

# 岩溶洞穴生物地质作用研究<sup>\*</sup>

——以贵州织金洞为例

## A Study on Biogeological Process in Karst Caves

——an Example from Zhijin Cave of Guizhou

安裕国<sup>①</sup>      戎昆方<sup>②</sup>      李景阳<sup>②</sup>      何复胜<sup>③</sup>  
An Yuguo<sup>①</sup>      Rong Kunfang & Li Jingyang<sup>②</sup>      He Fusheng<sup>③</sup>

(①贵州科学院 ②贵州工学院 ③贵州师范大学)

①Guizhou Academy of Science ②Guizhou Institute of Technology ③Guizhou Normal University

**Abstract:** Since 1987, the present authors have detailedly studied the genesis of the speleothems of Zhijin Cave of Guizhou. Samples of modern cave cyanalgae and speleothems are systematically collected. It is found that most of the speleothems display laminated structure of cyanalgal growth lines and show various particular shapes and patterns. SME and polarizing microscope investigations reveal abundant cyanalgal fossils and evident biogenetic texture in the speleothems. The authors suggest that these speleothems are a kind of particular rock — stromatolite that is newly found out and called "cave stromatolite" and formed in karst caves and through biogeological process. Based on its macroscopic structures, the stromatolite can be subdivided into 3 types of large, middle and small complex structural bodies, 6 kinds of general layers and 13 shape types. The studied result breaks through the viewpoint of "single calcium carbonate chemical precipitation" for speleothem formation, and thus enriches the theory on their genesis and expands our train of thought on studying formation mechanisms of modern stromatolite. Also, it will play a certain part in detecting environments of the Quaternary.

**主题词:** 生物地质作用 洞穴蓝藻 洞穴叠层石 生物建造 贵州织金洞

**[内容提要]** 1987年以来,作者对贵州织金洞洞穴沉(堆)积物的成因进行了较详细的研究,系统地采集现代洞穴蓝藻和沉(堆)积物标本,发现沉(堆)积物中绝大部分都具有蓝藻类的生长线纹层构造,并显示出各种特殊的形态和花纹特征。经扫描电子显微镜和偏光显微

\* 贵州省科学基金资助项目

镜鉴定,其中含有大量的蓝藻化石,具有明显的生物结构。作者研究的结果:这是由于在岩溶洞穴生物作用场中,因生物地质作用而形成的一种特殊的岩石,是一种新发现的叠层石——洞穴叠层石。根据洞穴叠层石的宏观构造初步划分了大、中、小三种复式融合洞穴叠层石构造体和六种基本层以及十三种洞穴叠层石形态类型。这一研究成果,突破了岩溶洞穴沉(堆)积物的碳酸钙单一化学成因认识,丰富了成因理论,拓宽了研究现代叠层石形成机理的思路,对第四纪环境预报等方面将会起到一定作用。

当前,国内外的岩溶学家、洞穴学家、地质学家、地理学家,比较一致的普遍观点是:洞穴沉(堆)积物是滴水中化学作用形成的。化学沉积作用如何能形成如此千姿百态的沉(堆)积物呢?却一直得不到科学的圆满解释。自 1987 年以来,我们组成了地质学、岩溶学、沉积学、微生物学者参加的综合科研小组,对织金洞沉(堆)积物的成因,进行了较详细的调查和系统地采集标本,研究的结果认为:织金洞洞穴沉(堆)积物,除少部分流水沉积物及崩积物外,绝大部分属于“岩溶洞穴生物地质作用”沉积成岩建造的特殊岩石。这种岩石主要是由于蓝藻生物在洞穴复杂的沉积环境中顽强地寻求生命活动的同时,蓝藻因具有分泌钙质、粘结、捕捉碳酸钙微细颗粒而富集沉积碳酸钙的生化 and 生理特性,起到了成岩建造作用,各种洞穴蓝藻群落,它们在不同的洞穴沉积环境中构成了各种不同形态的洞穴叠层石。

关于岩溶洞穴生物地质作用研究,范围广泛,涉及的内容非常丰富,难以概全。现作者仅将综合科研小组研究的成果\*,其中有关洞穴蓝藻的早期沉积作用和洞穴叠层石研究结果进行阐述讨论。

(1) 对以织金洞为主的包括其他洞穴的现代蓝藻生物进行了系统的采样,经生物显微镜鉴定,获洞穴蓝藻 184 种,分属于 2 目 7 科 37 属。发现洞穴蓝藻早期沉积作用十分发育,并进一步查明蓝藻门(Cyanophyta)中的鞘丝藻属(*Lyngbya* Ag.)、席藻属(*Phormidium* Kütz.)、伪枝藻属(*Scytonema* Ag.)、单歧藻属(*Tolypothrix* Kütz.)等为主要早期成岩作用洞穴叠层石建造者。

(2) 织金洞洞穴叠层石在宏观形态上的生长方式明显地出现了与生物作用有直接成因关系的特征,表现出摄取营养物质的趋光性,结构上的有序性,生长上的各类聚生性等高级形式的形态,作者将其初步划分为大、中、小复式融合洞穴叠层石构造体和六种基本层以及十三种洞穴叠层石形态类型,并对它们的微观结构进行了研究。

## 1 织金洞现代洞穴蓝藻的早期沉积作用<sup>[1]</sup>

洞穴是一个开放体系,与地球表面进行着广泛的物质、能量和信息的交换,与地表既有联系又有区别,洞穴微生物特别是蓝藻生物在这种环境下顽强地寻求生命活动繁衍生长,洞穴沉积物也在这种环境下形成。

\* 安裕国 戎昆方 李景阳 何复胜 贵州省织金洞洞穴堆积物生物建造研究 贵州省科学基金研究报告(1995.1)

## 1.1 织金洞现代洞穴蓝藻的粘结捕捉沉积作用

织金洞藻类生物十分繁茂,尤其是以蓝藻种属为多,经鉴定(包括其它洞穴在内)共获洞穴蓝藻184种,分属于2目7科37属,这些洞穴蓝藻的早期沉积成岩作用十分发育。实际资料证明,蓝藻生物在复杂的洞穴沉积环境中顽强地寻求生命活动的同时,显示出复杂的生理和生化特性:①蓝藻生物能分泌大量含有粘性有机质的胶鞘,具有粘结捕捉碳酸钙微细颗粒而富集沉积碳酸钙的作用。②蓝藻生物吸收地下水中的 $\text{Ca}^{2+}$ 离子和 $\text{CO}_3^{2-}$ 离子,因分泌作用而形成钙质胶鞘。由此大规模地转变成固体碳酸钙丝状体球状体沉积物。蓝藻生长习性是呈片层生长构成藻席,当藻席开始粘结捕捉并凝固住一层外来碳酸钙微细颗粒之后,这些蓝藻在逐渐衰老的同时,又新生藻体穿越过被粘结捕捉的碳酸钙微细颗粒层,在它的上边呈片状地又生长出一层新的藻席,新生的藻席又开始粘结捕捉新的碳酸钙微细颗粒富集沉积的作用,如此往复,就构成了生理和生化作用形成的藻纹层(叠层石)。

## 1.2 织金洞现代洞穴蓝藻席类型

可分为三种类型:①阳光下平坦型蓝藻席类型——主要分布在洞口“迎宾厅”右侧壁上,面积较大。这种藻席表面平展,为钙质结壳,暗灰色,微潮湿,部分已固结,但疏松多孔。其下层为蓝绿色藻层,即蓝藻群集。微片观察为缠结的藻丝体,仅见极少量的球状体。这两种蓝藻均尚处于生长状态,藻丝体表面粘结有不少钙质微晶颗粒。再往下为钙质沉积物,可见纹层,微细而不十分整齐,有间断,灰白色与暗灰色交替。藻席中主要蓝藻分子有 *Phormidium*, *Chroococcus*, *Oscillatoria* 等属的若干种类。②阳光下瘤型蓝藻席类型——主要分布在洞口“迎宾厅”直到“剑门关”之间的若干部位。表层为钙质结晶,无表层水,但仍潮湿。其下一层为较厚的藻层,色泽多种、鲜亮,此藻层系由大小瘤状藻群集组成,以致整个表面略显起伏,大小藻瘤再集成纵向条带,条带间和瘤状藻群集间有明显大小沟纹,表明其生存竞争的生长界限。主要蓝藻分子有 *Gloeocapsa*, *Chroococcus*, *Aphanothece*, *Gomphosphaeria*, *Microcystis*, *Asterocapsa*, *Coelosphaerium*, *Entophysalis*, *Schizothrix*, *Microcoleus*, *Stigonema*, *Scytonema* 等属的若干种类。③灯光下平坦型蓝藻类型——分布于在导游灯光照射下的部位。这种平坦型藻席一般呈层状,具发育的层理,表面呈现蓝绿色、褐色、黑色、紫色等多种颜色。显微观察可见藻丝体的生长和沉积过程,即为其藻席的生长过程。按其显微沉积方式,约有三种:①钙藻皮型沉积——沉积物颗粒(主要是钙质晶粒)在藻丝体表面结壳,形成紧密包裹藻丝体的钙藻皮;②螺环型沉积——主要为环鞘丝藻构成的藻席,环鞘丝藻先形成束状再盘绕成螺环,也有直接扭成螺环,粘结围捕沉积物颗粒,结合构成藻席;③缠结型沉积——主要为坑形席藻构成的藻席,显微观察藻丝体紧密缠结,颗粒粘结于藻丝体表面和夹杂于缠结缝隙中结合成藻席。构成灯光下平坦型蓝藻席的主要分子有 *Phormidium faveolarum* (Mont.) Gom., *Ph. incrustatum* Gonmont, *Lyngbya allorgri* Frimy, *L. circumcreta*, *L. contorta* Lemm, *Scytonema hofmanni* Ag., *Tolypothrix*, *Limbata thney*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Microcystis*, *Chroococcus* 等属种。

## 1.3 织金洞现代洞穴蓝藻席显微结构特征

现代洞穴蓝藻席经扫描电子显微镜观察,其显微结构主要有:叠层状、团块状、草莓状、球状、丝状、蠕虫状、网格状、气孔状、纤维状等。

## 2 织金洞中的洞穴叠层石研究

1987年以来,作者对织金洞洞穴沉积物的宏观形态特征和微观结构构造进行了较详细的研究,这些洞穴沉积物的成因,是在洞穴复杂的沉积环境中,由于生物(主要是蓝藻)地质作用的结果,形成了一种特殊的岩石,这是一种新发现的叠层石——洞穴叠层石。

### 2.1 洞穴叠层石的宏观构造

织金洞洞穴叠层石的宏观构造从大到小,主要有复式融合洞穴叠层石构造体、叠层体、基本层等。

2.1.1 复式融合洞穴叠层石构造体 指由若干叠层体或叠层石柱体,它们簇生、丛生、呈层生长、放射状生长、分枝、分叉生长的过程中,相互重叠、平行、缠绕,又组成一种复杂的复式结构,因基本层扩大,将它们的一部分或大部分、甚至全部包容、归并、融合在一起,构成一个个规模大小不等,外部形态各种各样,内部结构构造极其复杂的高级形式的洞穴叠层石构造体,根据其产出的大小差别,初步划分为大、中、小三种复式融合洞穴叠层石构造体。

2.1.2 叠层体 主要为分叉或不分叉的柱体,是构成叠层体的基本构造单元,其形态和大小是当前叠层石分类中的主要标志之一<sup>[2]</sup>,其柱体形态主要有圆柱体、次圆柱体、叶片状柱体(层柱状)、瘤状、针状等柱体;柱体的大小差别很大,最大的柱体,长20~30m,基部直径0.4~3m,最小的柱体,长12~35mm,基部直径1~5mm。多数柱体具有分枝分叉现象,较为复杂,肉眼可见有多次逐级分叉,最明显的分枝分叉生长方式,主要为轮生分枝分叉和沿螺旋层方向分枝分叉。

2.1.3 基本层 是构成叠层体基本形态的构造单元,系由一层暗层和一层亮层相互成对出现组成。在显微镜下观察:暗层(富藻纹层),主要由洞穴蓝藻组成,保存有蓝藻化石,分子属种与现代洞穴蓝藻席中的分子属种相似;亮层(富屑纹层),主要由方解石晶屑和部分岩屑所组成,不少的标本薄片,还可以看到垂直或斜交生长的丝状体蓝藻化石。基本层形态主要有层状、穹状、脊状、陡峭脊状、包心菜状、圆筒状等。

### 2.2 洞穴叠层石的主要形态特征

2.2.1 层状洞穴叠层石——典型实例如“望山湖”中的白色钙华板和“雪香宫”中的月奶石。基本层清晰呈层状或微波状,暗层宽0.1~0.5mm,亮层宽0.5~1mm,叠层石的主要建造者,相似于现代洞穴蓝藻 *Lyngbya* Ag. 和 *Phormidium* Kütz.。

2.2.2 树状洞穴叠层石——此类叠层石的形态如树状,高5~20m,基部直径0.4~3m,中心是一个圆柱体,柱体四周有序地向外分枝分叉生长着许多叶片,每一叶片体由若干分叉的次一级叶片和更次一级小叶片组成复式结构,因基本层扩大,将它们的一部分或大部分甚至全部包容、归并、融合在一起构成(图版I—1.2)。这种内部结构极其复杂和宏观构造巨大的树状洞穴叠层石构造体,作者称之为“大型复式融合洞穴叠层石构造体”。典型代表如“银雨宫”和“金塔宫”中的树状石笋“银雨树”“塔松”“雪松”。分叉的小叶片和小圆柱体,基本层清晰,呈陡峭脊状和穹状,暗层宽0.1~0.5mm,亮层宽0.5~1.5mm,叠层石的主要建造者,相似于现代洞穴蓝藻 *Lyngbya* Ag., *Phormidium* Kütz., *Oscillatoria*

Vauch.

织金洞洞穴叠层石的形态特征是多种多样的,除层状和树状外,尚有柱状、棒状、穹状、板状、瘤状、锥状、花菜状、花朵状、针状、鳞片状、球状等。

### 主要参考文献

- [1] 何复胜 安裕国 戎昆方 李景阳 1993.8 贵州织金洞蓝藻及其早期沉积作用 第十一届国际洞穴学大会文集  
 [2] 朱士兴等 1993 中国叠层石 天津大学出版社  
 [3] 安裕国 戎昆方 何复胜 李景阳 1994 岩溶洞穴沉积物生物成因初探——以贵州织金洞为例 贵州地质 第11卷第2期  
 [4] 王福星 曹建华等 1993 生物岩溶 地质出版社  
 [5] [西德] E·弗吕格尔主编 曹瑞骥等译 1984 化石藻类 科学出版社

### [新著简介]

《论红土型金矿的矿化时间》(洪金益著) 载《黄金地质科技》1994年第3期

[摘要] 红土型金矿指产于红土风化壳中,金的富集与成矿均与红土风化作用密切相关的矿床。金矿红土风化剖面一般见于热带、亚热带地区,年平均温度在20℃以上,降雨量1500~2000mm,产出地形较为平坦,其风化剖面自上而下分为:①腐植质红土层,厚0~2m;②上部红土层,厚0~5m;③含矿红土层,金矿赋存于豆状、球状或结核状铁矿物中,红土的主要矿物成分为三水铝石、针铁矿、高岭石等;④杂色红土层;⑤半风化基岩层。红土风化作用过程顺序为:①碳酸盐型风化壳阶段;②高岭土型风化壳阶段;③砖红土型风化壳阶段。风化作用过程取决于化学溶解迁移(D)、机械迁移(T)及与之相关的雨量(R)、降雨特征、坡长(X)(指分水岭至坡底的水平距离)、坡度(θ)及植被发育情况等。通常风化堆积模型如下:

$$dz/dt = D [P_s / (1 - p_s)] - T$$

式中:z为土壤厚度,t为风化进行的时间,dz/dt表示风化堆积的速度(mm/a), $p_s$ 为土壤状态参数,D为化学迁移速率,T为机械迁移速率。

计算表明,一般含矿红土风化剖面厚30~50m,其形成时限一般在 $1 \sim n \times 10\text{Ma}$ 之间。我国南方属红一亚热带地区,具备红土化金矿床的形成条件,应注意普查这一类型矿床。

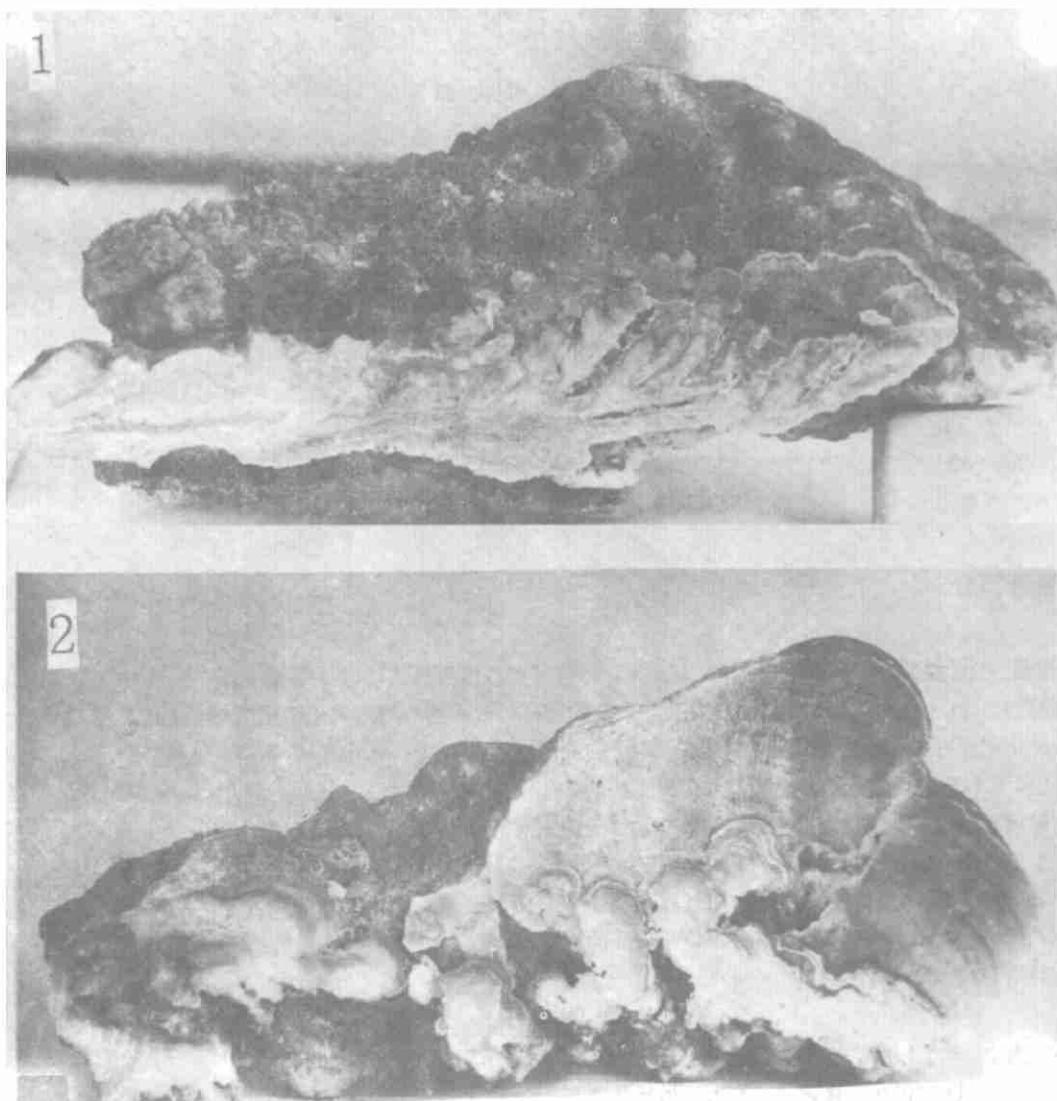


图 版 说 明

1. 树状洞穴叠层石“塔松”分枝分叉生长的叶片体，纵切面，原大。
2. 树状洞穴叠层石“雪松”分枝分叉生长的叶片体，纵切面，原大。