

锅炉“四管”防磨防爆检修管理分析与研究

翟文超

国能内蒙古公司矸石发电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：随着电力需求的不断增长，锅炉“四管”（过热器、再热器、水冷壁、省煤器）的安全运行成为关键。本文综合分析了“四管”超温过热、磨损、腐蚀及热疲劳等爆漏原因，并深入探讨了现有防磨防爆检修管理体系的不足。基于分析结果，提出了完善检修流程、应用新技术及加强人员培训等策略，旨在为锅炉“四管”的安全稳定运行提供有效保障。

关键词：锅炉“四管”；防磨防爆；检修管理

引言：在电力生产过程中，锅炉作为关键设备，其运行的安全性与稳定性至关重要。特别是锅炉的“四管”——过热器、再热器、水冷壁及省煤器，由于长期处于高温高压环境下，易发生磨损、腐蚀和爆漏等问题，直接影响发电效率 and 安全性。因此，深入研究锅炉“四管”的防磨防爆检修管理，对保障电力生产的顺利进行具有重要意义。

1 锅炉“四管”爆漏机理及失效特征分析

1.1 超温过热爆管

（1）短期超温与长期超温的区分。短期超温爆管通常发生在锅炉运行异常时，如负荷突变或燃烧调整不当，导致管壁温度急剧升高至材料耐热极限，引发爆管。其特征为爆口大、边缘钝化，管壁明显胀粗。长期超温爆管则是管壁温度持续高于设计值，材料发生蠕变，逐渐失去承载能力而爆管，爆口相对较小，边缘较锋利，伴有蠕变痕迹。（2）超温过热爆管的成因与影响。成因包括燃烧系统故障、汽水流量不均、管内结垢等。超温过热爆管直接影响锅炉运行安全，降低热效率，增加维修成本，严重时可能导致锅炉停机，影响电力供应。

1.2 磨损爆管

（1）飞灰冲刷磨损、机械磨损的类型与特征。飞灰冲刷磨损主要由烟气中携带的灰粒对管壁进行冲刷造成，常见于过热器、再热器等部位。机械磨损则主要由管子与周围金属部件的摩擦造成，如支吊架、管卡等。飞灰冲刷磨损的特征为管壁局部减薄，表面粗糙，有时可见明显的冲刷痕迹。机械磨损则表现为管壁表面划痕或凹坑。（2）磨损爆管的主要发生部位与原因。主要发生在烟气流速高、灰粒含量大的区域，如过热器、再热器的弯头、直管段以及管子与支吊架的连接处。原因包括烟气流速设计不合理、管子材质耐磨性能不足、支吊

架设计不当导致管子振动等。

1.3 腐蚀爆管

（1）水侧腐蚀与烟气侧腐蚀的机理。水侧腐蚀主要由水质不良引起，如水中含有溶解氧、二氧化碳、氯离子等腐蚀性物质，对管壁产生电化学腐蚀。烟气侧腐蚀则与烟气中的硫氧化物、氮氧化物等腐蚀性气体有关，这些气体在管壁表面形成酸性露珠，引发腐蚀。（2）腐蚀爆管的典型表现与危害。腐蚀爆管表现为管壁局部或全面减薄，出现腐蚀坑或裂纹，严重时导致泄漏。腐蚀不仅降低管壁强度，还可能引发材质脆化，增加爆管风险。此外，腐蚀产物还可能堵塞管道，影响热交换效率，甚至导致锅炉停机。腐蚀爆管对锅炉的安全运行构成严重威胁，增加维修成本，降低锅炉可用率^[1]。

1.4 热疲劳爆管

（1）热疲劳现象的成因与特征。热疲劳爆管主要由锅炉启停频繁、负荷波动大、管壁温度分布不均等因素引起。在温度变化过程中，管壁材料因热胀冷缩产生交变热应力，长期累积导致疲劳损伤。热疲劳爆管的特征为爆口边缘参差不齐，伴有多条细小裂纹，管壁减薄程度不一，且常出现在管子的弯曲部位或焊缝附近。（2）热疲劳爆管的主要影响因素。主要影响因素包括锅炉启停次数、负荷变化速率、管壁材料热疲劳性能、管子与支吊架的连接方式以及管壁温度分布的均匀性。减少启停次数、降低负荷变化速率、选用热疲劳性能好的材料、优化管子与支吊架的设计以及改善管壁温度分布，均可有效降低热疲劳爆管的风险。

2 锅炉“四管”防磨防爆检修管理现状分析

2.1 管理体制与机制

（1）现有防磨防爆检修管理体系的构成与运作。当前，锅炉“四管”防磨防爆检修管理体系主要由专项检查小组、数据管理平台以及责任追究机制三部分构成。

专项检查小组负责定期和不定期地对锅炉“四管”进行防磨防爆检查,记录数据并分析潜在问题。数据管理平台则负责集中存储、查询和分析这些数据,为检修策划提供指导。责任追究机制则确保在检修过程中发现的问题能够得到及时处理,并对相关责任人进行追究。这一体系运作流畅,有效提高了锅炉“四管”的检修效率和安全性。(2)管理体制中存在的问题与不足。尽管现有管理体系取得了一定成效,但仍存在一些问题和不足。例如,部分企业的数据管理平台功能不够完善,数据分析不够深入,导致检修计划制定不够精准。此外,责任追究机制在某些情况下执行力度不够,导致问题整改不及时或整改不彻底。

2.2 检修技术与方法

(1)当前采用的防磨防爆检修技术与手段。目前,锅炉“四管”防磨防爆检修主要采用超声波检测、射线检测、管屏扫查器等先进技术。这些技术能够精准定位锅炉内部的磨损和腐蚀情况,为检修工作提供有力支持。同时,一些企业还采用智能化管理系统,通过大数据分析预测设备磨损趋势,提前制定检修计划。(2)技术方法的有效性与局限性分析。这些检修技术虽然有效,但也存在一定的局限性。例如,超声波检测和射线检测虽然能够精准定位磨损和腐蚀部位,但受到设备结构和材料性质的限制,有时无法全面覆盖所有检查区域。此外,智能化管理系统虽然能够提高检修效率,但也需要大量的历史数据和专业的数据分析人员支持。

2.3 人员培训与责任落实

(1)防磨防爆检修人员的专业素质与技能要求。防磨防爆检修人员需要具备扎实的专业知识和丰富的实战经验。他们应熟悉锅炉“四管”的结构特点和常见问题处理方法,掌握最新的防磨防爆技术和检查规范。此外,还需具备高度的责任心和团队协作精神,确保检修工作的质量和安全。(2)责任落实与考核机制的现状与问题。在责任落实方面,部分单位存在责任划分不明确、责任追究不到位的问题。考核机制也不完善,缺乏科学、客观的评价指标和奖惩措施。这导致部分人员责任心不强,检修工作流于形式。因此,需要进一步完善责任体系和考核机制,明确各级人员的职责和权限,确保检修工作的顺利开展。

3 锅炉“四管”防磨防爆检修管理优化策略

3.1 完善管理体制与机制

(1)建立“四管”防磨防爆小组例会制度。为了加强团队协作与信息交流,应建立定期的“四管”防磨防爆小组例会制度。例会不仅应回顾上一阶段的检修工

作,总结成功经验和不足之处,还应根据设备运行状态和检修数据,制定下一阶段的检修计划和重点任务。通过例会,可以确保小组成员对检修工作有清晰的认识,促进资源共享与经验传承,提高团队整体的工作效能。

(2)强化检查与责任落实,形成闭环管理。在检修管理体系中,强化检查与责任落实是确保检修质量的关键。应建立严格的检查标准和流程,对检修工作的每个环节进行细致的检查和评估。同时,要明确各级人员的责任分工,确保每项任务都有专人负责,形成责任到人的闭环管理机制。对于检查中发现的问题,要及时跟踪整改情况,确保问题得到有效解决,防止隐患演变为事故^[2]。

3.2 提升检修技术与方法

(1)应用新技术、新工艺提高检修效率与质量。随着科技的不断进步,新技术、新工艺在锅炉“四管”防磨防爆检修中的应用越来越广泛。例如,可以利用超声波检测、射线检测等无损检测技术,对锅炉“四管”进行精确诊断,提高检修的准确性和效率。同时,采用激光熔覆、热喷涂等表面工程技术,对磨损、腐蚀严重的部位进行修复和强化,延长设备使用寿命。通过应用新技术、新工艺,可以显著提高检修质量和效率,降低维护成本^[3]。(2)针对不同爆漏机理采取针对性检修策略。锅炉“四管”爆漏的机理多种多样,包括超温过热、磨损、腐蚀和热疲劳等。针对不同的爆漏机理,应采取针对性的检修策略。例如,对于超温过热爆管,应加强对锅炉运行参数的监控和调整,避免管壁温度超过材料承受极限;对于磨损爆管,应优化燃煤品质、调整烟气流速等措施减少飞灰冲刷;对于腐蚀爆管,应严格控制水质、加强烟气脱硫脱硝等措施减少腐蚀性物质的生成。通过采取针对性的检修策略,可以有效降低爆漏风险,提高设备运行的可靠性和安全性。

3.3 加强人员培训与考核

(1)提升检修人员的专业技能与综合素质。检修人员的专业技能和综合素质是确保检修工作高质量完成的基础。因此,应加强检修人员的培训和教育,提高他们的专业技能水平和对锅炉“四管”防磨防爆知识的了解。培训内容应包括锅炉“四管”的结构特点、常见问题处理方法、新技术新工艺的应用等方面。同时,还应注重培养检修人员的安全意识、团队协作精神和创新能力,提高他们应对复杂问题的能力。(2)建立严格的考核与激励机制,激发人员积极性。为了激发检修人员的积极性和创造力,应建立严格的考核与激励机制。考核机制应包括工作态度、工作效率、工作质量等方面,通过定期的考核和评价,对检修人员的工作表现进行客观

评估。激励机制则可以通过设立奖励制度、晋升机会等方式,对表现优秀的检修人员给予表彰和奖励,激发他们的工作热情和创造力。

3.4 完善技术台账与信息管

(1) 建立完善的“四管”技术台账,加强设备监督与技术管理。建立完善的“四管”技术台账是检修管理的基础工作。技术台账应详细记录锅炉“四管”的设备信息、检修历史、缺陷数据等内容,为检修策划和决策提供依据。同时,应加强对设备运行的监督和技术管理,及时发现和处理设备运行中的异常现象和潜在问题,防止隐患扩大和事故发生。(2) 利用信息化手段提高检修管理的科学性与精确性。随着信息技术的不断发展,信息化手段在锅炉“四管”防磨防爆检修管理中的应用越来越广泛。可以利用信息化平台对检修数据进行收集、整理和分析,为检修决策提供科学依据^[4]。同时,还可以利用智能化管理系统对锅炉运行状态进行实时监测和预警,及时发现和处理潜在的安全隐患。通过信息化手段的应用,可以显著提高检修管理的科学性和精确性,降低人为因素的干扰和误判风险。

4 超(超)临界机组锅炉“四管”防磨防爆的新挑战与对策

4.1 新挑战分析

(1) 高参数、大容量锅炉带来的防磨防爆难题。高参数、大容量锅炉的运行温度、压力均较传统锅炉有了显著提升,这使得锅炉“四管”材料承受了更大的热应力和机械应力。同时,高温高压环境加剧了管材的蠕变和疲劳损伤,增加了爆管的风险。此外,大容量锅炉的受热面布置更为复杂,烟气流通过程长,导致局部磨损和腐蚀问题更为突出。(2) 煤质变化对锅炉“四管”运行的影响。近年来,由于煤电联动不畅、煤炭市场波动等原因,火电厂燃烧的煤质频繁变化,且往往偏离设计值。煤质的变化直接影响锅炉的燃烧效率和热负荷分布,导致管壁温度波动增大,增加了超温和热疲劳的风险。此外,劣质煤中的灰分含量高、熔点低,易在受热面上形成结焦和腐蚀,加剧了“四管”的磨损和腐蚀问题。

4.2 对策与建议

(1) 加强锅炉材质研究与选型,提高耐高温、抗腐蚀能力。针对高参数、大容量锅炉的特点,应加强对

耐高温、抗腐蚀材料的研发与应用。通过研发新材料或改进现有材料的性能,提高锅炉“四管”的耐高温和抗腐蚀能力,从而减少因材料失效而导致的爆漏事故。同时,在选择锅炉材料时,应充分考虑材料的适用性、经济性和可加工性,确保材料能够满足锅炉长期稳定运行的需求。(2) 优化锅炉设计与运行策略,减少热应力与磨损。优化锅炉设计,合理布置受热面,减少管子间的温差和应力集中,是降低锅炉“四管”爆漏风险的有效手段。此外,还应优化锅炉的运行策略,如合理控制锅炉的启停次数和变负荷速率,避免频繁启停和变负荷运行对锅炉“四管”的热应力冲击。同时,通过调整燃烧参数和配风策略,优化锅炉的燃烧过程,减少烟气对受热面的冲刷磨损。(3) 强化燃煤管理,确保煤质稳定与适配性。加强燃煤管理,确保入炉煤质的稳定性和适配性,对于减少锅炉“四管”的爆漏风险具有重要意义。应建立完善的煤质监测和预报系统,实时监测入炉煤质的成分和特性,并根据煤质的变化及时调整锅炉的运行参数和配风策略。同时,通过优化燃煤的配比和掺烧方案,降低燃煤对锅炉“四管”的不良影响。此外,还应加强对燃煤采购、储存和运输过程的监管,确保燃煤的质量和数量满足锅炉运行的需求。

结束语

综上所述,锅炉“四管”的防磨防爆检修管理是一个系统工程,需要从多个维度进行深入探讨和实践。通过不断优化检修策略、提升技术水平、强化人员培训和现场管理,我们能够有效降低“四管”爆漏风险,保障锅炉的安全稳定运行。未来,随着新材料、新工艺的不断发展,我们有理由相信,锅炉“四管”的防磨防爆能力将得到进一步提升,为电力行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]李响.火电厂锅炉“四管”防磨防爆及防泄漏措施[J].现代制造技术与装备,2023,(08):72-73.
- [2]李翔.锅炉“四管”防磨防爆重点部位防护措施[J].设备管理与维修,2022,(08):73-74.
- [3]孙玉祥.燃煤电厂锅炉“四管”泄漏原因及预防措施[J].化学工程与装备,2023,(11):125-126.
- [4]吴佳宇,徐祥.火电厂锅炉“四管”防磨防爆检查重点及预防措施[J].清洗世界,2022,(02):16-17.