

2014—2018年上海市松江区哨点企业电焊烟尘暴露水平及影响因素

江松, 蒋元强, 俞龔韬, 孙中兴, 盛峰松, 王彦梅

上海市松江区疾病预防控制中心卫生监测科, 上海 201620

摘要:

[背景] 上海市松江区是上海市工业产业集中的郊区之一, 辖区内接触职业病危害因素劳动者众多, 其中因长期接触生产性粉尘导致的尘肺病是松江区最主要的职业病, 尤其以电焊工尘肺为主。因此, 如何有效控制辖区电焊作业场所电焊烟尘浓度成为劳动者、企业和职业卫生监管部门关注的重点。

[目的] 了解上海市松江区哨点企业中劳动者电焊烟尘暴露水平, 并分析其影响因素。

[方法] 2014—2018年, 采用三阶段分层抽样方法抽取松江区62家企业共228名焊接作业劳动者为研究对象。采用个体采样仪采样, 采用重量法测定工作场所电焊烟尘8h时间加权平均浓度(TWA)。采用现场调查问卷, 收集和分析可能影响暴露的因素。

[结果] 本研究共获得228份电焊烟尘样品, 8h TWA中位数为1.76 mg/m³, 总超标率为17.54%。5年间电焊烟尘超标率差异有统计学意义($\chi^2=17.46$, $P<0.01$), 呈现逐渐下降趋势($P_{趋势}<0.01$)。专用设备制造业企业电焊烟尘超标率(30.19%)和8h TWA(2.40 mg/m³)最高, 不同行业间电焊烟尘超标率和8h TWA差异有统计学意义($\chi^2=10.66$, $P<0.05$; $H=15.78$, $P<0.01$)。连续作业超标率(23.08%)和8h TWA(2.10 mg/m³)高于间歇作业($\chi^2=4.05$, $P<0.05$; $Z=-3.17$, $P<0.01$)。CO₂气体保护焊的超标率(22.09%)高于氩弧焊和焊条电弧焊($\chi^2=6.19$, $P<0.05$; $P<0.05$)。CO₂气体保护焊的8h TWA(1.92 mg/m³)也高于氩弧焊($Z=-3.84$, $P<0.01$)。通风效果较差的作业场所中电焊烟尘超标率(34.29%)和8h TWA(3.63 mg/m³)高于通风效果好的作业场所($\chi^2=8.70$, $P<0.05$; $H=44.73$, $P<0.01$)。

[结论] 2014—2018年上海市松江区哨点企业电焊烟尘暴露水平和超标率呈现下降趋势。作业场所通风效果、焊接工艺类型和作业特征是影响电焊烟尘暴露水平的主要因素。今后仍要对通风效果差、连续作业和CO₂气体保护焊等重点岗位的电焊烟尘暴露进行防控。

关键词: 电焊工; 电焊烟尘; 暴露; 影响因素; 监测

Exposure level of welding fumes and influencing factors in sentinel enterprises in Songjiang District, Shanghai, 2014–2018 JIANG Song, JIANG Yuan-qiang, YU Yan-tao, SUN Zhong-xing, SHENG Feng-song, WANG Yan-mei (Department of Sanitary Monitoring, Songjiang District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 201620, China)

Abstract:

[Background] Songjiang District is an industrial cluster in suburb Shanghai, where many workers are exposed to occupational factors, and pneumoconiosis caused by long-term exposure to productive dust is the most important occupational disease, especially welder's pneumoconiosis. Therefore, how to effectively control the concentration of welding dust becomes the focus of workers, enterprises, and occupational health supervision departments.

[Objective] This study aims to investigate the exposure level of welding fumes and analyze the influencing factors in monitoring enterprise in Songjiang District of Shanghai from 2014 to 2018.

[Methods] A total of 228 welders from 62 enterprises in Songjiang District were recruited by three-phase stratified sampling method from 2014 to 2018. The 8h time weighted average concentration (TWA) of welding fumes in workplace was determined by individual sampling and gravimetric method. A questionnaire survey was conducted to collect and analyze potential impact factors of the welding fume exposure.

[Results] A total of 228 samples of welding fumes were obtained in this study. The median

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18826

基金项目

松江区科委资助项目(18SJKJGG17)

作者简介

江松(1990—), 男, 硕士, 医师;
E-mail: sjcdcjs@163.com

通信作者

蒋元强, E-mail: 5197109@163.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2018-12-12

录用日期 2019-04-04

文章编号 2095-9982(2019)07-0664-05

中图分类号 R134^{+.4}

文献标志码 A

引用

江松, 蒋元强, 俞龔韬, 等. 2014—2018年上海市松江区哨点企业电焊烟尘暴露水平及影响因素[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(7): 664-668.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18826

Funding

This study was funded.

Correspondence to

JIANG Yuan-qiang, E-mail: 5197109@163.com

Competing interests None declared

Received 2018-12-12

Accepted 2019-04-04

To cite

JIANG Song, JIANG Yuan-qiang, YU Yan-tao, et al. Exposure level of welding fumes and influencing factors in sentinel enterprises in Songjiang District, Shanghai, 2014–2018[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(7): 664-668.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18826

8 h TWA of welding fumes was 1.76 mg/m^3 and the total exceeding-standard rate was 17.54%. The annual exceeding-standard rates of welding fumes of the five years had significant difference ($\chi^2=17.46$, $P<0.01$) and decreasing trend ($P_{\text{trend}}<0.01$). The 8 h TWA levels and exceeding-standard rates had significant difference between different industries ($\chi^2=10.66$, $P<0.05$; $H=15.78$, $P<0.01$), and special equipment manufacturing enterprises showed the highest values (2.40 mg/m^3 , 30.19%). The exceeding-standard rate and 8 h TWA of welding fumes in continuous operation workplaces (23.08% , 2.10 mg/m^3) were significantly higher than those in intermittent operation workplaces ($\chi^2=4.05$, $P<0.05$; $Z=-3.17$, $P<0.01$). The 8 h TWA level (1.92 mg/m^3) of welding fumes by CO_2 gas welding was significantly higher than that by argon arc welding ($Z=-3.84$, $P<0.01$), and exceeding-standard rate of welding fumes by CO_2 gas welding (22.09%) was significantly higher than that by argon arc welding and shielded metal arc welding ($\chi^2=6.19$, $P<0.05$; $P<0.05$). The exceeding-standard rate and 8 h TWA level of welding fumes in workplaces with poor ventilation (34.29% , 3.63 mg/m^3) were higher than those in workplaces with good ventilation ($\chi^2=8.70$, $P<0.05$; $H=44.73$, $P<0.01$).

[Conclusion] There is a decreasing trend in workplace welding fume exposure level and exceeding-standard rate in Songjiang District of Shanghai from 2014 to 2018. Ventilation, welding technology, and operation mode are the major factors affecting welding fume exposure level. In the future, it is still necessary to prevent and control welding fume exposure in workplaces with poor ventilation, continuous operation, and CO_2 gas welding.

Keywords: welder; welding fume; exposure; influencing factor; monitoring

焊接工艺是目前一种常见的机械加工方法,几乎涉及所有的机械制造领域。国内外研究表明,在焊接作业过程中,电弧高温熔化金属部件可产生含二氧化硅、氟化物、臭氧及微量金属和氮氧化物的混合烟尘或气溶胶^[1],其中电焊烟尘是焊接作业时最常见的职业病危害因素。电焊作业劳动者长期接触电焊烟尘可引起肺通气功能障碍、电焊工尘肺、金属烟尘热、职业中毒和哮喘等多种疾病,严重影响劳动者的身心健康^[2]。松江区是上海市重要的工业产业区之一,区境内有国家级经济技术开发区和国家级松江出口加工区,工业企业数量众多,近年来尘肺发病人数居职业病第一位,尤其以电焊工尘肺为主^[3-4],电焊烟尘已成为松江区重点职业病危害因素之一。如何有效控制作业场所电焊烟尘浓度成为辖区劳动者、企业和职业卫生监督管理部门关注的重点。但是,企业和职业卫生监督管理部门获取车间职业病危害因素情况渠道有限,只能通过第三方职业卫生技术服务机构出具的检测报告了解职业病危害因素的暴露状况。由于委托性检测受到企业和市场经济效益等多种因素的影响,检测和采样过程多未进行科学的抽样设计,难以反映劳动者职业病危害因素的真实暴露水平。为掌握松江区电焊烟尘危害现状及影响因素,本研究通过对松江区电焊作业企业开展主动监测,分析2014—2018年哨点监测企业电焊烟尘暴露水平及其影响因素,为后续开展电焊烟尘危害因素防控和干预工作提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用三阶段分层抽样方法。第一阶段对

辖区内存在电焊烟尘危害的企业按照企业规模和行业类型进行分层抽样,并将三年内发生过电焊工尘肺的其他企业作为最差样本纳入监测范围;第二阶段在哨点企业中随机抽取生产车间;第三阶段按照GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[5]在确定的监测车间内选定劳动者作为个体采样对象。2014年按照分层抽样方法和最差样本纳入规则,确定哨点企业21家(随机抽样8家,最差样本纳入13家)。2015年哨点企业关闭1家,确定哨点企业20家(随机抽样8家,最差样本纳入12家),企业规模分布为:大型企业1家(5.00%),中型企业5家(25.00%),小型企业14家(70.00%);经济类型分布为:外商投资企业8家(40.00%),私营企业6家(30.00%),港、澳、台商投资企业5家(25.00%),国有企业1家(5.00%);行业类型分布为:通用设备制造业4家(20.00%),专用设备制造业4家(20.00%),金属制品业3家(15.00%),汽车制造业,铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业,计算机、通信和其他电子设备制造业,电气机械和器材制造业,橡胶和塑料制品业,皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业,酒、饮料和精制茶制造业,造纸和纸制品业,研究和试验发展各1家(5.00%)。2016年对辖区企业重新进行摸底调查,按照规则选取哨点企业,确定哨点企业8家;2017年为6家;2018年为7家,企业规模分布为:中型企业3家(42.86%),小型企业4家(57.14%);行业类型分布为:金属制品业2家(28.57%),通用设备制造业2家(28.57%),专用设备制造业2家(28.57%),汽车制造业1家(14.29%)。2014—2018年共抽取62家企业中228名焊接作业劳动者开展个

体采样和检测。

1.2 现场调查

采用上海市重点职业病危害因素监测项目调查问卷,由上海市疾病预防控制中心统一制作。调查表内容主要包括企业基本信息(行业类型/经济类型/企业规模)、劳动者作业特征(持续/间歇)、焊接作业地点(有限空间/室内/室外)、焊接工艺类型和现场通风效果等。现场调查均由松江区疾病预防控制中心专业人员完成。

1.3 采样、检测和评价

按照 GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[5]进行采样,采用个体大气采样仪(Gillian, 美国),将采样夹固定在劳动者前胸衣领处,进气口靠近呼吸带,流量为 1.0 L/min,工作日上、下午各采样 2 h。按照 GBZ/T 192—2007《工作场所空气中粉尘测定》^[6]进行检测。使用感量为 0.01 mg 的分析天平对采样前、后的滤膜进行称重,根据滤膜的增量和采气量,计算空气中电焊烟尘的时间加权平均浓度(time weighted average concentration, TWA)。检测结果按照 GBZ 2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》^[7]判定是否超标。

1.4 质量控制

电焊烟尘的采样均由有资质的专业人员完成,检测均在上海市松江区疾病预防控制中心实验室内进行。采样和检测纳入实验室质量管理体系,采样和检测仪器均经过上海市计量测试研究院计量认证。采样前后对个体采样仪进行流量校准,保证仪器正常使用。

1.5 统计学分析

调查和检测数据运用 SPSS 19.0 进行数据分析。采用电焊烟尘 8 h TWA 的中位数(M)、 P_{25} 、 P_{75} 和超标率(%)进行描述性分析,不同组超标率的比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法,不同年份超标率变化趋势采用趋势卡方检验,不同组中位数的比较采用非参数分析(Kruskal-Wallis 和 Mann-Whitney 检验);单因素分析获得的可能危险因素再进行 logistic 回归分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 电焊烟尘暴露水平及超标率

228 份个体采样样品电焊烟尘的检测值呈对数正

态分布($W=0.99$, $P=0.83$)。电焊烟尘 TWA 的中位数 M 为 1.76 mg/m^3 , P_{25} 和 P_{75} 分别为 0.90 、 3.40 mg/m^3 ,其中有 40 份样品超出职业接触限值(4 mg/m^3),总超标率为 17.54%。5 年间电焊烟尘超标率差异有统计学意义($\chi^2=17.46$, $P<0.01$),2015 年超标率(30.88%)最高,并呈现逐渐下降趋势($P_{\text{趋势}}<0.01$)。5 年电焊烟尘 TWA 差异有统计学意义($H=25.25$, $P<0.01$),2018 年 TWA (0.96 mg/m^3) 最低。见表 1。

表 1 2014—2018 年上海市松江区电焊烟尘检测结果

年份(年)	调查人数(人)	超标数(人)	超标率(%)	电焊烟尘 TWA [M (P_{25} , P_{75})] (mg/m^3)
2014	65	11	16.92	2.00 (1.20, 3.63)
2015	68	21	30.88 ^{ab}	1.90 (0.80, 4.65)
2016	34	6	17.65	2.30 (1.53, 3.58)
2017	29	2	6.90	1.50 (0.65, 2.40)
2018	32	0	0.00	0.96 (0.68, 1.30) ^{cde}

[注] a: 与 2017 年相比, $P<0.01$; b: 与 2018 年相比, $P<0.01$; c: 与 2014 年相比, $P<0.01$; d: 与 2015 年相比, $P<0.05$; e: 与 2016 年相比, $P<0.01$ 。

2.2 不同行业类型和作业特征电焊工电焊烟尘暴露水平及超标率

228 份样品检测结果显示,不同行业间电焊烟尘超标率和 TWA 差异有统计学意义($\chi^2=10.66$, $P<0.05$; $H=15.78$, $P<0.01$),其中专用设备制造业作业者接触电焊烟尘浓度超标率(30.19%)最高,通用设备制造业超标率(14.49%)最低;与通用设备制造业和其他行业类型相比,专用设备制造业作业者电焊烟尘 TWA (2.40 mg/m^3) 最高。不同作业特征电焊工中,连续作业者电焊烟尘超标率和 TWA 高于间歇作业者($\chi^2=4.05$, $P<0.05$; $Z=-3.17$, $P<0.01$)。不同焊接工艺比较, CO_2 气体保护焊的电焊烟尘超标率明显高于氩弧焊和焊条电弧焊($\chi^2=6.19$, $P<0.05$; $P<0.05$); CO_2 气体保护焊的电焊烟尘 TWA 也明显高于氩弧焊($Z=-3.84$, $P<0.01$)。与通风效果好的焊接作业环境相比,通风效果差的焊接作业环境中电焊烟尘 TWA 和超标率较高($\chi^2=8.70$, $P<0.05$; $H=44.73$, $P<0.01$)。不同规模企业之间电焊烟尘 TWA 和超标率差异没有统计学意义($\chi^2=0.80$, $P=0.67$; $H=4.37$, $P=0.11$)。调查的焊接作业点主要为车间内,与室外露天焊接作业电焊烟尘 TWA 和超标率的差异没有统计学意义($P>0.05$);固定和流动焊接作业的暴露水平和超标率差异也没有统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

表2 2014—2018年上海市松江区不同暴露因素的焊接作业者电焊烟尘暴露情况

分类	调查人数 (人)	超标数 (人)	超标率 (%)	电焊烟尘 TWA [M (P_{25} , P_{75})] (mg/m ³)
企业规模				
大型	48	10	20.83	2.20 (1.39, 3.81)
中型	87	13	14.94	1.60 (0.90, 3.40)
小型	93	17	18.27	1.70 (0.81, 3.35)
行业类型				
通用设备制造业	69	10	14.49	1.60 (0.90, 3.00)
专用设备制造业	53	16	30.19 ^{ab}	2.40 (1.00, 4.52) ^{ab}
金属制品业	43	9	20.93	2.00 (1.30, 3.40)
其他行业类型	63	5	7.94	1.10 (0.65, 2.25)
焊接作业地点				
室外露天	3	1	33.33	0.90 (0.80, 2.85)
车间内	225	39	17.33	1.80 (0.90, 3.40)
作业特征				
连续作业	104	24	23.08 [*]	2.10 (1.20, 3.88) ^{**}
间歇作业	124	16	12.90	1.50 (0.70, 3.00)
作业点特征				
固定作业	207	36	17.39	1.70 (0.90, 3.40)
流动作业	21	4	19.05	2.00 (0.80, 3.30)
焊接工艺				
CO ₂ 气体保护焊	172	38	22.09 ^{bc}	1.92 (1.00, 3.86) ^{##}
氩弧焊 (熔化极)	40	2	5.00	0.85 (0.48, 1.03)
焊条电弧焊	16	0	0.00	1.75 (0.78, 2.85)
通风效果				
好	55	6	10.91	1.30 (0.50, 2.90)
中	138	22	15.94	1.50 (0.91, 2.20)
差	35	12	34.29 ^d	3.63 (3.30, 4.46) ^d

[注] a: 与通用设备制造业相比, $P < 0.05$; b: 与其他行业相比, $P < 0.01$; *: 与间歇作业相比, $P < 0.05$; **: 与间歇作业相比, $P < 0.01$; #: 与氩弧焊 (熔化极) 相比, $P < 0.05$; ##: 与氩弧焊 (熔化极) 相比, $P < 0.01$; c: 与焊条电弧焊相比, $P < 0.05$; d: 与通风效果好相比, $P < 0.01$ 。

2.3 电焊烟尘暴露水平超标的 logistic 回归分析

将单因素分析获得的潜在危险因素 ($P < 0.05$) 包括行业类型、作业特征、焊接工艺、通风效果纳入 logistic 回归模型。变量赋值情况如下。行业类型: 1- 专用设备制造业, 2- 通用设备制造业, 3- 金属制品业, 4- 其他行业类型; 作业特征: 1- 连续作业, 2- 间歇作业; 焊接工艺: 1- CO₂ 气体保护焊, 2- 氩弧焊 (熔化极), 3- 焊条电弧焊; 通风效果: 1- 好, 2- 中, 3- 差。结果表明: 专用设备制造业、连续作业、CO₂ 气体保护焊和通风效果差是电焊烟尘暴露水平的独立危险因素。见表3。

表3 2014—2018年上海市松江区焊接作业者电焊烟尘暴露水平影响因素的 logistic 回归分析

变量	OR (95%CI)	Wald χ^2	SE	b	P
行业类型					
其他行业类型	1.00				
专用设备制造业	5.81 (1.63~20.62)	7.40	0.65	1.75	0.007
通用设备制造业	1.09 (0.33~3.60)	0.02	0.61	0.09	0.889
金属制品业	3.39 (0.97~11.80)	3.67	0.64	1.22	0.055
作业特征					
间歇作业	1.00				
连续作业	3.71 (1.46~9.47)	18.40	0.85	1.31	0.006
焊接工艺					
焊条电弧焊	1.00				
CO ₂ 气体保护焊	6.82 (1.42~32.82)	5.73	0.80	1.92	0.017
氩弧焊 (熔化极)	1.26 (0.92~1.88)	0.17	0.46	1.77	0.452
通风效果					
差	1.00				
好	0.23 (0.08~0.68)	7.10	0.55	-1.46	0.008
中	0.40 (0.11~1.52)	1.81	0.68	-1.92	0.178

3 讨论

本研究基于上海市重点职业病危害因素监测项目, 连续五年对松江区哨点企业中焊接作业者电焊烟尘暴露水平开展主动监测, 采用多阶段分层抽样原则和个体采样方法, 能较准确地反映松江区焊接作业者电焊烟尘的暴露水平^[8]。2014—2018年主动监测结果显示, 松江区焊接作业者电焊烟尘暴露水平和超标率分别为 1.76 mg/m³ 和 17.54%, 低于上海市平均水平^[9] 和上海青浦区^[10]、宝山区^[11] 平均水平。本研究表明从 2015 年开始, 松江区电焊烟尘超标率逐年下降, 2018 年合格率达到 100%, 提示松江区电焊烟尘危害逐步好转, 这与松江区近年来电焊工尘肺发病数逐步下降一致^[4]。电焊烟尘超标率下降的原因主要有以下几点: (1) 2016 年后松江区由于环保政策压力加大、G60 科创走廊部署和产业结构升级调整, 生产效能低和环境危害大的企业逐渐搬迁, 其中包括 2014 年和 2015 年哨点企业中电焊烟尘危害较严重的企业; (2) 由于松江区持续开展电焊烟尘主动监测, 加强对企业的宣传干预和指导, 劳动者个人防护用品使用率有所提高, 企业作业场所通风设施和作业环境电焊烟尘危害情况有较大改善; (3) 辖区内部分电焊烟尘重点危害企业投资进行生产工艺改进, 逐步使用机器人自动焊代替手工焊接, 降低电焊烟尘暴露水平。

本次研究结果表明, 作业场所电焊烟尘暴露水平受作业场所通风效果、焊接工艺类型和作业特征等多

种因素的影响。调查数据显示连续作业工人电焊烟尘暴露水平和超标率高于间歇作业者,连续作业时车间内粉尘逐渐累积,不利于及时清除,导致电焊烟尘暴露水平和超标率也升高^[12]。同时,通风效果是影响电焊烟尘浓度的重要因素,好的通风条件能够明显降低作业场所电焊烟尘的暴露水平。松江区焊接工艺以CO₂气体保护焊为主,其优点是焊接成本低,焊缝质量好,生产效率高,使用范围广,焊后无须清渣,有利于实现焊接过程机械化和自动化,但也存在缺点,即长时间焊接会产生较多的粉尘^[13]。不同行业焊接作业者接触电焊烟尘的暴露水平和超标率不同,其中以专用设备制造业电焊烟尘暴露水平和超标率最高,可能与专用设备制造业相关企业近年来产能逐渐恢复,电焊作业量增大,生产负荷较大有关^[14]。

基于以上研究结果,本研究针对松江区电焊烟尘防控措施提出以下建议:(1)继续开展电焊烟尘主动监测工作,及时将结果反馈给相关企业,及时采取有效的防控措施;(2)对重点行业 and 重点企业加强宣传指导和干预,提高企业职业病危害防控意识,逐步改进生产工艺,尽可能使用机器人自动焊代替人工焊接;(3)合理安排焊接作业劳动者焊接时间,避免长时间、连续性从事焊接作业;(4)改善焊接作业场所通风条件,加强全面通风和局部通风,厂房布局不合理和通风不符合要求的企业应配备局部除尘吸风装置,减少电焊烟尘无组织排放;(5)为焊接作业劳动者配备有效的个人防护用品,并指导和监督工人正确使用,同时做好职业卫生知识宣传和教育,切实保障劳动者职业健康和相关权益。

本研究尚有不足之处:(1)哨点企业名单在2016年发生调整,导致哨点企业在五年间并非完全一致,今后的研究在满足实际情况的同时,应能尽量保持研究样本的一致性和延续性;(2)本研究未考虑劳动者个体防护的影响^[15],劳动者的实际电焊烟尘暴露水平可能会被高估,今后应充分考虑个体防护因素,采用个体防护内监测采样;(3)通风效果评价是根据作业环境的通风设施安装情况、车间布局情况、气流组织情况等专业性经验判断,可能存在误分类偏倚,下一步研究应开展现场通风效果的检测,更精确地评价不同通风方式下电焊烟尘控制的效果。

(志谢:对参与本研究的上海市松江区疾病预防控制中心卫生监测科和理化检验科的工作人员,特此致谢)

参考文献

- [1] 金泰虞,孙贵范. 职业卫生与职业医学 [M]. 5版. 北京:人民卫生出版社,2003:262.
- [2] 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.
- [3] 王桂敏,姜永根,汤宇斌,等. 2000至2009年上海市松江区职业病状况分析 [J]. 环境与职业医学,2010,27(11):677-679,682.
- [4] 江松,蒋元强,孙中兴,等. 2006—2015年上海市松江区职业病发病情况 [J]. 职业与健康,2018,34(14):1896-1899.
- [5] 工作场所空气中有害物质监测的采样规范:GBZ 159—2004 [S]. 北京:人民卫生出版社,2006.
- [6] 工作场所空气中粉尘测定:GBZ/T 192—2007 [S]. 北京:人民卫生出版社,2007.
- [7] 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.
- [8] 王文朋,沈惠平,黄云彪,等. 2014—2017年上海浦东新区焊工锰暴露水平及影响因素 [J]. 环境与职业医学,2018,35(9):821-824,834.
- [9] 刘美霞,杨凤,丁文彬,等. 2012年上海市工作场所电焊烟尘的定量暴露评估 [J]. 环境与职业医学,2014,31(2):81-87.
- [10] 叶开友,刘晓晓,陆辰汝,等. 青浦区作业场所空气中电焊烟尘及矽尘浓度的主动监测 [J]. 环境与职业医学,2015,32(12):1145-1148.
- [11] 秦景香,刘武忠,翁玮,等. 上海市宝山区焊接作业场所中电焊烟尘和锰及其无机化合物浓度调查 [J]. 职业与健康,2012,28(18):2211-2212,2215.
- [12] 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.
- [13] 吴金杰. 焊接工程师专业技能入门与精通 [M]. 北京:机械工业出版社,2009:33-39.
- [14] 吴斌,熊鸿军,邓虎. 新常态下上海装备制造业生产率增长的主要因素分析 [J]. 上海管理科学,2016,38(3):104-111.
- [15] 杜艳菊,唐天明,顾绍权,等. 三家压力容器制造企业电焊烟尘综合干预措施效果评价 [J]. 环境与职业医学,2011,28(4):215-218.

(英文编辑:汪源;编辑:汪源,宋琪;校对:汪源)