

• 调查报告 •

某铅酸蓄电池企业职业危害因素识别与评价

Identification and evaluation of occupational hazard factors in a lead-acid battery enterprise

胡飞飞^{1,3}, 周倩倩^{2,3}, 张恒东³, 张正东¹, 朱宝立³, 龚伟³HU Fei-fei^{1,3}, ZHOU Qian-qian^{2,3}, ZHANG Heng-dong³, ZHANG Zheng-dong¹, ZHU Bao-li³, GONG Wei³

(1. 南京医科大学公共卫生学院, 江苏 南京 210029; 2. 东南大学公共卫生学院, 江苏 南京 210009; 3. 江苏省疾病预防控制中心职业病防治所, 江苏 南京 210028)

摘要: 采取现场职业卫生学调查、现场检测与评价等方法, 对某铅酸蓄电池生产存在的职业危害因素进行识别、分析与评价。铅酸蓄电池企业生产过程产生的主要职业危害因素是铅烟、铅尘、噪声等。铅烟检测超标率为 40.0%, 铅尘检测超标率为 100.0%, 噪声检测超标率为 50.0%; 职业健康体检血铅水平达到 400 $\mu\text{g/L}$ 以上者占总人数的 15.3%; 极板、焊接岗位职工血铅超标率高达 34.1% 和 26.2%; 部分作业场所职业病防护设施设置不合理; 部分岗位员工个体防护用品佩戴不规范, 提示铅酸蓄电池企业职业危害因素现状不容忽视, 需加紧采取有效的职业病危害预防控制措施。

关键词: 铅酸蓄电池; 职业危害因素; 铅; 噪声

中图分类号: R135.11 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2013)02-0114-04

铅酸蓄电池是世界上各类电池中产量最大、用途最广的一类电池。随着我国经济的腾飞, 铅酸蓄电池产业也因此而蓬勃发展。江苏的苏中、苏北等部分地区, 铅酸蓄电池产业已逐渐成为当地的经济支柱型产业。然而, 铅酸蓄电池企业在不断创造社会财富的同时, 其生产过程中产生的大量铅烟、铅尘、硫酸等有毒有害污染物对作业工人造成的健康危害也逐渐显现出来。因此, 为了最大程度的降低职业性铅中毒的发生率, 提高劳动者的健康水平, 促进企业健康、和谐发展, 本文通过对某铅酸蓄电池企业生产过程中职业危害因素的识别与评价, 为制定职业病危害预防控制提供有效依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选取江苏省内一家规模较大, 生产工艺处于领先地位的某铅酸蓄电池企业作为研究对象。

1.2 方法与内容

1.2.1 现场调查 调查该企业的一般情况、生产工艺流程、职业防护现状以及职业卫生管理等。

1.2.2 职业危害因素识别与现场检测 根据查阅文献和现场调查, 识别分析铅酸蓄电池企业生产过程可能涉及的主要职业危害因素, 通过现场检测分析进一步明确职业危害因素。现场采样、评价标准参照《工作场所空气中有毒物质监测采样规范》(GBZ159—2004)、《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T160—2004)、《工作场所物理因素测量 第 8 部分: 噪声》(GBZ/T189.8—2007)、《工作场所所有害因素职业接触限值》(GBZ2.2—2007) 等有关标准和规范。由于该企业职工多为定点作业 (8 h 均在一个岗位), 每个岗位生产过程中毒物浓度相对比较稳定, 对可能涉及职业危害因素的每个岗位分别设置监测点, 每个监测点不同时段进行 2 次 15 min 的定点采样, 计算 8 h 时间加权平均浓度 (TWA)。所涉及的仪器如下: 矿用粉尘采样器 (AKFC-92A)、大气采样器 (QCD-15ET)、气相色谱仪 (Agilent 6890)、原子吸收仪 (瓦里安 220 型)、声级计 (quest Noisepro)。

1.2.3 职业健康监护 对企业生产中涉铅职工, 按照《血中铅的石墨炉原子吸收光谱测定法》(WS/T20—1996) 测定血铅浓度。

1.2.4 统计学分析 监测和体检结果录入 Excel2007 后建立数据库, 采用 SPSS13.0 软件对数据进行统计分析, 由于职工血铅值呈近似正态分布, 计量资料采用 t 检验, 计数资料采用 χ^2 , 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 企业概况

该企业创建于 2006 年 5 月, 现有职工 780 人, 其中一线职工 660 人, 生产班制均为 8 h 常白班制 (仅球磨岗位为每班 12 h 的三班两倒)。企业以铅锭 (8 400 t/年)、浓硫酸 (3 000 t/年) 及纯水 (15 000 t/年) 为主要原材料, 其主要产品为年产 400 万只的小型密闭型铅酸蓄电池系列, 用于各类电动车。主要生产设备: 熔铅炉、球磨机、铸板机、合膏机、涂板机、固化室、切片机、真空灌酸机、充放电机以及产品包装机械。生产工艺流程: 铸板、涂板、固化、分片、打磨、称片、包片、焊接、封盖、注酸、充电、成品。

2.2 职业防护现状以及职业卫生管理

防尘设施采用布袋除尘、水淋塔降温除尘。但某些车间的工程防护还存在一定的不足, 例如: 铸板车间各铸板机铅液下注口罩面积不足, 不能完全覆盖铅烟发散点, 铅烟的捕集率不高; 分刷片车间机械通风不够, 各送风口与主风管

收稿日期: 2012-08-21; 修回日期: 2013-01-10

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目 (BK2010575); 江苏省医学创新团队与领军人才项目 (LJ201130)

作者简介: 胡飞飞 (1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 职业卫生与环境卫生。

通讯作者: 张恒东, 主任医师, E-mail: zhanghd@jscdc.cn; 张正东, 教授, E-mail: zdzhang2005@gmail.com。

道成直角, 大大影响通风效率; 组装车间的送风机在室内, 排风系统不符合要求。个体防护用品有布帽、工作服、罩衫、3 M 防尘口罩、手套, 酸作业岗位配眼镜、皮裙及长筒靴等。大部分职工个人防护用品佩戴符合规范, 但在酸作业岗位有些职工眼镜佩戴不符合规范。辅助用房包括有浴室、更衣室、卫生间、洗衣房等。目前企业已建立较完善的职业卫生管理制度, 设有专门的职业卫生管理人员, 每天对所有车间的个人防护用品的使用情况进行考评公布, 实行一定的奖惩措施, 并且建立了比较完善的企业职业卫生档案及劳动者职业健康监护档案; 在有毒有害场所设置醒目的安全警示标识和职业病危害告知标牌, 并进行了劳动合同告知; 定期对员工进行职业健康教育、健康体检。

2.3 职业危害因素的识别

通过查阅文献^[1]和现场调查, 生产过程中可能存在铅烟、铅尘、硫酸、二氧化锡、三氯甲烷、噪声、高温等职业危害因素等。极板生产及电池组装过程中详细的职业危害因素存在环节见图 1、图 2。

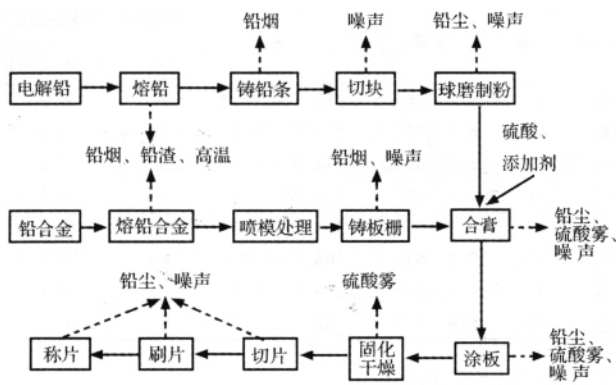


图 1 极板生产工艺以及可能存在的职业有害因素

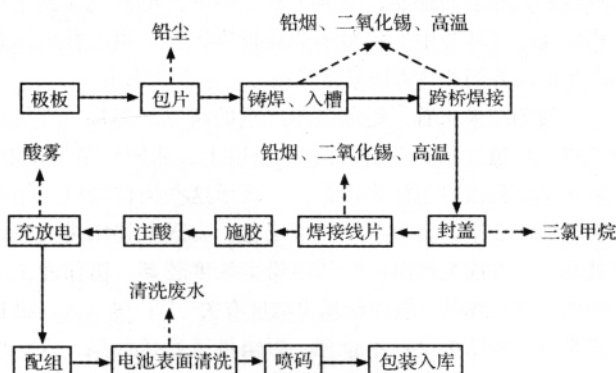


图 2 电池组装生产工艺以及可能存在的职业有害因素

2.4 职业危害因素检测结果

2.4.1 化学毒物

2.4.1.1 铅烟、铅尘 按照前述生产过程中存在铅危害的岗位, 设立铅烟监测点 5 个, 获得有效样品 9 份, TWA 范围在 0.008 ~ 0.354 mg/m^3 , 平均值 0.145 mg/m^3 , 超标率为 40.0%。铅烟危害主要存在于铸焊岗位以及跨桥焊接岗位, TWA 超职业卫生限值 10 倍以上 (见表 1)。铅尘共监测 14 个点, 获得有效样品 28 份, TWA 范围在 0.051 ~ 2.432 mg/m^3 ,

平均值为 0.353 mg/m^3 , 超标率为 100%。铅尘危害分布于极板的各个主要生产过程, 特别是正板切片岗位超职业卫生限值 48 倍以上 (见表 1)。

表 1 工作场所中铅烟和铅尘的 TWA 浓度 mg/m^3

岗位	毒物种类	TWA	PC-TWA	结果判定
铸板车间				
负极铸板机	铅烟	0.017	0.03	合格
正极铸板机	铅烟	0.008	0.03	合格
正板涂板 (进料)	铅尘	0.188	0.05	超标
正板涂板 (出料)	铅尘	0.400	0.05	超标
负极涂板 (进料)	铅尘	0.088	0.05	超标
负极涂板 (出料)	铅尘	0.366	0.05	超标
切片刷片车间				
正板刷片 (手工)	铅尘	0.163	0.05	超标
正板刷片 (自动)	铅尘	0.094	0.05	超标
负极刷片 (手工)	铅尘	0.258	0.05	超标
负极刷片 (自动)	铅尘	0.215	0.05	超标
正板称片 (自动)	铅尘	0.214	0.05	超标
正板切片机	铅尘	2.432	0.05	超标
负极切片机	铅尘	0.231	0.05	超标
组装车间				
自动铸焊机	铅烟	0.354	0.03	超标
封盖岗位	铅烟	0.020	0.03	合格
跨桥焊接岗位	铅烟	0.327	0.03	超标
装模岗位	铅尘	0.181	0.05	超标
包片岗位 (手工)	铅尘	0.059	0.05	超标
包片岗位 (自动)	铅尘	0.051	0.05	超标

2.4.1.2 硫酸 硫酸主要存在于制酸、涂板以及充放电岗位, 共设立监测点 7 个, 获得有效样品 14 份, TWA 范围 < 0.3 ~ 0.8 mg/m^3 , 所有检测点的浓度均低于国家职业卫生接触限值 (见表 2)。

表 2 工作场所中硫酸的浓度 mg/m^3

岗位	TWA	STEL	PC-TWA	PC-STEL	结果判定
铸造车间					
固化房	<0.3	<0.3	1	2	合格
涂板岗位收料品	<0.3	<0.3	1	2	合格
涂板岗位下料品	0.3	0.5	1	2	合格
配酸岗位	0.8	0.8	1	2	合格
制酸车间					
加酸岗位	<0.3	0.5	1	2	合格
充电岗位	<0.3	<0.3	1	2	合格
制酸岗位	<0.3	0.5	1	2	合格

2.4.1.3 二氧化锡和三氯甲烷 二氧化锡主要存在于焊接岗位, 共设立监测点 2 个, 有效样品 4 份, TWA 均低于检出

限 0.1 mg/m^3 ，符合国家职业卫生接触限值。三氯甲烷主要存在于封盖上胶岗位，设立监测点 1 个，获得有效样品 2 份，TWA 均低于检出限 10.0 mg/m^3 ，同样也符合国家职业卫生接触限值。

2.4.2 物理因素 按照前述生产过程中存在噪声危害的岗位，设立噪声监测点 24 个，8 h 等效声级 ($L_{EX,8h}$) 范围在 $63.3 \sim 93.3 \text{ dB(A)}$ ，平均值 84.4 dB(A) ，超标率为 50%，其中切片、球磨、焊接及装模岗位的 $L_{EX,8h}$ 超过 90 dB(A) ，超标比较严重（见表 3）。

表 3 工作场所中噪声强度 dB(A)

岗位	$L_{EX,8h}$	职业接触限值	结果判定
铸板车间			
负板铸板岗位	87.1	85	超标
正板铸板岗位	88.3	85	超标
固化车间			
球磨岗位	93.3	85	超标
合膏岗位	89.2	85	超标
负板涂板岗位	87.9	85	超标
正极涂板岗位	87.0	85	超标
切刷片车间			
切片岗位	91.3	85	超标
磨片岗位（手动）	89.5	85	超标
磨片岗位（自动）	83.1	85	合格
称片岗位	87.9	85	超标
组装机车间			
封盖岗位	82.4	85	合格
跨桥焊接岗位	91.6	85	超标
装模岗位	91.8	85	超标
包片岗位（自动）	81.1	85	合格
包片岗位（手动）	81.5	85	合格
包片岗位（小车间）	80.8	85	合格
铸焊岗位	90.7	85	超标
制酸车间			
配制岗位	78.1	85	合格
加酸机岗位	77.2	85	合格
配胶机岗位	78.7	85	合格
充电生产线	63.3	85	合格
包装车间			
装箱岗位	79.2	85	合格
全自动清洗机	81.7	85	合格
空压机巡检	82.8	85	合格

2.5 职业健康监护

2.5.1 一般情况 对于企业接触铅作业的职工进行职业健康体检，共采集 451 份职工的血样，并进行了血铅的测定，其

血铅水平范围 $26.4 \sim 595.6 \text{ } \mu\text{g/L}$ 。400 $\mu\text{g/L}$ 以上共 69 人，血铅水平达到慢性铅中毒观察对象^[2]者占总人数的 15.3%。男性职工血铅水平显著高于女性职工 ($t = 3.768$, $P < 0.001$)，且超标率高于女性，差异具有统计学意义 ($\chi^2 = 15.86$, $P < 0.001$)，见表 4。

表 4 不同性别职工血铅检测结果 $\mu\text{g/L}$

性别	人数	范围	$\bar{x} \pm s$	血铅值 $> 400 \mu\text{g/L}$	
				人数	比例 (%)
男	208	26.4 ~ 591.2	330.8 $\pm$ 119.8	47	22.6
女	243	27.8 ~ 595.6	291.4 $\pm$ 99.1	22	9.1

2.5.2 不同岗位职工血铅水平 所有涉铅岗位中分刷片、焊组岗位职工的血铅水平较高，分别为 (374.0 ± 91.1) $\mu\text{g/L}$ 和 (360.8 ± 97.5) $\mu\text{g/L}$ ，而且超标率分别达到了 34.1% 和 26.2%；包装岗位血铅水平较低为 (132.8 ± 72.5) $\mu\text{g/L}$ ，尚未发现血铅超标职工（见表 5）。

表 5 不同岗位职工血铅水平 $\mu\text{g/L}$

岗位	人数	范围	$\bar{x} \pm s$	血铅值 $> 400 \mu\text{g/L}$	
				人数	比例 (%)
铸板	23	49.7 ~ 480.5	255.9 $\pm$ 121.8	1	4.3
涂板	40	98.5 ~ 572.1	325.2 $\pm$ 85.0	3	7.5
分刷片	82	173.9 ~ 595.6	374.0 $\pm$ 91.1	28	34.1
称片	31	201.7 ~ 444.4	320.8 $\pm$ 59.6	2	6.5
焊组	84	69.1 ~ 591.2	360.8 $\pm$ 97.5	22	26.2
装模	97	27.8 ~ 542.2	298.4 $\pm$ 107.3	4	4.1
封盖	57	191.6 ~ 436.2	279.5 $\pm$ 58.2	1	1.8
包装	37	26.4 ~ 346.4	132.8 $\pm$ 72.5	0	0

3 讨论

通过本次对该铅酸蓄电池企业生产工艺的调查和现场环境职业危害因素的检测，基本了解了铅酸蓄电池企业的生产流程以及生产环节中所接触的职业危害因素。铅酸蓄电池企业产生的主要职业危害因素是铅烟、铅尘以及噪声。

从检测结果来看，铅危害最严重的岗位是焊接、极板生产岗位，均超过职业卫生限值 10 倍以上；从体检结果来看，上述两个岗位血铅超标率也最高，提示这些岗位可以作为铅酸蓄电池企业铅危害控制的关键岗位。出现上述结果的原因可能是：一方面生产岗位空气中铅尘浓度较高，铅作业工人血铅值与作业场所空气中铅烟浓度有关^[3,4]；另一方面极板生产车间工程防护设置不合理，影响排风通风效果，含铅废料随意堆放，容易引起二次污染；焊接岗位缺乏铅烟捕捉系统。

企业是职业病防治的责任主体，在职业卫生管理及劳动防护状况等方面给予了足够的重视，在职业卫生方面持续改进，包括投入资金更换 3 M 防尘口罩；最新采购并安装专业 Nederman 焊烟净化器，用于焊接岗位，同时定制了罩衫穿着于工作服外，并进行定期的清洗更换；对通风除尘设施改造；邀请省职业病防治方面的专家去企业进行职业病防治的讲座；积极发明新专利（例如酸雾收集器）降低职业危害物质的释放；不断引进自动化程度更高、密封效果更好的仪器（自动

包片机)。

在铅酸蓄电池企业职业病危害控制中,铅危害往往被放到首要位置,而噪声作为企业的主要职业病危害因素,易被忽视。通过调查发现,在存在噪声危害的工作岗位,没有一名职工佩戴耳塞等个人防护用品,而是直接暴露于噪声环境中。众所周知,长期暴露噪声环境中可以引起职业性噪声聋,严重影响工人的生活质量,在我国职业性噪声聋所引起的经济纠纷仅次于尘肺。铅酸蓄电池企业的噪声防护同样刻不容缓。耳塞是最经济、有效的防护措施,建议该企业尽快将耳塞加入到个人防护用品行列,考虑到耳塞佩戴的不舒适性,应定期检查耳塞的佩戴使用情况。

该企业定期委托当地职业卫生服务机构进行职业健康体检,并每季度对铅接触人员进行血铅检查。从体检报告来看,一方面,职业健康体检未按照《职业健康监护技术规范》(GBZ188—2007)开展,噪声、酸雾等职业病危害因素在检查中未体现;另一方面,男性职工血铅超标检出率明显高于女性职工,其原因可能与生活卫生习惯有关^[3]。职业健康体检是发现职业禁忌、早期职业损伤以及观察职业病防护措施是否有效的关键环节,企业应建立和完善职业健康监护制度,并妥善安置出现职业健康损害的职工。

据江苏省环保厅发布的公告,截至 2011 年 7 月,我省关闭取缔蓄电池企业达 158 家、停产整顿 248 家、限期治理 24 家、正常生产企业 36 家、正在建设企业 18 家。正在生产运行的涉铅企业 81% 分布在苏中、苏北欠发达地区。全省涉铅职业人群达 10 万余人。近年来,全省各地发生十余起铅危害引起的纠纷事件,给地方经济发展和社会稳定带来一定程度的影响,亟待出台铅酸蓄电池企业职业病危害控制规范以保障劳动者健康。

参考文献:

- [1] 舒月红,陈红雨. 铅酸蓄电池污染防治与职业卫生防护 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011, 66-72.
- [2] GBZ 37—2002. 职业性慢性铅中毒诊断标准 [S].
- [3] 刘弢,金玫华,张鹏,等. 某蓄电池企业铅危害情况调查 [J]. 中国公共卫生, 2010, 26 (10): 1308-1309.
- [4] 吴维群,刘美霞,李建华,等. 某蓄电池企业职业性铅接触评估与防制模式研究 [J]. 环境与职业医学, 2006, 23 (3): 259-261.
- [5] 窦建瑞,朱宝立,仲立新,等. 蓄电池厂工人血铅水平的相关因素研究 [J]. 中国工业医学杂志, 2011, 24 (1): 12-15.

某多晶硅片生产企业职业病危害调查

Survey of occupational hazard in a polycrystalline silicon chips manufacture enterprise

陈凤琼, 杨迪, 冉瑞红

CHEN Feng-qiong, YANG Di, RAN Rui-hong

(重庆市疾病预防控制中心职业卫生所, 重庆 400042)

摘要: 对某多晶硅片生产企业在生产过程中存在的职业病危害因素进行调查,确定其主要职业病危害因素有噪声、粉尘、氯化氢(盐酸)、氟化氢、硝酸及二氧化氮、氢氧化钠等,并对噪声、粉尘及有毒化学物进行采样、检测与分析。结果显示有害因素中噪声存在不同程度超标,粉尘及有毒物质浓度符合国家限值要求,多晶硅片生产过程中噪声、粉尘、酸碱对作业人员健康影响较大,应加强关键岗位的防护措施,防治职业病的发生。

关键词: 多晶硅片; 职业病危害

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2013)02-0117-03

多晶硅片生产是多晶硅生产的下游产业,用于太阳能电池生产,某企业是重庆地区唯一一家多晶硅片生产企业,生产规模较大。为了解该企业职业病危害现状,识别生产过程中的职业病危害因素,评估其现有防护措施的有效性,提出

有针对性的措施和建议,根据《中华人民共和国职业病防治法》等职业卫生相关法律法规要求,对该企业作业场所有害因素进行调查。

1 方法

采用职业卫生现场调查表,以现场询问的方式调查生产工艺、生产方式、职业病防护措施及个人防护用品发放等情况,并对生产过程中存在的职业病危害因素进行识别与分析。按照《工作场所空气中有害物质的采样规范》(GBZ159—2004)要求,对作业场所进行检测与采样。

2 结果

2.1 基本情况

该企业产品为 156 mm × 156 mm × 0.2 mm 太阳能级多晶硅片,生产规模为年产 250 MW。作业人员共 346 人,除检修外,其余时间连续生产,管理人员白班,操作工为四班二运转,每天工作 12 h,每周工作 48 h。其生产工艺包括硅料清洗及坩埚准备、铸锭、切方(切片)、硅片清洗及检测等。

2.2 现场调查

2.2.1 生产工艺流程 多晶硅锭生产工艺: 将多晶硅、头尾料、锅底料按类分选后用盐酸、硝酸、氢氟酸、氢氧化钠等

收稿日期: 2012-03-31; 修回日期: 2012-08-20

作者简介: 陈凤琼(1979—),女,硕士研究生,主管医师,从事职业卫生工作。