

湿法脱硫中脱白的系统设计及应用

论述了在湿法脱硫中烟羽的形成原因，湿法脱硫中的脱白，不仅仅是冷凝和升温，而且要高效地去除烟气中的超细颗粒物。采取除尘除雾脱白一体化技术进行降温降湿和去除细微颗粒物，再进行升温降低水蒸气的饱和度，这样既可做到颗粒物的超低排放，也能实现减轻烟羽的形成，达到了脱白的目的。运用此技术对史丹利公司复合肥的湿法脱硫进行了改造，实践证明，脱白效果良好。

在湿法脱硫中，烟囱的排放烟气从感观上有滚滚白烟排放，也称之为烟羽。烟羽是由携带细微颗粒物的饱和烟气水蒸气遇冷凝结形成的白色(或多色)烟带。烟气经湿法脱硝脱硫后形成含饱和水蒸气的湿烟气，同时，在脱硝脱硫过程中会产生大量极细

微颗粒物，如硫酸盐、硝酸盐和气溶

胶等盐类化合物，这些颗粒物、PM2.5、SO₃

与烟气所含水蒸气在气温影响下冷凝共同形成烟羽现象。烟羽远看如一条延绵数公里的“景观带”，造成视觉污染；近处飘落石膏雨，形成局部污染。

湿式脱硫不仅使烟气成为饱和湿烟气，而且生成了多种盐类细微颗粒物。这些微尘难以捕捉脱除，使饱和烟气难以扩散形成拖尾。脱硝过程中也会由于氨逃逸生成硫酸氨而形成气溶胶，造成烟气拖尾。大量的烟羽漂浮在空中，是雾霾的成因之一。近两年来，脱白已经成为湿法脱硫不可或缺的必备功能。

1 解决路线分析

烟羽形成与外部气温、气压密不可分。我们无法决定气候，只能在烟囱前依据烟羽形成的过程和机理，采取可行办法控制和减少烟羽的形成。温度与含湿度曲线，如图1所示。

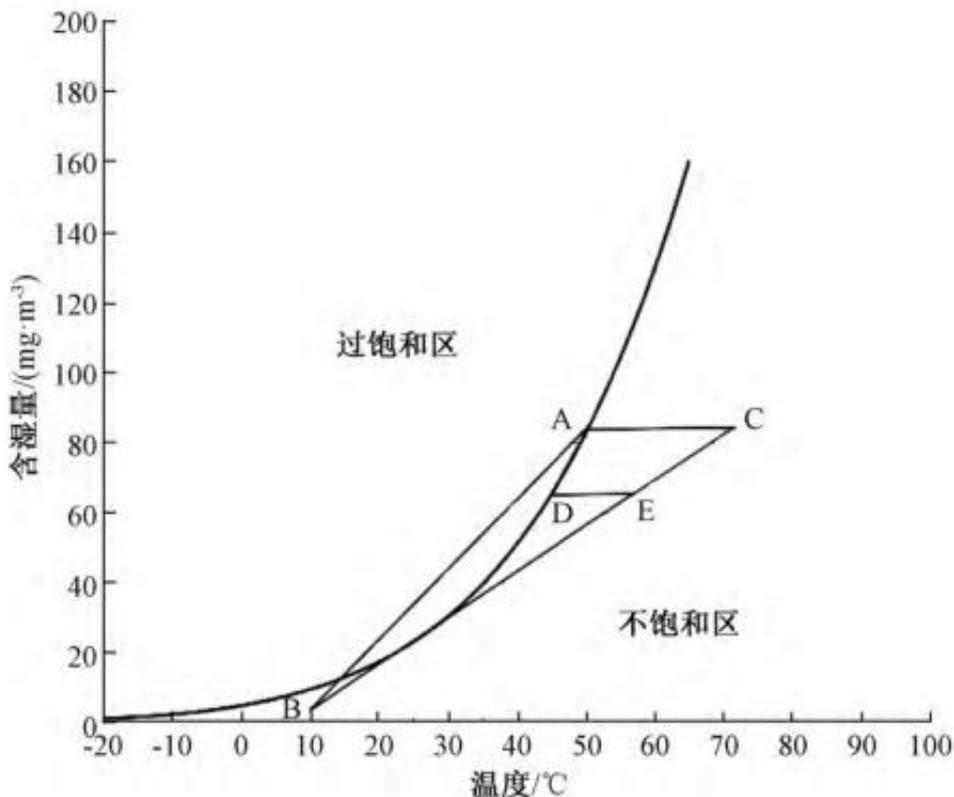


图1 温度与含湿度关系曲线

当饱和湿烟气排放至大气时，经历A-B过程，排出的烟气遇冷达到过饱和状态，水蒸气凝结成雾滴，形成白色烟羽。对饱和湿烟气进行升温，提高烟气温度，排出的烟气经历A-C-B过程，将烟气加热到足够的温度，在遇冷过程中会始终在不饱和状态，这样就不会出现白色烟羽。

对饱和湿烟气先降温再升温,排出的烟气经历A-D-E-B过程,降低烟气湿度可以降低升温幅度,不用加热到很高的温度就可以消除白色烟羽。

为有效减轻烟羽现象,首先要通过喷淋洗涤降温 and 除尘除雾装置尽可能多地去除烟气所含水雾,降低烟气含湿度,同时通过清水洗涤和高效除尘脱除使烟气不易扩散的微尘粒子和气溶胶,即去除烟气水汽凝结的“核”。

简而言之,降低烟气湿度、含水量,即除水除雾,同时要脱除气溶胶等超细颗粒物,这是脱白的基础,不能本末倒置为脱白而脱白。洗涤吸附、冷凝析出、高效除尘除雾才能真正做到在深度净化、超净排放的同时,达到脱白的目的。

最后,在降温去湿降白基础上,烟气进入烟囱前升温至适宜温度,使烟气变为不饱和烟气,抵消烟囱和大气温度降,有效消除白烟现象。这就需要运用烟气换热升温等办法(GGH、MGGH等),消除白烟效果明显。

因此,脱白不是单独的脱白,而是需要在整个湿法脱硫中进行系统设计。我们设计了一套除尘除雾脱白一体化系统,前面高效去除超细粉尘并进行喷淋降温去湿降白,后面烟气升温降低水蒸气的饱和度,简单实用,效果明显。

2系统设计

工艺流程如图2所示。

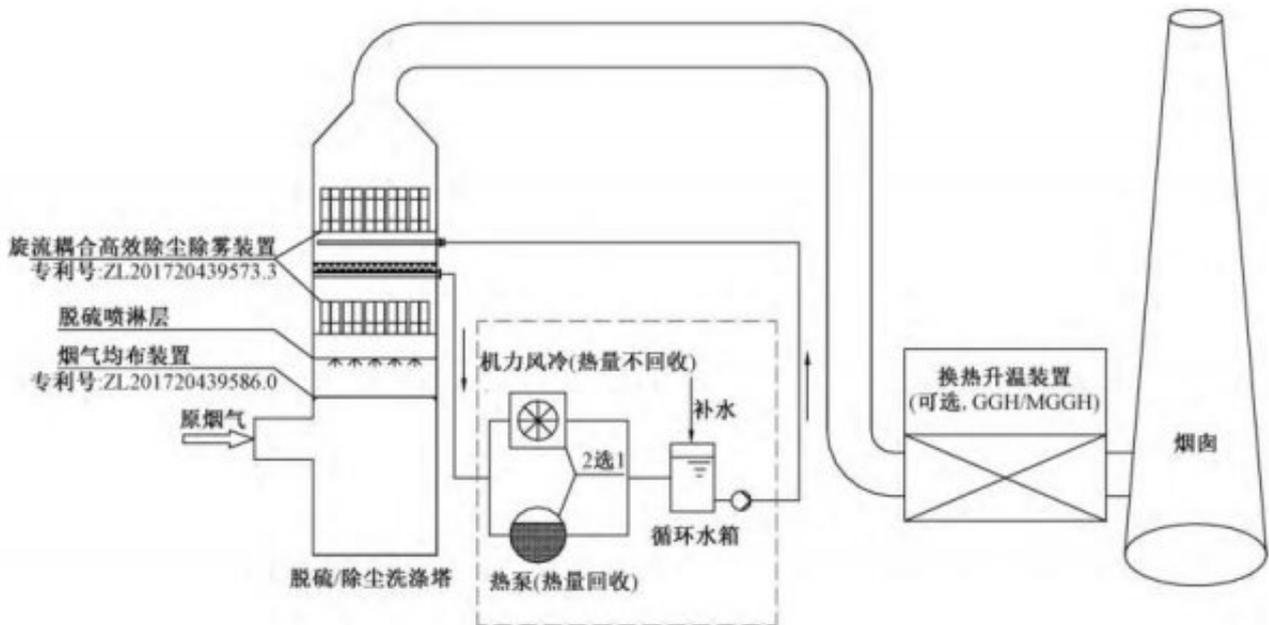


图2 工艺流程

烟气通过常规的脱硫喷淋层脱硫后,进入到一级旋流耦合式高效除尘除雾装置,进行一次去除水雾和粉尘。旋流耦合式高效除尘除雾装置利用离心原理实现除尘除雾功能:烟气流在旋流板的引导下,在筒状单元内发生高速旋转并产生离心效果,这种离心力分离作用更大,能比碰撞方式(板式除雾器)分离更小的雾滴粒径(15 μ m以下),从而在实现脱水除雾功能的同时高效去除超细微粉尘。然后经过冷却喷淋冷凝降温,将烟气中所含水蒸气析出后,进入到二级旋流耦合式高效除尘除雾装置,进行二次去除水雾和粉尘。最后进行升温后,降低饱和度,通过烟囱排放大气。

旋流耦合式高效除尘除雾装置设置了两级,第一级装置以相对第二级略低的烟气流速分离烟气中的水雾及其包裹的超细微粉尘。之后,两级之间设置冷却喷淋集液装置,起到冷却、喷淋、包裹、凝并,目的是冷凝降温并提高二级除尘除雾器的效率,让微尘无处遁形,全部捕捉。

这样,烟气经过了一个聚能、放散、再聚能的过程进入第二级装置,第二级旋流耦合式高效除尘除雾装置将以较高的烟气流速彻底分离烟气中的残存水雾及其包裹的超细微粉尘,并将洁净烟气排出脱硫塔,通过烟囱放空。

两级旋流耦合高效除尘除雾装置的烟气流速将根据锅炉负荷的实际波动范围设置。对于超过30%波动范围的负荷,在除尘除雾装置中设置了烟气调节装置加以适应,以保证旋流耦合除尘除雾的最终效果。

3系统特点

特点一:该套除尘除雾脱白装置通过离心作用分级分层设计，满足不同粒径、质量微尘粒子的脱除，同时将烟气所含明水脱除;对烟气中所含水雾也有明显的去除作用。

特点二:中间喷淋冷凝集液装置，利用循环低温水迅速降低烟气温度，将烟气所含水蒸气析出，减少烟气水含量和湿度。塔外冷却可利用热泵回收技术或机力冷却塔方式。通过喷淋降温使烟气包裹、凝并，再次将尘和水雾脱除，大量冷凝液有效脱出SO₃、气溶胶和可溶性盐等成分，烟气得到深度净化。

特点三:将颗粒物降到5~10mg/m³以下，含水小于20mg/m³，这样粉尘超低排放达标，也有效消除了石膏雨和拖尾，减轻了烟囱烟羽现象。

4应用案例

史丹利公司复合肥生产工艺产生大量氨气，烟气排放过程中又生成大量极细微气溶胶颗粒物。该项目对原有脱硫系统进行改造，运用了此两级旋流耦合高效除尘除雾装置和中间喷淋冷凝降温的技术，后续没有增加升温装置。经过两年多的运行，实践证明，颗粒物稳定排在10mg/m³以内，烟羽也几乎消除，夏天完全看不到烟羽，冬天肉眼感观能看到少许烟羽，达到了脱白的目的。改造前后的对比照片见图3。



图3 改造前后对比照片

5结论

湿法脱硫中的脱白，不仅仅是冷凝和升温，而且要去掉烟气中的超细颗粒物。运用除尘除雾脱白一体化技术，对脱硫塔进行改造或为此新建洗涤塔，通过高效除尘除雾和降温冷凝降湿，既能做到颗粒物的超低排放，又能实现消除石膏雨和脱白的作用。

该工艺路线具有投资省、施工快、效果好、经济适用等特点，是目前形势下燃煤电厂、生物质电厂以及钢铁、陶瓷、建材、玻璃、碳素、化工等非电企业烟气治理脱白的理想选择。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/133699.html>