

DOI:10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2020.04.007

·热点关注:职业病危害风险评估·

两种风险评估方法在粉尘职业健康风险评估中的应用比较

陈培仙¹,张海¹,杨燕¹,刘移民^{1,2}

1. 广州市职业病防治院,广东 广州 510620; 2. 中山大学公共卫生学院,广东 广州 510080

摘要:目的 比较两种风险评估方法对粉尘工作岗位职业健康风险评估的结果,探讨其适用性。**方法** 分别选取广州市某汽车制造企业、某家具制造企业和某煤码头生产过程中产生粉尘的典型岗位为研究对象,开展现场职业卫生调查、工作场所典型岗位粉尘浓度检测,应用国内《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》(GBZ/T 298—2017)中推荐的半定量综合指数法和国际采矿与金属委员会定量职业健康风险评估法(ICMM 定量法)分别对各企业粉尘岗位进行职业健康风险评估,并对两种方法的评估结果进行比较。**结果** 半定量综合指数法评估汽车制造企业二氧化碳焊岗位电焊烟尘、煤码头卸船、输送带巡检、堆料、清扫、装船岗位煤尘为低风险,汽车制造企业电阻焊岗位为中等风险,家具制造企业开料、铣边、开孔、水磨、加工岗位矽尘为高风险;ICMM 定量法评估汽车制造企业焊接岗位电焊烟尘为潜在风险,煤码头卸船、输送带巡检、堆料、装船岗位煤尘为非常高风险,家具制造企业 5 个岗位及煤码头清扫岗位为不可容忍风险;ICMM 定量法所得评估结果大部分高于半定量综合指数法。**结论** 两种评估方法均能在一定程度上评估和预测粉尘的职业健康风险。ICMM 定量法评估结果更为严格;半定量综合指数法综合考虑了粉尘的健康效应、接触情况及防护措施,对粉尘所得的职业健康风险结果更为全面、准确。

关键词:职业健康;风险评估;粉尘;半定量综合指数法;ICMM 定量法;汽车制造;家具制造;煤码头

中图分类号: R135.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1326(2020)04-0352-05

引用:陈培仙,张海,杨燕,等. 两种风险评估方法在粉尘职业健康风险评估中的应用比较 [J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(4):352-356.

Application and comparison of two risk assessment methods in workplaces with dust exposure CHEN Peixian¹,ZHANG Hai¹,YANG Yan¹,LIU Yimin^{1,2} (1. Guangzhou Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases, Guangzhou, Guangdong 510620, China; 2. School of Public Health, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510080, China)

Abstract: Objective Two risk assessment methods were used to assess occupational health risk of dust in various workplaces and the results were compared to explore the applicability. **Methods** The workplaces with dust exposure in an automobile manufacturing enterprise, a furniture manufacturing enterprise and a coal wharf in Guangzhou City were chosen as the study subjects and the field investigation and monitoring on dust in these workplaces were carried out. The semi-quantitative comprehensive index method recommended by “The guidelines for occupational health risk assessment of chemicals in the workplace(GBZ/T 298-2017)” and the quantitative method of the “International council on mining and metals” (ICMM) were used for occupational health risk assessment. The risk classification results of these two methods were compared and analyzed.

Results The semi-quantitative comprehensive index method showed that the welding dust in the workplace of carbon-dioxide arc welding in automobile manufacturing enterprise was ranked as low, that the coal dusts in workplaces of loading and unloading, routing inspection, piling and taking and sweeping in coal wharf were ranked as low, that welding dust in workplace of resistance welding was rank as medium, and the dusts in the workplaces of cutting, edge milling, trepanning, levigation, processing in furniture manufacturing enterprises were ranked as high. The ICMM method showed that the welding dust in automobile manufacturing enterprise was ranked as potential risk, that the coal dusts in coal wharf were ranked as very high risk, and that dusts in furniture manufacturing enterprises were ranked as intolerable level. The evaluation results of ICMM quantitative method were mostly higher than those of semi-quantitative comprehensive index method. **Conclusion** Both methods can appropriately predict and assess the occupational health risk of dust. The comprehensive index method takes into account of the health effects, exposure conditions and operating conditions, and can comprehensively and accurately assess the occupational health risks caused by different dust.

Key words: occupation health;risk assessment;dust;semi-quantitative comprehensive index;ICMM risk assessment;automobile manufacturing;furniture manufacturing;coal wharf

基金项目:广东省“十二五”医学重点专科(粤卫函[2012]20号);广州市民生科技重大项目(2014Y2-00067);广州市医学重点学科建设项目(穗卫科教[2016]27号);广州市职业环境与健康效应实验室建设项目(2014SY000020);广州市“121 人才梯队工程”后备人才项目

作者简介:陈培仙(1987—),女,硕士,主管医师

通信作者:刘移民,主任医师,E-mail:ymliu61@163.com

职业健康风险评估通过风险等级划分来决定行动顺序及重点,实现职业卫生管理的可持续改进。目前国外已建立美国环境保护署(EPA)吸入风险评估模型、国际采矿与金属委员会(ICMM)模型等多种成熟的风险评估方法^[1-3]。2017 年我国颁布了《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》(GBZ/T 298—2017)^[4],近年来有关职业健康风险评估的应用研究也在各行业中不断开展,并发现各方法的适用性不尽相同。

粉尘导致的尘肺病是危害我国作业工人健康最严重的职业病。广州市涉及粉尘作业的企业数量众多,而且有文献^[5]调查广州市 88 家企业中 20.45% 的企业存在粉尘超标的情况。本研究拟采用国内的半定量综合指数法及国际采矿金属委员会的 ICMM 定量法,对广州市 3 家不同企业、涉及不同性质粉尘的岗位进行职业健康风险评估,以探索不同方法在粉尘职业健康风险评估中的适用性,并为广州市粉尘作业人员职业病风险管控提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象

采用方便抽样方法,选取广州市有代表性的某汽车制造企业电焊烟尘、某家具制造企业矽尘、某煤码头煤尘的典型岗位作为研究对象。

1.2 方法

1.2.1 现场职业卫生调查

根据半定量综合指数法及 ICMM 定量法模型的要素,于 2019 年 6—8 月制定调查表,对 3 家企业开展现场职业卫生调查,调查内容包括:企业基本情况、设备设施、物料及工艺、劳动者工作日写实、职业病防护设施、个人防护用品、职业卫生管理及职业健康检查等情况。

1.2.2 现场检测

根据《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)^[6]对研究对象岗位进行个体采样,通过称重法对粉尘质量浓度进行测定,计算 8 h 加权平均浓度(C_{TWA}),并与《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》(GBZ 2.1—2007)^[7]相应的职业接触限值(OEL)相比得出接触比值比(E/OEL)。

1.2.3 半定量综合指数法

按照 GBZ/T 298—2017^[4],通过公式(1)计算各危害因素风险等级(Risk):

$$\text{Risk(简称“R”)} = \sqrt{\text{HR} \times \text{ER}} \quad (1)$$

其中, R 为风险等级,分为 1~5 级,分别为可忽略、低、中、高及极高风险。

危害等级(HR)根据物质毒性危害特征确定;接触分级(ER)先根据危害因素的动力学直径、接触比值比、接触时间、危害控制措施等因子确定各接触指数(EI),再通过公式(2)确定 ER 等级。其中接触比值比 = 接触浓度(E)/职业接触限值(OEL),后根据半定量综合指数法中的接触指数分级表进行赋值: < 0.1 赋值 1, $0.1 \sim 1.0$ 赋值 2, $0.5 \sim 2.0$ 赋值 3, $1.0 \sim 4.0$ 赋值 4, ≥ 2.0 赋值 5。

$$\text{ER} = [\text{EI}_1 \times \text{EI}_2 \times \cdots \times \text{EI}_n]^{1/n} \quad (2)$$

式中,ER 为接触分级;EI 为接触指数;n 为接触因素的个数。

1.2.4 ICMM 定量法

ICMM 定量法计算公式为:

$$\text{RR} = C \times \text{PrE} \times \text{PeE} \times U \quad (3)$$

各要素定义及赋值参照《国外职业健康风险评估指南》^[8]。式中,RR 为风险等级: ≥ 400 为不可容忍的风险, $200 \sim 399$ 为非常高的风险, $70 \sim 199$ 为高风险, $20 \sim 69$ 为潜在的风险, < 20 为可容忍的风险。C 为健康危害后果:该暴露水平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下降赋值 100。PrE 为暴露概率(超过职业接触限值的可能性),根据暴露浓度和岗位工作情况赋值:频繁暴露于低浓度($< 50\% \text{OEL}$)的潜在危害其暴露概率为“低”,赋值 3;频繁暴露于中等浓度($> 50\% \text{OEL}, < \text{OEL}$)的为“中”,赋值 6;频繁暴露于高浓度($\geq \text{OEL}$)的为“高”,赋值 10。PeE 为暴露时间:按照极少暴露(每年一次)、不经常暴露(一年几次)、很短的时间(每月几次)、每个班次连续暴露 2~4 h、每个班次连续暴露 8 h 依次赋值 0.5、1、2、6、10。U 为危害风险和评估的暴露评估的不确定性:确定(赋值 1)、不确定(赋值 2)、非常不确定(赋值 3)。

1.2.5 评估结果比较

两种评估方法风险等级均为 5 级,本文为使评估结果之间可比,将 ICMM 风险等级按照综合指数法风险由低到高分为 1~5 级,即可容忍为 1 级,潜在为 2, 高风险为 3, 非常高为 4, 不可容忍为 5 级。同时参考岗位粉尘检测结果及作业工人职业健康检查进行比较。

2 结果

2.1 现场调查及检测结果

汽车制造 A 企业年产 69 万辆整车,包括冲压、焊装、成型、涂装、总装工艺,其中焊装可分为 CO₂ 焊及

电阻焊,定员1226人,两班倒,每周工作5d,8h/d,生产过程中产生的粉尘为电焊烟尘。家具制造B企业从事石英石橱柜台面生产,包括开料、铣边、开孔、水磨、加工工艺,可接触矽尘;岗位总定员80人,白班制,每周工作5d,8h/d,经采样检测,现场沉降尘游离二氧化硅质量分数23.3%。煤码头C企业装卸船、输送带巡检、清扫、堆料岗位可接触煤尘,经检测游离二

氧化硅质量分数6.58%,定员185人,五班三倒,每年上班约220d,8h/d。

现场查看2018年在岗期间职业健康检查报告发现家具制造企业1名水磨工及1名加工工人肺功能检查显示轻度阻塞性肺通气功能障碍,其余调查企业岗位作业工人粉尘必检项目未见异常。3家企业现场职业卫生调查及检测情况见表1。

表1 3家企业粉尘典型岗位职业卫生现场调查及检测情况

企业	岗位	粉尘种类	C _{TWA} (mg/m ³)	PC-TWA/ (mg/m ³)	接触 时间 ^a	工程 防护	职业病 防护用品	职业卫生 管理	职业健康 检查
汽车 制造 企业	CO ₂ 焊	电焊烟尘	1.20	4.0	8h/d	局部抽排定期维护	正确佩戴防尘口罩,有QS标志;符合性、有效性满足要求;有领用和培训记录	建立有12条职业卫生管理制度,且落实情况良好	未见异常
	电阻焊	电焊烟尘	0.50	4.0	8h/d	车间全面机械排风			
家具 制造 企业	开料	矽尘	总尘:1.30 呼尘:0.62	总尘:1.0 呼尘:0.7	4h/d	湿式作业不定期维护			未见异常
	铣边	矽尘	总尘:5.60 呼尘:0.42	总尘:1.0 呼尘:0.7	4h/d	湿式作业不定期维护	正确佩戴防尘口罩,有QS标志;符合性、有效性满足要求;无领用和培训记录	建立有12条职业卫生管理制度,6条落实情况良好	未见异常
	开孔	矽尘	总尘:0.60 呼尘:0.13	总尘:1.0 呼尘:0.7	4h/d	湿式作业不定期维护			
	水磨	矽尘	总尘:1.90 呼尘:0.26	总尘:1.0 呼尘:0.7	4h/d	湿式作业不定期维护		1名轻度阻塞性肺通气功能障碍	1名轻度阻塞性肺通气功能障碍
	加工	矽尘	总尘:1.60 呼尘:0.16	总尘:1.0 呼尘:0.7	4h/d	设备密闭除尘定期维护			
煤码头	卸船	煤尘	总尘:0.60 呼尘:0.34	总尘:4.0 呼尘:2.5	3h/d	密闭卸船机,独立驾驶室不定期维护			未见异常
	输送带 巡检	煤尘	总尘:1.10 呼尘:0.41	总尘:4.0 呼尘:2.5	4h/d	喷淋装置、局部除尘设施定期维护	正确佩戴防尘口罩,有QS标志;符合性、有效性满足要求;有领用和培训记录	建立有12条职业卫生管理制度,且落实情况良好	未见异常
	堆料	煤尘	总尘:1.40 呼尘:0.53	总尘:4.0 呼尘:2.5	4h/d	独立驾驶室不定期维护			
	清扫	煤尘	总尘:2.10 呼尘:0.93	总尘:4.0 呼尘:2.5	4h/d	自然通风、喷淋装置不定期维护		未见异常	未见异常
	装船	煤尘	总尘:0.80 呼尘:0.32	总尘:4.0 呼尘:2.5	3h/d	独立驾驶室不定期维护			

注:^a所有企业岗位均工作5d/周。

2.2 半定量综合指数法评估结果

根据GBZ 2.1—2007,电焊烟尘属可疑人类致癌物(G2B),HR为3级;家具制造企业石英石板材产生的粉尘含结晶性SiO₂,属确认人类致癌物(G1),HR为5。

粉尘的粒子直径为0.1~10.0 μm,烟的粒子直径<0.1 μm。综合粉尘颗粒大小、接触比值比等6个暴露因子后,汽车制造企业二氧化碳焊接岗位电焊烟尘、煤码头卸船、输送带巡检、堆料、清扫、装船岗位煤尘为低风险,汽车制造企业电阻焊岗位为中等风险,家具制造企业开料、铣边、开孔、水磨、加工岗位煤尘为高风险。见表2。

2.3 ICMM定量法评估结果

粉尘的健康后果为尘肺病,等级赋值50;经与暴露概率、暴露时间及不确定计算,得出汽车制造企业焊接岗位电焊烟尘为潜在风险,煤码头卸船、输送带巡检、堆料、装船煤尘为非常高风险,家具制造企业5个岗位及煤码头清扫岗位为不可容忍风险。见表3。

表2 半定量综合指数法各因素赋值及各岗位评估结果

企业	岗位	危害 因素	HR	E/ OEL	颗 粒 大 小	危害控制措施						
						卫生 工程 防护	职业 病防 护用 品	职业 卫生 管理	周接 触时 间	ER	R	风 险 水 平
汽车 制造 企业	CO ₂ 焊	电焊烟尘	3	2	5	1	1	1	5	1.92	2	低
	电阻焊	电焊烟尘	3	2	5	4	1	1	5	2.42	3	中等
家具 制造 企业	开料	矽尘	5	4	5	2	3	2	3	2.99	4	高
	铣边	矽尘	5	5	5	2	3	2	3	3.11	4	高
	开孔	矽尘	5	3	5	2	3	2	3	2.85	4	高
	水磨	矽尘	5	4	5	2	3	2	3	2.99	4	高
	加工	矽尘	5	4	5	1	3	2	3	2.67	4	高
煤码 头	卸船	煤尘	2	2	5	2	1	1	2	1.85	2	低
	输送带 巡检	煤尘	2	2	5	1	1	1	3	1.76	2	低
	堆料	煤尘	2	2	5	2	1	1	3	1.98	2	低
	清扫	煤尘	2	3	5	2	1	1	3	2.12	2	低
	装船	煤尘	2	2	5	2	1	1	2	1.85	2	低

表 3 ICMM 定量法各因素赋值及各岗位评估结果

企业	岗位	危害因素	健康损害	C	PrE	PeE	U	RR	风险等级水平
汽车制造企业	CO ₂ 焊	电焊烟尘	电焊工尘肺	1	3	10	1	30	2(潜在风险)
	电阻焊	电焊烟尘	电焊工尘肺	1	3	10	1	30	2(潜在风险)
家具制造企业	开料	矽尘	矽肺	50	10	6	1	3 000	5(不可容忍)
	铣边	矽尘	矽肺	50	10	6	1	3 000	5(不可容忍)
煤码头	开孔	矽尘	矽肺	50	6	6	1	1 800	5(不可容忍)
	水磨	矽尘	矽肺	50	10	6	1	3 000	5(不可容忍)
	加工	矽尘	矽肺	50	10	6	1	3 000	5(不可容忍)
	卸船	煤尘	煤工尘肺	15	3	6	1	270	4(非常高)
	输送带巡检	煤尘	煤工尘肺	15	3	6	1	270	4(非常高)
	堆料	煤尘	煤工尘肺	15	3	6	1	270	4(非常高)
	清扫	煤尘	煤工尘肺	15	6	6	1	540	5(不可容忍)
	装船	煤尘	煤工尘肺	15	3	6	1	270	4(非常高)

2.4 评估结果比较

在两种方法分别对 3 个企业 12 个岗位的风险评估结果中,仅 1 个岗位的结果一致,风险等级均为 2;半定量综合指数法在 1 个岗位上得到的风险等级高于 ICMM 定量法;余 10 次结果均为 ICMM 定量法高。综合指数法评估结果为非常高风险(风险等级 4)的 5 个岗位中有 4 个为粉尘检测结果超标,2 个岗位作业工人职业健康检查结果异常;ICMM 定量法得出 10 个岗位结果为不可容忍风险(5)和非常高风险(4),详见表 4。

表 4 两种评估方法结果比较

企业	岗位	现场检测结果	评估分级		结果比较	职业健康检查结果
			半定量综合指数法(a)	ICMM 定量法(b)		
汽车制造企业	CO ₂ 焊	合格	2	2	$a = b$	未见异常
	电阻焊	合格	3	2	$a > b$	未见异常
家具制造企业	开料	超标	4	5	$a < b$	未见异常
	铣边	超标	4	5	$a < b$	未见异常
煤码头	开孔	合格	4	5	$a < b$	未见异常
	水磨	超标	4	5	$a < b$	1 名肺功能异常
	加工	超标	4	5	$a < b$	1 名肺功能异常
	卸船	合格	2	4	$a < b$	未见异常
	输送带巡检	合格	2	4	$a < b$	未见异常
	堆料	合格	2	4	$a < b$	未见异常
	清扫	合格	2	5	$a < b$	未见异常
	装船	合格	2	4	$a < b$	未见异常

3 讨论

作业工人长期接触粉尘会对其呼吸系统造成健康危害,严重者可导致尘肺病^[7]。截至 2018 年底,全国累计报告职业病 97 万余例,其中职业性尘肺病 87 万

余例,占比高达 89.7%^[9]。根据职业病报告的数据,近年来新发生肺病例数不断增加,新发生肺病例主要是矽肺和煤工尘肺,占总数的 90%~95%^[10]。尘肺病潜伏期长、发病缓慢,且有迟发性的特点,一旦发病致残率和病死率高,对社会和家庭造成极大危害^[11]。运用职业健康风险评估方法可量化危害发生的可能性及其严重程度,从而采取措施降低风险概率尤为重要。

本研究参照 GBZ 2.1—2007 中的术语定义:化学有害因素除包括化学物质、粉尘外,还包括生物因素^[12],认为 GBZ/T 298—2017 可用于工作场所粉尘职业健康风险评估,并按照导则说明优先选用半定量综合指数法。半定量综合指数法综合考虑化学有害因素的理化性质、工程防护、职业病防护用品、职业卫生管理、使用量和接触时间,可以为企业起到预测预估化学有害因素职业健康风险的目的^[8]。通过本次应用研究发现,该方法可评估电焊烟尘、矽尘、煤尘作业岗位职业健康风险,评估结果与工作场所粉尘检测结果及工人职业健康检查结果吻合度较高,说明该方法能全面、准确地评估、预测粉尘的职业健康风险。但在评估过程中发现:因电焊烟尘、矽尘、煤尘一般不引发急性职业病危害,企业无须设置应对粉尘的应急救援设施或应急救援预案及演练;粉尘为生产过程中钢板焊接或石英石板材切割、打磨、加工或散煤运输产生扬尘,在使用量上与化学原辅料使用量不同,难以衡量赋值,因此本次研究未将应急救援设施、应急救援措施及使用量纳入模型赋值。梁志明等^[13]认为综合指数法根据计算公式,其增加或减少 1 种要素对风险比值影响并不明显,实际应用中,如因评估要素不适用或难以赋值等原因,减少评估要素是否对结果造成影响有待进一步的研究。

ICMM 模型是国外成熟的评估方法,方法简单,

可操作性强,可对工作场所的粉尘、噪声以及化学物质等危害因素进行评估,被众多学者广泛应用于各行业中^[14-18]。邹亚玲等^[19]采用ICMM矩阵法、新加坡化学半定量风险模型等多种评估方法对珠海市某胶黏剂生产企业投料和包装岗位进行职业健康风险评估,结果显示ICMM风险评估矩阵法等定性风险评估法易导致风险评估结果与客观的风险水平产生偏差,尤其是出现偏高的结果,只适用于对胶黏剂生产企业职业健康风险水平的“粗测”。本次结果发现,ICMM定量法的风险等级普遍高于半定量综合指数法,ICMM定量法评估家具制造企业开孔、煤码头清扫岗位结果为“不可容忍”,而按照职业接触限值,该岗位粉尘并未超过职业接触限值,这是由于ICMM定量法考虑的4个因素中,若工人接触时间为每班8 h即赋值10,检测结果达到1/2 OEL赋值6,只要该物质的健康后果是造成身体部位的可逆健康影响(赋值15),RR结果就能高达900,远大于不可容忍的≥400,说明该法容易导致评估结果偏高,其原因可能包括暴露时间PeE赋值过高,故不宜直接应用于国内的职业健康风险评估。

职业健康危害的控制遵循不超过职业接触限值的原则,如果超过限值标准,则风险被视为不可接受。研究对象粉尘的职业接触限值为PC-TWA,其时间权数为8 h/d(或40 h/周),本研究认为,可尝试将接触限值对应的时间权数(8 h/d)赋值调整为1(原ICMM定量法每个工作班8 h连续暴露赋值为10,即新赋值=原赋值/10),故新PeE赋值:极少暴露(每年一次)、不经常暴露(一年几次)、很短的时间(每月几次)、每个班次连续暴露2~4 h、每个班次连续暴露8 h依次赋值0.05、0.1、0.2、0.6、1,对PeE重新赋值后,得到各岗位RR值均为原ICMM定量法的1/10,对应的原表3各岗位风险等级水平依次为2、3、4、4、4、4、4、2、2、2。重新赋值后的ICMM定量法评估结果与半定量综合指数法评估结果更为接近,现场检测结果超标及职业健康检查结果异常的岗位风险等级水平为4(非常高的风险),现场检测未超标、职业健康检查未见异常的岗位风险等级水平为1(可容忍)或2(潜在的风险),且与现场检测、职业健康检查结果情况基本吻合。在今后的研究中,须对重新赋值后的ICMM定量法进行评估,并将其运用到更多的行业,通过实际应用完成其评估结果的验证,以提高评估方法的可靠性和可推广性。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] National Academy of Sciences. Risk assessment in the federal government: managing the process [R]. Washington D C: National Academy Press, 1983.
- [2] The University of Queensland. Occupational health and safety, risk assessment and management guideline [R]. Australia: Occupational Health and Safety Unit, 2004.
- [3] Ministry of Manpower. A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals [R]. Singapore: Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division, 2005.
- [4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则:GBZ/T 298—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [5] 唐侍豪, 张海, 杜伟佳, 等. 广州市部分生产性企业粉尘危害现况 [J]. 热带医学杂志, 2017, 17(6): 789-793.
- [6] 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.
- [7] 李德鸿, 何凤生. 尘肺病 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 29-32.
- [8] 丁钢强, 张美辨. 国外职业健康风险评估指南 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2014.
- [9] 李智民. 我国尘肺病防治发展历程与展望 [J]. 职业卫生与应急救援, 2019, 37(5): 397-401.
- [10] 李德鸿. 不要把尘肺病防治引入歧途 [J]. 环境与职业医学, 2018, 35(4): 283-285.
- [11] 湖南省工会干部学校课题组. 中国尘肺病群体生存现状分析 [J]. 中国工人, 2016(6): 20-25.
- [12] 中华人民共和国卫生部. 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素: GBZ 2.1—2007 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [13] 梁志明, 符发雄, 黎丽春, 等. 多种风险评估方法在铝尘作业岗位职业健康风险评估中的应用比较 [J]. 中国职业医学, 2018, 45(6): 766-769.
- [14] 黄土森, 苏世标, 靳雅丽, 等. 国际采矿与金属委员会职业健康风险评估模型在碳酸钙生产企业的应用 [J]. 中国职业医学, 2018, 45(6): 753-757.
- [15] 邹树青, 董秋颖, 赵春香, 等. ICMM职业健康风险评估模型在承德市某焦化厂职业病危害评价中的应用 [J]. 职业与健康, 2019, 35(8): 1009-1013; 1018.
- [16] 陈林, 钱秀荣, 刘纪廷, 等. ICMM职业健康风险评估模型在某铅酸蓄电池企业中的应用 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2018, 36(4): 298-301.
- [17] TIAN F, ZHANG M, ZHOU L, et al. Qualitative and quantitative differences between common occupational health risk assessment models in typical industries [J]. J Occup Health, 2018, 60(5): 337-347.
- [18] 闵庆霞. 国际采矿与金属委员会职业健康风险评估模型在某耐火材料企业风险评估中的应用 [J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(6): 452-454.
- [19] 邹亚玲, 陆利通, 汤小鸥, 等. 定性与半定量职业健康风险评估法在某胶黏剂生产企业的应用比较 [J]. 中国职业医学, 2018, 45(6): 770-774; 778.

收稿日期: 2019-12-11