

准噶尔盆地沙湾凹陷构造—地层层序与盆地演化

梁宇生¹,何登发¹,甄宇¹,张磊¹,田爱军²

[1. 中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083; 2. 中国石油新疆油田分公司,新疆克拉玛依 834000]

摘要:研究准噶尔盆地沙湾凹陷的构造—地层层序及盆地演化,不仅对于认识盆地结构及油气勘探具有重要意义,同时对中亚造山带构造演化的研究也具有一定的启示。文章利用井、震结合的思路,精细追踪地震同相轴,结合连井剖面对比,分析石炭纪以来各地层内部的削蚀及超覆尖灭关系,并结合相应的构造体制转换过程,将研究区综合划分出6个大的构造层。依据断层相关褶皱理论开展精细构造解释,并利用平衡剖面技术,重点分析了沙湾凹陷自晚石炭世以来的构造演化。研究认为沙湾凹陷的形成演化经历了晚石炭世伸展断陷、早二叠世伸展拗陷、中二叠世—晚三叠世前陆盆地、侏罗纪陆内拗陷及压扭盆地、白垩纪—古近纪陆内拗陷及新近纪—第四纪陆内前陆盆地7个阶段,其演化过程主要受周缘边界断裂带多期活动的控制。西边界的红车断裂带在晚海西运动中期(P_2),印支运动晚期(T_3)及燕山运动中晚期(J_2-E)的强烈扭压作用对沙湾凹陷的构造演化及相应地层的发育与分布影响最强。

关键词:不整合面;构造—地层层序;盆地演化;沙湾凹陷;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 Shawan Sag in the Junggar Basin

Liang Yusheng¹, He Dengfa¹, Zhen Yu¹, Zhang Lei¹, Tian Aijun²

[1. School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Xinjiang Oilfield Company Ltd., PetroChina, Karamay, Xinjiang 834000, China]

Abstract: The study of tectono stratigraphic sequence and basin evolution in Shawan Sag, Junggar Basin, is of great significance both to the understanding of the basin structure and the petroleum exploration in this area, and to a certain extent to the understanding of the tectonic evolution of the Central Asian Orogenic Belt. Seismic and well data were integrated to perform fine tracing of seismic events, and to analyze the truncation, overlapping and pinch-out within each sequence deposited since the Carboniferous in combination of correlation on well-tie profiles, and finally six major tectonic sequences were recognized according to the corresponding tectonic regime transformation processes. Additionally, the fine interpretation of tectonics was based on the theory of fault-related folds, and the tectonic evolution of Shawan Sag since the Late Carboniferous was discussed mainly according to the fine interpretation and the balanced cross-section technique. The results show that the formation and evolution of the Shawan Sag can be divided into seven stages, namely the Late Carboniferous extensional fault depression, the Early Permian extensional depression, the Middle-Permian-to-Late-Triassic foreland basin, the Jurassic intracontinental depression and transpressional basin, the Cretaceous-to-Paleogene intracontinental depression, and the Neogene-to-Quaternary intracontinental foreland basin. The evolution is mainly controlled by multi-stage activities of the peripheral boundary fault zones. The strong transpression of the Hongche fault belt to the west boundary of the sag during the middle of Late Hercynian movement (P_2), Late Indosinian movement (T_3), and Middle-to-Late Yanshanian movement (J_2-E), is the most powerful factor affecting the tectonic evolution and associated stratigraphic development and distribution in the sag.

Key words: unconformity, tectono-stratigraphic sequence, basin evolution, Shawan Sag, Junggar Basin

收稿日期:2018-05-15;修订日期:2018-07-12。

第一作者简介:梁宇生(1988—),男,博士研究生,矿产普查与勘探。E-mail:liangyuscug@126.com。

基金项目:国家科技重大专项(2017ZX05001-001)。

构造-地层层序是指在一定的构造作用背景下所形成的,以区域性不整合面为界、具有相同构造特征的一套地层总和^[1]。构造-地层层序的研究将构造与层序演化之间的联系、沉积相展布特征以及油气地质条件等紧密结合,能更好地认识盆地结构与指导油气勘探^[2-3]。

沙湾凹陷是构成准噶尔大型叠合盆地的重要组成部分^[4-5],它是在前寒武纪“微”地块及围绕它的早古生代陆缘增生褶皱带构成的基底之上发展起来的晚古生代、中生代及新生代盆地^[6-8],经历了多期复杂的构造演化。前人对于沙湾凹陷构造-地层层序及构造演化的研究主要聚焦在三叠系百口泉组^[9-10],以及在研究侏罗纪以来车-莫古隆起的构造变形及演化的成因中被提到^[11-12],对于盆地深部的构造-地层层序及石炭纪以来的演化历史缺乏整体和深入的研究。现今在环沙湾凹陷带已发现了永进油田、车排子油田与新光气田等中小型油气田,表明沙湾凹陷具有良好的油气勘探潜力^[9]。因此,深入分析沙湾凹陷构造-地层层序与盆地演化具有重要的油气勘探意义。同时沙湾凹陷在数公里厚的白垩系及新生界之下较完整地保存了石炭系-侏罗系,使之成为研究中亚造山带晚古生代-中生代构造变形及构造演化的一个良好场所^[13]。

1 区域地质背景

准噶尔地块位于哈萨克斯坦板块的东部,隶属于

古亚洲洋构造域,发育于其上的沙湾凹陷为准噶尔盆地中央坳陷西南部一个二级负向构造单元,保存了上万米厚的石炭系-新生界。凹陷西接红车断裂和中拐凸起,北临盆1井西凹陷和莫索湾凸起,东连莫南凸起,南邻北天山山前冲断带的霍玛吐背斜带,东西宽约90 km,南北长约85 km,勘探面积约为6 400 km²(图1)。据准噶尔盆地第四次油气资源评价,沙湾凹陷西斜坡带石油总地质资源量为 $17\,343 \times 10^4$ t,天然气总地质资源量为 $1\,040 \times 10^8$ m³,油气资源较为丰富。

沙湾凹陷沉积层自下而上依次发育石炭系(C),下二叠统佳木河组(P_{2j})、风城组(P_{2f}),中二叠统夏子街组(P_{2x})、下乌尔禾组(P_{2w}),上二叠统上乌尔禾组(P_{3w}),下三叠统百口泉组(T_{1b}),中三叠统克拉玛依组(T_{2k}),上三叠统白碱滩组(T_{3b}),下侏罗统八道湾组(J_{1b})、三工河组(J_{1s}),中侏罗统西山窑组(J_{2x})、头屯河组(J_{2t}),下白垩统吐谷鲁群(K_{1tg}),上白垩统(K₂),古近系紫泥泉子组(E_{1-2z})、安集海河组(E_{2-3a})以及新近系沙湾组(N_{1s})-第四系(Q)(图2,图3)。剖面上具有下伏“堑-垒”结构、中部平缓坳陷结构及上部厚层掀斜结构的特征(图4,图5)。

2 构造-地层层序

2.1 不整合面发育特征

根据地震反射特征和井震标定结果,在沙湾凹陷地震反射剖面上清楚地识别出新近系底部、白垩系底部、侏罗系底部、夏子街组底部及佳木河组底部共5个

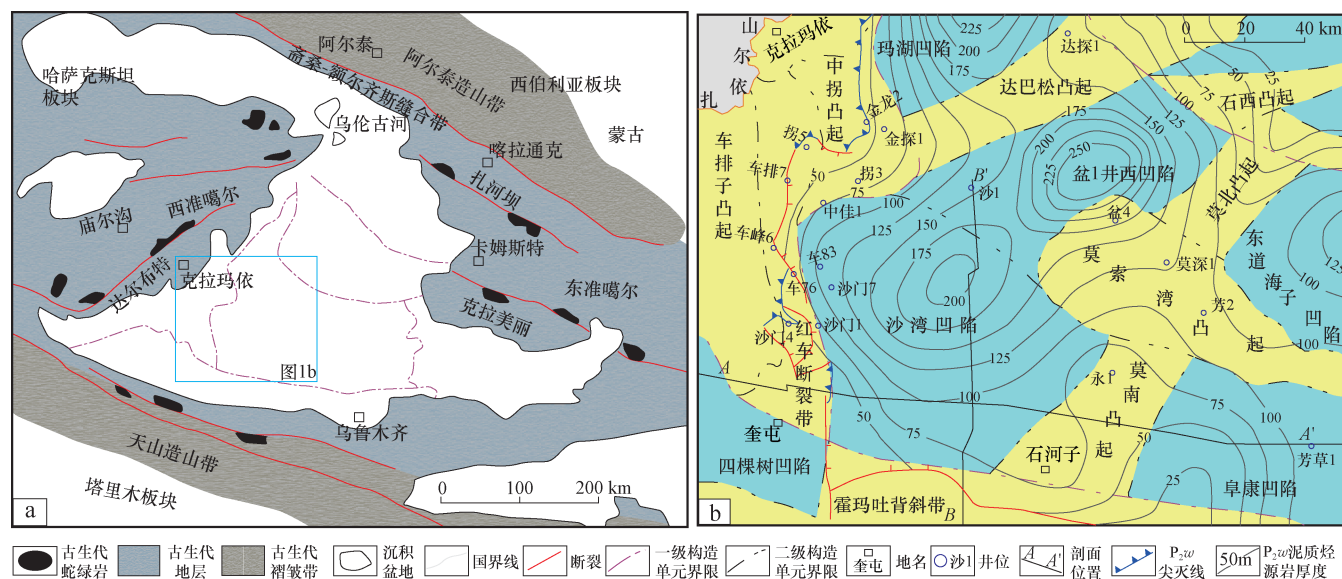


图1 沙湾凹陷区域位置

Fig. 1 Location of the Shawan Sag

a. 准噶尔地区区域地质概况简图(据文献[14]修改); b. 研究区构造位置

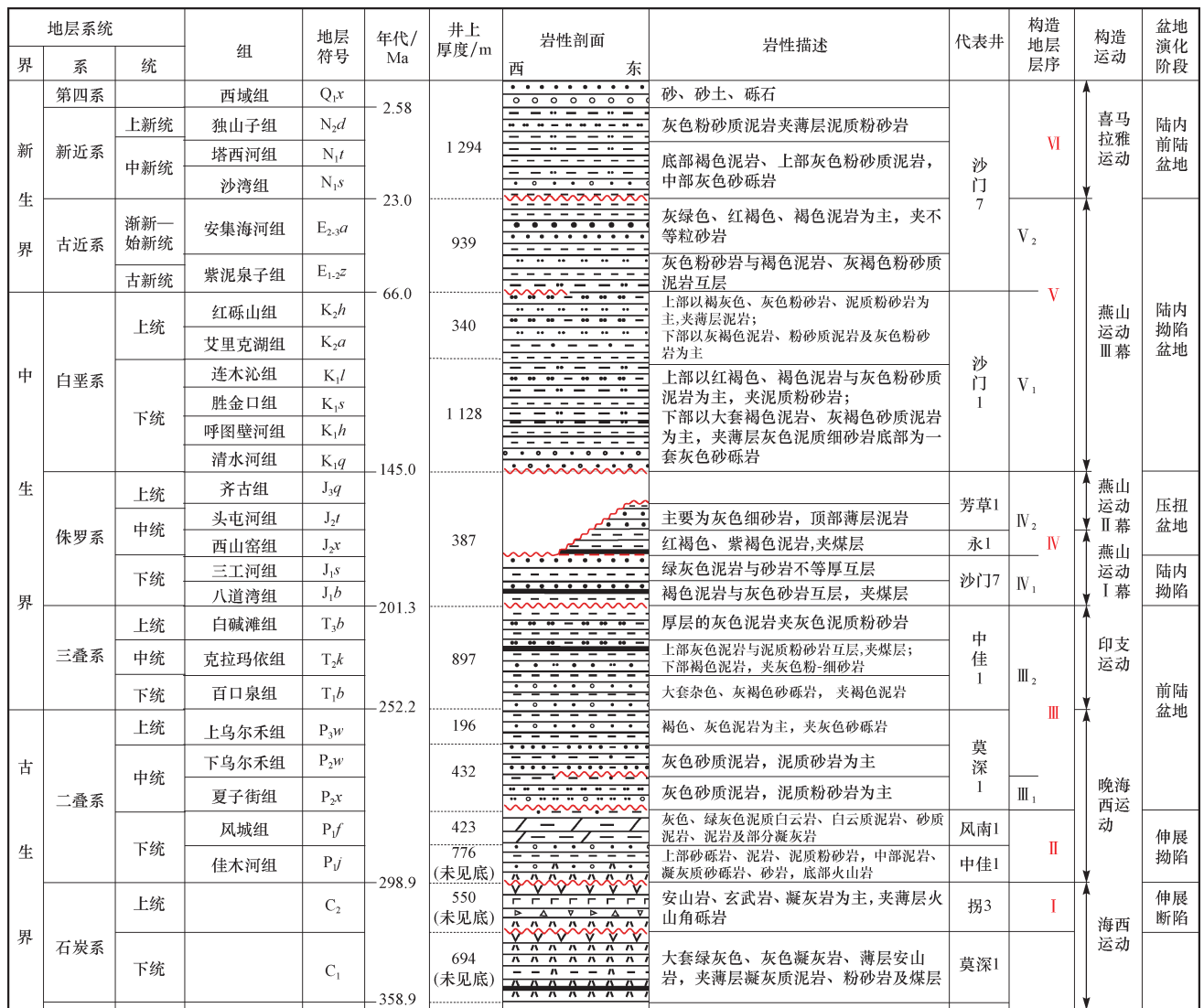


图2 沙湾凹陷地层综合柱状图

Fig. 2 Composite stratigraphic column of the Shawan Sag

区域不整合面(图6),以及石炭系内部的削蚀型不整合(图6a),下乌尔禾组底部的超覆型局部不整合面(图6b)。

佳木河组底部不整合在凹陷内分布广泛,界面之下石炭系顶部被削蚀(图6a)。夏子街组底部界面之上地层向东超覆;之下为一套连续强振幅反射波阻(图4,图6b)。侏罗系八道湾组底部在凹陷内部为一低角度不整合,在西斜坡处见明显的下削上超的结构(图4,图6c)。白垩系底部界面之上的清水河组产状相对平缓;之下的中-下侏罗统被削蚀(图6c,d)。新近系底部界面之上为一套连续强反射波阻,界面之下的安集海河组顶部被削蚀(图5,图6e)。

2.2 构造层特征

石炭纪末期沙湾凹陷及邻区发生一期广泛的构造

运动,造成上石炭统不同程度的缺失,在阜康凹陷内部最多缺失约24 Ma(图7)。夏子街组底部的不整合标志了凹陷进入挤压环境(图7,图8)。侏罗系底部不整合为三叠纪末期准噶尔盆地西北缘的强烈挤压用在凹陷内的响应(图7)。中-晚侏罗世盆地进入强烈的压扭改造时期^[11],中-上侏罗统在西部与北部年代缺失最大,约29 Ma(图7,图8)。凹陷西侧的车排子凸起自早二叠世至早白垩世地层缺失约169 Ma(图7),这表明盆地西边界构造活动最强,对沙湾凹陷的形成与演化具有重要影响。综合区域不整合面及盆地构造体制转变特征,将沙湾凹陷自晚石炭世至今划分为6个大的构造层序:C₂构造层、P₁构造层、P₂-T₃构造层、J构造层、K-E构造层及N-Q构造层(图7,图8),其中P_{2x}底部、E底部的局部不整合以及中侏罗世盆地构造体制的转变可以进一步划分内部构造层。

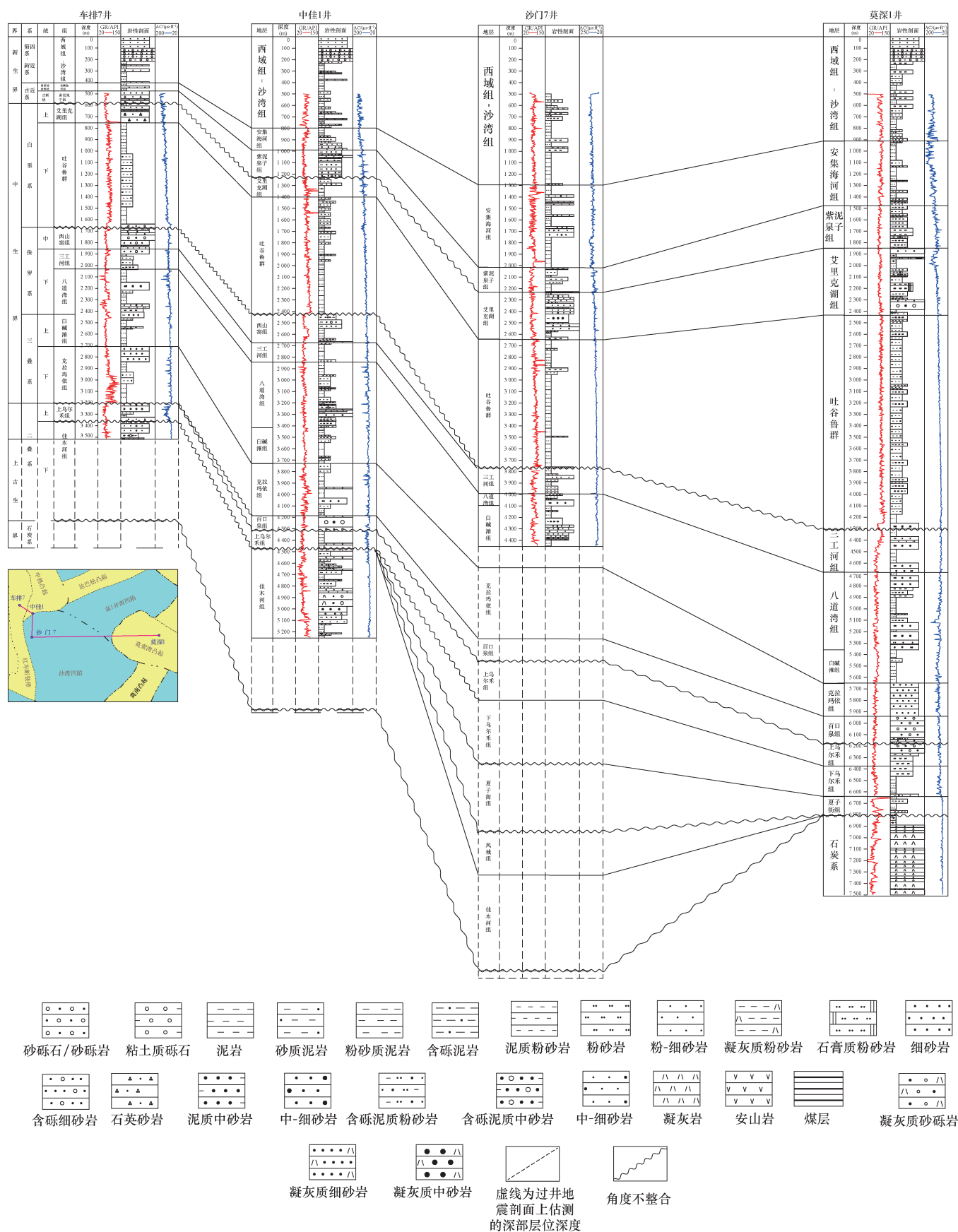


图3 过沙湾凹陷车排7井—中佳1井—沙门7井—莫深1井连井地层对比剖面

Fig. 3 Well-tie profile crossing Well Chepai-7, Zhongjia-1, Shamen-7, and Moshen-1 in the Shawan Sag

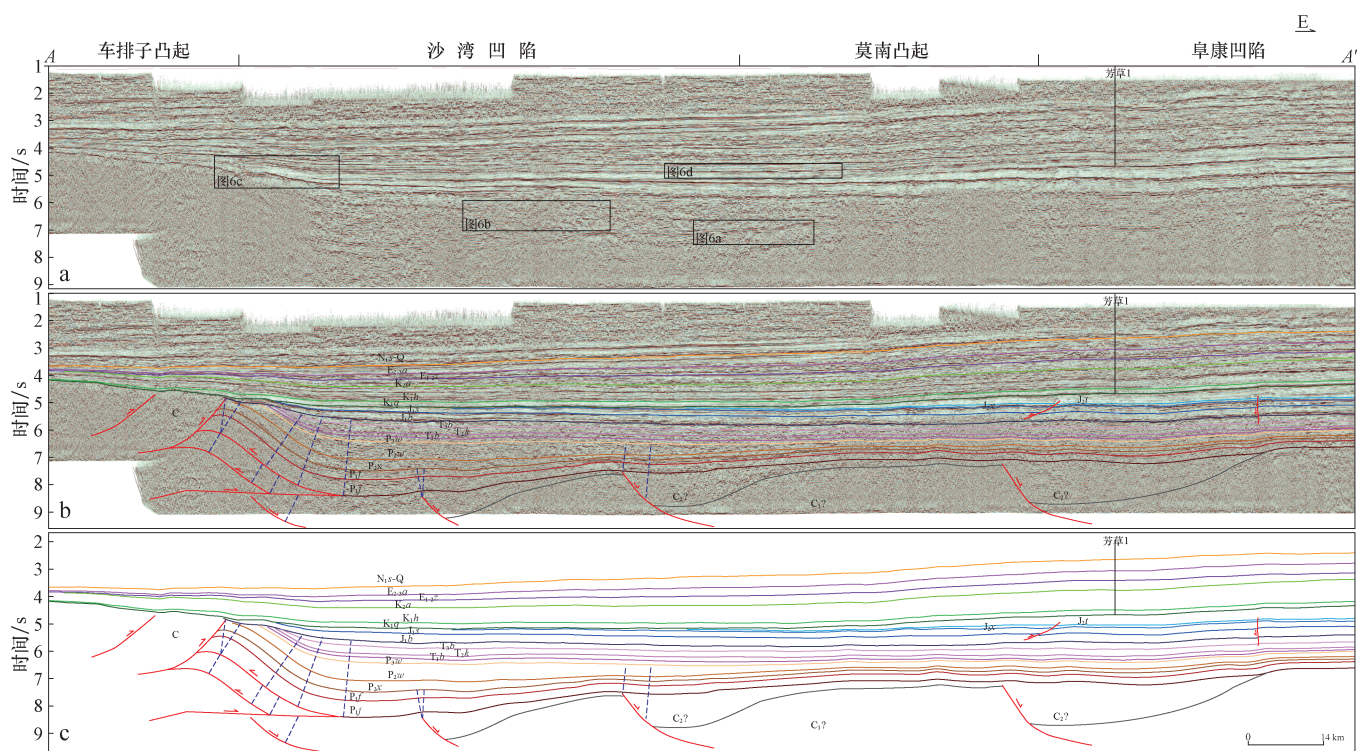


图4 过沙湾凹陷东-西向A—A'二维地震剖面解释方案(剖面位置见图1b)

Fig. 4 Interpretation of the WE-trending 2D seismic profile A—A' crossing the Shawan Sag(see Fig. 1b for the profile location)

a. A—A'原始地震剖面;b. A—A'地震解释剖面;c. A—A'地震解释剖面简化图

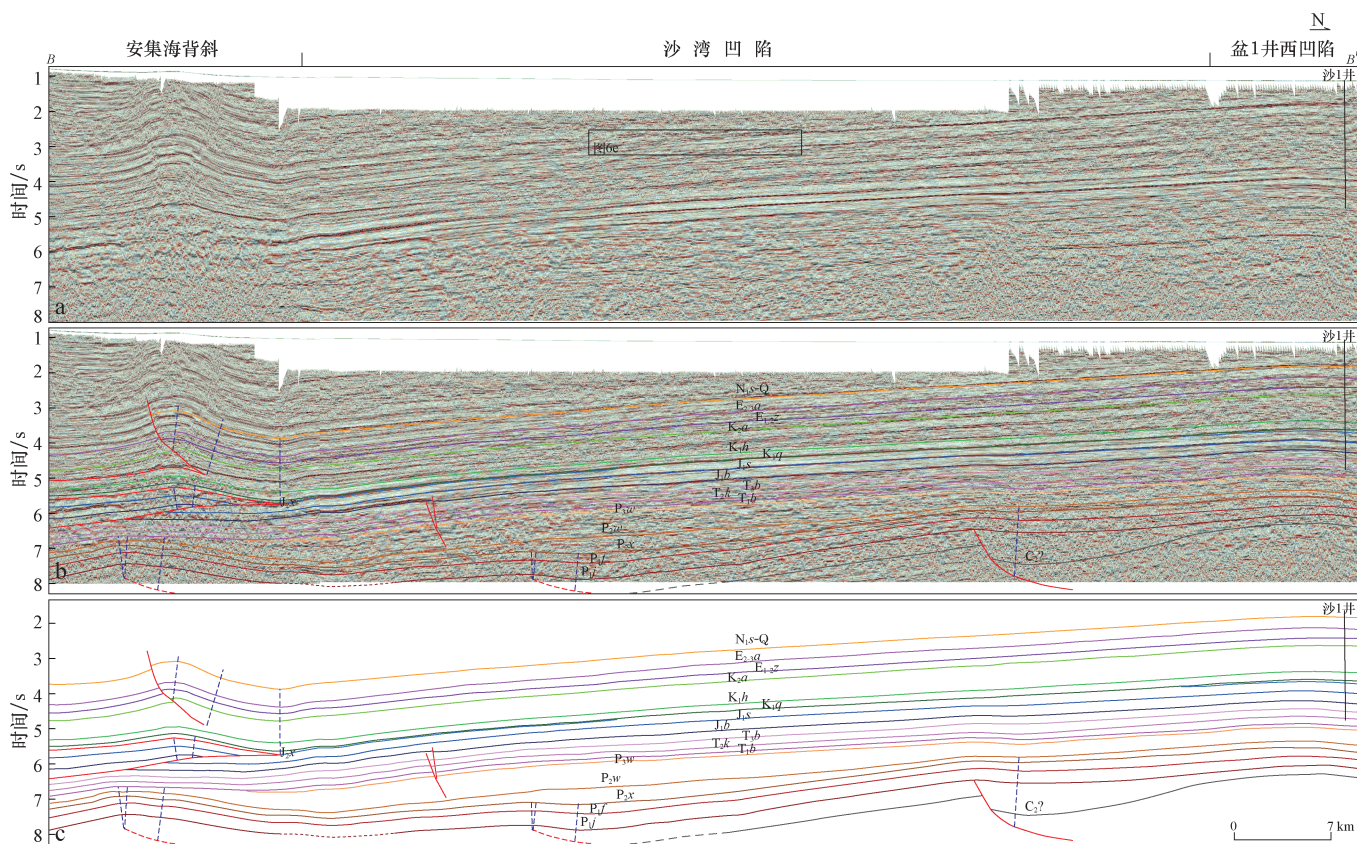


图5 过沙湾凹陷南-北向B—B'二维地震剖面解释方案(剖面位置见图1b)

Fig. 5 Interpretation of the SN-trending 2D profile B—B' crossing the Shawan Sag(see Fig. 1b for the profile location)

a. B—B'原始地震剖面;b. B—B'地震解释剖面;c. B—B'地震解释剖面简化图

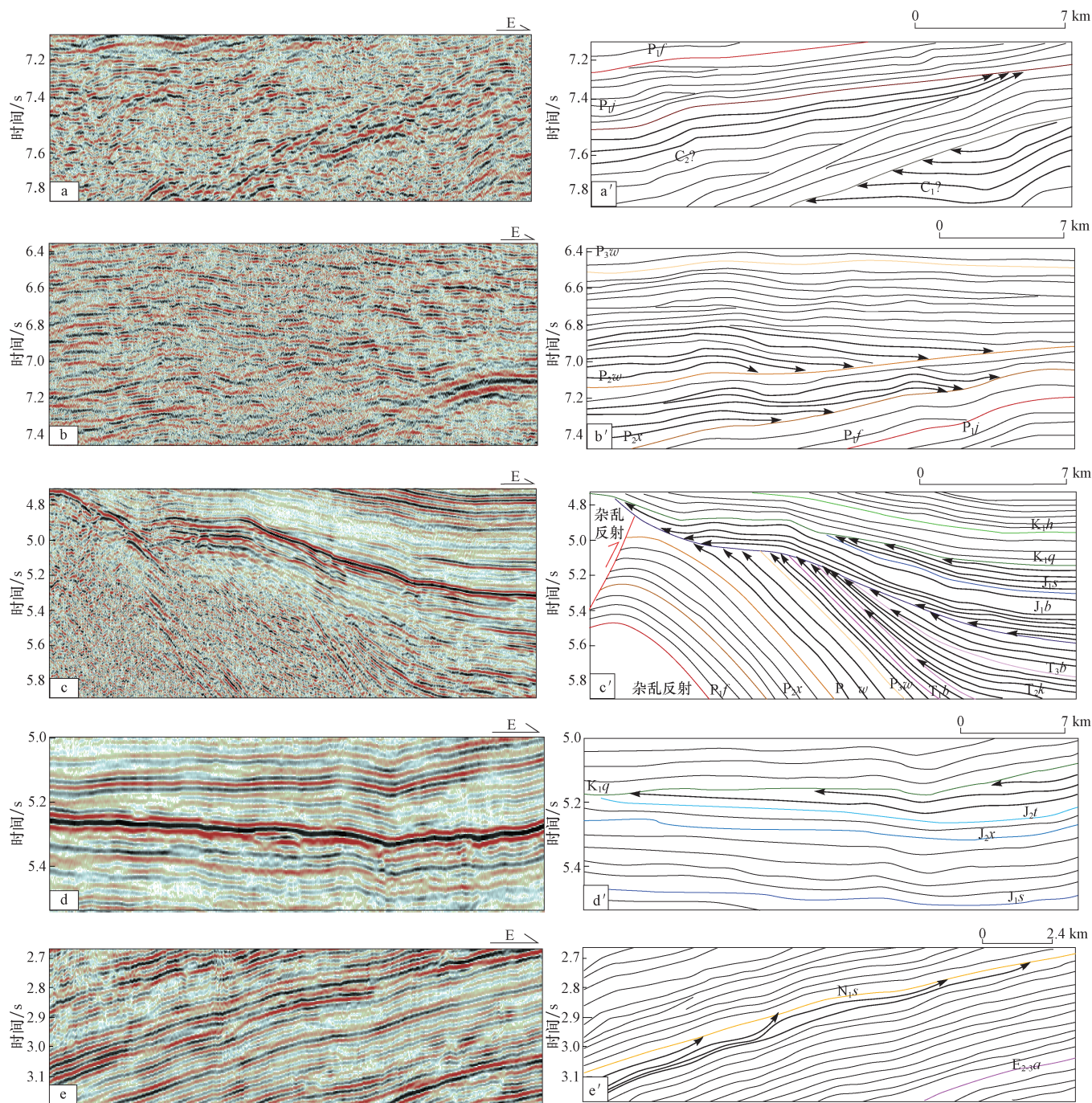


图6 沙湾凹陷不整合面特征(不整合面的位置见图4和图5)

Fig. 6 Unconformity characteristics of the Shawan Sag (see Fig. 4 and Fig. 5 for the unconformity locations)

a-e. 原始地震剖面局部放大图; a'-e'. 对应的地震解释剖面简化图

利用凹陷内部及周缘的钻井资料,结合地震反射波阻特征,总结凹陷内各个构造层序的特征。

1) C_2 构造层:不整合于下石炭统之上,井上厚度大于 550 m。依据中拐凸起东部最新钻揭上石炭统的探井(金 213、拐 3 等),推测沙湾凹陷上石炭统主要由玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩、火山碎屑岩以及少量泥岩和砂岩组成。

2) P_1 构造层:佳木河组发育基性玄武岩、安山岩、

英安岩、火山角砾岩及凝灰岩为主的火山岩,以及以泥岩、砂岩和砂砾岩为主的碎屑岩,井上厚度大于 776 m。风城组为一套白云质泥岩、砂质泥岩、泥岩、泥质白云岩、粉砂岩及部分凝灰岩等,主要为浅湖相与扇体相沉积^[15],井上厚度为 423 m。

3) $P_2 - T_3$ 构造层:中二叠统井上厚度为 432 m,其中夏子街组以粗碎屑岩为主,发育砂砾岩、含砾砂岩、泥质砂岩、砂岩及砂质泥岩。下乌尔禾组以灰色砂

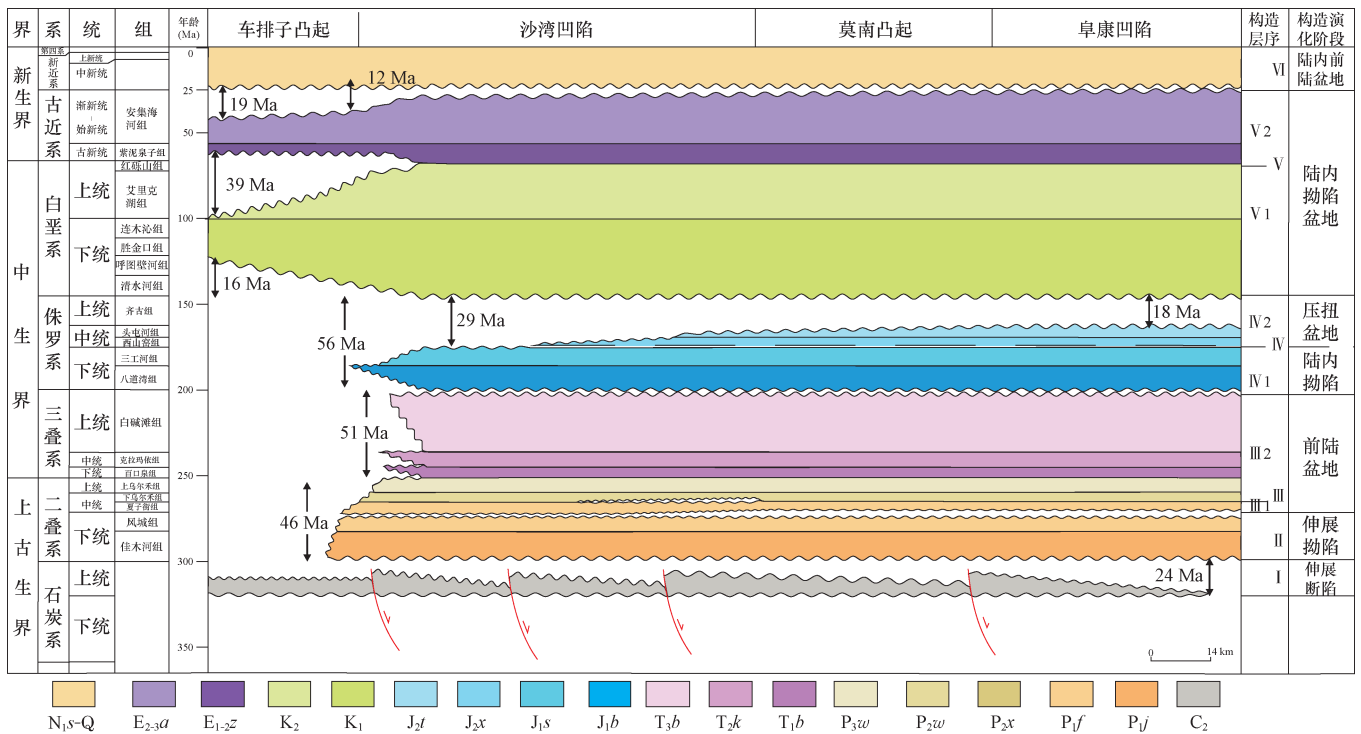


图7 沙湾凹陷东-西向A—A'剖面年代地层格架剖面(剖面位置见图1b)

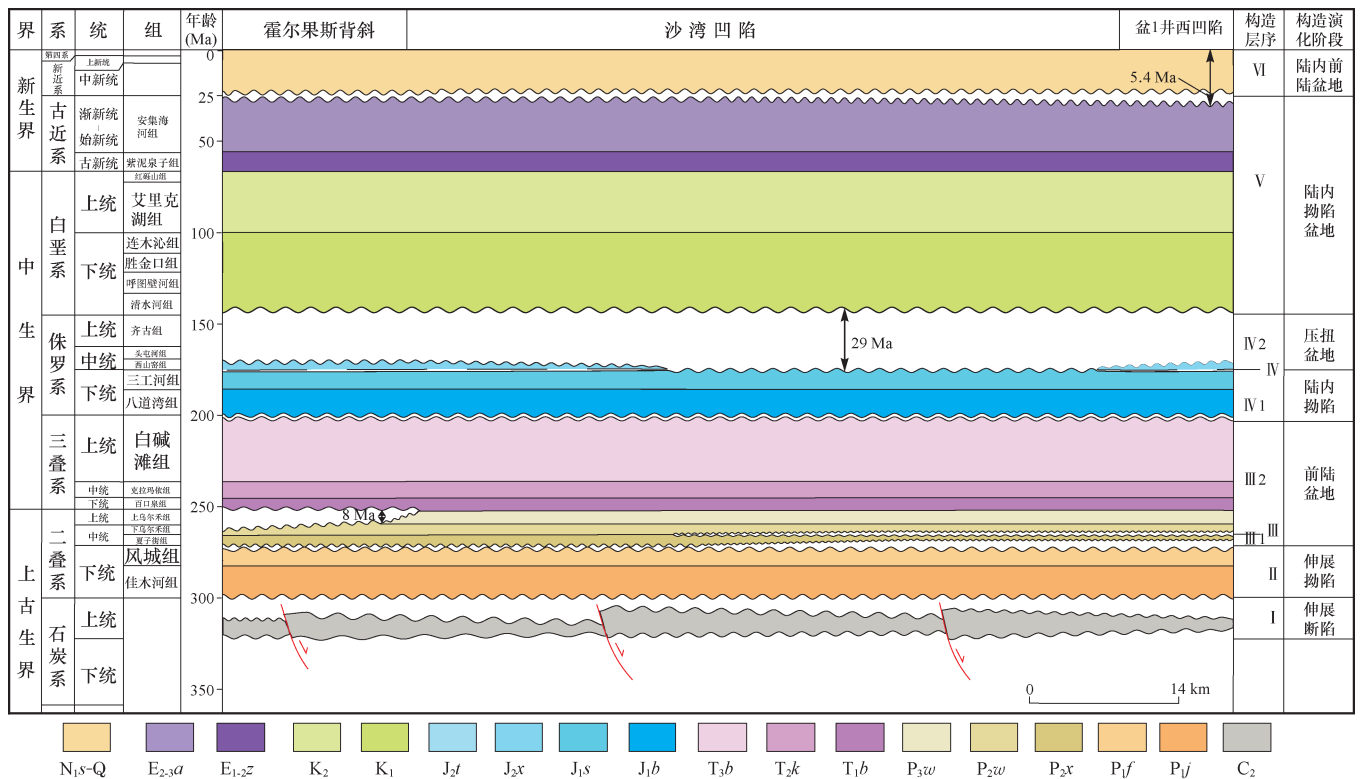
Fig. 7 Chrono-stratigraphic framework of the EW-trending profile A-A' in the Shawan Sag
(see Fig. 1b for the profile location)

图8 沙湾凹陷南-北向B—B'剖面年代地层格架(剖面位置见图1b)

Fig. 8 Chrono-stratigraphic framework of the SN-trending B-B' profile in the Shawan Sag
(see Fig. 1b for the profile location)

质泥岩、泥质砂岩为主,主要为浅湖-半深湖相沉积。上乌尔禾组发育灰色砂砾岩、砂岩及褐色、灰色泥岩等,井上厚度为196 m,主要为三角洲相及局部滨浅湖相沉积。三叠系井上厚度约为900 m,百口泉组以杂色、褐色砂砾岩及褐色泥岩为主,为辫状河与浅湖相沉积。克拉玛依组以灰色砂岩、泥质粉砂岩及泥岩为主,下部粒度较粗,向上粒度变细,以浅湖沉积为主,西部斜坡处局部为辫状河沉积。白碱滩组以灰色砂岩、泥质粉砂岩,泥岩、砂质泥岩为主,主要为半深湖相沉积,其上段发育大套灰色泥岩夹薄层砂岩、粉砂岩和泥质粉砂岩,具粒序层理。

4) J构造层:侏罗系井上钻揭厚度约为400 m,八道湾组以砂岩、泥岩不等厚互层为主,夹煤线。三工河组为绿灰色泥岩、砂岩不等厚互层。下侏罗统主要为河流相沉积。西山窑组为一套湖沼相的含煤建造,主要岩性为灰色、黄色细砂岩、粉砂岩与深灰色泥岩互层,夹褐煤沉积,发育多个厚度为1~3 m煤层。头屯河组主要为灰色细砂岩,顶部为薄层褐色泥岩,反映气候较为干旱、水体变浅的沉积环境。

5) K-E构造层:白垩系以砂岩、泥岩为主,主要为滨浅湖-半深湖相及局部辫状河、三角洲相沉积,地层整体分布稳定,井上厚度约为1468 m。古近系以灰色粉砂岩,灰褐色粉砂质泥岩,灰绿色、褐色泥岩为主,夹不等粒砂岩,粒度整体较细,井上厚度约为939 m,主要为辫状河、浅湖相沉积。

6) N-Q构造层:井上厚度约为1300 m,下部岩性主要为灰色、褐色砂岩、泥岩及砂砾岩,顶部主要为砂、砂土与砾石。

3 盆地演化阶段

沙湾凹陷是准噶尔盆地的一部分,其形成、演化与准噶尔盆地主体相比,具有相似性及特殊性。早石炭世西准噶尔洋盆发生俯冲-增生作用^[16-17],并最晚在晚石炭世与西伯利亚板块、塔里木板块完成拼合^[18-19],准噶尔盆地初现雏形。根据区域不整合面发育及沉积充填特征,对沙湾凹陷自晚石炭世以来的盆地演化进行划分(图10)。

3.1 伸展断陷阶段(晚石炭世)

随着达尔布特洋以及北天山洋在晚石炭世开始俯冲-增生-闭合^[20-22],沙湾凹陷整体处于伸展构造环境,发育多个正断层控制的箕状断陷,断面上陡下缓,向上未断开佳木河组,向下断开上、下石炭统,归于基

底韧性层(图4,图5,图9a),断陷内沉积了厚层的晚石炭世火山岩、海相碎屑岩等。断陷的沉积中心为烃源岩的发育提供良好的场所。

3.2 伸展拗陷阶段(早二叠世)

早二叠世控盆正断层活动明显减弱,凹陷进入伸展拗陷阶段,佳木河组向东侧莫南凸起及北侧盆1井西凹陷方向减薄,向扎伊尔山方向加厚,沉积中心位于凹陷中南部(图5,图9b)。风城组沉积时期火山活动减弱,构造活动相对稳定,地层起伏变化较小、且厚度相对均一(图9b),此时期为准噶尔盆地重要的湖泛期之一,白云质泥岩与暗色泥岩发育,为全盆地内一套有效烃源岩。早二叠世末期,来自准噶尔盆地西北缘NWW-SEE向的主应力^[23],以构造楔形式作用到车排子凸起与沙湾凹陷过渡带,使得下二叠统被抬升,地势西高东低(图4,图9b),剖面缩短1.67 km。

3.3 前陆盆地阶段(中二叠世-晚三叠世)

早二叠世末期盆地西部与南部褶皱山系向盆地内冲断推覆,开始形成准噶尔盆地西北缘及南缘两个前陆盆地^[4],沙湾凹陷位于前陆盆地系统的前渊部位,夏子街组和下乌尔禾组在凹陷中部厚,向周缘减薄(图4,图5)。此时前期形成的基底正断层复活,向上逆冲反转传播,剖面上见上石炭统由先前的正断距变为逆断距^[24]。下乌尔禾组沉积期为凹陷内一个重要的湖泛期,形成了一套优质的烃源岩。晚二叠世至中三叠世凹陷处于整体相对稳定的挤压环境,沉积状态较为平坦,沉积厚度稳定。晚三叠世为三叠纪的最大湖侵期,沉积了巨厚的泥岩,此时准噶尔西北缘为强烈的挤压背景,凹陷西侧的深部构造楔由西向东强烈活动^[25],三叠纪末期西北缘冲断带的前锋断层逆冲推覆至凹陷的西边界,断层上盘二叠-三叠系遭受剥蚀、缺失,下盘中-上二叠统及三叠系被剥蚀(图4,图9c),同时凹陷内部地层整体抬升,形成T与J之间的区域性不整合,剖面缩短量为11.87 km(图9d)。

3.4 陆内拗陷及压扭盆地阶段(侏罗纪)

早侏罗世为弱伸展背景下的稳定的拗陷沉积,下侏罗统全凹陷分布,在西侧向斜坡高部位超覆。中-晚侏罗世受燕山运动中期的强烈影响,在区域压扭背景下,沙湾凹陷整体上隆,形成一个SWW-NEE向的古隆起,中-上侏罗统被大面积强烈剥蚀(图9e),此时剖面缩短量为1.17 km。

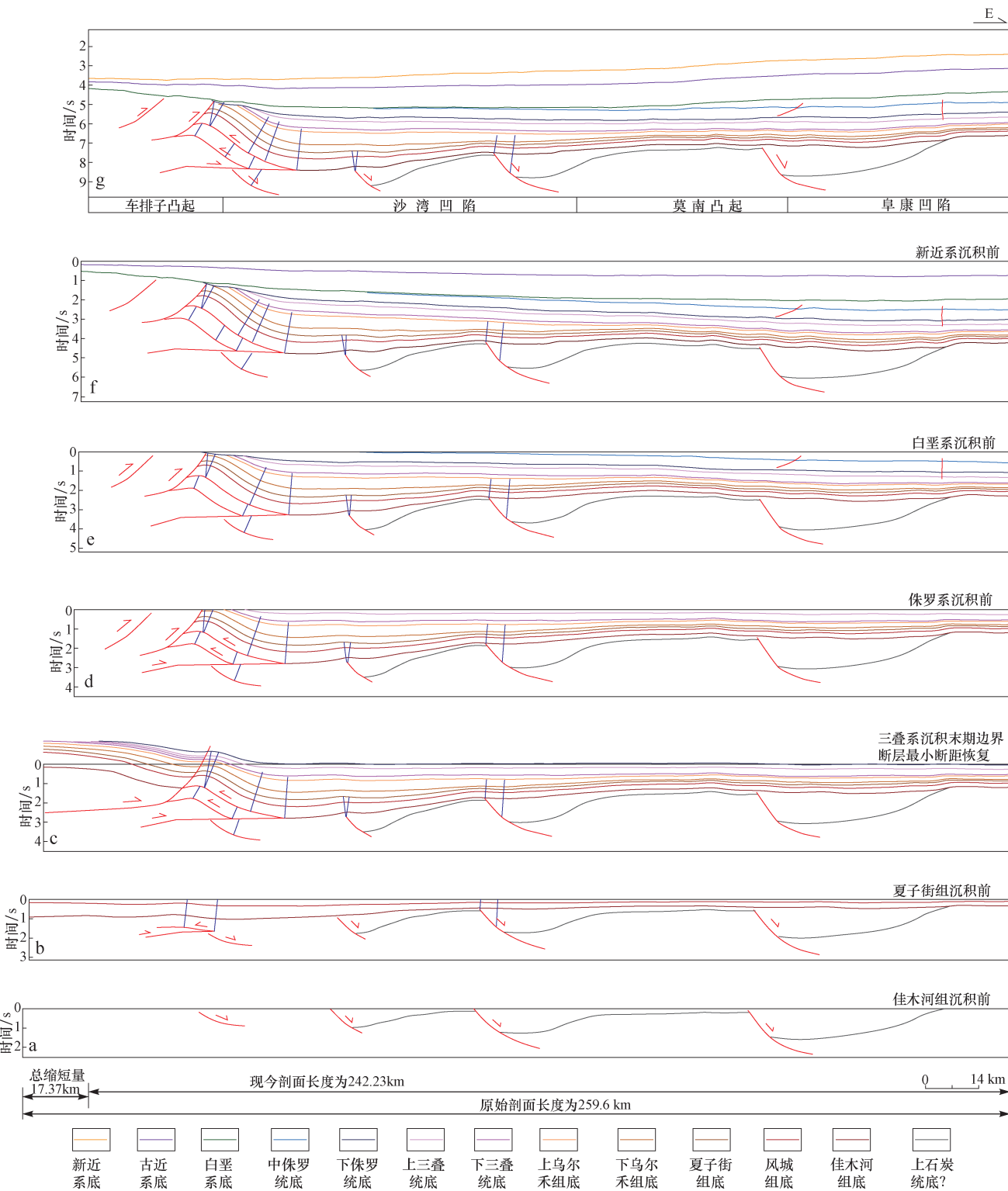


图 9 沙湾凹陷东 - 西向 A—A' 剖面构造复原剖面

Fig. 9 Restored structural profile for the EW-trending profile A - A' in the Shawan Sag

3.5 陆内拗陷阶段(白垩纪—古近纪)

燕山运动晚期,盆地整体稳定沉降,沉积了 2 000 ~ 3 000 m 厚的白垩系及古近系。白垩纪末期凹陷内发生一期“振荡”运动,主要在西侧形成古近系底部的局部不整合,剖面缩短量为 0.66 km(图 9f)。这一稳定

沉降与“振荡”运动时期,也是相邻的盆 1 井凹陷主要的烃源岩 P_2w 的生油高峰期^[26]以及莫索湾凸起的主要成藏期^[27]。

3.6 陆内前陆盆地阶段(新近纪—第四纪)

新近纪以来受喜马拉雅运动的强烈影响,来自印

度板块与欧亚板块碰撞的远程效应,产生强烈挤压,准噶尔盆地周缘的早期深大超壳断裂带再次复活,使天山发生急剧隆升与向北的大规模逆冲推覆^[28-29],位于前渊内的沙湾凹陷发生快速挠曲沉降,新近系-第四系逐渐向南掀斜,越靠近北天山山前,厚度越大(图9g)。来自北天山的挤压应力通过多排背斜带,在浅层以构造楔样式传递到凹陷南部,构造楔以西山窑组的煤层及呼图壁河组的泥岩层为滑脱层,将西山窑组之上的地层整体抬升,最终形成现今东西向与南北向地震剖面的构造形态(图4,图5)。

4 讨论

从剥除石炭系上覆地层处理后的剩余重力异常图中可以看到沙湾凹陷为较低重力异常区,重力异常值

明显低于周缘构造带(图10),这表明了沙湾凹陷及邻区的基底具有非均一性,以及可能经历了复杂构造演化。而盆地基底的非均一性,直接影响了上覆石炭纪-新生代盆地在形成演化过程中发生的一系列变化^[30-32]。

根据重力异常可以解释盆地基底断裂特征,沙湾凹陷位于北部中央断裂(F_6)、南部沙湾-阜康断裂(F_7)及西部红车断裂(F_{13})3条边界断裂带之间(图10),这3条大断裂的活动可能直接控制了沙湾凹陷的发育。晚石炭世-早二叠世、中二叠世-三叠纪末期、中-晚侏罗世以及新近纪以来,受周缘西准噶尔造山带(F_{12})、北天山造山带(F_8)与乌伦古-克拉美丽造山带(F_3)的多期次不同程度的区域压扭作用^[11,29],沙湾凹陷内部及边界的基底断裂经历了相应的强烈发育、反转及再次复活的过程,其西侧边界的红车断裂带为一自石炭纪

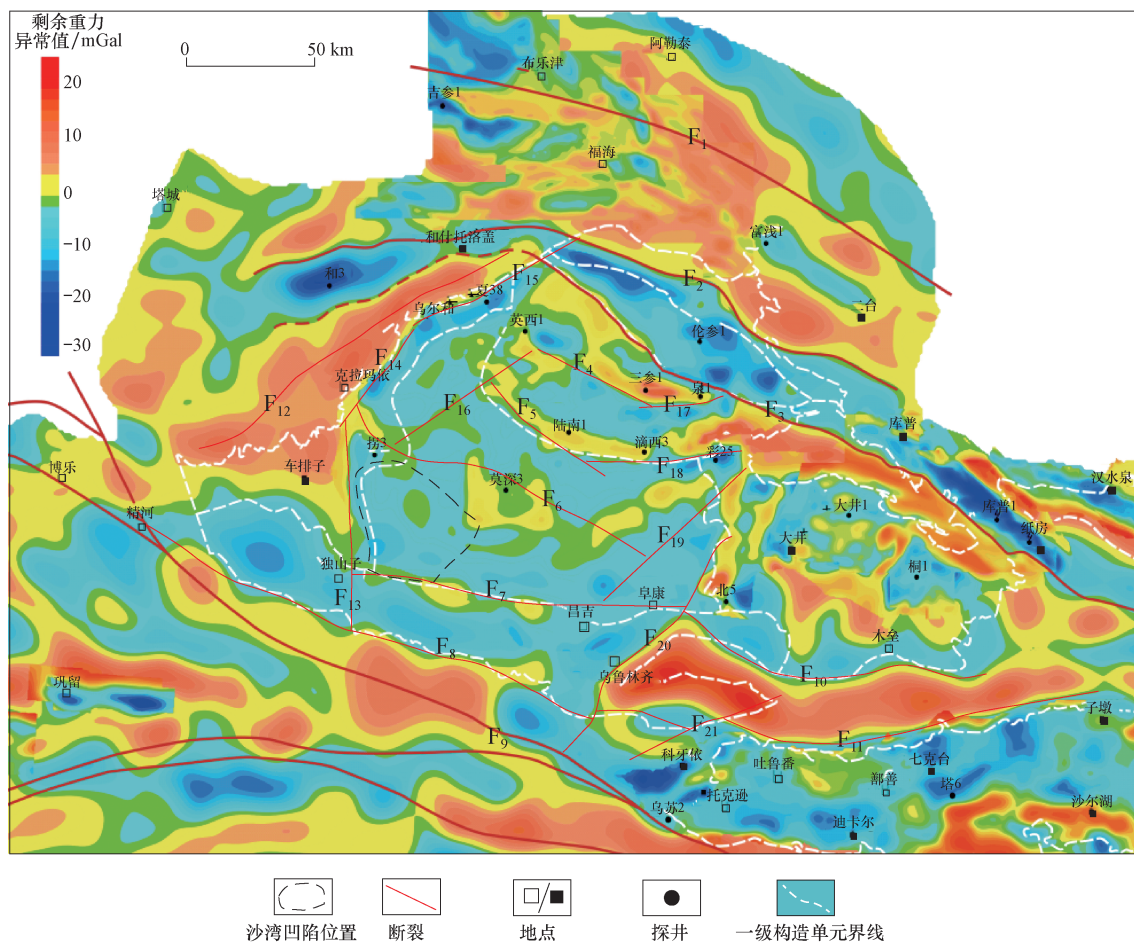


图10 沙湾凹陷及邻区剥层剩余重力异常及基底断裂分布特征

Fig. 10 Residual gravity anomaly of stripped layers and basement fault distribution of Shawan Sag and its adjacent areas

F_1 . 额尔齐斯-斋桑缝合带; F_2 . 乌伦古北断裂; F_3 . 乌伦古南-克拉美丽断裂; F_4 . 陆梁南断裂; F_5 . 中央北断裂; F_6 . 中央断裂;
 F_7 . 沙湾-阜康断裂; F_8 . 天山北缘断裂; F_9 . 北天山缝合带; F_{10} . 博格达山北缘断裂; F_{11} . 博格达山南缘断裂;
 F_{12} . 达尔布特断裂; F_{13} . 红车断裂; F_{14} . 克乌断裂; F_{15} . 乌夏断裂; F_{16} . 玛纳斯湖东断裂; F_{17} . 三个泉南断裂;
 F_{18} . 滴水泉南断裂; F_{19} . 沙丘河断裂; F_{20} . 乌鲁木齐断裂; F_{21} . 达坂城断裂

开始发育的右行压扭带,在压扭构造活动中,导致西边界的地层发生褶皱变形与剥蚀。同时来自凹陷周缘边界断裂带的挤压应力在凹陷内部传播,形成了多排的褶皱及不整合构造组合,这对于凹陷的形成与演化具有重要影响。

5 结论

1) 利用钻井、地震资料,在沙湾凹陷内识别出5个区域不整合面,结合盆地地质结构变化和构造应力转变的特点,将沙湾凹陷自晚石炭世以来的地层综合划分出6个大的构造层:上石炭统构造层、下二叠统构造层、中二叠统-三叠系构造层、侏罗系构造层、白垩系-古近系构造层及新近系-第四系构造层,地层在纵向上具有下部“堑-垒”结构、中部平缓拗陷结构及上部厚层掀斜结构的特征。

2) 受海西、印支、燕山及喜马拉雅构造运动的影响,沙湾凹陷自晚石炭世以来经历了晚石炭世伸展断陷、早二叠世伸展拗陷、中二叠世-晚三叠世前陆盆地、侏罗纪陆内拗陷(J_1)及压扭盆地(J_2-J_3)、白垩纪-古近纪陆内拗陷及新近纪-第四纪陆内前陆盆地7个演化阶段。基底的非均一性及周缘边界断裂带的多期活动对沙湾凹陷的形成与演化施加了重要影响。

参 考 文 献

- [1] 汪泽成,刘焕杰,张林,等.鄂尔多斯含油气区构造层序地层研究[J].中国矿业大学学报,2000,29(4):432-436.
Wang Zecheng, Liu Huanjie, Zhang Lin, et al. Analysis of tectonic sequence stratigraphy in Erdos basin[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2000, 29(4): 432-436.
- [2] 陈为佳,何登发,桂宝玲,等.松南地区构造-地层层序与盆地演化[J].地质学报,2014,88(5):932-942.
Chen Weijia, He Dengfa, Gui Baolin, et al. Tectonic-stratigraphic sequence and basin evolution in southern Songliao basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(5): 932-942.
- [3] 胡宗全.层序地层研究的新思路-构造-层序地层研究[J].现代地质,2004,18(4):549-554.
Hu Zongquan. A new method for sequence stratigraphy—structure-sequence research[J]. Geoscience, 2004, 18(4): 549-554.
- [4] 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 Huaifu, Shu Liangshu, et al. Study on tectonic evolution of Junggar basin[J]. Geological Journal of China Universities, 2002, 8(3): 257-267.
- [5] 何登发,张义杰,况军.准噶尔盆地构造特征与油气田分布规律.[C]//李德生.中国含油气盆地构造学.北京:石油工业出版社.

2002, 598-619.

He Dengfa, Zhang Yijie, Kuang Jun. The tectonic characteristics and the distribution of oil and gas fields in Junggar basin [C] // Li Desheng. Tectonics of petroliferous basins in China. Beijing: Petroleum Industry Press. 2002, 598-619.

- [6] 况军.地体拼贴与准噶尔盆地的形成演化[J].新疆石油地质,1993,14(2):126-132.
Kuang Jun. Terrene connection, formation and evolution of Junggar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1993, 14(2): 126-132.
- [7] Sengor A M C. Evolution of the Altaid tectonics collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia[J]. Nature, 1993, 364(22): 299-307.
- [8] 赵俊猛,马宗晋,姚长利,等.准噶尔盆地基底构造分区的重磁异常分析[J].新疆石油地质,2008,29(01):7-11.
Zhao Junmeng, Ma Zongjin, Yao Changli, et al. Analysis on gravity-magnetic anomalies in basement geotectonic divisions in Junggar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(01): 7-11.
- [9] 徐常胜,杜社宽,黄建良,等.车排子凸起沙湾组油藏特征与成藏主控因素[J].新疆石油地质,2013,34(3):258-261.
Xu Changsheng, Du Shekuan, Huang Jianliang, et al. Characteristics and key controlling factors for oil-gas accumulation of Neogene Shawan reservoir in Chepaizi swell, Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(3): 258-261.
- [10] 郑超,李静,高达,等.沙湾凹陷百口泉组层序地层及沉积体系研究[J].特种油气藏,2017,(6):48-54.
Zheng Chao, Li Jin, Gao Da, et al. Study of sequence stratigraphy and sedimentary system in Baikouquan Formation in Shawan sag[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2017, (6): 48-54.
- [11] 何登发,陈新发,况军,等.准噶尔盆地车排子-莫索湾古隆起的形成演化与成因机制.地学前缘,2008,15(4):42-55.
He Dengfa, Chen Xinfu, Kuang Jun, et al. Development and genetic mechanism of Chepaizi-Mosuwang uplift in Junggar basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(4): 42-55.
- [12] 于福生,阿木古冷,杨光达,等.准噶尔盆地车-莫古隆起的构造演化特征及其成因模拟[J].地球学报,2008,29(1):39-44.
Yu Fusheng, Amu Guleng, Yang Guangda, et al. Tectonic evolution and mechanism analysis of Che-Mo Palaeo-uplift in Junggar basin [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2008, 29(1): 39-44.
- [13] Choulet F, Chen Y, Cogné J P, et al. First Triassic palaeomagnetic constraints from Junggar (NW China) and their implications for the Mesozoic tectonics in Central Asia [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 78(12): 371-394.
- [14] Chen B, Jahn B M. Genesis of post-collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd-Sr isotope and trace element evidence[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23(5): 691-703.
- [15] 孟家峰,郭召杰,方世虎.准噶尔盆地西北缘冲断构造新解[J].地学前缘,2009,16(3):171-180.
Men Jiafeng, Guo Zhaojie, Fang Shihu. A new insight into the thrust structures at the northwestern margin of Junggar basin [J]. Geoscience Frontiers, 2009, 16(3): 171-180.
- [16] Tang G J, Wang Q, Wyman D A, et al. Ridge subduction and crustal

- growth in the Central Asian Orogenic Belt: Evidence from Late Carboniferous adakites and high-Mg diorites in the western Junggar region, northern Xinjiang (west China) [J]. *Chemical Geology*, 2010, 277(3-4): 281-300.
- [17] Xiao W J, Han C M, Yuan C, et al. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: Implications for the tectonic evolution of Central Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, 32(2): 102-117.
- [18] Chen J F, Han B F, Ji J Q, et al. Zircon U - Pb ages and tectonic implications of Paleozoic plutons in northern West Junggar, North Xinjiang, China [J]. *Lithos*, 2010, 115(1): 137-152.
- [19] 韩宝福, 郭召杰, 何国琦. “钉合岩体”与新疆北部主要缝合带的形成时限 [J]. *岩石学报*, 2010, 26(8): 2233-2246.
- Han Baofu, Guo Zhaojie, He Guoqi. Timing of major suture zones in North Xinjiang, China: Constraints from stitching plutons [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(8): 2233-2246.
- [20] 韩宝福, 季建清, 宋彪. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长 (I) — 后碰撞深成岩浆活动的时限 [J]. *岩石学报*, 2006, 22(5): 1077-1086.
- Han Baofu, Ji Jianqing, Song Biao. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar basin, Xinjiang, China (I): Timing of post-collisional plutonism [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1077-1086.
- [21] Tang G J, Wang Q, Wyman D A et al. Late Carboniferous high $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ - $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ granitoids, enclaves and dikes in western Junggar, NW China: Ridge-subduction-related magmatism and crustal growth. *Lithos*, 2012, 140-141(5): 86-102.
- [22] Li D, He D F, Yang Y, et al. Petrogenesis of mid-Carboniferous volcanics and granitic intrusions from western Junggar basin boreholes: geodynamic implications for the Central Asian Orogenic Belt in Northwest China [J]. *International Geology Review*, 2014, 56(13): 1668-1690.
- [23] 肖芳锋, 侯贵廷, 王延欣, 等. 准噶尔盆地及周缘二叠纪以来构造应力场解析 [J]. *北京大学学报网络版: 预印本*, 2010, 46(2): 224-230.
- Xiao Fangfeng, Hou Guiting, Wang Yanxin, et al. Study on structural stress fields since Permian, Junggar basin and adjacent areas [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis (Online First)*, 2010, 46(2): 224-230.
- [24] 吴松涛, 何登发, 郑孟林, 等. 沙湾凹陷及邻区石炭—二叠纪伸展构造特征及其构造演化 [J]. *地质科学*, 2018, (1): 185-206.
- Wu Songtao, He Dengfa, Zheng Menglin, et al. Extensional structural feature and the stage of tectonic evolution of Shawan sag, Junggar in Carboniferous-Permian [J]. *China Journal of Geology*, 2018, (1): 185-206.
- [25] 梁宇生, 吴松涛, 路玉, 等. 车排子凸起与沙湾凹陷过渡带的构造模型 [J]. *地质科学*, 2018, (1): 155-168.
- Liang Yusheng, Wu Songtao, Lu Yu, et al. The structural model in the transitional zone of Chepaizi uplift and Shawan sag [J]. *China Journal of Geology*, 2018, (1): 155-168.
- [26] 王绪龙. 准噶尔盆地盆1井西凹陷区油气源与成藏研究 [D]. 四川 成都: 西南石油大学, 2001.
- Wang Xulong. Study on oil and gas origin and reservoir formation in the west-of-well-Pen-No. 1 sag, Junggar basin [D]. Cheng du: Southwest Petroleum University, 2001.
- [27] 况军, 何登发, 张年富, 等. 准噶尔盆地莫索湾凸起油气成藏模式 [J]. *中国石油勘探*, 2005, 10(1): 40-45.
- Kuang Jun, He Dengfa, Zhang Nianfu, et al. Oil and gas migration and accumulation pattern of Mosuo bay uplift in Junggar basin [J]. *China Petroleum Exploration*, 2005, 10(1): 40-45.
- [28] 张功成, 陈新发. 准噶尔盆地结构构造与油气田分布 [J]. *石油学报*, 1999, (1): 13-18.
- Zhang Gongcheng, Chen Xinfa. The tectonic evolution, architecture and petroleum distribution in the Zhungaer basin in China [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1999, (1): 13-18.
- [29] 张朝军, 何登发, 吴晓智, 等. 准噶尔多旋回叠合盆地的形成和演化 [J]. *中国石油勘探*, 2006, 11(1): 47-58.
- Zhang Chaojun, He Dengfa, Wu Xiaozhi, et al. Formation and evolution of multicycle superimposed basins in Junggarbasin [J]. *China Petroleum Exploration*, 2006, 11(1): 47-58.
- [30] 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.
- Shao Xuezhong, Zhang Jiaru, Fan Huiji, et al. The basement structure in Junggarbasin: deep-sounding by converted waves of earthquakes [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(4): 439-444.
- [31] 赵俊猛, 黄英, 马宗晋, 等. 准噶尔盆地北部基底结构与属性问题探讨 [J]. *地球物理学报*, 2008, 51(6): 1767-1775.
- Zhao Junmeng, Huang Ying, Ma Zhongjin, et al. Discussion on the basement structure and property of northern Junggar basin [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2008, 51(6): 1767-1775.
- [32] 李涤. 准噶尔盆地及邻区石炭纪构造格架与沉积充填演化 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2016.
- Li Di. Carboniferous tectonic framework and sedimentary filling evolution in the Junggar basin and adjacent area, NW China [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2016.

(编辑 董立)