

# 火电厂锅炉运行控制与故障预防的策略探讨

李 凯

华电淄博热电有限公司 山东淄博 255051

**摘要：**随着全球能源需求的持续增长和环境保护要求的日益严格，火电厂作为能源供应的重要组成部分，面临着前所未有的挑战与机遇。锅炉作为火电厂的核心设备，其运行效率和安全性直接关系到整个电厂的生产效益和环境影响。基于此，本文首先对火电厂锅炉常见故障类型及原因进行了简要的分析，随后分析了火电厂锅炉运行控制的优化策略，最后从三个方面提出了火电厂锅炉故障预防的策略，以供相关人士交流参考。

**关键词：**火电厂锅炉；运行控制；故障预防

在火电厂实际运行过程中，锅炉常常面临诸多复杂问题，例如燃烧效率低下、故障频发以及污染物排放超标等。这些问题不仅严重影响火电厂的经济效益，降低了发电效率、增加了运行成本，还对环境造成了潜在威胁，导致大量有害气体和颗粒物排放，加剧环境污染。因此，深入探讨火电厂锅炉运行控制与故障预防的策略是火电厂实现可持续发展的关键环节，其对于提高火电厂的运行效率、保障设备安全以及减少环境污染具有极为重要的现实意义。

## 1 火电厂锅炉常见故障类型及原因

### 1.1 燃烧系统故障

在火电厂锅炉运行过程中，燃烧系统是核心且关键的部分，然而其也是故障高发区域。燃烧系统常见的故障包括燃烧不完全、灭火以及爆燃等现象。燃烧不完全是指燃料未能充分燃烧，导致锅炉效率降低，同时产生大量有害气体，如一氧化碳、氮氧化物等，不仅浪费燃料，还对环境造成污染。这种故障可能由多种原因引起，首先是燃料质量问题，如煤粉的细度不够、挥发分含量低或燃料成分不均匀，使得燃料难以充分燃烧。其次，风量配比不合理也是导致燃烧不完全的重要因素。如果空气量不足，燃料无法获得足够的氧气进行完全燃烧；而空气量过多则会导致燃烧温度下降，影响燃烧效率。灭火是指锅炉燃烧过程中火焰突然熄灭的现象，这会导致锅炉停止运行，严重影响火电厂的正常发电。灭火的原因可能包括燃料供应中断，如输煤系统故障、燃料管道堵塞或燃料泵故障等。爆燃则是指炉膛内积聚的可燃气体与空气混合后，在短时间内突然燃烧，产生巨大的压力冲击，对锅炉设备造成严重损坏，甚至可能引发安全事故。爆

燃的原因通常与炉膛内的通风不良有关，例如在锅炉启动或停止过程中，通风时间不足，导致可燃气体积聚<sup>[1]</sup>。

### 1.2 汽水系统故障

常见的汽水系统故障包括汽包水位异常、过热器超温等。汽包水位异常是汽水系统中最常见的故障之一，汽包水位过高会导致蒸汽带水，降低蒸汽品质，影响汽轮机的运行正常；水位过低则可能使水冷壁管露出水面，导致管壁过热甚至爆管。这种故障的原因可能是给水系统故障，如给水泵的转速调节不准确、给水调节阀卡涩或失灵，导致给水量无法根据锅炉负荷和水位变化进行及时调整。过热器超温是汽水系统中另一个严重的故障，可能导致过热器管损坏，甚至引发爆管事故。过热器超温的原因主要包括给水温度异常升高、减温水系统故障以及燃烧调整不当。如果给水温度过高，进入过热器的蒸汽温度也会升高，超过过热器的设计温度范围。

### 1.3 风烟系统故障

风机故障是风烟系统中较为常见的问题之一，主要表现为送风机或引风机的振动加剧、轴承温度升高、电机过载甚至停机等情况。这些故障的原因多种多样，首先可能是设备老化。风机在长期运行过程中，叶片磨损、轴承疲劳以及电机绝缘老化等问题难以避免。例如，叶片磨损会导致风机的空气动力学性能下降，降低风量和风压，进而影响燃烧效率。其次，电气控制系统问题也是风机故障的重要原因之一。变频器故障、电机保护装置误动作或控制回路短路等电气问题，都可能导致风机无法正常运行。

## 2 火电厂锅炉运行控制的优化策略

### 2.1 燃烧系统运行控制优化策略

在火电厂锅炉运行中，燃烧控制是确保锅炉高效、稳定运行的关键环节。首先，燃料与风量的精确配比控制是燃烧优化的基础。在锅炉运行过程中，燃料的燃烧需要适量的空气来提供氧气，以确保燃料能够充分燃烧。如果风量不足，燃料将无法完全燃烧，导致燃烧效率低下，同时产生大量的有害气体，如一氧化碳和氮氧化物。相反，如果风量过多，虽然可以保证燃料的完全燃烧，但会降低燃烧温度，影响燃烧效率，同时也会增加引风机的能耗。因此，实现燃料与风量的精确配比控制至关重要。现代锅炉通常采用自动控制系统，通过安装在炉膛内的氧量传感器和风量传感器，实时监测燃烧过程中的氧含量和风量，然后根据这些数据自动调整送风机和引风机的转速，以保持最佳的燃料与风量比。其次，燃烧器的优化布置与调节也是燃烧控制的重要手段。燃烧器的性能和布局直接影响燃料的燃烧效果。合理的燃烧器布置可以确保燃料与空气的充分混合，提高燃烧效率，同时减少局部高温区域的出现，降低氮氧化物的生成。在实际运行中，应根据锅炉的设计参数和燃料特性，优化燃烧器的安装位置和角度。例如，对于煤粉锅炉，可以采用多层燃烧器布置，通过调整各层燃烧器的风量和燃料量，实现分层燃烧，提高燃烧稳定性。最后，基于智能算法的燃烧优化是现代锅炉燃烧控制的发展方向。例如，神经网络算法可以通过对大量历史运行数据的学习和分析，建立燃烧过程的数学模型，然后根据实时监测数据预测燃烧状态，自动调整燃烧参数，实现燃烧过程的优化控制。模糊控制算法则可以根据燃烧过程中的模糊信息，如氧含量的变化趋势和风量的波动情况，进行模糊推理和决策，实现对燃烧过程的精确控制。这些智能算法能够有效处理燃烧过程中的非线性、多变量和不确定性问题，提高燃烧控制的精度和稳定性。通过引入智能算法，可以实现锅炉燃烧过程的自动化、智能化控制，进一步提高燃烧效率，降低污染物排放，同时减少人工干预，提高运行的安全性和可靠性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 汽水系统运行控制优化策略

汽水系统涉及水的加热、汽化以及蒸汽的过热等多个过程，其运行状态直接影响锅炉的效率和安全性。因此，优化汽水系统的运行控制具有重要意义。首先，汽包水位的精确控制是汽水系统运行的关键。汽包水位过高会导致蒸汽带

水，降低蒸汽品质，影响汽轮机的正常运行；水位过低则可能使水冷壁管露出水面，导致管壁过热甚至爆管。为了实现汽包水位的精确控制，现代锅炉通常采用先进的自动控制系统。通过安装在汽包上的高精度液位传感器，实时监测水位变化，并将数据反馈至控制系统。控制系统根据设定的水位范围，自动调节给水调节阀的开度，从而精确控制给水量，确保汽包水位稳定在设定值附近。其次，过热蒸汽温度的稳定控制对于锅炉的安全运行至关重要。过热蒸汽温度过高可能导致过热器管损坏，甚至引发爆管事故；温度过低则会影响汽轮机的效率。为了实现过热蒸汽温度的稳定控制，锅炉通常配备有减温水系统。通过在过热器出口安装温度传感器，实时监测蒸汽温度，并根据温度变化自动调节减温水阀门的开度，将过热蒸汽温度控制在设计范围内。同时，采用先进的控制算法，如 PID 控制、模糊控制等，可以有效应对燃烧过程中的各种扰动，确保过热蒸汽温度的稳定性。此外，优化燃烧过程，确保燃烧的均匀性和稳定性，也是维持过热蒸汽温度稳定的重要措施<sup>[3]</sup>。

### 2.3 风烟系统运行控制优化策略

风烟系统主要负责向锅炉输送燃烧所需的空气，并将燃烧产生的烟气排出，其运行状态直接影响燃烧效率和污染物排放。首先，风机运行的优化是风烟系统控制的关键，传统风机通常采用定速运行，通过调节风门开度来控制风量，这种方式存在能耗高、调节精度低的问题。现代火电厂广泛采用变频调速技术，通过调整风机电机的转速来精确控制风量，从而实现节能和优化燃烧过程。变频调速技术不仅可以根据锅炉负荷的变化动态调整风量，还能降低风机启动时的电流冲击，延长设备使用寿命。其次，烟道积灰的预防与清理措施对于风烟系统的正常运行至关重要。烟道积灰会增加烟气流动阻力，降低换热效率，甚至可能引发二次燃烧等安全隐患。预防烟道积灰的有效措施包括优化燃烧过程，确保燃料充分燃烧，减少灰分产生；同时，定期对烟道进行吹灰操作，使用蒸汽或压缩空气吹除积灰<sup>[4]</sup>。

## 3 火电厂锅炉故障预防的策略

### 3.1 做好设备管理与维护工作

建立完善的设备维护体系是确保锅炉长期稳定运行的关键，首先，应制定详细的设备维护计划，明确各项维护工作的周期、内容和方法。其次，建立健全设备维护记录制度，详细记录每次维护的时间、人员、内容以及发现的问题和解

决措施，以便追溯和改进。此外，还应建立设备维护责任制，明确各级人员的职责和权限，确保维护工作落实到位。通过系统化的维护体系，可以有效延长设备使用寿命，减少故障发生的概率。定期检测与维修是预防锅炉故障的重要手段，应根据设备的使用情况和维护计划，定期对锅炉及其附属设备进行全面检测，包括外观检查、性能测试、参数校验等。通过检测，及时发现设备存在的潜在问题，并进行针对性的维修处理，防止小问题演变成大故障。对于关键设备和易损部件，应适当缩短检测周期，增加检测频次，确保其始终处于良好状态。同时，应建立设备故障应急预案，一旦发生故障，能够迅速响应，及时排除，最大限度地减少损失。

### 3.2 严格控制燃料质量

燃料质量直接影响锅炉的燃烧效率和运行安全，因此，严格燃料采购标准是预防锅炉故障的重要措施。在采购环节，应制定详细的燃料质量标准，明确燃料的发热值、灰分、硫分、水分等关键指标。对供应商进行严格筛选，选择信誉良好、质量稳定的燃料供应商，并要求其提供符合标准的燃料检测报告。同时，建立燃料质量验收制度，对每批进厂的燃料进行抽样检测，确保其各项指标符合要求。通过严格的燃料采购标准，可以从源头上保证燃料质量，减少因燃料质量问题引发的锅炉故障。燃料的储存应建立规范的燃料储存设施，确保燃料在储存过程中不受潮、不氧化、不污染。对于煤粉等易燃易爆燃料，应采取严格的防火、防爆措施，确保储存安全。其次建立健全燃料管理制度，对燃料的入库、储存、出库等各个环节进行严格管理，确保燃料的质量和数量可控。定期对储存设施进行检查和维护，及时发现和处理潜在问题，防止燃料变质。

### 3.3 提升操作人员素质

为了确保锅炉安全稳定运行，制定完善的培训计划至关重要。培训计划应结合锅炉运行特点和操作人员的实际需求，明确培训目标、内容、方式和周期。计划应包括新员工入职培训、在职工定期培训、特殊岗位专项培训等。培训

内容应涵盖锅炉基本原理、操作规程、故障处理、安全知识等方面。通过制定完善的培训计划，可以为操作人员提供系统化、持续化的培训，提升其专业技能和安全意识。通过培训，操作人员能够熟练掌握锅炉的操作流程和技巧，提高应对突发情况的能力。技能培训应采用多种形式，包括理论授课、现场实操、模拟演练等。在理论授课环节，应重点讲解锅炉的结构原理、操作规程和故障处理方法；现场实操则让操作人员在真实环境中进行操作练习，提高实际操作能力；模拟演练则可以通过模拟软件或实物模型，模拟各种运行情况和故障情况，让操作人员学会应对。

## 4 结束语

通过对火电厂锅炉运行控制与故障预防策略的深入探讨，本文系统分析了燃烧系统、汽水系统和风烟系统在实际运行中面临的挑战，并提出了针对性的优化措施。从燃烧系统的燃料与风量精确配比控制、燃烧器优化布置，到汽水系统的水位精确控制、给水系统优化，再到风烟系统的风机运行优化、烟道积灰预防与清理，以及烟气排放的协同控制，这些策略的实施能够显著提高锅炉的运行效率、降低故障率，并减少污染物排放。在此同时，也要做好火电厂锅炉故障预防工作。未来，随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的进一步发展，火电厂应积极引入先进技术和管理理念，持续优化锅炉运行控制策略，以应对日益严格的环保要求和市场竞争。

## 参考文献：

- [1] 黄如靖. 浅谈火电厂锅炉运行控制及故障预防 [J]. 数码 - 移动生活, 2023(5):394-396.
- [2] 穆国龙. 火电厂锅炉引风机故障原因分析及其维修对策研究 [J]. 机械管理开发, 2024,39(2):266-268.
- [3] 支元珍. 火电厂锅炉设备在线监测与故障诊断技术研究 [J]. 电力设备管理, 2024(6):62-64.
- [4] 马建云. 火电厂锅炉检修运行与维护要点 [J]. 电力系统装备, 2023(5):125-127.