

某电器公司工人血铅内外暴露水平及其影响因素分析

杨双波¹, 刘慧², 罗波¹

1. 黔南民族医学高等专科学校, 贵州都匀 558000; 2. 长沙医学院, 湖南长沙 410219

[摘要] 目的 分析某电器公司工人的血铅水平及其影响因素。方法 收集某电器公司参与职业健康体检的 413 名工人的血铅水平及相关体检资料。检测有代表性的 5 个经常暴露铅尘或铅烟车间(正负极制作、铸板、涂板、组装和包装)空气中铅的含量。采用多因素 Logistic 回归分析工人血铅水平的影响因素。结果 该公司 413 名工人血铅水平为 242.0(159.0, 317.0) $\mu\text{g/L}$, 血铅超标率 59.32%。5 个车间空气中铅含量均存在超标现象, 超标率为 40%~100%。女性工人血铅水平低于男性($P<0.05$); 工龄 <1 年的工人血铅水平低于其他工龄组($P<0.05$); 行政后勤组工人血铅水平低于除质量检查组外的其他组($P<0.05$), 铸板组工人的血铅水平高于内化成工艺组和质量检查组($P<0.05$)。男性、工龄 1~10 年、铸板、正负极制作、组装岗位是血铅水平的危险因素($P<0.05$)。结论 该公司工人血铅水平、超标率远高于正常人群; 男性血铅水平高于女性; 随着工龄的增长, 血铅水平异常风险越大。男性、工龄 1~10 年、铸板、正负极制作、组装岗位是血铅水平的影响因素。

[关键词] 血铅; 铅暴露; 电器公司; 影响因素; 职业健康

[中图分类号] R135.11

[文献标识码] A

Analysis of blood lead exposure levels and influencing factors among workers in a certain electrical appliance company

YANG Shuangbo¹, LIU Hui², LUO Bo¹

1. Qiannan Medical College for Nationalities, Doyun 558000, Guizhou, China; 2. Changsha Medical University, Changsha 410219, Hunan, China

[ABSTRACT] **Aim** To analyze the blood lead levels and influencing factors among workers in a certain electrical company.

Methods Blood lead levels and related medical examination data of 413 workers participating in occupational health examinations at a certain electrical company were collected. The lead content in the air of five representative workshops (positive and negative electrode production, casting, coating, assembly, and packaging) with frequent exposure to lead dust or lead smoke were detected. Multiple Logistic regression analysis were adopted to investigate the influencing factors of workers' blood lead levels. **Results** The blood lead level of 413 workers in the company was 242.0 (159.0, 317.0) $\mu\text{g/L}$, with a blood lead exceedance rate of 59.32%. The lead content in the air of all 5 workshops exceeded the standard, with a exceedance rate of 40%~100%. Female workers have lower blood lead levels than males ($P<0.05$); The blood lead level of workers with less than one year of service is lower than that of workers in the other service groups ($P<0.05$); The blood lead level of the administrative Logistic group workers was lower than that of the other groups except for the quality inspection group ($P<0.05$), while the blood lead levels of workers in the casting group were higher than those of workers in the internalization process group and quality inspection group ($P<0.05$); Male, seniority of 1-10 years, casting board, positive and negative electrode production, assembly positions were influencing factors of blood lead levels ($P<0.05$).

Conclusion The blood lead levels and exceedance rates of the company's workers are much higher than those of the normal population; Male blood lead levels are higher than females; As the length of service increases, the risk of abnormal blood lead levels increases; Male gender, seniority of 1-10 years, casting, positive and negative electrode production, and assembly positions are factors that affect blood lead levels.

[KEY WORDS] blood lead; lead exposure; electrical company; influencing factors; occupational health

工作场所中普遍存在的铅因其强毒性备受关注,其在工业生产中广泛存在,工人主要通过吸入

含铅粉尘或接触含铅物质导致铅吸收,也可通过污染食物或水源摄入^[1]。当人体内铅含量超出安全

[收稿日期] 2025-03-26

[修回日期] 2025-07-20

[作者简介] 杨双波, 硕士, 副教授, 研究方向为环境流行病学, E-mail 为 365253012@qq.com。

限值时,便会引发铅中毒,进而对神经系统、消化系统以及造血系统等造成不同程度损害^[2]。血铅水平是评估铅暴露程度的关键指标,长期维持高血铅水平可能导致一系列的健康问题。从事铅作业的工人面临的铅暴露风险更为显著,因此血铅水平超标的情况也更为普遍^[3]。蓄电池制造业因产生大量铅烟和铅尘,成为职业铅暴露典型行业^[4]。本文通过分析某电器公司工人血铅水平并探讨其影响因素,为铅中毒防治提供依据。

1 资料和方法

1.1 研究对象

选取2022年1月1日—2022年12月31日某省某电器公司参与职业健康体检的413名工人,收集并整理其体检数据。其中男性250名,女性163名;年龄18~60岁;工龄1月~15年。岗位包括正负极制作(45人)、铸板(52人)、涂板(43人)、组装(68人)、内化成工艺(66人)、质量检查(50人)、包装(56人)和行政后勤(33人)。

1.2 车间空气中铅含量测定

根据文献^[5]及文献^[6]的相关规定,选取经常暴露铅尘或铅烟的正负极制作、铸板、涂板、组装和包装等有代表性(空气中铅含量高、工人接触时间长)的5个车间工作岗位处作为采样点,将空气收集器的进气口尽量安装在工人工作时的呼吸带,用装好微孔滤膜的小采样夹,以1.0 L/min流量采集2~8 h的样品,每个车间各采集20个空气样品,进行酸消解,用乙炔-空气火焰原子吸收分光光度计,在283.3 nm波长下测光密度,由标准曲线得样品溶液中铅的质量浓度(mg/L),再换算成空气中铅的时间加权平均接触浓度(mg/m³),保留小数点后3位。依据文献^[7]中明确规定的职业接触限值标准(铅烟为0.03 mg/m³)来判断被检车间的铅含量是否超标,计算每个车间空气中的铅含量超标率。

1.3 血铅水平测定

工人血铅水平数据均源自该厂铅作业工人职业健康体检的资料。在资料采集过程中,严格遵循科学规范的操作流程,采用真空采血针精准采集每位工人3~4 mL的全血样本,确保样本的纯净与准确。随后,将采集到的全血样本妥善存放于4℃的冷藏环境中,以保证样本在检测前的稳定性。血铅水平检测依据文献^[8]标准,血液样本用硝酸溶液进行脱蛋白,在283.3 nm波长下,用石墨炉原子吸收光谱法测定工人血铅含量,保留小数点后1位。

确保样本采集后的两天内完成,最大限度保证检测结果的时效性。

1.4 血铅水平分级

根据文献^[9]规定,并结合张红兵等^[10]所制定的分级标准,将判定标准明确如下:血铅值<200 μg/L为血铅水平正常,200~600 μg/L为血铅水平异常,≥600 μg/L为职业性慢性铅中毒;血铅超标包括血铅水平异常和职业性慢性铅中毒。

1.5 统计学分析

使用SPSS 26.0统计软件对数据进行录入、整理、筛选与分析。工人血铅水平的正态性分布特征采用Kolmogorov-Smirnov法进行检验。对于非正态分布的数据,使用M(P25,P75)表示,两组比较采用Mann-Whitney *U*检验,多组比较采用Kruskal-Wallis *H*检验,进一步两两比较采用Bonferroni法,校正显著性水准。采用多因素Logistic回归模型分析血铅水平的影响因素。检验水准设定为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般结果

该公司413名工人血铅水平21.5~602.0 μg/L,不服从正态分布,血铅水平中位数为242.0(159.0,317.0) μg/L。血铅正常工人168名(40.68%)、血铅异常工人242名(58.59%)、职业性慢性铅中毒工人3名(0.73%),血铅超标率达59.32%。职业性慢性铅中毒3名均为从事正负极制作岗位的男性职工,年龄39~51岁,平均45岁。

2.2 不同车间空气中铅含量超标情况

5个车间的空气中铅含量均有不同程度超标,其中铸板、正负极制作、组装车间超标100.00%,涂板车间超标50.00%,包装车间超标40.00%。检测结果见表1。

表1 不同车间空气中铅含量超标情况($n=20$)

采样车间	空气中铅含量/(mg/m ³)	超标数/[个(%)]
铸板	0.072(0.044,0.084)	20(100.00)
正负极制作	0.045(0.035,0.074)	20(100.00)
组装	0.098(0.092,0.159)	20(100.00)
涂板	0.028(0.012,0.033)	10(50.00)
包装	0.027(0.015,0.037)	8(40.00)

2.3 不同特征的工人血铅水平比较

女性工人血铅水平低于男性($P<0.05$);工龄<1年的工人血铅水平低于其他工龄组($P<$

0.05);行政后勤组工人的血铅水平低于除质量检查组外的其他 6 个组($P<0.05$),铸板组工人的血铅水平高于内化成工艺组和质量检查组($P<0.05$;表 2)。

表 2 不同性别、年龄、工龄和岗位工人的血铅水平比较

指标	人数	血铅水平			
		血铅水平范围	血铅水平		
性别	男	250	28.7~602.0	252.5(166.8,329.5)	
	女	163	21.5~436.0	213.0(150.0,292.0) ^a	
年龄	18~30岁	105	22.0~449.0	232.0(143.0,294.1)	
	31~45岁	220	29.0~602.0	238.0(161.3,315.8)	
	46~60岁	88	29.0~601.0	256.1(165.5,344.0)	
工龄	<1年	54	21.5~460.3	150.5(108.0,247.5)	
	1~5年	286	55.9~601.0	245.0(166.8,328.0) ^b	
	6~10年	53	107.0~602.0	260.0(211.5,322.0) ^b	
11~15年	20	107.0~600.0	247.5(134.8,335.0) ^b		
	岗位	行政后勤	33	80.0~395.0	159.0(128.5,284.5)
		正负极制作	45	107.0~602.0	250.0(173.5,322.5) ^c
铸板		52	123.0~597.1	287.5(241.0,327.3) ^c	
涂板	43	95.0~481.0	242.0(172.0,307.0) ^c		
组装	68	21.5~468.0	241.5(155.3,314.3) ^c		
内化成工艺	66	90.3~469.0	230.5(153.5,296.8) ^{cd}		
质量检查	50	79.6~405.0	214.5(165.8,309.0) ^d		
包装	56	29.3~469.0	229.0(138.8,327.5) ^c		

注:a为 $P<0.05$,与男性比较;b为 $P<0.05$,与工龄<1年组比较;c为 $P<0.05$,与行政后勤组比较;d为 $P<0.05$,与铸板组比较。

2.4 工人血铅水平影响因素的 Logistic 回归分析

将单因素分析中 3 个有统计学意义的影响因素设为自变量纳入 Logistic 回归模型,因变量赋值:血铅水平是否 $\geq 200 \mu\text{g/L}$ (0=否,1=是)。自变量赋值:性别(1=女,2=男);工龄(<1年=1,1~5年=2,6~10年=3);岗位(1=行政后勤,2=包装,3=组装,4=正负极制作,5=铸板),以上赋值=1者为参照。结果显示,男性、工龄 1~10 年、铸板、正负极制作、组装岗位是血铅水平的影响因素($P<0.05$;表 3)。

表 3 工人血铅水平影响因素的 Logistic 回归分析

指标	β	SE	Wald	P	OR(95% CI)	
男性	0.62	0.30	4.18	<0.05	1.86(1.03~3.37)	
工龄	1~5年	1.38	0.42	10.78	<0.05	3.97(1.74~9.05)
	6~10年	2.01	0.47	18.25	<0.05	7.46(2.97~18.74)
岗位	组装	1.34	0.49	7.46	<0.05	3.82(1.46~10.00)
	正负极制作	1.87	0.51	13.45	<0.05	6.48(2.39~17.58)
	铸板	2.67	0.66	16.53	<0.05	14.52(4.00~56.63)

3 讨论

血铅一定程度上可以反映个体的接铅水平。根据中国相关标准,正常成年人的血铅水平应控制在 $100 \mu\text{g/L}$ 以内。然而,由于接铅工人长期作业,血铅水平普遍呈现出不同程度的上升态势。

根据该公司 2022 年 5 个车间空气中的铅含量检测结果显示,铸板、正负极制作和组装 3 个车间空气中的铅含量值均超出规定的职业接触容许水平。如果工人长期暴露于高铅环境中,体内的铅含量可能会逐渐积累,导致血铅水平升高。本文结果显示,该公司工人血铅水平、超标率远高于正常人群,与车间铅含量超标率高达 40%~100% 结果一致,高于某钢铁企业 2022 年工作场所涉铅^[11]岗位中血铅超标检出率以及 2021 年常州市^[12]铅作业人群血铅超标率,故铅防护不能仅仅依靠个人。

本文结果显示,女性血铅水平普遍低于男性,与国内相关研究结果基本一致,如方金梅等^[13]研究发现,男性的血铅水平显著高于女性血铅水平,这可能归因于中国男性吸烟比例高于女性吸烟比例^[14],因为吸烟会增加体内铅含量蓄积^[15]。本文不同工龄工人血铅水平比较结果显示,工龄<1 年的血铅水平明显低于其他工龄组,且随着工龄的增长,血铅异常风险越大,可见工龄是影响工人血铅水平的重要因素之一,这与彭桂馨等^[16]的研究结果一致;但工龄 11~15 年的工人血铅水平不升反降,低于工龄 6~10 年的工人,提示资深员工可能轮岗或防护得到了改善。不同岗位工人血铅水平分析结果显示,铸板组、正负极制作组和组装组的血铅水平最高,可见岗位种类是引起工人血铅水平异常的主要危险因素,与李琳琳等^[17]的研究结果一致。因此,建议企业加强不同工种之间的轮岗制度,严格限定铅高危工种的工作年限。

综上所述,铅暴露强度梯度为铸板>正负极制作>组装(涂板)>包装(内化成工艺)>质量检查>行政后勤,暴露时间效应为工龄越长面临血铅异常风险越高,性别差异为男性>女性,故男性、6~10 年工龄、铸板岗位是该公司工人面临的高危组合。因此,公司应定期组织工人参加职业健康体检^[18],以便及时发现并控制血铅水平。同时,公司应定期邀请专业机构对作业场所的铅烟和铅尘水平进行检测,并对铅超标场所进行整改。此外,公司还需对工人进行岗前安全知识培训,普及职业健康知识,增强工人防护意识,尤其要重视吸烟问题。在日常作业中,督促工人正确规范佩戴个人防护用品,以

减少铅暴露,从而达到有效预防的目的。职业卫生管理部门、公司与劳动者,应该共同筑牢职业卫生健康的防线,切实保障劳动者的身体健康。

[参考文献]

- [1] 邹正洪,唐彬. 2021年金湖县铅接触劳动者血铅水平及相关指标分析[J]. 微量元素与健康研究, 2023, 40(5): 57-59.
- [2] 刘霖,罗永斌,戴霞云. 电焊烟尘的金属组分对甲状腺功能的影响研究[J]. 现代预防医学, 2023, 50(18): 3299-3304.
- [3] ABASHLIM C, SHANNON B, MADIGAN D, et al. Medical surveillance of occupational lead exposure using the EPA's toxics release inventory and adult blood lead epidemiology and surveillance program: Illinois, 2016-2023[J]. Am J Ind Med, 2025, 68(8): 688-697.
- [4] 刘少华,杨波,陈爱萍,等. 韶关市铅酸蓄电池制造行业的职业卫生现状分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(17): 2139-2141.
- [5] 中华人民共和国卫生部政策法规司. 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, 2004: 6-7.
- [6] 国家卫生计生委法制司. 工作场所空气有毒物质测定第15部分:铅及其化合物:GBZ/T 300. 15—2017[S]. 北京:中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 2017: 1-3.
- [7] 国家卫生健康委法规司. 工作场所所有害因素职业接触限值第1部分:化学有害因素:GBZ 2. 1—2019[S]. 北京:中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 2019: 19.
- [8] 国家卫生健康委法规司. 血中铅的测定第1部分:石墨炉原子吸收光谱法:GBZ/T 316. 1—2018[S]. 北京:中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 2018: 1-3.
- [9] 国家卫生计生委法制司. 职业性慢性铅中毒的诊断:GBZ 37—2015[S]. 北京:中国标准出版社, 2016: 1.
- [10] 张红兵,黄亚斌,张恒东. 2018年江苏省9707名铅接触劳动者血铅水平分析[J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(5): 471-474.
- [11] 谢炳熔,郑丽滨. 某钢铁厂涉铅岗位检测结果与铅中毒发病情况动态分析[J]. 中国卫生工程学, 2020, 19(6): 862-864.
- [12] 陆强,付强,汪国海,等. 常州市铅作业工人血铅异常调查[J]. 职业与健康, 2023, 39(15): 2039-2042.
- [13] 方金梅,陈晓兰,吴文勇,等. 云霄县2020年265例铅作业工人血铅结果分析[J]. 海峡预防医学杂志, 2022, 28(5): 72-73.
- [14] 沈洁如,徐佳仪,毛佳,等. 支气管哮喘患者肺功能水平对呼吸道感染发病风险的影响[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(5): 688-692.
- [15] 张伟鹏,赵志强,李国樑,等. 某冶炼厂工人铅、镉、砷混合暴露与血压的关联[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(9): 1046-1051.
- [16] 彭桂馨,张森,孙蕴哲,等. 河南省某铅蓄电池厂作业工人血铅异常情况及其影响因素分析[C] //2022年度中国职业安全健康协会科技大会论文摘要集. 嘉兴:中国职业安全健康协会, 2022: 31.
- [17] 李琳琳. 煤矿开采行业粉尘职业暴露评估及风险评价[D]. 沈阳:中国医科大学, 2021.
- [18] KALIDI R, KYEYUNE H, BALIKUNA S, et al. Adequacy of pharmacovigilance training in the health professional training institutions in Uganda: training gaps and opportunities for improvement [J]. Med Sci Educ, 2025, 35(1): 193-204.

(此文编辑 蒋湘莲)

(上接第990页)

- [5] XU J, KONG N, BAI N, et al. Identification of novel risk factors for postoperative severe hypocalcemia in patients with primary hyperparathyroidism undergoing parathyroidectomy: a case control study [J]. BMC Endocr Disord, 2024, 24(1): 88.
- [6] 冯玉俊,王林娜,赵正历,等. 不同病理类型及分期甲状腺癌组织中 miR-197、miR-221 和 miR-222 的表达及其临床意义[J]. 现代肿瘤医学, 2024, 32(3): 456-460.
- [7] MATOS M D L, PINTO M, ALVES M, et al. Cyto-histological profile of microRNAs as diagnostic biomarkers in differentiated thyroid carcinomas[J]. Genes (Basel), 2024, 15(3): 389.
- [8] 代文杰,喻庆安,刘金钢,等. 原发性甲状旁腺功能亢进症围手术期处理中国专家共识(2020版)[J]. 中国实用外科杂志, 2020, 40(6): 634-638.
- [9] 杨捷,李盟,燕树勋,等. 甲状旁腺功能亢进与骨质疏松症之间的因果关系:双向两样本孟德尔随机化研究[J]. 河南大学学报(医学版), 2024, 43(4): 277-284.
- [10] 徐健,王文志,杨定焯,等. 甲状旁腺功能亢进症致多发棕色瘤诊治经验探讨[J]. 中国骨质疏松杂志, 2020, 26(1): 91-93.
- [11] 郑志学,柏楠,张自琴,等. 原发性甲状旁腺功能亢进症合并病理性骨折的诊治分析[J]. 中国医刊, 2020, 55(3): 293-297.
- [12] VIVERO M P, CHEN Y J, ANTUNEZ A G, et al. Opportunities to improve the diagnosis and treatment of primary hyperparathyroidism: retrospective cohort study[J]. Gland Surg, 2024, 13(7): 1201-1213.
- [13] TORAIH E A, FAWZY M S, HUSSEIN M H, et al. microRNA-based risk score for predicting tumor progression following radioactive iodine ablation in well-differentiated thyroid cancer patients: a propensity-score matched analysis[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(18): 4649.
- [14] KONDROTINEN A, DAUKŠA A, PAMEDYTYTĖ D, et al. Papillary thyroid carcinoma tissue miR-146b, -21, -221, -222, -181b expression in relation with clinicopathological features[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(3): 418.
- [15] SAID M N, MUAWIA S, HELAL A, et al. Regulation of CDK inhibitor p27 by microRNA 222 in breast cancer patients[J]. Exp Mol Pathol, 2021, 123: 104718.
- [16] KONDROTINEN A, DAUKŠA A, PAMEDYTYTĖ D, et al. Plasma-derived miRNA-222 as a candidate marker for papillary thyroid cancer[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(17): 6445.
- [17] ZHANG Y, CAI Y, ZHANG H, et al. Brown adipose tissue transplantation ameliorates diabetic nephropathy through the miR-30b pathway by targeting Runx1[J]. Metabolism, 2021, 125: 154916.

(此文编辑 蒋湘莲)