

火电厂机组运行安全风险识别与防控研究

刘翔 郑浩 苗晏玮 傅金 崔清博

华能日照电厂，山东 日照 276800

[摘要]伴随着我国电力需求不断增长这一情况，火电厂机组依旧是主要的电力来源，其运行是否安全，对于电网的稳定以及经济的发展都有着极为重要的影响。以往那种单纯依靠人工巡检以及定期开展维护的管理方式，存在着风险发现往往会有滞后的状况、隐患排查也做不到十分全面等问题，所以很难满足机组在高负荷状态下以及需要连续运行时所提出的要求。尽管部分火电厂已经应用了在线监测以及智能化的相关技术，然而在数据分析以及风险预警这些方面，依旧存在着一定的不足之处。所以说，针对机组运行过程中存在的安全风险展开系统的识别与有效的防控工作，并且结合技术方面的举措、管理方面的手段以及人员培训等相关手段，这无疑是保障火电厂机组能够安全且稳定地运行的一项极为重要的措施。

[关键词]火电厂；机组运行；风险识别；防控研究

DOI: 10.33142/hst.v8i12.18461 中图分类号: X924 文献标识码: A

Research on Identification and Prevention of Safety Risks in the Operation of Thermal Power Plant Units

LIU Xiang, ZHENG Hao, MIAO Yanwei, FU Jin, CUI Qingbo

Huaneng Rizhao Power Plant, Rizhao, Shandong, 276800, China

Abstract: With the continuous growth of electricity demand in China, thermal power plant units are still the main source of electricity in China. The safety of their operation has an extremely important impact on the stability of the power grid and the development of the economy. The previous management method that relied solely on manual inspections and regular maintenance often had problems such as delayed risk detection and incomplete hazard investigation, making it difficult to meet the requirements of the unit under high load and continuous operation. Although some thermal power plants have applied online monitoring and intelligent related technologies, there are still certain shortcomings in data analysis and risk warning. Therefore, systematically identifying and effectively preventing safety risks during the operation of thermal power plants, combined with technical measures, management methods, and personnel training, is undoubtedly an extremely important measure to ensure the safe and stable operation of thermal power plant units.

Keywords: thermal power plants; unit operation; risk identification; prevention and control research

引言

随着我国能源需求的不断增长，火电依然在我国电力供应方面有着极为重要的地位。火电厂机组能否安全且稳定地运行，这直接影响到电网的可靠性以及社会经济的正常运转情况。火电机组系统的构成较为复杂，其主要由锅炉、汽轮机、发电机以及它们各自的辅助系统共同组成。各类设备长时间处在高温、高压以及高速的工况环境下运行，所以存在着设备老化、操作出现失误、管理方面存在漏洞以及外部工况发生变化等多种安全风险。要是这些风险一旦发生出来，那么不但有可能致使设备遭到损坏并带来经济损失，而且还会对人员的安全以及环境产生十分严重的影响。所以说，要对火电厂机组在运行过程当中所存在的安全风险展开全面且细致的识别工作，并且采取有效的防控举措，这就成为了保障机组能够安全且稳定地运行的关键核心任务。近些年来，伴随着信息化以及智能化技术不断地发展进步，一种基于在线监测、数据分析以及预测性维护所构建起来的安全管理模式，已经开始逐渐在我

国火电厂当中得到应用。然而在实际的运行状况下，依旧存在着风险识别不够全面、防控措施缺乏系统性、人员操作以及管理制度执行不到位等一系列问题。针对这样的一种现状情况，本文把目光聚焦在火电厂机组运行安全风险识别与防控方面，开展相关的研究工作。通过系统地去分析机组各个系统所潜在的风险及其形成的具体机理，进而提出从技术改进、运行管理、人员培训以及智能化监测等多个不同维度来实施防控措施的办法，希望能够为火电厂提升自身的安全管理能力、减少事故发生的概率、达成机组长期稳定且高效的运行目标，给予一定的理论方面的参考依据以及实践层面的指导帮助。

1 火电厂机组运行安全风险识别原则

火电厂机组运行安全风险识别是一项系统性工程，需要遵循科学、全面的原则以确保识别结果的有效性。识别过程中应覆盖机组运行的全生命周期和各个环节，包括设备设施、作业行为、环境因素及管理制度，确保无遗漏；应以风险为导向为核心，重点关注高后果风险，通过可能性

与严重程度评估，集中资源防控重大隐患；应采用系统化方法，如工作危害分析、危险与可操作性分析等，对工艺、设备和作业逐项分解，避免主观遗漏；同时，识别工作需动态更新，根据设备老化、工艺变更或事故事件及时修订，保持结果的时效性；并强调全员参与，鼓励运行、检修及安全管理人员结合现场观察和一线经验共同识别潜在风险，从而提升辨识的全面性和可操作性。

2 火电厂机组运行安全风险识别

2.1 锅炉系统运行安全风险识别

在火电厂机组运转期间，锅炉系统处在高温、高压且持续运转的状态下，其属于机组安全风险最为聚焦的关键环节之一。锅炉系统的运行安全风险主要出自设备状态、燃烧进程、运行操控以及人员操作等诸多方面。在长期运行的情形下，受热面管道比较容易出现腐蚀、磨损、结垢以及老化等一系列问题，有可能引发泄漏乃至爆管事故；燃烧系统要是燃料品质出现较大波动或者风煤配比控制不够合理，那么就很容易致使燃烧变得不稳定、炉膛产生结焦、发生灭火等异常状况，情况严重的时候会危及设备以及人员安全^[1]。与此在机组启停、负荷调整以及异常工况处理的过程中，倘若运行参数控制得当，便容易致使汽包水位出现剧烈波动、炉膛压力出现异常以及出现局部超温超压等风险。除此之外，锅炉安全保护装置以及监测仪表要是存在失灵、维护不够到位或者校验不及时等问题，那么将会削弱其对于危险工况的预警以及防护能力；再加上运行人员对设备状态了解不全面或者操作规程执行不到位，这又进一步加大了锅炉系统运行的安全隐患。

2.2 汽轮机系统运行安全风险识别

在火电厂机组的运行进程当中，汽轮机系统肩负着把热能转变成机械能这一极为重要的使命。它的运行状况颇为复杂，转速也颇高，对于精度的要求更是严格，所以对于安全且稳定的运行有着较高的要求。汽轮机系统的运行安全风险重点聚焦在设备的机械状态、热工参数的控制、润滑与调节系统以及运行操作等方面。在长期处于高速运转的情况之下，像转子、叶片这类关键部件很容易受到疲劳、磨损以及热变形等因素的影响。要是存在制造方面的缺陷或者检修的质量不够到位，那么就有可能引发诸如振动超出限定范围、叶片出现断裂乃至转子遭到损坏等一系列较为严重的事故。汽轮机在启动、停止以及负荷发生变化的过程当中，倘若升温、升速还有升负荷的控制没有做好，那就容易致使热应力产生集中现象，进而引发胀差出现异常、发生摩擦碰撞等一系列的安全隐患。与此润滑油系统和调节系统要是出现油质变差、压力不足或者控制失灵等情况，那么将会对轴承的冷却以及转速的调节产生直接的影响，甚至有可能导致轴承被烧坏、出现超速等危险的情形发生。

2.3 发电机及电气系统运行安全风险识别

在火电厂机组运转期间，发电机以及电气系统属于达

成电能输出并且确保电力安全传输的重要环节，其运转安全和机组稳定性、电网运转可靠性紧密相关。发电机及电气系统的运行安全风险主要表现在设备绝缘状况、电气参数把控、保护系统可靠性以及运行管理等方面。在长时间运行的情形下，发电机定子绕组还有转子绕组容易受到高温、电应力以及机械振动等因素的影响，产生绝缘老化、局部放电乃至绝缘击穿等隐患；要是冷却系统运转不佳或者通风不畅，那么还可能致使绕组温度上升，加快设备劣化并且引发故障^[2]。与此在并网运行以及负荷波动的过程中，电压、电流以及频率等参数要是把控不到位，就容易引发发电机过励磁、失磁或者非同期并列等危险工况。

2.4 辅助系统与公用系统运行风险识别

在火电厂机组运行期间，辅助系统以及公用系统虽说并不会直接参与到能量转换这一过程当中，然而它们的运行状况对于主机设备能够安全且稳定地运行起着极为重要的支撑作用，其存在的安全风险同样是不可以被忽视掉的。辅助系统与公用系统的运行安全风险，主要是源自于这些系统类型多种多样、运行环节较为复杂并且相互之间的关联性比较强等诸多特点。像给水系统、循环水系统、凝结水系统、除灰除渣系统、脱硫脱硝系统、压缩空气系统以及供油供气系统等，要是出现了设备老化、管道发生泄漏、出现堵塞情况或者控制系统失灵这类问题，那么就有可能致使主机工况变得恶劣，甚至还可能引发连锁故障。而冷却水系统的运行要是出现异常情况，那么这将会直接对汽轮机的真空状态以及设备的散热效果产生影响，进而使得机组的运行负荷增加，同时也增大了事故发生的风险。

2.5 人员操作与管理因素风险识别

在火电厂机组的运行进程当中，人员操作以及管理方面所涉及的因素，可算作是影响机组安全运行的关键非设备因素，而其风险呈现出隐蔽性颇为突出、影响所波及的范围较为广泛，并且还易于和技术风险相互融合叠加的特点。人员操作与管理层面的安全风险，重点体现在运行人员的技能水平状况、操作行为是否规范以及管理制度的执行情况等诸多方面。鉴于机组系统的复杂程度较高，运行工况又处于多变的状态，倘若运行人员对于设备性能以及运行参数的了解掌握不够全面到位，在启停操作、负荷调整以及面对异常工况进行处理的过程中，未能严格按照操作规程来执行，那么就极有可能引发误操作、漏操作甚至是出现违章操作的情况，如此一来便有可能诱发设备故障，或者使得事故后果进一步扩大。与此要是安全管理制度不够完善健全，岗位责任的落实工作做得不到位，交接班环节以及信息传递过程出现不顺畅的问题，那么同样会使得针对运行风险的有效控制力度大打折扣；检修工作与运行工作之间的协调配合不够恰当，风险预控以及隐患排查机制的落实情况有所欠缺，这就容易致使潜在的隐患长期处于存在的状态。

3 火电厂机组运行安全风险防控措施

3.1 技术层面防控措施

在火电厂机组运行安全风险防控方面,技术层面的防控举措乃是达成本质安全、缩减事故发生几率的重要途径,需全程贯穿于设备设计、运行监测以及维护管理等各个阶段。得强化对关键设备与系统展开技术改造及升级工作,就锅炉、汽轮机、发电机等核心设备而言,要恰当选用具备高可靠性的材料以及成熟稳定的技方案,并且要及时将老旧设备予以淘汰,以此来提升设备整体的安全裕度。接着,要完善在线监测以及状态检测技术的应用情况,借助布置温度、压力、振动、绝缘状态等相关监测装置,达成对设备运行参数的实时采集以及动态分析的目的,从而能够及时察觉到异常趋势,避免故障进一步扩大^[3]。与此还应当强化保护装置与联锁系统的配置以及维护事宜,保证超温、超压、超速等保护功能处于灵敏且可靠的状态,当出现异常工况的时候,可以快速动作进而切断风险源。除此之外,要依据机组运行的特点,对自动控制与调节系统加以优化,提升运行参数调节的精准程度以及稳定性,削减人为干预所引发的不确定性。

3.2 运行管理与制度防控措施

在火电厂机组运行安全风险防控方面,运行管理以及制度建设构成了保障各项安全措施得以有效施行的关键基石。应当依照机组运行所呈现出的特点以及风险分布的实际状况,去构建起一套完备且能涵盖机组运行整个过程的安全管理制度,要清晰界定各个岗位的安全职责以及操作权限,务必要做到将责任切实落实到具体的人身上。借助于对运行规程加以完善、制定详尽的事故预案并且优化应急处置流程等举措,强化针对机组启停、负荷调整还有异常工况处理等诸多关键环节的规范管理,以此来削减由于管理存在缺失而引发的运行风险。与此还需进一步强化风险预控以及隐患排查方面的机制,定期实施安全检查以及专项评估工作,对于在检查过程中发现的问题要及时予以整改,并且形成一个完整的闭环管理体系,从而避免隐患逐步演化成为事故的情形出现。

3.3 人员培训与操作规范防控措施

在火电厂机组运行安全风险防控方面,人员培训以及操作规范属于减少因人为因素引发事故的关键保障举措。需构建起系统化的培训体系,针对不同岗位的操作人员来展开有关设备原理、运行工艺、安全规程、应急处理等方面专项培训,以此提升人员对于机组各个系统运行特点以及潜在风险的认识与掌握程度。要借助模拟演练、应急演练还有案例分析等途径,提高人员在出现异常工况时的应急反应能力以及处理水准,保证在发生突发事件之际可以迅速且精准地执行操作规程。并且,应当严格规范操作流程与岗位职责,明确操作权限,切实落实交接班制度以及运行记录管理工作,彻底杜绝违规操作与误操作的情况

出现;对于新上岗的人员,需要施行导师带教以及考核制度,确保他们拥有独立操作的能力以及较强的安全意识。

3.4 智能化监测与信息化防控手段

在火电厂机组运行安全风险防控方面,智能化监测以及信息化手段的应用属于实现设备状态实时监控、预警风险以及优化运行管理的关键技术路径。通过在锅炉、汽轮机、发电机还有辅助系统里布置温度、压力、振动、转速、电流电压等诸多参数传感器,达成对关键运行参数的持续采集与剖析,如此便能够及时察觉设备异常以及潜在隐患,降低突发事故发生几率^[4]。与此凭借大数据分析、故障诊断算法以及预测性维护技术,针对历史运行数据展开深度挖掘与趋势预测,可以精准判定设备老化状况与风险演变走向,进而提前施行维修或者调整举措。信息化平台能够实现运行数据的集中化管理、报警信息的自动化传输以及远程监控与调度,让运行管理更为科学、高效且透明;与之相配套的可视化界面以及智能决策支持系统,可助力管理人员迅速分析故障缘由、制订防控策略并且优化运行参数。

4 结语

经过对火电厂机组运行安全风险展开系统的分析,能够发现,机组在锅炉、汽轮机、发电机还有辅助系统等諸多方面都存在着各式各样的潜在风险。而这些风险其源头是设备的状态、运行的各项参数、人员的操作以及管理制度等多个方面的因素。本文在对各类风险加以识别的基础之上,给出了技术方面的改进举措、运行管理方面的优化办法、针对人员开展的培训以及智能化的监测等一系列多维度的防控办法,目的是要构建起一个科学且较为完备的风险防控体系。从实际的情况来看,综合地运用这些防控措施,能够在很大程度上降低机组在运行过程当中发生事故的可能性,进而提升运行的安全性以及可靠性。在未来,伴随智能化技术以及信息化管理不断地向前发展,火电厂机组的安全风险防控将会变得更加精准并且高效,从而给机组实现长期稳定且高效的运行给予稳固的保障。

【参考文献】

- [1]胡宇.火力发电机组集控运行技术应用研究[J].科技创新与应用,2025,15(11):165-168.
 - [2]孙立德.300MW 火电燃煤机组锅炉运行及安全性能研究[J].科技与企业,2014(2):263.
 - [3]张云华.基于信息技术的火电厂发电运行管理研究[D].浙江:浙江大学,2009.
 - [4]蔡俊龙.基于边缘计算的某大型火电厂机组运行安全在线监测方法[J].机电技术,2024(6):79-82.
- 作者简介: 刘翔 (1996.11—), 男, 毕业院校: 韩国国立庆北大学, 学历: 本科, 所学专业: 电气工程, 当前就职单位: 华能日照电厂, 职务: 运行部巡检 A, 年限: 2 年, 助理工程师。