

准噶尔盆地东部构造地层层序及盆地演化

易泽军,何登发

[中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083]

摘要:准噶尔盆地东部自石炭纪以来经历了多期构造运动,沉积中心发生了多次迁移,地层遭受多期剥蚀。为揭示地层和盆地演化的关系,在全盆覆盖的地震剖面解释的基础上,刻画了不整合面的分布范围,分析了不整合面形成时的构造动力学条件。结果表明,准噶尔盆地东部存在下石炭统顶部、中二叠统底部、白垩系底部、古近系底部和新近系底部5套区域性不整合面。这5套区域不整合面将准噶尔盆地东部石炭系—第四系划分为下石炭统构造层和上石炭统—下二叠统构造层、中二叠统—侏罗系构造层、白垩系构造层、古近系构造层和新近系—第四系构造层6大构造层。自晚石炭世到第四纪,准噶尔盆地东部一共经历了5个演化阶段。晚石炭世准噶尔盆地东部进入陆内构造变形旋回,陆相盆地的雏形形成于海西期,中生代—新生代又叠加了印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动。克拉美丽山和博格达山的多期分段活动,盆内断层多次复活是多套构造层叠置和盆地多阶段演化的直接原因。

关键词:不整合面;构造层;盆地演化;叠合盆地;石炭纪;准噶尔盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Tectono-stratigraphic sequence and basin evolution
of the eastern Junggar Basin

Yi Zejun, He Dengfa

[School of Energy Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China]

Abstract: The east of Junggar Basin has undergone multi-stage tectonic movements since the Carboniferous. Its sedimentary center migrated several times and the strata suffered multiple stage erosion. In order to reveal the relationship between stratigraphy and basin evolution, we described the distribution of unconformity based on the interpretation of seismic profile covering the whole basin, and analyzed the tectonic dynamic conditions during unconformity formation. The results show that there are five regional unconformities in the eastern Junggar Basin. They are respectively located on top of the Lower Carboniferous, and at the bottom of the Middle Permian, the bottom of the Cretaceous, the bottom of the Paleogene and the bottom of the Neogene. Accordingly, the Carboniferous-Quaternary of the eastern Junggar Basin can be subdivided into six tectonic layers, namely the Lower Carboniferous, Upper Carboniferous-Lower Permian, Middle Permian-Jurassic, Cretaceous, Paleogene, and Neogene-Quaternary structural layers. From the Late Carboniferous to the Quaternary, the area experienced five evolutionary stages in total. In the Late Carboniferous, the intra-continental tectonic deformation cycles appeared in the area; in the Hercynian, the continental basin formed initially, and in the Mesozoic-Cenozoic, superimposition of the Indosinian, Yanshan and Himalayan movements occurred in a row. The multi-phased and multi-section activities of Kelameili Mountain and Bogda Mountain, and the repeated reactivation of faults within the basin directly led to the tectonic layer superimposition and multistage evolution of Junggar Basin.

Key words: unconformity, tectonic layer, basin evolution, superimposed basin, Carboniferous, Junggar Basin

准噶尔盆地是一个典型的多旋回叠合盆地^[1-2]。关于石炭纪以来的盆地演化阶段,前人从构造变形的强弱^[3-4]、残留地层厚度分布^[5]、沉积旋回^[6-8]、构造几何形态^[9-10]与盆地埋藏史^[11]等方面做了大量的工

收稿日期:2018-05-15;修订日期:2018-07-11。

第一作者简介:易泽军(1987—),男,博士研究生,矿产普查与勘探。E-mail:dkyzj2010@163.com。

基金项目:国家科技重大专项(2017ZX05001-001);中国地质调查局地质调查工作项目(1211302108019-1)。

作,取得了进展,也存在明显分歧。导致分歧的主要原因是盆地东部缺乏必要的地震与钻井资料;或者用现今的残留地层厚度来判断古地质时期的沉积中心并不准确;或者对构造变形期次的分析不够细致等。

部分学者提出可用区域不整合面来分析区域构造运动^[12-15]。区域不整合面上下地层沉积格局与变形强度发生了明显改变,下伏地层在多个地层区上都同时期遭受地层剥蚀或沉积间断,代表不同原型盆地的转换期^[14],是划分构造层或盆地演化阶段的重要依据。据此,准噶尔盆地自石炭纪以来的构造演化可划分为前陆盆地、坳陷和再生前陆盆地三个阶段,只是不同学者对演化阶段的时代界限存在认识差异^[15-16]。

本文在盆地东部大量的钻井资料和地震资料基础上,按照“点线面”的思路对盆地东部多套不整合面展开精细刻画,定量分析不整合面的分布范围,结合地层缺失时限趋势判断不整合面形成时的构造动力学条件是否发生变化,确定盆地东部发育的区域不整合面,进

而划分盆地演化阶段。研究成果对准噶尔盆地东部区域不整合面、构造层、盆地演化和陆内构造变形的研究有重要的意义。

1 地质概况

1.1 构造背景

准噶尔盆地东部位于新疆维吾尔自治区北部,夹持于克拉美丽山和博格达山之间,与准噶尔盆地中央坳陷相邻,向东到红柳峡一带。根据新疆油田的划分方案(2015)^①,准噶尔盆地东部分为15个二级构造单元(图1)。

准噶尔盆地东部在不同地质时代处于不同的构造环境。泥盆纪至石炭纪,北部的古亚洲洋分支洋盆逐渐消亡,准噶尔盆地东部处于弧-陆碰撞的海陆交互相沉积环境^[17]。石炭纪到早二叠世,准噶尔盆地东部为周缘前陆地盆地并发生了海陆变迁^[17]。中、晚二叠

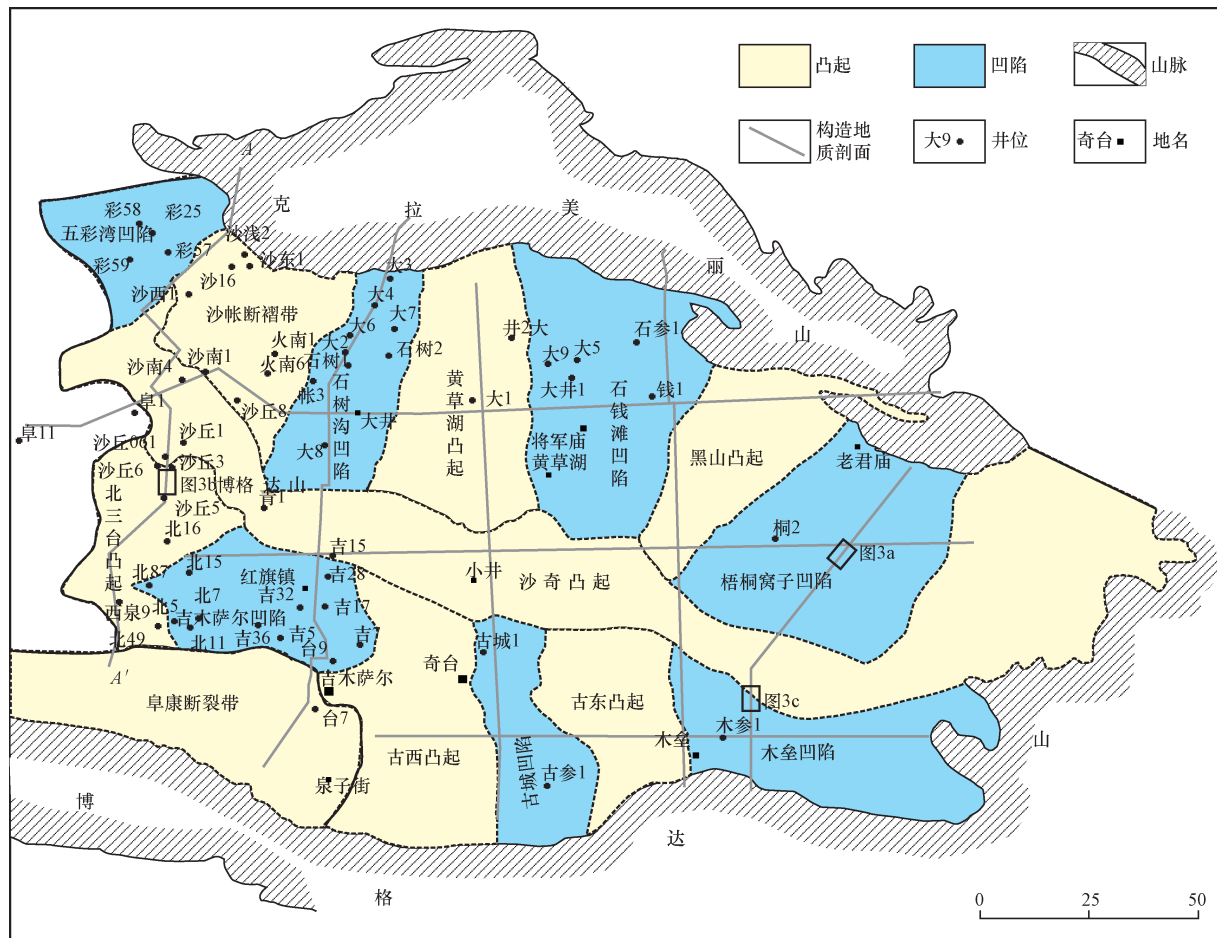


图1 准噶尔盆地东部构造单元划分

Fig. 1 Tectonic unit division of the eastern Junggar Basin

① 准噶尔盆地东部2015年油气勘探部署图. 新疆油田分公司勘探开发研究院, 2015.

世准噶尔盆地东部基本转为陆相沉积环境^[18]。三叠-第四纪准噶尔盆地东部进入陆内构造演化阶段,期间受印支期构造运动、燕山期构造运动和喜马拉雅期构造运动影响^[8,19],经历了复杂的陆内构造变形。由于多期构造活动的影响,现今的准噶尔盆地是一个典型的多旋回叠合盆地^[7]。

1.2 区域地层分布特征

准噶尔盆地东部出露的最老地层为志留系,盆内钻遇最老地层为石炭系。根据新疆油田的地层划分方案^[7],盆内石炭系到第四系地层划分为石炭系巴塔玛依内山组(C_{1b})、石钱滩组(C_{2sh}),二叠系金沟组(P_{1jg})、将军庙组(P_{2j})、平地泉组(P_{2p})、泉子街组(P_{3q})、梧桐沟组(P_{3wt}),三叠系韭菜园组(T_{1j})、烧房沟组(T_{1s})、小泉沟群(T_{2-3xq}),侏罗系八道湾组(J_{1b})、三工河组(J_{1s})、西山窑组(J_{2x})、头屯河组(J_{2t})、齐古组(J_{3q})、白垩系吐谷鲁群(K_{1tg}),古近系(N),新近系(E)以及第四系(Q)。

准噶尔盆地东部的地层发育多个沉积旋回,由老到新,地层的沉积中心发生了多次迁移(图2)。同一地层厚度在平面上的变化趋势也有差异,总体表现为纵向上连续沉积与地层缺失相互叠置,平面上不同程度剥蚀的特征,地层不整合现象非常普遍。在盆地的西部,二叠系到第四系相对完整,而在盆地的东部,盆地基底整体抬升,无论是凸起还是凹陷,二叠系、三叠系、侏罗系与白垩系都遭受大面积的剥蚀

(图2)。古西凸起、古东凸起、奇台凸起、黑山凸起、古城凹陷东部、木垒凹陷和梧桐窝子凹陷的东南部只残留了中二叠统或石炭系。在盆地的北部,由西向东地层的剥蚀逐渐增强,黑山凸起的地层缺失最严重。南部的北三台凸起、吉木萨尔凹陷、古西凸起、古城凹陷、古东凸起、木垒凹陷和奇台凸起地层剥蚀强度差异很大,奇台凸起、古西凸起和古东凸起经历了多次剥蚀,地层缺失严重,新生界与石炭系直接接触。

2 区域不整合面与构造地层层序

2.1 不整合面特征

准噶尔盆地东部的地层不整合面在地震剖面上表现为不同的地震反射特征^[20-22]。通过对121条覆盖全区的二维地震剖面上的同相轴精细刻画,可得到准噶尔盆地东部常见的不整合面类型有平行不整合、削截型角度不整合、上超型角度不整合、下超型角度不整合、削截-上超型角度不整合与削截-下超型角度不整合6种。

这6种地层不整合类型见于13个层位,即:上新统底部、中新统底部(图3a)、渐新统底部、古新统底部、上白垩统底部、下白垩统底部(图3b)、中侏罗统头屯河组底部、下侏罗统底部(图3b)、中三叠统底部、下三叠统底部(图3a)、上二叠统底部、中二叠统底部(图3c)以及下二叠统底部(图3c)。

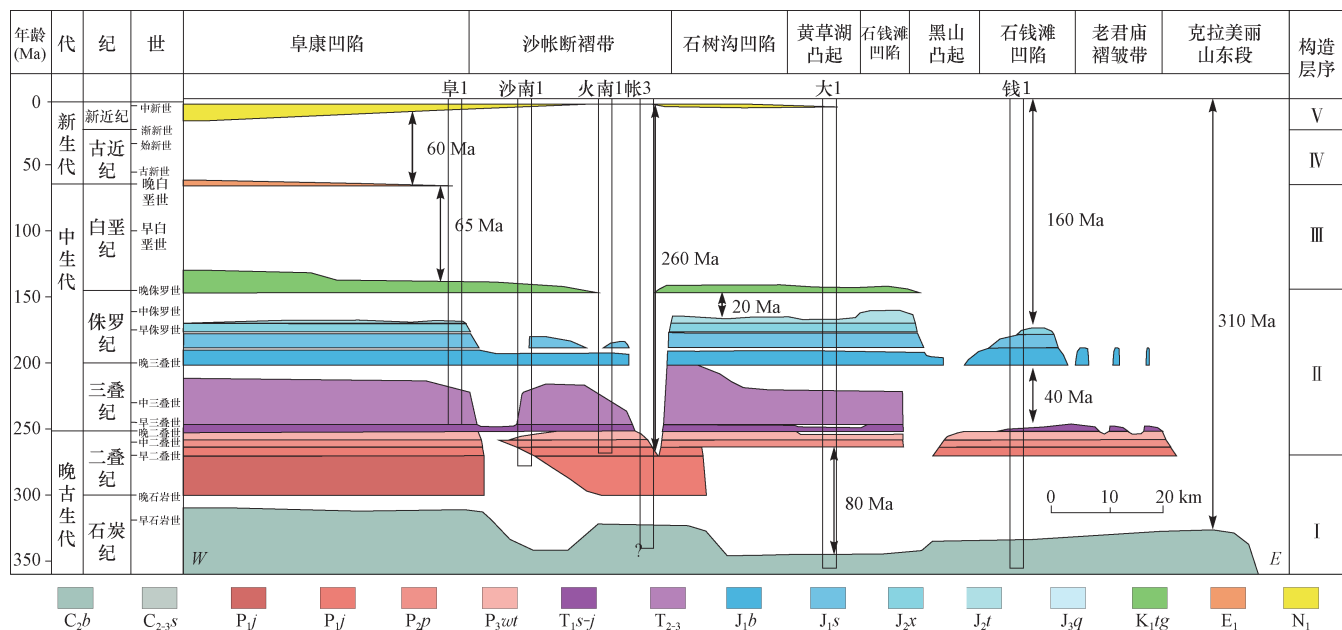


图2 准噶尔盆地东部区域地层对比剖面

Fig. 2 Regional stratigraphic correlation of the eastern Junggar Basin

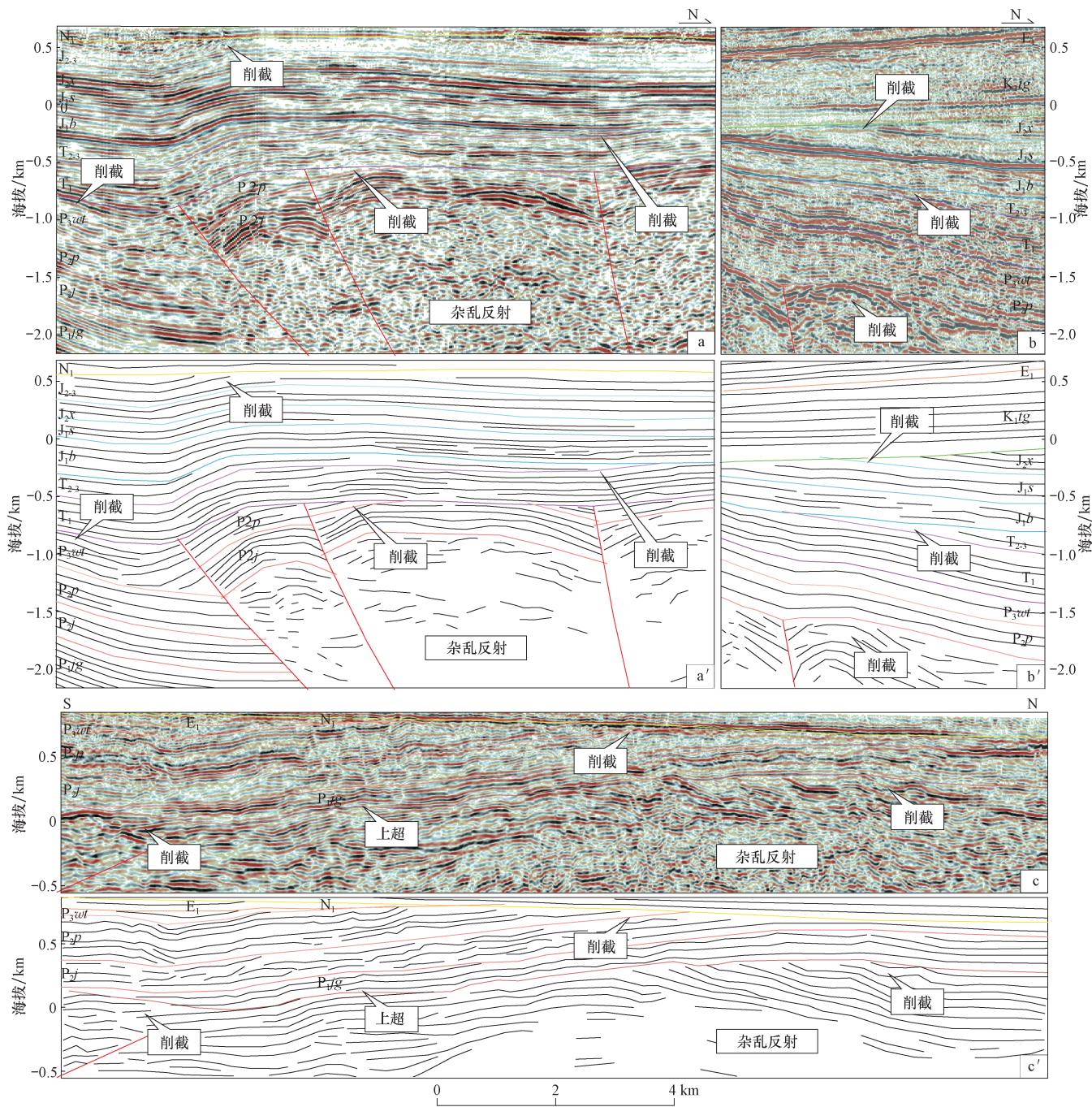


图3 准噶尔盆地东部大范围分布不整合面的地震反射特征(剖面位置见图1)

Fig. 3 Seismic reflection signatures of large scale unconformities in the eastern Junggar Basin(see Fig. 1 for the profile location)

2.2 区域不整合面

2.2.1 不整合面的分布范围

不整合面的分布范围是确定区域不整合面的必要条件。结合测井解释和地震解释结果,对准噶尔盆地东部13套不整合面进行“点线面”的追踪闭合,确定其分布范围。中新统底部不整合面(图4a)、古新统底部不整合面(图4b)、下白垩统底部不整合面(图4c)、

下侏罗统底部不整合面(图4d)、下三叠统底部不整合面(图4e)和中二叠统底部不整合面(图4f)的分布范围可达数百甚至上万平方公里,通常跨过多个构造单元连片分布,是可能的区域不整合面。

2.2.2 不整合面形成时的构造动力学条件

较大范围分布的不整合面可以是构造动力学条件发生改变的结果^[23-26],也可以是同一构造动力学条件下幕式活动某一期较大规模运动的结果。为了排除幕

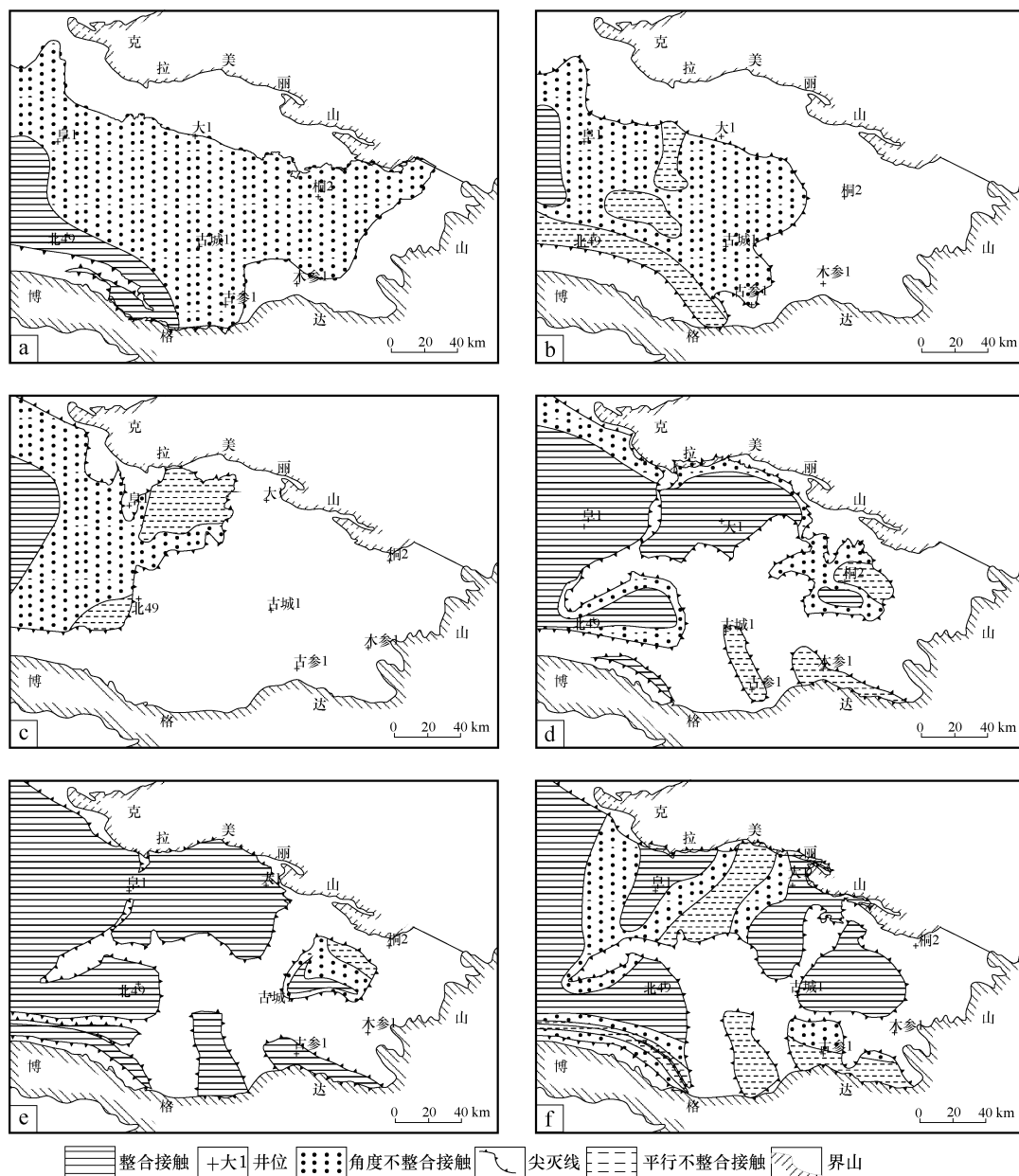


图4 准噶尔盆地东部主要不整合面地层接触关系

Fig. 4 Contact styles of major unconformities in the eastern Junggar Basin

a. 新近系与下伏地层接触关系; b. 古近系与下伏地层接触关系; c. 白垩系与下伏地层接触关系; d. 侏罗系与下伏地层接触关系; e. 三叠系与下伏地层接触关系; f. 二叠系与下伏地层接触关系

式构造活动的情况,确定盆地演化的动力学条件真正发生改变的时期,本文采用 Wheeler 图解的方法^[27],对8条构造地质大剖面(剖面位置见图1)进行基于Wheeler 图解的年代地层分析,建立了8条等时年代地层格架剖面,统计了不整合面的地层缺失时限并进行平面成图。

不整合面的地层缺失时限平面分布图(图5)揭示:新近系和古近系之间不整合面的地层缺失时限在30~55 Ma,等值线具有北西向展布特征,地层剥蚀量朝北东方向增大。古近系和白垩系之间不整合面的地

层缺失时限在55~75 Ma(图5),等值线具有南北向展布特征,地层剥蚀量朝东增大。白垩系与侏罗系之间不整合面的地层缺失时限在15~40 Ma(图5),等值线没有定向展布特征,地层剥蚀量在盆内分布不均。中二叠统与下石炭统之间的不整合面地层缺失时限在50~80 Ma(图5),等值线呈现北西和北东两个方向展布的特征,地层剥蚀量朝克拉美丽山西段和博格达山东段方向增大。

不整合面地层缺失时限分布趋势的变化规律表明,下石炭统顶部、中二叠统底部不整合面、白垩系底

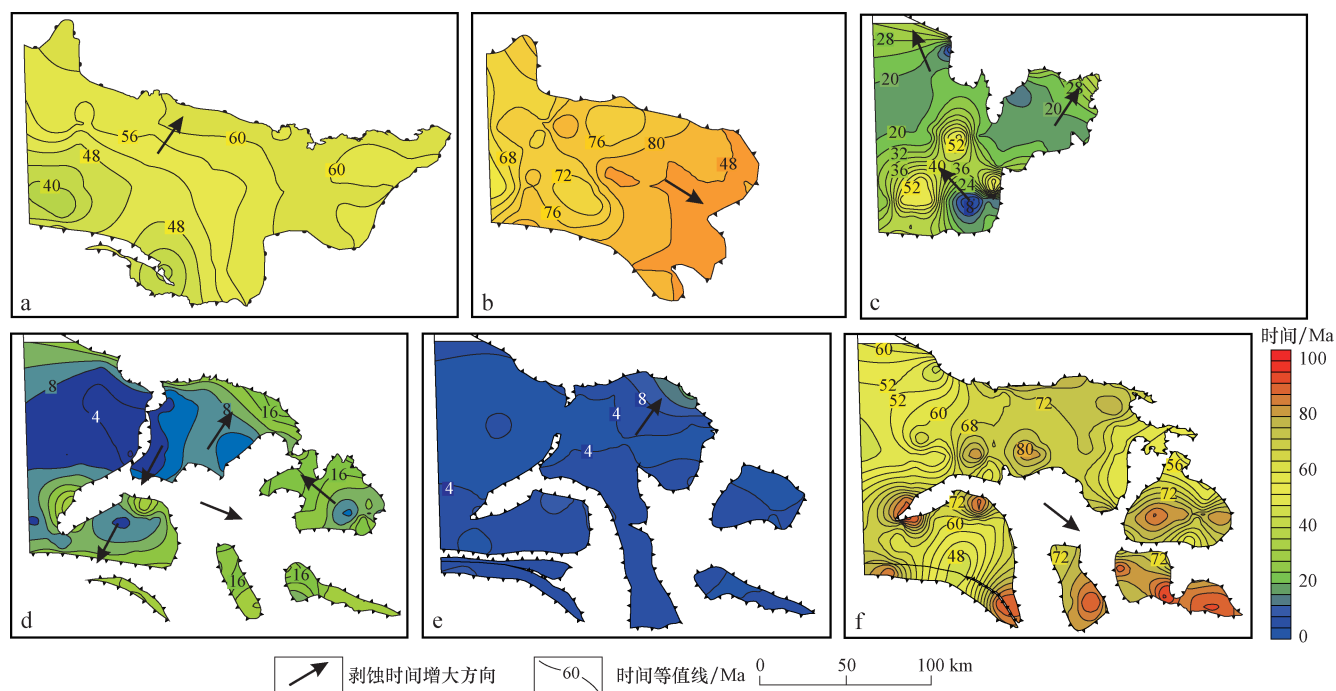


图5 准噶尔盆地东部主要不整合面地层缺失时限的平面分布特征

Fig. 5 Time range map of hiatus between major unconformities in the eastern Junggar Basin

a. N/E 不整合面缺失地层对应的时间; b. E/K 不整合面缺失地层对应的时间; c. K/J 不整合面缺失地层对应的时间; d. J/T 不整合面缺失地层对应的时间; e. P_3/P_2 不整合面缺失地层对应的时间; f. P_2/C_1 不整合面缺失地层对应的时间

(以上覆地层的顶和下伏地层的底为界,统计两个界面之间地层的缺失时限;在上覆地层范围内差值成图,表征单期构造运动不同部位地层缺失的程度。)

部不整合面、古近系不整合面和新近系不整合面形成前后,对应的盆地动力学条件发生了改变(图5);上二叠统底部不整合面、侏罗系底部不整合面和头屯河组底部不整合面的地层缺失时限分布趋势相似(图5),代表了相似的盆地动力学条件。

综合不整合面的分布范围和构造动力学条件,准噶尔盆地东部确定的区域不整合面有5套,分别为上石炭统顶部不整合面、中二叠统底部不整合面、白垩系底部不整合面、古近系不整合面和新近系不整合面;并进一步将准噶尔盆地东部石炭系—第四系分为下石炭统构造层、上石炭统—下二叠统构造层、中二叠统一侏罗系构造层、白垩系构造层、古近系构造层和新近系—第四系构造层5个构造层。

2.3 构造地层层序

2.3.1 下石炭统构造层

下石炭统构造层由石炭系巴塔玛依内山组组成,是一套海陆过渡相的火山岩系地层,由于目前钻井未能钻穿巴塔玛依内山组,该构造层下界面未知,厚度未知。

2.3.2 上石炭统—下二叠统构造层

上石炭统—下二叠统构造层由石炭系石钱滩组和

二叠系金沟组组成。该构造层底部区域不整合面为巴塔玛依内山组顶部不整合,顶部区域不整合面为中二叠统底部不整合,最大厚度在克拉美丽山前,向南上超在博格达山前。

2.3.3 中二叠统一侏罗系构造层

中二叠统一侏罗系构造层由中二叠统将军庙组,平地泉组,上二叠统梧桐沟组和三叠系和侏罗系组成。该构造层底部区域不整合面为中二叠统底部不整合,顶部区域不整合面为白垩系底部不整合。中二叠统一侏罗统,向北侧克拉美丽山前和南侧博格达山前减薄;上侏罗统向构造高部位上超,凹陷内沉积厚度大于凸起。

2.3.4 白垩系构造层

白垩系构造层底部区域不整合面为白垩系底部不整合,顶部区域不整合面为古近系底部不整合。该构造层的分布与构造单元没有直接关系,总体呈向东延伸的舌状,具有西厚东薄的特征。上白垩统普遍缺失。

2.3.5 古近系构造层

古近系构造层由古近系构成,普遍缺失渐新统,始

新统遭到不同程度剥蚀。该构造层底部区域不整合面为古近系底部不整合,顶部区域不整合面为新近系底部不整合,总体表现为埋深向西南增大,厚薄变化幅度较小的席状。

2.3.6 新近系—第四系构造层

新近系—第四系构造层由新近系和第四系构成,底部区域不整合面为新近系底部不整合,顶部为第四系顶面。该构造层总体表现为南厚北薄的楔形体,向北上超,在博格达山西段厚度可达上千米。

3 盆地演化阶段

根据构造层的划分结果,准噶尔盆地东部自石炭纪以来的构造演化分为5个阶段。

3.1 晚石炭世—早二叠世克拉美丽山右行走滑—挤压盆地阶段

晚石炭世—早二叠世,准噶尔盆地东部受控于克拉美丽山断裂右行走滑—挤压的影响,在山前形成北西向压扭性前陆盆地,沉积中心在现今的克拉美丽山东南部石钱滩凹陷至老君庙地区。地震剖面上,上石炭统一二叠统构造层石钱滩组和金沟组在石钱滩凹陷处最厚可达1400 m,并向西南方向上超在巴塔玛依内山组上。克拉美丽断裂右行走滑—挤压同时在盆地内部产生的次级伸展应力形成了一系列小规模北东向断陷。在地震剖面上,沙帐断褶带、沙奇凸起东段和石钱滩凹陷中部,上石炭统一二叠统构造层具有在断层两侧厚度突然变化,并且地层上超在远离断层的缓坡带的特征。

晚石炭世—早二叠世,博格达山前并没有明显的沉积,现今的博格达山北麓普遍缺失上石炭统一二叠统构造层(图6)。从沙奇凸起东段下二叠统上超尖灭在沙奇凸起东段下伏石炭系上,北三台凸起北部石炭系地层被中二叠系地层削截推断,晚石炭世—早二叠世博格达北麓为一区域性隆升,并具有西低东高的特征。

3.2 中二叠世—侏罗纪差异隆升阶段

中二叠世—侏罗纪,准噶尔盆地东部经历多次统一拗陷—差异隆升沉降—夷平。中二叠统将军庙组和平地泉组具有明显的席状分布特征,上二叠统、三叠系和侏罗系虽然遭到不同程度剥蚀,残留地层厚度变化较大,但是这些地层的底部在盆内都未曾见到明显

的上超反射结构。构造趋势面法复恢复原始厚度后,这些地层的原始厚度变化小得多,多呈现渐变的特征并具有多个沉积中心。平衡剖面复原的结果表明,形成这一现象的原因是早期断层的多次复活(图6)。

在断层活动时间上,克拉美丽山前或博格达山前的构造活动具有东、西分段活动的特征。晚石炭世—中二叠世早期的构造活动,东段要早于西段,晚三叠世的构造活动集中在西段,晚侏罗世东、西两段同时活动,最后一期活动发生在西段。晚侏罗世,博格达山东西两段都有强烈活动,构造活动更加集中在东段。

3.3 白垩纪统一拗陷阶段

晚侏罗世的构造活动,使得准噶尔盆地东部大范围缺失上侏罗统,前侏罗系在北三台凸起与沙帐断褶带等多个凸起带上与白垩系不整合接触(图6)。准噶尔盆地东部的构造动力学条件发生了明显改变。

白垩纪,准噶尔盆地东部和盆地其他地区进入统一拗陷阶段,形成了白垩系构造层,沉积中心在北天山山前。在盆地东部,早白垩世,克拉美丽山逐渐停止活动,与克拉美丽山相接的构造单元的北部边界在此时定型。晚白垩世,准噶尔盆地东部可能继续发生抬升,上白垩统普遍缺失,在沙帐断褶带以西,上白垩统与下白垩统角度不整合接触。

3.4 古近纪博格达山前挤压拗陷阶段

古近纪,喜马拉雅运动的远端效应开始影响到准噶尔盆地,博格达山西强东弱继续向北挤压。在盆山过渡带,地层以叠瓦状逆冲推覆构造为主的叠加构造样式继承早期断层向北推覆(图6)。博格达山前西段稍厚,古近系构造层以冲积扇相为主且具有下超的特征。盆内早期构造带不再活动,古近系构造层呈等厚席状分布,向北遭受轻微剥蚀尖灭在沙帐断褶带。

3.5 新近纪—第四纪博格达山前前陆盆地阶段

渐新世—中新世,准噶尔盆地东部发生整体隆升,古近系构造层的始新统部分缺失,渐新统全部缺失。中新世,北天山、博格达山快速隆升,盆山差异增大,在山前形成统一的山前前陆盆地。新近系构造层总体表现为南厚北薄的楔形体,向北上超(图6),在沙帐断褶带北部一线尖灭。上新世,博格达山东早西晚停止活动。古西凸起以西,新生界南北厚度变化明显,古西凸

d. 缩短 0.6 km; e. 缩短 0.7 km; f. 缩短 0.4 km; g. 缩短 1.3 km; h. 伸展 0.1 km; i. 缩短 0.8 km

起以东,新生界全区近似等厚分布,南部稍厚。与下伏多个地质时代的地层呈角度不整合面接触关系。

4 讨论

通过对构造地层层序和构造演化的分析,结合前人区域构造的研究成果,认识到准噶尔盆地东部发育多套构造层可能是多期区域构造事件聚集在同一个区域的结果。

晚石炭世,克拉美丽洋盆东早西晚向北俯冲闭合^[28],微陆块向南继续挤压,该期区域构造事件是准噶尔盆地东部形成前陆盆地的主要原因。克拉美丽洋盆西早东晚闭合模式与克拉美丽断裂右行压扭有直接联系^[3,29,30,31]。盆内部地层在受到右行走滑压扭作用时,在两条平行的走滑断裂的过渡部位产生局部伸展环境,形成产状较陡的半地堑构造,该地质现象与 Nilsen T. H. et al. 右行右阶压扭断裂形成断陷的模式相符^[32]。

晚古生代,博格达碰撞裂谷^[33]回返,向南挤压逆冲或双向挤压^[34]。从上石炭统一下二叠统构造层的分布来看,现今博格达山南麓沉积了下二叠统塔什库拉组和石人子沟组^[35],博格达山北麓却普遍缺失上石炭统一下二叠统构造层,这从另一个角度印证了晚石炭世一早二叠世博格达山西段为向南挤压一向北隆升^[34],并使得造山带北部遭受剥蚀而南部吐哈盆地一侧接受沉积。

早二叠世末,准噶尔盆地东部基底和南北造山带已经拼贴在一起,克拉美丽断裂带和博格达断裂带成为准噶尔盆地东部的构造动力学边界,二者走向呈 30° 左右的夹角。无论是印支期准噶尔盆地东部受到南北方向的挤压应力,还是燕山期受到东西方向的挤压应力,只能通过克拉美丽断裂带和博格达断裂带施加在准噶尔盆地东部。由于主要应力作用部位不同,这期间的构造活动具有明显的东西分段特征,比如克拉美丽断裂带和博格达断裂带内部形成许多南北向的深大断裂^[36]。克拉美丽带和博格达断裂的分段活动,直接证据就是盆内关键断裂的活动时间和对应段的盆山过渡带的活动具有良好的耦合性^[37]。沈传波等对博格达山西段^[38]、朱文斌等对博格达山东段露头露头样品开展磷灰石或锆石裂变径迹研究^[39],也从低温热年代学角度证明了博格达山从三叠纪晚期至今具有东西分段活动的特点。克拉美丽山缺乏东段的低温热年代学研究,不过从盆山过渡带在不同期次的活动次序和活动强弱有显著差别来看^[37],克拉美丽山

也具有分段活动特征。盆内的南北向挤压构造可能与克拉美丽断裂带和博格达断裂带互呈夹角分段向盆挤压造成的向西“构造逃逸”现象^[40-41]有关。南北向构造上发育的不整合面及边界断裂活动时间证据表明,南北向挤压构造并非燕山期运动独有,印支期运动就已基本形成。

渐新世—中新世,是喜马拉雅运动活动最剧烈的时期^[42]。这期构造活动辐射了中国西部的大多地区,形成环青藏高原盆—山系统,天山南北缘、昆仑山前、龙门山前等众多新生代前陆盆地在该时期形成。博格达山前前陆盆地与北天山前前陆盆地连成一体,隆升时代也基本一致,应该属于喜马拉雅运动的远端效应。

5 结论

1) 准噶尔盆地东部发育有下石炭统顶部不整合面、中二叠统底部不整合面、白垩系底部不整合面、古近系不整合面和新近系不整合面5套区域不整合面。其他的不整合面都是局部不整合面。

2) 准噶尔盆地东部石炭系—第四系可划分为下石炭统构造层、上石炭统一下二叠统构造层、中二叠统一侏罗系构造层、白垩系构造层、古近系构造层与新近系—第四系构造层6个构造层序;代表准噶尔盆地东部经历了晚石炭世—早二叠世早期克拉美丽山右行走滑—挤压盆地阶段、中二叠世—侏罗纪差异隆升阶段和白垩纪统一拗陷阶段、古近纪博格达山前挤压拗陷阶段和新近纪—新近纪博格达山前前陆盆地阶段5个盆地演化阶段。

3) 准噶尔盆地东部独特的地理位置使得晚古生代、中生代和新生代的区域构造事件在这里都有响应。晚古生代受克拉美丽造山带和博格达造山带的直接影响,中生代—新生代又叠加了印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动。多期构造活动通过克拉美丽断裂带和博格达断裂带的分段活动影响到盆内沉积,从而形成多套构造层叠加的现象。

参 考 文 献

- [1] 朱夏. 多旋回构造运动与含油气盆地[J]. 地球学报, 1984(2): 197-210.
Zhu Xia. The polycyclic tectonic theory and the evolution of petroliferous basins [J]. Bulletin of The Chinese Academy of Geological Sciences, 1984(2): 197-210.
- [2] 任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J]. 地学前缘, 1999(3): 85-93.

- Ren Jishun, Niu Baogui, Liu Zhigang. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing[J]. *Earth Science Frontiers*, 1999(3): 85–93.
- [3] 吴庆福,周德明. 准噶尔盆地地质结构及找油新启示[J]. *新疆石油地质*, 1982(3): 4–23.
- Wu Qingfu, Zhou Deming. Geological structure and new inspirations for oil search in Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1982(3): 4–23.
- [4] 赵白. 准噶尔盆地的形成与演化[J]. *新疆石油地质*, 1992(3): 192–196.
- Zhao Bai. Formation and evolution of Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1992(3): 192–196.
- [5] 曲国胜,马宗晋,陈新发,等. 论准噶尔盆地构造及其演化[J]. *新疆石油地质*, 2009, 30(1): 1–5.
- Qu Guosheng, Ma Zongjin, Chen Xinfu. On structures and evolutions in Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2009, 30(1): 1–5.
- [6] 陈发景,张光亚,陈昭年. 不整合面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.
- [7] 张朝军,何登发,吴晓智,等. 准噶尔多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. *中国石油勘探*, 2006, 11(1): 47–58.
- Zhang Chaojun, He Dengfa, Wu Xiaozhi. Formation and evolution of multicycle superimposed basins in Junggar Basin[J]. *Petroleum Geology*, 2006, 11(1): 47–58.
- [8] 许效松. 中国西部大型盆地分析及地球动力学[M]. 北京:地质出版社, 1997.
- Xu Xiaosong. Analysis of large basins in Western China and geodynamics[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997.
- [9] 韩晓黎,阿依古丽,吴景华,等. 准噶尔盆地东部边缘区构造格架及构造样式[J]. *新疆石油地质*, 2001, 22(3): 202–205.
- Han Xiaoli, Ayiguli, Wu Jinghua, et al. Tectonic framework and structural patterns in peripheral Eastern Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2001, 22(3): 202–205.
- [10] 吴孔友,查明,王绪龙,等. 准噶尔盆地构造演化与动力学背景再认识[J]. *地球学报*, 2005, 26(3): 217–222.
- Wu Kongyou, Zha Ming, Wang Xulong. Further researches on the tectonic evolution and dynamic setting of the Junggar Basin[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2005, 26(3): 217–222.
- [11] 蔡忠贤,陈发景,贾振远. 准噶尔盆地的类型和构造演化[J]. *地质前缘*, 2000, 7(4): 431–440.
- Cai Zhongxian, Chen Fajing, Jia Zhenyuan. Types and tectonic evolution of Junggar Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 431–440.
- [12] 罗小龙,汤良杰,谢大庆,等. 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[J]. *石油与天然气地质*, 2012, 33(1): 30–36.
- Luo Xiaolong, Tang Liangjie, Xie Daqing. Mesozoic bottom boundary unconformity and its significance for hydrocarbon exploration in the Yakela faulted uplift, Tarim Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2012, 33(1): 30–36.
- [13] 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.
- [14] 何登发,贾承造,童晓光,等. 叠合盆地概念辨析[J]. *石油勘探与开发*, 2004, 31(1): 1–7.
- He Dengfa, Jia Chengzao, Tong Xiaoguang, et al. Discussion and analysis of superimposed sedimentary basins[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(1): 1–7.
- [15] 何登发,陈新发,张义杰,等. 准噶尔盆地油气富集规律[J]. *石油学报*, 2004, 25(3): 1–10.
- He Dengfa, Chen Xinfu, Zhang Yijie. Enrichment characteristics of oil and gas in Junggar Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2004, 25(3): 1–10.
- [16] 陈新,卢华复,舒良树,等. 准噶尔盆地构造演化分析新进展[J]. *高校地质学报*, 2002, 8(3): 257–267.
- Chen Xin, Lu Huafu, Shu Liangshu, et al. Study on tectonic evolution of Junggar Basin[J]. *Geological Journal Of China Universities*, 2002, 8(3): 257–267.
- [17] 肖序常. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社, 1992.
- Xiao Xuchang. The tectonics of the Northern Xinjiang and its neighboring regions[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992.
- [18] 李锦轶,肖序常,汤耀庆,等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J]. *地质论评*, 1990, 36(4): 305–316.
- Li Jinyi, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing et al. Main characteristics of Late Paleozoic plate tectonics in the southern part of East Junggar, Xinjiang[J]. *Geological Review*, 1990, 36(4): 305–316.
- [19] 徐学义,李荣社,陈隽璐,等. 新疆北部古生代构造演化的几点认识[J]. *岩石学报*, 2014, 30(6): 1521–1534.
- Xu Xueyi, Li Rongshe, Chen Juanlu. New constraints on the Paleozoic tectonic evolution of the Northern Xinjiang Area[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2014, 30(6): 1521–1534.
- [20] Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy, part i: seismic stratigraphy interpretation procedure[C]// *Atlas of Seismic Stratigraphy, Studies in Geology*, 1987: 1–10.
- [21] 尹微,陈昭年,许浩,等. 不整合面类型及其油气地质意义[J]. *新疆石油地质*, 2006, 27(2): 239–241.
- Yin Wei, Chen Zhaonian, Xu Hao, et al. Unconformity type and its significance in petroleum geology[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2006, 27(2): 239–241.
- [22] 何琰,牟中海. 准噶尔盆地不整合面类型和分布规律[J]. *西南石油大学学报*, 2007, 29(2): 61–64, 184.
- He Yan, Mou Zhonghai. The unconformity type and the distribution law in Junggar Basin[J]. *Journal of Southwest Petroleum University*, 2007, 29(2): 61–64, 184.
- [23] Sloss L L. Forty years of sequence stratigraphy[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1988, 100(100): 1661–1665.
- [24] 汤良杰,金之钧,漆家福,等. 中国含油气盆地构造分析主要进展与展望[J]. *地质论评*, 2002, 48(2): 182–192.

- Tang Liangjie, Jin Zhijun, Qi Jiafu, et al. Main progress and prospects of the structural analysis of petroliferous basins in China[J]. *Geological Review*, 2002, 48(2): 182–192.
- [25] 林畅松. 沉积盆地的构造地层分析——以中国构造活动盆地研究为例[J]. *现代地质*, 2006, 20(2): 185–194.
- Lin Changsong. Tectono-stratigraphic analysis of sedimentary basins, a case study on the inland tectonically active basins in China[J]. *Geoscience*, 2006, 20(2): 185–194.
- [26] 童晓光, 梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探论文集[M]. 新疆乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1991.
- Tong Xiaoguang, Liang Digang. Tarim Basin oil and gas exploration papers[M]. Xinjiang: Science and Technology Publishing House, 1991.
- [27] Wheeler H E. Baselevel, lithosphere surface, and time-stratigraphy [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1964, 75(7): 599–609.
- [28] Li D, He D F, Santosh M, et al. Petrogenesis of Late Paleozoic volcanics from the Zhaheba depression, East Junggar: Insights into collisional event in an accretionary orogen of Central Asia[J]. *Lithos*, 2014, 184–187(1): 167–193.
- [29] 郑孟林, 金之钧. 准噶尔盆地北东向构造及其油气地质意义[J]. *地球科学*, 2004, 29(4): 467–472.
- Zheng Menglin, Jin Zhijun. NS-Trending structures and their significance on petroleum geology in Junggar Basin[J]. *Earth Science*, 2004, 29(4): 467–472.
- [30] 李锦轶, 杨天南, 李亚萍, 等. 东准噶尔卡拉麦里断裂带的地质特征及其对中亚地区晚古生代洋陆格局重建的约束[J]. *地质通报*, 2009, 28(12): 1817–1826.
- Li Jinyi, Yang Tiannan, Li Yaping, et al. Geological features of the Karamaili faulting belt, Eastern Junggar region, Xinjiang, China and its constraints on the reconstruction of Late Paleozoic ocean-continent framework of the central asian region[J]. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(12): 1817–1826.
- [31] 宋利宏, 朱光, 顾承串, 等. 卡拉麦里断裂带造山期活动规律及其对造山过程的指示[J]. *地质评论*, 2015, 61(1): 79–94.
- Song Lihong, Zhu Guang, Gu Chengchuan, et al. Orogeny-related activities of Kalamaili fault zone and their indications to the orogenic processes[J]. *Geological Review*, 2015, 61(1): 79–94.
- [32] Nilsen T H, Sylvester A G. Strike-slip basins: Part I [J]. *Leading Edge*, 1999, 18(10): 1258–1267.
- [33] 顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化[J]. *岩石学报*, 2001, 17(4): 585–597.
- Gu Lianxing, Hu Shouxi, Yu Chunshui, et al. Initiation and evolution of the Bogda subduction-torn-type rift[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 17(4): 585–597.
- [34] 李涛, 张进, 卢苗安. 准噶尔盆地南缘东段、东北缘盆地耦合研究[J]. *新疆石油地质*, 2008, 12(6): 680–686.
- Li Tao, Zhang Jin, Lu Miao an. study on basin-mountain coupling in east segment of southern margin and northeastern margin of Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 12(6): 680–686.
- [35] 罗正江, 王睿, 詹家祯, 等. 新疆准噶尔盆地东北缘孔雀坪剖面二叠纪金沟组孢粉组合及其地层意义[J]. *微体古生物学报*, 2014, 31(3): 311–319.
- Luo Zhengjiang, Wand Rui, Zhan Jiazhen, et al. Sporopollen assemblage from the Permian jingou formation at theKongqueping section in the northeast margin of the Junggar Basin, Xin. iang, NW China and its stratigraphical significance[J]. *Acta Micropalacontologica Sinica*, 2014, 31(3): 311–319.
- [36] 邵学钟, 张家茹, 范会吉, 等. 准噶尔盆地基底结构的地震转换波探测[J]. *新疆石油地质*, 2008, 29(4): 439–444.
- Shaoxuezhong, Zhang Jiaru, Fan Huiji, et al. The basement structure in Junggar Basin: deep sounding by converted waves of earthquakes [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(4): 439–444.
- [37] 易泽军. 准噶尔盆地东部二叠系地质结构及成因机制[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2018.
- Yi Zejun. Permiangeological architecture and formation mechanism of Eastern Junggar Basin[D]. Beijing: China University Of Geosciences (Beijing), 2018.
- [38] 沈传波, 梅廉夫, 刘麟, 等. 新疆博格达山中新生代隆升—热历史的裂变径迹记录[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2006, 26(3): 87–92.
- Shen Chuanbo, Mei Lianfu, Liu Lin, et al. Evidence from apatite and zircon fission track analysis for Mesozoic-Cenozoic uplift thermal history of Bogeda Mountain Of Xinjiang, Northwest China [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2006, 26(3): 87–92.
- [39] 朱文斌, 舒良树, 万景林, 等. 新疆博格达—哈尔里克山白垩纪以来剥露历史的裂变径迹证据[J]. *地质学报*, 2006, 80(1): 16–22.
- Zhu Wenbin, Shu Liangshu, Wan Jinglin, et al. Fission-track evidence for the exhumation history of Bogda-Harlik Mountains, Xinjiang since the Cretaceous[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(1): 16–22.
- [40] 王宗秀. 博格达山链的造山活动与山体形成演化[D]. 北京: 中国地震局地质研究所, 2003.
- Zongxiu Wang. Orogeny, formation and evolution in the Bogeda Mountain Chains, Northwestern China [D]. Beijing: Institute of Geology, Seismology, Seismological Bureau Of China, 2003.
- [41] 杨伟利, 王毅, 李亚辉, 等. 准噶尔盆地燕山运动期构造应力场模拟[J]. *新疆石油地质*, 2003, 24(2): 124–126.
- Yang Weili, Wang Yi, Li Yahui, et al. Simulation of structural stress field during Yanshan movement in Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2003, 24(2): 124–126.
- [42] 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.
- Jia Chengzao, He Dengfa, Lu Jiemin. Episodes and geodynamic setting of Himalayan movement in China[J]. *Oil & Gas Geology* 2004, 25(2): 121–125.

(编辑 董立)