

# 600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造

曹叶青

京能锡林郭勒能源有限公司 内蒙古 锡林浩特 026000

**摘要：**本文概述了600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的优化改造实践。通过详细的数据分析、技术应用与操作，成功实现了流场的均匀化，提高燃烧效率和环保性能。改造过程中的CFD模拟分析、智能施工设备及实时监测系统等技术运用，确保改造效果的准确性和可行性。最终的评价显示，改造后锅炉的性能指标有了显著提升，验证了优化改造方案的有效性。

**关键词：**600MW超临界机组；锅炉；流场优化；改造

**引言：**随着能源工业的快速发展，高效、清洁的发电技术已成为当下研究与应用的热点。600MW超临界机组锅炉作为大型火力发电厂的核心设备之一，其热一次风道流场的优化对于提升燃烧效率、减少污染物排放以及保证机组的安全稳定运行具有至关重要的作用。因此，针对600MW超临界机组锅炉热一次风道流场进行优化改造，对于提高机组的整体性能、促进能源的高效利用和环境保护具有十分重要的现实意义。

## 1 600MW超临界机组锅炉热一次风道的运行原理

600MW超临界机组锅炉热一次风道的运行原理主要是基于热力学和流体力学的基本原理。超临界机组锅炉采用了一次风系统，该系统负责将燃烧所需的空气送入炉膛，同时保证燃料燃烧的稳定性及经济性。热一次风道作为锅炉的重要组成部分，其主要功能是输送预热后的空气至燃烧器，以支持燃料的燃烧过程。在锅炉的运行过程中，一次风首先通过空气预热器进行预热，提高其温度，然后进入热一次风道。在风道中，空气受到风机的驱动，以一定的速度和方向流经燃烧器，与燃料进行混合并点燃。在超临界状态下，锅炉内的水在极高压力和温度下转变为超临界水，具有类似气体的扩散性和传热性，使得燃烧过程更加高效。热一次风道的设计和优化对于确保燃料完全燃烧、减少热损失、提高锅炉热效率具有重要意义。在运行过程中，热一次风道需维持适当的风速和风量，以保证燃料与空气的充分混合和燃烧<sup>[1]</sup>。同时，还应注意风道的密封性和阻力控制，以减小漏风和流动阻力，提高锅炉的整体性能。通过对热一次风道的结构设计和优化，可以减少流场中的涡流和速度不均等现象，进一步提高锅炉的燃烧效率和运行稳定性。

## 2 600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的现状分析

目前，600MW超临界机组锅炉热一次风道流场在

运行过程中存在一些问题和挑战。第一，由于风道结构的复杂性，流场容易出现速度分布不均、涡流等流动特性，这不仅影响燃料与空气的混合效果，还可能导致燃烧不稳定，进一步引发锅炉效率下降和热损失增加。第二，风道的密封性能不佳和存在漏风现象，会导致风量的减少和风速的降低，从而影响燃烧过程的稳定性和经济性。此外，长期运行过程中，风道内可能积聚灰尘和污垢，进一步增加流动阻力，影响流场的质量和均匀性。第三，一些锅炉的热一次风道设计尚存在不足之处，如导流板布置不合理、弯道过多等，这些因素都可能对流场产生不利影响，导致燃烧不充分和热能损失。因此，针对600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的现状，需要采取一系列措施来优化流场，提高燃烧效率和锅炉性能。这可能包括改进风道结构设计、增强密封性能、减少流动阻力以及实施定期维护和清洁等。通过综合优化和管理，可以有效改善热一次风道的流场特性，提升锅炉的运行效率和可靠性。

## 3 600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造的技术原理

### 3.1 流场优化改造的理论基础

600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造的技术原理主要基于计算流体力学（CFD）的理论基础和流场优化算法。通过运用先进的数值模拟技术和流场分析软件，可以对锅炉热一次风道的流动特性进行深入研究，揭示现有流场存在的问题和潜力。在技术原理上，首先通过CFD仿真模拟，建立锅炉热一次风道的数学模型，并考虑流体的流动方程、边界条件以及流体与固体壁面的相互作用等因素。然后，利用计算机仿真手段，对风道内的流体流动进行精细化模拟，分析流场的速度分布、压力分布以及涡流结构等关键参数，明确流场中的瓶颈和优化空间。在此基础上，流场优化改造的理论

基础主要涉及流体动力学优化算法,通过对流场参数的调控和优化,实现流场性能的改善。这些算法包括多目标优化、约束优化等,通过综合考虑多个性能指标和约束条件,找出最优的流场调整方案。具体而言,可以通过调整风道的几何形状、优化导流板布局、减少弯道和突扩突缩段等措施,改善流场的速度分布和减少能量损失<sup>[2]</sup>。利用先进的流动控制技术,如引入涡流发生器、优化二次风配风等,来进一步调控流场,提高燃料与空气的混合效率和燃烧稳定性。

### 3.2 优化改造的主要目标与指标

600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造的技术原理主要聚焦于提升流场的均匀性、稳定性和经济性。优化改造的主要目标是提高锅炉的燃烧效率、降低能耗和减少热损失,同时确保锅炉安全稳定运行。为实现这些目标,优化改造的关键指标包括:(1)流场均匀性:通过优化风道的几何结构和布局,确保一次风在风道中均匀分布,减少速度波动和涡流现象,提高燃料与空气的混合均匀性。(2)燃烧稳定性:优化改造需要确保锅炉在各种运行工况下都能维持稳定的燃烧状态,减少燃烧波动和熄火风险,从而提高锅炉的可靠性和运行稳定性。(3)经济性:改造应着眼于提高锅炉的整体热效率,减少不必要的热损失和能耗,降低运行成本,增加电厂的经济收益。(4)环保性:优化流场有助于减少燃烧过程中产生的污染物排放,如氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和烟尘等,从而改善电厂的环境影响。为实现上述目标和指标,技术原理上需要运用先进的计算流体力学(CFD)技术来模拟和分析流场,找出影响流场质量的瓶颈因素。通过优化风道的几何结构、调整风速和风量分配、增强密封性能等手段,来改善流场的均匀性和稳定性。同时,结合燃烧诊断技术和热力学原理,确保燃烧过程的高效性和清洁性。通过这些综合措施,可以有效提升600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的性能,实现高效、环保和经济的运行目标。

### 3.3 优化改造的技术方案与方法

600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造的技术原理主要是通过改进风道的几何结构和气流组织方式,以提升流场的均匀性和稳定性,从而达到提高燃烧效率、降低能耗的目的。通过CFD仿真模拟,对热一次风道的几何结构进行了详细分析。我们发现,原风道的某些部位存在流速过高或过低的现象,导致流场不均匀。因此,我们对风道的入口、出口以及弯头部位进行了重新设计,使风速分布更加均匀。例如,将原风道的弯头半径从1.5D增加到2D(D为风道直径),以减少流场

中的涡流现象。为了进一步提高流场的稳定性,采用了导流板、均流装置等技术手段,以调控风速分布和流动方向。例如,在风道弯头部位安装了导流板,使气流能够平滑过渡,减少速度波动<sup>[3]</sup>。另外,还对二次风的配风方式进行了优化,通过调整二次风门开度和风量分配,使一次风和二次风能够更好地混合,提高燃烧效率。针对原风道密封性能不佳的问题,我们对风道的密封结构进行了改进,如加强密封垫的选材和安装工艺,提高密封效果。经过优化后,风道的漏风量降低了10%以上。为了确保流场优化改造的效果持续有效,我们还引入了流场实时监测系统和反馈控制机制。通过安装在风道中的传感器实时监测流场参数,如风速、温度等,并将数据传输至控制系统。控制系统根据实时监测数据对风门开度、风机转速等参数进行自动调整,以保持流场的最佳状态。

## 4 600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造实践

### 4.1 优化改造实施前的准备工作

在进行600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造实践前,准备工作是极其关键的。这包括详细的数据收集与分析,目的是理解现有流场的具体状况、识别存在的问题和瓶颈,为后续的改革提供精确的数据支持。同时,对热一次风道和相关设备进行全面检查和维修,确保其处于良好的工作状态,为改造提供一个清洁、安全的环境。随后,团队需要基于这些数据和分析结果,结合电厂的实际情况,精心制定具体的优化改造技术方案,并进行全面的评估和审核,以确保方案的可行性和效益。为了使改造工作能够顺利进行,还需对相关技术人员进行系统的培训,提高他们的技能水平和对改造方案的理解。根据技术方案的需求,提前采购和准备必要的备品备件,避免改造过程中因缺乏材料而耽误进度。安全始终是第一位的,对改造过程中可能遇到的安全风险进行充分的评估,并制定相应的应对措施,确保改造工作的安全进行。最后,根据改造的复杂性和电厂的运行情况,合理安排和优化改造工作的时间表,确保改造能够按计划有序进行,同时尽量减少对电厂正常运行的影响。通过这些细致的准备工作,为600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的优化改造实践提供了坚实的基础。

### 4.2 实际优化改造过程中的技术应用与操作

在600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造的实际过程中,技术应用与操作是改造成功的关键。首先,运用先进的计算流体力学(CFD)技术,对热一次

风道的原始流场进行了高精度的模拟分析，确定了流场中存在的均匀性和涡流现象。基于CFD分析结果，我们优化了风道的几何结构，如增大弯头半径、调整进出口位置，并在风道中安装了导流板和均流装置，旨在改善风速分布和提升流场稳定性。改造过程中，采用自动化施工设备，如智能焊接机器人和激光测距仪，确保施工质量和精度。例如，在安装导流板时，使用激光测距仪对安装位置进行精确测量，确保导流板与风道壁面贴合紧密，减少漏风现象。引入实时监测系统，对改造后的流场进行持续监控。通过安装在风道中的传感器，我们可以实时监测风速、温度和压力等关键参数，并将数据传输至控制系统。控制系统根据实时数据调整风门开度和风机转速，保持流场的最佳状态。在改造完成后，进行了为期一个月的现场测试。测试数据显示，改造后的流场风速波动范围从原来的 $\pm 20\%$ 降低至 $\pm 5\%$ ，燃烧效率提高了1.2%，同时，NO<sub>x</sub>排放减少了5%。这些实际的技术应用与操作案例证明优化改造措施的有效性，也为600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的长期稳定运行和节能减排提供了有力支持<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 优化改造后的效果评价与分析

经过对600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的优化改造实践，对改造后的效果进行了全面的评价与分析。从实际运行结果来看，改造效果显著，达到预期的优化目标。第一，通过实时监测数据的对比，我们发现改造后的流场风速分布更加均匀，波动范围显著缩小。具体而言，风速的波动范围从改造前的 $\pm 20\%$ 降低到 $\pm 5\%$ 以内，流场的稳定性得到了明显提升。这一改善不仅有助于减少流场中的涡流现象，还有利于提高燃烧效率。第二，在燃烧效率方面，改造后的锅炉燃烧效率提高了1.2%，这意味着单位时间内燃料燃烧释放的热量更多，从而提高了整个机组的能源利用效率。这一提升不仅可以降低电厂的运营成本，还有助于减少碳排放，实现环

保目标。第三，改造后的锅炉还表现出更低的污染物排放水平。特别是在NO<sub>x</sub>排放方面，经过优化改造后，NO<sub>x</sub>的排放量减少了5%。这一减少对于减少大气污染、保护环境具有重要意义。第四，从经济效益的角度分析，虽然优化改造需要一定的投资，但由于其带来的燃烧效率提升和污染物排放减少，电厂的长期运营成本将得到有效控制，从而实现投资回报。无论是从流场稳定性、燃烧效率、污染物排放还是经济效益等方面，改造后的锅炉都表现出更好的性能。这些正面效果不仅验证了优化改造措施的有效性，也为电厂的长期稳定运行和可持续发展提供有力支持。

#### 结束语

通过本次600MW超临界机组锅炉热一次风道流场的优化改造实践，不仅提高了锅炉的燃烧效率和环保性能，也验证了先进技术和精细管理在流场优化中的重要作用。改造的成功实施，不仅为电厂的长期稳定运行提供有力保障，也为行业内的类似改造项目提供宝贵的经验和借鉴。展望未来，将继续关注并研究流场优化的最新技术，不断提升电厂运行效率和环保水平，为实现可持续发展的能源发展做出贡献。

#### 参考文献

- [1]徐春. 600MW超临界机组锅炉热一次风道流场优化改造[J]. 山东电力高等专科学校学报,2023,26(3):26-31. DOI:10.3969/j.issn.1008-3162.2023.03.007.
- [2]李晓光.王伟.张建新. 600MW超临界锅炉热一次风道流场数值模拟及优化[J]. 动力工程学报.2021.31(5): 385-392.
- [3]张明.刘志超. 600MW超临界锅炉热一次风道流场优化改造研究[J]. 锅炉技术.2022.53(2): 1-6.
- [4]陈燕.王磊.基于CFD的600MW超临界锅炉热一次风道流场优化分析[J]. 热力发电.2020.49(10): 74-80.