

# 300MW循环流化床锅炉机组深度调峰探讨

安雪敏

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤矸石热电厂 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要:** 本文聚焦于300MW循环流化床锅炉机组在电力市场深度调峰的应用。文章介绍了锅炉的基本构造、工作原理及设计参数,并分析了其在燃料适应性和负荷调节上的优势。通过详细阐述深度调峰的技术原理、实施过程及关键技术,结合具体数据和案例,探讨了深度调峰对电厂经济效益和社会效益的积极影响。同时,文章还讨论了低负荷运行期间的技术挑战及解决方案。本研究为300MW循环流化床锅炉机组在深度调峰领域的实践提供了有价值的参考。

**关键词:** 300MW循环流化床锅炉; 深度调峰; 负荷调节; 燃烧控制

**引言:** 随着新能源的快速发展和电力市场的竞争加剧,火电厂面临着越来越大的生存压力。为了适应市场需求,提高机组的灵活性和经济性,深度调峰成为火电厂的重要发展方向。300MW循环流化床锅炉机组作为燃煤发电的重要类型,其深度调峰能力对于提升电厂整体运行效率和环保水平具有重要意义。因此,本文将对300MW循环流化床锅炉机组的深度调峰进行深入探讨。

## 1 300MW循环流化床锅炉机组概述

1.1 介绍300MW循环流化床锅炉的基本构造和工作原理

(1) 循环流化床(CFB)锅炉是燃煤发电领域中的一种高效、低污染锅炉类型,广泛应用于大型电站。300MW循环流化床锅炉作为其中的代表,其设计理念融合了现代燃烧技术和环保理念,旨在实现高效燃烧与深度脱硫的双重目标。(2) CFB锅炉的核心在于其独特的流化床燃烧系统。该系统通过向炉膛内送入燃料(如煤、生物质等)和脱硫剂(如石灰石),并在高速气流的作用下形成流化床<sup>[1]</sup>。在流化床中,燃料颗粒被强烈的气流吹起并悬浮在炉膛内,形成类似流体的状态,从而极大地增加了燃料与空气的接触面积,促进了燃料的充分燃烧。同时脱硫剂在燃烧过程中与燃料中的硫分发生化学反应,生成固态的脱硫产物,实现脱硫的目的。

(3) 300MW循环流化床锅炉主要由炉膛、分离器、返料器、尾部烟道等部分组成。炉膛是燃料燃烧的主要场所,其结构设计需考虑燃料的充分燃烧和床层的稳定。分离器则负责将燃烧产生的烟气中的固体颗粒进行分离,防止其进入尾部烟道造成磨损和堵塞。返料器则将分离出的固体颗粒重新送回炉膛,以实现燃料的循环利用。尾部烟道则用于布置受热面,吸收烟气的热量以产生蒸汽。

1.2 提及锅炉的主要设计参数和性能指标

300MW循环流化床锅炉的主要设计参数和性能指标是衡量其性能的关键指标。其中额定蒸发量表示锅炉在额定工况下每小时产生的蒸汽量,是锅炉容量的重要指标。蒸汽参数包括蒸汽的压力和温度,它们决定了蒸汽的品质和做功能力。燃料消耗量则反映了锅炉的燃烧效率和经济性。脱硫效率则是衡量锅炉环保性能的重要指标,它表示锅炉在燃烧过程中脱除硫分的能力。具体来说,300MW循环流化床锅炉的额定蒸发量通常在1000t/h左右,蒸汽压力可达16.5MPa,蒸汽温度可达540℃。这些参数使得锅炉能够高效地产生高品质蒸汽,满足电站发电的需求。并且通过优化燃烧系统和脱硫系统,300MW循环流化床锅炉的燃料消耗量相对较低,脱硫效率可达90%以上,实现了高效燃烧与深度脱硫的双重目标。

1.3 循环流化床锅炉在燃料适应性、负荷调节性能等方面的优势

第一,由于CFB锅炉的燃烧系统采用流化床技术,使得燃料颗粒在炉膛内悬浮并充分燃烧,因此CFB锅炉对燃料的适应性较强。它能够燃烧多种劣质燃料,如高灰分、高硫分、低热值的煤种,以及生物质等可再生能源。这降低了燃料成本,提高了能源利用效率。第二,CFB锅炉的负荷调节性能优异。由于锅炉内部存在大量的固体颗粒循环和强烈的热交换过程,使得CFB锅炉在较宽的负荷范围内都能稳定运行。这意味着CFB锅炉能够灵活应对电网负荷的变化,实现快速启动和停机,提高了电站的运行灵活性和经济性。

## 2 深度调峰的技术原理与实施过程

### 2.1 阐述深度调峰的技术原理

深度调峰是指发电机组在电网需求较低时,能够在保证安全稳定运行的前提下,将机组负荷降低至额定负荷的较低水平,以满足电网的调峰需求。这一技术原理

的核心在于通过精细的负荷调节和燃烧控制，实现机组在宽负荷范围内的灵活运行。对于300MW循环流化床锅炉机组而言，深度调峰不仅能够提高机组的灵活性，还能在一定程度上降低运行成本，提升电厂的整体经济效益。

## 2.2 详细介绍300MW循环流化床锅炉机组深度调峰的实施过程

### 2.2.1 试验前的准备

在进行深度调峰试验前，需要制定详细的试验方案，明确试验的目的、步骤、预期结果以及可能遇到的风险和应对措施。同时对锅炉机组的整体状态进行全面检查，包括锅炉本体、燃烧系统、脱硫脱硝系统、汽水系统等关键部件，确保设备处于良好的运行状态。此外还需准备必要的监测仪器和记录表格，以便在试验过程中实时监测和记录各项参数。

### 2.2.2 试验过程中的关键技术和控制点

(1) 负荷调节：通过调整机组的协调控制系统，实现负荷的平稳降低。这包括调整汽轮机的调速汽门开度、锅炉的给煤量和送风量等，使机组负荷按照预定的速率和幅度逐步降低。在负荷调节过程中，需要密切关注机组的各项运行参数，如蒸汽压力、温度、流量等，确保它们处于安全稳定的范围内。

(2) 燃烧控制：在低负荷运行期间，锅炉的燃烧状态容易受到影响，因此需要对燃烧系统进行精细的控制。通过调整锅炉的一、二次风配比，改变二次风挡板开度等关键操作，可以优化燃烧过程，提高燃烧效率<sup>[2]</sup>。同时需要加强对锅炉料层流化状态和返料器工作状况的监测，确保锅炉在低负荷下仍然能够稳定运行。

(3) 蒸汽参数监测：蒸汽参数是反映锅炉机组运行状态的重要指标。在深度调峰过程中，需要实时监测蒸汽的压力、温度和流量等参数，以便及时发现并处理可能存在的问题。同时，通过对比不同负荷下的蒸汽参数，可以评估深度调峰对机组性能的影响。

### 2.3 具体的数据和案例

以某300MW循环流化床锅炉机组为例，在深度调峰试验中，机组负荷从额定负荷逐步降低至30%额定负荷（如图表1）。在试验过程中，通过精细的负荷调节和燃烧控制，机组成功实现了低负荷下的稳定运行。同时通过对蒸汽参数的监测和分析，发现随着负荷的降低，蒸汽压力和温度均有所下降，但仍在安全稳定的范围内。此外，通过调整一、二次风配比和二次风挡板开度等关键操作，有效提高了锅炉在低负荷下的燃烧效率，降低了燃料消耗量。

负荷(MW)	氧量(%)	一次风量(KNm <sup>3</sup> /h)	二次风量(KNm <sup>3</sup> /h)	床温(°C)	风室压力(KPa)
90	1.63/1.68%	183	125	772	9.0/9.1
上部差压(KPa)	旋风分离器入口温度(°C)	排烟温度(°C)	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	粉尘(mg/Nm <sup>3</sup> )
0.39/0.38	665/676/701	85/130	32.26	1.28	5.55
石灰石量(t/h)	尿素流量 m <sup>3</sup> /h	氨逃逸(PPM)	炉膛负压设定(Pa)	二次风出口压力(KPa)	煤量(T/h)
0	0.23	2.18	-50	0.76	75.74
布袋出口风量(KNm <sup>3</sup> /h)			吸收塔床层压降(KPa)		
1121			1.27		

## 3 深度调峰的经济与社会效益分析

### 3.1 分析深度调峰对电厂经济效益的影响

深度调峰作为提升电网灵活性和响应市场需求的重要措施，第一，对发电企业而言，不仅是一项技术挑战，更是实现经济效益提升的重要途径。其核心经济收益主要来源于电网对发电企业的电量补偿机制，这一机制鼓励发电企业在非高峰时段降低负荷，以平衡电网供需，确保电网稳定运行。电量补偿机制是深度调峰经济收益的重要来源。电网企业通常会根据发电企业调峰的深度（即负荷降低的比例）、持续时间以及调峰时段的市场需求等因素，给予相应的经济补偿。这种补偿机制旨在激励发电企业积极参与调峰，提高电网的整体运行效率。第二，对于电厂而言，深度调峰不仅带来了直接的电量补偿收入，还能够一定程度上节约运行成本。在低负荷运行期间，电厂的燃料消耗量、设备磨损以及维护费用等都会相应减少，从而降低了整体运营成本。此外，通过优化燃烧控制和负荷调节，电厂还能进一步提高能源利用效率，实现成本的进一步节约。

### 3.2 提供具体的补偿机制和计算方法

电网对发电企业的电量补偿机制通常遵循一定的计算规则。(1) 调峰深度：根据发电企业实际降低的负荷比例进行计算。例如，若某发电企业从额定负荷降低至50%额定负荷进行深度调峰，则调峰深度为50%。(2) 持续时间：调峰持续的时间长度，通常以小时为单位进行计算。(3) 补偿单价：电网根据市场供需情况和调峰深度等因素，设定的每千瓦时(kWh)的补偿单价。补偿金额的计算公式可以表示为：

$$\text{补偿金额} = \text{调峰深度} \times \text{持续时间} \times \text{补偿单价} \times \text{实际调峰电量}$$

以某300MW机组为例，若其进行深度调峰，从额定负荷降低至60%额定负荷，持续时间为10小时，补偿单价为0.1元/kWh，则补偿金额为：300MW×40%×10小时×0.1元/kWh = 120万元。通过对比调峰前后的电量和成本数

据,可以估算出每年度进行多次机组深度调峰可能带来的直接经济收益。假设该机组每年进行10次深度调峰,每次调峰都能获得类似的补偿金额,则年度经济收益可达1200万元。

### 3.3 探讨深度调峰的社会效益

深度调峰不仅为发电企业带来了显著的经济效益,还具有重要的社会效益。(1)节能减排:深度调峰有助于电网消纳更多清洁能源,如风电、光伏等。这些清洁能源的利用可以减少燃煤机组的运行时间,从而降低燃煤产生的二氧化碳、二氧化硫等污染物的排放,对环境保护具有重要意义。(2)环境保护:随着国家对环境保护要求的不断提高,减少燃煤污染已成为电力行业的紧迫任务。深度调峰作为提升电网灵活性的重要手段,有助于减少燃煤机组的污染物排放,改善空气质量,保护生态环境。

(3)能源节约:通过优化燃烧控制和负荷调节,深度调峰还能提高能源利用效率,减少能源浪费。这有助于缓解我国能源供需矛盾,促进能源可持续发展。

## 4 深度调峰存在的挑战与解决方案

在电力行业中深度调峰作为提升电网灵活性和响应市场需求的重要措施,虽然带来了显著的经济和社会效益,但同时也面临着诸多技术挑战。尤其是在锅炉低负荷运行期间,这些挑战尤为突出,需要采取有效的解决方案来确保机组的安全稳定运行。

### 4.1 锅炉低负荷运行期间的技术挑战

在深度调峰过程中,锅炉低负荷运行可能导致燃烧弱、床温低等问题。燃烧弱不仅会降低燃料的燃烧效率,还可能导致锅炉运行不稳定,甚至发生灭火事故。床温低则会影响脱硫效率,导致污染物排放增加,进而影响环保指标。此外,低负荷运行还可能导致锅炉内部结焦,对锅炉的安全性和经济性构成威胁。

### 4.2 对机组效率、环保指标和安全性的影响

燃烧弱导致的燃料燃烧不充分会显著降低机组效率,增加运行成本。床温低则会影响脱硫反应速率,降

低脱硫效率,使得烟气中的二氧化硫等污染物排放超标,影响环保指标<sup>[1]</sup>。同时,低负荷运行期间的燃烧不稳定和结焦问题还可能对锅炉设备造成损坏,降低设备寿命,对机组的安全性构成严重威胁。

### 4.3 解决挑战的方案和建议

(1)优化燃烧控制:通过调整一、二次风配比、改变二次风挡板开度等关键操作,优化燃烧过程,提高燃烧效率。同时加强对锅炉料层流化状态和返料器工作状况的监测,确保锅炉在低负荷下仍然能够稳定运行。

(2)加强设备维护:定期对锅炉设备进行维护和检修,确保设备处于良好的运行状态。特别是要加强对锅炉内部结焦问题的预防和清理工作,防止结焦对锅炉安全性和经济性的影响。(3)加强监测和预警机制:在低负荷期间,应更加关注锅炉的燃烧稳定性和安全性。通过加强监测和预警机制,及时发现并处理潜在问题,确保锅炉在低负荷下稳定运行。

### 结语

综上所述,300MW循环流化床锅炉机组在深度调峰领域具有广阔的应用前景。通过优化燃烧控制、加强设备维护等措施,可以有效解决低负荷运行期间面临的技术挑战,提高机组的灵活性和经济性。同时深度调峰还有助于电网消纳更多清洁能源,减少燃煤机组污染物的排放,对环境保护和能源节约具有重要意义。未来,随着电力市场的不断发展和新能源的进一步普及,300MW循环流化床锅炉机组的深度调峰能力将成为其核心竞争力的重要体现。

### 参考文献

- [1]王欣.电力锅炉燃烧优化策略探讨[J].中国设备工程,2020,443(7):137-138.
- [2]杨新民,曾卫东,肖勇.火电站智能化现状及展望[J].热力发电,2019,948(09):1-6.
- [3]杨建卫.火电机组深度调峰下的优化控制技术研究[J].电力与能源,2019,3(05):683-685,689.