

察尔汗盐湖抽卤过程中晶间卤水氡含量变化趋势的研究

梁青生

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘要 本文将氡的测定方法应用于察尔汗盐湖抽卤过程中晶间卤水氡含量变化趋势的研究, 以多次的测试数据研究和探讨了大气降水、周边水、地下水对察尔汗盐湖晶间卤水的影响, 特别是开渠后湖水对晶间卤水的影响, 从水平和垂直两个面讨论察尔汗首采区晶间卤水氡含量的变化规律。

关键词 氡含量 晶间卤水 大气降水 地下水 液体闪烁计数器

应用放射性氡做为示踪核素来研究地下水的运动状态, 近几年来已经在水文、地质、地热等领域得到广泛应用。同样, 将放射性氡的测试方法应用于察尔汗盐湖首采区晶间卤水的动态变化的研究也不乏为一种可行的测试手段。同时结合水动态的其他测试方法和长期观测资料从另一个侧面为整个“察尔汗盐湖首采区水动态水化学变化规律的研究”提供了重要的理论依据。此项研究在“七五”期间已初步做了一些工作, 对察尔汗盐湖氡的分布规律有了一定的认识。在“八五”期间为进一步探讨大气降水、达布逊湖水及晶间卤水的关系, 特别是开渠后湖水对晶间卤水的影响, 从水平和垂直两个面研究察尔汗首采区晶间卤水氡含量的变化规律, 以探讨和解释晶间卤水在抽卤过程中变化趋势和补给来源。

1、氡的测试

氡是氢的放射性同位素, 半衰期为 12.262 年。自然界降水环境中氡的来源主要有两个方面, 其一产生于高层大气宇宙射线成因的中子与氮原子的相互作用 ($^{14}\text{N} + n \rightarrow \text{T} + ^{12}\text{C}$)。这一成因的氡在不同地区的降水中其浓度大约为 5—20TU。其二是人工氡, 主要产生于大气核试验以间歇脉冲的形式注入大气层, 近年来由于核试验的减少, 大气降水中氡含量已有明显下降但仍高于核爆前水平^[1]。因此, 大气降水中氡仍主要来源于大气层核爆产生的氡, 察尔汗湖区主要由大气降水通过河流及潜水汇集湖区。

1.1 仪器设备和化学试剂

测定氡强度使用的是 DYS-3 低本底液体闪烁计数器, 样品瓶为带磨口的 10ml 石英瓶, 其本底小于 4cpm, 效率大于 20%。

配制闪烁液用的甲苯为光学纯, 闪烁体丁基-PBD 和 POPOP, 乳化剂 (Tritonx-100) 由原西德 ROTH 公司提供, 甲苯闪烁液的配方为: 每升甲苯中溶解 10g 丁基-PBD 和 0.5g POPOP, 甲苯闪烁液与乳化剂之比为 2 : 1, 根据含水量与计数效率之关系, 采用含水量为 40% 较佳^[2]。

1.2 样品水的纯化及测定

测试用的样品水采用真空蒸馏法进行纯化^[3], 纯化后的样品水的电导率为 $2 \times 10^{-6}\text{S}$ 。由

于纯化时将水蒸干,故在数据处理时不需进行同位素分馏效应的校正.测定时,称取约 4g 左右的样品水放入 10ml 的石英瓶中,加入 6ml 闪烁液,在冰箱中放置 1 小时,解冻后放入液体闪烁计数器中进行测定,测定时间为 1000min.

实验用标准氡水是英国放射化学中心于 1984 年 10 月标定的,使用时用本底水进行定量稀释并校准到测定时的活度值.

2、数据处理

水样中氡的含量按下式计算:

$$T = (138.9 \times n_s) / (E \cdot V) \quad (T.U.)$$

式中, n_s 为样品的净计数率, V 为样品的重量 (g), E 为计数效率 (%), 138.9 为由放射性强度 dpm 换算成氡单位的常数. 测定结果以氡单位 (T.U) 或 Bq/l 表示, 其测量不确定度为一个标准偏差 (1 σ).

3、测试结果

3.1 河水、湖水中氡含量

由于干旱气候环境因素, 察尔汗盐湖氡主要来源于河流和潜水. 正如“七五”报告“察尔汗盐湖首采区晶间卤水的氡含量”^①一文中所说:“察尔汗盐湖氡主要是由大气降水通过河水和潜水汇集湖区”. 也就是说, 此区河流中氡含量基本代表了现在大气降水中氡含量. 因此, 本文根据需要采集了几个流入湖区的河水样进行了氡含量的测试 (表 1). 测试结果表明除察尔汗盐场附近深井井水 (地下水) 氡含量低于本底外, 其它淡水的氡含量都在 50—70TU 左右, 平均为 $57.9 \pm 12TU$. 达布逊湖水中平均氡含量为 $52.3 \pm 10TU$, 略低于河水, 并有西高东低的趋势 (图 1、表 2)

表 1 察尔汗湖区、河水、井水氡含量测试结果

取样地点	格尔木盐场井水	格尔木井水	格尔木河水	察尔汗小桥河水	格尔木西河水	盐场溶洞水
取样日期	91.7	91.7	93.4	93.4	91.7	92.8
氡含量 (TU)	<本底	70.4 ± 12.0	66.4 ± 11.9	44.5 ± 12.0	50.6 ± 11.7	本底

3.2 晶间卤水氡含量

察尔汗盐湖首采区晶间卤水按不同深度分三个年度共取样 85 个 (图 2). 测试结果见表三、表四、表五. 经测试显示, 91 年表层晶间卤水 (0.5—3.0m) 氡含量为 40—60TU 左右 (个别点偏高或偏低). 由于水位不同, 两者埋深相差只有 1m 左右, 所以氡含量很接近. 92 年表层晶间卤水 (0.5m), 氡含量为 40—60TU 左右, 与 91 年测试结果基本相近, 而且 4.0—6.0m 间的氡含量在 20—30TU, 普遍低于表层晶间卤水. 93 年取深部晶间卤水 (7.0—14.0m), 其氡含量均近似或低于 10TU (本底). 三次测试结果均表明, 首采区晶间卤水 3.0m 以上氡含量的水平变化具有西高 (铁路西) 东低 (铁路东) 的明显趋势, 尤其是铁路东 2Km 以外明显低于铁路西, 其氡含量均在 10TU 左右, 而氡含量在垂直方向上的变化具有由浅到深逐渐降低的明显趋势. 92 年与 91 年相比, 氡含量增高的区域略有扩大, 扩大地段主要在铁路东侧附近 (2Km 以内).

① “七五”察尔汗盐湖首采区水动态水化学变化规律论文集, P21—27

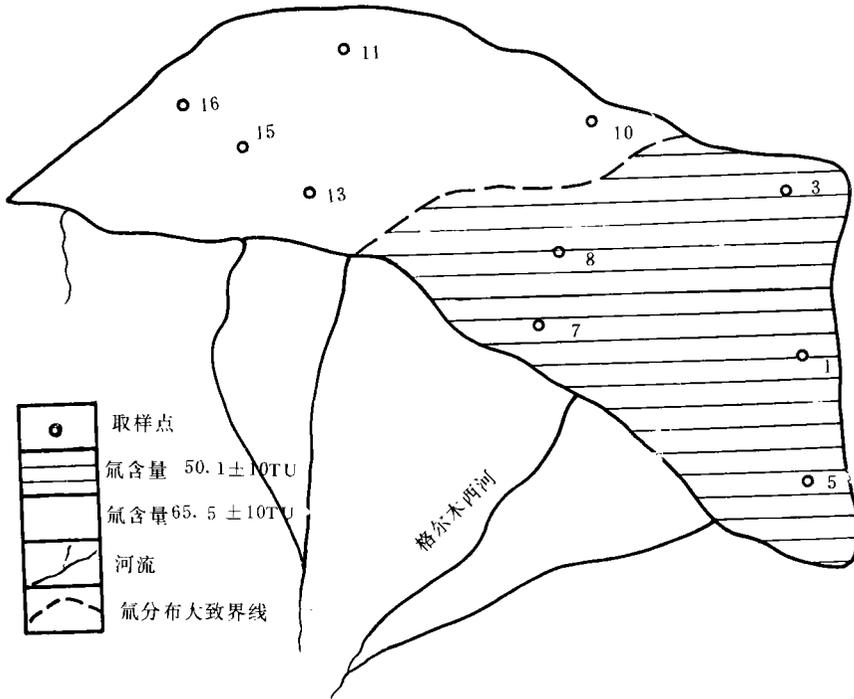


图 1 达布逊湖湖水中氡的分布趋势图*

* 本图轮廓及取样位置由唐渊先生绘制提供

表 2 达布逊湖水氡含量测试结果

样品编号	达湖-1	达湖-7	达湖-13	达湖-18	达湖-19
水深(m)	0.47	0.38	0.20	0.42	1.00
水温(°C)	18	22	19	25	24
比重	1.234	1.226	1.227	1.215	1.214
氡含量 TU	55.3 ± 12.3	57.6 ± 12.2	47.0 ± 12.2	54.0 ± 10.0	36.7 ± 10.5
样品编号	达湖-21	达湖-22	达湖-24	达湖-25	达湖-26
水深(m)	0.58	0.52	0.55	0.95	0.60
水温(°C)	25	14	17	22	26
比重	1.221	1.203	<1.18	1.210	1.214
氡含量 TU	78.5 ± 11.8	53.1 ± 11.9	66.2 ± 12.2	59.7 ± 12.3	75.6 ± 10.5

表3 九一察尔汗盐湖首采区氡含量测试结果

孔位	水位	取样深度	比重	氡含量	孔位	水位	取样深度	比重	氡含量
	(m)	(m)		(TU)		(m)	(m)		(TU)
I-7	1.470	0.5	1.245	20.4±11.9	III-11	1.550	3.0	1.221	41.8±10.4
I-7	1.470	3.0	1.252	61.1±12.2	IV-2	1.950	3.0	1.213	55.0±10.0
I-12	1.160	0.5	1.230	66.7±12.0	IV-8	2.380	0.5	1.226	本底
I-12	1.160	3.0	1.233	50.1±12.1	IV-11	0.860	3.0	1.270	本底
II-3	1.160	3.0	1.243	本底	V-4	0.865	0.5	1.275	32.2±10.7
II-10	1.900	0.5	1.230	38.6±10.5	V-4	0.865	6.7	1.281	本底
II-10	1.900	3.0	1.266	57.9±10.0	V-8	0.745	0.5	1.256	18.4±10.0
II-18	1.300	0.5	1.224	80.4±12.5	V-8	0.745	6.0	1.257	24.7±10.6
II-18	1.300	3.0	1.228	54.9±10.3	VI-3	0.960	3.0	1.290	本底
II-22	0.960	3.0	1.289	本底	VII-3	1.410	0.5	1.266	本底
III-2	1.750	0.5	1.225	54.2±10.5	VII-3	1.410	3.0	1.266	本底
III-2	1.750	3.0	1.252	19.1±10.5	IX-2	0.640	0.5	1.222	56.8±10.3
III-6	2.600	0.5	1.233	45.8±10.4	OI-2	0.770	0.5	1.225	61.0±13.0
III-6	2.600	6.0	1.233	45.6±10.5	OIX-3	1.990	0.5	1.227	38.4±10.0
III-11	1.550	0.5	1.221	19.1±10.4	OIX-3	1.990	3.0	1.227	42.8±9.9
II-湖	1.040		1.226	72.3±10.1					

表4 九二察尔汗盐湖首采区氡含量测试结果

孔位	水位	取样深度	比重	氡含量	孔位	水位	取样深度	比重	氡含量
	(m)	(m)		(TU)		(m)	(m)		(TU)
I-2	1.070	0.5	1.242	67.5±8.20	III-11	1.550	0.5	1.223	45.9±11.9
I-2	1.070	4.5	1.249	91.8±8.70	III-11	1.550	5.5	1.250	40.6±11.6
I-7	1.570	0.5	1.239	61.1±10.2	IV-2	1.860	0.5	1.217	66.6±12.0
I-7	1.570	3.0	1.262	10.1±10.0	IV-8	2.300	0.5	1.230	85.6±8.6
I-13	1.060	0.5	1.234	63.8±12.1	IV-8	2.300	5.5	1.256	24.7±8.80
I-13	1.060	4.0	1.246	本底	V-4	0.850	0.5	1.280	65.7±10.4
II-3	1.550	0.5	1.226	37.3±10.2	V-8	0.710	0.5	1.259	22.2±10.2
II-3	1.550	3.0	1.234	25.7±10.3	V-8	0.710	4.5	1.259	53.1±12.2
II-10	1.960	0.5	1.240	39.2±8.50	I-西渠			1.245	70.5±12.1
II-10	1.960	3.0	1.251	22.6±8.70	VI-3	0.790	0.5	1.282	16.1±10.1
II-18	1.470	0.5	1.232	68.7±11.7	VI-3	0.790	4.0	1.293	12.1±10.3
II-18	1.470	4.0	1.242	24.1±11.5	VII-3	2.390	0.5	1.275	35.6±8.50
II-22	0.780	0.5	1.293	本底	VII-3	2.390	5.5	1.275	62.5±10.1
II-22	0.780	4.5	1.295	本底	IX-2	0.650	0.5	1.220	13.8±8.70
III-2	1.800	0.5	1.246	本底	IX-2	0.650	3.0	1.232	20.8±8.70
III-2	1.800	6.0	1.266	63.2±11.6	OI-2	0.890	0.5	1.224	36.2±10.4
III-6	2.380	0.5	1.221	48.9±11.8	OVI-3	2.330	0.5	1.220	本底
III-6	2.380	6.0	1.230	68.7±12.3	OVI-3	2.330	6.0	1.221	20.0±10.0
III-8	2.590	0.5	1.253	35.9±12.0	OIX-3	2.070	0.5	1.227	44.0±11.9

4、讨论

4.1 格尔木河水是达布逊湖的主要补给来源,它不仅是察尔汗盐湖的主要补给来源之一,也代表了本区大气降水的情况.将格尔木河水氡含量作为一种天然示踪因素,可以追踪首采区抽卤过程中格尔木河、达布逊湖对晶间卤水的影响及补给状况.这一地区氡含量大致顺序为格尔木河水 $50-70\text{TU}$,达布逊湖水 $52.3 \pm 10\text{TU}$,盐湖晶间卤水 $10-50\text{TU}$. (表6)

4.2 察尔汗盐湖首采区在采卤过程中,由于开渠引入湖水,首采区铁路东很大区域不同程度受到湖水影响,达布逊湖以西3公里或更远地段晶间卤水流动较快,受湖水影响较大,这些地段晶间卤水氡含量在 $40-50\text{TU}$ 左右,与达布逊湖平均氡含量很接近.铁路附近东侧I线、II线及V线也出现了氡浓度在 $50-60\text{TU}$ 的区域,这一区域可能受潜水影响.铁路东3公里以远氡含量普遍近似本底 10TU .从测试结果及水位观测资料分析,这一地段晶间卤水流动缓慢,埋藏时间较长,受抽卤影响不大,很可能在某种程度上受地下水补给的影响.

4.3 察尔汗盐湖首采区垂直方向上氡含量变化比较明显,其变化规律是随深度增大而氡含量降低.7m以下晶间卤水氡含量均近似或小于本底.从测试结果和氡浓度在垂直方向上的变化分析,在采卤过程中,晶间卤水动态变化大约在6m以上,6m以下晶间卤水动态变化不大,基本比较稳定.这种结果从某种意义上讲,可以认为察尔汗盐湖深部卤水的补给来源于地下水

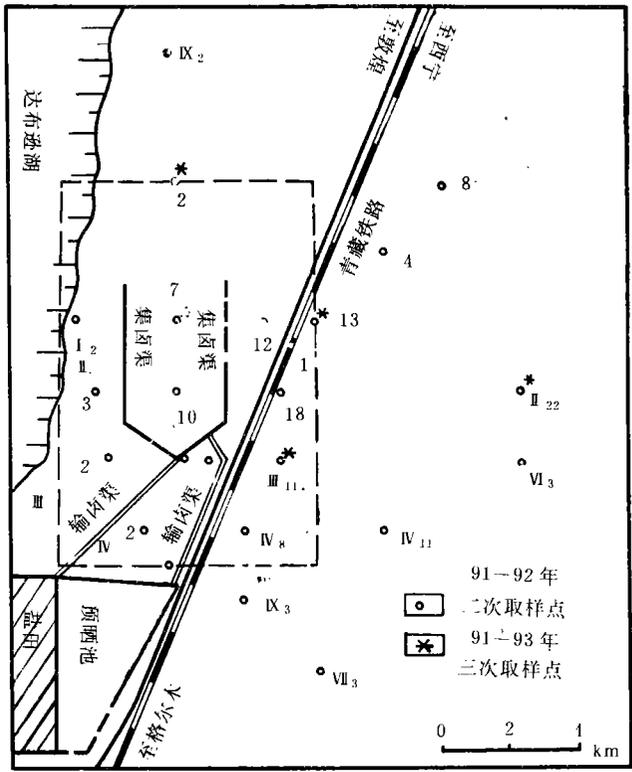


图2 察尔汗盐湖首采区取样点位置图

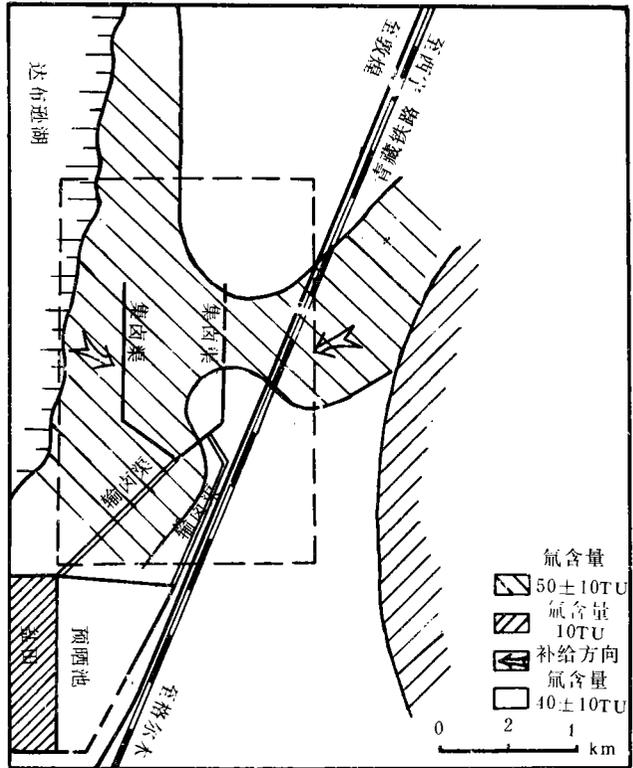


图3 察尔汗盐湖首采区晶间卤水中氡的分布趋势图

和周边水.

表 5 察尔汗盐湖首采区深部晶间卤水氡含量

钻孔位置	I-7	I-13	II-22	III-11	O1-2
取样深度 (m)	7.20	14.50	13.00	11.00	14.00
水温 (°C)	15	12	12	14	12
比重	1.271	1.282	1.300	1.264	1.298
水位 (m)	1.393	1.190	0.908	1.610	0.945
氡含量 (TU)	本底	本底	<本底	<本底	<本底

表 6 察尔汗湖区外围河水氡含量

取样地点	都兰柴达木河水	诺木洪渠水	格尔木河水	察尔汗小桥河水	格尔木西河水	路边溶洞水
取样日期	89.7	89.7	87.8	89.7	89.7	89.7
氡含量 (TU)	69.9±7.3	60.7±7.1	75.6±10.0	51.2±7.1	56.0±7.2	64.4±7.2

致谢 此项工作得到了于升松、郑喜玉、黄麒等先生支持和帮助,在此一并表示感谢.

参 考 文 献

- [1] 李大通、张之淦等.《核技术在水文地质中的应用指南》,地质出版社,1991
- [2] 黄麒、梁青生.青海湖地区氡的分布特征,核技术,1990,13(4)
- [3] 黄麒、钮永宁.全国同位素地区会议论文集,地质出版社,1979,26
- [4] 杨守礼、江丕栋等.《液体闪烁测量技术的进展与应用》,科学出版社,1987

The Study on the Tendency of Variety of the Content of Tritium in the Intercrystal Brine of the Qarhan Salt Lake During the Extraction of Brine

Liang Qing sheng

(institute of Salt Lake, CAS, Xining 810008)

ABSTRACT

In this paper analytical method of tritium is applied to the study of the tendency of variety of tritium in the intercrystal brine of the Qarhan Salt Lake during the extraction of brine. Meteoric water, surface water, underground water, especially the lake water after ditching influence upon the intercrystal brine were investigated and discussed with the data determined for many times, based on the horizontal and vertical laws of variety of the content of tritium were probed in the first area of Extraction of the Qarhan Salt Lake.

Keywords Content of tritium, Intercrystal brine, Meteoric water, Underground water, liquid scintillation counter