

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

赵永刚¹ 雷卞军¹ 杨跃明² 蒋裕强¹ 李跃纲² 赵永鹏³ 王身建¹

(1.西南石油学院,四川 成都 610500;2.中石油西南油气田分公司川西北气矿,四川 江油 621709;

3.长庆石油勘探局录井公司,甘肃 庆阳 745113)

摘要: 本文认为白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组的主要沉积相类型为湖成三角洲和湖泊沉积。通常有 2~3 条主流河道自北西方向进入研究区,三角洲属河控型鸟足状三角洲;滨、浅湖相构成了湖泊相的主要亚相类型。三角洲前缘为该区优势亚相,砂体展布明显受控于水下分流河道、河口坝和远砂坝等微相,指状砂坝、复合式砂坝是该区蓬莱镇组 III、IV 段(主力产气层段)的有利储集体。今后,基于沉积微相研究的砂体展布精细研究始终是该气田地质研究的重要课题之一。

关键词: 水下分流河道;河口坝;砂体展布;蓬莱镇组;上侏罗统

中图分类号: P534.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)03-0284-05

前人对白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组沉积相有 3 种认识:较深水湖相沉积^①;网状河与曲流河沉积^②;曲流河—湖泊沉积体系^③。但近年来的勘探开发实践证明以上认识并不符合该区的实际情况。目前由于沉积相认识不清,砂体展布规律不明,势必影响到该气田蓬莱镇组气藏下一步的勘探开发。笔者在岩心观察、岩石学特征研究、测井曲线识别和录井资料分析的基础上,结合露头剖面和区域沉积背景,认为白马庙气田蓬莱镇组为三角洲相和湖泊相,并在沉积微相研究的基础上,重点研究了主力产气层段的砂体展布。

1 区域地质背景

1.1 区域地质概况

中生界的川西拗陷西以龙门山断裂带为界,紧靠龙门山推覆体构造带;东以龙泉山断裂带与川中隆起相邻;南部以峨眉—瓦山断裂带为界。包括 4 个次一级构造单元:龙门山山前断褶构造带;成都凹陷低缓构造带;龙泉山—熊坡断褶构造带和峨眉—瓦山断褶构造带。白马庙气田,面积约 300 km²,位于川西拗陷南部的邛崃县境内,区域构造上隶属于成都凹陷低缓构造带,西以大西断裂与大兴西—邛西构造带毗邻,南以熊坡断裂与北东向展布的熊坡构造带相接(图 1)。研

究区上侏罗统蓬莱镇组地层平均厚度约 900 m,为紫红色、棕紫色泥岩与黄灰色、灰绿色细砂岩、粉砂岩不等厚互层,夹有

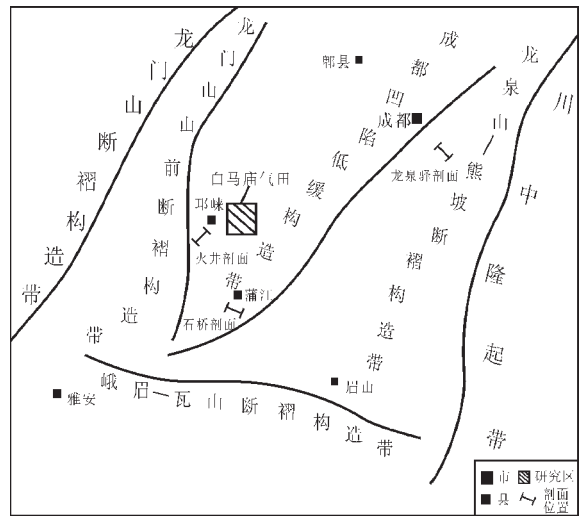


图 1 川西拗陷构造单元划分及研究区位置略图

Fig. 1 Sketch map showing tectonic units and location of the study area in the western Sichuan depression

收稿日期:2003-05-27;改回日期:2004-02-26

基金项目:中石油西南油气田分公司川西北气矿资助。

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:zmhua613@sina.com。

①丘东洲. 四川盆地川西拗陷南部侏罗系沉积相研究,1997.

②李梅. 白马地区蓬莱镇组气藏地质综合研究,1998.

③李梅,李跃纲. 白马庙气田蓬莱镇组气藏天然气探明储量报告,2000.

表 1 研究区上侏罗统蓬莱镇组沉积相类型
 Table 1 Types of sedimentary facies of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the study area

相	亚相	微相
三角洲	三角洲平原	分流河道、分流间洼地和天然堤
	三角洲前缘	水下分流河道、河口坝、分流间湾、远砂坝和席状砂
	前三角洲	前三角洲泥
湖	滨湖	滨湖泥和薄层砂
泊	浅湖	浅湖泥和风暴岩

处。由细砂岩、粉砂岩组成,含少量泥质,具逆粒序。砂岩通常为次长石岩屑砂岩,偶见细粒石英砂岩,前者石英含量 50%~65%,长石含量 5%~20%,岩屑含量 5%~15%;后者石英含量>90%,长石+岩屑含量<10%。沉积构造单调,常显块状层理,有时见低角度单斜层理,砂岩顶部发育小型浪成交错层理。单个河口坝砂体的厚度在 5~7 m。单个河口坝自然伽玛曲线一般呈低—中幅的漏斗状。复合式河口坝的自然伽玛曲线常是下部漏斗状与上部钟形组合,可形象地称这种河口坝为“坝上河”^[4],其补偿声波曲线也具良好响应(图 4)。

3)分流间湾微相。分流间湾为水下分流河道、河口坝间相对较低的湖湾地区,沉积物由浅紫红色泥岩和粉砂岩组成。见透镜状层理、脉状层理,生物潜穴和生物扰动构造,有细小的炭化植物碎片,自然伽玛值相对较高。

4)远砂坝和席状砂微相。远砂坝多位于河口坝末端,显逆粒序。与河口坝相比,岩性相似、粒度稍细、规模较小、自然伽玛曲线幅度低。席状砂由河口坝侧向迁移形成,砂质较纯、分选好,沉积构造与河口坝相似,自然伽玛曲线表现为低—中幅尖峰状。有“向岸方向加厚,向湖方向减薄”的趋势。

2.1.3 前三角洲亚相

前三角洲亚相位于三角洲前缘向湖一侧,通常被湖水淹没。沉积物以灰绿色或紫红色、棕红色粉砂质泥岩为主,见暗色泥岩,偶见粉砂岩。

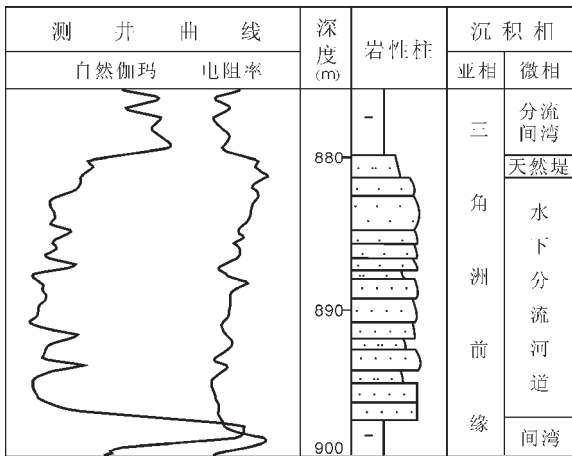


图 3 三角洲前缘水下分流河道微相(Bq27井,蓬Ⅲ段)
 Fig. 3 Underwater distributary channel microfacies in the delta front (Member III of the Penglaizhen Formation in well Bq 27)

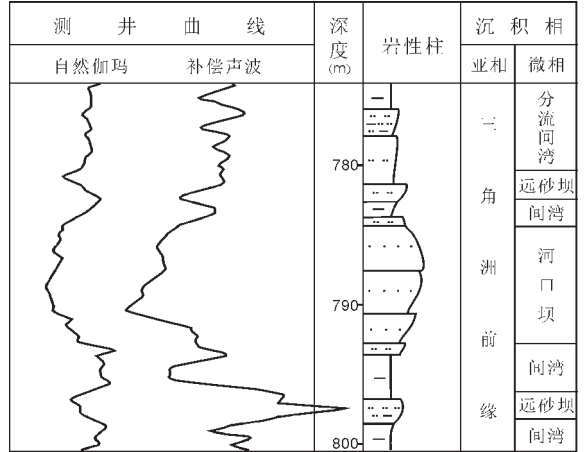


图 4 三角洲前缘河口坝微相(Bq26井,蓬Ⅳ段)
 Fig. 4 River mouth bar microfacies in the delta front (Member III of the Penglaizhen Formation in well Bq 26)

2.2 湖泊相

滨湖区相属湖盆边缘沉积,沉积水动力条件复杂。沉积物主要为紫红色泥岩和粉砂岩,含少量砂质和极少量细砾石。泥岩中局部见小规模干裂。浅湖亚相位于滨湖区相向湖一侧至波基面之上的地带。湖盆高水位期沉积的少量风暴岩厚度小,但却是浅湖亚相鉴别的重要标志之一。研究区晚侏罗世蓬莱镇期,滨、浅湖亚相沉积所占比例很小。

3 沉积相及砂体展布

纵向上,三角洲平原亚相主要分布在研究区蓬莱镇组各段的底部;三角洲前缘亚相主要分布于各段的中—上部;前三角洲—浅湖亚相一般分布在各段的上部或顶部;滨湖亚相只在局部可见。平面上,研究区蓬莱镇组中三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲亚相自北西至南东方向依次分布,三角洲平原与三角洲前缘间呈渐变趋势,三角洲前缘的相区范围最大。

研究区蓬莱镇组各段砂体的发育一定程度上受湖平面周期性升降变化控制,蓬Ⅰ段平均湖平面高,砂体最不发育;蓬Ⅱ段和蓬Ⅴ段平均湖平面略高,砂体不发育;蓬Ⅲ段平均湖平面略低,砂体相对发育;蓬Ⅳ段平均湖平面低,砂体发育。以往的勘探开发实践也表明,白马庙气田蓬Ⅲ、Ⅳ段砂体发育且物性较好(平均孔隙度:11.11%,平均渗透率<1×10⁻³ μm²),目前是白马庙气田的主力产气层段,也是本文研究的重点层段。

研究区蓬莱镇组Ⅲ、Ⅳ段各自厚 200 多米,其砂岩以细砂为主,成分、结构成熟度均较高,分选和磨圆中—好。这一沉积时期,主要物源来自北西方向,经常有 2~3 条主流河道进入本区,向湖方向进一步分流和沉积。三角洲平面形态基本上呈较短的鸟足状。

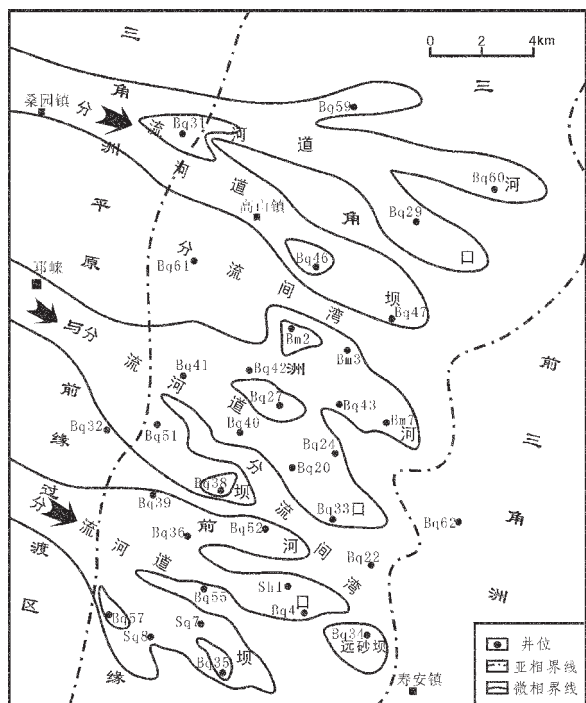


图 5 研究区蓬莱镇组 III 段沉积相平面展布

Fig. 5 Plan showing the distribution of sedimentary facies of Member III of the Penglaizhen Formation in the study area

3.1 蓬莱镇组 III 段沉积相及砂体展布

研究区蓬 III 段纵向上以三角洲前缘亚相为主, 次为三角洲平原亚相、前三角洲亚相, 夹浅湖亚相; 平面上以三角洲前缘亚相、三角洲平原与前缘过渡相为优势亚相。蓬 III 段沉积初期, 湖岸线位置较低, 冲积沉积体系带来的粗粒碎屑物质不多, 三角洲平原-前缘区的分流河道规模较小, 分流河道和河口坝不太发育; 蓬 III 段沉积中期, 湖平面略微升高, 同时, 冲积沉积体系带来了较多的粗粒碎屑物质, 分流河道和河口坝比较发育; 蓬 III 段沉积晚期, 湖平面相对较高, 湖岸线向西迁移, 河口坝和远砂坝也相对欠发育。研究区中砂岩累计厚度 $\geq 30\text{m}$ 的地方, 北部主要集中在 Bq31 井和 Bq46 井附近, 分布于分流河道、河口坝微相上; 中部主要集中在 Bm2 井-Bq43 井附近, Bq42 井-Bq27 井-Bq40 井至 Bq24 井以东地区, 个别井累计砂岩厚度超过了 40 m, 分布于水下分流河微相上; 南部主要集中在 Bq38 井、Bq33 井、Sh1 井、Bq57 井和 Bq35 井附近, 分布于河口坝或复合式河口坝微相上。砂岩累计厚度在 25~30 m 的地方主要分布在以上地区的周缘。分流河道砂体和河口坝砂体多连接、叠置形成指状砂坝, 为研究区蓬 III 段的有利储集体。蓬 III 段分流河道、河口坝微相的分布明显控制着砂体的展布。砂体相对集中于研究区南部, 中部比北部砂体发育(图 5)。

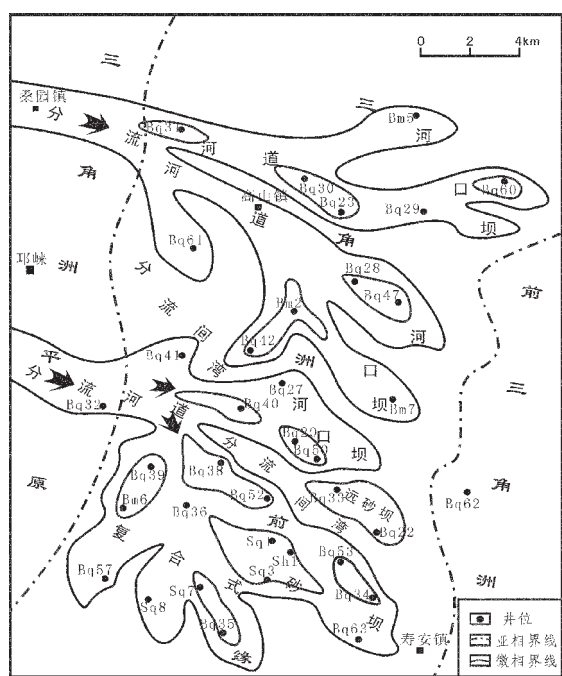


图 6 研究区蓬莱镇组 IV 段沉积相平面展布

Fig. 6 Plan showing the distribution of sedimentary facies of Member IV of the Penglaizhen Formation in the study area

3.2 蓬莱镇组 IV 段沉积相及砂体展布

研究区蓬 IV 段纵向上以三角洲前缘亚相为主, 较之蓬 III 段, 三角洲平原亚相所占比例更小, 夹前三角洲和浅湖亚相; 平面上以三角洲前缘亚相为优势亚相, 三角洲平原和前三角洲亚相的相区范围更小。蓬 IV 段沉积初期, 湖岸线位置曾降低, 冲积沉积体系规模也不大, 带来的粗碎屑物质不多, 分流河道和河口坝微相不太发育; 蓬 IV 段沉积中-晚期, 研究区主要属三角洲前缘相区, 又因湖盆周缘河水注入, 湖平面升高与冲积体系输入大量碎屑物质基本同步, 故陆源碎屑供应较充分; 蓬 IV 段沉积末期, 湖平面处于最高水位, 湖岸线明显向西迁移, 砂体相对欠发育。研究区砂岩累计厚度 $\geq 30\text{m}$ 的地方, 北部主要集中在 Bq31 井、Bq30 井-Bq23 井和 Bq60 井附近, 分布于分流河道、河口坝微相之上, 以河口坝为主。分流河道砂体、河口坝砂体多连接、叠置形成指状砂坝, 为蓬 IV 段的有利储集体; 中部主要集中在 Bm2 井-Bq42 井、Bq28-Bq47 井、Bq40 井、Bm7 井附近, 个别井砂岩累计厚度在 40 m 以上, 主要分布于水下分流河道和河口坝微相之上; 南部主要集中在 Bq50 井、Bq38 井-Bq52 井、Bq39 井-Bm6 井、Sq1 井-Sh1 井-Sq3 井、Bq53 井-Bq34 井和 Sq8 井-Sq7 井-Bq35 井附近, 分布于分流河道和复合式河口坝上。砂岩累计厚度在 25~30 m 的地方多分布于以上地区的周缘或一些河口坝上。分流河道砂体与分流河道砂体、河口坝砂体多相互连接、叠置形成复合式砂坝, 为蓬 V 段主要的有利储集体。砂体展布也明显受控于分流河道、河口坝微相。该段的砂体主要分

布于研究区的南部和中部,比较之,蓬IV段要比蓬III段砂体发育(图6)。

4 结论与建议

(1)在河流与湖泊水体的交互作用下,三角洲前缘为白马庙气田蓬莱镇组的优势亚相,水下分流河道和河口坝等是有利储集砂体产出的主要微相类型。

(2)研究区蓬III、IV段中的指状砂坝和复合式砂坝应该是白马庙气田今后勘探开发的重点目标之一。

参考文献(References):

- [1] 郭正吾,邓康龄,韩永辉.四川盆地形成与演化[M].北京:地质出版社,1996.113~123.
Guo Zhengwu, Deng Kangling, Han Yonghui. Sichuan Basin Formation and Development [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996. 113~123 (in Chinese with English abstract).
- [2] 叶茂才,易智强,李剑波.川西坳陷蓬莱镇组沉积体系时空配置规律[J].成都理工学院学报,2000,27(1):54~59.
Ye Maocai, Yi Zhiqiang, Li Jianbo. Distribution rule of sedimentary system of the Penglaizhen Formation, in West Sichuan Sag [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2000, 27(1): 54~59

- (in Chinese with English abstract).
- [3] 冯增昭.沉积岩石学(下册)[M].第二版.北京:石油工业出版社,1993.104~108,138~155.
Feng Zengzhao. Sedimentary Petrology (Vol. II, second edition) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993. 104~108, 138~155 (in Chinese with English abstract).
- [4] 裘亦楠.湖盆三角洲分类的探讨[J].石油勘探与开发,1982,1(1):1~11.
Qiu Yinan. Discussion on categories of lake deltas [J]. Petroleum Exploration and Development, 1982, 1(1): 1~11 (in Chinese with English abstract).
- [5] 何治亮.湖盆三角洲分类的初步探讨[J].石油与天然气地质,1986,7(4):395~403.
He Zhiliang. Preliminary approach of the classification of lake basin deltas [J]. Oil & Gas Geology, 1986, 7(4): 395~403 (in Chinese with English abstract).
- [6] 李凤杰,王多云,郑希民,等.陕甘宁盆地华池地区延长组缓坡带三角洲前缘的微相构成[J].沉积学报,2002,20(4):582~587.
Li Fengjie, Wang Duoyun, Zheng Ximin, et al. The microfacies architecture of delta front along gentle slope zone of Yanchang Formation in Huachi area, Shaanxi-Gansu-Ningxia Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(4): 582~587 (in Chinese with English abstract).

Sedimentary facies and sandbody distribution of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, western Sichuan

ZHAO Yong-gang¹, LEI Bian-jun¹, YANG Yue-ming², JIANG Yu-qiang¹,
LI Yue-gang², ZHAO Yong-peng³, WANG Shen-jian¹

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

2. Northwest Sichuan Gas Field, Southwest Oil and Gas Field Branch, PetroChina, Jiangyou 621709, Sichuan, China;

3. Well Log Company, Changqing Bureau of Petroleum Exploration, Qingyang 745113, Gansu, China)

Abstract: Lacustrine deltaic and lacustrine deposits are a major type of sedimentary facies of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field. There are usually 2-3 distributary channels entering the study area from the northwest. This delta belongs to a river-dominated birdfoot delta. Lakeshore and shallow Lake deposits are main microfacies types of lake facies. In the study area, the delta front is a dominant microfacies, and sandbody distribution is apparently controlled by underwater distributary channel, river mouth bar and distal sandbar microfacies. Finger sandbars and compound sandbars are favorable reservoirs of Members III and IV (principal gas-producing zones) of the Penglaizhen Formation. The intensive study of sandbody distribution based on the sedimentary microfacies study will be always one of the important subjects of the geological study of the Baimamiao gas field in the future.

Key words: underwater distributary channel; river mouth bar; sandbody distribution; Penglaizhen Formation; Upper Jurassic