

电力施工工程全生命周期风险管理： 基于技术管理协同的视角

叶祥君

湖州长广配售电有限公司，浙江 湖州 313000

DOI:10.61369/WCEST.2026040017

摘 要： 本文重点关注电力施工工程整个生命周期的风险管理，从技术管理协同的角度开展研究，分析工程方案、风险特性以及多方面的成因，研究全生命周期的风险识别、评估、应对和监控策略，搭建技术与管理深度融合的协同机制，为工程风险治理提供理论框架和实践途径。

关 键 词： 电力施工工程；全生命周期风险管理；技术管理协同

Life Cycle Risk Management of Power Construction Projects: From the Perspective of Technological Management Collaboration

Ye Xiangjun

Huzhou Changguang Distribution and Sale Electric Power Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang 313000

Abstract： This paper focuses on the risk management of the whole life cycle of electric power construction project. From the perspective of technology management coordination, this paper analyzes the engineering scheme, risk characteristics and various causes, studies the risk identification, assessment, response and monitoring strategies of the whole life cycle, and builds a coordination mechanism of deep integration of technology and management, which provides a theoretical framework and practical way for engineering risk management..

Keywords： power construction project; life cycle risk management; technological management collaboration

引言

电力工程建设作为能源基础设施建造的主要部分，其整个生命周期各个阶段存在技术不稳定性与管理缺陷的耦合隐患，直接对工程的安全、效益以及长期稳定运作产生影响。2022年发布的《十四五现代能源体系规划》清晰提出加强电力工程全寿命周期风险管理，促进技术和管理协同改革，为行业进步提供政策导向。根据这一指引，本文从技术管理协同的角度，全面分析电力施工工程的风险特性、多方面成因以及全生命周期的管控办法，研究模块化设计、信息化技术运用、跨部门协同机制等实践途径，目的是为加强电力施工工程风险管控的精确性与及时性提供理论根据，推动现代能源体系建设目标的实现。

一、电力施工工程概述

（一）电力施工总体框架

电力工程建设总体方案为电力项目全生命周期的系统性构造，包含立项、勘察设计、施工筹备、现场作业、调试验收以及运维这六个相互关联的阶段，通过技术管理协同搭建闭环管理体系^[1]。项目立项时综合考虑区域电力需求和电网规划情况，明确工程规模、技术标准以及投资预算；勘察设计工作通过地质勘察、路径优化和设备选型等操作，确保方案具备可行性且经济合理。施工筹备完毕，进行人员培训、物资采买、安全预案编写，为施工的开展筑牢基础。施工现场严格根据行业标准，执行技术交底、进度和质量控制，确保施工安全且高效。经过调试验收开

展系统性能测试，核查工程是否达到设计标准。在运维时期依靠状态监测和预防性维护，确保电力设施长久稳定运转。此框架通过技术改进、流程规范化以及信息互通，实现全阶段的动态风险把控，为项目全生命周期的风险管理提供核心支持^[1]。

（二）风险管理基本概念

电力施工项目概述重点于其全生命周期的各个阶段，从前期的规划、设计、建设到运行维护，各个环节都存在不确定因素，这些因素或许会使工程目标出现偏差，体现出风险管理的重要性。在风险管理的基础概念方面，风险管理属于对风险开展识别、评定、处理以及监测的系统性流程，其目的在于运用科学手段减小风险所产生的影响，确保工程目标得以实现。其功效不只是降低损失，更在于提高工程决策的科学性以及资源配置的效

率。在电力工程建设施工期间，风险管理要融合技术特点和管理流程。比如施工时对技术方案加以优化，能够降低安全方面的风险；而管理机制得到完善，则可提高风险响应的速度。风险管理的运用覆盖电力施工的整个生命周期，从设计环节的风险预估到施工环节的实时监管，都需要技术和管理的协同合作。相关研究显示，高效的风险管理能够明显提高电力施工项目的成功率以及经济效益^[2]。

二、电力施工工程风险因素分析

（一）技术管理视角下的风险特征

从技术管理的角度来看，电力施工工程的风险特性表现为技术的不确定性与管理漏洞所产生的耦合作用。在技术方面，电力工程施工包括高压设备的安装、复杂地形下的架线等特殊作业内容，技术方案的可行程度取决于地质勘察的精准度、设备参数的匹配状况以及工艺标准的落实情况。要是前期技术论证不够充分，或者新技术应用缺少实践检验，就容易导致施工出现偏差^[3]。在管理方面，技术交底存在不足、作业流程缺乏标准化或者现场技术监管不到位，会造成技术方案和实际施工出现脱节现象，例如隐蔽工程验收不规范或许会留下结构方面的隐患。技术不稳定性与管理缺陷的叠加会扩大风险传递效应，比如设计环节的技术参数偏差若未被管理流程迅速识别，会直接影响施工安全和工程品质。该种特性要求技术管理要贯穿整个施工流程，通过协同机制填补技术与管理间的断层，减少风险出现的概率。

（二）工程施工风险成因

电力建设工程风险形成原因具有多方面、耦合性特点，风险主要源自环境、设备、工艺以及人员这四类主要因素的相互影响。自然状况是主要外部隐患，恶劣天气、地质灾害以及复杂地势会影响施工进行，明显提高安全事故出现几率。设备风险主要体现在老旧设备性能出现衰退、新型设备操作适配性欠佳以及维护机制存在不足，这容易导致机械和电气方面的故障，进一步使施工进度中断。工艺风险来自施工技术方案与现场实际情况不符、新技术应用缺少规范支持，易引发施工质量问题 and 安全隐患。人员要素为主要主观风险点，施工人员专业能力欠缺、安全意识淡薄，还有管理人员决策、协调失误，均会提高风险发生概率。不同类型的风险因素会彼此叠加、共同失效，扩大风险危害。有关研究表明，多因素耦合的风险传导机制是电力施工事故的主要诱因^[4]，迫切需要通过技术与管理协同模式建立完备的风险防控体系。

三、全生命周期风险管理策略

（一）风险预防与识别

1. 早期风险识别

在电力工程施工的全生命周期风险管理工作里，前期的风险识别属于风险管控的主要环节，要依靠技术和管理的协同模式，加强风险识别的前瞻性与精准度。在项目可行性研究以及初步设

计的阶段，能够依靠多源数据融合的预警模型，对地质、气象数据和同类工程的风险案例加以整合，凭借大数据技术来预估地质灾害、极端天气这类自然风险。通过 BIM 三维可视化技术对施工现场布局进行模拟，预先排查场地空间冲突、安全距离不足这类技术隐患。在管理方面建立跨部门协作机制，由技术与管理部门共同进行风险量化分析，梳理出风险清单并划分风险的等级。运用 FMEA 失效模式分析手段，协同专家对施工材料、工艺潜藏的失效风险予以评估，通过风险矩阵来判定风险概率和影响程度。另外要动态追踪行业技术标准以及政策法规的更新情况，适应外部环境的改变，实现技术与管理的深度协作，为后续的风险处理提供可靠的根据^[5]。

2. 风险评估方法

全生命周期风险管理策略中的风险评估办法要结合电力施工项目的技术特点与管理要求，运用定量和定性相融合的形式搭建评估体系。在工程项目前期，通过专家访谈、历史案例分析等定性手段识别潜在的风险要素，像地质状况的不确定性、设备选型的适配性等，并且运用风险矩阵对风险等级进行初步划分。进入工程施工阶段，引入像故障树分析（FTA）或者层次分析法（AHP）这类定量模型，针对技术风险（例如施工工艺存在缺陷）和管理风险（例如进度出现偏差）开展权重赋值与量化计算工作，并且结合实时监测所得数据对风险参数进行动态更新。在运营阶段，通过可靠性分析以及失效模式影响分析（FMEA），对长期运维里的潜在风险展开评估，为后续的技术改造提供数据支持。这种评估办法要贯穿整个生命周期的各个阶段，通过技术参数和管理指标的协同关联，建立动态风险评估体系，保障风险防控措施的精准确度与时效性^[6]。

（二）风险应对与监控

1. 风险应对策略

在全生命周期的风险管理策略里，风险应对措施要从技术管理协同的角度出发，针对电力施工项目不同的风险种类拟定差异化办法。在技术领域，针对设计方面的风险，可引入 BIM 技术开展碰撞检测并优化设计，降低施工阶段出现变更的风险^[7]；对于施工风险，运用模块化施工以及智能监测技术，例如利用无人机巡检和传感器进行实时监控，提高施工的安全性与效率。在管理方面，建立跨部门协作机制，确定各阶段风险的责任主体，根据动态风险评估来调整应对措施。针对环境风险，将绿色施工技术和环保管理流程相结合，制定应急预案并开展定期演练；针对供应链风险，利用供应商评估体系和备用供应商机制，确保材料与设备供应的稳定性。应对措施应贯穿规划、设计、建造、运维整个阶段，技术手段与管理办法相互配合，建立闭环式管理，保障风险应对的有效性和适应性。

2. 风险监控技术

在电力工程施工的全生命周期风险管控工作里，风险监控技术依靠技术和管理协同的模式，通过动态监测以及实时反馈实现工程风险的精确管控，切实提高风险应对的能力^[8]。通过搭建多源数据融合的监控方案，整合建筑施工现场的传感器、设备状态监测系统以及进度管理平台的数据，建立完备的实时风险数据矩

阵。通过物联网技术，不断收集施工环境的温度、压力、振动等核心参数，联合 BIM 模型的空间数据，实现风险源的可视化定位以及变化趋势分析。同时根据机器学习算法对历史风险数据进行训练，建立智能风险预警模型，在监测参数超出标准时能够触发分级预警，向管理人员推送风险信息和处置方案。另外利用区块链技术确保风险数据真实且不可篡改，为风险追溯和责任划分提供可靠支持。此模式促使风险监控由被动处理转变为主动防范，全方位提高电力施工风险管控的科学性和高效性。

四、技术管理协同机制探讨

（一）变电站运维与施工一体化

1. 模块化设计优势

在技术管理协同方案里，变电站施工和运维一体化能够通过模块化设计来完善全周期风险把控，拥有明显的技术与管理长处。此模式把变电站的各个功能单元制作成标准模块，在工厂完成集成调试之后运到现场进行组装，极大缩短现场施工的周期，确实降低因交叉作业所引发的安全风险和质量波动。运维人员提早参与设计阶段，根据运维经验和过往数据完善设备布置、预留检修区域，实现施工与运维技术规范的先协同。规范化的模块构造与接口能够降低安装偏差，运维时期可通过迅速替换模块缩短故障停电时间，加强电网运行稳定性。模块化设计能够实现工程全生命周期的数据共享，模块的生产、安装等施工数据能够接入运维系统，为设备状态的监测提供数据支持，延续技术管理的协同效能^[9]。此模式自根源减少施工隐患以及运维难度，为变电站风险管控提供可行的实践途径。

2. 协同管理模式

变电站运维和施工一体化协同管理模式将技术管理协同当作核心，融合运维经验和施工技术，实现工程全生命周期的风险管控。此模式需要运维单位在施工前期阶段提前介入，凭借设备运行数据和历史故障信息，预估施工改造的风险之处并完善防护策略，从根源上避免施工隐患。在施工环节搭建数字化的信息共享平台，融合 BIM 和物联网技术，实现施工进度以及设备状态的可视化管理与控制，运维人员通过动态监督施工工艺和参数偏差情况，及时协同对施工策略作出调整。在施工验收阶段，运维单位按照长期运行准则，核查设备性能以及系统兼容性，确保施工质量符合运维要求。建立跨部门的协同工作团队，清晰界定施工和运维各方的权责，凭借常态化的技术交底以及风险评估会议，搭建起稳定的协同运作机制，确实降低沟通偏差和施工风险，全方位提高变电站工程运行的可靠性^[10]。

（二）技术管理与工期控制整合

1. 信息化技术应用

信息化手段能够促进电力施工技术管理和工期控制的深度结合，通过数据交互破除信息障碍，实现风险的动态管理。通过 BIM 技术建立三维可视化系统，将设计、施工和工期节点进行关联，预先模拟工序安排，排查诸如工序冲突、空间干涉等易引发工期延迟的状况。物联网通过现场传感器，实时收集进度、设

备、人员方面的数据，对比技术执行状况和工期规划，当参数出现异常时及时发出预警并对工序进行调整，预防连锁延误情况的发生。大数据凭借历史数据搭建预测模型，结合工程实际对技术变更给工期带来的影响进行量化，为方案的调整提供决策方面的支持。多种信息化工具配合使用，使技术管理和工期管控从事后整改转变为事前预判、事中优化，确实提高电力施工全生命周期风险管控的精确性和效率。

2. 工程流程优化

工程流程的优化属于技术管理协同的主要，通过梳理各阶段的技术衔接情况、调配各类资源，减少施工风险、确保工期。在设计环节通过 BIM 三维模型对施工场景进行模拟，提前预估空间矛盾以及技术难题，降低因设计缺陷所导致的返工情况。在施工准备时期，根据技术方案对工期计划进行细化，确定各工序的技术要求和时间节点，确保技术标准和工期目标实现统一。在施工环节建立技术交底和进度反馈体系，通过数据平台实现施工信息同步，迅速处理设备安装、材料质量等方面的技术难题，防止工期出现延误。在验收环节把技术验收准则和工期考核相融合，使作业流程规范化，防止验收延迟影响整体进度。流程改进连通技术管理和工期把控，将技术指标转变为工期限制，搭建起技术、执行、预警、调整相融合的闭环管理体系，实现风险提前防控与工期精确管控。

（三）多维度风险评估与反馈机制

1. 反馈数据驱动决策

数据引领决策为电力施工全生命周期风险管理的主要。该模式融合设备情况、环境监测数据、质量检测成果、进度记录以及以往风险案例，凭借大数据和机器学习建立动态风险评估与预测模型，精确判断各阶段潜在风险和发展趋向。技术和管理团队根据数据分析成果共同施策，例如结合设备运转数据完善维保策略，同时对施工规划进行同步调整，确保风险处理高效落实。不断更新的现场反馈信息能够持续迭代完善评估模型，促使风险管理从被动处理转变为主动防范。整个体系依靠技术和管理共同运行，大幅提高电力施工全流程风险管控的科学性与实际效果。

2. 持续改进策略

电力工程建设通过技术管理协作平台，整合设计、施工、运维等各类资源，实现风险信息共享与协同决策。从技术、安全、成本、环境等方面建立评估指标方案，结合 BIM、物联网监测信息开展动态风险评定，并通过闭环反馈机制推送评定结果，为风险处理提供数据支持。此策略把 PDCA 循环当作核心，融合评估与反馈数据定时复盘管控效果，梳理技术管理协同方面存在的欠缺。通过优化技术规范、健全管理程序、强化人员教导等途径迭代更新风控系统，符合工程推进与外部环境变动。借此促进风险管理水平稳步上扬，实现电力施工全生命周期风险动态可控，不断提高整体管理功效。

五、总结

该文从技术管理协同的角度出发，针对电力施工工程全生命

周期的风险管理展开系统性研究，明确技术与管理深度融合的核心管控理念。研究围绕工程全生命周期展开，凭借技术创新加强风险识别、评估、监控以及应对的精确性，通过完善的管理机制确保各类技术手段有效落实。文章中梳理出一套完备的风控实践方案，融合 BIM、物联网、大数据等技术手段与管理程序，实现风险动态辨别、科学测评、实时监测与高效处理。这项研究拓展

电力施工风险管理的研究领域，搭建技术与管理相融合的风险治理方案，在实际操作中能够确实提高管控效率，减少施工安全事故以及成本消耗，同时兼顾工程施工的安全性和经济效益。未来能够进一步研究数字孪生、人工智能等新兴技术和管理模式的融合运用，完善跨主体协作机制，给电力工程全生命周期风险管理提供更先进、完备的理论与实践支持。

参考文献

[1] 宋琳琳. 基于全生命周期视角的工程项目成本控制问题研究 [D]. 河南: 河南大学, 2022.

[2] 代帅令. 基于全生命周期的 A 体育馆项目风险管理研究 [D]. 陕西: 电子科技大学, 2022.

[3] 吴锟. 中原公司 A 项目全生命周期风险管理研究 [D]. 广西: 桂林理工大学, 2022.

[4] 张青松. 基于全生命周期风险管理的药品检查体系建设研究 [D]. 河南: 郑州大学, 2023.

[5] 严谨. 基于项目全生命周期的碧水源现金流风险管理研究 [D]. 甘肃: 兰州财经大学, 2022.

[6] 邓臻, 白睿祖. 基于工程维修视角对质量全生命周期管理的研究 [J]. 价值工程, 2024, 43(2): 72-74.

[7] 杨彬. 试论电力工程全生命周期经济管理 [J]. 中国市场, 2022(6): 92-93.

[8] 闫振虎, 吕敏蓉. 全生命周期视角下 PPP 项目风险管理研究 [J]. 经济研究导刊, 2022(31): 3.

[9] 孟凡翠, 魏亮. 基于全生命周期视角的国有企业境外股权投资管理风险与相关建议 [J]. 产权导刊, 2023(11).

[10] 史金秀, 郑大喜, 孙海芬. 基于内部控制视角的医院合同全生命周期管理 [J]. 卫生经济研究, 2022, 39(1): 4.