

# 塔里木西南拗陷新生代构造演化 与油气的关系<sup>①</sup>

胡望水 刘学锋 陈毓遂 肖安成 刘生国

(江汉石油学院地质系, 湖北荆沙 434102)

塔里木盆地西南拗陷是长期发展演化的复合前陆拗陷。它在新生代经历了早第三纪构造宁静期、中新世构造主要发展期、上新世构造宁静期和第四纪构造定型期。构造变形以印度板块与欧亚大陆板块的碰撞及幕式推挤为背景, 以发育冲断-褶皱和快速沉降为特征。自后陆向前陆, 构造变形由强到弱, 不同构造单元构造的变形也有其特点。盆地沉降是构造负载与沉积负载共同作用的结果。喜山构造运动不仅加速了烃源岩热演化, 而且还产生了大量与断层相关的褶皱, 为油气运聚提供了良好的条件。

**关键词** 新生代 构造演化 油气聚集 塔里木西南拗陷

**第一作者简介** 胡望水 男 30岁 硕士 盆地构造分析

塔里木盆地是历经古生代、中生代长期发展演化而发育起来的大型叠合复合油气盆地, 面积约 56 万 km<sup>2</sup>。西南拗陷是塔里木盆地西南部的一个重要的构造单元, 东北与塔里木盆地中央隆起西段巴楚断隆为邻, 西北和西南分别为天山和昆仑山环绕, 面积 11. 832 万 km<sup>2</sup>。其基底为太古界、元古界变质岩系, 古生界、中生界构成沉积盖层。震旦—奥陶系为碳酸盐岩, 志留系及上覆地层主要为碎屑岩。前泥盆纪构造格架极大地制约了后期构造与沉积的演化。该拗陷经历了晋宁期、加里东期、海西期、印支—燕山期和喜山期构造运动, 可分为 6 个发展阶段, 即前震旦纪盆地基底形成阶段、震旦纪—早古生代弧后盆地阶段、泥盆纪周缘前陆盆地阶段、早石炭世—早二叠世早期弧后盆地阶段、早二叠世晚期—老第三纪周缘前陆盆地阶段及新第三纪—第四纪类前陆盆地阶段。后期构造变动不仅在一定程度上继承了早期构造, 而且叠加或改造了早期构造, 新生代构造变形与演化对油气聚集最为重要。

## 1 塔里木西南拗陷新生代构造演化

西南拗陷新生代次一级构造单元包括喀什、叶城凹陷, 齐姆根凸起和麦盖提斜坡四个构造单元。新生代构造-沉积演化如下:

### 1.1 早第三纪构造-沉积演化

晚白垩世, 燕山运动已使塔西南拗陷成为被昆仑山褶皱带和巴楚隆起控制的前陆拗陷。它缺失上白垩统上部的吐依洛克组。至早第三纪, 构造发展进入相对宁静期, 构造格局与晚白垩世基本一致, 地势西低东高。拗陷往西与特提斯洋相通, 海水自西向东侵入, 拗陷因构造

① “八五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地油气资源”部分结果

沉降沉积了一套滨海-泻湖相碳酸盐岩、膏盐岩及碎屑岩。喀什凹陷最大沉积厚度为 1000m, 叶城凹陷最大沉积厚度为 1400m。由于海侵范围有限, 麦盖提斜坡东北有间断性的沉积缺失。

始新世末, 羌塘地块与欧亚板块的碰撞对西南拗陷早第三纪沉积格局有重要的影响, 结束了西南拗陷海侵历史, 开始了陆相沉积作用。同时, 玛扎塔格断裂、色力布亚断裂活动加强, 哈拉斯坦河断裂走滑加剧。

### 1.2 中新世构造-沉积演化

渐新世末期, 印度板块和欧亚板块碰撞, 昆仑山西段向北推挤, 天山隆起也较快, 使遥遥相对的昆仑山和天山彼此接近。西南拗陷在这两大山系的封闭之下, 成了周围山系的物质倾泻堆积中心, 从而沉积了一套巨厚的河流、湖泊和冲洪积的陆源碎屑物, 沉积中心沿山麓分布。中新世是叶城凹陷形成发育的重要时期, 沉积物最大厚度为 3500m, 而分隔喀什凹陷与叶城凹陷的齐姆根凸起也初具规模。南天山山前构造带及和田断裂系重新活动, 局部缺失中新统。

### 1.3 上新世构造-沉积演化

上新世, 西南拗陷进一步均衡稳定下沉, 沉积了一套河流相的碎屑岩。叶城凹陷和喀什凹陷沉积了最大厚度为 1000m 的碎屑物, 沉积中心较中新世相比呈现自山前向斜坡方向迁移的趋势。昆仑山前的断裂系统继续活动, 色力布亚、玛扎塔格断裂也重新开始活动。

### 1.4 第四纪构造-沉积演化

上新世末, 强烈的南北向挤压作用使天山、昆仑山迅速隆升, 前陆冲断-褶皱活动进一步加剧, 西南拗陷构造沉降速率达到最大。拗陷内堆积了一套巨厚的磨拉石建造。叶城、喀什凹陷沉积物最大厚度分别为 1100m、4000m。此时期是喀什凹陷发育的重要时期, 齐姆根凸起也进一步隆升。第四纪是西南拗陷构造活动最频繁、最剧烈的时期, 老断裂重新活动, 新的断裂不断产生, 具体表现在: ①向盆地方向发生大规模冲断推覆作用, 昆仑山前形成了三排近东西向、北西向断裂相关褶皱; ②天山山前几排构造带形成; ③色力布亚、玛扎塔格断裂重新活动, 第四系卷入褶皱及断裂变形。

## 2 塔里木西南拗陷新生代沉降史

早第三纪是塔西南拗陷从分隔型断陷向统一的拗陷转化的时期, 由于处于前陆拗陷的初始下沉阶段, 沉降幅度较小, 沉降速率比较缓慢。3 个主要构造单元的沉降差异并不明显, 仅叶城凹陷沉降量略大些(表 1a、表 1b 及表 1c), 因此两凹夹一凸的构造格局也不十分明显。

自中新世开始, 塔西南开始了陆相沉积发育阶段, 由于喜马拉雅运动的强烈影响, 周边山系不断隆起, 塔西南拗陷加速下沉, 此时最突出的表现为叶城凹陷大幅度下沉, 其沉降幅度及沉降速率明显大于齐姆根凸起和喀什凹陷(表 1)。从构造沉降曲线(图 1)看, 在早第三纪末存在一明显的上凸点(构造沉降量明显变化处)。这是自早第三纪到中新世沉降速率明显加快的直观反映, 同时也反映了一期重要构造运动的发生。

上新世, 塔西南拗陷沉降速率进一步加快。三个构造单元的构造沉降量比较接近(表

1),说明喜山中期构造运动尽管加速了各个构造单元的下降,但是对各单元的影响是较均衡的。

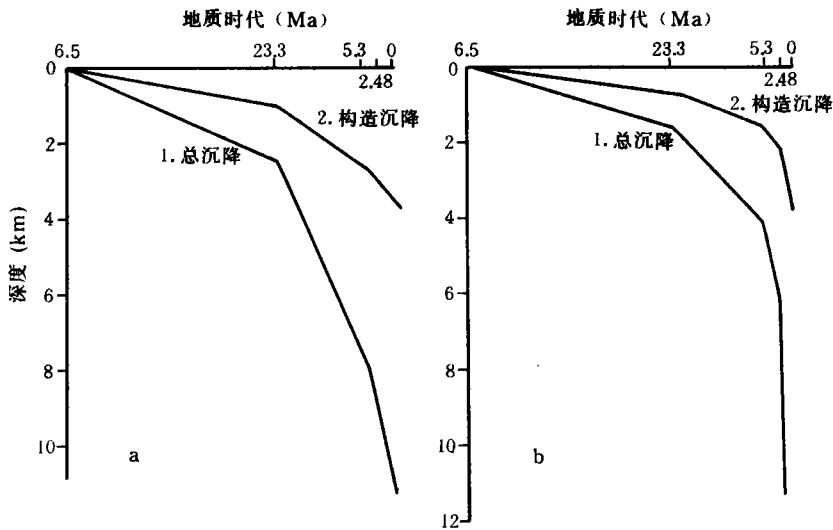


图1 叶城(a)和喀什(b)凹陷沉降史曲线

表 1a 叶城地区新生代不同时期的沉降量及构造沉降速率

地质时代	老第三纪	中新世	上新世	第四纪
年代间隔	65~23.3	23.3~5.3	5.3~2.48	2.48~0
总沉降(km)	2.264	5.197	1.624	1.565
构造沉降(km)	0.868	1.587	0.506	0.452
构造沉降速率(m/Ma)	20.815	88.167	179.433	182.758

表 1b 喀什地区新生代不同时期的沉降量及构造沉降速率

地质时代	老第三纪	中新世	上新世	第四纪
年代间隔	65~23.3	23.3~5.3	5.3~2.48	2.48~0
总沉降(km)	1.649	2.629	1.949	5.673
构造沉降(km)	0.652	0.97	0.602	1.677
构造沉降速率(m/Ma)	15.635	53.889	213.475	676.21

表 1c 英吉沙地区新生代不同时期的沉降量及构造沉降速率

地质时代	老第三纪	中新世	上新世	第四纪
年代间隔	65~23.3	23.3~5.3	5.3~2.48	2.48~0
总沉降(km)	1.632	2.436	1.425	0.607
构造沉降(km)	0.645	0.964	0.465	0.18
构造沉降速率(m/Ma)	15.468	48	164.844	72.58

第四纪是喜山运动影响最强烈的时期,塔西南拗陷再次大幅度下降,最明显表现为,喀什凹陷大幅度下沉,而齐姆根凸起和叶城凹陷的沉降幅度相对较小(表1),表明喜山晚期运动影响的不均一性。从构造沉降曲线(图1)看,叶城凹陷第四纪沉降速率较上新世有增加,而喀什凹陷在第四纪沉降速率明显加快,沉降曲线明显变陡,也表明喜山晚期运动对喀什凹陷的影响更为显著。

由上述分析可知,从早到晚,构造沉降速率不断加快。尽管两个凹陷各时期沉降量的绝对大小差别较大,但不论总沉降曲线,还是构造沉降曲线,均表现为一种上凸曲线。随时代变新,有加速下沉的趋势,这种特征表明塔西南拗陷为一前陆拗陷。对比各凹陷同一时期总沉降及构造沉降,发现各时期构造沉降仅占同期总沉降的三分之一左右(表1)。表明塔西南拗陷深达万米的新生代沉降与周边褶皱山系充足的沉积物供给密切相关,沉积负载在拗陷形成过程中起着一定作用。

### 3 塔西南拗陷新生代构造变形特征

新生代构造变形主要表现在大规模逆冲断裂活动及与断裂相伴的褶皱上,离冲断—褶皱带愈远,变形愈弱。依据构造变形强弱,划分出西昆仑山前、南天山山前及麦盖提斜坡东北缘3个主要变形区和一个中部弱变形区。

#### 3.1 西昆仑山前构造变形区

位于西昆仑山冲断—褶皱带的前锋区。以新藏公路为界,往西以断裂斜向逆冲和雁列褶皱的发育为主要特征,如乌拉根、木什、英吉沙等构造呈雁列展布,与拗陷边界断裂小角度相交。往东则以冲断—褶皱为其主要变形特征。冲断构造主要为一系列阶梯状逆断裂及相关褶皱。阶梯状逆断层追踪震旦系顶部泥岩或下第三系底部膏盐层即滑脱层向前陆方向扩展、抬升(图2)。在阶梯状逆断层控制下,形成了3排背斜带:甫沙—桑株背斜(带)为断展褶皱;柯

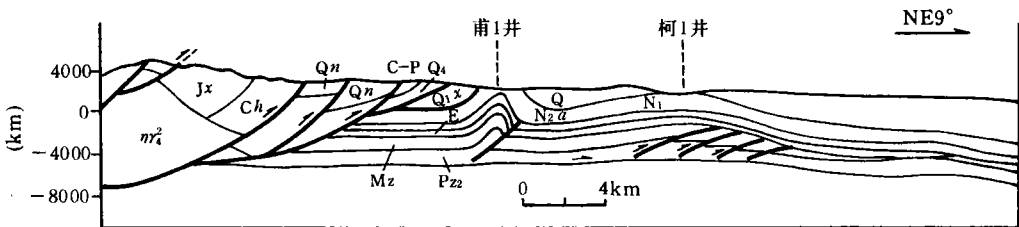


图2 西昆仑北缘阿依不龙—柯克亚构造横剖面图

Q为第四系;Q<sub>1x</sub>为下更新统西域组;N<sub>2a</sub>为上新统阿图什组;N<sub>1</sub>为中中新统;E为下第三系;K为白垩系;J为侏罗系;Mz为中生界;C-P为石炭二叠系;Pz<sub>2</sub>为上古生界;Qn为青白口系;Jx为蓟县系;Ch为长城系;η<sub>2</sub>为上古生界二长花岗岩

克亚—曲吕西背斜(带)为断弯褶皱,形成于上新世末;固满—合什塔克背斜(带)为断滑褶皱,形成于早更新世。愈向后陆,背斜核部地层愈新,断层形成时代愈晚,变形强度愈弱。这既反映了构造运动的幕式性,又反映了构造运动由南向北的传递性,同时说明该区的构造变形受控于昆仑向北冲断推覆及和田断裂系的活动。变形方式自南而北从逆冲推覆向滑脱挤压过

渡,从基底卷入式向盖层滑脱式过渡。

### 3.2 南天山山前构造变形区

南天山山前构造变形区主要指喀什凹陷北部南天山山前地区,属南天山冲断-褶皱带的前锋区。后缘的叠瓦状冲断-褶皱带由多个向前陆方向扩展的叠瓦片组成,以向盆地长期逆冲推覆为主要特征,这种大型的逆冲推覆构造控制了南天山山前构造变形区主要构造变形样式(图 3)。与昆仑山前一样,本区的基本构造格局也是由近东西向的成排成带的断裂及褶皱组成。自北而南发育着 3 排背斜构造:巴什布拉克-康希威尔九个泉背斜(带),阿图什背斜(带)及喀什-明遥路背斜(带),均为断展褶皱。背斜为不对称紧闭褶皱,发育断面南倾的反冲断层。这 3 排构造之间均以开阔的向斜相隔,形成一种侏罗山式的隔挡式褶皱。变形样式为几种样式的复合,主要包括滑脱挤压的隔挡式褶皱,反冲断层,顶板反冲双重构造及构造三角带等。该区的变形主要受南天山冲断-褶皱带的逆冲作用的控制,同时受昆仑山向北的推挤导致的变形的叠加改造。下第三系膏盐岩层构成滑脱面,受控于它的深浅构造具有不同的样式,变形主要集中在滑脱面以上的地层内。

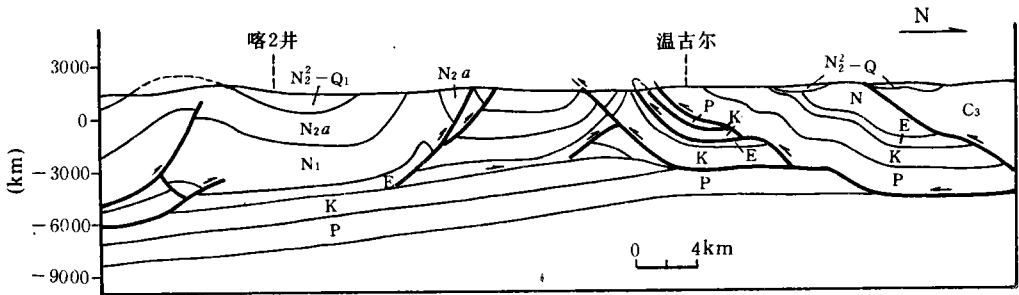


图 3 温古尔—喀什北构造横剖面图(图例同图 2)

### 3.3 麦盖提斜坡东北缘构造变形区

变形主要表现在斜坡东北缘边界色力布亚断裂及玛扎塔克断裂的走滑活动及伴生褶皱上,是受断裂控制的局部变形。在喜山期构造运动作用下,色力布亚断裂发生水平走滑,产生了轴面近直立的褶皱。由北而南,背斜由宽缓变为陡峭,第四系变形强度由弱变强,前第四系变形强度则刚好相反。喜山期玛扎塔格断裂活动则为左旋压扭,总体为数条北西向扭动断裂斜列而成,常形成与断裂相伴的雁列褶皱和花状构造。

## 4 塔西南拗陷新生代构造变形机制

### 4.1 构造背景与构造应力场

塔西南拗陷的形成,与洋壳消减导致南天山洋和库地洋的关闭造山,特提斯洋于印支期、燕山期和早燕山期的逐步闭合以及近期印度板块与欧亚板块的碰撞等有关。始新世晚期,印度板块与欧亚板块碰撞及不断推挤的远距离效应控制了西南拗陷新生代演化的近南北向挤压应力场。拗陷的南部,构造线的方向近东西,与主压应力方向近于正交,拗陷西南和

东北边缘北北西向构造线方向与主压应力方向斜交，断裂具明显走滑活动特征，拗陷北部边缘断裂略具左行走滑特征(图 4)。构造形迹反映出新生代构造应力场特征，近南北向挤压应力场起主要控制作用，局部叠加了扭应力场，拗陷新生代构造变形正是这两种应力场共同作用的结果。

#### 4.2 构造变形机制

塔西南拗陷新生代沉降史、构造演化特征及沉积特征表明，西南拗陷新生代变形符合 Flemings 和 Jordan(1990)弹性流变变形模型。新生代沉降史表明，构造负载是拗陷形成的初始动因，初始沉降发生后，由于拗陷与周边褶皱山系毗邻，拗陷被大量沉积物迅速充填，在沉积物质负载作用下，拗陷进一步发生负载沉降，以后由于持续稳定下沉，最终形成拗陷现今构造格局。这种构造格局的形成经历了 3 个变形阶段。中新世为早期冲断变形阶段，拗陷迅速下沉，最大沉降幅度达 5.197km(图 5a)。上新世为构造宁静期稳定沉降阶段，此时的变形主要与沉积负载有关，沉降幅度较小，最大沉降量仅 1.949km，沉积物明显变粗，表明岩石圈发生了弹性“回跳”，拗陷变浅，前缘隆起(巴楚隆起)向克拉通方向迁移(图 5b)，拗陷变宽。而第四纪则为新的冲断变形阶段，由于喜山期运动的影响，早期冲断带活化，新的构造负荷叠加，致使西南拗陷再次发生冲断变形，巴楚前缘隆起向冲断—褶皱带方向迁移，此时最大沉降量为 5.673km，拗陷宽度变小，沉积物进一步变粗(图 5c)。

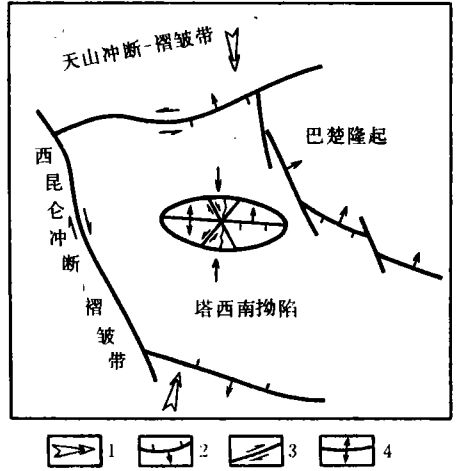


图 4 塔西南地区新生代应力状态略图

- 1. 主应力方位; 2. 逆断层;
- 3. 走滑断层; 4. 褶皱

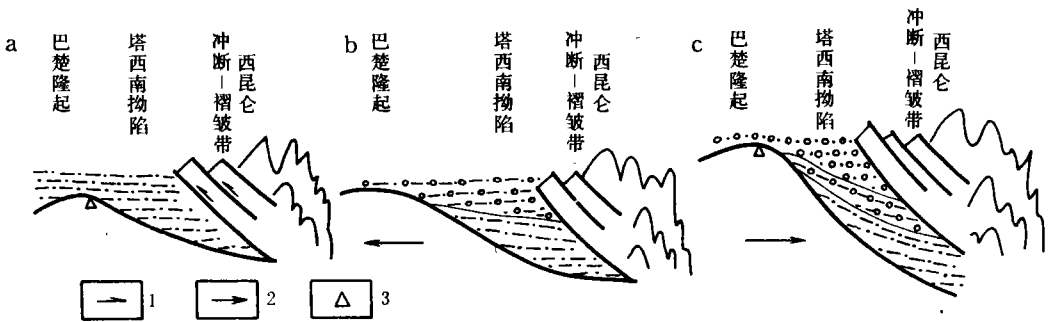


图 5 塔西南拗陷变形模式图

- a. 早期冲断变形阶段(中新世); b. 构造宁静期的缓慢变形阶段(上新世); c. 新的冲断变形阶段(第四纪)
- 1. 逆冲方向; 2. 前缘隆起位移方向; 3. 前缘隆起位移参考点

## 5 塔西南新生代构造演化与油气的关系

新生代构造运动对塔西南拗陷油气生成、运移、聚集和保存有明显的制约作用。

### 5.1 提供新的烃源岩

由于昆仑山、天山不断地向盆地内挤压逆冲,在山前因构造沉降和均衡调整形成了新生代凹陷,在凹陷中沉积了巨厚的以砂泥岩为主的新生界,从而为油气田的形成提供了新的烃源岩。下第三系生油岩遍布整个西南拗陷,有机质类型好,以腐泥型为主,但有机质丰度低。上第三系中新统生油岩,分布广泛,有机质类型较好,以腐泥型-腐殖-腐泥型为主。

### 5.2 加快前新生界烃源岩的演化

塔西南拗陷发育震旦系、寒武—奥陶系、石炭—二叠系、侏罗—白垩系生油岩。由于地温梯度低,使得主要生油岩在白垩纪末期才进入生油门限。巨厚的新生界沉积后,主要生油岩达到生油高峰或过成熟( $R^o$ 为1.0%~1.3%)。大多数石炭系生油岩在中—上新世达到生油高峰期( $R^o$ 为1.0%);侏罗系生油岩现正在生油高峰期( $R^o$ 为0.8%)。

### 5.3 产生大量的圈闭

本区断裂及局部构造大多产生在渐新世末—上新世末,在山前和斜坡上,形成了一系列的逆冲滑脱挤压背斜带和一系列的地层不整合圈闭。西南拗陷主力生油层在渐新世及其以后才进入生油高峰期的,可见圈闭的形成和油气的运移在时间上是配套的,同时这些圈闭也位于油气运移的指向上。柯克亚构造是浅层的背斜和深层的断裂双重构造组成的,深层的断裂为深部油气向浅层背斜运移的通道,这已被油源对比所证实。不整合对圈闭形成与发育有制约作用。始新统与渐新统、渐新统与中新统、第三系与第四系之间不整合面上下,可发育剥蚀地层不整合圈闭、岩性上倾尖灭圈闭、裂缝体岩性圈闭、潜山圈闭及披覆背斜圈闭,从而在不整合上下形成油气富集带。

### 5.4 给烃类运移提供了条件

构造作用使盆地边缘明显抬起。近南北向挤压应力促使油气从生油中心向边缘隆起区运移,油气藏分布在低应力区。由于盆地周围的隆起,从而改变了盆地内的水文地质条件,影响了油气运移、聚集。早期断裂在喜山期运动作用下复活,从而使深层油气向浅层运移或再运移聚集,以形成大油气藏。不整合面具通道作用,始新统与渐新统、渐新统与中新统、第三系与第四系之间均存在不整合关系,这些不整合相互构成了空间网络系统,为油气运移提供了良好的通道。

### 5.5 剧烈运动破坏油气聚集、保存的条件

经地面勘查,在许多地区发现了侏罗纪、白垩纪及早第三纪的油气苗。研究表明,造成散失的因素为油气顺断裂运达地表和构造运动造成生油层抬升、剥蚀而出露地表。中新生界生油岩生油高峰与喜山期断裂活动有一定的同时性,这样油气顺活动断裂运至地表散失掉。喜山运动经历时间长,致使昆仑山、天山多次强烈地向盆地逆冲推覆,造成中生界急剧隆起,出露地表,使侏罗系、上白垩统生油岩的生油环境极大地遭受破坏,同时,使已形成的油气藏也遭到破坏和改造。这正是为什么在喀什西北地表见到大量侏罗纪—晚白垩世油苗的重要原因。

新生代是塔西南拗陷成藏的主要时期。油气藏有两种成因类型,即保存较好的原生气藏和与喜山期构造有关的次生气藏。如柯克亚侏罗纪油气藏,因喜山晚期断裂作用的破坏,油气运移到下第三系底部砂岩中形成次生气藏。

(收稿日期:1995年8月4日)

### 参 考 文 献

- 1 Flemings P B and Jordan T E . Stratigraphic modeling of foreland basin, Interpreting thrust deformation and Lithosphere rheology. *Geology*, 1990, 18: 430~434

## THE CENOZOIC STRUCTURAL EVOLUTION AND ITS RELATIONSHIP WITH OIL AND GAS ACCUMULATION IN THE SOUTHWESTERN TARIM DEPRESSION

Hu Wangshui Liu XueFeng Chen Yusui Xiao Ancheng Liu Shengguo

(*Jiangnan Petroleum Institute, Jinsha, Hubei 434102*)

### Abstract

The southwestern Tarim depression is a compound foreland depression with a long structural history during the Cenozoic. It has undergone a relatively tranquil phase of the Early Tertiary, the important Miocene development phase of structures, the relatively quiet phase of the Pliocene and the formation phase of structures of the Quaternary. The structural deformation is characterized by the development of fold-thrust belts and a rapid tectonic subsidence, which has resulted from the collision between the India plate and the Eurasian plate and from long lasting compression and pushing. The deformation of the structures is weakened from backland to foreland. The subsidence of the depression has resulted from structural and sedimentary loading. The Himalayan tectonic movement has enhanced the thermal evolution of the source rocks and formed lots of fault-related folds, which provided good conditions for oil and gas migration and accumulation.