

· 尘毒防治 ·

某铅酸蓄电池企业铅污染治理效果分析

Evaluation of control measures on lead pollution in a lead-acid battery manufacturing enterprise

梁娇君¹, 毛革诗¹, 李翠玲¹, 王冬明¹, 杨磊²

(1. 武汉市职业病防治院, 湖北 武汉 430015; 2. 华中科技大学同济医学院公共卫生学院, 湖北 武汉 430030)

摘要: 通过检测某铅酸蓄电池企业主要工作场所铅污染治理前后铅烟(尘)浓度、测定作业人员血铅水平, 评价工程改进措施的效果。工作地点铅烟(尘)检测结果表明, 治理前 20 个点中符合接触限值的只有 4 个点, 合格率为 20%; 治理后, 符合限值的工作点增加到 18 个, 合格率达到 90%。工人血铅水平从 $(237.1 \pm 108.1) \mu\text{g/L}$ 降为 $(189.8 \pm 60.4) \mu\text{g/L}$, 差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。说明该企业的改造措施有效可行。手工刷片和半自动分片作业地点铅浓度在改造后虽然降低但依然超出限值, 蓄电池企业生产岗位的通风防尘措施仍需不断完善。

关键词: 铅酸蓄电池; 铅危害; 工作地点; 污染治理; 效果分析

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2015)04-0292-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zgggryx.2015.04.022

因防护不当, 铅酸蓄电池行业大多数工作场所的铅浓度超出我国现行的职业接触限值, 车间环境污染严重, 导致作业人员发生职业性铅中毒, 影响到劳动者健康^[1,2]。本文通过比较武汉市某铅酸蓄电池企业作业现场环境治理前后的铅接触浓度和血铅水平的变化, 分析铅控制措施的效果, 从而掌握铅酸蓄电池企业的铅危害关键控制点和防治对策, 更好地保护劳动者健康。

1 对象与方法

1.1 对象

选取武汉市某大型铅酸蓄电池企业为研究对象。该企业成立于 2006 年, 总建筑面积 31 924 m², 目前有职工 670 人, 其中生产工人 404 人, 生产实行二班制, 每班 8 h, 全年工作 300 d, 年产 70 万千伏安时全密封免维护铅酸蓄电池, 自动化程度相对较高。

1.2 方法

1.2.1 职业卫生学调查 企业的基本情况、生产工艺、职业病危害因素的分布、采取的职业病防护设施及相应的管理、主要采取的工作场所铅污染治理措施等。

1.2.2 检测方法 按照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ159—2004) 在现场调查基础上选择采样地点, 对工作场所中铅烟(尘)采用定点采样, 每个采样点连续检测 3 d, 每天均采集 4 个样品, 计算时间加权平均容许浓

度(TWA)。依据《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—2007) 进行铅烟(尘)检测结果判定。空气中铅烟(尘)的测定按照《工作场所空气中有害物质测定 铅及其化合物》(GBZ/T160.10—2004) 中的火焰原子吸收法进行测定。

1.2.3 职业健康监护 血铅按照《血中铅的石墨炉原子吸收光谱测定方法》(WS/T20—1996) 进行测定, 依据《职业性慢性铅中毒诊断标准》(GBZ37—2002) 中观察对象的限值作为异常评判标准。

1.3 统计方法

所有数据采用 SPSS20.0 软件进行分析, 采用率、最小值、最大值、平均值等进行描述性分析, 计数资料采用 χ^2 检验进行分析, 计量资料采用非参数检验和转化后配对 t 检验进行分析, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 生产工艺及职业病危害因素识别

该企业使用的原料为合金铅和电解铅, 辅料为硫酸和树脂胶, 主要生产工艺见图 1。在各生产环节中, 存在铅烟、铅尘、硫酸、苯及其苯系物等职业病危害因素。

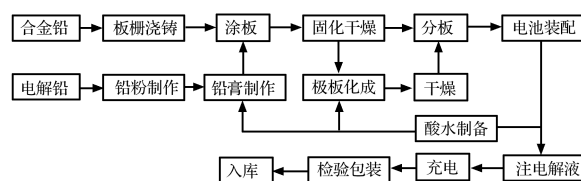


图 1 生产工艺流程

2.2 工作场所铅污染治理情况

该公司主要对铅烟(尘)超出国家职业卫生限值的工作地点, 如涂片、分刷片、G 线、中密和小密生产线的包片、焊接等工作地点采取了工艺和工程改进措施, 具体见表 1。

2.3 工作场所铅污染治理前后铅烟(尘)检测情况

该公司在工作场所铅污染治理前共检测 20 个主要工作地点的铅烟(尘)浓度, 其中铅烟 6 个点、铅尘 10 个点不符合国家职业接触限值的要求。治理后, 铅烟(尘)20 个作业点中仅 2 个点超标, 超标率明显降低, 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 19.8, P < 0.001$), 且治理前后铅浓度的差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 见表 2。

2.4 作业人员职业健康监护情况

该企业治理前组织 404 名生产工人进行职业健康体检, 其中 18 名工人血铅值高于 400 $\mu\text{g/L}$, 提示异常。治理后共有

收稿日期: 2015-03-19; 修回日期: 2015-06-20

作者简介: 梁娇君 (1981—), 女, 硕士, 主管医师, 主要从事职业卫生评价工作。

表 1 不同工作地点采取的改进措施

超标地点	改进措施
G 线包片及铸焊入槽	(1) 在铸焊机的顶部设置圆锥形收集罩, 以便有效地收集铅逸散物。(2) 调整冷却模具压缩空气的吹散方向, 避免对外吹气, 便于除尘系统收集。(3) 对生产线的除尘系统 (总风量40 000 m ³ /h) 进行维护保养, 更换新的滤筒。(4) 取消现场的电风扇, 避免造成粉尘无组织排放
涂片生产线掌机、涂片、收片、和膏作业处	(1) 维护螺旋装置的密封性能, 清洁现场设备、平台及建筑物附着的粉尘。在和膏平台设置喷雾降尘系统。(2) 和膏干粉配料、搅拌过程中形成负压, 投料过程中轻拿轻放。(3) 对涂片烘道的高温隔离设施进行维护, 避免铅蒸汽逸散。(4) 生产线增设一套风量为45 000 m ³ /h 的湿式除尘系统, 按照相关标准, 工位送风系统风速设置在 0.5 m/s
分刷片	(1) 淘汰手工分片和刷片机 8 台, 新增自动滚切和自动刷片设备 2 台。(2) 在自动分片、刷片等设备进、出口处, 以及整理极板处加装了粉尘收集装置, 对进料、出口口的粉尘进行收集。(3) 设置 1 台喷雾降尘系统, 降低悬浮的粉尘浓度。(4) 对通风除尘系统进行调整, 将风量增加至45 000 m ³ /h, 设置更加合理
中密、小密生产线	(1) 对有害作业进行隔离, 现场设置送冷风装置。(2) 调整焊接岗位抽风口, 使其更有效地收集。(3) 对两套除尘通风系统进行全面维护。(4) 在包片处设置隔离装置, 更有效地收集包片过程中产生的粉尘。(5) 取消电风扇, 避免无组织排放, 逐步改为工位送冷风系统

表 2 不同工作地点铅污染治理前后铅浓度比较mg/m³

工作岗位	危害因素	治理前			治理后			工作岗位	危害因素	治理前			治理后		
		均值	范围	判定	均值	范围	判定			均值	范围	判定	均值	范围	判定
铅粉制造铅粉机	铅尘	0.021	0.019~0.024	合格	0.017	0.004~0.019	合格	手工刷片	铅尘	0.127	0.090~0.152	不合格	0.099	0.079~0.112	不合格
熔铅炉	铅烟	0.018	0.015~0.023	合格	0.008	0.005~0.010	合格	中密生产线包片	铅尘	0.074	0.030~0.161	不合格	0.010	0.004~0.016	合格
正极铸片机	铅烟	0.007	0.004~0.015	合格	0.005	0.004~0.007	合格	焊接	铅烟	0.229	0.140~0.322	不合格	0.021	0.013~0.027	合格
负极铸片机	铅烟	0.008	0.004~0.016	合格	0.006	0.004~0.009	合格	封装	铅烟	0.064	0.029~0.096	不合格	0.008	0.006~0.010	合格
涂片工序和膏	铅尘	0.237	0.077~0.433	不合格	0.040	0.035~0.046	合格	小密生产线包片	铅尘	0.044	0.025~0.080	不合格	0.015	0.004~0.021	合格
掌机	铅尘	0.211	0.054~0.508	不合格	0.016	0.012~0.022	合格	焊接	铅烟	0.068	0.032~0.118	不合格	0.012	0.008~0.017	合格
收片	铅尘	0.115	0.090~0.152	不合格	0.034	0.030~0.038	合格	铅零件熔铅炉	铅烟	0.035	0.019~0.06	不合格	0.010	0.008~0.015	合格
自动分刷片上片	铅尘	0.620	0.488~0.850	不合格	0.046	0.041~0.049	合格	G 线包片	铅尘	0.067	0.034~0.101	不合格	0.025	0.021~0.027	合格
收片	铅尘	0.414	0.268~0.662	不合格	0.022	0.017~0.029	合格	铸焊入槽	铅烟	0.330	0.701~0.197	不合格	0.009	0.007~0.001	合格
半自动分片机	铅尘	0.213	0.085~0.460	不合格	0.076	0.063~0.085	不合格	焊端头	铅烟	0.047	0.041~0.050	不合格	0.008	0.004~0.010	合格

注: (1) 合格率比较经卡方检验, $\chi^2=19.8$; (2) GBZ2.1—2007 中铅烟的 TWA 为 0.03 mg/m³, 铅尘的 TWA 为 0.05 mg/m³。
185 名工人再次进行血铅测定, 其中 2 名工人血铅值高于 400 $\mu\text{g/L}$ 。治理前后均进行血铅水平测定的工人 158 名, 治理前血铅值 (237.1 $\pm$ 108.1) $\mu\text{g/L}$, 治理后血铅水平明显降低, 为 (189.8 $\pm$ 60.4) $\mu\text{g/L}$, 差异有统计学意义 (配对 t 检验, $t=7.132$, $P<0.001$)。

3 讨论

治理前检测接触铅的岗位中 80% 铅烟 (尘) 浓度超标, 说明该铅酸蓄电池公司铅危害较为严重, 这与很多研究结果类似^[3,4], 也说明目前我国铅酸蓄电池行业危害相对较为严重。针对铅超标情况, 公司在积极采取了相应的措施后, 合格率由原来的 20% 上升至 90%, 说明本次工作场所铅污染治理取得了较好的效果。

根据检测和整改情况提示该企业铅超标的原因可能为部分工序如涂片、和膏中出现铅的逸散或现场工作送风风速过大, 导致空气中铅烟浓度较高; 分刷片过程中的分片、刷片等作业未采取相应的铅尘收集措施; 通风管道或设备上沉积的铅尘在送风或振动过程中出现散落; 部分工序如包片、焊接等作业处除尘设备设置不当或效果不佳, 导致铅尘或铅烟无法有效收集; 中密和小密生产线部分有害作业与无害作业未隔离; G 线等作业处通风除尘系统未定期维护。

治理后仍有 2 处铅尘检测结果超标, 分别为分刷片工序半自动分片机和手工刷片作业处, 而该工序自动分刷片作业

处合格。出现这种现象的原因可能为人员整理、搬运极板过程中的铅尘无法有效收集, 部分员工防护用品上附着的铅尘在走动过程中散落。说明这些工序的通风防尘设施仍有待改进。

另外, 目前国际上公认的铅接触生物标志是血铅浓度, 其可反映铅接触内剂量, 是评价铅中毒的一个重要指标。本文同时对治理前后作业人员血铅水平进行了比较, 结果显示整改后作业人员的血铅水平明显下降, 结合作业现场铅烟 (尘) 浓度分析, 工作场所铅浓度降低后作业人员血铅水平也随之下降, 提示现场铅暴露和健康效应关系具有较大的相关性, 改善铅作业环境是保护劳动者健康的重要手段之一。尽管本次整改取得了较好效果, 但铅中毒危害较大, 铅企业仍需引起重视, 可采取以下综合性防护措施: (1) 尽快淘汰落后设备, 采用机械化、自动化生产; (2) 生产过程中尽量实行密闭化生产, 且需将不同工序分开布置, 减少相互影响; (3) 在日常管理中定期对各类防护设施进行维护检修, 定期清洗通风除尘设备, 保证通风除尘效果; (4) 进一步加强职业健康教育, 强化工人防护意识, 使其自觉佩戴相应的个人防护用品; (5) 加强卫生操作制度, 严禁在车间内吸烟、进食, 饭前洗手、下班后淋浴, 坚持车间内湿式清扫制度, 防止二次扬尘引起污染。

44.2%；1,2-二氯乙烷超标点 15 个，超标率为 34.9%；苯、1,2-二氯乙烷均超标的检测点 7 个，其他职业病危害因素检测结果均合格，详见表 1。43 个检查点中，超标点主要分布于上底台 18 个点（95.2%）、绷帮区 20 个点（89.3%）、粘底区 3 个（100%）、清理区 2 个（66.7%）。有 6 家鞋厂各检测

点检测结果均合格，部分检测点超标的鞋厂有 5 家，各检测点均超标的鞋厂有 9 家（45%）。20 家企业生产车间内均以自然通风为主，有 7 家企业设置轴流风机，但均未达到非空调工作场所人均占用容积<20 m³ 的车间新风量≥30 m³/h 的要求^[1]。

表 1 制鞋企业各职业病危害因素检测结果

职业病危害因素	检测浓度范围（mg/m ³ ）			国家标准允许浓度（mg/m ³ ）			检测点数（个）	超标点数（个）	超标倍数
	C _{STEL}	C _{TWA}	C _{MC}	PC-STEL	PC-TWA	MAC			
甲醛			<0.08	—	—	0.5	39	0	
二氯甲烷		<5.4		—	200	—	30	0	
苯	<0.9~109.4	<0.9~55.1		10	6	—	43	19	1~11
甲苯	<0.9~67.2	<0.9~29.3		100	50	—	43	0	
二甲苯	<0.9~1.2	<0.9~0.6		100	50	—	43	0	
环己烷		<2.0~4.1			250	—	30	0	
丙酮	<6.7~56.5	<6.7~39.3		450	300	—	39	0	
丁酮	<6.7~90.4	<6.7~34.6		600	300	—	35	0	
乙酸乙酯	<0.27~90.4	<0.27~28.6		300	200	—	43	0	
乙酸丁酯	<0.27~2.75	<0.27~1.4		300	200	—	31	0	
1,2-二氯乙烷	<0.7~347.3	<0.7~185.2		15	7	—	39	15	1~23
正己烷	<1.2~170.6	<1.2~86.4		180	100	—	39	0	
溶剂汽油		<2.4~112.5		—	300	—	36	0	
三氯乙烯		<0.7~5.6		—	30	—	30	0	
甲苯二异氰酸酯	<0.013	<0.013		0.2	0.1	—	22	0	
三氯甲烷		<0.7~4.1		—	20	—	2	0	

3 讨论

3.1 职业危害状况

制鞋企业使用的胶料种类较多，导致多种职业危害因素并存，胶料说明书虽标示以甲苯为主，但检测显示苯及 1,2-二氯乙烷的浓度较高，主要原因在于这两种物质和它的替代品相比较，价格低廉且效果好，但企业对苯和 1,2-二氯乙烷的毒性了解并不多，苯和 1,2-二氯乙烷中毒的临床症状初期不明显，发病时往往职业中毒很重，因此应督促制鞋企业从正规生产厂家购买无苯低毒胶料。

抽检的 20 家企业大部分将制鞋各个工序布置在一个生产车间内，未将有害作业与无害作业分开布置，生产设备布局不合理，造成生产车间空间拥挤，通风能力不足，职业病危害因素相互污染，极易造成职业病危害事故发生。

3.2 职业卫生管理状况

多数制鞋企业负责人职业病防护意识淡薄，职业危害防护意识差，工人职业防护水平较低，企业没有建立相关职业卫生管理制度和岗位操作规程及职业健康监护档案，没有专职职业卫生管理人员；多数企业没有为劳动者发放个人防护用品或发放的个人防护用品达不到防护要求，工人也未参加

过企业组织的职业卫生培训；生产车间内警示标识和中文警示说明不完善。

3.3 建议

对制鞋企业相关负责人开展职业卫生宣传教育，提高职业卫生管理水平，督促企业对作业人员进行上岗前和定期的职业卫生宣传教育和培训，同时根据《用人单位职业健康监护监督管理办法》的规定，完善职业卫生管理的各项规章制度及相关操作规程；根据《工业企业设计卫生标准》的要求合理布局制鞋企业生产车间内设备和工作区域，将有害作业与无害作业分开布置，避免不同职业病危害因素的交叉污染^[2]；原材料优先选择无毒物质代替有毒物质^[3]，或尽量选取低毒的原料胶水等；定期对工作场所进行职业病危害因素检测与评价，定期组织接触职业病危害的劳动者进行职业健康体检，对超标点进行整改，对体检异常人员按照规定妥善安排。

参考文献：

[1] GBZ1—2010,《工业企业设计卫生标准》[S].
[2] 郭颖燕,陈兆进,林作明.制鞋厂工人健康危害现状研究[J].中国公共卫生管理,2009,25(4):427.

(上接第 293 页)

参考文献：

[1] 李焕焕,张秋玲,周佳侠.某铅酸蓄电池厂局部通风系统整改前后效果分析[J].中国工业医学杂志,2014,27(2):134-135.
[2] 胡飞飞,周倩倩,张恒东.某铅酸蓄电池企业职业危害因素识别

与评价[J].中国工业医学杂志,2013,26(2):114-117.
[3] 王峻涛,包玉屏.宜兴市铅酸蓄电池生产企业职业病危害调查[J].中国工业医学杂志,2013,26(2):122-124.
[4] 蔡日东,黄璐,唐飞.深圳市某蓄电池厂技术改造降低职业病危害效果分析[J].职业卫生与应急救援,2013,31(3):156-157.