

文章编号: 0253-9985(2011)03-0440-08

塔里木盆地轮南低凸起构造特征及演化

张云鹏^{1,2}, 任建业^{1,3}, 阳怀忠¹, 胡德胜¹, 李朋¹

(1 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074 2 中国地质调查局 西安地质调查中心, 陕西 西安 710054

3 教育部 含油气盆地构造研究中心, 湖北 武汉 430074)

摘要: 轮南低凸起是位于塔里木盆地塔北隆起上的一个多套含油层系共存的巨型复式油气聚集区, 油气储量丰富。自形成以来, 轮南低凸起经历了多期复杂的构造运动。通过精细的二维地震测线解释, 根据地震剖面上的削截、上超等反射特征, 在该区共识别出 11 个重要的不整合面以及轮台、轮南、桑塔木等 6 条主要的断裂。这些断裂早期主要为逆冲断裂, 主要活动时期为晚海西—印支期, 强烈活动期为二叠纪, 该认识有别于前人认为的断裂发育期为晚加里东—早海西期。之后的构造反转作用发生在古近纪末期, 与前人研究结果相一致。通过构造演化剖面确定该区主要经历了五大演化阶段。在这些阶段中, 晚海西—印支期发生的强烈挤压、抬升、剥蚀作用对研究区面貌影响最大, 喜马拉雅期受印度板块向欧亚板块的快速楔入影响, 研究区地层发生翘倾, 由原来的南低北高转变为现今南高北低的形态, 研究区面貌最终定型。

关键词: 构造演化; 构造反转; 剥蚀量恢复; 轮南低凸起; 塔里木盆地

中图分类号: TE121.1 **文献标识码:** A

Structure features and its evolution of Lunnan low uplift the Tarim Basin

Zhang Yunpeng^{1,2}, Ren Jianye^{1,3}, Yang Huaizhong¹, Hu Desheng¹ and Li Peng¹

(1 Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2 Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

3 Structural Research Center of Petroliferous Basin, Ministry of Education, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract Lunnan low uplift located in Tabei uplift of the Tarim Basin, is a huge complex play fairway with multiple oil-bearing layer series and large hydrocarbon reserves. Lunnan low uplift has undergone multi-stage complex tectonic movement since its formation. According to the fine interpretation of two-dimensional seismic lines and the reflectance signature of the truncation and onlap on seismic profiles, this paper identifies 11 important unconformities and six major faults including Luntai, Lunnan, Sangtam, etc. These faults were mainly thrusts at early stage, and they kept active in the Late Hercynian-Indosinian period and their activity peaked during the Permian. This is different from the previous suggestion that the faults were developed in the Late Caledonian-Early Hercynian. Tectonic inversion occurred at the end of Paleogene, and this is consistent with previous studies. Tectonic evolution profiles show that the study area mainly goes through five stages of tectonic evolution. Among these 5 stages, the Late Hercynian-Indosinian was a period when intense compression, uplifting and erosion occurred and exerted great effect on the features of the study area. While in the Himalayan period, strata of the study area were tilted and changed from previously "low in the south and high in the north" to nowadays "high in the south and low in the north" due to the rapid wedging of Indian Plate into Eurasian Plate, and the features of the study area were finalized.

Key words tectonic evolution, tectonic inversion, denudation reconstruction, Lunnan low uplift, Tarim Basin

收稿日期: 2011-01-10

第一作者简介: 张云鹏 (1981—), 男, 博士研究生, 盆地构造与沉积。

基金项目: 中国石化海相前瞻性项目 (YH08114); 国家科技重大专项 (2009ZX05009-001)。

轮南低凸起位于塔里木盆地塔北隆起带, 是塔北隆起的一个次级构造单元^[1]。轮南地区是我国西部重要的产油气区, 油气储量超过 10×10^8 t, 其中轮南奥陶系是最重要的含油气层系^[2]。塔里木盆地经历了多期的构造变动, 形成了多期叠合盆地^[3], 在轮南地区整体缺失志留系、泥盆系, 石炭系直接覆盖在奥陶系潜山风化壳上。前人的研究多集中在对该区油气的成因与成藏的探讨^[4-6], 以及对该区的构造系统大致分期的总结^[7-9], 未对轮南低凸起隆起的精确时间和负反转的精确时间进行界定。

本文通过对轮南地区的 5 条主要地震测线的解释以及演化剖面的编制, 对该区隆起的断裂发育和发生反转的时间予以厘定, 对该区的构造演化过程进行恢复, 从而更好的指导油气勘探。

1 地质背景

轮南低凸起位于塔北隆起中部, 其东邻草湖凹陷, 西为哈拉哈塘凹陷, 南部斜坡向满加尔凹陷倾没, 北部与轮台断隆相接(图 1)。全区地层发育普遍缺失泥盆系、石炭系, 北部侏罗系直接覆盖在奥陶系之上, 说明该区经历了多期复杂的构造运动。通过地震剖面解释, 研究区断裂主要为古生界发育的逆冲断裂和中、新生界发育的正断裂两种, 主要发育时期为晚加里东-海西期以及燕山-喜马拉雅期。这些断裂的发育与塔北地区乃至整个塔里木盆地所经历的构造运动密切相关^[10-12]。

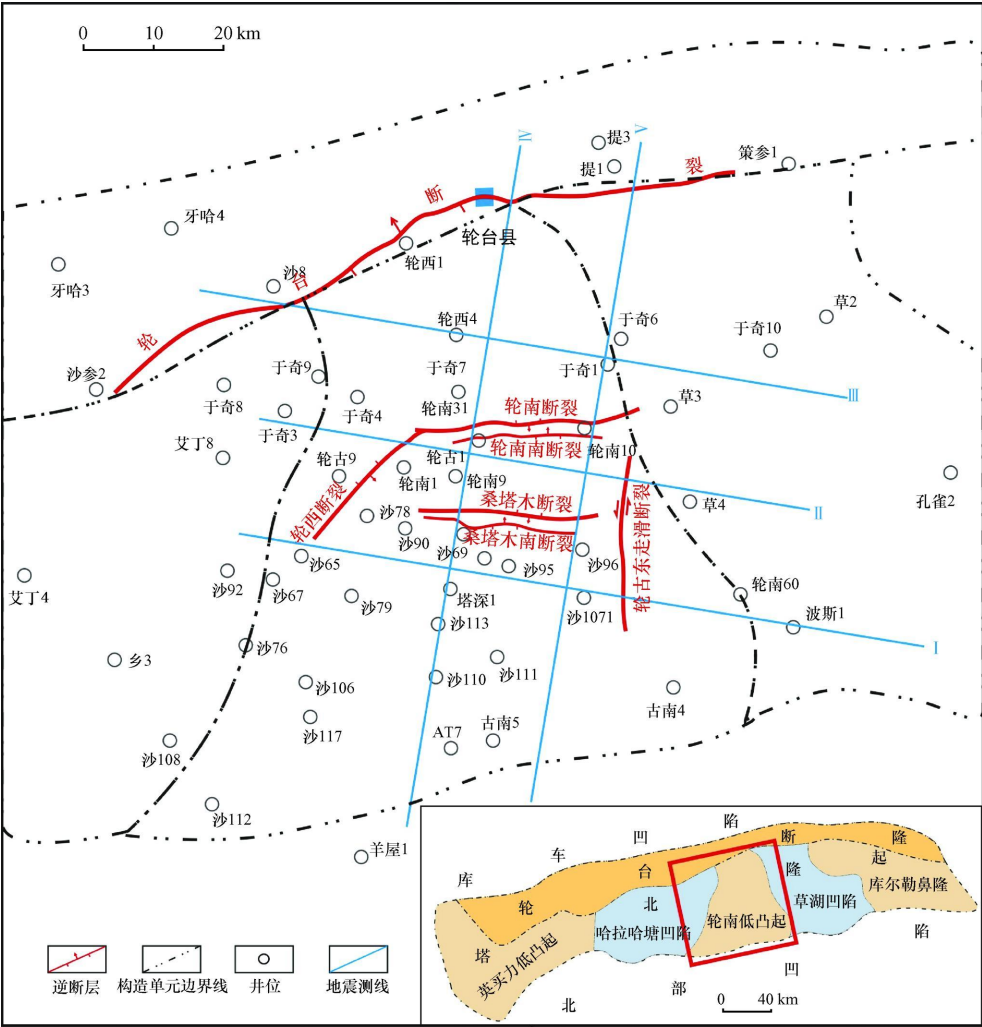


图 1 研究区构造位置
Fig. 1 Tectonic position of the study area

2 区域不整合界面及断裂分布特征

2.1 区域不整合界面特征

研究区普遍存在 11 个不整合界面 (表 1), 由老到新依次为:

T₉⁰——加里东早期 (I 幕) 侵蚀面, 为寒武系的底界面, 是寒武系与震旦系的分界面, 不整合于震旦系顶界面之上;

T₈⁰——加里东早期 (II 幕) 侵蚀面, 为奥陶系的底界面, 是奥陶系与寒武系的分界面, 界面上下的接触关系为平行不整合接触;

T₇⁴——加里东中期 (I 幕) 侵蚀面, 为中奥陶统的底界面, 是中—上奥陶统与下奥陶统的分界面, 仍为整合或平行不整合接触;

T₇⁰——加里东中期 (II 幕) 侵蚀面, 为志留系的底界面, 是志留系与奥陶系的分界面, 界面上、下为平行不整合接触;

T₆¹——加里东晚期侵蚀面, 为上志留统的底界面, 是上志留统与中—下志留统的分界面, 界面上部为上超, 下部为整合关系;

T₆⁰——海西早期侵蚀面, 为上泥盆统的底界面, 是上泥盆统与中—下泥盆统的分界面, 界面上部为上超, 下部为削截;

T₅⁰——海西晚期侵蚀面, 为三叠系的底界面, 是三叠系与二叠系的分界面, 研究区南部界面上、下为整合关系, 北部界面上部为整合关系, 下部为削截关系;

T₄⁶——印支期侵蚀面, 为侏罗系的底界面, 是侏罗系与三叠系的分界面, 界面上、下为微角度不整合关系;

T₄⁰——燕山中期侵蚀面, 为白垩系的底界面, 是白垩系与侏罗系的分界面, 界面上、下为平行不整合关系;

T₃¹——燕山晚期侵蚀面, 为古近系的底界面, 是古近系与白垩系的分界面, 界面上、下为平行不整合关系;

表 1 塔北隆起不整合面分布^① (有改动)
Table 1 Unconformity distribution in Tabei uplift

地层时代		构造层序		反射界面	年龄 (Ma)	主要构造变革期各构造单元不整合分布						构造演化阶段								
		二级	一级			英买力低凸起	哈拉哈塘凹起	轮台断隆	轮台低凸起	草湖凹陷	库勒勒鼻隆									
新近系	Q		Ⅶ	T ₃ ⁰	100							印度板块与欧亚板块碰撞, 青藏高原隆升	挤压	喜马拉雅旋回雅						
	N	2	Ⅵ																	
古近系	E	1	Ⅴ	T ₃ ¹								冈底斯地块与欧亚大陆拼合, 新特提斯洋闭合	弱挤压	燕山—印支旋回						
	白垩系	K		4		T ₄ ⁰														
3																				
侏罗系	J	2		T ₄ ⁶												雅鲁藏布江洋扩张	挤压	海西旋回		
	1																			
三叠系	T	2	Ⅳ	T ₅ ⁰		200							古亚洲洋闭合, 华南、华北、西伯利亚板块拼合, 特提斯洋聚敛	挤压	海西旋回					
二叠系	P	4																		
石炭系	C	2	Ⅲ	T ₆ ⁰			300							古亚洲洋、古特提斯洋扩张	拉张	加里东旋回				
	泥盆系	D ₃			1			T ₆ ¹												
S ₃ +D ₁₊₂		2			Ⅱ		T ₇ ⁰		400										西昆仑洋聚敛, 阿尔金洋闭合, 华南、华北、塔里木板块拼合	挤压
志留系	S ₁₊₂	1																		
奥陶系	O ₂₊₃	3	Ⅰ	T ₇ ⁴	500									Rodinia古陆-亚洲洋裂解、拉张, 多岛洋环境	弱挤压	加里东旋回				
	O ₁						T ₈ ⁰													
寒武系	Є	2			T ₉ ⁰			600												拉张
	震旦系	Z					1			T ₁₀ ⁰										

① 林畅松, 刘景彦, 陈建强, 等. 塔里木盆地早古生代古构造、古环境及其动态深化研究. 中国地质大学 (北京), 2008.

T_3^0 ——喜马拉雅期侵蚀面,为新近系的底界面,是新近系与古近系的分界面,界面上部为上超,下部为整合关系。

上述 11 个主要的不整合面说明盆地经历了一个共同发展的过程,是分析和认识盆地构造演化的基础。

2.2 断裂分布特征

地震测线解释表明,轮南低凸起上断裂比较发育,而且主要发育于奥陶系内,主要有近东西走向的轮南、轮南南、桑塔木、桑塔木南 4 条断裂以及北东走向的轮古东走滑断裂和轮西断裂(图 2)。

1) 轮南断裂是轮南低凸起上规模较大的断裂,北东-东西走向,断面南倾,倾角较大,断开层位上至三叠、侏罗系,下到寒武系或震旦系,断裂性质为上正下逆。地震剖面上,古生界中断层主要表现为逆断裂性质,中生界中则呈“八”字形的断裂组合。这种纵向上的断层组合关系反映它们在古生界为逆冲挤压,中生代以后发生反转,转变为正断层。轮南南断裂为轮南断裂南部的派生断裂,近东西走向,断面向北倾,为逆断裂性质,基本发育于古生界和三叠系内。此断裂向下归并到轮南断裂,至基底岩系中逐渐合并为一条断裂,两者呈“Y”字型组合。

2) 桑塔木断裂位于轮南断裂的南侧,规模仅次于轮南断裂,近东西走向,断面南倾,断开层位与轮南断裂相似,为逆断裂性质。桑塔木断裂与其派生的桑塔木南断裂基底逐渐合并为一条断裂,也组成“Y”型的构造样式。

3) 轮西断裂,北东走向,断面向东南倾,上陡下缓,断开层位上至石炭系,下至震旦系,为一由南东向北西逆冲推覆逆断裂。从地震剖面上看,不同地层的断层落差不同,说明该断裂具有明显的分期活动特点,加里东一早海西期为断裂的主要活动期。

4) 轮古东走滑断裂,近南北走向,向上可断至白垩系,下至奥陶系。该走滑断裂明显与轮南西断裂走向一致,具相似的成因机制,主要形成于加里东—海西期。

3 构造演化史分析

利用演化剖面,可以恢复一个地区在各个地质历史时期的原始沉积面貌,分析该地区的构造演化

史。塔里木盆地由于遭受了多期构造运动,剥蚀强烈,具体到轮南低凸起,在地震剖面表现为数个不整合面的相互叠加,如 T_6^0 界面削截 T_7^0 界面,而同时 T_6^0 界面又被 T_5^0 界面所削截,因此研究区的剥蚀量恢复是分析轮南低凸起演化史的关键。

目前,沉积盆地不整合面上地层剥蚀量恢复方法很多,常用的恢复剥蚀量方法有趋势厚度法、地层对比法、沉积速率法、镜质体反射率法、声波时差法和波动方程法^[13-20]等。但每类方法都有其自身的适用条件和局限性,实际应用中,必须根据盆地的发育、沉积构造演化以及不整合面分布等特征,选择最有效的方法或方法组合^[21-22]。

根据轮南低凸起地区地层埋深厚度大,镜质体反射率模拟偏差较大以及区域范围内地层剥蚀、变化较大,不易进行对比等实际情况,选取趋势厚度法进行剥蚀量的恢复。该方法选择剖面中地层保存最完整、剥蚀量最少的点出发,根据原始地层在盆地中的变化趋势,采用了地层结构外延和相关变形法恢复出地层被剥蚀的厚度。

通过演化剖面分析,认为轮南低凸起的演化经历了五大阶段:构造稳定期、雏形形成期、强烈挤压抬升剥蚀期、构造反转期和调整定型期。

3.1 相对稳定期——早加里东—晚加里东期

早加里东至中加里东时期,轮南低凸起乃至整个塔北地区都处于一种拉张环境下,构造稳定,区内各时代地层在全区范围上近于水平沉积。中加里东 II 幕以后,塔里木板块南、北边缘开始由被动边缘向主动边缘转化,构造应力由原先的拉张转变为弱挤压,研究区在这种南北向弱挤压力的作用下,区内地层开始隆升,但总体隆升幅度不大,北部较南部隆升幅度稍大。整个时期区内断裂活动微弱,所形成的是一个最初的水下低隆(图 3a)。

3.2 雏形期——晚加里东—早海西期

中志留世之后,由于受塔里木盆地北部的古昆仑洋开始自东向西剪刀式闭合活动的影响,研究区近南北向应力挤压强度不断加大,先期形成的水下低隆表现为迅速隆升,中部和北部地层被挤压隆升露出水面开始遭受剥蚀,仅有南部地层还倾没在水下继续接受沉积。至上泥盆统沉积之

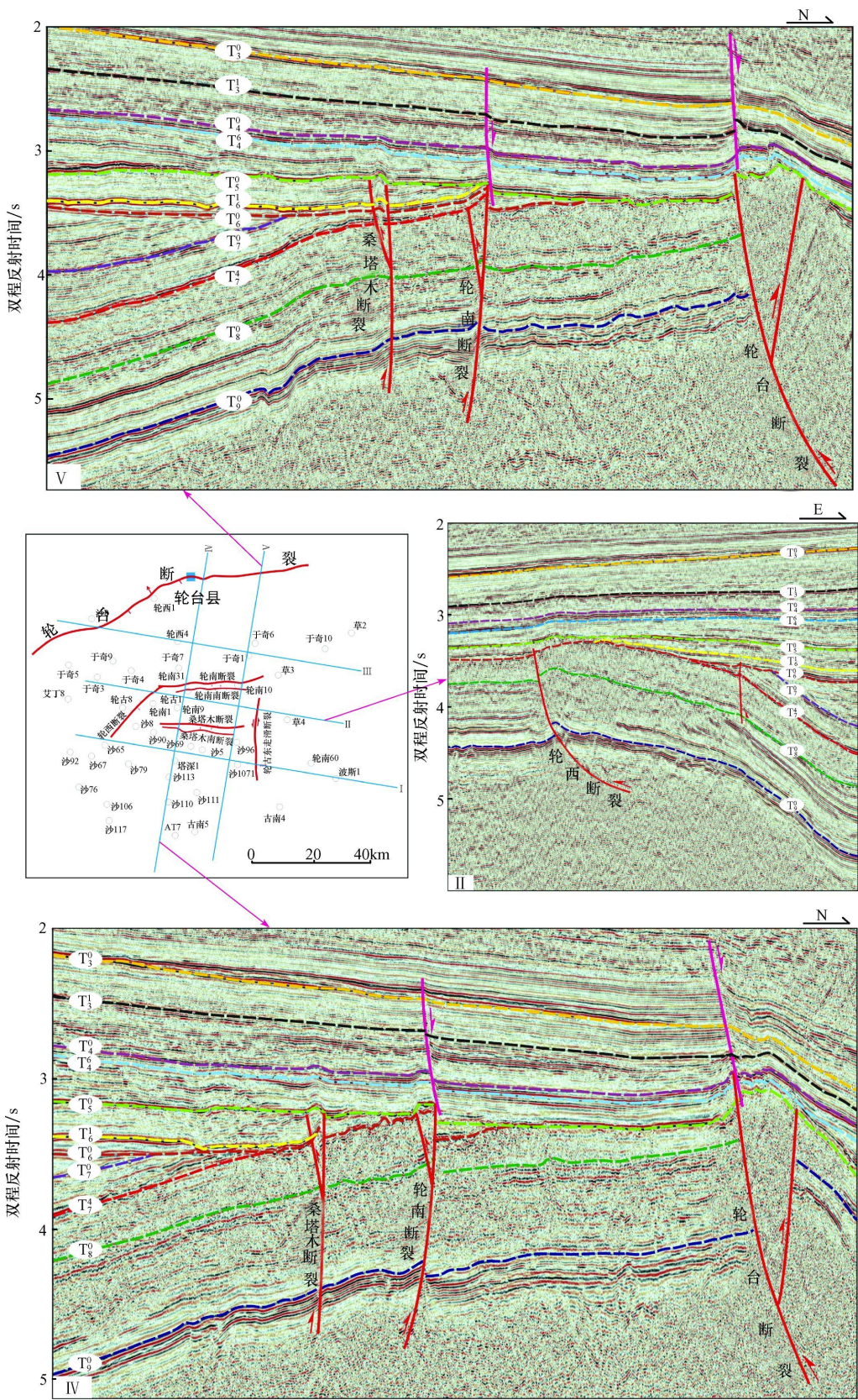


图 2 轮南低凸起主要地震测线解释

Fig. 2 Interpretation of the main seismic lines in Lunan low uplift

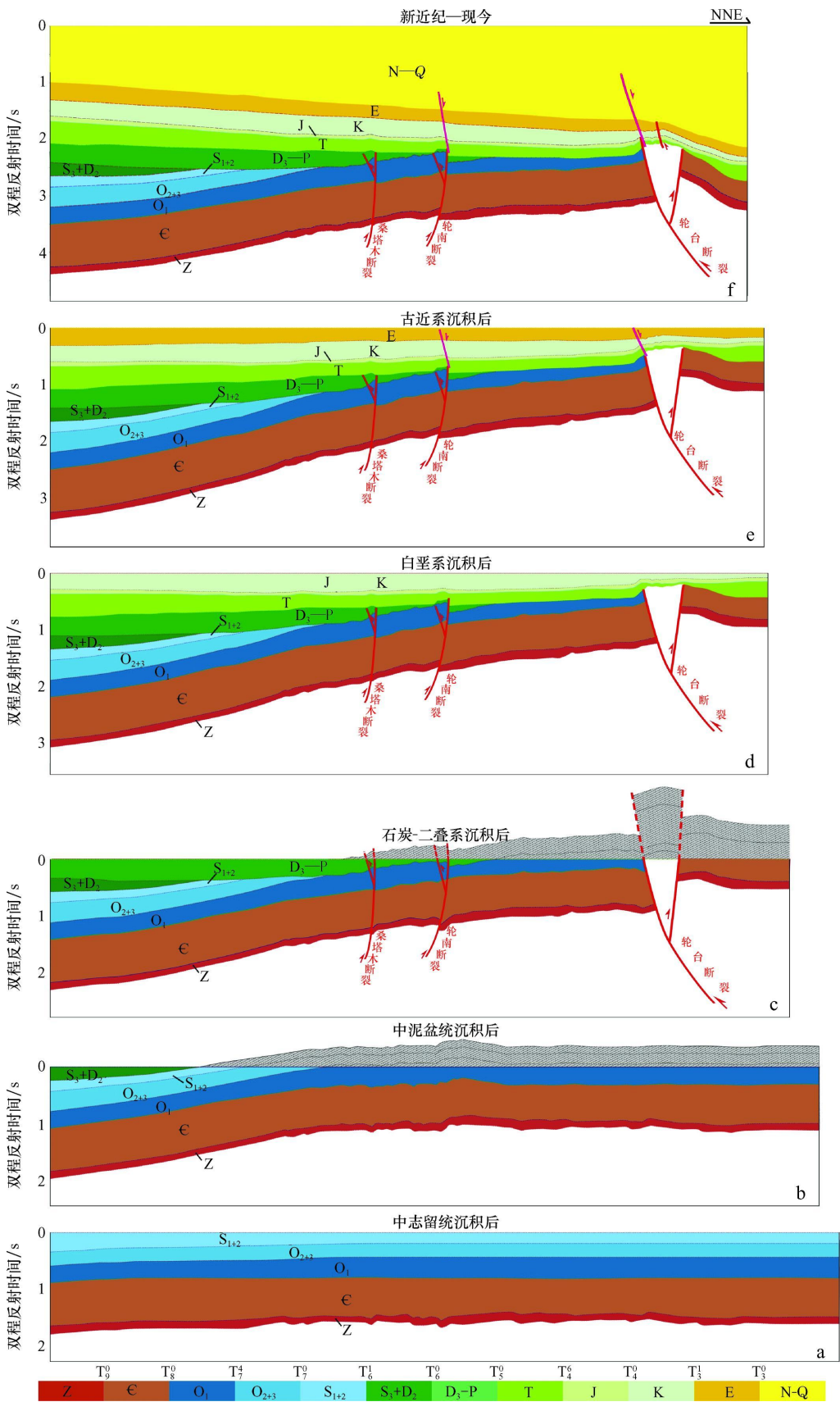


图 3 轮南低凸起构造演化剖面

Fig 3 Profile showing tectonic evolution of Lunan low uplift

前,研究区中部和北部下奥陶统以上地层已经基本上被剥蚀殆尽。该时期虽然区域挤压强度变大,但岩石都有一定的韧性形变,因而以地层挤压发生褶皱进而遭受剥蚀为主要表现形式,区内断裂虽不发育,但已近临界值(图 3b),轮南低凸起初具雏形。

3.3 强烈挤压抬升剥蚀期(成型期)——晚海西-印支期

晚海西期,昆仑洋自西向东的剪刀式闭合持续活动,二叠纪是研究区乃至整个塔北地区重要的构造变革期,区内近南北向挤压应力达到最大,中部及北部地层持续遭受强烈隆升剥蚀。伴随着隆升,断至基底的逆冲断裂开始发育,轮台断裂、轮南断裂、桑塔木断裂等都在这一时期发育,只是发育时间、活动强度上有所差异,剥蚀最强的地方位于轮台断裂附近,这里地层甚至剥蚀至基底(图 3c)。该构造运动一直延续至印支期,是区内逆冲断裂的主要发育期。至二叠纪末三叠纪初,昆仑洋闭合晚期,构造活动减弱,区内断裂活动强度都不大,仅有三叠纪部分地层被抬升剥蚀,经过这次大的构造运动之后,轮南低凸起基本成型。

3.4 构造反转期——晚燕山—早喜马拉雅期

三叠纪至白垩纪,整个地区处于稳定沉积阶段,构造活动不强烈,地层只是受挤压作用形成褶皱,并未有大的新断裂形成,早期形成的断裂活动微弱,这 3 个时期地层全区均有发育(图 3d)。古近系沉积以后至新近系沉积前,轮台断裂、轮南断裂发生反转,桑塔木断裂反转不明显。根据地层上下盘沉积厚度以及界面反射特征,认为反转发生的初始时间应该在古近纪末期,与汤良杰等所认为的反转时间为古近纪苏维依期相吻合^[9 23-25](图 3e)。该区反转发育的动力学背景主要是由于喜马拉雅期印度板块与欧亚板块的碰撞对塔里木盆地形成北东—南西向挤压,在塔北隆起则产生垂直于这一主应力方向的局部引张应力场,形成张性正断,使先存的逆冲断块沿早期的断层面下滑,发生负反转。

3.5 最终定型期——喜马拉雅期

新近纪之后直到现今,由于印度板块向欧亚板块的快速楔入,青藏高原迅速隆升,使天山和昆

仑山产生强烈挤压缩短,并向盆地逆冲推覆,紧邻塔北隆起的库车坳陷整体发生沉降。在研究区表现为地层发生翘倾,由原来的南低北高转变为现今的南高北低的形态(图 3f),至此,轮南低凸起在经历了数次构造运动之后最终定型。

4 油气地质意义

轮南地区三面紧邻大型生烃凹陷,油气长期充足供给,是一个多个含油层系共存的巨型复式油气聚集区,存在奥陶系、石炭系、三叠系和侏罗系等含油气层系,其中奥陶系是最重要的含油层系。

1) 断裂系统对油气运聚的控制作用

前人研究资料表明轮南地区奥陶系、石炭系、三叠系和侏罗系油气藏原油的地球化学特征相近,具有相同的来源,主要来源于中、上奥陶统^[2 6]。轮南低凸起油气在垂向上的运移是通过断层来完成的,断至基底轮台、轮南、桑塔木断裂是该区油气垂向运移的主要通道。同时,在平面上不同地层内所发育的小断裂也拓宽了油气运移的波及范围。研究区发育的断裂为区内油气的复式聚集提供了很好的条件。

2) 构造反转对油气藏分布的控制作用

演化剖面分析表明,研究区构造反转发生在古近纪以后,这与研究区圈闭构造的主形成期和定型期一致,也与燕山晚期和喜马拉雅期主成藏期和成藏过程相吻合。反转作用控制油气藏在平面上成狭窄条带状分布,油气藏类型主要表现为断背斜油气藏、单斜断块油气藏和断块潜山油气藏等^[9 10],构造反转对研究区油气藏形成和分布起着重要控制作用。

轮南地区由深层至浅层发育多套同源的含油层系。断裂控制着研究区油气的垂向运移和多期充注,同时,浅层发生的反转作用也控制了油气藏的形态和重新分布。在这些因素的共同控制下,研究区油气藏形成在垂向上相互叠置,平面上狭长分布的特征,这种特征对该区的油气勘探有重要的指导意义。

5 结论

1) 通过精细的地震测线解释,识别出 11 个重

要的不整合面, 并系统地分析了轮台、轮南、桑塔木断裂的构造样式和发育时间, 认为它们发育于晚海西—印支期, 二叠纪是其强烈活动期, 这有别于前人普遍认为的断裂发育期为晚加里东—早海西期。而构造反转作用发生于古近纪末期, 与前人研究结果相一致。

2) 通过演化剖面, 详尽地恢复了研究区的构造演化史, 将轮南低凸起分为 5 个演化阶段, 分别是早加里东—晚加里东期的构造相对稳定期; 晚加里东—早海西期的雏形期; 晚海西—印支期的强烈挤压抬升剥蚀期; 晚燕山—早喜马拉雅期的构造反转期和晚喜马拉雅期的最终定型期。

3) 区内油气的运移和充注主要受断裂和构造反转作用的控制。断裂控制着油气由深层至浅层垂向上的运移和充注, 同时, 浅层发生的反转作用也控制了油气藏的形态和重新分布。在这些因素的共同控制下, 研究区油气藏形成了垂向上相互叠置, 平面上狭长分布的特征。

参 考 文 献

[1] 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995
Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun et al. Tectonic evolution and regional structural geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995.

[2] 韩剑发, 王招明, 潘文庆, 等. 轮南古隆起控油理论及其潜山准层状油气藏勘探[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(4): 448–453.
Han Jianfa, Wang Zhaoming, Pan Wenqing et al. Petroleum controlling theory of Lunnan Paleohigh and its buried hill pool exploration technology, Tarin basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(4): 448–453.

[3] Kang Yuzhu, Kang Zhizhong. Tectonic evolution and oil and gas of Tarin basin[J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1996, 13(3–5): 317–325.

[4] 李素梅, 王铁冠, 张水昌. 塔北轮南地区油气成因与成藏探讨[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2004, 19(4): 13–19
Li Sumei, Wang Tieguan, Zhang Shuichang. Formation and accumulation of oil and gas in Lunnan area, Tarin basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University(Natural Science Edition), 2004, 19(4): 13–19.

[5] 何登发, 贾承造, 柳少波, 等. 塔里木盆地轮南低凸起油气多期成藏动力学[J]. 科学通报, 2002, 47(增刊): 122–130.
He Dengfa, Jia Chengzao, Liu Shaobo et al. Multiphase oil and gas dynamics of accumulation of the Lunnan lower uplift in

Tarin basin[J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(supplement): 122–130.

[6] 杨海军, 韩剑发. 塔里木盆地轮南复式油气聚集区成藏特点与主控因素[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2007, 37(增刊): 53–62
Yang Haijun, Han Jianfa. Accumulation characteristics and controlling factors in oil and gas accumulation zone of the Lunnan lower uplift in Tarin basin[J]. Science in China(Series D: Earth Sciences), 2007, 37(supplement): 53–62.

[7] 徐杰, 李涛, 陈国光, 等. 塔里木盆地轮南潜山构造特征[J]. 石油学报, 2002, 23(5): 14–18
Xu Jie, Li Tao, Chen Guoguang et al. Structural features of the buried hill in Lunnan area of Tarin basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(5): 14–18.

[8] 崔泽宏, 王志欣, 汤良杰. 塔北隆起北部叠加断裂构造特征与成因背景分析[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 378–385.
Cui Zehong, Wang Zhixin, Tang Liangjie. Characteristics of overlapped faults in the north of the Tabei uplift and analysis of their genetic setting[J]. Geology in China, 2005, 32(3): 378–385.

[9] 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 Tarin basin, northwestern China[J]. Geoscience, 1999, 13(1): 93–98.

[10] 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 Tarin basin[J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2009, 33(1): 142–147.

[11] 王燮培, 严俊君. 塔里木盆地北部断裂格架分析[J]. 地球科学, 1995, 20(3): 237–242.
Wang Xipei, Yan Junjun. Structural framework of major faults in northern Tarin basin, Xinjiang[J]. Earth Science, 1995, 20(3): 237–242.

[12] 汤良杰. 略论塔里木盆地主要构造运动[J]. 石油实验地质, 1997, 19(2): 108–114.
Tang Liangjie. An approach to major tectogenesis of Tarin basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 1997, 19(2): 108–114.

[13] 王敏芳, 黄传炎, 徐志诚. 浅述地层剥蚀量恢复的基本原理与方法[J]. 海洋石油, 2006, 26(1): 28–33.
Wang Minfang, Huang Chuanyan, Xu Zhicheng et al. Basic principles and methods of denuded strata comeback[J]. Offshore Oil, 2006, 26(1): 28–33.

Zhang Yuchang Zhang He Sun Zhaocai et al Prototype analysis of petroliferous basins in China[M]. Nanjing Nanjing University Press 1997: 65– 69

[15] 徐旭辉, 高长林, 江兴歌, 等. 中国含油气盆地动态分析概论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2009 33– 34

Xu Xuhui Gao Changlin Jiang Xingge et al Introduction of dynamic analysis of petroliferous basins in China[M]. Beijing Petroleum Industry Press 2009: 33– 34

[16] 胡宗全, 周新科, 朱建辉. 华北东部地区上古生界生烃潜力分析 [J]. 石油勘探与开发, 2006 33(6): 697– 701.

Hu Zongquan Zhou Xinke Zhu Jianhui Hydrocarbon generation potential of Upper Paleozoic in easter part of North China [J]. Petroleum Exploration and Development 2006, 33(6): 697– 701

[17] 任战利, 崔军平, 史政, 等. 中国东北地区晚古生代构造演化及后期改造 [J]. 石油与天然气地质, 2010 31(6): 734– 742

Ren Zhanli Cui Junping Shi Zheng et al The Late Paleozoic evolution and later transformation in Northeast China [J]. Oil & Gas Geology, 2010 31(6): 734– 742

(编辑 李 军)

(上接第 447 页)

[14] 袁玉松, 郑和荣, 涂伟. 沉积盆地剥蚀量恢复方法 [J]. 石油实验地质, 2008 30(6): 636– 642

Yuan Yusong Zheng Herong Tu Wei Methods of eroded strata thickness restoration in sedimentary basins[J]. Experimental Petroleum Geology, 2008, 30(6): 636– 642

[15] 李坤, 赵锡奎, 沈忠民, 等. “趋势厚度法”在塔里木盆地阿克库勒凸起地层剥蚀量恢复中的应用 [J]. 物探化探计算技术, 2007, 29(5): 415– 419

Li Kun Zhao Xikui Shen Zhongmin et al Application of trend thickness method in denudation recovery in the Akekule lobe of Tarim basin [J]. Geophysical and Geochemical Exploration 2007, 29(5): 415– 419.

[16] 牟中海, 唐勇, 崔炳富, 等. 塔西南地区地层剥蚀厚度恢复研究 [J]. 石油学报, 2002 23(1): 40– 44.

Mu Zhonghai Tang Yong Cui Bingfu, et al Erosion thickness restoration in southwest Tarim basin[J]. Acta Petrolei Sinica 2002 23(1): 40– 44.

[17] 王毅, 金之钧. 沉积盆地中恢复地层剥蚀量的新方法 [J]. 地球科学进展, 1999 14(5): 482– 486.

Wang Yi Jin Zhijun. Progress of the methods on the recovery of the thickness of eroded strata in basin [J]. Advance in Earth Sciences 1999 14(5): 482– 486.

[18] Dow W G. Kerogen studies and geological interpretations [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1977, 7 79– 99

[19] 刘景彦, 林畅松, 喻岳钰, 等. 用声波测井资料计算剥蚀量的方法改进 [J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 302– 306.

Liu Jingyan, Lin Changsong Yu Yueyu et al An improved method to calculate denuded amount by sonic well logs [J]. Experimental Petroleum Geology, 2000 22(4): 302– 306.

[20] 张一伟, 李京昌, 金之钧, 等. 原型盆地剥蚀量计算的新方法—波动分析法 [J]. 石油与天然气地质, 2000 21(7): 88– 91

Zhang Yiwei Li Jingchang Jin Zhijun et al A new calculating method of denuded amount for prototype basin—wave analysis [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(7): 88– 91

[21] 戴福贵, 杨克绳, 刘东燕. 塔里木盆地地震剖面地质解释及其构造演化 [J]. 中国地质, 2009, 36(4): 747– 760

Dai Fugui Yang Kesheng Liu Dongyan. Geological interpretation of the seismic profile in Tarim basin and tectonic evolution of this area [J]. Geology in China 2009 36(4): 747– 760

[22] 任朝波, 漆立新, 丁文龙, 等. 平衡剖面技术在塔里木盆地阿克库勒凸起构造演化分析中的应用 [J]. 新疆石油天然气, 2008 4(2): 5– 9

Ren Chaobu Qi Lixin Ding Wenlong et al The practical application of (balanced section) technique in analysis of tectonic evolution in Akekule uplift Tarim [J]. Xinjiang Oil & Gas (Edition of Natural Science), 2008 4(2): 5– 9.

[23] 黄汲清, 姜春发, 王作勋. 新疆及邻区板块开合构造及手风琴式运动 [J]. 新疆地质科学, 1990, (1): 3– 14.

Huang Jiqing Jiang Chunfa Wang Zuoxun Opening and closing structure of plate and the accordion-style movement in Xinjiang and its adjacent area [J]. Xinjiang Geological Sciences 1990 (1): 3– 14

[24] 张鹏德, 黄太柱, 丁勇. 塔里木盆地沙雅隆起北部主要负反转断裂及其控油作用 [J]. 河南石油, 1999, 6 7– 13

Zhang Pengde Huang Taizhu Ding Yong Major negative reverse fractures and their control over petroleum in the north of Shaya uplift Tarim basin [J]. Henan Petroleum, 1999, 6 7– 13

[25] 魏国齐, 贾承造, 施央申, 等. 塔北隆起北部中新生界张扭性断裂系统特征 [J]. 石油学报, 2001, 22(1): 20– 24

Wei Guoqi Jia Chengzao Shi Yangshen, et al Tectonic characteristics and petroleum accumulation in extensional-shear fault system in Mesozoic-Cenozoic formations in the northern area of Tabei uplift Tarim [J]. Acta Petrolei Sinica 2001, 22 (1): 20– 24.

(编辑 董 立)