

# 塔中低凸起石炭系网毯式油气成藏体系结构及输导体系

江同文<sup>1,2</sup>, 徐朝晖<sup>1\*</sup>, 徐怀民<sup>1</sup>, 阳建平<sup>2</sup>, 尹楠鑫<sup>3</sup>

1 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

2 中国石油塔里木油田公司, 库尔勒 814000

3 中国石化中原油田博士后工作站, 郑州 450018

\* 通信作者, xuzh211@163.com

收稿日期: 2016-11-17

国家自然科学基金项目(41302109)资助

**摘要** 塔里木盆地具有构造演化旋回多、烃源岩发育层系多、油气成藏期次多、油气藏破坏次数多等特点, 油源普遍混淆, 已发现油气藏以它源油气成藏体系为主, 难以通过单油源含油气系统来解决油气成藏的认识问题。论文以塔中低凸起石炭系油气藏为研究对象, 引入“网毯式油气成藏体系”理论, 剖析了油气成藏体系结构及特征, 揭示了油气输导体系。结果表明: 塔中低凸起石炭系发育CIII、CI两套次级成藏体系单元, 各成藏体系单元结构包括油源通道网层、仓储层、油气聚集网层等三层结构; 油气输导体系划分为四类十一型, 即断裂输导型、不整合输导型、连通砂体输导型及火山岩输导型, 输导模式包括“Y”型、“T”型及“S”型等。塔中低凸起为典型的复合网毯式油气成藏体系, 成藏体系结构和输导体系的建立为石炭系油气藏滚动开发拓展了新的思路。

**关键词** 网毯式油气成藏体系; 输导体系; 成藏模式; 石炭系; 塔里木盆地

## 0 引言

塔里木盆地是我国典型的叠合盆地, 经历多期构造变革, 发育多样的沉积旋回, 油气分布与富集规律复杂<sup>[1-4]</sup>。针对塔里木盆地多套烃源岩发育、多期生烃和成藏、多次油气藏调整和破坏等问题, 国内专家和学者开展了卓有成效的工作。周兴熙、张光亚等以烃源区为中心, 确定了多个复式含油气系统<sup>[5-6]</sup>; 宫秀梅等引入成藏体系分析方法, 揭示了多期成藏特征及运移方式, 明确了油源断裂、不整合面等多类输导体系<sup>[7]</sup>; 孙龙德等将复式油气聚集区理论引入塔中低凸起, 明确了塔中地区油气成藏主控因素及油气分布规律<sup>[8]</sup>; 金之钧等提出了“源-盖控烃”的勘探评价理念, 明确了塔里木盆地“源-盖”动态配置关系对油

气成藏的控制作用<sup>[9]</sup>。

前人研究揭示了塔里木盆地石油地质特征, 明确了油气成藏模式及宏观油气分布规律, 为油气勘探奠定了基础。但由于研究尺度相对比较大, 在指导小尺度复杂油气区及复杂岩性油气藏滚动开发相关问题时有效性不足。基于此, 以塔中低凸起石炭系为研究目标, 以油气藏为核心, 引入网毯式油气成藏体系相关理论, 旨在通过小尺度范围内成藏体系结构和输导体系解剖, 有效指导复杂油气藏滚动开发及生产问题。

“网毯式油气成藏体系”的概念由张善文等人提出<sup>[10-11]</sup>, 用以表征下伏层系的它源油气通过网毯式运聚形成的次生油气藏组合, 国内专家、学者将该理论运用于多个含油气盆地, 开展油气成藏领域研究, 在油气的勘探开发过程中取得了良好效果<sup>[12-15]</sup>。塔里木

引用格式: 江同文, 徐朝晖, 徐怀民, 阳建平, 尹楠鑫. 塔中低凸起石炭系网毯式油气成藏体系结构及输导体系. 石油科学通报, 2017, 02: 176-186  
JIANG Tongwen, XU Zhaohui, XU Huaimin, YANG Jianping, YIN Nanxin. Meshwork-carpet structural petroleum accumulation and transportation systems of the Carboniferous in the central Tarim Uplift. Petroleum Science Bulletin, 2017, 02: 176-186. doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2017.02.017

盆地塔中低凸起石炭系油气来源于多套烃源岩，多期成藏，油气输导体系复杂，且早期形成油气藏受构造影响遭受破坏发生二次运移并在上覆地层中再次聚集。塔中低凸起复杂的成藏特征及油气分布构成了典型的网毯式油气成藏体系。

## 1 研究区概况

塔中低凸起构造位置位于中央隆起带中部，北接满加尔凹陷，南临塘古凹陷，东西两侧分别为中央隆起带东段的塔东低隆及西段的巴楚断隆，面积约  $275 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其为一继承性复式背斜构造，南北受断裂限制，各断裂构造带向东收敛、向西发散形成帚状构造，发育塔中1号断裂带、塔中10号构造带、中央断垒带及塔中1-8号潜山带等(图1)。其中，塔中10号构造带已投入开发TZ4、TZ16、TZ10、TZ40等多个油藏，是当前滚动勘探开发的重点区域。

### 1.1 地层格架及沉积特征

塔里木盆地多旋回构造演化形成的叠合盆地，经

历了3期伸展-聚敛旋回、6个演化阶段。多期构造运动作用，形成了多套不整合面，从而控制了多级次的层序格架。塔中地区石炭系、二叠系构成了1个一级构造层序，而石炭系自身构成了1个二级构造层序<sup>[16]</sup>。

泥盆世末期的海西构造运动造成塔里木地区普遍隆升，致使部分地区泥盆系缺失。石炭纪早期，海水侵入塔中地区，超覆沉积东河砂岩段地层；受填平补齐作用影响，东河砂岩段沉积后期古地貌高差变小，地层沉积稳定，沉积物相对均一。含砾砂岩段沉积之后，在相对平缓的古地貌背景之下稳定沉积了下泥岩段、生屑灰岩段、中泥岩段和标准灰岩段海相地层。上泥岩段沉积早期，发生一期较强的构造运动，沉积区抬升，局部形成古隆起，以泥质为主的上泥岩段超覆沉积于标准灰岩段之上。砂泥岩段和含灰岩段沉积时期，构造活动相对较弱，地貌高差小，沉积相对稳定。

整体上看，石炭系为碎屑岩和碳酸盐岩间互沉积，可划分为10个岩性段，其含油气储层主要分布在CI、CII、CIII 3个油组(表1)。

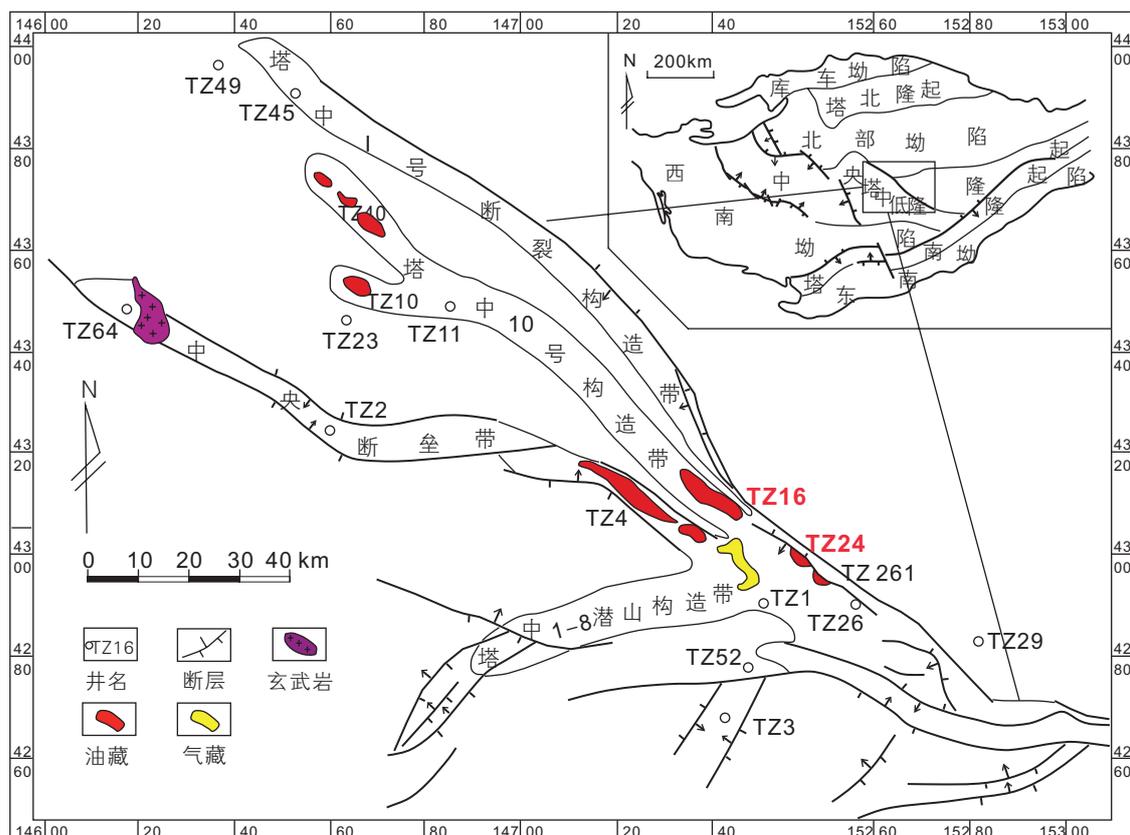


图1 塔中低凸起位置及构造背景

Fig. 1 Location and structure background of central Tarim uplift

表 1 塔中低凸起石炭系地层格架及特征

Table 1 Stratigraphic framework and characteristics of carboniferous in central Tarim uplift

系	组	油组	岩性段	沉积特征
石炭系	小海子组		顶灰岩段	潮坪相沉积, 以泥坪、混合坪沉积为主, 灰坪、砂坪相间互发育。
			含灰岩段	
	卡拉沙依组	CI	砂泥岩段	顶部为潮坪相沉积, 与含灰岩段特征类似; 中部发育辫状河三角洲相沉积, 分支河道微相连片分布, 砂体横向连续性好; 下部为潮坪相沉积, 与上泥岩段特征类似。
			上泥岩段	潮坪相沉积, 以泥坪沉积为主, 砂坪局部发育。砂坪砂体和潮道砂体分布局限, 垂向、横向连续性差。
			标准灰岩段	
			中泥岩段	
	巴楚组	CII	生屑灰岩段	碳酸盐台地相沉积, 可细分为蒸发台地和局限台地亚相, 岩石类型以石灰岩和白云岩为主, 其中石灰岩包括颗粒灰岩、亮晶灰岩、泥灰岩等, 白云岩则包括粉晶云岩、泥晶云岩等。
			下泥岩段	
			含砾砂岩段	海陆过渡的三角洲沉积体系, 具有潮汐和海浪改造特征; 砂体主要为水下分支河道沉积, 岩石类型以细砂岩为主, 局部见砾石。
			东河砂岩段	底部局部地区发育三角洲前缘亚相, 以水下分支河道砂体为主, 多期河道叠置特征明显; 主体发育厚层滨岸相沉积, 沉积物均一, 岩性变化小。
		CIII		

## 1.2 成藏期次与油气分布规律

塔里木盆地台盆区多套烃源岩发育, 油气藏具有“多源供烃、多期成藏、多期改造”的特点<sup>[17-19]</sup>。研究表明, 塔中低凸起石炭系油气主要来自于满加尔坳陷下古生界烃源岩和塔中地区中上奥陶统烃源岩, 成藏期主要受控于海西中期、海西晚期、喜山期3次大规模构造运动<sup>[20-22]</sup>。

基于已发现油气藏, 认为塔中低凸起油气分布具有以下特点: 其一, 油气藏形成并非都直接与油源断裂相接, 如TZ16油藏; 其二, 石炭系内部油藏调整改造现象普遍, TZ4CII油藏为CIII油藏调整形成(即调整油藏), 这里所说的调整油藏是指早期原生油藏形成以后, 经后期构造调整, 溢出油气按适宜路径在新的有利圈闭内聚集成藏; 其三, 塔中低凸起油气藏具有大面积分布的特征, 油气整体呈北西向南东沿构造脊运移的趋势。

## 2 网毯式油气成藏体系结构及特征

根据石炭系油气藏分布特征, 结合地质条件以及

油气成藏背景, 认为塔中低凸起石炭系油气藏为复合网毯式油气成藏体系, 可进一步划分为CIII、CI两套次级成藏体系单元(图2)。

CIII成藏体系单元由油源通道网层、仓储层、油气聚集网层组成。东河砂岩段下伏地层为油源通道网层, 由沟通烃源岩及早期调整油藏的断裂、不整合面、连通砂体以及火山岩构成不规则的网状结构。东河砂岩段、含砾砂岩段为毯状仓储层, 主要由厚层块状砂体和不整合面构成, 砂体厚度大, 物性好, 横向分布稳定。下泥岩段至上泥岩段为油气聚集网层, 聚集来自下伏仓储层的油气并形成各类油气藏。CI成藏体系单元由仓储层和油气聚集网层组成。砂泥岩段厚层块状三角洲沉积砂体及不整合面构成仓储层, 作为油气毯式运移的主要通道。含灰岩段为油气聚集网层, 形成不同类型的构造及岩性油气藏。

### 2.1 油源通道网层

油源通道网层指它源油气进入成藏体系的不同类型输导通道所构成的网络状格架结构。塔中低凸起油源通道网层的要素主要为油源断裂、火山岩、不整合及连通砂体, 各成藏要素相互交错、叠置, 共同构成

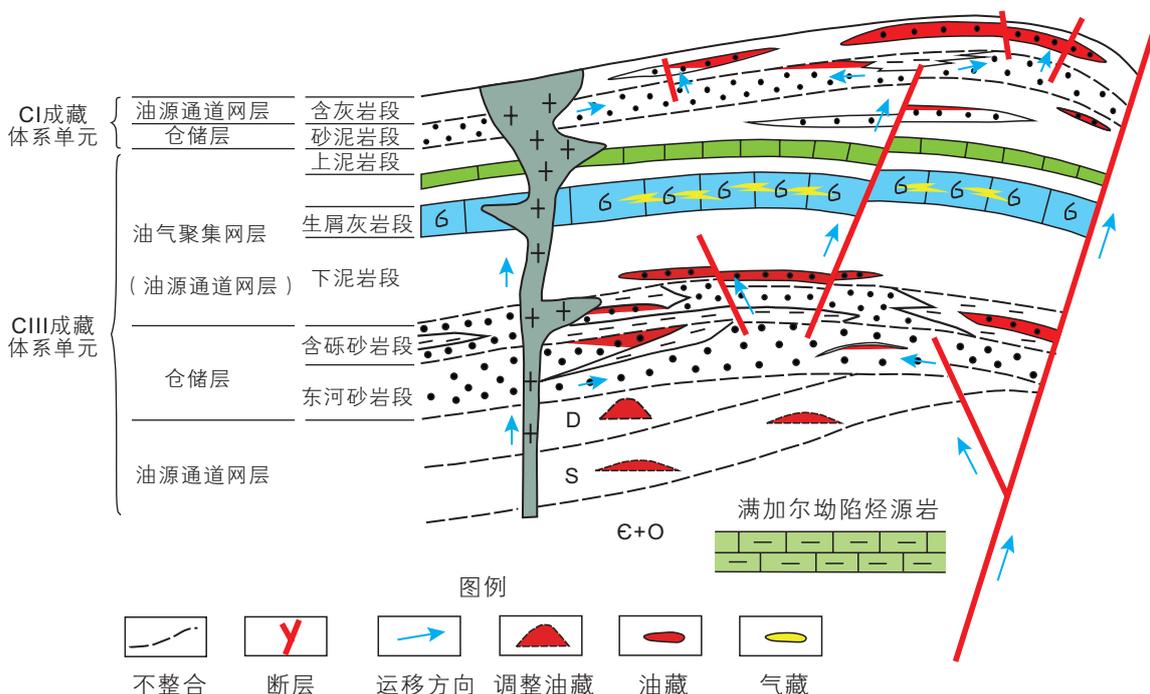


图2 塔中低凸起石炭系网毯式油气成藏体系结构图

Fig. 2 Meshwork-carpet structural petroleum accumulation system of central Tarim Uplift

了立体输导网络，是石炭系网毯式成藏体系的基础。

塔中地区油源断裂发育三组，主要为中加里东期形成的逆冲断层及其派生断层。北西向断裂体系包括塔中I号、II号、10号断裂及其伴生断裂，除塔中I号断裂向南倾外，其他均为北倾，形成花状构造样式，断裂延伸远，断距大，一般断至奥陶系。北东向断裂体系主要包括塘北2号断裂、塔中7-8号井断裂，表现为逆冲断层，倾向北西，切割泥盆系以下地层。近东西向断裂主要为塔中5号断裂，位于断裂带的帚部，延伸长度约100 km，断至基底。

早二叠世晚期，塔中地区西部火山岩发育，火山岩的侵入及喷发可形成次级的小断裂及裂缝，有利于油气的垂向输导。火山侵入通道本身也是油气运移的良好通道，TZ47井、Z1井多个层位的火山岩中见油气显示都与火山岩输导油气有关<sup>[23]</sup>。

另外，塔中地区发育多期不整合，不整合相互叠置，与连通砂体共同构成了油气侧向运移的通道。

## 2.2 仓储层

仓储层由连片分布的厚层状砂体构成，物性好，即可作为油气横向运移通道，又可以在有利圈闭中聚集油气从而形成油气藏。塔中低凸起仓储层包括CIII油组东河砂岩段和含砾砂岩段、CI油组砂泥岩段两套。

CIII油组东河砂岩为早石炭世海侵背景下超覆形成的一套厚层块状滨岸砂体，岩石类型以岩屑质石英细砂岩为主，厚度范围20~200 m，砂体连通性好，孔隙度16%~22%，渗透率 $100 \times 10^{-3} \sim 3\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。含砾砂岩段为海陆过渡的三角洲水下分流河道沉积，厚度较东河砂岩段薄，一般厚20 m，以岩屑质石英细砂岩、岩屑细砂岩为主，夹泥岩、粉砂岩薄层，孔隙度12%~20%，渗透率 $10 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。CI油组砂泥岩段为辫状河三角洲的河道微相沉积，砂体叠合厚度30~80 m，连片发育。岩石类型主要为岩屑砂岩，孔隙度18%~24%，渗透率 $200 \times 10^{-3} \sim 2\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，为中-高孔、中-高渗储层。

仓储层对油气具有成毯、调整及成藏的作用。由于油气具有幕式充注的特点，在地震泵作用、超压作用以及剩余压力作用下，油气通过油源通道网层进入仓储层内部并迅速扩散形成油毯。仓储层聚集油气到一定数量时，一部分油气在仓储层内合适圈闭中聚集成藏，一部分油气通过断裂输导继续向油气聚集网层运移。塔中地区石炭系CIII成藏体系单元仓储层对油气的成毯、调整、成藏作用明显，形成了包括TZ10、TZ40、TZ16、TZ4等在内的一系列油气藏。

## 2.3 油气聚集网层

油气聚集网层是油气聚集成藏的主要场所，由储

集层和输导断裂构成。塔中地区油气聚集网层包括下泥岩段、上泥岩段、含灰岩段,以及生屑灰岩段。碎屑岩砂体以潮坪沉积为主,砂体厚度薄(一般3~5 m),平面分布局限,呈枝状或土豆状,但砂体内部均一,且连通性好。碎屑岩孔隙类型以粒间溶孔为主,孔隙度16%~24%,渗透率 $80 \times 10^{-3} \sim 3\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。生屑灰岩段为碳酸盐台地相,岩石类型包括颗粒灰岩、亮晶灰岩、泥灰岩、粉晶云岩、泥晶云岩等,储集空间以孔隙为主,局部发育裂缝和溶洞,孔隙类型包括晶间孔、晶间溶孔、粒间溶孔、粒内溶孔等。据岩心常规物性分析资料,石灰岩孔隙度均值3.42%,渗透率 $1.52 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;白云岩孔隙度均值11.68%,渗透率 $4.95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

### 3 油气输导体系

塔中低凸起石炭系油气藏为它源型油气成藏体系,油气能否成藏,关键在于成藏期之前沟通烃源岩及圈闭的油气输导格架是否形成,油气输导格架类型及组合方式决定了油气藏的类型及分布。

根据石炭系油气输导特点,结合CIII、CI成藏体系单元中仓储层的分布,将塔中低凸起石炭系油气输导体系划分为四类十一型(表2),即断裂输导型、不整合输导型、连通砂体输导型及火山岩输导型等。

#### 3.1 输导体系类型

##### 3.1.1 断裂输导型

断裂是塔中地区主要的输导体类型,断裂级次、分布、组合方式等控制了油气的运移方向、运移路径及成藏部位。根据断裂断开的层位以及其与寒武系、奥陶系烃源岩、石炭系仓储层的接触关系,将其划分为全沟通、下沟通、上沟通和内沟通4类。

全沟通断裂:指切穿石炭系并延伸至寒武系、奥陶系地层的断裂,可沟通烃源岩或早期形成的油气藏,是塔中地区石炭系油气成藏体系的关键。此类断裂数量多,分布广,塔中I号断裂带、塔中10号断裂段及中央断垒带等构造带均有发育,控制了石炭系的沉积体系类型及油气成藏。油气藏规模则取决于断裂活动期次、油气成藏期以及断控圈闭规模的匹配关系。全沟通断裂对石炭系油气成藏既可作为油气向上运移的通道,也可在内部起到油气遮挡的作用。

下沟通断裂:指自石炭系下伏地层切至东河砂岩底的断裂,该断裂沟通了有效烃源岩层或早期形成的油气藏,主要分布于凸起带或斜坡带,对油气成藏主

要起输导作用。

上沟通断裂:指切穿仓储层顶部至石炭系内部的断裂,其将仓储层与石炭系内部储层直接连通,控制了油气成藏。该断裂在全盆地内各构造带均有分布。

内沟通断裂:指仅在石炭系内部发育的断裂,且未断至仓储层,主要位于油气聚集网层。该类断裂基本为小型张性正断裂,规模小,但数量较多,多为喜山中后期形成的低级序断裂。内沟通断裂主要分布于石炭系短轴背斜轴部,例如TZ4CI油藏顶部断裂,其输导效能低,多对内部油气起调整作用。

##### 3.1.2 不整合输导型

塔中地区古生代发育多期不整合,是良好的油气运移通道,具有直接输导、间接调整两方面作用。中奥陶统底部不整合、上奥陶统底部不整合直接与石炭系东河砂岩相接,形成有效烃源岩与储层的直接沟通,油气横向运移距离短,有效提高了油气的输导效率,如TZ1井区。同时,志留系底部不整合、上泥盆统底部不整合、石炭系底部不整合对于调整油气分布,特别是对石炭系下伏地层早期油气藏遭破坏调整后的二次运移具有重要意义,如志留系沥青砂岩古油藏。根据不整合发育层位以及与东河砂岩的接触关系,将不整合输导型划分为沟通型和未沟通型两类,塔中大部分地区以未沟通型为主,中央断垒带、TZ1、TZ24-TZ26井区则以沟通型为主。

##### 3.1.3 连通砂体输导型

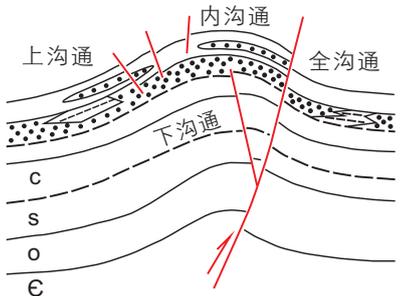
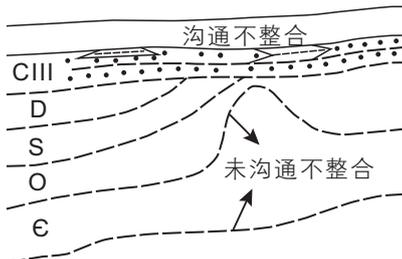
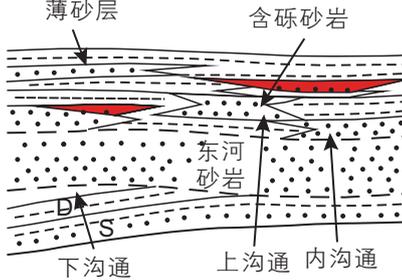
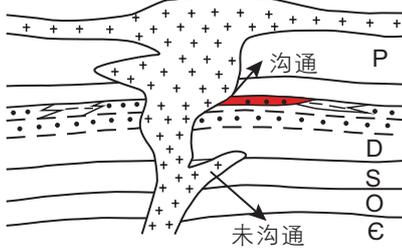
连通砂体是较为常见的输导体类型,对于油气的纵、横向运移都起作用。根据连通砂岩与仓储层的接触关系,将连通砂体输导型划分为下沟通、内沟通及上沟通三类。下沟通指石炭系下伏地层砂体与东河砂岩砂体相连,如TZ16井区;内沟通指仓储层内部砂体对接,该输导类型在TZ40、TZ4井区部分井发育,如TZ401井东河砂岩的上交互段缺失,均质段与上覆含砾砂岩段的砂砾岩对接,形成良好的油气输导通道;上沟通指仓储层与上覆地层的砂体连接,如TZ85井,薄砂层与含砾砂岩段砂体连接。

##### 3.1.4 火山岩输导型

塔中地区早二叠世末期火山活动强烈,火山岩的侵入与喷发都可改善储层的输导性能。一方面火山活动造成了储层次级断裂、裂缝的产生,有利于油气的输导运移;另一方面火山岩本身也可以形成良好的输导通道。如Z1井在志留系、石炭系、二叠系部分层段的火山岩中见油气显示,在侵入上奥陶统良里塔格组灰岩的辉绿岩中发育III级裂缝;S2井的辉绿岩段有泥浆漏失的现象<sup>[24]</sup>。

表 2 网毯式油气成藏输导体系类型及特征

Table 2 Conductive types and characteristics of meshwork-carpet structural petroleum accumulation system

输导体类型		输导体特征				典型井区	
类	类型	模式图	与石炭系底部储层关系	沟通层位	主要作用		控制因素
断裂输导型	全沟通		切穿石炭系、烃源岩层的断裂	O-C E-C	输导 成藏	断裂规模、形成期次与石炭系油气成烃、成藏匹配关系	
	下沟通		沟通仓储层、烃源岩层的下伏断裂	O-C <sub>底</sub> E-C <sub>底</sub>	输导		
	上沟通		沟通仓储层的上覆断裂	C <sub>底</sub> -C <sub>内</sub>	成藏		
	内沟通		未沟通仓储层的聚集网层内断裂	C <sub>内</sub>	成藏 调整		
不整合输导型	沟通		沟通仓储层的不整合	D-C <sub>底</sub> S-C <sub>底</sub> O-C <sub>底</sub>	输导	不整合与东河砂岩相接的层位和面积	
	未沟通		未沟通仓储层的不整合	E-D	输导 调整		前石炭系古隆起、凸起带不整合的分布
连通砂体输导型	下沟通		下伏储层与仓储层沟通	D-C <sub>底</sub> S-C <sub>底</sub> O-C <sub>底</sub>	输导	与东河砂岩相接的下伏地层的岩相类型	
	上沟通		上覆储层与仓储层沟通	C <sub>底</sub> -C <sub>内</sub>	成藏		薄砂层与含砾砂岩岩相的组合情况
	内沟通		仓储层内部储层沟通	C <sub>底</sub>	输导 成藏		CIII内部的有利岩相分布
火山岩输导型	沟通		沟通仓储层	O-C E-C	输导 成藏	火山岩性质、分布、与石炭系储层的接触面积	
	未沟通		未沟通仓储层	E-D	输导 调整		

### 3.2 输导模式

油气二次运移实际是多种输导体类型的联合作业，断裂、不整合、连通砂体及火山岩共同组成了复杂立体的油气输导体系。根据输导体类型及组合，参考油气在输导格架下的运移路径，将塔中地区的输导模式划分为“Y”型、“T”型及“S”型等3种类型。

#### 3.2.1 “Y”型输导模式

该类型输导模式是指断至寒武系、奥陶系的深大

断裂与石炭系仓储层沟通，断裂在剖面上为花状组合样式，油气运移形成“Y”型运移通道(图3)。此类断裂通常由全沟通型断裂、下沟通型断裂组成，其上发育伴生的上沟通型断裂，对油气主要起输导和成藏的作用，多分布于凸起带和斜坡带。油气通过切穿寒武系-石炭系的全沟通断裂幕式充注，经过下沟通断裂输导调整，在上沟通断裂附近聚集成藏，其规模取决于上沟通断裂的规模、断裂附近储层的规模、物性等，如TZ4井CIII的背斜油藏。

### 3.2.2 “T” 输导模式

该类型输导模式是指油气通过断裂、火山岩垂向输导至石炭系仓储层后，经过连通砂岩向两侧横向运移，并形成各类油气藏(图4)。输导格架包括全沟通断裂、沟通型火山岩及内沟通连通砂体、上沟通连通砂体等，主要分布于凸起区。油气经过切穿寒武系—石炭系的沟通断裂及沟通型火山岩垂向输导，运移至石炭系仓储层后通过内沟通连通砂体及上沟通连通砂岩的输导调整并最终成藏。如TZ47火山岩遮挡油藏、TZ40背斜油藏。

### 3.2.3 “S” 型输导模式

该输导模式是指油气通过断裂垂向输导，在与断

裂相连接的不整合或连通砂体中倾斜向上运移至石炭系的圈闭并形成油气藏(图5)。断裂、不整合及连通砂体构成了油气输导格架，多发育在斜坡区，如TZ16背斜油藏。

## 4 油气成藏模式

东河砂岩底部断裂、不整合、连通砂体以及火山岩等输导体系发育的地层构成了塔中网毯式成藏体系结构的油源通道网层，油气通过上述输导体在东河砂岩、含砾砂岩段、CI、CII段内聚集成藏(图6)。石炭系CIII东河砂岩段、含砾砂岩段主要为“毯”状稳定

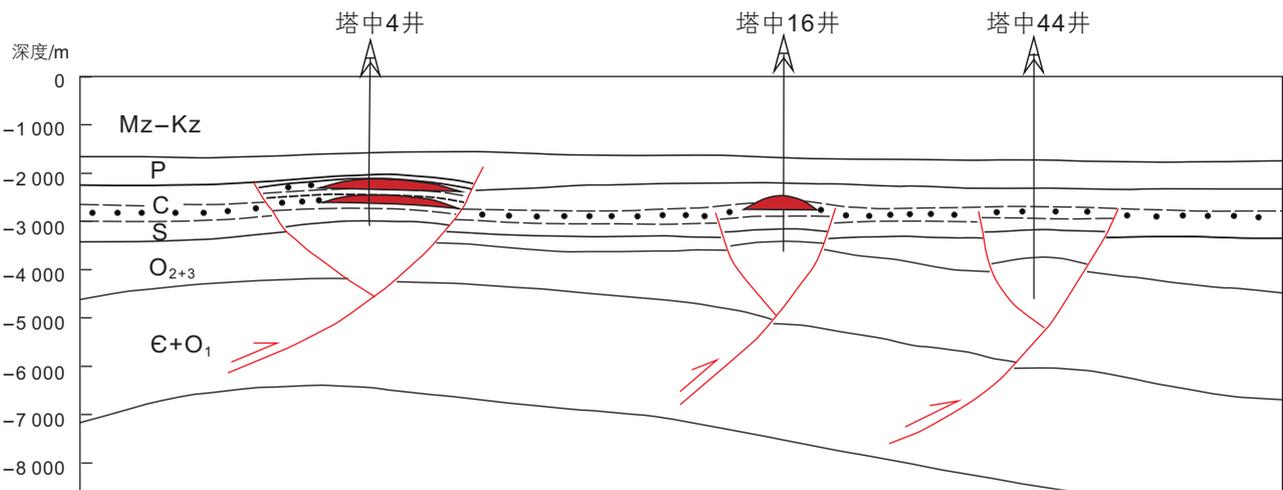


图3 塔中地区石炭系“Y”型输导模式(据何永焱, 2009, 有修改<sup>[24]</sup>)

Fig. 3 “Y”-shaped conducting model of Carboniferous in Tazhong area(modified from He Yongyao, 2009<sup>[24]</sup>)

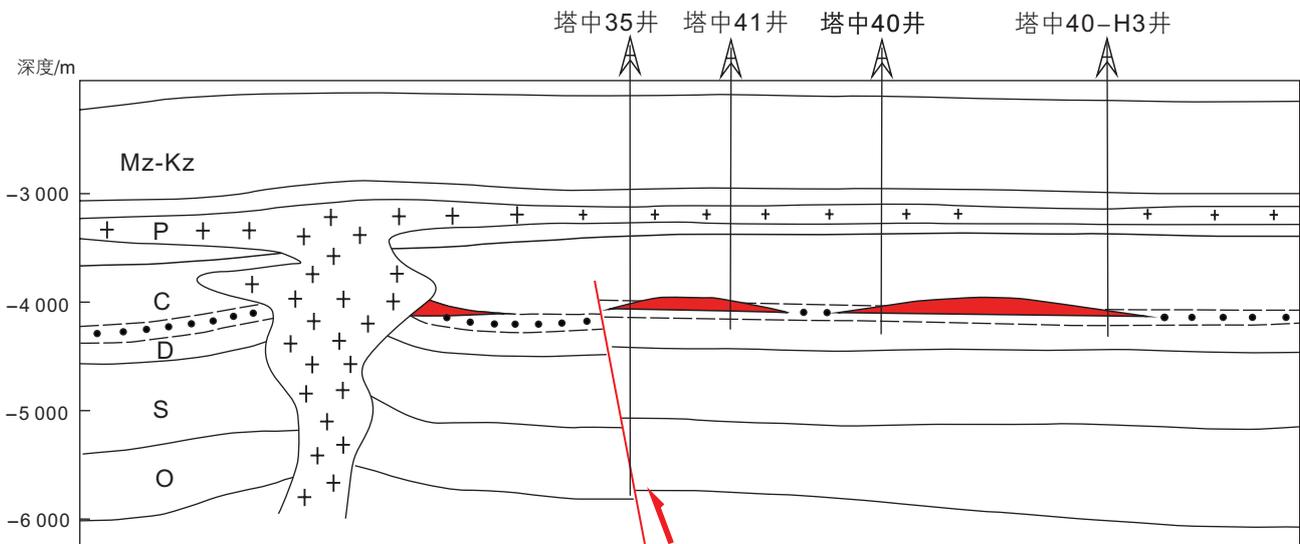


图4 塔中地区石炭系“T”型输导模式

Fig. 4 “T”-shaped conducting model of Carboniferous in Tazhong Area

分布的巨厚的海相砂岩，油气通过油源通道网层幕式充注到仓储层内部，部分油气在仓储层内合适圈闭条件下聚集成藏(TZ4、TZ16、TZ40、TZ35-TZ47等油

气藏)，部分油气继续运移，通过仓储层的调节作用进入聚集网层的圈闭成藏(CI、CII内部油气藏)。

以火山岩体和断裂为主要输导格架形成的油气藏

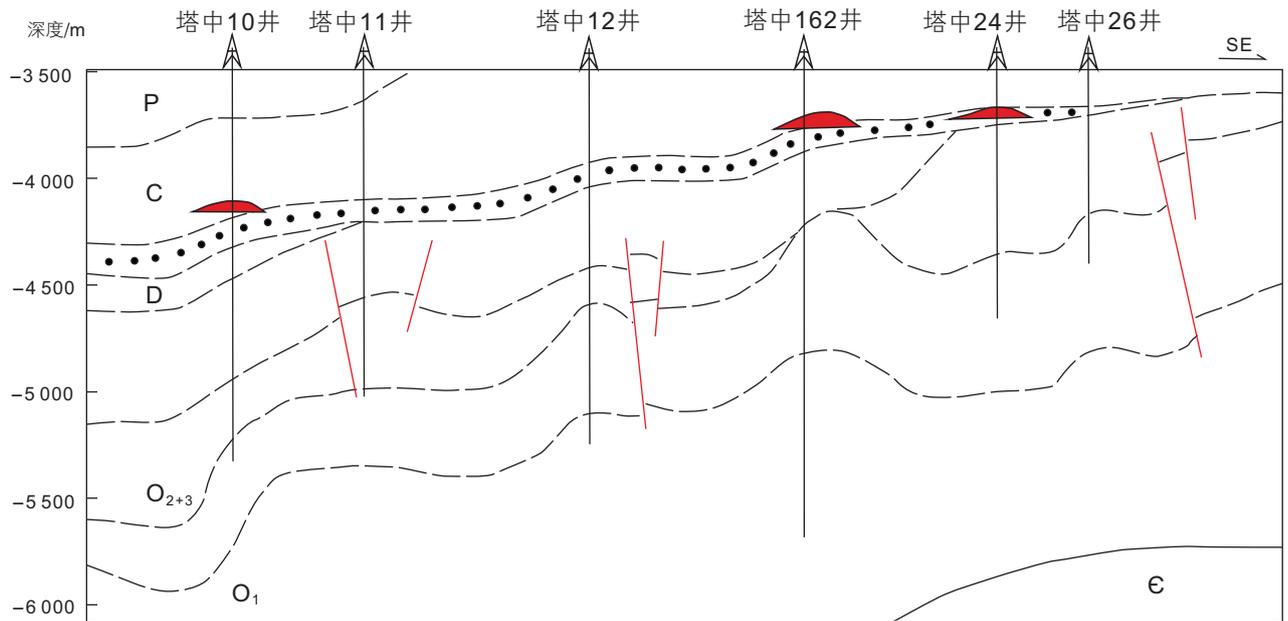


图5 塔中地区石炭系“S”型输导模式(据王宗礼等<sup>[25]</sup>, 2011)

Fig. 5 “S”-shaped conducting model of Carboniferous in Tazhong area (after WANG Zongli et al.<sup>[25]</sup>, 2011)

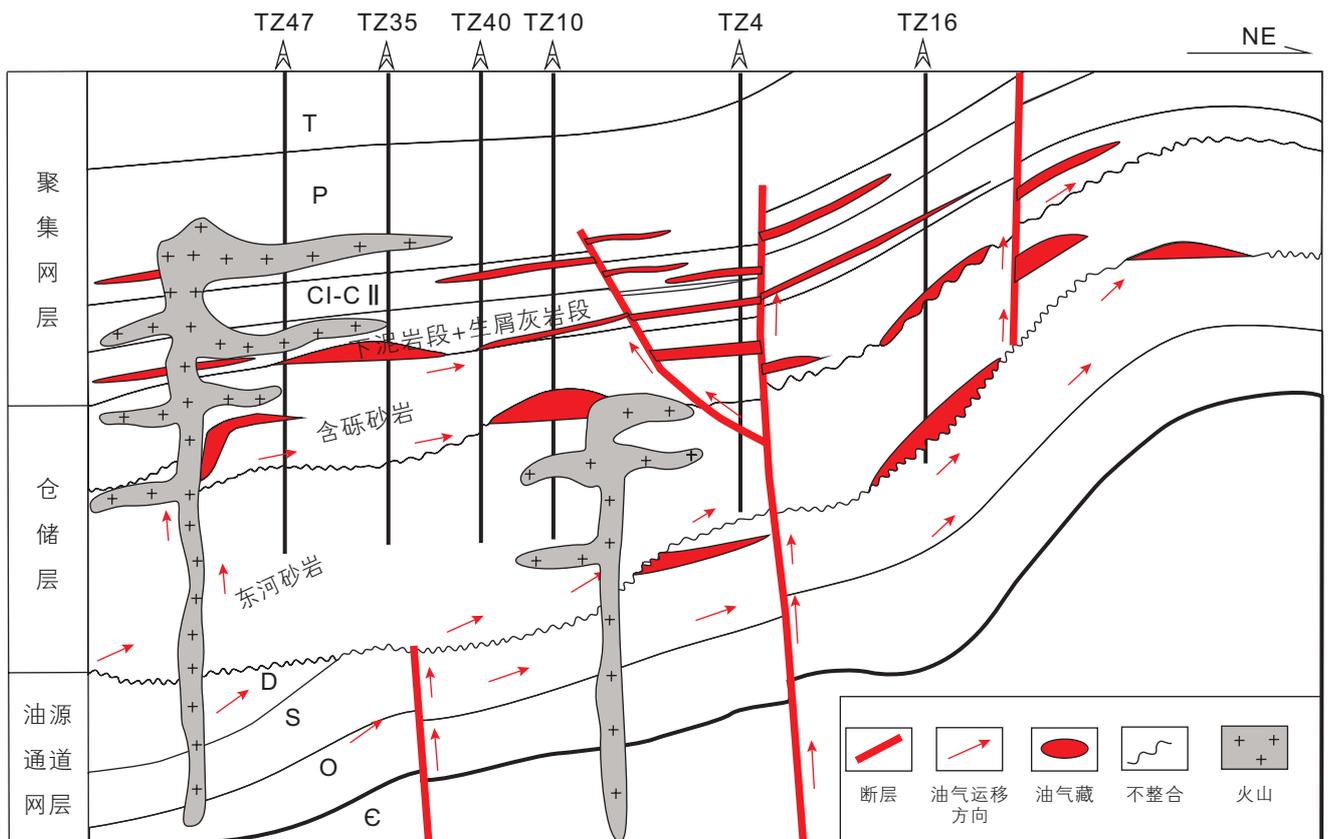


图6 塔中地区网毯式油气成藏体系模式概念图

Fig. 6 Meshwork-carpet type oil and gas accumulation system of Conceptual model of Tazhong area

分布在TZ10、TZ35-TZ47井区,油藏类型多以构造油气藏和岩性油气藏为主。寒武系、奥陶系烃源岩生成的油气或志留系、泥盆系早期油藏遭破坏形成的油气通过火山岩体、断裂向上幕式充注,油气进入东河砂岩后在东河砂岩段仓储层成藏或继续向上覆含砾砂岩段地层输导,后期调整改造后在含砾砂岩段中形成了低幅构造、背斜、断块-岩性及岩性体刺穿遮挡等多种油藏。

以断裂为主要输导格架形成的油气藏则主要分布在TZ4井区,油藏类型以构造油气藏和复合油气藏为主,油气沿大断裂自油源层向上运移至东河砂岩中形成背斜油气藏,在后期调整中部分油气沿石炭系内部断裂及连通储层向上运移至卡拉沙依组形成油气藏。

以连通砂体为主要输导体的油气藏主要分布在TZ40井区,油气藏类型以岩性油气藏为主。油气通过含砾砂岩段上沟通连通砂体输导至薄砂层的潮坪相砂体,在上倾尖灭砂体内聚集成藏。

以不整合为主要输导格架形成的油气藏主要分布在TZ16井区和海湾区,油气藏类型以地层油气藏为主。寒武系、奥陶系烃源岩生成的油气或志留系、泥盆系早期形成的油气藏遭受破坏后再次发生运移的油气,经断裂和连通砂体的垂向沟通后,进一步沿东河砂岩底部的不整合长距离侧向运移。该类油气一部分在东河砂岩内部的正向构造中聚集形成构造油气藏;而另一部分受地层不整合控制,形成围绕地层尖灭线

呈环带状分布的地层油气藏。

## 5 结论

(1)综合塔中低凸起石炭系地质特征、构造演化及油气成藏背景分析,认为研究区石炭系为复合网毯式成藏体系,发育CIII、CI两套次级成藏体系单元。CIII成藏体系单元由石炭系下伏油源通道网层、含砾砂岩段和东河砂岩段组成的仓储层、下泥岩段至上泥岩段组成的油气聚集网层构成;CI成藏体系单元由砂泥岩段组成的仓储层、含灰岩段组成的油气聚集网层构成。

(2)根据输导体系与烃源岩(或早期油气藏)及网毯式油气成藏体系结构的连通关系,将石炭系输导体系划分为四类十一型,即断裂输导型(全沟通、下沟通、上沟通、内沟通)、不整合输导型(沟通、未沟通)、连通砂体输导型(下沟通、上沟通、内沟通)及火山岩输导型(沟通、未沟通),并确定了“Y”型、“T”型及“S”型等输导模式。

(3)塔中低凸起石炭系油气成藏期次多,按网毯式成藏体系结构划分,将石炭系CIII油藏划归为仓储层。通过仓储层内不同油气藏输导体的解剖分析认为,塔中低凸起东部的TZ16和TZ4油藏分别以不整合面和断层作为输导体;塔中低凸起西部的TZ40和TZ47油藏分别主要以连通砂体和火山作为输导体。

## 参考文献

- [1] 庞雄奇,周新源,鄢盛华,等.中国叠合盆地油气成藏研究进展与发展方向-以塔里木盆地为例[J].石油勘探与开发,2012,39(06):649-656.[PANG X Q, ZHOU X Y, YAN S H, et al. Research advances and direction of hydrocarbon accumulation in the superimposed basins, China: Take the Tarim Basin as an example [J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(06): 649-656.]
- [2] 金之钧.中国典型叠合盆地油气成藏研究新进展(之二):以塔里木盆地为例[J].石油与天然气地质,2006,27(3):281-288.[JIN Z J. New progresses in research of China's typical superimposed basins and reservoiring of hydrocarbons(PartII): Taking Tarim Basin as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(3): 281-288.]
- [3] 张斌,朱光有,顾乔元,等.塔里木盆地海相油气成藏研究进展-“中国西部典型叠合盆地复杂油气藏形成改造再聚集机制”课题进展交流暨塔里木盆地油气成藏学术研讨会综述[J].天然气地球科学,2009,20(05):664-669.[ZHANG B, ZHU G Y, GOU Q Y, et al. Research progress in marine oil& gas reservoirs of the Tarim basin: a review of the conference on “complex oil& gas pool formation, adjustment and reaccumulation mechanism of the typical superimposed basin in the west of china” and discussion on hydrocarbon accumulation of the Tarim Basin. Natural Gas Geoscience[J]. 2009, 20(05): 664-669.]
- [4] 康玉柱.塔里木盆地油气藏(田)特征[J].石油实验地质,2000,22(02):115-120.[KANG Y Z. Some characteristics of oil fields in the Tarim Basin[J]. Experimental Petroleum Geology. 2000, 22(02): 115-120.]
- [5] 周兴熙.复合叠合盆地油气成藏特征-以塔里木盆地为例[J].地学前缘,2000,7(03):39-47.[ZHOU X X. The petroleum reservoir-forming characteristics of the composite superimposed basin-an example from Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(03): 39-47.]
- [6] 张光亚,赵文智,王红军,等.塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油气系统[J].石油与天然气地质,2007,28(05):653-663.[ZHANG G Y, ZHAO W Z, WANG H J, et al. Multicycle tectonic evolution and composite petroleum systems in the Tarim Basin[J].

- Oil&Gas Geology, 2007, 28(05): 653-663.]
- [7] 宫秀梅. 塔里木盆地塔中地区油气成藏体系研究[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2006. [GONG X M. Study on the petroleum accumulation system within the Tazhong region, Tarim basin[D]. Beijing: China University of Petroleum-Beijing, 2006.]
- [8] 孙龙德, 李曰俊, 江同文, 等. 塔里木盆地塔中低凸起: 一个典型的复式油气聚集区[J]. 地质科学, 2007, 42(03): 602-620. [SUN L D, LI Y J, JIANG T W, et al. The central Tarim lower uplift: A composite hydrocarbon accumulation play in the Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(03): 602-620.]
- [9] 金之钧. 从源-盖控烃看塔里木台盆地油气分布规律[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(06): 763-770. [JIN Z J. A study on the distribution of oil and gas reservoirs controlled by source-cap rock assemblage in unmodified foreland region of Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35 (06): 763-770.]
- [10] 张善文, 王永诗, 石砥石, 等. 网毯式油气成藏体系-以济阳拗陷新近系为例[J]. 石油探与开发, 2003, 30(01): 1-10. [ZHANG S W, WANG Y S, SHI D S, et al. Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system-Taking Neogene of Jiyang depression as an example[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(01): 1-10.]
- [11] 石砥石, 王永诗, 王亚琳, 等. 临清拗陷东濮凹陷新近系油气网毯式成藏条件和特征初探[J]. 地质科学, 2007, 42(03): 417-429. [SHI D S, WANG Y S, WANG Y L, et al. An approach to the neogene meshwork-carpet oil and gas pool-forming system in the Dongpu sag, Linqing depression[J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(03): 417-429.]
- [12] 刘颖刚, 徐怀民, 张健, 等. 网毯式成藏体系结构与油气成藏特征[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2010, 34(02): 19-23. [LIU Y Y, XU H M, ZHANG J, et al. Configuration of fault-fracture mesh petroleum plays and oil-gas accumulation character[J]. Journal of China University of Petroleum, 2010, 34(02): 19-23.]
- [13] 张善文, 王永诗, 彭传圣, 等. 网毯式油气成藏体系在勘探中的应用[J]. 石油学报, 2008, 29(06): 791-796. [ZHANG S W, WANG Y S, PENG C S, et al. Application of fault-fracture mesh petroleum plays in exploration[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(06): 791-796.]
- [14] 王志英. 沾化凹陷网毯式油气成藏体系仓储层的运移机理研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008. [WANG Z Y. The study on storage layers migration mechanism of meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system in Zhanhua depression[D]. Qingdao: Qingdao Ocean University of China, 2008.]
- [15] 张善文, 林会喜, 沈扬. 准噶尔盆地车排子凸起新近系“网毯式”成藏机制剖析及其对盆地油气勘探的启示[J]. 地质论评, 2013, 59(03): 489-500. [ZHANG S W, LIN H X, SHEN Y. Analysis on meshwork-carpet pool-forming Mechanism of Chepaizi Uplift and enlightenment on petroleum exploration of Junggar Basin[J]. Geological Review, 2013, 59(03): 489-500.]
- [16] 周小军. 塔里木盆地塔中古隆起不整合和构造特征及其演化[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006. [ZHOU X J. The major unconformities and structure style and evolution of Tazhong uplift in Tarim Basin[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006.]
- [17] 吕修祥, 白忠凯, 赵风云. 塔里木盆地塔中隆起志留系油气成藏及分布特点[J]. 地学前缘, 2008, 15(02): 156-166. [LV X X, BAI Z N, ZHAO F Y. Hydrocarbon accumulation and distributional characteristics of the Silurian reservoirs in the Tazhong uplift of the Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers. 2008, 15(02): 156-166.]
- [18] 张水昌, 张斌, 杨海军, 等. 塔里木盆地喜马拉雅晚期油气藏调整与改造[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(06): 668-680. [ZHANG S C, ZHANG B, YANG H J, et al. Adjustment and alteration of hydrocarbon reservoirs during the late Himalayan period, Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(06): 668-680.]
- [19] 马锋. 塔里木盆地塔中II号构造带演化及其对油气藏的控制作用[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2007. [MA F. A study on the structural evolution and the control on the oil and gas accumulation in the central Tarim II fault zone[D]. Beijing: China University of Petroleum Beijing, 2007.]
- [20] 刘克奇, 苏振阁. 塔里木盆地塔中4油田油气成藏条件与成藏模式[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2005, 29(02): 6-10. [LIU K Q, SU Z G. Petroleum accumulation conditions and model of Tazhong 4 oilfield in Tarim Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, 2005, 29(02): 6-10.]
- [21] 张水昌, 张宝民, 李本亮, 等. 中国海相盆地跨重大构造期油气成藏历史-以塔里木盆地为例[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(01): 1-15. [ZHANG S C, ZHANG B M, LI B L, et al. History of hydrocarbon accumulations spanning important tectonic phases in marine sedimentary basins of China: Taking the Tarim Basin as an example[J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(01): 1-15.]
- [22] 李坤. 塔里木盆地卡塔克隆起古生界油气运移体系与成藏演化[J]. 石油实验地质, 2011, 33(04): 364-370. [LI K. Hydrocarbon migration system and accumulation evolution in Paleozoic, Katake Uplift, Tarim Basin[J]. 2011, 33(04): 364-370.]
- [23] 陈元壮, 刘洛夫, 陈利新, 等. 塔里木盆地塔中、塔北地区志留系古油藏的油气运移[J]. 地球科学, 2004, 29(04): 473-482. [CHEN Y Z, LIU L F, CHEN L X, et al. Hydrocarbon migration of Silurian Paleo-pools in Tazhong and Tabei Areas of Tarim Basin[J]. Earth Science-Journal of China University of Geoscience, 2004, 29 (04): 473-482.]
- [24] 何永焱. 塔里木盆地塔中地区构造演化与油气成藏关系研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2009. [HE Y Y. Analasis of relationship between tonic evolution and oil-gas in Tazhong region in central Tarim Basin [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009.]
- [25] 王宗礼, 徐晓峰, 李君, 等. 塔里木盆地油气成藏模式及新区新领域勘探方向分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(1):73-80.

[WANG Z L, XU X F, LI J, et al. Reservoir forming patterns and exploration analysis of new area and new field in Tarim Basin. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 22(1): 73–80. ]

## Meshwork-carpet structural petroleum accumulation and transportation systems of the Carboniferous in the central Tarim Uplift

JIANG Tongwen<sup>1,2</sup>, XU Zhaohui<sup>1</sup>, XU Huaimin<sup>1</sup>, YANG Jianping<sup>2</sup>, YIN Nanxin<sup>3</sup>

1. *College of Geosciences, China University of Petroleum-Beijing, Beijing 102249, China*

2. *Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla 841000, China*

3. *Postdoctoral Research Workstation of Zhongyuan Oilfield Company, Sinopec, Zhongyuan Oilfield, Puyang 457001, China*

**Abstract** The Tarim Basin has generally undergone complex evolution with polycyclic tectonic events, and it has multiple layers of source rocks. It has had multiple periods of hydrocarbon accumulation and reservoir destruction. Mixed oil is common and distal source accumulation systems prevail. As a result, it is difficult to pick up a single-source system to help understand petroleum accumulation. Under the guidance of the meshwork-carpet structural petroleum accumulation model, the structure and transportation system of the Carboniferous in the central Tarim uplift was analyzed. The petroleum accumulation system is formed by two lower unit levels, and each unit has a three layered structure, namely channel-net layer, storage layer and accumulation layer. The conductive system can be divided into 4 classes and 11 types, such as faults, unconformities, connected sands and volcanic rocks. The transportation model has “Y”-shaped, “T”-shaped and “S”-shaped segments. The model of the central Tarim uplift is a typical meshwork-carpet structural petroleum accumulation system, and it provides new ideas for exploration and development of reservoirs.

**Keywords** meshwork-carpet structural petroleum accumulation system; transportation system; migration patterns; Carboniferous; Tarim Basin

doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2017.02.017

(编辑 付娟娟)