

名古屋市内空气 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的测量及 EEC_{Tn} 估算陈英民¹, 饭田孝夫²

中图分类号: R144 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2005)02-0093-03

【摘要】 目的 研究室内空气中 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 浓度以及室内平衡当量 ^{220}Rn 浓度 EEC_{Tn} 。方法 利用名古屋大学研制的新型被动累积式 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 测量杯在日本名古屋市进行了小规模室内 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的浓度调查, 利用 Deposition Rate Monitor 估算了住宅室内 EEC_{Tn} 。结果 在随机抽查的 20 个住宅室内 ^{222}Rn 平均浓度为 16.94 Bq m^{-3} ; 其中 5 个住宅室内 ^{220}Rn 平均浓度为 58.09 Bq m^{-3} , EEC_{Tn} 平均值为 2.75 Bq m^{-3} 。结论 本研究结果与日本全国性调查结果 ^{222}Rn 浓度平均值 15.5 Bq m^{-3} 相当。 ^{220}Rn 的浓度在某些泥土墙壁的住房内可能达到比较高的浓度, 进行进一步的研究是很有必要的。

【关键词】 室内空气; ^{222}Rn ; ^{220}Rn 浓度; EEC_{Tn} ; 被动累积式测量杯

Measurement of Indoor ^{222}Rn , ^{220}Rn Concentration and EEC_{Tn} in Nagoya Japan. Chen Ying-min, Takao HIDA. *Institute of Radiation Medicine Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062, China.*

【Abstract】 Objective To study ^{222}Rn , ^{220}Rn concentration and EEC_{Tn} in indoor air. **Method** A small-scale survey of indoor radon and thoron concentration was carried out by using the new type of ^{222}Rn , ^{220}Rn passive integrating cup monitor. Meanwhile the equilibrium equivalent concentration of thoron (EEC_{Tn}) was measured with the Deposition Rate Monitor. **Result** For the random selective 20 dwellings the average concentration of ^{222}Rn was 16.94 Bq m^{-3} . The averaged concentration of EEC_{Tn} and ^{220}Rn was 2.75 Bq m^{-3} and 58.09 Bq m^{-3} respectively in 5 dwellings. **Conclusion** Indoor air ^{222}Rn concentration of this study is consistent with the national survey of Japan in which the result was 15.5 Bq m^{-3} . When the wall of dwelling is built by mud indoor ^{220}Rn concentration maybe very high so further research on indoor ^{220}Rn is necessary.

【Key words】 Indoor Air; ^{222}Rn , ^{220}Rn Concentration; EEC_{Tn} ; Passive Integrating Cup Monitor

室内 ^{222}Rn 及其子体是人类接受到的最重要的辐射危害之一, 占总的天然辐射所致剂量的 50% 左右^[1]。 ^{220}Rn (半衰期 55.6 s)及其子体对人的照射据估算占 ^{222}Rn 及其子体照射的 7% 左右。然而, 最近有学者发现在一些住宅内 ^{220}Rn 的浓度很高, 其放射危害不能被忽略^[2]。精确的测量室内 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的浓度是非常重要的, 基于各种固体径迹探测器各国学者发明了各种探测杯, 用于大规模的室内 ^{222}Rn 的研究。上世纪九十年代开始, 杯法被利用来测量室内 ^{220}Rn , 但是对于低浓度的情况探测效率和探测下限不能满足测量要求。本研究利用名古屋大学研制的新型 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 杯式探测器^[3,4], 对名古屋市部分住房进行了小规模室内 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 浓度测量。同时, 本研究还利用名古屋大学研制的 Deposition Rate Monitor^[4]对室内 ^{220}Rn 子体浓度进行了测量, 估算了室内平衡当量 ^{220}Rn 浓度(EEC_{Tn})。

1 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 探测杯的构造和刻度系数

1.1 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 探测杯的构造 名古屋大学研制的新型 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 探测杯如图 1 和图 2 所示。 ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 探测杯都由一个半径 37.5 mm 的不锈钢半球扣在铝制的盘上构成。铝盘上位于半球中心有一直径 2 cm 的圆形窗孔放置 CR-39, 为避免存在于 CR-39 上的电场的影响, 一片厚度 6 μm 的铝箔覆盖在窗孔上面。 ^{222}Rn 探测杯还有一个直径 0.4 cm 的圆孔, 覆盖滤膜 (ADVANTEC, Toyo Roshi Kaisha, Ltd. pore size 0.8

μm)。在 ^{220}Rn 探测杯上面有 6 个直径 2 cm 的圆孔, 覆盖同样的滤膜。 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 探测杯必须同时放置在室内 1 m 高度且距离墙壁 20 cm 的位置。

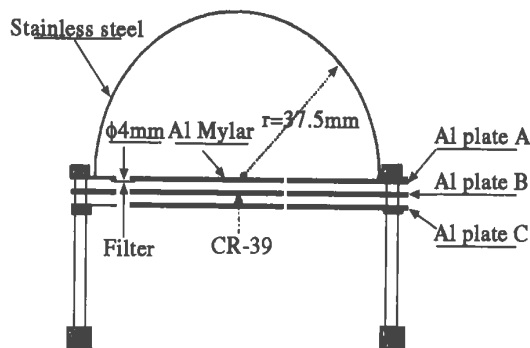


图 1 ^{222}Rn 探测器的剖面图

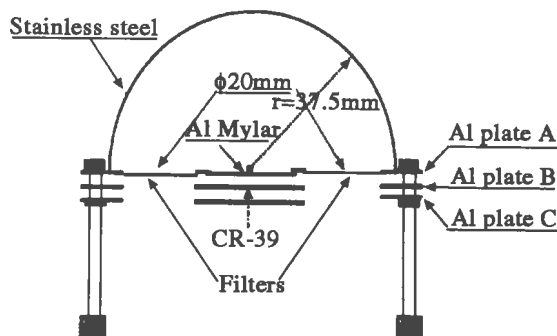


图 2 ^{220}Rn 探测器的剖面图

作者单位: 1 山东省医学科学院放射医学研究所, 山东 济南 250062; 2 日本国立名古屋大学大学院原子核专攻

作者简介: 陈英民 (1966~), 男, 副研究员, 研究方向: 辐射监测与防护。

1.2 ²²²Rn、²²⁰Rn 探测杯的刻度系数和探测下限 因为²²²Rn、²²⁰Rn 探测杯是以 CR-39 上面的径迹密度来计算²²²Rn、²²⁰Rn 浓度,所以刻度系数可以用下列公式表示:

$$Q_{Rn} = \frac{N_{Rn} - N_B}{CF_{Rn} \cdot T} \tag{1}$$

$$Q_{Tn} = \frac{N_{Tn} - N_{Rn}}{CF_{Tn} \cdot T} \tag{2}$$

其中, Q_{Rn} 和 Q_{Tn} 是²²²Rn 和²²⁰Rn 的平均浓度,单位 Bqm⁻³; N_{Rn} 和 N_{Tn} 是 CR-39 上面的径迹密度,单位 tracks cm⁻²; CF_{Rn} 和 CF_{Tn} 是²²²Rn 和²²⁰Rn 探测杯的刻度系数,单位 tracks cm⁻²(Bqm⁻³h)⁻¹; T 是暴露时间,单位 h; N_B 是 CR-39 的本底径迹密度,单位 tracks cm⁻².
²²²Rn 探测杯的刻度: 将 6 个²²²Rn 探测杯放入已知²²²Rn 浓度的氡室内一段时间(根据²²²Rn 浓度决定时间长短), 然后对 CR-39 进行蚀刻, 计算刻度系数取平均值.
²²⁰Rn 探测杯的刻度: 将²²²Rn 和²²⁰Rn 探测杯各 4 个放入已知²²⁰Rn 浓度和²²⁰Rn 室内一段时间, 然后对 CR-39 进行蚀刻, 计算刻度系数取平均值. 由于²²⁰Rn 半衰期短, 要得到比较准确的²²⁰Rn 浓度刻度室是比较困难的. 利用蒙特卡罗法对²²²Rn 和²²⁰Rn 探测杯的刻度系数进行估算. 实验法和理论法的结果见表 1. 两种方法得到的刻度系数相符的很好.

表 1 ²²²Rn 和²²⁰Rn 探测杯的刻度系数
[× 10⁻³tracks cm⁻²(Bqm⁻³h)⁻¹]

探测杯	实验法刻度系数	理论法刻度系数
²²² Rn 探测杯	3.02	2.70
²²⁰ Rn 探测杯	1.64	1.83

²²²Rn 和²²⁰Rn 探测杯的探测下限: 对于²²²Rn 探测杯, 3 个月间隔时其²²²Rn 的测量下限为 1.6 Bqm⁻³; ²²⁰Rn 探测杯对²²⁰Rn 的探测效率估算为 8.1 Bqm⁻³.

3 Deposition Rate Monitor 的构造和原理

Deposition Rate Monitor 由固定在不锈钢盘上面的 CR-39 和覆盖在上面的铝箔(Aluminized Plastic Film)和聚丙烯膜(Polypropylene Film)组成, 覆盖层的总厚度相当于空气等效厚度 71.5 mm. 使得只有²²⁰Rn 的子体²¹²Po 可以在 CR-39 上形成径迹. 通过测量 CR-39 上的径迹密度可以估算 EEC_{Tn}, 原理在文献[5]中有详细描述.

4 测量结果

于 2003 年 1 月至 5 月在名古屋市随机选取 20 个民用住宅进行了小规模调查, 其中有 5 套住房同时测量了室内²²²Rn、²²⁰Rn 浓度和 EEC_{Tn}; 其余 15 个住宅只测量²²²Rn 浓度. 结果见图 3、图 4 和图 5.

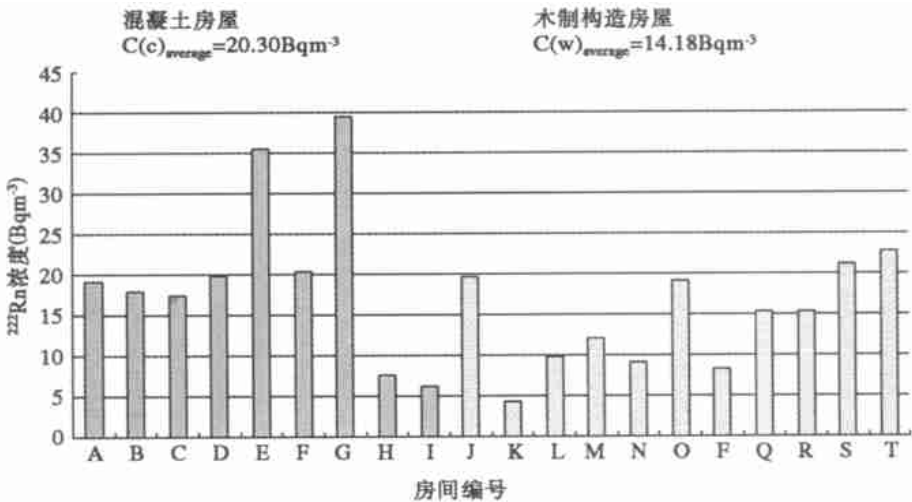


图 3 ²²²Rn 在混凝土和木制房屋内的浓度

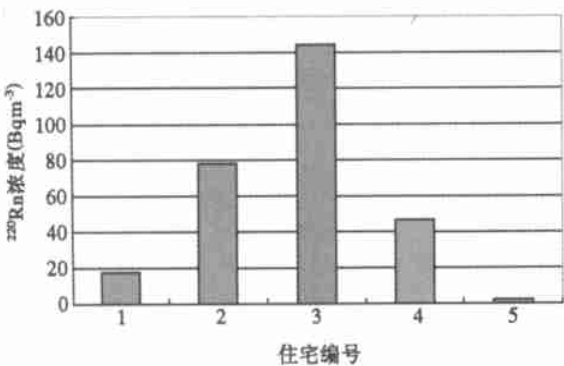


图 4 室内²²⁰Rn 浓度测量结果

16.94 Bqm⁻³, 水泥建材住房平均为 20.30 Bqm⁻³, 木制房屋为 14.18 Bqm⁻³, 水泥住房略大于日本传统木制住房. 室内²²⁰Rn 浓度平均值为 58.09 Bqm⁻³, 水泥混凝土住宅室内²²⁰Rn 浓度范围在 18~80 Bqm⁻³, 木制的两个住房相差较大, 原因在于三号住宅墙壁使用了泥土, 而五号住宅墙壁是纯木板, 因为泥土中含有较高的²³²Th, 所以两者相差极大. 同样由图 5 也可以得出同样的结论, 5 个住宅室内 EEC_{Tn} 平均值为 2.75 Bqm⁻³.

5 结论

在日本名古屋市进行的小规模的室内²²²Rn、²²⁰Rn 的浓度调查结果表明, 在随即调查的 20 个住宅室内²²²Rn 为 16.94 Bqm⁻³, 水泥建材住房平均为 20.30 Bqm⁻³,

所测量的 20 座住宅室内²²²Rn 浓度平均值为

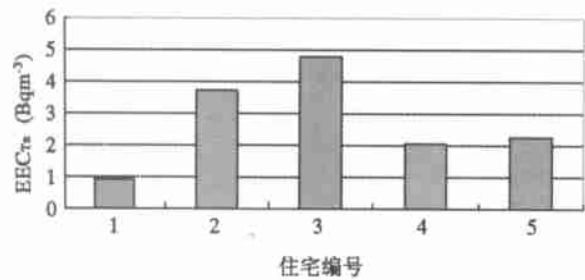


图 5 室内 EEC_{Tn} 的测量

木制房屋为 14.18 Bqm⁻³，水泥住房略大于传统木制住房。5 个住宅室内 ²²⁰Rn 平均浓度为 58.09 Bqm⁻³，同时还利用 Deposition Rate Monitor 估算了这 5 个住宅室内 EEC_{Tn} 平均值为 2.75 Bqm⁻³，可以明显看出，对于木制住房，如果墙壁是含有泥土的日本传统房屋，则室内 ²²⁰Rn 浓度很高，如果墙壁只是纯木板，则室内 ²²⁰Rn 浓度较低。

本研究结果与日本全国性调查结果 ²²²Rn 浓度平均值 15.5 Bqm⁻³ 比较接近^[9]。说明这种新型的 ²²²Rn、²²⁰Rn 被动累积测量杯是探测效率高、价格低、便于进行大规模调查的仪器。²²⁰Rn 的浓度在某些泥土

墙壁的住房内可能达到比较高的浓度，特别在中国农村有很多住房使用土墙，进行必要的调查是很有必要的。

参考文献:

[1] UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation, New York, United Nations (2000)[R].
[2] Steinhäusler, F.; Environmental ²²⁰Rn; A Review. Environ[J]. Int. 22 (Suppl. 1) 1111—1123, 1996.
[3] Qiuju Guo, Takao IIDA, Katsumi OKAMOTO, Measurements of Thoron Concentration by Passive Cup Method and its Application to Dose assessment[J]. Journal of Nuclear Science and Technology, 1995, 32(8): 794—803.
[4] T. Iida, R. Nunishi and K. Okamoto, Passive Integrating ²²²Rn and ²²⁰Rn Cup Monitors with CR—39 Detectors[J]. Environ. Int. 1996, 22 (Suppl. 1): 641—647.
[5] Weihai Zhuo and Takao Iida, Estimation of Thoron Progeny Concentration in Dwellings with Their Deposition Rate Measurements [J]. Journal of Health Physics, 2000, 35(3): 365—370.
[6] Tetsuya Sanada, Kenzo Fujimoto, Keiji Miyano, et al. Measurement of nationwide indoor Rn concentration in Japan[J]. Journal of Environmental Radioactivity, 1999, 45: 129—137.
(收稿日期: 2004—11—22)

【工作报告】

阜新市一起现场探伤发生的意外照射

李秀菊, 刘丽艳, 王 靖

中图分类号: TL73 文献标识码: D

2003 年阜新市一家从事工业 X 射线探伤的单位, 因操作人员疏忽, 发生了一起工作人员被射线误照的意外照射, 致使 2 名工作人员受到不同程度的照射。

1 经过

2003 年 9 月 4 日中午 1 时许, 阜新发电厂探伤工作人员在锅炉分厂厂房内进行现场探伤, 此次探伤为两台探伤机, 分两组同时布片, 同时躲避, 同时透照, 两台探伤机相距约 9.5 m, 中间有炉墙和省煤器管排做屏蔽。第三次布片时, 第一组完成布片后, 返回到躲避处, 认为第二组也已布片完毕, 就将两台控制箱高压开关送上电, 实际上第二组两名工作人员还在炉内布片, 其中王某处于蹲位, 臀部正对 X 射线发生器, 距 X 射线发生器窗口 40~120 mm, 毕某距 X 射线发生器窗口 500 mm 左右, 两名工作人员因此受照。事后估计受照时间王某 20~40 s, 毕某 10~20 s, 工作条件管电压 220 kV, 管电流 5 mA。

2 原因分析

2.1 放射工作人员的放射防护意识不强 有的放射工作人员责任心不强, 警惕性不高以及管理制度执行不严, 没有严格按照操作规程进行操作。

2.2 单位领导及安全部门重视不够 该单位无专用探伤室,

每次探伤作业均在厂房内进行, 为了抢时间, 不影响生产, 大修期间探伤作业通常分两组进行, 尽管该厂制定了安全防护管理措施和操作规程, 但仍存在一些问题。2003 年 7 月我们在对该厂进行放射卫生监督检查时, 就发现该厂在厂房内分两组进行现场探伤时工作人员无对讲装置, 无放射工作人员个人剂量报警仪, 两组无统一的安全躲避地点, 随意躲避, 就此我们提出了进一步完善安全管理措施等意见, 但该厂未按监督意见来整改, 造成这次两名放射工作人员受到射线照射。

3 工业探伤的安全防护管理

3.1 完善安全防护管理措施和操作规程 对开展现场探伤的单位, 工作时要划出控制区和管理区, 并设置明显的标志和声、光报警装置。对开展固定式探伤的单位, 要设置“门—机”连锁装置, 以及出束信号指示灯等安全措施, 杜绝非放射工作人员进入放射工作场所。制定完善的安全防护管理措施和操作规程, 并要求严格遵照执行。

3.2 加强对本单位工业探伤工作的监督管理 放射工作单位内部要制定一套完善的防护管理体制, 实行严格的奖惩制度, 完善内部放射防护监测, 放射工作人员体检结果, 设备情况, 设备检修等档案。市卫生监督部门应每年进行一次监督检查, 如有意外照射应及时上报, 并进行妥善处理。

(收稿日期: 2004—11—28)