

川西北中三叠统隐藻类碳酸盐岩特征及其环境意义

刘效普

(成都地质学院)

各种环境的碳酸盐沉积物几乎都是生物或生物化学成因的。而生物之中又以藻类最为活跃和普遍。藻类可以形成碳酸盐沉积物中的颗粒、灰泥,也可以成为胶结物或起胶结作用。总之,是由于藻类营光合作用消耗二氧化碳使碳酸钙得以沉淀下来。

藻类中又以蓝藻(或称蓝绿藻)最为常见,从震旦纪开始经历各个地质时代,直到现代分布仍十分广泛。蓝藻与其它骨骼钙藻不同,不能在死亡后直接保存成化石,而是通过造岩作用和胶结作用留下其生命活动的遗迹。因此加拿大 J. D. Aitken 主张将这种藻称为隐藻类。

四川盆地西北部中三叠统为一套藻类成因的巨厚碳酸盐岩。在这套地层中缺少化石,但蓝藻极为发育。研究地区北东起于江油县马角坝、小河子、黄连桥,向南西经中坝、安县淡水沟,至绵竹县汉旺一带。江油县的中坝构造井下约三千米深度钻遇该地层(图1)。

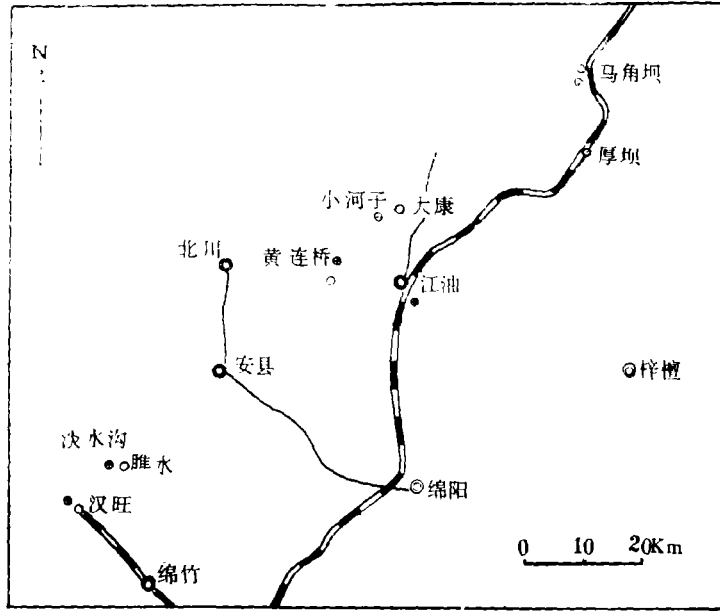
一、隐藻类碳酸盐岩的分类

隐藻类中的蓝藻类属于低等植物,其原生质体无细胞质和细胞核的分化,而只有周质和中央体。中央体具有细胞核的性质,但不具核仁和核膜。因此蓝藻也叫做原核植物。细胞壁分内外两层,内层是纤维素,外层为胶质衣鞘(即粘液质)。胶质衣鞘可经微弱钙化而得以保存。Pia于1927年把蓝藻化石分为两类。一种是孔层类,为界线清楚的具有显微管状构造的化石藻。另一种为绵层类,包括大量由藻或推测由藻构成的化石。绵层类这个名词现在已成了迭层石的同义语。我们下面所研究的广义迭层石,包括层纹石、核形石、凝块石等都属于绵层类。现将这四种隐藻类碳酸盐岩分述如下。

1. 迭层石碳酸盐岩

本区中三叠统雷口坡组二段和三段地层中见有少量迭层石。类型简单,主要为一些层状迭层石。按B.W. Logan的分类属LLH型。如在马角坝剖面雷二段所见即属此种类型。其层密度(即每厘米所含基本层的数量)为7—8条/厘米,层纹的形态空间上呈半球状,横剖面呈波状,侧向紧密连接,基本层的隆起高度为0.5—1厘米宽度为3—5厘米。凸度T等于高(h)比宽(l)

$$T = h : l$$



注：+表示剖面或钻井位置

图1 剖面、钻井位置示意图

Fig. 1 Index map showing locations of sections and boring

为0.2—0.16。两翼多不对称，波状起伏上下不符合（图版I，1）。在层面上可见到迭层藻头呈同心圆状，直径一般为5—8厘米。含有迭层石地层的岩性为浅灰色厚层状微晶白云岩并含有石膏。

2. 层纹石碳酸盐岩

层纹石是由连绵藻席形成的略具水平状层纹的碳酸盐岩体。层纹石属于迭层石的一种特殊类型，可以看做层状迭层石的变种。层纹石与机械或化学成因的层理构造不同。在露头上可以见到明暗相间的条带，宽度约为0.3—1厘米，反映藻类季节性的生长情况。条带内部又有次一级的颜色深浅交替的纹理，厚度在1毫米以下。一对纹理反映一个潮汐周期。在显微镜下还可以见到显微层纹，厚度为0.3—0.05毫米，反映藻类一昼夜的生长情况。镜下见到的深色部份由泥晶碳酸盐矿物组成富含有机质，具球粒、斑点或凝块组构，称基本层暗带（或富藻层）。浅色部份由不同晶粒的碳酸盐矿物组成，由藻类机械捕获的物质组成，称基本层亮带（或富屑层）。

层纹石的另一个特点是层纹不连续，宽窄不一，远不如层理那样规则。层纹石的层纹结构是水平的，是相对于有明显穹状构造的迭层石而言。其实层纹石的上表面绝非层理构造那样水平，也不像波状层理那样由于机械振荡引起规则的波状起伏，而是由很多高低不同的半球体所组成。这些小半球体的高度一般为1—2毫米或更大。这是由于藻类营光合作用而有向阳性造成的。根据这一特征，在露头上，在一块手标本上，甚至在一块薄片中都可以判断岩层的上下层面。

根据层纹石的显微结构和基本层形态特征，将层纹石分为两大类：

1) **条带状层纹石** 基本层亮带和暗带明显, 排列规则, 呈微波状的平行层纹。暗带宽, 约0.7毫米, 由泥晶或微晶白云石组成。亮带窄, 不到0.3毫米, 由亮晶白云石组成。

2) **海绵状层纹石** 基本层极不规则。暗带非常发育, 由泥晶碳酸盐矿物和有机质组成(图版 I, 2), 其中可见球粒和凝块等结构, 直径0.05—0.25毫米。在这些泥晶碳酸盐中常见到由亮晶碳酸盐矿物充填的空腔, 直径为0.05毫米至2.7毫米。有些空腔可以见到明显的示底构造。海绵状层纹石的亮带不发育。亮带基本上就是由这些独立的空腔断续延伸而成。这在垂直层面的切片上可以看到。在平行层面的切片中, 空腔排列在暗色球粒和凝块里呈花斑状的图案。

川西北地区雷口坡组和天井山组中层纹石极为发育。含层纹石的岩性多为微晶白云岩和微晶石灰岩, 常有波痕。地面露头的白云岩中常可见到石膏假像, 有时含层纹石的白云岩还与膏溶角砾岩互层。

3. 核形石碳酸盐岩

核形石又称藻灰结核。与上述固着在基底上的迭层石、层纹石不同, 核形石是非固定生长的藻类碳酸盐结核体。它们一般呈圆形、椭圆形, 有时为不规则形状。直径从小于1毫米至1厘米, 有时甚至达到10厘米以上。有同心层纹, 也可以有放射纹。按照 Logan 的迭层石分类, 核形石属 SS 型。其核心可以为完整的生物个体, 生物碎片, 其它碎屑或藻类本身。

在薄片观察小型核形石, 有机与无机成因的鲕粒容易混淆。一般情况下, 核形石的层纹常不规则而呈弯曲状或波状, 而且有不同的宽度。当形成核形石时, 如果对藻类的生长条件(如光线、通气)有利就生长快些, 于是就生长成所谓的膨胀层。和迭层石一样, 核形石由若干圈暗色富藻层与若干圈富屑层交互组成。而且总的说来, 核形石中一般都有丰富的有机质(图版 I, 3)

当然以上几点是和纯粹无机成因鲕粒的区别。现在有些人的观点认为: 鲕粒的生长一般都有藻和其它生物如细菌等参加。这样就产生了过渡状况, 同时也存在一个过渡名称“藻鲕”。

川西北中三叠统中可以见到以下三类核形石。

1) **密纹核形石** 为圆形、椭圆形或伸长形的结核, 有的形态很不规则。长轴0.2—4毫米。具清晰的同心层纹。层纹由明暗两种细层交互组成。暗层较窄, 由泥晶碳酸盐矿物组成, 即富藻层。亮层稍宽, 由微晶—亮晶碳酸盐矿物组成, 即富屑层。有些核形石以腹足类等生物碎片为核心。同心层纹以边部最为密集。

2) **疏纹核形石** 以圆形或椭圆形为主。不见或少见同心层纹。个体较小、直径一般仅0.1—0.3毫米。内部为泥晶结构。外部为一亮晶环, 其宽度与泥晶中心的比例为1:4。疏核形石周围常为微晶基质。有时还可以看到石膏晶体。

3) **大核形石** 一般为圆形、椭圆形或稍呈拉长形。边界参差不齐。大小一般为10—20毫米。核形石的中心部分常见一些暗色的球粒和团块。外面被不规则起伏的纤细层纹所围绕。暗带较窄仅0.02毫米、亮带稍宽约0.06毫米。大核形石经常与一些凝块共生。

含核形石层位的岩石多为亮晶白云岩或石灰岩。第一世代亮晶胶结物为柱状白云石或方解石，垂直核形石的外缘呈等厚环边状。第二世代胶结物呈等轴银嵌结构。与核形石共生的常有一些鲕粒。

4. 凝块石碳酸盐岩

凝块石也是一种隐藻类碳酸盐岩。特点是没有层纹，外形极不规则，呈凝块状，也有呈球粒状和结核状者。根据凝块石的形态和大小可以分为以下几类：砾状凝块石、砂状凝块石、藻凝球、藻凝团等。

1) **砾状凝块石** 椭圆形或拉长形巨大的暗色凝块，大小在1毫米以上、有的达10毫米或更大，肉眼可以清晰辨认。凝块由泥晶碳酸盐矿物组成。有些凝块内部在暗色的基底上显示较亮的斑点或长的亮沟。通常凝块具有模糊的轮廓，有时可见由粒状碳酸盐矿物组成亮的包壳。砾状凝块之间常散布有较小的凝块。凝块之间为亮晶胶结。凝块与胶结物之间界线清晰。

2) **砂状凝块石** 近于圆形、椭圆形和不规则形状的暗色凝块。结构均一，大小一般为0.3—0.8毫米。凝块由泥晶碳酸盐矿物组成。大多数具有模糊轮廓。凝块之间为亮晶碳酸盐矿物胶结，凝块与胶结物之间界线清晰，有时凝块内部为亮晶结构，外面被暗色泥晶碳酸盐所包围，称为泡状结构。亮晶部分为原来藻体的位置，藻体腐烂后被亮晶矿物所充填。暗色包壳是钙化了的群体衣鞘，因此也称藻皮鞘。这种凝块石中有时发育很好的粒内孔隙和粒间孔隙（图版I，4）。

3) **藻凝球** 为圆形，也有棱角形的细小（0.04—0.2毫米）暗色球粒，结构均一。球粒轮廓模糊或有暗而细的包壳。球粒内由泥晶碳酸盐矿物组成。在一块薄片内，球粒大小近似。

4) **藻凝团** 圆形的暗色球状粒，个体比上述藻凝球为大，一般大于0.2毫米，轮廓模糊。球粒内由泥晶碳酸盐矿物组成，经常遭受重结晶。如重结晶强烈时，藻团成为残余阴影状。粒间孔隙最为发育。

凝块石的围岩多为白云岩，也可能为石灰岩。有微晶结构，也有亮晶结构。并可以见到第一世代和第二世代两种胶结物。微晶结构中常见石膏晶体。和凝块石在一起的常有核形石以及有孔虫，海百合等生物碎片。

一般蓝藻的藻体都是很难保存下来的。主要是因为它们不易钙化，在沉积过程中很快腐烂掉。但它们的胶质衣鞘偶而也有经过弱钙化而保存起来，计有：

群体类型 为色球藻目的群体。有的呈球形者，直径为0.1毫米左右，并可以看到呈层状的胶质衣鞘。

线状类型 藻呈弯曲线状，宽0.01毫米，长约0.2毫米。由暗色泥晶矿物和有机物组成。仔细观察，这些线体是由一些暗色斑点延伸排列而成。有时线状藻体相互交织成网状。

管状类型 藻体呈管状，长0.3毫米，宽0.01毫米。管壁为暗色泥晶结构，内部为亮晶结构。这些管状藻体有时为单独的（图版I，5），有的排列成丛状、有的排列成束状。另外还可以见到藻体分叉现象。

除了蓝藻外，在川西北中三叠统中还可以见到少量绿藻化石。

二、隐藻类碳酸盐岩的环境意义

1. 隐藻的生活环境

现代蓝藻能生活在南北两极和高山区,也能够在水温达 80°C 以上的温泉水中生存。在干燥的荒漠和终年被水淹没的水底基质中都有蓝藻。此外它们也能够生活在盐度很高的盐湖和滨海的盐泽环境中生存。总的说来,藻类可以适应各种不同的环境。然而绝大多数蓝藻喜欢高温($25^{\circ}\text{—}35^{\circ}\text{C}$)。蓝类在早期生长阶段对温度更为敏感,多数蓝藻最适于生长的PH值为 $7.9\text{—}9.5$ 。在缺氧和有过剩的碳酸气体和硫化氢气体条件下,蓝藻也能很好地适应。蓝藻对光照条件有大幅度的适应性。海洋中各种藻类生长的下限为100米左右,大量生长的深度界限为 $30\text{—}50$ 米。蓝藻的深度更浅,可能只有十几米甚至几米。此外蓝藻周期性生长的一个重要控制因素是雨水携带的营养物质。上述两个因素决定了蓝藻在近岸极浅水条件下最为繁茂。

蓝藻迅速生长时,使水体表面染成各种颜色,称为水花,排挤其它藻类。这种水花隔绝氧气和阳光,死亡后又产生极毒的物质,使其它生物不能生存。所以蓝藻最丰富的地层中很少见到其它化石,这一点在川西北雷口坡组中表现得很明显。

2. 隐藻类碳酸盐岩的环境意义

1) 迭层石碳酸盐岩 根据现代沉积和古代迭层石的研究,一般认为层状迭层石发育在潮间带碳酸盐泥坪环境,特别是在波浪作用微弱的闭塞海湾地带。连绵的藻席由于地表凹凸不平、在凸起的地方捕获作用迅速形成藻头。此外在缓慢水流的作用下还可以造成迭层石的不对称构造。

2) 层纹石碳酸盐岩 现代蓝藻层纹石碳酸盐沉积物形成于闭塞潮间碳酸盐泥坪环境。根据上述层纹石碳酸盐岩的沉积特征说明,层纹石与迭层石的形成环境大体相似,而且有向潮上带延伸的趋势。层纹石所以没有成为大型穹状构造表明:一是地面较平坦,二是没有任何波浪作用。由于石膏晶体普遍存在,说明是超咸化的水域,蒸发作用占优势。

条带状层纹石形成的地方有机械捕获作用,有时甚至还有碳酸盐沉淀的堆积物。海绵状层纹石形成的地区沉积作用非常缓慢,只有水下形成的藻席(富藻层),而没有富碳酸盐纹层堆积。

3) 核形石碳酸盐岩 在十九世纪和二十世纪已有很多学者证实,核形石是蓝藻成因的。核形石与上面的迭层石、层纹石不同是非固着生长的。这种碳酸盐结构是被蓝藻的丝体和粘液质缠绕起来而形成的。核形石的生长受到波浪、洋流经常运动的影响,使蓝藻裹上一些碎屑在水底滚动而成。因此,核形石的形成环境必须是连续水下环境。细粒核形石也可能是悬浮在水中。现代核形石发现于潮间和潮下带水深3米处,与鲕粒的形成环境大体相似。一般说来,具同心层纹的普通核形石代表潮间和潮下带充分搅动的环境。同心层纹密集,外形近于圆形的能量较高。层纹数量少或外形不规则以及扁平者代表能量较低的环境。

核形石的大小也能在一定程度上说明环境意义。豆粒大小的可能比鲕粒级的能量高一些,但这也不是绝对的。如江油马角坝,马鞍塘地区天井山组底部所见的长轴为十余

厘米的大核形石,其上下层位都是层纹石。而且这种大核形石横向上也可以变化成层纹石。这可能与 Logan 所提的SS-I型核形石类似,即在间歇搅动环境中由层纹石或迭层石翻转而形成的。

4)凝块石碳酸盐岩 凝块石研究程度较差,所以成因问题还不太清楚。Monty提出了各种各样的凝块石成因,有的是被置换的单细胞,有的是破碎的藻类衣鞘,有的是在粘液质中无规律的沉淀物。З. А. Журачача认为小凝块和大凝块是以碳酸盐集合体形式在蓝藻的丝体和分叉之间沉淀的。一些凝块内部有亮沟穿过,可以看成是藻丝体存在过的空间。皮鞘状(或泡状)凝块石是一些漂浮的藻类。这些皮鞘散落在基底上可以形成0.5毫米厚的凹凸不平的钙质壳,并与菌类的生命活动有关。

在川西北中三叠统内,凝块石在地层剖面中和地理位置上都有广泛的分布。它与迭层石、层纹石不同,没有层纹构造。层纹是由于沉积物的间歇补给,潮间与潮上带的潮湿与干燥环境相互交替而形成的。此外,根据在剖面中凝块石底部常有核形石分布的特征来看,它们的生成环境可能不局限于潮间带。凝块石可以从潮间带的低处,到两米或更深的潮下带;从清澈、稳定到强搅动环境。又在凝块石碳酸盐岩中常常可以见到石膏沉积,说明它们繁殖于稍高盐度的水域中。

我们把马角坝、小河子、黄连桥、淡水沟、汉旺和中六井、中七井等六条剖面中所见到的各种隐藻碳酸盐岩石类型出现的次数与相环境的关系列在一个表里(附表1)。

表1 隐藻类岩石类型的频数与相带关系

Table 1 Relations between occurrence frequency and environmental facies of cryptoalgal carbonates

藻类类型	相带	频数	潮间带		潮下带
			高处	低处	
层纹石	条带状	33	32		1
	海绵状	9	18		
叠层石			2		
凝块石	藻凝球	18	33	80	37
	藻凝团	1	9	32	12
	砂状凝块	8	33	61	67
	砾状凝块		1	4	3
核形石	疏纹核形石			23	16
	密纹核形石			10	17
	大核形石			1	14
其它	藻迹	4	19	20	29

我们根据上述频数的分布特征提出一个沉积模式(图2)。从这个模式图上可以看到层纹石主要出现在潮间高处到潮上带,其中条带状层纹石主要出现在潮上带,海绵状层纹石主要出现在潮间高处。潮间低处有叠层石、藻球、藻团、砾状砾块石以及疏纹核形石。潮下极浅水带有砂状凝块石,密核形石、大核形石、藻迹等。

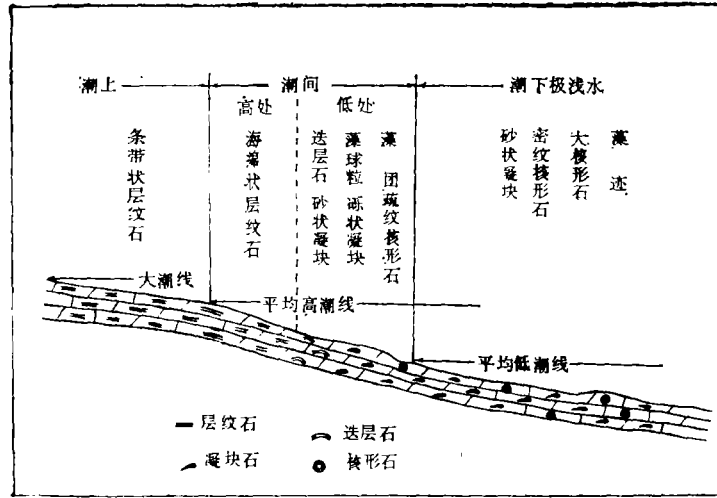


图2 隐藻岩石类型沉积模式

Fig. 2 A model of cryptoalgal carbonate deposits

三、隐藻类碳酸盐岩与油气的关系

隐藻类大量发育的地层对油气的生成是十分有利的。从江油马角坝剖面中三叠统56块样品的有机炭和氯仿沥青“A”分析数据中可以看到,隐藻发育的层段与有机炭含量高值层段基本上是符合的。雷一段至雷三段中部有机炭含量一般高于2%。该段地层中的氯仿沥青“A”可达到千分之零点一至零点三。根据有机质含量及其转化程度,说明是十分有利于油气生成的层段。

隐藻对孔隙的发育也起重要作用。一是藻体分解形成二氧化碳,为白云化过程中产生溶解孔隙创造了有利条件。另外,蓝藻由于受钙化衣鞘的保护做为颗粒而堆积,既形成了原始粒间孔隙、又起到支撑作用,使各种孔隙不受压实而成为油气的储集场所。

四、结 语

以上是对四川盆地西北部中三叠统隐藻类碳酸盐岩的初步认识。隐藻类碳酸盐岩常常成为很好的油气储层,如四川的三叠系、石炭系、震旦系气藏都储在隐藻类碳酸盐岩中。这些都是比较著名的例子,全国各油区的含油层系与隐藻类碳酸盐岩有关者当远不止于此。因而很多未知的规律还待进一步探讨。

本文在写作过程中得到加拿大沉积岩和石油研究所J. D. Aitken 博士的帮助,在此仅表谢意。

(收稿日期:1982年6月8日)

参 考 文 献

- 朱浩然, 1965, 中国色球藻科志, 南京大学学报〈生物学〉第一期。
- Aitken, J. D., 1967, Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites, with illustrations from the Cambrian and Ordovician of Southwestern Alberta. *J. Sediment. Petrol.*, 37: P.1163-1178.
- Logan, B. W., Rezark, R. and Ginsburg, R. N., 1964, Classification and environmental significance of algal stromatolites. *J. Geol.*, 72: P.68-83.
- Журавлева, З. А., 1964, Онколиты и Катаграфии рифей и нижнего Кембрия Сибири и их Стратиграфическое Э значение.
- АН СССР ТР. Г. и. вып 114.

**CHARACTERISTICS AND ENVIRONMENTAL SIGNIFIANCE OF
MIDDLE TRIASSIC CRYPTOALGAL CARBONATES IN THE
NORTHWESTERN PART OF SICHUAN**

Liu Xiaozeng

(Chengdu College of Geology)

Abstract

The Middle Triassic strata of the northwestern Sichuan Basin are characterized by the enormous volume of carbonate rocks of algal origin. Among the carbonate rocks, dolomites are predominant and the algae are mostly blue-green.

According to the classification proposed by J. D. Aitken (1967), there are four kinds of cryptoalgal carbonates, stromatolithic, cryptagalaminat, oncolitic and thrombolitic.

In this article only a few domal stromatolites (model LLH) are reported. Domal stromatolites indicate, in general, intertidal facies with very shallow-water to intermittently exposed conditions. Cryptagalaminat carbonates are abundant in this region. According to their microscopic structure, they can be classified into two groups: striped and spongy. Cryptagalaminat carbonates indicate the supratidal environment and the higher parts of intertidal environment, while the spongy ones a wetter littoral environment.

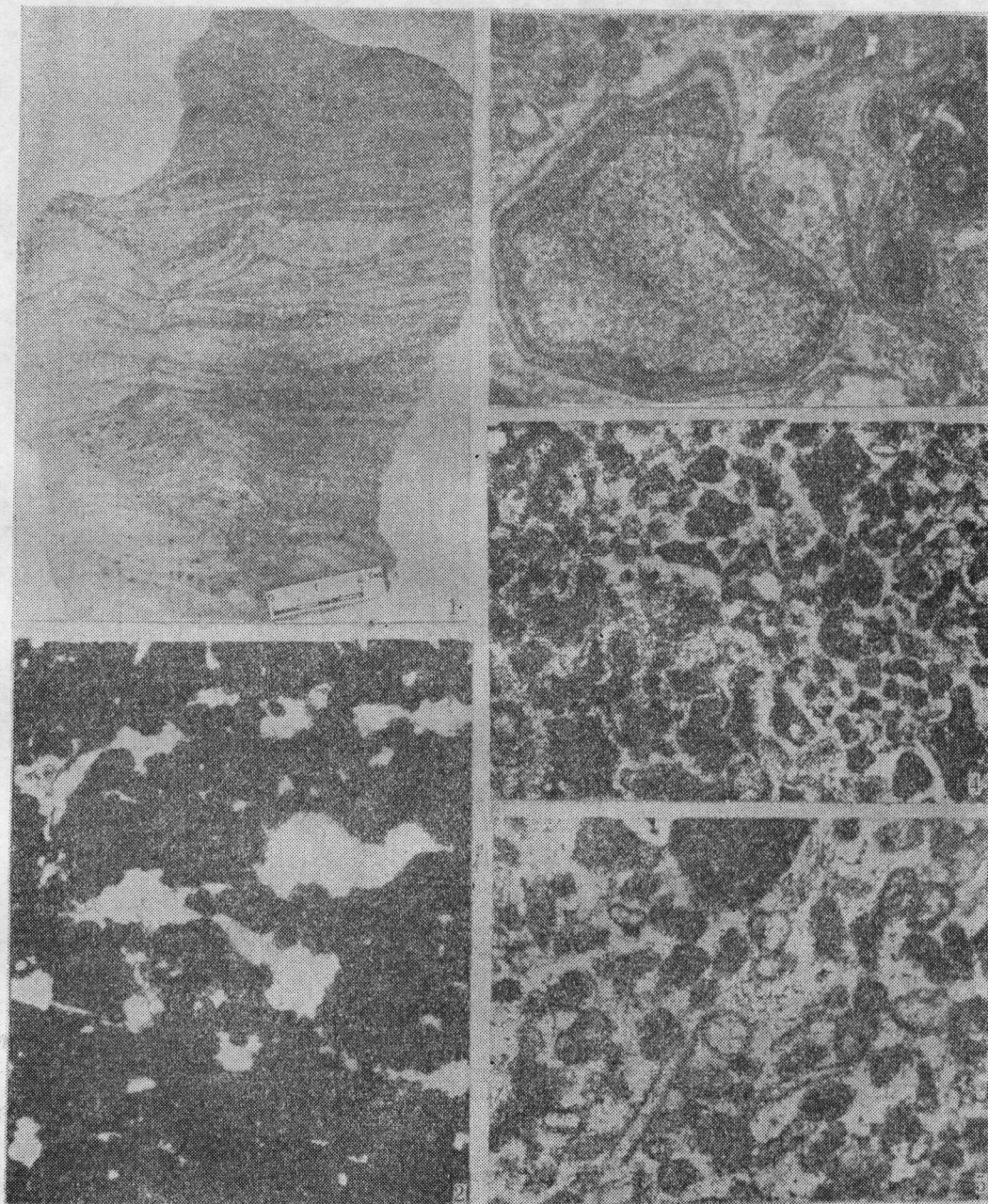
Oncolitic carbonates are very common in this region. According to the amount of the concentric envelopes, they are multiple and simple. The origin of oncolites is of subaqueous environment. In general, the envelopes are more multiple, and the outer form which is nearly spheroidal indicates higher energy environment.

Thrombolitic carbonates are the commonest and stratigraphically widespread. They develop best in the lower part of the intertidal zone, but some of them

can also develop in the subtidal zone.

A small quantity of filaments, presumably algal, can also be found.

Along the Majiaba T₂ A-C section, the average content of organic carbon is more than 2%. Chloroform bitumen "A" ranges from 0.01%. On the basis of the content of organic matter and degree of its conversion, these sediments are favorable for producing hydrocarbons. There are intergranular pores in the algal carbonates. Dolomitization raises the reservoir capacity of the rocks. The gas-bearing carbonate strata in the T₂ C section of this region are often related to thrombolites.



1.层状叠层石,江油马角坝,雷二段,105层,光面 2.海绵状层纹石,江油马角坝,雷四段,380层,薄片,×35单偏光 3.密纹核形石,江油马角坝,雷二段,60层,薄片,×36.5单偏光 4.砂状凝块石,安县,淡水沟,雷二段,42层,薄片,×42,单偏光 5.管状藻迹,纵切面呈宽度一致,平直的两条细暗线组成管状。江油小河子,雷二段,181层,薄片,×67,单偏光。