

分析锅炉本体漏风对锅炉热效率的影响

郎智丹 马文瑞 贾煜轩 杨晓路

北方联合电力有限责任公司包头第三热电厂 内蒙古 包头 014060

摘要: 在能源利用与工业生产领域, 锅炉扮演着至关重要的角色, 其热效率直接关系到能源消耗与生产效益。本文聚焦锅炉本体漏风对锅炉热效率的影响。详细剖析了炉膛、烟道、空气预热器等部位漏风的原因, 从理论层面深入分析其对排烟热损失、理论烟气量和排烟温度的影响。提出通过加强设备维护、优化密封结构、强化运行管理以及安装漏风监测系统等措施来降低漏风。旨在为减少锅炉本体漏风, 提升锅炉热效率, 促进能源高效利用提供理论依据与实践指导。

关键词: 锅炉本体漏风; 锅炉热效率; 影响

引言

在能源利用领域, 锅炉作为重要的热能转换设备, 其热效率关乎能源消耗与生产效益。然而, 锅炉本体漏风现象普遍存在, 严重影响锅炉性能。漏风不仅破坏锅炉运行稳定性, 还会造成能源浪费。本文通过对锅炉本体漏风的部位、原因进行探究, 分析其对热效率的影响, 并提出针对性的解决措施, 以期为提高锅炉热效率、实现节能减排目标提供参考。

1 锅炉本体漏风的部位及原因

1.1 炉膛漏风

炉膛作为燃料燃烧的核心区域, 其漏风情况较为常见。首先, 炉门频繁开启和关闭, 导致密封装置容易磨损, 若密封胶条老化、损坏, 外界空气就会从缝隙处大量涌入。其次, 看火孔和人孔在日常检修维护后, 若密封措施不到位, 也会成为漏风的源头。再者, 炉膛穿墙管部位, 由于管道与炉膛壁之间的密封材料长期受到高温、振动等影响, 密封性能下降, 使得空气有机可乘。当炉膛漏风时, 会干扰炉膛内的气流组织, 影响燃料与空气的正常混合, 降低燃烧效率。

1.2 烟道漏风

烟道漏风主要集中在烟道的连接部位和膨胀节处。烟道通常由多段管道拼接而成, 连接部位的密封垫在长期热胀冷缩、振动以及烟气冲刷的作用下, 会逐渐老化、变形甚至脱落, 从而产生缝隙, 导致外界空气漏入。膨胀节是为了补偿烟道因温度变化而产生的伸缩, 然而其密封结构较为复杂, 一旦密封材料损坏或安装不当, 就容易出现漏风现象。此外, 烟道的防腐涂层若破损, 使得烟道壁受到腐蚀变薄, 也可能导致漏风。烟道漏风会增加排烟热损失, 降低锅炉热效率。

1.3 空气预热器漏风

空气预热器漏风原因多样。从结构设计角度, 密封装置在热态运行时, 由于热膨胀等因素, 密封间隙补偿不足, 导致漏风。制造工艺上, 若加工精度不够, 密封面不平整, 焊接质量存在缺陷, 也会造成漏风隐患。安装与检修过程中, 若未严格按照设计要求执行, 例如密封片安装不规范、密封间隙过大等, 会加剧漏风。运行维护方面, 预热器积灰、腐蚀以及发生二次燃烧等, 都会破坏密封结构, 增加漏风。此外, 烟气侧与空气侧存在较大压差, 也是导致空气预热器漏风的固有因素。漏风会使排烟温度异常, 增加风机电耗, 影响锅炉正常运行^[1]。

2 锅炉本体漏风对锅炉热效率影响的理论分析

2.1 对排烟热损失的影响

锅炉本体漏风对排烟热损失影响显著。正常运行时, 燃料充分燃烧产生的烟气以相对稳定的状态排出, 带走的热量处于合理范围。但一旦发生漏风, 大量冷空气涌入, 会从多方面增加排烟热损失。从排烟量角度看, 漏入的冷空气与燃烧生成的烟气混合, 使排烟总量大幅上升。根据热平衡原理, 排烟带走的热量与排烟量呈正相关, 排烟量增加, 即便排烟温度未变, 带走的热量也会增多。例如, 当漏风系数每增加0.1, 排烟量会显著增大, 排烟热损失对应升高约0.7%。从排烟焓值角度分析, 冷空气的混入改变了排烟的成分和温度, 导致排烟焓值增大。这意味着单位质量的排烟所含热量增多, 在排烟量增加的基础上, 进一步加剧了热量的散失。此外, 漏风会干扰炉膛内的燃烧过程, 使炉膛温度降低, 部分燃料无法充分燃烧, 可燃气体随烟气排出, 这不仅浪费了能源, 还增加了排烟热损失, 严重降低了锅炉的热效率。

2.2 对理论烟气量的影响

理论烟气量是指单位燃料与理论空气完全燃烧时所产生的烟气量, 它是衡量燃烧过程的重要指标。当锅炉

本体发生漏风时，会显著改变这一指标。漏风使额外冷空气进入炉膛，打破了原本燃料与空气按设计比例混合的状态。由于这些冷空气不参与化学反应，却占据了一定空间，导致实际参与燃烧的空气量与理论值产生偏差。比如在煤粉炉中，正常运行时，煤粉与适量的空气混合燃烧，生成相对稳定的理论烟气量。但漏风后，过量的冷空气稀释了参与反应的氧气浓度，燃料无法充分燃烧，反应不完全，使得燃烧产物的组成和量都发生变化。从计算公式来看，理论烟气量与理论空气量紧密相关，漏风导致实际空气量的改变，进而影响理论烟气量的计算结果。实际进入炉膛的空气增多，会使理论烟气量计算中涉及的参数发生变动，最终导致计算出的理论烟气量偏离正常范围。过多的理论烟气量不仅增加了后续烟气处理设备的负担，还降低了烟气中有效成分的浓度，使得热能的有效利用受到阻碍，不利于锅炉热效率的提升^[2]。

2.3 对排烟温度的影响

锅炉本体漏风会显著影响排烟温度。漏风时，大量冷空气涌入炉膛和烟道。这些冷空气首先会吸收炉膛内的热量，致使炉膛温度降低，燃烧放热量减少。进入烟道后，冷空气又与高温烟气混合，直接降低了烟气的平均温度。为维持锅炉的出力，操作人员往往会增加燃料量。更多的燃料燃烧生成更多的烟气，使烟气量大幅增加。虽然烟气量增加在一定程度上会强化对流换热，但由于漏入的冷空气过多，且其吸收热量的能力有限，最终导致排烟温度升高。另外，漏风还会干扰炉膛内的气流组织和燃烧工况，使燃烧过程不稳定，部分燃料无法充分燃烧。这不仅浪费能源，还会使未燃尽的燃料进入烟道，继续燃烧释放热量，进一步提高排烟温度。据相关研究与实际运行数据显示，锅炉本体漏风严重时，排烟温度可能会升高20-50℃。而排烟温度每升高10-20℃，排烟热损失约增加1%，这极大地降低了锅炉的热效率，同时也对后续的设备如除尘器、引风机等造成额外的负担和潜在的损害。

2.4 对其他热损失的影响

锅炉本体漏风除显著影响燃烧、排烟及风机电耗外，还会在其他方面导致热损失增加。从散热损失角度看，正常情况下，锅炉的保温结构可有效抑制热量散失。一旦发生漏风，外界冷空气涌入，经加热后又从缝隙逸出，极大地破坏了保温效果，使散热路径增多，进而导致散热损失上升，降低了锅炉热效率。机械不完全燃烧热损失也会因漏风而增大。漏风破坏了炉膛内稳定的气流环境，使得燃料与空气难以均匀混合，部分燃料

无法充分燃烧便随灰渣排出。像四角切圆燃烧锅炉，漏风极易使切圆变形，造成燃烧不充分，灰渣含碳量明显提高，机械不完全燃烧热损失随之增加。此外，漏风还干扰了锅炉内部的传热进程。漏风改变了烟气流量和温度分布，使受热面的传热温差减小，传热量降低，阻碍了锅炉整体的热量传递与利用，最终间接导致热损失进一步加剧。

3 降低锅炉本体漏风的措施

3.1 加强设备维护

加强设备维护是降低锅炉本体漏风的关键一环。

(1) 日常巡检中，工作人员需着重检查炉膛、烟道、空气预热器等关键部位。查看炉门、看火孔、人孔的密封情况，若密封胶条出现老化、开裂或磨损，应及时更换，确保密封严密。对于烟道，要仔细检查连接部位的密封垫，若有松动、变形或损坏，需立即紧固或替换。检查膨胀节是否有漏风迹象，如发现问题，及时维修或更换。(2) 定期对锅炉进行全面维护保养也不可或缺。定期对受热面进行清灰处理，防止积灰过多影响传热效率，进而导致漏风风险增加。例如，可使用专业的清灰设备，如吹灰器，定期对省煤器、过热器等受热面进行吹扫，保持表面清洁。此外，还要定期检查空气预热器的密封装置，对密封片的磨损情况进行评估，必要时进行调整或更换。(3) 设备的关键部件，如风机的叶轮、轴封等，也需重点关注。叶轮若出现磨损、变形，会影响风机的性能，导致风量不稳定，进而增加漏风的可能性。轴封若密封不严，会使空气从轴与壳体的间隙处泄漏。因此，一旦发现这些部件有问题，应及时维修或更换，保证设备的正常运行，有效降低锅炉本体漏风率，提高锅炉热效率^[3]。

3.2 优化密封结构

优化密封结构是降低锅炉本体漏风的关键举措。

(1) 在密封材料的选择上，需选用耐高温、耐磨损且密封性能良好的材料。例如，传统的石棉密封材料因环保和性能限制，逐渐被新型材料取代，如陶瓷纤维密封绳，其具有出色的耐高温性能，能在高温环境下保持稳定的密封效果；石墨密封垫则具备良好的柔韧性和耐腐蚀性，可有效填充密封缝隙。(2) 在炉膛密封结构设计方面，对于炉门，可采用双道密封结构，内层密封防止烟气泄漏，外层密封抵御冷空气侵入，双重保障降低漏风风险。看火孔和人孔可设计为压紧式密封，通过增加密封面的压力，提高密封的可靠性。对于烟道连接部位，摒弃传统的简单密封方式，采用迷宫式密封结构。这种结构通过多重曲折的通道，增加空气泄漏的阻力，

有效减少漏风。(3)以空气预热器为例,可采用先进的多道密封技术。如上海锅炉厂采用完整双道密封设计(径向、轴向、中心、旁路密封均为双道),大幅降低了预热器的直接漏风。近年来,为适应特殊工况,还开发了三道密封设计方案,进一步降低漏风。同时,采用焊接静密封,将轴向和冷端径向静密封采用完全焊接结构,使密封系统免维护运行,稳定漏风率指标。

3.3 加强运行管理

加强运行管理是降低锅炉本体漏风的重要环节。

(1)要强化人员培训。定期组织操作人员参加专业课程,使其深入了解锅炉的结构、工作原理以及运行特性,掌握正确的操作方法和注意事项。培训内容不仅包括日常的启动、运行和停止操作,还涵盖对异常情况的判断与处理,例如当发现炉膛负压异常波动时,能迅速判断是否存在漏风,并采取相应措施。(2)严格执行操作规程也至关重要。制定详细、严谨的锅炉运行操作规程,明确规定每次操作的步骤和要求。例如,在开启或关闭炉门时,必须确保密封到位,避免因操作不当导致炉门密封不严而漏风。在调整燃烧工况时,要按照规定的参数范围进行,防止因风量、燃料量调节失衡引发漏风。(3)加强对运行参数的监控同样不可或缺。利用先进的自动化监测系统,实时监测炉膛负压、烟气含氧量、排烟温度等关键参数。通过对这些参数的分析,及时发现潜在的漏风问题。比如,当炉膛负压突然降低,同时烟气含氧量升高时,可能预示着锅炉本体存在漏风。一旦发现异常,立即进行排查和处理,确保锅炉在最佳工况下运行,有效降低漏风风险,提高锅炉热效率。

3.4 安装漏风监测系统

在许多工业场景中,漏风问题会严重影响生产效率与能源消耗,因此安装漏风监测系统至关重要。(1)安装前,需进行充分准备。一方面,要依据实际应用场景和需求,精准选择合适的漏风监测系统,确保其监测精度、响应时间等参数满足要求。另一方面,准备好各类安装工具,如螺丝刀、扳手、线缆等,同时清理安装区域,保证无杂物阻碍安装作业。(2)安装过程严格

按步骤执行。首先,确定传感器的安装位置,一般选择在易发生漏风的管道接口、通风口等关键部位,使用配套的固定装置将传感器牢固安装,确保其稳定不晃动。接着,进行布线工作,将传感器与监测主机通过线缆连接,布线时注意避开高温、高湿及强电磁干扰区域,防止信号受到影响。在连接监测主机时,仔细对照说明书,正确接入电源和各类信号线路,完成硬件安装。

(3)完成安装后,需进行调试工作。接通电源,启动监测系统,检查主机是否能正常识别各个传感器。对系统进行校准,通过标准漏风源对传感器进行标定,确保监测数据的准确性。设置报警阈值,依据实际生产要求,设定不同程度漏风的报警界限,以便及时发现漏风隐患。经过调试,漏风监测系统即可投入使用,实时监测并反馈漏风情况,为工业生产的稳定运行提供有力保障^[4]。

结束语

综上所述,锅炉本体漏风对锅炉热效率的负面影响不容小觑。从燃烧过程的紊乱,到排烟热损失的增加,再到风机电耗的上升以及其他热损失的扩大,每一方面都导致能源利用效率降低,增加了运行成本。在能源紧张与环保要求日益严格的当下,重视并解决锅炉本体漏风问题十分必要。通过在设计、制造、安装、调试及运行维护各阶段采取有效措施,可显著降低漏风率,提高锅炉热效率,实现节能减排与经济效益的双赢,助力工业生产的可持续发展。

参考文献

- [1]吴安顺.分析锅炉本体漏风对锅炉热效率的影响[J].机电信息,2022,(27):53-54.
- [2]王海.浅谈电厂锅炉运行效率的影响因素及对策[J].科技经济导刊,2023(23):91-93.
- [3]倪维斗,徐向东,李政,任挺进,黄仙.分析锅炉本体漏风对锅炉热效率的影响[J].北京:科学出版社,2022.112-115
- [4]藁明明,刘武,肖静,冷杰.锅炉本体漏风对锅炉热效率的影响[J].东北电力技术,2023,3601:47-48+51.