

火力发电厂锅炉防磨防爆检修探讨

章 锁

浙江华业电力工程股份有限公司 浙江 宁波 315800

摘要：随着电力工业的快速发展，火力发电厂作为重要的能源转换设施，其运行的安全性和可靠性备受关注。锅炉作为火力发电厂的核心设备之一，其受热面管道的防磨防爆工作显得尤为重要。本文深入探讨了火力发电厂锅炉设备的结构、工作原理及“四管”的作用与运行环境，分析了锅炉“四管”爆漏的主要原因，包括磨损、腐蚀、裂纹以及过热与疲劳等。在此基础上，本文提出了从设计、制造、安装到投产后的全面防磨防爆检修策略，旨在为火力发电厂锅炉的安全运行提供有力保障。

关键词：火力发电厂；锅炉；防磨防爆检修

引言：火力发电厂作为现代社会能源供应的重要组成部分，其运行效率与安全性直接关系到国计民生。锅炉作为火力发电的关键设备，长期处于高温、高压的恶劣工作环境中，其受热面管道容易受到磨损、腐蚀等因素的影响，从而引发泄漏、爆管等安全隐患。因此，锅炉的防磨防爆检修成为确保火力发电厂稳定运行的重要环节。本文旨在通过分析锅炉设备的结构特点及常见失效模式，探讨有效的防磨防爆检修策略，以提升锅炉的可靠性和安全性，为火力发电厂的长期运营提供技术支撑。

1 火力发电厂锅炉设备概述

1.1 锅炉设备的结构与工作原理

锅炉设备主要由本体结构和一些辅助设备组成。本体结构大致分为水汽系统和燃烧系统两部分。水汽系统主要任务是给水加热至饱和蒸汽或过热蒸汽，这个系统包含锅筒、水冷壁、过热器和省煤器等重要组件。其中，水在省煤器中预热，再进入锅筒，然后经水冷壁吸热成为饱和蒸汽，这些蒸汽会在过热器中进一步加热成为过热蒸汽，从而提供足够的高压蒸汽以驱动汽轮机旋转，汽轮机则通过转子驱动发电机产生电能。燃烧系统主要负责燃料的燃烧及热能的释放。系统一般包括煤粉制备系统、燃烧器和炉膛等部分。煤经过磨煤机被研磨成煤粉，这些煤粉随后与来自空气预热器的热空气混合后喷入炉膛内燃烧，放出大量的热能。此外，锅炉的辅助设备还包含鼓风机、引风机、给水泵等，它们在锅炉运行过程中提供必要的流体动力支持。

1.2 锅炉“四管”的作用及运行环境

锅炉“四管”是指锅炉中的水冷壁、过热器、再热器和省煤器四种主要受热面管子。这“四管”构成了锅炉全部的受热面，对于能量的转换起着决定性作用。水冷壁布置在炉膛内部，通过直接吸收火焰辐射和高温

烟气的热量来加热管内的水，产生饱和蒸汽。过热器和再热器则位于烟道部分，其主要作用是将饱和蒸汽进一步加热到所需的过热状态，以确保蒸汽进入汽轮机做功时的能量转换效率。省煤器位于锅炉尾部，用来预热进入锅炉的给水，以降低加热至饱和状态所需的能量，提高整个系统的效率^[1]。然而，“四管”的工作环境极其恶劣。在锅炉运行过程中，水冷壁需承受炉膛内部的高温火焰辐射，而过热器和再热器则需应对高温烟气的冲刷，这些部位的金属管道极易遭受腐蚀、磨损、过热甚至疲劳开裂。省煤器虽处在相对较低的温度环境中，但也面临来自低温烟气的腐蚀问题。因此，“四管”的材料选择、设计安装和运维保养都必须格外小心。

1.3 锅炉防磨防爆的重要性

鉴于锅炉“四管”运行环境的复杂性和危险性，锅炉的防磨防爆工作显得尤为重要。首先，磨损、腐蚀、过热和拉裂是导致锅炉“四管”泄漏的主要原因，而一旦发生泄漏，不仅会造成大量的水汽和热能损失，更会导致锅炉的被迫停运，严重影响电厂的生产效率和经济效益。其次，锅炉泄漏事故若处理不当，还可能酿成火灾或爆炸等重大安全事故，严重威胁人身和财产安全。因此，对锅炉“四管”的定期检测、维修和更换是必不可少的。这些工作包括但不限于检查水冷壁的胀粗、鼓胀、冲刷和腐蚀情况，过热器和再热器的磨损、腐蚀及温度监控，以及省煤器的防磨装置状态和烟道内部的积灰情况。对于已经出现的问题，应采取及时且有效的处理措施，如补焊、更换耐磨材料等，以避免事故的扩大。同时，优化锅炉运行参数，合理控制温度、压力和流量等关键参数，降低锅炉内部的腐蚀和磨损速率，也是锅炉防磨防爆的重要一环。此外，提升燃煤品质，改善燃煤配风，以降低炉膛出口温度和烟气含硫量，对减

缓锅炉受热面的腐蚀也有积极作用。

2 火力发电厂锅炉“四管”爆漏的原因分析

2.1 磨损

磨损是锅炉“四管”爆漏的主要原因之一，主要由烟气冲刷和灰粒磨损造成。(1) 烟气冲刷和灰粒磨损的影响：在锅炉运行过程中，高温烟气携带大量灰粒以较高速度冲刷受热面管道，导致管道表面逐渐磨损变薄，最终发生泄漏。这种磨损是持续且不均匀的，特别是在管道弯头、烟气流向突变处以及管道迎风面，磨损更为严重。此外，灰粒中的硬质颗粒（如 SiO_2 、 Al_2O_3 等）对管道的冲刷作用更强，加速了磨损过程。(2) 磨损经常发生的区域分析：水冷壁、过热器和再热器的直管段和弯头处是磨损的主要区域。水冷壁由于直接暴露在高温火焰和烟气中，且受到炉膛内燃烧调整的影响，磨损情况尤为复杂。过热器和再热器则位于锅炉尾部，烟气中的灰粒含量较高，且流速较快，加剧了磨损^[2]。

2.2 腐蚀

腐蚀是锅炉“四管”爆漏的另一大原因，分为外部腐蚀和内部腐蚀。(1) 外部腐蚀与内部腐蚀的定义与实质：外部腐蚀主要发生在锅炉受热面管道的外壁，由于高温烟气中的腐蚀性气体（如 SO_2 、 SO_3 ）与管道金属表面发生化学反应，导致金属腐蚀。内部腐蚀则主要发生在锅炉受热面管道的内壁，由于水或蒸汽中的溶解氧、二氧化碳等腐蚀性物质与金属发生反应，造成金属腐蚀。(2) 腐蚀经常发生的区域及其原因：水冷壁的外部腐蚀通常发生在炉膛出口处，由于该区域烟气温度较高，且含有较多的腐蚀性气体。过热器和再热器的外部腐蚀则主要发生在烟气温度较高的区域，如过热器出口段。内部腐蚀则主要发生在省煤器和给水管道中，由于这些区域的水质较差，含有较多的腐蚀性物质。

2.3 裂纹

裂纹是锅炉“四管”爆漏的潜在风险之一，其产生原因和主要发生区域对锅炉安全具有重要影响。(1) 裂纹的产生原因和主要发生区域：裂纹的产生与管道材料的热应力、焊接质量、运行条件等多种因素有关。在锅炉启停过程中，由于温度变化引起的热应力可能导致管道产生裂纹。此外，焊接过程中存在的缺陷（如夹渣、未焊透等）也可能导致裂纹的产生。裂纹主要发生在管道焊缝处、应力集中部位以及管道弯头处。(2) 裂纹对锅炉安全性的影响：裂纹的存在削弱了管道的承载能力，增加了泄漏和爆管的风险。在锅炉运行过程中，裂纹可能因压力波动、温度变化等因素而扩展，最终导致管道破裂。

2.4 过热与疲劳

过热与疲劳是锅炉“四管”爆漏的另外两个重要原因。(1) 过热现象的定义与产生原因：过热是指锅炉受热面管道内的工质温度超过设计值，导致管道金属强度降低、蠕变速度加快的现象。过热现象的产生与锅炉运行参数不当、管道积灰、水质不良等因素有关。(2) 疲劳现象的定义与产生机制：疲劳是指锅炉受热面管道在交变应力作用下，因材料内部微裂纹不断扩展而最终导致断裂的现象。疲劳现象的产生与管道的运行温度、压力波动、振动以及材料本身的性能有关。(3) 过热与疲劳对锅炉设备的危害：过热和疲劳都可能导致锅炉受热面管道承载能力下降，增加泄漏和爆管的风险。过热现象还可能导致管道材料发生蠕变，加速管道的老化过程。疲劳现象则可能导致管道在较低应力下发生断裂，严重威胁锅炉的安全运行。

3 火力发电厂锅炉“四管”防磨防爆的检修策略

3.1 设计、制造与安装阶段的预防措施

在设计、制造与安装阶段，关键在于提升设备本身的可靠性和耐久性，为锅炉“四管”的长期稳定运行奠定坚实基础。(1) 把好设备设计、制造质量关。设备的设计和制造是防磨防爆的源头。在设计阶段，应充分考虑锅炉的运行条件和可能的磨损、腐蚀因素，合理选择材料，优化管道布局，减少应力集中。同时，设计时还需考虑便于后续的检修和维护。在制造阶段，应选用质量可靠的材料，严格按照设计规范进行加工，加强质量控制，对关键部位进行无损检测，确保设备的制造质量。(2) 加强安装质量管理，确保焊接工艺和密封板焊缝的可靠性。安装质量的优劣直接关系到锅炉“四管”的运行寿命。在安装过程中，应确保管道的固定牢固，避免振动和位移。焊接是安装中的关键环节，必须严格遵循焊接工艺规程，确保焊缝质量。对于密封板焊缝，应采用先进的焊接技术和检测方法，确保其密封性能良好，防止泄漏。此外，还需对安装过程中的每个步骤进行严格的质量检查，确保安装质量符合标准^[3]。(3) 联箱清洁度检查的重要性与实施方法。联箱是锅炉“四管”系统中的关键部件，其内部清洁度对锅炉的运行效率和使用寿命有着重要影响。在设备安装前，应对联箱进行彻底的清洁，去除内部的杂物和锈垢。清洁过程中，可采用高压水枪、酸洗或碱洗等方法。清洁后，应对联箱进行仔细检查，确保内部无残留物。此外，在锅炉运行过程中，还应定期对联箱进行清理，防止积灰和腐蚀。

3.2 投产后的防磨防爆工作

投产后的防磨防爆工作主要侧重于日常维护和检修,以及通过数据分析和手段降低运行风险。(1)建立、健全锅炉“四管”防磨防爆检查制度。建立定期的检查制度是确保锅炉“四管”安全运行的基础。应根据锅炉的实际情况和运行经验,制定合理的检查周期和项目。检查内容包括管道壁厚、磨损情况、焊缝状态、腐蚀程度等。检查时,应使用专业的检测工具和方法,如超声波测厚仪、磁粉探伤仪等,确保检测结果的准确性。同时,应建立完善的检查记录,对每次检查的结果进行详细记录,以便后续分析和处理。(2)完善锅炉“四管”防磨防爆台账,掌握泄漏规律和重点防治部位。通过建立防磨防爆台账,可以系统地记录和分析锅炉“四管”的运行状况和维护历史。台账中应包含管道的基本信息、检查记录、维修记录、泄漏事件等信息。通过对台账的分析,可以找出泄漏的规律和重点防治部位,为后续的检修工作提供科学依据。同时,台账也是评估锅炉“四管”健康状况和制定检修计划的重要依据。(3)加强入煤质管理,优化配煤方案,降低锅炉运行风险。煤质是影响锅炉“四管”磨损和腐蚀的重要因素之一。因此,加强入煤质管理,确保煤质符合锅炉设计要求,是降低运行风险的有效手段。应建立严格的煤质检验制度,对入厂的煤进行抽样检测,确保煤质满足锅炉运行的需要。同时,应根据锅炉的实际情况和煤质特点,优化配煤方案,合理搭配不同种类的煤,以减少对锅炉“四管”的磨损和腐蚀。^[3]

3.3 具体的检修技术与处理方法

针对锅炉“四管”的具体问题,应采取针对性的检修技术和处理方法,以确保其安全运行。(1)水冷壁的防磨防爆检修。水冷壁是锅炉“四管”中磨损最为严重的部件之一。在检修时,应重点检查其磨损情况,特别是燃烧器区域、烟道转弯处等易磨损部位。对于磨损严重的部位,应及时进行补焊或更换。同时,还应注意检查水冷壁的膨胀间隙和固定装置,确保其处于良好状态。在抽查部位时,应选择具有代表性的管道进行检测,以验证整体磨损情况。(2)过热器、再热器和省煤器的防磨防爆检修。过热器、再热器和省煤器是锅炉

“四管”中易发生泄漏的部位。在检修时,应重点检查其管道壁厚、焊缝质量、腐蚀情况和积灰情况。对于壁厚减薄、焊缝缺陷和腐蚀严重的部位,应及时进行修复或更换。同时,应加强清灰工作,防止积灰导致的过热和腐蚀。在检测过程中,应使用专业的检测工具和方法,如超声波测厚仪、内窥镜等,以确保检测结果的准确性^[4]。(3)裂纹、过热和疲劳问题的检测与处理方法。裂纹、过热和疲劳是锅炉“四管”中常见的缺陷和问题。在检修时,应采用先进的检测技术和方法对这些问题进行检测和诊断。对于裂纹问题,可采用磁粉探伤、渗透探伤等方法进行检测;对于过热和疲劳问题,可采用金相分析、力学性能测试等方法进行检测。一旦发现这些问题,应立即采取相应的处理措施进行修复或更换受损部件。同时,还应加强对锅炉运行参数的监控和调整,避免这些问题的再次发生。在处理过程中,应严格按照相关的安全规程和操作规程进行操作,确保人员和设备的安全。

结束语

综上所述,火力发电厂锅炉的防磨防爆检修是一项系统工程,需要从设计、制造、安装到投产后的各个环节进行全面考虑和细致管理。通过采用先进的检修技术和科学的管理方法,可以显著提高锅炉设备的可靠性和安全性,延长其使用寿命,降低运维成本。未来,随着科技的不断进步和经验的不断积累,我们将继续深化对锅炉防磨防爆检修的研究和实践,为火力发电厂的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]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,(05):74-75.
- [2]陆云,陈捷.无人机遥感技术在电站锅炉防磨防爆检查中的应用[J].电力与能源,2019,(08):81-82.
- [3]王科.火力发电厂锅炉“四管”防磨防爆研究[J].无线互联科技.2019,(03):25-26.
- [4]李健.论火电厂锅炉防磨防爆管理模式探索及应用[J].工程技术(全文版),2019,(02):29-30.