

风电与光伏工程技术管理研究

查明寰

江西中电投新能源发电有限公司 江西省南昌市 330012

摘要: 随着全球能源转型进入加速通道,风电与光伏工程已成为构建新型电力系统的绝对主力。然而,行业在历经规模扩张的初期阶段后,正面临着降本增效、提升可靠性及实现可持续发展的严峻挑战。实践证明,单一的技术先进性或孤立的管理优化均无法应对这些系统性挑战。从古埃及金字塔的建造到现代人造飞行器在火星登陆;大到国家治理,小到企业运行,管理的实践可以追溯到几千年前,凡有人群的地方,就有管理。管理充满了人类社会、经济生活的每一个方面。人类文明史上的每一件杰作、每一项重大工程都浸透着管理的巨大贡献,没有管理,就不会有人类社会的今天。管理无处不在,管理无时不在。本文旨在系统论证风电与光伏工程技术与管理学之间并非简单的辅助关系,而是深度耦合、相互塑造的共生体。论文将从全生命周期的视角出发,剖析技术在管理框架中的嵌入方式,以及管理对技术应用的导向与优化作用,并深入探讨两者在目标体系、过程控制、风险应对及资源整合四个维度的内在联系。最后,本文将展望在数字化浪潮下,技术与管理融合的新趋势,以期为推动新能源项目实现高质量、高效益发展提供理论框架与实践路径。

关键词: 风电工程;光伏工程;工程技术;管理学;全生命周期管理;融合;数字化

1. 引言

“双碳”目标引领了一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,其中能源结构的绿色低碳转型是核心抓手。据国家能源局数据,截至2023年底,中国可再生能源发电总装机已突破14.5亿千瓦,占全国发电总装机的50%以上,历史性超过火电装机,其中风电装机约4.4亿千瓦,光伏装机约6.1亿千瓦,中国已成为全球最大的风电光伏生产国和应用国。

在产业规模飞速扩张的背后,一系列深层次问题逐渐浮现:其一,“重建轻管”现象导致部分项目实际收益低于预期;其二,项目全生命周期中,技术选择与经济效益脱节,初始投资与长期运维成本未能协同优化;其三,项目复杂性激增(如海上风电、多能互补基地),传统管理模式难以应对系统性风险。

这些问题暴露出一个核心矛盾:先进的技术若缺乏科学的管理作为框架和导向,其潜在价值无法充分释放;而精细的管理若脱离技术逻辑和实践,则会成为无本之木,管理的真实作用在于技术环境的技术发展,技术对产业的影响和技术对社会的影响。

因此,风电与光伏工程技术与管理学之间的内在联系至关重要,推动二者从“结合”走向“融合”,已成为关乎行业健康与可持续发展的关键课题。本文即在此背景下,试

图构建一个理解两者深度融合的理论与实践框架。

2. 技术与管理的共生关系

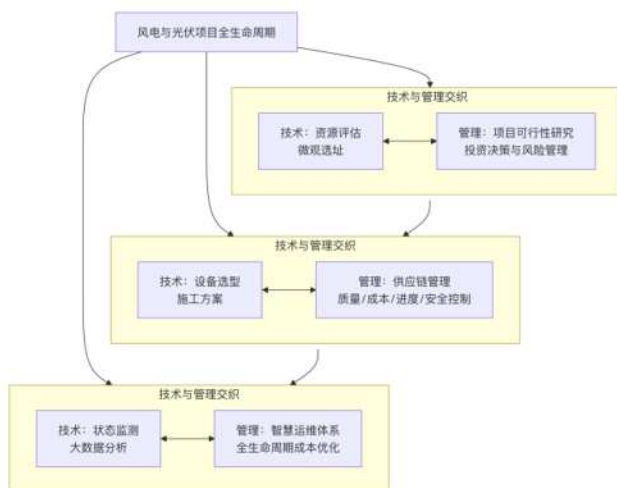
风电与光伏工程是一项复杂的系统工程,其成功依赖于技术能力与管理能力的双轮驱动。

工程技术是管理的物理基础与对象工程技术构成了项目的物理实体和价值创造源泉。它具体包括:(1).能量转换技术:风机的空气动力学、机械传动、发电技术;光伏组件的光电效应、逆变器的电力电子技术。(2).系统集成技术:电气工程、土建工程、通信与控制技术,将无数设备集成为一个可靠运行的发电系统。(3).评估与运维技术:风光资源评估、性能监测、故障诊断与预测技术。所有这些技术活动,构成了管理学作用的具体对象。管理的计划、组织、协调、控制等功能,都必须基于技术的内在规律和物理约束展开。

管理学是技术的价值实现框架与导向管理学为技术的应用提供了目标、路径和保障。其核心作用体现在:(1).目标设定与决策支撑:项目管理、投资管理确定项目的核心目标(如LCOE最低),并以此为导向,对技术方案进行比选和决策。(2).资源优化与配置:通过供应链管理、人力资源管理、财务管理,为技术活动提供所需的人力、设备、资金和服务,确保其顺利进行。(3).风险识别与控制:通

过风险管理, 识别、评估并应对技术应用过程中蕴含的自然风险、技术风险和市场风险。(4). 过程控制与效率提升: 运用质量、成本、进度管理(“铁三角”), 确保技术实施的过程高效、结果可靠。

融合范式: 从“物理叠加”到“化学融合”技术与管理的联系并非简单的“技术执行, 管理监督”, 而是你中有我、我中有你的“化学融合”。管理需求驱动技术创新(如为降低 LCOE 而催生的风机大型化技术), 而技术革新又倒逼管理模式变革(如数字化技术推动智慧运维管理)。两者的终极共同目标高度统一: 在全生命周期内, 最大化项目的安全性与经济性。如图(1)



图(1)

3. 全生命周期中技术与管理的深度融合与体现

以下沿着项目开发流程, 具体阐释两者如何深度融合。

3.1 前期开发与决策阶段

技术活动: 风/光资源测评、微观选址、地质勘察、技术方案比选、发电量模拟。

管理活动: 投资可行性分析、经济效益评价、融资方案设计、风险评估、投资决策。

融合点: 此阶段是价值创造的决定性环节。管理学的投资决策理论和风险评估模型必须深度依赖技术提供的核心数据。例如, 技术测算的发电量是财务模型中最关键的输入参数, 其精度直接决定决策的正确性。管理提出的“资本金内部收益率(IRR)不低于X%”的目标, 直接决定了技术方案的选择边界(是选用一线品牌高可靠性设备还是性价比更高的二线品牌)。此时, 技术人员需具备经济思维, 管理人员需读懂技术报告, 二者的高效协作是项目成功的基石。

3.2 设计、采购与建设阶段

技术活动: 初步设计、施工图设计、设备技术规范书编制、技术评标、施工技术方案制定。

管理活动: 项目管理(质量、成本、进度、安全HSE管理)、招标采购管理、合同管理、供应链管理。

融合点: 此阶段是价值实现的关键环节, 融合体现得最为淋漓尽致。

采购管理中的技术经济决策: 设备招标绝非“价低者得”。科学的采购管理采用综合评标法, 技术标(权重通常60~70%)评价设备性能、效率、可靠性、售后服务; 商务标(权重30~40%)评价价格、付款方式。这要求采购团队(管理)与评标专家(技术)共同工作, 选择技术可靠且全生命周期经济性最优的供应商, 而非初始价格最低者。

项目管理“铁三角”中的技术内核: 质量管理的依据是技术规范 and 标准; 成本控制的绝大部分对象是技术方案决定的设备费和建安费; 进度管理的活动逻辑源于施工工艺技术(如风机吊装必须先完成基础浇筑)。一个优秀的项目经理必须懂技术, 才能做出科学权衡。

3.3 运营与维护阶段

技术活动: 数据监控、状态分析、预防性维护、故障检修、技术改造。

管理活动: 资产管理、运维管理、备品备件管理、绩效管理、电力营销。

融合点: 此阶段是价值保值增值的核心环节。融合催生了智慧运维和资产全生命周期管理理念。

从“故障维修”到“预测性维护”: 技术层面, 通过SCADA、CMS等系统收集海量数据; 管理层面, 引入大数据分析和人工智能算法, 从数据中挖掘规律, 预测设备故障概率, 从而优化运维策略, 变被动为主动, 大幅减少发电损失, 降低运维成本。这是技术为管理赋能。

资产管理最大化 LCOE: 管理学的资产绩效管理体系设定 KPI(如可用率、厂用电率、发电量达成率)。技术活动则围绕这些 KPI 展开, 通过技术手段提升设备可用率, 通过精益运行降低厂用电率。管理目标引导技术方向, 技术成果支撑管理目标的实现。

4. 核心维度下的内在联系剖析

4.1 目标维度: 经济性目标是共同导向技术的终极追求是高效率和高可靠性, 管理的核心目标是高效益和低风险。

两者在平准化度电成本 (LCOE) 这一指标上实现了完美统一。LCOE 是项目全生命周期内的总成本与总发电量的比值, 它同时综合反映了技术的性能 (发电量) 和管理的水平 (成本控制)。任何技术或管理决策, 最终都要接受 LCOE 的检验。

4.2 过程维度: 技术是对象, 管理是方法, 项目的整个过程就是一系列技术活动的有序集合。管理学 (尤其是项目管理) 则为这些技术活动提供了标准化的方法和流程 (如 WBS 工作分解结构、甘特图、关键路径法), 确保数千项技术工作能在复杂的环境中有序、高效、协同地推进。

4.3 风险维度: 技术识别, 管理控制技术负责识别和量化技术风险 (如设备故障率、资源评估不确定性)。管理学则提供风险管理的框架和工具 (风险矩阵、FMEA 分析、保险、合同转移等), 对技术风险进行定性和定量评估, 并制定应对策略, 将技术风险对项目目标的负面影响降至最低。

4.4 资源维度: 技术需求, 管理供给技术方案决定了需要什么资源 (如 800 吨起重机、特定型号的电缆)。管理学的资源管理和供应链管理则负责如何以合适的成本、在正确的时间、获取和配置这些资源。卓越的供应链管理能保障技术方案的顺利实施, 甚至通过规模化集采降低成本。

5. 数字化与智慧化管理

数字化正在重塑技术与管理的融合模式, 催生“数字孪生”这一最高形态的融合体。

5.1 BIM 技术: 在设计施工阶段, BIM 模型是包含所有物理和功能特性的数字表达, 它既是技术成果, 又是管理平台, 用于碰撞检查、施工模拟和成本计算, 实现了技术信息与管理流程的深度集成。

5.2 数字孪生: 在运维阶段, 数字孪生通过实时数据驱动, 在虚拟空间中创建一个与物理电站完全映射的数字化模型。技术负责构建模型和算法, 管理则基于模型的模拟、预测和优化结果, 进行决策和指挥。例如, 在数字孪生体中进行调度模拟、预防性维护方案验证等, 最终将最优指令下达给物理实体。在这里, 技术与管理不再是协作关系, 而是在数字空间中融为一体, 难以区分。

6. 结论

风电与光伏工程的成功, 绝非仅是技术创新的胜利, 亦非仅是管理艺术的成果, 而是工程技术与管理学深度耦合、协同作用的必然结果。

技术为管理提供了作用的对象和价值的载体, 管理为

技术提供了应用的框架和价值实现的导向。两者围绕“全生命周期效益最大化”这一共同目标, 在项目的前期决策、建设实施和运营维护等所有阶段交织互动、相互促进。

未来, 随着项目复杂度的进一步提升和数字化技术的深度渗透, 技术与管理的边界将愈发模糊。行业对复合型人才的需求将空前迫切——既精通技术语言又掌握管理思维的专业人士, 将成为推动新能源事业高质量发展的中坚力量。培养这类人才, 打破学科壁垒, 构建融合性的知识体系, 是摆在教育和产业界面前的共同任务。唯有如此, 方能真正驾驭新时代新能源工程的系统性复杂性, 确保其在能源革命中发挥应有的支柱作用。

参考文献:

- [1] 刘吉臻. 新型电力系统背景下新能源关键技术发展展望 [J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(8).
 - [2] 王锡凡, 等. 能源革命中的电力系统关键技术展望 [J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(10).
 - [3] 张启平, 等. 基于数字孪生的风电场智能运维关键技术研究 [J]. 电力系统自动化, 2021, 45(10).
 - [4] Project Management Institute. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - 7th Edition.
 - [5] IRENA. (2023). Renewable Power Generation Costs in 2022. Abu Dhabi.
 - [6] 李俊峰, 等. 中国可再生能源发展报告 2023 [M]. 北京: 中国环境出版集团, 2023.
 - [7] 贾亚军. 储能技术在新能源风电和光伏工程中的应用 [J]. 电力设备管理, 2025, (10): 168-170.
 - [8] 李刚, 张潞, 张晋, 孙飞, 丁建泉. 新能源风电和光伏工程中的储能技术应用 [J]. 流体测量与控制, 2024, 5 (05): 87-90.
 - [9] 庞苏苏. 玉门“光热储能+光伏+风电”示范项目——玉门 10 万千瓦光热储能工程介绍 [J]. 电力勘测设计, 2024, (09): 2.
 - [10] 高荣喜. 风电、光伏工程对林业有害生物防控的影响 [J]. 山西林业, 2022, (S1): 52-53.
- 作者简介: 查明寰, 男, 汉族, 江西省南昌人, 出生 1997 年 9 月, 群众, 本科学士, 研究方向: 电力新能源项目管理, 单位: 江西中电投新能源发电有限公司