

文章编号: 0253-2697(2011)02-0189-10

塔里木盆地塔中古隆起控油气模式与有利区预测

庞雄奇^{1,2} 周新源³ 李 卓^{1,2} 王招明³ 姜振学^{1,2}

(1. 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室 北京 102249; 2. 中国石油大学盆地与油藏研究中心 北京 102249;
3. 中国石油塔里木油田公司 新疆库尔勒 841000)

摘要: 通过对塔里木盆地塔中古隆起形成演化的恢复及古隆起不同部位油气藏特征的综合研究,明确了塔中古隆起经历了晚加里东期、晚海西期和喜山期 3 期构造演化过程;建立了塔中古隆起控藏模式,即在古隆起及其周边发育两类 8 种油气藏类型,其中在古隆起“山外”,志留系和石炭系背斜型、地层型、岩性型和断块型油气藏分布于古隆起顶部及斜坡上部,在古隆起“山内”,寒武系和奥陶系不整合型油气藏分布于古隆起顶部,礁滩体型、溶洞型和裂缝型油气藏分布于古隆起斜坡下部;阐明了古隆起控油气作用原理,即古隆起发育多种类型圈闭,具有多种输导体系,是浮力作用下油气运聚的有利指向;预测了塔中古隆起有利成藏区,其中塔中主坳带是寻找山外断块类、背斜类油气藏和山内不整合型油气藏的最有利区域,塔中 10 号带是寻找山外地层类、背斜类油气藏和山内溶洞型油气藏有利区域,塔中 I 号断裂带是寻找山外岩性类油气藏和山内裂缝型、溶洞型油气藏有利区域。

关键词: 塔里木盆地;塔中古隆起;构造演化;控藏模式;控油气机理;有利区预测

中图分类号: TE112

文献标识码: A

A model for controlling hydrocarbon and predicting favorable exploration zones of the Tazhong palaeouplift in Tarim Basin, NW China

PANG Xiongqi^{1,2} ZHOU Xinyuan³ LI Zhuo^{1,2} WANG Zhaoming³ JIANG Zhenxue^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
2. Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
3. PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla 841000, China)

Abstract: In order to deeply research a model for both controlling hydrocarbons and predicting favorable exploration zones of the Tazhong palaeouplift in Tarim Basin, this paper focused on the tectonic evolution of the Tazhong palaeouplift and the distribution of different reservoirs. A three-epoch tectonic evolution was identified for the Tazhong palaeouplift, i. e. the Late Caledonian, Late Hercynian and Himalayan, and a reservoir controlling model for two classes (inner or outside of buried hill) and eight types was established for the Tazhong palaeouplift. Outside the Tazhong palaeouplift buried hills, Carboniferous and Silurian clastic anticline reservoirs, stratigraphic or lithologic reservoirs and fault-block reservoirs occurred at top parts of the palaeouplift and slope, while within the palaeouplift buried hills, Ordovician and Cambrian carbonate weathering-crust reservoirs occurred at the top, reef-flat reservoirs in the lateral margin, and karst and fractured reservoirs at the lower part of the palaeouplift. The mechanism of the reservoir control by the palaeouplift, which contains various traps and carrier systems indicating favorable direction of hydrocarbon migration, was discussed. The research predicted that the Tazhong main horst zone was the most favorable exploration area for fault-block reservoirs, anticline reservoirs and carbonate weathering-crust reservoirs, the Tazhong No. 10 structure zone was the favorable exploration area for stratigraphic reservoirs, anticline reservoirs and carbonate karst reservoirs, and the Tazhong No. 1 slope break zone was the favorable exploration area for lithologic reservoirs, carbonate karst reservoirs and buried-hill inside fractured reservoirs.

Key words: Tarim Basin; Tazhong palaeouplift; tectonic evolution; model for controlling hydrocarbon accumulation; mechanism of controlling hydrocarbons; prediction of favorable exploration zone

国内外很多克拉通盆地内的大型古隆起上都发现了大油气田^[1-4],古隆起是大油气田勘探的有利领域^[5-7]。古隆起对油气藏形成、富集的控制作用已被很多学者所关注,前人针对多期叠加古隆起控油气作用^[8-10]、古隆起及其斜坡油气藏分布规律^[11-14]、古隆起

对成藏要素控制^[15-18]等方面做了大量研究。但是,针对古隆起内部和周边不同部位的控油气特征及油气藏分布模式,尤其是古隆起控制的油气藏类型、数量和储量分布模式的研究相对较少,制约了古隆起油气藏勘探的深入开展。笔者从古隆起形成演化的恢复及古隆

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)项目(2006CB202308)资助。

第一作者及通讯作者:庞雄奇,男,1961年8月生,1991年获中国地质大学博士学位,现为中国石油大学(北京)副校长、教授、博士生导师,主要从事油气资源评价、油气成藏机理方面研究。E-mail: pangxq@cup.edu.cn

起不同部位油气藏特征等方面对塔里木盆地塔中古隆起开展了综合研究,总结了古隆起油气藏分布特征,建立了古隆起控油气作用基本模式,并预测了塔中古隆起不同类型油气藏有利勘探区带。以期能够丰富古隆起油气勘探理论,并指导塔中油气勘探实践。

1 塔中古隆起构造演化

1.1 塔中古隆起区域地质特征

塔中古隆起位于塔里木盆地的中央隆起带中段,

是一个面积约 $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的大型古隆起。其构造具有分带性,由北向南依次发育塔中 I 号断裂坡折带、塔中 10 号构造带、塔中主垒带和东部潜山带,古隆起顶部位于主垒带(图 1)。

塔中古隆起主要勘探目的层位为古生界碎屑岩和碳酸盐岩层系。该区古生界地层发育较全,厚度巨大,其中寒武系—奥陶系良里塔格组主要发育碳酸盐岩,良里塔格组以上主要发育碎屑岩(表 1),碳酸盐岩与上覆碎屑岩间发育明显的不整合面。



图 1 塔中古隆起构造单元与油气藏分布

Fig. 1 Distribution of tectonic units and hydrocarbon reservoirs in the Tazhong palaeo-uplift

表 1 塔中古隆起古生界地层简表

Table 1 The abridged table of stratum in Paleozoic in the Tazhong palaeo-uplift

系	组	厚度/m	岩性	构造期次
石炭系	小海子组		上部浅灰色细砂岩夹褐、褐灰色泥岩,下部浅绿灰色含砾粗砂岩	中海西期
	卡拉沙依组	0~690	褐灰、浅绿色泥岩、粉砂质泥岩,灰黑色粉砂岩、细砂岩互层	
	巴楚组		上部深灰、褐灰色泥岩及粉砂质泥岩,中部浅灰、褐灰色生屑灰岩,下部灰色细粒石英砂岩及含砾砂岩夹薄层泥质粉砂岩	早海西期
泥盆系		0~241	褐红、紫红、灰白色细砂岩	晚加里东期
志留系		0~517	下部灰、灰绿、紫红色泥质粉砂岩、泥岩及页岩,上部灰绿、紫红色粉砂岩、杂砂岩	
奥陶系	桑塔木组 O _{3s}	0~748	巨厚层状灰色泥岩夹少量粉砂质泥岩	
	良里塔格组 O _{3l}	0~1001	深灰色藻黏结灰岩,浅灰色厚层生物骨架岩,厚层泥质灰岩、含泥质泥晶灰岩和泥晶灰岩	中加里东期
	鹰山组 O _{1y}	0~697	中—厚层状白云质灰岩	
蓬莱坝组 O _{1p}	0~1572	灰质白云岩夹含云灰岩、白云质灰岩		
寒武系		125~2918	厚层白云岩,局部见少量膏质白云岩夹薄层灰质白云岩	早加里东期

1.2 塔中古隆起构造演化过程

利用平衡剖面技术恢复了 AA'剖面构造演化过程(图 2)。由图 2 可见,塔中古隆起经历了加里东期—喜山期的多期构造演化,早奥陶世末期—中奥陶世(中加里东期)时,塔中 I 号断裂开始活动,塔中

古隆起显现雏形;晚加里东期塔中的构造活动强烈,在这一时期塔中 I 号断裂带出现坡折地貌,发育礁滩复合体,之后在桑塔木组沉积后该区发生了最强烈的一次构造活动,形成了主垒带和塔中 10 号构造带;晚海西期构造活动较强,石炭系—二叠系由西向

东超覆在古隆起上,主坳带和塔中 10 号构造带都有一定发展,其中主坳带的构造活动一直持续到二叠纪末期,塔中古隆起最终定型;印支期—燕山期构造基本稳定,保持了早期的构造面貌;喜山期构造活动较弱,主要表现为局部断裂活动和构造的小幅度调整。综合分析表明,塔中古隆起经历了晚加里东期、晚海西期和喜山期 3 期构造演化过程,总体具有长期继承性发育的特征。

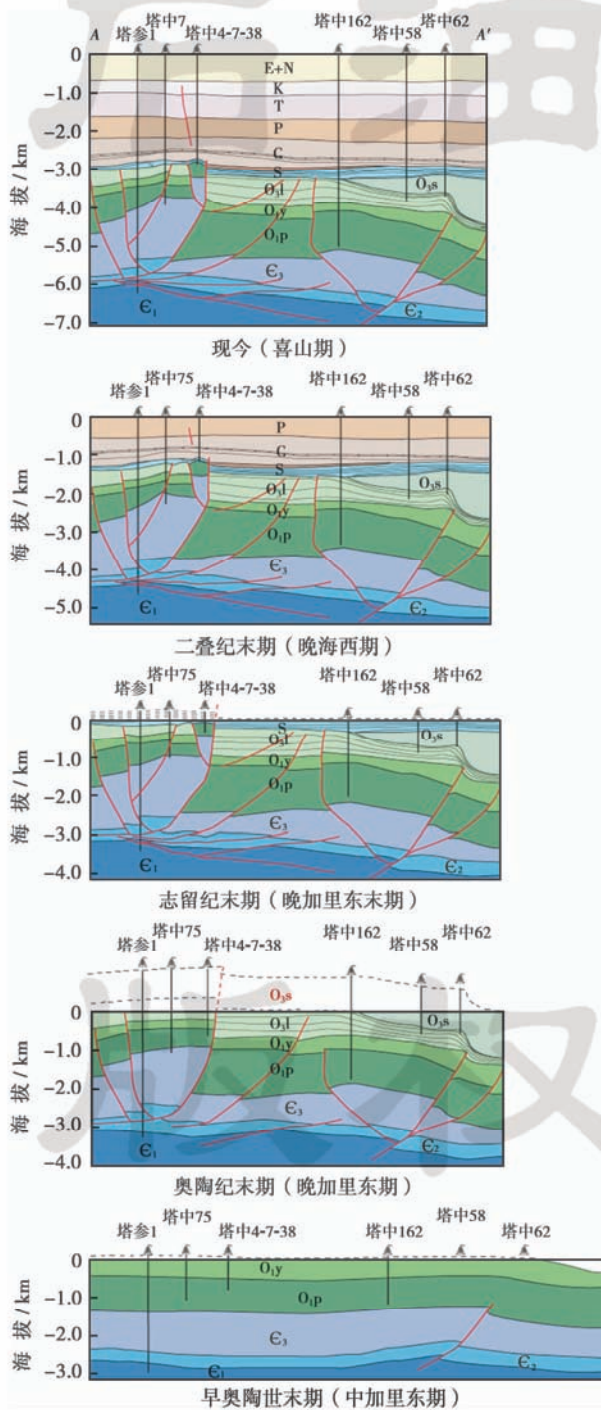


图 2 塔中古隆起典型剖面构造演化(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Structure evolution of typical section from the Tazhong palaeouplift

2 塔中古隆起石油地质特征

2.1 烃源岩条件

塔中古隆起存在两套主力烃源岩^[19-22]。第一套烃源岩是寒武系—下奥陶统烃源岩,分布广泛,厚度大,有机质丰度高,热演化程度高,在晚加里东期—早海西期进入生油期,现今处于生气阶段;第二套烃源岩是中—上奥陶统烃源岩,主要分布在塔中隆起两侧斜坡带,并向盆地腹部延伸,在晚海西期进入生油期,现今处于生油气阶段^[23-25]。

2.2 储盖组合条件

塔中古隆起自寒武系至石炭系共发育 4 套储盖组合(表 1)。

第一套是下奥陶统灰岩与寒武系—下奥陶统白云岩储盖组合,分布于古隆起顶部,储层为遭受了强烈风化、淋滤作用的白云岩,孔隙、裂缝非常发育,储集性能较好,盖层为灰岩和泥灰岩。

第二套是上奥陶统泥岩与下奥陶系碳酸盐岩储盖组合,分布于塔中北斜坡和塔中 I 号带,储层为上奥陶统生物礁灰岩和下奥陶统的岩溶发育的灰岩,同时断层附近产生的构造裂缝有效改善了储集性能,盖层为上奥陶统巨厚泥岩,是一套极好的盖层。该储盖组合是塔中地区成藏条件最为优越的一套组合。

第三套是志留系顶部泥岩与其下伏沥青砂岩段储盖组合,分布于塔中北斜坡,储层为志留系沥青砂岩,致密、疏松层间互,物性较差,其上部被一层厚约 100~200 m 的红色泥岩层所覆盖,构成一套连续的储盖组合。

第四套是石炭系泥岩与生屑灰岩及砂岩储盖组合,分布于塔中全区,储层分别为石炭系卡拉沙依组砂岩、巴楚组生屑灰岩和砂岩,盖层为卡拉沙依组和巴楚组泥岩。

2.3 油气运聚条件

塔中古隆起的油气运移方向总体具有由北向南,由凹陷向隆起运移的趋势,源自凹陷的油气沿寒武系、奥陶系的多期不整合面侧向运移,在古隆起上发育的溶洞圈闭、礁滩体圈闭等多种类型的圈闭中聚集。同时,由于古隆起上深大断裂极其发育,油气沿这些沟通了烃源岩的断裂向上垂向运移,在背斜圈闭、地层圈闭、断块圈闭中聚集成藏^[13,21,26]。

2.4 保存条件

塔中古隆起是一个早期活动强、后期活动弱的长期继承性发育的古隆起。寒武纪—二叠纪,构造活动

强烈,断裂、圈闭发育,并与烃源岩大量排烃期重合,有利于油气成藏;二叠纪以后,构造活动微弱,有利于油气藏保存。

3 塔中古隆起控油气基本特征

塔中古隆起从寒武系到石炭系都发现了大量的油气藏(图1),其中奥陶系发现的油气藏最多,油气藏在层位上表现为由下向上具有由南向北迁移的趋势。通过对典型油气藏剖析,总结了塔中古隆起控制的8种油气藏类型(图3和表2),即古隆起上覆地层控制的

披覆背斜类油气藏[图3(a)]、古隆起周边超覆地层控制的地层类油气藏[图3(b)]、古隆起周边坡折带控制的岩性类油气藏[图3(c)]、古隆起顶部断裂作用形成的断块类油气藏[图3(d)]、古隆起内潜山顶部形成的不整合型油气藏[图3(e)]、古隆起潜山侧缘形成的礁滩体油气藏[图3(f)]、古隆起内潜山斜坡形成的溶洞型油气藏[图3(g)]以及古隆起内潜山内幕形成的裂缝型油气藏[图3(h)]。并剖析了这些油气藏基本特征,分析了其主控因素,建立了古隆起控藏模式。

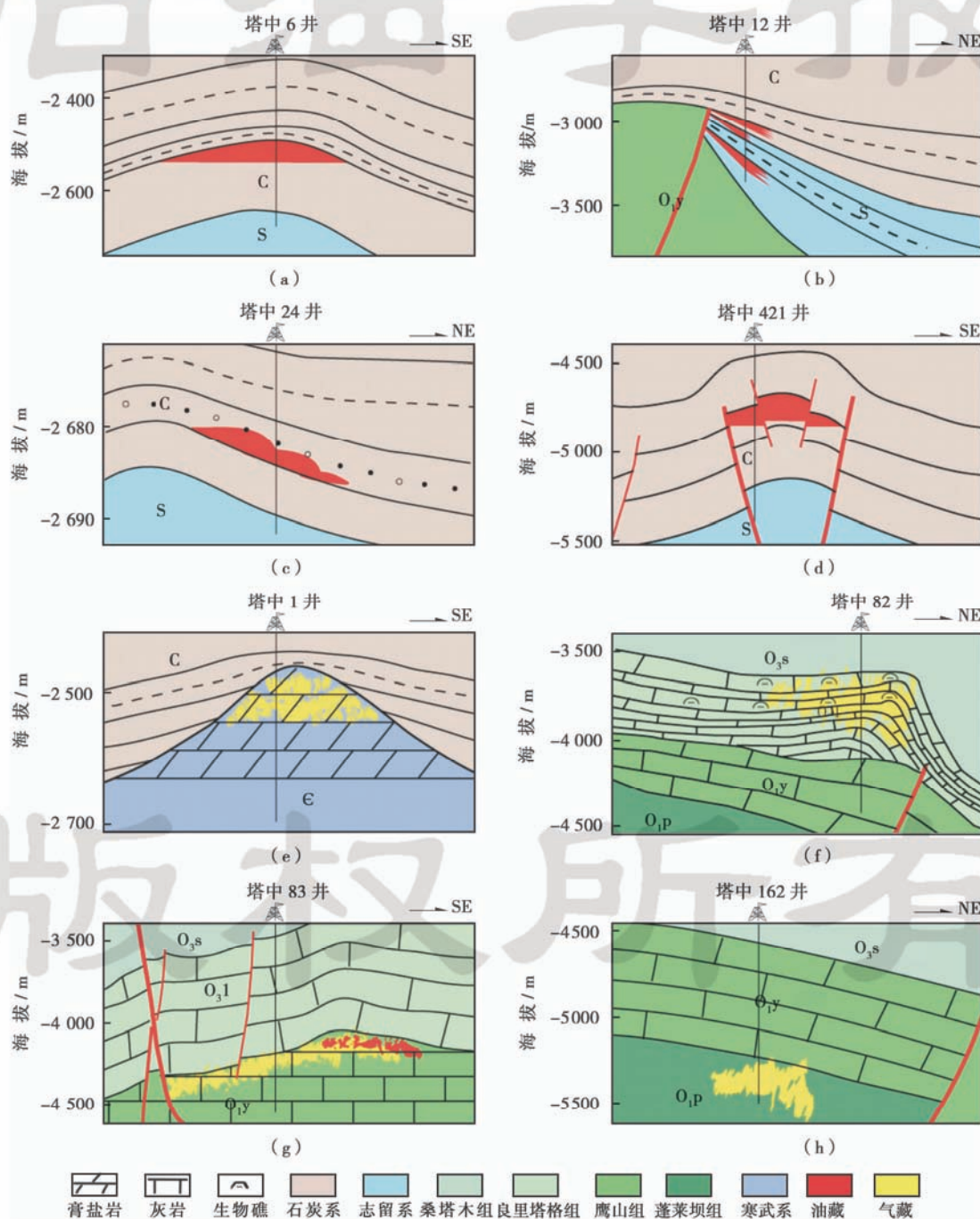


图3 塔中古隆起油气藏类型

Fig. 3 Types of reservoir controlled by the Tazhong palaeocliff

表 2 塔中古隆起油气藏特征

Table 2 Characteristics of reservoir controlled by the Tazhong palaeouplift

油气藏类型	典型油气藏	油气藏特征	主控因素	成藏模式
古隆起上覆地层控制的披覆背斜类油气藏	塔中 6 石炭系凝析气藏	位于塔中主垒带石炭系巴楚组东河砂岩段,埋深 2 581~2 610 m,含气面积 58 km ² ,探明天然气地质储量 85.28×10 ⁸ m ³ ,凝析油 73.4×10 ⁴ t;原油密度 0.809 7 g/cm ³ ,黏度 0.705 7 mPa·s,天然气干燥系数 0.96;气藏温度 115℃,压力系数 1.20,属于常温弱高压凝析气藏	背斜圈闭、不整合面、断裂	油气沿塔中奥陶系不整合面运移到主垒带,再沿主垒带断裂向上运移到石炭系披覆背斜圈闭中形成油气藏
古隆起周边超覆地层控制的地层类油气藏	塔中 12 志留系油藏	位于塔中 10 号带志留系柯坪塔格组上 ³ 亚段,埋深 3 263.5~3 302.5 m,含油面积 22.7 km ² ,探明石油地质储量 1 566×10 ⁴ t;原油密度 0.921 2 g/cm ³ ,黏度 35.5 mPa·s;油藏温度 118℃,压力系数 1.15,属于常温常压油藏	地层超覆圈闭、不整合面、断裂	油气沿奥陶系不整合面运移到塔中 10 号带,再沿塔中 10 号带断裂向上运移到志留系地层圈闭中形成油气藏
古隆起周边坡折带控制的岩性类油气藏	塔中 24 石炭系油藏	位于塔中 1 号带石炭系含砾砂岩段,埋深 2 881~2 886 m,含油面积 7.58 km ² ,探明石油地质储量 224.15×10 ⁴ t;原油密度 0.865 8 g/cm ³ ,黏度 6.119 3 mPa·s;油藏温度 115℃,压力系数 1.02,属于常温常压油藏	岩性圈闭、断裂	油气沿塔中 1 号断裂向上运移到奥陶系,再沿次级断裂向上运移到石炭系岩性圈闭中形成油气藏
古隆起顶部断裂作用形成的断块类油气藏	塔中 4 石炭系油气藏	位于塔中主垒带石炭系巴楚组东河砂岩段,埋深 2 460~2 511 m,含油面积 62.5 km ² ,探明石油地质储量 3 027×10 ⁴ t,天然气地质储量 5.35×10 ⁸ m ³ ;原油密度 0.871 4 g/cm ³ ,黏度 8.87 mPa·s,天然气干燥系数 0.93;油藏温度 115℃,压力系数 1.2,属于常温弱高压油气藏	断块圈闭、断裂、不整合面	油气沿奥陶系不整合面运移到主垒带,再沿断裂向上运移到石炭系断块圈闭中形成油气藏
古隆起内潜山顶部形成的不整合型油气藏	塔中 1 寒武系凝析气藏	位于塔中主垒带东部寒武系,埋深 2 454.5~2 535 m,含气面积 44.1 km ² ,控制天然气地质储量 169.7×10 ⁸ m ³ ,凝析油 579.5×10 ⁴ t;原油密度 0.794 9 g/cm ³ ,黏度 0.79 mPa·s,天然气干燥系数 0.92;气藏温度 119℃,压力系数 1.21,属于常温弱高压凝析气藏	风化壳圈闭、岩溶储层	油气沿寒武系不整合面运移到局部构造高点的不整合圈闭中形成油气藏
古隆起潜山侧缘形成的礁滩体油气藏	塔中 82 上奥陶统凝析气藏	位于塔中 1 号带上奥陶统良里塔格组颗粒灰岩段,埋深 4 300~4 400 m,含气面积 120 km ² ,控制天然气地质储量 406.15×10 ⁸ m ³ ,凝析油 2 264.01×10 ⁴ t;原油密度 0.81 g/cm ³ ,黏度 2.57 mPa·s,天然气干燥系数 0.96;气藏温度 127℃,压力系数 1.22,属于常温高压凝析气藏	沉积相带、储层物性、断裂	油气沿塔中 1 号断裂向上运移到上奥陶统生物礁圈闭中形成油气藏
古隆起内潜山斜坡形成的溶洞型油气藏	塔中 83 井区下奥陶统凝析气藏	位于塔中 1 号带下奥陶统鹰山组,埋深 4 300~4 375 m,含气面积 62.59 km ² ,探明天然气地质储量 317×10 ⁸ m ³ ,凝析油 739×10 ⁴ t;原油密度 0.821 1 g/cm ³ ,黏度 3.168 mPa·s,天然气干燥系数 0.97;气藏温度 144℃,压力系数 1.16,属于高温常压凝析气藏	岩溶缝洞储层、断裂	油气沿塔中 1 号断裂向上运移到下奥陶统,再沿次级断裂和裂缝运移到斜坡岩溶带洞缝储层中形成油气藏
古隆起内潜山内幕形成的裂缝型油气藏	塔中 16 奥陶系凝析气藏	位于塔中 16 井区下奥陶统蓬莱坝组,埋深 3 070~3 280 m,含气面积 42.5 km ² ,控制天然气地质储量 58.14×10 ⁸ m ³ ,凝析油 134×10 ⁴ t;原油密度 0.819 8 g/cm ³ ,黏度 6.395 mPa·s,天然气干燥系数 0.95;气藏温度 134℃,压力系数 1.2,属于常温弱高压凝析气藏	裂缝、储层物性	油气沿塔中 1 号断裂向上运移到下奥陶统,再沿裂缝运移到碳酸盐岩内幕圈闭中形成油气藏

4 塔中古隆起控油气作用原理与基本模式

4.1 多种类型圈闭

塔中古隆起的形成演化控制了构造带的形成演化,进而控制了圈闭的形成演化,导致了圈闭类型的分带性,各层系的不同类型圈闭叠置分布的特征也十分明显(图 4)。

塔中主垒带以石炭系背斜圈闭和断块圈闭发育为主,寒武系和奥陶系局部构造高部位发育不整合圈闭。圈闭面积一般小于 50 km²,埋深 3 000~4 000 m。

塔中 I 号坡折带以礁滩体圈闭和溶洞圈闭为主,

其次是岩性圈闭,主要发育于奥陶系,圈闭面积较大,埋深一般大于 5 000 m。

塔中 10 号带以志留系地层圈闭和背斜圈闭最发育,其次为奥陶系溶洞圈闭,圈闭面积一般小于 30 km²,埋深 4 000~5 000 m。

东部潜山带以奥陶系不整合圈闭为主,圈闭面积较小,埋深 3 000~4 000 m。

类型多样的圈闭导致油气藏类型呈现出多样性。塔中古隆起构造型、岩性型、地层型油气藏都有发育,其中构造油气藏以断背斜型油气藏最发育,背斜型油气藏也很发育,地层型油气藏中超覆型油气藏十分发育,岩性型油气藏以礁滩体油气藏和溶洞油气藏最发育。

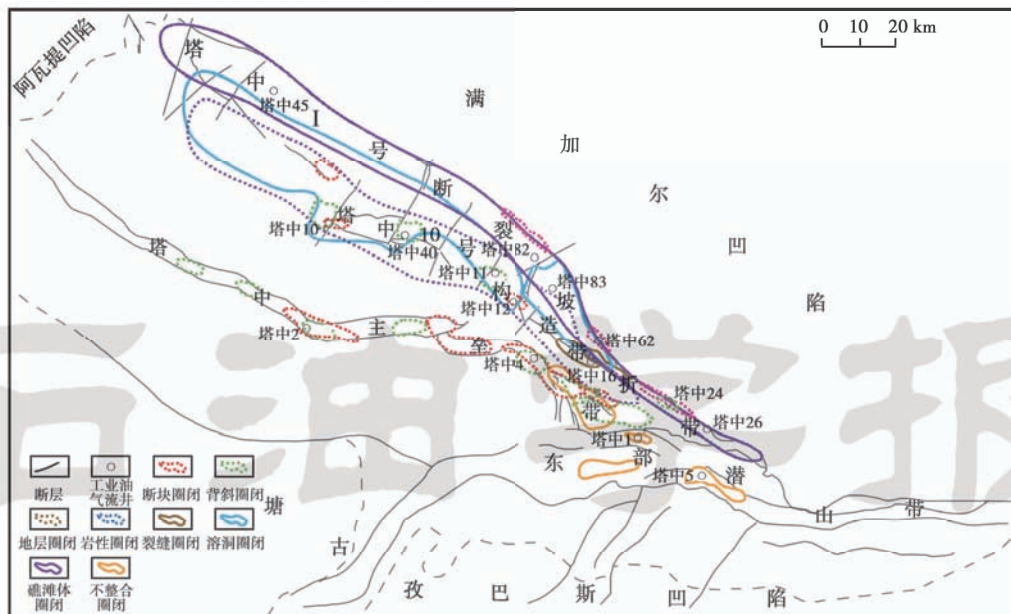


图 4 塔中古隆起圈闭平面分布

Fig. 4 Distribution of traps in the Tazhong palaeoclift

4.2 多种类型输导体系

输导体系对油气成藏具有重要意义,研究和确定油气输导体系和输导通道对油气勘探具有指导意义^[21-22,26-27]。输导体系由砂体输导层(碎屑岩层)、断裂、不整合面、岩溶孔洞缝介质(碳酸盐岩)以及这些输导要素的组合构成。不同岩性类型油气藏的输导体系组合形式有所差别。

对于碎屑岩地层来说,输导体系由砂体、不整合面、断裂这3种输导要素组合构成。塔中地区目前在碎屑岩地层中发现的油气主要分布在石炭系东河砂岩顶部和志留系柯坪塔格组上³亚段沥青砂顶部,且均靠近断裂,输导体系主要为断裂—砂体复合型。断裂为油气从下向

上运移的输导通道,控制着油气垂向运移方向(图5)。

对于碳酸盐岩地层来说,输导体系由断裂、不整合面、裂缝、岩溶孔洞缝这4种输导要素组合构成。塔中地区目前在碳酸盐岩地层中发现的油气主要分布在上奥陶统良里塔格组礁滩体和下奥陶统、上寒武统顶部的岩溶带,输导体系主要为断裂—岩溶孔洞缝—裂缝复合型(图5)。塔中地区碳酸盐岩储层中的油气主要来自于中—下寒武统和中—上奥陶统烃源岩,油气沿北西和南东向花状断层交叉部位根部注入,垂向上呈花状多点散开,横向上沿孔洞缝储集体运移,油气注入点和孔洞缝储集体的非均质性共同控制了油气藏类型的分布,靠近油气注入点的为凝析气藏,随着远离注入点,逐渐变为油藏。

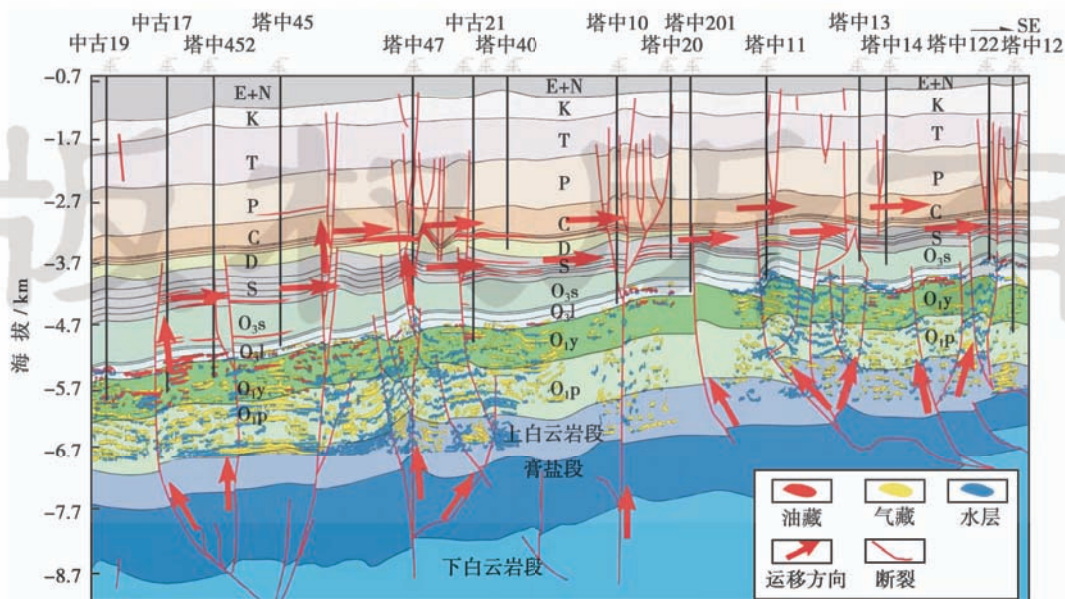


图 5 塔中古隆起油气运移方向示意图

Fig. 5 Schematic migration direction of hydrocarbon in the Tazhong palaeoclift

4.3 最有利运聚指向区

油气的运移受流体势的控制,在浮力作用下油气总体由高势区向低势区运移^[28-29]。这种优势取向性表现为油气总是沿最有利的构造路径向隆起高部位运移。

古隆起具有低势特点,周边源岩排出的油气在浮力作用下向古隆起运移,在这一过程中,遇到合适的圈闭后就会聚集成藏。长期以来,塔中古隆起周围分别被满加尔凹陷、阿瓦提凹陷和塘古孜巴斯凹陷包围(图 1),一直是油气运移的最有利指向区。

4.4 古隆起控制油气藏分布模式

4.4.1 油气藏分布模式

根据已发现油气藏类型,归纳出塔中古隆起控制油气藏分布的两类 8 种模式。第一类发育于奥陶系碳酸盐岩顶面不整合面之上的碎屑岩地层内,相对于下伏的奥陶系潜山而言属于“山外”型油气藏或山外油气

藏分布模式[图 6(a)],可进一步细分为披覆背斜类油气藏、断块类油气藏、地层类油气藏、岩性类油气藏 4 种类型;第二类发育于奥陶系碳酸盐岩顶面不整合面之下的碳酸盐岩地层内,属于“山内”型油气藏或山内油气藏分布模式[图 6(b)],可进一步细分为不整合型油气藏、礁滩体油气藏、溶洞型油气藏、裂缝型油气藏 4 种类型。

在塔中古隆起的山外周边或顶部形成披覆背斜类油气藏和断块类油气藏,如塔中 6 石炭系油气藏;斜坡上形成地层超覆油气藏,如塔中 12 志留系油藏;坡折带处形成岩性类油气藏,如塔中 24 石炭系油藏。在塔中古隆起山内顶部形成不整合型油气藏,如塔中 1 寒武系凝析气藏;斜坡上形成溶洞型油气藏和裂缝型油气藏,如塔中 83 下奥陶统岩溶凝析气藏和塔中 16 下奥陶统内幕凝析气藏;塔中古隆起台缘坡折带处,形成礁滩体油气藏,如塔中 82 上奥陶统凝析气藏。

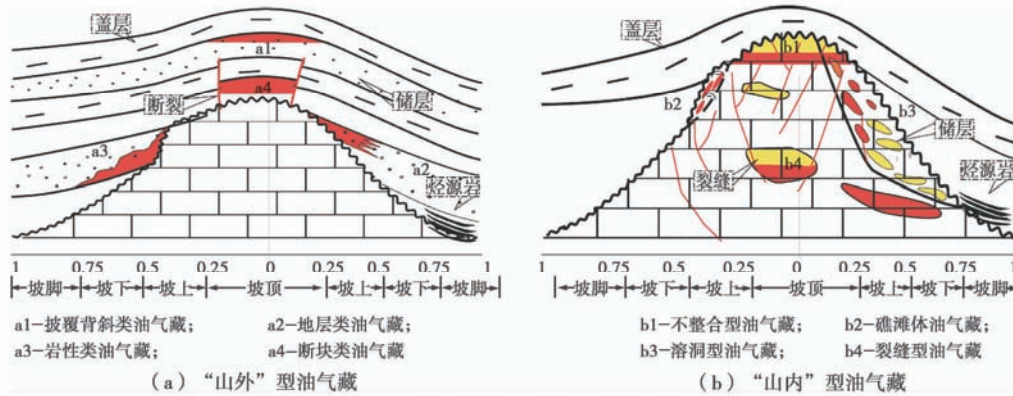


图 6 塔中古隆起控藏基本模式

Fig. 6 Reservoir forming model related to the Tazhong palaeocuplift

4.4.2 油气藏隐蔽性

塔中古隆起油气藏自古隆起内向外隐蔽性增强。由山内到山外,由顶部到斜坡,依次发育构造型、地层型和岩性型油气藏。构造型油气藏有背斜类和断块类,地层型油气藏有地层超覆类,岩性类油气藏有礁滩体类、溶洞类和碎屑岩岩性类。自隆起顶部向下,油气藏的隐蔽性也逐渐增强,发现和勘探的难度逐渐增大。

4.4.3 古隆起含油气性

统计分析表明,塔中古隆起内外油气藏储量存在差异性。山内发现的油气储量比山外多,山内三级储量为 $18\ 036 \times 10^4$ t 油当量,山外三级储量为 $8\ 795 \times 10^4$ t 油当量。同时,古隆起内外不同部位油气藏储量也具有差异性。山外在古隆起顶部和斜坡上部发现的油气储量比较多,且以油藏居多,产油多于产气[图 7(a)];山内在古隆起斜坡下部发现的油气储量比较多,且以气藏居多,产气多于产油[图 7(b)]。

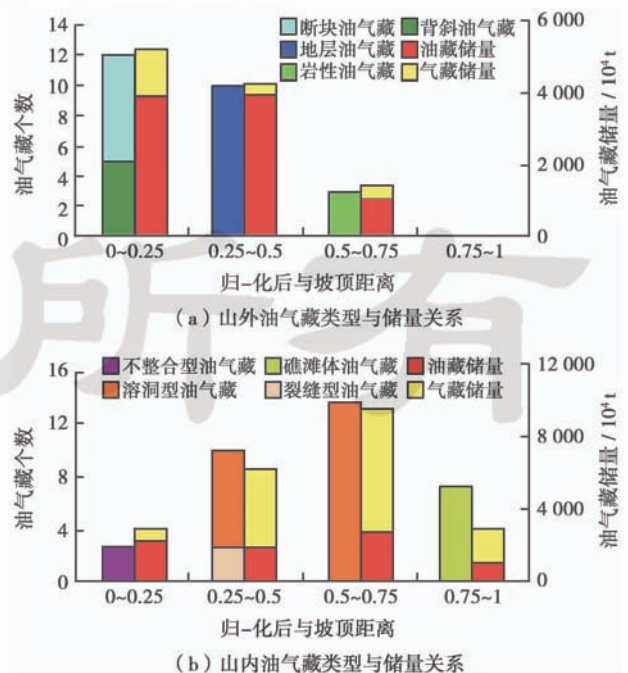


图 7 塔中古隆起内外油气藏类型与储量关系

Fig. 7 Comparison of reservoir type and reserves in and out the Tazhong palaeocuplift

5 有利勘探方向预测

在总结古隆起控制的不同类型油气藏的分布特征,阐明古隆起控油气作用机理和建立古隆起两类8种控藏基本模式基础上,结合塔中油气勘探实践及关键油气成藏地质要素,包括烃源灶、沉积相、区域性盖层等方面的研究成果^[30-31],对塔中古隆起有利成藏区进行了预测。

在古隆起山外,塔中主垒带西段有利于针对背斜类和断块类油气藏的勘探,塔中10号带有利于针对地层类和背斜类油气藏的勘探,塔中I号坡折带有利于针对岩性类油气藏的勘探(图8)。在古隆起山内,塔中主垒带和塔中1井区周边有利于针对不整合型油气藏的勘探,塔中10号带有利于针对斜坡溶洞型和内幕裂缝型油气藏的勘探,塔中I号坡折带有利于针对礁滩体和内幕裂缝型油气藏的勘探(图8)。

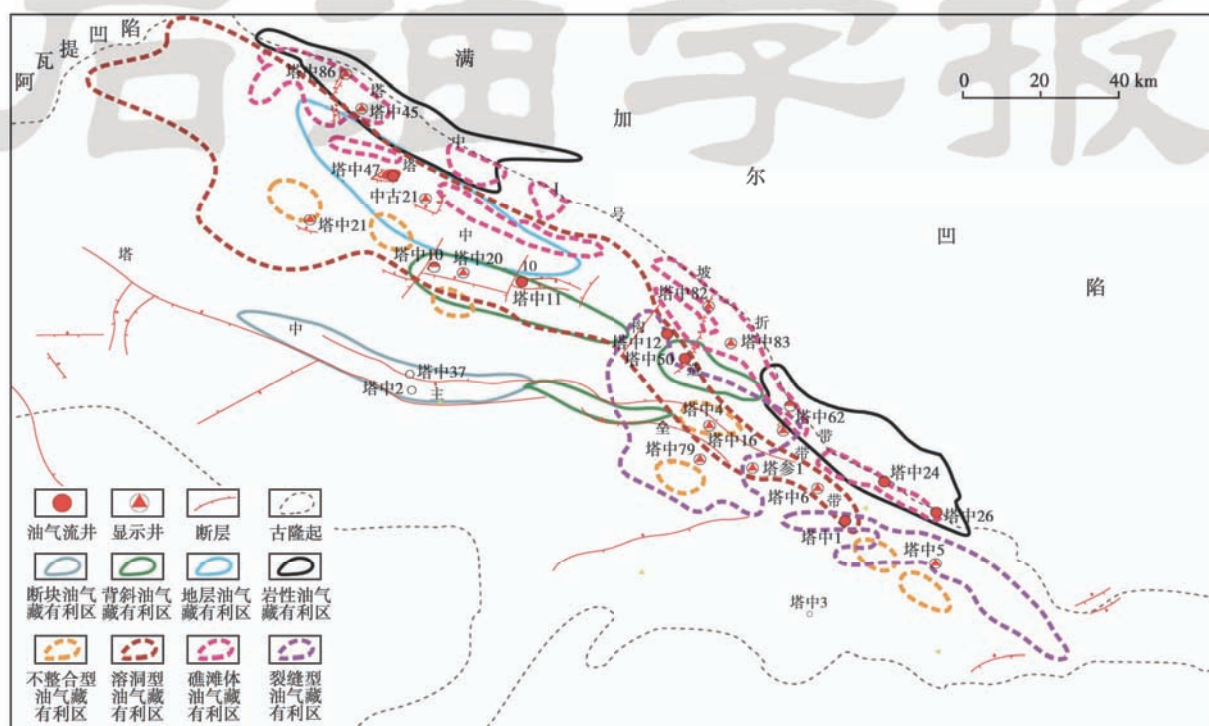


图8 塔中古隆起油气成藏有利区预测

Fig. 8 Prediction of the favorable exploration area in the Tazhong palaeocouplift

6 结论

(1) 塔中古隆起位于塔里木盆地中央隆起带,是塔里木古生代克拉通盆地内的巨型古隆起,经历了晚加里东期、晚海西期和喜山期3期构造演化,具有长期继承性发育的特点。

(2) 塔中古隆起发育8种类型油气藏,即古隆起上覆地层控制的披覆背斜类油气藏、古隆起周边超覆地层控制的地层类油气藏、古隆起周边坡折带控制的岩性类油气藏、古隆起顶部断裂作用形成的断块类油气藏、古隆起内潜山顶部形成的不整合型油气藏、古隆起潜山侧缘形成的礁滩体油气藏、古隆起内潜山斜坡形成的溶洞型油气藏和古隆起内潜山内幕形成的裂缝型油气藏。

(3) 塔中古隆起由山外到山内,由顶部到斜坡,油气藏隐蔽性增强。古隆起山外多发育背斜油气藏、断块油气藏等构造类油气藏,而山内多发育岩性

类油气藏;古隆起顶部发育背斜油气藏和断块油气藏,斜坡发育地层油气藏、礁滩体油气藏和溶洞型油气藏。

(4) 建立了古隆起“两类八种”控藏模式。第一类是发育于古隆起顶部奥陶系碳酸盐岩顶面不整合面之上的碎屑岩油气藏,称之为“山外”油气藏,该类油气藏在古隆起顶部和斜坡上部发现的油气储量比较多,且以油藏居多,产油多于产气;第二类是发育于奥陶系碳酸盐岩顶面不整合面之下的碳酸盐岩油气藏,称之为“山内”油气藏,其在古隆起斜坡下部发现的油气储量比较多,且以气藏居多,产气多于产油。

(5) 应用古隆起控藏模式预测了塔中古隆起有利成藏区,塔中主垒带是寻找山外断块类、背斜类油气藏和山内不整合型油气藏的有力领域;塔中10号带是寻找山外地层类、背斜类油气藏和山内溶洞型油气藏的有力领域;塔中I号断裂带是寻找山外岩性类油气藏和山内裂缝型、溶洞型油气藏的有力领域。

参 考 文 献

- [1] Gatewood L E. Oklahoma City Field; Anatomy of a giant[G]// Halbouty M T. Geology of giant petroleum fields. AAPG Memoir 14, 1970; 223-254.
- [2] Leighton M W, Kolata D R, Oltz D F, et al. Interior cratonic basins [G]. AAPG Memoirs 51, 1990; 1-819.
- [3] Levorsen A I. Geology of petroleum [M]. 2nd ed. Tulsa: The AAPG Foundation, 2001; 1-700.
- [4] Peterson J A, Clarke J W. Geology and hydrocarbon habitat of the West Siberian Basin [G]. AAPG Studies in Geology 32, 1991; 1-80.
- [5] 卫平生, 郭彦如, 张景廉, 等. 古隆起与大气田的关系——中国西部克拉通盆地与中亚卡拉库姆盆地天然气地质比较研究之一[J]. 天然气地球科学, 1998, 9(5); 1-9.
Wei Pingsheng, Guo Yanru, Zhang Jinglian, et al. Relations between palaeouplifts and giant gas fields: A comparative study on natural gas geology of the craton basin in West China and the Karakum Basin in Central Asia [J]. Natural Gas Geoscience, 1998, 9(5); 1-9.
- [6] 胡文海, 陈冬晴. 美国油气田分布规律和勘探经验[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995; 453-510.
Hu Wenhai, Chen Dongqing. Distribution and exploration experience of oil and gas fields in the United States of American [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995; 453-510.
- [7] 邱中建, 张一伟, 李国玉, 等. 田吉兹、尤罗勃钦碳酸盐岩油气田石油地质考察及对塔里木盆地寻找大油气田的启示和建议[J]. 海相油气地质, 1998, 3(1); 49-57.
Qiu Zhongjian, Zhang Yiwei, Li Guoyu, et al. Enlightenment from petroleum geologic investigation of Tengiz and Yurubchenskoye carbonate oil-gas fields on exploring giant oil-gas fields in Tarim Basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 1998, 3(1); 49-57.
- [8] 何登发, 谢晓安. 中国克拉通盆地中央古隆起与油气勘探[J]. 勘探家, 1997, 2(2); 11-19.
He Dengfa, Xie Xia'an. Petroleum exploration in central paleo-uplifts of cratonic basins in China [J]. Petroleum Explorationist, 1997, 2(2); 11-19.
- [9] 何登发, 李德生, 童晓光, 等. 多期叠加盆地古隆起控油规律[J]. 石油学报, 2008, 29(4); 475-488.
He Dengfa, Li Desheng, Tong Xiaoguang, et al. Accumulation and distribution of oil and gas controlled by paleo-uplift in poly-history superimposed basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(4); 475-488.
- [10] 贾承造, 魏国奇. 塔里木盆地构造特征与含油气性[J]. 科学通报, 2002, 47(增刊): 1-8.
Jia Chengzao, Wei Guoqi. Structural characteristics and petroliferous features of Tarim Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(S D); 1-11.
- [11] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997; 1-438.
- [12] 康玉柱. 论塔里木盆地形成大油气田的地质条件[J]. 现代地质, 1992, 6(1); 39-45.
Kang Yuzhu. On the geological conditions for forming large oil-gas fields in the Tarim Basin [J]. Geoscience, 1992, 6(1); 39-45.
- [13] 庞雄奇, 罗晓容, 姜振学, 等. 中国西部复杂叠合盆地油气成藏研究进展与问题[J]. 地球科学进展, 2007, 22(9); 879-887.
Pang Xiongqi, Luo Xiaorong, Jiang Zhenxue, et al. Advancements and problems on hydrocarbon accumulation research of complicated superimposed basins in Western China [J]. Advances in Earth Science, 2007, 22(9); 879-887.
- [14] 冉启贵, 陈发景, 张光亚. 中国克拉通古隆起的形成、演化及与氧气的关系[J]. 现代地质, 1997, 11(4); 478-487.
Ran Qigui, Chen Fajing, Zhang Guangya. Formation and tectonic evolution of cratonic palaeouplifts and its relation to hydrocarbon migration and accumulation in China [J]. Geoscience, 1997, 11(4); 478-487.
- [15] 汤显明, 惠斌耀. 鄂尔多斯盆地中央古隆起与天然气聚集[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(1); 64-72.
Tang Xianming, Hui Binyao. The central uplift of Ordos Basin and its gas accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 1993, 14(1); 64-72.
- [16] 汪泽成, 赵文智. 海相古隆起在油气成藏中的作用[J]. 中国石油勘探, 2006, 11(4); 26-34.
Wang Zecheng, Zhao Wenzhi. A role of marine paleo-uplift in reservoir-forming of oil and gas [J]. China Petroleum Exploration, 2006, 11(4); 26-34.
- [17] 郭光辉, 李启明, 肖中尧, 等. 塔里木盆地古隆起演化特征及油气勘探[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1); 124-130.
Wu Guanghui, Li Qiming, Xiao Zhongyao, et al. The evolution characteristics of palaeo-uplifts in Tarim basin and its exploration directions for oil and gas [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(1); 124-130.
- [18] 翟光明, 何文渊. 塔里木盆地石油勘探实现突破的重要方向[J]. 石油学报, 2004, 25(1); 1-7.
Zhai Guangming, He Wenyuan. An important petroleum exploration region in Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(1); 1-7.
- [19] 姜振学, 庞雄奇, 刘洛夫, 等. 塔里木盆地志留系沥青砂破坏烃量定量研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2008, 38(增刊 D); 89-94.
Jiang Zhenxue, Pang Xiongqi, Liu Luofu, et al. Quantitative studies of hydrocarbon loss of the Silurian bitumen sandstone in the Tarim Basin [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2008, 51(zk II); 101-107.
- [20] 马安来, 金之钧, 王毅. 塔里木盆地台盆区海相油源对比存在的问题及进一步工作方向[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3); 356-362.
Ma Anlai, Jin Zhijun, Wang Yi. Problems of oil-source correlation

- for marine reservoirs in Paleozoic craton area in Tarim Basin and further direction of research[J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(3):356-362.
- [21] 孙龙德,周新源,王国林. 塔里木盆地石油地质研究新进展和油气勘探主攻方向[J]. *地质科学*, 2005, 40(2):167-178.
Sun Longde, Zhou Xinyuan, Wang Guolin. Contributions of petroleum geology and main directions of oil-gas exploration in the Tarim Basin[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2005, 40(2):167-178.
- [22] 赵文智,张光亚,王红军,等. 中国叠合含油气盆地石油地质基本特征与研究方法[J]. *石油勘探与开发*, 2003, 32(2):1-8.
Zhao Wenzhi, Zhang Guangya, Wang Hongjun, et al. Basic features of petroleum geology in the superimposed petroliferous basins of China and their research methodologies[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 32(2):1-8.
- [23] 肖中尧,卢玉红,桑红,等. 一个典型的寒武系油藏:塔里木盆地塔中62井油藏成因分析[J]. *地球化学*, 2005, 34(2):155-160.
Xiao Zhongyao, Lu Yuhong, Sang Hong, et al. A typical Cambrian oil reservoir: Origin of oil reservoir in Well TZ62, Tarim Basin[J]. *Geochimica*, 2005, 34(2):155-160.
- [24] Zhang Shuichang, Hanson A D, Moldowan J M. Paleozoic oil-source rock correlations in the Tarim basin, NW China[J]. *Organic Geochemistry*, 2000, 31(4):273-286.
- [25] 赵宗举,周新源,郑兴平,等. 塔里木盆地主力烃源岩的诸多证据[J]. *石油学报*, 2005, 26(3):10-15.
Zhao Zongju, Zhou Xinyuan, Zheng Xingping, et al. Evidences of chief source rock in Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2005, 26(3):10-15.
- [26] 杨海军,邬光辉,韩剑发,等. 塔里木盆地中央隆起带奥陶系碳酸盐岩台缘带油气富集特征[J]. *石油学报*, 2007, 28(4):27-30.
Yang Haijun, Wu Guanghui, Han Jianfa, et al. Characteristics of hydrocarbon enrichment along the Ordovician carbonate platform margin in the central uplift of Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(4):27-30.
- [27] 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):333-340.
Wu Fangfang, Zhu Guangyou, Zhang Shuichang, et al. Types of hydrocarbon migration pathways and its controlling effects on hydrocarbon distribution in Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(3):333-340.
- [28] England W A, Mackenzie A S, Mann D M, et al. The movement and entrapment of petroleum fluids in the surface[J]. *Journal of the Geological Society*, 1987, 144:327-347.
- [29] Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments[J]. *AAPG Bulletin*, 1990, 74(1):1-12.
- [30] 庞雄奇,高剑波,吕修祥,等. 塔里木盆地“多元复合—过程叠加”成藏模式及其应用[J]. *石油学报*, 2008, 29(2):159-166.
Pang Xiongqi, Gao Jianbo, Lü Xiuxiang, et al. Reservoir accumulation pattern of multi-factor recombination and procession superimposition and its application in Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2008, 29(2):159-166.
- [31] Pang Xiongqi, Meng Qingyang, Jiang Zhenxue, et al. A hydrocarbon enrichment model and prediction of favorable accumulation areas in complicated superimposed basins in China[J]. *Petroleum Science*, 2010, 7(1):10-19.

(收稿日期 2010-08-03 改回日期 2010-11-29 责任编辑 王秀)

版权所有