

文章编号:0253-9985(2007)06-0821-07

库车前陆盆地古隆起及双超压体系 对天然气成藏的控制作用

孙冬胜¹, 金之钧¹, 吕修祥², 杨明慧²

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油大学, 北京 102249)

摘要:通过地层接触关系、沉积特征及地震反射特征等,在库车前陆盆地识别出6个燕山期古隆起及1个古近纪末的低幅度背斜构造。认为燕山末期的古隆起控油,古近纪末期的低幅度构造聚气,新近纪末期的冲断背斜圈闭富气,说明前陆盆地的古隆起与克拉通盆地的古隆起对油气分布具有同样的控制作用。划分出库车前陆盆地纵向上2个超压体系,认为深部超压体系的形成与快速埋藏条件下的大量生烃有关,而上部超压体系是后期构造侧向挤压的结果。古隆起聚集了大量早期生成的天然气,在形成深部超压体系的同时,也决定了新近纪冲断背斜发育的位置,进而也决定了现今天然气藏的分布。

关键词:古隆起;双超压体系;构造挤压;成藏序列;天然气;库车前陆盆地

中图分类号:TE122.1 **文献标识码:**A

Controlling effects of palaeouplifts and dual overpressure systems on gas accumulation in the Kuqa foreland basin

Sun Dongsheng¹, Jin Zhijun¹, Lü Xiuxiang², Yang Minghui²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;

2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Six palaeouplifts of the Yanshan period and one anticline of low amplitude at the end of the Paleogene were identified in the Kuqa foreland basin according to strata contact relations, sedimentary characteristics, and seismic reflectance signatures. This paper concludes that the palaeouplifts at the end of the Yanshan period controlled oil accumulation, the anticline of low amplitude at the end of the Paleogene controlled gas accumulation, and the thrust anticline trap at the end of the Neogene was rich of gas. The conclusion suggests that palaeouplifts of foreland basin had a similar controlling effect on hydrocarbon distribution as that of palaeouplifts in craton basin. Two vertical overpressure systems were identified in the Kuqa foreland basin. The deep overpressure system was caused by the generation of a large amount of hydrocarbons under conditions of fast burial, while the shallow overpressure system was the result of a late lateral tectonic compression. A large amount of earlier-generated gas were accumulated in the palaeouplifts, leading to the formation of the deep overpressure systems. The palaeouplifts determined the location of the Neogene thrust anticline and thus the distribution of present gas reservoirs.

Key words: palaeouplift; dual overpressure system; structural compression; hydrocarbon accumulation sequence; natural gas; Kuqa foreland basin

库车前陆盆地位于塔里木盆地北部,中、新生代地层发育齐全,自下而上分布有三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系及第四系。盆地构造

变形具有南北分带、东西分块、上下分层的特点^[1]。由北向南,地表构造单元可以划分为四带三凹,4个正向构造带自北而南:北部单斜带、克拉

收稿日期:2007-09-15。

第一作者简介:孙冬胜(1964—),男,高级工程师,油气地质。

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2001BA605-02-03-04)。

苏-依奇克里克构造带、秋里塔格构造带及南部平缓背斜带,构造变形强度逐渐减弱,构造样式由南天山造山带的厚皮构造转变为薄皮滑覆构造。横向上喀拉玉尔衮及依西-新河变换断裂带将盆地划分为东部阳霞凹陷、中部拜城凹陷及西部乌什凹陷3个凹陷。纵向上,深部叠瓦冲断构造、断弯构造发育,而上部为山前冲断构造诱发的古、新近系盐岩的重力滑覆构造^[2],以断展、混生及断滑褶皱发育为主,构造变形时序具有由北向南依次变新的特点^[3]。

盆地内主要烃源岩为三叠系及侏罗系泥质岩及煤系地层,源岩分布广、厚度大、有机质丰度高、演化程度高,类型主要为Ⅲ型干酪根,气源条件十分优越^[4,5]。天然气主要分布在克依构造带和秋里塔格构造带白垩系和古近系砂岩中。

1 古隆起对油气控制作用

克拉通盆地的勘探实践表明,古隆起是油气运聚的主要场所。那么前陆盆地是否存在古隆起?如果存在,又如何分布并控制油气运聚?

1.1 古隆起识别

前陆盆地由于其挠曲形的剖面结构以及多期构造变形、剥蚀作用等,使对盆地中古隆起的确认造成一定的难度。笔者在区域构造背景分析的基

础上,结合地层接触关系、沉积特征及地震反射特征等,在库车前陆盆地识别出6个以燕山期为主的古隆起及一个古近纪末的古构造^[1](图1):轮台断隆、却勒塔格、大北-吐北、克拉苏、依奇克里克及吐格尔明古隆起、东秋5-迪那低幅度背斜构造。

轮台断隆构造带是塔北残余古隆起上的一个次级构造单元,其雏形发育于中-晚奥陶世,经历了加里东、海西及燕山期的持续隆升,早白垩世被覆沉积了厚层河流相沉积;却勒塔格古隆起处于轮台断隆构造带的西端,是温宿凸起的东延,燕山末期轮台断隆差异隆升,却勒塔格及以西地区抬升幅度大,形成了却勒塔格古隆起。但却勒塔格古隆起北部叠置了新近纪的褶冲构造,也就是西秋里塔格构造叠置在了古隆起北部;大北-吐北、克拉苏、依奇克里克及吐格尔明古隆起均形成于燕山末期。大北-吐北及克拉苏古隆起上,古近系库木格列姆组不整合沉积于下白垩统巴什基奇克组不同层段之上。依奇克里克古隆起上,古近系库姆格列木组不整合覆盖在下白垩统舒善河组之上。吐格尔明古隆起上地层接触关系比较复杂,古隆起南侧,古近系苏维依组直接覆盖在中侏罗统恰克马克组之上,而北侧是苏维依组覆盖在下白垩统舒善河组之上;利用新近系吉迪克组底砂岩厚度分布特征,识别出东秋5-迪那低幅度背斜构造。

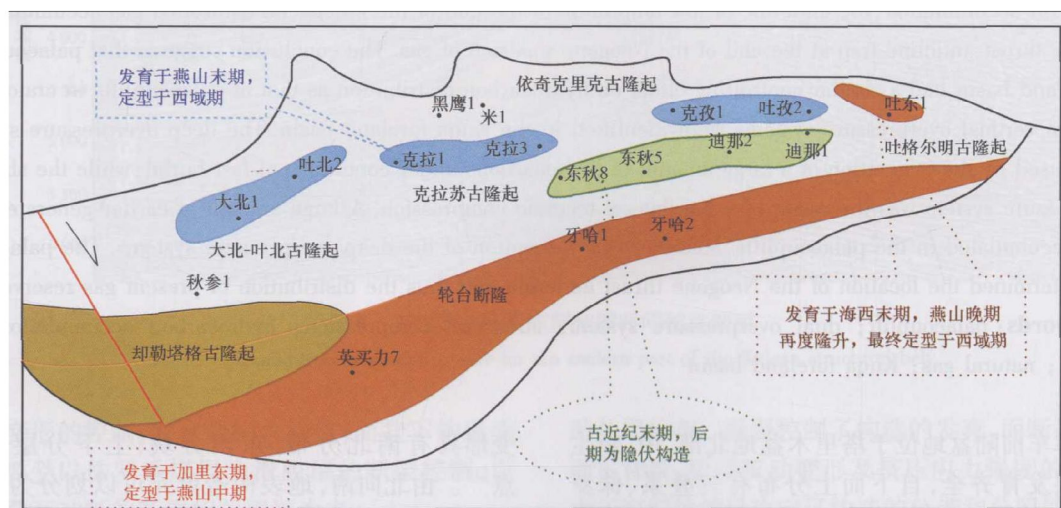


图1 燕山末期古隆起及古近纪末期低幅度背斜构造示意图

Fig. 1 Sketch map showing the palaeouplifts at the end of the Yanshanian and the low-amplitude anticlines at the end of the Paleogene

目前确认的几个古隆起中,轮台断隆带及其之上的却勒塔格古隆起发育时间最早,持续时间长。其次是吐格尔明古隆起,发育于海西运动末期,最终定型于西域期。依齐克里克、大北-吐北及克拉苏古隆起发育于燕山末期,这3个古隆起最终定型于西域期;东秋5-迪那低幅度背斜发育时间最晚,是早喜马拉雅末期构造活动的结果,但喜马拉雅晚期的构造活动使其成为隐伏构造。

1.2 古隆起聚油气的实例

前陆盆地中的古隆起同克拉通盆地中的古隆起一样,对油气的运聚及成藏具有重要的控制作用。主要体现在古隆起上发育良好的储层,且储层物性优越,更重要的古隆起是油气运移的指向区,聚集了大量早期形成的油气,对后期冲断活动形成的盐下圈闭构造的油气调整富集起到关键作用。

1.2.1 燕山末期的古隆起控油

区内大规模的石油生成阶段是燕山末期到古近纪,所以燕山末期的古隆起对黑油聚集有重要意义。如却勒古隆起上的却勒1黑油油藏、羊塔5油藏及羊塔1油气藏。轮台断隆上的牙哈、英买7及提尔根构造都有黑油聚集。大北-吐北古隆起及克拉苏古隆起也有黑油聚集,但后期遭受破坏,白垩系及古近系储层有大量沥青,克拉3古近系仍有轻质油油藏。依齐克里克古隆起上的依矿即残留油藏,依南2井侏罗系也有黑油聚集。

1.2.2 古近纪末期的低幅度隆起聚气

中生界源岩的生气高峰在中新世及以后,所以古近纪末期及以前形成的古隆起对天然气的聚集是有效的。虽然这些古隆起的幅度有限,但面积较大,有利于天然气的大面积聚集。由于古隆起上聚集的天然气主要储集在中生代地层里,形成自生自储型油气藏。随着天然气的大量生成,在源岩及储层中产生异常超压,天然气主要以水溶相或油气水混相形式存在,在后期构造活动引发的泄压过程在箱内及箱外成藏,决定了天然气的幕式成藏。

1.2.3 新近纪末期的构造富气(再富集或调整型气藏)

新近纪末期强烈的挤压冲断作用具有由北向

南逐步发育的过程,而古隆起的位置决定新近纪末期冲断背斜发育的位置。古隆起都存在深部异常压力,异常压力的存在减弱了岩层间的摩擦力,有利于产生层间滑动,更重要的是在古隆起高点容易产生水力破裂,进而导致油气向上部新形成的圈闭聚集,产生的断裂则是油气运移的最佳通道。

从油气成藏角度来看,也正是新近纪构造活动在破坏深部超压体系的同时,也进行一系列的天然气成藏作用。断裂活动使深部具有异常压力的流体封存箱破裂,天然气以混相方式涌出,并在盐下常压环境发生脱溶析出,在新形成的盐下冲断背斜构造聚集成藏(图2)。所以,新近纪末期形成的构造是再富集或调整型天然气聚集的构造部位,日前发现的克拉2、迪那2、吐孜1气田等均属于此类型。

现今的克-依及秋里塔格褶皱构造带都是叠置在早期古隆起上的地表构造,从而破坏了古隆起的面貌,并掩盖了古隆起的控油气意义,使人们将现今的油气藏与源岩直接联系,忽视了油气初期聚集的中间关键环节。

2 双超压体系

自克拉2大气田发现之后,异常超压成因成为一个争论焦点,主要观点有欠压实成因、构造挤压与抬升、构造挤压与强充气作用、强充气作用

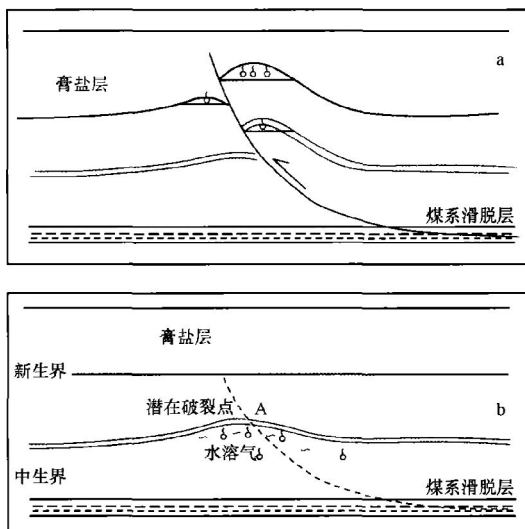


图2 古隆起决定新近纪冲断背斜发生的部位及天然气的成藏位置

Fig. 2 Palaeouplifts controlling the locations of the Neogene thrust anticlines and gas reservoirs

等^[6-8]。实际上,库车前陆盆地纵向存在两个超压体系,平面及纵向上的分布不同,异常压力的主导因素及天然气成藏特征并不相同^[1,9-16]。

库车前陆盆地有深部及上部两个超压体系^[9-11],深部超压体系是指以烃源岩为中心及邻近同一沉积体系中涵盖储层在内的超压体,超压的形成与快速深埋背景的天然气的大量生成密切相关。深部超压体系分布及异常压力的大小与源岩分布区及生气强度有内在的联系^[1]。天然气地球化学指标表明,气藏之间天然气的组分、干燥系数、碳同位素等存在显著差异^[12,13],表现出明显的阶段捕集、多期成藏的特点,暗示深部存在一个“超压流体包”,它总在间歇性的向外“泄气”。这个“超压流体包”就是深部超压体系中一系列聚气的流体封存单元或封存箱,钻至中生界的依南2、依南4、吐孜2、吐孜3井等揭示中生界与新生界具有不同的压力体系,如吐孜2井侏罗系压力系数在1.5~1.9,而古、新近系压力系数小于1.5。事实上,库车前陆盆地中生界源岩与白垩系及新生界储层之间垂向相距2 000~4 500 m,且侏罗系上部及白垩系为大套泥岩,这就决定了油气不可能以常规的成藏方式向上运移及聚集,而必须具有异常高压以及由此决定的断裂活动,方可形成有效的输导体系,突破源岩与圈闭之间的封隔层。

上部超压体系分布在深部超压体系的上方,自身不具备油气生成的条件,其顶板通常为古、新近系膏泥盐层,底板往往利用深部超压体系的顶板(图3)。在膏泥盐层封盖之下的圈闭,聚集了从深部超压体系中泄漏的油气,这些油气藏在早期具有常压特点,而在后期构造进一步挤压时形成异常压力体系。

从地层水水型分析,目前揭示的两个超压体系的地层水截然不同,上部超压体系为 NaHCO_3 或 MgCl_2 型,地层水矿化度普遍高,一般大于100 g/L, pH值总体以弱碱性为主,而深部超压体系为 CaCl_2 型,地层水矿化度普遍低,一般小于30 g/L, pH值总体以弱酸性为主。反映两个超压体系分割性较强,流体交换不畅,也导致两个超压体系储层的物性普遍较差。

3 双超压体系天然气成藏机理

两个超压体系具有不同的成藏模式,由于深

部超压体系的形成过程与天然气的生成相伴,同时也决定了天然气主要以水溶相形式存在。李梅等在研究库车前陆盆地的天然气地球化学特征时,发现许多基本地球化学指标互相矛盾,也得出库车冲断带天然气具有深埋水溶气的特点^[12,13]。张水昌等(2003)提出的天然气“甲烷化”成藏模式也是基于深部天然气主要以水溶气的形式存在。深部超压体系中发现的天然气藏,在位置上有一个重要的现象,即天然气藏赋存在断层附近的圈闭(图4),或者后期构造隆升部位的圈闭,依南2气田为其典型成藏模式。表明深部超压体系天然气成藏条件是原有温压系统的破坏,也就是只有在构造抬升区或断裂作用下,造成水溶相天然气的脱溶析出,才能满足此条件。

上部超压体系具有常压成藏特点,当深部超压体系内的油气以混相涌流方式沿裂缝或断层突破封盖层进入常压系统后,则发生脱气并聚集成藏,天然气成藏符合一般油气成藏的特点,仅仅是在后期持续的构造挤压过程,使其具有异常的压力。上部超压体系多呈条带状沿山前断裂带展布。目前发现的克拉2气田、迪那2气田及吐孜气田等都是上部超压体系中的油气藏。

以上分析表明,前陆盆地双超压体系天然气成藏各具特色。深部超压体系的压力结构虽然对天然气成藏要求严格,但对天然气保存及再次转移富集提供了良好条件。正是由于深部超压体系的存在,大量早期生成的天然气才能得到及时的保存,避免了过早的散失,这对于圈闭形成相对较晚的库车前陆盆地尤显重要。

古隆起在大规模聚气的同时,也是深部超压体系的形成过程。这些古隆起往往也是后期逆冲断裂及断层相关褶皱发育的位置,如大北-吐北古隆起上的吐孜玛扎背斜、克拉苏古隆起上的喀桑托开背斜、依奇克里克古隆起上的依奇克里克背斜及吐格尔明古隆起的吐格尔明背斜等。这些逆冲断裂在形成圈闭的同时,也沟通了深部超压体系中的气源,天然气优先聚集在背斜圈闭构造中,形成常压气藏。喜马拉雅末期或西域期构造进一步挤压使其具有异常的压力,形成上部超压体系。因此,深部超压为油气运移提供了动力,也有助于逆冲推覆构造的发育及圈闭形成。

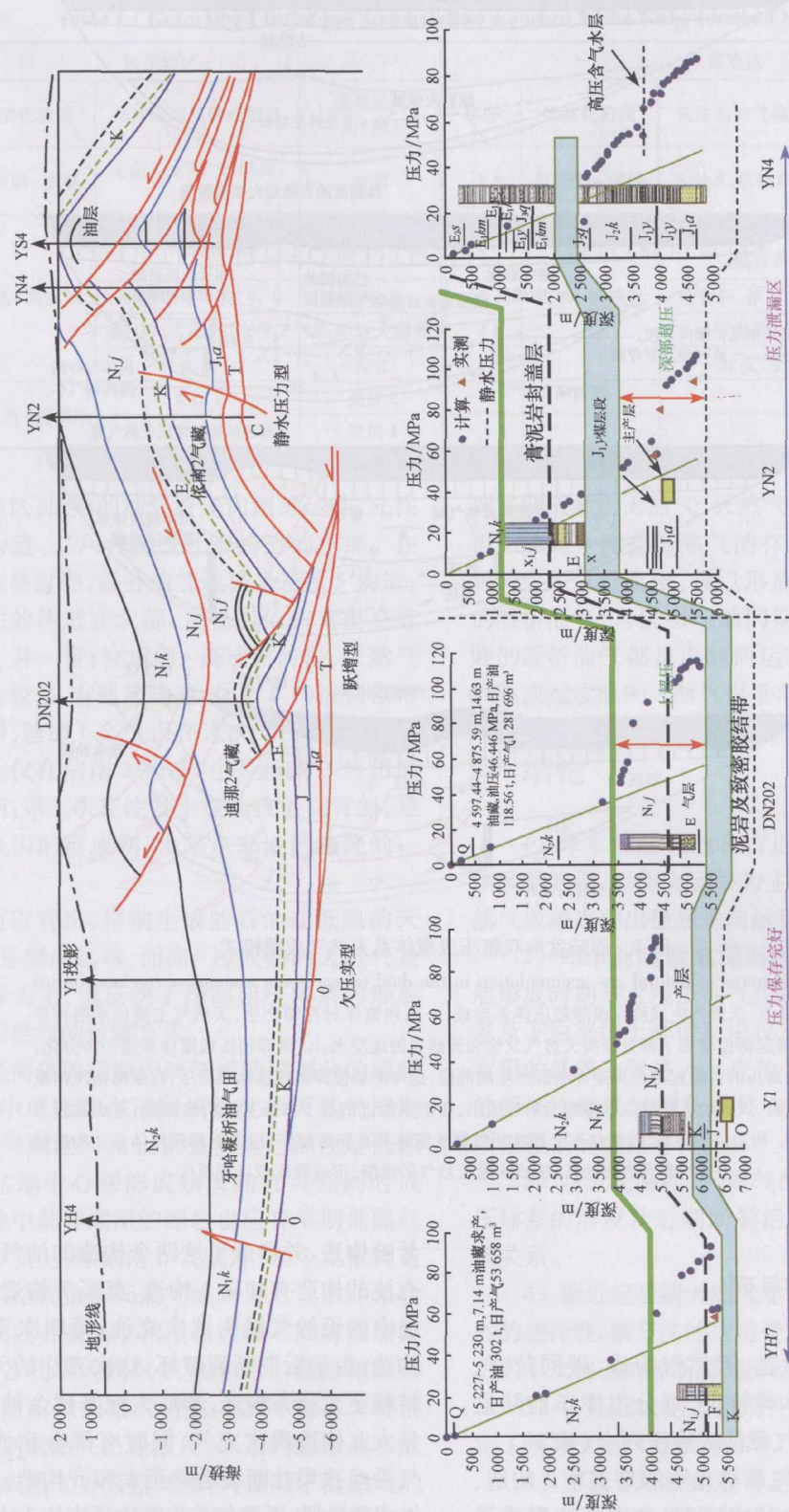


图 3 依奇克里克背斜至牙哈构造带的构造、油气藏及压力剖面

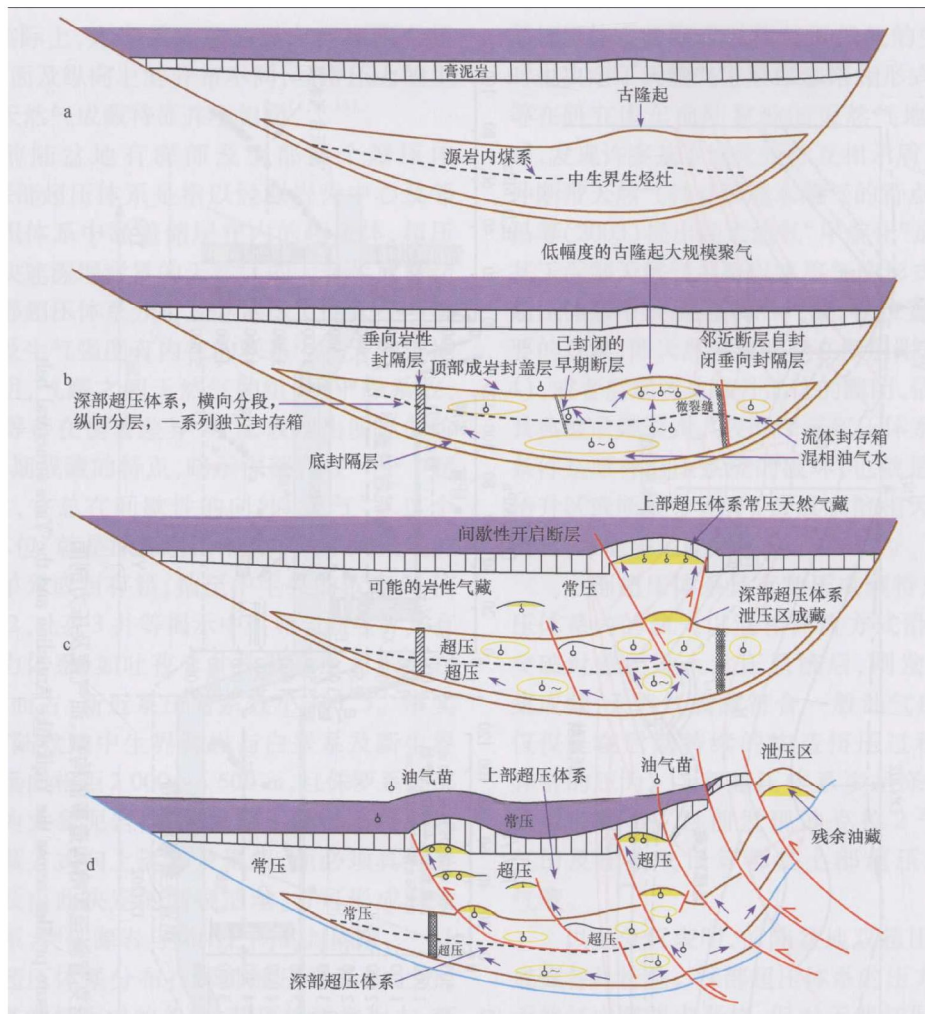


图4 前陆盆地双超压成藏体系天然气成藏模式

Fig. 4 Patterns of natural gas accumulation in the dual overpressure systems of foreland basins

a. 模式图; b. 天然气生成阶段深部超压体系形成, 一系列流体封存箱产生, 天然气主要以水溶相存在, 在古隆起部位聚集了部分烃类天然气及饱和天然气的地层水; c. 深部超压成藏体系进一步分化, 具有异常高压的古隆起部位是逆冲断裂产生的部位, 逆冲断裂使深部超压体系泄压, 在深部超压体系成藏的同时, 大量的天然气以水溶相沿断裂涌出, 在断裂附近的盐下常压系统析出成藏, 形成常压天然气藏; d. 构造进一步挤压, 使盐下上部常压气藏或流体具有异常超压, 形成上部超压体系。构造抬升与膏泥岩剥蚀区, 造成大量天然气的泄漏, 形成泄压或半泄压区

4 天然气成藏序列

依据油气赋存状态、天然气组成、碳同位素、成熟度及流体包裹体等特征, 划分出库车前陆盆地东、西部地区天然气藏的成藏序列^[1](表1)。

西部地区, 天然气最早充注的是玉东2构造、红旗构造及牙哈构造的中西部, 这次充注形成了红旗构造的凝析油气藏; 第二次为羊塔克构造及

牙哈构造, 并形成了这两个构造的油气藏; 第三次充注的构造有却勒1构造、英买7构造, 却勒1构造中的天然气就为这次充注; 第四次充注的大北构造, 由于后期断裂破坏, 这次充注的天然气向上转移至大宛齐构造, 形成大宛齐残余油藏; 第五次是大北构造再次充气, 同时有部分高成熟的天然气沿吐孜玛扎断裂运移至大宛齐构造; 至高成熟—过成熟阶段, 天然气首先充注了克拉2构造, 最后充注克拉3构造, 形成了克拉2大气田及克拉3气田。

表 1 库车前陆盆地天然气成藏序列

Table 1 Generalized list of gas accumulation sequence in the Kuqa foreland basin

西部地区				东部地区			
顺序	热演化阶段	充注的油气藏或层系	典型油气田(藏)	顺序	热演化阶段	充注的油气藏或层系	典型油气田(藏)
1	低成熟-成熟	玉东 2、牙哈、羊塔克、红旗	红旗	1	低成熟-成熟	东秋 5、东秋 8、牙哈 4	提尔根
2	成熟-高成熟	牙哈、羊塔克	羊塔克、牙哈	2	成熟-高成熟	东秋 8、克孜 1、依西 1、依背斜	克孜 1
3		却勒 1、牙哈、英买 7	却勒 1	3		依背斜、依南 2、迪那	迪那
4		英买 7、大宛齐、克拉 2	英买 7、大宛齐	4		依南 2、吐孜	依南 2
5		大北	大北	5		吐孜、依南	吐孜
6	高成熟-过成熟	克拉 2	克拉 2				
7		克拉 3	克拉 3				

东部地区,低熟的油气首先向南部运移,充注了提尔根构造、二八台构及牙哈构造的东部。在油气向南运移过程,部分油气运移至东秋 5 构造;第二次充注的构造在北部,主要为依齐克里克背斜及克孜 1 井一带;在成熟-高成熟阶段,天然气充注的构造较多,有迪那构造、依南 2 构造及依奇克里克背斜,迪那 1、2 气田在这次充注过程形成;第四次充注仅在依南 2 构造,也是依南 2 气田的主要形成期;第五次充注发生在吐孜洛克背斜,是吐孜洛克气田的形成期,也是东部地区最晚的一次成藏。

由此可以看出,早期生成的石油或低熟的天然气,主要是侧向运移,而高-过成熟的天然气是以垂向运移为主,也反映了深部超压体系的形成以及后期天然气的运移方式。

以上是简单的按照天然气成熟度划分的成藏序列,实际中可能存在不同成熟度的天然气同期成藏(不同气藏之间),也就是盆地边部浅层低熟天然气与盆地中心深部成熟天然气可能同时成藏。但盆地中部埋藏深的源岩也应有早期低熟气的存在。事实上,除依南 2 气藏外,现今克依构造带或秋里塔格构造带天然气藏的天然气中并未检测出低熟气或者成熟度相差很大的不同阶段捕集的天然气,各气藏天然气成熟度的主流是相对集中,具有明显阶段捕集的特点。这可能有 3 种情况:一是早期低熟气已经散失;二是向边缘运移成藏;三是高成熟气与低熟气混合,提高了低熟气的成熟度。盆地中部封盖条件好,天然气不可能大量散失,在前缘隆起构造的凝析油气藏已经检测

到多期成藏的天然气,天然气即使存在混合作用,也不能完全掩盖低熟气的存在。另外,盆地边部源岩生烃总量有限,难以形成前隆构造如此规模的凝析油气田,说明与油同期形成的低熟气或略晚的凝析油气都是以侧向运移为主,而成熟及高成熟或过成熟的天然气以垂向运移为主。

5 结论

1) 库车前陆盆地在古近纪或新近纪早期的油及低熟气,以侧向运移为主,而新近纪晚期的天然气成藏表现出强烈垂向运移的特征。

2) 库车前陆盆地深部超压体系的顶部封盖层形成时期与大规模油气生成阶段相伴,古、新近系及下白垩统上部储层中仅有封盖层形成之前的有限的低熟油气进入。克拉 201 井白垩系储层中的原油饱和烃气相色谱具有一定的奇偶优势,反映出较低的成熟度特征。

3) 新近纪晚期,天然气的垂向运移与深部超压体系的形成及后期断裂活动有关,二者具有因果关系。

4) 新近纪晚期天然气对所充注的构造具有强烈的选择性,被充注的构造受深部超压封存箱的压力大小及沟通油源断层的活动性双重因素控制。

5) 古隆起决定了后期冲断发育的位置,也决定了现今天然气藏的分布。

6) 东秋里塔格构造带是盐构造滑覆前缘区,上部异常压力的形成导致该区为油气运移的盲

(下转第 855 页)

参 考 文 献

- 1 陈志海,常铁龙,刘常红. 缝洞型碳酸盐岩油藏动用储量计算新方法[J]. 石油与天然气地质,2007,27(3):315~319
- 2 陆先亮,段新民,李琴. 覆盖区碳酸盐岩缝洞定量研究的一种新方法[J]. 石油大学学报(自然科学版),2002,26(5):12~14
- 3 王鹏,刘兴晓. 轮南古潜山岩溶缝洞系统定量描述[J]. 新疆石油地质,2003,24(6):546~548
- 4 徐微,贾振远,蔡忠贤. 碳酸盐岩古风化壳储层溶洞特征研究[J]. 石油天然气学报,2005,27(1):156~158
- 5 肖玉茹,何峰煜,孙义梅. 古洞穴型碳酸盐岩储层特征研究——以塔河油田奥陶系古洞穴为例[J]. 石油与天然气地质,2003,24(1):75~80
- 6 杨敏. 塔河油田4区岩溶缝洞型碳酸盐岩储层井间连通性研究[J]. 新疆地质,2004,22(2):196~199
- 7 胡广杰,杨庆军. 塔河油田奥陶系缝洞型油藏连通性研究[J]. 石油天然气学报,2005,27(2):227~229
- 8 鲁新便. 塔里木盆地塔河油田奥陶系碳酸盐岩油藏开发地质研究中的若干问题[J]. 石油实验地质,2003,25(5):508~512
- 9 谭承军. 塔河碳酸盐岩溶缝洞型油藏流动单元研究意义[J]. 中国西部油气地质,2005,1(1):89~92
- 10 顾忆,黄继文,马红强. 塔河油区油气分布特点及其控制因素[J]. 中国西部油气地质,2006,2(1):19~25
- 11 鲁新便,张宁,刘雅雯. 塔河油田奥陶系稠油油藏地质特征及开发技术对策探讨[J]. 新疆地质,2003,21(3):229~334
- 12 陈清华,刘池阳,王书香. 碳酸盐岩缝洞系统研究现状与展望[J]. 石油与天然气地质,2002,23(2):196~201
- 13 闫相宾. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):262~265
- 14 蔡立国,钱一雄,刘光祥,等. 塔河油田及邻区地层水成因探讨[J]. 石油实验地质,2002,24(1):57~60
- 15 陈志海,黄广涛,刘常红,等. 烃类流体分布与缝洞储层流动单元划分[J]. 石油学报,2007,28(1):92~97

(编辑 武新民)

(上接第827页)

区,也就是后期的天然气无法冲注进去,而天然气主要冲注方向是北部滑脱构造的后源伸展区,如吐孜洛克背斜等。

参 考 文 献

- 1 孙冬胜. 库车前陆盆地大中型气田成藏主控因素研究[D]. 北京:中国石油大学,2003. 41~50
- 2 汤良杰,贾承造,皮学军,等. 库车前陆褶皱带盐相关构造[J]. 中国科学(D辑),2003,33(1):38~46
- 3 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):18~24
- 4 赵孟军,张宝民. 库车前陆坳陷形成大气区的烃源岩条件[J]. 地质科学,2002,37(增):35~44
- 5 赵孟军,卢双舫,李剑. 库车油气系统天然气地球化学特征及气源岩探讨[J]. 石油勘探与开发,2002,29(6):4~7
- 6 赵靖舟. 前陆盆地天然气成藏理论及应用[M]. 北京:石油工业出版社,2003. 25~80
- 7 张洪,姜振学,庞雄奇. 克拉2气田超压成因的物理模拟实验研究[J]. 石油学报,2006,27(4):59~62
- 8 孙明亮,柳广弟. 库车坳陷克拉2气藏异常压力成因分析[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2007,31(3):18~27
- 9 孙冬胜,金之钧,吕修祥,等. 沉积盆地超压体系划分与油气运聚成藏[J]. 石油与天然气地质,2004,25(1):14~20
- 10 孙冬胜,金之钧,吕修祥,等. 库车前陆盆地迪那2气藏成藏机理及成藏年代[J]. 石油与天然气地质,2004,25(5):559~563
- 11 周新源. 库车前陆盆地天然气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2002. 220~240
- 12 李梅,李谦,张秋茶,等. 库车前陆冲断带天然气具有深埋水溶气的特点[J]. 天然气地球科学,2003,14(5):366~370
- 13 秦胜飞,李梅,胡剑峰,等. 和田河气田水溶气成藏特点对克拉2气田的启示[J]. 天然气地球科学,2007,18(1):45~49
- 14 李明娟,张永贵,邬兴威,等. 塔河南部地区碳酸盐岩油气预测技术研究[J]. 石油与天然气地质,2006,27(4):536~541
- 15 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
- 16 李红南,魏垂高,张世奇,等. 塔里木盆地塔中地区志留系成藏控制因素[J]. 油气地质与采收率,2006,13(3):43~49

(编辑 陈喜禄)