

柴西地区新构造运动特征及其对成藏影响

吴颜雄,薛建勤,冯云发,张霞,姜莹海,黄建红

(中国石油青海油田勘探开发研究院,甘肃 敦煌 736202)

摘要:柴达木盆地喜马拉雅晚期以来的新构造运动活跃,对油气藏形成起了关键作用。以露头调查、地震剖面地质构造解释和油藏解剖资料为基础,结合前人已有研究成果,对柴西地区新构造运动特征及其成藏作用开展研究。新构造运动在现今地貌上表现为狮子沟组区域性不整合和北西西走向的地面构造特征。新构造运动期间断裂表现为深大断裂的再活动和新断裂的形成,并形成反冲构造、断展背斜、纵弯背斜和滑脱褶皱4种构造样式。新构造运动促进了圈闭的形成,并且是油气充注和油气成藏的关键期。新构造运动作用下,构造圈闭形成期与油气充注期匹配越好,越有利于油气成藏;断裂对构造圈闭的破坏作用越小,越有利于油气成藏。

关键词:构造样式;圈闭;油气充注;晚期成藏;新构造运动;柴达木盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Neotectonic movement feature and its controlling effect on accumulation in western Qaidam Basin

Wu Yanxiong, Xue Jianqin, Feng Yunfa, Zhang Xia, Jiang Yinghai, Huang Jianhong

(Research Institute of Petroleum Exploration & Development of Qinghai Oilfield, PetroChina, Dunhuang, Gansu 736202, China)

Abstract: Since the late Himalayan Movement, neotectonic movements have been active and have played important roles on petroleum accumulation in the western Qaidam Basin. Based on the studies of outcrops, seismic profile geological tectonic interpretations and oil reservoir anatomies, combined with the previous research results, the features of neotectonic movements and their controlling effects on petroleum accumulations were discussed. The neotectonic movements resulted in the present regional unconformities in the Shizigou Formation and the NWW-oriented modern landscapes. During the neotectonic movements, deep faults activated again while new faults came into being, and 4 kinds of structural pattern were formed, including back thrust fault, propagation anticline, longitudinal bend anticline and detachment fold. The neotectonic movements promoted the formation of traps, and had controlling effects on petroleum charging and accumulations. Influenced by the neotectonic movements, the good matching of tectonic trap formation and petroleum charging as well as the weak destruction of fault on tectonic trap are favorable for petroleum accumulation.

Key words: structural style; trap; hydrocarbon charging; late hydrocarbon accumulation; neotectonic movement; western Qaidam Basin

“新构造运动”(neotectonic movement 或 neotectonism)的概念最早是由前苏联学者 B. A. 奥布鲁切夫于 1945 年首先提出的。他将新构造定义为:由各种不同性质的新构造运动所决定的地壳的构造,是在第三纪至今的一段时间内形成的。国内外对新构造运动的起始时间认识不一致^[1-3],可从 0.73 Ma 到 40 Ma,差距相当大。前人研究^[4-6]普遍将柴达木盆地“新构造运动”界定为新近纪以来所发生的运动,大致包括新近纪晚期和第四纪(N₂-Q)。

柴达木盆地西部地区(以下简称柴西地区)是指柴达木盆地牛鼻子梁—大风山—东柴山一线以西地区,其西北为阿尔金山,南为昆仑山,面积为 3.6×10⁴ km²。历经 50 余年的勘探,该区已发现了尕斯库勒、花土沟、油砂山、七个泉等十几个油田,已成为青海油田的主要产油区^[7-8]。柴达木盆地的新构造运动是新生代晚喜马拉雅期以来较强烈的一次构造运动,不仅导致全盆地范围内包括 Q₁₊₂ 构造层在内的中新生界构造层发生不同规模、不同

系	统	组	段	代号	地震标准层	构造运动	烃源岩层	储集层	盖层	圈闭时期	油气充注期	盆地演化模式示意图	演化阶段
第四系	更新统	七个泉组		Q ₁₊₂		新构造运动 喜马拉雅 晚期							挤压反转 (压性盆地)
		狮子沟组		N ₂ ³	T ₁								
新近系	上新统	上油砂山组		N ₂ ²	T ₁ ¹	喜马拉雅 中期							
		下油砂山组		N ₂ ¹	T ₂								
	中新统	上干柴沟组		N ₁	T ₂								坳陷
古近系	渐新统	下干柴沟组	上段	E ₃ ²	T ₃	喜马拉雅 早期							拉分弱断陷
			下段	E ₃ ¹	T ₄								
	古、始新统	路乐河组		E ₁₊₂	T ₅								断 坳
白垩系				K ₂	T _R	燕山晚期							挤压隆升
		犬牙沟组		K ₁	T _K								坳陷
侏罗系	上统	红水沟组		J ₃	T _{J3}	燕山早期							断 坳
	中统	大煤沟组		J ₂	T _{J2}								
	下统	小煤沟组		J ₁	T _{J1}	印支晚期							

图1 柴达木盆地构造运动及柴西地区生储盖组合特征

Fig. 1 Tectonic movements in Qaidam Basin and assemblage of hydrocarbon source-reservoir-cap in western Qaidam Basin

样式、不同强度的构造变形,同时对晚期成藏起了重要作用^[9]。勘探实践表明,近年来发现的昆北和英东两大油气田形成均与新构造运动有关。本文基于新构造运动时期地质构造特征分析,研究其对晚期油气成藏的影响及控制。

1 柴达木盆地区域构造背景

柴达木盆地位于欧亚大陆腹地,属于塔里木—中朝板块,是由中朝地块分裂出来的微型古陆,夹持在秦祁昆古生代地槽褶皱带之间^[10-12]。新近纪,由于青藏高原北侧东西向构造带在原来基础上整体北移,柴达木地块受到近南北向的挤压应力,这种挤压作用力可能在新近纪末的喜马拉雅晚期运动达到最强,主要作用于盆地东半部。由于阿尔金山断裂的左行走滑派生剪切应力,盆地东南部向北偏转,之后在东北向统一挤压应力场作用下,构造运动主要表现为褶皱与造山,在柴达木盆地内部形成一排排壮观的北西西向构造带^[13-14]。

柴达木盆地中生代以来主要经历了7期构造运动(图1),其中以印支晚期、燕山晚期、喜马拉雅中、晚期构造运动较强烈,影响范围大。其演化可划分为早、中侏罗世断陷沉积、晚侏罗世—白垩纪挤压抬升剥蚀、古近纪挤压走滑坳陷和新近纪—第四纪挤压推覆褶皱、沉降坳陷4个阶段^[15]。柴西地区主要经历了喜马拉雅运动和新构造运动,地

层自下而上发育路乐河组(E₁₊₂)、下干柴沟组下段(E₃¹)、下干柴沟组上段(E₃²)、上干柴沟组(N₁)、下油砂山组(N₂¹)、上油砂山组(N₂²)和狮子沟组(N₂³)7套地层,其中烃源岩发育在E₁₊₂、E₃¹、E₃²和N₁;储集层在各地层均有发育。

2 柴西地区新构造运动特征

2.1 现今构造地貌特征

喜马拉雅运动晚期—新构造运动对柴达木盆地影响最大,盆地长期处于隆升状态,盆缘大部分地区发育中高山、构造剥蚀丘陵、残存古夷平面和构造阶地等层状地貌^[16]。柴西地区此时发生了浅部褶皱,并且先前的深部断裂开始活动,结果使地层大面积抬升并剥蚀。其中,尕斯断陷北部与英雄岭相接的阿尔金山前一带遭受剥蚀最厉害,老地层遭受剥蚀,形成N₂³区域性剥蚀面(图2)。目前观察到的地面构造也是在这个时期形成的,由于浅部地层的推移、隆升褶皱形成一系列北西西走向的逆断和隆凹相间的地面构造(图3)。

至第四纪,柴达木盆地古气候由温湿向干旱演变,湖盆逐渐咸化,水体变浅,沉积中心向东转移至三湖地区。在西部尕斯断陷地区,除西北阿尔金山前带和狮子沟—油砂山、北乌斯、东柴山等构造隆起区缺失第四系沉积外,其他广大地区仍有第四系的洪积相、河流相等粗碎屑沉积,且超覆于N₂³顶不

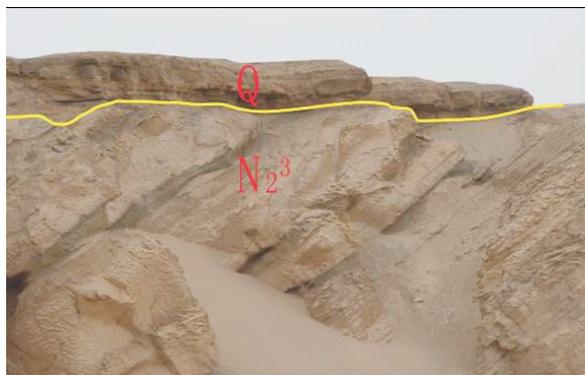


图2 柴西地区狮子沟露头剖面
狮子沟组(N₂³)与上覆地层呈高角度不整合。

Fig. 2 Outcrop section of Shizigou Formation, western Qaidam Basin

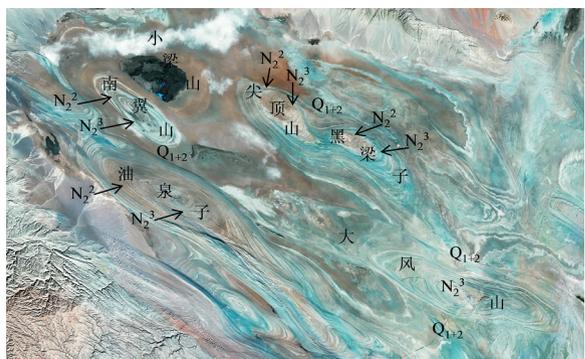


图3 柴达木盆地地面构造特征
卫星图片。

Fig. 3 Ground structure of western Qaidam Basin

整合面之上。只有尕斯湖区为连续沉积,至今还保留小范围的咸水区沉积——尕斯库勒湖^[17]。

2.2 断裂活动特征

柴西地区断裂十分发育,发育东北、北西和近南北3个方向的断裂,以北西向断裂为主^[18]。喜马拉雅运动晚期—新构造运动的断裂活动表现为2种:一种为早期形成的断裂再活动,如阿拉尔断

裂和乌南断裂在此期间发生强烈活动,发育切至地表的深部和浅部断裂(图4);另一种为在构造顶部或翼部产生浅层逆滑脱断层,它们主要断开中浅层地层,向上断至地表,向下消失于中浅层地层中,形成了各种构造样式,不具生长性,形成时间短,如图4中尕斯地区发育顶面断裂。

2.3 新构造运动期间形成的构造样式

柴达木盆地有压缩、走滑、伸展3大类14种基本构造样式类型^[19]。新近纪末的喜马拉雅运动晚期,柴西地区的挤压应力达到最强,形成的构造样式主要以压缩构造为主(图5)。

2.3.1 反冲构造

指与主冲断系统或冲断带运动方向相反的冲断层,常为由盆地指向造山带的冲断层,一般深层为基底卷入构造样式,浅层为盖层滑脱构造样式。油砂山断裂是英东地区一条重要的反冲断裂,目前勘探表明,本区形成的英东油田多与该断裂有关。

2.3.2 断展背斜

指冲断层终端扩展而形成的背斜,反冲断层的活动为其提供了前提条件,多数具有同沉积性,在第三纪有着较长的发育历史。与反冲断层伴生的断展背斜,在柴西主要分布在英雄岭的两翼,是新构造运动的产物。这些断展背斜均含有油气,是重要的含油气构造。

2.3.3 纵弯背斜

纵弯背斜是在水平挤压作用下形成的。这些背

类型	反冲构造	断展背斜	纵弯背斜	滑脱褶皱
构造样式				

图5 柴西地区新构造运动期构造样式

Fig. 5 Structural styles during neotectonic movements in western Qaidam Basin

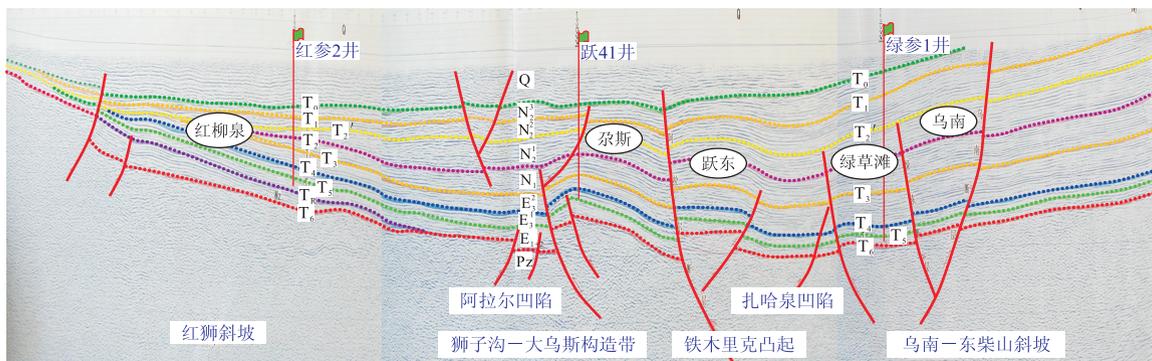


图4 柴达木盆地 83150-841016 线地质剖面

Fig. 4 Geologic section of line 83150-841016 in Qaidam Basin

斜的翼部或深层没有断层,或只发育一些规模较小的逆断层,但背斜的生成并不受逆断层活动的控制,而是顺层挤压作用的结果。茫崖坳陷内部和周围发育一系列的纵弯背斜,是喜马拉雅运动晚期的产物,其中在尖顶山、南翼山、油泉子等背斜已发现油气藏。

2.3.4 滑脱褶皱

指发育在顺层滑脱面上或冲断面上褶皱中的背斜。柴达木盆地新生界中的滑脱褶皱与塑性岩层有关,在狮子沟组存在一系列的褶皱,主要分布在盆地西部的茫崖等地区,如油砂山、茫崖、凤凰台、油墩子等,它们与下伏构造不协调,是喜马拉雅运动晚期的产物,在它们之下存在着第三纪的逆断层,两者组成滑脱褶皱与生长断层的垂向叠加。

3 新构造运动对晚期成藏条件的影响

3.1 新构造运动控制了圈闭的形成

喜马拉雅运动晚期—新构造运动在形成各种挤压构造样式的同时形成了大批断裂,这为圈闭形成提供了重要的条件,此时也成为一些圈闭的最终定型期(表1)。一方面使早期形成的圈闭幅度面积继续扩大(如跃进、狮子沟、南翼山等深层构造);另一方面还会形成一些新的构造圈闭(如乌南、南翼山等浅层构造)。如乌南油田在浅层系($N_2^1-N_2^2$)发育一套断背斜油藏,该圈闭形成于新构造期。构造演化剖面上显示在上油砂山组沉积末期未见圈闭,且反向逆断层未断至上干柴沟组(N_1),

到了狮子沟组沉积以后($N_2^3-Q_{1+2}$)才形成清晰的断背斜圈闭,且反向逆断层又重新活动,断至地表,可能起到油气通道的作用^[20]。

3.2 新构造期是油气主要充注期

断层是柴达木盆地油气纵向运移的主要通道,而构造运动控制了断层的发育,因此,新构造运动期是油气充注的良好时机。如油砂山—英东地区,油狮大断裂及其次级断裂为油气运移提供了良好的通道,为油气向圈闭充注创造了条件。前人通过储层流体包裹体均一化温度分析,得出油气藏主要发生过2期油气充注,第一期是在 N_2^1 前后,第二期是在 N_2^3-Q (表2),这与喜马拉雅中、晚期和新构造运动时间正好吻合^[21]。

3.3 新构造期是油气成藏关键期

柴西地区油气藏主要是在喜山运动中晚期形成。具体讲,第一次大规模的成藏发生在喜马拉雅运动中期($N_1-N_2^1$ 时期),而第二次大规模成藏发生在喜马拉雅运动晚期($N_2^3-Q_{1+2}$ 晚期)。从2期不同的成藏特点看,新构造运动期成藏规模更大。第一期成藏时,大部分构造圈闭只有雏型,闭合幅度比较小,再加上早期烃源岩进入生烃门限不久,未到生烃高峰,生烃量有限,故未能发生大规模油气充注。当第二期成藏时,圈闭基本已定型,形成了较大的圈闭幅度,同时也形成一些新圈闭,此时深部主力烃源岩均已达到生烃高峰(图6),而浅部主力源岩也已进入生油门限,有充足的烃类可供油气成藏。晚期主要发生2种成藏作用,一是在早先形成的油气藏中继续发生充注,使油气储量面积规模增大;二是在新形成的圈闭中发生首次充注,形成年轻的油气藏。同时,也可能在先成油气藏中继续充注的同时发生改造和破坏,在其浅部形成次生油气藏。因此,总体上讲,新构造运动期是先成油气藏改造和次生油气藏形成的关键期。

3.4 新构造运动对晚期成藏的控制

3.4.1 晚期充注与圈闭匹配控制油气成藏

通过圈闭形成期和油气充注期的研究可以看出,柴西地区第三系烃源岩成熟较晚,在新构造运

表1 柴西地区构造圈闭形成及定型期^[17]

Table 1 Formation and filling stages of tectonic traps in western Qaidam Basin

圈闭名称	开始形成期	定型期	圈闭名称	开始形成期	定型期
七个泉	E_{1+2}	Q_{1+2}	大风山	N_2^1	Q_{1+2}
狮子沟	N_2^1	Q_{1+2}	南翼山	N_2^2	Q_{1+2}
跃进一号	E_{1+2}	N_2^3	乌南	N_1	Q_{1+2}
小梁山	N_2^1	N_2^3	开特米里克	N_2^1	N_2^3
油泉子	N_2^1	N_2^3	红沟子	N_2^1	N_2^3
咸水泉	N_2^1	N_2^3	干柴沟	N_2^1	N_2^3

表2 柴西地区油气充注期

Table 2 Petroleum charging period of western Qaidam Basin

项目	跃进地区	狮子沟	南翼山	红柳泉
生油地层	N_1, E_3^2, E_3^1	E_3^2	E_3^2	E_3^2, E_3^1
油气充注时间/Ma	1~现今, 5.9~1.7, 5.8~2.5	17.2~6.8, 4~现今	15.2~9	2.3~现今, 2.1~1.5
油气充注时期	Q_{1+2} -现今, N_2^2 末- Q_{1+2} , N_2^2 末- Q_{1+2}	N_2^1 末- N_2^2 , N_2^3 -现今	N_2^1 末- N_2^3	Q_{1+2} -现今, Q_{1+2}

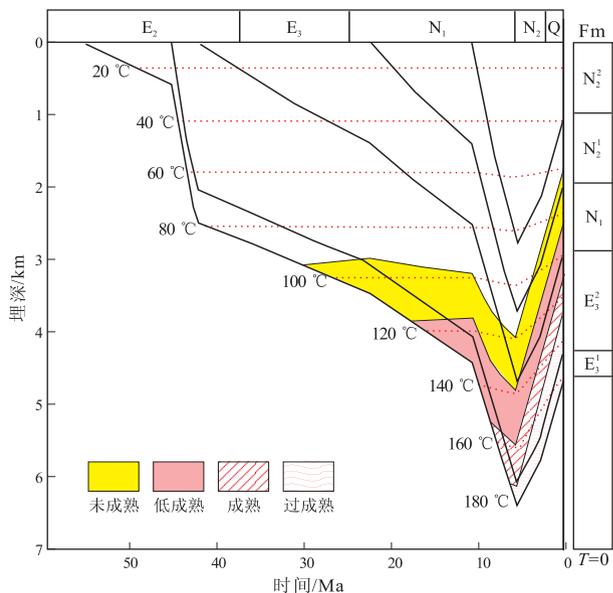


图6 柴西跃进地区埋藏史和生烃史

Fig. 6 Burial and hydrocarbon generation histories of Yuejin area, western Qaidam Basin

动期间发生大规模油气充注,因此新构造运动对本区油气成藏非常关键。研究认为,柴西地区普遍存在2种有利于晚期成藏的匹配方式。一种是在新构造运动之前已形成古隆起或圈闭,在新构造运动前后期油气长期充注而成藏,这种匹配方式往往有助于形成大型油气田,如昆北油田和尕斯库勒油田均属于此方式。另一种是构造圈闭形成于新构造运动期间,与油气充注高峰期匹配良好而成藏。柴西地区大部分构造圈闭(尤其是中浅层)受新构造

运动影响形成较晚,如英东浅层油田、油泉子、尖顶山油田和乌南油田等,皆属于此种成藏模式。

3.4.2 断层控制油气成藏

在喜马拉雅运动晚期—新构造运动期间地层发生强烈反转,对油气藏的影响是双重的,一方面是前文所提的有利于晚期成藏,另一方面由于构造运动强烈,可能造成油气藏的破坏。

如图7所示,跃进一号构造是在基岩隆起背景之上形成同沉积背斜,断层不发育,新构造运动对烃类的破坏作用弱,烃源岩生成的烃类被大量有效捕获,从而形成了跃进一号油藏;而相邻的油砂山构造是在顺层滑脱断裂上盘的背斜构造中捕获油气,由于发育“通天断裂”,造成油气散失,在油砂山地表可见较普遍的沥青和油砂等。因此,新构造运动形成的地面断裂越多,对烃类的保存越不利,可能造成部分油气散失。

4 结论

1) 新构造运动的地质构造特征表现为:地貌特征表现为狮子沟组与第四系的区域性不整合和现今地面构造形态;断裂活动特征表现为深大断裂再活动和新断裂形成,并形成4种以压缩为特征的构造样式。

2) 新构造运动促进了圈闭的形成,并且是油气充注和油气成藏的关键期。

3) 新构造运动作用下,构造圈闭形成期与油气充注期匹配越好,越有利于油气成藏;断裂对构

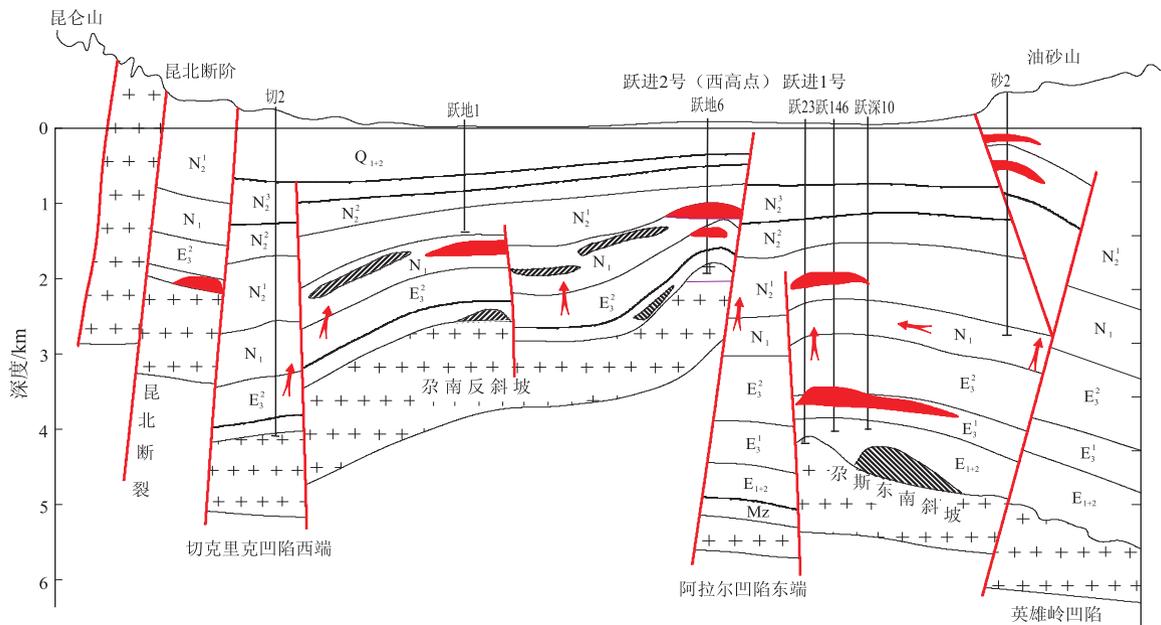


图7 柴西地区油气运聚模式

Fig. 7 Hydrocarbon migration and accumulation mode, Western Qaidam Basin

造圈闭的破坏作用越小,越有利于油气成藏。

参考文献:

[1] 郭旭东. 北京第四纪地质导论[M]. 重庆:重庆出版集团, 2007.

[2] 丁国瑜. 新构造研究的几点回顾:纪念黄汲清先生诞辰 100 周年[J]. 地质论评,2004,50(3):252-255.

[3] 李祥根. 中国新构造运动概论[M]. 北京:地震出版社,2003.

[4] 朱允铸,钟坚华,李文生. 柴达木盆地新构造运动及盐湖发展演化[M]. 北京:地质出版社,1994.

[5] 郭占谦,师继红. 新构造运动活跃的柴达木盆地含油气系统特征[J]. 大庆石油地质与开发,2001,20(1):9-12.

[6] 吴光大. 柴达木盆地构造特征及其对油气分布的控制[D]. 长春:吉林大学,2007.

[7] 党玉琪,尹成明,赵东胜. 柴达木盆地西部地区古近纪与新近纪沉积相[J]. 古地理学报,2004,6(3):297-306.

[8] 刘震,党玉琪,李鹤永,等. 柴达木盆地西部第三系油气晚期成藏特征[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2007,22(1):1-6.

[9] 肖飞,包建平,朱翠山,等. 柴达木盆地西部典型油田原油地球化学特征对比[J]. 地球科学与环境学报,2012,34(4):43-52.

[10] 李春昱,王荃,刘雪亚,等. 亚洲大地构造图及说明书[M]. 北京:地图出版社,1982.

[11] 李兰斌,孙家振,夏晓燕,等. 柴达木盆地西南地区褶皱构造样式[J]. 石油实验地质,2012,34(1):30-35.

[12] 陈袁,牟中海,马达德,等. 柴达木盆地西部地区盆地接触关系研究[J]. 断块油气田,2012,19(4):414-417.

[13] 吕宝凤,张越青,杨书逸. 柴达木盆地构造体系特征及其成盆动力学意义[J]. 地质论评,2011,57(2):167-173.

[14] 罗群. 柴达木盆地成因类型探讨[J]. 石油实验地质,2008,30(2):114-120.

[15] 金之钧,张明利,汤良杰,等. 柴达木中生代盆地演化及其控油气作用[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):603-608.

[16] 杨明慧. 柴达木盆地新构造运动主要特征与成因机制[J]. 海洋地质与第四纪地质,1997,17(3):71-78.

[17] 陈启林. 大型咸化湖盆地层岩性油气藏有利条件与勘探方向:以柴达木盆地柴西南古近纪为例[J]. 岩性油气藏,2007,19(1):46-51.

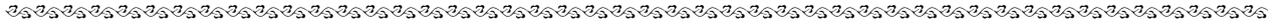
[18] 罗群,庞雄奇. 柴达木盆地断裂特征与油气区带成藏规律[J]. 西南石油学院学报,2003,25(1):1-5.

[19] 戴俊生,曹代勇. 柴达木盆地构造样式的类型和展布[J]. 西北地质科学,2000,21(2):57-62.

[20] 余一欣,汤良杰,马达德,等. 柴达木盆地构造圈闭特征与含油气性[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2006,21(5):1-5.

[21] 党玉琪,熊继辉,刘震,等. 柴达木盆地油气成藏的主控因素[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):614-619.

(编辑 徐文明)



(上接第 237 页)

[7] 陈建平,查明,柳广弟,等. 准噶尔盆地西北缘斜坡区不整合面在油气成藏中的作用[J]. 石油大学学报:自然科学版,2000,24(4):75-78.

[8] 吴孔友,查明,柳广弟. 准噶尔盆地二叠系不整合面及其油气运聚特征[J]. 石油勘探与开发,2002,29(2):53-57.

[9] 曹剑,胡文瑄,张义杰,等. 准噶尔盆地油气沿不整合运移的主控因素分析[J]. 沉积学报,2006,24(3):399-406.

[10] 吴孔友,查明,洪梅. 准噶尔盆地不整合结构模式及半风化石的再成岩作用[J]. 大地构造与成矿学,2003,27(3):270-275.

[11] 李秀鹏,于洁,许晶. 准噶尔盆地乌夏断裂带输导体系对油气运聚的控制[J]. 断块油气田,2012,19(5):559-563.

[12] 吴孔友. 不整合结构对地层油气藏形成的控制作用研究[J]. 大地构造与成矿学,2012,36(4):518-524.

[13] 吴孔友,白森,崔世凌. 渤海湾盆地惠民凹陷南坡中生界顶部不整合结构特征及成藏作用[J]. 石油实验地质,2012,34(4):357-361.

[14] 徐兴友. 准噶尔盆地车排子地区油气成藏期次研究[J]. 石

油天然气学报,2010,31(5):40-44.

[15] 何琰,牟中海. 准噶尔盆地不整合类型和分布规律[J]. 西南石油大学学报,2007,29(2):61-64.

[16] 石昕,张立平,何登发,等. 准噶尔盆地西北缘油气成藏模式分析[J]. 天然气地球科学,2005,16(4):460-463.

[17] 刘太勋,查明,吴孔友. 乌—夏地区不整合油气藏成藏数值模拟研究[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2011,33(4):14-18.

[18] 徐怀宝,蔡正期,丁超,等. 乌夏地区油气成藏主控因素分析[J]. 西部探矿工程,2011(2):108-111.

[19] 吴孔友,李林林,查明. 不整合纵向结构及其成藏作用物理模拟[J]. 石油实验地质,2009,31(5):537-541.

[20] 隋风贵,宋国奇,赵乐强,等. 济阳拗陷陆相断陷盆地不整合的油气输导方式及性能[J]. 石油大学学报,2010,34(4):44-48.

[21] 宋国奇,隋风贵,赵乐强. 济阳拗陷不整合结构不能作为油气长距离运移的通道[J]. 石油学报,2010,34(4):744-747.

(编辑 徐文明)