

鄂尔多斯块体新生代构造活动和动力学的讨论

邓起东 程绍平 闵伟 杨桂枝 任殿卫

摘要：鄂尔多斯块体除西南边界为挤压边界外，四周被共轭剪切拉张带所围限，东西和南北两侧分别为右旋和左旋剪切拉张带，全新世水平和垂直滑动速率分别达5mm/a和0.3~3mm/a。鄂尔多斯块体自始新世起从西南挤压边界两端开始发育，逐渐向远端发展，至上新世最后形成山西断陷盆地带。新生代以来块体不断缓慢上升，距今1.40Ma以来的隆起总量为160m。形变测量说明块体现代隆升速率为1~2.8mm/a，周缘断陷盆地带现代下降速率为-4~-5mm/a。块体内部莫霍面变化平缓，埋深40km~42km，上地幔高导层埋深123km~131km，它们在周缘断陷盆地带相对隆起，前者隆起幅度1.5km~6km，后者埋深仅70km~100km。6级以上地震均发生在块体周边活动构造带内，块体内部无6级以上地震发生，4~5级地震也很少。震源机制、地应力和断层滑动矢量测量等得到的主压应力方位为NE-NEE向，与控制块体周边活动构造的区域应力场一致，主要与青藏块体的NE向挤压作用相关，盆地地下深部物质上涌产生的垂直力也起着重要作用。所以，区域性水平应力场和深部物质运动产生的垂直力联合作用是本区新构造活动的动力条件。

关键词：鄂尔多斯块体；新构造活动；动力学

中图分类号：P546

文献标识码：A

DISCUSSION ON CENOZOIC TECTONICS AND DYNAMICS OF ORDOS BLOCK

DENG Qi-dong, CHENG Shao-ping, MIN Wei, YANG Gui-zhi, RENG Dian-wei
(*Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China*)

Abstract: The Ordos block is peripherally surrounded by fault zones and faulted basin zones of Cenozoic age. Its southwestern boundary is a compressional tectonic belt trending NW, along which left-lateral strike-slip fault zones with thrust components, such as the Haiyuan-Liupanshan fault zone, and corresponding faulted basins have developed, with both the maximum left-lateral strike-slip rate and the maximum horizontal shortening rate of 10mm/a. Both the Yinchun-Jilantai faulted basin zone of its western boundary and the Shanxi faulted basin zone of its eastern boundary are NNE-trending right-lateral shear zones with extension components, while both the Weihe faulted basin zone of its southern boundary and the Hetao faulted basin zone of its northern boundary are nearly EW-trending left-lateral shear zones with extensional components. All these shear zones have Holocene horizontal and vertical slip rates of 5mm/a and 0.3~3mm/a, respectively. With regard to the history of their

development these faulted basin zones have a different timing of initiation. The Weihe and Yinchuan faulted basin zones have at first initiated in Eocene, the Hetao faulted basin zones in Oligocene, and the Shanxi faulted basin zones in Pliocene. During the Cenozoic, the Ordos block has been a situation of slow uplift, with an amount of uplift of 160m since 1.4Ma B.P. For the Ordos interior, the Moho discontinuity is 40 ~ 42km in depth, with a gentle variance, and the high conductive layer of the upper mantle is 123 ~ 131km in depth, while for the peripheral faulted basin zones of the block, the Moho discontinuity has relatively uplifted about 1.5 ~ 6km, and the high conductive layer of the upper mantle is only 70 ~ 100km in depth. Deformation analysis from geodetic surveying indicates that the Ordos block and its southwestern boundary area now are still uplifting, with uplift rates of 1 ~ 2.8mm/a and 4.4mm/a, respectively, and that the peripheral faulted basin zones are relatively subsiding, with an amount of -4 ~ -5mm/a. Within the interior of the Ordos block, there are a few earthquakes of magnitude 4 ~ 5, and no earthquakes magnitude equal to and more than 6. All the earthquakes whose magnitudes are equal to and more than 6 in this area have occurred along peripheral active fault zones and in faulted basin zones. The results of the solutions of mechanism at the sources and the measurements of ground stress and the fault-slip vector indicate that the principle compressional stress in the Ordos area is oriented in NE-NEE, consisting with the regional stress field showed by the kinematic characteristics of the peripheral active fault zones of the Ordos block. Such a stress regime may probably come from the Qingzang Block movement which is towards the northeast. On the other hand, the upwelling of deep materials beneath the faulted basins could play an important role in the neotectonic movement of the Ordos block. So the combination of the regional stress field with the upwelling of deep materials controls the dynamics of the Cenozoic Ordos block movements.

Key words: Ordos block; neotectonic movement; dynamics

鄂尔多斯块体是我国华北地区在新生代和现代构造活动中起重要作用的活动块体，又是紧邻青藏高原的一个重要过渡区，其构造活动和动力学问题一直受到地学工作者的重视。本文将根据近年来新的工作对块体及周缘构造带的活动特征和动力学进行讨论。

1 块体周缘构造带活动特征

鄂尔多斯块体四周被断裂和断陷盆地带所围限，其西南边界为NW-NWW向挤压边界，其他边界为4条断陷盆地带组成的剪切拉张带^[1, 2](图1)。

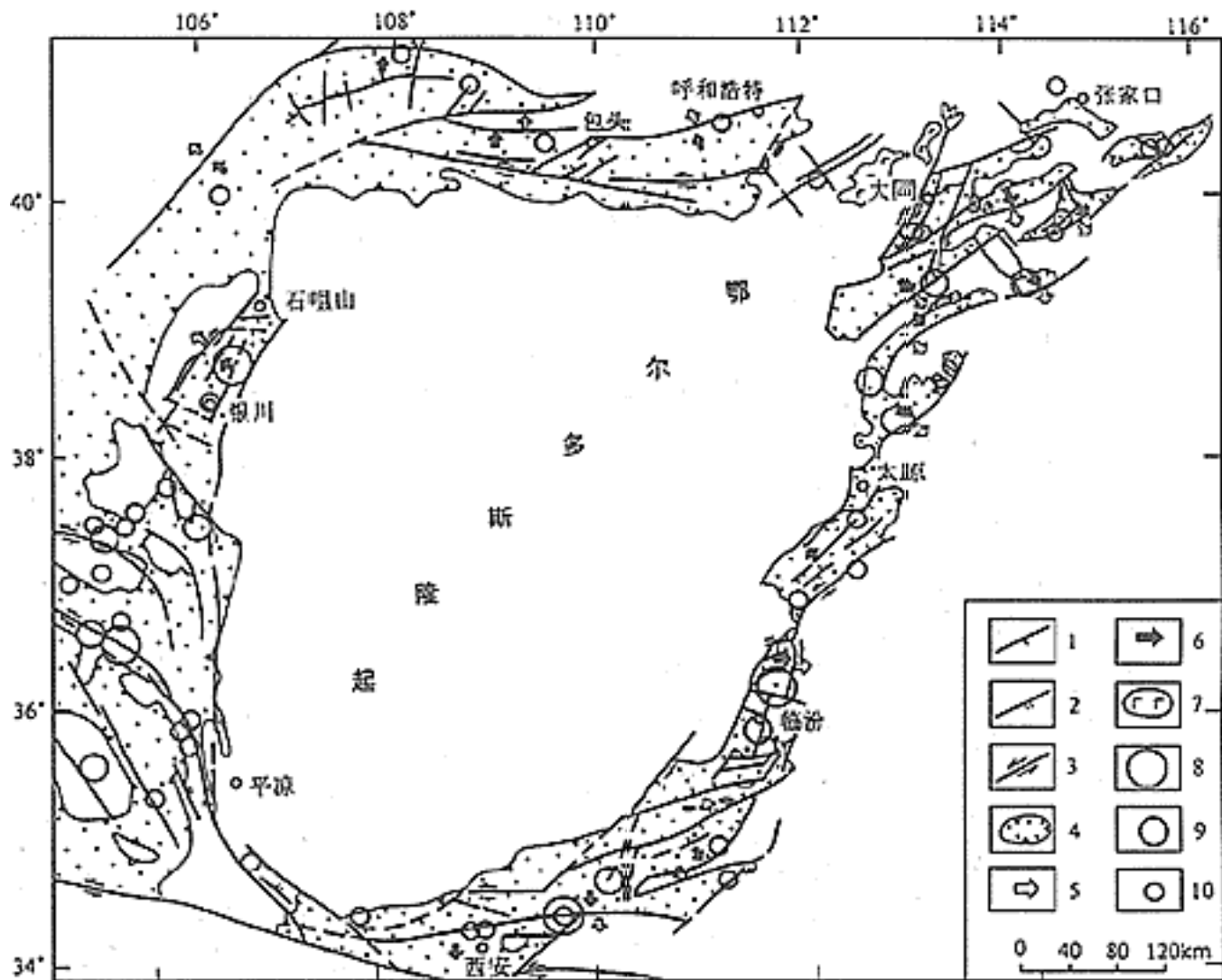


图1 鄂尔多斯块体及周缘地区构造略图

Fig.1 The sketch map on tectonics of Ordos block and neighboring area

1.正断层；2.逆断层；3.走滑断层；4.盆地及边界；5.山地倾斜方向；6.盆地倾斜方向；
7.新生代火山岩；8.M=8；9.M=7~7.9；10.M=6~6.9

鄂尔多斯块体西南边界为青藏高原东北缘构造带，是一条挤压性或压扭性构造边界，由海原—六盘山—陇县、天景山—香山、烟筒山和牛首山等逆走滑断裂、逆断裂、褶皱隆起山地和压陷盆地组成。在距今140~160万年以前，它们表现为一条NW-NWW向弧形挤压构造带，距今140~160万年以来NWW向断裂转换成左旋逆走滑断裂，如海原、天景山等断裂带，NNW向构造则仍为挤压性构造，如六盘山和同心西山逆断裂、背斜带等。其中海原断裂带左旋走滑位移量达12~14.5km，距今8000年以来左旋水平位移速率为6.9~9.9mm/a，六盘山逆断裂、背斜带的水平缩短量达12.4km~16.7km，平均水平缩短速率达7.6~11.9mm/a^[3]。天景山断裂带最大水平位移量3.2km，同心西山逆断裂、背斜带的水平缩短量大于2.3km^[4]。上述变形特征反映了青藏高原通过块体西南边界对鄂尔多斯块体产生强烈的NE向挤压作用。

鄂尔多斯块体东边界的山西断陷盆地带是一条不连续右旋剪切拉张带，其中段的NNE向断裂和盆地，如口泉断裂、六棱山西麓断裂、五台山西麓断裂、系舟山西麓断

裂、霍山山前断裂及其控制的大同、原平和临汾盆地等均为右旋正走滑断裂及地堑型盆地，断裂右旋错断地质体、水系和山脊等，地堑盆地内堆积了1000m~3800m的上新统和第四系。其中系舟山西麓断裂距今9000年以来右旋走滑速率为5.68mm/a，霍山山前断裂距今8500年以来右旋走滑速率为5.0mm/a^[5,6]。沿霍山山前断裂地质体最大右旋水平位移量达9.8km，它代表了山西剪切带的最大水平位移量，上新世以来右旋滑动速率可达2.0mm/a^[6]。在这一剪切段中，还有与NNE向右旋走滑断裂共轭的近EW向左旋走滑断裂发育，如临汾盆地北部的什林断裂和苏堡断裂。什林断裂切割汾河阶地，左旋水平滑动速率为0.89mm/a，垂直滑动速率为0.092mm/a^[2]。此外，在山西断陷盆地带剪切段作左阶排列的活动断裂和断陷盆地之间的不连续阶区还形成了两个最典型的推挤型隆起，即石岭关和灵石隆起。灵石隆起上汾河发育8级阶地上拱呈穹形，晚更新世以来隆起速率为0.32mm/a^[2]。在山西右旋剪切拉张带南北两端各发育了一个剪切带尾端张性构造区，晋北张性构造区发育于剪切带东侧，由多排半地堑盆地组成一个典型的盆岭构造区。这些半地堑盆地由NEE向旋转平面状正断裂或铲形正断裂控制，为不对称盆地。盆地和山地断块均向南作掀斜式运动，其掀斜量达12°~18°。晚更新世或全新世以来正断裂的平均垂直滑动速率变化范围为0.35~1.75mm/a^[7~11]。晋南张性区亦由一系列NEE向正断裂和地堑盆地组成，分布于剪切带西侧，也构成了一个盆岭构造区，块体掀斜量可达11°~13°。

银川—吉兰泰断陷盆地带构成鄂尔多斯块体的西部边界，整体作近SN向延伸，带内主要有NNE向的贺兰山东麓断裂、黄河断裂、巴彦乌拉山东麓断裂及它们所控制的银川和吉兰泰盆地。银川盆地新生界和第四系厚度分别可达7000m和1600m，吉兰泰盆地分别为2500m~3000m和400m。贺兰山东麓断裂为右旋正走滑断裂，断错山前冲洪积扇，形成不连续断层崖带。北段红果子断层西支切错明代长城，右旋水平位移1.45m，垂直错距0.95m，东支断层崖垂直位移1.5m；南段苏峪口断层崖高5m~10m，最大为11.4m。这两段断层崖距今6000年以来的垂直位移速率分别为1.12mm/a和2.1mm/a^[2,12]。根据8个点的水平位移量统计，各点的右旋水平位移量是垂直位移量的2~4倍^[2]。巴彦乌拉山东麓断裂垂直滑动速率为0.33~0.54mm/a^[13]。该断裂向东北延伸即为NNE向的狼山山前断裂及其控制的临河拗陷西段，全新世断裂垂直滑动速率为0.47~2.2mm/a。银川盆地东侧的黄河断裂在晚第四纪向南扩展到罗山东麓断裂，使之转变为右旋走滑断裂，全新世水平滑动速率为4~5mm/a^[14]。

鄂尔多斯块体南界为渭河断陷盆地带，包括西安凹陷、固市凹陷和灵宝盆地等，新生代沉积厚度达6500m，第四系厚度亦达1300m以上。主断裂为盆地南侧的秦岭北缘断裂和华山山前断裂。盆地向南倾斜，沉降中心靠近南侧主断裂，秦岭山地断块亦向南掀斜，太白山新生代初期夷平面倾角已达18°。秦岭北麓断裂和华山山前断裂在山前切断冲沟阶地和山前冲洪积扇，形成断层崖。前者全新世以来的垂直滑动速率为0.35~0.77mm/a，后者为1.1~3.2mm/a^[15,16]。秦岭北麓断裂向东延入秦岭内部，在铁炉子断裂上表现出明显的左旋水平位移特征，错断一系列水系。

鄂尔多斯块体北缘的河套断陷盆地带为一EW向剪切拉张带，由呼包、白彦花和临河等3个次级盆地右阶斜列组成。它们均为北深南浅的不对称盆地，分别受北侧大青山、乌拉山和色尔腾山山前正断裂所控制，新生界和第四系最大厚度可达12000m和2400m，均分布于西端的临河盆地。沿各山前断裂均形成多级晚更新世和全新世断层崖，全新世垂直滑动速率分别为1.27~1.78mm/a、1~1.5mm/a和0.7~1.35mm/a^[17~19]。河套断陷盆地带南缘受鄂尔多斯北缘断裂控制，它是河套不对称断陷盆地带在形

成过程中产生的次生断裂，在地表形成断层崖，并左旋错断水系，显示了左旋正走滑断裂的活动特征。

2 块体内部变形

鄂尔多斯块体是一个相对完整的隆起区，内部变形微弱(图2)。块体北部为毛乌素沙漠，南部为黄土高原，一般海拔高度1300m~1400m，虽然区内还有白于山和子午岭等次级隆起，海拔高度可达1600m~1800m，但总体来看，块体内部没有大的、活动强烈的活动构造发育。值得注意的是，在鄂尔多斯块体四周边缘发育有与断陷盆地带平行的长条状隆起带(图2)，它们一般高于高原块体数百米。如山西盆地西侧的吕梁山隆起海拔高度2000m~2500m，最高峰高达2800余米；银川—吉兰泰断陷带东侧的桌子山隆起海拔高度为1600m~2000m，最高峰超过2100m；在河套断陷带以南的东胜—杭锦旗一带有海拔高度为1500m左右的弱隆起带，而渭河盆地以北的北山地区海拔高度亦可达1500m以上。它们与断陷带的密切关系暗示块体四周的这些上升幅度有所不同的边缘隆起带的形成与块体周缘断陷盆地带着有着紧密的关系。以下我们还将分析块体东西两侧隆起较强的吕梁山和桌子山隆起很可能是NNE向剪切拉张带的拉张作用在该带外侧形成的隆起带，而块体南北两侧的弱隆起带则是在不对称的渭河和河套断陷盆地非主控盆地边界产生的次级正断裂和轻微隆起〔20〕。

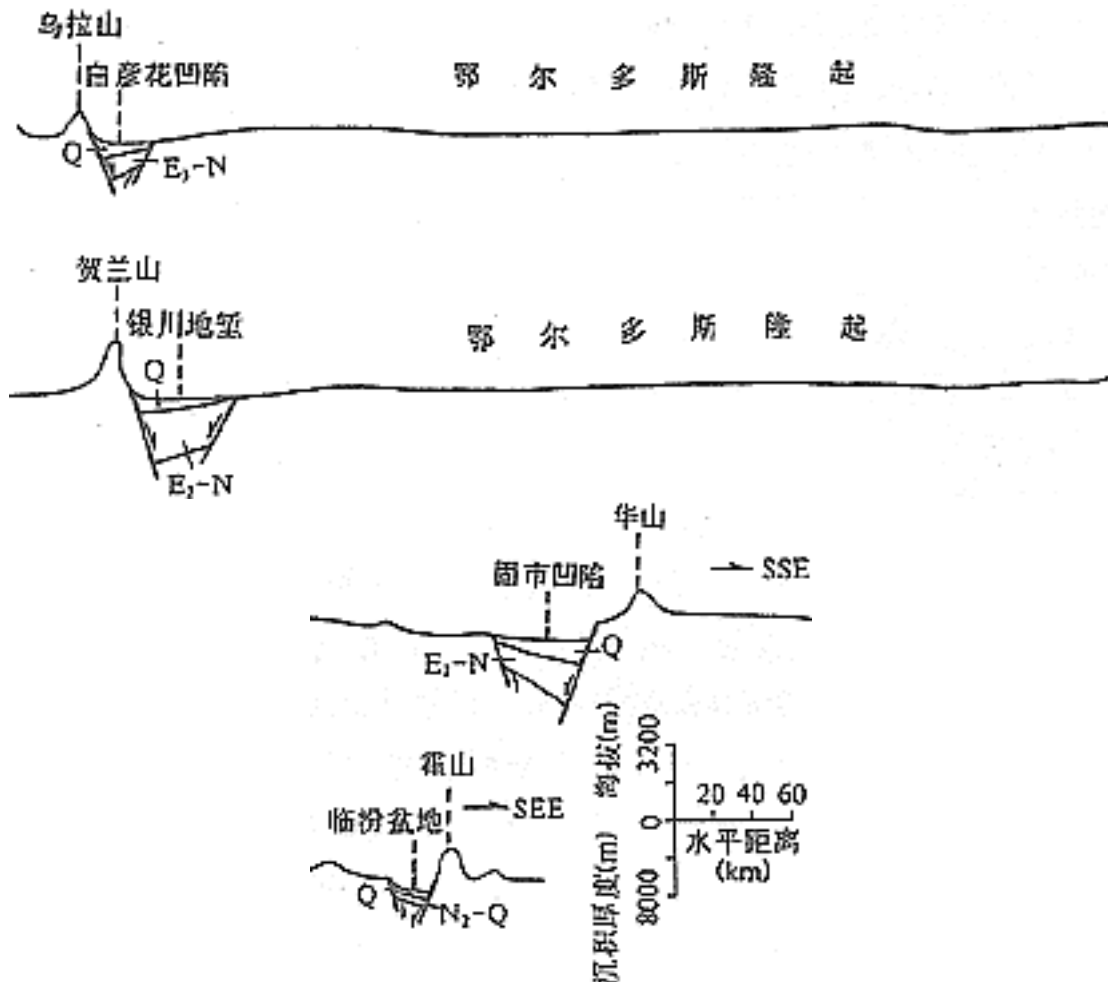


图2 横穿鄂尔多斯块体的两条地形地质剖面

Fig.2 The cross sections of geology and topography through Ordos block

3 块体及周缘断陷盆地带的演化历史

鄂尔多斯块体晚中生代为一拗陷区，是一个西深东浅的侏罗纪—早白垩世沉降区。与之相反，四周的银川、阴山、山西和秦岭—渭河地区都是隆起剥蚀区。晚白垩世，本区开始大面积隆起，直到始新世又发生重要变化，此时块体继续隆起，但却在秦岭和银川隆起的轴部发生断陷，即紧靠块体西南边界在其东侧和北侧首先形成近EW向的渭河和NNE向的银川—吉兰泰两条狭窄的断陷盆地带，且均限于现代盆地的中央凹陷部分，宽度仅10余公里，沉积厚度达数百至1000余米。

渐新世，鄂尔多斯块体继续隆升，渭河和银川—吉兰泰断陷盆地带继续发育，表现为向南及向西北倾斜的不对称盆地，银川和吉兰泰盆地沉积厚度分别达1900m和300余米。渭河盆地内下第三系厚达3000m，更重要的是鄂尔多斯块体北侧的河套断陷带从渐新世起开始发育，沉积厚度以临河凹陷最大，达2600m，白彦花和呼包凹陷分别达600m和1060m。

中新世，鄂尔多斯块体继续隆起，在其南、西和北侧的各断陷盆地带继续发育并且扩大。如渭河盆地北界已扩大到礼泉断裂及运城盆地，沉积厚度达1500m，河套断陷带最厚处仍在西部的临河凹陷，可达3800m，东段的呼包凹陷亦达2300m。

上新世，鄂尔多斯块体北部继续隆起，但南部沉积有100m~200m的河湖相地层，显示出块体北部翘起，向南倾斜的运动特征^[21]。块体周缘各断陷带继续发育，渭河盆地沉积厚度达2400m，临河、白彦花和呼包凹陷分别为6000m、860m和1800m，银川盆地上第三系厚2500m。特别重要的是山西断陷带大多数盆地是在上新世形成，使鄂尔多斯块体最终被4条断陷盆地带所围限。各盆地沉积厚度不同，以太原盆地为最厚，可达3200m。

第四纪，鄂尔多斯块体继续隆起，黄土逐渐堆积，厚度可达120m~180m，但隆起并不平衡。在晚第四纪时期，白于山北发育了萨拉乌苏湖，其沉积厚度可达100m^[21]。我们对黄河晋陕峡谷河流阶地的研究说明，距今140万年以来鄂尔多斯高原的区域性隆起经历了5幕，各幕平均隆起量为25m~46m，隆起总量可达160m^[22]。块体周缘的断陷盆地带仍继续下陷，山西带第四系厚度小于1000m，但北部有火山活动。渭河盆地第四系厚度为1352m，银川和吉兰泰盆地分别为2000m和500m，河套断陷带为2000m~2400m。

4 现代地壳形变与地震活动

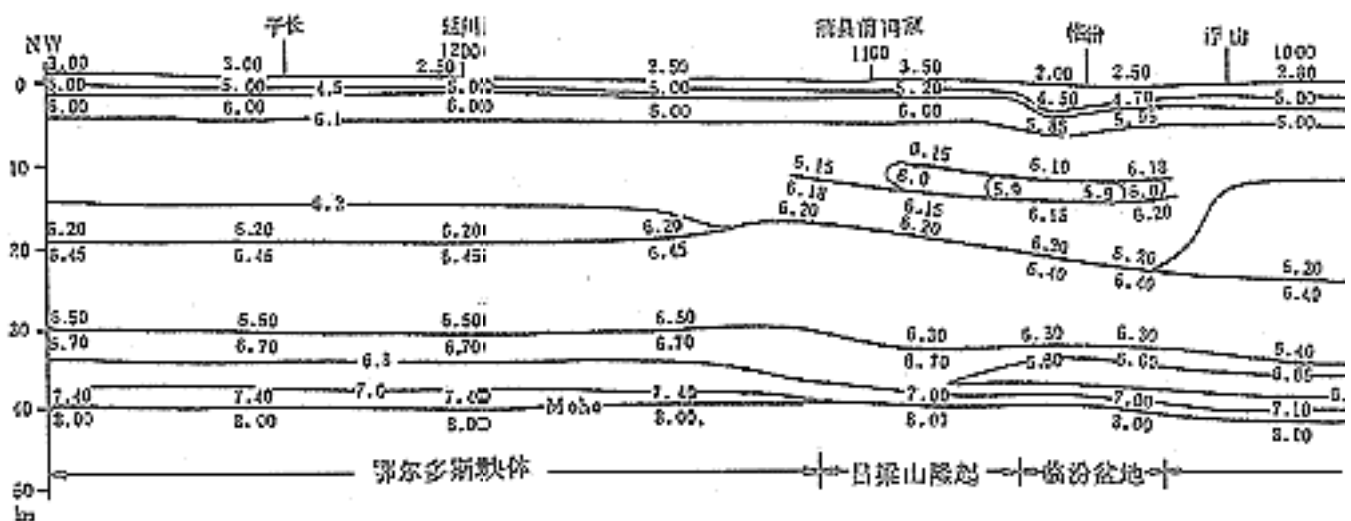
根据1955年以来的水准复测资料，鄂尔多斯块体为上升区，内部相对变化不大，一般上升速率为1mm/a左右，最大可达2.8mm/a。块体西南边界亦为上升区，海原一带最大上升速率达4.4mm/a，固原—中卫一带为NW向形变梯度带。块体四周的断陷盆地带大多表现为下降。若除去一些大城市附近可能由于地下水过量开采引起较大的地面下沉外，渭河断陷带下降速率一般介于0~1mm/a，银川盆地为1mm/a，河套断陷带为2~3mm/a和山西断陷带为3~5mm/a。跨断裂水平和垂直位移观测资料说明，断裂活动性质大都与断裂晚第四纪活动特征一致。断裂垂直位移速率为0.1~2.5mm/a，水平运

动速率约为 $0.1 \sim 1.5\text{mm/a}$ [2]。

从历史和现代地震活动来看，鄂尔多斯块体内部很少地震发生，6级以上地震集中在鄂尔多斯块体周缘活动断裂带和断陷盆地内(图1)，大地震出现的地表破裂带的运动性质和位移特征以及地震活动周期都与块体活动有密切的关系。沿霍山山前断裂产生的1303年洪洞8级地震地表破裂带亦为一条NNE向右旋剪切破裂带，长45km，最大水平右移7m~8m，最大垂直位移3.5m~5m [23]；贺兰山东麓断裂控制的1739年平罗8级地震地表破裂带断续延伸88km，为一条NNE走向的右旋正走滑断裂，它错断明代长城，其水平位移和垂直位移量已如前述 [2, 12]；1556年华县8级地震地表破裂带沿固市凹陷南缘的华山山前断裂延伸，长50km，正断裂型垂直位移达4m [16]。在地震活动的时间序列方面，自公元1000年以来，块体周缘的地震活动已经历了3个活动期，其中1209年~1368年、1477年~1739年和1815年~现在分别为地震活跃期，每个活跃期内均发生过8级地震。它们是1303年洪洞、1556年华县和1739年平罗等8级地震及1920年海原8.6级地震。

5 深部构造特征

据重力反演结果，鄂尔多斯块体内部莫霍面西深东浅，起伏变化小；与此相反，在块体周缘的断陷盆地却表现为莫霍面隆起。据地震折射资料，鄂尔多斯块体内无壳内低速层存在，莫霍面埋深约为40km~42km，且东浅西深，而渭河盆地莫霍面埋深为32.5km，比盆地两侧上隆5km，且有壳内低速层存在；山西断陷盆地内临汾盆地莫霍面埋深37.5km，比盆地两侧浅2.5km，壳内11km~14km处发育低速异常体，其顶界面埋深约11km，厚度约为3km(图3) [24]；运城和太原盆地莫霍面埋深分别为36km和38.5km，比鄂尔多斯块体分别抬升4km和2km。前者在25km深处有壳内低速异常发育，后者壳内速度结构简单，没有发育壳内低速异常体；在大同盆地莫霍面上隆幅度只有1.5km，并有壳内低速异常体发育(据刘国栋1993年资料)；银川盆地下地壳上部发生强烈速度逆转，低速层厚达10km~15km，该层向两侧消失，莫霍面隆起幅度可达6km [25]。



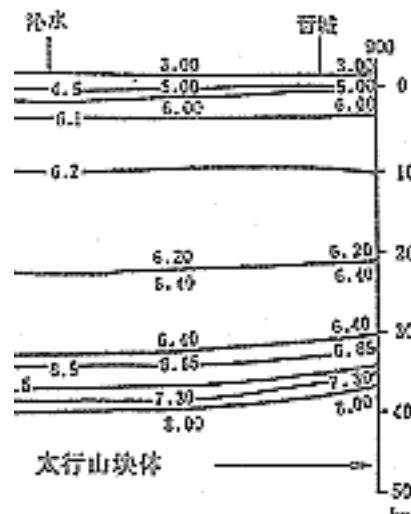


图3 晋城-临汾-子长速度结构剖面(据刘昌铨和嘉世旭, 1993)
Fig.3 The velocity structure profile through Jincheng-Linfen-Zichang

从电性结构来看,鄂尔多斯块体内部地壳上地幔电导层横向变化平缓,埋藏深度大,壳内高导层顶面埋深为29km~31km,上地幔高导层埋深为123km~131km[25],相反,临汾和银川等盆地壳内和上地幔高导层埋深均变浅,出现上隆现象。其中临汾盆地壳内高导层与前述壳内低速层基本一致,厚度约3km~7km,向东西两侧山区逐渐消失,最浅埋深约10km~12km,上地幔高导层顶面埋深约为70km~75km[26];运城盆地壳内高导层埋深约20km~25km,上地幔高导层埋深为85km~100km[26];银川盆地壳内高导层埋深19km~20km,与该处中下地壳内低速异常体相当,上地幔高导层平均埋藏深度为85km[25]。

在河套断陷带的呼包盆地上地壳略厚,速度较南北两侧偏低,中地壳速率却较南、北两侧偏高,中、下地壳减薄,但在中地壳于18km深处出现低阻层,地壳厚度较南北两侧略薄,莫霍面上拱了2km~3km,上地幔高导层埋深为98km[27]。

6 构造应力场和动力学模式的讨论

震源机制、水压致裂、孔壁崩落、套心解除、断裂滑动矢量和地震地表破裂分析表明,鄂尔多斯地区区域应力场的基本特征是主压应力方位为NE-NEE向。这一方位与青藏块体对本区的NE-NEE向挤压作用及太平洋板块在距今约4000万年以来的向西俯冲是一致的。鄂尔多斯西南边界的挤压构造或逆走滑构造作用充分显示了青藏块体对鄂尔多斯块体的直接作用,鄂尔多斯块体其他边界的NNE和近EW向右旋和左旋剪切拉张带正是在这一挤压作用下产生的共轭剪切破裂。

综合上述资料,可以对鄂尔多斯块体及其周缘断陷盆地形成和演化的动力学模式获得如下认识:

最初,在青藏块体的NE-NEE向挤压作用下,NNE和近EW向两对共轭剪切破裂带即在鄂尔多斯块体四周的几个中生代末—新生代初的隆起带轴部发育起来,因为正是在这些隆起轴部上地壳还遭受了次级张应力作用,因而最易首先发生破裂,尤其是在这些部位首先利用中生代形成的逆断裂等不连续面产生破裂。

其次，在剪切拉张破裂带形成过程中，一旦沿破裂开始发生正走滑断裂或正断裂作用，它们就会逐渐控制一系列断陷盆地的发育，从而形成由多个地堑型或半地堑型盆地组成的不连续剪切拉张型断陷盆地带。

与此同时，一旦断陷盆地或断陷盆地带开始形成，均衡调整作用就会发生。在这里，盆地下方深部物质的上涌将会起到重要作用，剪切带的拉张特征将会更加突出，并可能在剪切带两侧形成平行于剪切带的挤压隆起带，如吕梁山和桌子山隆起带。

显然，这些不连续剪切拉张带将具有剪切带的一切特征，包括不连续阶区的次级构造(如推挤型隆起)、剪切带尾端张性构造等，就像我们在形成最晚的山西断陷盆地带内所见到的那样。

此外，由于鄂尔多斯块体在断陷盆地带形成过程中不断隆起，会使块体周边产生拉张，并因而使断陷带内的盆地和相邻山地断块向鄂尔多斯块体外侧倾斜，盆地外侧断裂成为主控断裂，而在内侧产生次生断裂和轻微上隆，如河套南缘和渭河北山的隆起及正断裂带。

由此可见，我们在鄂尔多斯块体区的构造活动及其形成和演化过程中看到了一幅水平和垂直力联合作用和转化的动力学图像。

基金项目：国家自然科学基金项目(49672150)

作者简介：邓起东(1938—)，男，研究员，博士生导师，从事活动构造、新构造、地震地质、地球动力学、工程地震和地震区划研究。

作者单位：中国地震局地质研究所，北京 100029

参考文献

- [1] 邓起东，尤惠川.鄂尔多斯周缘断陷盆地带的构造活动特征及其形成机制[J].现代地壳运动研究.1985，(1)：58～78.
- [2] 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.
- [3] 国家地震局地质研究所，宁夏自治区地震局.海原活动断裂带[M].北京：地震出版社.1990.
- [4] 闵伟，邓起东.香山—天景山断裂带的变形特征及走滑断层端部挤压构造的形成机制[J].活动断裂研究.1991，(1)：71～81.
- [5] 徐锡伟，邓起东，尤惠川.山西系舟山西麓断裂右旋错动证据及其全新世滑动速率[J].地震地质，1986，8(3)：44～46.
- [6] 徐锡伟，邓起东，韩竹君.霍山山前断裂晚第四纪活动和古地震研究[A].见马宗晋主编，山西临汾地震研究与系统减灾[C].北京：地震出版社，1993.136～147.
- [7] 徐锡伟，邓起东.晋北张性区盆岭构造及其形成机制[J].中国地震，1988，4(2)：19～27.
- [8] 邓起东，米仓伸之，徐锡伟，等.六棱山北麓断裂晚第四纪运动学特征初步研究[J].地震地质，1994，16(4)：339～343.
- [9] 刘光勋，于慎谔，张世民，等.山西五台山北麓活动断裂带[J].活动断裂研究.1991，(1)：118～130.
- [10] 冉勇康，方仲景，李志义，等.怀来—涿鹿盆地周围的活动断裂及其基本特征[J].活动断裂研究.1991，(1)：140～155.

- [11] 窦素芹,于慎谔,刘光勋,等.系舟山山前活动断裂带的几何结构及其活动性 [J] .活动断裂研究.1995, (4) : 104 ~ 115.
- [12] Deng Qidong,Liao Yuha.Paleoseismology along the range-front fault of Helan Mountains,North Central China [J] .Journal of Geophysical Research,1996,101(B3):5873 ~ 5894.
- [13] 宋方敏,曹忠权.巴彦乌拉山东麓断裂的初步研究 [J] .活动断裂研究.1994, (3) : 202 ~ 206.
- [14] 闵伟,王平,杨平,等.罗山东麓活动断裂的几何学特征及全新世滑动速率 [J] .活动断裂研究.1994, (3) : 140 ~ 150.
- [15] 陕西省地震局.秦岭北缘活动断裂带 [M] .北京:地震出版社.1996.
- [16] 李永善.西安地裂缝及渭河盆地活断层研究 [M] .北京:地震出版社.1992.
- [17] 尤惠川.河套断陷盆地地质构造特征及其成因机制的讨论 [J] .现代地壳运动研究.1985, (1) : 88 ~ 97.
- [18] 李克,吴卫民,杨发,等.大青山山前活动断裂分段性研究 [A] .见邓起东主编,中国活动断层研究 [C] .北京:地震出版社.1994.102 ~ 113.
- [19] 吴卫民,聂宗笙,许桂林,等.色尔腾山山前断裂西段活断层研究 [J] .活动断裂研究.1996, (5) : 113 ~ 124.
- [20] 张宏卫,邓起东.不对称盆地形成机制探讨——以渭河盆地为例 [J] .中国地震.1992, 8(1) : 26 ~ 35.
- [21] 朱照宇,丁仲礼.中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化 [M] .北京:地质出版社.1994.
- [22] 程绍平,邓起东,闵伟,等.黄河晋陕峡谷河流阶地和鄂尔多斯高原第四纪构造运动 [J] .第四纪研究.1998, (3) : 238 ~ 248.
- [23] Deng Qidong,Xu Xiwei.Studies on the surface rupture zone of 1303 Houdong earthquake of M=8 and paleoearthquakes of Huoshan fault in Shanxi province [J] .Earthquake Research in China.1994,8(2):231 ~ 245.
- [24] 刘昌铨,嘉世旭.山西高原及临汾盆地上地幔速度结构 [A] .见马宗晋主编,山西临汾地震研究与系统减灾 [C] .北京:地震出版社,1993.231 ~ 235.
- [25] 国家地震局地学断面编委会.上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面(1 1000000) [M] .北京:地震出版社.1992.
- [26] 孙洁,史书林,江钊,等.山西临汾盆地及外围地区大地电磁与地壳构造活动研究 [A] .见马宗晋主编,山西临汾地震研究与系统减灾 [C] .北京:地震出版社,1993.261 ~ 274.
- [27] 国家地震局地学断面编委会.江苏响水至内蒙古满都拉地学断面(1 1000000) [M] .北京:地震出版社.1991.

收稿日期:1999-07-20