

降锅炉排烟损失运行研究

Operation Research on Reducing Smoke Loss of Boiler

李振亮

Zhenliang Li

中煤哈密发电有限公司发电运行部 中国·新疆 哈密 839000

Power Generation Operation Department of Middling Coal Hami Power Generation Co., Ltd., Hami, Xinjiang, 839000, China

摘要: 锅炉主要的热损失就是排烟热损失,它是锅炉热损失当中最大的一项。运行中如果控制不当,排烟热损失很容易增大。通过调整机组的吹灰方式,燃烧调整,治理空预器漏风、炉本体、炉底漏风,加强水质监督,炉膛出口水平、尾部烟道换热效果研究,来降低排烟热损失,提高锅炉热效率,对节能降耗、提高全厂发电的经济性具有重要的实际意义。

Abstract: The main heat loss of a boiler is the exhaust heat loss, which is the largest of the boiler heat losses. If the control is improper during operation, the heat loss of exhaust gas can easily increase. Through adjusting the soot blowing method of the unit, combustion adjustment, controlling air leakage from the air preheater, furnace body, and furnace bottom, strengthening water quality supervision, and studying the heat exchange effect of the furnace outlet level and tail flue, to reduce the heat loss of exhaust gas and improve the thermal efficiency of the boiler, which has important practical significance for energy conservation and consumption reduction, and improving the economy of power generation in the entire plant.

关键词: 排烟温度; 空预器漏风; 炉底漏风; 尾部烟道换热

Keywords: exhaust temperature; air leakage in air preheater; air leakage at the bottom of the furnace; heat transfer in the tail flue

DOI: 10.12346/peti.v5i1.7521

1 引言

锅炉排烟热损失影响因素较多,但是主要因素是排烟容积和排烟温度。排烟容积大、排烟温度高则排烟热损失大。一般情况下,排烟温度每升高 10℃,排烟热损失增加 0.6%~1%,相应多耗煤 1.2%~2.4%。笔者所在公司煤质上存在着来源单一,但煤质不稳定等特点。通过理论与工作经验相结合,找出笔者所在公司 200MW 至 660MW 运行特点,研究制定一套适合笔者所在公司的方式。

2 项目研究的背景

2.1 负荷变化对排烟温度和排烟容积的影响

当外界负荷变化时,在调节锅炉出力的过程中,伴随着燃料量的改变,锅炉的送风量和引风量必须进行调整,保持合适的过量空气系数,才能满足燃烧的需要。但过量空气系数过大,会使烟气体量增加,造成排烟热损失增加导致锅炉热

效率下降。当负荷变化时,应当适当调整进入炉膛的燃料和空气量,相应改变燃烧工况。负荷升高时,燃料量增加,空气量增加从而使排烟温度升高。由于高负荷时炉膛温度高,着火条件好,燃烧稳定,此时可适当减小过量空气系数,降低排烟容积,达到减小排烟热损失的目的。而低负荷时则应适当减小炉膛负压,以减小漏风,提高炉膛温度,这对稳定燃烧,减少未完全燃烧损失有利^[1]。

2.2 其他影响排烟温度和排烟容积的因素

①吹灰方式不合理:吹灰过于频繁、吹扫点不准确、吹扫压力过高等影响烟气容积,且对受热面造成吹扫严重,无实际效果且带来安全隐患。

②燃烧调整不合理:煤粉燃烧推迟、燃烧贴壁、吹灰方式不合理等。

③空预器漏风:热端、环向密封等漏风严重增加烟气体量,降低了空预器入口风量,使排烟温度升高。

【作者简介】李振亮(1984-),男,中国河北邢台人,本科,助理工程师,从事热能与动力工程研究。

④水质监督不到位：水质不合格造成水质恶化，使得受热面内部结垢影响换热，导致排烟温度升高。

⑤炉本体、炉底等区域漏风：使得局部换热差增加了烟量、炉底漏风时火焰中心抬高。

⑥锅炉水平、尾部烟道换热差：水平、尾部烟道换热效果差，导致该模块出口烟温增高，同步使排烟温度升高，如图 1 所示。

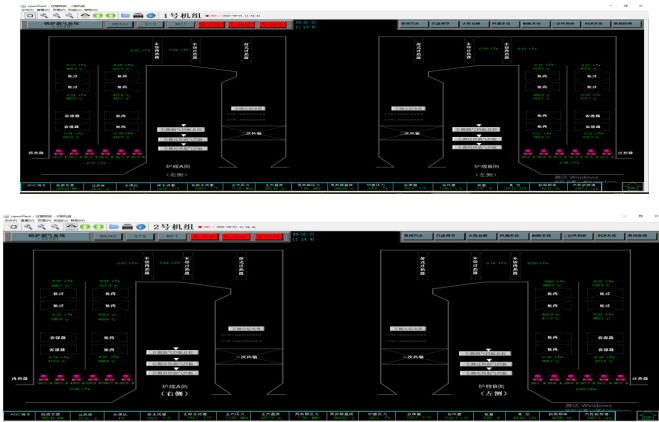


图 1 2021 年两台锅炉同样负荷尾部烟道换热效果照片（1 号炉明显尾部烟道换热效果差）

⑦排烟温度越高，往往排烟热损失也将越大。一般情况下，排烟温度每提高 15℃ 度排烟热损失系数也将提高 1%。因为管道内部腐蚀穿透后又造成预热器漏风，使送风进入烟道影响锅炉送风，如果情况持续恶化造成高负荷情况，甚至可能引发炉膛缺氧燃烧，导致排烟温度再次升高。但是因为排烟尾部的热面腐蚀因素影响，也不能过于降低排烟温度。因此，如果燃料的含硫成分较多的时候，就需要同时提高排烟温度，含硫成分较低时应适当降低排烟温度^[2]。

⑧排烟容积；排烟容积的影响因素包括烟道漏风量、炉膛出口过量空气系数以及燃料所含水分。如果烟道的漏风情况较为严重，炉墙的密封情况也较不理想，那么排烟容积也必然增大，过量空气系数的增高与染料水分与排烟容积通常也呈现直接联系，使得排烟损失增加。为了减少损失，就需要增加炉墙以及烟道的密封性，减少漏风情况出现，降低过剩的空气系数。针对排烟温度与排烟容积来说，降低锅炉排烟损失可以从减少炉膛与尾部烟道漏风着手实现低氧燃烧，使燃料能够在炉内充分的、良好的燃烧；降低排烟温度可以利用增加尾部受热面的方法，对烟气中的余热进行吸收，从而降低排烟温度。

3 针对性解决方案

①结合机组 30% 额定负荷深调试验数据制定负荷 200MW 至 660MW 中间负荷段的氧量控制曲线，如表 1 所示。

②根据现场情况附加吹灰条件如局部壁温、炉膛出口烟温、换热区域出口烟温、减温水量等增大，有针对性地吹灰，

降低吹灰频次，利用检修期间做好吹灰枪区域的防磨防爆检查，进行吹灰枪的启吹点、垂直度和提升阀后的降压调整。

表 1 机组不同负荷段对应的控制氧量值

机组负荷 (MW)	省煤器出口氧量 (%)
200~240	≥ 5.5
240~330	≥ 3.5
330~450	≥ 3.0
451~600	≥ 2.5
> 600	≥ 2.0

③针对燃烧推迟，贴壁等情况，制定了二次风与炉膛差压 450MW 阶段维持在 0.2kPa 以上，另外单独制定了制粉系统的风煤比例关系的措施。

④空预器漏风的治理，利用检修计划更换径向、环向、轴向等密封片确保尺寸合格，对外圆 T 型磨磨损严重处进行补焊，空预器扇形板进行定位后及时下放，空预器出口氧量定期进行标定确保准确性。

⑤水质监督，结合技术监督，进行水质的长久管理和监督，严格按照技术规范要求进行锅炉受热面内部定期清洗工作，控制高、低加疏水回水时间。

⑥对炉底漏风进行治理，按照专业措施执行干渣机底部进风门所有工况下保持 1/3 数量开启，2/3 数量关闭；底风门调整方式为：尾部第一个开启，第二、三个关闭，第四个开启，第五、六个关闭，依此类推，调整底风门状态；针对炉本体漏风主要集中在烟气流程负压区的人孔、检修孔、测量孔、仪表安装点等处，应当列入定期工作，进行排查，发现一处治理一处。

⑦针对水平烟道、尾部烟道换热差的问题，应对进行针对性吹灰，效果不明显则利用检修机会进行受热面的清灰和冲洗工作，来提高换热效果。

⑧降低排烟温度。一级空预器与引风机的余留空间通常有水平烟道，在烟道内设置低温换热器能够对锅炉底部出口的低温烟气对锅炉进行加热给水，逆流布置的情况下平均入口烟气温度能够达到 150℃，但是经过低温换热器的处理后通常能降低到 120℃ 以下。在这种情况下的低温度烟气经过引风机并从烟囱排除。因为降温处理后的低温段换热器的水是凝结水，流量在 120~135t/h 区间，温度在 40℃ 左右，经过低温段换热器处理温度升高到 55℃ 后进入除氧器。在换热器有效安装、运作后，发电机组凝汽器的凝结水透过水泵直接进入换热器（低温烟气），因为原有的除氧器与凝结水管道能够通过阀门控制换热器的投运或解列，凝结水在经过烟气加热后进入除氧器，由除氧器给水至水母管流入锅炉。在这种情况下，低温烟气换热器能够通过阀门对水流量进行远程操控，实现对排烟温度的有效控制^[3]。

因为锅炉烟气温度受到锅炉负荷、季节温差以及燃料规格质量等多方面因素影响，导致温度存在较大的波动性。在烟气温度的波动范围内，可以通过对换热器水量的控制，

使排烟温度处于合理区间。为了极爱去哪个热气管束安装的便捷性,可以使用“双组模块”的方式对换热器整体结构进行调整优化,当换热器运行的过程中就可以周期性实现换热器模块的清洗维修工作。根据能量守恒定律,在能量通过换热器进行回收后必然会使烟气的温度降低,很容易产生低温露点的腐蚀问题,在这种情况下,后续换热器、引风机、烟道等设备的运行也会遇到一定阻碍。与此同时,如果低温露点腐蚀问题进一步恶化也可能导致大规模积灰问题,影响设备的正常运行。因此就需要换热器采用光管错列布置,水平烟道添加换热器后能够在其运行期间加入锅炉低温换热器专用阻垢缓蚀剂,加入量公式以烟气流量为基础: $65\text{g}/\text{万 m}^3$ 烟气。药剂的投入量通过计算得出精准数值后进入烟气系统,借助烟气的温度反差使药剂汽化后与烟气相混合,使药剂能够附着到整个烟道空间内。当缓蚀剂混合烟气后能够在金属设备的表面形成微观疏水缓蚀膜,保证金属管道尽可能不受酸性气体腐蚀。经过多次检验与实际运行后发现,缓蚀剂的投入能够有效阻止换热器表面结焦、结垢,从而确保锅炉的安全运行。在增加换热器后,因为烟气温度降低必然会导致引风机运行功率的增加。在这种情况下可以设置工频与变频各一台引风机,风量在 $3.10\sim 3.75$ 万 m^3/h 区间,压力 4100Pa , 转速最高可达 $1200\text{r}/\text{min}$ 。单台锅炉引风机在满功率状态下就能满足 80% 的所需风量,因此两台风机在低功率状态运行也能够具备充足的设备负荷余量,换热器进入烟道所产生的烟气降温以及阻力综合叠加后能产生 600Pa 左右压力,相当于增加了引风机 7% 左右的负荷,在设备的承受范围之内。

4 效果效益分析

利用增加受热面的方法,有效降低了排烟温度,节能效果与增效效果较为显著。经过初步测算, $130\text{t}/\text{h}$ 锅炉改造后,换热器吸收的烟气放热量为: $Q=0.987\times(345.6-285.4)\times 116300=7.465\text{GJ}/\text{h}$,其中锅炉的保温系数为 98.7% ,单位 m^3 燃料所产生的烟气热量在 145.137°C 的焓值为 $345.6\text{kJ}/\text{m}^3$ 。单位 m^3 燃料产生烟气在 120°C 下的焓值为 $285.4\text{kJ}/\text{m}^3$,满负荷的锅炉燃料消耗量为 $116300\text{m}^3/\text{h}$,按照每年运行 280 天时间进行计算,低温热量 14.5 元 $/\text{GJ}$ 进行计算,每年能够回收的热量价值为 74.65 万元。与此同时,因为锅炉排烟热损失的减少,也一定程度上减少了二氧化氮、二氧化碳以及粉尘的排放,能够一定程度上提高经济效益与社会效益,顺应国家的双碳政策。

5 结论

经过制定以上措施,并选取炉底漏(冷)风进行了试验比对,由炉底漏(冷)风量调整对比试验结果中发现:优化调整后 A 侧排烟温度可降低 4°C ; B 侧排烟温度可降低 3°C ;一级减温水总量由调整前的 $77\text{t}/\text{h}$ 降低到了 $50\text{t}/\text{h}$;分隔屏 4 屏 102 点位置的显示壁温由调整前的 600°C 左右降低至了 587°C 左右。单独降低排烟温度 3°C 左右一项,相当于节约标煤 $0.6\text{g}/\text{kWh}$ (如图 2、表 2 所示)。

通过分析论文结合中煤哈密发电的实际情况,制定了一系列的运行控制和检修措施来降低锅炉的排烟热损失,提高锅炉效率。

表 2 炉底漏风试验前后对比

炉底漏(冷)风试验		℃	关侧风门前	关侧风门后	偏差
排烟温度(平均值)	A 侧			142.616	138.57
	B 侧		145.137	142.11	3.027

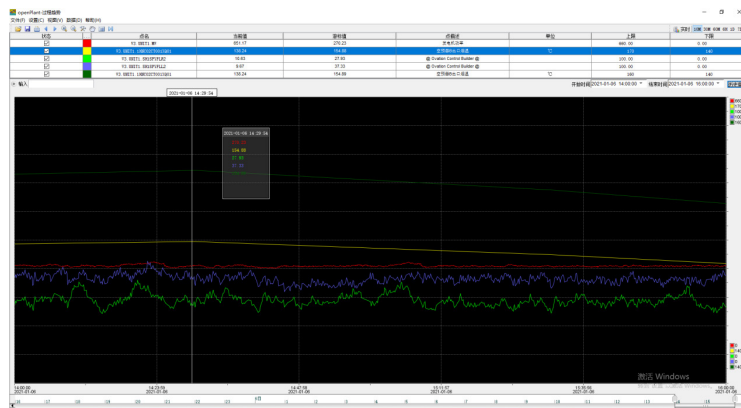


图 2 炉底漏风试验前后排烟温度对比曲线

参考文献

- [1] 望亭发电厂.660MW超超临界火力发电机组培训教材.锅炉分册[Z].
- [2] 王春昌.锅炉漏风对排烟温度及排烟损失的影响[J].热力发电,2007(8):19-22.
- [3] 李龙飞,程秀,柳民涛.降低锅炉排烟热损失及燃气工业锅炉冷凝余热回收装置的应用[J].河南科技,2014(14):88.