

哈山地区构造演化特征及对油气成藏的影响*

胡杨^{1,2}, 夏斌^{1,3}

1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 海淀 100049;
3. 中山大学海洋学院, 广东 广州 510275

摘要: 哈拉阿拉特山地区位于准噶尔盆地西北缘前陆褶皱冲断带上, 构造演化特征复杂。从构造地质理论出发, 应用成盆动力学和盆山耦合的理论对该地区进行了构造解析研究, 并利用平衡剖面技术对其进行了构造演化特征及演变史的恢复, 同时, 针对该区构造演化对油气运聚成藏的控制和影响因素亦进行了深入分析与探讨。在此基础上, 获得了以下重要结论与认识: (1) 哈拉阿拉特山地区构造演化与准噶尔盆地西北缘密切相关, 大致经历了4个演化阶段: 即碰撞挤压期(C—P)、弧后挤压期(P₂—T)、伸展断陷期(J₁—J₂¹)和再生前陆期(J₂²—Q); (2) 哈拉阿拉特山及周边地区的沥青及稠油显示, 说明该地区发生过油气的运移聚集; (3) 哈山地区油气源主要有本地近源与玛湖凹陷远源两种烃源供给系统, 油气运聚成藏的关键时期为三叠纪和侏罗纪, 油气成藏模式初步预测有3种, 远源侧向砂体—不整合运聚早期成藏模式、近源垂向断层—砂体运聚早期成藏模式和近源混向阶梯状运聚晚期成藏模式; (4) 推覆体下盘的背斜等构造圈闭区带是该区寻找油气藏的有利区域。

关键词: 哈拉阿拉特山地区; 盆山耦合理论; 构造演化; 平衡剖面技术; 油气成藏

Tectonic Evolution Characteristics of Hala'alate Mountains and Their Influence on Hydrocarbon Accumulation in Northern Xinjiang

Hu Yang^{1,2}, Xia Bin^{1,3}

1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China
2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Haidian, Beijing 100049, China
3. Institute of Marine Science and Technology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China

Abstract: The area of Hala'alate mountains is located in the foreland thrust belt, north segment of the Junggar Basin, the tectonic evolution characteristics of which was complicated. Using Basin dynamics theory, basin-range coupling idea and balanced cross section technique, this paper shows the whole structural interpretation and resumes the tectonic evolution of the area of Hala'alate mountains. We analyze and discuss about the factors of oil and gas migration and accumulation which are controlled and influenced by tectonic evolution of the area. On this basis, we conclude that: (1) tectonic evolution of the area of Hala'alate mountains is closely related to the northwest Junggar Basin, and the entire development can be divided into 4 stages: impact extrusion period(C—P), back-arc extrusion period(P₂—T), extended fault period(J₁—J₂¹) and regenerated foreland basin(J₂²—Q); (2) bitumen and heavy oil existence in Hala'alate mountains and the surrounding areas illustrate that oil and gas migration and accumulation had been occurred in this area; (3) there are two kinds of source supply system which are local source and Mahu sag distal source in the area of Hala'alate mountains. The formation of a critical period of oil and gas were the Triassic and Jurassic. The reservoir formation models may be briefly summarized as follows: earlier formation model of far source and side transportation through sand-unconformity, earlier formation model of near source and vertical transportation through sand-fault, and later formation model of near source and ladder transportation; (4) the anticlinal structures in the lower plate of the Daerbut fault should be favorable direction for oil and gas exploration.

Key words: area of Hala'alate mountains; basin-range coupling theory; tectonic evolution; balanced cross section technique; hydrocarbon accumulation

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1718.TE.20130122.1605.003.html>

胡杨, 夏斌. 哈山地区构造演化特征及对油气成藏的影响[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2013, 35(1): 35-42.

Hu Yang, Xia Bin. Tectonic Evolution Characteristics of Hala'alate Mountains and Their Influence on Hydrocarbon Accumulation in Northern Xinjiang[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2013, 35(1): 35-42.

引言

哈拉阿拉特山(简称哈山)地区属于准噶尔盆地西北缘前陆褶皱冲断带的一部分,近东西走向,横跨准噶尔盆地、哈拉阿拉特山—德仑山褶皱山系与和什托洛盖盆地,长约80 km^[1-2]。准噶尔盆地西北缘已经发现了包括克拉玛依油田在内的多个油气田,充分证明了该区域具有丰富的油气资源。然而,哈拉阿特山地区石油地质综合研究尚处于初期阶段,推覆体主体(即哈拉阿拉特山)以及深层的油气勘探程度较低,仅在其南部发现以玛湖凹陷二叠系烃源岩为油源的乌尔禾、风城和夏子街等中小油气田;在地面油气地质调查和少量探井钻探中,近山区带尚发现有大面积来自玛湖生烃凹陷的沥青和重油聚集区,在山体北侧白杨河水库处的白垩系底部砾岩及石炭系变质岩的裂隙内亦见有大量的沥青及稠油显示。这些油气显示均表明,哈拉阿拉特山—德仑山褶皱山系东西两侧,存在油气运移聚集过程,虽然局部地区及区带油气藏保存条件可能较差,但可以肯定该区应该具有一定的油气资源潜力及勘探前景。

目前研究区的区域地质及油气地质研究主要集中在对其构造演化模式的分析研究,有学者^[3]认为推覆体断裂下盘主要是石炭系,石炭系内部有一个大的拆离面,拆离面上部以叠瓦状逆掩推覆为主,认为火成岩基本都是石炭系地层;也有学者^[2]认为

可以把逆冲推覆体分为两个变形构造层,其中的上构造变形层发育数排叠瓦状冲断褶皱;还有学者^[4]认为哈山及其前缘变形带总体表现为早期逆冲推覆与后期走滑冲断复合叠加的非对称半花状构造样式,且具有东西分段的特点。总之,该区油气地质研究目前主要偏重于或侧重在单纯的构造特征方面的分析研究,而对于哈山地区构造演化过程对油气运聚成藏的控制及影响作用研究得较少或很薄弱。

鉴此,本文旨在主要从构造地质理论出发,应用成盆动力学及盆山耦合系统的理论对该地区进行系统的构造解析,并利用平衡剖面技术全面解剖哈拉阿拉特山地区的构造演化特征及展布特点,重点分析不同阶段构造演化过程对油气运聚成藏的控制和影响作用,以期能为哈拉阿拉特山地区油气勘探活动与有利勘探区带及钻探目标优选,提供一定的指导和借鉴。

1 区域地质概况

哈拉阿拉特山为冲断带的主体部分,平面上夹持于和什托洛盖盆地和准噶尔盆地之间(图1),山体呈北东东向延伸,属于自北西向南东推覆而来的推覆体构造^[5-8],长约55 km,宽约10 km。地表主体由石炭系组成,山体南麓广泛出露石炭系与白垩系之间的角度不整合面。哈拉阿拉特山之下广泛存有二叠系的掩伏地层,这套地层由准噶尔盆地向西

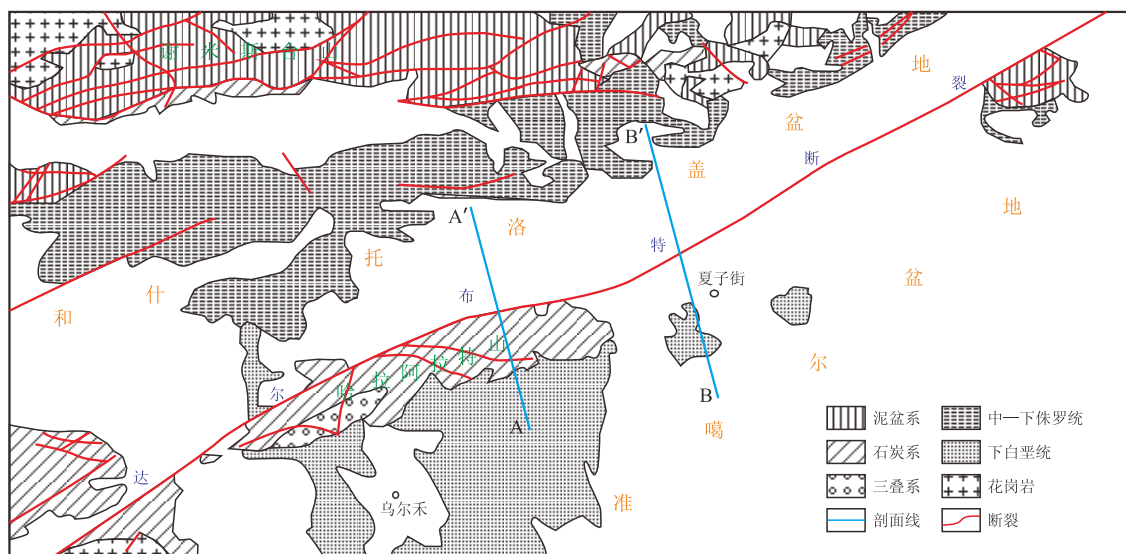


图1 哈拉阿拉特山及邻区构造地质简图(据孙自明,2008)

Fig. 1 Schematic geological structural map in Hala'alate Mountains and adjacent areas (From Sun Ziming, 2008)

延伸, 终止于达尔布特断裂^[9]。由于准噶尔盆地西北缘位于哈萨克斯坦板块与准噶尔地块之间, 为晚古生代哈萨克斯坦板块与准噶尔地块的碰撞造山带, 属中亚晚古生代造山带的一部分。受复杂的构造背景、多方向挤压应力作用、多期构造运动的影响, 哈拉阿拉特山地区的构造样式、地表情况都很复杂, 断裂也十分发育。

哈拉阿拉特山北部以达尔布特断裂为界, 与和什托洛盖盆地相邻。该盆地东西长 230 km, 南北宽 14~46 km, 盆地总面积 5 600 km²^[10-11]。基底为海西期褶皱基底, 主要由泥盆系和石炭系组成。沉积盖层由三叠系至新近系构成, 其中以侏罗系最为发育。盆地内部及周围断裂和褶皱构造发育, 褶皱轴线与断裂走向主要为北东东向。

哈拉阿拉特山南部山前为准噶尔盆地西北缘

乌夏断褶带, 是一个受多期构造叠加影响的逆冲断褶带, 区域构造线总体呈北东—南西向延伸, 全长约 80 km, 宽度约为 16 km。该带主要沉积充填了一套巨厚的石炭系至新近系, 且其间存在多个不整合^[12-14]。

2 构造演化特征

哈拉阿拉特山地区与准噶尔盆地相毗邻, 其构造演化不仅受准噶尔盆地西侧的造山带(西准噶尔造山带)发育影响, 也可能受准噶尔盆地北侧的造山带(即阿尔泰造山带)和达尔布特断裂的影响。通过对该地区地震测线的平衡剖面分析(图 2)并结合其他地质资料, 大致可以将哈山地区构造演化划分为 4 个发育阶段。

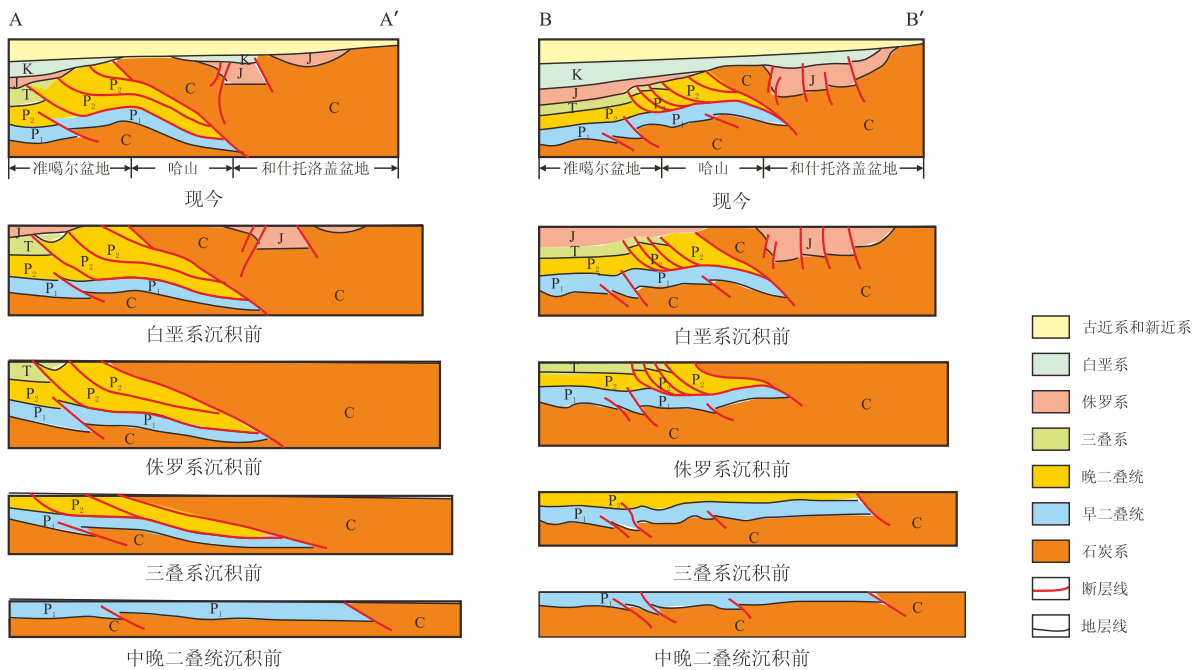


图 2 剖面 A-A' 与 B-B' 构造演化图(剖面位置见图 1)
Fig. 2 Section A-A' and B-B' tectonic evolution diagram (Section location see Figure 1)

2.1 碰撞挤压期(C—P)

晚石炭世末期是准噶尔盆地发展演化过程中的重要转折时期。晚石炭末至早二叠世早期, 在哈萨克斯坦板块的向东挤压运动的背景下, 西准噶尔洋壳向哈萨克斯坦板块之下俯冲、消减, 洋盆完全关闭后发生陆陆碰撞^[15-18], 西准噶尔造山带沿着弧后前陆盆地一个主要的拆离面由北西南东挤压推覆, 断层上盘的地层剧烈抬升, 形成断层相关褶皱, 随着挤压作用的增强, 主断裂面前端断层下盘形成

新的断裂面, 在挤压前冲作用力向上分量的作用下进一步抬升, 主断裂面位置相对抬高。对哈拉阿特山地区而言, 在较大的南北向挤压作用力和沿断层面向上的分力作用下, 在剖面上就较容易形成前展式逆冲叠瓦构造^[2]。

2.2 弧后挤压期(P₂—T)

中二叠世是一个相对较弱的构造活动时期, 该时期准噶尔盆地西北缘沉积了厚层泥岩, 沉积拗陷仍然受控于深大断裂。二叠纪末印支运动再次产生

强烈的推覆和挤压,使准噶尔盆地周缘海槽全部褶皱成山,和什托洛盖盆地南北边界大断裂均为不均冲断活动,达尔布特断裂向准噶尔盆地发生冲断推覆,造成石炭系向盆地方向大规模逆掩于盆内二叠系陆相沉积地层之上。而在泥岩沉积较厚的乌夏地区,随着挤压作用的增强,在二叠系内部形成一些低倾角的断层滑脱面,且断层上盘的地层在挤压作用力的推动下继续逆冲抬升,形成一系列的断层相关褶皱,哈拉阿拉特山石炭系主推覆体之下的隐伏背斜基本形成。

早三叠世深大断裂继续活动,哈山继续抬升,玛湖凹陷相对沉降。晚三叠世的印支运动标志着古特提斯洋的闭合,同时新特提斯洋的开启,玛湖凹陷继续拗陷沉降,同时西准噶尔造山带继续向准噶尔盆地持续推覆,使哈山地区进一步隆升。前陆冲断带及其周缘地区遭受较大强度的削顶与剥蚀,形成了三叠系和侏罗系之间的不整合。哈山地区在挤压的过程中由于剪切作用影响形成一些正花状构造,正花状构造翼部常呈现为逆冲断层。

2.3 伸展断陷期($J_1—J_2^1$)

燕山早期,哈拉阿拉特山地区仍保持着有一定的冲断作用,同时伴随着右旋扭动。而受到山系的制约,侏罗纪早期的区域性伸展作用使准噶尔西北缘前陆盆地沿山前断裂沉降,从而转化为断拗型沉积拗陷,同时在脆弱的构造部位形成新的断、拗沉积拗陷,侏罗系层序由盆地向边缘隆起区具有超覆沉积的特征,在准噶尔西北缘发育有厚度巨大的侏罗系沉积;同时也使和什托洛盖盆地持续快速沉降,沉积了较厚的侏罗系地层。

2.4 再生前陆期($J_2^2—Q$)

燕山运动中期,哈拉阿特山构造带主要受北西向挤压作用,并继承了燕山早期以来的左行压扭走滑特点,但强度有所减弱,哈拉阿拉特山西侧表现为达尔布特断裂向北西方向的高角度冲断,并最终形成了哈拉阿特山现今的构造地貌形态。白垩纪是侏罗纪末期挤压抬升剥蚀后的松弛期,主要受北东向挤压作用,此时期构造活动不太强烈,盆地处于稳定沉积阶段。白垩纪末期的构造运动主要是地壳的升降活动,使白垩系自东向西抬起,剥蚀的程度由东向西逐渐增强,造成白垩系区域性地被剥蚀。

受印支板块的碰撞,准噶尔西北缘在喜马拉雅期一些基底断裂受其影响而复活,致使上覆浅层形

成了一些平缓的低幅度背斜构造,同时形成一些具有张性特征的小断裂,这些张性断裂和新形成的低幅度构造,成为玛湖凹陷西北边缘的弧形构造带,在剖面上呈多条叠瓦逆冲断裂及其间夹的冲断席构造样式。

3 构造演化对油气运聚成藏的控制和影响

由于哈拉阿拉特山冲断带属于准噶尔盆地西北缘前陆褶皱冲断带的一部分,其油气成藏过程必然会受到准噶尔西北缘区域构造地质背景及其活动演化过程的深刻影响。前人研究表明^[19-20],准噶尔盆地西北缘构造演化大体可分为4个大的构造演化阶段和7个小的构造活动期。4个大的构造演化阶段分别是晚石炭至早二叠世盆地形成期、中晚二叠世至早三叠世逆冲推覆发展期、中晚三叠世至早侏罗纪压扭变形改造期和晚侏罗世至古近纪盆地拗陷弱改造期。而7个构造活动期对应7个不整合,分别是石炭系与二叠系之间的不整合、早二叠统和中晚二叠统之间不整合、二叠系与三叠系之间的不整合、三叠系与侏罗系之间的不整合、中侏罗统头屯河组与下伏西山窑组之间的不整合、白垩系底界与侏罗系之间的区域性不整合、古近系与白垩系的不整合。很显然,这些不整合所表征的每一个大的构造运动间歇,往往都伴有烃源岩的发育,而多个构造运动间歇的存在,则可相应地造就和形成多套烃源岩。

根据对玛湖一盆1井西凹陷下二叠统风城组和中二叠统烃源岩分析结果^[22],并结合哈拉阿拉特山地区构造演化特征的分析,可以初步确定哈拉阿拉特山地区的油气运聚特点应具有多期的成藏过程。

据哈山地区地表岩石包裹体以及周边地区甾萜生标化合物资料分析结果^[22-23],石炭系烃源岩在二叠纪应处于大量生油阶段,已发生过油气生成及运聚过程,但是由于该时期构造活动比较剧烈,油气聚集保存条件较差,油气难以富集成藏。而此时,下二叠统佳木河组烃源岩也达到了生烃门限,开始大量生烃。

三叠纪是克夏断阶带及斜坡带的第一次运聚成藏期,也是最重要的一次成藏期。克夏断阶带中的油气藏主要是这一时期形成的,斜坡带油气藏中的部分油气聚集也与此期成藏有关^[24-26]。特别是此

时期为下二叠统风城组大量生油时期,也正是克夏断阶带主断裂——克拉玛依断裂的活动期,玛湖凹陷下二叠统风城组生成的油气通过斜坡带二叠系内部和三叠系底部的不整合面侧向运移至断阶带,然后在断裂带作垂向运移,在斜坡带不整合面附近的圈闭和断阶带主断裂上下盘的圈闭中聚集成藏。

侏罗纪是中二叠统烃源岩的主要生油期,且到目前为止仍处于大量生油阶段,油的主要聚集期为侏罗纪和白垩纪。早中侏罗世,该地区受晚印支运动影响,早期断裂重新活动,哈拉阿拉特山地区处于较强的压扭环境;晚三叠世至早侏罗世,和什托洛盖断陷形成,这个时期的构造活动导致早期形成的油气藏遭到破坏,重新聚集形成新的油气藏。该时期应是哈拉阿拉特山地区第二个重要的油气

成藏期。

白垩纪以后,准噶尔盆地西北缘处于相对稳定的构造演化阶段,下二叠统风城组烃源岩已进入过成熟阶段,中二叠统烃源岩处于生气阶段,亦可为油气藏形成提供一定的气源。由于该期构造活动微弱、断裂不发育,有利于油气藏的保存。

4 油气运聚成藏模式初步预测

根据研究区油气成藏条件分析,初步预测哈山地区油气运聚成藏模式可能存在以下 3 种模式:远源侧向砂体—不整合运聚早期成藏模式、近源垂向断层—砂体运聚早期成藏模式、近源混向阶梯状运聚晚期成藏模式(图 3)。

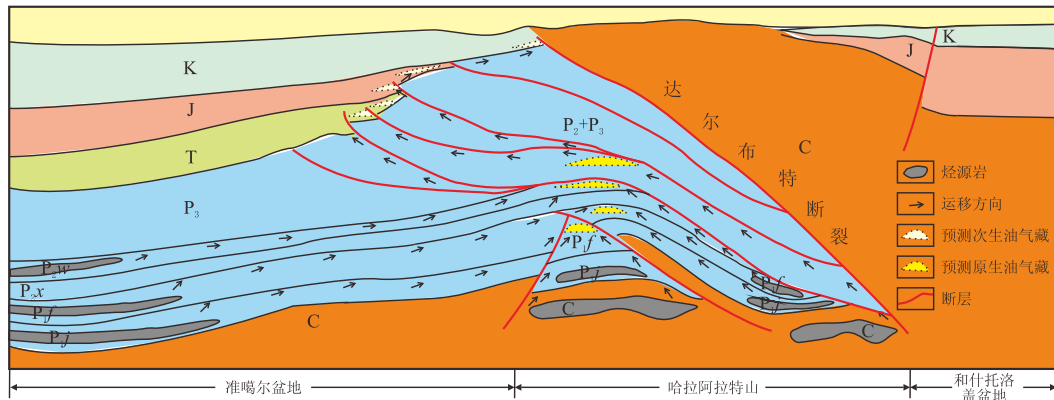


图 3 哈拉阿特山地区油气运聚成藏模式预测图

Fig. 3 Predictions of hydrocarbon migration and accumulation model in Hala'ate Mountains

4.1 远源侧向砂体—不整合运聚早期成藏模式

该模式形成于二叠系地层系统,具有自生自储成藏组合及远源侧向砂体—不整合运聚早期成藏的特点。下二叠统佳木和组、风城组和中二叠统下乌尔禾组是准噶尔盆地主力烃源岩,随着埋深增加,这些烃源岩逐渐演化成成熟,中晚二叠世是佳木河组烃源岩迅速成熟的时期;风城组烃源岩也在三叠世—早侏罗世成熟,并大量排出液态烃。下乌尔禾组烃源岩在晚侏罗纪达到生排烃高峰。这些油气沿着二叠系内部的砂体和整合面运移,并在推覆体下盘二叠系中的断层圈闭或隐伏背斜圈闭中聚集成藏。

4.2 近源垂向断层—砂体运聚早期成藏模式

近源垂向断层—砂体运聚早期成藏模式亦形成于二叠系,油气运聚成藏具有下生上储的特点。油源主要来自推覆体下部二叠系与石炭系烃源岩,

二叠纪印支运动产生的强烈推覆和挤压,使达尔布特断裂向准噶尔盆地发生冲断推覆,造成石炭系向盆地方向大规模逆掩于盆内二叠系陆相沉积地层之上,使推覆体下盘的石炭系与二叠系烃源岩快速成熟,并向与之相邻的砂岩中排烃,油气以二叠系内部断裂和砂体为主要运移通道向上运移,而在推覆体下部二叠系发育具有较大圈闭面积和构造幅度的背斜构造或断背斜构造,这些构造具有优先捕获油气的条件,但也可能遭受后期运动的改造,形成多期油气冲注。

4.3 近源混向阶梯状运聚晚期成藏模式

近源混向阶梯状输导晚期成藏模式主要发育于侏罗系和白垩系,亦具有下生上储的成藏特点,油源主要来自于二叠系烃源岩排烃或者先期油气藏的破坏,具有次生成藏的特点,尤其是燕山运动使切穿基底到侏罗系底部的深大断裂重新活化,导致早

期形成的油气藏发生调整与再分配。这些油气沿断层和砂体垂向逐级运移,并通过不整合面进行横向调整,部分聚集在三叠系、侏罗系和白垩系中形成构造—岩性油气藏,部分则逸散地表。

5 结 语

(1) 哈拉阿拉特山地区的挤压变形特征既与准噶尔盆地西北缘逆冲推覆构造有关,同时也可能受到了阿尔泰造山带以及达尔布特断裂的影响。哈山地区大致经历碰撞挤压期(C—P)、弧后挤压期(P₂—T)、伸展断陷期(J₁—J₂)和再生前陆期(J₂—Q)4个演化阶段。

(2) 虽然目前在准噶尔盆地西北缘限于勘探程度及探井的局限性,尚未见钻遇石炭系的烃源岩,但该区石炭系沉积时处于活动陆缘盆地沉积环境,应该存在烃源岩,在哈山周围见有大面积来自玛湖生烃凹陷的沥青和重油聚集区即为其佐证;北侧也在白垩系底部砾岩及石炭系变质岩的裂隙内见有大量的沥青及稠油显示。说明哈拉阿拉特山—德仑山褶皱山系的两侧有过油气运移聚集的过程,且所生成的油气可能具有就近成藏的特点。

(3) 该区烃源岩主要为准噶尔盆地玛湖凹陷的佳木河组、风城组以及乌尔禾组,这些地层在早二叠世末、晚二叠世末和三叠纪末受到强烈逆冲推覆的影响,在推覆体下盘快速成熟,形成哈山地区远源与近源油气源。分析认为三叠纪应是哈山地区主要的油气成藏期,烃源岩在该时期大量生烃,构造活动相对比较活跃,断裂发育,有利于油气的运移和聚集;侏罗纪也是其油气成藏的又一个重要时期,该时期构造活动相对较弱,是形成原生油藏和次生油藏的关键时期。哈山地区的油气成藏模式可能有3种:远源侧向砂体—不整合运聚早期成藏模式、近源垂向断层—砂体运聚早期成藏模式和近源混向阶梯状运聚晚期成藏模式。

(4) 哈拉阿拉特山地区具有良好的油气地质条件和资源前景,构造演化对沉积充填及圈闭形成乃至油气成藏等的影响和控制作用明显,目前应加强地震勘探的力度,加深石油地质综合研究的深度,进一步分析确定有利油气聚集区。根据笔者初步分析研究,预测推覆体下盘的隐伏背斜构造等圈闭应是该区寻找油气藏的重要勘探目标及

有利区。

参考文献

- [1] 贾承造,何登发,雷振宇,等.前陆冲断带油气勘探[M].北京:石油工业出版社,2000:18-23,49-56.
- [2] 何登发,管树巍,张年富,等.准噶尔盆地哈拉阿拉特山冲断带构造及找油意义[J].新疆石油地质,2006,27(3):267-269.
He Dengfa, Guan Shuwei, Zhang Nianfu, et al. Thrust belt structure and significance for petroleum exploration in Hala'ate Mountain in northwestern margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2006, 27(3): 267-269.
- [3] 童崇光.准噶尔盆地油气地质特征及油气勘探[J].新疆石油地质,1989,10(3):23-33.
Tong Chongguang. Petroleum geological characters and hydrocarbon exploration in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1989, 10(3): 23-33.
- [4] 陈刚,冯乔,刘洪福,等.准噶尔盆地西北缘山前构造演化与油气成藏[R].乌鲁木齐:中石化西北勘探分公司,2008:57-62.
- [5] 谢宏,赵白,林隆栋,等.准噶尔盆地西北缘逆掩断裂区带的含油特点[J].新疆石油地质,1984,5(3):1-15.
Xie Hong, Zhao Bai, Lin Longdong, et al. Petroliferous features of the thrust belt plays in the northwestern margin of the Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1984, 5(3): 1-15.
- [6] 张传绩.准噶尔盆地西北缘大逆掩断裂带的地震地质依据及地震资料解释中的几个问题[J].新疆石油地质,1983,4(3):1-12.
Zhang Chuanji. Seismic geological expression and several problems of the interpretation of seismic data in the great thrust belt of the northwest Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1983, 4(3): 1-12.
- [7] 张国俊,杨文孝.克拉玛依大逆掩断裂带构造特征及找油领域[J].新疆石油地质,1983,4(1):23-28.
Zhang Guojun, Yang Wenxiao. Structural characteristics of Karamay fault belt and the favorable area for hydrocarbon[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1983, 4(1): 23-28.
- [8] 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 Shekuan, 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.

- [9] 孙自明, 洪元太, 张涛. 新疆北部哈拉阿拉特山走滑—冲断复合构造特征与油气勘探方向[J]. 地质科学, 2008, 43(2): 309–320.
Sun Ziming, Hong Yuantai, Zhang Tao. Strike-slip-thrust composite structures and its relationships to hydrocarbon in Hala'ate Mountains, Northern Xinjiang[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(2): 309–320.
- [10] 马晓鸣, 何登发, 吴晓智, 等. 前陆冲断带的后期演化: 负反转与再次冲断——以中国新疆和什托洛盖盆地为例[J]. 地质科学, 2010, 45(4): 1066–1077.
Ma Xiaoming, He Dengfa, Wu Xiaozhi, et al. The deuterio evolution of foreland thrust belt: Negative inversion and re-thrust, take Heshituoluogai Basin in Xinjiang as an example[J]. Chinese Journal of Geology, 2010, 45(4): 1066–1077.
- [11] 吴孔友, 查明, 钟建华. 准噶尔盆地超压系统分布及其演化[J]. 地质科学, 2006, 41(4): 636–647.
Wu Kongyou, Zha Ming, Zhong Jianhua. Distribution and evolution of overpressure systems in the Junggar Basin[J]. Chinese Journal of Geology (Scientia Geologica Sinica), 2006, 41(4): 636–647.
- [12] 冯建伟, 戴俊生, 刘巍, 等. 准噶尔盆地乌夏断裂带构造分区[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(4): 406–409.
Feng Jianwei, Dai Junsheng, Liu Wei, et al. Tectonic Units in Wuxia Fault Belt, Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(4): 406–409.
- [13] 雷振宇, 卞德智, 杜社宽, 等. 准噶尔盆地西北缘扇体形成特征及油气分布规律[J]. 石油学报, 2005, 26(1): 8–12.
Lei Zhengyu, Bian Dezhi, Du Shekuan, et al. Characteristics of fan forming and oil-gas distribution in west-north margin of Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 8–12.
- [14] 宋永东, 戴俊生, 吴孔友. 准噶尔盆地西北缘乌夏断裂带构造特征与油气成藏模式[J]. 西安石油大学学报, 2009, 24(3): 17–24.
Song Yongdong, Dai Junsheng, Wu Kongyou. Study on the structural features and hydrocarbon accumulation modes of Wuxia fault belt in the northwest margin of Junggar Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2009, 24(3): 17–24.
- [15] 许建东, 马宗晋, 曲国胜, 等. 准噶尔盆地西北缘盆山耦合关系研究[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2): 143–146.
Xü Jiandong, Ma Zongjin, Qu Guosheng, et al. Study on basin-range coupling along northwestern margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(2): 143–146.
- [16] 谭开俊, 张帆, 吴晓智, 等. 准噶尔盆地西北缘盆山耦合与油气成藏[J]. 天然气工业, 2008, 28(5): 10–13.
Tan Kaijun, Zhang Fan, 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.
- [17] 渠洪杰, 胡健民, 李玮, 等. 新疆和什托洛盖盆地早中生代沉积特征及构造演化[J]. 地质学报, 2008, 82(4): 441–450.
Qu Hongjie, Hu Jianmin, Li Wei, et al. The characteristics of sedimentation and tectonic evolution of Heshituoluogai Basin in Early Mesozoic, northwest Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(4): 441–450.
- [18] 李玮, 胡健民, 渠洪杰, 等. 新疆准噶尔盆地西北缘中生代盆地边界探讨[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2009, 39(5): 821–830.
Li Wei, Hu Jianmin, Qu Hongjie, et al. Discussion on Mesozoic Basin boundary of the northern Junggar Basin, Xinjiang[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2009, 39(5): 821–830.
- [19] 潘建国, 郝芳, 谭开俊, 等. 准噶尔盆地西北缘天然气特征及成藏规律[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(2): 20–23.
Pan Jianguo, Hao Fang, Tan Kaijun, et al. Characteristics of natural gas and rules of hydrocarbon accumulation in the northwest margin of Junggar Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2007, 29(2): 20–23.
- [20] 王惠民, 吴华, 靳涛, 等. 准噶尔盆地西北缘油气富集规律[J]. 新疆地质, 2005, 23(30): 278–282.
Wang Huimin, Wu Hua, Jin Tao, et al. Rule of hydrocarbons accumulation in the northwest edge of Junggar Basin[J]. Xinjiang Geology, 2005, 23(30): 278–282.
- [21] 瞿辉, 王社教. 玛湖—盆 1 井西凹陷二叠系含油气系统的形成与演化[J]. 中国石油勘探, 2000, 5(3): 89–97.
Qu Hui, Wang Shejiao. The formation and evolution of permian petroleum system in Mahu-West of Pen-1 Well Sag[J]. China Petroleum Exploration, 2000, 5(3): 89–97.
- [22] 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, Chen Xinfu, 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.
- [23] 何登发, 陈新发, 况军, 等. 准噶尔盆地石炭系油气成藏组合特征及勘探前景[J]. 石油学报, 2010, 31(1): 1–11.
He Dengfa, Chen Xinfu, Kuang Jun, et al. Characteris-

tics and exploration potential of carboniferous hydrocarbon plays in Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(1): 1-11.

- [24] 吴孔友. 准噶尔盆地乌夏地区油气输导体系与成藏模式[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2009, 31(5): 25-30.

Wu Kongyou. Oil-gas transporting system and the accumulation mode of Wuxia area in Junggar Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2009, 31(5): 25-30.

- [25] 王军, 戴俊生, 冯建伟, 等. 准噶尔盆地乌夏断裂带构造样式演化[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2009, 31(3): 29-33.

Wang Jun, Dai Junsheng, Feng Jianwei, et al. Tectonic style evolution of Wuxia fault zone in Junggar Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2009, 31(3): 29-33.

- [26] 周路, 汪长明, 雷德文, 等. 准噶尔盆地不同期次石炭系断裂特征及分布[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2009, 31(4): 1-9.

Zhou Lu, Wang Changming, Lei Dewen, et al. Different stages Carboniferous fracture characteristics and distribu-

tion of Junggar Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2009, 31(4): 1-9.

作者简介



胡 杨, 1983 年生, 男, 汉族, 湖南衡阳人, 博士, 主要从事盆地构造分析与油气地质综合研究。



夏 斌, 1959 年生, 男, 汉族, 江西吉安人, 研究员, 博士生导师, 主要从事构造地质与海洋油气、矿产资源研究。

编辑: 杜增利

编辑部网址: <http://www.swpuxb.com>