

川东嘉二段(T_{1j}^2)储层概念模式

曾 伟 黄继祥

(西南石油学院勘探系)

[内容提要] 川东嘉二段储层的形成受沉积作用和成岩作用的双重控制,受限海台环境是储层发育的有利相带,早期暴露溶蚀和白云化作用是孔隙层形成的必要条件。提出了反映储层形成机制、演化和分布规律的沉积模式、成岩模式、孔隙层成因模式和储层分布模式。这些多层次概念模式对嘉二段气藏勘探和开发挖潜具积极的指导意义。

关键词 储层 沉积作用 成岩作用 模式 嘉二段

川东地区指四川盆地华蓥山以东、七跃山以西的地区,面积约50000km²(图1)。区内主体构造为北东—南西向展布的狭长隔档式背斜褶皱,轴部多出露二叠系、三叠系地层,走向逆断层发育^[1],背斜圈闭的完整性破坏严重,但由于平面上和纵深方向上构造变形的差异性,宽向斜中的低背斜、高陡背斜和宽向斜地腹的潜伏构造和高点,仍为三叠系嘉陵江组气层保存了良好圈闭。所以,目前在嘉二段(T_{1j}^2)中已发现17个气田和含气构造。

通过储层沉积相、成岩作用、储层成因及分布规律的详细研究,首次概括了能反映嘉二段裂缝-孔隙型储层形成机制、演化和分布规律的多层次概念模式。沉积相对裂缝-孔隙型储层的形成起宏观控制作用,滩微相组合是形成孔隙层的基础;成岩作用控制了孔隙的形成与演化,并最终决定储层储油物性好坏;构造裂缝是改善储层渗透性,形成高产的必要条件。

1 沉积相单元划分和沉积模式

1.1 沉积相单元划分

沉积相单元划分如表1所示。

表1 嘉陵江组二段(T_{1j}^2)沉积相单元划分

Table 1 Division of the sedimentary facies in the second member of the Jialingjiang Formation in eastern Sichuan

相	亚 相	微 相
陆 表 海 台	浅海海台(I)	浅海坪(I ₁)、浅海滩(I ₂)
	受限海台(I)	受限凹地(I ₁)、暴露滩(I ₂)、云(膏云)坪(I ₃)
	蒸发海台(II)	膏池(II ₁)、膏坪(II ₂)、膏泥坪(II ₃)

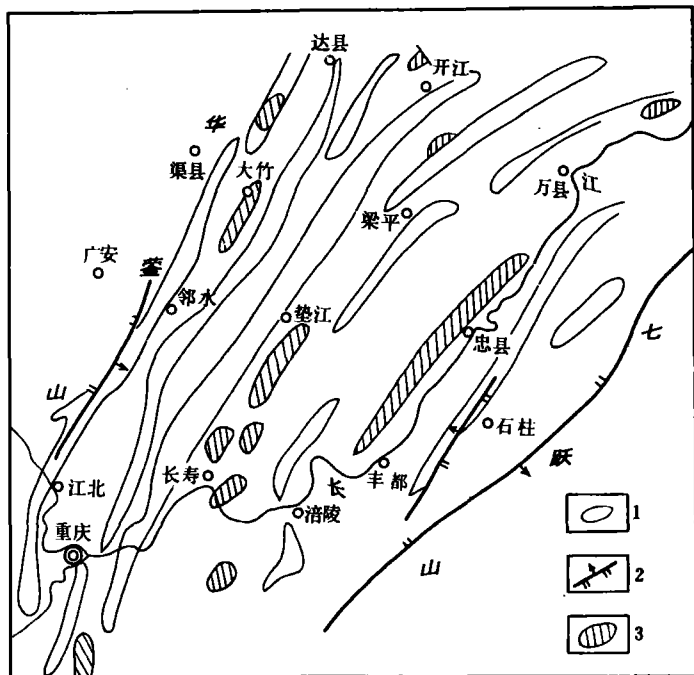


图 1 川东地区地理位置及气田(包括含气构造)分布图

1. 背斜; 2. 断层; 3. 滩组合气田

Fig. 1 Geographic location and distribution of the gas fields in eastern Sichuan

1=anticline; 2=fault; 3=gas field in the beach facies association

陆表海台是矗立于周围深水环境中的极平坦的构造沉积地貌单元。早三叠世嘉陵江组沉积时,整个上扬子地区就为一陆表海台,其特点是范围大(达 $1,000,000\text{km}^2$ 以上)、坡度小(约 $1/100000$)、水深极浅(小于 50m)。在广阔陆表海区只有风产生的局部波浪和微弱的潮汐能量。浅海海台形成于构造快速沉降或海面迅速上升期,此时整个陆表海台或其大部变为浅海海台环境,沉积界面的微弱起伏加上沉积补偿关系,局部发育为浅海滩,为较高能的沉积微环境;大部分地区为浅海坪,处于浪基面之下。当构造沉降减缓或沉积加积速度快,海水变浅,浅海海台发展成为受限海台,其特点是沉积物时有暴露,海水循环不畅,盐度不太正常,蒸发作用较强,可分别形成受限凹地、暴露滩、云坪(膏云坪)等微环境。当海面处于相对下降时,正常海水补充受到区域性强烈限制,受限海台发展成为蒸发海台环境,蒸发作用强烈,从云坪发育为膏坪,直至滞积海水的膏池沉积。

1.2 沉积模式

国内外学者已提出许多碳酸盐沉积模式,这些模式具有一定的理论指导意义和借鉴作用,但它毕竟不能代表漫长地质历史时期不同地区的沉积特点。为此,总结嘉二段沉积模式(图 2)。

该模式表明,陆表海台环境主要受海平面升降的影响。海平面的起伏会造成环境的改变,同时相变较小(同一模式),异时相变较大(A、B 和 C)。此外,风浪的大小和蒸发的强弱对环境也具有一定的影响。由于陆表海台宽平水浅、潮汐作用不强,总的能量较低,水的循环受限制。所以,浅水低能灰泥沉积、蒸发环境下准同生云化和石膏沉积很普遍,而浅海滩、暴露滩

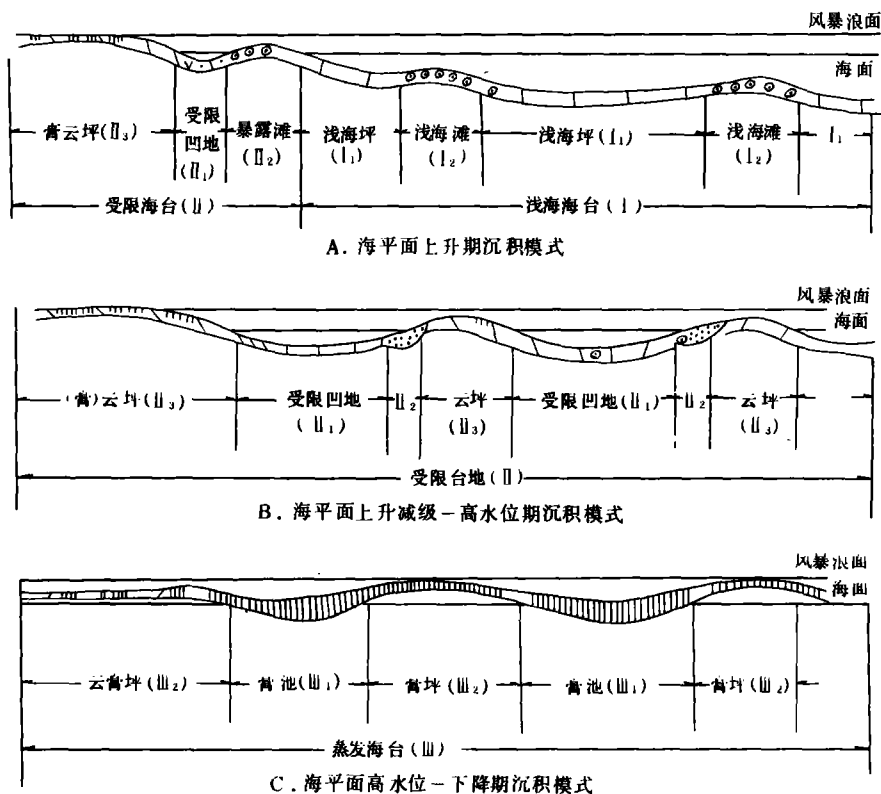


图2 川东地区嘉二段沉积模式图

Fig. 2 Sedimentary models for the second member of the Jialingjiang Formation in eastern Sichuan

相对高能的沉积不发育。

模式 A 为海平面上升期沉积模式, 主要为浅海海台沉积, 沉积物主要为粉晶灰岩(浅海坪)和粒屑灰岩(浅海滩), 主要发育于 T_{1j}^{2-2} 中下部, 也是生油层发育的主要时期。模式 B 为海平面上升减缓—高水位期沉积模式, 为受限海台沉积, 沉积物主要为粉晶云岩(受限凹地、云坪)和粒屑云岩(暴露滩)。暴露滩和部份受限凹地是孔隙层发育的主要微相带, 孔隙度一般大于 3%, 因此, 该时期为储层的主要发育时期, 主要发育于 T_{1j}^{2-1} 下部、 T_{1j}^{2-2} 上部。模式 C 为海平面高水位一下降期沉积模式, 为蒸发海台沉积, 沉积物为石膏(膏池、膏坪)、云质石膏(云膏坪), 主要发育于 T_{1j}^{2-1} 上部、 T_{1j}^{2-3} 底部, 为盖层形成的主要时期。

2 成岩作用与成岩模式

2.1 主要成岩事件

成岩作用是沉积作用的继承和发展, 由于本区嘉二段碳酸盐具有沉积环境类型多样、沉积时海平面升降及气候变迁频繁, 经历时间长及遭受多次构造变动等特点, 因而其成岩作用相当复杂, 表现出多期次、多种成岩效应的叠加(图 3)。

根据成岩作用对孔隙的影响, 将其分为破坏性成岩作用和建设性成岩作用两种。破坏性成岩作用为减少孔隙的成岩作用, 包括三期方解石的胶结作用、二期石膏的胶结作用及压实压溶作用。建设性成岩作用为增大孔隙的成岩作用, 包括各种环境下的白云化作用、多次构

成 岩 阶 段 环 境	成 岩 事 件	(准)同生成岩期					早成岩	晚成岩	构造期
		海底	海底潜流	潮上蒸发	大气淡水	混合水	浅埋藏	深埋藏	抬升埋藏
方解石胶结	第一期	——							
	第二期		——						
	第三期							——	
云化作用	蒸发泵			——					
	回流渗透	——							
	混合水					——			
	埋藏						——		
溶蚀作用	大气淡水				——				
	深埋藏							——	
	构造期								——
膏化作用	第一期		——						
	第二期							——	
压实、压溶作用							——		
破裂作用							——		

图 3 川东地区嘉二段碳酸盐岩储层成岩环境和主要成岩事件

Fig. 3 Diagenetic environments and events in the carbonate reservoirs of the second member of the Jialingjiang Formation in eastern Sichuan

造运动引起的多期破裂作用^[2]和多期次的溶蚀作用。白云化作用和溶蚀作用是形成孔隙层的必要条件,破裂作用则能增大储层渗透率、提高储层产能,使之成为裂缝-孔隙型储层。

2.2 成岩模式

虽然碳酸盐沉积物的成岩作用种类繁多,但并不是每种岩性都经历了相同的成岩作用,各种岩性有其独特的成岩作用和孔隙演化特征,因而其储集特性互不相同。图 4、5 的成岩演化模式综合表征了各种岩性的成岩演化特点。从图 4、5 可以看出:(1)凡是经历了抬升暴露遭受大气淡水溶蚀和混合水白云化的岩石都能形成裂缝和孔隙都很发育的良好储层(B、F 序列)。其中粒屑云岩类(B 序列)孔隙度可达 11%以上,粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔及残余原生孔发育。粉晶云岩类(F 序列)孔隙度可达 7%以上,晶间溶孔发育。(2)没有经过大气淡水溶蚀,但遭受了回流渗透云化或混合水云化的岩石能形成较好储层(C、G 序列),晶间孔较发育,孔隙度 3—6%。(3)暴露到干旱蒸发气候环境,遭受蒸发泵白云化和石膏致密胶结充填的岩石不能形成储层,孔隙度小于 3%。(4)沉积后迅速埋藏,没有经过白云化的灰岩类也不能形成储层,孔隙度小于 3%(孔隙度 3%为储层与非储层的界线)。

3 储层特征及储层模式

3.1 储层特征

3.1.1 储层物性特征

嘉二段孔隙度普遍较低,在储集层中(孔隙度大于 3%),孔隙度在 3—6%的差储层占有 78.3%(厚度加权),6—12%的中等储层占 19.4%,>12%的好储层占 2.24%。储层渗透率很低,绝大部分样品渗透率小于 $9.87 \times 10^{-6} \mu\text{m}^2$,只有不到 10%的样品渗透率大于此值,没有裂缝改造,储层很难具有工业产能。因此嘉二段储层为特低孔、特低渗或低孔、低渗储层。

沉积期

(准)同生成岩期

早成岩期

晚成岩期

构造期

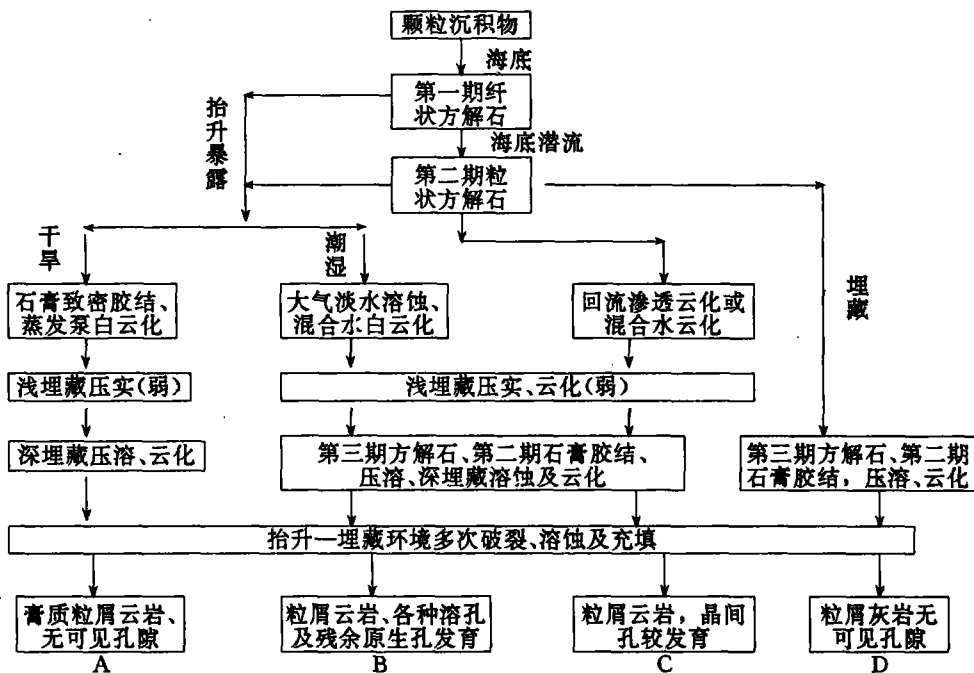


图4 颗粒岩类成岩演化模式

Fig. 4 Model showing the diagenetic evolution of grainy rocks

沉积期

(准)同生成岩期

早成岩期

晚成岩期

构造期

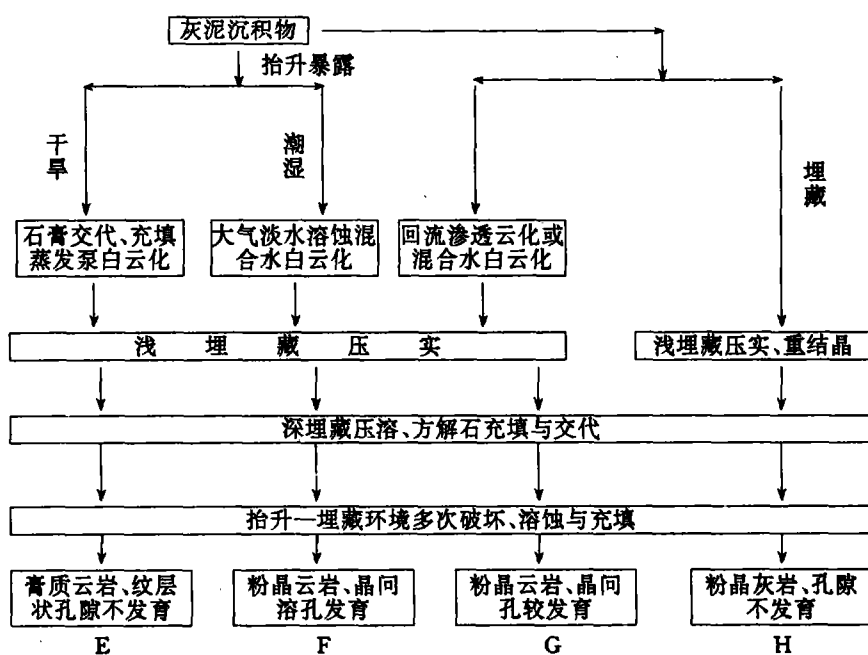


图5 非颗粒岩类成岩演化模式

Fig. 5 Model showing the diagenetic evolution of non-grainy rocks

储渗组合为裂缝-孔隙型储层。

3.1.2 储层岩性特征

图 6 为储层岩性与孔隙度关系直方图。从图可见,粒屑云岩作为储层的可能性最大,其次是粒屑粉晶云岩,再次为粉晶云岩。含膏质粒屑云岩、含膏质粒屑粉晶云岩及纹层状泥—粉晶云岩基本上不能作为储层。

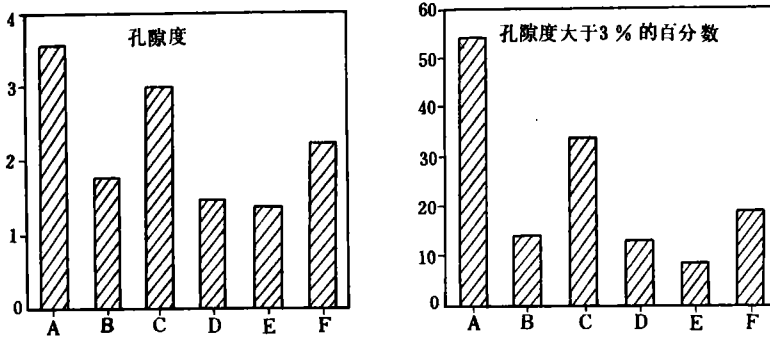


图 6 储层岩性与孔隙度关系直方图

A. 粒屑云岩; B. 含膏质粒屑云岩; C. 粒屑粉晶云岩;
D. 含膏质粒屑粉晶云岩; E. 纹层状泥—粉晶云岩; F. 粉晶云岩

Fig. 6 Histograms showing the relationship between lithology and porosity of the reservoirs in the study area

A=grainy dolostone; B=gypsum-bearing grainy dolostone; C=grainy dolosiltite; D=gypsum-bearing grainy dolosiltite; E=laminated dolomicrite-dolosiltite; F=dolosiltite

3.1.3 储层孔隙结构特征

储层孔隙类型以晶间孔、晶间溶孔、残余原生粒间孔、粒内溶孔及铸模孔为主,另有少量的生物遮蔽孔隙、生物体腔孔隙、溶缝、溶洞及构造破裂缝等。喉道见有三种类型,即管状喉、缩颈喉和片状喉。孔、喉组合关系有两种,即溶蚀孔、粒间孔与缩颈喉、管状喉组合,晶间孔与片状喉组合。

3.2 储层模式

通过对嘉二段储层成因机理和分布规律的研究,提出如下二种概念模式。

3.2.1 孔隙层成因模式

图 7 为孔隙层成因模式。从图可见,孔隙层的形成受沉积环境和成岩作用所控制,沉积环境宏观上控制了储层的分布,成岩作用最终决定了储层储油物性的好坏。浅海海台的浅海坪和浅海滩沉积物,在成岩作用过程中,由于没有大气淡水的溶蚀作用和云化作用,岩石基本上不能形成孔隙层。干旱蒸发气候条件下的受限海台(包括暴露滩、受限凹地和膏云坪)沉积物,也缺乏早期大气淡水的淋滤作用,虽经蒸发泵白云化作用,但大量同生期石膏的致密胶结、充填,岩石最后也无孔隙层发育。 T_{1j}^{2-1} 的受限海台沉积物基本上属于这种情况。潮湿多雨气候下的受限海台(包括云坪、受限凹地和暴露滩)沉积物,由于有早期大气淡水的淋滤作用和混合水白云化作用,最易发展成为孔隙层,如晶间(溶)孔粉晶白云岩、粉晶云岩,溶孔-残余粒间孔粒屑云岩和亮晶粒屑云岩。但是由于后期成岩作用的差别,在这种气候条件下的受限海台沉积物也可能发展成为非储层,如钙质粉晶云岩、泥—粉晶灰岩、钙质粒屑云岩等。因此,有利相带的沉积物并非能演化为孔隙层。 T_{1j}^{2-2} 沉积基本上属于这种情况。

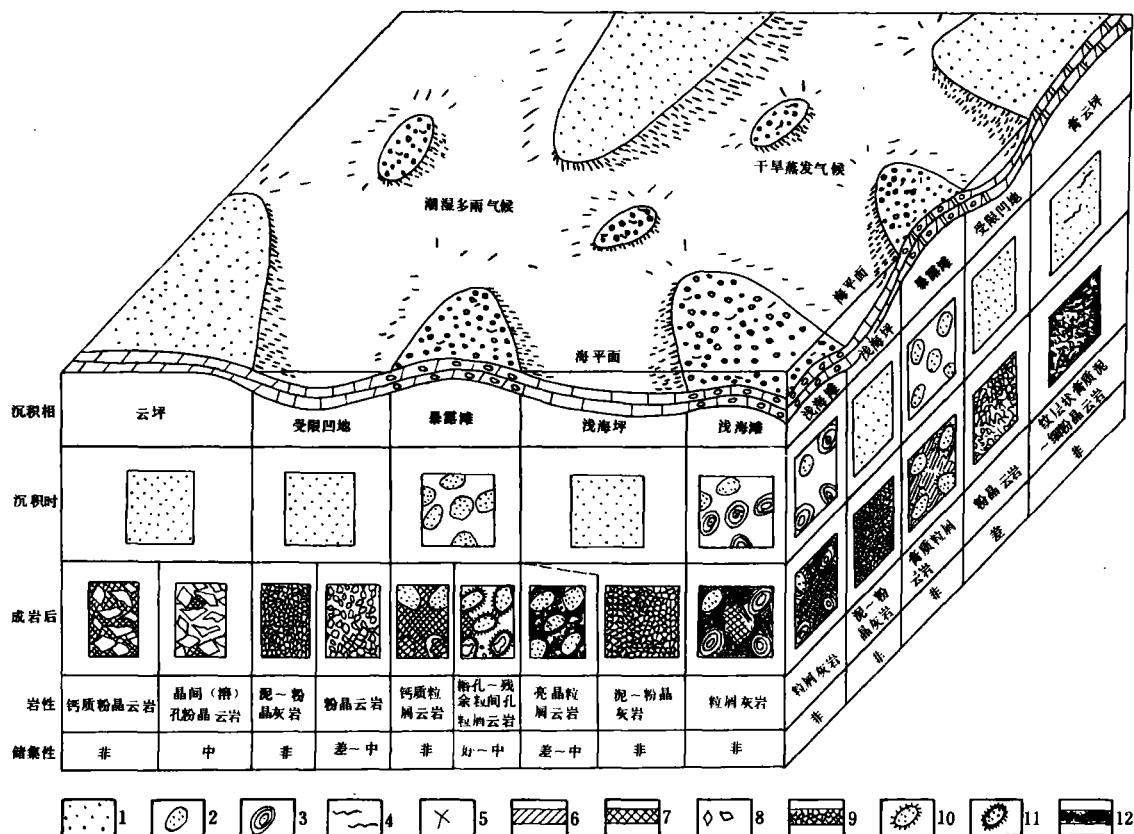


图7 川东地区嘉二段孔隙层成因模式图

1. 灰泥; 2. 砂屑; 3. 鲕粒; 4. 膏泥纹层; 5. 放射状石膏; 6. 石膏; 7. 连晶方解石;
8. 粉晶白云石; 9. 粒状方解石; 10. 纤维状方解石; 11. 马牙状白云石; 12. 泥晶白云石

Fig. 7 Genetic model of the porous beds in the second member of the Jialingjiang Formation in eastern Sichuan

- 1=lime mud; 2=sand; 3=ooids; 4=laminar of gypsum and mud; 5=radial gypsum; 6=gypsum;
7=calcite intergrowth; 8=dolomite; 9=grainy calcite; 10=fibrous calcite;
11=horsetooth dolomite; 12=dolomiticrite

3.2.2 储层分布模式

图8为储层分布模式。嘉二段据其沉积旋回性, 自下而上可分为 T_{1j}^{2-1} 、 T_{1j}^{2-2} 和 T_{1j}^{2-3} 。 T_{1j}^{2-1} 为干旱蒸发气候条件下的受限海台环境, 孔隙层不发育, 储层为裂缝性储层, 其分布规律与裂缝一致, 即在断层附近、背斜轴部及转折端处。 T_{1j}^{2-2} 储层发育于其上部的潮湿气候条件下的受限海台环境中, 孔隙层的分布与暴露滩层位具有一致性, 孔隙层呈透镜状分布, 往往一个孔隙层就形成一个储渗体; 裂缝的发育也可使多个透镜状孔隙层连接成较大的似层状储渗体, 储集类型多为裂缝-孔隙型储层。

4 结论

1. 沉积相对储层的形成起宏观控制作用, 受限海台环境是储层形成的有利相带。

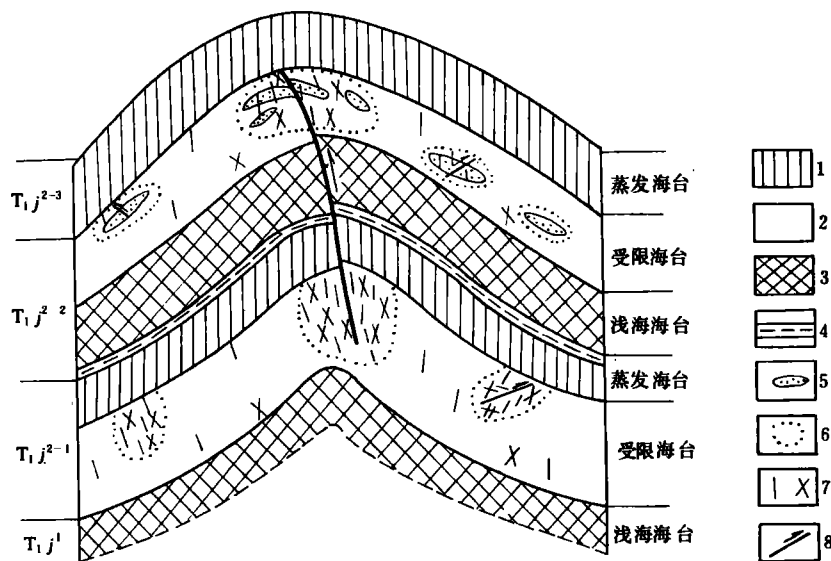


图 8 储层分布模式

1. 膏岩; 2. 云岩; 3. 灰岩; 4. 泥岩; 5. 孔隙层; 6. 储渗体; 7. 裂缝; 8. 断层

Fig. 8 Model showing the distribution of the reservoirs in the study area

1=gypsolith; 2=dolostone; 3=limestone; 4=mudstone; 5=porous bed;

6=reservoir rocks; 7=fracture; 8=fault

2. 成岩作用控制孔隙层的形成与演化, 早期暴露溶蚀与白云化作用是孔隙层形成的必要条件。

3. 多期构造裂缝的形成对提高储层渗透率和产能起重要作用。

4. 储层多层次概念模式对寻找储层发育带、指导油气勘探具有指导意义。

参 考 文 献

- 1 四川油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志, 卷 10, 四川油气区. 北京: 石油工业出版社, 1989
- 2 张月华, 王一刚. 构造期溶蚀作用对储层的改造及其意义. 石油学报, 1991(1)

CONCEPTUAL MODELS FOR THE RESERVOIRS IN THE SECOND MEMBER OF THE JIALINGJIANG FORMATION IN EASTERN SICHUAN

Zeng Wei Huang Jixiang
Southwest China College of Petroleum

ABSTRACT

The formation of the reservoirs in the second member of the Jialingjiang Formation in eastern Sichuan is dually controlled by sedimentation and diagenesis. The results of research indicate that the reservoirs were substantially generated in the restricted submarine plateau environments. The early exposure, corrosion and dolomitization are considered as the essential conditions for the formation of the reservoirs. In this paper, several models including the sedimentary, diagenetic, genetic and distribution models have been put forward to elucidate the formation mechanism, evolution and distribution of the reservoirs. These models are very useful for the exploration and exploitation of gas pools in the study area.

Key words: reservoir, sedimentation, diagenesis, model, second member of the Jialingjiang Formation