

火电厂运营安全管理研究

刘宝宝

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要：本文围绕火电厂运营安全管理展开系统研究，从风险分析、体系构建、技术保障到持续改进四个维度展开论述。剖析设备系统、作业过程及外部环境风险，提出组织架构优化、制度流程完善、安全文化培育等管理策略，并探讨设备可靠性管理、智能化技术应用及应急响应机制。结合低碳转型趋势，分析新技术接入挑战与应对路径，展望安全管理智能化、协同化发展方向，为火电厂安全管理实践提供理论参考。

关键词：火电厂运营安全；风险分析；安全管理体系；智能化技术；持续改进

引言：火电厂作为能源供应的核心设施，其安全运行直接关系到电力系统的稳定性和社会生产生活的有序进行。随着设备规模不断扩大、工艺流程日益复杂以及外部环境不确定性增加，传统安全管理模式已难以应对当前多变的风险挑战。目前，火电厂在设备运行、作业过程、自然灾害及环保监管等方面面临诸多风险隐患，安全管理亟需向更加科学化、系统化和智能化方向转型。本文围绕火电厂安全管理现状，结合风险识别、体系优化与技术应用等手段，探索提升安全管理水平的有效路径，为实现运行安全与运营效益的协同发展提供支持。

1 火电厂运营安全风险分析

1.1 设备系统风险

锅炉、汽轮机、发电机等核心设备运行存在多种风险。锅炉运行中超温现象可致使受热面材料性能下降，加速管道老化，长期超温易引发爆管事故，中断蒸汽供应。汽轮机运行时异常振动，会加剧轴承磨损，破坏动静部件间隙，严重时造成叶片断裂、轴系损坏，影响发电效率。发电机运行过程中的泄漏问题，无论是氢气泄漏引发爆炸风险，还是冷却介质泄漏导致绕组温度升高，均威胁设备稳定运行。辅助系统也存在潜在隐患。输煤系统中，皮带输送机长时间运行易出现皮带磨损、撕裂，造成输煤中断，影响锅炉燃料供应。落煤管堵塞会导致煤流不畅，引发设备过载。除灰系统若灰斗堵塞，会使除灰压力增大，造成管道磨损泄漏；除尘器故障则导致粉尘排放不达标，影响环保指标。化学水处理系统中，离子交换树脂老化、失效，无法有效去除水中杂质，使水质恶化，影响锅炉等设备的安全运行，缩短设备使用寿命。设备控制系统若出现程序紊乱、传感器失灵等问题，将导致设备运行参数失准，增加运行风险。

1.2 作业过程风险

在高温高压环境下进行检修和维护作业存在较高风

险。锅炉检修过程中，若内部温度尚未完全冷却便进入作业，易造成人员烫伤；承压部件在未彻底泄压的情况下开展检修，可能因残余压力导致介质突然喷出，造成人员伤害。汽轮机拆卸作业中，由于部件体积大、结构复杂，在吊装过程中若操作不当，存在部件坠落的安全隐患^[1]。电气作业与高空作业也属于高风险环节。电气操作中，若误触带电设备或未严格执行操作票制度，可能引发触电事故或造成短路故障。高空作业时，作业人员若未规范佩戴安全防护装备，或所使用的作业平台、脚手架搭设不稳固，容易发生高处坠落事故。在进行高空设备检修时，工具若未妥善固定，掉落可能砸伤下方人员，威胁整个作业区域的安全。受限空间内的作业同样具有较大风险，例如进入烟道或容器内部时，可能面临缺氧或有害气体积聚等危险因素，进一步增加作业的复杂性和危害性。

1.3 环境与外部风险

自然灾害对火电厂厂区设施影响显著。地震发生时，会破坏厂房基础、设备基础，导致设备移位、管道断裂，甚至引发设备倾倒。洪水可能淹没厂区，浸泡电气设备造成短路损坏，冲毁输煤栈桥、道路，中断燃料运输和电力输送。火电厂与周边社区、生态环境关联紧密，存在潜在风险。大气污染方面，若脱硫、脱硝、除尘设备故障，大量二氧化硫、氮氧化物、粉尘排放，会影响周边空气质量，危害居民健康。水体污染风险来自化学水处理系统废水、含煤废水等，若未经有效处理直接排放，会污染周边河流、土壤，破坏生态环境平衡，影响周边农业生产和居民用水安全。极端天气如强风、暴雨可能损坏厂区建筑与设备，雷电还可能引发电气设备故障与火灾，进一步加剧外部环境风险。

2 火电厂运营安全管理体系构建

2.1 组织架构与职责划分

安全管理委员会作为火电厂安全管理核心机构，统筹规划安全管理目标与策略。负责审议重大安全决策，如年度安全工作计划、安全投入预算方案等。建立定期会议制度，针对设备重大改造、生产工艺变更等事项开展风险评估，制定应对措施。其决策机制遵循科学论证原则，召集技术、生产等领域专家参与讨论，确保决策符合实际生产需求与安全规范。生产部门承担设备运行安全直接责任，负责设备日常巡检、维护保养，保障机组稳定运行。技术部门聚焦设备技术改造与工艺优化，通过技术手段降低设备运行风险，为生产提供技术支持。安监部门履行监督职责，对作业现场进行安全检查，纠正违规操作行为，监督安全制度执行情况。后勤部门保障安全管理辅助工作，包括应急物资储备管理、安全设施维护修缮等，确保应急物资随时可用、安全设施正常运转。各部门职责明确且相互衔接，形成安全管理协同网络。

2.2 制度建设与流程优化

安全操作规程（SOP）是保障作业安全的基础文件。依据设备特性与作业流程编制，涵盖锅炉启停、汽轮机检修、电气操作等各环节操作规范。建立动态更新机制，当设备更新、工艺改进或安全标准变化时，及时修订SOP，确保其有效性与适用性。操作流程细化至每个步骤，明确操作标准与注意事项，指导作业人员规范操作^[2]。风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制强化安全管理主动性。风险分级管控通过对设备系统、作业过程、环境因素进行风险辨识，依据风险发生可能性与危害程度划分等级，制定针对性管控措施。对高风险作业实施重点监控，落实防护措施。隐患排查治理建立常态化机制，制定排查计划，定期对生产现场进行全面检查。发现隐患后，按照责任分工及时整改，跟踪整改进度，形成隐患排查、整改、验收闭环管理，将安全隐患消除在萌芽状态。

2.3 安全文化培育

全员安全意识提升贯穿安全管理全过程。开展多形式安全培训，针对新员工进行入职安全培训，使其掌握基础安全知识与操作规程；对在职工工开展技能提升培训，结合岗位特点强化安全操作技能。利用宣传栏、内部刊物等载体进行安全知识宣传，普及安全法规、应急常识。定期开展事故案例警示教育，剖析事故原因与教训，使员工深刻认识安全风险。激励机制设计有效推动安全管理工作落实。制定安全绩效评估标准，从设备运行安全、作业规范执行、隐患整改等方面对部门与个人进行考核。设立安全奖励基金，对安全表现突出的部

门和个人给予物质奖励与精神表彰，激发员工参与安全管理的积极性。建立惩罚制度，对违规操作、安全责任落实不到位的行为进行严肃处理，强化安全制度的权威性，营造全员参与、重视安全的文化氛围，使安全意识深入人心，成为员工自觉行为准则。

3 火电厂运营安全技术保障

3.1 设备可靠性管理

设备可靠性管理通过状态监测与预测性维护技术实现。振动分析借助传感器采集设备运行时的振动信号，经频谱分析识别轴承磨损、转子不平衡等故障隐患。油液检测对润滑油进行理化指标与颗粒度分析，判断设备内部部件磨损程度，提前发现齿轮箱、液压系统等异常。红外热成像技术捕捉设备表面温度分布，检测电气接头过热、管道堵塞等问题，将设备故障消除在萌芽状态。关键设备采用冗余设计增强系统可靠性。重要控制系统配置双套控制器，当主控制器故障时，备用控制器自动切换，维持系统稳定运行。电源系统设置多路供电与不间断电源，防止电力中断影响设备运行。针对锅炉爆管、汽轮机停机突发故障，制定详细应急预案，明确故障判断标准、处理流程及各岗位职责，确保故障发生时能快速响应、有效处置，减少设备损坏与生产损失。

3.2 智能化安全技术应用

数字化监控系统是火电厂安全运行的核心保障。分散控制系统（DCS）实现对生产过程的集中监控与自动化控制，实时采集温度、压力、流量等参数，精确调节设备运行状态。安全仪表系统（SIS）独立于DCS，当工艺参数超出安全范围时，迅速触发联锁保护，切断危险源，防止事故扩大。风险预警平台整合多源数据，通过数据分析模型预测潜在风险，提前发出预警信息。人工智能技术深度应用于设备故障诊断与安全评估^[3]。机器学习算法对设备历史运行数据、故障案例进行学习，构建故障诊断模型，实现对设备异常状态的快速识别与精准定位。深度学习技术分析复杂工况下的设备运行数据，评估系统安全风险等级，为安全决策提供科学依据。人工智能还可模拟不同故障场景下的系统响应，优化应急预案，提升安全管理智能化水平。

3.3 应急管理响应

事故分级响应流程确保应急处置有序开展。根据事故严重程度与影响范围，划分不同等级，明确各级响应启动条件与处置要求。发生一般事故时，现场作业人员立即采取应急措施，通知相关部门进行处理；重大事故发生后，启动全厂应急响应，成立应急指挥部，统一指挥协调救援工作。资源调配机制保障应急物资、设备与

人员及时到位,提高应急处置效率。应急演练常态化与实战化设计提升应急能力。制定年度演练计划,涵盖火灾、泄漏、停电等多种事故场景。演练过程模拟真实事故环境,设置复杂突发状况,检验应急预案可行性与各部门协同能力。演练结束后进行总结评估,分析存在问题,对应急预案、响应流程进行优化完善。通过定期演练,使员工熟悉应急处置流程,提高应急反应速度与自救互救能力,确保在真实事故发生时能有效控制事态发展,降低事故损失。

4 火电厂运营安全管理持续改进

4.1 绩效评估与反馈机制

安全指标体系构建覆盖火电厂运营全流程。事故率作为核心指标,涵盖设备故障、人身伤害等事故统计,直观反映安全管理成效;隐患整改率通过追踪隐患发现、整改与验收闭环进度,衡量安全风险管控力度。动态考核结合月度、季度、年度周期,对部门与岗位安全责任落实情况进行量化评分,将设备运行稳定性、操作规范性等纳入考核范围。管理评审与外部审计协同促进体系优化。内部管理评审定期开展,召集安全管理委员会、技术骨干等,从制度执行、流程效率、资源配置等维度剖析管理体系漏洞。外部审计引入第三方专业机构,依据行业标准与法规,对安全管理体系进行全面审查,重点核查危险源辨识、应急管理关键环节。将评审与审计结果整合,形成系统性改进方案,推动安全管理体系持续完善。

4.2 创新驱动与优化路径

新技术接入为火电厂带来安全新挑战。氢能作为清洁能源,其易燃易爆特性对储存、输送系统密封性要求极高,需采用耐高压、抗腐蚀材料与泄漏监测技术。储能系统集成大量电池组,存在热失控、火灾风险,需构建电池状态实时监测与早期预警系统^[4]。应对策略包括制定专项技术标准,规范设备选型、安装与运维流程;开展技术培训,提升人员对新型设备的操作与应急处置能力。低碳转型推动安全管理模式革新。碳捕集、利用与封存(CCUS)技术应用中,二氧化碳输送管道压力管理、地质封存稳定性评估成为安全重点,需建立全链条风险防控体系。可再生能源并网改变电网运行特性,火电机组灵活性改造涉及设备启停频繁,需优化操作流

程,加强疲劳寿命监测。安全管理模式从传统被动应对转向主动风险预判,借助数字化工具模拟新技术应用场景,提前制定风险控制措施。

4.3 未来趋势与展望

未来,火电厂运营安全管理将深度融合新兴技术与创新理念。人工智能与大数据技术将进一步拓展应用场景,通过对海量设备运行数据深度挖掘,实现故障预测与风险评估的精准化,助力安全管理决策向智能化迈进。数字孪生技术将构建火电厂虚拟模型,实时模拟设备运行状态与事故场景,为风险防控提供可视化、动态化支撑。在能源结构转型背景下,火电厂与可再生能源协同发展成为必然趋势。这要求安全管理范畴延伸至多种能源交互领域,加强不同能源系统间的兼容性与安全性评估。随着氢能、储能等技术应用,火电厂需不断探索与之适配的安全管理标准与规范,建立涵盖全产业链的安全管理体系。面对全球气候治理压力,火电厂碳减排技术应用持续深化。碳捕集、利用与封存技术的规模化推广,对相关设备与安全运行提出更高要求。未来,火电厂运营安全管理将聚焦新技术带来的安全风险,通过持续优化管理模式、创新技术手段,构建更加完善、高效的安全管理体系,保障火电厂安全稳定运行。

结束语

火电厂运营安全管理是一项复杂且长期的任务。通过全面剖析运营安全风险,构建完善的管理体系与技术保障体系,并持续推进管理改进,能有效提升火电厂运营安全水平。面对新技术应用与能源转型带来的新挑战,火电厂需紧跟时代步伐,不断探索创新安全管理方法,以适应新形势,确保火电厂安全、稳定、高效运行,为能源供应与社会发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]张强.火电厂安全管理中的风险和防治策略探讨[J].中国公共安全,2024(8):97-99.
- [2]邓武精.基于行为安全的火电厂班组安全管理研究[J].百科论坛电子杂志,2025(4):46-48.
- [3]邢宾.火电厂电气运行的安全管理路径研究[J].现代职业安全,2024,(08):67-69.
- [4]冯洪亮.火电厂安全生产创新管理应用与实践研究[J].绿色环保建材,2021,(09):185-186.