

# 矿泉水中总 $\alpha$ 总 $\beta$ 和 $^{226}\text{Ra}$ 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”<sup>[1]</sup>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  $\alpha$ 、总  $\beta$  和  $^{226}\text{Ra}$  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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  适量, 蒸干至白烟冒尽为止。将蒸发皿放入马弗炉中, 在 350℃ 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  $\alpha$ 、总  $\beta$  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<sup>[2]</sup>, 仪器采用 FJ-2603 弱放射性测量装置。 $^{226}\text{Ra}$  的测量采用《水中镭的分析测定》规定方法进行<sup>[3]</sup>, 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  $\alpha$ , 102 份测总  $\beta$ , 111 份测  $^{226}\text{Ra}$  含量。结果见表 1。

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

n	总 $\alpha$		n	总 $\beta$		n	$^{226}\text{Ra}$	
	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  $\alpha$  波动在 1~766  $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$  之间, 总  $\beta$  波动在 1~500  $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$  之间, 变化范围较大, 最大值与最小值相比, 总  $\alpha$  可达 766 倍, 总  $\beta$  可达 500 倍, 结果与我省 1993 年前所查的情况<sup>[4]</sup> 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  $\alpha$ 、总  $\beta$  活度<sup>[5]</sup> 范围稍低, 而  $^{226}\text{Ra}$  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  $\alpha$ 、总  $\beta$  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  $\alpha$  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  $\beta$  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  $\alpha$  为 3820  $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ , 总  $\beta$  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  $\beta$  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 $^{226}\text{Ra}$ 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  $^{226}\text{Ra}$  含量均低于标准限值, 而且 98% 以上的样品  $^{226}\text{Ra}$  含量均低于此限值的十分之一, 与安徽省矿泉水  $^{226}\text{Ra}$  含量<sup>[6]</sup> 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 ( $\text{Sv/Bq}$ ), 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<sup>226</sup>Ra 所致内照射剂量见表 2。

表 2 矿泉水中<sup>226</sup>Ra 所致居民剂量

n	活度 (× 10 <sup>-2</sup> BqL <sup>-1</sup> )	日摄入量 (× 10 <sup>-2</sup> BqL <sup>-1</sup> )	年摄入量 (Bq·a <sup>-1</sup> )	HE°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<sup>226</sup>Ra 对居民所致人均年有效剂量为 2. 57μSv, 最高为 30. 54μSv, 最低为 0. 76μSv。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<sup>-1</sup>, 总 β 为 443mBqL<sup>-1</sup>, <sup>226</sup>Ra 为 316mBqL<sup>-1</sup>。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. 6μSv。此矿泉水中总 α、总 β 和<sup>226</sup>Ra 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

合的氡子体在释放辐射剂量时效应很小<sup>[12]</sup>, 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<sup>[13]</sup>。

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. 2~2. 7)×10<sup>-4</sup>/WLM。对非吸烟者估算的危险系数将是 (0. 6~1. 3)×10<sup>-4</sup>/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. 72~1. 62)×10<sup>-4</sup>/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<sup>-6</sup>, 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<sup>-3</sup>, 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 Ruostenoja, 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