

木质家具制造产生的粉尘及挥发性有机物分析

袁纳新¹, 张具武¹, 孙平², 刘晖³, 麦志宏⁴

(1. 华南农业大学, 广东广州 510642; 2. 江门健威家具装饰有限公司, 广东省江门 529040;
3. 仲恺农业工程学院, 广东省广州 510225; 4. 广州市海珠区环境监测站, 广东省广州 510225)

摘要: 对木质家具制造产生的粉尘及涂饰工段的挥发性有机物(VOCs)进行监测分析, 结果表明: 机械加工方式下产生的粉尘浓度远低于半机械及手工加工, 砂磨粉尘中含有游离二氧化硅, 刮灰层和漆层砂磨粉尘含铅和镉; 在涂饰工段, TVOC的浓度因涂饰方式、工况、工序不同而存在差异。建议: 尽快制订职业接触木粉尘限值标准, 针对不同的加工方式、生产工序, 提出相应的技术要求; 企业安装水帘降污系统, 以有效降低作业环境的VOCs排放。

关键词: 木质家具制造; 粉尘; 挥发性有机物

中图分类号: TS68; X513 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2014)06-0024-04

Dust and Volatile Organic Compound Emissions during Wood Furniture Manufacturing

YUAN Na-xin¹, ZHANG Ju-wu¹, SUN Ping², LIU Hui³, MAI Zhi-hong⁴

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;
2. Jiangmen Kinwai Furniture & Decoration Co. Ltd., Jiangmen 529040, Guangdong, China;
3. School of Environmental Science and Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering,
Guangzhou 510225, Guangdong, China; 4. Haizhu Environmental Quality Monitoring Station,
Guangzhou 510225, Guangdong, China)

Abstract: The authors made an investigation on dust and volatile organic compounds (VOCs) produced during wood furniture manufacturing. The results showed that the total dust concentration during mechanical processing was lower than that produced during semi-mechanical and handwork processing. Sanding resulted in a certain amount of free silica in addition to wood dust. There were heavy metals such as Lead (Pb) and Cadmium (Cd) in the dust from putty sanding and painting. Total volatile organic compound emissions depended on painting method and procedures. It was suggested that occupational exposure limits of dust be established for wood furniture manufacturing and spray chamber, ventilation installation and gas-cleaning facilities should be used to effectively cut down TVOCs concentrations.

Key words: wood furniture manufacturing; dust; VOCs

收稿日期: 2014-05-04; 修改日期: 2014-09-21

基金项目: 广东省地方标准资助项目“木质家具清洁生产规范”(2010-DB-11)。

作者简介: 袁纳新(1961—), 女, 华南农业大学副教授, 博士。

木质家具制造业是劳动密集型传统制造行业, 在锯切、铣削、刨削、钻削、涂饰、磨削等生产工序中, 都会产生大量的粉尘。这些粉尘成分复杂, 形状细小,

严重污染车间空气,甚至引起爆炸和火灾,排入大气还会污染周边环境^[1-2]。

粉尘可分为两大类:1)木粉尘质量轻、形状细且柔韧,易附着在人体黏膜和皮肤上,引起呼吸道病症和皮肤病,有的木粉尘还会引起鼻咽癌^[3-4];2)刮灰粉尘或漆尘,因颜料成分,决定了其中亦含有一定量的铅、镉、铬、砷等重金属,而砂光磨料粉尘的主要成分二氧化硅,可致工人职业病^[5-7]。挥发性有机物(Volatile organic compounds, VOCs)是指在家具表面涂刷油漆、漆膜干燥的过程中产生的苯系物等,长期接触可引起慢性中毒等^[8-10]。

为推进木质家具制造企业高毒物质危害治理,国家安全监管总局颁发了“安监总安健〔2010〕111号”文,并组织检测机构对 10 个省(区)的 85 家木质家具制造企业内部高毒物质危害场所进行了总粉尘,及苯、甲醛等挥发性有机物 VOCs 浓度的监测和调研。笔者对各加工工段产生的粉尘,及粉尘中的二氧化硅、重金属,以及涂饰加工过程产生的 VOCs 进行了监测与分析,旨在改进木质家具生产方式和降污净化系统,科学评价木质家具生产环境,提供参考。

1 样品采集

1.1 采样站点

在广东珠江三角洲地区,选择 3 家木质家具制造企业。3 家企业的主要加工设备包括:开料机、推台锯、排钻机、加工中心装备、砂光机等,均配备较完善的粉尘收集和处理系统,喷涂车间均配备完善的水帘降污装置;生产正常,设备运行良好。

3 家企业的装备差别在于:企业 A 在喷涂车间安装有通风净化系统,砂磨工作台安装有吸尘装备;企业 B 和企业 C 在喷涂车间均未安装净化通风系统,砂磨工作台也未安装吸尘装备。

1.2 样品采集

1.2.1 粉尘采样

在企业 A 采样。按 GBZ 159-2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》规定,确定采样点和样品采集。

粉尘采样装置为国产 CCZ-20A 防爆粉尘采样器和 KC-120 智能中流量 TSP 采样器,并按每类加工设备或加工工序设置采样点,每个采样点采样 3 个,

累积采样时间 8 h,共 45 个样品。此外,在底漆砂磨工段采集粉尘样 1 个,采集时间 3~4 h,用于测定重金属含量。

1.2.2 VOCs 采样

为考察喷涂作业地点净化通风系统运行效果,同时在 3 家企业进行采样。

采用英国产 PPM HTV 甲醛仪,实时监测甲醛浓度;美国产 PGM-7360 苯检测仪,实时监测苯系物浓度;美国产 PGM-7340 VOC 检测仪,实时监测总挥发性有机物(Total volatile organic compounds, TVOC)浓度。选择正常作业和间歇休息两种情况监测,并在数据稳定后记录。

1.3 检测方法

1) 粉尘

① 总浓度 按照 GBZ/T 192.1-2007《工作场所空气中粉尘测定 第 1 部分:总粉尘浓度》测定,以 GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》规定的 8 h 工作时间加权平均浓度(Time weighted average, TWA) 进行计算;

② 游离二氧化硅含量 按 GBZ/T 192.4-2007《工作场所空气中粉尘测定 第 4 部分:游离二氧化硅含量》中焦磷酸法进行检测;

③ 可溶性重金属含量 按 GB 18584-2001《室内装饰装修材料木家具中有害物质限量》,对样品及空白对照样品进行消解处理,再分别采用美国产 220FS 火焰原子吸收光谱仪和 710-ES 电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES),测定可溶性铅、镉、铬、砷、汞。

2) VOCs 包括甲醛、苯系物及 TVOC,按 GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》要求,在油漆涂饰作业及非作业时段,对作业环境中的 TVOC、甲醛及苯系物浓度进行检测。

2 结果与分析

2.1 粉尘

2.1.1 总浓度

检测结果列于表 1。表 1 中同时列出 GBZ 2.1-2007 规定的木粉尘职业接触限值(Occupational exposure limits, OELs),以时间加权平均容许浓度(Permissible concentration-time weighted average, PC-TWA)和超限倍数表示。

表 1 粉尘总浓度及其中游离二氧化硅含量

Tab. 1 Total dust concentrations and free silica contents

加工方式	采样点	TWA/ (mg·m ⁻³)	游离二氧化硅 含量/%
机械加工	自动开料机	2.0	4.8
	推台锯	2.7	
	排钻机	2.1	
	CNC 加工中心	1.8	
	1# 砂光机	6.4	
	2# 砂光机	4.4	
半机械加工	手提刨机	8.7	
	手提砂磨机	8.4	
手工加工	1# 白坯砂磨	8.4	8.0
	2# 白坯砂磨	6.3	
	刮灰层砂磨	5.3	7.1
	1# 底漆层砂磨	4.7	7.4
	2# 底漆层砂磨	4.9	8.2
	1# 漆膜修整	4.4	6.7
	2# 漆膜修整	3.4	
GBZ 2.1-2007 规定 OELs		PC-TWA/(mg·m ⁻³):3.0 超限倍数:2	

由表 1 可知,机械加工方式下产生的粉尘总浓度,远低于半机械加工及手工加工方式。

1) 机械加工岗位:自动开料机、推台锯、排钻机、CNC 加工中心等岗位的粉尘 TWA,均低于 PC-TWA;但 1# 砂光机和 2# 砂光机岗位粉尘 TWA,远高于 PC-TWA。

其原因:1# 砂光机的吸尘接口存在粉尘泄漏,而 2# 砂光机由于砂光面积较大,吸尘嘴设置不够合理和充足,不能将加工过程中产生的粉尘全部吸入。可见,加工岗位的粉尘污染程度与除尘装置的质量、运行效果密切相关^[8-9]。

亦有调查显示,某小型企业开料机加工 15 min 时,粉尘浓度高达 54.3 mg/m³,超标严重^[11-12]。

2) 半机械化岗位:粉尘 TWA 超过 PC-TWA 近 3 倍。由于手提刨机、手提砂磨机通常用于粗加工,产生的粉尘颗粒大,易于沉降和收集,可收集后用作燃料,避免对环境产生二次污染。

3) 手工加工岗位:产生的粉尘污染严重,难于治理。白坯细砂磨岗位的粉尘 TWA,是 PC-TWA 的 2~3 倍;刮灰层砂磨、底漆涂层砂磨和漆膜修整岗位的粉尘 TWA,均高于 PC-TWA,其成分复杂,不仅存在木粉尘、二氧化硅和腻子粉尘,还可能存在铅、镉、铬等重金属,直接排放会严重污染周边的土壤、水体、植物,威胁周边居民的健康。

• 26 •

2.1.2 游离二氧化硅含量

砂光机和手提砂磨机通常采用粗砂磨料,手工砂磨用细砂磨料。磨料主要成分是二氧化硅,在砂磨过程磨粒变钝后自行脱落,形成悬浮粉尘。磨粒的脱落与砂具质量、工件硬度及粗糙度、砂磨施加压力等多种因素有关。磨料越粗,砂磨施加压力越大,砂磨效率越高,磨料脱落及粉尘污染可能越严重。

为进一步考察这些工序或岗位产生游离二氧化硅磨料粉尘的状况,针对不同的砂磨工件及砂磨方式,如 1# 白坯砂磨、刮灰层砂磨、1# 底漆层砂磨、2# 底漆层砂磨、1# 漆膜修整,以及自动开料机,对其作业过程产生的粉尘中的游离二氧化硅含量,做了进一步的测定。

由表 1 结果可知,白坯砂磨、刮灰层砂磨和底漆层砂磨岗位产生的游离二氧化硅含量较高;漆膜修整采用精细砂纸,涂层硬而光滑,磨料不易脱落,故产生的游离二氧化硅略少;开料岗位粉尘中检测出的少量游离二氧化硅,可能来源于地面飞扬的泥砂,及生产刨花板的原材料含一定的泥砂。

2.1.3 重金属含量

采用火焰原子吸收光谱法和 ICP-OES 法,对底漆涂层砂磨粉尘样品进行检测(表 2)。结果显示:铅浓度是 GBZ 2.1-2007 规定限值 PC-TWA 的近 7 倍,镉浓度略高于 PC-TWA,铬浓度则非常低,采用两种方法均未检测出砷和汞。因此,对涂层砂磨粉尘,应重点关注铅和镉的浓度。

表 2 底漆层砂磨粉尘的重金属含量

Tab. 2 Heavy metal contents in dust
from undercoat sanding

检测方法	重金属含量/(mg·m ⁻³)		
	铅	镉	铬
火焰原子吸收光谱法	0.348	0.010	—
ICP-OES 法	0.309	0.011	0.004
GBZ 2.1-2007 要求 PC-TWA	0.050	0.010	0.050

2.2 挥发性有机物(VOCs)

在涂饰工段 VOCs 的检测结果列于表 3。

企业 B 和企业 C,由于涂饰作业工段未安装净化通风系统,无论在工作期间还是非工作期间,涂饰岗位区域的 TVOC 浓度均较高;非工作期间的喷涂岗位区域的 TVOC 浓度,相对低于涂刷岗位区域。

表 3 涂饰工段空气中挥发性有机物的检测结果

Tab. 3 VOCs in painting workplace air

企业	监测点	各物质浓度/(mg·m ⁻³)		
		TVOC	甲醛	苯
A	底漆砂磨	11.61	0.03	0.05
	1# 底漆喷涂	10.23	0.05	1.37
	2# 底漆喷涂	11.60	0.06	1.40
	底漆晾干房	37.50	0.21	0.00
	面漆晾干房	75.58	0.09	0.52
B	刮灰岗位	26.93	0.08	
	刮灰层砂磨	46.01	0.07	
	1# 底漆喷涂	356.20	0.04	
	1# 底漆停喷	40.20	0.31	
	2# 底漆喷涂	211.00	0.30	
	底漆砂磨	14.92	0.03	
	面漆停喷	33.03	0.05	
	底漆涂刷	278.90	0.32	
	底漆停刷	89.92	0.32	
C	底漆喷涂	396.20	0.04	
	刮灰	26.93	0.08	
	漆层砂磨	46.01	0.07	

注:由于苯检测仪器故障,在企业 B、C 未进行苯含量检测。

其原因:一是喷涂的漆雾未能全部落在制品表面,向周围飞散;二是喷涂油漆中溶剂的比例较高,致使喷涂作业时产生的 TVOC 浓度较高。由于喷涂作业安装有水帘降污装置,其岗位区域的空气流通较好,TVOC 得到较充分的排除和净化;而涂刷岗位区域的空气流通较差,VOCs 难以得到快速地排除和净化,因此,即使在非作业时段,涂刷区域的 TVOC 浓度仍相对较高。

与 TVOC 浓度相对较高的油漆晾干房比较,漆层砂磨(包括刮灰和砂磨)岗位的 VOCs 相对较少,尽管如此,长期在低浓度的 VOCs 环境工作,也不利于人体健康。因此,操作人员在油漆涂饰、漆层砂磨作业,以及进入油漆晾干房之前,均应做好防护工作。

企业 B 多处底漆涂饰岗位的甲醛浓度较高,可能与周围放置的基材释放游离甲醛有关。但与企业 A、企业 C 一样,其甲醛浓度均低于 GBZ 2.1-2007 规定的甲醛最高容许浓度 0.5 mg/m³。说明木质家具涂饰过程基本无甲醛污染。

企业 A 涂饰工段,监测岗位的苯污染浓度,均远低于 GBZ 2.1-2007 规定 PC-TWA 的 6 mg/m³ 及短时间接触容许浓度(PC-STEL)的 10 mg/m³ 限值。反映企业 A 采用的油漆苯含量较低,配备的水帘降污装置和净化通风系统降污除苯的效果较好。

3 结论与建议

1) 木质家具制造职业接触粉尘浓度较高的岗位为:机械砂光、手提刨光、手工砂磨。其中:砂光工序产生的粉尘,除含有较高的木粉尘、腻子粉尘或漆尘外,还含有一定量的二氧化硅;刮灰层和漆层砂磨产生的粉尘,还含有一定量的铅、镉等重金属。

2) 企业 A 涂饰工段的苯含量均较低,企业 A、B、C 的刮灰、油漆及砂磨作业岗位的甲醛浓度均低于 GBZ 2.1-2007 的最高限值 0.5 mg/m³。喷涂与涂刷方式不同及除尘降污的装备、效果不同,致使作业环境中的 TVOC 浓度存在一定差异。

3) 建议尽快制订木质家具制造企业职业接触木粉尘限值标准,针对不同的加工方式、生产工序,提出相应的技术要求。对刮灰层和漆层砂磨粉尘,评价指标应包括游离二氧化硅含量,以及铅、镉等重金属的含量。

4) 建议木质家具制造企业配备水帘降污装置和净化通风系统,以降低涂饰工段的 VOCs。

参考文献:

- [1] 李志仁,徐杨,廉魁.加强木材工业环境治理促进木工机械发展[J].木工机械,2007(1):1-4.
- [2] 刘磊,许文兴.木材工业粉尘污染控制存在的问题与发展趋势[J].环境科学与管理,2005,30(6):34-36.
- [3] Pérez-Escuredo J, Martínez J G, Vivanco B, et al. Wood dust-related mutational profile of TP53 in intestinal-type sinonasal adenocarcinoma[J]. Human Pathology, 2012, 43: 1894-1901.
- [4] 陈清光,Laus D F, Le L. 木粉尘职业接触限值的研究[J].中国安全科学学报,2004,14(12):71-77.
- [5] 胡大林,刘移民,唐冬生,等.游离 SiO₂ 环境污染与人红细胞膜脂质过氧化损伤[J].中国公共卫生,2005,21(10):1273-1274.
- [6] 姚惠琳,祁成,安红秋.铸造工肺通气功能动态观察[J].中国工业医学杂志,2005,18(1):42-44.
- [7] 曲亚斌,唐云霞.矽肺致肺功能障碍的病例对照研究[J].中国工业医学杂志,2005,18(3):167-171.
- [8] 张诗军.某木制家具制造企业职业病危害因素的检测与分析[J].职业与健康,2012,28(19):2344-2346.
- [9] 谭赞华.广东省木制家具行业挥发性有机物(VOCs)排放特征研究[J].广东化工,2012,39(1):45-47.
- [10] 杨章萍,曹坚忠,张旭慧,等.家具制造业职业病危害因素检测与分析[J].中国卫生检验杂志,2008,18(4):707-708.
- [11] 马伟钰,谭夏优.广州市木质家具制造行业主要职业病危害调查[J].职业与健康,2012,28(9):1062-1063.
- [12] 王梅.某制品厂职业病危害因素现状评价[J].职业与健康,2012,28(7):804-806.

(责任编辑 向琴)