

锅炉负荷变动中的燃料适应性与燃烧优化技术

张智元 孟福刚 常英瑞

国能锦界能源有限责任公司 陕西榆林 719319

摘要: 锅炉负荷变动对燃烧过程有重要影响, 要求燃料具备较好的适应性并通过优化燃烧过程以保持锅炉运行的稳定性与高效性。本文探讨了锅炉在不同负荷下对燃料适应性的要求, 分析了负荷波动对燃烧效果的影响, 提出了燃烧优化技术的关键要点, 如空气配比调整、燃烧器改进及燃料特性匹配等。通过合理的优化措施, 可以提高锅炉运行的经济性与环保性, 减少能源浪费并降低污染排放。为锅炉负荷变动中的燃烧优化提供了理论依据与技术指导。

关键词: 锅炉负荷; 燃料适应性; 燃烧优化

锅炉在化工、能源、建筑等行业中起着至关重要的作用, 主要用于提供蒸汽和热能。随着工业化进程的不断推进, 对锅炉系统的运行效率和能源利用提出了更高要求。在实际生产中, 锅炉负荷经常出现波动, 尤其是当装置内自产蒸汽能够满足大部分需求时, 动力站锅炉的负荷往往会下降。负荷波动不仅会导致燃料消耗和热能转换的不稳定, 还可能影响锅炉的运行效率和排放水平。因此, 锅炉负荷变动的调节成为确保高效、稳定运行的关键因素。负荷的变化受多种因素影响, 包括生产过程中的批处理、汽驱机组的启停、外部负荷需求等。为了适应这种波动, 锅炉系统需要具备较高的灵活性和调节能力。

1. 锅炉负荷变动的运行特性与调节机制

1.1 锅炉负荷变动的运行特性

锅炉是提供热能动力的重要设备, 被广泛应用于化工生产企业。在实际生产过程中, 尤其是当装置内自产蒸汽能够满足正常需求时, 动力站锅炉负荷往往会持续下降。随着生产工艺的变化, 尤其是在装置批处理、汽驱机组启停等因素的影响下, 锅炉负荷波动较为频繁。为了保证蒸汽管网的稳定压力, 通常需要至少一台锅炉保持低负荷运行。这种低负荷运行状态虽然能维持蒸汽供应, 但也可能导致锅炉燃烧不完全, 影响其运行效率和排放水平。锅炉负荷的这种波动不仅对燃料消耗产生影响, 还要求锅炉系统能够灵活调节, 以保持高效、稳定地运行状态。

1.2 锅炉负荷变动的调节机制

在锅炉负荷发生变化时, 其调整机制涵盖了一系列相互协调的调整步骤。这一过程主要依靠调整燃料供给量、气流

大小以及燃烧器的操作状态来完成。对于燃料供给的调控, 一般采用变频驱动或调整阀门的方式, 以实现与实际负荷的精准对接。而对气流量的控制, 则需依据负荷的波动来调整预热器或风机的运作, 以维持合适的燃料与空气混合比例。燃烧器的调整是应对负荷变化的核心环节, 其喷嘴和空气分配器等组件必须依据负载需求进行适当的调整。此外, 锅炉的自动化控制系统同样扮演着不可或缺的角色, 它能通过实时监测负荷变化, 自动调整相关系统的工作状况, 保障锅炉在负荷波动时仍能保持稳定且高效的运行状态。

2. 锅炉负荷变动对燃料适应性的影响

2.1 负荷变动对燃料需求的变化

锅炉的工作负荷变化直接决定了燃料消耗的多少。当锅炉负荷上升, 其对热能的需求增加, 从而导致燃料消耗量按比例上升。而负荷减少时, 锅炉所需的热量降低, 相应的燃料消耗也会下降。锅炉系统必须能够根据负荷的变化灵活调整燃料的供应量, 以防止燃料的过量消耗或供应短缺。在负荷大幅度变动时, 锅炉燃料供应系统应迅速做出反应, 确保燃料供应的持续性和稳定性, 防止因供应不稳定而引起的燃烧不充分或资源浪费。另外, 负荷的波动也可能对锅炉的燃烧效率产生影响, 特别是在低负荷状态下, 可能会出现燃烧不彻底、污染物排放超标的状况。

2.2 燃料特性与负荷变动的匹配

锅炉运行过程中, 燃料的物理及化学特性, 包括其热值、挥发性物质、灰分及含水量, 对燃烧效率及运行稳定性起着决定性作用。在锅炉负荷出现较大波动时, 对燃料的兼容性要求相应提升。在高负载工况下, 燃料需快速释放大热量,

以适应高温高压的燃烧条件。而在低负载时，对燃料的燃烧速度和热释放量的控制需更为精确，防止出现燃烧过度或不足的问题。为了确保燃料能够与锅炉负载相适应，需要对锅炉系统进行基于燃料特性的精确调整。举个例子，低挥发分的燃料在低负荷燃烧时可能会出现燃烧不充分，此时可能需要增加空气供应量。相反，高挥发分的燃料在负荷变动时则可能导致燃烧不稳定。因此，对燃料进行针对性的适配性检测和改良，是增强锅炉负荷适应性的关键途径。

2.3 负荷变动对燃料输送系统的影响

锅炉的工作负荷波动对燃料供应量有直接的影响，同时也对燃料输送系统的运行状况带来变化。负荷的增减要求燃料传输量进行准确调整。在锅炉负荷提升时，输送系统必须增加燃料的输送力度，保障锅炉得到足量燃料以保持稳定燃烧。而当负荷降低时，则应减少传输量，防止燃料过量。特别是在负荷发生大幅变动时，输送系统的适应性和调整能力显得格外关键。若输送系统不能迅速适应负荷的变动，可能会造成燃料供应的不稳定，从而影响燃烧效率和锅炉性能。目前，许多燃料输送系统都装备有自动化调节设备，能够即时监测锅炉负荷的变动，并自动调整输送量，确保燃料供应的准确和稳定。

3. 锅炉负荷变动中的燃烧优化技术

3.1 空燃比动态调节技术

锅炉在燃烧过程中，对空燃比动态调节技术是保障燃烧稳定与效率的关键因素。锅炉负荷的波动要求空燃比作出同步调整，以确保燃烧的彻底性和热能的最大化利用。空燃比若偏小，则燃烧不充分，易造成能源损耗和环境污染。反之，空燃比偏大，将导致空气质量流量过剩，影响燃烧效率。通过实时调整空燃比，可以在各种负荷情况下，保证锅炉燃烧保持最优性能。

表 1 展示了不同空燃比下锅炉燃烧效率和排放量的变化趋势：

空燃比 (空气 / 燃料)	燃烧效率 (%)	排放物 (g/kWh)
1.2	85	120
1.3	88	110
1.4	90	100
1.5	92	95
1.6	93	90

此表 1 体现了空燃比调整对锅炉燃烧效率与排放物的影响，显示出合理调节空燃比可以提高燃烧效率并降低污染排放。

3.2 燃烧器结构与喷嘴优化

燃烧器的构造及其喷嘴设计是决定燃烧成效的核心要

素。通过对燃烧器本体与喷嘴设计的精心改良，能够增强锅炉对负荷变动的适应能力及提升燃烧效率。在锅炉负荷大幅度变动时，燃烧器的喷口必须能够适应不同负荷级别，灵活调整，确保燃料与空气的最佳混合比例。喷口的喷射方位、喷孔大小及其排布模式都需针对负荷的不同阶段做出相应的优化调整。此外，燃烧器的更新还涉及空气预混合技术的引入，旨在进一步提高燃烧的稳定性和效能。经过对燃烧器构造与喷嘴设计的优化，锅炉能够在负荷波动时维持一个稳定而高效的燃烧过程。

3.3 燃烧过程的智能化控制技术

随着智能化技术的发展，燃烧过程的控制也逐渐向智能化方向发展。智能化控制技术通过引入传感器、物联网和大数据分析等技术，实时监测锅炉的运行状态、负荷变化和燃烧过程中的各种参数。基于数据分析，智能控制系统能够自动调节燃料供给、空气流量和其他辅助系统，确保锅炉在负荷波动过程中始终保持最佳的运行状态。智能化控制不仅提高了锅炉的自动化程度，也减少了人为操作的误差，提升了燃烧效率，降低了能源消耗和排放水平。

4. 结语

锅炉负荷变动对燃烧过程和系统效率的影响不容忽视。随着能源需求的波动，锅炉在负荷变动中的适应性及其燃烧优化技术成为提高运行效率、减少能耗和降低排放的关键因素。本文探讨的空燃比动态调节技术、燃烧器结构优化及智能化控制技术为锅炉负荷变动中的燃烧优化提供了有效的解决方案。通过科学合理的调节措施，可以提升锅炉的负荷适应性，确保燃烧过程的稳定性与高效性。在未来，随着技术的不断发展，锅炉负荷调节与燃烧优化将进一步精细化，智能化、自动化控制技术将为实现绿色低碳目标提供更加可靠的技术支撑。实现锅炉系统的高效、安全、环保运行，需要各方共同努力，推动相关技术的研发与应用。

参考文献：

- [1] 胡仙楠, 邓博宇, 刘欢鹏, 等. 循环流化床锅炉负荷快速调节技术现状及发展趋势 [J]. 洁净煤技术, 2023, 29(6):11-23.
- [2] 李金晶, 黄中, 赵振宁, 等. 循环流化床锅炉燃料掺烧技术的标准化 [J]. 电力学报, 2023, 38(6):460-466.
- [3] 陈亮. 智能技术在电站锅炉燃烧优化中的应用 [J]. 安防科技, 2021, 000(009):P.60-60.