

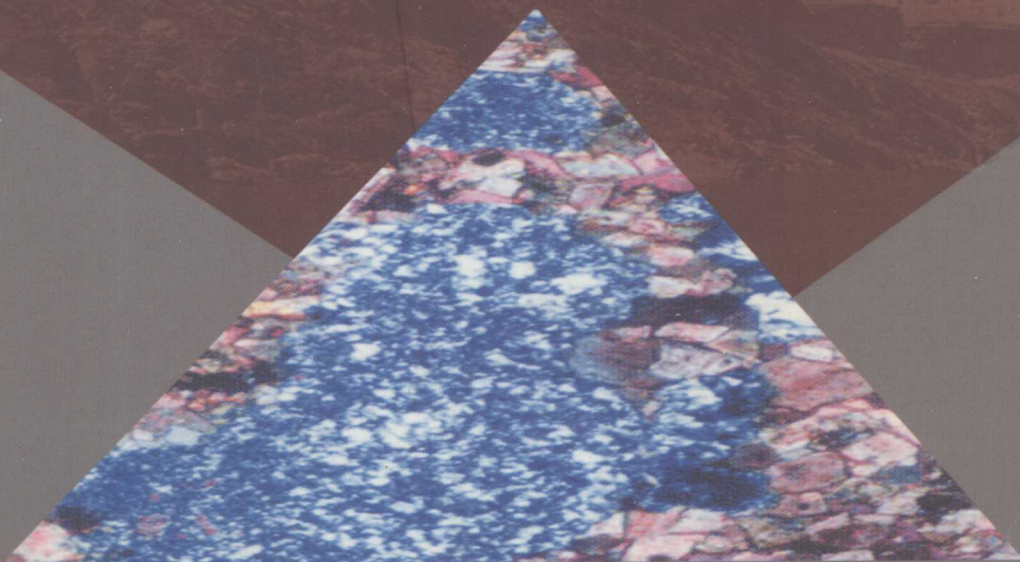
ATLAS OF GEOLOGY PROFILE IN ORDOS BASIN

鄂尔多斯盆地

中生界储层

图册

何自新 贺静 著



ORDOS



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

鄂尔多斯盆地中生界储层图册

Atlas of Mesozoic Reservoirs in Ordos Basin

何自新 贺 静 著

He Zixin He Jing

P618.1302-6
L1



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本图册从岩性、岩相入手,通过对中生界主要储集砂岩的岩相及岩性特征、岩石学特征、成岩作用、孔隙演化史、储层孔隙特征、物性特征、孔隙结构特征等的叙述,对储集岩类型划分和分类评价,对主要储层的润湿性、敏感性、水驱油效率及相渗透率特征进行分析,使读者对鄂尔多斯盆地中生界低渗透、特低渗透储集砂岩有较全面系统的了解。

本图册展示了中生界主要储集砂岩的630余张最具代表性的野外露头、含油段岩心以及大量的储层特征照片及图片,并附以大量数据表格及代表性油田储层特征简介,使在鄂尔多斯盆地进行油气勘探、开发的工作者对盆地中生界的储层特征有更深入的了解,亦可供从事中生界储层研究的科研和生产人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地中生界储层图册/何自新,贺静著.
北京:石油工业出版社,2004.12
ISBN 7-5021-4770-5

- I. 鄂…
- II. 何…
- III. 鄂尔多斯盆地—中生代—储集层—图集
- IV. 618.130.2-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第100544号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004年12月第1版 2004年12月第1次印刷

889×1194毫米 开本:1/16 印张:12.25

字数:364千字 印数:1-1000册

定价:80.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

鄂尔多斯盆地是我国第二大沉积盆地，也是我国最早发现并进行石油勘探开发的大型含油气盆地之一。近年来，随着低渗透油气地质理论的不断发展和勘探开发技术水平的提高，盆地油气勘探不断取得重大突破，油气储量、产量也随之得到快速增长，同时，也展现出了鄂尔多斯盆地低渗透油气勘探开发的巨大潜力。

鄂尔多斯盆地的地质结构简单、构造平缓、地层整合，其油气储层的普遍低渗透、特低渗透特征更是闻名于世。储层的低渗透造成了该区油气藏的隐蔽性和低品位、低产量，增加了该区油气勘探开发的难度。但是，储层的低渗透又给油气的长期保存提供了良好的条件。鄂尔多斯盆地主要储层层段含油气的普遍性、丰富的油气资源和有利储集区带的油气富集正是得益于储层的低渗透特征。

储层的低渗透特征使如何寻找相对优质储层发育区带、如何通过有效的储层改造和科学的开发技术来提高单井产量成为油气勘探开发的关键。长期的油气勘探开发实践和储层研究工作使人们逐步认识到砂体发育的沉积相带和次生孔隙发育的成岩相带是决定优质储层分布的关键条件。因此，通过对各种沉积相带储层的岩性特征、成岩作用特点、孔隙成因类型及其组合特征、孔隙结构特征、次生孔隙形成机理、储层的非均质性特征的精细描述及系统研究，逐步深化对优质储层形成条件、控制因素分析与分布规律的认识，提高对优质储层发育区带的预测评价，无疑将对鄂尔多斯盆地的油气勘探具有特殊的意义。

盆地南部中生界的主要产油层是中侏罗统的延安组 and 上三叠统的延长组。延安组储层的储集性能相对较好，为中、低渗透储层，三叠系延长组储层属典型的低渗透、特低渗透储层。本图册汇集整理了近20余年来长庆油田在中生界储层研究工作方面所取得的成果和认识，从盆地岩相、岩性入手，由宏观到微观，图文结合，全面系统地展示和论述了中生界储层的岩石学特征、成岩作用与孔隙演化特征、孔隙结构特征、储层的润湿性、敏感性、水驱油效率及相渗透率特征等，用最新的成岩与孔隙成因理论对优质储层的形成条件和主要地质控制因素进行了探讨。

图册共分为六个部分。第一部分为盆地中生界的岩相及岩性特征，介绍并展示了中生界主要储集砂体的沉积相类型及储集砂岩的野外露头、岩心及显微镜下的特征；第二部分为主要储集岩的特征，总结了中生界主要储集岩的岩石学特征、成岩作用特征、自生矿物特征、储集砂岩的孔隙演化史及其成岩阶段划分；第三部分为储集砂岩的孔隙类型，介绍了中生界储集砂岩的孔隙类型划分及其孔隙类型组合特征；第四部分为主要储集砂岩的孔隙结构特征，介绍了中生界储集岩的储集类型，系统总结了低渗透储层的孔隙结构特征和主要储集砂岩的类型划分及其储集性评价；第五部分为储层的敏感性、润湿性、水驱油效率及相渗透率特征，简要介绍了储层的敏感性特征、润湿性特征、水驱油效率、储层的相渗透率特征及油层压裂改造和注水开发的适应性；第六部分为代表性油田的储层的特征，简要介绍了近30个中生界油田的储层的微观特征。

本图册侧重于介绍储层的微观特征，以储集岩岩石薄片为主，并编入了部分野外露头照片、岩心照片及扫描电镜照片、阴极发光和荧光照片、压汞、X衍射、能谱、图像、透射电镜资料以及部分岩相古地理图、柱状剖面等资料。在图册编纂过程中，一直得到了长庆油田分公司副总经理杨华、勘探开发研究院张明禄院长、付金华副院长以及分析试验中心蔺昉晓主任的大力支持和帮助。张文正教授负责整个图册的编纂统筹工作，武平仓高级工程师对第五部分提出了重要的修改意见，尹鹏负责图册的排版及岩相古地理图的修改工作，袁效奇提供了野外剖面照片，油藏评价室及石油勘探室提供了盆地的岩相古地理图，解丽琴提供了部分扫描电镜照片，张怡和车晓芳参加了部分室内工作，栾琴提供了部分荧光照片及相关资料。参加早期编纂工作的还有黄月明、杨奕华、南珺祥、刘绥保、包洪平、张绍平、王晓方、解丽琴、刘晓丽等，在此一并表示衷心的感谢。由于水平有限，难免有不足和疏漏之处，诚望读者批评指正。

作者

2004.6于西安

Preface

Ordos Basin is the second largest sedimentary basin in China. It is also one of the largest and earliest discovered, explored and developed hydrocarbon-bearing basins in China. In the past few years, great breakthroughs have been made in petroleum exploration in this basin, due to the progress on the low permeability petroleum geology and the development of petroleum exploration and exploitation techniques. As a result, the oil and gas reserves and output are keeping a rapid increase, showing great potential of low permeability petroleum exploration and development in Ordos Basin.

Geologically, Ordos Basin is characterized by simple configuration, gentle structure and conformable strata. It is famed by the universally and particularly low permeability. On the one hand, low permeability of reservoirs would be responsible for concealed oil and gas accumulation, and their low grade and low yield nature increases the exploration and development difficulty. On the other hand, the low permeability of reservoirs is favorable for the long-term preservation of oil and gas: the richness of hydrocarbon resources and favorable oil and gas accumulation zones in Ordos Basin is profited from the low permeability of the reservoirs.

In the case of low reservoir permeability, how to find pay zone where high-quality reservoirs develop and how to improve individual well producing rate through scientific exploration technology are the key to oil and gas exploration and development. Through long-term practice of oil and gas exploration and development and reservoir research, people have gradually realized the sedimentary facies zone where the sandstone bodies develop and diagenetic facies zone where the secondary pores are developed are crucial to the distribution of high quality reservoirs. Therefore, through the detailed description and systematic research on the many features concerning with lithologic properties, diagenesis, pore genetic types and associations, pore texture, secondary pore forming mechanism and heterogeneity of reservoirs, we can gradually deepen our realization regarding generating conditions, controlled factors and distribution roles of reservoirs, and then fulfill prospect and evaluation of those zones where the high quality reservoirs are developed. That is of great significance in petroleum exploration in Ordos Basin.

In the south of the basin, the major Mesozoic hydrocarbon-bearing strata are Yan'an

Formation of Middle Jurassic and Yanchang Formation of Upper Triassic. The Yan'an Formation reservoir, belonging to the middle-low permeability, is relatively good in properties. The Yanchang Formation is typically low and extremely low permeable reservoir. This atlas collects new results and understandings about the Mesozoic reservoirs of Changqing oil field in the past 20 years. Based on the lithofacies and lithological properties, from macrostructure to microstructure, this atlas has systemically discussed many physical properties of Mesozoic reservoirs, such as lithology, diagenesis, pore texture, pore evolution, reservoir wettability, sensitivity, water-drive-oil efficiency and facies permeability. Those generating conditions and controlled factors of high-quality reservoirs have also been discussed employing the most advanced theories of diagenesis and pore genesis.

The book is composed of six parts. The first part, lithofacies and lithology of Mesozoic, introduces the main sedimentary facies, field outcrops, core and microscopic characters. The second part, the major reservoir properties, covers the many physical properties of the major reservoirs, concerning with lithology, diagenesis, spontaneous minerals, pore evolution and diagenesis phases of sandstone reservoirs. The third part is an introduction of main pore types and their associations of Mesozoic. The fourth part offers the reservoir types, covering pore textures of low permeable sandstone and estimates of their reservoir capability. Such physical properties of the reservoirs as sensitivity, wettability, water-drive-oil efficiency and facies permeability have been emphasized in the fifth part. The reconstruct of oil-bed pressure fraction and water-flooding capability are also illustrated in this part. The sixth part briefly introduces the main micro-characters of 30 Mesozoic oil fields.

Focused on micro-characters, the present atlas is mainly concerned with rock-thin section photographs, and also contains many pictures of field outcrops, cores, SEM, cathodoluminescence X-ray diffraction, mercury penetration, energy spectrum analysis, TEM as well as many lithofacies and paleogeographic maps and columnar sections.

We'd like to thank the people who give strong supports to us during the atlas compilation: Yang Hua, vice general manager of Changqing Oilfield, Zhang Minglu and Fu Jinghua, the leaders of Changqing Institute of Petroleum Exploration and Development, and Lin Fangxiao, head of Analysis and Test Center. And Professor Zhang Wenzheng, who took an effort to organize and revise the whole book, senior engineer Wu Pingcang, who have provided some advice for the fifth part, Yin Peng, who laid out the atlas and revised the lithofacies and palaeogeographic

maps, Yuan Xiaoqi, who offers many pictures of outcrop sections, Zhang Yi and Che Xiaofang, who took part in some jobs, Luan Qing, who offers some related data. We want to acknowledge the supports from the departments of reservoir estimating and petroleum exploration. Many thanks also extend to Huang Yueming, Yang Yihua, Nan Junxiang, Liu Suibao, Bao Hongpin, Zhang Shaopin, Wang Xiaofang, Xie Liqing, Liu Xiaoli, who have once taken part in the preparation for the book.

Any critical comments are welcome.

Authors

Xi'an, June, 2004

目 录

| | |
|--------------------------------------------------|-----|
| 第一部分 盆地中生界的岩相及岩性特征 (照片1~202) | 1 |
| 一、侏罗纪的岩相古地理 | 1 |
| 二、侏罗系的岩性特征 | 5 |
| 三、三叠纪的岩相古地理 | 8 |
| 四、三叠系的岩性特征 | 15 |
| 第二部分 中生界主要储集岩的特征 (照片203~441) | 53 |
| 一、侏罗系主要储集岩的特征 | 53 |
| 二、三叠系主要储集岩的特征 | 55 |
| 三、储集砂岩的成岩作用 | 58 |
| 四、储集砂岩中的主要成岩矿物 | 60 |
| 五、储集砂岩的孔隙演化史 | 63 |
| 六、成岩阶段划分 | 66 |
| 第三部分 中生界储集砂岩的孔隙类型 (照片442~542) | 107 |
| 一、孔隙类型的划分 | 107 |
| 二、侏罗系延安组主要储集砂岩的孔隙类型 | 109 |
| 三、延长组主要储集砂岩的孔隙类型 | 110 |
| 第四部分 中生界储集岩的孔隙结构特征、储集岩类型划分及其储集性评价 (照片543~632) | 134 |
| 一、表征储集砂岩储集性能的主要孔隙结构参数 | 134 |
| 二、储集岩类型的划分及其储集性的评价方法 | 136 |
| 三、储集砂岩的孔隙结构特征 | 138 |
| 第五部分 储层的敏感性、润湿性、水驱油效率及相渗透率特征 | 165 |
| 一、储层的敏感性特征 | 165 |
| 二、润湿性、水驱油效率及相渗透率特征 | 167 |
| 三、油层压裂改造和注水开发的适应性 | 170 |
| 第六部分 代表性油田的储层特征 | 172 |
| 一、侏罗系代表性油田的储层特征 | 172 |
| 二、三叠系代表性油田的储层特征 | 176 |
| 参考文献 | 185 |

CONTENTS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Part One Mesozoic lithofacies and lithology (Photo 1-Photo 202) | 1 |
| 1.1 Jurassic lithofacies and paleogeography | 1 |
| 1.2 Jurassic lithological properties | 5 |
| 1.3 Triassic lithofacies and paleogeography | 8 |
| 1.4 Triassic lithological properties | 15 |
| Part Two Lithological properties of key reservoirs (Photo 203-Photo 441) | 53 |
| 2.1 Lithological properties of major Jurassic reservoirs | 53 |
| 2.2 Lithological properties of major Triassic reservoirs | 55 |
| 2.3 Diagenesis of sandstone reservoirs | 58 |
| 2.4 Main diagenetic minerals in sandstone reservoirs | 60 |
| 2.5 Pore evolution of sandstone reservoirs | 63 |
| 2.6 Diagenetic phases | 66 |
| Part Three Pore types of sandstone reservoirs (Photo 442-Photo 542) | 107 |
| 3.1 Pore types | 107 |
| 3.2 Pore types of main sandstone reservoirs of Jurassic Yan'an Formation | 109 |
| 3.3 Pore types of main sandstone reservoirs of Yanchang Formation | 110 |
| Part Four Pore texture property of main sandstone reservoirs (Photo 543-Photo 632) | 134 |
| 4.1 Main parameters of pore texture sandstone reservoirs | 134 |
| 4.2 Reservoir types and estimation | 136 |
| 4.3 Pore texture of sandstone reservoirs | 138 |
| Part Five Sensitivity, wettability, oil-water displacement efficiency and facies permeability | 165 |
| 5.1 Reservoir sensitivity | 165 |
| 5.2 Wettability, oil-water displacement efficiency and facies permeability | 167 |
| 5.3 Adaptability of oil-bed fraction and water-flooding development | 170 |
| Part Six Reservoir characters of representative oil fields | 172 |
| 6.1 Reservoir characters of representative Jurassic oil fields | 172 |
| 6.2 Reservoir characters of representative Triassic oil fields | 176 |
| References | 185 |

第一部分 盆地中生界的岩相及岩性特征 (照片1~202)

一、 侏罗纪的岩相古地理

古构造和沉积学分析证实,鄂尔多斯盆地在晚三叠世以前属于大华北盆地沉积的一部分,其作为一个独立的湖盆是从早白垩世才开始形成的。晚三叠世末,印支运动使全区抬升,广遭剥蚀,形成丘陵起伏、阶地层叠、沟谷纵横的古地貌景观,其侏罗系就是在此背景下接受沉积的。

(一) 早侏罗世晚期

早侏罗世早期,由于受印支运动晚期构造活动的强烈影响,盆地抬升,并在该时期未接受沉积,且三叠纪地层剥蚀程度自东向西增强。在盆地西部延长组上部地层(长1—长3)普遍遭受剥蚀,甚至在一些地区(西南部华亭—陇县一带)延长组中部地层也剥蚀殆尽,延长组残余厚度仅为150m左右,在盆地东部、东北部仍然保留了一些延长组上部地层。这种西高东低的古地貌形态为早侏罗世晚期由西向东的河流的形成创造了条件。另外,在盆地南缘的淳化、旬邑地区和在盆地东北缘的哈镇—五字湾地区则缺失上三叠统,侏罗系直接超覆在中三叠统纸坊组红层之上,形成了周边高、中间低陷的盆状古地貌格局。

早侏罗世晚期富县组沉积的古地理特征主要受晚三叠世顶面古地貌的控制(图1-1)。在盆地南部的渭北地区主要为残丘、高地,以残积相的含菱铁质鲕粒铝土质泥岩沉积为主。在盆地中东部主要为河流相和河湖相沉积,河流相早期以粗碎屑充填为主,晚期主要为河道两侧的河漫滩沉积,局部夹有煤线。河湖相早期以河流和洪泛平原沉积为主,晚期则演变为小范围的湖泊沉积,夹藻屑、生屑泥粉晶灰岩,含较丰富的介形类化石。在盆地东北部,即在“黑富县”分布区为湖泊相沉积,局部水体较深,夹有多层油页岩和深灰色泥岩,含较丰富的叶肢介、双壳类、鱼类化石。

(二) 中侏罗世早期

在中侏罗世早期延安组沉积初期(延10沉积期,图1-2),其古地貌特征基本上继承了富县组沉积时的古地貌轮廓,此时,地壳运动处于相对稳定阶段,盆地中部地质作用主要表现为地形的夷平。甘陕水系进一步发展,支流不断增多延长,侧蚀作用较明显,河床不断加宽,地形坡度减小,低丘平原的范围逐步向西扩大,在东北部的大理河—横山一带已下降为河间湖沼洼地。盆地周边隆起,在西南部的黑河、演武一带继续遭到剥蚀,在渭北一带继续隆起。甘陕古河向北侵蚀加剧,其北侧是姬塬丘陵,南侧是马岭丘陵和城华高地,河流被限制在河谷中摆动,沉积了一套以宝塔山砂岩为代表的砂砾岩层,河谷基岩均为延长组第四段砂岩。

在延9油层组沉积期(图1-3),盆地开始下沉,并已集水成湖,在洪水期汪洋一片,在枯水期河流纵横,湖泊星罗棋布,湖沼地灌木丛生,盆地四周有高大的乔木,水中生活着大量的底栖生物、游泳生物等。在盆地东北、西北、西部有数条河流入湖,形成了广布的三角洲体系,水体较浅。

在延8油层组沉积期,盆地继续下沉,水体不断扩大,湖水面积占盆地面积的三分之二以上。湖泊由南北向展布渐变为北西向展布,在大理河—金鼎地区已形成一较大的湖区,北部的河流已不发育,西部黑河—庆阳方向的三角洲消失,刀兔—吴旗一定边的三角洲发育,多呈朵状分布。在延6—延4油层组沉积期,湖洼和湖沼两种地理景观依然存在。

在延4油层组沉积期以后,由于受燕山运动早期的影响,盆地西南部成为剥蚀区,盆地东北部发育河流,盆地东南部为浅湖,在灵武、盐池、定边地区发育河湖及沼泽。

(三) 中侏罗世晚期

中侏罗世直罗组沉积期的古构造面貌完全不同于早侏罗世晚期和中侏罗世早期的古地貌。该期在

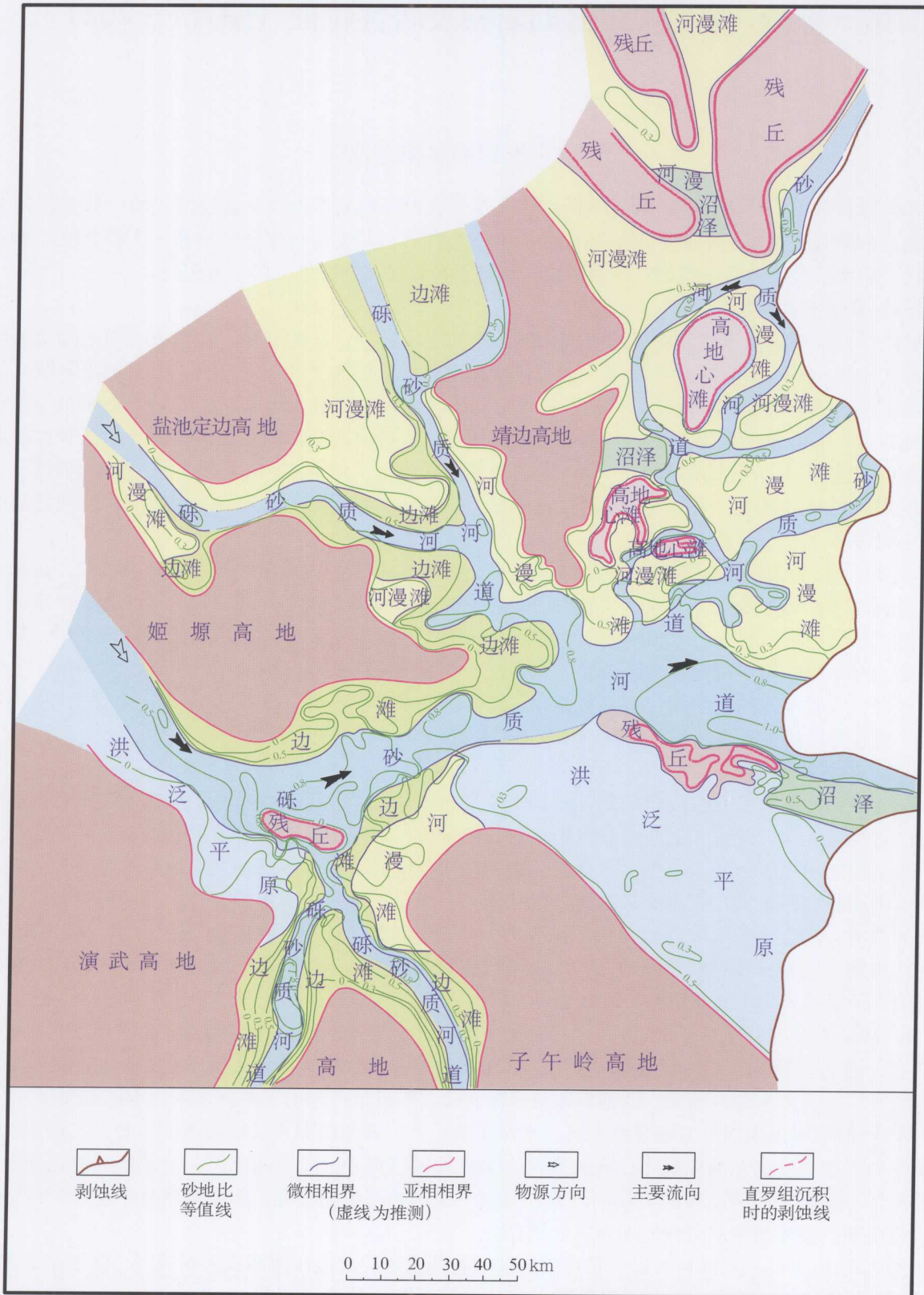


图 1-1 鄂尔多斯盆地南部早侏罗世富县期岩相古地理图
(据长庆油田研究院, 2002年 修改)

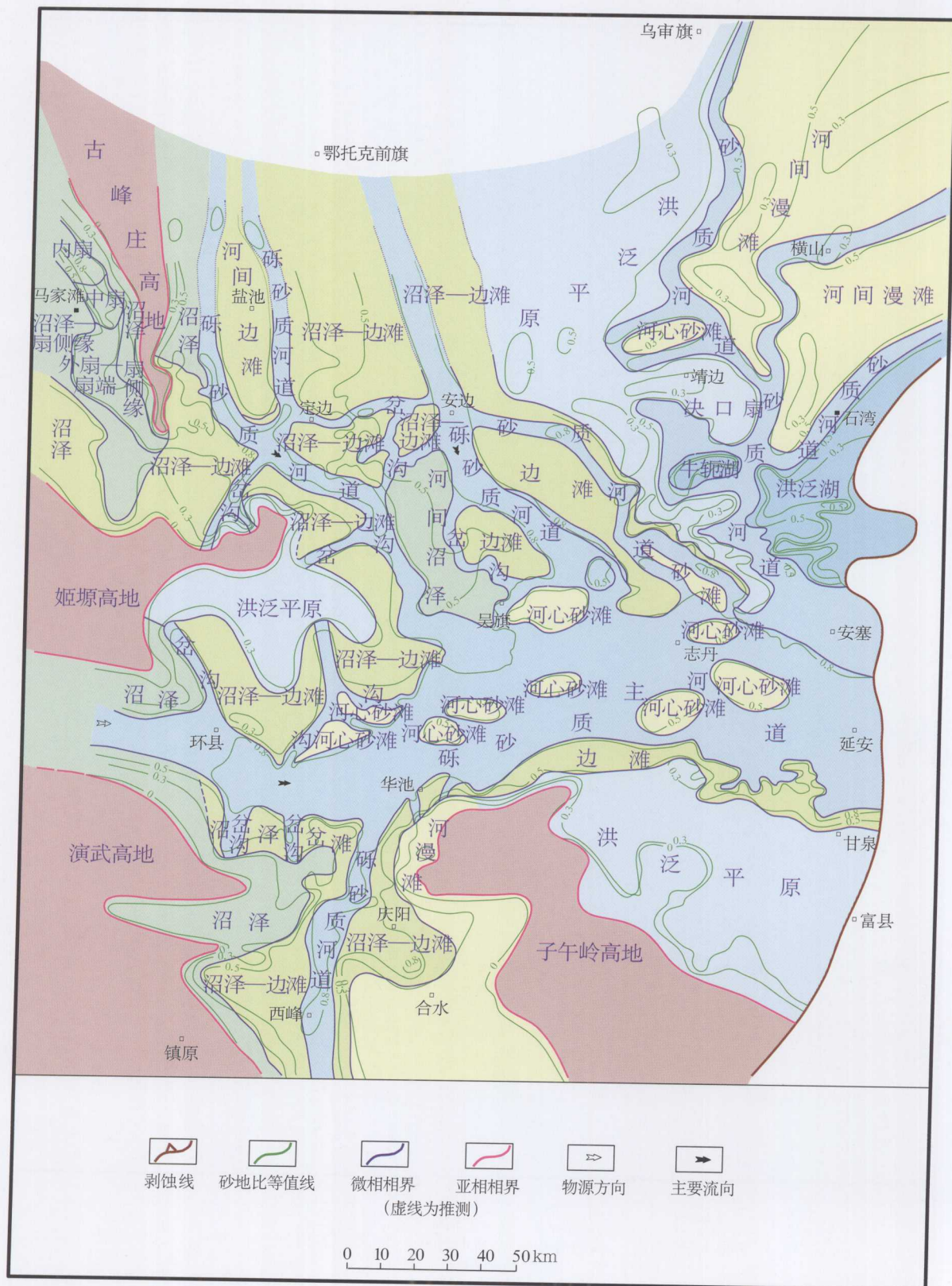


图 1-2 鄂尔多斯盆地中侏罗世延安期延 10 岩相古地理图
(据长庆油田研究院, 2002 年 修改)

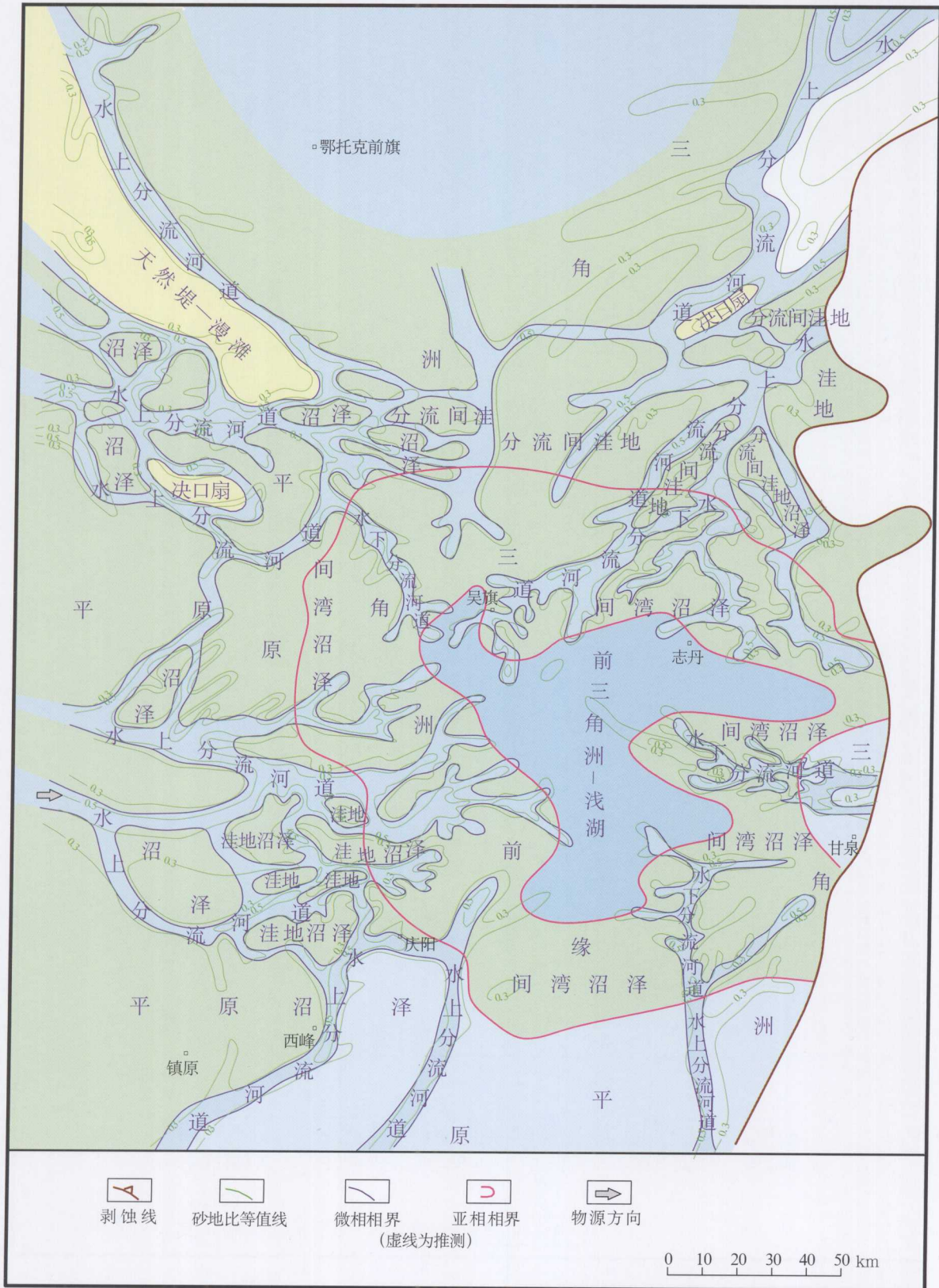


图 1-3 鄂尔多斯盆地南部中侏罗世延安期延 9 岩相古地理图
(据长庆油田研究院, 2002 年 修改)

燕山运动早幕的影响下,盆地再度上升,古地形基本上是东高西低,表现为明显的东西分异格局。在盆地中东部地区以河流相沉积为主,局部为河湖相沉积,可分为上下两个旋回。下旋回下部为黄绿色块状中粗粒长石砂岩,底部含砾,具明显的冲刷面;下旋回上部为黄绿、灰绿色、紫色及杂色泥岩、粉砂质泥岩与粉砂岩互层,泥岩中含孢粉化石。上旋回的下部为黄灰色块状中细粒长石砂岩或岩屑质长石砂岩;上旋回上部为紫杂色和黄绿色、灰绿色泥岩,泥质粉砂岩互层夹粉砂岩,产双壳类、叶肢介、鱼鳞、鱼刺和孢粉及植物化石。在盆地西部,由于受鄂托克旗—马家滩—平凉的近南北向展布的沉降带控制,分布一系列箕状补偿性凹陷,直罗组沉积厚度大,可达670m。其主要沉积类型以河湖相为主,局部为湖相,亦可分两个旋回。下旋回为灰白色含砾中粒长石石英砂岩与灰黑色、深灰带绿色泥岩的不等厚互层,夹煤线或薄煤层;上旋回以灰黑色、灰绿色泥岩为主,夹黑色泥、页岩及紫杂色泥岩。该沉降带在靠近沉降中心的位置坡度较陡,向东坡度逐渐变缓,亦具东西不对称的特点,为西部推覆带继续活动产生的前渊凹陷。

(四) 晚侏罗世早期

中侏罗世晚期沉积以后,盆地的南、北边缘曾上升遭受侵蚀,在盆地中东部和西部仍继续接受沉积,因此,晚侏罗世早期安定组沉积期的古地理面貌和中侏罗世晚期的古地理面貌具一定的继承性。在该期,由于地壳下沉,于靖边—吴旗—志丹—华池一带形成了内陆浅湖沉积区,其西部为滨湖相沉积区,其北部为河流相冲积平原沉积区。浅湖相沉积早期的岩性以较闭塞环境的黑色页岩、油页岩为主,夹泥灰岩透镜体,顶部为中—薄板状灰黄色与青灰色白云质泥灰岩及灰质泥云岩互层,含丰富的孢粉、介形类、腹足类及鱼类和鱼粪、鱼鳞、鱼刺等化石;中部以黄绿色钙质砂岩、粉砂岩为主,夹钙质页岩及泥灰岩,产个体较大的双壳类化石,并常呈层状产出,保存不好;上部为灰黄色、紫灰色泥灰岩、白云质泥灰岩夹紫红色泥页岩及硅质结核,含双壳类、叶肢介、介形类及腹足类、鱼类和鱼粪、鱼鳞等化石。滨湖相岩性主要为杂色、紫红色泥岩与粉砂岩、砂岩的不等厚互层,缺乏较稳定的碳酸盐岩沉积,仅见少量泥灰岩透镜体或团块,泥灰岩中产较丰富的介形类、腹足类化石。河流相为黄绿色、灰黄色长石砂岩与紫红色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩的不等厚互层,含钙质结核,偶含少量孢粉化石。

(五) 晚侏罗世晚期

在全球构造演化过程中,晚侏罗世是冈瓦纳板块向北快速漂浮期,并发生了一系列的板块拼合事件。鄂尔多斯盆地在进入晚侏罗世晚期后,构造面貌亦为之一新,构造格局和沉积类型也发生了重大变化,即长期以来完整、统一的大华北盆地开始解体并发生了明显的沉积分异。该时期,在燕山运动的持续影响下,鄂尔多斯盆地的主体抬升,绝大部分地区未接受沉积,仅在盆地西缘和西南缘发育一套厚达1174m的洪积、坡积砾岩,即芬芳河组前陆盆地沉积,其厚度变化大,分布十分局限,并与前陆逆冲褶皱呈耦合关系。

二、侏罗系的岩性特征

(一) 下侏罗统

鄂尔多斯盆地的下侏罗统为富县组。由于盆地在晚三叠世末期抬升,延长组遭受剥蚀,使上覆的下侏罗统富县组呈填充式沉积,其岩性、厚度均变化较大。主河道沉积以砾状砂岩或砾岩为主,下粗上细,与顶部泥质岩类组成了一个完整的正旋回。其上部的泥质岩段常被侵蚀,故砂砾岩与延安组底部砂岩相接,二者难以分开,厚0~156m。其下与延长组呈平行不整合接触,其上与延安组或为连续或为平行不整合接触。主要沉积类型有以下几种。

(1) 残积相沉积。其为厚度不大的黄绿色、紫红色、灰紫色等杂色泥岩及含菱铁质鲕粒的铝土质泥岩,习称“花斑泥岩”。其底部常有一不稳定的褐铁矿层,见残积角砾岩及紫红色泥岩沿裂缝伸入到下伏的三叠系。

(2) 河流相沉积。其为一套灰白色细—中粒砂岩、砂砾岩、含砾粗砂岩。局部地区河漫亚相发育，其上部泥岩段的岩性为灰黑色泥岩及具棕色斑块状的灰绿色粉砂岩，局部夹薄煤层及煤线。

(3) 河湖相沉积。其岩性为紫红色为主的杂色泥岩、粉砂质泥岩夹褐色、黄绿色含泥岩屑砂岩及灰色生屑泥粉晶灰岩，底部常有透镜状含砾砂岩层。

(4) 浅湖相沉积。在五字湾蝉蝉沟剖面，下部岩性为黄绿色、灰绿色砂岩、粉砂质泥岩夹灰黑色页岩、油页岩及煤线；上部为黄绿色、灰黄色砂岩、粉砂质泥岩夹杂色粉砂质泥岩及紫红色页岩。在府谷孤山为10余米厚的黑色泥岩、油页岩、深灰色粉砂质泥岩、褐灰色细砂岩与深灰色泥岩的不等厚互层，粉砂质泥岩中夹菱铁质粉砂岩透镜体。在榆林安崖为具大型低角度冲刷交错层理的灰白色中、细粒砂岩夹杂色泥岩、深灰色、深褐色页岩（油页岩）和煤线，底部为灰绿色砾岩、砂砾岩。

(二) 中侏罗统

中侏罗统自下而上可分为延安组和直罗组。

1. 延安组

延安组发育一套河湖沼泽相含煤岩系。主要沉积类型有以下几种。

(1) 河流相沉积主要出现在延安组底部，由含砾粗砂岩—泥岩的正韵律旋回组成，其中砂岩占50%以上，顶部广泛发育煤层。

(2) 三角洲平原相沉积由水上分流河道、河间洼地、天然堤、决口扇等微相组成，沉积物中粉砂岩、泥岩含量高，砂岩仅占35%。

(3) 三角洲前缘—浅湖相沉积以水下分流河道砂岩、湖相泥岩、粉砂岩为主，几乎不含煤。

延安组自下而上可分为4段10层（图1-4）。

第一段（延10、延9），即宝塔山砂岩，在西杏子河剖面为黄灰色、灰白色巨厚块状中—粗粒含长石砂岩夹含砾砂岩，底部为灰紫色含砾砂岩和砾岩透镜体，上部含泥岩透镜体，夹煤及炭屑，发育大型多层系槽状斜层理、板状斜层理，向上岩性变细，顶部为灰白色、浅肉灰色透镜状细粒长石砂岩，是盆地内的主要含油层。在盆地东北部，其岩性为灰白色高岭石质岩屑长石砂岩，横向上岩性变化稳定，中部为蓝灰色微带紫色、紫红色的粉砂质泥岩，深灰色泥岩、页岩，黑灰色碳质页岩，下部为灰黄色、灰白色粗粒钙质长石岩屑砂岩和砾岩。

第二段（延8~延6），在盆地东部地区，上部为灰绿色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、页岩，局部为碳质页岩夹煤线或菱铁矿泥灰岩透镜体，其中夹有一层块状细粒岩屑长石砂岩或富含岩屑砂岩（习称“裴庄砂岩”）。砂岩、粉砂岩多呈透镜体状分布，富含喷发岩岩屑，发育板状斜层理，含泥砾。粉砂岩中具波痕和包卷变形层理，泥岩中微细水平层理发育；下部为黄绿色、黄白色、灰白色细—中粒长石砂岩夹灰色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩和页岩。

第三段（延5、延4），在东部地区，上部为灰黑色页岩、碳质页岩夹灰白色粉砂岩，页岩具微细水平层理，砂岩具不规则波状层理。下部为灰色细砂岩夹灰色粉砂质泥岩、泥岩及页岩，泥岩具微细水平层理，砂岩具水平及不规则波状层理，多以硬石膏胶结为特征。西至灵武、盐池、定边，向北至内蒙古，本段上部夹2~3层煤，西南至庆阳，该层遭受不同程度的剥蚀。

第四段（延3~延1），在东部地区，分成两个次一级旋回，上旋回的上部为蓝绿色、灰绿色、局部紫红色砂、泥岩互层，下部为黄绿色细粒岩屑长石砂岩，含大小不一的钙质砂岩球状体；下旋回的上部为灰褐色、灰绿色细砂岩和粉砂岩，顶部为夹暗褐色粉—细粒砂岩、泥岩、页岩互层，下部为灰白带黄色细粒岩屑长石砂岩，具黄褐色铁质斑点和板状斜层理，底部有冲刷现象，含泥砾黄铁矿结核，习称“真武洞砂岩”。在灵武—盐池—定边地区，顶部发育煤层。

2. 直罗组

在全盆地均有分布，岩性比较单一，主要为河流相沉积，仅西部局部地区为湖相沉积。在东部，根据岩性可细分为两个旋回。下旋回的下部为黄绿色块状中粗粒长石砂岩，习称“七里镇砂岩”，底

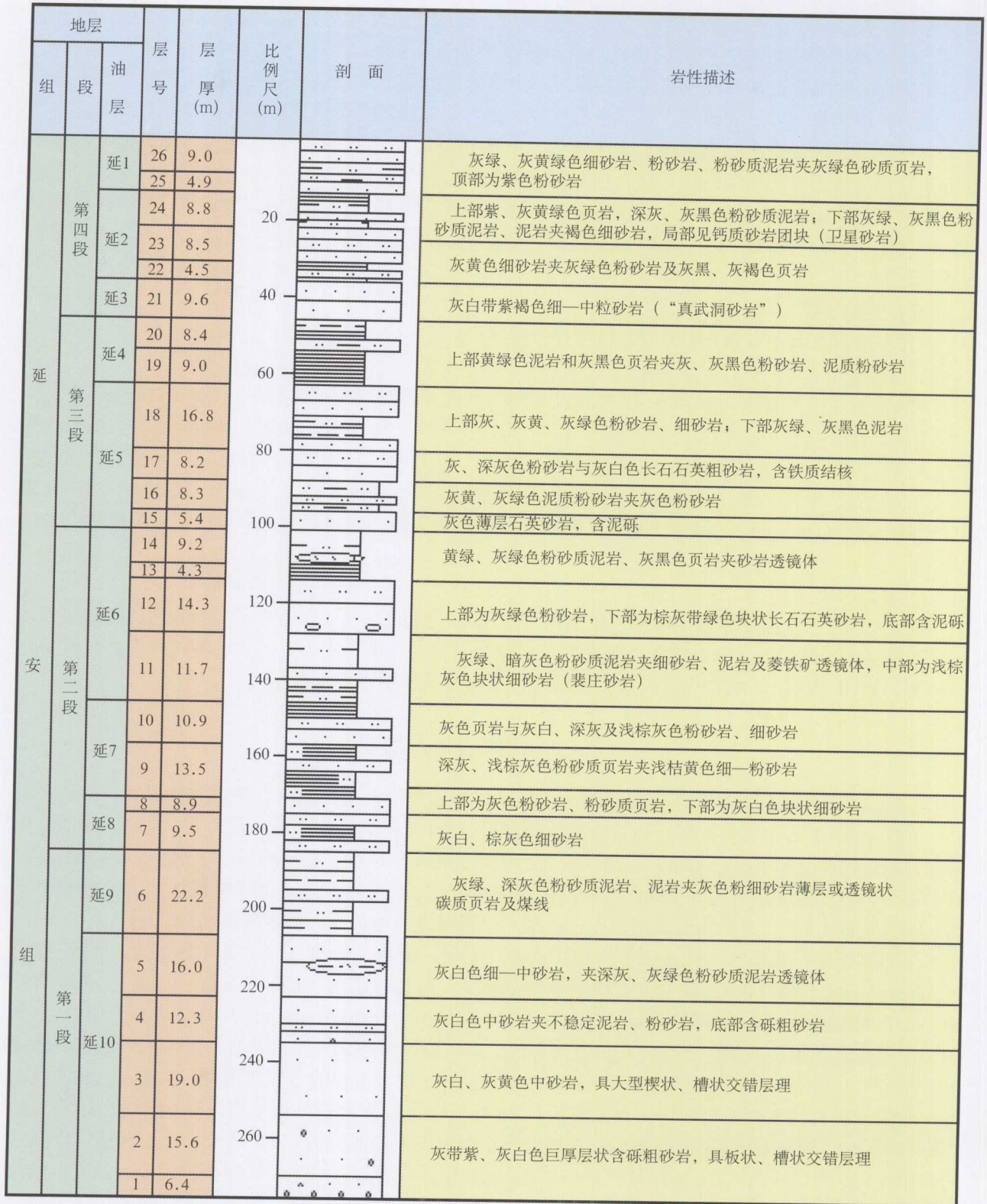


图 1-4 西杏子河侏罗系延安组柱状剖面图