

我国天然水中氡含量的分布特征

卫克勤 林瑞芬 王志祥 周秀云

(中国科学院贵阳地球化学研究所)

氡是氢的一种宇宙成因放射性同位素。宇宙射线和上层大气组分相互作用生成氡,主要的核反应是 $^{14}\text{N}(n, ^3\text{H})^{12}\text{C}$, $^{16}\text{O}(p, ^3\text{H})^{14}\text{O}$ 。氡的半衰期为 12.26 年,并经 β^- 反应,生成氦的稳定同位素 ^3He 。在大气圈上层生成的氡组成水分子后,与大气层水汽混合,参与天然水的循环。五十年代开始的热核试验是氡的另一重要来源。现在监测到的天然水中的氡,绝大部分是热核试验的产物。

天然水中氡的分布特征是一项基础研究工作,有广泛的实际应用,已成为国际范围协调的研究课题之一。近二十年来,已积累了大量资料,并查明了天然水中氡含量的全球分布特征^[1]。

本文发表我国 1978 年 5 月降水、地表水氡含量的 56 个数据,并据此探讨其地理分布特征。

一、水样的采集

降水样为 1978 年 5 月平均样,蒙各地气象台站用量雨计协助收集。河水及部分湖水样由作者取自江心及湖心表层。青海湖、博斯腾湖以及海水样则是请有关单位代为采集的。

二、分析方法

我们测定的大部分水样先经电解浓缩,水样初始体积为 500 毫升,终体积为 4—6 毫升。氡的分离因子 β 由在相同条件下电解已知浓度的氡水样求得。氡含量用液体闪烁计数测定,采用二氧六环和 Triton-X-100 乳状液两种闪烁体系。几个体积较小的水样制成苯测量。测量

表 1 几种计数体系的本底、效率及灵敏度

计数体系	水 直 接 计 数		苯 计 数
	二 氧 六 环	Triton-X-100	
溶剂体积(毫升)	14	12	—
水样体积(毫升)	3	5	20
本 底 (cpm)	12	12	16
效 率 (%)	22	18	34
TU*/cpm	210	150	49

* TU——氡单位, $1\text{TU} = \text{T}/\text{H} \times 10^{-18} = 7.2\text{dpm}/\text{升水}$ 。

本文 1979 年 8 月 17 日收到。

仪器为 FJ-353 型双道液体闪烁计数器。附加铅屏蔽,并采用聚四氟乙烯计数瓶以降低本底。本实验室各种计数体系的效率、本底等数据见表 1^[2]。

三、结果讨论

1. 降水氡含量测定结果。1978 年 5 月降水氡浓度测定结果见表 2, 根据这些数据, 作出降水氡含量地理分布图(图 1)。

表 2 1978 年 5 月我国各地降水的氡含量

气象台 编 号	地 名	位 置		降水氡含量 (TU)	气象台 编 号	地 名	位 置		降水氡含量 (TU)
		北 纬	东 经				北 纬	东 经	
54260	扎鲁特旗	44°34'	120°54'	300±10	58144	清 江	33°36'	119°02'	12.3±1.1
50745	齐齐哈尔	47°23'	123°55'	238±7	54857	青 岛	36°04'	120°20'	76.7±7.6
54161	长 春	43°54'	125°13'	191±8	55591	拉 萨	29°42'	91°08'	173±12
51709	喀 什	39°28'	75°59'	170±6	56137	昌 都	31°11'	96°59'	286±17
51656	库 尔 勒	41°45'	86°08'	235±11	56294	成 都	30°40'	104°01'	143±2
51463	乌鲁木齐	43°54'	87°28'	147±4	57515	重 庆	29°31'	106°29'	68.3±4.7
51076	阿 勒 泰	47°44'	88°05'	138±4	57679	长 沙	28°12'	113°04'	55.2±4.7
52203	哈 密	42°49'	93°31'	127±4	57494	武 汉	30°38'	114°04'	46.1±1.8
53463	呼和浩特	40°49'	111°41'	114±7	58606	南 昌	28°40'	115°58'	37.8±2.9
54102	锡林浩特	43°51'	116°05'	111±4	58321	合 肥	31°51'	117°17'	79.5±3.1
54218	赤 峰	42°46'	118°58'	133±5	58367	上 海	31°10'	121°26'	42.0±3.0
54342	沈 阳	41°49'	123°33'	100±3	56778	昆 明	25°01'	102°41'	39.3±2.1
53614	银 川	38°29'	106°13'	294±18	57816	贵 阳	26°35'	106°43'	43.2±2.1
53698	石 家 庄	38°04'	114°26'	207±7	59431	南 宁	22°49'	108°21'	32.6±3.0
54511	北 京	39°48'	116°28'	223±14	59658	湛 江	21°13'	110°24'	24.2±2.0
54823	济 南	36°41'	116°59'	124±8	59287	广 州	23°08'	113°19'	11.8±1.5
54662	大 连	38°54'	121°38'	103±4	59316	汕 头	23°24'	116°41'	9.6±1.3
52889	兰 州	36°03'	103°53'	139±4	58847	福 州	26°05'	119°17'	45.0±1.8
57036	西 安	34°18'	108°56'	157±11		东海表层	28°00'	126°59'	7.7±1.3
57083	郑 州	34°43'	113°39'	122±4		海 水			

近二十年来,世界各地降水氡含量的测定结果表明,在北半球,随着纬度降低,降水氡浓度有下降趋势;而在同一纬度上,邻海地区降水的氡浓度比内陆地区低^[1,3,4]。我国降水氡含量的地理分布基本上也符合这些规律,降水氡含量北部地区高,往南逐渐下降。氡含量等值线由西南向东北方向延伸,很明显是受海洋的影响。1978 年 5 月降水氡含量最低值在广东、福建两省沿海,一般小于 30TU; 东北、华北和青藏高原氡含量较高,一般超过 200TU。

拉萨市 1978 年 5 月降水氡含量为 173TU, 比昌都的 286TU 低得多。西藏自治区南部受印度洋暖湿气流影响,因喜马拉雅山脉起着屏障作用,所以该地区降水氡含量往北逐渐增加^[5]。恒河-雅鲁藏布江河谷是暖湿气流的通道^[6],这可能是拉萨降水氡含量偏低的原因。

新疆天山山脉以北和内蒙高原,地处内陆,气候干旱,是我国纬度较高地区,1978 年 5 月降水氡含量大多在 110—170TU 之间,比北京、石家庄和相同纬度的东北要低得多。这一反常现象,说明这一地区降水形成过程有与我国东部地区不同的一些特点。

1978 年 5 月我国降水氡含量测定结果与 1963 年全球降水氡含量地理分布图^[7]标出的数值比较,粗略估计,1963 年至今,我国境内降水氡含量已下降 20 多倍。

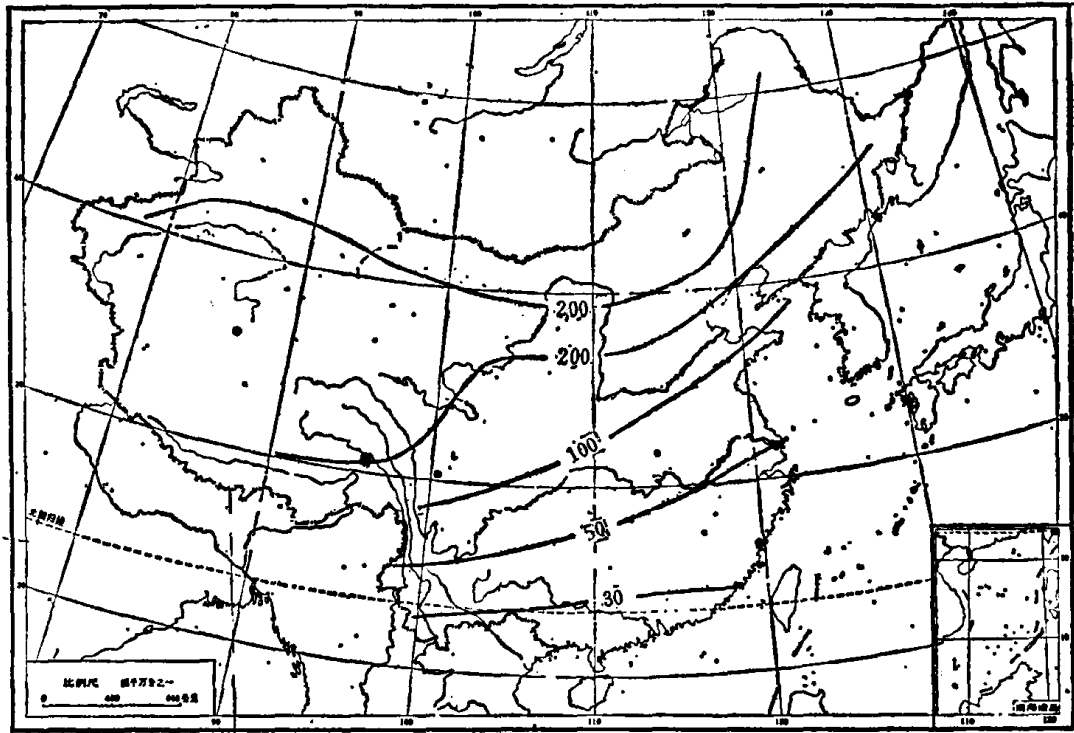


图1 1978年5月我国降水氚含量(TU)的地理分布

2. 地表水氚含量测定结果 我们取样测定氚含量的九条河流,可以分为发源于近海山区、丘陵地区和发源于内陆高原两大类。属于前者的有黑龙江、松花江、辽河、海河、钱塘江、闽江和珠江。除黑龙江外,这些河流5月份水样的氚含量按地理位置由北向南逐渐下降,一般低于流域境内同时期的降水。黑龙江采样时正是开冻季节,冰雪融水在河水中占较大比例,所以氚含量低于松花江(表3)。

发源于我国青藏高原的黄河、长江,河水氚含量分布则另有特点。我们分别在不同地点取黄河水样2个,长江水样4个,测定结果列于表4中。由表4数据可知,各个取样点的河水

表3 1978年5月我国一些河水的氚含量

河流名称	取样地点	河水氚含量(TU)	流域境内降水采样点	降水氚含量(TU)
黑龙江	黑龙江省罗北县	124±5	—	—
松花江	佳木斯合江水文站	148±13	齐齐哈尔	238±7
			长春	191±8
辽河	巨流河水文站	120±5	扎鲁特旗	300±10
			赤峰	133±5
			沈阳	100±3
海河	天津市海河耳闸	108±4	北京	223±14
			石家庄	207±7
钱塘江	杭州南星桥渡口	56.5±5.3	—	—
闽江	福州文山里水文站	31.2±1.9	福州	45.0±1.8
珠江	三水水文站	19.9±1.9	南宁	32.6±3.0
			广州	11.8±1.5

表4 1978年5月长江、黄河中、下游河水氡含量

河流名称	取样地点	河水氡含量 (TU)	降水氡含量 (TU)
长江	重庆储奇门渡口	113±7	68.3±4.7
	莲花沱*	90±5	—
	武汉汉阳门码头	74.1±2.9	46.1±1.8
	南京	65.1±2.7	—
黄河	兰州水文站	221±17	139±4
	济南洛山水文站	195±15	124±8

* 取样时间为1977年,由有关单位送样测定。

氡含量自西向东递减,而且都高于当地的降水,近入海口的河水氡含量也比相邻其他河流高。长江中、下游支流多,五月份降水量大,使长江自重庆至南京河水氡含量下降约一倍;而黄河中、下游支流少,五月份降水量小,所以黄河自兰州至济南河水氡含量由221TU仅下降到195TU。

我们采集水样测定氡含量的四个湖泊,其中青海湖和博斯腾湖为内流咸水湖或半咸水湖,湖水氡含量远高于邻近地区的降水,说明湖水中还残留不少热核试验高峰时期所汇集的人工氡。太湖和官厅水库为外流淡水湖,补给和排泄周期较短,湖水氡含量反映近几年邻近地区降水氡含量的平均值,比邻近地区1978年5月的降水氡含量低(表5)。

表5 1978年5月我国几个湖水的氡含量

湖名	湖水氡含量 (TU)	邻近降水采样点	降水氡含量 (TU)
博斯腾湖	411±30	库尔勒	235±11
青海湖	434±27	兰州	139±4
官厅水库	58.3±2.4	北京	223±14
太湖	34.7±2.2	上海	42.0±3.0

综上所述,根据56个降水、地表水氡含量的分析结果,初步获得我国降水、地表水氡含量的分布特征,并可据此对尚未测定过的地区的降水、地表水的氡含量作出估价,这将有助于天然氡作为一种理想的示踪剂在一些领域的实际应用。

参 考 文 献

- [1] Suess, H. E., *Science*, **163** (1969), 1405—1410.
- [2] 林瑞芬、卫克勤、王洪波,地球化学, 1979, 4:301—306.
- [3] Libby, W. F., *IAEA*, **1**(1962), 5—32.
- [4] Виноградов А. П., Девири А. Л. и Добкина Э. И., *Геохимия*, 1968, 10: 1147—1162.
- [5] 林瑞芬、卫克勤、王洪波,珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 1979; 气象与环境, 科学出版社, 1975, 244—247.
- [6] 高登义、吕位秀,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968), 气象与太阳辐射, 科学出版社, 1975, 91—110.
- [7] Ферровский В. И., *Недра*, 1975, 119.