

# 我国大气降水中氚的数值推算

吴秉钧

(北京市水文地质工程地质公司)

应用大气降水中的氚做为示踪核素来研究地下水的运动状态,近几年已经受到水文、环境、地热等领域广泛的重视。目前,凡是准备用氚来解释水的运动规律时,都必须遇到氚的输入背景值的问题。我国在背景值的监测工作起步较晚,实测数据不能满足应用需要,本文将通过国际原子能组织发表的大气降水中氚的数据资料,并结合我国实测数据进行统计分析,描述近三十年来大气降水中氚的全球分布特征,探索其分布规律,并根据规律推算出我国降水中氚的背景值。供从事有关同志参考。

这项工作得到了美国INTERA环境顾问公司同位素水文学专家F. J小皮尔逊博士的热心支持。得到了地科院地质力学所王瑞久同志、中科院冰川冻土研究所武筱龄同志的大力帮助,在此表示感谢。

## 一、全球降水中氚的分布特征

氚是氢元素的一种放射性同位素,半衰期为12.43年,衰变生成氦-3。浓度用氚单位(TU)表示。生成氚的途径主要有二种,一种是宇宙射线和上部大气层

相互作用,主要的核反应是:



另一种是大气层热核试验生成大量的人工氚。现在水圈中的大部分氚是来自1953年至1963年间进行的大气热核试验。1953年,在渥太华测定降水中的氚值为26.4TU。1963年达到高峰,氚值为2900TU。(降水中的氚值指年加权平均值,下同)北半球的东半球测得最大值为3528TU(34.67°N, 69.08°E),西半球测得最大值为4434TU(46.77°N, 100.75°W)。1964年,东半球测得最大值为3839.4TU(39.77°N, 104.88°E),西半球测得最大值为2900TU(46.77°N, 100.75°W)。1965年以后,由于空间核试验数量减少,降水中的氚值也明显下降,1978年以来测得的氚值,已接近五十年代的水平(见图1)。

北半球降水中的氚值高于南半球。北半球是空间核试验的集中地区,试验场地多设在北纬30°以北地区。受气流影响,核爆后产生的高浓度放射性气溶物质首先通过西风带沿纬圈水平扩散。同时在大气环流作用下南北向扩散。从大气环流的一般模式分析(见

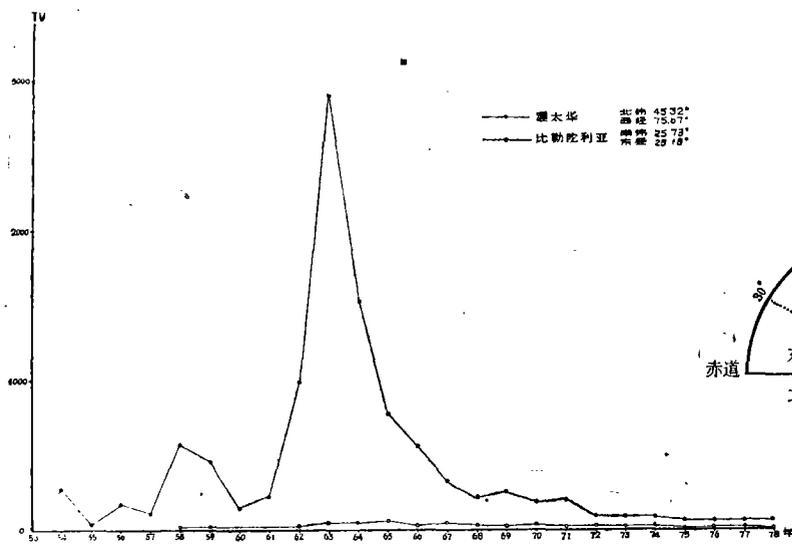


图 1

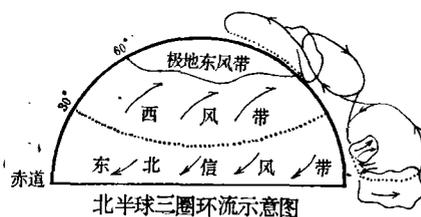


图 2

图2)。中纬环流运动先将氡向高纬环流输送,在北纬60°附近,一部分氡经中纬环流上部运动南下至北纬30°附近下沉,再分出一部分输送到低纬环流圈,至赤道附近,大气中的氡浓度已被多次稀释,氡值明显降低。赤道无风带阻碍了北半球的氡顺利向南半球输送。因此形成了北高南低特征。从图1曲线分析,南半球降水中的氡值几乎不受北半球核爆的影响。

北半球氡的分布并不均匀,北纬30°以北地区,降水中的氡值明显比低纬地区高。这个特征形成的原因与气候有直接的关系。从数量上来估计,高峰氡值年间,30°以北比南氡值高约一倍以上。在年降雨量小于1200毫米地区,降水中的氡值有随着纬度的增高而增大的特征。形成这个特征的主要原因是地球行星风

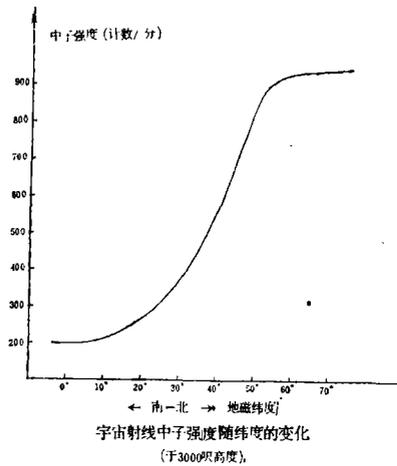


图 3

带和大气环流对人工氡的扩散作用,另外一个原因是宇宙射线中子强度随着纬度增高而增大(见图3),宇宙成因生成的氡也随着纬度的增高而增多,总之,这个特征受纬度控制,故称为纬度效应。表1是受纬度效

表 1

年	纬 度	经 度	年降雨量 (毫米)	TU
一九六三	28.58°N	77.20°E	802	558.7
	36.98°N	35.30°E	725	1149.3
	38.75°N	90.38°W	727	1545.4
	41.78°N	87.75°W	714	2728.9
	48.83°N	9.20°E	597	3387.6
一九七八	28.27°N	177.37°W	884	7.1
	32.97°N	35.50°E	679	27.4
	38.85°N	77.03°W	956	46.4
	43.13°N	89.32°W	924	62.9
	48.15°N	15.15°E	686	79.3

应控制较为明显的几点数据:

同纬度地区,随着年降水量的增大,氡值降低,降雨量大于1200毫米,氡值保持在一定的水平。氡在行星风带的扩散作用下,浓度随着时间的增长而降低,但在短时间内,(风绕地球一圈所用的时间内)可以认为同纬度地区大气层中氡的浓度是均匀的,但随着降雨量的变化,降水中的氡值也发生变化。沿海地区比内陆地区降水量大,氡值等高线自沿海地区向内陆地区升高。降雨量相同的地区,氡值比较接近。这个特征的形成与同位素交换反应有关系。

大气中水蒸汽主要是海洋的蒸发造成,海水中氡值仅有几个氡单位,蒸发到大气中的水分子可以认为是低氡水。水分子离开水面进入大气后,开始与空气中的氡发生同位素交换,其反应式: $HT + H_2O \rightleftharpoons HTO + H_2$ 。同位素交换的数量与水分子在空中停留的时间成正比,降水中氡的浓度和停留在空气中的水分子数量多少成反比。内陆地区,水团自海洋搬运过程距离长,氡的同位素交换时间长,交换机会多于沿海地区,表现的氡值高于沿海地区。另一个原因,搬运过程中,空气湿度降低,低氡水对空气中氡的稀释效应也减轻,同时,内陆地区降雨条件差,雨滴自云底到达地面往往要经过多次凝结、蒸发过程。所以氡值比沿海地区要高1—3倍。随着雨量的增加和减少表现出氡值的高低这种现象称之为雨量效应。表2是受雨量效应较明显的几个点数据:

表 2

年	纬 度	经 度	年降水量 (毫米)	TU
一九六三	34.67°N	69.08°E	379	3528.6
	39.77°N	104.88°W	310	3209.1
	40.77°N	111.97°W	358	3577.5
	40.82°N	96.70°W	597	2281.8
	39.95°N	32.88°E	601	2586.9
	38.75°N	90.38°W	727	1545.7
一九七八	38.85°N	77.03°W	999	1199.0
	40.77°N	111.97°W	461	95.7
	40.82°N	96.70°W	772	59.8
	44.42°N	8.85°E	967	40.8
	42.37°N	71.03°W	955	41.6

雨量效应不仅在不同地区有着明显的影响,在同一个地区,不同季节,影响也很大。一般来说,旱季比雨季氡值要高2—3倍。

纬度效应和雨量效应对一个地区降水中的氡值共同产生作用。当年降雨量大于1200毫米,纬度效应减弱,不同纬度氡值趋于低纬度同降雨量的氡值。小于

1200毫米降雨量地区,随着降雨量的减少,纬度效应明显增强。这两种效应是以后建立推算公式的理论依据。

## 二、我国降水中氡的数值推算

我国各地气候差异很大,总的特点是降水量自东南向西北逐渐减少。受季风气候影响,多数地区夏雨冬干。雨季开始日期是南早北迟,在大雨带自南向北推进过程中,有两次突进和三次相对停滞时期,大雨带的位置在副热带高压脊线的北面,这表明对流层低层的极锋是我国夏季雨带的主要控制因素。这种雨带

最北位置可到达约北纬42度附近。还有另一种雨带是与赤道辐合带相联系的,也就是东南季风与西南季风之间的辐合地带,最北位置可以到达北纬30度附近。受这两种雨带的影响,北纬30度以南地区降雨量大于以北地区,氡值降低的幅度低于正常的纬度效应,以北地区,氡值高于南方。近几年的实测工作证明了这一点,同时也表明,我国降水中氡的分布特征与北半球氡的分布特征基本一致。降水中的氡值大小受纬度效应和雨量效应两种因素控制,同纬度地区,氡值是降雨量的一次函数,可以用近似公式表示:

$$TU/\text{年} = -KP/\text{年} + C$$

表3 我国近卅年来降水中氡值推算公式

推算公式 年	北纬度		年降雨量		年降雨量	
	53°—45°	0 < P < (毫米)	44°—40°	0 < P < (毫米)	39°—35°	
53						
54			$T = -0.1 P + 357$	<2000		
55						
56			$T = -0.14 P + 294$	<1700		
57			$T = -0.054 P + 139$	<2000		
58			$T = -0.52 P + 825$	<1500		
59			$T = -0.52 P + 825$	<1500		
60			$T = -0.07 P + 162$	<2000		
61			$T = -0.19 P + 329$	<1400		
62			$T = -0.60 P + 1246$	<1200		
63	$T_1 = -7.37 P + 7787$ $T_2 = -1.86 P + 4500$	$\leq 600$ $600 < P < 2000$	$T = -1.55 P + 3850$	<2000		$T = -0.85 P + 2162$
64	$T_1 = -5.83 P + 5208$ $T_2 = -1.88 P + 3025$	$\leq 560$ $560 < P < 1500$	$T_1 = -583 P + 5208$ $T_2 = -1.88 P + 3025$	<560 $560 < P < 1500$		$T_1 = -1.91 P + 2045$ $T_2 = -0.63 P + 1363$
65	$T = -1.57 P + 2267$	<1100	$T = -0.60 P + 1246$	<1800		$T = -0.37 P + 820$
66	$T = -0.68 P + 1117$	<1200	$T = -0.52 P + 825$	<1200		$T = -0.11 P + 344$
67	$T = -0.19 P + 514$	<2000	$T = -0.1 P + 357$	<2000		$T = -0.20 P + 343$
68	$T = -0.39 P + 588$	<1300	$T = -0.32 P + 483$	<1200		$T = -0.12 P + 242$
69	$T = -0.53 P + 716$	<1200	$T = -0.53 P + 716$	<1200		$T = -0.11 P + 222$
70	$T = -0.29 P + 445$	<1100	$T = -0.19 P + 329$	<1400		$T = -0.11 P + 218$
71	$T = -0.22 P + 410$	<1600	$T = -0.22 P + 336$	<1000		$T = -0.09 P + 207$
72	$T = -0.13 P + 246$	<1200	$T = -0.07 P + 162$	<2000		$T = -0.03 P + 87$
73	$T = -0.14 P + 237$	<1500	$T = -0.07 P + 137$	<1700		$T = -0.08 P + 123$
74	$T = -0.14 P + 294$	<1700	$T = -0.054 P + 139$	<1700		$T = -0.05 P + 108$
75	$T = -0.17 P + 272$	<1200	$T = -0.04 P + 115$	<2000		$T = -0.03 P + 66$
76	$T = -0.22 P + 264$	<1000	$T = -0.03 P + 73$	<2000		$T = -0.015 P + 39$
77	$T = -0.11 P + 189$	<1100	$T = -0.043 P + 105$	<2000		$T = -0.017 P + 49$
78	$T = -0.07 P + 134$	<1400	$T = -0.07 P + 128$	<1400		$T = -0.017 P + 52$
79			$T = -0.03 P + 67$	<1400		
80			$T = -0.04 P + 92$	<1400		
81			$T = -0.03 P + 81$	<1400		
82			$T = -0.03 P + 73$	<1400		

续表

推算公式 年	北纬度 年降雨量 $0 < P <$ (毫米)	$34^{\circ}-30^{\circ}$	年降雨量 $0 < P <$ (毫米)	$29^{\circ}-25^{\circ}$	年降雨量 $0 < P <$ (毫米)	$24^{\circ}-20^{\circ}$ (香港实测值)
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						59.0
62						170.1
63	$< 2000$	$T = -0.85 P + 2162$	$< 2000$	$T = -0.29 P + 981$	$< 2000$	320
64	$\leq 530$ $530 < P < 2000$	$T = -0.33 P + 622$	$< 1500$	$T_1 = -0.29 P + 493$ $T_2 = 70 \pm 10$	$< 1300$ $> 1300$	70.6
65	$< 1800$	$T = -0.15 P + 367$	$< 2000$	$T = -0.10 P + 304$	$< 2000$	163.8
66	$< 2000$	$T = -0.06 P + 177$	$< 2000$	$T = -0.06 P + 177$	$< 2000$	70.7
67	$< 1650$	$T = -0.06 P + 126$	$< 1500$	$T = -0.06 P + 126$	$< 1800$	25.2
68	$< 1500$	$T = -0.10 P + 168$	$< 1500$	$T = -0.03 P + 74$	$< 2000$	28.7
69	$< 1500$	$T = -0.02 P + 78$	$< 2000$	$T = -0.02 P + 78$	$< 2000$	46.9
70	$< 1400$	$T = -0.02 P + 77$	$< 2000$	$T = -0.02 P + 77$	$< 2000$	29.4
71	$< 2000$	$T = -0.06 P + 109$	$< 1400$	$T_1 = 20 \pm 2$ $T_2 = -0.06 P + 109$	$\geq 1400$ $< 1400$	24.4
72	$< 2000$	$T = -0.02 P + 47$	$< 2000$	$T = -0.02 P + 47$	$< 2000$	27.9
73	$< 1200$	$T = -0.02 P + 42$	$< 1800$	$T = -0.02 P + 42$	$< 1800$	13.2
74	$< 1800$	$T = -0.015 P + 40$	$< 2000$	$T = -0.015 P + 40$	$< 2000$	17.5
75	$< 1600$	$T = -0.02 P + 43$	$< 1800$	$T = -0.02 P + 43$	$< 1800$	12.4
76	$< 1800$	$T = -0.013 P + 31$	$< 2000$	$T = -0.008 P + 19$	$< 1800$	11.7
77	$< 2000$	$T = -0.016 P + 39$	$< 1800$	$T = -0.008 P + 21$	$< 1800$	12.2
78	$< 2000$	$P = -0.008 P + 29$	$< 2000$	$T = -0.008 P + 29$	$< 1800$	10.9
79						
80						
81						
82						

TU/年——年加权平均氡单位；

P/年——年降雨量；

C——常数；

$$K = \frac{\Delta T}{\Delta P}$$

不同纬度地区，上式中的K值和C值不同。

推算我国降水中氡值的依据是北半球北纬20度至53度各国实验室实测数据。共选用45个点近700个数据，并参考我国近几年所做的工作与有较长记录站的资料建立了相关关系。为了统计分析方便，将数据按纬度带分成六组。(20°N—24°N, 25°N—29°N, 30°N—

34°N, 35°N—39°N, 40°N—44°N, 45°N—53°N) 每组求出K值与C值。同时考虑到各地区应用者的方便，特给出各地区降水中氡值的推算公式，使用者经过查找本地区年平均降雨量和纬度，带入公式即能计算出本地氡的背景值。

在推算公式的建立过程中，1953年至1962年期间的公式仅能满足北纬40度至44度地区的需要。1963年至1978年，可满足北纬20°以北地区的需要。1978年以后，各地可根据本地区实测值建立与上所给定的背景值之间的相关关系进行回推，这里仅给出北纬40°—44°地区推算公式。

(下转第49页)

## 矿泉水勘察通讯

# 黄山喷玉泉

林祖琨 (安徽地矿局332地质队)

喷玉泉,也称肖黄山泉,位于安徽省黄山市大桥乡庄里村西,距市区2.5公里。地处黄山北麓的山间谷地,谷底海拔高度170米,泉水出露于谷地的西侧,其海拔高度210米。在地质构造上位于扬子准地台、江南台隆、太平复向斜南东翼的太平岩体西北部。区内粗粒花岗岩长岩广泛分布,其内有一组近南北走向的花岗斑岩脉贯入。喷玉泉即是沿花岗斑岩脉与花岗岩体的东接触带涌出,属裂隙下降泉。经一九八四年五月至八月,对泉水流量的十八次观测,平均流量为153.33米<sup>3</sup>/日;65个项目7次测试,主要物理化学特性列于表1。笔者认为,黄山市喷玉泉水应确定为“天然硅酸矿泉水”,其理由是:

1. 泉水中的偏硅酸含量(二氧化硅换算而得),超过了规定的矿水最低含量25毫克/升,即52毫克/升以上,最高含量达81.12毫克/升,超过了命名标准的含量50毫克/升,并且含有16种微量元素,有毒成份均未超过饮用水标准。

2. 人体内,硅在主动脉壁内含量较高,主要存在于胶质和弹性蛋白中。其在主动脉壁内的含量随年龄增长而减小,在动脉粥样硬化患者早期即见减少。有人认为硅有维持动脉壁的弹性和保护内膜使脂质不能浸入的作用。喷玉泉水中富含偏硅酸,对人体生理具有有益健康的特性,符合矿水的含义。

3. 四川华蓥山九洞饮用矿水中的偏硅酸含量为33.9—44.6毫克/升,低于黄山市喷玉泉水中的偏硅酸含量52.00—81.12毫克/升,而其他物理化学特性基本相同。1983年3月四川省科委主持了定鉴会,与会者一致认为九洞矿水是具有一定医疗作用的天然、优质饮用矿水。其瓶装矿水已在广交会上试销,受到国内外食品饮料部门的重视。

(上接第41页)现将我国近三十年来降水水中氫值推算公式立于表3。

### 参 考 文 献

[1] Statistical Treatment of Environmental Isotope Data in Precipitation, INTERNATIONAL

表 1 喷玉泉水的物理化学特性

项 目	黄 山 市 喷 玉 泉 水
物理性质	无色、无味、无嗅、透明、浊度0度,水温17—18℃,属冷水
酸度、硬度	pH值 6.36—7.68, 硬度1.57—2.07 德度, 属中性软水
水质类型	重碳酸钙·钠型
重 碳 酸	48.70—64.07 毫克/升
钙	6.80—9.40 毫克/升
钾 钠	7.38—10.39 毫克/升
镁	1.94—3.50 毫克/升
矿 化 度	83.54—137.32 毫克/升,属淡水
偏 硅 酸	52.00—81.12 毫克/升,属矿水
微量元素	铁、磷、氟、碘、锌、铜、铅、铬、镍、锰、铍、钡、铈、锡、钛、钒等33种元素,均符合饮用水标准。
有毒成份	铅、锌、砷、汞、镉、铬、氰化物、氟化物、氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐等均未超标
卫生条件	细菌总数75个/毫升,大肠菌群3个,属好的卫生条件
放射性成份	未 测

4. 黄山市喷玉泉水和华蓥山九洞矿水的硬度都不高,均属软水。

综上所述,黄山市喷玉泉水虽然无机盐含量(矿化度)未超过1000毫克/升,但是水中的偏硅酸含量已达到矿水标准,对人体生理具有有益健康的作用,符合矿水的含义。尤其是对增补壮年人、老年人的主动脉壁内硅的含量,防止动脉硬化,以及对动脉粥样硬化患者使男性心血管疾病具有一定疗效,这正是喷玉泉的独特之处。为此,笔者建议通过鉴定,早日开发利用黄山市喷玉泉这一宝贵的硅酸矿泉水资源,发展安徽省食品饮料业。

ATOMICENERGY AGENCY,VIENNA,1981.TECHNICAL REPORTS SERIES No.208.

[2] 卫克勤,林瑞芬,王志祥,周秀云“我国天然水中氫含量的分布特征”。科学通报,1980年10期467页—470页。

[3] 林瑞芬,卫克勤,托木尔峰冰川区水体中氫含量及其意义。科学通报,81年,1060页。