

锅炉本体的检验与维修分析

杨晓路 贾煜轩 马文瑞 郎智丹

北方联合电力有限责任公司包头第三热电厂 内蒙古 包头 014060

摘要:在现代工业生产与日常生活中,锅炉作为重要的热能转换设备,广泛应用于发电、化工、供暖等众多领域。本文围绕锅炉本体展开深入探讨。首先阐述其结构组成与工作原理,接着详细介绍多种检验方法,包括外观检查、无损检测、理化检验及水压试验。随后分析常见故障,如受热面磨损、炉管泄漏、炉膛结焦、汽水共腾及其成因。最后针对这些故障提出相应维修技术与方法,涵盖磨损部件修复更换、泄漏部位处理、结焦清除及汽水共腾解决措施等,旨在为锅炉本体的安全稳定运行提供技术参考与实践指导。

关键词: 锅炉本体; 检验; 维修; 分析

引言

锅炉作为工业生产与生活供热的关键设备,其本体的可靠性与安全性至关重要。锅炉本体长期处于高温、高压、高负荷运行状态,易出现各类故障,影响设备性能与运行安全。因此,定期对锅炉本体进行科学检验与有效维修,及时发现并解决潜在问题,对保障锅炉高效运行、延长使用寿命、降低安全风险意义重大。本文将系统分析锅炉本体的检验与维修技术,为相关领域提供全面参考。

1 锅炉本体的结构组成及工作原理

1.1 结构组成

锅炉本体主要由锅筒、水冷壁、下降管、上集箱、下集箱、对流管束、燃烧设备等部分组成。锅筒是锅炉中最重要的承压部件,它储存着汽水混合物,起到汽水分离、储存和传输的作用。水冷壁布置在炉膛四周,是锅炉的主要辐射受热面,通过吸收炉膛内的辐射热将水加热成汽水混合物。下降管连接锅筒和下集箱,其作用是将锅筒中的水输送到下集箱,为水冷壁提供足够的供水。上集箱和下集箱分别位于水冷壁的顶部和底部,用于收集和分配汽水混合物。对流管束则布置在烟道中,通过对流换热的方式吸收烟气的热量,进一步提高蒸汽的温度和压力。

1.2 工作原理

燃料在炉膛内的燃烧设备中与空气混合并燃烧,产生高温烟气。高温烟气首先通过辐射换热将热量传递给炉膛四周的水冷壁,水冷壁中的水吸收热量后逐渐汽化成汽水混合物。汽水混合物通过上升管进入锅筒,在锅筒内进行汽水分离,分离出的蒸汽进入过热器进一步加热,以提高蒸汽的品质和参数,满足生产和生活的需求;分离出的水则通过下降管再次回到下集箱,继续参

与循环。同时,部分高温烟气在离开炉膛后,会依次冲刷对流管束、省煤器等受热面,通过对流换热的方式将热量传递给这些受热面中的工质,进一步提高锅炉的热效率^[1]。

2 锅炉本体的检验方法

2.1 外观检查

2.1.1 检查本体结构完整性。对锅炉本体结构完整性的检查,是确保其安全稳定运行的基础。首先要查看锅炉的主体框架,包括支撑梁、立柱等,确认是否有变形、裂缝或脱焊的情况。因为这些结构部件承担着锅炉整体的重量,若出现问题,可能导致锅炉在运行中发生位移甚至坍塌。还要检查各连接部位,如法兰、接口等,查看连接是否紧密,有无松动迹象。若连接不牢,高温高压的介质可能会泄漏,引发安全事故。

2.1.2 检查表面状况。表面状况检查主要关注锅炉本体的外表面。查看是否有明显的腐蚀痕迹,包括均匀腐蚀和局部腐蚀,尤其是在易接触水汽、化学物质的部位,如水位计附近、排污口周边等。腐蚀会削弱锅炉本体的强度,缩短其使用寿命。同时,留意是否有鼓包、变形等异常情况,这些可能是由于内部压力异常或局部过热造成的。一旦发现表面状况异常,需进一步分析原因,及时采取修复措施,防止问题恶化,确保锅炉外表面的质量和性能符合安全运行要求。

2.1.3 检查保温层和防护层。保温层和防护层对于锅炉正常运行意义重大。检查保温层时,查看其是否完好无损,有无破损、脱落现象。若保温层损坏,会导致热量散失,降低锅炉的热效率,增加能源消耗。同时,检查防护层,确认其是否能有效抵御外界环境因素的侵蚀,如雨水、灰尘等。防护层受损可能使锅炉本体直接暴露,加速腐蚀进程。通过对保温层和防护层的检查,

及时修复或更换损坏部分,有助于提高锅炉的运行效率,延长其使用寿命。

2.2 无损检测

2.2.1 超声波检测。超声波检测利用超声波在材料中的传播特性来检测锅炉本体缺陷。当超声波遇到缺陷时,会产生反射、折射和散射现象。通过分析这些信号,能确定缺陷的位置、大小和形状。该方法检测深度大,可穿透较厚的锅炉部件,对内部缺陷敏感度高,检测速度快,能快速完成大面积检测,成本也相对较低。但它的检测结果不直观,需要专业技术人员解读信号,且对表面粗糙度和耦合剂的选择要求较高,微小缺陷的检测难度较大。

2.2.2 射线检测。射线检测基于射线穿透物体时,不同密度物质对射线吸收程度的差异。在锅炉检测中,将射线源置于一侧,底片置于另一侧,射线穿过锅炉本体后,在底片上形成影像。缺陷部位因密度变化会呈现出不同黑度,从而清晰显示缺陷情况。这种方法能精确呈现缺陷的形状和位置,检测结果直观可靠,便于存档。然而,射线对人体有害,检测过程需严格防护,设备昂贵,检测成本高,检测效率也较低,不适用于实时在线检测。

2.2.3 磁粉检测。磁粉检测针对铁磁性材料的表面及近表面缺陷。将锅炉部件磁化后,若存在缺陷,磁力线会在缺陷处泄漏形成漏磁场。此时撒上磁粉,磁粉会被漏磁场吸附,形成清晰的磁痕,直观显示缺陷位置和形状。该方法操作简单,检测灵敏度高,能快速发现微小缺陷。但它仅适用于铁磁性材料,对奥氏体不锈钢等非铁磁性材料无效,且检测深度有限,一般只能检测表面至近表面几毫米范围内的缺陷。

2.2.4 渗透检测。渗透检测基于液体的毛细管作用原理。先将含有特殊染料或荧光剂的渗透液涂覆在锅炉表面,使其渗入表面开口缺陷。清洗掉表面多余渗透液后,再涂显像剂,显像剂会将缺陷中的渗透液吸附并扩散,在表面形成清晰可见的缺陷痕迹。这种方法不受材料种类限制,可检测金属、陶瓷、塑料等多种材料,能检测出各种形状和尺寸的表面开口缺陷。但它对表面粗糙度要求高,粗糙表面易产生误判,检测后需彻底清洗工件,检测周期较长。

2.3 理化检验

2.3.1 化学成分分析。化学成分分析是通过专业仪器对锅炉本体材料的化学组成进行测定。它能精准检测出材料中各种元素的含量,如碳、硅、锰、硫、磷等。对于锅炉来说,化学成分直接影响其性能和质量。通过化学成分分析,可判断材料是否符合设计要求,追溯材料

来源,为评估锅炉本体的材质可靠性提供关键依据,确保锅炉在高温、高压等恶劣工况下安全运行。

2.3.2 力学性能测试。力学性能测试主要是对锅炉本体材料的强度、硬度、韧性等力学指标进行检测。通过拉伸试验,能获得材料的屈服强度、抗拉强度等数据,了解材料在受力时的变形和破坏特性;硬度测试可反映材料表面抵抗局部塑性变形的能力;冲击试验则用于评估材料的韧性,即抵抗冲击载荷的能力。

2.3.3 金相组织分析。金相组织分析是将锅炉本体材料制成金相试样,通过金相显微镜或电子显微镜观察其内部微观组织结构。不同的金相组织形态,如珠光体、铁素体、马氏体等,对应着材料不同的性能。例如,粗大的晶粒组织可能导致材料强度和韧性下降。通过金相组织分析,可了解材料的加工工艺是否合理,是否存在过热、过烧等缺陷,还能评估材料在长期运行后的组织变化情况,为判断锅炉本体的剩余寿命和安全性提供有力支持,确保锅炉的可靠运行。

2.4 水压试验

2.4.1 试验前准备。在进行水压试验前,需全面检查锅炉本体及附属设备的安装情况,确保各部件连接牢固,阀门、仪表等安装正确且处于可正常工作状态。同时,要对试验用水进行严格把控,水质需符合相关标准,避免水中杂质对锅炉造成损害。将空气排尽也是关键步骤,在锅炉顶部及各高点设置排气阀,开启排气阀直至水充满并连续溢出,确保试验过程中无气体影响压力传递和试验结果准确性,为水压试验的顺利进行奠定基础。

2.4.2 升压过程。升压过程需严格控制速度,一般应缓慢升压,避免压力急剧上升对锅炉本体造成冲击。通常按照规定的速率,如每分钟不超过一定数值逐步提升压力。在升压过程中,要密切关注压力变化情况以及锅炉本体有无异常声响、变形等现象。一旦发现异常,应立即停止升压,查明原因并处理后再继续。

2.4.3 保压检查。当压力升至规定试验压力后,需保持压力稳定一段时间,一般为10-30分钟。在此期间,对锅炉本体进行全面细致的检查,重点查看焊缝、胀口、阀门、法兰等部位是否有渗漏现象,观察锅炉本体有无变形。通过保压检查,能够及时发现潜在的密封不严和结构强度问题,确保锅炉在运行压力下的密封性和安全性。若发现问题,需做好标记,待降压后进行处理。

2.4.4 降压过程。保压检查结束后,应缓慢降压,降压速度同样需严格控制,避免压力骤降对锅炉造成损害。在降压过程中,继续观察锅炉本体的变化情况,确保无异常发生。当压力降至常压后,打开排水阀将试验用水

排尽,并对锅炉进行清理和干燥处理,防止残留水分导致设备腐蚀。

3 锅炉本体常见故障及原因分析

3.1 受热面磨损

受热面磨损是锅炉运行中较为常见的故障。在锅炉运行时,高温烟气携带大量固体颗粒,如飞灰等,不断冲刷受热面。这些颗粒硬度较大,长期高速撞击受热面管壁,导致金属表面逐渐受损。同时,气流分布不均匀,使得局部区域的冲刷更为剧烈,加剧了磨损程度。另外,锅炉运行工况不稳定,负荷频繁变动,会使受热面承受的热应力和机械应力不断变化,导致材料疲劳,降低其抗磨损能力^[2]。

3.2 炉管泄漏

炉管泄漏会导致蒸汽或水泄漏,影响锅炉的正常运行。其主要原因包括腐蚀和超温。炉管长期接触高温、高压的汽水介质,受到化学腐蚀和电化学腐蚀的作用。水中的溶解氧、酸碱物质等会与炉管金属发生化学反应,逐渐侵蚀管壁。当炉管出现局部过热时,金属材料的强度和韧性下降,导致管壁变薄、鼓包甚至破裂,进而引发泄漏。

3.3 炉膛结焦

炉膛结焦是指在锅炉炉膛内,高温火焰和烟气中的灰分在炉墙、受热面等部位逐渐黏结、堆积形成焦块的现象。主要原因是燃料的灰分特性,当燃料中灰分的熔点较低,在炉膛高温环境下容易软化、熔融,进而黏附在受热面上。燃烧过程中,空气与燃料混合不均匀,局部区域出现缺氧燃烧,导致火焰温度过高,加速了灰分的熔融和结焦。

3.4 汽水共腾

汽水共腾表现为锅筒内水位剧烈波动,蒸汽带水严重,导致蒸汽品质恶化。其主要原因是锅水水质不良,水中含有过多的悬浮物、盐分等杂质,使得锅水表面张力增大,形成大量泡沫。当泡沫积聚到一定程度时,就会与蒸汽一起升腾,造成汽水共腾。锅炉负荷突然增加,使蒸发量瞬间增大,锅筒内的汽水分离空间减小,汽水分离效果变差,也容易引发汽水共腾。

4 锅炉本体的维修技术与方法

4.1 磨损部件的修复与更换

对于磨损程度较轻的部件,可采用堆焊技术修复。先清理磨损表面,确保无杂质后,选用合适的焊接材料,按照特定工艺进行堆焊,增加磨损部位的厚度,恢复其原有尺寸和性能。若磨损严重,超出修复范围,则需更换新部件。新部件应与原部件材质、规格一致,安

装时要严格遵循安装工艺,保证连接牢固,密封良好,确保新部件能正常运行,避免因安装不当引发新的问题,保障锅炉整体的安全稳定运行。

4.2 泄漏部位的处理

发现炉管等部位泄漏时,首先要确定泄漏位置和程度。对于轻微泄漏,可采用补焊的方式。清理泄漏处周边,去除杂质和氧化层,选用匹配的焊接材料进行补焊,焊接过程需严格控制工艺参数,防止因焊接不当导致泄漏扩大。若泄漏严重,补焊无法解决,则需更换受损管段。切割掉泄漏管段,插入新管段并进行焊接,焊接完成后要进行探伤检测和水压试验,确保修复后的管段无泄漏隐患。

4.3 结焦的清除

物理清除法可使用高压水冲洗,利用高压水流的冲击力将结焦从受热面等部位剥离。操作时要注意调整水压和喷枪角度,避免对设备造成损伤。也可采用机械工具,如刮刀、钢刷等人工铲除结焦。化学清除法是利用化学药剂与结焦发生化学反应,使其软化、溶解,再进行冲洗清除。但需注意选择合适的药剂,避免对设备造成腐蚀。

4.4 汽水共腾的解决措施

当出现汽水共腾时,应立即降低锅炉负荷,减少蒸发量,使锅筒内汽水分离空间增大,缓解汽水共腾现象。同时,加强排污,通过连续排污和定期排污,降低锅水中的杂质和盐分含量,改善锅水水质。还要密切关注水位变化,调整水位至正常范围,避免水位过高。另外,可向锅水中添加适量的水质处理剂,降低锅水表面张力,减少泡沫产生,从而有效解决汽水共腾问题,保障蒸汽品质和锅炉正常运行^[3]。

结束语

锅炉本体的检验与维修是保障锅炉安全、高效运行的关键环节。通过全面且科学的外观、无损、理化检验及水压试验,能及时发现各类潜在隐患。针对受热面磨损、炉管泄漏等常见故障,采取恰当的修复、更换、清除等维修措施,可有效恢复锅炉性能。这不仅能延长锅炉使用寿命,降低运行成本,更能确保生产生活安全稳定。

参考文献

- [1]王冬梅.锅炉本体的检验与维修[J].民营科技,2023(6):42-42.
- [2]陈志刚.热成像测量技术在锅炉检验中的应用[J].电子测量技术,2023,35(2):69-71.
- [3]胡越峰,郭志强.红外热成像检测技术在电站锅炉检验领域的应用[J].创新科技,2023(18):100-101.