

某家具厂喷漆作业场所有害气体通风防护措施分析与建议

王兴春¹, 王建锋², 谢景欣²

摘要: [目的] 掌握木制品企业喷漆场所职业病危害现状, 了解防护设施有效性, 改善工作场所劳动条件, 提高防护水平。[方法] 通过现场调查, 定量和定性分析有害气体通风防护措施状况。[结果] 喷漆工作场所空气中二甲苯浓度普遍超标, 超标率为 83%。有 8 名喷漆人员接触苯系物的相关体检项目指标异常, 占接触人数的 10%。喷漆台排风罩和喷漆房侧吸罩前 1 m 处的风速分别为 0.2~0.3、0.3~0.4 m/s, 通风防护效果差。[结论] 原喷漆作业通风防护装置存在结构性缺陷。经采取改良措施, 设计整体密闭层流通风罩, 并在其与外界相贯通的出入口设置负压气锁, 既可提高对罩内操作人员的防护效果, 又可控制对罩外的污染。

关键词: 木制家具厂; 喷漆; 防护措施; 整体层流通风罩; 全面通风

Analysis and Recommendation on Ventilation and Protective Measures against Occupational Hazards in a Furniture Paint Spraying Workshop WANG Xing-chun¹, WANG Jian-feng², XIE Jing-xin² (1.Jiangsu Academy of Safety Science and Technology, Jiangsu 210042, China; 2.Jiangsu Provincial Center for Disease Prevention and Control, Jiangsu 210028, China). Address correspondence to XIE Jing-xin, E-mail: cdcxjx@163.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To know well about the current situation of occupational hazards in paint spraying workplace of wooden furniture factories and the efficiency of protection measures, so as to improve working conditions and protection levels. [Methods] A field investigation was conducted to quantitatively and qualitatively analyze the ventilation and protection measures against harmful gases. [Results] The unqualified rate of xylene concentration in the air of the selected workplace was 83%. Abnormal health examination indicators were reported for 8 workers, accounting for 10% of the total exposed workers. The wind speeds at 1 m distance in front of the exhaust hood and the side suction cover were 0.2-0.3 m/s and 0.3-0.4 m/s respectively, indicating poor protective effects. [Conclusion] There are structural defects in the original ventilation protective devices of the paint spraying workshop. Improvement measures, such as overall confined laminar flow hood with a negative pressure airlock linking the outside, will enhance the protective effect for operators under the hood and also control pollution outside the hood.

Key Words: wooden furniture factory; paint spraying; protection measures; overall laminar flow ventilation hood; overall ventilation

某家具厂是中外合资木制品企业, 占地面积 25 000 m², 建筑面积 18 000 m², 专业化设备 200 余台套, 员工 300 余人, 木材年使用量 1 800 m³, 油漆日使用量 716 kg。喷漆作业, 因有苯系物等有机溶剂逸散而对接触者造成危害, 是家具行业的主要职业病危害之一。为了掌握家具制造企业喷漆工序的职业病危害状况, 了解防护设施的有效性, 改善工作场所劳动条件, 提高防护水平, 预防职业病, 保护劳动者身心健康, 选择该合资木制品家具企业进行调查分析与评价。

1 对象与方法

1.1 研究对象

[作者简介] 王兴春(1977—), 男, 硕士, 工程师; 研究方向: 卫生工程, 职业病危害因素检测评价; E-mail: wangxingchun008@163.com

[通信作者] 谢景欣高级工程师, E-mail: cdcxjx@163.com

[作者单位] 1. 江苏省安全生产科学研究院, 江苏 210042; 2. 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 210028

2011 年 11 月 29 日对某家具厂喷漆车间工作场所进行调查。主要包括喷漆(含调漆)工艺操作环节工作场所劳动者的职业病危害暴露情况、接触水平和职业病危害通风防护措施。

1.2 研究依据

依据《中华人民共和国职业病防治法》、《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ 160—2004)、《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ 2—2007)、《职业健康监护技术规范》(GBZ 188—2007)、《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1—2010)。

1.3 研究方法

针对喷漆作业, 采用定量和定性的方法, 对劳动者的职业病危害因素接触水平及职业健康影响、职业病危害通风防护措施等进行分析。

1.3.1 工程调查 对生产工艺、职业病危害因素、职业病危害通风防护设施设计与安装情况及其运行效果等进行调查, 了解生产方式和职业病危害特点, 以及通风防护状况等。

1.3.2 危害因素检测 依据相关技术规范和标准, 通过现场检

测和实验室分析,了解工作场所化学有害因素的浓度。

1.3.3 职业健康检查 依据相关技术规范和标准,对涉及油漆作业的工人进行职业健康检查,了解在现有通风防护条件下化学因素对人体健康的危害情况。

2 结果

2.1 生产工艺与危害因素

2.1.1 喷漆 包括喷底漆和喷面漆。生产过程采用人工操作。由工人将油漆、稀释剂及固化剂按比例倒入料筒中,用木棒搅拌调漆;工人手持喷枪,对家具进行底漆和面漆喷涂。喷枪以压缩空气为动力,空气由喷枪喷口高速喷出,油漆在气流作用下自喷口喷出,粘附于木料表面。

2.1.2 危害因素种类 油漆的主要成分是聚氨酯、苯系物、乙酸乙酯和环己酮。生产过程中产生的主要职业病危害因素可能有苯、甲苯、二甲苯、乙酸乙酯和环己酮等有毒物质。

2.2 危害因素检测浓度

2.2.1 “三苯” 所设苯、甲苯、二甲苯各6个检测岗位/检测点,检测结果分别见表1、表2、表3。结果表明,各检测点空气中苯的浓度均符合国家标准要求,合格率100%;甲苯除底漆车间1号喷漆作业位空气中的时间加权平均浓度(TWA)和短时间接触浓度(STEL)超过国家标准职业接触限值外,其余各岗位检测点空气中的浓度均符合国家标准要求,合格率为83%;二甲苯除底漆车间调漆作业位空气中的浓度符合国家标准职业接触限值外,其余各岗位检测点空气中的浓度均不符合国家标准要求,合格率仅为17%。

表 1 苯检测结果				
岗位 / 车间及检测点	时间权重数(h)	检测结果(mg/m ³)		判定结果
		TWA	STEL	
底漆车间				
底漆调漆作业	1.0	0.73	2.79	合格
1 号喷漆作业	8.0	3.03	3.21	合格
2 号喷漆作业	6.0	1.87	2.48	合格
面漆车间				
面漆调漆作业	2.0	0.63	2.55	合格
1 号喷漆作业	6.0	1.99	2.67	合格
2 号喷漆作业	6.0	2.12	2.62	合格

表 2 甲苯检测结果				
岗位 / 车间及检测点	时间权重数(h)	检测结果(mg/m ³)		判定结果
		TWA	STEL	
底漆车间				
底漆调漆作业	1.0	4.50	34.86	合格
1号喷漆作业	8.0	10.29	20.58	不合格
2号喷漆作业	6.0	12.44	14.65	合格
面漆车间				
面漆调漆作业	2.0	18.00	72.90	合格
1号喷漆作业	6.0	5.60	15.30	合格
2号喷漆作业	6.0	14.53	17.27	合格

表 3 二甲苯检测结果				
岗位 / 车间及检测点	时间权重数(h)	检测结果(mg/m ³)		判定结果
		TWA	STEL	
底漆车间				
底漆调漆间作业	1.0	17.89	120.44	不合格
1号喷漆作业	8.0	252.60	366.36	不合格
2号喷漆作业	6.0	96.07	104.90	不合格
面漆车间				
面漆调漆间作业	2.0	7.33	28.82	合格
1号喷漆作业	6.0	82.52	166.85	不合格
2号喷漆作业	6.0	132.99	154.32	不合格

2.2.2 乙酸乙酯和环己酮 各设4个检测岗位/检测点,检测结果见表4、表5。检测结果表明,各检测点空气中乙酸乙酯和环己酮的浓度(TWA与STEL)均符合国家标准要求,合格率为100%。

表 4 乙酸乙酯检测结果				
岗位/车间及检测点	日接触时间(h)	检测结果(mg/m ³)		判定结果
		TWA	STEL	
底漆车间				
1号喷漆作业	4.0	7.1	23.8	合格
2号喷漆作业	4.0	31.0	57.3	合格
面漆车间				
面漆调漆作业	1.0	4.6	48.8	合格
1号喷漆作业	4.0	6.4	16.2	合格

表 5 环己酮检测结果				
岗位/车间及检测点	日接触时间(h)	检测结果(mg/m ³)		判定结果
		TWA	STEL	
底漆车间				
1号喷漆作业	4.0	< 0.2	< 0.2	合格
2号喷漆作业	4.0	< 0.2	< 0.2	合格
面漆车间				
面漆调漆作业	1.0	< 0.2	< 0.2	合格
1号喷漆作业	4.0	< 0.2	< 0.2	合格

2.3 职业健康检查

对油漆作业工人进行职业健康检查,共体检80人。结果表明,有8名从事底漆和面漆喷漆人员与接触职业危害因素(“三苯”)相关的项目指标异常。其中,6人血常规异常(3人血红蛋白降低,2人血小板计数减少,1人白细胞总数减少),占总人数7.5%;2人B超异常(脾肿大),占总人数2.5%。

2.4 通风防护设施

2.4.1 底漆喷漆 在底漆车间内设置3个喷漆工作台。喷漆台设水帘挡漆板,下部设置循环水池;在喷漆工作台面设置下部吸风口,利用水帘挡漆板,在其后部形成柜状的封闭空间作为风道;采用轴流风机抽风,风机位于该柜状空间的侧上端,即喷漆台一侧的上端;工人位于喷漆台前操作。

2.4.2 面漆喷漆 在面漆车间内设置3间喷漆房。在喷漆房内侧墙上设置大规格吸风口(侧吸罩,罩体在喷漆房外),位于风口中部和下部分别设置条缝吸风口。工人位于侧吸罩前操作。

喷漆房高度为 3.2m; 在顶板上对应于侧面吸风口(工人操作岗位)的位置设置空气过滤器, 空气经过滤后送入。通过现场观察发现, 同时有许多污染气体从喷漆房的门和维护结构的缝隙外溢至车间内。

2.4.3 调漆 在底漆和面漆车间内设置调漆间, 但调漆间顶部未进行封闭, 并且未采取通风防护措施。

2.4.4 吸气风速 对喷漆工作台的罩口(操作口)和喷漆房侧面吸风口的吸气风速进行检测, 结果显示, 喷漆台罩口前 1m 处的风速为 0.2~0.3m/s、喷漆房吸风口前 1m 处的风速为 0.3~0.4m/s。

3 讨论

3.1 防护效果

从有毒有害物质检测结果可以看出, 喷漆作业工作场所空气中苯、乙酸乙酯和环己酮浓度均符合国家标准要求, 合格率为 100%; 甲苯浓度仅 1 个作业位超过国家标准, 合格率为 83%; 二甲苯浓度普遍超标, 合格率仅为 17%。上述情况表明, 油漆中苯、乙酸乙酯和环己酮的含量很少, 甲苯的含量较高, 二甲苯的含量最高。因此, 防护效果应以二甲苯的浓度为评价指标^[1]。从职业健康检查结果可以看出, 有 8 名从事喷漆工作的人员与接触职业危害因素“三苯”相关的项目指标异常, 占接触人数的 10%。上述危害因素检测结果和人员体检结果均表明, 现有喷漆作业通风防护设施的防护效果不佳。

3.2 通风措施存在的问题

3.2.1 底漆喷漆 底漆车间内虽然设置通风喷漆柜, 但防护效果较差。主要问题: ①整体结构不合理。喷漆柜呈敞开形态, 未能体现尽量包围有害物源的设计原则, 难以在作业点形成有效的吸气气流场, 影响通风效果^[2]; ②柜内未采取静压平衡措施。喷漆柜与排风管道的连接部位设于柜体侧端, 柜内结构未采取静压平衡措施, 影响吸风口风速的均匀性, 表现为靠近风机端风速很大、远离风机端风速很小, 从而影响防护效果^[3]; ③排风量过小。风速检测结果表明, 罩口前吸气风速仅为 0.2~0.3m/s, 与周边无组织气流的风速相当, 表明通风防护设施排风量过小, 不能满足要求。

3.2.2 面漆喷漆 面漆车间内虽然设置了喷漆房, 同时在喷漆房内设置了侧面吸风口, 但防护效果差。主要问题: (1)侧吸罩排风量小。风速检测结果表明, 喷漆房侧吸罩前的吸气风速过小, 仅为 0.3~0.4m/s, 不能有效控制漆雾散发^[3], 致使其在喷漆房内弥漫; (2)送风措施难以保护人员。喷漆房高达 3.2m, 由顶部送入的新鲜空气气流在到达人员呼吸带前已经扩散, 不能起到保护操作人员的目的; (3)未采取控制污染扩散措施。喷漆房因送风而呈正压状态, 致使部分有毒有害气体从门等开口和缝隙处逸出, 污染车间环境。

3.3 建议改进通风措施

3.3.1 喷漆作业的局部通风 针对木制家具手工喷漆工艺的特点, 如果采用常规的外部控制污染源或隔离污染源的方法, 很难同时满足生产工艺和防护的目标。

鉴于该企业采用的通风喷漆柜和喷漆房侧吸罩所存在的缺陷, 既要保证产品喷漆质量, 又要保护劳动者健康, 我们建议在现有防护措施的基础上采取改进措施。可设计为整体层流

通风罩, 将生产人员和工序全部置于罩内, 并在罩内采用“层流”正压送风方式, 气流组织为顶部均匀送风底部单侧排风的均送集排形式, 其意义在于: ①在整体通风柜/罩顶部均匀布置空气过滤器, 将空气过滤后均匀送下, 一是阻止外界含有大量颗粒物的空气进入生产空间, 以保证产品质量; 二是使清洁空气先到达操作人员头部, 再到达污染操作部位, 并将有害气体挤压出去, 以保护操作人员。②在操作人员对面底部设置条形吸风口, 将通风柜/罩内空气吸入排出, 以消除柜/罩内过高的正压, 避免污染气体在柜/罩内混渗, 从而危害操作人员, 同时减少污染空气外逸。当上述从顶部向下的送风量和风速度足够大(通常, 在人员头部位置, 下送气流的风速 $\geq 0.8\text{m/s}$ ^[4])时, 清洁的层流空气能够充满、覆盖操作地点, 有机溶剂对人员健康的影响较小, 同时产品质量得到保证。

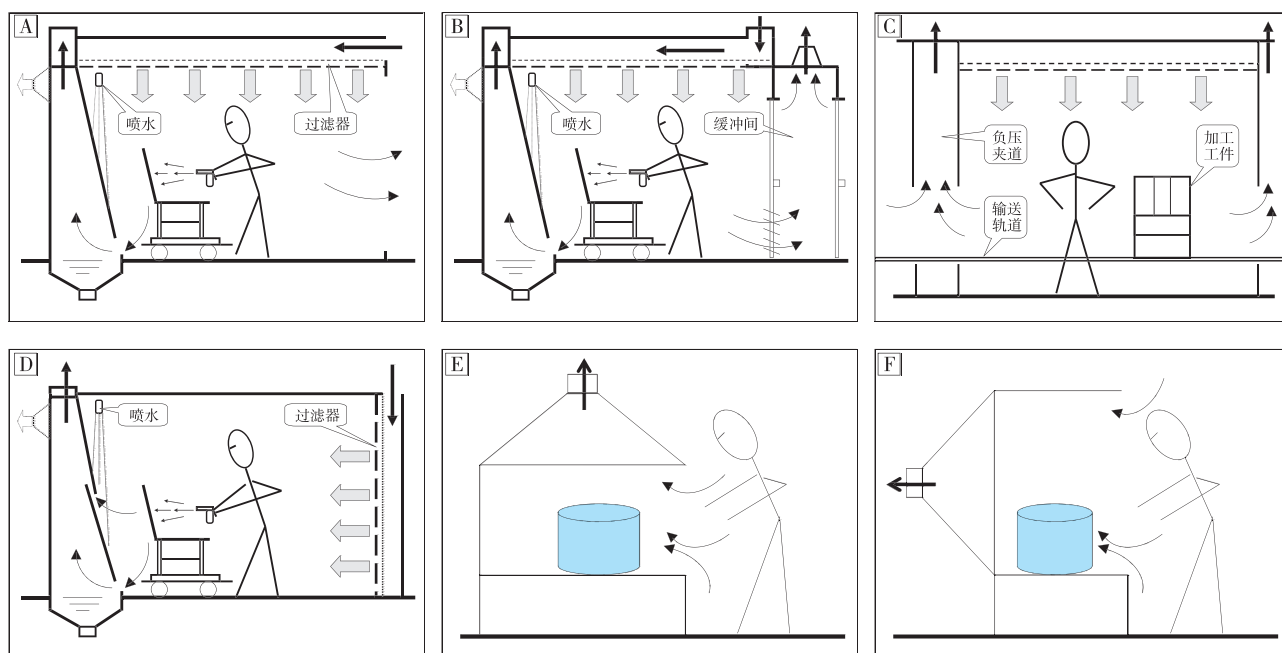
但是, 由于通风过程送风量大于排风量, 罩内保持正压状态, 会导致有害气体从柜/罩体的人员和工件出入口溢出, 对车间环境造成污染。正压状态整体层流通风罩气流组织情况参见图 1A。

因此, 仅仅采用层流正压送风措施还不能解决全部问题, 应进一步采取控制污染扩散的措施。可在上述整体通风罩的基础上采取密闭措施, 形成整体密闭层流通风罩, 并在其与外界相贯通的出入口设置负压气锁。具体做法可结合生产工艺需要, 设计为“单间式”和“隧道式”两种整体密闭通风喷漆柜。所谓“单间式”, 是指工件通过设于罩体上的门(人员通道)进出的罩体形式; 所谓“隧道式”, 是指工件通过输送轨道从罩体左右两侧进出的罩体形式。针对“单间式”, 在出入口设置缓冲间, 内侧门扇下部设置通风口, 同时采取排风措施, 使缓冲间保持负压状态, 即形成负压气锁, 以阻止有害气体扩散至罩外(图 1B)。针对“隧道式”, 在左右两侧工件出入口设置负压排风夹道(负压气锁), 阻止有害气体外逸(图 1C)。

也可以采用侧送集排的气流组织方式, 经过过滤净化的外部空气从操作人员的背后均匀送入, 再从前方中部和下部排出。其优点是罩内空气得到净化, 满足生产工艺对空气洁净度的要求; 新鲜、清洁的空气先到达操作人员, 再到达生产工件, 同时气流较为均匀, 死角较小, 可更好地起到保护操作人员的作用^[5](图 1D), 防止罩内空气污染车间的措施同上。

3.3.2 调漆作业的局部通风 针对调漆作业, 应设置密闭调漆房, 并采取通风防护措施, 包括局部通风和全面通风。对于局部通风措施, 可采用上述整体密闭排风罩, 也可采用较为简化的排风罩, 即在操作岗位设置上吸罩或侧吸罩。设计上吸罩或侧吸罩时, 应注意保证排风罩的罩口面积不小于操作面的尺度。采用上吸罩时, 应避免含毒气流通过人员的呼吸带。无论是采用侧吸罩还是上吸罩, 均应使罩体尽量包围操作位置(图 1E、图 1F), 以减少无效排风量, 提高通风防护效果^[2]。

3.3.3 全面通风 应在设置局部通风的基础上同时采取全面通风措施, 以消除局部通风未能完全控制而逸散在房间中的有毒有害气体^[5]。可在喷漆车间、密闭调漆房的侧墙设置轴流风机, 对车间/房间进行全面通风, 利用稀释、置换等作用降低作业空间内有害物浓度, 同时将污染的空气排至室外, 防止毒物在调漆间中聚积或逸散至周围区域。



[注]A: 正压整体层流通风; B: 负压缓冲间防止污染扩散; C: 负压夹道防止污染扩散; D: 整体层流通风侧送侧排; E: 上吸罩; F: 侧吸罩。

图1 各种改进通风措施示意图

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[3]何家禧, 林琳, 李刚, 等. 职业病危害识别评价与工程控制技术 [M]. 贵州: 贵州科技出版, 2007: 174.

参考文献:

[1]中华人民共和国卫生部. GBZ 1—2010 工业企业设计卫生标准 [S].

北京: 人民卫生出版社出版, 2010.

[2]邵强, 胡伟江, 张东普. 职业病危害卫生工程控制技术 [M]. 北京:

化学工业出版社, 2005: 37; 48-49.

[4]国家安全生产监督管理总局. AQ 4211—2010 家具制造业防尘防毒技术规范 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.

[5]茅清希. 工业通风 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1998: 17-18.

(收稿日期: 2013-05-09)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 汪源; 校对: 洪琪)

【精彩预告】

上海市某区居民伤害状况调查

姚玉华, 姚文, 陈道湧, 俞爱青, 马丽雅, 陶春芳

为了解上海市某区 2010—2011 年居民伤害发生情况、流行特征以及疾病负担, 为安全社区创建提供决策支持。研究人员采用二阶段简单随机抽样的方法抽取到 10 400 户共 25 153 名常住居民对 2010 年 6 月 1 日至 2011 年 5 月 31 日期间的伤害发生情况进行回顾性调查, 主要内容有性别、出生年月、文化程度、职业、伤害原因、发生时间、发生地点、伤害时的活动、部位、性质。结果显示, 伤害粗发生率为 3.10%, 95% 可信区间为 2.79%~3.21%; 标化发生率为 2.76%; 伤害次数发生率为 3.30%, 标化发生率为 2.92%。前 3 位伤害原因是跌倒坠落、交通事故、烧烫伤。发生地点以家、街道公路、公共管理区域为多。伤害性质以浅表伤、脱位扭伤劳损、骨折为多。每例伤害病人治疗费用为 3 047 元。研究还提示, 随着年龄增长伤害发生率也提高, 1~14 岁组为 1.45%, 15~44 岁组 1.54%, 45~65 岁组 3.18%, 65 岁及以上年龄组 6.48%。伤害发生率有性别差异, 男性伤害发生率为 2.33%, 女性为 3.82%。随着文化程度的提高伤害发生率有下降的趋势 (文盲为 4.47%, 小学为 4.59%, 初中为 4.38%, 高中/中专为 3.27%, 大专为 1.89%, 大学为 1.57%)。伤害发生还与婚姻状况有关, 未婚伤害发生率为 1.30%, 已婚为 3.15%, 离异或丧偶为 7.35%。因此, 安全社区建设应有针对性地开展伤害干预工作, 重点干预女性、老人、文化程度低、离异独居的人员; 干预重点场所应该为家庭、街道公路、公共管理区域; 减少因跌倒及交通事故造成的伤害发生。

此文将于近期刊出。敬请关注!