垃圾焚烧发电厂烟气脱白特点及技术方案分析

来源:《机电信息》  作者:焦小雨

摘 要：详细阐述了垃圾焚烧发电厂烟气脱白的特点，根据烟气净化工艺对脱白的常规技术路线进行了研究和对比，对今后新建垃圾发电项目及现有项目技术改造的烟气脱白工艺设计具有一定的借鉴意义。

**0 引言**

在我国火电、钢铁、建材、水泥等行业的烟气净化工艺中大多使用了湿法脱酸工艺，从湿法处理系统出来的饱和湿烟气中含有大量水蒸气，水蒸气中又含有溶解性盐、粉尘等污染物。水蒸气进入温度较低的环境中，在烟气温度降低过程中，烟气中的水蒸气会和污染物凝结形成湿烟羽，出现烟囱冒白烟、灰烟的情况，视觉效果比较差，对周边居民生活产生了影响。目前，许多省市的火电或其他行业地方标准中都将白烟的排放列入了控制指标中[1]。

目前生活垃圾焚烧行业的国家标准《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485—2014）对白烟的控制无相关要求，地方规范也无相关参考标准。垃圾焚烧发电烟气脱白技术路线主要参考火电行业，各技术路线的适用性无系统性总结。基于此，本文从理论上对各种烟气脱白工艺的特点进行了详细比较，并对类似项目的脱白工艺选择给出了建议。

**1 垃圾发电行业烟气脱白特点**

烟气脱白技术主要受工艺流程条件、余热资源、投资要求等因素影响。虽然各行业的烟气脱白工艺都各不相同，但考虑到节能和投资方面的因素，烟气脱白常用的技术路线主要有3种：烟气加热技术、烟气冷凝技术、烟气先冷凝再加热技术，这3种技术路线及组合方案也延伸出了许多种脱白工艺流程[2]。

垃圾发电和火电行业相比有其特殊性，一是大部分垃圾发电厂鉴于环保要求，选址通常距离居民区较远，在各项污染物排放达标的情况下，白烟对居民的视觉影响并不大，影响人群数量较少，没有设置烟气脱白的必要性。二是参考火电厂脱白工艺，无论采用加热还是冷凝后再加热的方法，所需的蒸汽和电能消耗较大，而垃圾发电厂由于垃圾热值较低，产生的蒸汽或发电量与燃煤电厂相比太小，不适合耗费大量蒸汽或电能再加热烟气。因此，垃圾电厂烟气脱白最重要的考虑因素有：投资运营成本和技术实用性。

除热源以外，垃圾发电烟气脱白方案主要受烟气净化工艺的影响。下面将对比介绍烟气净化工艺及配套烟气脱白的工艺技术路线。

**2 垃圾发电行业烟气净化工艺及烟气脱白技术方案**

2.1 常规烟气净化工艺

为满足现行的《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485—2014）要求，垃圾发电烟气净化的常规工艺为“SNCR（炉内脱硝）＋半干法脱酸＋干法脱酸＋活性炭吸附＋布袋除尘器除尘”。余热锅炉出口的烟气（约190 ℃）进入半干反应塔，进行第一步脱酸处理。消石灰通过制浆系统制成石灰浆，经过旋转雾化器与冷却水一同喷射在反应塔内。进入反应塔的烟气与高度雾化的石灰浆液接触，释放热量使水组分蒸发降低烟温，部分反应产生的飞灰（固相）与未反应的石灰在反应塔底部排除，大部分飞灰与烟气一起进入布袋除尘器排除。在半干反应塔和布袋除尘器之间的烟道内分别设置活性碳喷射系统及干粉（消石灰或氢氧化钠）喷射系统。活性碳用于吸附重金属、二噁英、呋喃、TOC等。喷入的消石灰干粉与烟气充分混合可辅助除去烟气中的酸性气体，未反应的物料在除尘器内继续与污染物进行反应。烟气进入袋式除尘器，前段工艺的反应产物（氯化钙、亚硫酸钙、硫酸钙等）与吸附污染物的活性炭及烟尘在通过滤袋时被分离出来。烟气离开布袋除尘器后，通过引风机增压送至烟囱排入大气，烟囱出口排放温度为130～150 ℃[3]。

根据项目实际运行经验，通过常规烟气净化工艺处理后的烟气，水蒸气含量和含尘量处于一个较低的水平，烟气温度处于较高水平，对白烟的产生作用有限，正常项目冬季或阴雨天气会有可见的白烟，但视觉上的影响并不明显。因此，新建及改造工程中不用考虑半干法＋干法工艺对白烟产生的影响，不必设置烟气脱白装置。但是如果地方标准或环保部门对白烟有特殊要求需要脱白，那么从工艺和经济角度考虑可选择进一步提高烟气温度和降低含尘度。由于目前运行的项目含尘度都能满足国家标准，且增加过滤面积在改造中的难度较大，所以提高烟气温度是最可行的方式。

在布袋除尘器后端增加一套SGH（蒸汽-烟气换热器）或电加热器是提高烟气温度最可行的办法。

（1）电加热：采用电加热方法将空气提高至所需求的温度，再将热空气送入烟道中与烟气混合，提升烟温。其主要设备为风道式电加热器，功率较大，具体根据加热器进出口烟温确定。电加热工艺的缺点是耗电量太大，大幅度提高了厂用电率，优点是设备简单，占地较小。

（2）蒸汽加热：布袋除尘器出口的烟气直接利用SGH（蒸汽-烟气换热器），提升烟温至所需温度。SGH的缺点是设备较复杂，占地较大，优点是可利用部分低品质蒸汽。

2.2 带湿法脱酸系统的烟气净化工艺

为满足越来越高的地方环保要求，部分项目使用了湿法脱酸工艺及SCR（选择性催化还原技术）脱硝工艺，布袋除尘器出口的烟气再进入SCR反应器和湿法反应器中进行脱硝和脱酸，然后排入大气。完整工艺为SNCR（炉内脱硝）＋半干法脱酸＋干法脱酸＋活性炭吸附＋布袋除尘器除尘＋湿法脱酸＋SCR脱硝。根据环保要求的不同，有的项目只增加了湿法工艺，多数项目在增加湿法的同时也增加了SCR脱硝系统，湿法工艺和SCR工艺的前后顺序会有变化[4]。

湿法工艺对烟气含水量的影响巨大，也是垃圾焚烧发电厂烟气脱白的主要研究对象。湿法处理系统出口排放温度约60 ℃，烟气湿度大，直接排到大气极易产生白烟。部分项目使用烟气直接加热方案，采用“GGH（烟气-烟气换热器）+SGH（蒸汽-烟气换热器）工艺”来提高烟气温度，出口烟气可先用GGH（烟气-烟气换热器）与湿法处理系统入口高温烟气换热，提高烟气温度，然后再通过SGH（蒸汽-烟气换热器）和蒸汽换热进一步提升烟气温度。但从本质上来讲，该方法只提高了烟气温度，并未减少烟气中的水分，湿度依然较大，因此需要提升至更高的温度来减少白烟产生。为此，部分项目使用了先冷凝再加热技术，在湿法处理系统出口设置换热器，继续降低烟气温度至45 ℃左右，在此过程中大量冷凝水析出，烟气中含水率大幅度降低，然后再通过“GGH（烟气-烟气换热器）+SGH（蒸汽-烟气换热器）工艺”提高烟气温度，这样可以大幅度减少白烟的产生。此系统在解决白烟产生的问题上有较好的效果，但缺点是设备较复杂，占地面积较大，对空间高度的要求比较高，且由于使用人为降温和人为升温的方式，人力成本太高，同时由于烟道较为复杂，阻力较大，也大大增加了引风机的耗电量。

**3 结语**

本文参考火电领域在烟气脱白经验，从经济、可靠的角度出发，针对垃圾焚烧发电领域的烟气脱白提出了两种技术框架设计思路：一是针对白烟视觉观感不太严重，实际污染物达到排放标准的项目，建议不设置脱白设施（主要针对使用半干法＋干法脱酸工艺的项目）。二是针对白烟视觉观感严重，实际污染物达到排放标准的项目，可以增加烟气再加热或冷凝再加热等设施，利用电厂产生的低品质蒸汽或较少电能，采用成熟技术或新技术协同治理的技术路线（主要针对使用湿法脱酸的项目），在考虑了经济投资、运行费用的基础上，最大限度地减少白烟排放。

本文针对垃圾焚烧发电领域的烟气脱白需求提出了以上建议，以减少设计及改造风险，促进烟气脱白系统在垃圾发电厂的有效应用，对垃圾发电厂烟气脱白工程的实践和应用具有一定的借鉴作用，对部分地区推动垃圾发电烟气脱白项目的顺利开展提供了参考。

[参考文献]

[1] 巩梦丹，尹华强.燃煤电厂锅炉烟气脱硫脱硝技术及展望[J].热电技术，2013（2）：1-4.

[2] 孙杰，白希尧，巴占忠，等.国外烟气脱硫脱硝新技术[J].环境科学与技术，1992（2）：31-36.

[3] 刘宝宣，翟力新，卜亚明，等.炉排型垃圾焚烧炉烟气净化工艺优化[J].中国环保产业，2016（5）：31-36.

[4] 赵联淼，龚燊.中国生活垃圾气化处理技术的应用[J].环境保护科学，2018（5）：110-116.