

HGGH技术在燃煤电厂有色烟羽治理中的应用

本文叙述了采用湿法脱硫的燃煤热电厂，在消除有色烟羽上的各种技术路线，初步描述了这些工艺线路的优缺点；以300MW燃煤锅炉进行超低排放改造中，经过湿法脱硫塔后，采用将净烟气加热的技术路线，重点分析国内常规的MGGH与HGGH技术，经过对比分析，从系统的特点、组成、经济性等新面对比得出：在消除有色烟羽过程中，加热类HGGH技术系统简单、易于操作，节能效果明显、投资较低，为现阶段国内燃煤锅炉消除有色烟羽提供一种经济、可行的技术路线。

1概述

目前，我国大部分燃煤锅炉脱硫系统采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺，该工艺可使烟气温度降低至45~55℃，这些低温饱和湿烟气直接经烟囱进入大气环境，遇冷凝结成微小液滴，从而产生“白色烟羽”。虽然单纯的白色烟羽对环境质量没有影响，但是影响环境感观，有时甚至会被误认为有毒、有害废气。随着雾霾天气在我国日益频繁的出现，“白烟”现象引起了广泛关注，视觉污染严重，对周围环境和居民生活造成严重影响。

近期各地陆续出台了大气治理新规，上海市环境保护局发出了《关于印发〈上海市燃煤发电机组环保排序办法〉的通知》，自2017年8月20日起实施；2017年10月21日，天津市环保局印发了“关于进一步加强我市火电、钢铁等重点行业大气污染深度治理有关工作的通知”，并将《石膏雨和有色烟羽定义》作为附件随文印发；2017年8月28日，浙江省环境保护厅印发了“关于征求地方环境保护标准《燃煤电厂大气污染物排放标准》（征求意见稿）意见的函”。

如何消除有色烟羽，已经成为现阶段讨论的热点。本文通过对比重点介绍的热管式气-气换热器技术（Heatpipe Gas-Gas Heater，简称HGGH），可以很好地解决上述有色烟羽的问题。

2消除有色烟羽的技术路线

对于燃煤机组湿法脱硫工艺后低温湿烟气，目前在工程实践中有许多环保节能技术对有色烟羽治理有明显效果。有色烟羽治理技术可归纳为四大类：混温类、加热类、冷凝类、冷凝再加热类。

2.1混温技术

混温技术主要利用干净的高温介质直接掺入脱硫后的低温净烟气中，将净烟气温度提高的同时，减少单位污染物的排放；一般是将来自锅炉空气预热器或用蒸汽加热后一定量的热风引入到脱硫净烟气中，热风与净烟气直接混合，提升净烟气的温度到合理范围，从而减少有色烟羽的出现。混温技术在辽宁抚顺热电厂、国华台山电厂已投入工程应用。

混温技术是一种简单易于操作的烟羽治理方法，但不管是利用锅炉空预器的热风还是用蒸汽额外加热空气都存在着能耗较大的问题；利用锅炉系统一次风或二次风会导致锅炉热效率有所降低，同时增加风机能耗；利用蒸汽加热后的空气，蒸汽耗量、电耗都较高。

2.2加热技术

当前，国内绝大多数脱硫后低温湿烟气消除有色烟羽都采用了加热升温的方法，加热技术路线分为利用原烟气余热加热净烟气以及利用其它热源加热净烟气两种，前一种比较常规，也是有色烟羽治理成熟的技术路线，如早期的回转式气-气换热器（Rotary Gas-Gas Heater，简称RGGH）和管式烟气换热器（Gas-Gas Heater，简称GGH），后来的热媒管式烟气换热器（Medium Gas-Gas Heater，简称MGGH）以及热管式气-气换热器技术（Heatpipe Gas-Gas Heater，简称HGGH）；后一种应用案例相对较少，如蒸汽直接加热净烟气换热器等，虽然系统简单，但能耗较高。

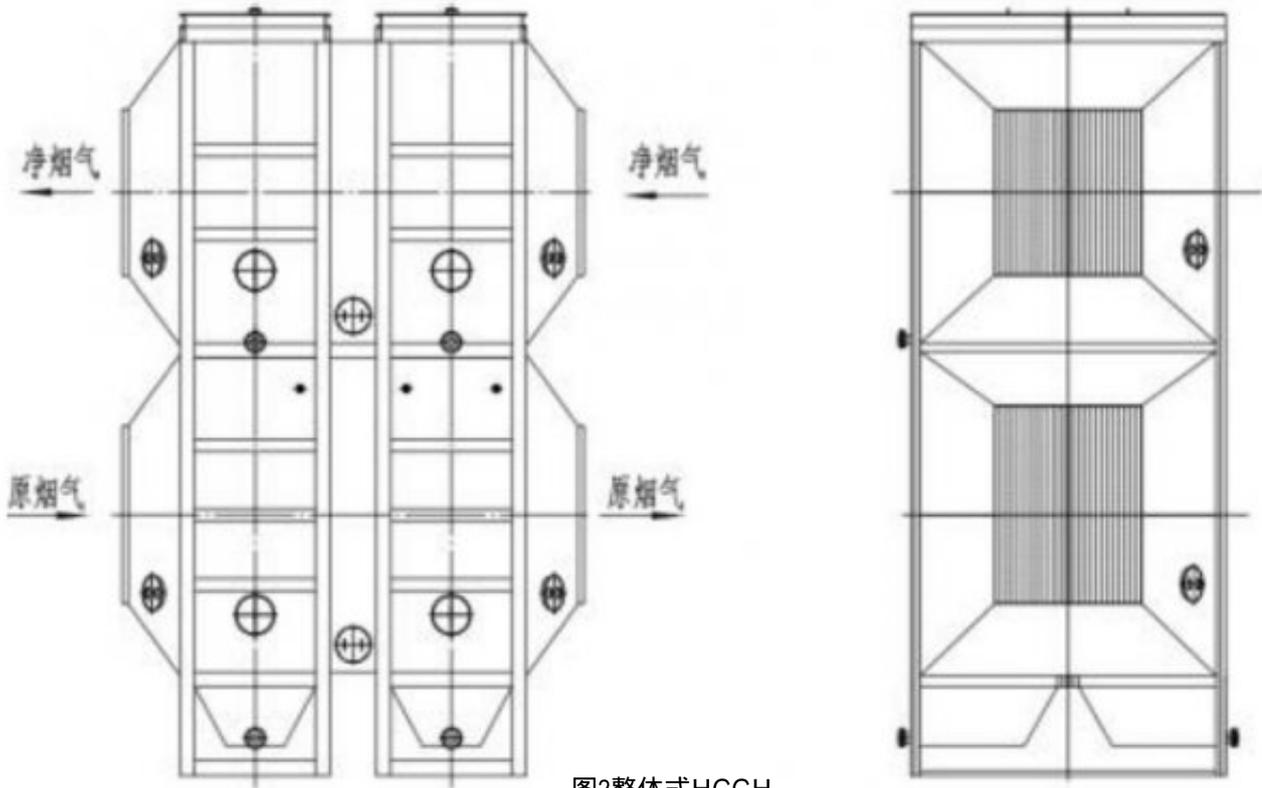


图2整体式HGGH

第二种用于大型发电机组上的分体式高效HGGH，结构如图3所示；

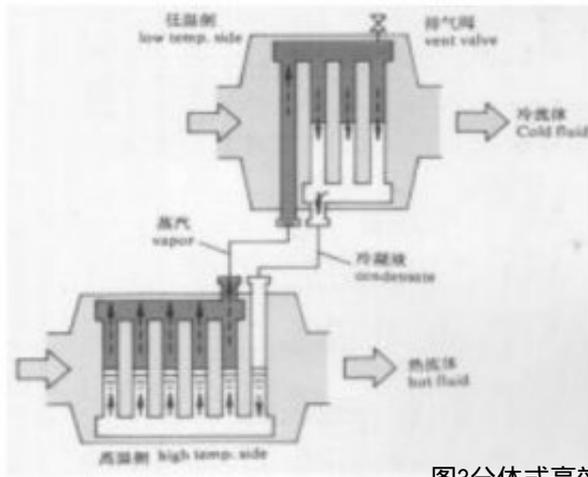


图3分体式高效HGGH结构及原理

分体式高效HGGH系统是类似MGGH系统的工艺流程，最核心的区别就是分体式高效HGGH系统无需循环水泵、辅助加热器以及补水装置，如图4所示；

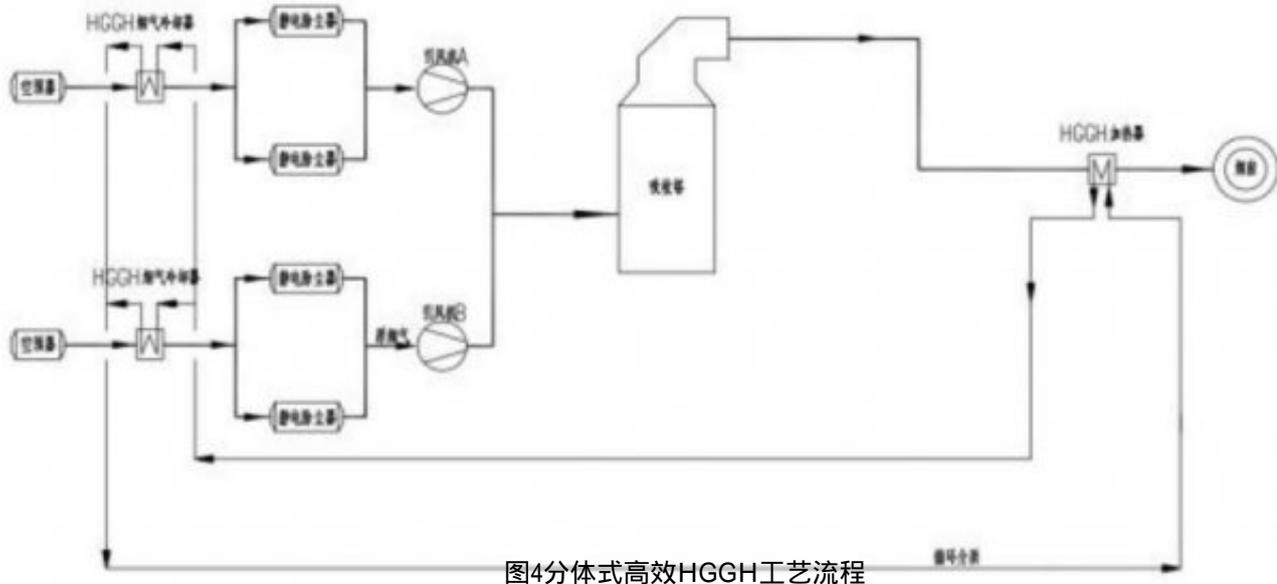


图4分体式高效HGGH工艺流程

分体式高效HGGH核心是由蒸发管束、冷凝管束、上升及下降管组成，通过原烟气的冷却达到净烟气被加热的目的，进而实现消除有色烟羽的目的。冷、热段相对应的各片管束通过蒸汽导管和回液导管连接，构成各自独立的封闭管路系统。由于上述的结构特点，使其具有以下几方面的优点：

(1) 装置的蒸发段和冷凝段可视现场情况而分开布置，因此可以远距离传热，给工艺设计带来较大的灵活性，也为装置的大型化、热能的综合利用以及热能利用系统的优化创造了良好的条件。

(2) 工作介质的循环是依靠回流液的位差和密度差作用，不需外加动力，无机械运行部件，增加了设备可靠性，也极大地减少了运行费用。

(3) 冷凝段与蒸发段彼此独立，易于实现流体分隔密封，故也能适用于易燃易爆等危险性流体的换热。并且也可实现一种流体与多种流体的同时传热。

(4) 冷、热段管束可根据冷、热流体的性能及工艺要求选择不同的结构参数和换热管材质。从而有效地解决设备的强度和露点腐蚀等问题。

(5) 根据工艺要求，可以进行顺、逆流混合布置，适应较宽的温度范围。

(6) 系统换热元件由多片热管管束组成。各片之间相互独立，一片甚至几片损坏或失效不影响整个系统的安全运行，只是整体换热效率会略有降低而已。

3.3案例分析

华能某电厂2×300MW机组锅炉为哈尔滨锅炉厂设计制造的HG-1025/17.5-YM1自然循环汽包炉单炉膛、一次中间再热、低氮燃烧器、平衡通风、固态排渣、全钢架、全悬吊结构型布置。

2016年实现超低排放改造，针对白色烟羽治理选用技术路线进行对比，主要针对MGGH与HGGH之间选择，性能参数见表1。

表1 设计参数

数据 项目	气-气换热器	
	烟气冷却器	烟气再热器
烟气量 $\times 10^4$ (Nm ³ /h)	112	118
进口烟气温度：(°C)	135	50
出口烟气温度：(°C)	~100	82
阻力降：(Pa)	≤450	≤450

MGGH 与HGGH系统主要设备组成对比，见表2

表2 主要设备对比

内容 名称	气-气换热器	
	MGGH	HGGH
烟气冷却器/台	1	1
吹灰器/套	1	1
烟气加热器/台	1	1
热媒增压泵/台	1	无
热媒补给水箱/台	1	无
热媒补给系统及排污系统/套	1	无
热媒辅助加热系统/套	1	无
热媒管路系统阀门/套	1	1

MGGH与HGGH系统投资对比，见表3

表3 系统投资对比

内容 名称	气-气换热器	
	MGGH/万元	HGGH/万元
烟气冷却器/台	500	520
吹灰器/套	30	30
烟气加热器/台	960	860
热媒增压泵/台	30	0
热媒补给水箱/台	10	0
热媒补给系统及排污系统/套	5	0
热媒辅助加热系统/套	15	0
热媒管路系统阀门/套	30	10
电仪自控	100	10
施工费用	200	150
合计（万元）	1880	1580

注：1、以上价格烟气冷却器换热管采用ND钢，加热器换热管采用316L+2205材料；

2、以上不含钢结构及土建部分费用。

通过以上对比可以看出，同样性能下，HGGH系统要比MGGH系统简单的多，整个投资费用相对较少，关键在额外的电能以及辅助蒸汽上，HGGH系统的节能效果要明显的多。

4结论

通过对国内有色烟羽治理技术路线分析，可以看出脱硫后的净烟气加热技术在以后的很长一段时期里还是主流消除有色烟羽的技术；对于符合超低排放工艺路线，又能解决有色烟羽的HGGH和MGGH技术，经过对比分析可以看出，HGGH技术在这方面优势十分明显，值得在燃煤电厂烟气治理中大力推广。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/136031.html>