

鄂尔多斯盆地天然气地质

张福礼 黄舜兴 杨昌贵 张志才 著

地质出版社

0.2

077164

鄂尔多斯盆地天然气地质

张福礼 黄舜兴 杨昌贵 张志才 著

5/59/1

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书通过对鄂尔多斯盆地天然气成藏条件的分析,系统地阐述了天然气地质学基础理论在实际工作中的应用。其主要内容涉及盆地下古生界—中生界天然气形成的沉积和构造背景、天然气和源岩的地球化学特征、生储盖组合和圈闭类型、资源评价及勘探远景分区。本书共有插图、插表约 200 幅,形象地展示了盆地天然气生成、运移、聚集和保存的主要规律。本书可供石油天然气地质专业科技人员及大专院校师生学习和参考,对其他地质工作者也有一定的参考价值。

鄂尔多斯盆地天然气地质

张福礼 黄舜兴 杨昌贵 张志才 著

*
责任编辑:韩效亭

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 10 字数: 231000
1994年4月北京第一版·1994年4月北京第一次印刷
印数: 1—500 册 定价: 8.60 元
ISBN 7-116-01434-9/P·1172

序

“七五”期间，地质矿产部第三普查勘探大队的科技人员参加了国家重点科技攻关，并提交了“鄂尔多斯盆地天然气形成条件及找气领域研究”专题报告，这是一份引人注目的研究成果。

本人所著《地质文选》，第一篇论文，在50年代就讨论了鄂尔多斯盆地的找油问题，一方面说明我在黄金年华从事的石油地质事业就与鄂尔多斯盆地结下了不解之缘，同时也表达了我对这一地区油气前景的关注。

回顾建国后近40年的石油普查勘探工作，在为我国石油工业奠定基础，寻找一系列的石油勘探开发后备基地，建立一整套石油普查勘探的理论和方法等方面，作出了贡献。在东部相继发现了大庆、胜利、大港、下辽河、江汉、南阳等油田以及四川、新疆等地相继见油的形势下，鄂尔多斯盆地的华参井也打出高产油流，迎来了长庆油田会战的新局面。

进入80年代初期，当我国对我国石油天然气资源前景进行全面分析时，我曾感到：过去，我们搞能源只是单打一，不搞多样化，嘴上说找油找气，实际上只是把天然气作为伴生气、副产品而已，并未专门找气，尤其是对与含煤岩系有关的天然气，我们重视得更不够，也更谈不上利用。我从我国中、新生代陆相沉积、构造与油气及晚元古代至晚三叠世海相烃源岩与生烃潜力分析中，提出要重视包括煤成气在内的天然气勘查，因为天然气的花样很多，门路也很广阔，还有很多方面有待我们去认识、去利用。

鄂尔多斯盆地的上古生界煤成气勘查和下古生界海相碳酸盐岩领域的天然气勘查，经过近10年的探索，终于实现了天然气的重大突破，确实令人感到兴奋。它验证了我们原来的设想，扩展了眼界，增强了信心，为寻找天然气开拓了极为宽阔的前景。

这次出版的《鄂尔多斯盆地天然气地质》专著，是作者汇集第三普查勘探大队多年生产、科研成果的精华，系统地分析了天然气形成的沉积、构造、地球化学及成藏条件，形成了具有我国特点的天然气勘查新思路。指出了盆地新生界、中生界、上古生界、下古生界、中上元古界五大找气领域，特别是肯定了古生界具备形成大中型天然气田（藏）的特殊环境和条件。提出了全区评价选区和重点突破的全面部署方案，对指导天然气勘查既具有实践价值，同时，也提供了在克拉通上发育的典型盆地中寻找天然气的实例与天然气地质理论依据。

我与福礼、舜兴、昌贵、志才等同志多年来经常接触，他们在30年的石油天然气地质工作中，走过了坚持实践第一、野外第一和理论与实践相结合的长路。现在他们出版专著，我有机会学习并为之作序，感到十分荣幸，借此向广大读者推荐这本好书。

关士聪

1992年仲夏

前 言

当今世界上工业发达的国家，天然气在油气能源结构中占有很大的比例。如美国年产原油 4 亿 t，天然气 5000 多亿 m³；原苏联年产原油 6 亿 t，天然气 4000 多亿 m³。而我国年产原油 1 亿多吨，天然气仅有 120 多亿 m³。为了尽快扭转这种能源结构不合理的局面，加强国内天然气形成条件及分布规律研究，加快勘查和开发丰富的天然气资源，对我国国民经济发展具有重要的战略意义。

我国陆内沉积岩总面积为 354 万 km²，分布在 236 个不同规模、不同类型盆地之中，其中大于 10 万 km² 的有 9 个，占沉积岩总面积的 63%。鄂尔多斯盆地面积为 28 万 km²，是我国陆内第二大盆地。在将大型盆地作为我国陆上寻找大气田主要对象时，鄂尔多斯盆地天然气形成条件及找气领域研究、天然气资源的全面勘查和开发，在全国总布局中占有举足轻重的地位。因此，国家经委在“七五”期间重点攻关项目第 54 项中专门设立了“天然气（含煤成气）资源评价与勘探测试技术研究课题”（编号 75-54-01），并将该课题的第 9 个一级专题立为“鄂尔多斯盆地天然气形成条件及找气领域研究”（编号为 75-54-01-09）。专题任务由地质矿产部华北石油地质局第三普查大队承担，专题负责人为张福礼、黄舜兴、杨昌贵，编写人为张福礼、黄舜兴、杨昌贵、张志才、惠宽洋、魏国芬、赵江海、石发展、司建平、魏仙祥、刘全智、鲁子建、范福和、尤欢增、杨亮、陈淑惠、杨丽娟等。经过 5 年辛勤工作，专题研究报告于 1990 年接受了国家级评审。以中国科学院地学部委员关士聪为主任，涂光炽、李廷栋、张一伟、龚再升、王庭斌为副主任，杨开宇、罗志立为组长组成的专家组，将其评为“优秀”成果；认为“报告在天然气的选区评价研究中，其系统性和整体性具有国内领先水平，其中煤系烃源岩显微组分分离技术及成烃模式研究具有国际先进水平”。

专题报告是在 6 个二级专题研究基础上，首次对鄂尔多斯盆地天然气形成、分布及勘探方针的全面总结；是在“六五”煤成气研究的基础上，紧密结合当前盆地天然气勘探以下古生界碳酸盐岩为重点的多学科、多部门协同工作的综合成果。报告在天然气形成的构造背景、沉积环境、地球化学特征及资源定量评价等研究方面均有重大突破，形成具有本区特点（克拉通盆地）的天然气勘探技术思路。

本书以“鄂尔多斯盆地天然气形成条件及找气领域研究”专题报告为基础，结合近年来勘探成果编写而成，并尽可能多地搜集了国内外文献资料，力图较全面地反映目前盆地天然气研究状况。全书共分五章，各章执笔人为：第一章杨昌贵，第二章张福礼，第三章黄舜兴，第四章杨昌贵，第五章张志才，结论与认识张福礼。张福礼审阅了全稿，黄舜兴、杨昌贵、张志才审阅了有关章节。参加专题研究的单位有：地质矿产部华北石油地质局第三普查勘探大队（负责单位），中国地质大学（北京），成都地质学院，陕西省地质局第八地质队，西安地质学院等，先后参加研究的人员近百人。该书是课题组全体同志的共同劳动结晶，亦是科研教学单位和生产部门协同攻关的丰硕成果。作为著作者仅为该书的出版出了菲薄之力，在此特向全课题组成员致意。

此外，在专题的研究过程中，始终得到了诸多专家学者，特别是关士聪、杨起、冯福凯、王庭斌、韩景行、孙肇才、祝总琪、周焕民等专家的热忱支持和指导，在此也一并致谢。限于作者水平，书中不妥之处难免，望读者不吝指正。

著 者

1992年9月25日

目 录

第一章 盆地沉积特征	(1)
第一节 地层.....	(1)
第二节 沉积相类型与特征.....	(5)
第三节 沉积相演化与沉积模式.....	(19)
第四节 古地理面貌与有利的生储气相带.....	(30)
第二章 盆地构造演化与区域构造特征	(33)
第一节 盆地构造演化.....	(33)
第二节 加里东侵蚀面在各主要地质时期的形态演变.....	(48)
第三节 盆地构造区划与区域构造特征.....	(51)
第三章 天然气及其源岩的地球化学特征	(62)
第一节 天然气显示.....	(62)
第二节 天然气成因特征.....	(65)
第三节 气源岩基本地球化学特征.....	(73)
第四节 源岩显微组分热解分析及其生烃潜力.....	(81)
第五节 源岩埋藏及热演化进程.....	(90)
第四章 储盖条件、生储盖组合及圈闭类型	(103)
第一节 储集层	(103)
第二节 盖层	(123)
第三节 生储盖组合	(127)
第四节 圈闭类型	(128)
第五章 天然气资源预测	(138)
第一节 上古生界天然气资源预测	(138)
第二节 下古生界天然气资源预测	(143)
第三节 中生界天然气资源	(146)
第四节 盆地东南部石炭-二叠系的煤层甲烷资源.....	(147)
第五节 结论	(148)
结论与认识	(150)
参考文献	(152)

CONTENTS

Chapter 1 Sedimentary Characteristics of The Basin	(1)
Section 1 Stratigraphy	(1)
Section 2 Types and Characteristics of Sedimentary Facies.....	(5)
Section 3 Evolution of Sedimentary Facies and Sedimentary Model	(19)
Section 4 Paleogeography and Favorable Gas-Generating to Gas-Bearing Facies Belts.....	(30)
Chapter 2 Structural Evolution of The Basin and Characteristics of Regional Tectonic	(33)
Section 1 Structural Evolution of The Basin.....	(33)
Section 2 Geomorphic history of Caledonian Erosional Surface in Main Geological Periods.....	(48)
Section 3 Classification of Tectonic Units and Characteristics of Regional Tectonic.....	(51)
Chapter 3 Geochemical Features of Gas and Source Rock	(62)
Section 1 Showing of Gas.....	(62)
Section 2 Genetic Characteristics of Gas.....	(65)
Section 3 Main Geochemical Features of Source Rock.....	(73)
Section 4 Pyrolysis Analysis and Hydrocarbon Generating Po- tential of Microscopic Fraction in Source Rock.....	(81)
Section 5 Burial and Thermal Maturation of Source Rock.....	(90)
Chapter 4 Reservoir-Seal Characteristics, Source-Reservoir-Seal Assemblages, and Trap Types	(103)
Section 1 Reservoir	(103)
Section 2 Sealant	(123)
Section 3 Source-Reservoir-Seal Assemblages	(127)
Section 4 Trap Types	(128)
Chapter 5 Prediction of Gas Resources	(138)
Section 1 Prediction of Upper Paleozoic Humic Type Gas Re- sources	(138)
Section 2 Prediction of Lower Paleozoic Gas Resources	(143)
Section 3 Mesozoic Gas Resources	(146)
Section 4 Carboniferous-Permian Coalbed Methane Resources in South-eastern Ordos Basin.....	(147)

Section 5 Conclusions	(148)
Conclusions and Suggestions	(150)
References	(152)

第一章 盆地沉积特征

第一节 地 层

地表和钻井资料显示,鄂尔多斯盆地的基底由太古界和下元古界变质岩组成,其沉积盖层以各时代地层发育全、沉积类型多、旋回性明显为特征,各地层之间常以整合过渡和假整合接触为主,如表 1-1 所示。按其沉积特点,这些沉积盖层又可细分为 5 个相互区别的沉积发育期,即中晚元古代、早古生代、晚古生代—中三叠世、晚三叠世—白垩纪以及新生代。各沉积期的地层发育特征如下所述。

一、中晚元古代地层

由长城系、蓟县系和震旦系组成,厚 800—2770m,岩性分别以石英砂岩、碳酸盐岩和冰碛岩为主。长城系和蓟县系发育于该区的大陆裂谷之中,其沉积层序为典型的裂谷充填层序,与下伏地层呈假整合接触,厚度为 710—2670 m。区内的震旦系是一套山麓冰川沉积物,零星出露于盆地四周,名为罗圈组或正目观组,厚 90—100 m,与下伏长城系和蓟县系呈假整合接触。

二、早古生代地层

主要由碳酸盐岩组成。盆地及其东缘早古生代地层的沉积特点与华北类似,缺失中、晚奥陶世沉积,从寒武纪到早奥陶世均以稳定的地台型碳酸盐岩沉积为主,古生物群亦与华北雷同。但在盆地西缘和南缘,因毗邻秦祁海槽而具过渡型沉积特征,其特点是地层发育全、沉积厚度巨大、有大量碎屑岩和火山凝灰岩出现,并在早奥陶世开始出现华南型古生物群分子,这些特征均指示着秦祁加里东海槽对盆地西缘和南缘的影响。早古生代地层总厚度为 350—6450m,与下伏地层多呈假整合接触。从地层层序、岩石组合和古生物群来看,本区早古生代地层基本可以划为 3 个地层分区,即鄂尔多斯分区、西缘分区和南缘分区。下古生界各组之间的接触关系以整合过渡为主,仅凤山组与冶里组、亮甲山组与下马家沟组之间存在着假整合面。

三、晚古生代—中三叠世地层

基本由碎屑岩组成,仅石炭系存在少量碳酸盐岩。特点是:下二叠统及其以下地层为暗色含煤碎屑岩建造,以上地层为红色碎屑岩建造。全区地层分异不大,仅石炭系存在祁连和华北两种沉积类型。前者的特点是地层沉积早、发育全、厚度大(167.0—1400m),泻湖相发育;后者则以地层沉积晚、厚度小(57.0—200m),潮坪相发育为特征。两者大致分界于东经 107°附近。二叠系和中、下三叠统为海陆过渡相与内陆河湖相间互沉积,厚度 580—1780m。该地层与下伏地层呈假整合或不整合接触,其内各组之间以整合过渡为主,仅纸坊组与和尚沟组之间为假整合接触。

四、晚三叠世—白垩纪地层

主要由内陆河湖相碎屑岩组成,在安定组和环河-华池组内见淡水碳酸盐岩,在延长

表 1-1 鄂尔多斯盆地及其周缘沉积盖层地层列表

地 层		主要岩性	厚 度 (m)	主要沉积相	备 注			
界	系 统 组							
新生界	第四系	沙层和黄土	70—300	风 成	盆地周缘断陷盆地为砂岩、泥岩、砾岩，近万米			
	第三系	泥质岩、石膏层、红土	20—370	河流、湖泊				
中生界	白垩系	上统 特盖庙组	砂岩、泥质岩	100—200	河流-湖泊	盆地内油气主要产层		
		下统 东胜-罗汉洞组	砂岩、泥质岩	400—1100	河流、湖泊			
	侏罗系	上统 环河-宜君组	砾岩、砂岩、泥质岩	1200—1800	沙漠、河流、湖泊			
		中统	芬芳河组	砂 砾 岩	0—2700		冲 积 扇	
			安定组	碳酸盐岩、页岩、砂岩	100—400		湖 泊	
			直罗组	砂岩及泥质岩	100—450		河流-湖泊	
		下统	延安组	砂泥岩夹煤层	250—350		河流及湖泊	
			富县组	泥质岩、砂岩	0—100		河流、残积、坡积	
	三叠系	上统 延长组	砂、页岩夹薄煤层	400—>2000	湖 泊			
		中统 纸坊组	砂页岩，盆地南缘夹海相层	150—850	近海湖泊			
		下统	和尚组	泥 质 岩	40—100		湖 泊	
			刘家组	砂泥岩互层	100—820		河 流	
	上古生界	二叠系	上统 石千峰组	泥质岩、砂岩，盆地南缘夹海相层	150—300		近海湖泊	盆地内煤成气主要产层
			上统 上石盒子组	泥质岩夹砂岩	100—350		湖 泊	
下统 下石盒子组			砂泥岩互层	20—220	河 流			
下统 山西组			砂泥岩夹煤层	20—140	三角洲及潮坪			
石炭系		上统 太原组	砂岩、泥质岩夹煤层和碳酸盐岩	50—400	潮 坪			
		中统	羊虎沟组(或本溪组)	砂泥岩互层夹碳酸盐岩和煤层	0—560	泻湖及潮坪		
			靖远组	页岩夹碳酸盐岩夹煤线	30—7470	潮 坪		
		下统	臭牛沟组	砂岩、页岩、碳酸盐岩	200—500	泻 湖		
			前黑山组	砂岩夹碳酸盐岩	80—120	潮 坪		
泥盆系			砂砾岩夹泥质岩	300—1360	冲积扇-滨海	仅见于中卫地区，盆地内无沉积		
下古生界	奥陶系	上统 背锅山组	砾屑灰岩、微晶灰岩、藻灰岩	5—990	开阔台地-台地边缘浅滩	石油裂解气主要产层		
		上统 姜家弯组	泥、页岩与砂岩互层	>258	陆棚-斜坡			
		中统 平凉组	泥质岩、砂岩和灰岩	67—2055	陆棚-盆地			
		下统	峰峰组	泥灰岩、灰岩、白云岩	30—255		陆棚-斜坡	
			上马家沟组	藻屑灰岩、豹斑灰岩、白云岩、石膏岩	74—561		台地及陆棚	
			下马家沟组	微晶灰岩、白云岩、藻屑灰岩、石膏岩	34—335		台 地	
	亮甲山组		含燧石结核或条带白云岩	17—270	台 地			
	冶里组	白云岩、泥云岩	13—150	台 地				

续表

地 层				主要岩性	厚 度 (m)	主要沉积相	备 注
界	系	统	组				
下 古 生 界	寒 武 系	上 统	凤山组	白云岩	0—198	台地	
			长山组	灰岩、云灰岩、白云岩	4—189	台地	
			崮山组	灰岩、泥质岩、泥质条带灰岩、白云岩	30—139	台地	
		中 统	张夏组	鲕粒灰岩、鲕粒白云岩	10—421	开阔台地-陆棚	
			徐庄组	砂岩、页岩、灰岩	39—300	台地	
			毛庄组	页岩、泥灰岩、灰岩和泥岩	6—375	台地	
			下 统	馒头组	页岩、泥灰岩、灰岩、白云岩	19—62	
		辛集组		磷块岩、含磷砂砾岩、白云岩、灰岩	14—52	蒸发-局限台地	
中 上 元 古 界	震旦系	罗圈组或正目观组	冰碛层	90—100	冰川		
	蓟县系		硅质灰岩、燧石条带灰岩	700—2240	浅海		
	长城系		石英砂岩	14—430	滨海		
下元古界及太古界			变质岩			基 底	

组和环河-华池组内见火山凝灰岩。火山凝灰岩以环河-华池组最多。该时期沉积的主要特征是：纵向上红黑分明，黑色地层主要分布于晚三叠世延长组和早侏罗世延安组（煤层和煤线发育），红色地层主要集中在中上侏罗统。平面上存在补偿和非补偿两种沉积类型。补偿性沉积分布于盆地西缘安口窑、石沟驿、汝箕沟一带，特点是砂岩、砾岩发育，沉积厚度大，如延安组厚度为2000—3000m；非补偿性沉积分布于补偿沉积以东，特点是沉积厚度薄（延长组厚度为1700m左右），岩性较细。

由表1-2可以看出，我们对侏罗纪和白垩纪地层的划分与前人明显不同，主要差别在于：①将原下中侏罗统延安组划归下侏罗统，原因在于中国东部燕山运动Ⅰ幕发生于早中侏罗世之间，鄂尔多斯盆地延安组和中侏罗世直罗组之间所存在的区域性平行不整合应是这次运动的反映。②将原上侏罗统芬芳河组划归中统，理由是：在千阳一带，芬芳河组平行不整合于中侏罗统安定组之上，角度不整合于志丹群之下，如果志丹群下部地层存在晚侏罗世沉积，那么芬芳河组就应属中侏罗统，其上下不整合和假整合面就应是燕山运动Ⅲ幕和Ⅱ幕的反映。③将原白垩系志丹群一分为二，上部属白垩系，下部属上侏罗统，理由是：志丹群是我国东部含热河生物群的地层之一，其时代一直存在着争议，按区域对比认识我们采用了关士聪（1986）、江圣邦和袁凤钿（1987）的划分方法，将志丹群的宜君组、洛河组、华池组和环河组划为上侏罗统，将罗汉洞组、泾川组、东胜组（原称喇嘛湾组）划为下白垩统。区域对比认识有两点：第一，中国东部晚侏罗世至早白垩世期间没有强烈的构造运动发生，燕山运动最重要的褶皱幕发生于中晚侏罗世之交；第二，河套以北地区存在一套中酸性火山岩系的上侏罗统白女羊盘组，鄂尔多斯盆地北部环河-华池组有多层凝灰岩，它们的时代应该相当。

表 1-2 鄂尔多斯盆地及其周缘晚三叠世至白垩纪地层划分对比

谢秋元等 (1974) 的划分对比				本文的划分对比			
地层系统	六盘山	盆地北部	盆地南部	地层系统	六盘山	盆地北部	盆地南部
上覆地层	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	上统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃
下统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	下统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃
上统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	上统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃
中统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	中统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃
中下统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	中下统	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃
下伏地层	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	下伏地层	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃	N ₂ -E ₃
	六盘山群	六盘山群	六盘山群	下伏地层	六盘山群	六盘山群	六盘山群
	志丹群	志丹群	志丹群	下伏地层	志丹群	志丹群	志丹群
	延安群	延安群	延安群	下伏地层	延安群	延安群	延安群
	富县组	富县组	富县组	下伏地层	富县组	富县组	富县组
	延长组	延长组	延长组	下伏地层	延长组	延长组	延长组
	三叠系上统	三叠系上统	三叠系上统	下伏地层	三叠系上统	三叠系上统	三叠系上统

五、新生代地层

鄂尔多斯盆地自白垩纪后期隆起之后，除盆地西及西北缘有渐新统超覆之外，盆内广大地区仅有新第三系沉积。渐新统为杂色砂泥岩夹石膏层，厚20—360m。新第三系为一套红土层，厚2—8m。第四纪地层在盆地内部基本以北纬38°为界，北部是砂砾层，南部是黄土，厚度70—300m。它们与下伏地层的接触关系均为不整合。

该区的新生代地层主要发育于周缘断陷盆地之中，在渭河断陷盆地内厚度可达7000m左右，在河套断陷盆地内厚度近于9000m，在银川断陷盆地中厚度为5000m左右。

第二节 沉积相类型与特征

野外剖面观察和实测表明，鄂尔多斯盆地寒武系至中侏罗统安定组在其沉积历史中基本经历了由海到陆、从河到湖的沉积环境转变，沉积相类型如表1-3所列。海相组沉积发育于下古生界和上古生界石炭系，过渡相组沉积见于下二叠统山西组和上二叠统石千峰组、以及中三叠统纸坊组，其它地层均为大陆相组沉积。各沉积相的沉积特征和分布如下所述。

一、大陆相组

(一) 残积相

主要分布于加里东和印支侵蚀面上下，可细分为残积物和风化壳两个亚相，前者出现于侵蚀面之上，后者出现于侵蚀面之下。加里东侵蚀面上的残积物习称为山西式铁矿，呈鸡窝状分布，厚数十厘米至两三米；下伏的奥陶系风化壳厚数十米至百余米，垂向分带清楚，根据岩石结构和颜色自下而上可以划分为三个带，即原生带、弱风化带和强风化带。印支侵蚀面上的残积物习称为花斑泥岩，厚几十厘米，常见于下侏罗统底部，具块状构造；其下的风化壳厚1—2m，亦具有较强的垂向分带性。

(二) 坡洪积相

发育于下侏罗统富县组，可细分为坡积和洪积两种亚相，沉积于高地斜坡上。坡积物以红色泥质岩沉积为特征，不显层理，化石稀少。洪积物为砂砾岩沉积，是坡积相中最粗粒的沉积物，呈透镜状产出，颗粒分选、磨圆极差，亦不显层理。

(三) 河流相

特点是二元结构清楚，上部是垂向加积的河漫滩亚相沉积，下部是侧向加积的河道亚相沉积（见图1-1）。河道砂的底部常见冲刷面、滞留砾岩和冲刷垮塌的泥质砾石，砂体常呈透镜状产出，粒度向上明显变细，槽状、板状和平行层理发育，自然电位曲线常呈钟状和锯齿形箱状形态。河漫滩亚相沉积基本由细粒泥质岩组成。其内包含以砂泥岩薄互层为特征的天然堤沉积，以根土岩、煤层、煤线等为标志的岸后沼泽（或称河漫沼泽）沉积，以厚层泥质岩为主的河漫湖沉积，还有牛轭湖和决口扇沉积；层理类型以水平层理、波状和沙纹层理为主，并具内壁光滑、孔径上下近等的垂直虫孔；含大量植物化石。

鄂尔多斯盆地河流相沉积最早出现于下二叠统下石盒子组，其后便与湖泊沉积、陆缘近海湖泊沉积相间出现于地层剖面内。按其剖面结构，该区河流相又可细分为辫状河和曲流河两类。辫状河以河道亚相发育为特征，河漫滩亚相稀少。曲流河则河道和河漫滩亚相发育近等或河漫滩亚相略厚于河道亚相。其典型剖面结构如图1-1所示。

表 1-3 鄂尔多斯盆地及其周缘沉积相划分系列表

相组	相		亚 相	微 相	
大 陆 相 组	残 积			残 积 物	
				风 化 壳	
	坡 洪 积			坡 积	
				洪 积	
	河 流			河 道	心滩、边滩、滞留砾石沉积
				河 漫 滩	天然堤、决口扇、河漫湖、岸后沼泽、牛轭湖沉积
	湖 泊			扇三角洲	扇三角洲平原、扇三角洲前缘、前三角洲沉积
				湖泊三角洲	三角洲平原、三角洲前缘、前三角洲（浅湖泥）沉积
				滨 湖	砂砾滩、泥坪
				浅 湖	浅滩、砂坝、湖湾、浅湖泥质沉积
				深 湖	充氧深湖、贫氧深湖
				湖泊浊积岩	近源浊积岩、远源浊积岩
过 渡 相 组	三 角 洲		三角洲平原	分流河道、天然堤、决口扇、分流间湖泊和沼泽沉积	
			三角洲前缘	河口坝、远砂坝、分流间湾沉积和前缘席状砂沉积	
			前三角洲(泻湖泥)		
	陆缘近海湖泊		扇三角洲	扇三角洲平原、扇三角洲前缘、前三角洲沉积	
			湖成三角洲	三角洲平原、三角洲前缘、前三角洲（浅湖泥）沉积	
			滨 湖	砂砾滩、泥坪沉积	
			浅 湖	砂坝、浅湖泥沉积	
			较 深 湖	海相层、深湖泥沉积	
海 相 组	陆源碎屑岩	障 壁 海	潮 坪	潮上带、潮间上带、潮间下带、潮沟沉积	
			泻 湖	碳酸盐岩泻湖沉积、碎屑岩泻湖沉积	
			障 壁 岛	海退型堡坝、海进型堡坝、人潮口型堡坝	
			外 陆 棚		
	碳 酸 盐 岩	台 地	蒸发台地	潮上泥云坪、潮上萨勃哈、膏盐湖沉积	
			局限台地	潮间坪、泻湖、浅滩沉积	
			开阔台地	半局限潮下及浅滩沉积	
		台地边缘	滩、礁		
		陆 棚 (缓坡)	内 陆 棚		
			外 陆 棚		
	斜 坡		水道碎屑流沉积、滑塌沉积		
	盆 地		海底相		

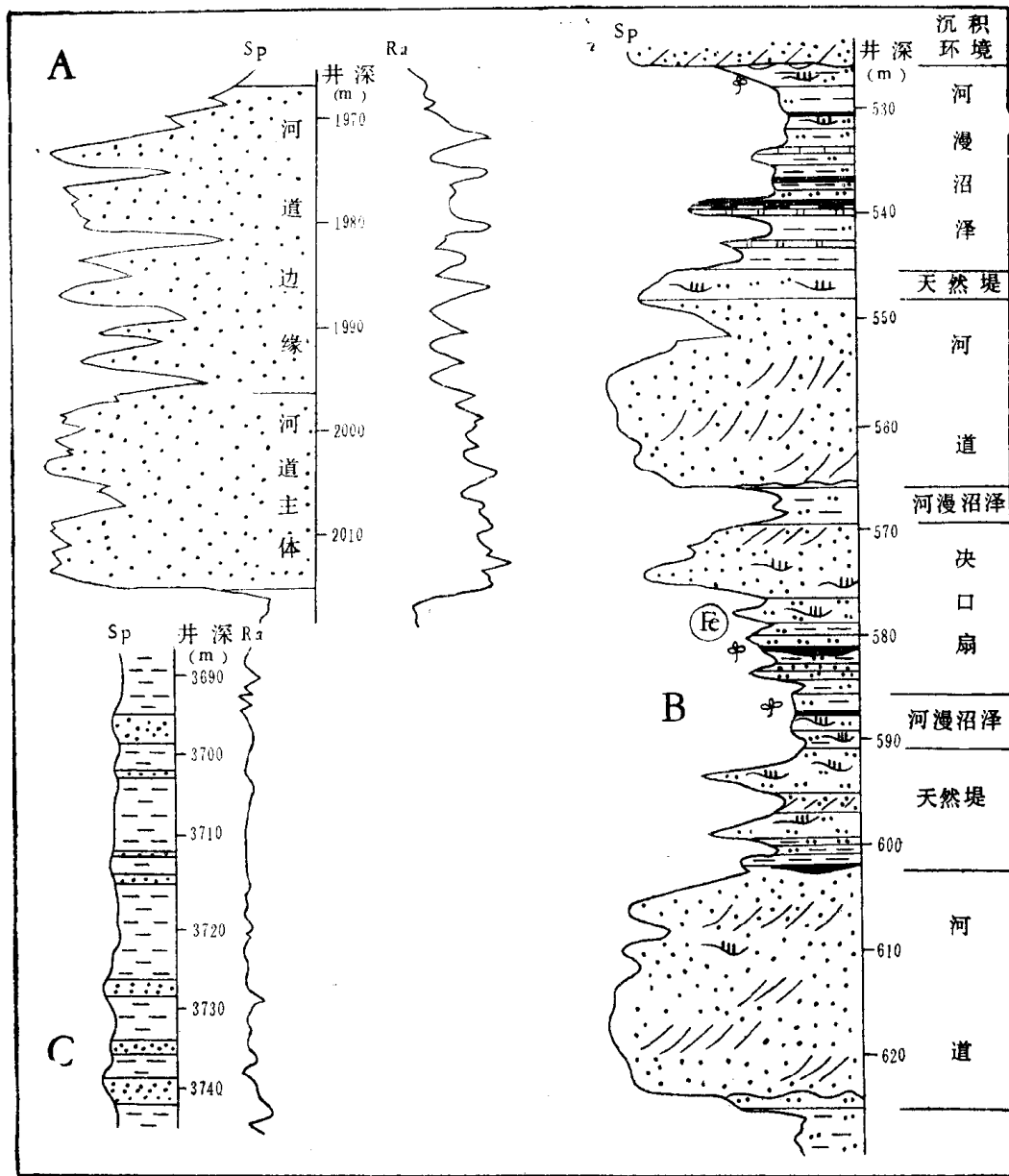


图 1-1 鄂尔多斯盆地河流相沉积的剖面结构

A—辫状河沉积 (纳 6 井 T_{3y}^2)；B—曲流河沉积 (横 2 井 T_{3y}^{4+5})；C—河漫滩沉积 (庆深 1 井 P_{1x})；SP—自然电位曲线 (下同)，Ra—视电阻率曲线 (下同)

(四) 湖泊相

主要见于上石盒子组、和尚沟组、延长组和安定组，其次见于延安组中部和直罗组上部。按其沉积物性质，该区的湖泊沉积可以划分为碳酸盐岩湖泊和碎屑岩湖泊沉积。碳酸盐岩湖泊沉积出现于安定组上部，其它各组均为碎屑岩湖泊沉积。从水深和砂体特征考虑，我们将本区的湖泊相划分为 6 个亚相，即扇三角洲、湖泊三角洲、滨湖、浅湖、深湖（或较深湖）和湖泊浊积岩亚相。各亚相沉积特点如下。

扇三角洲亚相：与正常河流三角洲一样亦具有三层结构，即由扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前三三角洲沉积组成。不同的是，扇三角洲沉积物粒度较粗，扇三角洲平原和扇三角洲前缘沉积分别主要由冲积扇的中扇和外扇沉积组成，除见正常河流三角洲的层理组合

之外，还见槽模构造。扇三角洲的前三角洲沉积亦由湖泊相沉积物组成。因此，人们常将扇三角洲沉积定义为冲积扇的入湖部分。该区在盆地周缘还见有典型的陆上冲积扇沉积。冲积扇和扇三角洲的沉积层序如图 1-2 所示。

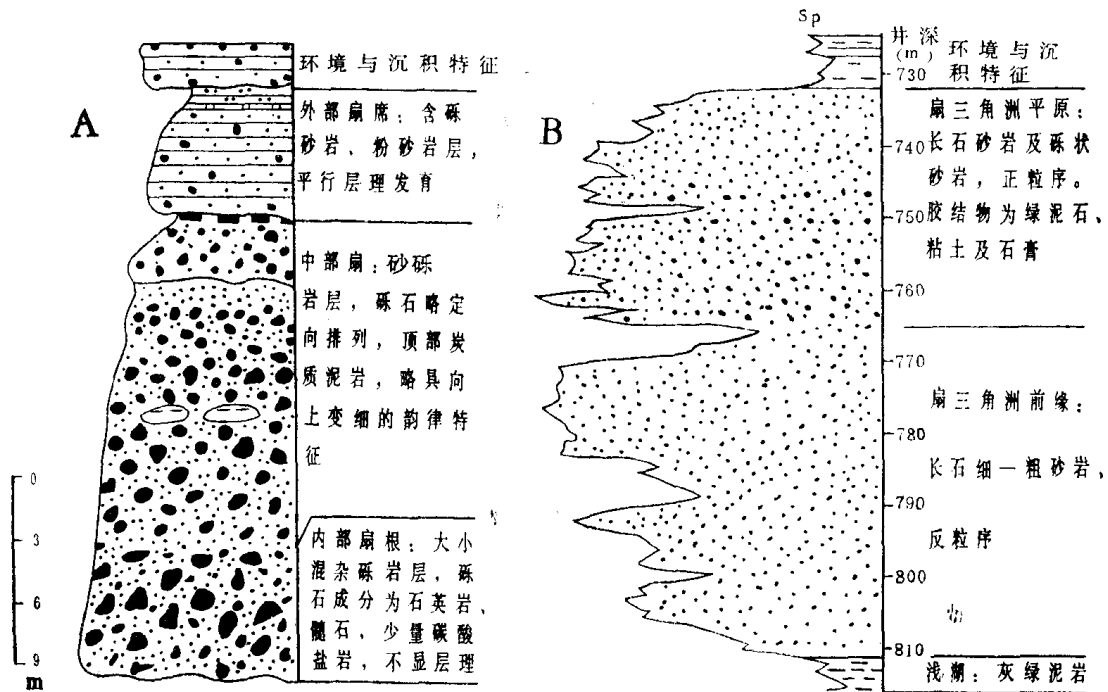


图 1-2 鄂尔多斯盆地石炭系和三叠系中的冲积扇和扇三角洲沉积层序
A—包头石拐沟中石炭统余太组冲积扇层序；B—碎探 1 井上三叠统中的扇三角洲层序

湖泊三角洲：三角洲平原沉积与曲流河沉积类似，为砂泥岩互层；发育板状、槽状和沙纹层理；含植物和淡水动物化石，见垂直虫孔和植物根；但砂岩粒度向上变细不如曲流河明显。三角洲前缘沉积由粉-中粒砂岩组成，并夹泥质岩；泥质岩层自上而下增多；砂岩粒度向上变粗；具槽状、板状、沙纹和平行层理，见滑动变形层理、枕状构造和水平虫迹，含介形虫、鱼类、叶肢介和瓣鳃类化石以及植物碎片化石。它们的自然电位曲线特征是，三角洲平原沉积为似钟状外形，三角洲前缘沉积为漏斗状外形。其沉积层序如图 1-3 所示。

滨、浅、深湖亚相：滨湖亚相的沉积特点与陆缘近海湖的滨湖沉积类似，详见陆缘近海湖泊沉积叙述。浅湖亚相沉积以细及粉砂岩与泥质岩互层为特征，常见水平层理、脉状和透镜状层理、波状层理和沙纹层理以及对称浪成波痕等；生物化石丰富，有鱼类、瓣鳃、叶肢介和介形虫，并见植物化石碎片；此外，水平虫迹亦十分发育；其沉积层序如图 1-4 所示。深湖亚相沉积由红色或黑色泥页岩组成，季节性纹层发育，可划分为充氧和贫氧两类沉积。充氧深湖沉积以红色泥页岩为特征，其内有机质含量低，生物不发育，如上石盒子组、纸坊组深湖沉积。贫氧深湖沉积以黑色泥页岩发育为特征，并有油页岩发育，生物丰富，有鱼类、叶肢介和介形虫，如延长组第二段和第三段深湖沉积。

湖泊浊积岩亚相：见于三叠系延长组第二段和第三段，夹于深湖黑色页岩和油页岩中，可分为近源浊积岩和远源浊积岩两种沉积。近源浊积岩出露于铜川前烈桥附近，特点是粒度较粗，由粗砂岩至细砂岩组成，常见鲍玛层序中的 A、B、C 段，靠近湖泊陡岸分布，物源可能来自扇三角洲前缘。远源浊积岩物源来自湖泊三角洲前缘，沉积物粒度较细，