文章编号:1673-5005(2011)01-0028-06

塔里木盆地塔中地区卡塔克古隆起演化和沉降-反转史

周爱红[1], 孙 玥[2], 冯 宇[3]

(1. 中国科学院 地质与地球物理研究所,北京 100029; 2. 中国石油大庆塔木察格有限责任公司,黑龙江 大庆 163453; 3. 中国石油工程技术分公司,北京 100007)

摘要:在盆地的构造演化过程中,古隆起是盆地构造演化中特定的构造,其构造演化影响着盆地的油气生成及运聚。根据地震剖面、钻井、测井等资料,对塔里木盆地塔中地区卡塔克隆起构造特征及其反转史进行研究。结果表明:卡塔克隆起多表现为基底卷入式断裂及多个"Y"字型断裂,花状构造样式,多数断裂断至二叠系顶面;卡塔克隆起在震旦—早奥陶世阶段为北倾斜坡,中奥陶世末期塔里木盆地由拉张转为挤压,构造反转,此时卡塔克隆起雏形基本形成,并形成了前述断裂构造样式;晚奥陶—中泥盆世末隆起基本定型,构造形态保持至今;中泥盆世—中新世期间,虽经历了强烈的构造运动,但未改变卡塔克隆起的形态。

关键词:塔里木盆地; 塔中隆起; 古隆起; 沉降-反转史; 构造演化

中图分类号:TE 121.2 **文献标志码**:A doi:10.3969/j.issn.1673-5005.2011.01.005

Evolution and subsidence-tectonic inversion history of Kartake paleo-uplift in Tazhong area of Tarim Basin

ZHOU Ai-hong[1], SUN Yue[2], FENG Yu[3]

(1. *Institute of Geology and Geophysics*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100029, *China*;
2. *PetroChina Daqing Tamtsag*, *LLC*, *Daqing* 163453, *China*;
3. *PetroChina Technical Service Company*, *Beijing* 100007, *China*)

Abstract: Paleo-uplift is a particular structure which was formed during the basin tectonic evolution. Paleo-uplift tectonic evolution impacted on hydrocarbon generation, migration and accumulation in the basin. Tectonic characteristics and inversion history of Kartake uplift in central Tarim Basin were researched on the basis of seismic cross-section, drilling data and logging data. The results show that Kartake uplift displayed more performances for the basement-involved fracture, a number of "Y"-shaped fractures, flower-shaped structure pattern, and the majority of fractures broken down to Permian top. From Sinian to Early Ordovician, Kartake uplift was a northward slope, then at the end of Middle Ordovician, the aforementioned fracture tectonic style formed and the embryonic shape of Kartake uplift basically formed because the stress in the Tarim Basin changed from tension to compression and fractures was inversed. From Late Ordovician to the end of Middle Devonian, uplift shape was set basically, and structural feature was remained so far. Although from Middle Devonian to Miocene was a strong tectonic movement phase, the form of Katake uplift didn't change.

Key words: Tarim Basin; Tazhong uplift; paleo-uplift; subsidence-tectonic inversion history; tectonic evolution

塔里木盆地古隆起广泛发育,不同时期其形态、位置和规模等有所不同,受不同期构造运动的影响也都具有不同的表现形式。古隆起多是地层圈闭集中的地带[1],其本身特征往往直接影响着盆地的油气生成、运聚和分布。早期古隆起部位在后期不同方向的复合构造变形中易于形成断裂变形,既可构成断裂输导网络,也可形成断裂背斜构造带,形成相配套的构造圈闭。因此,笔者对卡塔克古隆起的沉

收稿日期:2010-05-17

基金项目:国家自然科学基金项目(40772077/DD206)

作者简介:周爱红(1976-),女(汉族),山东青岛人,工程师,博士,主要从事石油地质研究工作。

降-反转史进行研究,用于指导该地区油气有利聚集区的勘探。

1　地质概况

塔里木盆地北临天山,南接昆仑山、阿尔金山,是一个范围较大的陆块残余,是古塔里木板块的核心稳定区。前人根据盆地现今基底的起伏形态,将塔里木盆地划分为近东西向的 3 个隆起、4 个坳陷,自北而南依次为库车坳陷、塔北隆起、北部坳陷、中央隆起、西南坳陷、塔南隆起、东南坳陷[2]。卡塔克隆起位于塔里木盆地中央隆起带东部地区,该隆起带的盆地结构是由早古生代早期的离散(裂陷)大陆斜坡边缘、晚古生代克拉通内台地和周缘前陆、中新生代内陆坳陷(低凸起)叠置而成。卡塔克隆起具有“东西分区,南北分带”的棋盘状构造格局[14]。加里东中期—海西早期形成的多个背冲型断裂(背斜)构造带构成了卡塔克隆起南北分带的构造格局(图 1)。

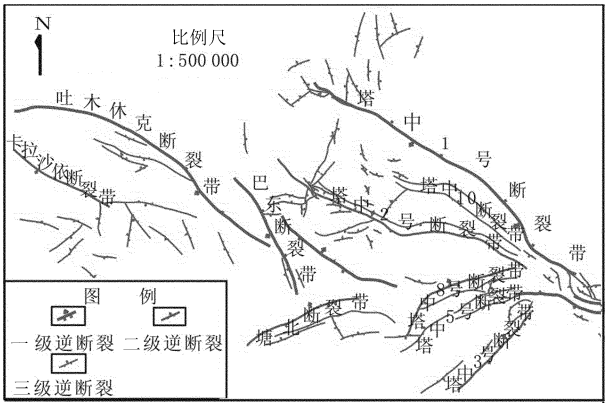


图 1　卡塔克隆起的构造纲要图

(据中石化西部新区指挥部,2007)

Fig. 1　Kartak Paleo-high structure outline map(According to west petroleum exploration headquarter, SINOPEC, 2007)

2　构造层与构造变革期划分

利用地震剖面、钻井、测井等资料,对卡塔克隆起的构造不整合面、地层发育、断裂和褶皱变形等特征进行综合分析,将前震旦系基底之上的沉积盖层在纵向上划分为 3 个一级的构造层序和 4 个二级的构造层序:①下古生界构造层(震旦系—中泥盆统)以上泥盆底 T60 不整合面为界,对应加里东期构造旋回。下古生界构造层自下而上包括以 T81 不整合面为界的中、下寒武统构造层,以 T74 不整合面为界的上寒武统—下奥陶统构造层,以 T70 不整合面为界的中、上奥陶统构造层,以 T60 不整合面为界的志留系—中泥盆统构造层,共 4 个二级构造层序。②上古生界构造层(上泥盆统—二叠系)对应海西期构造旋回。海西早期运动在该区表现十分强烈,形成一系列逆冲断层,并发育背冲断块构造,地壳抬升,遭受强烈剥蚀,塔中凸起基本定型。海西晚期运动在该区表现不明显,局部断裂重新活动。石炭—二叠系超覆沉积在下伏地层之上。③ 上构造层(中—新生界)[3]对应阿尔卑斯构造旋回(包括印支、燕山、喜山期构造旋回)。印支运动也影响到塔中凸起,使该区缺失侏罗系。此后,塔中凸起在构造上一直处于高部位,成为塔里木北部前陆盆地的前隆构造带。下古生界构造层构造变形总体表现为由多个背冲型断裂构造带组成的大型复式台背斜(断背斜),形成了卡塔克隆起南北分带的构造格局,构造轴部(高部位)位于中央断裂背斜带。上古生界构造层构造变形比较简单,地层披覆于下构造层复背斜之上,表现为向东抬升、向北西西倾没的大型鼻状构造。上构造层叠覆在二叠系地层上,为陆相沉积,未变形,表现为向西北倾的单斜构造。

卡塔克隆起的主要变革期在加里东中期和海西早期,发育 T70、T60 等不整合叠合带,其次为 T74 界面的构造变革。卡塔克隆起带的盆地结构是由早古生代早期的离散大陆斜坡边缘、晚古生代克拉通内台地和周缘前陆、中新生代内陆坳陷叠置而成的。

3　断裂特征

前人对塔里木盆地演化进行了深入的研究,取得了许多新的认识和重要进展[4-5]。总结前人对塔里木盆地重磁场资料的研究成果,卡塔克隆起及邻区发育一系列基底隐伏大断裂,基底断裂主要呈 NE、NWW 向两组方向,并且基本上与盖层深大断裂呈一定的继承性。这些断裂规模很大,控制了卡塔克隆起沉积盖层中断裂系的演化和发展。

对卡塔克隆起区域地震剖面构造精细解释发现(图 2),在纵向上,卡塔克地区的主要断裂及相伴生的褶皱主要发育在前石炭纪地层中,除了塔中Ⅱ号断裂由基底向上断至二叠系,其他断裂多数断至 T54 反射界面(二叠系底界),反映卡塔克隆起下构造层断裂、褶皱构造发育。

在剖面上,研究区主要表现为基底卷入式的较高角度逆冲压扭性断裂构造样式,发育多个“Y”字冲断或背冲型断裂及相伴生的断展褶皱,主要逆断裂均发育有与其相向而呈背冲的伴生断层,多构成“两断夹一隆”的花状构造样式,而单个逆冲断裂则多形成断展背斜构造样式(图 2),反映出盖层的断

裂、褶皱变形受基底控制,构造应力自下而上传递的特点。

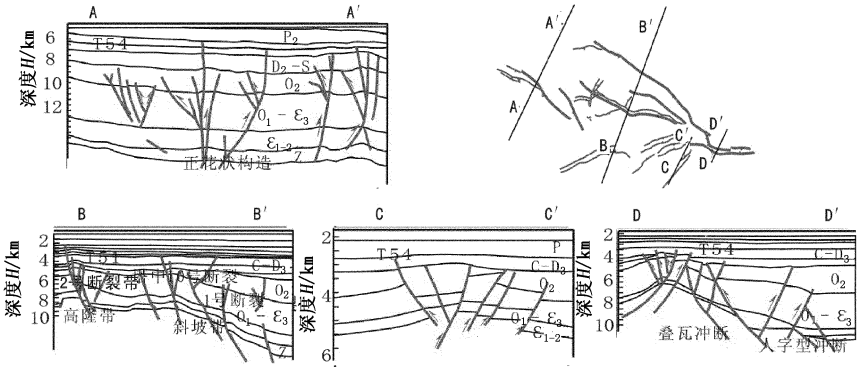


图 2　卡塔克地区断裂体系特征和主要构造样式

Fig. 2　Fracture system features and main structure style in Kartak area

4　古隆起演化和沉降-反转史

盆地沉降史分析是沉积盆地分析中一项最重要的基础研究工作,通过盆地沉降速率和沉积物堆积速率的研究,可以较准确地反映生油层中烃类的成熟度、演化、油气的富集与保存规律[6]。反转构造或称盆地反转这一概念的明确定义出现于 20 世纪 80 年代,相继召开了一些相关国际性会议,随后国内外相关文献大量涌现[7]。反转构造与单一成因的构造(如张性断块、挤压褶皱等)不同,它是由区域构造应力场改变而使先期构造力学性质(如正断层与逆断层)或构造类型(如隆起和拗陷)向相反方向转化的现象,是一种特殊类型的叠加构造。反转构造分为两类:区域应力场从伸展转变为同方向挤压体制下所产生的构造,称为正反转构造;反之则是负反转构造。反转构造作为盆地中的重要构造类型以及它对油气的聚集作用,已成为石油地质界广泛重视的研究课题之一。反转构造是一种良好的油气生成、运移和存储的空间组合,是控制大、中型油气田的主要构造类型[16]。沉降-反转史研究就是想阐释构造体的反转过程并揭示其地质意义。

卡塔克地区的断裂发育演化与隆起的形成演化密切相关,断裂形成早,主要活动期为加里东中晚期和海西早期,且以加里东期为断裂的主形成期。海西期活动的断裂多数利用了老断层,而海西期新形成的断裂规模较小。这些具有挤压走滑性质的断裂将卡塔克隆起下构造层(奥陶系)切成许多断裂构造带,因此走滑逆冲构造变形是卡塔克隆起断裂构造的重要特征。压扭性断裂构造样式、构造演化与分布控制着该地区局部构造圈闭的类型、圈闭形成和展布,断裂性质、几何形态、发育程度(密度)和活动强度(断开层位、断距大小、走滑位移量、活动速率、生长指数等)则控制着卡塔克隆起区寒武系、奥陶系以及志留系、泥盆系地层储层裂缝的形成与分布,主要包括裂缝的性质、方向、开启程度(宽度)、延伸长度、裂缝密度等。

对卡塔克古隆起的形成演化,前人已做了大量的研究并取得了许多重要的成果[2-3,11-13],有效地指导了该地区的油气勘探工作。在前人认识的基础上,充分利用横跨卡塔克隆起的南北向的全盆区域地震大剖面 TZ(塔中),应用沉降史回剥模拟技术[9-10]进行了沉降史回剥模拟、沉降速率的计算和沉降曲线的恢复(图 3)。

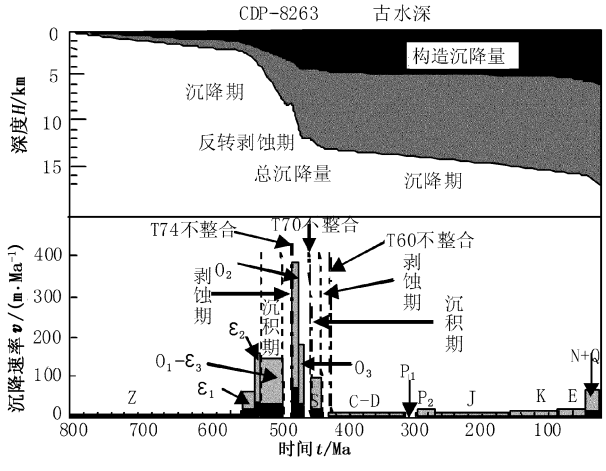


图 3　TZ 剖面某处回剥模拟的沉降曲线和沉降速率

Fig. 3　Subsidence curve and subsidence rate of backstripping simulation at TZ section

回剥法是从已知盆地的现状出发,反推各地层在不同地史阶段的原始沉积厚度,从而恢复地层原貌。回剥流程主要包括:①根据沉积压实原理及其假设,应用测得的孔隙度-深度关系曲线和现今埋

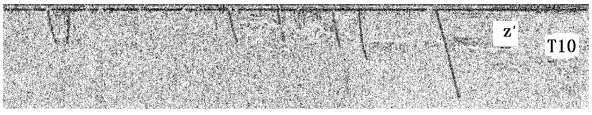
深资料,分别计算出各个地层的骨架厚度;②由计算的骨架厚度,再结合孔隙度-深度曲线,计算出假设各地层埋深为零时的厚度即地层初始厚度;③各个地层(构造层除外)在保持其骨架厚度不变的条件下,从现今地层埋深现状开始,按地质年代逐层剥掉,直至全部地层剥完。

研究表明(图 3),塔中地区早寒武开始初始沉降,沉降速率约 60 m/Ma,沉降曲线呈平缓-陡直状;中寒武期沉降速率开始加快,一直持续到晚寒武至早奥陶末期,沉降速率约 150 ~ 120 m/Ma,沉降曲线呈明显的陡直型,斜率较大;早奥陶末期,研究区进入了第一次的沉降调整,出现构造反转、隆升和剥蚀,形成 T74 构造不整合界面;随后,盆地进入又一次的沉降-沉积充填阶段,沉降速率明显加快,到中奥陶期达 380 m/Ma;晚奥陶期沉降速率变慢,约 180 m/Ma,沉降曲线相对平缓,盆地进入又一期的整体调整,出现较大规模的隆升、剥蚀和沉积间断,形成 T70 构造不整合界面;之后盆地再次沉降,形成志留纪沉积,沉降速率约为 100 m/Ma,志留纪之后,盆地再次整体抬升,并遭受更大范围的剥蚀,形成 T60 不整合面。随后盆地进入缓慢沉降阶段,沉积了石炭、泥盆、晚二叠、三迭、白垩、第三系等地层,沉积速率不足 20 m/Ma。总体看来,塔中地区沉降的阶段性十分明显,寒武纪以前为初沉降阶段,总沉降和构造沉降均较小,沉降曲线较平缓;寒武纪至志留纪时期为快速沉降阶段,沉降速率大,沉降曲线陡直,沉降过程又可进一步划分出 3 个阶段,阶段之间由一构造隆升、剥蚀界面所分隔;石炭纪以后为缓慢沉降阶段,构造活动基本停止,总沉降速率也较小,沉降曲线平缓。

用沉降史回剥模拟、地质平衡剖面制作(进行了去压实、剥蚀量和古水深的校正)和地震层拉平构造演化剖面的制作等综合分析技术恢复了卡塔克隆起的形成演化历程,在前人认识的基础上,根据各时期构造作用、沉积环境的变化,将卡塔克隆起形成演化初步划分为 6 个阶段。

(1)震旦纪时期。与其两侧坳陷相比震旦系要薄,表明塔里木运动已经造成了该区平缓隆起的背景,因而具有基底隆起的性质,在此背景下震旦系主要表现为北倾斜坡,向南尖灭于低隆起上(图 4(a))。

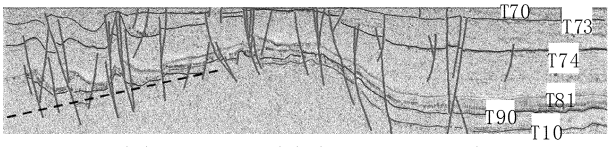
(2)寒武纪—早奥陶世阶段。寒武纪—早奥陶世隆起幅度较小:早寒武世发育海进体系域;中寒武世属于台地相区的一部分,是高构造部位;晚寒武世—早奥陶世为局限台地相白云岩。地层中发育张性断裂,盆地处于拉张断陷期。研究区为一被动大陆边缘的浅海碳酸盐岩台地,处于拉张的离散大陆边缘环境(图 4(b)),斜坡总体向北倾。向南逐渐抬高,早期发育有断陷充填-离散断裂大陆边或斜坡。



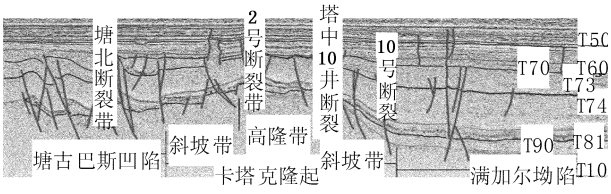
(a) 震旦纪时期总体向北倾斜坡

(b)寒武纪—早奥陶世为离散大陆边缘环境

(c)中奥陶世末期，断裂正反转控制古隆起的形成
(早期张性正断层T74构造变革期断裂开始反转)



(d)晚奥陶世末，古隆起主要形成期，基本定型



(e) 现今古隆起形态

图 4　结合地震资料解释及层拉平所得到的塔中卡塔克隆起构造发育剖面图

Fig. 4　Structural evolution map of Kartak paleo-high in Tazhong uplift, according to seismic interpretion and flattening technique

(3)早奥陶世晚期—中奥陶世末期阶段。由 T74 界面的构造古地貌再造看出,此时形成了由河田河东古隆起和卡塔克古隆起组成、西高东低、西宽东窄的中央古隆起带。可划分出断隆高地、断隆平台、台隆边缘斜坡等构造地貌单元或地貌带。北侧台隆边缘斜坡由一号断裂坡折带控制,而南侧的台隆边缘斜坡与卡塔克隆起的南缘断裂带的活动有关。在沉积古地理上存在的明显差异是:北侧台隆边缘斜坡向北与深海环境相对,而南斜坡向南过渡

为相对浅的海湾或陆棚环境;南缘斜坡带是一个相对宽的浅水台地,而北侧的一号断裂坡折形成一个较陡的高能斜坡。但是,T74 界面形成期出现过大面积的暴露和局部剥蚀,海平面可能下降到满加尔大陆斜坡之下。塔里木盆地由被动大陆边缘转为主动大陆边缘,构造作用从拉张环境转为挤压环境,构造反转[11],T74 构造变革期断裂开始,反转断裂分布样式控制古地形加里东中期Ⅰ幕构造运动,使卡塔克地区隆升并遭受剥蚀,早奥陶世晚期—中奥陶世沉积地层在隆起的高部位缺失,此时卡塔克隆起已具雏形(图 4(c))。隆起形态不对称,此时隆起西高东低、南高北低,北翼陡南翼缓,北翼(斜坡)褶皱变形弱、南翼(斜坡)褶皱变形强。

(4)晚奥陶世末期。该期卡塔克隆起已十分明显,T70 不整合界面是中加里东期一次强烈的构造变革形成的,在卡塔克隆起带造成了强烈的隆升和剥蚀作用。此时期为卡塔克隆起形成的主要时期,隆起基本定型,此时隆起东高西低、北高南低;加里东中期Ⅱ幕构造运动的作用强烈,卡塔克隆起大幅度隆升,在隆起上,中晚奥陶世沉积地层遭受不同程度的剥蚀直至剥蚀殆尽,志留系地层角度不整合于中晚奥陶世不同层位甚至下奥陶世地层之上,形成了一个巨大的区域不整合面,在卡塔克地区的所有不整合面中,其剥蚀厚度为最大,剥蚀厚度在 300 ~ 1 200 m, 说明该时期为总体隆起抬升剥蚀;形成明显向南倾斜的斜坡,可能与东昆仑-阿尔金周缘前陆挤压挠曲有关(图 4(d))。

(5)中泥盆世末期。在 T60 不整合面之下,塔中地区绝大多数地方都缺失下泥盆统和上志留统地层,局部甚至于将志留系地层完全剥蚀,使 T60 界面与 T70 界面叠合,局部地区奥陶系的地层也遭受剥蚀,使泥盆系东河砂岩直接覆盖于奥陶系地层之上,这是因为海西早期构造运动使隆起东部大幅度隆升,志留系和泥盆系遭受强烈剥蚀,大部分地区志留系和泥盆系被剥蚀殆尽。卡塔克隆起总体构造形态呈一向西北倾没的鼻隆,东高西低,卡塔克隆起定型[12],这种构造形态一直保存至今,海西早期强烈的褶皱变形对志留系地层的改造、保存有着直接的作用[13]。上泥盆统—二叠系平缓地披覆于下伏地层之上,表现为向东抬升、向西北倾没的大型鼻状构造,该期构造变形微弱,未发生明显的褶皱和断裂作用,表明卡塔克隆起早海西期之后构造活动相对稳定。海西晚期由于挤压后效应作用造成了隆起局部地方的松弛伸展,火山岩沿断裂带活动[14-15],如沿隆起高部位的Ⅱ号断裂带火山岩发育。

(6)中—新生代阶段,构造活动较弱,中新生代地层叠覆在二叠系地层之上,表现为向西北倾的单斜构造(图 4(e))。

总之,卡塔克隆起加里东和早海西期的断裂构造样式是由北西西向、近东西向和北东向两组断裂体系相交错而形成的。加里东期的断裂主要是在早期的拉张断裂挤压下反转而形成的,走向以北西西和近东西向的断裂为主。北西西-近东西向断裂系发育相对较早,部分主要断裂从震旦纪到早寒武世开始发育,以张性或张扭性北倾断裂为主。可能受到早古生代满加尔裂陷——阿尔金古洋的离散扩张的制约。早加里东期北昆仑洋的闭合、中昆仑地块与塔里木盆地的挤压碰撞,导致了卡塔克隆起带断裂体系的挤压反转,并随着阿尔金洋的关闭和早海西的碰撞挤压,阿尔金走滑带的形成叠加了北东向的压扭性断裂和伴随的隆起构造。盆地的反转是从早奥陶世末构造变革期开始的,北西西向的断裂为主体,形成以北倾“Y”字型背冲、基底卷入式反转断裂为主的断隆构造带。东段北东向断裂系为南倾的挤压、压扭基底卷入式冲断或背冲断隆、断褶带,在 T70 界面形成期强烈挤压和压扭。两组断裂在东端叠加收敛,强烈断隆和剥蚀。

5 结 论

(1)卡塔克隆起多表现为基底卷入式断裂及多个“Y”字型断裂,花状构造样式。

(2)卡塔克隆起形成从震旦—早奥陶世阶段为北倾斜坡,中奥陶世末期,塔里木盆地由拉张转为挤压,断裂反转,形成了前述断裂的构造样式,此时卡塔克隆起雏形基本形成;晚奥陶—中泥盆世末,隆起基本定型,构造形态一直保持至今;中泥盆世—中新世期间虽经历了强烈的构造运动阶段,但未改变卡塔克隆起的形态。

参考文献:

[1] 牟泽辉,杨克明,肖朝晖,等. 塔里木盆地非构造圈闭特征[J]. 石油与天然气地质,1995,16(4):348-352.
MOU Ze-hui, YANG Ke-ming, XIAO Zhao-hui, et al. Characteristics of non-structural traps in Tarim Basin[J].

Oil & Gas Geology, 1995,16(4):348-352.

[2] 王子煜,陆克政,漆家福,等. 塔里木盆地塔中凸起的构造演化及其与油气藏的关系[J]. 石油学报,1998,22(4):14-17.
WANG Zi-yu, LU Ke-zheng, Qi Jia-fu, et al. Relation between tectonic evolution and oil gas reservoir in Tazhong uplift of Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 1998,22(4):14-17.

[3] 张宗命. 初论塔里木盆地构造中央隆起带地层系统与构造演化[C]//童晓光,梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992:83-102.

[4] 童晓光,梁狄刚,贾承造,等. 塔里木盆地石油地质研究新进展[M]. 北京:科学出版社,1996.

[5] 张小兵,赵锡奎. 塔里木盆地塔中构造演化与志留系油气关系[J]. 天然气勘探与开发,2004,27(2):11-15.
ZHANG Xiao-bing, ZHAO Xi-kui. Relationship between Tazhong tectonic evolution and Silurian hydrocarbon distribution in Tarim Basin[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2004,27(2):11-15.

[6] 朱同兴,黄志英,尹福光. 楚雄中生代前陆盆地的构造沉降史研究[J]. 沉积与特提斯地质,2000,20(4):20-30.
ZHU Tong-xing, HUANG Zhi-ying, YIN Fu-guang. Misozoic tectonic subsidence in the Chuxiong foreland basin, Yunnan [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2000,20(4):20-30.

[7] 周祖翼. 反转构造[J]. 地质科技情报, 1994,13(1):3-11.
ZHOU Zu-yi. Inversion tectonics: progress and prospects [J]. Geological Science and Technology Information, 1994,13(1):3-11.

[8] 刘新月,常波涛,孙连浦,等. 反转构造的反转程度及其与油气聚集的关系[J]. 油气地质与采收率,2006,13(2):53-55.
LIU Xin-yue, CHANG Bo-tao, SUN Lian-pu, et al. Reversal degree of reversal structures and its relation with hydrocarbon accumulation [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006,13(2):53-55.

[9] WATTS A B, RYAN W B F. Flexure of the lithosphere and continental margin basins [J]. Tectonophysics, 1976,36(1):25-44.

[10] ALLEN P A, ALLEN J R. Basin analysis principles and application [M]. London: Blackwell Scientific Press, 1990.

[11] 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 Xiu-xiang, HU Xuan. Hydrocarbon accumulation and distribution in Tazhong low uplift of Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 1997,18(4):288-293.

[12] 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):8-14.
ZHANG Zong-ming, JIA Cheng-zao. Palaeohighs in craton basin of Tarim and the exploration objectives [J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute(Natural Science Edition), 1997,12(3):8-14.

[13] 张小兵,赵锡奎. 塔里木盆地塔中隆起构造演化与油气关系[J]. 沉积与特提斯地质,2004,24(2):70-74.
ZHANG Xiao-bing, ZHAO Xi-kui. Tectonic evolution and its bearings to the oil and gas with in the central Tarim uplift of the Tarim Basin, Xinjiang [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2004,24(2):70-74.

[14] 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.

[15] 李德生. 塔里木盆地油气勘探前景[J]. 新疆石油地质,2001,22(2):91-92.
LI De-sheng. Oil and gas exploration potential of Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2001,22(2):91-92.

[16] 沈华,陈发景,尹微. 伸展构造体系中反转构造研究[J]. 特种油气藏,2005,12(1):23-26.
SHEN Hua, CHEN Fa-jing, YIN Wei. Inversion structure in expanding structure system[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2005,12(1):23-26.

(编辑　徐会永)