

# 火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究探讨

高子波

榆能集团佳县盐化有限公司 陕西 榆林 719200

**摘要:**在二氧化碳“双减”政策和能源结构调整的背景下,火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究显得尤为重要。为应对全球气候变暖,减少二氧化碳排放量,降低石化燃料在能源结构中的比重,提高锅炉燃烧效率,采用先进燃烧技术,对推动我国火力发电厂的绿色发展,能源高效利用,实现能源结构的优化升级具有重要的意义。火力发电厂需要更加高效和节能的燃烧优化技术来降低生产成本和提高经济效益。在全球融合和科技突飞猛进的当下,充分引进和消化吸收国际先进技术,推动我国火力发电厂锅炉燃烧优化技术的进步和发展势在必行。

**关键词:**火力发电厂;锅炉燃烧;优化技术、二氧化碳

## 引言

当今火力发电厂作为我国电力生产的主要设施,关于锅炉方面的技术一直在不断发展和突破,尤其在高效燃烧和环保技术方面虽已取得了很大成就,但仍有较大的空间亟待提升。当下我国提出的“双碳”目标,对锅炉燃烧技术的突破提出了更高的要求,同时也对锅炉燃烧后的烟气处理提出了更严苛的要求。火力发电的主要燃料以化石燃料为主,煤在我国由于受储量、分布范围广泛的特点,故作为火力电厂的主要燃料。煤在燃烧时释放的热量部分被锅炉各受热面吸收用作发电和供热,其余绝大部分热量随烟气排到了大气中,造成了排烟热损失;烟气中同时夹带着大量的粉尘,以及化学反应产物 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 等物质,随同烟气排放到了空气中,对周边环境造成了严重危害。 $\text{SO}_2$ 的大量排放将引起酸雨的产生, $\text{NO}_x$ 的大量排放将引起呼吸系统疾病的增多,二氧化碳将造成温室效应,引发全球升温加剧等现象。目前,锅炉热能利用率始终在较低水平徘徊,这一困扰着电力人。其次经济效益较低也严重影响着电力企业的生存和发展。

## 1 火力发电厂锅炉燃烧优化技术的现实意义

火力发电是我国能源结构中的重要组成部分,其运行效率和环保性能直接影响到我国的能源安全和环境保护。火力发电厂锅炉燃烧过程中存在许多问题,如燃烧效率低、污染物排放高、设备损耗大等。为了解决这些问题,提高火力发电厂的经济效益和环境友好性,因此对锅炉燃烧优化技术的研究就显得尤为重要。首先,提高燃烧效率是锅炉燃烧优化技术的首要目标。通过优化锅炉燃烧,可以提高燃料的利用率,降低燃料消耗量,从而提高火力发电厂的发电效率。此外,还可以减少烟气中的可燃物质含量,降低烟气温度,减少热损失,进

一步提高发电效率。其次,降低污染物排放是锅炉燃烧优化技术的重要任务。锅炉在燃烧过程中,将产生大量的有害物质,如: $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、颗粒物等,随同烟气排放至大气中,对环境和人体健康造成严重危害。采用先进的锅炉燃烧优化技术,可以有效地降低这些有害物质的排放,减轻环境污染,保护生态环境<sup>[1]</sup>。再次,优化锅炉燃烧可以防止锅炉爆燃,减轻锅炉内部的磨损和腐蚀,降低设备故障率和维修率,从而延长设备的使用寿命,降低运行成本,保障火力发电厂的稳定经济运行。

在二氧化碳“双减”政策和能源结构调整的背景下,火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究显得更为重要。为应对全球气候变暖,减少二氧化碳排放量,降低石化燃料在能源结构中的比重,提高锅炉燃烧效率,采用先进燃烧技术,如:低氮燃烧技术、超临界和超超临界燃煤技术等。对推动我国火力发电厂的绿色发展,能源高效利用,实现能源结构的优化升级具有重要的意义。

## 2 火力发电厂锅炉燃烧优化技术发展现状

随着科技的不断进步,新型材料的不断应用,火力发电厂锅炉燃烧优化技术也在不断发展。目前,火力发电厂锅炉燃烧优化技术已经取得了许多成果。新型燃烧器、空气分级燃烧、燃料分级燃烧、低负荷稳燃、低氮燃烧技术、W型火焰燃烧技术、烟气脱硫脱硝等技术的采用,对改善锅炉燃烧,提高燃料的利用率和热效率,减少废气排放和烟尘污染效果明显。加之,先进的监测技术和控制系统的应用,可以实现锅炉燃烧过程的实时监控和自动调节,锅炉运行的安全性得到了极大的提升。新型的保温材料 and 耐磨材料的应用,可有效降低热量损失和设备故障率,对提高锅炉安全运行的作用较大<sup>[2]</sup>。

但火力发电厂锅炉燃烧优化技术的发展仍然面临着一些挑战。对存在的燃烧不完全、燃烧不稳定、热量损

失大等问题，研究人员尽管提出了多种优化策略，但仍需要在实践中进一步验证其可行性，研究和开发的脚步仍需大步向前迈进，先进高效的燃烧优化技术需不断向前发展。

随着环保要求的不断提高，对火力发电厂的排放标准也更加严格。这需要火力发电厂不断升级和改进锅炉燃烧优化技术，以满足更加严格的环保要求。在能源价格的上涨和能源供应的紧张的大环境下，火力发电厂需要更加高效和节能的燃烧优化技术来降低生产成本和提高经济效益。在全球融合和科技突飞猛进的当下，充分引进和消化吸收国际先进技术，推动我国火力发电厂锅炉燃烧优化技术的进步和发展势在必行。

### 3 火力发电厂锅炉燃烧优化技术

随着科学技术的不断发展，新的技术被不断应用于生产，火力发电厂锅炉燃烧优化技术革命也在悄然崛起。为此，将在以下几个方面进行重点介绍：

#### 3.1 煤粉燃烧器

煤粉燃烧器作为锅炉的关键设备之一，是锅炉燃烧优化技术的重要组成部分。其向炉内输送燃料和空气，保证燃料进入炉膛后尽快、稳定地着火，组织燃料和空气及时、充分地混合，迅速完全地燃尽。现在普遍采用的煤粉燃烧器有直流煤粉燃烧器、旋流煤粉燃烧器和脉冲燃烧器。

直流燃烧器按照配风方式的不同可分为均等配风直流煤粉燃烧器和分级配风直流煤粉燃烧器，根据喷口的活动情况又可分为固定式和摆动式，摆动式通过上下摆动，用来改变火焰中心的高度，调节再热蒸汽温度，便于锅炉在启动和运行中进行燃烧调节，控制炉膛出口烟温，避免炉膛内受热面结渣。通常布置在炉膛四角上，即四角切圆燃烧方式。其布置情况，直接关系到四角切向燃烧的组织，火焰的偏斜程度，还将影响燃烧的稳定性及燃烧效率。旋流燃烧器主要分为蜗壳式旋流燃烧器和叶片式旋流燃烧器，多用于在前墙或两面墙对冲时交错布置。气流在燃烧器前做旋转运动，气流离开喷口后将沿螺旋线的切线方向运动，形成辐射状的空心锥气流，扩散比较大，扰动强力，但气流射程较短。脉冲燃烧器是利用脉冲原理实现精确燃烧控制的设备，通过控制空气流量的变化来控制燃料的燃烧过程，具有较高的燃烧效率和控制精度。

在锅炉的运行实践中，四角切圆燃烧方式普遍存在气流偏斜和结焦问题，这主要是因为邻角气流的横向推力过大、射流两侧“补气”不平衡、燃烧器高宽比过大的影响。旋转燃烧器的旋转火焰同样也存在类似的问

题，如旋流强度、混合强度以及混合点位置的问题。脉冲燃烧器受控制精度的影响，会影响燃烧效果和锅炉的安全运行。且维护成本较高。

通过优化煤粉燃烧器的结构，提高其雾化效果和混合均匀性，促进煤粉与空气的充分混合，提高火焰的传播速度和温度，提高燃烧效率。也可以优化煤粉燃烧器的布置方式和数量，根据锅炉的尺寸和负荷情况，选择合适的布置方式和数量，以达到最佳的燃烧效果。还可以采用先进的控制系统，对煤粉燃烧器的燃料量和空气量进行精准控制，实现燃烧的优化控制。

#### 3.2 燃烧配风的优化

燃烧配风是锅炉燃烧优化技术的重要环节。燃烧配风主要在于送入锅炉炉膛的风量比例和氧量控制是否合适。风主要分为一次风和二次风。一、二次风量配比是锅炉燃烧优化技术中的关键，它们对于锅炉的燃烧效率、燃料利用率以及环保性能具有重要影响。一次风量是指通过燃烧器进入炉膛的冷风，其主要作用是输送煤粉；二次风量是指通过空气预热器加热后的热风，其主要作用是提供燃烧所需的氧气。合理控制一、二次风量的配比，可以促进煤粉的燃烧，提高锅炉的燃烧效率<sup>[1]</sup>。

一次风量过大，会导致燃料与氧气混合不充分，燃烧不充分，从而降低燃料的燃烧效果和热效率。相反，一次风量过小，燃料与氧气混合过度，可能导致火焰不稳定，甚至发生爆炸。在锅炉实际运行中，一、二次风量配比的确定需要考虑锅炉负荷和煤质情况（挥发分含量和灰分含量等），以确定合适的煤粉细度和浓度；此外炉膛温度和氧量等也是需要考的因素。合适的风量配比还可以减少炉膛结渣、高温腐蚀、排烟热损失等问题，提高锅炉的安全性、稳定性和积极性。此外，先进的燃烧控制系统，可以对一、二次风量进行精准控制，实现燃料和空气的充分混合和燃烧，提高锅炉的燃烧效率和稳定性。

一、二次风量配比的优化可以通过锅炉实际燃烧试验数据确定配风比例，绘制配风曲线图，为锅炉燃烧调整做参考。有效地提高锅炉的燃烧效率，降低能源消耗和污染物排放量，进而达到节能减排的目标。

氧量控制是燃烧配风的又关键参数之一，配风调整的是进入炉膛的一、二次风量的比例以及各层、各部位风量的分配情况，维持炉膛过氧量在合适的范围，以达到提高燃料的燃烧效率，降低污染物排放的目的，同时能够保证锅炉的安全稳定运行。分级送风技术可以将空气分成多段进行送入炉膛，实现燃料和空气的充分混合和分级燃烧。采用智能控制系统，可以对燃烧配风进

行实时监控和控制。根据炉膛内的温度、氧气含量等参数，自动调整空气流量和配比，实现燃烧的优化控制。同时，可以对异常情况进行预警和自动调整，保证锅炉的安全稳定运行。

### 3.3 风煤比的控制

风煤比控制是锅炉燃烧优化技术的又一关键环节。风煤比是指一次风量与燃料量的比例，对于锅炉的燃烧效率和安全性有着重要的影响。合理的风煤比控制，可以保证燃料在炉膛内充分燃烧。风煤比过大，通常会导致燃料在炉膛内的燃烧加速，产生的大量热量导致炉膛内的温度过高，甚至可能引发爆炸；低负荷时煤粉浓度下降，着火点延迟，不利于燃烧和稳定。反之，风煤比过小，燃料在炉膛内的燃烧速度减速慢，导致燃料的利用率降低，热效率下降。

风煤比控制优化是一种能够在实时燃烧控制系统中引入具有调节功能的控制因子，以实现最佳燃烧效果的方法。火焰探测器检测到火焰温度、颜色、形状等参数的变化后，利用先进的控制算法，如模糊控制、神经网络等，对风煤比进行精准控制，动态调节送粉管内的风量，保持最佳的风煤比例。促进煤粉的充分燃烧，提高燃烧效率和燃烧稳定性，减少污染物的产生。此外，风煤比的控制还要结合锅炉负荷和炉膛温度的变化，以避免炉膛结渣和高温腐蚀的问题。

风煤比控制优化通过引入智能控制算法和实时监测设备，可以实现对风煤比的精准控制和动态调整，提高燃烧效率、降低能源消耗和污染物排放，同时提高锅炉的安全性和稳定性。这对于实现节能减排的目标，保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义。

### 3.4 燃料的处理

燃料预处理是锅炉燃烧优化技术的基础。燃料的预处理在燃烧优化控制中的作用是不可忽视的，破碎、干燥、筛选、混合各个环节都将决定燃料的品质，通过对燃烧数据的分析，确定最佳燃料数据，控制燃料的粒度和组分，确保送入炉膛的燃料特性稳定，热值稳定，为后续的稳定燃烧奠定坚实的基础，还可减少污染物排放。燃料的预处理重点在管控，借助信息化的手段加强煤质检测、合理配煤，确保送入炉膛的煤是完全符合最佳燃烧的燃料。

### 3.5 锅炉运行参数调整与优化

锅炉高效的燃烧除与燃料、燃烧器、配风、风煤比等有关外，还与锅炉的运行调整有密切的关系。燃料在炉膛内释放的热量是一定的，但换热器的吸热能力却与运行调整密不可分，通过调整风门的开度和角度，可以改变炉膛内火焰的高度，进而改变高温烟气流通过的行程及流速，增加或减少烟气与换热器接触的面积，改变换热热量，锅炉燃烧效率也将发生变化<sup>[4]</sup>。

在其他条件不变的情况下，通常采取降低火焰高度，减缓火焰旋转速度，增加烟气在各受热面的停留时间，来增加各受热面的吸热量，降低排烟温度，减少热量损失的办法，来提高燃烧热效率。但同时也要考虑各受热面的超温情况，烟气排放指标和尿素消耗量等参数之间的关系。在保证锅炉产出额定压力、温度和流量蒸汽的前提下，确保各项指标能平衡在一个最佳的水平，达到锅炉燃烧的经济、安全、稳定运行。

锅炉运行是一个动态变化、不断调整的过程，需要对各项参数进行系统的分析、合理的预判和及时的调整，这样才能确保锅炉燃烧在最优工况。

### 结束语

通过对火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究探讨，我们深入了解了其重要性和实施的必要性。优化燃烧不仅可以提高能源利用率，降低环境污染，还可以延长设备使用寿命，降低运行成本。然而，燃烧优化技术的实施并非一蹴而就，需要结合实际情况，科学设计，精细化管理。同时，也需要我们不断探索新的技术和方法，以适应不断变化的能源需求和环保要求。总的来说，火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究是一个长期、复杂的过程，需要我们持续投入和努力。

### 参考文献

- [1]马楠.由聪.火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究探讨[J].电站系统工程, 2017. (02): 37-38
- [2]李斯.关于火力发电厂燃煤锅炉燃烧优化技术的研究[J].山东工业技术, 2016 (05):181
- [3]樊泉桂.阎维平.锅炉原理[M].北京, 中国电力出版社, 2004
- [4]姜锡伦.屈卫东.锅炉设备及运行[M].北京, 中国电力出版社, 2006