

文章编号: 1009-3850(2004)03-0065-07

川东北地区上二叠统长兴组生物礁组成及成礁模式

牟传龙, 谭钦银, 余 谦, 王立全, 王瑞华

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 川东北地区在地表露头上目前发现的长兴组生物礁以盘龙洞、通江铁厂河和羊鼓洞生物礁为代表。野外和室内综合研究表明: 盘龙洞生物礁发育完好, 生长有大量骨架岩, 而羊鼓洞生物礁骨架岩几乎不发育, 以障积岩为主夹少量粘结岩; 盘龙洞骨架间充填物为生物碎屑和砂屑为主, 泥晶灰泥很少, 而羊鼓洞以生物碎屑和方解石灰泥为主; 盘龙洞生物礁普遍发生了白云岩化, 而羊鼓洞白云岩化极其微弱。通过盘龙洞与羊鼓洞生物礁对比研究, 认为两者非同时形成, 羊鼓洞生物礁早于盘龙洞, 生物礁有由台地向盆地迁移趋势, 其成礁模式为台地边缘礁滩组合型缓坡模式。

关键词: 上二叠统; 长兴组; 生物礁; 成礁模式; 川东北

中图分类号: P588.24⁺8

文献标识码: A

涉及四川盆地二叠系生物礁, 前人进行过一些专题研究和讨论^[1~8], 但是对四川盆地东北部生物礁研究较少。到目前为止, 在露头上所发现的生物礁主要有通江铁厂河林场生物礁、宣汉渡口羊鼓洞生物礁、盘龙洞生物礁^[9, 10]以及开县红花生物礁, 在覆盖区发现了黄龙1—4井、天东10井、21井、云安12井、14井、铁山5井、板东4井和双15井等生物礁。本文将重点以羊鼓洞生物礁及盘龙洞生物礁为例, 结合通江铁厂河生物礁, 讨论生物礁组成特征、礁沉积相、礁体类型、成礁模式及成礁阶段。

1 生物礁组成特征

1.1 盘龙洞生物礁

盘龙洞生物礁由礁基、礁核及礁盖等三部分所组成(图1)。礁基由3—7层组成, 厚62.34m, 下部为开阔台地滩间相深灰色中层状泥晶灰岩, 上部为浅滩相浅灰色厚层块状含生物碎屑、砾屑灰岩。礁核由8—12层组成, 厚99.48m, 岩性为浅灰色沥青质海绵障积岩和海绵骨架岩, 下部8—9层为障积岩,

中部10层为骨架岩, 上部11、12层为障积岩。造礁生物主要为串管海绵, 见少量硬海绵。造礁生物含量为20%~50%, 其中以第10层最多, 占造礁生物的45%~50%。多数海绵垂直层面生长, 少数斜交层面, 尤其10层中的海绵形成了很好的骨架, 藻围绕海绵生长。附礁生物有腕足、瓣鳃、海百合、䓴及有孔虫。填隙物主要为生物碎屑、砂屑, 灰泥含量很少。生物礁普遍发生了白云岩化, 多数已演变为礁白云岩。礁体中发育大量孔洞, 部分被方解石晶体充填, 部分被沥青充填, 部分未被充填。礁体中发育大量沥青, 用铁锤击打几乎随处可见, 主要充填于岩石孔洞、晶洞、生物体腔及裂隙中。礁盖由13层及以上层位组成, 厚59.51m, 岩性为含砾泥质白云岩、残余鲕粒白云岩、结晶白云岩夹深灰色中厚层状残余泥晶生物屑灰岩, 为潮坪沉积。礁盖白云岩中沥青丰富, 充填于晶洞及裂隙中。

1.2 羊鼓洞生物礁

羊鼓洞生物礁亦由礁基、礁核及礁盖等三部分所组成(图2)。礁基由2—4层组成, 厚29.54m, 岩

收稿日期: 2004-07-05

资助项目: 四川省学术和技术带头人培养资金资助项目(1200308)和中石化南方勘探分公司“四川盆地东北部二叠—侏罗系沉积与层序地层研究”。

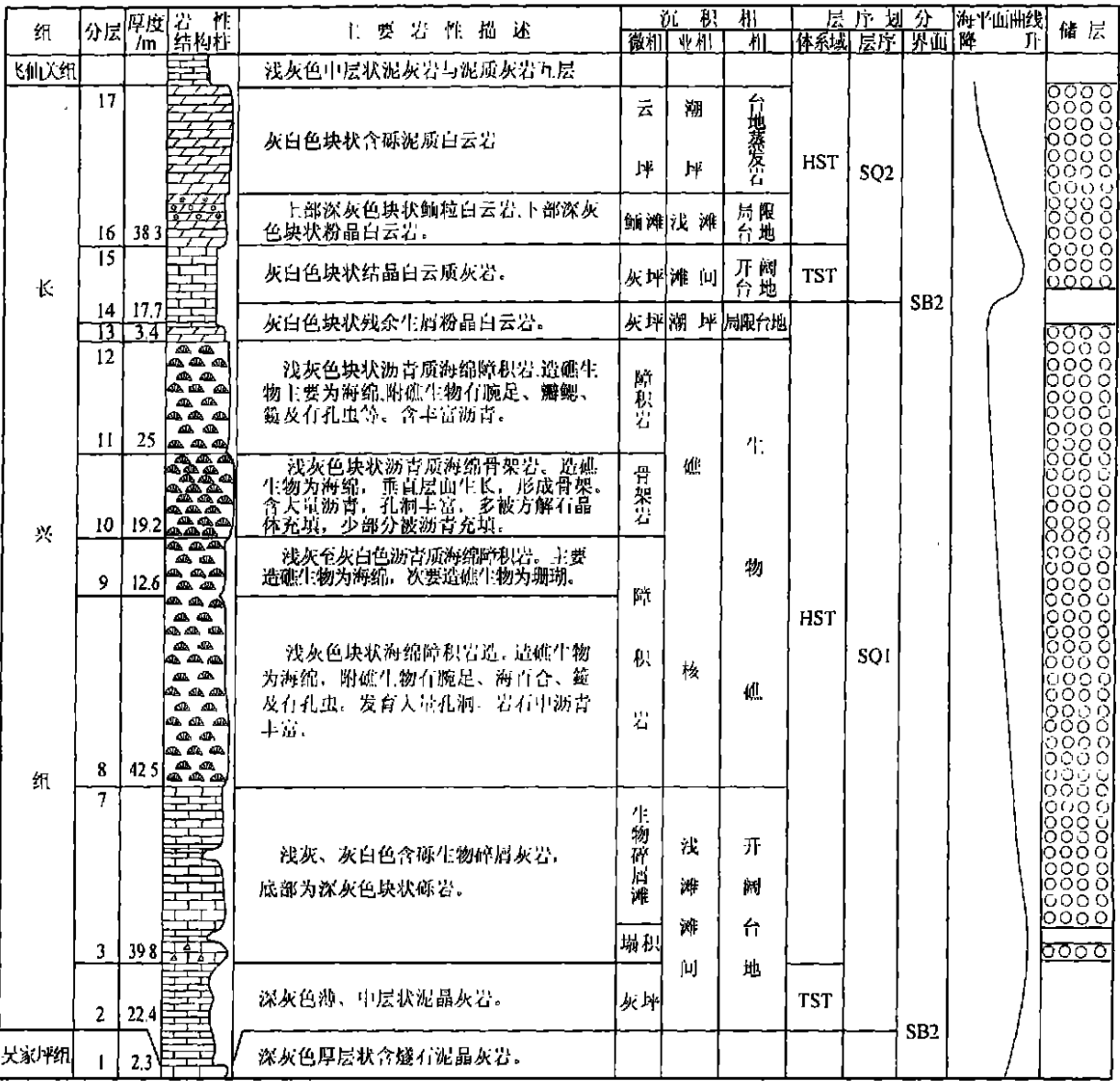


图1 宣汉县鸡鸣盘龙洞长兴组生物礁沉积柱状图

Fig.1 Column through the Upper Permian Changxing Formation organic reefs in Panlongdong, Jichang, Xuanhan

性为浅灰、灰白色块状含生物碎屑、砾屑泥晶灰岩, 生物碎屑以有孔虫、海绵、棘皮为主, 次为介形虫及腕足, 为浅滩沉积。礁核由5层组成, 厚48.15m, 岩性为灰色块状海绵障积岩。造礁生物主要为串管海绵, 含量20%左右, 个体大小不一, 稍大者断面直径3~4cm, 长6~7cm, 小者直径0.5~0.8cm。多数海绵无固定生长方向, 少数个体较大者垂直层面生长。附礁生物有腹足、腕足、瓣鳃及有孔虫、笔管。填隙物为泥晶方解石, 含量70%。礁盖由6层及以上地层组成, 厚168.54m, 下部为灰色、深灰色薄至中层状、厚层块状生物碎屑灰岩, 上部为浅灰色中厚层至块状泥质泥晶白云岩夹4层砾屑白云岩, 为浅滩、潮坪沉积。

上述表明, 盘龙洞生物礁发育完好, 生长有大量骨架岩, 而羊鼓洞生物礁骨架岩几乎不发育, 以障积岩为主夹少量粘结岩; 盘龙洞骨架间充填物为生物碎屑和砂屑为主, 泥晶灰泥很少, 而羊鼓洞以生物碎屑和方解石灰泥为主; 盘龙洞生物礁普遍发生了白云岩化, 而羊鼓洞白云岩化极其微弱。

2 生物礁组成及岩石类型

2.1 生物礁组成

1. 造礁生物

根据前人成果, 结合本次研究, 认为川东地区长兴组生物礁造礁生物主要有以下门类。

(1) 海绵类是长兴期最主要的造礁生物, 主要包

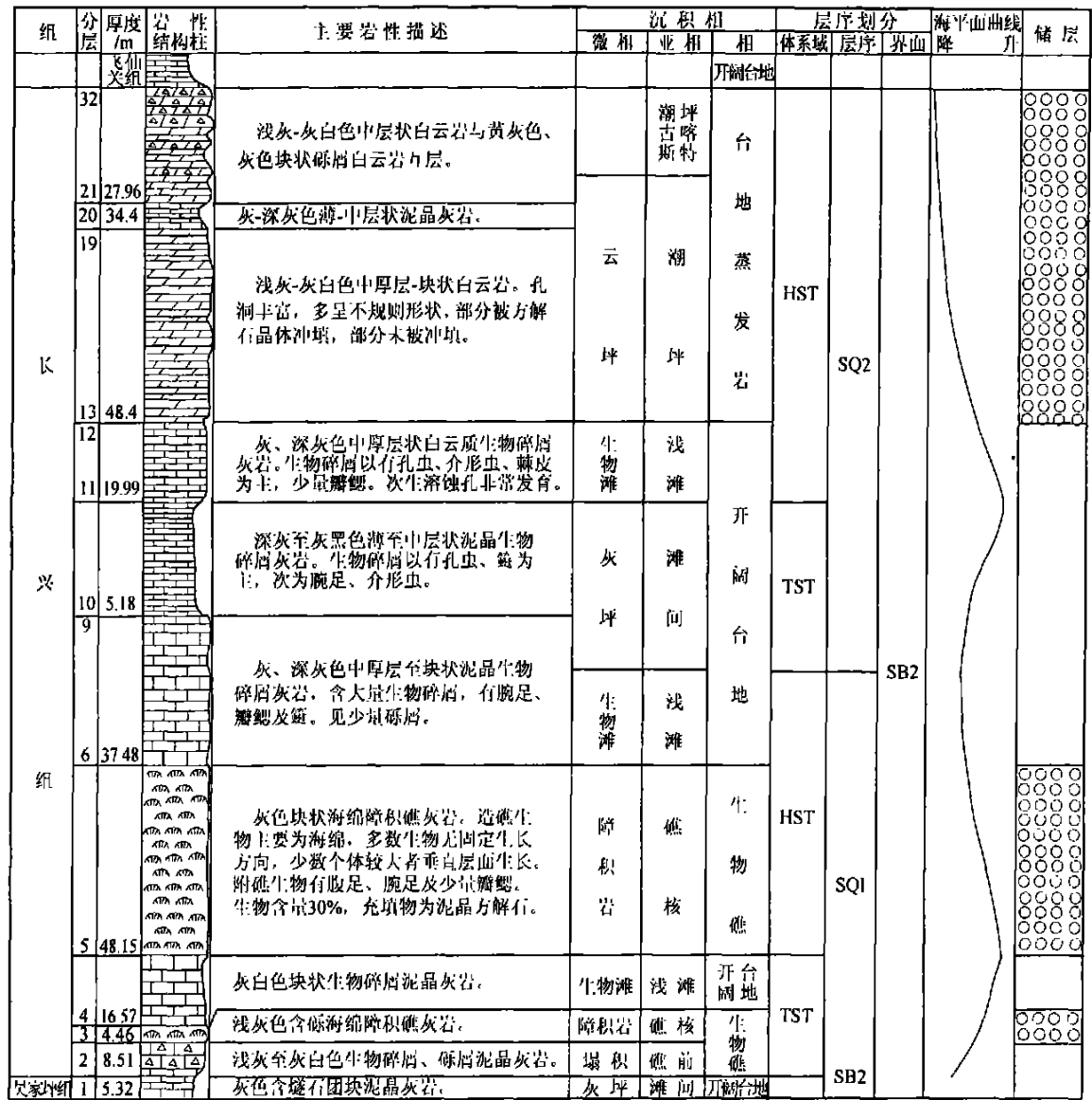


图2 宣汉县渡口羊鼓洞长兴组生物礁沉积柱状图

Fig.2 Column through the Upper Permian Changxing Formation organic reefs in Yanggudong, Dukou, Xuanhan

括串管海绵 (*Sphinctozoa*)，纤维海绵 (*Inozoa*) 及硬海绵 (*Sclerospongiae*) 等 3 类，其中以串管海绵占绝对优势。

(2) 水螅类含量较海绵类少得多，但它也是非常重要的造礁生物之一，主要有两种类型：一为板状水螅，另一类为团块水螅。

(3) 与水螅类相似，苔藓虫含量很少，但也是重要的造礁生物之一。

(4) 藻类分布于海绵、水螅及苔藓虫等造礁生物周围，包绕造礁生物生长，对造礁生物起固定和粘结作用。主要有古石孔藻 (*Archaeolithoporella*)，管壳石 (*Tubiphytes*) 及梨形藻 (*Permocalculus*) 等。

2. 附礁生物

附礁生物门类众多，有腕足、瓣鳃、海百合、腹足、有孔虫及  类。其中有孔虫有节房虫 *Nodosaria* sp.，厚壁虫 *Pachyphloia* sp.，柯兰妮虫 *Colaniella* sp.，假橡果虫 *Pseudoglandulina* sp.， 科有古纺锤  *Palaeofusulina* sp.，苏伯特蛭状喇叭  *Codonofusiella schubertelloides*，拉且尔  *Reichelina* 等。

3. 充填物

造礁生物间多充填泥晶方解石、砂屑及生物碎片。但是，盘龙洞生物礁与铁厂河林场及羊鼓洞生物礁有所不同，前者造礁生物间充填物主要为生物

碎屑、砂屑, 少有泥晶, 而后两者则以泥晶方解石为主。

2.2 岩石类型

川东北地区生物礁主要发育海绵障积岩、海绵骨架岩及海绵粘结岩 3 种岩石类型, 以海绵障积岩为主, 骨架岩次之, 粘结岩最少。

1. 海绵障积岩

主要为枝状、丛状海绵及少量苔藓虫等造礁生物, 有些原地生长, 有些无固定生长方向, 其间充填大量泥晶方解石、生物碎屑。造礁生物含量较少, 为 20%~30% 左右; 充填物含量多, 为 60%~70%。岩石中孔洞发育, 其间被方解石晶体充填, 但是孔洞含量相对较少, 10% 左右。林场、盘龙洞、羊鼓洞及开县红花等生物礁, 几乎每条剖面上都有发育, 盘龙洞剖面除第 10 层为骨架岩外全部为障积岩。

2. 海绵骨架岩

各种海绵、苔藓虫及水螅等生物原地生长, 生物间被大量藻包围、粘结, 形成骨架, 生物间充填泥晶方解石、生物碎屑及砂屑。造礁生物含量高, 为 50%~60%, 附礁生物为 10%~20%, 充填物为 20%~40%。孔洞丰富, 约 20%~30% 左右。盘龙洞生物礁第 10 层为典型骨架岩。

3. 海绵粘结岩

个体较小的海绵多数无固定生长方向, 它们被藻纹层团团包围, 形成海绵团块, 团块在地层中不均匀分布, 其间充填泥晶方解石、生物碎屑等。造礁生物含量为 30%~40%, 附礁生物为 10%~20%, 充填物为 40%~60%。孔洞非常发育, 其间充填方解石晶体。林场生物礁几乎都由海绵粘结岩组成。

3 生物礁相

通过对铁厂河林场、椒树塘、盘龙洞、羊鼓洞及开县红花等生物礁剖面详细研究, 厘定了该区生物礁沉积相纵横分布规律。

3.1 生物礁纵向组成

纵向上, 生物礁由礁基、礁核及礁盖等三部分组成。

(1) 礁基位于生物礁底部, 主要由浅滩相砂屑、生物碎屑灰岩构成, 构成了生物礁生长发育的基垫。

(2) 礁核在川东北地区长兴组生物礁主要由海绵障积岩、海绵骨架岩及海绵粘结岩所组成。其中林场生物礁主要由海绵粘结岩组成, 含少量海绵障积岩; 盘龙洞以海绵障积岩为主, 夹少量海绵骨架

岩; 羊鼓洞全部为海绵障积岩。外观上, 礁核无层理, 显示块状构造, 礁顶波状起伏并向上突起。孔洞丰富, 多被方解石晶体充填; 内沉积物发育, 但为数不多。

(3) 礁盖为一套白云岩夹灰岩, 区域上分布稳定, 厚度 30~100m, 岩石类型包括泥晶白云岩、纹层状白云岩、残余鲕粒白云岩等, 后生溶蚀孔隙非常发育, 成层分布, 有的已被方解石充填, 有的被沥青充填, 有的未被充填。尤其值得一提的是, 在椒树塘剖面上发育一套滩相的鲕粒白云岩, 鲕粒白云岩结构疏松, 鲕粒大小均匀, 直径 1mm 左右, 亮晶胶结, 是一种高能环境的产物, 显示出良好的储层。

3.2 生物礁横向展布

平面上, 生物礁可划分为礁核、礁前、礁后及礁间等相带(图 3)。

(1) 礁核在前已有阐述, 这里不再述及。

(2) 礁前于铁厂河椒树塘、宣汉盘龙洞及羊鼓洞剖面上都有发现, 主要由角砾岩构成, 厚度不大, 约 3m。角砾成分主要为礁灰岩块体、白云岩及泥晶灰岩, 大小不均, 直径 5~8cm, 呈棱角状和次棱角状, 无分选, 角砾含量 10%~20%。角砾之间多为灰泥所充填。

(3) 礁后主要为湖一浅滩沉积, 岩性为亮晶砂屑灰岩、生物碎屑灰岩。

(4) 通过 4 条剖面测制, 在铁厂河发现了大量礁间沉积, 其规模比生物礁本身大得多。主要为浅滩相沉积, 岩性为灰白色厚层块状生物碎屑灰岩、砂屑灰岩。含少量海绵, 有些还有一定生长方向。

4 生物礁类型及成礁模式

4.1 生物礁类型

研究区内所发现的生物礁主要为台地边缘礁, 可划分为台缘灰泥丘和圆丘状点礁两种类型

1. 台缘灰泥丘

灰泥丘位于陆棚台地边缘前斜坡地带, 斜坡坡度很缓, 水能弱, 在斜坡下部生长有为数不多的固着生物, 它们能捕捉或阻挡来自斜坡上部的灰泥, 形成面包式岩体, 岩体孤立产出, 规模小, 推测平面分布范围多数小于 1km。宣汉渡口羊鼓洞生物礁就是一种典型的台缘灰泥丘类型, 具有如下特征: (1) 岩石类型全部为障积岩, 骨架岩及粘结岩不发育; (2) 造礁生物海绵等多数无固定生长方向, 在地层中杂乱

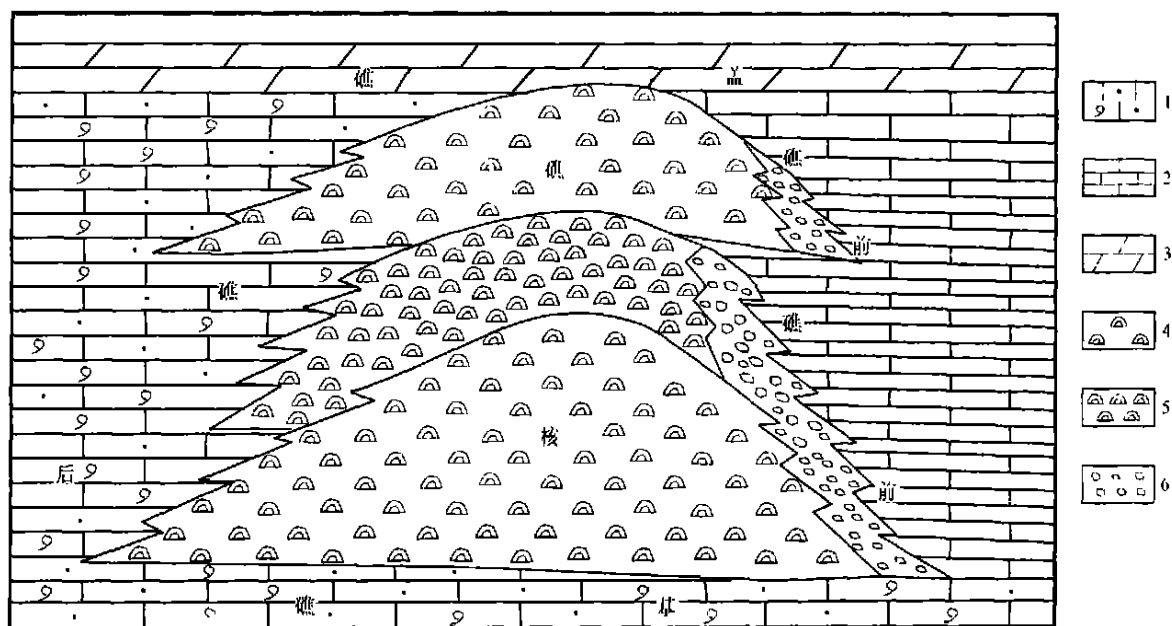


图3 宣汉县盘龙洞长兴组生物礁平面形态示意图

1. 生屑灰岩; 2. 泥晶灰岩; 3. 白云岩; 4. 障积岩; 5. 骨架岩; 6. 角砾岩

Fig. 3 Sketch to show the planar morphology of the Upper Permian Changxing Formation organic reefs in Panlongdong, Jichang Xuanhan

1= bioclastic limestone; 2= micritic limestone; 3= dolostone; 4= bafftlestone; 5= framestone; 6= breccias

生长, 仅少数个体较大者垂直层面生长, 很少能形成骨架; (3)造礁生物含量少, 20%左右, 以填隙物为主; (4)岩石中孔洞少, 不具暴露特征。总之, 该种类型生物礁位于缓坡较深处, 是一种以碳酸盐岩灰泥为主体的沉积体, 沉积时能量很低, 是一种生物礁与非生物礁之间的过渡类型。

2. 圆丘状点礁

圆丘礁位于台地边缘缓坡上, 沿台地边缘线状或点状分布。它们是从正常浪基面或稍远的斜坡下部数十米水深开始生长的, 由于没有强的波浪作用, 很少有块状造礁生物, 多由固着或包壳生物组成。造礁生物以树枝状、丛状群体为主, 在礁体中垂直向上生长。

铁厂河林场、椒树塘、盘龙洞及开县红花等生物礁皆属此类, 它们多呈孤立点礁方式产出, 礁体形态为面包式, 推测单个礁体平面分布范围小于2km。生物礁具有如下特征: (1)岩石类型以海绵障积岩为主, 含少量海绵骨架岩和海绵粘结岩; (2)造礁生物具有固定生长方向, 多数垂直层面向上生长; (3)造礁生物含量为30%~50%, 礁体组成仍以灰泥为主, 但相对于灰泥丘而言, 造礁生物含量多得多; (4)礁

体中孔洞极为丰富, 多数被方解石晶体所充填, 少数被沥青充填; (5)藻类丰富, 无论骨架岩还是粘结岩, 造礁生物多被藻纹层包围、粘结; (6)礁前缘发育有少量塌积碎屑岩。

4.2 生物礁模式

对羊鼓洞、盘龙洞生物礁进行了对比研究, 结合立石河剖面, 建立了该区台地边缘生物礁沉积模式(图4)。根据威尔逊理论, 结合实际, 研究区属于礁滩组合型缓坡模式。长兴期台地边缘为碳酸盐岩缓坡, 台缘发育有圆丘状点礁、灰泥丘, 除此, 还发育有大规模浅滩相, 生物礁规模小, 但是, 与其伴生的浅滩规模巨大, 生物礁、浅滩结合形成了规模巨大的礁滩相组合。

该模式显示, 羊鼓洞与盘龙洞生物礁具有如下特征: (1)两者非同时形成, 羊鼓洞生物礁早于盘龙洞, 生物礁有由台地向盆地迁移趋势; (2)羊鼓洞生物礁顶部及立石河长兴组上部白云岩厚度大于盘龙洞; (3)羊鼓洞、立石河上部白云岩中发育喀斯特角砾岩。上述特征是由于生物礁形成时海平面相对下降造成的。首先, 羊鼓洞、立石河靠近台地相区, 盘龙洞靠近盆地相区, 海平面下降时台地边缘要向盆

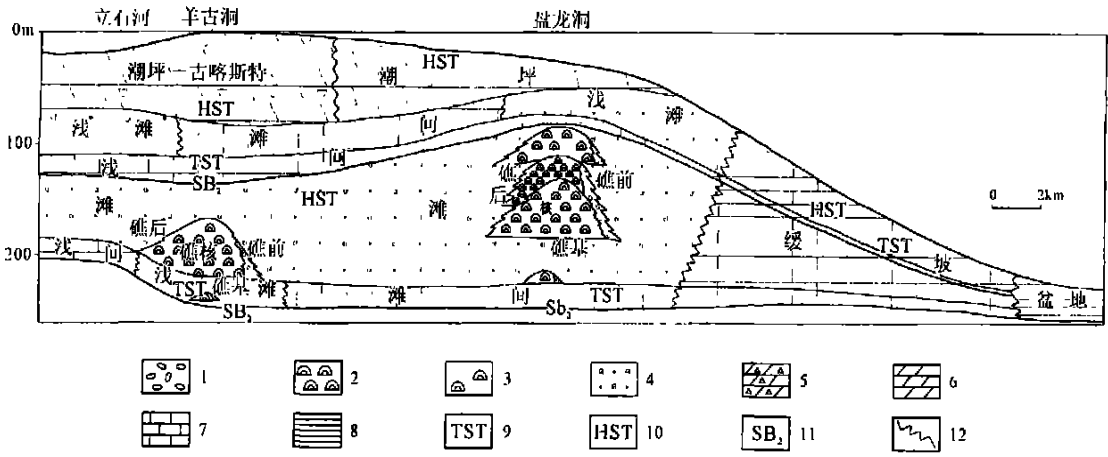


图4 宣汉县羊鼓洞-盘龙洞长兴组生物礁模式

1. 角砾岩; 2. 骨架岩; 3. 障积岩; 4. 生物碎屑砂屑灰岩; 5. 角砾状白云岩; 6. 白云岩; 7. 灰岩; 8. 页岩; 9. 海侵体系域; 10. 高水位体系域; 11. II类层序界面; 12. 相变线

Fig.4 Model for the organic reefs from the Upper Permian Changxing Formation in the Yanggudong-Panlongdong zone, Xuanhan

1= breccias; 2= framestone; 3= bafftlestone; 4= biodlastic and sandy limestone; 5= brecciated dolostone; 6= dolostone; 7= limestone; 8= shale; 9= transgressive systems tract; 10= highstand systems tract; 11= type II sequence boundary; 12= facies boundary

地迁移, 生物礁也要随之迁移; 另一方面, 浅水相区暴露时间长, 白云岩厚度大, 反之已然; 第三, 当深水区盘龙洞暴露时, 更浅水的立石河、羊鼓洞等地可能已暴露至地表, 成为古喀斯特地貌, 沉积喀斯特角砾岩。

5 生物礁形成的阶段性

N. P. James (1979) 将一个生物礁成礁过程分为定殖期、拓殖期、泛殖期和统殖期 4 期。川东地区生物礁除羊鼓洞阶段性发育不全之外, 其它如铁厂河林场、盘龙洞及开县红花等生物礁发育阶段齐全, 而盘龙洞出露最好, 以该剖面为例(图 1)。

1. 定殖期

该时期是为后期生物礁形成打基础。2—7 层为该期产物, 沉积序列自下而上有变浅趋势, 2 层为滩间相泥晶灰岩, 3—7 层以浅滩相砂屑、生物碎屑灰岩为主。可见, 沉积时发生了相对海平面下降事件, 使早期较深水环境演变至浪基面附近, 能量高, 沉积了大量浅滩相砂屑灰岩, 同时各种生物大量繁殖, 以腹足类、腕足类、瓣鳃类和棘皮等为主, 也有少量造礁生物如海绵固着生长。总之, 由于海平面相对下降, 该时期无论在水深、水能方面, 还是在地形、

地貌等方面, 都为后期生物礁形成创造了条件。

2. 拓殖期

8—9 层为该期产物。由于此时地形地貌、水能、阳光及营养等方面都适合生物生长, 各种生物快速繁殖, 以海绵为主体的造礁生物更是茁壮成长, 但是, 相对而言, 此时条件还非十分理想, 礁体堆积速度相对缓慢, 且水动能小, 形成了以障积岩为主的岩石类型。

3. 泛殖期

10—12 层为该期产物。随着礁体向上加积, 水动能增强, 各种条件也随之变好, 各种生物大量繁殖, 尤其造礁生物如海绵、水螅及苔藓虫等生长速度更是加快, 它们群居在一起形成骨架。当礁体生长接近浪基面附近时, 风浪作用可能将礁体部分打碎, 形成礁角砾岩, 主要堆积在礁体前缘。沉积类型也逐渐由早期障积岩向障积岩和骨架岩、粘结岩转变。

4. 统殖期

当生物礁继续生长到海平面以上时, 礁最终会被干死, 并发生白云岩化, 由生物礁相向潮坪相转变, 在礁顶上沉积白云岩。12 层以上就是该期产物。

6 结 论

通过对分布于川东北地区长兴组的海绵礁体的野外宏观和室内的综合研究,表明该区的生物礁是发育生长在早期构筑的碳酸盐缓坡上的点礁,位于台地边缘的浅水缓坡。盘龙洞生物礁发育完好,生长有大量骨架岩,而羊鼓洞以及其他生物礁骨架岩几乎不发育,以障积岩为主夹少量粘结岩;盘龙洞骨架间充填物为生物碎屑和砂屑为主,泥晶灰泥很少,而羊鼓洞及其他生物礁以生物碎屑和方解石灰泥为主;盘龙洞生物礁普遍发生了白云岩化,而羊鼓洞白云岩化极其微弱。通过盘龙洞与羊鼓洞生物礁对比研究,认为两者非同时形成,羊鼓洞生物礁早于盘龙洞,生物礁有由台地向盆地迁移趋势,这主要受控于海平面的下降。

参考文献:

- [1] 王一刚 张静, 杨雨, 等. 四川盆地东部上二叠统长兴组生物礁气藏形成机理[J]. 海相油气地质, 1997, 5(1—2): 145—152.
- [2] 张继庆 李汝宁, 官举铭, 等. 四川盆地及邻区晚二叠世生物礁[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990.
- [3] 吴熙纯 刘效曾, 杨仲伦, 等. 川东上二叠统长兴组生物礁控储层的形成[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(3): 283—296.
- [4] 王生海 强子同. 四川华蓥山涧水沟上二叠统生物礁[J]. 石油与天然气地质, 1992, 12(2): 147—154.
- [5] 范嘉松 杨万容, 闻传芬, 等. 四川重庆北碚老龙洞二叠纪生物礁[A]. 中国生物礁与油气[C]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [6] 朱同兴 黄志英 惠兰. 上扬子台地晚二叠世生物礁相地质[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [7] 范嘉松 吴亚生. 川东二叠纪生物礁再认识[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 12—18.
- [8] 王兴志 张帆 马青, 等. 四川盆地东部晚二叠世—早三叠世飞仙关期礁、滩特征与海平面变化[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 249—254.
- [9] 牟传龙 谭钦银, 王立全, 等. 四川宣汉盘龙洞晚二叠世生物礁古油藏的发现及其重要意义[J]. 地质论评, 2003, (3): 315.
- [10] 牟传龙, 谭钦银, 余谦, 等. 四川宣汉盘龙洞晚二叠世生物礁古油藏剖面序列[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(3): 60—64.

The organic reefs and their reef-forming model for the Upper Permian Changxing Formation in northeastern Sichuan

MOU Chuan-long, TAN Qin-yin, YU Qian, WANG Li-quan, WANG Rui-hua
(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The present paper gives a detailed description of the organic reefal outcrops represented by the Panlongdong, Tiechanghe and Yanggudong organic reefs in northeastern Sichuan. The Panlongdong organic reefs are generally subjected to dolomitization and composed of extensive framestone, which is filled by organic remains and sandy fragments, with minor micritic mud, whereas the Yanggudong organic reefs are dominated by bafflestone with a small amount of bindstone, which consists of organic remains and calcitic mud, and are slightly dolomitized. The comparative study shows that the Panlongdong and Yanggudong organic reefs are not contemporaneous; the latter is earlier than the former in age. On the whole, the organic reefs in the study area exhibit a trend of transition from a platform to a basin, and a ramp model of platform margin reefs-bank type.

Key words: Upper Permian; Changxing Formation; organic reefs; reef-forming model; northeastern Sichuan