

河套弧形构造体系及其形成和演化机制

赵重远

(西北大学地质系)

郭忠铭 惠斌耀*

(长庆油田勘探开发研究院)

前言

在内蒙古中西部,黄河河套地区,分布着一系列围绕鄂尔多斯地块西北角弯转的弧形构造带。它们不仅形态相似,自成一体,而且有相同的成因联系,所以总称之为河套弧形构造体系,其展布范围和地质背景如图1。

河套弧形构造体系中最为醒目的构造单位为位于该体系最外侧,以狼山为弧顶,方向东南和西南两翼展布的弧形山脉和界于其间的沉积盆地,即狼山弧形山脉-盆地构造带。贯穿于该构造带之间者为阴山弧形断裂带,它是河套弧形构造体系中的主干构造。横于狼山弧形山脉-盆地构造带之内侧者为河套弧形盆地,它是河套弧形构造体系中的最新构造单位。在河套弧形构造体系的最内侧为黄河弧形断裂带,这是一条隐伏断裂带。从北、西两面环绕鄂尔多斯地块,构成河套弧形构造体系的南部边界。

一、狼山弧形山脉-盆地构造带

狼山弧形山脉-盆地构造带在自然地理方面指乌兰布和沙漠以西的巴彦乌拉和西起狼山东至大青山的阴山山脉;在地质构造上乃是由一系列斜列断块山或复背斜和界于它们之间的中生代沉积盆地组成的构造带,该构造带可分为弧顶、东南翼和西南翼三部分。

1. 弧顶狼山浩日格山复背斜

弧顶狼山为一走向北东的大型复背斜——浩日格山复背斜。复背斜长约175公里,宽约25公里;核部出露印支花岗岩侵入体和中元古界渣尔泰群下部片岩和板岩,两翼出露渣尔泰群上部板岩、灰岩和石英岩。平行复背斜轴发育了许多逆冲断层,断面有的倾向西北,有的倾向东南,反映了东南—西北向的对挤;这些逆冲断层多发生在渣尔泰群内部,但在有的地方可见渣尔泰群逆冲于印支花岗岩之上,或二者又逆冲在上侏罗—下白垩统固阳组之上,或者仅发生在固阳组内部;断层延伸长度一般几十公里,有的可达百公里。另外,还发育了许多与复背斜轴相交的平移断层,沿复背斜轴从西南向东北,断层走向由北西逐渐转为南北以至北东方向。在它们截切北东向逆冲断层的地方,

* 参加野外工作的还有黄宗洪、王文炯、赵孟为、靳久强和陈怀生,陆岩参加了部分野外工作,并进一步解释了该区的卫星照片。

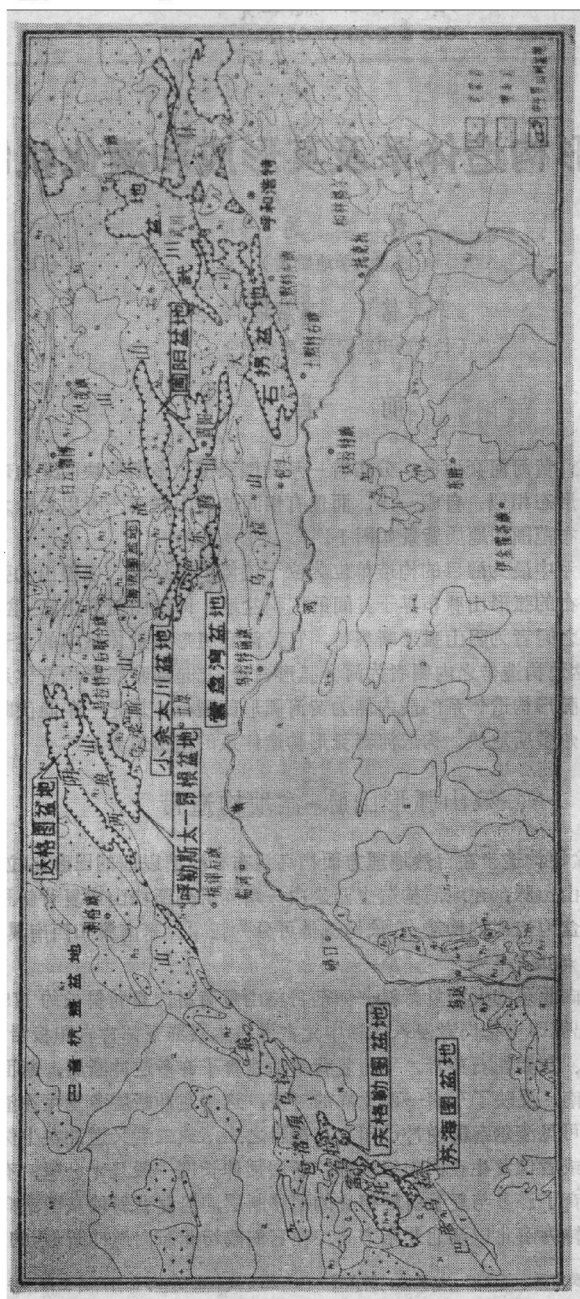


图1 河套地区地质略图 (据内蒙古地质图简化)

有的表现为左行平移(以西南地段居多),有的表现为右行平移(以东北地段居多),属于弧顶垂直压应力方向产生的纵张兼剪切平移断裂。

2. 东南翼山脉-盆地构造带

狼山弧形山脉-盆地构造带东南翼有两组山脉-盆地:一组位于阴山弧形断裂带北盘,从西向东由达格图盆地、两狼山复背斜、胡勒斯特一昂根盆地、乌梁斯太-渣尔泰山复背斜、小余太-固阳盆地以及固阳盆地以东的褶皱山和再东的武川盆地等组成;另一组位于南盘,从西向东由色尔腾山复背斜、营盘湾盆地、乌拉山-大青山复背斜和石拐盆地组成(图2)。

北盘复背斜由渣尔泰群变质岩和华力西及印支花岗岩组成,只有乌梁斯太山复背斜翼部为下二叠统大红山组变质砾岩、石英砂岩、板岩和火山碎屑岩。复背斜长大都为60余公里,一般中段较宽,10—20公里,两端呈梭形变窄。两狼山复背斜呈一向西北突出的弧形,首先偏离北东走向的弧顶狼山,西南段走向北东,北东段偏转为北东东。乌梁斯太山复背斜走向和阴山弧形断裂带在这一地段的向北突出相一致,西段走向近东西,东段走向北西。而位于阴山断裂带弧形弯曲凹侧的渣尔泰山复背斜,走向则为北东东。

位于复背斜之间的山间盆地,其展布方向随两侧山脉的走向为转移,长一般45—60公里,宽10余公里。呼勒斯特一昂根盆地最宽处可达30公里。盆地填充有中、下侏罗统石拐群和上侏罗一下白垩统固阳组(图3)。石拐群一般为灰紫、灰绿和黄绿色砾岩及砂岩,厚500—3000米。固阳组上部为灰色砂岩、泥岩夹砾岩,有时夹薄层煤,厚200—400米;下部为一套紫红色、黄绿色砾岩夹砂岩,厚1000—1500米。固阳组之下尚有一套以紫红色为主的砾岩,有时厚可达几千米,称李三沟组,归属晚侏罗世。当这些盆地向东北方向延长到两侧山脉的倾没端时,往往与一个范围广阔的晚白垩世盆地相通,如达格图盆地之与巴音杭盖盆地,呼勒斯特一昂根盆地之与海流图盆地。那里的上白垩统多为紫红、砖红色砂岩和砾岩,厚300—500米,与固阳组呈不整合接触。

断裂带南盘的复背斜与北盘的显著不同之处就是组成地层较老。核部为晚太古界乌拉山群混合岩化片麻岩和大理岩,翼部为早元古界二道凹群绿色片岩和中元古界渣尔泰群、什那干群和部分寒武—奥陶纪地层。三个复背斜中,色尔腾山走向北西,乌拉山和大青山走向北东东,长80—90公里,宽20公里,其中大青山复背斜较宽,可达40公里。

界于复背斜之间的营盘湾盆地和石拐盆地都以主要沉积侏罗系为特征。石拐盆地的侏罗系较全,计有中下统石拐群、中统长汉沟组 and 上统大青山组。石拐群为灰白、灰绿和灰黑色砂岩、砾岩夹砂质页岩、碳质页岩、油页岩和煤层,厚2000—2750米;长汉沟组为灰绿色块状砂岩和页岩互层,厚1150米;大青山组为紫红、紫灰色砾岩和砂岩,中部夹薄层泥灰岩、炭质页岩和煤线,厚911—4757米。这两个盆地和北盘盆地的不同之处除缺乏白垩系外,就是都经过较为剧烈的褶皱并上升为山,现在已和前中生代地层组成的山脉融为一体,成为山脉的一部分,盆地形态已基本消失。

3. 西南翼山脉-盆地构造带

西南翼的斜列块状山,部分是在先前东西向构造基础上经过中生代的改造形成的。它们不是以复背斜形式而是以被北东向断层所切割的块状山面貌出现。但其中也不乏与

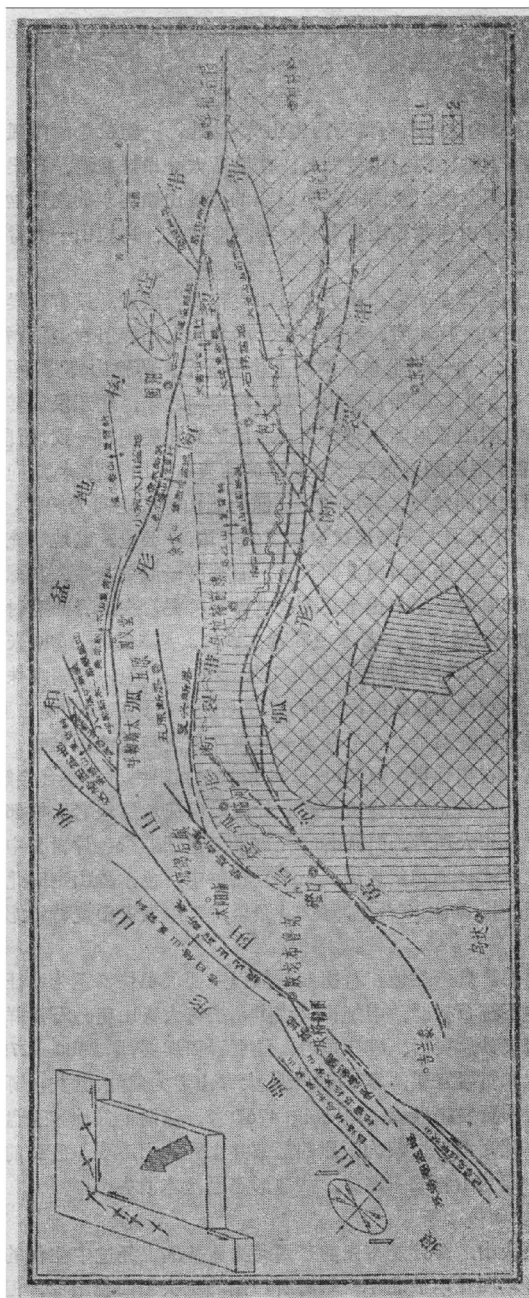


图2 河套弧形构造体系中新生代构造格局图

1—晚太古界基底 2—早太古界基底

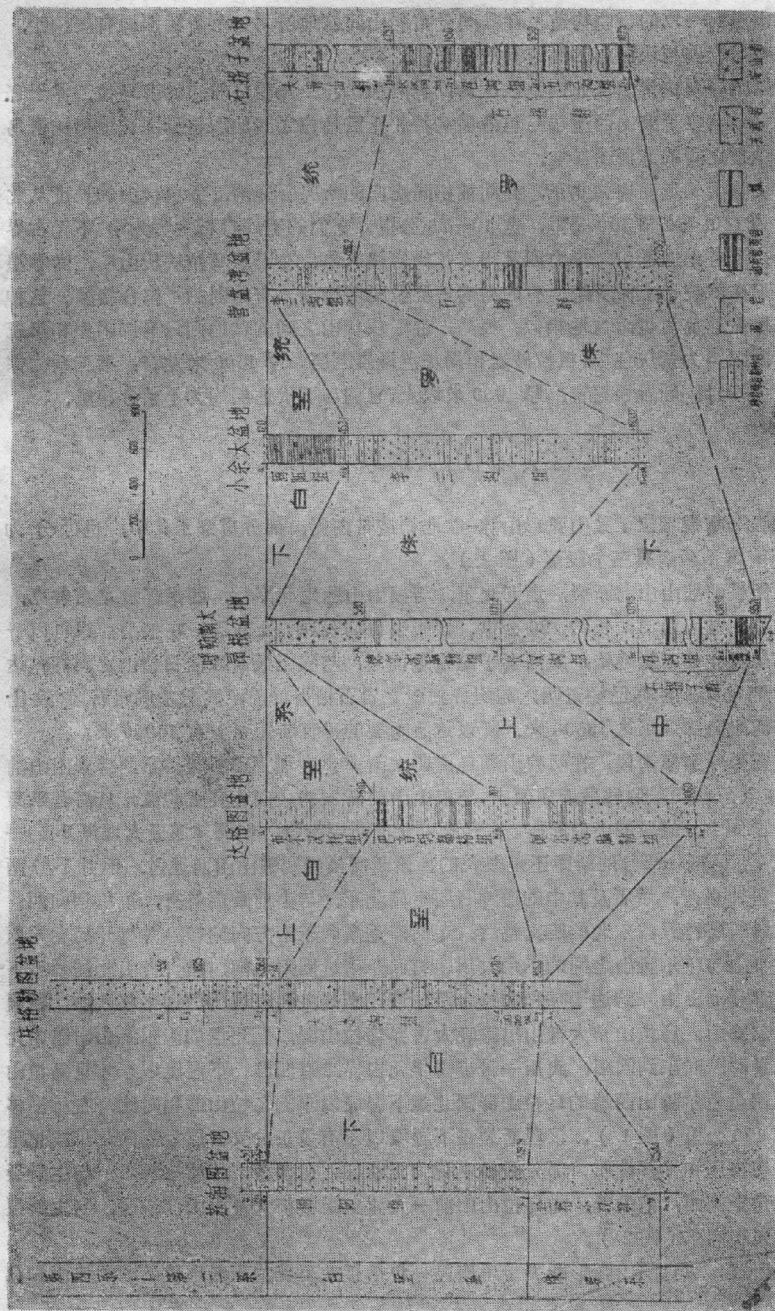


图3 鄂尔多斯山带-盆地构造带盆地地层剖面对比图

现在块状山走向一致的褶曲构造。在其间分布的山间盆地虽不如东南翼那样有规律性,但也可以看出它们与块状山的形成有密切联系。

西南翼的斜列块状山从北向南依次为:包洛项乌拉、托雷乌拉和巴彦乌拉。界于它们之间的盆地有位于狼山西南端与包洛项乌拉和托雷乌拉之间的格勒图盆地和托雷乌拉与巴彦乌拉之间的苏海图盆地。

三条块状山的走向均为北东,其间被相同走向的断层所分割。各块状山的长度从北向南依次为180、50和100公里,宽10—25公里。它们的组成岩石主要为中、下元古界阿拉善群片麻岩和加里东、华力西及印支花岗岩侵入体。在巴彦乌拉块状山中,尚零星分布有中下侏罗统和上侏罗统。有的与老地层呈断层接触,有的则为不整合接触。这种情况和石拐盆地及营盘湾盆地相似。但是,界于块状山之间的盆地则只有固阳组和第三系沉积。固阳组为紫灰色中、粗粒砂岩和褐灰色砾岩互层,厚1500米左右,第三系为棕红、棕黄色砂岩、砾岩和泥岩,厚1000米以上。它们与下伏地层均为不整合接触。

二、阴山弧形断裂带

阴山弧形断裂带位于狼山弧形山脉—盆地构造带内侧,部分贯穿于其中,也可分为弧顶、东南翼和西南翼三个段落(图2)。

弧顶断裂即狼山前断裂,走向北东,与狼山脉走向平行,西南起敖龙布鲁克,东北至达格图盆地山口,长约120公里。该断裂目前表现为正断层。在狼山前缘可以普遍看到它呈直立的断崖绝壁,从河套平原拔地而起,与狼山最高峰浩日格山之间高差达1300米。目前地震勘探已经查明,与组成狼山之岩石相当的早寒武纪基底岩石在狼山山前的临河拗陷深埋可达15500米。所以这条断裂的垂直断距至少有16000米。

阴山弧形断裂东南段,在两狼山和乌梁斯太山前也表现为正断层。它西接狼山山前断层,但走向急剧向东偏转呈近东西向,与狼山山前断层构成向北突出的弧。从河套平原北望也可看到十分醒目的山前断崖。在五原以北的断层南盘,推测基底最大埋深8000—10000米,可见这一部分的断距还是很大的。该断层虽经两狼山山前通过,但并不与两狼山复背斜轴平行,后者及其中的逆冲断层走向北东,与山前断层斜交,锐角指向西。

东南翼断层过五原东北的四义堂后,走向即逐渐向东南方向偏转,并离开河套平原延入渣尔泰山与色尔腾山之间的小余太川,再向东南过固阳之南,循大青山北侧延至下湿壕附近穿庙沟出山,约达于呼和浩特之南。该段断裂主要表现为剪切平移性质。断裂南盘的色尔腾山、乌拉山和大青山出露晚太古界乌拉山群,而北盘的渣尔泰山出露中元古界渣尔泰群,向东到固阳、武川一带出露早元古界二道凹群,下湿壕以东才见乌拉山群。如以南盘色尔腾山西端的乌拉山群同北盘下湿壕以东的乌拉山群相对比,右行平移距离可达160公里(图1)。该段断裂在下湿壕以东有多条分支断层,走向北东或北东东,具剪切挤压和平移性质,部分目前表现为正断层。北盘者,如酒馆断层,与主断裂相交的锐角指向西,南盘者,如乌拉山山前一大淖兔断层和大青山山前断层,与主断裂相交的锐角指向东(图2)。

综上所述,可见阴山弧形断裂带东南段,包括目前表现为正断层性质的两狼山和乌

梁斯太山山前断层在内, 早先可能为一条巨大的右行平移断裂带。它从达格图盆地西南山口起到呼和浩特止的段落长近 400 公里, 向东乃与中朝地块北缘的丰宁—隆化断裂带相接, 可能构成我国东部很重要的一条东西向平移断裂带, 并可能构成郯庐断裂带的组合构造。

阴山弧形断裂带西南段为巴彦乌拉山前断裂。该断裂循北东走向的巴彦乌拉向东北延伸可与狼山山前断裂相接。在从巴彦乌拉东北端到敖龙布鲁克间没入新沉积物之下的部分, 最近已由地震勘探所发现。这也是一条目前表现为正断层性质的断裂, 除在地貌上有与狼山山前等断裂相似的反映外, 也取得了少数钻井和地震证据, 证明东南盘的前寒武系现已埋藏在厚 3000 余米的中、新生代地层之下。但从巴彦乌拉山前断层与其西块状山的组合关系看, 它原先可能也不是一条正断层, 而是一条左行剪切平移断层。因为分割巴彦乌拉等块状山的断层大都为左行平移断层。它们虽大致与巴彦乌拉山前断裂平行, 组成断裂束, 但它们又与后者以很小的锐角相交, 交角指向东北。而被这一断裂束切割的块状山也明显呈左行雁行排列 (图 2)。

三、黄河弧形断裂带

大体循黄河延伸的黄河弧形断裂带, 目前还缺乏地震勘探的直接证据。过去根据重力和磁力异常图在东起托克托, 西经达拉特旗之南, 宿亥图之北, 西至什拉召庙曾画过一条推测断裂。据该地区的卫照解释图¹⁾, 在大致相当于上述位置的地方也画出了一条断裂带, 即如图 2 中所表示那样。该断裂带在临河—磴口一线以东为一条走向北东的断层, 向西南直延到吉兰泰以东。它从磴口东北约 20 公里处分支, 主支循北东方向再行约 30 公里又分支为二, 成一主要由两条断层组成的断裂带, 然后又循黄河向北弯曲呈一向北突出的弧; 再循南东方向沿黄河之南直伸到托克托以南。这条断裂带基本上是沿着早太古界集宁群结晶岩与晚太古界乌拉山群绿岩带的分界延伸的 (图 2)。这是一条明显的地壳薄弱带, 它不仅控制着黄河弧形断裂带的展布, 而且断裂的活动也影响了黄河的流向。

黄河弧形断裂带在形态上和阴山弧形断裂带极为相似, 而且二者也大体平行。不过该断裂带的性质目前还不能确知。它在现今的表现也许为正断层并具左行平移性质。因为从地貌上看, 在该断裂带通过的地方正好有一条从鄂尔多斯高原降到河套平原的平直陡坎, 高 10—30 米; 同时, 陡坎以南几条注入黄河的季节河发育有多级阶地, 最高者高出今河床 100—200 米²⁾。表示现代相对于河套平原的沉降而上升。再者, 上述从南向北注入黄河的季节河, 上游走向皆为北北东, 下游则向西偏斜, 或呈北北西或近南北, 呈一向东突出的弓形 (图 2)。特别是它们与黄河交会的锐角并不相向黄河下流头, 而是一反常规, 指向上流头, 说明可能受到了下伏左行平移断裂的影响。然从断裂的组合格局上看, 与阴山弧形断裂带相比较, 它似乎原先也为一右行平移断裂, 因为其北盘的分支断层与它相交的锐角是指向西的。

1) 内蒙古地质研究队, 1979; 内蒙古自治区中部地区卫星照片解释构造图。

2) 黎 丰, 1981, 大青山、乌拉山南部新构造运动的初步探讨。

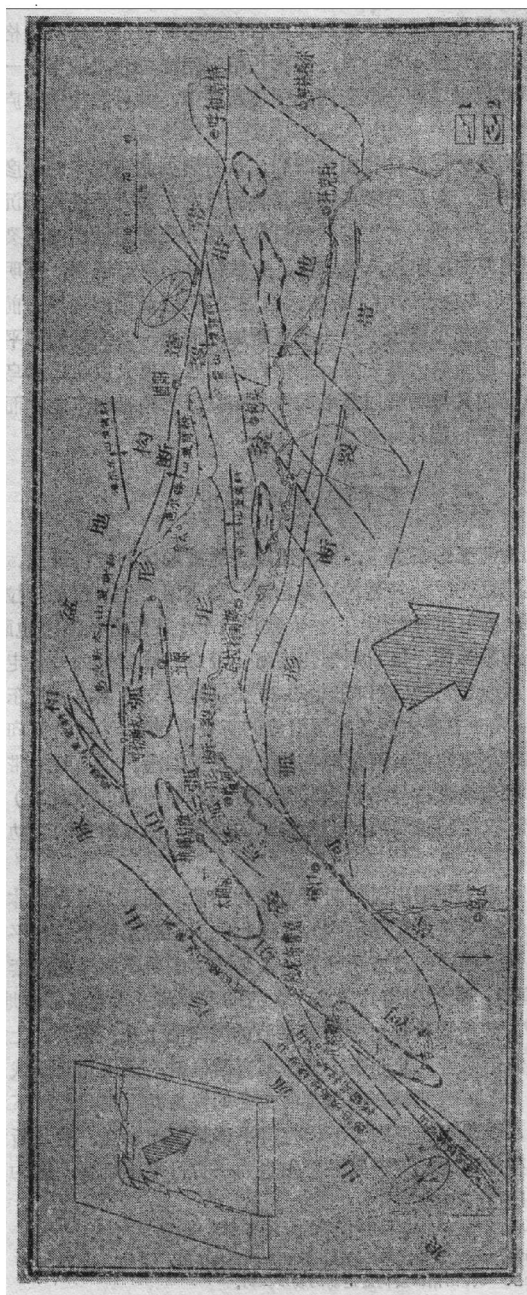


图4 河套弧形构造体系新生代构造格局图

1—新生代地槽超覆尖灭线，2—新生代沉降中心

四、河套弧形盆地

河套弧形盆地处于狼山弧形山脉-盆地构造带内侧,南北基本以黄河和阴山两弧形断裂带为界。只是其西段的东界伸到了贺兰山西麓,东段的北界从四义堂东离开了阴山弧形断裂带主干断裂而沿色尔腾山南麓和乌拉山前断裂和大青山山前断裂发展(图4)。

据钻井和地震勘探查明,该盆地从西向东分别由走向北东的吉兰泰拗陷、西部走向北东东部走向东西的临河拗陷和走向北东东的乌拉山前拗陷(简称乌前拗陷)和呼和浩特拗陷(简称呼和拗陷)组成。除临河与乌前两拗陷之间明显有乌拉山复背斜相隔外,其余分隔拗陷的隐伏隆起均不甚明显。在以上拗陷中,临河拗陷最深,其中的太阳庙—三道桥沉降中心最大深度可达15500米,其余拗陷则在3000—8000米之间。

河套盆地以前寒武纪结晶岩为基底,其中填充的地层最老者为上侏罗—下白垩统固阳组,部分地区可能还有中、下侏罗统。据地震勘探资料,固阳组厚800—2200米,老第三系厚1000—2600米;新第三系和第四系最厚处则可达10000米以上。据钻井所见,这些地层皆属内陆盆地河湖相沉积,以红色砂岩和泥质岩石为主。但在固阳组和临河组中发现了相当厚的、标志深水或半深水湖相的暗色泥质岩石,据地震资料推测,其最大厚度可达1000米以上。在临河和吉兰泰两拗陷的数口钻井中均于临河组和固阳组内发现了生油层。在临河拗陷有三口深井分别见到了油气显示、含油砂岩和油气层,并在两口井中获得了油流。从目前取得的地层资料分析,河套盆地至少有两套含油气岩系,即上侏罗—下白垩统固阳组和渐新统临河组,并且有配合比较良好的生储盖组合。

河套盆地在构造上为一不对称地堑盆地。各拗陷的共同特点就是都以阴山弧形断裂带的主断裂或分支断裂为滑动面向下脱落,在狼山弧形山脉前缘形成深拗陷,而向着黄河弧形断裂带和贺兰山西麓逐渐抬升,成为西深东浅(吉兰泰拗陷和临河拗陷西部)和北深南浅(其余拗陷)的箕状形态(图5,6)。

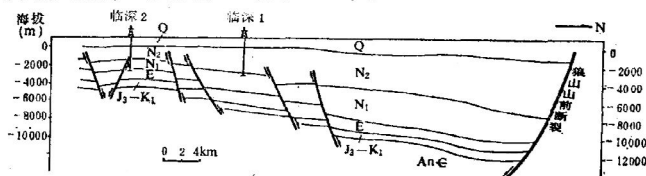


图5 河套盆地临河拗陷南北向地震剖面图

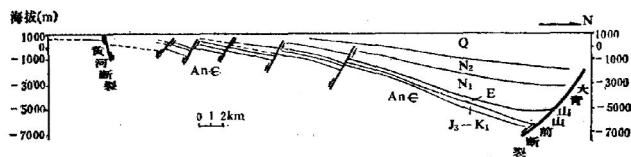


图6 河套盆地呼和浩特拗陷南北向地震剖面图

因为盆地的形成和先已存在的断裂有关,所以各拗陷的排列从根本上说分别受弧形

断裂带东南翼右行剪切格局和西南翼左行剪切格局的控制。但从盆地拉张断陷的外貌看,东南翼和西南翼断陷的排列又分别受左行剪张和右行剪张作用的控制。这是前后两期不同性质应力场作用的综合结果,二者是统一的。

拗陷内部的构造以断阶和次级地堑、地垒为特征,有时在与基底断裂有关的(继承性)断层前缘伴生滚动背斜,或在平移断层两侧生成剪切挤压背斜,如临河附近黄河弧形断裂带发生弯转的地区。值得特别注意者是在临河拗陷内部由地震勘探发现的由三条断层组成的次级弧形断裂带。这三条断层为:杭后断层、五原断层和复兴断层。前者走向北东,后二者逐渐向东偏斜,分别为北东东和近东西。它们的组合形态和阴山及黄河断裂带作弧形弯曲的部分十分相似,因此称它为后套弧形断裂带(图4)。该带的三条断层也都是基底断层,并大致沿着晚太古代与元古代地层的分界线展布,在临河拗陷发育过程中继续活动。

五、河套弧形构造体系的形成和演化

河套地区只在古生代以前经历了比较剧烈的区域性褶皱和断裂,并相应发生了岩浆侵入和变质作用。大约最早从晚元古代起即处于隆起剥蚀状态,直到早中生代。

本区缺失上元古界。从中元古界什那干群(同位素年龄9—13.5亿年)沉积之后到寒武系沉积之前已大约经历了3.3—7.4亿年的隆起剥蚀。寒武—奥陶系仅在个别地点有所发现,它们即使属区域性沉积,那也在晚奥陶世至早石炭世的剥蚀中大部分被移去了。上石炭统和早古生界一样,分布也很零星。下二叠统也只在个别地点有所发现,且为火山碎屑岩。三叠系普遍缺失。除此之外,华力西期和印支期都有比较活跃的岩浆侵入活动。由此可见,河套弧形构造体系并不是很古老的构造,而是在三叠纪以后才在一个大型长期隆起的基础上发展起来的。根据河套弧形构造体系的构造特征和组合关系可以看出,该构造体系的形成可能先是在鄂尔多斯地块向西北方向推挤,继而向东南方向拉开的综合结果。

鄂尔多斯地块向西北方向推挤可能从三叠纪之后或早中侏罗世开始。由于这种推挤,除在对着地块西北角的狼山地区承受直压力外,地块北缘和西缘与其外部地区之间则分别发生了右行平移和左行平移。平移作用的直接结果产生了阴山弧形断裂带的东南和西南段落,产生了黄河弧形断裂带以及后套弧形断裂带。三者之中阴山弧形断裂带居主干地位,在它的平移牵引下生成了狼山弧形山脉—盆地构造带中呈相间雁列的山脉和盆地构造(图2角图)。

从盆地内沉积地层的岩石性质、接触关系和构造变形等方面分析,狼山弧形山脉—盆地构造带,乃至阴山和黄河等弧形断裂带都经过较长时期和复杂历史的发展。在盆地沉积层中,除最老层位中下侏罗统石拐群以超覆不整合关系覆在其下和侧翼前古生界之上外,其上石拐群、大青山组或李三沟组、固阳组 and 上白垩统之间也多为不整合接触。说明从早中侏罗世到晚白垩世不止一次发生了褶皱运动。在这一运动中除山脉不断升高外,盆地在褶皱中有的被破坏,有的新形成,但终不会改变原有雁列相间的排列格局。在上述地层剖面中,砾岩层分布普遍,且占有很大比重,说明其沉积环境是很不稳定的。

根据目前有限的地质资料判断,狼山弧形山脉-盆地构造带在其形成时可能是向着河套方向倾斜的。因而当盆地向南延出山外后即在今的河套地区形成了侏罗-白垩纪连片盆地。在河套地区,该盆地南缘大致受黄河断裂带的限制,或超过断裂向更南的乌兰格隆起超覆。该隆起的顶部可能为剥蚀区,那时的河套盆地或可通过隆起的围斜部分与鄂尔多斯盆地沟通。晚白垩世时,狼山弧形山脉-盆地构造带进一步褶皱上升,并反向山脉北侧倾斜,以致晚白垩世盆地大都转移到了山脉北侧了。

在河套盆地中,目前鉴别出的第三纪地层最老者为始新统。它直接不整合在固阳组之上。说明现今的河套盆地最晚可能是从始新世开始陷落的。这种陷落则与鄂尔多斯地块的向东南方向运动,使其北缘和西缘分别发生左行和右行平移有关。由于这样的平移才沿着阴山和黄河两弧形断裂带发生了剪切拉张作用(图4)。西北-东南方向是此时的最大拉张方向,因而沿北东走向的断裂发生了最大的拉张量和陷落。当断层走向愈向东偏转时,剪切平移作用即相应增大,而拉张作用减小。这对河套盆地各坳陷的形成及其中剪切挤压构造的产生至为重要。

从区域构造分析,鄂尔多斯地块中生代时的向西北推挤和第三纪时的向东南迁移可能与欧亚板块分别同库拉及太平洋板块和同印度板块的相对运动有关。晚三叠世末联合古陆解体时,欧亚板块曾发生过顺时针旋转^[1],它与向北北西方向运动的库拉及太平洋板块^[2]之间产生了左旋剪切运动。由此派生出的西北-东南向最大压应力可能是鄂尔多斯地块向西北推挤的直接原因。大约在距今40—45百万年间,即相当于始新世期间,印度板块与欧亚板块碰撞^[3],并继续向北推挤,引起中国西部相对于东部发生了右旋剪切运动。这时派生了对鄂尔多斯地块东北-西南向的最大压应力,而西北-东南则为最大张应力方向,遂使该地块向东南迁移,并沿着原先的破裂带拉开生成河套盆地(图4角图)。

由此可见,河套弧形构造体系是在两个时期不同性质和方向的应力场中生成的。早期从晚三叠世末起至始新世,以剪切挤压为主;晚期从始新世或渐新世初起以至于今,以剪切拉张为主。

结 束 语

河套弧形构造体系虽是特定地质环境下的产物,但从中国东部的地质构造格局看,它也不一定是唯一的。例如,在以鄂尔多斯地块东南角为弧顶的地区,可以看到相当于上述早期阶段形成的从石楼到乡宁和从铜川到旬邑的弧形背斜和向斜构造带;相当于晚期形成的汾渭弧形盆地。再如,在以山西地块西北角为弧顶的地区,可以看到从阜新到阳原和从大同到太原西山的中生代向斜盆地和隆起构造带和从大同到汾渭的第三纪雁列盆地。它们虽各有特色,并不一定和河套弧形构造体系完全相同,但它们的形成时间和总体格局是一致的。

在野外工作期间和在本文写作过程中,都曾参阅过内蒙古区测队和内蒙古地质研究队的有关资料,特此声明并表示感谢。

(收稿日期 1983年12月15日)

参 考 文 献

- [1] Dietz, R.S. and Holden, J., 1970, Reconstruction of Pangea, Breakup and dispersion of continents, Permian to present, Jour. Geophys. Research, Vol.75, P. 4939-4956.
- [2] Uyeda, S. and Miyashiro, A., 1974, Plate tectonics and the Japanese Islands, A synthesis. Geol. Soc. America Bull., Vol.85, P.1159-1170.
- [3] Molnar, P. and Tapponnier, P., 1975, Cenozoic tectonics of Asia, Effects of a continental collision, Science, Vol.189.

HETAO ARCUATE TECTONIC SYSTEM AND THEIR MECHANISM OF FORMATION AND EVOLUTION

Zhao Zhongyuan

(Department of Geology, Northwest University)

Guo Zhongming Hui Binyao

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Oilfield)

Abstract

Hetao arcuate tectonic system lies along the Great Bend of the Huanghe River in the middle-west part of Inner Mongolia. It consists of the Langshan range-basin structural zone, Yinshan faulted zone, Hetao Basin and Huanghe faulted zone. They are all arranged parallel to one another in an arcuate form with an apex towards northwest.

The fundamental rocks which constitute Hetao arcuate tectonic system are the Late Archeozoic magmatized gneisses and marbles and the Early and Middle Proterozoic schists, slates and quartzites. Rocks of the Late Proterozoic, the Palaeozoic and the Triassic are almost all absent, but a few outcrops of Cambrian, Ordovician, Upper Carboniferous and Lower Permian have been found in some localities. Those basins situated in the Langshan range-basin structural zone are filled with Jurassic and Cretaceous conglomerates, sandstones and mudstones, but Hetao Basin is mainly filled with Tertiary and Quaternary sediments, including source rocks of the Guyang Formation of Upper Jurassic-Lower Cretaceous and the Linhe Formation of Oligocene. It is believed that Hetao region appeared to be a wide uplift from Late Proterozoic to Early Mesozoic, and Hetao arcuate tectonic system was formed since late Triassic.

It is supposed that those structural zones of Hetao arcuate tectonic system caused by shear-compressive stresses were formed firstly when Ordos massif moved towards NW during Late Triassic and Eocene, and when the massif has

moved in reverse direction since Eocene, Hetao Basin—the tensile structural element—was then formed by pulling along the former faulted zones.

When Ordos massif moved forward, the apex of the arc was subjected to strong normal compressive stresses, while its SE and SW limbs were effected by the right- and left-lateral shear stresses respectively. This is the most possible reason why the range-basin structures on its two limbs of Langshan structural zone are in an echelon pattern in response to the Yinshan faulted zone.

Thus we infer that the formation and evolution of Hetao arcuate tectonic system in respect of the regional tectonics may probably be related to the opposite moving of the Eurasian plate to Kula plate, Pacific plate and the Indian plate in Mesozoic and Cenozoic periods.

加拿大两学者来华,就碎屑岩成岩作用进行讲学

应地质矿产部邀请,加拿大蒙特利尔麦克基尔大学R·赫斯教授,加拿大石油公司总地质师V·施密特博士最近来华,就碎屑沉积物成岩作用进行讲学。讲学会于1984年8月6日至16日在成都举行,历时10天。

讲学会由刘宝珪教授主持,参加听讲的有地矿部各大区石油地质局、各省地质矿产局、各科研院所(队)、院校及石油部代表,还有出版机构的代表,共约160人。

赫斯教授着重从理论上讲述碎屑沉积物成岩作用机理、成岩作用控制因素、孔隙水的化学及水力学状态等,内容涉及从远洋沉积盆地到大陆边缘盆地、从现代海洋沉积物(深海钻探资料)到古代陆表盆地沉积物的成岩作用;泥质沉积物和硅质沉积物的成岩作用以及有机质的成熟、裂解等。

施密特博士着重讲授砂岩的成岩作用。他特别强调砂岩中次生孔隙(这是他多年来研究的课题)对储油的意义,并指出储集岩成岩方面的研究,可以预测石油的富集带、油气分布及储量。同时指出:成岩作用研究的重要方面是有机质的成熟度。

施密特博士还介绍了研究成岩作用所需综合的资料,包括:①全岩样品,②井壁取心样品,③岩屑录井样品,④测井资料,⑤地震资料。研究方法(或手段)主要为:①偏光显微镜,②扫描电子显微镜,③X光衍射法,④化学分析法,⑤原子吸收光谱分析,⑥同位素分析,⑦气液包裹体研究,⑧阴极发光显微镜。最后把这些分析资料、成岩作用产物等进行分类,作出剖面图、平面图、数值(曲线)图等,与沉积盆地的地层、构造、地化、地热等资料进行综合分析,建立一个地区的成岩演化系列及成岩环境,从而指导油气勘探。

两位学者的讲演,对与会者均有良好的启示。

在讲学会期间,代表们抓紧课余时间,相互了解研究现状,交流成果。我国在成岩作用研究方面也取得了良好成绩,在石油普查勘探中做出了贡献。例如,长庆油田高级工程师朱国华同志对砂岩成岩作用的研究,就具有先进水平,他积累了极其丰富的实践资料。地矿部所属许多单位近几年在成岩作用研究中亦获得可喜成果。经过这次讲学会的普及、提高,预期不久的将来,“成岩作用”之花定会在我国的石油地质事业中结出丰硕之果。

(史维俊)