

矿泉水中总 α 总 β 和 ^{226}Ra 含量水平及卫生学评价

刘世明 李福生 陈英民 马 驰 陈 跃 许家昂

(山东省医科院放射医学研究所, 济南市 250062)

中图分类号: R145; X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(1999)03-0161-02

矿泉水是天然产品, 没有污染, 含有人体必需的某些微量元素。山东省矿泉水资源较为丰富, 近十年来相继被开发利用, 许多种品牌的矿泉水成为饮料市场上的畅销货。伴随着矿泉水的开发利用, 对矿泉水所含放射性及其对人们健康的影响也受到有关方面的重视, 我国已在“饮用天然矿泉水标准”^[1]中作了明确规定。根据此规定, 我们对近 5 年来省内相继开发的 100 多处矿泉水样品进行了总 α 、总 β 和 ^{226}Ra 的含量测定, 为我省开发利用矿泉水资源提供了重要的科学依据。现将测定结果及卫生学评价介绍如下:

1 样品处理及测量方法

1.1 样品处理

矿泉水样品大都由省水文地质部门负责采集后送达我处。我们从其样品中量取 5L 置于大烧杯中, 加浓盐酸约 10ml 进行酸化, 然后在电炉上加热浓

缩, 当浓缩至 100ml 左右时, 转移至已恒重的瓷蒸发皿中, 文火蒸至近干, 加入 1:1 H_2SO_4 适量, 蒸干至白烟冒尽为止。将蒸发皿放入马弗炉中, 在 350°C 灼烧半小时。冷却后在干燥器中放置半小时, 称重, 将残渣研细, 充分混匀。精确称取 200mg 样品于测量盘中铺平, 待测。

1.2 测量

总 α 、总 β 测量均采用《生活饮用水卫生标准检验方法》中规定的方法进行^[2], 仪器采用 FJ-2603 弱放射性测量装置。 ^{226}Ra 的测量采用《水中镭的分析测定》规定方法进行^[3], 仪器采用 FD-125 氡钍分析仪及 408 型自动定标器。

2 结果与评价

2.1 样品测量结果

矿泉水样品中 97 份测总 α , 102 份测总 β , 111 份测 ^{226}Ra 含量。结果见表 1。

表 1 矿泉水中总 α 、总 β 和 ^{226}Ra 含量($\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$)

n	总 α		n	总 β		n	^{226}Ra	
	范围	$\bar{x} \pm s$		范围	$\bar{x} \pm s$		范围	$\bar{x} \pm s$
58	1~50	26.6 \pm 9.3	35	1~50	31.9 \pm 6.1	91	0.4~10	3.07 \pm 0.47
25	51~100	71.1 \pm 26.6	37	51~100	72.7 \pm 15.2	13	11~20	15.9 \pm 1.4
10	101~300	91.3 \pm 30.9	28	101~300	148.5 \pm 10.0	2	21~30	23.1 \pm 2.0
4	301~766	481.5 \pm 40.8	2	301~500	471.4 \pm 14.9	5	31~316	122.7 \pm 2.4
	平均值	63.5 \pm 17.3			87.3 \pm 10.6			10.3 \pm 0.67

从表 1 可以看出, 总 α 波动在 1~766 $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 总 β 波动在 1~500 $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 变化范围较大, 最大值与最小值相比, 总 α 可达 766 倍, 总 β 可达 500 倍, 结果与我省 1993 年前所查的情况^[4] 基本一致, 说明我省近 5 年所开发的矿泉水与 5 年前开发的矿泉水总放比活度基本一致。比河南省矿泉水中总 α 、总 β 活度^[5] 范围稍低, 而 ^{226}Ra 的变化范围相似。

从测定的活度分布来看, 其分布也与我省的 1993 年前所检测矿泉水总 α 、总 β 活度分布相一致, 大都在 100 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 以内, 97 个样品中总 α 比活度超过 100 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 的只有 14 个, 而超过 500 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 的只有 1 个, 为 766 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 。总 β 比活度测了 102 份样品, 比活度在 100 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上的为 30 个样品, 而超过 300 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 的只有 2 个, 其中最大比活度为 499 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从这两种放射性活度最大值来看, 1993 年前所查的最大值: 总 α 为 3820 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$, 总 β 为

4860 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$, 相比, 都减小 5~10 倍, 按照“饮用天然矿泉水”标准总 β 活度 1500 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ 的限值, 近 5 年来我省新开发的矿泉水样品未有超标者。

2.2 ^{226}Ra 浓度

《标准》中规定限值为 1.10 $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$, 我省近 5 年来送检的 111 个矿泉水样品中最高者仅为 316 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$, 所以全部样品的 ^{226}Ra 含量均低于标准限值, 而且 98% 以上的样品 ^{226}Ra 含量均低于此限值的十分之一, 与安徽省矿泉水 ^{226}Ra 含量^[6] 基本一致。

2.3 内照射剂量估算

虽然矿泉水的开发多以瓶装饮料形式推向市场, 但也有不少地方的居民常年用其作为生活饮用水。根据 ICRP30 号报告书^[7] 中的剂量估算模式提供的天然放射性核素食入 1Bq 的待积有效剂量 (Sv/Bq), 假定居民每人每天水的摄入量为 2.2L, 当地居

民饮用矿泉水由²²⁶Ra 所致内照射剂量见表 2。

表 2 矿泉水中²²⁶Ra 所致居民剂量

n	活度 ($\times 10^{-2}\text{BqL}^{-1}$)	日摄入量 ($\times 10^{-2}\text{BqL}^{-1}$)	年摄入量 ($\text{Bq}\cdot\text{a}^{-1}$)	HE $\cdot 50$ (μSv)
91	3.07	6.75	2.46	0.76
13	15.9	35.0	12.77	3.96
2	23.1	50.8	18.55	5.75
5	122.7	269.9	98.53	30.54
平均值	10.3	22.7	8.29	2.57

从表 2 可以看出, 我省矿泉水中²²⁶Ra 对居民所致人均年有效剂量为 2.57 μSv , 最高为 30.54 μSv , 最低为 0.76 μSv 。最高值出现在济南南部山区的仲宫镇, 此处的样品总 α 为 109mBqL⁻¹, 总 β 为 443mBqL⁻¹, ²²⁶Ra 为 316mBqL⁻¹。若用此矿泉水作为日常饮用水, 其所致人均年有效剂量为 78.6 μSv 。此矿泉水中总 α 、总 β 和 ²²⁶Ra 值均比其它处样品高出数倍或数十倍, 与此处花岗岩地质结构可能有极大

关系。除此样品放射性活度较高外, 其余的放射性水平及所致居民内照射剂量均大大低于国家标准限值, 不会对居民健康造成危害。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国家标准. 饮用天然矿泉水标准(GB8537—87).
 [2] 中华人民共和国国家标准. 生活饮用水标准检验法(GB5750—85).
 [3] 中华人民共和国国家标准. 水中镭的分析测定(GB11214—89).
 [4] 李福生, 等. 山东省部分矿泉水中总 α 总 β 放射性水平. 中国辐射卫生, 1993, 2(增刊).
 [5] 武丽, 等. 郑州地区矿泉水放射性水平及所致居民剂量. 中国辐射卫生, 1998, 7(2): 107.
 [6] 喻佩珩, 等. 安徽省矿泉水的放射性水平与评价. 中国辐射卫生, 1997, 6(3): 163.

收稿日期: 1999—05—26

(上接第 160 页)

附表 90 年代初全国肺癌死亡率(1/10 万)

	合计	男性	女性
合计	17.50	23.97	10.66
市镇	27.50	38.08	16.16
县乡	13.97	18.94	8.73

合的氡子在释放辐射剂量时效应很小^[12], 或者说吸烟严重的人呼吸道厚厚的粘液层可防止 α 辐射对支气管基底细胞层的损害^[13]。

如果假设吸烟与氡致肺癌存在协同作用, 危险率约 2 倍, 我们应用 UNSCEAR 模型估算的危险系数吸烟者为 $(1.2 \sim 2.7) \times 10^{-4}/\text{WLM}$ 。对非吸烟者估算的危险系数将是 $(0.6 \sim 1.3) \times 10^{-4}/\text{WLM}$ 。假设居民中 20% 的人吸烟, 则得到减少后总的居民危险系数为 $(0.72 \sim 1.62) \times 10^{-4}/\text{WLM}$, 湖南居民中每年大约引起 1000 ~ 2250 例肺癌。若我们取 90 年代初湖南肺癌死亡率 164×10^{-6} , 相对危险(氡子体引起的肺癌/总的肺癌死亡率)是在 0.10 ~ 0.23, 即湖南居民中观察到的肺癌发生率的 10 ~ 23% 也许是由于室内氡子体照射引起的。

4 小结

依据湖南省室内氡调查年平均浓度为 42.8Bq·m⁻³, 估计现在室内氡照射引起的肺癌, 在全省总的肺癌发生率中约占 10 ~ 23%, 即全省 6 千多万居民中每年肺癌发生数大约 1000 ~ 2250 例。

参考文献:

[1] UNSCEAR 1993 Report. Annex A, New York; UN 1993.
 [2] ICRP Publication 65. Protection against radon—222 at home and work. Annals of the ICRP 1993, 23

(1).
 [3] Eeva Ruosteenoja, et al. Radon and Lung cancer in Finland. Health Phys 1996 71: 185.
 [4] 高益群, 等. 湖南省室内外环境中氡浓度及所致居民剂量. 中华放射医学与防护杂志, 1992, 12(2): 94.
 [5] NCRP. Evaluation of occupational and environmental exposures to radon daughters in the United States. Report No. 78 (Bethesda, MD; NCRP Publications) 1984.
 [6] Nero A. V. Airborne radionuclides and radiation in building; a review. Health Phys 1983, 45: 303.
 [7] Hildingson O. Radon measurements in 12000 Swedish homes. Environ. int. 1982 8: 67.
 [8] Matthews, R. Radon; Cornwall's invisible hazard. New Scientist, 1985, 26: 19.
 [9] UNSCEAR 1977 Report. Sources and effects of ionizing radiation. New York; UN 1977.
 [10] 中国卫生年鉴编辑委员会. 中国卫生年鉴 1996. 北京: 人民卫生出版社, 1996.
 [11] Tenkanen L. The joint effects of smoking and other determinants in lung cancer risk. Tampere; University of Tampere; Acta Universitatis Tamperensis ser. A vol. 379; 1993.
 [12] James A. C. Lung dosimetry. In: Nazaroff. W. W; Nero A. V, eds. Radon and its decay products in indoor air. New York; John Wiley Sons; 1988; 259—309.
 [13] Walsh P. J. Radiation dose to the respiratory tract of uranium miners—A review of the Literature. Environ. Res. 1970 3: 14.

收稿日期: 1998—04—08 修回日期: 1998—10—28