



NATURAL GAS GEOLOGY IN CHINA Vol.4

中国 天然气地质学

卷 四

鄂尔多斯盆地

杨俊杰 裴锡古 主编

石油工业出版社

TE12/1.4

中国天然气地质学

卷 四

鄂尔多斯盆地

杨俊杰 裴锡古 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

《中国天然气地质学》共分七卷，第一、二卷为总论，第三至七卷为含气盆地各论。

本卷是对近十年来鄂尔多斯盆地天然气勘探成果的总结。书中阐述了鄂尔多斯盆地的区域地质概况，天然气成因类型及气源岩地球化学特征，储层类型及分布规律，天然气的生成、运移、聚集和封盖条件分析，圈闭类型及气藏序列，并对该盆地的远景进行了评价。

本书可供从事油气地质学、特别是天然气地质学的生产和科研人员使用，也可作为有关院校师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国天然气地质学 (卷四): 鄂尔多斯盆地 / 杨俊杰等主编
北京: 石油工业出版社, 1996.3
ISBN 7-5021-1481-5

I. 中…

II. 杨

III. 石油天然气地质-含油气盆地, 鄂尔多斯盆地-中国

IV. P618.130.2

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 19 印张 466 千字 印 1—1300

1996 年 3 月北京第 1 版 1996 年 3 月北京第 1 次印刷

平装定价: 35.00 元

精装定价: 45.00 元

《中国天然气地质学》编委会

主 任 石宝珩

副主任 包 茨 戴金星 戚厚发 杨俊杰 王善书

编 委 (按姓氏笔划顺序)

丁正言 马 力 王 捷 王铁冠

王廷栋 安作相 关德范 刘雨芬

朱家蔚 李晋超 张万选 张厚福

张亮成 张启明 张国俊 吴铁生

吴震权 陈斯忠 陈继贤 陈章明

杨惠民 郝石生 高瑞琪 顾树松

陶瑞明 龚再升 黄汝昌 童晓光

程克明 裴锡古 戴世昭

技术顾问 史训知 田在艺

序

煤、石油和天然气同是现代能源的伟大支柱。天然气工业的发展虽晚于煤和石油，但近40年来天然气产量和剩余储量的增长速度比石油分别快1倍和1.2倍，到80年代末，世界能源结构中天然气已占五分之一强。一些事实表明天然气在未来能源结构中占更重要的地位，据C. Marchetti (1979) 预测，天然气在能源中的高峰态势将于下世纪初到来。天然气地质学正是在这一历史背景下于70年代末从石油地质学中分出成为独立的学科，研究天然气的生成、运移、聚集、成藏以及气藏(田)分布规律。

我国是发现、勘探、开发利用天然气最早的国家之一。公元前11世纪至公元前771年西周时期成书的《易经》中，就记载油气在水上燃烧的“泽中有火”现象。世界上开发最早的四川自流井气田，在13世纪就具有了相当的开采规模。在我国古代书籍中，常称天然气为“火井”、“井火”、“煤气”、“阴气”、“毒气”、“火池”、“地火”、“火龙”和“火泉”。称谓天然气名词之多，反映了中国古代有许多人对天然气已相当注意，并有一定的调查研究。

在我国，应用现代地质学方法研究天然气田的历史，可以上溯到30年代后期。最激动人心的有黄汲清1938年在《地质论评》上发表文章，建议在四川威远穹窿中展开石油和天然气勘探，差不多四分之一世纪之后威远气田勘探开发成功证实了这一科学预见。30年代末至40年代初，黄汲清等发现四川隆昌圣灯山背斜构造和天然气田，成为地质科技的另一杰作。

解放以后，我国油气工业有了空前的发展，然而在前期以勘探、研究石油为主，尽管在天然气方面也不乏重要的发现。80年代初开始以来，我国进行的煤成气和天然气国家科技攻关，不仅大大推动了我国天然气工业的蓬勃发展，而且为促进我国天然气地质学诞生与发展奠定了基础。80年代后期由包茨、陈荣书和戴金星等分别主编和编著的《天然气地质学》和《天然气地质学概论》等著作，标志着我国天然气地质学研究坚定地向着世界先进水平前进。

现在展现在诸位读者面前的《中国天然气地质学》不仅是我国、而且也是世界上第一部大区域性的天然气地质学专著，它全面系统地总结了我国历年来，特别是80年代以来石油系统、地矿系统、煤炭系统、中国科学院和有关高等院校大量的天然气勘探和研究成果，是其科学归纳、提升和综合的结晶。

《中国天然气地质学》共七卷。第一、二卷为总论，第三至七卷为各论。总论部分阐述了天然气的成因分类，地球化学特征，碳、氢、氮和氦同位素组成，各类天然气的鉴别，气源岩展布、特征及各类气源岩产气率，天然气储层和盖层类型、特征，天然气的运移和聚集规律，中国气藏类型划分，控制气藏形成的地质因素及气藏(田)分布规律，气聚集带、气聚集区分区和大中型气田发育的气聚集带的特征，寻找大中型气田的有利地区，我国含气(油)盆地地质构造特征，以及天然气资源评价方法。各论部分是以含气盆地(区)或含气(油)盆地(区)为单元，总结了我国主要含气盆地(区)或含气(油)盆地的各自天然气地质特征、气田(藏)分布规律及其有利勘探方向。《中国天然气地质学》是一部系统性很强的具有国际先进水平的科学专著，在一些重要方面创造性地发展了年轻的天然气地质学理

论。它的出版将进一步促进天然气地质学理论的发展和完善，并对推动我国天然气资源的勘探开发有重要的指导意义。因此，《中国天然气地质学》的出版，是件可喜可贺的事。

孫 枢

1992年7月6日

前 言

能源工业是国民经济发展的支柱产业，能源工业的发展影响和制约着国民经济发展速度。以烃类气为主的天然气是重要的优质能源，又是宝贵的化工原料。因此，当今世界许多国家都十分重视天然气的勘探与开发，重视发展天然气工业。预计到 2000 年，天然气在世界能源构成中的比重将由 1980 年的 19.9% 上升到 41.4%。

为了勘探开发天然气，就要研究和认识天然气生成、运移、聚集、逸散；研究天然气藏与气田形成条件和分布规律，从而逐步形成天然气地质学。关于这一方面的总结，近年来，国内外陆续有一些专著问世。И.В.维索茨基的《天然气地质学》(1979 年)是一部较为系统的天然气地质学论著。我国陈荣书等的《天然气地质学》(1986 年，武汉地质学院出版社)、包茨等的《天然气地质学》(1988 年，科学出版社)和戴金星等的《天然气地质学概论》(1980 年，石油工业出版社)的出版，推动和促进了我国天然气地质学的诞生和形成。

《中国天然气地质学》是以研究和阐明中国天然气及天然气藏形成与分布规律为目的的。它既阐述了天然气藏形成与分布的一般规律，又总结了具有中国地质特点的特殊规律，既研究中国天然气藏形成与分布的总体规律性，又分地区(或盆地)研究区域性特殊规律。

本书的重要特点，是与我国现代天然气工业的发展紧密结合，是对我国近十多年来天然气勘探、开发实践及其研究的总结。

“六五”期间国家组织了“煤成气的开发研究”的科技攻关，开辟了天然气勘探新领域，发现和探明了一批煤成气藏。使我国天然气储量上了一个新台阶，天然气年产量 1985 年达到 $128 \times 10^8 \text{m}^3$ ，比 1975 年增长 45%。

“七五”期间国家继续组织了天然气的科技攻关，其深度与广度较之“六五”都有较大提高，更有力地指导了天然气的勘探与开发，使得“七五”期间探明天然气总储量超过 $3000 \times 10^8 \text{m}^3$ ，创造了历史上探明天然气储量最多的时期。

在勘探实践过程中，广大天然气地质工作者，在天然气成因、各种天然气的鉴别、气源岩特征与成烃模式、天然气运聚、成藏条件及富集规律、天然气聚集带等方面的研究，取得了许多重要成果，其中有相当一部分达到了国际先进水平。本书以十多年来天然气勘探丰富翔实的资料为基础，以对中国天然气地质全面系统综合研究为前提，总结了我国天然气地质特征。

重视理论与实践的结合，是本书的显著特点。从总结中国天然气地质特点出发，本书共分基础理论与分区特征两大部分。基础理论部分(一、二卷)全面论述了具中国地质特色的天然气地质理论。分区特征(三至七卷)则突出了各分区的天然气地质特征，突出了区域性天然气藏形成与分布规律。本书既在总体上阐明了中国天然气资源，又在分区研究中，指明了勘探方向，使本书具有明显的理论性与实践性。

集体劳动的结晶是编写本书的最大特点。“六五”、“七五”期间，直到“八五”期间，十多年来，从事天然气开发科技攻关的已逾千人。参加本书编写的是石油系统包括各油田、研究院(所)、各石油高等院校等百余名科技人员。走过的路，总是要留有痕迹的。十多年的天然气勘探与研究，取得了显著成果，理应留下这段历史的足迹，这是历史赋予的责任。参加

本书编写的百余名专家、教授，正是以对历史负责的态度，尽心尽力地完成了这历史性任务——编写《中国天然气地质学》这部专著。

愿这部专著，在总结过去，开创未来，促进我国天然气工业的发展起到作用，这便是参加本书编写者们的最大心愿。

向关心、支持本书出版的众多同志表示谢意，并敬请广大读者批评指正。

石宝珩

1992年11月15日

目 录

绪论	杨俊杰 1
第一章 区域地质	杨俊杰 张吉森 陈安宁 4
第一节 盆地演化及其区域构造	4
一、鄂尔多斯盆地地质构造稳定与活动的两重性	4
二、鄂尔多斯盆地地质构造演化阶段	7
三、鄂尔多斯盆地地质构造单元的划分	9
第二节 早古生代岩相古地理	18
一、地层	18
二、沉积相标志	20
三、沉积相类型及其综合模式	23
四、早古生代各期岩相古地理	29
第三节 晚古生代沉积体系	43
一、沉积体系与沉积类型的划分	43
二、中、晚石炭世沉积体系	43
三、早二叠世山西期沉积体系	49
四、早二叠世早石盒子期沉积体系	52
五、晚二叠世晚石盒子期沉积体系	55
六、晚二叠世石千峰期沉积体系	55
第二章 天然气成因及气源岩地球化学特征	陈安定 56
第一节 天然气地球化学模拟实验及其地质意义	56
一、低阶煤及煤岩显微组分的成烃模拟实验	56
二、成烃热模拟实验产物的同位素组成	69
三、天然气、二氧化碳、氮气在地层条件下的水溶试验	73
第二节 气源对比及盆地天然气成因类型划分	78
一、气源对比方法研究	78
二、盆地天然气成因类型划分及来源判别	86
三、气源对比研究的地质意义	90
第三节 古生界凝析油的地球化学特征及源岩判别	90
一、古生界凝析油一般性质	91
二、古生界凝析油的两分性及与两套源岩的对应关系	93
第四节 下古生界烃源岩的有机地球化学特征	97
一、岩石有机质丰度及厚度展布	97
二、有机质性质	101
三、有机质成熟度	103
四、下古生界碳酸盐岩有机质的成烃演化模式	104

第五节 上古生界气源岩的地球化学特征	107
一、上古生界气源岩的丰度、类型、成熟度	107
二、煤显微组分与成烃	112
第六节 煤系有机质成烃的若干地球化学问题	113
一、煤系有机质的性质和组成结构特点	113
二、煤系有机质的成烃特点	114
三、煤系有机质的成烃演化阶段划分	116
第三章 储层特征	黄月明 郑瑞林 121
第一节 下古生界储层	121
一、下古生界碳酸盐岩储层的主要特点	121
二、碳酸盐岩储层的岩性特征	122
三、碳酸盐岩储层的成岩作用	125
四、孔隙类型和孔隙结构特征	141
五、碳酸盐岩储层的物性和电性特征	149
六、碳酸盐岩储层的成因类型	152
七、储集性分类和储层评价	156
第二节 上古生界储层	160
一、碎屑岩储层	160
二、石炭系太原组中上部碳酸盐岩储层	176
三、沉积一成岩相	186
四、上古生界储层评价	197
第四章 天然气的生成、运移、聚集和封盖条件	裴锡古 205
第一节 盖层封盖性能及储盖组合	205
一、盖层封盖性能	205
二、盖层的判识及评价	208
三、储盖组合	213
第二节 构造—热演化史及生烃史	215
一、构造—热演化史	215
二、古生界气(油)源岩生烃史	228
第三节 天然气的运移和聚集	235
一、运移机理讨论	235
二、奥陶系天然气运聚作用剖析	237
三、上古生界天然气运聚的几点规律	239
第五章 圈闭类型及气藏序列	傅锁堂 244
第一节 圈闭类型	244
一、构造圈闭	245
二、地层圈闭	248
三、岩性圈闭	249
四、古地貌圈闭	253
第二节 气藏实例	256

一、构造气藏	256
二、岩性气藏	261
三、古地貌气藏	265
第三节 气藏序列	268
一、中部古隆起区的气藏序列	268
二、西缘掩冲带的气藏序列	269
三、东部盐洼区气藏序列	270
四、伊盟隆起区的气藏序列	271
五、渭北挠褶区的气藏序列	272
六、天环坳陷的气藏序列	272
第六章 天然气分布规律和远景评价	杨俊杰 273
第一节 天然气分布规律	273
第二节 天然气远景评价	274
一、评价尺度与原则	274
二、评价方法	275
三、区带评价	275
参考文献	283
图版及图版说明	287

绪 论

鄂尔多斯盆地即陕甘宁盆地，它处于我国沉积盆地分布区的中带，即是中国第二大沉积盆地，又是中国重要的含油气区。其油气分布的总格局是中生界含油古生界含气、浅部含油深部含气。

该盆地古生界分布面积约 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，具有明显的双层沉积结构：即下古生界为海相碳酸盐岩、膏盐沉积，上古生界为陆相碎屑岩、煤系沉积。中部大气田的勘探与开发给我国石油天然气工业“稳住东部，发展西部”的发展战略增添了“加快中部”的新内容。

这里的古生界油气勘探经历了四个发展时期：①区域普查、按油气苗钻探时期（1957~1976年）；②侦察西缘L形沉积带，按古潜山油气藏钻参数井时期（1977~1980年）；③引入煤型气、深盆气理论，以西缘横山堡冲断席和晋西挠褶带南段为突破口时期（1981~1984年）；④上、下古生界结合，向盆地腹部发展时期（1985年以来）。应当指出：“七五”期间形成的找气主战场、侧翼战场、后备战场的勘探布局 and “准备、突破；扩大、加深”的勘探战略，以及七个找气领域的科学预测，陕参1井、榆3井的工业发现，1979年6月庆阳天然气发展战略研讨会关于主攻中部古隆起北段东侧的决策，都对鄂尔多斯盆地天然气勘探和突破起了重要的推动作用。

从理论与实践结合的尺度衡量，陕北盐洼的发现，奥陶系风化壳古岩溶储集体的揭示，中部古隆起的研究，三者构成了突破该区天然气的地质前提。这里，科学技术是第一生产力的论断日益闪烁着灿烂的光辉。

在天然气地质学研究中，以下情况值得重视：

(1) 油、气聚集可以共盆也可以分盆，但共盆的油、气聚集带往往是分开的，这与盆地的构造发展及油气相态有关。北海盆地是南气北油的例子，西西伯利亚盆地则是南油北气的例子，撒哈拉盆地是西气东油的例子，阿帕拉契亚盆地则是西油东气的例子。

(2) 气田的两极分化更为明显，全世界已有气田1700个，储量大于 $0.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 者161个，其数量占1%而储量却占70.2%（张子枢，1990）。

(3) 只重视背斜型大气田的观点受到了挑战。从已有的资料看，背斜型气田仍居主导地位，世界上构造气田占89%，地层气田占8%，复合气田占3%，例如前苏联48个储量大于 $0.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的气田中只有1个地层—岩性型气田（道列拉巴特）。然而，勘探程度高的美国构造气田却占67.4%，地层气田占20%，复合圈闭气田占12.6%。也就是说非构造气田已占总数的1/3，而且发现了大气田乃至巨型气田。

(4) 含气与盆地类型有密切关系。根据张亮成等人的研究，克拉通边缘盆地的储量占48.9%，陆内裂谷、地堑、断陷盆地的储量占31.8%，陆缘年轻活动盆地的储量占15.6%，活动带盆地的储量占3.3%，克拉通内拗陷盆地的储量占0.4%。

不言而喻，地质综合研究的深度和广度对油气勘探起着导向、开拓作用，而油气勘探活动又反过来对地质综合研究的深化提供资料、开辟道路。

1986年，长庆石油勘探局承担了题为“鄂尔多斯地区天然气富集条件”（54—01—10）的国家级科技攻关任务，主要研究上、下古生界含气层的沉积体系、构造背景、烃源岩、储

盖组合、运聚条件和富集规律并作出资源评价。

在完成上述任务中,长庆石油勘探局的地质科研人员与中国石油大学(北京)、北京大学、中国地质大学、西安煤炭研究院、中国科学院兰州地质研究所、成都沼气研究所、西北大学的六十多位专家、教授密切合作、协同攻关,先后丈量地质剖面18条,总厚 1.41×10^4 m;研究探井48口,岩心长1261m;采集各类分析样品4224块,化验分析13项12840项次;编制各类图表691张,完成了“鄂尔多斯地区下古生界天然气富集条件及资源评价”、“鄂尔多斯地区上古生界天然气富集条件及资源评价”等两个四级课题报告及11份五级专题研究报告,在基础理论、关键技术、勘探领域、资源评价、富集规律诸方面获得了一系列新的认识:

(1) 揭示了盆地基底的镶嵌增生结构,论证了盆地构造稳定与活动的两重性特征,划分了构造演化五大阶段、七个一级构造单元20个二级区带,为从整体上分析天然气富集规律,进行分区评价奠定了基础。

(2) 利用碳、氢、氦、氮同位素和轻烃组成进行天然气成因分类,确定该区上、下古生界气源岩的地球化学标志,发现了混源气聚集,并且改进热压模拟实验,成功地收集了轻烃组分,获得了碳酸盐岩、泥岩、煤岩的产烃率;还首次在国内开展了生物气的试验研究。

(3) 系统研究了下古生界不同时期的岩相古地理格局,建立了成岩后生序列及孔隙演化模式,强调整大气淡水形成云坪溶孔储集体的观点,其天然气勘探实践在云坪相带中获得重大发现,从而大大地提高了云坪相带的价值。

(4) 通过对砂体解剖,将鄂尔多斯地区上古生界沉积分为5类20种,属于9种沉积环境、5大沉积体系。

(5) 以实验资料为依据,系统评价了泥质岩、铝土岩、膏岩、盐岩、碳酸盐岩的封盖能力,为划分储盖组合及分区评价储盖组合奠定了基础。

(6) 揭示了奥陶系顶部风化壳储集体的大型古地貌圈闭,成功地将加里东期侵蚀面上、下的地层进行了配套分析,提出“小岩性、大地层、区域圈闭”的找气思路,主张古地貌与构造、岩性、地层一起成为油气圈闭的四大支柱,进而建立了区带性的圈闭序列,为天然气勘探提供了有效的靶区。

(7) 改进了盆地一维模拟技术,重建了古生界构造发育史、热演化史及生烃史。

(8) 根据构造单元、沉积相带、地热演化分区及勘探成果,对盆地天然气聚集区进行了预测,为发展天然气勘探指明了方向。

《中国天然气地质学》(鄂尔多斯盆地)正是在上述科研成果的基础上编纂而成的。全书共分六章,其中绪论、盆地演化及其区域构造、天然气分布规律和远景评价由杨俊杰执笔;天然气的生成、运聚和封盖条件由裴锡古执笔;圈闭类型及气藏序列由傅锁堂执笔;早古生代岩相古地理由张吉森执笔;晚古生代沉积体系由陈安宁执笔;天然气成因类型及气源岩地球化学特征由陈安定执笔;储集体特征由黄月明、郑瑞林执笔。在此,我们向对本书提供资料、参与工作的专家一并致谢!

在本书编纂过程中,一是坚持鄂尔多斯盆地既是一个地壳构造单元更是一个大型油气区的观点,二是充分反映该区“七五”科研攻关的成果及水平,回溯该区天然气大发现、大突破的历史;三是全书内容力求丰富、观点力求明确、文字力求精炼,数据力求准确;四是地质综合研究与勘探实践互相渗透、互相推动、协调发展。

总之,鄂尔多斯盆地油气资源丰富、勘探领域宽广、发展潜力巨大,既是油气协调发展

的宝地，也是油气地质家一展文武的乐园。新兴的鄂尔多斯天然气区正在中国大地上崛起，它的探明与开发对于造福京津唐、发展西北经济区都有重大的战略意义。

第一章 区域地质

第一节 盆地演化及其区域构造

鄂尔多斯盆地北跨乌兰格尔基岩凸起与河套盆地为邻，南越渭北挠褶带与渭河盆地相望，东接晋西挠褶带与吕梁隆起呼应，西经掩冲构造带与六盘山、银川盆地对峙，其古生界沉积岩分布面积为 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区处于我国沉积盆地分布的中带，兼受其东滨太平洋构造域和其西南特提斯—喜马拉雅构造域地壳运动的影响，是一个稳定沉降、拗陷迁移、扭动明显的多旋回克拉通盆地。

该盆地南临秦岭、祁连裂谷，因其深部热点的影响而使地壳分异加强，于中晚元古代产生三叉裂谷，其楔入陆块内部的分支在发育中被废弃成拗拉谷。鄂尔多斯盆地就是在贺兰拗拉谷和秦晋拗拉谷充填、粘合并夹持的背景上发育、演化的。

一、鄂尔多斯盆地地质构造稳定与活动的两重性

鄂尔多斯盆地地质构造性质以其稳定而闻名中外，其整体上升、持续沉降、斜坡宽缓、背斜微弱、地层水平、接触整合是人所共知的标志。这种地质构造的稳定性既给油气勘探带来乐观的远景，又给油气勘探带来困难的现实，即非背斜油气藏始终是人们必须面对的难题。因而，对其地质构造活动性的一面进行分析，也许会对油气勘探工作有所启迪，对地质研究紧密结合生产有所助益。我们认为，鄂尔多斯盆地构造的活动性尽管是次要的，但却是不容忽视的，其主要标志有五点。

(一) 镶嵌增生的盆地基底

地面地质调查、地球物理勘探和钻井资料证实，盆地基底为前寒武系结晶变质岩，并且具有明显的镶嵌增生结构，其核部由岩性为麻粒岩、浅粒岩、片麻岩和片麻状花岗岩的集宁群组成（32 亿年），具有强磁、高重力的特征，分布于长城以北的鄂尔多斯腹地。其西北经乌兰格尔基岩凸起到狼山，依次为乌拉山群（23.5~25 亿年）和渣尔泰群（13.5~16.5 亿年）；其东南经延安到渭北地区，依次为五台群（20~25 亿年）和吕梁群（17 亿年）；其西至贺兰山区则为千里山群和宗别立群。这种镶嵌增生的基底结构既控制着盆地北东—南西向构造线的发育，也主宰着盆地北隆南洼的差异构造运动（图 1—1）。

(二) 两个弧形构造带

弧形构造是地壳挤压与剪切力相结合的产物。鄂尔多斯地区的两个弧形构造带尽管都位于盆地西

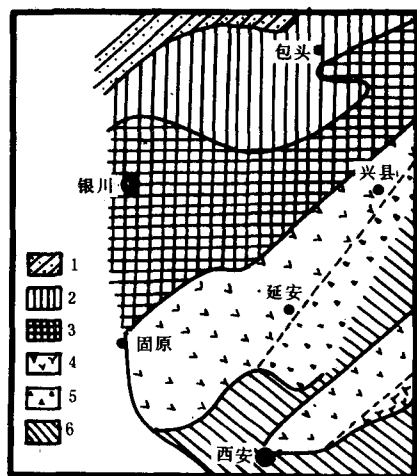


图 1—1 鄂尔多斯盆地基底结构略图(据孙肇才改编)

1—渣尔泰群；2—乌拉山群；3—集宁群；
4—吕梁群；5—中条群；6—界河口群

部和西北角的周边地区，但其对盆地内部地质构造的影响则不可忽视。

位于盆地西北角的称为河套弧形构造带，弧顶经临河、杭锦后旗直抵狼山的浩日格山复背斜，它在阴山地区主要由渣尔泰群和印支期花岗岩所组成，向南依次为河套地堑和乌兰格尔基岩凸起—千里山块断隆起。就阴山地区来看，该弧的东南翼依次为达格图盆地、两狼山复背斜、胡勒斯台—昂根盆地、乌梁斯太—渣尔泰复背斜、小余太固阳盆地、色尔腾山复背斜、营盘湾盆地、乌拉山复背斜、石拐子盆地、大青山复背斜；该弧的西南翼依次为包洛项乌拉—托雷乌拉断块山、庆格勒苏海图盆地、巴彦乌拉断块山（图1—2）。紧贴其南的河套盆地不仅作弧形延展，而且内部的构造带亦呈弧形排列。总之，这一弧形构造开始于印支期，形成于燕山期，定型于喜山期，它使河套地堑具有山前拗陷的属性。当然，它和欧亚板块的右旋、鄂尔多斯地块向西北推挤有关。

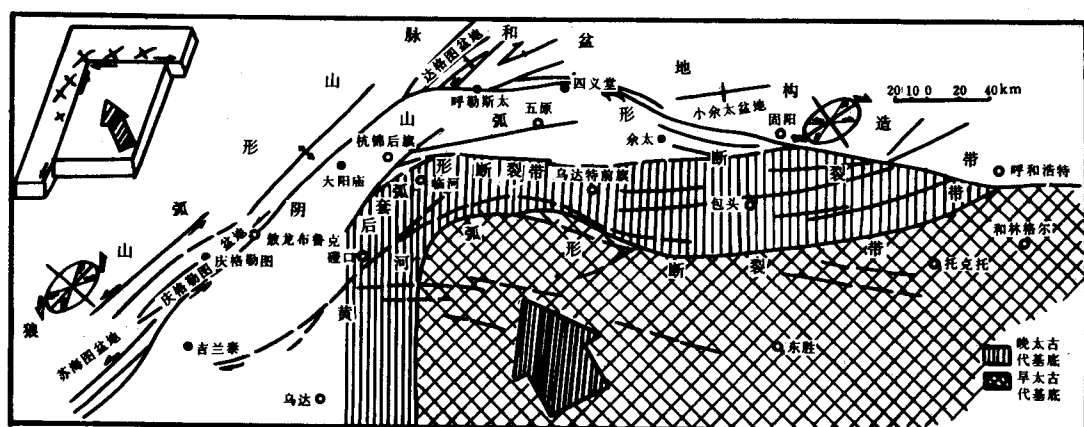


图1—2 河套弧形构造体系中中生代构造格局图（据赵重远）

位于盆地西缘的称为六盘山弧形构造带，其弧顶位于贺兰山南端，为印支、燕山、喜山等多期地壳运动叠加所复杂化。鄂尔多斯盆地西缘为其东翼，表现为明显的掩冲带，并在甜水堡一带与桌子山、马家滩掩冲带相汇合，向南消失于平凉、陇县地区。这一弧形构造带具有薄皮与厚皮、被动大陆边缘与拗拉谷、挤压与剪切相结合的掩冲构造背景，在高分辨率地震剖面上，其冲断席、冲断片、前缘三角、前渊部显示得十分清楚。

另外，在盆地内也发现一个次一级的弧形构造，即杭锦旗—秦太梁弧形构造带。弧顶南突，位于君土梁一带，弧的内核即阿尔全林召基岩凸起，该弧形构造与断裂背斜共生。这一弧形构造带的发现，为在盆地北部寻找背斜圈闭指明了方向。

（三）岩浆岩的分布

地史上岩浆岩的侵入、喷出是地壳活动的一种标志，从鄂尔多斯盆地的岩浆岩资料看，其活动主要有五期。

1. 晋宁期

固原米家沟有数层辉绿岩在中晚元古界作层间侵入；盆地天环向斜的天深1井长城系中有5层变辉绿岩，总厚70m；盆地中部古隆起南部的庆深1井长城系中有安山岩，总厚42.5m。这一时期的岩浆活动以喷出为主，分布广泛。

2.加里东期

加里东期地壳运动及其岩浆活动的强度,由六盘山弧形构造带向贺兰坳拉谷和鄂尔多斯地块逐渐变弱。在青铜峡—固原断裂的西南地区有许多中酸性岩和大量基性岩浆岩,上古生界与下古生界也呈不整合接触;到了盆地内部,仅在奥陶系见凝灰岩夹层,尚未发现本期的岩浆活动。

3.海西期

贺兰山石炭系有小型基性岩脉;盆地东缘吕梁山区岩浆活动频繁,形成鄂尔多斯盆地二叠系大量的火山岩屑砂岩和层凝灰岩夹层。

4.印支期

三叠系湖区外围岩浆活动变化较频繁,这就是延长组生油层常夹凝灰岩薄层,并形成地热事件的原因。

5.燕山期

白垩纪早期,乌兰格尔与合赖沟间有玄武岩喷发,其规模虽不大,但却有广泛性,伊盟地区白垩系普遍发现层凝灰岩薄层就是证明,这也是盆地北部由下沉转为上升的信号。

(四) 坳陷中心的迁移

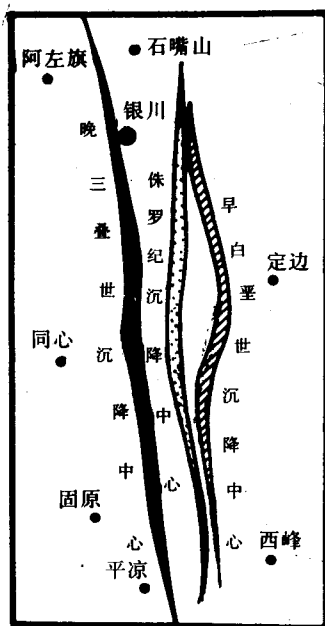


图 1—3 中生代沉降中心
迁移图(据汤锡元)

现已查明,寒武、奥陶系的坳陷中心在贺兰山区,它与坳拉谷的轴线一致;石炭、二叠系的坳陷中心在中宁(1700m)、苇洲(1250m)和乌达(1450m),即向东迁移了20~30km;三叠系的坳陷中心由贺兰山东部经石沟驿、沙井子到安口窑(2600~3200m),又向东迁移10km;侏罗系的坳陷中心在马家滩、雨墙一带(1000m),再向东迁移10km;白垩系的坳陷中心在天池、红井子一带(1000m),继续东迁20km(图1—3)。总之,两亿年内坳陷中心均衡由西向东迁移的事实,应视为构造隆升所引起的前渊变迁,它反映了地壳运动向盆地内推移了50km。诚然,这也是盆地解体的征兆。

(五) 周边断陷

鄂尔多斯盆地的地壳运动有从古至新、从东至西、从中部至边缘逐渐加强的趋势。以其西缘而论,加里东期已受波及,海西期差异运动明显,印支期活动加强,燕山期达到高潮,阴山、秦岭、贺兰山都强烈断褶、隆升,其余波一直延续到白垩纪末,形成了六盘山。地壳运动多旋回物极必反的发展,终于使盆地周边的隆升地段于第三纪相继断落,形成阴山前的河套盆地、秦岭前的渭河盆地、贺兰山前的银川盆地、六盘山前的清水河地堑。这一构造回返事件是鄂尔多斯

盆地解体的重要标志。

通过对鄂尔多斯盆地地质构造稳定与活动双重性的分析,可以得出四点基本认识。

(1) 盆地基底的镶嵌增生结构是差异构造运动的基础,它控制着不同地质时期区域性隆凹的分布及盆地不均衡发展。

(2) 弧形构造的多期冲断、推覆发展,导致了不同时期沉积坳陷中心的迁移,并形成盆