

楚雄盆地下侏罗统磨拉石楔沉积 与含油性研究

朱同兴 尹福光 蒲心纯

(地矿部成都地质矿产研究所)

苟汉成 周明辉 张贵权

(滇黔桂石油地质科学研究所)

[内容提要] 楚雄盆地为一中生代周缘型走滑前陆盆地。通过对下侏罗统冯家河组沉积特征的详细研究与对比,作者认为早侏罗世是楚雄前陆盆地强烈拗陷与沉降的主要发展时期,从早期到晚期经历了一个突然变深又变浅的典型前陆盆地充填过程。在前陆冲断块体的不断逆冲和加载条件下,楚雄盆地西部早侏罗世沉积物的来源主要为哀牢山造山带隆起,其沉积环境以滨、浅湖或湖泊三角洲为主。位于盆地东北部的永仁中和、大姚龙街等地区的早侏罗世沉积物则来源于元谋古隆起,沉积特征亦显示其为滨、浅湖或湖泊三角洲相。位于盆地中部的楚雄会基关地区(楚参一井),下侏罗统沉积厚度急剧增加,测井曲线、录井资料以及岩心薄片鉴定、粒度分析均显示其沉积环境为深湖夹浊积砂体。在新平叠社莫一带也发现有深湖相泥灰岩或灰泥岩沉积。由此表明,早侏罗世楚雄前陆盆地的沉降与沉积中心已经从晚三叠世的古哀牢山前缘向NE迁移至楚雄会基关以及新平叠社莫一带,盆地内的沉积物呈明显的前陆楔形体充填。

大姚龙街地区冯家河组第三段中首先发现的沥青砂岩进一步增强了楚雄盆地产油气的可能性。根据产状,沥青砂岩分为缝隙型和粒间孔型两类,它们同产于逆韵律结构发育的湖泊三角洲相沉积层序。因此,对该区下侏罗统缝隙型圈闭以及岩性圈闭构造应予以足够的重视。

关键词 磨拉石楔 沉积相 下侏罗统 楚雄盆地

1 概况及区域地质背景

楚雄盆地位于云南省中部,面积约为36500km²,是我国南方地区一个较大的中生代构造-沉积盆地^[1,2]。近20年来,在盆地的油气地质研究和多种石油地球物理勘探等方面都取得较大的进展^①,尤其是会基关楚参一井的完钻,对认识盆地中部下侏罗统的厚度和沉积环境都提供了宝贵的地质资料。

上三叠统作为现阶段楚雄盆地油气勘探的主要目的层,普遍深埋于地腹,地表为侏罗系一白垩系红层所覆盖。因此,要钻遇上三叠统目的层,就必须首先钻穿侏罗系,尤其是下侏罗统。所以,有必要加强对楚雄盆地下侏罗统岩性、地层、厚度以及沉积相和油气地质特征等参

① 本文1996年12月20日收修改稿。

② 王金山等. 楚雄盆地石油及天然气地质特征研究. 1991

数的综合研究。令人感到遗憾的是,到目前为至,有关盆地侏罗系尤其是下侏罗统的专项研究还很少。作者撰此文的目的,就是期望能引起同行的广泛注意和研究,共同提高楚雄盆地侏罗系沉积学与油气地质研究水平,为下一步油气地质勘探和选择井位提供可靠的地质依据。

文中某些结论属首次报道,为楚雄盆地侏罗系沉积相和油气地质研究的最新成果。

楚雄盆地位于扬子地块的西南边缘,周缘多为深大断裂所分割:西为程海断裂,南至红河断裂,东界为普渡河断裂及绿汁江断裂(图1)。盆地的构造格架较为复杂,东北部呈南北向展布,主要受康滇裂谷系控制;西南部则呈北西向分布,主要受古哀牢山造山带挤压活动及其前缘逆冲作用所控制。

根据航磁、重力勘探和地面地质调查,楚雄盆地的基底由下元古界大红山群刚性结晶基底和中上元古界昆阳群塑性褶皱基底等两套变质岩系组成^[3]。古生代—中三叠世,楚雄盆地总体处于隆升状态,构成“滇中古陆”。在古陆周缘地区普遍发育浅海型碳酸盐岩沉积盖层,西南部古哀牢山一带则为大陆边缘深水复理石和碳酸盐岩沉积。

楚雄盆地于晚三叠世发育前陆

型砂泥质复理石建造、碳酸盐岩建造以及海陆交互相含煤建造等沉积,侏罗纪、白垩纪和第三纪为巨厚的紫红色砂泥岩磨拉石建造沉积,并在盆内呈连片覆盖。总观楚雄盆地的形成和演化(表1)可分为两个明显的阶段:前陆复理石沉积和前陆磨拉石沉积^[4,5]。磨拉石盆地形成于晚诺利期(相当于白土田早期或干海资期),以发育河流相或湖泊沼泽相为特征。侏罗纪是楚雄盆地强烈拗陷沉降期,其地理位置属于近海陆缘区,发育5000m~6000m厚的前陆楔形沉积物。早白垩世为盆地的充填回返阶段,地壳沉降速度明显减慢,沉积物堆积速度加快,水退型湖泊三角洲相发育。晚白垩世—古新世,前陆盆地强烈萎缩,为内陆冲积—河、湖相沉积。古新世末,受喜马拉雅造山运动的影响,楚雄盆地整体抬升、挤压变形。

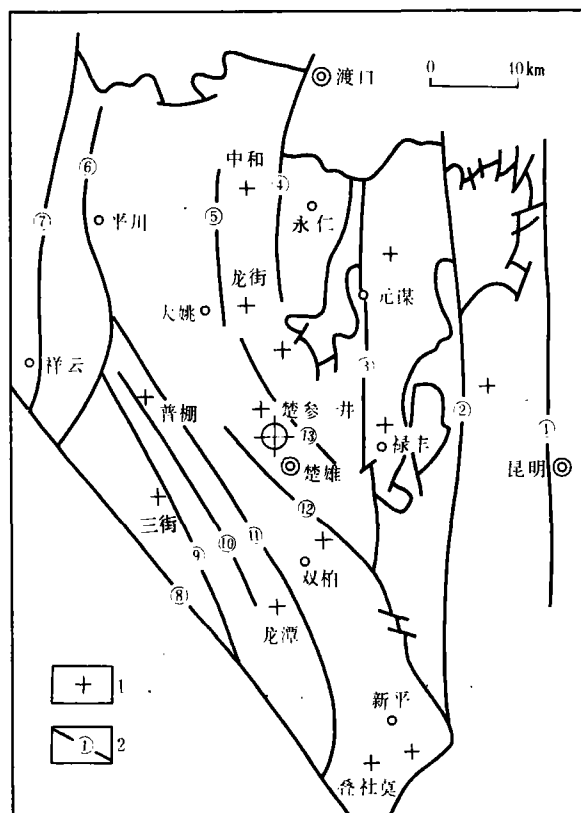


图1 楚雄盆地构造格架及其下侏罗统剖面控制点
1. 下侏罗统剖面控制点; 2. 主要断裂构造及编号, ①普渡河断裂;
②易门断裂; ③绿汁江断裂; ④渡口隐伏断裂;
⑤大姚隐伏断裂; ⑥鱼泡江断裂; ⑦程海断裂; ⑧红河断裂;
⑨三街断裂; ⑩马龙河断裂; ⑪沙桥断裂;
⑫楚雄断裂; ⑬火烧屯断裂

Fig. 1 Tectonic framework of the Chuxiong Basin and the location of the Lower Jurassic sections

1=Lower Jurassic section; 2=main faults;

①=Puduhe fault; ②=Yimen fault;

③=Luzhijiang fault; ④=Dukou concealed fault;

⑤=Dayao concealed fault; ⑥=Yupaojiang fault;

⑦=Chenghai fault; ⑧=Honghe fault;

⑨=Sanjie fault; ⑩=Malonghe fault;

⑪=Shaqiao fault; ⑫=Chuxiong fault;

⑬=Huoshaotun fault

表1 楚雄盆地的沉积相、建造、演化阶段及其与油气的关系
Table 1 Sedimentary facies, formation and evolutionary stages of the Chuxiong Basin
their relations to oil and gas resources

地 层 系 统		主要沉积相		沉 积 建 造	演化阶段	盆地性质	含油性
R—Q		山间河湖			挤压变形	断陷盆地	
E ₁		赵家店组	内陆冲积—河湖相	紫红色磨拉石含膏盐碎屑岩	萎缩充填	前陆磨拉石	盖层
K	K ₂	江底河组					
		马头山组					
	K ₁	普昌河组	湖泊及湖泊三角洲	紫红色磨拉石	充填回返		盖层储层
		高峰寺组					
J	J ₃	妥甸组	湖泊及湖泊三角洲	紫红色磨拉石 灰色碳酸盐岩	强烈沉降		生、盖储层
		蛇店组					
	J ₂	张河组				生、盖储层	
	J ₁	冯家河组					
T	T ₃	白土田组	河湖沼泽	含煤砂泥岩	盆地成形	前陆复理石	生、储
		罗家大山组	滨海(含煤)		充填回返		
			大陆斜坡	砂泥质复理石	强烈沉降		生、盖
		云南驿组		滑塌泥灰岩	盆地拗陷		
	T ₂		陆缘陆棚	灰色泥灰岩			
	P ₂ —T ₁		大陆边缘深水沉积	砂泥质复理石 深水碳酸盐岩	会聚型大陆边缘		生、储
C—P ₁		被动大陆边缘裂谷					
Z—D		被动大陆边缘					
Pt ₂₋₃		昆阳群	浅变质相	复理石碳酸盐岩	塑性褶皱	基 底	
Pt ₁		大红山群	深变质相	岩浆岩	刚性结晶		

2 沉积特征与相分析

侏罗纪是楚雄盆地强烈拗陷与沉降的主要发展时期,尤其是早侏罗世,不仅沉积厚度巨大,而且相变急剧,显示为极不对称的湖盆相沉积。从NE 往SW,永仁中和地区下侏罗统沉积厚度为850m,向南至大姚龙街为784m,再向西南过NW 向火烧屯基底断裂至楚雄会基关地区(楚参一井),厚度急剧增大,已经超过3636m,向西至祥云普棚地区为1660m。

通过对盆地侏罗统地层和沉积相的对比研究,作者认为,冯家河组在野外划分为三个岩性段是可行的,即上部深红色泥岩段、中部杂色砂泥岩段和下部杂色泥岩段。这三段岩性在盆地大部分地区皆可对比,包括与楚参一井井下地层的对比(图2)。

2.1 下部杂色泥岩段

为下侏罗统冯家河组第一岩性段,发育紫红色、灰紫色、灰色和灰绿色等杂色中厚层—块状泥岩、粉砂质泥岩夹中薄层泥质粉砂岩、微细粒砂岩,普遍含钙质结核,灰泥基质以及爬行类

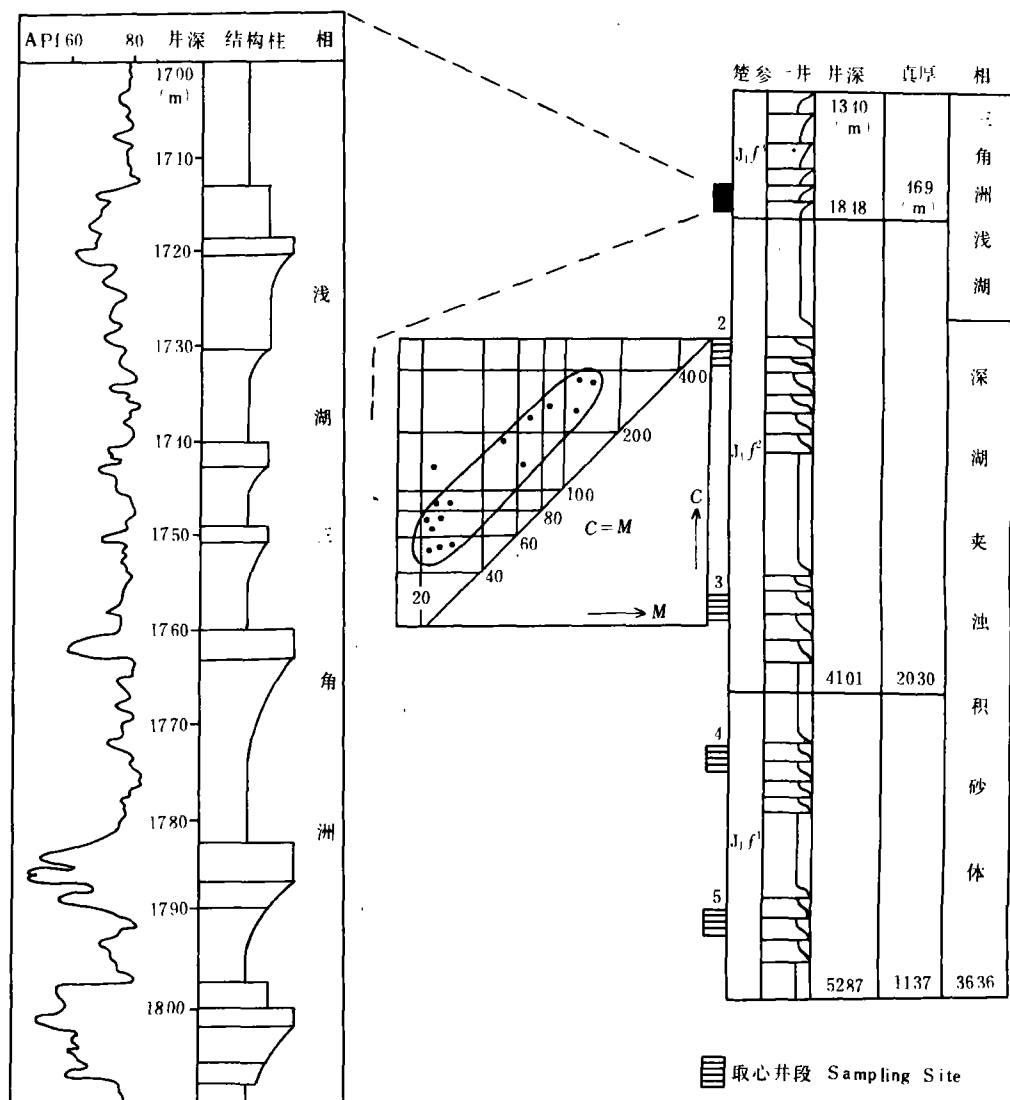


图2 楚雄盆地楚参一井下侏罗统沉积层序和沉积相分析
左图为冯家河组第三段底部测井曲线与沉积旋回、沉积相综合解释

Fig. 2 Lower Jurassic sedimentary sequences and facies of the Chucan-1 well in the Chuxiong Basin, Yunnan. The left figure shows well logs, sedimentary cycles and facies at the base of the third member of the Fengjiahe Formation in Yunnan

恐龙化石。本段厚度差异巨大,236m~1137m,沉积相变快。在本段中下部频繁夹灰绿色泥质粉砂岩和微细粒砂岩(8%~15%)。在楚参一井,冯家河组第一段砂岩中普遍含泥灰质杂基,含量高达20%~40%,岩石类型主要为长石石英杂砂岩或岩屑石英杂砂岩,颗粒的磨圆度和分选性较差,所反映的成份成熟度和结构成熟度均较低。岩心薄片,部分石英颗粒波状消光强烈,岩屑颗粒主要为硅质岩和绢云母板岩或千枚岩,区域上岩屑含量由西往东、由南往北减少,表明其主要物质来源为西部造山带及其前缘冲断隆起。重矿物组合特征和区域上长石颗粒含量由北往南、由东往西减少,也说明东北部元谋古陆提供物源的可能性。因此,楚参一井巨厚的早侏罗世沉积物的来源是多方面的,这正是楚雄前陆盆地沉积的复杂性所在。

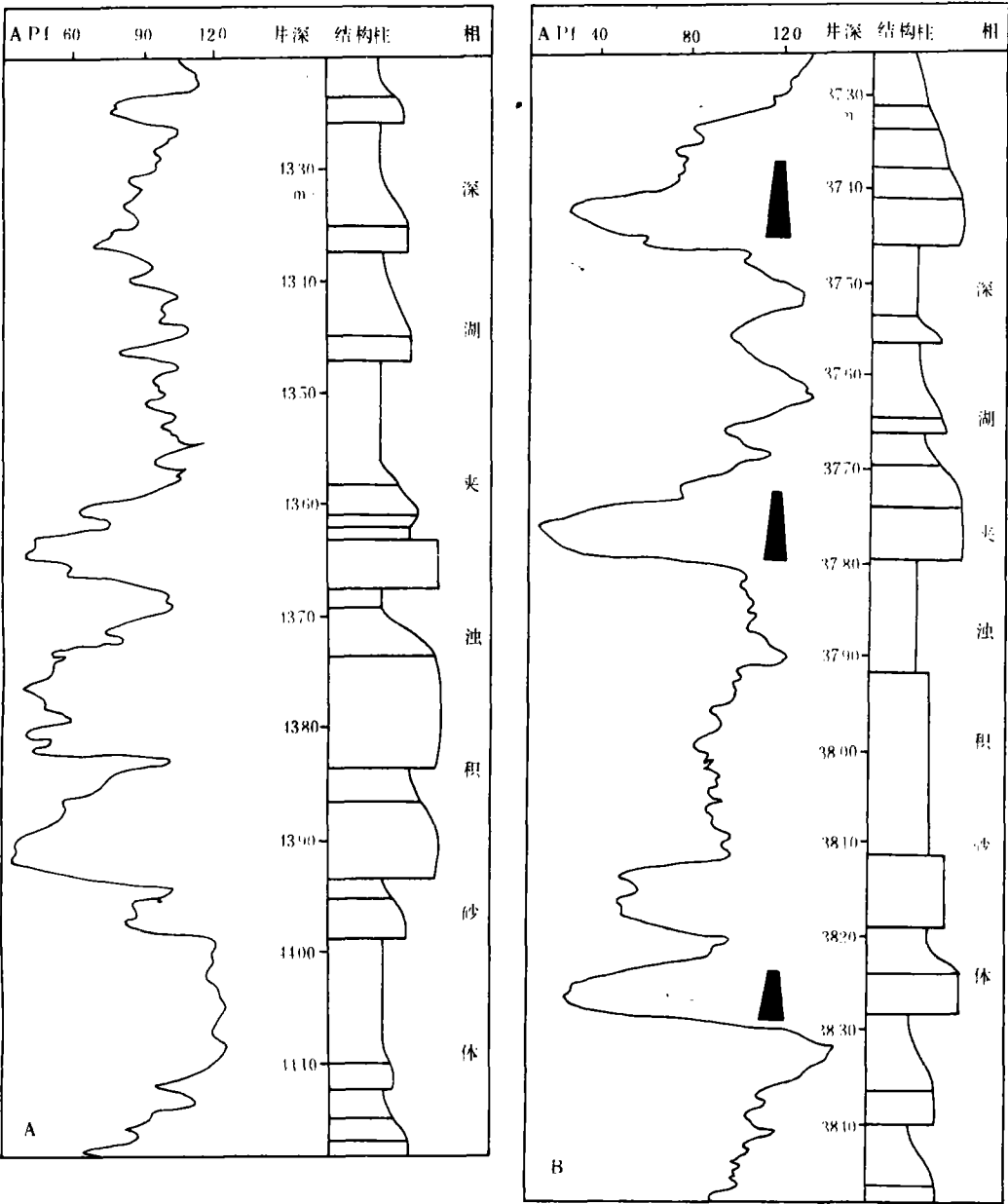


图3 楚参一井部分井段的测井曲线与沉积旋回、沉积相综合解释

A. 冯家河组第一段上部;B. 冯家河组第二段下部

Fig. 3 Schematic representation of well logs, sedimentary cycles and facies of some sections in the Chuxiong Basin, Yunnan

A=upper part of the first member of the Fengjiahe Formation;
B=lower part of the second member of the Fengjiahe Formation

根据楚参一井第四、五次取心观察以及薄片鉴定,厘米级正粒序粒级递变层理以及由泥质粉砂岩与粉砂质灰泥岩互层组成的条带、条纹状沉积构造发育。粒度分析参数值为: $Md=5.49\sim5.75$, $\sigma=0.60\sim0.72$, $SK=-0.17\sim0.06$, $K_G=2.98\sim3.56$,C-M 图像上亦显示其为密度流沉积特征。

从楚参一井的测井曲线(井深4320m~4420m,图3A)看到自然伽玛曲线在每一旋回的

下部表现为齿化之钟形、箱形及其叠加,自然伽玛峰值较低,为40API~75API,而在旋回的上部则表现为峰值较高的锯齿状曲线(80API~120API)。自然伽玛钟形曲线所代表的是一次水流作用由强逐渐变弱的过程,而箱形曲线所代表的则可能是强水流作用形成的分支水道或浊流水道沉积体。相应地,视电阻率曲线在每一旋回的下部表现为高值($100\Omega \cdot M \sim 2000\Omega \cdot M$),向上逐渐变低($100\Omega \cdot M \sim 30\Omega \cdot M$)。这类测井曲线所代表的沉积结构解释为许多次一级的下粗上细的正旋回沉积。正旋回的下部为泥灰质或灰泥质粉砂岩/微细粒杂砂岩,粒序递变层理发育,底部多具侵蚀冲刷面,向上渐变成粉砂质泥灰岩或灰泥岩,具条带状构造及水平层理。沉积相解释为深湖夹浊积砂体,这一解释与前述岩心薄片鉴定及其粒度分析资料完全相吻合。

综合井深4101m~5287m下部杂色泥岩段的测井曲线、录井资料和岩屑薄片鉴定结果,我们认为,楚参一井冯家河早期的沉积环境主要为深湖或次深湖,浊流或幕式沉积作用频繁。位于盆地中部的双柏梅子树、新平叠社莫、母猪鲁等地也发育多层深湖相粉砂质泥灰岩、泥灰岩或灰泥质粉砂岩沉积,其环境和厚度可能与会基关楚参一井相类似。

远离盆地中心的大部分地区表现为滨、浅湖相沉积,在盆地东北部的永仁中和地区产中和金沙江龙化石以及鲕状或豆粒状菱铁矿沉积层,单层厚15cm~30cm;在大姚龙街地区发现昆明龙化石;在东部禄丰沙湾地区发现了禄丰龙化石;在西南部双柏龙潭地区发育双壳类生物碎屑浅滩相灰岩,岩石类型为泥晶含砂砾屑介屑灰岩,介屑含量50%~60%,砂砾屑含量10%~15%,灰泥基质充填,浅滩相内发育5cm~30cm厚的正粒序递变层理,向上为中大型板状交错层理;在盆地西部祥云普棚地区也主要表现为滨、浅湖相或三角洲沉积。

因此,冯家河早期的湖盆沉降与沉积中心已经从晚三叠世古哀牢山前缘向NE快速迁移至楚参一井、双柏梅子树和新平叠社莫、母猪鲁一带。

2.2 中部杂色砂泥岩段

此为冯家河组第二段,岩性为紫红色、灰紫红色、灰色及灰绿色块状泥岩、粉砂质泥岩夹厚层状粉砂岩、细砂岩。砂泥之比约1:10~1:1。该段沉积厚度差异也很明显,356m~2030m,中下部普遍发育正粒序砂体,上部多为逆粒序砂体,含菱铁矿结核或黄铁矿颗粒。

楚参一井的自然伽玛曲线,以井深3730m~3850m为例(图3B),主要表现为齿化之钟形、箱形以及高峰值的锯齿状,少数为指状,底部砂岩的峰值一般为26API~50API,上部泥岩或泥灰岩为90API~130API。砂泥岩界面在曲线上常有高低值突变,表明砂岩底部沉积时对下伏泥岩层有强烈的侵蚀和冲刷作用,如井深3745m,3780m,3832m等处都发育较强的侵蚀冲刷面。和冯家河组第一段一样,第二段中下部的测井曲线所代表的剖面结构也是由一系列下粗上细的正旋回组成,沉积相亦为深湖夹浊流沉积或幕式沉积砂体。

取自楚参一井深2305.54m~2314.06m(第2次取心)和3924.31m~3925.95m(第三次取心)的岩心薄片鉴定以及粒度分析资料支持上述沉积相解释。薄片鉴定表明,岩石具明显的显微递变层理、正旋回韵律层理以及由灰泥质细粉砂岩与粉砂质灰泥岩互层组成条带、条纹状沉积构造。在正旋回下部砂岩中,碎屑颗粒的分选性和磨圆度均差,杂基含量较高,一般均大于20%,由粘土、灰泥及其混合物组成。受成岩期压溶与胶结等成岩作用的影响,部分灰泥已转为钙质连生胶结物。砂岩的成份与结构成熟度亦较差。正旋回上部则为粉砂质灰泥岩或泥质灰岩沉积。砂岩的粒度分析参数值(表2)分别为: $C=56.09\mu m \sim 348.69\mu m$, $M=20.66\mu m \sim 157.13\mu m$, $Md=2.78 \sim 5.72$, $\sigma=0.54 \sim 0.94$; $SK=0.38 \sim 0.34$, $K_G=2.84 \sim$

表2 楚雄盆地下侏罗统薄片粒度分析数据

Table 2 Grain-size analyses of the Lower Jurassic thin sections from the Chuxiong Basin, Yunnan

地层	岩性	样号	φ5	φ16	φ25	φ50	φ75	φ84	φ95	Md	σ	SK	K _G	沉积相		剖面
			2-12/26-1	2-13/26-1	2-13/26-2	2-17/26-1	2-17/26-2	2-18/26-1	2-18/26-2	2-18/26-3	2-18/26-4	上部	下部			
J ₁ f	粒间孔型沥青砂岩	Dif-6①	0.95	1.30	1.45	1.80	2.15	2.35	4.20	1.82	0.75	0.26	1.90	前缘砂体三角洲相		大姚龙街
		Dif-6②	0.575	0.85	1.00	1.375	1.805	2.05	3.25	1.43	0.71	0.26	1.36			
		Dif-20	1.15	1.40	1.55	1.85	2.40	2.70	4.10	1.98	0.77	0.42	1.42			
		Dif-19	2.10	2.40	2.55	2.85	3.15	3.30	4.60	2.85	0.60	0.20	1.71			
	Dif-18	2.30	2.65	2.75	3.00	3.20	3.35	4.15	3.00	0.46	0.12	1.68				
Dif-17	1.80	2.20	2.45	2.85	3.30	3.50	4.70	2.85	0.77	0.14	1.40					
J ₁ f	样号	2-12/26-1	2-13/26-1	2-13/26-2	2-17/26-1	2-17/26-2	2-18/26-1	2-18/26-2	2-18/26-3	2-18/26-4	深湖浊积砂体					
	C	139.95	128.51	56.09	85.08	222.36	248.79	348.69	319.75	191.05						
	M	22.91	60.83	20.66	24.81	87.96	106.95	145.59	157.13	57.67						
	Md	5.41	4.18	5.72	5.47	3.62	3.38	2.92	2.78	4.22						
	σ	0.94	0.54	0.58	0.67	0.60	0.51	0.54	0.47	0.63						
	SK	-0.67	0.17		-0.38	0.34	0.13	0.17	0.24	-0.35						
	K _G	3.06	2.59	3.66	3.36	3.54	3.53	3.27	2.88	3.11						
	样号	4-1/5	4-4/5-5	4-5/5-6	深湖浊积砂体											
	C	63.81	70.81	70.32												
	M	24.45	22.81	20.45												
J ₁ f	Md	5.49	5.58	5.75												
	σ	0.60	0.72	0.72												
	SK	0.06	0.07	-0.17												
	K _G	3.56	2.98	3.02												

3.66,其累积频率曲线以发育多段式跳跃总体和悬浮总体为特征,在C-M图像上显示一平行于C=M直线的条状区域(参见图2),明显地具有密度流沉积作用特征。

冯家河中期,在双柏梅子树、新平叠社莫和母猪鲁一带仍有泥灰岩夹层产出,因此,沉降与沉积中心仍然位于楚雄—双柏—新平一带。盆地东北部永仁中和、大姚龙街,东部禄丰—平浪以及西部祥云普棚、南华三街等地在冯家河中期仍表现为浅湖环境。

2.3 上部深红色泥岩段

为冯家河组第三段,以特征性深红色或棕红色为主,岩性为块状泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩或细砂岩。

在大姚龙街地区,冯家河组第三段中下部为厚层块状泥岩或粉砂质泥岩,含钙质结核,上部则为逆粒序发育的三角洲前缘砂体沉积(图4),砂体由粉砂岩、微细粒砂岩和少量的中细粒砂岩组成,约占逆粒序结构剖面厚度的60%~70%。砂岩类型包括岩屑/长石石英砂岩。粉砂岩和微细粒砂岩内裂隙、裂缝型沥青发育,而在逆粒序旋回顶部的中细粒砂岩内普遍发育粒间孔隙,有的已被油质沥青所充填,单层厚10cm左右。

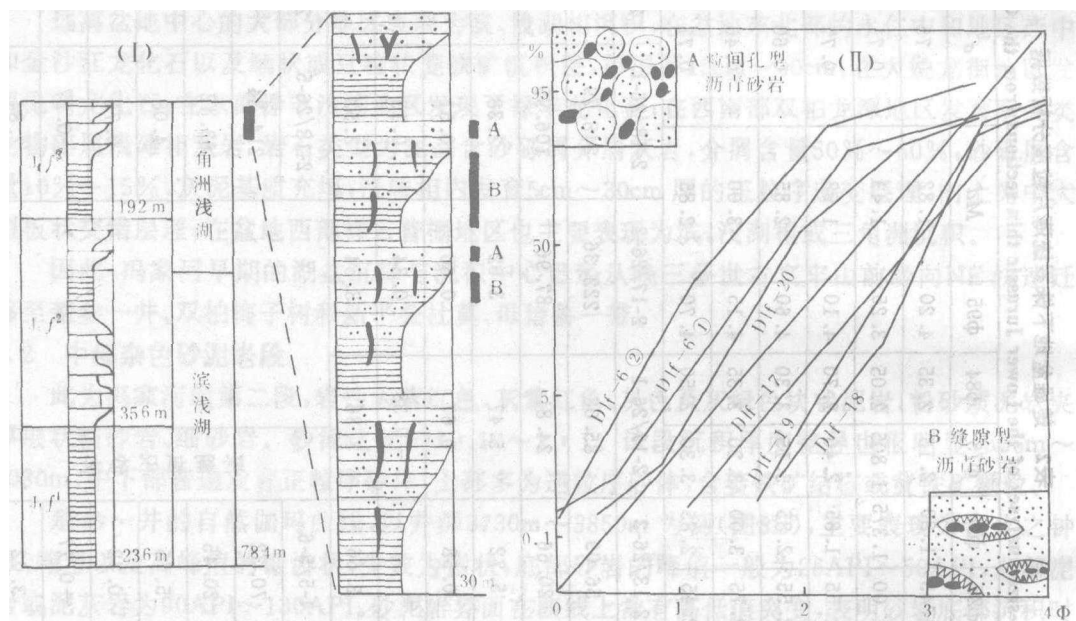


图4 大姚龙街下侏罗统冯家河组沉积层序、沉积相(I)及其顶部A、B型沥青砂岩的产状(II)

Fig.4 Sedimentary sequences and facies (I) and the occurrence of Types A and B asphaltic sandstones (II) at the uppermost part of the Lower Jurassic Fengjiahe Formation in Longjie, Dayao, Yunnan

在楚参一井,冯家河组第三段(井深1340m~1848m)的自然伽玛曲线主要表现为锯齿状和齿化之漏斗形(图2左),视电阻率曲线表现为下部值低,变化区间为 $50\Omega \cdot M \sim 100\Omega \cdot M$,向上逐渐增高,变化于 $140\Omega \cdot M \sim 170\Omega \cdot M$,在方位频率图上反映为单向水流为主。这种测井曲线通常解释为许多次一级的下细上粗的逆旋回沉积。从下而上依次为浅湖相泥岩→粉砂质泥岩→泥质粉砂岩→粉砂岩→细砂岩,相应地,沉积相演化也从前三角洲泥岩到三角洲前缘砂体沉积。

冯家河晚期三角洲相逆粒序的广泛发育反映了当时砂体不断地向湖盆沉降中心迁移的沉积过程。逆粒序旋回初期为正常的浅湖相或前三角洲相泥岩沉积。当湖盆边缘河流作用

增强时,沉积物大量地供应到湖盆内部,砂体也不断地向湖盆中心迁移,造成三角洲前缘席状砂体、末端砂坝和水下分流河口砂坝等沉积,从而在纵向剖面结构上形成下细上粗的逆粒序旋回沉积层序。逆旋回在垂向上的重复叠置,可形成较厚的三角洲相砂体,这类砂体通常又是良好的储集层,因此,冯家河组逆粒序旋回沉积层序应该是楚雄盆地今后油气勘探的新目标。事实上,盆地北部大姚龙街沥青砂岩的发现就是一个最好的例证。

3 沉积演化及其沉积模式

早侏罗世冯家河期是楚雄盆地前陆坳陷的主要时期之一。盆地坳陷与沉降的主要机制为西部古哀牢造山带前缘的逆冲负荷造成盆地岩石圈挠曲变形和盆地内沉积负荷等。

冯家河早期,盆地东北部主要表现为滨、浅湖相杂色泥岩沉积,在楚雄会基关地区快速相变为深湖相浊积砂体相,在双柏梅子树、新平叠社莫和母猪鲁等地也发育多层深湖相泥灰岩或灰泥岩沉积,其厚度差异也是十分明显的,大姚龙街地区仅为236m,至会基关地区则急剧增加,已经超过1137m。因此,无论是从沉积地层厚度还是从沉积环境方面考虑,楚雄盆地早侏罗世早期的沉降与沉积中心都已从晚三叠世的古哀牢山前缘向NE快速迁移至楚雄会基关—新平母猪鲁一带,本文称之为“早侏罗世会基关沉降中心”。会基关沉降与沉积中心的形成主要与西部前陆逆冲负荷有关,但也不可低估北西向火烧屯基底/同生断裂的断陷作用。

冯家河中期,整个盆地的岩相展布大致继承了早期的古地理格局,表现为浅湖相沉积或幕式作用沉积,在楚参一井和新平一带仍为深湖相砂泥岩或浊积砂体沉积,厚度差异仍然显著,356m~2030m,会基关沉降与沉积中心继续存在。至晚期,普遍发育逆粒序沉积层序,预示三角洲相砂泥岩的快速充填作用已经来临。

冯家河晚期,河流作用显著增强,湖泊三角洲相沉积作用尤其发育。一方面,它对深湖或半深湖进行快速堆积和充填,使湖泊水体的可容空间明显减小;另一方面,河流作用又使大部分砂质沉积物带入湖盆内部,形成三角洲相席状砂体或前缘砂体储集层。这一时期的沉积环境以浅湖及三角洲相为主,沉积厚度差异明显地缩小,192m~469m,构造沉降速率放慢,会基关沉降与沉积中心逐渐消失。

中侏罗世初期,会基关地区继续为湖泊三角洲相充填,而在盆地东北部永仁和大姚龙街地区普遍发育黄绿色岩屑中粒砂岩、长石岩屑中粒砂岩等河流相沉积,在盆地西缘祥云普棚地区则为滨湖冲积扇沉积。

综上所述,楚雄早侏罗世前陆盆地的构造沉降与沉积作用的关系表明(图5),盆地为一向西南倾斜的不对称湖盆。从NE向SW,沉积相带的展布依次为永仁中和一大姚龙街浅湖带(FZ1)、以发育深湖相及浊积砂体为特征的会基关沉降中心地带(FZ2)和前陆隆起区的祥云普棚—双柏龙潭滨、浅湖带(FZ3)。值得注意的是,会基关沉降与沉积中心在早侏罗世早、中期表现十分明显,不仅沉积厚度差异巨大,而且沉积相变急剧,反映由西部造山带前缘逆冲负荷造成的前陆岩石圈挠曲变形强烈,同时,也不能忽视北西向火烧屯基底/同生断裂活动的可能性。

会基关沉降中心的存在不仅表现在沉积厚度以及沉积相方面,而且从楚雄盆地的各种石油地球物理勘探成果中也得到了证实。大地电磁测深数据表明,基底埋藏深度在南华一带为9km~11km,楚雄附近为12.5km,火烧屯断裂西侧约7km,因此,盆地的沉降中心是在楚雄附近。过会基关构造的地震测浅和盆地重力异常反演结果亦表明,牟定斜坡为一重力低异

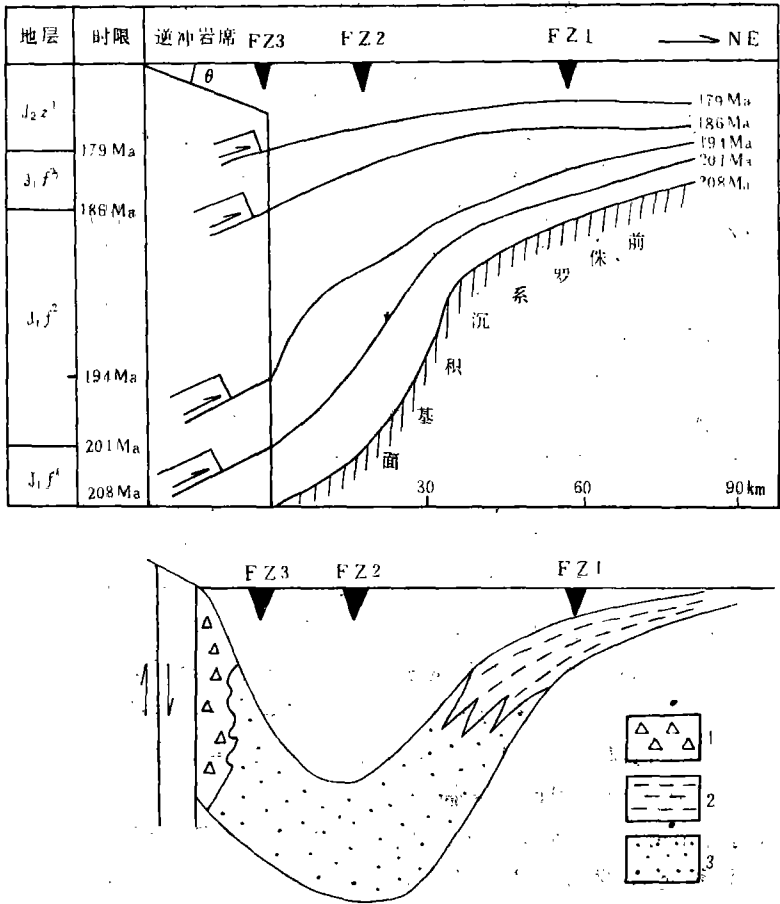


图5 楚雄盆地早侏罗世构造沉降与沉积作用关系示意图
(示意逆冲负荷沉降造成不对称湖盆和前陆楔形体沉积)

1. 滨、浅湖相碎屑岩; 2. 滨、浅湖相泥岩; 3. 半深湖—深湖相浊积砂体

Fig. 5 Simplified diagrams showing the relationship between tectonic subsidence and sedimentation in the Chuxiong Basin, Yunnan during the Early Jurassic. Note the foreland wedge sediments in a asymmetric lake basin caused by thrust loading and subsidence.

1=littoral and shallow lacustrine clastic aprons; 2=littoral and shallow lacustrine mudstone;
3=semideep and deep lacustrine turbidite sandstone body

常区,且呈NW向展布,斜坡的基底面和侏罗系—白垩系沉积盖层均显示向西、向南倾斜,直至NW向沙桥断裂。

会基关沉降中心的沉降幅度在早侏罗世晚期明显降低,湖泊三角洲相沉积作用异常活跃,沉积物的堆积速率大于盆地的沉降速率,湖盆水体逐渐变浅,至中侏罗世初期,随着沉积中心的北移,会基关沉积中心基本消失。

4 下侏罗统含油气性研究

楚雄盆地含油气性研究,以往主要侧重于上三叠统^①,而对其他层位研究甚少,尤其是对下侏罗统砂体重视不够。盆地北部大姚龙街地区含沥青砂岩的首次发现表明,进行盆地地下

① 王金山等. 楚雄盆地石油及天然气地质特征研究. 1991.

侏罗统的储层沉积学研究很有必要。

大姚龙街下侏罗统虽不具备生油能力,但作为储、盖层却配置得很好。研究区的首选勘探目标为上三叠统普家村组、干海资组和舍资组,不仅因为其具有较强的生油气能力,而且作为储集层,其物性也较好。上覆地层下侏罗统中的沥青物质就是通过后期的断裂改造带上的。根据沥青的产状,含沥青砂岩可分为缝隙型和粒间孔型两类。

4.1 缝隙型沥青砂岩(B型)

B型沥青砂岩主要产于冯家河组第三段逆粒序旋回的中下部(见图4)。沉积序列为向上变粗、变浅,由下部泥岩向上演化为粉砂岩和细砂岩,砂岩的类型多为细粒长石石英砂岩,成份与结构成熟度均为中等,薄片鉴定的四个粒度参数分别为: $Md=2.85\sim 3.00$, $\sigma=0.46\sim 0.77$, $SK=0.12\sim 0.20$, $K_G=1.40\sim 1.71$ 。砂体内中型斜层理、楔形交错层理发育,古流向N330W。上述沉积特征均反映为典型的三角洲前缘相砂体沉积。

野外仔细观察表明,砂体内主要发育N280°和N70°两组张性裂隙与裂缝,分别呈两种构造形迹出现:第一种为石英脉裂隙,呈雁行排列,裂隙的两壁被马牙状石英颗粒胶结充填,裂隙的中央见油质沥青,石英脉裂隙的长度差异较大,10cm~150cm,宽度2cm~5cm,脉体间距约4cm~6cm;第二种为彼此平行、密集排列的微裂隙或裂缝,无石英充填,但有油质沥青产出,裂缝长度一般小于10cm,宽度小于0.5cm。从其构造应力场分析来看,N280°和N70°两组张性裂隙的形成主要与近东西向的挤压力有关,在区域上可能表现为与燕山运动有关。张性裂隙形成后,受喜马拉雅造山运动之影响,南北向挤压产生的压扭性剪切力又使早先形成的石英脉强烈破碎,并产生擦痕。从擦痕的阶坡方向看,N280°的一组石英脉裂隙的上盘往SE,下盘往NW方向剪切走滑。

因此,石英脉裂隙普遍经历了先张后扭的应力转化过程。沥青充填在石英脉中央或晶洞、孔洞中,无破碎现象,证明沥青的形成晚于石英的胶结与充填,也晚于第二阶段的构造挤压和剪切。

4.2 粒间孔型沥青砂岩(A型)

A型沥青砂岩产于大姚龙街冯家河组第三段逆粒序旋回沉积的顶部,单层厚10cm左右,累计2层~5层。岩石类型为中粒—细中粒长石石英砂岩,成份成熟度和结构成熟度均为中等,薄片粒度参数分别为 $Md=1.43\sim 1.98$, $\sigma=0.71\sim 0.77$, $SK=0.26\sim 0.42$, $K_G=1.36\sim 1.90$,沉积相亦为三角洲前缘砂体。A型沥青砂岩在野外酷似“黑色油砂”,横向展布亦较稳定,从龙街的高家村一直延伸到刘家屯,延伸距离在3km以上。

A型沥青砂岩的主要有效孔隙类型为粒间溶蚀孔和部分粒内溶蚀孔,现多为油质沥青所充填。岩石的孔隙度一般均大于8%~10%。次生粒间溶孔的成因一方面是由于成岩期复杂的物理化学变化,使一定数量的粘土杂基在矿物相的成岩转变过程中释放出 Fe^{2+} ,并与层间孔隙水中的碳酸钙水溶液反应沉淀出铁方解石,交代粘土杂基或长石颗粒;另一方面,A型沥青砂岩上覆的浅湖相或前三角洲相灰色泥岩中的有机质干酪根在成岩中期发生脱羧基作用,产生一定数量的二氧化碳及羧酸,降低了地层水的pH值浓度而成为酸性水体,并随泥岩的压实作用挤入下伏的砂岩中长时间对早先形成的铁方解石胶结物和硅酸盐粘土杂基进行溶蚀,最后形成现在所保存的次生粒间孔隙,并成为油气储集的良好场所。当液态烃沿断裂通道由下而上运移时就会充满次一级的裂隙、裂缝和砂岩内的次生粒间孔隙,后经热演化而变成沥青。

尽管楚雄盆地下侏罗统砂岩的储层物性较差,但是如果裂隙和裂缝发育以及部分物性较好的储层存在,就有可能形成良好的储集层,大姚龙街冯家河组就是一个好例证。“油气产出靠裂隙”,在今后的油气勘探中,必须重视盆地内裂隙的分布及发育特征,尤其注意新地层内储、盖层配置好的层段。

最后,特别感谢中国石油天然气总公司楚雄油气勘探项目经理部王炯章高级工程师、中国地质科学院成都地矿所刘宝珺教授、潘桂棠副所长的热情关心和指导,同时也感谢滇黔桂石油地质科学研究所王建民高级工程师、应助民工程师的大力支持和帮助。成文后承蒙赵泽恒高级工程师详细审阅,并提出很好的修改意见。

主要参考文献

- 1 黄汲清、任纪舜等. 中国大地构造演化. 科学出版社,1980
- 2 朱夏. 论中国含油气盆地构造. 石油工业出版社,1986
- 3 云南省地质矿产局. 中华人民共和国地质矿产部地质专报第21号,云南省区域地质志. 地质出版社,1990
- 4 Allen, P. A. et al. Foreland basin, an introduction. Foreland Basin. Spec. Publs. int. Ass. Sediment., 1986
- 5 Flemings, P. B. and Jordan, T. E. Stratigraphic modeling of foreland basin, interpreting thrust deformation and lithosphere geology. Geology, 1990, Vol. 18

EARLY JURASSIC MOLASSE WEDGE SEDIMENTS AND OIL POTENTIALS IN THE CHUXIONG BASIN, YUNNAN

Zhu Tongxing Yin Fuguang Pu Xinchun

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS

Gou Hancheng Zhou Minghui Zhang Guiquan

Yunnan-Guizhou-Guangxi Institute of Petroleum Geology

ABSTRACT

The Chuxiong Basin is a Mesozoic strike-slip peripheral foreland basin. The authors contend, in the light of the detailed study and comparison of the sediments from the Lower Jurassic Fengjiahe Formation, that the Early Jurassic is an important stage of intense downwarping and subsidence of the basin, spanning from early to late stages the foreland basin filling processes of suddenly deepening and then shallowing. Because of the continue thrust loading of the foreland thrust blocks, the Early Jurassic sediments in the western part of the Chuxiong Basin were derived from the Ailaoshan uplift in the southwest, and their sedimentary environments are dominated by littoral and shallow lakes or lacustrine deltas; those in Zhonghe of Yongren and Longjie of Dayao in the northeastern part of the basin originated from the Yuanmou uplift, and were deposited in a similar sedimentary environment, and those in the Huijiguan region, Chuxiong in the central part of the basin rapidly increase in sediment thickness and lay down in the deep-lake sedimentary environments with turbidite sandstone bodies on the basis of well logs, thin sections and grain-size analysis. The discovery of the deep-lake marls or lime mudstones in the Dieshemo zone, Xiping has revealed that the subsidence and depositional centres of the Early Jurassic Chuxiong Basin were migrated during the Late Triassic from the frontier of the Ailao Mountains northeastwards to the Huijiguan-Dieshemo zone, where the sediments were in-filled in the form of foreland wedges. Furthermore, the first discovery of asphaltic sandstones in the third member of the Fengjiahe Formation in the Longjie region, Dayao has also disclosed the oil potential in the Chuxiong Basin. The asphaltic sandstones may be classified into two types in terms of occurrence: the crack and pore-space filling type and intergranular pore-space filling type, all of which occur in the lake-delta sequences where the reversed rhythmic stratifications are well-developed. It follows that care should be taken to distinguish the Lower Jurassic crack and pore-space filling type traps from the lithologic traps in the study area.

Key words: molasse wedge, sedimentary facies, Lower Jurassic, Chuxiong Basin