

资源地区空气氡浓度调查与剂量估算

杨 名 生

(广西辐射环境监督管理站, 广 西 南 宁 530022)

摘 要: 对广西资源地区大气中氡的调查显示, 该区室内、外大气中平均氡浓度分别为 101.0 Bq/m^3 和 104.6 Bq/m^3 , 是世界平均值的 10 倍和 2.5 倍; 计算了氡子体所致的年有效剂量, 由氡子体照射对成人和儿童所致年有效剂量分别为 6.2 mSv/a 和 9.2 mSv/a , 是世界平均值的 5 倍。

关键词: 广西资源地区; 氡浓度调查; 剂量估算

中图分类号: P631.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2002)04-0299-03

氡是一种放射性气体, 呼吸时氡及其子体随气流进入肺部。氡子体衰变时放出 α 射线, 这种射线能电离人体组织中的水分子, 杀死细胞, 损伤肺组织, 严重时引起肺癌。因此, 氡及其子体对人体健康的影响愈来愈引起人们的关注。资源地区是广西的一个天然辐射高本底区域, 由于技术与设备条件所限, 过去未开展过空气氡浓度调查工作。随着经济技术的发展和需要, 近年来我们在资源地区开展了空气氡浓度调查。

1 自然环境条件概述

资源县地处我国南岭南段越城岭山脉地区, 全境属中山地貌, 地势高峻, 海拔高度 $350 \sim 2\,141 \text{ m}$, 平均海拔在 900 m , 面积约 $1\,950 \text{ km}^2$, 人口约 16 万。全境东、西高, 中部低, 南部高, 北部低, 资江位于该县中偏东部, 沿着 1 条近南北向的狭长谷地由南向北流入湖南, 资源县城大合镇即位临资江边上。资江东边是海拔 $1\,400 \sim 2\,100 \text{ m}$ 的越城岭山脉, 其西边是华南第一峰猫儿山 ($2\,141 \text{ m}$) 和银竹老山 ($2\,021 \text{ m}$)。

该区域为越城岭复式背斜构造, 区内大面积出露花岗岩。东部是越城岭复式花岗岩体, 主体是加里东期片麻状花岗岩和黑云母花岗岩, 补体是印支期和燕山中期细粒花岗岩。中西部是猫儿山复式花岗岩体, 主体是加里东期中粗粒花岗岩, 补体是印支期、燕山期中细粒花岗岩。中部沿着资江分布由花岗岩碎屑组成的白垩系红色砂砾岩。区域内 NNE 向断裂构造十分发育, 资—新断裂带从东部自南向

北贯通; 断裂构造带上加上岩浆热液活动, 在这一区域内形成了丰富的矿产资源, 已探明储量的主要矿产资源有钨、铅、锌、金、银、铋、钽、铍、萤石、长石等, 同时这一地区也是我国的主要铀矿成矿区。

2 监测点布设、监测仪器与方法

根据当地的自然环境条件和人群居住分布情况, 氡浓度监测点主要布设在人群居住地, 对县城、乡镇所在地和一些较大自然村布点监测, 共布设 15 个监测点, 分别测量室内和室外氡浓度。

为了解不同海拔地区氡浓度的变化, 分别在海拔 400 m 的大沟谷和 $1\,400 \text{ m}$ 的山坡上布设了监测点。监测仪器为 RCM-2 型连续测氡仪, 该仪器采用一种特殊设计的无源氡扩散收集室, 允许氡气自由进入而将氡子体产物阻止在室外, 进入室内的氡衰变时, 释放出 α 粒子, α 粒子冲击室内的硅探测器产生电脉冲, 由电子学测量系统记录, 并计算出在一定时间间隔内的氡气平均浓度。使用仪器经过核工业六所刻度。

监测采样选在气候比较干燥的 9~10 月, 在无雨条件下进行。仪器架设高度距地面 1.2 m , 每个监测点都进行 24 h 连续监测, 部分监测点进行 2~3 d 连续监测。

3 监测结果与讨论

3.1 主要岩石类型的天然放射性核素含量

根据有关资料, 资源地区主要岩石类型的天然放射性核素含量列于表 1。从表中结果可知砂岩、

表 1 主要岩石类型的天然放射性核素含量

Bq/kg

岩石类型	²³⁸ U		²³² Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K	
	资源地区	世界典型值	资源地区	世界典型值	资源地区	世界典型值	资源地区	世界典型值
花岗岩	99.0	59.2	134.7	81.4	328.2	78.0	1242.4	999.0
花岗岩片麻岩	108.7		166.2	50.0 ^[3]	329.7	50.0 ^[3]	1320.4	
炭质硅质板岩	75.1	44.0	77.8	44.0	169.7	37.0	602.4	703.0
泥质、砂质板岩	72.5	44.0	86.7	44.0	172.3	37.0	933.7	703.0
砂岩、砾岩	54.4	18.5	76.0	11.1	144.2	32.5	851.4	370.0

注：表中资源地区数据：广西环境天然放射性水平调查研究，1990；世界典型值来自参考文献[3]。

板岩中的²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 含量相差不大，花岗岩片麻岩与花岗岩中的天然放射性核素含量较接近。含量最高的是花岗岩和片麻岩。与同类岩石世界典型值相比，资源地区各类岩石中天然放射性核素含量都偏高，尤其是²²⁶Ra、²³²Th 和²³⁸U 偏高较多。

3.2 土壤中放射性核素含量

资源地区土壤中放射性核素含量统计结果列于表 2。表中同时还给出了广西全区和全国土壤中的²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 含量。从表中结果可知，资源地区土壤中的²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 含量均高于广西全区和全国的平均值，其中²³⁸U 为广西全区和全国平均值的 1.3 和 1.8 倍，²³²Th 为 1.6 和 2.2 倍，²²⁶Ra 为 2.6 和 3.6 倍，⁴⁰K 为 2.7 和 1.6 倍，比较明显的是²²⁶Ra 和⁴⁰K 偏高；²³⁸U、²³²Th、⁴⁰K 含量分别是世界平均值的 2.8、4.4、2.4 倍。

表 2 土壤中放射性核素含量

Bq/kg

区域名称	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
资源地区	70.0	109.9	136.1	909.8
广西	52.5	68.8	53.3	331.7
全国	39.9	50.0	38.1	568.2
世界平均值 ^[3]	25	25		370

注：广西地区数据：广西环境天然放射性水平调查研究，1990。

全国数据：全国环境天然放射性水平调查研究，1990。

3.3 大气中氡浓度

资源地区大气中氡浓度和居民吸入氡子体所产生的年均人有效剂量估算结果按乡镇为单位的统计结果列于表 3。从表中数据可见，该地区大气中氡

浓度较高，室外、室内氡浓度分别是世界平均值的 10 倍和 2.5 倍，其主要原因是这个地区大面积出露富含放射性物质的花岗岩，由花岗岩风化形成的土壤中放射性核素含量也较高，因此有丰富的氡源；此外，该地区大部分居民居住在海拔高度相对较低的山谷下部，因此大部分监测点都布设在海拔高度较低的沟谷中。

从表 3 给出的数据和图 1 可以看出，资源地区室外和室内空气中氡浓度差异不大。分析其原因，一是室内氡的来源除了建筑材料和土壤贡献的外，更重要的是室外空气流动带来的；二是该地区的建筑物密闭性差，室外室内空气对流好。

表 3 大气中氡浓度及估算年人均吸入氡子体有效剂量

区域名称	氡浓度/(Bq/m ³)		年均人有效剂量/(mSv/a)	
	室外	室内	成人	儿童
瓜里	145.6	148.1	8.8	13.2
大合镇	130.5	127.8	7.8	11.7
梅溪	110.5	108.9	6.6	9.9
中峰	101.1	101.5	6.1	9.2
延东	93.0	88.9	5.5	8.3
两水	86.9	84.8	5.2	7.8
车田	67.8	83.1	4.2	6.6
资源地区	101.0	104.6	6.2	9.2
世界平均值 ^[3]	10	40		
世界本底值 ^[3]			1.2	

3.4 不同地貌区域的氡浓度及其变化

为了解资源地区不同地形地貌和不同海拔高度

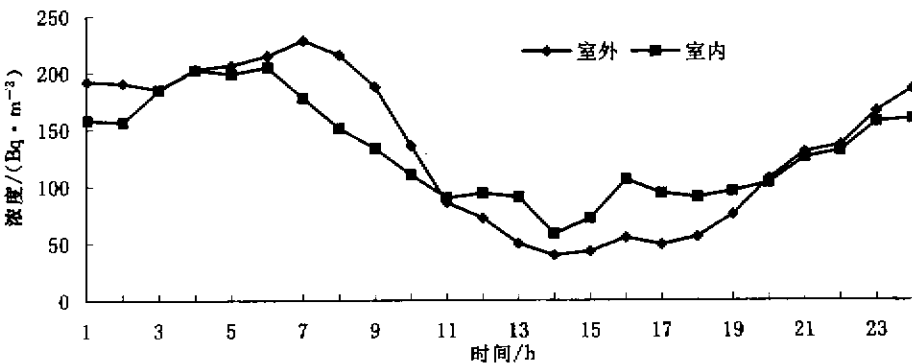


图 1 大合镇空气中氡浓度变化曲线

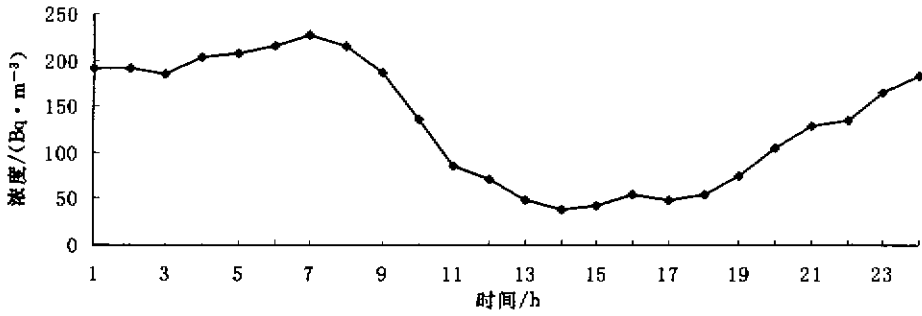


图2 海拔400 m 沟谷中氡浓度变化曲线

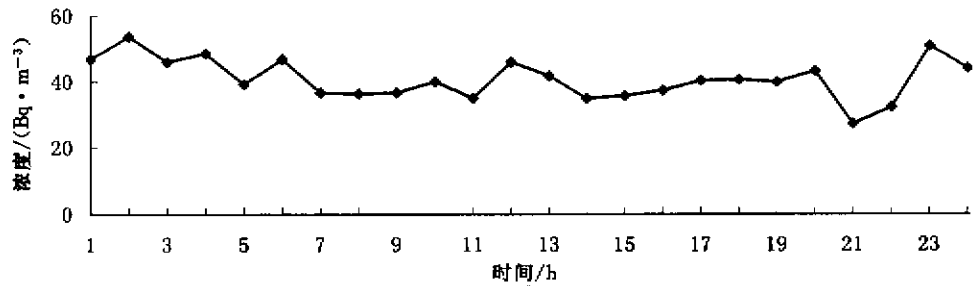


图3 海拔1 400 m 山坡中氡浓度变化曲线

大气中氡浓度的变化情况,在海拔400 m 的宽阔谷中和海拔1 400 m 的山坡上分别布设监测点进行连续监测,监测统计结果为:400 m 沟谷监测点,空气中氡浓度范围35.7~237.1 Bq/m³,均值133.5 Bq/m³;1 400 m 山坡监测点,空气中氡浓度范围22.1~66.4 Bq/m³,均值40.9 Bq/m³。

虽然这2个监测点都在花岗岩地区内,而且1 400 m 监测点是在铀矿区,但由于地形地貌不同,海拔高度不同,大气中氡浓度相差很大。在海拔高度较低的沟谷空气中氡浓度高的原因,是由于氡的分子量较大,在空气中的比重大,因此氡在空气中一般都是在下层靠近地表;半山坡上空气中的氡,受空气流动和重力作用影响,具有往山坡下地势较低的沟谷流动聚集的趋势,所以,在山区,一般谷地底部的氡浓度要比半山坡上高。

从监测结果和图2、图3给出的结果还可以看出,在不同地形地貌和不同海拔高度的地区,空气中氡浓度在一天中的变化程度不一样,在低海拔的沟谷中,最低浓度和最高浓度相差达6~7倍,而在高海拔的山坡地区,最低浓度和最高浓度相差只有2~3倍。

3.5 剂量估算

居民吸入氡子体所产生的人均年有效剂量 H_e 按下式计算[1]

$$H_e = 8760 [q f_{in} c_{in} + (1 - q) f_{ou} c_{ou}]$$

式中, q 为居留因子,取0.6; f_{in} 为室内氡子体剂量转换因子,成人为 1.0×10^{-8} Sv/(Bqh·m⁻³),儿童为 1.5×10^{-8} Sv/(Bqh·m⁻³); f_{ou} 为室外氡子体剂量转换因子,成人为 1.4×10^{-8} Sv/(Bqh·m⁻³),儿童为 2.1×10^{-8} Sv/(Bqh·m⁻³); c_{in} 、 c_{ou} 分别为室内、室外平衡等效氡浓度,为室内、室外氡浓度与平衡因子的乘积,平衡因子室内为0.4、室外为0.8^[3]。

由表3给出的资源地区居民吸入氡子体所产生的年均人有效剂量估算结果可知,资源地区居民吸入氡子体所产生的年有效剂量较大,尤其是大合镇和瓜里。与世界正常本底地区相比,资源地区各乡镇居民吸入氡子体产生的年有效剂量要高出2.5~6倍。

4 结论

资源地区各类岩石和土壤中的天然放射性核素含量较高,因此,这一地区空气中氡浓度偏高,其范围值为22.1~237.1 Bq/m³,平均值室外为101.0 Bq/m³,室内为104.6 Bq/m³,分别是世界平均值的10倍和2.5倍。

资源地区不同海拔高度和不同地形地貌的地带,空气中氡浓度相差悬殊,一般低海拔地区沟谷中 (下转306页)

作者简介: 杨名生(1957—),男,1982年毕业于成都地质学院放射性地质专业,高级工程师。