

# 塔里木盆地西南坳陷油气成藏模式

李世臻<sup>1,2</sup> 康志宏<sup>3</sup> 邱海峻<sup>2</sup> 孟苗苗<sup>3</sup> 冯志刚<sup>4</sup> 李士超<sup>5</sup>

(1. 中国石油大学(北京), 北京 102249; 2. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100029;

3. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 4. 国土资源部油气资源战略研究中心, 北京 100034;

5. 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034)

**摘要:**塔西南坳陷构造复杂,具有东西分带、南北分段以及分期差异变形的特点,可划分为山前逆冲推覆构造带、和田—喀什凹陷带、麦盖提斜坡带、于田凸起4个二级构造单元。系统分析了寒武—奥陶系、石炭系、二叠系、侏罗系4套烃源岩及其分布特征,在储层、盖层分析基础上,初步指出该区发育7套有利储盖组合,认为断层、不整合面和渗透性地层为该区良好的输导体系。在以上成藏条件综合分析基础上,综合考虑油气来源、运移方式、储层特征等条件,对成藏模式进行分析和归类,将油气成藏模式划分2大类5种模式,分别是近源垂向运移山前逆冲推覆构造带成藏模式;外来推覆体型、楔状体型、原生体型,远源侧向运移斜坡带成藏模式;断展褶皱型和古岩溶型,并进一步预测了研究区有利油气勘探方向。

**关键词:**成藏模式;烃源岩;储层;盖层;西南坳陷;塔里木盆地

**中图分类号:**P536;P618.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)02-0387-12

塔里木盆地西南坳陷(以下简称塔西南坳陷)自1952年开始勘探,目前已发现了阿克莫木、柯克亚、和田河、巴什托普、柯东1、玉北1等多个油气田(含油气构造)<sup>[1-4]</sup>,但该区的石油地质研究与油气勘探程度仍偏低,与前人对该区油气资源规模和勘探前景的预测(常规油气资源量20~70亿t)极不相称<sup>[5-7]</sup>。塔西南坳陷具有资源量丰富、油气显示多、勘探程度低的特点,但由于受山前逆冲带影响,前陆区构造变形强烈,坳陷内部目的层位埋藏较深,存在地质条件复杂、认识程度低、油气富集规律不清、工业突破难的特点。通过4年对塔西南坳陷油气资源战略选区调查与评价工作,对该区油气成藏条件和成藏模式有了进一步整体认识,本文对该区烃源岩、储层、生储盖组合、输导体系的最新认识和提出的5种成藏模式对加快塔西南坳陷的油气勘探具有重要的指导意义和现实意义。

## 1 地质概况

塔西南坳陷为盆地一级构造单元,面积约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,位于盆地西南部,东北以色力布亚—玛扎塔克断裂为界,与中央隆起区分开,北临天山褶皱带以南天山山前大断裂——柯坪塔格断裂为界,西南与昆仑山构造带北缘铁克里克隆起相连接(图1)。

塔西南坳陷是一个经长期发展形成的复合型前陆坳陷<sup>[8,9]</sup>,发展演化受不同时期板块构造背景控制,具有明显东西分带和南北分段性,不同凹陷表现为不同的构造特征(图2)。山前冲断带分布于周缘造山带山前,大致沿造山带的走向展布,发育大量向盆地逆冲的断层及断层相关褶皱,形成逆冲推覆构造、双重构造、叠瓦冲断构造、堆垛式背斜、三角带构造等。断裂叠加程度和构造变形强度自山前向凹陷内逐步减弱,山前多为冲断层,中部多为叠瓦状断裂,

收稿日期:2013-10-29;改回日期:2013-11-29

基金项目:国土资源部“全国油气资源战略选区调查与评价”专项(2009GYXQ01、1211302108019-2)资助。

作者简介:李世臻,男,1982年生,博士后,助理研究员,主要从事油气地质、油气资源战略选区研究工作;E-mail:lishz2006@sina.com。

通讯作者:康志宏,男,1966年生,博士,教授级高级工程师,研究生导师,主要从事石油地质教学和研究工作;E-mail:kangzh98@163.com。

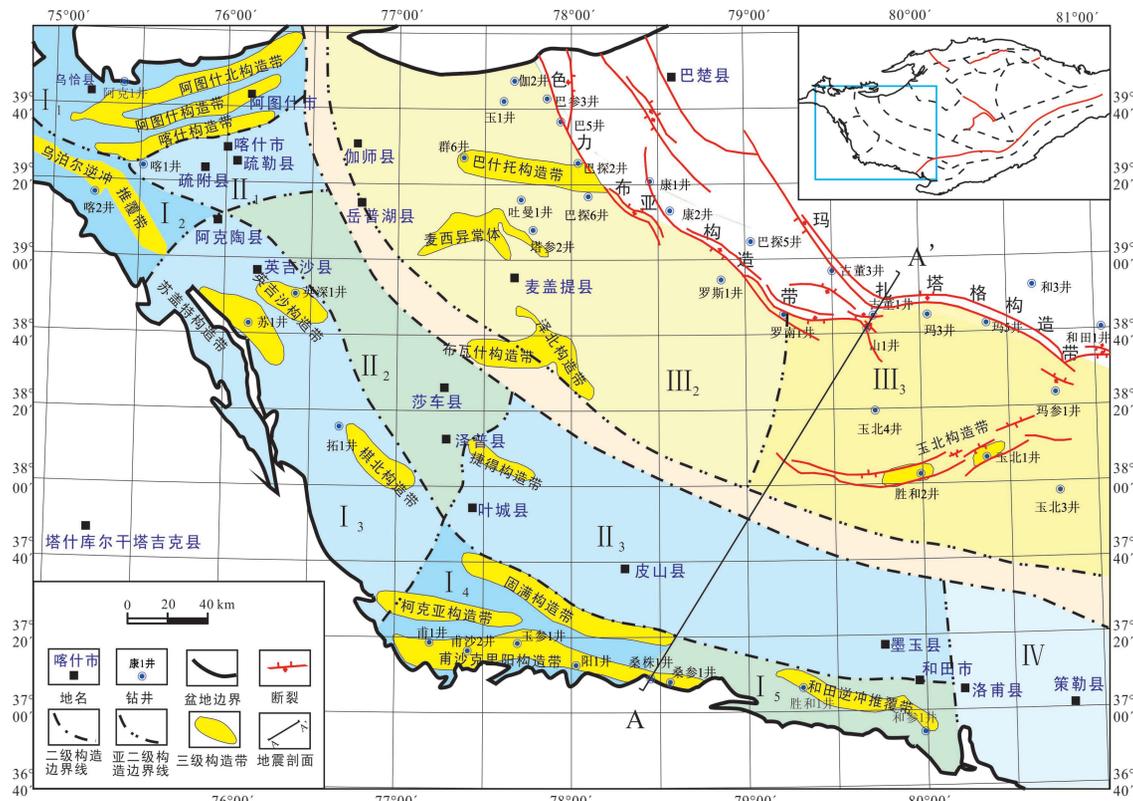


图1 塔西南坳陷构造分区

Fig.1 Tectonic divisions of southwest depression in Tarim Basin

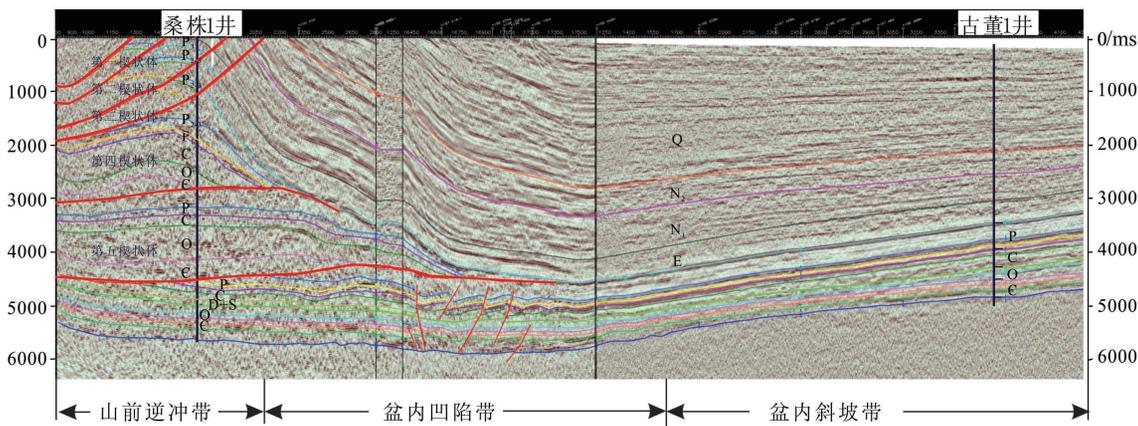


图2 塔西南坳陷 ht00-104-ht97-410-ht00-100-ht96-100s 测线地震解释剖面(AA')

Fig.2 Seismic interpretation profile of southwest depression in Tarim Basin(AA')

断块的相互叠置构成堆积构造并引起上覆新生界层序褶皱形成被动顶板双重构造,山前冲断带前缘因构造变形程度相对较弱,只发育断面低缓的延伸距离较短的滑脱断裂及与之相伴生的小面积低幅度的断层转折褶皱。盆地凹陷带主要是新生代形成的前陆盆地构造凹陷,断裂不发育,基底的最大构造埋深为16500 m(喀什凹陷)。盆内斜坡带也是新生代前

陆盆地形成的前缘斜坡,局部发育断裂构造。除了这3大构造带外,局部还可以带内分亚带,根据其构造的分带分段性将塔西南坳陷总体从山前向盆地依次划分为山前逆冲推覆构造带(I)、和田—喀什凹陷带(II)、麦盖提斜坡带(III)和于田凸起(IV)4个二级构造单元,可以继续划分12个亚二级构造单元和若干三级构造带(图1)。

塔里木盆地西南部地层发育较为齐全,从古元古界—第四系均有发育,从下至上依次为滹沱系、长城系、蓟县系、青白口系、寒武—奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系、第四系<sup>[10,11]</sup>;岩石类型复杂多样,经历了多期构造变形和变质作用的叠加、置换和改造。在层组的命名上,分为喀什小区、麦盖提小区、叶城—和田小区,在山地带与盆地内层组划分和对比上尚存争议。

## 2 油气成藏条件

### 2.1 烃源岩

塔西南坳陷面积大,沉积岩厚度大,坳陷内主要发育寒武—奥陶系、石炭系、二叠系及中下侏罗统烃源岩<sup>[12-19]</sup>,但一直以来盆地内因缺乏钻井资料致使研究不够深入。本次研究通过露头样品采集和收集最新钻井资料,评价了上述烃源岩特征(表1,图3)。

表1 塔西南坳陷烃源岩特征

Table 1 Characteristics of hydrocarbon source rocks of southwest depression in Tarim Basin

烃源岩层系	类型	有机碳含量/%	有机质类型	$T_{max}/^{\circ}C$	沉积环境
侏罗系	泥岩	0.03~5.36 1.71(262)	III、II	371~592 472(262)	湖相、沼泽相
二叠系	泥岩	0.03~2.78 0.74(126)	II、III	245~555 445(126)	浅海混积陆棚、湖相
石炭系	泥岩、碳酸盐岩	0.04~5.98 1.02(209)	II	394~595 522(209)	浅海混积陆棚
寒武-奥陶系	泥岩、碳酸盐岩	0.028~0.287 0.13(28)	I	—	局限台地相、斜坡相

注:分式代表:  $\frac{\text{最小值-最大值}}{\text{平均值(样品数)}}$ 。

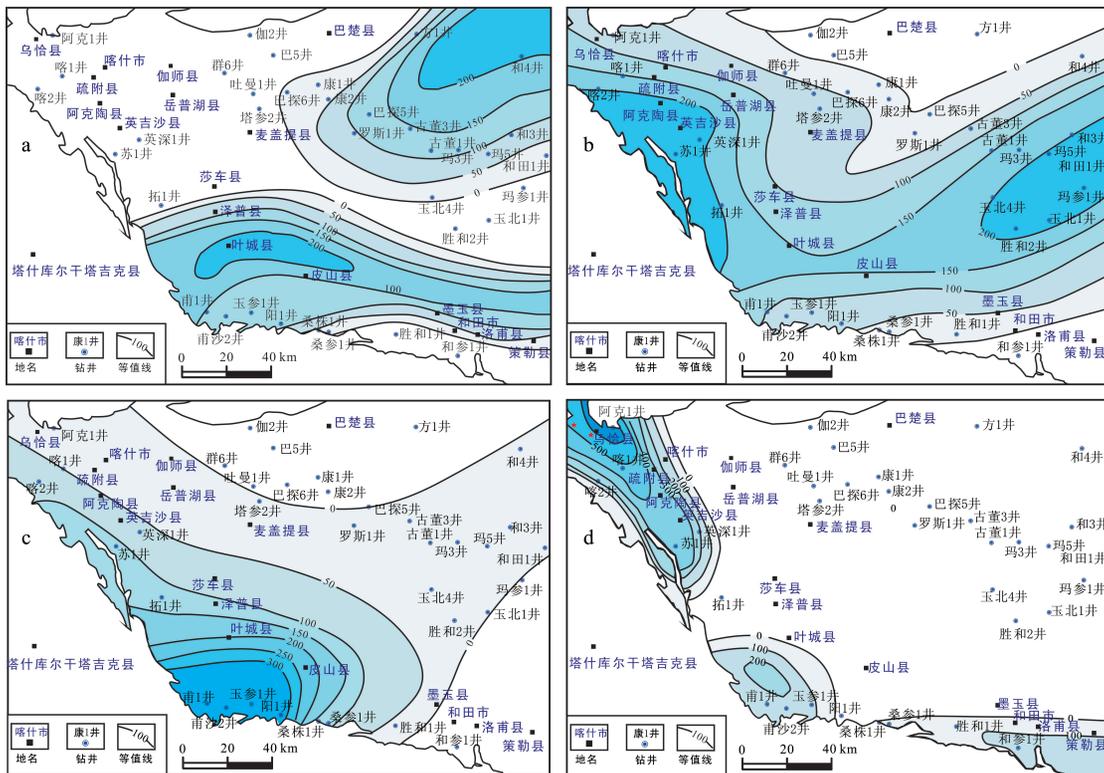


图3 塔西南坳陷烃源岩厚度分布

a—寒武—奥陶系;b—石炭系;c—二叠系;d—侏罗系

Fig.3 Thickness distribution of hydrocarbon source rocks in southwest depression of Tarim Basin

a—Cambrian-Ordovician; b—Carboniferous; c—Permian; d—Jurassic

寒武—奥陶系烃源岩形成于海相局限台地环境,西南缘为斜坡相沉积,主要分布在麦盖提斜坡东北部和巴楚隆起上,是坳陷东北部及麦盖提斜坡地区的重要油源层系;西南缘采到的样品有机质丰度低,有机碳含量最高为0.287%,为非烃源岩,根据坳陷、麦盖提斜坡、巴楚隆起等资料,推测叶城地区烃源岩条件较好,厚度为150~200 m。

石炭系烃源岩在塔西南坳陷全区广泛发育,为浅海混积陆棚沉积,最厚达400 m,一般为100~200 m,岩性为灰岩和泥岩互层,有机碳丰度( $TOC$ )为0.04%~5.98%,平均为1.02%,有机质类型为II型,干酪根最大裂解温度( $T_{max}$ )平均为520℃,处于过成熟阶段,以生气为主。

二叠系烃源岩在全区分布广泛,一般厚度为50~400 m,以暗色泥岩为主,在叶城—和田凹陷尤为发育,阳1井最厚达467 m,整体具有南厚北薄、西厚东薄的分布特征; $TOC$ 在南部昆仑山山前带较高,达1.5%以上;有机质类型主要为II型,为中等偏好烃源岩;烃源岩热演化程度高,现今处于成熟—

高成熟晚期阶段,以生气为主。

侏罗系烃源岩受沉积环境控制,为湖相和沼泽相沉积,主要分布在坳陷西南边缘山前凹陷中,呈带状分布,苏2井以西老山侏罗系广泛出露。该套烃源岩在喀什凹陷北部为湖相暗色泥岩沉积,有机质类型为II型,为中等—好烃源岩;向叶城方向,侏罗系逐渐向以河流相为主的沉积环境过渡,有机质类型逐渐变差,以III型有机质为主。库山河剖面的侏罗系杨叶组、康苏组岩性主要为泥岩和页岩, $TOC$ 值为0.03%~5.36%,平均为1.71%, $T_{max}$ 主要为440~460℃,相当于 $R_o$ 值为0.7%~1.2%,烃源岩处于成熟阶段,以生轻质油为主。

## 2.2 油气来源

研究区地质、地球化学条件复杂,油源问题一直是争论的焦点,但随着该区不同油气层的继续发现和科技手段的不断进步,多名学者开展了油源对比工作(表2)<sup>[12,14,16,19-31]</sup>,结论的多样性是不可避免的,但认识逐步清晰,归纳起来主要有寒武—奥陶系、石炭系、二叠系和侏罗系4套地层。

表2 塔西南坳陷油气来源分析统计

Table 2 Oil and gas source statistical analysis of southwest depression in Tarim Basin

油气源	油气田(藏)	油/气	产层(组)
侏罗系 (J)	杨叶古油藏	油苗、油砂	安居安组( $N_{2a}$ )、克孜勒苏组( $K_1k$ )、 杨叶组( $J_2y$ )
	克拉托浅油藏	油苗、油砂	帕卡布拉克组( $N_{1p}$ )
	柯克亚凝析气藏	凝析气	西河甫组( $N_{1x}$ )、卡拉塔尔组( $E_2k$ )
二叠系 (P)	柯克亚凝析气藏	凝析气、凝析油	西河甫组( $N_{1x}$ )
	阿克莫木气藏	气	克孜勒苏组( $K_1k$ )
	柯东1油藏	油	克孜勒苏组( $K_1k$ )
	柯克亚凝析气藏	凝析气	卡拉塔尔组( $E_2k$ )
	巴什托普油田	油	卡拉沙依组( $C_1k$ )
	胜和1井 和参1井	油 油	阿孜干组( $C_{2a}$ )、卡拉沙依组( $C_1k$ ) 可孜里奇曼组( $P_1k$ )
石炭系 (C)	柯克亚凝析气藏	凝析油	西河甫组( $N_{1x}$ )、卡拉塔尔组( $E_2k$ )
	阿克莫木气藏	气	克孜勒苏组( $K_1k$ )
	胜和1井 和参1井	油 油	阿孜干组( $C_{2a}$ )、卡拉沙依组( $C_1k$ ) 可孜里奇曼组( $P_1k$ )
	巴什托普油田	油	卡拉沙依组( $C_1k$ )、东河塘组( $D_3d$ )
寒武—奥陶系 (C-O)	巴什托普油田	油	小海子组( $C_{2x}$ )、卡拉沙依组( $C_1k$ )
	和田河气田	油	卡拉沙依组( $C_1k$ )
	山1井气藏 玉北1油藏	气 油	奥陶系风化壳 鹰山组( $O_{1y}$ )

从该表可以看出,油源从东到西(从斜坡带到逆冲推覆构造带)年代逐渐变新,麦盖提斜坡的油源主要来自寒武-奥陶系,石炭系、二叠系也有一部分贡献,逆冲推覆构造带南部油气源主要以石炭系、二叠系烃源岩为主,柯克亚油源主要以二叠系为主,北部齐姆根凸起-喀什凹陷气源主要来自石炭系,油苗主要来自侏罗系烃源岩。油气显示层位也基本上保持了这一东老西新的规律,麦盖提斜坡以奥陶系、泥盆系、石炭系为主,山前逆冲推覆构造带南部主要以古生界的石炭系、二叠系为主,柯克亚以中生界白垩系、新生界古近系、新近系为主,北部齐姆根凸起以新生界的古近系和中生界的白垩系、侏罗系为主,而在最北端的喀什凹陷则主要以中生界的侏罗系、白垩系和新生界新近系为主。

2.3 储盖层特征

2.3.1 储层

塔西南坳陷储层条件非常优越,储集层岩石类型有碳酸盐岩和碎屑岩2大类,碳酸盐岩储层主要有寒武系-奥陶系、石炭系巴楚组和小海子组、二

叠系克孜里其曼组、古近系卡拉塔尔组和乌拉根组,岩性为白云岩、生屑灰岩等,多形成于局限台地、开阔台地、台内浅滩环境;碎屑岩储层主要有石炭系巴楚组、二叠系普司格组、侏罗系、白垩系克孜勒苏群<sup>[9,32]</sup>、新近系安居安组、克孜洛依组,岩性为石英砂岩、粉砂岩、砾岩等,多形成于冲积扇、扇三角洲、河流和河流三角洲沉积环境。孔隙类型多样,碎屑岩的储集空间主要以次生孔隙、原生粒间孔和溶蚀孔隙为主,碳酸盐岩的储集空间主要有晶间孔、粒间孔、粒间溶孔、粒内溶孔和裂缝等<sup>[33-35]</sup>。碎屑岩储集物性上,侏罗系及以下地层由于压实作用和胶结作用影响,孔渗条件普遍较差,表现为低孔低渗,侏罗系以上地层孔渗条件相对较好,多为中—好储层;已有钻遇的碳酸盐岩储层表明,该区碳酸盐岩储层具有良好的储集能力。

2.3.2 盖层

塔西南坳陷的盖层因沉积环境不同而类型多样,并且发育范围广,可形成多套良好的区域盖层(表3)。盖层类型有:泥质岩类(泥岩、粉砂质泥岩、

表3 塔西南坳陷盖层发育情况  
Table 3 Caprock development of southwest depression in Tarim Basin

系	统/群组	盖层	例证	简要描述
N	中新统 安居安组	泥岩	柯克亚	湖泊相沉积,全区不同程度发育,岳普湖一带最好(岳1井厚达400 m,柯克亚厚达几米至几十米)
E	始—渐新统 巴什布拉克组	泥岩*	柯克亚	山前带最发育,往东北逐渐减薄。山前带厚达761 m,和参1井累计厚度1013 m(占地层总厚67.1%),柯深1井厚约150 m。泥岩主要集中在中上部,形成泥岩集中段,对下伏砂岩起了很好的封堵作用
	始新统 乌拉根组			
K	古新统 阿尔塔什组	膏岩、 泥岩*	阿克1、 玛南1井	阿尔塔什组是塔里木盆地西部唯一纯膏盐地层,山前带广泛分布,累计厚度为16~217 m,西南缘最厚达480 m,西南厚东北薄,横向稳定性好。上白垩统英吉沙群泥岩、膏泥岩、泥页岩互层也是良好的区域性盖层,累计厚度为66~170 m
	上统 英吉沙群组			
P	下统 普司格组	泥岩*	胜和1	三角洲沉积,泥岩厚度为141.1 m(占地层总厚30.3%),山前带分布广泛,泥岩最为发育的地区为岳普湖—麦盖提一线。胜和1井1696 m普司格组地层中泥质岩占地层84.6%,可以作为有利的盖层
C	上统 卡拉乌依组	膏质泥岩膏质 云岩白云岩	和参1	沉积以蒸发台地相为主,具备良好的盖层条件,和参1井及南部露头区有分布,北部厚度大于150 m,向南逐渐减薄,至和参1井仅34 m
	下统 和什拉甫组	泥页岩		西南地区作为盖层的页岩厚度达237.6 m(占地层总厚52.2%)。这套盖层属陆棚相沉积,主要分布于莎车一带,新藏公路以东大部分缺失这套盖层
	下统 巴楚组	泥岩	胜和2	麦盖提斜坡普遍发育下泥岩段和中泥岩段,胜和2井显示下泥岩段厚度为131 m,中泥岩段大于50 m,在斜坡区分布稳定
D	中统 克孜勒陶组	泥页岩		西南缘库斯拉甫以西海相沉积的考库亚组上部泥、页岩累计厚度为90.5 m,占地层厚度的61.2%,泥、页岩单层最大厚度为11.3 m,可作为该区的直接盖层

注: \*表示区域性盖层。

炭质泥岩)、碳酸盐类、蒸发岩类(盐岩、膏岩、泥膏岩)等类型,这些盖层的存在为塔西南坳陷油气运聚成藏提供了良好的封盖条件。

### 2.3.3 储盖组合

自早古生界至新生界,都有油气发现或油气显示,广泛分布在海相碳酸盐岩、碎屑岩储层和陆相碎屑岩储层中,按烃源岩层、储层、盖层形成的先后顺序及其在空间上的组合关系,初步分析有7套有利储盖组合(图4)。

#### 2.3.3.1 下生上储式

该类型在塔西南坳陷最为普遍,主要表现为下古生界生油,上古生界或中、新生界储油以及上古生界、中生界生油,新生界储油。具体实例为:(1)寒武—奥陶系生油,石炭系储油,石炭—二叠系致密碳酸盐岩和泥质岩为封盖层,已发现巴什托普石炭系油气藏为这种组合类型;(2)石炭系—下二叠统或侏罗系生油,古近系砂岩储油,新近系膏盐岩、泥质岩为盖层,柯克亚袖气田属此种类型。

#### 2.3.3.2 自生自储式

自生自储式是区内重要的组合方式之一,是指生油层、储层、盖层形成于同一地质时期。石炭系和什拉甫组、卡拉乌依组是主要的烃源岩系,同时其内部及其侧缘发育的砂体也是主要的储集体,形成两套主要含油层系。这种生储盖组合以形成自源型岩性油气藏为特点,巴什托普油田石炭系储层、胜和1井石炭系阿孜干组原油有石炭系烃源岩成分,为此种类型。

#### 2.3.3.3 上生下储式

上生下储式组合是指储集岩早于主要烃源岩而存在,上覆烃源岩与下伏储层直接接触,油气侧向或向下运移,烃源岩既是油源层,又是盖层,不整合面和断层是重要的运移通道。这种生储盖组合往往形成他源型地层油藏,如泥盆系东河砂岩的油气可能来自石炭系,为此种类型;另外,在坳陷东南部,石炭系直接覆盖在奥陶系之上,不整合面之下也有形成这种组合的可能。

### 2.4 输导体系

塔西南坳陷的输导体系主要为断层、不整合面、渗透性地层3种(图5),这三者并不是孤立的存在并起着输导作用,它们往往在不同的地区形成不同的组合方式发挥着不同的输导作用。

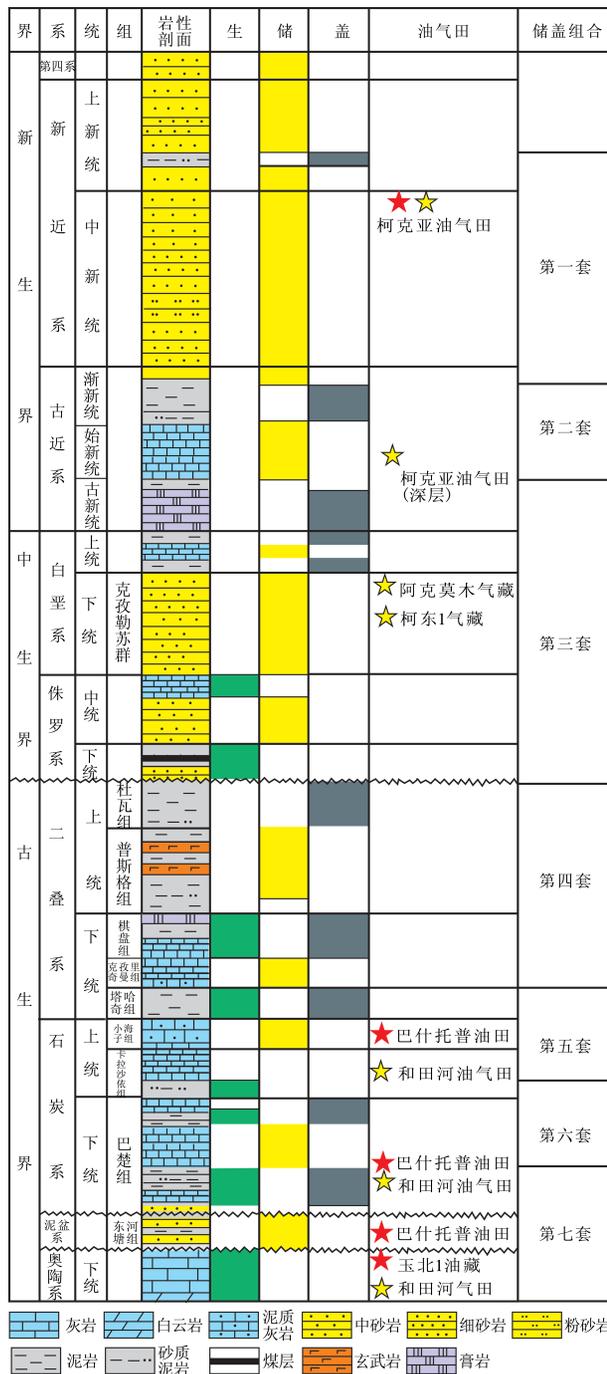


图4 塔西南坳陷生储盖组合示意图  
Fig.4 Sketch map of source-reservoir-cap combination of southwest depression in Tarim Basin

#### 2.4.1 断层

如前所述,塔西南坳陷发育多套厚层的膏岩、泥岩盖层,由于其具有较低的孔渗性质,排替压力高,在特定的地质条件下,其内部还会存在异常高压,致使在正常地质条件下油气是无法通过膏泥

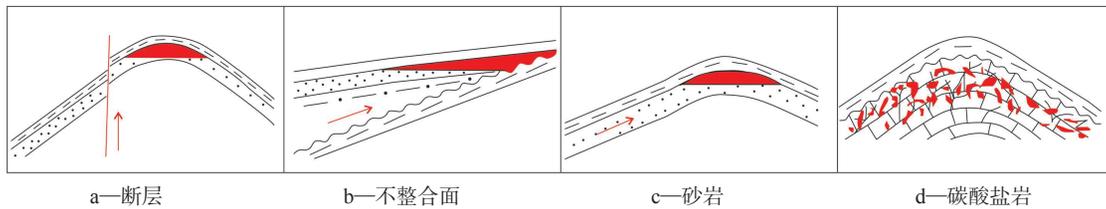


图5 塔西南坳陷输导体系类型(据文献[36]修改)

Fig.5 Carrier system types of southwest depression in Tarim Basin (modified after reference [36])

岩层进行垂向渗滤运移的。裂缝和断裂的出现均可使那些致密、油气无法通过的膏泥岩层出现薄弱处,形成裂缝型网络通道,使其阻力明显减小,油气顺利通过作垂向运移。研究区尤其是山前断裂十分发育,而古生界断裂最为发育,在山前和斜坡都有发育,中生界—新生界断裂活动较弱,在山前发育,这些断裂沟通了深部的油气与浅部的储层,是油气垂向穿层长距离运移的高效通道,直接控制着油气的纵向分布范围。柯克亚—桑株反冲断层的前方(北侧),在古近系底部膏岩层之下也发育叠瓦式逆冲推覆构造或双重逆冲构造,底板逆冲断层沿着寒武系底面发育,顶板逆冲断层沿着古近系底部膏泥岩发育。这些断层提供了很好的油气运移通道。

2.4.2 不整合面

塔西南坳陷晚泥盆世的海西早期运动和晚二

叠世的海西晚期运动使整个坳陷发生了隆升剥蚀,使之发育了石炭系与前石炭系和二叠系顶部2个区域不整合面。强烈隆升剥蚀区主体位于古隆起带上,由古隆起向斜坡和坳陷区剥蚀量逐渐减小,早期的隆起区主要在东南部,晚期的隆起区主要在北部和西北部,长期的风化剥蚀之后沉积的地层角度不整合于下伏地层之上,另外本区石炭—二叠系因短期暴露地表还存在小规模的不整合面。不整合面的存在促进了裂缝和孔隙的发育,使得地层渗透率增大,为油气的长距离运移提供了条件。

2.4.3 渗透性地层

塔西南坳陷的渗透性地层主要为碎屑岩和碳酸盐岩输导层。分布稳定、连续的渗透性砂岩是油气侧向运移的通道,砂体的分布范围则决定了运移的距离,沉积体系是决定其输导能力的主要因素。碳酸盐岩输导层一般基质孔隙不发育,储集空间主

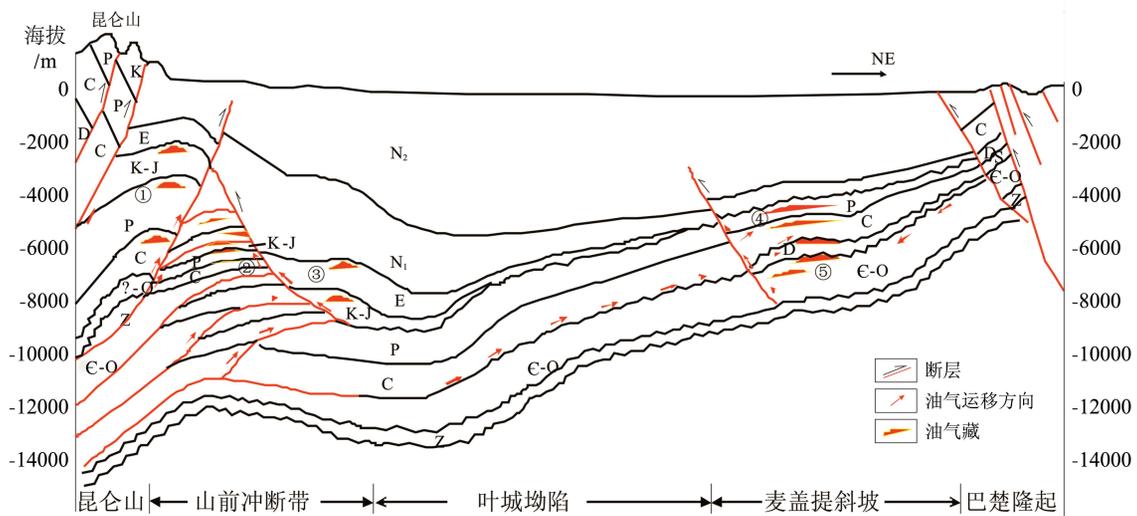


图6 塔西南坳陷油气成藏模式

近源垂向运移山前逆冲推覆构造带成藏模式:①—外来推覆体型;②—楔状体型;③—原生体型;  
 远源侧向运移斜坡带成藏模式:④—断展褶皱型;⑤—古岩溶型

Fig.6 Hydrocarbon accumulation modes of southwest depression in Tarim Basin

Piedmont thrust belt near the source vertical migration accumulation mode: ① Exotic thrust body; ② Wedge-shaped body; ③ Primary body; slope belt far source lateral migration accumulation mode: ④ Fault-propagation fold; ⑤ Paleokarst

要是与不整合、断层有关的裂缝、各种成因的溶蚀裂缝及溶蚀孔、洞,有利的沉积相带是碳酸盐岩输导层形成的基础,而后期的改造破坏是决定其疏导能力的主要因素。从油气运移距离上来说,渗透性地层疏导能力较断裂和不整合面要弱,当渗透性地层上倾方向被周围相对低孔渗带遮挡时,便可能形成岩性油气藏。

### 3 油气成藏模式

油气成藏模式是一组类似的控制油气藏形成的基础条件、动力介质、形成机制、演化历程等要素单一模型或者多要素复合模型的概括<sup>[37]</sup>。成藏模式应是基于全部要素的复合分析,但各类成藏模式的建立方法和适用范围应与不同的勘探程度和研究程度相适应。“构造控藏”在塔西南坳陷表现得十分明显,它控制了油气的运移、改造和保存,本文从主要从构造条件入手,综合考虑油气来源、运移方式、储层特征等条件,对成藏模式进行分析和归类,将塔西南坳陷的油气成藏模式划分2大类5种模式,分别是近源垂向运移山前逆冲推覆构造带成藏模式;外来推覆体型、楔状体型、原生体型,远源侧向运移斜坡带成藏模式;断展褶皱型和古岩溶型(图6)。

#### 3.1 近源垂向运移山前逆冲推覆构造带成藏模式

塔西南坳陷的山前地带,是石炭系、二叠系、侏罗系烃源岩发育最稳定的地区,从热演化史和生烃史来看,喀什坳陷和叶城—和田坳陷的山前带已达成熟—过成熟阶段,至现今已生成大量天然气,该地区因逆冲推覆构造的存在,断裂十分发育,并发育有中生界—新生界砂体,油气通过断层和渗透性地层向上垂向运移,在与断层联通的背斜处或断鼻处形成油气藏。

##### 3.1.1 外来推覆体型

外来推覆体发育在山前第一排构造带,发育与昆仑山平行的高角度大断层,距离生烃中心最近,构造形成时间最早,众多断裂的存在为油气垂向运移提供了最有利的路径,但同时不利于油气的保存。该模式主要形成背斜油气藏,相对来说,其成藏规模因油气破坏和保存等方面的原因,只有处于构造相对较弱位置才能形成一定规模油气藏,所以在构造破坏的地区寻找相对稳定、保存较好的区带

成为关键。勘探目的层因逆冲推覆发育广泛,有石炭—二叠系、侏罗系、白垩系、古近系和新近系,甚至可能有奥陶系。

##### 3.1.2 楔状体型

楔状体一般为山前的第二排构造带,距离生烃中心较近,逆冲断层较发育,有利于油气垂向和侧向运移,该构造带储层发育、圈闭完整且保存好,有利于形成背斜油气藏和断层—背斜油气藏,是山前最为有利的勘探领域,能形成大型油气藏。主要勘探目的层为石炭—二叠系、白垩系和古近系。

##### 3.1.3 原生体型

原生体为原地地层,因逆冲推覆的传播影响形成褶皱地层,缺少大型断层沟通烃源岩与储层,从生长地层的发育层位和区域可知,与前两种成藏模式相比,形成时间最晚,油气运移通道关键靠断层,渗透性地层也起一定的作用。主要形成背斜油气藏,勘探目的层应为古近系以上地层,下部白垩系也有可能形成较大规模油气藏,但埋藏较深,不适合现有经济技术条件下的勘探。

#### 3.2 远源侧向运移斜坡带成藏模式

麦盖提斜坡带北部,油气源主要来自东北方向巴楚隆起的寒武—奥陶系,斜坡带南部油气源主要来自西南方向石炭—二叠系或可能的寒武—奥陶系,以及东北部的寒武—奥陶系,但都距离生烃中心较远,从热演化史和生烃史来看,现今生油气范围已达斜坡部位,生油凹陷中生成的油气向斜坡带侧向运移的主要通道是不整合面,在斜坡带高构造区形成油气藏。

##### 3.2.1 断展褶皱型

断展褶皱发育在麦盖提斜坡上,是断层扩展过程中在断层上盘岩层形成的一种褶皱构造。油气通过不整合面长距离侧向运移,向上通过逆断层垂向运移至背斜处聚集成藏,油气来源和构造高点是制约该种模式成藏的关键问题。主要形成背斜油气藏和断层—背斜油气藏,勘探目的层主要为上古生界,如石炭—二叠系、泥盆系东河砂岩等。

##### 3.2.2 古岩溶型

海西晚期是麦盖提斜坡原油的主成藏期,此时奥陶系风化壳之上已经沉积了石炭—二叠系,且厚度较大,石炭系底部的下泥岩段已能够对烃类形成有效的封堵,盖层质量较高,不整合面之下的碳酸

盐岩经历了长期的风化淋滤形成了以缝、洞系统为主要储集空间的碳酸盐岩储层。储集空间主要为次生孔洞及裂缝,自上而下缝洞由较发育到不发育,横向有一定连通性,在断层、构造裂缝和溶蚀作用下形成统一的储集体,呈准层状展布。麦盖提斜坡自身的寒武系烃源岩已经进入生油窗,成熟度普遍介于0.8%~1.2%,而此时下古生界古隆起依然存在,古隆起区发育的多期岩溶及不整合为油气的运移的聚集提供了条件。由于古隆起的构造变迁,成藏经历了侧向运移的不断调整。现今勘探方向为未经调整破坏的古油藏和晚期定型的构造油藏,主要目的层位是奥陶系鹰山组顶面以下120 m范围内的岩溶储层。

### 3.3 勘探方向

以上5种模式具有多期成藏、多期调整、晚期定型的特点,油气成藏的关键是要有输导体系直接或间接地将油源层和储层联系起来,以提供油气藏形成所需的油气来源。新近纪是形成圈闭最多的时期,此时的石炭系、二叠系烃源岩都已达到成熟或高一过成熟演化阶段,通过输导体系向有利圈闭运移成藏,随着后期构造运动的发展,油气藏随之破坏和调整,山前从外来推覆体至原生体,影响逐渐变弱。根据取得的油气发现和现有认识,认为外来推覆体成藏模式的发育有利区为甫沙构造带、阿图什北构造带及和田南构造带,楔状体成藏模式的发育有利区为柯克亚构造带、和田南构造带和齐姆根构造带,原生体成藏模式的发育有利区为固满构造带、英吉沙构造带,断展褶皱成藏模式的发育有利区为麦盖提上斜坡的巴什托普构造带和玉北构造带,古岩溶成藏模式的发育有利区为麦盖提斜坡南部奥陶系岩溶储层。

## 4 结论

(1)塔西南坳陷主要发育寒武—奥陶系、石炭系、二叠系、侏罗系烃源岩,发育了多套层系的碳酸盐岩和碎屑岩储集层以及多套盖层,按烃源岩层、储层、盖层形成的先后顺序及其在空间上的组合关系,可划分出7套有利储盖组合。

(2)提出该区发育2大类5种成藏模式,即近源垂向运移山前逆冲推覆构造带成藏模式:外来推覆体型、楔状体型、原生体型;远源侧向运移斜坡带成

藏模式:断展褶皱型和古岩溶型,分析了各自成藏特征,认为外来推覆体成藏模式的发育有利区为甫沙构造带、阿图什北构造带及和田南构造带,楔状体成藏模式的发育有利区为柯克亚构造带、和田南构造带和齐姆根构造带,原生体成藏模式的发育有利区为固满构造带、英吉沙构造带,断展褶皱成藏模式的发育有利区为麦盖提上斜坡的巴什托普构造带和玉北构造带,古岩溶成藏模式的发育有利区为麦盖提斜坡南部奥陶系岩溶储层。

(3)近源垂向运移山前逆冲推覆构造带成藏模式中的外来推覆体型、楔状体型、原生体型属首次提出,它基于客观存在的地质结构将山前逆冲推覆构造带进行了细分,分别论述了其地质特点和成藏特征,深化了该带油气地质认识,不同模式应采取不同的勘探策略,使油气勘探工作更有针对性,该模式的提出对前陆盆地尤其对山前逆冲推覆构造带的勘探具有重要启示意义。

### 参考文献(References):

- [1] 康玉柱, 王宗秀, 王小凤, 等. 塔里木盆地构造体系控油作用研究[M]. 北京: 中国大地出版社, 2009: 95-106.  
Kang Yuzhu, Wang Zongxiu, Wang Xiaofeng, et al. Control Oil Effect of Tarim Basin Tectonic System[M]. Beijing: China Land Press, 2009: 95-106(in Chinese).
- [2] 何登发, 李洪辉. 塔西南坳陷油气勘探历程与对策[J]. 勘探家, 1998, 3(1): 37-42.  
He Dengfa, Li Honghui. History and counter measures of petroleum exploration in Tarim southwest depression[J]. Petroleum Explorationist, 1998, 3(1): 37-42(in Chinese with English abstract).
- [3] 胡剑风, 郑多明, 胡轩, 等. 塔西南前陆盆地战略接替区天然气勘探的突破[J]. 中国石油勘探, 2002, 7(1): 74-78.  
Hu Jianfeng, Zheng Duoming, Hu Xuan, et al. Breakthrough of gas exploration in Southwest Tarim Foreland Basin——The strategic replacement area of CNPC and TOC[J]. China Petroleum Exploration, 2002, 7(1): 74-78(in Chinese with English abstract).
- [4] 唐继平, 梁红军, 卢虎, 等. 塔西南地区深井超深井钻井技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 1-6.  
Tang Jiping, Liang Hongjun, Lu Hu, et al. The Drilling Technology of Deep Well and Super Deep Well of Southwestern Region in Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 1-6(in Chinese).
- [5] 国土资源部油气资源战略研究中心. 全国石油天然气资源评价[M]. 北京: 中国大地出版社, 2010: 193-199.  
Strategic Research Center for Oil and Gas Resources, Ministry of

- Land and Resources. The Oil and Gas Resource Evaluation [M]. Beijing: China Land Press, 2010: 193–199(in Chinese).
- [6] 金之钧, 吕修祥. 塔西南前陆盆地油气资源与勘探对策[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 110–113.
- Jin Zhijun, Lv Xiuxiang. Hydrocarbon resources and exploration strategy of foreland basins in southwest tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(2): 110–113(in Chinese with English abstract).
- [7] 康玉柱. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价 [M]. 北京: 地质出版社, 1996: 316–324.
- Kang Yuzhu. Petroleum Geology Characteristics and Resource Evaluation of Tarim Basin in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 316–324(in Chinese).
- [8] 康玉柱, 凌支虎, 龙喜彬, 等. 新疆前陆盆地成油特征 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2008: 155–188.
- Kang Yuzhu, Ling Zhihu, Long Xibin, et al. Petroleum Characteristics of Xinjiang Foreland Basin [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press, 2008: 155–188(in Chinese).
- [9] 何登发, 李德生, 何金有, 等. 塔里木盆地库车坳陷和塔西南坳陷油气地质特征类比及勘探启示[J]. 石油学报, 2013, 34 (2): 201–218.
- He Dengfa, Li Desheng, He Jinyou, et al. Comparison in petroleum geology between Kuqa depression and Southwest depression in Tarim Basin and its exploration significance[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34 (2): 201–218(in Chinese with English abstract).
- [10] 顾家裕, 等著. 沉积相与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 8–26.
- Gu Jiayu, et al. Sedimentary Facies and Oil and Gas[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 8–26(in Chinese with English abstract).
- [11] 贾承造, 张师本, 吴绍祖, 等. 塔里木盆地及周缘地层 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1–23.
- Jia Chengzao, Zhang Shibin, Wu Shaozu, et al. Tarim Basin and its Peripheral Formation [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1–23 (in Chinese).
- [12] 董大忠, 肖安成. 塔里木盆地西南坳陷石油地质特征及油气资源 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1998: 68–124.
- Dong Dazhong, Xiao Ancheng. Petroleum Geology and Oil gas Resource of Southwest Depression in Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998: 68–124(in Chinese).
- [13] 赵靖舟, 李启明, 等. 塔里木盆地油气藏形成与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 12–25.
- Zhao Jingzhou, Li Qiming, et al. Oil and Gas Reservoir Formation and Distribution of Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 12–25(in Chinese).
- [14] 陈瑞银, 徐思煌, 杜晓峰. 柯克亚油气田烃源岩特征与油源对比[J]. 新疆石油学院学报, 2002, 14(2): 1–5.
- Chen Ruiyin, Xu Sihuang, Du Xiaofeng. The comparison between reservoir rock characteristics and petroleum source in the Keyeya oil field [J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute, 2002, 14(2): 1–5(in Chinese with English abstract).
- [15] 傅国友, 宋岩, 赵孟军, 等. 烃源岩对大中型气田形成的控制作用——以塔里木盆地喀什凹陷为例[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(1): 62–66.
- Fu Guoyou, Song Yan, Zhao Mengjun, et al. Analysis of the controlling effects of source rocks on middle–large sized gas field formation: Taking Kashi sag in Tarim basin as an example[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(1): 62–66(in Chinese with English abstract).
- [16] 刘得光, 伍致中, 李勇广, 等. 塔里木盆地西南坳陷烃源岩评价[J]. 新疆石油地质, 1997, 18(1): 50–53.
- Liu Deguang, Wu Zhizhong, Li Yongguang, et al. Source rock evaluation in southwest depression of Tarim basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1997, 18(1): 50–53(in Chinese with English abstract).
- [17] 柳少波, 宋岩, 洪峰, 等. 中国中西部前陆盆地烃源岩特征与油气资源潜力分析[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 59–65.
- Liu Shaobo, Song Yan, Hong Feng, et al. Characteristics and resource potential of source rocks in the foreland basins in central and western China[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 59–65 (in Chinese with English abstract).
- [18] 丁勇, 宫继萍, 王辉. 塔里木盆地西南坳陷生油岩综合评价[J]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 336–339.
- Ding Yong, Gong Jiping, Wang Hui. Synthetic evaluation of source rocks in southwest depression of the Tarim basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 1999, 21(4): 336–339(in Chinese with English abstract).
- [19] 杨斌, 刘勇. 塔里木盆地西南坳陷生油岩评价和勘探方向[J]. 新疆石油地质, 1992, 13(4): 339–350.
- Yang Bin, Liu Yong. Source rock evaluation of southwest depression in Tarim basin and its prospecting direction[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1992, 13(4): 339–350(in Chinese with English abstract).
- [20] 刘得光, 王绪龙. 塔里木盆地西南坳陷油气源研究[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 35–39.
- Liu Deguang, Wan Xulong. Oil and gas source study in the southwest depression, Tarim Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(2): 35–39(in Chinese with English abstract).
- [21] 李贤庆, 肖贤明, 唐永春, 等. 应用碳同位素动力学方法探讨阿克1气藏天然气的来源[J]. 地球化学, 2005, 12(5): 525–532.
- Li Xianqing, Xiao Xianming, Tang Yongchun et al. Origin of natural gas from Ake 1 gas pool using the method of carbon isotope kinetics[J]. Geochimica, 2005, 12(5): 525–532(in Chinese with English abstract).
- [22] 刘胜, 王东良, 王招明, 等. 塔里木盆地阿克1井天然气成藏地球化学分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 273–280.
- Liu Sheng, Wang Dongliang, Wang Zhaoming et al. Geochemical analyses on the natural gas formation of well Ak1 in the Tarim basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(3): 273–280

- (in Chinese with English abstract).
- [23] 唐友军, 侯读杰, 肖中尧. 柯克亚油田原油地球化学特征和油源研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(2): 160-162.  
Tang Youjun, Hou Dujie, Xiao Zhongyao. The geochemical characteristics and origin of crude oil in Kekeya Oilfield[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006, 25(2): 160-162(in Chinese with English abstract).
- [24] 徐兴友, 张林晔, 陈致林, 等. 塔西南胜利探区和参1井天然气来源[J]. 特种油气藏, 2003, 10(3): 47-49.  
Xu Xingyou, Zhang Linye, Chen Zhilin, et al. Gas source of well Hecan 1 in Shengli exploration area of Taxinan[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2003, 10(3): 47-49(in Chinese with English abstract).
- [25] 赵孟军, 王招明, 宋岩, 等. 塔里木盆地喀什凹陷油气来源及其成藏过程[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(2): 50-54.  
Zhao Mengjun, Wang Zhaoming, Song Yan, et al. Source and accumulation of oil and gas in Kashi Sag, Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(2): 50-54(in Chinese with English abstract).
- [26] 赵孟军. 塔里木盆地和田河气田天然气的特殊来源及非烃组分的成因[J]. 地质论评, 2002, 48(5): 480-486.  
Zhao Mengjun. Special source of the natural gases of the Hotan River Gas Field and the origin of its non-hydrocarbon gases[J]. Geological Review, 2002, 48(5): 480-486(in Chinese with English abstract).
- [27] 赵孟军, 夏新宇, 秦胜飞, 等. 塔里木盆地阿克1井气藏气源研究[J]. 天然气工业, 2003, 23(2): 31-33.  
Zhao Mengjun, Xia Xinyu, Qin Shengfei, et al. Gas source study of Ake well 1 resource in Tarim basin[J]. Natural Gas Industry, 2003, 23(2): 31-33(in Chinese with English abstract).
- [28] 赵孟军, 张水昌, 曾强, 等. 塔里木盆地石炭系巴楚组碳酸盐岩烃源岩及其原油特征[J]. 海相油气地质, 2000, 5(Z1): 23-28.  
Zhao Mengjun, Zhang Shuichang, Zeng Qiang, et al. The characteristics of Bachu formation carbonate source rocks and its crude oil in Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2000, 5(Z1): 23-28(in Chinese).
- [29] 王屿涛, 杨斌. 塔里木盆地西南坳陷油源探讨[J]. 新疆石油地质, 1987, 8(4): 30-36.  
Wang Yutao, Yang Bin. Study of oil source in southwest depression of Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1987, 8(4): 30-36(in Chinese).
- [30] 唐友军, 侯读杰, 徐佑德. 塔里木盆地柯克亚地区天然气和凝析油的地球化学特征与成因[J]. 海相油气地质, 2007, 12(1): 33-36.  
Tang Youjun, Hou Dujie, Xu Youde. The geochemical characteristics and origin of gas and condensate oil in Kokyar gas field, Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2007, 12(1): 33-36(in Chinese with English abstract).
- [31] 杨斌, 王屿涛, 王秋明, 等. 曲1井海相原油油源对比与塔里木盆地海相石炭、二叠系含油远景[J]. 新疆石油地质, 1985, (4): 1-10.  
Yang Bin, Wang Yutao, Wang Qiuming, et al. Qu 1 well marine crude oil source correlation and Carboniferous Permian petroleum prospect of Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1985, (4): 1-10(in Chinese).
- [32] 厚刚福, 孙雄伟, 李昌, 等. 塔里木盆地西南部叶城凹陷白垩统克孜勒苏群扇三角洲沉积特征及模式[J]. 中国地质, 2012, 39(4): 947-953.  
Gou Gangfu, Sun Xiongwei, Li Chang, et al. Depositional features of the fan delta from lower Cretaceous Kezilesu Group in Yecheng sag, southwestern Tarim Basin[J]. Geology in China, 2012, 39(4): 947-953(in Chinese with English abstract).
- [33] 焦存礼, 邢秀娟, 何碧竹, 等. 塔里木盆地地下古生界白云岩储层特征与成因类型[J]. 中国地质, 2011, 38(4): 1008-1015.  
Jiao Cunli, Xing Xiujuan, He Bizhu, et al. Characteristics and genetic types of Cambrian-Ordovician dolomite reservoirs in Tarim basin[J]. Geology in China, 2011, 38(4): 1008-1015(in Chinese with English abstract).
- [34] 刘忠宝, 吴仕强, 刘士林, 等. 塔里木盆地玉北地区奥陶系储层类型及主控因素[J]. 石油学报, 2013, 34(4): 638-646.  
Liu Zhongbao, Wu Shiqiang, Liu Shilin, et al. Types and main controlling factors of Ordovician reservoirs in Yubei area, Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(4): 638-646(in Chinese with English abstract).
- [35] 赵文智, 沈安江, 潘文庆, 等. 碳酸盐岩岩溶储层类型研究及对勘探的指导意义——以塔里木盆地岩溶储层为例[J]. 岩石学报, 2013, 29(9): 3213-3222.  
Zhao Wenzhi, Shen Anjiang, Pan Wenqing, et al. A research on carbonate karst reservoirs classification and its implication hydrocarbon exploration: Cases studies from Tarim Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(9): 3213-3222(in Chinese with English abstract).
- [36] 武芳芳, 朱光有, 张水昌, 等. 塔里木盆地油气输导体系及对油气成藏的控制作用[J]. 石油学报, 2009, 30(3): 332-341.  
Wu Fangfang, Zhu Guangyou, Zhang Shuichang et al. Types of hydrocarbon migration pathways and its controlling effects on hydrocarbon distribution in Tarim Basin[J]. Petrolei Sinica, 2009, 30(3): 332-341(in Chinese with English abstract).
- [37] 吴冲龙, 林忠民, 毛小平, 等. “油气成藏模式”的概念、研究现状和发展趋势[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 673-683.  
Wu Chonglong, Lin Zhongmin, Mao Xiaoping, et al. Concept, research status and trend of "hydrocarbon pooling patterns"[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6): 673-683(in Chinese with English abstract).

## Hydrocarbon accumulation modes of the southwest depression in Tarim Basin

LI Shi-zhen<sup>1,2</sup>, KANG Zhi-hong<sup>3</sup>, QIU Hai-jun<sup>2</sup>, MENG Miao-miao<sup>3</sup>,  
FENG Zhi-gang<sup>4</sup>, LI Shi-chao<sup>5</sup>

(1. *China University of Petroleum, Beijing, 102249, China;*

2. *Oil and Gas Resources Survey Center, China Geological Survey, Beijing 100029, China;*

3. *School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

4. *Strategic Research Center for Oil and Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China;*

5. *Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, Liaoning, China)*

**Abstract:** The southwest depression of Tarim Basin has good prospect of oil and gas resources, and it is currently the focus of the new exploration areas. The depression structure is complicated, which has zonality from east to west, sectional division from north to south, and characteristics of deformation in different stages. Hence it can be divided into four secondary tectonic units: thrust belt in the foreland of the Kunlun Mountains, Hetian-Kashi sag zone, Mageti slope, and Yutian uplift. Four sets of hydrocarbon source rocks of Cambrian-Ordovician, Carboniferous, Permian and Jurassic and their distribution characteristics were systematically analyzed, and the oil and gas source and characteristics in the area were summarized and analyzed on the basis of an analysis of reservoir and cap rock. Seven sets of favorable reservoir-cap combinations were tentatively put forward, the faults, and unconformities and permeable formations were considered to be good conducting systems. On the basis of comprehensive analysis of above accumulation conditions, in combination with the comprehensive consideration of such factors as oil and gas source, migration way and reservoir characteristics, the authors analyzed the accumulation mode, which is divided into two major types and five sorts of modes: one type is piedmont thrust belt near the source vertical migration accumulation mode, which includes exotic thrust body, wedge shaped body and primary body, whereas the other type is slope belt distant source lateral migration accumulation mode, which includes fault-propagation folds and ancient karst. On such a basis, favorable oil and gas exploration targets are further forecasted.

**Key words:** hydrocarbon accumulation modes; source rock; reservoir; cap rock; southwest depression; Tarim Basin

---

**About the first author:** LI Shi-zhen, male, born in 1982, postdoctoral researcher and assistant researcher, mainly engages in the study of petroleum geology and strategic prospecting area survey; E-mail: lishz2006@sina.com.

**About the corresponding author:** KANG Zhi-hong, male, born in 1966, professor and supervisor of graduate students, mainly engages in teaching and study of petroleum geology; E-mail: kangzh98@163.com.