新形势下电力监管管理工程风险识别、评估与动态防控体系优化

钱忠

华电和祥工程咨询有限公司, 山西 太原 030006

摘要： 在全球能源转型与数字化浪潮下，火电新能源建设监管风险复杂。本研究基于电力监管风险理论，系统识别火电、新能源及共性监管在政策、市场、技术方面的风险。通过构建量化模型、运用动态评估机制实现科学风险评估，并从协同监管框架构建、技术体系数字化转型、全周期闭环管控三方面优化防控体系，为行业高质量发展提供决策依据与实践路径。

关键词： 电力监管；风险识别；风险评估；动态防控

Risk Identification, Evaluation, and Optimization of Dynamic Prevention and Control Systems for Electric Power Regulatory Management Engineering in the New Situation

Qian Zhong

Huadian Hexiang Engineering Consulting Co., Ltd. Taiyuan, Shanxi 030006

Abstract : Under the global energy transformation and digitization trend, the regulatory risks of thermal power and new energy construction are complex. Based on the theory of electric power regulatory risk, this study systematically identifies the risks of thermal power, new energy, and common regulatory aspects in terms of policy, market, and technology. Through the construction of quantitative models and the application of dynamic evaluation mechanisms, scientific risk assessments are achieved, and the prevention and control system is optimized from three aspects: the construction of a collaborative regulatory framework, the digital transformation of the technical system, and full-cycle closed-loop management and control. This provides a decision-making basis and practical path for the high-quality development of the industry.

Keywords : electric power regulation; risk identification; risk assessment; dynamic prevention and control

引言

随着“双碳”战略深入推进与数字技术蓬勃发展，电力行业变革步伐加快，可再生能源占比不断提高，火电加速向清洁低碳转型，电力监管的重要性愈发显著。火电新能源建设监管挑战与机遇并存，火电企业面临环保、竞争压力及设备老化难题，新能源存在发电不稳定、土地环境等问题。而数字化技术带来新契机，在此背景下，优化火电新能源建设监管的风险识别、评估与防控体系刻不容缓。

一、相关概述

(一) 电力监管管理工程风险相关理论

在电力监管管理工程的风险管理中，风险识别、评估与防控是紧密相连的重要环节。电网运行安全风险识别是防控系统设计的首要环节。通过对电网运行过程中可能出现的风险因素进行全面分析，可以有效预防和控制电网事故的发生^[1]。风险评估则基于识别结果，运用概率风险评估、层次分析法等方法，通过数学模型或专家经验，对风险发生概率及影响程度进行量化或定性分

析，为决策提供科学依据。风险防控针对已识别风险，采取事前预防、事中控制、事后补救等措施，综合运用技术、管理手段及应急预案，以最小成本实现电力系统安全保障的最大化。

(二) 火电新能源建设监管风险研究现状

近年来，国内外学者针对火电新能源建设监管风险开展了诸多研究。在设备风险方面，部分研究聚焦于火电机组关键设备的故障模式与影响分析，通过对大量历史故障数据的挖掘，总结出了各类设备常见故障的发生规律及影响程度。对于新能源发电设备，研究重点在于其受自然条件影响产生的性能衰退及故障间

题，如风力发电机组的叶片损坏、光伏组件的效率衰减等。然而，现有研究在能源波动风险方面，虽已认识到新能源出力波动对电网调度的影响，但对于如何精准预测波动并优化调度策略，仍缺乏深入研究^[3]。在政策与市场风险研究上，多集中于政策解读及对市场趋势的宏观分析，对于政策与市场因素如何具体作用于火电新能源建设监管项目，以及如何量化其影响，尚存在不足。

二、火电新能源建设监管风险识别

（一）火电项目监管风险识别

在严格的政策监管环境下，火电新能源建设面临多重风险挑战。首先，环保与碳排放政策方面，“十四五”规划、《排污许可管理条例》等文件明确要求火电行业减污降碳，2023年重点区域更是实施了超低排放标准。在此背景下，老旧机组技术升级成本高昂，单台改造成本达1亿-2亿元，若未达标将面临停运或罚款；不仅如此，全国碳市场配额持续收紧，2023年火电行业基准线下降5%，企业不得不高价购买配额，这直接压缩了项目收益^[3]。

不仅如此，能源政策调整也带来了新风险。当前，煤电新增规模受限，电力现货市场试点不断扩大，致使电价波动剧烈；此外，灵活性改造矛盾日益凸显，如西北某机组就因调峰能力不足，年利用小时数大幅下降，进而导致投资回报率降低；同时，煤电联营政策的波动，也让部分项目的前期投入化为泡影。与此同时，技术标准与安全监管也在持续加码。应急管理部要求淘汰运行满30年的机组，这使得超1.2亿千瓦机组面临关停；而安全生产评审不达标者，将被限制参与电力市场交易，企业运营面临巨大压力。

（二）新能源项目监管风险识别

新能源项目在监管过程中面临多维度风险挑战。政策补贴退坡风险首当其冲，风电、光伏国补取消，地方补贴执行滞后，绿证交易收益难以确定，直接影响项目投资回报率。而并网与消纳环节同样暗藏风险，电网接入审批延迟阻碍项目落地，消纳指标分配缺乏透明度，部分地区强制要求超20%的配储比例，进一步增加项目建设成本与运营难度。除此之外，用地与生态保护冲突也日益凸显，光伏项目占用林地、草地的审批愈发严格，风电项目易与鸟类保护区重叠，生态修复保证金制度更给企业带来资金压力。值得注意的是，技术合规性风险不容忽视，部分省份对设备国产化率设限，限制进口组件使用，储能系统安全标准不断升级，企业需投入更多成本满足技术要求。另外，电力市场交易环节也存在风险，参与现货市场后电价波动频繁，可再生能源配额制考核压力巨大，企业不得不在复杂市场环境中谋求生存与发展。

（三）共性监管风险

新能源项目监管存在诸多共性风险。一方面，审批流程的复杂性成为项目推进的一大阻碍，项目核准、环评、能评、社评等环节涉及多部门管理，协调难度极大，常导致审批周期延长、成

本增加。另一方面，地方政府执行差异显著，在新能源配储比例、火电关停时间表等关键事项上，地方政策与国家政策存在不一致的情况，这种差异不仅给企业规划带来困扰，也影响了行业监管的统一性与权威性^[4]。与此同时，数据与信息披露要求日益严格，碳排放数据的精准监测与及时上报，以及ESG信息披露的合规性都成为企业必须重视的要点，一旦出现环境违法记录，企业融资等经营活动将受到严重影响。

三、火电新能源建设监管风险评估方法论

（一）风险量化模型

风险量化模型通过构建多维指标体系与场景模拟工具，将抽象的定性风险转化为可量化、可比较的数值，为科学决策提供依据。在指标体系构建方面，从政策、技术、市场三大维度设计核心指标，政策风险指数通过政策调整频率（统计年度内中央和地方电力政策文件发布数量变化率）和地方执行偏离度（政策条款匹配率）衡量；技术成熟度评分聚焦储能成本下降速率与火电调峰深度；市场敏感度模型则依据电价波动率、绿电溢价空间评估。指标权重采用层次分析法确定，如政策风险占30%、技术风险占40%、市场风险占30%，并每两年根据行业趋势动态校准。

场景模拟工具通过设定不同转型情景，如高转型情景下2030年非化石能源占比达40%、储能成本年均下降15%，中、低转型情景逐级降低指标参数，输入新能源装机增速、储能配置比例等参数，输出弃风弃光率、火电亏损比例等风险暴露值。例如，在低转型情景下，若西北地区2030年新能源装机达5亿千瓦但储能配置不足10%，模拟显示弃电率将从5%升至12%，超出安全阈值。模型工具涵盖电力系统优化模型（如PLEXOS、TIMES）用于模拟电源结构，以及蒙特卡洛模拟评估极端事件冲击，全面覆盖不同风险场景的量化分析需求^[5]。

（二）动态评估机制

基于实时数据与智能算法搭建的风险动态监测预警体系，通过数据驱动与AI技术深度融合，实现对火电新能源建设运营风险的精准把控。在数据驱动体系层面，整合国家级平台、企业侧及外部多元数据，涵盖全国新能源消纳监测、发电企业运行数据、气象与宏观经济指标等。依托API接口每15分钟实时采集电力核心数据，经异常值剔除等清洗处理后，以区域风险热力图等可视化看板呈现，如当某区域弃风率超8%且储能利用率低于50%时标红预警。2024年Q2，某省光伏消纳率持续低于85%，系统即触发黄色预警，引导电网优先调度储能^[6]。

AI预警系统则采用LSTM、Prophet等时序预测模型预判弃风弃光趋势，借助孤立森林、聚类分析识别消纳异常，并建立分级预警规则库。当弃风率超10%且储能利用率不足40%时触发红色预警，采取暂停新项目审批等措施；绿电溢价与电价波动异常则触发黄色预警，调整合约策略。2023年，东部某省虚拟电厂响应延迟率异常上升时，AI模型提前预警电网调频容量不足，成功规避区域性停电事故，充分展现智能算法在风险预判与应急响应中的关键作用^[7]。

四、风险监管动态防控体系优化

(一) 构建协同监管框架

为优化火电新能源建设监管,需构建“政策-市场-技术”协同监管框架。在政策层面,通过设立政策沙盒试点,于青海、宁夏等新能源高渗透率地区打造监管创新试验区,允许对虚拟电厂聚合商准入规则等新型调度机制先行先试;同时推行弹性合规标准,针对火电灵活性改造与新能源配储要求,建立“基础标准+动态调整因子”体系,让储能配比与区域消纳能力紧密挂钩。在市场方面,创新风险对冲工具,积极推广“绿电交易+碳金融”组合合约,支持风光项目与高耗能企业签订10年期固定电价PPA,并嵌入碳配额远期交割条款,实现跨周期价格锁定;借鉴山西试点经验,搭建火电备用容量市场化交易平台,构建容量补偿机制,有效提升调峰机组15%~20%的收益^[6]。在技术路线上,注重兼容性设计,强制要求新建火电项目预留新能源接口,推行多能耦合规划,如燃煤机组配套50MW光伏制氢系统,江苏某电厂借此模式成功降低8%的煤耗,促进火电与新能源的深度融合。

(二) 技术支撑体系数字化转型

为实现火电新能源建设监管的精准防控,技术支撑体系的数字化转型至关重要。在全链条监测预警方面,通过搭建智能监测网络,火电领域安装CO₂浓度、颗粒物在线监测设备,并实现数据与省级生态云平台直连,例如浙江已达成100%火电机组实时联网;新能源领域则部署光伏组件隐裂AI识别系统,有效预警设备失效风险,某企业应用后运维成本显著下降30%。

在风险评估环节,依托大数据构建的风险画像系统,整合项目审批、环境违法、市场交易等200多项指标,形成精准的风险评分模型,某央企的模型甚至能提前6个月预警合规风险,准确率超85%;同时,情景推演工具可模拟极端政策场景对项目NPV的影响,助力企业动态调整投资决策。而区块链技术的应用,为监管注入新动能^[9]。基于区块链的绿电溯源系统,实现绿色电力证书全生命周期管理,内蒙试点项目确保发电、交易、消纳数据

不可篡改;审批链上存证功能,将环评、用地等审批流程上链,大幅缩短跨部门核验时间,某项目审批周期从18个月压缩至12个月,显著提升监管效率与透明度。

(三) 全周期风险闭环管控

为强化火电新能源建设监管效能,管理机制创新聚焦全周期风险闭环管控。事前预防环节,通过技术与制度双管齐下,一方面运用高精度GIS系统(误差<10米)进行生态红线智能避让,像安徽某光伏项目就借此成功规避3000万元林地占用罚款;另一方面建立省级“能源预算账户”,对火电项目严格实施“新增一瓦、淘汰一瓦”的用能预算管理,从源头把控风险。

事中控制阶段,采用分级分类动态监管模式,以红黄蓝三色预警精准施策。针对未完成超低排放改造且碳配额缺口超20%的高风险火电企业,实施限产限排的红色预警措施;对配储不达标的中风险储能项目,执行暂停电力市场交易资格的黄色预警;而合规的低风险新能源项目,则给予优先纳入可再生能源补贴清单的蓝色预警优待,实现差异化精准监管^[10]。

事后处置过程中,构建起风险熔断与修复机制。参照欧盟《可持续金融分类法案》,对连续两年碳排放超标的火电项目,强制要求加装CCUS装置或直接关停;同时推行生态修复保险制度,要求新能源项目依据用地类型投保生态修复责任险,草原项目保费费率比荒漠项目高出2倍,以此保障环境损害后的有效修复,形成完整的风险管控闭环。

五、结束语

本研究深入探讨火电新能源建设监管风险,系统梳理政策、市场、技术等层面风险因素,构建创新实用的风险评估方法论,并提出优化后的动态防控体系。研究成果助力电力行业精准识别、评估与防控风险,对保障电力系统稳定、优化资源配置、促进市场公平竞争意义重大。随着能源转型与技术发展,未来需持续关注新风险,完善评估模型与防控机制,推进监管技术与管理模式融合,为火电新能源建设监管提供长效支持。

参考文献

- [1] 陈雨霏. 电网运行安全风险识别与防控系统设计应用[J]. 产业创新研究, 2024, (24): 62-64.
- [2] 周浩, 丁羽, 魏旭, 等. 基于ESS演化博弈的电力市场风险监管防范策略研究[J]. 电气传动, 2024, 54(04): 75-84. DOI: 10.19457/j.1001-2095.dqcd24696.
- [3] 姚维强, 李梦娇, 陈艳, 等. 基于新形势下电力监管的合规评价指标体系[J]. 创新世界周刊, 2023, (10): 62-69.
- [4] 张师源. 新电力监管体系下电网企业经营风险研究[D]. 华北电力大学(北京), 2023. DOI: 10.27140/d.cnki.ghbbu.2023.000813.
- [5] 谢敬东, 张蕾. 电力市场价格风险动态监管机理研究[J]. 价格理论与实践, 2023, (08): 71-75. DOI: 10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2023.08.218.
- [6] 张蕾东, 胡宝祥, 金亮亮. 电力系统的安全管理对策分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(05): 234-235. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2022.05.104.
- [7] 谢敬东, 黄溪滢, 卢浩哲, 等. 电力市场中市场力风险防范方法的研究[J]. 价格理论与实践, 2020, (12): 49-53+162. DOI: 10.19851/j.cnki.cn11-1010/f.2020.12.511.
- [8] 方媛, 孙勇. 作业安全风险管控系统在电力安全监管中的有效运用[J]. 电子世界, 2019, (16): 208-209. DOI: 10.19353/j.cnki.dzsj.2019.16.119.
- [9] 李海英. 电力安全监管工作优化途径探究[J]. 通讯世界, 2019, 26(01): 176-177.
- [10] 郑伟, 田琳, 黄远明, 等. 基于柔性监管策略的电力市场履约风险改进COPOD识别方法[J]. 价格理论与实践, 2023, (05): 59-64+208. DOI: 10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2023.05.256.