

# Analysis on the correlation between operation parameter optimization and coal consumption reduction in deep peak regulation of circulating fluidized bed boiler

Jianbo Li

Inner Mongolia Mengtai Bulian Gou Coal Industry Co., Ltd. Coal Gangu Thermal Power Plant, Ordos, Inner Mongolia, 017100, China

## Abstract

As the energy structure gradually adjusts, the proportion of clean energy is increasing, and thermal power plants are facing increasingly severe peak regulation tasks. The circulating fluidized bed boiler (CFB), as a new type of efficient and environmentally friendly boiler equipment, is widely used in power generation and heating industries, especially demonstrating great potential in deep peak regulation. This paper focuses on the relationship between operating parameter optimization and coal consumption reduction in deep peak regulation for circulating fluidized bed boilers. By optimizing the operating parameters of the boiler, this study explores the impact of factors such as load fluctuations, combustion efficiency, and thermal efficiency on coal consumption, and proposes some improvement measures. The research results show that reasonable optimization of operating parameters can significantly reduce coal consumption, improve boiler operation efficiency, and achieve the goal of energy conservation and emission reduction. This study provides theoretical basis and technical support for the efficient operation and low-carbon development of circulating fluidized bed boilers.

## Keywords

circulating fluidized bed boiler, deep peak regulation, operation parameter optimization, coal consumption reduction, combustion efficiency

## 循环流化床锅炉深度调峰中运行参数优化与降煤耗的关联性分析

李剑波

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤矸石热电厂, 中国·内蒙古·鄂尔多斯 017100

## 摘要

随着能源结构的逐步调整, 清洁能源比重逐渐增加, 火力发电厂面临着日益严峻的调峰任务。循环流化床锅炉(CFB)作为一种新型的高效、环保锅炉设备, 广泛应用于发电和供热行业, 尤其在深度调峰过程中展现出巨大的潜力。本文围绕循环流化床锅炉在深度调峰中的运行参数优化与降煤耗之间的关联性展开研究。通过对锅炉运行参数的优化调整, 探讨了锅炉负荷波动、燃烧效率、热效率等因素对煤耗的影响, 并提出了一些改进措施。研究结果表明, 合理的运行参数优化可以显著降低煤耗, 提高锅炉的运行效率, 达到节能减排的目的。本研究为循环流化床锅炉的高效运行和低碳发展提供了理论依据和技术支持。

## 关键词

循环流化床锅炉, 深度调峰, 运行参数优化, 降煤耗, 燃烧效率

## 1 引言

随着全球能源结构转型的推进, 传统能源逐渐被可再生能源所替代, 尤其是风能、太阳能等不稳定、间歇性的可再生能源的接入, 给传统电力系统的稳定运行带来了巨大的挑战。因此, 火力发电厂必须具备更强的调峰能力, 以保证

电力系统在负荷波动过程中能够平稳运行。作为一种广泛应用于发电厂的高效清洁锅炉设备, 循环流化床锅炉(CFB)具备较高的灵活性和适应性, 尤其在深度调峰过程中, 能够有效应对负荷快速变化的需求。

然而, 深度调峰过程中, 循环流化床锅炉的运行参数必须进行精细化调节, 以确保锅炉高效稳定运行。调节锅炉的运行参数不仅能提升其调峰能力, 还能有效降低煤耗, 减少污染物排放。由于循环流化床锅炉的运行具有较强的复杂性, 如何在调峰过程中合理优化运行参数, 成为了当前研究

【作者简介】李剑波(1990-), 男, 中国内蒙古巴彦淖尔人, 本科, 工程师, 从事动力工程研究。

的重点。

本文旨在分析循环流化床锅炉在深度调峰中的运行参数优化与降煤耗之间的关联性，结合实验数据和实际应用情况，提出提高锅炉效率、降低煤耗的优化措施，为相关技术人员提供参考。

## 2 循环流化床锅炉的基本原理与应用

### 2.1 循环流化床锅炉的工作原理

循环流化床锅炉（CFB 锅炉）是一种基于流化床技术的锅炉设备，其工作原理与传统的炉膛燃烧不同，具有显著的优势。在循环流化床锅炉中，燃料与空气在炉膛内形成一种“流化”状态，即利用高速气流将燃料颗粒和流化介质（如砂、石灰石等）悬浮在炉膛中，形成气固混合物。燃料颗粒在气流的作用下保持悬浮，并与高温的空气充分混合，提升了燃烧过程的效率。由于流化床内的气流作用，燃烧过程在炉膛内能够均匀进行，避免了传统锅炉中出现的局部过热现象，同时也能更有效地控制锅炉的温度和压力。

流化床锅炉的这种独特设计能够显著提高燃料与空气的接触效率，从而实现更完全的燃烧过程，减少了未燃气体的排放。此外，由于炉膛内流化介质的流动性，锅炉的运行能够更加稳定，特别是在负荷波动较大的情况下，能够快速响应负荷变化，保证锅炉的稳定输出。正因为其较强的负荷调节能力，循环流化床锅炉被广泛应用于电力系统中的负荷调峰，特别是在电网负荷波动较大的情况下，具有极高的应用价值。

### 2.2 循环流化床锅炉的深度调峰应用

深度调峰是指在短时间内大幅度调整锅炉的负荷输出，以应对电网中电力需求的剧烈波动。循环流化床锅炉在深度调峰中的应用，得益于其出色的负荷调节能力。CFB 锅炉能够通过优化锅炉运行参数，实现对电网负荷波动的快速响应。例如，通过调节燃料供给量、风量、排烟温度等关键参数，锅炉能够在负荷波动时快速调整输出功率，以应对电网负荷的变化。

在深度调峰过程中，锅炉通过这些调节措施来优化燃烧过程，确保燃料在变化负荷条件下仍能高效燃烧，避免了燃烧不完全等问题的发生。这不仅有助于提高锅炉的运行稳定性，还能有效减少煤炭消耗，并减少有害气体的排放。例如，通过精确调控风量与燃料量的比例，锅炉可以在降低燃煤消耗的同时，实现更加完全的燃烧，从而减少二氧化碳等污染物的排放。CFB 锅炉的这种调节能力使其成为电力系统中应对波动性负荷、保障电网稳定的重要工具。

### 2.3 调峰中的主要挑战

尽管循环流化床锅炉在深度调峰中具有显著的优势，但在实际应用中，它仍然面临一些挑战。首先，负荷波动较大是导致锅炉燃烧过程难以精确控制的一大因素。在电网负荷变化较快的情况下，锅炉需要迅速调整输出功率，而这一

过程可能会影响燃烧的稳定性和效率。由于锅炉内的流化床特性，燃烧的效率与空气与燃料的混合程度、温度等因素密切相关，在负荷波动过大时，锅炉可能无法及时调整到最佳运行状态，导致燃烧不完全，影响锅炉效率。

其次，快速变化的运行时间和负荷变化可能导致燃烧不完全，这会对锅炉的效率产生负面影响。如果燃烧过程中出现了不完全燃烧，未燃气体的排放会增加，进而影响锅炉的整体热效率和经济性。同时，快速波动的负荷也可能导致炉膛温度不稳定，从而增加燃料消耗。

此外，锅炉负荷的频繁变化可能会引起煤耗的增加，导致燃烧效率下降。这不仅会增加运营成本，还会加剧环境污染。在负荷波动较大的情况下，锅炉需要快速调节燃烧过程，这要求锅炉的自动控制系统具有高度的响应能力和精准度，确保调峰过程的高效性和稳定性。

为了解决这些问题，需要通过优化锅炉的运行参数、提升自动控制系统的精度和响应速度，以进一步提升锅炉的深度调峰能力。此外，随着技术的进步，燃烧控制系统的改进和新型辅助设备的应用，能够进一步提高循环流化床锅炉在深度调峰过程中的效率，减少能源消耗，并确保锅炉运行的稳定性。

## 3 循环流化床锅炉运行参数对煤耗的影响分析

### 3.1 锅炉负荷与燃烧效率的关系

锅炉负荷是影响锅炉燃烧效率的重要因素之一。在高负荷运行时，锅炉内部的燃烧温度通常较高，燃料在高温下能够充分燃烧，燃烧效率较高，排放的未燃气体较少，煤耗相对较低。高负荷运行使得燃料与空气的接触更充分，空气与燃料颗粒的混合度更高，热量的传递更加均匀，因此燃烧反应较为完全，锅炉整体运行效率较高。

然而，在低负荷运行时，锅炉的气流速度和温度会相应下降。较低的气流和温度导致燃料的燃烧过程受限，燃烧不完全，部分燃料未能完全转化为热能，从而增加了煤的消耗。此外，低负荷运行时锅炉内部温度较低，燃料颗粒的挥发分燃烧较慢，未燃烧的气体或颗粒进入排烟系统，造成了能源的浪费。为了在深度调峰过程中保持锅炉负荷的高效稳定运行，必须优化负荷调节策略，以确保锅炉始终处于最佳的燃烧状态，避免低负荷带来的能源浪费。这要求锅炉能够在负荷波动较大的情况下迅速调整，以维持燃烧效率并有效降低煤耗。

### 3.2 风量与煤耗的关联性

锅炉风量的控制在燃烧效率和煤耗的管理中起着至关重要的作用。风量影响着燃料的氧气供应量，进而影响燃烧反应的充分性。在循环流化床锅炉中，风量过大会加速燃料颗粒的流动和燃烧反应，虽然可以增加氧气供应，促进燃烧，但过量的风量同样会导致燃烧过快，未完全燃烧的燃料随废气一起排出，造成不必要的能源浪费，增加煤耗。而风量过

小则会导致燃料供应不足,燃烧不完全,产生大量未燃烧的固体废物,也会导致煤耗增加。

因此,优化风量的控制,保持适当的风量至关重要。通过精准调节风量,确保足够的氧气供给又不造成过多的能量浪费,可以大大提高燃烧效率,并有效减少煤耗。在深度调峰过程中,由于负荷波动较大,风量的调节需要根据燃料的燃烧情况和负荷的变化进行动态调整,确保锅炉始终保持最佳的燃烧状态。这不仅有助于提高锅炉的热效率,还能减少煤的消耗,降低环境污染。

### 3.3 排烟温度与煤耗的关系

排烟温度是锅炉热效率的一个关键指标。排烟温度过高会导致大量热能通过排烟系统流失,从而降低锅炉的整体热效率。在这一情况下,锅炉需要燃烧更多的煤来补充流失的热能,从而增加煤的消耗。高排烟温度意味着锅炉未能充分利用内部产生的热量,造成了明显的能源浪费。特别是在深度调峰期间,频繁的负荷变化可能导致排烟温度波动,如果控制不当,将进一步加剧煤的浪费。

为了提高锅炉的热效率并减少煤耗,必须合理控制排烟温度。适当降低排烟温度能够使锅炉内部的热量得以更好地保留和利用,最大限度地提高锅炉的热效率。通过优化排烟温度控制,确保锅炉能够有效地利用每一份产生的热量,不仅能够降低煤耗,还能减少锅炉排放的污染物,从而达到节能减排的效果。在深度调峰过程中,随着负荷的变化,排烟温度的合理调整变得尤为重要,以确保锅炉能够稳定运行并高效利用能量。

### 3.4 综合调节策略对煤耗的影响

在锅炉的深度调峰过程中,负荷波动较大,对锅炉的负荷、风量和排烟温度等参数的调节提出了更高的要求。通过综合调节这些参数,可以确保锅炉始终保持高效燃烧,避免燃烧不完全和热量浪费,从而有效降低煤耗。针对负荷波动的快速响应、风量的精确控制以及排烟温度的合理调节,都是提高锅炉运行效率、减少煤消耗的关键因素。

特别是在深度调峰时,合理的负荷调节不仅能减少能源浪费,还能确保锅炉能够灵活应对电网负荷的变化,避免因负荷波动过大导致的燃烧不稳定。通过这些优化措施,不仅能提高锅炉的经济性,还能在环保方面发挥积极作用,减少对环境的负面影响。

## 4 循环流化床锅炉深度调峰运行参数优化措施

### 4.1 负荷调节优化

为了有效应对负荷波动,循环流化床锅炉的负荷调节

应具备快速响应的能力。通过采用先进的调节控制技术,如智能化负荷预测与调节系统,结合实时数据反馈,动态调整锅炉的燃料供给、风量和空气流量等参数,可以确保锅炉在短时间内适应负荷的变化,减少过渡过程中的能源浪费,提高燃烧效率,降低煤耗。

### 4.2 优化风量控制策略

风量控制策略的优化可以通过智能化控制系统来实现。结合锅炉负荷与燃料类型的变化,合理调节风量,确保燃料在最佳的空气供应下燃烧,提高燃烧效率。通过精准控制风量,避免过量或不足的风量引起的不完全燃烧,从而降低煤耗。

### 4.3 排烟温度与热效率优化

在锅炉调峰过程中,排烟温度的控制可以通过高效热交换系统来实现。通过加强锅炉的余热回收,降低排烟温度,提高热效率。合理设计锅炉的余热回收系统,利用余热进行水加热,减少排烟温度,能有效提高锅炉整体的热效率,减少煤耗。

## 5 结语

循环流化床锅炉在深度调峰中的应用具有巨大的发展潜力,尤其在提高燃烧效率、降低煤耗方面,表现出较强的优势。通过优化锅炉的运行参数,特别是负荷调节、风量控制和排烟温度的调整,可以显著提高锅炉的运行效率,减少煤耗,实现节能减排的目标。然而,锅炉运行参数优化的实施依赖于精确的数据采集与实时反馈机制,因此,未来需要加强智能化控制技术的研发与应用。总的来说,优化运行参数对于循环流化床锅炉的高效运行和低碳发展具有重要的意义。

### 参考文献

- [1] 张鹏新,高明明,郭炯楠,等.基于混合建模方法循环流化床锅炉深度调峰NO<sub>x</sub>排放预测[J].洁净煤技术,2024,30(09):85-94. DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.LHX24070601.
- [2] 吕俊复,王君峰,姜孝国,等.超超临界循环流化床锅炉技术研发进展[J].中国电机工程学报,2024,44(17):6883-6900. DOI:10.13334/
- [3] 周世豪,刘海玉,谢玉婷,等.660 MW 循环流化床锅炉深度调峰背景下分离器入口烟道积灰模拟研究[J].热能动力工程,2024,39(07):115-122. DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2024.07.014.
- [4] 马金荣,孟庆松,王建江,等.纯烧准东煤循环流化床锅炉变工况运行特性试验研究[J].锅炉技术,2024,55(03):36-40.
- [5] 张文祥,晏海能,孙志军,等.超临界660 MW循环流化床锅炉NO<sub>x</sub>排放控制困难分析及处理[J].热力发电,2024,53(05):109-114. DOI:10.19666/j.rld.202401010.