

文章编号: 0253-9985(2006)04-0482-06

柴达木盆地北缘的右行走滑冲断系统及其动力学

肖安成¹, 杨树锋¹, 程晓敢¹, 党玉琪², 陈新领², 陈元忠³, 王亮¹

(1. 浙江大学 地球科学系, 浙江 杭州 310027;

2. 中国石油青海油田分公司, 甘肃 敦煌 736200;

3. 中国石油东方地球物理公司 敦煌分院, 甘肃 敦煌 736200)

摘要: 通过对于断裂系统分析和地球物理资料的解释, 证实了柴达木盆地北缘西段的主要构造形成时间为上新世以后, 变形样式为一系列右行走滑冲断构造。走滑冲断构造带内部的断层在平面上呈分支复合, 剖面上表现为正花状构造, 断层上、下盘地层层序无法直接对比。右行走滑冲断构造形成于南祁连山向北向南的斜向推覆作用, 而主要应力来源于柴达木地块北缘由南向北的陆内俯冲作用。用一个运动学模型解释了柴北缘的右行走滑冲断作用机制。

关键词: 右行走滑; 冲断构造; 运动学; 柴达木盆地; 南祁连山

中图分类号: TE112.2 文献标识码: A

Right-lateral strike-slip thrust system and its dynamics along the northern margin of Qaidam basinXiao Ancheng¹, Yang Shufeng¹, Chen Xiaogan¹, Dang Yuqi²,
Chen Xinling², Chen Yuanzhong³, Wang Lian¹

(1 Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027;

2 PetroChina Qinhai Oilfield Company, Donghuang, Gansu 736200;

3 Donghuang Branch of BGP, CNPC, Donghuang, Gansu 736200)

Abstract Interpretation of geophysical data and analysis of fault systems confirm that structures in the northern margin of Qaidam basin were formed after the Pliocene and occur as a series of right-lateral strike-slip thrusts. The faults within the strike-slip thrust belts occur as structure in sectional view, thus direct correlation of strata between the hanging wall and footwall is impossible. The formation of the right-lateral oblique thrust belts were controlled by the N-S oblique thrusting of South Qilian Orogeny and the main terrestrial stress came from the S-N intracontinental subduction of the north margin of Qaidam massive. To interpret the right-lateral strike-slip thrusting, a kinematics model is also provided.

Key words Qaidam basin; right-lateral strike-slip thrust; South Qilian Orogeny; dynamics

柴达木盆地位于青藏高原西部, 是中新生代以来形成的大型沉积盆地。盆地周缘被祁连山, 阿尔金山和东昆仑山 (祁漫塔格) 等不同时代、不同性质的巨型造山带所环绕, 其形成和演化与这些造山带密切相关, 许多中外学者对此做了大量的研究工作^[1~3]。

新生代以来柴达木盆地北缘变形主要受制于阿尔金山和南祁连山的影响, 主要的认识归纳起来有远距离薄皮冲断推覆^[1,4,5]、厚皮的基底断块活动^[6~10]和斜向冲断推覆^[11~14]。这些成果对于深化柴北缘盆地构造变形的认识, 对于了解边界造山带制约盆地的形成以及对于矿产普查工作

收稿日期: 2006-07-06

第一作者简介: 肖安成 (1957-), 男, 教授 (博士), 盆地构造、复杂构造解释和石油地质

基金项目: 国家“十五”科技攻关资助项目 (2004BA616A-04-01); 中国石油青海油田分公司资助项目 (02-107401-7)

的进行起到了重要作用。但是近年来盆地覆盖区详细的地球物理资料分析发现大量断裂上下盘之间层序的不可对比性^[15],详细的地震 3-D 资料解释暴露出与前人对于本区变形认识之间的矛盾^①,同时也发现了上下盘层序不协调所出现的问题^②促使我们重新认识这一地区的结构^[16]。

本文在综合研究地面地质和地球物理资料的基础上,认为柴达木盆地北缘的构造形成于新生代晚期,是上新世以来的产物;变形以斜向的右行走滑冲断为主;柴达木地块沿着西端的阿尔金断裂向北斜向俯冲于南祁连山系之下是其右行斜向冲断的主要力学原因。南祁连山南侧的赛什腾山-绿梁山南侧断裂向着盆地的推覆是由于柴达木地块的向北俯冲的反向冲断构造。对于柴达木地块的北缘西段来说,西侧沿阿尔金断裂的左行走滑和北侧由南祁连山向南的右行斜向冲断是形成盆地内部一系列构造带的主要原因。

1 大地构造背景和主要构造带展布

柴达木盆地北缘(简称柴北缘)北邻祁连山,

西临阿尔金山,东部在德令哈地区与东昆仑山收敛在一起,在大地构造位置上属于特提斯构造域的东部,是我国西部一个重要的中、新生代含油气盆地。具体的地理位置西北到阿尔金山,东北到野马南山、克普腾蒙克山一带,东到德令哈以东的乌兰县,西南到船形山、一里坪一带,包括了南祁连山山前的一部分。

根据柴达木盆地北缘中-新生界的残余厚度分布和变形特征,具体将其划分为苏干湖、德令哈和赛昆 3 个坳陷,坳陷之间被赛什腾、马海隆起所分隔(图 1)。赛昆坳陷和马海隆起一起被石油工业称之为狭义的柴北缘盆地区,自北向南依次发育了平台、冷湖和鄂博梁等线形背斜带。

2 主要构造带的形成时间

柴北缘地区中新生界的构造形成大致经历了两个阶段:第一个阶段在中生代晚期,以整体抬升形成古隆起为特征,主要对前中生界进行改造和剥蚀,表现为下第三系路乐河组与中生界之间的近于平行不整合的接触关系^[17]。第二个阶段开始

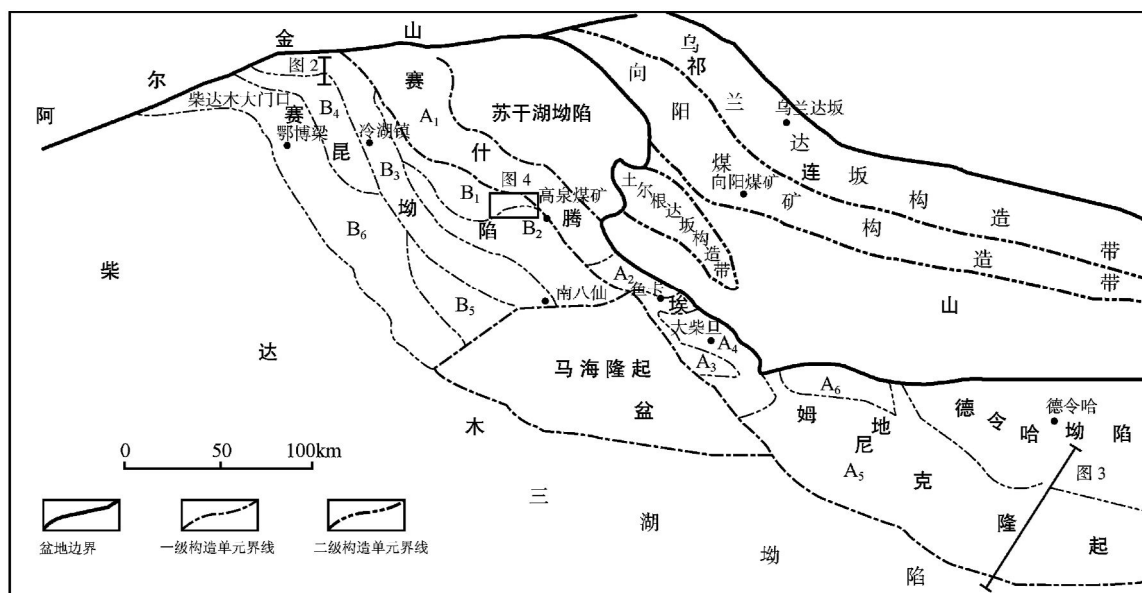


图 1 柴达木盆地北缘构造单元划分

Fig. 1 Map showing the tectonics units in the north margin of Qaidam basin

A₁—赛什腾凸起; A₂—鱼卡凹陷; A₃—绿梁山凸起; A₄—柴旦凹陷; A₅—埃姆尼克凸起; A₆—红山凹陷;
B₁—平台凸起; B₂—赛南凹陷; B₃—冷湖背斜带; B₄—昆特依凹陷; B₅—伊北凹陷; B₆—鄂博梁背斜带

① 中国石油东方地球物理公司敦煌分院,柴达木盆地统层报告,2003

② 中国石油青海油田分公司研究院内部报告,柴达木盆地北部地区中新世盆山关系研究,2003

于下油砂山组(上新世中期),最早的变形出现在冷湖以北与阿尔金山结合部的赛什腾山一带。研究证实,柴达木北缘西段冷湖以北的赛什腾山是这一阶段变形主要发育的部位,同时,南祁连党河流域新生界层序分析也得出同样的看法^[18]。现今的冷湖 3 号—平台构造带的隆升开始于下油砂山组沉积阶段,在潜伏 3 号构造部位,可以见到上油砂山组和下油砂山组之间的角度不整合。然后柴达木北缘构造带开始逐渐由西向东扩展,向东各构造的形成时间也逐渐变晚。从冷湖 4 号开始,包括鄂博梁 I, II 和 III 号背斜,葫芦山,马海和鱼卡以及尕丘各背斜带均是第四纪以来形成的。综合分析认为柴达木盆地所有新生代构造均开始于阿尔金山断裂,然后逐渐的向东扩展^[19, 20]。

3 柴北缘构造带的右行走滑冲断特征

3.1 剖面结构

柴达木北缘露头区,包括赛什腾山—埃姆尼克山以及库尔雷克—欧龙布鲁克山两条北西向的山系均反映出断层和地层产状的陡倾特征。沿库尔雷克—欧龙布鲁克山系之间的大煤沟煤矿向北至大哇图的路线上,第三系和侏罗系的地层产状基本直立,倾角多大于 60° ,一些部位大于 80° 。同样,在赛什腾山—埃姆尼克山系中也具有这个特点,如赛什腾山南段的高泉煤矿和新高泉煤矿,含煤层序成透镜状产出古生界断块中,地层直立或者倒转。

地球物理资料更加明确了构造带的变形为受断层控制的背斜带或者是断裂带的复合体,剖面

解释结果指出:无论是盆地内部的变形带,还是盆地边缘的隆起带,控制它们的主要断层基本上为浅层断面倾角平缓,深部倾角变陡,而且背斜带或者断块带两翼的断层在深部收敛为一条主断裂。一些断裂带的断层为明显的花状或者为半花状。反映出受走滑控制的收缩变形。图 2 是垂直切过埃姆尼克山东段的地震剖面(97—570 测线),剖面结构清晰,两条大断层控制了埃姆尼克山南北边界,断层在深部汇聚在一起,构成了断面浅层陡倾,向深部逐渐的合并在一起,构成了规模较大的正花状构造体系。

除了类似于埃姆尼克山这种规模较大的走滑推覆构造带以外,盆地内部的背斜带和断裂带同样发育花状和半花状构造。如冷湖 3 号为—右旋走滑的构造带,其中的次级断裂(5—8 号断层)构成了完整的正花状构造。

3.2 平面构造带及地层断块的线性展布特征

柴北缘的地面露头分布有两个巨型的线性构造带:一个是从青山—柴达木山南缘一直向东延伸到欧龙布鲁克山和宗务隆山的线形构造带;另外一个是从赛什腾山—绿梁山—埃姆尼克山的线形构造带。两条构造带东西延伸长度超过数百千米。沿着这些山脉出露了古生界—中新生界的地层系统。将这些层序在空间上分离以后,发现不同时代的层序周缘主要是被断层切割,为被断层控制的断块,相同时代的层序单独的块体为透镜状,各块体彼此在空间上的排列为雁列状。表现出强烈的走滑冲断变形特征。

柴北缘赛什腾山南侧可以见到多条东西走向

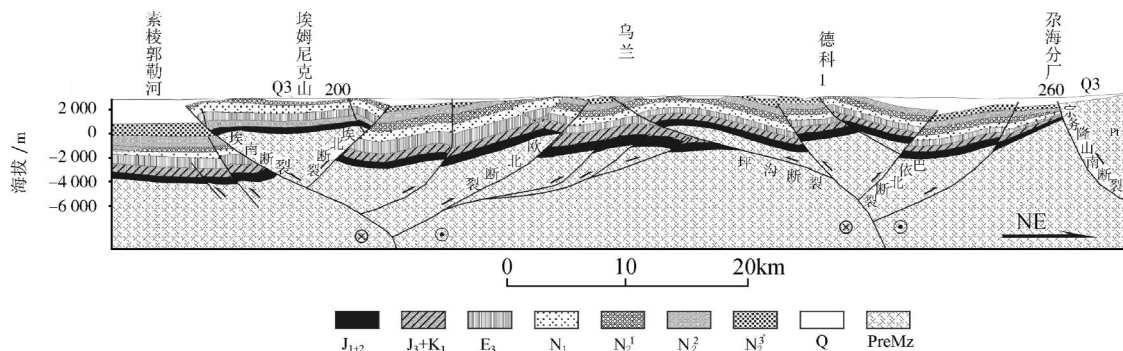


图 2 垂直切过埃姆尼克山东段的剖面结构(97—570 局部)(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Vertical section of eastern A munike Mountain (97—570 Partial)

(see Fig 1 for section location)

⊙为所在断层盘远离我们而去,⊙为点的标志为所在断层盘向着我们而来,代表了右旋走滑冲断的运动标志

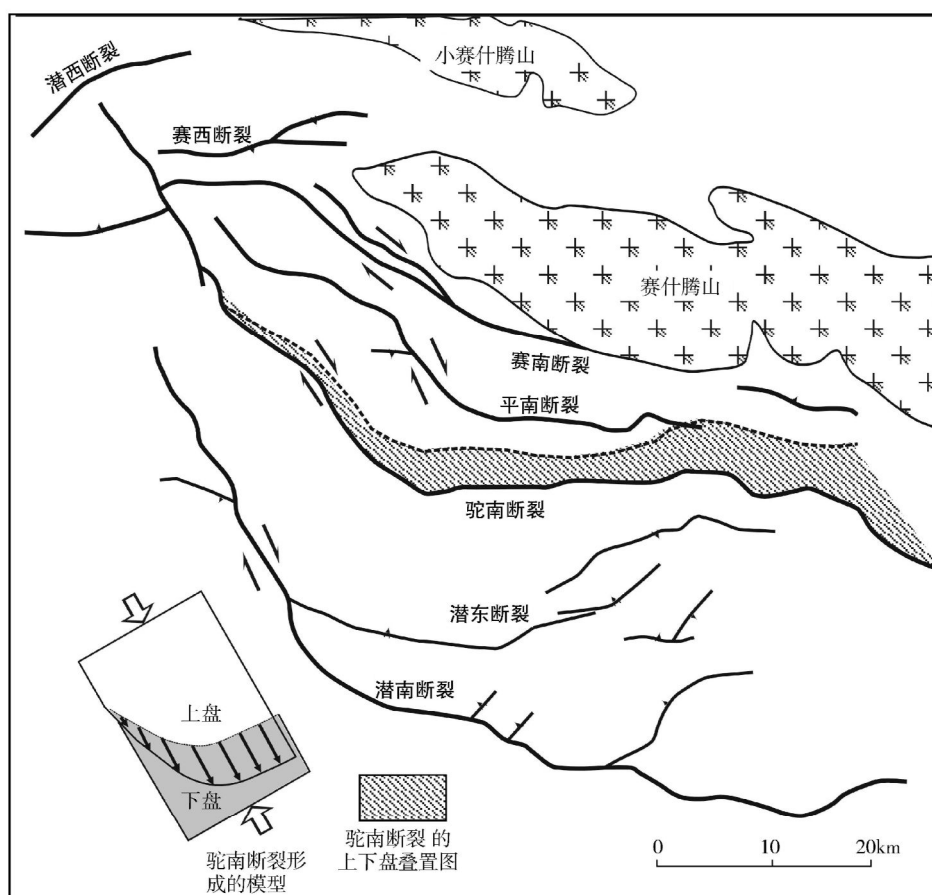
图 3 柴北缘赛什腾山南侧的断裂系统图^①

Fig. 3 Map showing the fault system in south side of Saishiteng Mountain

的构造带(如黑石丘和三台背斜带)向东合并于赛什腾山南侧北西向的主断裂之上,这些背斜带的南侧均被一条主断层控制。图 4 是所完成的三台背斜带南侧的主断层上下盘的结构关系图。该断裂是一条平面上呈弧形向南凸出的冲断层,大致由北西走向段和东西走向段两部分构成,在东西走向段的东端并入到赛什腾山南缘主断裂之中。高精度的地球物理资料为了解断层上下盘的断距变化提供了可能性。在北西走向的断层段,同一构造层上、下盘之间的平面错位距离由北向南逐渐的加大,从 0~5 000 m。到了与东西走向段的转折点(弧形带的顶部)其上下盘平面最大的错开距离大于 5 000 m;然而在东西走向的断层段,这种上下盘的平面断开的距离迅速加大,到了与赛什腾山接触部位,最大的距离大于 10 000 m。尽管无法得知准确的上下盘位移以前对应的断层点,这种沿着平面上的上下盘错位的位移量仍然

告诉了这种弧形断裂的位移方向和相对量的大小。图 3 的左下附图是对于这种位移的解释,即柴北缘单一断裂表现为右行走滑冲断的运动学特征,东西走向的断层推覆量较大,北西走向的断层右行走滑位移量较大。

图中阴影部分为驼南断裂的上下盘叠置图,代表了斜向冲断位移量的大小。左下图为驼南断裂形成的模型,与北西走向的断层相比较,斜向的右行走滑冲断导致东西走向的断层具有较大的水平错位。

从赛什腾山南侧的主要构造带分析,赛南、冷湖 3-7 号和鄂博梁-葫芦山等均是延伸超过百千米的线形断裂带(图 1)。进一步详细的研究会发现其中每一个构造带均是由一系列斜列的背斜或者断层构成。赛南断裂带的南侧发育了鹞南、驼南和平南断裂,这些断裂以近东西走向斜交到赛南断裂之上,表现出右旋走滑的构造组合特征(图 3)。

^① 中国石油东方地球物理公司敦煌分院. 柴北缘三台-结绿素凸起区地震综合解释及目标优选, 2005

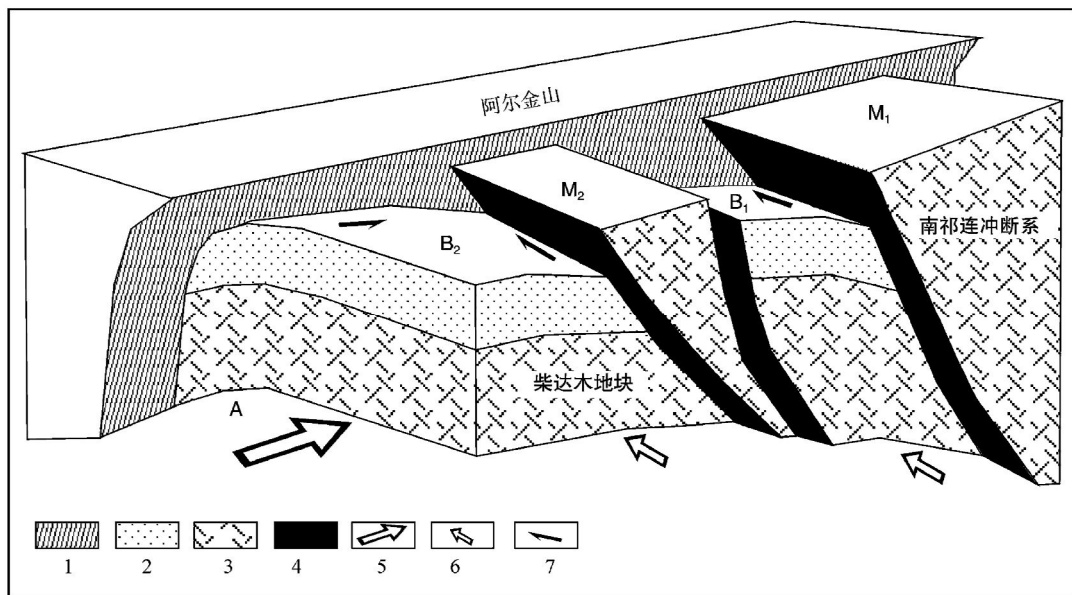


图 4 柴达木盆地北缘右行走滑冲断构造形成的模式

Fig. 4 Model showing the formation of right-lateral strike-slip and thrusting system in the north margin of Qaidam basin

M₁—南祁连冲断系 (向阳煤矿走滑冲断片); M₂—赛什腾山走滑冲断片;

B₁—苏干湖拗陷断块; B₂—赛昆湖拗陷断块; A—沿着阿尔金断裂带形成的弧形构造带

1—阿尔金左行走滑断层; 2—柴北缘新生代沉积盖层; 3—柴北缘古生界或者更老的基底;

4—柴北缘北西走向的右行走滑冲断层; 5—柴达木地块的主要位移方向; 6—柴北缘断块之间的右行剪切运动方向; 7—断块之间的相对位移方向

4 柴北缘构造带右行走滑冲断的运动学

从图 3 的分析可以了解到, 柴北缘构造带的东西走向的断裂和褶皱构造主要以大规模的冲断推覆为特征, 而北西走向的构造带表现为斜向的右旋走滑冲断。这暗示着柴北缘大多数现今所发现的线性褶皱带 (如冷湖背斜带和鄂博梁背斜带等) 均具有斜向冲断的运动学特点。而导致其走滑的主要动力来源于南北向盆地基底相对于南祁连山系的收缩运动。图 3 下面的示意图给出了力学特征和边界断裂的运动学模式。

按照区域资料分析, 南祁连山系向着柴达木盆地北缘的冲断推覆作用来自于北祁连造山带向北推覆到华北地块所形成的巨型冲断系统的后缘反冲作用^[21, 22]。北祁连山前冲断带的大规模远距离 (南北向水平位移量大于 30 000 m) 冲断推覆^①, 到了南祁连则转化为推覆量较小 (南北向水平位移量小于 10 000 m) 的右行走滑冲断带。

提出了一个运动学模型来解释南祁连与柴达木北缘的相对关系 (图 4)。柴达木盆地作为受到西界阿尔金左行走滑断裂系统控制的一个独立块体, 大多数研究者将其定义为具有固定的限制性边界。而实际上作为单独运动的块体, 柴达木相对于南祁连在向北东方向运动的同时, 相对于阿尔金的左行剪切位移在一定程度上也产生着向阿尔金山的俯冲 (位移) 作用, 这一现象在盆地西侧的近阿尔金山所形成向着柴达木盆地的冲断构造以及诸多弧形构造带就可以看出^[23]。同时, 柴达木向着南祁连的俯冲作用既导致了苏干湖北部向阳煤矿和土尔根达坂走滑冲断带的发育, 也使赛什腾—埃姆尼克走滑冲断隆起山系的形成以及南侧的盆地基底俯冲于其下。可以将赛南和昆特依凹陷的形成归因于构造运动导致盆地基底主动俯冲, 从而引起下沉到南祁连之下的结果。

可以将柴达木地块的西界 (阿尔金) 与北界 (南祁连) 的交汇部位理解成多个向阿尔金和南祁连山下俯冲的楔形断片, 其中之一尖端部位在今

① 浙江大学·酒泉盆地构造特征与控油作用·2002

天的苏干湖地区,苏干湖坳陷的北侧俯冲到了阿尔金山和向阳煤矿走滑冲断带之下;另外一个楔形断片位于赛什腾山南侧,赛南断裂南侧的三台-赛南凹陷(基底埋藏深度超过8 000 m),若考虑到赛什腾山的海拔高程,赛什腾山南侧的楔形断片向下俯冲深度超过万米。因此,柴达木西北侧断块的向着西侧阿尔金山下的俯冲作用和近断裂带处的地层产生拖曳弯曲,造成柴达木地块在北西方向上的缩短,造成沿着南祁连山系产生右行走滑位移分量。

5 结论

柴达木盆地北缘受限于西端的阿尔金断裂,新生代以来柴北缘相对于南祁连山系以右行走滑冲断为主要运动学特征。盆地内部的地球物理资料和地面地质调查证实了南祁连南侧的边界断裂、盆地内部的赛什腾-埃姆尼克隆起带均具有与冲断推覆相伴生的走滑运动分量。所以在走滑冲断构造带内的断层在平面上呈分支复合,剖面上表现为正花状构造特征。右行斜向冲断构造的主要应力来源于柴达木地块北缘的由南向北的俯冲作用,柴达木西北侧断块向着西侧阿尔金山下的俯冲作用和近断裂带处的地层拖曳弯曲缩短是造成沿着南祁连山系产生右行走滑位移分量的主要原因。

致谢:感谢中国石油青海油田分公司研究院汪力群总地质师和东方地球物理公司敦煌分院巩庆林院长、沈亚总地质师的指导。马力协主任、周苏平高工、覃素华工程师以及柴北缘项目组的多位同志参加了野外工作,一并致谢。

参 考 文 献

- 1 Wang Pingchen, Chu Yungchen, John L N. Present-day deformation of the Qaidam basin with implications for intra-continental tectonics [J]. *Tectonophysics*, 1999, 305: 165-181
- 2 Gu S, Di H. Mechanism of formation of the Qaidam basin and its control on petroleum [A]. in Zhu X ed *Chinese Sedimentary Basins* [J]. Elsevier, Amsterdam, 1989, 45-51
- 3 Metivier F, Gaudmer Y, Tapponnier P, et al Northeastward growth of the Tibet Plateau deduced from balanced reconstruction of two depositional areas the Qaidam and Hexi basins, China [J]. *Tectonics*, 1998, 17: 823-842
- 4 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
- 5 Jiang Bq, 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 & Technology*, 2004, 33(6): 687-692
- 5 曹运江,陆廷清,徐望国.柴达木盆地北缘地区逆冲推覆构造及其油气勘探意义 [J]. *湘潭矿业学院学报*, 2000, 15(2): 12-17
- Cao Yunjiang, Xu Tingqing, Xu Wangguo. The overthrust and its significance of oil-gas exploration in the northern margin region of Qaidam basin [J]. *Journal of Xiangtan Mining Institute*, 2000, 15(2): 12-17
- 6 周建勋,徐凤银,朱战军.柴达木盆地北缘新生代构造变形的物理模拟 [J]. *地球学报*, 2003, 24(4): 299-304
- Zhou Jianxun, Xu Fengyin, Zhu Zhanjun. Physical modeling of the Cenozoic deformation in northern Qaidam basin [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2003, 24(4): 299-304
- 7 赖绍聪,邓晋福.柴达木北缘大型韧性剪切带构造特征 [J]. *河北地质学院学报*, 1993, 16(6): 578-586
- Lai Shaocong, Deng Jinfu. Tectonic characteristics of the ductile shear zone on the northern fringe of Qaidam basin [J]. *Journal of Hebei College of Geology*, 1993, 16(6): 578-586
- 8 林茂炳.柴达木盆地南北推覆构造概论 [J]. *成都地质学院学报*, 1993, 20(4): 11-17
- Lin Maobing. A general discussion on the nappe tectonics in the north and south parts of Qaidam basin [J]. *Journal of Chengdu College of Geology*, 1993, 20(4): 11-17
- 9 康竹林.柴达木盆地北缘块断带油气勘探前景 [J]. *勘探家*, 1999, 4(3): 27-30
- Kang Zhulin. Petroleum exploration prospects in the North-Margin Block-Faulting belt in the Qaidam basin [J]. *Petroleum Explorationist*, 1999, 4(3): 27-30
- 10 陈世悦,徐凤银.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): 175-179
- Chen shiyue, Xu fengyin. Features of basement structures and its control on petroleum in Qaidam basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2000, 21(3): 175-179
- 11 王根厚,李明.柴达木盆地北缘赛什腾-锡铁山左行逆冲断裂及地质意义 [J]. *地质力学学报*, 2001, 7(3): 224-230
- Wang Genhou, Li Ming. The characteristics of neogene Sertengshan-xitieshan oblique thrust fault in the northern margin of Qaidam basin [J]. *Journal of Geomechanics*, 2001, 7(3): 224-230
- 12 张守仁,曹代勇,戴俊生,等.柴达木盆地北缘块断带的扭动构造与阿尔金构造体系的关系 [J]. *大地构造与成矿学*, 2000, 24(3): 218-223
- Zhang Shouren, Cao Daiyong, Dai Junsheng, et al Relationship between the wrench structure in the northern margin block-faulting belt in the Qaidam basin and Alun tectonic system [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2000, 24(3): 218-223
- 13 王金荣,黄华芳.柴达木盆地断裂构造效应 [J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 1994, 30(4): 116-121

- 造演化与油气勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 62~69
- Pan Liangyun, Xie Jielai, Li Mingjie et al. Cretaceous-Cenozoic regional tectonic evolution and petroleum exploration in Jiuquan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 62~69
- 14 陆洁民, 郭召杰, 赵泽辉, 等. 新生代酒西盆地沉积特征及其与祁连山隆升关系的研究 [J]. 高校地质学报, 2004, 10(1): 50~61
- Lu Jieming, Guo Zhaojie, Zhao Zehui et al. Cenozoic sedimentation characteristics of Juxi basin and uplift history of northern Qilian mountain [J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(1): 50~61
- 15 宋春晖, 方小敏, 李吉均, 等. 青藏高原北缘酒西盆地 13 Ma 以来沉积演化与构造隆升 [J]. 中国科学 (D 辑), 2001, 31(增刊): 155~162
- Song Chunhui, Fang Xiaoming, Li Jiejun et al. Tectonic uplift and sedimentary evolution of the Juxi basin in the northern margin of the Tibetan Plateau since 13 Ma BP [J]. Science in China (Series D), 2001, 31(S0): 155~162
- 16 方小敏, 赵志军, 李吉均, 等. 祁连山北缘老君庙背斜晚新生代磁性地层与高原北部隆升 [J]. 中国科学 (D 辑), 2004, 34(2): 97~106
- Fang Xiaoming, Zhao Zhijun, Li Jiejun et al. Magnetostratigraphy of the Late Cenozoic Laojunmiao anticline in the northern Qilian mountains and its implications for the northern Tibetan plateau uplift [J]. Science in China (Series D), 2004, 34(2): 97~106
- 17 宋春晖, 孙淑荣, 方小敏, 等. 酒西盆地晚新生代沉积物重矿物分析与高原北部隆升 [J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 552~559
- Song Chunhui, Sun Shurong, Fang Xiaoming et al. Analysis of tectonic uplift and heavy minerals of sediments on Juxi basin in the northern margin of Tibetan plateau since the late Cenozoic [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(4): 552~559
- 18 Suppe J, Chou G T, Hook S C. Rates of folding and faulting determined from growth strata [A]. In: McKelvey K R, ed. Thrust tectonics [C]. London: Chapman Hall Publisher, 1992. 105~121
- 19 Shaw J, Suppe J. Active faulting and growth folding in the eastern Santa Barbara channel, California [J]. Geological Society of American Bulletin, 1994, 106(5): 607~626

(编辑 李 军)

(上接第 487 页)

- Wang Jinrong, Huang Huaifang. The tectonic effect of transcompressional fault in Qaidam basin [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 1994, 30(4): 116~121
- 14 吴汉宁, 刘池阳. 用古地磁资料探讨柴达木地块构造演化 [J]. 中国科学 (D 辑), 1997, 27(1): 9~14
- Wu Hanning, Liu Chiyang. A study on the tectonic evolution of Qaidam block based on geology and paleomagnetism data [J]. Science in China Series D-Earth Sciences, 1997, 27(1): 9~14
- 15 魏国齐, 李本亮, 肖安成, 等. 柴达木盆地北缘走滑-冲断构造特征及其油气勘探思路 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 397~402
- Wei Guoqi, Li Benliang, Xiao Ancheng et al. Strike-slip structures and petroleum exploration in northern Qaidam basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4): 397~402
- 16 王步清, 肖安成, 程晓敢, 等. 柴达木盆地北缘新生代右行走滑冲断构造带的几何学和运动学 [J]. 浙江大学学报 (理学版), 2005, 32(2): 225~230
- Wang Buqing, Xiao Ancheng, Cheng Xiaogan et al. Geometry and kinematics of Cenozoic right-lateral strike-slip thrust structural belt in the north margin of the Qaidam basin [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2005, 32(2): 226~230
- 17 肖安成, 陈志勇, 杨树锋, 等. 柴达木盆地北缘晚白垩世古构造活动的特征研究 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 451~457
- Xiao Ancheng, Chen Zhiyong, Yang Shufeng et al. The study of late Cretaceous paleostructural characteristics in northern Qaidam basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4): 451~457
- 18 王伴月, 邱占祥, 王晓鸣, 等. 甘肃省党河地区的新生代地层和青藏高原隆升 [J]. 古脊椎动物学报, 2003, 41(1): 66~75
- Wang Ban, Yue Qiu, Zhan Xiang, Wang Xiaoming. Cenozoic stratigraphy in Danghe area, Gansu province, and uplift of Tibetan plateau [J]. Vertebrata Palasiatica, 2003, 41(1): 66~75
- 19 李明杰, 郑孟林, 曹春潮, 等. 柴达木古近纪-新近纪盆地的形成演化 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2005, 35(1): 87~90
- Li Mingjie, Zheng Menglin, Cao Chunchao et al. Formation and evolution of Qaidam Paleogene and Neogene basin [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2005, 35(1): 87~90
- 20 赵加凡, 陈小宏, 杜业波. 柴达木第三纪湖盆沉积演化史 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 41~44
- Zhao Jiafan, Chen Xiaohong, Du Yebo. The tertiary sedimentary evolution of the Qaidam basin, Northwest China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(3): 41~44
- 21 Tapponnier P, Xu Z, Roger F, et al. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet Plateau [J]. Science, 2001, 294: 1671~1677
- 22 周炎如, 李相搏, 袁剑英. 祁连-柴达木构造域盆地-造山带耦合构造体系 [J]. 新疆石油地质, 2000, 21(5): 337~390
- Zhou Yanru, Li Xiangbo, Yuan Jiangying. The basin-orogeny coupling in Qilian-Qaidam tectonics territory [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(5): 337~390
- 23 郑荣章, 徐锡伟, 王峰, 等. 阿尔金构造系晚更新世中晚期以来的逆冲活动 [J]. 地震地质, 2005, 27(3): 361~373
- Zhen Rongzhang, Xu Xiwei, Wang Feng et al. The Thrust Activity of the Alayn fault zone since the middle and late Pleistocene [J]. Seismology and Geology, 2005, 27(3): 361~373

(编辑 高 岩)