

# 炉膛吹灰对锅炉运行参数的影响分析

李忠石

陕西德源府谷能源有限公司 陕西 榆林 719000

**摘要:**在现代锅炉运行体系中,炉膛吹灰是一项极为关键的维护操作,其对锅炉运行参数的影响不容小觑。本文聚焦于炉膛吹灰对锅炉运行参数的影响。先对锅炉设备及吹灰系统进行概述,进而深入剖析炉膛吹灰在不同区域(水冷壁、折焰角)对汽温的影响,以及对汽压、负荷、炉膛负压、氧量等运行参数的作用。同时,探讨了在炉膛吹灰过程中,吹灰时机、频率、顺序的优化方法,以及运行参数的调整策略。旨在全面了解炉膛吹灰对锅炉运行参数的影响,为锅炉的安全、高效运行提供理论依据和实践指导。

**关键词:**炉膛吹灰;锅炉运行参数;影响分析

引言:锅炉作为重要的能量转换设备,在工业生产等领域广泛应用。炉膛积灰会影响锅炉的热传递效率,进而影响其运行性能和经济性。吹灰是清除炉膛积灰的重要手段,但吹灰过程会对锅炉运行参数产生复杂影响。了解这些影响,对于合理操作吹灰系统,确保锅炉稳定、高效运行至关重要。本文将详细阐述锅炉设备及吹灰系统,并深入分析炉膛吹灰对锅炉各运行参数的影响,同时探讨相应的优化策略,以提升锅炉运行的安全性和可靠性。

## 1 锅炉设备及吹灰系统概述

锅炉设备作为工业生产中的核心动力装置,其构造复杂且精妙。以常见的电站锅炉为例,主要由炉膛、燃烧器、受热面以及汽包等部分构成。炉膛是燃料燃烧的关键场所,燃料在此与空气充分混合,剧烈燃烧释放出大量热能。燃烧器的作用至关重要,它精准调控燃料与空气的比例及喷射方向,确保稳定、高效的燃烧过程。受热面涵盖水冷壁、过热器和再热器等,水冷壁通过吸收炉膛辐射热将水初步加热,过热器和再热器进一步提升蒸汽的温度和压力,为后续做功提供能量。汽包则承担着汽水分离的重任,保障输出蒸汽的品质。吹灰系统是维持锅炉高效运行不可或缺的一环。该系统主要由吹灰器、蒸汽或压缩空气供应管路以及控制系统组成。吹灰器依据安装位置与功能的差异,分为炉膛吹灰器、长伸缩式吹灰器等多种类型。当控制系统接收到吹灰指令,便会开启蒸汽或压缩空气阀门,携带一定压力的介质沿着管路进入吹灰器。吹灰器将这些介质以高速喷射至受热面等积灰部位,依靠强大的冲击力和吹扫作用,有效清除积灰,降低热阻,显著提升锅炉热传递效率,从而使锅炉运行参数稳定在合理区间,确保锅炉安全、经济地运行<sup>[1]</sup>。

## 2 炉膛吹灰对锅炉运行参数的影响

### 2.1 对汽温的影响

#### 2.1.1 水冷壁区域吹灰

水冷壁布置于炉膛四周,是吸收炉膛辐射热的主要受热面。在水冷壁区域吹灰时,原本覆盖在其表面的积灰被清除,水冷壁吸热能力增强。这使得更多热量被水吸收,产生更多蒸汽,蒸汽流量增加。由于过热器等后续受热面的吸热量未同步大幅改变,根据能量守恒,单位质量蒸汽获得的热量相对减少,从而导致汽温下降。若吹灰过程操作不当,如吹灰时间过长、蒸汽量过大,汽温下降幅度可能超出正常范围,影响锅炉的稳定运行。

#### 2.1.2 折焰角区域吹灰

折焰角位于炉膛出口,它能改善炉内气流流动,延长烟气在炉膛内的停留时间。当对折焰角区域吹灰后,此处积灰减少,烟气流动更为顺畅,对流传热增强。一方面,更多热量传递给过热器和再热器等受热面,使得蒸汽在这些部位吸收更多热量,汽温上升;另一方面,吹灰导致炉膛出口烟温有所降低,进入过热器和再热器的烟气温度降低,又在一定程度上抑制汽温上升。

### 2.2 对汽压的影响

炉膛吹灰时,汽压会因受热面吸热变化和蒸汽流量改变而波动。吹灰使水冷壁吸热增强,水迅速汽化,蒸汽产量大幅提升。若蒸汽消耗端(如汽轮机)耗汽量暂时不变,根据能量守恒,过多蒸汽积聚在锅炉内,导致汽压升高。相反,若吹灰过程中,吹灰介质大量涌入炉膛,干扰了燃料与空气的正常混合比例,致使燃烧反应变缓,释放热量减少,蒸汽产量降低,汽压则会下降。而且,吹灰时若蒸汽系统存在泄漏,蒸汽损失也会使汽压呈现下降趋势。整体而言,吹灰过程中汽压的变化方向和幅度,取决于受热面吸热、燃烧工况以及蒸汽系统

完整性等多因素的综合作用。

### 2.3 对负荷的影响

炉膛吹灰与锅炉负荷存在紧密且复杂的关联。吹灰作业时,水冷壁等受热面积灰被有效清除,其表面热阻大幅降低,吸热效率随之显著提升。更多热量得以快速传递给水,水迅速汽化,产生大量蒸汽。倘若汽轮机调节系统反应灵敏,能够及时检测到蒸汽流量增加,并迅速增大进汽量,蒸汽在汽轮机内膨胀做功,带动发电机转子高速旋转,从而输出更多电能。反之,若吹灰操作出现偏差,例如吹灰蒸汽压力远超设计值,大量高温高压蒸汽瞬间涌入炉膛,强烈冲击炉内稳定的气流场与燃烧氛围。这会致使燃料与空气的混合比例失调,燃烧过程变得不稳定,部分燃料无法充分燃烧就被排出炉膛。如此一来,产汽量锐减,难以满足汽轮机正常运转所需的蒸汽量。为保持转速恒定,汽轮机控制系统会自动减小进汽量,发电机因做功减少,输出功率随之降低,进而导致锅炉负荷相应下降<sup>[2]</sup>。

### 2.4 对炉膛负压的影响

炉膛负压作为衡量锅炉运行稳定性的关键指标,在维持锅炉高效、安全运转中起着至关重要的作用。正常运行时,炉膛需维持一定负压,确保炉内燃烧产生的烟气能顺畅排出,同时避免火焰外冒。当开展吹灰操作时,大量的吹灰蒸汽或压缩空气会以较高流速迅猛冲入炉膛。这些额外的气体瞬间充斥炉膛空间,使炉膛内气体总量急剧增加,原本稳定的气体进出平衡被彻底打破。气体体积的骤然膨胀,导致炉膛负压迅速减小,在极端情况下,甚至可能在短时间内由负压转变为正压。尤其是当炉膛密封状况不理想时,炉体存在缝隙或密封部件老化,吹灰介质便极易通过这些薄弱部位泄漏到炉外。这不仅加剧了炉膛内气体量的失衡,还会扰乱炉内气流场,进一步加剧负压的不稳定程度。若吹灰器出现故障,如阀门失控导致持续过量喷射吹灰介质,炉膛内气体压力将陷入无序波动状态。

### 2.5 对氧量的影响

炉膛吹灰改变了炉内的燃烧氛围,对氧量的影响较为复杂。吹灰后,受热面积灰减少,热传递效率提升,燃烧更加充分,理论上所需空气量会减少,氧量应有所上升。然而,吹灰时引入的蒸汽或压缩空气会稀释炉膛内的烟气,改变了氧量检测点处的气体组成,导致氧量测量值波动。另外,若吹灰操作引发燃烧不稳定,部分燃料无法充分燃烧,未燃尽的可燃成分会消耗更多氧气,使得氧量实际值下降。在不同工况下,氧量的变化受到积灰清除效果、吹灰介质影响以及燃烧稳定性等多

种因素共同制约。

## 3 炉膛吹灰对锅炉运行参数的优化策略

### 3.1 吹灰时机的选择

吹灰时机的精准选择对锅炉高效稳定运行意义重大。判断吹灰时机,首要依据受热面积灰状况。可通过监测受热面进出口烟温差,若温差超过既定阈值,表明积灰严重阻碍了热量传递,此时便是吹灰的适宜时机。例如,当省煤器进出口烟温差较设计值增大 $5^{\circ}\text{C}$ 以上,就应考虑吹灰。锅炉运行工况也是关键考量因素。负荷稳定阶段,吹灰操作对运行参数冲击较小,可在此期间安排吹灰。避免在负荷快速升降阶段吹灰,因为此时炉膛燃烧不稳定,吹灰易加剧燃烧波动,引发汽温、汽压大幅变化。如机组负荷爬坡过程中,若贸然吹灰,可能导致汽温突降,影响机组安全运行。另外,燃料特性变化也会影响积灰速率。燃用高灰分燃料时,积灰速度加快,需缩短吹灰间隔、提前吹灰;而低灰分燃料工况下,可适当延长吹灰周期。同时,借助先进的在线监测系统,实时掌握积灰动态,能更精准地捕捉吹灰时机,保障锅炉在最佳状态运行,降低能耗,提升运行经济性<sup>[3]</sup>。

### 3.2 吹灰频率的调整

吹灰频率的合理调整,是保障锅炉高效稳定运行的关键环节。若吹灰频率过低,受热面积灰持续堆积,热阻增大,会显著降低锅炉热传递效率。例如,水冷壁表面积灰过厚,会使蒸汽产量下降,汽温、汽压难以维持稳定,导致机组整体运行经济性降低。长期如此,还可能引发受热面超温,威胁设备安全。相反,若吹灰频率过高,不仅会增加吹灰系统的能耗,频繁引入的吹灰介质还会干扰炉膛内的燃烧工况。例如,大量吹灰蒸汽进入炉膛,会改变炉内气体成分和温度分布,导致燃烧不稳定,进而影响汽温、汽压和负荷等运行参数。同时,频繁吹灰可能对受热面造成机械损伤,缩短设备使用寿命。调整吹灰频率需综合多方面因素。首先,要依据锅炉的实际运行负荷。高负荷运行时,燃料燃烧量大,积灰生成速度快,应适当增加吹灰频率;低负荷时,积灰速率相对较慢,可降低吹灰频率。其次,燃料特性也至关重要。燃用高灰分、易结焦燃料,吹灰频率需相应提高;而低灰分燃料可适当减少吹灰次数。

### 3.3 吹灰顺序的优化

优化吹灰顺序对锅炉运行参数的稳定与提升起着重要作用。合理的吹灰顺序能确保各受热面高效清洁,减少对锅炉运行的干扰。从炉膛底部向上进行吹灰是常见且有效的顺序。炉膛底部是燃料燃烧的起始区域,积灰往往较多,先清理此处,可使后续上升的烟气更为洁

净,减少对上部受热面的二次污染。例如,先对水冷壁底部吹灰,清除堆积的灰渣,保障底部水冷壁高效吸热,稳定蒸汽产量。随后对炉膛中部及上部的水冷壁吹灰。随着燃烧过程推进,烟气在上升途中会不断在水冷壁上积灰,按顺序清理能使整个水冷壁受热均匀,避免局部过热或过冷,稳定汽温与汽压。折焰角区域吹灰应紧跟其后。折焰角改善烟气流动路径,其积灰影响对流换热。及时清理折焰角积灰,能保证烟气顺利进入水平烟道,提升过热器和再热器的换热效果,稳定蒸汽温度。最后对水平烟道内的过热器、再热器等受热面吹灰。此时经前面步骤清理后的烟气,所含灰分大幅减少,可避免吹落的积灰再次污染已清洁的受热面。

### 3.4 运行参数调整策略

在炉膛吹灰过程中,需对各项运行参数进行精准调整,以维持锅炉稳定高效运行。对于汽温,吹灰后若因受热面吸热增强导致汽温下降,可适当增加燃料量,提高炉膛温度,增强过热器和再热器的吸热量,促使汽温回升。同时,调整减温水量,避免汽温过度下降。若汽温上升过快,可减少燃料投入,增大减温水量,控制汽温在正常范围。汽压方面,吹灰使汽压升高时,若汽轮机调门可调节,适当开大调门,增加蒸汽输出量,降低汽压;若汽压下降,应强化燃烧,增加燃料供应,提升蒸汽产量,稳定汽压。负荷调整需依据吹灰对产汽量的影响。产汽量增加时,可同步增加汽轮机进汽量,提高负荷;产汽量减少,则相应减少进汽量,防止负荷波动过大。炉膛负压受吹灰影响波动时,及时调节引风机出力。负压减小时,增大引风机风量,维持负压稳定;负压增大,适当减小引风机风量。氧量调整同样关键。吹灰后若氧量上升,可适当降低送风量;氧量下降,需增加送风量,确保燃料充分燃烧,提高锅炉热效率。

### 3.5 吹灰设备维护与升级策略

吹灰设备的稳定运行与性能优劣,直接关乎炉膛吹灰成效及锅炉运行参数的稳定性。在日常维护方面,需对吹灰器开展细致巡检。每天定时检查吹灰器喷枪,若发现喷枪头部磨损超过10%,应立即予以更换,防止因

喷枪磨损导致吹灰介质喷射方向偏差、力度减弱,无法有效清除积灰,进而影响受热面换热,致使汽温、汽压等参数波动。同时,密切关注吹灰器的伸缩机构,确保其运行顺畅,每周添加一次专用润滑剂,避免卡顿现象干扰吹灰进程。定期维护同样关键。每月对吹灰系统的管路进行一次全面清洗,清除内部杂质与污垢,防止其堵塞管路,造成吹灰蒸汽或压缩空气流量不稳定。每季度对控制系统进行软件升级与校准,保证其能精准接收并执行吹灰指令,依据锅炉实时运行工况,合理调控吹灰设备的启停与运行时长。从长远视角看,技术升级刻不容缓。可引入智能吹灰技术,借助传感器实时监测受热面积灰状况,当积灰达到设定阈值,系统自动启动吹灰设备,实现精准吹灰,减少不必要的吹灰操作对锅炉运行的干扰。还可尝试采用新型吹灰介质,如添加活性成分的蒸汽,增强对顽固积灰的清除能力,全方位提升吹灰设备效能,为锅炉运行参数的优化筑牢根基<sup>[4]</sup>。

### 结束语

综上所述,炉膛吹灰对锅炉运行参数有着多方面且复杂的影响。从汽温、汽压到负荷、炉膛负压及氧量,吹灰操作时机、频率、顺序的不同,均会导致各参数产生不同程度的波动。这不仅关系到锅炉运行的稳定性,更与运行的经济性、安全性紧密相连。未来,需进一步深入研究吹灰优化策略,借助先进技术实现精准吹灰,在保障锅炉高效运行的同时,降低吹灰对运行参数的不利影响,推动锅炉运行水平迈向新高度。

### 参考文献

- [1]吴恒峰.锅炉吹灰器的优化运转研究[J].山东工业技术,2022,(17):123-135
- [2]李春鹏.关于某电厂锅炉吹灰器优化运行的探讨[J].科技展望,2022,26(29):113-115.
- [3]谢绍冬,冯清秀,曾淑华.锅炉吹灰器喷嘴焊接自动化生产线设计[J].制造业自动化,2022,36(23):112-114+125.
- [4]钟其义.锅炉吹灰器问题及解决措施探析[J].广东科技,2022,22(24):145-146.