

铲(犁)式断裂控油模式概析^①

孙宝珊

(中国地质科学院地质力学研究所)

摘要 以塔里木北部油田轮台先逆后正铲式断裂为例,分析了断裂力学性质转化过程中发出的一系列地质现象指出由压性转为张性时,断裂为油气通道;从张性转为扭性时,断裂则封堵油气,并导生逆牵引背斜捕获油气,断裂两盘的上覆沉积层保存油气的控油成藏模式。这一模式同样适用于中国东部正断层控油区。

关键词 铲(犁)式断裂 油气 成藏模式

0 引言

铲式断裂控油成藏,在国内外油田普遍存在,其控油模式和机理有待研究。塔北油田的轮台断裂为典型的先逆后正的铲式断裂,控制雅克拉油气藏。

轮台断裂在前白垩纪一直为压扭性,待到白垩纪和喜马拉雅期转为正断性质。性质转化非同步,随时序变化转正断有迁移性。雅克拉段从白垩纪中晚期始就开始转正断(上盘 K E 厚度大于下盘 K E),轮台段从老第三纪(E)开始变正断,再向 NEE 到轮台断裂东段中新世才发生转正断(上盘 E 厚度小于下盘,为逆断,而 N 厚度上盘大于下盘)即断裂由逆转正从 SW 向 NE 方向发展,SW 段转正断早(K),NE 段转正断晚(图 1)。

在断裂由逆转正过程中,发生的一系列地质现象,上覆有足够厚度的盖层,也发育了捕获油气的逆牵引背斜,前导的张裂为其油气运移打开了通道,并将储层与油气源沟通联网,为油气移聚成藏准备了良好条件。

1 断裂由逆转正机理与地质现象

1.1 先逆后正这种正断层成因可称为继起断层(Sequent fault)

由于挤压的松弛或挤压的休止和有效重力的作用,而不是由于张力。各种扭动运动和挤压运动亦不是连续进行的,而是有平静时期介入。扭动和挤压运动是成幕的。紧随它们常有压力松弛或休止现象。由于当聚集的应力通过扭动、动力变质、山脉的隆起以及火成岩侵入或喷出等而解除时,残余动能的一部分将分担大陆块的变位所要求的动量。因此地球的转速将略微和暂时变低了,应力的这一突然的解除和速率的略微减少一点,势必将导致压力的普遍松弛或休止。重力乘机活动,某些与以前的挤压带平行的大规模断裂从此发生^[1](图 2)。

^① 国家攻关项目(85-101-04-02)研究的部分内容,参加本项目工作的还有周新桂、邵兆刚。

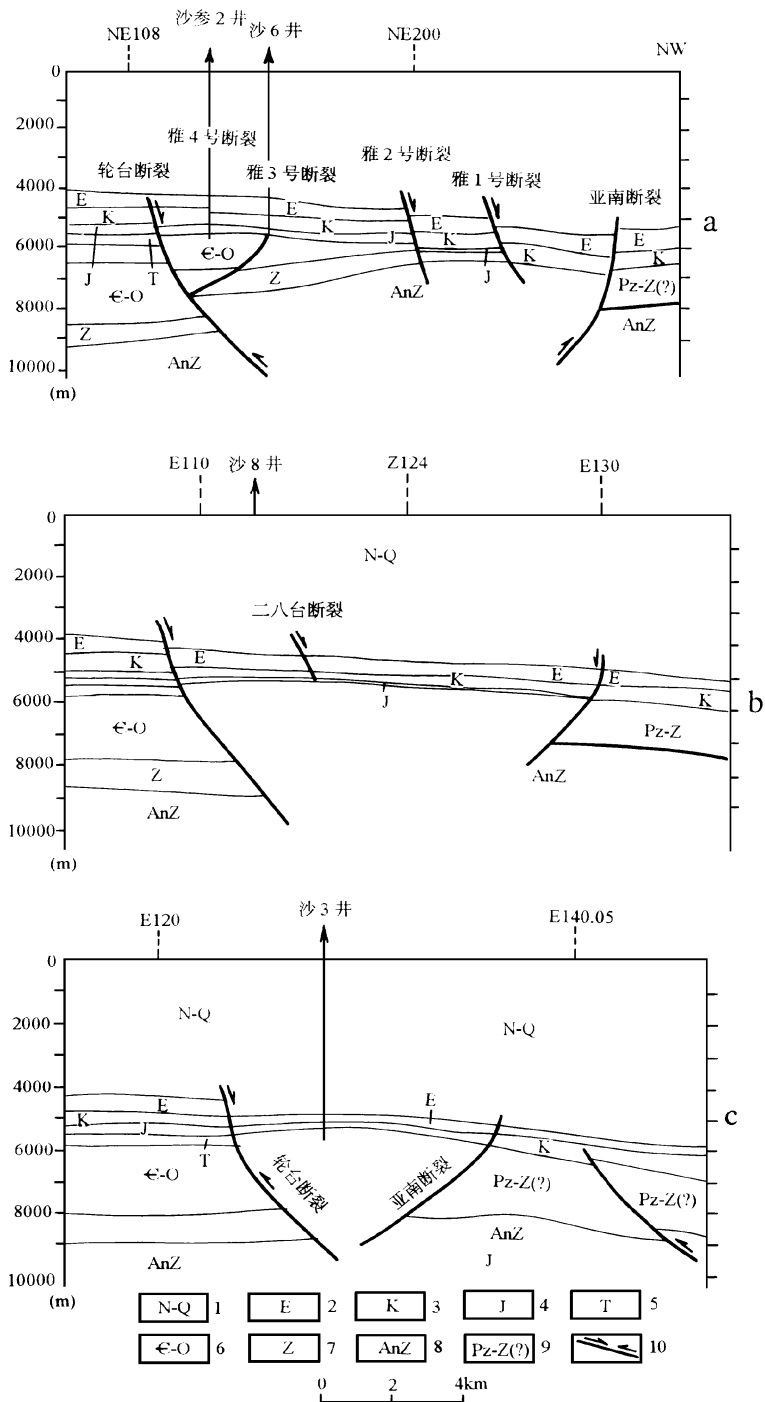


图 1 轮台断裂不同地段由逆转正变化示意图 (据西北石油地质局地质大队)

Fig. 1 Map showing the variety from thrusting to normal fault in different segments of Luntai fault

a. 85- NW 444线断裂样式; b. N110线北段轮台断裂、二八台断裂和亚南断裂; c. 85- N79线北段轮台断裂和亚南断裂

1. 新第三系—第四系; 2. 老第三系; 3. 白垩系; 4. 侏罗系; 5. 三叠系; 6. 寒武—奥陶系; 7. 震旦系;
8. 前震旦系; 9. 古生界—震旦系 (?); 10. 断层

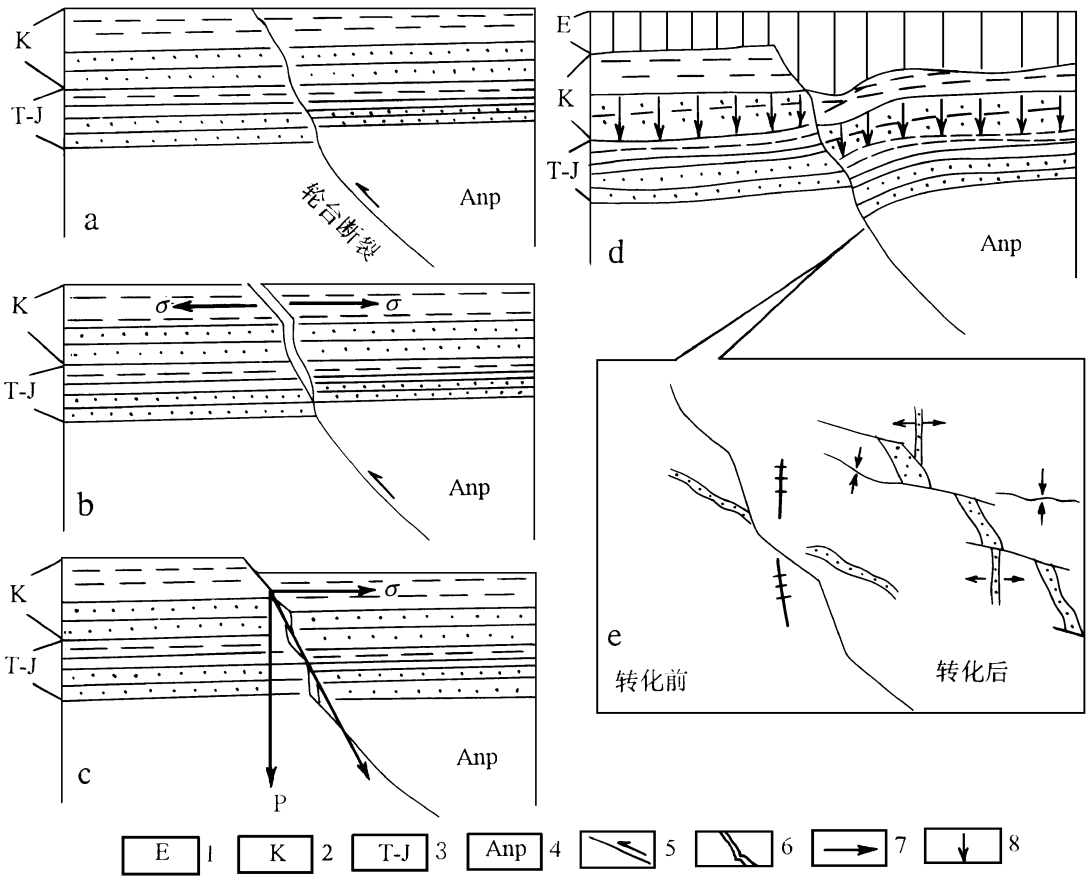


图 2 先逆后正铲式断裂控油模式

Fig. 2 Oil-controlling model of listric fault with early-thrusting and late-normal fault

1.老第三系; 2.白垩系; 3.三叠-侏罗系; 4.前二叠系; 5.逆断层; 6.张断层; 7.水平应力; 8.重力; a.早期逆冲; b.水平拉张应力, 断裂由压性转化张性分开两侧岩块; c.张应力与重力联合作用, 断裂转化为扭性合并岩块封闭下来油气; d.边断边沉积 (接受 E N 沉积) 两侧沉积物厚度不一, 产生差异压实, 水平层状内部由于断裂分割, 垂向应力发生变异, 上盘近断面附近出现临空面, 岩石向断裂空间延伸弥补, 倾倒。共同作用产生逆牵引背斜捕获油气; e.断裂转化由上向下进行, 切入油源层或含油层系, 断裂带及配套成分全部发生转化, 断裂带及旁侧新生张裂为油气通道

塔北油区, 沙雅隆起区中三叠世-白垩纪初运动平息下来, 处于应力弛松或休止。北部的天山接受侏罗纪沉积后, 白垩纪又上升无沉积, 其间的库车坳陷下沉, 其沉积中心逐渐向南迁移, 对沙雅隆起施以向南的侧向挤压。沙雅隆起高部位发生局部水平张力, 把轮台断裂上部拉开。加上地层倾向大反转, 牵动断裂倾滑以及库鲁克塔格、孔雀河地区从 NE 向 SW 推挤, 又加速和增强了这种拉张作用。此时此刻被撕开的断裂为张性 (只是暂瞬)。新复活的断裂即向上又向下发展。断裂边活动边控制晚白垩世以来的沉积, 对新沉积物而言是生长正断层 (同生断层)。这表征着继起断层向上发展及其控制沉积的特点。

1.2 张性断裂向下发展则具扭性

被拉开的原断裂带分离出来的上盘岩块随即受水平张应力和重力联合作用 (其合力为剪

应力,使该岩块沿断裂倾滑下落,两侧岩块又合拢接触,断面性质为扭性。

1.3 断裂向下倾滑过程中两盘(尤其上盘)出现逆牵引构造

逆牵引构造起因有如下三种或其中一、二种。①上盘岩块下滑过程中,近临断面的岩石处于临空状态,必向下弯曲弥补断口空间,岩石发生下弯;②断层上部两盘接受沉积厚度不一,下降盘接受沉积物厚,尤其近断裂处更厚,这样上覆重压大于下盘和上盘远离断裂处,也促进下降盘近断裂地带岩层变弯,发生反牵引;③第三种原因是本区 J K E 和 N 岩层内发育多层软岩(膏盐、泥岩等)硬岩被断裂分割后,平缓岩层内垂直压应力发生局部变化,上盘近断面附近,压应力增大,软岩发生塑变,近断裂带泥岩、煤、膏盐等显著被压落,向下弯曲弥补断口空间。下盘近断面附近,压应力减小,软岩也塑性形变,近断裂带软岩层增厚,向上翘起,呈喇叭状,同样出现了反牵引构造。

随着时间推移,以张断裂开启段为生长点,向上继续表现为生长正断裂,下端以张性断裂为前导劈切原断裂带和两侧岩块,随后又封合为扭性,这一过程不断重复向下拓深。

1.4 第三纪以来库车坳陷沉降加剧其中心南移

喜马拉雅期 SN 向挤压又起,沙雅隆起继续受水平侧向挤压,其高部位仍继续出现拉张应力,断裂带上部已被前期拉开后,区域挤压力继续作用,轴纵向受力其中和面逐渐向下迁移(深部)。轮台断裂下部地段依次拉开。随之又变成扭性缝合,断裂又向下发展,拓深下去,直至切入含油气层或寒武—奥陶系油源层等地层。与这一过程相伴的早期和后来被导生的上盘地层不同层次的逆牵引构造亦步亦趋地向深部增生推进。

1.5 断裂由逆转正是油气运移的良好通道

(1)当前导的张性断裂向下(深部)拓展时,切入油源层或早期油气藏,压力骤然降低,处在深处的油气等流体在差应力的作用下,必向低压力的断裂带流渗或涌进,主断裂带就象强大的吸筒,顿时把油气引进张裂带这个大吸筒内,油气沿主裂带上升(虹吸作用)。现今地应测量表明,在断裂带及其附近应力值低于远离断裂带的正常岩石的应力值。

(2)主断裂带并非是笔直平整的断面或断带。压、压扭性断裂通常是波状的(无论倾向,还是走向),凸凹不平、有陡有缓交替变换。上盘下滑中,波峰波谷不一定吻合相扣,不合则有空间;缓倾角部位常常受压实,陡倾角部位则开启。空间处上下断面充进油气,并进入主断裂带内,油气继续向上疏导。

(3)主断裂带近旁(尤其上盘)同方向不同级次的压、压扭性断裂带也转化为正断,拉开出现空间。而张性、张扭性断裂裂隙转向受挤压,随之逐渐闭合,其内若充有油气则被排除于裂隙外,泄出的油气便沿主干及近旁新张开的断裂、裂隙运移。

2 先逆后正铲式断裂成藏模式

断裂由浅部向深部依次发展。下部头前以张裂作用为前导,分离两侧岩块,劈开原断裂带,插入油源层或先期油气藏,成为油气运移的垂向通道;随后断裂转为扭性,将两块岩盘合拢缝合封堵油气,伴生的逆牵引背斜捕获来自下面的油气;上部断裂为生长正断层,沉积物压盖达到一定厚度,压实作用强化封闭断裂并保存油气。尤如农民播种程序,犁头破土开垅,接续合子合垅封土,碾子随后压碾踏实。

3 雅克拉凝析气田成藏分析

轮台断裂从白垩纪始由逆转正,其过程也是渐进发展,从上向下逐渐撕开,又逐渐合拢,上部再逐渐接受沉积。当喜马拉雅中晚期(中新世后期)张裂伸入寒武—奥陶系油原层,又恰逢奥陶系二次生油高峰也在喜马拉雅中晚期,油气以断裂为通道向上部做垂向运移,以不整合面作侧重向迁移,遇到 T_3 不整合面上下圈闭构造聚集成藏,沙参2井奥陶系产层气藏、沙7井寒武系气藏、沙4井震旦系气藏便是。油气继续做垂向运移被侏罗系逆牵引背斜圈闭捕获,因此在古生界气藏之上又形成了侏罗系气藏(如沙5井、沙7井和沙4井),由于断裂未完全封闭,油气又再次向上运移和渗流,又被白垩系形成的逆牵引背斜构造捕获,聚集成藏(如沙5井)

雅克拉气田沙参2井、沙5井、沙15井、沙7井和沙4井为同一油源(奥陶系),不论是古生界气藏,还是侏罗系气藏,还是白垩系气藏皆是喜马拉雅中晚期同期成藏,其原油比重从南向西向北东有规律减少,从深到浅变轻,这些特点有力地支持了轮台断裂由逆转正过程中对油气运移、储集成藏和保留的一系列控制作用,用先逆后正铲式断裂成藏模式可以得到合理解释。这一成藏模式对我国东部油田一些铲式正断层控油问题也是适用的。

参 考 文 献

- 1 李四光,地质力学方法。北京:科学出版社,1976

A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE MODEL OF OIL CONTROL FOR LISTRIC FAULTS

Sun Baoshan

(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

Abstract In this Paper, an analysis is made of the change of geological behaviours of faults during the change of their mechanical properties, with the Luntai listric fault in the northern Tarim Basin which was first a thrust fault and converted later into a normal fault as an example. It acted as a passageway for oil and gas when it was converted from a shear fault into a tensile fault, and conversely as a seal to block off oil and gas when it turned from a tensile fault to shear fault, and the associated rollover anticline may become an oil trap. The proposed oil-control model as indicated by oil-gas preservation in sediments overlying a fault may also be applicable to those in eastern China.

Key words listric fault, oil and gas, oil control model

作 者 简 介

孙宝珊,男,58岁,研究员。长期从事地质力学和石油地质构造研究。通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号地质力学研究所。邮政编码:100081