

文章编号: 0253-2697(2010)03-0368-05

塔中Ⅱ号断裂带构造特征及油气勘探前景

宁飞^{1,2} 汤良杰^{1,2} 张钰³ 王鹏昊^{1,2} 朱传玲³ 陈群^{1,2}

(1. 中国石油大学盆地与油藏研究中心 北京 102249; 2. 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室 北京 102249;
3. 中国石化西北油田分公司 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 根据二维地震资料解释成果,利用构造要素相关性分析及构造解析方法,探讨了塔中古隆起塔中Ⅱ号断裂带的构造特征,并分析了该断裂带的油气成藏条件。研究表明:塔中Ⅱ号断裂带在横向上具有分段性,不同区段的主逆冲断裂规模不同。塔中Ⅱ号断裂带演化受到晚寒武世之前张性断裂的控制,中寒武统膏盐岩在局部地区发生的较明显塑性流动和聚集增厚,影响了上覆地层的构造变形过程,主断裂于中奥陶世末—晚奥陶世发育。由于中寒武统膏盐岩段分隔,寒武系发育盐上、盐下两套白云岩优质储层。在盐上斜坡区,受构造翘倾活动影响,可能会发育构造或岩性圈闭,因此盐上白云岩优质储层可成为良好的勘探目标。在塔中Ⅱ号断裂带普遍发育的古潜山圈闭中,其潜山围斜带可能是寻找大油气田的有利目标。

关键词: 塔中地区;断裂带;分段性;构造特征;油气成藏条件;勘探前景

中图分类号: TE111.2

文献标识码: A

Structural characteristics and exploration prospect of No.Ⅱ fault zone in Tazhong area

NING Fei^{1,2} TANG Liangjie^{1,2} ZHANG Yu³ WANG Penghao^{1,2} ZHU Chuanling³ CHEN Qun^{1,2}

(1. Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Sinopec Northwest Branch Oilfield Company, Urumchi 830011, China)

Abstract: On the basis of 2D seismic data, the structural characteristics and reservoir-forming condition of No. Ⅱ fault zone in Tazhong area were investigated using the structural factor pertinence method and structural analysis. It is indicated that No. Ⅱ fault zone in Tazhong area can be divided into many sections. The main faults in the different sections have different deformation scale. Under the control of extensional faults formed before the Late Cambrian, the gypseous halite flowing and thickening activities appeared in the local area of the Middle Cambrian, which influenced the process of structural deformation in the upper stratum. The main fault of No. Ⅱ fault zone in the Tazhong area was developed from the Middle Ordovician to the Late Ordovician. Owing to the compact of gypseous halite in the Middle Cambrian, both over and under the gypseous halite developed two groups of high-quality dolomite reservoir. Under the influence of buckling activity, the structural or lithologic traps were developed at slope area over gypseous halite. So, the dolomite preferable reservoir over gypseous halite is a prospect exploration target. The periclinal belt around the buried mountain, which universally developed in No. Ⅱ fault zone of Tazhong area, has an advantageous prospect for large-scale oilfield.

Key words: Tazhong area; fault zone; segmentation; structural characteristics; hydrocarbon accumulation condition; exploration prospect

大型断裂带的构造特征及活动史在区域构造演化中具有重要作用,往往是叠合盆地分带差异构造变形的边界^[1],根据断裂带的几何构型及纵向、横向变化特征可以精细刻画断裂的构造期次。断裂的多期次活动可以使不同时期聚集的油气发生汇聚,形成多种成藏模式。

近年来,许多学者对塔里木盆地塔中地区做过深入的研究,并取得了许多创新性的成果^[2-6],但更多的研究集中于塔中古隆起构造样式和形成演化方面,对塔中Ⅱ

号断裂带的构造特征关注相对较少。勘探实践证明,塔中古隆起油气田主要集中在塔中Ⅰ号断裂带西部斜坡和东南斜坡带上^[3,7],塔中Ⅱ号断裂带除了在东部发现塔中4油田外,其他地区还未取得实质性突破,但从塔中Ⅱ号断裂带钻井来看,每一口井都见到了油气显示,说明该断裂带有着巨大的勘探潜力。笔者利用地震资料解释成果,剖析了塔中Ⅱ号断裂带构造特征及对油气聚集成藏的影响,并指出其有利的勘探方向。

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40972090 和 No. 40672143)和国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB422107)联合资助。

作者简介: 宁飞,男,1981年7月生,2007年毕业于中国石油大学(北京)构造地质学专业,现为该校在读博士研究生,主要从事含油气盆地分析研究。E-mail: ningfei037@yahoo.com.cn

1 地质概况

塔中古隆起位于塔里木盆地中部的沙漠腹地,面积约为 $2.45 \times 10^4 \text{ km}^2$,是塔里木盆地中央隆起的一部分,北邻满加尔凹陷,西邻阿瓦提凹陷,南邻塘古孜巴斯凹陷(图1),是一个加里东期定型的稳定古隆起^[8]。塔中古隆起的形成和演化主要受控于塔里木板块的构

造演化,地震、钻井资料研究表明,该区断裂构造比较发育。塔中Ⅱ号断裂带位于塔中古隆起轴部,走向近NW向,长约140 km。其断裂组合样式复杂,性质各异,对油气成藏过程也起着重要的控制作用。目前在塔中Ⅱ号断裂带已发现了塔中4油田(图1),并在多口井中见到油气显示,塔中4油田的发现进一步证实了塔中Ⅱ号断裂带是一个非常重要的油气勘探领域。

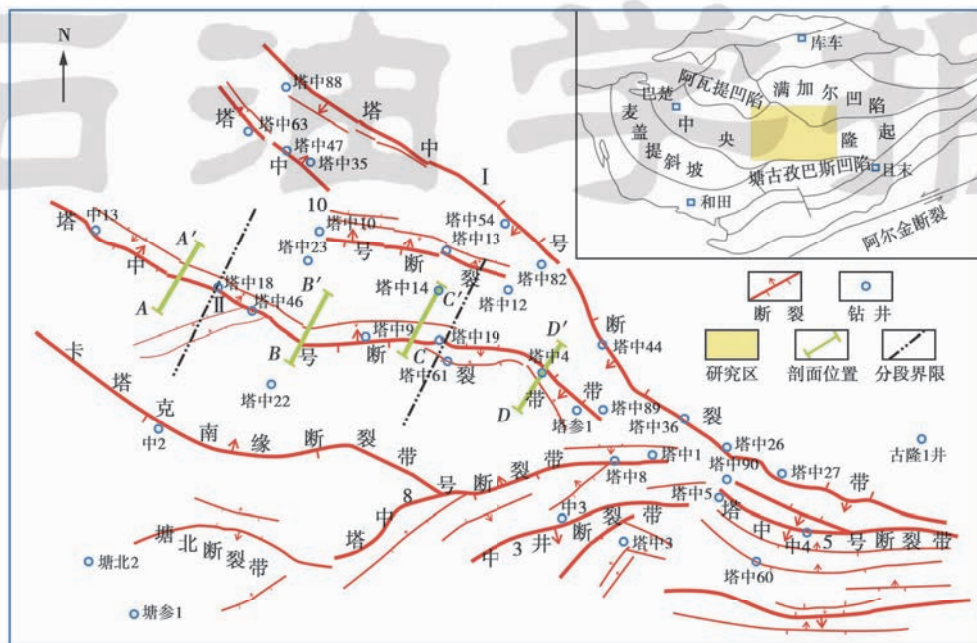


图1 塔中古隆起主要断裂带分布

Fig. 1 Distribution of main fault zones in Tazhong uplift

2 塔中Ⅱ号断裂带构造特征

塔中Ⅱ号断裂带是控制塔中古隆起轴部的断裂带,其规模仅次于塔中Ⅰ号断裂带。从新的地震剖面解释成果看,塔中Ⅱ号断裂带早期发育正断层,形成一系列垒、堑组合;主断裂向上断穿奥陶系,向下在中、下寒武统内滑脱,主断裂上盘发育一条反冲断层,形成断背斜构造(图2)。背斜顶部上奥陶统及志留系一中、

下泥盆统被剥蚀殆尽,形成岩溶高地,之后接受上泥盆统东河塘组沉积,形成了窄的碳酸盐岩潜山带。这表明在上泥盆统沉积前可能有一次大的构造事件,形成了一个重要的不整合面,断裂开始活动时期可能为中奥陶世末,主活动期为海西早期。整体看来,塔中Ⅱ号断裂带变形特征主要表现为断背斜形态,主逆冲断层规模和中寒武统膏盐层的聚集增厚现象在不同地区有明显差异,表明塔中Ⅱ号断裂带存在分段特征。

2.1 断裂带分段特征

塔中18井往西,塔中Ⅱ号断裂带规模较小,主断裂倾向NE,逆冲推覆距离短,没有断穿寒武系膏盐层,具有多期活动的特点。北倾主逆冲断裂下部中寒武统膏盐岩重复增厚现象不明显,其上盘发育一条反冲断层,使得上覆地层形成幅度较小的隆起[图3(a)]。往东,Ⅱ号断裂带规模逐渐变大,主断裂逆冲推覆距离变长,中寒武统膏盐岩增厚明显,基底隆升更大,变形更复杂。北倾主断裂上盘发育多条反冲断层,浅部地层在局部地区发育有正断层。断背斜顶部地层隆起幅度较小,未遭受强烈剥蚀作用[图3(b)]。再往

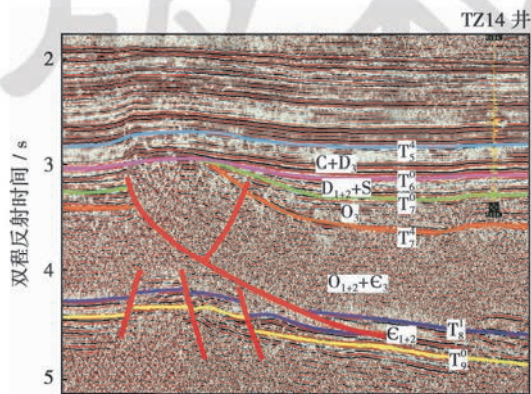


图2 塔中Ⅱ号断裂带典型地震剖面

Fig. 2 Typical seismic profile in No. II fault zone of Tazhong area

东塔中Ⅱ号断裂带规模及主断裂逆冲推覆距离较大,断背斜顶部地层隆起幅度较大,遭受强烈剥蚀作用后形成不整合。主逆冲断裂上盘反冲断裂具有多期活动特征[图 3(c)]。再往东,背斜顶部地层的剥蚀和不整

合面的发育特征更加明显,整体成为潜山—披覆背斜构造,是一类重要的油气勘探领域。

从塔中 19 井往东至塔中 4 井附近,塔中Ⅱ号断裂带主断裂的倾向转换为南倾,主断裂上盘发育次级北

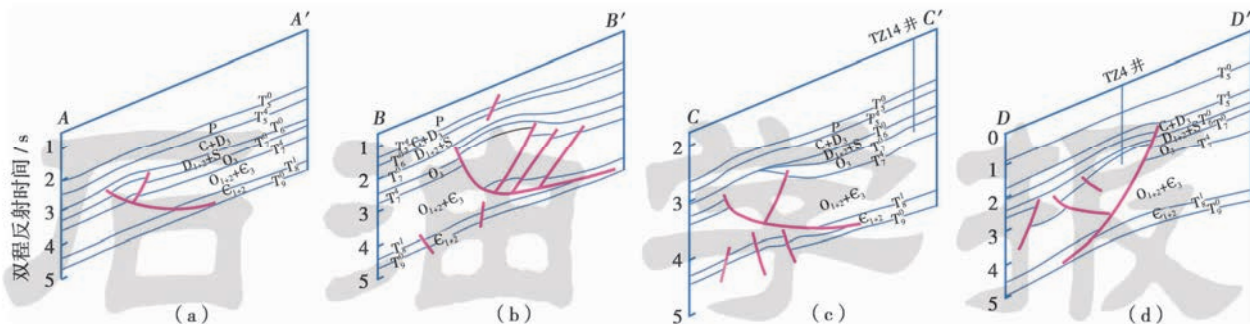


图 3 塔中Ⅱ号断裂带联合剖面

Fig. 3 Combined profiles along No. II fault zone in Tazhong area

倾的反冲断层,两者构成“Y”字形组合[图 3(d)]。断层切割了基底到石炭系的地层,断面陡倾,断距下大上小,推断塔中 4 井区可能经历多期不同性质的构造作用,兼具挤压和走滑的特征,构造变形复杂,断裂带走向在塔参 1 井附近明显发生变化,与塔中Ⅰ号断裂带汇聚。

2.2 断裂带演化特征

从地震剖面解释来看,塔中古隆起在不同的构造演化阶段发生的主要构造变形特征存在明显差异(图 4)。在晚寒武世之前,塔中地区整体处于伸展构造背景,主要发育张性正断层,此时塔中隆起还未开始形成,大部分地区的构造活动都较弱,塔中Ⅱ号断裂带附近发育基底正断层,形成地垒或地堑构造。从晚寒武世开始,受基底断裂的影响,中寒武统膏盐岩在局部地区发生较明显的塑性流动和聚集增厚,并影响了上覆地层的构造变形过程,导致塔中Ⅱ号断裂带沿该地层发生逆冲滑脱,主断裂于中奥陶世末开始发育,并在全区形成 T_7^4 (上奥陶统与中、下奥陶统界面)不整合面。

晚奥陶世,塔中古隆起进入定型期。该时期构造变形主要沿早期断裂带发生,塔中Ⅱ号断裂带继续活动,部分断裂带上盘发育反冲断裂,造成地层抬升并遭受剥蚀,形成 T_7^0 (志留系和上奥陶统界面)不整合面。志留纪—泥盆纪,受阿尔金断隆的强烈隆升作用影响,塔中古隆起中西部地区的 NE 向走滑断裂带开始发育^[9],而 NW 向逆冲断裂带仅是在局部地区进行改造和调整,晚泥盆世沉积了东河塘组砂岩。中—新生代,塔中Ⅱ号断裂带构造活动平稳,基本未发生断裂活动,沉积了基本等厚的中、新生代地层,隆起整体被深埋。

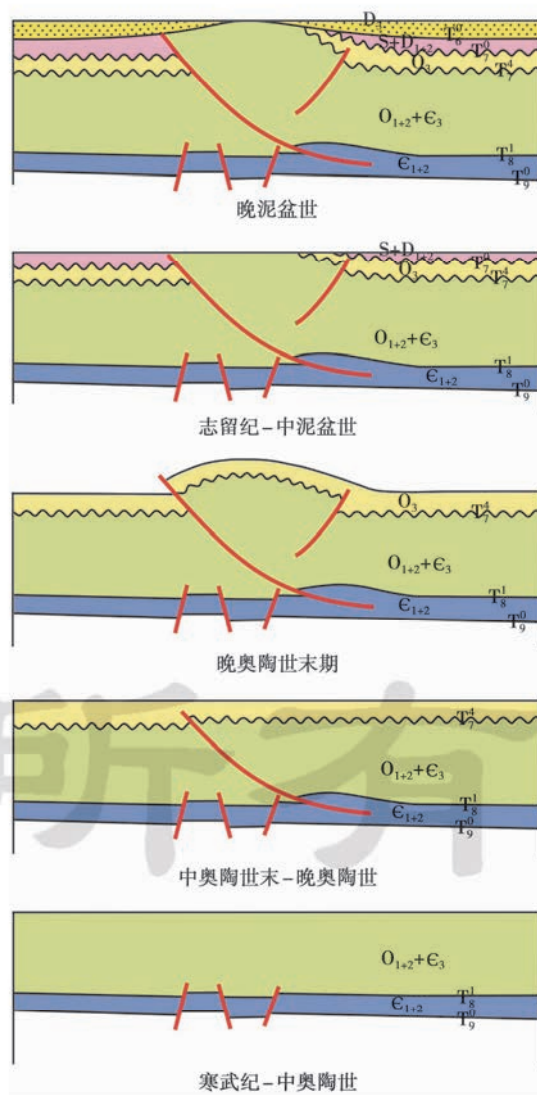


图 4 塔中Ⅱ号断裂带构造演化模式

Fig. 4 Tectonic evolution model of No. II fault zone of Tazhong area

3 油气成藏条件

3.1 烃源岩发育条件

寒武系是塔里木盆地分布面积最广,有机质丰度较高,资源量较大的生油(气)层系^[10]。早—中寒武世,塔中地区处于伸展构造环境,塔中古隆起还未形成,塔中Ⅱ号断裂带发育一系列张性正断层,发育楔状形态的箕状断陷。对塔中地区成藏起重要作用的是中—下寒武统台地相的碳酸盐岩^[10-13]。下寒武统为局限台地相沉积,中寒武统为蒸发泻湖相沉积。该套烃源岩与膏岩密切共生,主要赋存于大套膏岩之下(图5),其岩性主要为深灰、灰黑色含盐、含膏的泥质泥晶白云岩和泥质泥晶灰岩。根据钻井和地震资料显示,这种含膏泥质烃源岩地层的最大厚度可达600 m以上。奥陶系烃源岩对塔中Ⅱ号断裂带成藏贡献较小。

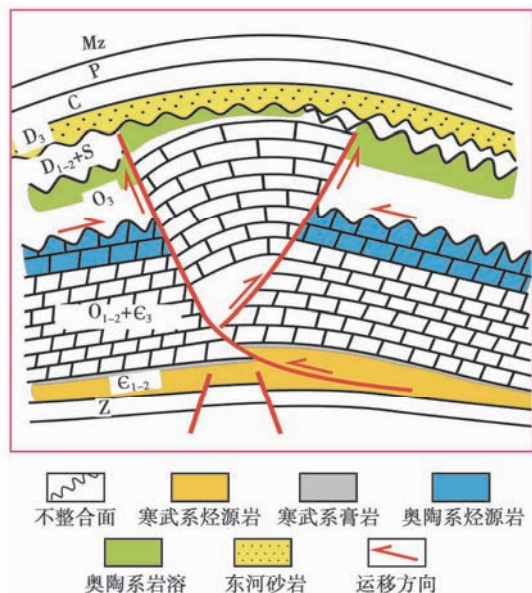


图5 塔中Ⅱ号断裂带油气成藏模式

Fig. 5 Model of reservoir-forming in No. II fault zone of Tazhong area

3.2 圈闭条件

塔中Ⅱ号断裂带在其演化历史中经历了多期不同形式的构造活动,造成圈闭发育具有多类型、多层位和复合叠置的特点。晚奥陶世,塔中Ⅱ号断裂带发生强烈的隆升,其顶部遭受剥蚀形成不整合面,经过长期的暴露淋滤作用后,形成岩溶风化壳,从而可能形成有利于油气聚集的古潜山圈闭。主要分布在塔中Ⅱ号断裂带相对较高的区域,如塔中1井潜山油气藏。该油气藏形成于二叠纪末,油源来自寒武系—奥陶系烃源岩,风化壳顶部遭到微生物的降解形成残余油,印支—燕

山期高成熟的轻质油进入了早期油藏,具有早期成藏多期充注的特征。

3.3 油气输导条件

塔中地区不同构造带的油气性质和来源具有明显差异性,而同一构造带的不同部位却有相似性,说明油气运移以垂向运移为主,而断裂是油气发生垂向运移的主要通道之一。不整合对油气的侧向长距离运移也起到了重要作用。塔中地区广泛发育的断裂和不整合是油气运移的优势通道(图5),在空间上构成了立体的油气输导体系,决定了复杂的油气成藏过程,控制了多层系、多类型的油气复合叠置格局。塔中Ⅱ号断裂带发育加里东中、晚期以及海西早期的不整合面,和断裂一起形成了立体运移网络,对油气运移提供了优越条件。

3.4 储层条件

寒武纪—中奥陶世末,在塔中Ⅱ号断裂带形成岩溶高地,其外围形成岩溶斜坡,形成塔中地区广泛分布的古潜山岩溶地貌。奥陶纪末,随着塔中隆起东部地区整体抬升,奥陶系的巨厚碎屑岩被剥蚀,沿塔中Ⅱ号断裂带高部位出露下奥陶统碳酸盐岩,其西部形成高陡的下奥陶统古潜山和狭长的斜坡,在东部地区形成低缓的山头和南北向的斜坡,在志留系沉积前形成比较宽缓的古潜山斜坡区^[3,8]。古潜山顶面风化壳遭受暴露淋滤作用后,可形成储集性能良好的岩溶型储层。但长期的暴露淋滤作用也可能导致岩溶型储层的缝洞被充填,而致密岩石容易保存下来。钻井结果也证实,塔中地区潜山高部位缝洞多为方解石和砂泥质充填,岩溶储层多已被剥蚀或破坏。但在广阔的古潜山周围斜坡地区,可以形成半充填相、未充填相风化壳型储层,而且不容易遭受剥蚀,后期保存条件较好,有利于形成大面积分布的优质储层。

4 有利勘探目标优选

塔中Ⅱ号断裂带断块发育,是塔中古隆起相对较高的部位,地层剥蚀严重,东河砂岩变薄或缺失。受中寒武统膏云岩段分隔,寒武系发育盐上、盐下两套白云岩优质储层,在盐上斜坡区,受构造翘倾活动影响,可能发育构造或岩性圈闭,而内部的白云岩优质储层可成为良好的勘探目标,其风险主要是盖层条件和油气水界面的确定。塔中Ⅱ号断裂带西部地区,构造相对更稳定,白云岩储层与膏岩盖层的厚度也较大,是塔中寒武系盐下油气成藏最有利的地区。但与盐上白云岩相比,盐下白云岩的勘探可能面临着更大的风险。首先,盐下白云岩储层的埋深较大,储层空间以白云岩埋藏溶蚀型孔、缝为主,相比剥蚀型风化壳,其储集条件要差些。而且,上覆中寒武统的岩性主要为含膏云岩

或白云质膏岩,并非是比较纯的盐岩,从而导致其封堵能力变差。

虽然古潜山高部位可能会形成很好的风化壳岩溶储层,但在经历长期的暴露淋滤作用后,许多优质储层的缝洞容易被充填,而致密岩体容易保存下来,导致储层质量变差,这已被塔中地区许多钻探古潜山的钻井并未钻遇优质储层而得到证实。古潜山围斜带可能保存有较好的岩性,形成各种风化壳岩溶和埋藏岩溶,从而形成优质储层。古潜山围斜带由于上覆有奥陶系或志留系泥岩,其保存条件可能会好于潜山高部位的长期暴露区。另外,围斜带也是油气运移到潜山区的必经之路,因此,塔中Ⅱ号断裂带的油气勘探必须实现从垒带潜山→斜坡高→斜坡低部位勘探认识的转变,在适当的条件下应该向斜坡区转移。

5 结 论

(1) 塔中Ⅱ号断裂带具有明显的分段特征,在不同的区段主逆冲断裂规模不同,自西向东规模逐渐变大,中寒武统膏盐岩增厚现象更为明显,主断裂逆冲推覆距离变长。

(2) 塔中Ⅱ号断裂带演化受到晚寒武世之前张性断裂的控制,主断裂形成于中奥陶世末—晚奥陶世,中—新生代断裂活动平稳。

(3) 受中寒武统膏云岩段分隔,塔中Ⅱ号断裂带寒武系发育盐上、盐下两套白云岩优质储层,在盐上斜坡区,受构造翘倾活动影响,可能会发育构造或岩性圈闭,而内部的白云岩优质储层可成为良好的勘探目标,其风险主要是盖层条件和油气水界面的确定。

(4) 塔中Ⅱ号断裂带普遍发育古潜山圈闭,潜山围斜带由于上覆有奥陶系或志留系泥岩,其保存条件可能好于潜山高部位的长期暴露区,有利勘探领域应向斜坡区转移。

参 考 文 献

- [1] 何登发,贾承造,周新源,等.多旋回叠合盆地构造控油原理[J].石油学报,2005,26(3):1-9.
He Dengfa, Jia Chengzao, Zhou Xinyuan, et al. Control principles of structures and tectonics over hydrocarbon accumulation and distribution in multi-stage superimposed basins[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(3): 1-9.
- [2] 翟光明,王建君.对塔中地区油气条件的认识[J].石油学报,1999,20(4):1-5.
Zhai Guangming, Wang Jianjun. Analysis of petroleum geology in Tazhong region[J]. Acta Petrolei Sinica, 1999, 20(4): 1-5.
- [3] 郭光辉,李启明,张宝收,等.塔中Ⅰ号断裂带折带构造特征及勘探领域[J].石油学报,2005,26(1):27-30.
Wu Guanghui, Li Qiming, Zhang Baoshou, et al. Structural characteristics and exploration fields of No. 1 Faulted Slope Break in Tazhong area[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 27-30.
- [4] 张宗命,贾承造.塔里木克拉通盆地内古隆起及其找油气方向[J].西安石油学院学报:自然科学版,1997,12(3):8-13.
Zhang Zongming, Jia Chengzao. Palaeohighs in craton basin of Talimu and the exploration objectives[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute: Natural Science Edition, 1997, 12(3): 8-13.
- [5] 张振生,李明杰,刘社平.塔中低凸起的形成和演化[J].石油勘探与开发,2002,29(1):28-31.
Zhang Zhensheng, Li Mingjie, Liu Sheping. Generation and evolution of Tazhong low uplift[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1): 28-31.
- [6] 李明杰,郑孟林,冯朝荣,等.塔中低凸起的结构特征及其演化[J].西安石油大学学报:自然科学版,2004,19(4):43-45.
Li Mingjie, Zheng Menglin, Feng Chaorong, et al. Structural characteristics and evolution of Tazhong low uplift[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2004, 19(4): 43-45.
- [7] 吕修祥,胡轩.塔里木盆地塔中低凸起油气聚集与分布[J].石油与天然气地质,1997,18(4):288-293.
Lü Xiuxiang, Hu Xuan. Hydrocarbon accumulation and distribution in Tazhong low uplift of Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(4): 288-293.
- [8] 杨海军,郭光辉,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):26-30.
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): 26-30.
- [9] 李明杰,胡少华,王庆果,等.塔中地区走滑断裂体系的发现及其地质意义[J].石油地球物理勘探,2006,41(1):116-121.
Li Mingjie, Hu Shaohua, Wang Qingguo, et al. Discovery of strike-slip fault system in Tazhong area and geologic meaning[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2006, 41(1): 116-121.
- [10] 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.
- [11] 梁狄刚,张水昌,张宝民,等.从塔里木盆地看中国海相生油问题[J].地学前缘,2000,7(4):534-547.
Liang Digang, Zhang Shuichang, Zhang Baomin, et al. Understanding on marine oil generation in China based on Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 534-547.
- [12] 张水昌,王飞宇,张保民,等.塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究[J].石油学报,2000,21(6):23-28.
Zhang Shuichang, Wang Feiyu, Zhang Baomin, et al. Middle-Upper Ordovician source rock geochemistry of the Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(6): 23-28.
- [13] 赵靖舟.塔里木盆地北部寒武—奥陶系海相烃源岩重新认识[J].沉积学报,2001,19(1):117-124.
Zhao Jingzhou. Evolution on the Cambrian-Ordovician marine source rocks from the north Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 117-124.

(收稿日期 2009-08-30 改回日期 2009-11-20 编辑 熊 英)