

文章编号:1672-9854(2010)-04-0048-09

中亚地区阿姆河盆地查尔朱、布哈拉阶地构造特征及演化

张志伟¹, 何永珪², 王春生¹, 邓彦涛², 张宏伟¹, 王英民²

(1 中国石油勘探开发研究院海外研究中心; 2 中国石油大学(北京))



张志伟

摘要 阿姆河盆地是中亚地区重要的含油气盆地, 位于阿姆河北岸的查尔朱阶地和布哈拉阶地为盆地的二级构造单元, 其油气资源量占全盆地的一半。油气主要富集于阶地的局部背斜构造和生物礁圈闭中, 这些圈闭与该区构造形成演化密不可分。利用常规地质资料, 通过精细地层对比和地震资料解释, 识别出两个关键界面: 侏罗纪末的断拗转换面和早第三纪末的区域角度不整合面, 并结合板块构造理论确定了构造变形时期。研究认为, 侏罗纪以来两阶地经历了侏罗纪—白垩纪断陷—拗陷期和早第三纪抬升—改造期两个重要演化阶段, 形成了上、中、下三大构造层。断陷—拗陷阶段的沉积控制了该区的构造格局; 中构造层膏盐层的发育丰富了后期的构造样式。早第三纪—晚第三纪的构造运动使该区构造发生了强烈变革, 形成了典型的逆断裂、走滑断裂带和不对称复合背斜构造带。

关键词 阿姆河盆地; 查尔朱阶地; 布哈拉阶地; 构造特征; 构造演化

中图分类号: TE111.1

文献标识码: A

张志伟 1962年出生, 博士, 高级工程师。主要从事海外石油地质勘探评价工作。联系地址: 100083 北京市海淀区学院路20号; 电话: (010)83593623

阿姆河盆地油气资源丰富, 尤其是天然气资源, 在中亚地区占有重要地位。该盆地目前已发现的油气田 80% 位于古隆起和断阶带上^[1], 主要圈闭类型为背斜圈闭和生物礁圈闭。前人的研究主要针对整个盆地, 因阿姆河盆地与塔里木盆地自中生代以来一直处于相同的大地构造位置——特提斯构造域的北缘^[2-4], 经历了类似的地质演化, 从而一些研究者^[5-8]据此将它们进行对比分析, 许多学者强调克佩特造山带对盆地构造沉积的控制, 而对盆地北缘, 即对阿姆河北岸的查尔朱阶地和布哈拉阶地研究较少。本文通过对盆地北缘的构造特征及其演化历史的分析, 认识到查尔朱阶地以低幅背斜为主, 而布哈拉阶地逆断裂发育, 以挤压背斜为主, 因此对于阿姆河北岸地区来说, 应强调早第三纪末的构造变革。

1 区域地质概况

1.1 地理位置及构造单元划分

阿姆河盆地, 又称卡拉库姆盆地或阿姆达林盆

地, 在地史上属于劳亚域与冈瓦纳域之间的特提斯域^[9-10], 位于中亚构造域中西部。特提斯构造带共有 80 多个沉积盆地, 拥有 $1500 \times 10^8 \text{ t}$ 以上油气探明储量, 其中, 阿姆河盆地探明储量为 $42.57 \times 10^8 \text{ t}$ 。

阿姆河盆地主要位于乌兹别克斯坦南部、土库曼斯坦东北部及阿富汗西北部, 面积为 $42 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是中亚地区重要的含油气盆地^[11]。该盆地为北西走向的箕状盆地, 西南冀窄而陡, 盆地西南和东南分别以克佩特山脉和帕罗米苏斯山脉为界, 其南侧为波斯高原, 东界与西北界分别为吉萨尔山脉和克孜勒山脉所限(图 1)。

根据基底起伏和沉积盖层的构造形态, 将盆地划分为西南部科佩特山前拗陷带、中央卡拉库姆隆起带和东北部阿姆河拗陷带等三个一级构造单元^[12-13], 盆地内主要发育北西向和北东向的两组断裂, 控制了构造格局和沉积盖层的分布特征(图 1)。

查尔朱阶地和布哈拉阶地属于阿姆河拗陷带中的二级构造带, 其中间均以区域性正断裂分隔, 位于

收稿日期: 2010-03-09; 改回日期: 2010-08-30

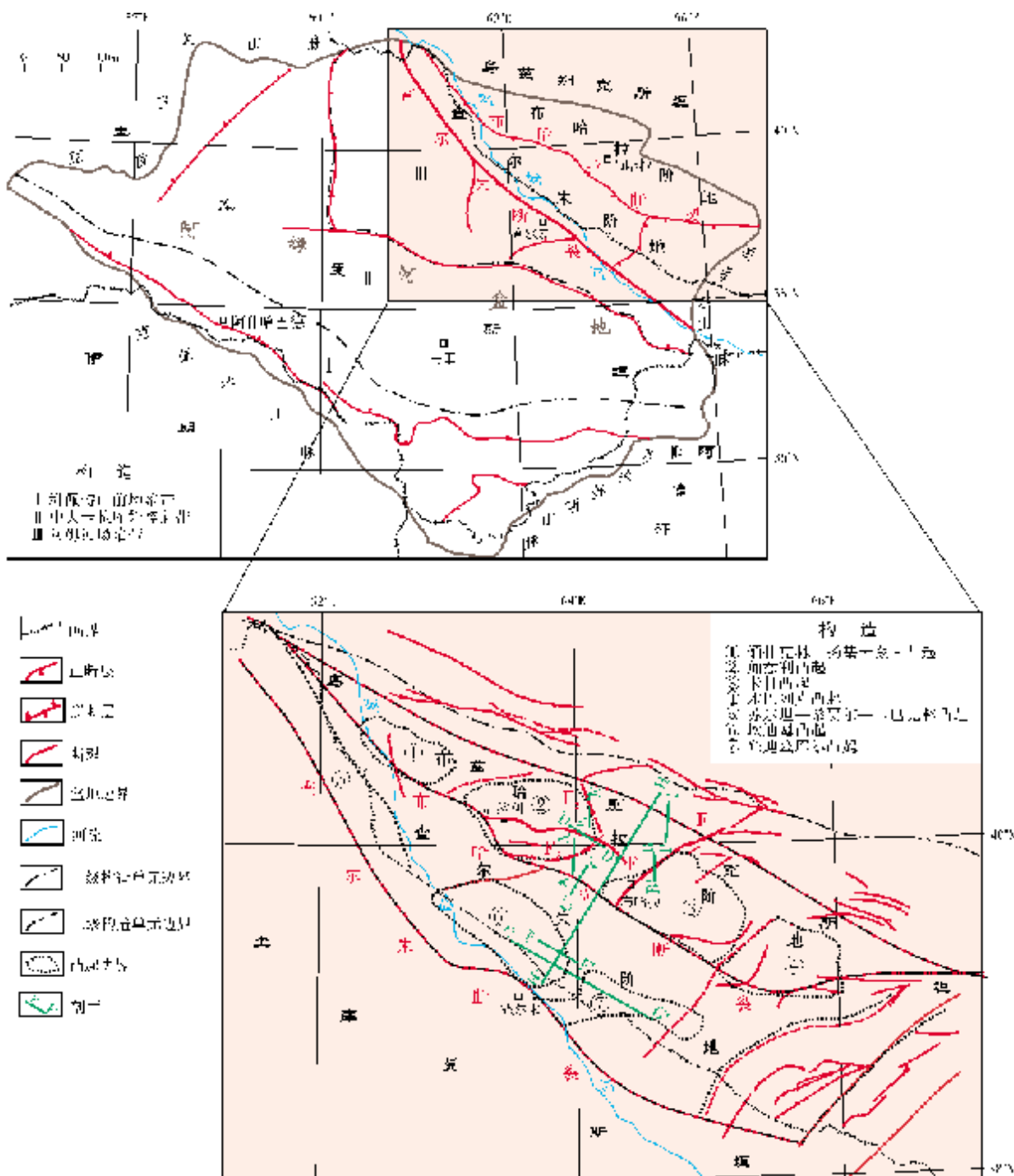


图1 阿姆河盆地构造单元划分及研究区局部构造分布简图

阿姆河坳陷的东北斜坡。

1.2 区域地层分布

阿姆河盆地地层可分为基底、过渡层、沉积盖层三段式结构,其中基底及过渡层主要由前侏罗系的

火山岩及变质岩构成,局部凹陷带存在二叠系—三叠系的碎屑岩。沉积盖层主要由侏罗系、白垩系、第三系、第四系的碳酸盐岩、膏盐岩、碎屑岩组成。沉积盖层自下而上可分为中—下侏罗统(J_{1-2}),上侏罗统卡洛阶—牛津阶(J_{3k-o}),上侏罗统基莫利阶—提塘

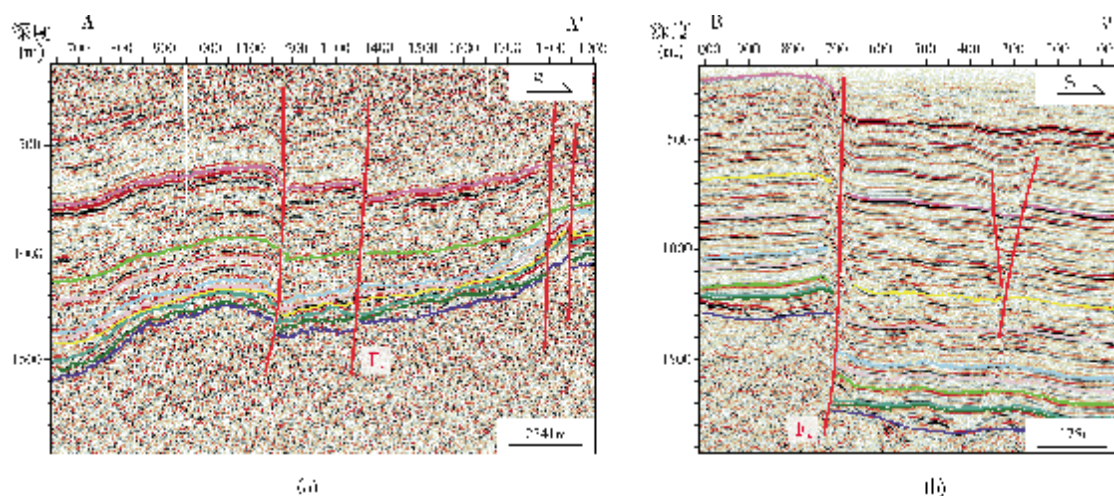


图3 逆断裂典型地震剖面

A—A'和B—B'剖面位置见图1

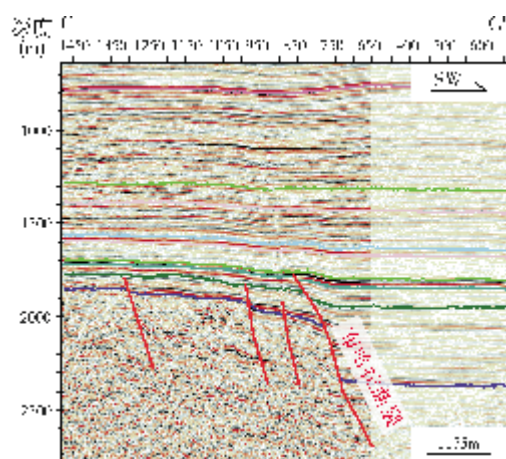


图4 正断裂典型地震剖面

C—C'剖面位置见图1

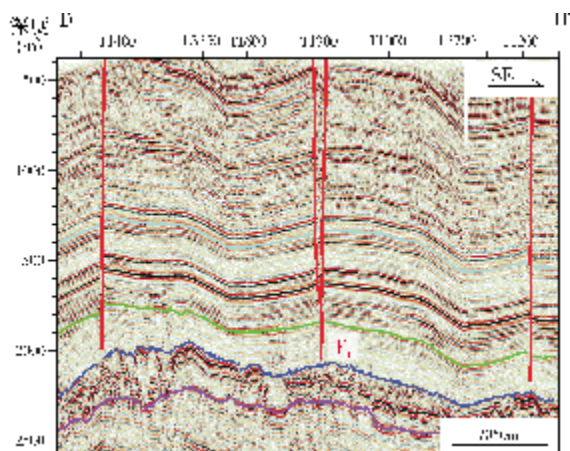


图5 走滑断裂典型地震剖面

D—D'剖面位置见图1

布哈拉阶地局部构造较发育,4个凸起呈北西西走向,地层倾角 $1^{\circ}\sim 20^{\circ}$,幅度50~300m,均表现为存在多个高点的复式凸起。若沿凸起顶部标志层拉平,则凸起消失,显然这些凸起与区域挤压密切相关,它们以逆断裂为边界发生褶皱(图6)。

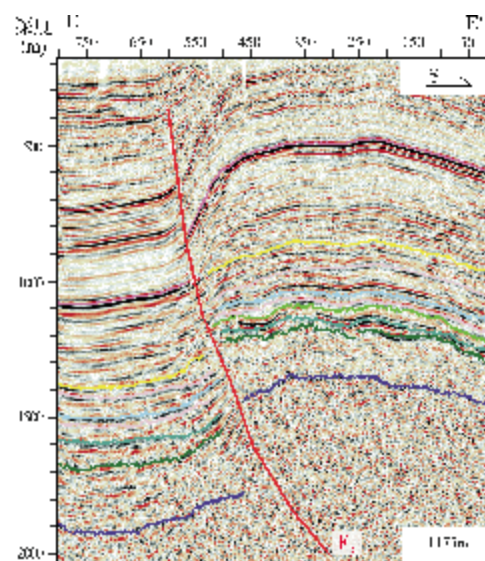


图6 挤压背斜

E—E'剖面位置见图1

查尔朱阶地同样发育一系列凸起。与布哈拉阶地不同的是,查尔朱阶地的凸起是在基底古凸起背景上发育起来的,它们几乎不受后期的挤压改造,表现为上缓下陡的构造形态,浅层的构造岩层倾角小,深层构造岩层倾角较大,上、下构造的高点发生了明

显的位移,岩层的厚度由轴部向两翼变厚(图7),单个凸起的圈闭面积随圈闭幅度的上升呈指数式增长(图8)。这种格局的形成,一方面在于中—下侏罗统沉积前该地区存在古地形凸起,另一方面在于侏罗系—白垩系的稳定沉降提供了足够的容纳空间。

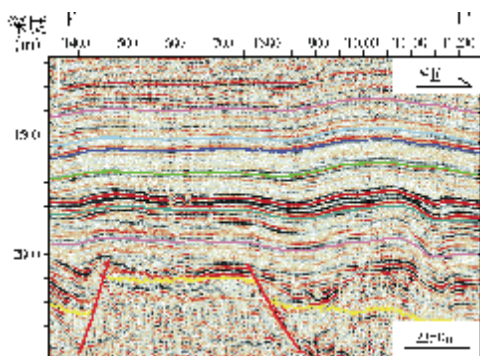


图7 披覆背斜

F—F'剖面位置见图1

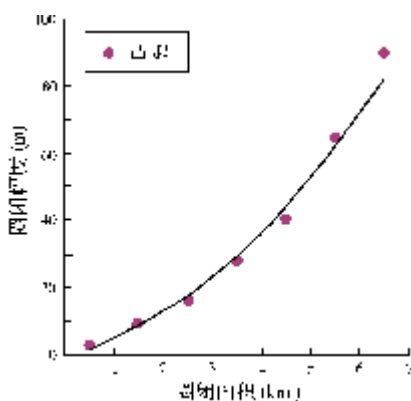


图8 圈闭面积随圈闭幅度的变化

2.3 构造层划分

盆地基底的研究,既影响对盆地构造格局的认识和构造演化史的分析,又关系着区域烃源岩分布和油气运移方向,因此,对基底的性质、形成时期等的研究尤为重要。对于阿姆河盆地基底,前人做了许多工作,如李春昱^[2]指出阿姆河盆地基底是海西褶皱带及经古生代后期改造的前寒武系变质岩;雷振宇等^[6]认为阿姆河盆地为海西期的褶皱基底;郭永强等^[14]研究指出阿姆河盆地基底由不同时期的古生代岩浆岩及变质岩组成。结合前人的认识,并据地震和钻井资料分析,笔者认为阿姆河盆地基底包含了寒武系—石炭系不同时期的火成岩和变质

岩系,在此基础上发育了自二叠纪以来不同性质的沉积层系。

构造层为一定地区在一定的构造发展阶段中所形成的地质体的组合。相邻构造层以区域性不整合或假整合接触。构造层的正确划分是重塑该地区构造演化的一条重要途径,在查尔朱、布哈拉阶地可以识别出两个主要区域不整合界面:三叠系顶面及下第三系顶面。应该注意的是,区域滑脱层同样会造成界面上下构造样式差异,如研究区广泛存在的膏盐岩层。

根据区域不整合面、区域滑脱层及构造变形特征,将查尔朱、布哈拉阶地自二叠纪以来的地层分为下、中、上三大构造层以及盐下、盐上两个构造亚层(表1)。

表1 阿姆河盆地构造层划分和构造演化关系表

构造层	亚层	地质时代	原盆地演化	主要不整合	构造旋回
		第四纪			中—晚喜马拉雅期
上构造层		晚第三纪			
中构造层	盐上亚层	早第三纪	抬升—改造期	E末	晚燕山期—早喜马拉雅期
		白垩纪		K末	
	盐下亚层	侏罗纪	断陷—拗陷期	J末	早—中燕山期
下构造层		二叠纪—三叠纪	裂陷期	T末	晚海西期—印支期

下构造层 包括二叠系—三叠系,为一过渡层,主要由中—酸性火山岩和变质岩组成,局部为陆相沉积的红色粗碎屑岩;盆地南部最厚约2 200 m,向北逐渐变薄。在查尔朱阶地较薄,在布哈拉阶地缺失。下构造层在地震剖面上表现为一套强反射,连续性较好,局部有火成岩侵入现象(图9)。

中构造层 包括侏罗系、白垩系及下第三系。中—下侏罗统为一套碎屑岩沉积,上侏罗统发育石灰岩及区域性膏盐岩,它们由南向北减薄;白垩系为砂泥岩互层的碎屑岩沉积;下第三系下部为石灰岩与膏盐互层,中部为泥岩,上部发育砂岩。上侏罗统膏盐岩层作为一个滑脱层,又可将中构造层分为盐上、盐下两个构造亚层,它们在断裂发育和褶皱变形上均存在一定的差异:盐下亚层断裂发育及褶皱变形主要受控于断陷—拗陷期构造运动,发育正断层;

盐上亚层断裂及褶皱变形主要受控于抬升—改造期构造运动,发育逆断层,褶皱、挠曲变形强烈(表 1, 图 9)。

上构造层 包括上第三系和第四系,主要为

砂泥岩互层。查尔朱、布哈拉阶地上构造层构造特征表现为变形较弱,受中构造层的影响,发育披覆背斜,局部与下伏下第三系成角度不整合接触(图 9)。

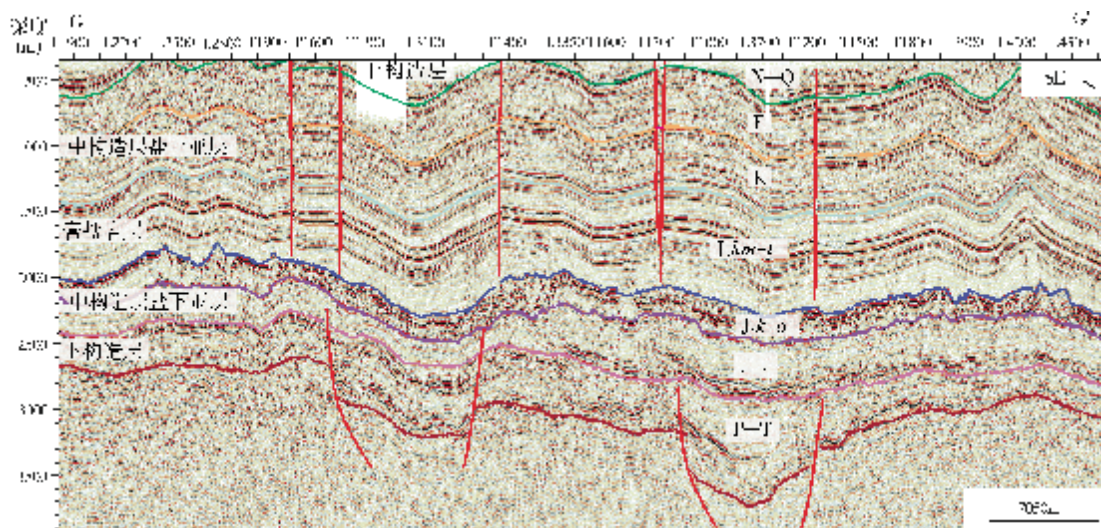


图 9 查尔朱、布哈拉阶地构造层序

G—G' 剖面位置见图 1

J₃k-o 卡洛阶—牛津阶; J₃km-t 基莫利阶—提塘阶

3 构造演化特征

阿姆河盆地的形成和发育经历了二叠纪—三叠纪裂陷期, 侏罗纪—白垩纪断陷—拗陷期和新生代抬升改造期三个构造演化阶段。查尔朱、布哈拉阶地形成演化同样也经历了三个阶段。受资料的限制, 在此只讨论侏罗纪以来的构造演化情况。

3.1 侏罗纪—白垩纪断陷—拗陷阶段

侏罗纪—白垩纪是阿姆河盆地形成的关键时期, 主要表现为稳定沉降, 当时构造比较稳定, 断裂不发育。

早侏罗世, 正断裂发育。中—下侏罗统在布哈拉阶地沉积较薄, 甚至缺失, 而在查尔朱阶地沉积较厚, 整体由南向北明显减薄, 局部凸起表现为上超。中—下侏罗统沉积后, 盆地北缘的南北幅度差异缩小, 填平补齐作用明显(图 10a)。

晚侏罗世, 构造相对稳定, 区域海侵, 查尔朱阶地广泛沉积石灰岩, 局部发育生物礁; 布哈拉阶地北部缺少石灰岩沉积, 偶见上超接触。这一时期, 在查尔朱阶地

还形成了巨厚的膏盐层, 膏盐层的沉积减小了查尔朱、布哈拉阶地的构造幅度。更重要是, 这一套膏盐层在后期的构造变革中起着重要作用, 它作为区域滑脱分隔层, 造成其上下构造样式的差异, 滑脱层之上褶皱强烈, 走滑断裂发育, 滑脱层之下褶皱较弱, 断裂以正断裂为主, 油气富集带亦分为盐上带和盐下带(图 10b)。

早白垩世, 区域整体沉降, 盆地内广泛沉积了一套泥岩夹砂岩的地层, 地层南厚北薄, 在布哈拉地区发育两套区域厚度稳定的砂岩储层(图 10c)。

晚白垩世, 盆地进一步沉降, 沉降幅度进一步加大, 物源充足, 沉积速率明显加快(图 11), 沉积厚度大, 研究区广泛发育砂泥岩的互层, 受古地形影响, 局部地区沉积呈“楔形”(图 10d)。这一时期断裂不发育, 但局部构造幅度差异显著, 为后期的鼻状构造形成奠定了古地貌背景。

3.2 新生代抬升改造阶段

早第三纪末期, 印度板块和阿拉伯板块与欧亚板块碰撞, 帕米尔板块向北挤入, 导致阿姆河盆地与塔里木盆地分离, 并产生了大量走滑断裂^[14-15]。

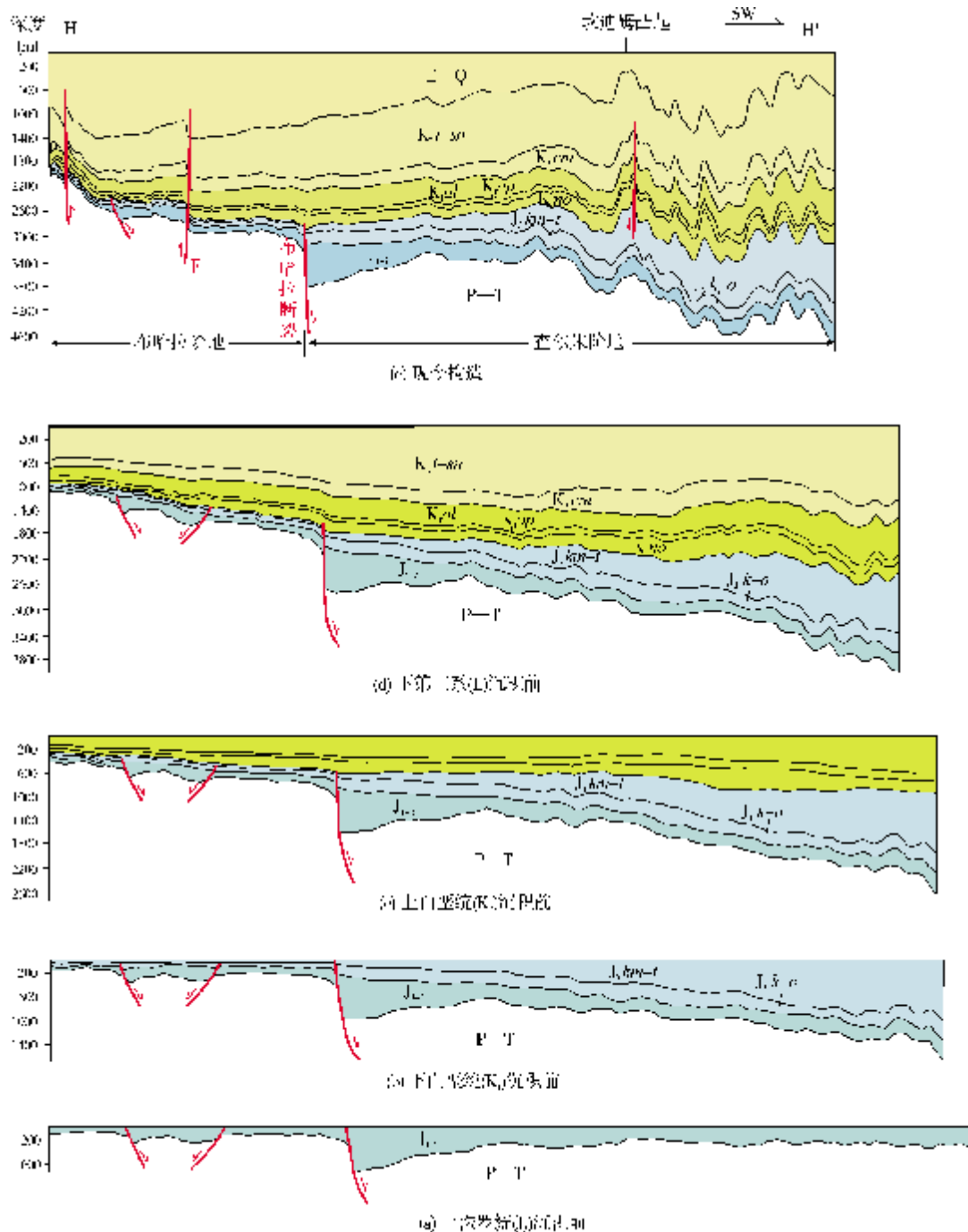


图10 阿姆河盆地北缘构造演化剖面

H—H'剖面位置见图1

J₃k-o 卡洛阶—牛津阶; J₃km-t 基莫利阶—提塘阶; K₁no 尼欧克姆阶; K₁ap 阿普特阶;
K₂al 阿尔布阶; K₂cm 赛诺曼阶; K₂t-sn 土伦阶—赛诺阶

查尔朱阶地与布哈拉阶地受北西—南东向的挤压, 阿姆河盆地北缘发生了强烈的构造变革(图10e), 区域抬升, 局部遭受剥蚀, 形成了早第三纪末的

区域角度不整合(图12), 经历了该次构造运动, 查尔朱阶地和布哈拉阶地构造面貌发生了巨大的变化。

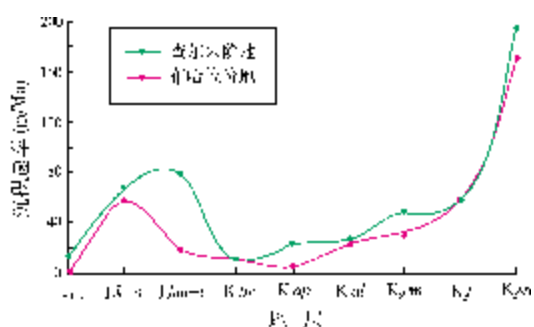


图 11 阿姆河盆地查尔朱、布哈拉地区地层沉积速率
地层符号的对应地层名称见图 2

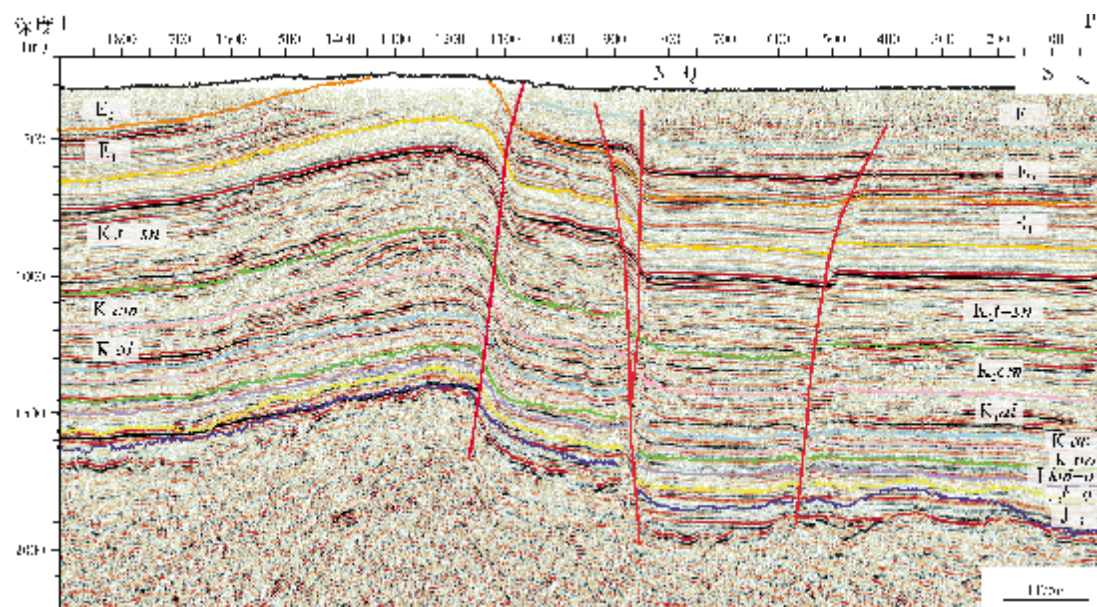


图 12 早第三纪末不整合面

I—I' 剖面位置见图 1

J₃k-o 卡洛阶—牛津阶; J₃km-t 基莫利阶—提塘阶; K₁no 尼欧克姆阶; K₂ap 阿普特阶;
K₃al 阿尔布阶; K₄cm 赛诺曼阶; K₅t 土伦阶; K₆sn 赛诺阶

(4)以膏盐层作为滑脱层形成揉皱、断裂。这些断裂特征表现为断距不大,断面笔直,并终止于膏盐层内部。

综上所述,侏罗纪以来,查尔朱阶地和布哈拉阶地经历了断陷—拗陷期、抬升—改造期两个重要的演化阶段,其中断陷—拗陷阶段的沉积控制了该区的早期构造格局,膏盐层的发育丰富了后期的构造样式,早第三纪末的构造运动使该区构造发生了强烈的变革,形成了典型的逆冲、走滑断裂带和不对称复合背斜构造带。

在查尔朱阶地和布哈拉阶地的主要构造变形特征为:

(1)形成了多个凸起。这些凸起多为不对称背斜,构造幅度在 100m 以上,具有多个构造高点,背斜边缘发育断裂。

(2)逆断裂、走滑断裂发育。逆断裂呈北东向和近东西向延伸,最大断距达 1000m,在凸起之间的鞍部和膏盐层上部发育典型的北西向走滑断裂,断距不大。

(3)局部早期正断层发生反转。地层发生挠曲或“跷跷板”倒转。

4 结 论

布哈拉断裂作为一条区域断裂,使得查尔朱阶地和布哈拉阶地具有不同的构造特征:查尔朱阶地以披覆背斜为特征,布哈拉阶地发育挤压短轴背斜,断裂以高角度逆断裂为主,短轴背斜以逆断裂为边界在其上升盘发育。

查尔朱阶地和布哈拉阶地自侏罗纪以来主要经历了侏罗纪—早第三纪断陷—拗陷期及晚第三纪—第四纪抬升—改造期两个阶段,形成了三大构造层。

中、下构造层的形成决定了该区早期的构造格局;中构造层变形强烈,地层褶皱、挠曲、倒转、断裂活动均发生在该构造层;上构造层变形较弱,受中构造层的影响,局部发育披覆背斜,与下伏下第三系成角度不整合接触。

参考文献

- [1] 王素华,钱祥麟. 中亚与中国西北盆地构造演化及含油气性[J]. 石油与天然气地质,1999,20(4):321-323.
- [2] 李春昱. 亚洲古板块划分及有关问题[J]. 地质学报,1992,57(1):1-8.
- [3] Replumaz A, Negro A M, Guillot S, et al. Multiple episodes of continental subduction during India/Asia convergence: Insight from seismic tomography and tectonic reconstruction[J], Tectonophysics, 2009:1-10.
- [4] Golonka J. Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic[J], Tectonophysics, 2004:235-273.
- [5] 王成善,李祥辉,胡修棉. 再论印度—亚洲大陆碰撞的启动时间[J]. 地质学报,2003,77(1):17-22.
- [6] 雷振宇,杜社宽,张朝军,等. 中亚地区与中国西部盆地类比及其油气勘探潜力[J]. 地球学报,2004,25(1):67-71.
- [7] 罗金海,周新源,邱斌,等. 塔里木—卡拉库姆地区的油气地质特征与区域地质演化[J]. 地质论评,2005,51(4): 409-414.
- [8] 白国平,殷进垠. 中亚卡拉库姆盆地油气分布特征与成藏模式[J]. 古地理学报,2007,9(3):284-300.
- [9] 贾承造,杨树锋,陈汉林,等. 特提斯北缘盆地群构造地质与天然气[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
- [10] 丘东洲,谢渊,李晓清,等. 亚洲特提斯域岩相古地理与油气聚集地质特征[J]. 海相油气地质,2009,14(2):41-50.
- [11] 郭永强,刘洛夫,朱胜利,等. 阿姆达林盆地含油气系统划分与评价[J]. 石油勘探与开发,2006,33(4):515-520.
- [12] 徐文世,刘秀联,余志清,等. 中亚阿姆河含油气盆地构造特征[J]. 天然气地球科学,2009,20(5):744-748.
- [13] Ulmishek G F. Petroleum geology and resources of the Amu-Darya Basin, Turkmenistan, Uzbekistan, Afghanistan, and Iran[R]. USGS, 2004: 1-38.
- [14] 郭永强,刘洛夫,朱胜利,等. 阿姆达林盆地油气地质特征与有利区带预测[J]. 新疆石油地质,2006,27(2):260-264.
- [15] Otto S C. Mesozoic-Cenozoic history of deformation and petroleum systems in sedimentary basins of Central Asia: Implications of collisions on the Eurasian margin[J], Petroleum Geoscience, 1997:327-341.

编辑:赵国宪

Structural Characteristics and Evolution of Chardzhou and Bukhara Terraces in Amu-Darya Basin, Middle Asia

Zhang Zhiwei, He Yongyao, Wang Chunsheng, Deng Yangtao, Zhang Hongwei, Wang Yingmin

Abstract: Amu-Darya Basin is one of the significant large potential petroliferous basins in Middle Asia. Both Chardzhou and Bukhara terraces, which are located in the northeastern of Amu-Darya Basin, provide more than a half of petroleum resources volume of the basin. Rich hydrocarbon is accumulated dominantly in local anticlines and reef traps, which are closely relative with structural formation and evolution in this basin. On the basis on available geological data, fine stratigraphic correlation and seismic data interpretation, two key geological interfaces, the faulting-depression transform interface at the end of Jurassic and the regional angular unconformity at the end of Paleogene, are recognized and the relative deformation phases are defined according to the theory of plate tectonics. It is suggested that the important stages of Jurassic-Cretaceous faulted depression and Paleogene compressed uplifting-reformation have undergone within these terraces, which results in forming the upper, the middle and the lower synthems. The sedimentation in the faulted depression stage controlled the tectonic framework of this region and the development of the salt layers in the middle synthem advanced the succeeding tectonic patterns. Tectonic movements during Paleogene-Neogene time brought on extensive structure deformation in this region, which constructs a series of typical structural belts such as thrust belts, strike-slip fault belts and asymmetrical composite anticline belts.

Key words: Amu-Darya Basin; Chardzhou Terrace; Bukhara Terrace; Structural characteristics; Tectonic evolution
Zhang Zhiwei: male, Doctor, Senior Geologist. Add: PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, 20 Xueyuan Rd., Beijing, 100083 China