

文章编号:1672-9854(2010)-02-0056-08

# 从地震信息看阿尔金断裂带构造 和塔里木盆地花彩弧断裂体系

杨建<sup>1</sup>, 戴福贵<sup>2</sup>, 吴红华<sup>3</sup>, 杨克绳<sup>2</sup>

(1 中油集团地震监理公司; 2 东方地球物理公司研究院; 3 东方地球物理公司物探技术研究中心)



杨建

**摘要** 阿尔金断裂带由多条断裂组成,主要有阿尔金断裂、且末断裂、三危山断裂。其中阿尔金断裂为主断裂,它呈左旋走滑兼具逆冲性质,中生代—古近纪为左旋走滑,新近纪由东南向西北逆冲推覆。且末断裂和三危山断裂均具左旋走滑性质。且末断裂受统一的阿尔金断裂带左旋应力场控制,但又叠加了塔里木盆地向南挤压的应力场,从而具有双重属性。塔里木盆地的断裂总体上组成古生界塔北花彩弧断裂束和塔南花彩弧断裂束,展布成全盆地的菱形断裂系统,且末断裂构成其东南边界。在该菱形断裂系统的北弧顶和菱形内的中央轴部为背冲式的构造断裂带,显示挤压特征;在花彩弧两翼转弯处展布正花状构造样式,显示走滑特征。阿尔金断裂带及其两侧,主要在柴达木、塔里木两大盆地发现了大油气田,两者都是由断层控制油气的垂向运移与分布。柴达木盆地具有双重断—坳的特点,但油气田只分布在中—新生界构造层内;塔里木盆地,南北翘板式的构造运动是其形成复式油气区的最重要的地质构造条件。

**关键词** 地震解释; 断裂特征; 油气分布; 阿尔金断裂带; 塔里木盆地; 柴达木盆地

**中图分类号**: TE111.2 **文献标识码**: A

**杨建** 1967年生,工程师。1989年毕业于中国地质大学(北京)应用地球物理系地质地球物理专业,现从事地震监理及资料解释工作。通讯地址: 072751 河北省涿州市范阳西路188号 物探局2号院; 电话: (0312)3824738

## 1 阿尔金断裂带的组成及变形特征

前人研究认为,阿尔金断裂带是中国三大走滑断裂带之一,系一巨型左行走滑兼逆冲推覆和韧性剪切性质的断裂带,它由多条断裂组成,主要的有阿尔金断裂、且末断裂、三危山断裂等(图1),其中阿尔金断裂是该断裂带的主断裂。该断裂带在大地构造上位于塔里木盆地东南边缘,其西南端构成东、西昆仑山的分界,中部是柴达木盆地的西北边界,东北端为阿克赛至祁连山西北端,过昌马盆地,切过酒泉盆地和花海盆地进入北山地区。

### 1.1 阿尔金断裂

阿尔金断裂是阿尔金断裂带的主干断裂,从西南一端的东、西昆仑交界地区开始,经吐拉、索尔库里盆地、阿克赛至祁连山西北端,过昌马盆地,切过酒泉和花海盆地进入北山地区。这是一条近于平直、

贯通两端的断裂,在多处发育明显断层构造地貌。如在吐拉马场北缘沿断层地表出露一系列的串珠状泉眼;在索尔库里及其以东地区,有狭长的断裂谷地发育,谷地边缘发育陡直断层崖和断层三角山。

从产状来看,阿尔金断裂在1600 km长的范围内,主断面多向东南方向倾斜,倾角较陡,一般在50°~70°以上,断裂两侧地层和构造有明显的差异。西北侧以太古宙变质岩系和古近纪—新近纪陆相碎屑岩系为主;东南侧以显生宙火山岩系和沉积岩系为主,元古宙变质岩系次之。该断裂及其两侧发育较多的基性—超基性和中酸性侵入体,多沿断裂呈带状分布。该断裂在重力图上显示北高南低的北北东向线性梯度带;在航磁图上反映出区域性带状分布的正负剧烈变化的线性或链状磁异常。该断裂由一系列羽列式断层组成,在阿尔金山走滑主断裂北段,它们呈左行左列组合。断层附近可见数百米至数千米宽的动力变质带和混合岩化带,有时见断裂面平

收稿日期:2008-12-18;改回日期 2009-09-03

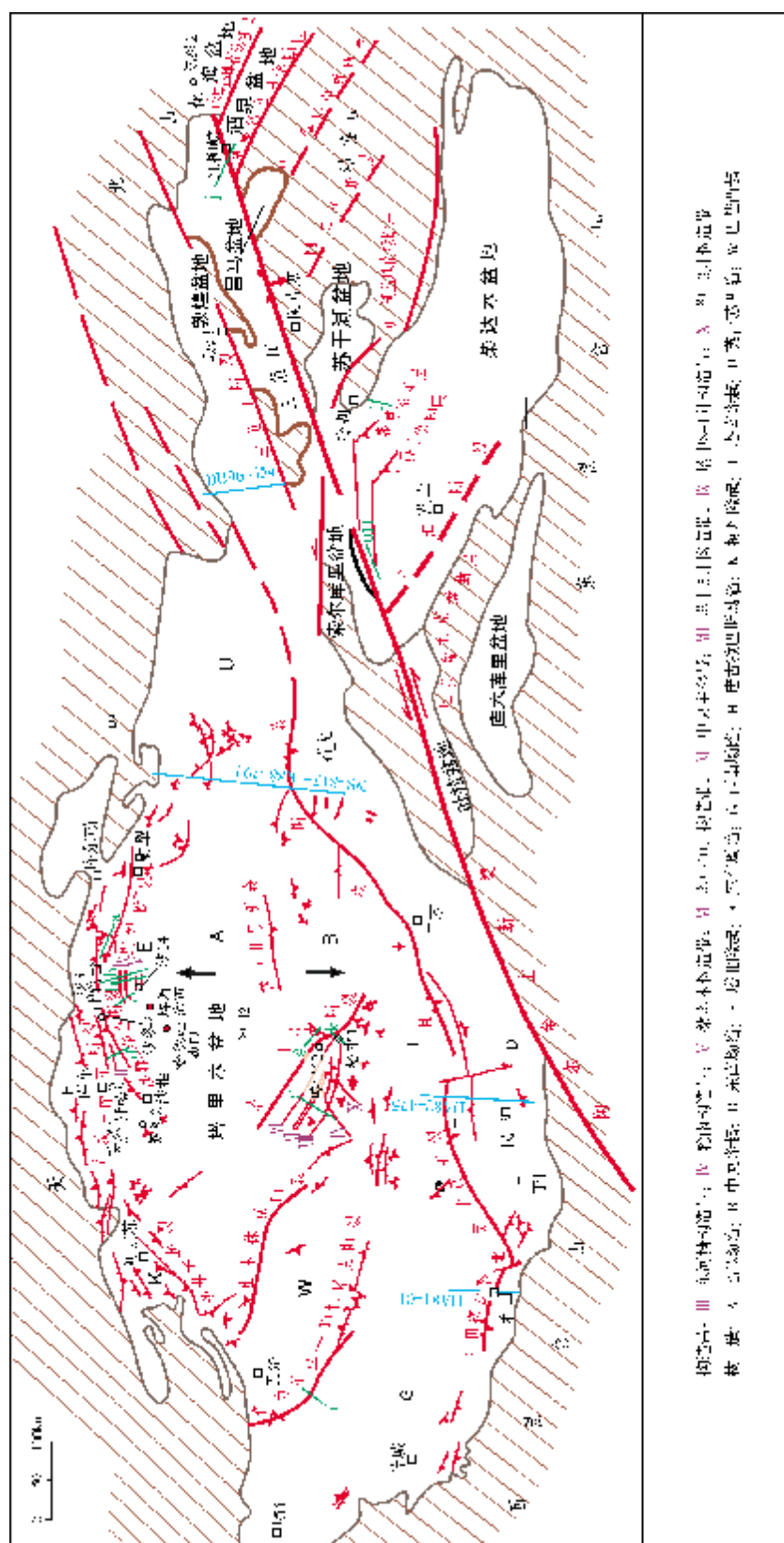


图 1 阿尔金断裂带及其两侧和塔里木盆地断裂展布图  
(据谢晓安等<sup>[1]</sup>和冯建辉等<sup>[2]</sup>资料编制)

直切割砾石,反映断裂具剪切性质。在长草沟断裂带(图1中阿克塞城东位置)发育剑鞘褶皱和长英质糜棱岩带<sup>[3]</sup>,由此表明该断裂具有韧性变形性质。

显微构造研究表明,断裂带南侧绿片岩中的 $\sigma$ 型眼球体及斜向显微剪切带指示该断裂具有左行走滑运动性质<sup>[3]</sup>。在阿尔金断裂东北端宽台山北的花海盆地花探2井见正花状构造<sup>[4]</sup>;在阿尔金断裂东南缘的红沟子一带(图1中剖面014位置)浅层逆冲滑脱断裂发育,深层中生界—古近系发育正花状构造<sup>[5]</sup>。这更进一步证明阿尔金断裂在中生代—古近纪具有扭动走滑特点,而新近纪具有挤压逆冲地质痕迹。

平面构造组合展示,在阿尔金主断裂东南缘的花海盆地南缘断层、酒泉盆地南缘断层、昌马盆地南缘断层、祁连山内的阿克塞断层、苏干湖盆地南缘断层、柴达木西北缘鄂博梁断层、牛鼻梁断层、茫崖断裂、吐拉盆地南缘断层,断层走向以NW向为主,这些断裂大多呈微弧形,弧顶大多指向NE<sup>[5]</sup>,与阿尔金主断裂为锐角相切,其锐角指向为SWW。这些都说明与阿尔金左旋走滑主断裂在盆地一侧的左旋走滑方向一致,这也是阿尔金主断裂左旋走滑运动的佐证。

从宏观来看,阿尔金断裂除左行走滑滑动外,还有明显逆冲推覆性质,推覆方向由东南向西北。在酒泉盆地西北部红柳峡地区(图1中NW—SE方向地震剖面),该断裂中所夹的志留系岩块,可能是从祁连山边缘随断层左旋走滑活动被携带而来<sup>[2]</sup>。

总之,阿尔金断裂中生代—古近纪为一左旋走滑、新近纪为一由东南向西北逆冲推覆的断层。

## 1.2 且末断裂

且末断裂沿塔里木盆地东南缘且末河分布,由和田次断裂、北民丰次断裂、且末次断裂组成,是切割塔里木盆地塔西南拗陷、塘古孜巴斯拗陷、中央隆起以及塔南隆起的二级断裂<sup>[1]</sup>。这三条次断裂的新生界都显示向西北逆冲推覆性质,它们之间被北西向走滑断层所分割。且末断裂大体上和阿尔金断裂平行且延伸长度也接近,全长约1000 km。在NS-815—K88-794地震剖面(图2)北半部展示出向上断至白垩系的花状构造,它应属阿尔金构造域控制的花状构造体系,在且末次断裂西北侧有走向近东西向三级断裂与北东向的且末次断裂呈锐角相切,锐角指向NEE,这些构造特征都说明且末断裂也具有左旋走滑性质。

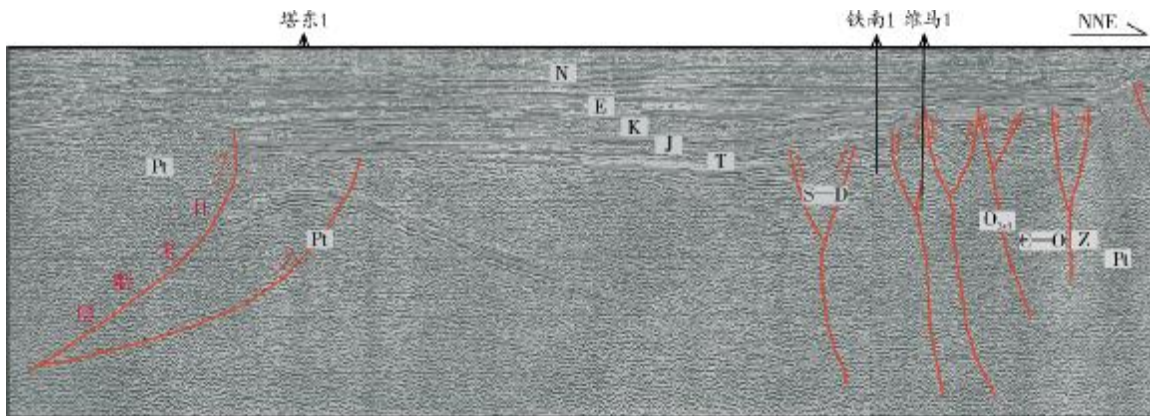


图2 切过且末断裂的NS-815—K88-794地震剖面(据刘怀奇,1990,略有修改)

剖面位置见图1

## 1.3 三危山断裂

三危山断裂在敦煌盆地中部三危山北缘山前发育,长约近500 km,延伸长度远不及阿尔金断裂和且末断裂,仅展布于阿尔金断裂带的东北端一部分,但伸入了北山地区<sup>[6]</sup>。断层南侧为前寒武纪

敦煌群变质岩系;北侧主要为古近纪—新近纪砂砾岩,局部地段为侏罗纪煤系。在地震剖面DH96-354上新生界仍为向西北逆冲推覆断层,控制着敦煌盆地的构造格架。该断裂在北山地区内以左旋性质错断了加里东缝合线<sup>[6]</sup>,说明同样具有左旋走滑性质的特点。

## 2 塔里木盆地断裂性质特征

从图 1 可见,阿尔金断裂带位于塔里木盆地东南侧,它既是一个独立的构造带,又构成了塔里木盆地的东南边界。其中的且末断裂,它兼属阿尔金断裂带和塔里木盆地两大断裂体系。由此,塔里木盆地的断裂在平面上总体组成塔北花彩弧断裂束和塔南花彩弧断裂束,展布成全盆地的菱形断裂系统<sup>[4]</sup>。

在该菱形断裂系统北弧顶部位的轮南—桑塔木构造断裂带(图 3)为背冲式的构造断裂带。在该菱形系统的中央轴部展布塔中背冲断裂构造带<sup>[6]</sup>(图 4)。

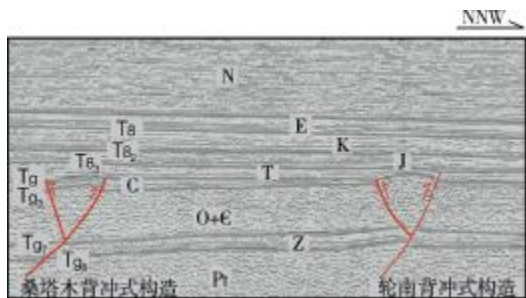


图 3 轮南—桑塔木构造 L86-216 地震剖面(据王小善,1990)  
剖面位置见图 1 中的 b

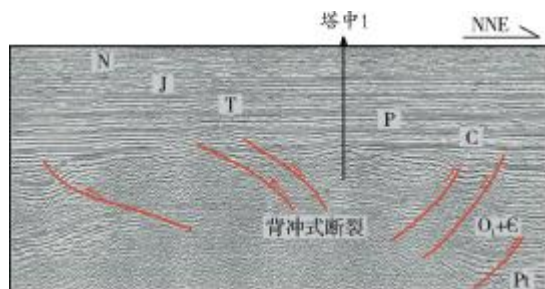


图 4 塔中背冲断裂构造带 D87-540 地震剖面(据黄碧芬,1990)  
剖面位置见图 1 中的 k

在花彩弧两翼转弯处,展布正花状构造样式。在塔北花彩弧构造带北侧西向库尔楚南构造断裂带上(图 1 中剖面 a 所在位置),平面上形成右旋剪切潜山构造断裂带,构造带上四个主高点的地震主剖面都显示标准的正花状构造样式<sup>[7]</sup>(图 5)。在轮南构造带西侧转弯处(图 1 中剖面 c 所在位置),显示出左旋剪切花状构造样式(图 6)。这些实例说明,在同一断裂构造带上,由于构造方向的差

异,各构造点所受的力学机制不相同,从而导致不同的构造样式。

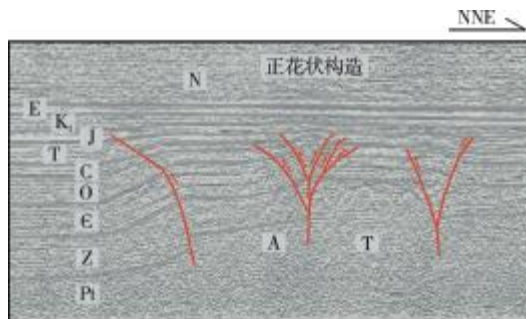


图 5 库尔楚南构造 K86-486 地震剖面(据高增海,1993)  
剖面位置见图 1 中的 a

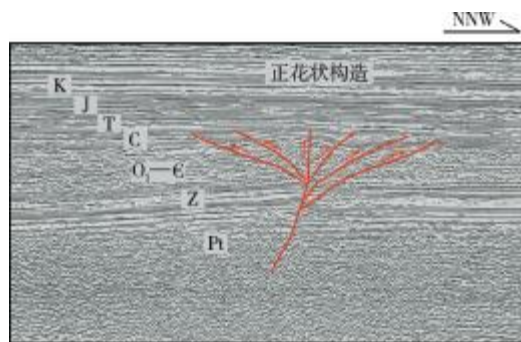


图 6 轮南构造带西侧 88-203 地震剖面(据高增海,1993)  
剖面位置见图 1 中的 c

同样,塔南花彩弧构造样式,向南挤压主应力轴西侧转弯处的塔中 10 号构造带显示右旋正花状构造样式<sup>[4]</sup>(图 7)。而且在平面上,从塔中 I 号断裂向南的塔中 10 井构造带(VI)、中央主条带(VII)、塔中 5 井构造带(VIII)、塔中 8-1 井构造带(IX)以及塔中 3 井构造带(X),构成向西撒开、向东收敛、总体呈帚状的构造形态,说明具有扭动构造特征。近年来在塔中东部做了三维联片测量,发现了塔中 12 井东走滑断裂体系,穿过郁金香花式构造主断裂的地震剖面(平行塔中 I 号断裂)展示了郁金香式的花状构造(图 8)<sup>[8]</sup>,主断裂在剖面上表现为近似直立的断面,直插入基底。这一断裂体系应属塔里木盆地菱形断裂的东南翼花彩弧构造体系。

## 3 阿尔金断裂带与塔里木盆地花彩弧断裂系的关系

前已述及,阿尔金断裂带和塔里木盆地两大断



图7 塔中10号构造带86-415地震剖面(据邓常念,1990)  
剖面位置见图1中的e

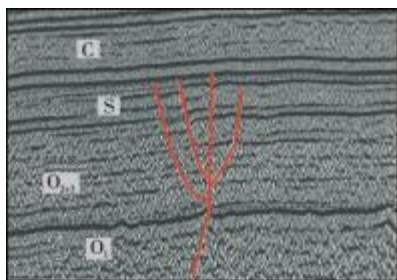


图8 塔中东部三维联片测量中穿过郁金香式断裂的地震测线  
(据李明杰等,2005)  
剖面位置见图1中的g

裂体系,既相对独立,又彼此联系。

构成阿尔金断裂带的三条主要断裂,即阿尔金、且末及三危山断裂,在中生代所处的动力环境是印支期的羌塘地块、燕山期的拉萨地块向东北漂移、俯冲、碰撞欧亚大陆,这使阿尔金断裂带呈反时针方向转动,各地块相继与欧亚大陆拼接在一起,形成欧亚大陆的雏形<sup>[9]</sup>。新近纪印度地块向北漂移、俯冲、碰撞欧亚大陆,由于印度地块强烈地向东北挤压,阿尔金断裂带由原来左旋走滑变为向西北逆冲推覆,说明它在不同时期遭受不同的构造应力作用。塔里木台盆区受昆仑褶皱系海西期向北挤压构造应力的控制。将库尔楚南正花状构造样式与轮南—桑塔木背冲式断裂构造相类比,两种不同样式的构造,同属塔里木盆地塔北隆起上的次级构造带,为什么一种是标准的正花状构造样式,而另一种是标准的背冲断裂构造样式?这是与塔里木盆地海西期南北向挤压构造应力场有关的(图1)。海西期,由于昆仑褶皱系向塔里木地块由南向北挤压,天山褶皱系由北向南挤压,使得塔里木盆地形成南北向的挤压应力场<sup>[7]</sup>。塔里木盆地从花彩弧转弯处所形成的扭动构造都是从基底向上大体穿过古生界,而阿尔金构造域形成的花状构造大体上都穿过侏罗系、白垩系构造层,说明与阿尔金扭动构造是

有区别的。因而塔里木盆地古生界菱形断裂体系的形成与阿尔金构造所受的应力场无关。塔里木盆地台盆区菱形断裂体系是受海西期应力场控制的,即受昆仑褶皱系向北挤压构造应力为主,天山褶皱系向南挤压应力为辅,组成塔里木盆地海西期统一的构造应力场体系。在这一应力场作用下,大体上形成以挤压为主的東西向断裂构造带和以北西向右旋、北东向左旋的压扭断裂构造带。

以上论述解释了以挤压为主的東西向构造带必然形成背冲断裂构造样式(轮南、桑塔木);以東西向和北东、北西向三组断裂组成的花彩弧断裂束,在两翼转弯处,弯度较大的构造部位所派生的扭应力大于挤压地质营力,可形成花状构造样式(库尔楚南),在弯度不够理想时,所派生的扭应力仅在局部构造高点部位形成花状结构显示(东河塘、塔中10井构造)。这不仅解释了背冲断裂构造样式与花状构造样式在地震信息上的差异,而且从区域力学构造背景区分了两类构造样式,为较客观地解释花状构造提供了构造力学依据。

最后需要解释的尉犁东南的花状构造群(NS-815剖面北半段)是古生代形成的,而到中生代受阿尔金构造断裂的影响,活化了古生界花状构造而刺穿了中生界构造层。同样,在塔西南坳陷与巴楚凸起上的色力布亚断层(属于塔里木花彩弧西南翼)也是古生代形成的扭动构造,而由于印度板块西岬角向北强烈的挤压,该断裂活化而刺穿了上覆中、新生界构造层。

还需指出的是,且末断裂不但受到阿尔金左旋应力场的控制,而且还叠加了塔里木菱形构造中、新生代的向南挤压的应力场,因而它具有双重属性。

#### 4 阿尔金断裂带及其两侧的油气分布

在阿尔金断裂带及其两侧的沉积盆地,除柴达木、塔里木两大盆地发现了大油气田外,其它小盆地由于勘探程度低,至今没有发现油气田。从图1可知,柴达木盆地与塔里木盆地台盆区(不包括库车、塔西南前陆盆地)都以阿尔金断裂带为盆地边界,现对其油气差异做一简述。

##### 4.1 柴达木盆地

柴达木盆地成盆期受古特提斯构造域控制,整

个中生代都随着周围山系作不平衡的升降运动。侏罗纪处于断陷阶段,白垩纪为拗陷阶段,古近纪又处于断陷阶段,新近纪才整体沉降。因此柴达木盆地为“内陆中、新生代多旋回断—拗复合盆地”,它具有双重断—拗的特点。该盆地所形成的油气田仅分布在侏罗系、白垩系、古近系、新近系等中—新生界构造层内,如冷湖三号( $J_2$ ),鱼卡( $J_3$ ),冷湖四号( $N_1$ 、 $E_3$ ),冷湖五号( $N_1$ )。

柴达木盆地的油气成藏模式如图9所示,其特点是侏罗系生油层受扭应力的作用,扭动形成的花状构造使侏罗系所生之油气顺花状构造逆冲断层向上运移至古近系,再顺新近系逆冲断层向上运移至中新统背斜砂岩储层而形成油藏<sup>①[10]</sup>。

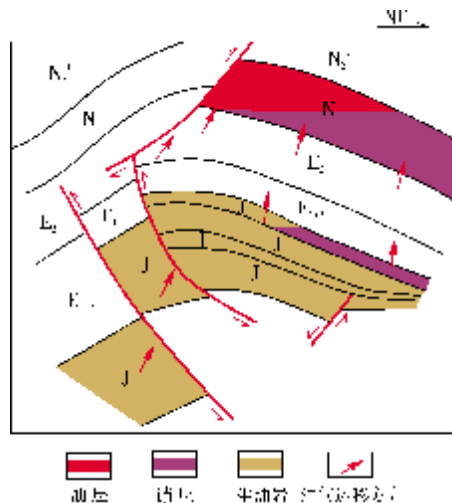


图9 柴达木盆地冷湖构造带第三系油气成藏模式(据曹春潮等)  
剖面位置见图1中的i

## 4.2 塔里木盆地

塔里木盆地是一个古生代克拉通盆地,其上覆盖层为中、新生代前陆盆地构造层,多期构造运动形成了11期侵蚀面<sup>②</sup>。主要的油气成藏特点阐述如下。

### 4.2.1 不整合侵蚀面是连接油源的主要通道

以塔北隆起为例,它位于台盆边缘地带,侵蚀面上下砂岩沉积非常发育,形成了油气运移良好通道。据周边露头 and 钻井揭示,志留系、泥盆系、石炭系均

沉积有百米以上的滨海相砂岩,这些大面积砂岩不仅是良好的储集层,还是良好的油气运移通道。特别是英买2井,它在下奥陶统、侏罗系及白垩系中的原油为中生界陆相原油,但该区生油岩并不成熟,不可能当地供油,只能来自库车拗陷。

### 4.2.2 断层控制了油气的垂向运移与富集

经钻探发现该区的油气与断层有着极其密切的关系,断层向上断至哪个层系,哪个层系就有油气。轮南、桑塔木构造带三叠系和侏罗系的油气为海陆相混源油藏,无疑是断层作用的结果。塔里木盆地北部地区白垩系、古近系、新近系没有生油层,但雅克拉构造上的沙参2井、轮台构造上的沙3井、英买力地区的英买9井分别在古近系和白垩系中发现了油藏,显然是油气沿断层运移的结果。因此在塔里木盆地,断层不但是油气垂向运移通道,也控制了油气的分布。

### 4.2.3 南北翘板式运动是形成复式油气区最重要的地质条件

塔北地区从古生代至今的构造运动可分为三个阶段,呈现翘板式运动特征,各阶段所对应的油气运聚模式如图10所示。中生界沉积前,塔北前陆隆起带为一南倾单斜带(图10a),北部拗陷生油岩已进入生油高峰,油气向塔北运移,其证据是柯坪隆起二叠系火山岩刺穿了志留系沥青砂岩,说明在二叠纪以前志留系的油藏就已经形成;桑塔木构造带上的沙14井在奥陶系洞穴砾石裂缝中含沥青,而周围的石炭系却没有油气显示,说明在石炭纪之前形成了油气藏(第一次成油期),并遭到了破坏(如图10a);第二次成油期形成于燕山末期,此时库车拗陷开始发育,满加尔拗陷(北部拗陷)石炭系生油岩已经成熟,油气再次向隆起运移,在南部断层的阻截下首先富集起来,如轮南、桑塔木、东河塘等油藏(图10b);第三次成油期形成于喜马拉雅期,此时塔里木盆地北部整体向北倾斜,库车拗陷已沉积6000m以上的地层,中生界生油岩已经成熟,油气向南运移形成中生界含油层系(图10c),这一旋回是典型“翘板”特征,从而形成“塔北前陆隆起带复式油气藏(田)”。

① 曹春潮,胡泉,熊伯林. 柴东地区地震资料综合研究. 中国石油天然气集团公司地球物理勘探局研究院地质研究中心,1998.

② 高增海,刘德玉,张群伟. 塔里木盆地地震构造特征及构造演化史,1994.

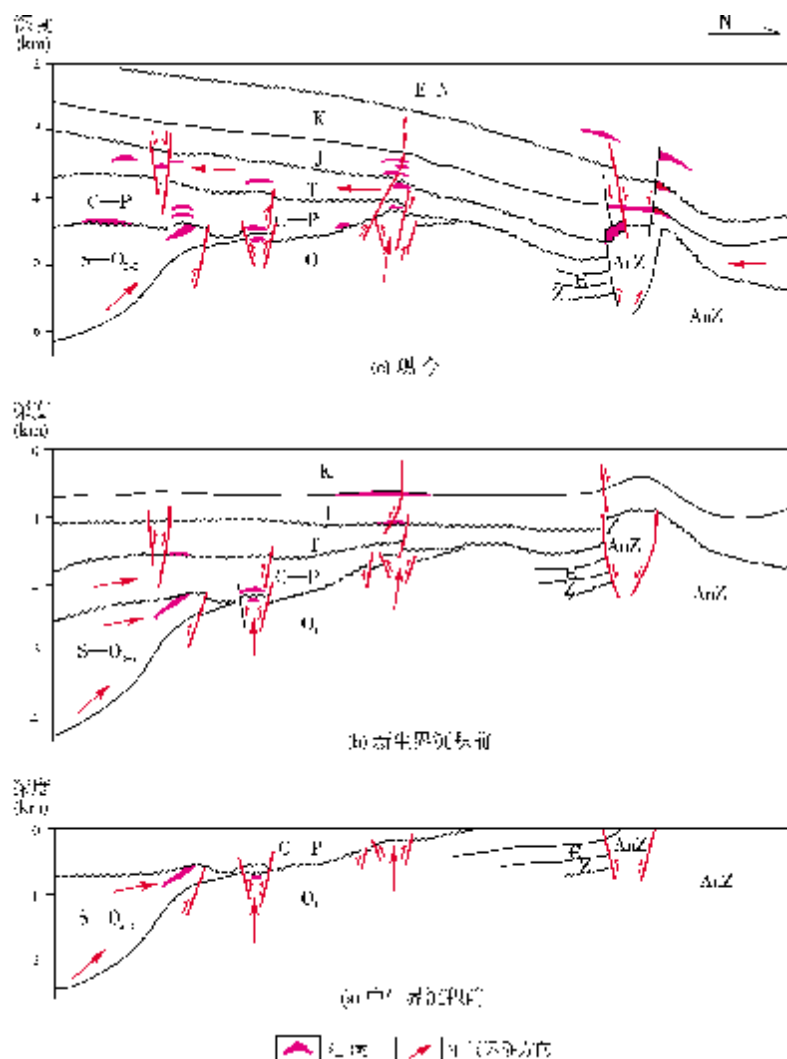


图 10 塔北前陆隆起带不同时期油气运聚模式(据高增海等<sup>②</sup>)  
剖面位置见图 1 中的 h

## 5 结 论

(1)阿尔金断裂带受特提斯构造域控制,中生代—古近纪以左旋走滑运动为主,新近纪则以由东南向西北挤压逆冲为主。

(2)塔里木盆地呈现菱形断裂系统,其构造应力是受南边昆仑褶皱系向北挤压为主、天山褶皱系向南挤压为辅。该菱形断裂系统包含塔北花彩弧断裂系统和塔南花彩弧断裂系统,在这两大花彩弧之间形成塔中挤压背斜带,在两大花彩弧的北西向断裂转弯处形成右旋花状构造、北东向断裂转弯处形成左旋花状构造。

(3)塔里木盆地古生界菱形断裂体系的形成与阿尔金构造所受的应力场无关。

(4)且断裂是受统一的阿尔金断裂带左旋应力场控制的,但又叠加了塔里木盆地向南挤压的应力场,从而它又可划归为塔南花彩弧的东翼,也即塔里木盆地菱形断裂体系的东南边界,因此该断裂具有双重属性。

(5)阿尔金断裂带两侧的塔里木盆地台盆区和柴达木盆地都是断层控制了油气的垂向运移与分布。柴达木盆地为中—新生界双重断—坳结构,油气田只分布在中—新生界构造层内;南北翘板式运动是塔里木盆地台盆区形成复式油气区的最重要的构造条件。

## 参考文献

- [1] 谢晓安,王仁德,李治水. 塔里木盆地构造特征及其找油方向. 石油地震地质[J],1991,3(2):101-113.
- [2] 冯建辉,吕延仑,谭试典. 中国石油构造样式[M]. 北京:石油工业出版社,2000.
- [3] 蔡学林,魏显贵,刘援朝. 阿尔金山走滑断裂构造样式[J]. 成都地质学院学报,1992,19(1):8-17.
- [4] 杨克绳. 从地震信息看油气地质构造六大特征——兼述中国东部和中—西部典型构造样式[J]. 海相油气地质, 2007, 12(1):38-50.
- [5] 康南昌,覃素华,陈元忠,等. 阿尔金山东南缘构造特征及勘探前景[J]. 石油地球物理勘探,2005, 40(2):233-237.
- [6] 任继舜. 中国及邻区大地构造图[M]. 北京:地质出版社, 2002.
- [7] 杨克绳. 应用地震信息解释透入、拆离、渗入断裂构造样式[J]. 断块油气田,1999,6(5):1-8.
- [8] 李明杰,王庆果,胡少华,等. 塔中地区走滑断裂体系的发现及其地质意义[J]. 石油地球物理勘探,2006, 41(1):116-121.
- [9] 金性春. 板块构造学基础[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1983:205-228.
- [10] 李国玉,吕鸣岗,等. 中国含油气盆地图集[M]. 2版. 北京:石油工业出版社,2002.

编辑:吴厚松

## Seismic Features of Altun Fault Belt and Festoon Fault System in Tarim Basin

Yang Jian, Dai Fugui, Wu Honghua, Yang Kesheng

**Abstract:** The giant Altun Fault Belt comprises Altun Fault, which is the major fault, Qiemo Fault and Sanweishan Fault. Altun Fault is a left-lateral slip fault containing thrusting component. This fault was left lateral slipping during Mesozoic and Paleogene and was over-thrusting from SE to NW in Neogene and other two faults have sinistral slipping components. Qiemo Fault has double properties in which the southward expressive character comes from Tarim Basin superimposes onto the sinistral feature. The fault system of Tarim basin, which are bounded by Qiemo Fault in the southeast, include Tabei festoon fault group and Tanan festoon fault group, which generally appear as a rhombus fault system in the area between the two festoon-fault groups. Back thrusting structural zones that exist at the arcuate top in the north and the central axis within rhombus block suggests a compressive feature while positive flower type structures that exist at the turn positions in both limbs of two festoon fault groups suggest a lateral slipping feature. Giant fields have been discovered in Tarim and Qaidam basins which lie at both sides of Altun Fault. Distribution and vertical migration of hydrocarbon in the basins are controlled by these faults. Qaidam Basin is characteristic of a rift-sag texture and hydrocarbon reservoirs only occur in Cenozoic and Mesozoic formations. In Tarim basin, alternative basculating movements toward to south and north are the key conditions of geological structures for forming the complex hydrocarbon reservoirs.

**Key words:** Seismic interpret; Fracture characteristics; Hydrocarbon distribution; Altun Fault Belt, Tarim Basin, Qaidam Basin

**Yang Jian:** male, Engineer. Add: CNPC Seismic Supervision Company, 188 Fanyang Xi Rd., Zhuozhou, Hebei, 072751 China