

文章编号 :1001-4810(2002)03-0178-04

云南白水台钙华沉积成因及主要沉积类型研究^{*}

李 强^{1,4}, 戴亚南^{2,4}, 游省易^{3,4}, 刘再华⁴

(1. 广西师范大学生物系 广西 桂林 541004; 2. 西南师范大学资源环境与科学学院 重庆 400715; 3. 中国地质大学
工程学院 湖北 武汉 430074; 4. 中国地质科学院岩溶地质研究所、国土资源部岩溶动力学开放实验室 广西 桂林 541004)

摘 要 白水台钙华景区是我国最大的冷泉型淡水泉华台地之一,其形成是由于大气降水通过玉席谷向斜构造及北西侧的断层构造向下渗透并接受来自深部地层的 CO_2 补给,尔后岩溶地下水径流至白地盆边缘受到三叠系碎屑岩的阻挡呈带状出露于地表, CO_2 自水中逸出造成 pH 升高, CaCO_3 过饱和而发生沉淀,形成形态极其优美的钙华景观。但目前由于泉水流量的减少以及人为的干扰,白水台钙华景观正处在退化之中,须采取科学、合理的措施对其加以保护。

关键词 白水台;钙华;成因

中图分类号 P931.5 文献标识码 A

白水台钙华景区位于云南省香格里拉县三坝纳西族自治县,占地约 0.5km^2 ,是我国迄今所发现的规模最大的冷泉型淡水碳酸盐泉华台地^[1],其成因主要是由于雪水沿裂隙下渗接受深部的 CO_2 并溶解其周围的碳酸盐岩后再出露地表释放 CO_2 ,从而产生碳酸钙沉积。白水台之所在地——白地还是纳西族东巴教和东巴文的发祥地,在人文旅游资源方面有着很大的开发潜力。白水台每年都吸引大批的文人墨客前来访古探幽,并且在每年的农历二月初八都会有成千上万的纳西族和其他民族兄弟前来这里举行巨大的龙王盛会——朝龙王。

白水台主要由 I、II、III 共三级钙华台面组成,其台面的标高分别约为 2520m、2550m、2608m。现代钙华主要分布于第一级台面,是当前景观的精华所在,主要由色彩斑斓的藻滩和泉华瀑以及多层泉华彩池组成。该泉华台地西部发育有两个泉眼,泉水潺潺流过栎林灌木后进入由许许多多黄绿色藻类和苔藓组成的藻滩,最后进入那些彼此相差约 10~15 m 的新月形泉华彩池。尽管白水台在纬度上处于亚热带地域,但由于其海拔高度及地势相差大,从而气候具有

明显的分带性。因而,白水台景区植被也具有明显的垂直分布特征和“一季四时景,四季景交替”的立体景观特点。

1 白水台形成的地质背景

白水台钙华景区之所在地白地盆地由断陷溶蚀作用而成,盆地为南东—北西向展布,长 5~6km,宽 1.5~2km,面积约为 10km^2 。

区内出露地层为三叠纪地层(图 1),主要由砂页岩、火山岩和石灰岩构成。西北部补给区灰岩分布广、厚度大,灰岩含生物碎屑,具有粒屑泥晶结构及其残余结构,质纯性脆,其方解石含量达 99%。区内由于构造运动和岩溶作用强烈,裂隙、溶洞较发育,不但为白水台泉水提供了良好的径流通道,而且还为白水台钙华的形成提供了物质基础。因而当盆地北西山区三叠系石灰岩岩溶地下水径流至盆缘碎屑岩地带受阻后便沿南东向导水断裂溢出地面形成带状泉群,泉水出露后因水化学条件发生变化,导致碳酸钙堆积,形成千姿百态的钙华景观。

^{*} 基金项目 科技部社会公益研究专项基金项目(2000-164) 国家自然科学基金项目(40073026)联合资助

作者简介 李强(1978-)男,硕士研究生,主要从事环境生态学研究。

收稿日期 2002-06-28

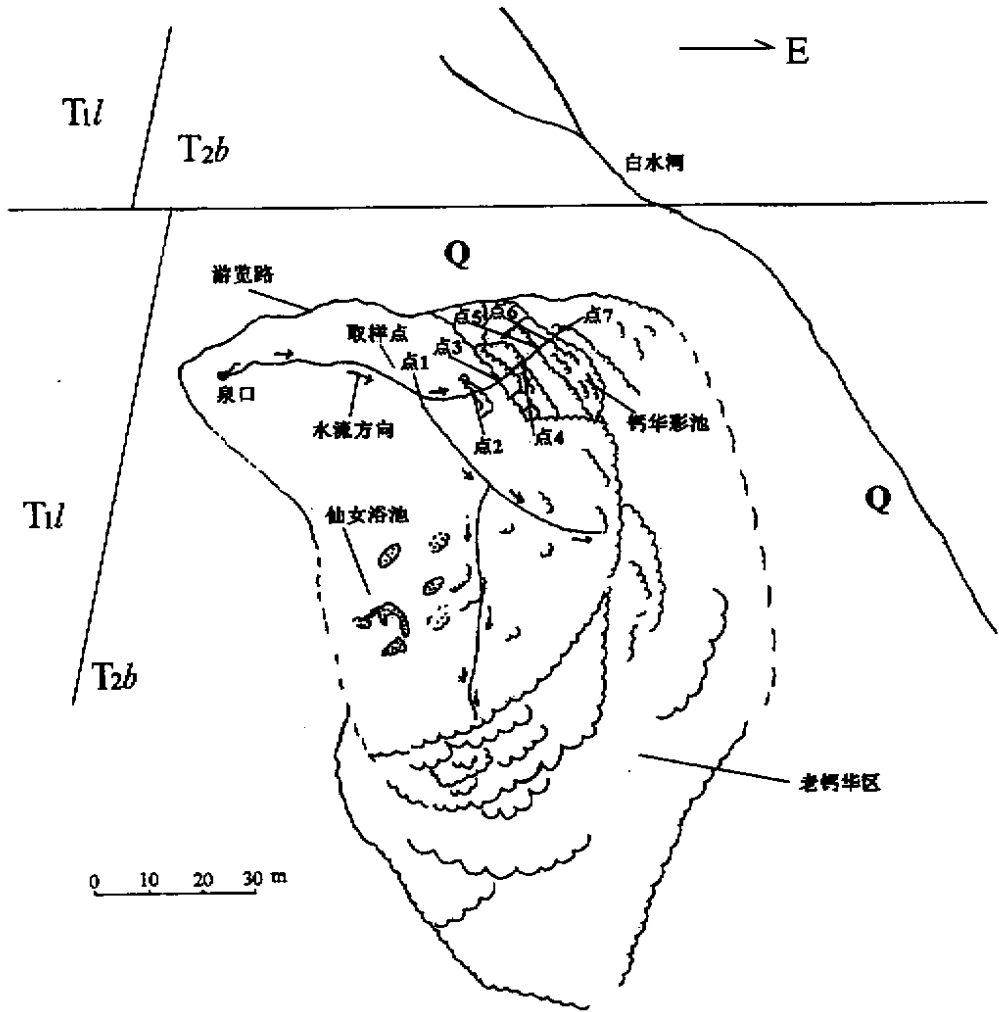
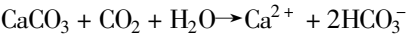


图 1 白水台泉钙华分布图

Fig.1 Distribution map of the Baishuitai tufa

2 白水台钙华的形成机理

白水台钙华分布主要由断裂构造控制,在断裂构造带内灰岩裂隙、溶洞发育,使大气降水和雪水能够下渗进行深循环^[2],同时在其流动过程中接受来自地壳深部的 CO₂ 使其具有明显的侵蚀性,并且溶解其流经区域的石灰岩,从而使其 HCO₃⁻ 和 Ca²⁺ 含量增高。该化学作用过程可用下式描述:



泉水出露后,影响该系统平衡的温度、压力、水动力条件发生变化^[3],从泉口到钙华池不到 1km 的流程中(图 1),pH 值从 6.77 增到 8.24, Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻、HCO₃⁻ 的含量分别从 190.8mg/l 降到 61.84mg/l、30.54mg/l 降到 19.29mg/l、29.64mg/l 降到 18mg/l、709.14mg/l 降到 275.21mg/l。同时泉水的总硬度也从 595.62mg/l 降到 233.83mg/l,总体上从泉口到钙华池数据

华池表现出递减趋势(表 1)。因此可把白水台钙华形成的水化学机制归结为温度、压力、水动力综合效应。

(1) 温度效应:CO₂ 在水中的溶解度与温度呈反比例关系,并且泉水在流动过程中温度不断升高,从而导致 CO₂ 在水中的浓度降低,致使 CaCO₃ 在水中的溶解度不断降低,产生 CaCO₃ 沉积。

(2) 压力效应:泉水出露后,由于 CO₂ 在水中的分压 14400Pa 明显高于周围的大气压强,所以造成 CO₂ 从水中不断逸出,引起水的 pH 值升高(从 6.77 至 8.24),并使方解石饱和指数达到 1.0 以上,从而为钙华的形成提供条件。

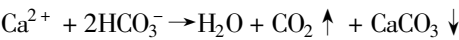
(3) 水动力条件:泉水在高速流动时可产生“气穴现象”以及在钙华坝表面漫流时由于水层变薄造成流体内部压力降低,引起 CO₂ 逸出^[4],从而使 CaCO₃ 在钙华瀑和钙华坝上产生沉淀。

表 1 白水台泉水水化学特征沿途变化一览表(单位:mg/l)

Tab.1 Changing characteristics on Hydro-chemistry of the water from Baishuitai spring along the running process

水样号	pH 值	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总硬度	游离 CO ₂	温度(℃)
泉口	6.77	190.81	30.54	29.64	709.14	595.62	38.96	11.1
1	7.57	108.21	20.09	16.94	422.11	352.96	13.43	11.2
2	7.97	102.47	21.16	18	411.98	343.03	16.12	12.1
3	8.19	95.4	19.82	16.94	386.65	319.87	9.4	12.0
4	8.22	93.64	21.16	19.05	384.96	320.97	10.75	12.0
5	8.20	81.27	19.56	16.94	339.37	283.47	5.37	12.0
6	8.23	77.29	20.63	18	334.31	277.95	5.37	12.5
7	8.24	61.84	19.29	18	275.21	233.83	2.69	13.2

上述泉水水化学条件的变化,导致 CaCO₃ 沉淀,可用下式表示:



在白水台碳酸钙的沉积过程中,生物对钙华的形成具有明显的促进作用。泉水在流经藻滩时,重碳酸根和钙离子浓度迅速降低,并通过水体内微藻体表果胶的粘结作用促使 CaCO₃ 沉淀形成直径为 2~10mm 的球状碳酸钙砂砾。刘再华等研究发现,钙华沉积主要发生在白天,特别是在强烈阳光的白天^[2],此时不但植物强烈的光合作用可消耗水体中的 CO₂,使水体的 pH 值增高,方解石饱和指数增大,促进 CaCO₃ 沉积,而且水体所存在的碳酸酐酶对于 CO₂ 的逸出也起到促进作用,并为钙华的形成奠定基础。因此,通过在实验中加入碳酸酐酶可使灰岩溶解速率增加一

个数量级^[5]。白水台钙华池内生长着大量具有胞内、胞外碳酸酐酶的蓝绿藻和硅藻,因此,在白水台钙华沉积过程中生物的作用不容忽视。

根据张强等^[6]对钙华形成模式的划分以及白水台的实际情况,可把白水台钙华划分为两类:一类是钙华的形成以物理化学作用为主,并取决于地形、水化学、温度、压力及水动力条件,钙华的形成主要发生在泉水流出几米至几百米外的地方,此类钙华分布广、厚度大、沉积速度快、结构层次清晰、致密;另一类钙华的形成以生物作用为主,分散零星,但具有良好的生物构造并呈多孔海绵状或珊瑚状结构。

综上所述,白水台钙华形成主要是由于泉水出露后,水中的 CO₂ 分压降低以及生物的参与使碳酸钙过饱和并沉淀下来,其作用总模式(图 2)可表示为:

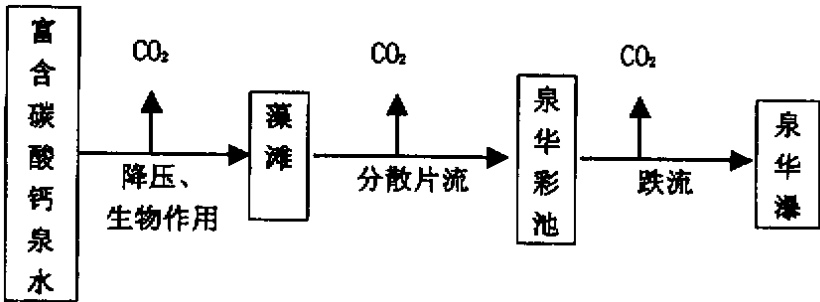


图 2 白水台钙华形成模式图

Fig.2 Formation model of the Baishuitai tufa

3 白水台景观类型

- 白水台现代泉华景观主要包括以下几类形态:
- (1)泉华台地:它主要是由泉水流经白水台台地时形成的微微向东倾斜的巨大平台。
 - (2)藻滩:泉水在流动过程中由于植物的光合作用使 CO₂ 分压降低,与此同时由于植物的结壳作用和

- 生物构架作用能为钙华的形成提供支持,从而使 CaCO₃ 不断沉积到苔藓、藻类等植物体上形成犹如珊瑚状的钙华结构。
- (3)泉华瀑:主要是由泉水在流经边石坝后所沉淀出的 CaCO₃ 在峭壁上日积月累凝固而成。
 - (4)泉华彩池:泉华彩池自上而下,层层叠叠,犹如用汉白玉精心雕琢而成,大者如梯田,小者似银盘,是目前白水台泉华堆积地貌中最奇特、最富美感的地

形 其池内的钙华年复一年堆积固结 形成近于水平的钙华层。并且 池内还生活着金球藻等微藻 它们沉积在池底犹如黄金铺地 池水在阳光的照耀下色彩变化万千 令人遐思迩想 从而使文人墨客留下了“云波雪浪三千垄 玉埂银丘数万滕”的佳句。

(5)钙华锤 :是由水中的碳酸钙沉积在小树枝以及草杆四周日积月累而成纺锤状的结构。

(6)钙砾石 水中的碳酸钙围绕直径 1~3cm 的小砾石沉积而成的钙砾石 它们随着泉水的流动在钙华池内荡来荡去 犹如颗颗洁白的珍珠 美不胜收。

4 白水台钙华研究价值

白水台作为我国最大的冷泉型淡水碳酸盐泉华台地 不但具有巨大的观赏价值 而且还具有重要的科研价值 同时泉华沉积物中所含的植物化石对于揭示植被的演化规律具有重要的作用 能够为当地古气候重建提供可靠信息。白水台钙华的起源和形成过程研究不但可以为“不同地区岩溶动力系统监测”提供观测资料 而且还能够为其资源合理的开发、管理

和保护提供理论依据 促进当地旅游业的健康持续发展。此外 通过对白水台钙华景区的研究还可起到让世人了解东巴文化的功效 并能够使东巴文化及东巴文明这一文化瑰宝不断发扬光大。

致 谢 感谢中国地质科学院岩溶地质研究所和国土资源部岩溶动力学开放实验室张美良副研究员、林玉石研究员在野外进行的地质指导。

参考文献

[1] 赵希涛,李铁松 和尚礼. 中国云南白水台[M]. 北京 :中国旅游出版社 ,1998 ,1-15.

[2] 刘再华 游省易 李强 等. 白水台钙华起源和形成的水化学和同位素研究[J]. 地质学报(收稿) 2002.

[3] 刘再华 袁道先 ,W. Dreybroadt , U. Svensson. 四川黄龙钙华的形成[J]. 中国岩溶 ,1993 ,13(3) :185-191.

[4] 程星 熊康宁等. 边石坝结构及其水动力条件研究[J]. 中国岩溶 ,1999 ,18(2) ,135-142.

[5] 刘再华. 流动 CO₂ - H₂O 系统中方解石溶解沉积的速率控制机制[M]. 桂林 广西师范大学出版社 ,1997 :119-128.

[6] 张强 许模 孙晋亚. 四川黄龙 - 九寨自然风景区沉积研究综述[J]. 西南师范大学学报(自然科学版) 2001 26(专辑) 56-64.

STUDY ON THE FEATURE OF TUFA DEPOSITS
IN BAISHUITAI ,YUNNAN

LI Qiang^{1 A} ,DAI Ya-nan^{2 A} ,YOU Sheng-yi^{3 A} ,LIU Zai-hua⁴

- (1. Department of Biology , Guangxi Normal University , Guilin , Guangxi 541004 ,China ;
2. Department of Geography , Southwest China Normal University , Chongqing 400715 ,China ;
3. The Graduate School , China University of Geosciences , Wuhan ,Hubei 430074 ,China ;
4. Institute of Karst Geology , CAGS ,Karst Dynamics Laboratory , MLR , Guilin ,Guangxi 541004 ,China)

Abstract : The tufa landscape in Baishuitai is one of the biggest tufa cascades in China formed by cold fresh water spring. The latter is originated from rain and snow water passing through Yuxi syncline valley and the fault in the northwest side , and seeking deep cycle and get CO₂ component. After that , the water is blocked by Triassic classic rocks and outcrops as spring to the surface when running to the fringe of the Baidi basin. After the spring water appears on the surface , CO₂ has escaped from the water that leading to the increase of pH and CaCO₃ being saturated , the deposition of tufa occurs and the beautiful tufa scenery forms. But , because of the decrease of the spring discharge and the disturbance of human activity recently , the tufa scenery in Baishuitai is degrading , that demanding protection with scientific and reasonable measures.

Key words : Baishuitai ; Tufa ; Cause of formation