

# 川中—川南过渡带嘉陵江组二段沉积相及其展布特征

雷卞军<sup>1</sup> 周跃宗<sup>1</sup> 杨金利<sup>2</sup> 郭贵安<sup>2</sup> 赵永刚<sup>1</sup> 周慧成<sup>1</sup>

(1.西南石油大学, 四川 成都 610500; 2.西南油气田分公司川中油气矿, 四川 遂宁 629000)

**摘要:**川中—川南过渡带下三叠统嘉陵江组划分为局限台地相、蒸发台地相、开阔台地相 3 个相, 8 个亚相(开阔潮下、台内滩、台内雏滩、局限潟湖、台内洼地、局限潮坪、蒸发潟湖、蒸发潮坪)和 18 个微相。区域上嘉陵江组二段纵、横向沉积相对比结果表明, 嘉陵江组二段沉积相横向上较均一、相变化较小; 沉积相垂向上变化在较大范围内具有同步性。嘉二段共分 5 个作图单元, 采取单因素法和优势相法相结合, 并融合了层序地层学研究成果, 较精确地展示了嘉陵江组二段不同层段的沉积相展布和演化。相对海平面升降变化和碳酸盐台地内隆坳相间古微地貌共同控制着沉积相带展布和演化。嘉陵江组二段以局限台地相和蒸发台地相为主, 储集体有利发育相带是台内雏滩亚相和局限潮坪亚相, 台内雏滩发育于潮坪与潟湖的过渡区附近相对高能带, 局限潮坪则分布广泛。

**关键词:**嘉陵江组二段; 沉积相; 局限台地; 蒸发台地; 雏滩亚相

**中图分类号:** TE121.3+1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2006)05-1149-10

前人关于四川下三叠统嘉陵江组沉积相研究, 主要是大区域以组或段为单位的岩相古地理研究<sup>[1-3]</sup>。然而, 储集体发育层位沉积相展布和演化规律的精细研究, 对于掌握储集体时空分布规律、预测储集体发育相带是很重要的。嘉陵江组从下至上分 5 个岩性段, 嘉陵江组二段简称为嘉二段, 是川中、川西南地区的天然气主力产层之一。笔者应用岩心及露头观察、薄片鉴定、录井资料及测井曲线分析等方法(45 口井, 12 口取心井), 对川中—川南过渡带嘉二段沉积相及其展布特征进行了较详细的研究<sup>①</sup>。

## 1 区域地质背景

笔者所指的川中—川南过渡带, 即遂宁—岳池以南、华蓥山脉以西、安岳以东、铜梁—合川以北的地区, 面积约 8 000 km<sup>2</sup>。四川及邻区三叠系嘉陵江组主要为碳酸盐岩和蒸发岩, 分布面积广, 区域岩性较稳定。嘉一段和嘉三段主要是微晶灰岩、含生物微晶灰岩和极少量颗粒灰岩, 属开阔台地相。嘉二段、嘉四段和嘉五段主要是白云岩、硬石膏岩和石灰岩, 属局限台地相和蒸发台地相。研究区内, 磨溪及潼南地区

现已获得嘉二段工业气藏, 合川、龙女寺、王家场等地有一定的油气显示。嘉二段区域构造总体上为由南西向北东缓倾伏的单斜, 磨溪构造是区内较大的呈北东东—南西西方向展布的长条形背斜构造。嘉二段现今埋深为 2 850~3 200 m, 钻厚为 100~140 m, 且由西向东厚度逐渐增加。嘉二段地层中白云岩、膏岩、石灰岩及泥岩含量分别为 40%、32%、26%、2%。嘉二段根据沉积旋回从下至上分为 3 个亚段: 嘉二段 1 亚段、嘉二段 2 亚段、嘉二段 3 亚段。储层主要发育于嘉二段的 2 亚段 A、B、C 层以及嘉二段的 1 亚段下部(图 1)。

## 2 沉积相类型和特征

嘉陵江组碳酸盐台地相带划分, 参考了 Wilson<sup>[4]</sup>碳酸盐岩相带模式, 但又有所不同, 笔者融合了层序地层学研究成果, 即考虑了相对海平面升降与受局限陆表海台地沉积格局之间密切关系。在相、亚相以及微相的划分和组合上, 体现了相对海平面变化对碳酸盐台地沉积控制作用。

嘉陵江组分为 3 种相: 开阔台地相、局限台地相、蒸发台地相。这 3 种相各自包括了若干个亚相和微相。嘉二段以局

收稿日期: 2005-12-26; 改回日期: 2006-06-12

基金项目: 中石油西南油气田分公司川中油气矿与西南石油学院合作项目资助。

作者简介: 雷卞军, 男, 1955 年生, 副教授, 从事沉积学和储层地质学研究; E-mail: ediword@163.com。

①雷卞军, 沈昭国, 等. 川中—川南过渡带嘉二段气藏成藏规律研究及勘探目标选择, 2005.

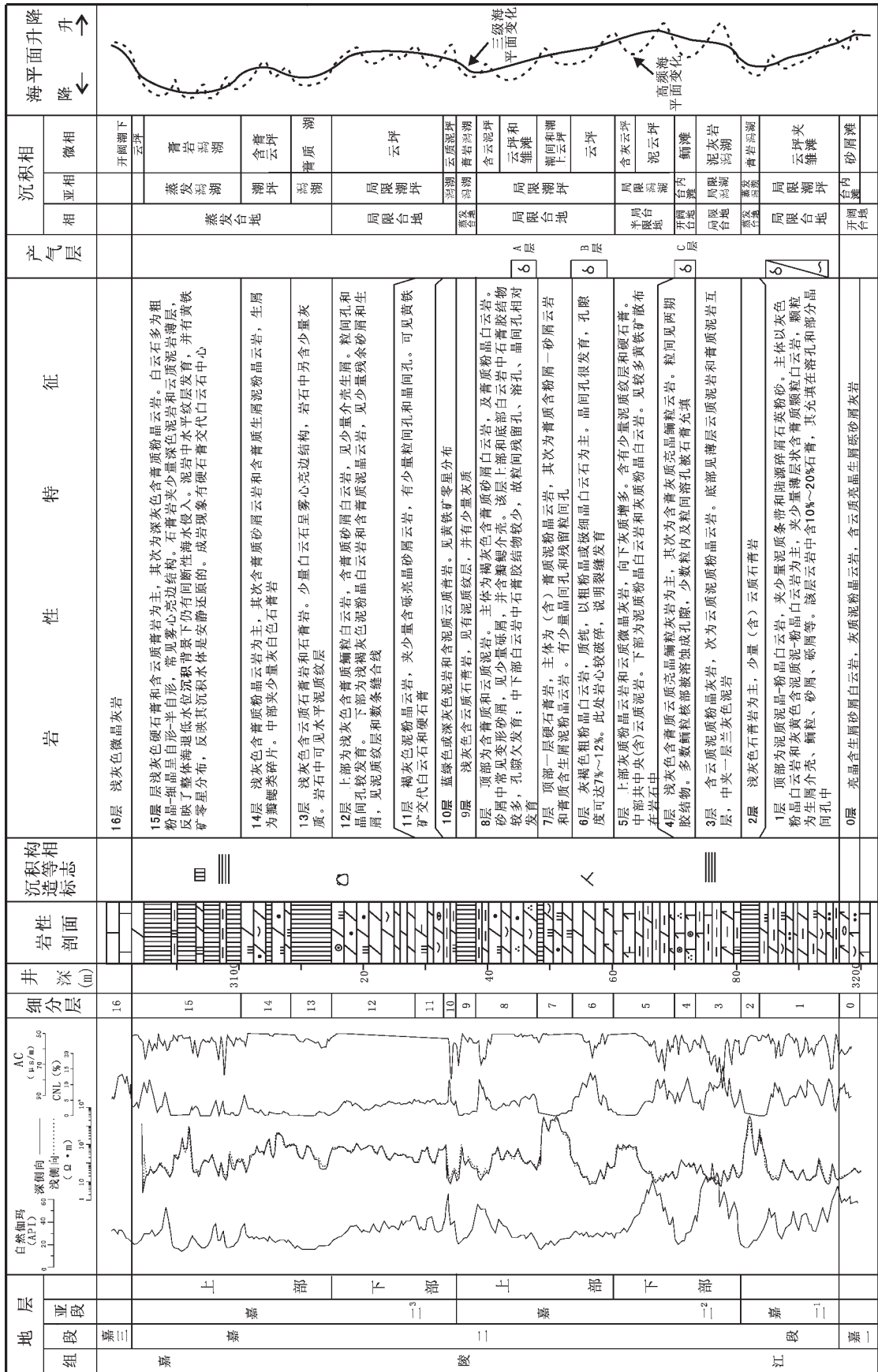


图1 川中—川南过渡带磨22井嘉二段沉积相综合柱状图

Fig.1 Integrated column of sedimentary facies in the 2nd Member of the Jialingjiang Formation in well Mo22 in the transitional zone of central and southern Sichuan

限台地相和蒸发台地相为主,含极少量开阔台地相。微相划分参考了 E. Flügel<sup>[4]</sup>和 Wilson<sup>[3]</sup>的碳酸盐岩微相划分方法,即按碳酸盐岩成分、结构、化石等显微沉积特征来划分微相。

## 2.1 开阔台地相

开阔台地上海水循环良好的,水体深度数米到数十米,盐度属于基本正常到略为偏高,水体循环中等。生物较丰富,包括腹足类、瓣鳃类、棘皮类、有孔虫和各种藻类。常受风暴流的影响形成薄层砾砂构成的正递变粒序层。开阔台地相发育于嘉陵江期海平面处于相对较高的时期,主要分布于嘉一段、嘉三段;嘉二段下部曾短暂地出现过。开阔台地相又分为 3 个亚相:开阔潮下、台内滩和台内洼地(表 1)。开阔潮下亚相以产微晶灰岩、生物微晶灰岩及含颗粒微晶灰岩为主要特征。偶夹具正粒序砂砾屑灰岩。台内滩亚相以亮晶鲕粒灰岩(图版 I—1)和亮晶砂屑灰岩为特征,沉积能量高。台内洼地处于碳酸盐台地内地势比较低洼的部位,水动力条件较弱。半局限台地中洼地的沉积产物主要为(含)泥质灰岩和泥页岩;局限台地中洼地常是大范围云坪背景下的含云膏池。总的来说,四川嘉陵江期的碳酸盐台地内部地形起伏不大,划出台内洼地亚相为查明半局限台地内中泥质沉积对储层分布的影响。

## 2.2 局限台地相

局限台地与广海之间有台地、浅滩、礁或岛屿等障壁,因此海水运动和循环均受到限制。局限台地中包括潟湖、潮汐水道、潮坪及雏滩等环境。海水盐度略增高,生物种类相对单调,有个小壳薄的腹足类、瓣鳃类及少量蓝绿藻。主要沉积产物是灰泥,及少量颗粒和泥岩。局限台地靠近陆地位置时陆源碎屑泥、砂质沉积较多。本研究区局限台地相可分为 4 个亚相:局限潟湖、局限潮坪、台内雏滩、台内洼地(表 1),其中分布广泛的是局限潮坪和局限潟湖亚相。

局限台地上比开阔台地上水体更浅,地势亦平坦,蒸发作用使海水咸化。相对海平面轻微的升降,就会造成台地大

面积地出没于海平面上下,造成局限台地中潮坪很发育,碳酸盐泥及颗粒在盐度较高且富含镁离子的地表水作用下,容易发生准同生白云石化作用。因此,局限台地相的岩相特征之一是潮坪白云岩广泛发育。

### 2.2.1 局限潟湖亚相

局限潟湖主要处于局限台地内潮下低能的地区,潟湖中水体循环受限,水动力能量低,以静水沉积为主,水平层理常见。可分为微晶灰岩微相、含云灰岩微相、球粒泥晶灰岩、含膏云质微晶灰岩、豹斑状灰质云岩和泥晶介壳灰岩(图版 I—2)等微相。研究区嘉二时期远离康滇古陆的陆源碎屑,故泥质沉积的量少。

### 2.2.2 局限潮坪亚相

局限潮坪是通常所说的潮坪<sup>[4]</sup>,为了与富含蒸发矿物的蒸发潮坪区别,称为局限潮坪。潮坪是局限台地内部较发育的亚相。潮坪包括了潮间带和潮上带两个沉积地带。

潮上带属于平均高潮面以上的风暴潮作用的地区,总的特征是水体极浅,仅数厘米到数十厘米,长期暴露地表,海水蒸发量较大。岩石以泥晶白云岩为主,还有含泥质微晶灰岩。泥晶白云岩中常见针状、细棒状石膏晶体(图版 I—3)。常见干裂、帐篷构造、同生泥砾片、藻纹层、泥质纹层、鸟眼构造等。在间歇性风暴潮作用下,潮上带泥质碳酸盐中可夹极薄层(1~2 cm)的风暴颗粒岩夹层,其生屑颗粒被磨蚀得很碎。

潮间带位于平均高潮面和平均低潮面之间,水位变化频繁,也经常出露海面。主要岩石类型为球粒泥晶灰岩、含生物屑泥晶灰岩,经白云岩化常形成泥—粉晶白云岩或豹斑状灰质云岩。粉晶白云岩因晶间孔发育可成为储层(图版 I—4)。潮间带水动力能量弱到中等,变换频繁。可见透镜状层理、脉状层理和复合波状层理,浅水修饰波痕亦常见。

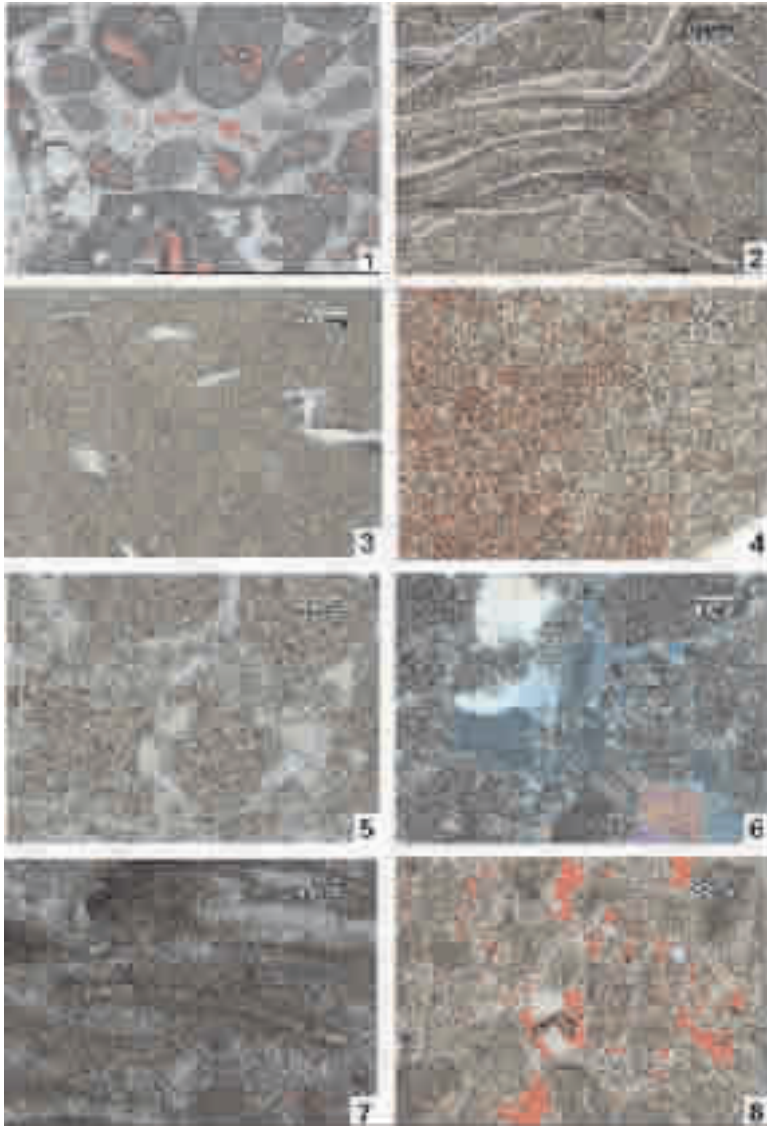
在露头剖面和岩心剖面上,容易识别出向上变浅的潮坪沉积层序中潮间带和潮上带沉积,垂向上这两个相带总是频

表 1 川中—川南过渡带嘉陵江组沉积相划分

Table 1 Sedimentary facies classification of the Jialingjiang Formation in the study area

相区	相	亚相	微相划分
碳酸盐台地	蒸发台地	蒸发潟湖	硬石膏岩,云质硬石膏岩,含泥硬石膏岩
		蒸发潮坪	(含)膏质泥晶云岩,膏质泥岩,云质硬石膏岩
	局限台地	局限潮坪	泥-粉晶云岩,含藻纹层泥晶云岩,含膏泥-粉晶云岩,泥-粉晶灰岩,球粒灰岩,球粒泥-粉晶白云岩
		台内雏滩	残余砂屑云岩,残余鲕粒云岩,生屑灰岩,生屑云岩,砂屑或鲕粒灰岩
		局限潟湖	微晶灰岩,含云灰岩,球粒泥晶灰岩,含膏云质灰岩,豹斑状灰质云岩,含泥微晶灰岩,云质泥岩
	开阔台地	台内洼地	开阔台地内洼地主要微相是泥质灰岩和泥页岩;局限台地内洼地主要微相是云坪背景下的含云石膏岩
开阔潮下 台内滩		微晶灰岩、含生物微晶灰岩及含颗粒微晶灰岩,具正粒序砂砾屑灰岩 亮晶鲕粒灰岩,亮晶砂屑灰岩,亮晶生屑灰岩	
台地边缘		研究区内嘉陵江组没有台地边缘相	

图版 I



## 图版 I 说明(Explanation of Plate):

1—溶孔亮晶鲕粒灰岩,粒内溶孔较发育,具两期(马牙状,粒状)方解石胶结物和石膏胶结物。鲕粒间有胶结未盈的残留孔。红色铸体薄片,单偏光。磨 13,井深 3124.71 m;2—泥晶介壳灰岩,介壳由于受压实作用产生弯曲和断折。单偏光。磨 24,井深 3110.20 m;3—泥晶白云岩,含 3%分散的细棒状石膏。岩性致密。单偏光。磨 22,井深 3124.07 m;4—粉晶白云岩,晶粒 0.03~0.04 mm。晶间孔发育。石膏胶结物较多的部分(照片右边)晶间孔欠发育。红色铸体薄片,单偏光。磨 22,3155.66 m;5—含膏粗粉晶白云岩,白云石的晶粒 0.05~0.08 mm,可见残余砂屑幻影,石膏胶结。红色铸体薄片,单偏光。磨 22 井,井深 3146.38 m;6—膏质亮晶砂屑云岩。较早期溶孔中充填着石膏,溶孔的边界是弯曲的和港湾状的。石膏为一级灰白干涉色。红色铸体薄片。正交偏光。磨 22,3146.38 m;7—残余藻屑白云岩。藻屑部分为泥-粉晶白云石,隙间为粗粉晶白云石。并含少量石膏胶结物。仅有少量晶间孔。红色铸体薄片,单偏光。磨 24,3085.58 m;8—残余砂屑白云岩。溶孔和晶间孔发育,溶孔中见二颗白色亮晶白云石胶结物。红色铸体薄片,单偏光。磨 22,3092.04 m

1—Oospirite; intragranular dissolution pores well developed; there are two stages of calcite cements (bladed and granular) and gypsum cement. There are relict pores in interstices between oolites. Red cast thin sections; plane polarized light. Well Mo13, depth 3124.71 m; 2—Micritic coquina; shells become bent and fractured because of compaction. Plane polarized light. Well Mo24, depth 3110.20 m; 3—Dolomicrite contains 3% dispersed thin baculine gypsum. Rock compact. Plane polarized light. Well Mo22, 3124.07 m; 4—Dolomicrite; crystal size 0.03~0.04 mm. Intercrystal pores well developed; intercrystal pores less developed in places with more gypsum cements (right), Red cast thin slice, Plane polarized light. Well Mo22, depth 3155.66 m; 5—Gypseous coarse dolomicrite; crystals 0.05~0.08 mm in size; gypsum cement; relict psammitic texture illusion observed. Red cast thin section. Plane polarized light. Well Mo22, depth 3146.38 m; 6—Gypseous sparry dolarenite; gypsum cement fills in the early-stage dissolution pores with curved and embayed edges. Gypsum has first-order gray interference color. Red cast thin section; crossed nicols. Mo22, depth 3146.38 m; 7—Relict algal dolomite; algal fragments are dolomite and only scarce intercrystal pores present with minor gypsum cement. Red cast thin section. Plane polarized light. Well Mo24, depth 3085.58 m; 8—Relict dolarenite; dissolution pores and intercrystal pores well developed; two grains of white sparry dolomite cement found in dissolution pore. Red cast thin section. Plane polarized light. Well Mo22, depth 3092.04 m

繁交互叠置,潮坪基本层序一般 2~3 m 厚。在绘制沉积相平面图时,将潮间、潮上微相叠合在一起,根据沉积物的差异,分出云坪微相区、灰云坪微相区和含泥云坪微相区。

2.2.3 台内雏滩亚相

局限台地中水动力总体较弱,但也有相对能量较高的地方,如潮汐水道,或潮坪区与潟湖区之间的过渡带。这些地带可以形成碳酸盐颗粒雏滩。所谓雏滩,比一般的台内“滩”和“准滩”的规模小,其分布范围小、厚度薄,颗粒隙间充填物以亮晶为主,也有泥晶。雏滩体经常暴露于大气,受淡水淋滤溶蚀产生早期粒内溶孔和铸模孔。台内雏滩依颗粒类型也可以分为砂屑雏滩,鲕粒雏滩和生屑雏滩。局限台地内的雏滩砂屑、鲕粒及藻屑容易发生近地表白云岩化(图版 I—5~7)。未被石膏和硬石膏致密胶结的砂屑白云岩常成为较好的储层(图版 I—8)。

2.3 蒸发台地相

蒸发台地发育在海平面相对低的时期,台地与广海之间连通比局限台地时期更加受阻,气候炎热干旱,蒸发作用强烈,因此广泛发育蒸发岩。嘉二段时期,蒸发台地与外海尚未完全隔绝,海水泛侵则时有发生。海水泛侵使台内咸化海水稍被稀释,另外还带来一些泥质;因此蒸发台地相石膏岩层中,常出现薄层准同生含膏白云岩、薄层泥质岩和含膏质泥岩等夹层。

本文“蒸发台地相”与 Wilson<sup>[9]</sup>的碳酸盐岩标准相带中“台地蒸发岩”相比较,涵义要广一些,其包含两个亚相:蒸发潟湖亚相和蒸发潮坪亚相。蒸发潟湖亚相相当于 Wilson<sup>[9]</sup> 相带模式中局限台地相中的盐度较高的一种。蒸发潮坪亚相则大致相当于 Wilson<sup>[9]</sup> 的第 9 个相带——台地蒸发岩。这两个亚相同时发育于受局限的陆表海台地水位低、蒸发作用强烈的时期,它们在空间上共同构成了“蒸发台地相”。这种划分方法是从实际出发的,有利于沉积相平面展布研究。

2.3.1 蒸发潟湖亚相

岩性主要为硬石膏岩、(含)云质石膏岩。微相相应划为膏质潟湖微相和石膏质潟湖微相。蒸发潟湖亚相分布于嘉二段的每个亚段的上部(或顶部)。

嘉二段 3 亚段上部为典型的石膏岩蒸发潟湖微相。该微相的岩性主要是较纯的硬石膏岩,以及少量泥质石膏岩和膏质云岩。较纯的硬石膏呈团块状或层状,有时可见水平纹理。硬石膏显微特征是细密的针状集合体。硬石膏岩中常夹有云质和泥质,有时候可见零星的自形细晶白云石在石膏岩层中大致顺层分布。大面积的蒸发潟湖亚相硬石膏岩层是良好的区域油气盖层。

2.3.2 蒸发潮坪亚相

蒸发潮坪发育于蒸发台地上相对地形较高的地带,由潮间带和潮上带组成。潮上带的水浅暴露时间长,气候干旱蒸

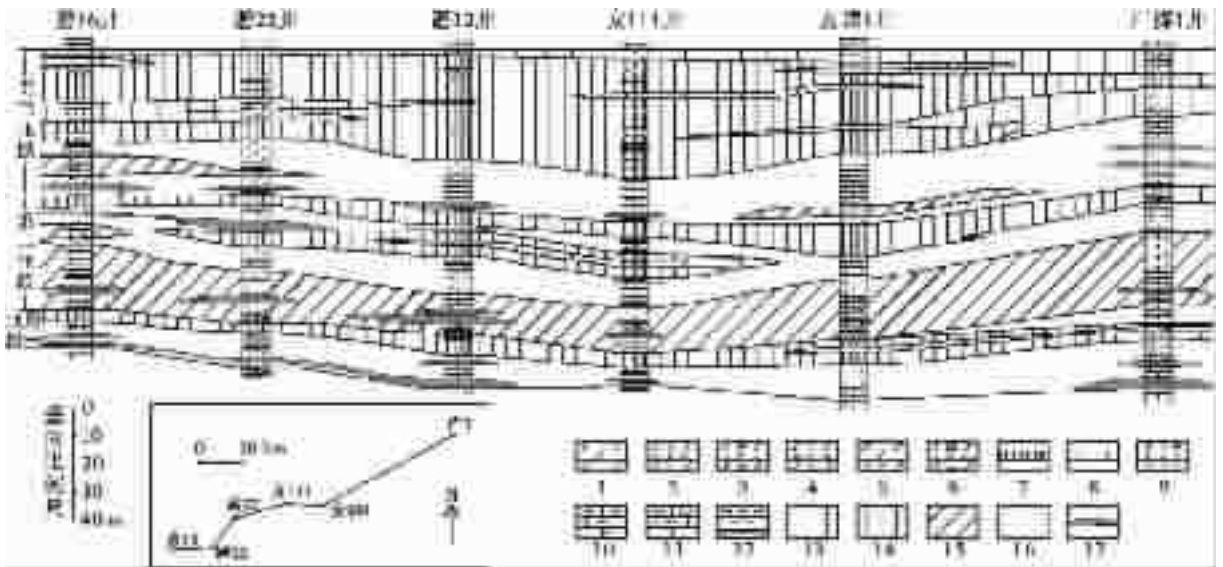


图 2 川中—川南过渡带嘉二段东西向岩性和沉积相柱状对比图

- 1—白云岩;2—砂屑白云岩;3—鲕粒白云岩;4—针孔状白云岩;5—灰质白云岩和泥质白云岩;6—(含)膏质白云岩;7—硬石膏岩;
- 8—石灰岩;9—鲕粒石灰岩和砂屑石灰岩;10—(含)泥质石灰岩;11—介壳灰岩;12—泥岩和页岩;13—蒸发潟湖亚相;
- 14—蒸发潮坪亚相; 15—(半)局限潟湖亚相; 16—局限潮坪亚相; 17—颗粒碳酸盐岩雏滩亚相

Fig.2 Lithologic and sedimentary facies columns of the 2nd Member of the Jialingjiang Formation in an east-west direction in the study area

- 1—Dolomite;2—Dolarenite;3—Oolitic dolomite;4—Pinhole dolomite;5—Lime dolomite and argillaceous dolomite; 6—Gypseous dolomite;
- 7—Anhydrite;8—Limestone;9—Oolitic and calcarenite;10—Argillaceous limestone;11—Coquina;12—Mudstone and shale;13—Evaporative lagoon subfacies;
- 14—Evaporative tidal flat subfacies;15—Restricted lagoon subfacies;16—Restricted tidal flat subfacies;17—Grain carbonate incipient bank subfacies

发量大,盐度高;潮上带出现盐坪及干盐湖。潮间带海水盐度也明显偏高。几乎没有原地生物。常见沉积构造有干裂、帐篷构造和鸟眼构造。泥晶白云岩常含斑点状、结核状石膏,以及香肠状石膏。蒸发潮坪亚相包括膏质云岩、膏质泥岩和云质膏岩微相。蒸发潮坪层序上部是(含)膏质泥晶白云岩,含结核状或香肠状硬石膏、帐篷构造和盐溶角砾岩等;层序下部过渡为蒸发潟湖亚相硬石膏岩。

蒸发潮坪与局限潮坪的沉积特征不同,但是随海平面升降和气候条件的变化,这两种潮坪很容易互相转换。N. P.詹姆斯<sup>[9]</sup>在论述碳酸盐台地向上变浅的序列时,就曾叙述过两种类型的潮坪,即潮湿气候潮坪和干旱气候潮坪。

### 3 嘉二段岩性和沉积相纵横向区域对比

在单井沉积相分析基础上,进行区域嘉二段岩性、沉积相的纵、横向对比分析。川中—川南过渡带嘉二段地层具有很好的横向对比性。岩性、沉积相在横向上变化较小;纵向上变化在较大范围内具有同步性(图2)。嘉二段沉积时期,碳酸盐台地上沉积环境广大范围内较均一,相对海平面升降变化

控制着整个局限—蒸发台上的沉积演化过程。

嘉二段从下至上分为3个亚段,每个亚段是一个碳酸盐岩→蒸发岩沉积旋回,代表着次一级的海平面升降旋回沉积产物(图1~2)。嘉二段的1亚段中下部岩性主要是泥—粉晶白云岩及少量砂屑白云岩,仅合13、合25、潼5井及磨溪构造北缘嘉二段的1亚段下部含有泥晶灰岩;嘉二段的1亚段顶部或上部岩性是硬石膏岩。嘉二段的2亚段由下至上大致可分为7个小层。自下而上为:泥岩夹泥晶云岩(或微晶灰岩);颗粒(鲕粒为主)碳酸盐岩;泥—粉晶灰岩(或云岩)夹泥质灰岩和泥岩;粉晶白云岩;含膏质泥—粉晶白云岩;(含膏)砂屑白云岩;硬石膏岩。嘉二段的3亚段下部岩性主要为白云岩及石灰岩,上部岩性主要为硬石膏岩和膏质泥—粉晶白云岩。在华蓥山露头区,各亚段上部或顶部的硬石膏岩层表现为溶塌角砾岩,它们是在地质历史中隆升暴露或接近地表,接受淡水溶蚀而垮塌形成的<sup>[9]</sup>。

### 4 嘉二段沉积相展布和演化

嘉二段地层分为5个作图单元,即嘉二段1亚段、嘉二

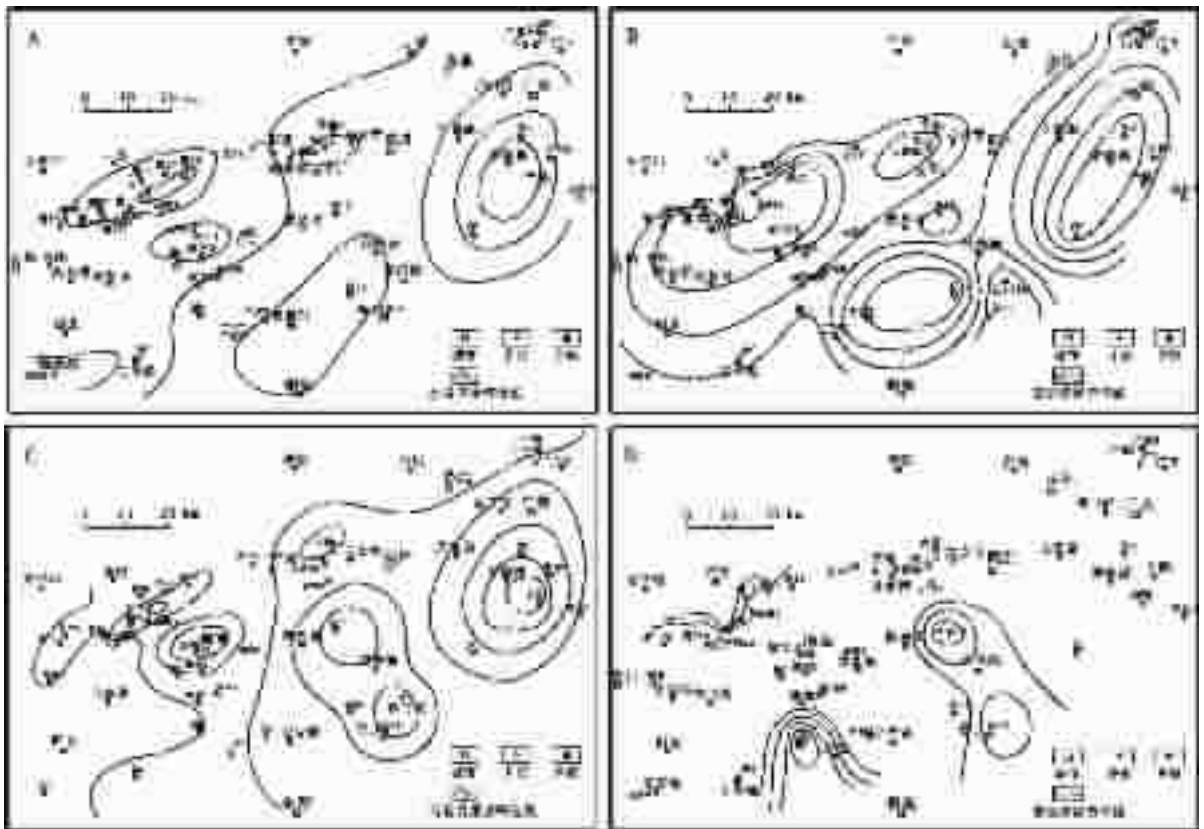


图3 川中—川南过渡带嘉二段的1亚段地层(A)、白云岩(B)、石膏岩(C)和灰岩(D)等厚图

Fig.3 Isopach map of the strata(A), dolomite(B), gypsum(C)and limestone(D) of the 1st Submember of the 2nd Member of the Jialingjiang Formation in the study area

段 2 亚段下部、嘉二段 2 亚段上部、嘉二段 3 亚段下部、嘉二 3 亚段上部 (图 1)。嘉二段的 2 亚段 7 个小层中,前 3 个小层归于下部,属于半局限台地相;后 4 个归于上部,属于局限台地相和蒸发台地相。嘉二段的 3 亚段下部属于局限台地相;上部属于蒸发台地相(图 2)。为精确地再现嘉二段时期沉积相平面展布和垂向演化规律,笔者采用单因素法和优势相法相结合,统计地层、白云岩、石灰岩、石膏岩、颗粒白云岩、颗粒石灰岩和泥质岩等厚度资料编制单因素图件<sup>[9]</sup>。

4.1 嘉二段的 1 亚段沉积相展布和演化

川中—川南过渡带嘉二段的 1 亚段地层钻厚 10~30 m, 总体是西部薄东部厚,磨溪、潼南一带嘉二段的 1 亚段厚度

15~20 m, 龙女寺、合川、华西、广安等地厚度 20~30 m (图 3-A)。沉积水体由西向东逐渐变深。

研究区白云岩厚度 3~19 m, 但多数地方白云岩厚度 10~15 m。白云岩厚度与地层厚度的分布趋势是相同的 (图 3-B)。研究区西南隅安 8 井、安 9 井的白云岩厚度相对最薄。磨溪、潼南地区白云岩厚一般 10~13 m。磨溪构造的西北面厚度较薄,磨 27、15、13、37、16 井的白云岩厚度不足 10 m。华西、罗渡溪、涪滩地区白云岩相对较厚(15~19 m)。潼 5, 合 13, 合 25 井嘉二段的 1 亚段下部有灰岩(5~9.8m),另外,在磨 13 井、磨 15 井、磨 27 井也有少量灰岩(图 3-D)。嘉二段的 1 亚段下部含少量(含生屑)砂屑白云岩,单层厚度几十厘

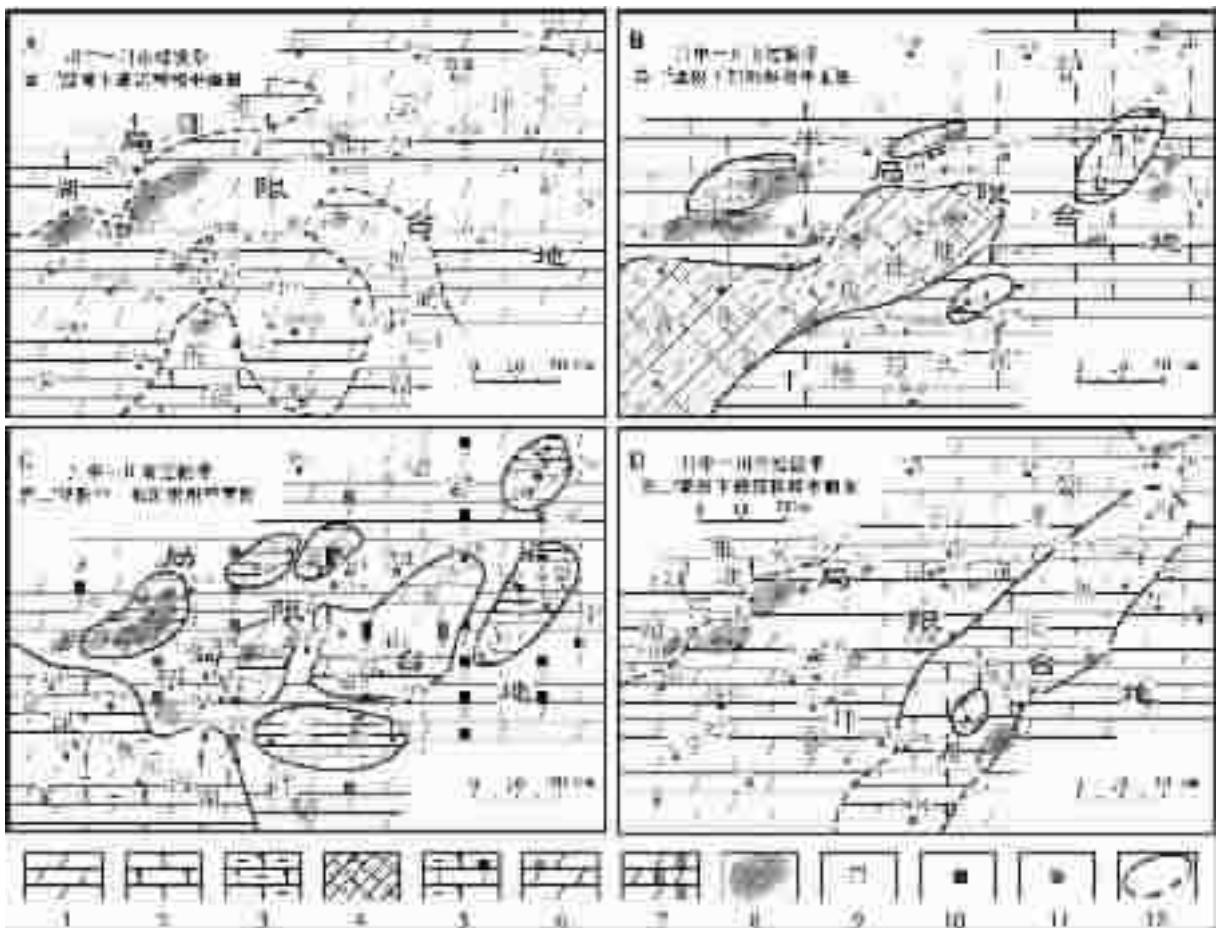


图 4 川中—川南带过渡嘉二段几个层位沉积相平面图

- 1—云质潮坪(局限潮坪);2—含云灰质泻湖(局限泻湖);3—含泥云灰质泻湖(局限泻湖);4—含泥灰质洼地(台内洼地);
- 5—含泥含膏灰质洼地(台内洼地);6—含膏云坪(局限-蒸发潮坪);7—含膏云质泻湖(局限泻湖);8—颗粒碳酸盐岩(台内雏滩);
- 9—城市;10—乡镇;11—井位;12—(推测)相边界

Fig. 4 Map showing the distribution of sedimentary facies of some horizons of the 2nd Member of the Jialingjiang Formation in the study area

- 1-Dolomite (restricted) tidal flat;2-Dolomitic limestone (restricted) lagoon;3-Argillaceous and dolomitic limestone (restricted) lagoon;
- 4-Argillaceous limestone (intraplatform) shallow;5-Argillaceous and gypseous limestone (intraplatform shallow);
- 6-Gypseous dolomite (restricted-evaporative) tidal flat; 7-Gypseous dolomite (restricted) lagoon;8-Grainstone (intraplatform embryonic bank);
- 9-City;10-Village and town;11-Well location;12-Inferred facies boundary

米,累计厚度几米。其主要分布于磨12井、磨深井1、磨22井、磨16井及安平1井、潼4井、潼5井、潼6井合13井、女深1井也有零星分布。

嘉二段的1亚段顶部石膏岩厚度总体是西薄东厚。研究区西南隅,高科1井、安8、安9井、潼5井石膏岩厚度仅3~5 m。磨溪、潼南、龙女寺石膏岩厚度5~8 m。合川、广安一带石膏岩厚度8~12 m(图3-C)。

嘉二段的1亚段沉积海退,处于整个嘉二段时期海退的早期阶段。嘉二段的1早时,研究区主要为局限台地相,其可分为云质潮坪和局限潟湖两个亚相。研究区当时大部分地方是云质潮坪亚相,其沉积环境是广阔的、地势平坦的、有一定蒸发作用的浅水潮坪。合25井、合13井、潼5井处于海水侵入的通道位置,水体相对循环较好,属于台地内的潟湖环境。据磨13井、磨15井和磨27井嘉二段的1亚段下部含少量石灰岩,推测磨溪构造西北面嘉二段的1亚段下部有局限潟湖亚相,其沉积产物是微晶灰岩和含云微晶灰岩。局限潟湖中水体相对较深、局限程度偏低,咸化程度不高,白云石化所需的镁离子不丰富(图4-A)。

在局限台地中,局限潟湖区水体较深和安静,水体能量较低;大面积的云质潮坪区水体较浅、水体能量也较低;而位于潮坪与潟湖交界处的地方沉积能量相对较高,潮间下部至潮下带潮汐水动力作用较强,可形成颗粒碳酸盐岩薄层。磨16井、磨22井、磨深1井、磨12和潼5井正处于潮坪与潟湖交界处,颗粒岩(主要是砂屑白云岩)累计0.5~4.6 m厚。潼6井、合13井、女深5井颗粒白云岩累计0.5~2.2 m厚,是规模更小的点状锥滩相。

嘉二段的1亚段晚期,全区几乎都演变成成为蒸发台地环境,形成了区域上可对比的硬石膏层。

#### 4.2 嘉二段的2亚段沉积相展布和演化

研究区内嘉二段的2亚段地层钻厚43~55 m,总趋势为西南薄东北厚。安8井、安9井嘉二段的2亚段地层不足40 m;磨溪、潼南地区地层厚度一般在40~45 m;合川、广安地区地层厚度大于50 m。沉积水体亦是向西向东逐渐变深。

##### 4.2.1 嘉二段的2亚段下部沉积相展布

嘉二段的1亚段沉积后,经过短暂沉积间断后,又发生了一次的四级海进-海退作用。

嘉二段的2亚段下部的沉积环境总体是半局限台地,由于受海侵作用的影响,局部还短暂地出现过接近开阔台地性质的环境。半局限台地内包括潮坪、半局限潟湖、台内锥滩、台内洼地等亚相。划出台内洼地亚相,以明确台地内泥岩分布对其储层发育的影响作用。

嘉二段的2亚段下部沉积期,在半局限台地中白云岩潮坪呈孤岛状分布,其余地方为半局限潟湖和台内洼地。磨溪构造北部、龙女寺处于台内地势较高处,由于潮坪蒸发泵作用而发育泥晶白云岩潮坪;合12井、涑1井附近为灰云坪或云灰坪。半局限潟湖环境沉积产物是石灰岩、白云岩、泥岩和少量石膏,含少量瓣鳃类和腹足类生物化石。回龙-太和镇一带是

局限潟湖中地势相对较低的台内洼地,罗渡溪附近也是台内洼地,沉积物是碳酸钙与陆源碎屑泥质混积产物(图4-B)。

在云坪附近沉积水体能量相对较高,形成了小规模颗粒岩锥滩,其原始沉积物是鲕粒和砂屑颗粒,部分经过近地表白云石化后形成颗粒白云岩。台内洼地或局限潟湖内部的局部高地上也可以有规模小的颗粒碳酸盐锥滩出现(图4-B)。

总体上,嘉二段的2亚段下部沉积期,在武胜、利泽场、安居镇一线以西,沉积水体相对较浅,受潮汐作用及波浪作用水体能量中等。潮坪和台内锥滩较发育;在该线以东,沉积水体相对较深,水动力相对弱,潮坪和台内锥滩不发育。

潮坪白云岩形成的环境水体极浅、能量较低和局限程度较高;颗粒滩形成环境的水体相对较深、能量较高和水体循环较好,两种沉积环境有较大差别,但是它们在沉积期同处于当时台内地势较高、水体较浅的位置。在地层垂向上,这两种沉积环境的演替主要受控于相对海平面升降变化。因此,在以一段地质历史时期形成的岩石地层为成图单元的沉积相平面图上,这两种微相常会叠置在一起或在附近相伴。

##### 4.2.2 嘉二段的2亚段中上部沉积相展布

嘉二段的2亚段下部沉积后,碳酸盐台地上逐渐水退,而台地上水体逐渐变浅,局限程度提高,嘉二段的2中晚期演化成为局限台地,出现较大面积含膏云坪和潟湖环境。到了嘉二段的2晚期几乎全区演变成成为以膏岩沉积为主的蒸发台地。略去嘉二段的2亚段顶部的硬石膏岩层,图4-C沉积相平面图以嘉二2亚段中上部作为成图单元。

嘉二段的2中晚期局限台地上水体变浅,出现大面积含膏云坪和含膏云质潟湖。在广阔的含膏云坪上,磨溪、龙女寺、太和镇、安居镇、罗渡溪、广安等地白云岩相对发育(图4-C中圈出白云岩相对发育区)。台内相对水深的地方出现局限潟湖,局限潟湖又分为两种,在利泽场和龙女寺一带为局限程度较高的含云膏质潟湖。工区西南隅高石梯、陈家场、石羊场一带为含云灰质潟湖,其局限程度较低,并与广海有一定连通,是台地内海水补给的通道或路经之地。潼南的南部云坪增生使地势渐高,阻断了利泽场潟湖和西南隅潟湖的连通,使两个潟湖的水体性质发生了差异变化。嘉二段的2亚段上部的白云质砂屑滩亚相出现的龙女寺、隆兴场、安居镇一线以西,且主要集中在磨溪一带;另外,潼4井、女深5井有少量砂屑云岩。在龙女寺、隆兴场、安居镇一线以东沉积水体相对较深,砂屑云岩欠发育。

嘉二段的2亚段沉积晚期,随着相对海平面进一步降低,全区演变成蒸发台地而发育嘉二2亚段顶部的硬石膏岩层。

#### 4.3 嘉二段的3亚段沉积相展布和演化

嘉二段的2亚段沉积之后,在嘉二段的3亚段沉积初始发生一次规模较小的海侵,而后出现规模较大的持续海退。嘉二3亚段地层厚度为51~65 m,地层厚度由西向东逐渐增厚。

##### 4.3.1 嘉二段的3亚段下部沉积相展布

嘉二段的3亚段下部总体属于局限台地环境,包括局限潟湖、局限潮坪和台内锥滩3个亚相,并以前两者为主。磨溪



地区的大部分、潼南、石羊场、陈家场、龙女寺、广安等地为中部白云岩潮坪区。华西、合 25 井构成东南部白云岩潮坪区,局限潮坪区的岩性几乎全是泥-粉晶白云岩。局限潟湖主要分布于罗渡溪、利泽场和安居镇一带,局限潟湖比云质潮坪海水深些,水体循环也稍好,盐度也稍低,沉积产物是微晶灰岩和泥-粉晶白云岩。估计安居镇至铜梁之间存在通往广海的通道。磨溪构造西北面为推测局限潟湖区,主要依据是磨 16 井、安平 1 井有较多灰岩分布。罗渡溪、利泽场和安居镇局限潟湖呈北东向长条带状分布,推测受同沉积期板块内基底构造活动控制(图 4-D)。

沉积相平面图,云质潮坪与潟湖的交界处,常处于潮间下部和潮间带,水体能量较强,发育规律不大的台内雏滩亚相(图 4-D)。台内雏滩的岩性大多为云化后的砂屑云岩。仅磨 16 井、磨 15 井、涑 1 井、合 25 井有砂屑石灰岩。说明这些地方的近地表水体局限程度相对较低。

#### 4.3.2 嘉二段的 3 亚段上部沉积相展布

嘉二段的 3 亚段上部是蒸发台地相,其占优势的是蒸发潟湖亚相,其次是蒸发潮坪亚相,前者的沉积环境水体安静,水位相对较低,盐度高,主要沉积产物是石膏岩和含膏泥-粉晶白云岩。

嘉二段的 3 亚段上部,大部分地区硬石膏岩厚度 15~30 m。也是嘉二段膏岩分布的主要层段,其构成嘉二段气藏的区域盖层。研究区西南角安 8 井膏岩厚度最小都有 10.5 m;罗渡溪、利泽场和安居镇一带膏岩厚度最大(30~38 m)。研究区大部分地区含膏白云岩一般 10~15 m。白云岩厚度最小的地方在罗渡溪、利泽场和安居镇一带。在这个时期的沉积中,白云岩厚度与膏岩厚度两者互为消长。例如,罗渡溪、利泽场和安居镇一带,膏岩厚度大多比白云岩厚度小。这一地带在嘉二段的 3 亚段下部沉积期已是相对低洼地区(图 4-D),嘉二 3 亚段上部蒸发台地沉积相平面图的岩性单调,略去该图。

从研究区嘉二段 1 亚段、嘉二段 2 亚段、嘉二段 3 亚段沉积演化史分析可得出:嘉二段时期相对海平面升降变化和碳酸盐台地内的隆坳相间古微地貌共同控制着沉积相带展布和演化。而隆坳相间古微地貌的分布规律及其成因是一个值得深入研究的课题。

## 5 结论

(1) 嘉陵江组可分出局限台地相、蒸发台地相、开阔台地相 3 个大的相,开阔台地相包括开阔潮下、台内滩、台内雏滩亚相;局限台地相包括局限潮坪、局限潟湖和台内雏滩亚相;蒸发台地相包括蒸发潟湖和蒸发潮坪亚相;开阔台地和局限台地中有时还可分出富含泥质的台内洼地亚相。这些亚相又各自分出若干个微相。嘉二段以局限台地相和蒸发台地相为主。嘉一段、嘉三段发育开阔台地相。

(2) 嘉二段共分 5 个单因素作图单元是合理的,采取单因素法和优势相法相结合,并融合了层序地层学研究成果。

统计地层厚度、白云岩、石灰岩、石膏岩、颗粒碳酸盐岩和泥质岩等厚度编制单因素基础图件,较精确地展示了嘉二段不同层段的沉积相展布和演化。

(3) 研究区内,横向上嘉二段岩相具有很好的对比性,纵向上嘉二段岩相变化在较大范围内具有同步性。嘉二段时期相对海平面升降变化和碳酸盐台地内的隆坳相间古微地貌共同控制着沉积相带展布和演化。

(4) 有利于储层体发育的相带是台内雏滩亚相<sup>[7-8]</sup>和局限潮坪亚相。台内雏滩发育于潮坪与潟湖的过渡区附近相对高能带,少量出现在台内局部高点上。局限潮坪白云岩则分布广泛。

## 参考文献(References):

- [1] 吴应林,朱忠发,王吉礼,等.上扬子台地早、中三叠世岩相古地理及沉积矿产的环境控制[M].重庆:重庆出版社,1989.69~98.  
Wu Yinglin, Zhu Zhongfa, Wang Jili, et al. Lithofacies - paleogeography and Environmental Control of Sedimentary Deposits of the Early and Middle Triassic in the Upper Yangtze area [M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1989. 69~98 (in Chinese with English abstract).
- [2] 冯增昭,鲍志东,李尚武,等.中国南方早三叠世岩相古地理[M].北京:石油工业出版社,1997.62~104.  
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Li Shangwu, et al. Lithofacies paleogeography of middle and lower Triassic of China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.62~104 (in Chinese with English abstract).
- [3] Wilson J L. Carbonate Facies in Geologic History [M]. New York: Springer-Verlag, 1975.1~471.
- [4] Flüge E. Microfazielle Untersuchungen in der Alpen Triassic - Methoden und Probleme [M]. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud, 1972.21: 9~64.
- [5] James N P. Shallowing-upward Sequences in Carbonates. In: Walker R G(ed). Facies Models[M]. Geosci Can. Spec. Pub. 1984. 213~228.
- [6] 曹淑韵.中扬子区下三叠统嘉陵江组溶塌角砾岩的形成时期[J].石油实验地质,1991,13(3):297~302.  
Cao Shuyun. On the stage of karst-collapse breccia in the Jialingjiang Formation of the Lower Triassic in the Middle Yangtze area [J]. Experimental Petroleum Geology, 1991,13(3): 297~302(in Chinese with English abstract).
- [7] 黄继祥,曾伟,张高信,等.四川盆地川中地区三叠系嘉陵江组嘉二段滩微相的发育分布对气藏形成的控制[J].沉积学报,1995,13(增刊):109~117.  
Huang Jixiang, Zeng Wei, Zhang Gaoxin, et al. The development and distribution of the Triassic bank-microfacies in the 2-section of Jialingjiang Formation and its gas-pool control nature in the eastern part of Sichuan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995,13(supp.): 109~117(in Chinese with English abstract).
- [8] 曾伟,强平,徐建斌,等.川东嘉二段气藏形成的沉积、成岩控制

作用[J]. 石油勘探与开发, 1998,25(3):22~25.  
Zeng Wei, Qiang Ping, Xu Jianbin, et al. Sedimentation diagenesis and their control to the gas pool in member 2 in Jialingjiang

Formation, Eastern Sichuan [J]. Petroleum Exploration and Development, 1998,25(3):22~25(in Chinese with English abstract).

## Sedimentary facies of the Second Member of the Jialingjiang Formation in the central-southern Sichuan transition zone and its distribution characteristics

LEI Bian-jun<sup>1</sup>, ZHOU Yue-zong<sup>1</sup>, YANG Jin-li<sup>2</sup>, GUO Gui-an<sup>2</sup>,  
ZHAO Yong-gang<sup>1</sup>, ZHOU Hui-cheng<sup>1</sup>

(1. Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, Sichuan, China;

2. Central Sichuan Oil and Gas Field, Southwest Oil and Gas Field Branch, Petrochina, Suining 629000, Sichuan, China)

**Abstract:** The Lower Triassic Jialingjiang Formation in the central and southern Sichuan transitional zone may be divided into three facies (restricted platform, evaporative platform and open platform), eight subfacies (open subtidal zone, intraplatform bank, intraplatform embryonic bank, restricted lagoon, intraplatform shallow, restricted tidal flat, evaporative lagoon, evaporative tidal flat) and 18 microfacies. Regional correlation of vertical and lateral sedimentary facies of the 2nd Member of the Jialingjiang Formation indicates that laterally the sedimentary facies of the member are homogeneous and less varied, while vertically the sedimentary facies variation shows synchronicity in a vast areal extent. The 2nd Member of the Jialingjiang Formation is divided into five mapping units. By using the method of combining the single factor analysis and dominant facies method and the outcomes of sequence stratigraphic research, the paper relatively accurately exhibits the distribution and evolution of sedimentary facies of different facies of the 2nd Member of the Jialingjiang Formation. The relatively sea-level change and the microgeomorphology of alternating uplifts and depressions in the carbonate platform together control the distribution and evolution of sedimentary facies. The 2nd Member of the Jialingjiang Formation consists predominantly of restricted platform and evaporative platform facies. The facies belts that are advantageous to the formation of reservoirs are intraplatform embryonic bank and restricted tidal flat subfacies. Intraplatform embryonic banks are developed in relative high-energy zones near the transitional zone between tidal flats and lagoons. Restricted tidal flats are distributed widely.

**Key words:** 2nd Member of the Jialingjiang Formation; sedimentary facies; restricted platform evaporative platform; embryonic bank subfacies

---

**About the first author:** LEI Bian-jun, male, born in 1955, associate professor, specializes in sedimentology and reservoir geology; E-mail: ediword@163.com.