

# 断裂带的结构特征及其对油气的输导和封堵性

吴智平<sup>1)</sup>, 陈伟<sup>1)</sup>, 薛雁<sup>1)</sup>, 宋国奇<sup>2)</sup>, 刘惠民<sup>2)</sup>

1) 中国石油大学(华东), 山东东营, 257061;

2) 中石化胜利油田分公司, 山东东营, 257061

**内容提要:**断裂带是具有复杂结构的三维地质体,其内部可以划分为低渗透性的滑动破碎带、高渗透性的诱导裂缝带等具有不同物性特征的结构单元类型;受各种地质条件和因素的控制,不同性质及活动强度的断裂带、断裂的上下盘、同沉积断裂的不同深度,其断裂带内部结构特征存在差异,这导致了断裂具有对油气输导、封堵的双重性和时空差异;诱导裂缝带可成为油气运移的通道,而滑动破碎带则具有较强的横向分隔性;同沉积断裂下部对油气的横向封堵性要明显强于上部;断裂活动早中期对油气的输导性要强于晚期及断裂活动停滞期。精细刻画盆地内部断裂带内部结构特征对于分析断裂在油气运聚中所起的作用具有重要意义。

**关键词:**断裂带的结构;油气的输导与封堵;时空差异性

断裂在油气运聚与成藏中的作用具有双重性,其既可为油气由深部向浅部运移提供快捷通道,又可为油气聚集成藏提供封堵条件。断裂带什么时候表现为封堵,什么时候又表现为输导,其输导性和封堵性的差异性又受到哪些因素的控制?这些问题一直是石油地质研究领域的热点和难点。

国内外学者就断裂对油气输导与封闭性的机理及影响因素进行了大量的研究,从断裂的性质及活动强度、断层两盘岩性配置、泥岩涂抹、流体压力等方面分析了断裂在油气运聚中的作用(吕延防等,2002;郝芳等,2004)。就本质而言,断裂对油气的输导或封堵性主要取决于断裂带的物性特征(孔隙度、渗透率),断裂带的结构特征及其物性变化决定了其在油气运聚中的“角色”。

## 1 断裂带内部结构单元组成及其物性特征

断裂是岩层在应力作用下发生破裂并沿破裂面产生明显相对移动的一种构造变形现象,其不是一个简单的面,而是一个三维地质体,具有复杂的内部结构(Caine, 1996; Gudmundsson et al., 2001; Yehuda et al., 2003; 周庆华, 2005; 付晓飞等, 2005; 张西娟等, 2006),依据断裂带内部的变形程度,可划

分为滑动破碎带和诱导裂缝带两类结构单元(如图1、图2)。

滑动破碎带位于断裂带的中心部位,表现为复杂的、成组的、交叉排列的断层滑动面和相应断层体的组合,以发育断层岩和伴生裂隙为主要特征,它消耗了断裂发育释放的大部分能量,集中了断裂带的大部分变形。断层岩及断层泥由原岩的碎粉和碎砾组成,呈条带状或透镜状平行于断层面展布,带宽由几毫米至数十米不等;断层角砾的碎块大小不一,排列杂乱无章,角砾碎块多带有棱角,但有时因挤压、滚动而圆化(如扭应力作用下),并有粗略的定向排列(如压性应力作用下),还可能有裂缝和压扁现象,但仍保持原岩的岩性特征。Sibson(1977, 1983)依据断层岩的成因机制,将其分为不具有线理和面理结构的碎裂岩系列(“弹性—摩擦”产物)和具有线理和面理结构的糜棱岩系列(“准塑性”产物),又依据岩石的固结程度,将断层岩分为浅部不具粘结力的断层角砾、断层泥和深部具有粘结力的碎裂岩、糜棱岩(林爱明, 1996)。

诱导裂缝带主要分布于断裂两侧有限区域或断层末端应力释放区,以断裂伴生的低级别及多次序裂隙发育为特征,岩石保留了原来母岩的基本特征,仅被纵横交错的裂缝切割。裂缝属于断裂派生的低

注:本文为国家油气战略选区项目(编号:2009-GYXQ17)资助成果。

收稿日期:2009-03-08;改回日期:2009-09-06;责任编辑:周健。

作者简介:吴智平,男,1967年生。教授,博士生导师,现主要从事含油气盆地分析、油气田应用地层学的教学和科研。电话:0546-8391785;Email: wuzp@hdpu.edu.cn。

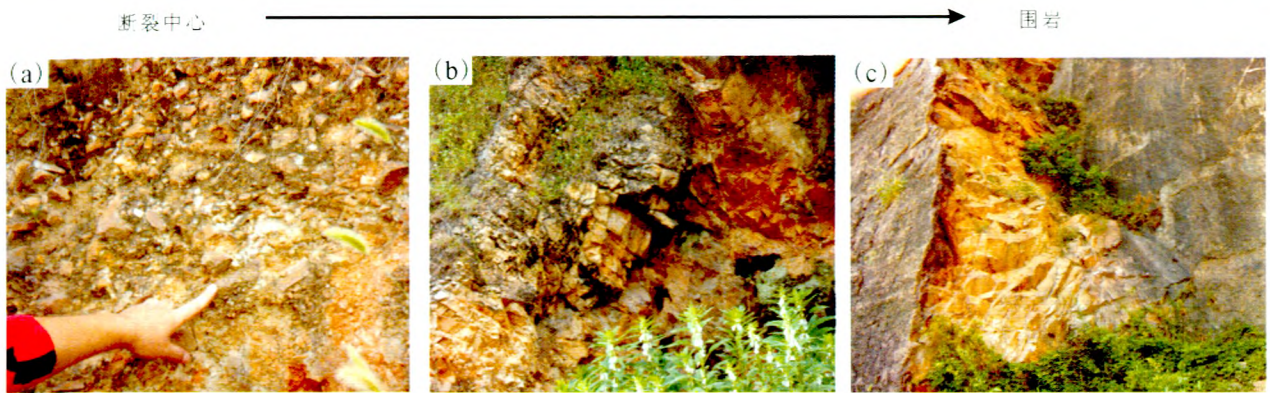


图 1 野外现象揭示断裂带的结构特征(发育于安徽巢湖五通组砂岩中的断裂)

Fig. 1 Field phenomenon revealing the structural characteristics of fault zone (developed in Wutong Formation in Chaohu, Anhui)

(a) — 滑动破碎带; (b) — 诱导裂缝带; (c) — 正常原岩

(a) — Slip damage zone; (b) — induced fracture zone; (c) — host rock

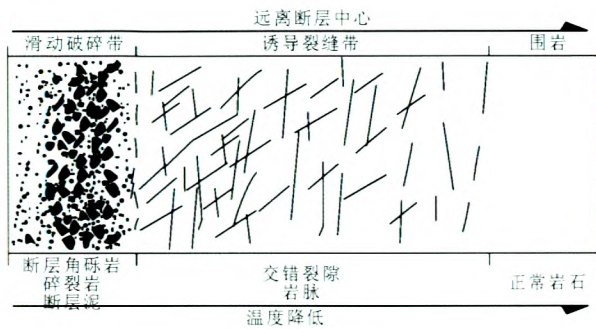


图 2 断裂带内部结构模式图

Fig. 2 Internal structure of fault zone

级别破裂面,它的分布是由断层活动引起的次级构造应力场与岩石力学性质所决定的,其发育特征与局部受力方式和强度、各层段的岩石力学性质密切相关,其性质既有压性的,也有扭性和张性的。

断裂带内部物质结构及裂缝发育程度等方面的不同,必然导致断裂带内部各结构单元的物性差异。国内外学者通过实验对断裂带内部各结构单元的岩石样品的封闭能力进行了大量测定(罗群等,2007),结果表明:就碎屑岩储层而言,滑动破碎带由于断层岩及断层泥的发育,其孔隙度要比围岩小 1 个数量级、渗透率比围岩要小 3 个数量级,且破碎带平行断面的渗透率要比垂直断面的渗透率大 1 个数量级(Antonellini et al., 1994;Gibson, 1998),因而具有比原岩更好的封闭性;而诱导裂缝带由于裂隙的发育,渗透率要高于原岩,封闭能力差,且上盘裂缝带的渗透率要远远好于下盘(图 3)。

断裂带内部滑动破碎带和诱导裂缝带的物性差异在测井响应中有明显的显示。以济阳拗陷钻遇临商断裂的临 95 井为例(图 4),其断裂带发育于碎屑

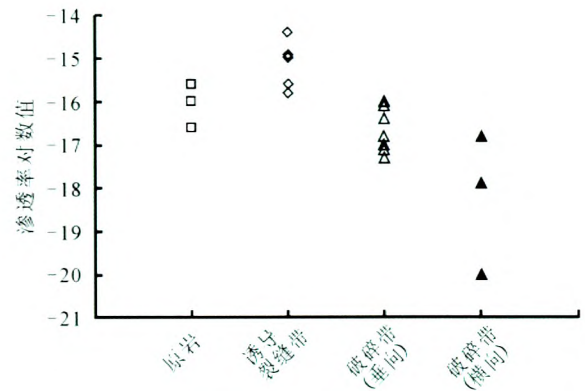


图 3 断裂带内部各结构单元渗透率试验结果对比图 (据 James,1997,转引自罗群等,2007)

Fig. 3 Comparison chart of permeability test results of units inside fault zone (after James, 1997, cited in Luo Qun et al., 2007)

岩地层,与正常岩层相比,滑动破碎带声波时差值偏小,且相对稳定,补偿中子测井值偏小,密度测井值偏大;诱导裂缝带声波时差曲线产生周波跳跃现象或声波时差值增大,密度测井值整体偏小,且曲线呈窄尖峰状显示,补偿中子测井值偏大,电阻率测井曲线一般显示为视电阻率低值。

因此,一个完整的断裂带通常是由位于断裂中心的低渗透性滑动破碎带和位于两侧的高渗透性上、下盘诱导裂缝带 3 个结构单元组成,不是一个简单的面。

## 2 断裂带内部结构的差异性分析

受各种地质条件和因素的控制,不同性质、类型及活动强度的断裂带的内部结构存在明显差异,即

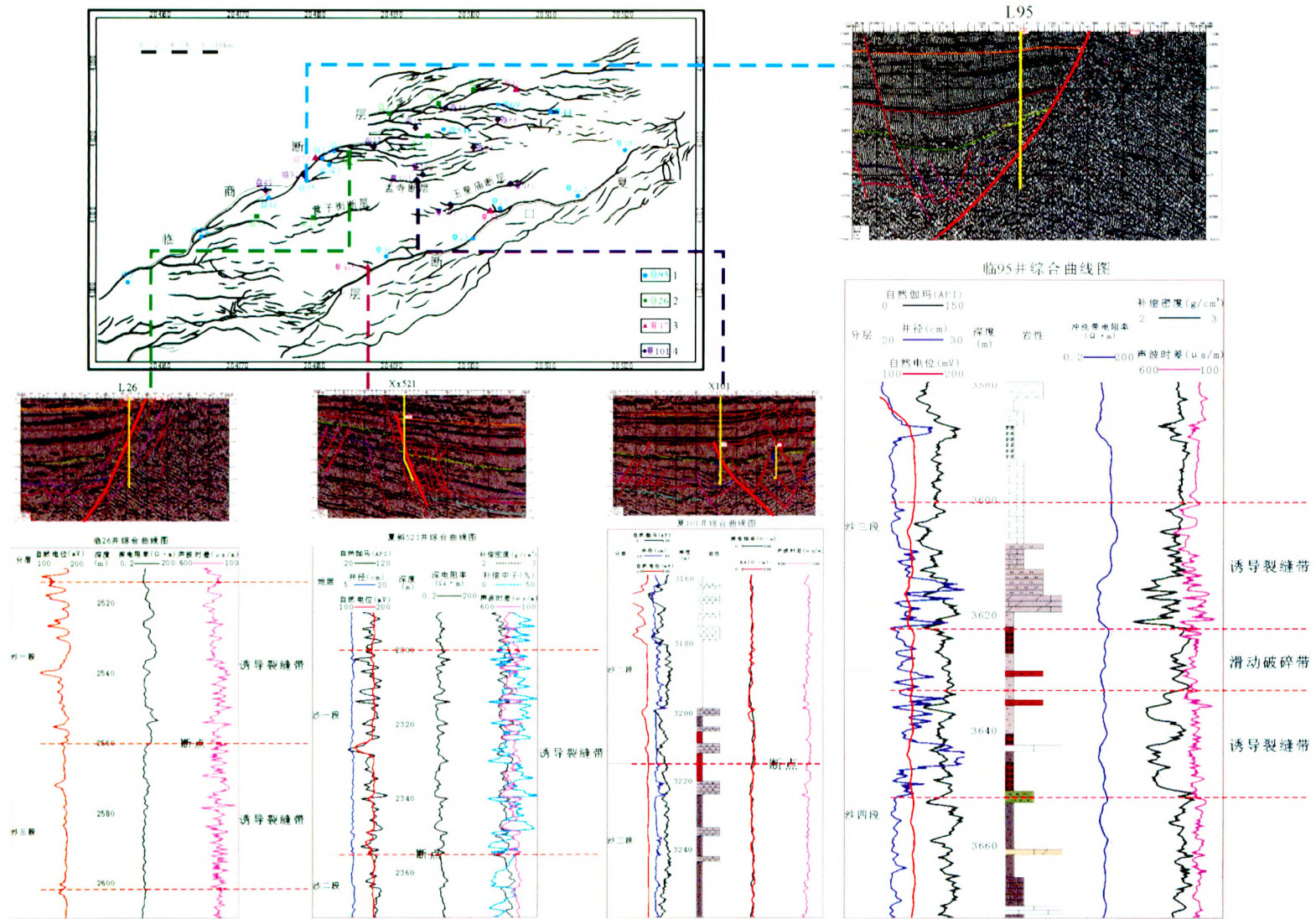


图4 济阳坳陷临南地区断裂带内部结构的测井响应特征

Fig. 4 The logging responses of internal structure of fault zone in the Linman area, Jiyang depression

- 1—类型1:断裂带发育滑动破碎带和诱导裂缝带;2—类型2:断裂带仅发育上下盘的诱导裂缝带;3—类型3:断裂带仅发育上盘诱导裂缝带;4—类型4:断裂带在测井特征上与正常围岩相似  
 1—type 1: fault zone was formed by slip damage zone and induced fracture zones in hanging wall and foot wall, such as well L95; 2—type 2: fault zone was formed by induced fracture zones in hanging wall and foot wall; such as well L26; 3—type 3: fault zone only formed by induced fracture zone in hanging wall, such as well Xx521; 4—type 4: fault zone logging responses are similar to host rock, such as well X101

使是同一断裂带也具有垂向的分层性、横向的分带性和走向方向上的分段性。

2.1 断裂活动性对断裂带内部结构的影响

首先,断裂的活动性质影响断裂带的内部结构。就压性和压扭性断裂而言,滑动破碎带中的断层岩具有致密、颗粒排列紧密、缝洞极不发育、孔渗性差的特点,浅部的碎裂岩带多表现为平行型构造透镜体带,磨砾和断层泥无粘结力断层岩富集成带,深部的糜棱岩显微构造为鳞片状挤压片理;在诱导裂缝带中,发育有张裂缝和剪裂缝,且裂隙延伸较远,形态也比较规则。与压性(压扭性)断裂相比,张性断裂的滑动破碎带以发育棱角状不规则角砾岩为特征,破碎角砾大小混杂,松散堆积,岩石破碎研磨形成的断层泥较少,所见的断层泥大多是表生风化淋滤作用或上覆未固结沉积物填充所致;在诱导裂缝带,常发育与主干断面大致平行的张裂隙,或与主断面锐角相交的树枝状不规则张裂隙。

此外,大量野外地质现象显示,断裂活动强度与断裂带内部结构特征有着密切的关系,不仅影响断裂带内部结构单元的组成,而且决定了其规模大小(图 5)。

断裂发育初期,断裂发育规模小,断距小,仅形成一系列错综复杂的微裂隙,这些裂缝的连通性较好,但尚未形成上下贯通的主断面,且受局部应力场的影

响具有一定的方向性,通常平行于断裂面发育的方向,可使得断裂带的垂向输导性优于侧向输导性。

断裂继续发育,这些微裂隙逐渐增多且局部可形成一个或多个大裂缝(或滑动面),此时断裂两盘地层主要沿着此滑动面错开,此时断裂带对油气的输导能力取决于破裂面的开启程度和裂缝发育程度。

断裂进一步发育,断裂带主要由发育大量棱角状断层角砾岩、细粒碎裂岩和断层泥的滑动破碎带及发育大量裂隙的诱导裂缝带组成,断裂带的侧向和垂向输导性受两带物性特征的综合影响。

大量的野外统计分析资料表明,滑动破碎带的厚度、诱导裂缝带的裂缝密度随断层位移的增大而增大,整个断裂带的宽度与断距之间存在 1/100~1/10 的关系(Sorkhabi et al.,2000)。

因此,断裂的活动强度不仅影响断裂带发育的规模,而且控制了断裂带内部结构单元的组成,活动强度弱的时候,断裂带可能仅由诱导裂缝带构成,随着强度增大,断裂带内部开始分化为上盘诱导裂缝带、滑动破碎带、下盘诱导裂缝带等不同的内部结构单元(图 6)。

2.2 岩性特征对断裂带内部结构的影响

岩石按力学特征可以分为脆性(如碳酸盐岩、砂岩和变质岩等)、塑性(如泥岩、盐岩和膏泥岩等)和脆-塑性 3 种类型,力学性质的差异将导致不同的岩

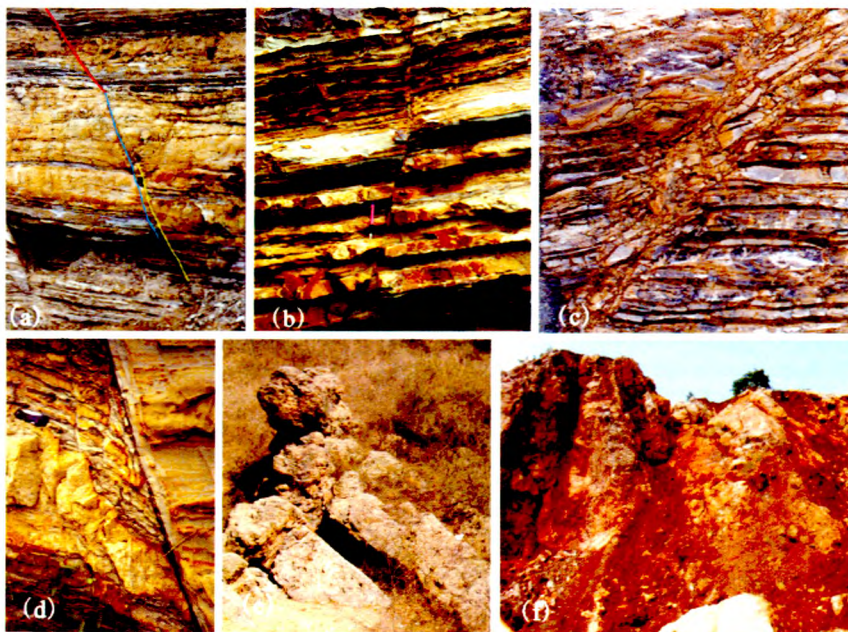


图 5 野外断裂现象揭示断裂活动强度与断裂带内部结构的关系

Fig. 5 Faults in field revealing the relationship between intensity of fault activity and the internal structure of fault zone

(a)→(f),断裂活动强度依次增强

From (a) to (f), fault activity in order to enhance

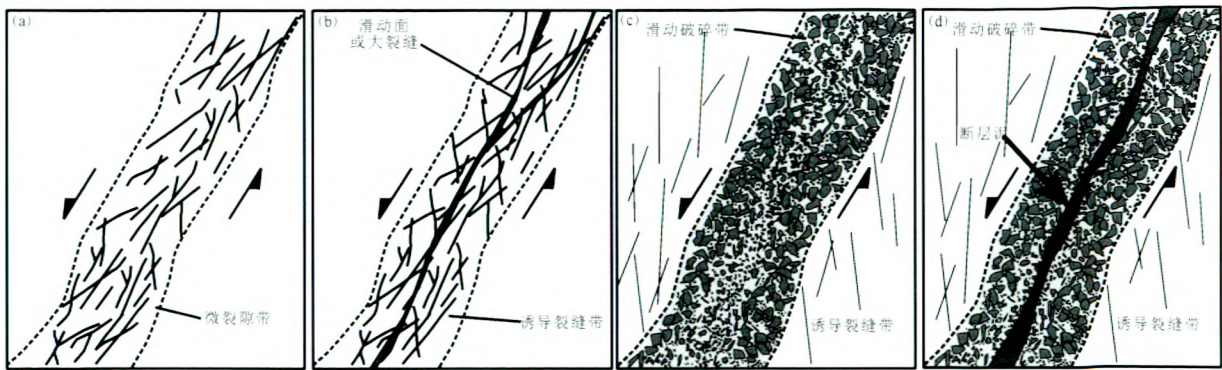


图6 断裂带内部结构的演化模式图(以正断层为例)

Fig. 6 Internal structure evolution models of fault zone

(a)→(d), 断裂活动性依次增强

From (a)→(d), fault activity in order to enhance

石断裂模式和断裂带内部结构特征的差异。脆性地层中的断裂带内部结构发育较完整,可划分出滑动破碎带和诱导裂缝带等结构单元,但就塑性地层而言,断裂活动主要表现为粘滑,应力大部分消耗在断裂位移上,围岩集中的应力小,岩石晶格错位产生塑性变形而不破裂,这导致塑性断裂诱导裂缝带不发育,裂缝发育密度小,断裂带内填充的多为软的断层泥,整个断裂带通常表现为几条充填断层泥大裂缝的组合,不发育诱导裂缝(付晓飞等,2005)。在脆性程度相似的岩石中,裂缝的密度与沉积物颗粒的粗细有关,粒度越粗,裂缝的密度越小,且具有砂岩>灰岩的特点,此外,岩石单层厚度越小,裂缝发育密度越大(Sorkhabi et al., 2000;李会军等,2004)。

### 2.3 断裂两盘诱导裂缝发育的差异性

断裂发育过程中,存在主动盘和被动盘之分,相对运动强烈的,称之为主动盘;相对静止的,称之为被动盘,断裂上盘通常表现为主动盘。

野外地质现象表明,在两盘岩性特征基本一致的情况下,正断层的上盘中的诱导裂缝带更发育,而下盘则相对较弱(图7)。

Andrea Brogi等(2008)对意大利的北亚平宁山脉13条断裂的研究发现,与断层下盘相比,断层上盘裂缝带更宽且裂缝更发育、分布范围大,尤其是在断层位移超过10 m的情况下;另外,断层上盘的裂缝呈有规律的分布,越靠近断点处,裂缝密度越大;而断层下盘的裂缝发育程度则相对较低,且随距断层核部远近变化,裂缝密度没有明显的变化(图8)。

### 2.4 同沉积断裂带内部结构的垂向差异性

同沉积断层又名生长断层,其发育时间长、断裂活动与沉积作用同时进行,是含油气盆地中最主要



图7 野外地质现象揭示正断层上盘诱导裂缝更发育(发育于山东新汶地区汶南组泥岩中的断裂)

Fig. 7 Field geological phenomenon revealing induced fractures in hanging wall of normal fault more developed (developed in Wennan Formation in Xinwen, Shandong)

的断裂类型,其所具有的浅部断距小、沉积物未固结成岩,深部断距大、沉积物成岩作用强等特点,导致了同沉积断裂带内部结构的垂向差异。

为揭示同沉积断裂带的内部结构特征,本文对济阳坳陷临南地区40余口钻遇断裂的井的测井曲线进行了分析,结果表明,该地区断裂带的测井响应特征所反映出断裂带的内部结构可以划分出多种类型:活动强度大的临商、夏口断裂主枝断裂带内部结构完整,由上、下诱导裂缝带和滑动破碎带组成;分支断层、次级断层的断裂带结构不完整,缺失滑动破碎带和(或)下盘诱导裂缝带,而消亡时间早、活动强度弱的断裂带结构不明显,其测井特征与正常围岩相似(图4)。

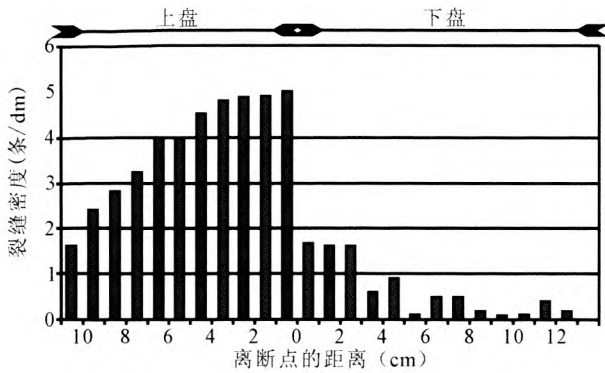


图 8 Rapolano 断层上、下盘裂缝发育差异  
(据 Andrea Brogi 等,2008)

Fig. 8 The difference of fracture density between hanging wall and foot wall of Rapolano fault (after Andrea Brogi et al. , 2008)

就同一断裂带而言,不同位置的断点的断裂带内部结构也存在差异,以临商断裂为例,断裂带内部结构类型与断距、断点深度的散点分析(图 9)表明:断裂带结构发育完整的断点多发育在 1700~3500 m 深度范围,且断距多数大于 300 m;断裂带内部结构发育不完整的断点深度多为 1500~2300 m,且断距多处于 100~300 m;而断裂带内部结构不发育的断点多发育在小于 1500 m 的浅部地层或大于 3000 m 的深部,且断距较小,一般不超过 100 m(图 9)。

综合上述分析,本文建立了同沉积断裂带的内部结构模式:在浅部,由于断距小、且沉积物往往没有固结成岩,因而断裂带表现为地层的塑性变形,裂缝不发育;随着断面深度的增大,断层滑距增大、成岩作用增强,断裂带的内部结构自浅至深,表现为“裂缝带→裂缝带与主裂缝的组合→上、下诱导裂缝带与滑动破碎带的组合”的渐变过程,自浅到深,滑动破碎带和其内部的断层泥越来越发育(图 10)。

### 3 断裂对油气的输导与封堵

断裂带内部结构特征决定了其对油气具有输导和封堵的双重性:诱导裂缝带裂缝发育、封闭性差,可作为油气运移的通道;而滑动破碎带封闭能力强,具有较强的分隔性,能阻止流体穿过;因而,断裂带内部结构的时空差异必将导致断裂在油气运聚中所起的作用不同。

#### 3.1 断裂对油气输导与封堵性的时间差异

就同一断层而言,其对油气的输导或封堵性不是一成不变的,不同演化阶段断裂带内部结构的差异性导致了断裂带对油气输导和封堵性的时间差异。

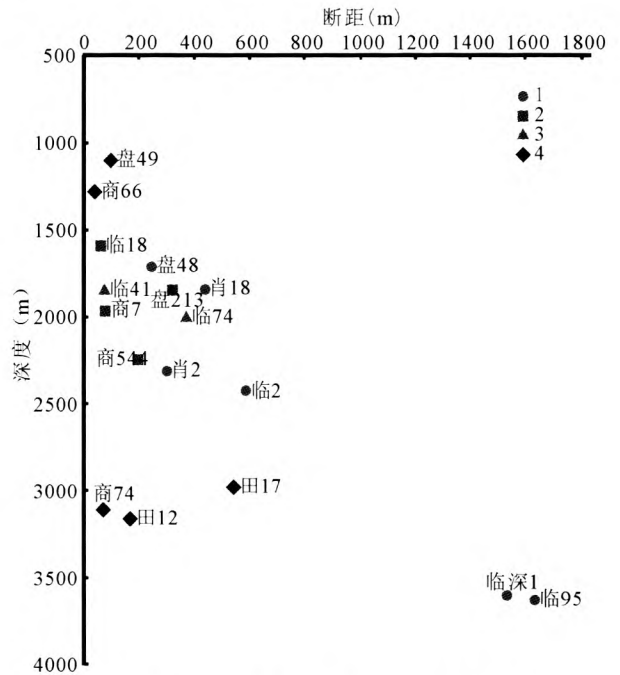


图 9 临商断裂带不同断点的内部结构与断距、断点埋深关系的散点分析图

Fig. 9 Relationship of internal structure of Linshang fault zone and displacement and depth

- 1—类型 1:发育滑动破碎带和及其两侧诱导裂缝带;2—类型 2:仅发育上下盘的诱导裂缝带;3—类型 3:仅发育上盘诱导裂缝带;4—类型 4:在测井特征上与正常围岩相似
- 1—Fault zone was formed by slip damage zone and induced fracture zones in hanging wall and foot wall; 2—fault zone was formed by induced fracture zones in hanging wall and foot wall; 3—fault zone only formed by induced fracture zone in hanging wall; 4—fault zone logging responses are similar to host rock

断裂发育初期,断裂带内部结构表现为微裂隙发育,尚未形成上下贯通的主断面,断裂带对油气具有局部输导性;随着断层的扩展,形成主破裂面和两侧诱导裂缝带,断裂带的渗透率增高,对油气具有贯通性垂向输导作用;断裂进一步演化,低渗透率的滑动破碎带的发育,形成油气侧向运移的屏障,而两侧诱导裂缝带则可为油气的垂向运移提供通道,因此该时期断裂带具有对油气垂向输导和侧向封堵的双重性;随着断裂活动强度的减弱和消亡,充填胶结作用逐渐增强,断裂带孔、渗性降低,断裂对油气主要起封堵作用。

就整个地质历史时期而言,断裂在油气运聚过程中所起的封堵作用与输导作用,存在“点断平衡”模式,即:地质历史时期的油气运聚过程表现为长期稳定的聚集平衡状态不断被短期的运移过程所打断;断裂活动状态对应于油气运移状态,相对地质历

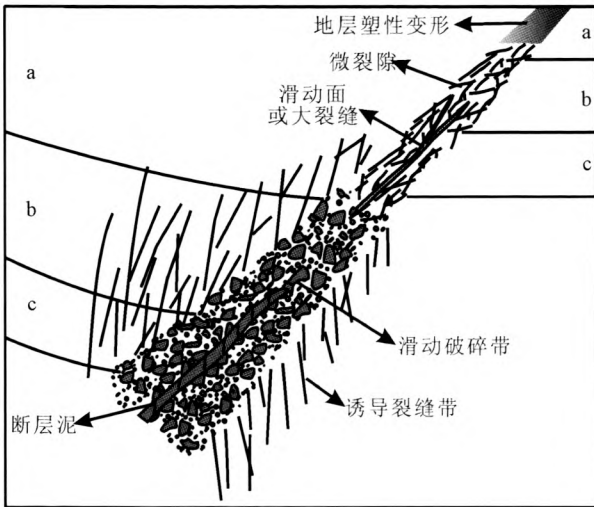


图 10 生长断层断裂带内部结构模式图

Fig. 10 The internal structural model of growth fault

图中 a、b、c 分别代表不同时期形成的地层

a, b, c, d in this figure representing formation formed in different periods

史时期而言,是“一瞬间”,在时间轴上表现为“一个点”,此时断裂带主要表现为对油气的输导性;断裂带的静止状态对应于油气稳定的聚集平衡状态,占了地质历史的大部分时段,是长期的,此时断裂带主要表现为对油气的封堵;由于断裂活动的“幕式效应”,使得断裂在油气运聚中的长期稳定的封堵性不断被短时间的输导性所“点断”。

断裂在油气运聚过程中的输导性与封堵性的转换,在油气分布与成藏的规律中可以体现出来。以济阳坳陷临南洼陷为例(图 11),该洼陷为夏口断裂与临商断裂分离侧接走滑所产生的典型的走滑拉分

盆地,烃源岩主要发育于洼陷中心的沙三段( $Es^3$ ),  $Ng-Nm$  为油气的主要运聚成藏期,油气藏发育于  $Es^3-Ng$  多套层系中,目前所发现的油气藏围绕生油中心呈环带状分布,且含油性呈现出北部好于南部、东部好于西部的特点,这与断裂发育有着密切的关系:临商断裂带的帚状分支断层在油气运聚成藏期还处于活动状态,垂向输导能力强,油气沿断阶自下而上逐级攀升,当断裂的活动性减弱后,其横向封堵性增强,从而形成了断层封堵型油气藏,也正是断裂对油气的“先导后堵”,造成了油藏沿油源断层呈“多层楼”式分布;而夏口断裂的帚状分支断层在油气运聚成藏期已经停止活动,因而主要表现为对油气的封堵,对油气的输导能力弱,阻止了油气向西、向上的运移。

### 3.2 断裂对油气输导与封堵性的空间差异

首先,同沉积断裂内部结构的垂向差异,可以导致断裂带对油气输导和封堵性在垂向空间上的差异。在断裂带的深部,诱导裂缝带是油气垂向运移的主要途径,滑动破碎带及断层泥的发育增强了对断层两盘的侧向封堵;在断裂带的中浅部,诱导裂缝带及主断裂缝的发育使其具有较强的垂向输导性,由于滑动破碎带不发育,导致其断层两盘侧向连通性较好。

济阳坳陷临南地区夏口断裂两盘油层流体静压力的变化较好地揭示了同沉积断层自下而上的侧向封堵能力逐渐减弱的特点(图 12):在深部,断层两盘同一深度油层流体静压力的差值大,可达 15 MPa 以上,反映了断裂带对流体的侧向分割、封堵能力强;自

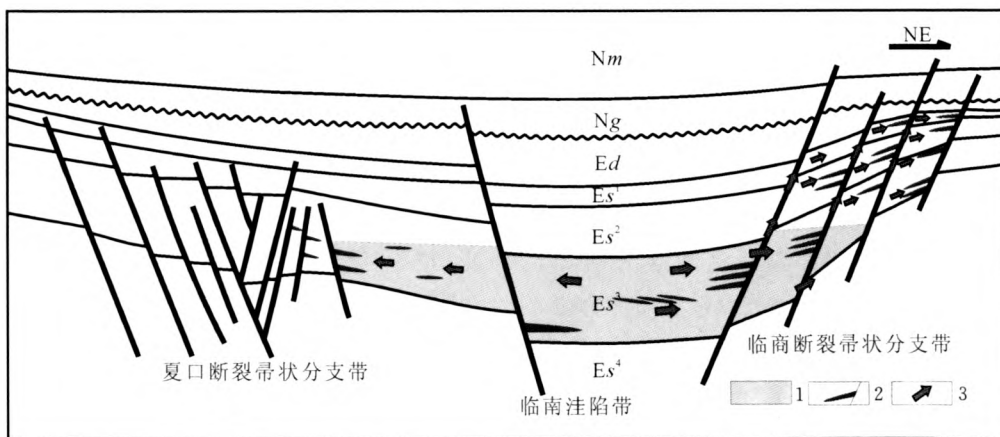


图 11 济阳坳陷临南地区油气成藏模式图(NE向)

Fig. 11 Hydrocarbon accumulation pattern in the Linnan area of Jiyang depression(NE)

1—烃源岩;2—油气藏;3—油气运移方向

1—Hydrocarbon source rock; 2—hydrocarbon-bearing pool; 3—direction of oil-gas migration

深部到浅部,断层两盘油层流体静压力的差值逐渐降低,在埋深小于 2000 m 的区段,两盘流体静压力趋于一致,表明在该断裂带的浅部不具有侧向封堵性。

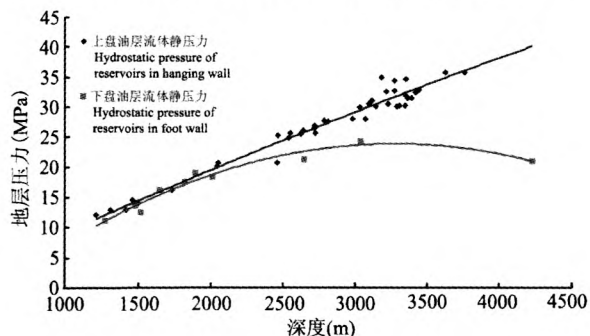


图 12 济阳坳陷临南地区夏口断裂带两盘油层的流体静压力

Fig. 12 Hydrostatic pressure of reservoirs in hanging wall and foot wall of Xiakou fault zone in the Linnan area, Jiyang depression

其次,断裂带内部结构具有不对称性,滑动破碎带两侧的上、下盘诱导裂缝带发育程度存在差异,上盘诱导裂缝带的宽度大、裂缝密度高、渗透率大;而下盘诱导裂缝带的宽度窄、裂缝密度小,甚至基本不发育,这就导致了断裂带对上盘油气的垂向输导性强、对下盘油气的侧向封堵性强,因此,当断层顺向遮挡时,油气容易沿着具有高渗透率的上盘诱导裂缝带向上运移散失,而当断层反向遮挡时,低孔、低渗的滑动破碎带对下盘油气造成封堵,因而反向遮挡圈闭的有效性更高(图 13)。

此外,断层两侧岩性配置、断层后期充填效应、断面产状等方面的不同,也会导致同一断裂不同空间位置的断裂带内部结构的差异,进而影响其对油气的输导和封堵。

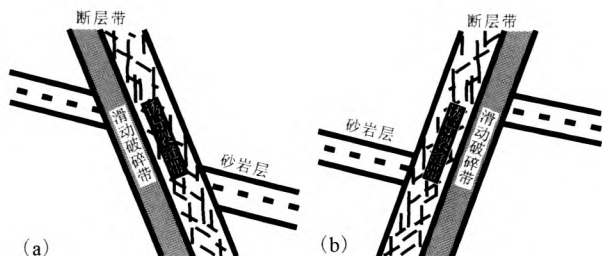


图 13 断裂遮挡类型及其断裂内部结构的不对称性

Fig. 13 Fault sealing types and the asymmetry of internal structure of fault zone

(a) —顺向遮挡; (b) —反向遮挡

(a) —Synthetic sealing; (b) —antithetic sealing

## 4 结论与启示

(1) 断裂不是简单的面,而是一个具有复杂地质结构的三维地质体,其内部组成可以划分出滑动破碎带、诱导裂缝带等具有不同物性特征的结构单元类型。

(2) 断裂所具有的对油气输导和封堵的双重性受控于断裂带的内部结构特征,不同活动强度、不同岩性特征、不同发育阶段、同沉积断层不同深度的断裂带内部结构的差异性,导致了断裂带对油气输导与封堵性的时、空差异。

(3) 综合运用岩芯、测井、地震资料对含油气盆地中断裂带的三维几何形态及内部结构特征进行精细刻画和动态分析,应成为断裂与油气运聚关系研究中的重要环节。

## 参 考 文 献

付晓飞,方德庆,吕延防,付广,孙永河. 2005. 从断裂带内部结构出发评价断层垂向封闭性的方法. 地球科学, 30(3): 328~336.

郝芳,邹华耀,方勇,曾治平. 2004. 断—压双控流体流动与油气幕式快速成藏. 石油学报, 25(6): 38~43.

李会军,吴泰然,郝银全,张秀珠,张文才. 2004. 港深 78 井裂缝发育影响因素、成因及其在油气勘探中的意义. 断块油气田, 11(3): 2~29.

林爱明. 1996. 断层岩与断层模式. 高校地质学报, 2(3): 295~305.

罗群,姜振学,庞雄奇. 2007. 断裂控藏机理与模式. 北京:石油工业出版社.

吕延防,付广,等. 2002. 断裂封闭性研究. 北京:石油工业出版社.

张西娟,曾庆利,马寅生. 2006. 断裂带中的流体活动及其作用. 西北地震学报, 28(3): 274~279.

周庆华. 2005. 从断裂带内部结构探讨断层封闭性. 大庆石油地质与开发, 24(6): 1~3.

Andrea Brogi. 2008. Fault zone architecture and permeability features in siliceous sedimentary rocks: insights from the Rapolano geothermal area (Northern Apennines, Italy). Journal of Structural Geology, 30: 237~256.

Antonellini M, Aydin A. 1994. Effect of faulting on fluid flow in porous sandstones: petrophysical properties. AAPG Bulletin, 78: 355~377.

Caine J S. 1996. Fault zone architecture and permeability structure. Geology, 24(11): 1025~1028.

Gibson R G. 1998. Physical character and fluid-flow properties of sandstone-derived fault zones. In: Coward et al., eds. Structural Geology in Reservoir Characterization. Geological Society Special Publication, 127: 83~97.

Gudmundsson A, Berg S, Lyslo K B, Skurtveit E. 2001. Fracture networks and fluid transport in active fault zone. Journal of Structure Geology, 23: 343~353.

Sorkhabi R, Suzuki U, Sato D. 2000. Structural evaluation of



- petroleum sealing capacity of faults. SPE59405;1~9.
- Sibson R H. 1977. Fault rocks and fault mechanism. *J. Geol. Soc. Loud.*, 133:191~213.
- Sibson R H. 1983. Continental fault structure and the shallow earthquake source. *J. Geol. Soc. Loud.*, 140:741~761.
- Yehuda Ben-Zion, Charles G S. 2003. Characterization of fault zone. In: Yehuda Ben-Zion, eds. *Pure and Applied Geophysics: Seismic Waves and Fault Zone Structure*. Springer, 160:677~715.

## Structural Characteristics of Faulting Zone and Its Ability in Transporting and Sealing Oil and Gas

WU Zhiping<sup>1)</sup>, CHEN Wei<sup>1)</sup>, XUE Yan<sup>1)</sup>, SONG Guoqi<sup>2)</sup>, LIU Huiming<sup>2)</sup>

1) *China University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257061;*

2) *Sinopec Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong, 257061*

### Abstract

Faulting zone is a complex three-dimensional geological body with heterogeneous structures, the interior of which can be divided into different structural units with different properties, such as low-permeability slip damage zone, high-permeability induced fracture zone, and so on. Controlled by various geological conditions and factors, internal structures of faulting zones in different kinds and activity intensity faults, hanging wall and footwall, different depth of growth fault are different, which causes faults to have dual nature and temporal and spatial differences in transporting and sealing oil and gas: induced fracture zone can be the channel for transporting oil and gas, while slip damage zone has a strong horizontal segregation; oil and gas horizontal sealing of the lower part of growth fault is obviously stronger than the upper; oil and gas transport capacity of fault in early and middle fault activity is much stronger than in late and resting stages. Therefore, understanding of internal structures of faulting zones in the basin has great significant in examining the role of faulting in the migration and accumulation of oil and gas.

**Key words:** structure of faulting zone; transport and seal of oil and gas; temporal and spatial differences