

初论生物成因的洞穴叠层石的形成条件^{*}

戎昆方^① 李景阳^① 安裕国^②

① 贵州工业大学, 贵阳 550003; ② 贵州科学院山地所, 贵阳 550001

摘 要 自提出岩溶洞穴石灰华沉积物中的生物成因及洞穴叠层石的存在以来,引起了岩溶洞穴学家的兴趣和关注。本文从沉积岩石学的角度,用生物成因观点,对岩溶洞穴叠层石的形成条件进行分类和论述。将其基本条件划分为物质条件(即内在因素)和环境条件(即外在因素),论述了它们在洞穴叠层石形成过程中的地位和作用。

关键词 洞穴叠层石 生物成因 洞穴蓝藻 物质条件 环境条件
内因和外因

0 引 言

长期以来,人们在对洞穴堆积物进行分类时,通常把其中分布最广泛,形态最多样的碳酸钙划分为化学沉积。任美镠等(1983)按物质成分划分为“碳酸盐类的化学沉积”;按成因和物质来源划分为“各种环境下化学沉淀或结晶的碳酸盐物质”,并将其中的碳酸钙沉积物统称为“石灰华沉积”^[1]。张英骏等(1985)则划分为化学沉积中的洞穴碳酸钙^[2]。刘宝璋(1980)划分为石灰华,并称“它们都是 CaCO_3 直接从溶液中沉淀而成的”^[3]。其共同点,都是将其成因归结为碳酸钙溶液的无机化学沉淀、结晶。近年来我国一些洞穴工作者,沿着生物成因思路,对洞穴石灰华的沉积进行了探索和研究。安裕国等(1989)通过对贵州织金洞石灰华的研究,提出“其中含有大量的藻的微体化石”。“这些石笋、石钟乳是藻类生长建造的。”^①1991年提出了蓝藻(又称蓝细菌——下同)在洞穴滴石类堆积物中的生物建造作用及生物叠层构造的存在^[4]。王福星等(1991-1993)研究了桂林阳朔兴坪镇角田大岩洞洞口向光至弱光地带的洞穴叠层石——石鳞片^[5]。以上都提出了在洞穴石灰华沉积物中的物质成因观点。这一提出引起了国内洞穴学家的兴趣和关注。

* 贵州省科学基金资助项目(1993)3110

第一作者简介:戎昆方,男,1939年生,高级工程师,1962年毕业于贵州工学院地质系普查专业。通讯地址:贵阳蔡家关贵州工业大学勘察设计研究院。

① 安裕国,戎昆方,李景阳等. 浅谈藻类生物与织金洞洞穴堆积物的关系. 全国洞穴讨论会交流文件, 1989

1 关于物质成因

笔者尚未查到生物成因的确切定义,在《地质辞典》中搜集到相关条目摘录如下:

生物沉积 指由物质活动结果形成的沉积物。它包括由生物遗体或遗物(如粪便)直接形成的沉积物,如硅藻土、贝壳层、鸟粪层、泥炭、煤等;也包括与生物生命活动有密切关系的各种沉积物,如磷块岩、某些石灰石、石油等^[6]。

生物化学沉积岩 也称“生物化学岩”。是岩石风化产物中的溶解物质(胶体溶液和真溶液)通过生物化学作用或生物生理活动使某种物质聚集而成的岩石……这类岩石往往具有生物或生物碎屑结构^[7]。

生物化学沉积矿床 由生物活动及其影响所形成的矿床。它包括直接由生物遗体堆积而成的矿床(如硅藻土、煤等)和由生物活动过程中直接或间接通过生物化学沉积而成的矿床(如磷块岩、石灰岩及石油等矿床)^[8]。

综上所述,笔者认为沉积岩石学的生物成因应该是指在沉积物形成过程中,由始终起作用的生物作用而形成沉积物的一种成因类型”。这种生物作用包括由生物遗体或遗物的直接堆积作用和由于生物生命活动过程中的生物生理及生物化学的间接作用。这一定义的含意在沉积学和沉积岩石学中已被接受。如在生物活动过程中把由非骨骼钙藻的蓝藻类遗迹而形成的叠层石的成因归属为生物成因。笔者在对织金洞洞穴叠层石的研究中观察到,洞穴蓝藻在沉积过程中的作用与海相蓝藻的沉积作用基本相同,并将其归纳为:(1)物质“钻孔”作用;(2)结壳作用;(3)捕获、粘结作用;(4)胶结作用四种沉积作用^[9]。其中生物“钻孔”作用是指洞穴蓝藻对原基底的“钻孔”。这一作用对原基底是溶蚀,是破坏,但对洞穴叠层石则是建造,是沉积的初始,无“钻孔”洞穴蓝藻之立足、生存,洞穴叠层石则无以形成。

2 洞穴叠层石形成的基本条件

任美镠等(1983)^[11]、张英骏等(1985)^[12]在论述洞穴的形成、洞穴碳酸钙沉积物及洞穴气象等内容时,都涉及有水、溶液物质、空气、洞穴温度、洞穴湿度、洞穴风等。除这些条件外,对于洞穴叠层石来说,洞穴蓝藻无疑是一种不可缺少的最根本的条件。以上各条件在洞穴叠层石的沉积过程中,对沉积物形成的影响程度和作用也不尽相同。

根据在沉积物形成过程中所起的作用,笔者将形成条件归纳为两大类:(1)物质条件,包括蓝藻、水、溶液物质、空气等。它们是洞穴叠层石形成的内在因素(内因),是决定沉积物基本特征的基础。没有这些条件,洞穴叠层石将不可能形成。(2)环境条件,包括洞穴温度、洞穴湿度、洞穴风、光照等。它们是洞穴叠层石形成的外在因素(外因)。它们的有无或多少,只是对沉积物的数量和发育程度有所影响。内外因素之间的关系,犹如适当的温度(外因)可以使鸡蛋(内因)变成鸡,而且只能使鸡蛋变成鸡,鸭蛋变成鸭这样的辨证关系。

3 物质条件和环境条件在洞穴叠层石形成过程中的作用

3.1 物质条件

又称内在因素(内因),包括洞穴蓝藻、水、溶液物质、空气等,缺少其中一项,生物沉积作用就不能进行。在沉积过程中,它们各自起着不同的作用。

3.1.1 洞穴蓝藻

洞穴蓝藻在洞穴叠层石形成过程中,占有不可缺少的位置,只有在它的参与下洞穴叠层石才能形成,而且只有在它的参与下,才能“塑造”出各不相同的、众多的洞穴叠层石的“装饰型”形态。洞穴蓝藻犹如生物礁灰岩中的“骨架”,或许不同形态的洞穴叠层石与洞穴蓝藻的不同种属有很大的内在联系。

3.1.2 水

水在洞穴叠层石的形成过程中,不但起到溶解可溶性物质,并使其发生运移、聚集,在适当的环境中沉淀下来,更重要的是能为生物的生存提供最根本的条件。纵观不同类型的洞穴水,其根本区别表现在水量的大小、流动状况和存在形式(如流动、附着、浸润、渗滴、薄膜、凝结、雾状等等)。就洞穴叠层石的沉积作用来说,不同类型的洞穴水可能会影响不同的沉积作用的发生。如雾状凝结水可能会促使结壳作用的发生,薄膜附着水可能会促使捕获、粘结作用的发生,浸润水可能会促使胶结作用的发生。虽然目前对这一问题还有一些不清楚的地方,但随着研究的深入,预期是可以得到解决的。

3.1.3 溶液物质

自然界中形成的溶液物质多种多样,就洞穴叠层石的沉积而言,笔者认为影响最大的是 CaCO_3 和 CaSO_4 溶液。 CaCO_3 溶液一方面能为洞穴叠层石的沉积提供物质基础,一方面为 CaCO_3 的迁移、聚集和沉积提供了条件。当溶液物质中还存在 CaSO_4 溶液时,由于同离子效应,发生盐析作用,促使 CaCO_3 的析出沉淀^①。析出的碳酸钙物质可以出现以下情况:(1)当形成 CaCO_3 的微细晶粒时,有利于洞穴蓝藻的粘结、捕获沉积作用的发生;(2)当形成泥晶 CaCO_3 时,有利于洞穴蓝藻的结壳沉积作用的发生,从而引起藻壁的泥晶化。 CaCO_3 溶液犹如生物礁体中的充填物质,起着填充和固结的作用,而 CaSO_4 溶液则是起着催化剂的作用。

3.1.4 空气

空气是一种地球表面无处不有的多种气体的混合气体。自然界中,其中的 O_2 和 CO_2 在与水作用后,对 CaCO_3 的溶解和沉淀都起着十分重要的作用。在无机化学反应中, CO_2 溶于水后形成 H_2CO_3 ,对 CaCO_3 进行溶蚀。在游离 CO_2 较多的情况下形成 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 溶液,由于其溶解度要比 CaCO_3 的溶解度大几十倍,因而容易被搬运。当环境发生变化,如温度的升高、压力的减小,使溶液中的 CO_2 逸出,这一方面减小了溶液中的二氧化碳分压,另一方面减少了二氧化碳的浓度,导致 CaCO_3 物质的析出^[3]。但就洞穴叠层石而言,笔者认为空气中的 O_2 和 CO_2 首先应该是对洞穴蓝藻的生长发育起着关键性的作用,而对 CaCO_3 的溶解、迁移和沉积的影响则是第二位的。一般在封闭或半封闭空气流通不畅的洞穴中,洞穴石灰华沉积的数量既少,类型又单调,就是因为洞穴空气中 O_2 和 CO_2 没有得到应有的循环、补充而引起两者比例失衡,影响了洞穴蓝藻的生长所致。

3.2 环境条件

又称外在因素(外因),主要有洞穴温度、洞穴湿度、洞穴风和光照等,它们对洞穴叠层石的影响结果,主要表现在沉积物的数量和发育程度上。

① 黄仁海,杨汉奎等. 第四纪碳酸钙同位素古气候的研究. 1989

3.2.1 洞穴温度

据调查资料,洞穴温度有如下特征:(1)随洞穴的海拔高度的增高而降低;(2)随洞穴的纬度的降低而增高;(3)年、季、日的变化都较小,年较差常不超过 1°C ;(4)洞内年温度变化极小,一般不超过 $2\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ^[1]。如果说是由于洞穴内很小的湿度变化,导致了洞穴内 CaCO_3 的溶解或沉积作用的发生的话,不如说它们对洞穴蓝藻的生长发育的影响来得更大些,因为生物对温度变化的敏感性,往往比溶液物质的沉淀作用要敏感得多。洞穴内相同形态的沉积物常常成片的相聚在一起,而相距不远又聚生了另一片不同形态的沉积物,是否与不同种属的洞穴蓝藻对不同洞穴温度的适应有关,有待研究。

3.2.2 洞穴湿度

据研究,洞穴内的相对湿度是比较高的,一般在 $95\%\sim 100\%$ 之间,而且变化范围极小,年平均为 96.3% ,年较差约 6% 。通过对贵州一些溶洞中湿度的研究得出:“凡是在有大量化学沉积物的洞穴内,相对湿度均在 97% 以上,一些干燥的洞穴以及相对湿度小于 97% 的洞穴,化学沉积物就很少或没有”^[1]。一般在湿度高达 95% 以上的环境中,很难促使溶液物质的蒸发,也不利物质的沉淀。而且洞穴内相对湿度对沉积物影响的临界线是 97% ,其间的过渡范围还不到 1% ,这样小的变化范围,是不足以控制 CaCO_3 物质的溶解和沉淀的。但对于洞穴蓝藻(包括不同种属之间)的生长、发育来说,对湿度要求有如此高的灵敏度则是可能的。调查中常常可以看到这种现象:在洞穴同一空间内,某一部位存在着大量相同类型的沉积物,而其湿度较低的附近,没有或很少有沉积物。可见湿度微细的变化,将会对生物产生更大的影响。

3.2.3 洞穴风

洞穴风是洞穴空气的流动,也是洞穴流程度的一种指标。研究表明,洞穴风的流通性受到洞穴的开放程度、洞穴的成层性和季节的影响。据实际观察,在洞穴空气流动太强烈或流动不畅的洞穴中,洞穴沉积物的数量和类型都很少或没有。只有在洞穴空气流动适当的洞穴中,洞穴沉积物的数量和类型才会多^[1]。就无机化学沉淀而言,空气流通性强对蒸发和沉淀作用是有利的,而空气的流通性弱对溶液物质的蒸发和沉淀则是不利的。但对于洞穴蓝藻来说,一方面空气流通性强会导致洞穴湿度的降低,另一方面空气流通性太弱又会影响洞穴空气中 O_2 和 CO_2 的循环补充及它们之间浓度的比例。所以空气流通性的太强和太弱首先是对洞穴蓝藻(包括不同种属之间)的生长、发育都不利,只有在洞穴空气流通适当,满足了生物的正常需求的情况下,才能形成数量大类型多的洞穴沉积物。这也可以解释为什么在洞穴封闭和半封闭的部位(空气流通不畅)以及洞口部位(空气流通性强)常常是洞穴沉积物不但数量少,而且类型单调的原因。

3.2.4 光照

光照条件对于无机化学沉淀来说,影响是很小的可以不予考虑。但对于洞穴叠层石来说,则成了一个十分重要而敏感的问题。一般认为藻类生物需要依赖叶绿素的活动进行光合作用,在无光照环境中藻类生物是不可能生存的。这涉及到类型繁多、广泛分布在完全黑暗环境的洞穴碳酸钙中,能否有洞穴叠层石的存在。关于这一问题,作者曾结合国内外有关资料,从蓝藻细胞结构、生物化学作用等方面阐述了蓝藻能够生存的三种光照条件^①,即(1)在有光照的条件

① 安裕国,戎昆方,李景阳,何复胜.贵州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(本成果获1996年贵州省科技进步二等奖,证书号:96-2-12).1995

下,可以直接依赖于叶绿素的活动,进行光合作用;(2)在黑暗至光线微弱的条件下,可以由于蓝藻染色质适应性的变化,激发红色素(藻红素)的增加,红色素吸收剩余的蓝色辐射线,并把能量传递给叶绿素,进行间接的光合作用;(3)在完全黑暗的条件下,化学无机营养的(铁、锰、硫)或化学有机营养的新陈代谢,也能保证合成的需要。这说明光合作用并不是蓝藻唯一的生存条件,它们完全可以在不同光照条件环境中生存(包括完全黑暗的洞穴环境)。天然溶洞的实际情况,常常是在有光照或弱光照的环境中,碳酸钙沉积物无论是在数量上,还是在形态上都远不及完全黑暗环境中的丰富多采。这是由于洞穴蓝藻的遗传变异?抑或是产生了不同的洞穴蓝藻新种属?还是另外别的什么?虽然目前尚不十分清楚,但这却是一个十分值得进一步深入研究的有意义的命题。

以上各种条件在洞穴叠层石形成过程中的作用和影响,笔者只是初略地、单独而孤立地进行了论述。其实它们的机理是复杂的,是相互促进相互制约的,太过和不及都不相宜,其中应保持一个“度”。犹如海相环境中生物礁的沉积,总的要求一个低纬度的温暖、清洁的浅海环境。在满足了总的环境要求后,如果小生境更适合珊瑚的生长(包括不同种属的珊瑚之间),则形成珊瑚礁,如适合红藻或绿藻生长,则形成藻礁。一旦环境发生了变化,如海水温度变低,海水变得混浊,海水加深等,当达到不适宜生物(或某一种属)生长、发育时,生物停止生长,生物礁沉积作用终止。反之当环境变化向更适宜生物生长、发育的方向发展,则生物礁的沉积作用增强,沉积出系列完善、体态丰实的生物礁体。

洞穴叠层石在其沉积作用方面与海相叠层石有许多相同的地方,但在沉积环境、成岩作用和成岩后生变化方面又有许多不同。如洞穴叠层石沉积时其周围的介质是大气,而不是水体。其在沉积后一般没有经过埋藏地质作用,在成岩过程及成岩后生作用中,所受温度和压力的影响都很低。这就导致了洞穴叠层石的石化作用、重结晶作用的程度不高,在岩石中会保留下更多更完好的生物残余结构、构造,为研究工作提供更直观更完整的原始资料^[10]。

4 结 语

洞穴叠层石及其生物成因观点的提出是一个新的课题,对其研究仅处于初始阶段。有些问题需要进行进一步探讨,需要进行更大范围、更多学科、更深层次的合作和研究。洞穴叠层石及其生物成因的研究,是一种基础理论研究,需要跨学科、多学科相互协作、相互渗透,需要从基础做起、从头做起。洞穴叠层石及其生物成因观点涉及面广,随着研究的深入,将会对生物学、遗传学、气象学、地理学、地质学、洞穴学、沉积学、沉积岩石学、矿床学、旅游学等多学科产生广泛的影响。

由于研究程度不深,水平有限,不足及错误在所难免,敬请读者批评指正。

参 考 文 献

- 1 任美镔,刘振中,王飞燕等.岩溶学概论.北京:商务印书馆,1983
- 2 张英骏,缪钟灵,毛健全等.应用岩溶学及洞穴学.贵阳:贵州人民出版社,1985
- 3 刘宝善主编.沉积岩石学.北京:地质出版社,1980

- 4 安裕国,戎昆方,李景阳等.贵州织金洞滴石类堆积物中的生物建造作用.贵州工学院学报,1991,(3)
- 5 王福星,曹建华,黄俊发等.生物岩溶.北京:地质出版社,1993
- 6 地质词典办公室.地质词典(三).北京:地质出版社,1985
- 7 地质词典办公室.地质词典(二).北京:地质出版社,1985
- 8 地质词典办公室.地质词典(四).北京:地质出版社,1986
- 9 戎昆方,安裕国,李景阳等.喀斯特洞穴堆积物生物成因研究.贵州地质,1996,(2)
- 10 戎昆方,李景阳,安裕国等.喀斯特洞穴叠层石及其沉积模式.贵州工业大学学报,1998,(5)

DEVELOPED CONDITIONS OF BIOGENIC CAVE STROMATOLITE

Rong Kunfang^① Li Jingyang^① An Yu Guo^②

① *Guizhou Industry University, Guiyang 550003*; ② *Institute of Mountain Resources, Guizhou Academy Sciences, Guiyang 550001*

Abstract

The view about the existence of biogenic tufa and stromatolite in karst caves aroused the interest and attention of speleologists. This article focused the developed conditions of cave stromatolite on biogenous viewpoints at an angle of sedimentary petrology, and classified and differentiated sedimentary conditions of cave stromatolite. According to the action in stromatolite development, two factors are considered (1) material conditions including cave blue algae, water, solution substance, air etc., which are the internal cause of cave stromatolite development, and the foundation of controlling its basic forms. The cave stromatolite can not be formed without these conditions; (2) environmental conditions including cave temperature, cave humidity, cave wind, light etc., that is, cave meteorological factors, which are the external cause of cave stromatolite development, but their existence or not, strength or not only influence the number and development level of cave stromaolite and can not determine its basic forms. The internal causes and external causes are interactive and mutual influential, whose level should keep at an appropriate range of cave blue algae requirement so that the cave stromatolite can develop well and come up to a good development.

Key words Cave stromatolite Biogenous Cave blue algae Material condition Environmental condition Internal cause and external cause