

煤炭科学研究总院学术著作出版基金资助出版

国家重点基础研究发展规划（973计划）项目
(编号2003CB214602; 2002CB211703) 成果

鄂尔多斯盆地构造演化与成煤作用

——1:500000鄂尔多斯煤盆地地质构造图

· 简要说明

张 泓 何宗莲 晋香兰 张培河 孟召平



8.110.2
013

地质出版社

0564663

煤炭科学研究总院 P618.110.2 基金资助出版
013

国家重点基础研究发展规划 (973 计划) 项目
(编号 2003CB214602; 2002CB211703) 成果

鄂尔多斯盆地构造演化与成煤作用

——1:500000 鄂尔多斯煤盆地地质构造图
简要说明

张 泓 何宗莲 晋香兰 张培河 孟召平

(煤炭科学研究总院西安分院)



石油大学

0533165

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

鄂尔多斯盆地构造演化与成煤作用/张泓等编著.
—北京:地质出版社,2005.4
ISBN 7-116-04291-1

I. 鄂... II. 张... III. ①鄂尔多斯盆地-聚煤区
-地质构造-地质图②鄂尔多斯盆地-聚煤区-地质构
造-说明书 IV. P618.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 017896 号



目 录

1 导言	1
1.1 研究简史与现状	1
1.2 研究与编图工作	2
2 构造旋回与构造层划分	4
2.1 结晶基底(地槽型)构造层	4
2.2 盖层(地台型)构造层	5
2.3 中、新生代陆相拗(断)陷盆地构造层	7
3 主要断裂系统	9
3.1 鄂尔多斯地块内部的断裂系统	10
3.2 鄂尔多斯地块周缘的主要断裂系统	13
4 构造单元	17
4.1 鄂尔多斯台拗	17
4.2 鄂尔多斯西缘褶皱冲断带	21
5 鄂尔多斯盆地古构造应力场	25
5.1 印支运动构造应力场	25
5.2 燕山运动构造应力场	28
5.3 喜马拉雅运动构造应力场	31
5.4 构造应力场的地球动力学背景	34
6 鄂尔多斯盆地成煤古地理与沉积演化	36
6.1 晚古生代成煤环境与古地理轮廓	36
6.2 鄂尔多斯盆地的世代演替与聚煤规律	42
6.3 煤层聚集条件与基本聚煤规律	46
7 鄂尔多斯盆地的煤和煤层气资源	49
7.1 煤炭资源	50
7.2 煤层气资源	53
致谢	59
主要参考文献	60
英文摘要	66

Contents

1 Introduction	1
1.1 Research history and status in brief	1
1.2 A summary of the research and mapping program	2
2 Tectonic cycles and tectono-stratigraphical classification	4
2.1 Tectonic strata of crystalline (geosyncline type sequence) basement	4
2.2 Covering (platform type sequence) tectonic strata	5
2.3 Tectonic strata of faulting and depression basin	7
3 Main deep-faulting system	9
3.1 Deep faults within the Ordos Block	10
3.2 Bordered deep faulting system of the Ordos Block	13
4 Geotectonic units	17
4.1 Ordos Syncline	17
4.2 Western Ordos fold-thrust Belt	21
5 Palaeotectonic stress fields in the Ordos Basin	25
5.1 Tectonic stress field of Indosinian Movement	25
5.2 Tectonic stress field of Yanshanian Movement	28
5.3 Tectonic stress field of Himalayan Movement	31
5.4 Geodynamic background of palaeotectonic stress fields	34
6 Coal-forming palaeogeography and depositional evolution of the Ordos Basin	36
6.1 Late Palaeozoic coal-forming environments and palaeogeographic outline	36
6.2 Generational evolution and coal accumulation of the Ordos Basin	42
6.3 Coal-forming conditions and general regularity of coal accumulation	46
7 Coal and Coalbed methane (CBM) resources in the Ordos Basin	49
7.1 Coal resources	50
7.2 Coalbed gas resources	53
Acknowledgements	59
References	60
English Abstract	66

1 导 言

鄂尔多斯盆地东起吕梁山,西抵桌子山、贺兰山、六盘山,北起阴山南麓,南达秦岭北坡,是一个周缘被造山带或构造活动带围限的世界级能源盆地。在行政区划上,鄂尔多斯盆地包括宁夏回族自治区东部、甘肃省陇东地区、内蒙古自治区鄂尔多斯市(原伊克昭盟)和巴彦淖尔盟南部以及阿拉善盟东部、陕西省关中和陕北地区、山西省的河东地区,面积约 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

1.1 研究简史与现状

鄂尔多斯盆地近代地质学研究始于 19 世纪下半叶。美国地质学家 R. Pumpelly 于 1868 年和德国博物学家 F. von Richthofen 于 1871 年先后在鄂尔多斯盆地的东北缘和东缘,进行过探险性质的路线考察;接着,俄国地质学家 B. A. Обручев 于 1892 年考察了盆地北部;此后,法国学者 C. Theihard 和 F. Lecent^[1,2]在盆地北部进行了地质调查。

中国地质学家对鄂尔多斯盆地及其周缘地区的地质调查始于 20 世纪初。翁文灏^[3]、王竹泉^[4~8]、何春荪^[9~11]、孙健初^[12]、赵国宾^[13]、王恭睦^[14]、黄劭显^[15]等,先后在该盆地进行过路线地质调查,论述了地层、构造、石油地质和煤田地质特征。中国地质学家的上述开拓性地质工作,揭示了鄂尔多斯盆地的基本地质梗概,为后来的研究奠定了坚实的基础。

鄂尔多斯盆地地质研究工作获得实质性的进展和新中国的历史是密不可分的。50 多年来,内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、山西等省区的区域地质测量队相继完成了相关地区的 1:200000 地质测量(陕北部分地区除外);(原)地质矿产部第三普查勘探大队和长庆油田开展了大规模的石油、天然气的普查与勘探;内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、山西 5 省区的煤田地质勘探部门在 15 个煤田进行了一系列地质勘查;与此同时,不同部门和单位还进行了人工地震、重力、地面磁测、航磁、大地电流等方面的地球物理勘探和遥感地质调查。这些工作不仅向国家提供了可观的煤炭、石油、天然气等化石燃料资源,为鄂尔多斯盆地能源、重化工基地的开发、建设做出了重要贡献,而且有关该盆地的地质研究也取得了丰硕成果。

鄂尔多斯盆地在大地构造上的地台性质,早在 19 世纪末就由俄国地质学家 B. A. Обручев 确认。黄汲清^[16]首先总结了“鄂尔多斯地台”的构造特征,初步指出了它的范围;后来将其视为中朝准地台的一个次级构造单元,并将其称为“鄂尔多斯台向斜”^[17]或“鄂尔多斯台拗”^[18~21];任纪舜等^[22]新近指出,鄂尔多斯盆地事实上是中朝克拉通(中朝准地台)内部的印支期后多旋回叠合盆地。

陈国达^[23,24]、李四光^[25~28]、张文佑等^[29~32]、张伯声^[33]对鄂尔多斯盆地的大地构造属性,虽然使用了各自互不相容的术语概念及其构造归属意见,但是,都从不同的角度

承认, 它是中国现存的最为稳定、完整的一个构造单元。鄂尔多斯盆地本身比较稳定、相对简单的构造属性, 反衬了其周边构造的活动性与复杂性。这种活动性和复杂性导致了盆地北缘(狼山—阴山地区)、西缘(桌子山—贺兰山—六盘山地区)和南缘(东秦岭地区)的沉积类型、构造样式和构造演化背景等问题认识上的某些分歧。不过, 有关这方面的研究在最近 20 多年已取得许多重要进展。这些进展主要有对贺兰拗拉槽^[34~36]、渣尔泰拗拉槽^[37]、豫晋陕拗拉槽^[38,39]的确认, 对大青山推覆构造带^[40]、鄂尔多斯西缘冲断推覆构造带^[41~48]、秦岭造山带^[49~60]、鄂尔多斯盆地周缘的新生代断陷盆地和活断层^[61~63]研究的突破性进展。上述成果对于认识鄂尔多斯盆地的构造特征和构造演化背景及其与周边构造的关系极为重要。

对鄂尔多斯盆地构造特征和演化问题的论述^[25,26,36,64~70]较多, 并从不同的角度得出了各自不同或相互接近的结论。不过, 这些研究大都是从石油地质角度出发, 以揭示油气勘探开发前景为目的而进行的。然而, 鄂尔多斯盆地不仅是我国重要的含油气盆地^[46,70~83], 而且也是一个世界级巨型聚煤盆地。含油气盆地和含煤盆地的研究虽然有许多共通之处, 但出发点和侧重点毕竟不同。自从 20 世纪 80 年代开始, 我国学者根据数十年积累的煤田地质调查与勘探成果, 从聚煤条件、成煤构造环境、煤和煤层气资源角度, 对鄂尔多斯盆地进行了系统研究^[84~107], 从而, 把该盆地的煤田地质研究提高到一个新的水平。

1.2 研究与编图工作

鄂尔多斯盆地蕴藏有丰富的煤炭、石油、天然气资源; 其中, 仅煤炭就占全国煤炭资源的 35.54%。最近, 还发现了可地浸砂岩型铀矿^[108~110]。这项研究是国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(课题编号: 2003CB214602; 2002CB211703)、国家“十五”重大科技攻关项目专题“我国煤层气富集成藏规律与煤层气勘探开发有利地区优选研究”(编号: 2001BA605A-07-01)的部分研究成果。前期研究和编图工作在十几年前就已着手进行。当时, 根据煤田预测和煤炭资源评价要求, 初步编制了 1:500 000《鄂尔多斯聚煤盆地地质构造图》, 以揭示鄂尔多斯煤盆地及其周缘的地质构造及其相关煤地质规律。

近年来, 我们系统完成了涉及鄂尔多斯盆地及其邻区煤地质问题的多个研究课题。这些科研课题主要有“鄂尔多斯聚煤盆地形成与演化”(煤炭工业部重点科研项目)、“鄂尔多斯煤盆地构造应力场研究”(煤炭科学基金项目, 编号: 93-地-20821)、“西北地区中生代含煤地层研究”(煤炭工业部“八五”重点科研项目, 编号: 91-54)、“西北侏罗纪聚煤盆地形成演化与聚煤规律研究”(煤炭工业部“八五”重点科研项目, 编号: 92-26)、“华北板块晚古生代成煤古气候研究”(国家自然科学基金项目, 编号: 49472126)等。经多年努力, 在含煤地层、聚煤盆地形成与演化、聚煤规律、煤岩、煤质与煤变质规律、煤中伴生矿产、煤层气与煤炭资源评价与开发战略、煤的综合利用等涉及鄂尔多斯盆地煤地质问题的各个领域, 均取得了一批重要研究成果。

在这次研究和编图工作中, 充分利用了上述科研项目研究成果, 同时, 还全面收集

了已出版的文献和国内有关部门未出版的煤田地质勘探资料和图件,特别是内蒙古自治区、宁夏回族自治区、甘肃省、陕西省、山西省涉及鄂尔多斯盆地的 1:50 000、1:200 000、1:500 000 和 1:1 000 000 的地质调查成果,也参考使用了上述五省(区)区域地质志^[111~115]的部分成果。在实际工作过程中,利用完成国家科研项目的机会,实地考察了盆地内部的绝大部分地质露头;为了查明一些关键地质问题,又分别在大青山、色尔腾山、狼山、桌子山、贺兰山、六盘山、吕梁山以及鄂尔多斯盆地南部的铜川—韩城地区系统地实测了数十条地质剖面,对于盆地内部的有关地层,进行了有针对性的再观察和专题研究。所有这些都从不同角度丰富了这次研究的科学内容,加强了编图的工作基础。

1:500 000《鄂尔多斯煤盆地地质构造图》由张泓担任主编,并负责说明书的撰写;何宗莲、张泓完成原始图件的具体编制工作;晋香兰完成副图的制作,并和张培河一起参与煤层气资源研究以及部分插图的计算机制作。孟召平^①参与鄂尔多斯盆地古构造应力场的研究。本图及其说明书只是给出了鄂尔多斯盆地的地质构造特征及其演化、煤炭资源和煤层气资源的概要;相关问题的进一步论述,特别是有关煤炭、石油、天然气、可地浸砂岩型铀矿的成矿(藏)原始物质的相互关系,及其在鄂尔多斯盆地共存聚积的机理及其控制因素,将在今后陆续发表。由于作者水平所限,片面性和错误在所难免,敬请读者批评指正。

① 现工作单位:中国矿业大学(北京校区)。

2 构造旋回与构造层划分

鄂尔多斯盆地位于华北克拉通的西部,是华北(或中朝)板块的一部分。在中国大陆地壳演化中,侏罗纪/三叠纪之交的印支运动是构造格局和构造体制发生重大变化的转折期。印支运动以前,以古大陆边缘的裂移、旋转,并汇聚于以西伯利亚地台为核心的古亚洲大陆为特征;印支运动后,进入典型的板块体制或板内构造体制阶段,以中国大陆板块与库拉-太平洋板块、印度板块、西伯利亚板块间的相互作用为特征。也就是说,大约距今 205Ma 以来,中国大陆的构造特征有别于以前的各个阶段,所谓“滨太平洋和特提斯喜马拉雅构造域强烈活动阶段”^[21]和“地洼阶段”^[24],就是中国地质学家对这一构造阶段活动特点的形象总结和说明。上述两种构造体制,深刻地影响着鄂尔多斯盆地(地块)的构造发育特征。

根据接触关系、沉积建造、构造变动、岩浆活动、变质作用和混合岩化等特点,划分了鄂尔多斯地块(盆地)及其周缘的构造阶段(表 2-1),并将构造层归并为 3 类:①结晶基底(地槽型)构造层;②盖层(地台型)构造层;③中、新生代陆相拗(断)陷盆地构造层。

2.1 结晶基底(地槽型)构造层

鄂尔多斯地块(盆地)及其周缘地区结晶基底的主体形成于 1800Ma 前,由迁西构造层(QX)、阜平构造层(FP)和吕梁构造层(LL)组成。

吕梁山和中条山的新太古代地层吕梁群和绛县群与古太古代地层界河口群、涑水群之间存在一个区域不整合界面,该界面是迁西运动的具体体现。不整合面之下,地层的变质程度较深,属高角闪岩相—麻粒岩相。据现有同位素年龄资料,迁西运动的发生时间大约距今 2850~3000Ma。迁西构造层是指上述不整合界面之下的集宁群(阴山地区)、界河口群和涑水群(山西),代表早期陆核形成的产物。

阜平构造层是指新太古代地层贺兰山群(贺兰山)、千里山群(桌子山)、乌拉山群(阴山)、吕梁群(吕梁山)、绛县群(中条山)和太华群(小秦岭),其上被古元古代地层角度不整合覆盖;不整合面之下的地层均产生中—高变质和后继混合岩化。区域不整合所代表的阜平运动可能指示华北古陆核的形成和太古宙构造旋回的终结,发生时间约距今 2500Ma。

吕梁运动在吕梁山至少包括两幕:一是黑茶山群和野鸡山群之间的角度不整合代表的构造幕;二为汉高山群与黑茶山群之间的角度不整合所表征的吕梁运动主幕。地质界将中条山区的担石山群与中条群、西阳河群与担石山群以及小秦岭地区熊耳群与铁铜沟组之间的角度不整合所代表的构造运动称为中条运动;但是,从构造年代学出发,中条运动事实上是吕梁运动的同义语。吕梁运动在阴山和贺兰山分别表现为马家店群与二道凹群、黄旗

口群与赵池沟群之间的角度不整合。吕梁运动是鄂尔多斯地块的重要构造逆转期,它导致了结晶基底的最终固结,其固结期大约距今 1800Ma。本说明书所说的吕梁构造层是指由吕梁运动和阜平运动形成的不整合面之间的地层,包括赵池沟群、二道凹群、岚河群、野鸡山群、黑茶山群、中条群、担石山群、铁铜沟组。

鄂尔多斯地块主体的结晶基底是经过 1800Ma 前的吕梁运动固结的,但是,阴山地区的中元古界渣尔泰群和小秦岭地区的熊耳群都属活动建造系列,并经时限为 1400Ma 前的色尔腾运动和王屋山运动的褶皱回返,达到区域动力变质的绿片岩相,似乎不属于盖层范畴。因此,我们分别将它们称为色尔腾构造层和王屋山构造层,归于结晶基底构造层。前者包括马家店群、渣尔泰群和白云鄂博群,后者是指熊耳群。不过,它们的分布范围都十分有限。

2.2 盖层(地台型)构造层

盖层构造层是指研究区主体范围内的古元古代末至三叠纪地层。按照沉积建造特征和地层间的接触关系,可将其分为第一盖层、第二盖层和第三盖层。

2.2.1 第一盖层:中一新元古界

第一盖层(G_1)是指覆盖在结晶基底之上、晋宁运动和少林运动所形成的不整合面之下的地台型沉积。晋宁运动在鄂尔多斯盆地西缘是指中元古代晚期地层王全口群与新元古代晚期地层正目观组之戒的构造运动;据区域地层对比,该区缺失相当于新元古代早、中期的沉积。因此这一角度不整合可能代表了晋宁运动之后的长期沉积间断。此外,中条山区罗圈组与下伏洛南群龙家园组白云岩之间的角度不整合以及侵入龙家园组的辉长辉绿岩墙(同位素年龄:600~1000Ma)、神花岭花岗岩(同位素年龄:846.9Ma)也是晋宁运动的表现。

少林运动的含义是指寒武系最低层位(辛集组、猴家山组、苏峪口组)与新元古代晚期地层(罗圈组、正目观组)之间的区域性平行不整合所代表的构造运动,其性质为升降运动。这一平行不整合面在贺兰山和小秦岭地区都能见到。

考虑到不整合界面的存在,第一盖层可被细分为 3 个亚构造层。其中,下亚构造层(G_{1-1})包括黄旗口群和汉高山群,前者由石英岩、板岩和白云岩组成,后者的下部以长石砂岩、砂砾岩和泥质岩为主,上部为安山玄武岩夹英安流纹岩。中亚构造层(G_{1-2})由王全口群、什那干群、高山河组和洛南群构成,王全口群的主要岩石类型是板岩、石英岩、白云岩,其底部海绿石的 K-Ar 法年龄为 1289Ma;什那干群由含叠层石的燧石条带状灰岩、泥质灰岩和含砾石英岩组成;高山河组与洛南群主要由白云岩、燧石白云岩和板岩组成;上亚构造层(G_{1-3})是正目观组和罗圈组,它们的下部均以冰碛岩为主,上部是板岩、含砾灰岩、粉砂岩和页岩。

总之,该构造层是研究区地槽回返、结晶基底形成后的第一套地台型沉积,主要为石英砂岩建造,反映了盖层形成初期地壳仍然不太稳定的沉积特征。

表 2-1 鄂尔多斯盆地地层层序、构造运动与构造阶段划分简表

Table 2-1 Showing regional stratigraphic sequence, tectogenetic movements and tectonic stages of the Ordos Basin

新生界	第四系			河湖相与风成碎屑沉积，厚 0~2500m	喜马拉雅运动	鄂尔多斯地块隆起，周缘新生代断陷盆地形成			
	新近系			红色河湖相碎屑岩，厚 0~10000m					
	古近系								
中生界	白垩系	上统			燕山运动	鄂尔多斯盆地形成、发育和消亡			
		下统	志丹群	底部泥石流、碎屑流砾岩，中上部河湖相碎屑岩和风成沙丘岩，厚 1050m					
	侏罗系	上统	芬芳河组	红色冲积砾岩，厚 100~1000m			印支运动	大面积隆起	
		中统	安定组	河湖相碎屑岩，厚 350~570m					
			直罗组	河湖相陆源碎屑含煤沉积，厚 200~450m					
			延安组						
		下统	富县组						
	三叠系	上统	延长组（广义）	河湖相碎屑岩，局部含煤，厚 1100~3500m			印支运动	缓慢沉降	
		中统	铜川组	河湖相碎屑岩。在鄂尔多斯西缘，岩性普遍变粗，存在碎屑流和泥石流砾岩，或者相变为碎屑流巨砾岩（崆峒山砾岩），厚 960~1630m					
			下统	纸坊组和尚沟组刘家沟组					
	古生界	二叠系		石千峰组			河湖相碎屑岩；在贺兰山地区，中上部夹数层凝灰岩和凝灰质砂岩，厚 340~720m	晋冀鲁豫运动（上升）	大面积隆起
				上石盒子组			近海三角洲、湖坪及河湖相含煤沉积，厚 80~100m		
			下石盒子组						
			山西组						
石炭系			太原组上部	台地相碳酸盐岩、碎屑-泥质湖坪含煤沉积，厚 120~1250m	晋冀鲁豫运动（上升）	缓慢沉降			
		下统	太原组下部				开闢台地相颗粒灰岩、条带状灰岩、砾屑灰岩、准同生白云岩、白云质灰岩，底部有白云质砂砾岩、砂泥岩和磷块岩；在西缘和南缘陆棚-斜坡相砾状灰岩、砾岩以及深水浊积岩和深水硅质岩发育，厚 320~3300m		
			羊虎沟组/本溪组						
			红土凹组						
奥陶系		下统	志留系	寒武系	上统	中统	下统		
								泥盆系	
									志留系
		奥陶系							
								寒武系	
									上统
中统									
	下统								
		元古宇	新元古界		石英砂岩建造：以石英岩、变质砂砾岩、板岩为主，厚 1400~10000m	少林运动	地块隆起		
中元古界			吕梁运动	盖层形成					
古元古界					浅变质岩系，厚 2000~15000m			吕梁运动	陆壳扩大固结
太古宇			深变质片麻岩，厚 3400~16000m	阜平运动	陆核形成				

2.2.2 第二盖层：下古生界

在包括鄂尔多斯地块在内的华北地台，石炭系上统与早古生代地层之间的长期沉积间断或平行不整合（表2-1）是尽人皆知的，它所代表的具有升降性质的构造运动往往被称为“加里东运动”。从构造年代学概念出发，该不整合面是加里东运动和海西运动的综合反映，为了便于表述，本说明书采用了晋冀鲁豫运动^[115]这一术语。

根据调查和前人研究，石炭系上统和早古生代地层之间并非都是平行不整合接触关系，如在贺兰山北段（呼鲁斯太），上石炭统红土凹组与寒武系毛庄组之间为角度不整合接触；在大青山区，组成晚古生代煤系的阿刀亥组（上石炭统）^[116]与奥陶系之间呈现明显的角度不整合接触关系。在平凉—泾川—富平一线以南，上、下古生界之间也呈现角度不整合，如在泾阳嵯峨山、乾县磨子沟、礼县石泉河、麟游铁泥沟等地，均可见到二叠系下石盒子组（或山西组）角度不整合于奥陶系之上，不整合面之下的早古生代地层发生褶皱变形。

构成研究区第二盖层（G₂）的寒武系、奥陶系各个岩组之间均为连续沉积，主要是以白云质灰岩、隐晶质灰岩、亮晶灰岩和颗粒灰岩为代表的浅水碳酸盐岩建造，但是，在鄂尔多斯地块的西部和南部接近祁连山和秦岭地槽的边缘地带，出现代表深水和半深水沉积的笔石页岩建造、复理石和类复理石建造等，显示其构造环境相对活动的特点。

2.2.3 第三盖层：上古生界—三叠系

鄂尔多斯地块的第三盖层（G₃）是印支运动形成的不整合界面之下的石炭系、二叠系和三叠系。印支运动在鄂尔多斯盆地内部是由侏罗系与上三叠统延长组之间的平行不整合表征的；不过，在贺兰山汝箕沟见到侏罗纪含煤岩系与延长组之间的角度不整合，不整合面之下的石炭系—三叠系发生褶皱和冲断；同样，在准格尔旗五字湾地区，下侏罗统富县组角度不整合覆于中三叠统纸坊组紫红色岩层之上。陕北小理河流域的侏罗系与三叠系之间也似为角度不整合接触：两套地层的倾角虽然只有2°~3°，但是，前者明显西倾，后者向东倾斜。

第三盖层是由海陆交互相含煤建造、陆相含煤建造、复陆屑建造和红色建造组成的巨型海退沉积建造序列，其内部各个岩组（表2-1）是连续的，因此，将它们归并为一个统一的盖层。不过考虑到编图的目的和含煤建造的重要性，将研究区的主要含煤建造之一，即红土凹组、羊虎沟组、本溪组、太原组和山西组处理为下亚构造层（G₃₋₁），由复陆屑建造和红色建造组成的下石盒子组、上石盒子组、石千峰组和三叠系合并为上亚构造层（G₃₋₂）。

2.3 中、新生代陆相拗（断）陷盆地构造层

中、新生代陆相拗（断）陷盆地构造层，是指印支运动后充填于拗陷型和断陷型盆地内的陆相含煤建造、复陆屑建造和红色建造组成的构造层。按照沉积建造、构造运动与构造旋回特征，可将其分为燕山构造层（BY）和喜马拉雅构造层（BH）。

2.3.1 燕山构造层：侏罗—白垩系

燕山构造层即中生代拗陷盆地构造层，是燕山构造旋回的产物。严格地说，燕山运动在鄂尔多斯盆地包括几个构造幕。其中，中侏罗统直罗组与延安组之间的平行不整合，因缺失地层不多，显示这一构造幕导致的差异升降不甚明显。内蒙古新街镇至陕西尔林兔和瑶镇一带，直罗组砂岩（七里镇砂岩）与延安组之间呈“冲刷”接触：砂岩带大体呈NW—SE走向，宽约30km，走向延伸100km以上，“冲刷”面下盘的延安组三至五段遭受程度不同的侵蚀而缺失，在平面上，延安组五段的地层等厚线被“冲刷”带截切^[86,93]。因此，二者之间属嵌入不整合（trachydiscontinuity）接触，显然是地壳上升背景下河流下切作用的产物。

鄂尔多斯盆地西缘上侏罗统芬芳河组与中侏罗统安定组之间的平行不整合所代表的构造幕，导致盆地主体上升剥蚀，大多数地区缺失上侏罗统。下白垩统志丹群与上侏罗统芬芳河组之间的构造幕可能是研究区燕山运动的主幕，两套红色砾岩之间的角度不整合在千阳芬芳河、环县甜水堡都能见到。在缺失芬芳河组的地区，志丹群以角度不整合关系覆于中侏罗统安定组或直罗组之上。

按照地层接触关系和沉积建造特征，燕山构造层自下而上可被细分为4个亚构造层：第一亚构造层（BY₁）包括富县组和延安组，属含煤建造，平行不整合或边缘不整合于第三盖层之上；第二亚构造层（BY₂）由直罗组和安定组构成，为复陆屑建造，与第一亚构造层呈平行不整合或嵌入不整合接触；第三亚构造层（BY₃）指芬芳河组，属红色磨拉石建造，其分布局限于鄂尔多斯盆地西缘；第四亚构造层（BY₄）由下白垩统构成，为磨拉石—复陆屑—红色建造，分布在鄂尔多斯盆地西缘。

2.3.2 喜马拉雅构造层：新生界

喜马拉雅构造层（BH）是指新生代陆相断（拗）陷盆地构造层，是喜马拉雅构造旋回的产物。研究区普遍缺失晚白垩世—古新世沉积，始新统与下白垩统之间为角度不整合关系；在鄂尔多斯盆地西缘，不整合面之下的早白垩世地层出现宽缓褶皱或短轴褶曲。这种现象表明，上述不整合面似乎是燕山运动晚期构造幕和喜马拉雅运动早期构造幕的综合反映，构造应力场研究（详见后文）显示，它可能主要是喜马拉雅运动的产物。自始新世至上新世地层大体为平行不整合或连续沉积，但渐新世末或中新世初的构造幕在研究区的西缘和南缘比较重要；上新统与更新统之间，全区存在的不整合面可能代表喜马拉雅运动的另一重要的构造幕，它导致古近系和新近系出现断裂和短轴褶曲。

喜马拉雅构造层在鄂尔多斯盆地周缘的新生代断陷盆地最为发育。按照地层接触关系和沉积建造特征，自下而上可被细分为3个亚构造层：第一亚构造层（BH₁）由古近系组成，发育于河套盆地、银川盆地、渭河盆地以及贺兰山、六盘山等地，属复陆屑—红色建造；第二亚构造层（BH₂）是指由红色—复陆屑—泥质建造组成的新近系，除分布于河套盆地、银川盆地、渭河盆地外，也见于鄂尔多斯地块的其他地区；第三亚构造层（BH₃）是广泛分布于全区的成因类型复杂的第四系，沉积物类型有陆相粘土、亚粘土、亚砂土、砂、砂砾、砾石等，是一种比较复杂的复陆屑建造。

3 主要断裂系统

鄂尔多斯地块及其周缘地区存在一系列规模不等, 性质不同的断裂构造, 特别是那些深大断裂(带)都经受了长期发展、多期活动过程, 它们对本区的大地构造演化关系密切, 并对不同时期的沉积建造、岩浆活动、变质作用以及包括化石燃料在内的矿产资源的形成和分布, 具有一定的控制作用。根据地表地质调查, 结合地球物理、卫星影像等资料的综合分析, 将研究区的主要断裂构造显示于表 3-1 和图 3-1。

表 3-1 鄂尔多斯盆地主要断裂数据表

Table 3-1 The data of main faults from the Ordos Basin

地区	编号	名称	区内 延伸 长度 km	走向	深度 ^①	性质 ^②	形成期 (及活动期)	确定依据
鄂尔多斯地块内部	1	正谊关—偏关断裂	480	EW—NE	CR	C—S	Ar	地表, 卫星照片, 重力, 航磁
	2	惠安堡—吴堡断裂	500	EW	CR	C—S	Ar	地表, 卫星照片, 航磁
	3	固原—韩城断裂	430	EW	CR	C	Ar	卫星照片, 航磁
	4	麟游—潼关断裂	320	EW	CR	C, T, S	Pt(Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 航磁, 地震
	5	吴旗—河曲断裂	450	NE	CR	T(?)	Pt	航磁, 卫星照片
	6	庆阳—佳县断裂	650	NE	L	T(?)	Pt	卫星照片, 航磁, 重力
	7	永寿—柳林断裂	450	NE	L(?)	T(?)	Pt	卫星照片, 航磁, 重力
	8	下站—汾西断裂	230	NE	L	T, C	Pt(Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 航磁, 重力
鄂尔多斯地块周缘	9	巴彦乌拉—阴山断裂	500	NE—EW	L	T, C, S	Pt(Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	10	黄河断裂	400	EW—SEE	CR	T, S	Mz? (Kz)	卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	11	乌拉山—大淖兔断裂	190	BEE	CR	T, C, S	Mz(Kz)	地表, 卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	12	大青山山前断裂	130	NEE	CR	T, C, S	Mz(Kz)	卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	13	磴口—阿拉善左旗断裂	300	NE	L	T, C	Pt(Pz, Mz, Kz)	航磁, 重力, 地震
	14	磴口—石嘴山断裂	250	NE, SN	L(?)	C, T	Pt(Mz, Kz)	卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	15	桌子山东麓断裂	150	SN	CR	T, C	Pt(Mz, Kz)	卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	16	青铜峡—固原断裂	400	NNE	L	T, C, S	Pt(Pz, Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 重力, 航磁, 地震
	17	眉县—铁炉子—三要断裂	400	NWW	L	T, C	Ar(Pz, Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 航磁, 地震
	18	渭河断裂	350	EW	CR	T, C	Pt(Pz, Mz, Kz)	卫星照片, 地震
	19	秦岭北麓断裂	200	EW	CR	T, C	Pt(Mz, Kz)	卫星照片, 地震, 地表
	20	华南山前断裂	100	NE, EW	CR	T, C, S	Mz? (Kz)	地表, 卫星照片, 地震
	21	渭河盆地北缘断裂	420	EW, NE	CR	T	Pt(Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 地震
	22	呼和浩特—清水河断裂	140	NNE	L(?)	T, C, S	Ar(Mz, Kz)	地表, 卫星照片, 重力, 航磁
	23	离石断裂	320	SN	L	T, C, S	Ar(Mz)	地表, 卫星照片, 重力, 航磁

①CR—地壳断裂, 切割康拉德面; L—岩石圈断裂, 切割莫霍面; ②T—张性断裂; C—压性断裂; S—剪切断裂。

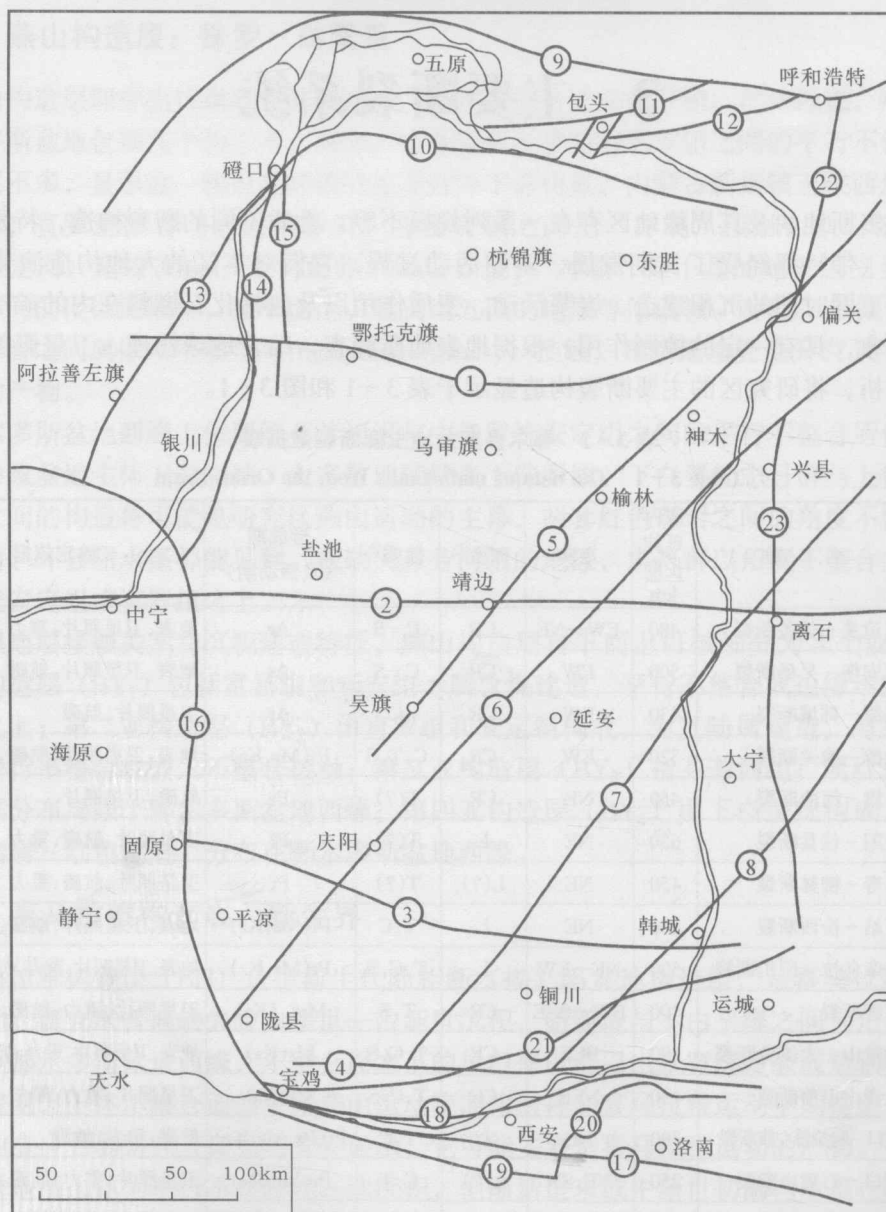


图 3-1 鄂尔多斯地块及周缘的主要断裂系统
(编号与名称同表 3-1)

Fig.3-1 Main faults system of the Ordos Block

3.1 鄂尔多斯地块内部的断裂系统

鄂尔多斯地块内部存在两组主要断裂，其一为东西向，大都形成于太古宙，后期活动微弱其二为北东向，主要形成于新太古代和元古宙，大都构成陆内元古宙拗拉槽的边界。

3.1.1 东西向断裂

正谊关—偏关断裂：西起贺兰山北段的宗别立，向东经正义关，在铁克苏庙附近，向东南方向延伸，经鄂托克旗，至乌审旗附近转折为北东东走向，终止于山西偏关附近，全长480km，略呈向南凸出的弧形。铁克苏庙以西，正谊关—偏关断裂出露地表，即正谊关断裂或别斯胡图断裂；经大比例尺填图、勘探和井巷工程揭露，其北侧为太古宙贺兰山群，南侧是早古生代灰岩和晚古生代煤系；断面以北倾为主，个别地段有南倾之势，倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，具有右行平移性质。铁克苏庙以东，全部陷伏于显生宙盖层之下，在航磁图上，为性质不同的磁场分界：北部为近东西向并略向南凸出、变化较大的正异常区，南部为变化较小的平静负异常区。但重力异常图上，表现不甚明显。该断裂可能是结晶基底不同岩相的界线：北侧是强磁性变质岩系；南侧为弱磁性和北东向、磁性强弱相间的前寒武系结晶基底。它可能形成于新太古代，除西段（铁克苏庙以西）在中、新生代有一定的活动性而外，其余地段晚期活动微弱。

惠安堡—吴堡断裂：西起惠安堡，向东经定边、靖边、子洲、吴堡，在离石之北越吕梁山向东延伸至河北石家庄，自西而东横贯研究区中部，区内长度500km。该断裂在（中）卫—（中）宁北山，表现为古生界的褶皱和冲断；东段在越过吕梁山脉的关帝山时，混合岩化作用十分强烈，其程度远大于相邻地区^[115]。吕梁山以西，分布于临县附近紫金山、大肚山、教排山的碱性杂岩体中位于断裂附近；向西越过黄河，分布面积局限、梯度较高的椭圆形异常区沿断裂走向呈线状分布，这些局部正异常区在区域磁场背景中十分突出。考虑到天1井岩心中有辉绿岩侵入的事实，推测上述小面积异常区可能是与断裂相关的侵入体的反映。从地表和航磁异常特征判断，该断裂的规模较大，但在地震剖面上并无明显的断裂显示，卫星影像的信息隐晦。因此，它可能是一条形成于太古宙、晚期活动微弱的地壳断裂。

固原—韩城断裂：西起固原，向东经庆阳、正宁、宜君、韩城至黄河东岸，走向北西—南东东，全长430km，全部隐伏于盖层之下。在航磁异常图上，断裂经过地带为东西向异常带与北东向异常带交汇重叠部位，使得磁力线发生显著的扭曲，但东西向构造特征十分明显；同时，卫星影像的线性特征也很清晰。由于盖层中未见明显的断裂显示，故推测该断裂可能是形成于太古宙、显生宙没有明显活动的地壳断裂。

麟游—潼关断裂：西起陇县东南，经永寿、口镇、潼关，向东直达河南三门峡，全长约500km，区内长度320km，走向北西西—东西。永寿至口镇一带，断裂出露于地表，并由数条断面向南倾、倾角 $55^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的自南而北叠次逆冲的压性断裂构成；这些断裂切割了古生代地层，中生代地层没有发生明显的错断。口镇以东，隐伏于渭河平原之下。地震反射剖面表明，它仍由3~4条南倾断裂组成，断面在浅部陡立，深部缓斜，但和口镇以西的情况不同之处在于它们在剖面上表现为向南的阶梯状正断倾滑。近年来，沿断裂反复出现大量地表裂缝带，并集中分布于断裂附近2~3km范围内，表明现今仍存在着蠕滑活动^[63]。麟游—潼关断裂在卫星影像上的线性特征极为清晰，同时，它还是区域磁异常的分界：断裂以北是北东向航磁异常块体，异常的分布面积较大，梯度较小；南侧是东西向异常分布区，梯度大，面积较小。该断裂可能是形成于加里东期，并在中、新生代仍有强烈活动的地壳断裂。

3.1.2 北东向断裂

吴旗—河曲断裂：西南自吴旗始，经靖边、横山、榆林、神木、河曲，直达内蒙古自治区岱海附近，全长 610km，区内延伸约 450km，走向北东 40°。该断裂除东北段（岱海、河曲之间）在卫星影像上显示山脊的明显错断外，其他地段均被埋藏于显生宙盖层之下。在航磁异常图上表现为两类不同性质的异常分界：西北侧为平静的负异常区及东西向的变化正异常区；东南侧为作北东向稳定延伸的、正负的条带状异常区。剩余重力异常图上，同样表现为不同走向异常区的分界线。吴旗—河曲断裂可能是太古宙和古元古代形成的基底断裂，它构成了古老基底的岩相界线，断裂之西北侧为前寒武系弱磁性块体，变质（结晶）程度虽然比较高，但普遍缺乏岩浆活动；而断裂东南侧的结晶基底由一系列呈北东向平行排列的强磁性岩带和弱磁性岩带组成。区域地质资料表明，该断裂除在中元古代伴随地块内的拗拉槽一起活动外，显生宙没有强烈活动的迹象。

庆阳—佳县断裂：从陇县温水起，经庆阳、志丹、米脂、佳县、保德扒楼沟附近，继续向东北延伸至晋北左云，全长约 840km，区内延伸达 650km，走向北东 35°~40°。该断裂多被显生宙地层覆盖，但在卫星影像图上，有清晰的线性构造显示；在航磁异常图上，是一条规模宏大的磁力梯度带。在布格重力异常图上，一条北东向梯级带沿断裂展布，梯度变化为 5~8mGal/km^①。作为研究区延伸最长的一条断裂，它可能形成于元古宙，并成为华北陆块内部作北东向延伸的中元古代拗拉槽^[36,37,117]的西北边界，可能属岩石圈断裂；自显生宙以来，虽有某些复活迹象，但活动性并不强烈。

永寿—柳林断裂：南起永寿，向东北延伸经宜君、洛川、延长、柳林，在方山附近斜穿芦芽山、营涇山，达宁武、神池，全长 650km，区内延伸 450km，走向北东。该断裂卫星影像上的线性特征清晰；宁武至柳林一带，表现为芦芽山和营涇山的山前断裂带；在洛川—永寿一带，子午岭、钻天岭和瓦罐岭的山前洪积扇群呈北东向线状排列。在布格重力异常图上，沿断裂是一条明显的梯度带，梯度变化为 5~8mGal/km；同时，它还是不同磁场的分界。它可能是前述鄂尔多斯地块内部作北东向伸展的中元古代拗拉槽的东南边界，与庆阳—佳县断裂具有相同的性质、演化历史和活动方式。

下站—汾西断裂：西南自下站始，并与麟游—潼关断裂相交，向东北经合阳、禹门口、乡宁，越火焰山到汾西，直达太原。全长 480km，区内延伸约 230km，走向北东 40°。在下站—合阳一带，该断裂在地貌上表现为黄土高原与渭河平原分界，并在合阳附近裸露于地表，断面倾向南东，倾角 65°~80°，断距约 80~200m，局部切割第三系，沿断裂带有温泉分布。它在航磁异常图上，是一条北东向磁场分界线。在重力异常图上，它表现为北东向梯级带。下站—汾西断裂可能形成于元古宙，它即使不是晋豫陕中元古代拗拉槽^[38,39]的西部边界断裂，也是和这个拗拉槽有某种共生关系的断层；在中生代是逆冲断层，新生代逆转为正断层。

① 1mGal = 10⁻⁵m/s²。