

负离子粉及产品的放射性监测及建议

丁洪深,程丰民,乔冕,史蕾,常明杰,王震

山东省核与辐射安全监测中心,山东 济南 250117

摘要: **目的** 调查研究负离子粉及产品的放射性水平。**方法** 对某生产原料负离子粉及含负离子粉的黄土球、汽车座垫等产品进行放射性监测。**结果** 研究发现负离子粉表面 X- γ 辐射剂量率高达 3.0×10^{-5} Gy/h, ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 等放射性核素活度浓度分别高达 73.9 Bq/g、758 Bq/g、28.3 Bq/g。**结论** 部分负离子粉及产品的生产、使用不满足有关标准的有关要求,值得相关部门的高度重视。

关键词: 负离子粉;放射性;监测

中图分类号:X591 文献标识码:A 文章编号:1004-714X(2019)04-0401-03

Radiation monitoring and suggestions for negative ion powder and products

DING Hongshen, CHENG Fengmin, QIAO Mian, SHI Lei, CHANG Mingjie, WANG Zhen

Shandong Nuclear and Radiation Safety Monitoring Center, Jinan 250117 China

Abstract: **Objective** To investigate the radioactive level of negative ion powder and products. **Methods** Radioactivity monitoring of negative ion powder, loess spheres containing negative ion powder, automobile seat cushion and other products was carried out. **Result** It is found that the γ dose rate above the negative ion powders reaches up to 3.0×10^{-5} Gy/h, and other radionuclide activity concentrationssuch as ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra are respectively as high as 73.9 Bq/g, 758 Bq/g and 28.3 Bq/g. **Conclusion** The production and use of some negative ion powders and products do not meet the relevant requirements of the relevant standards, which should be highly valued by relevant departments.

Key words: Negative Ion Powder; Radioactivity; Monitoring

负离子粉通常由稀土元素、电气石粉等物质组成,在涂料、纺织等行业作为负离子激发源使用。主要通过其中的放射性物质释放的 α 、 β 、 γ 射线,电离空气中原子或分子生成游离电子,游离电子再与中性原子或分子作用获取负离子^[1]。国内外学者很早就开始了负离子及产生负离子产品的研究,尤其是近年来国内对将负离子粉应用于涂料、纺织品的生产、应用研究很多^[1-4],但国内对负离子粉的放射性监测及研究报道相对较少,其中赵传山等^[1],张洪生等^[5]的研究均表明负离子粉及产品的放射性异常。有些使用负离子粉及含负离子粉的民用消费品生产单位,在未履行有关管理程序的情况下,通过网络等途径随意购买含放射性核素的物质用于民用消费品生产,存在监管盲区。本研究对负离子粉、含负离子粉的黄土球、贮存仓库、汽车座垫、汽车座垫生产场所的 γ 辐射剂量率测定,通过对监测结果的分析发现,部分离子粉、黄土球的使用存在较大潜在辐射照射危害。因此,开展负离子粉及产

品的放射性研究意义重大且十分迫切。

1 材料与方法

1.1 主要材料 负离子粉 2 种、黄土球 4 种及汽车座垫成品 7 种。黄土球为负离子粉掺杂土壤后烧制的球状体,外观类似球状分子筛。

1.2 测量仪器 FH40G 型便携式 X- γ 剂量率仪,量程为 1 nGy/h ~ 1 Gy/h,能量响应范围 36 keV ~ 3 MeV。探测器型号为 GEM35P 高纯锗(HPGe) γ 谱仪,相对探测效率为 35%,探测能量范围 40 keV ~ 10 MeV,能量分辨率 ≤ 1.9 keV (^{60}Co , 1.332 MeV 峰)。

1.3 监测方法 现场监测根据 GB/T 14583—1993《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》要求布点监测 γ 辐射剂量率。实验室样品分析按照 GB 11743—2013《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》和 GB/T 11713—2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》要求,制样测试采集样品的 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 等放射性核素

活度浓度。

1.4 结果评价依据

GB 16353—1996《含放射性物质消费品的放射卫生防护标准》;GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》;GB 27742—2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》。

2 结果

2.1 现场监测结果 用便携式 X- γ 剂量率仪分别在距袋装负离子粉、袋装黄土球、成品汽车座垫表面 0.1 m 处布点监测,测试产品表面 γ 辐射剂量率。在黄土球生产厂区中央空地和仓库内外分别布点监测厂区 γ 辐射剂量率。监测结果见表 1、表 2。

表 1 负离子粉、黄土球及汽车座垫表面
 γ 辐射剂量率监测结果 单位: Gy/h

序号	监测对象	监测结果
1	袋装负离子粉	3.0×10^{-5}
2	袋装黄土球 1	6.3×10^{-7}
3	袋装黄土球 2	1.5×10^{-7}
4	袋装黄土球 3	5.8×10^{-6}
5	汽车座垫 1	9.9×10^{-8}
6	汽车座垫 2	1.1×10^{-7}
7	汽车座垫 3	9.3×10^{-8}
8	汽车座垫 4	1.1×10^{-7}
9	汽车座垫 5	1.0×10^{-7}
10	汽车座垫 6	2.5×10^{-7}
11	汽车座垫 7	4.1×10^{-7}

由表 1 监测结果可得,袋装负离子粉、袋装黄土球 1、袋装黄土球 2、袋装黄土球 3、汽车座垫 6、汽车座垫 7 表面 γ 辐射剂量率水平高于其他对象。

表 2 黄土球生产厂区 X- γ 辐射剂量率监测结果

序号	点位描述	监测结果/(Gy/h)	备注
1	厂区中央空地	9.88×10^{-8}	/
2	仓库 1 内部	9.59×10^{-6}	贮存黄土球现货
3	仓库 2 内部	1.07×10^{-6}	贮存黄土球现货
4	仓库 3 内部	2.14×10^{-7}	贮存黄土球包装袋及杂物
5	仓库 4 墙外	2.82×10^{-7}	贮存黄土球生产原料
6	本底	7.8×10^{-8}	/

由表 2 监测结果可得,黄土球生产厂区仓库内外 γ 辐射剂量率水平均异常,最高达 $9.59 \mu\text{Gy/h}$ 。

2.2 采集样品监测结果 采集生产单位负离子粉、黄土球样品在实验室内用高纯锗 (HPGe) γ 谱仪测试 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 等放射性核素活度浓度的结果见表 3。

表 3 负离子粉、黄土球样品实验室监测结果

序号	监测对象	核素活度浓度/(Bq/g)			
		^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K
1	负离子粉 1	73.9	758	10.9	<0.007
2	负离子粉 2	38.5	173	16.8	<0.023
3	黄土球 1	0.113	0.358	0.091	0.691
4	黄土球 2	0.044	0.076	0.044	0.679
5	黄土球 3	17.5	169	28.3	<0.004
6	黄土球 4	21.1	137	17.4	<0.015
7	黄土球与软木塞混合物	0.269	0.808	0.135	0.110

由表 3 监测结果可得,部分样品 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 等放射性核素活度浓度分别高达 73.9、758、28.3 Bq/g。

2.3 剂量估算 γ 射线所致外照射有效剂量 H_1 (Sv/a) 计算公式^[6]如下:

$$H_1 = 0.7 D_r \cdot t$$

式中:0.7,转换系数,Sv/Gy; D_r ,扣除本底后 γ 吸收剂量率,Gy/h; t ,受照时间,h/a。

根据表 1 中“汽车座垫 7”的监测结果(使用汽车座垫表面 0.1 m 处监测结果可能使估算结果比实际偏低),以年使用家用汽车 500 h 为例,估算安装座垫的驾驶员年有效剂量为 0.12 mSv/a;以职业驾驶员年工作时间 2 000 h 为例,估算安装汽车座垫的驾驶员年有效剂量为 0.46 mSv/a。

根据表 2 中“仓库 1 内部”的监测结果,以职业人员年工作时间 2 000 h 为例,估算仓库工作人员年外照射剂量高达 13 mSv/a。

现场监测时该单位已经因未履行环境保护手续停止生产,无法准确获取用于估算内照射的相关数据,因此本文仅对外照射剂量进行了估算,有一定局限性。

2.4 结果讨论

根据现场监测结果,袋装负离子粉、袋装黄土球、汽车座垫(含负离子粉或黄土球)表面及黄土球生产厂区 γ 辐射剂量率水平均异常,实践导致的辐射危害需要引起重视。

根据采集样品监测结果,属于大批量(大于 1 t)的物料时,负离子粉 1、负离子粉 2、黄土球 3、黄土球 4 均不满足 GB 27742—2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》中天然放射性核素免管浓度不超 1 Bq/g 的规定。属于小批量(小于 1 t)的物料时,负离子粉 1、负离子粉 2、黄土球 3、黄土球 4 也不满足 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》附录 A 中关于放射性核素豁免活度浓度与豁免活度要求(见表 4),且仅当各种放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比的

和小于 1 时,才可能考虑给予豁免的规定。

表 4 放射性核素的豁免活度浓度

核素	活度浓度/(Bq/g)	活度/(Bq)
^{238}U	1×10^1	1×10^4
Th-天然(包括 ^{232}Th)	1	1×10^3
^{226}Ra	1×10^1	1×10^4
^{40}K	1×10^2	1×10^6

根据外照射剂量估算,安装汽车座垫 7 的家用车驾驶员、职业驾驶员年有效剂量分别为 0.12 mSv/a 和 0.46 mSv/a,不满足 GB 16353—1996《含放射性物质消费品的放射卫生防护标准》7.2 中“用户个人受到的有效剂量当量不应超过 0.005 mSv/a 的限值要求”。

经估算,仓库工作人员年照射剂量高达 13 mSv/a,若与职业人员内照射剂量相加存在超过 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》附录 B 对职业人员“连续 5 年的年平均有效剂量,20 mSv”的限值要求的可能性。

3 讨论

3.1 负离子粉的应用涉及涂料、纺织等多个行业,涉及面广、敏感度高,生产单位良莠不齐,存在辐射潜在危害。尤其是日常民用消费品相对工业用品种类繁多,作为直接用户的公众对放射性知识的了解不多,确需引起足够重视,制定相关产品放射性质量指标标准迫在眉睫。

3.2 稀土矿等含天然放射性核素物质可通过网络等多种渠道随意买卖,存在监管空白地带。建议尽快制

定稀土矿等含天然放射性核素物质在负离子粉等领域生产、使用、销售的指导性标准,规范稀土矿等产品的利用,明确适用领域、范围、用量等,避免出现盲目生产、使用。

3.3 开展负离子粉在民用产品中应用的正当性研究,确保其应用所带来的社会总利益大于为其所付出的代价。开展负离子粉及产品的放射性监测及评价方法研究,为产品标准、监管标准的制定及落实提供有力技术保障。

3.4 规范负离子产品功能的宣传,增强正确科普引导,增强公众对负离子产品及其放射性影响的认识,确保科学、谨慎的使用,并在使用过程中做好相关防护,避免出现误用、误食、误照。

参考文献

- [1] 赵传山,李辉,熊晓敏,等. 功能型负离子壁纸的制备和研究[J]. 中国造纸,2018,37(7):6-10.
- [2] 侯宇振,孙浩,纪思凡,等. 一种乳液改性的中药除醛乳胶漆及其制备工艺[J]. 山东化工,2018,47(6):10-12.
- [3] 李云,王建平,王国和. 负离子涤纶的制备与性能测试[J]. 现代丝绸科学与技术,2018,32(4):1-3.
- [4] 刘念,钟安华. 负离子粉涂层文胸的设计与制作研究[J]. 服饰导刊,2016,5(6):4-7.
- [5] 张红生,陆地,曲志勇,等. 烟台航空口岸放射性超标物品的检测与分析[J]. 中国国境卫生检疫杂志,2011,34(1):38-39.
- [6] 帅震清. 四川稀土采选冶从业人员辐射剂量估算及分析[J]. 有色冶金节能,2016,33(1):47-50.

收稿日期:2019-04-05

(上接第 400 页)活动的总体辐射风险极小,是可接受的。

4) 针对运输事故,本文提出的应急措施可以为乏燃料棒运输的托运人和承运人制定《核与辐射运输事故应急响应指南》^[10] 提供指导,同时建议托运人和承运人加强乏燃料运输事故应急演练,提高乏燃料运输的安全性。

参考文献

- [1] 李越,肖德涛,刘新华,等. 我国乏燃料运输现状探讨[J]. 辐射防护,2016,36(1):31.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 11806—2004 放射性物质安全运输规程[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [3] J. L. Sprung, D. J. Ammerman, N. L. Breivik, et al. Reexamination of Spent Fuel Shipment Risk Estimates, NUREG/CR—6672 [R]. 2000,1(1):205-228.

- [4] USNRC. Atmospheric dispersion models for potential accident consequence assessments at nuclear power plants [S]. Regulatory Guide 1.145. 1983.
- [5] 王任泽,孟东原,庄大江,等. 高温气冷堆核电站示范工程新燃料运输辐射风险研究[J]. 原子能科学技术,2016,50(12):2300.
- [6] 李国强,曹芳芳,张建岗,等. 放射性物质公路运输事故率初探[J]. 辐射防护通讯,2015,35(6):40.
- [7] 范磊,张平,刁瑞阳,等. 放射源运输辐射事故应急演练的分析和探讨[J]. 中国辐射卫生,2012,21(3):327-328.
- [8] 付照明,袁龙. 核与辐射卫生应急现场处置技术分析[J]. 中国辐射卫生,2015,24(3):277-280.
- [9] 李少婷,董博文,刘少辉,等. 放射性物质运输辐射事故应急演练的探讨[J]. 中国辐射卫生,2017,26(1):75-77.
- [10] 中华人民共和国国家核安全局. HAD 701/02—2014 放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

收稿日期:2019-01-11