

鄂尔多斯盆地侏罗纪坳陷湖泊的 淤浅机制和聚煤作用——以陕西榆横区为例

陕西省地质矿产局第八地质队 李智民 著



地质出版社

鄂尔多斯盆地侏罗纪坳陷湖泊 的淤浅机制和聚煤作用

——以陕西榆横区为例

陕西省地质矿产局第八地质队 李智民 著

地质出版社

(京)新登字 085 号

鄂尔多斯盆地侏罗纪坳陷湖泊
的淤浅机制和聚煤作用

——以陕西榆横区为例

陕西省地质矿产局第八地质队 李智民 著

*
责任编辑: 车相欣

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: 787×1092 1/16 印张: 7.25 铜版图: 5 页 字数: 164000

1992 年 7 月北京第一版·1992 年 7 月北京第一次印刷

印数: 1-500 册 定价: 6.00 元

ISBN 7-116-01021-0 P·876

20003

前 言

为了适应国民经济的发展,地质矿产部在“七五”期间组织了由杨起、李思田教授领导的,由中国地质大学北京、武汉两方面师生及有关省、区产业部门参加的重点科技攻关项目《鄂尔多斯盆地煤聚集规律及其与油气的成因联系》,以重点攻关形式对我国最大的聚煤盆地——鄂尔多斯盆地侏罗纪聚煤期进行多学科、较全面的综合性研究。陕西地矿局承担了该项目中的一个二级课题,并下达给陕西地矿局第八地质队。作者和陕西地矿局第八地质队聚煤规律课题组的赵文科、杜楠、汪正平、苏玉芳、武智远、温道明等同志一道承担了《鄂尔多斯盆地陕西榆林、横山至内蒙古乌审旗一带侏罗纪煤聚集规律及资源评价》的研究。科研工作结束后在中国地质大学李思田教授、李祯副教授的指导下,以科研工作中所收集到的大量第一性野外观测资料和丰富的测试数据为基础进行了《鄂尔多斯盆地侏罗纪坳陷湖泊淤浅机制和聚煤作用》一书的编写。

期于通过本书的编写对科研攻关中所总结出的有关坳陷盆地内浅水湖泊三角洲体系成因单元在三度空间的配置关系及发育演化特征;河流在湖泊充填淤浅中的作用;以及在湖泊淤浅背景上所产生的聚煤及环境对煤的控制等方面的成果,从理论上得到更多的阐述和提高,并由此总结出具有普遍性的规律,建立富有特色的内陆湖泊的充填淤浅模式和聚煤模式,使之为今后这一地区煤炭资源的开发和矿产的质和量两方面的预测起到指导作用,为丰富煤地质学和湖泊沉积学的研究内容做出贡献。

研究成果的实际资料主要来源于四年多艰苦细致的野外和室内工作,以及陕西省地矿局第八地质队多年来在陕北所进行的煤田远景调查和近几年所进行的普查工作。

全书的文字编写由李智民担任。编写中参阅利用了汪正平、李敬歧、阎存凤、葛道凯等多位在本区工作过的研究生的论文。赵文科、辛劳田、杨惠英和中国地质大学的郭丽娜、周慧堂、吴江等同志参与了本书出版前的技术加工工作。陕西地矿局科技处和成果编辑室对本书的出版给予了重要的支持和帮助。

本书编写中部分章节曾经翟永昌、郭贤才、李瑞生、胡启程、罗昌图等初审。全书完稿后又经岳希新、何镜宇、杨起、李思田、张鹏飞、赵隆业、刘和甫、余素玉、杨士恭、尹善春、孙培基、李祯、方永安、蓝福临等多位教授、专家最终把关审查,分别对不同章节提出了许多重要的审校和修改意见,帮助作者使本书得以充实和提高。在此,谨致以最深切的感谢。

由于本书是科研工作成果的概括和总结,加上编写者理论水平有限,难免会出现不少错误和疏漏之处,期望读者给以批评和指正。

作 者

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 盆地演化史及侏罗系概况	(3)
第一节 盆地发展演化的几个阶段	(3)
一、早期槽台对立的发育阶段	(4)
二、槽台由对立趋于统一的发育阶段	(4)
三、内陆盆地的发育阶段	(5)
四、鄂尔多斯周缘断陷盆地的发育阶段	(5)
第二节 盆地侏罗系概况	(6)
一、地层概述	(6)
二、构造特征	(8)
三、富煤分区	(9)
四、含煤特征	(12)
五、侏罗系沉积前盆地内古地貌特点	(13)
第二章 沉积相类型	(15)
第一节 河流沉积	(15)
一、盆缘活动时期的河流沉积	(15)
二、富县组早期河流环境的讨论	(17)
三、聚煤期的河流沉积	(20)
四、研究区内河流的演化特点	(27)
第二节 湖泊沉积	(29)
一、湖泊沉积类型	(29)
二、湖泊沉积的垂向层序	(32)
第三节 滨湖三角洲沉积	(33)
一、三角洲的沉积类型	(34)
二、三角洲的垂向层序	(36)
第四节 代表性写实断面的实例解析	(38)
一、榆林县董家湾断面——富县组滨湖滩坝沉积	(38)
二、横山县响水断面——延安组曲流点坝沉积	(38)
三、横山县黑木头川思家砭剖面——延安组三角洲前缘沉积	(39)
四、横山县柿子沟胡石畔断面——湖湾决口充填沉积	(40)
五、横山县柿子沟姬家梁断面——三角洲分流平原沉积	(40)
第三章 沉积环境分析及洞庭湖充填淤浅的类比研究	(42)

第一节 成因地层单位划分及垂向沉积序列	(42)
一、研究思路和方法学特点	(42)
二、成因地层单位的划分	(43)
三、沉积充填序列	(44)
第二节 沉积环境	(50)
一、富县组沉积环境	(50)
二、延安组沉积环境	(51)
三、研究区充填演化阶段及沉积特征	(62)
第三节 浅水碎屑湖泊的淤浅机制	(64)
一、洞庭湖盆地沉积淤浅的几个特点	(64)
二、浅水碎屑湖泊淤浅的机制分析	(69)
第四章 聚煤作用及控制因素	(73)
第一节 成煤质料及成煤期古气候	(73)
一、延安组植物群落	(73)
二、成煤质料	(73)
三、成煤期古气候	(76)
第二节 成煤物质的聚集条件	(79)
一、Ⅲ号煤层的全硫含量及各种硫的组成和分布	(79)
二、Ⅲ号煤层灰分产率的分布	(82)
三、泥炭聚集条件	(84)
第三节 煤层聚集特征	(87)
一、主要煤层的空间分布	(87)
二、煤层的几何形态与聚煤特征	(89)
三、聚煤模式	(92)
四、聚煤作用的控制因素	(96)
五、研究成果在生产中的应用	(98)
结论	(100)
主要参考文献	(102)
附录	(103)
英文摘要	(104)
图版及其说明	(106)

Contents

Preface

Introduction (1)

Chapter 1 Developmental history and a survey of the Jurassic system in the Ordos Basin (3)

Section I Evolutionary stages of the Ordos Basin (3)

Section II A survey of the Jurassic system in the Ordos Basin (6)

Chapter 2 Types of sedimentary facies in investigated region (15)

Section I River deposits (15)

Section II Lake deposits (29)

Section III Fluvial-lacustrine delta deposits (34)

Section IV Analysis of typical sedimentary sections (38)

Chapter 3 Sedimentary environments and analogical research of infilling-shallowing in the Dongting Lake (42)

Section I Partition of genetic stratigraphic units and vertical infilling sequence (42)

Section II Sedimentary environments (49)

Section III Depositional mechanism of shallowing process in shallowing fragment lakes (64)

Chapter 4 Coal accumulation and its controlling factors (73)

Section I Coal-forming materials and paleoclimate (73)

Section II Accumulation conditions of coal-forming materials (79)

Section III Characteristics of coal accumulation (87)

Conclusion (100)

References (102)

Appendix (103)

Abstract (104)

Plates and Description (106)

绪 论

能源的紧缺及其在人类社会发展中日益增长的需求，大大促进了全球范围内对可燃矿产的研究。鉴于世界上石油和天然气探明储量的不足，固体可燃矿产，尤其是煤又重新被各先进工业国所重视。

尽管我国煤资源十分丰富，且油（气）的探明和开采储量不断增长，但从我国的国际地位和四化建设的要求出发，能源的开发利用始终占据着重要的位置。而煤又一直是我国能源结构中占比重最大的矿种。随着我国经济建设的发展和环境保护的需要，从数量及品级上对煤的要求也将越来越高。鄂尔多斯盆地为我国发育多旋回含煤和油气岩系的巨型内陆盆地，其中侏罗系煤最为丰富，总计约 5000 亿 t 以上。陕北侏罗纪煤田为盆地内最重要的侏罗纪煤分布区。榆林—横山地区位于该煤田的中部。区内延安组含可采煤层四层，累计单孔见煤最大厚度为 21.26m，其中Ⅲ号煤层（相当神府区 2—2 煤层）厚度最大、分布最广，仅研究区内该煤层分布面积即达 1 万多 km²（包括靖边和内蒙古乌审旗一带），储量数百亿 t（图 0-1）。由已获资料表明，该区煤主要为低灰、中—低硫、低磷、高热

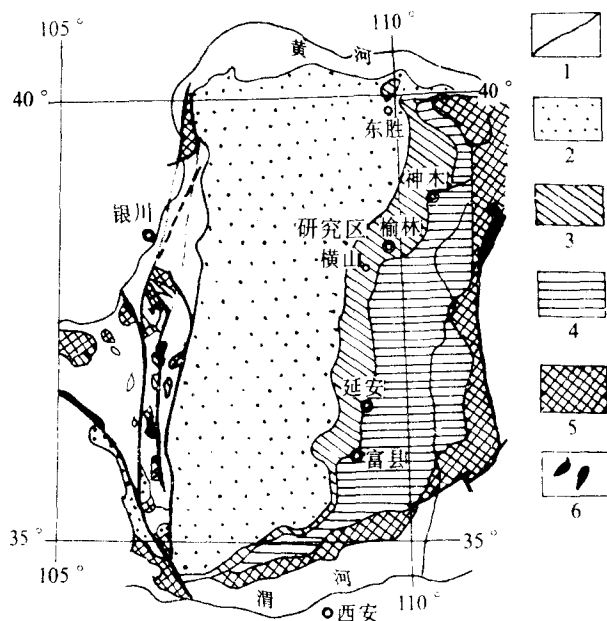


图 0-1 鄂尔多斯盆地地质略图和研究区位置

1—断裂；2—白垩系；3—侏罗系；4—三叠系；5—奥陶—二叠系；6—太古界—古生界

Fig. 0-1 Geological map of Ordos Basin and location of study area

值、富油的长焰煤和不粘结煤，均为优质的动力化工用煤，加上该煤田东部的神木—府谷地区煤层埋藏浅，开采条件简单，已引起国内外广泛重视，并开始了对该区煤炭资源整体开发利用的基本建设。丰富、易采、储量巨大的煤炭资源对改变未来国家的工业布局 and 能源政策有重要的决策意义。不久陕北将成为我国最重要的优质煤炭工业基地之一。

从总体来讲，目前陕北煤田地质工作仍处于程度较低的阶段，为满足煤炭工业发展的需要，今后将会有更多的地质力量投入陕北。加上该区煤层分布面积大，煤的厚度、品质及伴生组分三度空间中所表现的不均一性，在大规模开发前夕，适时地开展该区沉积环境与聚煤规律的研究，搞好矿产预测，就可对今后较高程度的煤田地质勘探起指导作用，避免不必要的重复和浪费。

对于鄂尔多斯盆地内发育的这种分布面广，聚集条件极其稳定的煤，是传统的陆相成煤理论所难以解释的。因此，这种内陆拗陷型湖盆煤的聚集模式对煤田地质学家同样也有着极大的吸引力，目前已有不少煤地质学家投身于这项有助于今后如何更合理、有效地开发这个煤海的研究工作中。从目前已有的文献看，有人借用入海三角洲的模式来解释湖缘较粗的边缘相沉积物，认为湖相和海相模式之间的主要差别是由于规模不同而产生的。另外看到大多数有关湖泊沉积的文章所描述的是蒸发盐湖和断陷湖盆，认为从现代湖泊转向古代湖泊沉积的最好地方是构造沉降区。因此，所借用和介绍的也多是如美国犹他州、科罗拉多州和怀俄明州的尤因他盆地和长寿湖沉积，特别是比较老的佛拉格斯塔夫灰岩（古新统）和比较新的格林河组（始新统）（G.M. Friedman, 和 J.E. Sanders, 1978）。然而与聚煤作用关系十分密切的内陆拗陷湖盆的浅水碎屑湖泊沉积的研究实例则报道较少。鄂尔多斯盆地是我国甚至世界上著名的含有多种能源矿产的大型内陆盆地。和能源矿产密切相关的三叠系和侏罗系在其沉积时期均有过大规模的内陆碎屑湖泊发育，沉积了很厚的河湖三角洲及湖泊体系的沉积物。加上后期构造作用微弱，古代沉积构造保存完整，有许多规模巨大、能够展示河湖体系三度空间关系的连续大断面供沉积学家进行露头研究，因此借用这样有利的场所，建立和完善富有特色的内陆大型拗陷湖盆的淤浅机制及聚煤模式，进一步丰富湖泊沉积学及煤田地质学的研究内容无疑具有重要的理论意义。

第一章 盆地演化史及侏罗系概况

第一节 盆地发展演化的几个阶段

对大陆内部的盆地在成因机制上的分类有两种意见，一种意见认为有两种不同的类型，即相对大型的陆内盆地或坳陷和狭窄的以断层为边界的裂陷谷（H.G.Reading, 1986）。另一种意见认为有三种端元类型（图 1-1），即陷落盆地（Collapse Basin）、倾斜盆地（Tilting Basin）和褶皱盆地（Folding Basin）（矢野孝雄，1989）。后者即是我们所说的坳陷盆地。关于坳陷盆地形成的机制，朱夏曾引用过波特（1976）以重力作用、热力作用和应力作用为基础的三种假说。非洲内部有许多大规模的，可能受热控制的沉积盆地（H.G.Reading, 1986）。如乍得盆地，面积约 60 万 km^2 ，其中可能有 2km 厚的中生代和第三纪沉积物（Burke, 1976）。

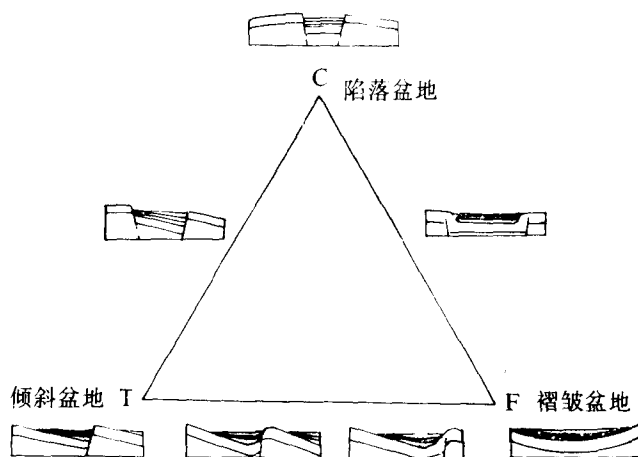


图 1-1 内陆盆地的成因分类

Fig.1-1 The classification of inland basins

鄂尔多斯盆地是我国中生代以来发育形成的大型内陆坳陷盆地，面积约 32 万 km^2 ，近些年经过地震、重力及深部钻探证明，这一大型盆地的莫霍面起伏很小，没有明显的地幔上隆或下凹现象存在，也几乎不存在中生代的岩浆活动。因此，它可能是由于挤压作用控制下的岩石圈的应力下凹效应所形成（孙国凡，1985）。大多数学者把这一盆地形成的地球动力背景归结于印支运动时期发生的特提斯运动和太平洋构造作用。在盆地范围内，

大部分地层接触关系是平行不整合和整合接触，其间无改变其构造形迹的褶皱存在。表明鄂尔多斯这一内陆拗陷盆地是在华北大盆地的西部基础上，受挤压应力作用向西退缩收拢而形成的，无明显的叠加改造作用。因此，在晚三叠世以前，鄂尔多斯盆地所处部位一直是华北地台的一部分，至晚三叠世才开始发育为大规模的内陆盆地。白垩纪以后盆地解体消亡。地史上自中条运动使基底固结后，盆地发育及形成前后，大致经历了四个阶段，即早期槽台对立的发育阶段，槽台由对立趋于统一的发育阶段、内陆盆地发育阶段、鄂尔多斯周缘断陷盆地发育阶段。

一、早期槽台对立的发育阶段

下古生界沉积前，鄂尔多斯地区在经历了漫长的基底岩系发展阶段之后，进入到早期槽台对立的发育阶段。其总的特征是，鄂尔多斯大部地区为地台，周缘主要为地槽过渡带或地槽。对立的两个体系同时并存，同时发展，并从北、西、南三面成新月型怀抱于地台之外。这一对立格局的影响一直到二叠纪中期才完全消失。

中晚元古代，鄂尔多斯地区发育两种类型的长城系和蓟县系，前者为有较大厚度的、沉积于周缘拗拉槽之中的浅海碎屑岩建造和浅海半深海硅质灰岩建造；后者为沉积于被周围裂陷环绕的、厚度很薄或缺失的槽间台地型沉积，从而构成了鄂尔多斯地区的第一套盖层。晋宁运动使其缺失青白口系沉积，震旦系仅在其西、南缘发育了厚度不大的正目关组和罗圈组的冰水沉积。

早古生代鄂尔多斯本部表现为稳定的地台，沉积了一套滨海相含磷碎屑岩建造和浅海相碳酸盐岩建造。周缘发育了一套厚度达 4000—8000m 的地槽型沉积，主要为浅海砂泥质组成复理石建造和火山碎屑岩建造。中奥陶世末，加里东运动使北祁连和北秦岭加里东优地槽封闭，并与华北地台拼合，从而使鄂尔多斯地区大面积隆起，造成上奥陶统、志留系、泥盆系、下石炭统的缺失，形成了区域上广泛分布的上、下古生界之间的不整合界面。

二、槽台由对立趋于统一的发育阶段

晚古生代经加里东运动后，地台周缘的活动区相继发生褶皱转化为稳定区，大陆增生的结果使槽台由对立趋于统一。由于各地区基底和构造性质上存在差异，故在其后期沉积上仍表现有一些明显的自身特点。

早石炭世晚期，鄂尔多斯本部随同华北地台一起表现为继承性的克拉通凹陷，并再次接受海侵。在西缘、东部和东南部接受了一套海陆交互相的本溪组和羊虎沟组含有铝土岩、铁矿层的碎屑岩沉积，其广大地区仍未接受沉积。至晚石炭世时，鄂尔多斯地区及其周缘广泛地遭到海侵，并在东部和西北缘桌子山一带发育了一套海陆交互相的含煤碎屑沉积（太原组）。至此以后，鄂尔多斯地区与我国北方大陆一起，进入了以陆相沉积为主的发育时期。仅南部岐山—铜川地区在二叠纪晚期仍遭受到海侵，直至三叠纪初期，随特提斯海的封闭，海相沉积才完全终止。早二叠世山西组和太原组一样在鄂尔多斯地区有广泛的分布，为一套陆相含煤碎屑沉积。这两套地层构成了鄂尔多斯地区最早的一套煤系，即石炭—二叠纪煤系。

早二叠世以后，鄂尔多斯内部与周缘地区的构造差异逐渐消失，实现了广大范围内沉积构造的统一。沉积厚度图具有向东越过鄂尔多斯范围继续增厚的趋势，表明此时它仍是华北泛沉积盆地的一部分（叶连俊，1983）。

中、晚二叠世至早、中三叠世，鄂尔多斯地区的沉积物包括上、下石盒子组，石千峰组，刘家沟组，和尚沟组，二马营组均为内陆河湖相的沉积，其特点是由下至上黑灰色泥、页岩明显减少，而代之以棕红色、紫红色粉砂岩，泥岩。表明主要为一套干旱—半干旱条件下的杂色碎屑岩建造。

三、内陆盆地的发育阶段

晚三叠世时，由于滨太平洋构造域、特提斯-喜马拉雅构造域的活动，及其与古亚洲构造域相互作用的加强而产生了印支运动。在其影响下，华北地台出现了东隆西拗的分化趋势。秦岭—淮阳以北的陕、甘、宁、晋广阔地区，形成了克拉通内部的坳陷盆地，其坳陷中心在今铜川—沁县一线（叶连俊，1983）。最大沉积厚度可达 2000m。鄂尔多斯内部沉积等厚线则呈由北西向南东增大的趋势。表明当时鄂尔多斯地区还未完全与华北地台分离，是一个由泛克拉通大盆地向内陆盆地演化的过渡产物。在盆地坳陷持续发展和稳定沉降的阶段中，鄂尔多斯地区所沉积的铜川组、胡家村组、永坪组、瓦窑堡组，主要由夹有油页岩的灰黑色湖相泥岩，河湖三角洲成因的砂岩组成。千余米厚的河、湖相沉积为生油及储油提供了物质基础和场所。同时在晚期的坳陷中心子长一带，形成了鄂尔多斯范围内的第二套煤系——晚三叠世瓦窑堡煤系。

印支运动末期，鄂尔多斯内部又一次发生区域性整体上升过程，致使部分三叠系遭受风化剥蚀，形成了上三叠统与下侏罗统之间的不整合界面。

燕山运动初期，随着华北巨大隆起带的形成（赵重远，1978），鄂尔多斯地区又进入了一个新的坳陷阶段。此时盆地东部边界西移，开始形成了以鄂尔多斯本部为主体的名符其实的鄂尔多斯盆地。早侏罗世时，盆地内因地形起伏不平，接受了一些厚度不均一、杂色、多成因的富县组沉积。随着坳陷持续发展和稳定沉降，在中侏罗世早期延安组沉积时，形成了规模巨大的内陆浅水碎屑湖盆，并随着湖泊的淤浅，形成了分布广、厚度大的多层可采煤层，此系鄂尔多斯地区发育的第三套煤系。中侏罗统直罗组至安定组是内陆盆地发育的又一个旋回。直罗组底部的七里镇砂岩形成时期，延安组顶部有明显的冲刷，代表了旋回发育的开始。至直罗组上部 and 安定组，则主要为拗陷阶段沉积的一套半干旱—干旱气候条件下形成的紫红色粉砂岩、泥岩、泥灰岩等河、湖相沉积物。

燕山运动早期二幕在华北地区表现得十分强烈而且普遍。这一运动使华北隆起进一步抬升，而且还在鄂尔多斯盆地东西两侧生成了吕梁隆起和贺兰隆起，并形成近南北向分布的十分强烈的逆冲断裂带，使鄂尔多斯盆地内部绝大部分缺失了上侏罗统的沉积，同时也造成了白垩系沉积范围明显缩小。盆地西部普遍接受了下白垩统志丹群的沉积，其中尤以天环坳陷处最厚，超过了 1300m。

志丹群由下向上分为五个组：宜君组、洛河组、环河华池组、罗汉洞组、洛川组。全部为干旱气候条件下形成的红色山麓堆积相、河湖相沉积。对发育有巨大交错层理的洛河砂岩，也有人怀疑是风成成因。至早白垩世末的晚期燕山运动，使鄂尔多斯盆地早期构造定型，从而结束了鄂尔多斯大型内陆盆地生成演化的历史。

四、鄂尔多斯周缘断陷盆地的发育阶段

喜马拉雅运动时，喜马拉雅构造域强烈活动，促使鄂尔多斯台块抬升，并向东南方向拉开，结果使鄂尔多斯盆地的北缘和西缘产生了呼和浩特、临河和银川等拉张型新生代地堑型盆地，而东缘与南缘由于华北地台的张扭作用产生了云岗、忻县、太原、临汾、侯马

和渭河等一系列地堑型盆地。这样在新生代时期，周缘断陷及拉张盆地与鄂尔多斯大型隆起形成新的对立体系。此时，鄂尔多斯隆起内部新生代地层并不发育，而周边盆地内新生代地层则发育全，厚度大，坳陷中心沉积厚度一般都超过了 3000m，从而显示了在新构造体制控制下的一个新的沉积阶段，标志着鄂尔多斯内陆盆地的崩解和消亡。

第二节 盆地侏罗系概况

一、地层概述

鄂尔多斯盆地侏罗系的研究，始于本世纪 20 年代，前后有王竹泉、潘钟祥、斯行健等人在陕北一带进行过研究。解放初期王尚文(1950)、李德生(1951)、宋四山(1954)等初步确定了盆地内侏罗系的层序。以后，随着石油和煤田地质工作的进行，研究逐步深入，取得了新的资料和进展，对侏罗系的全面认识也日臻完善。

盆地内侏罗纪地层，呈新月形出露于东胜—神木—榆林—延安—黄陵—陇县一带，向西、向北倾伏，广布于盆地的腹地。在盆地西南缘和西缘的华亭、炭山、石沟驿、磁窑堡、汝箕沟等地也有零星出露。自下而上侏罗纪地层在盆地内划分为富县组、延安组、直罗组、安定组、芬芳河组。现分述如下：

(一) 下统

富县组：系 1951 年李德生在富县一带发现。为一套介于延安组和延长群之间的，以红色为主的杂色碎屑沉积。在府谷哈镇—神木县黄羊城畔及佳县王家砭—榆林董家湾一带出露较连续，无定河以南多为断续分布。该组沉积类型多样，岩性组合复杂。富县大申号沟一带底部以紫红色泥岩为主，夹砂岩、少量泥灰岩和钙质结核，向顶部渐变为灰绿色砂、页岩互层，俗称之为“细富县”。南泥湾一带主要是一套砂砾岩，砾径最大的可达 10cm，以金盆湾剖面为代表，又称为“粗富县”。府谷孤山一带，下部为灰黄色含砾石英砂岩夹砂砾岩；中部为灰—灰黑色泥岩、碳质泥岩、粉砂岩互层，其中夹油页岩薄层，含较多鲕状菱铁矿结核，向上变为紫红色泥岩与黄绿、灰绿色细砂岩互层；上部为灰白色中粗粒长石石英砂岩，顶部以紫红色泥岩为主夹细·粗粒砂岩。在彬县、黄陵、店头一带，为一套杂色泥质岩（花斑泥岩，砂质泥岩，粉砂岩），底部有含砾砂岩或砾岩。该组厚度在盆地内变化很大，府谷孤山一带 144m，榆林安崖底 56.76m，无定河 9.85m，西杏子河 19m，大申号沟 72m，南泥湾 75m，千阳戚家坡为 18m。地层内产叶肢介、古植物及孢粉化石。

富县组的时代，以往曾有过较长时间的争论。经过几年的工作，通过孢粉及动植物化石的采集研究，已积累了丰富的、可用以确定时代的资料。在孢粉组合中，反映出盆地北部府谷孤山一带以古老型柏纲花为主，占 50.5%。其中 *Paleoconiferus*, *Pseudopinus*, *Protoconiferus*，往往在早侏罗世占主导地位，虽可延至中侏罗世，但已不成主流。盆地中部延安市金盆湾剖面孢粉组合以裸子植物花粉为主，占 51.3%，蕨类孢子占 48.7%，松柏纲花粉少量，并发现有三叠纪的孑遗分子 *Aratrisporites*（占 4.5%），少量二叠、三叠纪分子 *Taeniaesporites*（占 1.5%）及典型的侏罗纪分子 *Callialasporites* 花粉（钱丽君等，1987）。本次研究中在区内安崖剖面采集了孢粉样，经中国科学院兰州地质研究所鉴

定,认为孢粉样组合为 *Classopollis-Cycadopites-Cibotiumspora*, 确定本区富县组的时代为早侏罗世(阎存风, 1990), 首次为榆横地区富县组提供了可与邻区对比的生物地层依据^①。

盆地的富县组在南部属早侏罗世早期,而北部属早侏罗世晚期。若此说正确,则盆地内富县组的发育最早在盆地中部的延安榆林地区出现,以平行不整合沉积于上三叠统之上,其间地层缺失不多,以后则逐渐向北扩展,至早侏罗世晚期才逐步沉积到府谷—准格尔旗一带中三叠统的构造侵蚀面之上。

(二) 中统

延安组:由1950年王尚文所创延安系一名而来。为一套河流、湖泊及河湖过渡的河湖三角洲相沉积,是盆地内最重要的含煤、油(气)地层之一。岩性主要为深灰色的粉砂岩、泥岩、细砂岩和灰黄色的长石砂岩,以及煤或油页岩组成。呈带状出露于内蒙古罕台川和陕西省的府谷、神木、榆林、子长、延安、富县、黄陵、旬邑、彬县、陇县一带,在甘肃的华亭和宁夏的碎石井、炭山、汝箕沟等地也有零星出露。其底部与下侏罗统的富县组呈连续沉积,或直接上覆于上三叠统延长群之上,呈假整合接触。顶部因受直罗组底砂岩冲刷而有不同程度的缺失,缺失较多的地区是盆地的陇东地区及陕西的黄陇地区。地层厚度一般在200—300m之间,盆地西、南缘的汝箕沟,宁南炭山及黄陵—陇县,甘肃省的安口—华亭一带,含煤地层分布不连续,常被古隆起或剥蚀区分割,地层厚度变化大,多数为100余米,但在一些坳陷区厚度可超过700余米。

延安组所产化石早在1936年就已经潘钟祥、斯行健等采集标本鉴定,认为属 *Coniopteris-Phoenicopsis* 植物群。这一植物群在我国北方,中亚和西伯利亚均有广泛分布,其所在地层与晚三叠世地层普遍呈平行不整合接触。早在1905—1906年,俄国的奥勃鲁契夫院士在新疆准噶尔盆地系统地采集了这个植物群的化石,经秀厄得研究,定为中侏罗世。嗣后,我国又将这个植物群改为早—中侏罗世。随着地质工作的深入发展,相继在我国北方确定了陕北的富县组,甘肃阿干镇的大西沟组和靖远县的刀楞山组,山西大同的永定庄组和内蒙古大青山的南苏勒图群等早侏罗世地层。加上近年来孢粉研究认为:延安组孢粉组合以 *Cyathidites-Lycopodiumsporites-Neoraistrickia* 为代表。与富县组比较,古松柏纲花粉在延安组减少;*Cyathidites* 属,尤其是 *Cyathidites minor* 显著增强,富县组最高含量是4.7%,而延安组最高含量85%,*Neoraistrickia*, *Lycopodiumsporites* 的含量减少。另外未见晚三叠世的孑遗分子(钱丽君等,1987)。据此,目前大多数意见已趋向延安组系中侏罗世早期的沉积。

直罗组:主要分布于神木马七概沟、横山波罗堡、富县直罗镇、宜君焦坪一带。陇县、千阳一带钻孔中也能见到。本组命名地为富县直罗镇,为一套半干旱气候条件下的河流相沉积。岩性较为单调,由黄绿色长石砂岩、粉砂岩、泥岩为主,组成2—3个沉积旋回。第一旋回下部为黄绿色块状中粗粒砂岩,区域上较为稳定,习称“七里镇砂岩”。砂岩中含较多植物茎干化石及泥砾,与下伏延安组呈冲刷接触。最上部旋回的泥质岩多变成紫红色或紫色,而尤以内蒙古哈拉什川和陕西葫芦河以南更为明显。该组厚度一般为82—209m。在神木考考乌苏剖面较典型的七里镇砂岩之下,还有一层粗大的砾石层和白色的

① 阎存风,陕北榆横地区早、中侏罗世孢粉组合及古气候,1990。

石英砂岩,这套地层区域上与直罗组有很大不同,并肯定应属于延安组上部的沉积,但由于缺失化石依据,是否在延安组与直罗组之间还存在着一套沉积,目前还无法定论,尚待今后工作中给予注意。

直罗组中植物群与下伏的延安组比较,基本一致,唯一区别是植物中银杏类增多,木贼类更少,孢粉化石中出现了 *Klukia* sp. 等一些新的分子,而延安组植物群中一些较古老的分子,如 *Mirattiopsis munsteri* 等基本绝迹。因此,直罗组形成时代一直被认定属于中侏罗世,并无多大争议。

安定组:该组由王竹泉、潘钟祥 1933 年在陕西省子长县安定所创立的“安定层”而来,主要分布于榆林刀兔、横山县石马洼和青阳岔、安塞王家窑、富县黑山寺一带,呈北北东-南南西带状出露。为一套干燥气候条件下形成的内陆湖泊河流相沉积。本组岩性在大理河以南可明显三分,下部主要为黑色页岩、灰黑色油页岩及少量的灰质泥灰岩、白云质泥灰岩、粘土质白云岩等;中部为灰绿、暗桃红色页岩及灰绿色泥岩、钙质粉砂岩;上部为灰黄色泥灰岩与钙质页岩互层。与下伏直罗组为整合接触,与上覆白垩系志丹群洛河组砂岩为平行不整合接触。大理河以北至神木县中鸡为紫红、暗紫色长石砂岩、砂质泥岩、粉砂岩,呈不等厚互层,局部夹有薄层泥灰岩,厚度为 58.13—159.73m。

该组在安塞县龙泉寺一带含有丰富的化石,见有介形类: *Timiriasevia mackerrowi*, *T.armeniacumi* formis; 瓣鳃类: *Unioansaiensis*; 鱼类: *Hybodus antingensis* 等。

根据介形类、瓣鳃类化石研究,目前较集中的意见认为属中侏罗世晚期。

(三) 上统

芬芳河组:本组系 1973 年陕西省煤田地质勘探公司 186 煤田地质队建立。在盆地内分布范围有限,主要出露于盆地西南缘的千阳碧草沟、芬芳河。凤翔袁家河一带,甘肃环县甜水堡、宁夏平罗汝箕沟等地也有零星分布。岩性为棕红、紫灰色块状砂岩。未发现化石。厚度侧向变化很大,最厚 1174m,与下伏安定组为平行不整合接触,与上覆下白垩统志丹群宜君砾岩为不整合接触。依据其上、下岩层所产化石确定,该组时代属晚侏罗世。

二、构造特征

反射地震剖面表明,盆地内大部分地区构造简单,后期构造变动微弱。陕北斜坡带占据了盆地内部的绝大多数地区(研究区处于此带内),侏罗纪岩层呈层状叠置,富县组—延安组—直罗组—安定组呈现一先上超后退覆的地层格架,总体上由东向西缓倾,倾角 1° — 3° ,中间仅见有一些小型的鼻状隆起和构造台阶。从剥蚀界线至西部定边吴旗一带,侏罗系上覆盖层逐渐增厚到 2000m 左右。

盆地周缘老山褶皱区中,多发育有规模巨大的不同构造期次的深大断裂,这些断裂组成的网格框架,控制了现今盆地近南北向的矩型轮廓。框架以内为次一级的山前断裂和周缘的挠褶带。隆起带和断褶带靠盆缘越近,这些构造的成排性越好,褶皱幅度越高,出露地层越老,并逐排向盆地内部递减。反映了构造运动自盆缘向盆内逐渐减弱的规律性。从构造的规模及形成机制分析,盆地西缘、南缘受挤压的应力场强度大,主要以逆掩、褶皱、断裂的构造形式释放应力,而北缘、东缘则以抬升和挠曲发育为主。

从盆地现今面貌分析,相对来讲,其北缘、西缘和南缘保存较为完整,大致可作为盆地沉积的自然边界。东缘因抬升作用使上三叠统以上中生代的地层在东胜—延安—黄陵—

线以东地区几乎全部遭到剥蚀，未见到明显的近边缘相的沉积。近年来所完成的一些侏罗纪煤资源调查结果表明，下—中侏罗统的沉积厚度向东部有增大趋势，而不是减薄收缩，且主要是盆地内的河、湖沉积物。因此可以说侏罗纪的盆地边界有可能在黄河以东。

三、富煤分区

延安组是侏罗纪煤的主要赋存层位，除子洲大理河以南，富县葫芦河以北，吴旗、紫坊畔以东不含煤外，其余广阔的区域均内有丰富的煤藏。以往按地理分界，历史沿习把鄂尔多斯盆地的含煤地带划分为东胜煤田、陕北侏罗纪煤田、渭北黄陵煤田、陇东煤田和宁东煤田等若干分区。近几年随着煤田工作的深入，又出现了神府煤田、榆横煤田这样一些新的称谓。为了既尊重各产业部门地质工作中已形成的现实情况，又照顾到鄂尔多斯“七五”攻关项目不同课题的工作范围和煤层分布的变化特点，本文将鄂尔多斯侏罗纪这样

一个很大的含煤区划分为以下八个富煤区，即陕西省榆林地区北部的神（木）—府（谷）区、榆（林）—横（山）区、靖（边）—定（边）区、渭北地区的店（头）—焦（坪）区、彬（县）—长（武）区和甘肃省的陇东区、宁夏回族自治区的宁东—宁南区、内蒙古自治区伊克昭盟南部的鄂托克—东胜区（图 1-2）。现分别将其含煤特征分述如下：

（一）神府区

位于陕西省最北部，神木境内是主体，向东延至府谷西部新民一带，含煤面积为 7894km²。其北与内蒙古鄂托克—东胜区、西南与榆横区相连接，东南为煤系剥蚀区。该区最多含煤 27 层，其中可采煤层 3—9 层，具有一定规模的有 5 层。单孔累厚最大为 26.89m，一般为 18m。含煤系数为 6.5—8.5%。其中规模最大的可采煤层为 2—2 号煤层（相当于榆横地区 III 号煤层）。该煤层结构简单、分布稳定，平均厚度为 4.85m，最大厚度为 12.02m。红碱淖至瑶镇一带，因遭受后期直罗组底砂岩沉积时的冲刷，煤层部分或全部缺失。柠条塔至活鸡兔一带，该煤层已出露地表，形

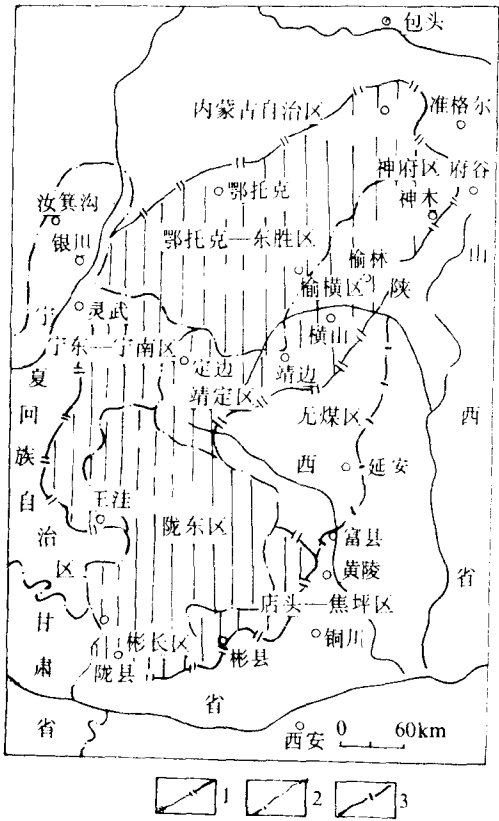


图 1-2 鄂尔多斯盆地侏罗纪煤田分区图

1—煤田边界；2—省界；3—侏罗系剥蚀边界

Fig.1-2 Map showing the distribution of the Jurassic Coalfields in Ordos Basin

成了露天采场。原煤灰分产率平均为 8.48%，全硫含量为 0.72%，挥发分 36.82%，磷 0.002—0.025%，发热量 ($Q_{b.ad}$) 29434J/g，焦油产率 7.6—9.8%。其它煤层煤化指数也

基本和主煤层大体相同,主要为低灰、低硫、低磷的不粘结煤、弱粘结煤和长焰煤。显微煤岩类型中丝质组均占 39.7%,镜质组 55.89%。经陕西省煤田地质公司 185 队工作后,该区已探明远景储量 630.4 亿 t,其北部现已被列为国家煤资源重点开发区。

(二) 榆横区

沿陕西、内蒙古省、区界下延,北纬 $38^{\circ}30'$ 以南为榆横含煤区。该区除东部、南部个别钻孔未见可采煤层外,大部分钻孔见可采煤层,无定河以北含可采煤层 1—7 层,单孔可采煤层累计厚度为 15.94m,平均为 9.2m。无定河以南含可采煤层 1—3 层,单孔可采煤层累厚 7.22m,平均 4.01m。最大含煤面积达 11820km^2 ,除少量地段煤层出露外,大部分地区煤层埋深 100—800m。

该区煤层形态较为规整,均呈层状、似层状产出,主要煤层厚度呈趋势性渐变,无明显膨缩、突变现象;煤层结构简单,不含夹矸或含少量夹矸。多数煤层稳定性好,有较大面积分布,特别是主煤层Ⅲ号煤,几乎遍及全区,并与北、西方向的神府、内蒙古及靖边三区的主煤层连成一片,构成一个分布极广阔的内陆湖盆型煤层。煤层原煤灰分产率平均为 10.25%;水分为 5.49%;挥发分为 36.27%;焦油产率为 3.84—13.70%,平均为 10.85%;发热量 ($Q_{\text{b.ad}}$) 平均为 33184.4J/g ;全硫含量在主煤层以下各煤层中均为 0.40—0.95%之间,属特低硫煤,主煤层和Ⅱ号煤平均为 1.79%和 2.68%,属中硫煤和富硫煤,经洗选后分别可达到低硫和特低硫煤。本区的显微煤岩类型,镜质组为 50.3—69.2%,丝质组为 21.5—41.7%。煤种主要是弱粘结煤、不粘结煤和长焰煤。“六五”期间经陕西省地矿局第八地质队工作后,在该区共探明埋深 600m 以浅 D+E 级储量 483.39 亿 t。

(三) 靖定区

位于陕西省境内的定边及靖边县西部地区,其西、北方向和宁东及内蒙古南部含煤区相连接。全区煤层埋深为 1000—2000m,依靠石油钻探测井资料的解释,本区共有 1—13 层煤层,单孔煤层累厚最大为 33.5m,平均为 11.52m,单层煤厚为 0.8—4m。煤层变化特点是,由西北宁陕边界向东南吴旗方向煤层层数减少,厚度减薄,以至尖灭。全区最大含煤面积为 7638.8km^2 。由于区内煤资源目前尚谈不上开发利用,故煤质资料是个空白。经陕西省地矿局第八地质队在该区进行的预测,本区埋深 2000m 以上的煤炭资源预测量总计为 525 亿 t。

(四) 店焦区

位于陕西黄陇侏罗纪煤田的东部。本区共含煤四层,主要煤层在店头矿区称 2 号煤,平均厚 2.0m,焦坪区称 4 号煤,平均厚 8m (相当于榆横区的Ⅲ号煤层)。由于受古构造(如瓦窑坪隆起及石门山,老爷岭隆起)的控制,煤层多不连续且厚度随古地形变化有很大差异。煤层原煤灰分产率平均为 16.92%,挥发分为 34.85%,全硫为 1.18%,发热量 ($Q_{\text{b.ad}}$) 一般为 26690.3J — 33784J/g ,焦油产率为 7.28—11.24%。在店头矿区该煤层以上还有一层油页岩,含油率最高达 16.05%。煤岩类型以镜质组为主,约占 62—86%,其次为丝质组,占 11—31%。该区经陕西省煤田地质公司 194 队工作,已探明普查储量 36 亿 t。

(五) 彬长区

该区位于黄陇煤田中偏西部。全区最多有 8 层煤,平均厚 16m,一般为 1—5 层,可