

# 浅析燃煤锅炉的节能环保改造技术

赵云增 王 博

万华化学(宁波)热电有限公司 浙江 宁波 315800

**摘要:** 循环流化床锅炉凭借其独特的燃烧方式和先进的脱硫、脱硝、除尘技术,大幅提升了燃煤的利用率,并有效减少污染物排放。改造过程中,燃烧优化技术、排放控制技术和节能技术等多种技术手段得以广泛应用,涵盖燃烧器改造、燃料预处理、脱硫脱硝、除尘技术的运用,以及热量回收、智能化控制和能源管理等策略的实施。这些技术的综合运用能够显著提升燃煤锅炉的能源效率和环保性能,为推动绿色发展、实现可持续发展目标提供强有力的支持。

**关键词:** 燃煤锅炉; 节能改造技术; 环保改造技术

## 1 燃煤锅炉节能环保改造技术概述

燃煤锅炉作为传统的热能供应设备,在能源利用中占据了重要地位。传统的燃煤锅炉在运行过程中往往伴随着较高的能耗和污染物排放,给环境带来较大的压力。循环流化床锅炉作为一种先进的燃煤锅炉技术,以其独特的燃烧方式和高效的节能环保特性受到广泛关注。它采用循环流化床燃烧技术,使燃料在流化状态下充分燃烧,从而提高燃料的利用率和燃烧效率。循环流化床锅炉还通过脱硫、脱硝和除尘等多种技术手段,有效地降低锅炉烟气中的污染物排放,达到节能环保的目的。在节能环保改造技术方面,循环流化床锅炉采用多种先进技术手段。例如,通过优化燃烧器结构和燃烧方式,实现燃料的均匀燃烧和热量的高效利用;采用先进的脱硫脱硝技术,将烟气中的硫氧化物和氮氧化物进行高效脱除;利用高效的除尘设备,有效捕集烟气中的颗粒物,实现烟气的高效净化。另外,循环流化床锅炉还注重能源的回收和利用<sup>[1]</sup>。它采用热量回收技术,将锅炉排放的废热进行回收,用于预热空气或加热给水,提高整个系统的热能利用效率。同时,通过智能化控制系统的应用,循环流化床锅炉能够实时监测和调整运行状态,使锅炉始终保持在最佳的运行状态,进一步提高能源利用效率。

## 2 循环流化床锅炉在节能环保方面的优势

循环流化床锅炉在节能环保方面的优势显著。第一,采用工业化程度最高的洁净煤燃烧技术,使得燃烧过程更为高效和清洁。通过流态化燃烧方式,燃料在锅炉内得到充分燃烧,大大提高燃烧效率,从而减少燃料的浪费。同时,循环流化床锅炉的脱硫效率高,有效降低烟气中的硫氧化物排放,对改善大气环境质量起到了积极作用。第二,循环流化床锅炉还具备很强的燃料适

应性,可以燃用多种劣质燃料,如煤矸石、油页岩等,这不仅扩大燃料来源,也减少因燃料选择不当而产生的环境问题。由于锅炉的床温控制系统调节过程自动,使得整个负荷变化范围内都能保持稳定的燃烧状态,进一步提高了燃烧效率和稳定性。第三,循环流化床锅炉的灰渣可以综合利用,如作为水泥掺和料、制砖原料等,这既减少废渣的排放,又实现资源的循环利用。综合来看,循环流化床锅炉在节能环保方面的优势主要体现在高效燃烧、低排放、广泛燃料适应性和灰渣综合利用等方面,这使得它在当前倡导绿色发展的时代背景下具有广阔的应用前景。

## 3 循环流化床锅炉的工作原理与技术

### 3.1 循环流化床锅炉的工作原理

循环流化床锅炉(Circulating Fluidized Bed Boiler,简称CFB锅炉)的工作原理主要基于流态化燃烧技术。它结合了流化床燃烧和飞灰再循环的特点,实现燃料的连续、高效、低污染燃烧。在CFB锅炉中,燃料(如煤、生物质等)和脱硫剂(如石灰石)通过给料系统送入炉膛底部的布风板上。布风板上均匀布置着一定数量的风帽,这些风帽由一次风机提供的高压风使炉内床料形成具有一定厚度的流化床层。流化床层中的燃料与一次风和二次风混合,进行剧烈的气固两相流动与燃烧。炉膛内的燃烧产生大量的高温烟气和灰渣。其中,较大的灰颗粒通过炉膛下部的排渣口排出,而细小的灰粒随烟气在炉膛上部被分离器捕集,通过返料器返回炉膛,参与下一次的循环燃烧,形成所谓的“外循环”。同时,炉膛内的床料也形成内循环,通过床料与烟气的对流和辐射换热,将热量传递给受热面,产生蒸汽或热水<sup>[2]</sup>。CFB锅炉的燃烧过程是一个复杂的物理化学过程,涉及燃料的破碎、挥发分的析出与燃烧、焦炭的燃烧以及灰渣的

形成与排放等多个环节。通过精确控制燃烧过程中的风量、温度、压力等参数，可以实现燃料的高效燃烧和污染物的低排放。

### 3.2 高效传热与燃烧技术

CFB锅炉的高效传热与燃烧技术主要体现在以下几个方面：（1）CFB锅炉采用了独特的流化床结构，使得床料在炉内形成良好的流态化状态，从而提高燃烧过程中燃料与空气的接触面积和混合程度。这种流态化燃烧方式使得燃料能够更充分地与空气中的氧结合，燃烧更充分、更彻底。炉内温度场和速度场分布均匀，有利于减少局部高温区和燃烧不均匀现象，进一步提高燃烧效率。（2）CFB锅炉通过优化燃烧器设计和燃烧调整技术，实现对燃烧过程的精确控制。燃烧器采用合理的结构设计和布置方式，使得燃料能够均匀进入炉膛并形成良好的火焰形状。燃烧调整技术则根据炉膛内温度、压力等参数的变化，及时调整风量和燃料量，确保燃烧过程稳定、高效。（3）CFB锅炉还采用先进的热回收技术，提高热能利用效率。通过在锅炉尾部设置受热面，将烟气中的余热充分回收，用于预热空气、加热给水等目的。同时，对排渣系统进行优化设计，使得灰渣的含碳量降低到较低水平，减少能源的浪费。

### 3.3 硫氧化物与氮氧化物控制技术

CFB锅炉在控制硫氧化物（ $\text{SO}_x$ ）和氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）排放方面采取多种有效的技术措施。对于硫氧化物的控制，CFB锅炉主要采用炉内脱硫技术。通过在炉膛内添加石灰石等脱硫剂，与烟气中的硫氧化物发生化学反应，生成硫酸盐等固体产物，随灰渣一起排出。这种脱硫方式具有脱硫效率高、运行成本低等优点。同时，CFB锅炉的流态化燃烧方式使得脱硫剂与烟气中的硫氧化物能够充分接触和反应，进一步提高了脱硫效果。CFB锅炉主要通过优化燃烧条件和采用低氮燃烧技术来降低 $\text{NO}_x$ 的生成。一方面，通过控制燃烧过程中的过量空气系数、温度和压力等参数，减少高温区和富氧区的形成，从而降低 $\text{NO}_x$ 的生成量。另一方面，采用低氮燃烧器、分级燃烧等先进技术，进一步降低 $\text{NO}_x$ 的排放。CFB锅炉还结合了烟气净化技术，对排放的烟气进行深度处理。通过设置除尘器和脱硝装置等设备，将烟气中的颗粒物和氮氧化物等污染物进行捕集和去除，进一步提高环保效果<sup>[3]</sup>。总之，CFB锅炉通过高效传热与燃烧技术以及硫氧化物与氮氧化物控制技术，实现燃料的高效利用和污染物的低排放。随着环保要求的不断提高和技术的不断进步，CFB锅炉在节能环保方面的优势将得到更加广泛的应用和推广。

### 3.4 灰渣综合利用技术

循环流化床锅炉的工作原理基于流态化燃烧技术。通过在炉膛内设置合理的布风板及风帽，形成具有一定流化速度的空气动力场，使床料（包括燃料、脱硫剂及灰渣等）处于流化状态。在这种状态下，燃料与空气充分混合，实现高效燃烧。同时，炉膛内的灰渣在流化作用下形成内循环，通过炉膛上部的分离器捕集后，部分灰渣返回炉膛参与循环燃烧，其余则通过排渣系统排出。这种循环燃烧方式不仅提高了燃料的利用率，还使得炉膛内的温度分布更加均匀，减少局部高温区的形成，从而降低了氮氧化物的生成。循环流化床锅炉通过精确控制风量、温度和燃烧速率等参数，确保炉内燃烧过程的稳定与高效。同时，利用先进的脱硫技术，在燃烧过程中添加脱硫剂，与烟气中的硫氧化物发生反应，实现炉内脱硫，降低了烟气中硫氧化物的排放。另外，循环流化床锅炉还采用高效的除尘设备，对烟气进行深度处理，进一步减少颗粒物等污染物的排放。灰渣综合利用技术是循环流化床锅炉应用中的重要环节。灰渣中含有大量的硅酸盐、氧化铝等有用成分，经过适当处理后可以广泛应用于多个领域。例如，灰渣可以作为水泥生产的原料，替代部分石灰石等天然资源，降低生产成本并减少环境破坏。所以，灰渣还可以用于制造建筑材料、路基材料以及土壤改良剂等，实现资源的循环利用。

## 4 燃煤锅炉节能环保改造的关键技术

燃煤锅炉作为工业领域的重要热能设备，其运行效率和环保性能直接关系到企业的经济效益和社会责任。随着环保要求的不断提高和节能技术的快速发展，燃煤锅炉的节能环保改造变得尤为重要。

### 4.1 燃烧优化技术

燃烧优化技术是燃煤锅炉节能环保改造的核心，主要通过改进燃烧方式和优化燃烧条件，实现燃料的充分燃烧和减少污染物生成。

#### 4.1.1 燃烧器改造与燃烧调整

燃烧器的结构和性能直接影响燃煤锅炉的燃烧效率和排放特性。因此，对燃烧器进行改造和优化是提升燃煤锅炉性能的关键。这包括调整燃烧器的喷口角度和数量、优化燃烧器的配风系统、改善煤粉颗粒的细化度等。通过这些改造措施，可以提高燃煤锅炉的燃烧稳定性，降低未燃尽损失，减少烟尘排放。根据燃煤的特性和锅炉的实际运行状况，合理调整燃烧参数也是实现燃烧优化的重要手段。例如，调整炉膛的温度、风量、煤粉浓度等参数，使燃烧过程更加充分和均匀，从而减少污染物的生成<sup>[4]</sup>。

#### 4.1.2 燃料预处理与配合

燃料的质量和粒度对燃煤锅炉的燃烧效率和排放性能有很大影响。因此，对燃料进行预处理和配合是实现燃烧优化的重要环节。这包括煤种的筛选、混合、破碎和干燥等过程。通过对燃料的预处理，可以提高燃料的均匀性和可燃性，使其更适合锅炉的燃烧条件。同时，根据锅炉的实际需求和燃料的特性，合理配合不同煤种，可以实现资源的合理利用和排放的优化。

#### 4.2 排放控制技术

排放控制是燃煤锅炉环保改造的重点，通过采用先进的脱硫、脱硝和除尘技术，有效减少污染物的排放。

##### 4.2.1 脱硫脱硝技术

燃煤锅炉烟气中的二氧化硫和氮氧化物是主要的污染物，因此脱硫脱硝技术是排放控制的关键。目前，常用的脱硫技术包括石灰石-石膏法、氨法等，这些技术通过添加脱硫剂与烟气中的二氧化硫反应，生成易于处理的物质，从而实现脱硫目的。脱硝技术则包括选择性催化还原（SCR）和选择性非催化还原（SNCR）等，通过化学反应将氮氧化物转化为氮气和水，减少其对环境的危害。

##### 4.2.2 除尘技术

除尘技术是燃煤锅炉减少烟尘排放的重要手段。目前，广泛应用的除尘技术包括电除尘器、袋式除尘器和湿式除尘器等。这些除尘设备利用物理或化学方法，将烟气中的颗粒物捕集下来，从而实现烟尘的有效控制。

##### 4.2.3 排放监测与控制系统

排放监测与控制系统是确保燃煤锅炉环保性能稳定达标的重要保障。通过建立完善的监测系统，实时监测烟气中的污染物排放情况，可以及时发现和处理环保问题。同时，控制系统根据监测数据自动调整运行参数，实现锅炉的高效、稳定运行，减少污染物的排放。

#### 4.3 节能技术

节能技术是燃煤锅炉降低能耗、提高能效的关键手段，包括热量回收、智能化控制和能源管理等方面。

##### 4.3.1 热量回收技术

燃煤锅炉在运行过程中会产生大量的高温烟气和余热，利用热量回收技术可以将其充分利用起来。例如，通过安装烟气余热回收装置，回收烟气中的热量并用于预热空气、加热给水等，不仅可以降低锅炉的能耗，还能提高整体热效率。

##### 4.3.2 智能化控制系统

智能化控制系统可以实现对燃煤锅炉的精确控制和优化运行。通过采用先进的控制算法和传感器技术，实时监测和调整锅炉的运行状态，确保其在最佳工况下运行。此外，通过引入大数据分析和人工智能技术，可以对锅炉的运行数据进行深度挖掘和分析，发现潜在的节能点并提出优化建议。

##### 4.3.3 能源管理与优化

能源管理与优化技术是实现燃煤锅炉节能降耗的重要手段。通过建立完善的能源管理体系，对锅炉的能耗进行实时监测和统计，可以及时发现能耗异常和浪费现象。同时，通过优化运行策略和调整负荷分配等方式，实现能源的合理利用和节能降耗。

#### 结束语

燃煤锅炉作为重要的热能供应设备，在能源利用和环境保护方面扮演着举足轻重的角色。随着环保要求的日益严格和节能技术的不断进步，燃煤锅炉的节能环保改造已成为行业发展的必然趋势。通过采用先进的燃烧优化、排放控制和节能技术，不仅能够提高燃煤锅炉的运行效率和能源利用率，还能够大幅减少污染物排放，为构建清洁、高效的能源体系贡献力量。

#### 参考文献

- [1]丁新龙.化工燃煤锅炉节能改造的主要问题与优化措施应用研究[J].化工管理,2021,(18):116-118.
- [2]杨猛,王英杰.基于某校区燃煤锅炉替代项目分时分区供热能耗的研究[J].工程建设与设计,2020,(15):43-46.
- [3]张深,张海.基于物联网的燃煤锅炉运行安全与节能的监管平台[J].写真地理,2020,(2):0211.
- [4]张志宇.燃煤锅炉改造中存在的问题及节能环保改造措施分析[J].江西建材,2020,(16):282-283.