

国电泰州电厂 GGH 取消后采用热二次风加热净烟气方案的探讨

陆锐杰

(国电泰州发电有限公司, 江苏 泰州 225327)

摘 要: 无GGH 装置的脱硫系统投产后, 虽然有效地解决了GGH 的堵塞问题, 但由于“湿烟囱”无烟气再热措施, 排烟温度较低, 吸收塔出口带有饱和水的净烟气在排出过程中部分冷凝形成液滴, 落到地面形成“石膏雨”或酸雨, 对电厂及周边环境产生污染, 甚至腐蚀设备。本文将重点对GGH取消后采用空气预热器(下文简称空预器)后抽取一部分热二次风加热方案进行分析和探讨。

关键词: GGH; 石膏雨; 空预器; 热二次风

0 引言

当前大型火电厂以湿法烟气脱硫(WFGD)工艺为主, 该系统绝对数配套 GGH 加热装置, 但是运行实践表明, 该系统存在诸多问题, 最为突出的就是换热原件的阻塞和 GGH 漏风, 同时加上 GGH 部件的腐蚀直接降低 FGD 系统的可用率, 增加 GGH 的维修费用。若简单把 GGH 取消, 虽解决了 GGH 的腐蚀和阻塞等问题, 但是随之带来另一矛盾却是由于排烟温度降低, 吸收塔出口带有饱和水的净烟气在排出过程中部分冷凝形成液滴, 烟气自烟囱口排出后不能有效的抬升、扩散到大气中, 特别是当地区温度、气压较低或在阴霾天气的时间段, 烟气中携带的粉尘及液滴聚集在烟囱附近, 落到地面形成“石膏雨”或酸雨, 对电厂及周边环境产生污染, 甚至腐蚀设备。因此对取消 GGH 后如何减少“石膏雨”的研究和探讨就尤为重要。

1 石膏雨成因分析

石膏雨包含了两层含义: “石膏”和“雨”, “石膏”指的是石膏浆液; “雨”指的是净烟气中饱和水形成的冷凝液液滴。

1.1 石膏的成因

“石膏”是烟气中夹带的石膏浆液随烟气排放落到地面形成的。脱硫装置净烟气中的石膏浆液主要来源于吸收塔喷淋层喷嘴雾化后的细小液滴, 石膏浆液经喷嘴雾化后雾滴直径一般在 $920\mu\text{m}$, 经碰撞后会产生少量在 $15\mu\text{m}$ 左右。在经过除雾器后, 一般会除去 99.99% 的不小于 $22\mu\text{m}$ 雾滴, 同时还可以去除 50% 的 $15\sim 22\mu\text{m}$ 液滴, $15\mu\text{m}$ 以下的雾滴无

法拦截, 因此净烟气中有一定量的石膏浆液是必然的。但是如果烟气在除雾器处的流速超过设计值, 除雾器的效果将大大降低, 甚至失效, 除雾器也会在高速的烟气下发生二次携带现象, 大量的石膏浆液将会随烟气被带入烟囱, 形成净烟气带浆现象。

1.2 雨的成因

“雨”是净烟气中冷凝液, 其形成的直接原因是烟气除了含有饱和水蒸气外, 还携带有未被除雾器除去的液滴, 烟气的水分主要是从除雾器中逃逸的雾滴组成。其形成的间接原因是饱和烟气绝热膨胀及接触烟道及烟囱内壁形成的冷凝物。饱和湿烟气在烟囱上升过程中, 烟气压力降低, 绝热膨胀后促使烟气降温, 形成非常细小的液滴(直径 $<1\mu\text{m}$), 绝热膨胀在烟囱中产生最大数量的雾滴。在烟囱内部, 由于受惯性力的作用, 烟气夹带的较大水滴撞到烟道和烟囱壁上, 并与壁上冷凝液结合, 并受气流影响重新被带入烟气, 这些重新被带出的液滴直径通常在 $100\sim 500\mu\text{m}$, 其数量取决于壁面的特性和烟气流速。粗糙的壁面、较高的烟气流速会使夹带液滴量增加。“雨”形成的另外一个原因是环境因素的影响, 通常情况下, 环境气温低及气压低会造成“雨”的出现。如前所述, 脱硫后的烟气温度通常在 50°C 左右, 与未脱硫的原烟气直排相比, 脱硫后的净烟气在抬升高度及扩散能力方面相对较差, 因此当脱硫后烟气从烟囱排出时, 由于烟温与环境温度相差较大, 烟气来不及扩散, 烟气中的饱和态水遇冷变成过饱和状态, 最终成为冷凝液落到地面形成“雨”, 烟气排放温度与环境温度相差越大, 越容易形成“雨”。

2 空预器后热二次风加热净烟气

2.1 解决石膏雨的设想

从前面的“石膏雨”的成因可以看出,“石膏雨”的形成机理比较复杂,它与塔内烟气量及烟气流速的大小、除雾器的选型和液气比(含硫量)、烟囱内筒的形式及流速等方面有很大关系。一般来说吸收塔流速、烟囱流速选择越高、越容易发生石膏雨;高硫煤容易发生石膏雨,低硫煤就相对好一点;平板式除雾器容易发生石膏雨,屋脊式的效果就相对好;烟囱内壁光滑比粗糙的严重,增加管式除雾器比不增加要好;但是就目前而言由于环境条件的差异、煤质的差异、以及设计参数的选择上的差异造成出现“石膏雨”的情况时有发生,解决对

策为抽取一部分空预器后热二次风加热净烟气。

2.2 具体技术方案的说明

该方案的具体设想如下:从空预器后二次风风道抽取一部分热二次风,直接注入脱硫系统出口烟气管道。在混合段内热二次风与脱硫后净烟气混合加热,提升净烟气温度,使水蒸气温度高于露点,提高烟囱排烟的抬升高度,同时减少烟道烟气结露。设计方案的示意图如图 1 所示。

将本方案与国内外其它现有湿烟气排放技术从改造成本、技术风险以及实施的可能性等方面进行了分析与比较。可见,二次热风加热的方案充分利用了电厂设备本身的裕量,设备安装、运行费用以及技术风险较小,实施的可能性最大。如表1所示。

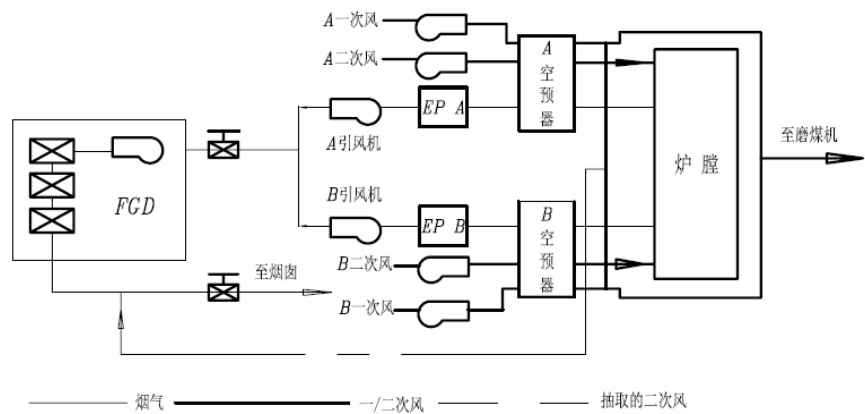


图1 设计方案示意图

表1 湿烟气提升烟气排放温度技术比较表

技术方案	技术要点	优点	缺点	应用实践	实施可能性
GGH	进入脱硫塔前的锅炉排烟(原烟气)与脱硫后的净烟气间进行对流换热	可以降低烟气进入吸收塔的烟温,减少吸收塔的水耗;充分利用了烟气余热	设备庞大,价格昂贵;腐蚀与堵塞严重;由于漏泄,降低系统脱硫效率;系统阻力大,增加FGD运行费用	国内外应用较广泛。国内安装FGD系统的机组几乎都加装了GGH;发达国家的烟气脱硫正在向取消GGH的方向发展	中等
火焰加热	在烟囱底部安装燃烧洁净燃料(如天然气)的燃烧器,对脱硫后的烟气进行火焰加热	投资与维护费用较低	需使用相对昂贵的洁净燃料,运行费用较高	美国一些电厂应用	低
热管换热器	利用热管技术吸收热烟气余热加热冷烟气	传热效率高;没有附加动力消耗,运行费用低;操作和维护简单,不需备品、备件提高了排烟效率;提高了人力和物力的利用,节约建设用地、节省工程投资;可大大降低脱硫系统排烟阻力、减少脱硫电耗和运行费用	腐蚀与堵塞严重;技术风险高	在工业锅炉上有所应用,在大容量电站锅炉上尚无应用实践	低
烟塔合一	利用冷却塔热量加热湿烟气后排入大气		空冷、江水冷却以及海水冷却机组不能应用	国内国华三河、华能北京等电厂应用	无
湿烟囱排放	烟气不经过加热直接通过钢制湿烟囱排放	投资、运行和维护费用较低	环保性低,烟囱本身腐蚀严重	国内外电厂均有部分应用	很低
二次热风加热	热二次风直接注入脱硫后烟气,热风与烟气混合传热,提升烟气温度	充分利用电厂现有设备投资、运行和维护费用较低,改造的技术风险小	影响锅炉效率,提高了空预器腐蚀倾向	较少应用	高

2.3 具体技术方案的设计

从锅炉空预器出口的二次风两侧热风道联络处引出一路热风管, 绕过电除尘和主体引风机到脱硫除雾器出口净烟道, 在烟气混合器内与脱硫后的净烟气混合, 提高烟气温度后, 通过烟囱排空。在脱硫主烟道顶部进入混合器之前设置一个百叶窗式电动调节门, 运行时可以根据烟气加热提升温度的需要, 控制电动调节门的开度。

3 方案对机组影响的分析和预测

3.1 方案对热二次风量和温度的影响

我国在现行的环保法规中, 只对排放烟气中的 SO_2 与 NO_x 等大气污染物的含量做出了规定, 对排烟温度并没有明确的规定。考虑到泰州电厂所在泰州地区年平均气温较高, 无需追求较高的烟气抬升高度。就本项目而言, 由于要取消GGH, 原烟囱防腐材料为耐酸胶泥考虑到烟囱的腐蚀问题, 抽取热二次风将FGD出口净烟气加热到 70°C , 即可有效的消除烟囱白烟并可预防烟囱的腐蚀。如表2所示。

表2 所需二次风风量

项目	净烟气温度 50°C	加热到 60°C	加热到 70°C
送风机TB 点风量/ (m^3/h)	2808720	2808720	2808720
占送风机TB 点风量的百分比/%		6.116378375	11.60515542
二次风管道计算(管径) /m	15.5	2.762047704	3.804604204

3.2 方案对热二次风阻力的影响

二次风管道阻力计算公式:

$$\Delta h_d = \sum \xi_a \frac{W_a^2}{2} \rho_f + \sum \lambda_l \frac{L_{ld}}{D_{yd}} \frac{W_{ld}^2}{2} \rho_f$$

其中:

ξ_a — 二次风管道进出口局部阻力系数;

W_a — 二次风管道进出口速度, m/s ;

λ_l — 二次风管道沿程阻力损失数;

L_{ld} — 二次风管道总的长度, m ;

D_{yd} — 二次风管道当量直径, m ;

ρ_f — 二次风密度, kg/m^3 。

按照目前所选管道 ($3400 \times 3400 + \Phi 3800$) 计算, 夏天加热到 70°C 时, 二次风管道总的阻力 802Pa , 考虑到烟囱入口的静压 614Pa , 建议二次风入口管道静压头为 1416Pa 。二次风管道运行一段时间后, 管道会有一定的磨损、管道有一定的积灰, 阻力系数会增加; 二次风插入点烟道净压分布不均匀, 所有这些因素造成入口净压高于设计值, 建议在各种工况下考虑 100Pa 的压头余量。

3.3 方案预测

a) 如果抽取热二次风系统设计布置合理, 改造后锅炉在不同负荷下抽取热二次风量超过 $250000\text{Nm}^3/\text{h}$, 加热后净烟气温度超过 70°C , 能够消除“石膏雨”现象, 能够降低烟囱腐蚀有很好的改造效果。

b) 预计抽取热二次风后, 随着锅炉负荷增加, 对锅炉热二次风温度的影响幅度降低, $100\%\text{ECR}$ 负荷下最大降幅 10°C 左右。

c) 抽取热二次风后, 随着锅炉负荷增加, 对锅炉热一次风温度的影响幅度降低, $100\%\text{ECR}$ 负荷下最大降幅 8°C 左右。

d) 抽取热二次风后, 随着锅炉负荷增加, 对锅炉排烟温度的影响幅度降低, $100\%\text{ECR}$ 负荷下最大降幅 10°C 左右, 但锅炉低负荷运行下, 抽取热二次风工况下排烟温度过低, 为防止由于排烟温度过低会造成锅炉空预器冷端的腐蚀和结垢, 在实际运行中应控制低负荷下排烟温度不低于 100°C 。

e) 抽取热二次风后, 锅炉热效率下降, 随着加热净烟气温度的升高, 抽取热二次风量增加, 锅炉热效率降低, 初步考虑 $100\%\text{ECR}$ 工况锅炉热效率最大降幅 $0.4-0.5\%$ 。

f) 随着抽取热二次风量的增加, 送风机功耗逐步增加功耗增加。

g) 抽取热二次风后, 随着锅炉负荷增加, 对机组供电电耗的影响幅度降低, $100\%\text{ECR}$ 负荷下最大降幅 $1.3-1.5\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 左右。

h) 改造后热二次风道在设计工况下阻力为 800Pa 左右, 另外还要考虑到二次风管道插入净烟道位置静压 600Pa , 总的阻力在 1400Pa 左右。

4 结论

本次设想方案是从国内外其它现有湿烟气排放技术出发,从改造成本、技术风险以及实施的可能性等方面进行了分析与比较,探讨了取消GGH后热二次风加热净烟气实施的可能性最大,以及技术风险较小;同时实际运行过程中,由于GGH经常堵塞,造成GGH差压平均都在1300Pa左右,增加电耗200kW,造成每年增加运行费用: $5500 \times 200 \times 0.3 = 33$ 万元;另外GGH堵塞造成的检修费用和由此造成主

机不能满负荷运行的费用损失远无法估计。所以这个利用热二次风加热净烟气的方案对节能降耗具有重大意义。

作者简介:

陆锐杰:(1985-),男,本科,江苏无锡人,助理工程师,
从事发电厂热控技术工作, E-mail :
luruijie2008@163.com。