

电厂锅炉水冷壁泄漏的主要原因及对策

闫晓雄

国家能源集团山西电力有限公司霍州发电厂 山西霍州 031400

【摘要】电厂锅炉水冷壁泄漏是一个较为严重的问题，具有多方面的原因。经过调查分析，材料缺陷、腐蚀、结垢、温度和压力因素、结构设计不合理以及操作不当等是电厂锅炉水冷壁泄漏的主要原因。针对这些原因，可以采取优化水质管理、提高材料质量、优化结构设计、加强设备维护和保养等对策来预防泄漏。同时，操作人员的正确操作和决策对于锅炉的安全运行至关重要，应加强培训和监督，确保操作正确、安全。通过综合采取这些预防措施，可以降低电厂锅炉水冷壁泄漏的风险，提高锅炉的安全性能和运行效率。

【关键词】电厂锅炉；水冷壁泄漏；主要原因；预防对策

1 电厂锅炉水冷壁泄漏的主要原因

1.1 材料缺陷

材料缺陷是导致电厂锅炉水冷壁泄漏重要原因。水冷壁是锅炉中非常重要的部件，主要由金属材料制成，如碳钢、合金钢等。这些材料在制造过程中可能存在裂纹、气孔等较多的缺陷，这样容易使得水冷壁的强度和密封性受到影响。材料缺陷可能源于材料自身的制造过程，如原材料的选择、加工工艺的控制等。例如，如果制造过程中原材料未经过严格筛选或质量控制，其中可能存在含有夹杂物或不均匀组织的情况，容易导致水冷壁材料强度不足或存在内部缺陷。此外，制造过程中的加工工艺也可能引起材料缺陷。例如，焊接过程中的焊缝质量不合格、焊接时产生的热应力等都可能使水冷壁材料发生裂纹或变形等问题。材料缺陷会导致水冷壁在运行过程中发生泄漏。当锅炉内压力和温度较高时，缺陷处的材料容易发生破裂或漏泄现象。这不仅会造成能源的浪费，也可能导致锅炉运行不稳定，甚至造成严重的安全事故。

1.2 腐蚀和结垢

锅炉水冷壁在运行过程中，由于水质问题、燃烧调整不当、或者管材焊接质量不佳等原因，可能导致管壁的腐蚀。腐蚀会使得管壁的厚度减薄，强度下降，最终导致泄漏。具体来说，腐蚀的原因包括：锅炉给水、锅水质量不符合标准，管内结垢造成管壁超温或产生垢下腐蚀。煤的粒度长期超标，为保证流化，风速增加造成受热面磨损严重，管壁变薄。管内有杂物堵塞，水循环不良，导致局部过热，加剧腐蚀。锅炉水位过低，造成管子缺水，局部过

热，产生腐蚀。炉膛耐火材料掉落，砸坏水冷壁管，导致管壁损伤，进而腐蚀。管材质量不合格或焊接质量不佳，导致管壁存在缺陷，易于腐蚀。管子受到交变热膨胀应力，导致疲劳腐蚀。结垢是水冷壁泄漏的另一个主要原因^[1]。由于给水、炉水品质不合格，水中含有的溶解盐类和离子在高温高压下沉积在管壁上，形成垢层。垢层的存在会导致管壁局部过热，热量传递效率下降，同时垢下腐蚀也会加剧管壁的损伤。结垢的原因主要包括：给水、炉水品质不合格，使管内结垢造成管壁超温。长期低负荷运行，水循环速度下降，有利于垢层的形成。炉内严重结焦，使水冷壁管受热不均匀，垢层生长不均匀，易于形成垢瘤。为防止水冷壁泄漏，需要采取相应的防范措施，如保证给水和炉水的质量，优化燃烧调整，定期进行水质处理，及时清理管内杂物，控制煤的粒度等。同时，对锅炉进行定期检查和维修，确保管材和焊接质量，也是预防水冷壁泄漏的重要措施。

1.3 温度和压力因素

在锅炉运行过程中，水冷壁管壁温度超过材料的承受范围，可能导致材料变形、软化甚至破裂。以下是温度因素导致水冷壁泄漏的几个具体原因：一是燃烧方式不当或火焰偏斜，导致水冷壁管局部过热。二是管壁长期超温运行，使得材料强度下降。三是缺乏有效的温度监测和控制措施，难以发现和局部过热问题。锅炉内部压力波动或超过设计承受范围，也可能导致水冷壁泄漏。具体包括：一是给水不足或排水不当，造成锅炉内压力不稳定。二是锅炉设计或运行中存在缺陷，使得压力分布不均。三

是排污阀泄漏，水循环破坏，影响压力平衡。四是严重缺水，造成水冷壁管内压力下降，进而引发泄漏。

1.4 结构设计不合理

水冷壁是锅炉中关键的受热面，其结构设计是否合理直接影响到锅炉的运行安全和效率。结构设计不合理可能导致水冷壁管局部受力不均、磨损加剧，从而引发泄漏。例如，支撑结构不够稳定，可能导致水冷壁管在运行中振动和变形；安装角度不当，可能影响水冷壁管的热循环和热分布，导致超温、磨损或腐蚀等问题；弯头数量过多，可能影响水冷壁管的流通性能和循环效果，导致局部过热或堵塞。此外，结构设计不合理还可能影响锅炉的安全运行和寿命。例如，结构设计存在缺陷，可能导致压力分布不均，从而引发泄漏或爆炸等安全事故。因此，优化水冷壁结构设计，提高其可靠性、耐久性和安全性，对于预防电厂锅炉水冷壁泄漏具有重要意义。为了解决结构设计不合理导致的水冷壁泄漏问题，需要综合考虑锅炉运行条件、材料性能、热工测量和控制等因素，对水冷壁结构设计进行优化。

1.5 操作不当

锅炉操作人员的操作行为和决策对于锅炉的安全运行至关重要。操作不当可能导致水冷壁泄漏的具体情况主要包括以下几个方面：一是给水和排水操作不当，如果给水不足或排水不当，可能导致锅炉内水位不稳定，进而影响水冷壁管的冷却效果和压力平衡。水位过低可能造成水冷壁管缺水，导致局部过热和破裂；水位过高则可能增加水冷壁管的承受压力，造成泄漏。二是燃烧调整不当，燃烧过程中，如果火焰偏斜或燃烧参数调整不当，可能会导致水冷壁管局部过热。局部过热会加剧管壁的磨损和腐蚀，从而增加泄漏的风险。三是锅炉启动和停运操作不当，在锅炉的启动和停运过程中，如果操作不当，可能会导致锅炉内的温度和压力波动过大，影响水冷壁管的稳定性。例如，停炉过程中未正确进行降压和冷却操作，可能导致水冷壁管内压力过高，引发泄漏。四是缺乏必要的监测和维护，操作人员如果没有及时进行锅炉监测和维护，可能会错过水冷壁管潜在问题的发展初期，导致泄漏问题扩大。五是应急处理不当，在锅炉发生泄漏等紧急情况时，操作人员的应急处理能力也非常重要。如果应急处理不当，可能会加剧事故的影响，甚至造成人员伤亡和财产损失。为了减少操作不当导致的水冷壁泄漏风险，电厂应加强操作

人员的培训，确保他们具备正确的操作知识和技能。

1.6 设备故障

锅炉水冷壁系统是一个复杂的工程设备，涉及多种组件和子系统，如水泵、给水系统、排水系统、燃烧设备、控制系统等。设备故障可能导致系统性能下降，甚至引发泄漏。以下是一些设备故障可能导致水冷壁泄漏的具体情况：一是水泵故障，水泵是维持锅炉水循环的关键设备。如果水泵出现故障，如泵体损坏、叶轮、流量不足等，可能会导致水冷壁管内水流速度下降，热量传递效率降低，进而引发泄漏。二是给水系统故障，给水系统负责向锅炉供水。如果给水管道的堵塞、阀门故障、流量控制器失灵等，可能导致给水不足或给水流量不稳定，影响水冷壁管的冷却效果。三是排水系统故障，排水系统负责排除锅炉内的杂质和多余水分。如果排水管道堵塞、阀门损坏、排水控制失灵等，可能导致排水不畅，影响锅炉水位的稳定。四是燃烧设备的故障可能导致火焰偏斜、燃烧不完全或燃烧温度过高，进而影响水冷壁管的受热情况，增加泄漏的风险。五是控制系统故障，锅炉的控制系统负责监测和调节锅炉的各项参数。如果控制系统出现故障，如温度控制器失灵、压力传感器不准确、报警系统失效等，可能导致操作人员无法及时发现和处理潜在问题，增加泄漏的风险。为了减少设备故障导致的水冷壁泄漏风险，电厂应定期对锅炉设备进行维护和检查，确保设备的正常运行。

2 预防对策研究

2.1 提高材料质量

材料是锅炉水冷壁的基础，其质量直接影响到锅炉的运行安全和效率。首先，选择合适的材料，根据锅炉的运行条件和环境，选择具有良好耐高温、耐腐蚀、高强度和高韧性的材料。例如，对于高温高压锅炉，可以选择耐高温不锈钢、合金钢等材料。其次，严格控制材料采购，确保材料供应商具备良好的信誉和质量控制体系。在采购过程中，加强对材料的检测和审查，确保材料符合国家标准和行业规范。再次，优化材料制造工艺，在材料制造过程中，采用先进的加工技术和工艺，如热处理、焊接等，确保材料的性能和质量。同时，加强对制造过程中的质量控制和检验，确保产品符合设计要求。最后，定期进行材料检验和评估，对锅炉水冷壁材料进行定期的检验和评估，如金相分析、力学性能测试、腐蚀性能测试等，及时发现材料存在的问题，采取措施进行处理。在锅炉运行过程

中,加强对水冷壁材料的维护和保养,如定期清洗、涂层保护等,延长材料的使用寿命,降低泄漏风险。通过提高材料质量,可以有效降低电厂锅炉水冷壁泄漏的风险,确保锅炉的安全稳定运行。

2.2 水质管理

锅炉水冷壁系统涉及的水质质量对锅炉的安全运行和寿命有着直接的影响,在水质管理方面需要做好以下几点:一是加强水质监测和控制,定期对锅炉给水、锅水、凝结水和补给水进行水质分析,确保各项水质指标符合国家和行业的标准要求。监测内容包括硬度、碱度、溶解氧、悬浮物、腐蚀性离子等。二是进行预处理和软化,通过离子交换、反渗透、膜过滤等预处理技术,去除水中的硬度离子、悬浮物和其他杂质,降低锅炉水冷壁系统的腐蚀和结垢风险。三是应用化学添加剂,合理添加化学药剂,如缓蚀剂、阻垢剂、除氧剂等,以减缓金属的腐蚀速率,防止结垢和腐蚀的发生。四是注重排污和除盐,通过定期排污和除盐,及时去除水中的杂质和腐蚀产物,维持锅炉水冷壁系统的清洁和水质稳定。五是对锅炉运行参数进行优化,根据水质情况,适当调整锅炉的运行参数,如水温、压力、流量等,以适应不同的水质条件,减少对水冷壁的伤害。六是定期对锅炉水冷壁系统进行检查和维护,及时发现和处理由于水质问题引起的腐蚀、结垢、磨损等潜在问题。

2.3 优化操作

操作人员的正确操作和决策对于锅炉的安全运行至关重要,需要从以下几个方面进行操作优化。一是加强锅炉操作人员的培训和教育,确保他们了解锅炉的运行原理、操作规程和安全注意事项。同时,定期对操作人员进行考核,确保他们具备正确的操作技能和知识。二是严格遵守操作规程,操作人员应严格遵守锅炉的操作规程,按照规定的步骤和要求进行操作。在异常情况下,应遵循应急处理程序,并及时报告和处理。三是监测和控制锅炉参数,操作人员应定期监测锅炉的水位、压力、温度等参数,确保它们在正常范围内。如果发现参数异常,应及时采取措施进行调整和处理。四是对锅炉进行定期的检查和维护,包括水冷壁系统的检查、清洗、维修等。及时发现和处理潜在的泄漏问题,确保锅炉的安全稳定运行。五是制定并演练应急处理程序,以应对锅炉可能出现的紧急情况,如泄漏、火灾等。操作人员应熟悉应急处理程序,并在紧急

情况下按照程序进行操作。

2.4 结构改进

第一,优化水冷壁材料和厚度,选择适合锅炉运行条件的高质量材料,并确保水冷壁管的壁厚足够以承受预期的载荷和温度。同时,通过材料的改进和优化,提高其耐腐蚀、耐高温和抗磨损的性能。第二,改进支撑和固定结构,优化水冷壁的支撑和固定结构,以减少由于热应力和机械振动引起的水冷壁管的磨损和变形。确保支撑结构均匀分布负荷,避免局部应力集中。第三,改进水冷壁的流体动力学设计,通过优化水冷壁的流体动力学设计,改善水冷壁管内的流动条件和热交换效果。例如,采用更加合理的管排布置、减少弯头的数量和角度、优化管内流道形状等。第四,改进水冷壁的焊接和连接技术,采用先进的焊接技术和连接方法,确保水冷壁管的焊接质量。例如,采用低氢型焊接材料、采用全位置焊接技术、优化焊接工艺参数等。第五,增加防护措施,在水冷壁的易磨损和易腐蚀区域,增加防护措施,如涂层保护、局部加强、使用耐磨材料等。这些措施可以有效减缓腐蚀和磨损过程,延长水冷壁的使用寿命。第六,定期评估和改进,对水冷壁的结构设计进行定期的评估和改进,以适应锅炉运行条件的变化和新技术的发展^[2]。通过模拟分析和实验验证,不断优化水冷壁的结构设计,提高其安全性能。

3 结束语

电厂锅炉水冷壁泄漏是一个复杂的问题,其原因涉及到多个方面。为了有效预防和应对水冷壁泄漏,电厂应采取综合性的措施。加强操作人员的培训和管理,确保他们具备正确的操作技能和知识,严格遵守操作规程和安全规定。定期对锅炉设备进行维护和检查,及时发现并处理设备故障,确保设备正常运行。同时,加强水质管理和控制,减少腐蚀和结垢的风险,定期对锅炉水冷壁系统进行评估和改进,以适应锅炉运行条件的变化和新技术的发展。通过综合采取这些措施,可以显著降低电厂锅炉水冷壁泄漏的风险,提高锅炉的安全性能和运行效率,为电厂的稳定运行提供保障。

参考文献:

- [1]李琰,鲁金涛,杨珍,等.燃煤锅炉烟气侧高温腐蚀研究进展[J].腐蚀科学与防护技术,2016,28(2):167-172.
- [2]张炳奇.水冷壁高温腐蚀原因介绍[J].科技创新与应用,2021(2):141-143.