

电力工程技术突破方向：从施工到竣工的全过程管理

陈崇桂

广东 汕头 515000

DOI:10.61369/EPTSM.2025100002

摘 要： 本文围绕电力工程全生命周期管理展开，施工阶段有关键技术突破，竣工阶段注重质量管控，设计阶段构建风险识别系统。同时还涉及施工阶段动态风险评估、数字孪生模型构建等多方面，通过实证案例验证应用效果，指出智能化技术革新管理模式，应探索数字孪生与区块链融合路径。

关 键 词： 电力工程；全生命周期管理；智能化技术

Breakthrough Direction of Power Engineering Technology: Full Process Management from Construction to Completion

Chen Chonggui

Shantou, Guangdong 515000

Abstract： This article focuses on the full lifecycle management of power engineering, with key technological breakthroughs in the construction phase, emphasis on quality control in the completion phase, and the construction of a risk identification system in the design phase. At the same time, it also involves dynamic risk assessment during the construction phase, construction of digital twin models, and other aspects. Through empirical cases to verify the application effect, it is pointed out that intelligent technology should innovate the management mode and explore the integration path of digital twin and blockchain.

Keywords： power engineering; full lifecycle management; intelligent technology

引言

2021年国家发展改革委等部门颁布的《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》，旨在推动电力工程技术革新与高效管理。在这一政策导向下，电力工程从施工到竣工各阶段面临技术突破与管理优化需求。施工阶段关键技术创新、动态风险评估等不断推进；竣工阶段质量管控体系持续优化；设计阶段构建风险识别系统。同时，通过构建数字孪生模型、开发智能调度算法等实现全过程智能管理，借助多源异构数据融合等完善管理体系，实证案例也验证了全过程管理的成效，为电力行业高质量发展提供支撑。

一、电力工程技术体系优化路径

（一）施工阶段关键技术突破

在施工阶段，关键技术突破主要体现在多个方面。输电线路架设工艺创新方面，通过改进杆塔组立技术，采用先进的机械化组塔设备，提高组塔效率与安全性，精准控制杆塔的垂直度等参数，减少人工误差。例如新型抱杆技术的应用，可提升起吊能力与稳定性。在变电站模块化施工技术上，推进预制舱式变电站建设，实现电气设备在工厂内预装调试，现场快速组装，极大缩短建设周期，降低现场施工风险，像采用标准化预制舱体，尺寸精度控制在极小范围内。对于电力隧道智能化施工装备，运用智能盾构机，搭载先进的地质探测系统、自动导向系统等，实时监测掘进参数，实现高效、安全、精准的隧道挖掘，其掘进速度与方向偏差可精确调控^[1]。同时，依据这些应用实践，持续优化相关

技术标准，确保新技术的规范化应用。

（二）竣工阶段质量管控体系

在电力工程竣工阶段，质量管控体系的优化至关重要。构建基于BIM的工程验收数字化标准，借助BIM技术的可视化、模拟性等特点，为工程验收提供精确且直观的数字化参照。通过创建涵盖电力工程各细节的三维模型，将设计要求、施工标准等融入其中，实现验收过程的精准比对与评估，减少人为误差，提升验收效率与准确性。同时，深入分析电力设备调试数据智能采集与智能诊断技术的应用场景。利用智能采集技术实时、高效收集设备调试中的各类参数数据，运用智能诊断技术对这些数据进行深度分析，及时精准发现潜在质量问题，提前预警并制定解决方案，确保电力工程竣工质量达标，为电力系统稳定运行奠定坚实基础^[2]。

二、全过程风险管理机制

（一）设计阶段风险识别系统

在电力工程设计阶段，构建风险识别系统至关重要。通过建立地质勘查数据智能分析平台，利用先进的数据分析技术，深度挖掘地质数据潜在信息，准确识别因地质条件可能给工程带来的风险，如地下溶洞、断层等对电力设施稳定性的影响^[3]。同时，搭建电网络径选择的多目标优化模型，综合考虑地形地貌、生态环境、成本造价等多方面因素，评估不同路径规划下的风险水平，例如线路穿越自然保护区可能引发的生态风险，以及复杂地形导致的施工难度增加与成本上升风险等。以此全面、精准地识别设计阶段各类风险，为后续风险应对提供有力依据，确保电力工程设计方案既科学合理又具备风险可控性。

（二）施工阶段动态风险评估

施工阶段动态风险评估主要围绕研究基于物联网的安全监测系统集成方案，开发施工进度 - 质量 - 成本的关联风险预警指标展开。通过物联网技术，实时收集电力工程施工过程中的各类数据，如施工现场的环境参数、设备运行状态、人员操作行为等，实现对安全状况的全面监测。在此基础上，将施工进度、质量与成本数据进行整合分析，构建关联风险预警指标体系。例如，通过分析不同施工进度下资源投入与质量偏差的关系，成本超支与进度延误的联系等，及时发现潜在风险。借助这些指标，当风险接近或超出设定阈值时，系统能迅速发出预警，提醒管理人员及时采取措施，确保电力工程在施工阶段顺利推进，有效降低风险发生概率，提升工程整体效益^[4]。

三、智能化管理技术应用

（一）施工管理智能化系统

1. 数字孪生技术应用

在电力工程从施工到竣工的全过程管理中，构建涵盖土建施工、电气安装全过程的数字孪生模型意义重大。借助该模型，能够对施工现场的各种要素进行精准映射，包括设备位置、人员分布等。通过收集并整合施工过程中的各类数据，如施工进度数据、设备运行参数等，可实现施工进度的实时推演^[5]。基于此，管理人员能直观地了解施工实际进展与计划的差异，提前预测潜在问题，像施工工序冲突、工期延误风险等。进而及时调整施工策略，优化资源配置，确保电力工程顺利推进，从施工到竣工的各个环节都能高效管理，提升整体工程质量与效率。

2. 智能调度算法开发

在电力工程施工管理智能化系统中，智能调度算法开发至关重要。通过设计基于深度学习的设备资源动态调配系统，实现对大型机械协同作业效率的优化。深度学习算法能够对工程施工中的各类数据进行深度分析，包括不同阶段设备需求、施工进度、场地条件等^[6]。借助这些数据，算法可以精确计算并规划设备资源的最佳调配方案，使得大型机械在作业过程中能够实现高效协同。例如，根据不同施工区域的任务优先级和时间节点，合理安

排起重机、挖掘机等设备的投入与运行，避免设备闲置或过度集中，有效提升整体施工效率，确保电力工程从施工到竣工的各个环节顺利推进。

（二）质量监测技术创新

1. 隐蔽工程智能检测

在电力工程隐蔽工程中，电缆敷设质量至关重要。应用探地雷达与 AI 图像识别技术可实现对电缆敷设质量的无损检测。探地雷达通过发射高频电磁波，根据反射波特性和来探测地下电缆的分布、埋深等情况，能精准定位电缆走向及是否存在扭曲、破损等潜在问题。然而，探地雷达获取的原始数据较为复杂，需借助 AI 图像识别技术进行分析。AI 图像识别技术基于大量已标注的电缆图像数据进行深度学习，可快速、准确地从探地雷达数据中提取关键信息，自动识别电缆敷设中的异常状况，提高检测效率与准确性，为电力工程电缆敷设质量提供可靠保障^[7]。

2. 材料性能云监控

在电力工程中，材料性能云监控是质量监测技术创新的关键一环。通过建立建筑材料性能区块链存证系统，利用云监控技术实现质量数据全周期可追溯^[8]。借助传感器等设备，实时采集材料的各项性能参数，如电气性能、机械强度等，并将这些数据上传至云端。区块链技术的应用保证了数据的不可篡改与真实性，使得从材料采购、施工使用到工程竣工的整个周期内，所有相关人员都能便捷地获取材料性能信息。一旦出现质量问题，可以快速定位问题材料的来源、批次及使用环节，为质量分析与改进提供有力依据，有效提升电力工程整体质量，确保电力工程安全可靠运行。

四、全生命周期管理体系构建

（一）智慧工地系统集成

1. 施工数据中台架构

施工数据中台架构在电力工程全生命周期管理体系及智慧工地系统集成中至关重要。此架构需融合 5G 与边缘计算技术，实现施工大数据的高效处理。借助 5G 的高速传输能力，可实时收集施工现场各类数据，如设备运行参数、人员位置信息等；边缘计算则将部分数据处理任务前置，减少数据传输延迟，快速分析并反馈关键信息，提升现场决策效率。通过构建统一的数据中台，对多源异构数据进行清洗、整合与标准化，为电力工程施工各阶段提供准确、全面的数据支持，使施工管理更加智能、高效，实现从施工到竣工全过程的精细化管控^[9]。

2. 多源异构数据融合

在电力工程全生命周期管理体系构建的智慧工地系统集成中，多源异构数据融合至关重要。研究 BIM 模型与物联网监测数据的时空关联匹配算法，可有效解决数据融合难题。BIM 模型能提供电力工程的三维空间信息及构件属性，而物联网监测数据则实时反映工程运行状态。借助时空关联匹配算法，以时间和空间为纽带，将两者有机结合^[10]。一方面，依据空间位置，准确对应 BIM 模型构件与物联网监测设备所采集的数据；另一方面，按

照时间顺序，整合不同时段数据，确保数据在时空维度的一致性与连贯性，从而实现多源异构数据的高效融合，为电力工程从施工到竣工的全过程管理提供全面、准确的数据支持，助力管理者做出科学决策。

（二）运维阶段技术衔接

1. 资产移交数字化标准

在电力工程全生命周期管理体系构建的运维阶段技术衔接中，资产移交数字化标准至关重要。需制定一套全面且精细的涵盖设备参数、施工记录的数字资产移交规范体系。设备参数方面，要明确各电力设备诸如额定电压、电流、功率等关键参数的记录标准，确保参数准确、完整且符合行业规范，为运维人员后续设备检修、维护及故障排查提供精确数据支撑。施工记录上，详细记录施工过程中的各环节，包括施工时间、地点、人员、施工工艺、质量检验结果等，构建起完整的施工信息链。通过统一规范数字资产移交标准，让运维人员能迅速获取关键信息，实现施工到运维的无缝技术衔接，提高电力工程整体运行效率与可靠性。

2. 工程知识库构建

在电力工程全生命周期管理体系的运维阶段技术衔接中，工程知识库构建意义重大。建立基于 NLP 的工程经验智能检索系统，能实现技术有效传承。一方面，收集整理施工到竣工全过程的各类技术文档、案例分析、操作规范等资料，将其数字化录入知识库，为后续运维提供全面参考。另一方面，运用 NLP 技术对这些知识进行深度挖掘与分析，赋予系统智能检索功能。当运维人员面临技术难题时，可通过自然语言提问，系统迅速精准匹配相关经验知识，帮助运维人员快速掌握类似工程的解决方法，使施工阶段积累的技术经验在运维阶段得以无缝衔接，保障电力工程长期稳定运行。

（三）管理效能评估体系

1. 能效评价指标体系

能效评价指标体系旨在全面衡量电力工程在各阶段的能源利用效率。技术创新度方面，关注新技术应用对能源转换与利用的

提升效果，如新型节能设备采用后，单位电量产出所消耗的一次能源量变化。成本节约率着重考量工程通过技术优化在能源成本上的节省，比如优化线路布局减少电能传输损耗，核算由此降低的电费支出占比。风险降低率则聚焦技术手段对能源供应风险的化解，像引入智能电网调控技术，评估其降低停电风险概率，以及在极端工况下保障能源稳定供应的成效。通过这一综合评价模型，从多个维度精准评估电力工程能效，为技术突破与全过程管理提供有力支撑，助力电力工程实现高效、节能、可靠运行。

2. 实证案例分析

选取特高压工程项目作为实证案例，验证全过程管理的应用效果。对该项目从施工准备阶段到竣工交付阶段，深入剖析全生命周期管理体系的具体实践，如在施工规划环节对资源配置的优化，施工过程中质量与安全管理的举措。同时，依据管理效能评估体系，从成本控制、进度把控、质量达标等多维度量化评估管理效能。例如，通过对比项目预算与实际成本，分析成本控制成效；对比计划进度与实际进度，考量进度管理水平；以质量验收指标衡量质量管理效果。通过对该特高压项目的实证分析，直观呈现从施工到竣工全过程管理在电力工程中的实际应用价值与成效，为后续电力工程技术突破提供实践支撑。

五、总结

智能化技术为电力工程管理模式带来了革新，它打破了传统管理方式的局限，以高效、精准的数据处理与分析能力，提升了从施工到竣工全过程的管理效率与质量。而数字孪生与区块链技术的深度融合，更是为新型电力工程管理模式勾勒出极具潜力的蓝图。数字孪生可构建电力工程的虚拟模型，实现对工程全生命周期的实时监测与模拟优化；区块链则凭借其不可篡改、可追溯的特性，保障工程数据的真实性与安全性，为各参与方提供可靠的信任基础。未来，应积极探索二者融合路径，充分发挥技术协同效应，推动电力工程技术在全过程管理上实现新突破，为电力行业高质量发展注入新动力。

参考文献

- [1] 廖勇. 电力工程造价全过程精益化管理研究及应用 [D]. 广东工业大学, 2023.
- [2] 吕泓燃. 克南电力工程项目施工过程成本管理研究 [D]. 沈阳建筑大学, 2023.
- [3] 倪盛繁. 电力工程施工过程中的造价管理与控制研究 [D]. 天津工业大学, 2021.
- [4] 周佳颖. 可柔性配置的电力工程施工监管系统的设计与实现 [D]. 华中科技大学, 2022.
- [5] 刘一潼. 从精英立场到工农兵方向:《文艺月报》与《谷雨》转型研究 [D]. 河北大学, 2023.
- [6] 崔凌海. 电力工程技术问题及施工安全管理要点探析 [J]. 数码设计 (上), 2021, 10(5): 93-94.
- [7] 王利民. 电力工程技术问题及施工安全研究 [J]. 中国科技投资, 2021(24): 143, 151.
- [8] 徐婉月. 电力工程技术管理的难点和对策 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11(19): 191-193.
- [9] 李佳奇. 配电网电力工程技术及其施工安全研究 [J]. 电力设备管理, 2023(22): 190-192.
- [10] 吴晓凤. 论竣工图在电力工程管理中的重要性 [J]. 云南电业, 2022(9): 51-54.