

青浦区作业场所空气中电焊烟尘及矽尘浓度的主动监测

叶开友, 刘晓晓, 陆辰汝, 顾春, 徐惠芳, 徐瑞芳

摘要: [目的] 采用主动监测的方式了解上海市青浦区电焊烟尘和矽尘危害状况及其影响因素, 为开展电焊烟尘和矽尘危害的干预工作提供基础。[方法] 随机选择青浦区20家电焊企业68个电焊岗位和30家矽尘暴露企业106个矽尘接尘岗位, 作业岗位劳动者佩戴个体空气采样器采集工作场所空气中粉尘, 采用称重法检测粉尘浓度, 分析粉尘超标情况及其影响因素。[结果] 电焊烟尘浓度 M 、 P_{25} 及 P_{75} 分别为2.95、1.23及8.55 mg/m³; 矽尘浓度 M 、 P_{25} 及 P_{75} 分别为3.35、1.06及6.46 mg/m³。50家粉尘监测企业超标率为74.00%, 岗位超标率为70.11%, 其中电焊烟尘监测企业超标率为50.00%, 岗位超标率为42.65%; 矽尘企业超标率为90.00%, 岗位超标率为87.74%。电焊烟尘浓度主要影响因素为作业特征($P=0.007$)和焊接种类($P=0.006$)。矽尘浓度主要影响因素为作业环境($P=0.000$)和作业时间($P=0.001$)。[结论] 青浦区电焊烟尘和矽尘危害比较严重, 而焊接作业种类和控制电焊作业时间可以作为电焊烟尘危害干预的重点。改善作业环境特征、控制作业时间可以作为对矽尘危害干预的重点。

关键词: 主动监测; 电焊烟尘; 矽尘; 影响因素; 单因素分析

Active Workplace Air Monitoring Results of Welding Fumes and Silica Dust in Qingpu District YE Kai-you, LIU Xiao-xiao, LU Chen-ru, GU Chun, XU Hui-fang, XU Rui-fang (Department of Occupational Health and Poison Control, Qingpu District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 201700, China). Address correspondence to XU Rui-fang, E-mail: ruifangxu@hotmail.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To understand the hazard status and the influencing factors of welding fumes and silica dust by active monitoring in Qingpu District of Shanghai, and to provide a scientific basis to intervene the hazards of welding fumes and silica dust. [Methods] A total of 68 welding workstations from 20 enterprises involving welding operation and 106 silica dust workstations from 30 enterprises with silica dust exposure were randomly selected to investigate. The workplace airborne dust was collected using personal air sampler and detected by weighing method to analyze disqualified air dust rates and associated influencing factors. [Results] The median concentration of welding fumes was 2.95 ($P_{25}=1.23$, $P_{75}=8.55$) mg/m³, and that of silica dust was 3.35 ($P_{25}=1.06$, $P_{75}=6.46$) mg/m³. The dust concentrations in 74.00% enterprises exceeded relevant national standards, with a disqualified rate of 70.11% for sampled workstations. Especially, the concentrations of welding fumes in 50.00% enterprises with welding operation were disqualified, with a disqualified rate of 42.65% for sampled workstations; the concentrations of silica dust in 90.00% enterprises with silica dust exposure were disqualified, with a disqualified rate of 87.74% for sampled workstations. Job characteristics ($P=0.007$) and welding types ($P=0.006$) were the major factors affecting welding fume concentrations, whereas operating environment characteristics ($P=0.000$) and working time ($P=0.001$) were the major factors affecting silica dust concentrations. [Conclusion] Serious hazard status of welding fumes and silica dust are identified in Qingpu District. Welding types and operating time are the main influencing factors of welding fumes to intervene. Efforts should be made to improve working environment characteristics and reduce operating time to intervene the hazards of silica dust.

Key Words: active monitoring; welding fume; silica dust; influencing factor; single factor analysis

青浦区是上海工业企业较为集中的地区之一。近年来, 该区尘肺发病人数居职业病第2位, 其中电焊

工尘肺和矽肺是主要病种。因此, 电焊烟尘和矽尘已成为青浦区重点职业病危害因素。目前该区职业卫生监督管理部门只能通过第三方民营检测机构出具的检测报告来了解辖区企业职业病危害因素暴露状况。由于委托性检测多未进行科学的设计和抽样, 仅反映委托企业的暴露情况, 难以掌握辖区职业危害的整体暴露水平及其影响因素。为掌握青浦区电焊烟尘和矽尘危害现状, 研究两种粉尘危害的影响因素, 本项目

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.14783

[基金项目] 青浦区区科委资助项目(编号: 青科发2015-35)

[作者简介] 叶开友(1983—), 男, 学士, 主管医师; 研究方向: 职业病防治; E-mail: moling5250@139.com

[通信作者] 徐瑞芳, E-mail: ruifangxu@hotmail.com

[作者单位] 青浦区疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制科, 上海201700

对相关暴露企业开展摸底调查。在此基础上进行了随机抽样,选取有代表性的企业作为监测对象,开展上述两种危害因素的主动监测,为后续危害因素危害干预工作提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 对象

采用分层随机抽样的方法抽取青浦区20家电焊企业和30家矽尘企业作为主动监测对象,同时将青浦区近3年发生电焊工尘肺和矽肺的企业作为最差样本纳入主动监测范围。按照GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[1]的相关要求选择采样对象,共选取68个电焊岗位和106个矽尘接尘岗位。

1.2 检测方法

工人4h(一个班次上午2h,下午2h)佩戴个体空气采样器,以滤膜阻流法获得空气样本。采用称重法测定粉尘质量浓度,以此计算时间加权平均浓度(TWA_{8h}), $TWA_{8h}=(C_1T_1+C_2T_2+\dots+C_nT_n)/8$,式中: C 为测得空气中有害物质质量浓度, mg/m^3 ; n 为样本含量; T 为劳动者在相应的有害物质浓度下的工作时间, h。

1.3 现场职业卫生调查

由经过统一培训的具有丰富经验的职业卫生专业人员,采用上海市疾病预防控制中心统一印发的重点职业病危害因素监测调查表,在作业场所开展职业卫生调查,收集作业场所作业环境、当天作业时间、操作方式、作业类型、作业特征、通风方式、与污染源距离、矽尘作业工种等资料。

1.4 统计学分析

采用EpiData 3.01进行数据录入,采用SPSS 17.0进行数据分析。不同组超标率的比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法,检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

20家电焊烟尘企业中,9家属于专用设备制造行业,6家属于金属制品业;30家矽尘企业中,13家属于石材加工业,10家为铸造企业。68个电焊岗位电焊烟尘 TWA_{8h} 中位数为2.95(0.34~38) mg/m^3 , P_{25} 和 P_{75} 分别为1.23和8.55 mg/m^3 。106个矽尘作业岗位矽尘 TWA_{8h} 中位数为3.35(0.28~40) mg/m^3 , P_{25} 和 P_{75} 分别为1.06、6.46 mg/m^3 。

2.2 电焊烟尘和矽尘检测超标情况

2014年,50家粉尘暴露企业超标率为74.00%,作业岗位超标率为70.11%。其中,电焊烟尘企业超标率为50.00%,作业岗位超标率为42.65%;矽尘企业超标率为90.00%,作业岗位超标率为87.74%(见表1、表2)。

表1 2014年青浦区电焊烟尘和矽尘主动监测超标情况

粉尘种类	检测企业数(家)	超标企业数*(家)	企业超标率(%)	作业岗位数(个)	超标作业岗位数(个)	作业岗位超标率(%)
电焊烟尘	20	10	50.00	68	29	42.65
矽尘	30	27	90.00	106	93	87.74
合计	50	37	74.00	174	122	70.11

[注]*: 超标企业是指该企业监测结果存在超标岗位数 ≥ 1 个。

表2 不同矽尘水平岗位超标情况

矽尘水平	作业岗位(个)	超标岗位(个)	超标率(%)
10% $\leq$ 游离 SiO_2 含量 $\leq 50\%$	53	44	83.02
50% $<$ 游离 SiO_2 含量 $\leq 80\%$	4	4	100.00
游离 SiO_2 含量 $> 80\%$	49	45	91.84
合计	106	93	87.74

2.3 电焊烟尘影响因素分析

经单因素分析显示,不同作业特征电焊烟尘超标率不同,差异具有统计学意义($\chi^2=7.308$, $P=0.007$);不同焊接种类电焊烟尘超标率不同,差异具有统计学意义($P=0.006$)。见表3。

表3 2014年青浦区作业场所电焊烟尘超标影响因素

影响因素	分类	超标		χ^2	P
		作业岗位	%		
作业特征	固定作业点	17	36.7	7.308	0.007
	流动作业	12	75.0		
焊接种类	CO ₂ 电弧焊	18	40.9	—	0.006*
	氩弧焊(熔化极)	10	76.9		
	氧乙炔	0	0.0		
	焊条电弧焊	1	20.0		
操作方式	自动化	1	50.0	4.081	0.117
	机械化	6	75.0		
	手工操作	22	37.9		
作业类型	连续作业	23	43.4	0.055	1.000
	间歇作业	6	40		
与污染源距离(m)	<2	27	42.2	0.000	1.000
	2~5	2	50.0		
当天作业时间(h)	<2	1	25.0	—	0.305*
	2~4	0	0.0		
	4~6	5	50.0		
	6~8	18	42.9		
	8~10	5	62.5		

续表3

影响因素	分类	超标		χ^2	P
		作业岗位	%		
焊丝还是焊条	焊条	5	50.0	0.259	0.111
	焊丝	24	41.4		
通风方式	自然通风	11	37.9	—	0.130*
	局部机械通风	5	29.4		
	全面机械通风	4	100.0		
	局部机械通风+全面机械通风	3	50.0		
	局部机械通风+自然通风	6	50.0		

[注]*: Fisher确切概率法计算。

2.4 作业场所矽尘超标的影响因素

不同作业环境矽尘超标率不同,差异具有统计学意义($P=0.000$);不同作业时间矽尘超标率不同,差异有统计学意义($P=0.001$)。见表4。

表4 2014年青浦区作业场所矽尘超标的影响因素

影响因素	分类	超标		χ^2	P
		超标(个)	%		
作业环境特征	室外露天	6	54.5	12.566	0.000
	厂房内	87	91.6		
作业时间(h)	<2	0	0.0	—	0.001*
	2~4	0	0.0		
	4~6	4	100.0		
	6~8	89	90.8		
工种	打磨工	18	100.0	—	0.349*
	工艺编结工	40	83.3		
	配料工	6	85.7		
	喷砂工	2	66.7		
	石材加工工	3	100.0		
	型砂工	4	100.0		
	造型工	13	81.3		
	铸造工	7	100.0		
操作方式	自动化	4	100.0	0.366	0.817
	机械化	13	92.9		
	手工操作	76	86.4		
作业类型	连续作业	85	89.5	1.249	0.264
	间歇作业	8	72.7		
作业特征	固定作业点	87	87.9	0.000	1.000
	流动作业	6	85.7		
与污染源距离(m)	<2	89	87.3	—	1.000*
	2~5	4	100.0		
通风方式	自然通风	46	85.2	—	0.547*
	局部机械通风	30	85.7		
	局部机械通风+全面机械通风	4	100.0		
	局部机械通风+自然通风	13	100.0		

[注]*: Fisher确切概率法计算。

3 讨论

电焊时产生的电焊烟尘量取决于使用焊条或焊

丝种类和金属母材以及被焊金属。电焊作业时,在电弧高温作用下,焊丝和焊接母材发生复杂的冶金反应,生成氧化铁,并可产生含二氧化硅、氧化锰、氟化物、臭氧等各种微量金属和氮氧化合物的混合烟尘或气溶胶,逸散在作业环境中^[2]。长期吸入易导致电焊工尘肺和职业性锰中毒等职业病。

本次研究结果显示,青浦区电焊烟尘主动监测作业岗位超标率达42.65%,远高于刘美霞等^[3]报道的上海市电焊烟尘平均超标水平(23.2%),提示青浦区电焊烟尘危害较重。不同作业特征电焊烟尘超标率不同,流动作业点焊接的超标率高于固定作业点焊接,根据现场劳动卫生学调查了解到,部分企业生产焊件为大型设备,物件大,电焊工需焊接部位不固定,未安装固定的除尘装置,现场电焊作业时电焊烟尘浓度较高,提示控制电焊烟尘无组织排放,安装除尘设施对控制粉尘危害有积极意义。调查结果显示不同焊接种类电焊烟尘超标率不同,以氩弧焊和二氧化碳气体保护焊超标率较高。作业时间与电焊烟尘超标率呈正相关,多数企业存在作业时间较长,且存在长时间连续焊接作业现象,在未安装除尘设施的情况下,粉尘浓度会不断积聚,即使安装了除尘设施,连续作业时间太长也不利于粉尘的全部及时排出,造成粉尘积聚而超标。同时本次调查发现部分电焊企业厂房年代已久,且未开展过建设项目职业病危害预评价和控制效果评价工作,不仅未安装局部排风除尘装置,车间自然通风不畅,造成电焊烟尘无法排出。

建议职业卫生监督管理部门对未开展建设项目职业卫生评价,且厂房布局和通风不符合要求的企业责令整改,要求配备局部除尘吸风装置。在治理电焊烟尘方面,应以局部通风为主,全面通风为辅^[4-6]。但对于工艺无法改变或无法固定作业的岗位,须配备符合要求的移动式吸风除尘装置,同时合理安排作业时间^[7]。

本次调查结果显示辖区矽尘主动监测作业岗位合格率为13.2%,合格率明显低于李玉新等^[8]报道的20.96%的结果,说明青浦区矽尘作业企业的矽尘暴露危害状况不乐观,工作环境急需得到进一步改善。青浦区石材加工企业和小型铸造企业较多,多数企业工艺落后,通风不良,缺乏有效的职业病防护设施,导致作业时粉尘不易排出,造成浓度偏高,而部分石材企业采用室外露天作业,在自然通风情况下粉尘扩散而浓度降低,这也解释了为何本次调查露天作业矽

尘超标低于室内作业。单因素分析显示作业时间与矽尘浓度呈正相关,控制作业时间对控制矽尘浓度十分关键。

建议职业卫生监督管理部门应加强对辖区石材加工企业职业病防护设施的监督检查力度,同时加大对小微铸造企业的检查和整治力度,结合青浦区产业结构调整契机,必要时关闭部分超标严重的小微铸造企业,防止矽肺病例集聚发生。部分超标严重的矽尘企业必须严格控制作业时间,控制矽尘暴露危害,减少矽肺的发生。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. GBZ 159—2004 工作场所空气中有害物质监测的采样规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [2] 金泰虞, 孙贵范. 职业卫生与职业医学[M]. 北京: 人民卫

生出版社, 2003: 262-262.

- [3] 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.
- [4] 杨璇. 国外焊接烟尘治理情况介绍[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1997, 24(4): 277-279.
- [5] 张秀珍, 陈肖玲. 青岛车辆段修配车间电焊烟尘治理通风除尘措施[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1999, 26(1): 55-57.
- [6] 杨璇, 赵容. 治理电焊烟尘的通风措施探讨[J]. 中国卫生工程学, 2004, 3(1): 32-33.
- [7] 吴全兰, 许希海, 新平, 等. 某机械厂电焊烟尘危害调查[J]. 中国工业医学杂志, 2009, 36(4): 359-360.
- [8] 李玉新, 曹洪生, 王翊, 等. 2005年章丘市个体铸造厂卫生状况调查[J]. 预防医学论坛, 2007, 13(2): 170-171.

(收稿日期: 2015-03-09)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 郑轻舟)

(上接第1144页)

- 2014 学龄儿童青少年营养不良筛查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [2] 季成叶. 青少年营养不良仍是公共卫生问题——全国性统一筛查标准正在制定[J]. 中国卫生标准管理, 2011, 2(3): 46-49.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB/T 26343—2010 学生健康检查技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [4] 罗军, 朱晓霞. 杭州市2010年中小学生营养不良状况[J]. 中国学校卫生, 2012, 33(4): 396-397.
- [5] 卫生部卫生监督司、国家教委学校体育卫生司、全国爱国卫生委员会. 全国学生常见病综合防治方案[R]. 北京: 国家教委学校体育卫生司, 1992: 14-19.
- [6] 季成叶. 我国城市中小学生营养不良现状和20年动态变化[J]. 中国儿童保健杂志, 2008, 16(6): 622-625.

- [7] Engle PL, Black MM, Behrman JR, et al. Strategies to avoid the loss of developmental potential in more than 200 million children in the developing world[J]. Lancet, 2007, 369(9557): 229-242.
- [8] 魏红, 陈容. 沈阳市大东区2012年中小学生营养不良状况[J]. 中国学校卫生, 2014, 35(10): 1542-1543.
- [9] 季成叶. 2005年中国青少年健康相关/危险行为调查综合报告[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2007: 59-70.
- [10] 郭琳, 陈素芬, 朱世璐, 等. 哈尔滨市初中生营养状况与生活方式现状[J]. 中国学校卫生, 2014, 35(4): 484-486.
- [11] 季成叶. 中国乡村学生群体营养不良流行现状20年动态分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2009, 17(1): 11-14.

(收稿日期: 2015-05-02)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 汪源; 校对: 洪琪)