

# 旅游活动对四川黄龙景区水化学及钙华沉积速率的影响

张金流, 王海静

中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州贵阳 550002

**摘要:** 由于其独特的钙华景观, 黄龙风景区于 1992 年被联合国教科文组织列为世界自然遗产名录以来, 每年吸引数以十万甚至百万计的国内外游客前来旅游; 然而, 可能由于旅游活动的影响, 近年来黄龙钙华景观出现了诸多形式的退化, 钙华沉积速率明显减缓即是其表现形式之一。为了阐明这一退化现象是否与旅游活动有关, 从 2010 年 5 月下旬到 11 月初的丰水时段, 采用野外采样和室内分析相结合的方法, 对钙华沉积速率和溪流水中能对钙华沉积产生阻滞作用的磷酸盐、溶解有机碳浓度变化进行了研究。结果发现, 随着景区游客人数的增减, 水中磷酸盐、溶解有机碳浓度呈现出与之一致的变化趋势; 同时, 钙华沉积速率与磷酸盐、溶解有机碳间呈现出不同程度的负相关变化趋势, 其中五彩池和迎宾池两处景点表现最为明显。因此, 我们认为, 旅游活动增加了黄龙景区溪流水中磷酸盐、溶解有机碳浓度, 阻滞了钙华沉积, 这很可能是黄龙钙华沉积速率近年来减缓的重要原因, 值得引起有关方面的高度关注。

**关键词:** 景观退化; 旅游活动; 磷酸盐; 溶解有机碳; 四川黄龙

中图分类号: X52; X36; P641.3 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2011.06.09

## The Impact of Tourist Activities on Hydrochemistry and Travertine Deposition Rate at Huanglong, Sichuan Province

ZHANG Jin-liu, WANG Hai-jing

State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550002

**Abstract:** Huanglong, well known for its unique travertine landscape, was listed by UNESCO in 1992 as an entry in The World's Nature Heritage and, since then, has attracted tens of thousands of tourists from all over the world each year. Maybe due to the impact of tourist activities in recent years, Huanglong travertine landscape has shown serious degradations, one of which is the declined travertine deposition rate. To understand whether this degradation has relation with tourist activities or not, the authors used water sampling combined with laboratory analysis in the wet period of 2010 from late May to early November to study temporal variations in concentrations of phosphate and dissolved organic carbon (DOC) in stream water and in travertine deposition rate. The results indicated that, with the increase/decrease of tourist number, the concentrations of phosphate and DOC showed the same variation trend, and the negative correlation was found between travertine deposition rate and concentrations of phosphate and DOC, especially at Wucaichi and Yingbinchi sampling sites. Therefore, it is concluded that the tourist activities have affected concentrations of both the phosphate and DOC in Huanglong stream water, the latter inhibiting travertine deposition rate. This may be the main reason why the travertine deposition rate has declined in recent years.

**Key words:** landscape degradation; tourist activity; phosphate; DOC; Huanglong, Sichuan

本文由中国科学院“百人计划”项目(编号: 2006-067)和国家自然科学基金项目(编号: 40872168)联合资助。

收稿日期: 2011-07-21; 改回日期: 2011-10-21。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 张金流, 男, 1974 年生。博士研究生。主要从事生物地球化学和生态环境地球化学研究。E-mail: zhanggolden@163.com。

由于独特的钙华景观(钙华池、钙华瀑布、钙华滩流、钙华溶洞),黄龙风景区于1992年被联合国教科文组织列为世界遗产名录以来,前来游览的国内外游客人数从90年代初的年均约10万人上升到近年来的100多万人,带动旅游及相关产业的迅速发展,成为国家和地方政府财政收入的重要来源;然而,或许是人类活动的影响,黄龙钙华景观出现了明显的退化现象,其表现形式之一是钙华沉积速率变缓,自我修复能力下降;据我们(Zhang et al., 2011)在此监测结果显示,与90年代初相比,黄龙景区沿途各点钙华沉积速率均出现了不同程度的下降。

众所周知,水中磷酸盐(Simkiss, 1964; Reddy et al., 1973; Wilken, 1980; Ishikawa et al., 1981; House et al., 1986; House, 1987; Giannimaras et al., 1987; Kleiner, 1988; Burton et al., 1990; Dove et al., 1993; Goudie et al., 1993; Andrew et al., 1993; Heath et al., 1995; Heleen et al., 1995; Jonasson et al., 1996; Millero et al., 2001; Plant et al., 2002; Abdel-Aal et al., 2003; Lin et al., 2006; Rodriguez et al., 2008)、溶解有机碳(DOC)(Inskeep et al., 1986; Lebron et al., 1996, 1998; Hoch et al., 2000; Lin et al., 2005)能强烈阻滞钙华沉积,因此,黄龙钙华沉积速率的减缓,很可能与近些年来不断增强的旅游活动所导致的景区水质变化有关(刘再华等, 2009; 王海静, 2009; 张金流等, 2010);为了证实上述推测,我们从2010年5月下旬到11月上旬的丰水时段,采用现场采样、自动监测和室内分析相结合的方法,对黄龙景区钙华沉

积速率及相关水化学做了一个旅游季节的监测,以期揭示黄龙钙华沉积速率减缓的真正原因。

黄龙风景区位于四川省成都市西北约350 km的阿坝藏族羌族自治州松潘县境内,属于青藏高原东部边缘向四川盆地的过渡地带;黄龙沟景区全长3.5 km,南起望乡台,北至涪江河谷,海拔从3100 m到3600 m不等;钙华沉积物宽度约250 m,从远处观看整个景区就似一条黄色的蛟龙,故取名黄龙沟。黄龙沟泉水补给区岩层以泥盆-石炭系灰岩、白云岩为主(Liu et al., 1995; 王华等, 2007, 2010),为钙华形成提供了丰富的钙源。景区内年均降雨量约759 mm,年均气温在1.1℃,属高寒岩溶区。黄龙沟地表溪流主要由南起望乡台的断层泉组黄龙泉(S1)和沿途3个大的二次转化泉(S2~S4)补给(李前银等, 2009; 王海静等, 2011)。如图1所示。

## 1 实验方法

为了详细了解黄龙沟沿途钙华沉积速率及其与水中磷酸盐、溶解有机碳间的关系,我们在景区内五个主要景点处各设置一个监测点(见图1),定期采集溶解磷酸盐、溶解有机碳水样及钙华沉积样,带回中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室以分析水中溶解磷酸盐、溶解有机碳及钙华沉积速率。

### 1.1 磷酸盐水样采集和室内分析

为了获取水中磷酸盐浓度的时间变化规律,每

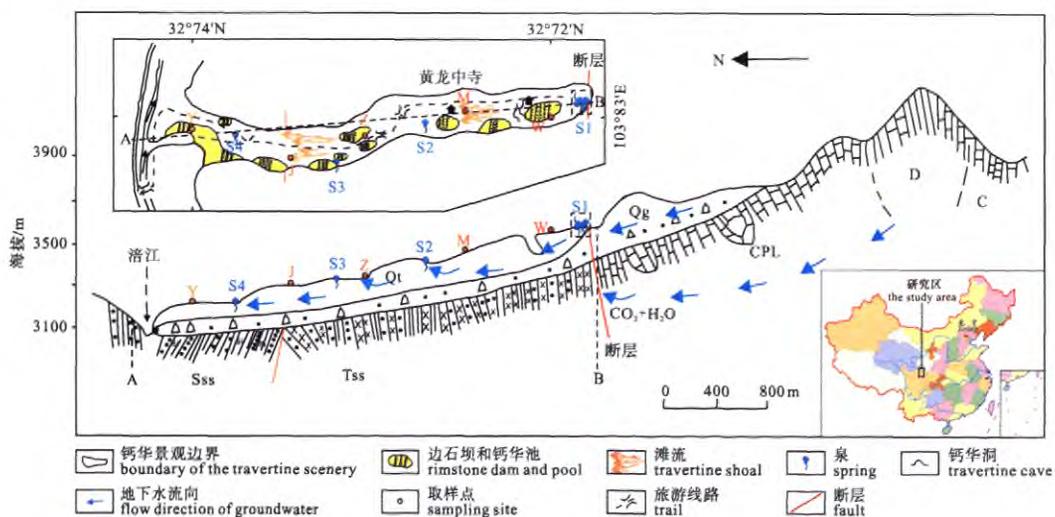


图1 黄龙钙华形成的水文地质条件剖面图及平面图和取样点

Fig. 1 Plan and geological section of Huanglong Ravine, showing springs and sampling sites

W-五彩池; M-马蹄海; Z-争艳池; J-金沙铺地; Y-迎宾池; Qt/Qg-第四系钙华/冰碛砂及砾石; Tss-三叠系凝灰质砂岩、板岩; CPL-石炭-二叠系灰岩; D-泥盆系板岩夹灰岩; Sss-志留系硅质板岩夹砂岩  
W-Wucaichi; M-Matihai; Z-Zhengyanchi; J-Jinshapudi; Y-Yingbinchi; Qt/Qg-Quaternary travertine/glacial sand and gravel; Tss-Triassic sandstone and slate; CPL-Carboniferous and Permian limestone; D-Devonian slate and limestone; Sss-Silurian slate intercalated with sandstone

隔 10 d 左右, 我们用注射器和装有 0.45 μm 玻璃纤维滤膜的过滤器采集水样, 盛于 60 mL 聚乙烯塑料瓶中, 定期带回中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 用离子色谱(美国戴安公司 ICS90 型色谱)分析水中的磷酸盐含量, 分析精度是 0.001 mg/L。采集样品前, 盛样品的聚乙烯瓶子用 1:10 硝酸浸泡 24 h, 之后用超纯水清洗 3 次, 再用超纯水浸泡 48 h, 然后在 50℃ 条件下用烘箱烘干 24 h。

1.2 溶解有机碳水样采集和室内分析

为了获取水中溶解有机碳浓度的时间变化规律, 于采集磷酸盐水样的同时, 我们用注射器和装有 0.45 μm 玻璃纤维滤膜的过滤器采集水样, 盛于 60 mL 棕色玻璃瓶子中, 用滴管加入 3 滴(约 0.3 mL)饱和 HgCl<sub>2</sub> 溶液后加盖密封保存, 定期带回中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 用 Elementar High TOC II 型总有机碳/氮分析仪分析水中溶解有机碳含量, 其分析精度是 0.01 mg/L。采集样品前, 0.45 μm 玻璃纤维滤膜和盛样品的棕色玻璃瓶子在 500℃ 条件下燃烧 2 h。

1.3 钙华沉积样采集

为了获取五个监测点钙华沉积速率的时间变化规律, 按照文献(Liu et al., 1995)的方法, 于 5 个采样点放置有机玻璃试片(规格为 5 cm×5 cm×0.5 cm, 总面积约 60 cm<sup>2</sup>), 每隔 10 d 左右收集一次; 玻璃试片在放入水中之前及回收后, 在 50℃ 条件下置于烘箱中烘干 24 h, 用分析天平称重, 分辨率为 0.1 mg, 按下式计算钙华沉积速率:

$$R = \frac{(W_{ts} - W_s)}{A \times T}$$

式中, W<sub>ts</sub> 为玻璃试片放入水中大约 10 d 后玻璃试片重量(即玻璃试片净重加沉积钙华样重量); W<sub>s</sub> 为玻璃试片放入溪流之前重量(即玻璃试片净重); A 为玻璃试片总面积(60 cm<sup>2</sup>); T 为玻璃试片在溪流水中停留时间(精确到 min)。

1.4 降雨量记录

景区降雨量由安置于湫湫湖边上的美国产 HOBO 小气象自动记录, 该仪器的分辨率为 0.2 mm, 数据采集器的扫描时间设置为 15 min。

2 结果与讨论

2.1 旅游活动对黄龙景区溪流水溶解有机碳、磷酸盐浓度的影响

为详细了解旅游活动对黄龙沟景区各景点溪流水中溶解有机碳、磷酸盐浓度的影响, 下面就各采

样点水中磷酸盐、溶解有机碳浓度的季节变化及其与游客人数的关系做详细讨论。

2.1.1 五彩池采样点

图 2 显示了五彩池采样点处水中溶解有机碳、磷酸盐与降雨量、游客人数间的关系, 从中可以看出, 随着游客人数的增减, 水中溶解有机碳、磷酸盐浓度也呈现出有规律的增减, 说明旅游活动对该处水质已产生影响; 特别是水中溶解有机碳, 除个别数值外(国庆节期间), 其浓度变化几乎与游客人数呈现完全一致的变化趋势, 例如从 5 月 20 日到 8 月 8 日, 游客人数一直呈上升趋势, 水中的溶解有机碳也同样呈上升趋势, 再如从 8 月 8 日到 9 月 18 日, 游客人数先是下降后又逐渐上升, 水中溶解有机碳变化趋势则与之完全一致; 而对于磷酸盐, 其浓度变化与游客人数变化趋势也基本一致, 但从图中我们也可以看出, 其浓度变化往往滞后于游客人数的变化; 例如 8 月 8 日的游客高峰, 产生的磷酸盐浓度峰值到 8 月 29 日才出现, 从同期的降雨量来看, 这很可能是由于滞后的降雨对旅游活动所产生的固体垃圾冲刷作用继而使垃圾中的磷酸盐溶于溪流水的结果。因此, 从 DOC、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 浓度变化趋势与游客人数

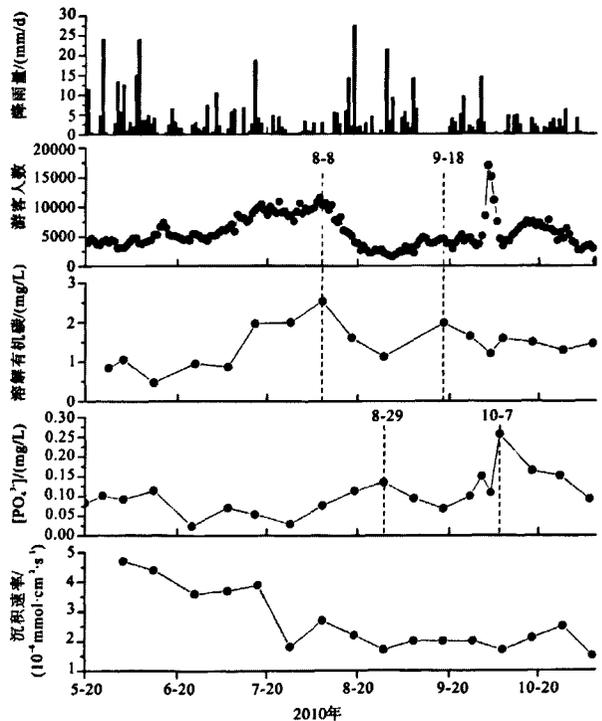


图 2 五彩池采样点降雨量、游客人数对溶解有机碳、磷酸盐、钙华沉积速率的影响 (游客人数来源于黄龙风景区管理局)

Fig. 2 The effect of rainfall and tourist number on [DOC], [PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>] and travertine deposition rate at Wucaichi sampling site(the tourist numbers are provided by the Huanglong National Scenic Spot Administration)

间的关系,我们可以断定,DOC很可能主要来源于游客在景区内产生的各种液态垃圾,如各种有机质饮料,其所含DOC能很快流入钙华彩池中(例如据我们在景区的观察,许多游客直接将喝剩的各种饮料倒入彩池中);而磷酸盐则很可能主要来源于游客在景区内产生的固态垃圾,其所含磷酸盐在雨水的冲刷作用后才能溶于钙华彩池。因而,对于“10月3日出现的全年游客人数日最高峰,水中溶解有机碳浓度反而开始下降,而磷酸盐浓度出现峰值这一现象”就能很好理解了:这是因为在国庆期间,景区气温已很低(日平均温度在4℃左右),游客带入景区饮料量减少,因而产生的液态垃圾也减少;但作为景区固态有机垃圾主要来源的固体食品仍会随着游客人数的增加而增加;所以,水中溶解有机碳浓度在国庆节后开始下降而磷酸盐浓度却在10月7日出现全年峰值。

### 2.1.2 马蹄海采样点

图3显示了马蹄海采样点处水中溶解有机碳、磷酸盐与降雨量、游客人数间的关系,从图中同样可以看出,随着游客人数的增减,水中溶解有机碳、磷酸盐浓度与游客人数同样呈现有规律的增减趋势,说明旅游活动对此采样点水化学同样产生影响;且DOC、 $PO_4^{3-}$ 浓度变化趋势与游客人数间的关系与五

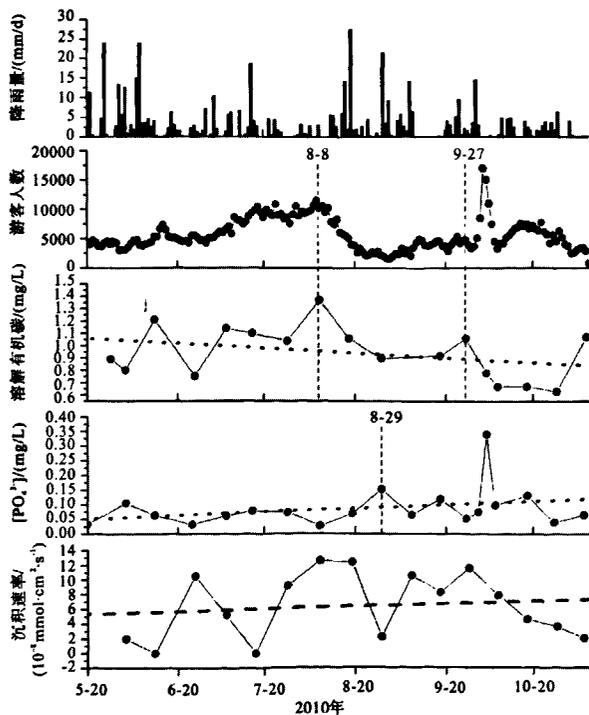


图3 马蹄海采样点降雨量、游客人数对溶解有机碳、磷酸盐、钙华沉积速率的影响

Fig. 3 The effect of rain and tourist number on [DOC],  $[PO_4^{3-}]$  and travertine deposition rate at Matihai sampling site

彩池处非常相似;但从图中我们也可以看出,降雨对该处水化学的影响非常明显,表现在对溶解有机碳和磷酸盐强烈的稀释作用,即DOC、 $PO_4^{3-}$ 与降雨量呈现明显的负相关变化趋势,这一点从钙华沉积速率与降雨量间的关系也可以明显看出,表现为降雨量增加,沉积速率下降,降雨量减少,沉积速率上升。

### 2.1.3 争艳池采样点

图4显示了争艳池采样点处水中溶解有机碳、磷酸盐与降雨量、游客人数间的关系,从图中垂直虚线分隔开的几个部分可以看出,水中溶解磷酸盐、溶解有机碳变化趋势与马蹄海采样点处非常相似,同时降雨对该处水化学及钙华沉积速率同样表现出明显的稀释作用,在此不再赘述。

### 2.1.4 金砂铺地采样点

图5显示了金砂铺地采样点处水中溶解有机碳、磷酸盐与降雨量、游客人数间的关系,从图中可以看出,旅游活动对该处水化学产生的影响不是太明显,特别是水中溶解有机碳与游客量关系不明显,这是因为金砂铺地景点区域面积较大(上下游距离长约1 km),对污染物稀释作用较强;同时采样点远离旅游栈道,使得旅游活动对采样点影响较小。磷酸盐与游客量间的关系相对于溶解有机碳稍明

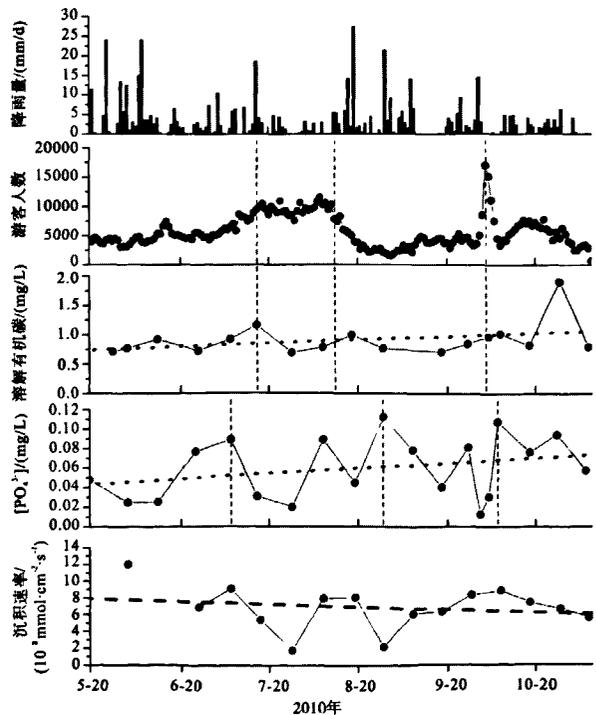


图4 争艳池采样点降雨量、游客人数对溶解有机碳、磷酸盐、钙华沉积速率的影响

Fig. 4 The effect of rain and tourist number on [DOC],  $[PO_4^{3-}]$  and travertine deposition rate at Zhengyanchi sampling site

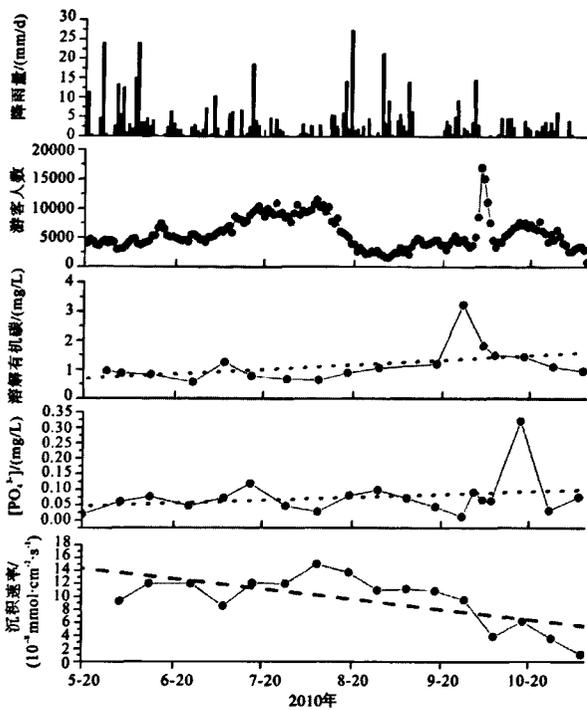


图5 金砂铺地采样点降雨量、游客人数对溶解有机碳、磷酸盐、钙华沉积速率的影响

Fig. 5 The effect of rain and tourist number on [DOC],  $[PO_4^{3-}]$  and travertine deposition rate at Jinshapudi sampling site

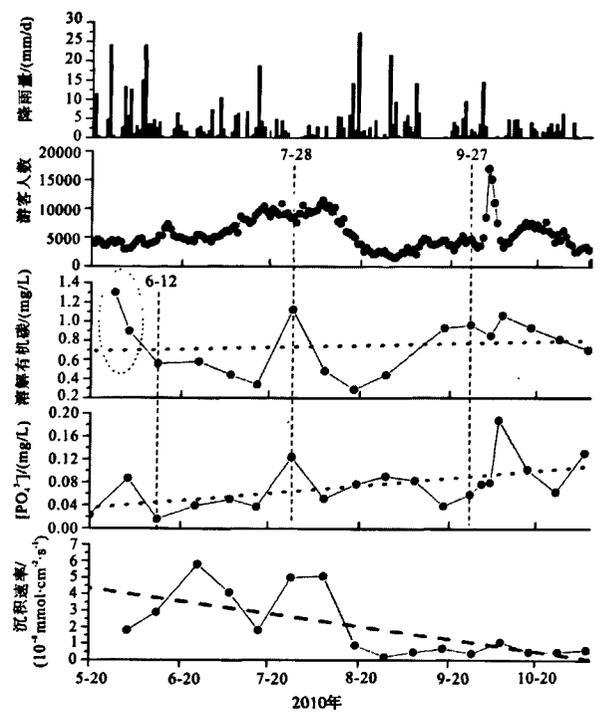


图6 迎宾池采样点降雨量、游客人数对溶解有机碳、磷酸盐、钙华沉积速率的影响

Fig. 6 The effect of rain and tourist number on [DOC],  $[PO_4^{3-}]$  and travertine deposition rate at Yingbinchi sampling site

显, 这很可能是受到上游景点处水中磷酸盐对此处的影响。

### 2.1.5 迎宾池采样点

图6显示了迎宾池采样点处水中溶解有机碳、磷酸盐与降雨量、游客人数间的关系, 从图中可以看出, 除个别数据外, 水中溶解有机碳与游客人数呈现出完全一致的变化趋势, 比如从6月12日到7月28日以及7月28日到9月27日(见图中两垂直虚线隔开部分); 而对于5月28到6月12日, 水中溶解有机碳浓度明显偏高(见图中虚线椭圆包含部分), 与游客量不一致, 这是因为6月12日之前, 迎宾池采样点处水样是人工先用水管引导至一片灌木林, 在灌木林地表流淌大约300 m后流入迎宾池, 因此, 根据相关研究(Baron et al., 1991), 6月12日之前水中溶解有机碳明显偏高很可能是灌木林地表层溶解有机碳溶于水中的结果。9月27日后水中溶解有机碳逐渐下降, 这一点与五彩池处的现象完全一致, 在此不在赘述。对于水中磷酸盐, 其变化趋势与游客量变化趋势也基本一致, 如对应7月28日以及国庆期间出现的游客高峰, 水中磷酸盐浓度也同样出现明显高峰。因此, 从水中DOC、 $PO_4^{3-}$ 浓度与游客人数间的关系来看, 旅游活动同样对迎宾池处水化学产生明显的影响。

### 2.2 旅游活动对钙华沉积速率的影响

从图2至图6可以看出, 五彩池(图2)、迎宾池(图6)两处钙华沉积速率与DOC、 $PO_4^{3-}$ 浓度呈现明显的负相关变化趋势, 说明此处钙华沉积受到DOC、 $PO_4^{3-}$ 的明显阻滞, 且后者的阻滞作用更加明显(从水中磷酸盐浓度低于溶解有机碳浓度可以看出), 这与相关文献(Lin et al., 2006; Lebron et al., 1996; Hoch et al., 2000)的研究结论是一致的; 同时, 据我们的研究(Zhang et al., 2011), 金砂铺地采样点钙华沉积主要受水温控制, 可能是温度效应掩盖了DOC、 $PO_4^{3-}$ 两阻滞剂对钙华沉积的部分阻滞效应, 使得该采样点钙华沉积与DOC、 $PO_4^{3-}$ 浓度呈现微弱的负相关性(图5); 对于马蹄海(图3)、争艳池(图4)两采样点, 虽然旅游活动对水化学同样产生了一定的影响, 但由图中钙华沉积速率变化趋势线和两阻滞剂浓度变化趋势线可以看出, DOC、 $PO_4^{3-}$ 对钙华沉积似乎并无明显的阻滞作用, 这是因为此处钙华沉积主要受降雨稀释作用控制(由图中钙华沉积速率与降雨量呈负相关变化趋势可以看出)(Zhang et al., 2011), 稀释效应可能完全掩盖了阻滞效应。因此, 在整个黄龙风景区, 旅游活动对五彩池和迎宾池两处钙华沉积影响最大, 其它景点处水化学虽然也受到旅游活动的影响, 但可能是因为钙华沉积其它控

表 1 五彩池、迎宾池两处钙华沉积速率回归方程

Table 1 Travertine deposition rate regression equation for Wucaichi and Yingbinchi sampling sites

地点	回归方程	复相关系数	F 值
五彩池	$R=5.005-7.341[PO_4^{3-}]-1.058[DOC]$	0.621	3.768
迎宾池	$R=3.070-11.048[PO_4^{3-}]-0.171[DOC]$	0.265	0.453

制因素掩盖了阻滞效应,使得阻滞效应没有表现出来或表现不明显。

为了更加定量表达  $PO_4^{3-}$ 、DOC 对黄龙钙华沉积速率的阻滞效应,我们用 SPSS 统计分析软件对阻滞作用最明显的五彩池和迎宾池两处钙华沉积速率进行回归分析,结果见表 1。

从表 1 可知,五彩池、迎宾池两处钙华沉积速率(R)明显受到磷酸盐、溶解有机碳的阻滞影响,且磷酸盐的阻滞作用更强(由磷酸盐项系数绝对值较大可知),这与上面图形分析中得出的结论是一致的;另外,由 F 值可知,迎宾池处回归方程可信度不高,这可能主要是因为 6 月 12 日前水中 DOC 主要来自地表层,浓度偏高影响的结果,亦或是别的影响因素影响的结果(温度、流速以及  $CO_2$  脱气速率等等),但根据上文提到的相关文献理论基础(磷酸盐和溶解有机碳对钙华沉积都有阻滞作用),此方程仍是可接受的。

### 3 结论

对 2010 年黄龙风景区五个主要景点整个旅游季节水中磷酸盐、溶解有机碳采样及室内分析后发现,随着游客人数的增减,水中磷酸盐、溶解有机碳浓度呈现出与之一致的变化趋势,说明旅游活动已对黄龙溪流水水质产生了明显的影响;同时,在对比了磷酸盐、溶解有机碳浓度与钙华沉积速率间的关系后发现,水中磷酸盐、溶解有机碳对钙华沉积已产生明显的阻滞作用,五彩池和迎宾池两处景点表现最为明显。因此可以推断,旅游活动增加了溪流水的磷酸盐、溶解有机碳浓度很可能就是黄龙风景区钙华沉积速率近些年来减缓的真正原因,应引起有关方面的高度重视。

### 参考文献:

- 李前银, 范崇荣. 2009. 黄龙景区水循环系统与景观演化研究[J]. 水文地质工程地质, (1): 108-112.
- 刘再华, 田友萍, 安德军, 王海静, 唐淑, 张金流, 孙海龙, 刘彦, 张清明. 2009. 世界自然遗产——四川黄龙钙华景观的形成与演化[J]. 地球学报, 30(6): 841-847.
- 王海静, 张金流, 刘再华, 台永东. 2011. 基于水化学和同位素

特征的四川黄龙沟泉群分类研究[J]. 地球学报, 32(3): 367-372.

- 王海静. 2009. 四川黄龙沟钙华沉积溪流的水化学和同位素时空变化研究[D]. 重庆: 西南大学.
- 王华, 覃嘉铭, 安德军, 杨琰, 孙海龙, 林玉山, 杨勋林, 应启和, 张清明. 2010. 黄龙钙华  $^{210}Pb$  计年与现代沉积的环境变化研究[J]. 地球学报, 31(2): 216-222.
- 王华, 杨更, 覃嘉铭, 郭建强, 曹俊. 2007. 四川黄龙大湾—张家沟钙华沉积剖面的古气候记录研究[J]. 地球学报, 28(5): 469-474.
- 张金流, 刘再华. 2010. 世界遗产——四川黄龙钙华景观研究进展与展望[J]. 地球与环境, 38(1): 79-84.

### References:

- ABDEL-AAL N, SAWADA K. 2003. Inhibition of adhesion and precipitation of  $CaCO_3$  by aminopolyphosphonate[J]. Journal of Crystal Growth, 256(1): 188-200.
- ANDREW J G, PAUL E H. 1993. Poisoning of calcite growth viewed in the atomic force microscope (AFM)[J]. Journal of Crystal Growth, 129(3-4): 789-793.
- BARON J, MCKNIGHT D, DENNING A S. 1991. Sources of dissolved and particulate organic material in Loch Vale Watershed, Rocky Mountain National Park, Colorado, USA[J]. Biogeochemistry, 15(2): 89-110.
- BURTON E A, WALTER L M. 1990. The role of pH in phosphate inhibition of calcite and aragonite precipitation rates in seawater[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 54(3): 797-808.
- DOVE P M, HOCELLA JR M F. 1993. Calcite precipitation mechanisms and inhibition by orthophosphate: in situ observations by scanning force microscopy[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57(3): 705-714.
- GIANNIMARAS E K, KOUTSOUKOS P G. 1987. The crystallization of calcite in the presence of orthophosphate[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 116(2): 423-430.
- GOUDIE A S, VILES H V, PENTECOST A. 1993. The late-Holocene tufa decline in Europe[J]. The Holocene, 3(2):

- 181-186.
- HEATH C R, LEADBEATER B C S, CALLOW M E. 1995. Effect of inhibitor on calcium carbonate deposition mediated by freshwater algae[J]. *Journal of Applied Phycology*, 7(4): 367-380.
- HELEEN J D L, LAMBERTUS L, MONIQUE C. 1995. Coprecipitation of phosphate with calcium carbonate in lake veluwe[J]. *Water Research*, 29(7): 1781-1785.
- HOCH A R, REDDY M M, AIKEN G R. 2000. Calcite crystal growth inhibition by humic substances with emphasis on hydrophobic acids from the Florida Everglades[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(1): 61-72.
- HOUSE W A, DONALDSON L. 1986. Adsorption and coprecipitation of phosphates on calcite[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 112(2): 309-324.
- HOUSE W A. 1987. Inhibition of calcite crystal growth by inorganic phosphate[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 119(2): 505-511.
- INSKEEP W P, BLOOM P R. 1986. Kinetics of calcite precipitation in the presence of water-soluble organic ligands[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 1167-1172.
- ISHIKAWA M, ICHIKUNI M. 1981. Coprecipitation of phosphates with calcite[J]. *Geochemical Journal*, 15: 283-288.
- JONASSON R G, RISPLER K, WIWCHAR B, GUNTER W D. 1996. Effect of phosphonate inhibitors on calcite nucleation kinetics as a function of temperature using light scattering in an autoclave[J]. *Chemical Geology*, 132: 215-225.
- KLEINER J. 1988. Coprecipitation of phosphate with calcite in lake water: a laboratory experiment modelling phosphorus removal with calcite in lake constance[J]. *Wat. Res.*, 22(10): 1259-1265.
- LEBRON I, SUAREZ D L. 1996. Calcite nucleation and precipitation kinetics as affected by dissolved organic matter at 25°C and pH>7.5[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(15): 2765-2776.
- LEBRON I, SUAREZ D L. 1998. Kinetics and mechanisms of precipitation of calcite as affected by PCO<sub>2</sub> and organic ligands at 25°C[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(3): 405-416.
- LI Qian-yin, FAN Chong-rong. 2009. A study of water circulation system and landscape evolution of Huanglong scenic spot[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, (1): 108-112(in Chinese with English abstract).
- LIN Y P, SINGER P C, AIKEN G R. 2005. Inhibition of calcite precipitation by natural organic material: kinetics, mechanism, and thermodynamics[J]. *Environmental Science & Technology*, 39(17): 6420-6428.
- LIN Y P, SINGER P C. 2006. Inhibition of calcite precipitation by orthophosphate: Speciation and thermodynamic considerations[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(15): 2530-2539.
- LIU Z, SVENSSON U, DREYBRODT W, YUAN D, BUHMANN D. 1995. Hydrodynamic control of inorganic calcite precipitation in Huanglong Ravine, China: Field measures and theoretical prediction of deposition rates[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(15): 3087-3097.
- LIU Zai-hua, TIAN You-ping, AN De-jun, WANG Hai-jing, TANG Shu, ZHANG Jin-liu, SUN Hai-long, LIU Yan, ZHANG Qing-ming. 2009. Formation and Evolution of the Travertine Landscape at Huanglong, Sichuan, One of the World Natural Heritages[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 30(6): 841-847(in Chinese with English abstract).
- MILLERO F, HUANG F, ZHU X R, LIU X W, ZHANG J Z. 2001. Adsorption and desorption of phosphate on calcite and aragonite in seawater[J]. *Aquatic Geochemistry*, 7(1): 33-56.
- PLANT L J, HOUSE W A. 2002. Precipitation of calcite in the presence of inorganic phosphate[J]. *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 203(1-3): 143-153.
- REDDY M M, NANCOLLAS G H. 1973. Calcite crystal growth inhibition by phosphonates[J]. *Desalination*, 12(1): 61-73.
- RODRIGUEZ I R, AMRHEIN C, ANDERSON M A. 2008. Laboratory studies on the coprecipitation of phosphate with calcium carbonate in the Salton Sea, California[J]. *Hydrobiologia*, 604(1): 45-55.
- SIMKISS K. 1964. Phosphates as crystal poisons of calcification[J]. *Biol. Rev.*, 39(4): 487-505.
- WANG Hai-jing, ZHANG Jin-liu, LIU Zai-hua, TAI Yong-dong. 2011. Classification of Spring Groups Based on Hydrochemical and Isotopic Features at Huanglong Ravine[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 32(3): 367-372(in Chinese with English abstract).
- WANG Hai-jing. 2009. Study on the Spatio-temporal Variations of

- Hydrochemistry and Stable Isotopes at Huanglong in Sichuan, China[D]. ChongQing: Southwest University(in Chinese with English abstract).
- WANG Hua, QIN Jia-ming, AN De-jun, YANG Yan, SUN Hai-long, LIN Yu-shan, YANG Xun-lin, YING Qi-he, ZHANG Qing-ming. 2010. A Study of  $^{210}\text{Pb}$  Dating and Climatic Changes of Modern Sediments from Tufa in Huanglong, Sichuan Province[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(2): 216-222(in Chinese with English abstract).
- WANG Hua, YANG Geng, QIN Jia-ming, GUO Jian-qiang, CAO Jun. 2007. Records of Palaeoclimate Changes Based on the Dawan-Zhangjiagou Travertine Deposition Profile in Huanglong, Sichuan[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 28(5): 469-474(in Chinese with English abstract).
- WILKEN G. 1980. Morphology of inhibitor-treated  $\text{CaCO}_3$  precipitate[J]. *Desalination*, 33(2): 201-210.
- ZHANG J, WANG H, LIU Z, DREYBRODT W. 2011. Spatial-temporal variations of travertine deposition rates and their controlling factors in Huanglong Ravine, China—a world's heritage site[J]. *Applied Geochemistry*(in press).
- ZHANG Jin-liu, LIU Zai-hua. 2010. Progress and Future Prospect in Research on the Travertine Landscape at Huanglong, Sichuan—A World's Heritage Site[J]. *Earth and Environment*, 38(1): 79-84(in Chinese with English abstract).

## 中国地质科学院又获一项 973 计划项目

近日,科技部公布了国家重点基础研究发展计划(“973”计划)2011—2012 年项目清单,由中国地质科学院矿产资源研究所申请的《我国铁矿形成机制研究》项目获得支持。

多年来找矿实践表明,我国富铁矿石发现极少,须大量进口,严重威胁国家经济安全。因此,立足国内,发现和探明一批大型富铁矿,是一项迫在眉睫的重大任务。然而,要取得富铁矿的找矿重大突破,必须依赖于铁矿成矿理论的创新和找矿技术方法的进步。《我国富铁矿形成机制与预测研究》正是在这样的背景下提出立项的。因此,针对富铁矿形成机制和找矿预测开展研究,对于发展和完善铁矿成矿理论、促进富铁矿找矿新突破均具有重大意义。

项目将围绕铁的巨量聚集、超常富集与富铁矿形成机制 3 个关键科学问题,分别设置 6 个课题:沉积变质型铁矿成矿环境与富矿形成机制、矽卡岩型富铁矿成矿机制及控制因素、火山岩型富铁矿成矿规律和成矿机理、岩浆型大型铁矿成矿过程和控矿因素、铁矿综合信息找矿预测体系及三维立体找矿示范研究、富铁矿成矿背景与成矿作用综合研究。

该项目将于 2012 年 1 月启动,由中国地质科学院矿产资源研究所牵头,中国地质大学(北京)、中国地质大学(武汉)、中国科学院地球化学研究所和广州地球化学研究所、中国冶金地质总局、中国国土资源航空物探遥感中心等作为合作单位共同承担完成。

本刊编辑部 采编