

广州市天然辐射所致公众照射剂量的评价

张 林 ,张静波 ,谭汉云 ,莫素芳

中图分类号: R146 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X(2011) 01 - 0079 - 02

【摘要】 目的 了解广州市天然 γ 辐射、空气中氡浓度及食物中天然放射性核素水平 ,估算其所致公众照射剂量。方法 分别采用 FD - 71A 闪烁辐射仪、CR - 39 α 固体径迹探测器、CANBRRRA HPGe γ 能谱仪测量了广州市室内外天然 γ 辐射、氡浓度水平及食物中天然放射性核素含量 根据结果计算了所致公众年有效剂量当量。结果 室内外天然辐射所致公众人均年有效剂量当量为 3. 018 mSv/a ,所致公众集体年有效剂量当量为 $2. 189 \times 10^4$ (man \cdot Sv/a) 。结论 广州市天然辐射属正常天然本底水平。
【关键词】 天然; 辐射; 有效剂量

天然辐射是公众受照的最主要来源 ,天然辐射是不可避免的 ,但是人类活动势必对天然辐射产生影响。因此开展天然辐射研究 ,对于了解并控制天然辐射 ,降低公众不必要的照射具有十分深远的意义。笔者根据广州市天然 γ 辐射、室内外氡浓度水平的调查结果^[1-2] 及食物中天然放射性核素含量 ,对公众所受人均年有效剂量当量进行了估算。

基金课题: 广东省科技厅科技计划项目(C31404)
作者单位: 广州市疾病预防控制中心 广东 广州 510440
作者简介: 张林(1966 ~) ,男 ,重庆市人 ,副主任技师 ,主要从事放射卫生防护工作

表 6 可看出 ,除 1 楼居室的平均氡浓度略高外 ,其他楼层室内的平均氡浓度和 γ 辐射水平都没有明显的差别。

表 6 不同楼层室内的平均氡浓度和 γ 辐射水平

楼层	样品数	氡浓度(Bq \cdot m ⁻³)		γ 辐射水平(nSv \cdot h ⁻¹)	
		均值	标准差	均值	标准差
1	17	33. 7	18. 4	108. 9	20. 1
2	52	29. 0	17. 6	115. 1	22. 7
3	45	26. 5	16. 2	108. 6	20. 1
4	22	29. 0	13. 8	117. 7	26. 8
5	34	25. 0	13. 8	115. 6	17. 5
6	64	27. 8	24. 9	117. 7	16. 6
7 层及以上	33	31. 3	22. 0	113. 2	21. 9

3. 8 不同时间段居室内氡浓度和 γ 辐射水平 杭州市 52 个居室不同测量时间段的氡浓度和 γ 辐射水平的均值见表 7。从表 7 可看出 ,不同测量时间段的平均氡浓度和 γ 辐射水平的最大值与最小值的比值分别仅为 1. 13 和 1. 12。另外 ,在嘉兴市和衢州市的 23 个居室内 ,测得 2 个时间段的平均氡浓度和 γ 辐射水平的比值也均小于 1. 16。浙江省居室内氡浓度随季节变化较小 ,其主要原因可能是浙江省年平均气温较高 ,即便是在冬天 ,居民也常有开窗通风的习惯; 另一方面 ,在夏天 ,由于空调的普遍使用反而减少了室内氡向室外的扩散。

表 7 杭州市 52 个居室不同时间段的平均氡浓度和 γ 辐射水平

时间	氡浓度(Bq \cdot m ⁻³)		γ 辐射水平(nSv \cdot h ⁻¹)	
	均值	标准差	均值	标准差
2007. 4 ~ 2007. 7	28. 1	17. 0	95. 8	12. 9
2007. 7 ~ 2008. 3	25. 1	14. 0	106. 9	19. 9
2008. 3 ~ 2008. 8	25. 9	13. 2	105. 5	16. 6
2008. 8 ~ 2008. 12	24. 8	10. 8	99. 7	13. 1

1 仪器与方法
1. 1 仪器 天然 γ 辐射采用上海电子仪器厂生产的 FD - 71A 闪烁辐射仪 ,测量结果用文献^[3] 的校正方法进行修正。氡浓度采用中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所生产的 Rn - Tn 探测杯 ,探测材料为英国 Radtrack CR - 39 α 固体径迹片 ,使用前经南华大学国家标准氡实验室刻度。食品样品的采集和处理按国家标准《食品中放射性物质检验》规范进行。
1. 2 测量方法 检测方法采用《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583 - 1993) 和《环境空气中氡的标准测量方法》(GB/T14582 - 1993) 中的径迹蚀刻法。食品用 CANBRRRAHP

3. 9 剂量估算 浙江省全省居室内平均氡浓度和 γ 辐射水平为 29. 3 Bq \cdot m⁻³ 和 105. 8 nSv \cdot h⁻¹ ,根据联合国原子能辐射效应委员会提供的方法和参数^[1] ,估算出全省居民所受这两类辐射的年均有效剂量分别为 0. 77 mSv 和 0. 74 mSv。
综上所述 ,本次调查研究初步表明 ,浙江省居室内的氡浓度水平有逐年增高的趋势 ,而 γ 辐射水平基本保持稳定。居室内氡浓度增高的可能原因是别墅住宅的增多、居室换气率的降低、煤渣砖以及某些新型建筑材料的使用等原因。因此 ,从更好地保护广大公众的健康角度 ,有必要关注室内氡浓度增高的问题 ,并进一步研究适合于本省的氡照射控制措施。
志谢: 本次调查布点工作得到了浙江省辐射环境监测站同事们的大力支持与帮助 ,复旦大学卓维海教授对本次调查工作给予了精心指导 ,在此表达谢意。

参考文献:
[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) . Sources and effects of ionizing radiation [R] . New York: United Nation ,2000.
[2] World Health Organization (WHO) . WHO Handbook on Indoor Radon: a public health perspective [M] . Paris: WHO Press ,2009.
[3] 浙江省统计局. 浙江省统计年鉴 2009 [M] . 北京: 中国统计出版社 2009: 27 - 67
[4] 杨明理. KF606B 型氡和 γ 个人剂量计 [J] . 辐射防护 , 2007 ,27(4) : 193 - 197.
[5] 李素云. 我国部分地区室内外氡水平及其剂量评价 [J] . 辐射防护通讯 ,1999 ,19(6) : 8 - 13.
[6] 中华人民共和国卫生部. 中国环境电离辐射水平及居民受照剂量 [P] . 北京: 中华人民共和国卫生部 ,1986: 227 - 248.

Gey 能谱仪测量²²⁶Ra、²³⁸U、²³²Th、⁴⁰K 活度。

1.3 数据统计方法 结果采用 SPSS 11.0 统计处理。

1.4 剂量估算 公众所受天然电离辐射源外照射和内照射的剂量估算以成年人年平均有效剂量当量给出。公众室内外停留时间分别按 7008、1 752 h 计算。

天然 γ 辐射按 UNSCEAR 1982 年报告书^[4] 提供的模式估算,剂量转换系数取 0.7Sv/(Gy · h⁻¹)。氡子体所致剂量根据联合国原子辐射效应科学委员会 2000^[5] 报告给出的吸入²²²Rn子体的有效剂量当量转换因子 9 nSv/(Bqohom³) ,取平衡因子 F = 0.4。摄入天然放射性核素所致人体内照射剂量参照 ICRP 30 号出版物所推荐的估算方法及有关参数并结合某核素的年摄入量进行估算。广州市户籍人口按 2006 年的 760.72 万人计算。

2 结果与分析

2.1 外照射剂量 广州市土地类型多样,分为成土母质以花岗岩和砂页岩为主的中低山地,由砂页岩、花岗岩和变质岩构成丘陵地,以堆积红土、红色岩系和砂页岩为主的岗台地,以及冲积平原、滩涂。

根据特点以区县为调查单元,结果全市室内、外天然 γ 辐射空气吸收剂量率平均值为分别为 17.61 × 10⁻⁸ Gy/h、13.32 × 10⁻⁸ Gy/h。

全市室内、外天然 γ 辐射所致公众年有效剂量当量平均值分别为 0.864 mSv/a、0.163 mSv/a。室内外合计为 1.027 mSv/a,与广东省 0.970mSv/a^[3] 相近,高于全国平均值 (0.590mSv/a)^[6]。所致全市居民集体年有效剂量当量为 7815.6 (man · Sv/a)。总剂量中室内天然 γ 辐射占 84.1%、室外天然 γ 辐射占 15.9%。

2.2 内照射剂量

2.2.1 吸入氡子体所致内照射剂量 广州市室内²²²Rn 浓度范围为 15.7 ~ 157.9 Bq/m³,平均值为 (47.3 ± 23.4) Bq/m³,室外²²²Rn 浓度平均值为(20.5 ± 8.7) Bq/m³。

全市室内²²²Rn 子体所致公众年有效剂量当量为 1.193mSv/a。室外²²²Rn 子体所致居民年有效剂量当量为 0.129mSv/a。室内外²²²Rn 子体所致居民人均年有效剂量当量为 1.322 mSv/a,其中室内占 90.2%、室外占 9.8% ,所致居

表 2 不同地区天然电离辐射所致公众人均年有效剂量(mSv/a)

辐射源	广州 2004 ~ 2008	中国	湖北	贵州 1985 ~ 1993	UNSCEAR 2000	日本 1985	美国 1980 ~ 1982
天然 γ 辐射	1.027	0.590	0.557	0.642	0.480	0.298	0.280
空气中氡	1.322	1.020	0.820	0.962	1.150	0.840	2.000
摄入放射性核素	0.450	0.360	0.347	0.349	0.290	0.237	0.400
合计	2.799	1.970	1.724	1.953	1.920	1.375	2.680

广州市居民所受天然辐射内照射和外照射的年有效剂量当量总和为 2.799mSv,居民年集体有效剂量当量为 2.030 × 10⁴ (man · Sv/a),其中天然 γ 辐射占 36.7% ,氡子体占 47.2% ,摄入天然放射性核素占 16.1%。

广州市居民所接受的天然辐射源照射剂量与一些国家和地区比较,与美国相近,高于 UNSCEAR (2000)、全国平均值、国内几个省份和及日本^[9] 的调查结果,主要原因是地球 γ 辐射较高所致。但广州市仍然属正常的天然本底地区。

3 结论

广州市室内外天然辐射所致公众有效剂量属正常天然本底水平。

参考文献:

[1] 张林 张静波. 广州市 γ 天然辐射水平及所致公众照射剂量估算[J]. 中国辐射卫生 2008 (17) 4: 456 - 457.

[2] 张林 杜琳 张静波 等. 室内外²²²Rn 浓度及居民所受子体照射剂量测定[J]. 中国公共卫生 2008 (24) 4: 460 - 461.

民集体年有效剂量当量为 10 056.7 (man · Sv/a)。

2.2.2 摄入食物天然放射性核素所致内照射剂量 分别检测了大米、面粉、奶制品、蔬菜、肉禽类、鱼类、自来水等食品中的²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 核素的含量,⁸⁷Rb、²¹⁰Po、²¹⁰Pb、²²⁸Ra、¹⁴C 的含量采用张景源等人的调查值^[7]。按 2002 年广东省城市居民膳食习惯^[8] 统计出居民的食用量,参照 ICRP30 号出版物所推荐的估算方法及有关参数并结合某核素的年摄入量估算出居民年有效剂量当量,由于钾在人体内处于代谢平衡状态,⁴⁰K 所致的剂量基本量恒定 2000 年 UNSCEAR 估算⁴⁰K 对人体产生的有效剂量当量为 170 mSv/a。结果见表 1。

广州居民摄入²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 等 4 种核素所致有效剂量当量为 302.5Sv/a,高于全国调查值^[6]。这主要是由于广州地区的大米、果菜类中的²²⁶Ra 含量高于上述地区以及居民对大米、果菜类年食入量较大的缘故。居民因摄入食物中放射性核素所致人体内照射剂量为 450.4Sv/a,所致居民集体年有效剂量当量为 3 426.3 (man · Sv/a)。

表 1 广州市居民摄入食物天然放射性核素所致内照射剂量

核素	核素摄入量 (Bq/a)	待积剂量当量 (μ Sv/a)	相对贡献(%)
²³⁸ U	70.6	4.5	1.0
²³² Th	52.5	52.5	11.7
²²⁶ Ra	6.9	75.5	16.8
⁴⁰ K		170.0	37.7
²²⁸ Ra	30.2 ¹⁾	10.0	2.2
²¹⁰ Pb	69.1 ¹⁾	96.7	21.5
²¹⁰ Po	59.8 ¹⁾	26.3	5.8
⁸⁷ Rb	1.28 × 10 ³ ¹⁾	6.0	1.3
¹⁴ C	1.57 × 10 ² ¹⁾	9.0	2.0
合计		450.4	

注:1) 引用文献[7]的数据

2.3 与不同地区天然电离辐射所致公众人均年有效剂量当量比较 广州市天然电离辐射所致公众人均年有效剂量当量及与不同地区的比较列于表 2。

[3] 中华人民共和国卫生部. 中国电离辐射水平及居民受照剂量(外照射部分) [Z]. 1986: 3.

[4] The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation [M]. United Nations ,New York ,1982.

[5] The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: : Sources and Effects of Ionizing Radiation [M]. United Nations ,New York ,2000. ANNEX B: 107 - 140.

[6] 朱昌寿. 中国人受电离辐射照射剂量份额研究[J]. 中华放射医学与防护杂志 1998 (18) 5: 340 - 345.

[7] 张景源, 诸洪达, 韩佩珍, 等. 我国食品放射性含量及其所致居民内照射剂量的估算[J]. 中华放射医学与防护杂志 1988 ,8: 35.

[8] 马文军. 广东省居民膳食营养状况与健康状况研究[M]. 广州: 广东人民出版社 2004: 7.

[9] 李锁照 陈煜友 魏涛, 等. 贵州省居民受天然放射性照射水平的研究与评价[J]. 中华放射医学与防护杂志 1998 , (18) 3: 205. (收稿日期: 2010 - 06 - 01)