



# 准噶尔盆地红车断裂带结构特征及其控藏作用

仲伟军<sup>1</sup>, 黄新华<sup>1</sup>, 张玉华<sup>2</sup>, 贾春明<sup>1</sup>, 吴孔友<sup>3</sup>

(1. 中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院, 新疆 乌鲁木齐 830013; 2. 中国石油新疆油田分公司风城油田作业区, 新疆 克拉玛依 834000; 3. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院地科系, 山东 青岛 266580)

**摘要:**红车断裂带结构特征及相关的成岩封闭作用是当前准噶尔盆地西北缘车拐地区断裂带研究中的热点,其内部结构能否准确、合理的划分对后续研究油气运移、断层封闭性等油气勘探中的关键问题具有十分重要的意义。本文综合利用野外地质露头、岩心资料,重点对红车断裂进行了详细的内部结构划分,其石炭系顶部断裂主要有北北西向、北西向、北东向和北东东向四个方向,主要发育平行式、网状、羽状、斜交式、梳式、交切式等平面组合关系,识别了红车断裂带南段发育的多条走滑断层,建立了多因素控制下断裂带内部结构发育模式。通过对断层控圈、裂缝输导、胶结封闭等方面的探讨,确立了断层对油气成藏的控制作用,为车拐地区的油气成藏及地震勘探井位部署提供了理论基础。

**关键词:**成岩封闭作用 结构特征 控藏作用 红车断裂带 石炭系断裂带

中图分类号:TE122

文献标志码:A

## Structural characteristics and reservoir forming control of Hongche fault zone in Junggar Basin

ZHONG Weijun<sup>1</sup>, HUANG Xinhua<sup>1</sup>, ZHANG Yuhua<sup>2</sup>, JIA Chunming<sup>1</sup>, WU Kongyou<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Urumchi 830013, China;

2. Work Zone of Fengcheng Oilfield, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay 834000, China;

3. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

**Abstract:** At present, the hotspots in the fault zone research related to Cheguai area in northwestern margin of Junggar Basin are the structure characteristics of Hongche fault zone and corresponding diagenetic seals. If the internal structure of Hongche fault zone can be divided accurately and reasonably, it is of great importance to the key issues in the follow-up study of oil migration and fault sealing in oil and gas exploration. According to the data of field outcrop and core, the internal structure of Hongche Fault was divided in detail. The faults at the top of Carboniferous are mainly in four directions of NNW, NW, NE, NEE. And then the plane combination relationships are mainly developed, which are parallel, flat mesh, pinnate, oblique, comb and intersection types. It was identified multiple strike-slip faults developed in the Hongche fault zone. A development model for internal structure of fault zones was established under the control of multiple factors. Based on discussions on the control circle, crack transporting and cementing and sealing of faults, the reservoir forming control of faults was determined. So this provides a theoretical basis for oil-gas accumulation and well deployment of seismic exploration in the Cheguai area.

**Key words:** diagenetic sealing; structural characteristics; reservoir forming control; Hongche fault zone, Carboniferous fault zone

收稿日期:2017-12-28; 改回日期:2018-02-24。

第一作者简介:仲伟军(1966-),工程师,从事地震地质研究与综合评价工作。E-mail:zhongwj@petrochina.com.cn。

基金项目:股份公司重大专项《新疆和吐哈油田勘探开发关键技术研究与应用》下属课题《准噶尔盆地油藏富集规律及勘探技术研究与应用》(编号 2017E-0401)。

红车断裂带位于准噶尔盆地西北缘断裂带的南端,是一个被众多断裂切割的较为复杂的断块区,含油层系较多,先后在石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系及第三系等发现油气。hg1 井于石炭系揭示较厚的火山岩地层, chep6 井、che88 井均见到了良好的油气显示,红车断裂带南段具有进一步勘探的价值。前期的研究成果表明:红车断裂带具有分段性,北—中段逆冲,南段走滑。断裂结构分段差异主要表现在:北段结构复杂、断裂带宽、多条滑动破碎带发育、胶结较强,滑动破碎带宽度在 15.94 ~ 19.22 m;中段构造活动强度进一步减弱,导致断裂内部结构相对较为单一,滑动破碎带以破碎的角砾为主,滑动破碎带的宽度均较大,在 77.91 ~ 131.46 m 之间,而诱导裂缝带的宽度在 58.69 ~ 112.65 m 之间,上下盘诱导裂缝带厚度有一定差异;南段断裂杂乱,地震剖面上表现为明显的杂乱条带,上盘诱导裂缝带多大于下盘,存在有一定的片理化构造岩,显示断裂活动变强。本文通过断裂带构造特征分析,建立了红车断裂带内部结构发育模式,并从断裂构造带演化特征及对断层控圈、裂缝输导、胶结封闭等方面的探讨,确立了断层对油气成藏的控制作用,为车拐地区的油气成藏及地震勘探、井位部署提供了理论基础。

## 1 地质概况

红车断裂带呈近南北向走向,长约 80 km,宽约 20 km。其北与克—百断裂带相接,西邻车排子凸起,南以四棵树凹陷为界,东与中拐凸起和沙湾凹陷相邻,面积约 2 000 km<sup>2</sup>(图 1)。



图 1 研究区构造位置

研究区构造特征为东南倾单斜,从老到新主要

发育的地层为石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系及第三系。储层岩性主要为喷发相的火山角砾岩与溢流相的碎裂玄武岩。主要储集类型为裂缝—孔隙型,具有中、低孔隙度、低渗透率和孔隙结构较差、非均质程度较强的特点,火山角砾岩和安山岩以裂缝—溶蚀孔为主,是该区主要的储油气空间。断裂带受构造应力影响较强,裂缝相对发育,是石炭系油气成藏和勘探的有利区带。

## 2 断裂带结构特征

### 2.1 断裂带构造特征

红车断裂带整体为近南北向的狭长断裂带,断裂带内部由北向南断层走向变化明显,其中北段走向为北北东向,中段走向为近南北向,而南段断层走向变化最为明显,转变为北西向。地震剖面也显示,沿断裂走向,断裂带内部构造样式差异显著,具有明显的分段特征。红车断裂走向多变,整体呈向西凸出的弧形,分段明显,其中北段走向北北东向,是红车断裂带与小拐新光断凹的边界断裂,剖面显示断面上陡下缓呈铲式,与派生断裂组成叠瓦状冲断层系;中段走向近南北向,呈向东微凸的弧形,是红车断裂带与沙湾凹陷的边界断裂,剖面显示断面上陡下缓呈铲式,常与分支断裂组成不对称背冲构造;南段走向北西向,同样是红车断裂带与沙湾凹陷的边界断裂,剖面显示断面陡直,花状构造发育,具有走滑断层特征。主要发育三期三组断裂:南北向逆冲断裂;北西西向走滑及逆冲断裂;近北西向、南北向正断裂。

红车断裂带 H3 井东断裂等大型的断裂多形成于晚石炭世,结束于侏罗纪,主要经历了海西、印支、燕山期等多期构造运动,石炭—二叠系断距大,表明海西期断层活动强烈,三叠—侏罗系在断层两侧厚度差异明显具有生长性,控制了地层沉积。在平面及剖面上形成了形态多样的构造样式与组合,并且断裂内部由于受到强烈的挤压作用,往往呈现出复杂的内部结构,这也对准确评价断层封闭性提出了更高的要求。

### 2.2 断裂带内部结构特征

根据前人的研究成果,结合野外、钻井、地震、岩性等资料,建立了红车断裂带内部结构发育模式(图 2)。

图 2 显示,断裂带内部具有由滑动破碎带和诱导裂缝带所组成的“三明治”式的三层结构。其中,滑动破碎带由于受到强烈的断裂作用,造成研磨、破

碎,往往具有较低的渗透率和孔隙度<sup>[1-6]</sup>。部分学者因此将此断层三维空间结构称为断裂带,并划分为滑动破碎带与诱导裂缝带两个结构单元,而国外

则称为断层核 (Fault core) 和破碎带 (Damage zone)。由于它们的特征各不相同,物性差异明显,对油气运聚往往起到不同的作用<sup>[7]</sup>。

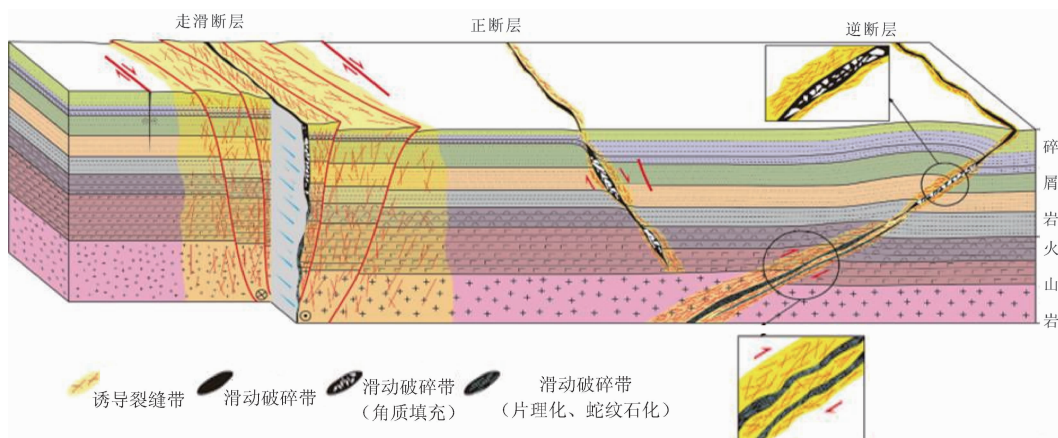


图 2 多因素控制下的断裂带内部结构发育模式

### 2.3 断裂带构造演化特征

红车断裂带是三叠-侏罗纪形成的断裂带,受海西-燕山早中期运动影响,西部山体向东推覆,形成多条南北向逆断裂。其内部基底断裂十分发育,主要有西倾的南北向早期古逆冲断裂,东西向后期正断层。区内二叠系、三叠系、侏罗系地层由东向西超覆沉积在石炭系基岩之上,形成了该断裂带特有的复杂断块区,由东向西成排,并依次抬起。石炭系顶部断裂走向多变,主要有近南北向、北西向、北东向和近东西向,以北北西向和近南北向为主。区域内的主控断裂,例如 H3 井东断裂、红山嘴东断裂、598 井断裂等为北西向,而红车断裂、小拐断裂、车前断裂为近南北向。由于受后期走滑改造,断裂具有平直延伸的特点,且延伸距离可达十几公里到几十公里,在平面和剖面上主要有以下 3 个构造特征:①断裂平面延伸平直;②断裂产状较陡;③发育花状构造。除上述规模较大的断裂之外,凹陷内还发育有多条与大断裂斜交的小型断层,大多分布于大断裂的两侧,规模相对较小且延伸距离较短,这些小型断裂既有北西向、北东向,也有近东西向,分布较为杂乱(图 3)。

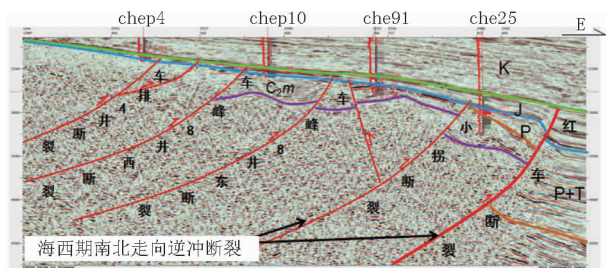


图 3 各种断裂的地震解释剖面

## 3 断层封闭性及其控制因素

### 3.1 断裂带岩性特征

滑动破碎带位于红车断裂带中心,由断层角砾岩、碎裂化岩石及断层泥组成,挤压研磨作用强烈。岩心及野外露头观察常见擦痕,是断裂带变形最严重区域,分散了大部分挤压应力,其封闭能力受断面压力导致的碎裂化程度、泥质含量及矿物沉淀等作用影响<sup>[8]</sup>。在断层中,滑动破碎带可单条出现,也可以多条组合出现。通过对断裂带内部结构划分及岩心观察表明,车拐地区红车断裂带的诱导裂缝带内胶结物异常发育;通过统计手标本、镜下裂缝的胶结程度,发现诱导裂缝带的胶结率大于 80%,并且胶结物类型众多,包括碳酸盐矿物、粘土、沸石、蛇纹石、石英等。根据这种现象推断,断裂带裂缝带发育的宽度应大致相当于胶结作用的影响范围<sup>[9]</sup>。

### 3.2 断层封堵作用分析

断层对油气运移、聚集起着至关重要的作用,断层既可在开启期作为油气运移的疏导体沟通油源与储层,又可在封闭阶段将油气阻隔,促使油气聚集成藏。断层的运移或封堵作用取决于断层封闭机理及其影响因素。前人在断层活动性、两盘岩性配置、断面泥岩涂抹、构造应力作用及后期流体成岩作用方面都做大量研究。但多数学者都将断层看成一个“面”来研究,忽略了断层空间、时间结构特征,这使得在对断层封闭性定量刻画时会出现偏差<sup>[10]</sup>。实际上,断层形成是个渐进的过程,不同性质、不同规模、不同期次的断层形成样式各有差别。以岩性主要为



脆性的逆断层为例,断层在受力错断过程中不断延伸拓宽,位于应力最集中的区域岩石起先微弱变形、滑动而后逐渐挤压错动至破碎,研磨强烈,形成构造透镜体及断层泥等地质体产物,孔隙度及渗透率都极大地降低,大部分应力在此区域被消耗掉。自中心区域向两侧,应力递减,岩石受力明显小于中心区域,仅发生破裂,无明显错动,形成一定宽度的纵横交错的裂缝。再向外侧应力消减至无,则为原岩<sup>[11-16]</sup>。

从断裂带结构的发育情况统计来看,受断裂发育规模的控制,红车断裂带的裂缝带宽度变化很大,这说明胶结作用影响范围最大可达百米。利用分段性

结果对不同段裂缝发育及胶结情况进行了统计,结果表明,在裂缝发育密度上,红山嘴转换区裂缝平均密度达 1.95 条/cm,红车断裂带北段裂缝平均密度为 0.85 条/cm,中段裂缝平均密度为 0.42 条/cm,南段裂缝平均密度为 0.43 条/cm,故在裂缝发育密度上,红山嘴转换区最大,红车断裂带北段次之,中段最小,南段近似于中段。

### 3.3 断层封闭性控制因素

断裂对油气成藏的控制作用主要体现在两个方面:其一是断裂的开启性,主要控制油气的运移;其二是封闭性,体现在油气的聚集方面<sup>[17-21]</sup>(图4)。

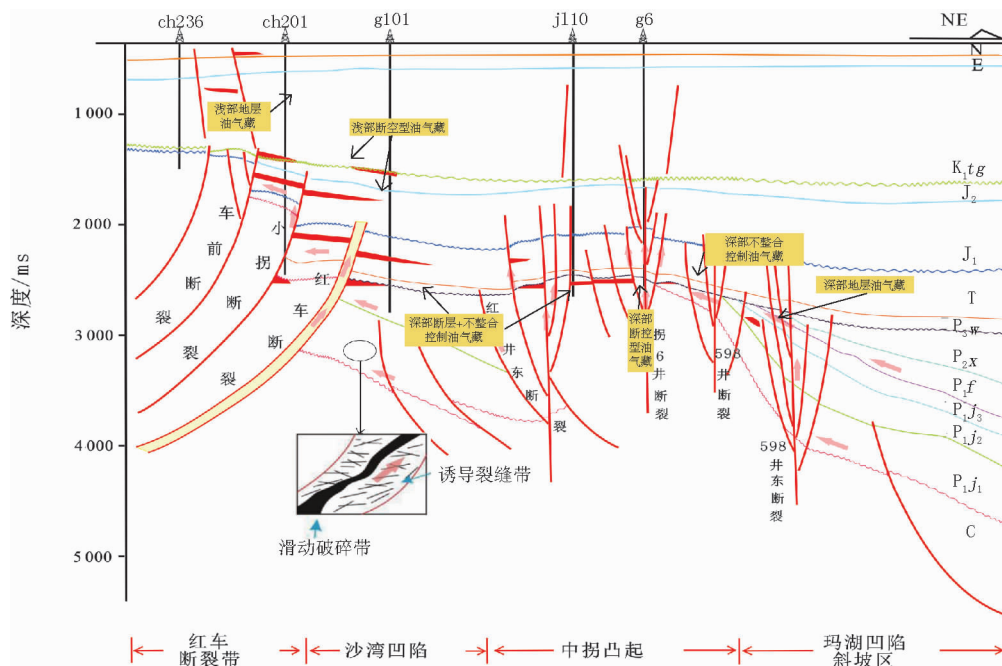


图4 不同部位断裂发育示意

研究认为,红车断裂带在活动期具有开启的特征,对油气起到运移通道的作用,主要表现为垂向及其南北向运移。当断裂带处于相对静止期时,断裂起到封闭的作用。由于红车断裂带的多期活动的特点,静止期形成的油气藏在后期断裂带活动时容易遭到破坏而致使油气重新分配进入圈闭聚集成藏。

## 4 结论

(1) 车拐地区经历了晚海西期挤压、印支—中燕山期压扭、晚燕山—喜山期伸展等多期构造活动,石炭—二叠系中发育逆断层,三叠—侏罗系中发育走滑断层,红车断裂带底部(石炭—侏罗系)主要发育挤压构造样式。

(2) 石炭系顶部断裂主要有北北西向、北西向、北东向和北东东向四个方向,主要发育平行式、网

状、羽状、斜交式、梳式、交切式等平面组合关系。红车断裂带南段也发育有多条走滑断层。

(3) 断裂内部结构划分方法认为,红车断裂带内部具有由滑动破碎带和诱导裂缝带所组成的“三明治”式的三层结构,内部可能存在有多条滑动破碎带,滑动破碎带的宽度与诱导裂缝带宽度、厚度存在一定的差异。

(4) 综合考虑断层性质、断层所发育地层的岩性与断裂带内部结构的关系,建立了多因素控制下断裂带内部结构发育模式,通过对断层控圈、裂缝输导、胶结封闭等方面的探讨,深入分析了断层对油气成藏的控制作用。

### 参考文献:

- [1] 罗群. 断裂带的输导与封闭性及其控藏特征[J]. 石油实验地质, 2011, 33(5): 474-479.

- [2] 王珂,戴俊生. 地应力与断层封闭性之间的定量关系[J]. 石油学报,2012,33(1):74-81.
- [3] 徐海霞,赵万伏,王长生,等. 断层封闭性演化史研究方法及应用[J]. 断块油气田,2008,15(3):40-42.
- [4] 万涛,蒋有录,林会喜,等. 断层活动性和封闭性的定量评价及与油气运聚的关系—以车西洼陷曹家庄断阶带为例[J]. 石油天然气学报,2010,32(4):18-24.
- [5] 罗胜元,何生,王浩. 断层内部结构及其对封闭性的影响[J]. 地球科学进展,2012,27(2):154-164.
- [6] 吴孔友,李思远,裴仰文,等. 准噶尔盆地夏红北断裂带结构及其封闭差异性评价[J]. 石油与天然气地质,2015,36(6):906-912.
- [7] 曹剑,胡文瑄,张义杰,等. 准噶尔盆地红山嘴—车排子断裂带含油气流体活动特点地球化学研究[J]. 地质论评,2005,51(5):591-599.
- [8] 付晓飞,肖建华,孟令东. 断裂在纯净砂岩中的变形机制及断裂带内部结构[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2014,44(1):25-37.
- [9] 石良,金振奎,闫伟,等. 储层压实作用和胶结作用的压力响应特征[J]. 地球科学进展,2015,30(2):259-267.
- [10] 陈伟,吴智平,侯峰,等. 断裂带内部结构特征及其与油气运聚关系[J]. 石油学报,2010,31(5):774-780.
- [11] 吴孔友,王绪龙,崔殿. 南白碱滩断裂带结构特征及流体作用[J]. 煤田地质与勘探,2012,40(4):5-11.
- [12] 杨庚,王晓波,李本亮,等. 准噶尔盆地西北缘斜向挤压构造与油气分布规律[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):26-32.
- [13] 陈石,郭召杰. 达拉布特蛇绿岩带的时限和属性以及对西准噶尔晚古生代构造演化的讨论[J]. 岩石学报,2010,26(8):2336-2344.
- [14] 杜社宽. 准噶尔盆地西北缘前陆冲断带特征及对油气聚集作用的研究[D]. 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所):构造地质学,2005.
- [15] 冯建伟,戴俊生,鄢继华,等. 准噶尔盆地乌夏前陆冲断带构造活动—沉积响应[J]. 沉积学报,2009,27(3):494-502.
- [16] 邵雨,汪仁富,张越迁,等. 准噶尔盆地西北缘走滑构造与油气勘探[J]. 石油学报,2011,32(6):976-984.
- [17] 付晓飞,许鹏,魏长柱,等. 张性断裂带内部结构特征及油气运移和保存研究[J]. 地学前缘,2012,19(6):200-212.
- [18] 刘振宇,徐怀宝,庞雷. 准噶尔盆地乌夏断裂带构造迁移特征[J]. 新疆石油地质,2007,28(4):399-402.
- [19] 彭文利,崔殿,吴孔友,等. 准噶尔盆地西北缘南白碱滩断裂成岩封闭作用研究[J]. 岩性油气藏,2011,23(5):43-48.
- [20] 吴智平,陈伟,薛雁,等. 断裂带的结构特征及其对油气的引导和封堵性[J]. 地质学报,2010,84(4):570-578.
- [21] 陈发景,汪新文,汪新伟. 准噶尔盆地的原型和构造演化[J]. 地学前缘,2005,12(3):77-88.

(编辑 杨芝文)

## 《层内自生气复合吞吐工艺技术研究》国际先进

2018年5月15日,《层内自生气复合吞吐工艺技术研究》成果在京通过了中国石化科技部的鉴定,成果整体达到国际先进水平。

该成果系统地开展了安全高效层内自生气配方体系评价,对层内自生气复合吞吐工艺技术及作用机理进行深入研究,开展了层内自生气复合吞吐技术与油藏适应性分析,优化了层内自生气复合吞吐工艺,并配套开发了不动管柱施工技术。

主要取得2点创新:一是形成了一种安全高效的层内自生气体系配方。通过高效引发剂使生气剂体系在地层条件下发生水解反应,每方生气剂产气 $403.2\text{ m}^3$ ,热量 $498\text{ kJ}$ ,反应过程安全可控,实现热、气、酸、表面活性剂等复合协同增效;二是研究出一种低吸附镀膜型缓蚀剂,在高 $\text{CO}_2$ 浓度、高矿化度地层条件下腐蚀率 $<0.5\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,有效解决了自生气复合吞吐管柱的腐蚀问题。成果获国家发明专利3项,实用新型专利3项,发表论文9篇。

该技术在江苏油田、吉林油田、延长油田及东北油气分公司应用61井次,其中油井57井次,增产原油 $18\,716\text{ t}$ ,注水井4井次,增注 $2.8\times 10^4\text{ m}^3$ ;创效838万元。按照油价 $50\text{ USD}/\text{bbs}$ 计算,投入产出比为1:2.9。

(油 科)