

柴达木盆地西部地区断裂构造与油气聚集

方向¹,江波²,张永庶²

(1. 中国石油 勘探开发研究院,北京 100083; 2. 中国石油 青海油田 勘探开发研究院,甘肃 敦煌 736202)

Fang Xiang¹, Jiang Bo², Zhang Yongshu²(1. *Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing 100083, China;**2. Petroleum Exploration and Development Research Institute, Qinghai Oilfield Company, Dunhuang, Gansu 736202, China)*

Abstract: Oil and gas reservoirs in western Qaidam basin are often associated with faulted structures. In the southern part of western Qaidam basin, several hydrocarbon accumulation zones are distributed along the faulted zones, such as Shaxi-Gas-Youshashan, Yuejin No. 2-Yuedong and Wunan-Lucaotan hydrocarbon accumulation zones. Structural-stratigraphic-lithologic composite oil and gas reservoirs controlled by faulted nose-like structures are distributed along Chaixi and other faults. In the foothill belt of the Altun Mountain in the west. Structural-fractured reservoirs, including Youquanzi, Kaitemilite, Nanyishan and Jiandingshan, are distributed along Yingbei, Nanyishan and Jiandingshan faults in the north. The formation of faults in western Qaidam basin has been related to the Meso-Cenozoic intense compressional and strike slip movements in Altun and Kunlun mountains. The faults are mainly of reverse and strike slip faults, with a few synsedimentary normal, decollement and reversed faults. The fault trends include mainly NE, NW and nearly N-S. Horizontally, the faults appear as parallel, en echelon, oblique-crossing, orthogonal, reverse "S", lenticular and divergent fault complexes. Vertically, they are combined in the form of imbricated, thrust and flower-like fault complexes. The structural reservoirs formed by the thrust type and orthogonal and oblique-crossing fault complexes are best developed. Faults have not only controlled the distribution of hydrocarbon-generating sags and the formation of structural traps, but have also controlled, to a certain extent, the distribution of favorable reservoir facies belts, such as river delta and fan delta facies. Large amount of fractures formed by faulting improve the poroperm characteristics of reservoirs. Laterally connected oil pools, in which hydrocarbons were generated in the source rocks above and migrated through faults and accumulated in the reservoirs below, are common in the southern part of

收稿日期:2005-12-16

第一作者简介:方向(1970—),男,高级工程师,石油地质

western Qaidam basin.

Key words: hydrocarbon preservation; hydrocarbon-generating sag; fault complexe; western Qaidam basin

柴达木盆地是我国西部3大富含油气的盆地之一。已发现的24个油气田中有12个分布在柴达木西部地区。作为主要石油生产基地的柴西地区勘探面积仅为 $2.1 \times 10^4 \text{ km}^2$,但油气总资源量却接近盆地的一半。该区目前已探明石油地质储量占盆地总量的92.7%(截至2003年底),探明率却仍然只有18%,说明还有着巨大的勘探潜力^[1]。

柴西地区的油气藏常与断裂构造相伴生,柴西地区南部沿着XI号断裂、阿拉尔断裂、绿草滩断裂分布有砂西-尕斯-油砂山油气聚集带、跃进2号-跃东油气聚集带、乌南-绿草滩油气聚集带,西部阿尔金山前带沿柴西断裂和红柳泉、七个泉、狮子沟、干柴沟、咸水泉、红沟子等断裂分布有断鼻构造控制的构造-地层-岩性复合型油气藏,北部沿着英北断裂、南翼山断裂、尖顶山断裂分布有油泉子、开特米立特、南翼山、尖顶山等构造-裂缝型油气藏,这些油气藏均是受断裂控制的断背斜、断鼻、断块及与断层相关褶皱,断裂在圈闭形成和油气成藏中发挥了关键作用^[2~4]。

柴西地区断裂的形成与阿尔金山和昆仑山在中新生代的剧烈挤压和走滑活动有关。断裂以逆断层和走滑断层为主,还有少量的同沉积正断层、滑脱断

层、反转断层等^[5,6],而且同一断裂在盆地发展的不同时期其性质也是不同的。丰富多彩的断裂对柴达木西部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。研究断裂的性质和特征是分析柴达木西部地区油气富集规律和寻找有利勘探目标的关键。

1 断裂分布与形态

柴西地区断裂主要发育北东向、北西向和近南北向3个方向(图1)。北东向的断裂主要是阿尔金山前的柴西断裂;北西向的断裂是柴西地区断裂的主体,如XI号、七个泉、红柳泉、阿拉尔、阿拉尔1号、XII号等断裂,英雄岭坳陷内的一系列断裂、大风山低隆起的绝大多数断裂、尕斯断阶带的大多数断裂也都呈北西向展布。这些北西向断裂在平面上斜列式展布,呈左列或右列式的雁行式排列;近南北向断裂发育时期早于上述两个方向的断裂(可能于第三纪早期或中生代时就已经形成),一般被后期北西向断裂所切割,主要发育在尕斯断阶带^[7],如III号断裂、VII号断裂、VIII号断裂、扎西断裂、绿东断裂、乌南断裂等,这种早期近南北向的断裂活动形成了一系列古构造,是油气聚集的有利区。

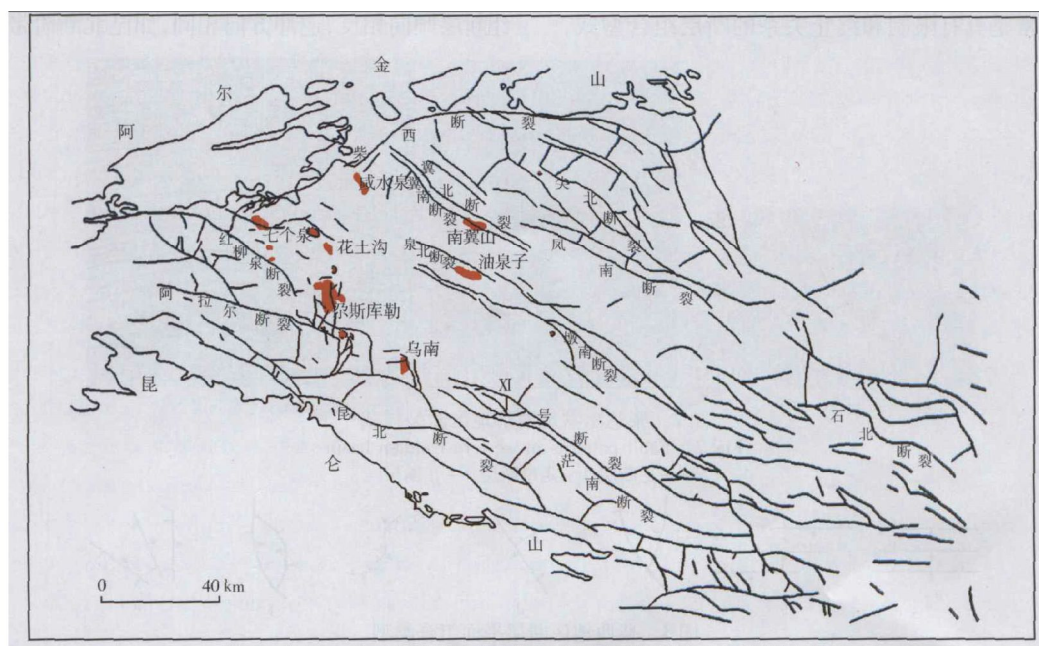


图1 柴达木盆地西部地区断裂系统纲要图(下干柴沟下段底界)

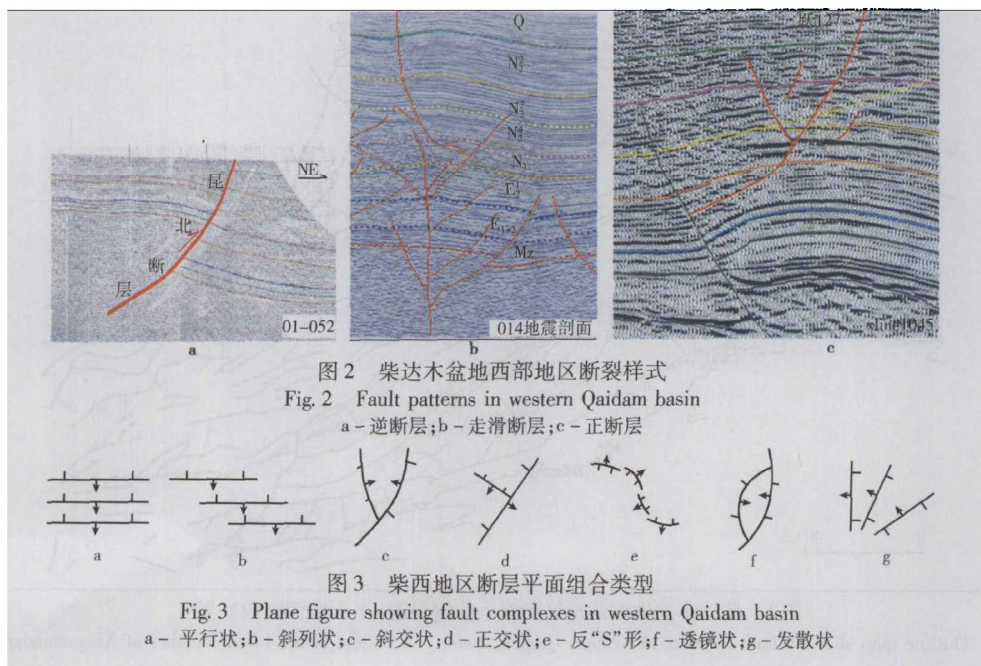
Fig. 1 Outline map showing fault systems in western Qaidam basin(the bottom of the lower member of Xiaganchaigou Fm)

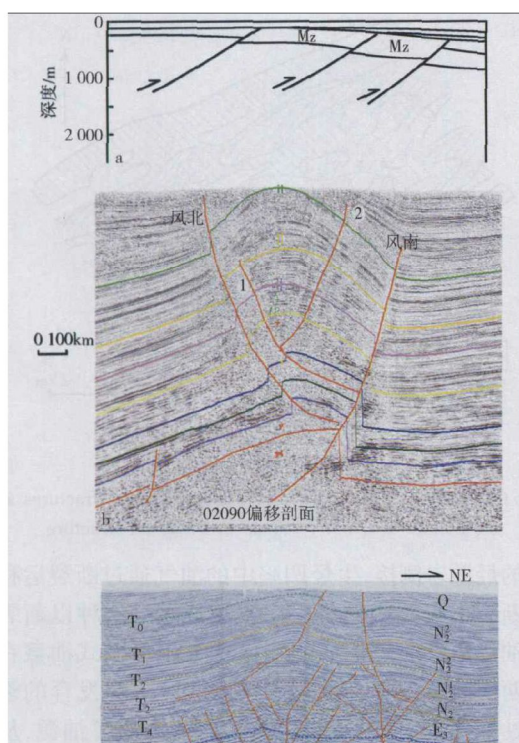
由于横向上挤压作用力的不均衡以及块体非均质性的影响,柴西地区断裂主要表现为逆断层、走滑断层和正断层(图2)。部分逆断层主要呈叠瓦状分布于盆地边缘,由于受到周缘山系演化时的强烈挤压,垂向断距较大,横向断距也比较明显;而盆地内广泛发育的逆断层则是区域挤压应力作用的直接体现,一般垂向断距比较大,但横向位移比较小。走滑断层主要发育在构造带两侧,受阿尔金断裂走滑作用影响一般呈左行雁列状分布,断层两侧地层虽然垂向断距小,但两侧地层厚度明显不一致,或地层岩性变化较大。正断层规模较小,一般发育在第三纪早期弱拉张时期的局部沉积中心边缘或后期挤压应力环境的应力松弛部位。这3类断层在平面和剖面上组成了复杂的展布样式,控制了油气的运移和聚集,油气的分布明显受到这些断裂组合型式的控制。

从断裂的平面组合形态上看,主要有平行状、斜列状、斜交状、正交状、反“S”形、透镜状、发散状7种主要类型(图3)。平行状组合方式是水平挤压应力作用的产物,常发育在背斜构造和背斜构造带的两翼;斜列状组合方式反映了扭动作用的存在,受阿尔金断裂影响多表现为左列形式;斜交状组合形式是高级别断层与两侧低级别断层的组合,也可以是同级别断层的相交组合,前者说明高级别断层兼有剪切性质,盆地中断层的相交型式多为斜交状。正交状常是具有限制和终止关系的断层组合型式,

被限制终止者通常规模较小;反“S”形反映了应力方向在平面上的变化,盆地整体呈巨型反“S”形,柴西地区边缘部位此类断裂组合较发育;透镜状断层常发育在逆冲推覆构造带,逆冲断块常为透镜状断层所围限;发散状断层是向一个方向收敛,向另一个方向发散,柴达木盆地的断层整体上向北西方向发散,向南东方向收敛,如大风山地区的断裂组合。这些组合中以斜列和斜交状最为发育,反映了西部地区构造受阿尔金走滑作用的影响普遍具走滑的特征。另外,尕斯地区还发育有由早期南北向古构造与后期近东西向断裂复合的正交状断裂组合^[8]。柴西地区的油气在这几类组合中均有分布,常见于正交状和斜交状断层组合形成的构造中。

断裂的剖面组合型式主要有叠瓦状、冲断式、花式3种主要类型(图4)。叠瓦状是一套产状相近并向一个方向逆冲的若干条逆冲断层组合而成的单冲型逆冲断层,一般表现为叠瓦状,这种断层组合型式以昆北断阶带最为典型,一组断裂在剖面上平行排列,断面南倾,呈叠瓦状。冲断式是两组断层相向或相反的排列,根据断层间关系可进一步分为背冲式、对冲式、反冲式3种^[9,10]。背冲式在剖面上表现为断层自一个构造单元的两侧分别向外缘逆冲,两组断层倾向相反,逆冲方向相反,它们在统一的构造应力场中形成,并且与所在构造几乎同时形成,如红三早1号构造。对冲式则是两组断层倾向相反,逆冲方向相同,如昆北断阶带西端





方向相反的断裂组合,如英雄岭南侧的油砂山断层,倾向北东,而其下伏的断层则倾向恰好相反,共同构成反冲断层。花状构造是扭断裂中主干断裂和分支断裂在剖面上的特殊组合形态,普遍把它作为扭断裂的重要鉴别标志之一,花状构造分为正花状构造和负花状构造,本区主要发育正花状构造。这些较典型花状构造的存在反映了区域扭动应力场的影响。柴西地区油气藏在这3类断裂组合中均有分布,但以冲断型断裂中油气最为富集和常见。

2 对油气成藏的控制作用

2.1 断裂与烃源岩分布

柴西地区中、新生代烃源岩发育区受主要大断裂的控制,发育了多个相对独立的生烃凹陷(图5)。中生代烃源岩目前研究程度较低,可能沿阿尔金断裂带局部发育有早、中侏罗世小盆地,如阿尔金断裂东南缘分布有苏干湖、吐拉等侏罗系小盆地,柴北缘侏罗系断层延伸至阿尔金山下,地震

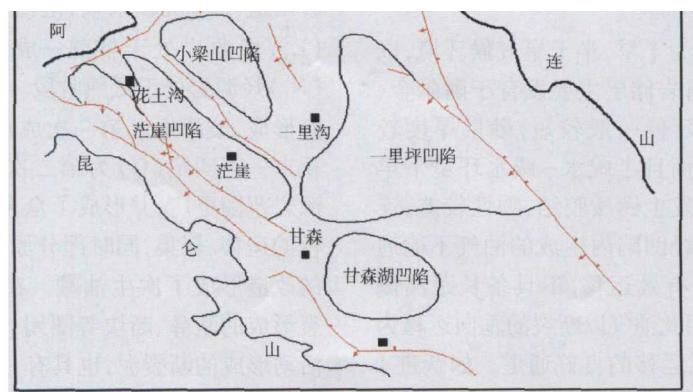


图5 柴达木盆地西部地区生烃凹陷

Fig. 5 Hydrocarbon-generating sags in western Qaidam basin

裂的控制,甘森湖凹陷受昆北断裂所控制。

2.2 断裂与储层

断裂不仅控制了柴西地区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。如阿拉尔断裂控制了柴西南区阿拉尔河流三角洲的展布,XI号断裂控制了柴西地区湖泊范围的大小及空间展布,柴西断裂控制了阿尔金山前冲积扇、扇三角洲的展布与发育。对于以灰岩等为储层的油藏,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^[11],南翼山油田的储层就是典型的实例。

南翼山油田的储层相对比较致密,储层岩性主要为钙质泥岩、泥灰岩,其次是含粉砂的泥晶灰岩,也有泥晶白云岩和泥云岩,储集空间主要有溶蚀孔、晶间孔、微裂缝、宏观缝和溶洞。构造成因的宏观缝贯通了溶蚀孔、晶间孔、微裂缝和溶洞,形成富集高产的孔隙-缝洞性储集类型。宏观裂缝受断层展布规律控制,主要分布在断层两侧或末端张力场区或断层引起的褶皱的轴部^[12]。南翼山构造应力方式是压扭性,扭应力使一些压性裂缝的力学性质转化为扭张缝,从而成为有效缝,这些受压扭应力场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,对油气聚集起重要的控制作用。从断裂分布来看,构造西部断裂活动较强,断层断距较大,至构造中部断裂活动减弱,断距减小,而构造东北部断层规模又略有增强,导致构造西部、北翼断层及相关裂缝发育,中部、东南部裂缝发育程度减弱,而东北部裂缝发育程度又相对较强(图6)。

2.3 断裂与油气运移聚集

柴西地区第三纪为干旱、半干旱气候环境,以季节性河流为主,碎屑岩储层主要发育于阿尔金、昆仑山山前地带,且延伸一般较短,砂层厚度较薄,一般为4~20 m,而且半咸水-咸水环境下早期成岩作用期间容易发生钙质胶结,物性较差,连通性普遍不好。在生烃凹陷内生成的油气不能通过碎屑岩的通道进行有效运移,不具备长距离侧向油气运移的条件,因此油气以断裂的垂向运移为主,断裂无疑成为油气运移的良好通道。如跃进1号油藏,由于XI号断裂长期持续活动,使得断裂上盘构造(尕斯构造)的储集层与下盘英雄岭生烃凹

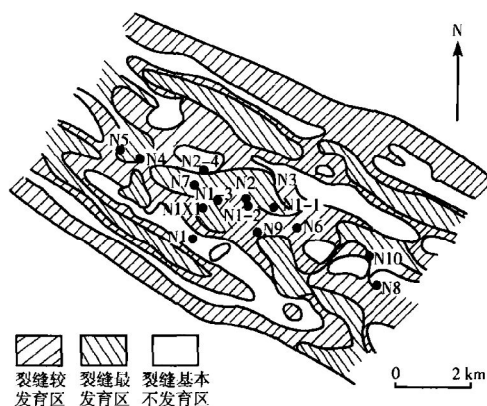


图6 南翼山构造N₁底部裂缝分布

预测图与主要断裂关系图

Fig. 6 Map showing the predicted distribution of fractures at the bottom of Lower Neogene in Nayishan structure

陷的烃源岩侧接,生烃凹陷中的油气通过断裂运移至断裂上盘圈闭储集层中富集成藏。这种以断裂为油气运移通道形成的侧接式上生下储式油藏在柴西南区普遍存在。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。

柴西地区几乎所有的构造圈闭均是在断裂发育的基础上形成的断背斜、断鼻、断块以及断裂相关褶皱。如红柳泉、七个泉断裂控制形成的红柳泉、七个泉断鼻,阿拉尔断裂控制了跃进2号、尕南等构造及圈闭的形成,翼北、翼南断裂控制形成的南翼山构造,风北、风南断裂控制形成的大风山构造,这些断裂控制形成的构造为柴西地区油气成藏提供了良好的圈闭条件(图1)。

2.4 断裂与油气保存和破坏

柴西地区主要经历了两次成藏,一次是下油砂山组(N₂¹)沉积末期,茫崖凹陷下干柴沟组上段(E₃²)烃源岩处于低熟—成熟阶段、上干柴沟组(N₁)烃源岩处于低熟阶段。由于此时部分圈闭已经形成,柴西地区第一次成藏。狮子沟组(N₂³)沉积末—第四纪(Q)为第二次成藏期,此时成熟烃源岩范围更广,并形成了众多构造,油气发生大规模的运移、聚集,同时部分原生油藏因受构造运动的改造形成了次生油藏。在油气成藏过程中,断裂形成的断鼻、断块等圈闭,具有遮挡作用。断裂活动形成的断裂泥,也具有一定的遮挡作用。

同时,断裂对油气藏也有一定的破坏性和复杂化作用,后期断裂使先期油藏破坏或重新运移,如

著名的油砂山和干柴沟构造所出露的油砂,就是后期断裂和后期构造运动对先期形成的油藏的破坏所致。断裂还使含油气构造变得十分复杂,如跃进2号东高点油田,是一个石油储量丰度极高的油田,地质储量丰度达 $1\ 075 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 。但经三维地震资料精细解释,构造顶部由原来二维地震资料解释的6条逆断裂改变为有20余条正断裂复杂化的构造油田。乌南油田也是一个断裂复杂化了的断块、多油水关系的断鼻构造油田。

3 小结

由于构造、沉积形成演化规律不同,柴西地区断裂在油气成藏中起到的作用因地而异,总体而言,柴西南区断裂在油气成藏方面起到的作用主要体现在沟通油源、形成圈闭、控制沉积相带3方面;在柴西北区主要体现在沟通油源、形成圈闭和形成裂缝改善储层;在阿尔金山前带则以上几点皆有之,且表现都很突出。

综上所述,柴西地区断裂与油气藏关系极为密切,柴西地区寻找油气藏应当在细致分析断裂活动及其对油气成藏主要地质因素影响的基础上,优选有利区带和目标。即以控油断裂为主线,沿着断裂两侧部署和实施精细油气勘探工作。

参 考 文 献

- 徐凤银,彭德华,侯恩科. 柴达木盆地油气聚集规律及勘探前景[J]. 石油学报,2003,24(4):1~6
Xu Fengyin, Peng Dehua, Hou Enke. Hydrocarbon accumulation and exploration potential in Qaidam basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(4):1~6
- 黄杏珍,邵宏舜,顾树松. 柴达木盆地的油气形成与寻找油气田方向[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1993. 372~397
Huang Xingzhen, Shao Hongshun, Gu Shushong. Hydrocarbon generation and exploration direction for oil and gas in Qaidam basin [M]. Lanzhou: Gansu Science & Technology Press, 1993. 372~397
- 顾树松,徐旺,薛超,等. 中国石油地质志(青藏油气区)[M]. 北京:石油工业出版社,1990. 235~280
Gu Shushong, Xu Wang, Xue Chao, et al. Annals of petroleum geology in China (Qinghai-Tibet petroliferous region) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990. 235~280
- 金之钧,张明利,汤良杰,等. 柴达木中生代盆地演化及其控油作用[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):4~9
Jin Zhijun, Zhang Mingli, Tang Liangjie, et al. Evolution of Meso-Cenozoic Qaidam basin and its control on oil and gas [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6):4~9
- 汤良杰,金之钧,戴俊生,等. 柴达木盆地及相邻造山带区域断裂系统[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2002,27(6):676~682
Tang Liangjie, Jin Zhijun, Dai Junsheng, et al. Regional fault systems of Qaidam basin and adjacent orogenic belts [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(6):676~682
- 陈世悦,徐凤银,彭德华. 柴达木盆地基底构造特征及其控油意义[J]. 新疆石油地质,2000,21(3):75~180
Chen Shiyue, Xu Fengyin, Peng Dehua. Characteristics of basement structures and their controls on hydrocarbon in Qaidam basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(3):75~180
- 杨绍清,骆静. 杂斯库勒油田. 中国陆相大油田[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 919~931
Yang Shaoqing, Luo Jing. Gas Hure oilfield, large non-marine oilfield in China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 919~931
- 李玉喜,庞雄奇,汤良杰,等. 柴西地区近南北向构造系统及其控油作用分析[J]. 石油勘探与开发,2002,29(1):65~68
Li Yuxi, Pang Xiongqi, Tang Liangjie, et al. The S-N tectonic system in the west of Qaidam basin and its control on petroleum [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1):65~68
- 戴俊生. 柴达木盆地构造样式控油作用分析[J]. 石油实验地质,2000,22(2):121~124
Dai Junsheng. Analysis on control of tectonic style to petroleum in the Qaidam basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2000, 22(2):121~124
- 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
- 童亨茂,曹戴勇. 柴达木盆地西部裂缝的成因机制和分布模式[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):40~44
Tong Hengmao, Cao Daiyong. Genesis and distribution pattern of fractures in western Qaidam basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6):40~44
- 李元奎. 南翼山裂性油气藏特征及分布规律探讨[J]. 天然气工业,2000,20(3):22~25
Li Yuankui. Investigation of feature and distribution law of fracture oil and gas reservoir in Nanyishan mountain [J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(3):22~25
- 丁文龙,王燮培,李衍达,等. 柴西地区杂斯库勒同生逆断裂构造特征与形成演化[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):634~638
Ding Wenlong, Wang Xiepei, Li Yanda, et al. Structural features and evolution of contemporaneous reversed faults in Gas faulted depression in western Qaidam basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6):634~638
- 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):15~20
Dang Yuqi, Xiong Jihui, Liu Zhen, et al. Main factors controlling hydrocarbon accumulation in Qaidam basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6):15~20

(编辑 李树森)