

火电设备可靠性评估与优化策略研究

刘振东

国家电投集团吉林能源投资有限公司通化分公司, 吉林 通化 134000

摘 要： 电力行业的发展历程见证了从最初的蒸汽机发电到现代的大型火力、水力、核能及可再生能源发电的多元化转变。当前, 电力行业正处于快速发展与变革之中, 电力需求持续增长, 电网结构日益复杂, 电力市场竞争也愈发激烈。在这一背景下, 火电设备作为电力生产的重要组成部分, 其稳定性和可靠性直接关系到电力供应的安全与稳定。本文旨在通过深入分析火电设备的运行现状, 提出有效的优化策略, 以提升火电厂的经济效益和安全性, 为电力行业的可持续发展贡献力量。

关 键 词： 火电设备; 可靠性评估; 优化策略; 火电厂; 经济效益

Research on the Reliability Evaluation and Optimization Strategy of Thermal Power Equipment

Liu Zhendong

State Power Investment Group Jilin Energy Investment Co., Ltd. Tonghua, Jilin 134000

Abstract： The development of the power industry has witnessed the diversified transformation from the initial steam engine power generation to the modern large-scale thermal, hydro, nuclear and renewable energy generation. At present, the power industry is in the rapid development and change, the power demand continues to grow, the power grid structure is increasingly complex, and the competition in the power market is becoming increasingly fierce. In this context, as an important part of power production, the stability and reliability of thermal power equipment are directly related to the safety and stability of power supply. This paper aims to put forward effective optimization strategies by deeply analyzing the operation status of thermal power equipment, so as to improve the economic benefit and safety and stability of thermal power plants, and contribute to the sustainable development of the power industry.

Keywords： thermal power equipment; reliability evaluation; optimization strategy; thermal power plant; economic benefits

火电设备在电力生产中占据核心地位, 不仅承担着大量的电力生产任务, 还承担着电网调峰调频的重要职责。然而, 随着设备使用年限的增长和运行环境的恶化, 当前火电设备运行中存在着一系列问题, 如设备老化、故障频发、能效低下等, 这些问题严重制约了火电厂的经济效益和安全稳定运行。国网对火电机组的可靠性管理提出了严格的要求, 这要求电厂必须建立全面的可靠性管理指标体系。在电厂维护中, 信息技术集成对于提升电厂的可靠性管理、可靠性评估与优化具有关键作用, 特别是在满足国网的高标准要求下, 这三个方面更需得到重视和深化。因此, 对火电设备进行可靠性评估与优化策略研究显得尤为重要。

一、火电设备可靠性评估指标体系

(一) 运行时间指标

总运行时间指标记录了设备从首次投入运行至评估时刻的总时间, 是评估设备使用寿命和累积运行经验的重要依据。连续运行时间指设备两次计划或非计划停运之间的无故障连续运行时间, 它直接反映了设备的稳定性和耐久性^[1]。计划停运时间包括因预防性维护、定期检修和计划性升级等导致的设备停运时间。这一指标有助于评估设备维护策略的合理性。非计划停运时间指因突发故障、事故或外部因素导致的设备非预期停运时间。这一指标是衡量设备故障率和可靠性水平的关键指标。

(二) 故障率指标

故障频率指单位时间内设备发生故障的次数, 是衡量设备故障倾向性的重要指标^[2]。高故障频率可能意味着设备存在设计缺陷、维护不足或运行环境恶劣等问题。故障强度指每次故障对设备造成的损坏程度或影响范围, 包括设备部件的损坏程度、停产时间以及修复成本等。这一指标有助于识别故障的关键影响因素。故障间隔时间指两次故障之间的平均时间, 反映了设备故障发生的周期性。长故障间隔时间通常意味着设备具有较高的可靠性和较低的维护成本。

(三) 维修指标

维修频率指单位时间内设备的维修次数, 是衡量设备维护需

作者简介: 刘振东 (1982.01—), 男, 汉族, 吉林省白山市, 大学本科, 职称: 中级职称, 研究方向或工作领域: 电力生产及基建工程。

求和效率的重要指标。高维修频率可能意味着设备存在频繁的小故障或维护策略不当。维修时间指每次维修所需的时间，包括故障检测、诊断、修复和测试等阶段^[3]。短维修时间有助于提高设备的可用性和生产效率。维修成本指每次维修所需的费用，包括人工、材料、备件和测试等成本。低维修成本有助于降低设备的全生命周期成本。

（四）能效指标

热效率是设备将燃料热能转换为电能或热能的比例，是衡量设备能源利用效率的重要指标。高热效率意味着设备能够以较低的能耗产生更多的电能或热能。电效率是设备输出的电能与输入的电能或热能之比，反映了设备在电能转换过程中的能量损失情况。高电效率有助于降低设备的能耗和运营成本。

二、火电设备可靠性评估评估方法

（一）故障树分析（FTA）

故障树分析是一种基于逻辑图的故障分析方法，它通过构建故障树来系统地分析设备故障的原因、路径和后果。故障树以设备或系统的某一特定故障事件为顶事件，然后逐层分析导致该故障事件发生的所有可能原因，直到找到最基本的故障原因（即底事件）^[4]。这种方法能够直观地展示故障事件与故障原因之间的逻辑关系，帮助识别设备的薄弱环节和潜在风险。然而，构建故障树需要丰富的专业知识和经验，同时对于复杂系统来说，故障树的构建可能变得非常庞大和复杂，增加了分析的难度。

（二）可靠性框图法（RBD）

可靠性框图法是通过绘制设备的可靠性框图来分析设备各部件之间的逻辑关系，并计算设备的可靠性指标。在可靠性框图中，设备的各个部件被表示为框图中的节点，而部件之间的连接关系则通过线条来表示。通过分析这些连接关系，可以计算出设备的可靠性指标，如可靠度、可用度和故障率等。这种方法适用于结构复杂、部件众多的设备，能够清晰地展示设备各部件之间的相互影响和依赖关系^[5]。然而，对于大型复杂系统来说，可靠性框图的绘制和计算过程可能变得非常复杂，需要借助专业的软件和工具来完成。

（三）马尔可夫模型

马尔可夫模型是一种基于状态转移概率的随机过程模型，它将设备的运行状态看作是一个马尔可夫过程，通过分析设备状态之间的转移概率来计算设备的可靠性指标。在马尔可夫模型中，设备的每个状态都被赋予一个概率值，表示设备在该状态下的可能性^[6]。通过计算状态之间的转移概率，可以预测设备在未来某个时刻的状态分布，从而评估设备的可靠性。这种方法适用于设备状态变化频繁、具有多个运行状态的情况。然而，马尔可夫模型的建立需要详细的设备状态数据和转移概率信息，这些数据往往难以获取或准确估计，因此在实际应用中可能存在一定的局限性。

（四）贝叶斯网络

贝叶斯网络是一种结合概率论和图论的模型，它通过构建贝

叶斯网络模型来分析设备故障的原因、概率和后果。在贝叶斯网络中，节点表示设备或系统的各个部件或事件，而节点之间的连接关系则表示部件或事件之间的因果关系或相关性。通过分析这些连接关系和节点的概率分布，可以计算出设备发生故障的概率和后果。这种方法具有灵活、可扩展的特点，能够处理复杂的不确定性和相关性问题的。然而，贝叶斯网络的构建需要大量的数据和计算资源，同时对于复杂系统来说，模型的建立和验证过程可能变得非常繁琐和耗时。

三、火电设备的运行现状

（一）设备老化与更新并存

随着电力需求的不断增长和技术的不断进步，许多老旧火电设备已经难以满足现代电力生产的需求^[7]。这些设备普遍存在着能耗高、效率低、污染重等问题，对环境和能源利用效率造成了较大的压力。然而，由于资金、技术和政策等多方面因素的限制，老旧设备的更新改造进度并不尽如人意。同时，也有一些新建和扩建的火电厂采用了先进的发电技术和设备，提高了能源利用效率和环保性能，为火电行业的发展注入了新的活力。

（二）智能化与自动化水平提升

近年来，随着信息技术的快速发展，火电设备的智能化和自动化水平得到了显著提升。通过引入先进的控制系统和监测技术，实现了对设备运行状态的实时监测和精确控制^[8]。这不仅提高了设备的运行效率和稳定性，还降低了运行成本和维护难度。同时，智能化技术的应用也为火电设备的远程监控和故障预警提供了可能，有助于及时发现和处理设备故障，确保电力供应的连续性。

（三）环保要求日益严格

随着环保意识的增强和环保法规的完善，火电设备面临的环保压力日益增大。为了减少排放物的污染，火电企业需要采取一系列措施，如改进燃烧技术、安装脱硫脱硝装置等。这些措施不仅增加了企业的运营成本，也对火电设备的运行和维护提出了更高的要求。因此，如何在保证电力供应的同时，实现环保和经济效益的双赢，成为火电企业需要面对的重要课题。

（四）能源结构调整与转型

在能源结构调整的大背景下，火电设备也面临着转型的压力。随着可再生能源的快速发展和电力市场的竞争加剧，火电企业需要积极寻求新的发展模式，如发展热电联产、提高能源利用效率等^[9]。同时，一些企业也在探索利用新技术、新材料等手段，对火电设备进行升级改造，以适应能源结构调整和转型的需求。这些努力不仅有助于提升火电设备的竞争力，也为推动能源结构的优化和升级做出了贡献。

四、火电设备可靠性优化策略

（一）硬件管理优化

硬件设施的选型是确保设备可靠性的基础。在选型过程中，

应充分考虑设备的技术成熟度、性能稳定性、维修便捷性以及供应商的服务质量等因素。同时，建立严格的设备验收流程，确保新设备在安装前达到设计要求和性能标准。设备维护是保持设备性能、延长使用寿命的关键。应制定详细的维护计划，包括定期保养、预防性维修和故障排查等^[10]。此外，利用先进的检测技术，如振动分析、红外热成像等，对设备进行实时监测，及时发现潜在问题，减少突发故障的发生。随着科技的进步，火电设备也在不断更新换代。引入先进的硬件设备和技术，如高效燃烧器、智能控制系统等，能够显著提升设备的性能，降低能耗，提高可靠性。同时，这些新技术还能增强设备的自动化和智能化水平，减少人为操作失误，提高整体运营效率。设备管理制度和流程是确保设备稳定运行的重要保障。应建立设备台账，详细记录设备的基本信息、运行数据、维修记录等，为设备的全生命周期管理提供依据。此外，制定设备操作规程、维护保养标准、故障处理流程等，确保设备在操作过程中符合规范，减少因操作不当导致的故障。

（二）逻辑设计优化

逻辑设计是控制系统的基础，直接关系到设备的运行效率和可靠性。通过对设备逻辑设计的优化，可以减少误动作和拒绝动作的发生，提高系统的稳定性和可靠性。例如，优化控制回路的设计，减少不必要的信号干扰和误触发；优化保护逻辑，确保在设备故障时能够迅速切断故障源，保护设备免受进一步损害。控制系统的逻辑控制策略直接影响设备的运行效率和可靠性。通过改进控制策略，如采用先进的控制算法、优化控制参数等，可以提高系统的响应速度和准确性，减少运行过程中的波动和不稳定现象。同时，通过引入自适应控制、预测控制等先进技术，可以进一步提升控制系统的性能，实现更精细化的控制。

（三）运行管理优化

运行监测是确保设备稳定运行的重要手段。通过建立完善的监测系统，实时采集设备的运行数据，如温度、压力、流量等，并进行实时分析和处理。同时，建立设备运行状态的预警机制，当设备出现异常时，能够及时发现并采取措施进行处理。应急预案和故障处理机制是确保设备在故障情况下能够迅速恢复运行的关键。应制定详细的应急预案，包括故障排查流程、紧急停机程序、备用设备启动方案等。同时，建立专业的故障处理团队，定期进行应急演练和培训，提高团队的应急响应能力和故障处理

能力。

（四）利用政策调整

火电设备可靠性优化策略在深调峰和容量电价政策方面对设备可靠性管理提出了更高要求。在深调峰方面，火力发电厂需要加强发电机组电气设备的管理与维护，提升设备运行的灵活性和稳定性，以适应电力负荷的快速变化，确保在深度调峰过程中设备的可靠运行。同时，应建立完善的设备管理体制，制定详细的可靠性管理制度和奖惩办法，通过实时监测系统和数据分析，及时掌握设备运行状态，预防潜在故障的发生。在容量电价政策方面，政策鼓励火电厂提高设备运行效率，减少非计划停运，这要求火电厂进一步加强设备可靠性管理，采用可靠性高的元件和备用系统，优化设备配置，延长设备使用寿命，确保在容量电价政策下火电厂的经济性和社会效益。

（五）人员培训与管理

人员是确保设备可靠运行的关键因素。应加强对操作人员的培训和管理，提高他们的专业技能和素质。培训内容应包括设备操作规程、维护保养知识、故障处理技能等。同时，建立定期考核和激励机制，激发操作人员的积极性和创造力。人员考核和激励机制是确保操作人员保持高水平工作状态的重要保障。应建立科学、合理的考核体系，对操作人员的专业技能、工作态度、工作绩效等进行全面评估。同时，根据考核结果，制定相应的激励措施，如奖金、晋升机会等，激发操作人员的积极性和创造力。

五、结论

火电设备可靠性优化是提升电厂运营效率、确保安全生产的关键所在。通过多方面的策略，可以显著提升火电设备的可靠性和稳定性。这些优化措施不仅有助于减少设备故障的发生，降低维修成本，还能提高电厂的发电效率和经济效益。同时，加强人员培训和管理，提升操作人员的专业技能和素质，也是确保设备可靠运行的重要保障。未来，随着技术的不断进步和管理的日益完善，火电设备可靠性优化将更加注重智能化、自动化和精细化的发展，为电厂的安全运行和可持续发展提供更加坚实的支撑。因此，持续关注和推进火电设备可靠性优化工作，对于提升整个火电行业的竞争力和发展水平具有重要意义。

参考文献

- [1] 陆耀飞. 火电设备管理与碳排放控制的最佳实践研究 [J]. 能源与节能, 2024, (05): 43-46.
- [2] 周康, 张栋. 基于1000MW火电机组综合节电技术分析 [J]. 中国金属通报, 2022, (11): 210-212.
- [3] 张建成. 火电企业设备标准化管理的实践与探索 [J]. 山西化工, 2022, 42(01): 164-165.
- [4] 田景奇. 新形势下火电企业检修管理对策 [J]. 中国电力企业管理, 2020, (03): 54-55.
- [5] 优化火电建运管理确保火电设备安全稳定高效运行 [J]. 电力设备管理, 2019, (03): 71-75.
- [6] 火力发电设备行业投资分析 [J]. 电器工业, 2019, (03): 40-43.
- [7] 罗婵纯. 基于参数相关性分析的火电设备故障诊断方法 [J]. 发电设备, 2018, 32(06): 429-433.
- [8] 王珏敏. 基于VR的火电设备运行检修仿真系统研究 [J]. 绵阳师范学院学报, 2017, 36(11): 49-53.
- [9] 冯亮亮. 浅析火力发电设备的营销策略 [J]. 中国新技术新产品, 2017, (14): 118-119.
- [10] 杜中梁. 火电设备噪声机理分析及综合治理 [J]. 能源技术与管理, 2016, 41(06): 190-192.