

火力发电厂锅炉防磨防爆综合分析

刘成

中国电建集团江西省电力建设有限公司, 江西 南昌 330001

摘 要： 锅炉作为火力发电厂的核心设备，其稳定运行直接关系到电厂的经济效益，但锅炉在长期高温高压的工作环境下，易出现磨损、爆炸等安全隐患，严重影响电厂的稳定运行，所以研究火力发电厂锅炉的防磨防爆研究显得非常重要。基于此，本文分析锅炉防磨防爆在火力发电厂的重要性，探讨了当前火力发电厂锅炉磨损和爆炸的主要原因，包括材料疲劳、腐蚀、热应力等因素。在此基础上，本文提出综合防磨防爆策略，包括材料选择与处理、结构设计优化、智能监测系统的应用以及操作规程的完善。

关 键 词： 火力发电厂；锅炉；防磨；防爆；综合研究

Comprehensive Analysis Of Anti-Wear And Explosion-Proof Boilers In Thermal Power Plants

Liu Cheng

Power China Construction Group, Jiangxi Electric Power Construction Co., LTD., Jiangxi, Nanchang 330001

Abstract： Boiler as the core equipment of thermal power plant, its stable operation is directly related to the economic benefits of the power plant, but the boiler in the long-term high temperature and high pressure working environment, prone to wear, explosion and other safety hazards, seriously affecting the stable operation of the power plant, so the research of thermal power plant boiler wear and explosion protection is very important. Based on this, this paper analyzes the importance of boiler wear and explosion prevention in thermal power plants, and discusses the main causes of boiler wear and explosion, including material fatigue, corrosion, thermal stress and other factors. On this basis, this paper puts forward a comprehensive anti-wear and explosion-proof strategy, including material selection and treatment, structural design optimization, application of intelligent monitoring system and improvement of operating procedures.

Keywords： thermal power plant; boiler; abrasion-resistant; explosion-proof; comprehensive study

一、前言

随着工业化进程不断深入，火力发电作为主要的能源供应方式，在全球能源结构中占据着举足轻重的地位。而火力发电厂在长期运行过程中，锅炉设备面临着严峻的磨损、爆炸风险，降低发电效率，甚至威胁到工作人员的人身安全。因此，对火力发电厂锅炉进行防磨防爆的综合研究，已成为当前能源领域研究的热点。锅炉作为火力发电厂的核心设备，其稳定运行直接关系到整个电厂的经济效益，尤其是在高温、高压、高速流动工况下，锅炉内部部件极易发生磨损，如受热面、管道、燃烧器等关键部位，其磨损问题更加严重。同时，由于燃料品质波动、操作不当、设备老化等原因，有时会发生锅炉爆炸事故，给电厂带来巨大的经济损失和安全隐患。因此，开展火力发电厂锅炉防磨防爆的综合研究，旨在通过技术创新和管理优化，提高锅炉设备的安全性，延长设备使用寿命，降低维护成本，保障电厂稳定运行。本研究将从材料选择、结构设计、运行管理、监测预警等多个维度出发，探讨锅炉防磨防爆的有效策略，为火力发电厂的安全生产提供技术支持。

二、锅炉防磨防爆在火力发电厂的重要性

（一）在锅炉设计和选型方面

在火力发电厂中，锅炉防磨防爆工作具有重要作用，直接关系到锅炉的使用寿命，一旦出现问题，很容易影响到电厂的运行安全。因此，在锅炉设计、选型过程中，必须充分考虑防磨防爆的要求，控制锅炉在长期运行中保持安全状态。在锅炉设计阶段，设计方需充分调研锅炉型式、燃烧器型式，考察燃用相近煤种的同类型锅炉机组的运行情况，结合煤种差别、水质差别、电网需求等因素进行综合分析。通过这种方式，有利于工作人员全面理解锅炉在实际运行中遇到的问题，从而在设计时采取相应的预防措施。在设备材料性能方面，选择耐磨、耐高温、抗腐蚀的材料，增强锅炉的耐久性；在结构设计上，注重考虑减少磨损区域，优化流体力学设计，降低磨损风险；设计参数选择结合防磨防爆的要求，让锅炉在各种工况下都能稳定运行^[1]。

（二）在锅炉制造和安装方面

在锅炉制造和安装方面，锅炉防磨防爆工作起到重要的保护作用，工作人员严格审查锅炉承压部件“四管”（即水冷壁管、

作者简介：刘成，出生年月：1985年8月，男，汉族，江西省都昌县，本科，中级工程，锅炉专业。

过热器管、再热器管、省煤器管)所用钢材的质量证明文件,这些文件是证明材料符合设计要求和标准的重要依据,监理人员必须确保所有材料的质量证明文件齐全,防止出现错用管材,诱发火力发电厂锅炉出现严重的安全隐患。同时,仔细查看锅炉“四管”的焊接质量检验报告,焊接质量直接影响到锅炉的使用寿命,监理人员应确保焊接工艺符合标准,焊接接头的质量达到要求,裂纹、未熔合、未焊透等缺陷。还要抽检设备制造质量。在锅炉部件组装前,监理人员按照规定进行外观检测,检查是否有明显的缺陷,测量管子的壁厚均匀性,合理控制管壁厚度,让其符合设计要求,避免因壁厚不均出现局部应力集中,进一步加剧锅炉的磨损程度^[2]。

(三) 在锅炉运行方面

在锅炉运行方面,火力发电厂要建立完善的温度监测系统,实时监控锅炉受热面管壁的温度变化,利用高精度的温度传感器和数据采集系统,及时发现管壁温度的异常波动,避免超温情况给锅炉运行效果带来严重影响,不仅降低管材的机械性能,还可能引发管道的蠕胀和破裂,严重时甚至出现爆炸事故。一旦发现超温现象,工作人员需立即分析产生超温现象的主要原因,如燃烧调整不当、给水系统故障、受热面积灰等原因,针对不同原因,采取相应的对策,如调整燃烧器的运行参数,优化给水系统的运行,定期清理受热面的积灰和结渣等。在日常运行中,工作人员精细化的运行调整,有效避免发生超温问题,包括合理调整燃料和空气的比例,确保燃烧的充分和稳定;优化给水和蒸汽的流量,保持受热面的清洁;以及根据负荷变化及时调整锅炉的运行参数。在机组停运期间,利用这一机会对炉内超温管子部位进行详细检查,检查管材的蠕胀情况,评估过热程度,分析金相组织的变化。根据蠕胀值大小和金相组织变化程度,科学评估管材的剩余寿命,为后续维护和更换提供科学依据^[3]。

三、当前火力发电厂锅炉磨损和爆炸的主要原因

火力发电厂作为能源供应的重要环节,其运行效率直接关系到电力系统的稳定性,锅炉作为火力发电厂的核心设备,其磨损问题一直是影响设备寿命的关键因素。当前,火力发电厂锅炉磨损主要原因包括材料疲劳、腐蚀、热应力三个方面^[4]。

(一) 材料疲劳

材料疲劳是指材料在循环应力作用下,经过一定次数的加载和卸载后,出现不同程度的裂纹,最终导致产生断裂现象。在锅炉运行过程中,由于高温高压的工作环境,管道、炉墙等锅炉部件不断承受循环的热应力和机械应力,工作人员并未及时发现该种问题,一旦这些问题长此以往下去,势必给这些部件材料质量造成严重影响,材料因疲劳过度,从而出现裂纹,严重时甚至产生泄漏事故(如图1所示)。

(二) 腐蚀

腐蚀表示材料与周围环境中的化学物质发生反应,从而降低材料性能的过程。在火力发电厂中,锅炉内部时常接触到含有硫、氯等腐蚀性元素,这些腐蚀性物质会与锅炉材料发生化学反



> 图1 材料疲劳

应,形成腐蚀产物,如硫化物、氯化物等(如图2所示)。当这些物质和锅炉材料相结合,进一步加剧材料的腐蚀速度,减少锅炉部件厚度,降低其自身强度,最终影响锅炉的安全运行^[5]。



> 图2 材料腐蚀

(三) 热应力

热应力是由于材料内部温度分布不均匀,致使材料各部分膨胀不一致,进而产生的应力。在锅炉运行过程中,由于燃料燃烧产生的高温,锅炉各部件经历快速的温度变化,这种快速的温度变化给材料内部产生巨大的热应力,尤其是在锅炉的焊接接头、弯头等结构复杂部位,热应力集中现象较为严重,长期的热应力作用导致材料出现裂纹,甚至产生断裂问题。目前,材料疲劳、腐蚀和热应力是当前火力发电厂锅炉磨损的主要原因,为了延长锅炉的使用寿命,需要合理选择锅炉材料,采用先进的防腐技术和热处理工艺,以及实施有效的维护和监测措施,从而减少磨损带来的负面影响^[6]。

四、火力发电厂锅炉的防磨防爆措施

(一) 材料选择与处理

在锅炉材料选择上,优先考虑高强度、耐高温、抗腐蚀的新型材料,如使用高铬铸铁、耐热钢、陶瓷复合材料等,这些材料具有良好的耐磨性和抗腐蚀性,能在高温高压环境下保持稳定的

性能。高铬铸铁因其高硬度和良好的耐磨性，常用于锅炉的磨损部件，如过热器、再热器、省煤器管道；耐热钢高温强度和抗氧化性较为优异，被应用在锅炉的高温部件，如炉膛、燃烧器等；陶瓷复合材料结合陶瓷的耐高温和金属韧性，常用于锅炉的耐磨衬里和高温隔热层。除了选择合适的材料外，采用表面处理技术也是提高材料耐磨性的有效手段，如热处理、涂层技术、表面硬化处理。热处理通过调整材料的组织结构，提高其硬度和耐磨性。如对高铬铸铁进行淬火和回火处理，显著提高其耐磨性能。涂层技术在材料表面涂覆耐磨、耐高温的涂层，如陶瓷涂层、金属涂层等，有效隔离材料与腐蚀介质的直接接触，延长材料的使用寿命。表面硬化处理喷涂、激光熔覆等技术在材料表面，形成完整的硬化层，提高材料的表面硬度和耐磨性^[7]。

（二）结构设计优化

在结构设计优化方面，流体力学分析是目前最先进的手段，工作人员深入研究锅炉内部流体的运动规律，科学识别出磨损严重的区域，针对这些区域进行结构上的改进，从而减少磨损。在结构设计时，需重新设计锅炉内部流道，改变流体的流动路径，减少流体对锅炉壁面的直接冲击，降低磨损。例如：采用流线型设计，使流体平滑地流过锅炉内部，减少涡流和湍流的产生概率。选用耐磨性能好的材料，特殊处理锅炉内部易磨损部位，如喷涂耐磨涂层，增加表面的硬度；在锅炉关键部位增加支撑结构，提高整体的刚性，减少因振动和热膨胀引起的磨损；安装智能监控系统，实时监测锅炉内部的工作状态，及时发现磨损和异常情况，采取预防措施。通过实施上述措施，显著提高锅炉的防磨防爆能力，延长其使用寿命，保障火力发电厂的安全稳定运行^[8]。

（三）智能监测系统应用

在锅炉运行过程中，工作人员应采用智能监测系统，实时监控的锅炉运行状态，及时发现锅炉异常情况，立即采取合理的解决措施，是保障锅炉长期稳定运行的关键点。而在应用智能监测系统时，要在锅炉关键部位安装高精度的传感器，这些传感器能实时收集锅炉运行过程中的各种数据，如温度、压力、流量、振动等参数。通过实时分析这些数据，帮助系统第一时间发现锅炉运行中的异常情况，如磨损、腐蚀、裂纹等潜在问题。当智能监测系统检测到异常，它会立即向操作人员发出警报，提供可能诱发故障的主要原因，制定科学的应对措施，有利于操作人员迅速

采取行动，如调整运行参数、局部检修、停机维护，避免小问题演变成大故障。另外，智能监测系统具备数据存储和分析功能，全面分析历史数据，帮助工程师了解锅炉的运行规律和磨损趋势，进一步优化维护计划，延长锅炉的使用寿命。通过这种方式，智能监测系统不仅提高锅炉的安全性，还提升整个电厂的经济效益^[9]。

（四）完善操作规程

锅炉在长期高温高压的工作环境下，容易出现磨损和爆炸等安全隐患，所以完善操作规程，强化操作人员的培训和规范操作，是防止锅炉磨损和爆炸的关键措施。操作规程是指导操作人员进行日常工作的标准文件，详细规定操作步骤、安全注意事项、应急处理措施等内容，完善的操作规程能确保操作人员在执行任务时遵循正确的程序，减少人为错误，从而降低设备故障发生的风险。同时，操作人员技能水平直接影响到锅炉的运行安全，对操作人员进行系统的培训至关重要，包括锅炉的工作原理、结构特点、常见故障及处理方法等。通过模拟操作和实际操作训练，提高操作人员的操作熟练度，定期进行安全知识培训，强化操作人员的安全意识，确保他们能够在紧急情况下正确应对。但值得注意的是，在规范操作实施时，操作人员必须严格按照操作规程执行任务，不得随意更改操作步骤，定期检查锅炉，及时处理磨损和潜在的爆炸隐患，要求锅炉使用的材料和备件符合标准，避免因材料问题导致的安全事故。详细记录操作过程和设备运行状态，通过数据分析找出潜在问题，及时采取预防措施^[10]。

五、总结

综上所述，随着我国经济快速发展，火力发电作为主要的能源供应方式，其安全性日益受到重视。锅炉作为火力发电厂的核心设备，其运行稳定性直接关系到电厂的效率和他安全。因此，对锅炉进行防磨防爆的综合研究显得尤为重要。然而，防磨防爆工作属于系统工程，需要电厂管理层的重视，在实际操作中根据锅炉的具体情况，制定个性化的防磨防爆方案，并不断优化和完善。同时，加强技术培训和安全教育，增强员工的安全意识和操作技能，也是确保锅炉安全稳定运行的重要环节。未来，我们期待更多的技术创新和实践探索，共同推动火力发电行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 徐士龙. 火力发电厂锅炉避免四管泄漏的防磨防爆工作开展分析 [J]. 福建质量管理, 2020(15):173-171.
- [2] 宋吉平. 火力发电厂锅炉受热面防磨防爆检查专用连体服的设计与应用 [J]. 电力设备管理, 2020(5):74-75.
- [3] 李卫东. 循环流化床锅炉防磨防爆检查重点及技术改进措施 [J]. 清洗世界, 2023, 39(8):175-177.
- [4] 解剑波, 周君良, 关键, 等. 基于火电厂防磨防爆业务需求的系统架构研究 [J]. 电力系统装备, 2020(13):93-96.
- [5] 赵振旭, 杜振华, 张其军, 等. 火力发电厂350MW锅炉受热面管控及使用寿命分析 [J]. 中国高科技, 2023(10):64-66.
- [6] 周洋, 伏文, 宋丽莎, 等. 超超临界1 000 MW机组锅炉水冷壁爆管原因分析 [J]. 材料保护, 2020, 53(12):152-156.
- [7] 刘志强. 锅炉受热面防磨防爆检查与相关问题处理研究 [J]. 大观周刊, 2020(14):289.
- [8] 曾祥甫. 火电厂锅炉“四管”防磨防爆检查与改进措施 [J]. 电脑采购, 2020(8):73-75.
- [9] 毕旺杰. 基于火力发电厂锅炉防磨防爆的有效性探究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(32):2072.
- [10] 刘建国. 电厂锅炉受热面防磨防爆检查与相关问题处理 [J]. 电力系统装备, 2020(10):57-58.