

# 火力发电厂锅炉运行调整与优化探究

曹 石

国能民权热电有限公司 河南 商丘 476800

**摘要：**随着能源需求的不断增长和环境保护要求的日益严格，火力发电厂锅炉运行调整与优化成为提高发电效率、减少污染物排放的重要途径。本文探讨了火力发电厂锅炉运行调整与优化的必要性，阐述了锅炉运行的基本原理及主要参数，分析了锅炉运行中存在的问题，提出了在锅炉燃烧、汽温与汽压、排烟温度、环保问题以及智能控制技术应用等方面的调整与优化策略。旨在提高锅炉运行的安全性、经济性和环保性。

**关键词：**火力发电厂；锅炉运行；调整与优化策略

引言：锅炉作为火力发电厂的核心设备，其运行效率和环保性能直接影响整个电厂的经济效益和环保安全。对火力发电厂锅炉运行调整与优化进行深入探究，对于促进火力发电行业的可持续发展具有重要意义。

## 1 火力发电厂锅炉运行调整与优化的必要性

在现代能源体系中，火力发电厂仍然占据着举足轻重的地位，其高效、稳定的运行对于保障国家能源安全和电力供应具有重要意义。而锅炉作为火力发电厂的核心设备之一，其运行状态直接关系到整个发电厂的效率和安全性，主要体现在以下方面：（1）提高发电效率，降低煤耗。通过优化燃烧过程，调整风煤比、二次风和燃尽风配比等参数，可以使燃料得到更充分的燃烧，从而提高热能转换效率。合理的运行调整还能减少锅炉的启停次数，延长设备的使用寿命，降低维护成本。（2）减少污染物排放。随着国家对环境保护要求的日益提高，火力发电厂必须采取有效措施减少氮氧化物、硫氧化物等有害气体的排放。通过优化燃烧方式、加装脱硝脱硫装置等手段，可以显著降低锅炉的污染物排放量，保护生态环境。（3）提高发电厂的安全性和稳定性。通过实时监测锅炉的运行参数，如蒸汽温度、蒸汽压力、水位等，可以及时发现并处理潜在的安全隐患，确保锅炉的安全运行<sup>[1]</sup>。合理的运行调整还能使锅炉在各种负荷条件下都能保持稳定的运行状态，提高发电厂的供电可靠性。

## 2 火力发电厂锅炉运行原理及主要参数

### 2.1 火力发电厂锅炉运行原理

火力发电厂锅炉是火力发电厂中能量转换的关键设备，其主要功能是利用燃料在炉内燃烧释放的热量，来加热给水并产生符合特定参数及品质的蒸汽。具体来说，锅炉运行原理可以概括为以下两个基本过程：（1）燃烧过程。燃料（如煤、油或天然气）被送入锅炉的炉

膛中，与空气混合后发生剧烈的燃烧反应，将燃料的化学能转换成热能。燃烧过程中产生的高温烟气是热量传递的主要媒介。（2）汽水吸热过程。高温烟气在锅炉内流动，通过辐射、对流和传导等方式将热量传递给锅炉内的受热面。这些受热面包括省煤器、水冷壁、过热器、再热器等，它们使锅炉内的水受热蒸发，最终变成具有一定温度和压力的过热蒸汽。这些过热蒸汽随后被送往汽轮机，驱动其带动发电机做功并产生电能。

### 2.2 火力发电厂锅炉主要参数

火力发电厂锅炉的主要参数直接影响到蒸汽的品质和能量转换效率。这些参数通常包括以下几个方面：

（1）蒸发量。指锅炉每小时所能产生的蒸汽量，通常以吨/小时（t/h）为单位。蒸发量反映了锅炉的生产能力，是锅炉选型的重要依据。（2）蒸汽参数。包括蒸汽压力和蒸汽温度。蒸汽压力指高温过热器出口处的蒸汽压力，通常以兆帕（MPa）为单位；蒸汽温度指高温过热器出口处的蒸汽温度，通常以摄氏度（℃）为单位。蒸汽参数的高低直接影响到蒸汽的品质和能量转换效率。（3）给水温度。指进入锅炉省煤器的给水温度。给水温度的高低直接影响到锅炉的热效率和燃料消耗量。提高给水温度可以减少锅炉的燃料消耗量，提高热效率。（4）锅炉效率。指锅炉有效利用的热量与燃料完全燃烧所能放出的热量之比<sup>[2]</sup>。锅炉效率是衡量锅炉性能优劣的重要指标之一，它反映了锅炉的热损失情况。

## 3 锅炉运行中存在的问题

### 3.1 燃烧不稳定与燃烧效率低下

由于燃料种类、煤质变化、风量调节不当等多种因素的影响，锅炉内的燃烧过程可能出现波动，导致火焰不稳定，甚至发生灭火现象。燃烧效率低下也是一大难题。燃料未能充分燃烧，浪费能源，还会增加排烟中的污染物排放，对环境造成不良影响。

### 3.2 受热面结渣与积灰

锅炉的受热面，如水冷壁、过热器、再热器等，在运行过程中容易结渣和积灰。高温烟气中的灰粒在受热面上沉积，形成结渣层，影响传热效率，还可能引发管壁超温、爆管等严重事故。积灰则会导致受热面热阻增加，降低锅炉热效率，同时增加引风机的负荷，提高运行成本。

### 3.3 排烟温度偏高

排烟温度过高，意味着锅炉排烟热损失增大，热效率降低。排烟温度偏高的原因多种多样，如燃烧调整不当、受热面结渣积灰、空预器漏风等。这些问题影响锅炉的经济性，还可能加剧设备的磨损和老化。

### 3.4 汽温与汽压波动大

在实际运行中，汽温与汽压往往会出现较大波动。这可能是由于燃烧工况变化、负荷调整不当、减温水系统故障等多种原因引起的<sup>[1]</sup>。汽温与汽压的波动不仅影响机组的热效率和使用寿命，还可能对电网稳定造成威胁。

### 3.5 环保问题突出

锅炉排放物中的氮氧化物（NO<sub>x</sub>）、硫氧化物（SO<sub>x</sub>）以及颗粒物等污染物对大气环境造成严重污染。尽管电厂已经采取了一系列环保措施，如烟气脱硫、脱硝、除尘等，但在实际运行中，仍有可能出现排放物超标的情况。

## 4 火力发电厂锅炉运行调整与优化策略

### 4.1 锅炉燃烧调整与优化

锅炉燃烧的调整与优化这一过程主要涉及燃烧风量、燃烧温度以及燃料选择和配比的精细化调整，具体如下：（1）在燃烧风量方面，合理的风量控制对确保燃料充分燃烧至关重要。高负荷运行时，可适当降低过剩空气系数，以减少排烟热损失，提升锅炉效率。而低负荷时，则需增加风量以稳定燃烧，同时调整一、二次风速和配比，确保燃料迅速着火并完全燃烧。通过精心调整风粉配合，保持炉膛内最佳的过剩空气系数，为高效燃烧奠定坚实基础。（2）燃烧温度的优化。炉膛温度过低会影响燃料着火和燃烧稳定性，而温度过高则可能引发一系列问题，如水冷壁结渣、热偏差增大等。需通过调整燃烧器出力、火焰中心位置等手段，将炉膛温度控制在适宜范围内。利用炉膛火焰检测、煤质分析等先进技术实时监测燃烧状态，并根据燃烧情况及时调整燃烧参数，确保燃烧过程既稳定又高效。（3）燃料选择和配比方面，需根据实际情况选择合适的燃料，并针对混煤燃烧进行合理调整。不同类型的燃料在燃烧特性、热值等方面存在差异，因此要根据煤种特性调整煤粉细度、配比等参数，以达到最佳燃烧效果。

### 4.2 锅炉汽温与汽压调整与优化

汽温与汽压是锅炉运行中的关键参数，其稳定性直接影响到机组的热效率、使用寿命以及电网的稳定性。以下是针对汽温与汽压的具体调整与优化策略：（1）在汽温调整方面，主要通过烟气侧和蒸汽侧的控制手段来实现。尽管烟气侧的调整惯性较大，但蒸汽侧的调整却相对灵敏。为了确保汽温的稳定，建议保持减温器减温水调节门具有一定的开度，通常应在20%-60%开度之间。当减温器减温水调节门开度过小或已关闭时，及时调整燃烧参数，如增加风量或改变火焰中心位置，以恢复汽温并重新开启减温器减温水调节门。在吹灰过程中，若汽温出现下降，暂停吹灰操作，待汽温回升稳定后再继续进行。而当各级减温器减温水调节门开度过大时，则需从燃烧侧入手进行调整，或对炉膛进行吹灰，以减小减温器减温水调节门的开度并保留足够的调节空间。（2）汽压的调整则与锅炉的燃烧工况、负荷变化等因素紧密相关。在机组正常运行时，根据负荷需求及时调整燃烧参数，以保持汽压的稳定。当负荷发生变化时，适当调整进入炉膛的燃料和空气量，以确保汽压和汽温的平衡。同时加强对给水系统的监控和调整，确保给水量与蒸汽量相匹配，防止汽压出现大幅波动。（3）在机组启停过程中，汽温与汽压的调整很重要。在滑停前，对锅炉进行全面吹灰，以减小减温器减温水调节门的开度并优化汽温控制。在滑停过程中，主要通过减弱燃烧来降低汽温，避免过度使用减温水。当汽温下降速度较慢或持续偏高时，可通过调整磨煤机的出力和二次风及燃尽风挡板来促进汽温的下降。在停磨前，先将磨煤机的煤量降至最低，然后再停止其运行。停磨后，适当增加其余磨煤机的出力，以维持总煤量的微小变化，防止汽温过快下降。

### 4.3 锅炉排烟温度调整与优化

锅炉排烟温度是影响锅炉热效率的重要因素之一。排烟温度每降低10℃，锅炉效率可提高约0.5%~0.6%。因此采取以下策略降低排烟温度是锅炉节能降耗的重要途径。（1）通过燃烧调整降低排烟温度。优化磨煤机组合方式、合理分配各磨煤机的负荷、加强对锅炉风量、燃料量和煤粉细度的调节等措施，可以改善燃烧工况，减少不完全燃烧损失，从而降低排烟温度。利用先进的检测技术和优化算法，对锅炉燃烧过程进行实时监测和优化调整，进一步提高燃烧效率，降低排烟温度。（2）对锅炉受热面进行改造。增加省煤器受热面、采用鳍片式或肋化式省煤器、加装低温省煤器或复合相变换热器等措施，可以增加锅炉的受热面积，提高锅炉的传热效

率,从而降低排烟温度。对空气预热器进行改造,如更换高效蓄热片、增加蓄热片高度或数量等,也可以提高空气预热器的换热能力,降低排烟温度。(3)加强锅炉的维护和保养。定期对锅炉进行吹灰、除焦等操作,保持受热面清洁,提高锅炉的传热效率。加强对锅炉漏风问题的治理,减少漏风对排烟温度的影响<sup>[4]</sup>。对于制粉系统、空预器及炉本体等处的漏风问题,及时进行封堵和处理,确保锅炉的密封性良好。

#### 4.4 锅炉运行中的环保问题与对策

锅炉排放物中的氮氧化物( $\text{NO}_x$ )、硫氧化物( $\text{SO}_x$ )以及颗粒物等污染物对大气环境造成严重污染,因此必须采取以下有效措施加以控制:(1)加强燃烧调整和优化。通过优化燃烧器组合方式、合理分配各燃烧器的负荷、加强对锅炉风量、燃料量和煤粉细度的调节等措施,可以改善燃烧工况,减少不完全燃烧损失,从而降低 $\text{NO}_x$ 和 $\text{SO}_x$ 的生成量。采用低氮燃烧器改造、空气分级燃烧、燃料分级燃烧或烟气再循环燃烧等技术手段,也可以有效降低 $\text{NO}_x$ 的生成量。(2)加强对锅炉烟气处理系统的建设和改造。采用烟气脱硫、脱硝装置对锅炉烟气进行净化处理,去除其中的 $\text{SO}_x$ 和 $\text{NO}_x$ 等污染物。(3)加强对锅炉燃料的管理。选择低硫、低灰分的优质燃料可以减少 $\text{SO}_x$ 和颗粒物的生成量;加强对燃料的储存、运输和燃烧过程的管理和控制,防止燃料污染和损失;加强对锅炉燃烧过程的实时监测和优化调整,确保燃烧稳定高效,减少污染物的生成和排放。(4)加强对锅炉运行人员的环保培训和教育。通过定期举办环保知识讲座、技能培训等活动,提高运行人员的环保意识和技能水平。

#### 4.5 锅炉运行中的智能控制技术应用

随着智能化技术的不断发展,智能控制技术在火力发电厂锅炉运行中的应用日益广泛。以下智能控制技术的应用可以提高锅炉运行的自动化水平和稳定性,还可以降低运行成本和提高环保水平。(1)通过采用先进的静电感应技术对锅炉一次风粉流动参数进行精确在线监测,利用新型的风粉调整技术实现风粉均匀分配的在

线精细控制。同时燃烧均匀后还可以消除炉内燃烧恶化区域,减少飞灰含碳量和燃烧产生的CO排放达到高效低 $\text{NO}_x$ 燃烧。基于煤粉流速浓度的准确测量数据,通过自动计算和统计锅炉燃烧器出口风粉流速偏差系统,可对风粉流速偏差进行自动智能精细调节,实现各运行工况下燃烧器风粉分布均衡和输出功率的平衡。(2)通过采用先进的预测算法和控制算法,对锅炉汽温与汽压进行实时监测和预测分析,根据预测结果提前调整燃烧参数和减温水量等措施,可以确保锅炉汽温与汽压的稳定控制。同时智能控制系统还可以根据负荷变化自动调节燃烧参数和给水流量等措施,确保锅炉在各种工况下都能保持高效稳定运行。(3)通过采用先进的能耗监测和分析系统对锅炉运行过程中的能耗进行实时监测和分析,找出能耗瓶颈和优化潜力;同时结合智能控制算法对锅炉运行参数进行优化调整,降低运行成本和提高经济效益。采用智能控制算法对锅炉风量、燃料量和煤粉细度等参数进行优化调整,可以减少不完全燃烧热损失和排烟热损失;采用智能控制算法对锅炉启停过程进行优化控制,可以减少启停过程中的能耗和排放物排放等。

结束语:本文通过对火力发电厂锅炉运行调整与优化的研究,提出了一系列切实可行的调整与优化策略。这些策略的实施提高了锅炉燃烧效率,降低了污染物排放,还提升了电厂的经济效益和环保安全。随着智能控制技术的不断发展和应用,火力发电厂锅炉运行调整与优化将迎来更加广阔的发展前景。希望本文的研究能够为火力发电行业的可持续发展提供有益的参考和借鉴。

#### 参考文献

- [1]李晋.火力发电厂锅炉运行调整与优化探究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(10):395-396.
- [2]郭铁柱.火力发电厂锅炉运行调整与优化探究[J].中国宽带,2020(6):59-60.
- [3]王超.火力发电厂锅炉辅机振动温度超标探究[J].工程学研究与应用,2024,5(20):77-78.
- [4]欧阳靖.火力发电厂锅炉运行调整与优化研究[J].建筑工程技术与设计,2021(2):11-22.