

# 制造行业化学有害因素的半定量风险评估分析

梁龙腾

广西创新建筑工程质量检测咨询有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i1.5603

**[摘要]** 现阶段, 职业病危害半定量风险评估技术被广泛用于焦化生产、家具制造、印刷以及电路板生产等领域。半定量风险评估模型对作业人员防护与接触情况、化学品危害性进行了综合考虑, 能够将制造行业岗位职业病危害风险程度客观反映出来。本研究以4家液晶显示屏制造企业为研究对象, 分析制造行业中的化学有害因素, 结果显示, 制造行业多数岗位人员接触化学有害因素的浓度都不足OELs的10%。通过半定量风险评估发现, 很多工作岗位的化学有害风险都属于低风险, 可见如果制造行业正常生产, 所设置的相关防护措施可有效控制化学有害因素。

**[关键词]** 制造行业; 化学有害因素; 半定量; 风险评估

## Semiquantitative risk assessment and analysis of chemical harmful factors in the manufacturing industry

Liang Longteng

Guangxi Innovative Construction Engineering Quality Inspection and Consulting Co., Ltd. 530031

**[Abstract]** At present, the semi-quantitative risk assessment technology of occupational disease hazards is widely used in coking production, furniture manufacturing, printing and circuit board production and other fields. The semi-quantitative risk assessment model comprehensively considers the protection and contact situation of operators and the harmfulness of chemicals, which can objectively reflect the risk degree of occupational disease hazards in the manufacturing industry. In this study, four LCD manufacturers were studied to analyze the chemical harmful factors in the manufacturing industry. The results showed that the concentration of most chemical harmful factors in the manufacturing industry was less than 10% of OELs. Through the semi-quantitative risk assessment, it is found that the chemical harmful risk of many jobs belongs to low risk. It can be seen that if the manufacturing industry is in normal production, the relevant protective measures set up can effectively control the chemical harmful factors.

**[Key words]** manufacturing industry; chemical harmful factors; semi-quantitative; risk assessment

### 前言

互联网技术与电子科技越来越发达的现阶段, 制造行业已是国内不可缺少的一种新兴产业, 生产制造中难免会应用到大量的化学品, 且使用量较大, 尤其是氟化氢、氯以及磷化氢等都属于高毒物质, 氢氧化钾、四甲基氢氧化铵、硫酸、硝酸以及盐酸等腐蚀性都非常强, 以往都会将制造行业职业并危害界定为职业病高危行业。然而, 实际工作中发现, 制造行业具有较高的密闭化与自动化程度, 且职业病危害防护装备也比较精密完善, 所以只根据化学品危害性就定性制造行业的危害等级具有片面性<sup>[1]</sup>。职业接触风险评估, 指的是结合人体接触测量和健康效应对接触风险进行评估的方法, 主要目的在于做好风险管控。现阶段, 职业病危害半定量风险评估技术被广泛用于焦化生产、家具制造、印刷以及电路板生产等领域。半定量风险评估模型对作业人员防护与接触情况、化学品危害性进行了

综合考虑, 能够将制造行业岗位职业病危害风险程度客观反映出来<sup>[2]</sup>。通过半定量风险评估模型评估制造行业化学有害因素存在的风险, 明晰化学有害因素风险水平, 能够为制造行业的职业病危害等级与有害因素风险管控提供理论依据。本研究以液晶显示屏制造行业为例, 通过《工作场所化学有害因素健康风险评估导则》内所提出的半定量风险评估法, 研究制造行业中的化学有害因素。

### 1. 研究对象与方法

#### 1.1 研究对象

选择河南省的4家液晶显示屏制造企业, 所选取制造企业分别生产平板电脑显示器、电脑液晶食品、手机和大屏幕液晶显示器等, 每年产品产量分别是1000万片、1600万片、2600万片以及4500万片, 本文以该4家频繁与化学有害因素相接触的岗位作为研究对象, 调查分析制造企业所接触化学有害因

素存在的危害等级和接触情况, 并对其半定量风险水平进行评估。

1.2 研究方法

(1) 职业卫生调查检测

对于本次调查对象制造生产工序所用原辅材料, 通过查阅原辅材料的安全技术说明书或者展开质谱定性分析, 明确材料中可能存在的相关化学有害因素, 保证稳定生产的基础上展开采样检测工作<sup>[3]</sup>。对工作人员与化学性有害因素相接触的时间与频率进行调查, 根据检测结果, 计算工作人员的接触浓度。此外, 调查不同工序对有害因素所采取的应急救援与防护措施。

(2) 明确危害等级

在制造行业中, 危害等级(即 HR) 通常是依据化学有害因素毒作用效应或者毒性确定, 急性毒性大多是依照半数致死浓度或者半数致死剂量确定, 具体如表 1、表 2 所示。

表 1 基于化学有害因素毒性划分危害等级

危害等级	作用影响或者描述危害分类
1	未归类和健康危害影响不明确的有害有毒物质; 没有按照有害或者有毒分类; IARC G4; ACGIH A5 级致癌物
2	有动物或者人类致癌的可能性, 但证据不足; IARC G2B; ACGIH A3 级致癌物; 有害化学毒物、腐蚀性物质、呼吸性敏感物质
3	对黏膜、皮肤以及眼睛等伤害具有可逆性, 或者导致健康损害不严重; 皮肤刺激与过敏物质; IARC G3; ACGIH A4 级致癌物
4	已知人类致癌物, 引发畸形或突变; IARC G1; ACGIH A1 级致癌物
5	以动物研究为基础的人类致癌物; IARC G1; ACGIH A1 级致癌物

注: IARC 表示国际癌症研究署; ACGIH 表示美国工业卫生家协会

表 2 按照急性毒性实验划分危害等级

危害等级	兔或鼠经皮吸收 (LD <sub>50</sub> , Mg/kg)	鼠经口吸收 (LD <sub>50</sub> , Mg/kg)	鼠经吸入吸收浮质与微粒 (LC <sub>50</sub> , Mg/(L·4h))	鼠经吸入吸收蒸汽与气体 (LC <sub>50</sub> , Mg/(L·4h))
2	2000 以上	2000 以上	20 以上	5 以上
3	400 以上, 2000 以下	200 以上, 2000 以下	2.0 以上, 20 以下	1 以上, 5 以下
4	50 以上, 200 以下	25 以上, 200 以下	0.5 以上, 2.0 以下	0.25 以上, 1 以下
5	50 以下	25 以下	0.5 以下	0.25 以下

(3) 明确接触等级

通常接触等级(即 ER) 会对比工作人员接触化学有害因素

浓度和职业接触限值(即 OELs), 将 E/OEL 最大数值当作计算标准, ER 的划分标准为: E/OEL 在 0.1 以下表示 1 级; E/OEL 大于 0.1 但小于 0.5 表示 2 级; E/OEL 大于 0.5 但小于 1.0 表示 3 级; E/OEL 大于 1.0 但小于 2.0 表示 4 级; E/OEL 大于 2.0 则表示 5 级。

(4) 风险指数计算

风险指数计算结果根据四舍五入的方式取整值, 其中 1-5 级分别表示风险可忽略、低风险、中风险、高风险以及极高风险。具体计算公式是: Risk =  $\sqrt{HR \times ER}$ , 该公式中, R 表示风险等级, 如果所计算风险指数不是整数, 则通过四舍五入的方式取整数; ER 表示接触等级, 而 HR 则表示危害等级<sup>[4]</sup>。

2. 研究结果

2.1 识别制造业化学有害因素

该研究所调查的 4 家液晶显示屏制造企业均设置有蒸镀封装车间、模块车间、陈列车间以及辅助车间, 所涉生产工序主要为 PVD、Photo、焊接以及 CVD 等, 制造企业均选择两班倒工作制, 操作者每日的工作时间长达 10.5h, 彩膜车间与陈列车间主要是巡检<sup>[5]</sup>。制造企业不同工序所产生或存在化学有害因素的结果如表 3 所示。

表 3 4 家企业制造不同工序产生或者存在的化学有害因素

单元	工序	化学有害因素
蒸镀封装车间	光阻剥离	乙醇胺、二甲基亚砩
	离	氟化氢、NMP
	蒸镀	TMAH、丙酮
	遮罩清洗	聚甲基丙烯酸甲酯、氨、一氧化二氮、三氟化氮、氟化氢、硅烷、其他粉尘、磷化氢、过氧化氢以及异丙醇
	封装	
	清洗	
	蒸镀封装	
	装	
	PVD	铜烟、钨及其化合物、铝尘、二氧化锡、钼及其化合物、
	基板清洗	TMAH、氢氧化钾
陈列车间	洗	TMAH、二丙二醇甲醚、酚醛树脂、丙二醇单甲醚、HMDS、丙二醇单甲醚乙酸酯、乙酸丁酯以及臭氧
	光刻	
	CVD	氨、过氧化氢、三氟化氮、硅烷、氟化氢、一氧化二氮、其他粉尘、磷化氢、异丙醇
	光刻胶剥离	乙二醇单甲醚、乙醇胺、二乙二醇己醚、二乙二醇胺、二乙二醇丁醚、N-甲基甲酰胺
	湿法刻蚀	硝酸、草酸、氟化氢、磷酸、硫酸、乙酸、乙酸、氟化铵以及过氧化氢
	有机涂布	γ-丁内酯、乳酸乙酯、NMP 以及乙酸-1-甲氧基-2-丙基酯、
	模块	
	薄膜覆晶	甲基环己烷、异丙醇以及乙酸丁酯
	辅助	
	特气站	氨、三氟化氮、磷化氢、氯、一氧化二氮、
品质实	四氟化碳、六氟化硫、五氟乙烷、三氯化硼、	

实验室	正己烷、甲醇、异丙醇、丙醇、二氯甲烷、
大宗气	乙酸乙酯以及环己烷
站	氮、氧、氨、氢、氩以及二氧化碳
残材处	其他粉尘
理	盐酸、二氧化硫、氢氧化钠、一氧化碳以
综合动	及二氧化氮
力站	盐酸、TMAH、显影液、氢氟酸、草酸、乙
化学品	酸、磷酸、硝酸、蚀刻液、氢氧化钠、氢氧化
库	钾以及化学品仓
废水站	氨、氟化氢、硫酸、硫化氢、氢氧化钠以
硅烷站	及氯
靶材打	硅烷
磨	二氧化锡、钨及其化合物

室	钨及其化合物	3	1	<10%
靶材打磨	正己烷、甲醇、丙			
实验	醇、乙酸乙酯、环己烷、	4	3	>50%
	异丙醇、二氯甲烷	6	1	<10%
残材处理	钨及其化合物			
废水站操	正己烷、甲醇、丙			
作	醇、乙酸乙酯、环己烷、			
	异丙醇、二氯甲烷			

注: CVD 表示化学气相沉淀; PVD 表示物理气相沉淀; HMDS 表示六甲基二硅胺; TMAH 表示四甲基氢氧化铵; NMP 表示 N-甲基吡咯烷酮。

2.2 制造行业化学有害因素的接触评估

制造企业中, 辅助工程打磨靶材的工作人员接触钨及其化合物、处理残材工作人员接触粉尘的浓度都高于时间加权容许浓度均值的 50%, 陈列车间中<sup>[6]</sup>, 化学气相沉积维保工作人员接触粉尘的浓度高于 PC-TWA 的 10%, 而制造企业其它岗位人员接触化学有害因素的浓度都比 OELs 的 10% 低, 具体如表 4 所示。

表 4 4 家制造企业岗位接触的有害因素

单元	岗位	检测项目	采样数量	ER	E/OEL
蒸镀封装车间	封装维保/	丙酮	9	1	<10%
	操作	其他粉尘	1	1	<10%
	清洗	其他粉尘	3	1	<10%
	遮罩清洗	过氧化氢、氨、氟	3	1	<10%
	封装维保	化氢*、磷化氢*、甲基	12/3	1	<10%
		丙烯酸甲酯、异丙醇			
陈列车间	PVD 操作/	钨及其化合物、二	12/3	1	<10%
	维保	氧化锡、铜烟、钼(不	12/3	1	<10%
	基板清洗	溶性化合物)、氟化氢*			
	干法刻蚀	氯*、氟化氢*	12/3	1	<10%
	操作/维保				
	光刻操作/	乙酸丁酯、臭氧*	12/3	1	<10%
模块车间	维保	其他粉尘	3	2	10%-50%
	CVD 维保	过氧化氢、氨、氟	12/3	1	<10%
	CVD 操作/	化氢*、磷化氢*、异丙			
	维保	醇			
	薄膜覆晶	氟化氢*	3	1	<10%
	纯水房操	盐酸*、氢氧化钠*	6	1	<10%
辅助车间	作	甲基环己烷、乙酸	6	1	<10%
	品质实验	丁酯、异丙醇	4	3	>50%

2.3 描述化学有害因素的风险特征

辅助车间靶材打磨操作钨和相关化合物、残材处理产生粉尘属于中等风险等级除外, 其它都属于低风险, 具体结果如表 5 所示。

表 5 4 家制造企业岗位化学有害因素风险等级

单元	化学有害因素	HR	ERRisk	
蒸镀封装车间	光阻剥离操作	二甲基亚砷、乙醇胺		
	和维保	丙酮、TMAH*	2	
	封装清洗	过氧化氢、甲基丙烯酸甲	2, 3	1
	车间	酯、异丙醇、其他粉尘、一氧	2, 5	1
	蒸镀封装操作	化二氮、磷化氢、三氟化氮*、	2, 3, 4, 5	1
	和维保	硅烷*、氨以及氟化氢		
陈列车间	PVD 操作和维保	钨及其化合物, 铜烟、铝		
		尘、二氧化锡, 钼及其化合物		
	CVD 操作和维保	过氧化氢、一氧化二氮*、		
	异丙醇、三氟化氮*、磷化氢、	2, 3, 4	1	
	硅烷*, 氨, 氟化氢		2	
	氢氧化钾以及 TMAH*	2, 3, 4, 5	2	
模块车间	基板清洗	丙二醇单甲醚*、HMDS*、		
	丙二醇单甲醚乙酸酯*、二丙二			
	醇甲醚*、乙酸丁	3, 5	1	
	酯、臭氧、TMAH* 以及酚醛		2	
	树脂*			
	保	N-甲基甲酰胺*、乙二醇	2, 3	1
辅助车间	丁醚*、乙二醇单甲醚*、二		2	
	乙二醇己醚*、乙醇胺* 以及二			
	乙醇胺*	1, 2, 3, 4, 5	1	
	四氟化碳*、五氟乙烷*、		2	
	保	三氯化硼*、六氟化硫*、氯、		
	其他粉尘以及氟化氢	2, 3, 4, 5	1	
辅助车间	乙二酸*、硫酸、硝酸、过			
	干法刻蚀操作	氧化氢、磷酸, 氟化铵*、草酸,		
和维保	乙酸以及氟化氢*			

湿法刻蚀操作和维保				
模块	薄膜覆	乙酸丁酯、甲基环己烷、	2	1
车间	晶	异丙醇		1
纯水房				
操作				
品质实	盐酸、氢氧化钠			
验室实	丙醇、乙酸乙酯、正己烷、	3, 4	1	2
验	环己烷、异丙醇、甲醇、二氯	2, 4	1	2
辅助	甲烷			
工程	靶材打	钢及其化合物	4	3
	磨	其他粉尘	3	3
	残材处	氨、氢氧化钠、氯、硫化	4, 5	1
	理	氢、氟化氢以及硫酸		2
废水站				
操作				

### 3. 讨论

通过研究发现,本次所选4家制造企业的自动化与工艺密闭化程度都比较高,在储运化学品环节创建了液体化学品防泄漏系统、自动化供应与回收系统以及气体监测系统,比方说,针对三氟化氮、氨气、三氯化硼以及硅烷等特殊气体,分别于阀门、特气站、管道连接处以及气柜等重点区域加设报警器,同时与事故排风系统相连接。对于需要用到化学品的光阻剥离机、蚀刻机等设备,分别加设局部排风系统。本次检测发现,制造行业多数岗位人员接触化学有害因素的浓度都不足 OELs 的 10%,该研究结果和学者<sup>[7,8]</sup>等研究具有一致性。通过半定量风险评估发现,很多工作岗位的化学有害风险都属于低风险,

可见如果制造业正常生产,所设置的相关防护措施可有效控制化学有害因素。然而,因为制造行业内所用化学品种类比较多,很多是强腐蚀或高毒化学品,一旦泄漏后果不堪设想,所以应强化气体监测、化学品储运以及工业设备排放等定期维护,保证设备与系统的正常运行。

### [参考文献]

- [1]林超,沈登辉.某市汽车制造业粉尘职业接触调查与健康风险评估[J].工业卫生与职业病,2022,48(03): 195-198.
- [2]洪平,马玲.半定量风险评估法在职业病危害预评价中的应用[J].疾病预防控制通报,2022,37(01): 23-26+49.
- [3]宁勇,王良锋,唐颖,张霞.半定量综合指数法在某生活垃圾焚烧厂风险评估中的应用[J].上海预防医学,2021,33(12): 1150-1153.
- [4]杨琳,叶飞,苏希鹏,张维.职业健康风险评估在实验室安全中的应用[J].实验室科学,2021,24(04): 205-209.
- [5]纪明睿,王嘉欣,刘振雯,黄欣雨,李娟,苗静,齐宝宁,王伟.半定量综合指数法在咸阳市某空心砖厂职业健康风险评估中的应用[J].职业与健康,2021,37(15): 2017-2020+2024.
- [6]孙思红,郭玉芳,梁灿坤,符传东,冯清,梁万里.注塑成型岗位的职业健康风险评估及接触水平分析[J].职业与健康,2021,37(02): 152-155.
- [7]李亚楠,肖丰浦,赵宇,费江,董海.半定量职业健康风险评估方法在油田的应用[J].劳动保护,2021(01): 94-97.
- [8]王静,宋惠平,高茂龙.2种风险评估方法在某研究所综合实验大楼建设项目职业病危害评价中的应用[J].职业与健康,2020,36(21): 2891-2894+2898.