

# 掺工业废渣新型墙体材料氡析出率的测量

葛黎明, 陈英民, 李福生, 许家昂, 李海亮

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2007)04-0390-02

**【摘要】** 目的 测量掺工业废渣新型墙体材料氡析出率。方法 利用活性炭累积吸附、 $\gamma$ 能谱分析测定的方法对墙体材料进行氡析出率测量。结果 氡析出率水平从高到低依次为蒸压加气混凝土砌块为  $(9.70 \pm 2.54) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 、粉煤灰砖为  $(5.83 \pm 1.85) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 、煤矸石砖为  $(4.70 \pm 2.45) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 、粘土砖为  $(2.63 \pm 0.56) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。结论 砌块和粉煤灰砖的氡析出率平均水平明显高于粘土砖, 砌块与粘土砖的氡析出率水平差异具有显著性 ( $P < 0.01$ ), 粉煤灰砖与粘土砖的氡析出率水平差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 煤矸石砖与粘土砖的氡析出率水平差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。煤矸石砖属于比较理想的低氡析出新型墙材。

**【关键词】** 新型墙体材料; 氡析出率; 活性炭;  $\gamma$ 谱仪

Measurement of Radon Exhalation Rate in Some Industries Residue Used in New Type Wall Materials GE Li-ming, CHEN Ying-min, LI Fu-sheng et al. Institute of Radiation Medicine, Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062 China

**【Abstract】** Objective To study the radon exhalation rate in some industries residue used in new type wall materials. Methods To determine the radon exhalation rate by the activated charcoal adsorption and  $\gamma$ -ray spectrometer with HPGe detector. Results The radon exhalation rate level is successively autoclaved aerated concrete block  $(9.70 \pm 2.54) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , fly ash block  $(5.83 \pm 1.85) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , gangue block  $(4.70 \pm 2.45) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , clay block  $(2.63 \pm 0.56) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ . Conclusion The average radon exhalation rate level of autoclaved aerated concrete block and fly ash block is significantly higher than that of clay block, the differences is significant ( $P < 0.01$ ), but there had no significant difference on gangue block and clay block ( $P > 0.05$ ). The gangue block is a ideal New Type Wall Material whose radon exhalation is lower than that of autoclaved aerated concrete block and fly ash block.

**【Key words】** New Type Wall Materials; Radon Exhalation Rate; Activated Charcoal;  $\gamma$ -ray Spectrometer Using HPGe Detector

利用工业废渣来生产建筑材料已成为当前我国灰渣资源的主要用途<sup>[1]</sup>。建筑材料已经成为室内氡浓度的第二大来源, 而在高层建筑中, 已经成为室内氡浓度的主要来源<sup>[2]</sup>。联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 2000年报告估计, 来自天然辐射对公众的年有效剂量为  $2.4 \text{ mSv}$  其中外照射占 37.5%, 内照 2射 (主要是氡) 占 62.5%<sup>[3]</sup>。氡被国际癌症研究机构 (IARC) 列为第一类致癌物, 也是世界卫生组织 (WHO) 公布的 19种主要环境致癌物质之一。该研究测量了新型墙材中用量较大的蒸压加气混凝土砌块 (简称砌块, 下同)、粉煤灰标准砖、煤矸石砖、以及传统建材用量较大的粘土砖的氡析出率。

## 1 材料与方法

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (Y2006C90)

作者单位: 山东省医学科学院放射医学研究所, 山东 济南 250002  
作者简介: 葛黎明 (1981~), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生在读 研究方向: 辐射监测与防护。

## 参考文献:

- [1] 权美子. 科学防护手机辐射 [J]. 中国个体防护装备, 2005 (6): 36-38
- [2] LEE SY, JOHNSON D, DUNBAR K et al. 2.45GHz radio-frequency fields alter gene expression in cultured human cells [J]. FEBS Letters 2005 579: 4829-4836
- [3] 康刚, 祝西里, 王长清, 等. 人体对移动通信手机天线辐射特性的影响 [J]. 电子学报, 1997 25(9): 51-55
- [4] BILOTTI F, VEGNI L, VMANIF. On EBG Structures for Cellular Phone Applications [J]. AEUE - International Journal of Electronics and Communications 2003 57(6): 403-408
- [5] 王翠兰, 郑冬强, 张超英. 关于手机辐射问题的探讨 [J].

1.1 样品采集 样品采集范围包括了济南、威海、东营、日照、青岛、淄博、济宁、枣庄、莱芜、烟台、潍坊等地市的主要新型墙材生产厂家。

### 1.2 探测器

1.2.1 活性炭盒制备 选用微孔结构发达、比表面积大、粒径为  $10 \sim 28$  目的优质椰壳颗粒状活性炭。将活性炭置于通风烘箱内, 在  $120^\circ\text{C}$  下烘烤  $7 \sim 8 \text{ h}$  以去除活性炭中残存的氡气。装盒时, 将活性炭迅速装入盒中, 称重、加盖、密封、待用。留  $1 \sim 2$  个新制备的, 没有暴露于氡和子体的活性炭盒于实验室中, 作为本底计数测量用。

1.2.2 析出氡收集 去除实际欲测墙材表面的灰尘和沙粒, 打开活性炭盒, 倒扣于该表面, 周围用橡皮泥固定和封严, 记下开始收集析出氡的时刻。持续收集  $5 \sim 7 \text{ d}$ 。收集结束时, 除去真空泥, 取下炭盒, 加盖密封, 记录结束时刻。

### 1.3 测量

漯河职业技术学院学报 (综合版), 2004 3(1): 16-17

- [6] LAHKOLAA S, TINA A A. Selection bias due to differential participation in a case-control study of mobile phone use and brain tumors [J]. Annals of Epidemiology 2005 15(5): 321-325
- [7] WESTERMAN R, HOCKING B. Diseases of modern living: neurological changes associated with mobile phones and radio-frequency radiation in humans [J]. Neuroscience Letters 2004 361: 13-16
- [8] 东晖. 手机与健康 [J]. 中国检验检疫, 2005 (8): 63
- [9] 肖协. 关注手机的辐射问题 [J]. 金属世界, 2001 (1): 10

(收稿日期: 2007-05-08)

1.3.1 测量仪器 HPGe-γ能谱仪(型号: CIAE-MMCA8000),中国原子能研究院研制.探头为美国进口产品,其能量分辨率(对<sup>60</sup>Co 1.33MeV) FWHM=1.7~2.4 keV,探测效率〔相对于“3×3”NaI(Tl)〕为20%,峰康比为50:1,在50 keV~2 MeV积分本底为2.83 s<sup>-1</sup>.铅室为7500C型柱体迭层式铅室,选用存放多年的老铅,内装3mm铜衬和5mm有机玻璃套.铅室的几何参数:室体高度为650mm,内腔高度为500mm,内腔直径为400mm,室壁厚度为110mm.

1.3.2 标准物质 标准 Rn-222源由中国计量科学研究院电离辐射处提供,编号70116 活度486.62Bq 净重64.9g 测试日期2006.9.16

1.4 测量时间 2006年12月~2007年4月.

1.5 分析方法 用标准镭源检查和调整 HPGe-γ谱仪,使之处于正常工作状态,得到探测效率.测量未暴露炭盒的本底γ能谱.收集结束后的炭盒放置3h以上,记录放置时间.测量<sup>214</sup>B的0.609MeV的γ射线峰计数率.

建筑物表面氡析出率按下式计算:

$$R=\frac{(n_c-n_b)\cdot\epsilon\cdot\lambda}{S\cdot\epsilon\cdot(1-e^{-\lambda t})}$$

式中: R—氡的面积析出率, (Bq·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>); n<sub>c</sub>—活性炭盒内所选定的氡子体γ射线峰的计数率, (s<sup>-1</sup>); n<sub>b</sub>—与 n<sub>c</sub>相对应的“新鲜”活性炭盒的计数率, (s<sup>-1</sup>); t—活性炭盒收集析出氡的时间, (s); t<sub>0</sub>—收集结束时刻到测量开始时刻的时间间隔, (s); ε—与 n<sub>c</sub>相应的γ射线峰能量的探测效率; S—被测表面的面积, (m<sup>2</sup>); λ—氡的放射性衰变常数, (2.1×10<sup>-6</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>[4]</sup>.

1.6 资料整理分析方法 本研究资料采用 SPSS12.0 for window 软件包进行整理和分析,组间之间的比较采用单因素方差分析方法.

2 结果

2.1 氡析出率水平测量结果(表1图1) 从表1中可以看出,在测量的46个样品中,粘土砖、砌块、粉煤灰砖、煤矸石砖分别为5个、8个、15个、18个,其比例分别占全部样品的11%、17%、33%、39%;传统建材粘土砖氡析出率为(2.63±0.56) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>,掺工业废渣三种新型建材砌块、粉煤灰砖、煤矸石砖的氡析出率分别为(9.70±2.54) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、(5.83±1.85) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、(4.70±2.54) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>,由表可知四种墙体材料的氡析出率最高的是砌块(9.70±2.54) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、最低的是粘土砖(2.63±0.56) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>.

表 1 4种墙材氡析出率水平测量结果 (Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>)

样品名称	样品数	氡析出率
粘土砖	5	2.63±0.56
砌块	8	9.70±2.54
粉煤灰砖	15	5.83±1.85
煤矸石砖	18	4.70±2.45
合计	46	5.71±2.94

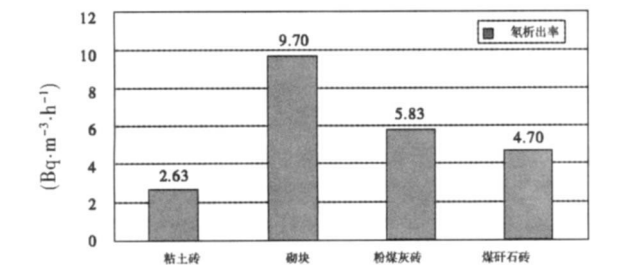


图 1 四种墙砖氡析出率的平均水平

从图1中可以看出,砌块和粉煤灰砖的氡析出率平均水平明显高于粘土砖,煤矸石砖的氡析出率平均水平略高于粘土砖,三种新型建材由高到低分别是粘土砖的4倍、2倍和1.5倍.

2.2 四种墙砖氡析出率水平测量结果分析 表2采用单因素方差分析方法,以粘土砖组作为参照组,其他三组与之比较,可以看出砌块组与粘土砖组差异具有显著性(P<0.01),粉煤灰砖组与粘土砖组差异亦具有统计学意义(P<0.05),但是煤矸石砖组与粘土砖组差异无统计学意义(P>0.05).

表 2 传统墙砖与新型墙砖氡析出率水平的比较<sup>1)</sup>

组别	氡析出率 (Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	95% CI	P值
粘土砖	2.63±0.56	—	—
砌块	9.70±2.54	17.03~26.59	<0.01
粉煤灰砖	5.83±1.85	10.80~15.42	<0.05
煤矸石砖	4.70±2.45	7.83~13.32	>0.05

注: 1)传统墙砖: 粘土砖; 新型墙砖: 砌块、粉煤灰砖、煤矸石砖.

3 结论

(1)氡析出率从高到低依次为砌块(9.70±2.54) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、粉煤灰砖(5.83±1.85) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、煤矸石砖(4.70±2.45) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、粘土砖(2.63±0.56) Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>.砌块与粘土砖的氡析出率水平差异具有显著性(P<0.01),粉煤灰砖与粘土砖的氡析出率水平差异具有统计学意义(P<0.05),煤矸石砖与粘土砖的氡析出率水平差异无统计学意义(P>0.05).

(2)本次研究中砌块和粉煤灰砖的氡析出率明显高于传统墙砖粘土砖.在大量使用砌块和粉煤灰的建筑物中,氡浓度就可能高于同样适用粘土砖的建筑物,造成额外的剂量负担.

(3)在山东省新型墙材用工业废渣天然放射性核素分布研究中<sup>[5]</sup>,砌块和粉煤灰砖的主要生产原料粉煤灰明显高于世界建材天然放射性的典型值和山东省土壤天然放射性,煤矸石砖的生产原料煤矸石属于比较理想的低放射性的新型墙材原料.本研究从测量氡析出的角度出发,同样建议生产厂家应在生产过程中进行放射性检测,控制粉煤灰的掺入比例.

参考文献:

[1] 崔琪,姚燕,李清海编著.新型墙体材料[M].北京:化学工业出版社,2004

[2] P. DE JONG, W. VAN DIJK, W. DE VRIES. Inter laboratory comparison of three methods for the determination of radon exhalation rate of building materials[J]. Health Physics, 2005, 88(1): 59-64

[3] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation UNSCEAR 2000 report to the general assembly with scientific annexes Volume I. Sources, 8-156[R]. United Nations, New York, 2000

[4] GB/T 16143-1995 建筑物表面氡析出率的活性炭测量方法[S].

[5] 陈英民,李福生,许家昂.新型墙材用工业废渣中天然放射性核素分布研究[J].中国辐射卫生,2006,15(1): 20-22