

# 火力发电厂锅炉本体故障分析及检修方法

赖卫伟

浙江华业电力工程股份有限公司 浙江 宁波 315800

**摘要：**火力发电厂锅炉本体常见的故障包括锅炉“四管”爆漏、炉膛灭火与爆炸、受热面泄露以及安全阀故障等，这些故障严重影响锅炉的安全运行。本文详细分析了这些故障的原因和类型，并提出了相应的检修方法，包括设备检查与评估、日常维护与清洁、磨损部件更换、炉膛检修与保养以及安全措施与检修规范等。通过科学的故障分析和有效的检修措施，可以确保锅炉本体的安全稳定运行。

**关键词：**火力发电厂；锅炉本体故障；检修方法

引言：火力发电厂作为电力系统中的关键部分，其锅炉本体的运行状态直接关系到电力供应的稳定性和安全性。然而，由于锅炉运行环境的复杂性和长期承受高温高压等因素的影响，故障时有发生。本文将对火力发电厂锅炉本体的常见故障进行深入分析，并探讨相应的检修方法和技术，旨在为电厂提供有效的故障排查与解决方案，确保锅炉安全、高效、稳定运行。

## 1 火力发电厂锅炉本体结构与工作原理

### 1.1 锅炉本体结构概述

火力发电厂的核心设备之一便是锅炉，其本体结构复杂，但设计精良，主要由炉膛、水冷壁、过热器、再热器和省煤器等关键部件构成。（1）炉膛：作为锅炉的“心脏”，炉膛是燃料燃烧的主要场所。在这里，燃料（如煤、油或天然气）与空气混合并点燃，产生高温火焰和烟气。炉膛的形状和大小依据燃料种类和设计需求而定，其内壁通常布置有水冷壁，以吸收火焰辐射的热量。（2）水冷壁：水冷壁由一系列并联的管子组成，紧密排列在炉膛的四周和顶部。这些管子内部流动着锅炉给水，通过吸收炉膛内的热量，水被加热并部分蒸发成蒸汽。水冷壁不仅有效地提高了锅炉的热效率，还起到了保护炉膛不受高温侵蚀的作用。（3）过热器：过热器位于锅炉的烟道中，其主要作用是将从水冷壁产生的饱和蒸汽进一步加热，使其达到过热状态。过热蒸汽具有较高的温度和压力，能在汽轮机中更有效地膨胀做功，从而提高发电效率。（4）再热器：与过热器类似，再热器也位于锅炉的烟道中，但通常位于过热器的下游。它的主要任务是将汽轮机高压缸做功后的乏汽再次加热，以提高其温度和压力，使其能在中、低压缸中继续做功，进一步提升发电效率。（5）省煤器：省煤器位于锅炉的尾部烟道，利用烟气余热预热锅炉给水。通过预热，给水在进入水冷壁前已达到一定温度，从而减少了

水冷壁内的热负荷，提高了锅炉的整体热效率。

### 1.2 锅炉工作原理

（1）燃料的燃烧过程：燃料通过输送系统送入锅炉炉膛，与助燃空气混合后点燃。燃料在炉膛内充分燃烧，释放出大量的热能，同时产生大量的烟气。燃烧过程需控制燃料与空气的混合比例，确保燃烧效率和烟气排放质量。（2）热量的传递与转换：锅炉内的热量传递主要通过辐射和对流两种方式。炉膛内的火焰直接辐射热量给水冷壁，水冷壁吸收热量后将水蒸发成蒸汽。同时，烟气在锅炉内的流动过程中，通过对流方式将热量传递给过热器、再热器和省煤器等受热面。这些受热面吸收热量后，将水中的热能转换为蒸汽的内能，完成能量的转换过程。（3）蒸汽的产生与输送：水冷壁内的水在吸收热量后蒸发成饱和蒸汽，随后进入汽包进行汽水分离。分离出的饱和蒸汽经过过热器加热成为过热蒸汽，然后送入汽轮机高压缸做功。做功后的蒸汽进入再热器再次加热，随后进入汽轮机中压缸和低压缸继续做功。最终，汽轮机带动发电机发电，将机械能转换为电能。

### 1.3 锅炉参数与性能评价

#### 1.3.1 主要性能参数

（1）蒸发量：表示锅炉在额定工况下每小时所产生的蒸汽量，是锅炉容量的重要指标，通常以吨/小时（t/h）表示。（2）蒸汽温度：指锅炉过热器出口蒸汽的温度，是衡量蒸汽品质的重要参数。蒸汽温度越高，蒸汽在汽轮机中膨胀做功的能力越强，发电效率也越高。（3）蒸汽压力：表示锅炉过热器出口蒸汽的压力，通常以兆帕（MPa）表示。蒸汽压力越高，蒸汽的做功能力也越强。（4）热效率：指锅炉有效利用的热量与燃料完全燃烧释放的总热量之比，是评价锅炉性能优劣的重要指标。热效率越高，表明锅炉的能量转换效率越高，燃料消耗量越少。

### 1.3.2 评价锅炉性能的方法与指标

(1) 热力性能试验：通过对锅炉进行实际运行测试，测量并记录锅炉的进出口蒸汽参数、燃料消耗量、烟气参数等，计算锅炉的热效率、蒸发量等性能参数。

(2) 经济性分析：根据锅炉的运行成本（包括燃料费用、运行维护费用、折旧费用等）和发电收益，进行经济性比较，评估锅炉的经济性能。(3) 可靠性分析：通过统计锅炉的运行时间、故障率、维修次数等数据，分析锅炉的可靠性水平，评估锅炉在长期运行中的稳定性和耐久性。(4) 环保性能评估：根据锅炉的烟气排放参数（如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等）和排放标准，评估锅炉的环保性能，判断其是否符合国家的环保法规和要求。

## 2 火力发电厂锅炉本体常见故障分析

### 2.1 锅炉“四管”爆漏故障

(1) “四管”爆漏的定义与影响。锅炉“四管”指的是水冷壁、过热器、再热器和省煤器，它们共同构成了锅炉的受热面。当这些管道因各种原因发生爆裂或泄漏时，就称为“四管”爆漏故障。这种故障不仅会导致锅炉的汽水损失，还可能引发锅炉停机，严重影响发电厂的运行效率。(2) 爆漏的主要原因。爆漏的主要原因包括磨损、焊缝问题、过热和腐蚀等。磨损是由于管道内部介质的高速流动和硬质颗粒的冲刷造成的；焊缝问题可能是由于焊接过程中的缺陷或焊接后的应力集中导致的；过热则是由于管道内部介质温度过高，超过了材料的承受极限；腐蚀则是由于管道内部介质中的腐蚀性物质或外部环境的侵蚀作用<sup>[1]</sup>。(3) 爆漏故障的类型。根据爆漏故障的发生和发展过程，可以将其分为慢性累积型、先天缺陷型和快速随意型。慢性累积型故障是由于长期磨损、腐蚀等因素逐渐累积形成；先天缺陷型故障则是由制造或安装过程中的缺陷导致；快速随意型故障则是由于意外因素，如突然的温度变化、压力冲击等导致的。

### 2.2 炉膛灭火与爆炸故障

(1) 炉膛灭火与爆炸的原因。炉膛灭火与爆炸的主要原因包括冷锅炉启动频繁、燃料堆积以及空气与煤粉混合物达到爆炸极限。冷锅炉启动时，炉膛温度较低，燃料燃烧不充分，易在炉膛内形成可燃性混合物。燃料堆积则可能由于给煤系统不稳定或燃烧调整不当，导致煤粉在炉膛某处堆积，一旦遇到明火或高温，即可引发爆炸。(2) 预防措施。为预防炉膛灭火与爆炸，需对燃煤进行严格的特性分析，合理调整燃烧参数，确保燃料充分燃烧。同时，加强系统监控与检修，定期检查给煤

系统、点火系统和火焰检测系统的工作状态，确保其灵敏可靠。此外，对炉膛进行定期吹扫，保持炉膛内部清洁，也是预防爆炸的重要措施。

### 2.3 受热面泄露故障

(1) 受热面泄露的原因。受热面泄露的原因主要包括温度掌控不当、材质问题和安装缺陷。温度掌控不当可能导致管道局部过热，引起材料蠕变或热应力裂纹。材质问题则可能源于材料选型不当或材料性能不符合运行环境要求。安装缺陷如焊接不牢固、密封不严等，也可能在运行过程中逐渐暴露，导致泄露。(2) 泄露对锅炉运行的影响。受热面泄露会直接影响锅炉的热效率和水循环系统。泄露点周围的热量损失会导致锅炉整体热效率下降，同时泄露引起的水量减少会打破水循环平衡，导致部分受热面过热，加速材料老化。严重时，泄露还可能引发锅炉停机检修，对发电厂的连续供电能力造成冲击<sup>[2]</sup>。

### 2.4 安全阀故障

(1) 安全阀的作用及其重要性。安全阀是锅炉的重要安全附件，其作用是在锅炉超压时自动开启，释放多余蒸汽，防止锅炉因压力过高而发生爆炸。安全阀的正常运行对于保障锅炉和人员安全至关重要。(2) 安全阀故障的原因。安全阀故障的主要原因包括密封面杂质、密封面损坏和部件尺寸不符。密封面杂质可能因蒸汽中的固体颗粒、水垢等沉积在密封面上，影响密封效果。密封面损坏则可能因长期磨损、腐蚀或操作不当造成。部件尺寸不符可能是由于设计或制造过程中的误差，导致安全阀不能正确安装或调整。(3) 故障对锅炉安全的威胁。安全阀故障会直接导致锅炉的超压保护功能失效，增加锅炉爆炸的风险。在锅炉压力异常升高时，若安全阀无法及时开启或开启不足，将严重威胁锅炉和整个发电系统的安全。因此，定期对安全阀进行检验、维护和更换，确保其灵敏可靠，是锅炉安全管理的重要一环。

## 3 火力发电厂锅炉本体检修方法

### 3.1 设备检查与评估

(1) 外观与内部检查。外观检查主要关注锅炉本体的整体结构、外观是否完整，是否有损坏、漏水、渗漏、松动、变形等现象。这些现象往往能够直接反映出设备的运行状态和潜在问题。例如，漏水可能表明密封件老化或损坏，松动则可能意味着紧固件的松动或疲劳。内部检查则更加深入，需要打开锅炉的某些部位，检查其内部结构、焊缝、管道等是否存在缺陷。这通常需要借助专业的检测工具，如内窥镜、超声波检测仪等。内部检查能够发现潜在的安全隐患，如焊缝裂纹、

管道堵塞等,为后续的维护提供有力依据<sup>[3]</sup>。(2)操作状态与仪表准确性检查。操作状态检查旨在评估锅炉在实际运行中的表现,包括燃烧效率、蒸汽温度、压力等关键参数是否达到预期标准。这需要借助各种传感器和仪表来监测和记录数据,以便进行准确评估。仪表准确性检查则是对这些传感器和仪表进行校验,确保其测量结果的准确性。如果仪表出现误差,可能会误导操作人员的判断,导致不必要的停机或安全事故。因此,定期对仪表进行校准和维护是至关重要的。

### 3.2 日常维护与清洁

(1)锅炉管道、烟道、灰斗的清洁。锅炉管道、烟道和灰斗是锅炉本体中容易积灰和堵塞的部位。积灰不仅会影响锅炉的热效率,还可能导致管道堵塞,增加运行阻力。因此,定期对这些部位进行清洁是维护锅炉性能的重要措施。清洁时,需要选择合适的清洁剂和工具,避免对锅炉本体造成损伤。同时,还需要注意清洁过程中的安全,如佩戴防护具、避免高温烫伤等。(2)冷却水系统、电气系统、润滑系统的维护。冷却水系统负责为锅炉提供必要的冷却,以防止设备过热。电气系统则负责控制锅炉的启动、停止和各种操作。润滑系统则确保锅炉各部件的运转顺畅。这些系统的维护包括定期检查管道、电缆和润滑油的状况,及时更换老化或损坏的部件,以及清理系统内部的污垢和杂质。这些维护措施能够确保系统的正常运行,延长锅炉的使用寿命。

### 3.3 磨损与故障部件更换

(1)更换磨损部件。锅炉在运行过程中,某些部件会因磨损而逐渐失效。这些部件包括密封件、管道、阀门等。为了确保锅炉的可靠运行,需要及时更换这些磨损部件。在更换部件时,需要选择优质材料和适当规格的产品,以确保其性能和寿命满足要求。同时,还需要注意安装过程中的细节,如确保密封性、避免安装错误等。(2)部件安装与调整注意事项。在更换或安装新部件时,需要遵循一定的安装规范和标准。这包括正确选择安装位置、确保部件之间的配合间隙、调整螺栓预紧力等。这些步骤能够确保部件的可靠性和安全性,降低故障发生的概率。

### 3.4 炉膛检修与保养

(1)炉膛结块问题的解决。炉膛结块是锅炉运行中常见的问题之一,它会影响燃烧效率并增加能耗。为了

解决这个问题,可以采取安装通风设备、优化燃煤等措施。通风设备能够改善炉膛内的气流分布,减少结块现象的发生。优化燃煤则包括选择合适的煤种和粒度,以及调整燃烧参数等<sup>[4]</sup>。(2)保养措施。炉膛的保养包括定期检查和清洁炉膛内部、更换磨损的耐火材料和保温层等。这些措施能够保持炉膛的完整性和热效率,延长其使用寿命。同时,还需要注意对炉膛的监测和记录,以便及时发现并处理潜在问题。

### 3.5 安全措施与检修规范

(1)严格遵守安全操作规程。在进行锅炉检修时,必须严格遵守安全操作规程。这包括佩戴防护具、防护服等个人防护装备,以及遵循正确的操作步骤和安全流程。这些措施能够降低事故发生的概率,保护检修人员的安全。(2)检修过程中的风险控制。检修过程中存在多种风险,如高温烫伤、电气伤害、机械伤害等。为了降低这些风险,需要制定详细的风险控制措施。例如,在处理高温部件时,需要佩戴耐高温手套和防护眼镜;在接触电气设备时,需要确保电源已切断并挂上警示标志;在操作机械设备时,需要遵循正确的操作规程,避免误操作导致事故。

### 结束语

通过对火力发电厂锅炉本体故障的全面分析和检修方法的深入探讨,我们认识到锅炉稳定运行对于电力供应的重要性。合理的检修策略和技术应用不仅能有效预防故障发生,还能延长锅炉使用寿命,提高发电效率。未来,随着技术的不断进步,锅炉故障分析和检修方法将更加智能化、精细化,为火力发电厂的可持续发展提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]孔超.火力发电厂的锅炉运行故障与对策分析[J].集成电路应用,2021,(05):50-51.
- [2]张吉福.火力发电厂锅炉设备检修及改造分析[J].现代制造技术与装备,2019,(02):18-19.
- [3]刘兆千.电厂锅炉设备的检修与改造问题分析[J].中国高新科技,2020,(08):69-70.
- [4]曹晓恒,陈大勇,胡鹏飞,陈康.火力发电厂锅炉设备检修及改造分析[J].现代制造技术与装备,2019,(12):150-151.