

华北中生代大型沉积盆地的发育 及其地球动力学背景

孙国凡 刘景平 柳克琪 袁卫国

(地质部第三普查队探大队)

在特提斯与太平洋板块的联合控制下,于华北陆板块内部发育了晚三叠世至早白垩世大型沉积盆地。对该盆地的发生、演化及形成机制等方面的认识尚有较多分歧。本文拟提出一些粗浅意见,以供讨论。

一、沉积特征

(一) 延长组

延长组是鄂尔多斯盆地油气勘探的主要目的层之一。盆地内部延长组最大厚度近1700米,为一套河流相及湖相为主的砂泥岩建造,纵向上构成了完整的场陷旋回。

该组第一段主要为灰绿、浅红色长石砂岩夹暗紫色泥岩。以河流相为主,有浅湖发育但面积较小(图1-A)。该时期的气候为半干旱—潮湿型。

第二段主要为一套灰绿色砂岩与黄绿、黑色页岩不等厚互层。第一段沉积之后地壳开始缓慢下沉,第二段沉积时,湖面显著加大,湖水加深,为晚三叠世湖盆的全盛时期(图1-B)。其静水湖亚相区与较深湖亚相区主要分布于盆地南侧。由下而上油页岩、纸状页岩明显增加,生物繁多,表明属温湿型气候,并具非补偿性沉积特征。这些为油气的生成提供了有利条件。

第三段可分为三个沉积小旋回,旋回上部均出现灰黑色泥页岩。当时,地壳开始缓慢上升,河流相对发育,湖面明显缩小,由第二段的9万平方公里减至5.7万平方公里(图1-C)。

第四段岩性单调,主要为一套黄绿、灰绿色砂岩。此时占地理景观已失去了前期以湖泊为主的优势,仅盆地西南庆阳、华池一带为一浅水湖泊,面积约1.8万平方公里(图1-D)。

第五段由于后期遭受剥蚀多保存不完整,最大残存厚度412米。盆地北部主要以砂岩为主,南部则沉积较细并有煤层发育。这时盆地进一步抬升,北部仍以河流相为主,东南部出现了含煤沼泽,西南部则残留有浅水湖泊。

鄂尔多斯盆地西缘延长组主要分布于安口窑、石沟驿及汝箕沟三个地区。前者主要为灰绿色砂岩夹暗色泥页岩,厚3200余米,但在平凉西十余公里的崆峒山,延长组全为一套紫红色砾岩夹同色砂岩(“崆峒山砾岩”),主要为山前洪积层,明显反映了边缘相,

的特征,厚约1000—2000米;石沟驿地区主要为一套含砾砂岩,厚约2000余米;贺兰山汝箕沟地区则相对较细,大致可分为两个旋回。这套砂泥岩在贺兰山西麓变为一套砂砾岩(“香池子砾岩”),厚约2000余米。

鄂尔多斯西缘地区的延长组较盆地内部明显变粗,厚度增大,具补偿性凹陷特征。盆地内具非补偿凹陷性质的延长组是一个大的沉积旋回。其沉积中心位于盆地西南一侧,呈北北西方向,临近渭北地区则转为北西西方向。这一凹陷的东北翼极其宽缓,西南翼陡窄,具明显的不对称箕状凹陷性质。物源主要来自盆地北、西的边缘隆起,而东南侧则为物源的次要供给地区。

三叠纪末全区抬升,边缘地区遭受强烈侵蚀,延长组多保留不全。盆地西南隆起最高,其剥蚀幅度可逾700米,使侏罗系直接超覆在延长组第二段之上(图1-E)。

(二) 侏罗系

侏罗系为鄂尔多斯盆地最主要的产油层系之一,故研究最详。

1. 延安群 由于晚三叠世印支运动的影响,鄂尔多斯全区上隆,并造成西高东低、北高南低的丘陵地形,延安群的沉积就是在这一地形背景控制下开始发育的。第一段旧称“富县组”,主要由河道沉积、坡积、洪积及残积、湖泊沉积等组成,其岩性与厚度变化很大(图2-A)。总的特征是红层发育,普遍缺乏化石。

第二段下部“宝塔山砂岩”分布于盆地东北部与南部,由下而上粒度变细,顶部横向变为暗色泥页岩。此顶变带是盆地内重要含油层。该段沉积时,地形虽经第一段的填平补齐,但仍表现为西高东低的丘陵地形控制下的河流相沉积(图2-B)。随着地形向东逐渐平坦,串珠状透镜砂体、河漫滩及牛轭湖等岸外沉积发育,并于盆地东部开始形成湖洼地形。

宝塔山砂岩沉积后气候转为温湿型,地形也较平坦。第二段上部与第三段沉积时,于盆地东部形成湖洼地形,为一套暗色砂泥岩。第四、五段的沉积特征与第二段上部及第三段情况无明显区别,仅在第五段顶部出现杂色层,灰质普遍增多,表明气候转为干旱。

2. 直罗组(图2-D) 岩性是较为单一的杂色砂泥岩,可分为四个小的沉积旋回。底部常有侵蚀面存在,使延安组顶部遭受部分剥蚀。该区湖相沉积主要分布于盐池、环县以西,其余地区均为河流相。

3. 安定组(图2-E) 主要为红色砂泥岩和泥灰岩,局部有油页岩。在盆地中南部直罗组的河谷低地上形成了内陆湖泊,其外围被冲积平原相的沉积所环绕。

鄂尔多斯西缘延安群亦为一套含煤系地层,厚度一般在300米左右。直罗组与安定组为一套杂色砂泥岩,厚度明显比盆地内部大。上侏罗统芬芳河组仅见于西缘及南缘西段地区,为一套山麓洪积相的沉积,全为棕红色砂砾岩(“芬芳河砾岩”),厚度变化大。这套粗碎屑的沉积代表了侏罗纪拗陷旋回临近结束上升时期的产物。

(三) 志丹群

下白垩统志丹群的沉积代表了中生代盆地发育的末期旋回。其沉积范围自下而上逐渐缩小。表现在盆地东、南两侧是退覆式沉积,湖水向北向西退出,而最终结束了中生代大型沉积盆地的发育历史。白垩系沉积中心与沉降中心一致,其位置与现今天池一

环县大向斜的位置相吻合。

要指出,过去总认为本区延长组 and 侏罗系沉积时,有一个在面积上与现今地层保存范围大致相同的“大湖”。设想从深湖—浅湖—滨湖—沼泽等相带围绕湖中心呈同心圆状展布。实际上囊括盆地全区的大湖是不存在的,延长组第二段为中生代水进全盛时期,湖水仅覆盖了盆地的南部大部分地区,其面积为九万平方公里,不及现今中生代地层保存范围二十五万平方公里的一半;延安组为另一水进时期,湖水经常淹没的范围也不足二万平方公里;白垩纪湖泊面积又进一步缩小,变得极不重要。

二、中生代大型盆地发生发展与形成机制

相对于槽台构造体制下的古生代含油气盆地来说,中新生代的含油气盆地是在板块构造体制下发生、发展及演化的。

大家知道, A 式俯冲与 B 式俯冲的机制虽不相同,但它们是有因果关系的一对匹配物^[1], 科迪勒拉山的情况是典型的^[7,8]。三叠纪在四川盆地西侧存在 B 式俯冲带,而相应

在龙门山地区则有 A 式俯冲带。鄂尔多斯西缘的俯冲作用则有所不同,它西侧没有直接

匹配的 B 式俯冲带存在,在这种情况下发生

的“俯冲作用”(逆冲断裂带)的规模较小。

古特提斯(二叠、三叠纪)(朱夏, 1983)在晚三叠世发生以向东为主的俯冲(B 式),从而造成了中国西南部的巨型印支褶皱带。这一褶皱带北侧古老槽区受到南来的强烈挤压,同时受到安哥拉地块南移的影响。在阿拉善东南边缘、巴音乌拉山与祁连山东褶皱带之间的三角地区,在此联合挤压应力作用下转而发生了向东的推挤作用(图 3),这种在 B 式俯冲的远效应作用控制下发生的类似 A 式的俯冲作用,我们称之为准 A 式俯冲作用^[1]。当时因俯冲作用而形成的前渊盆地由安口窑、石沟驿与汝箕沟三个小凹陷构成。前两者呈北北西方向的左式斜列组合,反映似曾遭受右旋扭动作用的影响;而后者则

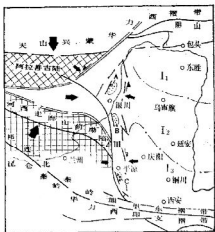


图3 形成晚三叠世前渊凹陷的应力作用方式

I—差异沉降盆地; I₁—伊盟西北隆起;
I₂—中间拗陷; I₃—晚东缘西陷;
I—前渊凹陷, A, B, C 分别代表汝箕沟、
石沟驿、安口窑三个沉降中心

呈北东方向,似受到来自阿拉善地区的挤压应力的控制。

关于鄂尔多斯晚三叠世大型差异沉降型盆地的形成机制,可从更大范围内通过对延长统的空间分布特征予以说明。如前所述,延长统各段地层厚度及主要岩相带均近东西方向展布,其拗陷中心位于南侧,在陇东地区呈北北西方向,至鄂尔多斯南部逐渐转为北西或北西西方向(图 4)。从鄂尔多斯东缘及南缘地区未发现晚三叠世盆地边缘相分析,

盆地在空间上显然还占有更大的范围。山西广大地区均有延长组分布, 只是上部遭受后期强烈剥蚀。豫西济源与义马地区延长组最大厚度近 2500 米, 自下而上似乎经历了河流相、浅湖至较深湖相, 然后转化为浅湖至浅湖沼泽相等的演化过程, 与鄂尔多斯一致, 只是具有更大的厚度而已。向东至郑州与东明间开 23 井、郑 1 井、豫深 1 井等均钻遇数百米延长组, 各井延长组顶部均因遭受剥蚀而保存不全。在商丘以北黄口一带通过地震勘探于新生界之下发现有厚约 6000 米的“平行大斜层”, 按该区各组一般厚度推算, 其中肯定有延长组分布^[6]。另外秦岭山区也有延长组^[1]。周至西骆峪一带分布的延长组, 下部为砂岩、砂砾岩夹板岩, 厚 414 米; 上部为含炭质板岩与砂岩互层, 厚 176 米, 产新芦木(未定种) *Neocalamites* sp., 多实拟丹尼蕨 *Danaeopsis fecunda* Halle 等延长植物群的主要分子。该地层平行不整合于中石炭统之上。在洛南与丹凤间的蟒岭一带也有一套厚度大于 1600 米的板岩、砂岩夹炭质煤和泥灰岩沉积, 其中也含延长植物群重要分子。另在河南南召一带也见有其分布, 总厚约 500 米, 上部以炭质页岩为主夹砂岩, 含延长植物群化石及浅水珊瑚类化石; 下部砂岩为主, 向上页岩增多, 具数十米的底砾岩层, 岩性混杂。

综上所述, 可见延长组分布广泛, 鄂尔多斯与山西及豫西地区属同一盆地的沉积, 并向东可延至商丘一带。冀中地区目前虽未见有保存, 但从全区所见延长组均对二马营组作超覆沉积, 故该区二马营组之上推测应有延长组沉积, 现今的不存在应系后期剥蚀之故(图 4)。秦岭北侧山区的延长组保存于断层夹持的局部陷落地区, 沿东西方向断块分布约 300 多公里, 它们系原来断陷盆地的沉积还是与华北延长世盆地属于统一体, 目前

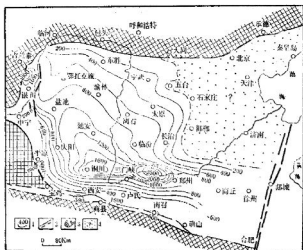


图4 华北地区上三叠统等厚图

1—等厚线(米), 2—断裂, 3—古陆, 4—资料不清地区

1) 史秉德等, 1980, 陕西省地质图说明书(地层部分), 1: 50万, 陕西省地质局区域地质调查队。

尚难明确判断。从鄂尔多斯南侧及豫西地区未见延长组的边缘相,秦岭山区的延长组本身亦未见明显边缘相特征分析,推测它们可能属同一水体的沉积。图4反映的晚三叠世盆地总体呈明显的东西向或北西西向,地陷偏于南侧地区,为一南窄北宽的大型箕状凹陷盆地。这一拗陷盆地的轮廓与华北晚古生代盆地的范围相近(其南侧有所扩展),但从盆地的形成机制上考虑则有所差别。

希尔德等(1977)认为,太平洋及特提斯之间区域曾有一条中生代一中第三纪的洋脊体系,该洋脊大体上为东西方向,并被近南北向的转换断层所切割。印支运动期间,由于古特提斯的扩张,发生了自南而北的强烈推挤,中国东南部大陆整体向北推移,封闭了残余的秦岭—淮阳和右江印支地槽,并使得中国东南部发生了基底滑移(Basement ramp)或拆离(Decoupling)^[6]。在这种推掩作用下,扬子陆块向北仰冲,华北陆块向南俯冲,因而在华北广大范围内,形成了东西方向、拗陷轴靠近南侧的大型差异沉降盆地。在其南侧可能发育有前渊凹陷性质的沉积,但由于燕山早期运动及其后的强烈改造,已难辨认。鄂尔多斯南部差异沉降盆地的拗陷轴总体呈北北西方向,这显然与鄂尔多斯西侧向东和南侧向北的联合推挤作用有关。

印支运动是特提斯与太平洋板块对中国板块开始发生明显影响的时期,也是古全球体制的明显变革时期。这种影响或变革在中国板块内部表现为对古槽台格局实行了全面的改造。晚古生代以来的残余地槽,在特提斯及太平洋板块的强烈影响下相继封闭,作为原来地台间的结合地带在推掩作用下明显崛起,原来的地台部位则形成了大型板内差异沉降盆地。这种大型差异沉降盆地(包括其前渊)的形成应为本区印支运动的最基本特征。当然它还表现为另外的一些影响,如晚三叠世于鄂尔多斯西侧马家滩一带与南侧地区一些同生背斜构造的发育。从印支运动的性质来说,鄂尔多斯广大地区表现为升降运动性质。三叠纪各组地层均为连续沉积,三叠纪末印支运动虽然使鄂尔多斯西南地区隆起,导致侏罗系直接超覆至延长组第二段之上(图1-E),但仍属升降运动性质。只在盆地边缘可见侏罗系与延长组以微角度不整合接触。

总之,华北陆板块的印支运动主要表现了升降运动性质。东部主要受北东方向的郯庐断裂平移活动的影响,于早侏罗世即成为隆起区,因而使华北侏罗系广盆沉积的东侧边界西移。由于这一广盆侏罗系的分布受到后期强烈剥蚀,其东侧沉积边界也就多有争议。

晚三叠世末印支运动造就了鄂尔多斯南部西高东低的地形,故延安群第一、二段砂砾岩层河流流向均由西而东,在地层保存范围的东侧尚未出现湖相沉积(图2-A,B)。图2-C东南虽有浅湖发育,但仅为湖区的西侧部分,直罗组岩相图也有类似情况(图2-D)。上述表明早中侏罗世湖盆的主体不在鄂尔多斯内部,而应在以东地区。山、西、宁、武、静乐、太谷、济源等地均有侏罗系零星分布,它们是原来孤立存在的小盆地,抑或原来是统一广盆的沉积而后期遭受剥蚀的结果,认识上存在着分歧。济源马凹一带中下侏罗统厚465米,除部分砂岩外多发育暗色页岩、油页岩、煤层及泥灰岩层等,表示其水体可能相对较深。故似可认为侏罗系的广盆沉积其中心部位在济源地区,而山西地区零星的侏罗系可能均属统一的广盆沉积。

印支运动造成华北东部的抬升,可能以太行山一带为转折,以东地区发育了侏罗系小盆地,以西地区则发育了广盆沉积。中侏罗世晚期华北东部进一步抬升,促使盆地水体西移。

中侏罗世晚期以后,太平洋板块强烈扩张,郑庐断裂左旋平移活动进一步加强,导致侏罗系广盆的东界继续向西退缩。同时,扬子地台向华北地台的推掩活动增强,并最终使两地台结合在一起。这种推掩活动使北淮阳与太行山以东地区大范围隆起,并在山前形成了厚达数千米的上侏罗一下白垩统的一套磨拉石建造,以西,秦岭的向北推掩控制了侏罗系东西向广盆主体的发育,并随着这种推掩活动的加强,其沉积中心较晚三叠世明显北移。从构造格局上来说,侏罗系广盆主体仍表现为东西方向,仅于中侏罗世晚期(安定组时)由于太平洋板块活动影响的增强,才开始逐渐向东北或北北东向偏转,因而不论在地域和主体轮廓上,还是在形成机制上,侏罗纪广盆的发育与晚三叠世盆地均有明显的连续性和一致性,故仍称之为差异沉降盆地。

鄂尔多斯西缘贺兰南北地区侏罗系最大厚度可达3000余米,具补偿性拗陷性质,这套厚度的相屏屑堆积是该区晚三叠世前渊拗陷的延续,只是由于在准A式俯冲作用下向东进一步推掩,使侏罗纪的前渊拗陷轴较晚三叠世略有东移(图5,6)

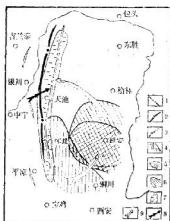


图5 鄂尔多斯盆地中生代沉降中心和沉积中心转移略图

1—晚三叠世沉降轴, 2—侏罗纪沉降轴, 3—早白垩世沉降轴, 4—延长组沉积中心, 5—延安组沉积中心, 6—宜罗、安定组沉积中心, 7—志丹群沉积中心, 8—沉降轴迁移方向, 9—沉积中心转移方向

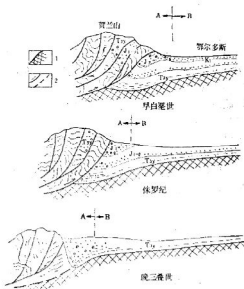


图6 中生代移动的前渊盆地及差异沉降盆地地理图

A—前渊盆地, B—差异沉降盆地;
1—前延组长过波层及地台序列, 2—前渊

燕山早期运动是华北地区影响最大的一次运动。此时太平洋板块强烈向北扩展,中国板块向南移动,在此左旋活动的控制下郑庐断裂发生数百公里的左旋大平移,在山西及以东地区形成了侏罗系及以前地层的右列多字型构造。华北陆板块周边地区均发生了

向其内部的强烈推覆构造与岩浆活动。鄂尔多斯西缘形成了一系列复式背向斜与向东推拖的逆冲断裂,从而该区结束了自中元古代以来长期下凹的沉积历史,并转化为隆起地区,成为早白垩世盆地西侧一个新的镶边(图6)。应指出,燕山早期运动虽如此强大,但对鄂尔多斯内部并未形成明显的褶皱构造形迹。

在燕山早期运动的影响下,山西地区于侏罗纪末已变为隆起区,造成早白垩世(志丹群)盆地东界移至吕梁山以西地区,从而首次显示了今日鄂尔多斯南北矩形盆地轮廓的特征。晚三叠世与侏罗纪盆地的沉积中心与拗陷中心是不一致的,其拗陷中心位于西缘地区,沉积中心位于盆地内部的南侧,但早白垩世两者结合在一起,处于现今的天池—环县大向斜的位置上,沉积中心与拗陷中心有规律的转移可作为探求特提斯与太平洋板块对其施加了何种影响的钥匙。晚三叠世末鄂尔多斯西南地区的上隆与侏罗纪沉积中心向东南地区的转移等,均表明特提斯影响的存在。而侏罗纪华北陆板块东部不断抬升,侏罗纪广盆沉积东界的不断西移,以至最后早白垩世盆地向西退缩等则反映了太平洋板块的影响。鄂尔多斯西缘拗陷中心所构成移动的前渊盆地连续性东移显然是在特提斯的影响下发生的,最终在特提斯与太平洋板块活动的联合影响下形成了具南北矩形轮廓的早白垩世盆地^[7]。

三、结 语

关于盆地形成机制,朱夏(1983)曾引用了波特(1976)以重力作用、热力作用、应力作用为基础的三种假说^[1]。对华北陆板块内部中生代差异沉降盆地来说,莫霍面的起伏很小,没有明显的地幔上隆与下凹现象存在,也几乎不存在中生代的岩浆活动或很微弱,故很难从热角度探讨这类盆地的形成机制。依据前述分析,似可以归结为这类盆地的发生机制是在挤压作用控制下,使该区岩石圈下凹而引起的^[8]。这种挤压应力主要源于特提斯,其次为太平洋构造作用远效应的影响和控制。由于岩石圈的下凹迫使均衡调整面下降,而使盆地长期得以继续发育。燕山早期运动使周缘地区强烈褶皱断裂变形,挤压应力得到释放,导致均衡调整面回升,最终结束了华北陆板块内部中生代大型盆地的发育历史。

(收稿日期 1984年10月8日)

主要参考文献

- (1) 朱 夏, 1981, 中生代油气盆地. 构造地质学进展, 科学出版社.
- (2) Bally, A. W., 1975, A Geodynamic scenario for hydrocarbon occurrences. Proceedings of the 9th World Petroleum Congress.
- (3) Porter, J. W., Price, R. A. and McCrossan, R. G., 1981, The Western Canada sedimentary basin: Preprint—to the Published in: Philosophical Transactions of the Royal Society.
- (4) 孙国凡, 刘景平, 1983, 贺兰地槽与前渊盆地及其演化. 石油与天然气地质, 第3期.
- (5) 张 抗, 1983, 华北陆块区中生代大型沉积盆地的发育特征. 石油与天然气地质, 第2期.
- (6) 朱 夏, 陈永强, 1982, 中国大海边缘构造和盆地演化. 石油地质地质, 第3期.
- (7) 孙国凡, 1981, 鄂尔多斯陆内复合盆地的发生与发展. 石油地质文集(2), 地质出版社.
- (8) 赵象深, 1981, 沉积盆地成因与地球的均衡作用. 石油与天然气地质, 第1期.

EVOLUTION OF A MAJOR MESOZOIC CONTINENTAL BASIN WITHIN HUABEI PLATE AND ITS GEODYNAMIC SETTING

Sun Guofan

Liu Jingping

Liu Keqi

Yuan Weiguo

*(The 2nd Petroleum Prospecting and Exploration Brigade,
Ministry of Geology and Mineral Resources)*

Abstract

A major intracontinental Mesozoic continental basin in Huabei plate was developed when the Yangzi plate obducted towards Huabei plate. The collision has caused the lithosphere of the former to be depressed and forced the isostatic compensation surface to low down, thus leading to its further development. The compressional stress was exercised on and controlled by both the Tethys and Pacific plates.

The eastern margin of this basin had gradually migrated westward under the influence imposed through activities of the Pacific plate. In the Later Triassic, this basin involved an extensive area west of Tanlu fracture zone, in the Jurassic, its eastern margin migrated to the west of the Taihang Mountains; whereas in Early Cretaceous, the basin was confined only in Ordos region. Meanwhile, coarse wastes of great thickness were accumulated along the north and south parts of Helan Mountains. The Alxa deltaic massif, being compressed both by northward pushing of the Tethys plate and the southward advancing of the Augaris, produces an eastward component force, and, with the lapse of time, results in a eastern migrating fore-deep type depression along the eastern margin of the massif. Because of the continuous activities of the Tethys and Pacific plates, the Earlier Cretaceous basin continued to remain in the Ordos region, and has brought about its original configuration ever since. Thus the influence of the tectonic activities can be seen clearly from the regular anti-clockwise migration of the depocentres during the Later Triassic, Jurassic and Earlier Cretaceous.