

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.06.011

低温省煤器系统运行实践分析

Operation analysis of low temperature economizer system

叶罗, 吴俊东, 陈显

YE Luo, WU Jundong, CHEN Xian

(国家能源集团泰州发电有限公司, 江苏 泰州 225300)

(CHN Energy Taizhou Power Generation Company Limited, Taizhou 225300, China)

摘要:目前国内很多火电厂采用低温省煤器来降低排烟温度,提高机组经济性。以某电厂1000 MW二次再热机组低温省煤器实际运行情况为依托,简述了低温省煤器在该厂的应用情况和存在问题,并提出相应的改进措施,为今后同类型机组的低温省煤器系统设计和运行提供借鉴和参考。

关键词:二次再热;低温省煤器;烟气余热;改进措施

中图分类号:TM 621 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2019)06-0050-03

Abstract: Nowadays, many domestic thermal power plants use low temperature economizers to reduce the exhaust gas temperature and improve the economy of units. Taking the operation status of a 1000 MW secondary reheat unit low temperature economizer as an example, it puts forward the existing problems and corresponding improvement measures of low temperature economizer, which provides reference for the design and operation of low temperature economizer systems of units of the same type.

Keywords: secondary reheat; low temperature economizer; flue gas waste heat; improvement measures

0 引言

大型火电机组锅炉的排烟热损失是锅炉系统可用能损失之一,同时也是锅炉自身各项能量损失中最大的一项。采用低温省煤器系统降低排烟温度,有效利用烟气余热,大幅提高电厂经济性,是提高机组效率的主要途径之一^[1]。

目前,部分机组低温省煤器系统在实际运行过程中由于种种原因没能发挥其应有的价值,甚至对锅炉的安全运行造成了一定影响。针对这些问题,需根据实际情况,综合分析和优化,达到节能增效的目的。本文主要对某电厂低温省煤器运行中存在的堵灰、磨损及腐蚀问题进行分析,并提出改进措施。

1 系统概述

某电厂2×1000 MW超超临界二次再热直流锅炉为2710 t/h超超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉,单炉膛塔式布置、四角切向燃烧、平衡通风。锅炉设计煤种为神华煤,以满世混煤(内蒙古满世煤炭集团股份有限公司产煤)、东北煤作为校核煤种。烟

气脱硫采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺。

该电厂每台机组设有一套低温省煤器,分两级布置,一级低温省煤器安装于电除尘之前、空预器之后的烟道中,二级低温省煤器安装于引风机出口(如图1所示)。凝结水由#8低温加热器进口引出,经过两级加热后回#8低温加热器进口。二级低温省煤器的水侧进、出口与汽轮机凝结水系统连接(如图2所示)。在一、二级低温省煤器进、出口母管间均设有流量为100%的旁路,根据出口烟气温度来调节低温省煤器入口的流量,保障烟气温度在设备允许范围内。

2 原设计运行参数及经济性分析

2.1 排烟温度及凝结水的影响

该工程两级低温省煤器,利用流经其中的烟气加热汽机侧#9低温加热器出口凝结水,使凝结水温度由81℃升至95℃左右,然后回到#8低温加热器进口,一方面减少#6, #7, #8低温加热器的抽汽,另一方面充分降低了锅炉排烟损失,两级低温省煤器降低排烟温度20~25℃。以额定工况下净热耗7259 kJ/(kW·h)计算,机组的热耗下降约0.5%,可下降发电标准煤耗1.285 g/(kW·h)。各负荷段

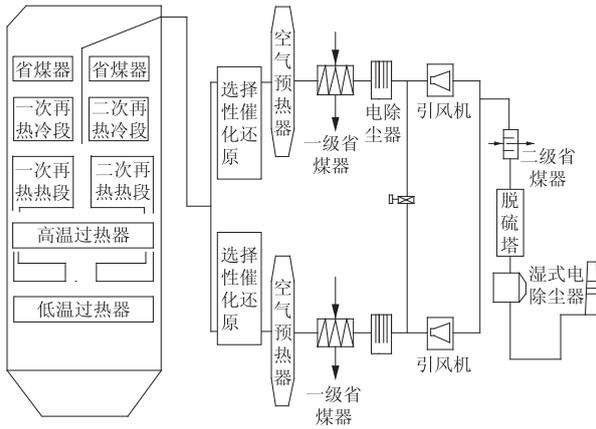


图 1 低温省煤器烟气侧

Fig. 1 Gas-side low temperature economizer

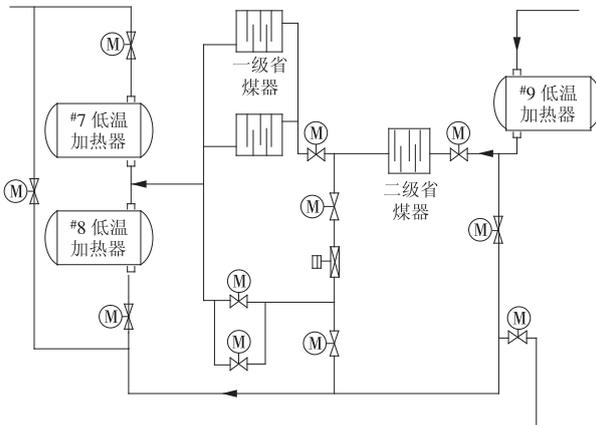


图 2 低温省煤器水侧

Fig. 2 Water-side low temperature economizer

低温省煤器换热情况见表 1。

2.2 对辅机运行的经济性影响

一级低温省煤器设置在电除尘器前,烟气温度下降 10 ℃,估算流经引风机烟气体积流量下降约 2%,有利于风机电耗降低。但由于两级低温省煤器设置,烟气系统阻力也随之增加,以设计值最大阻力 0.60 kPa 计算,总体而言,风机电耗增加。据计算,设计煤种条件下每台引风机满负荷下增加用电负荷 300 ~ 400 kW。采用二级低温省煤器后,在满负荷下凝结水水侧整体压降约 0.15 ~ 0.20 MPa,凝结水泵的功率增加 200 ~ 250 W。综合引风机和凝结水泵增加电耗,原厂用电率为 3.8%,采用二级低温省煤器技术厂用电率约为 3.9%,增加 0.1 百分点。

2.3 对除尘系统及脱硫系统的影响

电除尘器的收尘效率与飞灰比电阻有一定关系,而飞灰电阻率又与进口烟气温度成指数函数关系,烟气温度升高 10 ~ 150 ℃ 静电除尘效率下降 0.04% ~ 0.06%^[2]。烟气经一级低温省煤器后,温度下降 10 ~ 15 ℃,电除尘器除尘效率可提高 0.05 百分点。

由于吸收塔烟气进口温度的降低,吸收塔内水量的蒸发同比减少。以该厂为例,两级低温省煤器

表 1 各负荷段低温省煤器换热情况

Tab. 1 Heat transfer of low temperature economizer in each load section

项目	1 000 MW	800 MW	600 MW
空气预热器出口温度/℃	132.0	126.7	129.3
一级低温省煤器进口烟气温度/℃	129	124	127
一级低温省煤器出口烟气温度/℃	118	112	112
一级低温省煤器温降/℃	11	12	15
一级低温省煤器进口段凝结水压力/MPa	1.67	1.46	1.12
一级低温省煤器进口段凝结水温度/℃	88.50	85.80	81.40
一级低温省煤器出口段凝结水压力/MPa	1.60	1.41	1.10
一级低温省煤器出口段凝结水温度/℃	94	91	87
一级低温省煤器凝结水压力降/MPa	0.07	0.05	0.02
一级低温省煤器凝结水升温/℃	5.5	5.2	6.4
二级低温省煤器进口烟气温度/℃	115	109	108
二级低温省煤器出口烟气温度/℃	102.5	96.8	91.3
二级低温省煤器温降/℃	12.5	12.2	16.7
二级低温省煤器进口段凝结水压力/MPa	1.82	1.51	1.14
二级低温省煤器进口段凝结水温度/℃	81.5	78.0	71.7
二级低温省煤器出口段凝结水压力/MPa	1.71	1.48	1.13
二级低温省煤器出口段凝结水温度/℃	88.50	85.60	81.17
二级低温省煤器凝结水压力降/MPa	0.11	0.03	0.10
二级低温省煤器凝结水升温/℃	7.00	7.60	9.47

的设置,使吸收塔烟气进口温度控制在 85 ~ 105 ℃,每年可降低脱硫水耗 30 ~ 40 t。

3 运行中存在的问题

3.1 低温省煤器投入率低

排除设备故障以及入炉硫分影响,低温省煤器投入率主要受两个因素的影响,一个是负荷,二是环境温度。

(1) 负荷因素。近几年,全国统调常规燃煤机组平均年利用小时数都在 4 000 以内,负荷率偏低。为保障排烟温度在酸露点之上,只能逐步开启低

温省煤器旁路,提高排烟温度,避免尾部烟道或烟囱发生腐蚀。

(2) 环境温度因素。在环境温度 $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,空气预热器出口烟气温度基本在 $115 \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。若投入低温省煤器运行,将使烟气温度低于设备承受范围。综合全年来看,一、四季度晚上都需对低温省煤器进口流量进行旁路分流,甚至全部隔离。

3.2 低温省煤器积灰、磨损严重

该厂低温省煤器采用翅片管式换热器,锅炉在正常运行过程中会造成翅片间积灰情况。虽然低温省煤器区设置有蒸汽吹灰器,但在实际运行中由于疏水不畅,蒸汽带水情况时有发生,加剧了积灰程度,严重时会造成堵灰,使低温省煤器阻力增加,换热能力降低。同时,积灰或堵灰的发生,将会导致局部省煤器受热面形成烟气走廊,烟气流速增加,加剧受热面磨损^[3]。

3.3 低温省煤器腐蚀严重

受机组负荷率偏低的影响,低温省煤器入口烟气温度长期处于较低水平。烟气温度低于酸露点温度,造成低温省煤器发生低温腐蚀。同时,由于积灰的存在,加剧了低温腐蚀的程度,导致受热面泄露。从现场运行情况看,低温省煤器多次发生泄露,均与低温腐蚀有关。

4 改进措施

鉴于目前机组运行的实际情况,考虑锅炉运行煤质、负荷、年利用小时数等多种因素,提出改造方案如下。

(1) 改造原则。在现有设备基础上进行优化,尽可能少地改动设备和系统,降低投资。核算系统经济性,确保改进后的机组可靠性、经济性均有提高。

(2) 考虑到一级低温省煤器设备可靠性和利用率低的特点,将一级低温省煤器进行整体拆除,仅保留二级低温省煤器,同时完善相应的烟风系统。拆除一级低温省煤器凝结水系统,凝结水经二级省煤器后直接进入 #8 低温加热器。对原有烟囱进行防腐改造,采用手糊玻璃钢防腐技术,提高烟囱的抗腐蚀能力。

(3) 设计校核条件:煤质采用锅炉常用低硫煤和高硫煤分别校核,见表 2。其他计算数据来源于改造前性能试验数据。经核算,额定负荷时低温省煤器出口烟气温度为 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$,50% 额定负荷时低温省煤器出口烟气温度为 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$,满足机组日常运行的要求。

5 改造效果及分析

选取 980 MW,总煤量接近的工况对比,对比参

数见表 3。

表 2 燃料分析
Tab.2 Fuel Analysis

项目	设计煤种 (神华煤)	校核煤种 1 (满世混)	校核煤种 2 (东北煤)
全水分/%	15.55	17.50	26.00
空气干燥基水分/%	8.43	9.99	11.08
收到基灰分/%	8.80	12.58	14.10
干燥无灰基挥发分/%	34.73	33.56	37.68
收到基碳/%	61.7	55.24	48.38
收到基氢/%	3.67	3.34	3.01
收到基氧/%	8.56	9.46	7.23
收到基氮/%	1.12	0.68	0.65
收到基硫/%	0.60	1.20	0.63
低位发热量/ ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	23.44	20.70	18.10
哈氏可磨系数	55	55	62
变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	1150	1110	1160
软化温度/ $^{\circ}\text{C}$	1190	1140	1170
流动温度/ $^{\circ}\text{C}$	1230	1190	1200

表 3 一级低温省煤器拆除前、后运行数据

Tab.3 Operation data before and after the removal of the first-stage low temperature economizer

项目	拆除前	拆除后
空气预热器出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	136.9	132.0
一级低温省煤器出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	122	测点拆除
一级低温省煤器烟气压力/ MPa	0.42	0
一级低温省煤器烟气温度降/ $^{\circ}\text{C}$	0.42	0
二级低温省煤器出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	106	109
二级低温省煤器烟气压力/ MPa	0.44	0.48
二级低温省煤器烟气温度降/ $^{\circ}\text{C}$	14	10
风机电耗/ kW	5150	4900
#9 低温加热器出口压力/ MPa	1.8	1.7
#9 低温加热器出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	81.8	80.5
二级低温省煤器水侧出口压力/ MPa	1.7	1.6
二级低温省煤器水侧出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	89.8	88.2
二级低温省煤器水侧压力降/ MPa	0.06	0.08
二级低温省煤器水侧温升/ $^{\circ}\text{C}$	8.8	7.8
一级低温省煤器水侧出口压力/ MPa	1.61	测点拆除
一级低温省煤器水侧出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	95.5	测点拆除
一级低温省煤器水侧压力降/ MPa	0.1	0
一级低温省煤器水侧温升/ $^{\circ}\text{C}$	5.9	0
凝结水泵电耗/ kW	2130	1950
锅炉效率/%	94.75	94.60

(下转第 56 页)

器烟温随之增加。此外,在空预器的热端,热风温度低于热烟气温度,热风混入后,热烟气温度降低,影响传热系数及传热温差,减小传热量,也会引起烟温的增加。

还有一种情况为空预器中间漏风,此时对空预器排烟温度的影响与空预器冷端漏风类似。

#1, #2 2 台空预器漏风率均偏大,但空预器出口烟温存在较大偏差,可能与空预器漏风位置有关,待停机检修时对空预器内部进行检查确认。

4 结论

综上所述,引起空预器两侧出口烟温偏差的主要原因有以下几点。

(1) #2 空预器送风机出力较 #1 送风机出力大。

(2) #2 空预器送风机侧暖风器故障,引起空预器两侧烟温偏差进一步加大。

(3)空预器漏风率偏大,漏风位置的不同也会引起出口烟温存在偏差。

针对目前空预器的运行状况,建议电厂制定相关的运行及检修措施,具体如下。

(1)尽快对故障暖风器进行检修,及时投运,当前环境温度最低可达 -20℃,空预器出口温度已远

(上接第 52 页)

由表 3 可以看出,在拆除一级低温省煤器后,单台引风机电耗下降 250 kW,凝结水泵电耗下降 180 kW,总电耗下降 680 kW,以年利用小时数 4 200 计算,节约成本共 114 万元。

改造后,二级低温省煤器后烟气温度升高 3℃,影响锅炉效率约 0.15 百分点,考虑到由于一级省煤器推出的影响,折算供电煤耗下降约 0.5 g/(kW·h)。每年将增加成本 136.5 万元。

脱硫吸收塔入口温度上升 3℃,补水量稍有增加,但新水的补充也有利于保证石膏的品质,总体而言对成本无明显影响。

综上所述,一级低温省煤器算上维护检修费用 50.0 万元/年(不包含因停炉造成的电量损失),在拆除后每年带来的收益约 27.5 万元。

6 结束语

低温省煤器具有降低烟温,节约能耗的优势,近年来在各电厂的普遍应用。但在应用过程中,低温省煤器的可靠性仍存在较大的限制,甚至造成机组利用率的降低,给机组带来不必要的经济损失。因

远偏离最低空预器冷端综合温度,极易加剧空预器冷端腐蚀,对空预器造成更大的影响。

(2)后期停机检修时,可将暖风器更改为旋转式暖风器,提高设备可靠性。

(3)暖风器无法正常投运时,在保障机组安全运行的前提下,应尽量降低该侧送风机出力,减少低温风量,增大另一侧送风机出力,进而提高该侧空预器出口烟温。

(4)增加在线烟温测点,均匀布置,每侧不少于 3 个测点,提高 DCS 显示值的真实性。

(5)停机检修时,应针对当前空预器漏风率偏大的问题进行检修,提高设备可靠性。

参考文献:

[1] 电站锅炉性能试验规程:GB/T 10184—2015. [S].
[2] 张清峰,赵振宁,付俊杰. 变负荷时排烟温度偏差异常增大的分析[J]. 电站系统工程,2013(1):30-32.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

靳军(1989—),男,河南南阳人,工程师,从事锅炉节能及诊断方面的工作(E-mail:junj@cpibj.com.cn)。

此,各厂在烟气余热利用中,需结合实际,优化系统设计,做好低温省煤器的设备选型,做好运行优化和防护措施,以保障烟气余热利用设备的可靠性,充分发挥其技术优势,真正起到节能减耗、提高效益的作用。

参考文献:

[1] 刘鹤忠,连正权. 低温省煤器在火力发电厂中的运用探讨[J]. 电力勘测设计,2010(4):32-38.
[2] 王金旺. 火电厂锅炉排烟温度升高对静电除尘器效率影响的探讨[J]. 节能,2013,32(12):30-34.
[3] 刘宇钢,罗志忠,陈刚,等. 低温省煤器及 MGGH 运行中存在典型问题分析及对策[J]. 东方电气评论,2016,30(2):31-35.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

叶罗(1988—),男,江西上饶人,工程师,从事火力发电厂集控运行工作(E-mail:yeluo073@126.com)。

吴俊东(1988—),男,江苏泰州人,助理工程师,从事火力发电厂集控运行工作(E-mail:wujd@gdtz.com.cn)。