

文章编号:1001—6112(2009)04—0315—09

塔里木克拉通继承性构造与新生构造 并存的时空发育特征及其对海相油气勘探的指导

吴根耀¹, 杨海军², 王步清², 李曰俊¹, 郑多明², 赵 岩¹, 刘亚雷¹

(1. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029;

2. 中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:塔里木克拉通由塔北地块与塔南地块晋宁运动时拼合形成, 基底构造线因地而异。分阶段讨论了塔南、塔中和塔北地区各期新生构造的形成时代、方向和活动方式, 并从与周缘造山带耦合演化的角度探讨了其形成机制, 分析了其海相油气勘探意义。与扬子对比发现塔里木的海相油气具以下特点: 1) 海相油气主要在晚海西—印支期成藏, 必须正确认识古油藏在喜马拉雅运动时的调整或晚期次生成藏规律; 2) 海相沉积的每一地史阶段可能有不同方向的新生构造同时活动, 复杂断裂系的多期次活动使早期油气成藏、晚期调整或次生成藏并形成大型复式油气聚集区成为可能; 3) 古近系膏盐岩层是层间滑动面, 古生界不仅后期变形相对较弱, 且变形以断裂为主, 褶皱的发育受制于断层, 含油气构造带主要是断裂带。

关键词:新生构造; 继承性构造; 时空发育; “盆”“山”耦合; 海相油气勘探; 塔里木克拉通

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

TIME—SPATIAL DEVELOPING FEATURES OF CO-EXISTED INHERITED AND NEOGENIC STRUCTURES AND THEIR GUIDENCE TO MARINE ORIGIN OIL—GAS EXPLORATION IN THE TARIM CRATON

Wu Genyao¹, Yang Haijun², Wang Buqing², Li Yuejun¹, Zheng Duoming², Zhao Yan¹, Liu Yalei¹

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;*

2. *Tarim Oilfield Branch Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China*)

Abstract: The Tarim Craton was created in the Jinningian orogeny by amalgamation of the North Tarim and South Tarim Blocks, with the basement structures being varied in its northern, middle and southern parts. The paper discussed, in succession of tectonic cycles, the neogenic structures in each part, including the ages, orientations and active modes. Their mechanisms were explored in the light of coupled evolution with the surrounding orogenies. The guidance to marine origin oil—gas exploration was analysed, which revealed the NW—striking neogenic structure in central Tarim controlling the lithologic pool, and the fractures with varied orientation in northern Tarim playing different roles in oil—gas migration. Based on a comparative study with the Yangtze Craton, three distinctions could be summed up. 1) The marine oil—gas in the Tarim Craton was mainly accumulated in Late Hercynian—Indosinian. The key was to understand the laws of adjustment or later secondary accumulation of the ancient pool in the Himalayan cycle since the Yanshanian movement being relatively gentle. 2) In each tectonic epoch of marine deposition, some neogenic structures with varied orientations might be mobile synchronously, and the Paleozoic neogenic structures might react in the Cenozoic. It was complicated fault systems and their repeated activities that resulted in oil—gas accumulation, later adjustment or secondary accumulation, and creating a large scale multiple oil—gas accumulation play. 3) The Paleogene gypsum—salt layer became an interlayer—gliding fault. The Cenozoic thrusts, stretching downwards, converged onto the layer so that the Paleozoic marine deposits and oil—gas pools relatively well reserved. The deformation mode of the Paleozoic was faulting, with folding being constrained by the faults, so the petroliferous structural belts should be fault ones.

收稿日期: 2008—12—07; **修订日期:** 2009—06—09。

作者简介: 吴根耀 (1946—), 男, 研究员, 博士生导师, 从事区域大地构造和盆山耦合演化研究。E-mail: wugenyao@mail.igcas.ac.cn。

基金项目: 国家科技重大专项 (2008ZX 05008—003—001)、国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目 (2006CB202301) 和塔里木油田科技攻关项目共同资助。

Key words: neogenic structure; inherited structure; time—spatial developing; basin—orogeny coupling; marine origin oil—gas exploration; Tarim Craton

基于中国及邻区大陆是一个不同起源的微小大陆和地块经多期增生—碰撞形成的复合大陆、在历次构造事件中既有先存构造的重新活动(继承性构造)又有新生构造出现的认识,本文作者等已初步探讨了继承性构造与新生构造并存发育的时空复杂性^[1],研究继承性构造与新生构造的时空发育特征在指导晚中生代—新生代陆相盆地^[2]和扬子克拉通海相盆地^[3]油气勘探中的意义。本文拟按相同的思路,剖析塔里木克拉通各地史阶段出现的新生构造及其在海相油气勘探中的意义,并通过与扬子克拉通的对比总结若干规律。

现存的塔里木盆地是地史期间的塔里木克拉通在遭受了新生代陆内造山作用改造之后的残留部分,其次级构造单元见图1^[4]。换言之,新生代塔里木盆地的发育,分别与西南侧(西昆仑造山带)、东南侧(阿尔金剪切造山带)和北侧(南天山造山带)的陆内造山作用耦合,应分属3个“盆”“山”系统^[8,9];这3条陆内造山带都是古生代—中生代初板间的特提斯造山带的活化所形成^[10]。对塔里木克拉通,长期以来认为它是统一的微小大陆,并据南华冰期堆积和震旦系可与扬子克拉通对比而认为与扬子属同一次大陆。张家声等认为塔南地块的基底与华北克

拉通的早前寒武纪基底岩石可以很好对比,即:相当阜平群的岩石称米兰群,见于若羌东南的阿尔金山,相当五台群的岩石称喀拉喀什群,见于和田西南^[11]。最近在塔里木中部地区发现的属晋宁期岛弧活动的花岗闪长岩和闪长岩^[12,13]和在巴楚发现的晋宁期洋岛火山岩^[14]表明塔里木克拉通由塔北地块与塔南地块在晋宁运动时拼合而成。因而,塔里木克拉通的基底可分为3部分:塔北地块、塔南地块和分隔这两者的塔中晋宁期造山带。三者的基底构造线走向不同,显生宙内因与不同的造山带耦合发育而新生构造表现出明显不同的特点,试自南而北简述如下。

1 塔南地区

塔南地块的基底构造线方向为北东向,是一系列北东向韧性剪切带的反映。这在塔里木盆地的航磁异常等值线图(参阅李曰俊等^[15]的图2)表现得尤其清楚。张家声等提出该北东向构造形成于古元古代,因该期北东向构造的伸展拆离活动,原中朝次大陆(除华北克拉通外还包括了胶辽地块、朝鲜半岛北部的狼林地块等)解体^[16]。晋宁运动时塔南地块与塔北地块拼合,表明它已归属扬子—塔里木次大陆(以下称塔南地区)。震旦纪开始,塔南地区的演化主要受制于西昆仑造山带的演化,东部地区叠加有古阿尔金剪切造山带的影响。后者将在下节内重点讨论,本节主要解剖塔南地区西部的新生构造。

1.1 第Ⅰ期新生构造

第Ⅰ期新生构造为北西向,源自西昆仑洋早寒武世开始的向北东的消减(以128 km 闪长岩—花岗闪长岩为岩浆弧记录)。Sengör等最先提出昆仑山区由增生的火山—沉积楔组成^[17]。吴根耀在总结了大量的岩石学和同位素年代学的基础上提出^[18]:西昆仑洋是向南西后退式地向北东消减的,与消减有关的花岗岩类和弧前沉积自北东向南西依次变得年轻,两次重大的消减事件分别发生在中奥陶世—志留纪和二叠—三叠纪,分别以库地—苏巴什蛇绿岩带和麻扎—康西瓦蛇绿岩带为标志^[19]。最近测到的同位素年龄值^[20]表明洋盆的最后闭合应在三叠纪,碰撞主要发生在晚三叠—早侏罗世(磨拉石沉积始自早侏罗世)^[15,18]。

塔南地区西部的北西向断裂构造可以巴西断

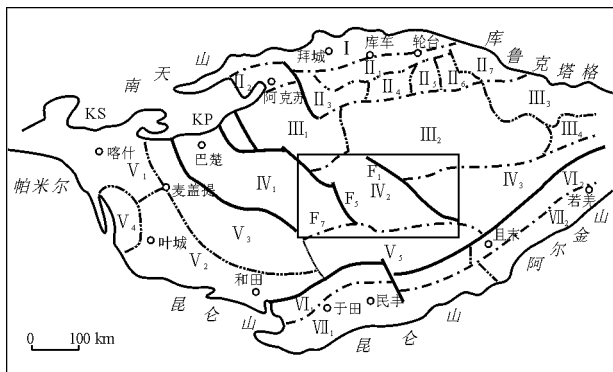


图1 塔里木盆地和南天山新生代褶皱—冲断带构造单元划分

塔里木盆地^[4]: I. 库车拗陷(含乌什凹陷); II. 塔北隆起: II₁. 轮台凸起; II₂. 温宿凸起; II₃. 英买力低凸起; II₄. 哈拉哈塘凹陷; II₅. 轮南低凸起; II₆. 草湖凹陷; II₇. 库勒鼻隆; III. 北部拗陷: III₁. 阿瓦提凹陷; III₂. 满加尔凹陷; III₃. 孔雀河斜坡; III₄. 英巴苏凹陷; IV. 中央隆起: IV₁. 巴楚凸起(断隆); IV₂. 塔中低凸起; IV₃. 塔东低凸起; V. 西南拗陷: V₁. 喀什凹陷; V₂. 叶城凹陷; V₃. 麦盖提斜坡; V₄. 齐根根凸起; V₅. 塘沽孜巴斯凹陷; VI. 塔南隆起: VI₁. 民北凸起; VI₂. 罗布庄凸起; VII. 东南拗陷: VII₁. 民丰凹陷; VII₂. 若羌凹陷; 南天山新生代褶皱—冲断带: KS. 喀什褶皱—冲断带^[5]; KP. 柯坪褶皱—冲断带^[6](柯坪断隆); KQ. 库车褶皱—冲断带^[7](含乌什段)

Fig. 1 Sub-order tectonic units of the Tarim Basin and the Cenozoic South Tianshan fold and thrust belt

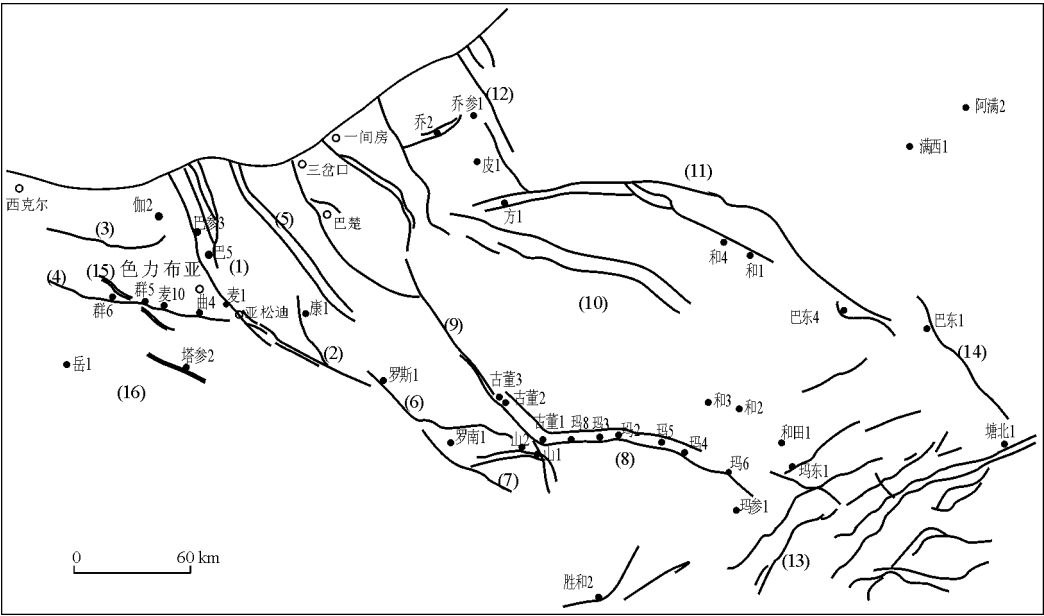


图 2 塔里木西部巴楚—麦盖提地区的主要断裂^[21]
(1)色力布亚;(2)康塔库木;(3)阔什拉克;(4)巴什托普;(5)曲许盖;(6)罗斯塔格;(7)鸟山;(8)玛扎塔格;
(9)古董山;(10)卡拉沙依;(11)吐木休克;(12)阿恰;(13)玛东;(14)巴东;(15)巴西;(16)塔参 2 井南

Fig. 2 Main faults in Bachu—Markit area, western Tarim^[21]

裂和塔参 2 井南断裂为例(图 2)。这 2 条断裂都由 2 条相向而倾的正断层组成,向下可断达中一下寒武统膏盐层(可能曾切穿过该层间滑脱面^[21]),向上未切过中二叠统的底面,指示了它们早二叠世的伸展,地堑内的下二叠统均较两侧的厚度大,进一步佐证了其张裂活动^[21,22],但其规模远逊于塔中地区的北西向正断层,也未见岩浆活动。中二叠世以后未见再活动。最近命名的康西断裂(原色力布亚断裂带的东南段)应归属此期新生构造,它在加里东期发生冲断,更新世再活动(冲断)^[23]。

1.2 第Ⅱ期新生构造

第Ⅱ期新生构造为北西西走向,如麦盖提斜坡区发育的阔什拉克断裂和巴什托普断裂(图 2)。此外,还应指出:作为麦盖提斜坡与巴楚断隆分界的罗斯塔格断裂带的东段和玛扎塔格断裂带的东段等,也都为北西西走向,反映该期新生构造区域上有一定规模。可以巴什托普断裂为例说明。

孟庆龙等^[22]曾提出巴什托普断裂发生过两期变形,早期的冲断发生在中生代,晚期的冲断发生在更新世,均为自北向南冲断。李曰俊等^[21]则据 TB95—01 和 XN04—01 地震剖面上发现其向下收敛于中一下寒武统膏盐层,向上延伸止于志留系底面而认为它可能在奥陶纪末发生过冲断,只是因受中生代冲断活动的改造,加里东期的冲断证据已被模糊。这两期冲断活动在玛扎塔格断裂带也有清楚的反映^[24]。

对北西西向构造的形成机制尚不十分清楚,推测有 2 种可能。一是奥陶纪末塔中地区的北西向断裂普遍发生冲断^[15](详下述),原塔中基底构造系的東西向断裂的部分地段被改造成北西西向并与北西向断裂发生同步的冲断,如玛扎塔格断裂带的东段。巴什托普断裂可能曾是巴楚断隆南界的西段(晚古近纪—新近纪色力布亚断裂带才成为巴楚断隆南界的西段^[22]),原应属塔中基底构造系的東西向断裂。二是奥陶纪末发生冲断时这些断裂仍为近东西走向,在志留纪晚期—泥盆纪早期北西向断裂发生左行走滑时(详下述,参见李曰俊等^[15]的图 15),近东西向断裂被改造成北西西向。

北西西向断裂对海相油气勘探有重要意义。在玛扎塔格断裂带发现了和田河气田^[25],自东向西由玛 4 井、玛 2 井和玛 8 井 3 个背斜圈闭组成(图 3),其中玛 4 井位于北西西走向段,玛 2 井和玛 8 井位于北西西走向段与东西走向段的转折部位(故背斜相对高而窄),工业油气流的层位为石炭系及奥陶系。在巴什托普断裂发现了巴什托普油田,目前仍在开采的群 5 井的油气流层位为石炭系巴楚组生物碎屑灰岩段,在上古生界的其它层位也见油流或油气显示^[22]。此外,康 2 号构造位于近北西西走向的康塔库木断裂带的上盘。北西西向断裂带具油气勘探前景的一个重要原因,是新生代的冲断活动沿古近系底部的库姆格列木群膏盐层发生,因而古生界遭受的改造不强,晚海西期形成

的油气藏能得以保存。

1.3 第Ⅲ期新生构造

第Ⅲ期新生构造与新特提斯洋的演化有关,故仍为北西向。早白垩世,随印度河—雅鲁藏布洋的大规模消减^[26],西昆仑山崛起并在山前形成冲积扇—扇三角洲相沉积^[27]。新生代内北西向构造仍有强烈活动,铁克里克推覆体的向北东冲断控制了渐新—中新世叶城—和田前陆磨拉石盆地发育^[28,29]。更新世中—晚期西昆仑褶皱—冲断带向北扩展到达喀什地区,更新世末—全新世仍有北西向冲断层活动并控制了浅层的喀什背斜形成^[5]。可以清楚地看到,北西向构造已成为塔南地区最醒目的主导构造;由于它在地史期间的反复活动特别是更新世—全新世的活动,尽管该地古生代海相沉积发育尚好,甚至晚白垩世和古近纪塔西南坳陷的西部仍有海相沉积发育^[27,30],油气勘探仍需持慎重的志度。

2 塔中地区

该区是一条横贯塔里木盆地的东西向重磁异常带;基底构造是晋宁期塔南与塔北两陆块碰撞形成的,构造线近东西向。今日仍可见曾作为该构造单元南界的玛扎塔格断裂带^[24]和北界的吐木休克断裂带^[31]的主体为近东西向。下面以塔中低凸起为例剖析其新生构造。

2.1 第Ⅰ期新生构造

以玛东断裂带为代表的北东向构造是塔中地区的第Ⅰ期新生构造(图 3)。对其形成机制缺乏足够的证据,仅提出 2 种可能性。一是晋宁运动后随塔北地块与塔南地块拼合成一体,原塔南的北东向基底构造(见前述)北延至塔中和塔北地区;二是古阿尔金断裂在新元古代活动(变质成因锆石的核曾测到 547 Ma 的年龄值^[32],并可参阅李曰俊等^[15])时派生的低级构造,属古阿尔金断裂构造系。奥陶纪时已有活动,即:鹰山组(O_{1-2} y)沉积之后沿该断裂带出现北东向的隆起,缺失良里塔格组和桑塔木组沉积。冲断活动发生在奥陶纪末志留纪初,5 条冲断层自北西向南东依次扩展(图 3),控制了志留系沉积西北厚东南薄^[21]。图 3 下显示所有的冲断层向下均收敛于中—下寒武统的膏盐层(Tg_7 界面),向上延伸止于志留系的底面(Tg_4 界面),因而是一条早加里东期的盖层滑脱冲断带,之后长期处于稳定状态。

2.2 第Ⅱ期新生构造

现构成塔中地区构造格架的北西向断裂(图 4)

是早古生代出现的新生构造。塔里木中—西部地区广泛发育夹厚大膏盐层的早—中寒武世沉积,指示了一种非常稳定的构造—古地理环境。晚寒武—早奥陶世,北西向断裂出现,证据如下^[15]:1)塔中 I 号断裂带(F_1)是深水槽盆相沉积(被称为库鲁克塔格—满加尔坳拉槽^[33,34])与其西的碳酸盐台地相沉积之间的界线,说明它是控盆断裂(深水槽盆

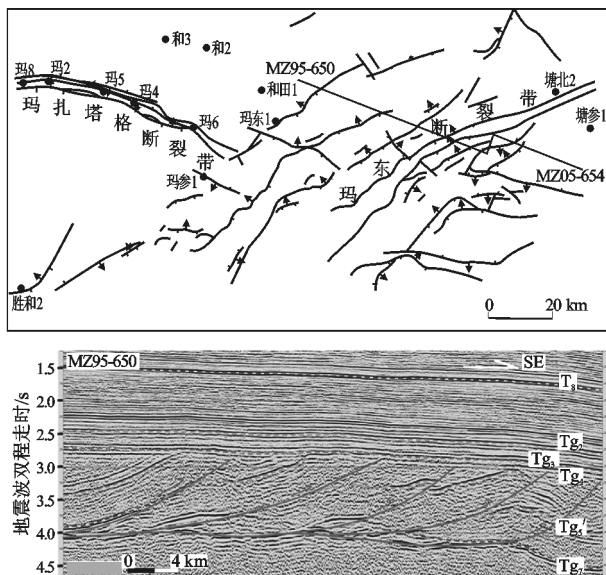


图 3 玛东断裂带平面分布和剖面特征^[21]
剖面位置为地震 MZ95—650 线。

地震反射界面的层位: T_8 . 新生界的底面; Tg_2 . 中二叠统底面; Tg_3 . 石炭系(或东河砂岩+石炭系)底面; Tg_4 . 志留系底面; Tg_5 . 丘里塔格群(C_3 — O_1)上亚群底面; Tg_7 . 中—下寒武统膏盐层

Fig. 3 The Madong fault zone and the seismic profile of line MZ95—650^[21]

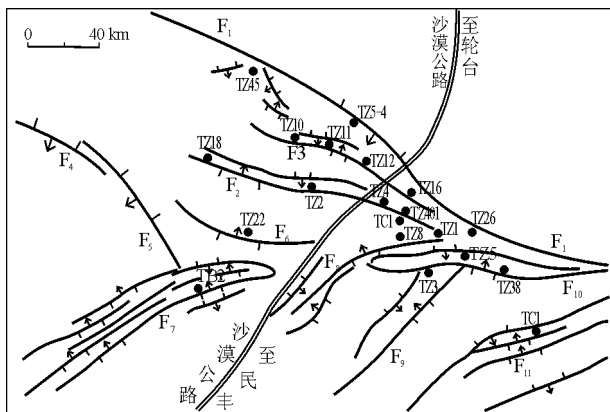


图 4 塔里木盆地中央地区的断裂系统^[15]

位置见图 1 中的方框(框中的断裂带名称同本图);箭头在断层上盘。
 F_1 . 塔中 I 号断裂带; F_2 . 塔中 II 号断裂带; F_3 . 塔中 10 井断裂带; F_4 . 吐木休克 I 号断裂; F_5 . 吐木休克 II 号断裂(巴东断裂); F_6 . 塔中 22 井南断裂带; F_7 . 巴东南(玛东)—塘北断裂带; F_8 . 塔中 8—1 井断裂带; F_9 . 塔中 3 井断裂带; F_{10} . 塔中 5 井断裂带; F_{11} . 塘古断裂带; F_{12} . 玛扎塔格断裂带

Fig. 4 Fault systems in the central Tarim Basin^[15]

的西界);2)塔中的碳酸盐台地内的塔中Ⅱ号断裂带(F_2)和塔中10井断裂带(F_3)等北西向断裂也发生伸展,因而断裂带附近不仅沉积厚度大,岩性也相变为含燧石结核的白云质灰岩等,化石则以牙形石、笔石和三叶虫等浮游生物为主,这些北西向断裂的出现可能与西昆仑洋盆向北东的消减而造成弧后地区的扩张有关^[15]。

中一晚奥陶世北西向断裂仍有活动,且表现为伸展,证据如下:1)构成不同沉积相区的分界,或地形陡变的坡折带(参阅王恕一等^[35]的图2,3,4);2)控制了沉积相带的展布,如 F_1 断裂以西,晚奥陶世良里塔格组的沉积自北东向南西依次为礁、礁—滩、滩—礁、滩、丘—滩和丘—席6种微相,相带呈近北西向延伸^[36]。塔中地区普遍缺失中奥陶统,可能是 F_1 断裂进一步活动的结果,即:其东(上盘)的深水槽盆进一步断陷,下盘则相应地发生隆起。晚奥陶世时因塔东地区的海底扇不断向南(偏西)扩大,才在塔中地区的北缘接受上奥陶统沉积^[37]。与晚寒武—早奥陶世不同的是,晚奥陶世因东西向构造(继承性构造)的活动性增强而在原西浅东深的古地理格局上叠加了隆—坳南北相间出现的面貌^[35],使古地理格局复杂化。这可能是奥陶纪末东西向断裂发生强烈冲断(如吐木休克断裂^[31])的先声。

奥陶纪末区域构造应力场发生反转,北西向断裂发生强烈的冲断,并普遍可见志留系角度不整合覆于不同时代的地层之上,曾被称为艾比湖运动^[15]。崔建堂等^[38,39]在与库地—苏巴什蛇绿岩带紧密相伴的钙碱性中—酸性岩带测到了(440.5 ± 4.6) Ma 和(447 ± 7) Ma 的锆石 SHRIMP U—Pb 年龄,说明奥陶纪末是西昆仑洋的一个消减高潮期。塔中地区的艾比湖运动是这一消减事件的板内响应。之后塔里木进入统一的克拉通内挠曲坳陷阶段,奥陶纪的台地相与深水槽盆相的沉积分异在志留纪不复存在。晚志留—中泥盆世是北西向断裂的又一次重要活动期,除冲断外还有走滑,尤以 F_1 断裂的左行走滑表现强烈,曾被称为博罗霍洛运动^[15]。志留纪晚期—泥盆纪早期古阿尔金断裂曾发生过强烈的右行走滑(可能伴有斜冲)^[40,41]。塔中北西向断裂与之同时的左行走滑构成古阿尔金断裂的共轭断层。晚泥盆世—石炭纪是北西向断裂的平静期,早—中二叠世发生张裂,成为玄武岩喷溢或辉绿岩侵入的通道,并被火成岩焊合,故断裂上延未切入上二叠统。之后,该地的北西向断裂基本上没有重新活动^[15]。

2.3 第Ⅲ期新生构造

新生代玛东断裂带的3号断层重新活动,并可区分出中新世和更新世的两期活动,为兼具上盘斜冲性质的走滑断层^[15,21],该期新生构造是第Ⅰ期新生构造的活化。

2.4 油气勘探意义

已有研究表明塔中低凸起为典型的复式油气聚集区^[42]。北西向新生构造对成藏的控制表现在以下方面:1)北西向断裂控制了沉积相带的展布,其中,礁和滩是利储层发育的沉积微相,已在塔中82井获日产千吨的高气油气流^[36]。这与川东北地区长兴组—飞仙关组海相沉积期同生构造对岩性油气藏的控制^[3]不乏相似之处;2)白垩—新近纪时,寒武系—下奥陶统烃源岩进入生气阶段,中—上奥陶统烃源岩进入生烃高峰(既生油也生气),石炭系烃源岩开始生烃,晚期再充注在塔中的油气成藏中起了重要作用^[42]。断裂沟通烃源岩与储集层,是油气垂向运移的通道,断层断达的层位基本上都有油气显示(包括断层断达的最高层位二叠纪玄武岩),故绝大部分的构造圈闭都与断层有关,如断背斜圈闭、断垒背斜圈闭、断鼻圈闭和断块圈闭等^[42,43]。塔里木的周边地区新生代被卷入陆内造山活动,但塔中地区的构造破坏弱,保存条件较好;3)早—中二叠世的张裂活动增加和改善油气运移的通道,扩大油气储集空间;它控制的火成活动能使相邻烃源岩在短期内经历异常高温和催化改造而成熟并增加生烃量,从而改善油气储层质量,并形成岩浆岩遮挡的半背斜圈闭与油气藏等^[44]。

3 塔北地区

塔里木盆地北部坳陷、塔北隆起和库车坳陷位于原塔北地块上,其早前寒武纪花岗—绿岩地体的构造线方向近东西(参阅郭召杰等^[45]的图1)。塔里木盆地以北的山脉,大致以库尔勒为界分为两段,西为南天山,东为库鲁克塔格山;相应地,塔北地区东、西两部的晚古生代——新生代构造有不同的特征,油气成藏也各具规律。

3.1 西部:以轮台地区为例

轮台地区位于塔北隆起上,其南为北部坳陷(更南为中央隆起),北隔库车坳陷与南天山相望。次级构造单元轮南低凸起(阿克库勒凸起)是一个较早发现的复式油气聚集区^[46],塔河碳酸盐岩大油田位于轮南低凸起南部及与哈拉哈塘凹陷、顺托果勒低突起(满加尔凹陷的次级构造单元)的交界部位。最近则对断裂在油气成藏中的作用有了较

深入的研究^[47,48]。

3.1.1 第Ⅰ期新生构造

北东向构造是该区的第Ⅰ期的新生构造(图5),其形成时代和机制应与塔中地区相同。它主要见于轮台地区的西北部,加里东期—早海西期活动;其活动方式,轮南西断裂为由南东向北西的逆冲—推覆,轮南西Ⅰ号走滑断裂则表现为左行,前者印支期尚有活动,后者印支期不活动^[47,48]。它对油气藏发育的控制作用表现为两方面^[48]:一是因断裂的多期活动造成垂向的幕式成藏,即自下而上循序渐进地形成轮南低凸起北部复式油气聚集区,二是因印支期后停止活动,故燕山期没有正常油的补充,控制着重油的分布。

3.1.2 第Ⅲ期新生构造

南北向构造是在晚寒武世出现的,实际上它是前述的塔中地区碳酸台地相与深水槽盆相分界的北西向断裂(塔中Ⅰ号断裂带,见图4)的北延,故在塔北地区常见晚寒武世—奥陶纪的相带界线(或坡折带走向)为近南北向^[35,49]。石炭—二叠纪,英买力、轮南和库勒勒3个古凸起形成^[48](即:现分开塔北隆起次级单元的南北向边界在早海西期出现雏形),据此认为南北向断裂在加里东期—早海西发生伸展。早—中二叠世火山活动也可提供佐证:火山岩岩相带的展布、厚度等值线及火山口的分布等^[44,50]均指示受近南北向断裂的控制。

3.1.3 第Ⅲ期新生构造

第Ⅲ期新生构造的出现与南天山洋盆海西期的消减及闭合后的陆—陆碰撞有关。因基底中的东西向构造复活,自北向南形成轮南断垒带、桑塔

木断垒带和阿克库勒断垒带。这三者均被限于南北向断裂带之间,尤其是轮古东断裂,明显因其左行走滑活动而起了构造变换带的作用,说明晚海西期时上述的南北向构造仍在活动,只是以剪切为主。

3.1.4 油气勘探意义

轮南低凸起的近东西向、北东向和南北向断裂有不同的活动时间和方式,控制油气藏发育的特征也各不相同^[47,48]。前已述及北东向断裂控制重油的分布。东西向断裂在晚海西期开始活动并在印支—燕山期持续活动,成为正常油补充的主要运移通道,控制了正常油、凝析油和高蜡油的分布,由于晚期天然气的气侵作用而形成凝析气藏。南北向断裂在晚海西期成为剪切断层,因其产状陡立且成带发育,增强了碳酸盐岩储集体的连通性,促进岩溶发育,因而奥陶系鹰山组、一间房组、良里塔格组和桑塔木组的油气在很大程度上沿南北向的轮古东走滑断裂带富集;此外,沿南北向断裂发生垂向跨越式的运移输导,即:寒武系烃源岩及其古气藏的油气直接向三叠系供烃,并在走滑活动中动态成藏,故轮古东走滑断裂带等是天然气勘探的重要领域^[48]。因而,在有古隆起的前提和良好生储盖组合的基础上,复杂断裂系统多期次的活动是大型复式油气聚集区能否形成的关键^[48]。

3.2 东部:英吉苏凹陷

库鲁格塔格以南的塔里木盆地有向东延伸变窄之势。相应地,塔里木盆地的次级单元(自南向北)中央隆起、北部拗陷和塔北隆起均变窄收敛,不过基底构造线方向仍应保持为东西向。该区早古生代的演化与塔北地区西部相同,尤以奥陶纪碳酸盐岩发育完好,因而轮台地区的北东向构造(第Ⅰ期新生构造)在该区也有发育,如大西海断裂和阿拉干—英东构造带,前者直接控制了北东向的含油气构造大西海背斜和库兹勒克北断鼻的形成。晚古生代时该区大面积隆升,缺失沉积记录,被称为塔东古隆起。

第Ⅱ期新生构造的形成与古阿尔金断裂带印支期的活动^[15,32]密切相关。因车尔臣断裂(中央隆起与塔南隆起之间的分界断裂,图6)为北东东向,与古阿尔金断裂同属一个运动学系统,故第Ⅱ期新生构造为北东东向。车尔臣断裂的活动控制了英吉苏盆地发育,沉积主体为下侏罗统^[51],可能为上三叠—中侏罗统^[52]。陆源碎屑的源区在南侧,故盆内沉积以南粗北细为特征,反映了北东东向车尔臣断裂对盆地发育的控制。之后,阿尔金断裂及属同一运动学系统的北东东向断裂反复活动

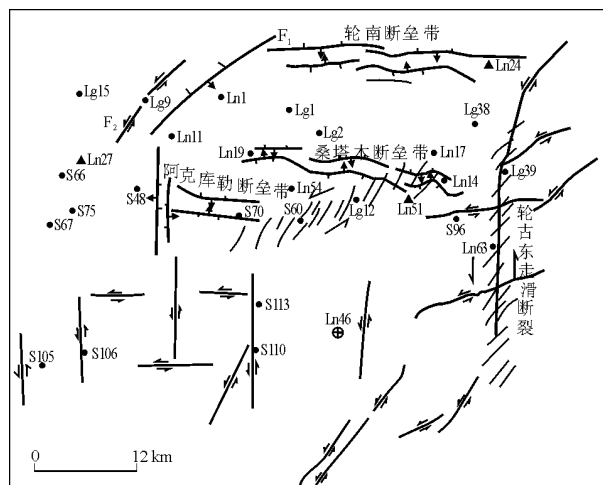


图5 塔里木盆地轮南低凸起的主要断裂分布^[48]

F₁: 轮南西断裂; F₂: 轮南西Ⅰ号走滑断裂

Fig. 5 Main faults in area of the Lunnan Lower Uplift, the Tarim Basin^[48]

(包括走滑和向盆地的推挤)^[53], 本区各次级构造单元之间的界线被改造成北东东向(图6)。

第Ⅲ期新生构造与库鲁克塔格新生代的崛起有关。在罗布泊以西, 库鲁克塔格的山前断裂(即塔里木盆地东部的北界断裂)孔雀河断裂呈北西西向。原北部坳陷的孔雀河斜坡东延为孔雀河断裂截切而“尖灭”, 现今的构造格局出现, 并表现为一向南倾的单斜。

目前已在英吉苏凹陷及邻区发现5大含油气构造(图6)。均为早古生代碳酸盐岩油气藏^[52]。群克鼻状构造、大西海背斜和库兹勒克北断鼻沿北西西向的孔雀河断裂发育, 塔东1井背斜和阿拉干东背斜则受北东东向的车尔臣断裂控制, 说明了两期新生构造在油气田后期调整或次生成藏中的作用。

4 讨论: 与扬子克拉通的对比

4.1 相似性

塔里木克拉通与扬子克拉通十分相似的是: 陆表海沉积阶段都可分为震旦纪—志留纪和泥盆纪—三叠纪两大阶段(只是结束海相沉积的时间因地而异); 相应地, 海相沉积可分为下构造层和上构造层。侏罗纪—白垩纪时两者均被超大型陆相红盆上叠, 即燕山构造阶段。两者均受到喜马拉雅运动的影响(尽管强弱因地而异), 该运动在很大程度上决定了油气藏的现今保存特点。震旦纪以来盆地发育经受了多期拉张与挤压的交替, 造成反转点(区域内的“盆”“山”转换期或构造变革期)识别的困难^[54]。将盆地演化置于全球泛大陆旋回的构造格架中分析每一构造阶段出现的新生构造, 既是正确认识反转点进而全面了解区域内“盆”“山”耦合和脱耦的切入点, 也是“盆”“山”耦合分析从指导盆地研究到指导油气勘探迈出的关键一步。

4.2 构造线方向

扬子克拉通在上述的4大构造阶段中, 每一阶

段都有自己的构造线方向(如四川盆地加里东期构造线为北东向, 海西—印支期为北西向等)。塔里木克拉通明显不同的是加里东期与海西—印支期常有相同的构造线方向, 或说加里东期构造可上延入海西构造阶段, 如塔中地区的北西向构造, 塔北地区西部的北东向构造和南北向构造。塔南地区的北西向断裂则从寒武纪到全新世都反复活动。

相应地, 上扬子地区在海相地层发育期, 每一构造阶段常只有一个方向的新生构造起作用(伸展和后期反转为冲断); 中扬子地区因受制于不同的“盆”“山”系统而可能有不同方向的新生构造发育, 地域界线十分清楚, 如早古生代的鄂西南(北东向, 与四川盆地一致)与鄂北(北西西向), 两者间为黄陵地块所隔^[3]。塔里木克拉通则在同一地史阶段可能有几个方向的新生构造起作用。如塔中地区, 中—上奥陶统沉积同时受北西向断裂和北东向断裂控制; 奥陶纪末, 北西向断裂和北东向断裂都发生冲断(早加里东运动或称艾比湖运动^[15, 21])。更西的巴楚断隆区, 东西向的吐木休克断裂艾比湖运动时发生向北的冲断^[31]。已发现的2个复式油气聚集区(轮南和塔中)的研究表明: 多方向断裂系统多期的活动, 是油气早期成藏、晚期调整或次生成藏并形成大型复式油气聚集区的关键。

对塔中地区奥陶纪末北西向断裂和北东向断裂都发生冲断的机制, 本文认为是盆地演化既与西南侧的西昆仑洋消减的造山作用耦合又与东南侧的古阿尔金剪切造山带的演化耦合的结果, 前者还可能使原塔中晋宁期造山带的边界断裂(如吐木休克断裂)活化。由之得到的重要认识是: 象古阿尔金断裂这样曾作为构造边界的走滑断裂, 尽管构造线走向不变, 震旦纪—三叠纪反复活动时活动方式的改变对陆内的造山(或变形)事件仍有重要的制约作用。

4.3 含油气构造带

就油气勘探而言, 两者的一个明显区别是: 扬子克拉通的含油气构造带主要是背斜褶皱构造带, 塔里木海相油气则主要是断裂构造带。造成这一现象的一个明显原因是两者的地层结构特征不同。塔里木克拉通的显生宙沉积内有多层膏盐(泥)岩夹层发育, 它们厚度可观, 空间分布稳定, 在变形事件中成为层间滑动断层。古近系库姆格列木群和新近系吉迪克组内厚大的膏盐层(尤以前者分布广, 厚度大)控制了新生界(常称盐上层)和前新生界(常称盐下层)的变形有不同的面貌: 前者以褶皱为主而后者以断裂为主, 且断裂向上延伸时常止于库姆格列木群膏盐层^[55, 56]。中—下寒武统内的膏

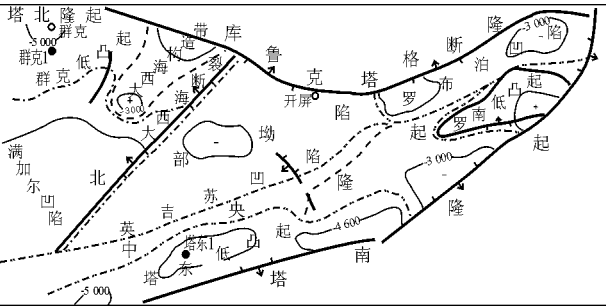


图6 塔里木盆地东北部古生界构造区划示意^[52]
Fig. 6 A simplified structural map of the northeastern Tarim Basin, showing Paleozoic structures^[52]

盐层是区域上广为发育的层间滑脱面,历次盖层冲断活动时冲断层向下延伸均倾角变缓并收敛于此层。因而,尽管含油构造是背斜圈闭,但各种褶皱(如断层转折褶皱,断层传播褶皱,滑脱褶皱等,统称为断层相关褶皱)的发育常受制于断层,各类构造圈闭实际上也是为断裂活动控制的,油气勘探的主攻目标自然就是断裂构造带了。

这对扬子克拉通深层的海相油气勘探也许有借鉴意义。近期内上扬子地区海相地层的油气勘探获得重大突破的层位是晚二叠世长兴组—早三叠世早期飞仙关组。其下尽管未见塔里木那样的膏盐(泥)岩夹层,但不乏不整合面或假整合面发育(如志留系底部、泥盆系底部、石炭系底部和中—下二叠统与上二叠统之间),它们在后期的变形事件中同样可以成为层间滑脱面。在转向更深层位的海相油气勘探时,应特别注意层间滑动面和断层相关褶皱的发育,从而把勘探靶区定位在相关的断裂构造带上。

4.4 油气成藏期和保存条件

两者的成藏期和保存条件亦有不同。对扬子克拉通的海相油气勘探,笔者等曾提出最有意义的是同海相沉积期的新生构造(尤其是海西期同海相沉积的新生构造)被燕山期的新生构造高角度横跨(或上叠)形成岩性—构造复合油气藏^[3]。塔里木克拉通同海相沉积期的新生构造控制岩性油气藏的规律与扬子克拉通相同,燕山运动相对来说并不强烈,主要表现为差异隆升(前文中只讲到轮台地区属基底构造复活的东西向断裂构造燕山期有活动)。塔里木克拉通周缘的3条板间造山带是晚海西—印支运动的产物^[15];相应地,塔里木的海相油气(可能以下古生界为源岩也可能以泥盆—石炭系为源岩)主要是晚海西—印支期成藏的。因而,塔里木海相油气勘探的关键,是认识晚海西—印支期古油藏在喜马拉雅运动时的调整或次生成藏规律。前已述及,塔中地区总体看新生代处于构造平静期,仅北东向玛东断裂带的玛3号断层有活动(以走滑为主),对油气藏的破坏不大,古油藏能得以保存或发生调整。塔北地区则随南天山崛起和库车前陆褶皱—冲断带发育^[7]而在新生代整体下沉;因磨拉石盆地的向南扩展,塔北隆起的高点不断向南迁移,轮台地区成为向北倾的单斜,故油气藏在这一背景下发生的调整或次生成藏,是一个晚近时期内仍在进行的动态演化的过程。塔里木盆地周缘山链新生代处于剪切—挤压状态,其海相油气的保存条件与晚白垩世至新生代处于大面积伸展的

中—下扬子地区海相油气的保存条件显然不同。上扬子的四川盆地新生代为冲断带或剪切—斜冲带围绕,与塔里木盆地不乏相似之处,后者的优势在于新生代的冲断层下延常收敛于库姆格列木群膏盐层,古生界及海相油气遭受的改造相对较弱。

参考文献:

- 1 吴根耀. 造山带古地理学——重建区域构造古地理的若干思考[J]. 古地学报, 2007, 9(6): 635~650
- 2 吴根耀, 梁兴, 叶舟. 继承性构造与新生构造并存的时空发育特征及其油气勘探意义[J]. 现代地质, 2008, 22(5): 766~778
- 3 吴根耀, 梁兴, 马力. 扬子克拉通继承性构造与新生构造并存的时空发育特征及其对海相油气勘探的指导[J]. 石油实验地质, 2009, 31(1): 1~11, 18
- 4 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
- 5 苗继军, 贾承造, 侯向辉等. 塔里木盆地西部喀什地区新生代褶皱冲断带构造解析[J]. 地质科学, 2007, 42(4): 740~752
- 6 王国林, 李曰俊, 孙建华等. 塔里木盆地西北缘柯坪冲断带构造变形特征[J]. 地质科学, 2009, 44(1): 50~62
- 7 李曰俊, 吴根耀, 雷刚林等. 新疆库车新生代前陆褶皱冲断带的变形特征、时代和机制[J]. 地质科学, 2008, 43(3): 488~506
- 8 吴根耀, 马力. “盆”“山”耦合和脱耦在含油气盆地分析中的应用[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 648~660
- 9 吴根耀, 马力. 试论“盆”“山”耦合和脱耦研究的方法学[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 239~246
- 10 吴根耀, 马力. 试论“盆”“山”的耦合和脱耦及其运动学[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 99~109
- 11 张家声, 劳秋元, 李燕. 航磁异常的构造解释和华北—塔南—扬子超陆块演化[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 379~390
- 12 李曰俊, 孙龙德, 胡世玲等. 塔里木盆地塔参1井底部花岗闪长岩的⁴⁰Ar—³⁹Ar年代学研究[J]. 岩石学报, 2003, 19(3): 530~536
- 13 李曰俊, 宋文杰, 吴根耀等. 塔里木盆地中部隐伏的花岗闪长岩和闪长岩[J]. 中国科学(D辑), 2005, 35(2): 97~104
- 14 吴根耀, 李曰俊, 王国林等. 新疆西部巴楚地区晋宁期的洋岛火山岩[J]. 现代地质, 2006, 20(3): 361~369
- 15 李曰俊, 吴根耀, 孟庆龙等. 塔里木盆地中央地区的断裂系统: 几何学、运动学和动力学背景[J]. 地质科学, 2008, 43(1): 82~118
- 16 张家声, 李燕, 黄雄南. 中国北部古元古代地壳尺度的伸展拆离和硅铝壳内活动带: 北东向线性航磁异常的地质构造解释[J]. 地质科学, 2007, 42(2): 267~302
- 17 Sengör A M C, Okurogullari A. The role of accretionary wedges in the growth continents: Asiatic examples from Argand to plate tectonics[J]. Eclogae Geol Helv, 1991, 84(3): 535~597
- 18 吴根耀. 造山带地层学[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 2000. 218
- 19 邓万明. 喀喇昆仑—西昆仑地区蛇绿岩的地质特征及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊): 98~111
- 20 计文化, 周辉, 李亚民. 西昆仑新疆公路118~323 km 基性、

酸性岩脉 K—Ar 年龄[J]. 地质通报, 2005, 24(3): 243~245

21 李曰俊, 吴根耀, 孟庆龙等. 塔里木西部地区古生代断裂活动的方式和机制[J]. 地质科学, 2008, 43(4): 727~745

22 孟庆龙, 李曰俊, 敬 兵等. 塔里木盆地西部巴什托普断裂的主要特征及其油气勘探意义[J]. 地质科学, 2008, 43(3): 569~575

23 孟庆龙, 李曰俊, 师 骏等. 塔里木盆地西部色力布亚断裂和康西断裂的主要特征及活动时代[J]. 地质科学, 2008, 43(2): 282~293

24 杨海军, 李曰俊, 冯晓军等. 塔里木盆地玛扎塔格构造带断裂构造分析[J]. 地质科学, 2007, 42(3): 506~517

25 杨 威, 王清华, 赵仁德等. 和田河气田奥陶系碳酸盐岩裂缝[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 252~255

26 吴根耀, 王晓鹏, 钟大赉. 藏东南地区早白垩世的安第斯型弧火山岩[J]. 岩石学报, 1999, 15(3): 422~429

27 孙龙德. 塔里木盆地库车坳陷与塔西南坳陷早白垩世沉积相与油气勘探[J]. 古地理学报, 2004, 6(2): 252~260

28 丁道桂, 汤良杰, 钱一雄等. 塔里木盆地形成与演化[M]. 南京: 河海大学出版社, 1996, 302

29 王元龙, 成守德. 新疆地壳演化与成矿[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 129~143

30 邵龙义, 何志平, 顾家裕等. 塔里木盆地古近纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2006, 8(3): 353~364

31 朱德丰, 刘和甫, 吴根耀. 塔里木盆地吐木休克断裂带的主要特征和构造演化[J]. 地质科学, 2008, 43(2): 209~227

32 李海兵, 杨经绥, 许志琴等. 阿尔金断裂带印支期走滑活动的地质及年代学证据[J]. 科学通报, 2001, 46(16): 1333~1338

33 梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探若干地质问题[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 184~188

34 田作基, 宋建国, 罗志立等. 塔里木阿瓦提前陆盆地构造特征及油气远景[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 193~198

35 王恕一, 黄继文, 蒋小琼. 塔里木盆地上奥陶统沉积及古地理特征[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 236~242

36 范国章, 赵宗举, 周进高等. 塔中 1 号坡折带奥陶系凝析气田勘探中的古地貌学方法[J]. 海相油气地质, 2006, 11(2): 52~56

37 刘忠宝, 于炳松, 陈晓林等. 塔里木盆地塔东地区中—上奥陶统海底扇浊积岩层序地层格架及沉积特征[J]. 现代地质, 2003, 17(4): 408~414

38 崔建堂, 王炬川, 边小卫等. 西昆仑康西瓦北侧早古生代角闪闪长岩、英云闪长岩的地质特征及其锆石 SHRIMP U—Pb 测年[J]. 地质通报, 2006, 25(12): 1441~1449

39 崔建堂, 王炬川, 边小卫等. 西昆仑康西瓦一带早古生代石英闪长岩的地质特征及其锆石 SHRIMP U—Pb 测年[J]. 地质通报, 2006, 25(12): 1450~1457

40 周 勇, 潘裕生. 茫崖—肃北段阿尔金断裂右旋走滑运动的确定[J]. 地质科学, 1998, 33(1): 9~16

41 覃小锋, 李 江, 陆济璞等. 阿尔金碰撞造山带西段的构造特征[J]. 地质通报, 2006, 25(1—2): 104~112

42 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(3): 602~620

43 赵宗举, 周新源, 范国章. 塔里木盆地塔中地区主要构造圈闭形成期分布及成藏意义[J]. 海相油气地质, 2006, 11(2): 1~8

44 朱毅秀, 金之钧, 林畅松等. 塔里木盆地塔中地区早二叠世岩浆岩及油气成藏关系[J]. 石油实验地质, 2005, 27(1): 50~54

45 郭召杰, 张志诚, 刘树文等. 塔里木克拉通早前寒武纪基底层序与组合: 颗粒锆石 U—Pb 年龄新证据[J]. 岩石学报, 2003, 19(3): 537~542

46 孙龙德, 李曰俊. 塔里木盆地轮南低凸起: 一个复式油气聚集区[J]. 地质科学, 2004, 39(2): 296~304

47 李 坤, 赵锡奎, 张小兵等. 塔里木盆地阿克库勒凸起油气输导体系类型与演化[J]. 地质科学, 2007, 42(4): 766~778

48 杨海军, 郝 芳, 韩剑发等. 塔里木盆地轮南低凸起断裂系统与复式油气聚集[J]. 地质科学, 2007, 42(4): 795~811

49 罗俊成, 杨海军, 朱长见等. 塔里木东部寒武纪—中奥陶世坡折带沉积特征及勘探潜力[J]. 地质科学, 2008, 43(4): 661~670

50 罗静兰, 翟晓先, 蒲仁海等. 塔河油田火山岩的层位归属、火山岩岩石学与岩相学特征[J]. 地质科学, 2006, 41(3): 378~391

51 胡剑风, 李曰俊, 郑多明等. 塔里木盆地东北部英吉苏凹陷侏罗系沉积—构造背景[J]. 地质科学, 2006, 41(1): 27~34

52 梁生正, 孔丽萍, 梁永梅等. 塔里木盆地东部大型碳酸盐岩油气藏勘探方向[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 151~157

53 柳祖汉, 吴根耀, 杨孟达等. 柴达木盆地西部新生代沉积特征及其对阿尔金断裂走滑活动的响应[J]. 地质科学, 2006, 41(2): 344~354

54 吴根耀, 马 力. “盆”“山”耦合和脱耦的反转点和切入点研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(3): 8~17, 24

55 邬光辉, 罗春树, 胡太平等. 褶皱相关断层—以库车坳陷新生界盐上构造层为例[J]. 地质科学, 2007, 42(3): 496~505

56 孙永河, 吕延防, 付晓飞等. 库车坳陷的断裂有效运移通道及其物理模拟[J]. 地质科学, 2008, 43(2): 389~401

(编辑 叶德燎)