



济阳拗陷深层隐蔽构造及其勘探意义*

夏斌^{1,2}, 魏海泉^{1,3,4}, 袁亚娟^{1,4}, 张永辉^{1,3,4}, 万志峰²

1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 广东 510640; 2. 中山大学海洋学院, 广州 广东 510640;

3. 中国石化胜利油田分公司, 山东 东营 257000; 4. 中国科学院研究生院, 北京 石景山 100049

摘要: 基于构造本身的复杂性, 提出了隐蔽构造的概念, 认为隐蔽构造是指那些受勘探技术限制以及构造自身的复杂性而不能明确其特征、性质和演化历史的构造。对于隐蔽构造的研究应以界面和变形标志的识别为基础, 地层结构的分析为核心, 以先进的构造思维和技术手段为保证。济阳拗陷深层发育有大型走滑断裂带、反转构造、构造转换带或过渡带、底辟构造带、潜山内幕构造、复杂的断裂带、隐伏断裂等隐蔽构造样式。对于潜山构造的勘探, 可以顺走滑断裂带进行勘探。隐蔽构造样式的识别对拓展深层油气勘探新领域, 优选与评价有利油气富集区带, 以及进一步的油气地质综合研究等, 均具有一定意义。

关键词: 济阳拗陷; 隐蔽构造; 潜山勘探; 构造样式; 王古1井

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1718.TE.20110720.1031.003.html>

夏斌, 魏海泉, 袁亚娟, 等. 济阳拗陷深层隐蔽构造及其勘探意义[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2011, 33(4): 73-77.

引言

根据圈闭成因及形态分类, 陆相盆地隐蔽圈闭可分为岩性圈闭和地层圈闭两大类^[1]。隐蔽圈闭属于勘探范畴术语, 在不同的油气勘探阶段, 它所包含的内容和范围会不断变化。因此, 隐蔽圈闭可定义为在现有勘探方法和技术水平条件下较难识别、圈定和描述的各种成因圈闭类型, 包括一些极难发现的特殊类型复杂构造圈闭。

“隐蔽圈闭(subtle trap)”一词最初是由 Levorsen 依据美国 20 世纪 60 年代的油气勘探现状而提出的^[2]。Levorsen 所提出的隐蔽圈闭是指除构造圈闭以外的非构造圈闭, 即与地层岩性变化、水动力和流体相关的圈闭类型。其后, 隐蔽圈闭引起越来越多学者的关注, 更多有关地层岩性圈闭的研究文献陆续发表^[3, 4]。Halbouty 进一步指出: 隐蔽圈闭特征与明显圈闭的区别是: 基于现有的勘探方法和思维方式来说, 隐蔽圈闭特征均是不明显的^[5]。

从上述国外隐蔽油气藏(隐蔽圈闭)术语的提出

和论述来看, 隐蔽圈闭是基于现有勘探技术方法所能发现的、明显的较大构造圈闭愈来愈少及寻找难度愈来愈大的现象而提出的, 目的在于提醒勘探工作者应转变传统的寻找构造圈闭的思维方式, 研发有效的勘探技术方法, 积极寻找和清晰描述传统方法不易识别和发现的非构造圈闭, 即地层圈闭、岩性圈闭、混合型圈闭以及水动力型圈闭。

因此, 隐蔽油气藏(隐蔽圈闭)属于油气勘探范畴的术语, 是对以地层、岩性和混合型圈闭为主的各类非构造圈闭类型^[6]在勘探指导意义上的一种通俗表述, 即隐蔽油气藏与非构造油气藏在涵义上是相同的。

1 隐蔽构造概念

朱夏认为隐蔽圈闭的提出虽然着重于地层、岩性、古地貌等非构造圈闭, 但并不排斥某些构造圈闭^[7]。圈闭是否隐蔽, 取决于它们本身的形式和成因类型, 某些构造圈闭, 就人们现有的知识水平来

* 收稿日期: 2010-07-24 网络出版时间: 2011-07-20

作者简介: 夏斌(1959-), 男(汉族), 江西吉安人, 研究员, 博士, 主要从事构造地质与油气资源研究。E-mail: xiabin0303@qq.com

说,并不难以认识;而另一些构造圈闭,则由于不同原因,并不是显而易见的,这些并不是显而易见的构造圈闭也就是隐蔽构造圈闭。目前国内有些分类中也有很多强调了隐蔽构造圈闭。

其实不仅是针对圈闭构造才有隐蔽性,很多构造本身就具有隐蔽性,因此提出了隐蔽构造的概念。隐蔽性是地质体本身的特征以及勘探技术的函数。地质体自身越复杂(多期叠加构造)、越特殊(如岩浆底辟、盐底辟等构造)隐蔽性越大;另一方面,勘探技术越先进,地质体的隐蔽特征就越少。

由此,本文将隐蔽构造定义为:受勘探技术限制以及构造自身的复杂性而不能明确其性质和演化

历史的构造。许多构造自身就具有隐蔽性,如较陡直的走滑断层就很难识别;反转构造更具隐蔽性,我们能够识别出的反转构造可能只占很小的比例。

2 区域地质背景

济阳拗陷位于渤海湾的东南部,北起埕宁隆起,南抵鲁西隆起,东自郯庐断裂,西至临清拗陷东部,区内发育有3排凸起和4个凹陷(图1)。济阳拗陷是渤海湾盆地的富油气拗陷^[8],断陷盆地所固有的地质特点决定了隐蔽油气藏具有很大的资源,是增储稳产的重要领域^[9]。

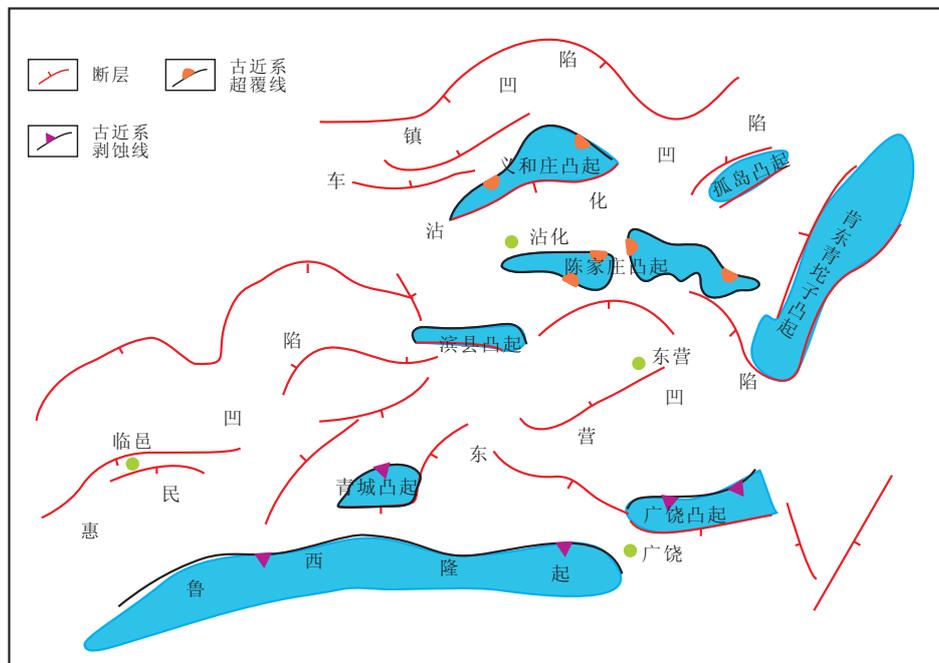


图1 济阳拗陷构造单元划分图
Fig. 1 Tectonic units in Jiyang Depression

经过近40年的油气勘探,济阳拗陷中、浅层资源探明程度达50%以上,已属于中高勘探程度区;为了保证盆地油气资源的开发和新资源的发现,为今后的储量接替准备阵地,开拓深层油气勘探领域已成为新增油气储量的重要途径之一。济阳拗陷的深层勘探层位有古近系孔店组、沙四段及沙三段,以及太古界、古生界及中生界^[10, 11]。

3 深层隐蔽构造样式及发育规律

隐蔽构造的样式是多样的。大型隐蔽构造有走滑断裂带、反转构造、构造转换带或过渡带、底辟构

造带、潜山内幕构造、复杂的断裂带、隐伏断裂(早期活动中断后又为后期断裂利用而隐藏了其特性);中、小尺度隐蔽构造主要有:裂缝(如泥岩裂缝、火山岩裂缝)、小断层。

3.1 走滑断裂

一方面,走滑断裂因其以平移运动为主,因此在剖面上不容易识别;另一方面,主走滑断裂常常隐伏在深部,超过了地震剖面显示的深度,剖面展示更多的是其在浅层的构造样式。这两方面决定了走滑断层的隐蔽性(图2)。

济阳拗陷中比较隐蔽的是燕山晚期的走滑断裂。这些走滑断裂大多在新生代就已停止发育,主

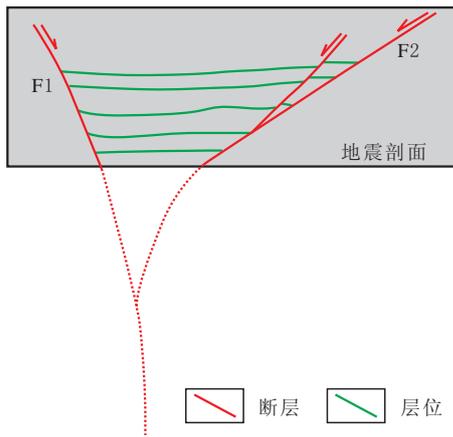


图 2 走滑断层的隐蔽性

Fig. 2 The concealment of strike-slip fault

要包括惠民凹陷和东营凹陷南斜坡。这些走滑断层与 J_3-K_1 盆地的分布也密切相关。以往受地震剖面品质的限制, 无法发现这些走滑断层。作者结合水平切片识别走滑断层, 效果比较理想。此外, 早期发育的隐蔽断层受后期构造活动的影响, 改变了产状, 从而增强了隐蔽性。如惠民凹陷 T781 测线显示(图 3), 早期走滑断层表现出了逆断层的特征, 容易与印支期逆冲断层混淆, 具有隐蔽性。

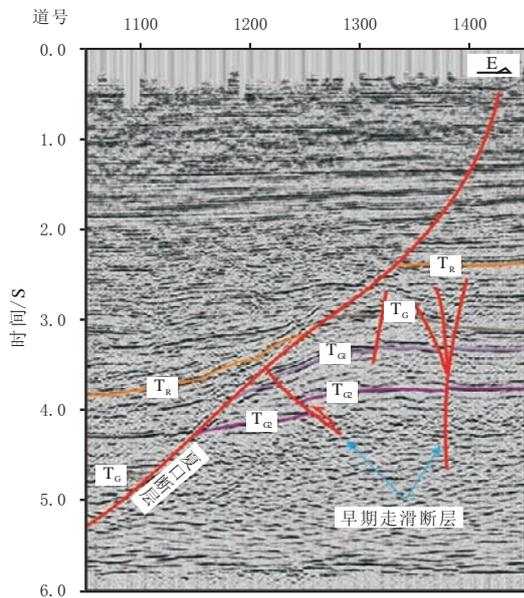


图 3 隐蔽性走滑断裂地震剖面(T781 测线)

Fig. 3 Hidden Strike-slip faults in seismic profile (T781 line)

桩海地区的孤东、垦东和长堤断层等, 因其构造的复杂性而极具隐蔽性。以往对这些断层有许多解释方案, 如高角度正断层和高角度逆冲断层。经最新研究解释为压扭性走滑断层。垦东和长堤断层, 以往常常将其解释为上正下逆, 现可解释为具花状构造的走滑断层。

3.2 负反转构造

济阳拗陷各洼陷的控洼边界断层大多为负反转构造。以往由于深层地震反射品质低, 很难识别出这类反转构造。这些具有隐蔽性的反转断裂, 如位于东营凹陷南斜坡的断裂、惠民凹陷南斜坡的断裂, 都是印支期形成的逆冲断裂, 在中燕山晚期发生负反转, 成了 J_3-K_1 盆地边界断层, 也造就了东营凹陷南斜上许多潜山, 如王古 1 潜山(图 4)。

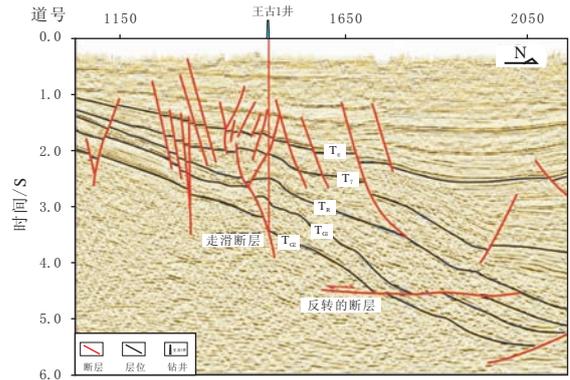


图 4 王古 1 隐蔽性构造地震剖面示意图(L3800 测线)

Fig. 4 Wanggu 1 hidden tectonic in seismic profile (L3800 line)

3.3 逆冲构造和潜山内幕

新的连片三维剖面显示出许多逆冲断层, 从而更清楚地了解了潜山的内幕。底位潜山是深埋于古近系凹陷底部的潜山, 在半地堑或地堑区可以见到此类潜山。潜山形成于断陷盆地发育初期, 构造位置处于大型古隆起南陡坡带的坡脚至缓坡带的膝折带以下部分。

潜山的形成与中生代强烈的构造变形有直接关系, 古近纪断陷期间, 因处于相对稳定的沉降块上, 而基本上保留了中生代的构造面貌, 极少或没有受到古近纪断裂作用的影响, 在负向结构显著的部位, 或洼陷内发育规模很大的正断层, 可以使断坡上的下古生界碳酸盐岩直接与盖层接触。

低位—中位潜山位于断陷盆地的缓坡带的中下部, 陡坡带的下部, 这类潜山保留有中生代构造变形的痕迹, 但潜山内幕因新近纪强烈断裂活动的改造而变得极其复杂, 储层发育条件十分优越。

顶位潜山指发育于大型古隆起的山顶, 顶部直接覆盖的地层为新近纪馆陶组, 在馆陶期(断陷湖盆发育结束)形成的潜山。由于长时间遭受剥蚀, 先成古地貌山以剥蚀山为主, 后期馆陶期发育的断裂也形成断块潜山。潜山内幕构造相对简单, 结构较为单一。

3.4 岩浆底辟

惠民凹陷东部发育大量的岩浆底辟构造,造成

了许多杂乱的反射区,难以清楚地识别一些构造和圈闭(图5)。

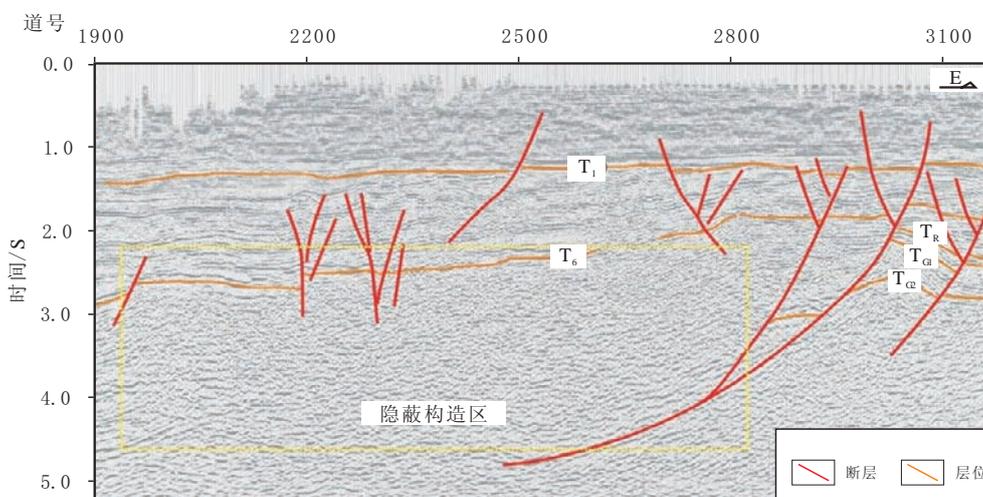


图5 隐蔽性岩浆底辟地震剖面(T1493测线)
Fig. 5 Hidden magmatic diapir in seismic profile(T1493 line)

火成岩的发育是导致该区资料品质差的直接原因。勘探实际表明,这些岩浆底辟构造与天然气的分布有密切的关系,因此,查明这些隐蔽构造对天然气勘探具有重要的意义。

4 王古1井深层隐蔽构造勘探

4.1 王古1构造的隐蔽性

王古1潜山是由NW和NE向断裂控制的断块型潜山,主要由下古生界组成,缺失上古生界和中生界^[12, 13]。这2组断裂是一同起源于近南北向挤压的2组剪切断裂,在后期的构造运动中经历了不同的发展及演变。

王古1构造的隐蔽性包括2个方面(图4): (1) 逆冲断层的负反转。印支期的逆冲断层在燕山主幕为负反转,控制了 J_3-K_1 盆地的分布。这些反转断层中,有些在新生代继续发育,控制新生代的盆地的发育,有些在燕山晚期停止发育。如惠民、东营凹陷南斜坡的一系列逆冲—反转断层。这些停止发育的断层促进了潜山的发育,但因为其在新生代基本停止活动,所以对油气运移和聚集的影响较小。(2) 走滑断层。在王古1构造的潜山类型中,有许多比较隐蔽的走滑断层,这些断层表现出扭张和扭压性。它们不仅丰富了圈闭样式,更重要的是它们在纵向和横向连接新老地层;特别是这些走滑断层大多深入至生烃洼陷,成为潜山成藏的主要油

气运移通道。

4.2 基于隐蔽构造思维下的潜山勘探

认识到上述潜山构造的隐蔽性,可以形成这样的勘探思路:寻找并查明隐蔽的走滑断裂带,再顺走滑断裂带进行潜山构造勘探。

潜山勘探是多学科、多方法、多技术的综合运用,代表了当前油气勘探领域石油地质综合勘探发展的方向。在隐蔽油气藏的勘探中,必须创新勘探思路,优化勘探方法,全方位地对油藏区带进行评价与优选,识别与评价隐蔽圈闭,最后对隐蔽油气藏预探评价^[14]。对于埋藏深、面积和幅度小、难以识别的潜山,可以借助除地震资料之外的其他资料加以识别,如高精度重磁资料可以比较准确地确定潜山的形态和幅度,从而降低钻探风险,提高勘探成功率^[15]。同时,三维地震解释和叠前深度偏移处理技术的应用,也促进了潜山油藏的勘探开发^[16]。

5 结论

(1) 提出了隐蔽构造的概念,明确了隐蔽构造的研究思路。认为隐蔽构造是指受勘探技术限制以及构造自身的复杂性而不能明确其特征、性质和演化历史的构造。对于隐蔽构造的研究应以界面和变形标志的识别为基础,地层结构的分析为核心,以先进的构造思维和技术手段为保证。

(2) 济阳拗陷深层发育有大型走滑断裂带、反

转构造、构造转换带或过渡带、底辟构造带、潜山内幕构造、复杂的断裂带、隐伏断裂等隐蔽构造样式,隐蔽构造样式的识别对拓展油气勘探领域具有重要意义。

(3) 基于潜山构造的隐蔽性,可以先寻找并查明隐蔽的走滑断裂带,再顺走滑断裂带进行潜山构造勘探。

参考文献

- [1] 张泽慧,刘敬. 雷家地区砂砾岩体岩性油气藏研究[J]. 特种油气藏, 2004, 11(Z1): 17-20.
- [2] Levorsen A I. The obscure and subtle trap[J]. AAPG Bulletin, 1966, 50(10): 2058-2067.
- [3] Halbouty M T. Stratigraphic-trap possibilities in Upper Jurassic rocks, San Marcos Arch, Texas[J]. AAPG Bulletin, 1966, 50(1): 3-24.
- [4] Halbouty M T. Rationale for deliberate pursuit of stratigraphic, unconformity, and paleogeomorphic traps[J]. AAPG Bulletin, 1972, 56(3): 537-541.
- [5] Halbouty M T. The deliberate search for the subtle trap[J]. AAPG Memoir, 1982, 32: 1-8.
- [6] 李丕龙,庞雄奇. 陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成——以济阳拗陷为例[M]. 北京:石油工业出版社, 2004.
- [7] 朱夏. 对隐蔽油气圈闭的浅见[J]. 大庆石油地质与开发, 1984, 3(1): 1-5.
- [8] 胜利油田石油地质志编写组. 中国石油地质志:胜利油田[M]. 北京:石油工业出版社, 1993.
- [9] 郭元岭,赵乐强,石红霞,等. 济阳拗陷探明石油地质储量特点分析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(3): 33-36.
- [10] 樊庆真,杨显成. 济阳拗陷深层资源潜力和有利勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(1): 8-10.
- [11] 郭元岭,张林晔,蒋有录,等. 济阳拗陷地层油藏勘探实践分析[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(4): 432-436.
- [12] 范存堂,冯有良,付瑾平. 东营凹陷潜山成藏条件及成藏规律分析[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(4): 35-37.
- [13] 冯有良,范存堂. 东营凹陷潜山聚油模式[J]. 复式油气田, 1998(3): 19-24.
- [14] 杜美霞,庄新国. 隐蔽油气藏勘探方法及发展趋势[J]. 海洋地质动态, 2005, 21(8): 18-23.
- [15] 周丛安,韩慧,黄文松,等. 地球物理综合勘探判别技术在信安镇北潜山勘探中的应用[J]. 中国石油勘探, 2001, 6(2): 51-53.
- [16] 石好果,王军,孙宝京. 物、化探技术在潜山勘探中的应用——以车古20潜山为例[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(2): 178-181.

(编辑:杜增利, 助理编辑:甘学启)
编辑部网址: <http://www.swpuxb.com>

Key words: array sonic logging; gas saturation; bulk modulus; shear modulus

STUDY ON DEEP SUBTLE STRUCTURE OF JIYANG DEPRESSION AND ITS EXPLO- RATION SIGNIFICANCE

XIA Bin^{1,2}, WEI Hai-quan^{1,3,4}, YUAN Ya-juan^{1,4}, ZHANG Yong-hui^{1,3,4}, WAN Zhi-feng² (1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China; 2. School of Marine sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China; 3. Shengli Oilfield Branch Corporation, SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China; 4. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China) **Journal of Southwest Petroleum University, Vol. 33, No. 4, 73–77, 2011** (1674–5086, in Chinese)

Abstract: Based on the complexity of the structure, the paper presents the concept of subtle structure. It refers to those whose characteristics and evolution history can not be identified owing to the limitation of exploration technology and the complexity of the structure itself. The study of the subtle structure should be based on the identification of its interface and signs of deformation, and focused on analysis of the stratigraphic structure guaranteed by advanced tectonic thinking and technological means. Lots of subtle structural styles form in the deep Jiyang Depression. These styles are strike slip fault zone, deep Jiyang development of large-scale strike-slip faults, inversion structures, structural transform zone, diapir structure belt, buried hill structure and buried fault, i. e.. The exploration for buried hill can be explored along strike-slip fault. Identification of hidden structural styles are guidance and reference for expanding new areas of deep oil and gas exploration, optimization and evaluation of favorable oil and gas accumulation zones, and further oil and gas comprehensive geological study.

Key words: Jiyang Depression; subtle structure; buried hill exploration; Structural style; Wanggu I

THE STUDY OF FRACTURE CHARACTERISTICS AND CAUSES AT FEIXIANGUAN FORMATION IN XUANHAN AREA OF EASTERN SICHUAN

TANG Hai¹, WANG Quan-lin¹, PENG Xin-ling², LI Li², HUANG De-ming² (1. School of Petroleum Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China; 2. Department of Development Projects, Puguang Gasfield, SINOPEC, Dazhou, Sichuan 635000, China) **Journal of Southwest Petroleum University, Vol. 33, No. 4, 78–84, 2011** (1674–5086, in Chinese)

Abstract: The fracture characteristics of Feixianguan Formation in Xuanhan area were analyzed by whole diameter core observation and thin section analysis information, and the growth state and longitudinal distribution of fractures were studied from conventional logging data at every well; Based on ahead of analysis, fracture genesis was researched deeply through combined with geological structures in east of Sichuan. The results show that vertical tectonic, horizontal, diagonal and diagenesis fractures mainly develop at the lower of Feixianguan Formation; there are two kinds of fracture that is tectonic and non-tectonic, and tectonic fracture is associated with faults, drape and weak deformation areas, which has three kinds of mechanical causes, which are shear fractures, expansion fractures and tensile fractures. Non-tectonic fractures can be divided into four kinds, which are diagenetic fracture, corrosion fracture, shrinkage fracture, supergene fracture. The production practice indicates that any fracture in carbonate reservoirs is important in both storage space and the flow channel.