

# The Fracture Effects on Reservoir in the Second Member of the Xujiahe Formation in Malubei Structure, Northeast Sichuan Basin

Xia Dong<sup>1\*</sup>, Xiao Chen<sup>2</sup>, Shu Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Exploration and Development Research Institute, Sinopec Southwest Oil & Gas Field Company, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Exploration and Development Research Institute of Petro China Southwest Oil & Gas Field Company, Chengdu Sichuan

Email: <sup>\*</sup>xenia1982216@126.com

Received: Apr. 6<sup>th</sup>, 2017; accepted: Apr. 26<sup>th</sup>, 2017; published: Apr. 30<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Malubei area, located in north Sichuan Basin, is considered as the structural transform zone of the front of Micang-Daba Mountains based on regional structure analysis. The characters of faults and fractures can be clearly described on the basis of fine structural interpretation. According to the genesis, the distribution of different types of fractures can be predicted in the studied area. The structural fractures associated with regional structural stress are the main causes of high-angle fractures in the study area, mainly developed in the vicinity of the fault zone. Influenced by the structural transform zone, the class of I fault blocks is formed by the three fault zones, which adjust the deformation of structure by accommodating the fault throw, and formed the fractures obliquely with the structural fractures. The fracture of the transition zone is mainly developed in the direction of conjugate direction of nearly the large fault and the intersection position of the fault. Confirmed by high yield wells, the fracture of the transition zone coupled with structural fracture formed net-fractures, which considered as the main controlling factor to keep stable production of extra-low permeability, porous reservoir in member 2 of Xujiahe formation. The research shows that the fracture system formed by Malubei structural transform zone coupled with the favorable reservoir develop into effective storage-permeation bodies, which will be the favorable oil-gas development targets in the future.

## Keywords

Structural Transform Zone, The Structural Fractures, The Fracture of the Transition Zone, Net-Fractures

---

\*通讯作者。

# 川东北马路背地区裂缝对须二段储层的影响

董霞<sup>1\*</sup>, 陈骁<sup>2</sup>, 刘殊<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国石化西南油气分公司勘探开发研究院, 四川 成都

<sup>2</sup>中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院, 四川 成都

Email: xenia1982216@126.com

收稿日期: 2017年4月6日; 录用日期: 2017年4月26日; 发布日期: 2017年4月30日

## 摘要

通过区域构造分析, 川东北马路背地区为大巴山与米仓山前缘构造转换带。在构造精细解释的基础上, 对断层和裂缝的特征进行刻画。按照裂缝的成因, 预测出不同类型的裂缝在工区展布特征。与区域构造应力相关的构造裂缝是研究区高角度缝的主要成因, 主要发育在断裂带附近。马路背工区处于转换带位置, 工区内由 I 类断层分割形成的三个断块, 通过调节断块间断距的变化来调节构造的变形, 形成了与构造断裂斜交的裂缝, 转换带裂缝主要发育在靠近 I 类大断层的共轭方向以及断层相交部位。通过高产井证实, 转换带裂缝与构造裂缝形成的网状缝, 是马路背地区须二特低孔低渗储层稳产的关键因素。研究认为马路背构造转换带形成的裂缝系统, 与优质储层匹配形成的储渗体, 是下步开发的有利目标。

## 关键词

构造转换带, 构造缝, 转换带裂缝, 网状裂缝

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 地质概况

通南巴构造带位于四川盆地川东北褶皱带的东北段, 为一大型 NE 向至 NNE 向背斜。马路背构造为通南巴构造带东北段, 为米仓山冲断构造带与大巴山弧形冲断构造带的构造叠合区(图 1)。经历了多期次构造运动叠加, 须家河组碎屑岩储层具超致密、超深、超压等特征。天然气成藏历史复杂, 圈闭隐蔽性强, 勘探开发难度极高[1]-[9]。根据已有钻井对马路背构造须家河组二段气藏进行分析, 属于特低孔致密储层(孔隙度主要分布在 2%~4% 区间, 基质渗透率普遍低于 0.01~0.1 md)。已有钻井中, M101 井累产 2.15 亿方, M103 井累产 0.84 亿方。经研究该地区须家河组为裂缝-孔隙型储层, 裂缝对储层的改善作用功不可没, 是获得高产气井的关键因素。

## 2. 马路背构造特征

### 2.1. 区域构造背景及演化史

川东北地区基底于晋宁运动形成, 震旦纪 - 三叠纪, 进入地台发育阶段; 自印支期至喜马拉雅期, 在特提斯构造域、滨太平洋构造域的发展演化过程中, 在上扬子区长期的强弱交替挤压作用下, 川东北构造经多期的叠加、改造而形成, 最终定型于喜马拉雅晚期。

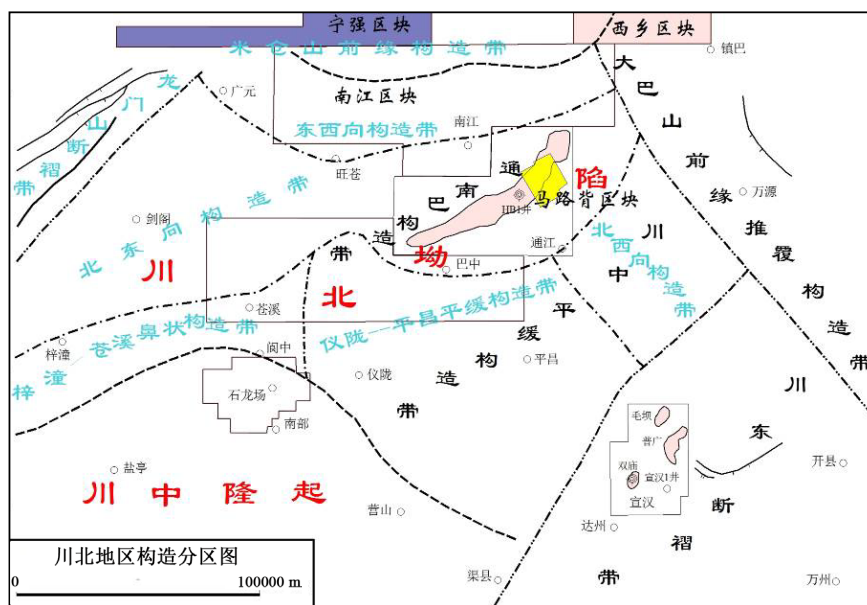


Figure 1. Tectonic zoning maps of Northeast Sichuan Basin  
图 1. 川东北地区构造分区图

通南巴地区总体来看，主要经历了晚海西期 - 印度期区域拉张构造演化阶段和燕山 - 喜山期的区域挤压构造演化阶段(表 1)，但挤压构造变形阶段，应力背景有所变化，即从燕山早期主要受龙门山一侧的北西 - 南东向挤压转换为喜山晚期主要受大巴山一侧的北东 - 南西向挤压(图 2)。通过对现今通南巴构造带构造变形特征进行分析，现今的通南巴构造由南段 NEE 走向构造逐步转换到中段的 NE-NNE 走向，再逐步转换到北段的 NEE 走向构造。而发生走向变化的东北段，正好就是马路背构造地区，经历了多期次的构造运动，变形复杂。马路背工区处于转换带位置，工区内由 I 类断层分割形成的三个断块之间，通过调节断块间断距的变化来调节构造的变形。将工区本来的 NEE 走向的构造逐步调节为 NNE 走向的构造(图 3)。

## 2.2. 构造特征描述

对马路背地区进行精细的构造解释，马路背构造总体为北东-南西向展布的断背斜构造，构造西高东低、南北两翼地层较陡(倾角  $45^\circ$  左右)，长轴长约 18 km，短轴长约 12.2 km。工区内的一类大断层 F1-F5 断层将断背斜划分为三个断块。工区主要发育三个级别的断层，分别是(图 4)：

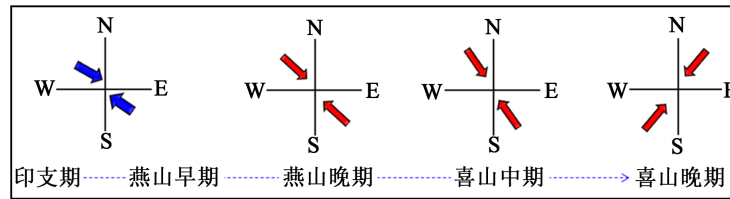
I 类断层(F1~F5)，延伸长度大，控制构造分区(图 5)，高角度逆冲断层破碎带附近裂缝非常发育。I 类断层断穿层位多，向下断至嘉陵江组膏盐岩，向上断至遂宁组底，最大断距范围为 100~400 m，走向以北西向为主。I 类断层对工区的构造格局起控制作用；

II 类断层，向上断穿自流井组，常发育在大型断层附近，经历多期次构造活动，走向以北西、北北西向为主，少量北北东向，此类断层在沟通须家河组上部烃源地层，改善储层物性方面贡献很大；

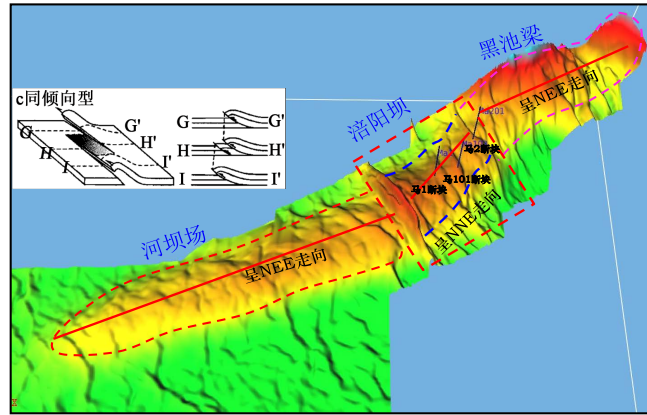
III 类断层，为须家河组内部断层，分布在构造低缓部位或条形隆起带两翼，平面延伸长度小于 2 Km。走向为北北西向、少量北北东向。此类断层同样可以改善储层物性。

## 2.3. 马路背地区裂缝特征分析

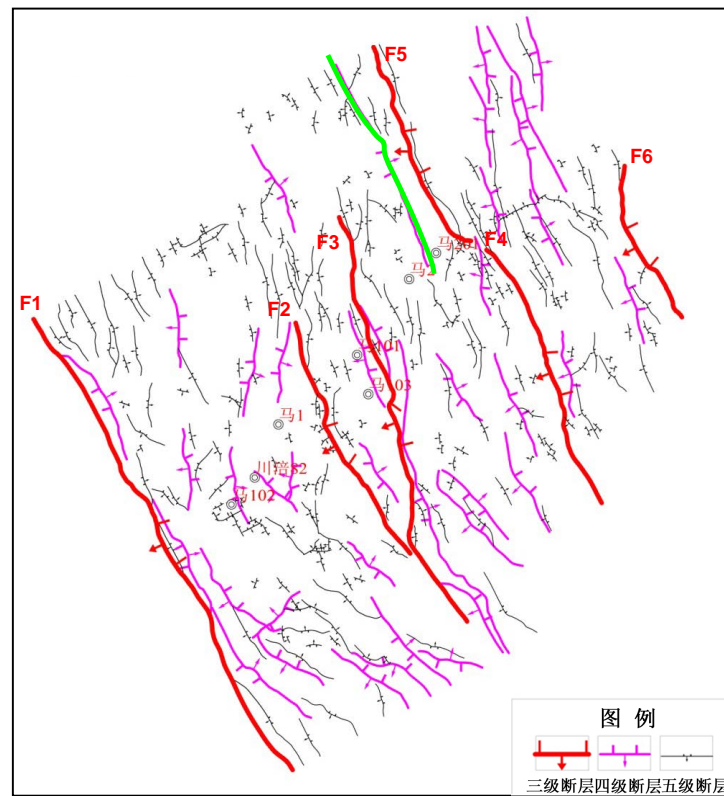
在精细解释的基础上，将本区内裂缝按照成因机制进行预测，本区主要发育构造裂缝、转换带裂缝及层间裂缝。其中构造裂缝为本区的主要裂缝类型，其与转换带裂缝形成的网状缝是高产稳产的关键因素。



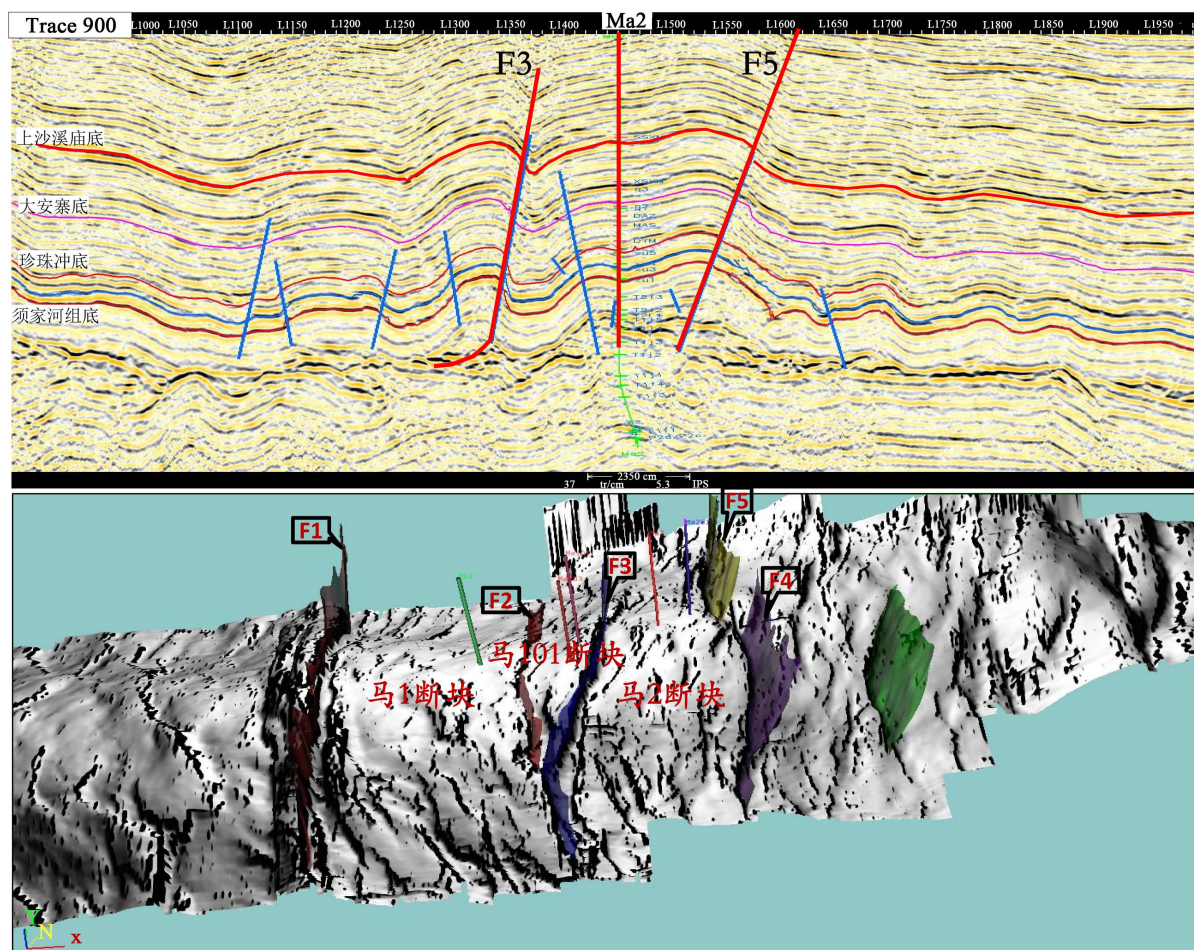
**Figure 2.** Schematic diagram of tectonic evolution in Malubei structure of Northeast Sichuan Basin  
**图 2.** 川东北马路背地区构造演化示意图



**Figure 3.** Dimensional visualization of structural transform zone in Malubei structure  
**图 3.** 马路背地区构造转换带形成三维可视化图



**Figure 4.** Fault outline map of the Xujiahe Formation in Malubei structure  
**图 4.** 马路背地区须家河组二段断层纲要图



**Figure 5.** Fault profile and three-dimensional visualization in Malubei structure  
**图 5.** 马路背地区断层剖面及三维可视化图

**Table 1.** Tectonic evolution in Malubei structure of Northeast Sichuan Basin  
**表 1.** 川东北马路背地区构造演化史

时期	应力性质	应力方向	通南北背斜
印支期-燕山早期	压应力	NW-SE	鼻状凸起雏形, 及相关褶皱变形
燕山运动晚期	压应力	NW-SE	基础上继续隆升、形成 NE 向构造主体
喜山运动中期	压应力	NNW-SSE	加强、改造早期 NE 向构造
喜山运动晚期	压应力	NE-SW	改造作用、背斜上形成 NW 向断裂, 将背斜构造带分段

### 2.3.1. 构造裂缝

此类裂缝与断裂作用有关, 发育在构造变形区。马路背地区断层多, I 类、II 类断层附近均顺断层发育破碎带[10] [11] [12] [13] [14]。沿须二段顶界提取沿层相干与曲率属性, 工区内 I 类、II 类断层附近发育构造裂缝(图 6)。此类断层具有距离断层越近, 裂缝发育程度高, 远离断层降低的特征(表 2)。

### 2.3.2. 转换带裂缝

马路背地区位于构造转换带, 控制构造分区的 5 条 I 类断层与三个断块之间, 通过调节断距的变化, 将工区 NEE 走向的构造逐步调节为 NNE 走向的构造, 与通南巴构造带黑池梁地区 NEE 走向形成挤压

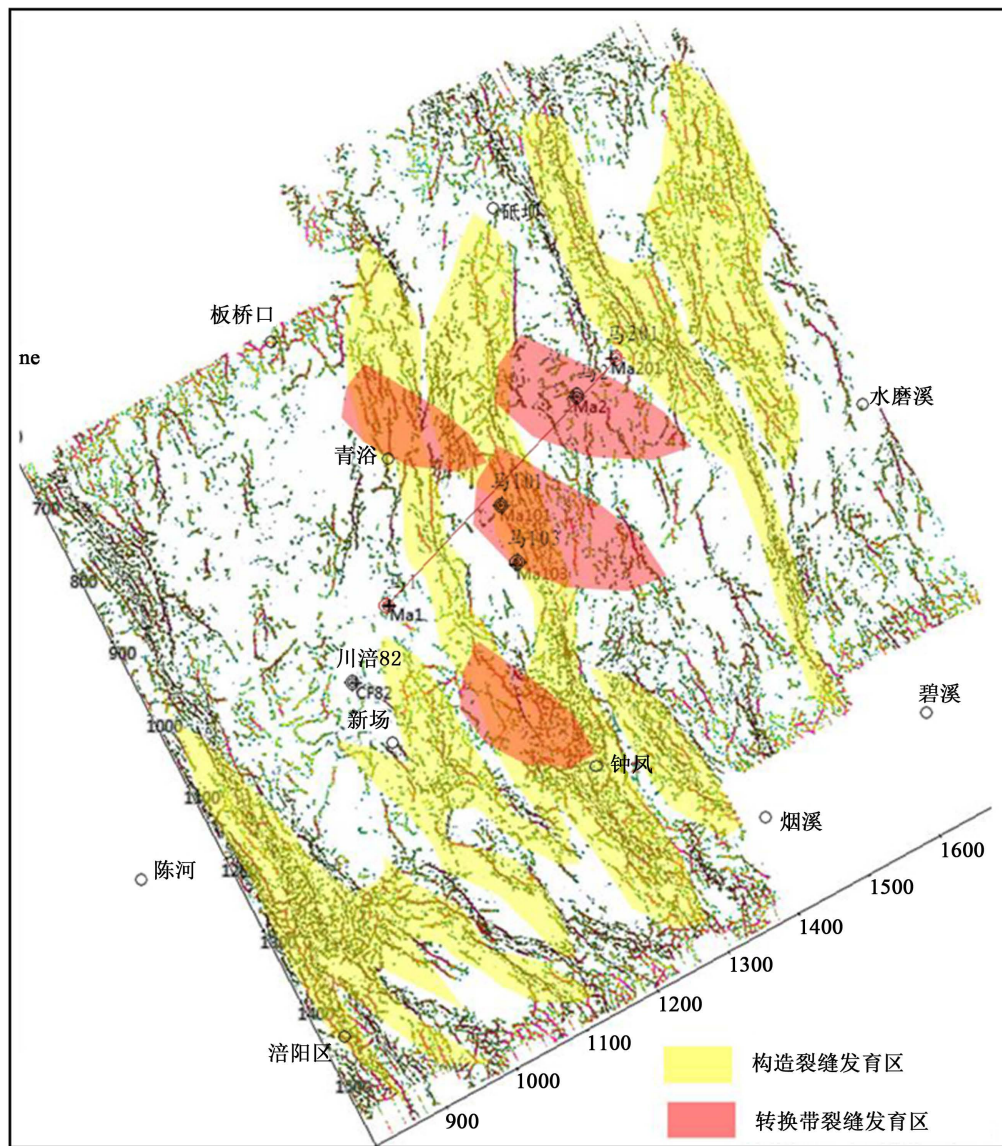


Figure 6. The fracture plane prediction in Malubei structure  
 图 6. 马路背地区裂缝平面预测图

Table 2. The degree of fracture development near the fault in Malubei structure  
 表 2. 马路背断层附近断裂发育程度

井位	与断层距离			裂缝发育程度	裂缝发育密度	数据来源
	I 类断裂	II 类断裂	III 类断裂			
Ma101 井	650 m	310 m		好	/	
Ma103 井	720 m	370 m		好	1.01~36.3 条	岩心描述
Ma2 井	1840 m	906 m		较好	1~5 条	岩心描述
Ma201 井	979 m	570 m	650 m	较好	1~10.8 条	成像测井解释
Ma1 井			591 m		/	
CF82 井		263 m			/	

背景下的同倾向型转换带[15] [16] [17] [18]。在转换过程中,形成了一系列转换带裂缝。此类裂缝主要发育在靠近 I 类断层的共轭方向以及断层相交部位。

曲率属性所反映出的平面特征,除了与断层走向一致,在局部位置,还出现了与断层共轭斜交的一系列异常,即转换带裂缝(如图 6)。与构造高角度缝相交形成网状缝,形成了局部视均质网状裂缝系统。为油气的聚集运移有效通道。

### 2.3.3. 层间裂缝

在相变带即岩性变化处、厚度变化处层间裂缝更发育。此类由岩层的非均质性,即岩性及其组合关系的变化形成的裂缝,在工区内广泛分布,为层间裂缝。此类裂缝主要与岩石类型、厚度、岩性变化带有关。

## 3. 马路背地区裂缝对须家河组储层的影响

根据对马路背须二段取心资料分析,本区孔隙度分布范围为 0.55%~4.05%,平均值 2.474%;渗透率分布范围为渗透率 0.0046~0.2379 mD,平均值 0.027 mD。总体来说,岩心分析表明须二段岩屑砂岩储层物性差,属特低孔、特低渗-致密储层。然而就目前已有钻井分析,位于网状裂缝区域内的 Ma101 日产 10~12 万方,稳产 4.7 年。Ma103 井日产气 11.8 万方,稳产 4 年,表现出非裂缝型储层的稳定产能。那么致密气藏产能主控因素就非常关键。

通过裂缝预测, M103 井距离 I 类(F3) 720 m,构造裂缝非常发育。在 F3 断层东侧属性图上发育斜交的转换带裂缝。从成像测井资料也进一步证实, Ma103 井发育垂直缝与斜交缝,且转换带相关的裂缝带与构造断层相关的裂缝带相交所形成的网状裂缝成为了局部视均质优质储层发育区,为油气的聚集运移有效通道(图 7)。形成的优质裂缝系统与优质储层相匹配,才能形成富集区。而 Ma103 井测试产量稳产 5 年也证实了网状缝的对油气运移传导的重大作用。

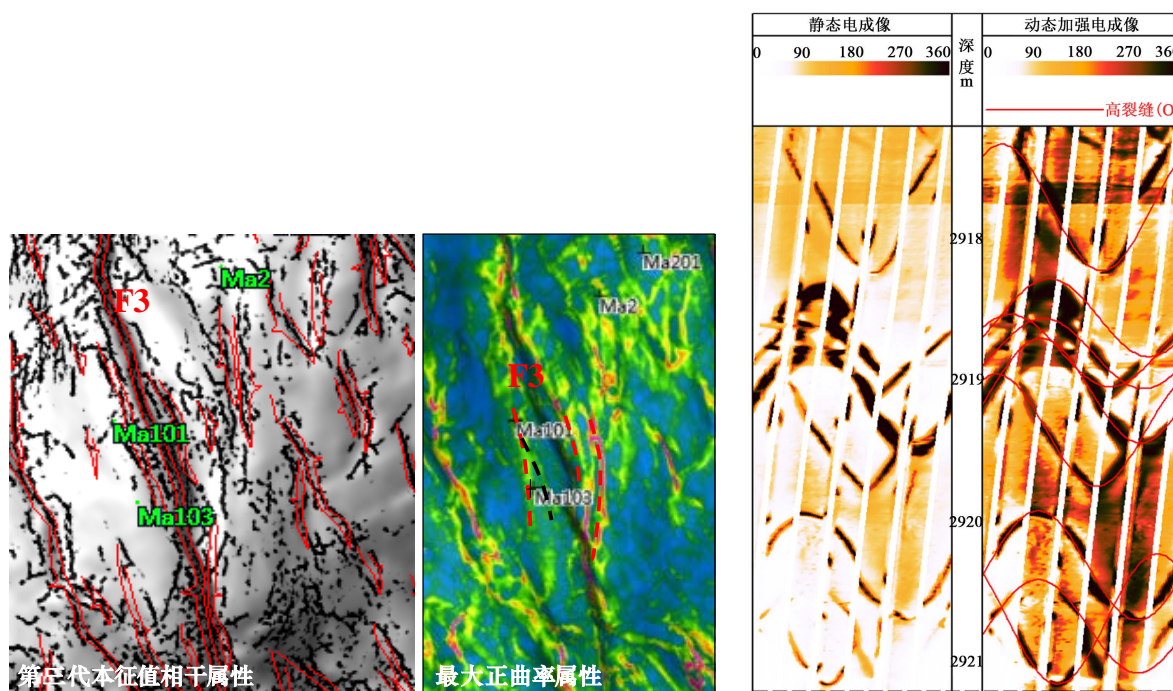
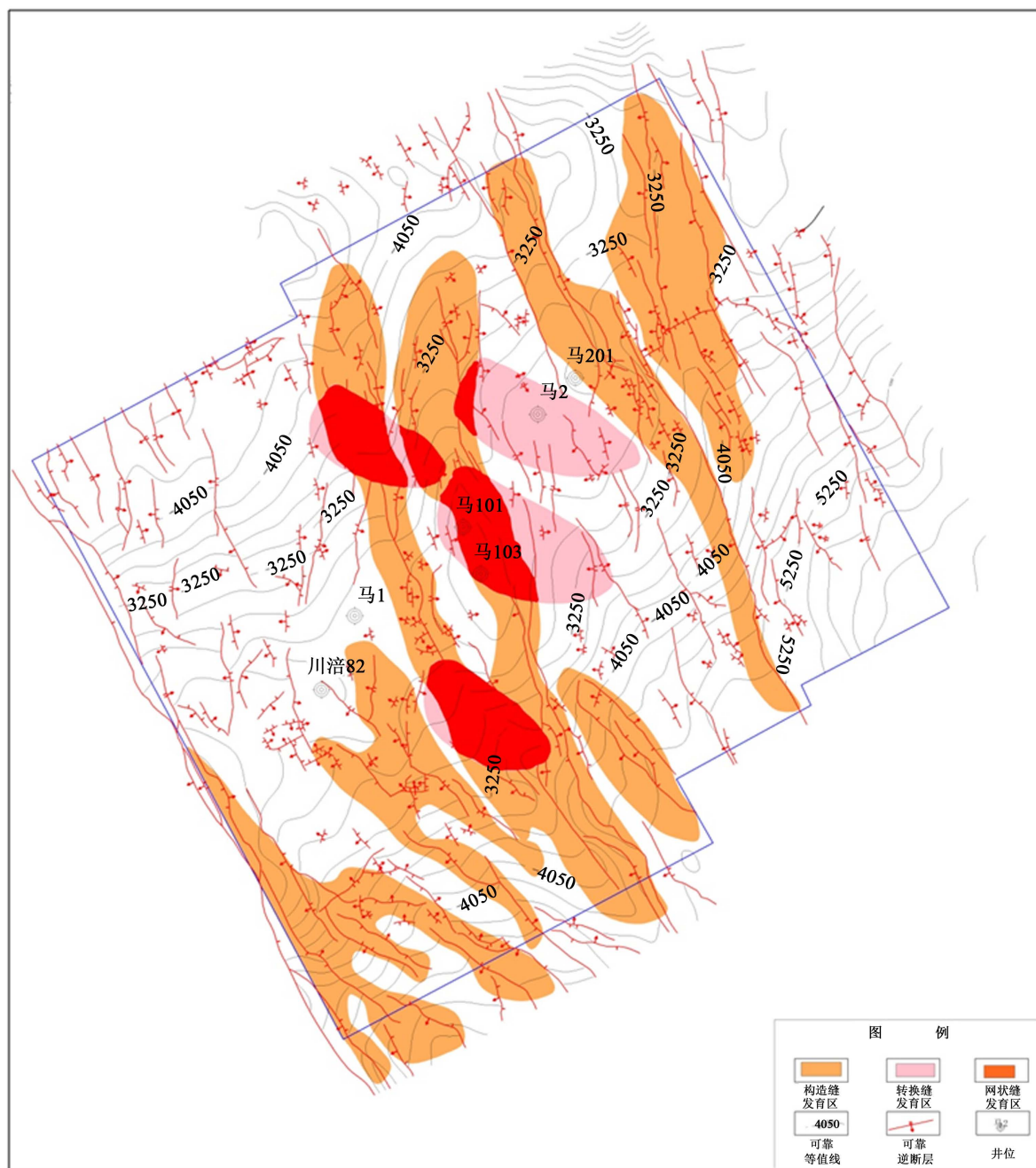


Figure 7. The characteristics of fracture development of Ma103 well

图 7. Ma103 井裂缝发育特征

整个马路背地区作为通南巴构造带的一个重要转换带，结合对区域构造演化的研究，在从燕山早期主要受龙门山一侧的北西 - 南东向挤压转换为喜山晚期主要受大巴山一侧的北东 - 南西向挤压形成过程中，所形成的与转换带相关的裂缝带。该类转换带相关的裂缝带与构造断层相关的裂缝带，共同组成了网状裂缝区域(图 8)，极大的提高了储层的渗透率，改善了储层的物性。Ma101、Ma103 的连续高产稳产进一步证明了马路背地区转换带所形成的裂缝带是真实存在的。重视转换带相关的裂缝带的预测，是下一步油气勘探开发的重要指导思想。



**Figure 8.** Comprehensive prediction of fracture development area of the Xujiahe formation in Malubei structure  
**图 8.** 马路背地区须二段裂缝发育区综合预测图



## 4. 结论

(1) 马路背地区依据断层规模, 将断层分级定为 I 类、II 类、III 类断层。I 类断层延伸长度大、控制构造形态; II 类断层, 断穿自流井组, 发育在大型断层附近, 沟通须家河组上部烃源地层, 改善储层物性方面贡献很大; III 类断层发育在须家河组内部。

(2) 马路背地区发育构造裂缝、剪切裂缝及层间裂缝。与断层走向一致的构造裂缝带和与断层走向共轭的构造转换裂缝带, 两组裂缝带相交, 形成了网状裂缝发育区。网状裂缝区域, 极大的提高了储层的渗透率, 改善了储层的物性。

(3) 有效的裂缝系统, 叠加在优质储层上, 形成优质储渗体, 为低孔渗致密储层获产关键。

## 参考文献 (References)

- [1] 陈龙博, 何登发, 文竹等. 通南巴背斜几何学, 运动学与构造模型[J]. 地质科学, 2016, 51(2): 384-401.
- [2] 吴康军, 龚福华, 易雪斐. 转换带的分类浅述[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2011, 8(12): 67-70.
- [3] 孙东, 刘树根, 李智武, 等. 米仓山构造转换带特征及转换模式[J]. 地质科学, 2011, 46(3): 620-637.
- [4] 刘子璇, 吴冬. 断陷盆地构造转换带对砂体分布影响研究[J]. 复杂油气藏, 2016, 9(1): 17-34.
- [5] 梁波, 王威, 郝景宇. 马路背地区主要“通天”断层垂向封闭性评价[J]. 天然气勘探与开发, 2015, 38(4): 9-13.
- [6] 刘树根, 李智武, 曹俊兴, 等. 龙门山陆内复合造山带的四维结构构造特征[J]. 地质科学, 2009, 44(4): 115-180.
- [7] 宁飞, 汤良杰, 朱传玲, 等. 挤压区局部构造转换带类型及石油地质意义[J]. 现代地质, 2009, 23(3): 394-400.
- [8] 赵军寿, 陈洪德, 林良彪, 等. 通南巴地区上三叠统徐家河组沉积体系及其主控因素[J]. 煤田地质与勘探, 2013, 41(2): 1-7.
- [9] 叶泰然, 张虹. 川西裂缝性致密碎屑岩气藏高渗区成因机理及预测[J]. 现代地质, 2013, 27(2): 339-345.
- [10] 彭绍坤. 马路背构造上三叠统徐家河组沉积相特征[J]. 江汉石油职工大学学报, 2016, 29(2): 11-13.
- [11] 张明迪, 杨丽兵, 毕有益, 等. 川东北马路背地区须二段气藏开发储层特征研究[J]. 钻采工艺, 2013: 54-56.
- [12] 张永刚, 汤良杰, 金文正, 等. 龙门山构造转换带对油气成藏的控制作用[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2009, 33(5): 30-35.
- [13] 邓力健. 新场气田致密砂岩储层储渗体差异识别技术[J]. 河南石油, 2004, 18(1): 11-13.
- [14] 蔡希源. 深层致密砂岩气藏天然气富集规律与勘探关键技术——以四川盆地川西坳陷须家河组天然气勘探为例[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 707-714.
- [15] 王风华, 李荣权. 构造转换带精细研究及非构造油气藏勘探[J]. 新疆石油地质, 2006, 27(2): 178-180.
- [16] 鲍志东, 赵艳军, 祁利祺, 等. 构造转换带储集体发育的主控因素——以准格尔盆地腹部侏罗系为例[J]. 岩石学报, 2011, 27(3): 867-877.
- [17] 王海学, 吕延防, 付晓飞, 等. 裂陷盆地转换带形成演化及其控藏机理[J]. 地质科技情报, 2013, 32(4): 102-110.
- [18] 季红军, 吴敏, 沈荣, 等. 高邮凹陷构造转换带特征及对油气的控制作用[J]. 复杂油气藏, 2014, 7(1): 13-16.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)