

塔里木盆地东北部草湖凹陷 构造—地层特征与演化

吴 斌^{1,2,3}, 何登发³, 孙方源³, 刘丽芳¹

(1 中海油研究总院, 北京 100028; 2 中国石油大学(北京)博士后流动站, 北京 102249;

3 中国地质大学能源学院, 北京 100083)

摘 要:草湖凹陷位于塔里木盆地的东北部,其构造运动的多旋回特征十分显著,目前已在草 2、草 4 等井发现了油气。剖析草湖凹陷的构造—地层特征与演化是深入认识研究区的含油气潜力、持续拓展油气发现的基础。基于研究区最新的探井和地震资料,结合周缘 1:200 000 区域地质填图成果,建立了研究区内的地层系统;依据不整合面的发育特征,划分了构造—地层层序及形成演化阶段。研究认为,草湖凹陷自震旦纪以来经历了多次构造运动,形成规模不等的角度不整合和平行不整合,通过井震标定和地震剖面的解释,识别出 10 个不整合面,分别是震旦系底界、上奥陶统底界、上泥盆统底界、石炭系底界、三叠系底界的角度不整合和寒武系底界、侏罗系底界、白垩系底界、古近系底界的平行不整合。据此将草湖凹陷自下而上划分为 4 个构造层、10 个构造亚层。在遵循构造演化阶段划分依据的前提下,利用平衡剖面软件,恢复了草湖凹陷的形成演化,将其演化划分为 4 个阶段:前震旦纪基底形成期;震旦纪—志留纪发育期;泥盆纪—二叠纪定型期;三叠纪至今调整、改造期。

关键词:地层系统;不整合面;构造—地层;草湖凹陷;形成演化

中图分类号: P736.1

文献标识码: A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2016.09003

草湖凹陷是塔里木盆地的一个三级构造单元,属于塔北隆起下古生界满加尔坳陷的北延部分。1991—1994 年以追踪“东河砂岩”为钻探层位,在草湖凹陷钻探了一些针对东河砂岩的地层不整合和构造圈闭的探井(如草 1、草 2、赛克 1 等井),除个别井见到油气显示外,其他各井全部落空^[1]。盆地的形成演化与油气生成、运移和聚集有着密切的联系,剖析草湖凹陷的构造—地层特征及演化,对于促进研究区的油气勘探,深化研究区的地质认识具有十分重要的意义。

近年来,对研究区的构造特征^[2,3]、沉积特

征^[4,5]和油气特征^[6-8]等方面已开展了初步研究,其成果对研究草湖凹陷的构造—地层特征及演化都很有帮助。本文基于研究区最新的探井和地震资料,结合周缘 1:200 000 区域地质填图成果,建立草湖凹陷的地层系统,依据不整合面的发育特征,划分构造—地层层序与盆地演化阶段,并进一步探讨了其形成演化历史。

1 研究区概况

草湖凹陷位于塔里木盆地的东北部,塔北隆起的中东段,东北以巴里英断裂为界与库车隆起相邻,西接轮南低凸起,北以轮台断裂为界与轮台凸起分隔,南与北部坳陷相接,是盆地内部的一个三级构造单元,面积约 $2.02 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1),其形成演化受塔里木板块南、北缘拉张、俯冲和碰

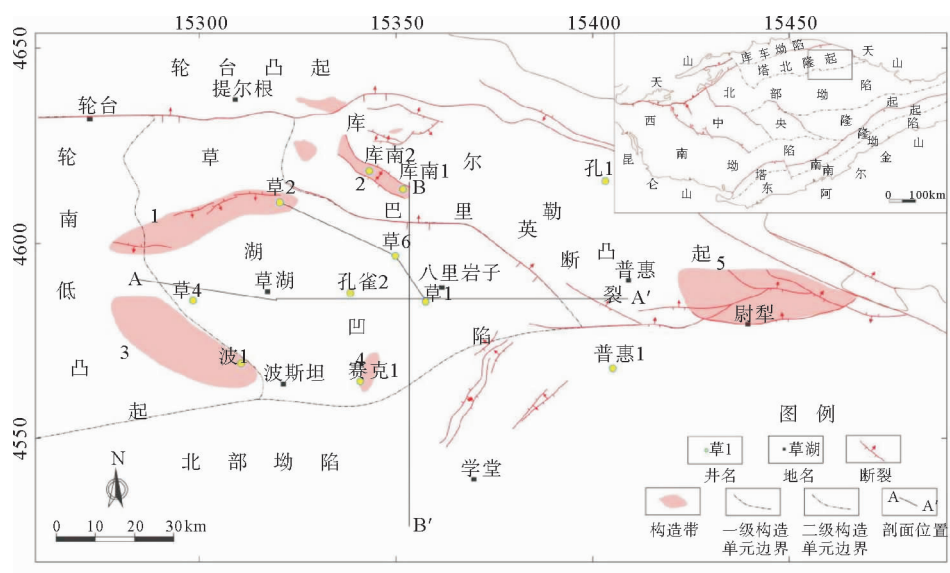
收稿日期:2016-03-01

基金项目:国家自然科学基金(40739906);国家油气专项(2011ZX05008-001)

作者简介:吴 斌(1985—),男,在站博士后,主要从事沉积盆地构造特征方面的研究工作。E-mail:wubin20@enooc.com.cn

撞拼贴作用的影响^[2]。草湖凹陷中西部断裂构造不发育,以发育石炭系地层超覆圈闭为特征,东部

断裂构造较西部发育,发育有断鼻、断块、背斜及不整合等多种类型的圈闭。



1 夹沟断裂构造带;2 库南断裂构造带;3 吉拉克断裂构造带;4 赛克断裂构造带;5 尉犁断裂构造带

图1 塔北草湖凹陷构造纲要图

Fig. 1 Structural outline map of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin

2 地层系统

根据最新钻井、地震资料的解释及周缘1:200 000区域地质填图成果,建立了草湖凹陷地层系统(图2),并对研究区地层进行了连井对比(图3),以揭示研究区内地层的分布及沉积充填特征。草湖凹陷的基底由元古界组成,在元古界变质岩基底之上,沉积了震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系,古近系、新近系和第四系等地层,其中下古生界为盆地—斜坡相和陆棚相沉积,沉积厚度为4000~5000 m,下古生界为潮坪相沉积,沉积厚度800~1 000 m;中生界为河流—湖泊—三角洲—沼泽相沉积,其中中生界的沉积厚度为1 600~2 100 m;新生界为一北倾单斜,沉积厚度为3 500~4 000 m。受海西早期和海西晚期运动影响,全区缺失中下泥盆统、上石炭统和二叠系。草湖凹陷上泥盆统东河砂岩分布局限,主要分布在其中西部,古生界、中生界各套地层也有不同程度剥蚀。

3 构造特征

草湖凹陷是发育于三叠纪之前近南北走向,北窄南宽、西缓东陡一个构造凹陷。对研究区东西向剖面的研究(图4)认为,草湖凹陷东西两侧斜坡的形成时间及控制因素具有明显的不同。在凹陷的西侧,上寒武统一中下奥陶统呈由西向东收敛减薄的沉积特征,反映出研究区受晚寒武世—中奥陶世碳酸盐岩沉积建隆影响;上奥陶统超覆于中下奥陶统之上,反射同向轴由东向西收敛,反映出在上奥陶统沉积期,轮南低凸起为一东倾形态增强的隆起区,对上奥陶统沉积、充填、分布具有重要影响。在凹陷的东侧,上奥陶统的厚度向东逐渐增大,趋于稳定,表明在晚奥陶世,东侧位于构造低点,且地势趋于平坦。下志留统与上覆上泥盆统一石炭系之间存在明显的角度不整合,反映出研究区受加里东晚期及海西早期运动的影响;三叠系与下伏上奥陶统、志留系及上泥盆系—石炭系的高角度不整合面的形成,反映出研究区在海西晚期构造运动强烈^[9,10]。

地层系统					岩性	岩性描述	厚度/m	地震反射代号	沉积环境
界	系	统	组(群)	符号					
新生界	第四系			Q		灰白色粉砂层、细砂层与黄色黏土层互层,底部为杂色砂砾层	50~100	T6	河流—湖泊—三角洲—沼泽相
		新近系	上新统	库车组	N ₄ k		灰黄色、黄灰色、浅灰色逐渐向褐色过渡的砂、泥岩互层		
	中新统		康村组	N ₄ k		褐色、黄灰色、灰色泥岩、粉砂质泥岩与褐色、灰色粉砂岩、泥质粉砂岩呈等厚互层	305~797		
			吉迪克组	N ₃ j		上部蓝灰、灰色泥岩,局部浅灰色粉砂岩及细粒砂岩;下部灰色棕色泥岩	289~426		
	古近系	始新统	库姆格列群	E ₁₋₃ km		棕褐色泥岩与棕红色粉砂岩略等厚互层	168~183		
中生界	白垩系	下统	巴什基奇克组	K ₁ bs		棕色中细粒长石石英砂岩、长石岩屑砂岩及中细粒砂岩,局部夹棕褐色泥岩	168~183	T8	
			卡普沙良群	K ₁ kp		浅灰色长石石英砂岩和灰白色细砾岩为主,与棕褐色泥岩不等厚互层	715~771		
	侏罗系	中下统				上部粉砂质泥岩与粉砂岩、泥质粉砂岩不等厚互层;下部以含砾粉砂岩及细粉砂砾岩为主,夹薄层状煤	161~318	T8-2	
						上部灰、灰褐色泥岩,局部夹浅灰色粉砂岩;下部杂色砂砾岩、浅灰色含砾中、细砂岩与灰色泥岩互层	194~249	T8-3	
	三叠系	上统	哈拉哈塘组	T ₃ h		上部灰色粉砂岩、细砂岩、含砾中砂岩、灰色泥岩、粉砂质泥岩夹灰白色细砂岩;下部泥岩、砂岩、砂砾岩	285~418	Tg	
						深灰、灰、棕褐色泥岩,局部夹灰色粉砂岩	56~161		
		中统	阿克库勒组	T ₂ a		褐、灰色灰质泥岩、粉砂质泥岩、泥岩夹灰白色泥灰岩、灰色含灰质中砂岩	0~443	Tg2~4	
				上部灰、褐红色灰质泥岩、泥岩与灰白色泥灰岩、含灰质不等粒砂岩呈略等厚互层;下部灰褐、褐、褐红色含灰质泥岩、泥岩;底部为灰色灰质泥岩	0~163				
古生界	石炭系	下统	卡拉沙依组	C ₁ kl		上部为浅灰色含灰质粗、中砂岩;下部杂色角砾岩夹灰色含灰质泥岩	0~135	Tg3	
			巴楚组	C ₁ b		紫、褐、绿色相间的巨厚层状砂岩	0~179		Tg5
	泥盆系	上统	东河塘组	D ₃ d		巨厚层状灰绿色、深灰色泥岩夹粉砂岩、细砂岩	0~998	Tg5-1	
						灰色粉砂岩,泥质粉砂岩,粉砂质泥岩、泥岩互层			Tg6-1
	奥陶系	上统	却尔却克组	O ₂ q		黑色炭质页岩,黑色硅质岩		Tg8	
						灰色硅质泥岩夹薄层灰色泥质白云岩、灰色灰岩			Tg10
		中统	黑土凹组	O ₁ h		冰碛岩,泥岩、粉砂岩夹泥灰岩			
						花岗岩			
寒武系	上统	突尔沙克塔格组	E ₃ -O		冰碛岩,泥岩、粉砂岩夹泥灰岩		Tg8		
					花岗岩				
	中统	莫合尔山组	E ₂ m		冰碛岩,泥岩、粉砂岩夹泥灰岩		Tg10		
					花岗岩				
震旦系	下统	西大山组	E ₁ X		冰碛岩,泥岩、粉砂岩夹泥灰岩		Tg10		
					花岗岩				
元古界	基底				花岗岩		Tg10		
					花岗岩				

灰岩	泥灰岩	泥晶灰岩	泥质白云岩	硅质岩	冰碛砾岩	结晶基底	角砾岩	煤	页岩
泥岩	灰质泥岩	泥质粉砂岩	粉砂质泥岩	粉砂岩	砂岩	砂砾岩	砾岩	平行不整合	角度不整合

图 2 塔北草湖凹陷地层系统

Fig. 2 Stratigraphic system of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin

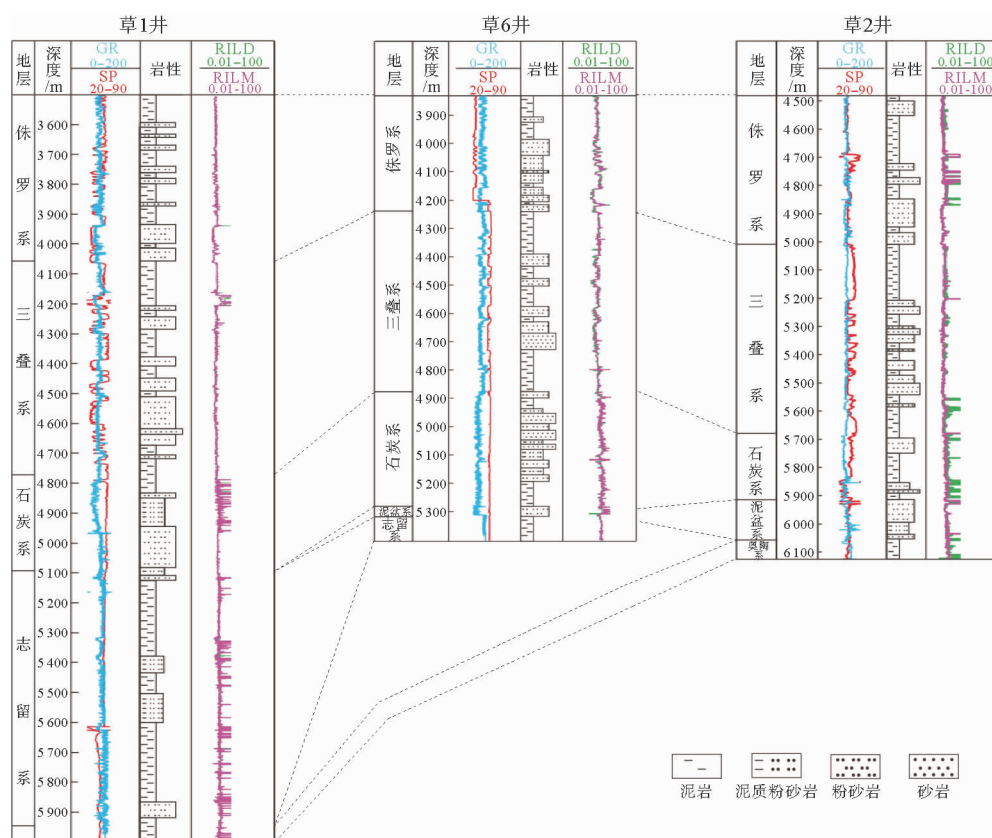


图3 塔北草湖凹陷草1井—草6井—草2井连井地层对比剖面(剖面位置见图1)

Fig. 3 Stratigraphic correlation of well Cao1-Cao6-Cao2 of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin (see Fig. 1 for the location of the sections)

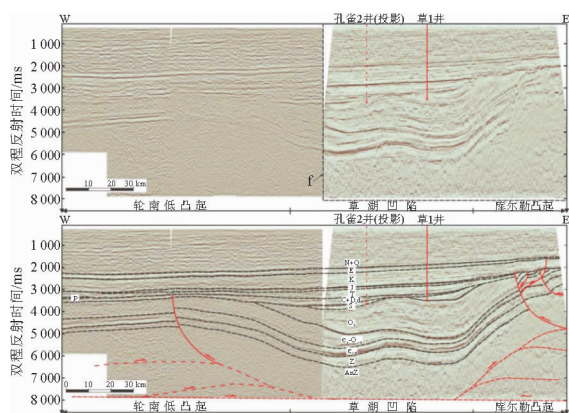


图4 塔北草湖凹陷 AA'地震剖面及解释方案(位置见图1)

Fig. 4 Integrated geological interpretations of the AA' seismic profile of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin (see Fig. 1 for the location of the sections)

图5是一条经过北部坳陷、草湖凹陷和库尔勒凸起的南北向剖面,从剖面可以看出,寒武系—奥陶系的厚度由南向北基本上是稳定的,反映出在此沉积期,草湖凹陷地势平坦,沉积稳定;志留

系与上奥陶统之间为平行不整合,反映出加里东中期,研究区构造活动稳定;在南北向的剖面中也能观察到下志留统与上覆上泥盆统一石炭系、三

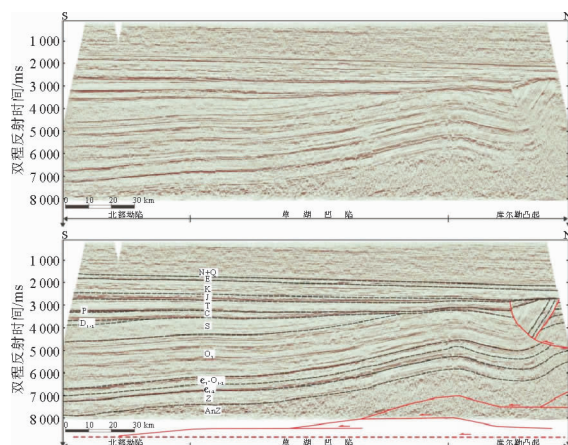


图5 塔北草湖凹陷 BB'地震剖面及解释方案(位置见图1)

Fig. 5 Integrated geological interpretations of the BB' seismic profile of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin (see Fig. 1 for the location of the sections)

叠系与下伏地层的角度不整合,反映出加里东晚期和海西期构造活动对草湖凹陷的影响。

4 不整合面特征

塔北草湖凹陷自震旦纪以来,经历了多次构造运动,形成规模不等的角度不整合和平行不整合,本文通过井震标定和地震剖面的解释,识别出10个不整合面(图6),包括震旦系与前震旦系(Tg10)、上奥陶统与中奥陶统(Tg5-1)、上泥盆统与志留系(Tg4)、石炭系与前石炭系(Tg3)、三叠系与前三叠系(Tg)的角度不整合,寒武系与震旦系(Tg8)、侏罗系与三叠系(T8-3)、白垩系与侏罗系(T8-2)、古近系与白垩系(T8)的平行不整合。依据不整合面的分布范围和活动强度,将Tg10、Tg4和Tg等3个不整合面划为一级区域不整合面,将Tg5-1、Tg3、Tg8、T8-3、T8-2和T8等6个不整合面划分为局部不整合面。

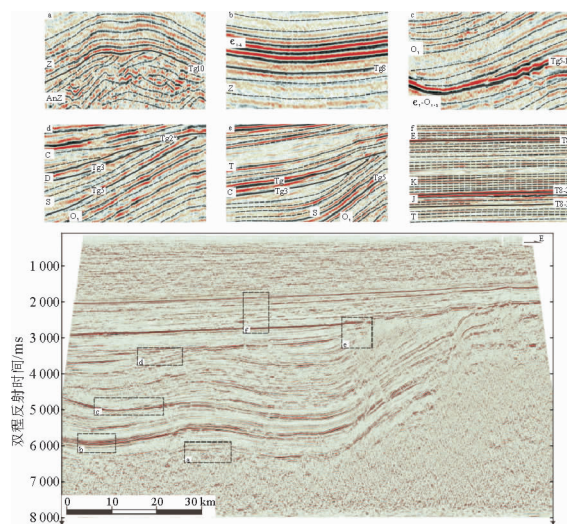


图6 塔北草湖凹陷地震剖面典型超覆和剥蚀尖灭点(位置见图4中f)

Fig. 6 Typical overlap and pinch out found in the seismic profile of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin (see Fig. 4 f for the location of the sections)

Tg10是盆地基底与沉积盖层的分界面,在地震剖面上,前震旦系具有杂乱反射的结构,震旦系具有2~3个强相位,低频、强振幅、连续性好的反射结构,削截下伏前震旦系(图6a),反映出研究区受塔里木构造运动的影响;Tg8是寒武系与震旦系之间的分界面,界面上、下反射同向轴产状基

本一致,为平行不整合(图6b),代表柯坪运动的结果;Tg5-1是中奥陶统与上奥陶统之间的界面,在靠近轮南低凸起一侧表现上奥陶统向中奥陶统超覆(图6c),向库尔勒凸起方向,界面上下反射同向轴产状基本一致,为平行不整合,反映出研究区在加里东中期I幕运动发生时,曾一度整体隆升,露出水面,发生沉积间断;Tg5是上奥陶统与志留系之间的平行不整合面,地震剖面上为较强振幅、连续性较好,界面上、下反射同向轴产状基本一致(图6d),反映出中晚奥陶世整个盆地构造环境从拉张环境转换为挤压环境,草湖凹陷发生隆升剥蚀作用;Tg4是下志留统与上覆泥盆系东河砂岩之间的角度不整合面,地震剖面上显示为强振幅、连续性好,削截下伏下志留统(图6d),钻井也证实研究区普遍缺失中上志留统和中下泥盆统,反映出加里东晚期草湖凹陷普遍遭受抬升;Tg3是石炭系与下伏地层之间的角度不整合,地震剖面上为强振幅、连续性好,削截下伏前石炭系(图6d),反映出海西早期的构造运动;Tg是三叠系与下伏地层之间的角度不整合,地震剖面上为强振幅、连续性好,削截下伏前石炭系(图6e),钻井也证实研究区普遍缺失上石炭统和二叠系,反映出草湖凹陷受海西晚期构造运动的影响;T8-3、T8-2和T8的不整合面为平行不整合面,地震剖面为中强振幅、连续性好,界面上下反射轴相互平行(图6f),钻井上缺失下侏罗统阿合组、上侏罗统和上白垩统,反映出草湖凹陷受印支运动和燕山运动的影响。

5 构造层特征

构造层是地质演化过程中在具有一定构造变形特征的地层组合,它是在一定构造单元里、一定构造时期内形成的。在空间上它代表某一构造事件所影响的范围,时间上代表地球演化历史中一定的构造时期^[11]。各沉积构造层之间的分界面通常以沉积间断的形式表现出来,即地层的不整合接触关系。根据塔北草湖凹陷在地震剖面上识别的Tg10、Tg4和Tg等3个一级区域不整合界面所控制的沉积充填类型、构造变形特征等将塔北草湖凹陷自下而上划分为4个构造层,依据Tg5-1、Tg3、Tg8、T8-3、T8-2和T8等6个局部不整合面,将其细分为10个构造亚层(图7)。

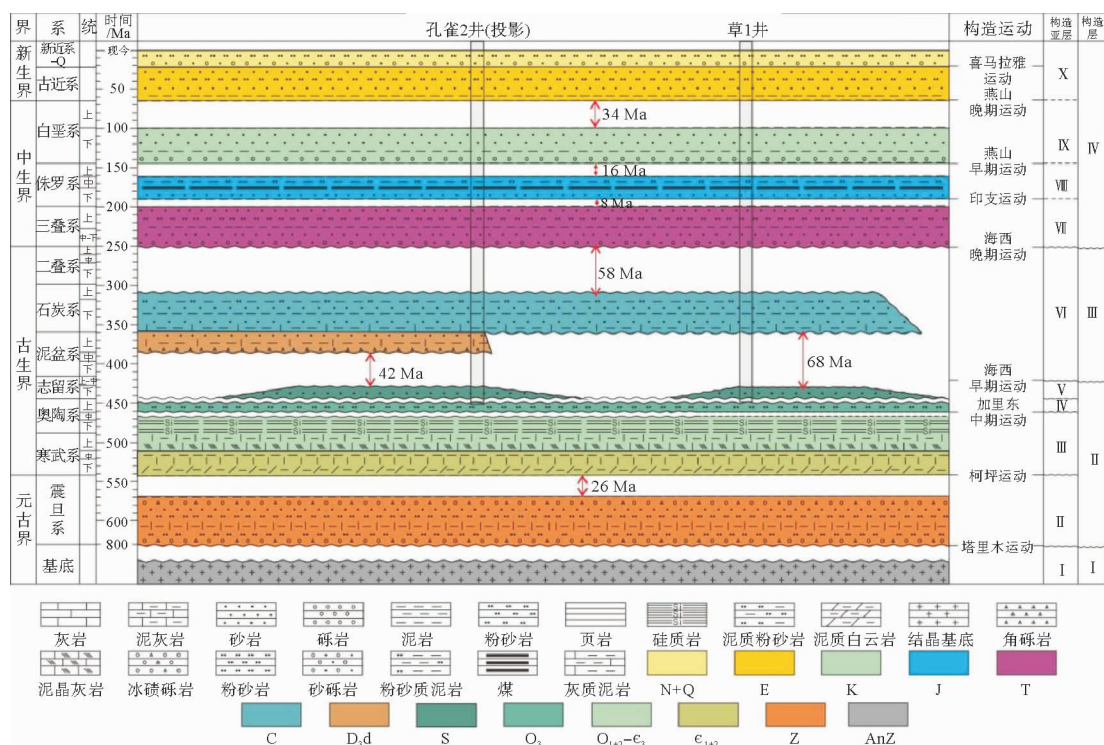


图 7 塔北草湖凹陷东西向的年代—地层格架

Fig. 7 The E-W stratigraphic section of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin

5.1 基底变质岩系构造层

孔雀河斜坡北部库鲁克塔格有大面积前震旦系出露,是基底岩系经过多期构造活动,区域变质作用形成的变质程度不同的岩系,该构造层与上覆震旦系呈区域角度不整合接触。

5.2 震旦系—志留系构造层

该构造层可进一步划分 4 个亚构造层,即震旦系构造亚层,寒武系一中、下奥陶统构造亚层,上奥陶统构造亚层以及志留系构造亚层。

震旦系是塔里木盆地基底上的第 1 套沉积盖层,冰碛岩和冰水沉积较为广泛。野外露头观察发现,下震旦统分布范围较上震旦统要小得多,表现出海进范围逐渐扩大。在库鲁克塔格地区下震旦统为一套陆源碎屑岩和冰碛岩,最厚达 3 200 m;上震旦统为滨海—浅海相类复理石建造,局部为火山岩建造。与下伏前震旦系花岗岩分界明显。在地震剖面上,其内部反射波阻为一套多相位、低频、较连续反射(图 6a)。寒武纪—中奥陶世是塔里木板块周缘强烈拉张时期,周缘形成陆

间裂陷乃至大洋盆地。在深海环境下形成的砂泥岩韵律性沉积,局部夹灰岩及台地相白云岩,残存 1 000~1 500 m。中下寒武统为一套多相位的平行席状地震相,分布比较稳定(图 6b),反映了一套较细粒海相沉积;中下奥陶统和上寒武统在研究区为一套中等振幅、连续高频反射,具有顶超及“S”型前积反射结构特征(图 6c),反映了碳酸盐岩与泥岩、页岩互层的特点。该层序向东南方向减薄,具有东部槽盆、西部台地、中部过渡带的典型地震相特征。上奥陶统为研究区内沉积厚度最大的地层,海相碎屑岩沉积建造,在草 1 井、草 2 井、草 4 井和草 6 井均钻遇,岩性为粉砂岩、暗色泥岩等细碎屑岩沉积。库鲁克塔格露头区厚度达 1 670 m 左右,岩性为钙质粉砂、粉砂泥岩、细砂岩等。在草湖凹陷广泛分布,残存厚度一般 1 000~4 000 m,且具有北薄南厚、东薄西厚的特点。地震反射波整体表现为弱振幅、短连续,与下伏中奥陶统平行或角度不整合接触。志留系为一套滨浅海相的砂岩、粉砂岩与灰绿色、棕色泥岩不等厚互层沉积,残存厚度为 1 000~2 500 m。地震反射波振幅中—弱、短连续、顶部

反射波具明显削蚀现象,志留系与上覆地层为角度不整合接触。

5.3 泥盆系—石炭系构造层

该构造亚层包括上泥盆统和石炭系。研究区内下石炭统主要分布于库南1井—库南2井以南的草湖凹陷,残厚300~600 m,在该线东北的库勒鼻凸起及孔雀河斜坡缺失该套地层;上石炭统及二叠系在区内不发育,为一套浅海—潟湖沉积,岩性由砂砾岩、砂岩、泥岩和石灰岩组成。地震反射波为中弱振幅为主,草湖凹陷可见明显底部上超和顶部反射波低角度削蚀现象(图6d),与上覆三叠系呈区域性角度不整合接触。

5.4 三叠系—新生界构造层

三叠系构造亚层主要是河流、湖泊相夹沼泽相沉积建造,残厚400~1 000 m。岩性主要为砂岩、泥岩,局部夹煤线。地震反射波为中—高频、中—长连续,局部发育多组强振幅、连续性好的反射波,其局部具“上超下削”特征。侏罗系构造亚层主要是湖、沼泽相沉积建造,岩性为砂砾岩、泥岩夹煤层,残厚500~2 000 m。地震反射波中振幅、中—高频、中连续,内部发育煤层强振幅反射、连续性好的波组。与上覆地层为平行不整合接触(图6f)。白垩系构造亚层为一套棕红色砂砾岩、含砾砂岩、粉砂质泥岩,反映为氧化环境下的河流—湖相沉积,具有北厚南薄的特点。地震反射波为中—高频,振幅中等,长连续。该构造层与上覆古近系呈平行不整合接触。新生界构造亚层在全区均分布,为一套陆相的砂泥岩沉积,草湖凹陷具有北厚南薄、西厚东薄的特点。地震反射波为中—高频、振幅中—强、长连续。该构造层与下伏地层呈平行不整合接触。

6 形成演化

草湖凹陷构造运动的多旋回特征十分明显,划分其演化阶段主要依据以下几个方面:

(1)不整合面及相应的构造层 不整合面是构造与沉积相互作用的产物,是划分盆地演化阶段的另一重要依据。

(2)大地构性质 充分考虑地壳发展的大地构造性质及其分布格局变化^[12],将盆地演化阶段

与板缘的拉张裂解、俯冲消减和碰撞闭合等板块构造演化结合起来。

(3)构造运动 盆地中主要构造运动的时限、性质及影响范围是划分盆地演化的重要依据^[13, 14]。因此,本文在遵循构造演化阶段划分依据的前提下,通过对草湖凹陷最新二维地震资料的解释,利用平衡剖面软件,恢复了草湖凹陷形成演化,并且将其演化划分为4个阶段(图8)。

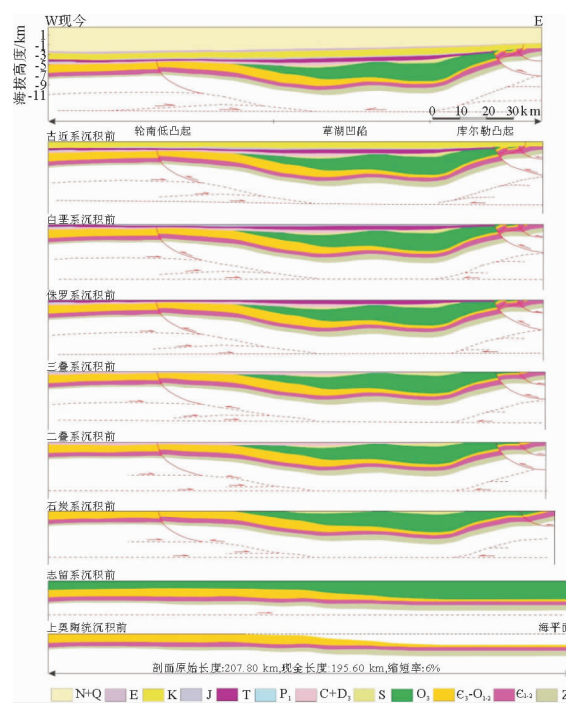


图8 塔北草湖凹陷东西的构造演化剖面
(AA'剖面,位置见图1)

Fig. 8 The E-W tectonic evolution section of the Caohu Sag in the northern Tarim Basin
(AA', see Fig. 1 for the location of the sections)

6.1 基底的形成与演化

草湖凹陷基底的形成受控于塔里木盆地基底的形成与演化,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^[14, 15]。古老的陆壳基底最终形成于800 Ma前的热构造时期,即塔里木运动。塔里木运动使基底岩系普遍受到不同程度的区域变质作用,并与上覆震旦系盖层呈角度不整合接触(图6a),标志着塔里木板块和盆地陆壳基底的形成^[13]。

6.2 草湖凹陷的发育期

在震旦纪一早中奥陶世,草湖凹陷由于区域伸展作用的影响,稳定下沉,沉积了震旦系一中奥陶统。并且在此期间,从轮南低凸起至草湖凹陷之间,发育碳酸盐岩台地相、台地斜坡相及盆地相,形成东高西低,北高南低的古地貌形态。加里东中期凹陷西侧斜坡形成的主要时期^[3]。中晚奥陶世,受北昆仑洋俯冲的影响,研究区开始由伸展环境转变为挤压环境。在近东西挤压应力作用下,轮南低凸起持续隆升,致使上奥陶统向西超覆沉积于轮南低凸起之上(图8)。

志留纪沉积末期,构造挤压应力使塔北隆起进一步加强,受此构造挤压的影响,草湖凹陷中部及邻近凸起发生抬升,志留系及上奥陶统遭受剥蚀。在草湖凹陷的东西两侧,基底断裂逆冲,库尔勒凸起开始发育,轮南低凸起进一步发育(图8)。早一中泥盆世,塔北隆起处于挤压环境^[16],草湖凹陷及邻近凸起整体处于隆升状态,草湖凹陷的北侧缺失上一中泥盆统。在中泥盆世末期,海西早期运动发生^[17],受NW—SE向挤压^[11]塔北隆起的大部分地区抬升遭受剥蚀,不但泥盆系被剥蚀,隆起顶部早先沉积的奥陶系地层也遭受了不同程度的剥蚀,凹陷东西两侧由于基底断裂的进一步冲断,使轮南低凸起和库尔勒凸起进一步发育。至此,草湖凹陷已具雏形,形成了下构造层。

6.3 草湖凹陷的定型期

早海西运动之后,塔北隆起经历了较长时间的风化剥蚀,直到泥盆纪末期—石炭纪早期,盆地内发生大规模的海侵,进入拗陷期,由于研究区东侧抬升,形成了上泥盆统一二叠系向东西两侧超覆。在二叠纪末期,南天山洋逐渐闭合、消亡,开始碰撞造山^[18],并最终导致海西晚期运动发生^[19],草湖凹陷及塔东地区整体抬升,遭受剥蚀,二叠系剥蚀殆尽。在草湖凹陷的西侧,由于基底断裂逆冲走滑,轮南低凸起发生抬升,使二叠系及石炭系的地层遭受剥蚀;在凹陷的东侧,基底断裂逆冲走滑作用更加剧烈,使库尔勒凸起大规模抬升,上奥陶统遭受剥蚀,与后期沉积的三叠系之间形成研究区内最大的角度不整合。至此,晚海西运动奠定了草湖凹陷的基本构造格局,形成了中构造层。

6.4 草湖凹陷的调整、改造期

晚海西运动使海水退出,塔北隆起开始进入了陆相沉积期。三叠纪,塔北地区继续接受沉积,三叠系沉积厚度呈东厚西薄,表明该期东部下降幅度较大。三叠纪末印支期构造运动发生,草湖凹陷东侧库尔勒凸起再次抬升,使已沉积的地层遭受剥蚀。在燕山期,草湖凹陷升降运动较弱,稳定沉积为主,在区域北倾的背景上,沉积了侏罗系、白垩系。在喜马拉雅期,塔北地区整体拗陷下降接受沉积,由于受强大的挤压力作用,塔里木板块周缘山系强烈上升,并向内陆俯冲挤压,使凹陷不断扩大连片,形成了现今的塔里木盆地的地貌形态。该期草湖凹陷整体沉降并稳定沉积,地层发育完整,形成了上构造层。

7 结论

(1)基于研究区最新的探井和地震资料,并结合周缘1:200 000区域地质填图成果,建立研究区内的地层系统。

(2)草湖凹陷可以识别出10个不整合面,分别是震旦系与前震旦系、中奥陶统与上奥陶统、志留系与上泥盆统、石炭系与前石炭系、三叠系与前三叠系的角度不整合,寒武系与震旦系、侏罗系与三叠系、侏罗系与白垩系、白垩系与古近系之间的平行不整合。据此将塔北草湖凹陷自下而上划分4个构造层、10个构造亚层。

(3)在遵循构造演化阶段划分依据的前提下,通过对草湖凹陷最新二维地震资料的解释,并利用平衡剖面软件,恢复了草湖凹陷形成演化,将其演化划分为4个阶段:前震旦纪基底形成与演化,形成研究区基底的构造层;震旦纪—志留纪发育时期,形成了早古生界的下构造层;晚泥盆世—二叠纪定型期,形成了上古生界的中构造层;三叠纪至今调整改造期,形成了中新生界的上构造层。

参考文献:

- [1] 傅强,洪学海.塔里木盆地草湖凹陷含油气系统与油气勘探目标[J].石油实验地质,2001,23(2):160-164.
- [2] 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厚度估算[J].石油地球物理勘探,2007,42(3):331-333.
- [3] 姚泽伟,何光玉,郑晓丽,等.塔北草湖凹陷形成演化新认

- 识及油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(3): 370-375.
- [4] 黄兴文, 于兴河, 郑秀娟, 等. 草湖凹陷东部 T-J 层序地层与沉积体系[J]. 天然气工业, 2006, 26(3): 23-25.
- [5] 蔡习尧, 金仙梅, 魏玲, 等. 塔里木盆地草湖凹陷侏罗系划分与对比[J]. 新疆地质, 2012, 30(3): 287-291.
- [6] 赵锡奎, 李国荣, 付强, 等. 塔里木盆地草湖凹陷油气勘探的基本条件及前景分析[J]. 矿物岩石, 2001, 21(4): 48-52.
- [7] 王斌, 赵永强, 罗宇, 等. 塔里木盆地草湖凹陷热演化与生烃史——基于 IES 软件盆地模拟技术[J]. 石油实验地质, 2010, 32(6): 605-609.
- [8] 张小兵, 李忠东, 宋荣彩, 等. 塔里木盆地草湖地区油气成藏特征[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2011, 26(3): 32-42.
- [9] 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.
- [10] 何登发, 贾承造, 刘少波, 等. 塔里木盆地轮南低凸起多期成藏动力学[J]. 科学通报, 2002, 47(增刊): 122-130.
- [11] 吴润江, 张元元, 谭佳奕, 等. 新疆卡拉麦里地区晚古生代以来不同构造层特征及大地构造意义[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 2009, 16(3): 102-109.
- [12] 王鸿祯. 全球构造运动的简要回顾[J]. 地学前缘, 1995, 2(1): 37-42.
- [13] 吴国干, 李华启, 初宝洁, 等. 塔里木盆地东部大地构造演化与油气成藏[J]. 大地构造与成矿学, 2002, 26(3): 229-234.
- [14] 何登发, 贾承造, 李德生, 等. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(1): 64-77.
- [15] 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.
- [16] 张光亚, 赵文智, 王红军, 等. 塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油气系统[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 653-663.
- [17] Lin C S, Yang H J, Liu J Y. Distribution and erosion of the Paleozoic tectonic unconformities in the Tarim Basin, Northwest China: Significance for the evolution of paleo-uplifts and tectonic geography during deformation. doi: [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 46(4): 1-19.
- [18] 李曰俊, 杨海军, 赵岩, 等. 南天山区域大地构造与演化[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1): 94-104.
- [19] Kang Y Z, Kang Z H. Tectonic evolution and oil and gas of Tarim Basin[J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1999, 13(3-5): 317-325.

TECTONO-STRATIGRAPHIC CHARACTERISTICS OF CAO HU SAG, NORTHEAST TARIM BASIN AND ITS EVOLUTION

WU Bin^{1,2,3}, HE Dengfa³, SUN Fangyuan³, LIU Lifang¹

(1 CNOOC Research Institute, Beijing 100028, China;

2 Postdoctor at Center of China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3 School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Caohu Sag is located in the northeast of Tarim Basin. There are multiple cycles of tectonic movement in the region, and oil and gas have been discovered in the well Cao 2 and well Cao 4. Study of its tectono-stratigraphic characteristics and evolution history are critical for further exploration of oil and gas resources in the sag. In this study, the stratigraphic system is established based on the data from drilling wells, seismic survey and 1 : 200 000 regional geological mapping. Unconformities are critical to the division of evolutionary stages and the establishment of the basin history. Since the Sinian, 10 unconformities have been recognized in the Caohu Sag, including the angular unconformities under the bottoms of the Sinian, the Upper Ordovician, the Upper Devonian, the Carboniferous, the Triassic, and disconformities on the top boundary of the Cambrian, the Jurassic, the Cretaceous and the Paleogene. Upon these unconformities, we have recognized 4 structural layers and 10 structural sub-layers in the Sag. Based on the tectonic evolution stages, using equilibrium profile software, the tectonic evolution of the Caohu Sag is restored, and the tectonic evolution is divided into four periods: the basement forming period before Sinian, the development period from Sinian to Silurian, the final formation period from Devonian to Permian, and the adjustment period from Triassic to the present.

Key words: stratigraphic system; unconformities; tectono-stratigraphic; Caohu Sag; evolution