文章编号:1673-5005(2008)03-0023-07

准噶尔盆地乌夏断裂带构造演化及油气聚集

冯建伟[1], 戴俊生[1], 葛盛权[2]

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院,山东 东营 257061; 2. 中石油 塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:针对乌夏断裂带构造变形十分复杂,油气地质条件多变,油气成藏条件极不均衡,勘探程度尚低的状况,应用断层生长指数分析法和深层地震相分析法,对该地区进行了构造层和构造单元划分及变形特征、火山岩和油气生储盖组合分析。结果表明:乌夏断裂带具有多期叠瓦冲断和分段性构造特征,从石炭纪末洋壳俯冲结束、弧陆强烈碰撞造山活动后,经历了前陆盆地短期伸展火山活动、前陆盆地前展逆冲-断展褶皱、陆内坳陷后展逆冲-断展褶皱、陆内坳陷压张转换和整体抬升剥蚀 4 个演化阶段,各阶段有着不同的沉积特征,发育不同的沉积旋回。构造演化不仅控制着烃源岩的分布和油气生成,形成了多套断裂体系和地层不整合面,同时也控制着油气成藏期次和运聚过程。受构造演化的多旋回性及储盖组合的联合控制,乌夏断裂带共有 4 期油气充注过程,油气沿玛湖凹陷呈环带状分布。

关键词:乌夏断裂带; 构造演化; 断裂系统; 沉积特征; 油气聚集

中图分类号:P 542.2; TE 122.1 **文献标识码**:A

Structural evolution and pool-forming in Wuxia fault belt of Junggar Basin

FENG Jian-wei[1], DAI Jun-sheng[1], GE Sheng-quan[2]

(1. *Faculty of Geo-Resource and Information in China University of Petroleum, Dongying* 257061, *Shandong Province, China*; 2. *Tarim Oilfield Branch Company of PetroChina, Korla* 841000, *Xinjiang, China*)

Abstract: Aimed at complexed structural deformation, varied geologic conditions, disproportion petroleum accumulation conditions and low exploration degree, division of structural layers and structural units, deformation feature, volcanic events and oil-gas assemblage of Wuxia fault belt were analyzed by the analysis methods of growth index of reverse faults and seismic facies. The results show that Wuxia fault belt is characterized by multiphase imbricate-thrust and structural segmentation. After diving of oceanic crust, intense collision and orogenic process in late Carboniferous period, the belt experienced four evolution stages: momentary extend volcaniticy in weakly compressing foreland basin, revived advance fault-fold forland basin, regressive fault-fold inland depression basin, transformational compression-extension inland depression basin and denudation after unlift. The depositonal features of the belt and the dipositional cycles developed in each stage are different. Structural evolution not only controlled distribution of source rock and hydrocarbon generation, but also produced many sets of fault systems and unconformity surfaces to control pool-forming migration stages and accumulation. Controlled by the polycycle property of structural evolution and assemblage, Wuxia belt experienced four pool-forming periods, and the oil and gas circulated around Mahu depression.

Key words: Wuxia fault belt; structural evolution; fault system; depositional feature; petroleum accumulation

1 研究区地质概况

乌夏断裂带位于准噶尔盆地西北缘的东段,由哈拉阿拉特山推覆体组成,全长约 80 km,宽约 16 km,勘探面积约 1 000 km^2,狭义上属于准噶尔盆地西北缘与西准噶尔的交接带,从广义上来说属于哈萨克斯坦古地块、西伯利亚古地块及塔里木古地块的交汇部位。作为哈萨克斯坦古地块的一部分,乌

收稿日期:2007-12-28

基金项目:中石油总公司 2005—2009 年重点项目

作者简介:冯建伟(1979-),男(汉族),山东临朐人,博士研究生,主要从事地质资源勘查与地质工程研究。

万方数据

夏断裂带北西和北东两面被古生代缝合线和一系列压扭为主兼具走滑性质的深大断裂包围。晚石炭世以来,经历了海西、印支和燕山多期次不同构造体系的复合和叠加作用[1],研究区内构造变形十分复杂,油气地质条件多变,油气成藏条件各区极不均衡。由于以往的勘探程度和研究程度均较低(研究是以整个西北缘为背景),因此笔者对乌夏断裂带构造演化与油气聚集进行研究,有助于确定研究区及邻区不同阶段成盆作用及改造作用的动态过程,能更好地理解构造作用及其叠加关系对研究区油气生成、聚集、保存的影响,从动态演化的角度对油气勘探目标进行客观评价并提供充足的证据。

2　构造单元划分及变形特征

乌夏断裂带处于盆地的边缘位置,平面上呈弧状展布,由西向东,其走向由北东向变为东西向,围绕主断裂发育了许多与其平行或斜交的次级断裂[2],并彼此切割叠加。山前构造变形强烈,以侧向挤压作用形成的冲断推覆变形为主,中部广大地区则以继承性断褶变形为主,总体上具有明显的山前冲断带东西分区、南北分带的特点。因此,根据各地区的构造变形时期、变形样式、变形机制及地层展布不尽相同,可将乌夏断裂带划分为山前冲断带、乌夏断褶带、南部单斜带 3 个次级构造单元。由西向东将乌夏断褶带进一步划分为百乌断褶区、乌尔禾断褶区、乌夏冲断区、夏子街断褶区 4 个更次一级的构造单元(图 1)。

山前冲断带下部主要由一系列近东西向的逆冲断裂与所夹的石炭系和二叠系断块组成,这些逆冲断裂主要形成于三叠纪和侏罗纪早期,上部被侏罗系和白垩系覆盖。

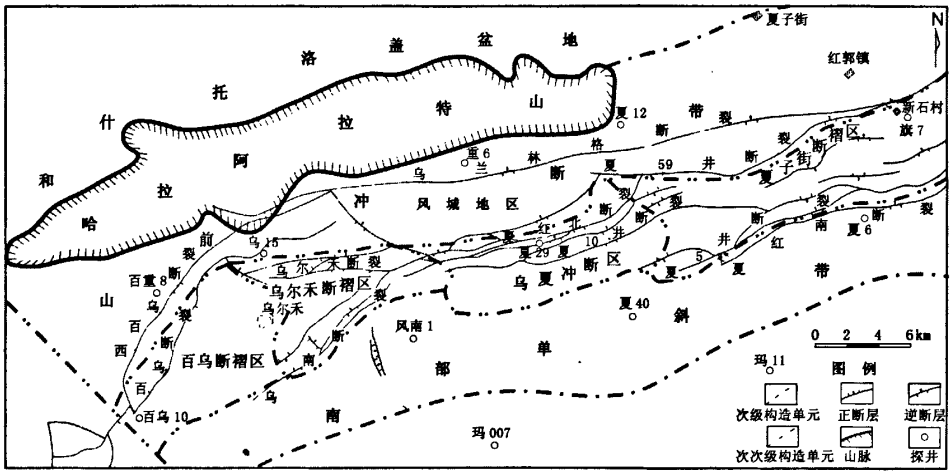


图 1　乌夏断裂带构造单元划分

乌夏断褶带主要由 4 条北东走向的断裂及其所控制的断展背斜组成。由西向东依次分布百乌断裂、乌南断裂、夏红北断裂、夏 10 井断裂、夏 5 井断裂。百乌断裂活动导致了西乌尔禾背斜的发育,乌南断裂活动导致了乌尔禾背斜的发育,风南断裂活动导致了风南断鼻的发育,夏 10 井断裂活动导致了乌南林格背斜的发育,夏 5 井断裂活动导致了夏子街背斜的发育。百乌断裂和西乌尔禾背斜组成百乌断褶区,乌南断裂、乌尔禾背斜、风南断裂和风南断鼻组成乌尔禾断褶区,夏 10 井断裂、乌南林格背斜、夏 5 井断裂和夏子街背斜组成夏子街断褶区。乌尔禾断褶区与夏子街断褶区之间没有褶皱故称为乌夏冲断区。这些断裂和背斜形成于中晚二叠世,三叠纪仍有较强的活动性,它们由北西向南东依次发育,属于前展式发育序列,断裂早期表现为顺层活动,晚期在前端向上穿层逆冲,形成断展背斜。

南部单斜带断裂较少,褶皱不发育,二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系整体向南倾斜,侏罗系和白垩系的倾角大于二叠系和三叠系的。

3　构造演化及沉积特征

准噶尔盆地具有双重基底的观点已经成为不争的事实,即盆地深部存在前寒武纪结晶基底,浅层发育古生代褶皱基底,整体上属于克拉通盆地[3]。但关于盆地西北缘曾经存在古准噶尔洋及洋壳的说法不一,主要存在海槽说、陆壳说及洋壳说,近几年来,

万方数据

洋壳说逐渐占了主导地位。洋壳说最有力的证据是盆地西北缘地区的蛇绿混杂体,大致沿达尔布特断裂带以北延伸,是迄今新疆境内规模最大的一条蛇绿岩带[4]。从蛇绿混杂体中存在的兰闪石、硬柱石和绿纤石等高压变质矿物组合,并结合晚石炭世太勒古拉组滑塌堆积岩发育状况,足可以断定石炭世曾有一次洋盆闭合、洋壳俯冲、削减的过程,而各蛇绿岩构造片岩之间叠覆作用说明发生过由北向南推覆挤压,即整个盆地西北缘在石炭纪已结束了活动的大陆边缘固有的弧盆体系阶段,进入了残留海盆阶段[5-6]。

中寒武世—早石炭世,准噶尔古地块的西北方向存在哈萨克斯坦古地块,北东方向有西伯利亚古地块,中间以西准噶尔洋相隔,准噶尔西北缘处于准噶尔古地块西北部的被动大陆边缘[3]。在早石炭世末期—晚石炭世,西准噶尔洋壳向哈萨克斯坦板块之下俯冲、消减,洋盆的完全闭合大约发生在晚石炭世之后或早二叠世之前,随后发生了陆陆碰撞,随即盆地西北缘地区隆起成陆。可见当时的挤压力方向为北西向。早石炭世,此地区沉积的一套海相、海-陆交互相浅变质岩层发生褶皱作用并形成推覆体,从而出现了强烈的碰撞造山运动,盆地西北部周边山系开始进入强烈增生期。

根据构造单元变形特征、不整合、沉积体系和区域地质资料分析,乌夏断裂带自石炭纪末期以来经历了晚海西运动、印支运动、燕山运动的继承发育,燕山末期最终覆盖定型,其构造格局的形成分为前陆盆地短期伸展火山活动阶段、前陆盆地前展逆冲-断展褶皱阶段、陆内坳陷后展逆冲-断展褶皱阶段和陆内坳陷压张转换阶段(图2)。

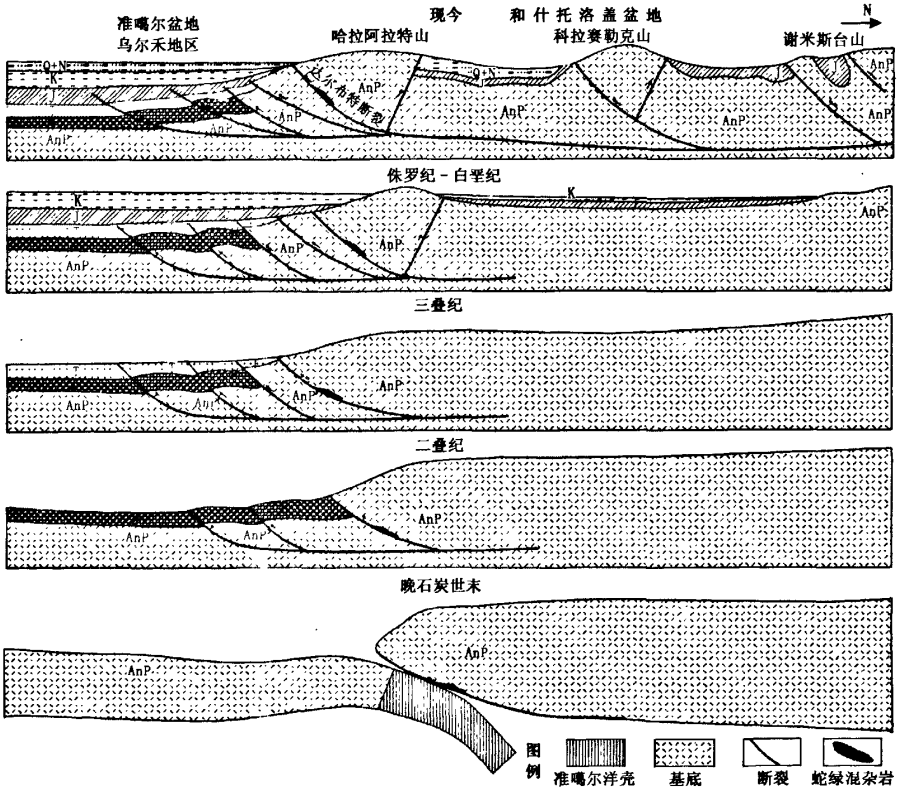


图2　乌夏断裂带及邻区原型盆地构造演化

3.1　前陆盆地短期伸展火山活动阶段(早二叠世)

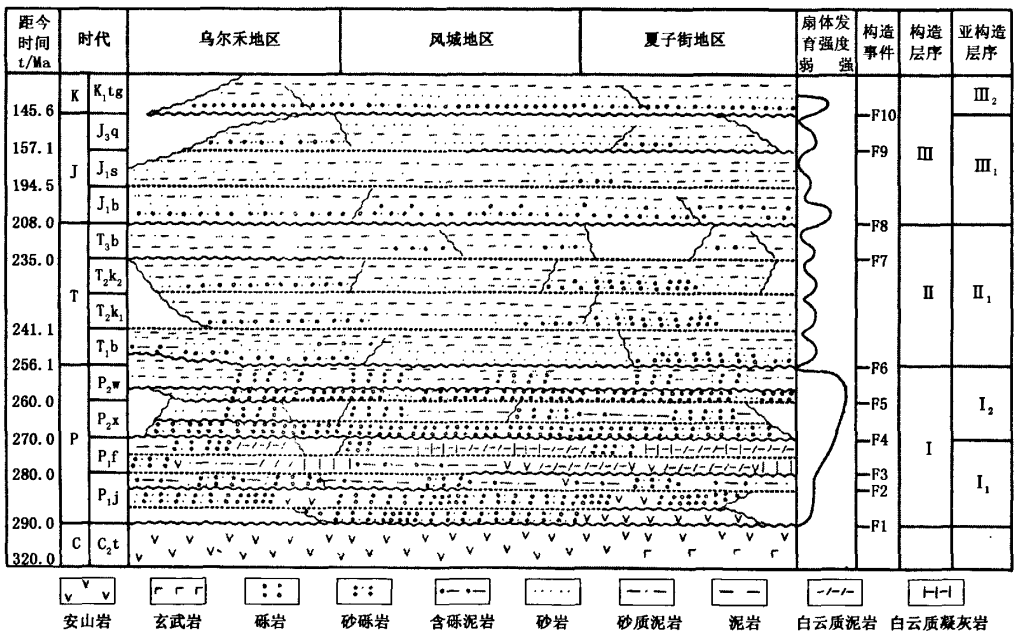
残留海盆的消失及石炭纪末海相地层的终结,都代表了准噶尔盆地西北缘全面结束了大洋的发展阶段,进入了陆陆作用阶段,但地壳深部的洋壳俯冲、削减运动仍在进行[4]。

早二叠世,研究区周缘已褶皱成山,推覆体形成,哈拉阿拉特山是当时推覆特征最明显的推覆构造之一,同时伴随较广泛的火山活动,南边玛湖地区稳定持续下沉,为当时的沉降中心之一,构造挤压力方向仍为北西向。不过,当时的哈拉阿拉特山只是

万方数据

最北面隆起的谢米斯台山在俯冲缝合线处的斜坡地带,不论从高度还是规模都比现今要大。经研究发现,乌夏断裂带在早二叠世发育了规模巨大、分布广泛且零星的陆相火山喷发岩,主要为流纹岩、安山岩、火山角砾岩、凝灰岩组合,且新疆北部二叠系的火山岩在 *DI*(*DI* 为全岩化学分析标准矿物)率曲线图上呈双峰式特点,这与代表强烈挤压环境下的单峰式特点明显不同,反而代表了一种伸展拉张环境下的火山喷发。对于早二叠世准噶尔盆地的性质历来就存在较大争议,笔者倾向于文献3的观点,认为同一盆地内部不同地区特别是处于盆地边缘的交接带构造性质具有不等时性和分区性,即一个地区还处在挤压环境下的时候,其他地区却处于拉张环境,火山岩序列就是最好的证据。因此,根据西北缘地区的火山岩 $w(^{143}Nd)/w(^{144}Nd)$ 现代测试值和初始比值都表现出亏损地幔的特征[3],反映了与盆地基底的同位素组成和地幔性质的不同亏损程度有关,从而认为晚石炭世—早二叠世表现为较强烈的陆内软碰撞变形特征,其后进入了短暂的松弛调整期。

佳木河期火山活动发育了4~6个喷发旋回,风城期火山活动也比较强烈,显示了其间歇性和幕式特点。其中佳木河组上亚组与下中、下亚组之间发育一明显的构造不整合面,在佳木河早中期火山作用占优势,且主要发育在风城地区东部和夏子街地区,说明当时构造活动西部强于东部,晚期以扇或扇三角洲相沉积体为主,构成一个由火山—火山碎屑岩和正常碎屑岩构成的复合岩相组合(图3)。风城期地层充填序列在风城地区为白云质砂岩、白云质砾岩、白云岩、白云质凝灰岩等,火山作用总体上逐渐减弱,正常碎屑岩的沉积作用总体上逐渐增强,反映了两者呈负相关的互为消长关系[2]。



C_2t - 上石炭统;P_1j - 佳木河组;P_1f - 风成组;P_2x - 夏子街组;P_2w - 下乌尔禾组;T_1b - 百口泉组;T_2k_1 - 下克拉玛依组;T_2k_2 - 上克拉玛依组;T_3b - 白碱滩组;J_1b - 八道湾组;J_1s - 三工河组;J_3q - 齐古组;K_1tg - 吐古鲁群

图3　乌夏断裂带扇体发育及构造层序划分

3.2　前陆盆地前展逆冲-断展褶皱阶段(中晚二叠世)

中晚二叠世,深部洋壳的潜在俯冲已趋于停止,岩浆活动逐渐停息,地壳趋于稳定[7],开始了稳定陆壳发展阶段。此时准噶尔盆地西北缘再次开始了以强烈挤压推覆为主的发展时期,前陆盆地持续发育直到鼎盛时期。此时乌夏断裂带的控盆断裂仍然是达尔布特断裂,造山带由北西向南东方向强烈挤压,盆地边缘褶皱山系持续向盆地内挤压推进,在达尔布特断裂前方依次发育了北东走向的百乌断裂、乌南断裂、夏10井断裂、夏5井断裂。这4条主要断裂属于前展式发育序列。这些断裂早期表现为顺层活动,晚期在前端向上穿层逆冲,形成断展背斜。二叠纪晚期挤压作用增强,断裂逆冲加剧,反冲断裂

万方数据

发育,背斜幅度增加,差异剥蚀作用明显,乌夏地区缺失上二叠统。由早至晚强烈的逆冲推覆活动由西向东逐步迁移,可以说经过佳木河期—风成期的松弛调整,夏子街期—下乌尔禾期幕式冲断推覆活动不断增强,至上乌尔禾期前陆盆地达到鼎盛时期,出现了完整的前陆盆地体系,并最终走向消亡。

根据断层生长指数的计算结果,研究区在中晚二叠世断层逆冲活动普遍具有同生性质。百乌断裂、夏红北断裂、乌兰林格断裂等一级控盆断裂重新开始活动,在当时物源供给丰富的情况下,在平面上控制形成了夏子街组由冲积扇—扇三角洲相—湖泊相的展布规律以及乌尔禾组扇三角洲相-滨浅湖亚相-半深湖亚相的沉积充填模式。两个模式总体上都为退积型沉积序列,岩性普遍较粗,主要为砾岩、砂砾岩、砂岩夹少量泥岩。在大型同生断裂的控制下,中晚二叠统沉积地层向前陆盆地沉积物之上逆掩,将前期形成的推覆体前缘断褶带掩覆,同时在其前缘又形成新的断褶带,致使前陆盆地的沉降中心向盆内迁移,总体上展现了一由弱到强的前展式冲断推覆模式。因此可以推断,早二叠世该区所处盆地的沉积边界要比晚二叠世大得多[1],当时的边界基本上近于现今哈拉阿拉特山南翼根部的位置,晚二叠世由于谢米斯台山南翼的大型推覆断裂持续向南逆冲推移,沉积边界向南退缩很大。

3.3 陆内坳陷后展逆冲断展褶皱阶段(三叠纪)

进入中生代,准噶尔盆地整体抬升,表现为统一的内陆坳陷盆地,以大型宽浅湖盆的发育为标志,但仍可见到完整的前陆盆地体系。三叠纪时期构造活动以印支运动为主,在本区盆地周边受南北向挤压和左旋构造应力场的影响,除了有明显的南北向挤压外,还表现为左旋剪切扭动作用[8]。这一时期,在乌夏地区形成了近东西走向的夏21井断裂、夏10井断裂西段、夏23井断裂、哈一井断裂、风16井断裂、乌兰林格断裂、乌兰林格北断裂等。这些断裂整体由南向北发育,属于后展式发育序列。与此同时,在南北向挤压作用下二叠纪活动的北东向断裂继续逆冲,背斜幅度进一步增大,反冲断层增多。三叠纪末,南北向挤压作用强烈,构造变形剧烈,谢米斯台山受重新活动的达尔布特断裂及所派生反冲断层的影响,发生压陷挠曲作用,斜坡地带继续隆起成孤立的推覆体,即现今的哈拉阿拉特山,同时发育的背斜顶部和山前地区遭受剥蚀严重,经此构造活动后二叠系和三叠系的构造变形基本定型。

三叠纪气候由干旱逐渐向潮湿转化,盆地整体进入沉降-抬升的振荡期,乌夏地区沉降中心已迁移至风城和夏子街一带,其中,夏子街地区的冲断推覆活动最强烈,活动的波动性最明显,活动延续时间最长,形成的扇体规模较大。在逐渐减弱的后展式逆冲推覆构造活动背景下,三叠纪沉积总体上表现为扇体由盆内向盆缘退覆的沉积响应,但也呈现出向前展逆冲活动转变的轻微波动。

3.4 陆内坳陷压张转换阶段(侏罗-白垩纪)

侏罗-白垩纪(燕山运动早中期),西北缘地区构造活动强度较石炭-二叠纪大为减弱,为陆内坳陷的填充消亡期,但在乌夏断裂带仍有继承性活动,东部山前地区逆断层活动较强,夏59井断裂形成于该时期。早侏罗—中侏罗世早期,西北缘处于构造活动的宁静期,除北部哈拉阿拉特山东倾部分仍处于较高地势外,全区稳定下沉,在原来的叠瓦冲断楔之上发育了稳定的楔顶沉积,具有超覆特征。侏罗纪晚期出现近东西向的伸展环境,近南北向的沥青村正断层等的发育说明了这一点。侏罗纪末,伴随着盆地区域性构造活动,乌夏断裂带北部推覆区断裂再次活化,并造成除斜坡区以外的其他褶皱区相对抬升,中、上侏罗统遭受不同程度剥蚀。

侏罗纪沉积时期,沉积充填经历了冲积扇—辫状河—辫状平原—三角洲—扇三角洲—湖相沉积的过程,大部分地区均为粗碎屑物覆盖,大片砾岩主要出现在风城、夏子街地区。

白垩纪沉积时期,构造活动较弱,即燕山晚期,盆地边缘缓慢隆升,遭受剥蚀,盆内相对下降,除工区西北部的哈拉阿拉特山主体仍有抬升活动外,乌夏断裂带区主体断裂和褶皱活动基本停止,构造运动主要表现为间歇性沉降活动,白垩系及后来的新生界平稳充填,由东南向西北依次低角度超覆沉积在下伏古构造背景上,地层南厚北薄并逐渐尖灭,至今仍保留着水平产状。

4 油气聚集规律

4.1 构造演化控制油气的生成及分布

晚海西运动、印支运动、燕山运动期,构造演化具有不均衡性和差异性。钻井及地化分析证实,盆地内发育了风成组、乌尔禾组和三工河组3套烃源岩,其中风成组为好的生油岩。根据流体包裹体的研究成果,处于冲断带前缘的乌夏断裂带,由于逆冲断裂的继承性和生长性,在二叠末强烈活动,逆掩推覆体的下伏烃源岩迅速成熟,但成熟度低,从而成藏期较早,大致在风城中晚期,后期构造作用导致了油气藏的再

万方数据

调整和再分配,形成了三叠纪末油气成藏期和早白垩纪成藏期,白垩系油气藏的形成有高成熟烃的注入。由于乌夏断裂带构造发育具有北早南晚的差异特点,且断褶带内具有属于风城组成熟阶段的油,而南部单斜带的高成熟油则来自玛湖凹陷的风成组、乌尔河组,在断褶带和山前冲断带内均未发现油气。这种烃源岩的分布格局决定了乌夏断裂带不同地区的成藏时期具有明显差异,同时也决定了由构造导致的油气藏的再调整也具有北早南晚的差异特征。因此,乌夏地区主要经历了4期油气充注过程,分别对应二叠纪末、三叠纪末、侏罗纪末和白垩纪晚期。

4.2 油气运移方向控制油气分布

各个构造演化阶段特别是在二叠纪末和三叠纪末形成了乌夏断裂带分布广泛的断裂、不整合面和渗透层,它们是油气的主要输导体系[9],并通过与扇体的有机结合成为油气运、聚、散的主控因素。深部断裂体系主要为一、二级断裂,主要发育在二叠系、三叠系内,乌夏断裂带油气以玛湖凹陷的风城组和乌尔禾组为烃源岩,沿着这些较大的逆断层进行运聚分配,沿二叠系、三叠系和侏罗系的不整合面侧向运移,主要聚集在三叠系、二叠系和侏罗系中(图4),其中三叠系、二叠系油藏主要在海西期末成藏,侏罗系油藏主要在喜山期成藏,之后又经历了进一步地调整和重新分配而形成现今的油气分布格局。浅部断裂体系主要为三、四级断裂,发育在侏罗系八道湾组以上层位,对油气起到垂向和侧向运移的作用,即使是头屯河组的稠油也是沿深部断裂进入八道湾组底部不整合再发生侧向运聚,同时对早期油气藏也具有破坏作用。最终受油气系统的控制形成了环玛湖凹陷最有利油气聚集区,油气呈环带状分布。

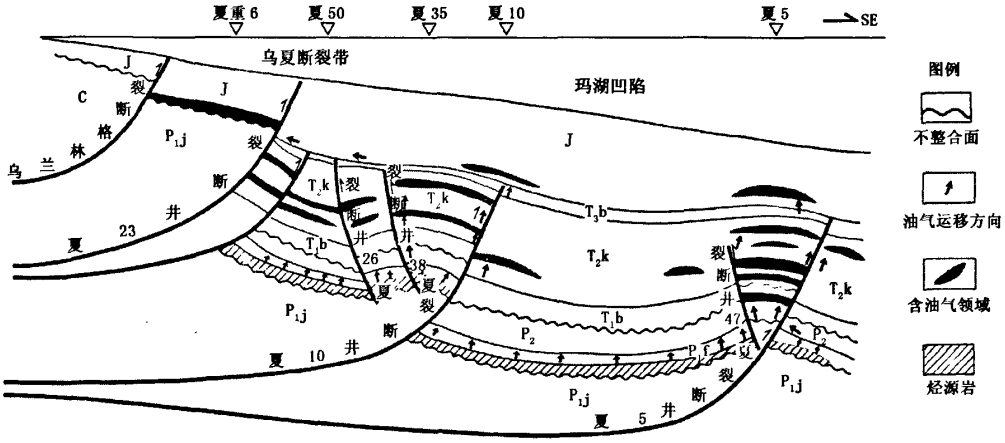


图4　乌夏地区主要含油气领域分布模式

4.3 储盖组合控制油气分布

二叠纪风成期,在洋壳闭合、板块碰撞后短暂松弛伸展环境下,乌夏地区发育了一套白云质砂岩、白云质砾岩、白云岩、白云质凝灰岩,只在夏子街夏202井等个别井区发育厚度不等的熔结角砾凝灰岩,为靠近火山口的沉积。储集类型以裂缝-孔隙型为主,储集空间多为晶间孔、溶蚀孔和裂缝,并向上逐渐变得不发育,可作为一套自生自储的含油气组合。同时,二叠系乌尔禾组、三叠系克拉玛依组、侏罗系八道湾组是乌夏断裂带甚至整个西北缘发育的储层。乌尔禾组油气储层为冲积扇相的砂质不等粒砾岩和含砾中粗砂岩,砾石含量一般为67%~91%,孔隙类型主要有粒间溶孔、粒间孔和界面缝;克拉玛依组油气藏为冲积扇相的砂砾岩和中粗砂岩,储集空间以粒间孔为主,次为粒间溶孔;八道湾组气藏储层为三角洲亚相中的河口坝、水下分流河道和三角洲前缘席状砂岩,储集空间以粒间孔为主。与此相匹配的区域性盖层为晚三叠世广泛湖侵时形成的三叠系上统白碱滩组的大套泥岩,厚度在80~350 m,以及侏罗纪最大范围湖侵时形成的下侏罗统三工河组上部泥岩,厚60~280 m,综合评价表明都为有效区域盖层。

5 结　论

(1)乌夏断裂带自石炭纪末期以来经历了晚海西运动、印支运动、燕山运动的继承发育,燕山末期最终覆盖定型。构造格局的形成分为前陆盆地短期伸展火山活动阶段、前陆盆地前展逆冲-断展褶皱阶段、陆内坳陷后展逆冲-断展褶皱阶段、陆内坳陷压张转换阶段。

(2)早二叠世,乌夏断裂带处于弱挤压夹短暂松

万方数据

弛伸展的构造环境,火山喷发岩广泛发育,具有间歇性和幕式特点,间歇期发育了扇-湖体系与火山岩体系互相叠置穿插,构成了早二叠统巨厚的沉积地层由盆内向山前迅速增厚,似棱柱状,其原型盆地受到达尔布特断裂的明显控制。

(3)不同的盆地类型控制发育了风成组、乌尔禾组和三工河组 3 套烃源岩。主力烃源岩为南部的玛湖凹陷内二叠系烃源岩,为好的生油岩,后主要经历了 4 期油气充注过程,分别对应二叠纪末、三叠纪末、侏罗纪末和白垩纪晚期。最终受油气系统控制形成了环玛湖凹陷最有利的油气聚集区,而且油气呈环带状分布。

参考文献:

[1] 蔚远江,何登发,雷振宇,等. 准噶尔盆地西北缘前陆冲断带二叠纪逆冲断裂活动的沉积响应[J]. 地质学报,2004,78(5):612-619.
WEI Yuan-jiang, HE Deng-fa, LEI Zhen-yu, et al. Sedimentary response to the activity of the Permian thrusting fault in the foreland thrust belt of the northwestern Junggar Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2004,78(5):612-619.

[2] 雷振宇,鲁兵,蔚远江,等. 准噶尔盆地西北缘构造演化与扇体形成和分布[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1):86-91.
LEI Zhen-yu, LU Bing, WEI Yuan-jiang, et al. Tectonic evolution and development and distribution of fans on northwestern edge of Junggar Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2005,26(1):86-91.

[3] 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):95-98.
HE Deng-fa, YIN Cheng, DU She-kuan, 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): 95-98.

[4] 朱宝清,冯益民. 新疆西准噶尔板块构造及演化[J]. 新疆地质,1994,12(2):95-104.
ZHU Bao-qing, FENG Yi-min. Plate tectonics and evolution in west Junggar of Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 1994,12(2):95-104.

[5] MITRAS, MOUNTVS. Foreland basement-involved structures [J]. AAPG Bulletin, 1998,82:48-52.

[6] COUZENS B A. The control of mechanical stratigraphy on the formation of triangle zones [J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1996,44(2):165-179.

[7] 陈新,卢复华,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):258-264.
CHEN Xin, LU Fu-hua, SHU Liang-shu, et al. Study on tectonic evolution of Junggar Basin[J]. Geoloeical Journal of China Universities, 2002,8(3):258-264.

[8] 陈业全,王伟锋. 准噶尔盆地构造演化与油气成藏特征[J]. 石油大学学报:自然科学版, 2004,28(3):5-7.
CHEN Ye-quan, WANG Wei-feng. Structural evolution and pool-forming in Junggar Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004,28(3):5-7.

[9] 鲁兵,徐可强. 准噶尔盆地断裂活动与油气运聚的关系[J]. 新疆石油地质,2003,24(6): 502-504.
LU Bing, XU Ke-qiang. Relationship between faulting activities and hydrocarbon migration/accumulation in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2003,24(6): 502-504.

(编辑　刘艳荣)

(上接第 22 页)

[13] 金之钧,谢方克. 中国典型含油气盆地地层压力分布特征[J]. 石油大学学报:自然科学版,2002,26(6):1-6.
JIN Zhi-jun, XIE Fang-ke. Distribution features of formation pressure in typical petroliferous basin of China[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2002,26(6):1-6.

[14] 张敏强. 莺歌海盆地底辟构造带天然气运聚特征[J]. 石油大学学报:自然科学版,2000,24(4):39-42.
ZHANG Min-qiang. Migration-accumulation characteristics of natural gas in the diaper structure belt of Yinggehai Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2000,24(4):39-42.

[15] 罗晓容,肖立新,李学义,等. 准噶尔盆地南缘中段异常压力分布及影响因素[J]. 地球科学,2004,29(4):404-412.
LUO Xiao-rong, XIAO Li-xin, LI Xue-yi, et al. Overpressure distribution and affecting factors in southern margin of Junggar Basin[J]. Earth Science, 2004,29(4):404-412.

[16] MATHIAS P M. A versatile phase equilibrium equation of state: industrial and engineering chemistry[J]. Process Design Development, 1983,22:385-391.

(编辑　刘艳荣)

万方数据