

某退役稀土厂环境空气中²²²Rn、²²⁰Rn子体水平及土壤析出率调查

盛明伟^{1,2}, 刘福东², 郭秋菊³, 凌 球¹

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X (2010) 01 - 0062 - 02

【摘要】目的 了解上海某稀土化工厂周围²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度及土壤析出率水平。方法 用 BWLM - PLUS - S氡、射气子体测量仪测量²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度以及 ERS - 2氡析出率仪和 RAD - 7测量²²²Rn/²²⁰Rn析出率。结果 厂区室外²²²Rn/²²⁰Rn子体平衡当量浓度平均值分别是 1.08Bq/m³和 0.06Bq/m³,室内平均值分别是 8.58Bq/m³和 0.09Bq/m³;车间内²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度平均值是 14Bq/m³和 0.13Bq/m³,办公室内平均值是 3.16Bq/m³和 0.05Bq/m³。厂区周围 6处土壤中²²²Rn析出率最高为 63.9mBq/(m²s),最低为 6.3mBq/(m²s),平均 18.9mBq/(m²s);²²²Rn析出率最高为 1.72Bq/(m²s),最低为 43.4mBq/(m²s),平均 0.41Bq/(m²s)。结论 厂区外环境、室内中²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度在世界室内外水平之下,²²²Rn/²²⁰Rn析出率总体处于世界土壤的平均值范围内,只在个别测点偏高。

【关键词】 ²²²Rn子体; ²²⁰Rn子体;析出率

稀土矿石中一般伴生有铀钍系放射性物质,而自然界中的²²²Rn/²²⁰Rn分别来自铀系和钍系。在人类所受到的整个天然辐射所致剂量中,²²²Rn/²²⁰Rn及其子体的贡献占到了 50%以上,因此对环境中²²²Rn/²²⁰Rn及其子体水平的测量,是评价公众剂量必不可少的内容。

该次调查的稀土化工厂位于上海市北郊,于 1960年建厂,是国内一家最早从事稀土冶炼及产品深加工的企业,产品主要包括稀土氧化物、三基色灯用荧光粉、彩电荧光粉和磁性材料。现在,该厂面临退役,为对其环境放射性水平有大致了解,中国原子能科学研究院辐射安全部联合北京大学于 2009年 8月 12 ~ 13日对其厂区周围环境中²²²Rn、²²⁰Rn子体浓度水平及土壤析出率进行了测量。

1 测量方法及质量保证

1.1 测量仪器 测量²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度使用德国 Tracerlab公司生产的 BWLM - PLUS - S氡钍子体测量仪,该仪器采用脉冲电离室法通过测量²²²Rn/²²⁰Rn子体衰变产生的 粒子给出²²²Rn/²²⁰Rn子体的浓度,测量下限是 0.01Bq/m³,测量范围在 0.01 ~ 2 × 10⁶ Bq/m³。有三种测量方式可供选择:快速测量、慢速测量、核素测量。短周期的测量,如在矿山环境,测量时间可以选择 1, 2, 5, 10, 30min;在本次测量中,采用 continue 模式,测量时间周期选择 10min,个别测点为 1h。

1.2 ²²²Rn/²²⁰Rn析出率测量方法 ²²²Rn析出率的测量使用

Tracerlab公司生产的 ERS - 2氡析出率仪,集衰变计数室、PIPS 探测器、256道 谱仪和微机控制系统于一身的连续静 electricity 射气采样器。氡进入密封于被测表面的集氡腔后,氡及其子体衰变产生的 粒子在衰变室壁 +2500V的高压的作用下被收集到探测器表面,256道 谱仪根据探测到的 粒子的不同能量给出 能谱,微机控制系统根据 能谱识别出 Po - 218特征峰,并根据系统参数计算出²²²Rn浓度。氡析出率的计算,将在 PC机上通过 Tracerlab公司提供的数据处理软件 ERSEval完成。该软件读入超级终端保存好的数据文本,经过计算后给出以 mBq/(m²s)为单位的²²²Rn析出率值。对于²²²Rn析出率的计算,软件提供线性拟合、指数拟合两种方法。本次测量时间设为 10min,每个测量点测量 4 ~ 5个周期。测量²²²Rn析出率时使用 RAD - 7氡测量仪加自制取样器测量,测量时间为 2min。测量结果经过拟合处理后由公式得出析出率。

1.3 质量保证 BWLM - PLUS - S曾与北京大学、疾控中心(CDC)、原子能院计量站的氡子体测量仪进行过²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度的测量比对,从数据的波动性上,几台仪器的测量结果趋势基本完全一致,说明该仪器的稳定性较好。ERS - 2氡析出率测量仪及 RAD - 7测氡仪之前均在南华大学标准氡室进行了刻度,RAD - 7测氡仪的刻度因子为 1.02。

1.4 查布点 本次对²²²Rn和²²⁰Rn子体浓度的调查共设立了 15个监测点,其中厂区周围室外测点 5个,室内测点 10个,析出率监测点 6个。调查点的选择着重于能代表整个厂区范围内的情况,如车间区域和办公区域等以获得有代表性的数据,在测量期间对测量地点的情况进行了记录,如通风或密闭等状况。调查点的分布见表 1。

基金项目:国家自然科学基金(30370443, 39970234和 39570234)
作者单位:1 南华大学核科学技术学院,湖南 衡阳 421001;2 中国原子能科学研究院,北京 102413;3 北京大学物理学院技术物理系,北京 100871
作者简介:盛明伟(1985 ~),男,山东临沂人,在读硕士,核技术及应用。

防辐射用的纺织品按照生产制备技术主要分为以下几类:金属丝和纱线的混纺织物,屏蔽效能可在 0.15 MHz ~ 20GHz 范围内达 60 dB 以上,但是手感较硬,又厚又重;金属纤维混纺织物,屏蔽效能可在 0.15MHz ~ 3GHz范围内达 15 ~ 30 dB 以上,手感较好,但弹性差;化学镀金属织物,屏蔽效能可在 0.15MHz ~ 20GHz范围内达 60dB 以上,质地轻柔、透气抗菌、耐腐蚀,目前应用较为广泛^[5]。

参考文献:

[1] 柴常,王存莲. 机电安全技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 2006: 38 - 40.

[2] 丁玉斌,张国平. 高压电输变电电磁辐射污染分析及防护研究 [J]. 高等函授学报(自然科学版), 2007, 21(4): 45 - 48.
[3] 陈万金,陈燕俐,蔡捷. 辐射及其安全防护技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 2006: 194 - 195.
[4] 丁桂荣,姜荣,郭鹤. 极低频电磁场致癌作用的细胞水平研究进展 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2002, 24(6): 20 - 23.
[5] 王洪燕,潘福奎,张守斌. 电磁辐射与防电磁辐射纺织品 [J]. 纺织科技进展, 2008(3): 28 - 32.

(收稿日期: 2009 - 08 - 19)

表 1 调查点布设情况表

测量项目	室外		室内		合计
	测点数	车间	办公室	办公室	
EECR _{Rn}	5	5	5		15
EECT _{Rn}	5	5	5		15
析出率	6				6

2 测量结果与分析^[2]

2.1 ²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度的测量 表 2列出了此次调查的测量结果。从表中可以看出,厂区室内²²²Rn和²²⁰Rn子体浓度平均值分别是 8.58Bq/m³和 0.09Bq/m³,室外环境中²²²Rn和²²⁰Rn子体浓度平均值分别为 1.08Bq/m³和 0.06Bq/m³,厂区室内²²²Rn和²²⁰Rn子体浓度都要高于室外环境中²²²Rn和²²⁰Rn子体的浓度。

表 2 厂区室内外²²²Rn和²²⁰Rn子体的平衡当量浓度(Bq·m⁻³)

测量项目	室外			室内		
	测点数	范围	$\bar{x} \pm s$	测点数	范围	$\bar{x} \pm s$
EECR _{Rn}	5	0.52~1.43	1.08 ±0.38	10	1.03~57.84	8.58 ±17.42
EECT _{Rn}	5	LLD~0.2	0.06 ±0.08	10	LLD~0.26	0.09 ±0.09

根据场所用途,将厂区室内测量点再分为车间和办公室,我们进一步对²²²Rn和²²⁰Rn子体浓度进行比较分析,比较结果见表 3。从表 3中可以看出,车间内²²²Rn子体浓度平均值为 14Bq/m³,办公室内²²²Rn子体浓度平均值为 3.16Bq/m³,车间内的平均浓度约是办公室内的 4倍。车间内²²⁰Rn子体浓度平均值为 0.13Bq/m³,办公室内²²⁰Rn子体浓度平均值为 0.05Bq/m³,车间内²²²Rn和²²⁰Rn子体的浓度均高于办公室。

上海当地环保部门在 1988~1990年间开展了上海地区空气中氡水平的调查工作^[3,4],测得的室外空气中²²²Rn子体浓度平均值为 3.5Bq/m³,室内空气中²²²Rn子体浓度平均值为 4.6Bq/m³。与此相比,本次测量的厂区室内和车间内²²²Rn子体浓度为 8.58Bq/m³和 14Bq/m³,要高于上海典型环境室内的浓度水平,而厂区室外²²²Rn子体浓度平均值为 1.08Bq/m³,比环境室外水平要低。

UNSCEAR 2000年报告^[5]给出的世界室内、室外²²²Rn平均值为 39Bq/m³和 10Bq/m³,室内、室外的平衡因子分别为 0.4和 0.6,可以算出世界室内、室外氡所致 EECR_{Rn}浓度分别为 15.6Bq/m³和 6Bq/m³,²²²Rn的室内、外的 EEC浓度分别为 0.3和 0.1Bq/m³。可见,在该化工厂室内外测得的²²²Rn/²²⁰Rn子体平衡当量浓度除个别点外,都在世界室内、外平均水平之下,未见明显异常。

表 3 车间与办公室²²²Rn和²²⁰Rn子体的平衡当量浓度(Bq·m⁻³)

测量项目	室外			室内		
	测点数	范围	$\bar{x} \pm s$	测点数	范围	$\bar{x} \pm s$
EECR _{Rn}	5	1.03~57.84	14.00 ±24.60	5	1.15~5.31	3.16 ±1.91
EECT _{Rn}	5	LLD~0.26	0.13 ±0.11	5	LLD~0.09	0.05 ±0.04

3.2 土壤中²²²Rn/²²⁰Rn析出率的测量 室外环境空气中²²²Rn/²²⁰Rn及其子体的浓度水平与土壤中的²²²Rn/²²⁰Rn的析出率有紧密的关系,而土壤²²²Rn/²²⁰Rn浓度与室外环境中²²²Rn/²²⁰Rn浓度的关联度较小。因此,土壤²²²Rn/²²⁰Rn析出率的大小,能更直接反映土壤中²²²Rn/²²⁰Rn对人们的危害。

我们对 6处不同地方的土壤表面进行了测量,测量地点在

道边、花园等有土壤的地方,各测点分布在厂区内。表 4列出了土壤表面²²²Rn/²²⁰Rn的析出率。

表 4 厂区周围土壤中²²²Rn/²²⁰Rn的析出率

测量地点	析出率(mBq·m ⁻² ·s ⁻¹)	
	E _{Rn}	E _{Tn}
厂区外北路口	7.00	115.5
三义路口	6.30	50.5
办公楼后面花园	13.8	124.8
医院门前花园	15.3	—
二三车间路旁	7.12	43.4
稀土研究所门前	63.9	1724
平均值	18.9 ±22.4	(0.41 ±0.73) ×10 ³

从表中可以看出,²²⁰Rn析出率远远高于²²²Rn析出率。²²²Rn析出率在不同的地点变化范围较大,平均值为 18.9mBq/(m²·s),在世界土壤的平均值 16~26mBq/(m²·s)范围内^[1];²²⁰Rn析出率的变化范围也相当大,平均值为 0.41Bq/(m²·s)。其中,以厂区内稀土研究所门前土壤中的²²²Rn/²²⁰Rn的析出率最高,²²²Rn的析出率为 63.9mBq/(m²·s),²²⁰Rn的析出率为 1.72Bq/(m²·s)。

3 结论

通过对稀土化工厂进行环境放射性水平的调查,对其辐射现状有了初步的了解。²²²Rn/²²⁰Rn子体平衡当量浓度室内要高于室外环境。车间的²²²Rn/²²⁰Rn子体平衡当量浓度要高于办公室,不过都在世界室内、外²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度平均水平之下,未见明显异常。

总体来说:只在一车间东侧测到²²²Rn/²²⁰Rn子体浓度偏高,与当时此车间还在进行生产有关。稀土研究所门前土壤的²²²Rn/²²⁰Rn的析出率较高,怀疑其土壤已经遭受污染。除此之外,其他测点各测量值均属正常范围,没有发现本底区域、办公区域与车间操作区域有明显异常的情况。

此外,析出率的测量还受到气象条件的影响。比如,温度、湿度、气压、风速、降水等对析出率有重要的影响作用。本次在析出率的测量过程中没有考虑到这些因素,因此尚不足以代表整个测量范围内的平均水平,为准确测量析出率,应尽量在有利条件下测量。

参考文献:

- [1] UNSCEAR. 电离辐射源与效应. UNSCEAR 1993年报告书 [R]. 北京:原子能出版社, 1995.
- [2] 郭秋菊,程建平. 珠海市环境空气中²²²Rn/²²⁰Rn子体水平及土壤析出率测量 [J]. 辐射防护, 2004, 24(2): 110-115.
- [3] 戈立新,汪名侠,李传琛. 上海地区空气中氡水平调查 [J]. 辐射防护, 2002, 22(4): 246-252.
- [4] 中国国家环境保护总局. 全国环境放射性水平调查(1983-1990) [R]. 1990.
- [5] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation UNSCEAR Report[R]. 2000 Investigation of ²²²Rn/²²⁰Rn Progeny and their Exhalation Rates from soil in a closed rare-earth chemical plant

(收稿日期: 2009-09-24)