

# 再论贺兰山南部北西向构造成因

张进<sup>1</sup>, 马宗晋<sup>1</sup>, 任文军<sup>2</sup>

(1. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871; 2. 长庆油田地球物理勘探处, 宁夏 吴忠 751104)

[摘要] 贺兰山南部分布着多个方向的构造, 其中最明显地是一系列的北西向构造, 目前这些构造的相互关系以及形成机制还没有得到合理地解释, 争论很大; 野外构造研究表明, 贺兰山南部北西向构造的形成与青铜峡-固原断裂活动有密切的关系, 是该断裂由走滑运动向挤压运动转换时的派生构造; 从另一角度也说明, 在中新生代由青铜峡-固原断裂所限定的地块(卫宁北山)向东运动, 而这些北西向构造的形成主要发生在新生代。由于卫宁北山向东运动的动力来源于青藏高原, 因此, 贺兰山南部北西向构造的形成与青藏高原的演化有密切的联系。所以, 作为中国重要地质界限的南北向构造——贺兰山已经被青藏高原的构造活动所叠加。

[关键词] 贺兰山; 青铜峡-牛首山-固原断裂; 北西向构造

[中图分类号] P548 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)01-0019-07

[作者简介] 张进(1973-), 男, 江苏常州人, 讲师, 博士, 从事构造地质学研究。

贺兰山属于中国重要的东西地质界限北段, 该地区不仅在古生代活动明显<sup>[1, 2]</sup>, 中、新生代的构造活动也很强烈<sup>[3~5]</sup>。由于其长期而又明显地“多旋回”活动性, 所以, 一直是区域地质的研究地区之一。目前认为贺兰山的隆起属于燕山运动的产物<sup>[6]</sup>。

贺兰山南部是几个方向的构造交汇地区, 是李四光<sup>[7]</sup>所称的“祁吕贺山字型构造”脊柱的顶部地区; 在该地区, 近南北向、东西向和北西向构造行迹非常明显(图1)。它们之间的关系以及相关构造很早就引起学术界注意<sup>[7~17]</sup>, 但一直未得到明确地认识<sup>[2]</sup>。在中、新生代, 由于特提斯和新特提斯洋的多次闭合, 该地区古生代构造遭受到严重地改造。清楚地认识它们之间的确切关系, 对研究从早古生代至今该地区的地质演化有重要意义。新生代以来, 该地区处于青藏高原扩展的北东边缘, 活动构造很发育, 在这些构造中, 北西向构造(断裂和褶皱)的形成很特殊。李四光<sup>[7]</sup>早年从地质力学角度将其划归为河西系, 并赋予一定的区域意义, 但没有说明其形成原因, 并且到目前为止, 也没有一个

比较清晰合理地认识, 笔者从最近在该地区的调查出发, 对这些北西向构造的形成机制提出了新的看法。

## 1 贺兰山南部构造特征

贺兰山南部各构造之间的关系很早就引起众多研究者的注意<sup>[2, 7, 8]</sup>。这几组方向构造之间的关系是中朝古板块、阿拉善地块和祁连山造山带之间长期相互作用的结果。

### 1.1 东西向构造

贺兰山南部的东西向构造实际上是宁夏中部地区东西向构造的一部分, 是卫宁北山向东和向北的延伸部分(图1), 主要分布在黄河以北地区, 最北可到达贺兰山西侧的厢根达来附近, 南部以东西向的黄河断裂与黄河以南的北西-北西向构造带相隔。东西方向的构造包括规模较大的逆断层、走滑断层和褶皱, 其中部分褶皱是断层相关褶皱<sup>[17]</sup>; 东西向的断层多具有逆冲特征, 部分褶皱发生倒转, 所涉及的地层主要为古生界, 南部地层较北部的, 卷入变形最老的地层为中寒武统, 南部主要出露变形的石炭系和泥盆系。虽然宁夏地区的东西向构造很早就引起了注意<sup>[2, 8]</sup>, 但到目前为止对其形成机制仍然没有得到共识。

[收稿日期] 2004 03 06

[基金项目] 国家自然科学基金项目(4983402)

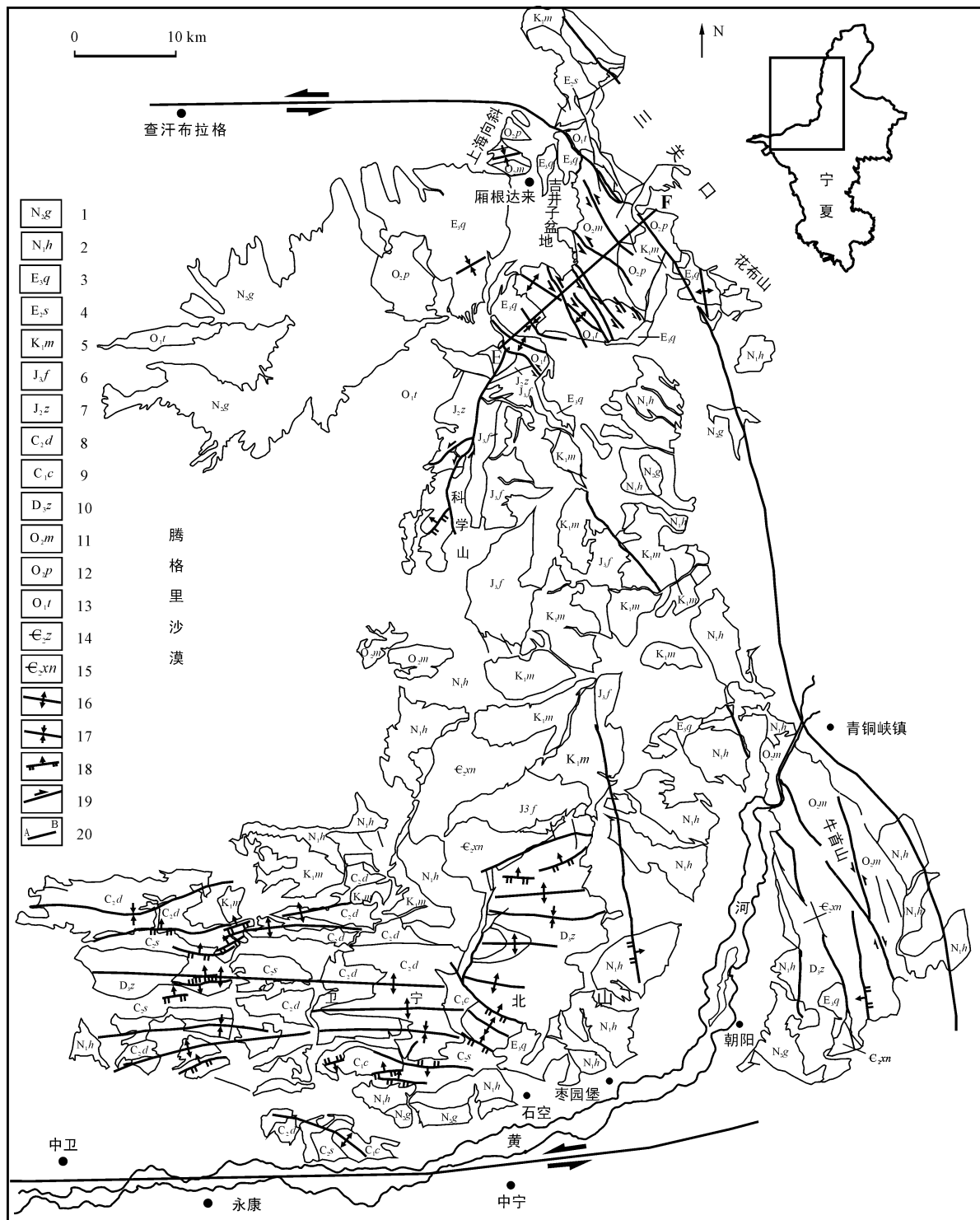


图 1 贺兰山中南部及其附近地区地质图

**Fig. 1** Geological map of the central and southern Helan Mountain and adjacent areas

## 1.2 南北向构造

贺兰山南部的南北向(近南北向)构造也非常

显著,由一系列倾向西或南西的逆冲断层和相关构造所组成,这些南北向构造不仅仅分布在贺兰山南

部, 南北向断裂在中部和北部也较发育, 但走向逐渐偏向北东方向。以往研究<sup>[13, 15, 17, 18]</sup>认为, 该套南北向构造属于鄂尔多斯西缘逆冲褶皱带北段的一部分, 形成于中生代, 然而在贺兰山南部, 这些南北向构造截切了东西向的褶皱和断裂, 使得贺兰山南部的中、新生界呈现南北向冲断和短轴背斜, 其褶皱横跨于下古生界的東西向褶皱之上, 在一些东西向构造上也叠加了南北向的构造。而在卫宁北山东部地区, 南北向逆冲断裂切割新第三系红柳沟组(图 1), 断面近于直立, 微向西倾。因此, 该组构造形成的时代很新。由于卷入变形的最新地层是上第三系, 该组构造的形成至少在晚第三纪之前。从上述可以看出, 贺兰山南部南北向构造的形成主要原因可能是卫宁北山在新生代及其后发生向东运动的结果, 贺兰山南部也是在这次运动中形成。而贺兰山中北部主要是在晚侏罗世隆起的。因此, 这两部分之间在形成及持续时间上存在着一些差别, 这在以往的研究中有所忽视。此外, 在贺兰山中北部缺失第三系沉积, 而在南部第三系则广布于山前, 这也说明贺兰山的不同段落活动时间不一致, 南部在新生代还在活动, 而且最近的 GPS 研究也表明, 整个卫宁北山地区是向东运动的<sup>[19]</sup>。

## 2 北西向构造

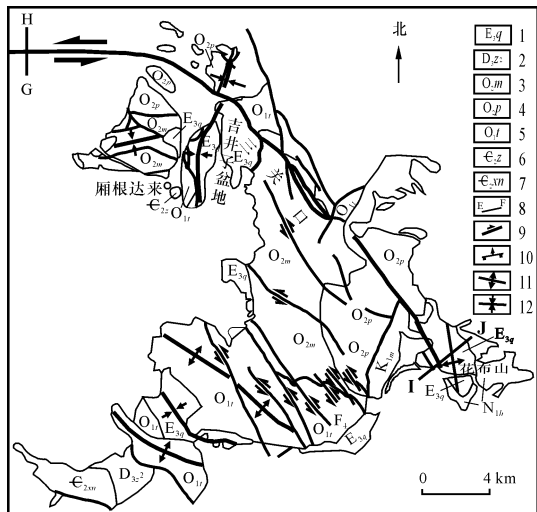
鉴于贺兰山南部北西向构造的重要性, 这里重点讨论该组构造的特征和区域意义。

### 2.1 北西向构造的分布和平面展部特征

贺兰山地区北西向构造在地质力学研究中认为属于河西系<sup>[7]</sup>, 这套构造不像南北向构造那样分布于整个贺兰山地区, 而仅仅发育在贺兰山南部地区(图 1), 即主要分布在三关口以南地区; 但向南在科学山以及卫宁北山等地区则不甚发育。这些北西向构造发育于贺兰山南部的各套地层中, 并影响到了前寒武系、寒武系至第三系的构造分布。该组构造以断裂为主, 褶皱次之。从垂直该组构造的剖面中可以看出(图 2), 北西向的断裂倾角较陡, 倾向主要为南西方向, 倾角  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ; 少数倾向北东。断裂挤压带两侧岩层揉皱强烈, 具牵引现象。三关口-青铜峡-牛首山-固原断裂是其中规模最大的; 该断裂群沿银川-巴音浩特公路两侧展布, 由 4 条压扭性断裂组成, 长  $5 \sim 19 \text{ km}$ , 形成宽约  $2 \text{ km}$  的挤压带, 该断裂错断了前震旦系、寒武系、奥陶系、

侏罗系、白垩系以及第三系所有的地层, 断面大部分倾向南西, 倾角  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。宁夏中南部一系列东西向构造和北西向构造仅仅分布在该断裂的南部和西部, 分布最北的东西向构造就出现在厢根达来附近(图 1, 图 3), 而且该北西向构造切割了南北向与东西向的一系列逆冲断层和褶皱, 说明北西向构造的发展要比东西向和南北向构造开始的时间要晚。从图 2 可以看出, 该地区的下第三系清水营组已经卷入到变形之中, 可以肯定, 该组构造至少在第三纪早期还在活动之中。根据航空照片判别, 该组构造也切割了全新世的地层, 因此, 目前该方向断裂仍然处在活动之中<sup>[8]</sup>。这些北西向断层多属于压扭性质。

从图 1, 图 2 可以看出, 北西向的断层和褶皱具有非常明显的斜列特征, 这些断裂和褶皱的走向约  $330^{\circ}$ , 说明这组北西向构造发育在一个走滑变形带内, 而这些北西向断层切过了一条近东西向的断层( $F_4$ )(图 2), 使得这条东西向断层在平面上呈叠瓦状, 显示了这些北西向断层具有左行兼逆冲的性质。北西向的褶皱主要发育在奥陶系、侏罗系、白垩系以及第三系中, 褶皱较开阔, 两翼基本对称, 翼部常被与之平行的冲断裂或斜冲断裂所破坏。图 1 表明, 该组构造发育在南部东西向的黄河断裂和北部东西向的查汉布拉格断裂(三关口断裂向西延伸部分)之间, 东部也被三关口-青铜峡-固原断裂所



1 - 清水营组; 2 - 中宁组; 3 - 米钵山组; 4 - 平凉组  
5 - 天景山组; 6 - 张夏组; 7 - 香山群; 8 - 剖面; 9 - 走滑断层; 10 - 逆断层; 11 - 背斜; 12 - 向斜

图 2 贺兰山南部地质图

Fig. 2 Geological map of the southern Helan Mountain

限制。因此, 贺兰山南部北西向构造与这几条断裂有着非常密切的成因联系。

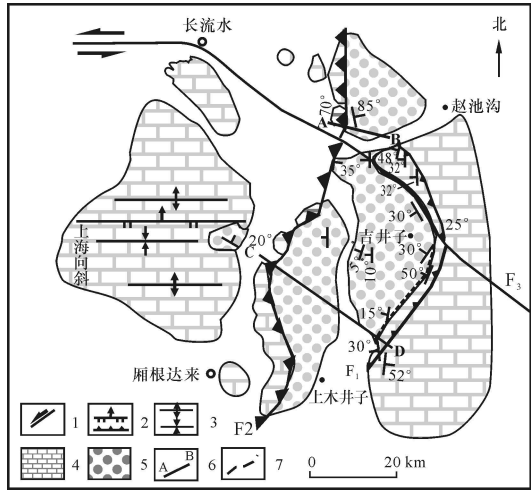
2.2 北西向构造的成因机制

图 1 表明, 限制北西向构造最南边的是东西向黄河断裂, 该断裂新生代的活动性比较显著, 在其附近曾发生了一系列的中强地震, 黄河两岸的阶地显示出该断裂具有正断层性质, 从图中还可以看出, 根据震源机制以及黄河断裂错断了中宁北部北西向展布的石炭系, 显示具有走滑运动的特点, 这些都说明黄河断裂北西-南东向拉张。限制该组构造的北部断裂是查汉特布拉断裂, 前人研究<sup>[20]</sup>已经证明了该断裂是一条很大的左行走滑断裂, 该断裂在三关口西侧吉井子盆地出露地表, 同样表现出走滑的特点(图 3)。因此可以看出, 贺兰山南部的北西向构造是限制在这两条东西向的走滑断层之间, 而这两条断层目前还在活动之中, 至于它们何时开始活动现在还不能确定, 但可以肯定, 至少在第三纪早期, 就已经开始活动了, 因为它们已经影响到了下第三系。因此, 这两个断层之间的地块(卫宁北山)至少在第三纪早期就已经向东运动了, 该地块向东受到北西向三关口-青铜峡-固原断裂的限制, 地块的东部因为受到了挤压兼剪切运动而变形, 形成了一系列斜列的北西向构造。实质上, 该组北西向构造就是走滑断层(查汉布拉格-三关口-青铜峡-固原断裂)拐弯处的挤压构造(图 1, 图 2), 在断层拐弯的位置, 虽然应力方向没有改变, 但由于断层的方位发生了变化, 其活动性质因此也发生

了转换, 由平行断层的走滑运动转换成以挤压为主的运动, 这类似阿尔金断层在其东北端转换成以挤压为主的祁连山逆冲推覆构造。这些在转换部位的挤压构造为一系列斜列(北西向)的褶皱和逆断层。贺兰山南部的北西向构造主要分布在靠近查汉布拉格-三关口-青铜峡-固原断裂的西南部, 也从另一方面说明了这些北西向构造是该断层的派生产物。

从上述可知, 卫宁北山至少在第三纪早期还存在着向东运动, 由于受到其东面鄂尔多斯地块的阻挡, 从而使其东侧的地层受到挤压而隆起; 在牛首山西侧也发育着新生代南北向的逆冲断层, 因此, 牛首山的隆起有可能是该地块向东挤压的结果, 从而也使得新生代的银川地堑被限制在牛首山北部地区。最近, 根据该地区 GPS 速度场研究<sup>[19]</sup>, 也进一步证明阿拉善南部(卫宁北山)存在着向东运动, 并挤压其东面的鄂尔多斯地块。以往的研究认为, 牛首山新生代隆起更可能是青藏高原向北东方向挤压而形成的一系列向北东方向凸出的弧型构造的一部分, 但青藏高原东北部分的活动性向北东方向逐渐减弱<sup>[4, 21]</sup>, 这说明, 牛首山新生代隆起的直接原因可能并不能直接归因于青藏高原向北东向挤压, 而且在卫宁北山以及牛首山西侧分布有一些规模较大的新生代活动的南北向断层, 青藏高原北东向的挤压是不会产生这些断层的。综上所述, 笔者认为, 卫宁北山向东挤压是牛首山隆起的主要原因。另外, 牛首山位于青铜峡-固原断裂西侧, 其隆起受该断裂活动影响, 而该断裂活动与卫宁北山的活动息息相关, 因此, 牛首山隆起是被动的, 它不是引起周围区块挤压和走滑的主要原因。

卫宁北山新生代向东运动的另一证据是, 在贺兰山南部广泛发育新生代南北向逆冲构造, 而中、北部的贺兰山主体则是在晚侏罗世形成的, 其逆冲构造也主要是在这个时期形成的。因此, 贺兰山南部和中、北部是不同时代隆起的, 中、北部隆起的时间较早, 而南部隆起较晚。贺兰山地区的下第三系陆相沉积也主要分布在该山的南部地区, 这说明, 北段和中段在第三纪几乎一直处于剥蚀状态, 贺兰山南部很可能是在早第三纪的早期才开始因逆冲挤压而隆起。因此, 贺兰山南部的逆冲构造与中、北部的构造不是一体, 南部的逆冲构造是卫宁地块向东运动的结果, 这也说明查汉布拉格-三关口-青铜峡-固原断裂是贺兰山南部和中、北部的重要分



1 - 断层; 2 - 逆冲断层 3 - 褶皱; 4 - 寒武 - 奥陶系;  
5 - 下第三系; 6 - 剖面位置; 7 - 不整合面

图 3 吉井子盆地构造图

Fig. 3 Tectonic map of Jijingzi Basin

界断裂。

### 3 固原-青铜峡断裂

#### 3.1 固原-青铜峡断裂在贺兰山西侧的表现

固原-青铜峡断裂位于鄂尔多斯地块西南缘,从北经过青铜峡,向南经大罗山、小罗山、炭山、固原至甘肃的华亭马峡口,长约400 km,在重力异常图上清楚地显示,重力梯度高达 $(5 \sim 12) \times 10^{-12} \text{ s}^{-2}$ ,在磁场和卫星照片上也有明显地显示。该段断裂总体呈南北向延伸,断层面西倾,浅部很陡,断裂在地表多处出露,沿断裂发现多处辉绿岩岩体<sup>[12]</sup>。该断裂曾被作为中朝古板块的西南边界,因此很早就引起了许多地质学家的注意<sup>[6,8,22]</sup>。该断裂东侧为中朝古板块,西侧则为北祁连加里东造山带,断层两侧分属于不同的大地构造单元,东部属于华北地层区,西侧为祁连地层区。古生代期间华北区为典型的“地台型”沉积,祁连区则属于“地槽型”沉积。不同单元之间无论从地层分布、沉积相展布、基底构造、发展演化以及地壳结构上都存在着明显地差别。近年来对西部新构造的研究,也反映出该断裂在新生代也有较强烈地活动性<sup>[4]</sup>。然而,目前对于青铜峡-固原断裂经过鄂尔多斯地块西南角向东过青铜峡向北的延伸性还没有得到清楚地认识;而对该断裂向西北方向的延伸,现在亦未得到明确地共识,多数学者认为在贺兰山南部通过该山。赵重远等<sup>[22]</sup>认为,过青铜峡可以延伸到贺兰山东侧的金塔泉(银川西侧)附近,但没有说明该断裂是否穿过贺兰山以及如何穿过该山;霍福臣等<sup>[8]</sup>认为,该断层是从贺兰山南部的三关口与元山子之间通过贺兰山的;刘和甫等<sup>[19]</sup>和王玉新根据宁夏地区泥盆系的产出位置也认为,该断裂从贺兰山南部的元山子地区穿过贺兰山,并与内蒙古境内东西向的查汗布拉格断裂相连。而一些学者认为是从三关口穿过贺兰山,并与贺兰山西侧的张性正断层相连<sup>[4]</sup>;也有人认为该断裂是从三关口通过贺兰山,并与该山西侧近东西向的断层相连<sup>[17]</sup>。以上研究并没有给出明显地构造学以及沉积学等方面的证据,多数仅仅限于推测。

经过实地观察,笔者认为,该断裂是从贺兰山三关口地区通过的,越过贺兰山后与东西向的查汗布拉格断裂相连,在贺兰山东侧,以往的研究已经证实了该断层通过花布山并与牛首山东缘断裂相连<sup>[4]</sup>。为清楚了解上述几组方向构造间的相互关

系以及青铜峡-固原断裂在贺兰山西侧的延伸问题,笔者选择贺兰山中部和南部分界附近的吉井子地区进行了研究。在该区域几组方向的构造均有分布(图3),相互之间关系明显,而且青铜峡-固原断裂也可能从该地区通过。

#### 3.2 吉井子盆地构造特征

吉井子盆地位于贺兰山中部与南部过渡区的西侧,是一个小型新生代山间盆地,青铜峡-牛首山-固原断裂从该盆地北部和东部通过。盆地中主要沉积了以下第三系清水营组为主的紫红色陆相碎屑岩,碎屑岩的主要成分来自盆地后缘(西部)下古生界的寒武系和奥陶系灰岩、白云质灰岩以及燧石结核等。砾石在靠近后缘(西侧)断层( $F_2$ )处基本无磨圆,大小悬殊,为快速堆积产物;而向东远离后缘断层( $F_2$ )(图3),砾石逐渐出现磨圆现象,粒度也逐渐减小,并逐步为粗砂岩所代替,砾岩和砂岩的厚度也由西向东逐渐减薄,呈楔状。砾岩层(砂岩层)之间为紫红色粉砂岩,其厚度自下而上逐渐变小,而砾岩厚度则逐渐减小,砾石砾径自下而上逐渐变粗;该地区清水营组粒度整体上也表现出自下而上变粗的现象,反映了后缘构造活动程度逐渐加强。因此,这些碎屑物属于同构造堆积。经过野外工作,在吉井子盆地东西两个边缘确定出两条近南北向的逆冲断层 $F_1$ ,  $F_2$ (图3),这两条断层限定了吉井子盆地中下第三系的分布范围。 $F_1$ 为该盆地的前缘断层,该断层发育在下奥陶统内部,造成该套地层的重复;断层带内部岩石破碎强烈,沿断层面形成一些强烈片理化的断层岩。在前缘(盆地东侧)下第三系清水营组不整合覆盖在下奥陶统天景山组地层之上,但后期盆地北部的不整合面被北西向断层( $F_3$ )所破坏,断层( $F_3$ )就是青铜峡-牛首山-固原断裂。 $F_3$ 沿银(川)巴(音浩特)公路从盆地东部进入盆地,沿北西向的不整合面延伸。由于断层 $F_3$ 的破坏,第三系与奥陶系之间不整合面已被破坏,断层通过处,紫红色清水营组砂岩、泥岩被灰绿色破碎泥页岩所代替。 $F_2$ 为盆地后缘断层,该断层将寒武系、奥陶系推到下第三系清水营组之上(图3),并使清水营组发生显著变形。两条断层( $F_1$ ,  $F_2$ )均向东逆冲,因此可以看出吉井子盆地是一个小型背驮盆地,其基底应该是奥陶系。图3表明, $F_1$ 与 $F_2$ 均被 $F_3$ 所切割,说明盆地中南北向的构造较北西向的构造形成早,也和前述贺兰山南部北西向构造比南北向构造新的结论一致。 $F_3$ 断裂在盆地东部为北西向,但在盆地北部,该断裂转为近东

西向。在东西向段落(吉井子以西段落)两侧,下第三系清水营组的变形方式存在着明显差别,断层北侧由于后缘逆冲断层  $F_2$  的推挤,清水营组形成一个规模较大的背斜(图 4),背斜西翼倾角  $60^\circ \sim 75^\circ$ ,断层南侧清水营组以一宽缓的向斜形式产出(图 5)。可以看出  $F_3$  在该处表现出走滑性质,来调整两侧不同的变形(图 6)。此外,一些石油地震剖面也表现出明显的走滑特征,两侧的地层均东西向缩短,但两者的缩短量存在着一定差异,  $F_3$  段落(吉井子以西)表现为左行走滑。从上述可以看出,吉井子盆地近南北向构造( $F_1$ ,  $F_2$  与褶皱)发展于早第三纪,而后期被北西-东西向  $F_3$  断裂所截切。

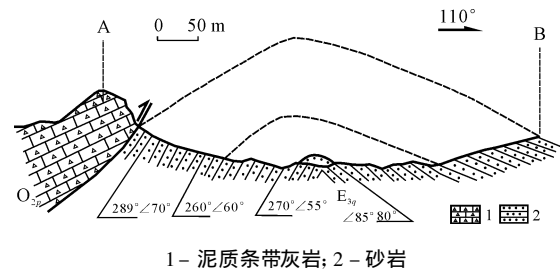


图 4 断层北侧东西向剖面(剖面位置见图 3)

Fig. 4 East west trending profile to the north of the fault (see position of profile in Fig. 3)

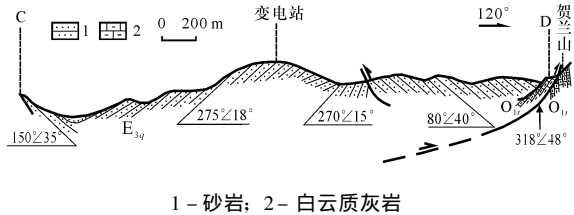


图 5 断层南侧东西向剖面(剖面位置见图 3)

Fig. 5 East west trending profile to the south of the fault (see position of profile in Fig. 3)

东西向构造(上海向斜)分布在吉井子盆地西侧(图 3),其构造是贺兰山南部分布位置最北的东西向构造,没有越过  $F_3$ ,并被近南北向构造所改造,在东西向的褶皱上又叠加了南北向的褶皱(图 7),因此,东西向构造的形成比南北向构造要早,同样说明北北西向的  $F_3$  控制了东西向构造的分布范围,与上文所指贺兰山南部三组构造之间的关系是一致的。

3.3 固原-青铜峡断裂在贺兰山东侧的表现

在贺兰山东侧坡地,由于该断层的活动,形成了一些构造表现。在花布山地区(见图 1,图 2),该断层穿过第三系清水营组和红柳沟组,可以从图 7 看出,该断层主要出露在山体的西南侧,由于受到

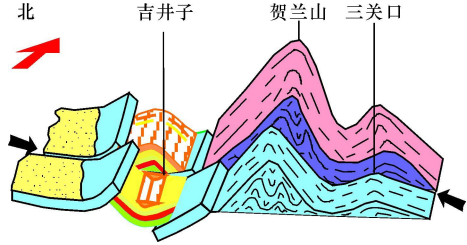


图 6 三关口-青铜峡-牛首山-固原断裂在贺兰山西侧吉井子地区构造模式(箭头示断层)

Fig. 6 Block model of Sanguankou Qingtongxia Niushoushan Guyuan fault in the Jijingsi basin to the west of Helan Mountain (the arrows show the fault)

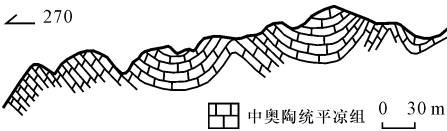
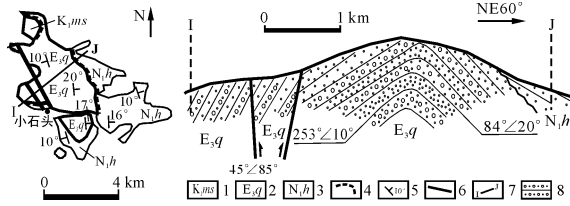


图 7 叠加在东西向构造(上海向斜)之上的南北向褶皱

Fig. 7 South south trending folds superimposed on the east west trending folds (Shanghai syncline)

自断层西侧地块的挤压,花布山地区的第三系褶皱抬起,形成一个北北西向的背斜构造(图 8),轴向  $345^\circ$ ,核部为下第三系清水营组,长约 6 km,向南倾伏,转折端圆滑,两翼倾角  $15^\circ \sim 20^\circ$ ,主断层倾向西南,倾角  $70^\circ \sim 80^\circ$ ,挤压带宽 5 ~ 20 m。次要断层分布在主断层的西侧,但倾向相反,为北东向  $54^\circ$ ,倾角  $85^\circ$ ,该次级断层可能是主断层的后冲断层。断层在这个段落主要显示出倾滑分量,走滑分量不显著。



1- 庙山湖组; 2- 清水营组; 3- 红柳沟组; 4- 不整合; 5- 产状; 6- 断层; 7- 剖面位置; 8- 砂砾岩

图 8 花布山地区地质图与花布山背斜剖面  
Fig. 8 Geological map and across section of the Huabushan area

3.4 查汉布拉格-三关口-青铜峡-固原断裂

上述表明,青铜峡-固原断裂在贺兰山东侧造成了花布山背斜的形成,向北西方向在三关口地区穿过贺兰山及贺兰山西侧的吉井子早第三纪背驮盆地,该断层向西被腾格里沙漠所覆盖,地表未出露,但根据石油部门的物探资料<sup>[20]</sup>,该断层向西通

过查汉布拉格, 在过阿拉善中部的南北向地震剖面上, 该断裂呈现明显地正花状构造, 属于左行走滑断层, 而倾滑分量并不显著。另外, 在地貌上该断层北侧, 新生代的隆起与拗陷走向为北东向, 而断层南侧同时代的隆起与拗陷则无明显的方向性<sup>[23]</sup>。可以看出, 这条断裂是一条重要的长期活动的区域性大断裂, 其控制着南侧地区自古生代以来的重要构造变形和沉积作用, 成为分割贺兰山南部与中部的重要边界, 而且也宁夏区域地貌格局起重要的控制作用。该断裂控制着第三系的陆相沉积, 而且在第四纪活动也非常明显<sup>[2]</sup>。

## 4 结论

贺兰山南部分布多个方向的构造, 其中最明显地是一系列的北西向构造, 研究表明:

(1) 北西向构造的形成与青铜峡-固原断裂的活动有密切关系, 是该断裂活动的派生构造。北西向构造形成时间最晚, 分布也仅仅限制在青铜峡-固原断裂的范围内, 其截切了该地区的南北向构造, 现今仍然处于比较强烈地活动之中。

(2) 根据花布山和吉井子盆地中的构造表现, 确定了中朝古板块西部边缘青铜峡-固原断裂是从贺兰山南部的三关口-吉井子地区通过。

(3) 导致牛首山-三关口段构造活动的主要作用来自其西侧卫宁北山向东的运动, 牛首山隆起的主要原因也主要来自该山西侧的挤压, 而不是来自西南方向。

(4) 查汉布拉格-三关口-青铜峡-固原断裂的东西向段落(吉井子以西)主要表现为左行走滑特征; 其北西向段落(贺兰山南部)则主要表现出左行走滑兼逆冲的特征; 南北向段落(花布山以南)则主要表现出逆冲挤压兼走滑的性质, 这从另一个角度也说明, 贺兰山南部北西向构造的形成可能与青藏高原的演化有密切的联系。

## [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 张抗. 鄂尔多斯断块构造和资源 [ M ]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1989.
- [ 2 ] 宁夏回族自治区地质矿产厅. 宁夏回族自治区区域地质志 [ M ]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [ 3 ] 邓起东, 程绍平, 闵伟, 等. 鄂尔多斯块体新生代构造活动和动力学的讨论 [ J ]. 地质力学学报, 1999, 5(3): 13~21.
- [ 4 ] 国家地震局鄂尔多斯周缘活动断裂系课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系 [ M ]. 北京: 地震出版社, 1988.
- [ 5 ] 田勤俭, 丁国瑜, 申旭辉. 青藏高原东北隅强震构造模型 [ J ]. 地震, 2002, 22(1): 9~16.
- [ 6 ] 黄汲清. 地质学及大地构造学 [ A ]. 见: 任纪舜主编. 黄汲清著作选读(第三卷) [ C ]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [ 7 ] 李四光. 旋卷构造及其他有关中国西北大地构造体系复合问题 [ J ]. 地质学报, 1954, (4): 339~410.
- [ 8 ] 霍福臣, 潘行适, 尤国林, 等. 宁夏地质概论 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [ 9 ] Vincent Stephen J, Allen Mark B. Evolution of the Minle and Chaoshui Basins, China: Implications for Mesozoic strike slip basin formation in Central Asia [ J ]. GSA Bulletin, 1999, 111(5): 725~742.
- [ 10 ] Sengor A M C. The Gimmeride Orogenic system and the Tectonics of Eurasia [ J ]. Special Paper of the Geological Society of America, 1984, 195: 1~74.
- [ 11 ] Liu Shaofeng. The coupling mechanism of basin and orogen in the western Ordos Basin and adjacent regions of China [ J ]. Journal of Asian Earth Science, 1998, 16(4): 369~383.
- [ 12 ] 汤锡元, 郭忠铭, 陈荷立, 等. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探 [ M ]. 西安: 西北大学出版社, 1992.
- [ 13 ] 刘少峰, 杨士恭. 鄂尔多斯盆地西缘具限制性边界的侧向挤出构造 [ J ]. 中国区域地质, 1992, 59(4): 353~360.
- [ 14 ] 李天斌. 宁夏南部弧形推覆构造带特征及演化 [ J ]. 地质力学学报, 1999, 5(3): 22~27.
- [ 15 ] 刘和甫, 陆伟文, 王玉新. 鄂尔多斯西缘冲断褶皱带形成与形变 [ A ]. 见: 杨俊杰主编. 鄂尔多斯盆地西缘逆冲带构造与油气 [ C ]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990.
- [ 16 ] 刘少峰, 杨士恭. 鄂尔多斯盆地西缘南北差异及其形成机制 [ J ]. 地质科学, 1997, 32(3): 397~408.
- [ 17 ] 张进, 马宗晋, 任文军. 鄂尔多斯盆地西缘逆冲带南北差异的形成机制 [ J ]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(2): 124~133.
- [ 18 ] 张泓, 白清昭, 张笑微, 等. 鄂尔多斯聚煤盆地形成与演化 [ M ]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1995.
- [ 19 ] 江在森, 张希, 崔笃信, 等. 青藏块体东北缘近期水平运动与变形 [ J ]. 地球物理学报, 2001, 44(5): 636~644.
- [ 20 ] 王玉新. 鄂尔多斯西缘褶皱-冲断带及其前陆盆地的形成与形变 [ D ]. 北京: 中国地质大学, 1991.
- [ 21 ] Burchfiel B C, Zhang Peizhen, Wang Yipeng et al. Geology of the Haiyuan fault zone, Ningxia autonomous region, China, and its relation to the evolution of the northeastern margin of the Tibet plateau [ J ]. Tectonics, 1991, 10(6): 1091~1110.
- [ 22 ] 赵重远. 鄂尔多斯地块西缘构造单位划分及构造展布格局和形成机制 [ A ]. 见: 杨俊杰主编. 鄂尔多斯盆地西缘逆冲带构造与油气 [ C ]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990.
- [ 23 ] 宁夏地质局研究队《地质力学》编图组. 宁夏回族自治区构造体系图说明书(1:500000) [ M ]. 银川: 宁夏人民出版社, 1980.

(下转第 29 页)



造建模以及构造几何分析是地震剖面构造解释中较为关键的环节。合理地构造样式及其叠加组合(构造建模)是地震剖面构造精细解释的基础,平衡地质剖面制作可以为解释人员提供较为合理地构造解释方案。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 王隆平, 温佩琳. 阿尔泰山缘地球物理场特征与矿床分布规律[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23(3): 46~49.  
[2] Newson A C. The future of natural gas exploration in the foothills of the west Canadian Rocky Mountains[M]. The Leading Edge, 2001,

[3] Suppe J. Principles of structural geology; Englewood Cliffs [M]. New Jersey, Prince Hall 1985 537.  
[4] Wilkerson S M, Dicken C L. Quick look techniques for evaluation two dimensional cross sections in detached contractional settings[J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(10): 1759~1770.  
[5] Shaw J H, Hook S C, Suppe J. Structural trend analysis by axial surface mapping[J]. AAPG, 1996, 78(5): 700~721.  
[6] Begin N J, Lawton D C, Spratt D A. Seismic interpretation of the Rocky Mountain thrust front near the Crowsnest Deflection, Southwestern Alberta[M]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1996 44.  
[7] Mitra S. Fold accommodation faults[J]; AAPG Bulletin, 2002, 86: 671~693.

Application of the geometry of fault related folding to the southern Junggar Basin

SHAO Yu<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>2</sup>, ZHANG Bo you<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences Guangzhou 510640, China;  
2. The South West Petroleum Institute, Sichuan Nanchong 637001, China)

**Abstract:** Using the structural geometric model of fault related folding, we constructed the geological outline of the southern Junggar Basin near north Tianshan. The seismic across reflect in the complex structural region can be recognized structurally by forward balanced geological cross section simulating. In the complex structural region, the key of seismic section interpretation built the structure model and structural geometric analysis, in those processes balanced section can take the interpreter reasonable structural explain project.

**Key words:** southern Junggar Basin near north tianshan; fault related folding; the antiformal duplex; the construction of forward balanced cross section

[ 英文审定: 周军 ]

(上接第 25 页)

Rediscussion of the mechanism of the northwest trending structures in the southern part of Helan Mountains

ZHANG Jin<sup>1</sup>, MA Zong jin<sup>1</sup>, Ren Wei jun<sup>2</sup>

(1. School of Earth and Space Sciences, Peiking University, Beijing, 100871;  
2. Department of Geophysical Survey, Changqing Oil Field Company, Ningxia Wuzhong, 751104)

**Abstract** There are several sets of structures in the southern part of Helan Mountains, which are mostly trending northwest. However the mechanism of these structures have not been recognized clearly yet, there are many disputations. Based on the study of the field, we find that it is the movement of the Qingtongxia Guyuan fault that led to the formation of these northwest trending structures. In other words, all these northwest trending structures were developed in the site where the movement of fault changed from strike slip to thrust; furthermore, it also means that in the Cenozoic the block limited by Qingtongxia Guyuan fault was moving eastwards, and the northwest trending structures were developed in the Cenozoic, so there may be close relationships between the formation the northwest trending structures and the evolution of the Qinghai Tibet Plateau.

**Key words:** Helan Mountain; Qingtongxia Guyuan Niushoushan fault; northwest trending structures

[ 英文审定: 周军 ]