

文章编号:1001-4810(1999)03-0213-05

北京典型溶洞区土壤中的 CO_2 及其对岩溶作用的驱动*

唐 灿, 周平根

(国土资源部环境地质研究所, 北京 100081)

摘 要: 本文通过对北京万佛堂孔水洞观测站土壤 CO_2 及泉水中 HCO_3^- 等为期一年的观测资料的分析评价, 得出结论: 土壤中的 CO_2 驱动着岩溶作用, 表现在土壤中 CO_2 含量的季节性变化——夏季土壤 CO_2 含量升高和泉水中 HCO_3^- 浓度也相应升高。

关键词: 岩溶作用; 碳循环; 土壤 CO_2

中图分类号: P531; P512.1 文献标识码: A

0 前 言

为了研究中国岩溶形成的规律, 特别是与大气圈和生物圈密切关联的表层岩溶动力系统的运动规律^[1], 在全国范围内的不同气候带设立了 10 个观测站, 北京万佛堂孔水洞观测站是其中之一。观测项目包括系统温度、降水量、流量、大气和土壤空气 CO_2 含量、水的电导率、pH 值、 HCO_3^- 浓度等。每月观测一次。自 1997 年 12 月开始至 1998 年 11 月结束, 观测周期为一年。

1 研究区条件和观测方法

1.1 研究区概况

观测站位于北京市西部房山区大安山煤矿磁家务矿区, 距北京市约 60km。区内气候四季分明, 多年平均气温 11.16°C , 属中温带半干旱季风气候区。最高气温在每年的 7、8 两个月, 多年平均为 25.15°C ; 最低气温在每年的 1 月份, 多年平均为 -5.43°C 。多年平均降雨量为 638mm。雨量多集中在每年的 7、8、9 三个月, 约占全年总量的 80% 以上。

万佛堂泉发育于奥陶系碳酸盐岩中(图 1)。该岩层是厚度很大(达 300~400m)的含水层, 裂隙溶洞发育, 互相连通, 有利于大气降水及上覆地层中地下水的渗入、储存和运移, 并在断裂构造及有利地形条件下, 地下水溢出地表形成泉水。泉水的补给主要来自大气降水入渗。流量

* 本文系国土资源部岩溶动力学开放研究实验室资助项目成果
第一作者简介: 唐灿, 女, 1964 年生, 高级工程师, 主要从事工程地质环境地质研究工作。
收稿日期: 1996-06-10

一般在 $1.2 \sim 420 \text{ m}^3/\text{min}$ 之间,特早年份枯水期断流。该泉水对大气降雨十分敏感,一般较大的降雨后 10 多个小时,泉水流量便有显著上涨(图 2)。因此万佛堂泉水属典型裂隙管道型岩溶水。

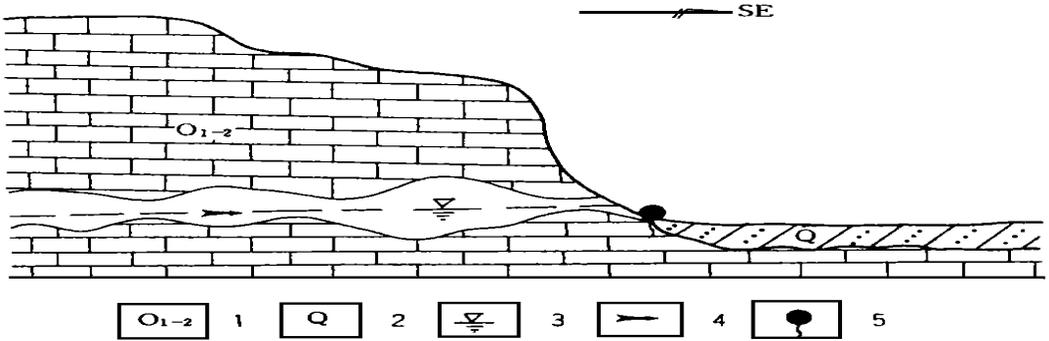


图 1 北京万佛堂孔水洞形成条件示意图

Fig. 1 Sketch map of geological conditions of Wanfutang spring in Beijing

1. 奥陶系中下统灰岩; 2. 第四系粘性土; 3. 地下水位; 4. 地下水流向; 5. 泉

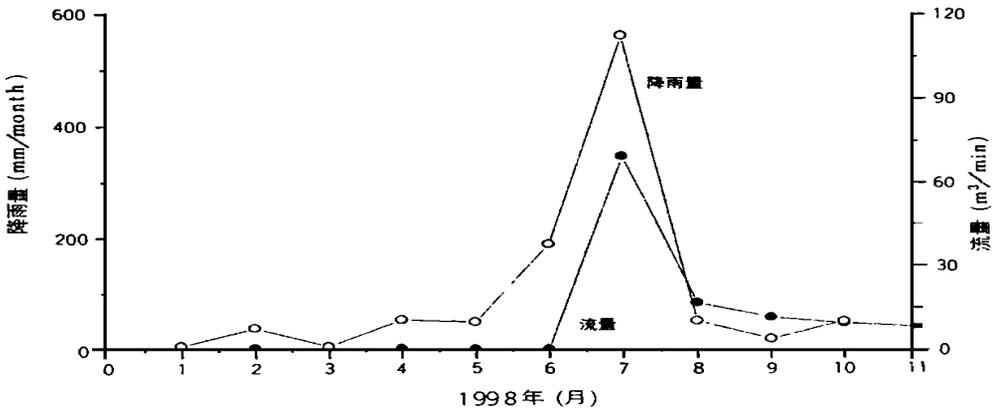


图 2 北京万佛堂孔水洞泉水流量和降雨量关系曲线

Fig. 2 Relationship between the precipitation and the spring runoff in Wanfutang spring in Beijing

1.2 观测方法

对土壤中的 CO_2 含量的野外观测,采用的仪器为日本生产的 GASTEC- CO_2 测试仪,它可测定土壤和大气中气相 CO_2 的浓度。试剂为白色的 C_2H_4 ,但与 CO_2 反应后变为紫色,通过内含该试剂的检测管中白色-紫色界面反应的刻度即可读得所测气相中的 CO_2 浓度。该项目统一测定土壤 20cm 和 50cm 深处的 CO_2 的浓度。测定前,先用 1.5cm 左右直径的铁棍(长约 100cm)打入土壤 20cm 深,取出后,将接有检测管的胶管深入该深度处,胶管后接抽气泵抽取 100ml 土壤空气,待 2~3 分钟后取出即可从测管上读得该深度处的 CO_2 的含量。当测定 50cm 深处的 CO_2 的含量时,须在上述钻孔的基础上再打入 30cm 及至土壤 50cm 深处。采用上述办

法同样可测得该深度处的 CO₂ 的含量。

水的 pH 值和水温的野外观测,采用美国 Palmer 公司生产的 pH 计,可直接测定水的 pH 值和水温;流量的野外观测采用流速仪;电导率采用数字式电导仪直接测定;HCO₃⁻ 浓度在野外用德国 MERCK 公司产 AQUAMERCK 碱度计直接滴定获得。

以上指标每月观测一次,周期为一年。

2 观测结果及分析

2.1 观测结果

观测结果见表 1 和图 3,图 4。

表 1 北京万佛堂孔水洞岩溶作用与碳循环野外定点观测记录表

Tab. 1 Data of monitoring on karstification and carbon cycle at Wanfutang observation site in Beijing

时间	流量 m ³ /min	水温 (°C)	降雨 (mm)	pH	HCO ₃ ⁻ mmol/l	电导率 μs/cm	土壤 CO ₂ (ppm)	
							20cm 深度	50cm 深度
97.12	—	13.1	—	7.26	—	374	350	400
98.1	0.52	13.2	5.8	7.18	3.35	402	400	900
98.2	0.5	13.2	38.1	7.38	3.3	395	350	850
98.3	0.49	13.3	6.2	7.29	3.4	397	700	1000
98.4	0.45	13.4	53.1	7.57	3.6	423	1000	1700
98.5	0.23	13.5	49.7	7.58	3.3	385	1900	3000
98.6	0.22	13.7	188.9	7.59	3.3	379	2000	3500
98.7	69.5	13.6	562.0	7.24	2.7	428	4000	5000
98.8	16.7	13.4	51.0	7.41	3.35	417	2500	2000
98.9	11.5	13.4	19.0	7.3	3.2	416	800	1300
98.10	9.3	13.3	50.0	7.22	3.15	408	500	600
98.11	8.0	13.2	—	7.23	3.02	411	700	800

表 1 及图 3、图 4 中给出了该观测站泉水的 HCO₃⁻ 浓度、土壤中的 CO₂ 含量、电导率和泉水流量等随时间变化的情况。

2.2 土壤 CO₂ 动态分析

由图 3 可见,土壤 CO₂ 含量具有明显的季节性变化,且表现为冬季最低、夏季最高,变幅达 10 余倍。这说明土壤 CO₂ 含量主要与生物作用有关。生物作用包括植物的光合作用和呼吸作用,以及动物和微生物的分解作用等。这些作用明显地受到光照、温度和湿度的影响,其综合结果是冬季的生物作用明显弱于夏季。这便是冬季土壤 CO₂ 含量远低于夏季的直接原因。

2.3 土壤 CO₂ 对岩溶作用的驱动分析

岩溶作用包括碳酸盐的溶解作用及其可逆过程——碳酸盐的沉积作用,通常发生于开放的三相 CaCO₃(固) - CO₂(气) - H₂O(液) 不平衡系统(图 5)。由图可见,CO₂ 气体是溶解作用发生的重要驱动力;当 CO₂ 进入水中后便发生碳酸盐的溶解作用,使水中 Ca²⁺ 和 HCO₃⁻ 浓度增加;反之,若 CO₂ 自水中逸出,将发生碳酸盐的沉积作用,水中 Ca²⁺ 和 HCO₃⁻ 浓度降低。

从表 1 和图 4 的反映,泉水的 HCO₃⁻ 浓度似乎变化不大。其实不然。原因是 HCO₃⁻ 受到

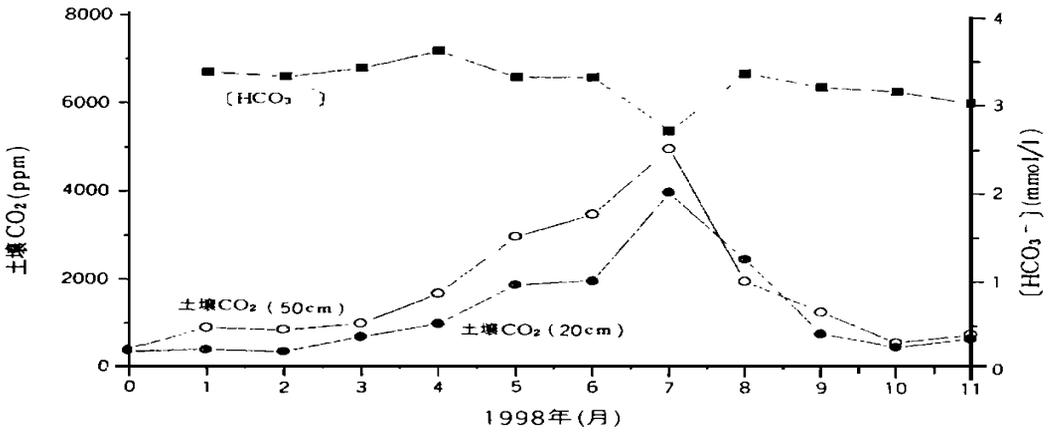


图3 北京万佛堂孔水洞土壤CO₂含量和泉水HCO₃⁻动态

Fig. 3 Temporal changes of soil CO₂ content and HCO₃⁻ in the spring at Wanfutang in Beijing

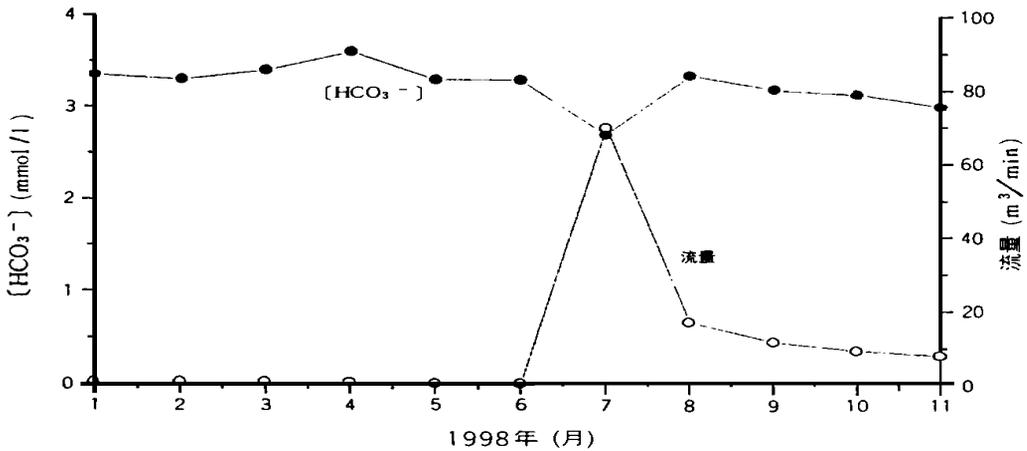


图4 北京万佛堂孔水洞泉水的HCO₃⁻和流量动态

Fig. 4 Temporal changes of HCO₃⁻ and the discharge of the spring at Wanfutang in Beijing

了夏季大量降水的稀释作用。由于该泉水是裂隙管道型,与地表连通性好,对降雨等影响因素反映十分迅速、灵敏。一般较大的降雨后 10 多个小时,泉水流量便显著上涨,雨停后不久流量又迅速下降。例如,1998年7月5日当地降雨 279.7mm,7月6日(即 10 多个小时后)流量便由基流时的 0.22m³/min 猛涨至 402.5m³/min,7月8日又迅速下降到 67.09m³/min。可见,该泉水受降雨影响很大。这种影响不仅反映在泉流量上,而且在泉水 HCO₃⁻ 的浓度上也有极其明显的响应。1998年7月5日的降雨,使得泉流量增加了近 200 倍。按这一流量去分析,泉水中的 HCO₃⁻ 浓度理应也减小上百倍。然而实测结果表明 HCO₃⁻ 浓度仅稍有降低。之所以出现这种现象,是因为碳酸盐的溶解作用在夏季被大大增强,也即夏季土壤 CO₂ 含量的升高对岩溶作用的驱动所致。

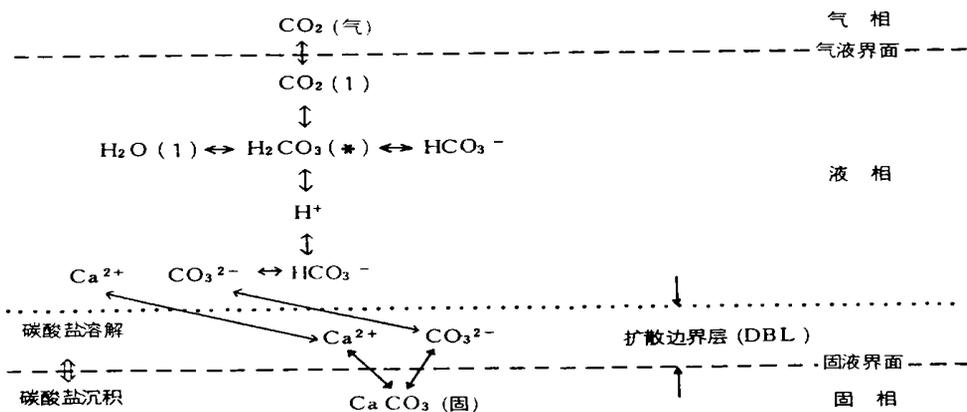


图 5 岩溶作用概念模型(据刘再华,1998)

Fig.5 Conceptual model of karstification

3 结 论

通过本站的观测结果和上述分析可见,土壤中的 CO₂ 驱动着岩溶作用,表现在土壤中 CO₂ 含量的季节性变化,即夏季土壤 CO₂ 含量升高泉水中 HCO₃⁻ 浓度也相应升高。这与刘再华等(1998)^[1]对桂林和陕西的研究得出的结论是一致的。

参考文献

[1] 刘再华,袁道先,何师意.不同岩溶动力系统的碳稳定同位素和地球化学特征及其意义—以我国几个典型岩溶地区为例[J].地质学报,Vol.7, No.3,1997
 [2] 刘再华,何师意,袁道先.土壤中的 CO₂ 及其对岩溶作用的驱动[J].水文地质工程地质,Vol.25, No.4,1998.

THE SOIL CO₂ AND ITS DRIVING ACTION ON KARSTIFICATION IN TYPICAL KARST AREA IN BEIJING

TANG Can ZHOU Ping-gen

(Institute of Environmental Geology, MLR, Beijing 100081, China)

Abstract: On the basis of the monitoring results of the soil CO₂ and HCO₃⁻ in the ground water at Wanfutang spring in Beijing, it is concluded that the soil CO₂ is a driving force for karstification.

Key words: Karstification; Carbon cycle; soil CO₂