



鄂尔多斯盆地南部天然气勘探

王香增 著

地质出版社

鄂尔多斯盆地南部 天然气勘探

王香增 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书系统论述了鄂尔多斯盆地南部上古生界沉积体系及演化模式、黄土塬地貌条件下的储层及含气性精细预测、天然气关键成藏因素分析、天然气勘探配套技术体系、大气田发现历程与产能评价等内容。本书对鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气勘探研究具有重要指导意义和参考价值。

本书可供从事油气资源勘探与开发的生产和科研人员参考,同时,也可作为石油地质专业研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地南部天然气勘探 / 王香增著. —北京:
地质出版社, 2016. 3

ISBN 978 - 7 - 116 - 08197 - 0

I. ①鄂… II. ①王… III. ①鄂尔多斯盆地 - 天然气
- 油气勘探 IV. ①P618. 130. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 033579 号

责任编辑: 田野

责任校对: 张冬

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 66554528 (邮购部); (010) 66554631 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554686

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm $\frac{1}{16}$

印 张: 22.75

字 数: 560 千字

版 次: 2016 年 3 月北京第 1 版

印 次: 2016 年 3 月北京第 1 次印刷

定 价: 98.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 08197 - 0

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序

这是一部针对鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气藏的理论认识与勘探实践的专著。

自 20 世纪 50 年代以来，鄂尔多斯盆地北部上古生界相继发现了榆林、苏里格、乌审旗、子洲、大牛地等多个大中型气田，展现了良好的天然气勘探开发前景。但是，鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气勘探程度低、地质认识不清、成藏规律不明，相应的地质理论和勘探开发技术缺乏，一直没有取得实质性进展，形成了鄂尔多斯盆地“南油北气”的传统格局。近十年来，陕西延长石油集团在鄂尔多斯盆地南部开展了一系列技术攻关，形成了针对“低孔、低渗、低压、黏土矿物含量高、井壁易垮塌、压裂难见效”致密气藏的地质理论新认识及钻完井和压裂改造工艺技术体系，获得了天然气勘探的重大突破。目前，已在上古生界探明天然气地质储量 $4665 \times 10^8 \text{m}^3$ 、建成天然气年生产能力 $20 \times 10^8 \text{m}^3$ ，发现了延安大气田，打破了鄂尔多斯盆地“南油北气”的传统格局。

本书高度总结了这些年的研究成果与勘探实践，主要有以下创新点：

1) 突破了“南油北气”格局，在鄂尔多斯盆地南部发现了延安大气田，揭开了盆地南部勘探大气田的潜力，这既是启示又是创新。

2) 综合运用各种资料与技术手段，建立了新的沉积演化模式，明确提出盆地南部处于南北物源交汇区，发育的三角洲前缘水下分流河道砂体为主要储集体，频繁水进水退是形成优质储层的主控因素，具备形成大型岩性气藏的地质条件。


3) 首次建立了成熟烃源岩迁移控制成藏模式，明确了主力含气层段分布规律；明确指出古构造、古流体及其有效配置是天然气成藏的主控因素，对天然气成藏及气藏规模有着较大的控制作用。

4) 自主研发出适合盆地南部上古生界储层特征的优快钻井技术、VES -

CO₂泡沫压裂及配套工艺技术系列，降低了储层伤害，提高了单井产量。

《鄂尔多斯盆地南部天然气勘探》一书，不仅在致密气藏的成藏理论认识上取得了重要突破，而且在钻完井和压裂改造技术方面有重要创新，对鄂尔多斯盆地及其他类似气藏的勘探与研究有重要的指导意义，值得借鉴与推广。贵书出版可喜可贺，值得大家一读。

中国科学院院士



2016年2月

前 言

鄂尔多斯盆地是我国大型沉积盆地及重要的能源基地，蕴含丰富的石油、天然气、煤炭及铀矿资源，是近年来油气储量、产量增长速度最快的大型含油气盆地之一，在盆地北部上古生界本溪组至石盒子组又相继发现了榆林、苏里格、乌审旗、子洲、大牛地等多个大中型气田，展现了良好的天然气勘探开发前景。

与盆地北部相比，盆地南部的延长天然气探区，其上古生界勘探程度低，地质结构认识不清，勘探对象不明，相应地质理论和勘探开发技术缺乏。在鄂尔多斯盆地南部上古生界地质勘探研究与勘探实践中，延长探区上古生界天然气勘探中曾经面临的地质问题主要表现为：盆地物源主要来自北部，盆地东南部的沉积体系及展布规律认识不清，砂体发育成因不明；位于盆地南部的延长探区多为沟壑纵横的黄土塬覆盖区，勘探实施难度大，储集砂体难以预测；盆地南部上古生界勘探程度低，成藏特征不明，主控因素不清；盆地南部上古生界适用的钻采工艺技术体系尚未形成。为此，开展“延长天然气探区沉积相研究及有利区带预测”、“黄土塬特殊地貌条件地震沉积学技术研究”、“延长气田上古生界储层精细预测及含气性识别研究”、“延长探区上古生界天然气成藏控制因素及井位优选技术研究”、“延长探区上古生界天然气勘探开发配套技术研究与应用”、“延长上古生界气藏 VES - CO₂ 泡沫压裂先导试验”等一系列科研攻关项目，力图形成鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气地质勘探新认识及配套工程技术体系，并发现规模储量。

本书围绕上述难题，以地层学、沉积学、储层学、地震沉积学、成藏地质学等学科的先进理论为指导，系统阐述了近十年来在盆地南部采用产、学、研、用多学科联合攻关上古生界天然气藏的理论认识与勘探实践。全书以盆地南部上古生界天然气勘探发现为主线，以沉积体系研究、储层精细预测、成藏因素分析、勘探配套技术、延安气田发现为重点，系统论述了盆地南部上古生界沉积体系及演化模式、黄土塬地貌条件下的储层及含气性精细预测、

天然气关键成藏因素分析、天然气勘探配套技术体系、大气田发现历程与产能评价等。

本书总结了延长天然气探区上古生界高效勘探的技术与经验，提出了“鄂尔多斯盆地南部上古生界具备良好成藏条件”新认识，有效指导了延长探区的天然气勘探实践，并探明了规模储量，发现了延安大气田。在以下几方面形成了特色：

1) 明确提出“研究区处于南北物源交汇区，发育的障壁砂坝与三角洲前缘分流河道砂体为有利储集体，频繁水进水退是形成优质储层主因”的新认识。

2) 运用黄土塬地貌地震资料前期处理技术和黄土塬地貌地震沉积学技术，建立了测井-地质-地震资料相结合的储层精细预测技术体系，明确了各层段的沉积微相及展布特征，精细预测了储集砂体及展布规律。

3) 分析了烃源岩及成藏特征，建立了成熟烃源岩迁移控制成藏模式，明确了（古）构造和（古）流体及其有效配置是天然气成藏主控因素。

4) 成功研制出适合盆地南部上古生界储层特征的优快钻井技术、VES- CO_2 泡沫压裂及配套工艺技术系列，降低了储层伤害，提高了单井产量。

5) 历经多年探索与勘探，在盆地南部上古生界发现了延安大气田，累计 $4665 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上，突破了盆地“南油北气”传统认识。

全书分为五章，其内容概括如下：

第一章阐述了盆地南部上古生界地层划分及展布格局、物源体系及影响范围、沉积体系及演化模式，明确提出了研究区处于南北物源交汇区，发育的海陆交互相障壁砂坝与三角洲前缘水下分流河道砂体为有利的储集砂体，频繁水进水退是形成优质储层的主控因素。

第二章分析了基于测井-地质-地震资料的储层精细预测研究及其在黄土塬地貌条件下的应用，认为高家河三维及延 128 井区西三维的山 2 段均表现出明显河道特征，二维地震属性分析表明研究区存在南北向异常条带，进一步证实了南北双向物源的存在；同时，研究区东部山 1 段、山 2 段、盒 8 段砂体发育，以山西组为主要目的层；西部本溪组、盒 8 段砂体发育，本溪组为主要目的层。

第三章探讨了天然气成藏特征，建立了成熟烃源灶迁移成藏模式，分析

了成藏关键因素，系统阐述了研究区上古生界天然气以垂向运移、就近充注为主要运聚方式，成熟烃源灶迁移及（古）构造、（古）流体对延长探区上古生界天然气成藏具有明显的控制作用。

第四章论述了适用于研究区储层特征的天然气勘探配套技术体系——优快钻完井技术体系、储层改造技术体系及勘探应用，研发的低固相强抑制聚合物堵漏钻井液与超低渗透隔离膜聚磺储层保护完井液，自主研发的 VES - CO₂ 清洁泡沫压裂液技术体系，集成优化的低伤害、低摩阻瓜胶压裂液、防膨降滤压裂液及其与 N₂ 配套应用的压裂工艺技术均在延长探区上古生界天然气勘探实践中取得良好应用效果。

第五章论述了延安大气田的勘探开发历程，探讨了探明储量计算方法及其在多个气藏富集区的具体应用，明确了产能评价及预测方法。明确指出，历经多年勘探实践，已在延气 2 - 延 128、延 113 - 延 131 等井区探明了多个千亿立方米级储量规模的气藏，发现了延安大气田；并在开发先导试验区开展了产能评价与预测工作，为气田开发奠定了基础。

本书编写过程中，得到了延长石油（集团）有限责任公司领导的关怀与指导，还得到了延长石油（集团）研究院的张丽霞、王念喜、高胜利、韩小琴、周进松等同志的支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

由于研究工作时间紧促、作者水平有限，书中定有不当之处，敬请批评指正！

王香增

2016 年 1 月 8 日

目 录

序	
前 言	
第一章 鄂尔多斯盆地南部上古生界地层与沉积体系	1
第一节 区域地质概况	1
一、区域构造特征	1
二、古地理格局与演化	3
第二节 鄂尔多斯盆地南部上古生界地层划分与对比	7
一、野外露头剖面及井下剖面的地层划分	7
二、古生物特征	11
三、地层划分与对比	13
第三节 鄂尔多斯盆地南部上古生界物源体系	21
一、砂岩组分及岩屑特征	22
二、重矿物特征	28
三、稀土元素特征	31
第四节 鄂尔多斯盆地南部上古生界沉积体系	36
一、沉积相识别标志	36
二、沉积相划分方案	38
三、沉积相展布特征	53
四、沉积演化与相模式	57
第二章 基于地震测井资料的储层精细预测	63
第一节 测井资料预处理	63
一、测井资料环境校正	63
二、测井曲线的平滑滤波处理	65
三、测井资料标准化	66
四、岩心归位	69
第二节 测井解释参数及模型	70
一、测井解释参数	70
二、测井解释模型	71
三、应用效果分析	73
第三节 地震-岩性响应特征研究	75

一、沉积旋回与地震子波频率的响应关系	76
二、楔状砂岩模型正演	76
三、砂岩速度变化导致的地震响应特征分析	86
四、煤层对砂岩地震反射的影响及地震岩性学意义	88
五、山 ² 段顶面线性特征解释	100
第四节 叠后地震资料品质分析及提高分辨率处理	103
一、叠后地震资料品质分析	103
二、叠后地震资料处理	107
第五节 精细井震标定及主要地层界面地震反射特征	110
一、合成记录标定	110
二、时深转换与构造成图	113
三、目的层段构造特征	117
第六节 主要目的层段储层预测	120
一、储层预测基本思路和方法	121
二、盒8段储层预测	130
三、山2段储层预测	142
第七节 主要目的层段含气性预测	156
一、已知井含气特征分析	156
二、含气性预测方法	160
三、含气性预测结果	163
第三章 鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气关键成藏控制因素	166
第一节 气藏特征	166
一、天然气性质	166
二、地层水性质	166
三、温压特征	166
四、气藏类型	167
第二节 烃源岩特征	169
一、烃源岩的地球化学特征	169
二、烃源岩类型与分布特征	179
第三节 天然气成藏特征	182
一、成藏期次	182
二、运聚方式	185
三、成藏组合	186
四、成藏模式	187
第四节 成藏控制因素分析	189
一、主要目的层顶面构造演化特征	190
二、目的层内流体运聚演化特征	195
三、高产、低产气流井分析	200

第四章 鄂尔多斯盆地南部上古生界天然气勘探配套技术	204
第一节 优快钻完井技术	204
一、钻井技术难点	204
二、钻井技术对策	206
三、优快钻井技术	207
四、超低渗透隔离膜聚磺完井液储层保护技术	212
第二节 储层改造技术	214
一、压裂难点分析	214
二、压裂对策	216
三、压裂液体系优化研究	217
四、VES 清洁压裂液体系研究	221
五、防膨降滤失压裂液体系	225
六、压裂配套技术	230
七、现场试验效果	232
第五章 大气田的发现与产能评价	235
第一节 勘探思路与勘探开发历程	235
第二节 大气田的发现	237
第三节 天然气储量计算	238
一、储量计算方法与计算单元	238
二、富集区探明储量计算	238
第四节 产能评价	311
一、产能评价方法	312
二、产能试井资料解释	318
三、延气 2、延 128 井区产能评价	327
第五节 气井产能影响因素	330
一、储层压力对气井产能的影响	330
二、井底污染对气井产能的影响	331
三、储层渗透率对气井产能的影响	331
四、储层有效厚度对气井产能的影响	333
五、天然气黏度对气井产能的影响	333
六、泄气半径对气井产能的影响	334
七、气井半径对气井产能的影响	334
八、储层含水对气井产能的影响	335
第六节 产能预测	336
图版	341
参考文献	343

第一章 鄂尔多斯盆地南部 上古生界地层与沉积体系

第一节 区域地质概况

一、区域构造特征

鄂尔多斯盆地处于中国东西两个构造单元的中间过渡地带，是一个古生代稳定沉降、中生代拗陷自西向东迁移、新生代周边扭动断陷的多旋回沉积的克拉通盆地。是在古生代地层叠置沉积上，以中生代沉积为主的沉积盆地。盆地形态不对称；东部宽缓，呈平缓西倾大斜坡；由于祁连褶皱带的影响，西部陡窄，呈复杂的断褶带。

鄂尔多斯盆地北起阴山、南至秦岭、西至六盘山、东达吕梁山，横跨陕、甘、晋、宁、内蒙古五省（区），总面积约 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；除周边河套盆地、六盘山盆地、渭河盆地、银川盆地等外围盆地外，盆地本部面积达 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

鄂尔多斯盆地的基底为太古宇及古元古界变质岩系，其上覆为中新元古界、古生界、中生界、新生界沉积盖层。盖层经历了5个地质演化阶段：中新元古代拗拉谷阶段，是构成盆地的基础；早古生代浅海台地阶段，盆地内部沉积了400~1000m浅海台地相碳酸盐岩；晚古生代近海平原阶段，在晚石炭世和二叠纪沉积了厚约1000m的煤系地层和巨厚的河流相碎屑岩；中生代内陆湖盆阶段，在中生代初，陕、甘、宁地区为大华北盆地的一个主体拗陷，到三叠纪开始演变为独立的内陆盆地，共发育5个沉积旋回，厚3000m；新生代周边断陷阶段，从古近纪开始，盆地东部隆升，周边相继断抬形成了一系列地堑。这5个阶段沉积的地层，除缺失下石炭统、泥盆系和志留系外，其他各地质时代的地层基本齐全。其中古生界发育有下古生界海相碳酸盐岩、盐膏岩相沉积层，顶部侵蚀面经风化剥蚀形成风化壳岩溶带，对天然气运聚至关重要；上古生界为海陆交互碎屑岩煤系地层，分布面积广泛，是盆地内气源岩的主要岩系地层，对上、下古生界气田的形成具有十分重要的意义。中生界发育了5个陆相碎屑岩沉积旋回，其中三叠系延长组为湖泊三角洲沉积岩系，顶部侵蚀面和中部生油岩对中生界油气田形成具有重要意义；侏罗系富县组、延安组和直罗组为河流相沉积的碎屑岩地层，也有利于油气生成和油气储集。

根据现今构造形态、盆地演化史、构造发展史和构造特征，将鄂尔多斯盆地划分为伊盟隆起、渭北隆起、晋西挠褶带、陕北斜坡、天环拗陷、西缘逆冲带等6个二级构造单元（图1-1）。

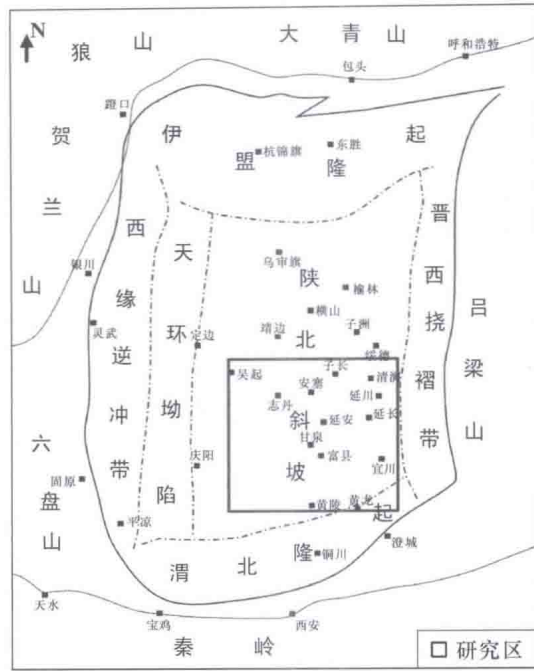


图 1-1 鄂尔多斯盆地构造单元划分与研究区位置图

研究区位于鄂尔多斯盆地南部，区域构造上大部分属于陕北斜坡带，东部包括晋西挠褶带的西缘部分；从地理位置来看，东到黄河以西，西至定边—吴起—志丹，南达黄陵—黄龙—富县，北至子长，面积约 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1-1)。

由于研究区含气层系集中分布在本溪组一下石盒子组，研究的地层主要包括上古生界上石炭统本溪组和下二叠统太原组、山西组及中二叠统石盒子组等主要含气层系 (表 1-1)。

表 1-1 鄂尔多斯盆地南部上古生界地层简表

层位				层位	厚度/m	
系	统	组	段	代号		
三叠系		刘家沟组		$T_1 l$		
二叠系	上统	石千峰组	千 1	$P_3 q_1$	40 ~ 60	
			千 2	$P_3 q_2$	40 ~ 60	
			千 3	$P_3 q_3$	40 ~ 60	
			千 4	$P_3 q_4$	40 ~ 60	
			千 5	$P_3 q_5$	40 ~ 60	
	中统	上石盒子组	盒 1	$P_2 h_1$	30 ~ 50	
			盒 2	$P_2 h_2$	30 ~ 50	
			盒 3	$P_2 h_3$	30 ~ 50	
			盒 4	$P_2 h_4$	30 ~ 50	
		下石盒子组	盒 5	$P_2 h_5$	30 ~ 50	
			盒 6	$P_2 h_6$	30 ~ 50	
			盒 7	$P_2 h_7$	30 ~ 55	
			盒 8	$P_2 h_8$	40 ~ 56	

续表

系	层位			层位 代号	厚度/m	
	统	组	段			
二叠系	下统	山西组	山 1	P_1s_1	40 ~ 68	80 ~ 134
			山 2	P_1s_2	45 ~ 65	
		太原组	太 1	P_1t_1	8 ~ 25	18 ~ 56
			太 2	P_1t_2	8 ~ 25	
石炭系	上统	本溪组	本 1	C_2b_1	15 ~ 35	30 ~ 65
			本 2	C_2b_2	15 ~ 35	

二、古地理格局与演化

由于鄂尔多斯盆地上古生界地块属于华北古大陆的重要组成部分，其古地理演化被视为华北大陆古地理演变的缩影。表 1-2 综合列出了鄂尔多斯盆地本部及邻区地层划分与展布。

中、新元古代，在陆核增生、陆壳固化的基础上形成了华北古陆，它以鄂尔多斯地块、冀鲁地块、燕辽地块为主体形成稳定性的沉积地区。其北是广阔的蒙古洋，其南是狭窄的秦岭海槽，秦岭洋壳的向北俯冲造成了华北古陆在青白口期的整体隆升；而楔入华北古陆的陕、豫、晋拗拉谷及贺兰拗拉谷则烘托出鄂尔多斯地块向独立沉积盆地发展的地质演化背景。

寒武纪早期（猴家山期），华北古陆南缘及西南缘开始接受海相沉积，继而，发生了大规模华北海海侵，除阿拉善地块和鄂尔多斯地块北部外，华北古陆大部分被海水淹没，在呼和浩特、太原一线以东形成了广阔的华北陆表海，形成碳酸盐岩及泥砂沉积；而银川、庆阳以西地区则为北祁连海水所波及，贺兰拗拉谷也继续活动升降。横亘于华北古陆南北两侧的分别是秦岭海槽和蒙古海槽。寒武纪晚期，该海域扩大，除阿拉善、东胜两个陆地外，仅存在其北缘的阴山、燕北岛群；同时，其红色陆缘碎屑岩沉积也被碳酸盐岩沉积所代替，形成鲕粒、竹叶状灰岩、薄层灰岩等陆表海潮汐带典型沉积。

奥陶纪早期，仍承袭着晚寒武世的海陆分布格局，属于稳定区者，如华北、阿拉善、柴达木和塔里木等地块；属于活动区者，如秦岭、祁连与昆仑等海槽。再度发生的大规模海侵，使中央海域周围被岛屿、古陆环绕而形成陆表局限海，并且在石家庄—德州一线以南以沉积物富云质、以北以沉积物富灰质为特征。此时，鄂尔多斯本部的沉积是白云岩、石灰岩交替，具有盐、膏岩夹层；而西缘则强烈沉降，发育碳酸盐及砂泥质沉积。奥陶纪中期，东胜陆南扩为鄂尔多斯陆，形成鄂尔多斯地块西侧及南缘的“L”型沉降带。奥陶纪晚期，由于海退，再度呈现出华北古陆的广阔面貌，在鄂尔多斯地块西南缘产生砂泥质、碳酸盐岩沉积组合，其生物有华南区常见的笔石和头足类，表明秦岭海槽西段已向北波及该区。再者，由于阿拉善陆的单独存在，其与华北陆之间的贺兰拗拉谷有向北与兴蒙海槽沟通的趋势。

志留纪早期，阿拉善陆并入华北陆，其北的兴蒙海槽和其南的秦岭海槽均相对变窄，其西南的北祁连海槽在宝鸡一带与秦岭海槽汇合。晚期，华北古陆愈加抬升，北祁连海槽逐步变迁并回返，产生了浅海相及海陆交互的早峡组类磨拉石沉积（厚 169 ~ 4000m）。

表 1-2 鄂尔多斯盆地及其邻区地层系统表

地 层		分 区								
界	系	统	鄂尔多斯盆地	桌子山贺兰山	平凉-永寿	六盘山	阴 山	山 西	小秦岭	
新 生 界	第四系	Q	黄土 冲积层	马兰组	马兰组	全新统	河套组	马兰组		
				三门组	三门组	更新统		离石组		
	新近系	N	三趾马红土层	干河沟组	甘肃组	干河沟组	乌兰图克组			
古近系	E		清水营组	清水营组	清水营组	清水营组	临河组			
				寺口子组	寺口子组	寺口子组	乌拉特组			
中 生 界	白垩系	K ₂	志丹群	庙山湖组	六盘山组	六盘山组	固阳组			
				柳沟门组						
	侏罗系	J ₃		芬芳河组	芬芳河组	芬芳河组	大青山组			
				安定组	安定组	安定组				
				直罗组	直罗组	直罗组				
	三叠系	T ₂		纸坊组	纸坊组	西大沟群	老窝铺组	二马营组	二马营组	
				和尚沟组	和尚沟组			和尚沟组	和尚沟组	
	古 生 界	二叠系	P ₂	石盒子组	石盒子组	石盒子组	窑沟群	脑包沟组	石盒子组	
				下石盒子组	下石盒子组	下石盒子组		石叶湾组	山西组	
		石炭系	C ₂		本溪组	羊虎沟组	太原组	羊虎沟组	本溪组	本溪组
							太原组	栓马桩组	太原组	
泥盆系		D ₃					臭牛沟组			
							前黑山组			
							沙流水组			
志留系		S ₃					早峡组			
							照花井组			
奥陶系		O ₃				背锅山组				
				蛇山组	龙门洞组					
				公勿素组						
				拉石冲组	平凉组			平凉组		
				乌拉力克组						
寒武系	e ₃		峰峰组	克里摩里组	三道沟组	米钵山组	峰峰组	峰峰组	三道沟组	
			上马家沟组				上马家沟组	上马家沟组		
			下马家沟组	桌子山组	水泉岭组	天景山组	下马家沟组	下马家沟组	水泉岭组	
				三道坎组						
				亮甲山组			亮甲山组	亮甲山组		
寒武系	e ₂		凤山组	凤山组			凤山组	凤山组		
			长山组	长山组			长山组	长山组		
			固山组	固山组	固山组		固山组	固山组		
			张夏组	张夏组	张夏组		张夏组	张夏组	张夏组	
			徐庄组	徐庄组	徐庄组	香山群	徐庄组	徐庄组	徐庄组	
寒武系	e ₁		毛庄组	毛庄组	毛庄组		毛庄组	毛庄组	毛庄组	
			馒头组	馒头组	馒头组			馒头组	馒头组	
				苏峪口组	猴家山组				幸集组	
新元古界	震旦系	Pt ₃ ²		正目观组	罗圈组		什那干群	中条群	罗圈组	
中元古界	青白口系	Pt ₃				西华山群			皇坪组	
古元古界	蓟县系	Pt ₂		王全口组	蓟县系	园河群			大庄群	
	长城系	Pt ₂		黄旗口组	长城系	海源群			洛南群	
太古宇	溱沱系	Pt ₁					马家店群	溱沱系	铁铜沟群	
太古宇	五台系	Ar ₃		千里山群				二道洼群	五台系	太华群
	阜平系	Ar ₂					集宁群	阜平系		

(据王鸿祯, 1985; 汤锡元, 1992 等)

泥盆纪早期，由于祁连海槽褶皱成山，致使华北陆经柴达木陆与塔里木陆连成一体，这就是中国古大陆的雏形。泥盆纪晚期，在祁连山南北两侧发育山间或山前磨拉石沉积（厚3606m）。在贺兰坳拉谷南端发育近海盆地凝灰质碎屑岩夹海相沉积的沙流水组（厚496m）。

石炭纪早期，华北古陆仍南濒秦岭海槽，北临兴蒙海槽。由于祁连海侵较早，使华北陆与柴达木陆、塔里木陆相分割；石炭纪晚期，随着华北海侵的相对扩大，除太行山和吕梁山以外，华北陆大范围沦为浅海，仅在其北缘与兴蒙海槽交界处保留由沈阳经磴口到酒泉长达2200km的链条状高地。晚石炭世由于海水由东北向西南方向进侵，其中部的太原-鲁西地区为泥砂质沉积夹海相灰岩，富含煤层，沉积厚度30~150m；其南部的河南地区为近海砂泥岩组合，夹有煤层，沉积厚度70~100m。在鄂尔多斯地区，东部沉积本溪组（5~50m），西部沉积羊虎沟组，过渡区在定边、盐池一带。而在早二叠世沉积的太原组则与本溪组相反，由南向北、由东南而西北，沉积厚度减薄，海相灰岩减薄以至尖灭。

二叠纪，华北地区的古地理古构造格局发生巨大变化，出现了大华北沉积盆地的雏形（图1-2）。在贺兰山以东，二叠纪早期为陆相含煤沉积，北部的山西组系粗砂岩、砾岩含煤沉积，无海相夹层，沉积总厚度100~400m。二叠纪晚期，鄂尔多斯地区向独立沉积盆地发展的趋势已渐趋明朗，其北为包括阴山在内的兴蒙高地，其东为吕梁南北高地，其南为北秦岭、小秦岭高地，其西为银川、贺兰山、六盘山高地。

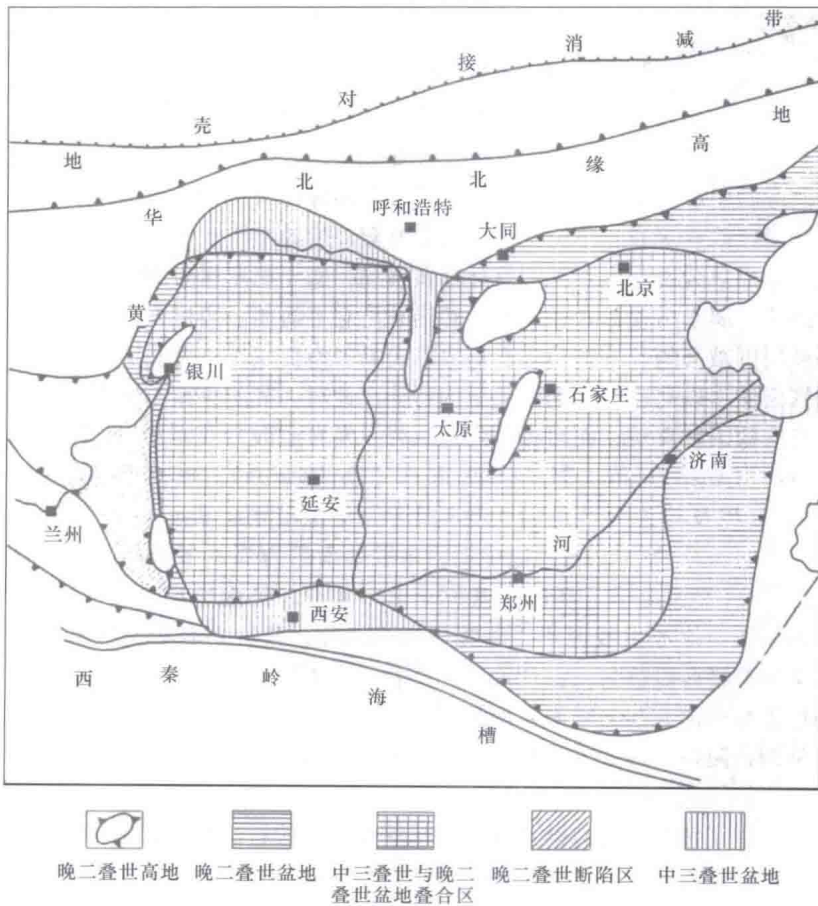


图1-2 中国晚二叠世、中三叠世大华北盆地叠合图
(据王鸿祯等, 1985, 有修改)

三叠纪早、中期，由于扬子板块向北俯冲，北秦岭海槽于晚三叠世全部消减，只残留西秦岭海槽。当时，大华北盆地的轮廓已很清晰，北为燕山，南为秦岭，东为胶辽古陆，西为古贺兰山和祁连山，总范围达 $70 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。早期为刘家沟组、和尚沟组河流砂泥质沉积，厚 $300 \sim 600 \text{ m}$ ，北部较厚南部较薄，呈箕状；中期为二马营组、铜川组的河流碎屑沉积，其南部可见煤与油页岩及火山碎屑岩夹层，总厚度达 1000 m ；晚期，大华北盆地开始向西萎缩成晋陕盆地（图 1-3），范围包括山西地块太原以南及河南郑州以西地区，东邻华北高地，南接古秦岭，西隔古六盘山、古贺兰山，北望阴山高地，盆地内沉积以河流相为主，而六盘山东侧则发育厚达 2000 m 的洪积砂、砾岩。

侏罗纪早、中期，鄂尔多斯已成为独立的沉积盆地，北为古阴山，东为华北高地，南为古秦岭，西为古贺兰、六盘山，沉积富县组（残积、坡积）、延安组（内陆沼泽、湖泊、河流相）和直罗组（河流相），总厚度约 553 m 。晚期，由于吕梁山、五台山和太行山的崛起，古地貌背景是东部高西部低，鄂尔多斯盆地进一步向西萎缩至晋陕大峡谷以西，沉积了安定组和芬芳河组（厚 1226 m ）。

白垩纪早期，基本承袭了晚侏罗世的古地理面貌，在鄂尔多斯盆地和六盘山地区沉积了厚近千米的河湖相地层。晚期，在太行山东出现磨拉石沉积，在阿拉善地区及河套西部出现河、湖相及沼泽相碎屑岩沉积。

古近纪，气候比较湿润，沉积范围趋向扩大，华北陆块的古构造面貌发生反转，即在华北东部产生渤海湾盆地，这恰与中生代大华北盆地向西萎缩为鄂尔多斯盆地的情况呈镜像对照，只不过渤海湾盆地的构造动力学是断陷，而鄂尔多斯盆地的构造动力学背景是拗陷。同时，在阴山南北分别出现了河套盆地及戈壁盆地，在古贺兰拗拉谷的背景上又形成了六盘山和银川断陷。

新近纪，古地形趋于夷平，沉积范围进一步扩大，除鄂尔多斯地区有残积红土外，东南发育汾—渭地堑系沉积，西北发育河西走廊断陷系列。

第四纪，鄂尔多斯盆地北部隆升为沙漠、草原，南部沉降形成黄土高原，而中部则以在中、上新世于三边（定边、安边、靖边）出现面积达 14000 km^2 的萨拉乌素湖最引人注目。

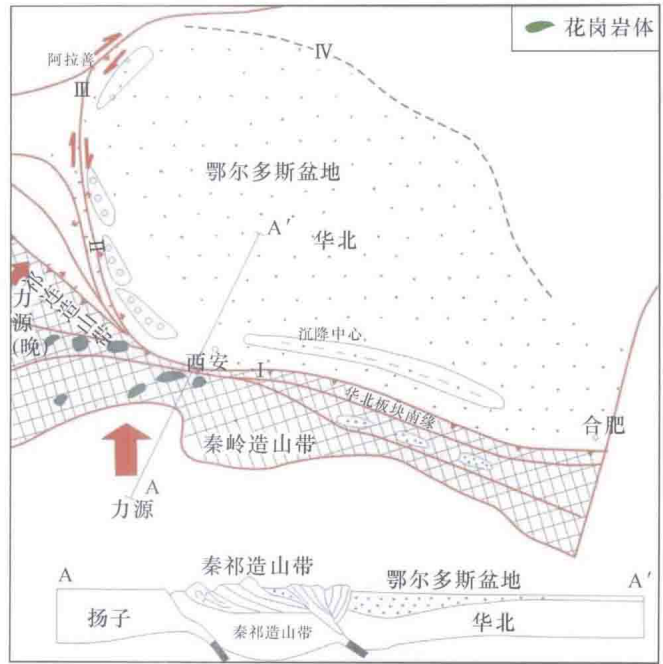


图 1-3 晚三叠世晚期鄂尔多斯盆地—秦祁造山带动力学关系图
(据宋立军等, 2007)

I—走滑逆冲盆地边缘（南缘）；II—走滑断陷盆地边缘（西南、西北缘）；
III—走滑拉张盆地边缘（西缘）；IV—被动盆地边缘（北缘—东北缘）