

· 评价与防护 ·

行动水平在某企业焊接作业职业卫生学评价中的应用

Application of action level in occupational hygiene evaluation of welding operation in an enterprise

刘静, 李欣荣, 任婕, 张健, 赵淑岚, 曾强

(天津市疾病预防控制中心, 天津 300011)

摘要: 2018—2020年对某企业焊接作业环境中化学有害因素进行检测, 结合作业人员的职业健康检查结果确定危害接触等级。结果显示, 3年间焊接工人接触的有害因素检测浓度为 $0.01\sim 2.40\text{ mg/m}^3$, 各年度间电焊烟尘、氧化镍、氮氧化物、臭氧的检测结果显示差异无统计学意义; 电焊烟尘、臭氧的接触等级达行动水平。在确保检测准确度的前提下, 按照接触等级采取相对应的管理方式优势明显。

关键词: 行动水平; 接触等级; 焊接作业; 化学有害因素; 电焊烟尘

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2022)02-0162-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2022.02.021

行动水平(action level)是指达到该水平需启动的接触检测、危害教育和培训、健康监护等行动的水平, 多数将其定为职业接触限值(OEL)的一半水平^[1,2]。2019年修订的国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》(GBZ2.1—2019)正式引入行动水平概念, 并作为推荐性内容给出化学有害因素职业接触水平及其分类控制表, 使其在职业卫生管理事件中具有可行性。本研究通过分析某汽车配件制造企业焊接作业人员接触化学有害因素的接触等级和管理措施, 探讨行动水平在职业卫生学评价中的应用。

1 对象与方法

1.1 对象 选择天津市某汽车配件制造企业焊接作业环境和电焊工人作为研究对象, 开展连续3年职业卫生学评价和职业健康检查资料的收集。该企业主要生产某品牌汽车的排气管及不锈钢部件, 焊接工约

150人, 实行两班工作制, 每班工作8h。

1.2 化学有害因素检测 采用受控的职业卫生调查表, 在正常生产情况下对焊接作业开展调查, 确定职业病危害因素接触情况。依据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004)、《工作场所空气中粉尘测定 第1部分: 总粉尘浓度》(GBZ/T192.1—2007), 在设备运行正常、满负荷生产条件下, 选择有代表性的工作岗位和有毒物质浓度最高的时段进行采样与检测; 电焊烟尘采用个体采样方式, 氧化锰、氧化镍、三氧化铬、氮氧化物为定点采样, 一氧化碳为直读检测。2018年检测3个工作班, 2019和2020年均检测1个工作班。

依据GBZ 2.1—2019计算OEL比值(职业病危害因素实际接触水平/相应OEL), 确定接触水平和接触等级。

1.3 统计分析 采用SPSS 24.0软件进行统计分析, 计量资料经正态性检验不符合正态分布, 采用中位数和第0~100百分位数 $[M(P_0\sim P_{100})]$ 描述; 多组组间 M 比较采用Kruskal-Wallis检验, 组间 M 两两比较采用Nemenyi检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 职业病危害因素检测 14个焊接岗位接触电焊烟尘、氧化锰、氧化镍、三氧化铬、氮氧化物、一氧化碳的检测浓度为 $0.01\sim 2.40\text{ mg/m}^3$ 。3年间电焊烟尘、氧化镍、氮氧化物、臭氧的检测结果显示无差异($Z=1.66、4.00、1.64、1.46, P>0.05$), 氧化锰和一氧化碳的 C_{TWA} 检测浓度差异有统计学意义($Z=7.87、19.22, P<0.05$)。2019年氧化锰和2020年一氧化碳浓度高于其他年度($Z=13.46、11.00, Z=49.53、15.07, P<0.05$)。见表1。

基金项目: 天津市自然科学基金面上项目(20JCYBJC00270); 天津市医学重点学科(专科)建设项目(2021)

作者简介: 刘静(1980—), 女, 硕士, 副主任医师, 从事职业病危害因素监测与职业流行病学研究工作。

通信作者: 曾强, 主任医师, E-mail: zengqiang6@tj.gov.cn

表 1 2018—2020 年焊接作业场所空气中职业病危害因素检测结果

mg/m³

年份	电焊烟尘		氧化锰		氧化镍		三氧化铬		臭氧		氮氧化物		一氧化碳	
	样品数	C _{TWA}	样品数	C _{TWA}	样品数	C _{TWA}	样品数	C _{TWA}	样品数	C _{TWA}	样品数	C _{TWA}	样品数	C _{TWA}
2018	30	0.96 (0.67~2.33)	36	0.01 (0.01~0.06)	18	0.02 (0.01~0.02)	90	<0.006	72	0.12 (0.08~0.23)	108	0.07 (0.04~0.18)	99	1.13 (0.60~2.40)
2019	14	1.02 (0.42~2.17)	15	0.03 (0.01~0.06)	18	0.03 (0.01~0.05)	18	<0.007	33	0.12 (0.10~0.15)	33	0.08 (0.03~0.11)	27	1.21 (0.91~1.42)
2020	14	1.05 (0.60~2.30)	15	0.02 (0.02~0.02)	18	<0.01	24	<0.02	33	<0.08	33	0.04 (0.03~0.13)	30	1.47 (1.34~2.22)
合计	58	1.00 (0.42~2.33)	66	0.03 (0.01~0.06)	54	0.02 (0.01~0.05)	132	<0.007	138	0.12 (0.08~0.23)	174	0.07 (0.03~0.18)	156	1.21 (0.60~2.40)

2.2 化学有害因素调查 该企业采用二氧化碳气体保护焊和氩弧焊两种焊接技术，以半自动焊接方式为主。所用焊材为含锰（1.45%）、镍（9.5%）、铬（19.8%）焊丝；识别的化学有害因素有电焊烟尘、氧化锰、氧化镍、三氧化铬、臭氧、氮氧化物和一氧化碳。焊接作业区设置全面通风和局部排风；电焊工固定作业的方式，佩戴有防尘口罩、防噪声耳塞和防飞溅电焊面罩。

2.3 化学有害因素接触等级及推荐的控制措施 电焊烟尘、氧化锰、氧化镍、三氧化铬、氮氧化物、一氧化碳 OEL 比值最大值为 1.75%~76.67%。氧化镍、三氧化铬和氮氧化物接触等级为 I 级 (>1%, ≤10% OEL)；氧化锰、一氧化碳接触等级为 II 级 (>10%, ≤50% OEL)；电焊烟尘、臭氧接触等级为 III 级 (>50%, ≤OEL)。推荐的控制措施为一般危害/特殊危害告知、职业卫生监测、职业健康监护、作业管理。见表 2。

表 2 2018—2020 年焊接作业化学有害因素接触等级及推荐的控制措施

职业病危害因素	PC-TWA (mg/m ³)	MAC (mg/m ³)	OEL 比值 (%)	接触等级 ^a	等级描述	推荐的控制措施
电焊烟尘	4	—	25.00 (10.50~58.25)	III (>50%, ≤OEL)	显著接触, 需采取行动限制活动	一般危害告知、特殊危害告知、职业卫生监测、职业健康监护、作业管理
氧化锰	0.15	—	20.00 (6.67~40.00)	II (>10%, ≤50% OEL)	有接触但无明显健康效应	一般危害告知、特殊危害告知
氧化镍	1	—	2.00 (1.00~5.00)	I (>1%, ≤10% OEL)	接触极低, 根据已有信息无相关效应	一般危害告知
三氧化铬	0.05	—	<7.00	I (>1%, ≤10% OEL)	接触极低, 根据已有信息无相关效应	一般危害告知
臭氧	—	0.3	40.0 (26.67~76.67)	III (>50%, ≤OEL)	显著接触, 需采取行动限制活动	一般危害告知、特殊危害告知、职业卫生监测、职业健康监护、作业管理
氮氧化物	5	—	0.28 (0.71~1.75)	I (>1%, ≤10% OEL)	接触极低, 根据已有信息无相关效应	一般危害告知
一氧化碳	20	—	6.03 (3.00~12.00)	II (>10%, ≤50% OEL)	有接触但无明显健康效应	一般危害告知、特殊危害告知

注: PC-TWA 为时间加权平均容许浓度, MAC 为最高容许浓度; a, 依据 OEL 比值最大值确定。

2.4 职业健康检查 电焊工人在岗期间职业健康检查未检出尘肺样改变者、职业禁忌证和疑似职业病, 检出肺功能异常 1 人, 为轻度限制性肺通气功能障碍; 3 年间胸膜增厚、钙化灶、肺结节等胸片异常检出率分别为 8.70%、5.81% 和 7.91%, 差异无统计学意义 ($\chi^2=0.96, P>0.05$)。见表 3。

表 3 焊接作业工人在岗期间职业健康检查

关键指标异常情况 人(%)

年份	体检人数	肺功能异常	胸片异常
2018	161	1 (0.62)	14 (8.70)
2019	155	0	9 (5.81)
2020	139	—	11 (7.91)
χ^2 值	—	—	0.96
P 值	—	>0.05 ^a	>0.05

注: 2020 年受新冠病毒肺炎疫情影响, 职业健康检查未开展肺功能检测; a: fisher 确切概率法。

3 讨论

根据以往工作经验和传统习惯, 焊接作业识别的主要化学有害因素有电焊烟尘、金属氧化物、臭氧、氮氧化物和一氧化碳^[3,4], 电焊工需针对上述有害因素进行职业健康检查。本研究应用 GBZ 2.1—2019 中化学有害因素职业接触水平分级确定接触等级, 结果表明仅电焊烟尘、臭氧的接触水平达行动水平, 需进行职业卫生监测、职业健康监护和作业管理, 对于未达到行动水平的化学有害因素管理仅需进行危害告知。GBZ 2.1—2019 推荐的控制措施与我国既往职业卫生学评价的符合性管理模式有所不同^[5], 突破了长期以来我国职业卫生实践建立在“有”或“无”的管理水平上, 有利于用人单位提高工作效率, 将有限资源合理地投入到职业病防治工作中。在将行动水平应用到职业卫生学评价的过程中, 笔者认为以下几

个方面值得深入思考和解决。

3.1 职业接触限值的选择 相对于 GBZ/T 224—2010, GBZ 2.1—2019 将行动水平定义中的“工作场所职业性有害因素浓度”改为“劳动者职业接触水平”。在我国职业卫生学评价中, PC-TWA 是评价劳动者接触水平和工作场所职业卫生状况的主要指标, 本研究选择 C_{TWA} 检测结果作为主要评价指标, 电焊烟尘的平均 C_{TWA} 为 1.0 mg/m^3 , 与上海市某区 19 家电焊作业企业通风设施改造后平均 C_{TWA} (0.86 mg/m^3) 接近^[6], 低于某集装箱制造企业电焊烟尘的平均 C_{TWA} (3.96 mg/m^3)^[7]。3 年间该企业电焊烟尘、氧化镍、氮氧化物、臭氧的接触浓度无显著变化, 提示企业焊接作业的通风设施运行较好, 化学有害因素接触水平较为稳定, 选择 C_{TWA} 和 PC-TWA 作为分析和判定指标较为合理。如工作场所化学有害因素浓度变化较大时, 应考虑优先使用 PC-STEL 或峰接触浓度 (PE) 进行分析。

3.2 行动水平的确定 化学有害因素的行动水平根据工作场所环境、接触有害因素的不同而有所不同。GBZ 2.1—2019 推荐为该因素 OEL 的 50%, 在美国职业健康与安全管理局 (OSHA) 中多数情况是职业接触限值的一半, 而某些物质行动水平为接触限值的 25%, 如石棉、二氧化硅等^[8]。美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH) 认为, 由于电焊烟尘的成分变化很大, 建议将电焊烟尘总量控制在尽可能低的浓度水平^[9]。因此, 对于高风险化学有害因素 (高毒、致癌、致敏) 的行动水平应考虑高于一般化学物质, 如为接触限值的 25% 或更低。

3.3 有害物质监测的准确性 有害物质监测受多因素影响, 不仅存在采样和分析误差, 还受生产工况变化的影响。依据 GBZ159—2004 有害物质监测的采样是总体取样的过程, 取得有限个数的样本存在无法代表总体特征的风险^[10]。本研究利用该企业连续 3 年的检测数据作为分析基础, 具有一定的可信度, 为各职业卫生技术服务机构在职业卫生学评价中应用“行动水平”提供参考。为最大限度地保护劳动者, 本研究选择 OEL 比值的最大值确定接触等级, 尚未引入 NIOSH 统计学工具对工作场所的大量检测数据进行分析, 存在一定不足。

3.4 职业健康监护周期 职业健康监护是劳动者职业接触水平超出行动水平后的“行动”之一。本研究中电焊工需进行职业健康检查的化学有害因素为电焊烟尘。该公司近 3 年职业健康检查未检出尘肺样改

变者、职业禁忌证和疑似职业病, 依据《职业健康监护技术规范》(GBZ188—2014), 电焊烟尘作业分级 I 级的体检周期为每 4 年一次, 尚未引入针对行动水平的体检周期^[11]。对于偶尔暴露或曾经暴露在行动水平之上的劳动者是否需要职业健康检查, 目前尚无明确规定。

综上, 本研究尝试将行动水平应用于焊接作业的职业卫生学评价, 认证了这一理念在职业卫生管理实践中的合理性。为使行动水平发挥预期的作用, 建议尽快对配套的《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ159) 和《职业健康监护技术规范》(GBZ188) 进行修订, 合理设置采样要求和采样个数、体检要求和检查周期等, 细化高风险化学有害因素的行动水平, 不断完善我国职业卫生标准, 建设和完善更加科学、合理的职业卫生学评价工作体系。

参考文献

- [1] Richard F. OSHA Compliance Issues: Making sense of OSHA standards with medical requirements (Part I) [J]. Appl Occup Environ Hyg, 1998, 13 (3): 144-148.
- [2] 吕琳. 对建立有毒物质职业接触行动水平的探讨 [J]. 中国工业医学杂志, 2014, 27 (5): 395-396.
- [3] 袁伟明, 宾平凡, 邢鸣鸾, 等. 电焊作业环境中职业危害因素检测与防护 [J]. 环境与职业医学, 2013, 30 (4): 258-262.
- [4] 吕琳. 焊接作业职业病防护设施合理性与有效性评价探析 [J]. 安全, 2018, 39 (9): 40-42.
- [5] 陈刚, 倪志军, 张忠彬, 等. 中美粉尘作业职业病危害防治主要管理措施对比研究 [J]. 职业与健康, 2020, 36 (2): 263-268, 274.
- [6] 刘晓晓, 叶开友, 周颖, 等. 上海青浦区电焊作业企业连续 3 年烟尘危害干预措施效果评价 [J]. 中国工业医学杂志, 2017, 30 (6): 459-461.
- [7] 门金龙, 门敬尧, 张梦萍, 等. 某大型集装箱制造企业电焊烟尘和锰及其化合物职业接触调查 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2019, 37 (10): 797-800.
- [8] Leon YN, Curt L. Occupational exposure limits for chemical substances in Israel [J]. Appl Occup Environ Hyg, 1991, 6 (10): 848-849.
- [9] Manuel R, Christine A, Scott E. Evaluation of worker exposures to noise, metalworking fluids, welding fumes, and acids during metal conduit manufacturing [EB/OL]. (2015-11-2) [2021-4-5]. <https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2006-0332-3058.pdf>.
- [10] 陆业波. 引入“行动水平”后需配套解决的问题 [J]. 职业卫生与应急救援, 2017, 35 (3): 286-288.
- [11] 毕飞, 刘桔, 曾茂华. 在岗期间职业健康检查引入“行动水平”管理的探讨 [J]. 中国工业医学杂志, 2018, 31 (3): 238-239.

(收稿日期: 2021-04-05; 修回日期: 2021-05-23)