

技经视角下电力工程全过程管理探索

于悦

华能山东发电有限公司烟台发电厂 山东烟台 264000

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18436

[摘要] 电力工程作为国家基础设施的核心领域，其全过程管理需兼顾技术可行性与经济合理性。文章立足技术经济视角，系统探讨电力工程从规划到退役的全周期管理优化路径。通过构建融合全寿命周期成本分析、价值工程及边际效益理论的分析框架，解析各阶段技术决策与经济目标的协同机制。结果表明，技术经济方法可显著提升投资效率、降低技术风险，并通过环境成本内部化推动绿色转型。建立技术经济导向的决策体系是电力工程高质量发展的关键，对实现“双碳”目标下的能源系统升级具有战略意义。研究为电力工程管理提供了理论支撑与方法论参考。

[关键词] 技术经济；电力工程；全过程管理；全寿命周期成本

一、技术经济理论与电力工程管理的融合基础

（一）技术经济学核心理论体系

技术经济学为工程决策提供了系统的分析工具。成本效益分析通过量化投入产出比，为项目可行性评估建立基准；全寿命周期成本理论则突破传统会计周期限制，实现项目全过程的成本管控。边际效益递减规律揭示了资源投入的临界点，而规模经济理论则指导着最优产能的确定，二者共同构成了技术经济决策的重要依据。

（二）电力工程的技术经济特征

电力工程具有显著的资本密集特征，其投资规模与回收周期远超一般工业项目。技术迭代速度加快带来的投资风险，以及环境外部性产生的社会成本，都增加了项目评估的复杂性。这些特征决定了传统工程管理方法需要进行技术经济维度的拓展与深化。

（三）融合的必要性及可行性

技术经济指标为电力工程决策提供了量化支撑，价值工

程理论通过功能成本分析优化资源配置。这种融合既满足了电力工程对科学决策的需求，又充分发挥了技术经济学的实践指导价值，为项目全周期管理建立了理论基础。二者的结合既具有理论必然性，又具备实践可行性^[1]。

二、电力工程全过程管理的技术经济分析框架

电力工程的全过程管理涉及规划、设计、建设、运营等多个阶段，每个阶段的技术决策与经济目标高度关联。本章从技术经济视角出发，系统构建覆盖电力工程全周期的分析框架，旨在为各阶段的资源配置与风险管控提供理论支持。

（一）前期决策阶段

前期决策阶段是电力工程成功的基础，其核心在于科学评估投资可行性与技术路线的经济性。投资估算模型通过整合历史数据与市场预测，为项目成本提供初步测算，而敏感性分析则进一步识别关键变量的影响程度，为风险防控提供依据。技术路线比选是决策阶段的核心任务，平准化度电成本（LCOE）与内部收益率（IRR）等指标被广泛应用于评价不

同方案的长期经济效益。通过量化分析，决策者能够在技术先进性与成本可控性之间找到平衡点，从而为后续阶段奠定坚实基础。此外，环境外部性及政策因素的纳入，进一步提升了决策的科学性与前瞻性。

（二）设计阶段

设计阶段是连接决策与实施的桥梁，其优化效果直接关系到工程的整体经济性。设计方案的技术经济优化需要兼顾标准化与定制化，前者通过规模效应降低成本，后者则满足特定场景的技术需求。在设备选型中，价值工程理论的应用能够有效识别功能与成本的最佳匹配点，避免过度设计或性能不足。设计优化还需考虑全寿命周期成本（LCC）的影响，例如，初始投资较高的节能设备可能在长期运营中大幅降低能源消耗，从而提升整体经济性。通过引入多目标优化模型，设计阶段能够在技术性能、成本效益与风险控制之间实现帕累托最优。

（三）建设实施阶段

建设实施阶段是电力工程从蓝图落地的关键环节，其管理效率直接影响项目的技术经济表现。进度、成本与质量的三重约束是这一阶段的核心挑战，帕累托优化方法通过权衡三者关系，为资源配置提供科学依据。供应链管理作为实施阶段的重要环节，其交易成本分析有助于优化采购策略与物流安排，降低因合同波动或市场变化导致的经济损失。此外，施工技术的选择与创新也是影响建设成本的重要因素，例如，模块化施工可通过缩短工期降低资金成本，但其技术要求与初始投入需纳入综合考量。通过动态监控与实时调整，建设实施阶段能够最大限度地提升经济效益。

（四）运营维护阶段

运营维护阶段是电力工程实现长期价值的关键，其技术经济分析聚焦于全寿命周期成本的动态管控与技术改造的优化决策。全寿命周期成本（LCC）理论为运营阶段的成本核算提供框架，涵盖设备维护、能源消耗、故障损失等多个维度，有助于制定最优的维护策略。技术改造是实现技术升级与延长设备寿命的重要手段，但其经济临界点的判定需综合考虑改造成本、预期收益与技术替代周期。通过引入边际效益分析，决策者能够精准识别改造的最佳时机。此外，运营阶段的数字化与智能化转型可显著提升管理效率，为技术经济优化注入新动力^[2]。

三、关键问题的技术经济优化路径

（一）投资效率提升路径

投资效率是电力工程经济性的核心指标，其优化路径需要在复杂市场环境 with 长周期投资特性中寻找突破口。传统投资决策模型通常基于静态假设，难以应对技术变革与政策不确定性带来的挑战。实物期权理论为此提供了新的分析框架，将投资视为一种“期权”，允许决策者在信息逐步披露时灵活调整策略。例如，在电力工程项目中，分阶段投资或延迟投资可以降低技术不成熟或市场波动带来的风险，从而提高资金利用效率。

此外，资金时间价值在跨期项目中的应用是优化投资效率的另一关键。电力工程往往具有投资规模大、回收周期长的特点，忽视资金时间价值可能导致决策偏差。通过引入净现值（NPV）、内部收益率（IRR）等动态评价指标，可以更准确地衡量项目的长期收益与风险。特别是在可再生能源项目中，初期的资本投入与后期的运营收益之间存在显著的时间差异，科学运用折现率能够为投资时序优化提供重要依据。

(二) 技术风险的经济性管控

技术风险是电力工程管理中的固有难题,尤其在新技术应用与系统设计中表现突出。新技术的采纳虽然可能带来效率提升与成本节约,但其成熟度与可靠性往往存在不确定性。边际风险收益分析为技术决策提供了量化工具,通过比较技术创新的潜在收益与可能风险,能够识别经济临界点,避免因盲目追求技术先进性而导致成本失控。例如,在智能电网建设中,新型传感器与通信技术的引入需综合考虑其性能提升与故障风险,以实现技术与经济性的双重优化。

冗余设计作为降低技术风险的常用手段,其经济性需要在可靠性与成本之间找到平衡。过高的冗余度虽能提升系统稳定性,但也会造成资源浪费;过低的冗余度则可能增加故障风险,影响项目整体效益。通过概率模型与成本效益分析,可以确定最优冗余水平,在满足可靠性要求的同时最大化经济效益。此外,模块化设计作为一种灵活的冗余策略,能够根据实际需求动态调整配置,进一步提升技术风险管理的经济性。

(三) 环境外部性的内部化

环境外部性是电力工程可持续发展的核心议题,其内部化需要从技术经济角度重新审视决策逻辑。碳成本作为环境外部性的重要体现,对技术选择具有显著影响。将碳成本纳入技术经济评价体系,能够更全面地反映清洁能源与高效设备的经济效益。例如,燃煤电厂虽然初始投资较低,但在碳成本逐步提升的背景下,其长期经济性可能远低于风能或太阳能项目。通过碳交易机制或碳税政策,可以实现环境成本的市场化定价,为绿色技术的推广提供经济激励。

绿色技术溢价的经济补偿机制是实现环境外部性内部化

的重要政策工具。绿色技术虽然具有显著的环保效益,但其较高的初始投资往往成为市场推广的障碍。通过补贴、税收优惠或绿色金融等手段,能够有效降低绿色技术的应用门槛,提升其市场竞争力。此外,建立绿色技术认证与评价体系,可以为投资者提供清晰的经济收益预期,进一步推动绿色发展理念在电力工程中的普及^[3]。

四、结论

技术经济视角为电力工程全过程管理提供了系统性分析工具,其核心价值在于通过量化决策平衡技术先进性与经济可持续性。当前研究明确了技术经济评价在优化资源配置、管控跨期风险及协调环境效益中的作用,但伴随能源转型深化,未来需进一步探索数字化转型下的动态评价模型。

新型电力系统构建中,技术迭代速度与投资回收周期的矛盾将愈发突出,需发展融合人工智能与实物期权理论的适应性管理框架。此外,碳市场等政策工具与经济模型的联动机制亟待突破,以支撑碳中和目标下的电力工程战略决策。这一领域的理论创新,将对全球能源可持续发展实践产生深远影响。

[参考文献]

- [1]涂宏伟. 电力工程建设项目精细化管理研究 [J]. 电工技术, 2025, (S1): 376-378.
- [2]吕卫乾. 电力工程项目的全生命周期管理与优化策略 [J]. 大众标准化, 2025, (06): 82-84.
- [3]程俊向, 张晓峰. 电力工程项目管理优化策略研究 [C]// 中国电力设备管理协会. 全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(五). 国网曲周县供电分公司, 2024: 76-78.