

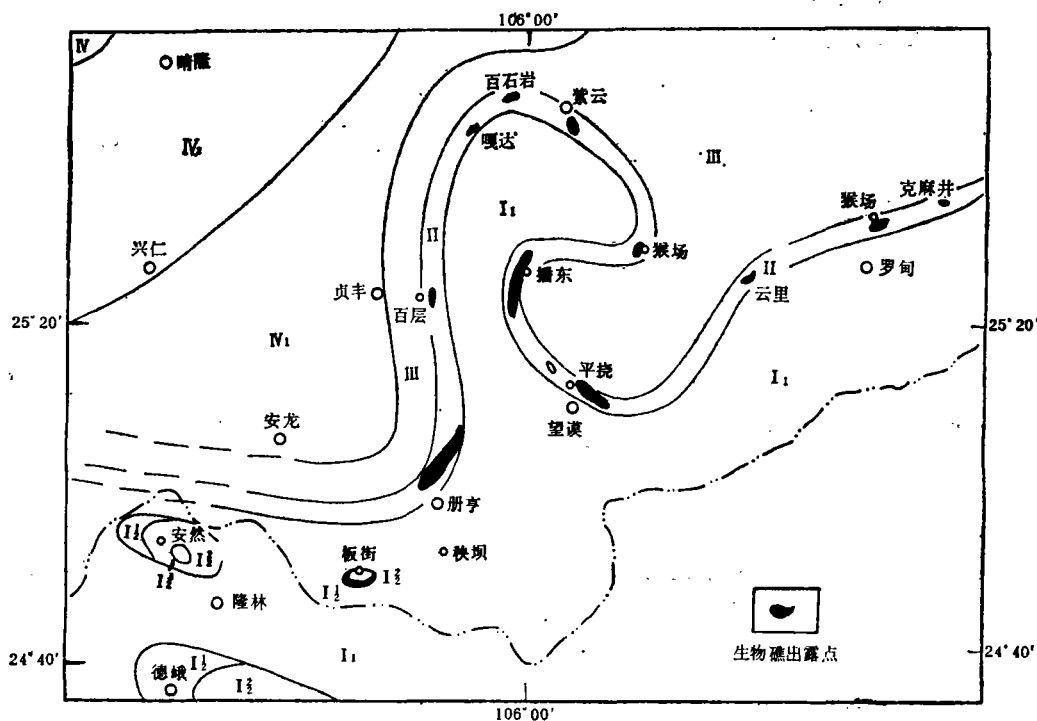
黔西南二叠纪生物礁成岩 作用特征及储集性

陈学时

(浙江石油地质研究所, 杭州)

一、概 述

黔西南二叠纪生物礁形成于早二叠世茅口中晚期, 延续至晚二叠世, 全盛期在长兴期, 属台地边缘生物礁类型, 于罗甸、紫云、望漠、贞丰、册亨一线断续出现(图1)。1) 礁带厚约100—300m, 宽2 km, 延伸200km以上, 并分别进入广西、云南两省, 呈北东



I₁槽盆相 I₂¹丘台边缘生物礁亚相 I₂²丘台浅滩亚相 I₂³丘台泻湖亚相
 I 台地边缘生物礁滩相 II 开阔海台地相 III 砂坝 IV 前三角洲亚相
 V₂三角洲平原前缘亚相

图1 黔西南地区晚二叠世沉积相图

Fig. 1 Sedimentary facies of Late Permian, Southwest Guizhou

1) 贵州石油指挥部101队, 1982, 南盘江地区二叠纪生物礁研究报告。

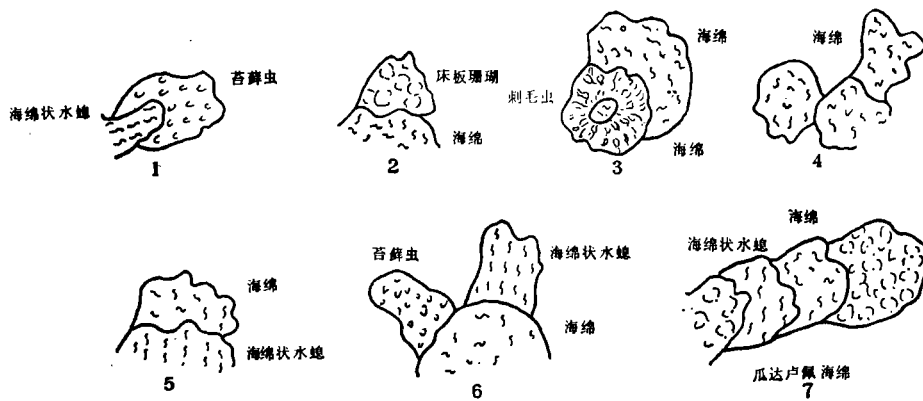
向星点状展布。造礁生物以块状海绵、水媳为主, 次有苔藓虫、管壳石和床板珊瑚, 具原地埋藏特征。礁体中造礁生物量达45—80%, 其中海绵类达25—60%, 非骨骼蓝藻依附造礁生物和颗粒粘结缠绕成藻包壳, 形成抗浪格架。其间附礁生物丰富, 主要有棘皮、腕足、有孔虫、筴、绿藻、腹足、介形虫、瓣鳃等, 它们与灰泥基质、礁砾屑一起充填于礁架孔隙之中。岩石类型主要为骨架岩、障积岩、粘结岩及它们之间的过渡型岩石。

早、晚二叠世生物礁的发育和分布具有明显的继承性, 这种继承性主要受NE、NW和SN向交叉断裂和古构造隆起的控制, 由于断裂带的活动而形成许多断块, 使碳酸盐沉积发生分异, 形成碳酸盐台地和槽盆相的展布形式。

二、成岩环境和成岩作用特征

本文以册亨板街和紫云芹菜园两地生物礁为重点并结合其它礁体进行综合剖析, 进行生物礁成岩环境的划分。通过薄片观察和岩石学研究, 依据胶结物形态和矿物学特征, 表明本区生物礁经历了海底、大气淡水、区域地下水、深埋藏及表生岩溶等多种成岩环境〔6〕。现将各种成岩作用特征分述如下。

(一) 海底成岩环境



1. 海绵状水媳与苔藓虫粘附生长(紫云芹菜园P₁)
2. 海绵与床板珊瑚粘附生长(紫云P₂)
3. 刺毛虫围绕海绵粘附生长, 海绵又粘附刺毛虫生长(册亨板街P₁^m)
4. 三个海绵粘附共生(望谟平挠P₂)
5. 海绵粘附于水媳上(紫云陆桥P₁)
6. 在一个海绵体上同时粘附着水媳和苔藓虫(册亨板街P₂)
7. 瓜达卢佩海绵—水媳—海绵—瓜达卢佩海绵之间的互相粘附生长(紫云芹菜园P₁)

图2 造礁生物的粘附作用

Fig. 2 Action of coherence of reef-building organism

1. 生物的粘附作用 主要表现在造礁生物生长和发育过程中互相粘结和附着生长。它可以发生在各种生物体上, 同门类或不同门类, 同种属或不同种属的生物之间都存在着这种粘附现象, 如海绵附着海绵, 水媳附着海绵或苔藓虫附着水媳等等。一般是两

种或两种以上的生物粘附交替, 后期生物粘附于先期生物或包围先期生物(图 2)。据观察, 生物体间的粘附作用是通过生物骨骼彼此间紧密嵌接连生在一起的。这些现象在礁岩中普遍可见。

2. 蓝藻的粘附和包壳作用 二叠纪礁岩中蓝藻发育, 在浅水高能环境下, 蓝藻粘附造礁生物生长并分泌粘液质使碳酸钙沉淀, 形成明暗相间的藻纹层构造, 包围海绵水螅等生物粘附缠绕, 层层包覆, 组成粗大厚实的藻包壳(图版 I, 5), 形成抗浪格架, 同时不断粘集碳酸盐沉积物充填礁岩孔洞。

藻包壳中, 表部藻纹层通常细密规整、清晰连续, 内部藻层渐变断续模糊, 直至呈**凝块状, 它们形成各种形式的藻灰结核和藻团或各种不规则形态。**藻包壳大小及形态受水动力强弱, 水体深浅及基底表面——生物或颗粒表面形态的控制。

具包壳作用的生物还有管壳石和管管苔藓虫。上述生物的粘附和包壳作用为礁岩形成过程中的重要成岩现象和生态特征^[1], 它发生在广泛的胶结作用之前。通过这些作用使它们连为一体, 又互相牵制, 对生物礁的形成、稳定和促进固结起着积极的作用。

3. 泥晶化作用 藻类和真菌的钻孔活动使生物颗粒逐渐向心式地被泥晶化, 为高能浅水的海底环境标志之一。

4. 胶结作用 生物礁原生孔隙发育, 在许多骨架孔隙和体腔孔隙中见有大量的等厚纤维状方解石胶结物沿孔壁垂直生长, 在交会时常呈多角形边界(图版 I, 1)。表明它们原为文石和镁方解石胶结物, 形成于活跃的海水潜流环境^[6]。

(二) 大气淡水成岩环境

礁岩在形成过程中明显地见有多期大气水成岩作用。这些成岩作用均与生物礁的暴露密切相关, 而每次暴露都导致礁岩中淡水渗流、淡水潜流及海水淡水混合作用的同时并存^[6]。

1. 大气淡水渗流带

(1) **溶解作用** 生物礁生长时接近水面, 由于海平面的频繁涨落使礁岩暴露, 遭受大气淡水的淋滤溶蚀, 一些文石质的生物和颗粒被溶解, 形成生物溶孔和铸模孔, 而溶孔外部藻包壳及泥晶套保存完整, 溶孔为后来的淡水方解石充填, 有的溶孔内还保留有未被溶蚀的生物残余, 表明溶孔形成早于胶结物, 为早期淡水渗流标志之一。

(2) **胶结作用** 渗流带胶结作用很少发育, 只是部分文石质生物和颗粒被溶蚀后使局部的孔隙水达到过饱和而产生。孔隙中, 水与空气并存, 由于毛细管力使水吸附于颗粒周围或悬挂于颗粒之下。在通常情况下, 溶孔边壁常有早期生长的细粒方解石薄边, 多为结晶良好的复三方偏三角面体, 洁净明亮。在个别礁体中, 如望谟平挠(P_{m1})礁顶的亮晶生物屑灰岩见悬挂形胶结物, 它悬挂于孔隙上部的腕足类碎片上, 胶结物由细粒等粒方解石组成, 集合体呈悬垂状, 下部为晚期粒状方解石充填。这种悬挂形胶结物极少见, 不易发现和辨认。

(3) **渗流粉砂及示底构造** 分布于礁的上部和顶部。粉砂由均匀等粒的方解石嵌晶组成、晶体大小在 0.01—0.015mm, 充填于孔隙的下部, 粉砂之上为粒状亮晶方解石, 界面清晰平整, 这些孔隙的边壁上大部已为细粒状或柱状方解石胶结, 表明晶体粉砂产生于早期胶结之后, 粉砂中常有泥质物浸染, 显示了沉积物由海底环境转入大气

淡水渗流带的过程(图版 I, 2)。

2. 大气淡水潜流带

(1) 胶结作用 淡水在渗流带溶解碳酸钙过程中逐渐地变得饱和, 于是到达潜流带环境即开始胶结作用, 沉淀第二世代粒状方解石胶结物并充填各种溶孔。在礁岩中还普遍发育一种栉壳状方解石——即第一世代纤维状方解石, 其上覆盖着一层粗大等厚的叶片状方解石嵌晶, 为第二—三世代胶结物, 它充填于礁岩孔隙和洞穴中(图版 I, 3)。这种粗大的叶片状方解石在光性上和一代纤维晶有的是连续的, 有的已重结晶直接生长于孔壁, 嵌晶界线不平整, 大小近似。一个粗晶质的叶片状单晶一般长约0.5—2 mm、宽0.07—0.4 mm, 长/宽之比为5/1—7/1, 常具一至二组交叉弯曲的双晶纹并突向孔壁, 波状消光明显。粗大等厚的叶片状方解石多属淡水潜流带产物(图3)。

与此同时, 由于初期的溶蚀浸解作用, 不稳定的矿物成分将发生强烈的新生变形和重结晶, 交代作用十分发育。这种栉壳状方解石发育很快, 溶蚀和沉淀几乎是同时进行的。

(2) 共轴生长 淡水潜流带中的共轴生长最为发育, 这是其它任何环境下所不能比拟的, 主要表现在棘皮动物碎屑上, 胶结物依附底质均匀地向外生长加大, 它们比非棘皮颗粒周围的胶结物生长得更快并充填了大部分孔隙, 为淡水潜流带的特征之一。共轴生长也可以发生在其它各种环境, 但毕竟是局部而少量的, 其特征亦不相同, 可以识别。

3. 海水-淡水混合带

混合带位于淡水潜流带之下, 在本区生物礁中普遍存在, 但由于各礁体所处古地理部位有别以及大气降雨量和海平面的多变而影响礁岩中混合带宽窄及上下波动的差异。目前对该环境特征研究不够, 能识别的变化主要表现为:

(1) 白云石化作用 本区生物礁部分地段见有白云石化, 一般发育于礁体的上部和顶部, 在紫云、望谟、册亨等地的早、晚二叠世礁岩中均有分布。

现以册亨石头寨P₂生物礁白云化为例, 在一块蓝藻海绵粘结岩中, 可以同时见及两种不同方式和强度的白云石化, 一为细小而晶形很差的微晶白云石选择交代藻包壳纹层和生物壳体及其内部泥晶组织, 而另一为在生物体腔溶孔和粒间孔隙中, 粗大的菱面体白云石交代亮晶方解石胶结物, 白云石洁净明亮。

上述现象表明白云石化可能形成于两种不同的成岩环境, 前者结晶差的微晶白云石可能是礁岩暴露海面后, 由于气候干燥使礁岩孔隙水(海水)不断蒸发浓缩, 使其局部达超盐环境, Mg/Ca值高而形成。而后者孔隙中交代充填的菱面体白云石, 更象是淡水-海水混合带中的产物, 在Mg/Ca比值低的环境下形成。

(2) 硅化作用 硅化作用在各地生物礁中均有分布, 但多数礁体硅化作用较弱, 它们主要形成分散状的自生石英和硅质结核, 选择性地交代藻包壳、海绵等生物组织, 此种硅化多半发生于礁核粘结岩中。

大规模的强烈硅化作用仅发现于册亨板街晚二叠世生物礁顶部, 那里礁岩普遍被硅化, 形成浅灰色的硅质礁岩、角砾状硅质岩和硅质灰岩, 形成4—23m厚的硅质岩帽, 下部过渡为含有白云石团块的礁灰岩。硅质灰岩中, 硅质呈结核状、团块状分布, 一般

都先沿晶隙交代方解石胶结物而后再交代生物骨骼, 如海绵的体壁水管(图版 I, 4)、苔藓虫室及腕足壳等, 交代作用完全或不完全。有的硅质团块还见有菱面体白云石分布。完全硅化的礁岩和硅质岩, 主要由中—细粒石英、柱状石英及少量水玉髓镶嵌组成, 它们的生长和排列仍然部分地保留着礁岩的原始结构, 其中海绵、苔藓虫、藻包壳等生物依稀可见, 这些形迹是由于硅质交代生物时, 其中原地残留的杂质和有机质未完全排除而显现出来。栉壳状胶结物硅化后形成明亮的条柱状、叶片状石英, 呈放射状等厚排列, 界线清晰。在硅化的基质中, 微晶石英呈褐灰色, 晶隙及砾间缝隙见有泥质铁质物充填浸染。上述现象表明这种硅化作用是发生在生物礁被抬升地表后而产生的, 属晚期成岩阶段的产物。

关于硅化的成因问题, 笔者认为可能形成于大气水和海水的混合带中, 因为板街生物礁主要由钙质海绵、水螅等造礁生物和非礁生物组成, 氧化硅含量甚低, 因而硅质的主要来源很可能与晚二叠世晚期来自东部火山活动有关, 当时黔桂海域及东南古陆上有着频繁的中酸性岩浆喷发并带来大量的火山碎屑物, 在水动力较弱的低洼处和礁滩周围槽盆相边缘沉积, 形成一套凝灰岩、粘土岩、硅质灰岩及硅质岩。据吴雪华(1983)^[4]资料证实, 火山碎屑岩中以酸性玻屑凝灰岩为主, 并且大量的玻屑均已脱玻分解为蒙脱石和显微晶硅质, 在这过程中, 多余的氧化硅将释放到周围的水体中, 使上层海水的氧化硅含量增高并向附近的生物礁孔隙运移聚集。当礁体抬升露出水面时, 大气水成岩作用即可产生, 下渗的大气淡水, 经历了淡水渗流带和淡水潜流带后到达混合带并与富含氧化硅的孔隙水(海水)混合, 由于大气淡水含有二氧化碳以及礁岩中存在残余有机质的腐烂分解, 都将使该环境 pH 值降低, 从而导致碳酸盐矿物的溶解和二氧化硅的沉淀, 即产生了硅化作用^[3]。

混合水带是白云石化的有利地带, 在一些硅质团块和结核中存在有零星分布的非交代菱面体白云石包裹体, 表明了在这个混合带中同时进行着硅化和白云石化, 而且白云石化早于硅化, 由于白云石是在大气淡水下沉淀的, 比较稳定, 因而硅化过程中周围的方解石容易被交代而白云石则不易交代。

(三) 区域地下水成岩环境

此环境一般产生于区域性的海退时期, 特别是早、晚二叠世末期发生的两次区域性构造抬升, 使深部礁岩上升而可能成为淡水注入区。在这种环境中水溶液成分较复杂, Mg/Ca 比值较低, 二氧化碳的去气作用缓慢。它的主要变化为胶结作用, 即在礁岩的剩余孔隙中沉淀洁净明亮的粗晶等菱形方解石, 覆于栉壳状方解石之上, 为最晚一期胶结物, 属第三或第四世代。

(四) 地下深埋藏成岩环境

礁岩进入深埋藏环境, 由于温度压力的影响而产生压实、压溶作用, 沉积物颗粒紧密接触, 体积减少孔隙降低。压实作用在成岩早期就已开始, 随着埋藏深度的加大, 压溶作用亦随之产生, 在压应力作用下颗粒产生溶解, 碳酸钙向外迁移而导致缝合线的形成。

缝合线的产生受埋藏深度的控制, 提高了礁岩的孔渗性, 成为油气和溶液运移的良好通道。

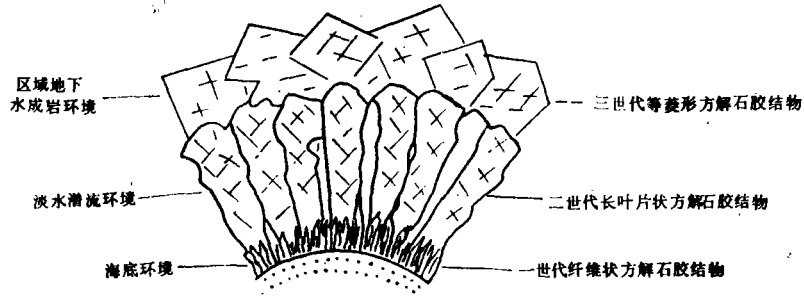


图3 方解石胶结物与成岩环境
Fig. 3 Cement of calcite and diagenetic environment

(五) 表生淡水岩溶环境

表生淡水岩溶环境隶属于大气淡水成岩环境。表生岩溶属后生阶段，是指已经埋藏、固结石化的礁岩经构造运动抬升到地表经历的大气淡水和地下水的淋滤溶蚀作用。

本区生物礁经历了东吴运动和苏皖运动，在这两个时期中，由于区域性的抬升暴露，经受了长期的淋滤溶蚀，产生大量的溶蚀孔洞，尤其是在构造裂缝发育带，淡水循环良好，岩溶最为发育。这些溶蚀孔隙虽经后期淡水方解石再次胶结充填，但在表生条件下和气候干旱时，胶结作用毕竟较弱，因而仍然留下大量的溶蚀孔隙，成为后来油气良好的储集空间。

综上所述，二叠纪礁岩经历了海底、大气淡水、区域地下水、深埋藏及表生淡水岩溶等成岩环境，在这些环境中所发生的一系列成岩后生变化，按其先后它们的成岩序列为：海底生物的粘附作用，包壳作用，泥晶化作用→胶结作用，第一世代等厚纤维状胶结物的形成→溶解作用，生物溶孔、铸模孔及悬挂形胶结物的产生，渗流粉砂示底构造→胶结作用，第二世代粒状、叶片状或栉壳状方解石胶结物生成，共轴生长，新生变形和压实作用→混合白云石化、硅化→胶结作用，形成第三或第四世代粗晶等菱形方解石胶结物→压溶作用、重结晶作用及交代充填作用→构造裂缝→表生淡水岩溶，形成侵蚀面下的渗流溶解，产生大量溶孔溶缝及晚期淡水方解石的部分充填。

三、生物礁的储集性

(一) 各成岩阶段中孔隙的演化

1. 同生阶段

礁岩形成过程中，生物骨架孔、体腔孔及粒间孔大量发育。在海底环境下这些原生孔隙虽经早期一代纤维状文石和高镁方解石胶结，但仍保留有大量的孔隙，据紫云、册亨等地生物礁统计，原始面孔率达30—40%。

2. 成岩阶段

当礁岩未露出水面时，沉积物处于海底胶结，原生孔隙变化不大。然而本区礁岩大部经历了早期大气淡水的淋滤溶蚀，形成大量的粒内溶孔和粒间溶孔，同时藻包壳和泥

晶套对生物溶孔和铸模孔也起了很好的保护作用。因此早期阶段礁岩的暴露溶蚀是孔隙发育的最有利时期。但这些孔隙的保持时间短暂,随着下渗的孔隙水对碳酸钙逐渐达到饱和或过饱和,在各种溶蚀孔洞中沉淀粒状和叶片状方解石,使孔隙大部被充填。同时重结晶和新生变形作用使晶粒变粗,孔隙进一步填集。

在礁岩中,还由于局部白云石化而产生少量的白云石晶间孔,使局部礁岩的孔渗性得到改善,如紫云茛菜园P₂礁岩中,白云石晶间孔达5—10%,孔隙为沥青和有机质充填。

3. 后生阶段

沉积物被埋藏,岩石进一步压实压溶,促使缝合线和成岩裂缝的相继发育,为地下水和油气的运移储集提供了重要的通道。但与此同时,由于区域地下水的影响,礁岩剩余孔隙中再次为粗晶等菱形方解石胶结物充填,同时重结晶产生的粗晶晶粒结构和后生矿物对裂缝的交代充填作用都将使孔隙进一步降低。

4. 表生阶段

本区早、晚二叠世末期的两次区域性构造抬升,是造成早、晚二叠世之间和晚二叠世与早中三叠世之间礁岩古侵蚀面下岩溶带发育的主要因素,大量的溶蚀孔隙是礁岩油气储集的主要场所。由此可见,表生阶段是形成有效储集空间的一个十分重要的阶段。

(二) 礁岩的孔渗性

在黔西南各地生物礁剖面所采185块礁岩样品,经煤油饱和法测定连通孔隙率均低,一般在1—2%,少数最高值达2.78%,渗透率均<0.01md。用铸体法对20块礁岩样品进行测定,能够注入红色有机玻璃铸体的部位主要是方解石晶间隙、微裂缝、缝合线等,孔隙率为0.5—2%,并且仅见十二块有红色铸体的压入显示。

上述物性及铸体试验均表明本区礁岩的孔渗性并不理想,然而多年来大量的野外地质调查及镜下研究,发现各地二叠纪礁岩均有大量的沥青产出,并且多半分布和富集于礁体的上部和顶部。

在薄片上,根据沥青的赋存空间来推测油气运移和储集空间是可靠的,沥青充填的孔隙是聚油期实际的有效孔隙^[5],因此在薄片上可以根据沥青分布及其所占的面积推测出它们的有效面孔率,如大观P₂²生物礁,沥青充填的面孔率为4—18%,最高可达25%。

(三) 礁岩中的沥青及主要储集空间

沥青赋存于不同类型的礁岩中,其中以生物骨架岩、生物障积岩、蓝藻海绵粘结岩及礁角砾灰岩尤为丰富,在部分生物屑灰岩中亦有零星分布。沥青充填的孔隙类型归纳起来有如下几种。

1. 溶蚀孔隙

沥青充填溶蚀孔隙普遍发育,这些溶蚀孔隙均为表生期所产生,并且多数是在原有沉积成岩孔隙及早期溶蚀孔隙的基础上叠加次生溶蚀,形成大量的溶孔溶缝,为本区二叠纪礁岩中最主要的储集空间,主要类型有:

- (1) 生物骨架和生物体腔溶蚀孔隙。
- (2) 生物骨架内和粒间胶结物溶蚀孔隙。如粒状和栉壳状方解石晶间溶孔及生物体壁与胶结物之间的溶孔溶缝(图版I,6)。
- (3) 微晶方解石基质中的溶孔。
- (4) 岩溶角砾及礁角砾间之溶孔溶缝。
- (5) 方解

石脉中的晶间溶孔和脉壁间之溶缝。(6)晶洞。原为溶洞,后为被方解石不完全充填留下的剩余孔隙。

上述溶孔呈不规则状,孔壁不圆滑,大小不一,孔径为0.02—0.5mm,少数达1mm,有的是溶孔溶沟和裂缝进一步溶解扩大形成的溶洞,大小达1cm以上。上述溶孔均为沥青所充填,分布于早、晚二叠世礁岩的上部和顶部。

2. 溶沟、溶缝

由地下水淋滤溶蚀或通过裂缝溶解扩大而形成的溶蚀沟缝,具有延伸不等、大小不一和孔洞结合的特征。它们除了一部分被淡水方解石充填外还残留有一部分孔隙为沥青所充填,沥青呈网脉状、条纹状断续分布(图版I,8)。

3. 晶间孔隙

以方解石晶间孔为主,次有少量白云石晶间孔。方解石晶间孔包括:

(1)微晶晶间孔 主要有生物壳体组织及细胞壁微晶晶间孔、微晶基质晶间孔。孔径大小约1—5 μm 。镜下常见海绵、水螅、苔藓虫、有孔虫及藻包壳纹层等生物体组织被沥青充填浸染(图版I,5)。

(2)亮晶晶间孔 主要有粒状、栉壳状方解石胶结物晶间孔,粗晶晶粒晶间孔及斑块状方解石晶间孔。孔隙呈不规则多边形、三角形及缝隙形。孔径大小5—10 μm ,有的达0.1mm,孔隙为沥青充填。此外沥青还沿纤维状胶结物交会时的多角形边界(缝合线)及栉壳状方解石间的交会缝合线充填浸染。

白云石晶间孔和晶间溶孔。分布很局限,在紫云石头寨、册亨等地的 P_1 、 P_2 礁岩顶部和上部可以见到。在完全白云化的细晶白云岩中尤为发育,晶孔中见有沥青充填(图版I,7)。

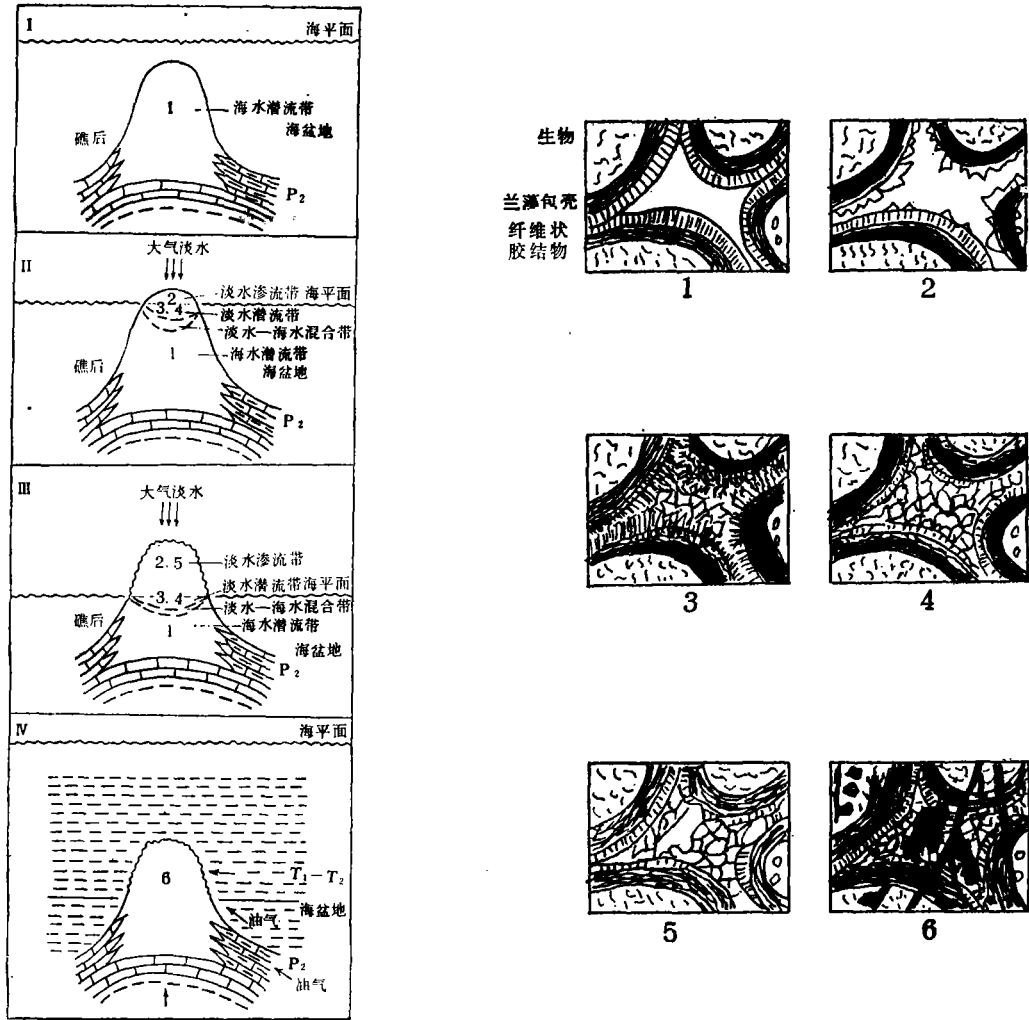
4. 裂缝

沥青充填裂缝,主要有构造缝、层间缝、缝合线及大量的丝发状微裂缝,此外还有岩溶产生的砾间裂缝。它们在礁岩中除了运移储集油气外还起着连通作用,具有十分重要的意义(图版I,8)。

(四) 主要储集空间发育的有利时期和部位

早、晚二叠世末期的东吴运动和苏皖运动分别使这两个时期的生物礁普遍抬升暴露,礁岩由上而下处于大气淡水渗流带、淡水潜流带、淡水-海水混合带及海水潜流带等成岩环境中,并进行着如上所述的各种成岩作用,但由于礁体不断上升,海平面下降,各成岩环境亦不断向礁体下部迁移,暴露的礁岩均在缓慢上升过程中经历了上述几个成岩环境的变化而已固结成岩,并且沉积物已转变为稳定的低镁方解石,因而该阶段礁岩不像早期礁体暴露时那样容易被大气淡水选择溶解,而大都是进行地表水和地下水无选择性的淋滤溶蚀。大气淡水通过岩石裂缝溶蚀扩大,将原来已被胶结的生物颗粒和基质以及原有的沉积成岩孔隙、早期溶蚀孔隙再次叠加溶解成各种溶蚀孔洞,在表生条件下,胶结作用不完全,因而溶蚀孔缝未能全部被淡水方解石充填,从而成为有利的储集空间。当晚二叠世早期及早、中三叠世分别发生海侵时,晚二叠世和早、中三叠世的沉积作用将分别使早、晚二叠世生物礁迅速埋藏,来自礁前广海陆棚或槽盆相区的暗色沉积物生成的油气即可向礁体斜坡带、顶部不整合面及其以下的孔隙裂缝运移储集。同时

由于不整合面以上覆盖了不渗透的早、中三叠世泥岩而形成了良好的圈闭，礁岩油气藏即可形成。根据以上分析，本区二叠纪生物礁中的油气聚集，按其所经历的成岩环境和变化特征，以晚二叠世为例，其理想模式如图 4 所示。



I、海底环境下生长的生物礁 I、海面波动或构造抬升，生物礁顶部露出水面遭受大气淡水淋滤溶蚀，形成大气淡水透镜体 II、苏皖运动时生物礁不断上升，长期暴露风化剥蚀和岩溶，礁体上部和顶部形成大量次生溶孔和裂缝 III、早、中三叠世海侵生物礁沉降并被上覆地层很快覆盖而保存了孔隙，同期或先期盆地相暗色沉积物油气即向礁体孔隙裂缝运移聚集
 1.海水潜流带，纤维状文石和镁方解石围绕生物形成等厚环边胶结，原生孔隙发育 2.大气淡水渗流带，溶蚀作用发育，形成大量溶孔 3.淡水潜流带形成的栉壳状方解石胶结物，孔隙被充填 4.淡水潜流带形成的粒状方解石胶结物充填孔隙 5.苏皖运动礁体抬升暴露，遭受淋滤岩溶，形成大量次生溶孔溶缝 6.礁体淋溶侵蚀后，至T₁T₂，海侵而迅速沉没，保留了孔隙，在油气聚集期被沥青充填。

图 4 黔西南晚二叠世生物礁成岩环境及油气聚集模式图

Fig. 4 Patterns of the diagenetic environment and oil-gas accumulation of bioherm in Late Permian, Southwest Guizhou

综上所述可以认为,早、晚二叠末期的东吴运动和苏皖运动上升剥蚀是造成早、晚二叠世礁岩主要储集空间的有利时期。早、晚二叠世末期形成的两次不整合面及其以下的礁岩淋滤溶蚀带,也就是 P_1^m 、 P_2 生物礁的上部和顶部是油气主要的有利储集部位和储集岩,储集层的厚度与古侵蚀面下岩溶的深度密切相关,一般来说,岩溶作用距侵蚀面20—100m最佳,溶孔发育。据紫云石头寨 P_2 生物礁统计,从礁顶侵蚀面开始往下至143.28m的厚度范围内,礁岩溶孔裂缝中均见有沥青产生,而再往下沥青消失。册亨板街 P_1^m 生物礁从顶部往下亦有119.37m的沥青分布,表明岩溶深度仍然是很大的。

本文经李尚武同志审阅和帮助,仅此致谢。

收稿日期 1984年11月21日

参 考 文 献

- [1] 沙庆安等, 1981, 石油与天然气地质, 2卷4期, 321—326页。
- [2] 罗宾, 巴瑟斯特著, 1977, 碳酸盐沉积物及其成岩作用, 中国科学院地质所译, 科学出版社。
- [3] 方少仙, 1983, 沉积学报, 1卷4期, 29—34页。
- [4] 吴雪华, 1983, 贵州区域地质, 2期, 27—37页。
- [5] 徐志川, 1984, 石油勘探与开发, 11卷2期, 10—15页。
- [6] Longman, M.W., 1980, AAPG Bull., V.64, N.4, P.461—487。

FEATURES OF THE DIAGENETIC AND RESERVOIR OF PERMIAN ORGANIC REEF IN SOUTHWEST GUIZHOU PROVINCE

Chen Xueshi

(Zhejiang Institute of Petroleum Geology)

Abstract

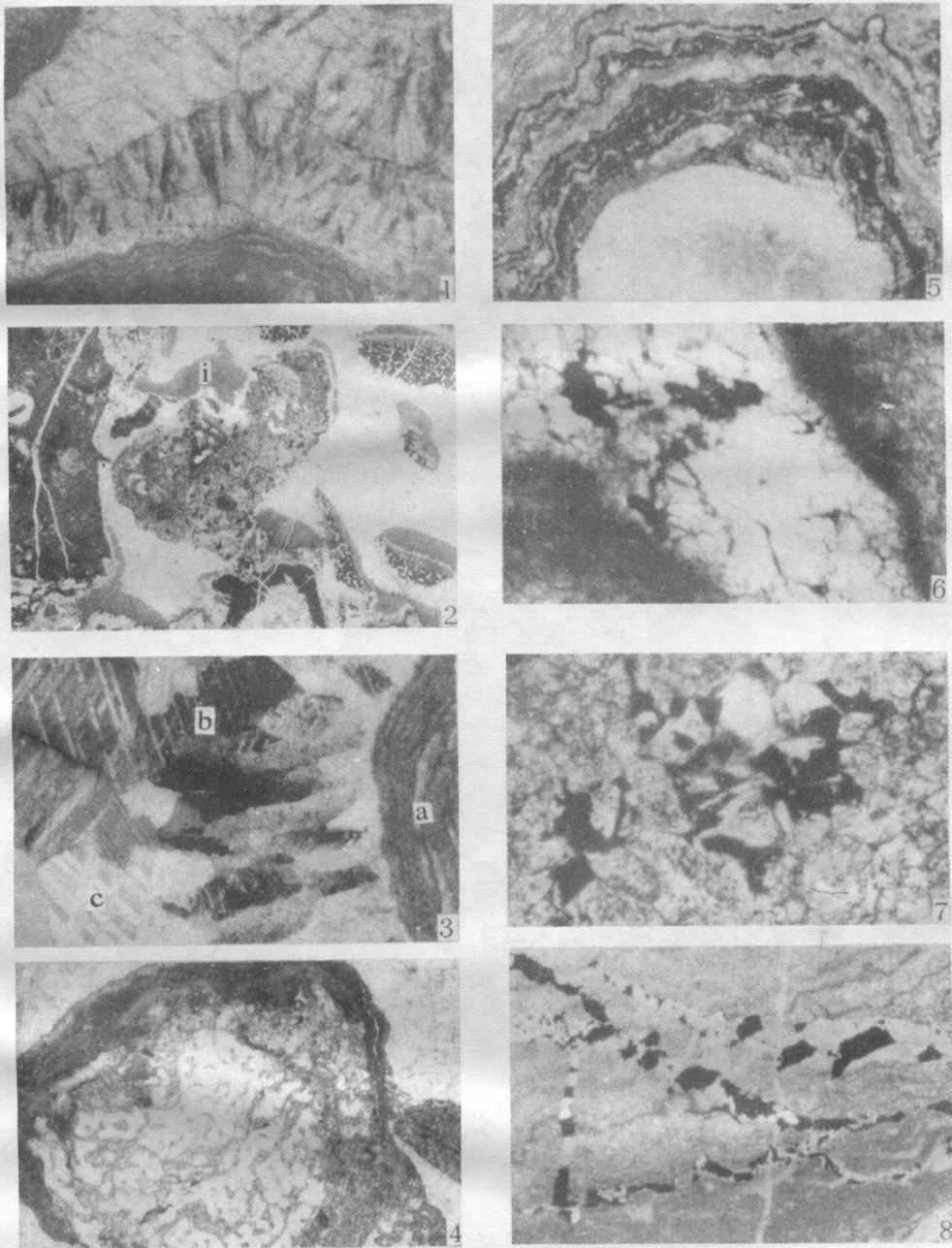
The Permian organic reef in Southwest Guizhou Province began to be formed in the middle-late Maokou age of Early Permian and continuously developed until Late Permian. The organic reef may be considered as a kind of margin-plat form reef. The reef-building zoolites were chiefly Spongia and Hydrozoa, secondly Tabulata and Bryozoa. However, Cyanophyta which played an important part in the process of reef-building took shape of cohesion and encrustation in appearance. There were also some commensaliam in the reef, such as Crinoidea, Brachyopoda, Foraminifera, Fusulinids, Gastriopoda, Chlorophyta and so on. They correspondingly formed frame-building rocks, frame building obstructed rocks, obstructed rocks, cohesive rocks and bioclastic limestone.

The reef-rocks during their forming process underwent through various diagenetic environments from the sea floor, the atmospheric fresh-water, the regional underground water to the karst erosion belt of deep-buried and hypergene fresh-water. In the environment of sea floor there was the dominance of biogenic agency, such as cohesion, encrustation and fibrous cement with zonal structure was formed. In the influent belt of atmospheric fresh water the early dissolution formed the intergranular and inner-granular pores and the influent silt. In the underground flow belt of atmospheric fresh water pore and crack were filled up by cement of lamellar or grainy calcite, the cementation with the neogenic deformation and compaction meant a great deal. In the mixed belt there were dolomitization and silicification. In the environment of regional underground water the remainder pore-crack of reef rocks were filled by rhombohedral macromeritic calcite of third or fourth generation, which was the cement of the latest generation. In the deep-buried environment of there were chiefly pressolution and recrystallization with the formation of replacement and tectonic crack. In the karst erosion belt of neogenic fresh water the percolating and dissolving of atmospheric fresh water led to form pores and fissures of dissolution which were incompletely filled by fresh water calcite.

From what has been mentioned above, it can be seen that the dissolution and cementation run through all the process of diagenesis and control the evolution of pore-crack.

Division of the diagenetic stage and the relation between the diagenesis of bioherm and oil-gas reservoir are given a discussion in this paper.

It must be pointed out that protogenous pores of the reef rock were mostly changed and filled up after the reef rock was lifted up to expose to the air during the Dongwu and Suwan tectonic cycle. The reef-rock suffered leaching of atmospheric fresh water and formed a lot of pores and fissures of dissolution. They could become effective reservoirs of oil and gas. So the Dongwu tectonic cycle in the end of Early Permian and the Suwan tectonic cycle in the end of Late Permian led to form two unconformable interfaces. The eluvial zone in the top of the reef-rock but under the two unconformable interfaces could form the reservoir rocks of oil and gas.



1. 礁岩孔隙中等厚纤维状环边胶结物交会时形成的多角形边界。册亨板街, P_1 , 正交偏光, $\times 100$ 2. 礁岩孔隙中的渗滤粉砂 (i) 册亨秧坪, P_2 , 自然光, $\times 5$ 3. 礁岩中的栉壳状方解石胶结物, 具三代, 既纤维状 (a) 十叶片状 (b) 十等菱形方解石 (c) 组合为特征。紫云, P_1 , 正交偏光, $\times 40$ 4. 硅质结核。海绵组织中的方解石胶结物被细粒石英交代 (白色者, 内部褐灰色为方解石残余) 册亨板街, P_2 , 自然光, $\times 6$ 5. 沥青 (黑色者) 沿海绵体外围的藻壳纹层充填浸染。望谟大观, P_2 , 单偏光, $\times 40$ 6. 沥青沿海绵骨架内和体腔胶结物溶蚀孔隙充填 (黑色者, 白色为方解石胶结物)。紫云, P_2 , 单偏光, $\times 100$ 7. 细晶白云岩, 晶间孔被沥青充填。望谟大观, P_2 , 单偏光, $\times 40$ 8. 沥青充填溶沟溶缝, 呈斑块状和脉状。紫云, P_2 , 自然光, $\times 3$