

文章编号: 0253-9985(2005)01-0064-14

塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化

何登发¹, 贾承造¹, 李德生¹, 张朝军¹, 孟庆任², 石 昕¹

(1. 中国石油石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 塔里木盆地是在前震旦纪陆壳基底上发展起来的大型复合叠合盆地。盆地的形成经历了震旦纪—中泥盆世、晚泥盆世—三叠纪和侏罗纪—第四纪3个伸展—聚敛旋回演化阶段。震旦纪到中泥盆世(古亚洲洋阶段或原特提斯洋阶段), 盆地经历了陆内裂谷—被动大陆边缘盆地—前陆盆地发展旋回; 晚泥盆世到三叠纪(古特提斯洋阶段), 塔里木盆地经历了陆内裂谷/被动大陆边缘盆地—弧后伸展盆地—弧后前陆盆地发展旋回; 侏罗纪到第四纪(新特提斯洋阶段), 盆地经历了陆内裂谷(坳陷)—挤压调整作用—晚期前陆型盆地发展旋回。陆内裂谷(坳陷)—挤压调整作用出现了3个次级旋回。伸展期原型盆地地层层序较稳定, 聚敛期原型盆地地层侧向变化大。盆地演化与构造体制转换的地球动力学过程与方式决定了盆地具有复杂的叠加地质结构, 制约着油气聚集与分布的基本特点。

关键词: 原型盆地; 构造体制; 构造演化; 地球动力学; 叠合盆地; 塔里木盆地

中图分类号: TE111.1

文献标识码: A

Formation and evolution of polycyclic superimposed Tarim Basin

He Dengfa¹, Jia Chengzao¹, Li Desheng¹, Zhang Chaojun¹, Meng Qingren², Shi Xin¹

(1. Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing)

Abstract: Tarim Basin is a large composite and superimposed sedimentary basin developed on the basement of pre-Sinian continental crust. It has undergone three mega-cycles of extension and convergence that separately occurred in Sinian-Middle Devonian, Late Devonian-Triassic and Jurassic-Quaternary. During Sinian to Middle Devonian, i. e. the period of paleo-Asian ocean or proto-Tethyan ocean, it experienced the developmental cycle of intracontinental rift-passive epicontinental basin-foreland basin. From Late Devonian to Triassic, the period of paleo-Tethyan ocean or ocean, the southwestern margin of Tarim experienced the developmental cycle of intracontinental rift/passive epicontinental basin-back-arc extensional basin-back-arc foreland basin. From Jurassic to Quaternary, the period of neo-Tethyan ocean, it experienced the developmental cycle of intracontinental rift/depression-compressional adjustment-late foreland basin. There were three secondary cycles during the intracontinental rift/depression-compressional adjustment period. Stratigraphic sequences of the prototype basin in the extensional stage are much more continuous, while those in the convergence stage are characterized by large lateral variation. The complex and superimposed geologic configuration of the basin had been determined by the geodynamic process and pattern of the basin evolution, as well as by the tectonic framework transformation, which would control the basic characteristics of hydrocarbon accumulation and distribution.

Key words: prototype basin; tectonic regime; tectonic evolution; geodynamics; superimposed basin; Tarim Basin

在地质历史演化过程中, 由于板块构造背景、构造沉积环境及深部地球动力学特征等的变化, 形成了沉积体系与构造变形样式各异的沉积盆地^[1~5]。长期的多阶段演化, 将导致不同阶段的

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司应用基础重点研究项目“叠合盆地油气富集规律”

第一作者简介: 何登发, 男, 37岁, 高级工程师, 构造地质与石油地质

收稿日期: 2004-11-21

沉积盆地在纵向上的叠合,随着盆地所赋存的构造环境的变化,相应出现了不同叠合样式的盆地类型,具有复杂的叠加地质结构^[5~11]。

塔里木盆地即是一个典型的长期演化的大型叠合复合盆地^[9,12~16]。它发育在太古代—早中元古代的结晶基底与变质褶皱基底之上^[13,17],震旦系构成了盆地的第一套沉积盖层。在震旦纪—第四纪,塔里木盆地经历了复杂的构造演化历史。为了揭示这一复杂的地球动力学演化过程,前人从板块构造环境及其演化^[12,13],主要构造运动^[18~20],区域不整合面^[12,19~23],构造沉降史^[13,14],以及构造变形与成因机制等出发^[13~15,24~25],进行了卓有成效的探索,其中,应用构造—地层或构造—层序分析原理,研究相应时期的构造—沉积格架及盆地特点的方法获得了广泛的应用^[13,14,23,24,26~28]。

将沉积盆地的发展与相邻造山带的演化相结合,可以在更大尺度上解析盆地的构造沉积环境与变形特征。这种将构造学与沉积学相结合综合分析盆地某一时期的构造沉积环境以及不同时期盆地类型转变与盆地叠加效应的方法,称之为原型盆地分析^[13,14,29,30]。原型盆地分析首先需要合理划分盆地的演化阶段,然后对每一阶段盆地的周缘构造环境、深部构造背景、构造沉降、沉积充填、古地理古气候与古生态、岩浆活动特点及其反映的构造背景、构造变形及热体制等进行分析,合理恢复该时期盆地的构造与沉积面貌,即盆地原型的实体。由于随时间的演变,原型盆地将被叠加、保存或改造,因此,需要深入剖析原型盆地的叠加过程,逐渐“剔除”叠加效应,对原型盆地予以“复原”。通过这一“反演”方法的系列应用,就可以“正演”或再现盆地的构造演化历史,也可以具体刻画盆地叠加的动力学过程。

本文以“世”为单位,采取原型盆地分析的思路与方法,研究塔里木盆地的形成与多旋回叠加演化过程。

1 盆地构造演化阶段

主要依据区域不整合面及相应的构造层、构造体制的转换,盆地构造沉降特点与板块运动阶段等划分盆地演化阶段^[13,14,19~23]。

根据区域不整合面的分布特征,将塔里木盆地的沉积盖层划分为6个构造层,21个亚构造层

(表1)。根据构造层与亚构造层的特点,塔里木盆地的演化可划分为7个阶段。

2 盆地的形成与演化

2.1 基底的形成与演化

塔里木盆地基底的形成经历了太古代古陆核、早—中元古代原始克拉通地块和晚元古代洋盆闭合、地块拼合、泛古陆等3个形成阶段^[13,14]。是由太古代相对稳定的结晶基底和元古代的褶皱基底构成的双重基底。

塔里木盆地的基底具有稳定的陆壳性质,是南、北塔里木地块在元古代末期拼合固结而成的复合基底。南、北基底性质的差异导致了显生宙以来盆地发生的一系列变化。

2.2 南缘伸展—聚敛阶段

晚元古代超级古陆——Rodinia古陆自震旦纪开始裂解,至寒武纪塔里木地块周缘已有洋壳出现。盆地由震旦纪南、北分异的格局向寒武—奥陶纪东、西分异演化。由于中晚奥陶世塔里木地块南侧由拉张体制向挤压体制的转变,盆地格局再次呈南、北分带演化。震旦—奥陶纪,塔里木盆地主要发育伸展环境下的一系列盆地类型。

2.2.1 震旦纪

进入震旦纪,包括塔里木、准噶尔、华北、扬子等小陆块在内的晚元古代超级古陆——Rodinia大陆开始裂解。塔里木地块的构造格局表现为边缘带北有南天山裂陷(谷),西南有北昆仑裂谷,东北发育库鲁克塔格—满加尔边缘裂陷;盆地内部中西部发育克拉通内坳陷。总体地形西高东低,自中西部的浅海或潮坪沉积环境以台缘斜坡向东部的陆架及大陆斜坡过渡。震旦系厚度的变化也清楚地指示了克拉通边缘坳陷与克拉通内台地沉积的差异。

自早震旦世到晚震旦世,塔里木盆地气候由大陆冰川寒冷气候逐渐转暖,裂解作用加强,边缘沉降作用加大,出现半深海深水浊积岩沉积。下震旦统尤尔美拉克组(柯坪地区)与特瑞爱肯组(库鲁克塔格地区)的冰渍砾岩指示塔里木地块位于高纬度地区。上、下震旦统之间的角度不整合面是库鲁克塔格运动的反映。此后,地块裂解,在柯坪地区肖尔布拉克剖面上震旦统下—中部苏盖特布拉克组为一套紫灰色陆源碎屑岩夹辉绿岩,顶部夹砂质灰岩和灰质白云岩。表明该地区晚震

表1 塔里木盆地构造层划分表

Table 1 Division of structural layers in Tarim Basin

界	系	统	组		地震地层层序		亚构造层	构造层	构造旋回	巨构造旋回	
					中国石油	中国石化					
新生界	第四系	更新统			T2	T ₁ ⁰	21	第VI构造层	聚敛旋回: 山体隆升冲断走滑	全球第Ⅱ构造巨旋回: 新特提斯洋的开合旋回; 欧亚大陆南缘的构造事件; 塔里木盆地以板内变形为主; 晚期块体旋转与冲断、走滑	
	新近系	上新统	西域组		T3	T ₂ ⁰	20				
		中新统	库车组		T5	T ₂ ¹	19				
			康村组		T6	T ₂ ²					
	古近系	渐新统	吉迪克组		T7	T ₃ ⁰	18	第V构造层	新特提斯洋旋回: 欧亚大陆南缘的拉张与聚合作用; 晚白垩世冈底斯地体与欧亚大陆拼合		
			始新统	库姆格列木组		T8					T ₃ ¹
古新统											
中生界	白垩系	上统	古城组		T8-2	T ₃ ²	17				
		下统	巴什基奇克组			T8-2'	T ₄ ⁰				16
			卡普沙良群								
	侏罗系	上统	喀拉扎组		T8-3		15				
			齐古组								
		中统	恰克马克组								
			克孜勒努尔组								
		下统	阳霞组								
			阿合组			T ₄ ⁶					
	三叠系	上统	塔里奇克组		Tg	T ₄ ⁷	14	第IV构造层	古特提斯洋聚敛旋回古特提斯洋拉张旋回	全球第Ⅰ构造巨旋回: Rodinia 古陆解体-聚敛直至重新形成泛古陆 Pangaea; 伊犁-中天山地块与中昆仑地块裂离塔里木地块又重新聚合, 柴达木地块沿阿尔金带碰撞拼合	
			黄山街组			T ₄ ⁸					
		中统	克拉玛依组			T ₅ ⁰					
		下统	俄霍布拉克组								
	上古生界	二叠系	上统	阿恰群	上碎屑岩	Tg1	T ₅ ¹	13			第Ⅲ构造层
			中统		中火山岩			12			
					下碎屑岩						
下统					南闸组		Tg2				
石炭系		上统	小海子组		Tg2'	T ₅ ⁵					
			卡拉沙依组			T ₅ ⁶					
		下统	巴楚组		Tg2''	T ₅ ⁷	10				
泥盆系		上统	东河塘组		Tg3	T ₆ ⁰					
			中下统	克兹尔塔格组		Tg4		T ₆ ¹			
志留系		上统	依木干他乌组		Tg4'	T ₆ ²	8				
	中统	塔塔埃尔塔格组		Tg4''	T ₆ ³	7					
		柯坪塔格组		Tg5	T ₇ ⁰	6					
	下古生界	奥陶系	上统	桑塔木组		Tg5'	T ₇ ⁴	5	第Ⅰ构造层	Rodinia 古陆裂解旋回-古亚洲洋拉张旋回	
良里塔格组											
吐木休克组											
上丘里塔克组				Tg6	T ₈ ⁰						4
寒武系		上统	下丘里塔克组		Tg6'	T ₈ ¹	3				
		中统	阿瓦塔格组		Tg7						
		下统	吾松格尔组		Tg8	T ₉ ⁰					
			肖尔布拉克组								
			玉尔吐斯组								
元古界		震旦系	上统	奇格布拉克组		Tg9	T ₁₀ ⁰	2			基底构造层
	苏盖特布拉克组										
	下统				Tg10	T _D ⁰	1				
	前震旦系	阿克苏群									

旦世发生了多次陆相火山喷发,为张裂环境的产物^[13]。晚震旦世晚期海水浸漫,发育灰岩与白云岩沉积。

库鲁克塔格-满加尔边缘裂陷盆地裂谷作用、火山活动最为强烈^[13,31],沉积厚度大且不稳定,沉积和沉降中心位于满参1井-库鲁克塔格的雅尔当山一带,呈北东东向展布。在满加尔东部地区,震旦系沉积厚度东厚西薄,具明显的东西沉积分异,东侧以深水断陷沉积为主,三大冰期的间冰期发育齐全;西侧下震旦统上部水体变浅形成大陆型冰川沉积。在库鲁克塔格地区,兴地断裂控制着其南、北两侧的沉积。早震旦世,断裂南侧发育酸性熔岩,处于陆架-半深海沉积环境;北侧发育深水冰筏沉积。晚震旦世,辛格尔一带发育陆坡-槽盆相带,夹多层玄武岩,以深水陆架相为主;南雅尔当山一带发育由浅水陆架向深水陆架及槽盆环境过渡的沉积。由此可见,库鲁克塔格-满加尔边缘裂陷盆地内部可能具有多条边缘正断层,具有不对称裂谷结构,其成因可能为简单剪切机制,主断裂可能是南天山北缘断层。

盆地东北部与西南部的快速沉降作用,可能使北西-南东向的阿瓦提-满西-塔中一带成为水下低隆起。

震旦纪末期的柯坪运动,使塔中和塔西南地区的剥蚀区扩大,南部隆起的北界北移至吐木休克断裂-塔中iv号断裂西北端部位。在塔里木盆地西部上述水下低隆起部位的潮坪相带也被抬升而遭受剥蚀。

2.2.2 寒武纪

寒武纪为大陆的快速裂解时期。早寒武世盆地的西南缘与北缘分别发育北昆仑裂谷盆地和南天山裂谷盆地,东南侧为阿尔金-祁漫塔格隆起。盆地内部呈西高东低,西部克拉通内部坳陷沉降较快,发育开阔台地与局限台地沉积。盆地东部为克拉通边缘坳陷,属于强烈拉张环境的产物。南天山裂陷作用东强西弱,东部为海水较深的槽盆,火山活动发育,西部为浅海陆架沉积。兴地断裂为南天山裂陷与塔东克拉通边缘坳陷的分界断裂,其南侧为半深海盆地,北侧为浅水台地,也可能形成水下低隆起。

中寒武世原型盆地的主要特征是北昆仑洋的出现^[32],相应地沿着塔西南缘的叶城-和田-于田一带形成了被动大陆边缘,主要发育开阔台地与

斜坡相沉积(图1)。其次是在海退背景下塔西克拉通内坳陷发育了宽广的含膏泥坪沉积,属局限台地内坳陷的产物。与早寒武世相比,局限台地向东南的塔中地区扩展,而开阔台地向塔北西部地区拓展。塔东仍为克拉通边缘坳陷,仅仅发生了沉积相带的迁移。

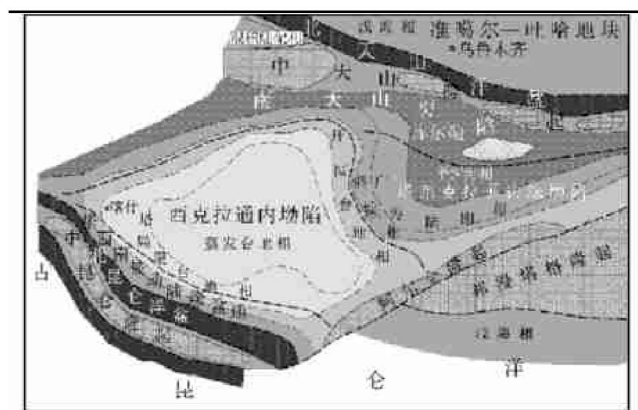


图1 塔里木盆地及邻区中寒武世构造沉积环境图

Fig. 1 Map showing Middle Cambrian structures and depositional environments in Tarim Basin and its adjacent area

晚寒武世基本继承了早、中寒武世原型盆地的特点。北昆仑洋范围进一步扩大,南天山裂陷进一步加强。由于北昆仑带拉张程度的加大,位于其北侧的叶城-和田一带形成了一个水下低隆起,这是塔西南隆起的雏形(也被称为和田隆起)。它的形成是在早期裂谷的肩部,后期均衡翘升作用的结果,从另一侧面说明北昆仑可能为不对称裂谷。在地震剖面上,可见上寒武统自北而南向其减薄超覆。塔西克拉通内坳陷由于海平面上升,局限台地范围缩小,且由于沉降的不均一性,于巴楚-塔中一带形成近东西向的台地内坳陷。

与震旦纪相比,寒武纪沉积基本覆盖了整个盆地^[33,34],由南、北陆中间海的“南北分异”格局演变为“西高东低”的形态。由早寒武世的初始海侵,到中寒武世的海退,再到晚寒武世的海侵,表现出海平面总体升高的演变趋势。由于拉张活动与沉降的不均一性,沉积物源供给的平面变化,塔东边缘坳陷为欠补偿环境沉积。

2.2.3 奥陶纪

奥陶纪为古亚洲洋演化的关键时期^[33,35,36]。其北部分支洋盆相继关闭,而南部分支南天山洋发育形成。同时,北昆仑洋向中昆仑地体下俯冲

消减,最终导致奥陶纪末中昆仑地体与塔里木地块的碰撞^[13],在阿尔金带形成完整的沟-弧-盆系。周缘构造环境的变化导致盆地内部在原有构造格局的基础上,出现强烈的分异演化。

(1) 仍然继承了盆地西高东低的构造格局,西部的克拉通内坳陷与东部的克拉通边缘坳陷之间以斜坡过渡,早奥陶世的沉积厚度西厚东薄,中、晚奥陶世的沉积厚度则西薄东厚,东部的克拉通边缘坳陷在晚奥陶世出现过补偿沉积。

(2) 塔西克拉通内坳陷的东侧台缘斜坡相带经历了由宽-窄-宽的演化过程,且不断西移,过塔中后向西南延伸。它与塔里木地块北侧、西北侧的斜坡构成“U”字形。

(3) 由于塔里木地块所处纬度、方位的变化^[13],由早奥陶世的相对较干热气候,演变为中晚奥陶世的湿润气候。

(4) 逐渐建立南压、北张的构造体制,导致塔里木盆地由东、西分异的格局向南、北分异的格局转变。受阿尔金断裂系活动的影响,盆地内部玛南、塔中、古城墟等低隆起或鼻状隆起形成,并在压扭作用的影响下,呈雁列状展布。

(5) 由于南部物源区的出现,塔西克拉通内坳陷由开阔台地、局限台地向混积台地、混积陆棚转变。

(6) 塔里木地块北部的被动大陆边缘由窄到宽,并逐步发育成熟。它与塔东克拉通边缘坳陷之间以兴地断裂为界,兴地断裂以南主要以半深海-深海相的浊积岩、放射虫硅质岩和笔石页岩的沉积为主,火山岩具有双峰式特点;兴地断裂以北以碳酸盐台地相的沉积为主,火山岩为玄武岩。

2.3 南压北张对立发展阶段

2.3.1 早-中志留世

塔里木盆地在南北向上具有明显的三分性。由北向南,由塔北被动陆缘盆地、阿瓦提-满加尔克拉通内坳陷与塔西南前陆盆地所组成,其间为塔北隆起带与塔南部隆起带相分隔。南、北盆地构造性质迥然,北侧盆地强烈伸展、热沉降占主导,南侧盆地强烈挤压,具挠曲沉降成因。塔北被动陆缘盆地为稳定型浅海-半深海沉积环境。由东向西,水体加深,碳酸盐岩逐渐增多。

自柯坪塔格组沉积期至依木干他乌组沉积期,塔里木盆地内部缓慢沉降,发育了一套稳定的浅海相沉积,形成克拉通内坳陷盆地。早期海水

从西北、东北部侵入;晚期(依木干他乌组沉积期)由于盆地东部隆升,东北的海水通道被截断。

中昆仑早古生代岛弧和中昆仑地体相继与塔里木板块发生碰撞,形成了碰撞造山带,在塔西南地区形成了前陆褶皱冲断带雏形和周缘前陆盆地^[13,14]。盆地南缘志留-泥盆纪前陆冲断带系统,据冲断方向和构造变形特征的不同,可划分为南部冲断带、塘古孜巴斯构造三角带和塘北后冲带等3个次级构造带。

2.3.2 晚志留世-中泥盆世

晚志留世-中泥盆世,塔里木地块南侧仍为挤压体制,塔西南缘前陆盆地继续发育。北侧的南天山洋已有闭合趋势,向中天山地体下开始俯冲消减,盆地的水体变浅,主要发育一套巨厚浅海相沉积。早泥盆世末期,南天山有一期重要运动(库米什运动)^[18],虽然这一期构造运动对盆地的构造作用尚不甚了解,但盆地东部发生隆升,隔断了和北山海湾的联系。

盆地内部晚志留世-中泥盆世出现了一次大规模的海退事件,使克孜尔塔格组分布范围缩小。其沉积层序为一套向上变浅的海退式沉积。古隆起剥蚀区分布范围更广,滨岸沉积体系占据更大的范围,早期的内陆棚沉积区为浅滩相所代替,外陆棚沉积区位于柯坪-伽师-莎车以西地区。其他地区均为滨岸前滨、近滨沉积,局部发育滨岸砂坝。

2.4 西南缘被动大陆边缘与弧后盆地阶段

2.4.1 晚泥盆世-石炭纪

晚泥盆世-石炭纪,塔里木盆地的构造格局发生了根本性变化,变革为北压南张的构造环境。在塔里木地块北部,南天山洋盆向北俯冲,形成了中天山岛弧,并在晚石炭世发生弧-陆碰撞。塔里木地块南缘,古特提斯洋形成,早二叠世开始向塔里木地块之下俯冲,形成了塔西南弧后盆地。

东河塘组沉积期塔里木盆地以塔西克拉通内坳陷的发育为特征,沉积了一套滨岸-浅海陆棚相的砂岩、泥质粉砂岩。由于塔东地区的隆升,盆地向西倾斜,水体西深东浅。

晚泥盆世末期,由西南向东北的海侵,石炭纪海侵范围急剧扩大。经历初期的填平补齐后,早石炭世仅发育了和田、东南、柯坪等低缓隆起,轮南-古城一带的低隆起呈水下低隆起,半闭塞-闭塞台地相占据大部分盆地。由于北山裂陷活动加强,塔里木地块北缘被动大陆边缘盆地因南天山

洋的俯冲消减而发生分异。克拉通内坳陷也分割为西部与东部两个凹陷,西部凹陷的阿瓦提一带沉降较快,水体较深。塔西南缘发育成为成熟的被动大陆边缘。

由于早石炭世末南天山带构造运动的强烈发生,南天山洋关闭,并导致塔北-塔东弧形隆起的形成,隔断了与北山裂陷之间的联系(图2),使盆地成为向西倾斜、向西开口的海盆。晚石炭世早期盆地的封闭性较强,形成面积较广的闭塞台地体系。仅在盆地东侧近弧形隆起一带,由于地形高差起伏,物源供给充分,发育三角洲平原-河流沉积体系。在隆起的外侧,发育了半闭塞-开阔台地体系。南天山一带成为边缘残余海盆,面积大大缩小。塔西南缘成为被动大陆边缘。



图2 塔里木盆地及邻区早石炭世构造沉积环境图

Fig. 2 Map showing Early Carboniferous structures and depositional environments in Tarim Basin and adjacent area

晚石炭世晚期盆地再次海侵,随着海平面的上升,柯坪与和田隆起成为水下低隆起,塔里木地区成为向西南、南开口的海盆。在弧形隆起环绕部位发育半闭塞-闭塞台地相,其外侧发育开阔台地相。较快的沉降作用使其成为被海水覆盖的克拉通内坳陷与克拉通被动边缘盆地组成的大型盆地。克拉通被动边缘盆地的分布达最大规模。

这一阶段,塔里木地块处于热带-亚热带气候环境,自早石炭世早期以来,气候由炎热向湿润转变。盆地内石炭系一般厚 600~2 000 m,主要为一套海陆交互的碳酸盐岩和碎屑岩沉积。塔北隆起形成了凸凹相间的格局,轮南低凸起呈半岛状向南展出,西侧哈拉哈塘凹陷形成古海湾,沉积了巨厚的滨海相石英砂岩,东侧为草湖凹陷,以潮坪、泻湖相砂、泥岩为主,凸起上缺失东河塘砂岩;

塔中为低隆起,塔东、塔南地区也发育了石炭系,现今石炭系的缺失仅是后期剥蚀作用造成的;巴楚地区沉积了较厚的石炭系。

2.4.2 早、中二叠世

早二叠世,塔里木盆地发生大规模海退,盆地主体成为隆起剥蚀区。盆地西南部被动大陆边缘盆地发育了开阔的碳酸盐岩台地,其范围达到巴楚、古董山、和田河一线。柯坪-岳普湖以西为大面积的台地边缘相沉积。南天山洋东段褶皱隆升成陆,只在黑英山以西保留海水,包孜东以北为开阔台地,乌恰以西为大陆斜坡,其间为台地边缘沉积体系。在塔里木北缘早二叠世早期为浅海陆棚-台地相的碳酸盐岩-碎屑岩沉积,后期逐渐海退,出现滨岸沼泽相的含煤碎屑岩系。早二叠世晚期以大规模由东向西的海退为特点,仅塔西南地区尚有局部海域。在北天山海水则是由西向东退出,北天山边缘坳陷内发育了冲积扇体系。从早二叠世末开始,海水从天山及其两侧的塔里木和准噶尔地区退出,开始了这些碰撞前陆盆地陆相沉积的历史。

中二叠世的塔里木盆地是一个向西倾斜的盆地,东部主要为隆起剥蚀区。康西瓦断裂以南的古特提斯洋板块开始向塔里木板块之下俯冲,沿西南缘形成了塔西南弧后盆地,发育了曲流河-滨湖相沉积体系。盆地内部为克拉通内坳陷,发育河流-湖泊相沉积。湖相沉积主要发育在塔西南叶城-和田一带和羊屋3-巴东2井一带,其余地区主要为河流三角洲沉积。东部近隆起区以辫状河沉积为主,西部靠海盆地区多为曲流河沉积体系。

塔西北-南天山一带形成边缘坳陷,为残余海湾。由于局部裂解作用的发生,中二叠世早期(康克林组沉积时期),海水曾到达柯坪、印干-四石厂、巴楚小海子等地,海水西深东浅。特别是在西北边缘的卡拉铁克一带已出现半深水-深水的大陆斜坡上的海底扇浊积岩。中二叠世晚期(库普库兹满组及开派兹雷克组时期),南天山海盆萎缩,东部逐渐隆起,同时受北侧北天山洋盆俯冲的影响,出现大规模中酸性的火山活动。二叠纪早期形成一套中酸性-中基性火山岩夹海相的灰岩和碎屑岩,向上为近岸河湖-沼泽相的碎屑含煤岩系,反映了该海盆随着整个天山两侧板块的碰撞而逐渐升起的过程^[13, 14, 37]。

北山裂陷强烈发生,祁漫塔格一带形成弧后

盆地。

由此可见,早-中二叠世是盆地格局变革的重要时期。西南缘的被动大陆边缘盆地演化成为弧后裂陷盆地,南天山海盆退缩,盆地内部陆相沉积完全取代了海相沉积,陆相沉积的范围向东逐渐扩大。

2.5 西南缘弧后前陆盆地阶段

晚二叠世—三叠纪,古特提斯洋向中昆仑地体(这时为塔里木地块的西南缘)下的俯冲达到高潮,最终导致南侧的甜水海地体(羌塘板块)与塔里木地块发生碰撞。在塔西南地区晚二叠世杜瓦组上千米厚的陆相磨拉石建造的出现,标志着自(晚泥盆世)石炭纪—早二叠世发育起来的宽阔被动大陆边缘及中二叠世的弧后伸展盆地遭受改造,晚二叠世形成了弧后前陆盆地。三叠纪时期,盆地西部与东部的大部分地区遭受剥蚀。

晚二叠世塔里木地块南、北缘均处于挤压环境。强烈的区域挤压作用导致博格达山、天山、塔北—塔东—阿尔金带强烈隆升。库车—南天山地区冲断作用十分强烈,但还未发生挠曲沉降形成较大型的前陆盆地,仅仅是一些冲—洪积扇体的发育。塔里木盆地仅限于西南地区,由于西昆仑岩浆岛弧后褶皱冲断带的形成,发育了一个形态极不规则的前陆盆地,出现了浅湖—半深湖相沉积。

早三叠世,古特提斯洋向北的俯冲作用加剧,盆地西部地区、祁漫塔格地区隆起,盆地为其周缘隆起所围限,沉积局限于坳陷内,即现今盆地的中部和北部边缘。库车地区受冲断负荷的作用而挠曲沉降,构造沉降幅度较大,其中出现了半深湖环境。盆地内部处于克拉通的中央,沉积相带呈近东西向展布,沉降中心与沉积中心虽略有偏离,也呈东西向展布,反映出中部盆地除热冷却沉降机制外,还可能受到盆地边界的控制。这一时期,构成库车前陆盆地的新和前缘隆起可能沿轮台、雅克拉等断裂向南侧的盆地发生冲断,在断裂的南侧广泛发育了三角洲沉积体系。据此认为,处于新和前缘隆起之后的盆地内部,即“前陆盆地体系的隆后部位”,不但具有热冷却沉降、隆后环境的均衡调整成因,而且还由于新和前缘隆起的冲断作用,发生了一定程度的挠曲沉降。因此,盆地中部具有复合成因机制,而成为前陆冲断隆起所分割的“山间盆地”。

中三叠世,上述盆地格局依然存在。盆地中部的轴向由于阿瓦提—阿拉尔一带的沉降而逆时

针旋转,呈北东东向。库车前陆盆地的范围略有缩小。若羌—米兰一带形成长条状坳陷型湖盆。天山山间盆地发育。

晚三叠世,随着南侧碰撞事件的发生,挤压作用达到高潮,盆地表现出强烈的隆升与剥蚀。盆地中部范围缩小。库车前陆盆地由于挠曲沉降充分,沉降幅度大,形成了较为宽广的河流—湖盆沉积体系。至晚三叠世晚期,湖盆逐渐被充填,发育了塔里奇克组(T_{3t})3个由粗至细的沉积旋回,顶部为灰黑色碳质泥岩夹煤线(层)的沉积。表明前陆盆地已演化至晚期。

由此认为,晚二叠世—三叠纪,塔里木盆地及邻区整体处于挤压环境,盆地的沉积范围最小,晚二叠世的弧后前陆盆地偏于西南地区,三叠纪的盆地发育在库车前陆地区及盆地中部^[38]。

2.6 多期伸展—聚敛阶段

侏罗纪—古近纪是新特提斯洋的发育与消亡阶段。新特提斯洋的一系列构造事件对塔里木盆地的形成与演化产生了深刻的影响。

2.6.1 早、中侏罗世

早、中侏罗世,构造运动相对平静,南天山褶皱隆起带开始遭受强烈剥蚀,在区域弱伸展背景下(可能也有造山期后的热沉降和应力松弛以及重力均衡作用影响)^[39],盆地与造山带结合部分由于处于构造软弱带上^[30],易拉张形成断陷湖盆。塔里木及邻区主要发育了一系列断陷盆地(图3)。

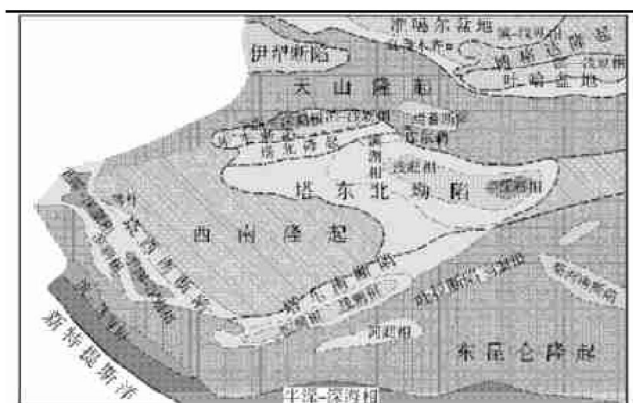


图3 塔里木盆地及邻区中侏罗世构造沉积环境图

Fig. 3 Map showing Middle Jurassic structures and depositional environments in Tarim Basin and adjacent area

(1)库车断陷盆地:湖盆变浅变宽,南部的隆起带也逐渐被湖水淹没,并使库车盆地北缘大部

分地区出现了准平原化的构造面貌,从挤压体制下的盆地转化为伸展体制下的盆地。当时气候潮湿,为广泛的沼泽环境,属于潮湿气候条件下充填补偿式的沉积,以辫状河冲积平原滨浅湖-半深湖沉积相组合为特征,主要为一套浅灰、绿灰色含砾砂岩、砂岩夹暗色泥岩及煤层的岩性组合。平面上,以曲流河沉积为主的冲积平原、辫状河三角洲主要分布于坳陷北缘,湖泊分布于中部及南部广大地区,前陆隆起带局部地带仍发育三角洲沉积。

(2)塔西南断陷带:位于喀什-乌恰一带,其沉积过程以及所保存的地层分布特点,清楚地反映为一个伸展断陷盆地。首先,盆地总体走向横切南天山造山带的走向,而不像前陆盆地那样平行相邻造山带的褶皱-断裂带。第二,下侏罗统沙里塔什组砾岩不仅厚度大于1 000 m,而且是盆地发展最早期的产物。该层向上逐渐演变为中侏罗统深水沉积相,出现浊积岩(杨叶组)。这种向上沉积环境变深的相序特点是张性沉积盆地所经常具有的,而不同于前陆盆地显示向上沉积环境变浅的层序。此外,砾岩相经常形成于前陆盆地发展的后期阶段,而并不如早期认为的是盆地发展初期的产物^[4,40]。前陆盆地近端区域在早期阶段虽也经常出现粗粒沉积物,如砾岩和砂砾岩等,但目前在南天山并未发现侏罗纪推覆断裂活动的证据,所以难以把沙里塔什组砾岩沉积与推覆断裂活动相联系。第三,从沙里塔什组砾岩沉积过程以及物源分析结果来看,在垂向上砾岩层中各种砾石成分的比例发生明显变化,特别是变质岩砾石和灰岩砾石的比例关系皆显示一种快速堆积过程。从目前地层分布情况来看,侏罗系西侧出露地层为前寒武系变质岩,东侧为南天山古生代地层。结合不同类型砾石古流向的测量结果,变质岩砾石皆来自于西侧,而沉积岩砾石则基本来自于东侧,说明,当时盆地由两侧提供沉积物来源,快速堆积的砾岩是强烈断陷的产物,而不同于前陆盆地近源砾岩沉积一般是由褶断隆起的一侧提供物源的特点。此外,沙里塔什组分布局限也说明其受(张性)断裂控制。最后,下侏罗统沙里塔什组和康苏组分布在当时南北向盆地的中心部位,而中侏罗统杨叶组(塔尔尕组)则显示向东、西两侧不断超覆沉积的趋势,并直接覆盖在古生界和寒武系之上。这种盆地演化特征也不同于前陆盆地向远源方向沉积超覆的特点。

乌恰地区侏罗系盆地实际上应属北边吉尔吉斯斯坦境内费尔干纳盆地向东南延伸部分。对乌恰侏罗系不同层位古流向测定和校正结果显示,早-中侏罗世的古流向总体指向北,进一步说明乌恰侏罗系盆地的沉积-沉降中心应在费尔干纳盆地,和塔西南南缘侏罗系盆地分属两个盆地系统,后者向西应与塔吉克侏罗系盆地相连。

塔西南南缘侏罗系的沉积相、相组合以及相序与乌恰的侏罗系有明显差异。在阿克陶奥依塔克一带,中-下侏罗统叶尔羌群虽也显示由下部砾岩向上过渡到煤系地层,但基本皆由河流相沉积物所构成,而没有出现深水沉积物。砾岩的砾石成分指示来自于相邻的西昆仑山,并含有上古生界火山岩成分,与乌恰下侏罗统沙里塔什组有很大差别。在阿克陶县克孜勒陶一带,叶尔羌群主要由深水沉积物构成,而缺失煤层。沿这个侏罗系盆地继续向南,叶尔羌群又逐渐相变为河流相和含煤地层。这种岩相的空间变化指示塔西南南缘侏罗系盆地很可能是许多成因上相关的小型断陷盆地群,各小盆地盆地中心沉积厚度大,以深水沉积物为主,具有相对的独立性。而不同盆地相接处则以浅水沉积的河流相和含煤地层为特征。

(3)塔东坳陷:与三叠纪的盆地北东东向轴向不同,早、中侏罗世塔东坳陷的轴向呈北西西向,沉积相带也呈北西西-北西向展布。反映了二者盆地性质已经发生了变化。英吉苏凹陷的性质可能具有张扭成因,不同方向(东西、北西向)的构造带相叠置;并叠加了新生代的压扭性构造,掩盖了其张扭成因构造的特征。

(4)塔东南断陷:在晚古生代北民丰-罗布庄冲断隆起带上,于早、中侏罗世发生断陷,受阿尔金北缘断裂活动的影响,断陷呈南深北浅的不对称形态,断陷的缓倾翼沿前期冲断带后翼展布。该断陷发育了民丰、若羌与敦煌等沉降中心。

2.6.2 晚侏罗世

中、上侏罗统之间,或中侏罗统内部普遍见到角度不整合。目前,对其成因不甚了解,一般是将其与拉萨地体与欧亚大陆的碰撞相联系。但由于这一不整合普遍见于西北地区,或许与欧亚大陆内部块体的旋转调整有关^[41]。因气候转为干旱炎热,晚侏罗世的盆地范围缩小,原来的库车、塔西南、塔东南等断陷已演变为坳陷。

2.6.3 早白垩世

主要发育了库车坳陷、塔东坳陷与塔西南裂陷盆地。前两者分别呈北东东、北西西向,且相连接,而与塔西南裂陷盆地相分隔。

在塔西南地区,白垩系沉积厚度的变化受当时张性断裂的控制,且塔西南裂陷盆地与北部费尔干纳盆地和西边塔吉克盆地相通,可能形成一个统一的塔吉克-塔西南裂谷盆地。盆地由于进一步坳陷和海平面上升而不断扩大,海水由西边进入,同时西昆仑作为一个屏障把塔西海盆与南边海域相隔开。

下白垩统红色粗粒沉积物(冲积扇和辫状河流产物)代表了另一次断陷作用的开始,并伴随有玄武岩岩浆的活动,在成因上属典型的裂谷型盆地。上、下白垩统之间的不整合面是白垩纪裂谷发育过程中的产物,而不是挤压作用的结果。相对于下白垩统而言,上白垩统是盆地基底在沉降过程中形成的。因此,上、下白垩统分别代表了当时裂谷型盆地发展的两个不同阶段,即早期裂谷断陷阶段和晚期裂谷热衰减沉降阶段。其间的不整合面代表两个阶段的转换界面。

2.6.4 晚白垩世

上白垩统在新疆地区普遍缺失,似乎不是一个偶然事件。这与欧亚大陆南缘地体(例如江孜岛弧)的碰撞有关^[42]。塔里木地区仅在西南缘发育一套海相沉积^[43,44]。

2.6.5 古新世—始新世

古新世盆地分布广,发育库车-阿瓦提坳陷、塔东坳陷与塔西南裂陷3个单元。出现了3种变化:一是打破侏罗—白垩纪的构造格局,库车坳陷越过塔北隆起直接与阿瓦提坳陷相连,并成为一个统一的沉降坳陷,这种趋势在后期(新近纪—第四纪)的演化过程中得到加强,逐渐成为库车-阿瓦提前陆坳陷;二是沙雅隆起不再局限在古生代隆起的位置,向东南迁移至满西-库尔勒一带,转呈北东向;三是塔东大面积坳陷,并与民丰凹陷相连,由于沉降幅度小,仅发育冲积平原相。

塔西南裂陷持续发育,且逐步向坳陷转化。古新世的沉积出现大量膏岩,但自始新世开始整个塔西南地区广泛发育碳酸盐岩、介壳层以及细粒硅质碎屑岩^[34,43,44]。

始新世,塔西南地区开始出现明显的海侵,浅水碳酸盐岩几乎遍布全区,仅在周缘地区发育细

粒硅质碎屑沉积物。区域地层和岩相分析表明,海水由西向东逐步侵入,在西部塔吉克盆地和喀什西南部发育厚层状碳酸盐岩,主要岩性为泥灰岩、灰泥岩以及生物灰岩等,同时夹有泥岩和少量泥质粉砂岩。在和田南部露头区,始新统底部多为粒屑灰岩,包括生物碎屑灰岩和泥粒灰岩以及介壳灰岩等,但沉积层主体为碳酸盐岩和碎屑岩混合沉积,并出现少量白云岩和膏岩层。依据钻井和地震剖面等资料所编绘的始新统沉积分布图,始新统向东北方向逐渐尖灭,巴楚隆起仍为当时塔里木盆地西部的一个隆起。而盆地南界可能位于和田阿其克、皮山杜瓦以及叶城甫沙等地以南区域。

整个始新统几乎皆由碳酸盐岩和细粒硅质碎屑岩组成,这种情况反映周缘地带并不存在强烈的物源剥蚀区,盆地应以缓慢沉降为特征。海侵过程不断形成超覆沉积,在盆地边缘形成超覆不整合,层序底部以粒屑灰岩或以石英质砂岩为特征。

2.6.6 始新世晚期—渐新世

盆地内部的构造格局仍然表现为三分^[45,46],只是中部隆起范围扩大,塔东坳陷的面积减小。

在塔西南地区,始新世末—渐新世岩相逐渐发生变化,即由碳酸盐岩演变为碎屑岩沉积。但始新统沉积层中所含的化石指示当时仍为海相沉积,即当时塔西南盆地仍与西侧海盆相互连通。从岩相的空间变化特征来看,相对粗粒沉积物,如砂岩、含砾砂岩和砾岩等主要发育在盆地南侧,而向北或东北方向沉积物逐渐变细,并出现膏岩沉积层,继续向北则过渡到巴楚隆起带。这种相变情况说明始新世晚期—渐新世物源区位于盆地的南侧,指示南侧造山带已开始抬升和遭受剥蚀。

始新世晚期—渐新世的残留沉积厚度分布表明,盆地的沉积中心位于盆地的南部边缘,盆地凹陷中心轴大致与盆地边界相平行。另外,由沉积物在横剖面上呈明显的楔形体表明,这与始新世中心沉降式沉积体的厚度分布有明显的差别,同时也由于其构造负载导致相邻盆地发生挠曲型沉降。挠曲沉降的结果造成沉降中心向盆地边缘迁移,在空间上形成一种大型楔状沉积体。由于物源区位于当时盆地南部,同时沉降中心也位于盆地南部边缘,所以近源区不仅沉积厚度大,而且以发育相对粗碎屑沉积物为特征。陆源碎屑向盆地

内部的充填破坏了原有的碳酸盐台地的沉积环境,并不断建造起碎屑岩滨岸-陆棚型沉积体系。在当时盆地的(东)北区为远源地带,沉积厚度逐渐减薄,沉积相特征指示当时沉积环境为蒸发相及碎屑岩潮坪。

依据始新世晚期—渐新世的岩相时空变化,盆地沉积中心迁移,以及结合区域构造活动等现象,可以推断在始新世晚期盆地性质开始发生变化,即由早期裂谷型盆地向前陆型盆地转化。盆地边缘造山带重新开始变形和抬升与南侧印度—欧亚板块碰撞所产生的远距离效应直接相关^[13~16]。造山带边缘的逆冲推覆不仅造成基底的抬升,也构成相邻盆地的物源区。

始新世晚期—渐新世前陆型盆地并未发育完全。盆地内仍以细粒沉积物为主,说明相邻造山带还没有经历明显的抬升和遭受强烈的剥蚀。古生物化石指示当时仍为海相沉积,海水虽开始向西退出,在塔西南盆地仍与西部广泛相通,帕米尔推覆地体还没有形成或切断塔西南海盆与西部的广泛通道。真正发育成熟的前陆盆地是自中新世以后产生的。

由上所述, 侏罗纪以来的盆地发展表现为 3 次小的伸展聚敛旋回: 早中侏罗世、早白垩世、古新世—始新世早期伸展, 形成断陷或裂陷盆地; 晚侏罗世、晚白垩世、始新世晚期—渐新世聚敛挤压, 导致大范围的隆升剥蚀或盆地发生调整。古气候也由温暖潮湿气候演化为炎热干燥的大陆性气候。这些地球动力学事件可能与欧亚大陆南缘侏罗纪以来的 3 次地体增生拼贴有关。大的区域构造格局的变化导致了板内盆地的形成、发展与演化。

2.7 转换挤压复合前陆盆地阶段

印度和欧亚板块沿雅鲁藏布江的碰撞及其持续挤压作用是欧亚大陆构造变形及大型塔里木复合前陆盆地形成的主要原因^[13, 14, 42, 47]。印度-欧亚板块的初始碰撞发生在 55~ 46 Ma, 具体碰撞过程可明显分为早期以走滑构造变形为主和晚期以挤压缩短增厚变形为主的两个阶段, 其间的转换期大约在渐新世。渐新世是第三纪早期伸展盆地向新近纪前陆型盆地过渡的时期。

2.7.1 中新世

中新世开始,南部远端强烈的碰撞挤压作用明显影响到塔里木周缘造山带。天山隆升并向盆

地冲断;西昆仑发生强烈的褶皱和断裂,铁克里克推覆体开始向北逆冲和抬升;阿尔金断裂带和阿合奇断裂带构成塔里木盆地的东南与西北边界^[47~49],都发生了冲断-走滑作用,从而使塔里木盆地处于强转换挤压环境^[49]。

中新世的塔里木盆地由阿瓦提-库车前陆盆地、塔西南前陆盆地与塔东南前陆盆地组成。由于盆地边界断裂的作用及盆地边界的不规则性,阿瓦提-库车前陆盆地与塔东南前陆盆地呈北东东或北东向,其间的塔中隆起西接巴楚隆起(剥蚀型隆起)^[46],呈一弧形带展布。

中新世的塔西南前陆盆地, 由西昆仑褶皱-断裂带、塔西南坳陷(叶城-和田凹陷)和巴楚隆起(前缘隆起)构成一个叠加在古近纪伸展型盆地之上的前陆盆地体系。两个不同类型盆地之间的转换是由边缘造山带构造作用的变化所致。西昆仑向北逆冲推覆使塔西南地区由古近纪裂谷晚期(热)沉降过程逐渐转变为中新世由构造负载所引起的基底挠曲型沉降。盆地类型的转变可通过岩相的明显变化、沉积速率增大以及沉积厚度在空间上规律性的变化而加以佐证。

2.7.2 上新世

自上新世开始, 青藏高原以及中亚地区以强烈挤压、地壳增厚和造山带抬升为主要特征。帕米尔地体强烈向北逆冲并与南天山造山带相顶撞, 最终分隔了曾经相互连通的塔里木-卡拉库姆地块。

上新世时期,塔里木盆地出现新的变化(图4)是:吐木休克断裂、色力布亚-玛扎塔格断裂活动并逐渐加强,二者构成的背冲断块——巴楚断隆开始大规模形成。巴楚断隆也具有前缘隆起

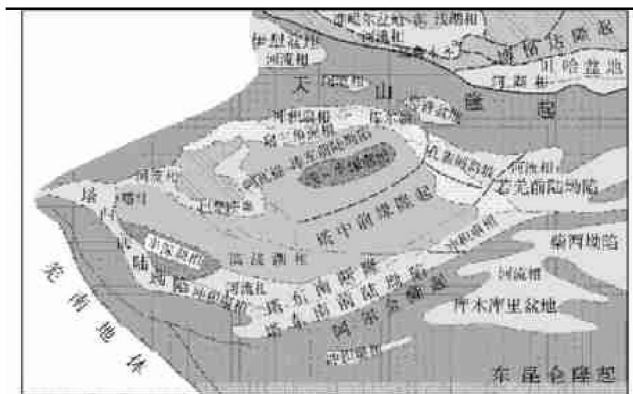


图4 塔里木盆地及邻区上新世构造沉积环境图

Fig.4 Map showing Pliocene structures and depositional environments in Tarim Basin and adjacent area

性质^[46], 并与塔中隆起相连构成大型隆起带; 周缘山体隆升加强, 冲积扇体系大规模发育; 盆地内部基底断裂带复活。

上新世铁克里克推覆体强烈的逆冲抬升和库斯拉甫断层的逆冲走滑是控制当时塔西南盆地演化的重要因素。从上新统(阿图什组)沉积厚度的分布情况来看, 叶城地区为一个相对独立的沉积和沉降中心。英吉莎及以北地区构成另一沉积中心, 即喀什坳陷。叶城坳陷位于铁克里克推覆体前缘沉降带的西端和库斯拉甫逆冲走滑断裂带的东侧, 它的沉降很可能是铁克里克推覆体逆冲所导致的挠曲沉降过程和由库斯拉甫断裂走滑作用而造成的拉分断陷过程的综合效应。因此, 上新世的塔西南盆地已转换为挤压前陆盆地。齐姆根构造带的形成与库斯拉甫断层的斜压作用有关。

2.7.3 第四纪

第四纪以来的盆地发展基本继承了上新世的盆地格局^[46]。盆地边缘造山带的强度不断增加^[49~53], 前第四系被不断卷入到褶皱带中^[52~54], 并被抬起成为相邻盆地的物源。阿瓦提-库车前陆盆地与塔东南前陆盆地呈北东向展布, 由于柯坪地区隆起并向盆地内冲断, 阿瓦提-库车前陆盆地的面积缩小。第四纪的塔西南地区在总体上仍属于转换挤压或压扭性前陆型盆地。其结果形成了南部冲断推覆构造带、叶城-和田前陆坳陷、麦盖提前陆斜坡与巴楚前缘断隆^[14, 46]。

由上所述, 新近纪-第四纪的塔里木盆地是由阿瓦提-库车前陆盆地、塔西南前陆盆地与塔东南前陆盆地3个盆地复合而成, 具有挠曲沉降、走滑导致的沉降与热沉降等多种成因机制, 阿合奇断裂、阿尔金断裂带的强烈走滑活动使盆地处于转换挤压环境^[48, 49]。因此, 盆地具有叠加的动力学背景, 是转换挤压背景下的挠曲沉降盆地, 可称为转换挤压前陆盆地。

3 盆地的多旋回叠合特征

塔里木盆地的演化主要受其周缘造山带演化与深部背景的控制(图1~4), 表现为震旦纪-中泥盆世、晚泥盆世-三叠纪与侏罗纪-第四纪3个伸展-聚敛盆地发展旋回。

震旦纪到中泥盆世(古亚洲洋阶段或原特提斯阶段), 塔里木盆地经历了陆内裂谷-被动大陆边缘盆地-前陆盆地发展旋回。震旦纪初始裂陷阶段, 盆地处于南纬高纬度区, 南、北分带, 盆缘

裂陷, 盆内坳陷, 西浅东深。④寒武纪伸展阶段, 全面海侵, 东、西分异, 北昆仑洋形成; 塔西南发育成被动大陆边缘; 塔东克拉通边缘坳陷盆地形成半深海-深海盆地; 塔西克拉通内坳陷盆地发育浅水台地相。④早-中奥陶世被动大陆边缘阶段, 南天山洋具有雏形, 祁漫塔格裂陷形成; 南、北同时形成被动大陆边缘; 盆内西浅东深, 斜坡相带变迁, 水下低隆起形成。晚奥陶世南侧挤压阶段, 北昆仑洋消减, 阿尔金沟-弧-盆系消亡; 盆内东、西分异强烈, 斜坡相带偏转; 北天山洋消减闭合, 南天山洋扩张。志留纪-中泥盆世南北对立阶段, 盆地南压北张; 南、北分异; 盆地分割性强; 前陆盆地体系与克拉通内坳陷体系独立发展; 早(或中)泥盆世末期构造运动强烈。

晚泥盆世到三叠纪(古特提斯洋阶段), 塔西南边缘经历了陆内裂谷/被动大陆边缘盆地-弧后伸展盆地-弧后前陆盆地发展旋回; 塔北则受南天山洋关闭的影响经历了被动大陆边缘-残余洋-残余海湾-前陆盆地体系旋回(古亚洲洋彻底消亡)。

晚泥盆世南张北压: 南天山洋消减, 而古特提斯洋出现雏形; 盆地东、西分异, 向西南倾斜, 东部大面积隆升。④早石炭世被动大陆边缘阶段: 全面海侵; 盆地东、西分异, 差异沉降形成南北向低梁; 南天山地区发育残余洋盆; 祁漫塔格地区裂陷; 北山地区裂陷。④晚石炭世南张北压: 南天山洋关闭; 南侧发育较宽广的被动大陆边缘; 塔东隆起; 盆内东西分异, 向西南、南倾斜。早二叠世(早期): 东部大范围隆升, 塔西南被动大陆边缘缩小; 南天山形成残余海湾。中二叠世弧后盆地: 东高西低, 大范围基性岩浆喷发。晚二叠世弧后前陆盆地: 发育河流-湖泊体系。⑧三叠纪前陆盆地: 东、西隆中间坳, 坳陷内南、北分带; 挤压趋于强烈。

侏罗纪到第四纪(新特提斯洋阶段), 经历了陆内裂谷(坳陷)-挤压调整作用-晚期前陆型盆地发展旋回, 陆内裂谷(坳陷)-挤压调整作用出现了3个次级旋回。早中侏罗世断陷阶段: 盆缘断陷; 盆内分异, 西高东低。④晚侏罗世(挤压)调整阶段: 盆地面积缩小, 冲积体系发育。④早白垩世裂陷阶段: 盆内西高东低, 发育河流-湖泊沉积体系。晚白垩世(挤压)调整阶段: 盆地大范围隆升。古新世-始新世早期(裂陷)坳陷阶段: 盆地沉积宽广, 发育海相碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系, 盆内三分清楚, 为一海侵过程。始新世晚期-渐新世前陆盆

地:盆地三分,具有复合盆地雏形。⑧中新世—第四纪转换挤压或压扭性前陆盆地:盆缘冲断,挠曲沉降,巨厚沉积充填,发育冲积扇-河流沉积体系;转换挤压,断裂强烈活动;盆地定型。

伸展聚敛旋回之间的转换界面是盆地运动体制急剧变革的时间界面,也是盆地沉积充填结构、构造变形样式与热体制发生转换的界面。伸展期原盆地层层序较稳定,聚敛期原盆侧向变化大。盆地演化与构造体制转换的地球动力学过程与方式决定了盆地复杂的叠加地质结构。在中新世以前塔里木盆地与塔吉克-卡拉库姆板块相连,基本上自中新世才开始成为相对独立的盆地系统,现今为一大型的复合盆地^[55]。

盆地多旋回叠合的动力学过程与复杂的叠加地质结构决定了油气聚集与分布的基本特点^[9,56~58],决定了油气勘探应遵循的基本规律^[13~15,57~59]。

参 考 文 献

- Dickinson W R. Plate tectonics and sedimentation[A]. In: Dickinson W R. Tectonics and sedimentation[C]. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 1974, 22, 1~ 27
- Bally A W. Basins and subsidence: a summary[A]. In: Bally A W, Bender P L, Mcgetchin T R, et al. Dynamics of plate interiors[C]. Washington D C: American Geophysical Union; Boulder, CO: Geological Society of American, 1980
- Shannon P M, Naylor D. Petroleum basin studies[M]. New York: Springer-Verlag, 1989. 200
- Busby C J, Ingersoll R V. Tectonics of sedimentary basins[M]. Oxford: Blackwell Science, 1995. 1~ 460
- Miall A D. Principles of sedimentary basin analysis[M]. Berlin Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1995. 381~ 395
- 王鸿祯. 从活动论观点论中国大地构造分区[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1981, 6(1): 42~ 46
Wang Hongzhen. Geotectonic subdivision in China based on mobilism[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 1981, 6(1): 42~ 46
- 李德生. 中国含油气盆地构造类型[J]. 石油学报, 1982, 3(3): 1~ 12
Li Desheng. Tectonic types of petroliferous basins in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 1982, 3(3): 1~ 12
- 朱夏. 活动论构造历史观[J]. 石油实验地质, 1991, 13(3): 201~ 209
Zhu Xia. On tectonic history mobilism[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1991, 13(3): 201~ 209
- 童晓光. 塔里木盆地的地质结构和油气聚集[A]. 见: 童晓光, 梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992. 17~ 22
- Tong Xiaoguang. Geologic structure and hydrocarbon accumulation in Tarim Basin[A]. In: Tong Xiaoguang, Liang Digang. Proceedings on Petroleum exploration in Tarim Basin[C]. Urumqi: Xinjiang Science Technology and Clinic Press, 1992. 17~ 22
- 何登发, 贾承造, 王桂宏. 叠合盆地概念辨析[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 1~ 8
He Dengfa, Jia Chengzao, Wang Guihong. Discussion on the concept of superimposed basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(1): 1~ 8
- 李德生. 中国含油气盆地构造学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 1~ 580
- 贾承造, 姚慧君, 魏国齐, 等. 塔里木盆地板块构造演化和主要构造单元地质构造特征[A]. 见: 童晓光, 梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992. 207~ 225
Jia Chengzao, Yao Huijun, Wei Guoqi, et al. Tectonic evolution of Tarim Plate and characteristics of major tectonic elements[A]. In: Tong Xiaoguang, Liang Digang. Proceedings on Petroleum exploration in Tarim Basin[C]. Urumqi: Xinjiang Science Technology and Clinic Press, 1992. 207~ 225
- 贾承造, 魏国齐, 王良杰, 等. 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. 1~ 438
- 何登发, 李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 1~ 171
- 汤良杰. 塔里木盆地演化和构造样式[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 1~ 136
- 张光亚. 塔里木古生代克拉通盆地形成演化与油气[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 1~ 115
- 滕吉文. 塔里木地球物理场与油气: 塔里木油气地质(2)[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 1~ 121
- 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 Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1997, 19(2): 108~ 114
- 杨克明, 龚铭. 塔里木盆地晚海西构造幕与成盆期研究[J]. 地质科技通报, 1998, (9): 5~ 6
Yang Keming, Gong Ming. Study on the late Variscan event and basin formation phase in Tarim Basin[J]. Bulletin of Geologic Science and Technology, 1998, (9): 5~ 6
- 王跃, 董光荣. 新构造运动在塔里木盆地演化中作用[J]. 地质论评, 1992, 38(5): 426~ 430
Wang Yue, Dong Guangrong. Influence of neotectonic movement on the evolution of Tarim Basin[J]. Geological Review, 1992, 38(5): 426~ 430
- 何登发. 塔里木盆地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
- 王毅. 塔里木盆地震旦系-中泥盆统层序地层分析[J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 414~ 421
Wangyi. Sequence stratigraphy of the Sinian-Middle Devonian system

- in the Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(3): 414–421
- 23 王毅, 张一伟. 塔里木盆地构造-层序分析[J]. *地质论评*, 1999, 45(5): 504–513
Wang Yi, Zhang Yiwei. Tectonic-sequence analysis of Tarim Basin [J]. *Geological Review*, 1999, 45(5): 504–513
- 24 蔡学林, 彭大钧. 塔里木盆地变形构造格局及其动力学模式: 兼论楔入造山推覆模式[J]. *成都理工学院学报*, 1997, 24(2): 29–39
Cai Xuelin, Peng Dajun. Tectonic Framework and dynamic model of tarim basin: implication for wedging orogenesis [J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 1997, 24(2): 29–39
- 25 伍致中. 塔里木盆地西部及邻区构造形成机制[J]. *新疆石油地质*, 1996, 17(2): 97–104
Wu Zhizhong. Structural formation mechanism of western Tarim Basin and adjacent region [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1996, 17(2): 97–104
- 26 张守安, 李德茂. 塔里木盆地构造-地层组合特征[J]. *新疆石油地质*, 1998, 19(4): 299–302
Zhang Shouan, Li Demao. Characteristics of tectonic-stratigraphic association of Tarim Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1998, 19(4): 299–302
- 27 刘生国, 胡望水, 刘泽锋, 等. 塔里木盆地前震旦-石炭纪构造与地层组合特征[J]. *西安科技学院学报*, 2001, 21(2): 136–139
Liu Shengguo, Liu Zefeng. Structure-stratigraphy assemblage characteristics in Tarim Basin [J]. *Journal of Xi'an University of Science & Technology*, 2001, 21(2): 136–139
- 28 谢晓安, 吴奇之. 塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征[J]. *沉积学报*, 1997, 15(1): 152–155
Xie Xiaolan, Wu Qizhi. Paleozoic structural framework and depositional features in Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(1): 152–155
- 29 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京: 南京大学出版社, 1997. 3–26
- 30 陈发景, 汪新文. 中国西北地区早-中侏罗世盆地原型分析[J]. *地质前缘*, 2000, 7(4): 459–469
Chen Fajing, Wang Xinwen. Analysis of prototype basin during early to middle Jurassic Period in northwest China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 459–469
- 31 李德伦, 张大权. 塔里木盆地北部坳陷震旦纪-奥陶纪大陆裂谷性质及其演化[J]. *长春科技大学学报*, 2001, 31(2): 136–141
Li Delun, Zhang Daquan. Character of continental rifts and its evolution of Northern Sag during Cambrian to Ordovician, Tarim Basin [J]. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 2001, 31(2): 136–141
- 32 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化与成矿[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994. 1–437
- 33 郑家凤, 穆曙光. 塔里木盆地震旦纪-奥陶纪岩相古地理[J]. *西南石油学院学报*, 1995, 17(4): 1–5
Zheng Jiafeng, Mu Shuguang. Siniar-Ordovician lithofacies and Paleogeography of Tarim Basin [J]. *Journal of Southwestern Petroleum Institute*, 1995, 17(4): 1–5
- 34 顾家裕. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 1–361
- 35 肖序常, 汤耀庆. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 1–200
- 36 马瑞士, 王赐银, 叶尚夫, 等. 东天山构造格架及地壳演化[M]. 南京: 南京大学出版社, 1993. 1–225
- 37 陈汉林, 贾承造. 塔里木盆地北部二叠纪中酸性火成岩带的厘定及其对塔北构造演化的意义[J]. *矿物学报*, 1998, 18(3): 370–376
Chen Hanlin, Jia Chenzao. Confirmation of Permian intermediate-acid igneous rock zone and a new understanding of tectonic evolution in the Northern part of the Tarim Basin [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 1998, 18(3): 370–376
- 38 王龙樟. 塔里木盆地阿瓦提-满加尔坳陷三叠-侏罗纪沉积物源变迁[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2000, 25(1): 39–43
Wang Longzhang. Change of depositional source rocks in Awatir-Margjaer Sag during Triassic to Jurassic in Tarim Basin [J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 2000, 25(1): 39–43
- 39 杨树锋, 贾承造, 陈汉林, 等. 特提斯构造带的演化和北缘盆地群形成及塔里木盆地天然气勘探前景[J]. *科学通报*, 2002, 47(增刊): 36–43
Yang Shufeng, Jia Chenzao, Chen Hanlin, et al. Evolution of Tethys tectonic belt, formation of basin zone on its northern margin, and natural gas exploration prospects in Tarim Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(sup): 36–43
- 40 Macqueen R W, Leckie D A. Foreland basins and fold belts [J]. *AAPG Memoir*, 1992, 55: 1–460
- 41 何登发, 白武明, 孟庆任. 塔里木盆地地球动力学演化与含油气系统旋回[J]. *地球物理学报*, 1998, 4(增刊): 77–87
He Dengfa, Bai Wuming, Meng Qinren. Geodynamic evolution and petroleum system cycle in Tarim Basin [J]. *Acta Geophysical Sinica*, 1998, 4(sup): 77–87
- 42 Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen, *Annu Rev* [J]. *Earth Planet Sci*, 2000, 28: 211–280
- 43 王永, 傅德荣. 塔里木盆地西南部白垩纪-早第三纪沉积构造演化[J]. *地球学报——中国地质科学院院报*, 1996, 17(1): 32–40
Wang Rong, Fu Derong. The sedimentary-tectonic evolution of the southwest Tarim Basin from Cretaceous to early Tertiary [J]. *Acta Geoscientia Sinica: Bulletin of the Chinese Academy of Geological Science*, 1996, 17(1): 32–40
- 44 雍天寿. 古特提斯海北支塔里木古海湾岩相古地理[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 1–120
- 45 伍致中, 刘东海. 塔里木盆地西南坳陷的形成演化[J]. *新疆石油地质*, 1996, 17(3): 211–218
Wu Zhizhong, Liu Donghai. Formation and evolution of southwest depression in Tarim Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1996, 17(3): 211–218
- 46 何登发. 塔里木盆地新生代构造演化与油气聚集[J]. *石油勘探与开发*, 1994, 21(3): 1–8
He Dengfa. Cenozoic tectonic evolution and hydrocarbon accumulation

- in Tarim Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1994, 21(3): 1-8
- 47 郭令智, 施央申, 卢华复, 等. 印-藏碰撞的两种远距离构造效应[A]. 见: 戴金星. 现代地质学论文集(上)[C]. 南京: 南京大学出版社, 1992. 1~9
- 48 国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组. 阿尔金活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1992. 1~35
- 49 陈楚铭, 卢华复, 贾东, 等. 塔里木盆地晚第三纪-第四纪沉积特征、构造变形与石油地质意义[J]. *沉积学报*, 1998, 16(2): 113~123
- Chen Chuming, Lu Huaifu, Jia Dong, et al. Depositional Characteristics, structural deformation in late Tertiary to Quaternary and its significance in petroleum geology in Tarim Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(2): 113-123
- 50 卢华复, 陈楚铭, 刘志宏, 等. 库车再生前陆逆冲带的构造特征与成因[J]. *石油学报*, 2000, 21(3): 18-24
- Lu Huaifu, Chen Chuming, Liu Zhihong, et al. Structural characteristics and origin of rejuvenated foreland thrust belts in Kuqa basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2000, 21(3): 18-24
- 51 卢华复, 贾承造, 贾东, 等. 库车再生前陆盆地冲断构造楔特征[J]. *高校地质学报*, 2001, 7(3): 257-271
- Lu Huaifu, Jia Chenzao, Jia Dong, et al. Features of the thrust wedge of deformation belt in Kuqa rejuvenation foreland basin[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2001, 7(3): 257-271
- 52 卢华复, 贾东, 陈楚铭, 等. 库车新生代构造性质和变形时间[J]. *地学前缘*, 1999, 6(4): 215-221
- Lu Huaifu, Jia Dong, Chen Chuming, et al. Nature and timing of the Kuqa Cenozoic structures[J]. *Earth Science Frontiers*, 1999, 6(4): 215-221
- 53 曲国胜, 陈杰, 陈新安, 等. 西昆仑-帕米尔造山带及其北缘前陆盆地板内变形改造特征[J]. *地质论评*, 1998, 44(4): 419-429
- Qu Guosheng, Chen Jie, Chen Xinan, et al. Interior deformation and modification features of West Kunlun - Pamir Orogenic belt and its northern foreland basin[J]. *Geological Review*, 1998, 44(4): 419-429
- 54 Yang Y, Liu M. Cenozoic deformation of the Tarim plate and the implications for mountain building in the Tibetan Plateau and the Tianshan[J]. *Tectonics*, 2002, 21(6): 1059
- 55 贾承造, 魏国齐. 塔里木盆地构造特征与含油气性[J]. *科学通报*, 2002, 47(增刊): 1-8
- Jia Chenzao, Wei Guoqi. Tectonic characteristics and its petroliferous in Tarim Basin[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(sup): 1-8
- 56 Li D, Liang D, Jia C, et al. Hydrocarbon accumulations in the Tarim Basin, China[J]. *AAPG Bull*, 1996, 80: 1587-1603
- 57 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): 288-295
- Lu Xiuxiang, Hu Xuan. Oil and gas accumulation and distribution in Tazhong uplift of Tarim Basin[J]. *Oil and Gas Geology*, 1997, 18(4): 288-295
- 58 周永昌, 王新维, 杨国龙. 塔里木盆地阿克库勒地区奥陶系碳酸盐岩成藏条件及勘探前景[J]. *石油与天然气地质*, 2000, 21(2): 104-109
- Zhou Yongchang, Wang Xinwei, Yang Guolong. Pool formation conditions and exploration prospects in Akekule area, Tarim Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2000, 21(2): 104-109
- 59 赵靖舟, 田军. 满西地区构造演化史[J]. *石油与天然气地质*, 2001, 22(2): 108-113
- Zhao Jingzhou, Tianjun. Structural evolution history in west Majiaer region[J]. *Oil & Gas Geology*, 2001, 22(2): 108-113

(上接第 63 页)

- Zhu Xia. Tectonic history viewpoint of active theory[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 1991, 13(3): 201-209
- 3 丁道桂, 王道轩, 刘伟新, 等. 西昆仑造山带与盆地[M]. 北京: 地质出版社, 1996
- 4 罗金海, 周新源, 邱斌, 等. 塔里木盆地西部喀什凹陷褶皱冲断带的构造特征[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 199-203
- Luo Jinhai, Zhou Xinyuan, Qiu Bin, et al. structural features of fold-thrust zone in Kashi depression, western Tarim Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(2): 199-203
- 5 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 126-132
- Wang Tingbin. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene[J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(2): 126-132
- 6 曾联波. 库车前陆盆地喜马拉雅运动特征及其油气地质意义[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 175-179
- Zeng Lianbo. Characteristics and petroleum geologic significance of Himalayan orogeny in Kuqa foreland basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(2): 175-179
- 7 贾承造, 何登发, 陆洁民. 中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 121-125, 169
- Jia Chenzao, He Dengfa, Lu Jiemin. Episodes and geodynamic setting of Himalayan movement in China[J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(2): 121-125
- 8 马金龙, 李凤君, 贾庆军. 柴达木盆地北部碰撞构造与盆地改造变形[J]. *石油实验地质*, 2002, 24(4): 291-295, 300
- Ma Jinlong, Li Fengjun, Jia Qingjun. Collision structure and basin deformation in northern Qaidam Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2002, 24(4): 291-295, 300
- 9 吕俊祥, 丁道桂, 刘光祥. 塔里木盆地逆冲断层下盘遮挡圈闭[J]. *石油实验地质*, 2004, 26(3): 254-257
- Lu Junxiang, Ding Daogui, Liu Guangxiang. Ejective trap of thrust-fault footwall in Tarim Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2004, 26(3): 254-257