

文章编号:0253-9985(2008)04-0419-09

中国西部燕山运动及其对油气成藏的控制

何治亮,高山林

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:中国西部地区的燕山中期构造运动是一次重塑西部构造格局的构造运动。侏罗纪末期,隶属新特提斯洋的雅鲁藏布江大洋岩石圈向北俯冲,班公湖-怒江洋发生闭合,拉萨地块与羌塘地块碰撞拼合,北部的鄂霍茨克海此时也发生了闭合。区域性的远程构造挤压作用使中国西部古老缝合线及大型古老断裂复活,造山带快速隆升。在西部各盆地内则表现为部位各异、程度不同的白垩系与侏罗系之间的角度不整合,在盆地的边缘以及断裂发育部位形成新的构造,同时进一步改造已有的各类构造样式。从白垩纪(各地区时间稍有差异)开始,西部的盆-山格局进入了一个新的发展阶段。燕山期构造运动对油气藏形成、调整具有重要的意义:首先,对下伏多套源岩的成熟具有双重作用,在山前拗陷相对连续、快速的沉降区会加速成熟,而在多期隆升和低速沉降地区会延缓成熟,为喜马拉雅期油气藏的高效率形成提供了保障;其次,变形、隆升、风化、剥蚀及淋滤作用对不整合之下的多套储层的储集性能具有明显的改善,不整合之上的白垩系下部沉积了分布广泛的优质砂砾岩储层;第三,形成了大量的构造、岩性、地层不整合等多类型圈闭,加之古隆起和断裂带的背景,为多类型、多层系油气藏形成与富集奠定了基础。

关键词:不整合;盆-山耦合;油气成藏;燕山运动;中国西部

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

The Yanshanian movement and its control over hydrocarbon accumulation in western China

He Zhiliang, Gao Shanlin

(SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: The mid-Yanshan tectonic movement had rebuilt the tectonic framework in western China. At the end of Late Jurassic, the Yarlung-Tsangbo oceanic lithosphere of the Neo-Tethys subducted northward, Bangong Co-Nu Jiang ocean was closed, Lasha and Qiangtang blocks collided, and the Okhotsk sea in the north was also closed. The regional tectonic compression reactivated the ancient suture and large old faults and accelerated the uplifting of the Orogenic belt in western China. It also led to the formation of angular unconformities of various scopes and types between the Jurassic and Cretaceous in the western basins, the formation of new structures at the margins of the basin and along the faults, and further reconstruction of the existing structures. Accompanying with the movement, the basins in western China entered a new evolution stage since the Cretaceous (the timing might be a little bit different in different regions). The significances of Yanshan movement to hydrocarbon accumulation and reservoir readjustment include: (1) it exerted dual influences to the underlying source rocks through speeding up thermal evolution in the relatively continuous and rapid subsidence zones at piedmont and postponing the peak of hydrocarbon generation and expulsion in zones experienced multi-stage uplifting and slow subsidence, thus providing conditions for the highly effective hydrocarbon accumulation during the Himalayan period; (2) deformation, uplifting, weathering, erosion, and leaching greatly improved the poroperm characteristics

收稿日期:2008-03-10。

第一作者简介:何治亮(1963—),男,教授级高级工程师,石油地质与油气勘探规划。

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB422103);国家自然科学基金项目(40739904)。

of the reservoirs underlying the unconformities, and extensive glutenite reservoirs of high quality were deposited in the lower part of the Cretaceous above the unconformities; (3) the various types of traps in combination with the paleohighs and faulted zones laid down foundation for the formation of different types of hydrocarbon accumulations in various strata.

Key words: unconformity; basin-range coupling; hydrocarbon accumulation; Yanshanian movement; western China

燕山运动是翁文灏1926年首次提出的。他指出“遍及中国东部的前白垩纪地壳运动(九龙山砂岩和髻髻山之间的不整合),在北京西山发现,命名为燕山运动”^[1]。黄汲清(1960)重新厘定了燕山旋回有3幕重要的期次^[2]。任纪舜(1990)认为“燕山造山运动是中国东部显生宙以来影响最深远、压倒一切的一次构造运动。伴随特提斯-古太平洋封闭,东部地台间的造山带发生逆掩-叠覆,东部大陆地壳全面活化”^[3]。几位地质学家都认为在中国东部晚侏罗世基末里期或提唐期是燕山运动的主幕,代表东亚构造体制的转换^[4,5]。

中国西部燕山运动也逐渐被重视和研究^[6-11]。其主变形时间为侏罗纪末到白垩纪早期。燕山中期运动在中国西部形成了再生前陆盆地^[12],在盆地内形成了众多不整合,部分盆地改造强烈,对油气藏的形成、调整产生了重要的影响^[13,14]。

1 主要地质事件的表征

1.1 区域性地质事件

在早-中侏罗世班公湖-怒江洋进入扩张鼎盛时期^[15,16],受区域性的拉张构造作用,中国西部地区无论是大型的塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地,还是小型的敦煌盆地、潮水盆地、贺西盆地等,地震解释均表明存在着早-中侏罗世同沉积伸展或走滑作用,在众多盆地内零星见到了发育程度不同的伸展体制背景的火山岩^[17-19],还普遍沉积了一套暗色细粒湖沼相煤系地层,构成了这些盆地一套重要的烃源层。

晚侏罗世一早白垩世,在全球性的聚敛体制和随后的与新大洋体系形成有关的伸展体制下,西部地区南侧隶属新特提斯洋的雅鲁藏布江大洋岩石圈向北俯冲,班公湖-怒江洋发生闭合,拉萨地块与羌塘地块碰撞拼合^[20-23]。在班公湖-怒江

结合带以南的冈底斯北带,东西长度超过100 km的花岗岩带有I型英云闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩等。羌塘北部松西-胜利山一带的花岗闪长岩和黑云母二长花岗岩属高钾钙碱性岩石系列以及斑岩矿床,侵位年龄大致在170~100 Ma,是班公湖-怒江洋俯冲消减的产物。因此,班公湖-怒江洋闭合及拉萨地块与羌塘地块碰撞拼合的时间,可能自晚侏罗世开始,并持续至早白垩世末。冈底斯带中侏罗世及晚侏罗世一早白垩世的桑日群俯冲型火山岩系及冈底斯南带的俯冲型花岗岩类(127~70 Ma)表明,雅鲁藏布洋板块可能自早侏罗世后期开始向北俯冲于拉萨地块之下。

1.2 盆地地层发育特征与不整合

塔里木盆地下白垩统分布在库车-满加尔、塔西南、英吉苏和且末-若羌等地,塔中地区缺失下白垩统,孔雀河斜坡区由南向北白垩系角度不整合于侏罗系及基岩之上(图1),孔雀1、尉犁1井均缺失上侏罗统地层。盆地所有的白垩系底部地层与侏罗系及其以下地层主要为角度不整合接触,在 T_4^0 反射层之下的地层具明显削截现象,它是从中侏罗统杨叶组、克孜勒努尔组中上部到齐古组、库孜贡苏组顶的不等时面的综合反映。晚白垩世全盆地遭受剥蚀或沉积间断。

北疆及其相邻地区与南天山及塔里木地区一样,存在区域性燕山期不整合。准噶尔盆地腹部地区白垩系与侏罗系之间、中侏罗统头屯河组与西山窑组之间均为区域性削蚀不整合面,中侏罗统西山窑组与下侏罗统三工河组在局部地区也存在削蚀不整合特征。侏罗系头屯河组在腹部剥蚀厚度最大达260 m,西山窑组剥蚀量最大达340 m^[24]。白垩系吐谷鲁群与下伏地层呈超覆不整合接触(图2)。白垩纪的沉积范围、沉积中心与侏罗纪均有较大的差别,沉积基本覆盖全盆地。

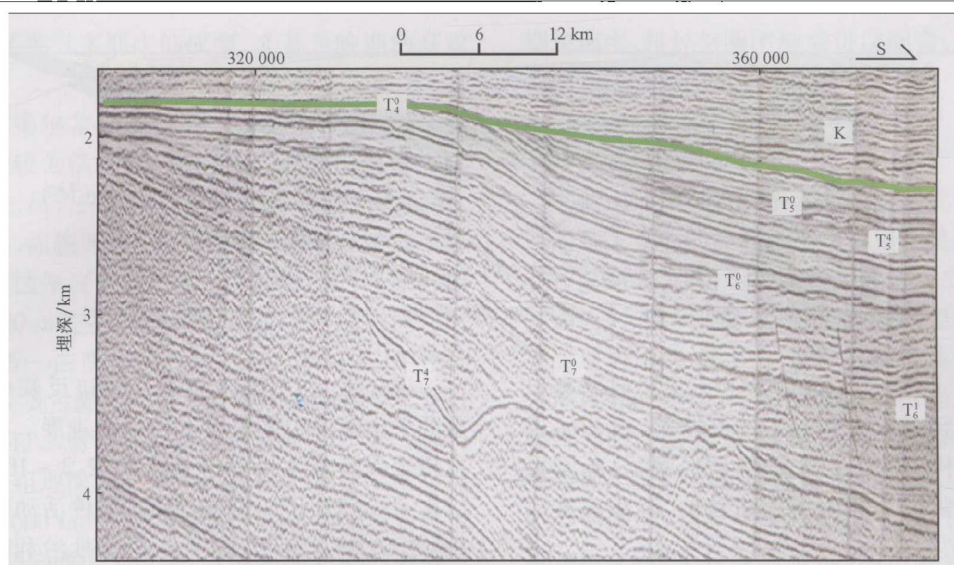


图1 孔雀河地区剖面示白垩-侏罗系不整合(下削上超)

Fig. 1 The Cretaceous-Jurassic unconformity in Kongquehe area of northeastern Tarim Basin, China

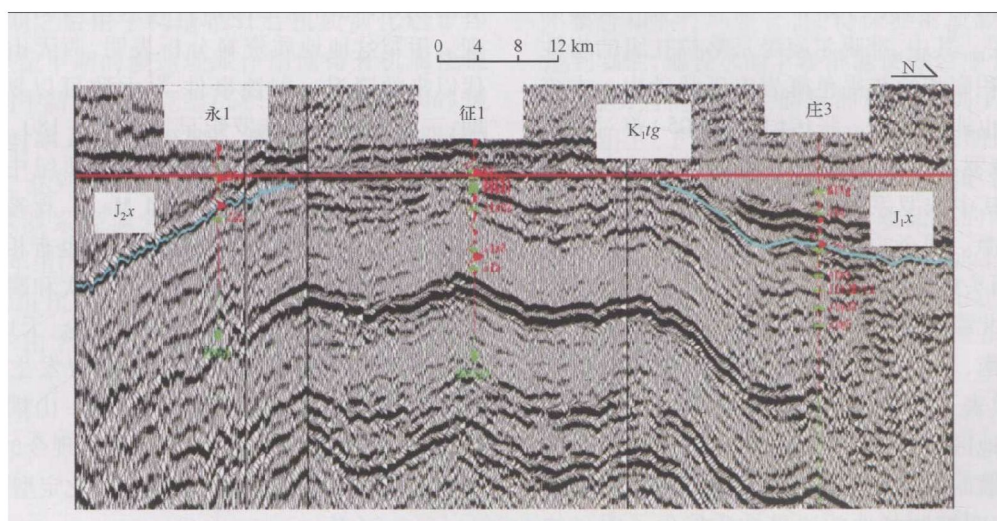


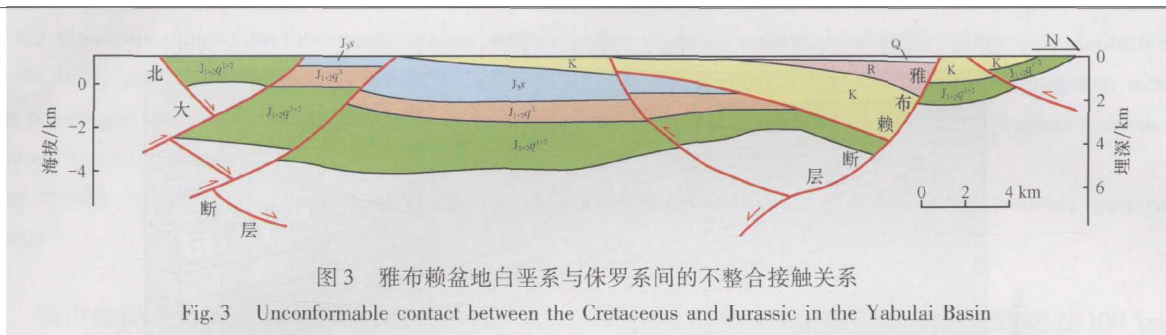
图2 准噶尔盆地腹部永1—征1—庄3井(层拉平)剖面示白垩-侏罗系不整合

Fig. 2 The Cretaceous-Jurassic unconformity on seismic section tied to Y1 - Z1 - Z3 wells in the hinterland of the Junggar Basin

伊犁地区上侏罗统地层发育范围有限,白垩系地层在全区很少发育,且与中侏罗统呈明显的角度不整合。吐哈盆地火焰山地区的喀拉扎组(J_3)与三十里大墩组(K_1)为不整合接触关系。焉耆盆地种马场构造带的西山窑组与第三系高角度不整合接触。柴达木盆地的下白垩统直接与三叠系接触或与中-下侏罗统接触。祁连-走廊地区的民和盆地、潮水盆地、敦煌盆地、雅布赖盆地(图3)等中-上侏罗统与白垩系、第三系以角度不整合接触。酒泉盆地白垩系赤金堡组底部与下伏地层

均为角度不整合接触。

区域地层对比表明,西部地区燕山运动主要有3幕:中侏罗世中期(如准噶尔盆地头屯河组与西山窑组之间)、侏罗纪与白垩纪之间及早白垩世末。其中,侏罗纪与白垩纪之间的燕山中期运动是最重要的一期,它强烈改造了侏罗系及以前的地层,导致了较大规模的隆升和剥蚀作用,在盆地边缘和内部分别形成了山前冲断体系和多个大型古隆起。特别是从晚侏罗世开始,西部一些大型断裂重新活动。如阿尔金断裂系的活动导致中国



西部地区东、西发生分异,车尔臣-星星峡断裂以东形成了隶属东北亚裂谷系的断陷群,沉积了以酒西盆地为代表的下白垩统优质烃源岩;断裂以西为弱挤压背景下的大型拗陷盆地,沉积建造以杂色碎屑岩为主。

1.3 沉积体系变化与山体隆升

在天山南、北麓均分布一套称之为“城墙砾岩”的地层。其中,准噶尔南缘是喀拉扎组的岩性为山前冲积扇相的灰褐色砾岩夹砾状砂岩。古流向的变化也非常明显。张传恒等(2005)曾对博格达南、北侏罗系和白垩系做了比较详细的古流向测量^[25],其中侏罗系中、下统既有南部物源,又有东北部物源。现今的博格达山主体地区为一相对汇水区,而头屯河组及白垩系的古流向变化较大,博格达山北缘为北北东-北北西向,而南缘的柴窝堡地区向南,表明此时准噶尔侏罗纪统一盆地开始解体,代表了博格达及整个天山山脉的隆升。

塔北地区侏罗-白垩系古流向也反映了侏罗系相对发散而白垩系及其以上地层为由北向南的古流向,表明控制盆地的边界性质发生了明显的变化。塔里木盆地塔西南、塔北地区的下白垩统主要为一套棕红色块状石英砂岩和石英质杂砂岩夹棕红色薄层砂质泥岩及不规则砾岩、砾状砂岩,底部为暗红色和灰绿色砾岩,厚度不等,不整合或假整合于不同时代的地层之上。塔北砂、砾岩中常见硬石膏胶结物,反映干热的气候条件。与沉积体系变化相对应,在天山南、北晚侏罗世一早白垩世早期,砂岩碎屑成分中的近源沉积岩岩屑和碳酸盐岩等沉积岩岩屑增加,中-高级变质岩岩屑也显著增加。重矿物含量的变化、碎屑岩风化指数的降低及砂岩 CaO 等地球化学成分的急剧变化等,都反映了盆缘沉积岩物源和深层变质岩的隆升、剥蚀作用,显示较强的盆-山分异作用^[26,27]。

近年来,利用磷灰石裂变径迹反映中生代以来的天山地区山体取得了长足的进展。博格达山自中生代晚侏罗世—白垩纪(152.3 ~ 106.3 Ma)以来至少经历了4期构造-热事件活动(152.3 ~ 106.3, 65, 44 ~ 24 和 13 Ma)^[28]。杜治利等(2007)也认为存在4期隆升^[29],时间是140, 96, 46 和 25 Ma,并提出约140 Ma起始的抬升具有南早北晚的差异,晚白垩世的抬升在天山两侧均有所体现。伊犁盆地地质资料分析表明,西天山自中生代以来的隆升-剥蚀事件^[30]大致可以划分出4期:三叠纪晚期—侏罗纪早期(220 ~ 180 Ma)、侏罗纪中-晚期(160 ~ 130 Ma)、白垩纪中-晚期(110 ~ 80 Ma)和晚新生代(24 Ma)。焉耆盆地中央隆起带及吐哈盆地山前带的研究也有相似的结论^[31]。地层接触关系、构造变形期次和磷灰石裂变径迹等均说明,西部新疆地区昆仑、天山、阿尔泰等多旋回的造山带在燕山中期曾发生快速隆升,南、北两侧远源碰撞效应下的盆-山耦合关系得以建立。大量事实表明,西部地区现今的盆-山格局是从燕山中期运动开始逐渐演化定型的。

2 燕山运动对油气成藏的控制作用

前人已经注意到,中国西部燕山运动对含油气盆地的形成和改造及油气藏基本要素(包括源岩和储-盖层等实体的形成及不整合面的发育等)的形成、早期油气藏的调整和破坏、新油气藏的形成都具有重要作用^[32-36]。

2.1 对生烃的控制作用

燕山运动隆升剥蚀和随后的差异升降作用,对于先前多套烃源岩的成熟具有双重作用。部分地区的后期快速沉降可以加速源岩的成熟,部分地区的持续隆升或缓慢沉降也可以延缓源岩的成

熟,控制了油气多期次的成藏,尤其是晚期的高效成藏。

在准噶尔盆地晚侏罗世—早白垩世,燕山期构造活动较为活跃,准噶尔盆地南部山前带沉降幅度加大,昌吉凹陷的二叠系烃源岩进入大量生、排烃时期,而腹部的车—莫古隆起南部至山前带东段整体剥蚀厚度小,侏罗系八道湾组的埋深可以达到2 000 m左右,也逐渐进入低熟—成熟演化时期,为侏罗—白垩纪形成构造圈闭(如彩16井构造)及车—莫古隆起南部岩性圈闭成藏提供了有效烃源(图4)。焉耆盆地到侏罗系沉积末期,焉参1井西山窑组埋深约1 900 m,博南1井西山窑组埋深大于2 000 m^[35],南部凹陷西山窑组生油岩已成熟,北部凹陷西山窑组中、下部生油岩中的大部分已成熟,从而构成了中生界原生气运聚子系统。在塔里木克拉苏构造带,侏罗系烃源岩在侏罗纪中期之后由于构造抬升有机质演化趋于停止,白垩纪早期的慢速埋藏作用使得有机质慢速演化,到中新统吉迪克组沉积初期(约15 Ma)镜质体反射率 R_o 达到0.8%,库车组沉积末期(约2 Ma) R_o 达到2.0%,现今 R_o 为2.0%~2.6%^[37]。因此,侏罗系烃源岩的主要生油期为古近纪末期—库车组沉积初期(24~4 Ma),主要生气期为吉迪克组沉积初期—库车组沉积末期(15~2 Ma)。由于该区圈闭的形成在晚喜马拉雅期,晚

期快速生、排烃与圈闭形成得以配套,形成了古近系膏盐层之下的大气田。

2.2 与储层的关系

燕山运动对前白垩系和白垩系优质储层的形成起到了重要的控制作用。塔里木盆地北部的雅克拉断凸区,燕山运动改造了元古界变质岩、震旦系白云岩、寒武—奥陶系碳酸盐岩及志留系—泥盆系碎屑岩储层,形成了非均质性很强但局部储集性能良好的储层,与超覆其上的白垩系泥岩构成特殊的储盖组合,是该区重要的勘探目的层。不整合面之上的凸起周缘地区,形成了一套上超型的砂岩储层,是雅克拉气田的主要产层。阿克库勒地区 T_4^0 面下侏罗系顶部砂岩、含砾砂岩,溶孔发育,孔隙度高达20%,属改造后的良好储层^[38]。

准噶尔盆地腹部燕山运动形成的区域性角度不整合和平行不整合,使得侏罗系顶部不同程度遭到剥蚀,地表水的下渗淋滤使砂岩中长石、岩屑被溶蚀,为优质次生储层的形成提供了基础。头屯河组上、下两期不整合面对储层长期进行改造,储层的储集物性得到很大改善。盆地腹部,在过去曾认为的不太可能出现有效储层的深度下,钻遇了多套较优质的砂岩储层。如征1井 J_2t 在4 790 m以下岩心平均孔隙度达到11.0%,渗透率达到 $2.7 \times 10^{-3} \mu m^2$;永1井 J_2x 在5 870 m以下

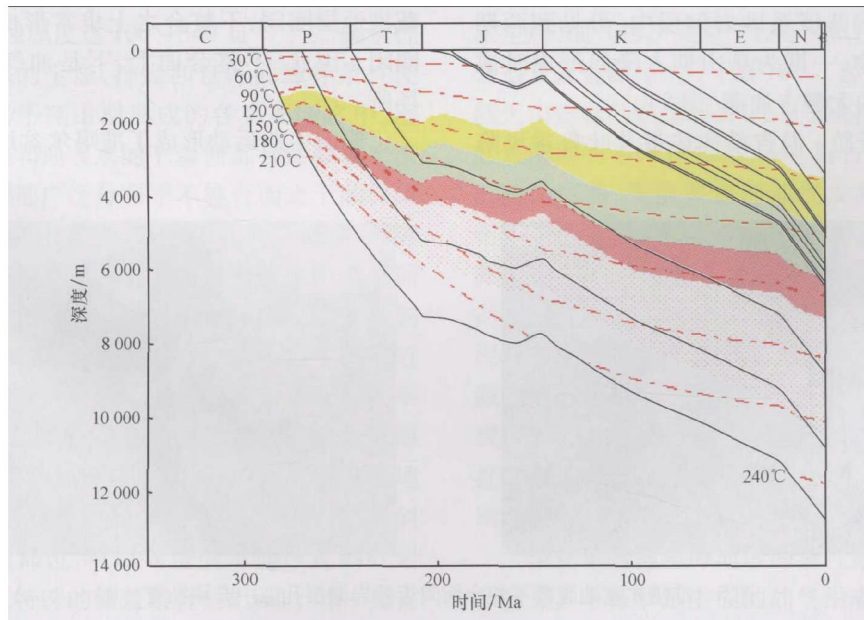


图4 永1井埋藏史、热史和成熟史模拟

Fig. 4 Simulating map showing the burial, geothermal, and maturation history of Well Y1

岩心平均孔隙度达到 9.2%, 渗透率达到 $1.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。这样大的深度下较好储层的发育与次生溶孔关系密切。在盆地中北部, 石西、石南、莫北等继承性古隆起分布区的西山窑组顶部不整合的发育也使该组储集物性得以明显改善, 形成了众多大、中型油气藏。白垩系底砾岩一般难以形成良好的储层, 但在高位域发育的砂岩仍旧可以作为良好的储集体。这在石东 2、石南 1 区以及车-莫隆起区永 1、永 6 及庄 4 井均有例证。中部 1 区块的储层孔隙度可发育在 10% 以上, 其中庄 4 井孔隙度可达到 20%。

2.3 对圈闭形成及成藏的控制作用

2.3.1 构造圈闭的形成与油气成藏

燕山中期构造运动形成的区域性的压扭应力场, 导致了西部盆地不同部位风格迥异的构造变形, 形成了丰富的构造样式, 为构造圈闭、构造-岩性和构造-地层复合圈闭的形成奠定了基础。

准噶尔盆地的卡因迪克构造形成时间早, 白垩系以上地层厚度没有受到构造变形的影响, 显示其构造主要形成于燕山期。车-莫古隆起从中-晚侏罗世形成以来, 一直到新近系沙湾组沉积末, 长期具有背斜或者鼻状构造形态。北东向的古隆起是油气“沿梁”运移的通道, 有利于较大规模的油气聚集成藏, 为油气有利指向区。在车-莫古隆起及两侧的侏罗系砂岩储层中, 可见到两期油气充注的产物, 一期为燕山期古隆起形成时成藏后又被破坏的大型古油藏(图 5)。

吐哈盆地丘陵-温吉桑构造带及吐鲁番坳陷

西部的胜南-葡北带、红台-疙瘩台构造带、胜北构造带及红南-连木沁构造带上发育的燕山期古构造, 是目前的主要勘探区。在柴达木盆地, 晚侏罗世-白垩纪的挤压反转期对柴北缘地区影响较大, 马海和平台等边缘古隆起形成锥形, 冷湖 5 号和南八仙等深层构造也于此时开始形成。这些古构造在后期的演化中成为重要的含油构造。

塔里木盆地孔雀河地区发育优质的寒武一中、下奥陶统烃源岩。加里东晚期, 由于晚奥陶世的快速沉降与充填, 源岩进入主生油期, 并形成了以塔东 2 为代表的一批古油藏。海西晚期-印支期, 由于阿尔金地体的侧向拼贴挤压, 孔雀河地区发生构造变形和强烈的隆升剥蚀, 早期形成的油藏曾被改造。侏罗纪, 下古生界源岩和古油藏深埋, 随之形成的油气藏又被燕山中期运动改造破坏。晚燕山-喜马拉雅期, 随着侏罗系及以前地层被再次深埋, 早期油藏或古油藏中的原油裂解, 发生从油向气的转化, 并混合侏罗系生成的少量油气, 同时聚集于燕山中期形成的断背斜、断鼻和断块圈闭之中, 如英南 2 和孔雀 1 油气藏(图 6)。

2.3.2 与不整合有关的圈闭的形成与油气成藏

不整合面既可作为油气运移的通道, 又可作为遮挡界面。不整合之下常常形成规模不等的削截型地层圈闭, 不整合之上也常形成超覆型地层圈闭。因此, 不整合面上、下是油气成藏的有利场所。

燕山中期运动形成了准噶尔盆地侏罗系与白

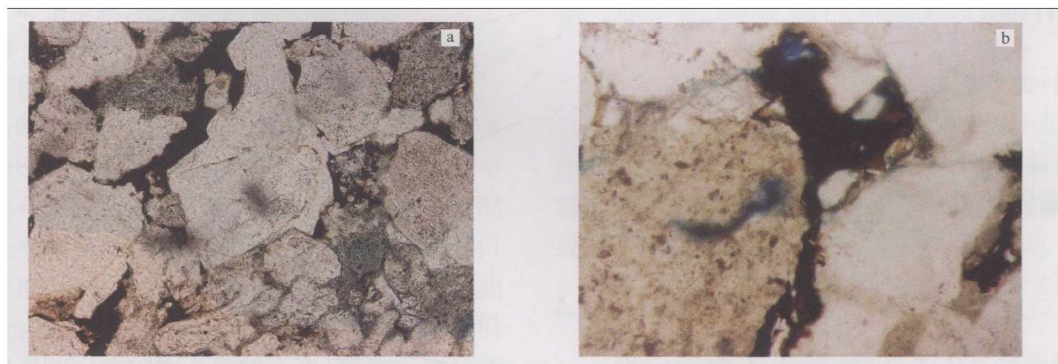


图 5 准噶尔盆地腹部不整合面附近砂岩储层孔隙中充填沥青

Fig. 5 Asphalt filling the pore space of sandstone near the unconformity in the hinterland of the Junggar Basin

a. 永 1 井, 5 877.65 m, J_2x , 沥青充填粒间孔隙, 铸体薄片, 10 倍; b. 永 2 井, 5 969.52 m, J_2x , 沥青充填, 铸体薄片, 10 倍

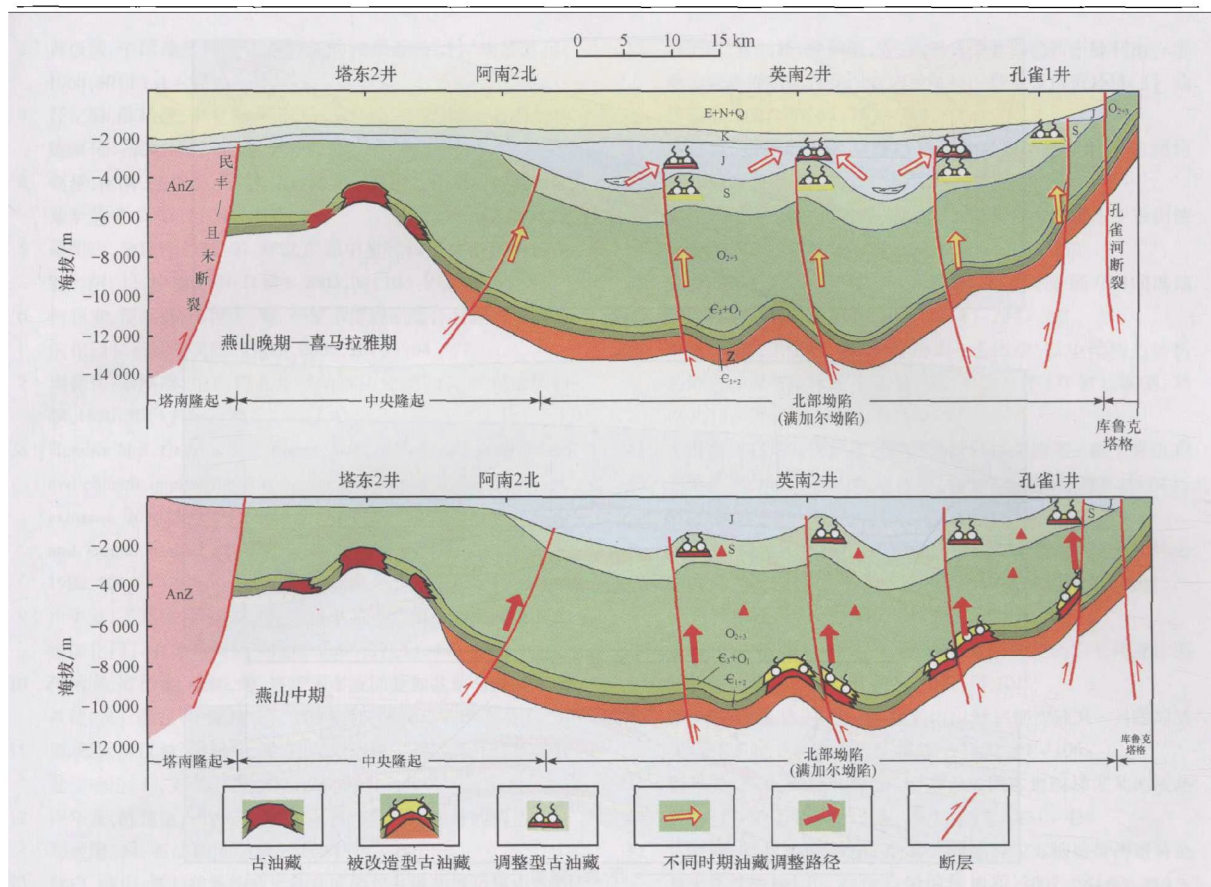


图6 塔里木盆地孔雀河地区油气动态成藏模式

Fig. 6 Dynamic hydrocarbon accumulation model for the Kongquehe area in northeastern Tarim Basin, China

界系之间的区域性角度不整合, 沉积间断时限达 4 ~ 10 Ma, 剥蚀厚度达 100 ~ 340 m^[24]。二叠系优质烃源大规模的生烃、排烃和良好的输导条件使油气广泛聚集于燕山期形成的各类圈闭之中, 随后的隆升剥蚀和地表水的下渗使部分油藏被水洗氧化。盆地腹部广泛分布于不整合面之下的侏罗系各组砂层中的孔隙沥青, 即为本期先成藏、后破坏的产物。长期的暴露溶蚀, 使不整合面之下的侏罗系砂岩中的易溶矿物被溶解, 形成了大量的次生溶孔, 改善了准噶尔盆地腹部不整合面附近侏罗系储层的物性条件。经过长期的风化和夷平作用后, 盆地腹部形成了一层风化壳。风化壳厚度变化较大, 部分地区展布范围较广, 经后期深埋压实, 成为性能良好的局部盖层; 在古隆起和古斜坡等有利构造部位, 可以与遭受淋滤改造的砂岩储层一起构成特殊的储盖组合(图 7a)。车-莫古隆起轴部和南翼的征 1 井和永 1 井, 在风化粘土层之下分别发现了典型的地层削截型油气藏^[39]。

燕山晚期—喜马拉雅早期, 持续深埋使二叠系再次生烃, 油气再次聚集于以车-莫古隆起为代表的构造及复合圈闭之中(图 7b)。喜马拉雅晚期, 伴随天山山脉的快速隆升, 山前坳陷快速沉降, 盆地变成南倾的不对称形态, 车-莫古隆起变成北缓南陡的挠曲, 先前聚集的油气发生大规模调整; 车-莫古隆起南翼以地层削截型油气藏为主, 北翼为调整的残余岩性及复合型油气藏; 部分油气向上穿过不整合面及白垩系“底块砂岩”进入砂、泥岩互层段, 形成规模不等的上倾尖灭型油气藏, 更多的油气则沿着侏罗系三工河组厚层砂岩或白垩系底砂岩顺“构造脊”向北运移, 形成了一批大型构造及复合油藏, 如石西、石南和陆梁油田(图 7c)。

柴达木盆地马海地区的油气藏也与断褶不整合有关。下侏罗系生成的油气沿着白垩系或古近系底不整合面向上倾方向运移, 最后沿断层垂向运移到上部的圈闭内聚集成藏。

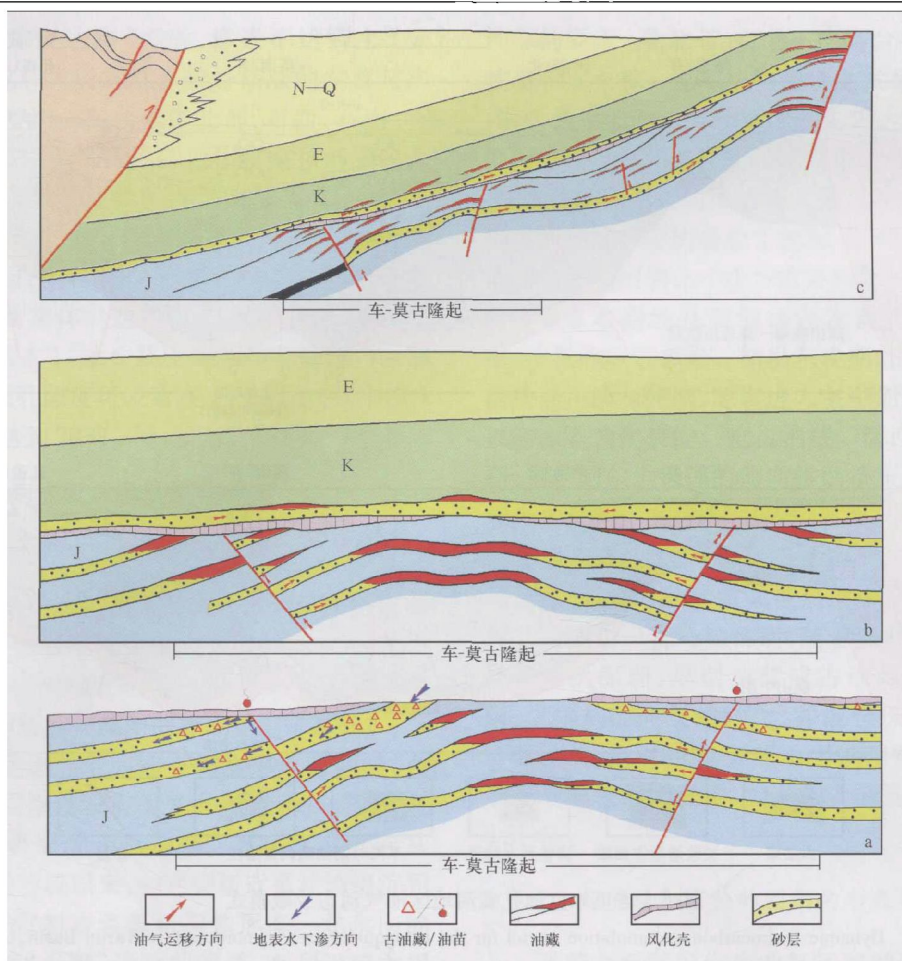


图7 准噶尔盆地车-莫古隆起油气成藏与调整示意图

Fig. 7 Sketch map showing the hydrocarbon accumulation and adjustment of the Che-Mo Palaeo-uplift in the Junggar Basin

3 结论

1) 中国西部地区的燕山中期构造运动是一次重塑西部构造格局的构造运动。区域性的远程构造挤压作用使古老缝合线及古老大型断裂复活,造山带隆升。从白垩纪(各地区时间稍有差异)开始,西部的盆-山格局进入了一个新的发展阶段。

2) 燕山中期运动在各个盆地内表现为部位各异、程度不同的白垩系与侏罗系之间的角度不整合,在盆地内部形成了多个古隆起,盆地的边缘以及断裂发育部位形成新的构造,并改造已有的各类构造样式。

3) 燕山运动对下伏多套源岩的成熟具有双重作用,在山前拗陷相对连续、快速的沉降区会加

速成熟,而在多期隆升和低速沉降地区会延缓成熟,为喜马拉雅期高效率的油气成藏提供了保障。

4) 燕山运动导致的变形、隆升、风化、剥蚀及淋滤作用对不整合之下的多套储层的储集性能具有明显的改善作用,不整合之上的白垩系下部沉积了分布广泛的优质砂砾岩储层。

5) 燕山运动形成了大量的构造、岩性、地层不整合等多类型圈闭,是中国西部一个重要的成藏与调整破坏期。长期发育的古隆起和断裂带的背景,为多类型、多层系油气藏多期形成与富集奠定了基础。

致谢:文中使用了中国石化石油勘探开发研究院西部分院的部分成果,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 翁文灏. 中国东部中生代以来之地壳运动及火山活动[J]. 中国地质学会志, 1927, 6(1), 9~36

- 2 黄汲清. 中国地质构造基本特征的初步总结[J]. 地质学报, 1960, 40(1): 1~37
- 3 任纪舜, 陈廷愚, 牛宝贵, 等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 90~91
- 4 赵越, 徐刚, 张拴宏, 等. 燕山运动与东亚构造体制的转变[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 319~328
- 5 翟明国, 朱日祥, 刘建明. 华北东部中生代构造体制转折的关键时限[J]. 中国科学(D辑), 2003, 33(10): 913~920
- 6 何登发, 贾承造, 李德生, 等. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(1): 64~77
- 7 周良仁, 蔡厚维. 中国西北地区的燕山运动[J]. 西北地质科学, 1990, 30(1): 64~78
- 8 Hendrix M S, Graham S A, Carrol A R, et al. Sedimentary record and climatic implication of recurrent deformation of the Tian Shan: evidence from Mesozoic strata of the north Tarim, south Junggar and Turpan basins[J]. Geological Society of America Bulletin, 1992, 104: 53~79
- 9 卢华复, 王胜利, 罗俊成, 等. 塔里木盆地东部断裂系统及其构造演化[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 433~441
- 10 何治亮, 罗传容, 龚铭, 等. 塔里木多旋回叠合盆地与复式成藏系统[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001. 5~17
- 11 贾承造, 陈汉林, 杨树锋, 等. 库车坳陷晚白垩世隆升过程及其地质响应[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 1~14
- 12 卢华复, 陈楚铭, 刘志宏, 等. 库车再生前陆逆冲带的构造特征与成因[J]. 石油学报, 2000, 21(3): 19~24
- 13 赵白. 燕山、喜马拉雅构造运动在准噶尔盆地油气运聚中的作用[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(5): 465~490
- 14 贾承造, 魏国齐, 李木亮. 中国中西部燕山期构造特征及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(1): 9~15
- 15 曲晓明, 辛洪波. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. 地质通报, 2006, 5(7): 792~799
- 16 陈奇, 谢琳, 肖志坚. 青藏高原西部班公湖蛇绿混杂岩带的基本特征与构造演化[J]. 华东理工大学学报, 2007, 30(2): 107~112
- 17 张志诚, 郭召杰, 韩作振. 敦煌盆地中侏罗世火山岩的地球化学特征及其地质意义[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1998, 34(1): 72~79
- 18 崔俊, 陈登钱, 姚熙海. 柴达木冷湖地区侏罗纪火山活动浅析[J]. 青海石油, 2004, 22(1): 17~20
- 19 罗金海, 车自成, 周新源, 等. 塔里木盆地西部中生代早期伸展作用的辉绿岩证据[J]. 中国地质, 2006, 33(3): 566~571
- 20 王根厚, 梁定益, 张维杰, 等. 藏东北构造古地理特征及冈瓦纳北界的时空转换[J]. 地质通报, 2007, 26(8): 921~928
- 21 卢书伟, 任建德, 白国典, 等. 西藏尼玛县南部中晚侏罗世松木果组过铝花岗岩带的发现及其意义[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 332~339
- 22 钟华明, 童劲松, 鲁如魁, 等. 西藏日土北部松西—胜利山一带燕山期高钾钙碱性花岗岩的地球化学特征及构造环境[J]. 地质通报, 2007, 26(6): 730~738
- 23 史仁灯. 班公湖 SSZ 型蛇绿岩年龄对班—怒洋时限的制约[J]. 科学通报, 2007, 52(1): 223~227
- 24 周路, 郑金云, 雷德文, 等. 准噶尔盆地车莫古隆起侏罗系剥蚀厚度恢复[J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 243~252
- 25 张传恒, 刘典波, 张传林, 等. 新疆博格达山初始隆升时间的地层学标定[J]. 地学前缘, 2005, 12(1): 294~302
- 26 李忠, 郭宏, 王道轩, 等. 库车坳陷—天山中、新生代构造转折的砂岩碎屑与地球化学记录[J]. 中国科学(D辑), 2005, 35(1): 15~28
- 27 方世虎, 郭召杰, 贾承造, 等. 准噶尔盆地南缘中—新生界沉积物重矿物分析与盆地格局演化[J]. 地质科学, 2006, 41(4): 648~662
- 28 沈传波, 梅廉夫, 刘麟, 等. 新疆博格达山新生代隆升—热历史的裂变径迹记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(3): 87~92
- 29 杜治利, 王清晨. 中新生代天山地区隆升历史的裂变径迹证据[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1081~1101
- 30 陈正乐, 万景林, 刘健, 等. 西天山山脉多期次隆升—剥露的裂变径迹证据[J]. 地球学报, 2006, 27(2): 97~106
- 31 柳益群, 吴涛. 新疆吐鲁番—哈密盆地的古地温梯度及地质热历史[J]. 中国科学(D辑), 1997, 27(5): 431~436
- 32 雷刚林, 谢会文, 张敬洲, 等. 库车坳陷克拉苏构造带构造特征及天然气勘探[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(6): 816~820, 835
- 33 丁道桂, 刘伟新, 崔可锐, 等. 塔里木中—新生代前陆盆地构造分析与油气领域[J]. 石油实验地质, 1997, 19(2): 97~107
- 34 何光玉, 卢华复, 李树新. 库车盆地秋里塔格构造带构造圈闭及油气勘探方向[J]. 地质科学, 2003, 38(4): 506~513
- 35 姚亚明, 刘沁阳, 何明喜, 等. 焉耆盆地博湖坳陷油气成藏的主控因素及成藏模式[J]. 新疆石油天然气, 2005, 1(3): 1~6
- 36 李平平, 邹华耀, 郝芳. 准噶尔盆地腹部侏罗系顶部风化壳的发育机制及其油气成藏效应[J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 889~895
- 37 万桂梅, 汤良杰, 金文正, 等. 库车坳陷西部构造圈闭形成期与烃源岩生烃期匹配关系探讨[J]. 地质学报, 2007, 81(2): 187~196
- 38 李洪铎, 艾华国. 不整合面上下部的储盖组合——塔里木盆地油气成藏的关键因素[J]. 中国西部油气地质, 2006, 2(4): 390~394
- 39 洪太元, 蔡希源, 何治亮, 等. 准噶尔盆地腹部白垩系底部不整合的控油作用[J]. 新疆地质, 2007, 25(1): 87~91

(编辑 李 军)