

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

塔里木盆地多层次滑脱构造与 含油气远景探讨

汤良杰

(地质矿产部西北石油地质局, 乌鲁木齐)



塔里木盆地存在4个滑脱系统、多套滑脱层、多个主滑面和次滑面。浅层次滑脱构造以中、新生代地层发生褶皱-冲断为特征;中层次滑脱表现为古生代地层的逆冲推覆、滑脱褶皱和牵引背斜;深层次滑脱为发育在基底岩系中的韧性剪切带。塔北、塔中和塔南隆起,发育有中、深层次滑脱构造,它们是寻找大型油气田的主要油气聚集带。库车、西南和东南坳陷发育浅层次滑脱构造,是寻找中、小型油气田的有利构造带。

关键词 塔里木盆地 滑脱层 双重构造 滑脱构造 油气聚集带

岩石圈内部多层次拆离滑脱现象的发现,为寻找矿产资源开辟了新的领域^[1]。塔里木盆地及邻近山区开展的地面地质、大地电磁测深、天然地震及地震反射剖面等方面的研究成果表明,该盆地存在多层次的滑脱构造。本文将以地震反射剖面资料为基础,对塔里木盆地广泛发育的多层次滑脱构造及其含油气远景作一初步探讨。

1 滑脱构造产生的区域地质背景

1.1 沉积背景及滑脱系统的划分

塔里木盆地地层发育齐全,自元古宇至新生界均有出露或被钻井和地震资料所证实。沉积厚度达15 000m,其中发育了若干套滑脱层,其主要岩性为膏盐岩、泥岩、页岩、泥灰岩和薄层灰岩等。它们在岩石力学性质上,表现为非能干层,在构造上表现为软弱带,并具有一定的流动性,为滑脱构造的形成提供了有利的沉积背景条件。该盆地自基底向上可分为4个滑脱系统、7套滑脱层、4个主滑面和若干个次滑面(表1)。

1.2 深部地质背景

塔里木盆地滑脱构造的形成,有其重要的深部地质控制因素。卫星重力异常资料表明,该盆地150km以下的上地幔内部,纵向上和横向上都存在物质密度的不均一性^[2]。在

1) 郭樟民. 塔北及其邻区重力场的特征及引起重力异常的地质因素的分析. 未刊, 1989.

本文于1990年9月收到, 1991年9月改回, 王毅编辑。

表 1 塔里木盆地滑脱系统划分简表
Table 1 Division of detachment systems of the Tarim Basin

地 层 系 统			代号	滑脱系统	滑脱层及厚度 (m)	主滑面	次滑面	滑脱层岩性简述
界	系	统						
新 生 界	第四系		Q	第四滑 脱系统				
		上新统	N ₂					
	上第三系	中新统	N ₁		400			膏盐岩、泥岩
	下第三系		E	第 三 滑 脱 系 统				
中 生 界	白垩系	上统	K ₂					
		下统	K ₁					
	侏罗系	上统	J ₃		300			油页岩、碳质页岩、泥岩、粉砂质泥岩等
		中统	J ₂					
		下统	J ₁					
	三叠系	上统	T ₃					
		中统	T ₂		500			黑色页岩、碳质泥岩、粉砂质泥岩、煤层
		下统	T ₁					
	二叠系		P	第 二 滑 脱 系 统				
古 生 界	石炭系	上统	C ₂		200			盐岩、石膏岩、含膏泥岩、泥晶灰岩等
		下统	C ₁					
	泥盆系	上统	D ₃					
		中-下统	D ₁₋₂					
	志留系	中-上统	S ₂₋₃					
		下统	S ₁					
	奥陶系	上统	O ₃		200			页岩、钙质泥岩、泥晶灰岩等
		中统	O ₂					
		下统	O ₁					
	寒武系	上统	ε ₃					
		中统	ε ₂		450			页岩、膏盐岩、白云质泥岩、泥灰岩、薄层灰岩
		下统	ε ₁					
元 古 界	震旦系	上统	Z ₂	第一滑 脱系统				
		下统	Z ₁					
	前震旦系		AnZ		2000			糜棱岩

岩石圈内部的不同层次,物质密度和地震纵波速度,都有较大差异。在相邻的天山地区中地壳的下部,已经发现了低速层的存在^[2]。大地电磁测深资料揭示,在塔里木盆地北缘及

天山地区, 大约 19km 和 35km 以下, 存在两个壳内高导层; 在 120、300 和 680km 的上地幔中, 也有高导层发育¹⁾。这些低速层和高导层可能属于低刚性、软弱的韧性剪切流动层。塔里木盆地及周缘地区不同规模的断层, 往深部倾角由陡变缓, 直至变平消失, 推测它们分别归并于不同深度的高导层和低速层。

1.3 区域构造背景

塔里木盆地夹持于天山和昆仑山褶皱带之间, 边界受大型逆冲断裂带和走滑断裂带控制, 形态上表现为菱形盆地(图 1)。塔里木盆地的构造发展经历了前震旦纪地台基底

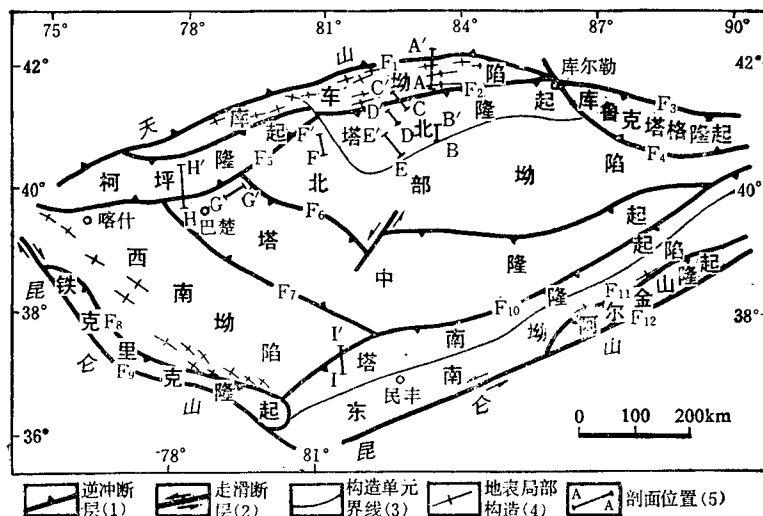


图 1 塔里木盆地构造略图

Fig. 1 Schematic map of tectonics of the Tarim Basin

主要断裂带: F_1 ——南天山山前断裂带 F_2 ——亚肯南断裂带 F_3 ——辛格勒断裂带 F_4 ——孔雀河断裂带 F_5 ——柯坪塔格-沙井子断裂带 F_6 ——吐木休克断裂带 F_7 ——玛扎塔格断裂带 F_8 ——铁克里克山前断裂带 F_9 ——塔拉斯-费尔干纳断裂带 F_{10} ——民丰北断裂带 F_{11} ——阿尔金山前断裂带 F_{12} ——阿尔金山断裂带

形成阶段、震旦纪拗拉槽发育阶段、古生代地台演化阶段和中-新生代陆相盆地发展阶段^[3]。不同时期的构造运动, 对本区滑脱构造的形成起着控制作用, 其中以海西晚期运动和喜马拉雅运动最为重要。海西晚期运动是本区一次强烈的构造运动, 它使南北两侧的昆仑山和天山地槽褶皱成山, 受造山带侧向挤压作用的影响, 沿滑脱面形成一系列推覆和褶皱构造。喜马拉雅运动以来, 由于印度板块与欧亚板块强烈碰撞, 褶皱山系迅速抬升, 产生南北向水平挤压作用, 山前拗陷中-新生代地层沿滑脱面形成褶皱-冲断层带。可见, 塔里木盆地滑脱构造的成因机制是以挤压推覆和地壳缩短为特征的。

1) 地质矿产部西北石油地质局第一物探大队. 塔里木盆地东北地区地电特征与深部地质结构的研究. “七五”国家重点科技攻关项目研究成果报告, 1989.

2 滑脱构造特征及变形机制

2.1 深层次滑脱构造

塔南隆起存在着深层次滑脱构造(图2),在地震反射剖面上,呈空白反射的前震旦系,逆冲推覆在具有较连续反射的海相古生界之上。由北向南可分为两个带,即前缘断坡

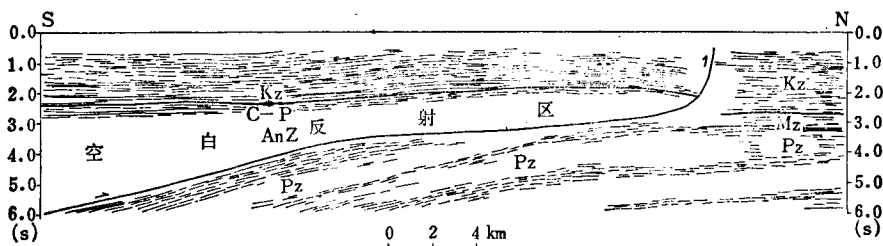


图2 塔南隆起深层次推覆-滑脱构造地震反射示意剖面
(H-82-190线),剖面位置见图1(1-1')

Fig. 2 Sketch seismic profile across deep-level nappe-detachment structure of the Southern Uplift (line of H-82-190). See Fig. 1 for location of line 1-1'

带和中部剪切滑动带。前缘断坡带表现为脆性破裂,发育较宽的断层破碎带,断面倾角较陡,往上切割至新生界。中部剪切滑动带,表现为前震旦系沿古生界滑脱层的顺层剪切滑动。推测往后缘深层将由脆性破裂向韧性变形过渡,最终变为韧性剪切带。这一受挤压形成的大型推覆-滑脱构造,由深层往浅层具有韧性变形-顺层剪切滑动-脆性变形的特征,经历了海西晚期和喜马拉雅期等多期构造运动而形成,其最小推覆距离达40 km以上^[4],控制着塔南隆起的发展演化,并且有可能形成大型含油气圈闭构造。

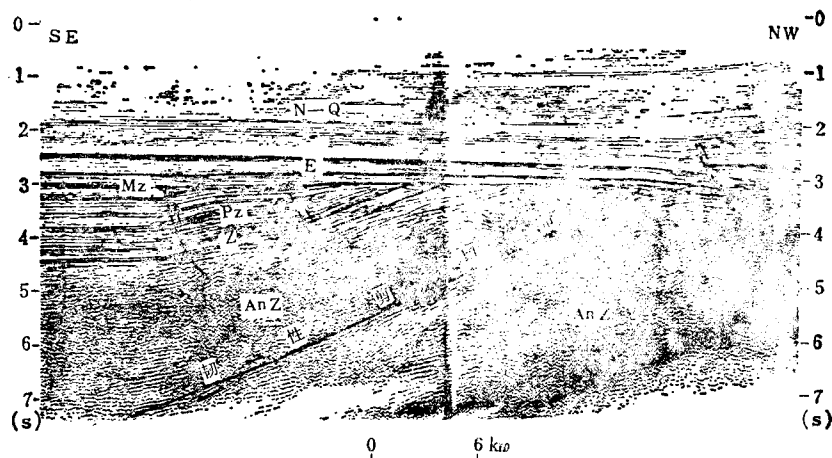


图3 塔北隆起深层次推覆-滑脱构造地震反射剖面(据西北石油地质局资料),剖面位置见图1 C-C'

Fig. 3 Seismic profile across deep-level nappe-detachment structure of the Northern Uplift. See Fig. 1 for location of line C-C'

塔北隆起也存在这种深层次滑脱构造,如图 3 所示,亚肯南断裂带在地震剖面上表现为一套向南倾斜的断面反射波,平面上呈 ENE 向延伸,长达 380km (图 1),往深部产状逐渐变缓,至 8 秒仍未消失,切割深度达 20km 以上,最后变平消失在低强度的壳内高导层中。这一断裂带发育在前震旦系基底岩系中,表现为韧性剪切带,长期控制着塔北隆起的形成和发展演化。

2.2 中层次滑脱构造

2.2.1 与寒武系滑脱层有关的滑脱构造 1) 发育在剪切滑动带部位的背斜构造 如图 4 所示,塔北隆起沙雅西地区古生代地层沿寒武系底部主滑脱面发生滑脱作用,形成较

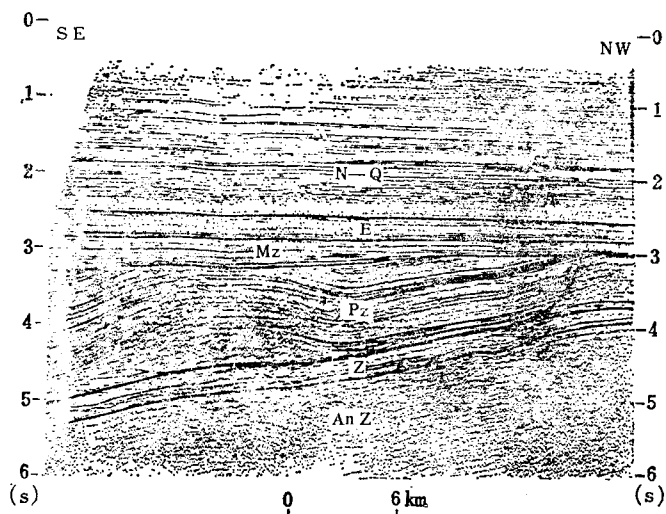


图 4 塔北隆起沙雅西地区滑褶型构造地震反射剖面 (据西北石油地质局资料),剖面位置见图 1 E-E'

Fig. 4 Seismic profile across detached fold of Western Shaya, Northern Uplift, Tarim Basin. See Fig. 1 for location of line E-E'

大规模的滑脱褶皱构造。中-下寒武统塑性滑脱层,在背斜核部由于褶皱变厚,其上的褶皱地层中,同一岩层的原始厚度在变形后,于背斜各部位基本保持不变,表现为平行褶皱形态。滑脱面以下的震旦纪地层没有发生变形,仍保持平直展布。这一滑褶构造,由前缘断坡带和中部剪切滑动带两部分组成。前缘断坡带切穿古生界,终止于前中生界顶部不整合面;中部剪切滑动带表现为沿寒武系底部滑脱面的剪切、滑动及塑性层顺层流动和聚集充填作用; 2) 发育在前缘断坡部位的牵引背斜 塔北隆起波斯断裂的形成,也与滑脱作用有关,往深部延伸,明显可见其归并于中-下寒武统滑脱层内。往上终止于前中生界顶部不整合面。在断坡部位,古生代地层受断层的牵引和挤压,形成牵引背斜,其上的中生代地层则由于差异压实作用而形成披覆背斜 (图 5); 3) 叠瓦逆冲型构造 柯坪隆起以发育叠瓦逆冲断裂带为特征^[4]。在平面上,一系列古生代逆冲岩席以单面山形式出现,呈近 EW 向或 NE 向展布,略呈弧形向南凸出。在剖面上,逆冲断层断面均为北倾,在

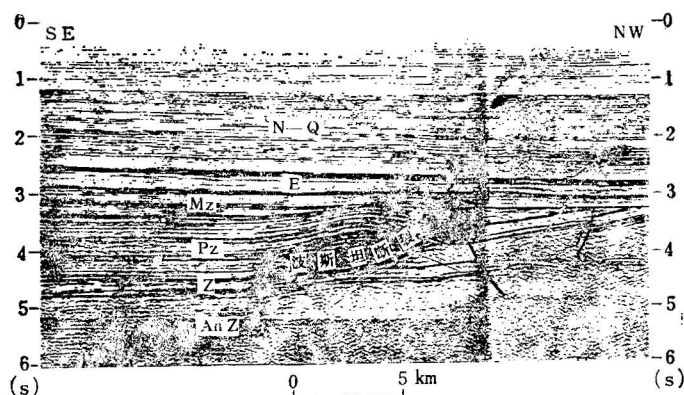


图 5 塔北隆起波斯脱断层及牵引背斜地震反射剖面(据西北石油地质局资料), 剖面位置见图 1 D-D'

Fig. 5 Seismic profile across detached fault and drag anticline of Bostan, Northern Uplift, Tarim Basin. See Fig. 1 for location of line D-D'

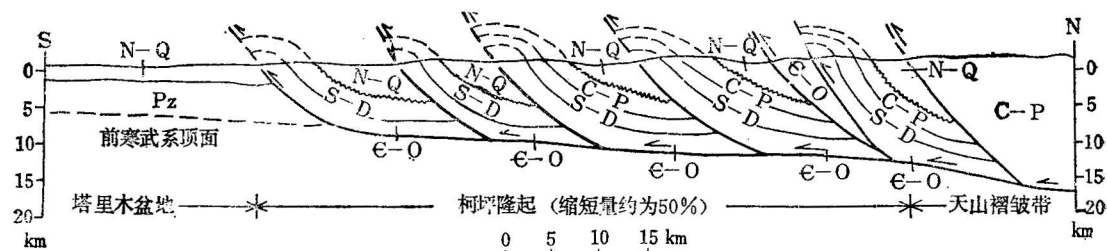


图 6 柯坪隆起叠瓦逆冲型滑脱构造横剖面图, 剖面位置见图 1 H-H'

Fig. 6 Cross-section of imbricated detachment thrust through the Keping Uplift. See Fig. 1 for location of line H-H'

地表倾角较陡, 往深部变缓并归并于寒武系底部的底板逆冲断层(图 6), 其相对缩短量约为 50%^[6]。

2.2.2 与中-上奥陶统滑脱层有关的滑脱构造 塔中隆起西侧勒牙依里塔格逆冲推覆构造的形成与中-上奥陶统灰黑色泥灰岩和泥页岩滑脱层有关(图 7), 推覆体主体为下奥陶统丘里塔格群灰岩, 推覆在中-上奥陶统萨尔干群泥灰岩和泥页岩之上。断面倾向 NE, 由北东往南西方向推覆, 上盘下奥陶统推覆体形变微弱, 而下盘中-上奥陶统滑脱层内部则形变强烈, 小褶皱十分发育, 表明滑脱层在构造作用下极易发生变形和塑性流动。

2.2.3 与石炭系滑脱层有关的滑脱构造 如图 8 所示, 在石炭系内部存在一个呈透镜状的丘形反射, 顶面上凸, 底面平直, 丘形反射之上的地层也见有微弱的弯曲褶皱现象。据沙 10 井钻井资料揭示, 透镜体核部的空白反射为厚达 200m 的膏盐岩滑脱层, 它们沿其底部的滑脱面发生塑性流动并富集加厚, 但并未见有明显的滑脱断层存在。较大厚度的膏盐岩层没有发生向上的刺穿作用, 可能是与盆地腹部应力作用强度相对较弱有关。

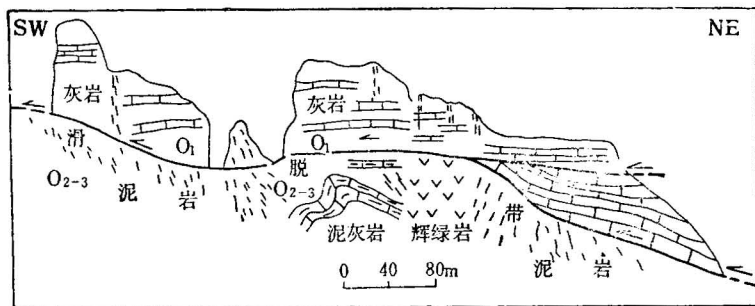


图 7 塔中隆起西侧巴楚县勒牙依里塔格推覆-滑脱构造横剖面图,剖面位置见图 1 G-G'

Fig. 7 Cross-section through nappe-detachment structure of Neyayilitag, Bachu County, on the west side of the Central Uplift, Tarim Basin. See Fig. 1 for location of line G-G'

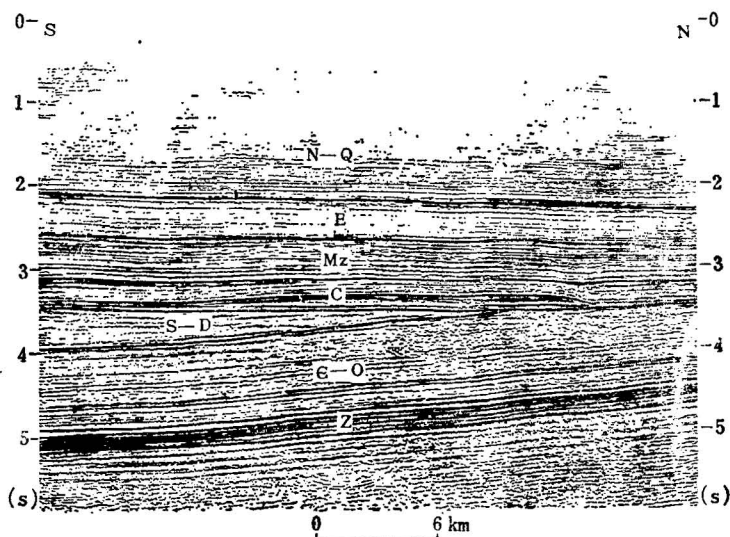


图 8 塔北隆起兰尔地区滑脱构造地震反射剖面(据西北石油地质局资料),剖面位置见图 1 B-B'

Fig. 8 Seismic profile across detachment structure of Langa, Northern Uplift, Tarim Basin. See Fig. 1 for location of line B-B'

2.3 浅层次滑脱构造

2.3.1 沿中生界底部主滑面形成的滑脱构造 中生界底部主滑面是控制库车坳陷褶皱-冲断层带发育的重要条件之一。如图 9 所示,控制亚肯背斜、东秋立塔克背斜和依奇克里克背斜发育的逆冲断层,往深部归并到中生界底部滑脱面上。这些背斜构造带的形成还与逆冲作用、地层牵引作用和塑性层流动增厚作用密切相关。此外,在中-新生界褶皱-冲断层带之下的古生界,可能存在另一套褶皱和断裂体系,形成所谓的双重构造^[7]

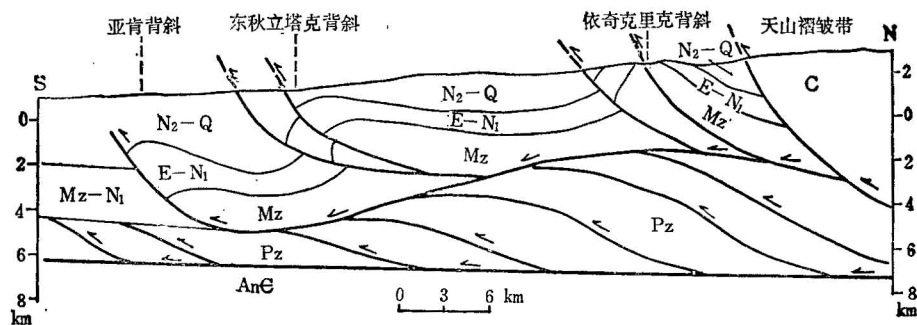


图9 库车坳陷滑脱及双重构造示意剖面图,剖面位置见图1 A-A'

Fig. 9 Sketch profile of detachment and duplex structure in the Kuche Depression. See Fig. 1 for location of line A-A'

(duplex structure), 其顶、底板逆冲断层,分别与古生界底部和中生界底部两个滑脱面相一致。这种古生界双重构造是一个潜在的找油气领域。

2.3.2 沿中新统底部主滑面形成的滑脱构造 中新统底部主滑面是中新统苏维依组含膏盐岩层的底面。如图10所示,膏盐层沿该主滑面发生塑性流动,并富集加厚向上拱起,在地震剖面上形成“眼球状构造”,滑脱层之上的各反射界面均有背斜显示。

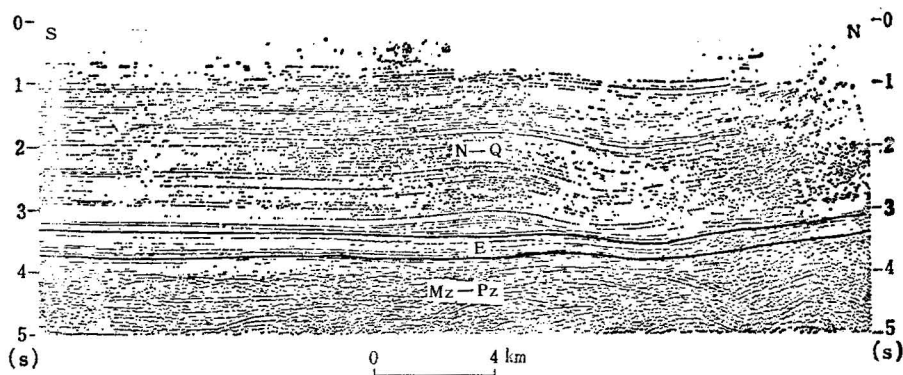


图10 北部坳陷沙依科甫地区滑脱构造地震反射剖面 (A-83-294线),剖面位置见图1 F-F'

Fig. 10 Seismic profile across detachment structure of Shayikef, Northern Depression. See Fig. 1 for location of line F-F'

2.4 滑脱构造变形机制

塔里木盆地不同层次滑脱构造的变形机制是不同的。深层次滑脱构造以韧性剪切变形为主,一般形成于15km以下的基底岩系中。由于后期构造变动,可上升到较浅部位(图3)。中层次滑脱构造形成于5—15km深度,以弯曲机制造成的塑性变形为主,表现为古生代地层的滑脱褶皱(图4)、牵引背斜(图5)、叠瓦逆冲(图6)和推覆构造(图7)。浅层次滑脱构造位于0—5km深度,除塑性变形外,还发生较强的脆性变形,由剪切破裂形

成逆冲断层,以中-新生代地层发生褶皱——冲断为特征(图 9)。然而,由于滑脱作用的阶段性和岩石变形的复杂性,在同一滑脱构造中,往往存在几种变形机制的组合,如图 4 即表现为弯曲和剪切破裂机制组合。

3 多层次滑脱构造与油气聚集

3.1 沉积盖层中滑脱层的油气地质意义

3.1.1 由泥岩、页岩和泥灰岩等构成的滑脱层,是盆地中最重要的油源岩 塔里木盆地的生油岩,按岩性可分为暗色泥质岩类和暗色结构碳酸盐岩类生油岩,共有 7 套生油岩系^[8],即海相的寒武系、奥陶系、石炭系、下二叠统和上白垩统-下第三系,陆相的三叠系和中-上侏罗统,它们分别与第二滑脱系统的中-下寒武统、中-上奥陶统、石炭系滑脱层和第三滑脱系统的三叠系、中-上侏罗统滑脱层相当(表 1)。这些生油岩有机质丰度高,类型好,大多已达到成熟-过成熟阶段,可以生成大量油气。

3.1.2 膏盐岩和粘土岩等塑性滑脱层构成区域性盖层 膏盐岩类盖层主要分布于石炭纪和中新生早期滑脱层中,粘土岩类盖层主要分布于中-新生代各滑脱层中,横向展布稳定,厚度大,岩性致密,碎屑颗粒极细,孔径小,渗透性差,是盆地中有效的区域性盖层。

3.1.3 生油层、储油层及盖层组合 由于沉积盖层中存在多时代的滑脱层,并且同一滑脱层中的岩石,有时既可作为油源层,又可作为盖层,它们与夹持其间的储集层相互配置,可以构成多种生、储、盖组合。

3.2 与滑脱作用有关的圈闭样式

3.2.1 大型逆冲断层遮挡圈闭及基岩圈闭(图 11(1)) 前震旦系沿基底滑脱面和古生界内部滑脱面逆冲推覆在古生代海相地层之上,或者古生代地层沿寒武系底部滑脱面掩覆到古生界和中-新生界之上,都可以形成低角度大型逆冲断层遮挡圈闭,其勘探目标位

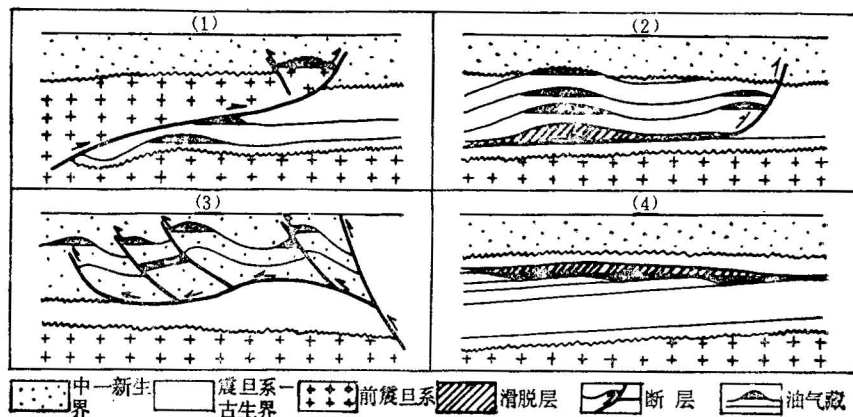


图 11 与滑脱作用有关的圈闭样式示意图

Fig. 11 Sketch sections of trap style related to detachment

- (1) 大型逆冲断层遮挡圈闭及基岩圈闭 (2) 滑褶型圈闭及牵引背斜圈闭
(3) 褶皱-冲断层带圈闭群 (4) 滑脱层遮挡的地震圈闭

于缓倾角断层的下盘,是塔里木盆地寻找油气田的新领域。前震旦系基岩,沿滑脱面上冲到高部位,在一定条件下可以形成基岩圈闭,塔北隆起和塔南隆起都存在这种圈闭类型。

3.2.2 滑褶型圈闭及牵引背斜圈闭(图 11(2)) 滑褶型圈闭与挤压作用下滑脱层的塑性流动,和富集上拱有关,背斜形态完整,圈闭面积往往较大,闭合度高。牵引背斜圈闭位于逆冲断层前缘断坡的上盘,由于地层牵引而形成背斜,有时褶皱和断层共同构成圈闭条件(图 5)。受推挤作用影响,由深层往浅层背斜高点向逆断层的上倾方向偏移,油气藏受背斜高点控制。

3.2.3 褶皱-冲断层带圈闭群(图 11(3)) 发育在库车坳陷、西南坳陷和东南坳陷,具成排成带分布的特点,主要圈闭类型包括挤压背斜、牵引背斜、断块和断层遮挡圈闭。

3.2.4 滑脱层遮挡的地层圈闭(图 11(4)) 受石炭纪膏盐岩滑脱层遮挡的志留-泥盆系剥蚀尖灭带,具有良好的圈闭条件,可能存在楔形地层油气藏,是重要的勘探对象。

3.3 滑脱作用与找油气方向

3.3.1 塔北隆起、塔中隆起和塔南隆起油气聚集带 这是盆地中 3 个主要的聚油隆起带,其上广泛发育不同时代的滑脱层,它们既是重要的生油层,又是区域性盖层。隆起上储油层层位多,厚度大,既有早古生代碳酸盐岩孔洞缝型储油气层,又有晚古生代和中-新生代碎屑岩孔隙型储油气层,油气层的储集性能良好,在不同的滑脱系统中形成多套生、储、盖组合。滑脱作用造就了大量与其有关的圈闭构造,提供了充裕的油气聚集场所(图 11)。这些隆起带与大型生油坳陷毗邻,油源供给充足,隆起带成为油气运移的指向地带。隆起带上断裂发育,存在多个区域性不整合面,二者相互配置,可以在垂向上和横向上将不同层位和不同地区的生储油岩系相互连通,构成油气运移网络,有利于形成中生界和第三系浅层油气藏。在塔北隆起和塔中隆起,已经在震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系和下第三系获得高产油气流,在其它层位也见有良好的油气显示,具有多层系含油、多种圈闭类型叠合连片的特点,具备了形成大型或特大型高产油气田的条件。在塔南隆起,要注意寻找被前震旦系推覆体掩覆的下盘古生界油气藏(图 11(1))。

3.3.2 库车坳陷、西南坳陷和东南坳陷油气聚集带 其主要特点包括: a. 油气聚集带都位于山前坳陷中,生储盖地层主要由中-新生界组成,是寻找中生界原生油藏和新生界次生油藏的有利地区; b. 以褶皱-冲断带型圈闭为特征,构造虽然成排成带分布,但以中小型圈闭为主; c. 库车坳陷滑脱构造主要受挤压作用控制,西南坳陷和东南坳陷的滑脱构造则受挤压和走滑作用的双重控制; d. 第三系发育较厚的膏盐岩滑脱层,它们虽然可以作为较好的区域性盖层,但由于滑脱作用造成的构造上下不吻合,使得勘探工作十分困难; e. 多种资料表明,中生界底部滑脱面之下的古生界,可能存在重要的找油领域,有待进一步探索。

本文是在刘和甫教授和刘鹏生高级工程师的热情指导下完成的,在此致以深切的谢意。

参 考 文 献

- 1 马杏垣,索书田. 论滑覆及岩石圈内多层次滑脱构造. 地质学报, 1984, 58 (3): 205—213.

- 2 胡军,丁德轩,胡方秋. 天山地区岩石圈动力学特征初探. 新疆地质, 1985, 3(2): 85—94.
- 3 汤良杰,张大权,林忠民. 塔里木盆地构造特征与大型油气聚集带的形成. 国际大陆岩石圈的构造演化与动力学讨论会——第三届全国构造会议论文集 1. 造山带·盆地·环太平洋构造. 北京: 地质出版社, 1990. 98—106页.
- 4 汤良杰,林忠民. 塔里木盆地构造样式与油气聚集. 新疆地质, 1986, 4(3): 75—82.
- 5 汤良杰. 1989, 塔里木盆地东北地区断裂类型与油气远景. 石油与天然气地质, 1989, 10(1): 45—52.
- 6 Nishidai T, Berry J L. Structure and hydrocarbon potential of the Tarim Basin (NW China) from satellite imagery. Journal of Petroleum Geology, 1990, 13(1): 35—58.
- 7 Mitra S. Duplex structures and imbricate thrust systems: geometry, structural position, and hydrocarbon potential. AAPG Bull, 1986, 70(9): 1087—1112.
- 8 柴桂林. 塔里木盆地的油气勘探现状、经验和对策. 石油地球物理勘探, 1989, 24 (5): 603—613.

A DISCUSSION ON MULT-LEVEL DETACHMENT STRUCTURES AND PETROLEUM POTENTIAL OF THE TARIM BASIN

Tang Liangjie

(Northwest Bureau of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Four detachmen systems have been found in the Tarim Basin. They are made up of the Proterozoic, Paleozoic, Mesozoic-Eogene and Neogene-Quaternary, respectively. The shallow-level detachment structures are characterized by fold-thrust belts in Meso-Cenozoic strata. The mid-level structures are marked by nappes, décollement folds and drag anticlines in Paleozoic Strata. The deep-level structures are represented by ductile shear belts developing in the basement. The main features of the detachments in the basin are thrusting, compressional folding and shortening, which gave rise to a series of trap types associated with detachments. Mid-deep level detachment structures mainly occur in the Northern, Central and Southern Uplifts, which are major hydrocarbon accumulation belts for large-scale oil-gas fields. Shallow-level detachment structures mainly exist in the Kuche, Southwestern and Southeastern Depressions, which are favourable belts for medium-and small-sized oil-gas fields.

Key words: Tarim Basin, décollement horizon, detachment structure, hydrocarbon accumulation belt.

作者简介

汤良杰, 1957年生, 1984年毕业于武汉地质学院北京研究生部石油地质专业, 获硕士学位, 现任地矿部西北石油地质局地质大队工程师, 主要从事石油地质、构造地质工作。通讯处: 新疆乌鲁木齐市北京北路2号, 邮政编码: 830011。