需设置在空气洁净的地方。

建设项目单位补充完善职业卫生管理制度，在醒目位置设置公告栏，在有毒有害作业场所悬挂警示标识，组织上岗前职业健康检查。发放包括连体耐酸碱服、橡皮手套、耐高温防护手套、防毒口罩、防尘口罩、防护眼镜、耐酸碱鞋、防砸鞋、防噪声耳塞或耳罩等。设立紧急救援站，配备医疗卫生人员。补充氢氟酸、硝酸、氩气等应急救援专项预案，制定二氧化氮、氟化氢、一氧化碳急性中毒等现场处置方案，

做好应急救援培训和演练。在酸洗泡料槽岗位及化学品库储存硝酸和氢氟酸的场所，安装冲洗设施，设置泄险装置，并安装二氧化氮和氟化氢有毒气体自动检测报警装置，同时设置事故通风设施，配备急救药品及用品。在酸洗、拉晶、氩气站岗位配备防毒面具、空气呼吸器及应急设备。

参考文献:

[1] 张育红, 汤丽霞, 郭庆华. 超高纯多晶硅企业职业病危害控制效果评价 [J]. 医药论坛杂志, 2010, 8 (16): 93-95.

半定量职业危害风险评估法在某市电焊行业锰危害因素评价中的应用

Application of semiquantitative hazard risk assessment in evaluation on occupational manganese hazards

章剑^{1, 2}, 施爱民², 陈献文¹, 张巧耕³, 周维新¹

(1. 江阴市疾病预防控制中心, 江苏 江阴 214431; 2. 南京医科大学公共卫生学院, 江苏 南京 211166; 3. 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210028)

摘要: 以半定量风险评估模型为基础结合相关标准对某市电焊行业中职业性锰危害进行危害等级和暴露等级的评估, 从而得到总体风险等级。结果显示, 中等风险最能体现电焊作业中锰危害的总体风险水平。

关键词: 职业性锰危害; 电焊作业; 风险评估; 危害控制

中图分类号: R135 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2014)04-0310-02

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2014.04.032

职业危害风险评估法是近年来快速发展并被广泛应用的一种职业危害评价方法^[1-3], 能够客观地量化评价职业危害因素所造成的风险, 为采取合理的风险管理策略提供依据。本文以新加坡半定量风险评估模型为基础, 结合《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ230—2010), 评价某市电焊作业中职业性锰危害的整体职业危害风险等级, 以了解一线电焊行业职业危害现状, 并提出相应的风险管理策略。

1 对象与方法

1.1 对象

根据江苏省重点职业病哨点监测方案选择某市 7 家存在电焊作业的机械加工、船舶制造、压力容器制造行业的生产企业, 按系统抽样方式, 从全部 215 名普通手弧焊作业人员中, 以抽样距离 $K=5$ 抽取 43 名作为调查对象。作业人员所用焊条均为含锰焊芯, 含锰量为 0.3%~0.6%。

1.2 方法

通过职业卫生学现场调查确定暴露风险级别 (exposure risk, ER), 通过查阅文献及参考相关规范标准确定危害风险

级别 (hazard risk, HR), 根据 ER 和 HR 计算风险级别。

1.2.1 暴露级别的确定 根据现场监测情况、接触方式、暴露时间、防护及管理措施等暴露因子的暴露指数 (exposure index, EI) 计算 ER。 $ER = [EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n]^{1/n}$, n 为暴露因子个数。

1.2.2 危害级别的确定 按照《职业性接触毒物危害程度分级》中毒物危害指数 (THI) 的计算方法, 通过锰及其无机化合物 (以 MnO_2 计) 的急性毒性、刺激与腐蚀性、致敏性、致癌性、生殖毒性、扩散性、蓄积性等毒理学特性确定 HR。

1.2.3 风险级别的计算 由公式 $R = \sqrt{HR \times ER}$ 计算得到, 根据风险矩阵可划分为可忽略风险、低风险、中风险、高风险、极高风险 5 个级别。

2 结果

2.1 危害级别

依据《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ230—2010) 中毒物危害指数的计算方法 $THI = \sum_{i=1}^n (k_i \times F_i)$ 求得锰危害指数为 34。可定义其危害程度为 IV 级, 即轻度危害, $HR = 2$ 。计算过程见表 1。

表 1 电焊作业中锰危害级别 (HR) 的计算

积分指标	文献资料数据	危害分值 权重系数	
		F	k
急性吸入 LC_{50} [粉尘和烟雾 (mg/m^3)]	参急性经口 LD_{50}	0	5
急性经口 LD_{50} (mg/kg)	4000 (大鼠)	0	—
急性经皮 LD_{50} (mg/kg)	无急性经皮毒性数据, 且不经皮吸收	0	1
刺激与腐蚀性	轻刺激作用	1	2
致敏性	现有实验证据不能对该物质的致敏性做出结论	1	2
生殖毒性	人类生殖毒性未定论	1	3
致癌性	Ⅲ类, 未归入人类致癌物	1	4
实际危害后果与预后	器质性损害 (可逆性重要脏器损害), 脱离接触后可治愈	2	5
扩散性	固态 扩散性极高 (使用时形成烟或烟尘)	3	3
蓄积性	无相关数据	4	1

收稿日期: 2014-01-23; 修回日期: 2014-04-08

基金项目: 卫生部职业卫生标准制定项目 (2008)

作者简介: 章剑 (1983—), 男, 医师, 硕士在读, 从事职业卫生与职业病防治工作。

通讯作者: 施爱民, E-mail: sam@njmu.edu.cn; 张巧耘, E-mail: qyede@163.com。

2.2 暴露级别

本次调查采用毒物颗粒微粒大小（空气动力学直径）、实际监测暴露量/职业接触限值（M/NOAEL）、职业接触限值（PEL）、危害控制措施、每周累计暴露时间等 5 个暴露因子的暴露指数来计算。根据方法模型，空气动力学直径（ EI_1 ）及职业接触限值（ EI_2 ）均取值 5；检测暴露值限值比 EI_3 取值为 2~5 不等，取值 4 以上即超标的岗位有 29 个；危害控制措施 EI_4 取值为 1~4 不等，其中取值为 2 和 3 的岗位共 36

个，即一定有控制措施和防护措施，但维护情况各异；每周累计暴露时间 EI_5 取值为 4~5，仅有 2 个岗位取值 4 即工作时间 <32 h，其他 41 个岗位工作时间均在 32 h 以上，甚至不少岗位在 40 h 以上。通过公式计算可以发现，在全部 43 个电焊作业岗位中，暴露级别为 3 级的 5 个岗位、暴露级别为 4 级的有 35 个岗位、暴露等级为 5 级的有 3 个岗位。其中暴露级别较高的 3 个岗位具体计算过程见表 2。

表 2 电焊作业中锰的暴露级别（5 级）

空气动力学直径 (EI_1)	职业接触限值 PEL (EI_2)	实际检测暴露量/限值 (EI_3)	危害控制措施 (EI_4)	每周累计暴露时间 (EI_5)	暴露级别 (ER)
干燥的和 <10 μ m 的细颗粒 (5)	0.15 mg/m ³ (5)	8 (5)	适当控制无维护 (3)	36 (5)	5
		5.5 (5)	适当控制无维护 (3)	40 (5)	5
		7.1 (5)	控制措施不到位 (4)	48 (5)	5

注：暴露因子危害控制措施中，指数 1 为控制到位并定期维护，指数 2 为适当控制不定期维护，指数 3 为适当控制无维护，指数 4 为控制措施不到位。

2.3 风险水平分析

将 HR 及各岗位的 ER 分别代入公式 $R = \sqrt{HR \times ER}$ 计算得到 $R = 2.4$ 、 $R = 2.8$ 、 $R = 3.2$ 的结果分别为 5 个、35 个、3 个。根据风险矩阵原理，其中 $R = 2.8$ 和 $R = 3.2$ 的风险级别均可划为中等风险级别， $R = 2.4$ 可划为低风险级别。最后得到中等风险级别为 38 个岗位，占总数的 88.4%；低风险级别为 5 个岗位，占总数的 11.6%。可认为中等风险最能客观反映职业性锰危害的总体风险水平。

3 讨论

通过本次调查可以认为某市电焊作业中职业性锰危害整体上为中等风险水平。从危害程度来看，锰及其无机化合物为轻度危害，但由于电焊作业中锰的暴露程度比较高，还是会对劳动者的健康产生相当的危害。尤其在一些通风不良场所如船舱、锅炉或密闭容器内进行电焊作业，其风险也大大提高。

根据电焊作业中职业性锰危害的风险评级，可采取相应的风险管理措施予以控制。但由于电焊作业中职业性锰危害并非单独存在，而是与其他电焊相关职业病危害因素如电焊烟尘、氮氧化物、一氧化碳、电离辐射、噪声等同时对健康产生危害，因此对其进行独立的风险控制不如合并考虑其他有害因素采取全面的控制措施更有意义。建议在风险评级的基础上提出更严格的风险管理策略，并且每 3 年进行一次重新评价，以把风险控制在最小范围内。

目前世界上应用较广的评价模式大致可分为以“后果严重程度-概率”要素为基础的欧洲模式^[4]、以“后果严重程度-暴露频率-后果发生概率”要素为基础的澳大利亚模式^[5]以及以“危害级别-暴露级别”要素为基础的新加坡模式^[6]三种。我国职业卫生工作者对风险评估法给予广泛的探讨与延伸^[7-9]，应用较为普遍的为半定量风险评估法。通过实践发现这种方法最大的优点在于操作简单，并且能够将职业性毒物的危害程度和暴露程度分别进行量化评价，风险级别的划分比较客观，适合作业场所中大多数化学毒物的评价。但在本次调查中，锰并非以单纯化学物形式存在，而是以复杂的化合物形式逸散于空气中并通过各种途径作用于人体。故原评价方法中单纯化学物的急性毒性资料（LD₅₀和 LC₅₀）是否

适用于危害等级的划分并无直接的理论依据。有研究认为，化学有害物质的危害程度分级可根据风险评估的应用需要参照新加坡半定量评估方法中的危害分级，或结合我国《高毒物品目录》等标准分别进行判定，最终取各判定结果中的高值作为危害等级 HR^[10]。为此，本次调查危害评级时结合了《职业性接触毒物危害程度分级》（GBZ230—2010），同时考虑了锰的急性毒性资料以及其扩散性、蓄积性等特点，综合评价了电焊中锰化合物的危害等级。总之，半定量矩阵风险评估法在进行单纯化学毒物风险等级评价时，以其科学性、易操作性而更具有优势，但在针对一些复杂化合物的评价时可适当结合其他规范标准从多个角度进行评价分析，以获得该种职业危害最可能的风险水平。

参考文献：

- [1] Environmental Protection Agency. Draft final guidelines for carcinogen risk assessment [R]. Washington, D. C: EPA, 2003.
- [2] The University of Queensland. Occupational health and safety risk assessment and managements [S]. Australia: Occupational Health and Safety Unit 2004.
- [3] Ministry of Manpower Occupational Health Department in Singapore. Guidelines on risk assessment for occupational exposure to harmful chemicals [S]. Singapore: Safe and Healthy Workplaces, 2005.
- [4] Control of Substances Hazardous to Health (COSHH), Guidance Notes on Risk Assessment [Z]. Manchester Metropolitan University, 2006.
- [5] The University of Queensland. Occupational Health and Safety, Risk Assessment and Management Guideline, 2010.
- [6] Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division. A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals [EB/OL]. Singapore [2010-12-18].
- [7] 王延让, 刘静, 张鸿, 等. 风险评估在化工行业职业危害评价中的应用 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2009, 27 (2): 122-125.
- [8] 张美辩, 邹华, 袁伟明, 等. 职业危害风险评估方法的研究进展 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2012, 12 (30): 972-974.
- [9] 王志平, 郑文慧, 肖国兵. 某企业职业病危害的半定量风险评估 [J]. 环境与职业医学, 2013, 30 (9): 686-689.
- [10] 杨艳, 余善法, 王思华. 职业危害风险评估与管理模式初探 [J]. 职业卫生与应急救援, 2012, 30 (3): 127-130.