

文章编号:1005-8907(2011)02-212-05

柴达木盆地断裂组合特征及油气成藏意义

袁亚娟^{1,2} 夏斌³ 吕宝凤³

(1.中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640;2.中国科学院研究生院,北京 100049;3.中山大学海洋学院,广东 广州 510275)

摘要 应用地震勘探资料和平衡剖面恢复技术对柴达木盆地在不同构造动力学背景下形成的断裂构造系统进行了研究,并结合盆地油气成藏规律,将断裂构造对油气成藏的制约关系进行归纳总结。该盆地总体构造变形程度较高,主要发育断裂及其相关褶皱,其中断裂以逆断层和走滑断层为主,并伴有少量的同沉积正断层、滑脱断层、反转断层等。早期构造活动微弱,后期构造活动强烈。断裂的形成演化主要有3类模式,一类是断裂在中新世(N_1)定型,一类是断裂在上新世(N_2)—第四纪(Q)期间发育形成,一类就是在盆地形成演化过程中一直都在活动的长期发育的断裂。这些断裂对油气藏的形成和分布有重要的控制作用,主要表现在烃源岩分布、有利沉积相带展布、圈闭形成,以及油气运聚、富集及破坏等方面。

关键词 断裂;组合特征;油气成藏;柴达木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标志码:A

Assemblage characteristics of faults and its significance to hydrocarbon accumulation in Qaidam Basin

Yuan Yajuan^{1,2} Xia Bin³ Lv Baofeng³

(1.Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2.Graduate School of China Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3.School of Marine sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The seismic survey data and the restoring technology of profile equilibrium are applied to research the unique fault structure system which is formed in different tectonic dynamic backgrounds in Qaidam Basin. On the basis of hydrocarbon accumulation rule of the basin, the restrictive relation of the fault structure to the hydrocarbon accumulation is summarized. Tectonic deformation of the basin shows a high degree in general. There are lots of faults and the fault-related folds. These faults are mainly the reverses and strike-slip faults, accompanied by a small number of synsedimentary normal fault, detachment fault and inverted fault. The early tectonic action was weak and the late tectonic action was strong. The formation and evolution of fault indicates three types of models, namely one fell into a pattern in Miocene, one was developed during Pliocene to Quaternary, one was the long-developed fault that had been active in the process of formation and evolution of the basin. These faults showed an important controlling for the formation and distribution of hydrocarbon reservoir, which mainly reflects in the respects of the distribution of source rocks, distribution of favorable sedimentary facies belts, trap formation, hydrocarbon migration and accumulation process and reservoir-damaged degree.

Key words: faults; assemblage characteristics; hydrocarbon accumulation; Qaidam Basin

1 区域构造背景

柴达木盆地地处青藏高原西北部,南邻昆仑山,北接祁连山,西北界为阿尔金山,在大地构造位置上属于亚洲中轴构造域^[1],是一个NW—NWW向中生代陆相叠合盆地,其周围分别为西北部的塔里木板块、东北部的华北板块、西南部的印度板块和东南部的扬子板块,构造应力复杂,地壳结构不均一,时空发展不平衡,构造运动频繁,经历了中—新生代4个构造演化阶段:

即中生代的伸展拗陷阶段—古新世—始新世的初始拗陷阶段—渐新世—中新世早期的主拗陷阶段—中新世晚期后的萎缩阶段。

此外,柴达木盆地基底构造发育性强(见图1),表现为NW方向和NE—NNE方向区域性断裂交互性切割,总体呈现“东西分段、南北分带”的构造面貌,西部变形强,东部变形弱;东昆仑山和祁连山表现为相向挤压对冲,阿尔金山表现为向东南向逆冲,整体处于挤压和走滑相结合的区域应力背景下^[2-5]。

引用格式:袁亚娟,夏斌,吕宝凤.柴达木盆地断裂组合特征及油气成藏意义[J].断块油气田,2011,18(2):212-216.

Yuan Yajuan, Xia Bin, Lv Baofeng. Assemblage characteristics of faults and its significance to hydrocarbon accumulation in Qaidam Basin[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(2): 212-216.

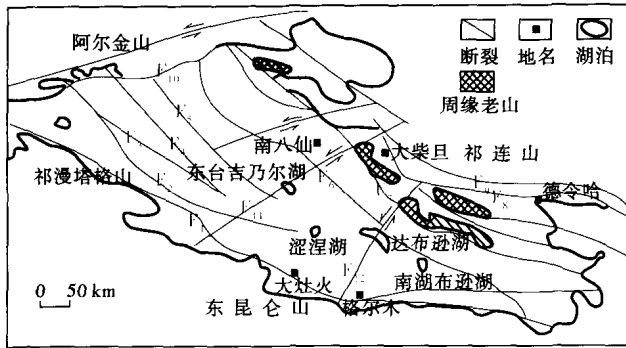


图 1 柴达木盆地基底断裂分布图

(F_1 为昆北断裂; F_2 为 XI 断裂; F_3 为油北断裂; F_4 为风南断裂; F_5 为碱北断裂; F_6 为胡北-陵间-达霍断裂; F_7 为柴北断裂; F_8 为祁连山南缘断裂; F_9 为宗务隆山北侧断裂; F_{10} 为阿南断裂; F_{11} 为塔尔丁-鱼卡断裂; F_{12} 为格尔木-锡铁山断裂)

2 柴达木盆地断裂系统划分

由于柴达木盆地内部结构极其复杂,前人对此做了大量的工作^[6-11]。受勘探程度,以及各个时期勘探目标、方向的不同,其划分方案也不尽相同。依据构造变形产生的动力学机制和盆地断裂平面组合特征,将柴达木盆地划分为 3 大变形系统:北部压扭冲断变形体系、南部压扭冲断变形体系,以及西北部压扭冲断变形体系。其中,北部压扭冲断变形体系与祁连造山带挤压变形有关,由一系列北倾南冲的基底叠瓦式逆冲断层,以及盖层中发育的断展褶皱和一些次级反冲断层组成;南部压扭冲断变形体系与昆仑造山带挤压变形有关,由一系列南倾北冲的基底叠瓦扇及盖层中的断展褶皱组成,两者分界大致在鸭湖构造一线;西北部压扭冲断变形体系,是与阿尔金山走滑变形有关的构造系统,位于盆地西北部,由于走滑挤压运动产生阿尔金山隆起,并向盆地内逆冲,故该构造系统以走滑断层为主,起调节作用。

依据构造变形产生的动力学机制、断层的平面和剖面组合特征,北部压扭冲断变形体系和南部压扭冲断变形体系都可划分为 3 个冲断带和 3 个凹陷带。冲断构造带是由一系列逆冲断层和与之相关的断展褶皱组成,褶皱的两翼是不对称的,从盆地边缘向盆地内部依次为第一、第二、第三冲断带。在 2 个冲断构造带之间发育的向形构造为凹陷带。

3 盆地断裂组合几何学特征

柴达木盆地主要发育 3 组断裂:NE 向、NW 向断裂及 NNW 向断裂。NE 向断裂主要是阿尔金山前的柴西断裂,其发育演化过程主要受 NE 向阿尔金山走滑断裂带的控制;NW 向断裂是柴达木盆地断裂的主体,此

类断层延伸长,规模大,切割深,活动时间长;NNW 向断裂主要分布于尕斯断陷内,发育时期早于上述 2 个方向的断裂,一般被后期 NW 向断裂所切割。

3.1 断裂平面组合特征

由于中、新生代以来,盆地周缘不断受到挤压及剪切作用的影响,盖层发育了许多断裂。平面上,断裂走向以 NW 向、NWW 向为主,其次为 NE 向、近 EW 向、NNW 向,个别为近 SN 向,并常呈弧形弯曲、斜列、平行、交叉的展布特征,北部以南冲逆断层为主,常与次级北冲断层构成基底的断块结构,而南部则以北冲逆断层为主,局部发育反向逆冲断层。柴达木盆地断裂的平面组合特征主要有以下几点:

- 1) 各断裂构造带均呈反“S”形状展布,即盆地内部从北向南,构造线走向成 NNW—NW—NWW 方向的变化。
- 2) 断层整体上向 NW 方向发散,向 SE 方向收敛。断裂沿构造带展布相对密集,具有明显的方向性,成排成带分布,由北向南呈受北部挤压强度减弱,断裂发育程度减弱的趋势。
- 3) 断裂构造基本以挤压逆冲性质为主,叠加形成了具有不同结构特征的逆冲推覆构造。
- 4) 柴西地区受阿尔金山走滑作用的影响,普遍具有走滑的特征,断层兼有剪切性质,以斜交状组合形式的断裂最为发育。
- 5) NW 向断层在平面上斜列式展布,呈左列或右列式的雁列式排列。

3.2 断裂剖面组合特征

柴达木盆地发育的断裂大多为逆断裂和走滑断裂,只在局部地区发育有一些小型的正断层。在纵向上分别发育深层和浅层 2 大断裂系统,深层断裂系统由基底断裂组成,向上大多消失在 E_3-N_1 ,为基底卷入型逆冲断裂,并可见同沉积正断层。浅层断裂系统是由发育于 E_3 及其以上地层的断裂组成的,这些断裂包括浅层滑脱逆冲断层和地表附近的一系列派生正断层,走滑断层由于多以花状构造形式出现,在深浅断裂系统均有反映。

剖面上,盆地反“S”断裂构造带均为基底卷入型构造样式,在北祁连山西段主断裂均往北倾,在昆仑山前主断裂均往南倾,在构造顶部的中浅层常见后期滑脱逆断裂,其倾向与主断裂相反,它控制断滑构造的形成,也对构造起破坏作用,并导致深浅层构造不吻合,盆地的潜伏构造大多为深层发育的受主断裂控制的生长断展背斜。

柴达木盆地发育的断层在剖面上的组合主要有收缩构造组合(包括叠瓦扇构造、冲起构造、背冲断块或断褶构造)、走滑构造组合及伸展构造组合。

收缩构造组合中最基本的逆冲构造组合——叠瓦

扇式断层组合,主要发育在北部断阶带和南部断阶带。此外还发育对冲型和背冲型。柴达木盆地发育了较多的对冲断裂组合样式。柴西地区广泛发育有背冲构造。

在整体水平走滑应力作用下,盆地发育走滑构造,其剖面一般表现为“花状”,在发育程度不高的情况下,会出现“Y状”、“铲状”构造。由于长期受阿尔金山走滑应力作用控制,盆内发育有一些以压扭性构造为主的走滑构造,主要表现为正花状组合样式。

伸展断裂组合样式由正断层和所夹断块组成,产生于背斜核部的局部伸展环境下,是喜马拉雅晚期运动的产物,在跃进等地区有所分布。

4 盆地断裂组合运动学特征

1969年Dahlstrom提出了平衡剖面方法,并在阿帕拉契亚(Appalachian)构造区带研究中应用。从此,这一方法逐渐在地质解释中被推广应用^[12-16]。为了研究柴达木盆地断裂的运动学特征,文中选取具有代表性的2条测线进行分析。

测线1剖面为N—S向,位于红山参1井东部,北段起于祁连山前,经祁连山南断裂,至欧南断裂,全长约32 km。是北部压扭冲断变形系统中走滑调节带的一部分,形成一个小背斜构造,轴部见中生界侏罗系和白垩系地层,在剖面上是一个典型的花状构造,平衡剖面复原结果显示红山地区的走滑断裂存在较早,在中生代便有发育。

测线2剖面为NNE—SSW方向,横穿欧北断裂、欧南断裂、埃北断裂及埃南断裂,全长约70 km。整体呈2个向北逆冲的叠瓦式冲断构造组合样式。北部断裂总体为一向祁连山抬升的大斜坡,其中发育欧北断裂向南逆冲的花状构造;南部总体为一向昆仑山抬升的大斜坡,断裂较不发育,其中发育以埃南断裂为主的花状构造。平衡剖面分析显示:欧南、欧北、埃南、埃北断裂形成较早,早期受近SN向伸展应力影响,为NW向的拉张断层,后期由于阿尔金山断裂活动方式的变换,断裂又转为挤压断裂,兼有走滑性质。剖面构造变形在中新世(N_1)初具雏形,上新世(N_2)末剖面结构基本形成,第四纪(Q)变形程度进一步加剧并最终定型。

柴北缘东段NWW向测线剖面伸展率如图2所示,总体呈现出从中生代早侏罗世到新近纪压缩率逐渐增大的趋势,压缩速率的峰值主要分布在中新世(N_1)—第四纪(Q)阶段,指示工区早期构造活动微弱,后期(新近纪末期)构造活动强烈,局部构造多为晚期定型的叠加构造。

平衡剖面复原结果表明,柴达木盆地断裂的形成

演化主要有3类模式:1)断裂在中新世(N_1)定型,控制了古构造的形成演化与深部地层特征;2)断裂在上新世(N_2)—第四纪(Q)期间发育形成,此类断裂对构造的增强和改造作用较强,对后期的沉积过程也有影响,对工区油气成藏起着重要作用;3)在盆地形成演化过程中一直都在活动的长期发育的断裂,规模一般都较大,具有多期活动性,对区域构造和沉积充填过程有重要的影响。

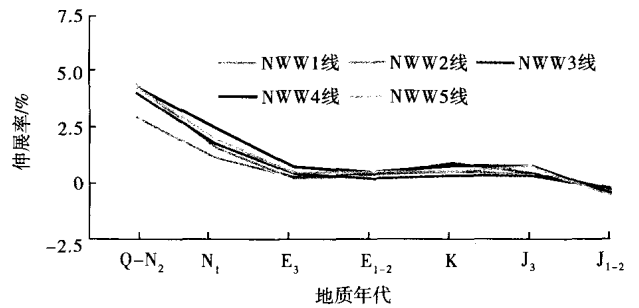


图2 柴北缘东段NWW向测线剖面伸展率

5 油气成藏意义

柴达木盆地的断裂构造十分发育,它们经历了多构造时代的演化,决定了不同时代构造圈闭的形成、发展或破坏,丰富多彩的断裂对盆地的油气生成和运移聚集起到了关键性甚至是决定性的作用^[6,9,17-21]。

5.1 断裂控制了烃源岩的分布与演化

柴达木盆地中、新生代烃源岩发育区主要受大断裂的控制,发育了多个相对独立的生烃凹陷(见图3)。目前已证实有效生烃凹陷与断裂有着密切的关系,生烃凹陷的分布和演化受深大断裂控制,或分布于断裂一侧,或夹持于断裂之间^[22]。断裂通过对烃源岩的控制,进而控制着盆地油气的运聚成藏。

5.2 断裂控制了构造圈闭的形成与油气分布

由断裂系统制约的伸展构造、花状构造及逆冲推覆构造控制了盆地内大多数构造圈闭的形成与分布,从而使油气区带常与断裂构造带相伴。

纵观柴达木盆地构造圈闭展布,几乎都沿断裂分布,柴北缘构造圈闭由北向南成排成带呈弧形、反S形展布,其形成演化受断裂控制,而柴西地区的北西向断裂与近南北向断裂共同控制该构造圈闭形成与展布。

5.3 断裂控制着储集层分布及储集条件

断裂不仅控制了柴达木盆地生烃凹陷的发育及构造圈闭的形成,在一定程度上也控制了沉积相带的展布及储层物性特征。由于断裂的活动形成大量裂缝,从而改善了储层的物性条件,形成了良好的裂缝性储层。

这些受压扭应力作用形成的裂缝多位于背斜轴部,构成油气运移的重要通道和主要的储集空间,对油气聚集起着重要的控制作用。

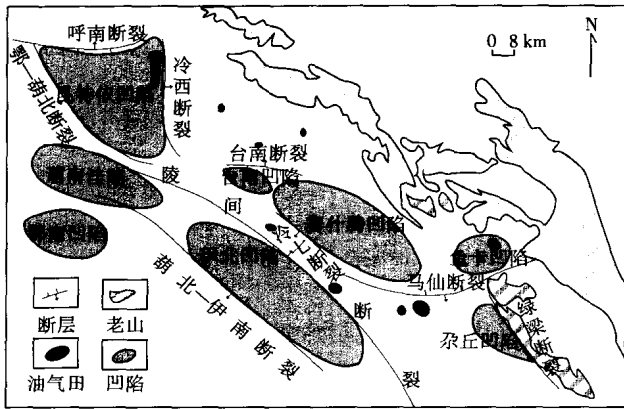


图 3 柴达木盆地生烃凹陷与控凹断裂关系

5.4 断裂是油气垂向运移最重要的通道

由于柴达木盆地碎屑岩(输导层)和不整合面不发育,断裂(裂缝)就成了重要的运移通道。断裂的存在沟通了不同的烃源岩与不同的储盖层,构成了多种形式的以断裂为主导运移通道的生储盖组合。断层封闭性研究结果表明,断裂是柴达木盆地最重要的油源垂向运移通道。

对于柴西北区普遍发育的裂缝性油藏,更是由于断裂在垂向上沟通了油源,从而形成了柴西北区发育的下生上储式油藏。目前柴北缘发现的 90% 以上的油气资源量和产量都来自于新近系储层之中,而侏罗系烃源岩生排出的油气要进入上覆储层,尤其要进入下干柴沟组及以上储层,断裂无疑是油气运移的最重要的通道。

从断层与油气运聚的关系来看,深层断裂体系主要是油气运移的通道,浅层断裂体系主要为后期聚集油气提供封闭条件。

5.5 断裂对油气藏的保存和破坏作用

如图 4 所示^[19],柴达木断裂活动期与油气运聚期配置关系良好。柴达木盆地主要有 2 次成藏事件,第一期发生在上干柴沟组(N₁)时期前后,第二期发生在狮子沟组—第四系(N₂³—Q)时期。断裂主要在上干柴沟组(N₁)期间和狮子沟组—第四系(N₂³—Q)形成了众多构造,油气发生大规模的运移、聚集,同时部分原生油气藏因受构造运动的改造形成了次生油气藏。

同时,断裂对油气藏也有一定的破坏性,后期断裂使先期油气藏破坏或重新运移,成为油气的漏失通道。喜马拉雅运动对柴达木盆地中已经形成的油气藏产生了重要的影响:使早期的断裂重新活动,各构造最后定

型并在中浅层中产生大量的滑脱断裂;在构造的顶部产生局部张应力进而产生张性正断层。

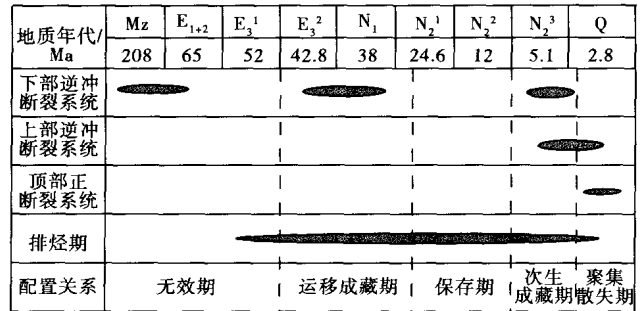


图 4 柴达木盆地断裂活动期与油气运聚期配置关系

6 结论

1)“挤压+走滑”的区域应力场作用下,柴达木盆地形成北部、南部和西北部 3 大压扭冲断变形体系,其中北部压扭冲断变形体系和南部压扭冲断变形体系内部分别呈“波浪式”发育 3 个走滑冲断构造带。

2)柴达木盆地断裂的形成演化主要有 3 类模式:断裂在中新世(N₁)定型,断裂在上新世(N₂)—第四纪(Q)期间发育形成,在盆地形成演化过程中一直都在活动的长期发育的断裂。盆地总体构造变形程度较高,主要发育断层及其相关褶皱,早期构造活动微弱,后期构造活动强烈。

3)由于构造、沉积形成演化规律不同,柴达木盆地断裂对油气藏的形成和分布有重要的控制作用,主要表现在烃源岩分布、有利沉积相带展布、圈闭形成及油气运聚、富集及破坏等方面。

参 考 文 献

- [1] 王鸿祯,刘本培,李思田.中国及邻区大地构造划分和构造发展阶段[A]//王鸿祯,刘本培,李思田.中国及邻区构造古地理和生物古地理.武汉:中国地质大学出版社,1990:3-34.
Wang Hongzhen,Liu Benpei,Li Sitian. Division of tectonic and geotectonic stages in China and its adjacent regions [A]//Wang Hongzhen,Liu Benpei,Li Sitian. Tectonic paleogeography and paleobiogeography in China and its adjacent regions. Wuhan:China University of Geosciences Press,1990:3-34.
- [2] 段毅,彭德华,张辉,等.柴达木盆地西部杂斯库勒油田 E₃¹ 油藏成藏条件与机理[J].沉积学报,2005,23(1):150-155.
Duan Yi,Peng Dehua,Zhang Hui,et al. Oil accumulation conditions and formation mechanism for E₃¹ oil reservoir in Gasikule Oilfield of Western Qaidam Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica,2005,23(1):150-155.
- [3] 段宏亮,钟建华,马锋,等.柴达木盆地西部中生界原形盆地恢复[J].沉积学报,2007,25(1):65-73.

- Duan Hongliang, Zhong Jianhua, Ma Feng, et al. Reconstruction of the Mesozoic proto-type basin in the west Qaidam Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(1): 65-73.
- [4] 柳祖汉, 吴根耀, 杨孟达, 等. 柴达木盆地西部新生代沉积特征及其对阿尔金山断裂走滑活动的响应[J]. *地质科学*, 2006, 41(2): 344-354.
- Liu Zuhan, Wu Genyao, Yang Mengda, et al. Sedimentary features of the Cenozoic in the Western Qaidam Basin; response to strike slipping of the Altyn Tagh Fault [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2006, 41(2): 344-354.
- [5] 王步清. 柴达木盆地新生代构造演化与沉积特征[J]. *新疆石油地质*, 2006, 27(6): 670-672.
- Wang Buqing. Structural evolution and sedimentary characteristics of Cenozoic in Qaidam Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2006, 27(6): 670-672.
- [6] 方向, 江波, 张永庶. 柴达木盆地西部地区断裂构造与油气聚集[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(1): 56-61.
- Fang Xiang, Jiang Bo, Zhang Yongshu. Faulted structure and hydrocarbon accumulation in western Qaidam Basin [J]. *Oil and Gas Geology*, 2006, 27(1): 56-61.
- [7] 余一欣, 汤良杰, 马达德, 等. 柴达木盆地断裂特征研究[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2005, 20(3): 11-15.
- Yu Yixin, Tang Liangjie, Ma Dade, et al. Study on the features of the faults in Qaidam Basin [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2005, 20(3): 11-15.
- [8] 姜波, 徐凤银, 彭德华, 等. 柴达木盆地北缘断裂构造变形特征[J]. *中国矿业大学学报*, 2004, 33(6): 687-692.
- Jiang Bo, Xu Fengyin, Peng Dehua, et al. Deformation characteristics of fault structures on the northern fringe of Qaidam Basin [J]. *Journal of China University of Mining and Technology*, 2004, 33(6): 687-692.
- [9] 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): 1-6.
- Luo Qun, Pang Xiongqi. The characteristics of fault system and its control role to petroleum zone in Qaidam Basin [J]. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 2003, 25(1): 1-6.
- [10] 戴俊生, 曹代勇. 柴达木盆地新生代构造样式的演化特点[J]. *地质论评*, 2000, 46(5): 455-460.
- Dai Junsheng, Cao Daiyong. Evolution characteristics of Cenozoic structural style in the Qaidam Basin [J]. *Geological Review*, 2000, 46(5): 455-460.
- [11] 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): 57-63.
- Dai Junsheng, Cao Daiyong. The type and distribution of structural style in Qaidam Basin [J]. *Northwest Geoscience*, 2000, 21(2): 57-63.
- [12] 刘光炎, 蒋录全. 平衡剖面技术与地震资料解释[J]. *石油地球物理勘探*, 1995, 30(6): 833-844.
- Liu Guangyan, Jiang Luquan. Balanced section technique and seismic data interpretation [J]. *Oil Geophysical Prospecting*, 1995, 30(6): 833-844.
- [13] 张明山, 陈发景. 平衡剖面技术应用的条件及实例分析[J]. *石油地球物理勘探*, 1998, 33(4): 532-540.
- Zhang Mingshan, Chen Fajing. Application condition of balanced section technique and the case analysis [J]. *Oil Geophysical Prospecting*, 1998, 33(4): 532-540.
- [14] 毛小平, 吴冲龙, 袁艳斌. 地质构造的物理平衡剖面法[J]. *地球科学*, 1998, 23(2): 167-170.
- Mao Xiaoping, Wu Chonglong, Yuan Yanbin. Physical balanced cross sections for geological structure [J]. *Earth Science*, 1998, 23(2): 167-170.
- [15] 周建勋. 同沉积挤压盆地构造演化恢复的平衡剖面方法及其应用[J]. *地球学报*, 2005, 26(2): 151-155.
- Zhou Jianxun. The balanced cross-section method for restoration of structural evolution in compressional basins with synkinematic sedimentation and its application [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2005, 26(2): 151-155.
- [16] Erickson S, Hardy S, Suppe J. Sequential restoration and unstraining of structural cross sections: applications to extensional terranes [J]. *AAPG Bulletin*, 2000, 86(2): 234-249.
- [17] 陈迎宾, 袁剑英, 陈启林, 等. 柴达木盆地西部南区断裂发育特征对成藏的控制作用[J]. *天然气地球科学*, 2006, 17(5): 645-648.
- Chen Yingbin, Yuan Jianying, Chen Qilin, et al. Fracture developmental characteristics and control action of hydrocarbon accumulation in the southwest area of Qaidam Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2006, 17(5): 645-648.
- [18] 陈少军, 罗群, 王铁成, 等. 柴达木盆地断裂及其对油气分布的控制作用[J]. *新疆石油地质*, 2004, 25(1): 22-25.
- Chen Shaojun, Luo Qun, Wang Tiecheng, et al. Faulting characteristics and effects on hydrocarbon distribution in Qaidam Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2004, 25(1): 22-25.
- [19] 高长海, 查明. 柴达木盆地北缘断裂构造与油气聚集[J]. *石油天然气学报*, 2007, 29(1): 11-15.
- Gao Changhai, Zha Ming. Faulted structure and hydrocarbon accumulation in the northern margin of Qaidam Basin [J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2007, 29(1): 11-15.
- [20] 孙德君, 罗群. 柴达木盆地断裂系统特征与油气勘探战略方向[J]. *石油实验地质*, 2003, 25(5): 426-431.
- Sun Dejun, Luo Qun. The fault system characteristics and hydrocarbon exploration strategy in Qaidam Basin [J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2003, 25(5): 426-431.
- [21] 孙德强, 张涛, 梁彬, 等. 柴达木盆地北缘油气成藏特征[J]. *天然气地球科学*, 2008, 19(5): 652-656.
- Sun Deqiang, Zhang Tao, Liang Bin, et al. Reservoir-forming features of oil and gas in the north of Qaidam Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2008, 19(5): 652-656.
- [22] 陈淑兰, 罗群. 柴达木盆地北缘西段断裂发育特征与油气聚集[J]. *天然气工业*, 2004, 24(3): 22-26.
- Chen Shulan, Luo Qun. Fault development characteristics and hydrocarbon accumulation in the west section of the northern fringe of Qaidam Basin [J]. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(3): 22-26.

收稿日期: 2010-06-07; 改回日期: 2011-01-14。

作者简介: 袁亚娟, 女, 1986年生, 在读博士研究生, 研究方向为石油地质、含油气盆地分析。E-mail: yyjli924@163.com。

(编辑 王淑玉)