

蓄电池厂工人血铅水平的相关因素研究

龚建瑞^{1,2}, 朱宝立², 仲立新², 龚伟², 张恒东², 王鹏³, 沈欢喜¹, 刘坚³

(1 南京医科大学公共卫生学院, 江苏 南京 210029 2 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210028

3 东南大学公共卫生学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 目的 探讨铅作业工人血铅水平的影响因素。方法 选择扬州市某蓄电池厂从事涂膏、打磨、铸造、化成、总装、装配等男性铅作业工人 130人, 采用统一设计的调查问卷, 对其吸烟、饮酒等生活和卫生习惯进行调查记录, 测定其血铅含量, 并对其工作岗位空气中铅浓度进行现场检测。在此基础上, 进行相关因素的单因素分析和多元逐步回归分析。结果 检测在正常生产时进行, 共设检测点 32个, 合格点 4个, 合格率 12.5%。铅尘最高超过时间加权平均容许浓度 (PC-TWA) 174倍 (叠片岗位), 铅烟最高超标 17倍 (烧焊岗位); 工人的平均血铅水平 $(238.08 \pm 6.71) \mu\text{g/L}$, 范围 64.96~505.80 $\mu\text{g/L}$ 。单因素分析显示工人是否吸烟、饮酒、每天饮水量、进食饮水前洗手习惯和平时所从事体力劳动的强度、工作时空气中的铅浓度高低均可对血铅水平产生一定影响 ($P < 0.20$); 进一步对铅接触工人铅中毒的危险因素进行多元线性回归分析表明, 随着工作场所铅浓度的升高, 血铅值也随之升高, 吸烟者的血铅值亦比不吸烟者要高。结论 该厂的工作场所空气中铅浓度合格率低, 工人血铅水平普遍较高; 工作场所空气中铅浓度较高和吸烟是工人血铅水平增高的危险因素。

关键词: 血铅; 相关因素; 蓄电池厂; 单因素分析; 多元逐步回归分析

中图分类号: R135.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-221X(2011)01-0012-05

Study on correlation factors of blood lead level in workers of storage battery plant

DOU Jian-rui, ZHU Bao-li, ZHONG Li-xin, GONG Wei, ZHANG Heng-dong, WANG Peng, SHEN Huan-xi, LIU Jian

(*: School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China)

Abstract: Objective To explore the correlation factors which might affect the blood lead level of workers in storage battery plant. Methods One hundred and thirty male workers engaged in lead works such as smearing, polishing, casting, forming, acidizing and assembling in Yangzhou storage battery plant were selected as study objects. Their life and health habits such as smoking, drinking etc. were investigated by questionnaire; the blood lead level of the workers and lead concentration in the air near their job-sites were also measured. Then, the univariate analysis and multiple stepwise regression were performed to clarify the correlation factors. Results The results showed that the qualified rate of air lead concentration in examined 32 job sites was only 12.5%, the lead dust concentration in the air sample from laminating post site was 174 times beyond the national hygienic standard (PC-TWA), and the lead fume concentration in welding site was 17 times beyond PC-TWA, while the mean blood lead level of those lead workers was $(238.08 \pm 6.71) \mu\text{g/L}$ (64.96~505.80 $\mu\text{g/L}$). The univariate analysis showed that smoking, drinking, daily drinking volume, handswashing habit before eating or drinking, labor intensity and lead concentration in the air of the working site were somewhat correlated with the blood lead levels ($P < 0.20$). The further analysis using multiple stepwise regression method showed that lead concentration in workplace air (X_1) and smoking (X_2) were the main impact factors; the regression equation is $Y = 10.658 + 1.14X_1 + 0.989X_2$. Conclusion The plant had lower qualified rate of air lead levels at workplaces and higher blood lead levels of lead workers, and the higher lead concentrations in the air of workplace and smoking habits of workers were the hazardous factors for elevated blood lead level.

Key words: blood lead level; correlation factor; storage battery plant; univariate analysis; multiple stepwise regression analysis

目前铅的危害仍以慢性铅中毒为主, 它能引起机体几乎所有器官系统的功能紊乱, 尤其是血液和神经

系统。血铅能反映近期的铅接触情况, 也能反映体内的铅负荷和铅的健康危害, 是铅接触者的主要生物监测指标^[1]。目前, 铅对人和动物组织和器官的毒作用已被广泛证实, 绝大多数学者认为铅不是必需元素, 而是一种有累积性危害的污染物质^[2,3]。

在我国, 蓄电池行业仍以铅污染为主, 它主要是通过呼吸道和消化道进入人体。工人体内的血铅水平除了受现场铅烟、铅尘的直接暴露影响外, 不良的生

收稿日期: 2010-08-24 修回日期: 2010-12-09

基金项目: 卫生部卫生行业科研专项项目 (20090202006); 江苏省科技厅自然科学基金 (BK2010575)

作者简介: 龚建瑞 (1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事职业卫生和中毒控制方面的研究。

通讯作者: 朱宝立, 主任医师, 硕士生导师, E-mail: zhubl@jsc.edu.cn

活和卫生习惯也是其重要的影响原因。本文旨在通过探讨影响蓄电池工人血铅水平的相关因素,从而为更有效的保护职业人群提供科学依据。

1 对象和方法

1.1 对象

选择扬州市某蓄电池厂从事涂膏、打磨、铸造、化成、装配、总装等男性作业工人 130人,平均年龄 32.1岁(21~45岁),平均铅接触工龄 7.4年(1~20年)。调查对象均未患有肝脏疾病、肾脏疾病、糖尿病、甲亢及肿瘤五类慢性消耗性疾病;一个月内未服用补钙、补铁、补锌、复合微量元素类药物和与之相关的保健品、中药;无驱铅治疗史。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 采用统一设计的调查问卷,对调查对象的一般情况、日常生活习惯、受教育程度、既往疾病史及健康状况等进行调查记录。

1.2.2 现场卫生学调查及现场空气铅测定 对该厂的基本情况、生产工艺流程、主要的职业病危害因素种类及接触情况、卫生防护措施及个人防护情况等进行调查。根据 GBZ159-2004《工作场所空气中有害物质检测的采样规范》^[4]的相关布点原则、现场采样规范,对作业环境中的铅烟、铅尘进行采集。根据 GBZ/T160.10-2004《工作场所空气有毒物质检测 铅及其化合物》^[5]对样品用火焰原子吸收光谱法进行测定。

1.2.3 血样本采集 先用 0.2%硝酸、去离子水清洗采血部位,再用乙醇棉球消毒,一次性注射器肘静脉取血,置于 1.5 ml EDTA-K₂ 抗凝管中,缓慢颠倒混匀,4℃保存,当天测定。

1.2.4 生物样品测定 测定血铅采用美国 PE公司生产 800型原子吸收分光光度计,根据 WS/T20-1996《血中铅的石墨炉原子吸收光谱测定方法》进行检测。测定过程中使用中国疾病预防控制中心职业卫生所提供的“冻干血铅标准物质”[GBW09139 标准值及不确定度为 (119±15) μg/L, GBW09140 标准值及不确定度为 (346±12) μg/L] 进行质量控制,每 10个样品间测定一次标准物质,结果合格后,再进行下一批样品的测定。

1.3 资料数据处理方法

实验数据采用 SPSS15.0软件分析,进行 ANOVA 分析和多元线性逐步回归。

2 结果

2.1 基本情况

该企业为一家中外合资企业,主要产品为密封免维护铅酸蓄电池及电源系统产品,主要生产原料是金

属铅和硫酸,年耗铅量 15 000 t,硫酸 2 400 t,年生产量约为 80万千伏安时。该企业主要生产工艺流程为:制粉→铸造、和膏→涂膏→固化→打磨→叠片→焊接组装→化成→产品检验→成品包装。工人多为半手工半机械操作,厂房都设有天窗、侧窗,工作岗位设有局部送风和吸风装置,车间内通风情况较好,设有地沟、水冲设施,真空除尘器不间断地面除尘。但由于厂房未扩建,生产线又后续增加,导致所有工段共在一个车间,工作岗位密度较大,较为拥挤。岗位之间交叉污染、二次污染较严重。铅作业工人个人防护意识较好,都佩戴防尘口罩或面罩,穿戴防护衣和手套,中午吃饭、下班前淋浴、更换工装。有指定专职人员负责日常的职业卫生管理工作,定时发放劳保用品和进行培训。

2.2 作业场所空气中铅烟、铅尘测定结果

按采样规范要求设置采样点,以 GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值》^[6]中铅尘、铅烟的时间加权平均容许浓度(PC-TWA) 0.05、0.03 mg/m³作为判断标准,采样在正常生产时进行,共设采样点 32个,合格点 4个,合格率 12.5%。铅尘最高超标 174倍(叠片岗位),铅烟最高超标 17倍(烧焊岗位)。空气中铅浓度检测结果见表 1。

表 1 作业场所空气中铅烟、铅尘浓度测定结果					mg/m ³
监测点	危险因素	样品数	范围	平均浓度	超标倍数
铸造	铅烟	4	0.041~0.092	0.078	1.60
打磨	铅尘	4	0.218~0.489	0.454	8.08
涂膏	铅尘	4	0.050~0.351	0.201	3.02
烧焊	铅烟	6	0.021~0.547	0.245	7.17
叠片	铅尘	6	0.049~8.753	0.249	3.98
化成	铅尘	4	0.021~0.053	0.037	—
总装	铅尘	4	0.069~0.089	0.080	0.60

注:国家标准作业场所 PC-TWA 铅尘 0.05 mg/m³,铅烟 0.03 mg/m³。

2.3 各工种工人血铅水平

被调查工人的血铅呈偏态分布,开平方转换后为正态分布。工人平均血铅水平为 (238.08±6.71) μg/L (64.96~505.80 μg/L)。各工种工人血铅水平详见表 2。

表 2 各工种工人血铅水平		
工种	例数	Pb-B (μg/L)
铸造	10	202.75±1.60
打磨	9	287.83±10.24
涂膏	17	219.92±7.60
装配	62	254.34±4.26
化成	16	174.72±4.56
总装	16	211.70±9.95
总计	130	238.08±6.71

2.4 铅中毒危险因素分析

根据文献资料, 分别对可能影响铅接触工人血铅浓度的因素进行 ANOVA分析。结果显示工人是否吸烟、饮酒、每天的饮水量、进食喝水前洗手的习惯养成、平时所从事的体力劳动的强度以及工作时空气中的铅浓度的高低可以造成血铅水平有一定的差异, 详见表 3

表 3 影响工人血铅浓度的 ANOVA分析

变量	F值	P值
工龄(年)		
<5	0.124	0.725
~10		
>10		
年龄(岁)		
20~25	0.992	0.321
~30		
~35		
~40		
~45		
吸烟		
不吸烟	4.647	0.033*
吸烟		
饮酒		
不饮酒	4.244	0.041*
饮酒		
教育程度		
小学或以下	0.465	0.497
初中		
高中/中专		
大专/本科		
研究生或以上		
饮水(ml)		
<500	1.816	0.181*
~1 000		
~3 000		
>3 000		
饮用牛奶		
几乎每天	0.089	0.766
经常		
偶尔		
食用水果蔬菜		
每天	0.018	0.894
经常		
偶尔		
完全不		
洗手		
几乎每次	2.022	0.158*
大多数		
偶尔		
完全不		
劳动强度		
较强	5.973	0.016*
中等		
较轻		
体育锻炼		
经常	0.173	0.678
偶尔		
完全不		
憋尿		
经常	1.367	0.245
偶尔		
完全不		
遵守保护措施		
严格执行	1.376	0.243
经常		
偶尔		
完全不		
空气中铅浓度		
<0.05	31.867	0.000*
~0.1		
~0.25		
~0.5		

注: * P<0.20

2.5 多元线性逐步回归分析

在单因素分析的基础上, 对影响蓄电池厂工人血

铅的因素进行多元线性逐步回归分析, 见表 4。结果提示, 随着工作场所铅浓度的升高, 工人血铅值也随之升高 1.14 个单位; 与不吸烟者相比, 吸烟者转化后的血铅值比不吸烟者要高 0.989 个单位。

表 4 工人血铅水平影响因素的多元线性回归分析

因变量	相关因素	β 值	t 值	P 值	F 值	P 值
(血铅) ^(0.5)	铅浓度(X ₁)	1.140	3.911	0.000*	10.039	0.000
	吸烟(X ₂)	0.989	2.033	0.045*		

注: * P<0.05

从表 4 中可以看出, 在考虑了各个变量之间可能存在的相互影响后, 铅浓度、吸烟 2 个变量被引入方程, 回归方程为 $Y=10.658+1.14X_1+0.989X_2$ 。该模型的方差分析结果表明, F 值等于 10.039, 显著性概率 $P<0.001$, 故在 $\alpha=0.05$ 水准可以认为该模型具有显著性。

3 讨论

蓄电池厂工人血铅水平的单因素分析显示, 工人是否吸烟、饮酒、每天的饮水量、进食喝水前洗手的习惯养成、平时所从事的体力劳动的强度以及工作时空气中的铅浓度的高低可以造成血铅水平有一定的差异。采用多元线性逐步回归分析, 结合专业知识, 可以得出工作场所铅浓度的升高、吸烟是工人高血铅水平的危险因素, 这和 Chuang HY 等^[7] 研究结果基本一致。

生产过程中, 呼吸道吸入是铅进入人体的主要途径, 吸入的氧化铅烟约有 40% 吸收入血循环。进入血液的铅大部分与红细胞结合, 其余在血浆中^[8]。铅在血中的半衰期为 30 d 左右, 血铅可以较为灵敏地反映血中铅的变化, 是表示近期铅接触的指标。工作场所中铅烟、铅尘的浓度越高, 在防护措施相同的情况下, 通过各种途径尤其是经呼吸道进入人体内的铅量越多, 导致血铅水平的直接升高。

吸烟是全球性的公共卫生问题, 是有碍健康的主要因素。吸烟时可产生几千种有害物质, 其中 69 种物质已确定为致癌物或辅助致癌物, 这些化合物进入机体后, 可严重干扰机体的正常生理功能, 继而产生多方面的损害^[9]。1 支香烟含有 $0.6\sim2.0\mu\text{g Pb}$, 吸烟时至少吸入这些金属含量的 $1/10$ ^[10-11]。铅作业工人吸烟时, 铅尘很容易附着在烟体上而进入体内。因为在吸烟过程中, 由于次数多作业者常忽略口面部和手部的清洁, 造成铅粉污染烟体, 因此, 铅作业工人在工作间隔期吸烟是导致血铅浓度升高的原因之一。此外, 这些有毒元素除了其特有毒性外, 还可通过影响其他营养素如造成蛋白质缺乏、诱发脂质过氧化等

增加对铅中毒的易感性^[12~14], 使人体抵抗力下降, 加速铅的蓄积。实验证明, 铅作业工人的血铅浓度与红细胞膜脂质过氧化物浓度呈正相关^[15]。接铅者如果吸烟, 铅与香烟烟雾联合作用, 加剧组织的损伤。Morisi C等^[16]调查 1 802名非职业接触的人群, 发现吸烟比不吸烟的人血铅超过 180 mg/L的危险度大 0.8倍。

单因素分析过程中, 饮酒、饮水、洗手、劳动强度也可造成血铅浓度有差异, 尤其是饮酒和劳动强度。不适量的饮酒会伤及肝脏、心血管、食管和胃黏膜等, 降低人体的解毒能力, 增加外源化合物的入侵。占身体总负荷量 90%以上的蓄积库——牙齿和骨骼组成的“稳定池”里的铅, 生物半衰期可达 20~30年^[17]。当饮酒改变体内酸碱平衡时, 不溶解的三盐基磷酸铅转化为可溶的二盐基磷酸铅移至血液, 造成血铅浓度的升高。另外, 工厂里的工人由于岗位不同, 所从事的劳动量也不尽相同。实际工作时间长、体力消耗量大的强体力劳动者的血铅水平比从事较轻的体力劳动者的血铅水平高。一方面因为他们暴露于铅环境的机会和时间比普通工人增大, 造成铅的蓄积增多; 另一方面强体力劳动者任务过重, 多有吸烟、饮酒等方面的不良生活习惯, 体力恢复时间短, 免疫力有所下降, 这可能也是他们血铅增高的一部分因素。在工作过程中, 工人不仅会受空气中铅烟的影响, 而且会有部分铅尘附着在衣服和暴露的皮肤上。手部和口周部的铅尘会因为进食而进入体内, 加上饮水量少, 排出减少, 会使体内血铅水平累积升高。

除此之外, 本研究还调查了工人的教育程度、牛奶饮用、水果摄入、体育锻炼、憋尿、劳动保护遵守、患病等情况, 发现它们在本次研究中对血铅的影响不是很明显, 这与文献报道不符^[18 19], 可能与铅接触者所处的工作和生活环境相对集中一致, 个人和企业防护执行相对较好有关。国外学者曾对铅接触者做了一项研究^[20], 改变他们卫生观念和个人卫生习惯, 比如不在工作场所吸烟、喝水或餐前用肥皂洗手、工作后洗澡、每天换洗工作服等, 虽然空气中铅浓度没有变化, 但作业者血铅水平明显下降 ($P < 0.01$)。说明养成良好的卫生习惯, 防患于未然, 是自我保护的重点。

综上所述, 血铅含量不仅与作业场所空气中铅浓度有关, 还与职业卫生防护条件、个人防护意识有关。解决工业铅中毒的根本在于积极采取预防措施, 使空气中的铅浓度达到安全范围, 不致有过量的铅侵入人体。尽量实现生产过程中的机械化、自动化、密

闭化, 实现湿式作业和及时的湿式清扫制度以降低空气中铅浓度。合理布局, 将尘源产生点工种和无尘源工种分开, 减少污染的扩散。加强对尘源的控制, 采取局部抽风、送风、密闭作业等, 减少铅尘的扩散, 使车间空气铅浓度大幅度下降, 达到国家标准要求。对于铅作业工人的职业防护, 除了企业要贯彻好《中华人民共和国职业病防治法》及相应的法规、规章条例外, 铅作业工人的自我防护也很重要, 在日常的工作和生活中, 要养成良好的生活和卫生习惯, 减少职业危害因素对人体的损害。另外, 结合该厂的情况, 虽然各方面的防护措施都很到位, 但是由于新建、扩建时没有做到合理布局, 导致工人血铅值普遍处在高水平状态, 警示我们从源头上控制污染才是预防职业病发生的根本措施。

参考文献:

- [1] 郑星泉. 1981—1998年我国女性成人血中铅水平变化 [J]. 环境与健康杂志, 2001, 18 (6): 332-334.
- [2] 王夔. 生命科学中的微量元素 [M]. 北京: 中国计量出版社, 1996 931-958.
- [3] 马静, 魏益民, 郭波莉, 等. 铅对人体和动物毒性作用 [J]. 中国公共卫生, 2009 25 (3): 369-370.
- [4] GBZ159—2004 工作场所空气中有害物质的采样规范 [S]. 2004.
- [5] GBZ/T160.10—2004 工作场所空气有毒物质检测 铅及其化合物 [S]. 2004.
- [6] GBZ 1—2007 工作场所有害因素职业接触限值 [S]. 2007.
- [7] Chuang H Y, Lee M L, Chao K Y, et al. Relationship of blood lead levels to personal hygiene habits in lead battery workers, Taiwan 1991—1997 [J]. Am J Ind Med 1999 35 (6): 595-603.
- [8] 金泰虞. 职业卫生与职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006 167.
- [9] Hoffmann D, Hoffmann J, El-Bayoumy K. The less harmful cigarette: a controversial issue: a tribute to Ernst L. Wynder [J]. Chem Res Toxicol 2001 14 (7): 767-790.
- [10] 郑慧媛, 苏军龙, 宋天保. 不育吸烟男性精液和血液中镉、铅含量评价 [J]. 国外医学医学地理分册, 2009 30 (1): 29-31.
- [11] Tahir SN, Alamer A S. PB-210 concentrations in cigarettes tobacco and radiation doses to the smokers [J]. Radiat Prot Dosimetry 2008 130 (3): 389-391.
- [12] Kiziler A R, Aydemir B, Onaran I, et al. High levels of cadmium and lead in seminal fluid and blood of smoking men are associated with high oxidative stress and damage in infertile subjects [J]. Biol Trace Elem Res 2007 120 82-91.
- [13] Navas Arjen A, Selvin E, Shattett A R, et al. Lead cadmium smoking and increased risk of peripheral arterial disease [J]. Circulation 2004 109 3196-3201.
- [14] 朱振岗. 吸烟对健康的主要危害 [J]. 中国公共卫生, 1997 6 (13): 323.

(下转第 33 页)

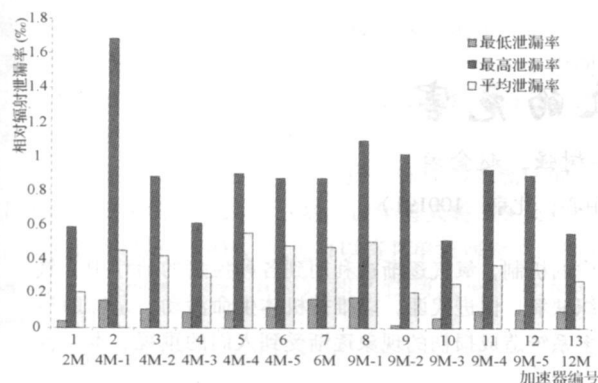


图 4 13台加速器组装体的相对辐射泄漏率分布

同钢板厚度时, 高能的剂量透过率明显大于低能, 但在 9 MeV 以上不同能量加速器 X射线的剂量透过率的差别越来越小, 同时也说明它们在钢板中的 d_{HVL} 或 d_{TVL} 的差别存在变小的趋势。图 3 的曲线分析表明, $d_{TVL(4\text{ MeV})}$ 与 $d_{TVL(2\text{ MeV})}$ 之差为 15.3 mm 而 $d_{TVL(12\text{ MeV})}$ 与 $d_{TVL(9\text{ MeV})}$ 之差仅 3.9 mm。由 NCRP51 报告中附录 E 13 的电子束能量-钢板厚度 TVL 的关系曲线可明显判定并区分出标定为 2 MeV 和 4 MeV 加速器的能量, 而由所求得的 $d_{TVL(12\text{ MeV})}$ 和 $d_{TVL(9\text{ MeV})}$ 判定 12 MeV 和 9 MeV 加速器能量时, 因 $d_{TVL(12\text{ MeV})}$ 和 $d_{TVL(9\text{ MeV})}$ 差别很小, 几乎可认为两者具有相同的能量值。

在加速器的无损检测工业中, 主要使用射线直接作用于物体而获得相关的辐照信息, 所以电子加速器辐射输出相关的剂量学指标是加速器技术性能的核心指标, 也是反映加速器无损检测功能的基础参数, 并与设备的各项防护性能指标密切相关。掌握加速器的防护性能指标, 有助于设备现场作业人员进行规范的操作和有效的防护。表 1 和表 2 中给出的加速器辐射输出量率、均整度和不对称性指标与产品出厂前调试后给出的企业指标相符, 也满足 GB/T 20129—2006《无损检测用驻波电子直线加速器》的要求, 其中涉及到的辐射输出重复性和线性偏差虽然在加速器的专项企业标准中没有作出明确的规定, 但这两项指标既是工业加速器剂量学性能的指针, 同时在大量相似工件的检测中也是非常实用的考量参数。

由于无损检测加速器在常规运行中产生高强度的辐射, 故在我国辐射防护相关法规^[7]中将其归入严重职业病危害因素的类别。加速器本身的相对辐射泄漏率一方面是影响加速器 X射线照相检测灵敏度的重要因素, 同时也能直接反映加

速器本身的基本防护性能, 操作人员通过该指标可基本了解加速器运行时机房内的辐射剂量水平, 同时对于加速器工程设计和评价人员进行机房的防护屏蔽设计和优化也有一定的指导意义。表 4 和图 4 中描述的 13 台加速器的相对辐射泄漏率水平中, 虽然有 3 台加速器个别位点的指标略高于 1.0%, 最高的为 1.7%, 但所测每台加速器距靶点 1 m 的球面上 24 个点的平均相对辐射泄漏率均低于 0.7%, 满足了产品出厂的企业标准。不可忽视的是, 个别点的泄漏率偏高可能与机房内的散射辐射和现场的测量条件有关, 因为在现场测量中, 由于加速器本身结构等原因, 对出束口的封堵不可能完全严密, 难免造成局部的泄漏辐射相对较高, 同时也可能会产生更多泄漏辐射的散射辐射而影响测量结果。

总之, 无损检测加速器的电子束能量、与辐射输出相关的一系列剂量学指标、相对辐射泄漏率等既是设备防护性能的基本参数, 也是与设备常规运行质量和现场人员防护直接相关的, 加强每台加速器投入工业运营前的防护检测是非常必要的。当然, 实际上每台加速器出厂前整个系统的性能鉴定和防护验收, 还包括了加速器出束焦斑的大小、剂量稳定性以及照相检测灵敏度等其他多项技术指标的测量与分析。而且对于加速器无损检测工作场所的防护及其安全设施状况, 都须按照有关标准进行严格的核查, 以保证其满足相应的辐射防护要求。

参考文献:

- [1] 阎立强, 郭伟. DZ9/3000型工业无损检测用驻波电子直线加速器的应用 [A]. 首届中国大型铸锻件制造技术发展论坛论文集 [C]. 2006 46-48
- [2] Audiere L, Bana R Ç, Emanuele U et al. X-ray tomography system for industrial applications [J]. Nucl Instr and & Meth B 2008 266 (10): 2138-2141.
- [3] Mehnert R. Review of industrial applications of electron accelerators [J]. Nucl Instr and & Meth B 1996 113 (1/4): 81-87.
- [4] 王非, 郭伟, 征立刚. 驻波电子直线加速器在铸造无损检测中的应用 [A]. 首届中国大型铸锻件制造技术发展论坛论文集 [C]. 2006 322-325.
- [5] NCRP Report No 51. Radiation Protection Design Guidelines for 0.1—100 MeV Particle Accelerator Facilities [Z]. 1977.
- [6] GB/T 20129—2006 无损检测用电子直线加速器 [S].
- [7] 卫生部令第 49 号, 建设项目职业病危害分类管理办法 [S].

(上接第 15 页)

- [15] 陆新华, 刘卓宝. 自由基与铅中毒机制的研究进展 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 1998 16 (3): 189
- [16] Morisi G, Menditto A, Spagnolo A et al. Association of selected social, environmental and constitutional factors to blood lead levels in men aged 55—75 years [J]. Sci Total Environ 1992 126 (3): 209-229
- [17] 郝凤桐, 杜旭芹, 牛颖梅, 等. 铅中毒研究进展 [J]. 中国工业医学志, 2008 21 (3): 200-203.

- [18] Mehra R, Juneja M. Fingernails as biological indices of metal exposure [J]. J Biosci 2005 30 (2): 253-257.
- [19] 孙东红, 林瑾葆, 周宏东. 铅作业工人卫生行为干预措施研究及效果评价 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2002 20 (5): 336-339
- [20] Lomphongs S, Moricka J, Mvayin et al. Occupational health education and collaboration for reducing the risk of lead poisoning of workers in a battery manufacturing plant in Thailand [J]. Ind Health 2004 42 (4): 440-445.