

文章编号:0253-9985(2008)05-0690-07

## 川东北河坝地区储层预测与评价

刘彬<sup>1</sup>,付孝悦<sup>2</sup>,刘国萍<sup>1</sup>,冯琼<sup>1</sup>,游渝春<sup>1</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083;

2. 中国石油化工股份有限公司 南方勘探分公司,四川 成都 610041)

**摘要:**针对河坝地区储层埋藏深、成岩作用强、非均质性严重、含气富集条件复杂等地质特点,对河坝地区进行了地层划分和对比、沉积相研究、储层基本特征分析、测井解释、储层预测、储层定量综合评价等研究,建立了河坝地区储层沉积模式,确定了储层的储集空间类型,预测了储层的空间展布、评价出有利储层发育区,形成了一套适用于河坝地区储层预测和综合评价方法。

**关键词:**地层划分对比;储层预测;储层综合评价;河坝地区;普光气田

**中图分类号:**TE122.2

**文献标识码:**A

Prediction and evaluation of reservoirs in Heba area,  
the Northeastern Sichuan BasinLiu Bin<sup>1</sup>, Fu Xiaoyue<sup>2</sup>, Liu Guoping<sup>1</sup>, Feng Qiong<sup>1</sup>, You Yuchun<sup>1</sup>

(1. SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. SINOPEC South Company, Chengdu, Sichuan 610041, China)

**Abstract:** Reservoirs in Heba area are characterized by large burial depth, strong diagenesis, extreme heterogeneity, and complicated gas accumulation conditions. Based on stratigraphic division and correlation, study of sedimentary facies, analysis of basic features of reservoirs, logging interpretation, and reservoir prediction and quantitative evaluation in Heba area, depositional patterns of these reservoirs are established, the types of reservoir space are defined, the spatial distribution of the reservoirs are predicted, and the favorable areas for development of quality reservoirs are evaluated. A set of methods that are suitable for prediction and comprehensive evaluation of the reservoirs in Heba area is presented.

**Key words:** stratigraphic division and correlation; reservoir prediction; comprehensive reservoir evaluation; Heba area; Puguang gasfield

河坝区块位于四川盆地通江县境内,是通南巴构造带西南段南场构造东北部的背斜构造<sup>[1,2]</sup>。该区已完钻井3口,正钻井3口。已完钻井分别在下三叠统嘉陵江组二段和飞仙关组三段(简称飞三段)获工业气流,展示了河坝地区良好的开发前景。但该区还面临一些急需解决的问题,一是有利储层的空间分布不清,二是气水界面不明,三是气藏的规模及其分布还不能确定等,因此加强储层基础地质研究,开展储层预测与综合评价工作,弄清储层和流体分布对于搞好河坝地区气

藏评价,对指导该区下步开发部署具有重要意义。

## 1 地层划分和对比

地层划分对比是地质研究的基础工作。首先根据岩性变化和电性旋回性特征,识别层序界面,划分高序次地层层序(三级层序以上);其次再对目的层段进一步进行细分。地层划分对比的关键是标志层的选取,一般是选择岩性、电性特征突出,横向分布稳定,厚度不大的层段作为地层对比标志

收稿日期:2008-08-18。

第一作者简介:刘彬(1965—),男,高级工程师,石油地质与油气藏描述。

层,根据河坝地区嘉陵江和飞仙关组地层岩性组合特征,选择以碳酸盐岩之间所夹的膏岩层作为地层对比标志层。通过对河坝地区及周边地区钻井开

展细分小层工作,将嘉二段和飞三段各划分为3个小层(图1,图2),各层区域具有可对比性,为储层沉积相和储层预测的精细研究提供了分层依据。

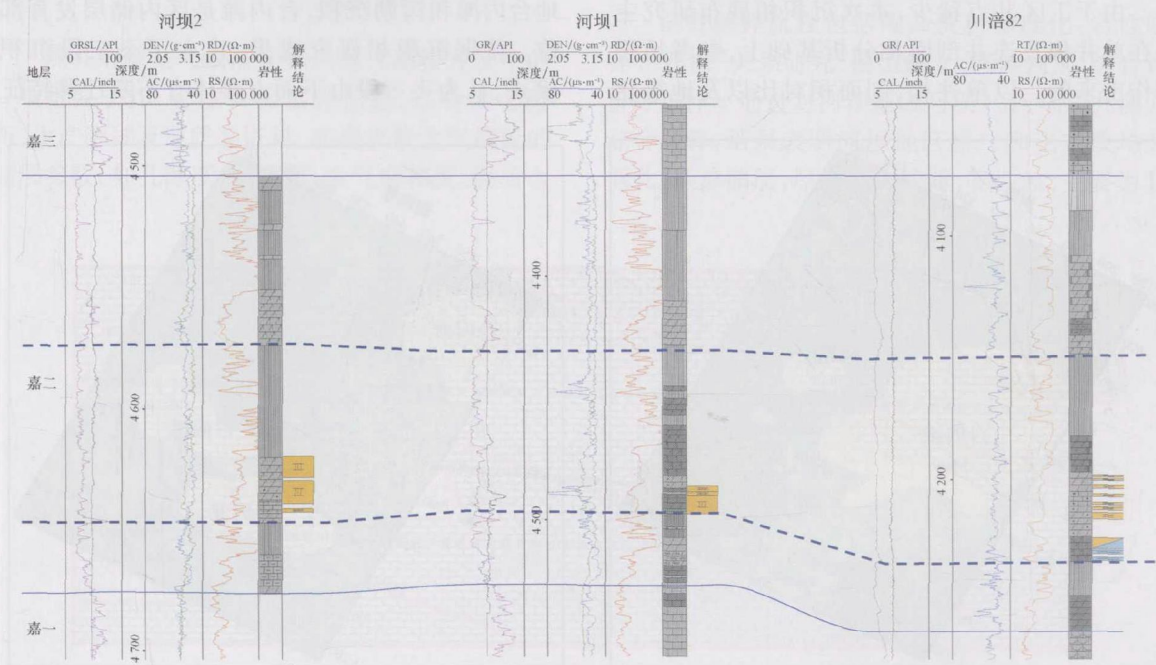


图1 河坝地区嘉二段小层对比

Fig. 1 Correlation of layers in the second member of the Jialingjiang Formation in Heba area

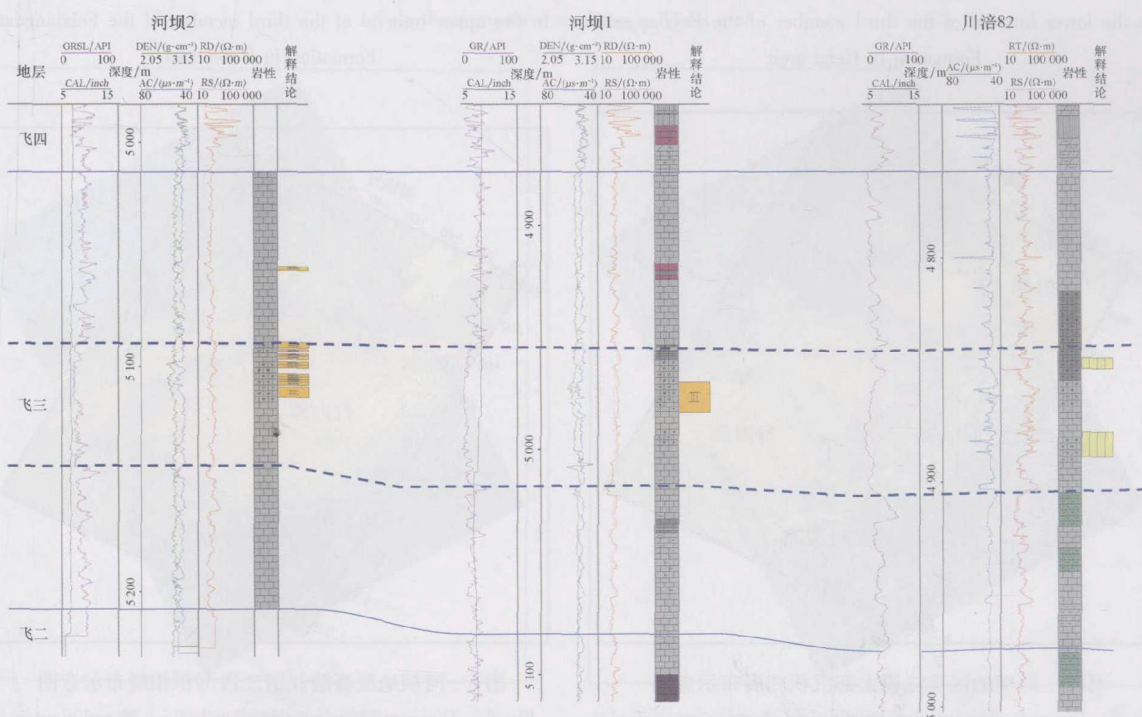


图2 河坝地区飞三段小层对比

Fig. 2 Correlation of layers in the third member of the Jialingjiang Formation in Heba area

## 2 沉积相研究

由于工区井点稀少,本次沉积相展布研究主要在单井相及连井剖面相分析基础上,参考地震相作出来的。以单井相、剖面相对比以及地震相

分析成果为基础,编制了嘉二段及飞三段各时期沉积相图(图3—图6),认为飞三段主要发育开阔台地的台内滩和滩间沉积,嘉二段主要为局限台地台内滩和泻湖沉积,台内滩是区内储层发育部位。依据沉积相研究成果,建立了飞三段沉积模式,认为飞三段由下而上滩体有不断迁移特征



图3 河坝地区飞三段下部沉积相展布示意图

Fig. 3 Diagram showing the distribution of sedimentary facies in the lower interval of the third member of the Feixianguan Formation in Heba area

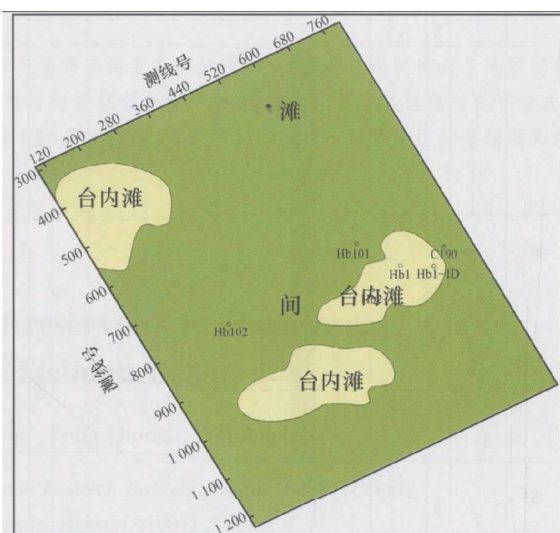


图4 河坝地区飞三段中部沉积相展布示意图

Fig. 4 Diagram showing the distribution of sedimentary facies in the upper interval of the third member of the Feixianguan Formation in Heba area



图5 河坝地区飞三段上部沉积相展布示意图

Fig. 5 Diagram showing the distribution of sedimentary facies in the upper interval of the third member of the Feixianguan Formation in Heba area



图6 河坝地区嘉陵江组二段沉积相展布示意图

Fig. 6 Diagram showing the distribution of sedimentary facies in the second member of the Jialingjiang Formation in Heba area

(图 7),深化了原有认识<sup>[3]</sup>。

3 测井综合解释

测井解释是气藏描述和天然气勘探开发中的一项重要工作,它主要根据井信息,结合岩心分析、生产测试及地质等资料,准确求取含气层段的储层参数(如孔隙度、渗透率、含气饱和度、泥质含

量等),并对储层进行气层、水层和干层的识别以及测井综合评价,为储层预测和储量计算提供重要基础资料。

测井解释流程包括测井资料标准化、岩性解释、“四性”关系研究、模型建立、流体判别、综合评价等工作。通过对河坝地区河坝 1、河坝 2 井测井综合解释,结果表明河坝地区嘉二和飞三段均为低孔、低渗储层,厚度总体较薄,物性差,主要为Ⅱ

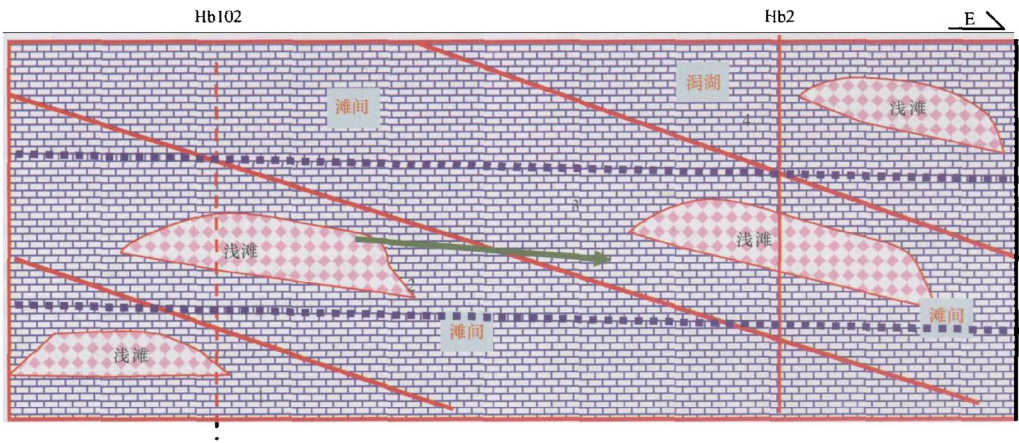


图 7 河坝地区飞三段沉积模式和滩体展布示意图

Fig. 7 Diagram showing the depositional patterns and bank distribution in the third member of the Feixianguan Formation in Heba area

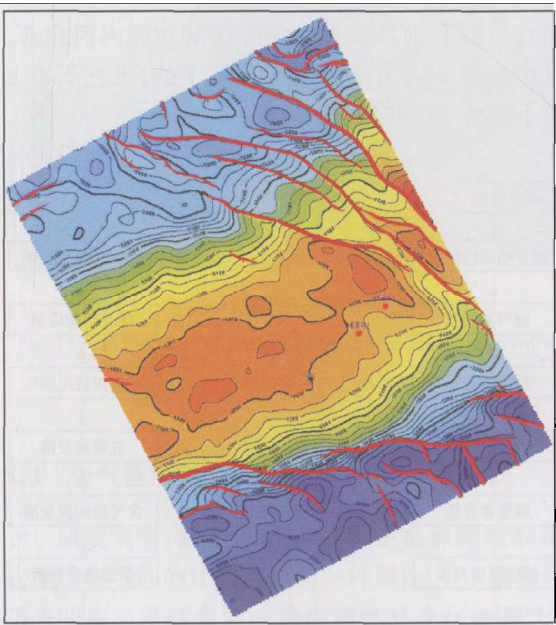


图 8 嘉二段底构造示意图

Fig. 8 Diagram showing the base structure of the second member of the Jialingjiang Formation

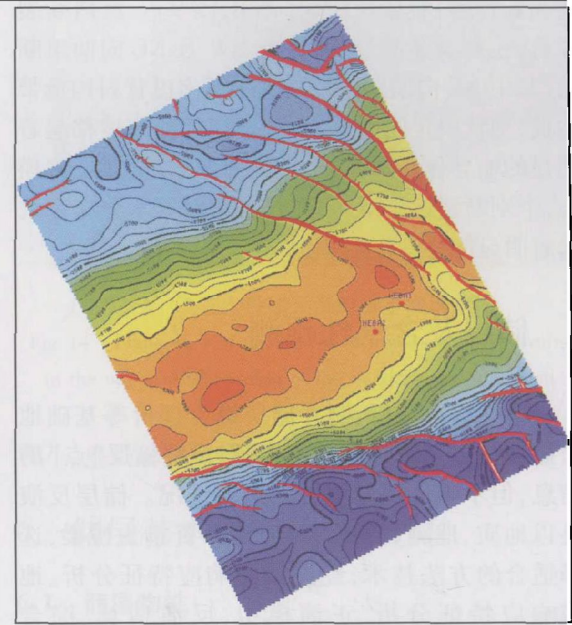


图 9 飞四段底构造示意图

Fig. 9 Diagram showing the base structure of the fourth member of the Feixianguan Formation

和Ⅲ类储层。河坝1井,嘉陵江组二段,测井解释气层3层,其中,Ⅱ类气层1层1.5 m,测井平均孔隙度为9.74%,含气饱和度为95.6%;Ⅲ类气层2层9.9 m,平均孔隙度为4.50%,含气饱和度为90.0%。飞仙关组三段,测井解释气层4层,均为Ⅲ类气层,平均孔隙度为4.00%,含气饱和度为91.2%。河坝2井,嘉陵江组二段,测井解释气层3层,均为Ⅲ类气层,3层19.8 m测井平均孔隙度为2.50%,含气饱和度为81.2%;飞仙关组三段,测井解释气层12层,其中,Ⅱ类气层3层4.4 m,测井平均孔隙度为7.36%,含气饱和度为83.8%;Ⅲ类气层9层16.4 m,平均孔隙度为3.48%,含气饱和度为73.7%。

## 4 构造精细解释

根据河坝1、河坝2井做合成记录和层位标定,采用相干、地层倾角、边缘检测等技术手段进行断裂的剖面解释和平面组合,以河坝1井和河坝2井层速度,建立速度模型和时深关系,最终得到构造深度图。三维地震资料构造解释结果表明,区内局部构造发育,大都具有继承性,河坝场区块整体为北东向展布的背斜构造,圈闭类型主要为断背斜、断鼻和断块(图8,图9)。区内断裂发育,主要为逆断层,可分为NW及NE向两组断层,其中NE向断层主要发育于通南巴背斜构造带两翼,与背斜是同期产物,对早期的油气运移起着明显的输导作用;NW向断裂发育,数量多且规模大,个别断裂近于横切背斜构造,对气水分布系统起着明显的分割作用。

## 5 储层及含气性预测

单井综合分析、测井储层综合评价等基础地质研究可以了解储层基本特征,反映储层“点”的信息,但不能反映储层平面展布情况。储层反演是以地质、地震资料为基础,测井资料为桥梁,选择适合的方法技术,经过测井响应特征分析、地震响应特征分析、正演模拟、反演估算、综合评价,最终实现储层预测,反映储层平面分布情况,其结果对区内井位部署具有重要的参考作用。

### 5.1 储层预测技术流程

储层预测方法很多<sup>[4-11]</sup>,通过对嘉陵江组二段储层与飞仙关组三段储层地质特征、测井响应特征分析,选择EPT软件进行储层预测。由于石膏和泥岩的速度与储层含流体后的速度无截然的区分界限,因此单纯用低速异常信息还不能达到预测储层的目的,必须结合其它信息进行预测,其反演预测流程见图10。

### 5.2 储层预测结果

在进行储层横向预测时,先进行测井曲线预处理、曲线重构、求取子波、储层标定等工作,其次进行速度反演和波阻抗反演,然后对储层进行密度、伽马、孔隙度、含气饱和度反演,并用反演的部分属性做了信息融合计算,最后进行全区储层横向预测。嘉陵江组二段和飞仙关组三段各小层储层预测结果见图11至图14。嘉二段储层平面分布广泛,以构造轴部最发育,总体厚度薄,大多为10~15 m,狮子坪一带储层最发育;飞三段不同小层分布状况不一,飞三下储层主要分布在河坝场背斜构造轴部(狮子坪地区),飞三中主要分布在河坝1、河坝2井区附近及区内西北部;飞三上分布在河坝1、河坝2井区的东南部和区内西北部。其中嘉二、飞三中是被钻探证实了的,飞三下和飞三上有待下一步钻探验证。

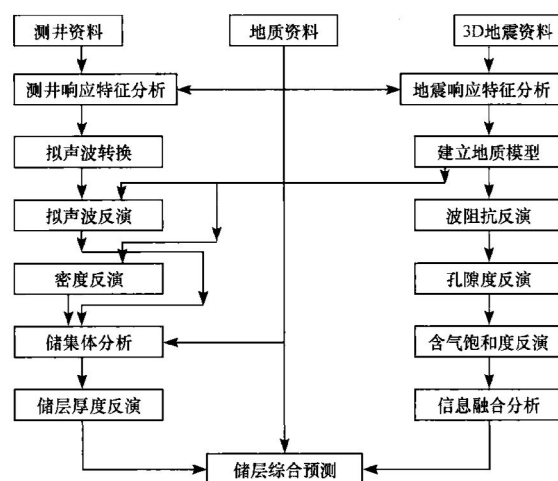


图10 储层预测流程

Fig. 10 Flow chart for reservoir prediction

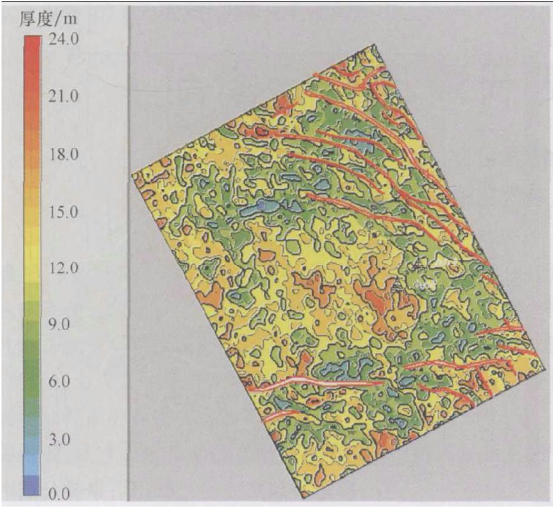


图 11 嘉二段储层预测厚度平面示意图

Fig. 11 Plane view of the predicted thickness of reservoirs in the second member of the Jialingjiang Formation

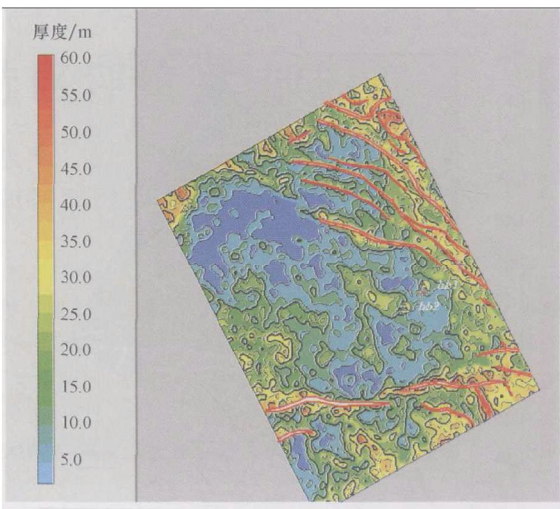


图 12 飞三下储层预测厚度平面示意图

Fig. 12 Plane view of the predicted thickness of the lower third member of the Feixianguan Formation

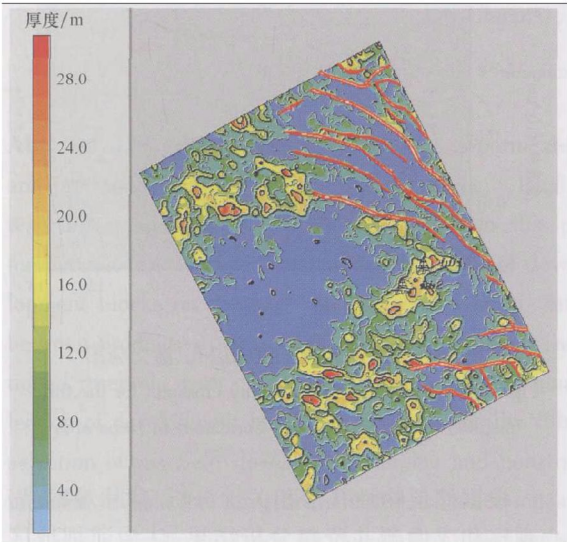


图 13 飞三中储层预测厚度平面示意图

Fig. 13 Plane view of the predicted thickness of reservoirs in the middle third member of the Feixianguan Formation

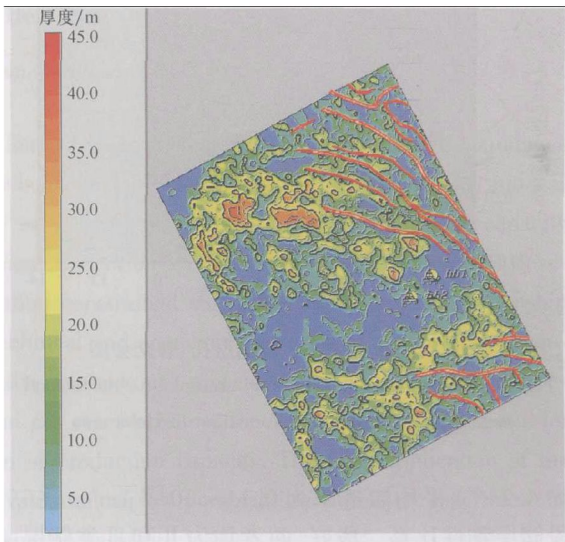


图 14 飞三上储层预测厚度平面示意图

Fig. 14 Plane view of the predicted thickness of reservoirs in the upper third member of the Feixianguan Formation

5.3 含气性预测

研究表明,频率衰减梯度属性是预测碳酸盐岩储层含气性的比较理想的一种属性<sup>[11]</sup>。预测结果表明嘉二段频率衰减梯度属性异常区面积大,主要集中在河坝区块轴部一带,成片分布,平面上分布稳定(图 15)。飞仙关组三段储层含气有利部位分布在河坝场构造、狮子坪构造和王家坪,面

积小,呈局部分布特征(图 16)。

6 储层基本特征及综合评价

6.1 储层物性

综合河坝地区已钻的河坝 1、河坝 2 井岩心物性分析资料表明嘉二段平均孔隙度为 2.41%,平均渗透率为  $0.10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,飞三段平均孔隙度

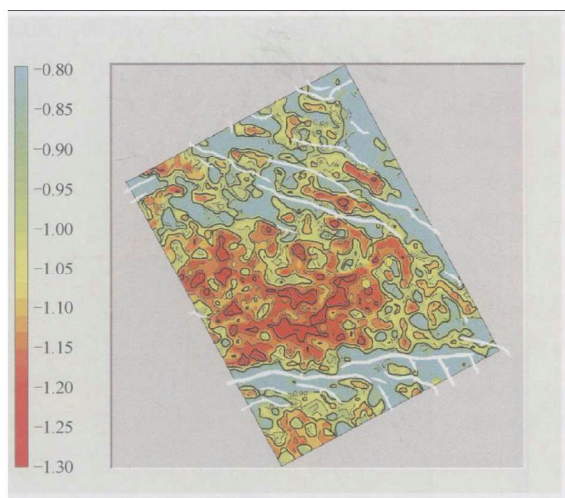


图 15 嘉二段频率衰减梯度平面示意图

Fig. 15 Plane view of the frequency attenuation gradient of the second member of the Jialingjiang Formation

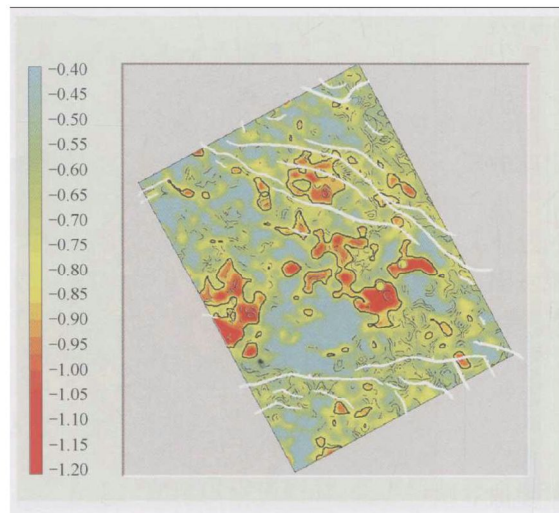


图 16 飞三段频率衰减梯度平面示意图

Fig. 16 Plane view of the frequency attenuation gradient of the third member of the Feixianguan Formation

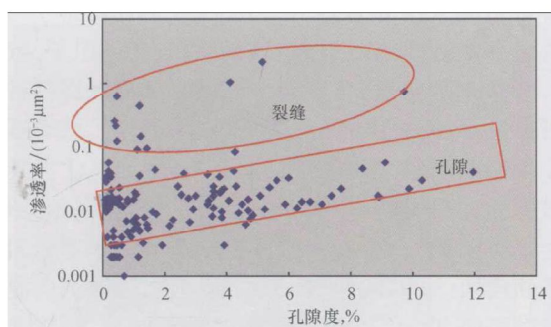


图 17 河坝地区嘉二段储层孔、渗交会图

Fig. 17 Porosity and permeability crossplot for the second member of the Jialingjiang Formation in Heba area

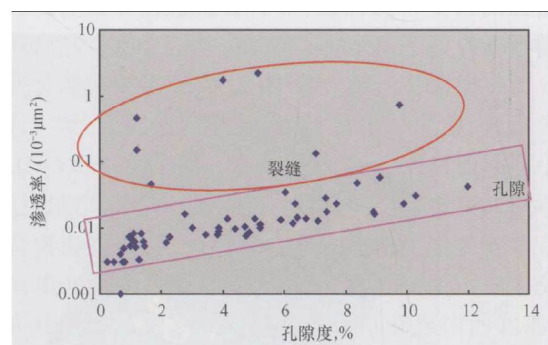


图 18 河坝地区飞三段储层孔、渗交会图

Fig. 18 Porosity and permeability crossplot for the third member of the Feixianguan Formation in Heba area

为 4.23%, 平均渗透率为  $0.11 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。飞三段储层物性比嘉二段好, 两者均为 II 和 III 类储层。从河坝地区嘉二段和飞三段孔、渗交会图来看, 都有相当数量的点, 孔、渗相关性不好, 说明岩心中有微裂缝存在 (图 17, 图 18)。

## 6.2 储层空间组合类型

根据河坝 1、河坝 2 井飞三段和嘉二段岩心观察、薄片镜下鉴定结果, 认为嘉二段储层的微观储集空间有铸模孔、粒内溶孔、晶间孔、晶间溶孔、半充填裂缝等, 其中铸模孔和晶间溶孔是最重要的储集空间, 飞仙关组三段储层储集空间以铸模孔、粒内溶孔和晶间溶孔为主, 约占总孔隙的 90%; 其次为晶间孔、缝合线和各种微裂缝, 约占总孔隙的 10%。

根据储层物性孔渗相关性分析、薄片观察、岩心观察和成像测井资料分析结果, 认为河坝地区嘉二段和飞三段储层储集空间类型主要为裂缝——孔隙型。

## 6.3 储层综合评价

根据河坝地区地质特点和资料现状, 建立了本区的储层评价标准, 项目采用模糊决策评价方法进行储层综合评价研究, 确定了储层有利分布区。评价结果表明认为纵向上飞三段储层发育厚度和物性好于嘉二段; 平面上, 河坝地区嘉陵江组二段储层分布最有利区是狮子坪地区 (河坝 102 井区) 及河坝 1、河坝 2 井区, 而飞仙关组三段储层

(下转第 702 页)

低产岩性气藏的选区,对于我国类似地区低渗、低产岩性气藏的开发具有指导意义。

### 参 考 文 献

- 1 尹昕,应文敏.鄂尔多斯盆地大牛地气田上古生界低孔渗砂岩储层评价[J].矿物岩石,2005,25(2):104~109
- 2 袁士义,胡永乐,罗凯.天然气开发技术现状、挑战及对策[J].石油勘探与开发,2005,32(6):1~6
- 3 李忠,寿建峰,王生朗.东濮凹陷砂岩储层成岩作用及其对高压致密气藏的制约[J].地质科学,2000,35(1):96~104
- 4 郑荣才,文华国,梁西文.鄂尔多斯盆地上古生界高分辨率层序地层分析[J].矿物岩石,2002,22(4):66~74
- 5 朱宏权,徐宏节.鄂尔多斯盆地北部上古生界储层物性影响因素[J].成都理工大学学报(自然科学版),2005,32(2):133~137
- 6 徐国盛,曾凡刚.致密碎屑岩储层天然气成藏的古压控制作用[J].石油与天然气地质,1996,17(3):243~250
- 7 袁志祥,陈洪德,陈英毅.鄂尔多斯盆地塔巴庙地区上古生界天然气富集高产特征[J].成都理工大学学报(自然科学版),2005,32(6):604~608
- 8 吴永平,王允诚.鄂尔多斯盆地靖边气田高产富集因素[J].石油与天然气地质,2007,28(4):473~478
- 9 穆龙新,贾爱林,陈亮,等.储层精细研究方法——国内外露头储层和现代沉积及精细地质建模研究[M].北京:石油工业出版社,2000.85~133
- 10 朱仕军,杜志敏,沈昭国,等.储层定量建模[M].北京:石油工业出版社,2005.54~68
- 11 Damsleth B. A two-stage stochastic model applied to a North sea reservoir[J]. JPT,1992
- 12 杨思通,孙建孟,马建海,等.低孔低渗储层测录井资料油气识别方法[J].石油与天然气地质,2007,28(3):407~412
- 13 王振奇,侯国伟.赵凹油田安棚区深层系低渗致密砂岩储层特征[J].石油与天然气地质,2001,22(04):372~377

(编辑 高 岩)

(上接第 696 页)

分布最有利区是河坝场构造(河坝1-河坝2井区)和王家坪地区(河坝101井区)。

## 7 结 论

1) 河坝地区海相地层储层主要为嘉陵江组和飞仙关组,其储集类型为裂缝孔隙型,单井解释结果表明嘉陵江组和飞仙关组储层厚度薄,物性总体较差,为Ⅱ和Ⅲ类储层。裂缝在改善该区储层物性和储集条件方面起了重要作用。

2) 储层研究结果认为,河坝地区嘉二段和飞三段储层在平面上分布是孤立、不连续的,与其不断迁移的沉积模式和水体不断变浅的古环境是一致的。

3) 提高储层预测精度,不断深化和完善已有成果认识,为该区井位优化部署提供有利依据是下步研究重点。

### 参 考 文 献

- 1 吴世祥,汤良杰,郭彤楼,等.米仓山与大巴山交汇区构造分区与油气分布[J].石油与天然气地质,2005,26(3):361~365
- 2 马永生,蔡勋育.四川盆地川东北二叠系—三叠系天然气勘探成果与前景展望[J].石油与天然气地质,2006,27(6):741~750
- 3 倪新峰,陈洪德,田景春,等.川东北地区长兴组—飞仙关组沉积格局及成藏控制意义[J].石油与天然气地质,2007,28(4):458~465
- 4 刘殊,唐建明,马永生,等.川东北地区长兴组—飞仙关组礁滩相储层预测[J].石油与天然气地质,2006,27(3):332~339
- 5 刘春园,魏修成,徐胜峰,等.地球物理方法在碳酸盐岩储层预测中的应用综述[J].地球物理学进展,2007,22(6):1815~1822
- 6 李铁.不同反演方法在碳酸盐岩储层预测中的应用效果[J].中国西部油气地质,2006,2(2):215~218
- 7 黄花香,邓瑛,吴战培,等.吸收系数反演在川东碳酸盐岩储层预测中的应用[J].石油物探,2003,42(1):86~88
- 8 张永升.波形分析方法在碳酸盐岩储层预测中的应用[J].石油物探,2004,43(2):135~138
- 9 刘殊,甘其刚.海相及湖相碳酸盐岩储层预测——层序地层学技术在储层预测中的应用[J].石油物探,2003,42(2):169~177
- 10 龚洪林,王振卿,蔡刚,等.分频解释技术在碳酸盐岩储层预测中应用[J].西南石油大学学报,2007,29(S1):5~8
- 11 毕研斌,龙胜祥,郭彤楼,等.应用频率衰减属性预测 TNB 地区储层含气性[J].石油与天然气地质,2007,28(1):116~120

(编辑 董 立)