

四川盆地东北部长兴期沉积相、 沉积模式及其演化

王春梅^{1,2} 王春连³ 刘成林³ 龙胜祥⁴ 吴世祥⁴ 张军涛⁴

(1.油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学),四川 成都 610059;2.成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059;3.中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037;
4.中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:笔者根据四川盆地东北部长兴组沉积特点,将其分为台地边缘生物礁相、台地边缘浅滩相、开阔台地相、局限台地相、碳酸盐斜坡相、盆地相和蒸发台地相等 7 个基本的相带。由于期间经历了一次二级海平面的升降过程,使得长兴组广泛发育海侵生物礁滩,形成了两类最为有利的储集相带。礁滩沉积相带在纵横向上不断迁移、抬升,主要发育于台盆的两侧,呈带状分布,明显受沉积相带控制。主要沉积微相类型有生物粘结云岩微相、亮晶颗粒云岩微相、角砾云岩微相、云泥岩微相、生物粘结灰岩微相、灰泥岩微相、亮晶颗粒灰岩微相和介屑灰岩等,其中对储层最有利的微相类型是角砾云岩微相、生物粘结云岩微相和亮晶颗粒云岩微相。在详细研究分析各沉积相带沉积特点的基础上,探讨了该期沉积相带的空间展布。利用钻井、野外露头、岩心和岩石薄片等资料,对目的层进行了沉积相和沉积微相研究的基础上,建立了研究区的沉积模式以及对沉积模式的演化进行了研究,最后编制了沉积相平面分布。

关键词:沉积(微)相;沉积模式;古地理演化;长兴组;川东北;碳酸盐岩

中图分类号:P588.24*5 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)03-0594-16

当前,海相碳酸盐岩已成为中国能源战略的重要接替区,是中国目前继陆相碎屑岩之后的重要油气勘探领域^[1-5]。四川盆地东北部业已成为中国南海相油气勘探的重要勘探区之一,目前的勘探研究现状表明,普光、龙岗、元坝、河坝、毛坝这些区块油气地质条件较好^[6-13]。中石化在四川盆地海相探明 2641.78×10⁸ m³。其中仅在四川盆地东北部地区提交探明储量 2510.7×10⁸ m³,落实的三级储量为 4379.06×10⁸ m³[14]。其中长兴组是该地区天然气主要的产层之一,其有利相带为台地边缘生物礁带,因而沉积相、沉积模式及其演化成为四川盆地东北部地区油气勘探非常重要的问题之一,也是实现该区油气突破的关键。

1 区域地质背景

研究区位于四川盆地东北部地区(图 1),北起

南江,南到达县,西自阆中,东至万源。面积 3.0 万 km²。研究层位为上二叠统长兴组。

研究区位于四川盆地东北部川中平斜褶皱带,属于扬子板块北缘,北邻米仓山—大巴山造山带,东南接川东断褶带,研究区位于川中平斜褶皱带北部,靠近川东断褶带^[15]。为一系列北北东—北东向背斜构造,包括毛坝场、普光场等主要构造。

2 沉积相、沉积亚相和沉积微相

2.1 沉积相、沉积亚相和沉积微相的划分

沉积相是反映一定自然环境特征的沉积体,具体就是指沉积环境及在该环境中形成的沉积岩(沉积物)特征的综合^[16-25]。是沉积环境的物质表现,包含了岩相和古地理两方面的含义^[26-27]。根据研究区大量的钻井和野外剖面资料,并结合区域构造演化特征以及前人的成果,区内长兴组沉积相可分为台

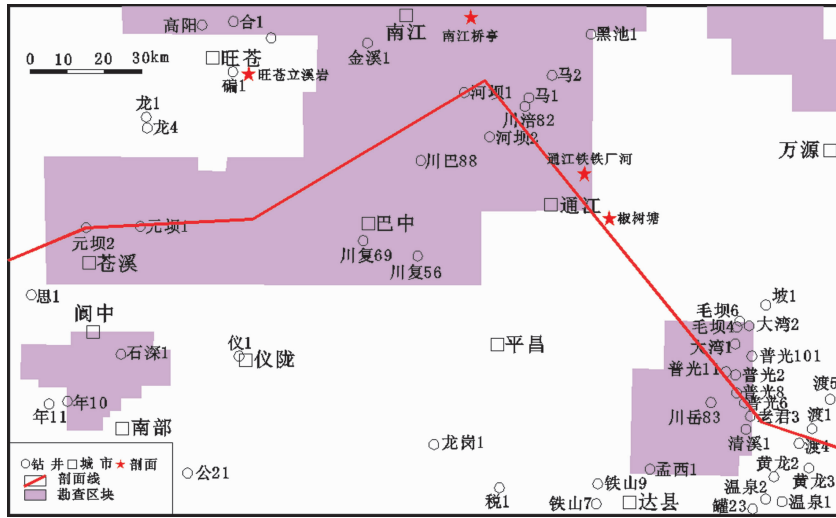


图 1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

地边缘生物礁相、台地边缘浅滩相、开阔台地相、局限台地相、碳酸盐斜坡相、盆地相和蒸发台地相等 7 个基本相带(表 1)。

2.2 沉积相、亚相和沉积微相特征

(1) 台地边缘生物礁相

台地边缘生物礁相主要分布于长兴组长一段上部。普光 5 井、普光 6、普光 8 井和毛坝 3 井尤为典型。普光 8 井长一段上部为典型的台地边缘生物礁沉积,下部为礁灰岩,上部为礁云岩。主要由障积岩、骨架岩和礁前滑塌亚相组成,以障积岩为主,骨架岩和礁前滑塌次之。生物粘结云岩、生物粘结灰岩、亮晶生屑灰岩、亮晶介屑灰岩、亮晶生屑云岩、角砾云岩和云泥岩等微相类型组成(图 2,图版 I)。主要造礁生物为串管海绵,含少量珊瑚,附礁生物有腕足类、筴、瓣鳃类、海百合等。造礁生物含量 20%~50%。孔洞丰富,有些被方解石充填、有些被沥青充填。

① 骨架礁亚相

岩性主要为深灰色海绵骨架礁白云质灰岩。造礁生物以串管海绵为主,次为珊瑚和藻类,含量 35%~50%;附礁生物多为腕足类和筴,含量 8%~15%。包括生物粘结云岩、生物粘结灰岩、亮晶生屑灰岩以及介亮晶壳灰岩微相类型。

生物粘结灰岩微相:主要分布在长兴组一段上部,为台地边缘生物礁相沉积。岩石类型有障积礁灰岩、障积礁白云质灰岩、骨架礁灰岩及骨架白云质灰岩。矿物成分以方解石为主。造礁生物以海绵为主,

苔藓虫及有孔虫次之,含量为 35%~40%;附礁生物多为腕足类和孔虫,含量为 10%~15%。礁骨架间填隙物多为方解石灰泥,含量 30%~60%。

亮晶生屑灰岩微相:岩石类型有亮晶生屑灰岩和残余生屑灰岩。矿物成分以方解石为主。颗粒含量占 50%~70%。颗粒支撑,亮晶胶结。

亮晶介壳灰岩微相:多为泥晶,含量较少。

② 障积礁亚相

岩性为深灰色障积礁云岩、礁灰岩。造礁生物以海绵为主,含量约为 40%;附礁生物多为腕足类和孔虫,含量 5%~15%。海绵一般不能形成骨架。生物间填隙物多为泥晶白云石,含量约 60%。孔洞较发育,礁云岩中溶孔比礁灰岩要好。包括生物粘结云岩微相和亮晶生屑云岩微相两种类型。

亮晶生屑云岩微相:矿物成分以方解石为主。颗粒含量 50%~60%。

生物粘结云岩微相:岩石类型有障积礁云岩、障积礁灰质云岩、骨架礁云岩及骨架礁灰质云岩。矿物成分以白云石为主。造礁生物以海绵为主,含量为 40%~50%;附礁生物多为腕足,含量为约 10%。海绵多具有一定的生长方向。礁骨架间填隙物多为泥白云石,含量 30%~40%。溶孔发育。重结晶作用强烈,具细-中晶结构,生物多具残余结构。

③ 礁前滑塌亚相

包括角砾云岩微相和泥岩微相类型。

角砾云岩微相:岩石类型为含砾云岩、砾屑云岩

表1 研究区长兴组碳酸盐岩沉积相、亚相和微相分类
Table 1 Classification of sedimentary facies, subfacies and microfacies for carbonate of Changxing Formation in the study area

沉积相	亚相	微相	沉积相	亚相	微相
台地边缘生物礁相	骨架礁	生物粘结云岩	台地边缘浅滩相	生屑滩	亮晶生屑云岩
		生物粘结灰岩			亮晶砂屑云岩
		亮晶生屑灰岩			亮晶鲕粒云岩
		亮晶介壳灰岩		砂屑滩	亮晶砂屑云岩
	障积礁	亮晶生屑云岩	局限台地相	潮道	滞留角砾云岩
		生物粘结云岩			潮坪
		礁前		角砾云岩	
	滑塌	云泥岩	泻湖	灰泥岩	
				云泥岩	
	开阔台地相	浅滩	亮晶砂屑灰岩	碳酸盐斜坡相	浅水斜坡
亮晶鲕粒灰岩			生屑灰岩		
亮晶生屑灰岩			泥灰岩		
滩间		泥晶灰岩	碎屑流		
		含砾砂屑泥晶灰岩	瘤状灰岩		
		含砂屑泥晶灰岩	砾屑灰岩		
盆地相	次深水盆地	页岩	蒸发台地相	潮坪	钙屑浊积岩
		硅质岩			云坪
	深水盆地	硅质岩			膏坪
		页岩			

等,矿物成分以白云石为主。颗粒主要由砾屑组成,含量为25%~60%,砾屑成分复杂,多为生屑云岩,礁角砾以及砂屑云岩砾屑等。砾屑形态不规则,多有棱角、次棱角状,磨圆差。杂基支撑,基底式胶结。

云泥岩微相:岩石主要为白云石,含量大于95%,多为泥晶结构。

(2) 台地边缘浅滩相

此相带位于碳酸盐台地边缘,为高能沉积环境。主要位于长二段下部,平面上分布于普光、毛坝等地区。台地边缘浅滩以沉积亮晶生屑云岩、亮晶砂屑云岩和亮晶鲕粒云岩等颗粒岩为主(图版II)。以通江椒树塘(图3)剖面为代表,厚度450m。上部与飞仙关组整合接触,下部未见底。根据岩性特征,长兴组可划分为两段,即长二段和长一段,长二段为滩相白云岩,长一段为开阔台地灰岩。孔隙丰富,储集条件很好,尤其长二段白云岩。主要由生屑滩及砂屑滩等亚相组成。发育有亮晶生屑云岩、亮晶砂屑云岩、亮晶鲕粒云岩、滞留角砾云岩等微相。

① 生屑滩

生屑滩是浅滩沉积的主体部分。岩性为浅灰色亮晶生屑云岩及残余生屑云岩。生屑含55%~65%,残余生屑含量35%~45%。生物种类以有孔虫为主。

亮晶白云石胶结。重结晶作用较强烈。微相主要有亮晶生屑云岩、亮晶砂屑云岩和亮晶鲕粒云岩等。

亮晶生屑云岩微相:主要发育在长兴组长二段中,为暴露浅滩亚相沉积。岩石类型有生屑云岩及残余生屑云岩等。矿物成分以白云石为主,含量大于90%。岩石结构组成以生屑颗粒为主,多数具残余结构,残余颗粒含量30%~45%。颗粒支撑,亮晶白云石胶结。岩石重结晶作用和溶蚀作用较显著,溶孔以生物体腔内溶孔以及粒间溶孔为主,平均孔隙度可达15%,岩石储集条件好。

亮晶砂屑云岩微相:主要分布在长二段,厚度小,为浅滩亚相和暴露浅滩亚相沉积。岩石类型有砂屑云岩和残余砂屑云岩。矿物成分以白云石为主,含量大于90%,含少量方解石,一般含量小于5%。颗粒成分以砂屑为主,少量鲕粒和砾屑,颗粒含量55%~65%。颗粒支撑,亮晶白云石胶结,胶结物含量35%~45%。溶孔较发育,主要发育粒间溶孔和粒间溶蚀扩大孔。重结晶作用较显著,砂屑颗粒多为残余结构。

亮晶鲕粒云岩微相:主要分布在长二段,为浅滩亚相和暴露浅滩亚相沉积。岩石类型有残余鲕粒云岩和鲕粒云岩。矿物成分以白云石为主,含量大于90%,含少量方解石。颗粒成分主要为鲕粒,颗粒含

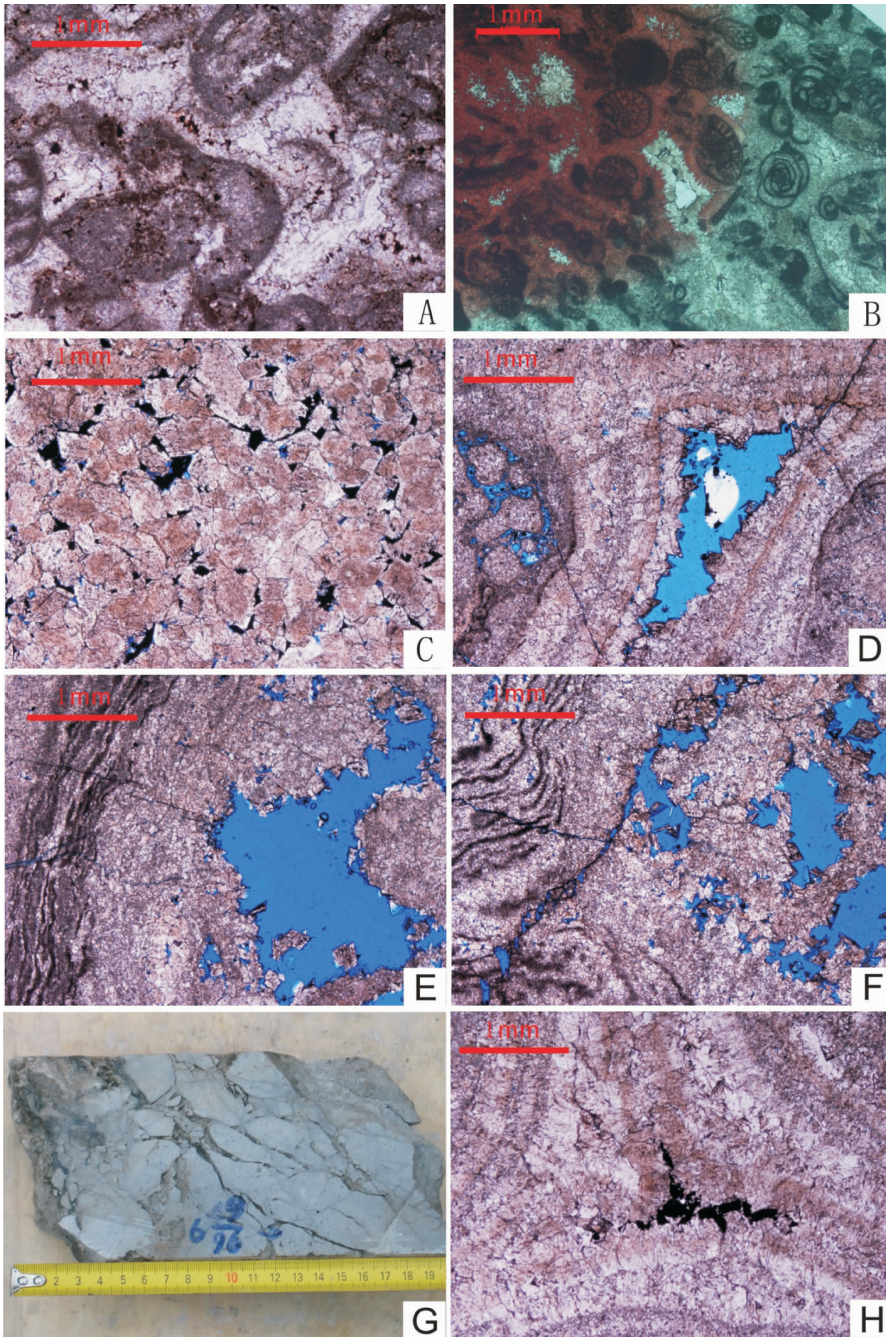
地层系统				厚度/m	结构剖面	主要岩性特征	沉积相			储层分布
系	统	组	段				微相	亚相	相	
三叠系	下三叠统	飞仙关组	T ₁ f ¹			灰色灰岩, 底部夹灰质泥岩				
二叠系	上二叠统	长兴组	二段	13.40		上部主要为灰白色块状含砾泥质白云岩; 中部为深灰色块状砂屑白云岩, 溶孔极为发育; 下部深灰色块状砂屑白云岩, 含生物碎屑, 溶孔极为发育	云坪	潮坪	蒸发台地	
				45.40						
			一段	16.00		岩性为灰至灰白色厚块状白云质砂屑灰岩, 含少量的生物碎屑, 重结晶作用较强, 孔隙不发育	砂屑滩	浅滩	台地边缘浅滩	
				25.00		岩性主要为灰白色砂屑白云岩, 砾屑成分以粉晶白云岩为主, 含少量的生物碎屑, 重结晶作用较强; 溶孔较为发育	砂屑滩 砾屑滩	暴露浅滩		
				一段	31.40		顶部为浅灰色块状沥青质海绵状生物造礁类, 造礁生物主要为瓣腮类、海绵、造礁生物量少变化; 中部为浅灰色块状直层, 孔洞丰富, 被沥青质变化; 下部为礁积岩, 主要造礁生物为珊瑚、筴及有孔虫, 发育, 沥青丰富	障积岩 障积岩	障积礁 障积礁	
			42.00			障积岩		障积礁		
			一段	一段	一段	P ₂ c ¹	47.00		上部为浅灰至灰白色含砾生屑灰岩, 夹薄层角砾岩, 砾屑成分主要为粉晶白云岩; 下部为灰至深灰色含生屑砂屑灰岩; 底部为薄至中层状晶灰岩	
生屑滩	暴露浅滩									
		吴家坪组				灰色燧石灰岩含燧石层	灰坪	滩间	开阔台地	

图 2 通江铁厂河林场长兴组台地边缘生物礁相沉积与岩性组合特征
 Fig.2 Sedimentary and lithologic features of platform margin reef from Changxing Formation, Tiechanghe forest, Tongjiang

量 60%~70%。粒间为颗粒支撑,亮晶白云石胶结,胶结物含量 30%~40%。重结晶作用较强烈,具残余结构。溶孔较发育,主要发育粒间溶孔和粒间溶蚀扩大孔。岩石储集条件好。

②砂屑滩

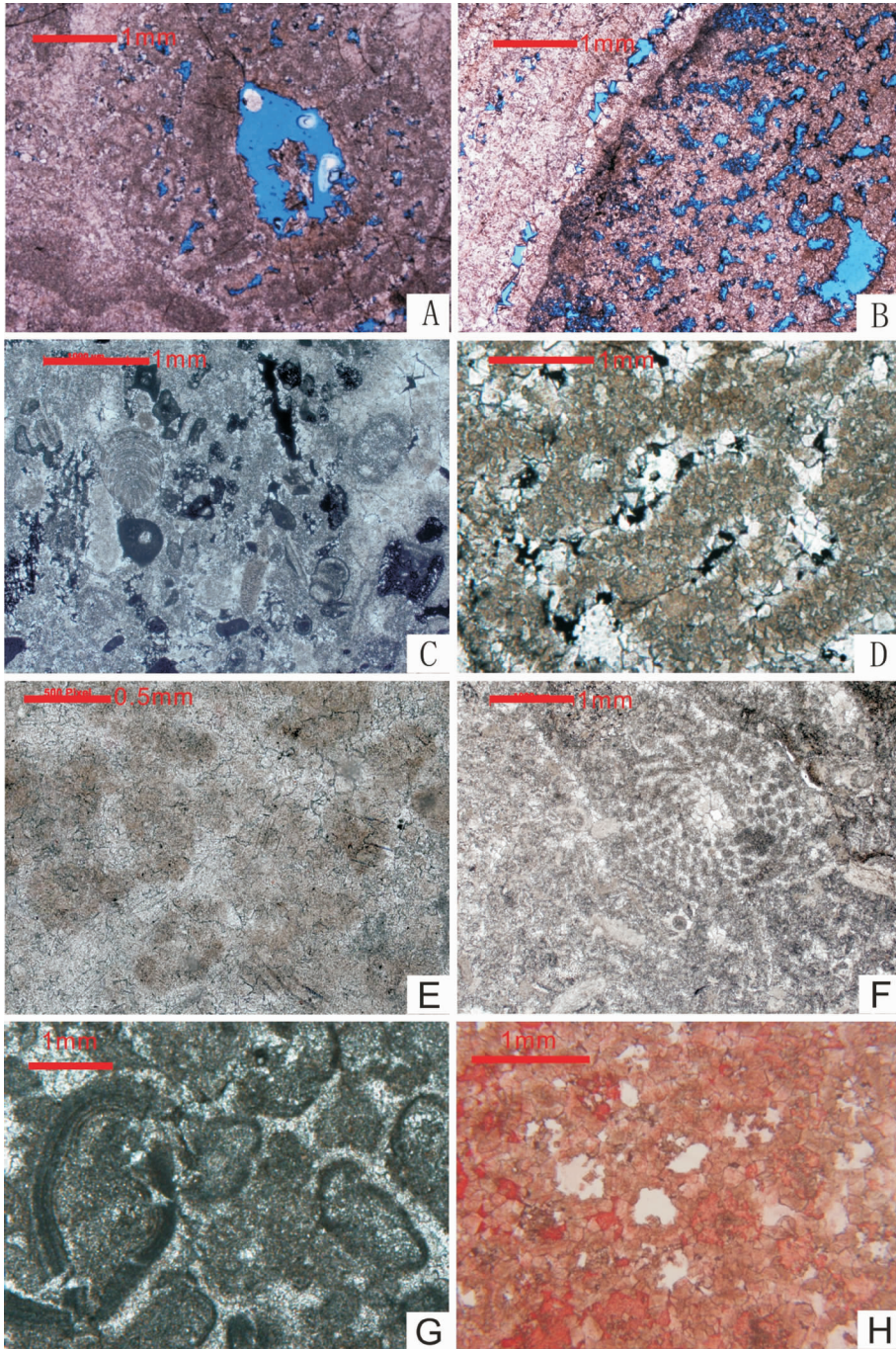
主要微相类型是亮晶砂屑云岩微相。岩石重结晶作用十分强烈。岩性多为灰色溶孔中晶砂屑云岩。含少量残余砂屑。

图版 I
Plate I

A—亮晶生屑灰岩, 二世代胶结, 第一世代为短柱状, 第二世代为颗粒状, P_2C , (-); B—亮晶生屑灰岩, 显示三期胶结的特征, 早期纤柱状方解石胶结, 第二期白云石胶结, 晚期方解石胶结, 染色普片, Yb2, P_2C ; C—细—中晶云岩, 强烈重结晶, 雾心亮边显著, MB3, P_2C , 4363.8 m, (-); D—海绵礁云岩, 海绵骨架间溶孔, PG6, P_2C , 5363m, (-); E—生物礁云岩, 海绵内溶孔成岩晚期溶扩, PG5, P_2C , 5295m, (-); F—骨架粘结云岩, 溶蚀孔缝, PG5, 铸体薄片, P_2C , 5294m, (-); G—构造角砾化, 沿裂缝有溶蚀, PG6, P_2C ; H—海绵礁含灰云岩, 骨架间藻包绕纹层及亮晶胶结物, PG6, P_2C , 5385m, (-)

A—Sparite bioclast limestone, two generations cement, the 1st generation is short column, whereas the 2nd generation is granular in shape; P_2C , (-); B—Sparite bioclast limestone, three stages cement, the early stage is fibrous pillar column cement; the 2nd stage is dolomite cement; the late stage is calcite cement; dyed conventional thin section, Yb2, P_2C ; C—Fine—medium dolomite, greatly recrystallized, dark center—bright border structure is apparent, MB3, P_2C , 4363.8 m, (-); D—Sponge reef dolomite, sponge skeleton dissolved pore, PG6, P_2C , 5363m, (-); E—Organic reef dolomite, sponge pore is further dissolved in late diagenesis, PG5, P_2C , 5295m, (-); F—Skeletal dolomite, dissolved pores, PG5, casting thin section, P_2C , 5294m, (-); G—brecciated structure, dissolved along fracture, PG6; H—Sponge reef lime dolomite, skeletal algal stromatolite and sparry cement, PG6, P_2C , 5385 m, (-)

图版 II
Plate II



A—海绵障积礁云岩,灰泥充填骨架孔隙,PG6,P₂C,5644 m,(-);B—海绵礁云岩,骨架纹层与海绵体内溶孔,PG6,P₂C,井深 5363.5 m,(-);C—生屑白云岩,微亮晶胶结,普通薄片,yb2,P₂C;D—残余砂砾屑云岩,颗粒填集紧密,剩余粒间孔充填沥青,MB3井,P₂C,(-);E—残余生屑、砂屑灰岩,粒间为微亮晶-粉晶胶结,不显世代结构,普通薄片,Yb2,P₂C;F—残余生屑结构白云岩,生屑结构白云岩化显著,yb2,P₂C;G—砂屑鲕粒灰岩,灰泥基质充填部分重结晶,旺苍立溪岩剖面,P₂C,(-);H—鲕粒云岩,粒内溶孔和铸模孔,部分方解石充填,HB1染色片,P₂C,(-)

A—Sponge baffle dolomite, skeletal pore filled by mudstone, PG6, P₂C, 5644 m, (-); B—Sponge reef dolomite, skeletal lamina and sponge dissolved pore, PG6, P₂C, well depth 5363.5 m, (-); C— Bioclastic dolomite, microspar cement, conventional thin section, yb2, P₂C; D—Residual sparrenite and sparrudite dolomite, grains dense packed, residual pores filled with bitumen, MB3, P₂C, (-); E—Residual bioclast-calcarenite limestone, microspar-crystal cement, with no generation cement, conventional thin section, Yb2, P₂C; F— Residual bioclast dolostone, apparent dolomitization, yb2, P₂C; G—Sand-clastic oolitic limestone, mud matrix recrystallized, Lixiyan profile, Wangchang, P₂C, (-); H—Oolitic dolostone, intragranular dissolved pore and moldic pore, partly filled with calcite, HB1 dye section, P₂C, (-)

地层系统				厚度 (m)	结构剖面	主要岩性特征	沉积相			储层分布
系	统	组	段				微相	亚相	相	
三叠系	下三叠统	飞仙组	T ₁ f ¹			灰色灰岩				
二叠系	上二叠统	长兴组	二段	60.00		上部为浅灰色白云岩、砾状白云岩、少量溶孔白云岩；中部为灰色白云岩及白云质砂岩；下部为白云质砂岩及白云质粉砂岩。白云岩局部含鲕粒，作用强；白云岩重结晶较发育；白云岩夹砂岩，白云岩较发育；白云岩重结晶白云岩，白云岩重结晶白云岩，白云岩重结晶白云岩，白云岩重结晶白云岩。	云坪	蒸发坪	蒸发台地	
				28.55		砂屑滩	浅滩	局限台地		
				22.50		藻云坪	藻屑滩	蒸发台地		
				119.42		砂屑滩	暴露浅滩	蒸发台地		
						云坪	蒸发坪	蒸发台地		
						鲕粒滩	暴露浅滩	台地边缘浅滩		
						蒸发坪	蒸发坪	蒸发台地		
						灰坪	滩间	开阔台地		
						砂屑生屑滩	浅滩	开阔台地		
						含生屑灰坪	滩间	开阔台地		
二叠系	上二叠统	长兴组	二段	230.05		灰至深灰色中厚层至块状含生物碎屑砂屑泥晶灰岩，上部夹亮晶砂屑灰岩，含 <i>Palaeofusulina of wangi Sheng</i> , <i>Palaeofusulina sp.</i> , <i>Pachyphloia sp.</i> , <i>Cribrogencrina sp.</i> 等	砂屑滩	暴露浅滩	台缘浅滩	
						上部为灰白色溶孔白云岩，溶孔发育。含量8%左右，中部为灰白色块状粘结海绵礁灰岩，主要造礁生物为海绵，次为苔藓虫，附礁生物有海百合及腕足等。见大量砾屑，成分泥晶灰岩，产 <i>Palaeofusulina sp.</i> ；下部为灰白色亮晶含砾生物灰岩，生物含量85%左右，亮晶胶结	障积岩	障积礁	生物礁	
						砾屑生屑滩	浅滩	台缘浅滩		
						灰坪	滩间	开阔台地		
		生屑滩	浅滩	开阔台地						
		含生屑灰坪	滩间	开阔台地						
		生屑滩	浅滩	开阔台地						

图3 通江椒树塘长兴组台地边缘浅滩相沉积与岩性组合

Fig.3 Sedimentary and lithologic features of platform edge shallow facies from Changxing Formation, Jiaoshutang, Tongjiang

③潮道

位于台缘滩上的砂屑滩或生屑滩之间的部位,水动力条件相对较强,岩石类型多为砾屑岩石,砾屑成分多为生屑岩石或鲕粒岩石的碎屑成分。主要微相类型是滞留角砾云岩微相。

滞留角砾云岩微相:主要发育在长兴组二段地层中,岩石类型为砾屑云岩、含砾云岩等。矿物成分以白云石为主,含量 95%以上。颗粒主要由砾屑组成,含量 25%~60%,砾屑成分多为细—中晶云岩,形态极不规则,多为次棱角—棱角状,磨圆度低。杂基支撑,基底式胶结,杂基含量为 75%~40%。

(3)开阔台地相

主要分布在通江—开县碳酸盐台地礁滩组合相带与局限台地之间的广阔海域,呈北西南东向展布。以普光 4 井为代表(图 4),厚度 196.0 m。上下分别与飞仙关组和龙潭组均整合接触。根据岩性及沉积相特征,大致可分为两段,即长一段和长二段。孔隙少,储集性较差。主要由泥晶灰岩及生屑灰岩所组成,一般缺乏云岩。长一段:由开阔台地相生屑滩组成。上部自然伽马曲线呈“波状、低齿状”,下部则以“齿状”为主,深、浅侧向电阻率曲线为“波状”起伏,下部为“尖峰状”中低值起伏。上部为灰至深灰色生屑粉晶灰岩、残余生屑粉晶灰岩夹灰色微晶灰岩,下部灰黑色残余生屑粉晶灰岩。生物碎屑含量一般 30%~55%,普遍含 3%~5%的沥青。溶蚀作用弱,孔隙不发育。长二段:由开阔台地与局限台地沉积序列组成。本段岩性及测井响应特征与长一段差别明显,自然伽马值突然增大,然后逐渐减小,呈“齿状、尖峰状”;电阻率变化不明显,但也有明显的界面。岩性为灰至深灰色泥微晶灰岩与微晶灰岩及微晶白云质灰岩互层。溶蚀作用弱,孔隙不发育,储集性较差。由浅滩及滩间亚相组成。

①浅滩

为开阔台地环境中的浅水高能地带,沉积时能量较高,以亮晶砂屑灰岩、亮晶鲕粒灰岩和亮晶生屑灰岩为主。颗粒间多为亮晶胶结,按沉积物类型,可分为砂屑滩、鲕滩及生物碎屑滩等,以生屑滩为主。

②滩间

为浅滩之间的深水沉积区,沉积时海水较深,能量较低,沉积物粒度细,以泥晶灰岩为主夹少量砂屑灰岩。发育水平层理、生物钻孔等沉积构造。开阔台地常发育有风暴沉积,风暴沉积由粒序层理组成,岩

性自下而上由泥晶含砾砂屑灰岩、泥晶砂屑灰岩、砂屑泥晶灰岩及泥晶灰岩变化,底部发育冲刷面。粒序层理厚度变化较大,薄者 2 cm,厚者 50 cm,多数十几厘米。

剖面上,浅滩沉积与滩间细粒沉积物呈韵律互层,下部为滩间,上部为浅滩,构成向上变浅沉积序列。

(4)局限台地

局限台地是指障壁岛后向陆一侧十分平斜的海岸地带和浅水盆地。以沉积灰岩、白云质灰岩及泥质岩为主,各种潮汐层理如透镜状层理、脉状层理及波状层理极为丰富。地震剖面上,局限台地沉积具平行—亚平行影像特征。研究区主要出现在长兴组顶部通江一带。可细分为潮坪及潟湖等亚相。发育有灰泥岩云泥岩等微相。

①潮坪

潮坪发育在局限台地中潮间—潮上沉积地区,以发育骨架纹层、鸟眼、窗孔和帐篷构造为特征。主要微相类型为云泥岩和云泥岩微相:主要分布于长兴组二段顶部,岩石类型有灰色粉—微晶云岩,岩石中骨架纹层含量较高。矿物成分以白云石为主,含量大于 90%,少量方解石及泥质沉积物。岩石致密,未见有效孔隙,储集性能差。

②潟湖

局限台地潮下部分即是潟湖,沉积物粒度细,碳酸盐岩沉积区多为泥晶灰岩、泥灰岩,少量云泥岩,以发育潮汐层理为特征。与潮坪相沉积最大的区别是,其沉积物以灰色为背景。剖面上,潮坪与潟湖沉积多伴生出现,往往构成向上变浅沉积序列。

灰泥岩微相:普遍分布于长兴组各段中,含量较多,为潮坪亚相、潟湖亚相以及蒸发坪亚相沉积。岩石类型有灰岩及白云质灰岩。普遍重结晶,具微晶结构。岩石致密,无有效孔隙,储集性能差。

(5)碳酸盐斜坡相

斜坡是台地与盆地之间的过渡地带,没有明显的坡折地带,分布在广旺盆地及鄂西盆地边缘。西部斜坡围绕广旺盆地分布,相带宽,向东南延伸到梁平—开江地区;东部斜坡分布在通江—开县台地东部边缘礁滩组合相带东侧,相带较窄。主要由深水斜坡—浅水斜坡沉积序列组成,露头区分布于南江桥亭、赶场一带;覆盖区分布于毛坝 2 井、川付 85 井、川岳 83 井、川岳 84 井地区。上下分别与飞仙关组和吴家坪组整合接触。以南江桥亭剖面(图 5)为代表,

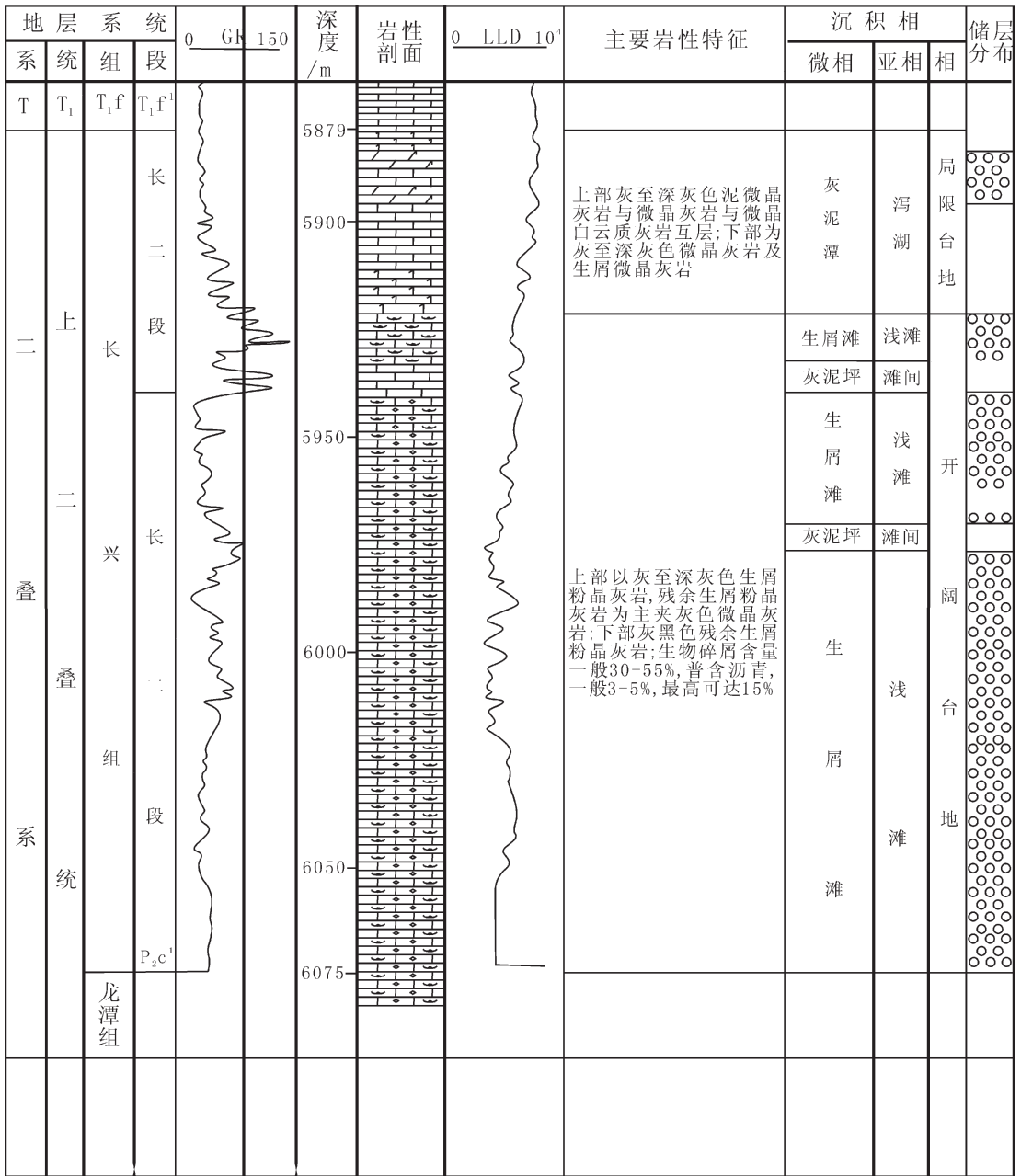


图4 普光4井长兴组开阔台地相沉积与岩性组合特征

Fig.4 Sedimentary and lithologic features of open platform facies from Changxing Formation, Puguang well 4

厚度 60.37 m。上下分别与飞仙关组和吴家坪组整合接触。

上部为灰至深灰色含燧石结核生屑微至泥晶灰岩夹 1.5 cm 的藻屑硅质岩及炭质页岩;中部为浅灰色厚层夹中层状砾屑生屑灰岩及生屑灰岩;下部为灰至深灰色中层夹薄层状含燧石条带或微晶灰岩及生屑微晶灰岩,局部含有白云质条带。产筴、腕足、海绵及珊瑚化石。储层不发育,仅在上部发育少量

浅滩生屑灰岩,溶蚀作用弱,储集性较差。

①浅水斜坡

是指斜坡上的浅水区域,沉积物以泥晶灰岩、生屑灰岩为主。如桥亭剖面的浅水斜坡沉积,岩性为灰色厚层块状生物碎屑灰岩。

②深水斜坡

是斜坡上的深水沉积区。沉积物以深灰色薄层状泥晶灰岩、瘤状灰岩为主夹少量页岩、砾屑灰岩及

地层系统				厚度 /m	结构 剖面	主要岩性特征	沉积相			储层 分布
系	统	组	段				微相	亚相	相	
三叠系	下三叠统	飞仙关组	T ₃ ^f			浅黄灰色薄层灰岩及泥灰岩				
二叠系	上二叠统	长兴组		3.26		上部为灰黑色生屑微晶灰岩, 下部为灰色微晶灰岩, 夹灰色薄层燧石条带	生屑滩	浅滩	斜坡	
				7.62			生物碎屑滩	浅水斜坡	台地边缘	
				9.91				深水斜坡	斜坡	
				39.38						
		吴家坪组	P ₂ c			上部为灰黑色生屑微晶灰岩, 下部为灰色微晶灰岩, 中部夹灰色薄层燧石条带		浅水陆棚	陆棚	

图 5 南江桥长兴组斜坡相沉积与岩性组合特征

Fig.5 Sedimentary and lithologic features of slope facies from Changxing Formation, Nanjiangqiaoting

钙屑浊积岩。

(6) 盆地相

盆地相系指在斜坡以下深水区域的沉积体。分布于南江草坝以西地区,露头区出露于广元、旺苍,覆盖区龙 4 井、扁 1 井、射 1 井等均有揭示。以旺苍立溪岩剖面(图 6)为代表,厚度 20 m,与飞仙关组和吴家坪组均呈整合接触。为深灰、灰黑色薄层状硅质岩夹泥页岩,硅质岩中发育大量薄壳瓣鳃,上部夹薄层泥晶灰岩,发育大量保存完整的菊石化石及深水遗迹化石。储层不发育,储集性十分差。

(7) 台地蒸发盐相

位于局限台地向陆一侧的潮上沉积区,以沉积白云岩、石膏、石盐及喀斯特角砾岩为主,各种潮汐层理、暴露溶蚀构造常见。地震剖面上,因沉积物中膏岩类丰富,后期构造运动过程中容易揉皱变形,具有强振幅、杂乱反射及波状弯曲的影像特征。

3 沉积模式及其演化

研究区长兴组的古地理格局是在整个中国南方晚二叠世新一轮海平面升降旋回周期背景下形成的^[28-29]。研究区较鄂西地区,断裂活动相对较弱,于是形成了较为平缓的沉积地形,总体构成了碳酸盐斜坡沉积背景。在这种背景下,如果受同生断层活动

的作用,可以在早期台地上形成水体相对较深的沉积区,或者受海侵的制约,会形成水体相对较深的深水斜坡或台棚沉积。该区受海平面上升的影响,形成了围绕广旺海盆大面积分布的碳酸盐斜坡和开阔台地沉积环境。但是整个长兴期整体上海平面波动幅度不大,其沉积模式属于斜坡沉积模式,碳酸盐台地斜坡较发育。其沉积演化模式可以分为长一期和长二期两个阶段。

长一期: 当时的气候条件比较适宜生物大量生长,形成了区内广泛分布的生物礁。呈孤立点礁生长在台地边缘上,礁体之间断续相连,构成了沿着旺苍—巴中—平昌—宣汉的碳酸盐台地两侧对称分布的碳酸盐斜坡和点礁群,以龙岗、元坝、毛坝和普光生物礁为代表,其沉积模式为台地边缘斜坡点礁^[9]。

根据钻井(图 1)和地震剖面建立了一条从研究区西边到东边的通过元坝 2 井、元坝 1 井、河坝 1 井及普光 6 井的长兴组沉积模式。由西向东分别由碳酸盐台地、台地边缘礁滩、碳酸盐台地斜坡、盆地、碳酸盐台地斜坡、台地边缘礁滩、开阔—局限台地相组成(图 7)。

长二期: 长二段沉积模式几乎是延续长一期的沉积格局。只是在该时期,海平面相对下降,但幅度很小,这对处于较深水的碳酸盐台地斜坡和盆地相

地层系统				厚度/m	结构剖面	主要岩性特征	沉积相			储层分布
系	统	组	段				微相	亚相	相	
三叠系	下三叠统	T ₃ f				浅灰、黄灰色薄层状泥灰岩与泥质灰岩			斜坡	储层不发育
二叠系	上二叠统	长兴组		20		深灰、灰黑色薄层硅质岩夹泥页岩。上部夹薄层泥晶灰岩，发育丰富、形态完整的菊石化石			盆地	
			吴坪组				上部为灰色泥晶灰岩，下部为灰黑色薄-中层状含燧石结核灰岩			

图 6 旺苍立溪岩长兴组盆地相沉积与岩性组合特征

Fig.6 Sedimentary and lithologic features of basin facies from Changxing Formation, Lixiyan, Wangchang

带而言,没有什么影响;而对长一段台地边缘礁滩相带而言,却有很大的变化,时常暴露海面,礁被干死而不存在,变为碳酸盐台地浅滩;对于长一段开阔台地-局限台地相带而言,由于其距离海平面也较近,大多处于局限台地-蒸发台地的环境(图 8),海水不流通,盐度偏高,以沉积准同生泥微晶白云石为主。

4 沉积相平面展布及其演化特征

通过上述沉积相及其微相特征,可以看出台地边缘浅滩及台地边缘生物礁是储层最有利的相带,其中生屑云岩,砂屑云岩,砾屑云岩等颗粒云岩和生物粘结云岩等是有利的储层微相类型。研究发现对

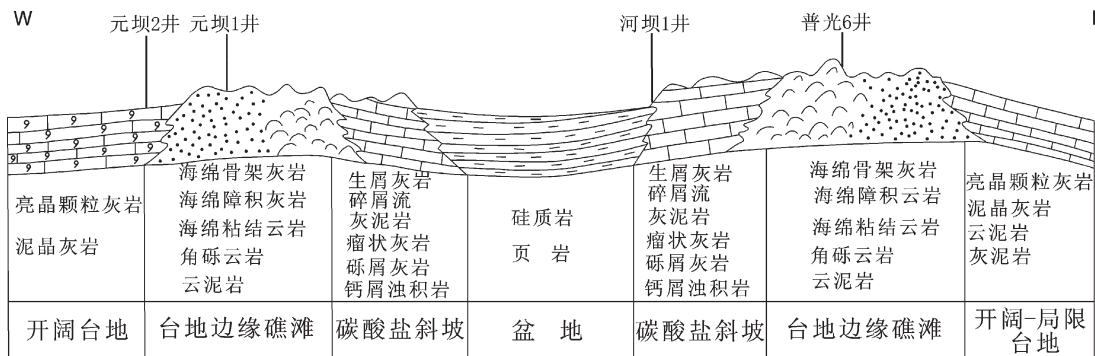


图 7 研究区长一期沉积模式图

Fig.7 Sedimentary model of Member 1 of Changxing Formation in the study area

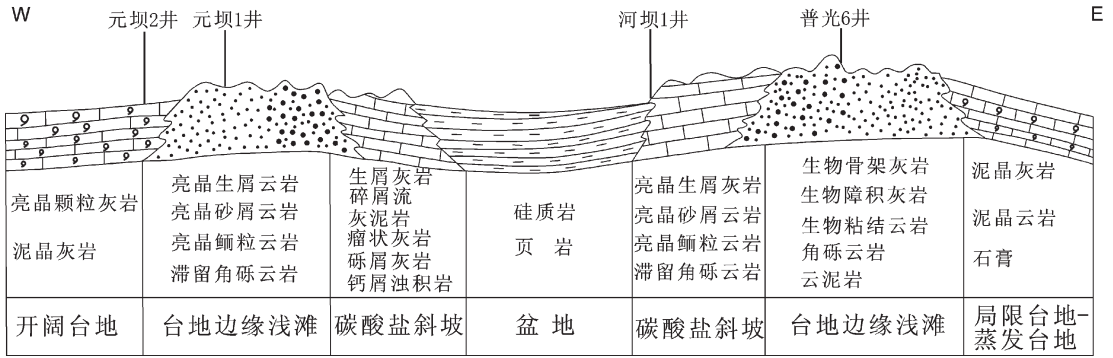


图 8 研究区长兴组长二期沉积模式图

Fig.8 Sedimentary model of Member 2 of Changxing Formation in the study area

储层有利的这些相带主要位于长兴组长一段和长二段^[31-33]。因此,本文重点对长兴组长一段和长二段沉积相、沉积微相平面分布进行详细研究,进而建立沉积相平面分布图。

4.1 长一期沉积相平面分布特征

长兴组一段主要发育有碳酸盐斜坡、台地边缘礁滩、开阔台地以及局限台地等沉积相单元(图 9)。

(1)盆地

分布于旺苍、巴中、平昌、达县一带,呈北西南东展布,沉积长兴组/大隆组硅质岩、页岩,厚 20~30 m。

(2)斜坡

是碳酸盐岩台地上水体较深的部位。分布在盆地东西两侧,呈北西-南东狭窄带状展布,沉积深灰色薄中层状泥晶灰岩、深灰色薄中层状泥晶灰岩、生物扰动灰岩夹瘤状灰岩。

(3)开阔台地-局限台地

分布于万源附近地区。主要由滩间亚相与浅滩亚相组成。代表井有普光 3 井、普光 4 井以及渡口立石河地区,沉积灰色泥晶灰岩、泥晶砂屑灰岩、泥晶生屑灰岩等。

(4)台地边缘浅滩、生物礁

西侧生物礁滩主要分布在苍溪—龙岗一带;东

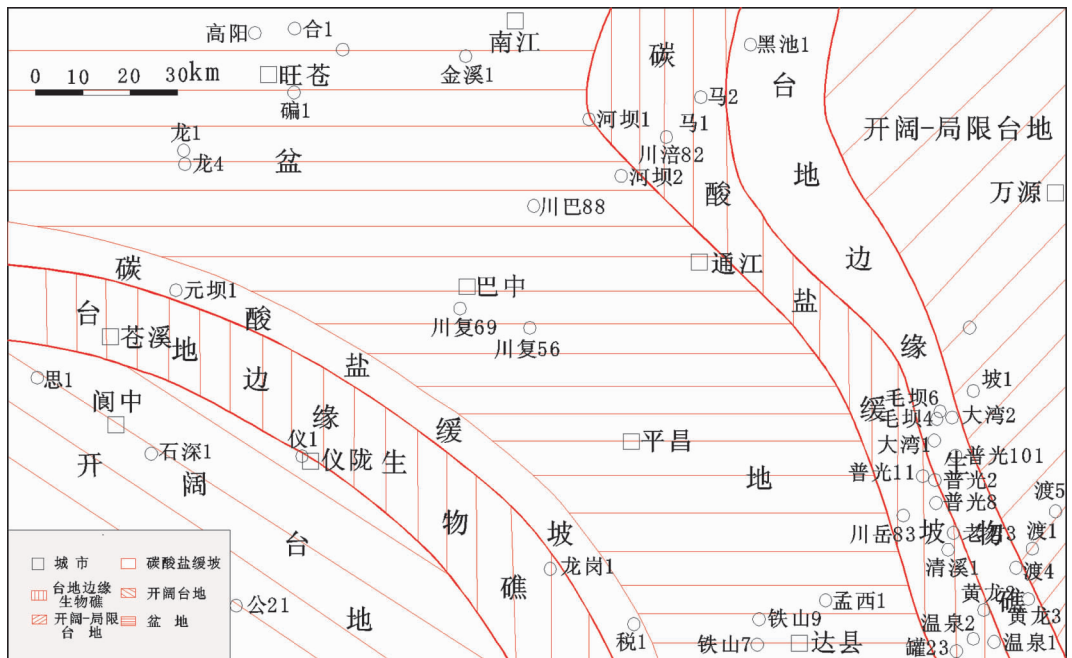


图 9 长一期沉积相平面分布图

Fig.9 Sedimentary facies distribution map of Member 1 of Changxing Formation

侧礁滩相带从铁厂河林场、椒树塘向东南经黑池梁延伸到毛坝3井、普光5井、普光6井、黄龙1井、黄龙4井及天东1井,在区内延伸200 km,宽10余千米。礁滩组合中,生物礁规模小,断续分布,厚数米至数十米,部分白云石化,部分未白云石化,以礁灰岩为主,浅滩规模巨大,厚数十米至一百米,几乎完全白云石化,以鲕粒云岩为主。台地边缘礁滩相沉积物各类溶孔丰富,可做为良好的储集岩。

4.2 长二期沉积相平面分布特征

该时期古地理面貌基本继承了早期格局,相带仍为北西南东展布。长兴末期海平面发生了一定幅度的下降,海平面下降对盆地及斜坡等深水地区影响不大,对台地浅水地区影响很大,主要表现为早期生物礁消失,演变为台地边缘暴露浅滩,通江—开县开阔—局限台地演变为局限台地—蒸发台地(图10)。

(1) 盆地

主要位于旺苍、巴中、平昌、达县地区,沉积长兴组/大隆组硅质岩、页岩。

(2) 碳酸盐斜坡

分布在盆地两侧,以沉积深灰色薄中层状泥晶灰岩、生物扰动灰岩为主夹瘤状灰岩。

(3) 局限台地—蒸发台地

分布于万源附近地区,北西南东展布,由早期开阔台地因海水变浅演变而来。主要是局限台地潮上带沉积,以蒸发坪亚相为主,以沉积泥微晶云岩及骨架纹层云岩为主。后期重结晶作用及溶蚀作用强,溶孔较丰富。

(4) 台地边缘浅滩

主要分布在盆地、碳酸盐斜坡东西两侧。西侧浅滩出露于龙岗等地,推测它一直向北西延伸。以沉积溶孔鲕粒云岩为主。岩石中溶孔丰富,储集条件好。东侧位于毛坝3井、普光5井及普光6井一带,沉积溶孔残余鲕粒云岩及亮晶砂屑云岩。该区浅滩规模小。

4.3 长兴期岩相古地理演化特征

研究区长兴期一段早期几乎继承了龙潭期的沉积格局,即中部广旺和梁平开江地区下沉幅度大,成为盆地沉积环境,以沉积硅质岩、页岩为主;两侧地区下沉幅度小,为碳酸盐台地、台地边缘礁滩和碳酸盐斜坡。地震剖面显示,台地与盆地之间为一非常宽斜的斜坡,沉积物厚度差别大,盆地沉积薄,台地沉积厚。

到长一段晚期,差异升降有所加大,中部地区下沉幅度继续大,仍为盆地环境,沉积速度缓慢,沉积物厚度小,以薄层灰岩、页岩和硅质岩为主。两侧地

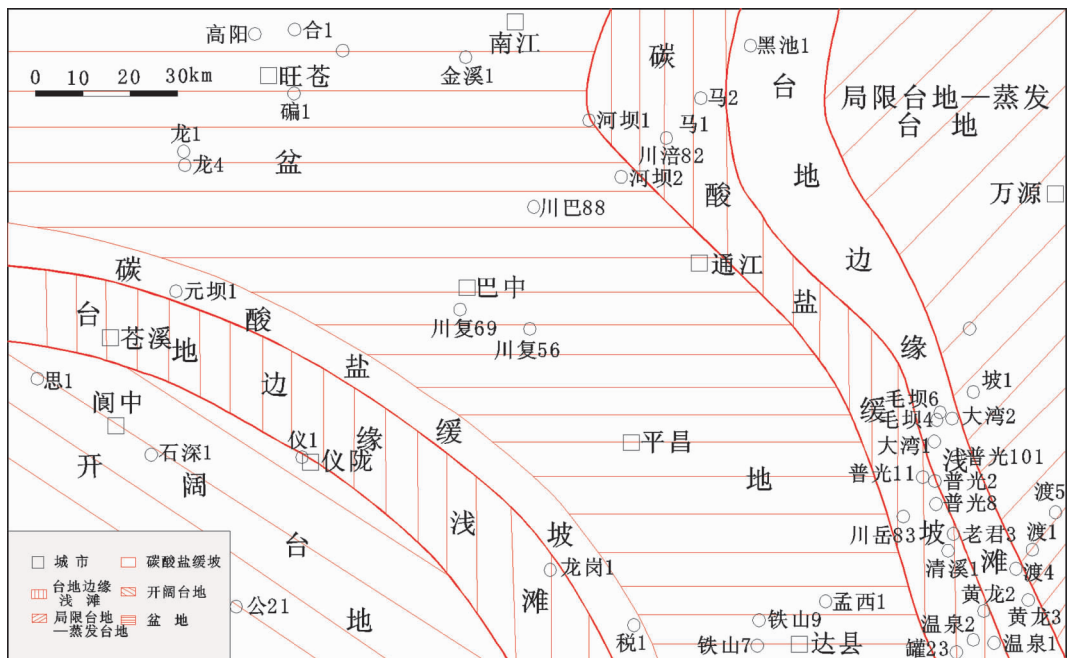


图 10 长二期沉积相平面分布图

Fig.10 Sedimentary facies distribution of Member 2 of Changxing Formation

区下沉幅度小,仍为碳酸盐台地环境,沉积速度快,沉积物厚度大,以沉积厚层状灰岩夹云岩为主。沉积模式仍为斜坡模式,生物礁为斜坡边缘点礁群,生物礁以海绵障积岩为主,少量海绵骨架岩。

长二段早期,沉积面貌基本延续了长兴期长一段格局,相带仍为北西南东展布。但是相对海平面有所升高,开始有一定幅度的海侵,使得原来的台地边缘礁滩相带的生物礁不能存活下来,相对距离海平面较高部位的沉积物仍然遭受到混合水的影响,局部发生白云石化(如普光 6 井沉积),而其他地区以沉积颗粒灰岩为主,为台地边缘浅滩沉积。中部广旺和梁平开江地区没有太大的变化。

长二段晚期,即在长兴末期海平面发生了一定幅度的下降,海平面下降对盆地及斜坡等深水地区影响不大,对台地浅水地区影响很大,遭受暴露时间较长,演变为台地边缘浅滩(有暴露),万源附近地区由开阔-局限台地演变为局限台地-蒸发台地环境,由于海水盐度高,该沉积物多发生准同生白云石化。

5 结 论

1)根据四川盆地东北部长兴组沉积特点,可以分为台地边缘生物礁相、台地边缘浅滩相、开阔台地相、局限台地相、碳酸盐斜坡相、盆地相和蒸发台地相等 7 个基本的相带。

2)主要沉积微相类型有生物粘结云岩微相、亮晶颗粒云岩微相、角砾云岩微相、云泥岩微相、生物粘结灰岩微相、灰泥岩微相、亮晶颗粒灰岩微相和介屑灰岩等,其中对储层最有利的微相类型是砾屑云岩微相、生物粘结云岩微相和亮晶颗粒云岩微相。

3)研究区受海平面上升的影响,形成了围绕广旺海盆大面积分布的碳酸盐斜坡和开阔台地沉积环境。但是整个长兴期整体上海平面波动幅度不大,其沉积模式属于斜坡沉积模式,碳酸盐台地斜坡较发育。

4)在详细研究分析各沉积相带的沉积特点的基础上,探讨了该期沉积相带的空间展布。建立了研究区的沉积模式以及对沉积模式的演化进行了研究,最后编制了沉积相平面分布。

参考文献(References):

[1] 冯增昭,王英华,刘焕杰,等. 中国沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1992:1-968.
Feng Zengzhao, Wang Yinghua, Liu Huanjie, et al. Sedimentological Study in China [M]. Beijing:Petroleum Industry

Press, 1992:1-968 (in Chinese).
[2] 包洪平,杨承运. 碳酸盐微相分析及其在岩相古地理研究中的意义[J]. 岩相古地理, 1999, 19(6):59-64.
Bao Hongping, Yang Chengyun. Carbonate deposit microfacies analysis and its significance of lithofacies palaeogeography study [J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1999, 19 (6):59-64 (in Chinese).
[3] 梅冥相,马永生. 碳酸盐沉积学导论 [M]. 北京:地震出版社, 1997:1-306.
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng. The Introduction of Carbonate Sedimentary [M]. Beijing:Seismological Press, 1997:1-306 (in Chinese).
[4] 张继庆,李汝宁. 四川盆地及邻区晚二叠世生物礁[M]. 四川科学技术出版社,1990:1-188.
Zhang Jiqing, Li Runing. The Organic Reef of Late Permian Sichuan Basin and Its Adjacent Areas [M]. Sichuan Science and Technology Press, 1990:1-188(in Chinese).
[5] 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,2001:1-407.
Zhao Chenglin, Zhu Xiaomin. Sedimentary Petrology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001:1-407 (in Chinese).
[6] 洪海涛,王一刚,杨天泉,等. 川北地区长兴组沉积相和生物礁气藏分布规律[J]. 天然气工业, 2008, (1):38-41.
Hong Haitao, Wang Yigang, Yang Tianquan, et al. Sedimentary facies and the distribution rules of organic reef gas pool Changxing Formation in the north of Sichuan Province [J]. Natural Gas Industry, 2008, (1): 38-41(in Chinese with English abstract).
[7] 陆廷清,文应初,强子同. 中国南方二叠纪海绵礁的成礁模式[J]. 古生物学报,1998,37(4):513-516.
Lu Tingqing, Wen Yingchu, Qiang Zitong. Reef-building model of Permian sponge reefs in south China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1998, 37(4): 513-516(in Chinese with English abstract).
[8] 吴熙纯,刘效增,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):283-297.
Wu Xichun, Liu Xiaozeng, Yang Zhonglun, et al. Formation of reef-bound reservoirs of Upper Permian China Changxing formation in east Sichuan [J]. Oil and Gas Geology, 1990, 11(3): 283-297(in Chinese with English abstract).
[9] 马永生. 四川盆地普光超大型气田的形成机制 [J]. 石油学报, 2007, 28(2):9-14.
Ma Yongsheng. Generation mechanism of Puguang Gas Field in Sichuan Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28 (2):9-21 (in Chinese with English abstract).
[10] 马永生,郭旭升,郭彤楼,等. 四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示[J].地质论评,2005,(4),35-43.
Ma Yongsheng, Guo Xusheng, Guo Tong, et al. Discovery of the large-scale Puguang Gas Filed in the Sichan basin and its enlightenment for hydrocarbon prospecting[J]. Geological Review, 2005, (4), 35-43(in Chinese with English abstract).
[11] 牟传龙,谭钦银,余谦,等. 川东北地区上二叠统长兴组生物礁

- 组成及成礁模式[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(3):65-71.
- Mou Chuanlong, Tan Qinying, Yu Qian, et al. The organic reefs and their reef-forming model for the Upper Permian Changxing Formation in northeastern Sichuan [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2004, 24 (3):65-71 (in Chinese with English abstract).
- [12] 马永生, 牟传龙, 谭钦银, 等. 达县—宣汉地区长兴组—飞仙关组礁滩相特征及其对储层的制约[J]. 地学前缘, 2007, 14(4):182-192.
- Ma Yongsheng, Mou Chuanlong, Tan Qinying, et al. Reef-bank features of Permian Changxing Formation and Triassic Feixianguan Formation in the Daxian-Xuanhan Area, Sichuan Province, South China and constraint for the reservoirs of natural gas [J]. *Earth Science Frontiers*, 2007, 14 (1):182-192 (in Chinese with English abstract).
- [13] 牟传龙, 马永生, 王瑞华, 等. 川东北地区上二叠统盘龙洞生物礁成岩作用研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2005, 25(1/2):198-202.
- Mou Chuanlong, Ma Yongsheng, Wang Ruihua, et al. Diagenesis of the Upper Permian Panlongdong organic reefs in northeastern Sichuan [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2005, 25 (1/2):198-202 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王一刚, 文应初, 张帆, 等. 川东上二叠统长兴组生物礁分布规律[J]. 天然气工业, 1998, 18(6): 10-15.
- Wang Yigang, Wen Yingchu, Zhang Fang, et al. The distribution rule of Upper Permian Changxing formation reef in east Sichuan basin[J]. *Natural Gas Industry*, 1998, 18(6):10-15(in Chinese with English abstract).
- [15] 刘树根, 李智武, 刘顺, 等. 大巴山前陆盆地—冲断带的形成演化[M]. 北京:地质出版社, 2006:1-248.
- Liu Shugen, Li Zhiwu, Liushun, et al. The Formation and Evolution of Dabashan Foreland Basin-Thrust-Fold Belts [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2006:1-248(in Chinese).
- [16] Longman M W. Carbonate diagenetic textures from near surface diagenetic environment[J]. *AAPG Bulletin*, 1980, 64(4):461-487.
- [17] Wilson J L. Characteristics of Carbonate-Platform Margins [J]. *AAPG Bulletin*, 1974, 58:810-824.
- [18] Tucker M E, Wright V P. Carbonate Sedimentology[M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1990, 540-547.
- [19] Flügel E. Microfacies Analysis of Limestone [M]. Translated by K. Christenson, 1982. Berlin, Heidelberg, New York:Spring-Verlag, 1978, 1-633.
- [20] Enos P, Sawatsky L H. Pore networks in Holocene carbonate sediments[J]. *J. Petrol.*, 1981, 51:961-985.
- [21] Edward G, Purdy. Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank, Petrography and reaction groups [J]. *Journal of Geology*, 1974, 71(3):334-355
- [22] Badiozamani K. The dorag dolomitization model application to the Middle Ordovician of Wisconsin [J]. *Sediment. Petrol.*, 1973, 43: 965-984.
- [23] Bathurst. Carbonate Sediments and Their Diagenesis [J]. *Developments in Sedimentology*, 1971, 12:658.
- [24] Calvet F M, E Tucker, J M Henton. Middle Triassic carbonate ramp systems in the Catalan Basin, N. E. Spain; facies, cycles, depositional sequences and controls (in International workshop-field seminar; the Muschelkalk; sedimentary environments, facies and diagenesis [J]. Jagellonian University, Cracow, Poland, 1990: 47-48.
- [25] Wilson J L. Carbonate facies in geological history [J]. Berlin, Heidelberg, New York: Spring-Verlag, 1975:1-471.
- [26] 刘宝珺, 张锦泉. 沉积成岩作用[M]. 北京:科学出版社, 1992:1-278.
- Liu Baojun, Zhang Jinquan. *Sedimentary Diagenesis* [M]. Beijing: Science Press, 1992:1-278(in Chinese).
- [27] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1979:1-494.
- Liu Baojun. *Sedimentary Petrology* [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1979:1-494(in Chinese).
- [28] 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.
- Wang Xingzhi, Zhang Fan, Ma Qing, et al. The characteristics of reef and bank and the fluctuation of Sea-level in Feixianguan Period of Late Permian-Early Triassic, east Sichuan basin [J]. *Acta sedimentologica Sinica*, 2002, 20 (2):249-254 (in Chinese with English abstract).
- [29] 马永生. 碳酸盐岩储层沉积学[M]. 北京:地质出版社, 1999. 1-364.
- Ma Yongsheng. *Carbonate Reservoirs Sedimentology*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999:1-364 (in Chinese with English abstract).
- [30] 王瑞华, 牟传龙, 谭钦银, 等. 达县—宣汉地区长兴组礁滩白云岩成岩作用与成岩环境研究 [J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(1): 30-36.
- Wang Ruihua, Mou Chuanlong, Tan Qinyin, et al. Diagenetic processes and environments of the reef shoal dolostones from the Changxing Formation in the Daxian-Xuanhan region, northeastern Sichuan [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2006, 26 (1):30-36(in Chinese with English abstract).
- [31] 倪新锋, 陈洪德, 韦东晓. 礁滩复合型气藏物质聚集分布及储层特征研究——以川东北地区普光气田长兴组—飞仙关组为例 [J]. 中国地质, 2007, 34(6):1045-1054.
- Ni Xinfeng, Chen Hongde, Wei Dongxiao. Distribution and accumulation of materials in shoal-reef compound gas deposits and reservoir characteristics——A case study of the Changxing-Feixian Formation in the Puguang gas field, northeastern Sichuan [J]. *Geology in China*, 2007, 34 (6):1045-1054 (in Chinese with English abstract).
- [32] 马永生, 牟传龙, 郭彤楼. 四川盆地东北部长兴组层序地层与储层分布[J]. 地学前缘, 2005, 12(3):179-185.
- Ma Yongsheng, Mu Chuanlong, Guo Tonglou, et al. Sequence stratigraphy and reservoir distribution of the Changxing Formation in northeastern Sichuan Basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12 (3): 179-185 (in Chinese with English abstract).

[33] 蒋志斌, 王兴志, 张帆, 等. 四川盆地北部长兴组—飞仙关组礁、滩分布及其控制因素[J]. 中国地质, 2008, 35(5): 940–950.
Jiang Zhibin, Wang Xingzhi, Zhang Fan, et al. Distribution and

controlling factors of reefs and oolitic beaches for the Changxing to Feixianguan formations in the northern Sichuan basin [J]. Geology in China, 2008, 35(5): 940–950(in Chinese with English abstract).

Sedimentary facies, sedimentary model and evolution of Changxing Formation in northeast Sichuan basin

WANG Chun-mei^{1,2}, WANG Chun-lian³, LIU Cheng-lin¹,
LONG Sheng-xiang⁴, WU Shi-xiang⁴, ZHANG Jun-tao⁴

(1. State Key Laboratory of Oil/ Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;
3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
4. Exploration & Development Research Institute, Sinopec, Beijing 100083, China)

Abstract: Changxing Formation in northeast Sichuan basin is marine deposit which can be divided into platform margin organic reefs, platform margin shoals, open platform, limited platform, carbonate ramp, basinal facies and platform evaporite facies. Affected by second-grade sea level changes, the transgressive reef-beach bodies are well developed in Changxing Formation, forming two types of favorable reservoirs. The reef-beach facies migrated and uplifted in vertical direction and developed in zonal form on both sides of the basin, controlled by sedimentary facies. The main sedimentary microfacies comprises organisms-bearing dolomite microfacies, sparry grained dolomite microfacies, gravel dolomite microfacies, dolomite mudstone microfacies, organisms-bearing calcite microfacies, sparry grained calcite microfacies and ostrocods limestone, of which the most favorable microfacies are gravel dolomite microfacies, organisms-bearing dolomite microfacies and sparry grained dolomite microfacies. Based on detailed research on the characteristics of sedimentary facies, drilling data, outcrops, core and thin section observation, the authors have built the sedimentary model and evolution model of the study area and compiled the sedimentary facies distribution map.

Key words: sedimentary facies; sedimentary model; palaeogeographic evolution; Changxing Formation; northeast Sichuan basin; carbonate rock

About the first author: WANG Chun-mei, female, born in 1981, doctor candidate, majors in mineralogy, petrology, and mineral deposit; E-mail: may_time@126.com.