

# 火电厂锅炉运行优化设计研究

吴琼 辛意刚

北方联合电力有限责任公司包头第二热电厂 内蒙古 包头 014000

**摘要：**火电厂锅炉运行优化设计研究旨在提升锅炉热效率、降低污染物排放并保障运行安全。通过对燃料质量、空气动力特性、水循环系统和污染物排放控制的综合分析，探讨关键因素并优化控制系统和循环改造，以实现经济环保运行。本研究不仅有助于降低火电厂的运行成本，还能为应对能源短缺和环境保护双重挑战提供技术支持，促进电力行业的可持续发展。通过深入研究和创新实践，为火电厂锅炉运行优化提供切实可行的解决方案。

**关键词：**火电厂；锅炉运行；优化设计

引言：火电厂锅炉作为能源转换的核心设备，其运行效率与环保性能直接影响到火电厂的经济效益与社会责任。随着能源结构的优化调整和环保要求的日益严格，火电厂锅炉运行优化设计变得尤为重要。本研究旨在通过深入分析锅炉运行的各项关键技术参数，结合先进的燃烧技术和环保措施，探索锅炉运行优化的有效途径。通过优化设计，旨在提高锅炉的热效率、降低污染物排放，实现火电厂的可持续发展，为电力行业的绿色转型贡献智慧与力量。

## 1 火电厂锅炉运行的基本原理与特性

### 1.1 锅炉的基本构造和工作原理

火电厂锅炉是火电厂热力系统中的重要组成部分，其基本构造包括炉膛、燃烧器、水冷壁、过热器、再热器、省煤器、空气预热器等多个部件。锅炉的工作原理主要是通过燃烧燃料将化学能转化为热能，再进一步利用热能加热锅炉内的水，使之转变为水蒸气或过热蒸汽，供给汽轮发电机组做功发电。在锅炉运行过程中，燃料在燃烧器中点燃并与助燃的空气混合燃烧，释放出大量的热能。炉膛是燃料燃烧的主要场所，其设计需确保燃料充分燃烧，同时控制燃烧产生的污染物排放。水冷壁是炉膛的四周壁面，由多根并联的管子组成，管子内通有循环水，通过吸收炉膛辐射热来加热和汽化水。过热器和再热器则分别用于将饱和蒸汽和再热蒸汽加热至所需的过热温度，以提高蒸汽的热焓和做功能力。省煤器和空气预热器则分别用于回收锅炉尾部烟气的热量，以提高锅炉的热效率。

### 1.2 锅炉在火电厂中的作用和地位

锅炉在火电厂中扮演着至关重要的角色，是火电厂实现能量转换和发电的核心设备之一。火电厂通过锅炉将燃料的化学能转化为热能，再将热能传递给工质（通常为水或蒸汽），利用工质的物态变化吸热、放热等

物理性质完成能量传递。经过锅炉加热后，高温高压的蒸汽进入汽轮机，推动汽轮机旋转，进而带动发电机发电。因此，锅炉的稳定、高效运行对于保障火电厂的安全生产、提高发电效率以及降低运行成本具有重要意义。此外，锅炉在火电厂的节能环保方面也具有重要作用。通过优化锅炉的运行方式，减少燃煤消耗量、提高燃煤利用效率、降低烟气污染物排放等措施，可以有效降低火电厂的能耗和污染排放，实现火电厂的绿色环保生产。因此，提高锅炉的技术水平和性能对火电厂实现可持续发展具有重要的意义。

### 1.3 锅炉运行的主要特性和参数

锅炉运行的主要特性包括热效率、蒸发量、蒸汽温度与压力等，这些特性直接影响到锅炉的性能和运行经济性。同时，锅炉在运行时需要保持一定的稳定性和安全性，避免因操作不当或设备故障导致的事故发生。热效率是衡量锅炉性能的重要指标，它反映了锅炉将燃料化学能转化为热能的效率。提高热效率有助于降低燃料消耗，减少运行成本。蒸发量是指锅炉在单位时间内产生的蒸汽量，它决定了锅炉的产汽能力。蒸汽温度与压力则是衡量蒸汽品质的重要参数，它们直接影响到蒸汽在汽轮机中的做功能力<sup>[1]</sup>。此外，锅炉运行还受到多种因素的影响，如燃料特性、燃烧方式、给水品质、负荷变化等。这些因素可能导致锅炉运行参数的变化，因此，在锅炉运行过程中，需要对这些参数进行实时监测和调整，确保锅炉处于最佳的运行状态。在实际运行过程中，还需要考虑锅炉的安全性和可靠性。锅炉作为高温高压设备，其运行安全至关重要。因此，在锅炉设计、制造、安装和运行等各个环节，都需要严格遵守相关标准和规范，确保锅炉的安全运行。同时，定期对锅炉进行检修和维护，及时发现和处理潜在的安全隐患，也是保障锅炉运行安全的重要措施。

## 2 火电厂锅炉运行优化的关键因素分析

### 2.1 燃料质量与类型对锅炉运行的影响

燃料是锅炉运行的基础，其质量与类型对锅炉的燃烧效率、热效率以及排放特性具有显著影响。燃料的热值、灰分、水分和硫分等特性参数直接关系到锅炉的运行稳定性和经济性。（1）燃料的热值决定了单位质量燃料所能释放的热量，热值越高，燃烧效率越高，锅炉热效率也相应提升。然而，高热值燃料往往价格较高，因此在实际应用中需要综合考虑经济性和效率。（2）燃料的灰分和水分含量对锅炉运行也有重要影响。灰分过高会导致受热面积灰，降低传热效率，增加排烟热损失；水分过高则会影响燃料的着火和燃烧稳定性，降低燃烧效率。（3）燃料的硫分含量直接关系到锅炉的二氧化硫等污染物排放。高硫分燃料在燃烧过程中会产生大量的二氧化硫等污染物，对环境造成严重影响。因此，在选择燃料时，应尽量选择低硫分、低灰分、低水分的优质燃料。

### 2.2 空气动力特性对燃烧过程的影响

空气动力特性是影响锅炉燃烧过程的关键因素之一。合理的空气动力设计可以保证燃料与空气的充分混合，提高燃烧效率，减少污染物排放。（1）炉膛结构的设计应有利于形成合理的气流组织，使空气能够均匀分布到炉膛的各个角落，避免局部缺氧或富氧现象的发生。（2）燃烧器的布置和选型也是影响燃烧效果的重要因素。燃烧器应根据燃料的特性调整火焰形状和燃烧速度，确保燃料在炉膛内能够稳定、高效地燃烧。（3）送风系统的调节也对燃烧过程具有重要影响。通过调整送风量、风速和送风温度等参数，可以控制炉膛内的燃烧温度和氧气浓度，进一步优化燃烧效果。

### 2.3 水循环系统的效率问题

水循环系统是火电厂锅炉的重要组成部分，其效率直接关系到锅炉的安全运行和整体性能。优化水循环系统的效率可以提高锅炉的传热性能，减少热损失，从而提高锅炉的热效率。（1）需要保证水质的清洁度。水质不良会导致受热面结垢、腐蚀等问题，严重影响传热效率。因此，应定期对水质进行监测和处理，确保水质符合标准要求。（2）合理设计水循环回路和管道布局。水循环回路应尽量减少阻力损失和热量损失，保证水流能够均匀分布到各个受热面。同时，管道布局应便于检修和维护，确保水循环系统的稳定运行<sup>[2]</sup>。（3）加强水循环系统的监测和维护也是提高效率的重要手段。通过安装温度传感器、压力传感器等监测设备，可以实时监测水循环系统的运行状态，及时发现并处理潜在问题。

### 2.4 污染物排放控制的需求与挑战

随着环保要求的不断提高，火电厂锅炉的污染物排放控制成为了一个亟待解决的问题。优化锅炉运行以减少污染物排放对于保护环境、实现可持续发展具有重要意义。（1）需要采用先进的燃烧技术和设备来降低污染物的生成。例如，采用低氮燃烧技术可以减少氮氧化物的排放；采用脱硫脱硝技术可以降低硫氧化物和氮氧化物的排放浓度。（2）加强尾气处理也是控制污染物排放的重要手段。通过安装除尘器、脱硫装置等尾气处理设备，可以进一步降低锅炉排放物中的颗粒物和有害气体含量。然而，污染物排放控制也面临着一些挑战。一方面，先进技术的应用会增加投资和运行成本，需要电厂进行综合经济效益和环境效益的考量；另一方面，技术的实施和维护需要专业的知识和技能支持，对电厂人员的素质提出了更高要求。

## 3 火电厂锅炉运行优化设计的策略与方法

### 3.1 燃烧优化控制系统的设计与实践

燃烧优化控制系统是火电厂锅炉运行优化的关键组成部分，通过对锅炉配风、配煤燃烧等运行方式的实时优化，可以有效提高锅炉燃烧效率，降低发电煤耗，同时减少烟气NO<sub>x</sub>排放，实现经济环保运行。（1）实时优化锅炉配风是实现燃烧优化的重要手段。通过调整送风量和风速，确保燃烧过程中空气与燃料的充分混合，避免局部缺氧或富氧现象的发生，从而提高燃烧效率。同时，根据燃料的特性和燃烧需求，对配风进行精细化控制，以进一步优化燃烧效果。（2）配煤燃烧的优化也是燃烧优化控制系统的重要任务。根据燃料的热值、灰分、水分等特性参数，合理搭配不同种类的燃料，使燃料在燃烧过程中能够充分释放热量，提高燃烧效率。同时，通过优化燃料的粒度、湿度等物理特性，改善燃料的着火和燃烧稳定性，进一步提高燃烧效率<sup>[1]</sup>。（3）提高锅炉燃烧效率、降低发电煤耗也是燃烧优化控制系统的重要目标。通过优化燃烧过程，减少热损失和机械损失，提高锅炉的热效率。同时，通过对燃烧过程的精确控制，实现燃料的充分利用，降低发电煤耗，提高电厂的经济效益。（4）减少烟气NO<sub>x</sub>排放是燃烧优化控制系统的环保要求。通过采用低氮燃烧技术，如分级燃烧、烟气再循环等，降低燃烧过程中NO<sub>x</sub>的生成量。同时，结合烟气脱硫脱硝技术，进一步降低烟气中的NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等污染物浓度，实现火电厂的环保运行。

### 3.2 水循环系统的优化改造

水循环系统是火电厂锅炉中的核心组成部分，其性能直接关系到锅炉的热效率与运行安全。因此，针对水循环系统进行优化改造，对于提升锅炉整体运行效率具

有至关重要的作用。(1)提高水冷壁的热效率是优化改造的关键步骤。水冷壁作为锅炉的主要受热面,其传热性能直接决定了锅炉的热效率。通过改进水冷壁的结构设计,采用新型高效的传热材料,能够有效提高水冷壁的传热性能,减少热损失。同时,优化水冷壁的布置方式和管道直径,降低水流阻力,提高水循环速度,可以进一步增强水冷壁的传热效果,从而实现锅炉热效率的显著提升。(2)过热器和再热器的设计优化也是水循环系统改造的重要一环。过热器和再热器在锅炉中承担着对蒸汽进行进一步加热的关键任务,其性能同样影响到锅炉的整体效率。通过优化过热器和再热器的结构参数,如增加传热面积、改进流道设计等,可以提高其传热效率和热负荷承受能力。此外,采用先进的制造工艺和材料,提高过热器和再热器的耐磨性和耐腐蚀性,能够延长其使用寿命,减少维修和更换的频率,从而降低运行成本<sup>[4]</sup>。(3)水质管理也是影响水循环系统效率的关键因素。水质不佳会导致受热面结垢和腐蚀,严重影响锅炉的运行效率和安全性。因此,加强水质管理,采用先进的除垢和防腐技术,是确保水循环系统畅通无阻的重要措施。通过定期检测水质、及时清理污垢和腐蚀产物,可以有效保持受热面的清洁和完好,从而提高水循环系统的效率和锅炉的可靠性。

### 3.3 污染物排放控制技术

火电厂作为能源供应的重要基地,其运行过程中产生的污染物对环境和生态的影响不容忽视。为了实现可持续发展和生态保护的目标,采用先进的污染物排放控制技术降低火电厂锅炉的排放变得尤为关键。(1)在众多技术中,低氮燃烧技术以其显著的效果脱颖而出。该技术通过优化燃烧过程,精确控制燃烧温度和氧气浓度,从而有效减少NO<sub>x</sub>的生成。分级燃烧技术是一种典型的低氮燃烧技术,它通过将燃料和空气分阶段送入燃烧室,使燃烧过程更加均匀和稳定,进而降低NO<sub>x</sub>的产生。此外,烟气再循环技术也是降低NO<sub>x</sub>排放的有效手段,它通过将部分烟气重新引入燃烧室,降低燃烧温

度,从而进一步减少NO<sub>x</sub>的排放。(2)除了NO<sub>x</sub>,硫氧化物也是火电厂排放的主要污染物之一。烟气脱硫技术是应对这一问题的主要手段。石灰石-石膏湿法脱硫和海水脱硫是两种广泛应用的烟气脱硫技术。这些技术利用吸收剂与烟气中的SO<sub>2</sub>发生化学反应,将其转化为石膏等固体产物,从而实现脱硫目的。通过采用这些技术,火电厂能够大幅减少硫氧化物的排放,保护大气环境<sup>[5]</sup>。(3)对于氮氧化物的控制,烟气脱硝技术同样发挥着重要作用。选择性催化还原(SCR)和选择性非催化还原(SNCR)是两种常用的烟气脱硝技术。这些技术通过催化剂或还原剂的作用,将烟气中的NO<sub>x</sub>转化为无害的氮气和水,从而显著降低其排放浓度。这些技术的应用不仅有助于火电厂满足严格的环保要求,还有助于提升企业的社会形象和竞争力。

### 结束语

火电厂锅炉运行优化设计研究在提升能源利用效率、减少污染物排放方面取得了显著成果。通过深入研究与实践,我们成功探索出了一系列有效的优化策略与方法,显著提高了锅炉的运行效率和环保性能。展望未来,我们将继续致力于火电厂锅炉运行优化技术的创新与发展,以应对日益严峻的能源与环境挑战。我们坚信,通过不懈努力和持续创新,火电厂锅炉运行优化设计将为电力行业的绿色可持续发展注入新的活力。

### 参考文献

- [1]于洁.浅谈火力发电厂锅炉运行控制的节能对策[J].科学技术创新.2019(04):33-34.
- [2]黄振军.火力发电厂锅炉运行优化分析[J].计算机产品与流通.2019(11):127-128.
- [3]翟黎明.火力发电厂锅炉运行控制节能研究[J].通讯世界.2019(12):119-120.
- [4]张华,刘涛.火电厂锅炉运行优化技术研究与应用[J].热力发电,2021,50(6):121-126.
- [5]王鹏,李明.火电厂锅炉运行优化策略分析[J].能源与环境,2022,14(3):89-94.