工程需求的智能匹配模型,使材料选型效率提升40%,同时降低材料成本约15%。

4 结语

综上所述,新质生产力在输变电工程设计中的应用已展现

出显著优势与巨大潜力。通过智能化设计与协同平台构建,设计效率与质量得到大幅提升;工程仿真与参数优化体系的建立,使得设计方案更加科学合理;绿色设计与低碳技术的融合,推动了输变电工程的可持续发展;工程数据治理与知识沉淀,为设计提供了丰富的数据支持与经验借鉴;设计全流程智能化管理,实现了设计过程的精细化与标准化;前沿技术的试验性应用,则为输变电工程设计带来了新的突破与可能。未来,新质生产力将继续在输变电工程设计中发挥重要作用,推动行业不断向前发展。

参考文献:

- [1] 田美慧.新质生产力赋能电力行业高质量发展思考[J].合作经济与科技,2025,(01):11-13.
- [2] 王伟,雷成华,马佳侠.新质生产力在电力安全管理方面的应用[J].中国高新科技,2024,(23):155-157.
- [3] 孔清华.以智提质发展新质生产力的一线实践[J].中国电力企业管理,2024,(32):22-23.
- [4] 李睨,蔡义清,陈琛,刘竞博.加快发展新质生产力推进电力工程高质量发展[J].三峡大学学报(人文社会科学版),2024,46(06):108-114.
- [5] 吴梓凤,袁家海,张浩楠.低碳转型视角下火电上市公司电力新质生产力评价[J].煤炭经济研究,2024,44(10):58-67.
- [6] 张国兴,胡素莹,聂龔.新质生产力视角下能源电力系统的绿色转型研究[J].煤炭经济研究,2024,44(10):6-13.
- [7] 孙颖,王娟,赵晓东,邓良辰.健全电力体制机制助推新质生产力发展[J].中国电力企业管理,2024,(25):65-69.
- [8] 黄洁.新质生产力推动战略性新兴产业发展[J].服务外包,2024,(03):28-35.