

安徽奥陶系石灰岩中含铁非骨架核形石的成因及其聚铁作用

黄志诚 朱嗣昭

(南京大学地质系)

内容提要: 安徽下扬子区下奥陶统顶部到中奥陶统的灰色生物屑微晶灰岩中, 产有一种含铁的非骨架核形石。它形成于宁镇—皖南碳酸盐台地两侧边缘的浅水到潮坪环境中。这种核形石是由蓝绿藻以生物碎屑为核心, 围绕核心以底部滚动和悬浮方式生长成同心圆状多层包壳的椭球体, 有柱核形石和层柱核形石两种类型。蓝绿藻呈核形石生长过程中, 吸附铁质形成含铁核形石, 并能吸附铜、铅等金属元素。

主题词: 含铁非骨架核形石 聚铁作用 蓝绿藻 奥陶系 宁镇—皖南

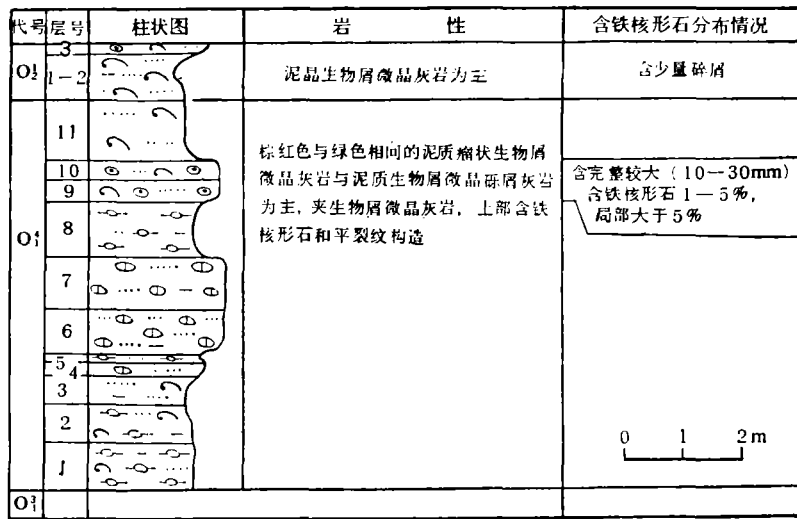
第一作者简介: 黄志诚 男 50岁 讲师 沉积学专业

安徽省石台县、和县及巢县等地的下奥陶统牯牛潭组和中奥陶统大田坝组的石灰岩中, 发现一种富铁的层柱核形石 (colu-strigatoids) 和柱核形石 (columoids)。它们同属蓝绿藻形成的非骨架核形石 (non-skeletal oncolite) 的一种类型。它不同于一般核形石的特征而是藻类吸附和粘结了较多的铁氧化物, 包壳层不仅是单纯的同心纹层, 而且还有由同心纹层与无数呈放射状排列的微型柱状叠层石所构成。它们形成于潮下浅水中的弱动荡含氧环境, 而沉积于潮坪的灰泥滩中。藻纹层中氧化铁的富集, 证明藻类生长具有聚铁作用, 从而有可能导致沉积铁矿的形成。此外, 它们还有利于铜、铅等金属元素的聚集。

一、含铁非骨架核形石的分布及其形成的岩相古地理环境

安徽石台等地下奥陶统牯牛潭组和中奥陶统大田坝组的层柱核形石、柱核形石, 赋存于含泥质生物碎屑微晶灰岩中。岩石组成以微晶方解石为主, 生物碎屑有瓣鳃类、三叶虫、介形虫、海百合、腹足类、头足类等, 含量可达10%。部分层段中含少量砂屑, 泥质物从少量到20%左右。含铁非骨架核形石在地层中含量为1—5%, 个别层段局部含量可更高些, 大部分呈单个或大致沿层面成串产出, 其长轴大致平行层面。含铁非骨架核形石呈棕红色, 它与灰色的生物碎屑微晶灰岩基质的界限清晰。

含铁非骨架核形石产出的上下岩层为棕红与灰绿色相间的生物微晶灰岩、瘤状生物屑微晶灰岩、泥质生物屑微晶砾屑灰岩 (图1), 含有较完整的生物化石和因干裂形成的瘤状体和砾屑。有些岩层的顶面具干裂纹或具鸟眼构造并充填渗滤粉砂, 含有氧化铁等特征, 表明它们形成于潮下极浅水到潮坪的弱动荡到低能量的氧化环境中。



1. 瘤状生物屑微晶灰岩 2. 微晶砾屑灰岩 3. 生物屑微晶灰岩 4. 含铁核形石生物屑微晶灰岩

图 1 石台县丁香含铁核形石的奥陶系地层柱状图 (1979年实测)

Fig. 1 Stratigraphic column of Ordovician System containing iron-bearing oncolite at Dingxiang of Shitai county

含铁非骨架核形石的沉积物分布于呈北东南西向延伸的宁镇-皖南碳酸盐台地的西南端两侧边缘灰泥滩上。该处分别临近淮阳古陆和江南古岛, 有较丰富的泥质与铁质来源, 为形成富铁的非骨架核形石提供了条件。其它地区虽具同样岩相条件, 但因远离陆源区而不发育此种含铁核形石 (图 2)。显然, 铁质非骨架核形石的分布, 受古地理条件及陆源物质供给所控制。

二、含铁非骨架核形石的微构造和微结构特征

含铁非骨架核形石外形多为椭球状, 长轴大多在15—20毫米之间, 最大者达32.8毫米; 短轴在8—10毫米之间, 大者达14.2毫米。内部由核心和包壳层所构成。核心多数是长条形三叶虫、瓣鳃类动物碎片, 包壳层的构成很特殊, 主要呈现两种微结构形式。据此, 划分为两种类型的核形石¹⁾。

一种称为柱核形石 (图版 I)¹⁾, 其包壳层具三层构造, 主要由微型柱状叠层石组成。围绕长条形三叶虫核心生长的包壳层为内壳层, 厚0.38毫米。在长形核心两侧的包壳以微型层状叠层石为主, 两端则以微型柱状叠层石为主并垂直核心边缘生长。内壳层外部开始生长微型柱状叠层石, 呈放射状排列。主壳层 (中壳层) 紧接内壳层向外生长, 与内壳层无明显的界线, 大约距核心边界0.38毫米处, 铁质含量降低处为其分界线。主壳层全部由放射状生长的微型柱状叠层石组成, 厚度达5.3毫米, 两端达10毫米。微型柱

1) 黄志诚、边立曾, “核形石分类”一文 (未刊稿)。

状叠层石由含铁质藻纹层与几乎不含铁质的方解石纹层组成一系列纹层对所构成。藻纹层单层厚0.004—0.008毫米，其外的粘液质因粘附了胶絮状铁质，而掩盖了方解石层，使相邻的藻纹层连接成一个层一样。微型柱状叠层石柱长0.5—1.2毫米之间，个别长达2.5毫米；宽度较接近，多在0.15—0.2毫米之间；具平行分叉。外壳层厚2毫米，在长轴两侧以微型层状叠层石为主，两端仍为微型柱状叠层石。外壳层外缘部分有磨蚀与受

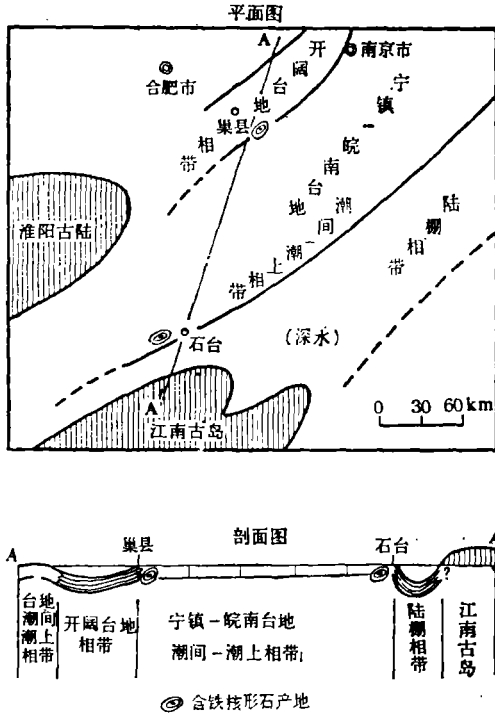
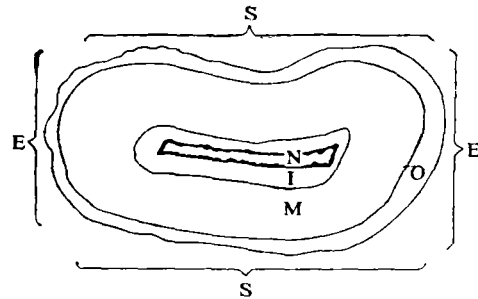


图2 下扬子区早奥陶世晚期至中奥陶世早期碳酸盐岩相古地理示意图¹⁾

Fig.2 sketch map of the carbonatic lithofacies of late period of Lower Ordovician-early period of Middle Ordovician in the Lower Yangzi area.



N—核心，I—内壳层，M—主壳层，O—外壳层，S—侧面，E—端部。

图3 核形石的内部构造示意图

Fig.3 Sketch map showing the internal structure of the oncolite.

压溶的痕迹，它与围岩生物屑微晶灰岩的界限清晰，但当围岩中围绕核形石的铁质聚集时，界线变模糊。整个壳层各部位的微型柱状叠层石内的纹层，在横向上虽不连续，但大致同步生长，因而隐约显出围绕核心的同心层状构造。统计其含铁藻纹层数，每一毫米厚的壳层达120层左右。该核形石壳层总厚7.5毫米左右，藻纹层总数达900层。

另一种称为层柱核形石（图版 I，3）。它的包壳层大多由平直或波纹状纹层的微型层状叠层石与特定部位的微型层柱状叠层石组成。微型层柱状叠层石分布于长形核心的两端及凹侧的包壳层内；层状叠层石则分布于两侧，特别发育于向外凸出的侧面的包壳层内。含铁藻纹层厚度较均一，多在0.002—0.005毫米之间（图版 I，4）。纹层横向连续性较好，它比前一类型有更清晰的同心状层。棕红色含铁藻纹层均间以方解石纹

1)黄志诚，1979，据“苏南上古生界碳酸盐岩性特征及苏南与邻区早古生代碳酸盐岩相分析”的研究报告插图编绘。

层,并常具有两个靠得较近的,含铁藻纹层,成“双藻纹层”,再间以较宽的方解石层。藻纹层及粘液质吸附铁质和絮状带加厚现象与第一种类型相似。在被鲕绿泥石化的局部壳层处,藻纹层与非藻纹层的界线非常清晰,“双藻纹层”显得更清楚,可以准确计算藻纹层数(图版 I, 4)。藻纹层数每1毫米有144层之多,在收集到的核形石中,壳层厚4.6毫米,纹层总数达662层。层柱核形石同样具有三层构造。内壳层厚0.83毫米,均等于核心厚度的1.5—2倍,依长形生物屑核心的形状生长。有些核形石内壳层包粘碳酸盐沉积物块体,形成特殊的内壳层(图版 I, 3)。内壳层外缘有时具磨蚀的边界。主壳层(中壳层)厚2.5毫米,基本上依内壳层的形式生长,但不连续。藻纹层吸附铁量有周期性变化。主壳层与外壳层之间可以没有明显界线,但当主壳层外缘被磨蚀时,有不连续生长的分界线(图版 I, 3)。外壳层的微结构形式仍与主壳层相似,但含铁量减少,亮层的宽度稍有增加。外壳层厚度多为1毫米,当外壳层与主壳层呈不连续生长时,厚度可从0.3毫米至1毫米范围内变化。外壳层可有生长缺陷,呈不规则凹入(图版 I, 3),也可具偏于一侧的磨蚀边缘,并见呈压溶缝合线与围岩接触。

三、含铁非骨架核形石的物质组成

含铁非骨架核形石的主要矿物成份为方解石,次要成分有铁矿物,包括褐铁矿、赤铁矿、鲕绿泥石和极少量黄铁矿、白云石等。化学成分中氧化铁的总量达5.92%。含量虽不高,但比围岩高4倍。褐铁矿和赤铁矿分布于藻纹层中,多呈无定形的胶状,由粘液质粘结的铁质呈无定形絮状。前者铁含量较高,后者较低。少量铁质呈尘点状分布于微型柱状叠层石边缘及柱体之间孔隙中。微量元素含量以核形石与围岩作对比,在含铁核形石中铅、铜的含量分别是围岩的7倍和3倍。铜含量为平均碳酸盐岩含量的8倍多。钡、镉含量也为围岩的3倍以上。锰的含量在核形石与围岩中有同样的高值,达2000 ppm,可能说明核形石与碳酸盐沉积物形成于海洋的同一环境,为同期的产物(表1)。

表1 含铁非骨架核形石与围岩成分分析对比表

Table 1 Comparison of chemical composition between the iron-bearing non-skeletal oncolite and the country rocks

项目	化学分析(%)				光谱定量分析(ppm)												
	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Pb	Cu	Mn	Co	Ni	Ba	Sr	Zr	Ce	La	Y	V	Cr
含铁层柱核形石	45.77	1.32	1.85	3.97	200	100	2000	5	5	1000	1500	3	<30	100	10	3	10
生物屑微晶灰岩(围岩)	46.73	0.98	0.98	0.40	30	30	2000	5	5	300	500	10	<30	100	30	10	10
平均碳酸盐岩(903个) (据C.M.卡姆钦科夫, 1964)							12	450	6	50	710	痕迹				3	16

四、含铁非骨架核形石的形成过程

从上述的含铁非骨架核形石的构造、结构、化学成分和围岩的特征，证明它们与围岩是同期产物，而排除任何成岩作用形成的可能性。这些核形石的形成，有其独特特点和不同的发育阶段，与围岩的沉积过程有很大差别。根据内部构造与结构特征，可把含铁核形石的形成划分为五个阶段（图4）：

1. 核心基础形成阶段

在缺乏沉积物堆积的静水环境中，构成核形石核心的生物碎屑的外边缘首先受到菌藻的附着并穿孔，造成粗糙表面，形成适合蓝绿藻附着生长条件裹为核形石的生长发育打下最早的基础。

2. 初始壳层（内壳层）底部滚动生长阶段

在潮下浅水中，蓝绿藻围绕生物碎屑核心，呈同心层包覆生长。此时，核心加上薄的壳层的密度比海水大得多，只能在水底沉积物表面滚动。在不太强的波浪、潮流作用下，初始壳层的蓝绿藻几乎均匀周期性生长，形成了同心的“暗层”与“亮层”的纹层对结构。此阶段开始显示出核形石不同部位纹层形态的差异，形成不同类型的微叠层石，并表现出生长速度不一致（图版 I，1、3）。这是因为受滚动磨擦和不受磨擦的部位差别所致。初始壳层的结构特征影响和控制了以后壳层结构的发育。

初始壳层的厚度约为核心厚度的1—2倍。用核心的密度、藻类生长聚集的铁量、藻层饱含海水密度、藻类充气层体积等因素计算，也可求得核形石悬浮之前壳层厚度约为核心厚度的1.5—2倍。少数初始壳层可粘着、包裹沉积物，使藻层生长受阻，造成初始壳层加厚（图版 I，3）。被包裹的沉积物也从另一个侧面证明初始壳层是在底部滚动生长发育的。

3. 主壳层悬浮生长阶段

当壳层生长厚度达到核心厚度1—2倍时，进入悬浮状态生长，核形石就再不受底质的影响和几乎不受磨蚀作用破坏，壳层生长稳定而规则。核形石在这样条件下，光照充足，不需均匀翻滚，蓝绿藻也能围绕核心各向均匀生长。笔者以同形悬浮体作波浪作用模拟实验，证明在波浪作用下椭圆形体极难翻转（以定向强冲击，也只有2/10以下的翻转机率），从而证明核形石悬浮生长不是时常翻转的。过去一直认为核形石一定要像鲕粒一样翻滚转动，才能形成椭球体或近圆球体，这种看法不完全正确。

在悬浮期，主壳层生长厚度占整个核形石壳层厚度的80%以上。壳层的藻纹层的单层厚度与亮层厚度比初始壳层稍厚，但其发育的形状相近。壳层的不同部位结构上的差异比初始壳层明显得多，这是受水动力作用的条件有差异引起。核形石长轴两端及凹入面的曲率半径小于两侧及凸出面，冲浪和潮汐水流的流速在前两处相对增快，造成该部位藻层脱离；由于流速加快，造成压强相对降低，而利于藻层的迅速生长，形成上述特征。在悬浮有利生长条件下，核形石可形成很大的个体，只要始终处于悬浮状态，就能继续不断生长。

蓝绿藻团的悬浮生长方式，在实验室人工培养的蓝绿藻中也能见到。在淡水中藻团

一旦悬浮,就很难再下沉,除非藻死亡气体逸出才会沉于水底。蓝绿藻核形石在海水中生长,可以发生钙化或胶结物充填孔隙和吸附海水中的金属元素,因为密度增加而下沉,从而改变它的生长状态。

4. 包壳层钙化及外壳层生长与磨蚀阶段

核形石生长到一定大小后,其内微环境变化,引起初始壳层与主壳层的钙化,胶结物充填藻纹层内孔隙和层间孔隙,使整个核形石硬结,当密度超过海水密度时下沉到水底。早期钙化,使核形石生长的结构完全被保存,不致在成岩作用时被破坏。

核形石下沉使壳层的生长再次受到底部滚动磨蚀作用的干扰。两侧受磨蚀较强,只生长层状叠层石;两端受干扰较少,外壳层仍发育微型柱状叠层石(图版 I, 2)或微型层柱叠层石。外壳层常只占整个壳层厚度的20—25%左右。大多数核形石外壳层的外缘被磨蚀,但都没有变形,证明外壳层也是早期钙化变硬。在大风浪时水体搅动,核形石在水底滚动而受全面磨蚀,甚至会被碰撞留下凹陷的痕迹和被撞击成碎块。至此,核形石生长停止。

不同类型的蓝绿藻非骨架核形石的生长速度和生长期的长短有差别,这可从单位厚度壳层中藻纹层数来判断。根据前述的藻纹层数的数据,说明柱核形石处于悬浮期时间较长,因而生长期也较长,而且生长速度较快,个体长得较大。

5. 埋藏与进一步硬结阶段

早期钙化的含铁非骨架核形石被风浪或潮流近距离推移到潮上灰泥坪中堆积下来,很快被掩埋,形成这种特殊的含核形石的生物屑微晶灰岩。核形石可认为是近地沉积物。它被埋藏前已硬结,除前已述及外,还可从核形石两端因成岩压实作用而出现的“压力影”得到证明。在压实作用下,已硬结的核形石出现硬球体受压后弹性反应,在垂直压力方向,核形石两端与围岩接触处,出现带壳状方解石的“压力影”。核形石在成岩阶段还受压溶作用破坏,在朝上方一侧形成与围岩的缝合线接触。

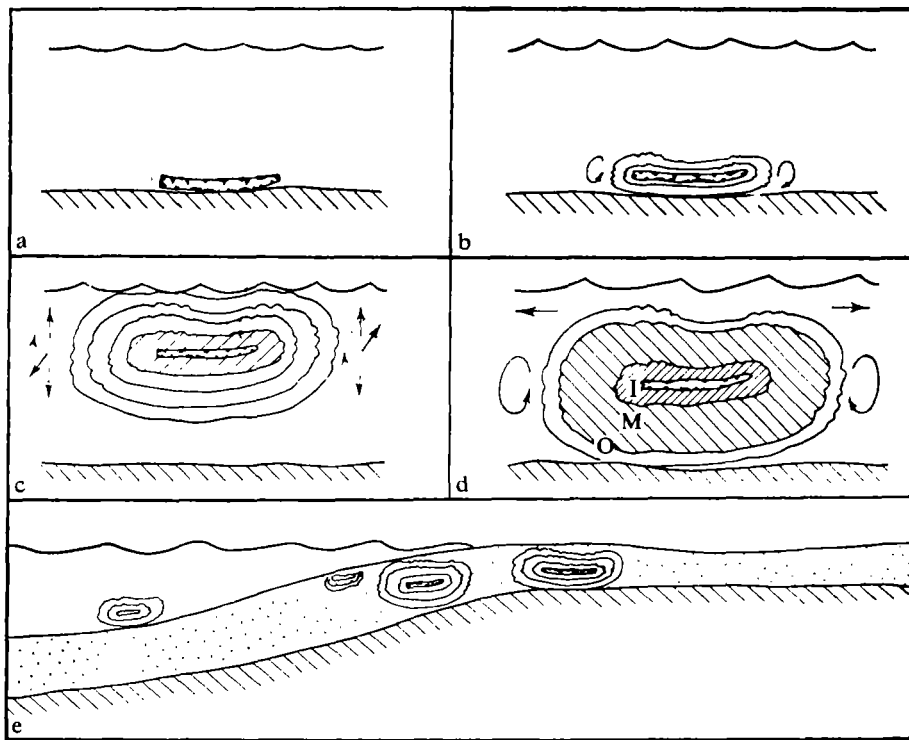
核形石埋藏之后的整个成岩阶段,进一步硬结和胶结物充填,形成几乎没有孔隙的坚硬核形石,在成岩后期其内的方解石可发生重结晶,晶体变大,有的一个晶体充满一个微型柱状叠层石的柱体,或几个纹层对被一个晶体交代,但含铁的藻纹层的痕迹仍被保存在晶体中。只有少数方解石生长较大时,才使藻纹层发生变化。成岩作用中的微环境变化,发生局部的鲕绿泥石化(图版 I, 1a、3)和少量白云石化。

五、非骨架核形石的聚铁作用

由蓝绿藻形成的含铁非骨架核形石中铁质的赋存状况、聚集过程与蓝绿藻生长和成岩作用紧密相关。它向我们揭示了某些藻类成因的铁矿不易观察到的非常有意义的现象,而有助于研究这类沉积铁矿的形成过程和成因条件。

该区非骨架核形石中铁矿物主要是褐铁矿、赤铁矿,其次为鲕绿泥石和少量黄铁矿。铁矿物的分布如前所述。从铁矿物分布特征,可把非骨架核形石聚铁作用分为两个阶段:一是生长期聚铁作用阶段,二是成岩期聚铁作用阶段。

第一阶段: 生长期聚铁作用



a. 核心基础形成阶段 b. 初始壳层生长阶段 c. 主壳层生长阶段 (l——内壳层) d. 外壳层生长及磨蚀阶段 (l——内壳层 M——主壳层 O——外壳层) e. 埋藏与进一步硬结阶段
(实线箭头表示主要运动方向, 点线箭头运动机率很小)

图4 蓝绿藻非骨架核形石的形成阶段示意图

Fig. 4 Sketch map showing formation stage of non-skeletal oncolite of blue green algae.

在蓝绿藻形成核形石的生长期中, 藻类分泌有机酸造成藻层及其粘液质中的酸性微环境, 使陆地来源的铁质在极浅水氧化条件下, 呈 Fe^{3+} 的氧化物和氢氧化物被藻层吸附而沉淀下来, 形成红棕色含铁藻纹层。在藻纹层之间为浅色非藻生长的不含铁方解石层, 它们构成含铁核形石的壳层构造。在核形石壳层中, 不同壳层或同一壳层的含铁量有所变化, 在主壳层中呈周期性变化。在收集到的样品中, 层柱核形石的内壳层毫无例外地含铁量都较高。这是由于内壳层的滚动生长时在底部铁质较高, 而被藻类吸附的相对量也较高所致。主壳层中铁质周期性变化, 表现为铁含量从少到多, 出现 2—3 个旋回。旋回的周期长短不一。这些变化可能反映了海水含铁量的周期性变化, 也就是陆地向海水提供铁量的变化。供铁量的周期变化, 可能是由于气候引起, 可以是一种季节性的变化, 也可能是若干年为一周期的气候变化, 但从核形石含铁量变化特点看来, 目前还难以作出判断。

这种铁含量的变化, 反过来证明铁的聚集、沉淀与核形石生长的同期性。铁质的分布状况、核形石外壳层铁质减少、含铁核形石与围岩边界明显、围岩中有含铁核形石的碎片等都可作为核形石生长期聚铁的证据。

生长期聚铁作用是蓝绿藻核形石的主要富集铁质时期。

第二阶段：成岩期的聚铁作用

大多数柱核形石和没有明显磨蚀外壳层而又未完全钙化的层柱核形石，在成岩过程中都可以造成核形石周围铁质云状晕形成（图版 I，5）。这种云状晕由褐铁矿、赤铁矿及少量黄铁矿（部分褐铁矿化）组成。在成岩过程中，核形石进一步钙化，方解石结晶的同时，藻类有机酸随藻内和藻间孔隙水一起排出，向围岩释放，形成局部酸性微环境，使分布于灰泥沉积物中少量铁质逐渐在核形石周围聚集沉淀。因围岩的孔隙不均匀，有机酸分布不规则，致使铁质成云状晕。这个过程可能在成岩早期沉积物未硬结时进行。随着成岩作用进行，生物遗体的分解，产生少量 H_2S ，因而造成围岩中少量黄铁矿的形成。

非骨架核形石成岩期的聚铁作用是次要的。它只能形成有限数量的铁质聚集，这还要决定于围岩中原有铁的含量。

六、非骨架核形石富集其它金属元素的意义

现代海生生物大多数不具有富集铁元素和亲铜元素的作用，只有软体动物能富集一定数量的铅。大多数藻类只能富集少量铜，含量也仅达10—43ppm（表2）。古代生物是否如此，还难以统计，因为各种影响因素有时难以排除。但就作者所研究的核形石的蓝绿藻富集某些金属元素的作用，基本代表了原生富集作用。

表2 现代海洋生物中的微量元素含量（参考Milliman, 1974）

Table 2. Content of the trace elements in organisms of the modern ocean
(refer to Milliman, 1974).

海洋生物名称	海洋生物的微量元素含量(ppm)									
	Sr	Mn	Pb	Cu	Co	Ni	Ba	Y	V	Fe
珊瑚藻	2000±	113	—	43	—	—	—	—	—	1132
绿藻(松藻科)	8800	8	—	30						160
伞藻	9900	17	—	11						90
鹿角珊瑚	8100	6	7	1						6.5
软体动物(乌贼)	3200	4	127	2						32
翼足类(螺)	1000	3	200	30	20	2	—	<1	85	—
牡蛎	1300	31	2	1		1			130	127
多毛纲(龙介科)	2200	22	2	2		40	26			467
节肢类(藤壶)	3500	60	3	3		16	39			170

从前述的表1可见柱、层柱核形石的蓝绿藻除能富集铁质外，还能吸附相当数量的铅和铜，这和表2所列的生物的微量元素含量很不相同。非骨架核形石的光谱定量分析结

果，铅含量为200ppm，铜为100ppm，说明在有利的条件下，蓝绿藻的吸附、粘结作用可以使铁、铜、铅等金属元素富集，并能形成有价值的沉积矿床。

我国北方前寒武纪的“鲕状”、豆状、肾状赤铁矿矿床，均具有蓝绿藻生长的核形石、叠层石的结构特征。它们无疑是这些核形石、叠层石型蓝绿藻的聚铁作用形成的铁矿床。

本文插图由我系高秀英同志清绘，特致谢意。

收稿日期 1985年7月13日

参 考 文 献

- [1] 贺自爱, 1982, 石油与天然气地质, 1期, 41—47页。
 [2] 曾允孚等, 1983, 沉积学报, 1期, 42—47页。
 [4] Dahayake, K., 1978, Sequential position and enviromental significance of different types of oncolids. in: *Sedimentary Geology*, 20, p.301—316.
 [3] Milliman, D. J., 1974, 海洋碳酸盐, 中国科学院地质研究所译, 地质出版社, 1978, 35—94页。
 [5] Monty, C. L. and Mas, J. R., 1984, Lower Cretaceous (Wealdian) blue-green algal deposits of the province of valencia, Eastern Spain. in: *Coated Grain*. p.85—120.

ORIGIN OF IRON-BEARING NON-SKELETAL ONCOLITE AND ITS ROLE IN CONCENTRATING IRON IN ORDOVICIAN LIMESTONE, ANHUI PROVINCE

Huang Zhichen Zhu Sizhao
(Nanjing University)

Abstract

A kind of iron-bearing non-skeletal oncolites has been found in the Middle and Lower Ordovician grey biomicrite of Kuniutan and Datianba Formations at Shitai, Chao and He counties, Anhui.

Beds containing this kind of oncolites are intercalated between the brownish red or grey-green biomicrite, nodular biomicrite and argillaceous biomicrite. The oncolite content is 1—5% or more. The fact that the birdseye structure and desiccation cracks occur on some bed surface indicates that the beds are formed in a shallow subtidal or supratidal oxidizing environment. The sediments bearing the oncolite are distributed in a mud-bank-facies belt which is restricted to the southwestern margin of Ninzhen-Wannan carbonate platforms where are near Huaiyang ancient continent and Jiangnan ancient island which are considered as a source of iron for

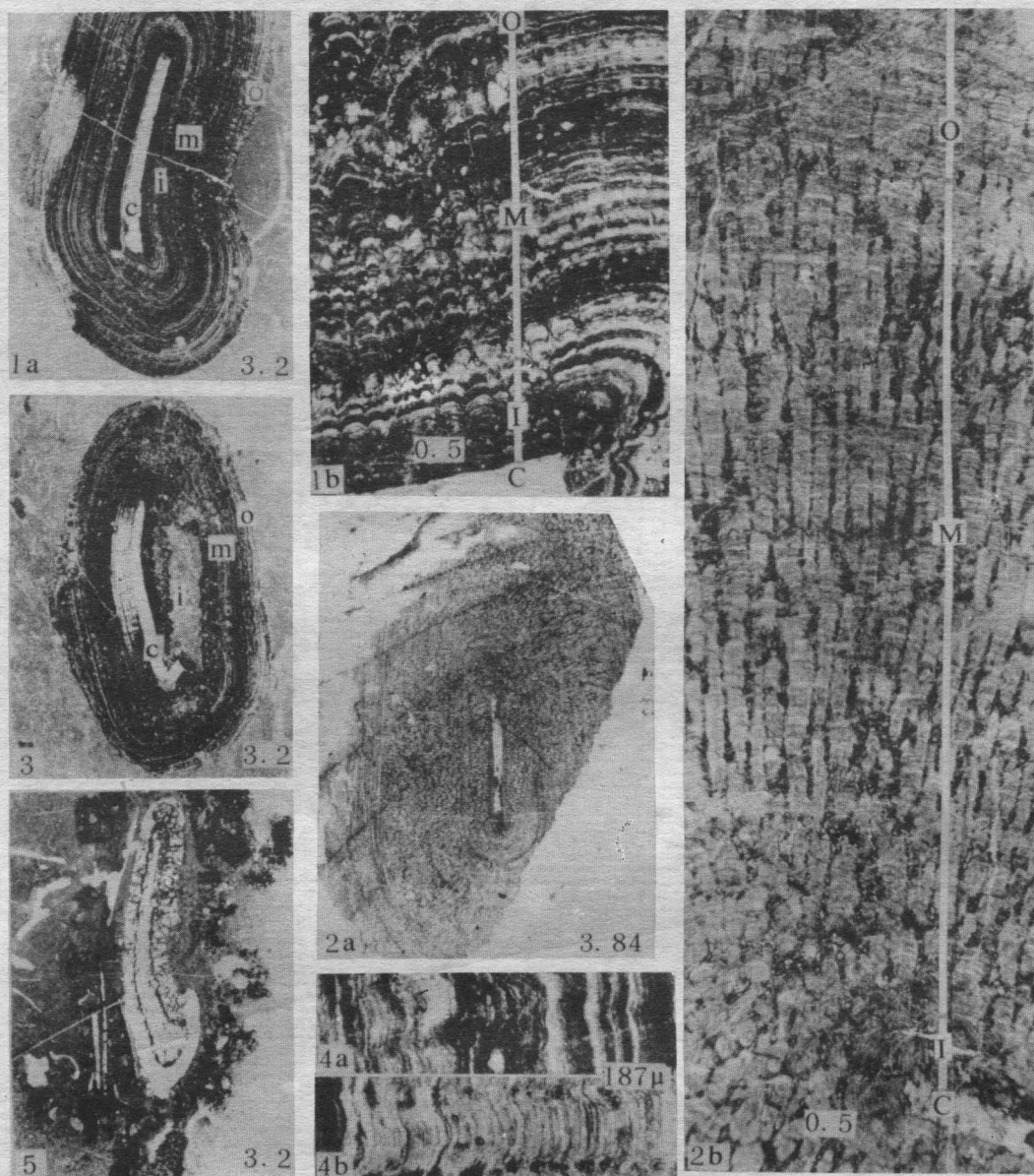
the oncolite, however, the sediments in the same facies belt but far away from the ancient continent and island develop little ironbearing oncolite.

The iron-bearing non-skeletal oncolites are oval grains, 15—20mm in length and the longest up to 32.8mm, consisting of a nucleus of bioclast and concentric laminated crust which is formed by the grown blue-green algae. Two types of oncolite can be recognized depending on the distinction of their microtexture. Type one is columoids consisting of columnar microstromatolites in a radiating arrangement around a nucleus. The second type is colu-strigatoids consisting of laminar-columnar microstromatolites around a nucleus. Their crust can be distinguished into three parts; inner crust, middle crust (major crust) and outer crust. Among them the middle crust is the thickest one. The formation of oncolites underwent several processes; the preparation of nuclei; the growth of original crust rolling on the bottom; the suspension growth of major crust; the calcification of crust; the growth and abrasion of outer crust; and last the burial and consolidation of oncolites. Based on the thickness of the major crust and the number of algae laminae per unit length, it can be determined that columoids grow faster and suspend longer than the colu-strigatoids.

The constituents of the oncolite include calcite, limonite, hematite and chamosite etc. and calcite is the major composition. The total amount of ironstone in the oncolite comes to 5.92%. It is four times higher than that of country rocks. Most of iron materials concentrate in the algae laminae and the mucilage of algae with colloidal texture. The iron content in the laminae has a cyclic change. Based on the distribution of iron it can be suggested that the blue-green algae absorb and precipitate iron materials while they are growing. This process is called concentration of iron in growing period. The iron can also be concentrated around the oncolite in cloud pattern during diagenetic process but it is not important while compared with the former.

The oncolite not only contains iron but also contains other metal elements. For example, in the oncolite, $Pb=200\text{ppm}$, $Cu=100\text{ppm}$, their contents are seven and three times as high as that of country rocks respectively.

The evidence mentioned above shows that the growth of algae is of significance in concentrating iron and other metal elements, such as lead and copper, which may result in the formation of sedimentary iron deposits or other metal deposits,



1a. 层柱核形石。凹面及两端生长微型层柱，柱状叠层石，凸面生长微型层状叠层石。标本号：C-2-2 1b. 1a的局部放大，从凸面向凹面过渡，微型叠层石由层状变为层柱，柱状。N—核心，为三叶虫碎片；M—主壳层；O—外壳层 2a. 柱核形石。由辐射状排列的微型柱状叠层石组成。标本号：D₁-93-168 2b. 2a的局部放大，N—核心，为三叶虫碎片；I—内壳层；M—主壳层；O—外壳层 3. 层柱核形石。i—内壳层，包粒有碳酸盐沉积物；m—主壳层；O—外壳层。标本号：C-4-1 4a. 含铁的微细藻纹层（暗色）与方解石纹层（亮的层）。标本C-2-2局部放大 4b. 经绿泥石化的微细藻纹层（稍暗色），多呈现“双藻纹层”结构。标本C-2-2局部放大 5. 非骨架核形石外围聚集铁质云状晕。核形石受后期溶滤，大部分已变空。安徽省巢县，大田坝组。标本号：巢-1
除注明外：所有标本采自安徽省石台县丁香乡的下奥陶统牯牛潭组；标尺所代表长度除注明单位外，其它均为mm