

四川盆地环开江—梁平海槽长兴组—飞仙关组 沉积模式

张建勇^{1,2}, 周进高^{1,2}, 郝毅¹, 王小芳¹, 吕玉珍¹, 张大智³,
徐美茹¹, 张润合¹, 谷明峰¹, 张敬艺⁴

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储层重点实验室)

(3 中国石油大庆油田勘探开发研究院; 4 中国石油冀东油田勘探开发研究院)

摘要 在综合分析的基础上确定了环开江—梁平海槽长兴组—飞仙关组的层序划分方案,长兴组和飞仙关组均可划分出两个三级层序。在层序格架内进行了岩相古地理的编图及演化分析,认为在台地边缘不同地区具有不同的岩相古地理特征,发育不同类型的台地边缘。结合地震资料及钻井资料建立了台地边缘的三种沉积模式:(1)以剑阁地区为代表的“进积型台地边缘”,生物礁及鲕粒滩呈进积型增生,储层单层厚度较薄,储集性能差;(2)以龙岗地区为典型的“加积型台地边缘”,生物礁及鲕粒滩呈加积型增生,生物碎屑滩和鲕粒滩单层厚度大,白云石化程度高,发育优质储层;(3)开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽之间的“孤立台地型台地边缘”,长兴期为半局限台地环境,飞仙关期为蒸发台地环境,台地边缘生物礁及鲕粒滩规模大,白云石化程度高,是储层最有利的勘探区带。

关键词 四川盆地;开江—梁平海槽;长兴组;飞仙关组;海相沉积;沉积古地理;沉积模式

中图分类号:TE111.3 **文献标识码**:A

近几年,四川盆地上二叠统长兴组—下三叠统飞仙关组礁滩天然气勘探取得了重大突破,成为四川盆地天然气勘探的重点领域,勘探结果证实沉积相相对油气藏分布有着明显的控制作用,所发现的气藏主要环开江—梁平海槽分布。“开江—梁平海槽”由王一刚等^[1]1998年提出,认为其成因与峨嵋“地裂运动”和南秦岭洋勉略—紫阳洋盆裂陷有关,主要发育于晚二叠世长兴期—早三叠世飞仙关期,存在时间约7百万年(255 Ma—248 Ma),从而影响了川北地区上二叠统长兴组生物礁气藏和下三叠统飞仙关组鲕滩气藏的分布。由于沉积相带控制着有利储层发育区,而沉积模式可以高度概括区域岩相古地理特征并预测沉积相展布及演化,因而,近年来随着环开江—梁平海槽沉积相的研究逐渐深入,对环开江—梁平海槽也提出了一些沉积模式。

碳酸盐岩沉积模式的研究伴随着碳酸盐岩研究的深入^[2-6]得到逐步完善。Ahr^[2]在研究阿拉伯海湾现代碳酸盐沉积环境时提出过碳酸盐缓坡带沉积模

式,Wilson^[3]将其与碳酸盐台地模式并列,认为同属于碳酸盐陆棚沉积环境。Read^[4-5]和Tucke等^[6]则用“碳酸盐台地”一词来概括所有的浅海碳酸盐沉积环境,其下又划分了碳酸盐缓坡带、镶边陆棚、陆表海台地、淹没台地等,并对碳酸盐缓坡带模式进行了更细的分类。

多年来对四川盆地碳酸盐岩沉积的许多研究都是对照Wilson提出的“碳酸盐台地沉积模式”^[3]进行的。1989年强子同等^[7]在对四川及邻区的上二叠统沉积特征进行系统研究后指出,四川盆地上二叠统的沉积是海侵型的碳酸盐缓坡带沉积,整个川东地区吴家坪期为典型的碳酸盐缓坡环境,晚二叠世长兴期为向碳酸盐台地转化的碳酸盐缓坡环境,而长兴生物礁是碳酸盐缓坡带上发育起来的海侵生物礁系列。2009年王一刚等^[8]根据Wilson的碳酸盐缓坡带、碳酸盐台地的概念,对四川盆地碳酸盐缓坡带作了次一级相带划分,并提出开江—梁平海槽及环海槽陆棚边缘礁相的概念。此后的一些有关研究认为

收稿日期:2010-09-15;改回日期:2011-02-13

本文受国家科技重大专项2008ZX05004-002、国家“973”项目2007CB209502、中石油勘探生产分公司前瞻项目资助

张建勇:1978年生,博士,高级工程师。主要从事油气地质、沉积储层、油气地球化学研究;通讯地址:310023 浙江省杭州市西溪路920号;电话:(0571)85223237

晚二叠世吴家坪期的沉积属碳酸盐缓坡带沉积,而长兴期是具有内部分化(台隆、台沟等)的碳酸盐镶边台地(镶边陆棚)。

笔者综合分析认为,四川盆地北部晚二叠世吴家坪期(龙潭期)—长兴早期为碳酸盐缓坡,该时期缺乏对浅水台地起障壁作用的高能边缘相带。长兴中后期在开阔台地和海槽的过渡带开始发育规模巨大的生物礁,这些礁体环开江—梁平海槽形成障壁,四川盆地北部进入镶边台地发育期。研究发现,虽同为镶边台地,但在环开江—梁平海槽的不同地区,沉积特征差异较大,储层特征也相差较大。本文将从四川盆地北部岩相古地理展布及演化特征入手,建立不同地区的沉积模式,以期对碳酸盐岩镶边台地的油气勘探起到一定理论支撑作用。

1 层序特征及沉积相划分

1.1 层序地层特征

1.1.1 长兴组层序地层特征

长兴期四川盆地环开江—梁平海槽为上扬子地台的一部分。从二级层序特征来看,长兴期整体为一个海侵过程,在海侵过程中自盆地东北向西南,生物礁由长兴组底部向长兴组顶部迁移。从三级海侵海退旋回来看,长兴组可以划分为两个三级层序(图1)。

长兴组第一层序海侵体系域在海槽内由底部的硅质岩向上过渡为薄层硅质结核灰岩;在环开江—梁平海槽周缘为生物碎屑滩,由于海侵速度较快,水体较深,造礁生物不繁盛,因此只发育少量的生物礁;其他地区为开阔台地相的中薄层状泥晶灰岩。高位体系域,由于海平面下降幅度较小,对深水沉积区影响不大,海槽中部仍为硅质岩;斜坡相由薄层燧石结核灰岩演化为厚层生物碎屑灰岩;台地边缘地区,水体相对较浅,造礁生物比较发育,但因为高位域沉积时期海平面相对稳定,生物礁顶暴露出海平面之后即停止生长,因此礁顶发育薄层生物碎屑白云岩,该层序的生物礁规模并不大。

长兴组第二层序海侵体系域在海槽中以泥晶灰岩、硅质岩、硅质灰岩为主;该时期台地边缘地区水体环境有利于造礁生物繁盛,部分地区生物礁随着海平面缓慢升高而呈追补型增生,发育了一套以生

物碎屑灰岩、礁障积岩、礁骨架岩为主的规模巨大的生物礁沉积;该时期开阔台地内部也发育了星罗棋布的点礁。高位域时期,海平面急速下降,生物礁停止生长,台地边缘地区沉积了厚层的生物碎屑滩,经过白云石化之后,形成良好的储层;高位体系域时期,斜坡带发育礁塌积岩及厚层生物碎屑灰岩;盆地内发育泥晶灰岩及硅质灰岩。

1.1.2 飞仙关组层序地层特征

从二级沉积旋回特征看,飞仙关组的地层层序总体上表现为向上变浅的沉积序列,由飞仙关一时早期暗色泥页岩、泥晶灰岩水体相对较深的环境开始,经历颗粒灰岩(主要为鲕粒灰岩,其次为内碎屑灰岩、球粒灰岩、生物碎屑灰岩等)沉积,最后演变为以泥晶白云岩、蒸发岩为主的潮坪环境(图1)。从三级旋回特征看,飞仙关组可以划分为两个三级层序。

飞仙关组第一层序对应于一段至二段,一段底部以泥质泥晶灰岩、暗色灰质泥岩以及暗色泥岩开始,为海侵体系域(图1)。高位域中部在台地边缘发育大量的鲕粒白云岩,是飞仙关组重要的储层段,在海槽区以泥质灰岩或灰质泥岩为主;高位域顶部在台地边缘发育膏岩及膏质白云岩,在海槽区发育泥质灰岩。

飞仙关组第二层序对应于三段至四段(图1)。海侵体系域对应于三段,随着海平面缓慢上升,该时期以开阔台地沉积为主,鲕粒滩在开阔台地内零星分布,发育薄层鲕粒灰岩。四段对应高位体系域,本地北部广泛发育潮坪、潟湖沉积。

1.2 岩相古地理特征

1.2.1 长兴期岩相古地理特征

长兴期,四川盆地北部发育四种碳酸盐岩沉积相,即开阔台地相、台地边缘相、斜坡相和盆地(海槽)相,其中开阔台地划分为台内凹陷、台凹边缘及台坪三个亚相(表1)。

(1) 开阔台地相

开阔台地相位于碳酸盐岩台地靠海一侧,向海过渡为台地边缘相,向陆过渡为混积台地相。该沉积环境与台地外广海水体连通性好,盐度基本正常,适应部分生物的生长,在局部较高地区可以形成颗粒沉积或者生物建造。根据其水体及地形特征可进一

表1 四川盆地环开江—梁平海槽长兴组沉积相类型

沉积相	沉积亚相	主要沉积构造	主要岩性
开阔台地	台内凹陷	水平层理,生物遗迹,硅质结核	灰质泥岩,泥晶灰岩,泥晶生物碎屑灰岩,硅质灰岩
	台凹边缘	交错层理,透镜状层理	石灰岩,生物碎屑灰岩,生物碎屑白云岩
	台坪	水平层理,生物扰动	泥晶灰岩
台地边缘	生物礁	块状	礁障积岩,生物碎屑灰岩,生物碎屑白云岩,泥晶白云岩
	生物碎屑滩	交错层理,透镜状层理	生物碎屑灰岩,生物碎屑白云岩
	滩(礁)间	水平层理,生物遗迹	泥岩,泥质泥晶灰岩,泥晶灰岩
斜坡	上斜坡	块状层理,粒序层理,燧石结核	塌积灰岩,砂砾屑灰岩,泥晶灰岩,硅质灰岩
	下斜坡	燧石结核(条带),粒序层理	砂屑灰岩,泥质灰岩,泥晶灰岩,硅质灰岩
盆地(海槽)	硅质岩盆地	水平层理	薄层暗色泥页岩,硅质灰岩,硅质岩
	碳酸盐岩海槽	水平层理	薄层暗色泥页岩,泥质泥晶灰岩,硅质灰岩

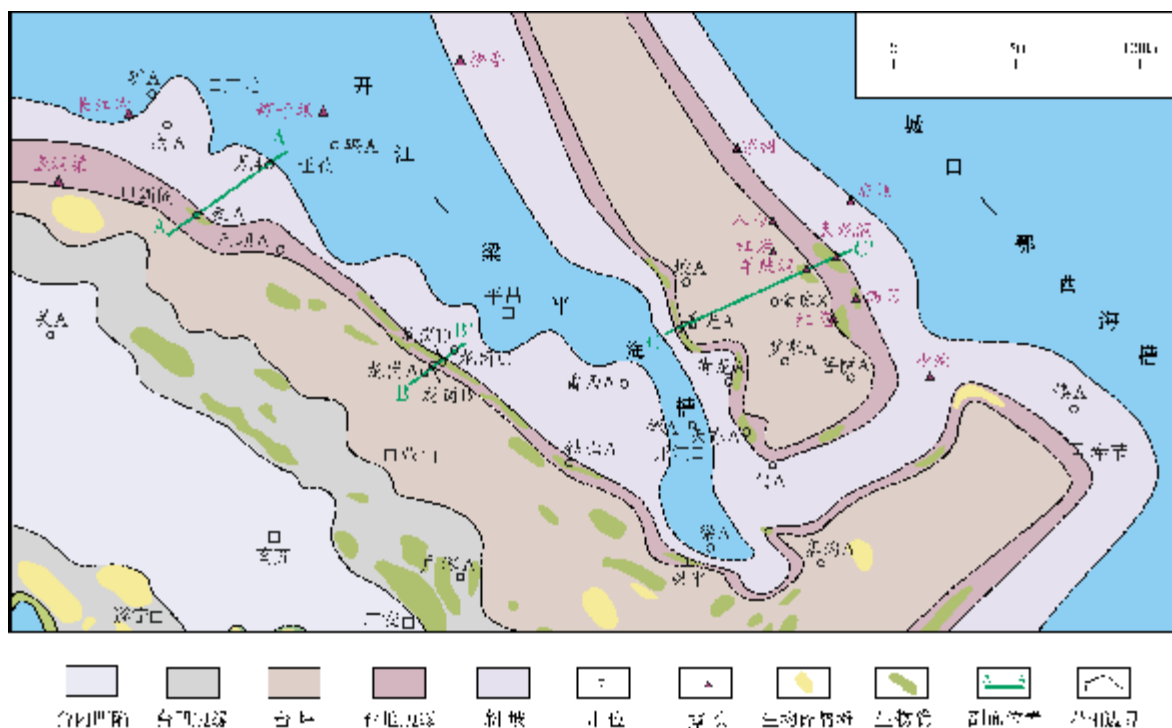


图2 四川盆地环开江—梁平海槽长兴组岩相古地理图

A—A'、B—B'、C—C'剖面分别见图4、图5、图6

台凹边缘亚相 位于碳酸盐岩开阔台地内台内凹陷周缘,为一个相对较窄的相带。在该相带内生物碎屑滩及生物礁相对比较发育,规模较大。四川盆地该相带向陆一侧由于受陆源沉积物及陆源水体的影响,水体清澈度稍差,以发育生物碎屑滩为主,而向海一侧以发育生物礁为主。

台坪亚相 为开阔台地内除台内凹陷亚相及台凹边缘亚相之外的广阔的区域。该沉积环境内,受台地边缘礁滩及台凹边缘礁滩的阻挡,水体相对安静,

地势相对平缓,主要沉积泥晶灰岩为主。台坪沉积环境内地势相对较高的地区发育生物碎屑滩及台内点礁,但总体能量相对较低,不利于形成大规模的颗粒沉积或者生物建造。

(2) 台地边缘相

台地边缘相是位于开阔台地与斜坡之间高出台地背景的非常狭窄的高能相带,发育生物礁及生物碎屑滩,沿开阔台地的边缘呈条带状或链状断续分布,形成“台地镶边”。经典的台地边缘高能带将镶边

台地分割成靠陆一侧较浅的潟湖和靠海一侧邻近海盆的深水区域。四川盆地长兴期,台地边缘礁及生物碎屑滩沿开江—梁平海槽、城口—鄂西海槽及川东北孤立台地周缘呈环带状分布(图2),规模大于开阔台地内点礁及台凹边缘礁。根据岩性特征及是否形成障壁格架,将台地边缘划分为台地边缘生物礁、台地边缘生物碎屑滩、滩(礁)间三个亚相。

生物礁亚相 以障积或黏结骨架海绵礁灰岩、纤维海绵、串管海绵为主,见苔藓虫、管壳石及古石孔藻等。岩性主要为生物灰岩,局部发育生物白云岩。

生物碎屑滩亚相 主要发育在台地边缘礁的顶部或者礁前及礁后,是高水体能量的产物,其分布特征与台地边缘礁一致,平面上难以与生物礁分开。台地边缘生物碎屑滩易受白云石化作用改造,具有良好的储集性能,是长兴组储层发育的主要层段。

滩间或礁间亚相 沉积环境为生物礁(生物碎屑滩)群体或者个体之间相对低洼的区域,水体能量相对较弱。岩性以泥晶生物碎屑灰岩为主,生物碎屑细小破碎,含少量泥质及硅质,具有较强的封堵性能,可以作为生物礁或者生物碎屑滩油气藏的盖层。

(3) 斜坡相

斜坡相是台地边缘与深水盆地(海槽)之间的过渡带(图2),海水深度一般大于100 m,水动力条件不强,水体循环受到限制,常处于停滞状态,温度低,透光性差,多为还原环境,底栖生物较少。该沉积环境海底地势陡峭,常发生垮塌作用,台地边缘带半固结或者未固结的沉积物被重力流搬运在此沉积,形成成分复杂的粒屑灰岩及角砾岩,并具有滑塌变形构造。根据坡度和沉积物类型可以将斜坡相划分为上斜坡和下斜坡两个亚相。

上斜坡亚相 坡度较陡,沉积物相对较粗,地层中滑塌角砾岩较多,砾石多为异地来源,大小混杂,分选差,磨圆度差,整套滑塌体呈透镜状。

下斜坡亚相 与盆地(海槽)相相邻,坡度相对较缓,沉积物较细,主要由中—薄层灰黑色泥晶灰岩、深灰色泥晶灰岩夹燧石结核、硅质泥晶灰岩、含泥硅质灰岩及浊流沉积的粉屑灰岩组成,水平层理及韵律层理发育,局部见揉皱构造。

(4) 盆地(海槽)相

盆地相主要分布在开江—梁平海槽及城口—鄂

西海槽内。根据岩性特征,可划分为硅质岩盆地相和碳酸盐岩海槽相,其分布范围与长兴早期有一定继承性,其中硅质岩盆地主要分布在东部城口—鄂西地区以及西北部广元—旺苍地区,而碳酸盐岩海槽相主要分布在开江—梁平地区。盆地相沉积物不具备储集性能,但可以作为烃源岩、盖层及侧向封堵层。

1.2.2 飞仙关期岩相古地理特征

四川盆地飞仙关期由于构造运动的减缓及海平面的下降,大部分沉积时期可容空间增加速率与碳酸盐岩增生速率相等,或者可容空间增加速率小于碳酸盐岩增生速率。由于飞仙关期沉积格局发生了巨大变化,因此沉积环境明显与长兴期不同。

飞仙关期主要特征是海槽逐渐被填平,台地边缘带向海槽中心迁移,从飞仙关早期的镶边台地沉积环境逐渐演化为飞仙关末期的蒸发台地环境,蒸发台地首先发育在开江—梁平海槽及城口—鄂西海槽之间的孤立台地地区,而后随着海平面下降,蒸发台地覆盖整个四川盆地北部地区。由于飞仙关期是海槽快速填平时期,因此各段岩相古地理环境变化较大。受篇幅所限,笔者在本文主要介绍具有典型沉积特征的飞仙关组二段岩相古地理平面展布特征。

飞仙关组二段主要发育蒸发台地、混积台地、开阔台地、台地边缘、斜坡以及盆地(海槽)六种沉积相(表2)。

(1) 蒸发台地相

该相带长期暴露地表,蒸发作用强烈,含盐度高。根据其地形特征又可划分为潮坪和潟湖两个亚相。

潮坪亚相 沉积环境地势相对平坦,暴露标志比较明显,主要发育干裂、鸟眼、帐篷构造、潮汐层理、暴露溶蚀等沉积构造,岩性以薄层泥质泥晶灰岩、薄层泥晶白云岩、薄层膏岩互层为主。

潟湖亚相 沉积环境水体相对安静,以水平层理、生物钻孔、微斜层理等沉积构造为主,岩性以厚层膏岩、厚层暗色泥晶灰岩、泥晶白云岩为主。

在飞仙关组二段沉积时期,开江—梁平海槽、城口—鄂西海槽及菩萨A井—天东A井一线之间的地区,周缘被鲕粒滩障壁与广海隔开形成中间低、周缘高的孤立的蒸发台地环境,孤立蒸发台地内部以潟湖亚沉积环境为主,膏岩大规模发育(图3)。

表 2 四川盆地环开江—梁平海槽飞仙关组二段沉积相类型

沉积相	沉积亚相	主要沉积构造	主要岩性
蒸发台地	潮坪	帐篷构造,干裂,窗格构造	石膏,膏质白云岩,泥晶白云岩,泥质泥晶白云岩
	潟湖	波痕,水平层理,生物扰动	厚层石膏,泥质灰岩
混积台地	—	冲刷构造,生物扰动,波痕	泥岩,泥质粉砂岩与泥质灰岩互层
开阔台地	台内凹陷	水平层理,生物钻孔	泥晶灰岩,泥质泥晶灰岩
	台凹边缘	波痕,交错层理,冲刷构造	砂屑灰岩,鲕粒灰岩,泥晶灰岩
	台坪	水平层理,生物钻孔	泥晶灰岩,泥质泥晶灰岩
台地边缘	台缘滩	波痕,交错层理,冲刷构造	砂屑灰岩,鲕粒灰岩,鲕粒白云岩,石灰岩
	滩间	水平层理,生物扰动	泥质泥晶灰岩,泥晶灰岩
斜坡	上斜坡	块状层理,粒序层理	塌积岩,角砾灰岩,颗粒灰岩,泥晶灰岩
	下斜坡	水平层理,粒序层理	泥质灰岩,灰质泥岩,泥晶灰岩
盆地(海槽)	—	水平层理,粒序层理	泥页岩,灰质泥岩,泥质泥晶灰岩,浊积岩

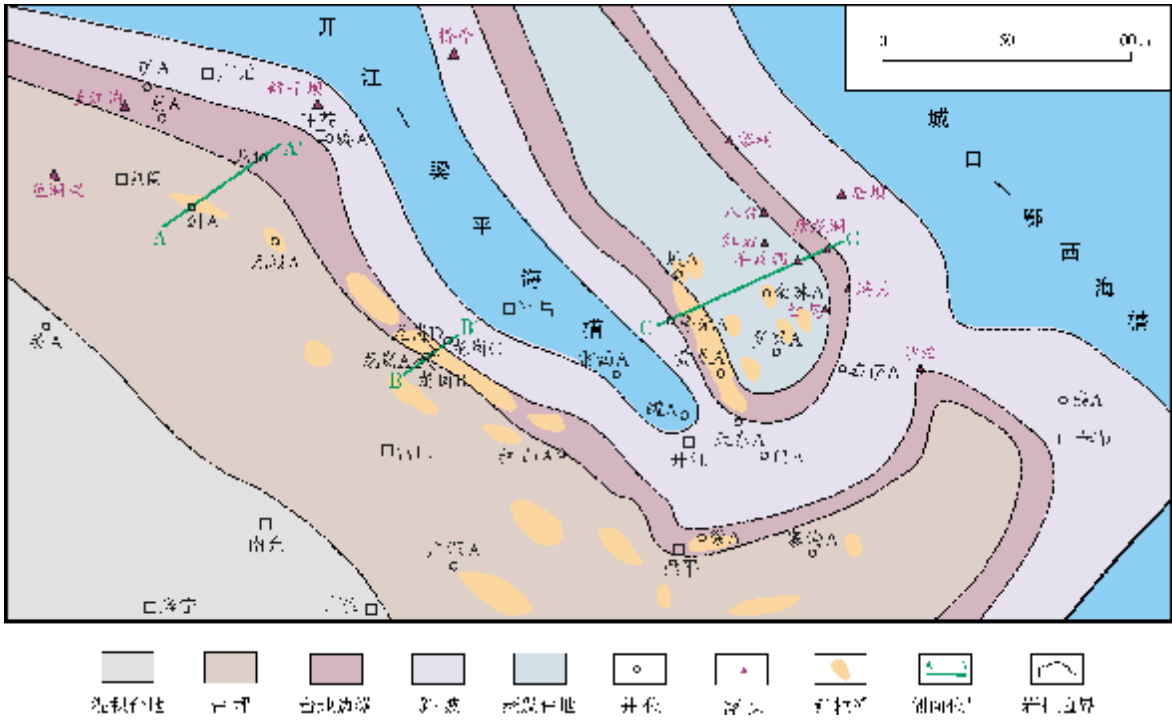


图 3 四川盆地环开江—梁平海槽飞仙关组二段沉积期岩相古地理图

(2)混积台地相

混积台地相在海相环境中位于滨岸地带水体相对较浅的广阔区域,向陆一侧过渡为平均高潮线之上的滨岸沼泽沉积环境,向海一侧过渡为平均低潮线之下的清水碳酸盐岩沉积环境。该沉积相带物源供应相对充分,除潮汐沟道中水体能量较强外,其余地区较弱,以陆源细粒碎屑岩与碳酸盐岩交互沉积

为主。

由于海平面下降,陆源物质逐渐影响到环开江—梁平海槽一带,飞仙关组二段沉积时期混积台地沉积环境发育在广安—关A井以南地区(图3)。

(3)开阔台地相

由于陆源物质的影响,台内凹陷大部分被填平,因此开阔台地相以台坪亚相为主(图3)。

(4) 台地边缘相

主要分布在开江—梁平海槽周缘及城口—鄂西海槽西侧,台地边缘带鲕粒白云岩大规模发育,是良好的储层,特别是孤立蒸发台地周缘的台地边缘滩是最优质的储层发育带(下文将详述)。根据台地边缘的特征可划分为台缘滩与滩间两个亚相(表2)。

(5) 斜坡相

飞仙关时期总体水深变浅,海槽快速充填,斜坡坡度较长时期变缓。根据其特征仍可划分为上斜坡与下斜坡两个亚相(表2)。

(6) 盆地(海槽)相

飞仙关期盆地(海槽)相水体深度明显变浅,不发育硅质岩,主要以泥页岩、灰质泥岩以及泥质灰岩沉积为主,局部发育浊积岩。

2 沉积模式

早期对台地边缘的刻画均依据单一的沉积模式,认为环开江—梁平海槽的台地边缘带是宽度基本一

致的一条环形条带。笔者利用地震资料及200余口钻井资料分析后发现,沿开江—梁平海槽的台地边缘带宽窄并不一致,礁滩发育的特征也不完全相同,有重大发现的气田(龙岗气田、铁山气田等)主要集中在台缘较窄的地区及川东北孤立蒸发台地周缘(黄龙场、罗家寨、普光等)(图2,图3),其中必有内在原因。笔者发现,开江—梁平海槽周缘存在不同类型的台地边缘,用单一的沉积模式难以精细刻画台地边缘礁滩的分布,而后笔者在综合地震、地质资料的基础上,在开江—梁平海槽周缘不同位置建立了不同的沉积模式,试图揭示内在原因,并预测最有利的储层发育带。

2.1 进积型台地边缘模式

该类型的台地边缘主要发育在剑阁地区(图2、图3)。从过剑A井—龙4井的地震剖面(图4a)上看,该类型的台地边缘具有明显的前积结构,边缘向海槽方向推进距离巨大,局部可达40km以上。

该地区可容空间增加速率明显小于碳酸盐岩增

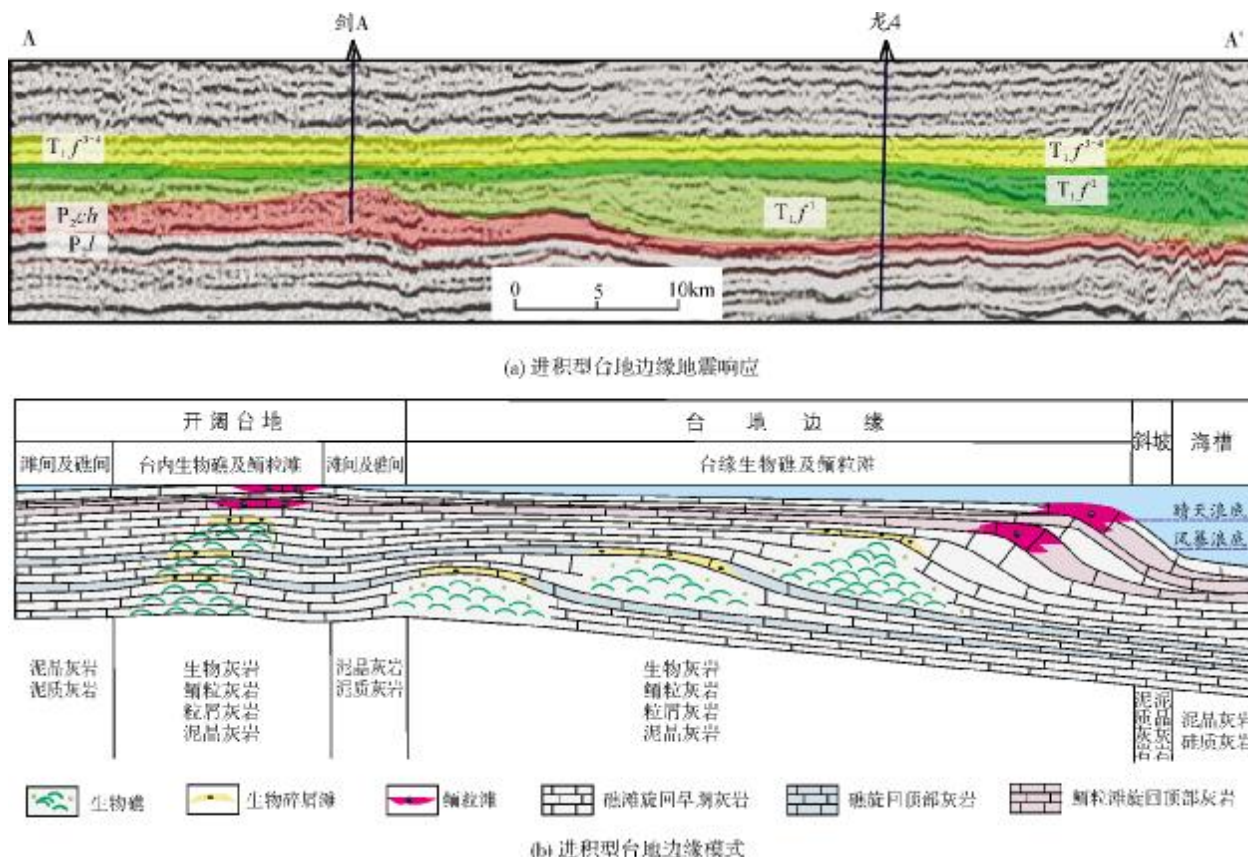


图4 环开江—梁平海槽进积型台地边缘特征与模式图

A—A'剖面位置见图2、图3。P₂l 龙潭组; P₂ch 长兴组; T₁f 飞仙关组

礁位于长兴组第一层序(SQ_1)高水位域,生物礁体宽度比较大,第三期生物礁发育在长兴组第二层序(SQ_2)的海侵期,生物礁呈追补性生长(呈锥形)。在第二层序高水位域发育生物碎屑滩,因生物碎屑滩发生白云石化作用,从而成为良好的储层。由于生物礁生长速率与可容空间增加速率基本相等,因此生物礁呈加积型生长,台地边缘宽度较窄,但生物礁及生物碎屑滩厚度较大(图 5b)。

虽然垂直于飞仙关组鲕滩楔状体的轴面向海槽方向倾斜,说明有一定的进积作用,但地震剖面上鲕粒滩前积结构并不明显,台地边缘宽度一般在 5 km 以内。该地区不同期次的鲕滩主要在纵向上叠置沉积,形成以加积为主的沉积类型,纵向加积的结果导致台缘地形相对较高,受潮汐、风浪作用影响较强,而受物源的影响较弱,因此更有利于鲕粒滩的发育。

该类型的台缘鲕粒滩单层厚度较大,发生过强烈的白云石化作用。在镜下观测发现,强烈的白云石化作用使鲕粒大部分转变为晶粒,晶间常见沥青浸染,粗大溶孔均被连晶方解石充填。即使没有发生白云石化的鲕粒灰岩,从镜下看也多为亮晶胶结,其特征为鲕粒粗大、同心层多、栉壳状胶结、鲕间多为叶

片状—栉壳状—中晶粗大方解石充填。该类型的鲕粒滩具有良好的储集性能,可以形成优质储层。

2.3 孤立台地型台地边缘模式

该类型台地边缘发育在开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽之间(图 2、图 3)。通过盘龙洞野外露头剖面及黄龙场气田、普光气田生物礁的分析发现,该地区台缘带生物礁发育的规模大且礁体白云石化程度高(图 6)。笔者认为这与该区独特的沉积环境有关:(1)该区域周缘被深水区和陆地隔开,陆源物质对该地区基本没有影响,水体清澈,有利于造礁生物发育;(2)该地区位于城口—鄂西海槽西侧,面对广海,为迎风带,有利于生物礁发育;(3)城口—鄂西海槽更邻近秦岭洋,基底沉降速率较高,可容空间增加速率较大,有利于形成大规模的生物礁。

该地区台缘带生物礁的障壁作用,在环形台缘带中间形成一个相对局限的孤立地区,水体相对安静,由于生物礁在迎风带更容易发育,因此区内的羊鼓洞露头剖面的长兴组厚度虽然有 160 多米,但发育生物礁骨架岩的厚度只有 50 多米,礁顶生物碎屑滩未发生白云石化作用。区内的水体虽然相对局限,

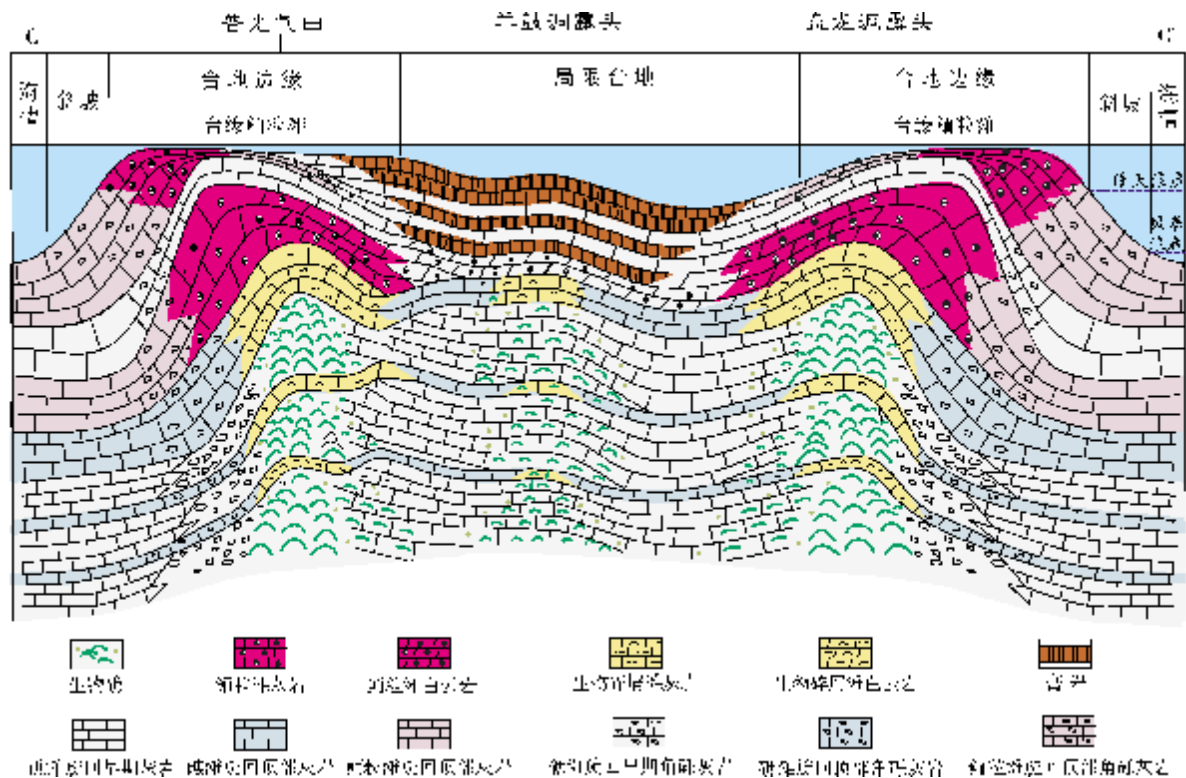


图 6 环开江—梁平海槽孤立台地型台地边缘模式图

C—C'剖面位置见图 2、图 3

但仍与外海有一定的沟通,没有形成局限潟湖,因此也没有膏岩沉积或者泥晶白云岩沉积。

飞仙关期由于鲕粒滩的填平补齐作用,将长兴期生物礁间的潮道封闭,形成一个由障壁与广海隔开的孤立台地,孤立台地边缘发育大规模鲕粒滩。飞仙关期海平面逐渐下降,在孤立台地内部形成蒸发潟湖,沉积了大规模膏岩。具有障壁的台地边缘一侧为广海,一侧为潟湖膏岩,这种独特的沉积环境有利于发生渗透回流白云石化作用^[8],因此在该孤立台地的台地边缘形成了规模巨大的鲕粒白云岩,为优质储层。

3 结 语

通过多种因素的综合分析,确定了层序地层划分方案,在层序格架内编制了岩相古地理图。通过岩相古地理的精细刻画发现,台地边缘相带并不像早期认为的那样是一条宽度基本不变的区带,而是宽窄变化较大。根据已有勘探成果发现,油气主要在台地边缘相对较窄的地区和四川盆地东北部两海槽之间富集。

结合地震特征和已有分析,笔者认为虽然同为镶边台地,同为台地边缘带,但不同地区台地边缘具有不同类型。开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽发育在具有拉张背景的构造格局下,海槽的扩张与闭合受基底断裂控制,但不同地区基底断裂活动的强度不同,海槽沉降速率也就不同,这样就造成了相对

海平面变化不同,从而引起可容空间增加或者减少的速率不同,因此不同地区台地边缘碳酸盐岩增生的样式也就不同。结合具体的地震资料,建立了三种沉积模式:进积型台地边缘模式、加积型台地边缘模式和孤立台地型台地边缘模式,其中孤立台地型台地边缘储层最发育,加积型台地边缘次之。

致谢:研究过程中得到了中国石油西南油气田分公司的杨光、张健、蒋伟雄、杨雨、曾云贤、刘敏、文龙、黄平辉、王一刚、文应初等领导和专家的帮助和指点,在此表示衷心的感谢!

参 考 文 献

- [1] 王一刚,文应初,张帆,等. 川东地区上二叠统长兴组生物礁分布规律[J]. 天然气工业,1998,18(6):10-25.
- [2] Ahr W M. The carbonate ramp:An alternative to the shelf model[J]. Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies,1973,23: 221-225.
- [3] Wilson J L. 地质历史中的碳酸盐岩[M]. 冯增昭,等,译. 北京:地质出版社,1981:17.
- [4] Read J F. Carbonate platforms of passive(extensional) continental margins: Types,characteristics and evolution[J]. Tectonophys,1982,81(3-4): 195-212.
- [5] Read J F. Carbonate platform facies models[J]. AAPG Bulletin,1985,69(1):1-21.
- [6] Tucker M E. Wright V P. Carbonate sedimentology[M]. Oxford,London: Blacwell Scientific Publications,1990: 28-69.
- [7] 强子同,文应初,唐杰,等. 四川盆地晚二叠世沉积作用及沉积盆地的发展[J]. 沉积学报,1990,8(1): 79-88.
- [8] 王一刚,文应初,洪海涛,等. 四川盆地北部晚二叠世—早三叠世碳酸盐岩斜坡相带沉积特征[J]. 古地理学报,2009,11(2): 143-156.

编辑:赵国亮

A Sedimentary Model of Changxing and Feixianguan Reservoirs around Kaijiang-Liangping Trough in Sichuan Basin

Zhang Jianyong, Zhou Jingao, Hao Yi, Wang Xiaofang, Lü Yuzhen, Zhang Dazhi, Xu Meiru, Zhang Runhe, Gu Mingfeng, Zhang Jingyi

Abstract: Based on comprehensive analysis, the frame of sequence stratigraphy is confirmed. The Changxing Formation can be divided into two sequences and the Feixianguan Formation into two sequences. Under the control of sequence framework, the lithofacies palaeogeography is mapped and the evolution is analyzed. It is considered that different platform margins develop in different areas around Kaijiang-Liangping Trough. According to the logging data and seismic data, three models of platform margin are set up: (1) the "progradating platform margin" represented by the one in Jiange area, which is characterized by reef and oolite shoal progradation to the trough center but thin monolayers of reservoir beds with low-reserved capability; (2) the "aggradating platform margin" representative in Longgang area, which is characterized by reef and oolite shoal aggradation and thick monolayers of biotritus shoal and oolite shoal reservoir beds with high dolomitization, in which excellent reservoirs develop; and (3) the "isolated platform margin" located between Kaijiang-Liangping Trough and Chenkou-Exi Trough where the sedimentary environment was the half-restricted platform during late Permian Changxing phase and became into the evaporated platform during early Triassic Feixianguan phase, which brought in a large scale of reef and oolite shoal deposition and succedent high dolomitization so this kind of margin is the most potential area where excellent reservoirs may be discovered.

Key words: Upper Permian; Lower Triassic; Sedimentary model; Marine sediments; Sedimentary paleogeography; Kaijiang-Liangping Trough; Sichuan Basin

Zhang Jianyong: male, Doctor, Senior Geologist. PetroChina Hangzhou Institute of Petroleum Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China