

文章编号: 1001-6112(2008)03-0236-06

塔里木盆地孔雀河地区构造变形特征 及其控油气作用

田纳新^{1,2}, 程 喆¹, 陈文礼³, 林学庆⁴

(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 102220;

3. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 石油勘探开发研究院, 河南 南阳 473132;

4. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 西部分院, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 根据塔里木盆地孔雀河地区地层层序及接触关系, 将沉积盖层分为 3 大构造层, 按古生界和中生界 2 大构造层重新划分构造单元; 将区内断裂按走向划分为 4 组, 以东北和北西向为主, 断裂—褶皱组合样式有 5 种类型, 以挤压构造为主。构造变形具有复合叠加特征, 东西向表现为不对称的复式背斜; 南北向以斜坡加断鼻构造为主; 垂向上, 下古生界以大型古鼻隆为特征, 主要形成于加里东晚期—海西期; 石炭系表现为缓凹缓坡; 中生界总体表现为南西倾的大型斜坡, 在此背景下发育断裂背斜圈闭, 形成于燕山早期。长期构造演化控制了各类圈闭的形成; 继承性的古隆起、古斜坡是油气运移的有利指向区; 通源断裂是油气成藏的基本条件; 保存条件对油气成藏至关重要。最后指出该区油气勘探的 4 大领域: 西北部库南地区寒武—奥陶系碳酸盐岩潜山—内幕构造, 西部草湖地区石炭系背斜和地层超覆圈闭, 中南部普惠地区和东部龙口—维马—开屏地区侏罗系、志留系背斜构造。

关键词: 勘探领域; 油气运聚; 构造分区; 构造变形; 孔雀河地区; 塔里木盆地

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

STRUCTURAL DEFORMATION CHARACTERISTICS AND THEIR CONTROL ON OIL AND GAS IN KONGQUEHE AREA, THE TARIM BASIN

Tian Naxin^{1,2}, Cheng Zhe¹, Chen Wenli³, Lin Xueqing⁴

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;* 2. *China University of Petroleum, Beijing 102220, China;* 3. *Research Institute of Petroleum Exploration and Production, Henan Oil Field,*

SINOPEC, Nanyang, Henan 473132, China; 4. *West Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and*

Production, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: According to stratigraphic sequence and contact relationship, sediments in Kongquehe area of the Tarim Basin are divided into 3 tectonic layers, and structural units in the region are redetermined based on Paleozoic and Mesozoic structural layers. Faults, mainly striking in NE and NW directions, are divided into 4 groups. There are 5 types of fracture-fold combination patterns, among which the compressional structures are dominant. Structural deformations are both compounding and stacking, with unsymmetrical compound anticlines from east to west and fault-nose structures and slopes from south to north. Vertically, lower Paleozoic is characterized by large nose-like uplifts formed from late Caledonian to Hercynian; Carboniferous is characterized by gentle sags and gentle slopes; Mesozoic is characterized by a large slope dipping in southwest direction, forming faulted anticlines during early Yanshanian. Long term tectonic evolutions control the formation of various types of traps. Palaeohighs and palaeoslopes are favorable destinations for hydrocarbon migration. Faults linking to source rocks are basic conditions for hydrocarbon accumulation. Preservation conditions are also critical for oil and gas accumulation.

收稿日期: 2007-12-18; **修订日期:** 2008-04-16。

作者简介: 田纳新(1968—), 男, 高级工程师, 主要从事油气地质和油气勘探工作。E-mail: tiannx@pepris.com。

Finally, 4 favorable oil and gas exploration targets are pointed out, including interior structures of Cambrian—Ordovician buried carbonate hills in Kunan, Carboniferous anticlines and stratigraphic overlap traps in Caohu, Jurassic and Silurian anticlines in Puhui and Longkou—Weima—Kaiping.

Key words: exploration fields; oil and gas migration and accumulation; structural division; structural deformation; Kongquehe area; the Tarim Basin

1 区域地质背景

塔里木盆地是在前震旦纪陆壳基底上发展起来的大型复合叠合盆地^[1~3],研究区位于盆地东北部,北倚库鲁克山,南接满加尔凹陷,西邻塔北隆起,东接英吉苏凹陷,面积约 $3.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区是塔里木盆地古生代克拉通边缘盆地和中、新生代克拉通内拗陷盆地的叠加区,由于受库鲁克塔格断隆与多期构造运动的影响,长期为倾向西南的斜坡带,主体部位的古生界、三叠系遭受严重剥蚀,侏罗系由西南向东北方向直接超覆在下古生界志留系(或奥陶系)之上。垂向上可划分为 3 套构造层序:古生界以海相为主的沉积层序、中生界陆相压缩盆地沉积层序和新生代陆相拗陷沉积层序。3 套构造层序具有不同的构造格局,古生界发育 3 个北东向的大型鼻隆,中生界主要发育北西向和北东向断裂—背斜构造带,新生代为平缓南倾的斜坡^[4]。由于该区特殊的构造位置和近年来油气勘探的突破,备受地质学家和油气勘探工作者的关注^[5~9]。

2 构造单元及构造层序

2.1 构造单元

本区古生界和中生界构造格局、沉积特点不

同,有必要按 2 大构造层划分构造单元和次一级构造带。

2.1.1 古生界构造单元划分

依据 T_7^4 反射层(中奥陶统底)现今的构造形态,结合地层分布特征,将研究区划分为 1 个斜坡、1 个凸起、2 个凹陷共 4 个二级构造单元,即孔雀河斜坡、库尔勒鼻凸、满加尔凹陷和草湖凹陷,在此基础上进一步划分出 5 个三级构造单元(表 1,图 1)。

表 1 塔里木盆地孔雀河地区古生界构造单元划分
Table 1 Paleozoic tectonic units in Kongquehe area, the Tarim Basin

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元	发育的主要局部圈闭
塔东北拗陷区	孔雀河斜坡		
	库尔勒鼻凸	库尔勒鼻凸	库南 1 井东断背斜、库南岩性圈闭
	满加尔凹陷	尉犁鼻状构造带	尉犁 1,5,4 号断鼻
		龙口构造带	维北 1 号断鼻
	维马—开屏背斜构造带	维马 2 号断背斜、开屏 1 号断背斜	
	草湖凹陷	东部斜坡带	草 2 井背斜、草湖 1 号岩性圈闭

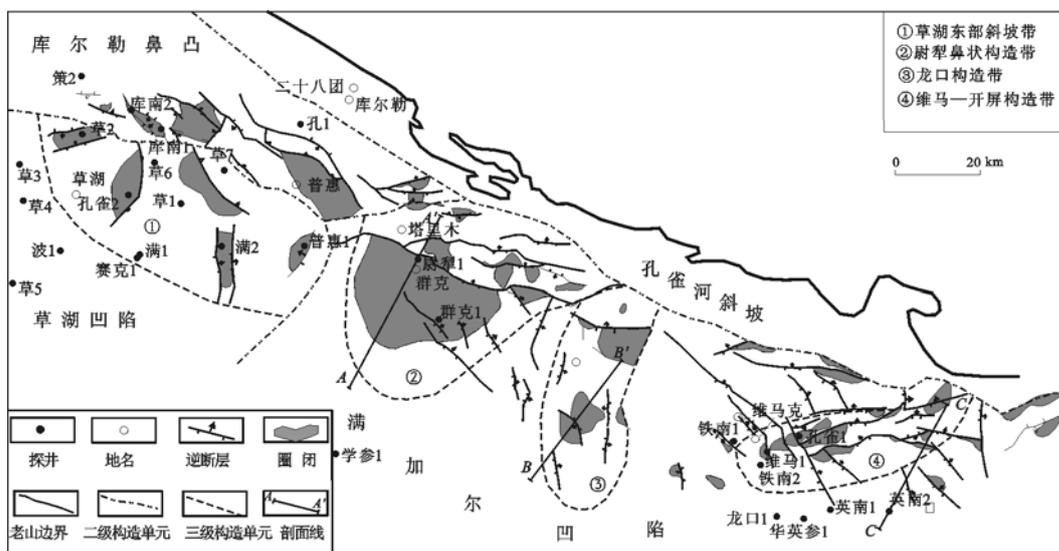


图 1 塔里木盆地孔雀河地区古生界构造区划

Fig. 1 Paleozoic tectonic division of Kongquehe area, the Tarim Basin

2.1.2 中生界构造单元划分

中生界整体表现为向南西倾的大型斜坡,根据地层展布形态、圈闭及断裂发育特征,将孔雀河地区划分为 1 坡、2 凹共 3 个二级构造单元,即孔雀河斜坡、英吉苏凹陷和满加尔凹陷。其中,孔雀河斜坡可进一步划分为 5 个构造带,从西向东依次为:库南断裂构造带、普惠构造带、群克构造带、龙口构造带、维马克—开屏背斜构造带(图 2)。

2.2 构造层序

根据地层沉积建造、改造特征及地层接触关系,本区构造层序可以划分为基底构造层序和盖层构造层序。

2.2.1 基底变质岩系构造层

基底为古老的陆壳基底,由太古宇—古元古界深变质岩系和中、新元古界浅变质岩系组成,与上覆震旦系呈区域角度不整合接触。

2.2.2 盖层构造层序

可划分为 3 个构造层:1)震旦系及古生界构造层,为一套海相、海陆交互相沉积层序。寒武系一下奥陶统以深海环境下形成的砂泥岩韵律性沉积为主,西部地区(库尔勒鼻凸)发育台地边缘或斜坡相碳酸盐岩;志留系主要为滨浅海环境下的潮坪—泻湖相,具有南厚北薄的特点;石炭系主要分布在草湖凹陷,底部发育东河砂岩。2)中生界三叠系—侏罗系陆相压陷构造层,主要分布于库南 1 井—库南 2 井一线以南区域,岩性以砂岩、泥岩为主,局部夹煤线。3)白垩系—新生界陆相拗陷构造层,主要为冲积扇、洪泛平原及三角洲沉积,以棕灰色、浅灰

色砂岩与棕红色泥岩不等厚互层夹灰色细砾岩、粉砂岩为特征。

3 构造变形特征

3.1 断裂分布及级序

依据走向将该区断裂划分为 4 组,中西部以北西西和近东西向为主,尉犁东部以北东和近北向为主,维马—开屏以北西和北东东向为主(图 1,2)。根据断裂与成盆、成藏的关系,将其划分为 4 个级序:控盆断裂、控凹断裂、控带断裂和控圈断裂。

控盆断裂:指控制沉积盆地形成的北缘山前逆冲推覆断裂带,如孔雀河断裂。该断裂是孔雀河斜坡与库鲁克山的分界断裂,断面北倾,具右行走滑性质^[10],为一基底深大断裂,走向北西西,在开屏转为东西向,延伸长达 238 km。

控凹断裂:如控制草湖凹陷上古生界和三叠系沉积的巴里英断裂。该断裂为库尔勒鼻凸与草湖凹陷的分界断裂,走向北西西,倾向北北东,延伸长约 96 km。加里东期为张性断裂,海西期开始逆冲,至燕山早期活动停止。

控带断裂:指控制二级构造带形成发育的断裂,如尉犁 1 号、开屏 1 号断裂等。

控圈断裂:指控制局部构造圈闭和油气藏形成的断裂,一般是控带断裂的低序次派生断裂,如横切维马克 2 号构造的维马 1 号断裂、控制龙口 3 号构造的龙口 3 号断裂等。

3.2 断裂—褶皱组合样式

塔里木盆地断裂带集中发育了 60% 以上的油

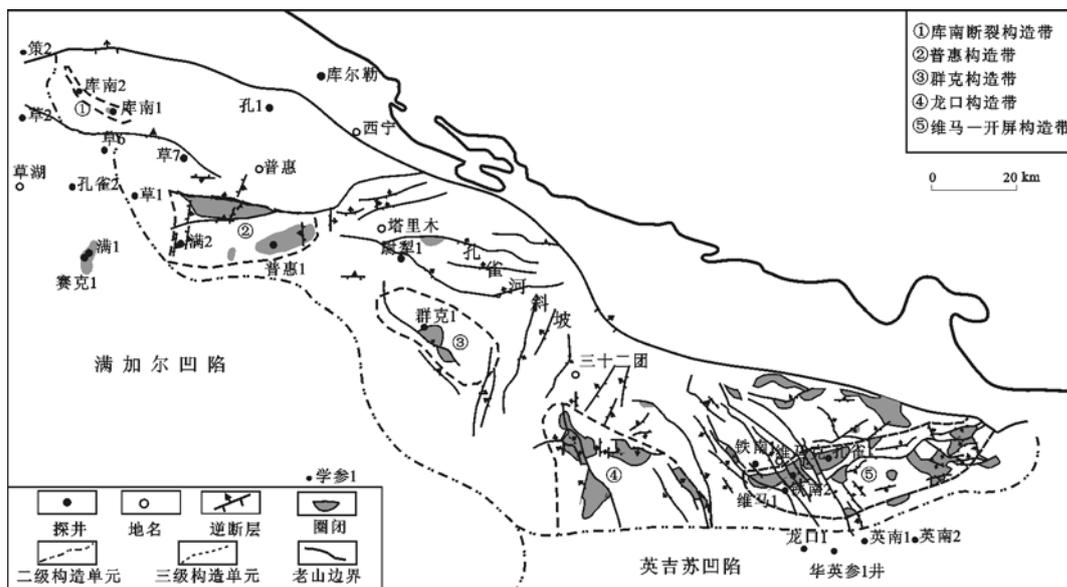


图 2 塔里木盆地孔雀河地区中生界构造区划

Fig. 2 Mesozoic tectonic division of Kongquehe area, the Tarim Basin

气圈闭^[11], 因此与断裂关系密切的构造圈闭成为了油气勘探的重要目标。

孔雀河地区主要发育 5 种断裂—褶皱组合样式: 1) 挤压构造组合样式, 是本区分布最广泛的构造样式, 包括背冲构造、叠瓦状断层和对冲构造等。背冲构造发育在龙口构造带上, 如龙口 3 号背斜; 叠瓦状构造主要发育在尉犁断鼻构造带、维马—开屏构造带和库尔勒鼻凸构造。2) 引张构造样式, 包括引张断块和正断层组合、箕状断陷等, 主要发育于寒武—奥陶系。3) 扭动构造样式, 包括平面上断层旁侧雁列式褶皱、花状构造、“Y”或反“Y”字形构造等。4) 反转构造样式, 可见到 2 种类型, 即区域拉张背景下的盆地反转和局部拉张背景下的张引断层正反转。5) 潜山—披覆构造样式, 主要与大型不整合有关, 如库南断背斜构造。

3.3 构造变形特征

研究认为^[12], 孔雀河地区现今的构造面貌主要源自 4 期变形作用的共同效应: 1) 早古生代正断层及北东向褶皱相间的隆凹构造的形成; 2) 早奥陶世末—志留纪加里东运动期鼻隆构造的形成及正断层的反转; 3) 海西运动期北西和近南北向断裂的形成及阿尔金断裂影响下北东东向隆凹构造的出现; 4) 古生代断裂构造的中生代再生长以及东西向褶皱的形成。各期次的构造变形作用又在不同程度上对前期构造有所改造, 造成复合叠加的变形面貌。在东西、南北和垂向上表现出不同的变形特征。

3.3.1 东西向构造变形特征

东西方向上, 该区表现为一复式背斜(图 3),

核部和两翼遭断裂破坏使得复式背斜不易辨认。复式背斜两翼不对称, 西翼大而长, 延至草湖凹陷, 断裂不发育, 地层保存较完整; 东翼小而短, 断层密布, 断块发育。

通过区域构造演化和北东向地震剖面分析, 认为复式背斜在中晚奥陶世之后已初步形成, 经历了海西期构造运动, 复式背斜基本定型。侏罗系沉积以复式背斜为基础, 在东西方向上变化不大, 白垩系—新生界东西方向上呈一斜坡, 东高西低。

3.3.2 南北向构造变形特征

南北方向上, 构造变形以斜坡加断鼻为主, 与区域性南北方向的挤压和板块碰撞有极大联系, 北东向剖面上, 断裂构造在志留纪以后明显增多, 并有再生长和继承性发育的特点。

从该区自西而东的 3 条北东向平衡剖面来看(图 4), 总缩短率分别为 7.01%, 6.86% 和 10.3%, 平面上有自西向东增大的趋势。纵向上, 志留系缩短率最大, 其次为侏罗系和上奥陶统。显然, 这 3 条测线的缩短量主要为海西早期和燕山期运动造成的, 其次为加里东期构造运动。

3.3.3 垂向构造变形特征

孔雀河地区不同层次、不同样式的构造在垂向上具有明显差异, 呈“多层楼式”叠置(图 3)。

下古生界表现为大巴大隆。下古生界构造层褶皱变形剧烈, 隆坳分明, 呈现出凸凹相间的构造格局。自西而东发育南西倾的库尔勒、尉犁、龙口、维马—开屏鼻凸。这些鼻凸构造受控于孔雀河断裂, 并与孔雀河断裂右行走滑有关。从库尔勒鼻凸

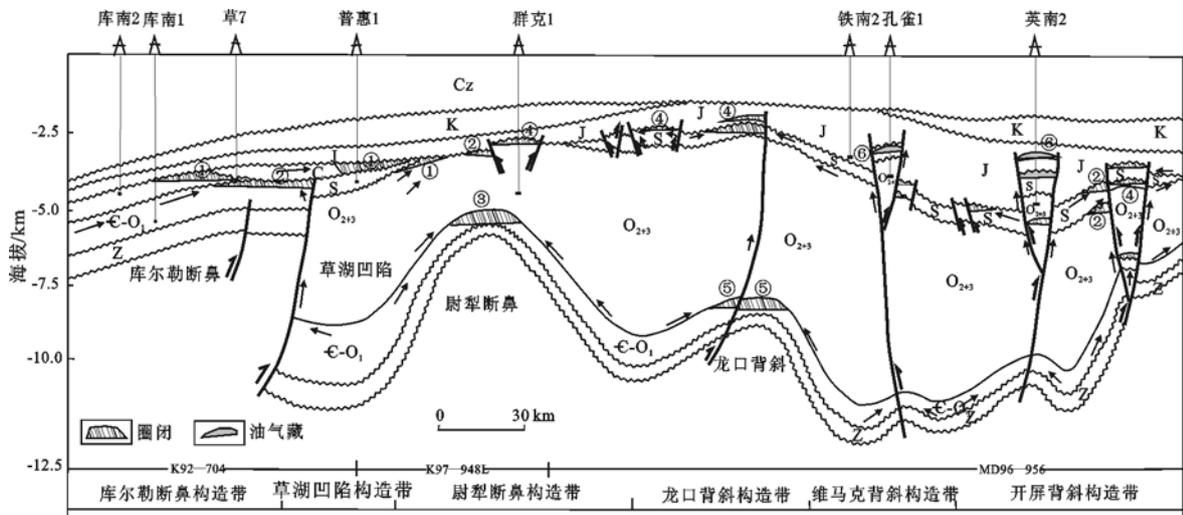


图 3 塔里木盆地孔雀河地区东西向构造变形及圈闭类型分布

①地层不整合; ②断鼻+不整合; ③背斜; ④断背斜+不整合; ⑤断鼻; ⑥断背斜

Fig. 3 Structural deformation and trap type in east-west direction in Kongquehe area, the Tarim Basin

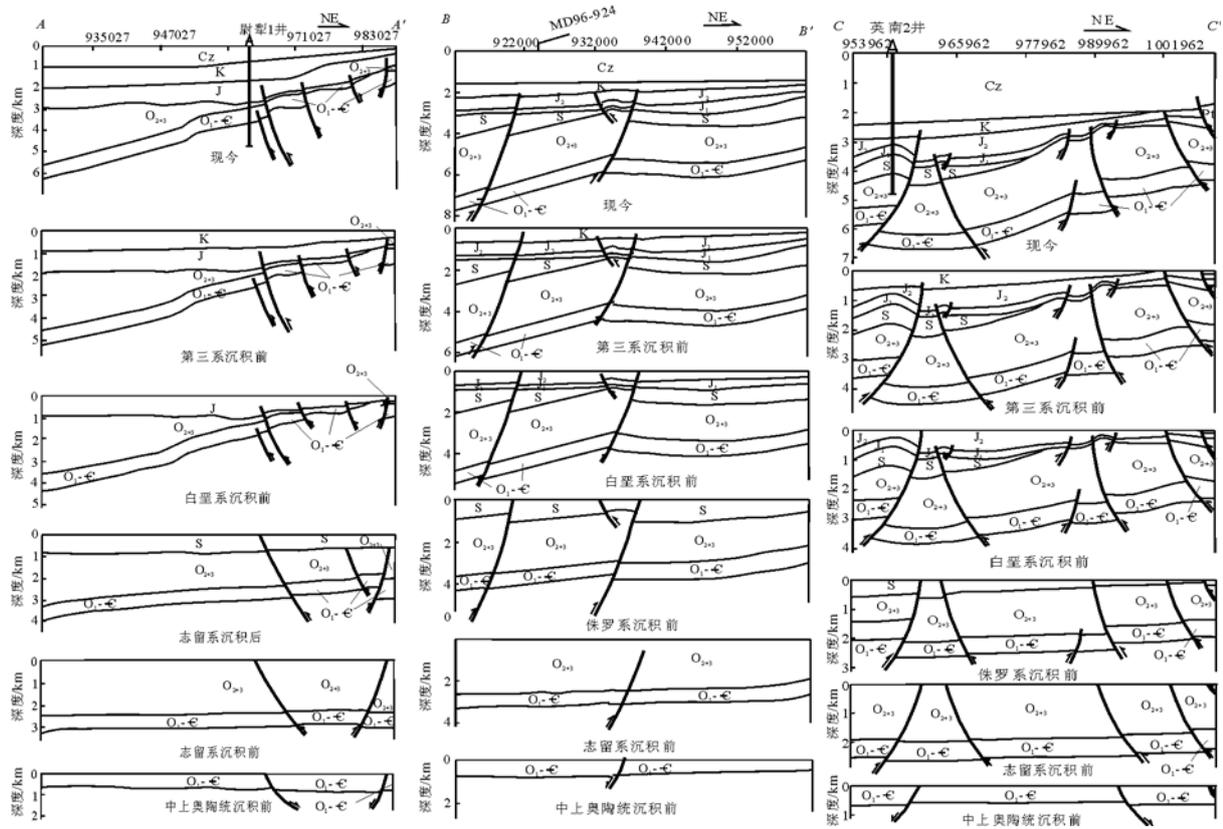


图4 塔里木盆地孔雀河地区地震平衡剖面
剖面位置见图1。

Fig. 4 Seismic balanced section in Kongquehe area, the Tarim Basin

南翼的地震解释剖面上可见东河砂岩和石炭系向北东方向层层超覆,由此推断这些鼻凸构造形成于加里东期,在侏罗系沉积前进一步加剧。

石炭系表现为缓凹缓坡。石炭系主要分布在孔雀河西部地区,表现为在下古生界构造背景上的填平补齐沉积,凹陷中心位于草湖乡以北、小干湖构造以东,发育小型背斜、断背斜构造和地层超覆圈闭。

中生界表现为大型斜坡。中生界总体表现为南西倾的大型斜坡,在斜坡背景上发育2组断裂背斜构造带,一组为北西—近东西走向的龙口、群克、普惠、库南构造带,另一组为北东东走向的维马—开屏构造带(图2)。所形成的构造多为低幅度断背斜、背斜,与下古生界构造层隆坳相间的构造格局有明显差异。新生界构造层非常平缓,断层不发育,全区处于稳定的沉积状态。

4 构造控油气作用

4.1 长期构造演化控制各类圈闭形成

在长期的构造演化过程中,形成了数量众多、类型多样的圈闭构造,不同构造带发育不同的圈闭

类型(图3)。库尔勒鼻状构造带发育地层超覆不整合和断块圈闭;尉犁鼻状构造带发育近东西走向的断裂,圈闭类型主要为断鼻、断块;孔雀河北部斜坡带古生界剥蚀严重,中侏罗统直接覆盖在奥陶系之上,发育断块、断鼻和不整合圈闭;龙口背斜构造带内中、下侏罗统保存较好,发育北西向断裂,同时伴生北北东向断裂,圈闭类型以背斜、断鼻为主;维马克—开屏背斜构造带志留系、中下侏罗统保存较好,为中生代和古生代长期发育、整体呈北东东走向的背斜,圈闭类型以背斜和断鼻为主。

4.2 继承性古隆起、古斜坡是油气运移有利指向区

孔雀河地区经历了加里东期、海西期、印支期、燕山期和喜山期等多期次构造运动,早期形成的构造遭受了多次破坏和改造,形成的油气藏也遭受了多次破坏和调整。只有那些继承性的古隆起、古斜坡在多次构造运动中可能一直是油气运移的指向区,对油气成藏有利。本区发育库尔勒、尉犁、龙口、维马克等大型鼻状构造(图3),均是油气聚集的有利场所,位于维马克2号构造的孔雀1井在志留系已发现良好的气显示并试获气流,邻区满东构造的满东1井在志留系也试获高产气流。

4.3 通源断裂是油气成藏的基本条件

本区油气主要来源于寒武系—下奥陶统烃源岩,无论是加里东晚期的生烃高峰期还是晚期的古油藏裂解气,都需要有良好的通源断裂才能穿过较厚的中上奥陶统砂泥岩,运移至志留系、泥盆系、石炭系及侏罗系聚集成藏,通源断裂是形成油气藏的基本条件。如英南2井侏罗系气藏就是依附于深大断裂的断背斜构造,其油气源主要为下伏的古生界古油(气)藏^[13]。

4.4 保存条件对油气成藏至关重要

保存条件主要包括4个方面:1)盖层条件,如英南2井志留系致密砂岩盖层和孔雀1井志留系泥岩盖层。2)构造完整性,如维马克1井因早期形成的圈闭被后期断层破坏(断层活动持续到白垩纪),横切构造高部位的断层使该构造变得不完整,导致燕山中期聚集的油气逸散。3)断层封堵性,平面上,区内断裂的垂向和侧向封堵性能自西向东由好变差,纵向上中上段好、下段差,因此,断裂在主要目的层既可作为油气封挡的条件,在深层又可作为油气运移的良好通道。4)构造运动影响,尤其是海西—印支期构造运动期间,孔雀河主体部位一直处于抬升与剥蚀状态,可能导致古油气藏破坏。

5 结语

孔雀河地区长期处于隆起斜坡区,是油气运移的指向区^[14],但油气成藏早,且经历了多次破坏和调整^[15],成藏过程非常复杂。形成于加里东晚期—海西期的古生界大型古鼻隆(巴里英、尉犁和维马克)和继承性发育的中生界构造是有利的勘探目标。通源断裂是油气成藏的基本条件,保存条件至关重要。结合油气成藏要素综合分析认为,该区具备4大有利的勘探领域:西北部库南地区寒武

系—奥陶系碳酸盐岩潜山—内幕构造、西部草湖地区石炭系背斜和地层超覆圈闭、中南部普惠地区和东部龙口—维马—开屏地区侏罗系、志留系大型背斜构造。

参考文献:

- 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):64~75
- 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件[J]. 石油与天然气地质,2001,22(1):22~25
- 高长林,叶德燎,张玉箴等. 塔里木中新生代盆地扩张和盆地俯冲与地幔柱[J]. 石油实验地质,2003,25(6):661~669
- 邱荣华,李永林,肖学等. 塔里木盆地孔雀河区块石油地质条件与勘探前景[J]. 河南石油,2003,17(1):1~5
- 李小军,李景明. 塔里木盆地东部盆山耦合与区带分析[J]. 现代地质,2004,18(2):164~169
- 李永林,乔桂林,姚亚明等. 孔雀1井天然气成因初探[J]. 河南石油,2003,17(3):4~6
- 严永新,田云,袁光喜等. 孔雀河斜坡含油系统及有利区带[J]. 新疆石油地质,2003,24(5):411~414
- 林学庆,李永林,李亚玉等. 孔雀河地区油气勘探有利目标[J]. 新疆石油地质,2003,24(5):427~430
- 张克银,邵志兵,邹元荣. 塔里木盆地孔雀河地区复式油气系统[J]. 新疆石油地质,2004,25(2):122~124
- 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
- 段铁军,徐宏节,伍泓等. 塔里木盆地与断裂作用有关的圈闭类型特征[J]. 石油实验地质,1998,20(3):217~222
- 田纳新,于明德,涂志民等. 塔里木盆地孔雀河地区构造特征[J]. 新疆石油地质,2005,26(6):627~631
- 时保宏,张艳,赵靖舟等. 塔里木盆地英吉苏凹陷天然气成藏主控因素分析[J]. 石油实验地质,2007,29(5):482~485
- 俞仁连,闫相宾,金晓辉等. 塔里木盆地研究进展与勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):598~604
- 杨铭,汤达祯,邢卫新等. 塔里木盆地孔雀河古斜坡成藏条件新认识[J]. 石油实验地质,2007,29(3):275~279

(编辑 韩 彧)

(上接第235页)

- 刘华,蒋有录,杨万芹等. 东营凹陷中央隆起带油源特征的分析[J]. 石油与天然气地质,2004,25(1):39~43
- Luo X, Zhang F, Miao S, et al. Experimental verification of oil saturation and losses during secondary migration[J]. Journal of Petroleum Geology,2004,27(3):241~251
- 牟中海,何琰,唐勇等. 准噶尔盆地陆西地区不整合与油气成藏的关系[J]. 石油学报,2005,26(3):16~20
- 蒋有录,李丕龙,翟庆龙等. 复杂断块油气田流体性质及分布

- 规律研究:以东辛、永安镇油气田为例[J]. 地质论评,1994,8(增刊):70~75
- 朱玉双,王震亮,高红等. 油气水物化性质与油气运移及保存[J]. 西北大学学报(自然科学版),2000,30(5):415~418
- 郝芳. 超压盆地生烃作用动力学与油气成藏机理[M]. 北京:科学出版社,2005.160~163
- 王圣柱,金强,王强. 东营凹陷胜坨地区油气运移方向研究[J]. 油气地质与采收率,2004,11(6):19~21

(编辑 徐文明)