

文章编号: 0253-9985(2009)05-0556-10

四川盆地西部晚三叠世海相碳酸盐岩—碎屑岩的转换过程

刘树根¹, 杨荣军², 吴熙纯¹, 孙 玮¹, 陈 杨¹

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程 国家重点实验室, 四川 成都 610059;

2. 中国石油勘探开发研究院 西北分院, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 通过对上三叠统马鞍塘组及其生物礁的分布特征、岩相特征、古生物特征和物源区等的研究, 认为上三叠统海相碳酸盐岩—碎屑岩的转换过程约束了马鞍塘组生物礁的发育范围和绝灭时间。川西海相碎屑岩物源主要来自北面的秦岭地区, 在时间上从卡尼期开始到结束经历从无到有, 从少到多的碎屑注入过程, 在空间上经历了从北向南的扩展过程。揭示出龙门山造山带的形成与崛起具有从北到南的递进过程, 并受控于秦岭造山带的形成和演化。这个转变过程是四川叠合盆地构造演化的一个关键点, 它约束了马鞍塘组海相烃源岩的发育和生物礁发育序列。近川中地区地腹中可能有马鞍塘组高能礁体发育, 值得油气勘探关注。

关键词: 马鞍塘组; 海相沉积转换; 生物礁; 油气勘探; 晚三叠世; 四川盆地西部

中图分类号: TE121.3 文献标识码: A

The Late Triassic transition from marine carbonate rock to clastics in the western Sichuan Basin

Liu Shugen¹, Yang Rongjun², Wu Xichun¹, Sun Wei¹, Chen Yang¹

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation Chengdu University of Technology Chengdu Sichuan 610059 China; 2. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development-Northwest Lanzhou Gansu 730020 China)

Abstract: Based on study of the features of distribution, lithofacies and palaeontology of the Upper Triassic Maantang Fm. and its bioherm as well as their provenience, this paper suggests that the distribution area and extinction of the bioherms in the Maantang Fm. be controlled by the Late Triassic transition from marine carbonates to marine clastics. The clastics of the marine strata in western Sichuan Basin were mainly sourced from the northern Qinling area. The clastic input beginning in the Carnian increased in amount progressively and spread from north to south. It is indicated that the formation and uplifting of Longmen Mountain is a progressive process from north to south and is controlled by the formation and evolution of Qinling orogenic zone. The transition is critical to the structural evolution of the superimposed Sichuan Basin and constrained the development of marine source rocks in the Maantang Fm. and the development sequence of the bioherms. The Maantang Fm. is worthy of further exploration as high energy reefs might have developed in areas near the central Sichuan Basin.

Key words: Maantang Formation; transition of marine deposit; bioherm; petroleum exploration; Late Triassic; Western Sichuan Basin

四川盆地是一个油气资源丰富的聚集场所^[1,2], 也是一个复杂的叠合盆地。经历了海相碳

酸盐岩到海相碎屑岩、海相碎屑岩到陆相碎屑岩的转换和变迁, 这两个转换过程最终结束均发生在四

收稿日期: 2009-06-11.

第一作者简介: 刘树根(1964—)男, 教授、博士生导师, 石油地质和构造地质。

基金项目: 中国石化海相前瞻性课题“扬子西缘龙门—川滇构造系统及成藏效应研究”(YPH08005)。

川盆地西部。正确认识这两个转换过程,对四川盆地及龙门山的形成演化^[3]和油气勘探均具有重要的意义。文中仅对四川盆地西部晚三叠世海相碳酸盐岩—碎屑岩转换过程进行探讨,有关海相碎屑岩到陆相碎屑岩的转换和变迁特征有待另文论述。

四川盆地西部海相碳酸盐岩到海相碎屑岩的转换发生在晚三叠世卡尼期,相对应的地层单位为上三叠统马鞍塘组(T_3m)。因此,通过对马鞍塘组岩性特征、沉积相展布和物源区等的详细研究,即可揭示海相碳酸盐岩—碎屑岩转换过程的基本特征。

1 上三叠统马鞍塘组岩性特征

1966年王迺文等据有孔虫化石,把天井山灰岩上部约 180 m 划为卡尼阶,其下仍为中三叠统;1973年王金琪、安凤山和邓康龄在江油马鞍塘,发

现了一个中三叠统至诺利阶的完整地层剖面,将其中的卡尼阶地层,命名为马鞍塘组^[4],因而马鞍塘组标准剖面位于江油石元公社,即文中的马鞍塘组车站剖面(图 1)。

马鞍塘组仅零星出露在龙门山前缘,其向川中方向尖灭。马鞍塘组不同出露点之间具有很大的厚度和岩相差异,根据出露状况和岩性特征,该组的出露点大致分为三个区域(图 1;表 1)。

北部的马鞍塘车站剖面岩性为一套灰色页岩夹石英砂岩、生物碎屑灰岩及介壳灰岩,约厚 329 m^[4]。中部各个剖面的岩性和厚度特征明显,下段为鲕粒灰岩,厚度约为 30~60 m,个别剖面在顶部还有薄层的生屑灰岩和海百合灰岩,上段为青灰—灰黑色含海绵等微晶灰岩,表现为生物礁和礁间沉积,生物礁厚度为 2~70 m,礁间约为 4.5 m(于汉旺剖面测得)。生物礁是中部区域的

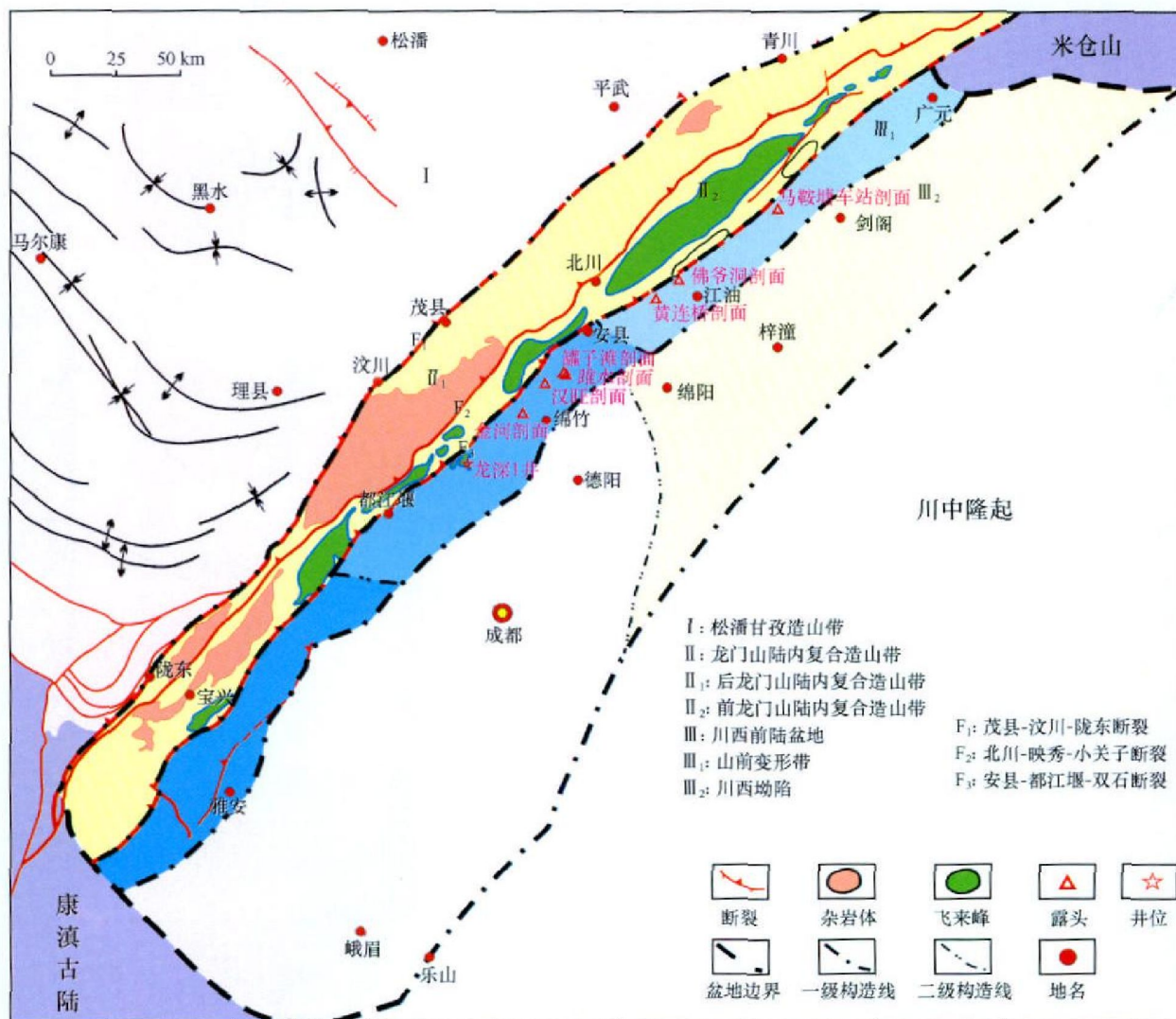


图 1 四川盆地西部上三叠统马鞍塘组出露和井位分布位置

Fig. 1 Location map of the outcrops and well locations in the Upper Triassic Maantang Fm., the western Sichuan Basin

表 1 四川盆地西部马鞍塘组露头分布特征^[4]

Table 1 Outcrop distribution characteristics of the Maantang Fm. in the western Sichuan Basin

区域名称	岩性特征	出露剖面 and 井位	厚度 /m	分布区域
北部	灰岩和粉砂岩为主	马鞍塘车站剖面	329.1	江油北部
中部	鲕粒灰岩和含生屑微晶灰岩(礁及礁间)	观音崖剖面、睢水剖面、罐子滩剖面、佛爷洞剖面等	50~100 (厚度变化大)	江油南部—绵竹
南部	薄层鲕粒灰岩或泥灰岩、泥页岩	龙深1井、金河剖面、垮洪洞剖面等	250~10 (厚度变化大)	什邡—峨眉

重要标志,该生物礁为分散的点礁群,岩性为灰黑色块状含生屑微晶灰岩。该礁的成礁方式是以六射硅质海绵为主形成的障积作用和微生物的粘结作用,礁组合包括礁基、礁核、礁翼、礁盖、礁间,各个亚相区别明显,可以反映不同的环境背景。南部的龙深1井钻遇了完整的马鞍塘组,厚度为249.1 m,其中马鞍塘组底部为鲕粒灰岩,向上为大套黑色页岩夹深灰色粉—微晶灰岩及灰色粉砂岩、泥岩夹灰岩沉积。金河剖面马鞍塘组厚度仅为10余米,发育鲕粒层和生屑灰岩及泥岩^[5]。在

峨眉和荣经等地出露的垮洪洞组相当于马鞍塘组,岩性为深灰—灰黑色泥页岩、灰岩、泥灰岩和砂岩,底部普遍有砾石,并超覆于中三叠统雷口坡组不同层段之上,富含化石,厚数米至30余米^[6]。
马鞍塘组出露点较多,剖面厚度、岩性和沉积特征差异较大。因为生物礁对环境变化的敏感性,文中拟以中部马鞍塘组生物礁相为核心,结合非含礁地层来综合说明四川盆地西部从海相碳酸盐岩到海相碎屑岩的转换过程。文中重点以汉旺剖面、罐子滩剖面 and 佛爷洞剖面来阐述这一转换过程(图2)。

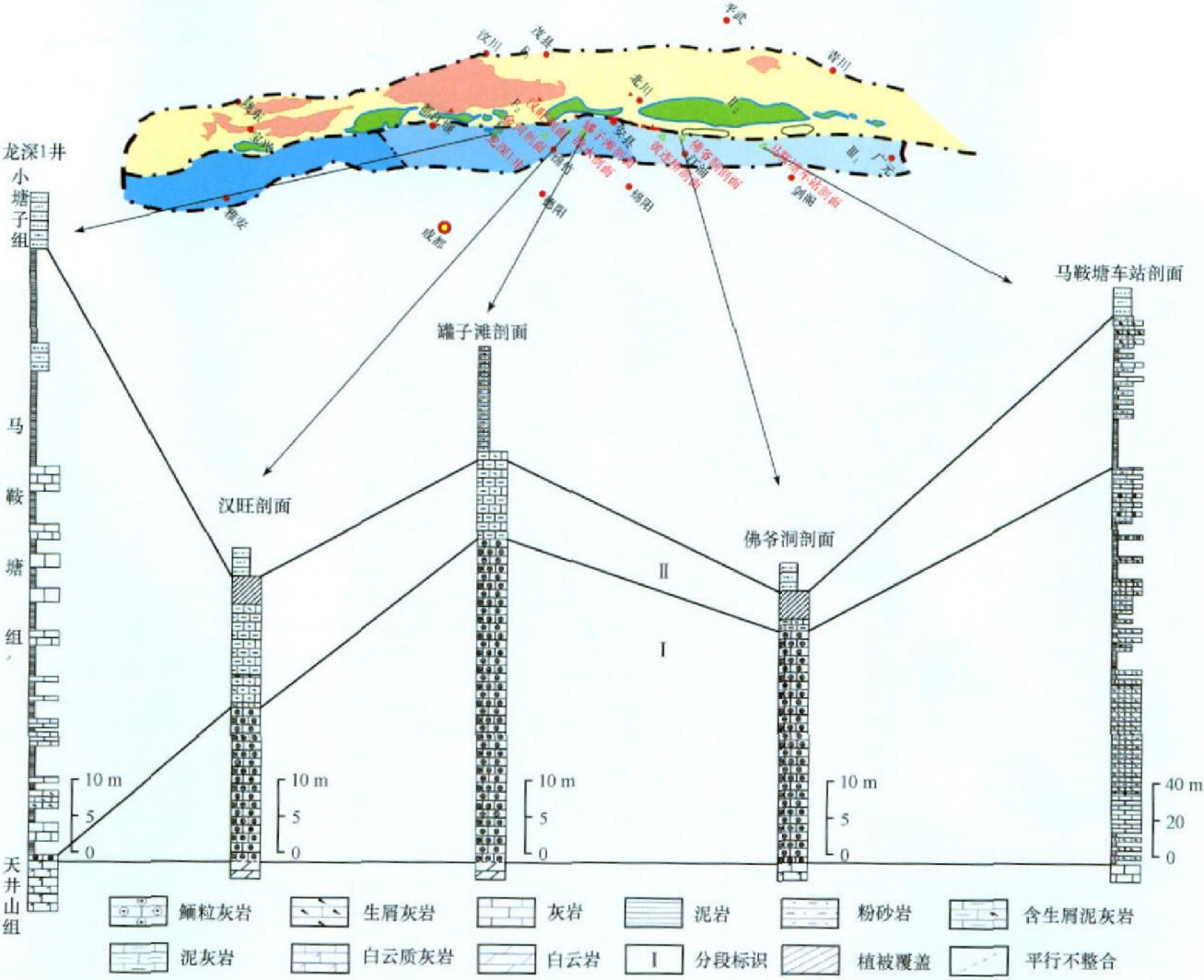


图 2 四川盆地西部马鞍塘组剖面对比(位置图图例参考图 1)

Fig. 2 Profile correlation of the Upper Triassic Maantang Formation in the western Sichuan Basin

1.1 汉旺剖面

汉旺剖面(图 2)位于绵竹市汉旺场观音崖,剖面出露地层从下而上分为中三叠统雷口坡组 and 天井山组,上三叠统马鞍塘组和小塘子组。其中天井山组出露完全,马鞍塘组被植被覆盖(由于相连不远可以见到小塘子组底部出露,说明马鞍塘组顶部覆盖厚度不大)。

汉旺剖面马鞍塘组与天井山组为平行不整合接触,上部分别为马鞍塘组鲕粒滩,厚度为

30.85 m。鲕滩下带发育具放射纹的鲕粒;中带放射纹不甚明显,同心层较清楚;上带放射纹不明显,鲕边缘常有褶皱及瘤状突起,鲕颗粒主要呈点接触或漂浮状分布。鲕滩上覆为生屑滩,厚度为 6.10 m,为海绵礁的基底。硅质海绵礁出露厚度为 14.64 m,其上被植被覆盖。

其鲕粒滩下部为深灰—中灰色微晶及亮晶含生物屑的砂屑灰岩或生物屑砂屑灰岩(含生物屑的,或生物屑砂屑泥粒岩及颗粒岩)(图 3)。本层底部为微晶—亮晶核形石灰岩(核形石泥粒岩及颗

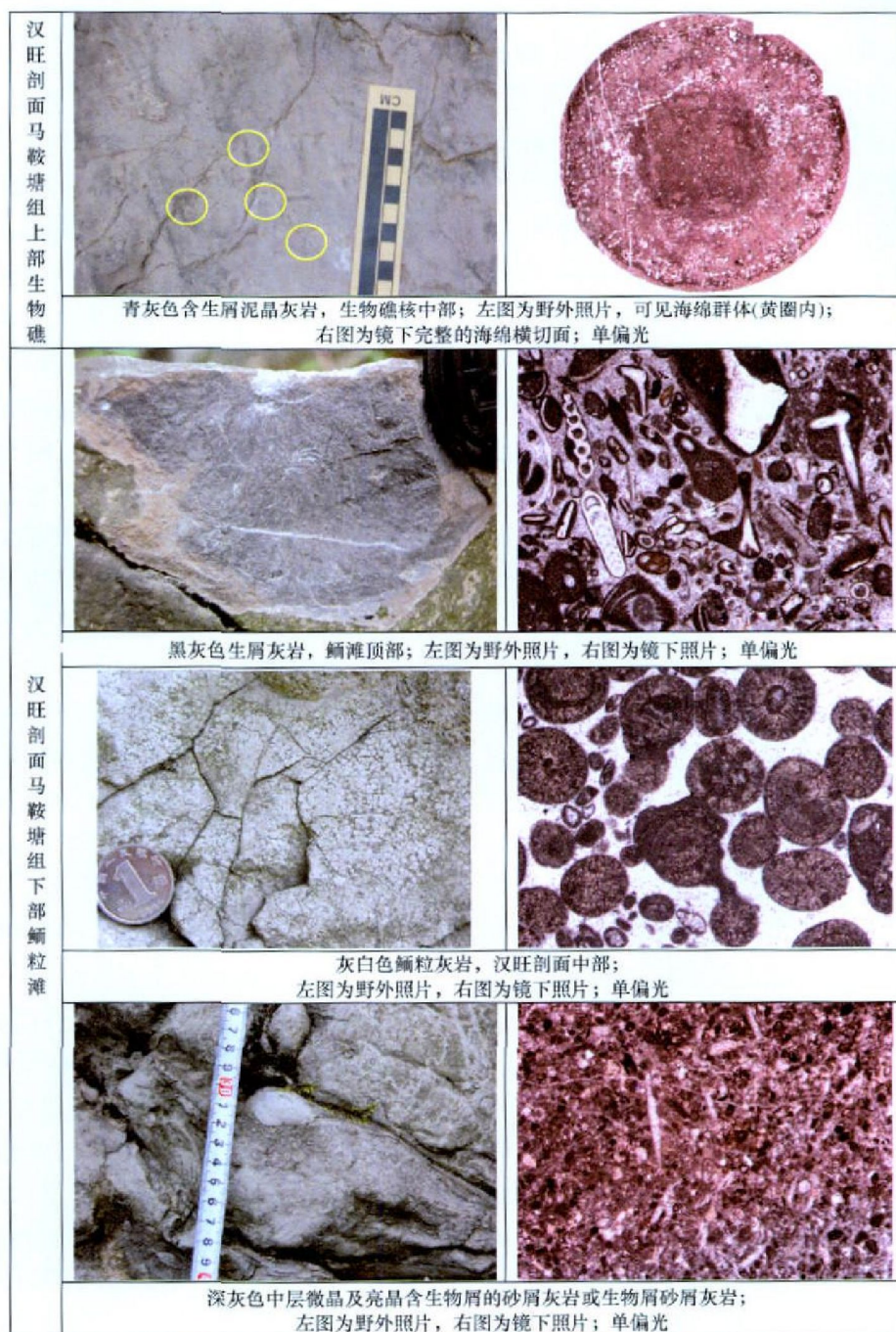


图 3 汉旺剖面鲕粒滩和生物礁野外及镜下特征图版

Fig 3 Field and microscopic photos showing the characteristics of the oolitic beach and bioherms on the Hanwang profile

粒岩),厚约1 m。核形石泥粒岩及颗粒岩沉积覆盖于拉丁期天井山组的假整合面之上。核形石层底部有暗灰色泥质及泥灰质层,厚1~2 cm。核形石直径为2~8 mm不等,以C型核形石^[7]为主,R型核形石^[7]次之。鲕粒滩下部以砂屑为主,其下带以细砂屑为主,含量达60%,上带以细—中砂屑与中—粗砂屑分带集中,含量50%~70%,有少量砾屑。砂屑由微晶及细粉晶组成,一般具薄泥晶套。少量粗砂屑及细砾屑呈不规则团块状,属于凝块石砂砾屑。

鲕粒滩中部厚度约占鲕粒滩总厚度的2/3,岩性为薄—中层间有厚层深灰色亮晶鲕粒灰岩(鲕粒颗粒岩)(图3)。鲕粒直径为0.2~2.0 mm不等。其下带以小鲕为主,直径一般为0.2~0.6 mm,大鲕甚少。中带鲕粒直径为0.8~2.0 mm,大鲕较多,大小混杂;上带又以小鲕为主,直径小于0.5 mm鲕粒较多。下带鲕一般具放射纹,中带鲕放射纹不甚明显,同心层较清楚,上带鲕放射纹不明显,鲕边缘常有褶皱及瘤状突起,见少量复鲕及破碎鲕。鲕粒分布以基底式为主,其次为接触—基底式。生物屑含量少,野外见较大的双壳和腕足屑,其长边常与层面近平行排列。此外含棘屑、腹足、有孔虫、介形虫和海绵骨针,见个别苔藓虫、海绵屑及重结晶藻屑。生物屑大多具泥晶套。鲕粒填隙物除含细碎生物屑外,含少量细砂屑。

鲕粒滩上部为薄层深灰—暗灰色微—粉晶含泥晶鲕的生屑凝块石灰岩(泥粒岩)(图3)。凝块石颗粒粒径小于2 mm,为砂级,少量大于2 mm,为砾级。凝块石由含少量细碎生物屑的泥晶组成,呈不规则形斑,有较厚的泥晶套,含量为50%~60%。生物屑有棘屑、双壳、腕足、腹足、有孔虫、介形虫、海绵骨针和蠕虫管,偶见苔藓虫及海绵屑,生物屑大部分具泥晶套。生物屑含量为15%~30%。

汉旺剖面礁核岩性为青灰色至中灰色块状含海绵等生物及生物屑的微晶灰岩(障积岩)(图3)。岩石灰质程度高,泥质减少,仍见原地碎裂再固结状。海绵约5%~15%,局部多于15%,见较多细圆管状海绵,有5~7个成一簇,有单个出现。大海绵多呈碎块,偶见横切面。海百合屑普遍,常见完整腕足,具示底构造,此外有少量海绵骨针、双壳、介形虫、有孔虫、腹足及蠕虫管。见层状孔洞,基质中有似球粒局部集中。

汉旺剖面礁翼岩性为中灰色块状含海绵等生

物及生物屑的微晶灰岩(障积岩),含海绵个体及海绵碎块,海百合屑稍多,腕足局部集中,有小嘴贝类,有少量双壳、腹足、有孔虫、介形虫和蠕虫管,含似球粒较多,见微显土黄色泥灰质岩脉穿插,海绵腔充填泥灰质,有含砂屑的粉晶充填孔洞。凝块石微晶灰岩(凝块石泥粒及粒泥岩)带在礁翼较发育。凝块石为不规则状砂、砾级泥晶,其中俘获少量生物屑。基质为微晶或细粉晶,其中可见圆管状海绵横切面及生物屑。大生物屑常被土黄色泥灰质包围,突出于岩石表面。

1.2 罐子滩剖面

罐子滩剖面(图2)位于安县睢水镇,剖面上可见到中三叠统天井山组,上三叠统马鞍塘组和小塘子组,其中天井山组和马鞍塘组出露较好。

罐子滩剖面马鞍塘组鲕粒滩厚度为64.55 m,生物礁出露17.35 m。其鲕粒滩下部为薄—中层中—浅灰色亮晶鲕粒灰岩及含生屑的鲕粒灰岩(鲕粒颗粒岩及含生屑的鲕粒颗粒岩)。其下带以小鲕为主,一般直径为0.2~0.4 mm,最大为0.9 mm,上带以大、小鲕粒混杂为主,鲕粒直径为1.20~0.18 mm。同一粒度鲕粒常平行层面展布,在垂直层面方向有由小鲕向大鲕过渡的韵律旋回。

鲕粒滩中部为薄—中层中灰色亮晶鲕粒灰岩(鲕粒颗粒岩)。鲕粒直径最大为2 mm,最小为0.2 mm,以0.7~2.0 mm的大鲕为主,有的层位中见大鲕与小于0.7 mm的小鲕混杂。大部分鲕粒圆度尚好,鲕粒边缘常有褶皱,少量有瘤状突起,褶皱及瘤状突起明显的鲕粒圆度差。鲕粒一般具清楚的放射纹,以基底式分布较多,个别层位鲕粒密集,以接触式分布为主。含生物屑甚少,细碎,见棘屑、腕足、双壳、腹足、有孔虫和介形虫,有个别腕足、双壳大贝屑及完整腹足。

鲕粒滩上部岩性为薄层深灰色含同心层鲕的生物屑泥晶鲕灰岩(含同心层鲕的生物屑泥晶鲕泥粒岩)及含生物屑的泥晶鲕微晶灰岩(含生物屑的泥晶鲕粒泥岩)。鲕粒含量为25%~40%,以泥晶鲕为主,同心层鲕少量,鲕粒直径最大为1.5 mm,最小为0.2 mm,无放射纹,同心层在鲕外侧稍明显,鲕缘可见褶皱,局部有瘤,鲕一般圆度差。鲕粒有的具泥晶套。少量泥晶颗粒呈不规则斑状,个别大于2.0 mm,有时具泥晶套,属于凝块石。生物屑含量为15%~35%,大小混杂,常具泥

晶套,有较多的棘屑、腕足和双壳,少量腹足、有孔虫、介形虫、蠕虫管和海绵骨针,个别海绵屑及重结晶藻砂屑。

1.3 佛爷洞剖面

佛爷洞剖面(图 2)位于江油佛爷洞,剖面可见中三叠统天井山组,上三叠统马鞍塘组和小塘子组,整个剖面出露中等,但天井山组与马鞍塘组界线和马鞍塘组中生物礁与鲕粒滩界线清晰。

佛爷洞剖面中马鞍塘组鲕粒滩厚度为 46.32 m,生物礁出露仅为 2.36 m,上部地层被植被覆盖,从礁体的区域展布上,该地区生物礁的规模较小。其鲕滩下部的岩性为中层中灰色亮晶鲕粒灰岩(鲕粒颗粒岩)。鲕粒直径最大为 1.25 mm,最小为 0.2 mm,一般为 0.7~0.2 mm。以正常鲕为主,圆度较好,少数呈椭圆和扁圆形,具明显放射纹,含少量复鲕。以基底式分布为主,少量接触式。生物屑很少,细碎,有棘屑、双壳、腹足、有孔虫和介形虫。鲕隙亮晶胶结为主,含细粉砂,分带集中。偶见核形石,粒径为 3 mm×5 mm,混有生物屑,呈窝状集中。到了鲕滩顶部岩性渐变为薄层深灰色微晶生物屑灰岩(生物屑泥粒岩)。生物屑以双壳、棘皮、腕足为主,含量各达 20%~30%,此外见少量腹足及有孔虫,生物屑总量达 77%。生物屑一般具泥晶套,大小混杂,有顺层分布趋势。生物屑大部分被亮晶胶结,粒屑间隙有少量白云石,本带相当于鲕粒滩之上覆生物屑滩,其顶面凹凸不平,局部呈下陷状凹槽。

佛爷洞剖面生物礁岩性为浅灰色、浅黄色,微带淡绿色块状含海绵等生物及生物屑的微晶灰岩(障积岩)。其中见大海绵碎块及管状海绵横切面,直径为 2~3 cm,含少量完整腕足,生物屑较少,有腕足、双壳、腹足、棘屑和介形虫,少量蠕虫管。有大型层状孔洞及不规则斑状孔洞,充填亮晶,含少量粉晶白云石,岩石基质为浅灰色灰岩,灰质较纯,浅黄灰微带绿色部分稍含泥质,呈不规则脉状穿插,呈斑杂色调。海绵等生物体腔及周边充填泥灰质,显浅黄、土黄色。但礁体高度仅为 2.36 m,宽为 6 m,其中分不出礁核、礁翼等相带。

1.4 其他马鞍塘组剖面

文中还涉及了江油马鞍塘车站剖面(图 2),

该剖面距离佛爷洞剖面 64 km,龙深 1 井(图 2)位于彭州,距离汉旺剖面约 38.5 km,它钻遇了完整的马鞍塘组,厚度为 249.1 m。其中马鞍塘组底部为鲕粒灰岩,向上为大套黑色页岩夹深灰色粉—微晶灰岩及灰色粉砂岩、泥岩夹灰岩沉积。

2 平面上马鞍塘组岩性分布及沉积相展布

上述马鞍塘组各个剖面均分布在龙门山前缘一带,可以大致地说明北东—南西方向该地层的分布情况。通过梓潼和盐亭的一些钻井中发现 *Bythocypris* sp., *Bairdia* sp. 和 *Ophthamidium* sp. 等马鞍塘组中的介形虫和有孔虫,说明了卡尼期海水曾抵达川中西部^[4]。

此外,川西地震剖面的解释认为在地腹中,在金堂等地出现了马鞍塘组地腹可疑生物礁,可以用来约束川西坳陷中马鞍塘组的展布情况。通过马鞍塘组微相和层序地层的研究,认为中部剖面鲕粒滩发育在低能浅水的碳酸盐岩缓坡背景中^[8-9],向上的马鞍塘组生物礁发育在较深水低能的缓坡中^[9];马鞍塘车站剖面为典型的潮坪—潮渠环境,此带还含有大量适应范围广泛的瓣鳃化石^[10];龙深 1 井上部大套的黑色泥岩,标志此处为物源缺乏与闭塞的沉积环境。结合上述的认识,认为川西马鞍塘组的岩相古地理环境如图 4 表现为一个海进的过程。

3 海相碳酸盐岩—碎屑岩的转换过程

从图 4 可以明显的看出,川西地区马鞍塘组下部碳酸盐岩发育(图 2 中 I 段),向上碎屑沉积相对较多(图 2 中 II 段)。同时从马鞍塘组生物礁的演化过程来看(图 5 以安县雒水地区生物礁剖面为例),在礁基(鲕粒灰岩)和生物礁下部中极少发现碎屑颗粒,到生物礁中、上部发现了碎屑成分的增多现象,碎屑颗粒零星分布在灰泥中和部分介壳动物的体腔中,最后成为小塘子组沉积时已是碎屑岩的大量沉积,因而碎屑增多和环境闭塞导致了礁生态的破坏和生物礁的绝灭。

从马鞍塘组硅质海绵礁体规模来看,从马鞍塘车站剖面零星见到海绵骨针^[4]——江油佛爷洞

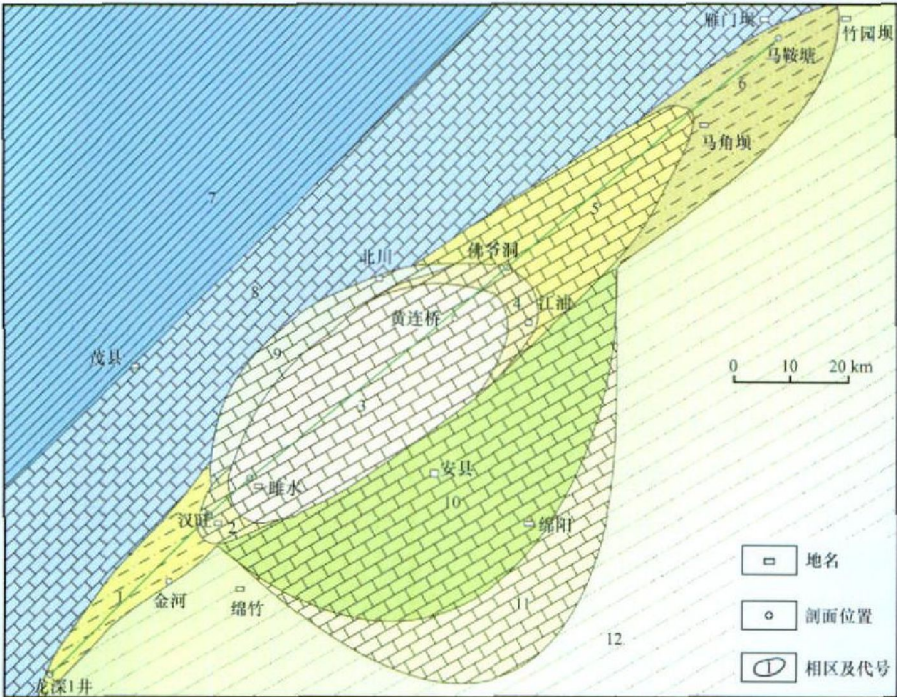


图 4 川西北晚三叠世卡尼期岩相古地理示意简图(绿线所连剖面对比见图 2)

Fig. 4 Sketch map showing lithofacies and paleogeography of the Carnian Maantang Fm. in the northwestern Sichuan Basin (the section in the green line is showed in Fig. 2)

1. 鲕滩边缘相;2. 鲕滩-凝块石滩-生物礁相;3. 鲕滩-海百合滩-生物礁相;4. 鲕滩-生屑滩-生物礁相;5. 鲕滩-生屑滩相;
6. 生屑滩-潟湖泥灰-潮汐粉砂相;7. 盆地浊积相;8. 深水灰泥相;9. 钙菌礁丘相;10. 礁屑堆积相;11. 浅水点礁相;12. 滨海潮汐粉砂相

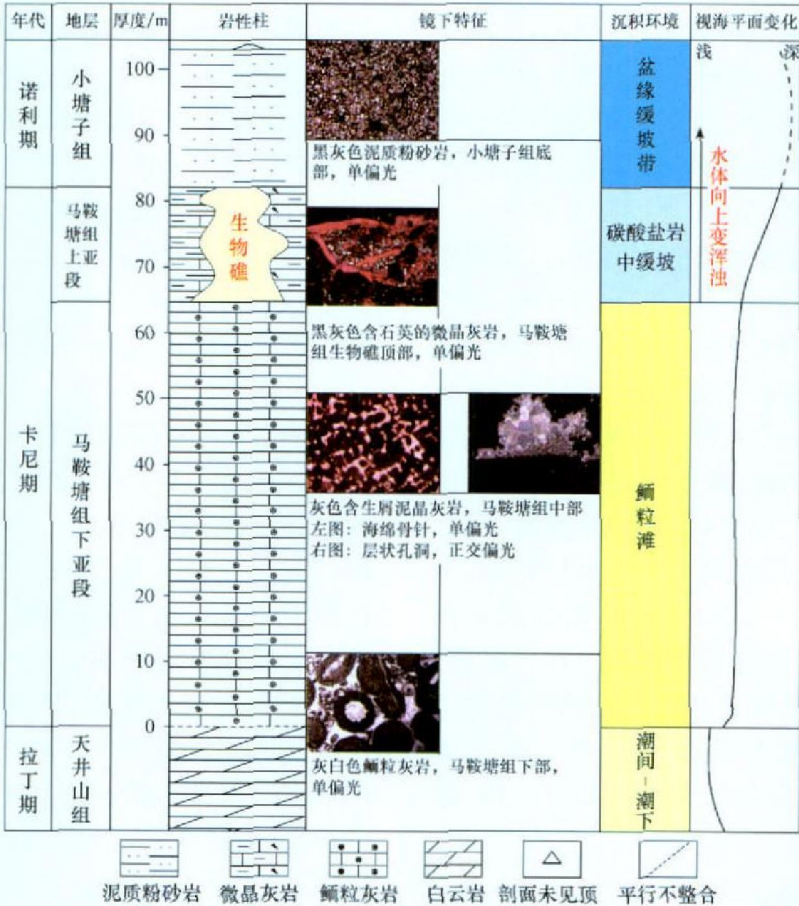


图 5 四川盆地西部拉丁期—诺利期视海平面变化

Fig. 5 Map showing apparent relative sea level changes in the western Sichuan Basin during the Ladian-Norian period

出露小型硅质海绵礁丘 (礁高约 2 m, 3 个礁体, 礁亚相分带不明显)——安县、绵竹发现较大规模、较多个体的海绵礁群 (礁高最高 70 m, 一般为 20~40 m, 约 20 个礁体, 礁亚相分带明显), 这也说明了来自北部的碎屑注入对生物礁发育的抑制作用。向南部马鞍塘组主要发育鲕粒灰岩、生屑灰岩和黑色泥岩, 贯穿整个剖面, 没有生物礁的发育。龙深 1 井处上部为大套黑色泥岩, 说明水体较闭塞及受到陆源干扰较少, 可能与当地的构造背景和“龙门山岛链”活动相关^[4 11]。

因此, 晚三叠世卡尼期川西地区有一个从早到晚, 从北向南的碎屑注入增多过程, 逐步出现海水淡化、水体变浅闭塞以及陆源沉积充填的沉

积环境改变 (图 5)。在马鞍塘期, 松潘地区仍为深海沉积 (图 6 图 7), 松潘地区的物源来自北方古陆^[12]。四川盆地西部海相碳酸盐岩向海相碎屑岩的转变主要受到盆地北部秦岭成山隆起的影响。此时, 由于南北大陆由东向西的碰撞闭合形成南北向压性应力场的作用^[13], 扬子陆块西缘边界断裂茂县断裂北段可能由早期的张性正断层发生以韧性左旋走滑为主的构造反转, 同时由于扬子地块的顺时针旋转, 龙门山构造带北川—映秀断裂北段发生了构造反转, 扬子地块沿此断裂带发生向西的陆内俯冲 (L 型俯冲)^[14 15], 致使摩天岭地区 (龙门山北段) 初具现今构造格架 (图 7)。

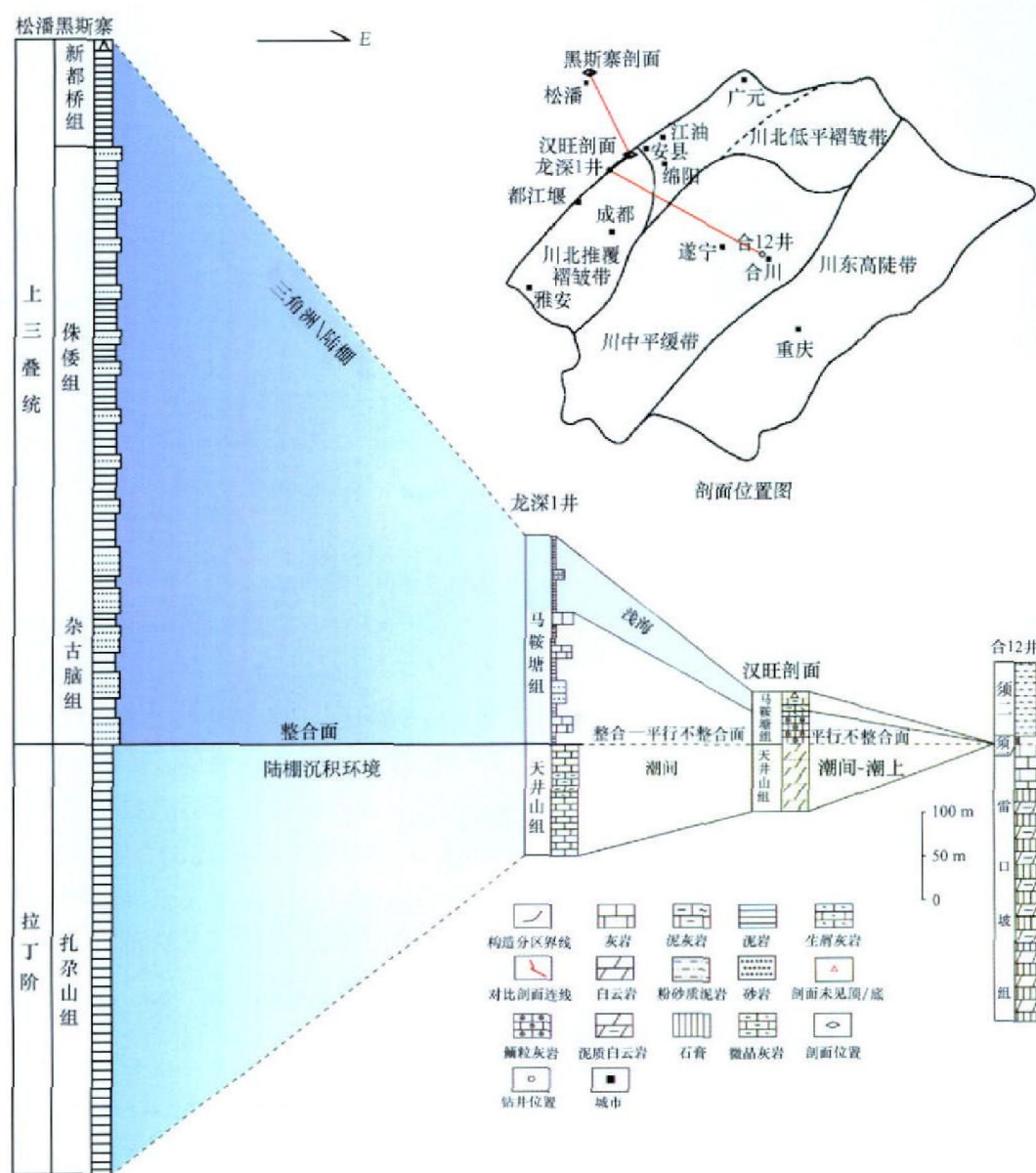


图 6 松潘—四川盆地西部—四川盆地中部拉丁阶和卡尼阶沉积剖面对比

Fig 6 Stratigraphic correlation of the Ladinian and Camian in Songpan, the western and central Sichuan Basin

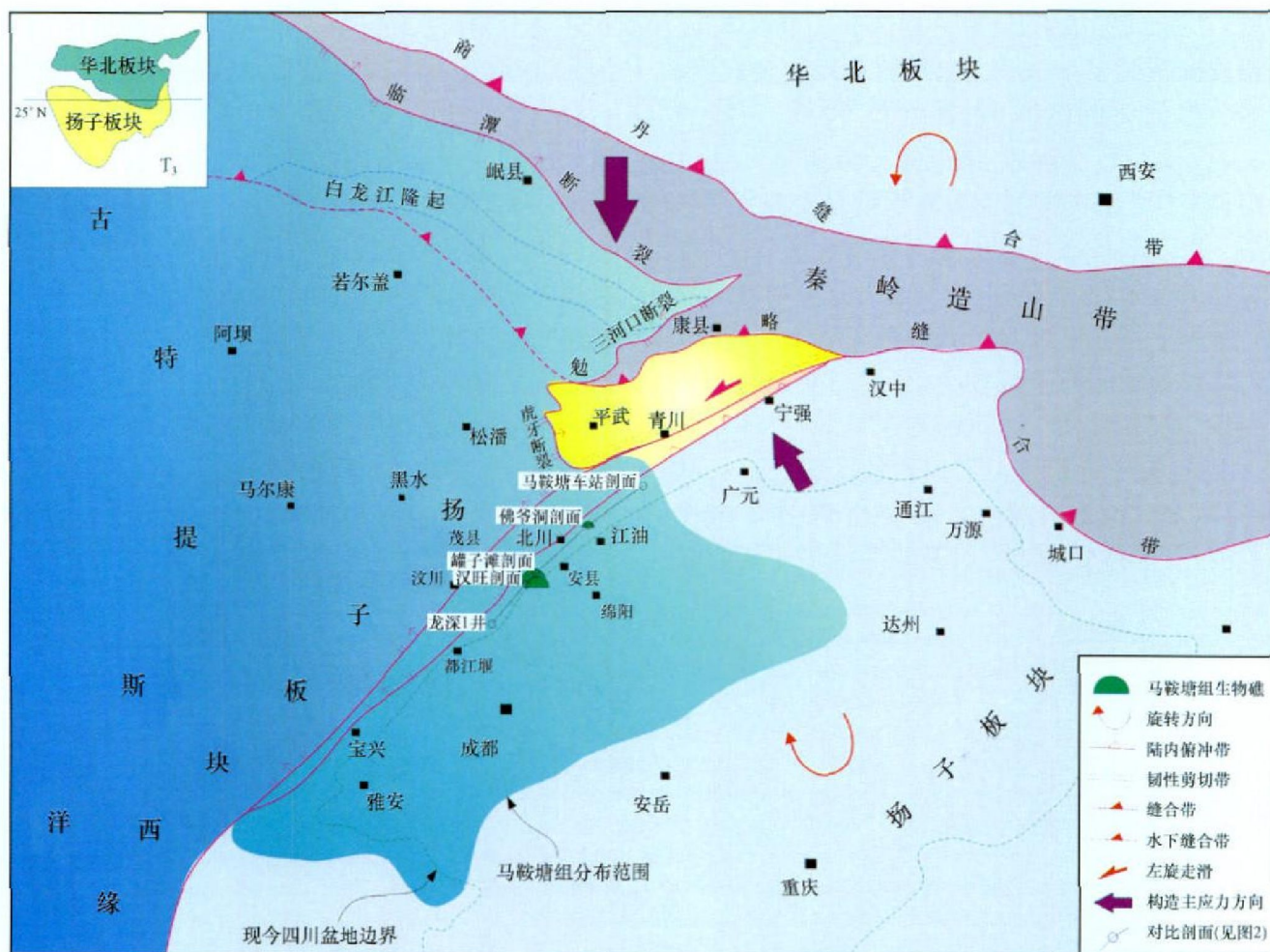


图 7 龙门山中、北段及其邻区晚三叠世卡尼期(马鞍塘期)构造背景

Fig 7 Sketch map showing the tectonic background of the Later Triassic Camian (Maantang) in the central and northern segments of the Longmen Mountain and their adjacent areas

(左上小框图据朱日祥等, 1998)

4 油气勘探意义

1) 四川盆地不同区域马鞍塘组岩相差别明显, 在造山带活动相对平静期、海平面上升加速及远离四川盆地北部的造山带区域, 都发育有厚度不等的泥页岩或微晶灰岩, 尤其龙深 1 井马鞍塘组发育超过 200 m 的大套泥岩, 这些黑色泥岩为较好的烃源岩。这为油气勘探提供了物质基础。马鞍塘组烃源岩应由北往南变厚变好。

2) 我国发育了诸多的前陆盆地^[16], 唯独川西前陆盆地前幕发育有生物礁体, 而在国外部分前陆盆地中重要的生储盖层产于前陆盆地海相层序^[17], 如阿尔伯塔盆地中上泥盆统克拉通礁灰岩储集了盆地内 55% 的油气^[18]。不过马鞍塘组出露的生物礁储集物性不理想, 因而一直没有成为

油气勘探的重点。

3) 马鞍塘组出露的海绵生物礁与世界上, 特别是在特提斯域中的硅质海绵礁处于相似的环境^[9]。结合硅质海绵生物礁的特征和控制因素, 认为马鞍塘组也存在海绵—珊瑚的礁序列, 不过在北东—南西方向受到秦岭古陆隆起和构造运动的影响, 上部没有高能礁体的存在, 但在近川中地区(即北西—南东)应发育完整的海绵—珊瑚礁序列。这些高能礁体值得油气勘探部门重视。

参 考 文 献

- 1 刘树根, 汪华, 孙玮, 等. 四川盆地海相领域油气地质条件专属性问题分析 [J]. 石油与天然气地质, 2008 29 (6): 781 ~ 792
- 2 沃玉进, 汪新伟. 中、上扬子地区地质结构类型与海相层系油气保存意义 [J]. 石油与天然气地质, 2009 30 (2): 177 ~ 187
- 3 邓康龄. 龙门山构造带印支期构造递进变形与变形时序 [J]. 石油与天然气地质, 2007 28 (4): 485 ~ 490

- 4 邓康龄,何鲤,秦大有,等.四川盆地西部晚三叠世早期地层及其沉积环境[J].石油与天然气地质,1982 3: 204~210
- 5 Wu Xichun. Camian (Upper Triassic) sponge mounds of the Northwestern Sichuan basin. China Stratigraphy Facies and Paleogeology [J]. Facies, 1989, 21: 171~188
- 6 四川省地质矿产局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991
- 7 Logan B W, Rezak R, Ginsburg R N. Classification and environmental significance of algal stromatolites [J]. J Geol, 1964, 72 (1): 68~83
- 8 许效松,刘宝珺,赵玉光,等.上扬子西缘二叠纪—三叠纪层序地层与盆山转化耦合[M].北京:地质出版社,1997
- 9 吴熙纯.川西北晚三叠世卡尼期硅质海绵礁—鲕滩组合的沉积相分析[J].古地理学报,2009 11(2): 125~142
- 10 王正璞,孙玉娟.川西北上三叠统下部碳酸盐台地沉积相及其与藻和其它生物群的关系[J].成都地质学院学报,1981, 8(1): 59~63
- 11 杨荣军,刘树根,吴熙纯,等.龙门山前缘上三叠统马鞍塘组沉积分布特征及其控制因素[J].成都理工大学学报(自然科学版),2008 35(4): 455~462
- 12 Weislogel A L, Stephan A G, Edmund Z C, et al. Detrital zircon provenance of the Late Triassic Songpan-Ganzi complex: sedimentary record of collision of the North and South China block [J]. Geological Society of America, 2006, 34(2): 97~100
- 13 李三忠,张国伟,李亚林,等.秦岭造山带勉略缝合带构造变形与造山过程[J].地质学报,2003 76(4): 469~483
- 14 刘树根,罗志立,赵锡奎,等.龙门山造山带—川西前陆盆地系统形成的动力学模式及模拟研究[J].石油实验地质,2003 25(5): 432~438
- 15 朱日祥,杨振宇,吴汉宁,等.中国主要地块显生宙古地磁视极移曲线与地块运动[J].中国科学(D辑),1998 28(增刊): 1~16
- 16 刘树根,罗志立,赵锡奎,等.试论中国西部陆内俯冲型前陆盆地的基本特征[J].石油与天然气地质,2005 26(1): 37~48
- 17 张波,张进江,杨武岭,等.我国中西部前陆盆地归属及其含油气性评述[J].高校地质学报,2005 11(1): 126~136
- 18 Macqueen R W, Leckie D A. Foreland basins and fold belts [J]. AAPG Memoir, 1992, 55: 193~227

(编辑 张亚雄)

(上接第 555 页)

- 地质前缘,2006 13(2): 234~238
- 8 李登华,李伟,汪泽成,等.川中广安气田天然气成因类型及气源分析[J].中国地质,2007 34(5): 829~837
- 9 王世谦,罗启厚.四川盆地中西部上三叠统煤系地层烃源岩的有机岩石学特征[J].矿物岩石,1997 17(1): 63~70
- 10 杜敏,汪三谷,万茂霞,等.四川盆地上三叠统须家河组天然气地球化学特征及成因类型判识[J].天然气勘探与开发,2007 30(2): 26~30
- 11 杨晓萍,赵文智,邹才能,等.低渗透储层成因机理及优质储层形成与分布[J].石油学报,2007 28(4): 57~61
- 12 谢继容,李国辉,唐大海.四川盆地上三叠统须家河组物源供给体系分析[J].天然气勘探与开发,2006 29(4): 1~5
- 13 丁晓琪,张哨楠,周文,等.鄂尔多斯盆地北部上古生界致密砂岩储层特征及其成因探讨[J].石油与天然气地质,2007 28(4): 491~496
- 14 刘成林,朱筱敏,朱玉新,等.不同构造背景天然气储层成岩作用及孔隙演化特点[J].石油与天然气地质,2005 26(6): 746~753
- 15 张金亮,王宝清.四川盆地中西部上三叠统沉积相[J].西安石油学院学报(自然科学版),2000 15(2): 1~7
- 16 施振生,杨威,金惠,等.川中—川南地区上三叠统沉积相研究[J].沉积学报,2008 26(2): 211~221
- 17 顾家裕,邓宏文,朱筱敏.层序地层学及其在油气勘探开发中的应用论文集[M].北京:石油工业出版社,1997
- 18 王洪辉,陆正元.四川盆地上三叠统砂岩非构造裂缝储层[J].石油与天然气地质,1998 19(1): 35~41
- 19 John C L, Jenny L S, David S S, et al. Natural fractures in the spraberry formation midland basin, Texas: the effects of mechanical stratigraphy on fracture variability and reservoir behavior [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(3): 505~524
- 20 Stephen E L. A method to detect natural fracture strike in sandstones [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(4): 604~623
- 21 郭正吾.四川盆地形成与演化[M].北京:地质出版社,1996
- 22 刘树根,童崇光.川西晚三叠世前陆盆地的形成与演化[J].天然气工业,1995 15(2): 11~14
- 23 童崇光.新构造运动与四川盆地构造演化及气藏形成[J].成都理工学院学报,2000 27(2): 123~131
- 24 赵文智,汪泽成,王红军,等.中国中、低丰度大油气田基本特征及形成条件[J].石油勘探与开发,2008 35(6): 1~10
- 25 田永东,李宁.煤对甲烷吸附能力的影响因素[J].西安科技大学学报,2007 27(2): 247~251
- 26 崔永君,李育辉,张群,等.煤吸附甲烷的特征曲线及其在煤层气储集研究中的作用[J].科学通报,2005 50(增刊 II): 76~82
- 27 卢焕章.流体包裹体[M].北京:科学出版社,2005
- 28 吕延防,付广,于丹.中国大中型气田盖层封盖能力综合评价及其对成藏的贡献[J].石油与天然气地质,2005 26(6): 742~745, 753
- 29 邓祖佑,王少昌.天然气封盖层的突破压力[J].石油与天然气地质,2000 21(2): 136~138

(编辑 高岩)