

鄂尔多斯盆地东缘中—新生代构造特征 及构造应力场分析

王锡勇, 张庆龙, 王良书, 葛荣峰, 陈娟

WANG Xi-yong, ZHANG Qing-long, WANG Liang-shu, GE Rong-feng, CHEN Juan

南京大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093

School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China

摘要:对鄂尔多斯盆地东缘黄河沿岸一带中—新生代构造特征的研究表明:盆地东缘中—新生代构造变形与印支运动、燕山运动、喜马拉雅运动密切相关。印支运动对东缘构造影响相对微弱,受扬子板块和华北板块碰撞的影响,区内形成了一套挤压应力近NS向的共轭节理。燕山运动对东缘的形成演化意义重大,其基本构造形态就是在这—时期形成的。受古太平洋板块与亚洲大陆俯冲产生的远程构造效应的影响,区内发育NE—NNE走向的褶皱带;离石断裂受到SE—SEE方向的挤压,以脆性变形为主;节理解析获得的燕山期构造应力场以NW—SE向挤压为特征。喜马拉雅运动期间,盆地东缘的挤压方向转变为NE—SW向,其动力主要来自印度板块向欧亚板块的碰撞及碰撞期后陆内俯冲所产生的远程效应。

关键词:鄂尔多斯盆地东缘;共轭剪节理;断裂;构造应力场;中—新生代

中图分类号:P534.5; P534.6; P542

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2010)08-1168-09

Wang X Y, Zhang Q L, Wang L S, Ge R F, Chen J. Structural features and tectonic stress fields of the Mesozoic and Cenozoic in the eastern margin of the Ordos basin, China. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(8):1168-1176

Abstract: The structural features of the Mesozoic and Cenozoic in the eastern margin of the Ordos basin were studied. The results indicate that this field had influenced by the Indosinian movement, Yanshanian movement and Himalayan movement in Mesozoic and Cenozoic. The direction of tectonic stress field is nearly NS during the Indosinian movement, which is basically resulted from the collision between the Yangtze plate and the North China plate. During the Yanshanian movement, the structural styles of the eastern margin of Ordos basin were basically formed. As a result of far-field effects produced by subduction of the Paleo-Pacific plate beneath the Asian continent, a series of open gentle superficial folds stroke NE—NNE were developed in this field and Lishi fault was compressed from SE—SEE and characterized brittle deformation. During the Himalayan movement, the stress direction becomes NE—SW, and this is a result of far-field effects produced by the collision between the Indian plate and the Eurasian plate.

Key words: eastern margin of Ordos basin; conjugate joint; fault; tectonic stress field; Mesozoic and Cenozoic

鄂尔多斯盆地是在华北古生代克拉通浅海台地基础上发育起来的大型陆内叠合型残留盆地,盆内蕴藏着丰富的能源矿产。作为中国东西两大构造单元的交汇地带,鄂尔多斯盆地自中生代以来,由于受到构造体制转换和多次构造运动的影响,在其周缘地带形成了复杂的构造带和盆—山耦合系统。这些

构造带和盆—山耦合系统的变形特征记录了中生代以来的构造变动过程和应力作用方式^[1]。盆地东缘以离石断裂为界,分隔了东侧的山西断隆和西侧的鄂尔多斯地块,两者均为华北板块的组成块体,因此该区域成为研究中—新生代板内构造演化和东西部构造域转变的良好场所。关于盆地发展演化阶段构

收稿日期:2009-10-12;修订日期:2010-05-04

基金项目:国家自然科学基金项目《鄂尔多斯东缘—太行山地区地壳上地幔结构与新生代地球动力学》(编号:40634021)资助

作者简介:王锡勇(1983-),男,在读硕士,构造地质学专业。E-mail:xywang0717@gmail.com

造应力场的特点和动力学背景,前人做过不同程度的研究工作^[2-7]。本文在对盆地东缘的褶皱、断层、节理等变形特征研究的基础上,分析其运动学特征,并反演古构造应力场的方向,探讨盆地东缘形成的动力学背景,为今后探讨盆内多种能源赋存、分布规律和总体勘探思路奠定理论基础。

1 区域地质概况

鄂尔多斯盆地东缘以现今晋陕挠褶带地区为主体(图 1),东侧以离石断裂带为界与山西断隆相邻,向西越过黄河过渡到陕北斜坡,北起准格尔旗,南至乡宁,南北长约 500km,东西宽 40~60km,面积约 27000km²。早期的研究表明:中、新元古代—古生代,晋陕挠褶带处于相对隆起状态,仅在中晚寒武世、早奥陶世、晚石炭世和早二叠世有较薄的沉积,中生代侏罗纪末升起,与华北板块分离,成为鄂尔多斯盆地的东部边缘。燕山运动使吕梁山隆升并向西推挤,加上基底断裂的影响,便形成南北走向的晋陕挠褶带^[8]。从整体上看,晋陕挠褶带为一个由东向西倾伏的大的单斜构造,倾角 2~3°,带内出露的前寒武纪变质岩、古生界和中生界由老到新呈东西向分布,第四系分布广泛;岩浆活动较弱,出露有紫金山燕山期碱性侵入岩,沿东部边缘有金伯利岩分布;局部地区发育一系列开阔平缓的短轴背斜、单斜构造、大量垂直节理和数条正断层、逆断层等中、小型构造形迹。

2 区内构造特征

2.1 褶皱特征

根据形态特征和分布范围,鄂尔多斯盆地东缘的褶皱以佳县—临县一线为界,大致可以分成南部背斜带和北部单斜带两部分。

2.1.1 南部背斜带

南部背斜带以开阔平缓的短轴背向斜为主,主要集中在柳林—吉县一带,以石楼、大宁附近最为发育,变形相对强烈。根据构造变形特征从南到北又可划分为大宁—吉县背斜带和石楼—大宁背斜带。

(1)大宁—吉县背斜带

该背斜带主要分布在大宁东南窑渠一带,卷入地层为三叠系下统和中统。轴向一般为 NE20~40°,规模大小不一,长 1~20km,宽 0.1~0.7km。褶皱两翼不对称,一般东南翼陡,西北翼缓,陡翼倾角在 10~40°之间,缓翼倾角在 5~20°之间。以规模最大的窑渠

背斜为例(图 2),长 12km 左右,宽约 0.5km,卷入的地层为三叠系下统和尚沟组,轴向 NE30°,东南翼陡,产状为 125°∠30°,北西翼平缓,产状为 310°∠16°。

(2)石楼—大宁背斜带

该背斜带主要分布在石楼县城周围裴沟、峪底、营房一线以东,段庄、沙窑、罗村一线以北地区。东西宽约 23km,南北长约 32km。背斜带由近南北向褶皱组成,成束出现,规模大小不一,卷入的地层为三叠系。背斜两翼多不对称,一般为东翼陡而西翼缓,倾角以 10~35°为主,极个别者倾角较大,如石楼背斜(图 3),长约 23km,宽约 1.5km,轴向 NE10°,卷入的地层为三叠系中统二马营组,两翼不对称,东翼陡,倾角 45~70°,西翼缓,倾角 10~40°。

石楼县城以南,褶皱零星出现,规模较小,变形不强烈,构造走向仍以近南北向为主,代表性的有朱家峪背斜,长 4km 左右,宽约 0.2km,卷入的地层为中三叠统二马营组,轴向 NW8°左右,两翼不对称,东翼陡,倾角 30°左右,西翼平缓,倾角 15°左右。

2.1.2 北部单斜带

相对南部发育变形强烈的背斜带,盆地东缘北部则发育单斜构造,以保德—韩家川、府谷高石崖—海则庙一带最为发育,其构造走向为 NE5~30°,卷入的三叠纪地层以几度至十几度的倾角向西或北西方向延伸倾斜(图 4)。

从整体来看,鄂尔多斯盆地东缘从南向北褶皱等构造形迹的变形强度逐渐减弱,规模也随之变小,但构造形迹的走向以 NE10~30°为主。区域地质资料显示^①,南部背斜带内零星分布几条规模不大的逆冲断层,断层走向与背斜轴向大体一致,以 NNE 向为主,断层面陡倾,南东盘向北西盘逆冲,破碎带明显,可见透镜体、断层泥、角砾岩等构造现象。这些构造特征表明:区内三叠纪之后经历过一次挤压事件,挤压力来自 SE—SEE 方向,使盆地东缘南部区域挤压变形较之北部强烈,反映了构造应力由强到弱的递减规律。

2.2 断层特征

盆地东缘以离石断裂为界与山西断隆相邻,早期的研究认为离石断裂是一条地壳尺度的边界大断裂^{①[10-12]},是山西断隆和鄂尔多斯地块 2 个构造单元的分界断裂。该断裂走向总体呈近南北向,局部偏东或偏西,切断的地层从前长城系直至三叠系。断裂带的地表分段特征非常明显,根据构造组成和变形特点可划

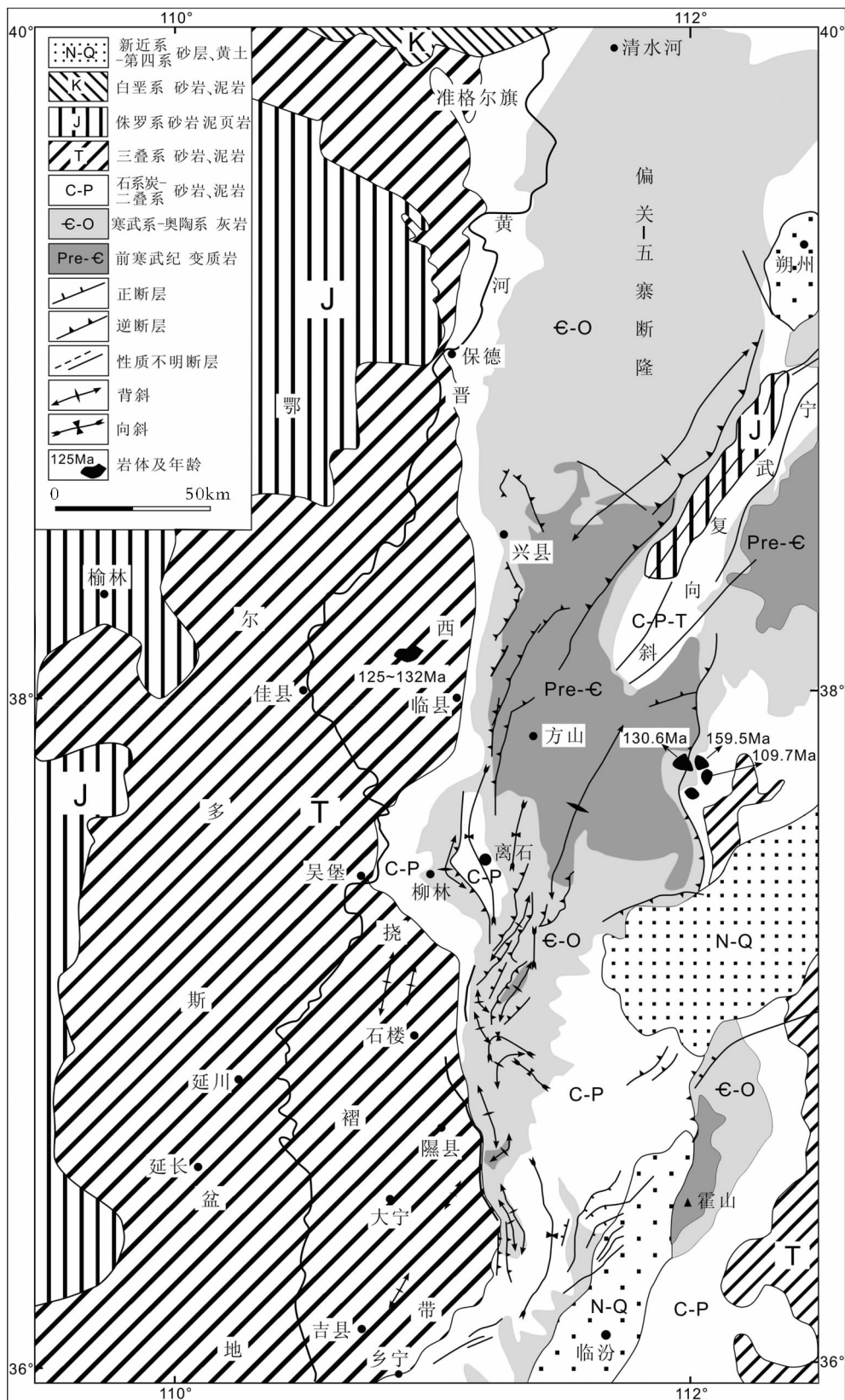


图 1 鄂尔多斯盆地东缘及邻区构造简图^①

Fig. 1 Simplified structural map around the eastern margin of the Ordos basin and its adjacent area

分为北、中、南 3 段。

北段位于兴县交楼申—方山县峪口, 表现为 4 条 NNE 向雁行排列的逆冲断层, 断层走向为 10~25°, 与切断的地层走向基本一致, 断层面西倾, 倾角 60~80°, 北西盘老地层逆冲到南东盘新地层之上, 地表破碎带发育, 破碎带内岩层近于直立, 推测断裂断距不大。

中段位于吕梁马头山—五鹿山, 该段被第四系覆盖严重, 构造特征不清晰, 仅在南端一些沟谷中零星有出露。野外观测显示: 该段断面东倾, 倾角在 45~70° 之间, 东盘前寒武地层逆冲在西盘奥陶系之上, 两侧地层产状多近直立, 甚至出现倒转, 具逆冲断层的特征。破碎带较窄, 可见构造角砾岩(图 5)。

南段位于隰县五鹿山—临汾峪里, 是离石断裂在地表表现最清楚的地段。该段由密集的逆冲断裂和破碎带组成, 断面向东陡倾, 倾角 70~80°, 破碎带宽 30~300m, 构造角砾岩、构造透镜体、断层泥、劈理带等发育, 是典型的挤压破碎带(图 6)。

离石断裂带的分段特征反映其受到不同构造运动的影响。断裂带北段卷入的地层较老, 沿其东西两侧分别出露太古宙超基性岩群和燕山期岩浆岩; 中段和南段卷入的地层则以古生界—三叠系为主, 未见有岩浆活动, 断裂带内部挤压—剪切变形比北段强烈得多, 尤其是南段, 强烈的挤压破碎现象十分明显。断裂带西侧地层产状多表现为近直立, 东侧多发育褶皱构造。另一方面, 断裂带对其两侧的沉积和构造控制作用也非常明显^[3]。沉积方面, 元古宇野鸡山群、黑茶山群、汉高山群局限分布于断裂附近, 寒武纪、奥陶纪岩相古地理及沉积厚度明显受其控制, 三叠纪以来地壳升降呈天平式摆动也基本上以此断裂为支点, 目前又是陕北黄土高原的东界。构造方面, 断裂西侧是内部变形较弱的鄂尔多斯盆地, 东侧则是变形强

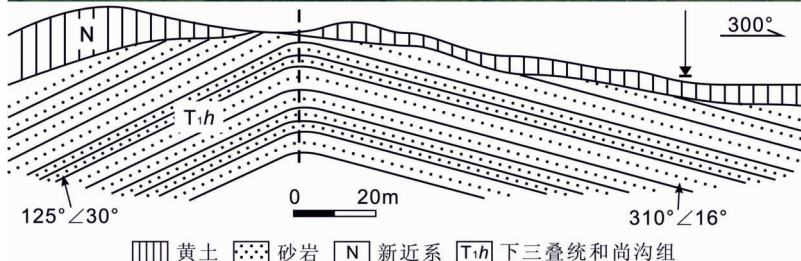


图 2 窑渠背斜

Fig. 2 Yaoqu anticline

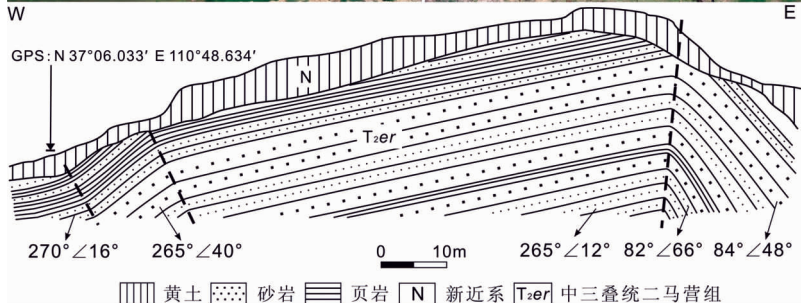


图 3 石楼背斜

Fig. 3 Shilou anticline

烈的山西断隆。这说明断裂带的发展演化对鄂尔多斯盆地东缘地区的演化有重大影响。

2.3 节理特征

以节理构造的统计研究为基础, 利用共轭节理的交切关系, 恢复节理形成时古构造应力场的方向。这种方法在鄂尔多斯盆地构造应力场的研究中已为不少研究者采用^[3-9], 并取得了较理想的效果。在构

造活动频繁的区域,由于后期构造活动的叠加,对构造形迹的识别和正确厘定有一定困难,因此合理区分各时期具有指向意义的共轭剪节理尤为关键。

同一个构造应力场作用下形成的一对共轭剪节理具有以下特征^[14]:①两组节理以近 90°的角度相切交,具有近似的密度、延伸长度,都没有充填物或有相同的充填物;②两组节理几乎是同时形成的,常互相截切,而不能总是一组切断另一组;③共轭剪节理一定有微小的位错,表现为一组是右行,另一组是左行的。

野外调查发现,研究区内节理构造十分发育,分布广泛,是典型的区域性节理,但在不同区域和地层中节理特征也不相同。经过统计与分析,盆地东缘地层中的节理普遍具有下列共同特点:①垂直剪节理体系十分发育,节理面倾角普遍大于 70°,斜交节理、水平节理并不发育。②在某一区域,剪节理成对出现,并以近 90°的角度相交切,形成棋盘格子构造,平面上表现为 X 形的样式。各组节理产状变化不大,具有近似的密度、延伸长度。③节理面上可见具有指示相对运动方向的反阶步等构造,节理末端出现菱形结环,部分节理组中出现追踪张节理(图 7)。④节理在厚层砂岩中十分发育,但在砂岩上、下相邻的泥岩、页岩中消失,

表明致密岩石在构造应力场的作用下更易形成裂缝。

根据野外观测及分析,研究区内普遍存在 2 套共轭剪节理系统,分别为节理走向近 NS 向与近 EW 向的共轭系和走向 NW 向与 NE 向的共轭系,这些共轭节理系都切割了多个时代的地层。为了区分

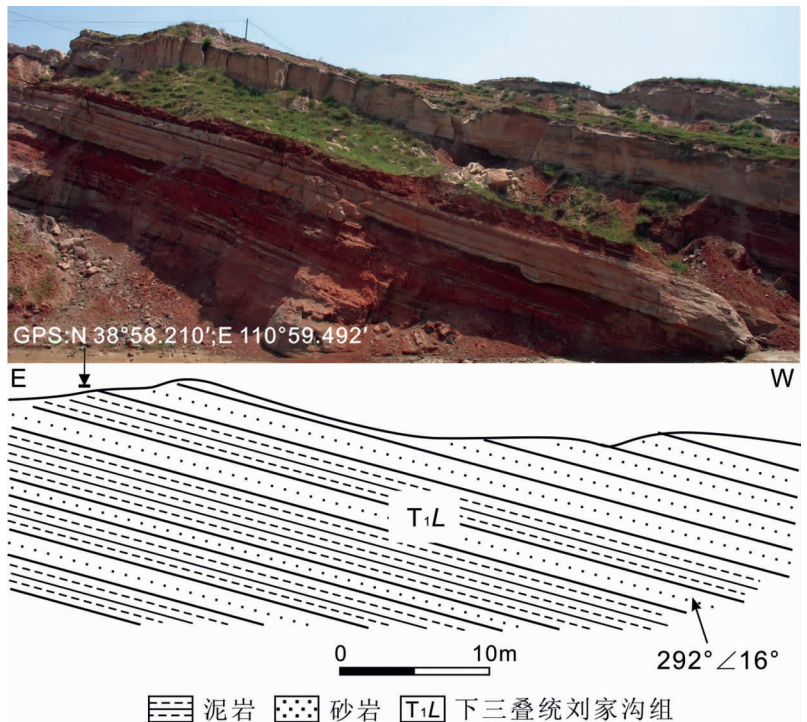


图 4 鄂尔多斯盆地东缘北段的单斜构造
Fig. 4 The monocline structure in northern segment of the eastern margin of the Ordos basin

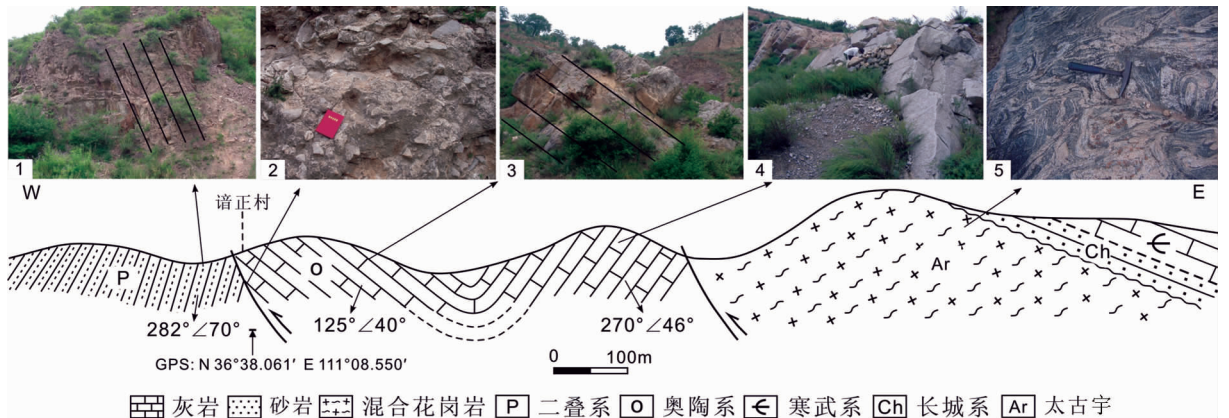


图 5 离石断裂中段示意图

Fig. 5 The features of the intermediate segment of Lishi fault

1—产状近直立的二叠纪砂岩;2—构造角砾岩;3—向斜西翼;4—向斜东翼;5—太古宙变质岩中的揉皱构造

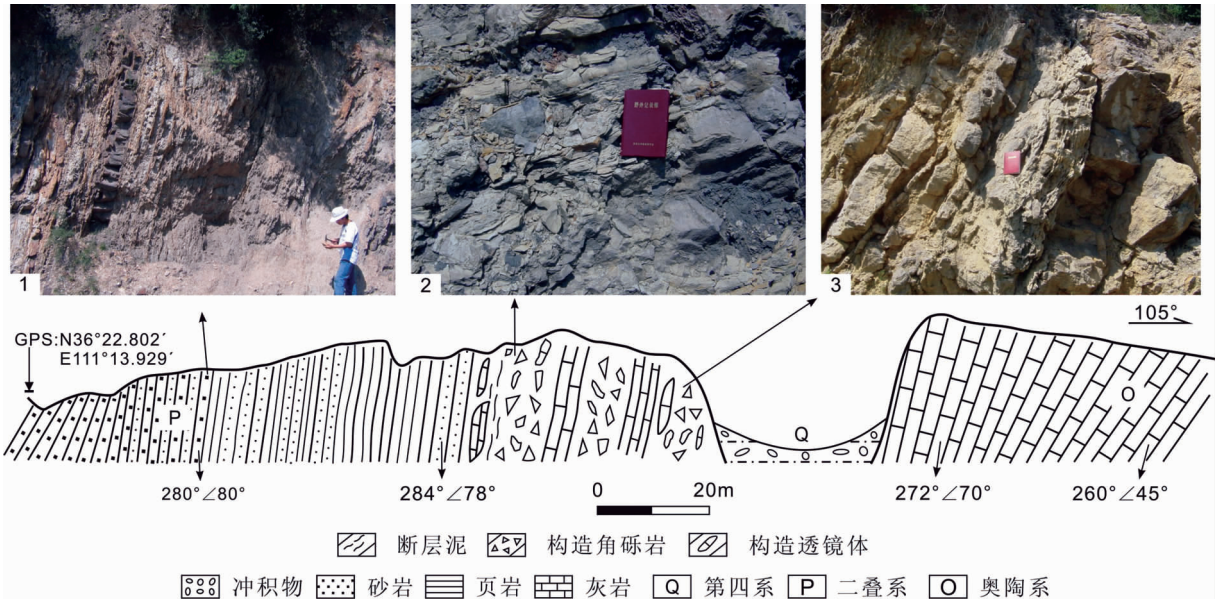


图 6 离石断裂南段破碎带素描图

Fig. 6 The sketch drawing of the southern segment of Lishi fault

1—产状近直立的二叠纪砂岩;2—构造角砾岩;3—构造透镜体

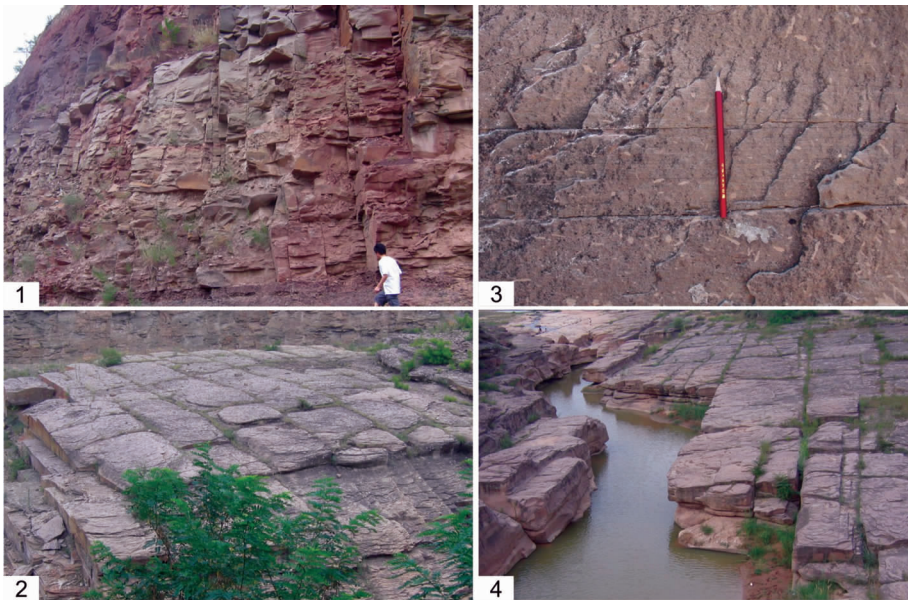


图 7 盆地东缘的平面 X 形共轭剪节理体系的特征

Fig. 7 The features of conjugate joints in the eastern margin of the Ordos basin

1—砂岩中的垂直节理;2—共轭节理形成的棋盘格子构造;3—节理面上的反阶步;4—共轭节理中的追踪张节理(河流走向所示)

中生代以来历次构造运动所产生的不同节理系统,弄清它们的形成时代及其古应力场状态,笔者对研究区内的节理按所在地层由新到老的顺序展开测量统计。

节理统计及分析结果显示:走向近 NS 向与近 EW 向的共轭节理切穿了邻区的白垩系和研究区内的侏罗系、三叠系,根据节理之间微量位错等特征判

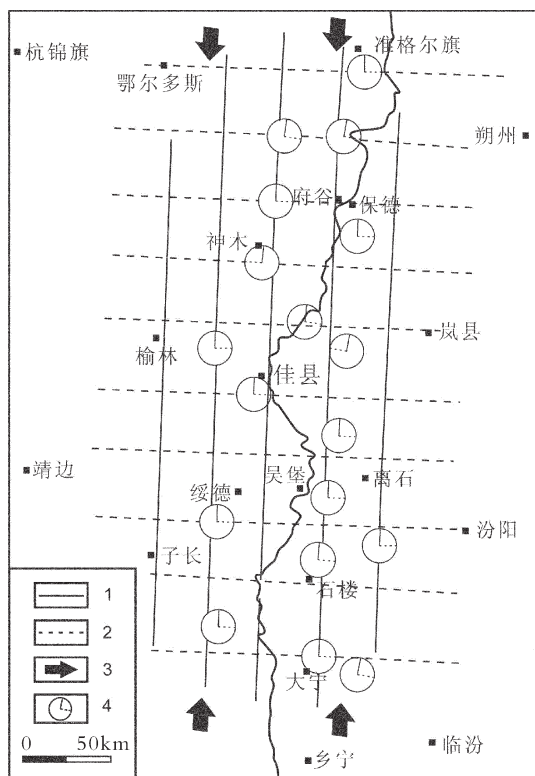


图8 鄂尔多斯盆地东缘印支期构造应力场

Fig. 8 The Indosinian tectonic stress fields in the eastern margin of the Ordos basin

1—最大主应力迹线;2—最小主应力迹线;

3—主压应力方向;4—点应力状态

断,其挤压方向为NE—SW向,为第三期共轭剪节理系统;另一种情况,走向近NS向与近EW向的共轭节理未出现在白垩系中,只切割了侏罗系和三叠系,并且挤压方向显示为NW—SE向,为第二期共轭剪节理系统;除此之外,走向NE向与NW向的共轭剪节理切割了三叠系和部分二叠系,其挤压方向为近NS向,为第一期共轭剪节理系统。综合区域构造演化史和前人的研究结果判断,第一期共轭剪节理是印支运动的产物,第二期共轭剪节理是燕山运动的产物,第三期共轭剪节理则是喜马拉雅运动的产物。

3 构造应力场分析

根据上述配套分期结果,对所测量的节理产状利用吴氏网进行校正,消除由地层倾斜造成的偏差,然后借助赤平投影,分别计算出各点的应力状态和主应力轴应力方位。利用主应力轴应力方位数据获得主应力轴轨迹图,恢复盆地不同期次的古构造应

力场,并利用最大主应力轴应力方位分析构造应力场形成的构造背景。

3.1 印支期构造应力场及构造背景

根据本次研究中测得的印支期共轭节理所取得的点的应力状态,并综合前人已有的资料,可得到研究区范围内印支期不同地区点的应力状态及其应力场分布特征(图8)。可以看出,鄂尔多斯盆地东缘印支期古构造应力场以近NS向挤压为主要特征。统计结果显示,最大主压应力轴的方位为 $5\sim 185^\circ$,倾角 6° 左右,最小主压应力轴的方位为 $95\sim 275^\circ$,倾角 5° ,中间主应力轴倾角大于 80° ,呈近直立状,这一结果与前人关于鄂尔多斯盆地周缘印支期构造应力场的观点基本一致^[3-7]。

发生在晚三叠世的印支运动,伴随着特提斯洋的消减闭合和扬子—华北板块的陆—陆碰撞作用,在鄂尔多斯盆地南缘形成了近东西走向的秦岭褶皱带,海水从中国大陆基本退出。华北板块处于扬子板块和西伯利亚板块南北向挤压构造格局之中,在鄂尔多斯盆地东部和北部产生轴迹近NS向的挤压构造应力场。

3.2 燕山期构造应力场及构造背景

鄂尔多斯盆地燕山期形成的宏观构造,在不同的构造部位其变形特征有不同表现。盆地东缘以发育一系列走向NE向、NNE向的宽缓短轴褶皱为特征,显示该区域燕山期构造应力场挤压方向为NW—SE向。根据测得的燕山期共轭节理所取得的点的应力状态,综合前人已有的资料,可得到研究区内燕山期不同地区点的应力状态及其应力场分布特征(图9)。可以看出,盆地东缘燕山期构造应力场以NW—SE向挤压为主要特征,最大主压应力轴的方位为 $128\sim 308^\circ$,倾角 6° 左右,最小主压应力轴的方位为 $38\sim 218^\circ$,倾角近水平,中间主应力轴倾角大于 80° ,呈近直立状。节理解析结果与宏观构造反映的构造应力场状态基本一致。

晚侏罗世—早白垩世,亚洲大陆处于板块多向汇聚挤压的动力学格局中^[15]。北部,随着蒙古—鄂霍次克洋的关闭,西伯利亚板块向南运动,与华北—蒙古板块发生碰撞;东部,古太平洋板块以低角度快速向亚洲大陆俯冲;西南部,拉萨地块和羌塘地块的碰撞通过秦岭—祁连褶皱带作用于华北板块;西北部,阿拉善地块在南北两侧同时挤压下向东挤出作用于华北板块。燕山运动就是上述几个板块汇聚形成复

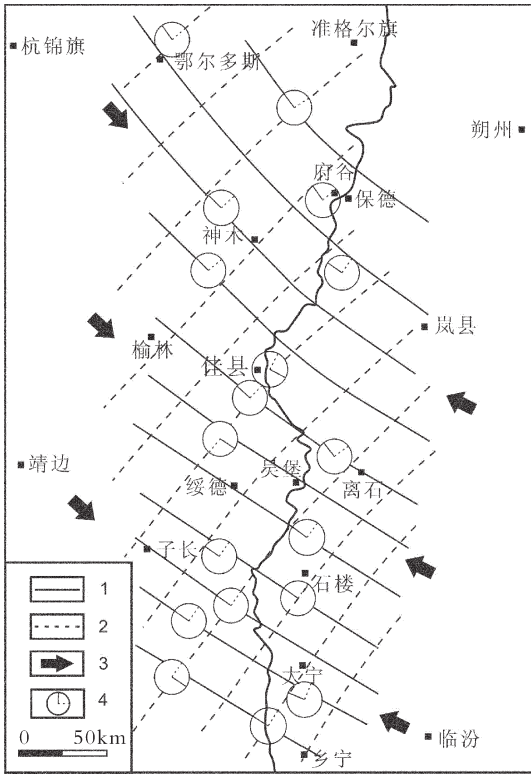


图 9 鄂尔多斯盆地东缘燕山期构造应力场

Fig. 9 The Yanshanian tectonic stress fields in the eastern margin of the Ordos basin

1—最大主应力迹线;2—最小主应力迹线;
3—主压应力方向;4—点应力状态

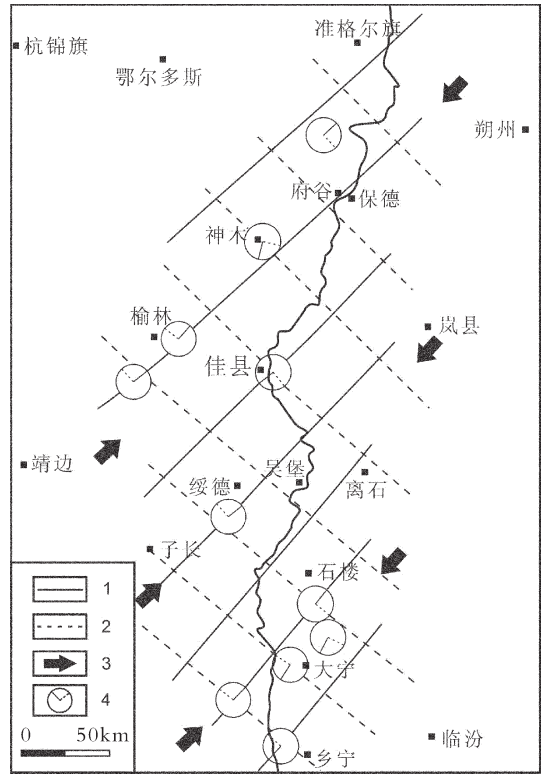


图 10 鄂尔多斯盆地东缘喜马拉雅期构造应力场

Fig. 10 The Himalayan tectonic stress fields in the eastern margin of the Ordos basin

1—最大主应力迹线;2—最小主应力迹线;
3—主压应力方向;4—点应力状态

合的中国大陆主体,并增生于欧亚大陆的一个关键的构造运动,现今鄂尔多斯盆地的构造-地貌格局就是在上述大背景中形成和演化的。在上述的影响因素中,古太平洋板块向亚洲大陆的俯冲对盆地东缘的构造演化占主导地位。

古太平洋板块向西、北西向向亚洲大陆俯冲,使中国东部处于左行剪切状态,由此派生出的 NW 向挤压导致华北板块内部广泛的构造变形和陆内造山。上三叠统及其以上的地层遭到强烈剥蚀,盆地东缘边界线被推到吕梁山以西地区。由于远离板块边界,鄂尔多斯盆地内部表现得相对稳定,但在周缘形成了复杂的构造带。区域构造分析表明,盆地东缘和山西断隆上发育一系列规模不等、走向 NE—SW 至 NNE—SSW 向、卷入基底的褶皱构造,这些构造形迹一致收敛于离石断裂,根据卷入的最新地层推测,挤压构造变形发生在晚侏罗世时期^[13],时间上对应于燕山运动^[16-18]。另一方面,板块汇聚和陆内造山

导致中国东部地区地壳岩石圈增厚,特别是华北板块地壳大幅度增厚,诱发了以华北为中心的岩石圈垮塌减薄和克拉通破坏,大规模的软流圈地幔上涌发生的底板垫托作用引发了巨量的岩浆侵入和火山喷发^[16]。调查发现,山西断隆上发育大量小型的燕山期花岗岩体,其年龄在 110~130Ma 之间^[13],盆地东缘的紫金山杂岩体的锆石 SHRIMP U—Pb 年龄为 125~132Ma^[19],说明岩体侵入发生在早白垩世时期,与中国东部地区普遍的岩浆侵入活动具有一致性,是在相同的构造背景下形成的。

3.3 喜马拉雅期构造应力场及构造背景

鄂尔多斯盆地西南六盘山弧形构造带由一系列向北东方向凸出的逆断层和褶皱组成,弧形构造带的东南翼具右行张扭,西北翼具左行张扭的特点^[20];盆地北部河套弧形地堑系的东北翼具左行走滑,西南翼具右行走滑的特点^[21];东部山西地堑系则表现为右行张性断陷带。宏观构造特征表明鄂尔多斯盆

地喜马拉雅期构造变形是NE向挤压、NW向拉张联合作用的结果。

研究区内喜马拉雅运动形成的破裂形变是叠加在燕山期形成的小型破裂之上的,但并未将后者完全置换。根据共轭节理所取得的点的应力状态,综合已有的资料,可得研究区范围内喜马拉雅期的构造应力场特征(图10)。最大主压应力轴呈NE—SW向($42\sim 222^\circ$),倾角 8° 左右,最小主压应力轴的方位为 $132\sim 312^\circ$,倾角近水平,中间主应力轴呈近直立状。

喜马拉雅运动时期,印度板块与欧亚板块的碰撞,以及碰撞期后的陆内俯冲,使得鄂尔多斯西南缘的祁连褶皱带(六盘山褶皱带)大幅度向NE方向逆冲于鄂尔多斯地块之上,同时碰撞导致的块体横向逃逸所伴随的走滑拉张作用形成了环鄂尔多斯地塍系^[22-25]。这样整个鄂尔多斯盆地处于强烈的NE—SW向挤压、NW—SE向拉伸的状态,构造应力场发生了根本改变,即挤压方向由燕山期的NW向为主转变为NE向,其挤压应力源于新特提斯构造动力体系。

4 主要认识

通过上述研究分析认为,鄂尔多斯盆地东缘中—新生代构造变形与印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动密切相关。

印支运动对鄂尔多斯盆地东缘构造影响相对较小,扬子板块和华北板块的碰撞拼贴,在板块边界形成了秦岭褶皱带,刚性的鄂尔多斯地块内则形成小型破裂,构造应力场以近NS向挤压为特征。

燕山运动对盆地东缘的形成演化意义重大,盆地东缘的基本构造形态就是在这—时期形成的。受到古太平洋板块与亚洲大陆俯冲产生的远程构造效应的影响,区内发育一系列NE—NNE走向的开阔平缓的背斜带和单斜构造;离石断裂强烈活动,以挤压脆性变形为主,挤压破碎带、构造角砾岩、构造透镜体等发育;节理解析获得的古构造应力场以NW—SE向挤压为特征。

新生代以来,由于区域构造体制的转换,盆地东缘古构造应力场挤压方向由燕山期的NW—SE向转变为NE—SW向,其动力主要来自印度板块向欧亚板块的碰撞和碰撞期后的陆内俯冲所产生的远程效应。

致谢:在野外调查工作中得到中国东方公司长庆物探处任文军处长的热情帮助,在此深表感谢。

参考文献

- [1]张岳桥,施炜,廖昌珍,等.鄂尔多斯盆地周边断裂运动学分析与晚中生代构造应力体制转换[J].地质学报,2006,80(5):639-647.
- [2]廖昌珍,张岳桥,温长顺.鄂尔多斯盆地东缘边界带构造样式及其区域构造意义[J].地质学报,2006,81(4):466-474.
- [3]张泓.鄂尔多斯盆地中新生代构造应力场[J].华北地质矿产杂志,1996,11(1):87-92.
- [4]汤锡元,郭忠铭.鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆构造带特征及其演化与油气勘探[J].石油与天然气地质,1988,9(1):1-10.
- [5]徐黎明,周立发,张义楷.鄂尔多斯盆地构造应力场特征及其构造背景[J].大地构造与成矿学,2006,30(4):455-462.
- [6]张泓,孟召平,何宗莲.鄂尔多斯煤盆地构造应力场研究[J].煤炭学报,2000,25(增刊):1-5.
- [7]张义楷,周立发,党森,等.鄂尔多斯盆地中东部三叠系、侏罗系露头区裂缝体系展布特征[J].大地构造与成矿学,2006,30(2):168-173.
- [8]杨俊杰.鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M].北京:石油工业出版社,2002:1-79.
- [9]张岳桥,廖昌珍,施炜,等.论鄂尔多斯盆地及其周缘侏罗纪变形[J].地学前缘,2007,14(2):182-196.
- [10]张抗.鄂尔多斯断块构造和资源[M].西安:陕西科学技术出版社,1989:1-394.
- [11]赵重远,刘池洋.华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存[M].西安:西北大学出版社,1990:1-189.
- [12]白玉宝,孙冬胜.离石断裂带构造特征与演化[J].石油与天然气地质,1996,17(1):77-80.
- [13]山西省地质矿产局.山西省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [14]万天丰.古构造应力场[M].北京:地质出版社,1988:22-35.
- [15]任纪舜.中国东部及邻区大地构造演化的新见解[J].中国区域地质,1989,(4):289-300.
- [16]董树文,张岳桥.中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释[J].地质学报,2007,81(11):1449-1461.
- [17]董树文,吴锡浩,吴珍汉,等.论东亚大陆的构造翘变——燕山运动的全球意义[J].地质评论,2000,46(1):8-13.
- [18]赵越,张控红,徐刚,等.燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J].地质通报,2004,23(9/10):854-863.
- [19]杨兴科,杨永恒,季丽丹,等.鄂尔多斯盆地东部热力作用的期次和特点[J].地质学报,2006,80(5):705-711.
- [20]汤锡元,郭忠铭,陈荷立,等.陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探[M].西安:西北大学出版社,1992:116-123.
- [21]郭忠铭,于忠平.河套弧形地塍系构造特征和演化机制及其油气勘探[J].石油勘探与开发,1990,3:11-19.
- [22]Tapponnier P, Molnar P. Active faulting and tectonics in China[J]. Journal of Geophysical Research, 1977, 82:2905-2930.
- [23]Xu X, Ma X. Geodynamics of the Shanxi rift system, China[J]. Tectonophysics, 1992, 208: 325-340.
- [24]张岳桥,廖昌珍,施炜,等.鄂尔多斯盆地周边地带新构造演化及其区域动力学背景[J].高校地质学报,2006,12(3):285-297.
- [25]张岳桥.晚新生代青藏高原构造挤出及其对中国东部裂陷盆地晚期油气成藏的影响[J].石油与天然气地质,2004,25(2):162-169.

① 山西省地质局区域地质调查队. 1:20万石楼幅区域地质调查报告. 1972.