

湿法脱硫烟气“消白”工艺研究与应用

张飞龙

航天环境工程有限公司, 天津 300301

[摘要]我国多数燃煤电厂湿法烟气脱硫工艺饱和湿烟气直接排放, 形成可视湿烟羽。当下已有许多环保节能技术对湿烟羽治理有明显效果, 但技术指标尚未结合湿烟羽治理来制订。从研究结果来看, 可行的方法包括烟气升温、直接冷却、降温再热等。在这些方法中, 降温再热的适用性是比较强的, 而直接冷却则最弱。

[关键词]湿法脱硫; 烟气消白; 工艺研究

DOI: 10.33142/ec.v2i8.607

中图分类号: X701

文献标识码: A

Research and Application of Wet Desulfurization Flue Gas "Whitening" Process

ZHANG Feilong

Aerospace Environmental Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300301 China

Abstract: Most of the wet flue gas desulfurization process of most coal-fired power plants in China is directly discharged by wet flue gas to form a visible wet plume. At present, many environmental-friendly energy-saving technologies have obvious effect on the treatment of wet-tobacco-feather, but the technical indexes have not been developed in combination with the treatment of wet-tobacco-feather. From the results of the study, the feasible method includes the temperature rise of the flue gas, the direct cooling, the temperature reduction and the re-heat. In these methods, the applicability of the cooling reheat is stronger and the direct cooling is the weakest.

Keywords: Wet desulphurization; Flue gas whitening; Process study

引言

通过湿法脱硫对烟气进行处理, 排放的烟气中含有很多的水蒸气, 如果其进入的大气环境温度较低, 那么就会导致水资源浪费, 同时会导致白烟出现, 这样就会出现视觉污染的情况。在当前时期, 我们国家的燃煤电厂中多采用的是湿法脱硫工艺, 而湿烟气排放时, 温度一般为 45 至 55℃, 从含湿量来看, 已经接近饱和。当湿烟气经由烟囱排放的过程中, 如果大气温度较低的话, 烟气当中存在的水蒸气就会出现冷凝, 而在光线折射、散射的作用下, 烟气看上去就是白色、灰色, 这就是白烟。我们国家已经确定了烟气脱硫、脱硝以及除尘等方面的排放标准, 电力、钢铁行业必须要对这个标准予以有效落实。虽然 SO_2 、 NO_x 之类的排放量降低了很多, 但雾霾问题依然未能得到有效解决^[1]。国内的相关学者经过研究后指出, 高湿度烟气、排烟水分中存在的溶解性颗粒等是造成雾霾的主要原因, 因此说, 将除湿消白予以有效落实, 除了能够使得视觉污染切实减轻外, 同时可使得雾霾问题有一定的缓解。烟气当中的水分、余热能够有效回收, 这样也可使得环境、发展之间存在的冲突得到解决。

1 湿烟羽形成机理

就现如今国内的大部分燃煤电厂的烟气排放加工处理方式来说, 往往都是利用了湿法脱硫的方法, 将温度控制到适当的范围的时候, 烟气的状态往往就达到了湿烟气的状态, 烟气中会出现大量的水蒸气。一旦烟气直接顺着管道排出到大气之中的时候, 遇到温度较低的空气, 会在低温的影响下, 烟气中的水蒸气就会冷凝形成湿烟羽^[2-5]。湿烟羽的形成机理如图 1 所示。湿法烟气和环境空气混合过程开始改变, 到达 b 点后, 烟气变成饱和湿烟气。此后, 潮湿的空气和周围的空气混合物沿曲线变化, 而多余的水蒸气凝结成液滴, 形成湿烟羽。

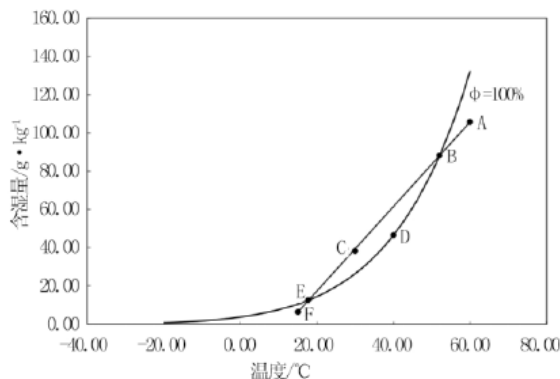


图 1 湿烟羽形成机理

2 湿烟羽主要治理技术

结合湿烟羽产生的机理以及原因, 可以将对当前所有的湿烟羽问题的解决方法以及可以使用的技术划分为下列几类: 烟气加热技术、烟气冷凝技术、烟气冷凝再热技术。现如今在整个电力行业中使用最为频繁的技术有烟气冷凝技术以及烟气冷凝再热技术, 大部分的技术并不是专门解决烟囱湿烟羽排放问题, 最为重要的作用是起到节能减排的作用。其性能参数并没有针对湿烟羽问题的有效解决来加以制定, 但是从某种程度上来说对于湿烟羽问题的解决起到了一定的积极的影响作用。很多的燃煤电厂中使用的大量的专业技术尽管能够对烟气中的凝结水加以高效的去除, 但是因为烟气凝结水在烟气中的占比较小, 进而在对烟气中的凝结水加以清除的时候, 只能有针对湿烟羽问题加以缓解, 不能彻底的对湿烟羽清除。其次, 在实际应用中可以利用冷却塔冷却的方法来对湿烟羽加以清除, 但该方法只适合使用在新建燃煤机组中, 对于现有机组的超低排放改造并不适合。

3 湿烟羽治理的可行性技术方案

在现阶段, 关于湿法脱硫消除烟囱出口“白烟”的相关研究才刚刚起步, 可用的技术方案主要包括直接加热、直接冷凝、先冷凝后加热、设置气旋消雨装置等方法。对白烟形成、消散的机理进行分析可知, 也就是要对烟囱出口烟气排放的初始状态点予以改变, 确保湿烟气扩散时能够保持非饱和状态, 这样就可使得白烟得到切实消除。在烟囱中布置气旋装置, 湿烟气经过该装置后, 改变原来直线上升的路径, 形成旋转的气流, 增加液滴碰撞的几率, 小液滴凝聚成大液滴, 并在离心力的作用下, 甩到烟囱内壁, 通过排液管排出, 从而实现降低出口烟气湿度的目的。该方法无需额外消耗电能, 但大大增加了系统阻力, 对于改造项目, 可能面临增压风机余量不够, 需要更换风机的问题, 也就增加了设备成本, 这里不对其进行深入的探讨。从除湿消白的机理来看, 消白技术的应用要予以全面分析, 具体见图 2。

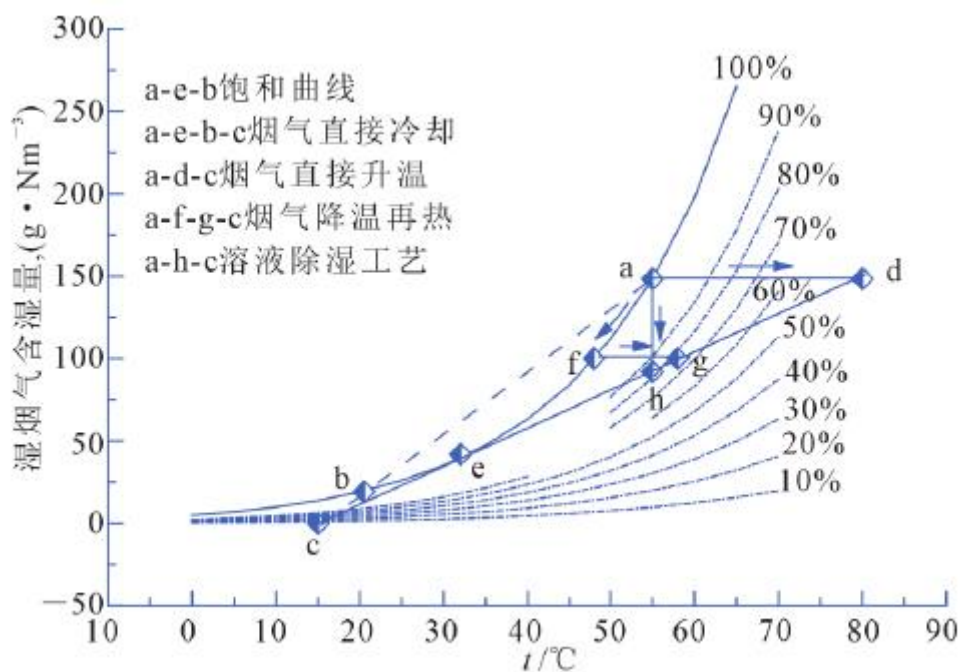


图 2 湿烟气消白技术示意图

对图 2 进行分析可知, 在对湿烟气初始状态点予以改变时, 可行的技术共有 4 中, 利用相关技术能够使得湿烟气在扩散时能够保持非饱和状态。具体来说: 一是烟气升温, 不管是直接升温, 还是间接升温, 均能够使得初始状态点从 a 变成 d, 这样一来, 相对含湿量就会变得较低, 在湿烟气扩散时, 直线 c d 是不会和饱和曲线相交的, 湿烟气就能够一直呈现为非饱和状态, 白烟这种现象也就不会产生。二是降温再热, 也就是先将湿烟气的温度减低, 使得水蒸气凝结, 这样就可使得绝对含湿量大幅降低, 继而再热, 使得相对含湿量变低, 经过这样处理, 湿烟气状态点 a 则会转变成 g, 而从 g 转变成 c 时, 湿烟气就会一直呈现为非饱和状态, 白烟现象也就能够得到消除。三是冷凝降温^[3], 也就是对饱和湿烟气进行降温处理, 使得状态点 a 直接转变成 b, 在湿烟气扩散时, 直线 bc 就不会和饱和曲线相交, 其能够一直呈现为非饱和状况, 白烟自然就能够得以消除。四是溶液除湿, 所使用的除湿溶液和水蒸气的压差有明显区别, 这样就可使得水蒸气迁移到溶液中, 如此一来, 绝对含湿量就会变得很低, 状态点则从 a 转变成 h, 这样在湿烟气扩散时呈现出的是非饱和状态, 白烟现象也就不会出现。

3.1 烟气加热消白技术

烟气加热就是要对湿烟气的温度予以提升, 使得相对含湿量能够变低, 具体见图 2。若想使得白烟能够得到切实消除, 域外发达国家中的规定就是对湿烟气先进行升温, 之后才允许排放。比方说, 德国对排烟温度的要求是在 72℃以

上,英国的要求则是在 80°C 以上,而日本的要求应超过 90°C 。一般来说,烟气加热方法主要包括两种,一是直接法,二是间接法。具体来说,直接法就是使得高温气体能够切实和经过脱硫的饱和湿烟气混合起来,使得湿烟气的温度提高,常用的直接法是烟塔合一技术,此种技术就是将烟道和冷却塔直接连接起来,湿烟气在经过脱硫后,要和冷却塔当中的热湿润空气混合起来,这样就可使得消白目标切实达成。在火力发电站中,此种技术的应用是较为普遍的^[3]。

3.2 烟气直接冷凝消白技术

对于烟气直接冷凝消白技术来说,在应用的过程中就是要利用冷源介质来吸收饱和烟气中的热量,促使烟气能够沿着饱和温度曲线下降,如此即可使得烟气出现过饱和的状态,水蒸气出现冷凝,并析出,如此就可使其绝对含湿量降低很多。此种技术的机理如图2所示,湿烟气初始的状态点是a,降温的过程中,会按ab出现冷凝,继而沿bc实现冷却,此时状态点就会转变为c。湿烟气由塔内向外排出的过程中,状态点为b,而且bc和饱和曲线是不会出现相交的情况,如此就可确保白烟不会出现。对冷凝热换进行分析可知,直接、间接这两种换热方式均是可用的,具体来说,通过空塔喷淋能够确保烟气、冷媒直接换热,传热传质显得十分剧烈,传热的整体效果也是较为理想的,然而这个系统是相对复杂的^[4]。选用间接换热的话,换热设备选用的多是氟塑料换热器,这样可使得冷媒、湿烟气不需要直接接触,而且整个系统也是较为简单的。经过脱硫后,针对饱和湿烟气展开处理,使其能够呈现出过饱和,如此一来,水蒸气最终就会凝结成小液滴。在对湿烟羽进行治理时,采用冷凝消白技术能够使得视觉污染得到切实消除,还可将各种污染物予以有效脱除,此外可以使得脱硫系统获得所需的水分。从技术来看,直接冷凝消白是具有较高实用性的,此外还可依据实际需要选择最为适合的冷凝工艺。从此项技术应用的实际情况来看,若想使得此项技术所具有的经济性有切实的提升,一定要确保冷源的价格切实降低,并确保低温余热、冷凝水能够加以有效利用,此外还要确保选用的换热器是最为合适的。湿烟气的温度没有超过 90°C 的话,余热量多是来自水蒸气冷凝潜热,因而在对冷却方式进行选择时,需要重点关注的是冷源的种类,余热的利用。

3.3 烟气降温再热消白技术

通过对湿烟羽的消除机理进行分析我们发现,外界环境、气候条件与湿烟羽的产生以及程度存在一定的关联,从理论上来说,在对环境温度进行一定的调控,利用加热技术或者是冷凝技术都能较好的对湿烟羽问题加以解决。但是结合燃煤电厂的生产情况来说,从经济性层面生来说,单一的借助加热或者是冷凝的方法具有一定的局限性,在此条件下若采用冷凝再热技术,将加热和冷凝结合起来使用,则可扩大系统湿烟羽消除对环境温湿度的适应范围,也是消除烟囱湿烟羽最为有效的方式。

4 结束语

(1) 介绍、总结和比较了燃煤电厂烟羽处理的现有技术,研究了各种技术在燃煤电厂烟羽处理中的适用性。(2) 烟气直接加热技术是目前应用最广泛的技术。但直接加热需要额外消耗的热量较多,不经济。(3) 烟气冷凝技术对湿烟羽毛的处理也有明显的效果,可以实现多污染物的联合去除。目前,该技术在燃煤电厂的应用中,除了起到消除烟囱出口白烟的目的,更为重要的是减少烟气中冷凝水的排放,收集的冷凝水可重复利用、节约用水。(4) 烟气冷凝再加热技术是将烟气冷凝和烟气加热的结合。它综合了烟气冷凝和加热技术的优点,且运行中消耗的能量要比单独使用一种技术小的多,在电厂、钢铁、石化等行业中的烟气处理应用中会发挥着越来越重要的作用。

【参考文献】

- [1] 胡昕. 湿法脱硫烟气中细颗粒物的分析及解决途径[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(11): 131-133.
- [2] 施勇. 水泥厂湿法脱硫烟气再热系统探讨[J]. 中国环保产业, 2018(03): 30-31.
- [3] 王德鑫, 梁策, 李超, 齐晓辉. 湿法脱硫烟气带水问题的成因分析及对策[J]. 资源节约与环保, 2017(10): 17-19.
- [4] 余波, 王浩, 杨春根, 程寒飞, 詹茂华. 烧结烟气采用湿法脱硫烟气再热问题研究[J]. 烧结球团, 2017, 42(03): 70-74.
- [5] 潘春锋. 湿法脱硫烟气粉尘特性分析及脱除方法探讨[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(04): 116-118.

作者简介: 张飞龙 (1988.7-), 男, 天津, 助理工程师, 主要从事烟气脱硫脱硝设计。