

广西北山岩溶水系统地球化学的研究

陈 旸

(地质矿产部岩溶地质研究所)

庞景细

(广西地矿局第七地质队)

摘要: 研究岩溶水系统的含水介质特征是进行岩溶水文地质勘探工作的一项任务, 本文从地球化学角度出发, 利用北山矿区出露的泉水及大量的水文地质钻孔, 通过地下水化学场在时间空间上的变化, 研究了岩溶含水层的含水介质特征。

文中主要讨论了不同类型的地下水化学组成的季节变化, 以及地下水矿化度在垂向上的变化, 还讨论了利用碳酸盐平衡原理, 通过矿物饱和指数(SIC, SID)与CO₂分压(Pco₂)关系区分管道流及扩散流等。最后还提出了利用氡(³H)来区分含水介质类型的可能性。

一、引言

岩溶水系统的地球化学研究的主要目的, 是通过碳酸盐在水中平衡的变化规律来研究岩溶作用的机理和影响因素, 并利用水中碳酸盐的时空变化所提供的信息区分岩溶水系统的含水介质特征。

六十年代以来, 国外对天然水中碳酸盐的平衡问题, 在理论方面, 室内试验, 野外观测和数据处理方面做了较多工作。在研究碳酸盐含水层的含水介质特征, 含水层的次生渗透性等方面取得了一些成果^[1,4,5]。国内近几年主要是介绍国外资料, 并在一些点上进行了实践, 如贵州普定、山西太原、广西桂林、湖南洛塔等地。但这些工作大都只局限于在泉口、地下河口等地进行水化学监测, 研究水化学动态, 缺乏对含水系统空间的水化学场研究。

北山的研究工作, 利用矿区现有的四十多个地质与水文地质钻孔, 结合一些排泄泉, 进行了两年多的水化学系统取样, 根据地下水化学场在时间、空间上的变化规律, 研究岩溶含水介质特征, 这是利用地球化学方法进行岩溶水文地质勘探工作的一次尝试。

二、地质与地球化学背景

北山铅锌黄铁矿为一即将开发的大型多金属矿床, 地处桂北山区, 属亚热带, 气候温和多雨, 为大型岩溶充水矿床(图1)。

矿区为一向南西倾伏, 西陡东缓的不对称复背斜构造, 两翼受相反的压扭性正断层切

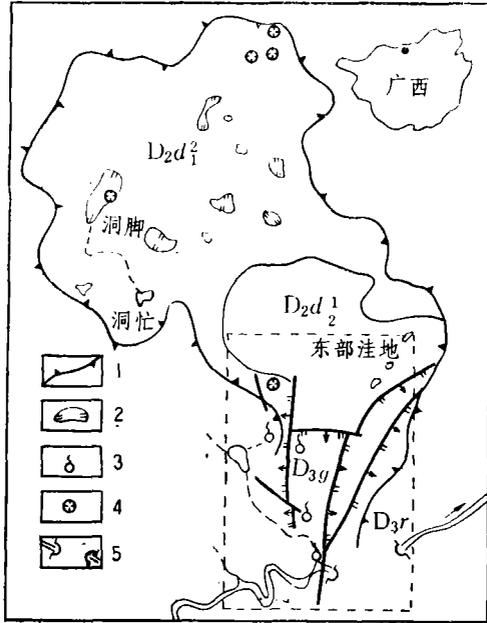


图1 北山研究区地质略图

Fig.1 Schematic geologic map of Beishan, Huanjiang, Guangxi

1. 补给边界 recharge boundary;
 2. 洼地 doline; 3. 泉 spring;
 4. 竖井 shaft; 5. 伏流 swallet river

割, 形成“地垒”构造。出露地层: 两翼断层上盘为泥盆系上统融县组 (D_{3r}) 碳酸盐岩, 中间为泥盆系中统东岗岭组 (D_{2d}) 至上统桂林组 (D_{3g}) 地层, 其中有实际含水意义的岩层为上泥盆统融县组灰岩及中至上泥盆统礁灰岩、生物碎屑灰岩。而上泥盆统桂林组, 中泥盆统东岗岭组中的泥灰岩、泥质灰岩互层则为岩溶水相对隔水层。含水层 (体) 于矿区北部裸露, 能充分接收大气降水。南部为埋藏型, 四周受相对隔水岩层的阻隔, 在天然状态下, 自成一个封闭的、独立完整的水文地质单元。地下水自北向南集中汇聚, 迳流排泄。主要工业矿体位于地下水集中迳流排泄区, 水文地质条件复杂。矿区在水文地质详勘过程中投入大量的水文地质钻探, 给本研究创造了有利的条件。

研究区主要岩性及岩石化学成份分析结果列于表1。

由表1可见, 研究区岩石化学成分以碳酸钙为主, 灰岩中CaO含量比较稳定, 介于49%—55%之间。K₂O、Na₂O含量极低。

表1 岩性及岩石化学成份表

Tab.1 Lithologic characters and chemical compositions in rocks

编号	地层	厚度(米)	岩性	CaO(%)	MgO(%)	K ₂ O(%)	Na ₂ O(%)	CO ₂ (%)	SiO ₂ (%)
1	D_{3r}	728	均质灰岩、底部夹白云质灰岩	55.16	0.68	0.03	0.05	43.74	0.24
2	D_{3g}^2	43—65	条带状灰岩、扁豆状灰岩	49.32	0.80	0.33	0.07	35.30	5.28
8	D_{3g}^1	13—36	扁豆状灰岩、薄层状灰岩	51.81	1.09	0.39	0.05	41.09	3.77
4	D_{3g}^3	367	泥灰岩、泥质灰岩	22.90	2.07	2.20	0.34	20.52	32.31
5	D_{3g}^2	0—70	同生砾状灰岩	52.09	0.99	0.12	0.05	39.97	3.89
6	D_{3g}^1	0—156	燧石条带状灰岩、同生砾状灰岩	51.42	3.96	0.00	0.05	44.40	0.34
7	D_{2d}^2	0—204	泥灰岩、泥质灰岩	38.22	1.54	1.86	0.09	29.83	17.20
8	D_{2d}^1	>267	细粒生物碎屑灰岩	52.18	2.32	0.12	0.05	43.03	2.05
9	D_{2d}^{1-2}	>300	细粒灰岩、生物碎屑灰岩	49.18	0.99	0.04	0.05	39.19	8.66
10	D_{2d}^1	20—80	白云岩(北山礁顶)	42.19	11.17	0.10	0.08	44.95	1.02
11	D_{2d}^1	>267	生物礁(北山礁)	55.02	0.68	0.03	0.03	44.14	0.33
12	D_{2d}^{1-2}	>300	生物礁(洞忙礁)	54.33	0.83	0.05	0.04	43.34	1.09

MgO介于CaO与K₂O、Na₂O之间。岩石的化学成份决定了本区地下水的化学成份以Ca⁺⁺、HCO₃⁻为主,并以低K⁺、Na⁺含量为特点,同时由于几十米厚的白云岩的存在,与之接触的地下水有较高的Mg⁺⁺含量。

本区岩溶水补给主要有两种来源,一为北部补给区约11.69平方公里范围内的大气降水,其次为北部峰丛山区表层风化褐铁矿水采后的采矿水。

大气降水:呈微弱酸性,pH值6.3—6.8,矿化度平均16毫克/升,CO₂含量较高,达10^{-2.4}大气压,约为大气中CO₂分压的十倍,具较强的侵蚀性。大气降水是本区地下水的主要补给来源。

采矿水:取自研究区东部的大环江。根据1984年6月的水质测定,环江水矿化度约100毫克/升,水质类型为HCO₃-Ca型水。经水采后的采矿水化学成份发生较大变化,pH值由7.73降到7.25,方解石和白云石饱和指数也分别由-0.21和-0.84降为-0.93和-3.57,侵蚀性大大增强。采矿水通过东部洼地漏斗、5号竖井等处进入地下含水层(体),是本区地下水的次要补给来源。

三、研究方法

岩溶地下水化学成份的演化是水与岩石相互作用的结果。水在可溶岩表面以及可溶岩体内部循环的过程中,通过化学溶蚀为主以及一定程度的机械冲刷作用,将可溶性岩体中的某些成份携走,从而改变了岩体表面或内部结构形态,同时也改变了自身的化学组成。水与可溶岩相互作用受许多因素所控制,不同类型的岩溶含水介质,具有不同的物理化学特性,也具有不同的地下水的动力特性,这些不同介质特性造成了地下水物理化学性质的差异。因此,只要选择适当的参数指标,找出不同类型的地下水水体之间的差异,研究造成这种差异的原因,就能通过分析地下水的物理化学性质反过来了解含水介质的有关特征。

为了解地下水化学组成随时间的变化情况,选择了8个代表性的钻孔,其中4个揭露到大管道,另外4个未遇管道(或仅仅是连通不好的溶洞)。这些钻孔在每年1月和6月各取一个水样,水样代表了典型的管道流和扩散流地下水。

为了解地下水化学组成在垂向上的变化情况,选择了一些代表典型的扩散流和管道流的钻孔,在不同的深度各取了2~7个水样,分析矿化度在不同介质、环境中的变化。

利用水中矿物平衡来研究含水介质是本次工作的重点。为此,分雨、旱季,各采集了40多个地下水,泉水和地表水样。选择9个地球化学指标(温度、pH值、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、Na⁺、K⁺、Cl⁻、SO₄²⁻及HCO₃⁻离子含量),利用改编的WATSPEC程序^[7],在PC-1500计算机上计算了13种矿物在水溶液中的饱和指数值及水中二氧化碳分压。针对研究区碳酸盐岩为主的特点,选择方解石、白云石饱和指数、CO₂分压作为分类指标:方解石饱和指数 $SIC = \log([\text{Ca}^{++}] [\text{CO}_3^{2-}] / K_c)$,白云石饱和指数 $SID = \log([\text{Ca}^{++}] [\text{Mg}^{++}] [\text{CO}_3^{2-}]^2 / K_d)$,二氧化碳分压 $P_{\text{CO}_2} = [\text{H}_2\text{CO}_3^*] / K_{\text{CO}_2}$ 。

将四十多个水样分成五种不同类型的水体,投到饱和指数与CO₂分压关系图上,以了解各种水体之间的地球化学关系。

同时,对利用放射性同位素氙分析岩溶含水介质也进行了尝试。这个方法的依据是,在

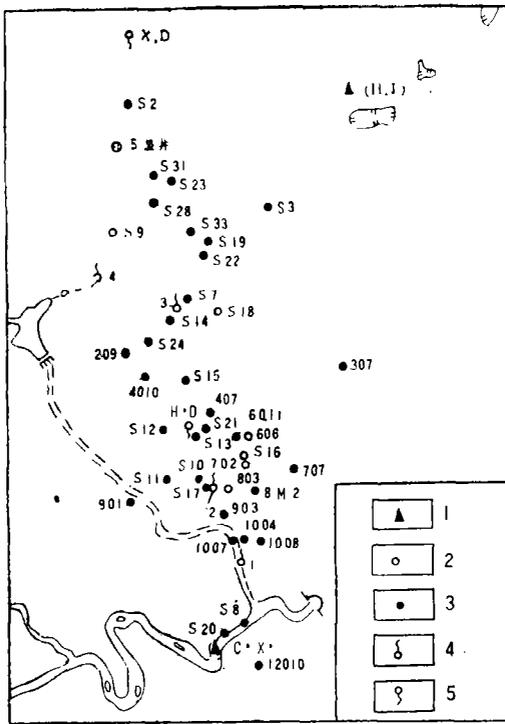


图2 取样点位置图

Fig.2 Location of sample sites

- 1.地表水 surface water;
- 2.管道水 conduit water;
- 3.裂隙水 crevice water;
- 4.泉 spring;
- 5.包气带渗流 vadose flow

不同的含水介质中，地下水的循环交替速度是不同的，管道流应大于扩散流，已知自1963年以来，历年大气降雨中³H含量变化较大，这种变化反映在管道流和扩散流两种水体中应有所不同。

以上水样中，地表水和泉水是在水面下至少15cm深度采集。地下水是采用定深取样法在钻孔内一定深度取得。管道水是将定深取样器下到钻孔中遇到岩溶管道的位置上得到的(图2)。

四、结果与讨论

1.地下水化学组成的时间、空间变化

本区地下水的化学组成显示了不同程度的季节变化。

图3表明地下水矿化度、SO₄²⁻含量从1983年1月至1985年1月两年内雨季与旱季的变化情况。呈扩散流运动的裂隙水虽然也有微弱的变化，但远远不如管道水明显，表明其水交替作用是十分缓慢的。而呈管道流形式运动的地下水，其矿化度、SO₄²⁻含量旱季高、雨季低，呈现出明显的变化规律。可以认为降雨的稀释作用是造成季节变化的主要因素。

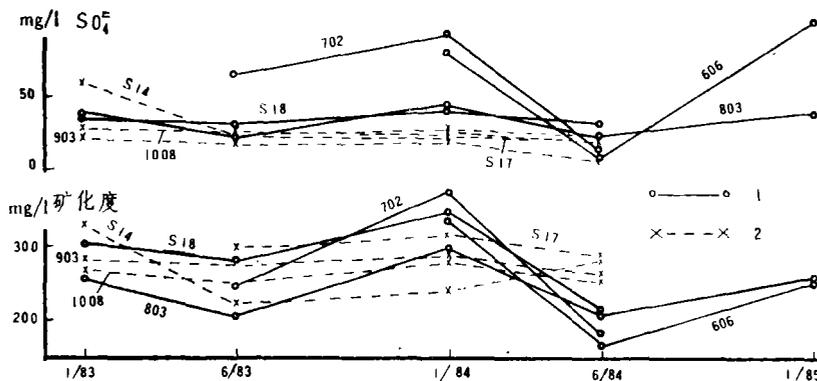


图3 地下水矿化度、SO₄²⁻的季节变化

Fig.3 Seasonal variations of mineralization and SO₄²⁻ in groundwaters

- 1.管道流 conduit flow;
- 2.扩散流 diffuse flow

变化最显著的是 606 钻孔。该钻孔在 185.78 米深度，揭露到一个 38.68 米高的溶洞，在溶洞位置地下水旱季矿化度平均为 340 毫克/升，雨季降到 168 毫克/升，下降达 51%。这些水质动态特征说明该处是地下水强烈交替的管道地段。

管道水的 Ca^{++}/Mg^{++} 比也显示出较显著的季节变化（图 4）。表 2 和表 3 分别列出了方解石与白云石达到平衡时的 $[Ca^{++}]/[Mg^{++}]$ 活度比（ $[Ca^{++}]/[Mg^{++}] = Kc^2/Kd =$ 与温度有关的常数）与地下水实际的 $[Ca^{++}]/[Mg^{++}]$ 活度比（已由浓度校正为活度）。实测比值大大高于理论值，表明方解石的溶解量高于白云石，两者之间远未达到化学平衡。从本区地下水矿物饱和指数计算结果（图 5，6）来看，大部分的水对方解石都过饱和，而对白云石的饱和度较低。说明地下水与矿物化学反应程度不同是造成地下水 Ca^{++}/Mg^{++} 比旱季较低，雨季较高的原因。

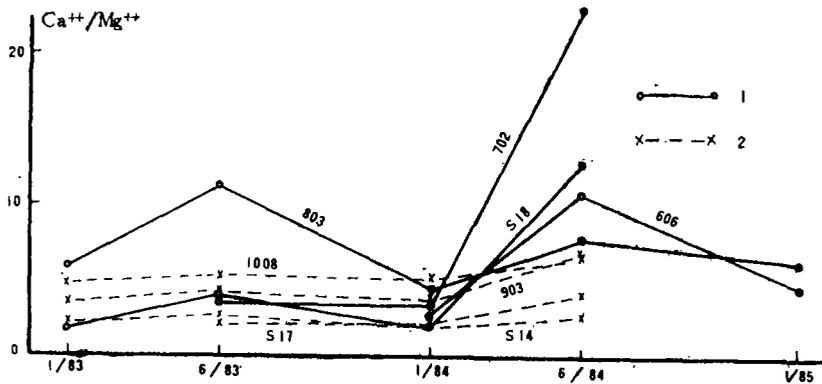


图 4 地下水 Ca^{++}/Mg^{++} 比的季节变化

Fig.4 Seasonal variations of Ca^{++}/Mg^{++} in groundwaters
1. 管道流 conduit flow; 2. 扩散流 diffuse flow

表 2 不同温度条件下方解石、白云石平衡 $[Ca^{++}]/[Mg^{++}]$ 离子比

Tab.2 $(Ca^{++})/(Mg^{++})$ ratios for equilibrium between calcite and dolomite from 0° to 25°C

温度(°C)	0	5	10	15	20	25
$[Ca^{++}]/[Mg^{++}]$	0.76	0.87	0.99	1.12	1.32	1.58

地下水的化学组成在垂向上也呈现出规律的变化。

表 4 列出了部分钻孔地下水在不同深度上矿化度的变化情况。S7 和 1007 两个钻孔的分析结果表明，对于比较完整的岩体，虽然在同一深度各处地下水的矿化度有所不同，但都有共同的变化规律，即随着埋藏深度的增加，地下水的矿化度也增高。不过这种增高并不是没有限度的，因为碳酸盐矿物在水中的溶解主要取决于水中 CO_2 分压及温度。 CO_2 直接参与了碳酸盐的溶解反应，温度决定了化学反应的平衡常数，也对水中 CO_2 的含量有很大的影响。在地壳一定深度以下，由于温度的增高， CO_2 分压的降低，水对岩石的侵蚀能力大大降低。8M2 钻孔的分析结果表明在地面以下几百米，地下水的矿化度较低。这个钻孔已通过温度场测定证实地下水存在由下向上的对流，在钻孔某一深度取得的地下水实际上代表了更深部位的情况。因此，可以设想，本区在 200—1000 米深度之间，存在一个矿化度的极值点，在此

表3 地下水温度及 $[Ca^{++}] / [Mg^{++}]$ 活度比Tab.3 $[Ca^{++}]/[Mg^{++}]$ ratios and temperatures of groundwaters in the study area

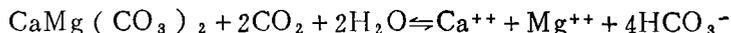
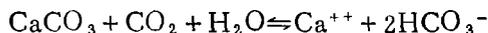
钻孔	83.1	83.6	84.1	84.6	85.1
	$[Ca^{++}]/[Mg^{++}]$ 温度				
S14	$\frac{2.13}{21.9}$	$\frac{2.86}{21.0}$	$\frac{2.42}{20.35}$	$\frac{2.86}{20.68}$	—
S17	—	$\frac{2.32}{22.0}$	$\frac{2.41}{21.79}$	$\frac{2.86}{21.74}$	—
903	$\frac{3.52}{20.9}$	$\frac{5.25}{22.2}$	$\frac{3.91}{21.64}$	$\frac{6.83}{22.58}$	—
1008	$\frac{4.78}{21.2}$	$\frac{5.40}{22.3}$	$\frac{5.30}{21.74}$	$\frac{6.67}{22.46}$	—
803	$\frac{5.92}{20.7}$	$\frac{11.11}{21.1}$	$\frac{4.58}{21.90}$	$\frac{7.87}{20.78}$	$\frac{6.28}{(21.9)}$
702	—	$\frac{3.64}{21.0}$	$\frac{3.62}{20.16}$	$\frac{23.20}{19.67}$	—
S18	$\frac{1.78}{20.0}$	$\frac{4.00}{21.0}$	$\frac{2.09}{19.84}$	$\frac{12.74}{19.55}$	—
606	—	—	$\frac{2.81}{19.70}$	$\frac{10.76}{19.04}$	$\frac{4.67}{(19.7)}$

深度之上和之下,矿化度降低。

对于发育有岩溶管道的岩体,地下水矿化度的这种规律性会有所改变,在管道部位的水矿化度低于非溶蚀部位。S18、606两个钻孔都在深部揭露到较大的岩溶管道,其矿化度都有较大程度的降低。这一特点也有助于判断钻孔揭露到的溶洞或裂隙的连通情况。

2. 各种类型岩溶水的矿物饱和指数、 CO_2 分压关系

碳酸盐矿物在水中的溶解与水中 CO_2 含量有关:



实验表明,在 $25^\circ C$ 条件下,每升纯水中只能溶解14毫克方解石,而在正常大气压(CO_2 分压约0.00033大气压)下方解石的溶解度可增大到63毫克/升^[2]。一般,地下水的 CO_2 分压可达正常大气压的10—100倍以上。北山研究区地下水的 CO_2 分压范围从0.002—0.02大气压。如此高的 CO_2 含量表明水对碳酸盐矿物有较强的侵蚀性。但是 CO_2 是一个非常活跃的因素,受温度、压力、地下水的运动等控制,在相同的温度、压力条件下,流动缓慢的地下水,能吸收较多的 CO_2 ,而水流湍急的地方,由于水体的强烈扰动而导致水中溶解 CO_2 的逸出。不同的含水介质,物理化学条件、水动力条件不同,地下水的 CO_2 含量亦有所区别。

将1984年6月采集的40多个地下水和地表水的分析结果计算SID与 P_{CO_2} 值,投到图5。这40多个水样分属于5种不同类型的水体,利用图5可清楚地了解五者之间的地球化学关系。

表 4 地下水矿化度垂向变化

Tab.4 Vertical variations of mineralizations of groundwaters

钻 孔	孔深(米)	取样日期	取样深度 (米)	矿化度	岩溶发育情况
S7	201.82	83.6.9	27	206.91	无溶蚀现象
			150	265.15	
1007	268.48	84.1.9	30	280.41	无溶蚀现象
			50	285.20	
			200	298.53	
8M2	1000.00	84.1.13	54	84.17	局部轻微溶蚀
			75	157.31	
			100	159.51	
			125	151.70	
			150	161.75	
			175	164.23	
		196	160.22		
		84.6.11	45	85.95	
200	155.75				
S18	196.93	84.6.11	100	305.25	米深度发育溶洞 194.27—196.93
			196	210.80	
			160	441.94	
606	225.69	84.1.16	196	328.29	185.78—224.46 米深度发育溶洞
			160	179.79	
		84.6.11	196	168.30	

A类：地表水，具开启水面，直接与大气发生 CO_2 交换，水中 CO_2 分压较低，小于 $10^{-2.7}$ 大气压，但高于大气中含量。地表水对白云石而言，可以饱和，也可以不饱和。

B类：管道流（雨季快速流状态），主要特点是白云石饱和指数较低，全部未饱和。 CO_2 分压介于 $10^{-2.3} - 10^{-2.5}$ 之间。不同位置所取水样的地球化学性质相近。

C类：：管道泉，即雨季以B类地下水为主的排泄露头。与B类水比较，其白云石饱和指数和 CO_2 分压更低。

D类：扩散流，白云石饱和指数较高，大部分为饱和—过饱和。 CO_2 分压变化范围较大，从 $10^{-1.9}$ 到小于 $10^{-2.6}$ 。

E类：包气带渗流，水样从暴雨后才出流的裂隙带中采集，其白云石饱和指数较低， CO_2 分压较高，表明降雨通过土壤带或浅部裂隙带的快速渗流补给。

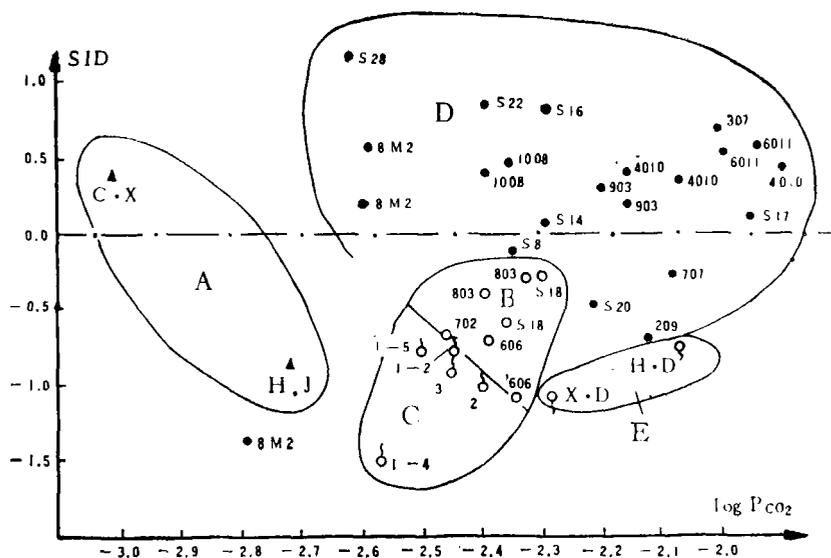


图5 雨季五种类型水体的地球化学关系

Fig.5 Geochemical relationships between the five water types studied (June, 1984)

A. 地表水 surface water; B. 管道流 conduit flow;
C. 管道泉 conduit spring; D. 扩散流 diffuse flow;
E. 包气带渗流 vadose flow

8M2是个特殊情况, 该孔是研究区唯一深达1000米的钻孔。因地下水循环深度大, 因而水中 CO_2 含量较低, 对碳酸盐矿物的侵蚀溶蚀较弱。

利用图5还可以分析岩溶系统的连通情况, 即钻孔揭露到的溶洞或强溶蚀带究竟是通畅的岩溶管道, 还是堵塞的或仅仅是比较孤立的溶洞。如903钻孔, 在169米深度钻探揭露到一个9.14米高的溶洞。但从饱和指数— CO_2 分压关系图上所处位置, 结合其它资料可认为这个溶洞与外部的联通情况不好。又如S16钻孔, 抽水试验表明该钻孔揭露到了地下主管道, 但在取样期间这个钻孔已被淤泥堵塞, 因而在饱和指数与 CO_2 分压关系图上, S16反映出裂隙水的特征。

同样地, 在雨季的方解石饱和指数与 CO_2 关系图中(图6), 这五种不同类型的水也具有类似的关系, 但方解石饱和指数较高, 绝大部分为过饱和。比较图5与图6, 对于了解这五类水体的地球化学关系, 用白云石饱和指数比方解石更为鲜明。

旱季的情况有所不同。图7是1984年1月采集的裂隙水和管道水的地球化学关系图。利用饱和指数与 CO_2 分压关系难以区分这两种水体。这是因为旱季地下水逗留时间很长, 岩溶管道接受了许多附近裂隙水的补给, 而且运动缓慢。实际上这两种水的化学组成的差别已经很小。

3. 放射性同位素氚在确定岩溶含水介质中的应用

研究区的10个地下水和雨水的氚样是1984年1月中旬采集的。表5列出了水样的 ^3H 含量分析数据。取样点位置可参考图1及图2。

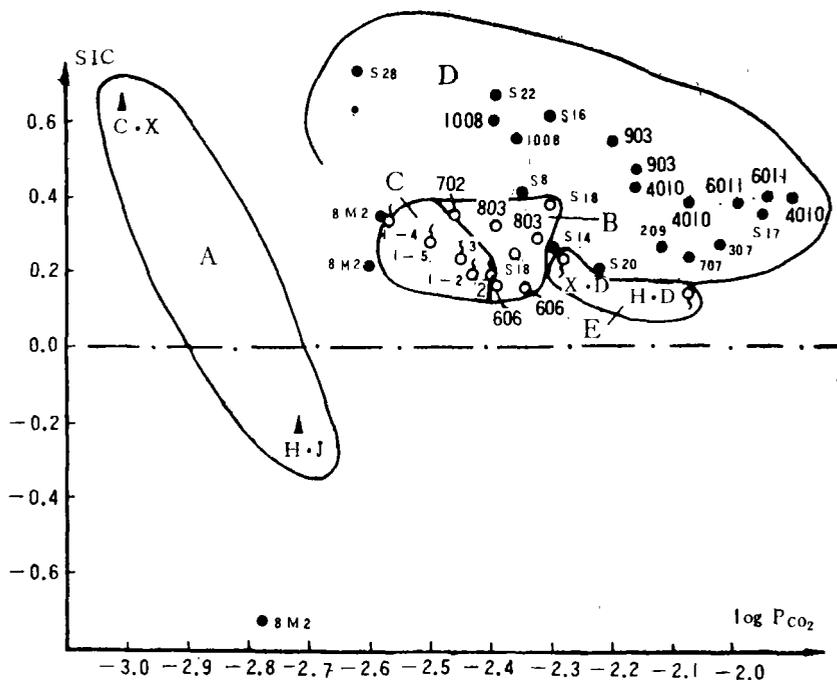


图 6 雨季五种类型水体的地球化学关系

Fig.6 Geochemical relationships between the five water types studied (June,1984)

- A. 地表水 surface water;
- B. 管道流 conduit flow;
- C. 管道泉 conduit spring;
- D. 扩散流 diffuse flow;
- E. 包气带渗流 vadose flow

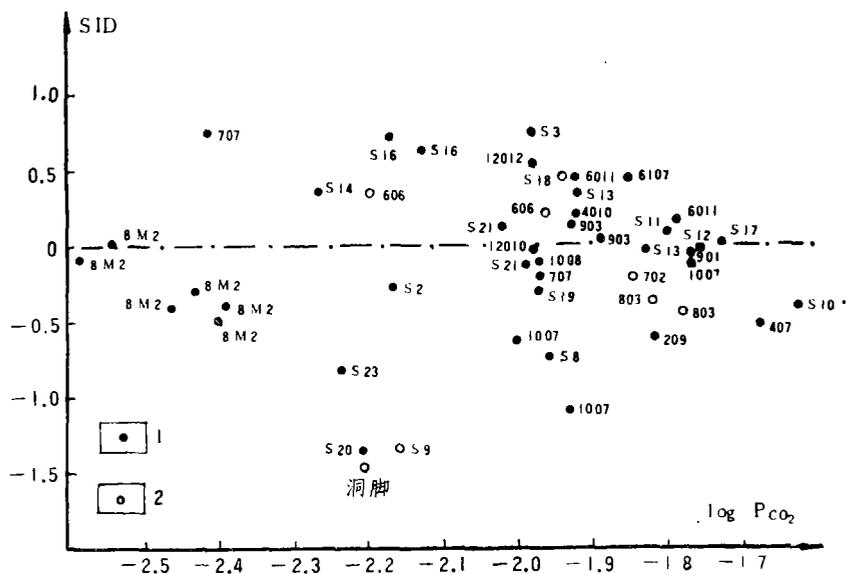


图 7 旱季裂隙水与管道水的地球化学关系

Fig.7 Geochemical relationships between crevice and conduit waters (January,1984)

- 1. 裂隙水 crevice water;
- 2. 管道水 conduit water

表5 北山矿区水样³H分析结果
Tab. 5 ³H content of water samples

水样	雨水	洞脚	S3	S18	606	606	S16	707	903	1号泉
深度(米)			150	100	100	190	100	200	115	
TU	<6	<6	10.5±5	10.5±5	21.5±5.5	11.3±1.3	<6	16.7±1.5	25.1±5.7	33.6±6

大气降水及接受近期数月降雨补给的洞脚地下河入口, 氡含量最低, 小于6。这个结果预示了自1963年全面停止空间核试验以来, 大气降水氡含量逐年减少, 将失去其作为全球性示踪剂的价值这一趋势已经到来。地下水的³H较高, 表明地下水是受1952年以后的降雨补给的。

研究区从北到南, 即沿地下水流向上, 地下水氡浓度由低到高, 呈现有规律的变化趋势。只有S16钻孔例外, 估计为下部堵塞, 孔口有近期雨水灌入。

地下水氡含量还显示了裂隙水高于管道水的现象。例如钻孔606, 上层水的³H比下部管道内的水含量高近一倍。这个结果表明, 即使在旱季的条件下, 放射性同位素³H也有可能成为一种区分含水介质类型的指标。

为了了解地下水之间的新老关系, 需要知道当地历年大气降水氡含量过程线。

研究区缺少大气降水历年系统氡含量资料, 但根据降雨氡含量稳定下降、北半球总的升降趋势基本一致的特点, 可由氡含量地理分布图对比计算得到〔3,8〕。计算结果为图8曲线I。利用放射性衰变公式 $N = N_0 e^{-\lambda(t-t_0)}$, 校正到1984年的剩余氡含量, 得到曲线II。

从曲线II可以了解地下水的新老关系, 从补给区到排泄区地下水的年龄是由新到老排列

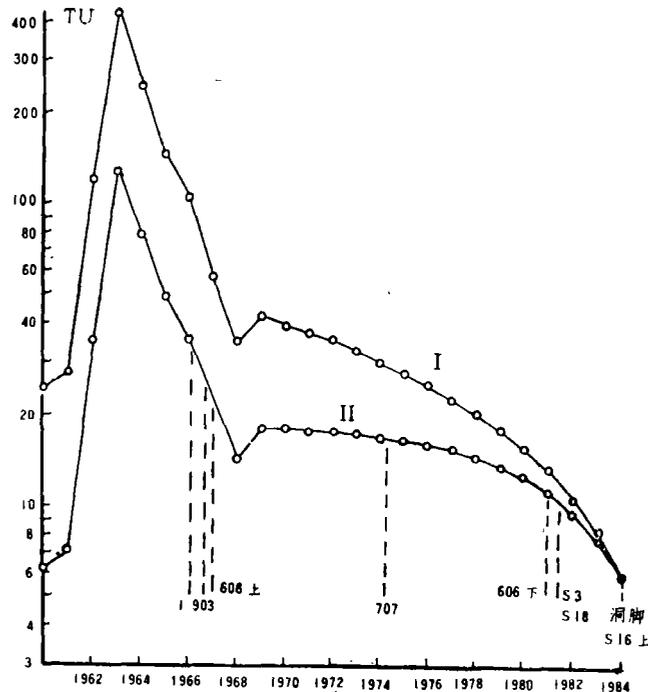


图8 研究区大气降水氡含量过程线

Fig.8 Procedure curve of ³H content of rainfall in the study area

的，同时也表明管道水的交替速度较快，其年龄小于附近的裂隙水（指平均年龄）。

1号泉排泄口的 ^3H 含量大大高于研究区揭露主要岩溶管道的钻孔地下水，说明在旱季条件下，地下水的运动是十分缓慢的，1号泉主要排泄的是附近贮存时间较长的裂隙水。今后如能在雨季采集氡分析样作对比，则更能说明问题。

五、结 论

从前面的分析讨论，表明北山研究区地下水的化学组成和同位素组成在时间，空间上具有明显的规律性，主要有以下特点：

1. 地下水的化学组成存在不同程度的季节变化，这种变化在管道流中比扩散流更为明显。一些地球化学指标，如矿化度、 SO_4^{2-} 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 等，可用来作为区分管道流与扩散流的依据。

2. 地下水化学组成在垂向上也有规律性的变化。在正常岩体（以扩散流为主）中，从上到下，矿化度逐渐增高，到深部某一深度达到极大值，再向下有下降趋势。

3. 管道水的矿化度一般低于裂隙水。在钻孔中揭露到的溶洞如果是连通性较好的管道，则管道中地下水的矿化度小于上部地下水。

4. 在雨季条件下，利用白云石饱和指数与 CO_2 分压关系，可以定量地描述五种不同类型的水体（地表水，管道流，管道泉，扩散流及包气带渗流）。

5. 管道水与裂隙水的放射性同位素 ^3H 也存在较大程度的差别， ^3H 有可能用作区分两类水体的指标。

选择适当的地球化学指标和适当的季节条件是利用地球化学方法进行含水介质类型划分成功的关键。选择何种指标必须根据当地的实际情况。北山研究区根据地下水迳流速度较慢，存在有白云岩地层，水对方解石已达高度过饱和，而对白云石则为未饱和一饱和一过饱和的特点，选择白云石饱和指数作为分类指标，取得了较为满意的结果。

利用地球化学方法来区分不同类型的含水介质特征，具有投资省，效益高的特点，前景十分广阔，通过进一步的探索、完善，这种方法将成为岩溶水文地质勘探中的重要手段。

岩溶地质研究所袁道先高级工程师在整个研究工作中给予了精心指导，还得到了崔光中副教授，朱远峰工程师，覃小群、张卫、廖果等同志的帮助，所用资料多采用岩溶研究所北山课题组及广西地质七队集体工作成果，特此致谢。

参 考 文 献

- (1)地质部情报研究所，《国外裂隙—岩溶水研究》1981。
- (2)中国科学院地质研究所岩溶研究组，《中国岩溶研究》1979 P31—72。
- (3)卫克勤、林瑞芬、王志祥、周秀云，我国天然水中氡含量的分布特征《科学通报》1980，10，P467—470。
- (4)Garrels, R.M., Charles L. Christ, 1965, Solutions, Minerals, and Equilibria, Harper & Row, New York, p74—92
- (5)Thraikill, J., 1976, Carbonate equilibria in karst water, Karst Hydrology and water Resources, V.2, p745—766
- (6)Back, W., Bruce B. Hanshaw, 1970, Comprison of chemical hydrogeology of the carbonate

- peninsulas of Florida and Yucatan, *Journal of Hydrology*, Vol.10, No. 4, p330—368
- (7) Wigley, T.M.L., 1979, WATSPEC: A computer program for determining the equilibrium speciation of aqueous solutions, British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin, No.20
- (8) Vogel, J.C., L.Thilo, 1974, *Journal of Hydrology*, Vol.23, No.1/2, p131-140
- (9) Langmuir, D., 1971, The geochemistry of some carbonate ground waters in central Pennsylvania, *Geochem. et Cosmochim. Acta* 35, P1023-1045

A PRELIMINARY STUDY ON GEOCHEMISTRY OF KARST WATER SYSTEM OF BEISHAN, GUANGXI

Chen Yang

(*Institute of karst Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources*)

Pang Jingxi

(*No.7 Geology Party, Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi
Zhuang Autonomous Region*)

Abstract

The major aquifer of Beishan is composed predominantly of karstified Middle-late Devonian clastic limestone and reefal limestone with less amount of dolomite. Groundwaters were sampled from springs, rivers and wells at given depths in dry season (in January) and in rainy season (in June) during the time between January, 1983, and January, 1985. Chemical and isotope analyses were made to study the karst water system, and then the water-bearing media of karst system. The results show that:

1. the chemical compositions of groundwater have obviously seasonal variations, particularly the conduit water, in which the mineralization decreases more than 50% from dry season to rainy season in some places;
2. the dissolved solid content of groundwater generally increases with depth, but it will reach a limit at a certain depth and then decreases;
3. the dissolved solid content of conduit water is lower than that of diffuse water flow;
4. in rainy season, two parameters, dolomite saturation index and CO₂ partial pressure, are sufficient to distinguish the five types of waters: surface water, conduit groundwater, conduit spring, diffuse water flow and vadose water. But in dry season, it is difficult to study the water types by the use of both SID and Pco₂;
5. the radioactive isotope tritium ³H is also a useful parameter for studying the water-bearing media, even in dry season, the concentration of ³H in conduit water flow is considerably different from that in diffuse water flow.

In this paper, the principles of geochemistry are used to explain the time-space variation of chemical compositions of groundwaters. The study shows that the use of geochemistry is a promising way for distinguishing different water-bearing media of a karst aquifer.