

# 不同植被类型覆盖下土壤 $\text{CO}_2$ 浓度对洞穴景观的影响

王 静<sup>1</sup>, 宋林华<sup>1</sup>, 向昌国<sup>2</sup>, 张平究<sup>2</sup>, 梁福源<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101, 2. 南京农业大学资源环境学院, 南京 210095)

**摘要:** 土壤中的  $\text{CO}_2$  通过影响土壤水对碳酸盐岩的溶蚀能力控制洞穴滴水中的  $\text{Ca}^{2+}$  初始含量, 同时它进入洞穴水体后溶解度的变化也会影响洞穴景观的形成。研究表明, 不同植被类型对土壤  $\text{CO}_2$  浓度会产生不同影响。本文通过模拟分析认为, 在一定范围内, 地表生态系统的改善有利于土壤中  $\text{CO}_2$  的增加和洞穴中碳酸钙沉积景观的发育, 但是若超过一定的阈值, 即土壤中的  $\text{CO}_2$  浓度过高, 使喀斯特水中的  $\text{CO}_2$  不能在洞穴顶部碳酸盐岩体渗流过程中完全被消耗时, 洞穴滴水的酸性会对碳酸钙产生溶蚀作用, 易形成洞穴溶蚀景观。

**关 键 词:** 土壤  $\text{CO}_2$  浓度; 植被; 洞穴滴水; 洞穴景观

**中图分类号:** P931.5 **文章编号:** 1000-0585(2004)01-0071-07

喀斯特专家们对洞穴景观的影响因素进行过多方面的研究, 如: 气候条件的影响、地质构造的影响、人类活动的影响等<sup>[1~3]</sup>。近 10 几年来, 喀斯特地区的洞穴景观随着旅游业的发展越来越引起人们的关注, 为了保护旅游资源, 以旅游活动对洞穴环境的变异和洞穴景观的影响的研究加多<sup>[4~8]</sup>。

我们通过大量的野外工作和查阅资料发现, 不同植被类型覆盖下的土壤  $\text{CO}_2$  浓度具有较大的差异。有关研究表明, 土壤中的  $\text{CO}_2$  是形成喀斯特地上和地下景观的原始动力,<sup>[9,10]</sup> 它在洞穴景观形成的水文地球化学过程中是最为关键的因素。但是到目前为止, 针对土壤中的  $\text{CO}_2$  浓度对洞穴景观影响的研究开展得还比较少。希望本文能够对洞穴景观的保护研究有所帮助。

## 1 洞穴景观形成机理与 $\text{CO}_2$ 的动力作用

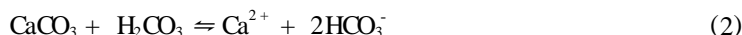
### 1.1 洞穴景观形成的机理

洞穴景观主要由溶蚀景观和沉积景观组成, 其中次生碳酸盐沉积物是最重要的景观。它的形成过程为降水渗入土壤后溶解土壤空气中的  $\text{CO}_2$ , 形成土壤碳酸水。当它与下面的碳酸盐岩接触时就会对碳酸盐岩产生强烈的溶蚀作用, 形成富含碳酸氢钙的喀斯特水。当这种喀斯特水到达洞穴顶板从上滴落, 或在毛细力作用下从微裂隙或孔隙中渗出, 或以集中流的形式排入洞穴中时, 在水中  $\text{CO}_2$  与洞穴空气  $\text{CO}_2$  之间分压力差 ( $P_{\text{CO}_2}$ ) 的驱动下, 水溶液中的  $\text{CO}_2$  就会逸出, 使水中的碳酸钙达到过饱和, 造成洞穴水中的碳酸钙不断沉积并形成各种碳酸钙景观。整个形成过程, 可用下面方程式表示:

收稿日期: 2003-05-07; 修订日期: 2003-11-20

基金项目: 喀斯特双生态系统相耦性与洞穴景观稳定性研究 (410071017)

作者简介: 王静 (1975-), 女, 天津市人, 博士生。主要从事风景地学方面的研究。



$$P_{\text{CO}_2} = P_{\text{CO}_2(\text{水})} - P_{\text{CO}_2(\text{气})} \quad (3)$$

当  $P_{\text{CO}_2} > 0$  时,  $\text{CO}_2$  从水体中逸出, 使溶解于喀斯特水中的  $\text{CaCO}_3$  过饱和, 引起碳酸钙沉积, 形成洞穴化学沉积景观。所产生的反应如下:



当  $P_{\text{CO}_2} < 0$  时,  $\text{CO}_2$  从空气中溶入水体, 使水体具备进一步溶蚀  $\text{CaCO}_3$  的能力, 不利于洞穴景观的沉淀, 甚至能够形成洞穴溶蚀景观。

当  $P_{\text{CO}_2} = 0$  时, 水体中的  $\text{CO}_2$  与洞穴空气中的  $\text{CO}_2$  达到平衡, 水中的  $\text{CaCO}_3$  呈饱和状态, 但此时  $\text{CO}_2$  在水中的溶解度会因环境温度的影响, 仍对景观形成产生作用。

(1) ~ (4) 表明, 在整个喀斯特过程中,  $\text{CO}_2$  是最活跃、最关键的因素, 其溶解度的变化能够导致水体中  $\text{CaCO}_3$  的变化, 对洞穴景观的形成具有极大的驱动作用。

## 1.2 $\text{CO}_2$ 在洞穴景观形成中的动力作用

$\text{CO}_2$  溶解度变化是其动力作用的主要表现。首先它会受到热动力学过程的严格控制, 即:

$$G = G^\circ + RT_1 \ln [\text{CO}_2(\text{aq})] / P_{\text{CO}_2} \quad (5)$$

式中:  $G$  是  $\text{CO}_2$  气体溶解过程中自由能的变化值,  $G^\circ$  是  $\text{CO}_2$  溶解达到平衡时的自由能变化值, 其值为:

$$G^\circ = -RT_2 \ln K \quad (6)$$

式中,  $K$  为平衡常数,  $R$  为系数,  $T_1$  为初始状态空气的绝对温度,  $T_2$  为平衡状态空气的绝对温度。

我们在实际的计算中常常把平衡态时空气的温度与水体的温度视为一致, 来探讨水溶液中  $\text{CO}_2$  的溶解。同时,  $\text{CO}_2$  的溶解还遵守亨利定律:

$$[\text{CO}_2(\text{aq})] = (K_D / RT) P_{\text{CO}_2} = K_H P_{\text{CO}_2} \quad (7)$$

这里,  $K_H = K_D / RT$  (摩尔/升·大气压),  $K_D$ 、 $K_H$  皆为  $\text{CO}_2$  溶解常数。

经过推导和计算, 式 (7) 可以演化成:

$$\text{CO}_2(\text{溶液}) = C_{ab} \times P_{\text{CO}_2} \times 1.963 \quad (8)$$

式中,  $\text{CO}_2$  的浓度以克/升表示;  $P_{\text{CO}_2}$  为空气中  $\text{CO}_2$  的分压力, 以大气压表示; 1.963 是一升  $\text{CO}_2$  气体在一个大气压和 20 °C 时的重量, 以克表示;  $C_{ab}$  是依赖于温度的水对  $\text{CO}_2$  的吸收系数。由此可知  $\text{CO}_2$  的溶解度受水体温度与空气  $P_{\text{CO}_2}$  的影响, 见表 1:

表 1  $\text{CO}_2$  的溶解度<sup>[11,12]</sup>

Tab. 1 The solubility of the carbon dioxide

A $\text{CO}_2$ 的吸收系数				
溶液温度 (°C)	0	10	20	30
吸收系数 $C_{ab}$	1.713	1.194	0.878	0.665
B $\text{CO}_2$ 平衡溶解度 (mg/l)				
	温度 (°C)			
$P_{\text{CO}_2}$	0	10	20	30
0.0003	1.01	0.7	0.52	0.39
0.001	3.36	2.34	1.72	1.31
0.003	10.10	7.01	5.21	3.88
0.01	33.6	23.5	17.2	13.1
0.05	168	117	86	65.3
0.10	336	235	172	131
0.20	673	469	342	261

表 1 清楚地说明了若空气  $P_{CO_2}$  不变时, CO<sub>2</sub>的溶解度与水溶液温度呈负相关, 如果温度升高 10 , CO<sub>2</sub>的溶解度降低约 30 % , 促使 CO<sub>2</sub>从水中逸出和碳酸钙沉积。同样, 当温度不变时, CO<sub>2</sub>在水中的溶解度与  $P_{CO_2}$ 成正比, 当  $P_{CO_2}$ 增大 10 倍时, CO<sub>2</sub>的溶解度提高 10 倍, 即: 当喀斯特水从碳酸盐岩体进入洞穴时, 由于洞穴空气中  $P_{CO_2}$ 较低, 在水体与空气中  $P_{CO_2}$ 达到平衡的过程中, 滴水中的 CO<sub>2</sub>的溶解度降低, 导致 CO<sub>2</sub>逸出。也就是若土壤中 CO<sub>2</sub>浓度变高, 土壤水中的  $P_{CO_2}$ 增大, 与洞穴空气中的  $P_{CO_2}$ 差异越大, 有利于形成新的洞穴沉积景观。通过表 1 计算可知, 若洞穴空气中 CO<sub>2</sub>的浓度在 1800ppm 之内, 温度和  $P_{CO_2}$ 对洞穴喀斯特水文地球化学过程的影响程度不一样,  $P_{CO_2}$ 变化一倍, CO<sub>2</sub>溶解度变化一倍, 水溶液温度变化一倍, CO<sub>2</sub>溶解度变化小于一倍。也就是说在一般洞穴中, 空气  $P_{CO_2}$ 对洞穴景观的影响要占主要因素, 因此土壤中 CO<sub>2</sub>浓度对洞穴景观的影响是很大的。

## 2 不同类型植被对土壤 CO<sub>2</sub>浓度的影响

目前的研究表明, 土壤中的 CO<sub>2</sub>主要来源于植物根系的呼吸, 微生物对有机质的氧化分解以及与大气 CO<sub>2</sub>的交换。土壤 CO<sub>2</sub>中 68 %来自土壤中微生物的呼吸排放, 而直接影响土壤微生物活动性的因素是土壤温度<sup>[13]</sup>。不同植被类型由于生物量和覆盖度的差异, 能够通过对土壤湿度的影响改变土壤温度的变化速度, 进而影响土壤微生物的活动。例如森林植被的覆盖能够减缓林地土壤温度的变化, 延缓了土壤 CO<sub>2</sub>呼吸释放的温度效应。而草地植被生物量小, 对温度的缓冲作用较森林小得多, 使土壤 CO<sub>2</sub>呼吸释放对土下温度的响应较快<sup>[14]</sup>。因此, 不同植被类型覆盖的土壤空气中 CO<sub>2</sub>浓度是有差异的。1987 年, 浙江省杭州市桐庐县瑶琳洞所在的骆驼山上不同植被覆盖下土壤 CO<sub>2</sub>浓度分布见图 1。

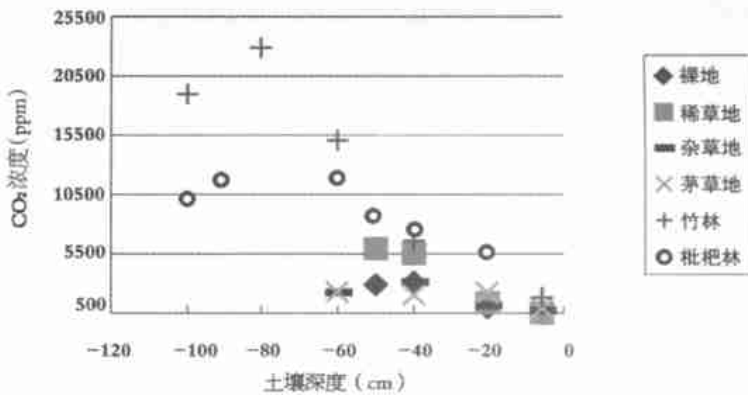


图 1 浙江瑶琳洞景区骆驼山土壤 CO<sub>2</sub>浓度

Fig. 1 The soil CO<sub>2</sub>concentration on the Camel Hill above the Yaolin cave

图 1 说明森林覆盖下的土壤中 CO<sub>2</sub>的浓度要高于草地土壤中 CO<sub>2</sub>的浓度。在同深土壤中, 森林土壤比草地土壤高出 1500 ~ 13000 ppm。有关研究表明同一气候区域按照土壤中 CO<sub>2</sub>浓度从高到低对植被类型进行排序, 天然植被的顺序为: 原生森林 > 次生乔木林 > 草木灌丛 > 草丛; 人工植被与天然植被相比, 周期性喷灌的人工草坪下 CO<sub>2</sub>浓度最大, 无植被耕地中土壤 CO<sub>2</sub>浓度最小<sup>[15,16]</sup>。

### 3 不同植被类型覆盖下土壤 $\text{CO}_2$ 对洞穴景观的影响

植被根系能够把树冠光合作用生产的各种糖类部分地排入土壤。土壤中的微生物又把糖进行分解,一部分为自己吸收,另一部分转化为  $\text{CO}_2$ 。微生物在生存过程中又会放出  $\text{CO}_2$  气体。由以上部分分析和野外考察,我们可以得出,在同一气候类型区,随着植被类型由矮草向森林的更替,即植被系统类型的优化,土壤中的  $\text{CO}_2$  浓度逐渐变大,它会通过进入洞穴的水体携带作用造成洞穴水  $\text{CO}_2$  浓度变大。在自然状态下洞穴景观形成需要很长的时间,然而在野外考察中我们可以把不同植被类型覆盖下土壤  $\text{CO}_2$  的浓度对洞穴景观的影响模拟成为同一洞穴上方土壤  $\text{CO}_2$  的浓度变化对洞穴景观的影响进行研究。

1997 年 10 月,浙江瑶琳地区已经持续数月干燥无雨,游客量较少,瑶琳洞洞穴第一大厅中  $\text{CO}_2$  的浓度最低为 570 ~ 620 ppm。连续两天降雨后,大厅中滴水点明显增多,此时洞穴空气中  $\text{CO}_2$  的平均浓度达到 1400 ppm,在群狮厅则达到 1580 ppm。降水前后洞穴空气中的浓度变化见图 2。

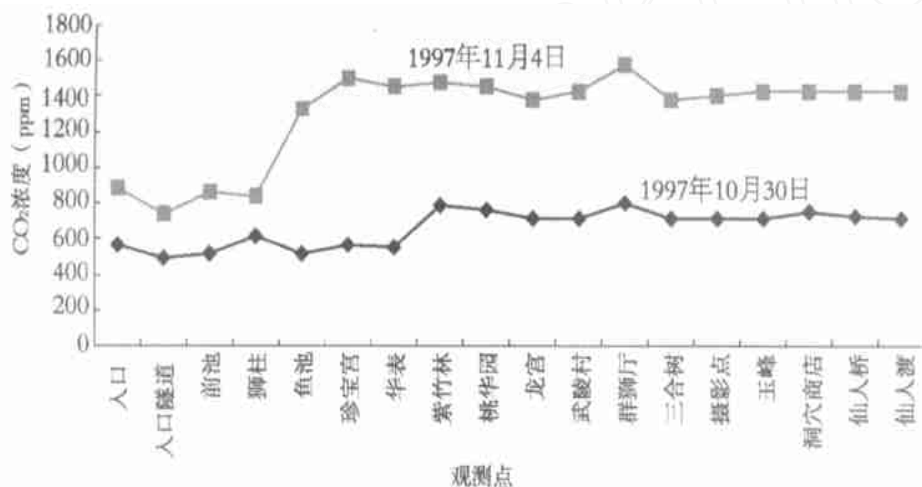


图 2 瑶琳洞洞穴空气中  $\text{CO}_2$  浓度变化图

Fig. 2 The change of the air  $\text{CO}_2$  concentration in Yaolin cave

降水后,瑶琳洞内  $\text{CO}_2$  浓度要高出降水前 200 ~ 800 ppm,这证明下雨后渗水把土壤中的能量和  $\text{CO}_2$  输送到洞穴中,是土壤中  $\text{CO}_2$  的作用使洞穴水中的高浓度  $\text{CO}_2$  向洞穴空气中逸散。洞穴中快速滴水的温度高于洞穴空气的温度 0.6 °C;一般滴水水温高出洞穴气温 1.0 °C。降水使进入洞穴的水体提高了洞穴空气的温度和  $\text{CO}_2$  浓度。由于滴水温度高于洞穴温度,随着滴水温度下降并趋向洞穴温度时,滴水中  $\text{CO}_2$  的溶解度会随着温度的降低而增加,这不利于滴水中碳酸钙的沉积。但是我们通过对表 1 的分析,在这种情况下,  $P_{\text{CO}_2}$  对  $\text{CO}_2$  溶解度起到主导作用,对景观的形成占主要影响。

当地表的植被从草地向森林过渡时,土壤中  $\text{CO}_2$  浓度会逐渐增高,土壤水中的  $\text{CO}_2$  溶解量也会逐渐升高。土壤水对石灰岩的溶蚀能力也逐步提高,最终渗入洞穴的喀斯特滴水中的碳酸钙的溶解度也增高,即:土壤中与植被有密切关系的多源的  $\text{CO}_2$  将被降水渗入的土壤水分溶解,成为洞穴景观形成过程喀斯特作用的原动力。具有较强溶蚀能力的土壤水流入石灰岩体后对石灰岩进行强烈的溶蚀作用,使大量的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  进入水体,以  $\text{Ca}^{2+}$

和 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的形式随水运动。这种高含钙水进入洞穴后，在正 CO<sub>2</sub> 的驱动下，洞穴中会不断形成新的碳酸钙沉积。2003 年本课题组在云南弥勒白龙洞进行洞穴景观恢复的水文地球化学试验，结果表明：地表人工滴灌的高钙水进入洞穴后，在“实验台”处形成的滴水中钙离子浓度超过 100mg/L，而在大气降水形成的滴水中钙离子浓度为 50~80mg/L，在滴落相同高度的前提下，前者因碳酸钙沉演而损失的平均钙离子量为 8.13 毫克/升·米，而后者钙离子损失量的平均值低于 2 毫克/升·米。我们不难推断出，随着洞穴顶部生态系统由矮草向森林更替时，由于水中 P<sub>CO<sub>2</sub></sub> 越来越高于洞穴空气中的 P<sub>CO<sub>2</sub></sub>，这促进了滴水中 CO<sub>2</sub> 的逸出和碳酸钙的沉积，有利于洞穴风化景观的修复和生成新的碳酸钙景观。

近些年，随着表层植被系统的优化，瑶琳洞内出现了新的碳酸钙沉积覆盖在风化碳酸钙景观之上，形成了新的洞积石景观。如在“龙宫”景点，一些风化变色较严重的石笋顶部，出现了平均直径大约为 5cm 类圆形的白色酸钙沉积物。这表明生态系统的改善有助于土壤 CO<sub>2</sub> 浓度的增加，有助于洞穴沉积景观的形成。

还有一种情况，土壤中的 CO<sub>2</sub> 浓度过高，在降水量较充足、土壤碳酸水向下渗流与洞穴顶部碳酸盐岩体接触反应时，消耗不完水中 CO<sub>2</sub>，酸性的土壤水就会对洞穴碳酸钙景观进行溶蚀作用；另一方面，在水的压力下，部分土壤 CO<sub>2</sub> 以气体的形式直接从岩体的微小裂隙被压入洞穴中，与洞穴空气中的水分结合，对景观进行“气蚀”作用，形成洞穴溶蚀景观。

在平均年降雨量 2000mm 的泰国中西部 Erawan 国家公园附近的 Tham Phra Tat 洞，洞顶石灰岩上覆盖了阔叶林和竹林混杂的森林。竹林土壤中 CO<sub>2</sub> 含量很高，见表 2：

表 2 竹林下覆土壤 CO<sub>2</sub> 浓度

Tab. 2 The soil CO<sub>2</sub> concentration under bamboo vegetation

土壤深度 (cm)	CO <sub>2</sub> 浓度 (ppm)
- 15	7000
- 20	8000
- 40	13000

而在洞穴中，距离洞口 50 米处 CO<sub>2</sub> 浓度为 1000ppm，距洞口 150 米处为 1400ppm，250 米处达到 3800ppm，此洞另无出口。该洞穴洞内 CO<sub>2</sub> 含量与顶部表层喀斯特系统土壤中的 CO<sub>2</sub> 含量差异很大，有利于滴水中的 CO<sub>2</sub> 逸出和沉积景观的形成。但是，由于土壤中 CO<sub>2</sub> 浓度过高，一部分直接以 CO<sub>2</sub> 气体的形式从岩体裂隙中进入洞穴，与洞穴空气中的水分子结合，形成“碳酸雾”，随空气流动；一部分维持了洞穴滴水的酸性，因此，洞穴中的许多石笋、流石、钟乳石和石柱均为老的沉积，并且由于经受气蚀作用，石柱、流石和石笋的年轮式结构和层状结构已清楚表露。有的高大石笋经过强烈溶蚀作用，形成了洞穴内的剑状和针状喀斯特溶蚀景观。有的在矮粗的石笋上，形成了密布的直径 20~25cm、深 10~20cm 的溶坑。

## 4 结论

洞穴水体中 CO<sub>2</sub> 溶解度的变化是促使洞穴景观形成的关键，通过对洞穴景观形成机理的研究，我们得出 CO<sub>2</sub> 溶解度主要受水溶液的温度和空气 CO<sub>2</sub> 分压 (P<sub>CO<sub>2</sub></sub>) 的影响。如果洞穴 CO<sub>2</sub> 浓度在 1800ppm 之内，温度和 P<sub>CO<sub>2</sub></sub> 对洞穴喀斯特水文地球化学过程的影响程度不一

样,也就是说在一般洞穴中,如果游客的影响较小,水体与洞穴空气之间  $\text{CO}_2$  分压差对洞穴景观的影响要大于温度差的影响,而土壤  $\text{CO}_2$  浓度是水体  $\text{CO}_2$  分压的决定性因素。

土壤  $\text{CO}_2$  直接影响进入洞穴的喀斯特水体中  $\text{CO}_2$  的分压和景观的物质基础—— $\text{Ca}^{2+}$  的含量,因此它是洞穴景观形成的原始动力,对景观的形成和特点有着重要的影响。我们通过理论与野外考察工作相结合,认为不同植被类型覆盖下土壤  $\text{CO}_2$  浓度的差异能够导致景观特点的宏观差异,而且在一定范围内,植被生态系统的优化演替有利于土壤空气中的  $\text{CO}_2$  浓度增加,促进洞穴景观中新的碳酸钙沉积。

本文通过模拟分析法研究不同植被覆盖下土壤中  $\text{CO}_2$  浓度对景观的影响还处于宏观景观特点的比较上,如何从微观景观特点上找出区别将是今后进一步研究的重点。

### 参考文献:

- [1] Frank H W. The theory behind stalagmite shapes. *Studies in Speleology*, 1965, **1**: 89 ~ 95.
- [2] Wells R. Cave calcite. *Studies in Speleology*, 1971, **2**: 129 ~ 148.
- [3] Dominique Genty, Guy Deflandre. Drip flow variations under a stalactite of the Pere Noel cave (Belgium). Evidence of seasonal variations and air pressure constrains. *Journal of Hydrology*, 1998, **211**: 208 ~ 232.
- [4] 宋林华. 旅游洞穴的环境变异及景观保护. 宋林华, 等主编. 喀斯特与洞穴风景旅游资源研究. 北京: 地震出版社, 1994. 118 ~ 125.
- [5] Carol Hill, Pallo Forti. Cave Mineral of the World. The National Speleological Society. U. S. A, 1997. 463.
- [6] 杨汉奎、田维新. 游览洞穴的环境变异. 宋林华, 等主编. 喀斯特与洞穴风景旅游资源研究. 北京: 地震出版社, 1994: 154 ~ 156.
- [7] 方龙龙. 旅游洞穴中气象条件的改变和洞穴保护. 中国岩溶, 1989, (3): 55.
- [8] Arrigo A Cinga, Paolo Forti. The speleogenetic role of air flow caused by convection. *International Journal of Speleology*, 1986, **15**: 117 ~ 120.
- [9] 蒋忠诚. 岩溶动力系统中的元素迁移. 地理学报, 1999, **54**(5): 438 ~ 444.
- [10] 潘根兴, 曹建华. 表层带岩溶作用以土壤为媒介的地球表层生态系统过程——以桂林峰丛洼地岩溶系统为例. 中国岩溶, 1999, **18**(4): 287 ~ 296.
- [11] Bogli A. Karst Hydrology and Physical Speleology. Berlin: Springer, 1978. 69 ~ 83.
- [12] Derek Ford, Paul Williams. Karst Geomorphology and Hydrology. London: Unwin Hyman, 1989. 50 ~ 95.
- [13] Kelting D L, Burger J A, Edwards G S. Estimating root respiration, microbial respiration in the rhizosphere, and root-free soil respiration in forest soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 1998, **30**: 961 ~ 968.
- [14] 周运超, 张平究, 潘根兴. 表层岩溶系统中土-气-水界面碳流通的短尺度效应——以贵州茂兰国家喀斯特森林公园的秋季日动态监测为例. 第四纪研究, 2002, **5**(3): 258 ~ 262.
- [15] 梁福源, 宋林华, 王富昌, 等. 路南石林地区土壤空气中  $\text{CO}_2$  浓度分布规律与土下溶蚀形态研究. 中国岩溶, 2000, **19**(2): 180 ~ 187.
- [16] Song Linhua, Liang Fuyuan. Distribution of  $\text{CO}_2$  in soil air affected by vegetation in the Shilin National park. *Acta Geologica Sinica* (English Edition), 2001, **75**(3): 288 ~ 293.

## The impact of the soil CO<sub>2</sub> concentration under different types of vegetation on landscape in caves

WANG Jing<sup>1</sup>, SONG Lin-hua<sup>1</sup>, XIANG Chang-guo<sup>2</sup>,  
ZHANG Ping-jiu<sup>2</sup>, LIANG Fu-yuan<sup>1</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. College of Resources and Environment, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract** :By analyzing the forming process of the cave landscape the authors think that the change of the CO<sub>2</sub> solubility in the water entering into the cave is vital to the formation of the cave landscape. And the temperature and partial pressure of CO<sub>2</sub> are the key elements to play the role on it. Calculation indicates that when the cave air CO<sub>2</sub> concentration is within 1800ppm the latter is the most important element to the landscape formation. The soil CO<sub>2</sub> is the major source of CO<sub>2</sub> in the cave water: Firstly it facilitates the formation of the soil water into carbonic acid water and when the water contacts with the carbonate rock above the cave the solution chemical reaction will happen. This action will provide the Ca<sup>2+</sup> for the cave sediments. Secondly the soil CO<sub>2</sub> concentration will affect the CO<sub>2</sub> concentration directly in the cave water. From the experts' views the soil CO<sub>2</sub> mainly comes from the respiration of the vegetation the amount of the microorganism and the atmosphere outside the cave. Our field work also indicates that vegetation is one of the most important elements that control the soil CO<sub>2</sub> concentration and its distribution. We do the research in the Yaolin cave by comparing the effect of different CO<sub>2</sub> concentrations to simulate the different CO<sub>2</sub> concentrations under different types of vegetation dealing with the cave landscape. The conclusion is that when the soil CO<sub>2</sub> concentration is higher it will be good to the cave landscape protection and development. That is to say the cave landscape covered by the vegetation is much better than the one covered poorly. But if the CO<sub>2</sub> concentration is too high the soil CO<sub>2</sub> can filter into the cave through rock slot and make the cave water keep the acid character to dissolve the old landscape sediments and the dissolved views are formed.

**Key words** :soil CO<sub>2</sub> concentration ;vegetation ;dripping water ;cave landscape