

准噶尔盆地西北缘三期走滑构造及其油气意义

陈石^{1,2}, 郭召杰³, 漆家福^{1,2}, 邢向荣⁴

[1. 中国石油大学(北京) 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油大学(北京) 地球科学学院, 北京 102249; 3. 北京大学 地球与空间科学学院 造山带和地壳演化教育部重点实验室, 北京 100871; 4. 中国石油 新疆油田公司 风城油田作业区 油田地质研究所, 新疆 克拉玛依 834000]

摘要:准噶尔盆地西北缘的红浅-车排子、克拉玛依-百口泉以及乌尔禾-夏子街断裂带是影响和控制油气成藏的关键要素之一,但目前对准噶尔盆地西北缘断裂带的属性与时限仍存在较大分歧。通过区域构造背景分析,以区域地质资料为基础,结合前人的研究成果,讨论准噶尔盆地西北缘的构造属性问题。研究发现,由于处于特殊的大地构造位置,西准噶尔地区在不同的演化阶段,以发育北东向展布的走滑构造为显著特征,主要存在3期:第一期是晚石炭世造成白碱滩和达拉布特蛇绿混杂岩带就位的左行走滑断裂带;第二期是晚二叠世—中晚三叠世之间,由于准噶尔地块和西准噶尔相对于成吉斯弧的反时针旋转,进而形成的克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街右行走滑逆冲带,它们伴生的构造圈闭,是油气成藏的关键;第三期是指形成于新生代的达拉布特左行走滑断裂,对盆地北缘有一定的改造,但是总体变形分布范围较窄,在实际分析中应当和中生代走滑构造注意区分。

关键词:蛇绿岩;构造属性;走滑断裂;圈闭;油气成藏;准噶尔盆地西北缘

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Three-stage strike-slip fault systems at northwestern margin of Junggar Basin and their implications for hydrocarbon exploration

Chen Shi^{1,2}, Guo Zhaojie³, Qi Jiafu^{1,2}, Xing Xiangrong⁴

[1. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China; 2. College of Geosciences, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China; 3. Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 4. Research Institute of Oilfield Geology, Fengcheng Oilfield, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 834000, China]

Abstract: The Hongqian-Chepaizi, Karamay-Baikouquan, and Wuerhe-Xiazijie fault zones faulted zones, developed at the northwestern margin of the Junggar Basin, are considered to be key controls on the development of hydrocarbon reservoirs in the area. However, the timing and span of the fault zones' evolution, and their characteristics are still under intensive debate. Our purpose here is to determine the structure attributes of the northwestern margin of Junggar Basin based on analysis of regional tectonic setting as well as previous studies. The result shows that West Junggar is dominated by NE-trending strike-slip fault systems caused by the Paleozoic-Cenozoic tectonic evolution of the basin. Three main stages of NE-trending strike-slip fault systems have been distinguished. The first stage is the Late Carboniferous sinistral strike slip fault belt that resulted in the emplacement of the Baijiantan and Darbut ophiolitic belts. The following second stage is the dextral strike-slip fault system that was expressed by the development of the Late Permian-Mid-late Triassic Karamay-Baikouquan and Wuerhe-Xiazijie dextral strike-slip fault belts. These two fault belts were resulted from the Late Permian-Triassic counterclockwise rotation of the Junggar Plate and the West Junggar relative to the western part of the Chingiz Range. The faulted noses, blocks and en echelon anticlines derived from the relevant thrust faulting and folding may account for the development of main structural traps in the West Junggar. The third stage is characterized by the development of the Cenozoic Darbut sinistral strike-slip fault, resulting in limited deformation confined in the north margin of the Basin. In field analyses, this younger imprint shall be distinguished from the Mesozoic strike-slip faults.

Key words: ophiolite, structure attribute, strike-slip fault, hydrocarbon trap, hydrocarbon reservoiring, northwestern margin of Junggar Basin

收稿日期:2015-07-10;修订日期:2016-03-07。

第一作者简介:陈石(1986—),男,博士、讲师,构造地质学。E-mail: chenshi4714@163.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(41502208)。

准噶尔盆地西北缘介于西准噶尔山系与准噶尔地块之间,是我国油气资源最为丰富的地区之一,在二叠系和中生界中先后发现克拉玛依、白碱滩、百口泉、乌尔禾、风城和夏子街等油气田。其中克拉玛依油田是新中国发现的第一个大油田,以克拉玛依油田为代表的准西北缘也是准噶尔盆地油气勘探的主战场。近来,中国石油新疆油田公司和中国石化集团公司在该区不断取得勘探突破,使得以准噶尔盆地西北缘油气勘探为核心的研究工作更加备受关注。

多年的研究和勘探表明,准噶尔盆地西北缘发育于扎伊尔山和哈拉阿拉特山山前的以红浅-车排子、克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街断裂带为代表的构造带,是影响和控制油气成藏的关键要素之一,然而时至今日对准西北缘断裂带的属性与活动时限,以及与之相关的盆地属性问题,仍然存在较大分歧。准西北缘构造带被认为是形成于古生代晚期-中生代早期的前陆冲断带^[1],克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街断裂带被解释为薄皮的大型叠瓦状前陆冲断推覆系统^[1-5],由此把盆地西北缘在二叠纪到三叠纪之属性划分为前陆盆地^[2,6],而所谓的前陆冲断带下盘掩伏带也认为是准噶尔西北缘下一步勘探的重点方向^[7-8]。近期的研究认为准噶尔西北缘构造带是形成于古生代末期-中生代早期的与造山事件不相关的走滑构造带^[9-11],其勘探方向显然不同于前陆冲断带模式。

对于上述分歧的原因,主要是因为前人在西准噶尔地区开展工作,通常将西准噶尔古生界山系与准噶尔盆地西北缘作为毗邻的两个不同构造单元分开研究,这对于准噶尔西北缘的盆山演化关系和盆地属性的研究存在局限。本次研究,将西准噶尔古生界山系、准噶尔盆地西北缘、准噶尔地块联合考虑,结合区域背景,研究走滑构造在西准噶尔地区从晚古生代到新生代的洋陆格局和盆山演化过程中的角色,及其对准噶尔盆地西北缘油气成藏的控制作用。

1 西准噶尔区域地质特征

新疆北部,发育一系列古生代的以蛇绿岩为标志的缝合带,以准噶尔盆地北部的库吉拜-洪古勒楞蛇绿岩带,东准噶尔阿尔曼太蛇绿岩带和卡拉麦里蛇绿岩带,以及北天山巴音沟蛇绿岩带等为代表,由北向南将新疆北部划分为中国阿尔泰、东准噶尔、西准噶尔、准噶尔盆地以及天山等地质单元(图1a)。西准噶尔地区以博什库尔-成吉斯弧和北天山造山带为南北界,西接巴尔喀什弧,东临准噶尔盆地(图1a)。西准噶尔西边的巴尔喀什弧同伊犁弧连接,构成哈萨克斯

坦山弯构造的最东端^[12]。西准噶尔东边的准噶尔盆地被中新生代的沉积物充填,准噶尔盆地的基底目前普遍被解释为一个古生代的岛弧、增生楔、捕获的洋壳和陆壳碎片的聚合体^[13-16],在本文的讨论中称之为准噶尔地块。不同于新疆北部阿尔泰山、东准噶尔和北天山构造带,主要以近东西向或者北西西向的构造线展布,西准噶尔地区的构造线展布方向为北东向,与准噶尔地块的西边界平行^[17]。在区域大地构造方面,西准噶尔地区位于非常独特的位置。整个新疆北部向西部延伸,就是宏伟的哈萨克斯坦山弯构造。准噶尔地块夹持于哈萨克斯坦山弯构造的最东段,地块以西的西准噶尔地区则是山弯构造的最内部区域(图1a)。受准噶尔地块的支撑和限制,哈萨克斯坦山弯构造在弯曲形成过程中,其两端不可能完全对折汇聚,而山弯构造内部的古洋盆也不能完全消减闭合,而是西准噶尔地区在晚古生代保留了一个残余洋盆^[18]。这一结论也和西准噶尔的区域地质特征相符。在西准噶尔达拉布特-白碱滩区域,发育一套主体为石炭系,由海相复理石到滨浅海相沉积,再到陆相沉积,从而构成水体向上变浅的沉积层序。在石炭系的底部,新识别并厘定出形成于泥盆纪末期(~364 Ma)的熔岩岩(peperite)层系,它是由具有类似OIB性质玄武质熔岩和海相沉积岩相互作用产生的(图1b),是一种标志着残余洋盆的洋壳组分。该层系连同上覆的石炭系构成一个稳定的沉积层序,是该地区自泥盆纪末期(~360 Ma)保留的残余洋盆在几乎整个石炭纪被逐渐充填闭合的洋盆充填层序^[19]。

从上述讨论可见,由于特殊的大地构造位置,西准噶尔地区在晚古生代洋陆格局以一种特殊的方式演化,即残余洋盆的被动垮塌充填为主的方式^[19],并且残余洋盆在晚石炭世(~310 Ma)闭合^[18-20],之后西准噶尔地区与北疆大部分地区一样进入后碰撞伸展阶段。由于区别于传统的从古洋盆俯冲闭合-碰撞造山-陆内成盆的演化方式,准噶尔盆地西北缘不具备发育大规模前陆冲断系统的条件,不应该出现区域性逆冲构造。而相对应的,在晚古生代塔里木板块和西伯利亚板块南北向挤压的大背景下,新疆北部各地体从北向南逐渐拼贴,并且伴随着哈萨克斯坦山弯构造的弯曲成型,同时受特殊构造位置和边界条件的控制,准噶尔地块和西准噶尔之间发生相对剪切运动或者斜向的挤压作用,伴随产生了与准噶尔地块西边界相平行的北东向展布的走滑构造为主体的构造样式(图1)。这一地质条件决定了在西准噶尔地区,北西向展布的走滑体系贯穿晚古生代的残余洋盆充填阶段,洋盆闭合之后的中生代陆内调整盆地演化阶段,乃至新生代对印度大陆与欧亚大陆强烈碰撞和青藏高原大幅

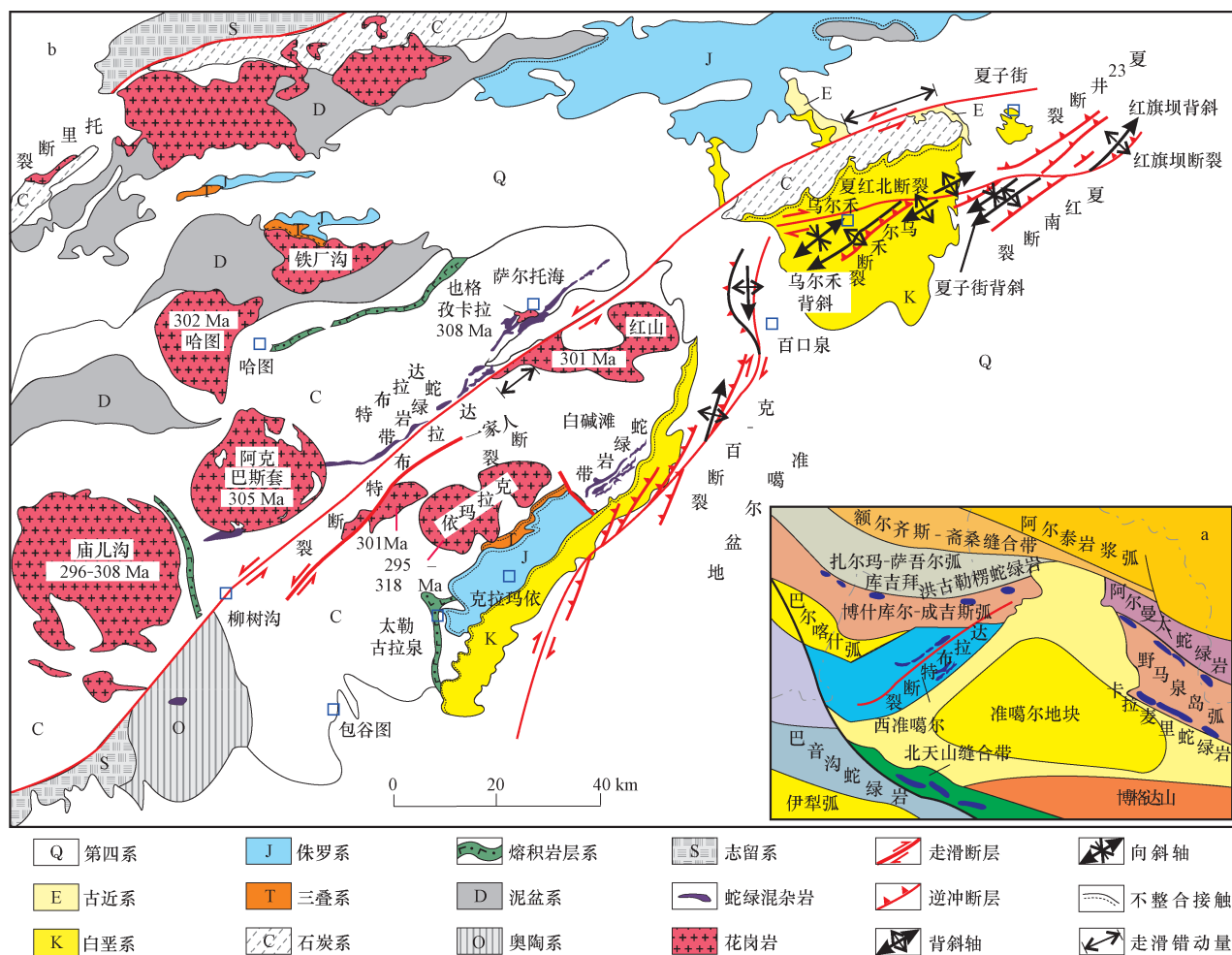


图1 新疆北部构造框架(a)和西准噶尔盆地地质简图(b)

Fig. 1 Schematic tectonic map of North Xinjiang (a) and geologic map of West Junggar Basin (b)

度隆升的变形响应阶段,对西准噶尔地区的洋陆格架以及准噶尔盆地西北缘的构造属性起到持续的控制作用,并且是准噶尔盆地西北缘的油气成藏的关键因素。

2 准噶尔盆地西缘 3 期走滑构造概述

从古生代晚期到新生代,西准噶尔地区发育 3 期显著的走滑构造,分别对应侵位于晚石炭世的白碱滩和达拉布特蛇绿混杂岩带,形成于晚二叠世—中晚三叠世之间的克拉玛依—百口泉、乌尔禾—夏子街断裂带和新生代活动的达拉布特断裂。

2.1 石炭纪走滑构造

出露于西准噶尔古生界山系的,呈北东向带状延伸的白碱滩和达拉布特蛇绿混杂岩带其实是两条走滑断裂带(图 1b),代表着西准噶尔地区最早的走滑构造。

白碱滩蛇绿混杂岩带沿准噶尔盆地西北边缘盆山结合部位出露,总体走向 50° 左右,宽 $0.5 \sim 2$ km,延伸长度约 20 km(图 1b)。混杂带整体上表现为几条北东

向延伸的陡立的断层带,超基性岩作为断层带中的基质,两侧均与石炭系的沉积层序呈高角度的断层接触关系(图 2a,b)。达拉布特蛇绿混杂岩带与白碱滩蛇绿岩带相互平行且相距大约 40 km,呈北东向延伸,基本贯穿整个研究区域,出露宽度小于 2 km,一系列条带状的混杂岩岩片在达拉布特断裂的北侧呈串珠状分布延伸大约 100 km(图 1b)。其构造特征和白碱滩蛇绿混杂岩带基本一致,以高角度的断裂为界,在两侧均和石炭系围岩地层构造接触。从整体构造特征上来看,白碱滩和达拉布特蛇绿混杂岩带均呈现走滑剪切带的典型特征。混杂岩带受近直立的断层带控制($>70^\circ$),蛇纹岩基质中的片理近直立($>75^\circ$),走向和断层带的走向一致,呈北东向,混杂带中不同位置断层面上发育的擦痕和矿物拉伸生长线理近水平($<20^\circ$),走向北东。在这两条混杂带中,发育典型的、一致的指示左行水平剪切的运动学指向标志,具体包括断层面上发育的矿物生长线理(图 2c),发生塑性变形并旋转的岩块(图 2d),蛇纹岩基质片理中发育的 S-C 组构(图 2e),超基性岩岩块中发育的被蛇纹石充填的剪切张裂隙(图 2f)等等。

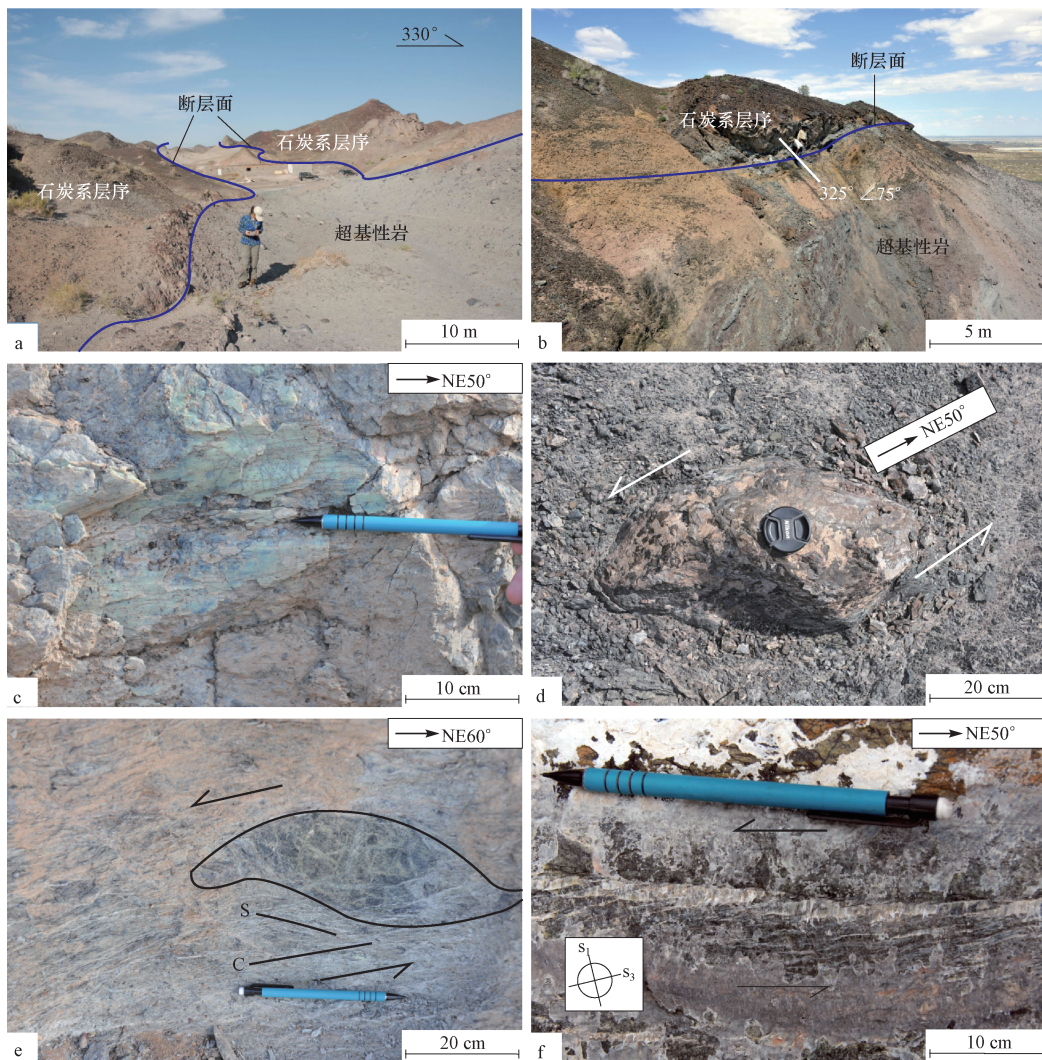


图2 西准噶尔盆地石炭纪走滑构造野外特征

Fig. 2 Field features of the Carboniferous strike-slip fault systems in West Junggar Basin

a. 蛇绿岩带沿着陡立的断层带出露; b. 蛇绿岩带与周围石炭系层序呈高角度断层接触; c. 近直立的断层面上发育的蛇纹石生长纤维束显示左行水平剪切; d. S型的超基性岩岩块指示左行水平剪切; e. 蛇纹岩基质片理中S-C组构以及S形的橄榄岩岩块指示左行水平剪切; f. 橄榄岩岩块中蛇纹石脉在雁列状排列的张裂隙中定向生长, 指示水平左行剪切

因此,从构造特征来看,达拉布特和白碱滩蛇绿混杂岩带其实是两条北东向延伸的左行走滑断裂带,卷入到这期走滑变形的最年轻的岩石单元是区域上发育的石炭系沉积岩岩块,对砂岩岩块进行碎屑锆石定年获取了330~320 Ma 最年轻的峰值^[18],标志着这期走滑构造变形时代下限。在区域上广泛分布的花岗岩,峰期活动年龄为~310 Ma^[21-22],它们同时侵入到西准噶尔地区石炭系和这两条蛇绿混杂岩带中。其中在萨尔托海的也格孜卡拉花岗岩体,时代为308 Ma±3 Ma^[20],直接侵入到达拉布特绿混杂岩带中(图1b),它们的时代最直接地限定了这期走滑构造变形时代的上限——石炭纪。

2.2 晚二叠世—晚三叠世走滑构造

在准噶尔盆地西北缘中生代覆盖区,发育主体呈北东—南西向展布的乌尔禾—夏子街构造带,主要

由克拉玛依—百口泉断裂带和乌尔禾—夏子街断裂带组成,其中克拉玛依—百口泉断裂带平面呈“S”型展布,而乌尔禾—夏子街断裂带呈北东东—南西向延伸(图1b)。

最新的研究发现,克拉玛依—百口泉、乌尔禾—夏子街断裂带其实是走滑构造带^[9-10]。在准噶尔盆地西北缘的二维、三维连片地震剖面和大地电磁测深(MT)资料都显示,克拉玛依—百口泉断层和夏红北断层是产状近直立的走滑断层,断层规模较大,延伸数十至上百公里(图1b)。而逆冲断层往往规模较小,延伸几公里至十几公里,产状相对较缓,向深部合并于陡立的走滑断层。逆冲断层同时伴生短轴状的倾伏背斜和半背斜,逆冲断层和伴生的短轴背斜属于走滑断层活动派生的次级应力场下产生的挤压构造,它们和走滑断层斜交,斜交的锐夹角指示主断层发生右行走滑(图1b)。例如夏红北走滑断层派生的乌尔禾、夏红南、红

旗坝逆冲断层和乌尔禾-夏子街-红旗坝背斜呈雁行排列,与北西西向的夏红北断层锐角相交,指示夏红北断层发生右行走滑(图1b)。

这期走滑构造时限的限定和变形响应可以在西准噶尔古生界山系找到依据。西准噶尔地区出露大量的花岗岩侵入体,没有发生变形,穿切和侵入西准噶尔石炭系层序和蛇绿混杂岩带,标志着西准噶尔古生代洋盆演化和造山运动的终结。与花岗岩同期并且略微滞后的中基性岩墙群也广泛穿插于花岗岩和石炭系当中,它们均属于造山后伸展背景下的产物。目前对西准噶尔地区的晚古生代花岗岩和岩墙群做了大量的地质年代学研究,显示花岗岩年龄范围变化在318~276 Ma,而岩墙群的年龄为265~255 Ma^[21-25],说明西准噶尔地区的造山后伸展背景持续到晚二叠世。准噶尔盆地西北缘的二叠系沉积主要集中在玛湖凹陷,是盆地西北缘主要的生油岩系。三叠系的沉积继承了二叠系的沉积范围,在玛湖凹陷大量发育并有所扩大。其中上三叠统白碱滩组在克拉玛依市西北山麓一带和铁厂沟岩体西侧阿克塔木一带也有出露,而之后侏罗系的沉积范围进一步扩大(图3)。下侏罗统超覆不整合覆盖于上三叠统之上,并且地层产状平缓,没有发生大规模的褶皱与变形(图4a)。在克拉玛依西南发现了早侏罗世的碱性玄武岩($193\text{ Ma} \pm 1.3\text{ Ma}$)(图4b)^[26],表明准西北缘盆地在侏罗纪处于板内伸展状态。在克拉玛依以西和铁厂沟,可见克拉玛依岩体和

铁厂沟岩体被上三叠统白碱滩组的底砾岩不整合覆盖,并且白碱滩组产状平缓,没有发生变形(图1b,图4c,图4d)。这意味着在准噶尔盆地西北缘晚二叠世的造山后伸展背景,到晚三叠世乃至侏罗纪的板内伸展环境之间,存在一起显著的构造运动,使古生代晚期侵位的花岗岩抬升至地表并剥蚀,然后被上三叠统不整合覆盖。这期构造事件便对应克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街断裂带所代表的走滑构造,在地震剖面上的研究完全验证了上述推论。在克拉玛依-百口泉地区,受走滑构造活动的影响,二叠系遭受强烈的变形,并且上二叠统乌尔禾组遭受剥蚀,然后被三叠系不整合覆盖,表明变形可能开始于晚二叠世。在乌尔禾-夏子街地区,走滑伴生的乌尔禾背斜卷入二叠系与三叠系,并且背斜两翼的上三叠统发育生长地层,表明晚三叠世的持续变形,之后乌尔禾背斜被未变形的下侏罗统超覆不整合覆盖^[10]。综合上述分析,由克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街断裂带所代表的走滑构造发生在晚二叠世一晚三叠世。

2.3 新生代走滑构造

准西北缘地区新生代地质作用强烈,大型走滑断裂发育是新生代构造作用最主要的特征之一。代表性的走滑断裂有巴尔雷克断裂、托里断裂和达拉布特断裂,这些大型新生代强烈活动断裂带控制了西北缘地区现今地形地貌的形成与演化。

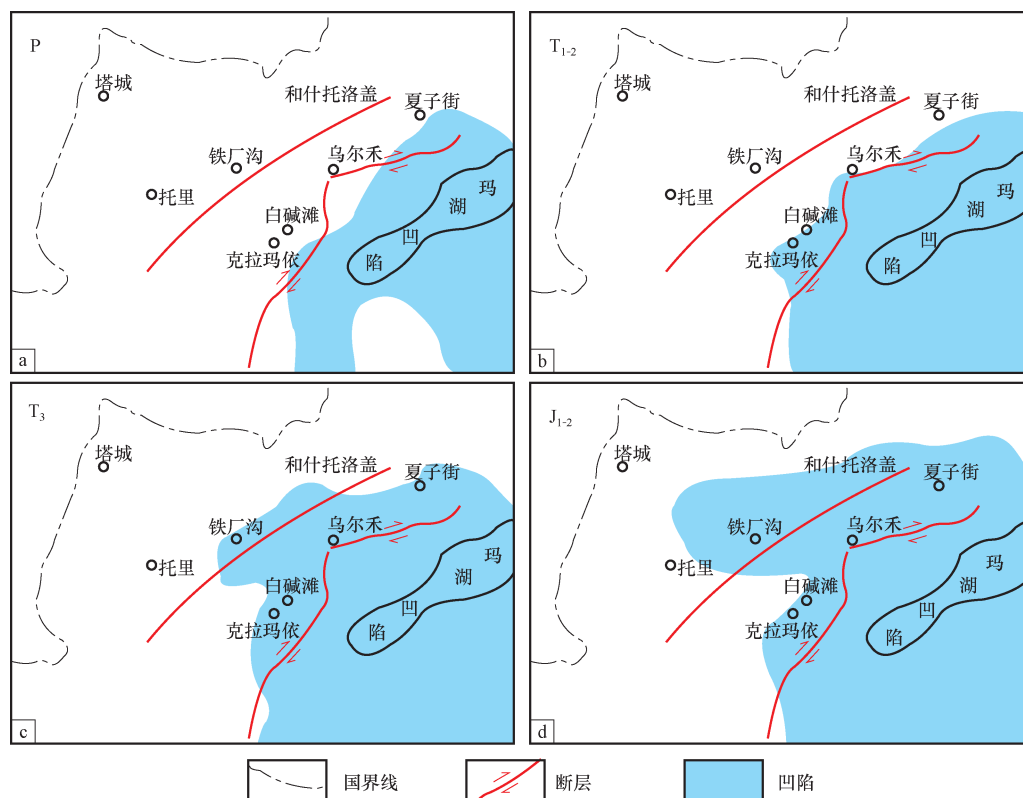


图3 西准噶尔地区二叠系-中侏罗统沉积范围(据文献[23]改编)

Fig. 3 The Permian-Mid-Jurassic depositional ranges of West Junggar Basin(modified after[23]).



图4 西准噶尔盆地中生代地层和岩浆岩野外特征

Fig. 4 Field features of the Mesozoic strata and volcanic rocks in West Junggar Basin

- a. 下侏罗统产状平缓, 未发生变形和褶皱; b. 早侏罗世碱性玄武岩;
c, d. 晚石炭世花岗岩被上三叠统白碱滩组底砾岩不整合覆盖

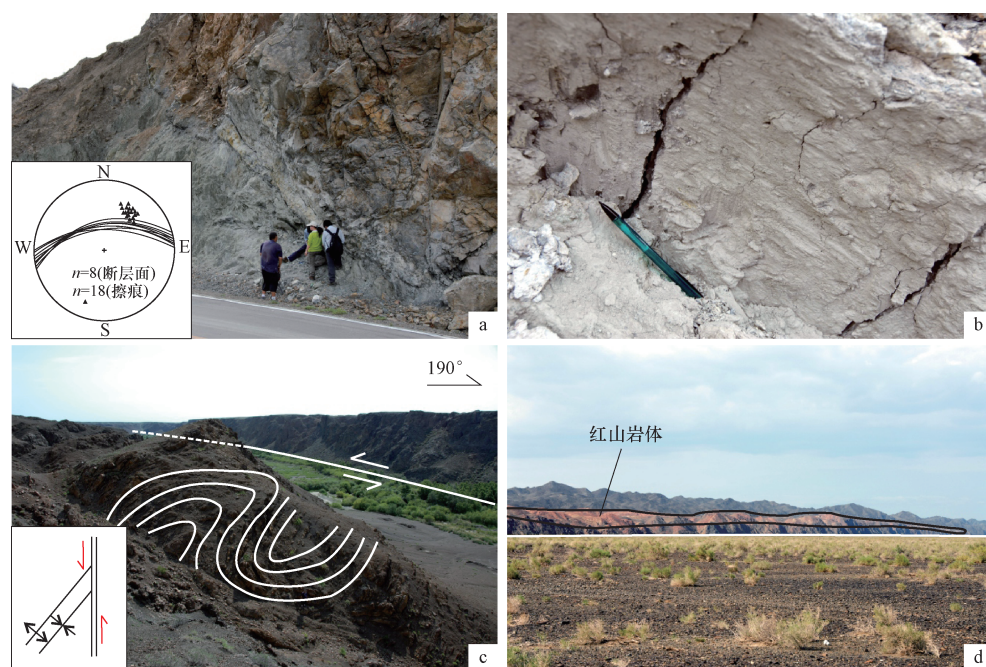


图5 西准噶尔盆地新生代走滑构造野外特征

Fig. 5 Field features of the Cenozoic strike-slip fault system in West Junggar Basin

- a. 达拉布特断裂陡立的断层面; b. 断层面上发育擦痕指示左行走滑; c. 达拉布特断裂附近石炭系发生褶皱, 轴面与断层呈小角度相交, 指示断层发生左行走滑; d. 红山花岗岩体被达拉布特断裂拖拽变形, 拖曳量见图 1b

准西北缘地区最显著的走滑构造是达拉布特走滑断裂, 规模很大, 沿达拉布特—萨尔布依拉山呈北东方向展布, 走向 50° , 倾向北西, 倾角较陡, 长度约 400 km, 北东段延入准噶尔盆地 (图 1b)。达拉布特断裂在地貌上出现陡峭的断层崖, 伴随产生板劈理和脆性

断层岩等脆性变形产物。在断层面上擦痕发育, 擦痕统计的优选产状为 $40^\circ \angle 25^\circ$, 产状近水平, 指示了断层两盘的相对平移运动 (图 5a, b)。断裂还伴生次级断层和褶皱, 在断裂西北侧观察到石炭系发生褶皱, 褶皱的轴面与断层呈小角度相交, 指示达拉布特断层发生

左行走滑(图5c)。除此之外,红山花岗岩体被达拉布特断裂拖拽变形,向南西拖尾,具有一定长度的延展(图5d),拖曳量延伸约15 km(图1b)。断裂东南部的次级一家人断裂错断克拉玛依花岗岩体(图1b),均显示达拉布特断层发生左行走滑。达拉布特断裂北东段延入盆地,在乌尔禾一带,古近系乌伦古河组被断裂左旋错开约20 km(图1b),判定达拉布特断层是活动在新生代古近纪之后的左行走滑断层。

3 走滑构造动力学成因及其油气意义

上述所描述的3期走滑构造,是在西准噶尔地区特殊的构造位置和地质背景下,在不同的构造演化阶段所伴生的产物,对准噶尔盆地西北缘的油气成藏具有关键的控制作用。

3.1 石炭纪走滑构造

进入晚石炭世,新疆北部的古洋盆演化已经接近尾声,发生一系列的洋盆俯冲消减,地体碰撞,形成了横跨整个新疆北部的库吉拜-洪古勒楞-阿尔曼太缝合带,以及东准噶尔的卡拉麦里缝合带。由于准噶尔地块的支撑保护,在西准噶尔地区的古洋盆不能完全消减闭合,而保留了一个残余洋盆,并且逐渐地被充填。在石炭纪末期,北天山洋闭合,哈萨克斯坦山弯构造弯曲定型,伊犁弧和准噶尔地块发生碰撞。这次碰撞事件导致准噶尔地块和西准噶尔残余洋盆之间发生相对的左旋运动,在残余洋盆内诱发一系列的左行走滑深断裂。这些走滑深大断裂的活动,裂解了残余洋盆的洋壳和上覆的洋盆充填沉积物;同时上地幔物质遇水发生蛇纹石化,并沿着深大断裂带发生底辟上侵,然后和裂解形成的岩块在断裂带内混杂堆叠,形成达拉布特和白碱滩蛇绿混杂岩带在左行走滑断裂带内的就位(图6a)^[18]。这期走滑构造,标志着西准噶尔地区洋盆的闭合和造山事件的终结,也奠定了西准噶尔地区的构造格架。

3.2 晚二叠世—晚三叠世走滑构造

以出现大量的后碰撞花岗岩和中基性岩墙群为标志,西准噶尔地区乃至整个北疆地区均进入造山后的伸展松弛阶段。在西准噶尔地区,后碰撞花岗岩和岩墙的时代一直持续到晚二叠世(~255 Ma)。准噶尔盆地西北缘在整个二叠纪处于一个伸展背景下的陆内成盆阶段,形成玛湖凹陷并沉积二叠系,同时发育基性火山岩,符合伸展断陷盆地的属性特征。而三叠系在继承二叠系沉积范围的基础上不断扩大,至侏罗系沉积范围最广,地层产状平缓,并且不整合超覆于古生界

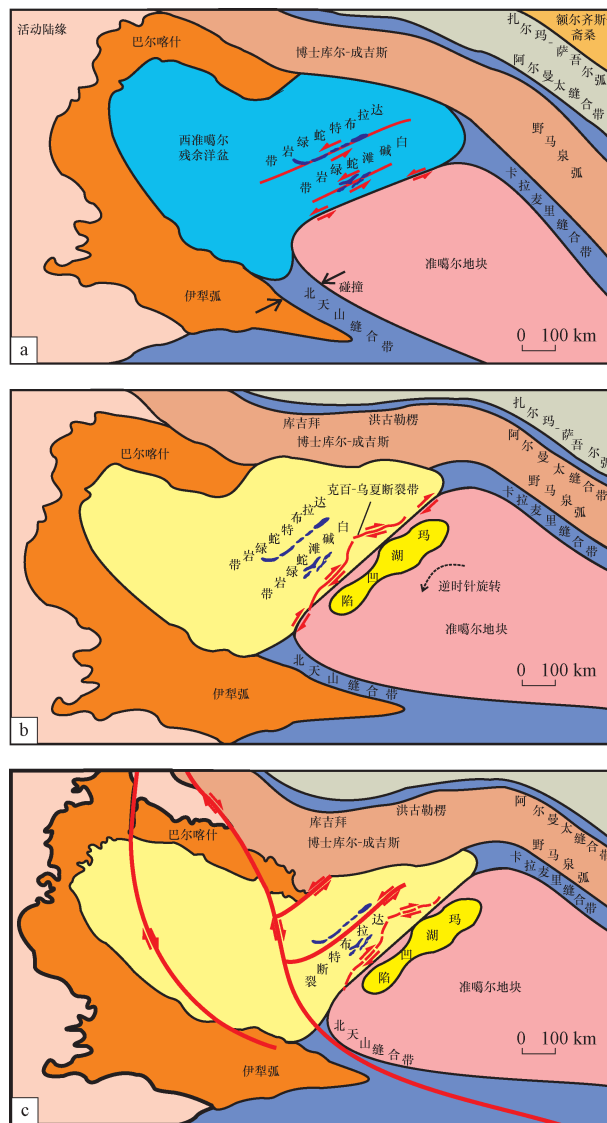


图6 西准噶尔盆地3期走滑构造成因示意图

Fig. 6 Schematic diagram showing the origins of the three stages of strike-slip fault system in West Junggar Basin

和三叠系之上(图3)^[23]。在早侏罗世出现碱性的板内玄武岩(~193 Ma)^[26],表明准噶尔盆地西北缘在侏罗纪处于伸展拗陷阶段。而准噶尔盆地西北缘的克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街构造带,是在一个长期的伸展背景下,发生在二叠纪的断陷阶段和侏罗纪的拗陷阶段,具有右行走滑特征的走滑逆冲反转构造,或者称转换挤压构造。显然,这期走滑构造及其所伴生的冲断构造,与西准噶尔地区晚古生代的造山事件毫不相关,不可能是造山期的前陆冲断带。而在这样一个长期的伸展构造大背景下,如何产生如此大规模的走滑逆冲带,值得深入探讨。从区域构造的角度来分析,有学者对西准噶尔塔城盆地沉积的上泥盆统、上石炭统和下二叠统进行全面的古地磁和地质年代学研究,发现自晚二叠世起到三叠纪,准噶尔地块和西准噶尔地区相对于成吉思弧发生了大幅度的逆时针旋

转^[27]。这一事件是西准噶尔-哈萨克斯坦地区在二叠纪末期发生的一次显著的陆内变形,这样的逆时针旋转使准噶尔地块和西准噶尔地区发生相对的右旋运动,相应地在准噶尔盆地西北缘诱发形成克拉玛依-百口泉、乌尔禾-夏子街右旋走滑逆冲带(图6b)。研究还发现在二叠纪末期到三叠纪,位于准噶尔地块南北两侧的阿拉口-准噶尔断层和额尔齐斯断层发生了显著的走滑活动^[28-32],也符合这样的构造背景。

这期走滑构造是一期相对独立的构造变形,仅集中在准噶尔盆地西北缘。与前人的解释不同^[9-10],这期构造与新生代喜马拉雅山期活动的达拉布特断层不同。因为在西准噶尔山系,石炭系的残余洋盆充填层序(包括泥盆纪末期的熔积岩层序)、晚石炭世已就位的达拉布特蛇绿岩带以及晚石炭世侵入的花岗岩和岩墙群均没有大幅度的错位和变形,所以并没有达拉布特断层在晚二叠世-三叠纪发生明显走滑活动的证据。这期发生在晚二叠世-晚三叠世的汇聚型走滑活动造成北侧的石炭系基底和花岗岩发生强烈抬升出露地表,然后被侏罗系和白垩系披覆不整合覆盖。走滑断层活动同时造成了玛湖凹陷的构造反转,其侧向挤压伴生的逆冲断层和褶皱形成以断块、鼻状构造、断背斜和雁行式排列的背斜等类型为主的构造圈闭,而玛湖斜坡带中二叠系和中生界齐全,构造变形微弱,发育多期不整合,地层超覆明显,形成大量的地层岩性圈闭

(图7)。这些圈闭在晚三叠世基本定型,而三叠纪之后玛湖凹陷的烃源岩进入大量生排烃阶段,均与圈闭形成期有较好的配置关系,是准噶尔盆地西北缘油气成藏的关键因素。目前盆地西北缘发现的油气藏以断块和鼻状构造油气藏为主,也与走滑构造所伴生的构造圈闭类型相符。

3.3 新生代走滑构造

准噶尔盆地西北缘白垩纪至新生代的变形相对于南缘强度明显减弱,在印度板块和欧亚板块引发的南北向挤压远程效应下,同样是受准噶尔地体的隔挡和保护。西准噶尔地区同样以出现走滑构造为主要表现,发育巴尔雷、托里和达拉布特等走滑断裂,控制了西准噶尔地区的现今面貌(图6c)。目前达拉布特断裂中不存在中生代乃至古生代活动的确实证据,其活动发生在新生代,断距约20 km。尽管达拉布特左行走滑断裂的延伸距离很大,但影响范围不大(图1b)。新生代的达拉布特走滑构造在南西段主要集中在西准噶尔古生界山系,与克拉玛依-百口泉走滑构造没有直接联系。而在北东段哈拉阿拉特山一带延伸到准噶尔盆地内部,并叠加乌尔禾-夏子街断裂带,对准噶尔盆地北缘盆地有一定的改造。这一地段的构造变形应该考虑两期走滑构造的叠加作用(图1b),但是变形分布的范围较窄,强度较弱,在实际分析中应当和中生代

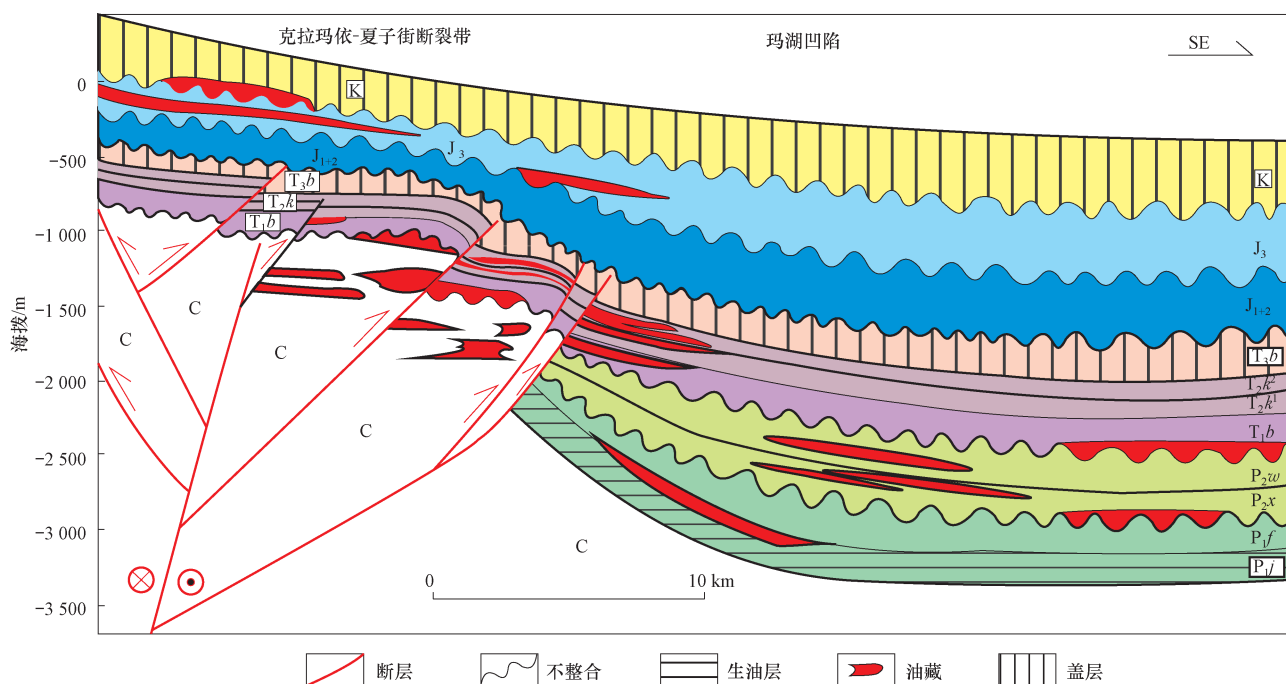


图7 准噶尔盆地西北缘构造及成藏典型剖面(据文献[30]修编)

Fig. 7 Representative profile showing the structures and different trap types at the northwestern margin of Junggar Basin (modified after reference[30])

T₃b. 上三叠统白碱滩组; T₂k. 中三叠统克拉玛依组; T₁b. 下三叠统百口泉组; P₁j. 下二叠统佳木河组; P₁f. 下二叠统风城组;
P₁x. 下二叠统夏子街组; P₂w. 上二叠统乌尔乐组

走滑构造加以区分。总体来说,准噶尔盆地西北缘在新生代没有发生显著构造变形,这是准噶尔盆地西北缘油气藏没有被构造活动破坏而得以保存的重要因素。

4 结论

1) 从古生代晚期到新生代,西准噶尔地区存在不同的演化阶段,以发育3期北东向展布的走滑构造为显著特征。

2) 3期走滑构造分别为:完成于晚石炭世的造成白碱滩和达拉布特蛇绿混杂岩带就位的左行走滑构造,形成于晚二叠世—中晚三叠世之间的克拉玛依—百口泉、乌尔禾—夏子街右行走滑构造和形成于晚新生代的达拉布特左行走滑断裂。

3) 克拉玛依—百口泉、乌尔禾—夏子街断裂是晚二叠世—三叠纪的由准噶尔地块和西准噶尔的反时针旋转而形成的具有右行走滑特征的走滑逆冲带,是发生在准噶尔盆地西北缘二叠纪的断陷阶段和侏罗纪的拗陷阶段的一次转换挤压反转构造。它们与西准噶尔造山事件无关,不是造山期的前陆冲断带,同时也与达拉布特断裂没有联系。走滑构造造成了玛湖凹陷的构造反转,并且伴生的逆冲断层和褶皱形成以断块、鼻状构造、断背斜和雁行式排列的背斜等类型为主的构造圈闭,是盆地西北缘油气成藏的关键因素。

参 考 文 献

- [1] 何登发,尹成,杜社宽,等. 前陆冲断带构造分段特征——以准噶尔盆地西北缘断裂构造带为例[J]. 地学前缘,2004,11(3):91–101.
He Dengfa, Yin Cheng, Du Shehuan, et al. Characteristics of structural segmentation of foreland thrust belts—A case study of the fault belts in the northwestern margin of Junggar basin[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(3):91–101.
- [2] 赖世新,黄凯,陈景亮,等. 准噶尔晚石炭世、二叠纪前陆盆地演化与油气聚集[J]. 新疆石油地质,1999,20(4):293–358.
Lai Shixin, Huang Kai, Chen Jingliang, et al. Evolution and oil/gas accumulation of late Carboniferous and Permian foreland basin in Junggar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(4):293–358.
- [3] 魏国齐,贾承造,李本亮,等. 我国中西部前陆盆地的特殊性和多样性及其天然气勘探[J]. 高校地质学报,2005,11(4):552–557.
Wei Guoqi, Jia Chengzao, Li Benliang, et al. Particularity and diversity of the foreland basins in the central and western China and the natural gas exploration in the foreland basins[J]. Geological Journal of China Universities, 2005, 11(4):552–557.
- [4] 况军,齐雪峰. 准噶尔前陆盆地构造特征与油气勘探方向[J]. 新疆石油地质,2006,27(1):5–9.
Kuang Jun, Qi Xuefeng. The structural characteristics and oil-gas explorative direction in Junggar foreland basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2006, 27(1):5–9.
- [5] 谭开俊,张帆,吴晓智,等. 准噶尔盆地西北缘盆地耦合与油气成藏[J]. 天然气工业,2008,28(5):10–13.
Tan Kaijun, Zhang Fang, Wu Xiaozhi, et al. Basin-range coupling and hydrocarbon accumulation at the northwestern margin of the Junggar basin[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(5):10–13.
- [6] 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]. 石油地质,2006(1):47–58.
Zhang Chaojun, He Dengfa, Wu Xiaozhi, et al. Formation and evolution of multicycle superimposed basins in Junggar Basin[J]. Petroleum Geology, 2006(1):47–58.
- [7] 管树巍,李本亮,侯连华,等. 准噶尔盆地西北缘下盘掩伏构造油气勘探新领域[J]. 石油勘探与开发,2008,35(1):17–22.
Guan Shuwei, Li Bengliang, Hou Lianhua, et al. New hydrocarbon exploration areas in footwall covered structures in northwestern margin of Junggar basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(1):17–22.
- [8] 况军,张越迁,侯连华. 准噶尔盆地西北缘克百掩伏带勘探领域分析[J]. 新疆石油地质,2008,29(4):431–434.
Kuang Jun, Zhang Yueqian, Hou Lianhua. Exploratory targets of Karamay-Baikouquan buried structural belt in northwestern margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(4):431–434.
- [9] 邵雨,汪仁富,张越迁,等. 准噶尔盆地西北缘走滑构造与油气勘探[J]. 石油学报,2011,32(6):976–984.
Shao Yu, Wang Renfu, Zhang Yueqian, et al. Strike-slip structures and oil-gas exploration in the NW margin of the Junggar Basin, China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(6):976–984.
- [10] 张越迁,汪新,刘继山,等. 准噶尔盆地西北缘乌夏走滑构造及油气勘探意义[J]. 新疆石油地质,2011,32(5):447–450.
Zhang Yueqian, Wang Xin, Liu Jishan, et al. Wuerhe-Xiazijie strike-slip structure and petroleum exploration significance in northwestern margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2011, 32(5):447–450.
- [11] 姜向强,柳广弟,高岗,等. 准噶尔盆地克百断裂带油源分析[J]. 石油与天然气地质,2009,30(6):754–767.
Jiang Xiangqiang, Liu Guangdi, Gao Gang, et al. An analysis of oil source in the Kebi fault zone, the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6):754–767.
- [12] Windley B F, Alexeev D, Xiao W J, et al. Tectonic models for accretion of the central Asian Orogenic belt[J]. Journal of the Geological Society London, 2007, 164(1):31–47.
- [13] 韩宝福,何国琦,王式洗. 后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底性质[J]. 中国科学(D辑),1999,29(2):16–21.
Han Baofu, He Guoqi, Wang Shiguang. Postcollisional mantle-derived magmatism, underplating and implications for basement of the Junggar Basin[J]. Science in China Series D, 1999, 29(1):16–21.
- [14] 李锦轶,肖序常,陈文. 准噶尔盆地东部的前晚奥陶世陆壳基底——来自盆地东北原老君庙变质岩的证据[J]. 中国区域地质,2000,19(3):297–302.
Li Jinyi, Xiao Xuchang, Chen Wen. Late Ordovician continental basement of the eastern Junggar Basin in Xinjiang, NW China: evidence from the Laojunmiao metamorphic complex on the northeast basin margin[J]. Regional Geology of China, 2000, 19(3):297–302.

- [15] 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.
- [16] 李亚萍, 李锦轶, 孙桂华, 等. 准噶尔盆地基底的探讨: 来自原泥盆纪卡拉麦里组砂岩碎屑锆石的证据[J]. *岩石学报*, 2007, 23(7): 1577–1590.
- Li Yaping, Li Jinyi, Sun Guihua, et al. Basement of Junggar basin: evidence from detrital zircons in sandstone of previous Devonian Kalamaili formation[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(7): 1577–1590.
- [17] 漆家福, 陈书平, 杨桥, 等. 准噶尔-北天山盆山过渡带构造基本特征[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(2): 252–261.
- Qi Jiafu, Chen Shuping, Yang Qiao, et al. Characteristics of tectonic deformation within transitional belt between the Junggar Basin and the northern Tianshan Mountain[J]. *Oil & Gas Geology*, 2008, 29(2): 252–261.
- [18] Chen S, Pe-piper G, J W Piper D, et al. Ophiolitic mélanges in crustal-scale fault zones: Implications for the Late Palaeozoic tectonic evolution in West Junggar, China[J]. *Tectonics*, 2014, 33(12): 2419–2443.
- [19] Chen S, Guo Z, Pe-Piper G, et al. Late Paleozoic peperites in West Junggar, China, and how they constrain regional tectonic and palaeoenvironmental setting[J]. *Gondwana Research*, 2013, 23(2): 666–681.
- [20] 陈石, 郭召杰. 达拉布特蛇绿岩带的时限和属性以及对西准噶尔晚古生代构造演化的讨论[J]. *岩石学报*, 2010, 26(8): 2336–2344.
- Chen S, Guo Z J. Time constraints, tectonic setting of Dalabute ophiolitic complex and its significance for Late Paleozoic tectonic evolution in West Junggar[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(8): 2336–2344.
- [21] 韩宝福, 季建清, 宋彪, 等. 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, et al. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1077–1086.
- [22] Geng H Y, Sun M, Yuan C, et al. Geochemical, Sr-Nd and zircon U-Pb-Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: Implications for ridge subduction? [J]. *Chemical Geology*, 2009, 266(3–4): 364–389.
- [23] 王福同, 宋志齐, 吴绍祖, 等. 新疆维吾尔自治区古地理及地质生态图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 2006: 1–226.
- Wang Futong, Song Zhiqi, Wu Shaozu, et al. Atlas of paleogeography and geoecology in the Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Beijing: SinoMaps Press, 2006: 1–226.
- [24] 周晶, 季建清, 韩宝福, 等. 新疆北部基性岩脉 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究[J]. *岩石学报*, 2008, 24(5): 997–1010.
- Zhou Jing, Ji Jianqing, Han Baofu, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of mafic dykes in north Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(5): 997–1010.
- [25] 李辛子, 韩宝福, 季建清, 等. 新疆克拉玛依中基性岩墙群的地质地球化学和 K-Ar 年代学[J]. *地球化学*, 2004, 33(6): 574–584.
- Li Xinzi, Han Baofu, Ji Jianqing, et al. Geology, geochemistry and K-Ar ages of the Karamay basic-intermediate dyke swarm from Xinjiang, China[J]. *Geochimica*, 2004, 33(6): 574–584.
- [26] 徐新, 陈川, 丁天府, 等. 准噶尔西北缘早侏罗世玄武岩的发现及地质意义[J]. *新疆地质*, 2008, 26(1): 9–16.
- Xu Xin, Chen Chuan, Ding Tianfu, et al. Discovery of Lias basalt northwestern edge of Junggar basin and its geological significance[J]. *Xinjiang Geology*, 2008, 26(1): 9–16.
- [27] Yi Z Y, Huang B C, Xiao W J, et al. Paleomagnetic study of Late Paleozoic rocks in the Tacheng Basin of West Junggar (NW China): Implications for the tectonic evolution of the western Altai[J]. *Gondwana Research*, 2015, 27(2): 862–877.
- [28] Şengör A M C, Natal' in B A, Burtman V S. Evolution of the Altai tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia[J]. *Nature*, 1993, 364(6435): 299–307.
- [29] Allen MB, Şengör A M C, Natal' in B A. Junggar, Turfan and Alakol basins as Late Permian to Early Triassic extensional structures in a sinistral shear zone in the Altai orogenic collage, Central Asia[J]. *Journal of the Geological Society*, 1995, 152(2): 327–338.
- [30] 贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 地质出版社, 2008: 1–346.
- Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, Zou Caineng, et al. Geological theory and exploration technology for lithostratigraphic hydrocarbon reservoirs[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, Geological Publishing House, 2008: 1–346.
- [31] 张顺存, 邹姐姐, 史基安, 等. 准噶尔盆地玛北地区三叠系百口泉组沉积模式[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(4): 640–650.
- Zhang Shuncun, Zou Niuniu, Shi Ji'an, et al. Depositional model of the Triassic Baikouquan Formation in Mabei area of Junggar Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2015, 36(4): 640–650.
- [32] 吴孔友, 李思远, 裴仰文, 等. 准噶尔盆地夏红北断裂带结构及其封闭差异性评价[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(6): 906–912.
- Wu Kongyou, Li Siyuan, Pei Yangwen, et al. Fault zone architecture of Xiaohong North Fault zone in Junggar Basin and its sealing properties[J]. *Oil & Gas Geology*, 2015, 36(6): 906–912.

(编辑 董立)