

阿尔金断裂系的组成及相关中生代含油气盆地的成因特征

车自成 刘良 刘洪福 罗金海
(西北大学地质系 西安 710069)

提 要 阿尔金构造带是多次俯冲—碰撞而形成的塔里木板块东南边缘,构造带内的走滑活动始于奥陶纪中晚期,中生代强烈活动,并将北部不同构造单元的一些地质体拖曳到断裂带中,形成北山与敦煌构造楔。北山—阿拉善及断裂两侧的其他地质体受到走滑拉分作用的强烈改造,形成许多中生代含油气盆地,共同构成我国中西部一条巨型走滑断裂系。

关键词 阿尔金 走滑断裂带 中生代盆地 构造楔

中图分类号 P542.3.P618.130.2

1 阿尔金构造带的大地构造性质

阿尔金左旋走滑断裂举世瞩目,故对赋存断裂的阿尔金主体构造带的性质也颇为关注。最初认为是一古老隆起带,后来又相继提出它是一条加里东^[1]或海西^[2]褶皱带。近年来,新疆地矿局和何国琦等^[3]再次提出了阿尔金地块的概念,并认为其中赋存有中元古代蛇绿岩。程裕淇等^[4]则认为这是一个元古代裂谷。

70 年代末至 80 年代初阿尔金地区开展了 1:20 万区域地质调查,特别是 90 年代以来研究工作取得了很大进展。现有资料表明,阿尔金构造带是塔里木板块东南边缘,其北缘地区有晚太古代麻粒岩相基底岩石出露^[5],在元古代至早古生代早期经历了多次碰撞增生事件^[6]。阿尔金走滑活动始自奥陶纪中晚期,中生代强烈活动,控制着一系列中生代含油气盆地的形成和发育,共同构成我国中西部一条巨型走滑断裂体系。

阿尔金作为板块边缘造山带的主要标志:首先是高压变泥质岩石的发现和确定,发现于阿尔金中段(图 1)贝克滩地区^[7],早期矿物组合为石榴石+硬绿泥石+多硅白云母+蓝晶石或石榴石+硬绿泥石+多硅白云母+石英+绿泥石,已求得形成的温压条件为 $550^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ 和 $1.4 \sim 2.0 \text{ GPa}$ 。相继又在且末县江格萨伊南确定了一套榴辉岩(图 1)^[8],早期矿物组合为石榴石+绿辉石+石英+金红石,晚期为角闪石+斜长石+石英+钛铁矿(榭石),后者应是早期矿物降压退变质产物。利用石榴石—单斜辉石温度计与单斜辉石硬玉分子含量单变线的交点,求得形成的温压条件为 $66 \sim 830^{\circ}\text{C}$ 和 $1.4 \sim 1.85 \text{ GPa}$ 。

两处高压岩石形成的温压条件表明,前者的原岩(表壳钙泥质沉积)曾俯冲到 $50 \sim 80 \text{ km}$ 以下的地幔中,后者是相同环境下基性超基性原岩低温高压变质产物,从二者地温梯度小于

国家“八五”攻关项目 85-101-01-01-07 资助。

本文于 1997 年 4 月 17 日收到。

(作者简介)车自成,男,1941 年生,教授,从事大地构造学研究,已发表《大地构造学概论》等著作。 rights reserved. <http://www>

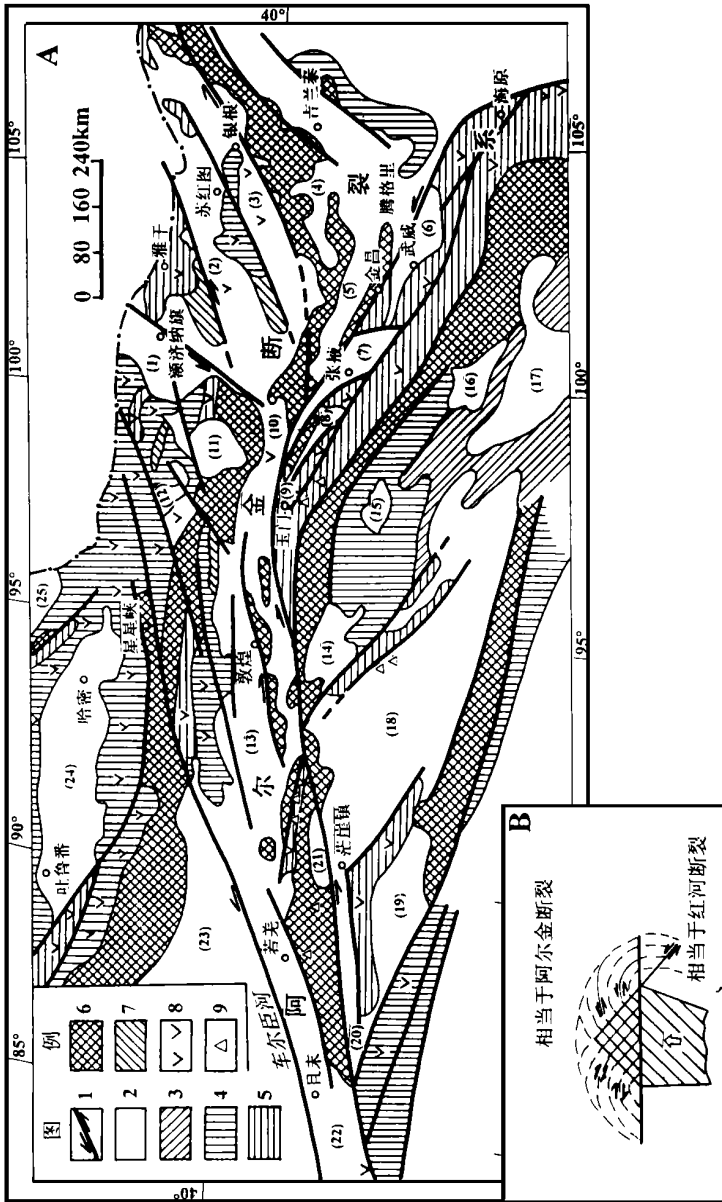


图 1 A—阿尔金山断裂系及其周边地区盆地与隆起带构造纲要图
 B—印度板块向北挤入所造成的滑移线场模拟实验 (Tapponnier 等, 1982)

Fig. 1 A—tectonic outline map of the Altun fault system and its adjacent basins and uplifts
 B—Model experiment of the slip-line field resulting from the northward squeezing-in of the Indian plate

1—断裂; 2—盆地; 3—三叠纪海相层; 4—晚古生代隆起; 5—早古生代隆起; 6—前寒武纪隆起; 7—潜伏隆起; 8—火山岩; 9—高压变质岩石; 盆地; (1) 额尔古纳; (2) 苏红图; (3) 银根; (4) 雅布赖; (5) 潮水; (6) 武威; (7) 民乐; (8) 酒东; (9) 酒西; (10) 金塔; (11) 红柳大泉; (12) 公婆泉; (13) 敦煌; (14) 苏干湖; (15) 哈拉湖; (16) 青海湖; (17) 共和; (18) 柴达木; (19) 库木库里; (20) 吐拉; (21) 索尔库里; (22) 塔东南; (23) 塔里木; (24) 吐哈; (25) 三塘湖

10°C/km 分析, 其变质条件已接近超高压范畴。这一环境必然预示着这里曾发生过板块俯冲作用, 它们都显示陡的顺时针降压 $p_{o/t}$ 轨迹^[8], 也表示与消减作用有关。已求得多硅白云母的 Ar-Ar 大坪年龄约为 575 Ma, 榴辉岩围岩角闪质糜棱岩的 Sm-Nd 矿物对年龄为 519 Ma。这两组年龄均可以作为上限年龄看待, 代表俯冲作用之后初次隆升时限。因此, 可以比较有根据地认为这里在显生宙初曾发生过强烈的板块消减作用。

此外, 我们还在阿尔金东段拉配泉一带确定了一套年龄为 424 Ma (Rb-Sr) 的弧后拉斑玄

武岩^[6],在茫崖一带的原定上奥陶统地层中发现了一些轻稀土亏损的大洋拉斑玄武岩。前人^[9]在研究了茫崖石棉矿中的蛇纹石和纤蛇纹石的 $\delta^{18}\text{O}$ 后也指出,其原岩属蛇绿岩成分,所以沿阿尔金还可能存在一条晚奥陶世俯冲带。同时,对阿尔金变质地层全面研究后发现,存在3条元古代递增变质带^[5]。上述事实充分说明阿尔金是一条长期发育的俯冲—碰撞带。

晚古生代时期,因东昆仑沿其南缘不断向北碰撞增生,处于内带的阿尔金呈相对隆起状态,上覆不厚的浅海相灰岩和海陆交互相含煤建造。中生代时期左旋走滑活动强烈,阿尔金断裂附近的许多地质体均被卷入这一走滑断裂系中,形成北界车尔臣河断裂,南界阿尔金断裂—北祁连断裂,囊括塔里木东缘、北山、阿拉善、河西走廊和六盘山在内的一条巨型走滑断裂系,同时伴随着一系列含油气盆地的形成(图1)。

2 阿尔金断裂带的走滑活动

阿尔金断裂带的走滑活动,最早的证据是塔中隆起东段的扭动。塔中隆起总体为一EW向隆起,其东段在靠近阿尔金断裂带北界断裂——民丰北—车尔臣河断裂附近发育3排背斜^[10],一、二排背斜轴向呈NW向,为左行扭动条件下断裂旁侧的羽状派生褶皱,第三排背斜轴呈NE向,与主断裂平行,可能是断裂牵引所致。背斜上一般缺失晚奥陶世沉积,中奥陶世未到晚奥陶世初沉积表现为超覆沉积的特点,说明在中奥陶世晚期已开始出现走滑活动。

奥陶纪以后的走滑活动是明显的,主要标志是北山与敦煌构造楔的形成,证据如下:

(1)祁连山西延被明显错断,使北祁连优地槽带与前寒武纪敦煌群接触。祁连山西段被错向何处,大家都非常关注。很多人认为祁连山应与西昆仑关系密切,但西昆仑整体为一前寒武纪隆起,其上覆盖的主要是奥陶纪浅海相碳酸盐岩,这与北祁连完全不同。现在唯一能对比的是阿尔金中段红柳沟—拉配泉岩相带,这里有显生宙早期高压变质岩石,围岩主要是厚层硅质岩—凝灰质砂岩—拉斑玄武岩,其上被富含化石的上寒武统至上奥陶统地层不整合覆盖,后者之上有弧后裂谷型玄武岩产出。这一岩带的特征与北祁连类似,走向EW,向东在阿尔金主断裂附近呈弧形弯转,存在明显的走滑牵引。所以红柳沟—拉配泉构造岩相带有可能是北祁连的西延部分,现在被向南错开了约400 km的距离。

(2)由敦煌群组成的三危山呈北东走向,其片理、片麻理近东西走向,在安西县双水塔水库南,该岩带呈弧形转向SE方向,很可能与走廊北山的龙首山群组成的隆起带为同一构造岩带。二者岩石组合类似(四分性明显,即由下而上:片麻岩→碳酸盐岩→变粒岩→中酸性火山岩,混合岩化强烈等)^[11],而与以基性麻粒岩为主体的阿尔金基底岩层有较大差异。敦煌地块是被左行走滑拖曳进阿尔金中的原华北板块南部边缘,拖曳距离也在400 km左右。

(3)北山地区可分为3个近东西走向的构造带。北部活动陆缘带:由早古生代中基性火山岩、蛇绿岩和晚古生代中酸性火山岩组成;中部马鬃山岛弧带:由中上元古界和寒武—奥陶系稳定型沉积组成;南部弧后裂谷带:奥陶纪陆缘碎屑和碳酸盐岩沉积厚达5 500 m以上,志留纪时期有基性—中酸性火山喷发,石炭—二叠纪时期的中酸性火山建造极其发育。这一构造特征明显不同于其西邻的东天山,也不同于其东邻的阿拉善地区,而类似于北面蒙古共和国境内的戈壁阿尔泰岛弧带,很可能是后来沿NE向断裂左旋滑移,呈楔形插入塔里木东缘的一个外来地体。北山构造带延伸方向为NE向,而其内部构造线方向近东西,与一般裂谷带构造线方向平行于边界断裂的特征完全不同,也说明可能是后来改造所致。如以中蒙边界为北山的

原始北界,现在向SW方向滑移了约450 km的距离。陈炳蔚等观察到北山地区的韧性剪切带都是由北向南逆冲,滑距也是由北而南减小,可从60 km到20 km,时代约为228.7~201 Ma。说明上述推论有一定合理性。据B. N. 乌斯特利茨基对甘肃北山地区二叠系地层及动物群的研究,其中含有北极冷水动物群,如*Productus timanicus*是北极地区阿丁斯克阶上部的标准种^[12]。这也说明所谓的“北山裂谷”可能来自北方。

3 断裂系的形成与相关盆地成因特点

从以上分析来看,阿尔金断裂的走滑活动开始于中奥陶世末,强烈活动于中—新生代。在其长期活动中,周边地质体均受到强烈改造。故有人认为阿尔金断裂系应穿过蒙古高原南部,直达中国东北地区。但地壳变形,说到底主要表现为刚性地块之间的错动,断裂活动无不受到刚性地块边界的严格限制,常常表现为沿后者边界发生弯转或归并。阿尔金断裂系的延伸问题正是如此,南段:走滑活动主要沿塔里木板块东南边界(即阿尔金主断裂)进行,向外侧,将柴达木地块西缘纳入断裂系中;内侧,将塔里木东南地区纳入走滑活动中,形成了车尔臣河—星星峡断裂,后者的活动就导致北山、敦煌构造楔的形成。北段的延伸受到阿拉善地块的明显制约,Tappornian^[13]曾用试验解释了阿尔金断裂带的形成(图1B),认为阿尔金南缘断裂过敦煌后转折为SE向,形成走廊盆地,再向东沿鄂尔多斯边缘形成汾渭地堑。从敦煌群在双塔堡一带呈弧形弯转分析,这一认识是合理的。过敦煌楔状地块之后,东延的阿尔金断裂系主要受阿拉善刚性地块的制约,南支呈弧形弯转沿阿拉善地块南缘延伸,形成走廊中新世代断陷,金塔—潮水盆地是与其平行的另一组断裂伴生盆地;北支延伸与阿拉善地块北缘大致平行,呈NEE走向,形成巴丹吉林盆地中NEE走向的三凹两隆,再向东形成银根—苏红图盆地。

由于断裂系的走滑活动,形成了一系列夹于其间的中—新生代盆地,这些盆地早期构造样式均为地堑—地垒式组合,反映了其走滑拉分的成因特点。如银根^[14]、潮水、金塔和巴丹吉林盆地构造剖面均是如此。就是被看作典型山前凹陷的走廊前缘凹陷,实际上其早期也是一个走滑拉分形成的复式地堑,压性特征完全是后期改造所致。例如,酒西、酒东和民乐3个盆地明显是基底断块形成的3个NW向斜列盆地,酒西、酒东盆地早白垩世拗陷轴(图2、3)显著呈斜列式展布,垂直或斜交边界断裂,显然与前陆拗陷机制相抵触。

古流向多变也是这类盆地的一个重要特征。据Ritts^[15]对阿尔金两侧中生代岩相古地理的研究,沉积剖面缺乏近源冲积扇到三角洲的连续垂直变化,一直以粗的辫状河沉积为主;古流向多变,三叠纪向南,侏罗纪指向北,白垩纪西侧指向西南,东侧指向东南,走滑活动应该是古流向多变的主要原因。

再者,我国西北中生代火山活动都集中在上述盆地中,有些活动强烈的地段已发展为裂谷盆地(如银根盆地),进一步证明了我们对于阿尔金断裂体系范围的解释。火山活动最早开始于侏罗纪,在金塔、玉门、潮水盆地的局部地段,中下侏罗统地层中有玄武岩夹层^[16]。强烈活动于早白垩世,上部苏红图组沉积以中基性陆相火山岩(碱性玄武岩—粗安岩)为主,夹少量泥岩、泥灰岩和砂岩,总厚大于600 m^[14]。新生代仍有活动,除苦牙克以南(阿尔金断裂南端,于田普鲁橄榄玄武岩夹在早更新世砾岩层中,K-Ar年龄150~110 Ma)²外,在玉门附近的红柳

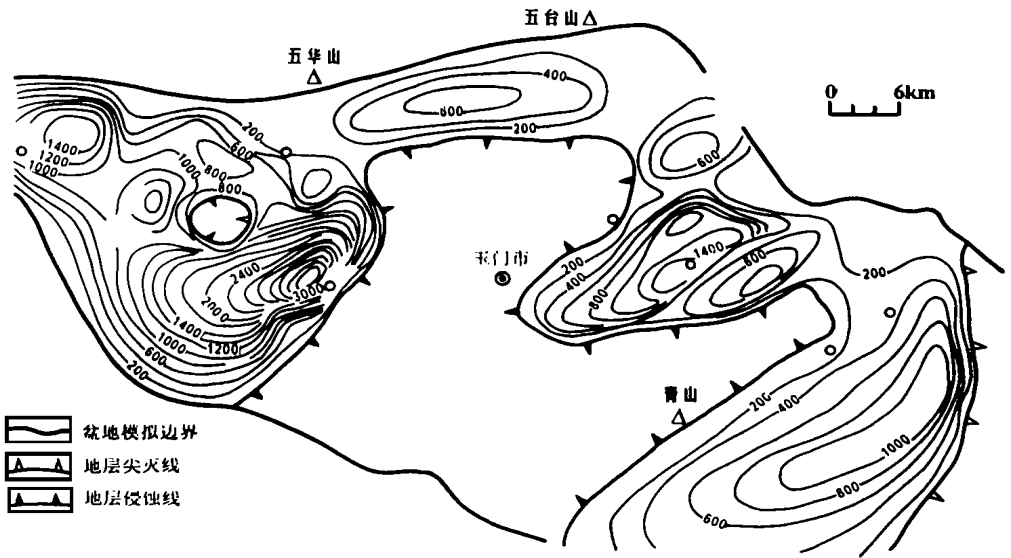


图2 酒西盆地赤金堡组(K₁¹)地层残余厚度图(据玉门油田,1994)

Fig.2 Map showing the residual thickness of the strata(K₁¹) of the Chijinbao Formation in the Jiuxi basin

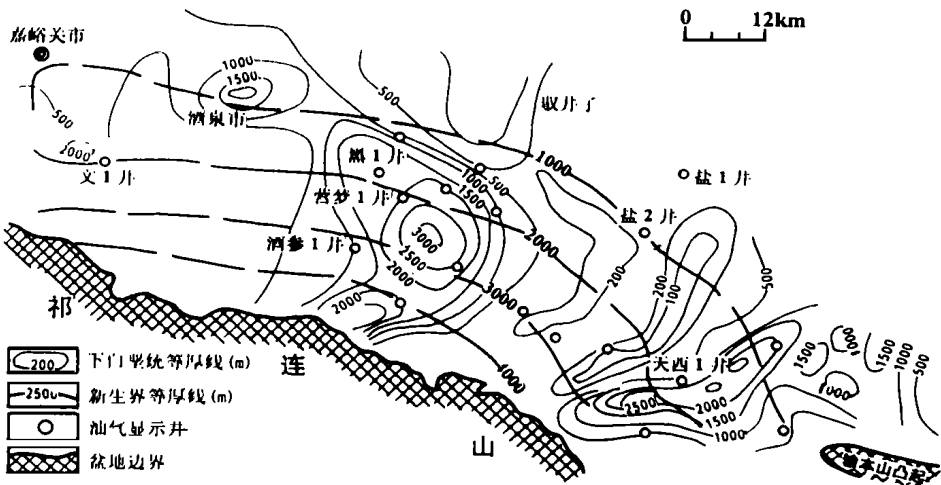


图3 酒东盆地下白垩统一新生界地层等厚图(据玉门油田,1994)

Fig.3 Isopach map of Lower Cretaceous-Cenozoic strata of the Jiudong basin

峡、旱峡两地,也见到以粗玄武岩为主的火山喷出,岩颈切穿白垩—第三系地层^[17]。在东延的六盘山白垩系断陷盆地中^[18],安山玄武岩和花岗斑岩侵入体产出在白垩系地层中。

4 盆地演化

三叠纪时期,全球联合古陆解体,古地中海出现并向东伸入到中国西秦岭一带,标志东亚地区地壳裂解作用亦很显著。这些裂解的块体沿阿尔金断裂系发生大规模的左行滑移,敦煌与北山构造楔向南西方向插入,引起塔里木盆地东部隆起并缺失三叠纪的沉积,中部有沿NW方向张开的趋势。由于阿拉善地块和北山与敦煌构造楔一起向西滑移,其后方的鄂尔多斯沿南北方向张开,开始了大型陆内盆地的发育历史。此外,沿阿拉善西缘的武威—景泰和中祁连南缘的木里也有比较厚的晚三叠世沉积,都与局部走滑—拉张作用有关。

阿尔金断裂体系中侏罗系盆地主要分布在3个地区,敦煌以南的阿尔金断裂隆起带两侧、阿拉善地块西段和北山地区。在空间位置上仍受走滑拉分作用的控制,如吐拉、茫崖与冷湖侏罗系凹陷明显处在离散型平移断裂组合带中,塔东南侏罗系盆地的凹陷、隆起轴呈斜裂形式排列等;另一个重要特点是生油凹陷均位于造山带或隆起带前缘,基底均为克拉通地块,亦具有前陆盆地的特征,所以阿尔金断裂系中的侏罗系盆地实际上是拉分—前陆型复合盆地。以潮水盆地为例,两个凹陷中心,一在雅布赖山前缘,一在龙首山前缘;北山的公婆泉、红柳大泉两个侏罗系盆地沉积都较厚,分别达4 748 m、3 285 m^[16],它们都奠基在马鬃山前寒武纪隆起带之上;走廊地区走滑拉分作用强烈,但缺少侏罗系生油凹陷形成的原因,在于基底不是前寒武纪地块,而是造山带边缘沉积。

白垩纪时期,盆地主要在敦煌以北、以东发育,是拉分盆地发育最为活跃的一个时期,形成许多深盆,并伴随着部分地区强烈的火山活动。这一时期阿尔金走滑拉分活动如此强烈的原因,与中国东部地壳向东南方向的蠕散伸展作用有关,东部的江汉、南阳、周口盆地都开始于这一时期,大别山前缘亦有白垩纪时期的火山活动。伴随不均匀的蠕散滑移,导致阿拉善—鄂尔多斯与天山—兴蒙造山带之间顺时针旋转了20°的角度^[19],这就是走廊、苏红图—银根等盆地强烈拉张沉陷的主要原因。以阿拉善地块为基底的潮水盆地未形成白垩系深拗陷,深拗陷位于阿拉善地块两侧,说明拉张幅度大的地带主要在构造薄弱带。

新生代时期,由于造山带开始全面隆起,盆地的发育主要受前陆拗陷机制的控制,表现在强烈拗陷地段主要在阿尔金隆起带两侧和北祁连前缘(图2、3),拗陷轴平行于造山带并不断向外侧迁移,拗陷幅度均在3 000 m以上。以阿尔金西南侧的拗陷幅度最大,如面积仅 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的库木库里盆地,第三系厚度超过8 000 m。同时走滑作用的控制也是明显的,如库木库里、柴达木与苏干湖盆地,拗陷中心都是从NW向断裂与阿尔金主断裂交会的西南一侧开始,逐渐由SW向NE方向迁移而后再转向SE方向;而阿尔金主断裂以西的敦煌盆地、索尔库里盆地的拗陷中心则从NE→SW(图4)。

这一时期阿拉善、北山及其南蒙古地区主要处于隆起状态,新生界的厚度不大,只接受小于1 000 m的沉积。原因是沿着主滑动带——北祁连前缘的走滑活动,新生代主要表现为鄂尔多斯周边的剪切拉张,而处于前峰线上的阿拉善及其以西地区受到相对挤压而抬升的缘故。

逆冲推覆作用可能主要发生在造山带强烈隆起的第三纪晚期,如塔东南地区表现为第三纪地层均直立倒转,而第四级高阶地砾岩平行不整合覆盖其上。酒东盆地的地震剖面上,看到逆冲断层主要产生在新第三纪地层中,前第三纪盆地边界为正断层。这一作用主要与造山带热力与重力扩张作用有关,有些可能是单纯的重力滑动,故主要发生于新第三纪以后。

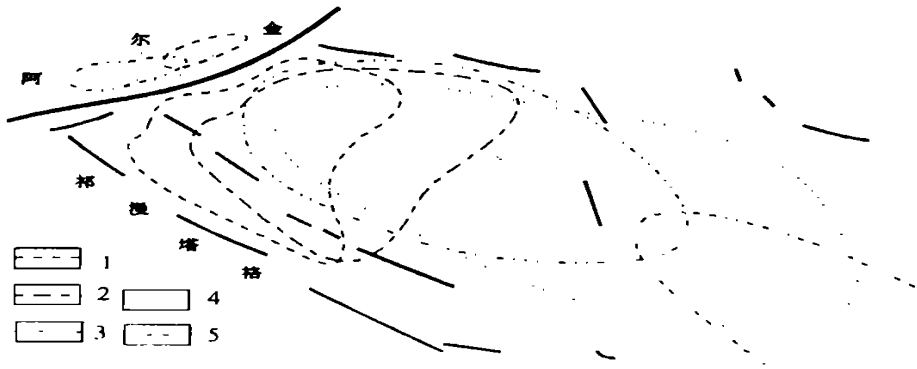


图4 柴达木盆地沉积中心变迁示意图

Fig.4 Diagram showing the shift of the depocenter of the Qaidam basin

1—渐新世(E_3); 2—中新世(N_1); 3—早上新世(N_2^1); 4—晚上新世(N_2^2); 5—早—中更新世(Q_{1+2})

5 结论

(1)阿尔金断裂系是塔里木板块东南边界。

(2)阿尔金断裂系的走滑活动是板块间不均衡扭动的结果。该断裂系过敦煌以后的延伸受阿拉善地块的制约,南支沿地块南缘呈NW方向延伸形成走廊盆地,中支沿阿拉善地块北缘呈NEE方向延伸,西支呈NE向穿过北山地区。

(3)走滑活动最明显的标志是:将北祁连构造带的西延部分拖曳改造为阿尔金构造带中的红柳沟—拉配泉下古生代构造岩相带;将天山—兴蒙地槽带和阿拉善地块的一部分拖曳改造为北山与敦煌构造楔,累计拖曳距离400 km左右。

(4)阿尔金断裂系中盆地的成因主要与走滑拉分作用有关,因此平面上表现为斜列,剖面上多为半地堑半地垒构造。

(5)侏罗—白垩纪时期是盆地主要拉张断陷时期,其中侏罗纪盆地又受前陆陷落作用的控制,生油凹陷都形成于以前寒武系为基底的,位于造山带或隆起带前缘的盆地中;白垩系生油凹陷的形成与断裂带东段地块的蠕散拉张作用关系密切,故主要位于敦煌以东地区。

(6)第三纪为前陆盆地的发育时期,故主要坳陷均位于祁连山和阿尔金山前缘,阿尔金山断裂西南侧亦受拉分作用的影响,形成第三纪厚达8 000 m的多个生油凹陷。

(7)第三纪晚期造山带的热力扩张,及造山带强烈隆起所伴随的重力扩张或重力滑动,是盆地边缘逆冲推覆构造发育的主要原因,故它们均位于造山带前缘,对油气形成、聚集具有重要的控制作用。

参 考 文 献

- 1 张显庭,郑建康,苟金等.阿尔金东段槽型晚奥陶世地层的发现及其构造意义.地质评论,1984,30(2):184~186.
- 2 黄汲清,任纪舜,姜春发等.中国大地构造及其演化.北京:科学出版社,1980,51,94.
- 3 何国琦,李茂松等.中国新疆古生代地壳演化及找矿.乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994,49.

- 4 程裕洪,王广平等.中国区域地质概论.北京:地质出版社,1994,157.
- 5 车自成,孙勇.阿尔金麻粒岩相杂岩的时代及塔里木盆地的基底.中国区域地质,1996,(1):51~57.
- 6 车自成,刘良,孙勇.阿尔金铅、钨、铍、钼、氧同位素研究及其早期演化.地球学报,1995,(3):333~337.
- 7 车自成,刘良,刘洪福等.阿尔金山地区高压变质泥质岩石的发现及其产出环境.科学通报,1995,40(14):1298~1300.
- 8 刘良,车自成,罗金海等.阿尔金山西段榴辉岩的确定及其地质意义.科学通报,1996,41(16):1485~1488.
- 9 陈国正,孙继文.青海茫崖超镁铁质蛇纹石化作用的氢氧同位素研究.地球化学,1992,(4):366~374.
- 10 贾承造,姚慧君,魏国齐等.塔里木板块构造演化和主要构造单元地质构造特征.见:塔里木盆地油气勘探论文集.乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992,207~225.
- 11 甘肃地质矿产局.甘肃省区域地质志.北京:地质出版社,1989,16~18.
- 12 李才,程立人等.西藏龙木错—双湖古特提斯缝合带研究.北京:地质出版社,1995,30.
- 13 Tappornian P and Monalar P. Active faulting in China. J. Geophys. Res., 1977, 82(20).
- 14 周立发.苏红图—银根中生代裂谷盆地的基本地质特征及形成.见:含油气盆地地质学研究进展.西安:西北大学出版社,1993,184~194.
- 15 Ritts B D. Mesozoic tectonic and Sedimentation of the Altun mountains area, Xinjing Uygur Autonomous rigin and Qinghai Province, Western China. in: Sedimentary and Tectonic Evolution of Tarim and Adjacent Areas. To be published by the Ministry of Geology and Mineral Resources, China. 1995, 101~108.
- 16 陈家弦,樊利生.鄂尔多斯、阿拉善、河西走廊地区中新世代陆相盆地沉积发育和油气.见:中国中新世代陆相盆地发育沉积与油气.北京:石油工业出版社,1987,127~140.
- 17 潘桂棠,王培生等.青藏高原新生代构造演化.北京:地质出版社,1990,32~38.
- 18 车自成.六盘山断裂的性质及其地震活动.见:西北大学地质系成立45周年论文集.西安:陕西科技出版社,1987.
- 19 吴汉宁.一种研究大陆内部变形和盆地形成演化的新途径:古地磁学方法——以鄂尔多斯—阿拉善地区早白垩世古地磁学研究为例.见:含油气盆地地质学研究进展.西安:西北大学出版社,1993,159~183.

THE CONSTITUENTS OF THE ALTUN FAULT SYSTEM AND GENETIC CHARACTERISTICS OF RELATED MESO-CENOZOIC PETROLEUM-BEARING BASIN

Che Zicheng, Liu Liang, Liu Hongfu and Luo Jinhai
(Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi)

Abstract The Altun tectonic zone lies on the southeastern margin of the Tarim plate resulting from multiple subductions and collisions. The strike-slip activity in the zone began in the Middle-Late Ordovician and became strong in the Mesozoic and Cenozoic. It dragged some geological bodies of different tectonic units to the north into the zone, forming the Beishan-Dunhuang tectonic wedge. The Beishan-Alashan and other geological bodies on two sides of the zone were modified strongly by strike-slip and pull-apart activities, forming a lot of petroleum-bearing basins. They combine to form a gigantic strike-slip fault system in west-central China.

Key words: Altun, strike-slip fault zone, Meso-Cenozoic basin, tectonic wedge