

喀斯特洞穴堆积物生物成因研究

——以贵州织金洞为例

A Study on Biogenesis of Karst Speleothem: an Example from Zhijin Cave of Guizhou

戎昆方^① 李景阳^① 安裕国^② 何复胜^③
Rong Kunfang Li Jingyang An Yuguo He Fusheng

(^①贵州工学院 ^②贵州科学院 ^③贵州师范大学)
^①Guizhou Institute of Technology ^②Guizhou Academy of Science
^③Guizhou Normal University

Abstract: The authors have studied systematically the karst speleothems and the distribution and precipitation of cyanoalgae existing commonly in Zhijin Cave of Guizhou. It has been found that in phototropic environment, the speleothems display commonly biogenetic "five characters" peculiar to organisms, and in non-phototropic environment, there are a lot of cyanoalgae filaments seen first. It has been proved through the study that the formation of the speleothems in Zhijin Cave of Guizhou is related closely to cyanoalgal life activities and most of the speleothems with bright and dark alternating laminated structure are "cave stromatolites".

The study breaks through the former theories of single "dropping water" and inorganic chemical precipitating" mechanism for the genesis of speleothems and expands our train of thought in it, and thus is a new breakthrough in the fields of biogenetic karst, cave landscape protection and caveological studies.

关键词: 生物成因 洞穴叠层石 黑暗环境 贵州织金洞

〔内容提要〕 本文系统研究了贵州织金洞中的洞穴堆积物。在有光照环境中发现了堆积物普遍具有生物独具的“五性”；研究了大量存在的现生洞穴蓝藻的分布及其沉积作用。在黑暗环境中，首次发现了洞穴堆积物中存在许多蓝藻藻丝体，观察到它们的沉积作用。

研究证明：织金洞洞穴堆积物，绝大多数具有明暗相间的叠层构造，是一种新发现的“洞穴叠层石”。研究突破了洞穴堆积物单一的“滴水成因”认识，拓展了洞穴叠层石形成机理的思路，是对生物岩溶、洞穴景观保护、洞穴研究等领域的一种新的突破。*

贵州织金洞位于贵州省织金县八步区官寨乡，距县城 23km，有公路相通。织金洞是中国喀斯特洞穴中著名的旅游洞穴之一；被列为中国国家级风景名胜区，以规模大、形态奇、类型多称誉全国。享有“织金归来不看洞”和“洞穴博物馆”的赞誉。对其堆积物的成因研究，可概略地代表其他洞穴堆积物的成因研究。

* 贵州省科学基金资助项目

长期以来人们对洞穴堆积物的成因,基本上认为是单一的“滴水成因”。即使人们早已注意到堆积物断面上的纹层构造,但并没有将其与生物成因的叠层构造联系起来,这或许是受到“黑暗环境中蓝藻不可能生存”的影响。但“滴水成因”确实又不能对大量存在的、种类繁多、形态奇特的洞穴堆积物的成因,作出科学的、令人信服的圆满解释。笔者研究证明:喀斯特洞穴堆积物,绝大多数是生物成因的,它们是叠层石家族中的一个新成员——洞穴叠层石。本文是“岩溶洞穴沉积物生物成因初探——以贵州织金洞为例”^[1]一文的扩展和深化。

1 洞穴堆积物具有生物独具的“五性”

从当代“新三论”的观点出发^[2],整个喀斯特地貌系统是一个耗散结构系统,洞穴是一个远离平衡的开放系统,与周围环境进行着广泛的物质能量和信息的交换。蓝藻参与的沉积作用,使洞穴堆积体系形成了具有明显自组织现象的耗散结构体系,其最大的特点是具有生物独具的“五性”。

1.1 有序性 许多洞穴堆积物具有显著的有序性。如织金洞大厅崩塌物和塔林宫的钙华板上生长的石鳞片,具有明显的定向排列;塔林宫的“塔林状”石笋的叶片和“雪松状”石笋基部的叶片都呈右旋排列生长;洞壁、洞底生长的瘤、锥、葡萄状堆积物,大多具有等密度分布的特点。这可能是由于不同藻类生物彼此竞争、相互制约的结果。

1.2 趋光性 在洞口顶壁上,生长着垂吊的弯曲钟乳石,弯曲方向常指向洞口向光处,显现了趋光特点。织金洞大厅的“双狮迎宾”石笋的表面布满了现生洞穴蓝藻,由于藻类向光和背光方向生长速度的差异,形成了向光面厚背光面薄的楔形层理,显示着趋光特点。

1.3 聚生性 它常与某类生物所需的小生境有关。如果把洞穴视为一个大生境系统,则洞穴中的不同部位,由于各种环境因素的差异,形成了若干不同微环境的小生境。如洞口迎宾厅向光而湿润的岩壁上,生长着成片的现生藻类,它们具有相近的种属,聚生在一起形成不同种属的小群落。这种聚生现象还反映在黑暗环境的洞穴堆积物中,如穴珠分布于采珠楼,“塔松”或“雪松”状石笋分布于塔林宫,卷曲石、月奶石分布于雪香宫等等。

1.4 色着性 在许多洞穴堆积物的表面,常具有条纹状的绿灰、蓝灰、灰黑等色调,表面非常光滑,具凝胶状手感。显微镜下发现原来认为由粘土或砂质形成的暗带纹层,是由于藻类的色着性引起的,其中还可保留藻丝体。

1.5 生长性 在织金洞“神秘大佛”巨大的石笋上,丛生着一些大体等距的瘤状物,观察后发现,它们逐渐向着“叶脉”清晰的石花菜状石笋方向生长发育,最终形成发育完善的石花菜个体。完全显现出一种植物生长发育的过程。

如上所述,洞穴堆积物显现的“五性”,与生物所独有的“五性”相似,这从另一个侧面论证了洞穴堆积物的生物成因观点。

2 现生洞穴蓝藻及其沉积作用

作为原核生物的蓝藻,素以非常顽强而著称,而且种类和数量繁多,常在生态系中占

据小生境。本次研究的现生洞穴蓝藻也充分表现了这一特性,在洞口有阳光和洞内有导游灯光处均有分布。初步鉴定了现生洞穴蓝藻 184 种(包括贵州其他洞穴的少量样品),分属 2 目 7 科 37 属^{*}。它们均以藻席结构形态生长和拓展分布,藻席结构分为三种类型。

2.1 阳光下平坦型 分布于织金洞洞口右侧岩壁上,分布面积大,暗灰色,表面平整微潮湿,为钙质结壳,疏松多孔部分已固结。其下为蓝藻群集,多为缠结的藻丝体,极少见到球状体,均处于生长状态,藻丝体表面粘结有不少钙质微晶颗粒。再下为钙质沉积层,纹层细而密呈断续状,灰白色与暗灰色交替出现。蓝藻主要是 *Phormidium*, *Chroococcus*, *Oscillatoria* 等属的若干种类。

2.2 阳光下瘤型 在织金洞“迎宾厅”到“剑门关”交界处均有大片分布,表层为钙质晶粒,无表层水但潮湿。其下为较厚的藻层,色泽多样鲜亮,由瘤状藻群集组成。主要为绿、玫瑰、蓝绿、褐等颜色,每种颜色至少由 3~5 种藻的群集构成,其沉积作用也是由藻群集所完成。群集由大小数量不等的有优势种的群组组成,群组由若干种的群体组成,群体由数量不等的个体组成。在适合的环境下群集通过自身的机能和方式进行原地沉积,并与沉积物组合成藻席,若环境再度适合可再次发生沉积。如此往复,逐渐形成了各种不同形态的洞穴堆积物。蓝藻主要是 *Gloeocapsa*, *Chroococcus*, *Aphonocapsa*, *Nostoc*, *Aphanothece*, *Gomphoshaeria* 等属的种类。

3.3 灯光下平坦型 在织金洞“登天石级”,“海豚飞跃”,“南天门”,“雪香宫”,“金雕玉镂”等处较为发育,一般呈层状厚 1.2~3.5mm,纹层发育。表面呈梯度隆起,具蓝绿、褐、黑、紫等颜色。显微镜下可见藻丝体的生长和沉积过程。沉积方式可分为三种:①钙藻皮型——沉积物(主要是钙质)在藻体表面结壳,形成钙藻皮。其厚度、颜色、光洁度等均因藻的种类不同而各异。钙藻皮可见到剥落或开裂,也可见到藻丝体的降解和收缩。主要为鞘丝藻、伪枝藻和单歧藻等。②螺环型——主要为环鞘丝藻构成,先形成束状,然后再盘绕成螺环,也有直接扭成螺环后粘结或围捕颗粒的。显微镜下可见到大小不等、圈数不一的许多螺环中,藻丝体之间、螺环的中心等部位,被粘结围捕的颗粒,藻席边缘可见到新生出的藻丝头,不久便可以螺环方式生长和粘结围捕颗粒。③缠结型——主要为坑形席藻。显微镜下藻丝体紧密缠结,颗粒粘结于藻丝体表面和杂夹于缠结的缝隙中。边缘亦可见新生藻丝头伸出,不久亦可以同样的方式进行缠结,并粘结颗粒而拓展藻席。

3 黑暗环境中洞穴堆积物的研究

一般认为在黑暗环境中藻类是不能生存的,所以长期以来即使人们已意识到“滴水成因”的诸多疑点,但始终没有沿着生物成因这一思路去进行研究,很显然,深入研究的关键是完全黑暗环境地带,因为它真正代表了天然溶洞的最典型的情况。其实“藻类能在黑暗中生活”早有文献论述^[3]。笔者在通过对织金洞黑暗环境中堆积物的研究后发现,发育在黑暗环境中的堆积物,其绝大多数具有叠层构造,是蓝藻参与营造的洞穴叠层石。

3.1 洞穴叠层石的研究 偏光显微镜下,暗带是由围绕同心圆核心,平卧生长的藻丝体组

* 安裕国等 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

成,藻丝宽0.015mm,呈连续或不连续束状紧密排列。有时可见藻丝体的相互缠绕,局部可见藻束的膨大或收缩现象。亮带一般较暗带宽,呈半透明状,藻丝体呈斜交、垂直或放射状生长,放射中心指向同心圆核心,与暗带常呈突变接触。亮带中藻丝体宽0.02~0.03mm,其长度受亮带的宽度限制,藻丝体内见有空腔,并有收缩和分节现象,空腔中可为0.015~0.025mm之方解石晶粒充填。藻丝体间常留有或大或小的空隙,可由0.03~0.07mm方解石晶粒充填。藻壁则由泥晶方解石组成藻鞘泥晶套。有些标本可见到暗带中藻丝体的穿层现象,说明在条件适合时,原有的藻丝体,可以突破穿层,继续生长营造另一个新的亮带或暗带,这与现生洞穴蓝藻席边缘新生藻丝头的伸出情况相一致。

3.2 洞穴叠层石的沉积作用 洞穴叠层石,作为一种特殊的陆相洞穴沉积物,其沉积环境与其它叠层石有许多不同之处。如其周围的介质主要不是水体而是大气,周围介质中物质的丰度不及水体中的丰富,周围介质所提供的物质是断续的而不是连续的等等。这些因素将影响沉积物的成岩作用及成岩后生作用,而其沉积作用及方式与其他叠层石则大体相似^[4]。

3.2.1 洞穴蓝藻的钻孔作用 蓝藻的钻孔作为一种对基底岩石的分解和破坏的研究,已引起越来越多学者的重视,它们是一种“……促使底质渐渐崩解,于是就进行了生物侵蚀作用”^[5]。“丝状藻微生物起到了岩石破坏的主要动力,它们钻孔于可溶岩石使其被破坏。”^[6]然而就洞穴叠层石而言,钻孔作用则是洞穴叠层石生物营造作用的开始,无“钻孔”则蓝藻无以立足,无以生存,洞穴叠层石则不可能形成。

3.2.2 洞穴蓝藻的结壳作用 偏光显微镜下见到,沿着藻丝体的藻壁发生了泥晶方解石的沉积作用,形成了藻鞘的泥晶套。这种结壳作用与蓝藻分泌的粘液有关,这一作用从蓝藻钻孔时就已发生,以后还可继续发生,这与现生洞穴蓝藻的结壳作用相似。

3.2.3 洞穴蓝藻的捕获、粘结作用 这是一种藻丝体分泌的粘液粘结或捕获物质颗粒的作用。薄片见到,方解石颗粒基本沿着藻丝体的外壁边缘分布,可疏可密,亦可重叠。有时可粘结在藻鞘的泥晶套的外缘。说明分泌的粘液可透过方解石颗粒或泥晶套继续产生捕获粘结作用。

3.2.4 洞穴蓝藻的胶结作用 这是一种由于蓝藻丛的生理作用,而改变沉积微环境,使重碳酸钙成片沉积的作用。薄片中看到在藻丝体空隙中成片地出现方解石晶粒,正交偏光下,除了方解石晶粒的不同消光位外,还可见到藻丝体周围的被粘结或捕获的方解石晶粒,说明了胶结作用可以发生在粘结作用之后。胶结作用需要一种浸润潮湿的环境,在重碳酸钙溶液浸透藻丛的地带,都可能进行胶结沉积作用。

洞穴叠层石的沉积作用因其介质的特点,沉积作用将是断续的反复的。当条件不适合时沉积作用可暂时停止,但当条件适合沉积作用又可恢复。如此反复,造就了绚丽多姿、栩栩如生的洞穴叠层石。

参 考 文 献

- [1] 安裕国等,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,1994(2)
- [2] 沈小峰等,耗散结构论,上海人民出版社,1987
- [3] [捷] B·福迪著,罗迪安译,藻类学,上海科学技术出版社,1981
- [4] J·D·米利曼,现代沉积碳酸盐,第一卷,地质出版社,1978
- [5] [法] E·弗吕格尔主编,曹瑞骥等译,化石藻类,科学出版社,1984
- [6] 王福星,国外洞穴研究概况,中国岩溶,1990(4)