

电站锅炉余热利用系统取水问题的研究与应用

张燕

(成信绿集成股份有限公司,福建 厦门 361009)

摘要:电站锅炉烟气余热深度利用及减排技术节能效果显著,现已得到广泛应用。针对该系统中取水平衡问题进行研究,通过理论计算得到电动调节阀进出口压力,再根据流量及压力条件,合理选择电动调节阀,保证水流方向,解决改造过程中存在的取水倒流问题,确保系统安全、稳定运行。

关键词: 余热深度利用; 节能改造; 取水平衡; 调节阀; 流量特性

中图分类号:TK 11⁺5

文献标志码:A

文章编号:1674-1951(2018)04-0022-03

0 引言

近年来,我国空气质量问题日益严重,国家出台了一系列调控政策,力图改善空气问题,这些严格的政策影响着火电厂的生死存亡。火电厂作为能源消耗大户及环境污染的重要源头,面临节能和环保的双重压力。

2016 年 11 月国家发改委、国家能源局正式发布的《电力发展“十三五”规划》中已明确要求:新建燃煤发电机组平均供电煤耗低于 $300 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$, 现役燃煤发电机组经改造后平均供电煤耗低于 $310 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。火电机组 SO_2 和 NO_x 排放总量均力争下降 50% 以上, 300 MW 级以上具备条件的燃煤机组全部实现超低排放。

对绝大多数火电企业来说,锅炉实际排烟温度为 $110 \sim 160^{\circ}\text{C}$ ^[1], 偏离设计工况, 排烟温度的高低直接影响排烟热损失, 而在煤燃烧的各项损失中排烟热损失所占比例最大, 为 $5\% \sim 12\%$ ^[2], 因此, 减少排烟热损失是降低供电煤耗的有效突破口。同时, 降低排烟温度可有效提高烟气中的飞灰去除率^[3]和 SO_3 去除率^[4-5], 除尘器的除尘效率随着排烟温度的降低而升高, 一方面减少了空气中颗粒物的含量, 另一方面降低了脱硫塔后烟道及烟囱受 SO_3 影响的腐蚀风险。因此, 回收排烟余热已受到火电企业的重点关注。

1 余热回收现状

目前,火电厂烟气余热利用的方向包括预热助燃空气、预热并干燥燃料、加热凝结水、加热热网水及采暖制冷等^[6]。锅炉烟气余热深度利用及减排系统因节能减排效果显著,受到国内外的高度重视。

国内外许多现役火电机組均已进行锅炉烟气余热深度利用改造,新建项目也将锅炉烟气余热深度利用及减排系统或其部分系统列入机組设计范围。烟气余热深度回收技术也已被列入国家发改委发布的《国家重点节能低碳技术推广目录》中。

烟气余热深度利用及减排系统是火电厂烟气余热回收的优化技术(如图 1 所示),该系统在锅炉尾部烟道空气预热器(以下简称空预器)和静电除尘器之间烟道布置换热器,在送风机出口风道布置换热器,送风机出口的换热器将空气温度提升,继而提高空预器出口的烟气温度,而静电除尘器前的换热器将烟气温度降至 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右(烟气酸露点以下)。回收的烟气余热一部分进入汽轮机回热系统,将凝结水的温度由 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 提升至 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,进入低压加热器(以下简称低加)系统,促使原低加入口水温上升,排挤汽轮机抽汽,增加汽轮机做功,提高机组效率,降低供电煤耗^[7];另一部分用于送风机侧空气的温升。采用该技术后,机组供电煤耗可降低 $2\sim 3\text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ^[8]。

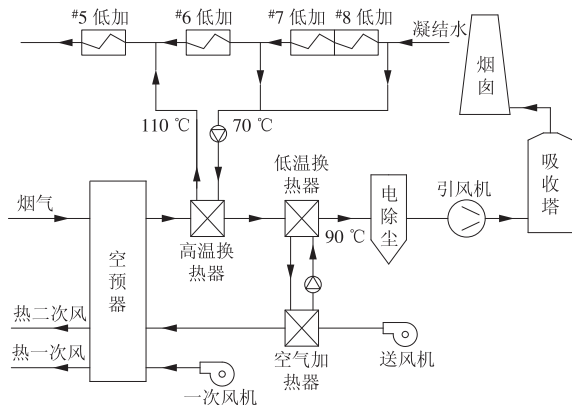


图1 余热深度利用及减排系统示意

电除尘入口烟气温度降低后,一方面,飞灰比电阻进入最适合电除尘工作的范围,大大提高了电除

尘器的除尘效率和 SO₃ 去除率;另一方面,烟气温度的降低使得烟气流速降低,既延长了烟气在电除尘内的停留时间,有利于电除尘对烟气的捕捉,提高了除尘效率,又降低了引风机电耗。脱硫塔入口烟温降低后,大大减少了脱硫塔的冷却水耗量^[9-11]。送风机出口空气温度提升后,进入炉膛的空气温度升高,可有效提升锅炉效率,同时改变了空预器的换热情况,有效减缓了空预器低温段的腐蚀与堵塞问题。

2 取水平衡问题

锅炉烟气余热深度利用系统可在机组全负荷段安全、稳定运行,但在系统改造过程中易出现取水平衡问题。所谓取水,即设计工况下,从低级低加和上一级低加各引出一路水,将其混合后引入增压泵进入烟气余热利用系统中的换热器,即完成取水。由于取水管路在电厂原凝结水管道上开孔,受原凝结水管道压力、流量的影响,易出现取水倒流问题,无法从管路中取水,反而使低级低加取水管中的低温水进入上一级低加,即取水不平衡。

3 案例分析

3.1 项目概况

某大型火电厂 600 MW 机组锅炉为哈尔滨锅炉厂有限责任公司制造的超超临界参数变压直流炉,该厂于 2016 年 10 月完成烟气余热深度利用改造,改造中通过提升冷二次风温,满负荷工况下将空预器出口烟气温度由 129.0℃ 提升至 150.3℃,静电除尘器入口尾部烟道上的换热器将烟气温度降至 90.0℃ 左右,所吸收的烟气热量中一部分通过水媒介加热冷二次风,另一部分将 #7 低加进口和出口掺混后的 75.0℃ 凝结水加热至 110.0℃ 左右,加热后的高温凝结水返回至 #6 低加出口。

原设计工况下, #7 低加进口取水管路上设置电动闸阀和手动闸阀, #7 低加出口取水管上设置电动调节阀组作为调温管路。两路水混合后温度达到 75℃ 进入凝结水增压泵。此时 #7 低加进口取水管路取水流量为 365 t/h,出口取水管路流量为 125 t/h,如图 2 所示。

3.2 问题分析

原设计取水管路未考虑取水平衡问题,仅根据流量选择管径,实际改造后发现,当 #7 低加进口取水管上电动闸阀、手动闸阀全开后, #7 低加出口取水管无法取水, #7 低加进口取水管路内的水直接返回至 #7 低加出口,进入电厂主凝结水系统,导致电除尘入口烟道上换热器入口水温无法控制。从原设计工况下现场分散控制系统(DCS)可以看出,已存

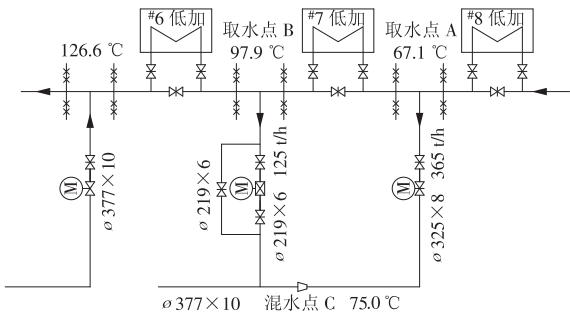


图 2 原设计满负荷工况下取水示意

在取水倒流问题。

3.3 理论计算

由于取水管路在电厂原凝结水管道上开孔,受原凝结水管道压力、流量的影响,易出现取水倒流问题,该项目 #7 低加自身阻力较大,致使图 2 中混水点 C 处的压力高于取水点 B 处的压力,无法从 #7 低加出口管路中取水。

为使该项目各负荷工况下混水点 C 处温度可调节,需进行整改。核算各设计工况下取水点 A、B、C 处压力,取水点 A 至混水点 C 之间为约 45 m 长的 DN 300 mm 管道,取水点 B 至混水点 C 之间约为 15 m 长的 DN 200 mm 管道,管路上异径管阻力较小,可忽略不计,理论计算如下。

沿程阻力计算公式

$$p_1 = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2},$$

局部阻力计算公式

$$p_2 = \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2},$$

式中:λ 为沿程阻力系数;L 为管道长度,m;d 为管径,m;ρ 为流体密度,kg/m³;v 为管路断面平均流速,m/s;ξ 为局部阻力系数。

管路原设计工况下水平衡计算结果见表 1(表中 THA 工况为热耗验收工况),由表 1 可知,取水点 A 处的水经 #7 低加后的压降大于经 DN 300 mm 管路后的压降,即取水点 C 处压力大于取水点 B 处压力,出现倒流现象。

为解决取水平衡问题,同时尽可能选用系统原有阀门,使改造费用最低,将原 DN 200 mm 的电动调节阀组移至取水点 A 与混水点 C 之间管道,将原 DN 300 mm 的电动阀门移至取水点 B 与混水点 C 之间管道,并在电动阀门前安装闸阀,起到关断门作用,改造后满负荷工况下取水示意图如图 3 所示。根据管路情况,计算按此布置后取水是否平衡。

改造后取水平衡计算数据见表 2。通常情况下,电动调节阀在开度 20% ~ 80% 范围内可以起到调节流量的作用,因此在电动调节阀的开度范围内,

4 经济效益评估

2016 年 12 月 10 日 (EOH 为 1 667),第 1 次更换为 G4 级板框式粗滤;2017 年 3 月,压差上升至建议更换值,3 月 10 日 (EOH 为 3 643),粗滤升级更换为 M5 级袋式粗滤;使用至 7 月 24 日 (EOH 为 5 879),最大压差为 0.09 kPa,效果良好。

2016年12月21日(EOH为1885),将原精滤更换为康斐尔精滤,使用至7月24日(EOH为5879),精滤最大压差为0.171 kPa,压差上升较慢,效果良好。

进气过滤系统升级改造之后,压气机水洗频率明显降低,停机时检查可转导叶(IGV)叶片清洁程度,比之前有所好转。将改造升级后的进气系统与改造前的运行维护数据进行对比,发现粗滤的更换周期由原来的EOH不足2000增加到4000以上,精滤的更换EOH由2000增加到10000,每年至少可减少停机3次。每次停机24 h,直接损失发电量为28800 MW·h,按平均供电电气耗0.18 m³/(kW·h)、天然气价格2.3元/m³、上网电价0.55元/(kW·h)计算,可挽回直接经济损失391万元以上^[5]。

5 结束语

燃气轮机进气过滤系统升级改造后,保证了燃

(上接第 24 页)调节阀,以保证系统水平衡。

(3)对于同类型的改造项目,可采用相同的方法,在系统设计时合理设置管路,保证系统稳定运行,避免二次改造。

参考文献:

- [1]叶江明. 电厂锅炉原理及设备[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2]张锐, 信丹丹, 孙晓菲. 热管技术在降低电站锅炉排烟温度中的应用[J]. 电站系统工程, 2011, 27(3): 23-25.
- [3]何慕春, 赵伶伶, 周强泰. 综合考虑除尘及锅炉效率的节能技术[J]. 锅炉技术, 2006, 37(1): 72-76.
- [4]陈瑶姬, 孟炜, 胡达清. 燃煤电厂烟气超低排放技术对三氧化硫脱除影响的研究[J]. 上海节能, 2015(12): 657-660.
- [5]陆军, 刘永强, 周飞, 等. 高硫煤机组低低温省煤器 SO_3 协同脱除试验研究[J]. 热力发电, 2016, 45(12):

气轮机进气的洁净,提高了机组的安全性和稳定性,有效降低了进气过滤系统的压差,延长了精滤、粗滤的更换周期,减少了运行维护成本,提升了机组的经济效益。

参考文献:

- [1] 韩超. 9F 燃气轮机进气系统优化改造[J]. 内蒙古电力技术, 2015, 33(S2): 29-32.
- [2] 杨环宇, 李晶, 陈志鑫, 等. 9F 燃气轮机进气过滤系统的优化改造[J]. 科技创新与应用, 2016(36): 63.
- [3] 谢亚军. 燃气轮机进气过滤系统的改造[J]. 华电技术, 2013, 35(7): 64-65.
- [4] 李俊. M701F 燃气轮机进气过滤系统改进[J]. 热力发电, 2015, 44(7): 121-124.
- [5] 赵允鹏. 燃气轮机进气过滤装置的运行及改进探讨[J]. 中国高新技术企业, 2016(21): 35-36.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

李立(1991—),男,湖北潜江人,助理工程师,从事燃气
轮机电厂机务专业管理方面的工作(E-mail:lili_0193@163.
com)。

闵华山(1987—),男,江苏淮安人,助理工程师,从事燃气轮机电厂生产技术管理方面的工作(E-mail:mhs_123998@126.com)。

30 – 35.

- [6]花秀峰,李晓明.火力发电厂烟气余热利用的分析与应用[J].节能,2011(351):89-91,146.
- [7]赵亮,高峰.600 MW 机组加装低低温省煤器改造[J].内蒙古电力技术,2016,34(2):59-62.
- [8]赵亮,高峰.低低温省煤器联合暖风器系统在300 MW 机组的应用[J].华电技术,2016,38(10):22-24.
- [9]张方炜.锅炉烟气余热利用研究[J].电力勘测设计,2010(4):48-52,75.
- [10]张润盘,董丽娟,辛建华,等.锅炉烟气余热利用方案研究[J].热力发电,2013,42(11):107-109.
- [11]赵恩婵,张方炜,赵永红.火力发电厂烟气余热利用系统的研究设计[J].热力发电,2008,37(10):66-70.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

张燕(1987—),女,黑龙江绥化人,工程师,工学硕士,从事电力及工业节能环保技术研究与应用等方面的工作(E-mail:zhangyan 0407@139.com)。