

论著 DOI: 10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2023.03.010

· 调查研究 ·

两种评估模型在某碳纤维厂职业健康风险评估中的应用

Application of two risk assessment models in evaluation of occupational health risk of a carbon fiber factory

姬婧云¹, 周文慧², 姚武¹JI Jingyun¹, ZHOU Wenhui², YAO Wu¹

1. 郑州大学公共卫生学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省第三人民医院, 河南 郑州 450052

摘要:目的 探讨国际采矿和金属委员会职业健康风险评估操作指南(简称“ICMM 模型”)与职业危害风险指数法在某碳纤维厂职业健康风险评估中的适用性。方法 2021年3月,对某碳纤维厂进行职业卫生学调查和职业病危害因素现场采样与检测,应用ICMM模型和职业危害风险指数法对该碳纤维厂工作场所中存在的物理及化学有害因素进行职业健康风险评估。结果 该厂以丙烯腈为主要原料生产聚丙烯腈碳纤维,作业环境中存在的职业病危害因素主要为聚丙烯腈纤维尘、碳纤维尘;丙烯腈、二氧化硫、氨、一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮和二氧化氮;噪声。ICMM模型赋值定量法和矩阵法评估结果显示,粉尘、二氧化硫、氨、一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮和二氧化氮危害为可容忍风险、潜在风险或非常低风险;丙烯腈危害为不可容忍风险或高风险。ICMM模型赋值定量法评估各工种噪声危害为非常高风险或不可容忍风险;矩阵法评估除聚合巡检工噪声危害为高风险外其余均为低风险。职业危害风险指数法评估结果显示,粉尘、二氧化碳等低暴露浓度的危害因素,评估结果为无、轻度或中度危害,丙烯腈的评估结果为重度或极度危害,各岗位噪声均为轻度危害。三种方法评估结果一致性均差。接触丙烯腈工人职业健康检查异常检出率为55.55%,噪声作业工人听力异常检出率为17.65%,其余危害因素作业工人异常检出率均为0。职业危害风险指数法对各类危害因素评估结果与职业健康检查结果均较相符。结论 相对ICMM模型,职业危害风险指数法更加全面、合理、可靠,适用于碳纤维行业职业健康风险评估,优先推荐采用。

关键词:职业健康风险评估;ICMM模型;职业危害风险指数法;碳纤维厂;丙烯腈

中图分类号: R134 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1326(2023)03-0305-07

引用:姬婧云,周文慧,姚武.两种评估模型在某碳纤维厂职业健康风险评估中的应用[J].职业卫生与应急救援,2023,41(3):305-310;376.

碳纤维作为新材料之王,广泛应用于航空航天、交通运输、建筑及文体等多个领域^[1]。我国碳纤维事业自2005年以来快速发展^[2],其工作环境所涉及的职业病危害因素的预防控制也逐步得到重视。职业健康风险评估以及风险管理是用人单位强化职业病危害防治的重要依据。国际采矿和金属委员会职业健康风险评估操作指南(简称“ICMM模型”)适用范围较为宽松,实用性强。目前,该模型不再局限于采矿业,在印刷、蓄电池生产、金属表面处理等行业也备受关注^[3-5]。职业危害风险指数评估法(简称“指数法”)是我国学者在英国职业健康安全管理体系统和美国职业接触评估管理策略的基础上,提出的一种职业健康风险综合评估方法^[6],其同样适用

于工作场所物理和化学危害因素的风险评估^[7],但两种评估模型在碳纤维生产企业尚未见应用。因此,本研究选用这两种国内外应用范围相对全面的评估模型,对某碳纤维厂存在的主要职业病危害因素进行健康风险评估,探讨两种模型在碳纤维厂职业健康风险评估中的适用性,以为该类行业工作场所中职业病危害风险管控提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选择河南省1家碳纤维厂接触职业病危害因素主要岗位/环节的作业工人作为研究对象。该厂生产人员共247人,使用的主要原料为丙烯腈,主要产品是聚丙烯腈碳纤维,每年产出约1000t聚丙烯腈碳纤维。本研究已通过院伦理审查。

作者简介:姬婧云(1999—),女,硕士研究生在读

通信作者:姚武,教授/博士研究生导师,E-mail:yaowu@zzu.edu.cn

1.2 方法

1.2.1 职业卫生学调查

于2021年3月12日对该厂进行职业卫生学调查。调查内容包括:生产工艺和设备布局,原辅材料、产品、中间产物及废弃物,生产过程、劳动过程和生产环境中产生或存在的职业病危害因素种类及暴露情况、个人防护用品使用情况、工程防护措施和工人职业健康检查结果。

1.2.2 职业病危害因素检测

于2021年3月13—16日对该厂进行职业病危害因素现场采样和测量,并在15 d内完成粉尘和化学危害因素的实验室检测。根据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[8]进行现场采样。根据GBZ/T 160—2007《工作场所空气有毒物质测定》^[9]、GBZ/T 300—2017^[10]以及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》^[11]对粉尘、化学毒物进行现场采样和实验室检测,噪声暴露声级根据GBZ/T 189.8—2007《工作场所物理因素测量 第8部分:噪声》^[12]测定。粉尘、化学毒物、噪声均采用个体采样方式。

1.2.3 ICMM 风险评估模型^[13]

ICMM 评估模型包含赋值定量法和矩阵法 2 种评估方法。

1) 赋值定量法。该方法计算公式如下:

$$RR = C \times PrE \times PeE \times U \quad (1)$$

RR 为风险等级, ≥ 400 , 不可容忍风险; $200 \sim 399$, 非常高风险; $70 \sim 199$, 高风险; $20 \sim 69$, 潜在风险; < 20 , 可容忍风险。

C: 后果, 不太可能对健康造成影响, 赋值 1; 不危及生命的可逆健康影响, 赋值 15; 永久性不良健康影响, 但不会显著影响生命质量和寿命, 健康影响可能导致职业和生活方式变化的轻度功能受损或残疾, 赋值 50; 不良健康影响一般是永久性的, 并可能导致生活质量和/或寿命的显著下降, 持续暴露通常可导致永久性精神或心理障碍, 或长期功能障碍性疾病, 赋值 100。

PrE: 暴露概率, 低: 3; 中: 6; 高: 10。

PeE: 暴露时间, 每个工作班连续暴露 8 h: 10; 每个工作班连续暴露 2 ~ 4 h: 6; 每个月几次: 2; 每年几次: 1; 每年 1 次: 0.5。

U: 不确定系数, 非常不确定: 3; 不确定: 2; 确定: 1。

2) 矩阵法。该方法是根据控制措施的效果确定职业病危害因素的风险等级, 通过识别危害因素, 确定现有暴露状态下导致的健康后果和暴露水平。

健康后果分级与赋值定量法一致, 暴露水平与职业接触限值(OEL)比较, 低: $0 \sim 50\% OEL$; 中: $50\% \sim 100\% OEL$; 高: 超过 OEL。

1.2.4 职业危害风险指数评估法

该方法计算公式^[14]如下:

$$\text{风险指数} = \text{作业条件等级} \times 2^{\text{健康效应等级}} \times 2^{\text{暴露比值}} \quad (2)$$

风险指数赋值: 无危害: $0 \sim 6$; 轻度危害: $7 \sim 11$; 中度危害: $12 \sim 23$; 重度危害: $24 \sim 80$; 极度危害: > 80 。

健康效应等级参照相应的国家标准^[15-17]。

暴露比值 = 实测最高值/职业接触限值。

作业条件等级 = (暴露时间等级 \times 暴露人数等级 \times 工程防护措施等级 \times 个体防护措施等级)^[14]。

作业条件各项等级赋值标准^[18]见表 1。

表 1 作业条件各等级赋值

等级	暴露人数	每班暴露时间/h	工程控制措施	个人防护用品使用率/%
5	> 50	> 12	无	≤ 20
4	26 ~ 50	9 ~ 12	整体控制, 整体换气, 消噪或除尘	21 ~ 50
3	16 ~ 25	6 ~ 8	局部控制, 有运转但效果不确定	51 ~ 80
2	6 ~ 15	3 ~ 5	局部控制, 效果明确	81 ~ 90
1	≤ 5	≤ 2	密闭设施	> 90

1.2.5 风险评估结果比较

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。因赋值定量法和职业危害风险指数法的风险等级划分为 5 级, 矩阵法的风险等级划分为 4 级, 3 种评估方法分级不一致, 所以分析过程中将风险等级 R 标准化为 RR 后进行了比较, 风险比值 (RR) = 风险等级/模型风险等级总数, 根据 RR 值将标准化后的风险等级由低到高分 5 级, 依次对应 $RR \leq 0.20$ 、 $> 0.20 \sim 0.40$ 、 $> 0.40 \sim 0.60$ 、 $> 0.60 \sim 0.80$ 和 $> 0.80 \sim 1.00$ ^[19]。3 种评估方法的一致性评价采用 Kappa 一致性检验进行分析, Kappa 系数 ≤ 0.40 为一致性差; Kappa 系数 = $0.41 \sim 0.74$ 为一致性好; Kappa 系数 = $0.75 \sim 1.00$ 为一致性很好^[20]。检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。

1.2.6 风险评估结果验证

将风险评估结果与作业工人职业健康检查结果进行对比, 对两种模型风险评估结果进行验证。

2 结果

2.1 基本情况

该厂主要生产工艺过程包括聚合、原丝和炭化 3 部分。现场调查结果发现, 该厂作业环境中存在的

职业病危害因素主要为化学危害因素(包括原丝和碳丝车间收丝工序的聚丙烯腈纤维尘和碳纤维尘,丙烯腈、二氧化硫、氨、一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮和二氧化氮)和噪声;聚合车间运行班制采用四班三运转,每班工作8 h,平均每周工作5.25 d(42 h);原丝、碳丝车间运行班制采用三班二运转,每班工作12 h,平均每周工作4.67 d(56 h)。根据个体采样检测结果 C_{TWA} ,结果显示除原丝车间凝固浴巡检工和聚合车间聚合巡检工接触的丙烯腈 C_{TWA} 超出了职业接触限值要求外,其他工种接触的有害因素

浓度均未超出限值;噪声测量结果显示,仅聚合车间巡检工接触噪声40 h等效声级超过职业接触限值的要求。对原丝车间11个排风罩控制点的风速进行测量,结果显示,原丝车间凝固浴排风罩、碳丝车间氧化炉出口排风罩、碳丝车间氧化炉进口排风罩的控制点风速均较低,其中原丝车间凝固浴排风罩控制点风速仅为0.03 m/s,其余排风罩控制点风速也都在0.03~0.10 m/s之间,均无法达到基本的防毒、防尘要求。另外,调查发现该厂作业工人均未佩戴任何个人防护用品。见表2。

表2 某碳纤维厂工作场所中职业病危害因素接触情况及防护措施

车间	工种	职业病危害因素	接触水平 ^①	职业接触限值 ^②	E/OEL ^③	接触人数	日接触时间/h	工程控制措施	排风风速/(m/s)
原丝车间	收丝 巡检工	聚丙烯腈纤维尘(总尘)	0.62	2	0.31	3	4	局部除尘	0.03
		二氧化碳	382.8	9 000	0.04	3	4	局部排风	0.03
		噪声	77.4	85	0.91	3	4	局部消声	
	凝固浴 巡检工	丙烯腈	4.86	1	4.86	6	4	局部排风	0.03
		二氧化碳	422.7	9 000	0.05	6	4	局部排风	0.03
		二氧化硫	0.1	5	0.02	6	4	局部排风	0.03
		氨	4.7	20	0.24	6	4	局部排风	0.03
	干燥致密化 巡检工	噪声	79.5	85	0.94	6	4	局部消声	
		二氧化碳	390.8	9 000	0.04	3	4	局部排风	0.03
	水洗 巡检工	噪声	83.8	85	0.99	3	4	局部消声	
		二氧化碳	414.7	9 000	0.05	6	4	局部排风	0.06
	噪声	81.7	85	0.96	6	4	局部消声		
	收丝工	碳纤维尘(总尘)	1.85	3	0.61	3	4	局部除尘	0.07
一氧化碳		0.7	20	0.04	3	4	局部排风	0.07	
二氧化碳		534.3	9 000	0.06	3	4	局部排风	0.07	
噪声		82.2	85	0.97	3	4	局部消声		
氧化 巡检工	一氧化碳	0.8	20	0.04	9	4	局部排风	0.07	
	二氧化碳	534.3	9 000	0.06	9	4	局部排风	0.07	
	一氧化氮	0.014	5	0.01	9	4	局部排风	0.07	
	二氧化氮	0.079	5	0.02	9	4	局部排风	0.07	
	氨	3.1	20	0.16	9	4	局部排风	0.07	
碳丝车间	噪声	83.4	85	0.98	9	4	局部消声		
	一氧化碳	1.0	20	0.05	6	4	局部排风	0.65	
	二氧化碳	496.9	9 000	0.06	6	4	局部排风	0.65	
	氨	7.5	20	0.38	6	4	局部排风	0.65	
炭化 巡检工	噪声	80.2	85	0.94	6	4	局部消声		
	一氧化碳	1.0	20	0.05	3	4	局部排风	0.10	
	二氧化碳	518.4	9 000	0.06	3	4	局部排风	0.10	
	氨	6.2	20	0.31	3	4	局部排风	0.10	
表面 处理工	噪声	82.7	85	0.97	3	4	局部消声		
	氨	1.5	20	0.08	3	4	局部排风	0.10	
收丝 巡检工	氨	1.5	20	0.08	3	4	局部排风	0.10	
	聚合 巡检工	丙烯腈	1.29	1	1.29	12	4.5	局部排风	0.03
	噪声	85.2	85	1.01	12	4.5	局部消声		
聚合 车间	纯化 巡检工	二氧化硫	0.1	5	0.02	12	4.5	局部排风	0.03

注:① 粉尘和化学危害因素:时间加权平均浓度(C_{TWA})最大值,单位为 mg/m^3 ;噪声:40 h等效声级($L_{EX,40h}$),单位为 $dB(A)$;② 职业接触限值:粉尘和化学危害因素为时间加权平均容许浓度(PC-TWA),单位为 mg/m^3 ;噪声为85 $dB(A)$;③ E/OEL为暴露比值,即 C_{TWA} 或 $L_{EX,40h}$ 与职业接触限值(OEL)比值。

2.2 ICMM 风险评估结果

赋值定量法评估结果显示,原丝车间收丝巡操工和碳丝车间收丝工接触粉尘的风险等级均为可容忍风险,原丝车间凝固浴巡操工和聚合车间聚合巡检工接触丙烯腈为不可容忍风险,聚合车间纯化巡检工接触二氧化硫为潜在风险,其余工种接触化学危害因素评估等级均为可容忍风险;聚合车间巡检工接触噪声评估等级为不可容忍风险,其余各车间工种接触噪声评估等级均为非常高风险。

矩阵法评估结果显示,原丝车间凝固浴巡操工和聚合车间聚合巡检工接触丙烯腈的风险等级为

高风险,其余化学危害因素的风险等级均为非常低风险;聚合车间聚合巡检工接触噪声风险等级为高风险,其余各车间工种接触噪声的评估等级均为低风险。见表 3。

2.3 职业危害风险指数评估法评估结果

职业危害风险指数评估结果显示,接触粉尘、二氧化碳、氨、一氧化氮、二氧化硫的工种风险等级均为无危害;接触二氧化氮工种评估等级为中度危害;接触一氧化碳的工种评估等级均为轻度或中度危害;接触丙烯腈的工种评估等级为重度或极度危害;接触噪声的工种评估等级均为轻度危害。见表 4。

表 3 碳纤维厂的 ICMM 模型风险评估结果

工种	职业病危害因素	ICMM 赋值定量法						ICMM 矩阵法					
		C	PrE	PeE	U	RR	R	标化风险等级	危害等级	防护有效等级	R	标化风险等级	
原丝车间	收丝巡操工	聚丙烯腈纤维尘(总尘)	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		二氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		噪声	15	3	6	1	270	非常高风险	4	2	中	低	3
	凝固浴巡操工	丙烯腈	50	10	6	1	3 000	不可容忍风险	5	3	高	高	5
		二氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		二氧化硫	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		氨	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
	干燥致密化巡操工	噪声	15	3	6	1	270	非常高风险	4	2	中	低	3
		二氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
	水洗巡操工	噪声	15	3	6	1	270	非常高风险	4	2	中	低	3
二氧化碳		1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
碳丝车间	收丝工	碳纤维尘(总尘)	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		一氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		二氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		噪声	15	3	6	1	270	非常高风险	4	2	中	低	3
	氧化巡操工	一氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		二氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		一氧化氮	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		二氧化氮	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
	炭化巡操工	氨	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2
		噪声	15	3	6	1	270	非常高风险	4	2	中	低	3
一氧化碳		1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
二氧化碳		1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
表面处理工	氨	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
	噪声	15	3	6	1	270	非常高风险	4	2	中	低	3	
	一氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
	二氧化碳	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
收丝巡操工	氨	1	3	6	1	18	可容忍风险	1	1	低	非常低	2	
聚合车间	聚合巡检工	丙烯腈	50	6	10	1	3 000	不可容忍风险	5	3	高	高	5
		噪声	50	3	10	1	1 500	不可容忍风险	5	3	高	高	5
	纯化巡检工	二氧化硫	1	3	10	1	30	潜在风险	2	1	低	非常低	2

表4 碳纤维厂职业危害风险指数法评估结果

工种	职业病危害因素	暴露比值	健康效应等级	暴露时间等级	暴露人数等级	工程防护等级	个人防护等级	作业条件等级	风险指数	风险等级	标化风险等级	
原丝车间	收丝巡操工	聚丙烯纤维尘(总尘)	0.31	0	2	1	3	5	2.34	2.90	无危害	1
		二氧化碳	0.04	0	2	1	3	5	2.34	2.41	无危害	1
		噪声	0.91	1	2	1	2	5	2.11	7.93	轻度危害	2
	凝固浴巡操工	丙烯腈	4.86	2	2	2	3	5	2.78	322.93	极度危害	5
		二氧化碳	0.05	0	2	2	3	5	2.78	2.88	无危害	1
		二氧化硫	0.02	1	2	2	3	5	2.78	5.63	无危害	1
		氨	0.24	0	2	2	3	5	2.78	3.28	无危害	1
	干燥致密化巡操工	噪声	0.94	1	2	2	2	5	2.51	9.63	轻度危害	2
		二氧化碳	0.04	0	2	1	3	5	2.34	2.41	无危害	1
	水洗巡操工	噪声	0.99	1	2	1	2	5	2.11	8.38	轻度危害	2
二氧化碳		0.05	0	2	2	3	5	2.78	2.88	无危害	1	
收丝工	收丝工	噪声	0.96	1	2	2	2	5	2.51	9.78	轻度危害	2
		碳纤维尘	0.61	0	2	1	3	5	2.34	3.57	无危害	1
		一氧化碳	0.04	2	2	1	3	5	2.34	9.62	轻度危害	2
		二氧化碳	0.06	0	2	1	3	5	2.34	2.44	无危害	1
	氧化巡操工	噪声	0.97	1	2	1	2	5	2.11	8.285	轻度危害	2
		一氧化碳	0.04	2	2	2	3	5	2.78	11.45	中度危害	3
		二氧化碳	0.06	0	2	2	3	5	2.78	2.90	无危害	1
		一氧化氮	0.01	1	2	2	3	5	2.78	5.60	无危害	1
		二氧化氮	0.02	2	2	2	3	5	2.78	11.28	中度危害	3
		氨	0.16	0	2	2	3	5	2.78	3.11	无危害	1
碳丝车间	炭化巡操工	噪声	0.98	1	2	2	2	5	2.51	9.90	轻度危害	2
		一氧化碳	0.05	2	2	2	3	5	2.78	11.51	中度危害	3
		二氧化碳	0.06	0	2	2	3	5	2.78	2.90	无危害	1
		氨	0.38	0	2	2	3	5	2.78	3.62	无危害	1
	表面处理工	噪声	0.94	1	2	2	2	5	2.51	9.63	轻度危害	2
		一氧化碳	0.05	2	2	1	3	5	2.34	9.69	轻度危害	2
		二氧化碳	0.06	0	2	1	3	5	2.34	2.44	无危害	1
		氨	0.31	0	2	1	3	5	2.34	2.90	无危害	1
		噪声	0.97	1	2	1	2	5	2.11	8.27	轻度危害	2
		收丝巡操工	氨	0.08	0	2	1	3	5	2.34	2.47	无危害
聚合车间	聚合巡检工	丙烯腈	1.29	2	2	2	3	5	2.78	27.22	重度危害	4
		噪声	1.00	1	2	2	2	5	2.51	10.04	轻度危害	2
纯化巡检工	二氧化硫	0.02	1	2	2	3	5	2.78	5.64	无危害	1	

2.4 两种风险评估模型评估结果的比较

赋值定量法与矩阵法评估结果一致性差 (Kappa 值 = 0.08, P < 0.01), 赋值定量法与指数法评估结果一致性差 (Kappa 值 = 0.31, P = 0.01), 矩阵法和指数法评估结果一致性差 (Kappa 值 = 0.05, P = 0.02)。而标准化后的噪声职业健康风险评估结果显示, ICMM 模型中的赋值定量法、矩阵法和指数法评估结果两两间存在着明显的不一致。

2.5 风险评估结果验证

该厂原丝、碳丝和聚合车间接触职业病危害因素作业人员共 66 人, 其中接触丙烯腈 18 人, 其他

化学危害因素 54 人, 噪声 51 人; 对接触有害作业的工人进行在岗期间职业健康检查, 结果显示接触丙烯腈的作业人员中 10 人检出异常 (丙氨酸氨基转移酶增高), 接触其他化学危害因素的工人中未检出异常 (包括 X 线胸片), 纯音听力检测检出 9 人听力异常。赋值定量法和矩阵法评估结果与职业健康检查结果不完全相符, 其中与粉尘和化学毒物较为相符, 但与噪声评估结果不相符, 职业危害风险指数法对各类危害因素评估结果与职业健康检查结果均较为相符。见表 5。

表5 风险评估结果与职业健康检查结果比较

职业病危害因素	ICMM 赋值 定量法	ICMM 矩阵法	职业危害风险 指数法	异常检出人数 (检出率/%)
粉尘	1(可容忍)	1(非常低)	1(无)	0(0)
丙烯腈	5(不可容忍)	4(高)	3,5(重度、 极度)	10(55.55)
其它化学 毒物	1(可容忍)	1(非常低)	1~2 (无~中度)	0(0)
噪声	5(不可容忍)	2,4(低、高)	2(轻度)	9(17.65)

3 讨论

碳纤维厂部分岗位如收丝岗位等需采用人工操作,且自动化运行流程仍需安排工人在岗巡检。本次现场调查和实验室检测结果显示,该碳纤维厂原丝车间凝固浴巡检工和聚合车间聚合巡检工接触丙烯腈浓度均超过了职业接触限值。这和该厂原丝车间凝固浴和聚合车间局部排风控制风速均仅为0.03 m/s,工作场所空气中有害物质几乎不能通过排风罩排出有关。另外,现场调查显示,聚合车间聚合巡检工接触的噪声声级超过了职业接触限值;原丝、碳丝车间运行班制采用三班二运转,即每班工作12 h,每周工作时间为56 h,超出了我国劳动法规定的工时制度要求。

本研究采用ICMM模型赋值定量法进行风险评估,结果显示存在粉尘、二氧化硫、氨、一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮和二氧化氮的岗位评估结果为可容忍风险,存在丙烯腈的岗位为不可容忍风险,存在噪声的岗位均为非常高风险或不可容忍风险。本次评估结果显示,后果等级的赋值是风险评估结果的关键参数,其他参数对结果的评定影响相对较小。在对后果等级赋值为15及以上时,极易得出非常高风险或不可容忍风险的结果。梁志明等^[21]和张士怀等^[22]采用该方法也得到了相似的结论,即该方法中后果等级在参数赋值过程中赋权过大,直接影响风险等级的评定结果,通常会高估职业病危害因素的健康风险。另外,本次评估发现,该方法的暴露时间设定粗泛,无论每个工作班连续暴露8 h还是12 h,暴露时间赋值均为10,降低了长时间暴露对评估等级的影响。ICMM矩阵法较定量风险评估模型构成参数少,仅包括危害因素健康危害后果和防护有效性[即危害因素浓(强)度]两个因素,主观性强,评估结果具有一定局限性,冷朋波等^[23]与本次结果得出相似结论。职业危害风险指数法评估结果显示,存在粉尘、一氧化碳、二氧化碳等低暴露浓度的岗位,评估结果为无、轻度和中度危害,存在丙烯腈的岗位为重度或极度危害,存在噪声的岗位为轻

度危害。职业危害风险指数法在应用时加入了更多的参数,如暴露人数,通风、换气等工程防护和个人防护措施,这是ICMM模型2种方法所未涉及的;另外,该方法暴露时间设定细致,赋值等级较ICMM模型严格。综合分析职业危害风险指数法评估更为全面、客观。

Kappa分析结果显示三种方法评估结果一致性较差,该碳纤维厂ICMM模型和职业危害风险指数法的评估结果存在有较大的差异。分析原因主要为ICMM模型评价参数少,且各参数赋值较为粗泛,评估结果较易受评估人员主观意识的影响^[24]。赋值定量法和矩阵法评估结果与职业健康检查结果不完全相符,而职业危害风险指数法对各类危害因素评估结果与职业健康检查结果均相符,进一步验证了如上结果。提示优先推荐采用职业危害风险指数法对该碳纤维厂岗位进行评估,并且此方法有利于向企业提出针对性的工程、个人防护措施等。

综合评估的结果,对该企业提出如下建议:(1)进一步优化聚合车间和原丝车间可能散发剧毒物品丙烯腈工作场所的通风、排毒措施,并加强检修制度,保障职业病危害工程防护的有效性。(2)改善作业工人的生产班制,遵守劳动法规定的劳动者每日工作时间不超过8 h、平均每周工作时间不超过44 h的工时制度。(3)进一步加强各车间噪声设备的防护措施,如高噪声设备单独设置、一些管线和风机设消音器。(4)应为接触丙烯腈和一氧化碳的作业人员配置相应的防毒面具。(5)应为接触高噪声设备的作业人员配备防噪耳塞或耳罩,并应设置专职人员监督职业病防护用品的正确佩戴和使用。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] 谭媛,韩香,齐肖阳. 碳纤维材料的应用研究进展[J]. 山东化工, 2021, 50(13): 46-47.
- [2] 靳高岭. 我国碳纤维产业现状及发展前景[J]. 高科技纤维与应用, 2021, 46(3): 11-14.
- [3] 李亚楠,郭亚冰,蔡贤明,等. 职业健康风险评估技术现状及优劣性分析[J]. 劳动保护, 2021(11): 83-86.
- [4] 邱奕冰,边寰锋,林佰敏,等. ICMM评估模型在某金属表面处理企业职业健康风险评估中的应用[J]. 职业与健康, 2021, 37(1): 20-23.
- [5] 卢建国,唐杰彬,邓小懂,等. 基于两种ICMM风险评估模型研究某蓄电池生产企业职业健康风险[J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(5): 482-486.

(下转第376页)

参考文献

- [1] BURLET -VIENNEY D, CHINNIAH Y, BAHLOUL A, et al. Occupational safety during interventions in confined spaces [J]. Saf Sci, 2015, 79 : 19-28.
- [2] 刘艳, 秦研. 有限空间作业安全 [M]. 北京: 团结出版社, 2016 : 1-34.
- [3] 中华人民共和国应急管理部. 应急管理部要求加强有限空间作业安全风险管控 [J]. 中国安全生产, 2020, 15(7): 5.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 突发中毒事件卫生应急处置技术规范总则: WS/T 679—2020 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 工作场所有害因素职业接触限值: GBZ 2.1—2019 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2019.
- [6] 金泰虞, 王祖兵. 化学品毒性全书 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2020: 273-280.
- [7] 邬堂春, 牛侨. 职业卫生与职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017 : 115.
- [8] 中华人民共和国卫生部. 职业性化学源性猝死诊断标准: GBZ 78—2010 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [9] 中华人民共和国卫生部. 密闭空间作业职业危害防护规范: GBZ/T 205—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- [10] 中华人民共和国国家安全监管总局. 关于印发《工贸行业重大生产安全事故隐患判定标准(2017版)》的通知: 安监总管四〔2017〕129号 [A]. 2017-11-30.
- [11] 周兴藩, 杨凤, 郭玲, 等. 2014—2015年全国有限空间作业中毒与窒息事故分析及预防建议 [J]. 环境与职业医学, 2018, 35(8): 735-740.
- [12] 秦妍, 刘艳, 陈娅, 等. 浅析有限空间作业事故应急救援对策 [J]. 职业卫生与应急救援, 2016, 34(1): 63-65; 67.
- [13] 刘艳, 杨春丽. 有限空间作业事故特征及其原因分析 [J]. 中国安全科学学报, 2017(3): 141-146.

收稿日期: 2022-11-10

(上接第 310 页)

- [6] 林嗣豪, 王治明, 唐文娟, 等. 职业危害风险指数评估方法的初步研究 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24(12): 769-771.
- [7] 汤瑛, 江荧荧, 马翠云, 等. 两种风险评估法在某铸造企业生产性粉尘职业健康风险评估中的应用 [J]. 海峡预防医学杂志, 2022, 28(1): 84-86.
- [8] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中有害物质监测的采样规范: GBZ 159—2004 [S]. 北京: 法律出版社, 2004.
- [9] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气有毒物质测定: GBZ/T 160—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气有毒物质测定: GBZ/T 300—2017 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中粉尘测定 第 1 部分: 总粉尘浓度: GBZ/T 192.1—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [12] 中华人民共和国卫生部. 工作场所物理因素测量 第 8 部分: 噪声: GBZ/T 189.8—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [13] International Council on Mining and Metals. Good practice guidance on occupational health risk assessment [M]. London: ICMM, 2009: 44-49.
- [14] 刘耀, 雷鸣. 基于 ICMM 法和风险指数评估法的某茶业公司茶尘、噪声职业健康风险评估 [J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(3): 242-245; 267.
- [15] 中华人民共和国卫生部. 职业性接触毒物危害程度分级: GBZ 230—2010 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [16] 中华人民共和国卫生部. 工作场所职业病危害作业分级 第 4 部分: 噪声: GBZ/T 229.4—2012 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
- [17] 中华人民共和国卫生部. 工作场所职业病危害作业分级 第 1 部分: 生产性粉尘: GBZ/T 229.1—2010 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [18] 伍波, 李铭, 程秀荣, 等. 接苯企业职业健康风险评估 [J]. 中国公共卫生, 2018, 34(5): 755-758.
- [19] 冯斌, 张海东, 张放, 等. 某树脂锚固剂生产车间职业健康风险评估 [J]. 中国职业医学, 2021, 48(5): 534-537.
- [20] 金蕾, 唐天统. 3 种职业健康风险评估方法在海南省西部地区某燃煤发电企业的应用 [J]. 职业与健康, 2022, 38(12): 1590-1595.
- [21] 梁志明, 曾庆民, 邓永愈, 等. 三种职业健康风险评估法在某大型设备制造企业噪声风险评估中的应用 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37(2): 144-149.
- [22] 张士怀, 张普, 陶玲, 等. 三种风险评估模型在玻璃钢风机制造企业的应用 [J]. 工业卫生与职业病, 2021, 47(4): 265-269; 273.
- [23] 冷朋波, 王群利, 王爱红, 等. 基于 ICMM 风险评估技术的某电镀企业职业健康风险的定量定性评估研究 [J]. 中国卫生工程学, 2016, 15(6): 544-549.
- [24] XU Q, YU F, LI F, et al. Quantitative differences between common occupational health risk assessment models [J]. J Occup Health, 2020, 62(1): e12164.

收稿日期: 2022-11-15