

珠海市大气环境中氡浓度的测定^{*}

陈迪云¹ 陈智营² 胡瑞英³

(1. 广州师范学院环境应用化学研究所, 广州 510400, E-mail diyichen@163.net;

2. 珠海市环境监测中心站, 珠海 519000; 3. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

摘要 采用固体径迹探测器累积氡测定方法对珠海市不同地质背景、不同的建筑风格的房屋室内、外地面水平氡浓度进行了测定。结果表明, 珠海市室内、外空气中氡浓度的平均值分别为: 164.2 Bq/m^3 和 75.2 Bq/m^3 , 居全国各大城市之首, 仅次于我国的个旧地区, 但大多数住房的室内氡浓度都低于 200 Bq/m^3 。研究发现秋冬季的室外氡浓度高于春夏季的室外氡浓度, 而室内氡浓度的变化情况则相反, 春夏季高于秋冬季; 室内氡浓度随楼层的升高而呈降低的趋势。地下水多为强氡水, 室内氡浓度高的建筑物通常是使用地下水或位于断裂带附近。

关键词 氡, 固体径迹探测器, 珠海市, 大气环境。

Determination of Radon Concentrations of Atmosphere in Zhuhai City, Guangdong Province

Chen Diyun¹, Chen Zhiying², Hu Ruiying³

(1. Guangzhou Normal University, Guangzhou 510400, China E-mail diyichen@163.net; 2. Zhuhai Environmental Monitoring Station, Guangdong 519000; 3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

Abstract Solid-state alpha-track detectors were used to measure indoor and outdoor radon concentrations in different geological background, different seasons, layers of different altitudes and different built style in Zhuhai city. Mean indoor and outdoor radon concentrations are 164.2 Bq/m^3 and 75.2 Bq/m^3 respectively, which are the highest in all big city in China, only next to Gejiu area. The indoor radon concentrations in the most of buildings are lower than limited datum (200 Bq/m^3). Outdoor radon concentrations are higher in autumn and winter than in spring and summer, but indoor radon concentrations are higher in spring and summer than in autumn and winter. With raising of altitude of layer, the indoor air radon will decrease. The radon in groundwater is high, and the room with high indoor radon are using groundwater or set in fracture belts.

Keywords radon, solid-state alpha-track detector, Zhuhai city, atmospheric environment.

氡(指²²²Rn, 下同)是放射性核素镭衰变形成的无色、无味、无嗅的放射性气体。人类受到的整个天然本底辐射剂量中有 50% 以上来自于氡及其子体的照射^[1]; 氡及其子体的照射可以诱发癌症^[2,3], 室内氡及其子体的危害问题引起了国际上的广泛关注^[4]。珠海市位于铀富集的花岗岩体之上, 属于自然高本底辐射区。同时花岗岩石材广泛用作建筑材料及室内装饰材料, 而这些石材中不少是铀富集的花岗岩; 此外空调的使用以及现建的房屋密封性越来越好, 这些都可使室内氡不断积累。本研究采用固体径迹探测器氡累积测定法对珠海市室内外大

气氡浓度进行了测定, 在此基础上分析室内氡的来源及变化规律, 进而提出可行的氡危害防护措施。

1 测定方法及测点选择

环境中氡有多种来源, 同时由于它是气体元素, 其浓度易受到外界因素的制约^[5], 有时在

^{*} 广东省自然科学基金(950628)、博士后研究基金联合资助项目

作者简介: 陈迪云(1965~), 男, 博士, 副研究员, 主要从事环境化学与环境地球化学研究

收稿日期: 1999-03-06

同一地点同一天的不同时间获得的数据可能差别很大. 本次研究主要是查明珠海市居民生活环境中氡的平均浓度, 进而了解居民受到生活环境中氡及其子体的辐射剂量当量水平. 研究选用 CR-39 型固体状态核径探测器累积法测定氡浓度. 该探测器在 95% 的置信水平下, 灵敏度达到 $2.2\text{Bq}/(\text{m}^3 \cdot \text{月})$, 氡通过在探测器上累积测定后, 其平均氡浓度可根据下列公式计算:

$$c = \frac{N/A - B}{Kt} \times 1000$$

式中, c 为氡的平均浓度, Bq/m^3 ; N 为样品的径迹数; A 为径迹统计的面积, cm^2 ; B 为本底径迹; K 为刻度系数, 径迹 $\cdot \text{cm}^{-2}/(\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h})$; t 为监测时间, h .

分 2 次对珠海市大气环境氡进行了测定, 以研究大气氡浓度的季节变化. 第 1 次探测器积累的时间是 4 ~ 6 月份, 代表春夏季; 第 2 次积累的时间是 10 月中到次年 1 月初, 代表秋冬季. 在选择测定点时主要考虑: ①氡与断裂活动关系. 选择断裂带及其两侧建筑物进行氡测定以探讨建筑物地基的断裂活动对氡浓度的影响; ②室内氡浓度随高度变化. 选择不同楼层进行室内空气氡浓度测定, 以揭示珠海市室内氡浓度随高度的变化情况; ③生活用水对室内氡浓度水平的影响. 已有的研究表明地下水中氡浓度一般较高, 如使用地下水作为生活用水对室内空气的氡浓度影响大^[6-7], 为此选择了一些使用地下水家庭或公共场所进行测定, 试图查明地下水与室内环境氡的关系; ④建筑材料对室内氡的贡献. 建筑材料的氡释放是室内氡的主要来源之一^[8], 选择同一建筑物中其他情况相似, 只是装修材料不同的居室进行氡测定, 以研究建筑材料对室内空气氡浓度的影响; ⑤对珠海市环境检测站大气环境常规监测点的氡测定, 主要获取珠海市室内外空气环境中氡浓度的平均水平. 每一测点同时放置 3 个探测器, 氡浓度为 3 者的平均值. 探测器放置的高度为 1.5 ~ 1.7m.

2 测定结果

2 次对珠海市大气环境氡的测定结果列于表 1. 从表 1 可以看出, 珠海市大气环境氡浓度较高, 氡浓度值变化较大, 最低的为 $60\text{Bq}/\text{m}^3$, 最高达 $1741\text{Bq}/\text{m}^3$. 室外氡浓度一般在 $70\text{Bq}/\text{m}^3 \sim 100\text{Bq}/\text{m}^3$, 平均浓度为 $75.2\text{Bq}/\text{m}^3$; 室内氡平均浓度一般在 $80\text{Bq}/\text{m}^3 \sim 160\text{Bq}/\text{m}^3$. 剔除一些氡浓度明显的异常数据, 一层室内的平均浓度为 $164.2\text{Bq}/\text{m}^3$. 室内氡浓度一般高于室外氡浓度.

3 讨论

(1) 该市室内、外氡的浓度较高, 与我国部分城市的测定结果对比发现珠海市大气环境氡浓度位于我国各大城市之冠, 仅次于个旧地区(表 2)^[9]. 这主要是因为珠海市位于花岗岩岩体之上, 经研究这些花岗岩均为铀富集的岩石(U 含量大于 13×10^{-6}), 珠海市属于高本底辐射区, 这些岩石及由其风化形成的土壤的氡析出率高. 在第一次测定中有 4 户室内氡浓度高于 $200\text{Bq}/\text{m}^3$, 占整个测定住房的 25%. 第二次测定中有 5 间房屋高于 $200\text{Bq}/\text{m}^3$, 占整个测定对象的 14%. 室内氡浓度高的房间主要集中在 1 楼, 特别是建在花岗岩断裂活动带的住房和使用地下水作为生活用水的住房.

(2) 珠海市大气环境氡浓度表现出有规律的季节性变化(见表 1). 对于同一地点不同季节的室内外的氡测定结果表明, 春夏季的室内氡浓度高于秋冬季的氡浓度, 而室外情况却相反, 秋冬季的氡浓度高于春夏季. 这可能与氡在空气中的流动交换有关. 在春夏季是该地区的台风季节, 而海平面上空的大气氡浓度很低. 由于 5 ~ 6 月份珠海的气温已经较高, 许多家庭已开始使用空调, 使得室内的封闭性增加, 有利于氡在室内聚集. 在秋冬季则相反, 当地的气温还较暖, 各户的门窗经常打开通风, 因而导致室内氡浓度降低.

(3) 珠海市室内氡浓度存在明显的高度变

表 1 珠海市室内外大气氡浓度/ $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$

序号	测点位置		氡浓度		说 明
			A	B	
1	广科电子有限公司	室内	316	250	一层地面用花岗岩装饰,使用少,通风差 室外样品放在离该会议室 10m 远的小树上.
2	会议室一楼	室外	65	70	
3		一楼	195	112	
4	白连新村 50 栋	三楼	150	102	新建住房,位于吉大断裂带上,房基为钾长石花岗岩或由其风化形成的土壤.
5		六楼	110	86	
6		室外	76	88	
7	白连新村 19 栋 103	室内	210	114	该点位于吉大断裂一测,离断裂带 300m.
8	(一楼)	室外	160	83	
9	白莲洞公园值班室	室外	82		
10		室内	185		该点离吉大断裂带 400m
11	珠海市技工学校广	室外	68	75	
12	播站(一楼)	室内	95	100	
13		室外	58	68	一层地面有红色花岗岩石材室内装饰,但房间宽阔,经常有人出入,通风良好. 而四楼储藏室较少开门窗通风.
14	珠海市老干部招待所	一楼服务台	90	84	
15		四楼储藏室	180	168	
16		一层		105	珠海市环境监测站大气环境质量常规监测点
17	南屏镇供水所办公楼	二层		97	
18		三层		86	
19	南屏镇税务大楼	一层		113	
20		五层		90	
21		一楼		123	
22	湾仔镇环境保护办公室	二楼		97	珠海市环境监测站大气环境质量常规监测点
23	湾仔镇城市信用社	三楼		103	
24		一楼		155	
25	拱北中学教学大楼	三楼		107	珠海市环境监测站大气环境质量常规监测点
26		五楼		93	
27		室外		90	
28		一楼		118	珠海市环境监测站大气环境质量常规监测点
29	前山镇幼儿园	二楼		96	
30		三楼		70	
31		室外		55	珠海市环境监测站和研究所在同一院内,靠近山边.
32		一楼	180	161	
33	珠海市环境监测站	四楼	100	86	
34		室外	75	96	珠海市环境监测站大气环境质量常规监测点
35	珠海市环境科学研究所	一楼	210	167	
36		一楼		99	
37	香洲水厂办公楼	三楼		85	珠海市环境监测站大气环境质量常规监测点
38		六楼		60	
39		室外		73	
40	珠海市工程勘察院办公	一层	189	141	位于断裂带上 使用地下水生产矿泉水 位于断裂带并有咸矿泉水流出 使用地下水作为生活用水
41	楼	三楼	70	107	
42	珠海市工程勘察院	一楼	443	369	
43	洲山矿泉水厂加工车间			1645	一楼 平均值,并剔除了氡浓度极高数据
44	地震观测站的小房内			1741	
45	宁溪村村办公室一楼		698	547	
	室外平均值		75. 2		
	室内平均值		164. 2		

A. 1996-04 ~ 1996-06 测定的数据; B. 1996-10 ~ 1997-01 测定数据

化(见表 1)。从表 1 中的数据可以看出室内氡浓度随着建筑物楼层高度的增加呈减少的趋势。这反映出建筑物地下岩石和土壤是室内氡的主要来源之一。

(4) 室内氡浓度的极高值均出现在使用地下水作为生活用水或有地下水流出的场所。生活用水去气作用释放出的氡所导致的室内氡浓度^[6,7]约为生活用水中氡浓度的 10^{-4} 。选择 14 个正在使用的地下水进行了氡浓度测定,其中的氡浓度为 76.1Bq/L ~ 3200Bq/L,且有 10 个样品的氡浓度在 1000Bq/L 以上,为强氡水。因而地下水的使用过程中的氡释放对珠海市环境氡,特别是直接使用的居民室内及其周围环境氡的贡献应引起重视。

表 2 珠海室内外氡浓度与我国部分地区
大气环境氡浓度对比/Bq · m⁻³

地区	室外		室内	
	范围	平均值	范围	平均值
珠海	55 ~ 96	78.1	60 ~ 369	164.2
个旧	131 ~ 363	193.4	82.6 ~ 7389.5	364.3
北京	0.6 ~ 14.1	8.1	1.9 ~ 259	22.4
浙江		12.7		17.2
遵义	2.6 ~ 121.7	28.9		
昆明	10.5 ~ 52.7	28.0	32.6 ~ 644.5	170.8
哈尔滨	17.0 ~ 23.0	20.0	16.0 ~ 144.0	73.1
伊宁	2.9 ~ 65.6	16.5	33.9 ~ 73.3	57.7
贵阳	6.3 ~ 25.9	15.7		
广州	6.8 ~ 26.5	14.5		
太原	0.7 ~ 79.8	14.1	3.4 ~ 99.0	26.0
大同	0.5 ~ 52.1	14.1	0.7 ~ 59.8	28.5
延安	11.0 ~ 14.0	12.5	13.0 ~ 78.0	34.8
广东	8.2 ~ 27.6	15.4	9.5 ~ 33.4	19
杭州	4.8 ~ 11.0	8.4	9.6 ~ 46.0	25.0
拉萨	1.5 ~ 19.2	7.0	1.6 ~ 29.3	13.3
沈阳	2.8 ~ 8.0	4.4	10.5 ~ 21.3	14.0
青岛	0.8 ~ 5.3	3.3	1.3 ~ 16.6	7.6
济南	1.6 ~ 6.8	4.0	1.7 ~ 17.6	7.5

4 小结

由于珠海市位于花岗岩高本底辐射区,所

以该市室内外大气氡浓度水平偏高。特别是位于断裂带之上或使用了地下水的室内氡浓度。由于超标的原因是断裂带的氡释放或地下水中氡的去气作用,建议以后建房时,房基要尽量远离放射性强度高的断裂带。并尽量不使用地下水作为生活用水,对于已建好的住房,发现他们位于断裂带之上,且室内氡浓度高,可采用高标号的水泥或其他建筑材料封闭地下和墙上所有断裂和裂隙,并增加通风可有效地降低室内氡浓度。

参 考 文 献

1 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Ionizing radiation: Sources, effects and risks of ionizing radiation. New York: Report to the General Assembly with annexes, 1988

2 Clarke H G, Southwood T R E. Risk from ionizing radiation. Nature, 1989, **338**: 197 ~ 198

3 ICRP Pub. 50. Lung cancer risk from indoor exposure to radon daughters. Annals of ICRP, Pergamou Press Oxford, 1991. **17**(1): 1 ~ 50

4 国际放射性防护委员会第 60 号出版物,李德平,孙世荃,陈明俊等译.国际放射性防护委员会 1990 年建议书.北京:原子能出版社,1993. 68 ~ 83

5 Gunby J A, Darby S C, Miles C H et al. Factors affecting indoor radon concentrations in the United Kingdom. Health Physics, 1993, **64**(1): 2 ~ 11

6 Bank D, Royset O, Strand T et al. Radioelement(U, Th, Rn) concentrations in Norwegian bedrock groundwaters. Environmental Geology, 1995, **25**: 165 ~ 180

7 Lawrence E P et al. Contribution of Rn in domestic water supplies to Rn in indoor air in Colorado homes. Health Physics, 1992, **63**(1): 171

8 Indersoll J G. A survey of radionuclide contents and radon emanation rates in building materials used in U. S. Health Physics, 1983, **45**(2): 368

9 全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组.我国部分地区空气中氡及其子体 α 潜能浓度调查研究(1983 ~ 1990). 辐射防护, 1992, **12**(2): 164 ~ 170