

辽宁城镇居民饮用水总放射性水平调查

马俊杰 李 漆 吴洪竹 陈 虹

(辽宁省劳动卫生研究所, 沈阳 110005)

摘要 报道 1990—1994 年间对辽宁省 50 个自来水公司及 40 个厂矿自备水样品总 α 、总 β 放射性的调查结果。其总 α 范围分别在 0.9×10^{-2} — 16.3×10^{-2} 、 0.3×10^{-2} — 21.6×10^{-2} $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 均值分别为 0.046、0.065 $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标率分别为 8%、15%。总 β 范围在 0.08—1.07 $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标样品很少。研究表明, 天然放射性核素是饮水中总 α 的主要贡献者, 其中尤以天然铀贡献为最大, 约占总 α 的 43%。

关键词 放射性, 饮用水, 辽宁省, 调查。

为了保障公众的健康, 我国在 1986 年修订颁布的生活饮用水卫生标准中增加了总放射性指标^[1]。但绝大多数自来水公司、厂矿自备水厂无检测能力, 自 1990 年起笔者承担了全省城镇居民饮用水总放射性水平调查任务。通过调查基本摸清了全省城镇居民饮用水的总放射性水平及其变化, 实验研究了主要天然放射性核素(U、²²⁶Ra、²³²Th)对饮水中总 α 的贡献及总 β 放射性及饮水中溶解性总固体灰量间的关系。

1 材料与方法

1.1 布点和采样

共设城镇自来水公司采样点 50 个, 厂矿自备水厂采样点 40 个, 分布在全省各地, 其采样点数约占城镇自来水公司、厂矿自备水厂的 90%、50%。采样前, 向清洗干净的 5L 塑料桶内加入 10 ml 2 mol 硝酸, 于同日分别采集水源

水、出厂水和末梢水。取样分析前, 水样净置 24 h, 若有悬浊物, 过滤清除。

1.2 分析方法

总 α 测定采用薄层法^[2], 其主要技术指标优于标准检验法, 以天然铀源为标准源。取样量为 1 L 时, 方法检测限为 8×10^{-3} $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$; 总 β 检测采用蒸发法, 取样量为 2 L, 蒸干、炭化、450℃ 灰化, 称灰重、铺样, 以氯化钾为标准源测量 β 放射性, 计数时间在 1 h 左右, 控制测量误差在 30% 以内; U 分析采用 TOPO 萃取, 荧光测定法; ²²⁶Ra 分析用射气法; ²³²Th 分析用离子交换, 分光光度测定法。

2 结果与讨论

2.1 饮用水的总 α 、总 β 放射性水平

对各单位的水源水、出厂水和末梢水的检测结果表明, 同一单位的 3 个水样的总放射性

表 1 辽宁城镇居民饮用水的总 α 、总 β 活度

采样时间	总 α ($\times 10^{-2}$ $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$)				总 β ($\times 10^{-1}$ $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$)			
	城 镇 自 来 水		厂 矿 自 备 水		城 镇 自 来 水		厂 矿 自 备 水	
	范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值
1990	1.5—12.6(34) ¹⁾	4.4	1.2—21.6(3) ¹⁾	12.3	0.8—3.1	1.5	1.7—4.2	2.6
1991	0.9—10.9(25)	4.3	0.9—8.0(10)	4.4	1.6—3.8	2.7	1.7—4.1	2.5
1992	1.3—11.1(26)	4.9	0.8—6.8(10)	4.1	1.0—4.1	2.3	1.5—4.8	2.5
1993	1.0—15.4(22)	4.5	1.2—16.2(16)	6.7	0.9—3.3	1.4	0.8—3.8	2.0
1994	0.7—16.3(20)	5.0	0.3—11.4(21)	5.2	0.9—10.7	1.8	0.9—3.0	2.0
总计	0.7—16.3(127)	4.6	0.3—21.6(59)	6.5	0.8—10.7	1.9	0.8—4.8	2.3

1) 括弧内的数据为采样点数, 总 β 同总 α

活度没有显著性差异, 取其均值进行统计, 对 90 个饮用水生产单位水样进行的 186 批次的总放射性活度检测结果列入表 1。由表 1 知, 城镇自来水和厂矿自备水的总 α 活度范围分别在 $0.9 \times 10^{-2} - 16.3 \times 10^{-2}$ 、 $0.3 \times 10^{-2} - 21.6 \times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 其均值分别为 0.046、 $0.065 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 后者显著高于前者。在 50 个城镇自来水和 40 个厂矿自备水中, 总 α 超标者分别为 4 个和 6 个, 超标率分别为 8%、15%。统计结果表明, 城镇自来水和厂矿自备水的总 β 放射性水平无显著性差异, 其含量均值约在 $0.21 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标者很少。

2.2 U、²²⁶Ra、²³²Th 对总 α 的贡献

为了探讨总 α 的超标原因, 在进行饮水总 α 测定的同时, 做了 40 个饮水样品中 U、²²⁶Ra、²³²Th 含量的测定。结果表明 U、²²⁶Ra、²³²Th 之和与总 α 的比值范围在 0.43 - 0.78, 均值为 0.63, 其中尤以天然铀的贡献为最大, 其 α 放射性约占总 α 的 43%^[3]。凡总 α 超标的饮用水水源均为地下水, 因其地下岩层中伴生有较多的天然放射性核素而导致超标。

2.3 总 β 与饮水中溶解性总固体灰量间的关系

对 50 个饮水样品的检测结果见表 2。可见, 水样中溶解性总固体灰量在 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下者占总体的 92%, 此时总 β 值在 $0.2 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右。随着灰量的增加, 总 β 亦有增加的趋势。总灰量 $> 1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 者只有 1 个, 其值为 $1.79 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 该水样的总 β 放射性活度为 $1.07 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 该灰样的 β 放射性比活度为 $0.6 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ 灰, 与其它大多数灰样的比活度相近, 只是由

于其总灰量太大才导致了轻微超标。由此可推知, 饮水中溶解性总固体的检测结果不超过 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 其总 β 值一般不会超标。这样, 便可以用饮水中溶解性总固体量来初步估计该水样的总 β 放射性活度。

表 2 饮水中溶解性总固体灰量及总 β 值

溶解性总 固体灰量 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	样品数	总 β ($\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$)	
		范 围	均 值
<0.3	36	0.07-0.27	0.15
0.3-0.5	10	0.09-0.31	0.20
>0.5-1.0	3	0.20-0.47	0.33
>1.0	1	0.75-1.39	1.07

2.4 饮用水总放射性水平的动态变化

1990-1994 年, 对地处辽南、辽西、辽中 6 个采样点水样的总放射性进行了连续 5 年的检测, 结果列入表 3。可见一些采样点水样总 α 、总 β 值变化较大, 其最大值是最小值的 3 倍。如瓦房店自来水, 1990 年总 α 、总 β 值分别为 6.0×10^{-2} 、 $0.8 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 而 1991 年的检测值则分别为 2.5×10^{-2} 、 $2.6 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ 。饮用水中总放射性水平的变化与各年的降水量、水文地质等多种因素有关。5 a 的动态观察结果表明, 在水源没有受到人工放射性核素污染的情况下, 各年间总放射性活度的变化亦是较大的。一年的检测结果只能代表当年某个时期的水平, 一年饮水总放射性不超标, 不意味着永远没问题。如 1990 年某县自来水总 α 值为 $0.09 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 不超标, 而 1994 年的检测值则为 $0.16 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$, 不但超标, 且超标较多。这

表 3 1990-1994 年城镇自来水的总放射性活度

采样地点	总 α ($\times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$)					总 β ($\times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$)				
	1990	1991	1992	1993	1994	1990	1991	1992	1993	1994
瓦房店	6.0	2.5	3.0	1.7	2.0	0.8	2.6	1.4	1.1	1.6
新 金	1.5	1.8	2.2	1.0	0.7	0.8	1.7	2.2	1.8	0.7
建 平	8.1	6.1	7.2	5.9	6.1	0.9	3.0	1.4	1.2	1.2
凌 源	4.9	1.8	2.8	2.5	2.2	0.8	3.0	1.5	1.1	1.1
沈 阳	2.2	3.8	6.6	3.4	4.7	2.5	3.8	2.1	2.7	1.8
北 票	7.6	5.6	5.0	4.8	6.9	1.5	2.0	3.0	1.5	1.7
$\bar{x} \pm S$	5.0 ± 2.7	3.6 ± 1.9	4.5 ± 2.1	3.2 ± 1.9	3.8 ± 2.5	1.2 ± 0.7	2.7 ± 0.8	1.9 ± 0.6	1.6 ± 0.6	1.4 ± 0.4

表3 各生态类型区的期望值和恢复能力¹⁾

生态类型区	现状值			期望值			生态恢复力
	S_{ra}	R_{pa}	Q_{ra}	S_{rb}	R_{pb}	Q_{rb}	
干旱荒漠区	0.5	0	0.6	0.1	0	0.4*	1.8
荒漠绿洲区	6.3	6×10^5	1.41	6.0	4.5×10^5	1.2	2.55
干草原区	40	1.95×10^5	3.30	30	1.5×10^5	2.0	2.12
黄土高原区	20	1.68×10^5	1.33	10	1.0×10^5	0.65	1.58
森林草原区	34	0	2.50	20	0	1.50	2.18
河谷平原区	30	6×10^5	1.20	20	5×10^5	0.90	2.24
黄土台源区	27	6×10^5	1.10	20	5×10^5	0.88	2.37

1) 表中符号含义和单位与文中相同

(3) 提高工程施工效率, 缩短施工时间, 采取埋管道边分层覆土的措施, 以保持耕作层肥力, 减少裸地和减少管沟暴露时间, 缩短农业生产季节的损失。

(4) 因地制宜地选择施工季节, 尽量避开农作物生长和收获期, 减少农业当季损失。同时还要注意自然灾害的多发期, 以利于工程的进行。

(5) 管道施工中要采取保护土壤的措施, 对于农业熟化土壤要分层开挖, 分别埋放, 分层复原的方法, 减少因施工生土上翻耕层养分损失农作物减产的后果, 同时要避免间断覆土所造成的土层不坚实形成水土流失等问题。

(6) 在施工中尽量减少对木树林地的砍伐, 要安排好施工队伍的能源燃料供应, 避免从当地植被中获取能源。施工后根据不同地区特点采取植被恢复措施, 种植速生树木和耐瘠薄的先锋灌木草本植物, 在农地可种植绿肥作物, 加速农业土壤肥力的恢复。

(7) 管道工程要处理好与农田水利工程的关系, 尽可能减少对灌排渠道的破坏, 还要使农田机械化耕种不受管道工程的影响, 在管道经过坡地时要增设护坡堤, 防止填土的坍塌所造成的滑坡、泥石流等, 并结合修筑梯田, 植树种草种绿肥, 加速生态环境的恢复。

致射 参加本工作的还有王景华和王维中等同志, 一并感谢。

参考文献

- 1 Lvantsov O M. 张力波译. 北方地区长输管线施工和运行中的环境保护问题. 北京: 石油工业出版社, 1989: 201
 - 2 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理总论. 北京: 科学出版社, 1985: 249
 - 3 Rees C P. Environmental impact assessment pipeling. pipes & pipelines international, 1980: 15-21
 - 4 穆从如. 油田开发环境影响评价文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 42
 - 5 王景华等. 区域环境与影响评价. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 208
 - 6 穆从如. 自然资源合理利用与保护. 北京: 中国环境科学出版社, 1993: 59
- (上接第 68 页)一事实表明, 为保证居民生活饮水用的放射卫生质量, 坚持进行水质放射性检测是十分必要的。
- 85: 2
- 2 马俊杰等. 生活饮用水中总 α 的快速测定. 中华放射医学与防护杂志. 1993, 13(3): 91
 - 3 马俊杰, 吴洪竹. 水样中 U、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 与总 α 比值的测定及其在饮用水总 α 检测中的应用. 中华预防医学杂志. 1992, 26(4): 248

参考文献

- 1 中华人民共和国国家标准. 生活饮用水卫生标准 GB5749-

anionic surfactants in water and wastewater were determined at pH = 7.5 with azophloxine two-phase titration. The results of determination of anionic surfactants such as sulfates, sulfonates, benzenesulfonates, soap and phosphates etc, with azophloxine titration and methylene blue photometry, respectively, were compared and the interference tests and actual samples analysis were performed. All results show that the azophloxine titration was superior to the methylene blue photometry. The coefficient of variation was 1.0% ($n = 11$); minimum detectable concentration, 0.052 mg/L ($n = 21$); recovery of standard addition, 92.1%—110.2% on average 100.6% ($n = 14$). It was suggested that the concentration of anionic surfactants in water should be expressed in molar concentration or PSAA, instead of mg/L.

Key words: azophloxine, two-phase titration, anionic surfactants, wastewater.

Determination of Aniline in Polluted Water by Tridimensional Fluorescent Spectrometry. Wang Lun et al. (Dept. of Chemistry, Anhui Normal Univ., Wuhu 241000); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 63—64

The diagram of the tridimensional fluorescent spectrum (TDFS) of aniline was given by using an authors-developed program SIMS (surface image maker system) on a computer. The characteristic peak of aniline was defined. A new method for the determination of aniline by TDFS was suggested. When the concentration was in the range of 2.0×10^{-7} — 5.6×10^{-6} mol/L, a fine linear relationship between aniline concentration and relative fluorescence intensity was shown. The R. D. S. was 2.5%. The detection limit was 1.0×10^{-7} mol/L. With the method, aniline in polluted water from industry was determined satisfactorily.

Key words: aniline, fluorescence, polluted water.

Passive Integrating Measurement of Indoor and Outdoor Radon Concentrations. Zhai Pengji (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 65—66

Both indoor and outdoor ^{222}Rn concentrations of an office building in Zhongguancun, Beijing, were determined by using a CR-39 detector and passive integrating radon monitor in different seasons of spring, summer, autumn and winter, with a total sampling time of 2—6 months. The

results show that the radon level found in the basement was higher than that in the office rooms above the basement and the indoor radon levels were higher than the outdoor radon levels. The error sources, including the effects of CR-39 random scanning and reading ways on the results of determination, were also discussed. It was found that, except in some individual cases, the extent of influence caused by different scanning ways was within the range of statistical variation.

Key words: radon, concentration, α tracks, CR-39 detector.

Total Radioactivity in Drinking Water for the Residents Living in Cities and Towns in Liaoning Province. Ma Junjie et al. (Liaoning Provincial Institute of Labour Hygiene, Shenyang 110005);

Chin. J. Environ. Sci., **16**(2), 1995, pp. 67—68

The detection of total α and β radioactivities in the water samples collected from 50 waterworks companies and 40 self-supported water supply systems for factories or mines in the Liaoning Province was carried out in 1990 to 1994 and the results were reported. It was found that the total α radioactivity was in the ranges of 0.9×10^{-2} — 16.3×10^{-2} and 0.3×10^{-2} — 21.6×10^{-2} Bq \cdot L $^{-1}$, with the averages of 0.046 and 0.065 Bq \cdot L $^{-1}$ which were 8% and 15% over the national standards, respectively in the above two corresponding cases. The total β radioactivity was found in the range of 0.08—1.07 Bq \cdot L $^{-1}$, with less water samples which were exceeding the national standards. The results show that the natural radioactive nuclides were the major contributors to the total α radioactivity in the drinking water and the natural uranium compounds made the largest contribution by about 43% of the total α radioactivity.

Key words: uranium, α radioactivity, β radioactivity, drinking water, Liaoning Province.

Investigation on the Organic Pollutants in Suspended Solid Particles and Sediments in the Great Canal. Chen Jianlin et al. (Dept. of Environ. Sci. and Eng., Nanjing Univ., Nanjing 210093);

Chin. J. Environ. Sci., **16**(2), 1995, pp. 69—72

A simple and effective pretreatment procedure was developed to generally analyze the organic pollutants in suspended solid particles and sediment in the Great Canal (Changzhou part) by using a GC/MS/DS system and a method of retention time index. The results show there were relatively high concentrations of carcinogens and