

川东鄂西长兴期海绵礁的特征和形成条件

陈成生 张继庆*

(成都地质矿产研究所)

晚二叠世长兴期川东、鄂西碳酸盐岩台地的海绵礁主要有三种类型:台缘镶边骨架礁、台内线状或点状骨架礁和台内点状障积礁。第一成礁带发育在台地的东缘,第二成礁带位于断陷型淹没台地与开阔台地的交界带,第三成礁带发育在台地西部的缓坡上。礁体的形成、分布主要受断裂构造的控制。

关键词 生物礁 碳酸盐岩 同生断裂 海平面升降 晚二叠世 川东鄂西

第一作者简介 陈成生 男 36岁 硕士 沉积学

晚二叠世长兴期,川东、鄂西碳酸盐台地是我国钙质海绵礁的主要产地之一。自1972年在鄂西建南首次发现礁型气藏以来,先后又在川东多次钻遇具有工业意义的礁型气藏。因此研究海绵礁的形成条件和分布规律,不仅对丰富生物礁的沉积理论具有重要的意义,而且也是油、气勘探工作中急待解决的问题。

一、礁组合的基本特征

1. 造礁生物 主要造礁生物海绵有三种生态类型。(1)柱状海绵:大型长柱状个体,常见的有钝管海绵(图版I-1)、多囊室腔海绵、利川海绵和叠层腔海绵。此外,还有分类位置未定的Tabulozoa也较常见,笔者从生态特征考虑,暂将它归入柱状海绵类。(2)囊状海绵:以体内沟道系统或囊泡状房室发育为特征。身体不分节,多数呈块状,主要指纤维海绵(图版I-2)和串管海绵中的葡萄海绵和泡腔海绵。(3)串珠状海绵:由球形或似球形房室组成的链状或串珠状体,包括居海绵和新瓜达卢佩海绵(图版I-3)。参与造礁的还有蓝绿藻和少量的水螅、苔藓虫及红藻。附礁生物主要是腕足类、菊石和有孔虫。

2. 海绵礁骨架的固结方式 海绵是一种生活于弱动荡海水环境中的生物,抗浪能力弱,自身没有营造坚固骨架的能力。区内礁体的海绵大多数呈倒伏状,真正保持生长状态的并不多见。它是借助海底胶结作用、蓝绿藻和古石孔藻的缠结作用或串珠状海绵的缠绕作用,方能形成具有一定抗浪能力的骨架。

3. 礁体类型及区域分布 可划分为台缘镶边骨架礁,台内线状或点状骨架礁和台内点状障积礁三大类。出露地面的礁体主要沿三个近平行的成礁带分布。

利川见天坝台缘镶边骨架礁^[1],位于台地东缘,是第一成礁带的主体部分。礁体延伸长逾

本文1989年5月18日收到,1990年6月15日改回。

* 本文是在成都地质学院曾允孚教授的亲自指导下完成的。

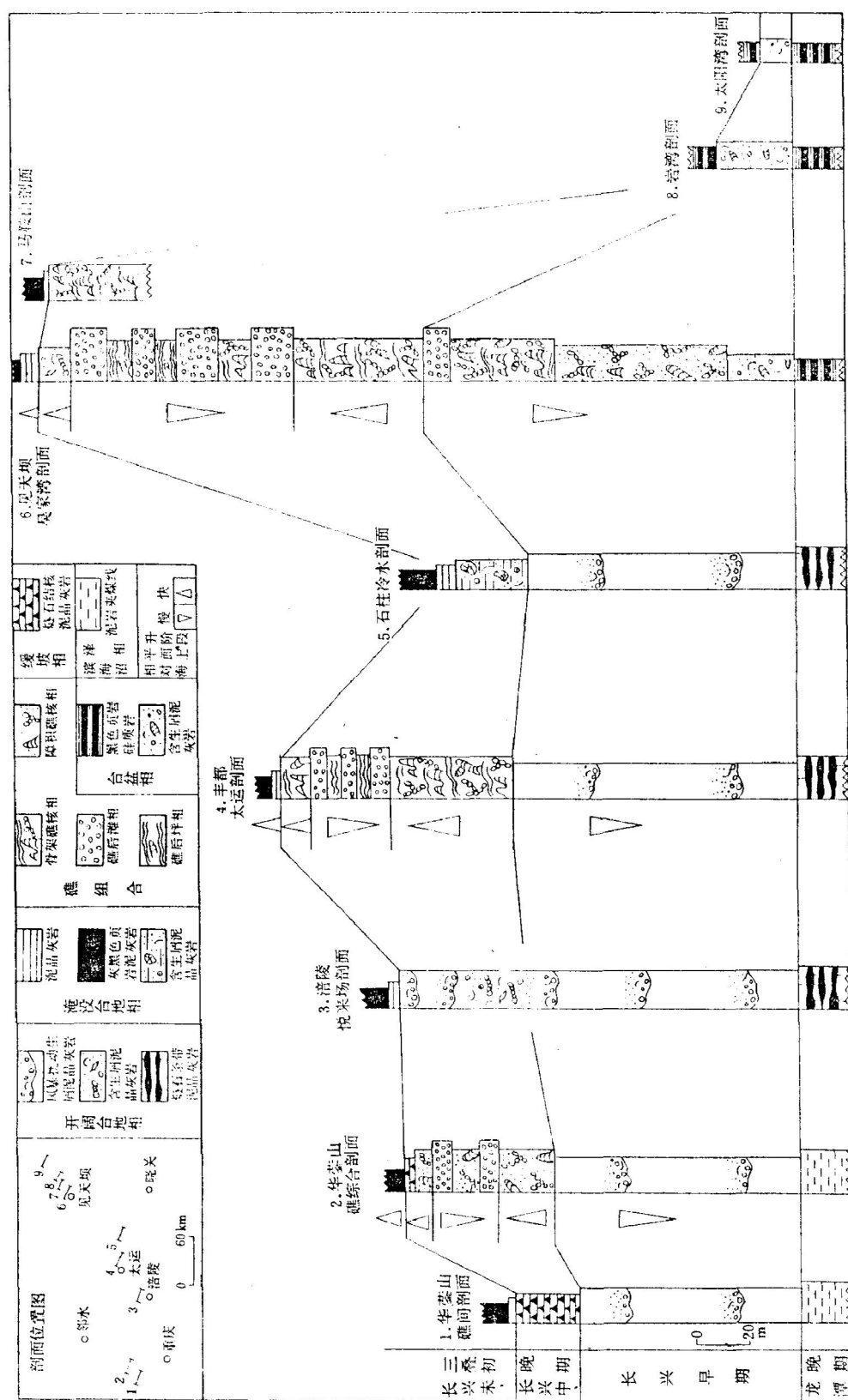


图 1 川东、鄂西地区晚二叠世长兴期沉积相及相对海平面演化阶段对比图

50 km, 地面出露宽度约 4 km (刘怀波等, 1983)。礁组合的最大厚度达 250 m, 而同时期的台盆相厚仅 10—40 m, 礁后台地相厚 100—160 m, 在古地貌上构成显著的隆起。它是区内规模最大、发育最完美的礁体。礁组合可划分为礁核、礁后滩、礁后坪及礁前斜坡相。礁核相的主要特点是: (1) 大型柱状海绵丰富, 呈倒伏状或生长态; (2) 海底胶结作用发育, 纤状或叶片状海底胶结物常与蓝绿藻纹层相间排列 (图版 I-4), 共同参与固结骨架; (3) 附礁生物除腕足类外, 以含大量的中、大个体菊石为特征。礁后滩相主要由柱状海绵屑、棘屑和腕足类介壳构成的生物屑灰岩组成, 大部分经强烈的白云石化已转变为残余生物屑细晶白云岩。礁后坪以发育蓝绿藻为特征, 粘结造礁生物屑和灰泥, 形成生物屑藻粘结岩。礁前斜坡相不很发育, 由囊状、串珠状海绵障积岩和少量的泥晶礁角砾岩组成。礁组合纵向层序 (图 1) 以台地斜坡发育障积丘为开始, 进而发展为骨架礁组合, 最后转变为开阔台地和淹没台地沉积。

第二成礁带的代表礁体是丰都太运台内线状骨架礁。礁体发育在台地内断陷型淹没台地与开阔台地的交界部位。是川东、鄂西地区仅次于见天坝礁的礁组合。礁体沿 NNE 向延伸达 6.5 km, 出露宽度 300 m 左右, 礁组合厚 90.5 m。礁核相主要由柱状、囊状和串珠状海绵构成骨架, 借助蓝绿藻、古石孔藻和串珠状海绵缠绕固结 (图版 I-5), 附礁生物以含大量的腕足类动物, 尤其是大个体腕足类为特征。礁后滩, 礁后坪的沉积特征与见天坝礁组合基本相同。礁前斜坡相也不发育, 只在个别地区见与礁核相指状交错的礁角砾岩 (图版 I-7)。礁组合发育在长兴组的中、上部, 是在开阔台地的基础上发育起来的。下三叠统大冶组的淹没台地相直接覆盖在礁组合之上 (图 1)。

第三成礁带由若干个台内点状障积礁组成。代表性礁体是邻水椿木坪障积点礁和北碚老龙洞障积点礁^[2]。这些礁体规模小, 一般延伸小于 1.5 km, 厚度大于 60 m。纵向上礁组合是由障积礁核相与浅滩相交互叠置而成的塔形体。障积礁核相造礁生物少 (20—30%), 主要为囊状和串珠状海绵, 未形成生物骨架结构, 仅起到障积灰泥的作用 (图版 I-6), 礁灰岩普遍为灰泥支撑结构; 附礁生物主要是中、小个体的腕足类。伴生的浅滩相是亮-泥晶生物屑灰岩, 生物屑含量 80—90%, 以棘屑和腕足类介壳为主, 填隙物的灰泥和少量的纤状亮晶胶结物。礁体均发育在长兴组的中、上部, 也是在开阔台地的基础上发育起来的, 最后, 礁组合被淹没台地相所覆盖 (图 1)。

二、成礁条件

1. 水动能状态

从第一成礁带的台缘镶边骨架礁→第二成礁带的台内线状骨架礁→第三成礁带的点状障积礁, 造礁生物海绵的生态由大型柱状海绵→囊状、串珠状和柱状海绵→囊状和串珠状海绵; 礁核骨架固结方式由海底胶结作用→蓝绿藻、古石孔藻和串珠状海绵的缠绕作用→生物障积灰泥 (非骨架礁); 主要附礁生物由菊石→大个体腕足类→中、小个体腕足类。上述变化表明, 从台地的东缘往台地内部, 水动能及水体的循环作用依次减弱。尽管海绵不适应强搅动的高能环境, 但柱状海绵所要求的能量相对要高些, 可能需要一定的水动能, 足以把灰泥簸选走, 以免摄食器官的堵塞, 同时它还要求良好的循环条件, 特别是有上升流存在的条件。这种环境既能使水体保持清静, 又能够提供丰富的营养物质, 有利于柱状海绵的大量繁殖。同样, 海底胶结作用的发育也要求较高的水动能、较陡的斜坡和上升流作用^[3,4], 冷的上升流沿礁前斜

坡上升, 随着 CO_2 的释出, 导致 CaCO_3 过饱和沉淀, 形成海底胶结物^[5]。第一礁带具备上述条件, 因此, 柱状海绵和海底胶结都很发育, 并含指示高度开阔环境的菊石化石。第二成礁带线状骨架礁的柱状海绵和海底胶结仅发育在礁组合的上部, 这是因为随着礁组合不断地向上建造, 礁前逐渐变陡, 导致水动能增高和产生上升流。而礁组合的中、下部仍主要由囊状和串珠状海绵造架, 蓝绿藻和古石孔藻缠结。第三成礁带则全由囊状和串珠状海绵障积灰泥。囊状和串珠状海绵与灰泥关系密切, 可见适应较低能的环境。这也许与囊状海绵具有相当发育的沟道系统, 以及大部分串珠状海绵的房室壁都有密集微孔的古生态特征有关。同时上述水动能有规律的变化, 也指示当时是时的盛行风向是东风。

2. 古地理背景 (图 2)

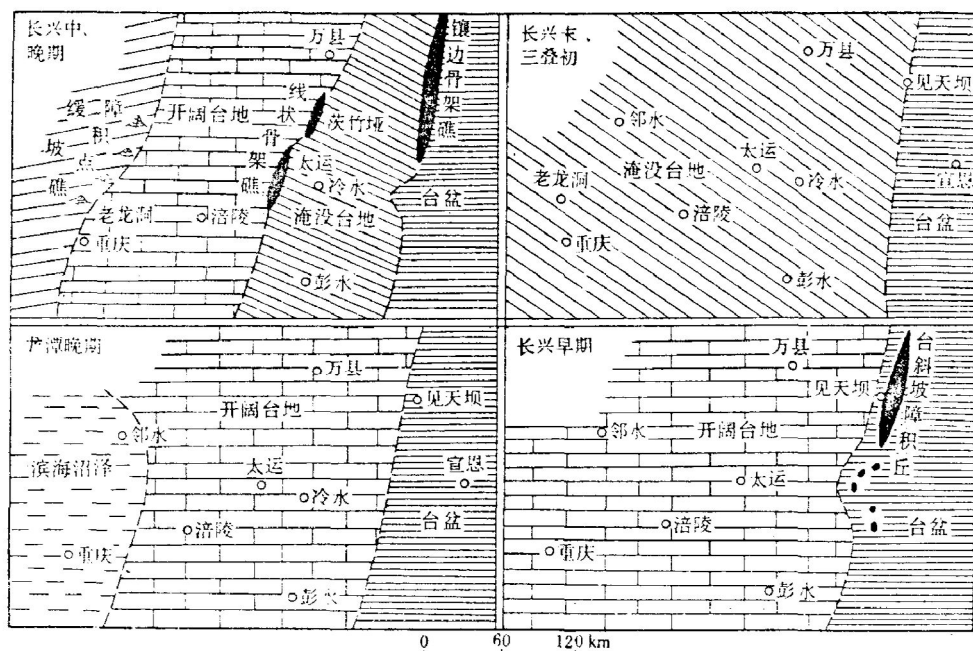


图 2 川东鄂西地区晚二叠世岩相古地理图

龙潭早期, 鄂西地区的断陷台盆, 沉积互层状黑色页岩与硅质岩, 产菊石及放射虫。往西在川东广大地区突变为滨海沼泽环境, 沉积含腕足类、双壳类等化石的泥岩, 夹数层可采煤层和煤线。龙潭晚期, 滨海沼泽向西退缩至邻水、重庆一带, 川东鄂西开始沉积清水碳酸盐岩。

长兴早期, 台地拓展形成宽广的碳酸盐开阔台地, 沉积界面一般介于正常浪基面与风暴浪基面之间。主要沉积浅灰色块状-厚层生物泥晶灰岩, 含筳、有孔虫、腕足类、二叠钙藻、裸海松藻和棘屑。普遍发育暴风浪扰动构造, 有两种表现形式: (1) 岩层中出现波状或不规则袋状的侵蚀界面^[6]。侵蚀面之上为亮晶砾级生物屑灰岩 (风暴滞留沉积), 往上, 生物屑逐渐变细, 含量减少, 最后过渡为灰泥支撑结构, 可能为悬浮碎屑再沉积作用的产物。(2) 岩层中纵向和横向上都频繁出现二叠钙藻屑和腕足介屑集中分布呈不规则的透镜状体, 不具明显的侵蚀底界。可能是级别小, 但频繁发生的暴风浪振荡作用或涡流, 对底部沉积物搅动、筛选、集中的结果。这个时期, 台地东缘的前斜坡开始出现海绵障积丘, 然后演化为海底胶结作用很发育的海绵骨架礁。

长兴中、晚期是川东鄂西碳酸盐岩台地海绵礁发育的全盛时期。台地东缘的礁体继续向上建造,形成区内规模最大的镶边骨架礁。台地内部出现同沉积断陷型淹没台地,在其与开阔台地交界带上形成第二成礁带,发育线状骨架礁。断陷型淹没台地存在的主要依据是,太运-茨竹垭一线以东,突然水体加深,沉积深灰色薄层状泥晶灰岩、泥灰岩、纹层状硅质岩和黑色页岩,缺少底栖生物,仅含少量菊石、钙球和海绵骨针;而其以西至华蓥山一带仍为含有大量腕足类、红藻和筳的开阔台地相沉积。开阔台地相从东往西水深变化并不急剧,华蓥山以东的涪陵地区此时仍为受风暴扰动的开阔台地,以西,沉积界面水体逐渐加深,并慢慢地进入到风暴浪基面之下,但仍比较靠近风暴浪基面。尽管横向上相变缓慢,但海底仍有一定的坡度,这从华蓥山以西广泛发育的风暴流沉积可以得到证实,因为一定的海底坡度是形成风暴流的必备条件。风暴流沉积是一套正粒序构造非常明显的薄层至中层状的粒屑泥晶灰岩,泥晶粒屑灰岩与灰黑色纹层至薄层状的泥灰岩、泥岩组成的韵律性互层。粒序层的底界为突变接触,略有底侵蚀作用,顶界与泥灰岩、泥岩渐变过渡,属于进入风暴浪基面之下的风暴流沉积。上述沉积相的空间变化表明长兴中期华蓥山一带可能为向西缓倾斜的地形,即缓坡环境。造成这种缓坡的原因,我们认为可能与一组阶梯状同沉积断层的活动有关。J.-F. Reed^[7]也曾把碳酸盐缓坡归因于阶梯状断层的活动。第三成礁带的障积点礁就发育在缓坡与开阔台地的相变带上。同时在开阔台地上还发育了一些孤立的点礁。

长兴期末至早三叠世初期,相对海平面急剧上升,整个川东鄂西碳酸盐岩台地连同所有的礁体均被淹没到透光带之下,从而结束了碳酸盐岩台地的成礁历史。

研究区岩相古地理演化表明,除第一成礁带是在龙潭期台地斜坡上发育的外,第二、第三成礁带的形成与分布均与长兴期前的古地形无关,直接受长兴期的次一级古地理单元所控制。不过,分布在第二、第三成礁带之间的孤立点礁是否与长兴期前的古地形有关,还有待进一步研究。

3. 相对海平面变化

相对海平面(海平面变化与沉积底盘构造升降的总和)的上升速率与礁的生长速率相协调,是保证礁体发育的最基本条件之一。本区从龙潭早期至长兴期末-三叠纪初,相对海平面持续上升。但详细分析礁组合的演化旋回,可知长兴期相对海平面的上升还具有慢、快相间的波动性特点。从图1可看出,第一个阶段相对海平面上升较缓慢,上升速率与开阔台地相的沉积速率基本同步。台地内部,从石柱冷水-丰都太运-华蓥山一带,沉积了一套厚90—106 m左右的受风暴扰动的开阔台地相,说明这段时间水深变化不大,沉积界面基本保持在正常浪基面与风暴浪基面之间。台地东缘前斜坡上的障积丘,生长速率超过相对海平面的上升速率,长入到正常浪基面之上,演化为骨架礁,并出现礁后滩相。第二阶段相对海平面上升较快,与礁核的生长速率基本一致,礁核垂直向上生长。见天坝礁组合形成厚约50 m的骨架礁核相,丰都太运礁组合生成厚46 m的骨架礁核相,老龙洞礁组合形成厚20 m的障积礁核相。上述礁核相的厚度差,说明台地东部相对海平面的上升比西部快,这种非同步性,表明相对海平面的上升与基底断块下降作用关系密切。第三阶段相对海平面上升缓慢。见天坝和丰都太运礁组合的礁核都向礁前斜坡方向推进,原有的礁核地带为礁后滩、礁后坪取代;老龙洞障积礁升入到正常浪基面之上,转变为浅滩相沉积。第四阶段相对海平面又较快地上升。见天坝礁组合,在马鞍山礁核垂直向上生长,在吴家湾礁后滩水体加深,转变为开阔台地相;太运礁组合的礁核向礁后滩方向后退,并向上生长了8.8 m;老龙洞礁组合,在上一阶段形成的浅

滩上又发育了 6.4 m 的障积礁灰岩，终因生长速度赶不上相对海平面的上升速度，为燧石条带发育的泥晶灰岩所取代。最后一个阶段（长兴世末-三叠纪初）相对海平面急剧上长，礁体被淹没而结束其成礁历史。

4. 断裂构造的控制

礁体的形成与分布主要受 NNE 向断裂的控制。从图 3 可知，礁体的空间分布基本上与 NNE 向基底断裂的位置相吻合。最显见的例子是，第一成礁带南段的花椒坪、黄金洞等礁体，从长兴早期就开始发育障积礁，到长兴中期，不但不象北段见天坝礁体演化为骨架礁，相反被淹没台地相覆盖。表明长兴中期有横切台地东缘的断陷作用，导致礁体被淹没死亡，正与卫照解译的隐伏基底断层 F_{22} 相一致。第一成礁带南段，呈 NEE 向展布的红椿桃、半槽、小云坪、陈家湾、二台等障积点礁和礁间沉积含有大量的角砾，最大的角砾直径达 2 m，角砾灰岩的厚度达数米至数十米*。这显然不能用风浪对低能障积点礁的侵蚀来解释，而更可能与 NEE 向同沉积断陷造成的斜坡有关。

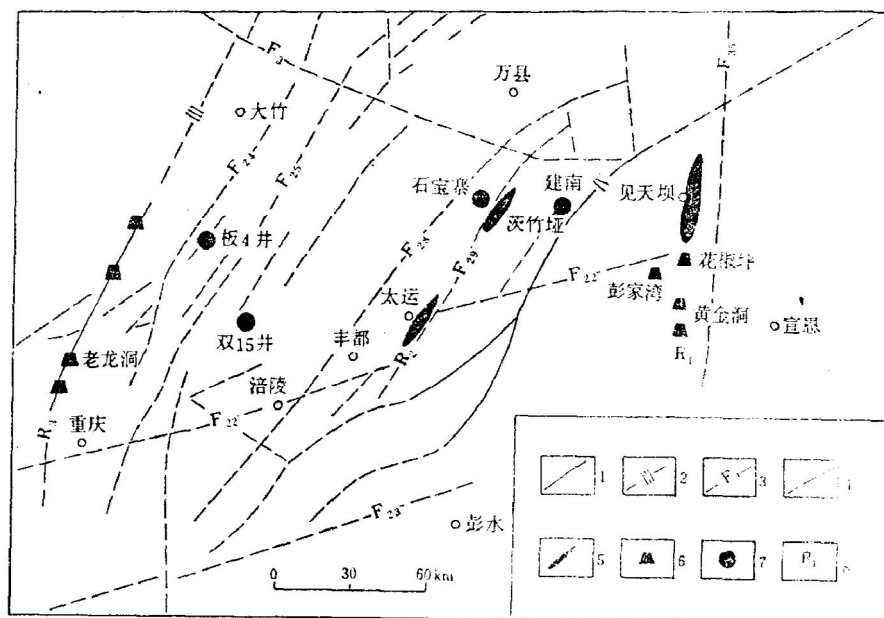


图3 礁体与断裂构造分布图

(断裂分布据童崇光等 1983 年卫照解译资料，引自杨仲伦等，1986)

1—地面出露的断层，2—隐伏深断层，3—隐伏基底断层，4—一般的隐伏断层，5—地面线状礁体，6—地面点状礁体，7—隐伏礁体，8—成礁带的编号

另一个例子是彭水剖面长兴组底部棘屑滩上发育的串珠状海绵骨架岩块体，厚达 9 m 左右，延伸几十米，向上很快相变为水平层理发育的灰黑色中层状含筳泥灰岩。仅具成礁雏形，就被淹没到较深的水体之下，也是与 NEE 向同沉积断陷作用有关。所处位置正与卫照解译的隐伏基底断裂 F_{23} 相吻合。

* 刘怀波等，1983，鄂西晚二叠世生物礁研究报告。

三、沉积模式及储集远景带

长长期川东鄂西碳酸盐岩台地海绵礁的沉积模式综合为图4。

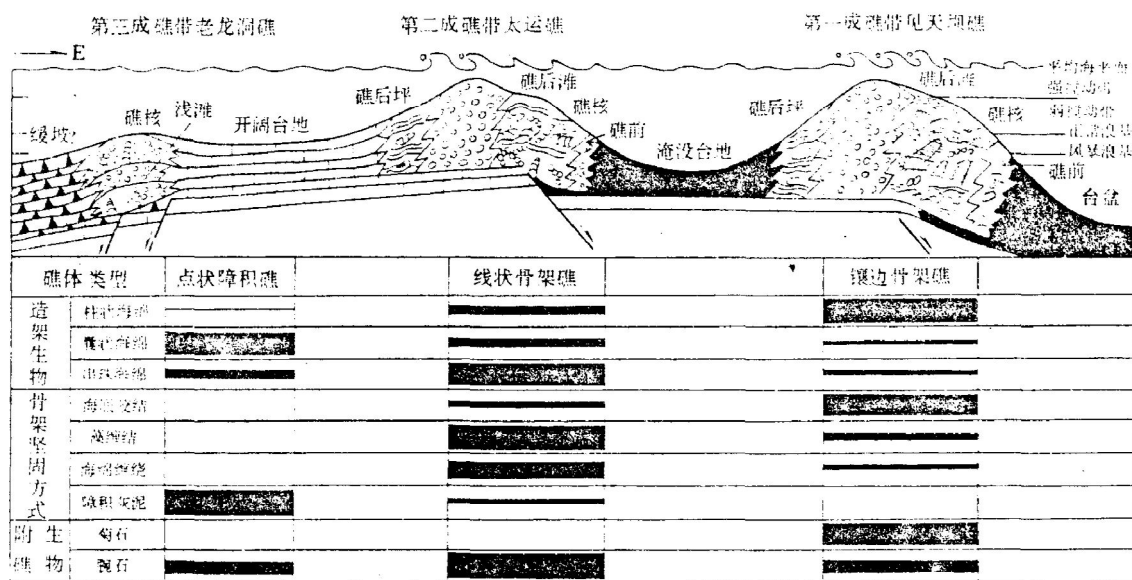


图4 川东鄂西碳酸盐岩台地沉积模式

根据区内礁体的研究,笔者认为海绵礁的沉积模式与现代珊瑚礁有一定的差异。主要表现在两个方面:(1)在海绵骨架礁组合中,水体最浅、能量最高的相带是礁后滩相,而不是礁核相。如果我们把正常浪基面之上进一步划分为弱搅动带和强搅动带,那么海绵主要生活在弱搅动带内,在强搅动带,主要堆积海绵屑和其它生物屑,因此,礁核相一般位于弱搅动带内,礁后滩位于强搅动带内。(2)由于海绵骨架礁的礁核位于弱搅动带内,能量低,因此礁前斜坡的礁角砾不很发育。

礁组合的储集性能与礁体类型关系密切。骨架礁组合经历过多阶段的成岩改造作用,具有良好的储集性能。利川见天坝礁组合和丰都太运礁组合的礁核相中都充填有大量的沥青(图版1-8)。第一礁带多已暴露失去储集条件,第二礁带方是本区寻找礁型气藏的有力地带。在这个带内,忠县石宝寨一井已经打到了礁型工业气藏。

结 论

1. 出露地面的礁体主要沿三个成礁带分布,分别为台缘镶边骨架礁、台内线状或点状骨架礁和点状障积礁三种礁体类型。

2. 礁体的形成与分布具有地貌敏感性,但这些控礁地形的形成与断裂活动有关。第一成礁带发育在长长期前断陷作用形成的台斜坡上,第二、第三成礁带直接受长长期NNE向同沉积断裂的控制。

3. 长长期相对海平面持续上升,但具有慢、快相间的波动特点,构成礁组合的旋回特征。

4. 海绵礁骨架的形成需借助海底胶结作用, 蓝绿藻的缠结作用或串珠状海绵的缠绕作用。礁的基本沉积模式不同于珊瑚礁, 礁核位于弱搅动带内, 礁前斜坡礁角砾不发育。

6. 骨架礁的储集性能好, 第二成礁带可能是寻找礁型油、气藏的最有利地带。

参 考 文 献

- [1] 范嘉松等, 地质科学, 1982; (3)。
- [2] 强子同等, 石油与天然气地质, 1985; 6 (1)。
- [3] Marschall J. F., *Reef Diagenesis*, Edited by J. H. Schraeder and B. H. Purser, Berlin Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1987.
- [4] Kendall G. St. C., Schlager, W., *Marine Geo.*, 1981; 44: 181—212.
- [5] B. P. 库兹涅佐夫, 李建温译, 礁地质学及礁的含油气性, 1978. 石油工业出版社, 1983.
- [6] 张继庆等, 四川盆地早二叠世碳酸盐沉积相及风暴沉积作用, 重庆出版社, 1986.
- [7] Reed J. F., *AAPG Bull.*, 1985; 69 (1)。

CHARACTERISTICS, FORMATION CONDITION AND RESERVOIR POTENTIAL OF UPPER PERMIAN CHANGXING FORMATION CALCISPONGE REEFS IN EAST SICHUAN AND WEST HUBEI

Chen Chengsheng Zhang Jiqing

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The calcisponge reefs of the Upper Permian Changxing carbonate platform in Eastern Sichuan and Western Hubei Provinces can be divided into three types: rimming framework reefs developed on the eastern margin of the platform, linear or point framework reefs located within the platform and baffling point reefs on the ramp of the western platform, the framework reef complexes of which, both rimming and linear or point, are favourable oil and gas reservoirs. The formation and distribution of reef bodies are mainly controlled by faulting, especially synsedimentary faulting. The reef bodies developed throughout the whole Changxing stage, the best of which are middle and late stages. From the end of Changxing to Early Triassic, a rapid rising of sea-level took place, resulted in drowning out of the entire platform and all the reef bodies.