

准噶尔盆地东部地区构造演化与油气聚集

郑孟林,田爱军,杨彤远,何文军,陈磊,吴海生,丁靖
(中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院,新疆克拉玛依834000)

摘要:应用地表地质、地震与钻井等资料,结合准噶尔盆地及周缘造山带的研究进展,对准噶尔盆地东部地区构造变形特征及构造变形的叠加过程进行了综合研究。结果表明,该区构造变形具有南北分带、东西分区,多期叠加的特点。南北向划分博格达山前、东部隆起与克拉美丽山前三大构造变形区。东部隆起构造变形区南北分为三大构造变形带,北部构造变形带为一组北东向展布的背斜与向斜构造,中部为北西向展布古凸起,南部构造变形带发育受早期构造控制的近南北向构造,形成叠瓦状褶皱-断裂组合。该区经历了石炭纪的伸展断陷和南北向挤压变形,中生代的挤压走滑和新生代南北向的挤压等多期构造变形,具有挤压、走滑、逆冲推覆与膝褶褶皱等多种构造变形型式,划分为六大构造演化阶段。通过已发现油气藏的解剖,认为构造变形差异性、多期叠加古凸起、不整合和断裂等控制了油气的分布。

关键词:走滑断裂;逆冲推覆;构造变形;古凸起;不整合;叠加演化;油气聚集;准噶尔盆地

中图分类号:TE121.2 **文献标识码:**A

Structural evolution and hydrocarbon accumulation in the eastern Junggar Basin

Zheng Menglin, Tian Aijun, Yang Tongyuan, He Wenjun, Chen Lei, Wu Haisheng, Ding Jing

(Research Institute of Exploration and Development of Xinjiang Oilfield Company Ltd., PetroChina, Karamay, Xinjiang 834000, China)

Abstract: Surface geology, seismic and drilling data in combination with the research progress of orogenic belt in the Junggar Basin and its periphery were used to comprehensively study the structural deformation and its superimposition in the eastern Junggar Basin. The results show that the structural deformation in the study area is characterized by N-S zonation, E-W partition and multi-stage superimposition. From the south to the north, there are three major tectonic deformation regions of the Bogda front, the eastern uplift of the basin and the Kolameili front. To go a step further, the eastern uplift can be subdivided into three major structural deformation zones along N-S direction: the northern zone consists of a set of NE-trending anticlines and synclines; the central part is the NWW-trending paleo-uplifts; and the southern part is a nearly SN-trending structure controlled by early structures, forming a combination of imbricate folds and faults. The area has undergone multi-stage tectonic deformation such as the Carboniferous extensional faulted depression and SN-trending compressional deformation, the Mesozoic compressional strike-slip and the Cenozoic SN-trending compression. It contains varying patterns of structural deformation, such as compression, strike-slip, thrust nappe and kink-band, and chronologically, can be divided into six major tectonic evolution stages. Through the research of discovered oil and gas reservoirs, we considered that the factors controlling the distribution of oil and gas are structural deformation differences, multi-stage superimposed paleo-bulges, unconformities and faults.

Key words: strike-skip fault, thrust nappe, structural deformation, paleo-bulge, unconformity, superimposed evolution, petroleum accumulation, Junggar Basin

准噶尔盆地位于哈萨克斯坦-准噶尔板块的东部,北邻西伯利亚板块,南接塔里木板块,盆地南、西、北分别与北天山造山带、博格达构造带、西准噶尔造山

带与克拉美丽造山带相邻。盆地所赋存的哈萨克斯坦-准噶尔板块为众多的地块拼合形成,经历了多期成盆演化与改造^[1-2],为典型大型多期叠合盆地,油气

收稿日期:2018-05-15. 修订日期:2018-07-19.

第一作者简介:郑孟林(1968—),男,博士、教授级高级工程师,盆地构造。E-mail: zhengml@petrochina.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项(2017ZX05008006-003-001,2017ZX05001-004);国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2014CB239002)。

资源丰富。盆地东部地区已经发现了昌吉、三台、北三台、沙南、沙北、火烧山和五彩湾等众多油气田以及吉木萨尔致密油藏,在石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系与白垩系等层系发现工业油气,作为准噶尔盆地重要油气聚集区,始终是地质勘探人员关注的热点地区。前人多从石油地质条件和沉积储层等方面进行了论述^[3-6],构造演化对油气聚集与分布的控制作用整体解剖研究较弱。本文通过地表地质、钻井和地震资料的综合解释与编图,厘定构造变形和石炭纪至今的构造叠加演变过程,探讨构造演化与油气成藏的关系,指导下一步油气勘探。

1 区域地质背景

准噶尔盆地东部地区系指盆地一级构造单元东部

隆起和南缘断褶带东段地区,该区凸、凹结构复杂,断裂发育,北与克拉美丽造山带相邻,南与博格达构造带相接,西与准噶尔盆地中央坳陷呈过渡关系,面积约 $2.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。研究区呈向东收敛的三角形,进一步划分为6个凹陷、6个凸起、1个断褶带(图1)。凹陷走向多为近南北向或北东向,发育北东向和北西向两组断裂。

该区自下而上发育石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系与新生界。石炭系是准噶尔盆地第一套盖层,为滨浅海、海陆交互相泥岩、炭质泥岩和火山岩建造,存在下石炭统滴水泉组碎屑岩、松喀尔苏组火山岩、碎屑岩、上石炭统巴塔玛依内山组火山岩夹碎屑岩和石钱滩组海陆过渡相、陆相碎屑岩、碳酸盐岩岩性组合。二叠系下统碎屑岩局限分布在南缘断褶带,整合或不整合于石炭系之上,中二叠统将军庙组、平地泉组

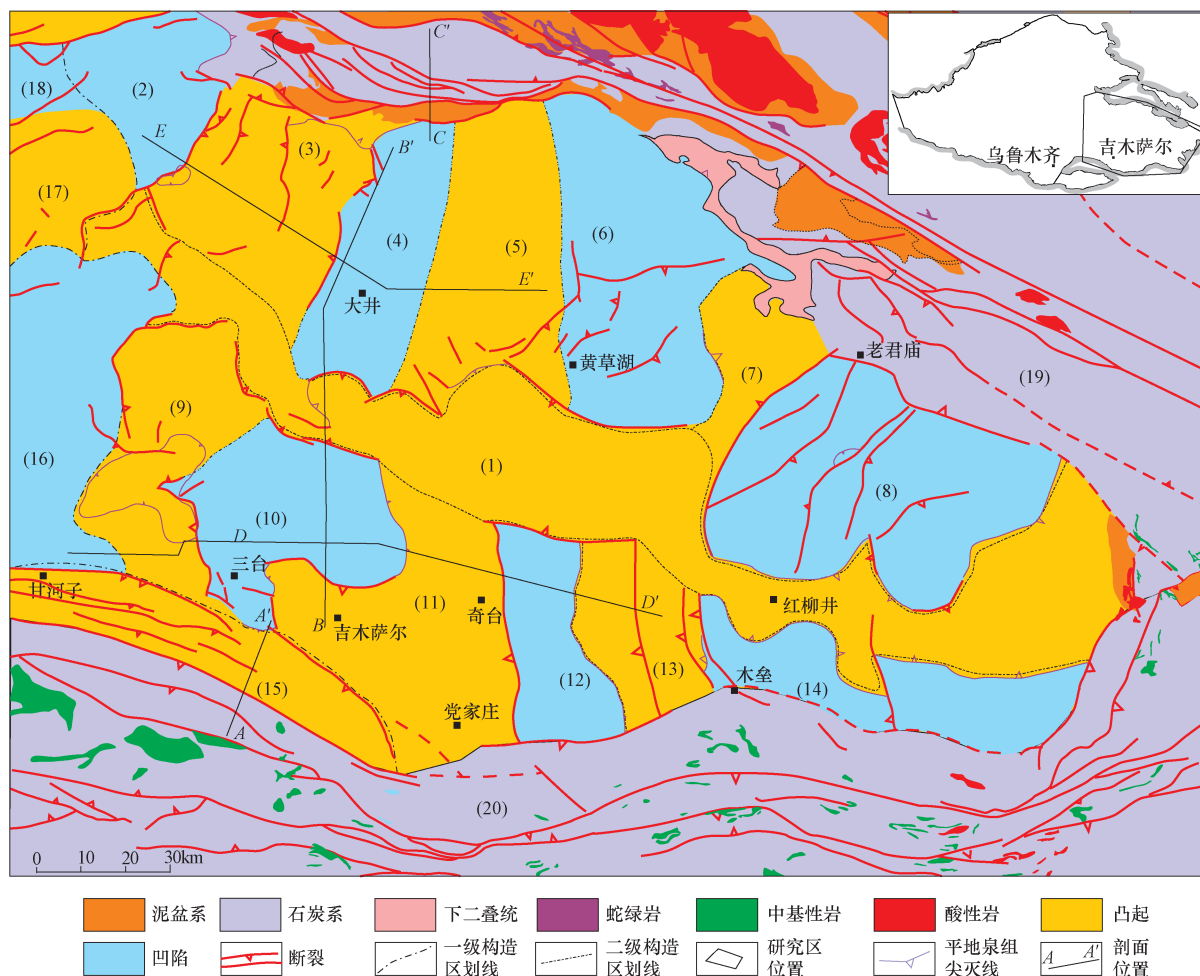


图1 准噶尔盆地东部地区构造区划

Fig. 1 Structural division of the eastern Jungger Basin

- (1) 沙奇凸起; (2) 五彩湾凹陷; (3) 帐北断褶带; (4) 石树沟凹陷; (5) 黄草湖凸起; (6) 石钱滩凹陷; (7) 黑山凸起; (8) 梧桐窝子凹陷; (9) 北三台凸起; (10) 吉木萨尔凹陷; (11) 古西凸起; (12) 古城凹陷; (13) 古东凸起; (14) 木垒凹陷; (15) 南缘山前断褶带; (16) 阜康凹陷; (17) 白家海凸起; (18) 东道海子凹陷; (19) 克拉美丽造山带; (20) 博格达构造带

(芦草沟组、红雁池组)、上二叠统梧桐沟组全区广泛分布,为陆相碎屑岩建造,不整合覆盖在石炭系之上。三叠系较二叠系分布更为广泛,自下而上分为下统韭菜园子组、烧房沟组、中统克拉玛依组、上统黄山街组、郝家沟组。下统以褐色、紫红色砾岩、砾质泥岩夹砂岩为主,中统克拉玛依组以灰绿色砂、泥岩互层为主,上统以深灰色泥岩、砂岩、砂砾岩为主。三叠系与下伏上二叠统呈整合、超覆不整合接触关系。侏罗系是一套含煤碎屑岩系,不整合覆盖在三叠系之上,在石树沟凹陷-石钱滩凹陷和吉木萨尔凹陷及以西地区地层保存完整,以东在凹陷内发育中下统,凸起区缺失或不全。白垩系局限分布在吉木萨尔-石钱滩凹陷以西地区,不整合于侏罗系之上,其它地区缺失。古近系主要分布于南缘断褶带地区,新近系广泛分布,不整合覆盖在白垩系、侏罗系、二叠系、石炭系等不同层位之上。

该区主要存在石炭系与中二叠统平地泉组(芦草沟组)两套烃源岩。下石炭统滴水泉组、松喀尔苏组和上石炭统巴塔玛依内山组的海相、海陆交互相暗色泥岩、炭质泥岩是第一套重要烃源岩,中二叠统平地泉组油页岩、泥岩、灰质泥岩、云质泥岩等是第二套重要的烃源岩。石炭系火山岩、上二叠统梧桐沟组砾岩、砂岩、三叠系薄层砂岩、侏罗系砂岩和白垩系底砂岩为主要储集层。三叠系泥岩和侏罗系煤系泥岩等是区域性盖层,对油气具有整体的封盖作用,石炭系、二叠系、白垩系等还存在局部盖层,构成了多套储盖组合。

2 构造变形特征

东部地区构造变形具有分带和分区性,根据变形特点,可分为博格达山前、克拉美丽山前和东部隆起三个构造变形区。

2.1 博格达山前构造变形区

博格达山前构造变形区北以阜康断裂带与东部隆起相邻,南到博格达造山带山前主断裂,呈北西向舒缓波状、条带状展布,与博格达构造带内的褶皱、断裂构造延伸方向一致。山前构造变形具有分段特征,从甘河子到党家庄西,为盆地一级构造单元南缘断褶带范围(图1)。山前主断裂南倾,石炭系逆冲于二叠系之上;主断裂至阜康断裂之间,由二叠系、三叠系和侏罗系形成了3~4排长轴褶皱与断裂构造,组成了山前叠瓦状逆冲推覆构造带。其中背斜紧闭,核部二叠系芦草沟组泥岩、油页岩、中薄层灰岩出露,发育由南向北的逆冲断裂,向斜宽缓,核部为三叠系、侏罗系,具有

以二叠系泥页岩与油页岩为滑脱层的隔档式构造特点(图2)。阜康断裂带是该变形构造带的北界断裂,南倾逆冲于盆地一级构造单元东部隆起新生界之上,显示了其新生代的强烈活动。在党家庄以东,表现为叠瓦状的博格达山前逆冲推覆断裂逆冲于古城、木垒等凹陷区的二叠系-侏罗系之上,将近南北向展布的古城凹陷、木垒凹陷南部埋藏于推覆体之下,推覆体下盘的二叠系-侏罗系发育小型南倾逆冲断层和宽缓褶皱构造,断裂上盘石炭系变形较缓,南倾,一般在 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。

综上所述,博格达山前构造变形东西存在差异,西段由于造山带向盆地内的逆冲推覆,导致盆地在山前沉积的二叠系-侏罗系形成逆冲推覆与褶皱变形带。东段褶皱变形的石炭系直接逆冲推覆于东部隆起的沉积地层之上。

2.2 克拉美丽山前构造变形区

克拉美丽造山带南邻东部隆起,整体北西向展布,地层呈北西向带状展布,断裂、褶皱构造发育(图1)。造山带内出露泥盆系、石炭系、基性与超基性岩体。造山带内断裂构造可分为两组,一组沿蛇绿岩呈北西向展布,是克拉美丽造山带中央主断裂带及其同生断裂,另一组与中央主断裂带小角度相交,呈舒缓波状展布,控制着泥盆系展布。石炭系褶皱轴向呈北东东向,与断裂呈角度相交,指示了造山带主断裂的走滑作用(图1)。

东部隆起与克拉美丽造山带之间存在断裂接触和地层不整合接触。地表见泥盆系逆冲于石炭系、三叠系或侏罗系之上。也存在不整合接触,下石炭统、二叠系、三叠系或侏罗系等不整合于泥盆系之上^[7-9]。山前由滴水泉断裂、火北断裂、石树沟凹陷-石钱滩凹陷北断裂、梧桐窝子凹陷北断裂等断裂构造组成,这些断裂在走向上呈雁列状北西-北西向展布,形成造山带与东部隆起的边界构造带。根据地震资料,石炭系、二叠系、三叠系与侏罗系向造山带方向断块状抬升,在山前形成花状构造(图2),错断最新地层为侏罗系八道湾组-西山窑组,被侏罗系头屯河组-齐古组不整合覆盖。

2.3 东部隆起构造变形区

东部隆起以沙奇凸起的南北边界断裂构造为界,划分为南部、北部和中部三个近东西向展布的构造变形带。南部构造变形带自西向东为北三台凸起、吉木萨尔凹陷、古西凸起、古城凹陷、古东凸起和木垒凹陷。地层在凹陷内保存完整,石炭系-侏罗系都有发育

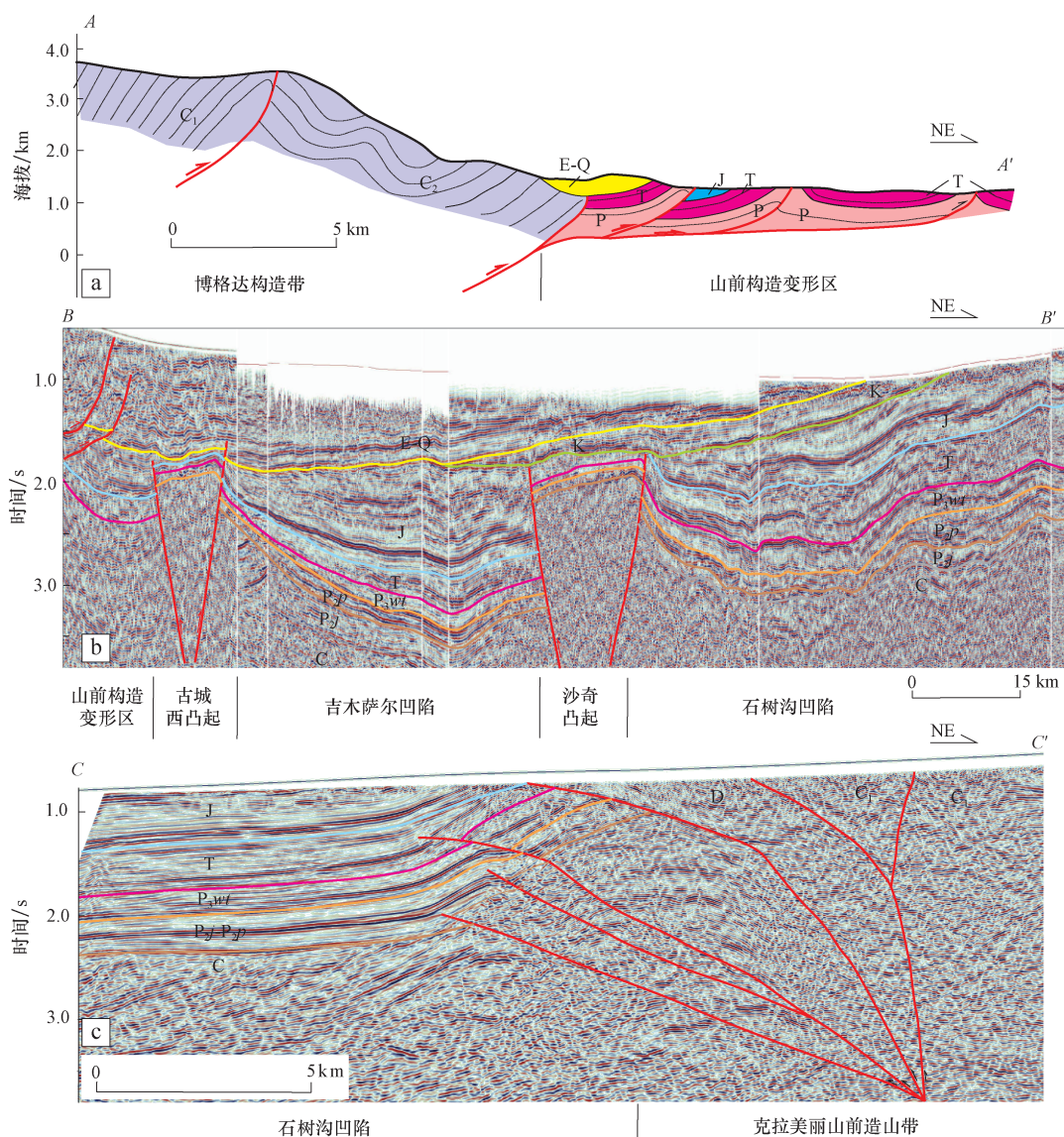


图2 准噶尔盆地东部地区南北向综合地质剖面(剖面位置见图1)

Fig. 2 Comprehensive geological profile of the eastern Jungger Basin(see Fig. 1 for the profile location)

(图2), 凹陷西翼存在西倾的逆冲断裂, 南北向展布(图1, 图3), 断裂下盘凹陷的石炭系-侏罗系厚度比东翼斜坡区厚度大, 是沉积凹陷, 二叠系和三叠系向凸起区逐渐减薄, 剖面上具有箕状结构, 凸起区地层剥蚀强烈, 新近系-第四系与石炭系不整合接触。凹陷与凸起在剖面上构成叠瓦状排列组合(图3)。

北部构造变形带自西向东划分为五彩湾凹陷、帐北断褶带、石树沟凹陷、黄草湖凸起、黑山凸起和梧桐窝子凹陷等二级构造单元。石浅滩凹陷以东地区缺失白垩系, 黑山凸起高部位为侏罗系与石炭系不整合接触。其他构造单元石炭系至白垩系发育较为齐全。该区自西向东为一组北东向展布的背斜和向斜构造组成(图1, 图3)。凹陷区为宽缓的复向斜带, 如五彩湾凹陷和石树沟凹陷, 凸起区为复背斜带, 梧桐窝子凹陷由

桐2井西向斜、桐2-桐1井背斜和桐1井东向斜组成。帐北断褶带由沙丘河背斜、火烧山背斜、帐篷沟鼻隆及其之间的向斜构造组成, 其特点是与克拉美丽造山带大角度相交, 向造山带方向翘倾, 自造山带向隆起地区, 地层依次出露石炭系、二叠系、三叠系与侏罗系。该区的另一构造特点是背斜翼部发育的断裂断距小(图3), 地震资料显示同一层位的同相轴基本连续, 翼部地层变薄、变陡, 具有剪切拉伸的特征, 形成了顶厚翼薄的背斜和向斜构造, 翼部的这种构造变形具有膝褶构造特征^[10-11]。褶皱构造变形被中上侏罗统头屯河组-齐古组不整合覆盖。

中部北西西向展布的沙奇凸起南北分别被一组北西西向断续展布的断裂控制, 北部由沙丘断裂、吉16北断裂和石钱滩凹陷南缘断裂等组成, 由南向北逆冲。

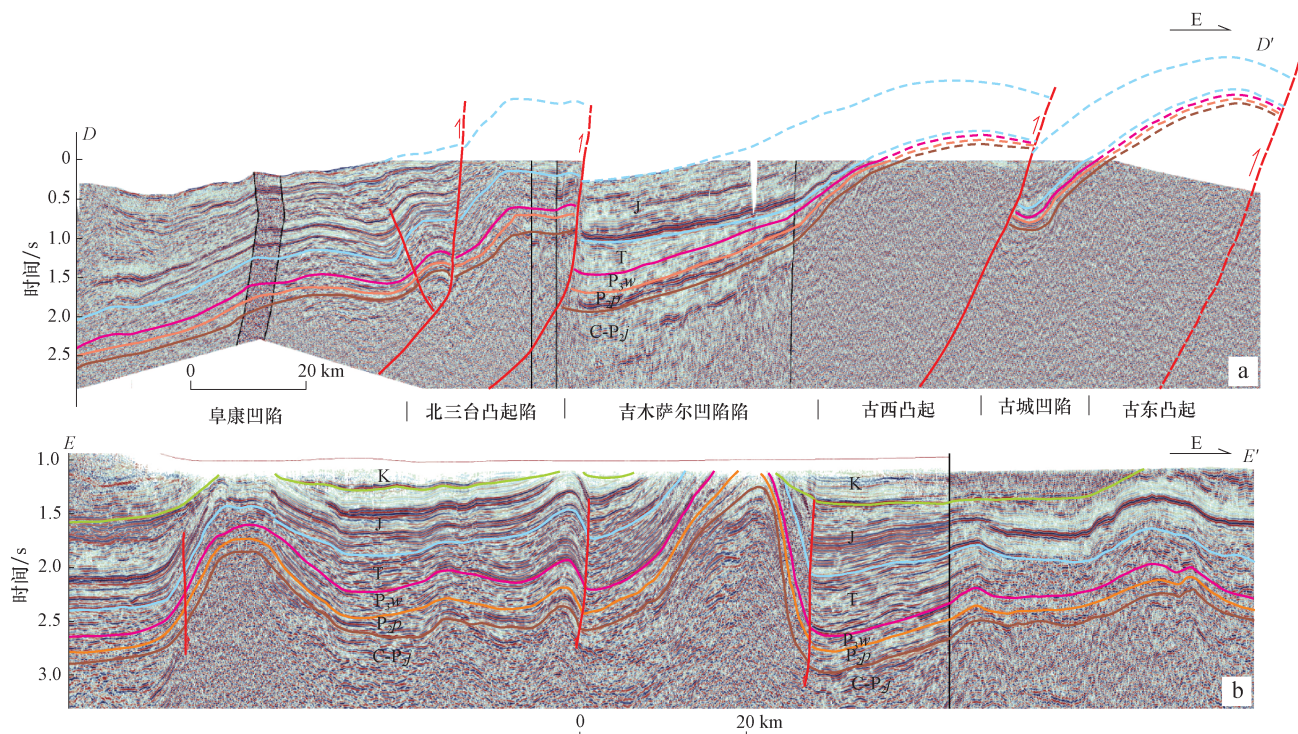


图3 准噶尔盆地东部隆起地震-地质解释剖面(剖面位置见图1)

Fig. 3 Profile of seismic interpretation of the eastern uplift in Jungger Basin(see Fig. 1 for the profile location)

a. 隆起南部东西向地质结构剖面(白垩系沉积前); b. 隆起北部东西向地质结构剖面

凸起南缘由吉木萨尔断裂与古城凹陷北缘断裂等组成,由北向南逆冲。断层断穿侏罗系及以下层位,被白垩系不整合覆盖,两组断裂平面上分别构成雁列组合断裂带(图1)。

综上所述,东部隆起受沙奇凸起分隔,发育南部南北向和北部北东向的褶皱与断裂构造带,被中上侏罗统头屯河组-齐古组、白垩系和新近系不整合埋藏。

3 多期构造变形叠加演化过程

东部地区的构造变形与准噶尔盆地的构造演化及改造具有一致性,新疆北部造山带^[9,12-13]和准噶尔盆地覆盖区的研究成果显示,石炭系沉积前,克拉美丽等地存在的洋盆地已经闭合,准噶尔盆地基底形成^[14],在此基础上开始了准噶尔盆地的成盆演化与改造。石炭纪末、中二叠世末、三叠纪末、中侏罗世西山窑组沉积末、侏罗纪末以及新近纪的构造事件对盆地进行了不同方式与不同强度的改造,据此,将盆地的多期构造叠加演化划分为六个阶段。

3.1 石炭纪构造格局及演化

准噶尔盆地石炭系火山岩地球化学研究显示其形成于板块内部的伸展构造环境^[15-16],多数学者认为博

格达构造带在石炭纪具有裂谷作用^[17-18],石炭纪裂谷沿博格达山近东西向展布,裂离了准噶尔地块和吐哈地块。在这一伸展构造背景中,盆地东部地区和克拉美丽造山带地区^[19]大面积沉积了石炭系的海相、海陆过渡相的碎屑岩和中基性火山岩。

国内外裂谷盆地研究成果显示^[20-22],裂谷盆地在形成过程中常常会形成横向调节断层,这些断层对裂谷走向的伸展构造具有横向调节作用(图4)。博格达构造带的航磁异常走向不仅具有分段性,盆地东部地区南侧东西向分段性的异常与博格达构造带的分段性具有一致性。结合地震资料,吉木萨尔凹陷与古城凹陷不仅保存有二叠系及其以上地层,石炭系沉积地层的成层性地震反射与断层上盘的杂乱反射形成鲜明对比,古城凹陷石炭系厚度在1 000 m以上,证实吉木萨尔凹陷、古城凹陷与木垒凹陷西翼的断层在石炭纪裂谷形成期就已经存在(图4),向准噶尔地块内延伸终止于沙奇凸起南缘。

晚石炭世晚期,博格达裂谷构造活动变弱,沉积了一套碎屑岩与碳酸盐岩建造,这套沉积在乌鲁木齐厚600~400 m,木垒地区残存厚800~1 000 m。石浅滩凹陷和梧桐窝子凹陷为泥岩、砂质泥岩和砂岩夹碳质泥岩建造,钻遇厚度693 m,呈北西向展布,两大沉积带地层向沙奇凸起区减薄尖灭。根据现今博格达山残

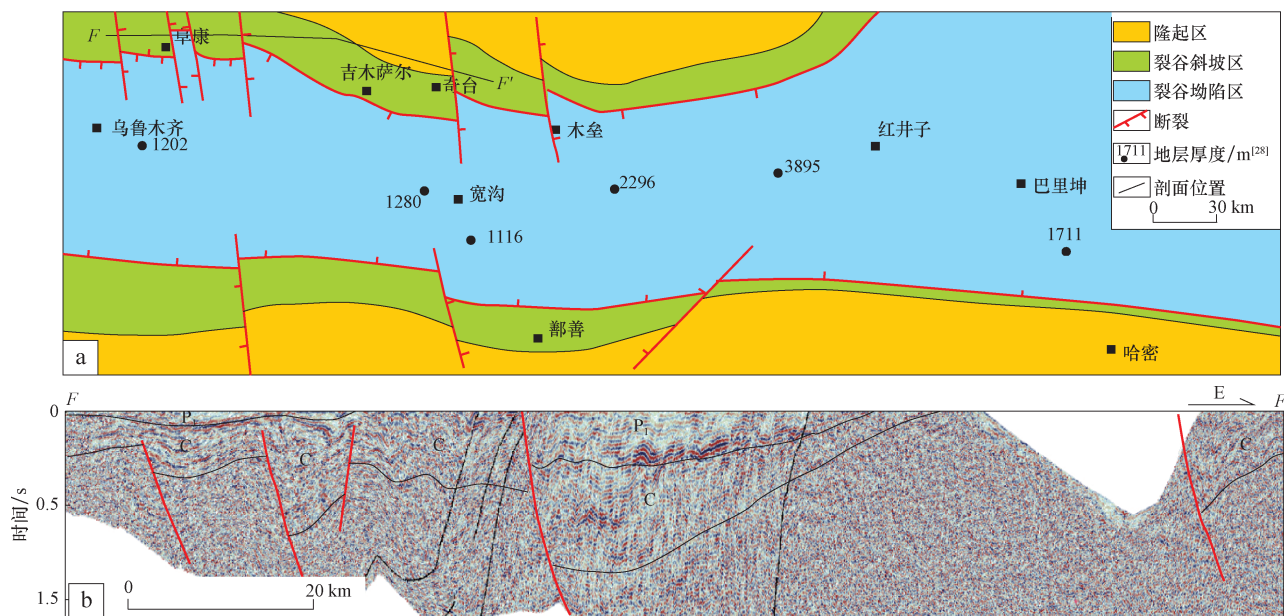


图4 准噶尔盆地东部博格达构造带石炭纪构造格局

Fig. 4 The Carboniferous structural framework of Bogda tectonic zone in the eastern Junggar Basin

a. 博格达构造带构造区划; b. 平地泉组沉积前地质结构剖面

存碎屑岩古流向的测定^[18],物源方向来自北部的准噶尔地块和南部的吐哈地块,也证实了沙奇凸起为古隆起。

二叠系沉积前,中天山地块与准噶尔地块自西向东拼合,北天山造山带形成,博格达裂谷消亡在这一构造事件中,盆地受南北向挤压,石炭系变形形成北西西向展布的背向斜构造。结合东部地区石炭系火山岩测年,确定在沙奇凸起、大1井形成北西西向展布的背斜构造,上石炭统剥蚀殆尽,在博格达构造带和沙奇凸起之间形成复式向斜构造,上石炭统得以保存。

3.2 早-中二叠世构造格局及演化

对于准噶尔二叠纪盆地的性质存在多种认识^[23-25],可归纳为断陷盆地和前陆盆地两种演化模式。新地震资料和钻井资料证实,准噶尔盆地具有早二叠世挤压前陆盆地和中二叠世应力松弛,多沉降与沉积中心演化两种环境。

下二叠统沉积期,受北天山造山带形成及南北向挤压作用影响,阜康断裂带以南至博格达构造带之间形成了碎屑岩为主的建造,地层向南增厚,向北减薄、尖灭。东部隆起内整体处于隆升剥蚀状态,古城北部和梧桐窝子局部有褐色、灰褐色泥岩夹灰褐色砂岩的建造,沉积厚度200~600 m。

中二叠世,准噶尔盆地处于造山后的应力松弛构造环境,盆地内形成了玛湖、沙湾、东道海子、吉木萨

尔、古城、木垒、梧桐窝子及克拉美丽山前、博格达山前等多个沉积与沉降中心。吉木萨尔凹陷、古城凹陷与木垒凹陷等,受到石炭纪形成的南北向断裂控制,沙奇凸起分隔了北部克拉美丽山前沉积凹陷和南部的众多沉积凹陷,形成两大沉积区。北部克拉美丽山前沉积区涵盖了现今的五彩湾凹陷、帐北断褶带、石树沟凹陷、黄草湖凸起、石钱滩凹陷与梧桐窝子凹陷,与克拉美丽造山带平行展布,地层沉积由西部(五彩湾凹陷-帐北断褶带)的巨厚沉积(>1 000 m)向东(石钱滩凹陷)变薄至300~500 m,西部由白云质灰岩、泥岩和油页岩等向东部(石钱滩凹陷北部)逐渐变为砂泥岩夹煤层。吉木萨尔凹陷主要为泥岩、细-粉砂岩和云质岩、混积岩、油页岩。木垒凹陷主要为砂泥岩建造,凹陷规模由西向东变小,沉积水体变浅。博格达山前的中二叠统沿阜康断裂以南呈东西向平行博格达构造带分布,厚度在1 000 m以上,主要为一套砂岩、泥岩、油页岩、中薄层灰岩和混积岩等建造。

上二叠统沉积前,新疆地区经历了一期较为强烈的构造事件,准噶尔盆地和塔里木盆地都经历了强烈的抬升与剥蚀^[26],这可能与西伯利亚板块向南的挤压,甜水海地块、可可西里地块向北与塔里木板块的碰撞作用相关。准噶尔盆地的红车拐地区与玛湖凹陷北部整体抬升剥蚀,盆地西北缘山前逆冲断裂进一步向盆地冲断,盆地东部地区在这一构造背景中整体抬升与剥蚀。

3.3 晚二叠世—三叠纪大型坳陷盆地构造演化

晚二叠世—三叠纪,准噶尔盆地整体沉降,形成了大型的坳陷盆地,在盆地中南部形成了统一的大沉积中心,整体表现为大型的浅水坳陷型湖盆地沉积。盆地东部与盆地一起沉降,基底整体向西倾伏,众多的凸起被埋藏,形成了一套碎屑岩为主的建造。

三叠纪末的构造事件在盆地东部地区主要表现为宽缓褶皱和隆升剥蚀,西部为西准噶尔造山带向盆地逆冲,地层褶皱变形。侏罗系与三叠系普遍存在下削上超不整合特征。克拉美丽造山带向盆地逆冲,五彩湾凹陷与帐北断褶带北部三叠系剥蚀殆尽,火13-彩22仅残存下三叠统,被侏罗系不整合覆盖。

3.4 早—中侏罗世构造演化阶段

一般认为中国西部在早中侏罗世处于伸展构造背景^[27],准噶尔盆地该时期基本继承了三叠纪的格局,沉积范围较三叠纪更为广泛,盆地周缘造山带山前与盆地一起沉降,接受沉积,整体属于大型浅水泛盆沉积。侏罗系向克拉美丽山前超覆减薄,不整合沉积在石炭系、二叠系和三叠系之上,早期山前断裂带被不整合覆盖。早期古构造对沉积盆地的影响变弱。

中侏罗统头屯河组—上侏罗统喀拉扎组沉积前,北天山山前断裂、克拉美丽山前断裂以及红岩断阶等北西向延伸断裂发生右旋走滑作用(图5),导致盆地沉积地层形成北东向展布的背向斜构造,形成的最大的背斜为车排子地区向盆地北东方向倾伏的大型鼻状隆起^[28-29],核部八道湾组、三工河组和西山窑组隆升剥蚀。在这一右旋走滑应力作用下,研究区北部形成了沙丘河、火烧山和帐篷沟等一系列北东向展布的背斜构造,南部的吉木萨尔凹陷、古城凹陷与木垒凹陷西翼的断裂构造再次活化,由西向东逆冲挤压,褶皱变形叠加在沉积凹陷和凸起之上。

3.5 中侏罗世头屯河期—晚侏罗世喀拉扎期构造演化与改造

中侏罗统头屯河组与齐古组主要沿早期形成的车莫古隆起的南、北两侧的坳陷区沉积,并向古隆起区超覆沉积,在南缘西部超覆于八道湾组—西山窑组之上,在北三台—白家海凸起,头屯河组向东超覆沉积,将早期形成的北东向背向斜构造不整合覆盖。上侏罗统喀拉扎组局限分布盆地南缘山前,为一套厚层状的砾岩。

白垩系沉积前,曾先后发生两次构造事件。第一次构造事件是盆地的褶皱变形与整体的隆升剥蚀和断

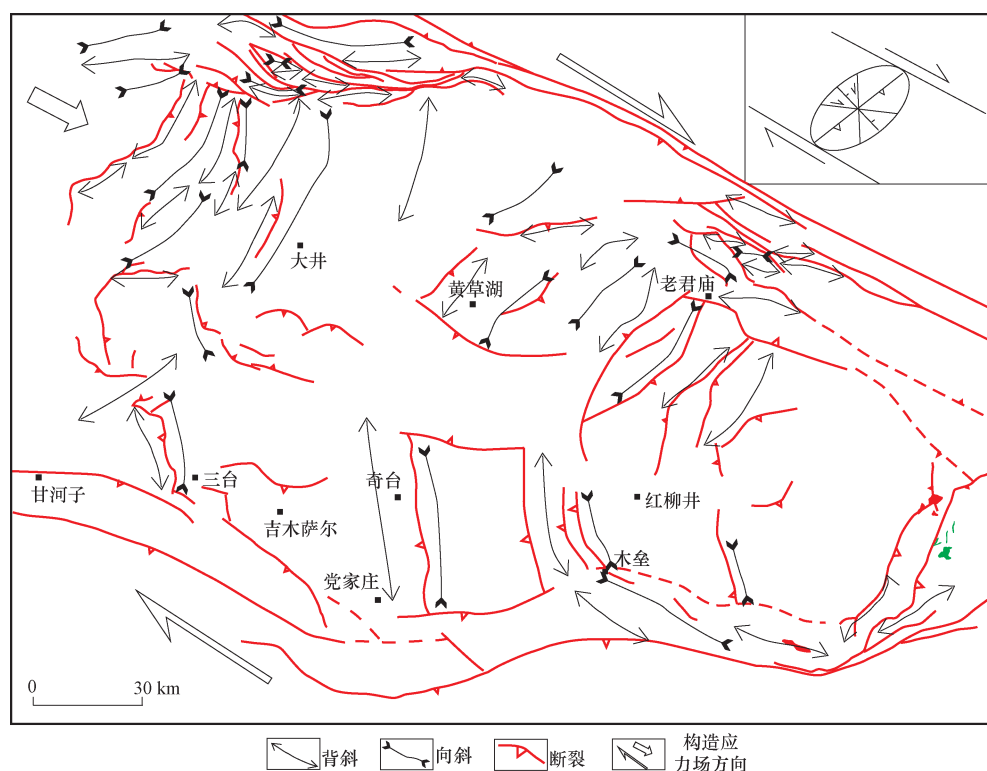


图5 准噶尔盆地东部地区中侏罗统头屯河组—上侏罗统喀拉扎组沉积前构造变形机制

Fig. 5 Pre-depositional deformation mechanism of the Middle Jurassic Toutunhe-Upper Jurassic Kalazha Formations in the eastern Junggar Basin

裂冲断作用,沙奇凸起向凹陷逆冲,上盘侏罗系剥蚀殆尽,被白垩系不整合覆盖。第二次构造事件是凸起翼部深层断裂发生剪切作用,如白家海凸起北翼、滴南凸起南翼、盆1井西凹陷东缘、莫索湾凸起北缘和夏盐-达巴松等地区,深层断裂活动对侏罗系盖层产生微走滑撕裂作用,形成一系列张性雁列构造,被白垩系不整合覆盖,这些断裂在三叠系与深层断裂相接,是沟通深层油气的重要运移通道。

3.6 白垩纪—第四纪构造演化阶段

白垩纪,准噶尔盆地沉降中心向西迁移,盆地东部大面积抬升,在吉木萨尔凹陷—石钱滩凹陷以西残存分布,为砂泥岩建造,白垩纪末发生了盆地的萎缩,地层的剥蚀作用主要在盆地边缘地区,盆地东部地区抬升和剥蚀较为强烈,但构造变形较弱。

古近纪,印度板块与欧亚板块的碰撞作用还没有影响到北疆地区^[30],古近系沉积已经表现为向北天山山前楔型增厚,这种盆地结构的改变应该与西北地区普遍发生的弱伸展构造相关^[31-32]。盆地东部地区整体处于隆升剥蚀区,古近系局限分布于石树沟凹陷南部、吉木萨尔—北三台地区,厚度在200 m左右。

新近纪以来,印度板块与欧亚板块碰撞后持续挤压的陆内效应^[30]。导致北天山造山带和博格达构造带再次活化,向盆地发生逆冲推覆作用。博格达山前形成3~4排褶皱构造带,叠瓦状断裂发育,背斜紧闭,向斜宽缓,这一特征与党家庄以西的博格达山前芦草沟组泥岩、油页岩、云质泥岩与云质岩形成的滑脱层相关,该套地层最大厚度在1 000 m以上。

4 油气赋存特征

准噶尔盆地东部的多期演化形成了石炭系、中二叠统等主要烃源岩,上二叠统、三叠系和侏罗系泥岩盖层分布广泛,将烃源岩埋藏覆盖,这是油气富集的基础。根据勘探成果,油气的分布受到了烃源岩地层残存分布与多期构造变形形成的复杂构造控制。

4.1 烃源岩控制着油气的分布

勘探实践证明,准噶尔盆地东部已经发现的油气藏都具有近源成藏特征。石炭系烃源岩分布在沙奇凸起南北两侧的北三台凸起—吉木萨尔凹陷—古城凹陷和五彩湾凹陷—石钱滩凹陷,五彩湾凹陷—石钱滩凹陷石炭系滴水泉组、松喀尔苏组和巴塔玛依内山组存在富含有机质的海相、海陆过渡相的泥岩^[33],有机碳

含量为1.15%~1.82%,有机质类型以Ⅱ—Ⅲ型为主,热演化程度处于湿气和热裂解气阶段^[34]。北三台凸起西翼、吉木萨尔凹陷和古城凹陷都发现了源于石炭系的石油和天然气,钻遇石炭系暗色泥岩厚度在100 m以上。

二叠系烃源岩是该区最优质烃源岩,赋存在北部的五彩湾凹陷、帐北断褶带、石树沟凹陷、石钱滩凹陷与梧桐窝子凹陷,南部的博格达山前、北三台凸起、吉木萨尔凹陷、古城凹陷与木垒凹陷,以油页岩、暗色泥岩、云质灰岩与混积岩等为主;厚度在200~800 m,以帐北断褶带、博格达山前和吉木萨尔等地区的烃源岩厚度大,质量好。吉木萨尔凹陷烃源岩有机碳含量平均为5.16%,氯仿沥青“A”含量平均为0.730%,生烃潜力指数($S_1 + S_2$)为20.98 mg/g, R_o 处于0.66%~1.63%。帐北断褶带烃源岩有机碳含量为0.32%~11.94%,平均为3.45%, R_o 处于0.54%~1.21%,有机质类型都属于Ⅱ₁型,为好烃源岩^[7]。目前发现的火烧山、沙南、北三台和昌吉的油田都围绕烃源岩赋存区域。

4.2 近源古凸起及斜坡控制了油气的平面分布

东部地区的凹、凸结构显著,在凸起和凹陷的翼部斜坡部位是油气的有利聚集区,如吉木萨尔凹陷发现的10亿吨级的油田在吉木萨尔凹陷的上倾斜坡部位,北三台凸起上发现的油田都在古凸起的翼部。北三台凸起的西泉5—东泉1—东泉4—北15—北6—北7—北32的范围内存在平地泉组沉积期的石炭系隆起剥蚀区(图6),被烃源岩包围;到上二叠统梧桐沟组沉积期被超覆沉积覆盖;中侏罗统西山窑组沉积末的构造事件导致该区再次褶皱、隆升,并遭受了强烈的剥蚀,高部位的侏罗系、三叠系剥蚀殆尽,被白垩系—新生界不整合埋藏(图7);是一个被埋藏的叠加古凸起,凸起翼部形成西泉12、西泉3、北5和北7等地层不整合油气藏与地层岩性油气藏。

4.3 构造变形控制了油气赋存场所

博格达山前断褶带与帐北断褶带叠加于生油凹陷之上,构造变形强度控制着油气的聚集。帐北断褶带的沙丘河、帐篷沟和桐2—桐1井区发育的背斜构造翼部剪切断裂发育,油气沿破裂带逸散,在这样的构造高部位的钻探都失利。而位于沙丘河与帐篷沟两个背斜构造中间的火烧山背斜,变形较弱,油气得以有利保存。

博格达山前的3~4排冲断褶皱带是以二叠系泥岩烃源岩为滑脱层,背斜核部二叠系烃源岩出露地表,

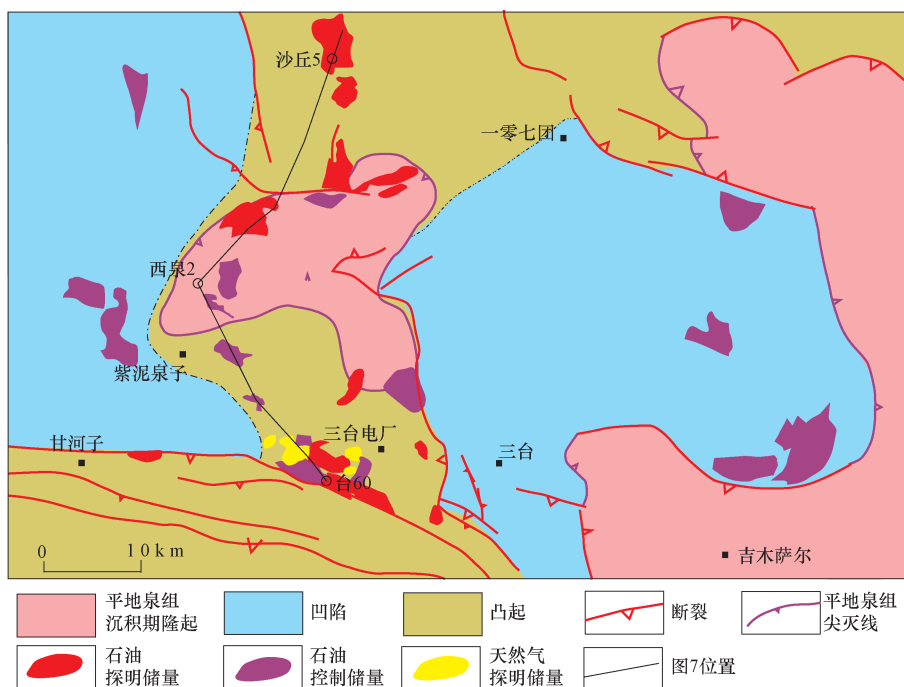


图6 准噶尔盆地东部北三台—吉木萨尔古隆起与油气分布

Fig. 6 Beisantai and Jimusaer paleo-uplifts and oil and gas distribution in the eastern Junggar Basin

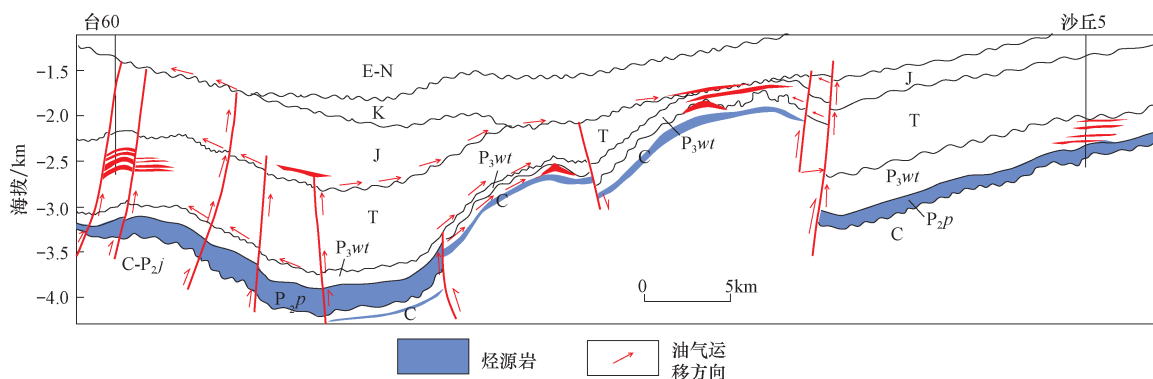


图7 准噶尔盆地东部台60—丘5油藏剖面(剖面位置见图6)

Fig. 7 Reservoir profile from Well Tai-60 to Well Shaqiu-5 in the eastern Junggar Basin

(see Fig. 6 for the profile location)

逆冲断裂下盘宽缓的向斜核部保存有侏罗系与三叠系,对油气的保存有利。三台油田以及断裂带内发现的甘河油田都是受该组断裂控制的三叠系、侏罗系油气藏。

4.4 地层不整合与断裂构造控制了油气的运聚

五彩湾气田、北三台油田、沙南油田以及三台油田等众多油气藏的形成与不整合面密切相关。北三台凸起周缘烃源岩生成的油气一方面沿着二叠系与石炭系的不整合面向凸起区运移,另一方面沿断裂运移到三叠系顶面不整合面或沿白垩系底部的不整合面向凸起区运移,在凸起翼部岩性遮挡区和构造高部位成藏

(图7)。五彩湾凹陷滴水泉组生成的天然气沿断裂运移到巴塔玛依内山组与上覆二叠系的不整合面附近,沿不整合面在构造高点部位(彩60、彩53-55)成藏,火山岩风化壳成为重要的储层。

5 结论

1) 盆地东部地区自南而北划分为博格达山前、东部隆起和克拉美丽山前三大构造变形区,北部克拉美丽山前形成近东西向的花状结构构造变形区,博格达山前形成近东西向展布叠瓦状逆冲推覆构造变形区。东部隆起南北向划分为三大构造变形带,

北部为北东向展布的背斜、断裂构造变形带;中部为近东西向展布的沙奇凸起;南部为近南北向先存断裂控制的凹陷、凸起结构,形成叠瓦状逆冲构造变形带。

2) 东部地区构造变形表现为东西向构造变形和北东向、近南北向构造变形的多期叠加。石炭纪的伸展构造事件形成南部近南北向的早期断裂,石炭纪末的挤压构造事件形成近东西向的褶皱构造,中侏罗世头屯河组沉积前右旋挤压走滑构造事件对南北向构造进行了叠加与强化。受克拉美丽山前断裂挤压走滑作用,北部形成由山前向盆地内倾伏的北东向褶皱构造,叠加在石炭纪末形成的近东西向构造之上。

3) 不同的构造变形方式与烃源岩的分布控制着油气的赋存。博格达山前叠瓦状逆冲推覆构造变形导致了背斜核部发育断裂,在宽缓的向斜区的低幅度构造宜于油气聚集。东部隆起南部凹陷区烃源岩保存条件最好,后期的构造变形没有遭受破坏。东部隆起北部叠加在二叠系烃源岩之上的低幅度背斜构造是油气的有利赋存区,近源的多期叠加古凸起及不整合面控制油气分布。

参 考 文 献

- [1] Allen M B, Sengor 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 Altaid orogenic collage, central Asia[J]. Journal of Geological Society, 1995, 152: 327 - 338.
- [2] 蔡忠贤, 陈发景, 贾振远. 准噶尔盆地的类型和构造演化[J]. 地学前缘, 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.
- [3] 秦苏保. 克拉美丽地区二叠纪沉积建造及含油气分析[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(3): 281 - 287.
Qin Subao. Analysis of permian sedimentary formation and their oil and gas potential in Kelamei region[J]. Oil & Gas Geology, 1986, 7(3): 281 - 287.
- [4] 薛新克, 李新兵, 王俊怀. 准噶尔盆地东部油气成藏模式及勘探目标[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(6): 462 - 464.
Xue Xinke, Li Xinbing, Wang Junhuai. Reservoir formation mode and exploration target in the eastern Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(6): 462 - 464.
- [5] 李溪滨, 江建衡. 准噶尔盆地东部石油地质概况及油气分布的控制因素[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(1): 99 - 107.
Li Xibin, Jiang Jianheng. The survey of petroleum geology and the controlling factor for hydrocarbon distribution in the east part of the Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 1987, 8(1): 99 - 107.
- [6] 崔瑾, 郑荣才, 蒋宜勤, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区头屯河组储层特征及敏感性[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(2): 398 - 408.
Cui Cui, Zheng Rongcai, Jiang Yiqin, et al. Characteristics and sensitivity of the middle jurassic Toutunhe formation in Fudong slope, Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(2): 398 - 408.
- [7] 匡立春, 唐勇, 雷德文, 等. 准噶尔盆地二叠系咸化湖相云质岩致密油形成条件与勘探潜力[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(6): 657 - 667.
Kuang Lichun, Tang Yong, Lei Dewen, et al. Formation conditions and exploration potential of tight oil in the permian saline lacustrine dolomitic rock, Junggar Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(6): 657 - 667.
- [8] 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, 2009, 16(3): 102 - 109.
Wu Runjiang, Zhang Yuanyuan, Tan Jiayi, et al. The characteristics of different structure layers and tectonic implications since late paleozoic in Kalamaili area, Xinjiang[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(3): 102 - 109.
- [9] 王玉往, 王京彬, 龙灵利, 等. 新疆北部大地构造演化阶段与斑岩-浅成低温热液矿床的构造环境类型[J]. 中国地质, 2012, 39(3): 695 - 716.
Wang Yuwang, Wang Jingbin, Long Lingli, et al. Tectonic evolution stages of northern Xinjiang and tectonic types of porphyryepithermal deposits[J]. Geology in China, 2012, 39(3): 695 - 716.
- [10] 张波, 李生福, 张进江, 等. 膝褶、膝褶带、共轭膝褶带: 一种可能的新型油气构造样式[J]. 天然气工业, 2010, 30(2): 32 - 39.
Zhang Bo, Li Shengfu, Zhang Jinjiang, et al. Kink, kink-band and conjugate kink-band: a probably potential new type of structural trap[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(2): 32 - 39.
- [11] 郑亚东, 王涛, 王新社. 新世纪构造地质学与力学的新理论: 最大有效力矩准则[J]. 自然科学进展, 2005, 15(2): 142 - 148.
Zheng Yadong, Wang Tao, Wang Xinshe. New theory of structural geology and mechanics in the new century: maximum effective moment criterion[J]. Progress in Natural Science, 2005, 15(2): 142 - 148.
- [12] 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.
- [13] 李锦轶, 朱宝清, 冯益民. 南明水组 and 蛇绿岩之间不整合关系的确认及其意义[J]. 中国区域地质, 1989, (3): 250 - 255.
Li Jinyi, Zhu Baoqing, Feng Yimin. Confirmation of the unconformable relationships between the Nanmingshui Formation and ophiolites and their significance[J]. Regional Geology of China, 1989, (3): 250 - 255.
- [14] 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 - 131.
Kuang Jun. Terrene connection, formation and evolution of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1993, 14(2): 126 - 131.
- [15] 匡立春, 张越迁, 查明, 等. 新疆北部石炭纪构造背景及演化[J].

- 地质学报,2013,87(3):311-320.
- Kuang Lichun, Zhang Yueqian, Zha Ming, et al. Carboniferous tectonic setting and evolution in Northern Xinjiang, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 87(3): 311-320.
- [16] 唐勇, 王刚, 郑孟林, 等. 新疆北部石炭纪盆地构造演化与油气成藏[J]. 地学前缘, 2015, 22(3): 241-253.
- Tang Yong, Wang Gang, Zheng Menglin, et al. Carboniferous basin evolution and its hydrocarbon accumulation in the north of Xinjiang[J]. Earth Science Frontiers, 2015, 22(3): 241-253.
- [17] 夏林圻, 李向民, 夏祖春, 等. 天山石炭—二叠纪大火成岩省裂谷火山作用与地幔柱. 西北地质, 2006, 39(1): 1-49.
- Xia Linqi, Li Xiangmin, Xia Zuchun, et al. Carboniferous-permian rift-related volcanism and mantle plume in the Tianshan[J]. North-western Geology, 2006, 39(1): 1-49.
- [18] 孙国智. 新疆博格达地区石炭纪原型盆地分析[D]. 西安: 西北大学, 2009: 1-95.
- Sun Guozhi. The carboniferous prototype basin analysis in Bogda region, Xinjiang[D]. Xi'an: Northwest University, 2009: 1-95.
- [19] 吴小奇, 刘德良, 魏国齐, 等. 准噶尔盆地陆东—五彩湾地区石炭系火山岩地球化学特征及其构造背景[J]. 岩石学报, 2009, 25(1): 55-66.
- Wu Xiaochi, Liu Deliang, Wei Guoqi, et al. Geochemical characteristics and tectonic settings of carboniferous volcanic rocks from Ludong-Wucaowan area, Junggar basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(1): 55-66.
- [20] Gibbs A D. Linked fault families in basin formation[J]. Journal of Structural Geology, 1990, 12(5-6): 795-803.
- [21] Morley C K, Nelson R A, Patton T L, et al. Transfer zones in the east African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(8): 1234-1253.
- [22] 刘剑平, 汪新文, 周章保, 等. 伸展地区变换构造研究进展[J]. 地质科技情报, 2000, 19(3): 27-31.
- Liu Jianping, Wang Xinwen, Zou Zhangbao, et al. Research advance in transition structure in extended region[J]. Geological Science and Technology Information, 2000, 19(3): 27-31.
- [23] 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): 293-297.
- 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): 293-297.
- [24] 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. NE-Trending Structures and their significance on petroleum geology in Junggar basin[J]. Earth Science, 2004, 29(4): 467-472.
- [25] 陈书平, 张一伟, 汤良杰. 准噶尔晚石炭世—二叠纪前陆盆地的演化[J]. 石油大学学报, 2001, 25(5): 11-15.
- Chen Shuping, Zhang Yiwei, Tang Liangjie. Evolution of Junggar late carboniferous-permian foreland basin[J]. Shiyou Daxue Xuebao, 2001, 25(5): 11-15.
- [26] 郑孟林, 王毅, 金之钧, 等. 塔里木盆地叠合演化与油气聚集[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(6): 925-934.
- Zheng Menglin, Wang Yi, Jin Zhijun, et al. Superimposition, evolution and petroleum accumulation of Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(6): 925-934.
- [27] 郑孟林, 邱小芝, 何文军, 等. 西北地区含油气盆地动力学演化[J]. 地球科学与环境学报, 2015, 37(5): 1-16.
- Zheng Menglin, Qiu Xiaozhi, He Wenjun, et al. Geodynamic Evolution of petroliferous basins in Northwest China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2015, 37(5): 1-16.
- [28] 吴恒志, 孟闲龙, 杨江峰. 准噶尔盆地腹部车—莫古隆起区隐蔽油气藏形成条件与勘探技术[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 779-785.
- Wu Hengzhi, Meng Xianlong, Yang Jiangfeng. Formation conditions and prospecting technologies for subtle reservoirs in the Che-Mo palaeohigh of central Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 779-785.
- [29] 贾庆素, 尹伟, 陈发景, 等. 准噶尔盆地中部车—莫古隆起控藏作用分析[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 257-264.
- Jia Qingsu, Yi Wei, Chen Fajing, et al. The role of Che-Mo palaeohigh in controlling hydrocarbon[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 257-264.
- [30] 刘池洋, 赵红格, 张参, 等. 青藏—喜马拉雅构造域演化的转折时期[J]. 地学前缘, 2009, 16(4): 1-12.
- Liu Chiayang, Zhao Hongge, Zhang Can, et al. The important turning period of evolution in the Tibet-Himalayan tectonic domain[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(4): 1-12.
- [31] 何光玉, 卢华复, 王良书, 等. 塔里木盆地库车地区早第三纪伸展盆地的证据[J]. 南京大学学报(自然科学), 2003, 39(1): 40-45.
- He Guangyu, Lu Huafu, Wang Liangshu, et al. Evidence for paleogene extensive Kuqa basin, Tarim[J]. Journal of Nanjing University(Natural Sciences), 2003, 39(1): 40-45.
- [32] 李忠权, 陈更生, 张寿庭. 新疆准噶尔盆地南缘拉伸伸展动力学环境的探讨[J]. 高校地质学报, 1998, 4(1): 73-78.
- Li Zhongquan, Cheng Gengsheng, Zhang Shouting. Discussion on the extensional dynamic setting in the south border of Junggar basin, Xinjiang, China[J]. Geological Journal of China Universities, 1998, 4(1): 73-78.
- [33] 何登发, 陈新发, 况军, 等. 准噶尔盆地石炭系烃源岩分布与含油气系统[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(4): 397-408.
- He Dengfa, Cheng Xinfa, Kuang Jun, et al. Distribution of Carboniferous source rocks and petroleum systems in the Junggar basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(4): 397-408.
- [34] 黄林军, 潘建国, 魏东涛, 等. 准东地区油气成藏条件及聚集规律[J]. 石油天然气学报, 2012, 34(9): 42-48.
- Huang Linjun, Pan Jianguo, Wei Dongtao, et al. Reservoir-forming condition and accumulation rules of the east Junggar area[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2012, 34(9): 42-48.