

文章编号:0253-9985(2012)01-0030-07

塔里木盆地雅克拉断凸中生界底界不整合及其油气勘探意义

罗小龙^{1,2,3}, 汤良杰^{1,2}, 谢大庆⁴, 罗双涵⁵, 蒋华山⁴, 杨勇^{1,2}, 陈绪云⁴

(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. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434023; 4. 中国石化 西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011; 5. 中国石油 新疆油田分公司 第二采油厂, 新疆 克拉玛依 834008)

摘要:雅克拉断凸中生界底界是一个长期发育的重要不整合面,其上、下地层差异变形很大。通过解释雅克拉断凸三维地震资料,并结合钻井、区域地质资料以及该地区地层展布特征,依据不整合的成因机制及其形态的主控因素,将与该反射界面有关的不整合类型划分为非整合、削截、超覆和岩溶不整合。非整合主要分布在东、西部,其所在地区中生界下伏地层被全部剥蚀,分布最广;削截不整合的单斜区、皱褶区和断皱区从西至东依次分布于中、西部区域;超覆不整合沿雅克拉断凸南翼分布;岩溶不整合主要分布在上古生界被全部剥蚀而出露碳酸盐岩的中、西部区域。不整合对油气成藏有重要意义,既可作为油气运移的良好通道,也可改善储集层条件,还可形成大量圈闭。综合分析各类不整合特征及其分布规律,发现其因该地区“东强西弱”构造变形强度所导致。

关键词:中生界底面;不整合;圈闭;雅克拉断凸;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Mesozoic bottom boundary unconformity and its significance for hydrocarbon exploration in the Yakela faulted uplift, Tarim Basin

Luo Xiaolong^{1,2,3}, Tang Liangjie^{1,2}, Xie Daqing⁴, Luo Shuanghan⁵, Jiang Huashan⁴,
Yang Yong^{1,2} and Chen Xuyun⁴

(1. State Key Laboratory for Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. School of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China; 4. SINOPEC Northwestern Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 5. The Second Production Plant, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 834008, China)

Abstract: Mesozoic bottom boundary in Yakela Faulted uplift is an important unconformity developed for a long geologic time, and its overlying and underlying formations are quite different in deformation manner. Based on interpretation of 3D seismic data in the Yakela faulted uplift, combining with well data, regional geology and regional strata distribution characteristics, the types of unconformities related to this reflector can be divided into nonconformity, truncation unconformity, overlap unconformity and karst unconformity according to their formation mechanisms and main factors controlling geometry. The nonconformities mainly occur in the eastern and western parts, where the pre-Mesozoic deposits were denuded completely. The monocline area, fold area and fault-fold area of truncation unconformity exist in the middle and western parts of the Yakela faulted uplift from west to east. The overlap unconformity distributes along south limb of the Yakela faulted uplift. The karst unconformity mainly distributes in the central and western parts, where the upper Palaeozoic was eroded completely and car-

收稿日期:2011-08-23;修订日期:2011-12-10。

第一作者简介:罗小龙(1974—),男,博士研究生,含油气盆地构造解析。

基金项目:国家自然科学基金项目(40972090,40672143);国土资源部全国油气资源战略选区调查与评价国家专项(2010GYXQ02-05);国家科技重大专项(2008ZX05002-003-001HZ);中国石化西北油田分公司项目(KY2010-S-053,KJ2008-29)。

bonates expose. The unconformities are of great significance for hydrocarbon accumulation as they can act as migration pathway, improve reservoir conditions and create lots of traps. Comprehensive analysis of the characteristics and distribution patterns of various unconformities in this area reveals that they are the results of tectonic deformations strong in the east and weak in the west of the Yakela faulted uplift.

Key words: Mesozoic bottom boundary, unconformity, trap, Yakela faulted uplift, Tarim Basin

不整合是一种较为普遍的地质现象,因其特殊的纵向结构使得它与油气藏关系密切。据统计,世界已发现的油气约30%与不整合有关^[1]。塔里木盆地不整合对油气藏有重要的控制作用^[2-4]。雅克拉断凸面积虽小但油气资源丰富,对于该地区的不整合特征,前人做过不少研究。艾国华等认为该地区发育削截、超覆不整合且含油气丰富^[5-7];张一伟等认为该地区中生界与下伏地层在早二叠世末期发生明显不整合,并通过计算得出剥蚀量约为500~1 000 m^[8-9];孙晓猛等认为该地区存在9个重要不整合面^[10];刘景彦等认为该地区形成了中泥盆世末、奥陶纪末和中奥陶世末叠合不整合分布区,且在边界附近存在不整合三角带^[11];丁文龙等认为本研究区存在Z/AnZ, ϵ /An ϵ , D₃/AnD₃, T/AnT, J/AnJ, K₁kp/An(K₁kp), K₁bs/An(K₁bs), E/AnE, N₁j/An(N₁j), N₂k/An(N₂k), Q/AnQ区域不整合^①。随着该地区勘探深入和资料不断丰富,对雅克拉断凸关于不整合的研究还有必要进一步搞清楚,如该地区发育哪些不整合类型,具有怎样的分布特征与规律,与油气藏存在怎样的关系。

本文通过解释三维地震资料,并结合钻井、区

域地质资料及地层展布特征,揭示出该地区不整合类型及其分布特征和规律,分析了不整合控藏特点,指出了哪些不整合面叠合在一起,拟为该地区的油气勘探拓宽思路。

1 地质背景

雅克拉断凸位于塔里木盆地北部,西起沙西凸起,东至库尔勒鼻凸,北以亚南断裂与库车坳陷隔开,南界轮台断裂与哈拉哈塘凹陷、阿克库勒凸和草湖凹陷起相邻,是塔里木盆地沙雅隆起的一个次级构造单元,近东西走向,长约480 km,南北宽约90~110 km(图1)。雅克拉断凸是塔里木盆地含油气丰富的地区,具有双向油气来源^[12-13],自1984年沙参2井取得海相古生界重大突破以来,目前已在永丰庄、三道桥、大涝坝、雅克拉、牙哈、轮台等地区发现油气田,其中以气田居多^①。该地区构造演化阶段主要经历了加里东期缓慢、稳定隆升,海西-印支期大幅度抬升并遭受强烈剥蚀,燕山中、晚期-喜马拉雅早期处于伸展环境,其后稳定发展至喜马拉雅晚期定型^[13-14],整体表现出“东强西弱”的变形特

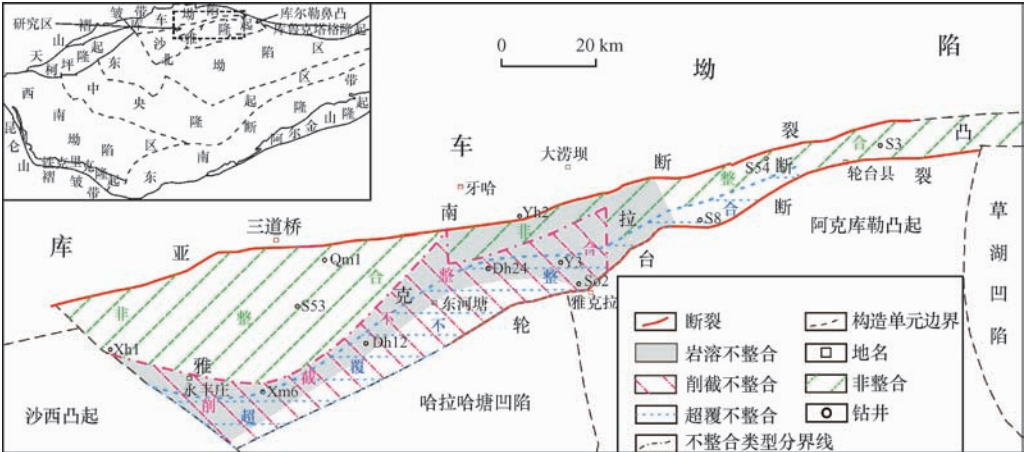


图1 塔里木盆地雅克拉断凸中生界底面不整合类型分布

Fig. 1 Distribution map of different types of Mesozoic bottom boundary unconformities in the Yakela Faulted uplift, Tarim Basin

① 丁文龙. 天山南断裂构造特征及构造演化. 中国石化西北分公司勘探开发研究院, 2008.

表 1 塔里木盆地雅克拉断凸部分钻井缺失地层(井位置见图 1)

Table 1 Strata absent in some wells in the Yakela Faulted uplift (well location in Fig. 1)

井 名	Xh1	Xm6	Qm1	Dh12	Dh24	Yh2	Y3	Sc2	S8	S53	S54	S3
侏罗系	0	0	0			0				0	0	0
三叠系	0	0	0		0	0			0	0	0	0
二叠系	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石炭系	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
泥盆系	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
志留系	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
奥陶系	0		0			0	0		0	0	0	0
寒武系			0			0			0	0	0	0
震旦系			0			0			0	0	0	0

注:0 表示缺失地层。

征^[15-16]。该地区下古生界碳酸盐岩发育,主要有震旦系、寒武系和奥陶系^[7, 17-20],东部碳酸盐岩层系被全部剥完,中、西部残存碳酸盐岩层系仍是重要储层。

2 不整合类型

不整合分类划分标准不同其结果也不一样,经典的分类方案依据上、下地层产状分为平行不整合与角度不整合,如此分类比较笼统,没有反映出不整合的成因及形态控制因素。雅克拉断凸中生界底面是长期发育的重要不整合面(表 1),该不整合面之下地层或被削截,或被整体抬升剥蚀,之上三叠系和侏罗系只在轴部南翼有薄层沉积,大部缺失,因此该界面也是多期不整合的叠合面(表 1)。本文依据不整合的成因机制及其形态的

主控因素,通过对该地区的三维地震资料进行构造解析,划分了非整合、超覆、削截和岩溶四类不整合,其中非整合分布最广。

2.1 非整合

沉积岩与变质岩或岩浆岩体之间的不整合,称为“异常不整合”或“非整合”,代表古老基底经受了长期的暴露、风化、剥蚀之后接受再沉积的演化历史。由于岩浆岩或变质岩缺乏层理,不能用平行或是不平行来描述,所以称为非整合(nonconformity)^[21]。非整合因研究区古生界和震旦系在加里东、晚期和海西晚期构造运动过程中大幅度隆起,被全部剥蚀完后变质岩基底出露地表也遭受剥蚀,之后中生界沉积在该基底上形成。地震剖面上界面反射能量很弱甚至是杂乱反射(图 2a),属于沉积成因。

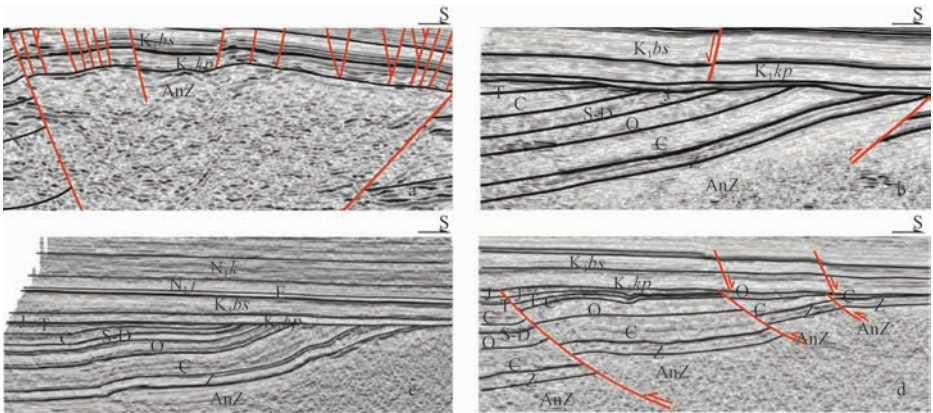


图 2 塔里木盆地雅克拉断凸不整合类型

Fig. 2 Unconformity types in the Yakela Faulted uplift, Tarim Basin

a. 非整合;b,c,d. 差异变形环境下的削截不整合

2.2 削截不整合

削截不整合较为复杂,有早期古生代地层在加里东中、晚期和海西晚期因发生掀斜而形成单斜区(图2b),还有因该时期较强的构造运动导致地层褶皱甚至断裂而形成的褶皱区和断褶区(图2c,2d),地势高的一端因风化剥蚀作用导致地表呈水平或近水平形态,之后燕山中、晚期和喜马拉雅山期再次接受沉积形成不整合。地震剖面上界面反射清楚,不整合面上、下地层同相轴有呈较为明显的角度相交。

2.3 超覆不整合

该类不整合因古生界和震旦系在加里东中、晚期和海西晚期大幅度隆升遭受剥蚀后形成古斜坡,之后三叠系与侏罗系沿其上超而形成。侏罗系与三叠系在雅克拉断凸的分布区域基本相同,皆为自南而北逐渐减薄至尖灭,只是前者范围略大于后者。界面反射波与下伏地层反射近于平行,这也是它与削截不整合的区别,界面之上的反射逐层向斜坡上端超覆尖灭^[22](图3)。

2.4 岩溶不整合

雅克拉断凸震旦系、寒武系和奥陶系发育碳酸盐岩,之后虽有碎屑岩地层覆于其上,但经加里东中、晚期和海西晚期构造运动挤压抬升,在印支期上覆地层被剥蚀殆尽,碳酸盐岩地层出露地表,

经岩溶作用改造后地表凹凸不平^[23],之后被中、新生界覆盖形成岩溶不整合,地震剖面上不整合面界面反射清楚(图4)。

3 不整合分布

3.1 不整合分布特征

雅克拉断凸中生界底面是该地区长期发育的重要不整合面,发育非整合、削截、超覆和岩溶不整合(图1)。

①非整合主要分布于雅克拉断凸东、西部地区,西部地区起始于震旦系尖灭处,终止于研究区北界,东部仅S8井以西南翼为超覆不整合,其余皆为非整合,是分布最广的一类不整合。

②削截不整合分布于雅克拉断凸中、西部地区南翼,起始于该地区南界,西部终止于震旦系尖灭处,中部终止于一断裂处,该断裂以北震旦系被剥蚀完毕(图2d,图1)。

③超覆不整合沿雅克拉断凸南翼从西至东皆有分布,起始于研究区南界,终止于三叠系或侏罗系尖灭处,与削截和岩溶不整合存在重叠区,原因是三者成因机制差异导致,超覆不整合属沉积成因,削截不整合属构造成因,岩溶不整合属构造和岩溶共同作用而成^[22]。

④岩溶不整合分布于雅克拉断凸中、西部,起始于该地区奥陶系尖灭处,终止于震旦系尖灭处,与其他3类不整合皆存在重叠区,亦是成因机制不同导致,非整合属沉积成因,其它特征与③相同。

⑤雅克拉断凸全区缺失志留系与泥盆系,因此 D_3/AnD_3 与中生界底界不整合面全区叠合;非整合分布区 Z/AnZ 、 $\epsilon/An\epsilon$ 、 D_3/AnD_3 、 T/AnT 、 J/AnJ 与中生界底界不整合面叠合;超覆不整合分布区中、西部 D_3/AnD_3 与中生界底界不整合面叠合,东部下古生界同震旦系一起被剥蚀殆尽,该区 Z/AnZ 、 $\epsilon/An\epsilon$ 、 D_3/AnD_3 与中生界底界不整合面叠合。

3.2 不整合分布规律

图2b—d皆为削截不整合,从中可看出不整合面之下的地层特征有单斜、褶皱和断褶,它们依次从西至东分布。从构造运动来看,削截不整合单斜区没有经历过强的构造运动,削截不整合褶皱区因较强的构造运动导致不整合面下伏地层发生褶皱;而削截不整合断褶区是强烈的构造运动导致地层褶皱变形及至断裂。依据钻井资料和区

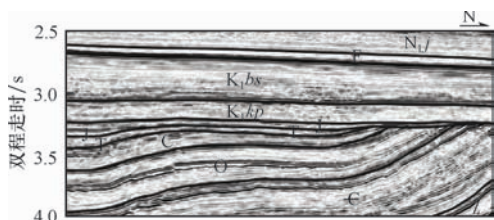


图3 超覆不整合

Fig. 3 Overlap unconformity

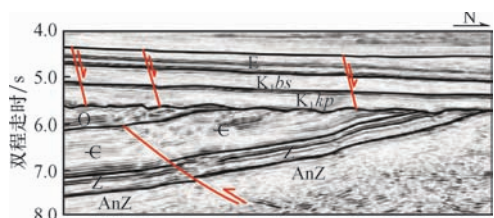


图4 岩溶不整合

Fig. 4 Karst unconformity

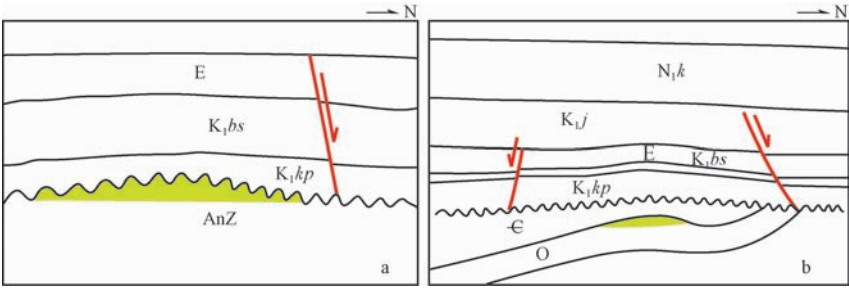


图 5 油气藏剖面示意图

Fig. 5 The sketch map for hydrocarbon accumulation

a. 潜山油气藏; b. 潜山内幕背斜油气藏

域地质资料,雅克拉断凸上的侏罗系与三叠系分布区域虽不小(图 1),但其总厚度较薄且分布不均。近东部地区两者厚度和不超过 60 m,且仅沿该区南边界分布,呈狭长区块;中部靠近雅克拉地区南边界其厚度和超过 100 m,西部东河塘地区其厚度和超过 400 m,都是从南边界向北逐渐减薄至尖灭。依据区域地质资料、钻井资料、地震反射剖面 and 前人研究成果^[24-25],下古生界在雅克拉断凸全区发育,东部因强烈构造运动导致下古生界及震旦系大幅度抬升后被全部剥蚀殆尽,中生界直接覆盖于前震旦系基底上形成非整合,中、西部构造运动不如东部强,经抬升剥蚀与岩溶作用后残存的古生界碳酸盐岩地层形成了岩溶不整合。综合上述分析,中生界底界不整合分布与地质历史时期的构造运动紧密关联,该地区“东强西弱”构造变形导致不整合如此分布。

4 不整合与油气藏的关系

不整合控藏作用主要体现在:一是可作为良好的油气运移通道,二是改善了储集层条件,三是在不整合面上、下可形成大量圈闭^[2-3, 19, 26-27]。①雅克拉断凸中生界底界不整合面之上为一层薄砂体,不整合面之下的碳酸盐岩层系可形成岩溶带,碎屑岩层系则形成半风化带,三者都具良好孔渗性,岩溶不整合可作为良好的油气运移通道。雅克拉断凸中生界多数油气藏的油源来自北部库车坳陷的三叠系-侏罗系陆相烃源岩,其运移通道就是中生界底界不整合,如英买 6 井古近系牵引背斜油藏和雅克拉油气田的侏罗系、白垩系潜山披覆背斜油气藏等皆为这种成藏模式。②不整合是沉积间断,在其形成过程中,下伏岩层生成大

量风化裂隙和溶蚀孔洞,形成厚度较小的高孔渗的风化壳,具良好储集空间^[2],如沙 4 井和沙 44 井碳酸盐岩储层。③非整合可形成潜山油气藏和潜山内幕背斜油气藏等(图 5),如沙 53 井属于前者;削截不整合可形成削截不整合圈闭、断层遮挡圈闭和断背斜圈闭等^[28],如沙 4 井属于断层遮挡油气藏;超覆不整合可形成超覆不整合油气藏。

5 结论

- 1) 雅克拉断凸不整合发育,中生界底面是一个长期发育的重要不整合面,依据不整合成因机制及其形态的主控因素,将其划分为非整合、削截、超覆和岩溶不整合,部分地区与 Z/AnZ, ϵ /An ϵ , D₃/AnD₃, T/AnT, J/AnJ 不整合面叠合在一起。
- 2) 非整合主要分布在中生界下伏地层被全部剥蚀的区域,东、西部皆有,分布最广,削截不整合单斜区、皱褶区和断皱区从西至东依次分布于中、西部区域,超覆不整合沿雅克拉断凸南翼分布,岩溶不整合主要分布在上古生界被全部剥蚀而出露碳酸盐岩的中、西部区域。该地区东强西弱的变形特征决定了不整合的分布特征。
- 3) 不整合与油气藏关系密切,中生界底界不整合面可作为良好的油气运移通道,可改善储集条件,其上、下可形成多种类型圈闭,是有利的勘探层位。

致谢:本文在撰写过程中得到了余一欣、金文正老师和万桂梅博士的悉心指导与帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

[1] Fritz R D, Wilson J L, Yurewicz D A. Paleokarst related hydro-

- carbon reservoirs [M]. New Orleans: SEPM Core Workshop, 1993.
- [2] 何登发. 塔里木盆地的地层不整合面与油气聚集[J]. 石油学报, 1995, 16(3): 14-21.
He Dengfa. Unconformities and oil and gas accumulation in Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 1995, 16(3): 14-21.
- [3] 周小军, 林畅松, 刘景彦, 等. 塔里木盆地主要构造不整合的分布特征及其与对油气成藏的控制作用[J]. 新疆石油天然气, 2006, 2(1): 1-4.
Zhou Xiaojun, Lin Changsong, Liu Jingyan, et al. Distribution and pattern of major tectonic unconformities in the Tarim Basin and the relationship between gas-oil reservoir and these unconformities [J]. Xinjiang Oil & Gas, 2006, 2(1): 1-4.
- [4] 何碧竹, 许志琴, 焦存礼, 等. 塔里木盆地构造不整合成因及对油气成藏的影响[J]. 岩石学报, 2011, 27(1): 253-265.
He Bizhu, Xu Zhiqin, Jiao Cunli, et al. Tectonic unconformities and their forming: Implication for hydrocarbon accumulations in Tarim Basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1): 253-265.
- [5] 吴亚军, 张守安, 艾华国. 塔里木盆地不整合类型及其与油气藏的关系[J]. 新疆石油地质, 1998, 19(2): 101-105.
Wu Yajun, Zhang Shouan, Ai Huaguo. The unconformity types and their relations with oil/gas reservoirs in Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1998, 19(2): 101-105.
- [6] 艾华国, 兰林英, 张克银, 等. 塔里木盆地前上二叠统顶面不整合特征及其控油意义[J]. 江汉石油学院学报, 1997, 19(2): 7-12.
Ai Huaguo, Lan Linying, Zhang Keyin, et al. Characteristics and oil/gas controlling significances of unconformities on the top of sub-upper Permian [J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 1997, 19(2): 7-12.
- [7] 艾华国, 兰林英, 王筠, 等. 塔里木盆地雅克拉断凸前中生界不整合面之下奥陶统白云岩储层特征[J]. 地质学报, 1999, 73(4): 342-349.
Ai Huaguo, Lan Linying, Wang Jun, et al. The reservoir characteristics of lower Ordovician dolomites below pre-Mesozoic unconformity in Yakela Fault-convex, Tarim Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 1999, 73(4): 342-349.
- [8] 张一伟, 金之钧, 刘国臣, 等. 塔里木盆地环满加尔地区主要不整合形成过程及剥蚀量研究[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 449-457.
Zhang Yiwei, Jin Zhijun, Liu Guochen, et al. Study on the formation of unconformities and the amount of eroded sedimentation in Tarim Basin [J]. Earth Science Frontier, 2000, 7(4): 449-457.
- [9] 张响响, 林畅松, 刘景彦, 等. 塔里木盆地草湖凹陷古生界上泥盆统底和三叠系底构造不整合面剥蚀量估算[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(3): 331-333.
Zhang Xiangxiang, Lin Changsong, Liu Jingyan, et al. Evaluation of denudation of structural unconformable surface for Paleozoic upper Devonian bottom and Permian bottom in Caohu depression of Tarim Basin. Oil Geophysical Prospecting, 2007, 42(3): 331-333.
- [10] 孙晓猛, 郝福江, 程日辉, 等. 塔里木盆地东北缘盖层不整合序列及其构造演化[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(3): 450-457.
Sun Xiaomeng, Hao Fujiang, Cheng Rihu, et al. Sequence of unconformities and tectonic evolution of The covers at the northeast margin of the Tarim Basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, 37(3): 450-457.
- [11] 刘景彦, 林畅松, 彭丽, 等. 构造不整合的分布样式及其对地层圈闭的制约—以塔里木盆地中泥盆世末为例[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 268-275.
Liu Jingyan, Lin Changsong, Peng Li, et al. Distribution patterns of the end of the Middle Devonian tectonic unconformity and their constrain on the development and distribution of favorable stratigraphic traps in the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2): 268-275.
- [12] 吕秀翔, 李 Jianjiao, Zhao Fengyun, 等. North-south differentiation of the hydrocarbon accumulation pattern of carbonate reservoirs in the Yingmaili low uplift, Tarim Basin, Northwest China [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(3): 499-508.
- [13] 耿玉海, 李江海, 贺电. 塔里木盆地塔北隆起西部圈闭类型、分布及空间组合规律[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2008, 44(2): 193-200.
Geng yuhai, Li Jianghai, He Dian. Trap types, distribution and the law of spatial combination in the west tabei uplift, Tarim Basin [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2008, 44(2): 193-200.
- [14] 安海亭, 李海银, 王建忠, 等. 塔北地区构造和演化特征及其对油气成藏的控制[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1): 142-147.
An Haiting, Li Haiyin, Wang Jianzhong, et al. Tectonic evolution and its controlling on oil and gas accumulation in the northern Tarim Basin [J]. Geotectonica Etm Etallogenia, 2009, 33(1): 142-147.
- [15] 周新桂, 孙宝珊, 徐宏节, 等. 雅克拉—轮台地区变形特征及控油作用研究[J]. 地质力学学报, 2001, 7(1): 33-40.
Zhou Xingui, Sun Baoshan, Xu Hongjie, et al. Tectonic deformation of yakerla-luntai region in north Tarim Basin and its control on oil/gas accumulation [J]. Journal of Geomechanics, 2001, 7(1): 33-40.
- [16] 程海艳, 李江海, 赵星. 塔北隆起古生代构造样式和构造反演[J]. 中国地质, 2009, 36(2): 314-321.
Cheng Haiyan, Li Jianghai, Zhao Xing. Paleozoic structural styles and evolution of the north Tarim Uplift [J]. Geology In China, 2009, 36(2): 314-321.
- [17] 于慧玲, 马慧民, 王蓉英. 天山南地区前中生界油气成藏条件与勘探前景[J]. 中国西部油气地质, 2007, 3(1): 22-26.
Yu Huiling, Ma Huimin, Wang Rongying. Conditions of pre-Mesozoic hydrocarbon accumulation and analysis of favorable

- exploration targets in south-Tianshan block[J]. West China Petroleum Geosciences, 2007, 3(1): 22-26.
- [18] 吕修祥, 周新源, 李建交, 等. 塔里木盆地塔北隆起碳酸盐岩油气成藏特点[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1057-1064.
- Lv Xiuxiang, Zhou Xinyuan, Li Jianjia, et al. Hydrocarbon accumulation characteristics of the carbonate rock in the northern uplift of the Tarim Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(8): 1057-1064.
- [19] 张朝军, 贾承造, 李本亮, 等. 塔北隆起中西部地区古岩溶与油气聚集[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(3): 263-269.
- Zhang Chaojun, Jia Chengzao, Li Benliang, et al. Ancient karsts and hydrocarbon accumulation in the middle and western parts of the north Tarim uplift, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(3): 263-269.
- [20] 朱东亚, 金之钧, 胡文瑄. 塔北地区下奥陶统白云岩热液重结晶作用及其油气储集意义[J]. 中国科学(地球科学), 2010, 40(2): 156-170.
- Zhu Dongya, Jin Zhijun, Hu Wenxuan. Hydrothermal recrystallization of the lower Ordovician dolomite and its significance to reservoir in northern Tarim Basin[J]. Science China (Earth Science), 2010, 40(2): 156-170.
- [21] 徐开礼, 朱志澄. 构造地质学(第二版)[M]. 地质出版社, 1989.
- Xu Kaili, Zhu Zhicheng. Structure Geology(II)[M]. Geological Publishing House, 1989.
- [22] 杨勇, 查明, 洪太元, 等. 不整合分类研究进展与新型分类方案[J]. 地层学杂志, 2007, 31(3): 288-295.
- Yang Yong, Zha Ming, Hong Taiyuan, et al. Types of unconformities and their classification[J]. Journal of Stratigraphy, 2007, 31(3): 288-295.
- [23] 邓自强, 林玉石, 张美良, 等. 略论古岩溶不整合-以广西阳朔白沙堡晚白垩世岩溶为例[J]. 广西地质, 1994, 7(2): 61-70.
- Deng Ziqiang, Lin Yushi, Zhang Meiliang, et al. Preliminary discussion on Palaeo karst unconformity-illustrated by late Cretaceous karst in baishabao, yangshuo county, Guangxi[J]. Guangxi Geology, 1994, 7(2): 61-70.
- [24] 汤良杰, 金之钧, 张一伟, 等. 塔里木盆地北部隆起负反转构造及其地质意义[J]. 现代地质, 1999, 13(1): 93-98.
- Tang Liangjie, Jin Zhijun, Zhang Yiwei, et al. Negative inversion structures and geological significance of northern uplift, the Tarim Basin, northwestern China[J]. Geoscience, 1999, 13(1): 93-98.
- [25] 汤良杰, 金之钧. 塔里木盆地北部隆起牙哈断裂带负反转过程与油气聚集[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 302-309.
- Tang Liangjie, Jin Zhijun. Negative inversion process and hydrocarbon accumulation of yaha fault belt in northern uplift, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2): 302-309.
- [26] 薛巨丰. 不整合的控藏作用[J]. 西部探矿工程, 2010(2): 96-99.
- Xue Jufeng. Study on unconformity controlling hydrocarbon accumulation[J]. West-China Exploration Engineering, 2010(2): 96-99.
- [27] 王建功, 卫平生, 杨建礼. 松辽盆地西南部青山口组三段底界不整合面与油气分布[J]. 地质论评, 2005, 83(5): 78-88.
- Wang Jiangong, Wei Pingsheng, Yang Jianli. The unconformity below the cretaceous qingshankou formation and distribution of oil and gas in the southwestern Songliao Basin[J]. Geological Review, 2005, 83(5): 78-88.
- [28] 陈发景, 张光亚, 陈昭年. 不整合分析及其在陆相盆地构造研究中的意义[J]. 现代地质, 2004, 18(3): 269-275.
- Chen Fajing, Zhang Guangya, Chen Zhaonian. Unconformity analysis and its significance in the study of continental basin tectonics[J]. Geoscience, 2004, 18(3): 269-275.

(编辑 董立)

(上接第 29 页)

- [39] 程有义, 梁书义, 丘东洲. 淮北凹陷中生代层序地层的沉积模式[J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(4): 21-27.
- Cheng Youyi, Liang Shuyi, Qiu Dongzhou. Models for Mesozoic sequence stratigraphy of the north Weifang depression[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2001, 21(4): 21-27.
- [40] 中原油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷七)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 23-31.
- Zhongyuan oil field petroleum geology editorial committee. Petroleum geology of China (Volume VII)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 23-31.
- [41] 金强, 翟庆龙, 万从礼. 裂谷盆地烃源岩中的火成岩及其活动模式-以东营凹陷为例[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(3): 231-237.
- Jin Qiang, Zhai Qinglong, Wan Congli. Igneous rock and its active mode in source rocks of rift basin-an example of Dongying sag[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26(3): 231-237.
- [42] 董月霞, 周海民, 夏文臣. 南堡凹陷火山活动与裂陷旋回[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(4): 304-307.
- Dong Yuexia, Zhou Haimin, Xia Wenchen. Volcanic activities and rift-subsidence cycles in Nanpu sag[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(4): 304-307.

(编辑 张亚雄)