

新构造运动活跃的库车盆地含油气系统特征^{*}

郑民^{1,2}, 孟自芳¹, 李相博¹, 李斌¹, 卢红选¹

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 兰州 730000; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 新构造运动一方面对先存盆地和古生油气藏进行着破坏与改造, 一方面促进烃源岩热演化、提供优质储层、改造盆地疏导运移系统, 为晚期成藏提供条件。本文结合库车盆地的构造演化、构造样式, 着重分析了新构造与油气系统的关系, 进而论述了新构造运动控制下的库车盆地含油气系统特征。最后分析得出该区域三个油气勘探目标区: 拜城、阳霞凹陷南坡秋里塔格背斜带; 库姆格列木—依奇克里克断层相关褶皱带; 南部构造带。

关键词: 新构造运动; 库车盆地; 含油气系统

中图分类号: P618 1302 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S1-0304-05

新构造运动系指新第三纪上新世末至早更新世间的喜马拉雅运动第二幕以来的构造运动, 也是对我国大陆地壳最新变形和地貌发育影响最大的构造运动^[1]。其构造演化控制着大型隆起和坳陷的时空展布, 继而控制其构造及沉积体系的分布样式、变迁和油气生成、运移、聚集与油气藏破坏的更替^[2,3], 即控制了含油气系统。库车盆地含油气系统自中生代以来在喜马拉雅碰撞构造及青藏高原隆升作用的共同影响下, 形成了一批大中型的晚期成藏的油气田。本文将从构造演化入手, 分析库车盆地含油气系统特征。

1 库车盆地构造演化过程及构造单元划分

1.1 构造演化过程

库车盆地是塔里木盆地北缘的一个重要构造单元, 位于早古生代末期缝合和晚古生代裂陷海槽反转的南天山造山带前缘, 是由多个不同时期的地质活动综合作用而成, 其演化具有明显的阶段性。

塔里木板块北部边缘自震旦纪开始发生伸展分裂, 志留纪开始扩张成洋壳, 直到早二叠世末的海西晚期运动天山海槽最终闭合, 南天山褶皱反转形成山系, 在向南逆冲的构造负荷作用下形成库车前陆盆地。

自晚二叠世开始, 进入了中、新生代陆内造山与盆地形成演化阶段, 伴随南天山碰撞造山带自北向南的逆冲作用, 库车—拜城东西一线发生强烈拗

陷。这个过程一直持续到侏罗纪初期并最终完成了前陆盆地的演化。侏罗纪一早第三纪进入了应力松弛的断陷盆地演化阶段。库车盆地构造运动相对宁静, 岩石圈进入调整时期。在晚第三纪—第四纪受喜马拉雅造山作用远程效应的影响, 中亚地区受强烈的陆内挤压, 南天山向前陆地区大幅度冲断, 并发生构造调整和侧向逃逸作用, 盆地回返改造, 在山前形成一系列大型逆冲断层和与之相伴生的褶皱构造。



图1 塔里木盆地库车坳陷构造分区

Fig 1 The subsection of structure in Kuqa basin, Taimur

1.2 构造样式划分

库车盆地呈北东东向展布, 东西长 250 km, 南北宽 10~60 km。由于受到来自天山造山带的强烈挤压, 构成了现今“四带三凹”的东西向构造格局。由北向南依次为 (图1):

北部单斜构造带: 位于天山造山带山前, 总体呈近东西向展布, 为南倾单斜构造背景, 主要受北布古鲁断裂西段控制和克北断裂控制, 以发育短轴

* 收稿日期: 2005-04-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40074014)

作者简介: 郑民 (1979年生), 男, 研究生; 通讯联系人: 孟自芳; E-mail: zfmeng@ns.lzh.ac.cn

断背斜、鼻状构造为特征。

克拉苏—伊奇克里克褶皱冲断构造带：位于北部单斜带南面，呈北东东—东西向展布，以发育长轴状、线状背斜、断背斜、断鼻等构造为特征。西边的克拉苏带主要受克北、库巴及克拉恭贺3条逆冲断裂控制，已发现克拉2大气田和大北1气藏。东边的伊奇克里克构造带主要受北布古鲁断裂东段、伊奇克里克断裂及吐南断裂的控制，已发现依南2个气田。

秋里塔克背斜构造带：该带位于拜城凹陷南缘，呈向南突起的弧形展布，发育一系列线状、长轴状构造及断背斜、断鼻构造。该带研究程度相对较低，目前尚未发现油气，推测应有较大的勘探潜力。

南部平缓背斜带：位于南缘部位，该带已发现了牙哈、英买力、红旗、羊塔克、提尔根等凝析油气田。

乌什—拜城—阳霞凹陷：位于盆地中部，受后期构造沉陷，地层埋深很深，最大埋深大于10000 m。由于埋深较大，勘探难度大，目前尚无发现油气。

2 新构造运动对含油气系统的控制作用

2.1 构造演化与生、排烃匹配

构造演化控制了岩相古地理进而控制了烃源岩分布^[4]。库车盆地在构造背景下主要发育两大类6套烃源岩^[4,5]，一类是中、上三叠统浅湖、半深湖相泥质烃源岩；一类是中、下侏罗统煤系烃源岩，包括煤岩、碳质泥岩与暗色泥岩。六套烃源岩分别是侏罗系恰克马克组、克孜勒努尔组和阳霞组，三叠系塔里奇克组、黄山街组和克拉玛依组。其中，克孜勒努尔组、阳霞组、塔里奇克组主要是煤系烃源岩，恰克马克组、黄山街组和克拉玛依组为湖相烃源岩。

烃源岩有机质丰度高，三叠系烃源岩有机碳含量平均值一般在1.2%以上，有的可达5.7%以上；侏罗系烃源岩有机碳含量在1.0%~3.9%之间，煤系烃源岩有机质丰度更高。侏罗系烃源岩有机质类型以Ⅱ型为主，其次是Ⅱ₁型，三叠系以Ⅱ₂型和Ⅱ₁型为主。侏罗系煤层厚度在5~40 m以上，克拉苏以北为5~10 m；暗色泥岩厚度在100~600 m以上，东、西分布较稳定。三叠系煤层厚度最厚可达10 m，由南向北变厚；暗色泥岩厚度一般在200~600 m，最厚达800 m以上。从平面分布上看，中下侏罗统烃源岩分布范围比中、上三叠统大。

新构造运动的强烈影响，使烃源岩经历了特定

的温度和压力作用，生成了大量油气^[6]。晚第三纪，盆地构造演化剧烈，沉降速率急剧上升，构造运动产生的热量及巨厚沉积物压实促进了烃源岩的演化（图2），三叠系烃源岩在晚侏罗世开始生烃，早于新生代构造活动，侏罗系烃源岩在晚白垩世开始生烃，基本与构造活动同步，但两者生烃高峰期、排烃期与构造活动匹配。图2中A为北部单斜带和依奇克里克构造带圈闭形成期，B为克拉苏构造带圈闭形成期，C为吐孜洛克、大宛齐和秋里塔克构造带圈闭形成期，D为亚肯和南秋里塔克构造带圈闭形成期，E为断裂主要活动期。这不仅反映出构造运动通过产生机械能和化学作用促进了干酪根热降解^[7]，促使烃源岩达到生烃高峰，也反映了构造演化与生、排烃的良好匹配关系。

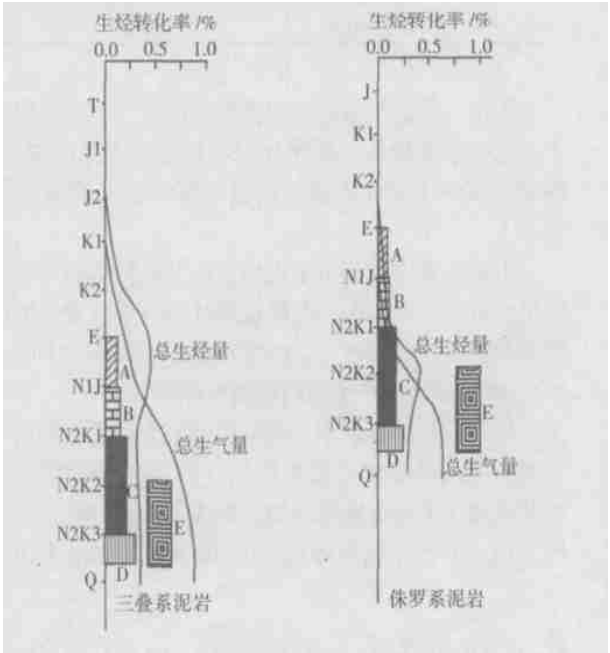


图2 断裂主要活动时期与生排烃期匹配关系^[6]

Fig. 2 The matching between the major active period of ruptures and hydrocarbon production

2.2 提供优越的储集层

由于南天山渐进性隆升与逆掩断层阶段性推覆，库车盆地发育了巨厚沉积。库车盆地中新生界从下到上依次发育侏罗系、白垩系、下第三系和上第三系四套储集层，其特征如表1。

侏罗系储集层在整个盆地均有分布，岩性主要为中细岩屑砂岩、砂砾质岩屑砂岩，分选好，杂基含量低。储集层厚度从北向南依次减小，由600~900 m降低至100~200 m。储层物性大致以吐孜洛克背斜为界，东段吐格尔明背斜、油苗沟、矿苗沟等储层物性好，为中孔中渗裂缝发育储层。西段储集空间则以发育次生孔隙、裂缝的低孔低渗、低孔

中渗储层为主。

白垩系砂岩储层在北部单斜带、克依构造带、秋里塔克构造带和南部平缓构造带均有分布。北部主要岩性为中、细粒岩屑砂岩和含砾岩屑砂岩。由

北向南储集层类型由特低孔特低渗向中孔中渗转变，厚度平均在 400 m 左右，且总体好于侏罗系储集层；好的储集层主要分布于南部平缓构造带和东部地区。

表 1 库车含油气系统储层特征^[10]
Tab 1 The character of reservoir in Kuqa petroleum system

层位	孔隙度/%	渗透率 ($\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)	沉积相	岩 性
吉迪克组 (N _{ij})	9.2	2.258	滨、浅湖泊	粉、细砂岩
库姆格姆组 (E ₁ km)	12.4	0.596	蒸发边缘泊	白云岩
库姆格列姆组 (E ₁ km)	8.13	14.52	三角洲	砂砾岩
巴什基奇克组 (K ₁ bs ²⁻³)	13.74	66.96	磷状冲积平原亚泊	岩屑砂岩
巴什基奇克组 (k ₁ bs ₁)	9.13	14.76	三角洲平原亚泊	岩屑砂岩
恰克马克组 (J ₂ qk)	3.98~20.25	1~510	三角洲泊	粉、细砂岩
阳 组 (J ₁ y)	6.47	4.14	磷状河三角洲泊	砂砾岩
阿合组 (J ₁ a)	3.63	3.64	磷状河三角洲泊	砂砾岩

下第三系储集层主要为各种砂砾岩，主要分布于盆地中东部地区。横向分布不稳定，东厚西薄，厚度在 30 ~ 150 m 之间，东粗西细，南北略具差异。

上第三系主要分布于吉迪克组，康村组和库车组也有分布。主要为一套分选较好的含砾砂岩、滨浅湖相粉砂岩、细砂岩。厚度在 100 ~ 200 m 之间。

2.3 新构造运动产生有利的油气圈闭

库车前陆冲断带中、新生代地层受到了中新世以来的强烈冲断构造变形作用（图 3），受地层条件和区域应力场等因素控制，形成了南北分带、东西分块、上下分层的特点^[8,9]。由于喜山期南天山

并且生储盖组合齐全，导油构造发育。这种构造具有背斜完整、圈闭面积大和幅度高的特点，是大中型油气藏形成的重要场所。此外，该地区煤系地层、盐膏岩层与脆性砂岩地层间互出现形成了 4 个塑性滑脱层，有利于形成断坪—断坡—褶皱构造组合，并在新生代的演化过程中形成了丰富多样的油气圈闭。

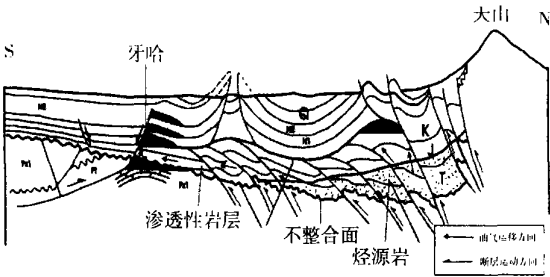


图 3 库车盆地典型剖面图
Fig 3 The model section of Kaqa basin

的强烈挤压隆升，主逆冲带持续变形，并形成了丰富多样的油气圈闭，地表以断层传播褶皱和滑脱褶皱为主，受后期构造作用的改造较强，容易受到破坏。而中深层构造（如克拉苏背斜、巴深背斜、大北背斜、依奇克里克深背斜和秋立塔格深背斜）主要是被动顶板双重构造和断层转折褶皱，由于其隐伏于地下从未出露地表，受后期突破断层改造较弱，其构造完整，

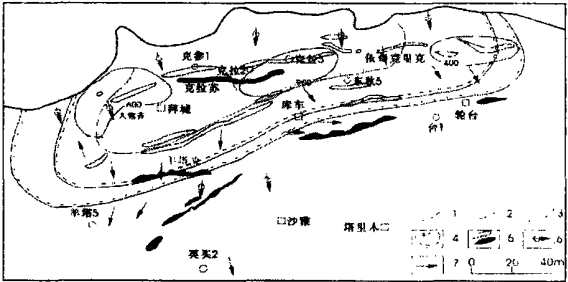


图 4 塔里木库车盆地油气系统展布
Fig 4 The distribution of petroleum system in Kuqa basin, Tarim

- 1. T₂₊₃k+T₃h 湖相泥岩有效烃源岩；2. T₃t+J₁₊₂煤系泥岩有效烃源岩；3. T₃t+J₁₊₂煤岩有效烃源岩；4. 生油中心及厚度 (m)；5. 油气藏及构造；6. 垂向运移；7. 侧向运移

2.4 改造油气疏导运移体系

油气疏导系统是油气从源岩到圈闭的桥梁，是油气运移的通道。在生储盖配伍良好的条件下，要形成油气藏必须要有沟通下部烃源岩与上部储集层的通道。疏导系统主要有三种：断裂、不整合面、渗透性岩层。油气从源岩到圈闭的运移可能不是单一的发生在某一种通道体系中，而是先后经过不同类型的疏导系统（图 3、4）。由于库车盆地构造动力来自南天山，方向由北向南，所以从平面上来看

油气运移以南北向为主。

受构造运动影响,库车盆地同时发育三种疏导系统,北部由于逆冲构造运动作用,产生了大量高角度的断层,这些断裂有的直至地表浅层或地表,有的沟通深部烃源岩和上部储集层,成为油气垂向运移的良好通道;自南部前缘隆起带至盆地坳陷部位发育多套不整合面(下第三系与白垩系之间、侏罗系或三叠系与下覆地层为区域性的不整合面)和渗透性岩层,构成了油气发生侧向长距离运移而在前缘隆起带聚集十分有利的疏导系统。

断层产状、断层切割地层的层位、岩性和断层倾角等是油气成藏及疏导系统的控制因素。通过对油气含氮化合物运移分馏效应的研究,南部前缘隆起区的油气是经过长距离的从北向南的横向运移后到达轮台断隆带,再经断层发生垂向运移进入圈闭。而在盆地北部的克依构造带,尤其是克拉构造,气藏离油源区近,甚至直接位于烃源岩的上部,油气主要是经过十分发育的断裂系统进行垂向运移进入圈闭。

2.5 新构造运动对早期油气藏的破坏

中生代强烈的构造运动导致了整个库车盆地,尤其是南北两大逆冲断裂带具有极佳的生储盖配伍的大型油气田为其所破坏。

库车盆地在新构造运动下呈南北对冲、中间下拗构造格架。在南北两大断裂带,某些含油构造体被切穿,在活断裂、不整合面及渗透性岩层的疏导下渗透到地面形成油苗,或者在新构造作用下含油构造体暴露地表形成地表油砂。例如北部单斜带的黑英山、密斯布拉克油苗,克依构造带的吐格尔明油苗,秋里塔格构造带的塔克拉克油苗和康村油苗。

库车盆地地层浅部断层相关褶皱的突破断裂非常发育^[10,11],破坏了中浅层构造圈闭油气藏,如断层传播褶皱。在断裂活动时期,主要起开启作用,膨胀或坍塌、断面矿化带重新裂开和地震泵吸作用、断层阀,活动期及其后的较短时期内渗透率和流体势较高,三种作用导致断面传导能力增强,造成对早期油气藏的破坏,导致本区浅部钻探失利。

2.6 新构造运动下的晚期成藏

据新疆石油管理局研究,依奇克里克油田断裂对油气藏形成的作用是十分明显的,横向断裂控制了油气的聚集和分散,油田的有些高产地段直接与断裂密切相关。由于断层在静止状态下渗透率较低,例如,在断层的非活动时期其渗透率比围岩要低3~4倍,主要起封闭作用。在库车盆地各主要

背斜带上凡断裂发育地段则为油气显示富集之处,如库姆格列木,依奇克里克等深部的被动顶板双重构造。

构造断裂一方面破坏了早期油气藏,另一方面又为浅部聚集成藏提供条件。依奇克里克油田、大宛齐油田都是早期深部油气藏遭破坏后在浅部聚集成藏的实例。破坏性断裂对油藏进行改造,使油气沿构造断裂运移到中浅部褶皱构造体聚集成油气藏。此外,推覆构造带在逆冲挤压作用下常可生成伴随有断层泥或糜棱岩的收缩断面。由于其封闭性好,当其具有开启并连通生油层或早期油气藏的运移通道时,也可形成油气藏。

3 库车盆地油气远景分析

库车盆地具有优越的生储盖组合,烃源岩生烃高峰期、排烃期与构造活动匹配。在新构造运动控制下形成以中深层的被动顶板双重构造与断层相关褶皱为主、浅层组合褶皱为辅的有利圈闭,并对油气疏导运移体系进行改造,以及在对早期深层油气藏破坏与改造基础上达到晚期成藏。通过以上对新构造运动与含油气系统相关关系的研究,结合图3和4,将目标锁定在以下几个区域:

(1)拜城生油凹陷强力生油,为周围多个油气藏提供油源,其南斜坡秋里塔克背斜,构造相对简单,由于存在不整合面和断裂作为油气横向及纵向运移的通道,且有良好的储盖组合及圈闭类型,应该是下一步勘探的重点;另外由于阳霞生油凹陷南坡具有大的断裂作为垂向运移通道,也应为下一步勘探目标之一,目的层位为秋里塔克背斜康村组和库车组。

(2)库姆格列木—依奇克里克断层相关褶皱带是库车盆地最重要油气储集场所(图4)。中生代地层深部的被动顶板双重构造以及断层相关褶皱构造距油源近且有断层贯通油源,具多套生储盖组合,有利于形成大型油藏;地表发育的浅层构造由于突破断裂的缘故,构造活动性大,但其中新生代巨量沉积及砂泥岩互层,有利于形成大型天然气藏,所以该构造带最有可能成为大片相连的大油田。应足够重视深部层位,但也不应忽视浅部层位。

(3)南部构造带形成时间与生排烃高峰基本匹配。由图4可以看到,盆地腹地拜城凹陷、阳霞凹陷生成的油气沿渗透层作长距离横向运移后,在此沿断裂垂向运移并聚集成藏。该构造带具有油气运聚条件,是有利勘探区带。

由于新构造运动的影响,库车盆地大多数油气

田为古生新储型或新生新储型油气田。我们下一步工作的重点应该采用先进的技术手段，对库车盆地复杂构造特征进行详细研究，掌握新构造运动“控盆控油”的规律，为勘探开发指明方向。

参考文献:

[1] 郭占谦, 徐文发, 彭威. 中国西部陆壳与含油气系统基本特征[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(5): 365—370

[2] 顾家裕, 张兴阳. 陆相层序地层学进展与在油气勘探开发中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 484—490

[3] 陆克政, 朱筱敏. 含油气盆地分析[M]. 石油大学出版社, 2001: 55—193

[4] 杨庚, 钱祥麟, 郭华. 塔里木北缘库车陆内挠曲盆地构造演化与油气远景评价[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 48—98

[5] 贾承造, 卢华复. 库车—柯坪再生前陆冲断带油气聚集和勘探[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 49—108

[6] 翟光明, 宋建国, 靳久强, 等. 板块构造演化与含油气盆地形成和评价[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 161—420

[7] 田在艺, 罗平, 张庆春, 等. 论华北盆地改造与油气成藏. 周玉琦, 等. 朱夏油气地质理论应用研讨文集[C]. 北京: 地质出版社, 2001.

[8] 张寄良, 刘毅, 白森舒, 等. 塔里木盆地油气与资源[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 44—87

[9] 顾忆, 罗宏, 邵志兵, 等. 塔里木盆地北部油气成因与保存[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 111—123

[10] 吕锡敏, 皮学军, 任战利, 等. 库车前陆盆地含油气系统的地质特征[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(3): 214—217

[11] 刘志宏, 卢华复, 李西建, 等. 库车再生前陆盆地的构造演化[J]. 地质科学, 2000, 35(4): 482—492

Characteristic of the Hydrocarbon System in Kuqa Basin
with an Active New Structural Movement

ZHENG Min^{1,2}, MENG Zi-fang¹, LI Xiang-bo¹, LI Bin¹, LU Hong-xuan¹

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu, China;
2. Graduation School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: While new structural movement destroyed and reconstructed the pre-exist basins and old oil reservoir, it accelerated the thermal evolution of source rocks, provided high quality reservoir, rebuiled the migration system, and offered conditions for late stage. Kuqa Basin's structural evolution and mode, and the relationship between the new structural movement and oil system were studied; the characteristics of the oil system acted with an active new structural movement in Kuqa basin were analyzed.

Key words: new structural movement; Kuqa basin; petroleum system