

· 创新与探索 ·

江苏省胶合板行业甲醛污染特征及排放系数

沈达¹, 周飞², 杨振亚¹

(1. 江苏省环科院环境科技有限责任公司, 江苏 南京 210019;

2. 江苏省环境科学研究院, 江苏省环境工程重点实验室, 江苏 南京 210036)

摘要:以年产量超过 10 000 m³ 的生产企业为研究对象, 采用现场调研与采样检测相结合的方法, 分析江苏省胶合板行业甲醛污染特征和排放系数。筛选 60 家典型企业, 计算其甲醛排放系数 R 值(甲醛/胶粘剂)和 K 值(甲醛/产值)两个指标, 结果表明, 该省胶合板企业 R 均值为 0.001 65 kg/kg, K 均值为 0.46 kg/万元。使用酚醛树脂胶的胶合板经济附加值最高, 且对大气环境更友好, 脲醛树脂胶的甲醛排放系数最高, 应逐步减少使用。

关键词: 胶合板; 甲醛; 污染特征; 排放系数; 江苏省

中图分类号: X511

文献标志码: B

文章编号: 1006-2009(2021)05-0056-04

Pollution Characteristics and Emission Coefficient of Formaldehyde from Plywood Industry in Jiangsu

SHEN Da¹, ZHOU Fei², YANG Zhen-ya¹

(1. Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210019, China;

2. Jiangsu Key Laboratory of Environmental Engineering, Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract: The pollution characteristics and emission coefficient of formaldehyde from plywood industry in Jiangsu were studied by site investigation combined with sampling and detection, taking the production enterprises with an annual output of more than 10 000 m³ as the research objects. Formaldehyde emission coefficient R value (formaldehyde/adhesive) and K value (formaldehyde/output) were calculated from 60 typical enterprises selected. The results showed that the mean of R value was 0.001 65 kg/kg, the mean of K value was 0.46 kg/(ten thousand yuan). Plywood with phenolic resin adhesive had the highest economic value added and was more friendly to atmosphere. Urea-formaldehyde resin adhesive had the highest formaldehyde emission coefficient, which should be used less gradually.

Key words: Plywood; Formaldehyde; Pollution characteristics; Emission coefficient; Jiangsu Province

胶合板是由木块旋切成单板或由木方刨切成薄木, 再用胶粘剂和辅料热压成多层的板状材料, 其污染物单一, 主要为甲醛和苯酚, 其中又以甲醛为绝对污染物^[1-2]。江苏邳州、山东临沂、广西贵港和福建漳州是全国 4 大胶合板生产基地^[3-4]。虽然我国出台了一些人造板行业标准和规范^[5-7], 但针对胶合板胶粘剂的主要污染物甲醛目前仍然缺少适用的大气排放标准。今以江苏省胶合板行业为研究对象, 分析其甲醛污染特征和排放系数。

1 江苏省胶合板行业概况

国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录(2019 年本)》将生产能力在 10 000 m³/a 以下的胶合板生产项目列入限制类^[8]。江苏作为全国第二大胶合板生产省份, 大

收稿日期: 2020-08-20; 修订日期: 2021-07-16

基金项目: 国家重点研发计划专项基金资助项目 (2018YFC0213803, 2016YFC0209200)

作者简介: 沈达(1989—), 男, 江苏常州人, 工程师, 硕士, 研究方向为有机废气治理。

部分产能集中在徐州,少量产能分布在宿迁和苏州。宿迁作为徐州辐射地区,有部分小规模胶合板企业,苏州家具品牌较多,拥有一些配套的胶合板企业。以徐州为例,2018年前该市拥有胶合板企业超过3 000家,大多以乡镇个体经营为主,规模以上企业不足300家,配备废气处理设施的企业占比不足10%。自2018年起,江苏省陆续关闭了1 500余家胶合板企业,现有成规模企业不足300家。

2 研究对象与数据来源

以年产量超过10 000 m³的胶合板生产企业为研究对象,在徐州和苏州两地开展调研,内容包括企业的工况产能、原辅料使用情况、废气治理情况、排气筒进出口监测报告和生产总值,并对主要胶粘剂采样检测,以此为依据分析江苏省胶合板行业甲醛污染特征和排放系数。

3 排放系数建立方法

借鉴相关行业VOCs排放系数研究方法^[9-15],筛选出60家典型企业,采用R值(甲醛/胶粘剂)和K值(甲醛/产值)两个指标衡量胶合板行业甲醛排放特征,以此反映胶粘剂和胶合板行业状态水平和环保附加负担。

R值(kg/kg)计算公式为:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times a + B_i \times b + C_i \times c)}{\sum_{i=1}^n (A_i + B_i + C_i)} \quad (1)$$

式中: A_i 、 B_i 、 C_i 分别为企业*i*三聚氰胺树脂胶、脲醛树脂胶、酚醛树脂胶的年用量,kg; n 为企业数量; a 、 b 、 c 分别为企业*i*三聚氰胺树脂胶、脲醛树脂胶、酚醛树脂胶中甲醛质量分数,%。

K值(kg/万元)计算公式为:

$$K = \frac{G \times R}{S \times W} \quad (2)$$

式中: G 为被调研企业胶粘剂年用量,kg; S 为被调研企业胶合板年产量,m³; W 为被调研企业胶合板总产值,万元/m³。

每m³胶合板的胶粘剂用量*P*值(kg/m³)计算公式为:

$$P = \frac{G}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i + B_i + C_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (3)$$

4 结果与讨论

4.1 胶合板行业污染特征

胶合板生产主要涉及旋切干燥、分拣拼接、涂胶、组坯预压、热压、冷却、裁边砂光和覆膜8大步骤,其中挥发性有机物(VOCs)排放来自涂胶、热压和冷却3个工段的胶粘剂挥发^[16]。目前所使用的胶粘剂大多为三聚氰胺树脂胶、脲醛树脂胶和酚醛树脂胶,以前两者为主。由制胶工艺可知,其排放的VOCs污染物主要为甲醛和苯酚,其中又以甲醛为主,来源包括:①制备树脂胶时未反应的游离甲醛;②热压固化时羟甲基或亚甲基醚键断裂释放的甲醛;③已经固化的树脂胶在使用过程中胶层老化释放的甲醛。在胶合板制作工业中,排放到大气中的甲醛主要是前两个来源^[17-18]。

4.2 胶合板行业VOCs治理现状

江苏省胶合板行业经过几年的大气污染专项整治,其废气收集和处理措施完成了从无到有、从单一处理工艺到组合处理工艺的转变过程。然而,与技术规范要求的收集和处理效率达到90%,以及无组织排放控制标准规定的技术要求相比仍有一定差距。

通过对被调研企业工艺详查可知,热压温度为110℃~130℃,热压时间为0 min~50 min,冷却时间在2 h以上,所有企业均对热压工段废气进行了收集,部分企业对涂胶工段废气进行了收集,而少有企业对冷却工段的胶合板进行废气收集。对人造板热压过程中板坯内部环境、传热过程、甲醛释放规律等的相关研究表明,板材在热压进入冷却后虽然表面温度降低,但板坯内温度仍然较高,在此过程中会散发大量甲醛^[19-28]。因此,现有企业均存在废气收集不到位的问题。

对60家企业VOCs净化技术的调研结果表明,采用UV光氧化技术30家,占比50%,平均去除率25%;采用活性炭技术10家,占比17%,平均去除率23%;采用低温等离子技术8家,占比13%,平均去除率30%;采用水喷淋+UV光氧化技术6家,占比10%,平均去除率57%;采用活性炭+CO技术4家,占比7%,平均去除率29%;采用水喷淋技术2家,占比3%,平均去除率36%。大部分企业以单一处理技术为主,且末端处理率低,整体去除效率不足30%。理论上UV光氧化和低温等离子技术对甲醛等小分子具备一定的处理能力,导致目前去除率低的原因在于企业大部分设

备多为摆设,或者设备选型不对、停留时间不足等。对于活性炭吸附而言,由于其孔径大于甲醛分子直径,且甲醛易挥发,因而单一的活性炭处理技术难以达到去除甲醛的目的。水喷淋技术虽然有一定的效果,但以水为吸收剂时需要不断补充新鲜水,产生的废水需要处理,而多数企业未配套废水处理设施,吸收塔长期循环不更换也会导致处理工艺很快失去原有的吸收效果^[29]。

分析造成上述情况的原因,主要包括以下三点:一是对胶合板特征污染物及产排污环节的认识不清;二是胶合板工艺简单,附加值低,而环保处理成本高,企业难以加大环保投入;三是管理部门缺乏专业的环保人员,同时也缺少配套的市政设施。

4.3 胶合板行业甲醛排放系数

采用国标方法^[30]检测各类胶粘剂样品中的甲醛,结果表明,脲醛树脂胶甲醛质量分数总体较高,为0.15%~0.33%,三聚氰胺树脂胶和酚醛树脂胶甲醛质量分数较低,为0.04%~0.17%。以环保等级E1级的胶粘剂为例进行价格分析,脲醛树脂胶、三聚氰胺树脂胶、酚醛树脂胶均价分别为2 200元/t、2 600元/t、5 000元/t。根据公式(1),结合收集的被调研企业相关数据,计算得到江苏省胶合板行业甲醛排放系数 R 值,见表1。

表1 江苏省胶合板行业甲醛排放系数 R 值
Table 1 Formaldehyde emission coefficient R value of plywood industry in Jiangsu Province

企业类别	企业数量 n /家	用胶比例 ^①	$R/(\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$
年产量 10 000 m^3 ~ 20 000 m^3	20	6:3:1	0.002 02
年产量 20 000 m^3 ~ 30 000 m^3	29	3:5:2	0.001 65
年产量 30 000 m^3 以上	11	2:6:2	0.001 54
行业总体	60	3:5:2	0.001 65

①为脲醛树脂胶、三聚氰胺树脂胶、酚醛树脂胶质量比。

虽然脲醛树脂胶游离甲醛含量较其他树脂胶更高,但是小产能胶合板企业为了更好地控制成本,更加偏向于使用脲醛树脂胶。胶合板行业VOCs的主要来源是甲醛,甲醛主要来自胶粘剂,通过 R 值可以了解该行业单位甲醛排放量,并得知原辅料的选择与VOCs产生量有着直接关系。

胶合板标准尺寸为2 440 mm × 1 220 mm × 18 mm,在实际生产中不同类型的胶粘剂会配合使用不同比例的面粉,以节省成本。目前单张胶合板

价格为110元~150元,1 m^3 板材根据厚度可折算为18~22张胶合板。由于胶合板的种类和外形尺寸较多,今以标准胶合板为基准,折算成行业统一规定的“标准方”单位,根据公式(2)和(3)计算得到每 m^3 胶合板的胶粘剂用量 P 值和甲醛排放系数 K 值。结果表明,三聚氰胺树脂胶、脲醛树脂胶、酚醛树脂胶的 P 值和 K 值分别为66 kg/m^3 和0.41 $\text{kg}/\text{万元}$ 、68 kg/m^3 和0.78 $\text{kg}/\text{万元}$ 、54 kg/m^3 和0.20 $\text{kg}/\text{万元}$,行业均值分别为63 kg/m^3 和0.46 $\text{kg}/\text{万元}$ 。三聚氰胺树脂胶和脲醛树脂胶的 P 值接近,酚醛树脂胶的 P 值和 K 值均最低。

综上所述可知:①三聚氰胺树脂胶与脲醛树脂胶在单位用胶量接近的情况下,前者对大气环境更友好;②虽然酚醛树脂胶的价格高于另两种树脂胶,但用其生产的胶合板经济附加值最高,且甲醛排放系数最低。

5 结论

(1)江苏省现有胶合板行业以乡镇企业为主,环保配套设施不齐全,大多采用UV光氧化、活性炭和低温等离子技术等单一末端处理工艺,VOCs整体去除效率不足30%。

(2)胶合板行业甲醛排放系数 R 均值为0.001 65 kg/kg , K 均值为0.46 $\text{kg}/\text{万元}$ 。使用酚醛树脂胶的胶合板经济附加值最高,且对大气环境更友好。三聚氰胺树脂胶与脲醛树脂胶在单位用胶量接近的情况下,前者的甲醛排放量更低。

(3)企业应从源头减少甲醛排放量,建议逐步淘汰脲醛树脂胶等游离甲醛含量高的胶粘剂,更多采用酚醛树脂胶和其他更环保的改性胶粘剂。

[参考文献]

- [1] SHIN S H, JO W K. Volatile organic compound concentrations, emission rates, and source apportionment in newly-built apartments at pre-occupancy stage[J]. Chemosphere, 2012, 89(5): 569-578.
- [2] LEE Y K, KIM H J. The effect of temperature on VOCs and carbonyl compounds emission from wooden flooring by thermal extractor test method[J]. Building and Environment, 2012, 53(7): 95-99.
- [3] 吕柳. 我国胶合板产业集群演化机理与发展模式研究[D]. 南京:南京林业大学, 2012.
- [4] 毛秋芳, 吴盛富. 我国胶合板行业现状分析[J]. 中国人造板, 2015(2): 1-5.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准

- 化管理委员会. 室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量: GB 18580—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [6] 环境保护部. 环境标志产品技术要求 胶粘剂: HJ 2541—2016[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2016.
- [7] 环境保护部. 环境标志产品技术要求 人造板及其制品: HJ 571—2010[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [8] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 产业结构调整指导目录(2019年本) [EB/OL]. (2019-11-06) [2020-08-05]. <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/fzggwl/201911/W020200107571958248796.pdf>.
- [9] 薛鹏丽, 孙晓峰, 邵霞, 等. 北京市家具制造业涂料应用过程挥发性有机物排放现状及未来趋势[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(2): 236-239.
- [10] 姚轶, 王浙明, 何志桥, 等. 浙江省木制品行业挥发性有机物排放特征及排放系数[J]. 环境科学, 2016, 37(11): 4080-4085.
- [11] 鲁君. 典型石化企业挥发性有机物排放测算及本地化排放系数研究[J]. 环境污染与防治, 2017, 39(6): 604-609.
- [12] 王家德, 吕建璋, 李文娟, 等. 浙江省包装印刷行业挥发性有机物排放特征及排放系数[J]. 环境科学, 2018, 39(8): 3552-3556.
- [13] 刘利军, 谢莹, 韩强, 等. 山西省典型炼焦企业化工工段挥发性有机物排放特征及臭氧生成潜势[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(11): 1278-1285.
- [14] 徐佳琦, 王浙明, 宋爽, 等. 浙江省合成革行业挥发性有机物污染特征及排放系数[J]. 环境科学, 2019, 40(8): 3463-3469.
- [15] 黄燕娣, 赵寿堂, 胡盼. 室内人造板材制品释放挥发性有机化合物研究[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 38-40.
- [16] 杨小妮, 尚旭光, 徐扬帆, 等. 通风速率及源项特性对室内甲醛扩散规律的影响[J]. 环境监测管理与技术, 2020, 32(2): 17-21.
- [17] 池东. 人造板材甲醛释放规律研究[D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [18] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 人造板工业污染物排放标准(征求意见稿) [EB/OL]. (2015-10-15) [2020-08-05]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201510/t20151016_315081.htm.
- [19] 杨叶, 李立清, 马卫武, 等. 相对湿度、温度对胶合板甲醛释放的影响[J]. 中国环境科学, 2016, 36(2): 390-397.
- [20] 张寅平, 钱科, 王新轲, 等. 温度对建材中可散发甲醛含量的影响[J]. 工程热物理学报, 2008, 29(7): 1171-1173.
- [21] 刘正添, 王洁瑛, 于辉. 影响刨花板热压传热过程因素的研究[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(2): 64-71.
- [22] 于志明, 吴娟, 陈天全, 等. 人造板热压过程中板坯内部环境的研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(5): 80-84.
- [23] 陆靖洲. 人造板及木质地板甲醛和总挥发性有机物释放规律[J]. 木材工业, 2016, 30(6): 27-30.
- [24] XIONG J, ZHANG Y. Impact of temperature on the initial emittable concentration of formaldehyde in building materials: Experimental observation[J]. Indoor Air, 2010, 20(6): 523-529.
- [25] XIONG J Y, LIU C, ZHANG Y P. A general analytical model for formaldehyde and VOC emission/sorption in single-layer building materials and its application in determining the characteristic parameters[J]. Atmospheric Environment, 2012, 47: 288-294.
- [26] XU J, ZHANG J S. An experimental study of relative humidity effect on VOCs' effective diffusion coefficient and partition coefficient in a porous medium[J]. Building and Environment, 2011, 46(9): 1785-1796.
- [27] 齐从亮. 人造板甲醛释放规律、机理及处理方法研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2015.
- [28] SIAU J F. 木材传热传质过程[M]. 肖亦华, 滕通谦, 郭焰明, 译. 北京: 中国林业出版社, 1989: 86-112, 165-181.
- [29] 孟凡飞, 王海波, 刘志禹. 工业挥发性有机物处理技术分析与发展[J]. 化工环保, 2019, 39(4): 387-395.
- [30] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 木材工业胶粘剂用脲醛、酚醛、三聚氰胺甲醛树脂: GB/T 14732—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

· 征订启事 ·

欢迎订阅 2022 年《环境监控与预警》杂志

《环境监控与预警》是经中华人民共和国新闻出版广电总局批准, 由江苏省生态环境厅主管、江苏省环境监测中心主办、南京大学环境学院和江苏省环境监测协会共同协办的期刊。期刊面向全国公开发行, 国内统一刊号 CN 32-1805/X, 国际标准刊号 ISSN 1674-6732。本刊致力于传播和推广先进的环保科技成果, 聚焦环境前沿科技, 介绍国内外环境监测、环境预警、环境信息等领域的新技术、新成果、新发展, 跟踪国家及地方的环境政策、环境标准的变化。读者对象主要是从事环境管理、环境监测、环境监察、环境信息、环境治理、环境科学研究及其他领域的环境工作者。常设栏目有: 前沿评述、环境预警、监测技术、解析评价、监管新论等。

本刊为双月刊, 大 16 开国际标准版, 64 页, 每逢单月 30 日出版。国内定价(含邮费)35 元/期, 全年 210 元。

订阅方法: 1. 邮局订阅: 邮发代号: 28-414。2. 自行订阅: 汇款后将回执单 E-mail 至联系人: 朱滢; 电话: 025-69586548; 邮箱: hjjkyj@163.com; 电子版回执单下载地址: <http://www.hjjkyj.com>。

汇款信息: 单位名称: 江苏省环境监测协会; 开户行: 中行凤凰花园城支行; 账号: 523558192511。