

CN9000648

CNIC-00285

LIHMPH-0003

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

我国饮水中天然放射性核素水平及评价

ASSESSMENT AND THE LEVELS OF
RADIOACTIVITY OF NATURAL
RADIONUCLIDES IN DRINKING
WATERS IN CHINA

(In Chinese)



原子能出版社

中國核情報中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00285

LIHMPH-0003

我国饮水中天然放射性核素水平及评价

**ASSESSMENT AND THE LEVELS OF
RADIOACTIVITY OF NATURAL
RADIONUCLIDES IN DRINKING
WATERS IN CHINA**

(In Chinese)

刘 玉 兰

(卫生部工业卫生研究所, 北京)

中国核情报中心

原子能出版社

北京 · 1989.3

摘 要

对我国28个省(除台湾省、海南省和贵州省外)、直辖市和自治区饮水中天然放射性核素含量水平进行了调查。给出了我国饮水中U、Th、 ^{226}Ra 和 ^{40}K 的含量水平、分布特点和地区性差异,并对居民受照剂量进行了估算。本调查共采集饮水样品1650个,其中自来水样为581个,井水样为670个,其余为其他水源水样。采用当前国内较先进的分析方法对上述水样的各核素进行分析测定。其结果U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的平均含量分别为 3.2×10^{-2} 、 0.1×10^{-2} 、 1.2×10^{-2} 和 $25.6 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ 。其分布特点是 $^{40}\text{K} > \text{U} > ^{226}\text{Ra} > \text{Th}$ 。地区性差异显示出东南沿海各省区放射性水平低于内地各省的放射性水平。饮水中上述四种核素的平均含量均接近UNSCEAR 1986年报告的世界各国平均值水平。属正常本底范围。内剂量估算结果表明,我国居民经饮水摄入天然放射性核素所致内照射剂量低于UNSCEAR 1986年报告的UNSCEAR估算值,而接近ICRP估计值。

关键词 饮用水 天然放射性核素 摄入量 内照射剂量

ASSESSMENT AND THE LEVELS OF RADIOACTIVITY OF NATURAL RADIONUCLIDES IN DRINKING WATERS IN CHINA

Liu Yulan

**(Laboratory of Industrial Hygiene, Ministry
of Public Health, Beijing)**

ABSTRACT

In order to assess the levels of radioactivity of natural radionuclides in drinking waters and to estimate the internal doses of the population of China from ingestion, 1650 samples of waters were collected from normal radiation background areas of 28 provinces or autonomous regions of China. Radioactivity levels of U, Th, ^{226}Ra and ^{40}K in drinking waters were determined. The levels and the characteristics of distribution of 4 radionuclides are given. The results show that radioactivity levels in the southeast China are lower than in the north and northwest China. The average radioactivity levels of the 4 radionuclides in China are concurrent with the average levels given in UNSCEAR 1986 report. And the results of estimation of internal doses from ingestion in the population of China is below the corresponding results given in UNSCEAR 1986 report, but near the results given by ICRP.

世界上许多国家都重视天然环境电离辐射水平的研究,不少国家已积累了大量关于环境天然本底辐射的资料及卫生评价的研究成果,特别是联合国原子辐射影响科学委员会(UNSCEAR)历届报告中系统地归纳和总结了各国在本学科领域的研究成果。五十年代末我国卫生部系统就开始进行环境放射性天然本底的研究。为了掌握我国各地区环境水及饮水中天然放射性水平及对居民所致内照射剂量,1981年卫生部组织全国范围的调查研究,获得了我国饮水中天然放射性核素水平、地区性差异及居民内照射剂量的数据,提供了我国重要背景技术资料,从而填补了我国饮水中天然放射性水平这项研究的空白。它有利于我国原子能事业的发展,对保证我国居民健康也有重要意义。

一、调查内容和方法

内照射剂量调查以生物圈为主要环节,选择对人体剂量贡献较大的核素为调查对象,选择的核素有U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 。重点是饮用水。

以各省、直辖市、自治区为样本,根据统计学要求和以往的监测经验,结合本地区地理特点,人口密度及交通状况等自然条件,确定合理的样本容量,选择有代表性地区均匀分布采点的位置。

为确保这次调查的质量,我们制定了方案,确定统一的选点原则,样品采集和处理方法;推荐统一的分析方法和操作程序;进行测量仪器的校准和分析方法比对等。取当地居民经常饮用的井水,自来水和湖泊、水库水等进行采样。每个采样点取三个平行样求其均值作为该点含量水平。测定结果经统计学检验,若呈正态分布,取算术均值及标准差;若呈对数正态分布,则取几何均值及标准差。如果低于探测下限值,取探测下限 $1/2$ 参加均值计算^[1]。经Grubbs检验被剔除的值,不参加均值计算,分析方法见表1。

表1 我国饮用水中天然放射性核素分析方法

核素	分 析 方 法	测 量 仪 器	探 测 下 限
U	TOPO萃取-固体荧光测定	WYG-1A型固体荧光计	$0.01 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$
Th	氢氧化铁共沉淀, N-235萃取, 分光光度法测定	721型分光光度计	$0.07 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$
^{226}Ra	硫酸盐共沉淀, EDTA络合, 铅气法	FD-125氡仪 FH-408定标器	$5.0 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$
^{40}K	四苯硼酸钠重量法	分析天平	$0.3 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$

二、结果讨论

对我国28个省、市居民主要饮用的自来水,井水,湖、库水及矿泉水等,共采集1650个样品(见图1),其中自来水为581个,井水为670个,湖库水为285个,矿泉水为114个。对上述4种核素进行了分析测定。测量结果经统计学检验,大部分呈正态分布,因此取算术均值及

标准差，只有自来水和井水中U呈对数正态分布，这时取几何均值及标准差。（见图2,3）。



图1 我国饮水采点分布图

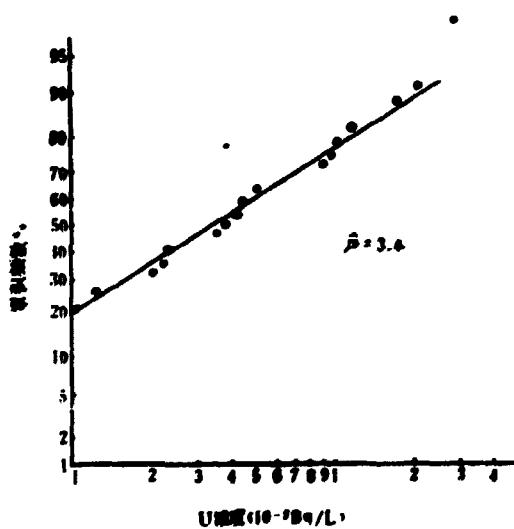


图2 井水中U浓度分布

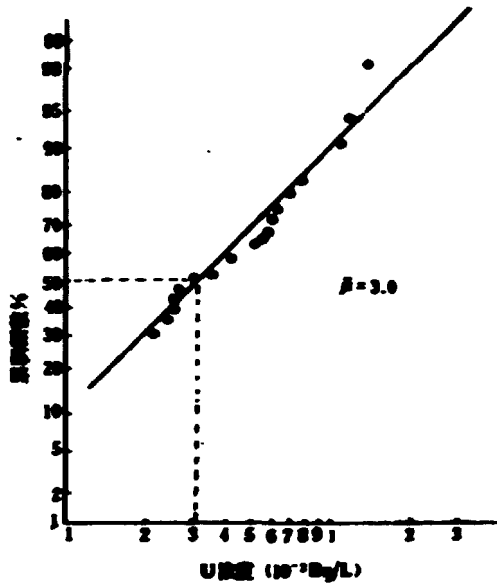


图3 自来水中U含量分布

(一) 饮水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 的含量水平及分布

1. 自来水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量

自来水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量见表2。铀含量平均为 $2.2 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 范围在 $(0.3 \sim 13.0) \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 最高值出现在内蒙古自治区, 最低值出现在福建和广东两省。钍含量平均为 $0.1 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 最高值为 $1.5 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 出现在河南省; 最低均值为 $0.01 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 出现在北京市。 ^{226}Ra 平均含量为 $0.8 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 最高均值为 $2.4 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 出现在河南省; 最低值为 $0.1 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 在江西和辽宁省。 ^{40}K 含量为 $14.9 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 它在四种核素中居最高, 总的分布特点为 $^{40}\text{K} > \text{U} > ^{226}\text{Ra} > \text{Th}$ 。

2. 井水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量

井水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量见表3。井水中U平均含量为 $3.7 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 与自来水相近。范围在 $(0.4 \sim 28.6) \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 最高均值在甘肃省, 最低值在福建省。此外, 井水中U有异常高值: 内蒙古自治区的东乌旗井水为 $130.0 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 达茂旗为 $130.0 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 黑龙江省兰西穆新6号村井水为 $381.0 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 这些高值均未参加全国均值计算, Th含量为 $0.06 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 低于自来水。 ^{226}Ra 含量为 $0.9 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 与自来水相近。最高均值为 $4.3 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 出现在吉林省, 最低值为 $0.01 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 出现在四川省。 ^{40}K 含量为 $32.9 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 它在四种核素中居首。其分布特点 $^{40}\text{K} > \text{U} > ^{226}\text{Ra} > \text{Th}$ 。

3. 湖水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量

我国湖库水中U, Th, ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量见表4。U含量为 $3.8 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 范围在 $(0.2 \sim 12.4) \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 最高值在陕西省, 最低值在福建和江西省。Th含量为 $0.1 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 稍高于井水而接近自来水的含量。 ^{226}Ra 平均含量为 $0.7 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 与自来水和井水相近。 ^{40}K 平均含量为 $31.4 \times 10^{-2} \text{ Bq/L}$, 接近井水而高于自来水。

表2 我国自来水中U、Th、²²⁶Ra和⁴⁰K含量 ($\times 10^{-2}$ Bq·L⁻¹)

地 区	U		Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K	
	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$
北京市	30	10.8	30	0.01	30	1.4	30	12.0
天津市	1	2.6	1	0.04	1	0.1		
河北省	10	8.6±7.1	10	0.02±0.01	10	0.2±0.1	28	3.0±1.0
山西省	6	7.3±5.2	6	0.02±0.02	6	0.3±0.1	7	7.6±3.2
内蒙古自治区	20	13.0±6.0	19	0.05±0.10	51	1.0±0.6	10	11.5±3.0
辽宁省	61	0.8±1.0	22	0.00±0.02	63	0.1±0.1	63	8.0±2.0
吉林省	14	0.8±1.4	14	0.07±0.04	14	2.2±1.9	14	78.0±20.0
黑龙江省	90	5.5±16.1	87	0.02±0.02	77	1.3±0.1	37	5.0±8.0
上海市	10	4.2±1.4	10	0.31±0.14	10	2.3±1.2		
江苏省	11	2.5±1.0	11	0.03±0.10	11	0.3±0.1	11	5.0±2.0
浙江省	13	0.5±0.2	13	0.02±0.04	13	0.8±0.2	13	6.1±2.0
安徽省	7	3.1±0.9	7	0.03±0.01	7	0.2±0.1	7	20.0±7.0
福建省	6	0.3±0.1	6	0.11±0.03	6	0.2±0.1	6	5.2±1.0
江西省	9	0.7±0.2	5	0.02±0.01	11	0.1±0.1		
山东省	2	7.0±6.1	2	0.01±0.01	3	0.3±0.1	3	6.0±4.0
河南省	7	5.9±2.0	5	1.50±0.80	7	2.4±1.5		
湖北省	18	0.4±0.1	20	0.02±0.01	20	0.4±0.2	18	5.5±8.4
湖南省	9	2.1±0.7	9	0.02±0.01	9	0.5±0.1	9	4.0±1.0
广东省	12	0.3±0.3	11	0.03±0.02	13	1.9±0.5	13	8.0±2.0
广西壮族自治区	10	1.0±0.8	10	0.04±0.04	10	1.6±3.1	8	4.0±4.0
四川省	7	2.5±1.2	7	0.06±0.02	7	0.2±0.1	7	19.0±12.0
云南省	16	3.5±1.7	5	0.14±0.02	16	0.2±0.1		
西藏自治区	1	2.4	1	0.10	1	0.2	1	420.0
陕西省	18	11.0±8.5	19	0.04±0.04	19	0.4±0.4	19	5.2±3.0
甘肃省	12	8.0±1.0	12	0.02±0.01	12	0.4±0.2	12	93.0±30.0
青海省	22	5.1±3.7	22	0.10±0.40	22	1.6±1.0	15	9.0±5.0
宁夏回族自治区	10	12.5±11.7	9	0.2±0.10	10	0.8±0.3	10	9.0±6.0
新疆维吾尔自治区	148	10.1±11.0			145	0.3±2.9		
总 平 均	581	2.8±3.2	373	0.11±0.20	594	0.8±1.0	331	14.9±15.4

4. 饮水中U、Th、²²⁶Ra和⁴⁰K的水平分布

我国饮水中U、Th、²²⁶Ra和⁴⁰K含量见表6。

U含量分布, 饮水中平均含量为 3.2×10^{-2} Bq/L, 范围在 $(0.3 \sim 14.4) \times 10^{-2}$ Bq/L, 最高值在甘肃省, 最低值在福建省。均值接近美国家庭用水中U平均浓度值 $(0.01 \sim 5.0 \times$

10^{-2}Bq/L), 日本为 $2.5 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$, 法国为 $1.2 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$, 西德为 $2.4 \times 10^{-2}\text{Bq/L}^{[2]}$ 。也接近加拿大淡水中U含量 $2.5 \times 10^{-2}\text{Bq/L}^{[3]}$ 。U含量分布见图4。

表3 我国井水中U、Th、 ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量 ($\times 10^{-2}\text{Bq/L}^{-1}$)

地 区	U		Th		^{226}Ra		^{40}K	
	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$
河北省	18	10.2±2.8	18	0.02±0.01	18	0.2±0.1	17	5.0±2.0
山西省	14	9.3±5.1	14	0.04±0.30	14	0.4±0.1	14	5.6±4.4
内蒙古自治区	55	11.5±5.8	13	0.06±0.01	63	0.7±0.4	10	19.0±4.6
辽宁省	39	1.2±0.3	14	0.08±0.03	39	0.3±0.1	30	9.3±7.2
吉林省	11	3.7±4.2	11	0.05±0.10	11	4.3±2.0	11	77.0±45.0
黑龙江省	57	4.2±9.4	55	0.02±0.01	49	1.2±0.1	26	4.0±2.0
江苏省	11	3.8±0.8	11	0.03±0.01	11	0.3±0.1	11	26.1±2.0
安徽省	8	4.2±1.3	8	0.03±0.05	8	0.3±0.1	8	80.0±45.9
福建省	84	0.4±0.1	84	0.06±0.01	84	1.4±0.2	84	30.0±35.0
江西省	8	0.8±0.3	6	0.06±0.01	10	0.2±0.1		
山东省	4	9.7±6.7	4	0.02±0.02	4	0.1±0.1	4	63.9±65.0
河南省	27	2.2±3.1	15	0.50±1.20	21	1.6±1.4		
湖南省	5	2.3±2.1	5	0.02±0.01	3	0.5±0.2	4	4.0±2.0
广东省	6	0.7±0.2	6	0.06±0.02	6	2.6±1.5		
广西壮族自治区	16	0.8±0.6	16	0.05±0.07	11	1.6±2.0	8	27.0±4.0
四川省	1	1.0	1	0.04	1	0.01	1	91.0
云南省	5	4.6±2.5	3	0.13±0.05	6	0.6±0.5		
陕西省	19	18.9±0.1	19	0.04±0.01	19	0.3±0.1	10	18.0±25.0
甘肃省	15	28.6±28.0	15	0.03±0.05	15	0.4±0.2	15	88.0±20.0
青海省	10	2.3±1.6	10	0.02±0.50	10	1.1±0.1	10	5.0±3.0
宁夏回族自治区	9	19.2±12.0	10	0.03±0.01	10	0.6±0.2	9	9.0±6.0
新疆维吾尔自治区	143	12.4±1.6			140	0.3±0.4		
总平均	565	3.7±3.3	338	0.06±0.10	564	0.9±1.0	281	32.9±32.3

表4 我国湖、库水中U、Th、 ^{226}Ra 和 ^{40}K 含量 ($\times 10^{-2}\text{Bq/L}$)

地 区	U		Th		^{226}Ra		^{40}K	
	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$	n	$\bar{x} \pm \text{SD}$
天津市	3	3.3±0.5	3	0.01±0.01	3	0.2±0.1		
河北省	3	5.6±1.4	3	0.02±0.01	2	0.1±0.1		
山西省			1	0.07	1	0.01	1	0.1
内蒙古自治区	1	1.1			1	0.4±0.2		

表4

地 区	U		Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K	
	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$
辽 宁 省	2	0.8±0.1	2	0.2±0.1	2	0.2±0.1	2	11.8±5.1
吉 林 省	4	3.4±1.9	4	0.1±0.1	4	0.0±1.8	4	92.0±49.0
上 海 市	10	5.3±1.4	10	0.4±0.1	10	0.1±0.02		
浙 江 省	13	0.8±0.4	12	0.02±0.01	13	0.6±0.2	12	6.0±3.0
安 徽 省	1	1.1	2	0.01±0.01	1	0.3	1	6.3
福 建 省	4	0.2±0.1	4	0.04±0.05	4	0.2±0.1	4	5.6±4.0
江 西 省	2	0.2±0.1	2	0.01±0.01	2	0.1±0.2		
山 东 省	6	4.7±2.0	6	0.5±0.01	6	0.2±0.1	6	3.0±1.5
河 南 省	2	0.7±0.2	1	0.8	2	0.2±0.1		
湖 南 省	10	2.2±1.2	7	0.02±0.01	9	0.4±0.2	9	4.0±1.1
四 川 省	1	2.7	1	0.06				
云 南 省	3	5.0±1.3	3	0.2±0.1	3	0.02±0.2		
西 藏 自 治 区	1	6.6	1	0.02	1	0.3	1	73.0
陕 西 省	4	12.4±3.6	4	0.04±0.01	4	0.2±0.1	4	6.4±2.6
甘 肃 省	7	9.0±2.5	7	0.01±0.01	7	0.4±0.1	7	122.0±12.0
青 海 省	9	4.6±3.5	9	0.01±0.02	9	2.0±0.4	9	63.0±31.0
宁夏回族自治区	1	5.6	1	0.04	1	0.05	1	6.0
新疆维吾尔自治区	47	10.0±7.2			47	0.3		
总 平 均	134	3.8±3.1	83	0.1±0.2	86	0.7±1.6	61	31.4±30.7

表5 我国矿泉水中U、Th、²²⁶Ra和⁴⁰K含量(×10⁻²Bq/L)

地 区	U		Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K	
	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$
山 西 省	4	4.3±1.5	4	0.04±0.03	4	0.5±0.5	4	9.4±3.8
内 蒙 古 自 治 区	1	8.1±0.2			1	0.9	1	35.2
辽 宁 省	4	0.2±0.1	4	0.1±0.01	4	10.1±12.1	4	23.0±10.0
吉 林 省	2	0.5±0.3	4	0.01±0.01	4	1.7±0.1	4	26.0±2.0
上 海 市	4	3.6±0.6	4	0.3±0.01	4	2.0±0.2		
江 苏 省	3	2.2±1.0	3	0.04±0.01	3	19.1±1.5		
福 建 省	2	0.1±0.1	2	0.1±0.05	2	0.2±0.1	2	2.0±0.1
广 西 壮 族 自 治 区	7	0.7±0.6	7	0.05±0.03	7	1.6±2.4	7	27.0±4.0
四 川 省	1	1.1±0.4	1	0.05	1	0.3	1	29.9
陕 西 省	20	6.5±5.3	20	0.04±0.02	20	0.3±0.2	20	5.1±6.0
甘 肃 省	7	12.2±5.0	7	0.02±0.01	7	5.0±1.5	7	106.0±12.0
青 海 省	5	3.6±2.5	9	0.04±0.4	5	1.7±0.6	5	6.0±1.0
新疆维吾尔自治区	54	5.7±12.0			50	8.4±10.1		
安 徽 省			1	0.01			1	10.0
总 平 均	114	3.7±3.6	71	0.07±0.06	62	3.9±4.4	56	25.5±21.6

表6 饮用水中U、Th、²²⁶Ra和⁴⁰K含量 ($\times 10^{-3}$ Bq/L)

地 区	U		Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K	
	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$	n	$\bar{x} \pm SD$
北京市	1	10.8	1	0.01	1	1.4	1	12.0
天津市	4	2.9 \pm 1.3	4	0.03 \pm 0.01	4	0.1 \pm 0.1		
河北省	31	8.3 \pm 2.6	31	0.62 \pm 0.01	30	0.2 \pm 0.01	45	4.0 \pm 1.4
山西省	24	6.9 \pm 2.5	25	0.04 \pm 0.02	25	0.3 \pm 0.2	25	7.5 \pm 1.9
内蒙古自治区	77	8.4 \pm 5.2	32	0.06 \pm 0.01	116	0.8 \pm 0.2	21	21.8 \pm 12.0
辽宁省	106	0.8 \pm 0.4	42	0.12 \pm 0.06	108	2.7 \pm 4.0	90	13.0 \pm 6.8
吉林省	31	2.1 \pm 1.6	33	0.06 \pm 0.04	33	4.1 \pm 2.8	33	68.0 \pm 28.3
黑龙江省	147	4.9 \pm 0.9	142	0.02 \pm 0.01	126	1.4 \pm 0.1	63	4.5 \pm 0.7
上海市	24	4.4 \pm 0.5	24	0.3 \pm 0.06	24	1.5 \pm 1.1		
江苏省	25	2.8 \pm 0.8	25	0.03 \pm 0.01	25	6.5 \pm 9.8	22	15.5 \pm 14.0
浙江省	26	0.7 \pm 0.2	25	0.02 \pm 0.01	26	0.7 \pm 0.1	25	6.1 \pm 0.1
安徽省	16	2.8 \pm 1.5	17	0.02 \pm 0.01	16	0.3 \pm 0.1	17	35.4 \pm 31.2
福建省	97	0.3 \pm 0.1	97	0.06 \pm 0.03	97	0.5 \pm 0.5	97	10.7 \pm 11.9
江西省	19	0.6 \pm 0.3	13	0.02 \pm 0.01	23	0.1 \pm 0.1		
山东省	12	7.1 \pm 2.5	12	0.2 \pm 0.2	13	0.2 \pm 0.1	13	24.0 \pm 28.8
河南省	26	2.9 \pm 2.5	21	0.9 \pm 0.5	30	1.4 \pm 1.1		
湖北省	18	0.4 \pm 0.1	20	0.02 \pm 0.01	20	0.4 \pm 0.2	18	5.5 \pm 0.4
湖南省	24	9.0 \pm 10.0	21	0.2 \pm 0.2	21	0.8 \pm 0.6	24	4.0 \pm 2.5
广东省	18	0.5 \pm 0.3	17	0.05 \pm 0.02	19	2.3 \pm 0.4	13	8.0 \pm 2.0
广西壮族自治区	23	0.8 \pm 0.2	23	0.05 \pm 0.01	28	1.6 \pm 1.0	23	10.3 \pm 12.2
四川省	10	1.8 \pm 0.9	10	0.05 \pm 0.01	9	0.2 \pm 0.01	9	46.3 \pm 31.0
云南省	24	4.3 \pm 0.6	11	0.1 \pm 0.03	25	0.3 \pm 0.2		
西藏自治区	2	4.5 \pm 2.5	2	0.05 \pm 0.01	2	0.3 \pm 0.1	2	206.5 \pm 240.0
陕西省	61	12.2 \pm 3.6	62	0.04 \pm 0.01	62	9.3 \pm 0.1	62	8.6 \pm 6.1
甘肃省	41	14.4 \pm 0.6	41	0.02 \pm 0.01	41	1.6 \pm 2.1	41	102.7 \pm 15.4
青海省	46	3.0 \pm 1.2	50	0.04 \pm 0.04	46	1.6 \pm 0.4	30	27.8 \pm 28.0
宁夏回族自治区	20	12.4 \pm 6.8	20	0.00 \pm 0.1	21	0.5 \pm 0.4	20	8.0 \pm 1.7
新疆维吾尔自治区	302	9.5 \pm 10.2			326	2.3 \pm 3.0		
全国平均	1365	5.0 \pm 3.2	831	0.1 \pm 0.1	1327	1.2 \pm 1.3	712	28.6 \pm 53.2
波动范围		0.3-14.7		0.01-0.9		0.1-4.1		4.0-246.5

Th含量分布: 平均为 0.1×10^{-3} Bq/L, 最高值为0.9出现在河南省, 最低值为 0.01×10^{-3} Bq/L出现在北京市。

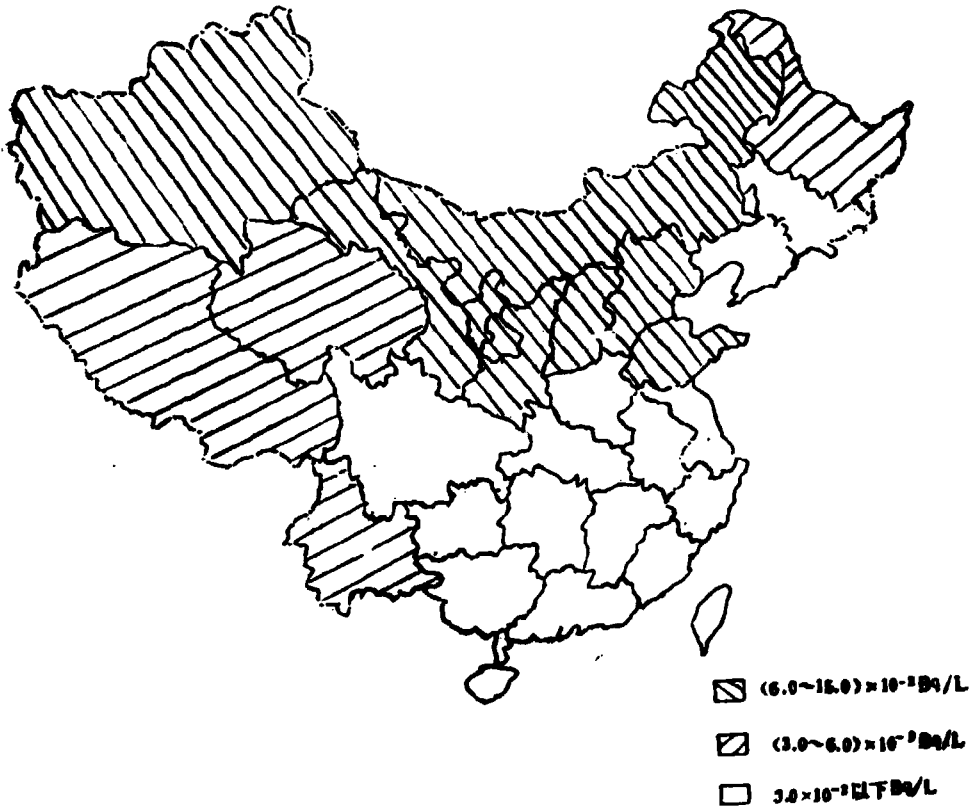


图4 我国饮水中U含量分布图

^{226}Ra 含量分布: 平均为 $1.2 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 最高值为 $6.5 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 出现在江苏省, 最低值为 $0.1 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 出现在江西省, 均值低于美国饮水中 ^{226}Ra 含量 $18.5 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 而接近地下水 ($0.4 \sim 1.9 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$)^[4]。矿泉水中 ^{226}Ra 平均含量为 $3.9 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ (见表5), 低于意大利矿泉水中 ^{226}Ra 最高值 $70.0 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ ^[3]。我国湖库水中 ^{226}Ra 含量为 $0.7 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 接近荷兰河水和湖水中的 ^{226}Ra ($0.15 \sim 0.56 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$)^[6]的水平。

^{40}K 含量分布: 饮水中 ^{40}K 平均含量为 $28.6 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 范围在 ($4.0 \sim 246.5$) $\times 10^{-2} \text{Bq/L}$, 最高值在西藏自治区, 最低值在湖南省和河北省。

饮水中总放射性分布显示出东南沿海各省如浙江、福建、广东、湖北、湖南和江苏等省的放射性水平低于内地各省如西藏、甘肃、四川、吉林等地区放射性水平。各核素的分布趋势为 $^{40}\text{K} > \text{U} > ^{226}\text{Ra} > \text{Th}$ 。饮水中各核素平均含量均接近UNSCEAR1986年报告的世界各国均值水平。

二、饮水中天然放射性核素所致居民内照射剂量的估算

为获得不同核素经饮水摄入体内的量所致居民内照射剂量, 根据ICRP建议值, 每人每天饮水2.2L以及文献[7]中有关核素的参数及推荐模式, 估算了我国成年人经饮水所致内照

射剂量 (见表7)。

表7 饮水中天然放射性年摄入量及年有效当量当量

核 素	平均浓度 ($\times 10^{-2} \text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$)	年摄入量 ($\text{Bq} \cdot \text{a}^{-1}$)	剂量当量 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$)	UNSCEAR 估算值 (μSv)	ICRP值 (μSv)
^{238}U	1.4	11.2	0.7	2.6	0.32
^{234}U	2.6	20.9	1.5	2.8	0.36
^{232}Th	0.1	0.8	0.6	2.7	1.5
^{226}Ra	1.2	9.6	2.9	7.3	4.7
总 计	5.7	15.4	6.88

• 水中 $^{234}\text{U} : ^{238}\text{U} = 1.9$ 。

由于钾在人体内接近平衡状态， ^{40}K 在体内的含量基本不变，因此本文未做重点估算，而采用国际公认的内剂量值 $180\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

U ， Th ， ^{226}Ra 估算结果如表7。我国成人从饮水中 U ， Th ， ^{226}Ra 所致内剂量分别为 ^{238}U ： $0.7\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ ， ^{234}U ：1.5，0.6，2.9，低于UNSCEAR1986年报告的UNSCEAR估算值，而 U 高于ICRP估算值， ^{232}Th 和 ^{226}Ra 低于ICRP估算值。因此我国居民由饮水摄入天然放射性所致内剂量之和与联合国的报告值相近。

本工作在朱昌寿教授指导下完成，特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Richar O.Gilbert and Robert R.Kinnison, Health Phys., 1981, 40 (3) : 377.
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1986 Report.
- [3] R C Cothorn, Lappenbusch W L. Health phys, 1983, 45 (1) : 89.
- [4] Hess C T. et al., Health phys, 1985, 48 (5) : 553.
- [5] Mastinu G G and Santaroni G P. Natural Radiation Environment III 1, 1978; 8:0.
- [6] M.DE BORTOLI and GAGLIONE, Health phys, 1972, 22 : 43
- [7] Annals of the ICRP 30 3 (1-4) 1979.

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



P.O. Box 2103

书号: 15175-00285

Beijing, China

China Nuclear Information Centre