

文章编号: 1000-0550(2002)02-0249-06

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^①

王兴志¹ 张帆¹ 马青¹ 杨满平¹ 王一刚² 文应初² 杨雨² 张静²

(¹西南石油学院 四川南充 637001) (²西南油气分公司勘探开发研究院 成都 610050)

摘要 据四川盆地东部上二叠统—下三叠统飞仙关组沉积特征和储层分布规律,认为区内长兴组生物礁和飞仙关组鲕粒滩特征和分布与海平面升降有关。长兴期生物礁发育于海平面快速上升阶段的缓坡坡折地带和缓坡内的局部,当生物礁的生长速度低于海平面的上升速度时,形成海侵追补型生物礁,当生物礁生长速度大于海平面上升速度时,则构成海侵并进型生物礁;飞仙关鲕粒滩形成于海平面下降阶段的台地边缘和台内局部地区,单一台地边缘鲕粒滩分布广、厚度大,而台内鲕粒滩数量虽多,但单一厚度小,分布范围窄。总体来看,长兴生物礁发育层位逐渐向海侵方向升高,而飞仙关鲕粒滩随海退的进行,向台地增生方向迁移。区内上二叠统—下三叠统飞仙关组是一次较大规模海平面升降过程中的产物,海侵始于吴家坪初期,长兴期海平面快速上升,至飞仙关初期达到最高海平面,海平面开始下降,直至飞仙关末期。

关键词 长兴组 飞仙关组 生物礁 鲕粒滩 海平面

第一作者简介 王兴志 男 1964年出生 博士后 教授 沉积学、储层地质学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

近年来,在四川盆地东部上二叠统长兴组和下三叠统飞仙关组内发现了丰富的天然气资源^{①②},这是继区内发现石炭系气田之后的又一重大进展。长期的勘探及研究表明^{①②③④},区内长兴、飞仙关组储层的分布主要受到沉积相的控制,与生物礁、鲕粒滩展布规律密切相关,而礁、滩特征及分布规律又与海平面的升降变化相联系。因此,众多学者开展了该套地层内生物礁与鲕粒滩特征、分布规律及控制因素研究,并取得了丰硕的成果^{①②③④①}。这些成果为区内天然气的勘探及开发提供了极为重要的地质依据,也给本文的研究提供了基础。

本文根据盆地东部40余口钻测井和10余条野外剖面资料(井位及野外剖面分布见图1、图2),在沉积学研究的基础上,对晚二叠世至早三叠世飞仙关期所形成的生物礁—鲕粒滩特征、分布和主要海平面变化进行了研究,探讨了二者之间的关系,希望能为该套地层内储层的寻找提供有益的地质资料。

1 海侵生物礁

过去,有较多学者将我国南方二叠纪与欧美大陆

相比,认为长兴末期为最大海退期,其生物礁的发育与基底抬升和海退有关^[2]。最近,有学者却认为我国华南的二叠纪末为最大海侵期^[3~4],生物礁的形成是在大的海侵背景下,由局部构造的影响而发育的。

根据古代和现代生物礁的研究,曾鼎乾认为长期的海侵是生物礁形成的先决条件之一^[5],如全新世生物礁生长于海平面上升期间,这主要是由于生物礁的形成需要适宜的水深,较快的礁生长可抵消因海平面上升而增加的水深,使生物礁生长基底保持在一定的水深条件之中。但较快的海平面上升可使生物礁的生长不能赶上海平面的上升速度而淹死,形成海侵追补型生物礁^[6],即该类生物礁是在相对海平面上升而增加的可容纳空间速度超过生物礁自身的生长速度下形成的,而过缓的海平面上升也不利于生物礁的发育,可导致生物礁出露于水面而干死,形成海侵并进型生物礁^[6],即该类型生物礁是在相对海平面上升而增加的可容纳空间速度小于生物礁自身生长的速度下形成的。区内长兴期生物礁亦有海侵追补型和海侵并进型两

① “油气藏地质及开发工程国家重点实验室”资助项目(PLN9903)

② 王一刚等. 川东上二叠统生物礁气藏形成条件及勘探目标评价研究. 科研报告, 1998.

③ 王一刚等. 四川盆地东北部长兴组至飞仙关组气藏形成条件研究及勘探目标评价. 科研报告, 2000.

④ 王一刚等. 川东下三叠统飞仙关组鲕粒灰岩的分布及含油性. 科研报告, 1986.

⑤ 王一刚等. 四川东北部地区长兴组—飞仙关组沉积相与礁滩分布规律研究. 科研报告, 2000.

收稿日期 2000-11-23 收修改稿日期 2001-05-03

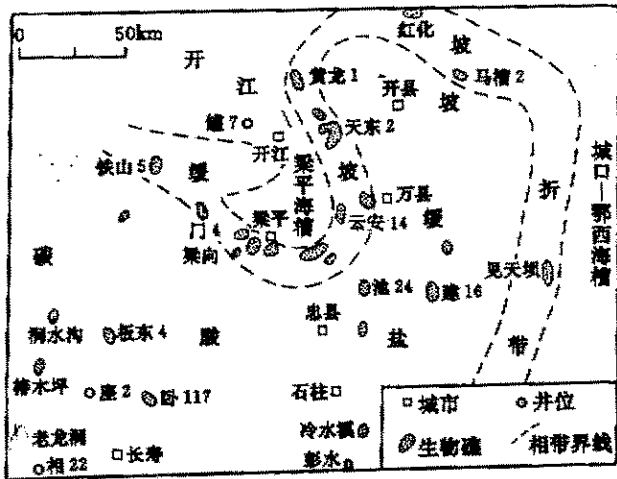


图1 川东长兴期沉积相及生物礁分布图

Fig.1 Distribution of sedimentary facies and reefs in Changxing Period, East Sichuan Basin

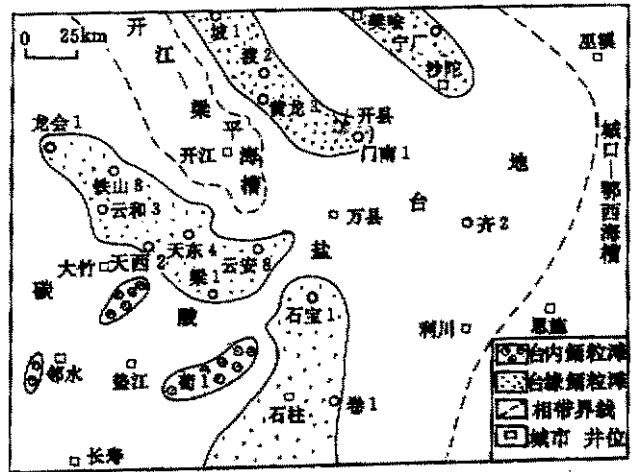


图2 川东飞仙关期 F_2 时沉积相及鲕粒滩分布

Fig.2 Distribution of sedimentary facies and oolitic banks in the second Period of Feixianguan, East Sichuan Basin

类。

1.1 海侵追补型生物礁

1.1.1 特征

这类生物礁发育于长兴组的中、下部,平面上多位于区内城口—鄂西海槽与缓坡之间的缓坡坡折带上,如开县红花、利川见天坝等生物礁(图1)。其生物礁的礁前、礁后相带分化明显,但不对称,礁前角砾岩发育,礁体骨架岩主要由各种海绵、水媳和少量泡口目苔鲜虫等联结、粘结而成,较多的亮晶胶结物充填骨架孔,礁顶白云岩少,之上被较深水厚层深灰色生物(屑)粒泥岩所覆盖。此外,在靠近海槽一带的缓坡局部地区,如建南、云安、石宝寨及彭水一带,亦有零星分布的海侵追补型生物礁存在,其礁体规模较小,厚度一般小于30 m,形态简单,多呈扁平透镜状,剖面结构不完整,礁盖薄,礁前、礁后难于划分,缺乏潮坪白云岩,礁顶与上覆沉积具有向上变深的组合特征,如彭水生物礁在长兴早期形成了11 m左右的礁核后停止了进一步的生长,其上堆积了一套厚约59 m的具明显风暴沉积特征的灰黑色薄—中层含燧石结核的生物(屑)粒泥岩。

1.1.2 成因

晚二叠世吴家坪(龙潭)期为一次大规模海平面变化的海侵初期,区内沉积环境中水体浑浊,发育较多的泥质沉积,不利于生物的生长与发育。长兴初期,快速的海侵使区内水体变得清洁,沿海槽流动的洋流顺斜坡向上运动,给城口—鄂西海槽向陆一侧的缓坡坡折部位带来了丰富的营养物质,此时缓坡坡折带的水体可能刚好适应于生物的大量生长与发育,从而形成缓

坡坡折带生物礁,随着海侵速度的加快,缓坡边缘生物礁的生长速度逐渐不能赶上海平面与构造升降叠加的上升速度,使生物生长基底变深,最终导致生物礁被淹死,并被较深水沉积物所覆盖,总体形成向上变深的海侵追补型生物礁。在靠近该海槽的缓坡内的局部地区,可能由于相似的原因,也可形成同类型的生物礁。

1.2 海侵并进型生物礁

1.2.1 特征

这类生物礁生长于长兴组的中、上部,平面上主要位于开江—梁平海槽向缓坡一侧的缓坡坡折带上,在区内西南部缓坡内亦有零星分布,如天东、黄龙、铁山、板东和北碚等地生物礁(图1)。缓坡坡折带上的生物礁面积一般较大,如天东生物礁的地震预测面积可达33.4 km²,高宽比较小,而另一些缓坡内生物礁个体虽小,但数量较多,如北碚天府地区生物礁在相距7 km的范围内就出露了6个。这些生物礁旋回性明显,多具两个以上的成礁旋回,每一旋回顶部常发育有一定厚度的潮坪白云岩,如邻水县椿木坪长兴组上部生物礁旋回顶部发育有2~7 m的潮坪白云岩,板东4井长兴组生物礁顶部亦有厚达7 m的潮坪白云岩,这反映该类生物礁具有向上变浅的成礁旋回。川东地区长兴组生物礁多属于该种类型。

1.2.2 成因

长兴中、晚期,随着海侵的进行,区外北部的广旺海槽与城口—鄂西海槽进一步扩大,并和开江—梁平海槽相连通,沿海槽运动的洋流给缓坡边缘带来了大量的营养物质,易形成生物礁。由于此时海平面的上升速度较早期低,导致该带内生物礁的生长速度超过

海平面上升与构造运动叠加而增加的可容空间,当生物礁顶部生长于海平面附近时,其上可形成潮坪白云岩,从而形成向上变浅的海侵并进型生物礁,在较大海平面上升过程中伴随有多个次一级的海平面升降旋回,导致多个海侵并进型生物礁在垂向上叠加。

2 海退鲕粒滩

对于二叠纪末生物礁未能延续至三叠纪的原因可能有多种。其一是二叠纪末与三叠纪初为最大海泛期,水体过深而导致生物礁的发育中断;其二可能是因二叠纪末大规模的火山作用(沈桂海,1986)以及天外撞击事件(李子舜,1986;柴之芳,1986)等原因导致长兴组生物的大量死亡,不利于生物礁的继续生长。由长期期至飞仙关初期,区内沉积环境由碳酸盐缓坡—海槽逐渐演化为碳酸盐台地—海槽;飞仙关早—中期(相当于 F_2 段沉积期),随着较大规模海平面升降旋回由缓慢上升转变为停止期或缓慢下降期,区内除早期开江—梁平海槽区仍处于较深的海槽环境和鄂西海槽向东迁移外,其余地区均处于碳酸盐台地环境(图2)。由于水体变浅,水动力条件的增强,台地内局部高地发育了台内鲕粒点滩和台地边缘鲕粒滩沉积,分别称之为海退台内鲕粒滩和海退台缘鲕粒滩类型,这两种滩体发育至飞仙关晚期,因区内水体变得极浅形成潮坪环境而逐渐消失。

2.1 海退台内鲕粒点滩

2.1.1 特征

主要分布于 F_1 时晚期区内西南部的长寿、邻水、大竹和垫江一带以及 F_2 — F_3 时的台内局部地区。这类滩体具有平面上不规则、纵向上不稳定、单层厚度不大的分布特征,常与台内泻湖或潮坪泥晶灰岩、白云质泥晶灰岩互层沉积,纵向上组成多个次一级旋回,形成

不规则鲕粒点滩的叠覆体。

2.1.2 成因

F_1 — F_3 时,区内已基本演化成台地环境,在台内的局部高地,由于水体浅,水动力强,可形成厚度较小、分布较窄的多个台内鲕粒滩,这些鲕粒滩因侧向迁移可被泻湖沉积覆盖,或因滩体的堆积导致水体变浅而被潮坪沉积所取代,并在多个次一级海平面升降变化的影响下,形成台内鲕粒点滩和泻湖或潮坪互层的沉积。至 F_4 时,研究区基本均一化,被一套潮坪泥质灰岩、泥晶云岩等沉积所覆盖。

2.2 海退台地边缘鲕粒滩

2.2.1 特征

出现于 F_2 — F_3 时的台地或海槽的近边缘区(图2),如开江—梁平海槽边缘区的龙会1—云安8井、坡1—门南1井和城口—鄂西海槽边缘的石柱、沙沱—樊哙一带。这类滩体规模较大,单个滩体底部多具有核形石灰岩,向上变为鲕粒灰岩,顶部常发生云化,形成向上变浅的沉积旋回,单一旋回厚度大,展布较广。

2.2.2 成因

F_1 晚期,区内早期开江—梁平海槽开始向北迁移,海槽沉积区缩小,位于其海槽边缘的龙会1井—天西2井以及樊哙—新源一带水体浅、水动力强,形成台地边缘鲕粒滩。 F_2 时,随着海退作用的进行,开江—梁平海槽进一步向北缩小,水体变浅,其周围的台地边缘面积扩大且向北迁移,导致台地边缘鲕粒滩面积也扩大,并向该海槽迁移方向推进(图3)。 F_3 时,海平面继续下降,原开江—梁平海槽已转化为泻湖,鄂西海槽继续向东迁移,其向陆一侧的台地边缘则发育分布广、厚度巨大的台地边缘鲕粒滩。至 F_4 时,区内水体变浅至潮坪环境,仅在研究区的东部齐2井—利川—恩施一带可有台地边缘鲕粒滩的分布。

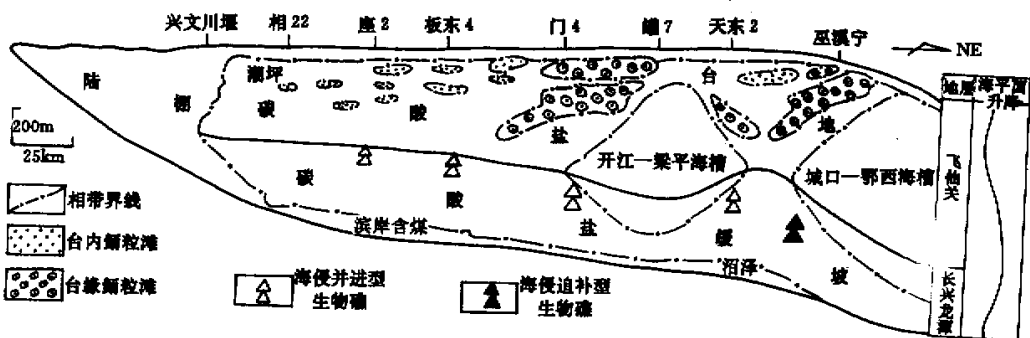


图 3 川东地区上二叠统—下三叠统飞仙关组沉积相对比剖面图

ig. 3 Sedimentary facies correlation profile in Feixianguan Formation of Upper Permian-Lower Triassic, East Sichuan Basin

从区内近北东向上二叠统一下三叠统飞仙关组沉积相对剖面图(图3)中可看出,由北东至西南方向,区内生物礁的发育层位由长兴组的中、下部逐渐变为长兴组的中、上部,这表明随着海侵由北东向西南方向的推进,适合于生物礁生长的海水深度逐渐向西南方向迁移,从而使区内生物礁发育的层位向海侵方向逐渐抬高;从图3中还可看出,由西南至北东方向,鲕粒滩的发育层位从飞仙关组的中、下部变至飞仙关组的中、上部,这表明随海退的进行,鲕粒滩的分布层位向海退方向抬升,即向台地增生方向迁移。

综上所述,分布于区内东侧城口—鄂西缓坡坡折带及相邻缓坡内的生物礁属于海侵追补型生物礁,常发育于长兴组的中、下部,而分布于开江—梁平缓坡坡折带及西南部缓坡内的生物礁多属海侵并进型生物礁,常出现于长兴组的中、上部。向海侵方向,生物礁的发育层位有逐渐抬高的趋势。飞仙关鲕粒滩是该次较大海平面升降旋回过程中海平面下降的产物,随着时间的推移,鲕粒滩的分布层位有向东和向北东方向逐渐抬高和迁移的趋势。

3 海平面变化特征及沉积响应

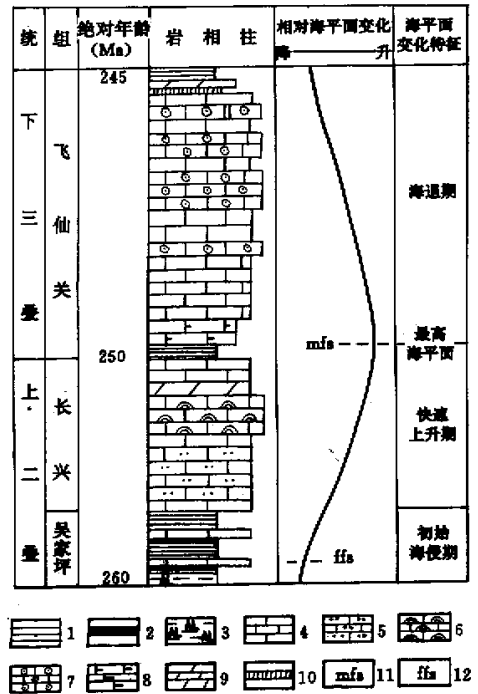
近年来,国内有许多学者对我国南方(包括四川盆地)晚二叠世—早三叠世层序及相应海平面变化的级别、数量和持续时间进行了较为深入的研究^[7-9],但鉴于不同学者对层序及海平面变化的理解、所掌握资料、研究地区和研究目的的差异,所产生的认识有着较大的不同。这些认识虽存在较大的差异,但给川东地区晚二叠世至早三叠世飞仙关期海平面变化及变化过程中所形成生物礁和鲕粒滩特征的研究提供了基础。本文根据前人研究成果和区内具体沉积特征将该套地层归为一次较高级别海平面(二级或三级)升降过程的产物(图4),其海平面变化特征及沉积响应如下。

3.1 初始海平面上升期—吴家坪初期

早二叠世末,东吴运动导致四川盆地整体抬升并遭受剥蚀^[10],海水基本退出川东地区,在茅口组顶部形成一套褐灰色铝土质泥岩、玄武质砂岩等风化残积层,厚0~数米。晚二叠世炭吴家坪初期,发生间歇性海侵,形成了一套以灰黑色炭质泥岩、煤层夹灰色泥晶灰岩为主的滨岸—含煤沼泽—碳酸盐浅缓坡沉积。其中最下部的灰岩层在区内东部和北东部直接覆盖于风化残积层之上,代表初始海侵面,并且由东、北东至西、西南方向,灰岩夹层数减少、厚度变薄,表明吴家坪期的海侵由东、北东向西、西南方向推进。

3.2 快速海平面上升期—长兴期

吴家坪晚期—长兴期,海侵速度加快,水体变深,



1. 泥岩; 2. 煤层; 3. 铝土质泥岩; 4. 灰岩;
5. 硅质灰岩; 6. 生物礁灰岩; 7. 鲕粒灰岩; 8. 含泥灰岩;
9. 白云岩; 10. 膏岩; 11. 最大海泛面; 12. 初始海泛面

图4 川东地区晚二叠世—早三叠世飞仙关期主要海平面变化及沉积特征

Fig. 4 Fluctuation of sea-level and sedimentary characteristics in Later Permian-Earlier Triassic, East Sichuan Basin

使得区内大部分地区由早期滨岸、含煤沼泽和碳酸盐浅缓坡环境快速演化为碳酸盐深缓坡环境,主要堆积了一套厚层富含硅质团块或条带的生屑粒泥岩和泥晶灰岩,在缓坡内的局部高地可发育生物礁,如华云山、水沟、北碚老龙洞、彭水及板东等地的生物礁。此过程中,位于东部的城口—鄂西和北部的开江—梁平一带,由于基底断裂和沉积差异作用,则演化成深水海槽环境,堆积了一套硅质岩、泥晶灰岩和泥质泥晶灰岩。在这些海槽与缓坡的转折部位即缓坡坡折带,可形成较多与转折带走向基本一致的缓坡边缘生物礁,如见天坝、红花、黄龙和天东等生物礁;缓坡的局部高地也可形成一定数量的点礁(图2)。且向海侵方向,生物礁发育的层位逐渐抬高(图3)。

3.3 最高海平面期—飞仙关初期

该次较大规模海侵过程一直持续至长兴期末,并在长兴末至飞仙关初期达到最高海平面。此过程中,

由于断层和生物礁生长等沉积作用的影响,区内已由长兴期的缓坡—海槽沉积环境转变为飞仙关期的台地—海槽环境。与最高海平面对应的沉积物在早期城口—鄂西海槽和开江—梁平海槽一带,由厚几十厘米到数米的灰黑色泥岩、钙质泥岩夹中—薄层重力流沉积物构成,中含大量菊石、微体有孔虫、放射虫、钙球和骨针等;其它地区对应的沉积物主要为一套厚数米的绿黄色钙质泥岩,中含较多小型薄壳底栖生物和少量浮游生物化石。

3.4 海平面下降期—飞仙关期

飞仙关早期,海平面有所下降,对应的沉积物主要由形成于浪基面之下的深灰色泥晶灰岩、粉屑泥晶灰岩夹灰绿色钙质泥岩组成,由下至上,泥质组分减少、灰质及颗粒组分有所增加,反映水体变浅,水动力条件增强。飞仙关中期,随着海平面的下降以及碳酸盐沉积速度的加快,早期开江—梁平海槽区不断向北推进和缩小,大部分已位于浪基面之上,堆积了一套厚度较大的台地边缘鲕粒滩沉积体;同时,城口—鄂西海槽则向东迁移,位于台地边缘的樊哙—沙陀和石柱一带亦有较多分布广泛的台缘鲕粒滩沉积体,而台内大部分地区则主要由低能泻湖泥晶灰岩夹高能鲕粒点滩组成。飞仙关末期,区内水体极浅,已演化为潮坪环境,由一套褐红、紫红色泥岩、泥质白云岩和泥晶灰岩构成,其中发育较多暴露干裂构造。

由此可见,四川盆地东部晚二叠世—早三叠世飞仙关期经历了一次较大海平面的升降过程。长兴期生物礁的形成和分布与海侵有关,而飞仙关期鲕粒滩的形成与分布与海退过程有着密切的联系。

4 结论

从上分析,可以看出四川盆地东部地区上二叠统—下三叠统飞仙关组是一次较大海平面升降的产物。其地层中生物礁和鲕粒滩的特征及分布受到该次海平面升降的控制,生物礁形成于海平面上升期间,当生物礁的生长速度低于海平面的上升速度时,形成海侵追补型生物礁,当生物礁生长速度大于海平面上升速度时,则构成海侵并进型生物礁。鲕粒滩是海平面下降过程的产物,按沉积特征及分布位置又可分为海退台内鲕粒滩和海退台缘鲕粒滩两类;海退台内鲕粒滩面

积小,单层厚度不大,多分布于台地内部;而海退台缘鲕粒滩分布面积较广,单层厚度大,多出现于台地边缘,并向海槽迁移方向推进海侵始于吴家坪初期,长兴期海侵加快,至长兴末期—飞仙关初期达到最高海平面;飞仙关早期,海平面开始下降,直至飞仙关期末结束了该次海平面升降过程。

参 考 文 献 (References)

- 1 王罗兴,谢芳,李油.川东北飞仙关组鲕滩气藏地震响应特征及勘探展望.天然气工业,2000,20(5):26~30 [Wang Luoxing, Xie Fang, Li You. Seismic response Characteristics and exploration prospects of the oolitic beach gas reservoirs in Fexianguan Formation in Northeast Sichuan [J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(5):26~30]
- 2 张维,张孝林.中国南方二叠纪生物礁与古生态.地质出版社,1992 [Zhang Wei, Zhang Xiaolin. Bioherm and Paleoecology of Permian in south China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992]
- 3 殷洪福,童金南,丁梅华等.扬子区晚二叠世—中三叠世海平面变化 [J]. 地球科学, 1994a, 19(5):627~632 [Yin Hongfu, Tong Jinnan, Din Meihua, et al. Sea level Changes in Yangtzes from the Late Permian to the Middle Triassic [J]. Earth Science-Journal of China Geology University, 1994, 19(5):627~632]
- 4 陈中强.二叠纪末期的全球淹没事件 [J]. 岩相古地理, 1995, 15(3):34~39 [Chen Zhongqiang. Submerge event on a global scale of Late Permian [J]. Facies and Paleogeography, 1995, 15(3):34~39]
- 5 曾鼎乾.曾鼎乾地质文选 [C]. 石油工业出版社, 1995 [Zeng Dingqian. Geology anthology of Zeng Dingqian [C]. Beijing: Petroleum Industrial Publishing House, 1995]
- 6 Robert G L. Carbonate sequence stratigraphy. Oklahoma, 1993, 3~43
- 7 王成善,陈洪德,寿建峰等.中国南方二叠纪层序地层划分与对比 [J]. 沉积学报, 1999, 17(4):499~509 [Wang Chengshan, Chen Hongde, Shou Jianfeng, et al. Characteristics and correlation of Permian deposition sequences in South China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(4):499~509]
- 8 王成善,李祥辉,陈洪德等.中国南方二叠纪海平面变化及升降事件 [J]. 沉积学报, 1999, 17(4):536~541 [Wang Chengshan, Li Xianguhui, Cheng Hongde, et al. Permian Sea-level changes and rising-falling events in South China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(4):536~541]
- 9 魏魁生,徐怀大,叶淑芬.四川盆地层序地层特征 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2):151~157 [Wei Kuisheng, Xu Huaida, Ye Shufen. Sequence stratigraphic characteristics of Sichuan Basin [J]. Oil Gas Geology, 1997, 18(2):151~157]
- 10 童崇光.四川盆地构造演化与油气聚集.地质出版社, 1992 [Tong Chongguang. Tectonic evolution and oil-gas accumulation of Sicuan Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992]

The Characteristics of Reef and Bank and the Fluctuation of Sea-level in Feixianguan Period of Late Permian-Early Triassic ,East Sichuan Basin

WANG Xing-zhi¹ ZHANG Fan¹ MA Qing¹ YANG Man-ping¹
WANG Yi-gang¹ WEN Ying-chu² YANG Yu² ZHANG Jing²

1 (Southwest Petroleum Institute ,Nanchong ,Sichuan 637001)

2 (Exploration and Exploitation Research Institute of Southwest Petroleum Branch Company , Chengdu 610050)

Abstract On the basis of the sedimentary characteristics and reservoir distribution law in Feixianguan Formation of Upper Permian-Lower Triassic ,East Sichuan Basin , it can be determined that the characteristics and distribution of Changxin reefs and Feixianguan oolitic banks are tighly relevent to the fluctuation of sea-level. The Changxin reefs developed during the rapid rising of sea-level ,catch-up transgression reefs were formed and when growing speed of the reefs was lower than the rising one of sea-level ,keep-up transgression reefs were formed. The Feixianguan oolitic banks were formed on the inner platform rim and some inner platform areas during the regression of sea-level , single platform rim banks were distributed widely and thickly ,although the inner platform banks were of large number ,they were thin and narrow in range. So ,development formations of Changxin reefs rose towards transgression direction and the Feixianguan oolitic banks migrated towards platform expansion with regression. The Formation was deposited in a large scale of fluctuation of sea-level ,the transgression begun in the early Wujiapin period , sea-level rose rapidly in the Changxin period , and it reached summit in the early Feixianguan period ,then lowered down in the following Feixianguan period until to the end of the time.

Key words Changxin Formation , Feixianguan Formation , reefs , oolitic bank , sea-level