

北京广东典型地区室内氡气浓度与地质背景关系

秦春艳^{1,2}, 王南萍^{1,2}, 肖磊^{1,2}, 储星铭^{1,2}

(1. 中国地质大学 地球物理与信息技术学院, 北京 100083; 2. 中国地质大学 地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了解不同地质背景条件室内氡浓度水平, 采用脉冲电离室测氡仪 AlphaGUARD 测量了北京广东不同地质背景典型测点的室内氡浓度, 同时对广东某一测点进行了长期的室内氡监测。测量和研究结果表明: 地表岩性是影响室内氡浓度高低的重要因素之一。地处花岗岩地区的建筑物内氡浓度高于其他岩性地区的室内氡浓度, 广东室内氡水平明显高于北京地区, 广东北京花岗岩地区的平均室内氡浓度分别为 69.98 Bq/m^3 和 43.97 Bq/m^3 , 第四系覆盖地区的平均室内氡浓度分别为 43.60 Bq/m^3 和 35.74 Bq/m^3 。民用住宅卧室内的室内氡浓度略高于公共建筑物办公室内的室内氡浓度。因此, 结合地质背景研究室内氡的水平与分布对指导开展室内氡调查中确定抽样方案、选择测点及进行区域尺度室内氡评价有重要的实用价值。

关键词: 北京; 广东; 室内氡; 地质背景

中图分类号: P631.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2012)03-0441-04

随着人们生活水平的提高和环保意识的加强, 人们越来越关注自己生活的空气质量。氡气在人类生活的空间中是普遍存在的, 氡及其子体是室内空气中放射性的主要来源, 是仅次于吸烟导致肺癌的第二大诱因。世界卫生组织把它列为 19 种主要的环境致癌物质之一。由于人的一生 80% ~ 90% 的时间是在室内工作和生活, 所以室内氡浓度与人体健康关系重大。因此了解影响室内氡浓度的水平和控制因素就尤为重要。

国内外研究表明, 不同岩性由于含铀(钍)活度不同, 高铀(钍)背景地区的室内氡浓度较高, 地质背景、渗透率及化学组分等是影响室内氡浓度水平的重要原因^[1-4]。在我国室内氡浓度调查中, 不少学者结合不同的房屋类型、季节、气候建筑年代等方面的因素进行了室内氡的测量与研究^[5-8]。然而, 对于室内氡浓度水平高低与地质岩性相关的研究成果较少。

广东珠海、阳江等地我国的天然辐射高本底地区, 由于其土壤中²²⁶Ra 和²³²Th 比活度较高^[9], 因此室内氡浓度引起了国内的关注。关康年等人用活性炭法在中山市共测量了 13 处民用住宅的室内空气氡浓度^[8], 其均值为 63.33 Bq/m^3 ; 郭秋菊等人采用固体径迹累积测量法在珠海市 54 处室内建筑测量了²²²Rn、²²⁰Rn 子体的平衡当量浓度^[7], 分别为 52.9

$\pm 39.1 \text{ Bq/m}^3$ 和 $4 \pm 2.3 \text{ Bq/m}^3$; 张林等人采用 CR-39 固体径迹探测器测量了广州市 33 间建筑物的室内累积氡浓度^[6], 其均值为 $79.1 \pm 56.6 \text{ Bq/m}^3$ 。

本次调查的主要目的是将室内氡浓度的水平和变化研究与地质背景联系起来, 研究岩性对室内氡水平的影响, 调查的测点未分布在地质断裂带周围, 不涉及地下水与家庭用水等方面影响因素, 研究区选择在我国的高本底地区广东及对对比区北京。

1 测量仪器与方法

本次测量工作采用 AlphaGUARD 便携测氡仪, 该仪器由主机与吸气式外接泵两部分组成的脉冲电离室测氡仪。本次测量采用周期 10 min 的流气模式。工作原理为: 空气中的氡通过外接泵的抽吸进入到高压腔内引起气体电离, 产生的正离子和负离子在定向电场的作用下分别向阴极和阳极漂移, 极间形成电流, 与收集电极相联的电阻上出现一个电压脉冲。这个电压脉冲的幅度代表入射粒子的电离量大小, 由此可对入射粒子进行相对计数, 进行总量测量, 得到氡浓度^[10]。

2 地质概况

2.1 广东测区

珠江三角洲是晚第四纪以来形成的一个亚热带

河潮混控多源复合的湾内充填三角洲。地貌特征是残丘—侵蚀台地—冲积平原,残丘从几十米到几百米,其中侵入岩主要形成于燕山中、晚期,岩性为黑云母花岗岩、二长花岗岩和花岗闪长岩。地表沉积物类型主要有粗砂、中细砂、细砂或粉砂质砂,以及粉砂质黏土—黏土。本次调查工作主要分布在广东中山市和珠海市。大部分测点位于花岗岩岩体及其风化堆积产物之上,少量测点位于第四系覆盖区。整个测点跨度较大,是典型的岩性代表性区域^[9]。

2.2 北京测区

北京研究区选择在海淀区和昌平区。研究区地势由西北向东南逐渐形成一个缓坡倾斜地带。北部为山区、半山区,岩性主要是花岗岩,土质为岩石风化形成的薄层褐土。南部平原为第四纪冲积物上形成的厚层潮土,出露的主要岩性有晚侏罗世二长花岗岩、土城子组砂砾岩、全新世冲积洪积物。

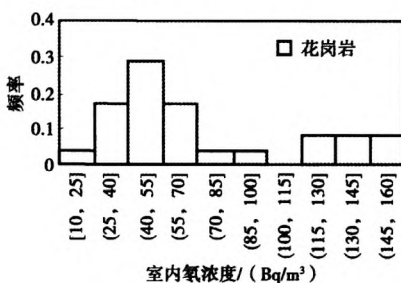


图1 中山珠海地区花岗岩和第四系地层分布区室内氡浓度测量结果频率直方图

可知,花岗岩地区室内氡水平高于砂岩地区,且高于第四系覆盖地区。由于中山珠海室内氡测点的岩性以花岗岩为主,第四系覆盖区次之,砂岩最少。砂岩测点相对较少,仅绘制花岗岩和第四系地层岩性条件下室内氡浓度分布的频率直方图(图1)。

由图可以看出,花岗岩的室内氡浓度范围主要集中在 25 ~ 70 Bq/m³,部分测点氡浓度值甚至超过了 100 Bq/m³,第四系覆盖区的室内氡浓度主要分布在 25 ~ 55 Bq/m³,最大浓度小于 70 Bq/m³。结果表明了该地区室内氡浓度水平与分布与地表岩性有很强的关联性,这与前人研究结论相吻合^[11-12],本次研究结果表明室内氡浓度偏高与地表花岗岩出露有关。

另一方面,依据测量点的房间用途,将其分为民用住宅、公共用房和餐厅三类。民用住宅包括卧室和学生宿舍,公共用房包括办公室、会议室、值班室等,三大类建筑室内平均氡浓度的统计结果见图2,砂岩地区由于样本数较少故未进行分析。

从图2可知:花岗岩地区室内氡水平高于第四

3 测量结果与分析

3.1 广东

3.1.1 中山珠海地区

在广东中山及珠海市内对 39 栋建筑物进行了室内氡浓度的测量,建筑类型均为砖混结构,房间内的墙壁涂料基本均为白色乳胶漆,地面材料大部分为地板砖,测点选择在一层(除一个长期测量点外)。测量时仪器距墙壁与地面间距离分别不低于 20 cm 和 50 cm,由于氡的半衰期相对较长(3.82 天),因此距离对本此测量结果的影响可忽略。

根据实际测量,可以得到中山珠海室内氡浓度的测量值范围为 16.69 ~ 152 Bq/m³,总算术平均值为 60.69 ± 27.34 Bq/m³。其中,花岗岩地区氡浓度均值为 69.98 Bq/m³;砂岩和第四纪沉积物地区氡浓度均值分别为 54.65 Bq/m³ 和 43.6 Bq/m³,由此

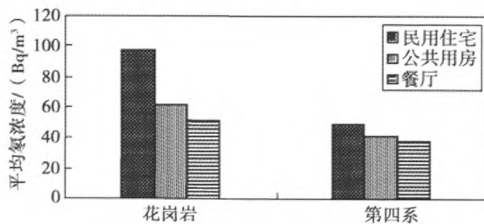
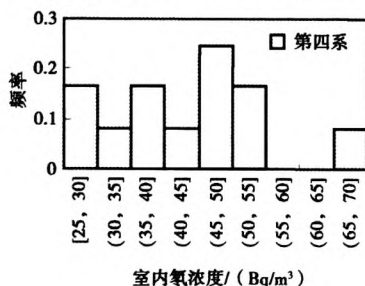


图2 广东不同房间用途的室内氡平均浓度

系覆盖区,且花岗岩地区不同房间用途的氡浓度差异大于第四系覆盖区。另外,民用住宅的平均氡浓度略高于公共用房和餐厅的室内氡浓度,这可能是由于办公室与餐厅等公共场所的人员流通量较大,通风率明显高于民用住宅所致。

3.1.2 长期测量与短期测量结果比较

为了解广东地区室内氡的日变化规律和水平,2011 年 2 ~ 3 月,选择一套民用住宅进行了长达一个月的连续测量。该房屋位于第三层,地基土壤为第四纪沉积物。仪器置于卧室中,距地面高度为 80 cm,离开墙壁距离约 20 cm。测量期间卧室白天房

门打开,凌晨左右门窗关闭。

该房间内一个月的长期测量结果见图3。由图3可以看出,室内氡浓度有较明显的日变化规律,在清晨8:00~10:00达到最高值后开始下降,于凌晨达到最低值后逐渐上升。其平均氡浓度为 $57.97 \pm$

18.78 Bq/m^3 。在该房间内采用AlphaGUARD在晚上进行了短期测量,其氡浓度平均值为 68.24 Bq/m^3 ,与长期结果比较相对误差为15.05%。该研究结果表明:短期测量结果的平均值在一定程度上能反映出室内氡浓度水平。

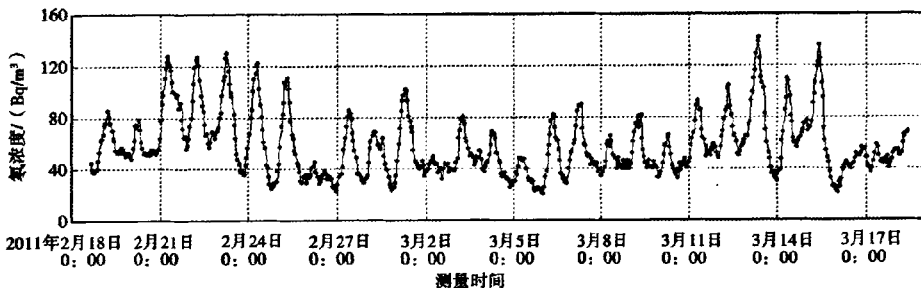


图3 中山市室内氡浓度长期变化规律

3.2 北京

北京地区共对11栋建筑物进行了室内氡浓度的测量,建筑类型均为砖混结构,房间内墙涂料为白色乳胶漆,地面材料为地板砖,且测点均选择在一层。具体结果由表1呈现。由表1可知,室内氡浓度变化范围在 $16.18 \sim 76.72 \text{ Bq/m}^3$ 之间,其算术平均值为 33.88 Bq/m^3 ,标准偏差为 17.96 Bq/m^3 。其中,花岗岩地区氡浓度均值为 43.97 Bq/m^3 ;砂岩地区氡浓度均值为 23.47 Bq/m^3 ;第四系覆盖地区氡浓度均值为 35.74 Bq/m^3 ,花岗岩地区室内氡水平高于另外两个地区;最高值出现在第四系覆盖区域内,该测点通风条件差是导致此结果的主要原因。

3.3 不同方法比较

室内氡测量有多种方法,其中有脉冲电离室法、闪烁室法、活性炭法和固体核径迹法等。表2呈现了本次研究与国内同行在广东地区室内氡测量结果的比较。从表2可以看出,本次在广东中山市的实测结果与前人研究结果基本吻合。

4 结论与建议

北京广东部分典型地区室内氡水平与地质关联性调查中研究了50栋代表性民用住宅、办公楼、学校和餐馆等场所的室内氡浓度水平。初步研究获得以下结论与认识。

(1)在相同的室内通风状况下,室内氡的水平区域尺度上与地表岩性相关,不同岩性地区室内氡水平存在较明显差异。花岗岩出露地区,室内氡浓度高于砂岩地区和第四纪沉积物地区。地质背景是影响室内氡重要因素之一。

(2)在相同的岩性背景下,岩石中放射性核素

表1 北京地区室内氡分布

测点号	岩性	氡浓度 Bq/m^3	测点号	岩性	氡浓度 Bq/m^3
1	花岗岩	55.00	7	第四系	40.13
2	花岗岩	32.93	8	第四系	28.93
3	砂岩	19.72	9	第四系	26.47
4	砂岩	32.47	10	第四系	25.98
5	砂岩	18.15	11	第四系	16.18
6	第四系	76.72			

表2 不同学者室内氡数据结果对比

地区	测量方法	测点数 个	氡浓度 Bq/m^3	参考文献
广州	CR-39 固体核径迹法	33	79.1	[6]
珠海	CR-39 固体核径迹法	54	52.9*	[7]
中山	活性炭法	13	63.33	[8]
中山、珠海	脉冲电离室法	39	69.98	

注:*为平衡当量氡浓度。

的比活度高低影响室内氡浓度水平。广东花岗岩地区室内氡浓度明显高于北京地区的室内氡浓度。居民卧室室内氡浓度高于办公室和餐厅内氡浓度。

(3)大面积大规模开展大样本室内氡浓度调查是件花费大量人力、财力和时间的工作。建议按一定的地质背景选择室内氡调查的地区和样本数。

参考文献:

- [1] Choubey V M, Ramola R C. Correlation between geology and radon levels in groundwater, soil and indoor air in Bhilangana Valley, Garhwal Himalaya, India[J]. Environmental Geology, 1997(4): 4-32.
- [2] Vaupotic J, Andjelov M, Kobal I. Relationship between radon concentrations in indoor air and in soil gas[J]. Environmental Geology, 2002(42): 583-587.
- [3] Andreja Popit, Janja Vaupotic. Indoor radon concentrations in relation to geology in Slovenia[J]. Environmental Geology, 2002(42): 330-337.

- [4] Sundal A V, Henriksen H, Soldal O. The influence of geological factors on indoor radon concentrations in Norway[J]. *Science of the Total Environment*, 2004(328): 41 - 53.
- [5] 涂威, 卢志娟, 俞荣生, 等. 苏州市室内氡浓度水平及其影响因素研究[J]. *江苏预防医学*, 2010, 21(5): 5 - 21.
- [6] 张林, 尚兵. 广州市室内²²²Rn、²²⁰Rn浓度调查[J]. *中国辐射卫生*, 2004, 13(1): 36 - 37.
- [7] 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(3): 2 - 24.
- [8] 关康年, 梁荣光, 温小庭, 等. 中山市居民住宅室内 γ 辐射水平与氡浓度调查[J]. *中国辐射卫生*, 2006(12): 4 - 15.
- [9] 王南萍, 肖磊, 刘少敏, 等. 广东珠海地表介质中²³⁸U、²³²Th和⁴⁰K的活度水平[J]. *同位素*, 2005, 18(1): 73 - 78.
- [10] 张继雄, 尚兵. 四种测氡仪器测量效果的比较研究[J]. *中国预防医学杂志*, 2011(5): 5 - 12.
- [11] Wang Nanping, Xiao Lei, Li Canping, et al. Distribution and characteristics of radon gas in soil from a high-background-radiation city in China[J]. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 2011, 5(48): 751 - 758.
- [12] Wang Nanping, Xiao Lei, Li Canping, et al. Determination of radioactivity level of ²³⁸U, ²³²Th and ⁴⁰K in Surface Medium in Zhuhai City by in-situ Gamma-ray Spectrometry[J]. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 2005, 10(42): 888 - 896.

THE CORRELATION BETWEEN INDOOR RADON CONCENTRATIONS AND GEOLOGICAL BACKGROUNDS IN SOME TYPICAL AREAS OF BEIJING AND GUANGDONG

QIN Chun-yan^{1,2}, WANG Nan-ping^{1,2}, XIAO Lei^{1,2}, CHU Xing-ming^{1,2}

(1. School of Geophysics and Geoinformation Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Geo-detection Laboratory, Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: For the purpose of studying the indoor radon level under different geological backgrounds, the authors measured indoor radon concentrations by pulse chamber radon monitor AlphaGUARD in some typical areas of Guangdong and Beijing, and also made long-term monitoring of indoor radon concentrations at a measuring site in Guangdong. The results show that surface lithology is one of the most important factors affecting indoor radon. The indoor radon in the granite area is higher than that in other lithologic areas, and the level of indoor radon in Guangdong is apparently higher than that in Beijing. The average concentrations of indoor radon in Guangdong and Beijing are respectively 69.98 Bq/m³ and 43.97 Bq/m³ for granite area, and 43.60 Bq/m³, 35.74 Bq/m³ for Quaternary area. The level of indoor radon in the residence is slightly higher than that in office buildings and restaurants. The study of the distribution and level of indoor radon in combination with geological background is of guiding significance for the selection of the indoor radon survey points and also has important practical value for regional scale indoor radon evaluation.

Key words: Beijing; Guangdong; indoor radon; geological background

作者简介: 秦春艳(1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向为核地球物理。

通讯作者简介: 王南萍(1957-), 女, 山东梁山人, 教授, 博导, 研究方向: 地球物理、核辐射与环境; Email: npwang@cugb.edu.cn。