

300MW 锅炉空预器检修漏风治理改善燃烧效率研究

赵刚

贵州鸭溪发电有限公司，贵州 遵义 563108

DOI:10.61369/EPTSM.2026070006

摘 要： 针对某300MW 燃煤锅炉空预器漏风率偏高、热风温度不足导致的燃烧效率下降问题，开展了系统性漏风治理研究。通过运行参数分析与漏风测试，诊断出径向、轴向密封间隙超标及蓄热元件堵塞是主要症结，漏风率的升高直接导致排烟热损失增加与风机电耗上升。据此设计了涵盖密封结构修复、蓄热元件更换及间隙自动调节装置加装的综合治理方案。检修过程中执行严格的工序标准，并借助冷态漏风试验进行质量验证。修后对比表明，空预器漏风率由 12.5%降至 5.8%，热一次风温提升35℃，锅炉效率提高约 1.2%，取得了显著的安全经济效益，并提出了长期运维优化建议。

关 键 词： 空预器；漏风治理；燃烧效率；密封改造；间隙调节

Research on Improving Combustion Efficiency by Addressing Air Leakage During Maintenance of the 300 MW Boiler's Air Preheater

Zhao Gang

Guizhou Yaxi Power Generation Co., Ltd. Zunyi, Guizhou 563108

Abstract： To address the reduced combustion efficiency caused by high air leakage rates and insufficient hot air temperature in a 300 MW coal-fired boiler's air preheater, a systematic study on air leakage mitigation was conducted. Through operational parameter analysis and leakage testing, it was determined that excessive radial and axial sealing gaps along with blockage of regenerative elements were the primary causes; elevated leakage rates directly led to increased flue gas heat loss and higher fan power consumption. A comprehensive solution was developed, encompassing seal structure repair, regenerative element replacement, and installation of automatic gap adjustment devices. Strict process standards were followed during maintenance, with quality verification achieved through cold-state leakage tests. Post-maintenance comparisons showed that the air preheater leakage rate decreased from 12.5% to 5.8%, the primary hot air temperature rose by 35° C, and boiler efficiency improved by approximately 1.2%, yielding significant safety and economic benefits, alongside recommendations for long-term operational optimization.

Keywords： air preheater; air leakage mitigation; combustion efficiency; sealing modification; gap adjustment

引言

空预器属于锅炉尾部烟道的主要热交换装置，它的漏风率属于决定机组经济性的主要指标之一。某300MW 亚临界锅炉装有三分仓回转式空预器，在经过长时间的运行之后，漏风率严重超标，造成排烟温度升高、风机出力裕度不够，严重影响了燃烧效率。为了达到恢复设备性能的目的，本文以现状诊断为起点，制订并执行了相应的漏风治理计划，依靠细致的检修以及结构上的改良来削减漏风量，从而提高热风温度，改善锅炉的燃烧状况^[1]。通过对修前修后的参数进行对比分析，可以检验治理措施是否有效，也可以给同类机组节能降耗提供工程上的参考。

一、空预器漏风现状与问题诊断

（一）空预器运行参数现状

该机组空预器修前运行参数明显偏离设计值。满负荷工况时排烟温度比设计值高出 18℃，两侧空预器出口热一次风温度相差

很大，A 侧只有 285℃，B 侧是 272℃，远远达不到 320℃的设计标准。同时送风机、引风机的电流也变大了，说明由于漏风短路造成烟气再循环量增大，风机电耗急剧上升。另外空预器电流经常出现波动现象，扇形板和转子之间容易产生摩擦。由此可以看出空预器内部已经形成了很多严重的泄漏通道，大量的冷空气没

有经过有效的换热就直接进入了烟气侧，使换热效率急剧下降，必须停机揭盖进行检修。

（二）漏风率测试与分布规律

检修之前用示踪气体法做漏风率检测，实测 A、B 侧空预器漏风率分别为 12.5%、11.8%，远远超过了行业标准所要求的 6% 的最大允许值。经过对烟风道截面网格化测量可知，漏风有明显的空间分布规律，径向密封区由于长时间磨损造成间隙实测值均大于 5mm 的设计要求，形成高温端到低温端的直接泄漏，轴向密封条部分脱落，周界旁路漏风量占总漏风量的 35%，中心筒密封填料老化失效应少量中心区域窜风。准确地确定出治理的重点就是径向和轴向密封成了造成漏风率高的主要因素。

（三）漏风对燃烧效率的影响分析

严重空预器漏风会破坏锅炉燃烧物料和热平衡。首先热风温度低造成煤粉气流着火时间推迟，火焰中心上移，飞灰含碳量从原来的 1.5% 上升到现在的 3.2%，机械不完全燃烧热损失 q_4 增大。其次漏风造成过量空气系数失真，运行人员不得不加大送风量来维持炉膛温度，从而加大了化学不完全燃烧热损失 q_3 。从核算结果可知，漏风率每提高一个百分点，排烟热损失 q_2 就会增加 0.16%。综合起来看，锅炉效率降低大约 1.5%，折算成供电煤耗就增加了 4.5g/kWh。所以根治漏风不但是恢复设备性能所必需的，而且是降低煤耗、实现低碳燃烧的重要途径^[2]。

二、漏风治理方案设计

（一）密封结构修复与改造

为了防止径向、轴向密封间隙过大，采取了修复加强的治理办法。先将所有的磨损超标的旧密封片拆卸下来，换上耐高温耐磨的考登钢材质密封片，用双层错位叠装的方式增加密封的韧性。之后根据转子热态变形量模拟结果，用精密千斤顶把扇形板调到最合适的预设角度，冷态留下的膨胀间隙要符合设计要求。最后把轴向密封板全部换掉，使它和转子端面法兰保持平行。该种改造方案不是简单的替换，而是在优化密封片几何形状和叠合方式的基础上从源头上消除泄漏间隙，阻止带有大压差的空气直接进入烟气侧。

（二）蓄热元件清堵与更换

蓄热元件严重积灰、腐蚀堵塞会降低换热效率，还会增大流阻、加大漏风驱动力。治理方案实行分区域差别化作业，对于冷端蓄热元件由于硫酸氢铵沉积造成的硬结垢，用高压射流物理清洗，对变形严重的片距做人工校正，对于完全腐蚀穿孔或者通道堵塞率大于 40% 的高温段蓄热元件包实施整体抽包更换。新元件采用两段式加高的结构，并且对波形板槽纹进行了改进，换热面积比原来增加了大约 8%。通过清堵、更换来达到恢复烟风道畅通截面的目的，减小空预器前后烟气、空气侧的压差，消除造成漏风压差的根源动力，提高抗低温腐蚀的能力。

（三）间隙自动调节装置应用

为了防止由于运行过程中转子出现蘑菇状变形而造成的动态泄漏，在转子上安装了非接触式的扇形板间隙自动调节装置。该

装置包含传感探头、PLC 控制系统和执行机构三部分，在工作的时候会持续检测扇形板同径向密封片之间的热态间隙。转子受热下垂、间隙变小的时候，传感器发出信号使执行机构微小地抬高扇形板来防止单元卡住磨断密封片，在负荷变化引起间隙变大的时候，扇形板跟着下降到与间隙相适应的位置上，从而维持最佳的密封间隙^[3]。该装置很好地解决了传统的机械密封在冷态调隙困难、热态容易磨损的问题，可以实现全负荷工况下精确的漏风追踪控制，克服了静态密封修复不能适应热变形的技术缺陷。

三、检修实施与质量控制

（一）关键工序与工艺标准

检修过程中要严格控制关键工序的质量。径向密封片安装时要用专用模具定尺切割，螺栓紧固力矩要统一校验到 120N·m 防止松动，安装完毕之后其最高点与扇形板平面的平行度公差控制在 0.5mm/m 以内。蓄热元件回装之前要做透光检验通透率，单片通透率不能小于 95%。联轴器对中偏差和转子垂直度复测合格后才能进入下一个环节。各环节执行质量签证单制度，没有经过监理验收合格就不能进入下一个工序。明确的工艺标准把施工要求量化了，很好地避免了安装不规范、密封间隙不均匀这些常见的质量通病，给后续的低漏风率实现打下了精細化工序的基础。

（二）冷态漏风试验验证

所有检修门孔关闭之后，在锅炉点火之前做冷态漏风试验来检验静态密封情况。启动单侧送、引风机，使空预器烟气侧负压为 -4000Pa，空气侧压力为 12kPa。用风量平衡法测定漏风率，用火把或者烟饼贴紧扇形板、轴向密封板等重要结合面做宏观查漏。从实测数据可知 A、B 侧静态漏风率分别降低到 3.6%、3.3%，各密封处没有明显的漏光、烟雾吸入现象。冷态试验数据很好地证明了密封结构修复和间隙机械调整的准确度，说明转子在静止的时候烟气和空气通道是隔离的，给机组的点火启动以及热态运行打下了良好的基础。

（三）施工质量监督要点

施工质量监督重视隐蔽工程以及重要数据的抽样复查。用精密水准仪对扇形板水平度、标高做见证测量，防止基准面倾斜。密封间隙的调整用塞尺多点测量的方法，所有的测量结果都要有记录，不能凭感觉来操作。蓄热元件吊装时使用专门的吊具防变形，安排专人看护防止壳体被撞坏。间隙自动调节装置的传感器零点漂移、执行器动作行程也要做联调试验，保证逻辑正确^[4]。监督体系由原来的“事后把关”变为现在的“过程预控”，使每一个重要的控制指标都被纳入到受控范围之内，真正把设计蓝图变成实体质量。

四、效果评价与优化建议

（一）修后漏风率与热风温度对比

修好之后机组并网满负荷运行时，空预器性能明显提高。见表 1 为修前修后主要运行参数对比。热风温度提高使煤粉干燥、着

火条件得到加强，漏风率降低使排烟热损失减小，给锅炉高效稳定的燃烧提供足够的优质热风。

表1 空预器检修前后关键参数对比

参数名称	修前实测值	修后实测值	设计值 / 标准
空预器漏风率 (A/B侧平均)	12.5%	5.8%	≤ 6%
热一次风温度 (A/B侧平均)	279℃	314℃	320℃
排烟温度 (修正后)	138℃	126℃	125℃
送风机电流 (A/B侧平均)	148A	129A	135A

(二) 锅炉燃烧效率提升测算

根据热力试验数据计算锅炉效率，结果见表2。飞灰含碳量降低说明碳燃尽程度提高，排烟热损失降低是因为排烟量、排烟温度降低。锅炉热效率明显提高，估算修后供电煤耗降低约3.8g/kWh，年可节约标煤约4500吨。不但可以降低燃料费用，还可以减少二氧化碳以及各种污染物的排放，达到经济效益和环境效益双赢的效果，证明此次漏风综合治理非常成功。

表2 锅炉燃烧效率检修前后变化

损失项目	修前数值	修后数值	变化幅度
飞灰含碳量 (C _{fh})	3.2%	1.8%	↓ 1.4%
排烟热损失 (q ₂)	6.8%	5.5%	↓ 1.3%
锅炉热效率 (η)	91.2%	92.4%	↑ 1.2%

(三) 长期运行维护优化建议

为了保证治理效果，需要改善长久的运维方案。建议严格控制空预器冷端综合温度高于酸露点，防止低温腐蚀造成堵塞；利用每次停机的机会对间隙自动调节装置的连杆灵活情况进行检查，保证传感器没有卡涩现象。对于吹灰器要加强监视，防止因为吹灰压力过大而造成密封片被冲刷磨损^[5]。从长远的角度来说应该创建起数字式的漏风趋向预估台账，依靠排烟温度以及氧量差值来实施动态判定。只要坚持精密点检和定时预调，就能把漏风率一直保持在6%以下，使300MW机组在高效清洁燃烧的状态下长时间安全运转。

五、结语

本文主要对300MW锅炉空预器漏风的诊断、治理以及效果评价做了系统的阐述。经过实践证明，把传统的密封修复提升为带有结构加强和动态间隙调整的综合技术，是大幅度降低漏风率、提高热风温度的主要途径。修后锅炉效率明显提高，燃烧工况得到根本性的改善。该成功的案例说明重视空预器密封技术的更新和过程中的质量控制，是火电厂达到节能降耗、精细化管理的一种必然选择，有很强的推广意义。

参考文献

[1] 黄儒斌, 刘锋. 基于漏风试验数据的电厂机组修前空气预热器性能分析及应用 [J]. 电气技术与经济, 2024, (10): 117-119.

[2] 于旭, 孙浩, 董建聪, 等. 循环流化床锅炉尾部烟道漏风性能试验研究 [J]. 仪器仪表用户, 2023, 30 (2): 104-106+112.

[3] 司旭东, 冯竞佳. 空预器检修的“起承转合” [J]. 现代班组, 2022, (12): 45.

[4] 康春源. 浅谈锅炉水煤换热器在工程领域应用 [J]. 中国设备工程, 2021, (12): 234-235.

[5] 安令成, 李强, 苑广存. 管式空气预热器漏风机理及协同治理研究 [J]. 能源科技, 2020, 18 (8): 50-54.

[6] 黄儒斌, 刘锋. 基于漏风试验数据的电厂机组修前空气预热器性能分析及应用 [J]. 电气技术与经济, 2024, (10): 117-119.

[7] 于旭, 孙浩, 董建聪, 等. 循环流化床锅炉尾部烟道漏风性能试验研究 [J]. 仪器仪表用户, 2023, 30 (2): 104-106+112.

[8] 司旭东, 冯竞佳. 空预器检修的“起承转合” [J]. 现代班组, 2022, (12): 45.

[9] 康春源. 浅谈锅炉水煤换热器在工程领域应用 [J]. 中国设备工程, 2021, (12): 234-235.

[10] 安令成, 李强, 苑广存. 管式空气预热器漏风机理及协同治理研究 [J]. 能源科技, 2020, 18 (8): 50-54.