

内蒙古西部巴彦浩特盆地的 构造特征及其演化*

汤锡元 冯 乔

(西北大学)

李道燧

(长庆油田)

这是一个叠置在不同结晶基底上的中、新生代断陷盆地。中元古—早古生代时,西北部隆起,南部位于祁连海槽的被动大陆边缘,东部为坳拉槽。晚古生代南部为前渊,东部为碰撞谷。二叠、三叠纪时全区大面积隆起。侏罗纪发生裂陷形成分隔的许多小盆地,早白垩世才形成统一的盆地,之后即开始隆升。盆内构造以正断层为主,伴生滚动背斜;南部有少量逆断层和挤压褶皱。石炭系是主要生油气层,因此,有较厚石炭系分布的东部和南部坳陷带的含油气远景最佳。

关键词 巴彦浩特盆地 含油气盆地 盆地演化 构造特征 油气资源评价 石炭系

巴彦浩特盆地位于内蒙古自治区阿拉善左旗东南部,呈北东—南西向延展、略向东南突出的弧形盆地。北接吉兰泰坳陷,南跨祁连褶皱带走廊过渡带,西南与潮水、武威两盆地为邻,东西两侧分别以贺兰山西麓断裂和巴彦乌拉山断裂与贺兰山及巴彦乌拉山为界。总面积约18000 km² (图1)。

巴彦浩特盆地是一个叠置在不同结晶基底上的中、新生代断陷盆地。它以查汗断裂为界,以北属稳定的阿拉善地块,以南为活动的祁连褶皱带。过去一直认为本区为一长期隆起的地块,深变质的阿拉善群之上仅有不厚的中、新生代的小型断陷沉积。近两年来的地震、航磁、重力及钻井等资料证实,盆地内除广布有新生界及巨厚的侏罗系、白垩系以外,其下还有数千米厚的上古生界海陆交互相地层和台相或槽相的下古生界。

一、盆地结晶基底的性质和时代

盆地内查汗断裂南北两部结晶基底的性质和时代截然不同。北部阿拉善地块为结晶变质的阿拉善群,或大致与其相当的宗别立群和龙首山群;南部则为走廊过渡带的浅变质岩系。

阿拉善群为一套中深变质的结晶岩系,是在原始硅铝壳——花岗质层拉张破裂后,深部玄武质岩浆喷溢而出,并在其后沉积了碎屑岩和碳酸盐岩而形成的绿岩岩系。

这套岩系经历了多期构造活动和花岗岩化、混合岩化作用,构造样式十分复杂,脆塑性变形非常广泛,层间滑动断裂、推覆构造、同斜褶皱、尖棱褶皱极其发育,糜棱岩带、碎裂

本文1989年12月11日收到。

* 参加此课题工作的还有李银德、宋国初、黄忠信、陈安定、黄月明、崔攀峰等同志;本文系中国国家自然科学基金资助课题。

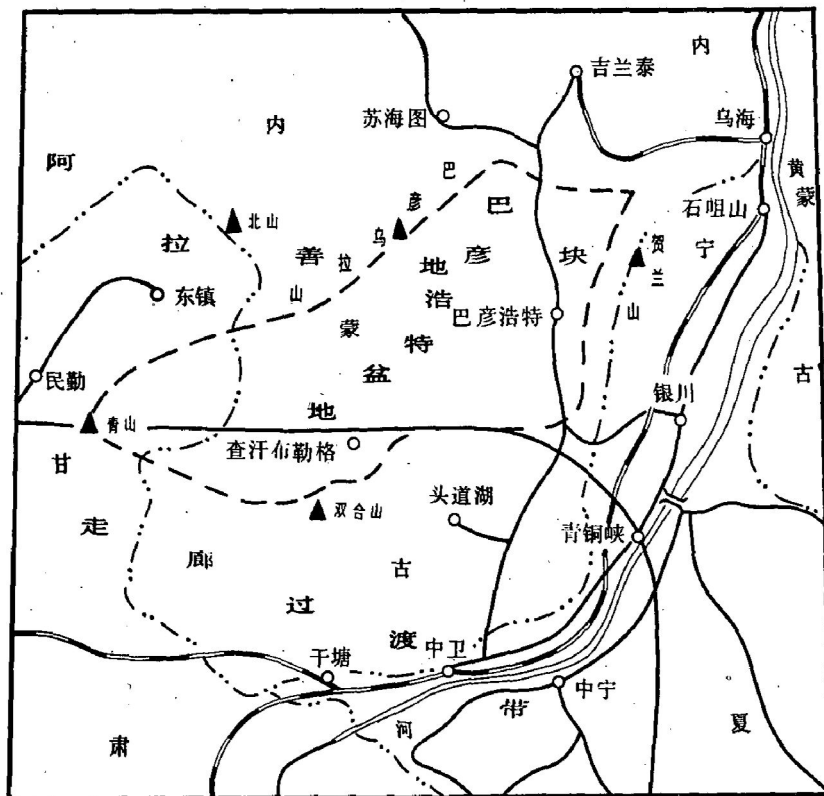


图1 巴彦浩特盆地地理位置图

岩带频繁出现,并伴有众多基性侵入岩体。

阿拉善群与上覆长城系不整合接触,其时代应属前中元古代无疑。中国科学院地质研究所对其测得的 Rb-Sr 等时线年龄值分别为 3218.96 Ma、2856.76 Ma 和 3132.87 Ma^[1],说明它应属太古代—早元古代。其它一些较小的年龄值都应是后期构造变动的变质年龄。

走廊过渡带下古生代的轻变质结晶基底包括寒武系的香山群、奥陶系的天景山组和米钵山组。香山群由轻变质的板岩、千枚岩、长石石英砂岩、硅质岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩组成,为一套海相碎屑岩类复理石建造,含中寒武统徐庄组的三叶虫化石。天景山组以白云质灰岩、泥质斑纹灰岩、厚层含燧石条带灰岩为主,米钵山组则以灰黑色薄层泥质灰岩、板岩及灰绿色砾岩、含砾板岩为主,它们分属早、中奥陶统。这套地层受祁连海槽加里东期构造活动的影响,形成了一系列呈北西西向延伸的挤压褶皱和逆冲断层。结晶基底的上述构造格局对后期的沉积和构造起了重要的控制作用。

根据盆地结晶基底的性质、起伏及构造特征,将巴彦浩特盆地划分成“三坳一隆一斜坡”五个一级构造单元和“四凸八凹”十二个亚一级构造单元(表1,图2)。

二、盆地的构造特征

巴彦浩特盆地是一个叠置在阿拉善地块与祁连走廊过渡带之上的板内断陷盆地,其中发育了许多张性断裂及与其相伴生的滚动背斜。由于边界大断裂的发育历史长、切割深、断距大,故对盆地的形成、演化有着重要的控制作用。盆地南部因座落于走廊过渡带上,故这里

表1 巴彦浩特盆地构造单元划分

一级构造单元	亚一级构造单元
西部坳陷带	(1) 伊和凹陷, (2) 木托凹陷, (3) 图兰泰凹陷, (4) 石板井凹陷
东部坳陷带	(5) 锡林凹陷, (6) 赛力克凹陷
南部坳陷带	(7) 查汗凹陷, (8) 马路口凹陷
中部隆起带	(9) 淖尔套凸起, (10) 沙特图凸起, (11) 塔布阿勒凸起, (12) 格口乌苏凸起
断阶斜坡带	

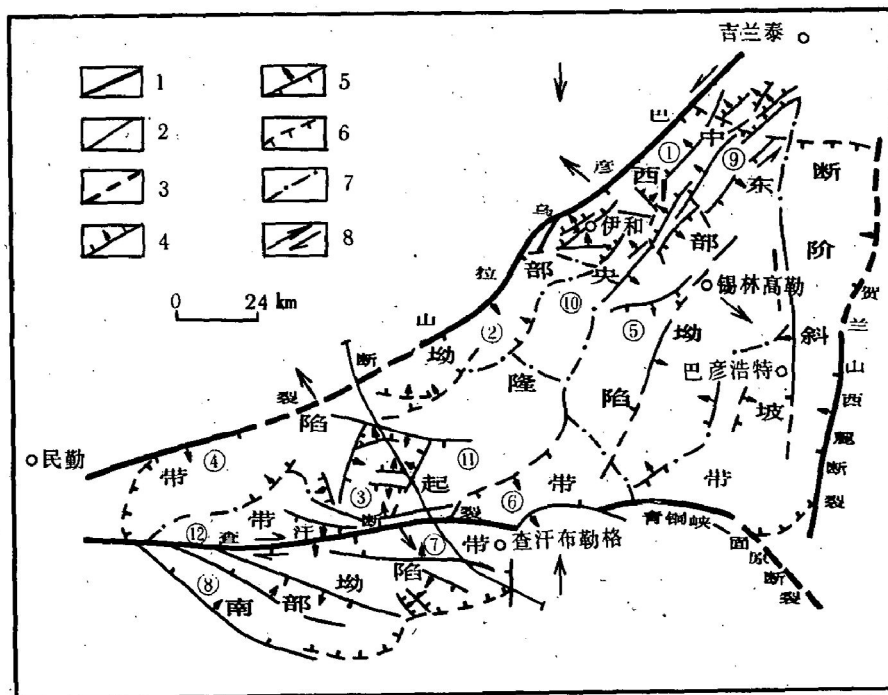


图2 巴彦浩特盆地构造分区及断裂分布图

(亚一级构造单元数字同表1)

1—深大断裂, 2—一般断裂, 3—推测断裂, 4—正断层, 5—逆断层, 6—盆地边界, 7—构造分界线, 8—应力方向

还发育着众多的逆冲断裂和挤压褶皱。

(一) 主要断裂

该盆地受断层控制较强烈, 断层是盆地最主要的构造型式, 它们对本区油气的运移和聚集起着重要的作用 (图2)。现仅对几条主要的断裂予以概述。

1. 巴彦乌拉山断裂: 呈北东东—南西西向延伸于盆地西北缘巴彦乌拉山东麓, 为一向东南突出的弧形断裂。该断裂向北进入吉兰泰坳陷, 向西南与龙首山-青铜峡-固原断裂交汇, 长逾 340 km, 是一条被第四系覆盖的深大断裂。

地震勘探证实该断裂为一条正断层。断面倾向东南, 倾角 50—70°, 上陡下缓, 并伴生有多条分枝断层、反向断层及滚动背斜。其上盘有较厚的侏罗白垩系, 下盘仅保存较薄的新生界, 最大断距可达 7000 m, 一般为 5000—6000 m, 水平移距约 2000—4000 m。根据伊和凹陷拉伸量分析, 该断裂在时间和空间上的活动性有从老到新 (限新生代以前)、从南往北逐渐增

强的特点。

在重、磁力图上该断裂均表现为明显陡梯度带,尤以航磁 ΔT 图更为醒目,明显控制着侵入岩体的展布,是一条发育历史较长的岩石圈深断裂。燕山期及其以后断裂活动强烈,对盆地的形成和发展起着重要的控制作用。

2. 贺兰山西麓断裂:沿贺兰山西麓呈南北向延伸,向南与龙首山-青铜峡-固原断裂相交,北段被第四系覆盖,长达100 km以上。据野外露头观测,该断裂具双重性质。燕山早期为逆冲断层,在阿拉善左旗南寺见中元古界白云岩、石英岩向西逆冲于石炭二叠系碎屑岩之上,沿该断裂带还分布有构造片岩、千枚岩、碎裂岩及挤压劈理和片理;晚期此断裂变为张性,可见构造角砾岩,断面西倾,倾角 75° 左右。该断裂控制了盆地的东部边界。

3. 查汗断裂:呈东西向横过盆地南部的腾格里沙漠区,长逾200 km,属龙首山-青铜峡-固原断裂的一部分,是盆地内南北不同结晶基底的分界断裂。该断裂表现为一重力梯度带,西段略陡,向东渐缓。多条地震剖面已获得断点显示,断面南倾,倾角 $50-70^\circ$,呈犁状,向深部逐渐变平缓,断距500—1500 m,向东变小。该断层仅切割中生界以前的地层,受其影响,上下两盘的古生界厚度差异明显,主要与后期上升盘遭受剥削有关。

查汗断裂发育较早。加里东期以强烈压扭性为特征,海西—印支期表现为张扭性,由其分枝断裂分析应为右行扭动(图2),使下降盘的古生界得以保存,其石炭系为目前盆地的主要勘探目的层。至燕山期活动性明显减弱,被中生界覆盖,变成一条隐伏性的基底大断裂。

(二) 主要构造特征

盆地内正断层发育,伴有滚动背斜;另外局部还有少量逆断层和褶皱。主要构造特征如下:

1. 该盆地为一典型的中、新生代板内断陷盆地,中、新生代沉积明显受张性断裂的控制,在盆地内分布较广,厚度较大,产状平缓(图3)。

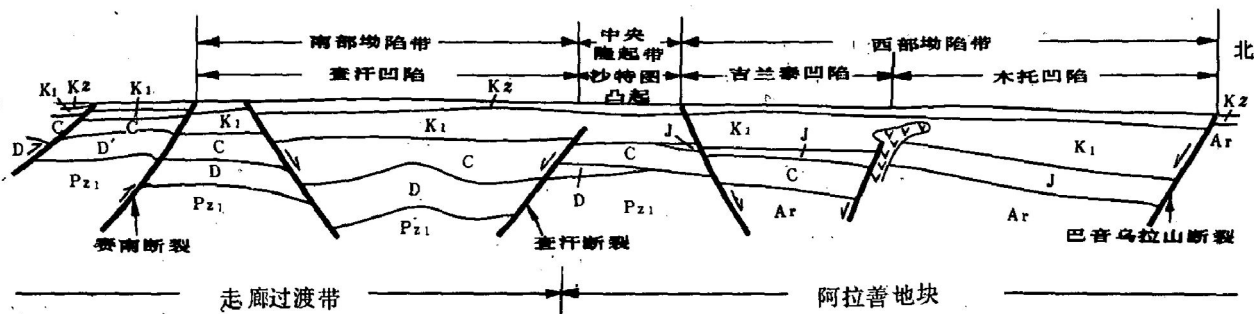


图3 巴彦浩特盆地南北向横剖面示意图

2. 盆地内的三个坳陷皆被向东南呈弧形突出的中部隆起带所分隔。该隆起带由四个呈串珠状分布的凸起组成,两侧皆以断裂与坳陷分开。隆起带上仅有早白垩世中期以后的沉积盖层,主要断层仅切割早白垩世中期以前的地层。

3. 盆地内可划分出结晶基底、下古生界、上古生界、中生界和新生界五个构造层。其间皆为角度不整合接触,代表了不同时期的不同构造演化阶段。

4. 盆地内的断裂、褶皱南北各异,东西有别,具明显的分带性。北部以北东向构造为主,南部以北西西构造为主,中间过渡地带的构造线方向兼具上述两地区构造线的特点。盆地东部构造线方向呈近南北向展布(图2)。

5. 盆地内不仅基底断裂众多, 盖层断裂亦较发育, 且部分受基底断裂控制。许多控制沉积分布的大型断裂都具有长期的活动历史, 中生代后以拉张断陷为主, 兼有扭动, 对沉积物的岩性、岩相、厚度变化, 对源岩的分布、保存及油气的运移、聚集都有重要的控制作用。

6. 盆地内的褶皱不甚发育, 但南部拗陷带因受祁连褶皱带的影响, 上古生界中的宽缓挤压褶皱较发育, 且背、向斜常伴生, 表现出全形褶皱的特点。查汗断裂以北阿拉善地块因有稳定的基底, 故褶皱较少, 但也有一些与正断层伴生的滚动背斜、滑落背斜。地震还证实有披覆背斜存在。

7. 晚期祁连山构造运动对盆地也有影响。在盆地南部形成了一系列北冲的逆断层, 使其部分边界由压性断裂组成。这些逆断层与南部拗陷带内的正断层不同, 它们往往切割了所有的中新界, 说明近期盆地南部构造运动仍较强烈。

8. 燕山期盆地内岩浆活动强烈。地震证实岩浆岩沿一些大型深断裂侵入到中生界, 形成岩株或岩盘, 它们在西部拗陷带重力低的背景上, 多呈岛链状的高磁力异常体分布, 尤以图兰泰凹陷西北缘表现最为显著。盆地南部的区调钻井中还发现有喜山期的玄武岩。

三、盆地的构造演化

巴彦浩特盆地的演化明显受基底断裂和性质的控制, 可分成盆地前期和盆地时期两个主要阶段。

(一) 盆地形成前期

阿拉善群是经过阜平、五台、滹沱和中条多次构造运动, 遭受多次花岗岩化、混合岩化和复杂脆塑性变形, 最终在中条运动后形成由绿岩带和花岗岩类岩石组成的结晶基底, 成为稳定的构造单元——阿拉善地块。

中元古代至石炭纪是阿拉善地块相对稳定发展的时期(图 4-A-C)。此时本区构造运动主要受南北祁连和内蒙两海槽, 以及东部贺兰拗拉槽发展的影响^[2]。其特点是地块以整体隆起为主, 仅在其边缘有向着地块的超覆和断陷沉积。

中元古代时, 盆地中部隆起带以西地区未接受沉积, 巴参 1 井见侏罗系直接覆盖在阿拉善群之上。南部拗陷带当时处于祁连海槽北侧的被动大陆边缘, 沉积了相当于墩子沟群的槽相地层。中部隆起带以东(包括东部拗陷带和贺兰山地区)为贺兰拗拉槽, 后者沟通了南北二海槽, 成为阿拉善地块上的第一个台相沉积盖层。

蓟县运动曾使地块南北的二海槽缩减, 部分回返, 阿拉善地块和贺兰拗拉槽也同时隆起, 盆地中缺失青白口系, 震旦系也只在盆地东南部有不厚的沉积。

早古生代时, 盆地东南部仍处于祁连海槽的北缘, 东部的贺兰拗拉槽又重新发育, 在盆地南部和东部分别沉积了槽相和台相的下古生界。中奥陶世时祁连海槽活动达到顶峰, 槽相沉积物沿拗拉槽到达巴彦浩特附近, 故盆地东南缘也应为此槽相沉积。

中奥陶世末, 祁连海槽开始向北俯冲消减, 盆地南部的下古生界发生强烈褶皱、断裂和变质, 构成了盆地南部的结晶基底。贺兰拗拉槽与鄂尔多斯地块也同时隆起, 大部地区缺失上奥陶一下石炭统。但盆地南部此时处于祁连褶皱带的前渊, 沉积了一套泥盆纪的红色磨拉石建造, 其厚度变化很大, 最厚可达 3000 m 以上。地震资料显示, 该层已越过查汗断裂进入阿拉善地块的南缘地区(图 5)。早石炭世海水更向北侵入, 至少已达巴参 2 井(图 6)。

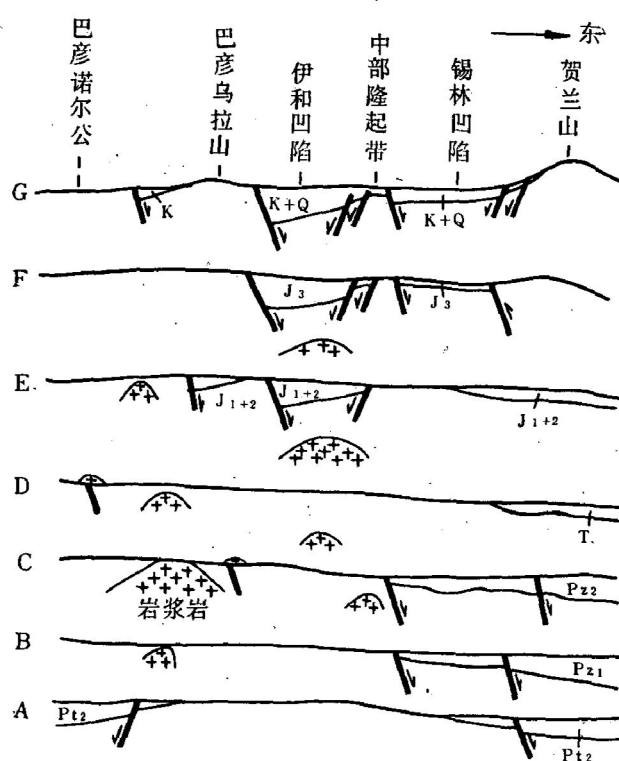


图4 巴彦浩特盆地构造发育史

A—中元古代, B—早古生代, C—晚古生代, D—三叠纪,
E—早中侏罗世, F—晚侏罗世, G—白垩纪及其以后

动为主,是巴彦浩特盆地形成、发展、成熟时期(图3-E—G)。

古生代后,阿拉善地块仍受到南北两褶皱带的挤压,形成了北东、北西向的X型剪切断裂系,尤以北东向左行剪切断裂系最为发育。同时地幔物质在挤压作用下发生垂向运移,岩浆沿上述断裂带大规模上侵,尤其是沿巴彦乌拉山深断裂的侵入,导致地幔上隆,产生拱顶断陷。该断陷恰好与现今西部坳陷带呈岛链状分布的高磁异常体相吻合,这也间接反映了地幔隆起的存在。断陷内堆积了巨厚的侏罗系,随着沉积物的加载也可加大沉降幅度。这就是为什么西部坳陷带在短期内能够堆积如此巨厚(>4500 m)的沉积物之故。

由于东西两侧断裂活动强度不一,西强东弱,故形成了西深东浅的箕状断陷盆地。在靠

中石炭世时,祁连褶皱带又发生了强烈的碰撞活动^[3],东部坳陷带和贺兰山地区大致沿原来坳拉槽的范围又形成了碰撞谷;此时盆地南部坳陷带仍处于褶皱带的前渊,海水并向北通过中部隆起带的鞍部进入西部坳陷带的图兰泰凹陷(图6),沉积了较厚的石炭系。

二叠纪至三叠纪时,阿拉善地块遭到两侧褶皱带的挤压,发生强烈的构造隆起和岩浆活动。此时兴蒙海槽封闭,向南俯冲消减,向北的逆冲推覆运动使阿拉善地块上的古生界、中上元古界及下伏结晶基底共同卷入叠瓦状构造中,形成了复杂的褶皱变形、断裂型式和众多推覆构造。同时大量的火山喷发及岩浆侵入标志着阿拉善地块及邻区发生破裂,孕育着一个新构造格局的出现。同时盆地南部因受祁连山海西运动的影响,也形成了褶皱和推覆构造,但较北部为弱,其上古生界的褶皱和逆断层主要是此时形成的。

(二) 盆地形成时期

侏罗纪至早白垩世阿拉善地块以断陷活

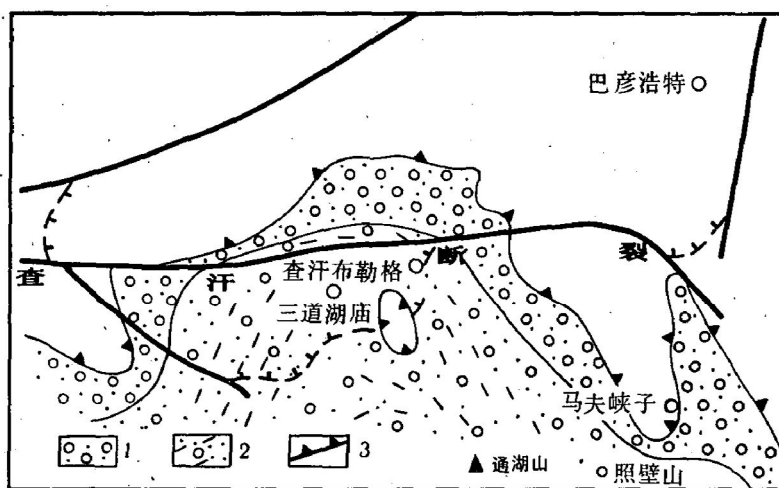


图5 巴彦浩特盆地泥盆纪古地理示意图

1—山麓冲、洪积粗碎屑岩, 2—河湖相含砾砂岩、泥质砂岩,
3—泥盆系尖灭线

近断裂处，尤其是巴彦乌拉山断裂附近，沉积了以山麓洪积相为主的红色砂砾岩粗屑快速堆积物，沿下降盘呈扇体或扇裙分布，它们向盆地内部很快变细。

该断裂南段和南部拗陷带因受祁连褶皱带挤压的影响，侏罗纪时仍处于隆起状态，仅在局部断陷有不厚的沉积。此时中部隆起带仍处于剥蚀状态，是周围沉积的物源区。东部拗陷带及斜坡带侏罗系属填平补齐的沉积，仅在低洼地区有分布。东缘贺兰山地区早、中侏罗世继承了三叠纪的拗陷，湖水有可能向西超覆到盆地东部地区。可见侏罗纪时巴彦浩特盆地的分割性是很强的，还没有成为一个统一的盆地。

中侏罗世末期贺兰地区开始褶皱隆起成山，巴彦浩特盆地的东部边界形成。白垩纪早期由于贺兰山的隆起在其西侧形成了一系列西倾呈阶梯状节节下掉的张性断裂，控制了盆地东部的沉积。至此巴彦浩特盆地才成为一个统一的盆地。

此时除产生了一些新的断裂外，侏罗纪活动的一些大型断裂仍继续活动，形成了许多滚动背斜，并控制了白垩纪沉积的分布。其余断裂大都在早白垩世中期以后停止活动。下白垩统为广覆性的披盖沉积，覆盖在一切老地层之上，并与吉兰泰拗陷、潮水盆地和北部的雅布赖盆地等，连成一个巨大的沉积区。

白垩系主要为一套红色粗碎屑岩，属于近物源、搬运迅速、沉积物丰富、沉降快、浅水体强氧化环境中形成的补偿或过补偿型沉积。同时燕山期的岩浆活动也较强烈，主要有中基性、中酸性岩浆沿深大断裂侵入到侏罗、白垩系中。

下白垩统沉积之后，晚期燕山运动造成该盆地全面隆升，遭受强烈剥蚀，并缺失上白垩统和古新统，使上覆第三系与其下伏地层呈不整合接触。同时盆地南部受来自祁连褶皱带的挤压，部分早期的逆断层仍在活动。

新生代时，边界大断裂虽仍有活动，但已明显减弱，盆地逐渐萎缩。新生界在盆地内主要为陆相红色碎屑岩，间有含盐建造，其厚度一般不超过 800 m，并明显自南而北加厚，至吉兰泰拗陷已增至 2000 余米。

第三纪末的喜山运动，使六盘山弧形构造带形成，并强烈向北推挤，因盆地大部分座落于较坚固的基底之上，故仅在其南部边缘产生了一系列以南倾为主的逆冲断层，其上盘受到了较强的剥蚀。同时盆地南部西双合山附近的钻井中见有喜山期的玄武岩体，说明本区喜山

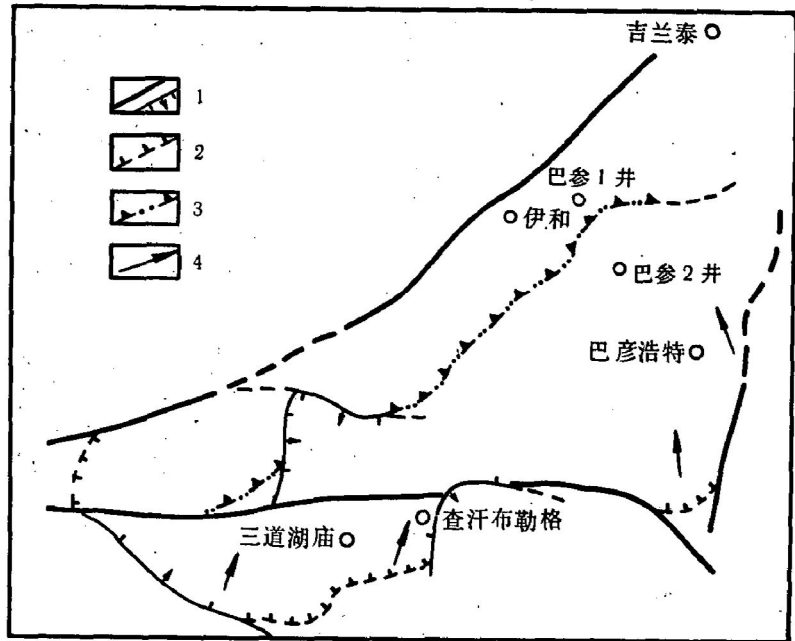


图6 巴彦浩特盆地石炭纪沉积范围图

1—断裂，2—盆地边界，3—石炭系沉积边界，
4—海侵方向

期也有一定规模的岩浆活动。这次构造运动结束了湖盆沉积的历史,形成干旱气候条件下的风积、洪积为主的第四系。

第四纪盆地的活动性更趋缓和,绝大多数断裂已不再活动或活动性明显减小。

四、盆地油气远景评价

盆地内现已证实的生油层只有石炭系。该层属一套沼泽相为主的海陆交互相含煤沉积,主要分布在中部隆起带南部及其以东地区。石炭系无论在地表露头 and 井下所取样品的生油指标均较高,有机质主要为腐殖型和腐泥-腐殖型,巴参2井已在此层发现多套油气显示,与鄂尔多斯盆地北部上古生界的显示极其相似。因此石炭系应是该盆地最主要的生油层,结合其沉积相、油气显示特点、母岩类型和埋藏深度等资料分析,它应以轻质油和天然气为主。

据盆地周缘和井下样品分析,上侏罗统为一套红色粗碎屑岩,不具备生油气条件。中下侏罗统生油指标普遍较低,盆地内唯一钻到该层的巴参2井的 R_o 值为0.39%,CPI为1.62,均反映该层的有机质尚未成熟。红色粗碎屑的下白垩统在全区也不具备生油气条件。

盆地内储集层具有分布广、层系多、砂层厚与物性变化大等特点,纵向上共发育三套储集层系:即石炭系、侏罗系和白垩系。

石炭系为一套自生自储含油组合,以滨、浅海相和三角洲砂岩储层为主。主要为粒间孔和晶间孔,并间夹浅海相中厚层状裂缝性灰岩储层。砂岩储层性能良好,一般属中低渗透率,但低中有高,物性一般优于鄂尔多斯盆地。

侏罗系和白垩系储层物性相近,以河流相和洪积相的砂砾岩为主,有较好的孔隙结构与储油物性,通过众多的正断层作为垂直运移的通道,可造成古生新储含油组合。

盆地内中生界与下伏地层为一个区域性不整合,尤以东部和南部拗陷带最为显著,它对油气既能起较好的遮挡作用,也可作为油气运移的通道。

综上所述,盆地内生储盖配置良好,主要有自生自储组合、侧变式生储盖组合、古生新储组合、上生下储组合四种类型,表明该盆地已具备了形成油气藏的基本地质条件。

该盆地的圈闭众多,主要有背斜、断层遮挡、潜山、不整合遮挡、岩性等类型。尤以中生界之下的挤压背斜、不整合遮挡及岩性圈闭最为重要,可形成较大型的油气田。

盆地东部拗陷带和南部拗陷带具有拗陷深($>4500\text{ m}$)、生油层厚度大($>1000\text{ m}$)、生储盖组合完整、圈闭类型众多、目的层深度适中、成油地质条件优越等特点,其含油气远景最佳。

中部隆起带东翼、图兰泰凹陷及断阶斜坡带,具有或毗邻生油区,是油气运移的指向所在,且储层、圈闭均发育,保存条件良好,为较有利的油气远景区。特别是图兰泰凹陷,虽面积小,但石炭系生油层厚度大,周缘被断层所限,后期并有岩体沿断层侵入,加速了油气的热演化进程,应具有较好的油气潜力。

除图兰泰凹陷之外的西部拗陷带,目前尚未发现石炭系生油层,但侏罗系厚度大,特别是伊和凹陷,沉积岩最大厚度可达6500 m以上,巴参1井已钻达3640 m,下面还有两千余米的地层未被揭露。根据地震相分析,深部还具有深湖相的反射显示。再则周缘的潮水盆地和鄂尔多斯盆地的资料皆表明中下侏罗统具有一定的生油气能力。因此,如果伊和凹陷地腹有中下侏罗统或更老沉积岩的话,也能成为一个新的油气源。

参 考 文 献

- [1] 杨振德等, 1988, 阿拉善断块及邻区地质构造特征, 科学出版社。
[2] 汤锡元等, 1988, 石油与天然气地质, 第9卷, 第1期。
[3] 黄汲清、任纪舜等, 1981, 中国大地构造及其演化, 科学出版社。
[4] 郑昭昌、朱 鸿等, 1986, 阿拉善地块边缘古生代生物地层及构造演化。武汉地质学院出版社。

TECTONIC CHARACTERISTICS AND EVOLUTION OF BAYANHOT BASIN, WESTERN INNER MONGOLIA

Tang Xiyuan Feng Qiao

(*Northwest University*)

Li Daosui

(*Changqing Oilfield*)

Abstract

The Bayanhot Basin is a Meso-Cenozoic faulted basin, which is superimposed on distinct crystalline basement. With Chaxan fault as the boundary, the north of it is the stable Alxa Massif, and the south is the active Qilian folded belt.

The structures within the basin are characterized by normal faults associated with rolling anticlines. A few thrusts and compressive folds are distributed mainly over the south part. The direction of the structures is NWW trending in the south part, NE in northwest and near SN in the east.

In the Middle Proterozoic-Early Palaeozoic, the northwest Part of the basin was rised, the south part was the passive continental margin of Qilian trough, and east part a aulacogen. In the Late Palaeozoic, its south part was a foredeep and the east part was a impactogen. The region was widely uplifted and magmations and faults occurred during the Permian-Triassic, marked the beginning of fragmentation of Alxa Massif. A lot of minor faulted basins separately occurred in the Jurassic. It became an unitary sedimentary basin in the Early Cretaceous. At the end of Early Cretaceous, the basin uplifted again and the activity diminished gradually.

The Carboniferous source bed has so far been evidenced in the basin, discovering many oil-bearing formations in it. Therefore, the east and the south depressed zones with thick Carboniferous sediments are the most favourable region in oil and gas potential.