

欧洲纤维与刨花干燥及热压排气污染治理技术

周捍东¹, 丁涛¹, 林钟新², 周培国¹, 严传林²

(1. 南京林业大学材料科学与工程学院; 江苏省林业资源高效加工利用协同创新中心, 江苏南京 210037;

2. 大亚人造板集团有限公司, 江苏丹阳 212300)

摘要: 针对纤维板和刨花板在干燥和热压工段的大量气态污染物排放, 介绍欧洲人造板工业以湿式洗涤技术为基础的“洗涤-湿式静电-生物净化”和“洗涤-热解析-热氧化”两种净化系统, 阐述其工作原理和技术流程。

关键词: 欧洲; 纤维/刨花; 干燥; 热压; 排气; 治理技术

中图分类号: TS6 文章标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2016) 02-0033-04

Controlling Emissions from Fiber/Particle Drying and Hot Pressing of Wood-based Panels in Europe

ZHOU Han-dong¹, DING Tao¹, LIN Zhong-xin², ZHOU Pei-guo¹, YAN Chuan-lin²

(1. College of Wood Science and Technology; Jiangsu Co-Innovation Center for Efficient Processing and Utilization of Forest Resources, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Dare Wood Based Panel Group Co., Ltd., Danyang 212300, Jiangsu, China)

Abstract: The authors introduce two wet-scrubbing-based gas cleaning techniques applied in the European wood-based panel industry. One is “wet scrubbing-wet electrostatic precipitation (WESP)-biodegradation” system, and the other one is “wet scrubbing-desorption-thermal oxidization” system. The principals and technical processes of the both systems are presented.

Key words: Europe; fiber/particle; drying; hot-pressing; emissions; control technique

随着国家绿色制造发展战略的实施, 工业污染的排放标准日趋严格, 我国的人造板工业面临着前所未有的挑战, 通过技术与装备升级实现降污减排迫在眉睫。

纤维或刨花干燥与板坯热压工段, 是人造板工业排气污染的主要工段, 其排气为多相复合型污染物, 主要包括固体颗粒物(如木质粉尘、飞灰)、冷凝类颗粒物和气态污染物(如有机化合物、氮氧化物、碳氧化物等)。目前, 欧洲国家主要采用洗涤、

吸收、吸附、冷凝、湿式静电、生物技术、燃烧等净化方式。由于人造板制造原料来源与构成、生产工艺及装备技术水平的差异, 不同生产线排放污染物的组分、浓度及其排放总量亦存在差别, 采用单一净化方式难以达到最优减排效果。为此, 需根据污染排放源的排放特征和污染程度, 以主要污染物的排放总量和浓度控制为目标, 集成相关的净化处理技术。

针对木质颗粒具有较好润湿性的特点, 欧洲开发了以湿式洗涤技术为基础的工程化净化技术与设备, 并成功用于生产。其中两种较成熟的组合式净化技术“洗涤-湿式静电-生物净化”和“洗涤-热解析-热氧化”, 值得我国人造板企业借鉴。

收稿日期: 2016-02-23; 修改日期: 2016-02-26

基金项目: 江苏省林业资源高效利用协同创新中心; 江苏省企业研究生工作站资助项目。

作者简介: 周捍东(1960—), 男, 南京林业大学材料科学与工程学院教授。

1 洗涤-湿式静电-生物法

该净化方法的工艺流程如下:



纤维或刨花干燥排气经过喷水冷却,由喷淋洗涤或文氏洗涤器除去颗粒物,再通过湿式静电除尘器清除残留的更细微的颗粒物。对于冷却降温、洗涤除尘和湿式静电除尘(Wet Electronic Separator of Particle, WESP)的含污废水,经过滤除去固体颗粒物,吸收于水中的有机物可通过生物净化法处理。

WESP净化技术在欧洲19个国家的70余条人造板生产线上应用,对纤维、刨花和OSB刨花干燥的排气进行净化处理,处理后排气中粉尘排放平均浓度分别为处理后排气粉尘的排放平均浓度分别降为7、1~53和4~17 mg/Nm³;纤维干燥排气的有机化合总碳量(TOC)和甲醛的平均浓度,分别控制在4~227和2.6~14 mg/Nm³[1]。

图1为德国某公司开发的纤维或刨花干燥排气净化系统,由喷淋冷却、重力喷雾洗涤、湿式静电除尘、生物处理等子系统构成。

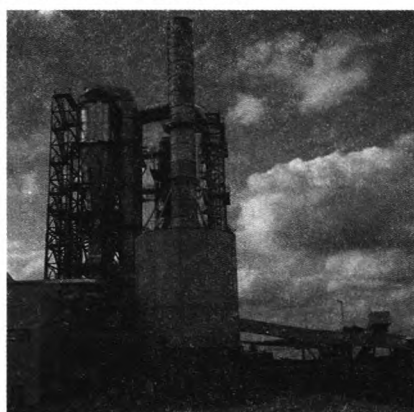


图1 纤维/刨花干燥排气净化系统应用实例

Fig.1 A wet scrubbing-WESP-biological cleaning system for wood fiber or particle drying emissions

图2为欧洲另一公司的定向结构刨花板(OSB)刨花干燥排气净化系统的示意图,可用于干燥能力为36 t/h、排气量为30万 m³/h的OSB生产线。

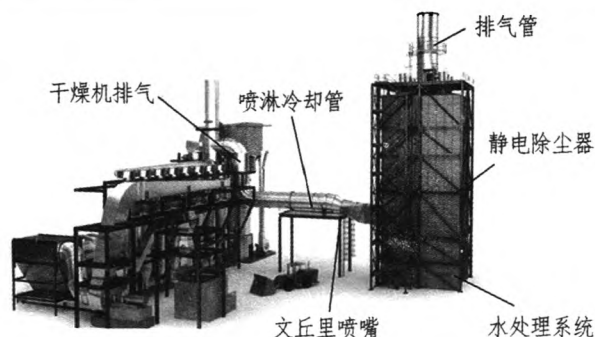


图2 OSB刨花干燥排气净化处理系统

Fig.2 A wet scrubbing-WESP-biological cleaning system for OSB particle drying emissions

1.1 冷却与洗涤

冷却是湿式洗涤除尘的重要环节,可在洗涤之前的排气管道内进行,即可采用多级环状喷淋管,也可采用文丘里管等。

洗涤净化对气态污染物有一定的选择性。在洗涤过程中,一部分有机物(如 α 和 β 萜烯类有机物)冷凝后凝结成微小液滴,或附着在固体颗粒物上;一部分水溶性有机物(醛类、酚类、酸类等)被水雾吸收,大量粉尘颗粒物被水滴捕集,连同凝结的有机物液滴和含有VOCs的过程水,收集于污水池。

欧洲对干燥与热压工段排气的洗涤主要采用3种方式:重力喷雾式、旋流式和文丘里式。

图3为德国某公司开发的两级喷淋干燥尾气净化系统。

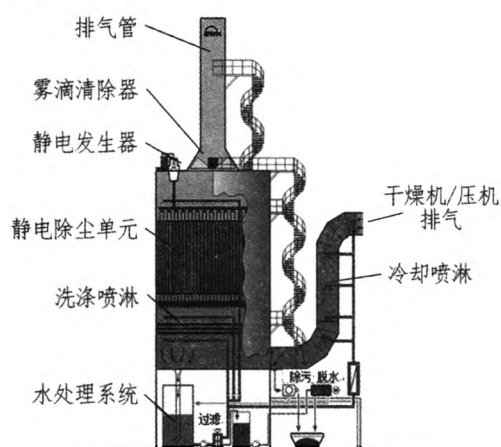


图3 “洗涤-湿式静电”净化塔

Fig.3 A two-stage wet scrubbing system

第一级喷淋设置在干燥用旋风分离器或压机排气管道的出口与净化装置连接的管道内,采用多组环形喷淋管喷淋的方式,对排气进行降温、粉尘与

挥发物的初步洗涤。第二级喷淋布置在洗涤静电净化塔内,进一步净化排气中的粉尘和 VOCs。这种喷淋洗涤方式的气流能量消耗为 0.2~1.5 kPa^[2], 10 μm 以上颗粒物的净化率可达 90%~95%^[3]。

图 4 是德国另一公司开发的低压损在线洗涤器。

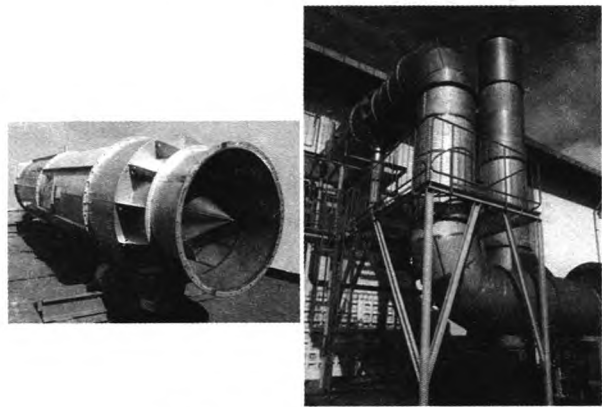


图 4 旋流式低压损洗涤器

Fig.4 Low pressure drop scrubber

该洗涤器水平式或垂直式安装,以水为洗涤液,用于捕集颗粒物和吸收排气中的水溶性挥发物,含污水由泵抽至沉淀容器,待后续净化处理。据悉,该洗涤器单台可处理 30 万 m³/h 的湿排气量,能够有效地控制细颗粒的排放,且对热压机排气中甲醛的处理尤为适合。净化后所排放的 VOCs 浓度,符合欧盟人造板产品工业排放最佳技术指导草案 (BAT Draft 07/2014) 中 10~100 mg/Nm³ 的规定。

图 5 所示是基于文丘里洗涤-旋风分离组合式的净化系统。洗涤液沿切向进入文丘里洗涤器,完成了对含尘气流的初级润湿和降温。在“喉管”处,

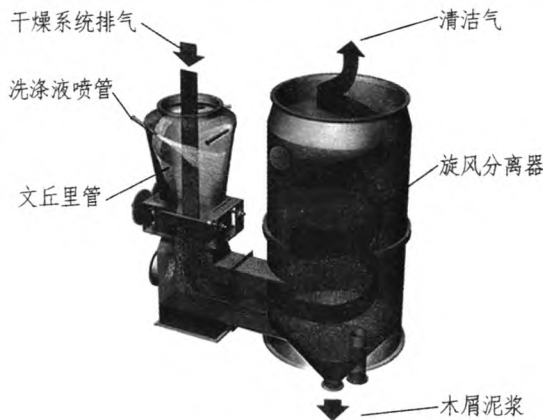


图 5 文丘里式洗涤系统

Fig.5 Venturi scrubber system

被高速气流进一步雾化的液滴,增加了与细微粉尘颗粒和 VOCs 的传质。细小的粉尘颗粒因吸湿增重,或在表面能的作用下,凝聚成粒径较大的颗粒团,有利于在后续惯性和离心作用下被捕集。这种洗涤方式气流的压力损失一般在 2.5~9.0 kPa^[2],对空气中粒径 1~6 μm 的木质粉尘颗粒物的净化效率近 99.5%, 0.5 μm 的细小颗粒的分离率超过 90%^[3]。

1.2 湿式静电技术 (WESP)

静电除尘是基于颗粒物在电离电场中被荷电,通过静电力作用将其清除。粒径在 1~10 μm 范围的细微颗粒物可以直接获得较强的分离动力,所消耗气流的能量相对较低。由于在常规工艺条件下,木质粉尘的比电阻一般在 10¹²~10¹⁴ Ω·cm,高于静电除尘适宜的阻值范围 10⁴~10¹¹ Ω·cm,因此,潮湿环境中的木质细微颗粒物,适合采用湿式静电除尘技术予以分离。

WESP 除尘器的净化机理与干式静电除尘器基本相同,阳极作为集尘级,在 86~130 kV 的静电场下,颗粒物被荷电,并被捕集在集尘极上,集尘极上的颗粒物定期通过水幕冲洗,从而达到使含污气体得到净化的目的。静电除尘器一般与湿式洗涤器联合使用,对于粒径 0.6~10 μm 固体及液态颗粒物的净化效率为 90%~95%,流体阻力仅为 50~130 Pa,但设备投入相对较高。

湿式静电除尘技术于 20 世纪 90 年代用于刨花干燥排气净化^[4],目前在欧洲纤维板和刨花板生产线中占有相当的比重。实际排气中粉尘的浓度可控制在 7~53 mg/Nm³^[1],净化效果总体优于旋风分离类和湿式除尘器,尤其适用原料来源多样的刨花。

1.3 水处理技术

对于洗涤和静电除尘产生的含污废水,首先采用沉淀、筛滤等方式去除其中的悬浮物,再通过生化方法,如生物滤塔和活性污泥等,对废水中的有机物进行净化处理。利用微生物分解有机物来降解有机碳化合物,碳被细菌的细胞膜吸收并与氧气结合,最终以 CO₂ 的形式释放;产生的淤泥经脱水后,进行焚烧或回收处理,而处理后的过程水则可循环使用。水处理涉及悬浮物清除、水质净化等,且吸附法、生物滴滤、光照催化等净化方式^[5]可适合不同类型 VOC。

2 洗涤-热解析-热氧化法

以洗涤-热解析-热氧化为技术路线的处理系统,如图6所示。

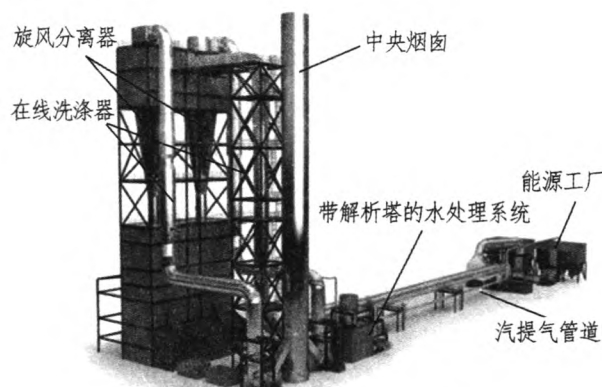


图6 纤维干燥排气净化处理系统

Fig.6 A wet scrubbing-desorption-thermal oxidation system for fiber drying emissions

图7为系统工艺流程:以水为洗涤液,纤维干燥排气先由旋流式在线洗涤器,除去较粗的颗粒物,同时,排气中的水溶性有机物被洗涤液吸收。含污废水经过滤除去悬浮物后,被输送至解析塔进行热解析,含有VOCs的气体再送至热能中心焚烧。

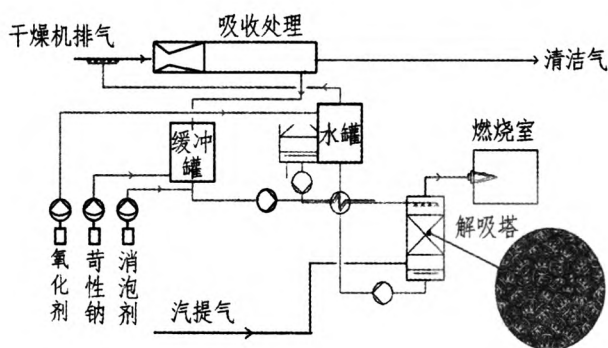


图7 洗涤-热解析-热氧化系统及处理流程

Fig.7 Schematic diagram of wet scrubbing-desorption-thermal oxidation system

该方案中,洗涤可采用旋流式在线低压损洗涤方式(图4),被水吸收的有机物通过热解析使其从水中解析,解析后含有VOCs的气体采用热氧化的方式焚烧处理。

2.1 热解析

图8为含污废水中有机物清除的热解析系统。以热空气作为解析介质,气液两相在塔内的填料层相互接触,含有机物的废水从解析塔的顶部喷淋,

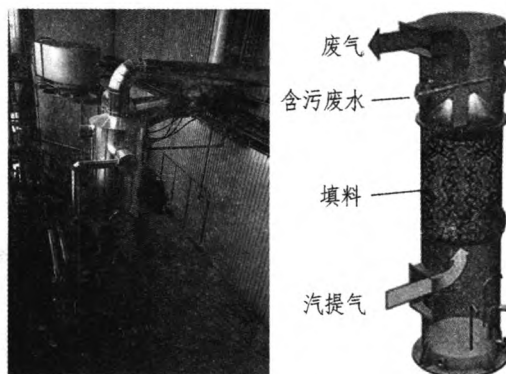


图8 废水有机物解析装置

Fig.8 Stripper for water cleaning

空气在填料层中与废水充分接触。废水中的有机物通过加热而蒸发析出,从而将其中的VOCs解析,解析后的气体送至热能中心进行焚烧处理。

2.2 氧化技术

2.2.1 蓄热式热力焚烧(RTO)

蓄热式热力焚烧(Regenerative thermal oxidizer, RTO),是通过在788~871℃温度下燃烧^[6],将空气中VOCs氧化分解成为水和CO₂。该技术适合用于其他方式难以处理的有机废气,或浓度较高、流量不太大的排气。目前,在欧盟仅一条人造板生产线采用该技术,对VOCs和CO的除净率分别98%和100%,净化后排气中的甲醛、非甲烷挥发性有机化合物(NM VOC)和颗粒物的浓度分别降为0.11、1.4和2.2 mg/Nm³^[1]。

2.2.2 蓄热式催化焚烧(RCO)

蓄热式催化焚烧(Regenerative catalytic oxidizer, RCO)是在催化的条件下,通过燃烧,对空气中VOCs氧化分解。由于RCO采用催化,有机物发生分解的温度可降至316~538℃^[6],相对RTO而言,其直接耗能减少。

3 展望与建议

各种净化技术均有其针对性、适应性,且设备投入的成本和运行费用大不相同。我国人造板企业应根据生产线的实际排放特征,选择经济、适宜的净化技术及集成,实现排气净化、污染减控的目的。

致谢:德国迪芬巴赫公司、辛北尔康普公司提供图片。

(下转第40页)

4.2 生产污染治理的装备改造

人造板生产过程中水污染、噪音污染的治理已经有较多的实践和丰富的经验。近年来国家重视生态建设,重点是对大气污染物的排放要求更加严格。

4.2.1 纤维、刨花干燥后尾气的治理

纤维、刨花干燥后是依靠高效旋风分离器将气物分离的,高效旋风分离器的除尘效果取决于进口流速和分离器的结构参数设计。为了适应更严格的环保要求,对现有装备的改造升级十分必要。目前治理干燥尾气的方式有:

1) 静电除尘+水沫除尘。

这种方式早在20世纪90年代在美国工厂采用,效果很好,但增加了循环使用污水的处理,投资大,运行成本亦较高。

2) 增加二级除尘系统。

将干燥旋风分离器的尾气再引入到一套专门设计的小型旋风分离器中,二次分离,对降低排气中固体颗粒物有明显的效果,但不能降低甲醛含量。

3) 水淋式除尘+水处理。

将干燥尾气转向地面,经过几道水喷淋后,再从中间排气道向上排出。目前改造后的运行情况来看,对降低尾气中固体颗粒物的含量和游离甲醛的含量都有较好的效果;但是,循环使用的喷淋水有酸化的倾向,间隔一段时间需加碱中和;污水中的固有物,需经过离心脱渣机分离。这种改造方式的施工和运行成本相对较低,但是还需反复测试,进一步改进,才能达到完美成效。

4.2.2 压机废气处理

1) 多层压机的排气,主要成份是干纤维、粉尘、水蒸气、游离甲醛,一般经车间顶部向外排放,随着环保标准的提高,这部分废气也必须治理。

两种治理途径:一是引入到干燥尾气一并处理;另一途径是引入到能源中心。后者需考虑排气风机的风量,应比能源工厂一次风机风量小20%~30%。

2) 连续平压法生产线压机卸压出板时排出的废气,成分比多层压机的废气更复杂,还增加了钢带和链辊润滑油在高温下的挥发物。

目前对连续平压法生产线的压机废气治理也有两种方式:一是采用湿法处理系统,使废气通过风机抽出、经旋风分离器除尘、再经湿法处理。水经脱渣处理循环使用,洁净后的气体排出,这种方法去渣效果较好,但排气尚不能完全除尽;另一种是通过风机抽吸,再输入能源工厂一次风机的进风口,只要风机配套与输送管路设计合理,效果理想。这类废气也包括制胶过程的废气,进入能源中心是最理想的选择。

5 结语

技术创新是企业转型升级的根本,而设备的技术改造是其中重要的技术手段。对于目前尚不能兴建新一代先进装备生产线的企业,可积极地通过技术局部改造,或针对性地改造升级落后装备,以适应市场的需求,实现清洁生产。

(责任编辑 向琴)

(上接第36页)

参考文献:

- [1] European IPPC Bureau, Best Available Techniques Reference Document for the Production of Wood-based Panels [M]. Seville: European IPPC Bureau, 2013.
- [2] 张殿印,张学义. 除尘技术手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2002:19-21.
- [3] Paul Beauchemin, Martin Tampier. Emissions and air pollution controls for the biomass pellet manufacturing industry[C]//Reference ITQ Number: 12/01/2008. Envirochem Services Inc. Vancouver, 2010.
- [4] 那振鹏. 刨花干燥机污染控制技术[J]. 木材加工机械, 1996(3): 2-4.
- [5] Morton R, Bao M, Ackman P, et al. Comparison of different bio-trickling filter technologies for treating air from wastewater treatment facilities[C]// WEF/A&WMA Odors and Air Emissions 2004, Specialty Conference, Bellevue, WA, United States, 2004: 571-586.
- [6] EPA: AP 42, Compilation of air pollutant emission factors, Volume 1: Stationary point and area sources (Fifth Edition)[M]. Research Triangle Park: US Environmental Protection Agency, 2002.

(责任编辑 向琴)

本刊网站(投稿): mcgy.criwi.org.cn 微信公众号: mucaigongye