

川西邛崃县白马庙气田 上侏罗统蓬莱镇组高分辨率层序地层分析

赵永刚 陈景山 雷卞军 蒋裕强 王身建 徐丹舟

(西南石油学院, 四川 成都 610500)

摘要:以高分辨率层序地层学理论及其技术方法为指导,通过地表露头、岩心、测井和地震资料的综合分析,在白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组识别出 3 类不同成因类型和发育规模的层序界面,3 个级别的湖泛面,划分出 2 个长期、6 个中期、38~40 个短期基准面旋回层序,并对不同级次旋回层序的特征进行了详细讨论。同时,发现中期基准面旋回层序近顶部的薄层灰岩和钙质泥岩也是识别中期基准面旋回的重要标志之一。在此基础上,运用旋回等时对比法则对各级次旋回层序进行对比,建立了 3 个不同时间尺度的等时地层格架,认为开展高分辨率层序地层分析对深化白马庙气田蓬莱镇组气藏的勘探开发工作具有重要意义。

关键词:基准面旋回;高分辨率层序地层;等时对比;地层格架;蓬莱镇组;上侏罗统

中图分类号:P534.52, P539.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2005)04-0674-08

上侏罗统蓬莱镇组为川西坳陷白马庙气田最重要的含气层位之一。前人虽对川西坳陷南部和川西坳陷开展了沉积相研究^{①②},建立了三级层序地层格架^③,但由于研究区面积大、层位多、资料有限等原因,至今尚未对白马庙气田蓬莱镇组进行高分辨率层序地层分析。笔者综合前人研究成果,在白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组沉积相研究的基础上^④,应用高分辨率层序地层学理论及其技术方法^{⑤⑥},通过地表露头、岩心、测井和地震资料等的综合分析,研究蓬莱镇组层序地层,进行层序等时对比,建立高分辨率层序地层格架,以期为该气田蓬莱镇组气藏的勘探和开发提供更科学、可靠的地质依据。

白马庙气田,面积约 300 km²,地处川西坳陷南段,构造上隶属于川西前陆盆地南部,成都凹陷低缓构造带(图 1)。其上侏罗统蓬莱镇组地层平均厚度约 900 m,岩性主要为泥岩与细砂岩、粉砂岩呈不等厚互层,夹少量砾岩、灰岩和钙质泥岩。蓬莱镇组与下伏的遂宁组一般呈整合接触,与上覆的上白垩统夹关组呈不整合接触。晚侏罗世因燕山运动的影响,龙门山再次受到强烈挤压逆冲,山前形成挠曲沉降,龙门山

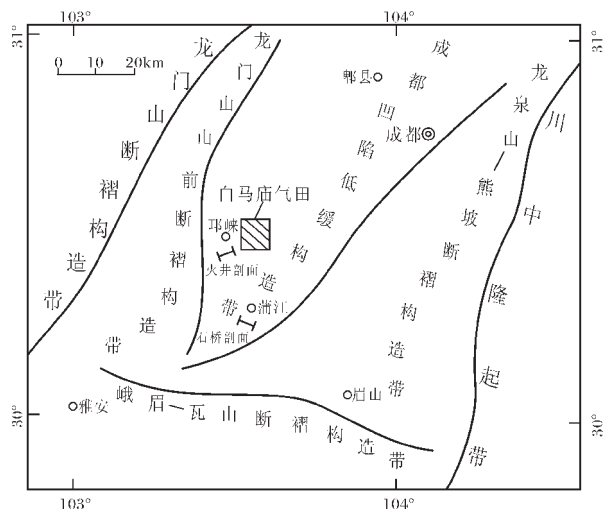


图 1 白马庙气田地理位置及区域构造略图
Fig.1 Schematic map showing the geographic location and regional structure of the Baimamiao gas field

收稿日期:2004-12-12;改回日期:2005-05-20

基金项目:四川省重点学科建设项目(SZD0414)资助。

作者简介:赵永刚,男,1976年生,博士生,从事沉积学和储层地质学研究工作;E-Mail:yg_zhao@126.com。

① 丘东洲,四川盆地川西坳陷南部侏罗系沉积相研究,1997。

② 蓝贵,朱永刚,川西地区沉积构造发展研究,1999。

表 1 白马庙气田蓬莱镇组层序界面特征

Table 1 Sequence boundary characteristics of the Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field

界面级别	界面成因	对应的基准面旋回	旋回时限 (Ma)	相当的层序类型	主要识别标志
Ⅲ级	同一构造旋回中,受构造活动强度和沉积作用双重因素控制的不整合界面	长期基准面旋回	≤4.5	Ⅲ级层序	大型侵蚀面或冲刷间断面、底砾岩,测井相转换面
Ⅳ级	受气候和物源供给量变化控制的沉积间断面或与之可对比的整合界面	中期基准面旋回	≤1.5	体系域或准层序组	较大规模冲刷、侵蚀面,岩性、岩相转化面,测井相突变面、转换面
Ⅴ级	受可容纳空间与沉积物补给通量比值变化控制的局部冲刷面、无沉积间断面及整合界面	短期基准面旋回	0.22~0.24	准层序	小型冲刷面、间歇暴露面、韵律性测井曲线组合转化面

注:据 ESR 测年资料计算的各级次基准面旋回时限为平均值^①。

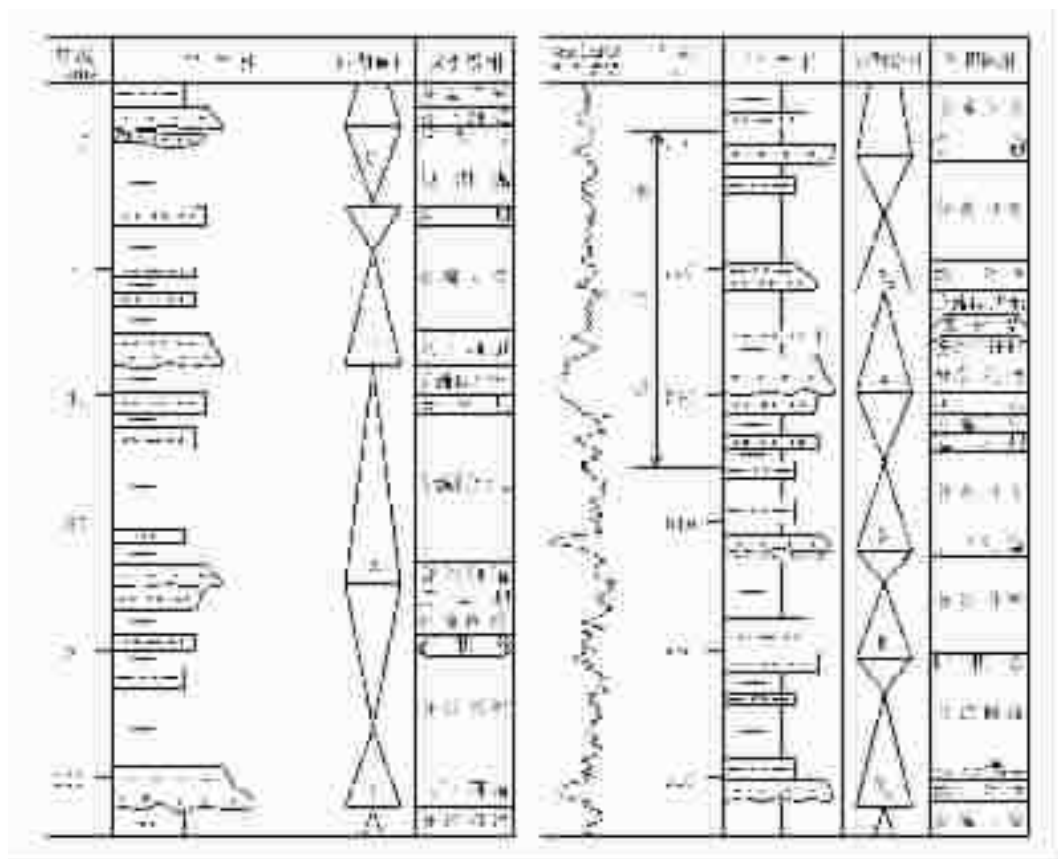


图 2 短期基准面旋回层序划分(左图为邛崃火井剖面,右图为 Bq26 井剖面)

Fig.2 Division of short-term base-level cycles (right well: Bq26 section left: Huojing section, Qionglai County)

物源区有大量碎屑物质向盆内输送^[4]。根据岩心和沉积学、岩石学及电性特征分析,结合区域构造-沉积相格局和古地理演化规律,认为白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组发育三角洲-湖泊沉积体系,三角洲相为优势相。

1 高分辨率层序地层划分

1.1 层序界面

研究区蓬莱镇组发育 3 类可作为层序界面的不整合界

① 丘东洲. 四川盆地川西拗陷南部侏罗系沉积相研究, 1997.

面,即区域性侵蚀不整合面或平行不整合面、规模较大的侵蚀或冲刷面、冲刷面或无沉积作用间断面。这3类层序界面的识别标志和对应的层序类型如表1。

1.2 湖泛面

研究区蓬莱镇组中3个不同级别的湖泛面(短期湖泛面、中期湖泛面、长期湖泛面)多数位于泥、页岩段中,具典型的高伽玛、低电阻、高声波时差特征。不同级次基准面旋回中,湖泛面的发育规模、成因特征、相组合序列不尽相同。如短期湖泛面、中期湖泛面位于层序底部或顶部,具不同程度的沉积间断面性质,或位于层序内部,具连续沉积性质;长期湖泛面多位于层序内部,具有连续沉积或饥饿沉积间断面性质。

1.3 高分辨率层序地层划分

根据上述不同级别层序界面和湖泛面的识别标志,以不同级次基准面升降运动所导致的地层旋回过程和沉积学响应特征,结合ESR测年统计结果表1,可将研究区蓬莱镇组划分为2个长期、6个中期和38~40个短期基准面旋回层序(表2)。

表2 白马庙气田蓬莱镇组高分辨率层序地层划分

Table 2 High-resolution sequence stratigraphic division of the Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field

地层系统		基准面旋回层序			
组	段	短期旋回		中期旋回	长期旋回
蓬莱镇组 (J ₂)	V	SSC35-SSC38	SSC37-SSC40	MSC6	LSC2
	IV	SSC26-SSC34	SSC26-SSC36	MSC5	
	III	SSC17-SSC25		MSC4	
	II	SSC14-SSC16		MSC3	LSC1
		SSC8-SSC13		MSC2	
I	SSC1-SSC7		MSC1		

2 各级次基准面旋回层序特征

2.1 短期基准面旋回层序

短期基准面旋回层序(简称SSC)是根据地表露头、岩心和测井曲线等实际资料划分的基本成因地层单元,以V级界

面为边界,短期湖泛面二分SSC,层序的平均时间周期为0.22~0.24 Ma(表1)。按层序的成因和结构特征可将SSC归纳为向上“变深”(A类)、向上“变深”复“变浅”(B类)和向上“变浅”(C类)3种基本类型(表3、图2)。

上述几种类型的短期基准面旋回层序有规律地分布在平面上,其特点是:①在三角洲平原区,向湖方向依次发育A₁、A₂和A₃亚类旋回层序;②B₁亚类旋回层序主要发育在三角洲平原与前缘过渡区,B₂亚类旋回层序发育在三角洲内前缘区和前三角洲—浅湖区,B₃亚类旋回层序大多发育在三角洲外前缘区;③C类旋回层序发育于开阔浅湖区。依据上述特征,建立蓬莱镇组不同沉积相区的短期基准面旋回层序分布模式(图3)。该模式说明三角洲平原沉积主要发育于基准面上升期,开阔浅湖沉积主要发育于基准面下降期,其余相区处于较完整的短期基准面旋回中。

2.2 中期基准面旋回层序

中期基准面旋回层序(简称MSC)以IV级界面为边界,中期湖泛面二分MSC,层序的平均时间周期≤1.5 Ma(表1)。地震剖面对MSC有较好的响应(图4),地震MSC的识别标志是:①区域分布的不整合或反映地层不协调关系的地震反射终止类型;②与中期或长期基准面旋回上升到下降转换位置(最大可容纳空间)相对应的高振幅连续反射界面或一组反射;③区域相变中可对比的地震反射特征(振幅、连续性、频率、地震相等)发生的重大变化;④与测井曲线和岩心中观察到的地层叠加样式变化可对比的地震反射几何形态的变化(如由高振幅水平反射到低振幅S形反射)^[9]。

MSC一般由3~11个具进积、退积和加积结构的非对称型、对称型SSC按一定的排列方式叠置而成。其主要特征有:①MSC₁、MSC₃、MSC₄、MSC₅和MSC₆上升半旋回的沉积厚度和时间域均明显大于下降半旋回,上升半旋回中的砂岩普遍比下降半旋回发育,显示中期基准面以缓慢上升、快速下降为其主要运动特征,仅有MSC₂为近对称型或对称型旋回。②MSC₁—MSC₆中,由SSC构成MSC的结构类型和叠

表3 白马庙气田蓬莱镇组短期基准面旋回层序基本类型及特征
Table 3 Characteristics and basic types of short-term base-level cycles of the Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field

层序类型	发育位置	微相组合	旋回完整性	地层叠加样式	亚类
向上“变深”的非对称型旋回(A类)	三角洲平原区	分流河道→天然堤→分流间洼地	仅保存上升半旋回,下降半旋回表现为地表间歇暴露和遭受侵蚀作用	由进积向加积、退积转化	A ₁ : 低可容纳空间 A ₂ : 中可容纳空间 A ₃ : 高可容纳空间
向上“变深”复“变浅”的对称型旋回(B类)	三角洲平原与前缘过渡区; 三角洲前缘区; 前三角洲—浅湖区	水下分流河道→水下天然堤→分流间湾→席状砂→河口坝; 薄层砂→泥→席状砂或远砂坝	具完整的基准面旋回	由进积(加积)→退积→加积(进积)	B ₁ : 上升半旋回为主 B ₂ : 对称型旋回 B ₃ : 下降半旋回为主
向上“变浅”的非对称型旋回(C类)	开阔浅湖区	浅湖泥→透镜状砂→(少量)灰岩或钙质泥岩	主要发育下降半旋回,上升半旋回为欠补偿沉积的饥饿面或无沉积的间断面	由加积向进积转化	不易细分

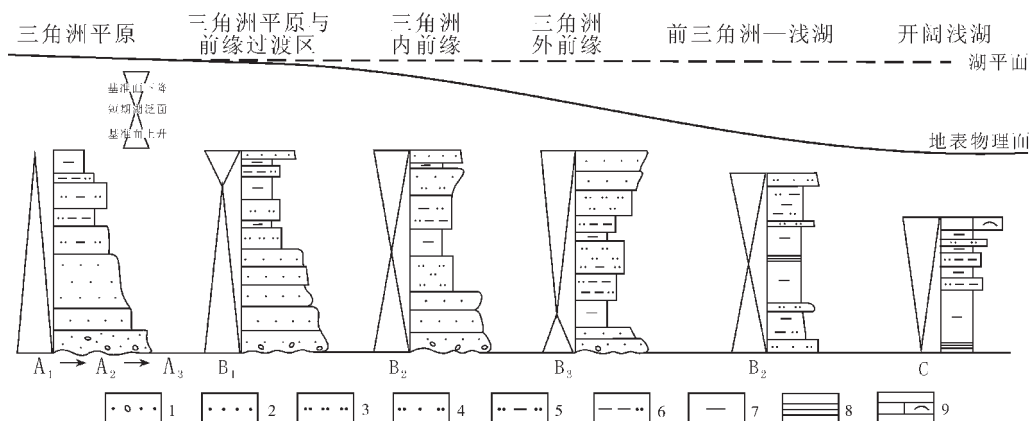


图 3 白马庙气田蓬莱镇组不同沉积相区的短期基准面旋回对称性变化及分布模式

1—含砾细砂岩;2—细砂岩;3—粉砂岩;4—粉-细砂岩;5—泥质粉砂岩;6—粉砂质泥岩;7—泥岩;8—页岩;9—灰岩

Fig.3 Sketch map showing the symmetric variation and distribution of short-term base-level cycles in different sedimentary facies zones of the Penglaizhen Formation in Baimiao gas field

1—Pebbly fine sandstone;2—Fine sandstone;3—Siltstone;4—Siltstone-fine sandstone;5—Muddy siltstone;6—Sandy mudstone;7—Mudstone;8—Shale;9—Limestone

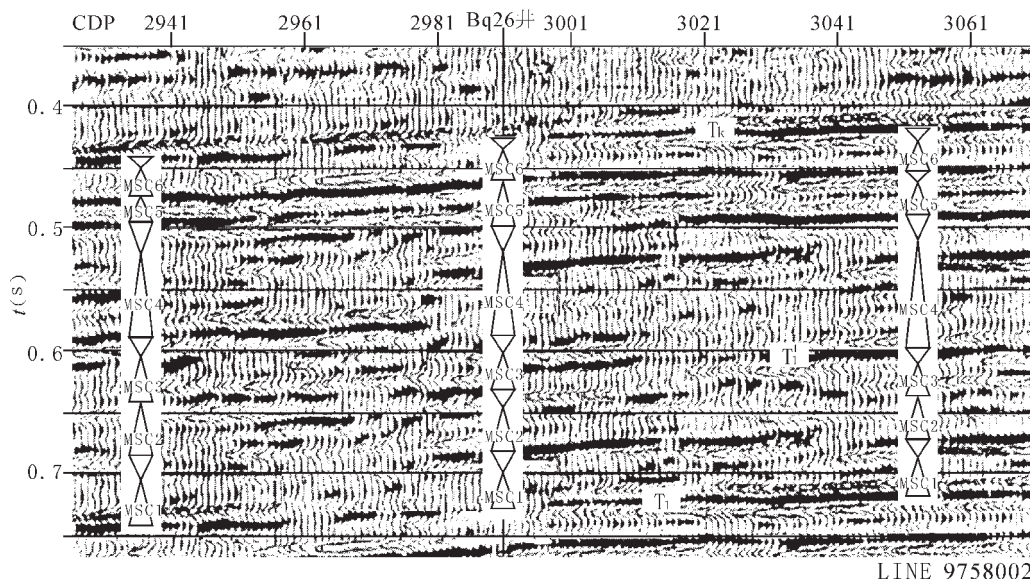


图 4 白马庙气田蓬莱镇组地震中期基准面旋回层序划分

CDP—共深度点记录道号; $t(s)$ —反射时间(秒); T_1 反射层—相当于蓬莱镇砂岩底部(蓬莱镇组底界); T_1^1 反射层—相当于太和镇砂岩底部(蓬Ⅲ段底界); T_k 反射层—相当于夹关组砂砾岩底部(蓬莱镇组顶界)

Fig.4 Division of seismic middle-term base-level cycle sequences of the Penglaizhen Formation in the study area

CDP—Trace number of common depth point; $t(s)$ —Reflection time(s); T_1 reflection layer—The Bottom of the Penglaizhen sandstone(the bottom boundary of the Penglaizhen Formation); T_1^1 reflection layer—Bottom of the Taihezhen sandstone(the bottom boundary of Member III,Penglaizhen Formation); T_k reflection layer—Bottom of the Jiaguan Formation sandy conglomerate(the top boundary of the Penglaizhen Formation)

加样式具有较好的相似性。上升半旋回主要由 A 型层序和 B 型层序叠加组成,较少出现 C 型层序;下降半旋回主要由 B

型层序加 C 型层序叠加组成。③在不同沉积相区,MSC 下降半旋回沉积各具特色,如在三角洲相区,MSC 的下降半旋回

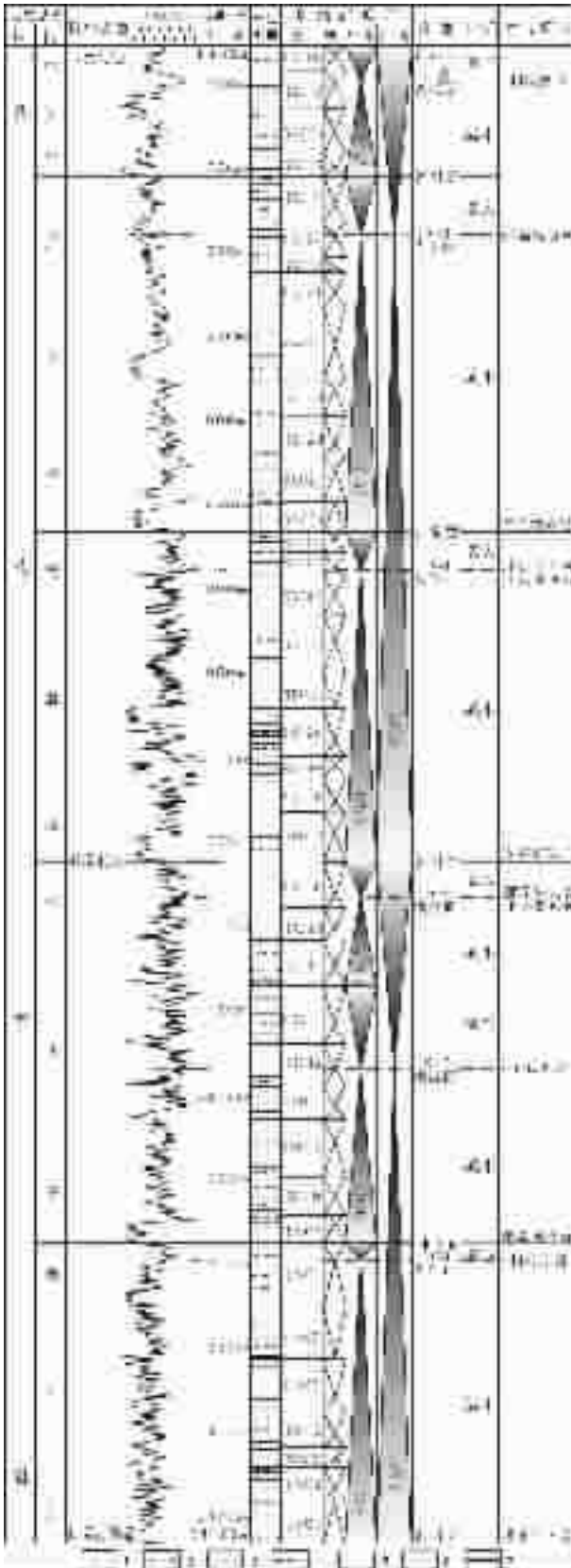


图5 白马庙气田蓬莱镇组高分辨率层序地层综合柱状图

1—细砂岩;2—粉砂岩;3—泥质粉砂岩;4—粉砂质泥岩;
5—砂质泥岩;6—泥岩;7—页岩

Fig.5 Integrated column of high-resolution sequence stratigraphy of the Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field

1—Fine sandstone;2—Siltstone;3—Muddy siltstone;4—Silty mudstone;
5—Sandy mudstone;6—Mudstone;7—Shale

具有沉积厚度小、砂体不发育、钙质含量增高的特点;在开阔浅湖相区,MSC下降半旋回中砂体更不发育,湖泛面以上,层序的近顶部形成代表开阔浅湖清水沉积的薄层泥晶灰岩、含生屑灰岩和钙质泥岩等,这些薄层灰岩或钙质泥岩是MSC的重要识别标志之一(图5,图6)。MSC和SSC具有相似的层序分布模式。

2.3 长期基准面旋回层序

长期基准面旋回层序(简称LSC)以Ⅲ级界面为边界,长期湖泛面二分LSC,层序的平均时间周期 ≤ 4.5 Ma(表1)。研究区蓬莱镇组LSC1分别以蓬莱镇砂岩底部(相当于T1反射层)和太和镇砂岩底部(相当于T₁反射层)的区域性侵蚀不整合面为层序的底界面和顶界面,区域性对比标志层仓山页岩的顶部为LSC1的长期湖泛面,LSC1由MSC1、MSC2和MSC3叠加构成;LSC2分别以太和镇砂岩底部(相当于T₁反射层)的区域性侵蚀不整合面和夹关组砂砾岩底部(相当于T_k反射层)的区域性平行不整合面为层序的底界面和顶界面,区域性对比标志层景福院页岩的顶部为LSC2的长期湖泛面,LSC2由MSC4、MSC5和MSC6叠加构成(图5,图6)。LSC1、LSC2分别与丘东洲等^[1]所建的川西坳陷南部侏罗系三级层序地层格架中的SQ7和SQ8相对应。根据组成LSC的MSC叠加样式及其所反映的湖进、湖退幅度、速度和沉积作用方式,可确定出研究区蓬莱镇组的LSC具有缓慢湖进—快速湖退的不完全对称型层序结构。其主要特征是:①LSC1和LSC2上升半旋回的沉积厚度和时间域远大于下降半旋回,LSC2比LSC1更显著。这种不对称性与MSC的不对称性相呼应,充分反映了前陆盆地沉积演化过程中第二个阶段——响应逆冲带负载释放充填沉积阶段的特征^[2]。②蓬莱镇砂岩形成后,盆地的构造基底趋于稳定,在基准面上升的背景下,随着湖域扩大,LSC1主体是在逐渐扩大的可容纳空间中堆积形成的。由于粗粒物质已在山前坳陷堆积,致使LSC1中砂/泥值较低,砂岩相对不发育。③LSC2与LSC1比较,LSC2期间,盆地的构造基底缓慢下降,湖域逐渐扩大,但砂质供应较充足,砂/泥值较高,砂岩相对发育。

3 高分辨率层序地层格架的建立

在高分辨率层序地层学中,旋回等时对比法则的核心内容是,以各级湖泛面(或称相转换面)和各级层序界面作为层序地层等时对比的优选位置,根据具体情况将岩层与岩层对

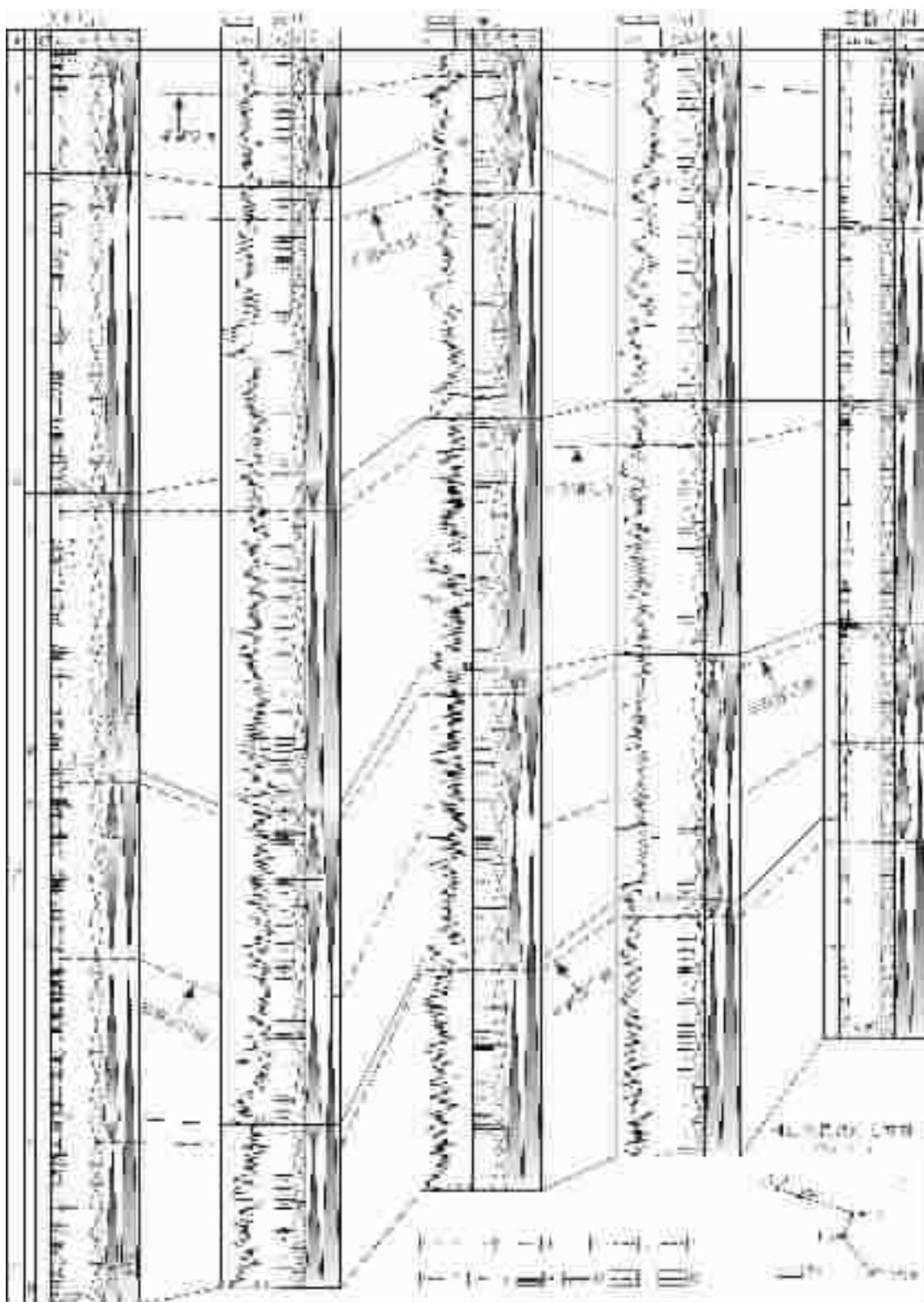


图 6 白马庙气田蓬莱镇组高分辨率层序地层格架图

- 1—砂砾岩;2—细砂岩;3—泥质细砂岩;4—粉砂岩;5—泥质粉砂岩;6—粉砂质泥岩;
- 7—砂质泥岩;8—泥岩;9—页岩;10—灰岩;11—湖泛面;12—段界面

Fig.6 High-resolution sequence stratigraphic framework of the Penglaizhen Formation in Baimamiao gas field
1-Sandy conglomerate;2-Fine sandstone;3-Muddy fine sandstone;4-Siltstone;5-Muddy siltstone;6-Silty mudstone;
7-Sandy mudstone;8-Mudstone;9-Shale;10-Limestone;11-Lake flooding surface;12-Boundary of members

比,岩层与界面对比或界面与界面对比^[3-5,13]。根据这一对比法则,在上述高分辨率层序地层划分和各级次基准面旋回层序特征研究的基础上,以长期湖泛面为对比的起点,以LSC的底、顶界面为对比的终点,分别对纳入长期基准面上升半旋回的MSC进行自上而下逐层对比,对纳入长期基准面下降半旋回的MSC进行自下而上逐层对比;以中期湖泛面为对比的起点,以MSC的底、顶界面为对比的终点,分别对纳入中期基准面上升半旋回的SSC进行自上而下逐层对比,对纳入中期基准面下降半旋回的SSC进行自下而上逐层对比,建立长期、中期和短期3种不同时间尺度的等时地层格架(图6)。

4 高分辨率层序地层分析的意义

随着白马庙气田蓬莱镇组气藏勘探开发的深入,许多棘手问题接踵而来,如气藏各井地层划分及与邻井地层、露头剖面对比困难的问题;井间储层变化大、非均质性强,储层预测难度大的问题;砂层组、小层砂体和单砂体无法精细追踪对比的问题;储层流动单元不易合理划分的问题等。由于这些问题长期得不到很好解决,已经成为深化该气田蓬莱镇组气藏勘探开发工作的“瓶颈”。研究区蓬莱镇组气藏各井地层划分及与邻井地层、露头剖面对比困难的主要原因之一是川西坳陷上侏罗统蓬莱镇组地层划分方案极不统一,有二分法^①、三分法^②、四分法^③和五分法^④,而且多数划分方案的精度目前已远不能满足白马庙气田深化勘探开发的实际需要。鉴于此,笔者通过高分辨率层序地层分析,建立了研究区及其邻区上侏罗统蓬莱镇组的高分辨率层序地层格架,优化了前人的地层划分方案,认为“五分法”划分方案更符合本区地层的实际特征,而且易于地层等时对比;同时,深刻剖析了本区蓬莱镇组的地层层序结构,为白马庙气田蓬莱镇组气藏井间储层预测,砂层组、小层砂体和单砂体追踪对比,合理划分储层流动单元提供了新途径。

致谢:研究及成文过程中,得到了中石油西南油气田分公司川西北气矿资助,西南石油学院的陶艳忠和邓明雅两位老师给予了极大帮助,在此一并致谢!

参考文献(References):

- [1] 丘东洲,付清平.川西坳陷南区侏罗系层序地层与油气[J].天然气工业,2000,20(4):5~10.
Qiu Dongzhou, Fu Qingping. Sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of Jurassic in the south part of west Sichuan depression [J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(4): 5~10 (in Chinese with English abstract).
- [2] 赵永刚,雷卞军,杨跃明,等.川西邛崃县白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组沉积相及砂体展布研究[J].中国地质,2004,31(3):284~288.

- Zhao Yonggang, Lei Bianjun, Yang Yueming, et al. Sedimentary facies and sandbody distribution of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, Western Sichuan [J]. Geology in China, 2004, 31(3): 284~288 (in Chinese with English abstract).
- [3] 邓宏文.美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J].石油与天然气地质,1995,16(2):89~97.
Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U.S.; high-resolution sequence stratigraphy [J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89~97 (in Chinese with English abstract).
- [4] 邓宏文,王洪亮,李熙喆.层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用[J].石油与天然气地质,1996,17(3):177~184.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xizhe. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base-levels and their application [J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(3): 177~184 (in Chinese with English abstract).
- [5] 邓宏文,王洪亮,宁宁.沉积物体积分配原理——高分辨率层序地层学的理论基础[J].地质前缘,2000,7(4):305~313.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Ning Ning. Sediment volume partition principle: theory basis for high-resolution sequence stratigraphy [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 305~313 (in Chinese with English abstract).
- [6] 郑荣才,尹世民,彭军.基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析[J].沉积学报,2000,18(3):369~375.
Zheng Rongcai, Yin Shiming, Peng Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 369~375 (in Chinese with English abstract).
- [7] 郑荣才,吴朝容,叶茂才.浅谈陆盆地高分辨率层序地层研究思路[J].成都理工学院学报,2000,27(3):241~244.
Zheng Rongcai, Wu Chaorong, Ye Maocai. Research thinking of high-resolution sequence stratigraphy about a terrigenous basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2000, 27(3): 241~244 (in Chinese with English abstract).
- [8] 岳文浙,丁保良,魏乃颐.陆盆层序地层研究的思路[J].地质论评,2000,46(4):347~354.
Yue Wenzhe, Ding Baoliang, Wei Naiyi. Thoughts on the study of continental sequence stratigraphy [J]. Geological Review, 2000, 46(4): 347~354 (in Chinese with English abstract).
- [9] 邓宏文,王洪亮,祝红军.高分辨率层序地层学——原理及应用[M].北京:地质出版社,2002.3~24.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Zhu Hongjun. High-resolution Sequence Stratigraphy—Principle and Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002. 3~24 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李勇,曾允孚,伊海生.龙门山前陆盆地沉积及构造演化[M].成

① 蓝贵,朱永刚.川西地区沉积构造发展研究,1999.

② 李梅.白马庙地区蓬莱镇组气藏地质综合研究,1998.

- 都:成都科技大学出版社,1995.8~10,65~74.
- Li Yong, Zeng Yunfu, Yi Haisheng. Sedimentary and Tectonic Evolution of the Longmenshan Foreland Basin, Western Sichuan, China [M]. Chengdu: Chengdu University Science and Technology Press, 1995.8~10, 65~74 (in Chinese with English abstract).
- [11] 郑荣才, 彭军, 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 249~255.
- Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base-level cycles of terrigenous basin and its implications [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19 (2): 249~255 (in Chinese with English abstract).
- [12] 赵玉光, 许效松, 刘宝珺. 克拉通边缘前陆盆地动力层序地层学[J]. 岩相古地理. 1997, 17(2): 1~9.
- Zhao Yuguang, Xu Xiaosong, Liu Baojun. Dynamic sequence stratigraphy of foreland on the margin of craton [J]. Lithofacies Palaeogeography, 1997, 17(2): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- [13] 郑荣才, 彭军. 陕北志丹三角洲长 6 油层组高分辨率层序分析与等时对比[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 92~100.
- Zheng Rongcai, Peng Jun. Analysis and isochronostratigraphic correlation of high-resolution sequence stratigraphy for Chang-6 oil reservoir in Zhidan delta, northern Ordos basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(1): 92~100 (in Chinese with English abstract).
- [14] 四川省区域地层表编写组. 西南地区区域地层表—四川省分册[M]. 北京: 地质出版社, 1978. 100~101.
- The Compilation Group of the Regional stratigraphic tables of Sichuan Province. Regional Stratigraphic Table of Southwest China Sichuan Volume [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1978. 100~101 (in Chinese with English abstract).
- [15] 辜学达, 刘啸虎. 四川省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 194~196.
- Gu Xueda, Liu Xiaohu. Lithostratigraphy of Sichuan Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 194~196 (in Chinese with English abstract).

Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, Western Sichuan

ZHAO Yong-gang, CHEN Jing-shan, LEI Bian-jun,
JIANG Yu-qiang, WANG Shen-jian, XU Dan-zhou

(Southwest Petroleum Institute, Chengdu 610500, Sichuan, China)

Abstract: Under the guidance of the theory and techniques of high-resolution sequence stratigraphy, through a comprehensive analysis of the outcrops, rock cores, well logs and seismic data, 3 sequence boundaries of different genetic types and growth scales and 3 orders of lacustrine flooding surfaces are recognized in the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, and in addition, 2 long-term base-level cycles, 6 middle-term base-level cycles and 38-40 short-term base-level cycles are distinguished and their characteristics are discussed in detail. The thin-bedded limestone and calcareous shale close to the top of the middle-term base-level cycle can be regarded as one of the important indicators for recognizing the middle-term base-level cycle. On the basis of the above, using the method of cycle isochronostratigraphic correlation, different orders of base-level cycles are correlated and 3 isochronostratigraphic stratigraphic frameworks with different time-scales are established. The high-resolution sequence stratigraphic analysis has great significance for further exploration and development of the gas accumulations in the Penglaizhen Formation of the Baimamiao gas field.

Key words: base-level cycle; high-resolution sequence stratigraphy; isochronostratigraphic correlation; stratigraphic framework; Penglaizhen Formation; Upper Jurassic

About the first Author: ZHAO Yong-gang, male, born in 1976, doctor candidate, engages in the research on sedimentology and reservoir geology; E-mail: yg_zhao@126.com.