

# 鄂尔多斯盆地东北部延长组 长9油层组成藏条件与成藏特征

时保宏 © 著



陕西新华出版传媒集团  
陕西科学技术出版社

# 鄂尔多斯盆地东北部延长组 长9油层组成藏条件与成藏特征

时保宏 著

陕西新华出版传媒集团  
陕西科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地东北部延长组长9油层组成藏条件与成藏特征 / 时保宏著. —西安:陕西科学技术出版社, 2015.4

ISBN 978-7-5369-6404-4

I. ①鄂… II. ①时… III. ①鄂尔多斯盆地-油气藏形成-研究 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第061208号

## 鄂尔多斯盆地东北部延长组长9油层组成藏条件与成藏特征

---

出版者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社  
西安北大街131号 邮编 710003  
电话 (029)87211894 传真 (029) 87218236  
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社

印刷 陕西天地印刷有限公司

规格 787mm×1092mm 16开本

印张 7.5

字数 163千

版次 2015年4月第1版

书号 ISBN 978-7-5369-6404-4

定价 25.00元

---

版权所有 翻印必究

# 前 言

鄂尔多斯盆地是我国内陆第二大含油气盆地,煤炭、石油、天然气、铀等多种能源矿产富集,已成为我国重要的能源基地之一。盆地内三叠系延长组不仅是我国陆相三叠系地层中研究最早、发育齐全的典型剖面,也是盆地最早获得油气发现的地层,多年来一直属于主要的勘探开发目的层。在三叠系延长组长 2、长 4+5 和长 6 等油层组中有大规模的岩性油藏分布,并经多年来的不断勘探和开发,已获得了巨大的勘探和开发效益。近年来,随着勘探向纵深方向的发展和多层系复合成藏理论研究的深入,延长组下部含油层系油气富集规律的认识不断得到深化,石油勘探在延长组下部层系长 8、长 9 油层取得重大突破。

对三叠系延长组长 9 油层的勘探和研究表明,长 9 油层组的油水关系复杂,富集成藏的主控因素不甚明晰,制约着对其进一步勘探和开发工作。本文正是在这一背景下,以盆地内三叠系延长组长 9 油层组石油勘探程度相对较高的东北部定边-姬塬地区为研究区,深入开展了长 9 油藏成藏条件、油藏类型、成藏动力、输导体系、成藏期次及时间、成藏模式和油藏成藏主控因素等的研究。

本书所依托的研究课题得到了长庆油田公司勘探开发研究院领导和相关研究室多位领导和专家的指导、支持和帮助。在编写过程中,得到了西安石油大学有关领导和专家的支持和帮助。在此向他们表示衷心感谢!书中参考、应用了大量专家的研究成果,在此向相关专家表示衷心感谢。

由于作者水平和认识有限,因而书中错误和不足在所难免,敬请批评指正。

作 者

2014 年 12 月

## 目 录

1	区域地质背景及研究区概况 .....	1
1.1	地理位置及地质背景 .....	1
1.2	延长组地层发育特征 .....	4
1.3	研究区勘探现状及研究现状 .....	7
2	沉积特征及砂体展布规律研究 .....	9
2.1	物源分析 .....	9
2.1.1	轻、重矿物的平面分布 .....	9
2.1.2	古水流分析 .....	11
2.1.3	阴极发光分析 .....	12
2.2	沉积相特征 .....	14
2.2.1	沉积相类型及相划分原则 .....	14
2.2.2	沉积相标志 .....	17
2.2.3	沉积相特征 .....	18
2.2.4	水上/水下界线的确定 .....	21
2.3	沉积相及砂体分区差异性特征 .....	22
2.3.1	西北部辫状河三角洲平原相特征 .....	25
2.3.2	东北部辫状河三角洲平原相特征 .....	26
2.3.3	中部辫状河三角洲前缘相特征 .....	27
3	储层特征及储层评价 .....	29
3.1	储层岩石学特征 .....	29
3.1.1	储层岩石类型及特征 .....	29
3.1.2	岩石成分特征 .....	29
3.1.3	填隙物成分特征 .....	30
3.1.4	岩石结构特征 .....	30
3.2	储层成岩作用类型及特征 .....	33
3.2.1	压实作用特征 .....	34
3.2.2	胶结作用特征 .....	34
3.2.3	溶蚀作用特征 .....	41
3.3	储层孔隙结构特征 .....	42
3.3.1	储层孔隙类型 .....	42
3.3.2	面孔率特征 .....	43
3.3.3	孔隙结构特征 .....	43

3.4	储层物性特征 .....	45
4	油藏特征及流体性质研究 .....	51
4.1	油藏类型解剖 .....	51
4.1.1	岩性-构造油藏 .....	51
4.1.2	构造-岩性油藏 .....	55
4.1.3	岩性油藏 .....	61
4.2	油藏流体性质研究 .....	66
4.2.1	地层水化学性质 .....	66
4.2.2	地面原油性质 .....	68
5	石油成藏机理研究 .....	71
5.1	油源对比 .....	71
5.1.1	烃源岩分布 .....	71
5.1.2	油源对比 .....	72
5.2	石油成藏时间及期次研究 .....	75
5.2.1	流体包裹体特征 .....	75
5.2.2	原油成熟度 .....	78
5.2.3	包裹体荧光及红外光谱分析 .....	79
5.2.4	用包裹体确定成藏期次 .....	81
5.3	石油运移研究 .....	82
5.3.1	石油运移动力 .....	82
5.3.2	石油运移通道 .....	84
5.3.3	石油运移方向 .....	87
5.3.4	包裹体均一温度与石油运移 .....	89
5.4	成藏模式总结 .....	90
5.4.1	西北部成藏模式 .....	90
5.4.2	中部成藏模式 .....	92
5.4.3	东北部成藏模式 .....	93
5.5	油藏控制因素研究 .....	95
5.5.1	烃源岩分布对油藏的控制 .....	96
5.5.2	过剩压力对油藏的控制 .....	97
5.5.3	裂缝发育对油藏的控制 .....	98
5.5.4	构造对油藏的控制 .....	99
5.5.5	岩性对油藏的控制 .....	99
图 版	.....	105
参考文献	.....	110

# 1 区域地质背景及研究区概况

## 1.1 地理位置及地质背景

鄂尔多斯盆地位于东经  $106^{\circ}20'$ ~ $110^{\circ}30'$ , 北纬  $35^{\circ}$ ~ $40^{\circ}30'$ , 横跨陕、甘、宁、蒙、晋五省区。东以吕梁山, 南以金华山、嵯峨山、五峰山、岐山, 西以桌子山、牛首山、罗山, 北以黄河断裂为界, 轮廓为矩形(长庆油田石油地质志编写组, 1992)。

鄂尔多斯盆地是我国第二大沉积盆地, 东以晋西挠褶带与吕梁隆起呼应, 西经冲断构造带与六盘山、银川盆地对峙, 南越渭北挠褶带与渭河盆地相望, 北跨乌兰格尔基岩凸起与河套盆地为邻。盆地的构造形态总体显示为东翼宽缓、西翼陡窄、不对称大向斜的南北向矩形盆地, 面积  $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其大地构造属华北克拉通西部, 是一个南北向较长展布、稳定沉降、拗陷迁移的多旋回克拉通盆地。大地构造格局上兼受其东滨太平洋构造域和西南特提斯—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、扭动明显的多旋回叠合盆地(杨华等, 2006)。盆地基底为太古代、元古代变质岩, 其上有古生代、中生代、新生代盖层沉积, 具有明显的二元结构。根据构造演化史和现今的构造形态, 鄂尔多斯盆地可划分为中部伊陕斜坡、东部晋西挠褶带、西部天环拗陷、西缘冲断带、北部伊盟隆起和南部渭北隆起等 6 个二级构造单元(杨俊杰, 2002)。盆地边缘断裂褶皱较发育, 盆地内部构造相对简单, 地层平缓, 坡降一般小于  $10 \text{ m/km}$ 。伊陕斜坡内无二级构造, 三级构造以鼻状褶曲为主, 很少见幅度较大、圈闭较好的背斜构造发育。

鄂尔多斯盆地形成始于三叠世纸坊期, 发育的鼎盛时期为中晚三叠世延长期和早中侏罗世延安期, 早白垩世末盆地消亡, 晚白垩世以来为盆地的后期改造时期, 因此鄂尔多斯盆地的发育时限为中晚三叠世—早白垩世。

晚三叠世, 受印支运动影响, 鄂尔多斯盆地遭受了有史以来的重大变革。在沉积上实现了由海相、过渡相向陆相的根本性转变, 使盆地自晚三叠世以来发育了完整和典型的陆相碎屑岩沉积体系, 盆地演化进入了大型内陆差异沉积盆地的形成和发展时期。上三叠统延长组是鄂尔多斯盆地拗陷持续发展和稳定沉降过程中堆积的以河流—湖泊相为特征的陆源碎屑岩系, 客观地记录了这个大型淡水湖盆从发生、发展的演化历史。受印支运动的影响而形成西南部陡、东北部缓的晚三叠世鄂尔多斯盆地, 并具有多物源、多水系特征, 物源供应充足, 碎屑组分具有明显的分带性。北部阴山古陆和南部秦岭—祁连山古陆为母岩区, 北东向和南西向两大主流水系所带来的大量的碎屑物占据主体, 并为北东向缓坡大型复合三角洲沉积体系和西南向大型辫状河三角洲沉积体系发育提供了物质基础。构造背景决定了晚三叠世延长期湖盆总的特点为湖盆走向北西—南东, 东北地形宽缓, 发育曲流河三角洲, 西南地形略陡, 形成辫状河三角洲的沉积格局(图 1-1)。

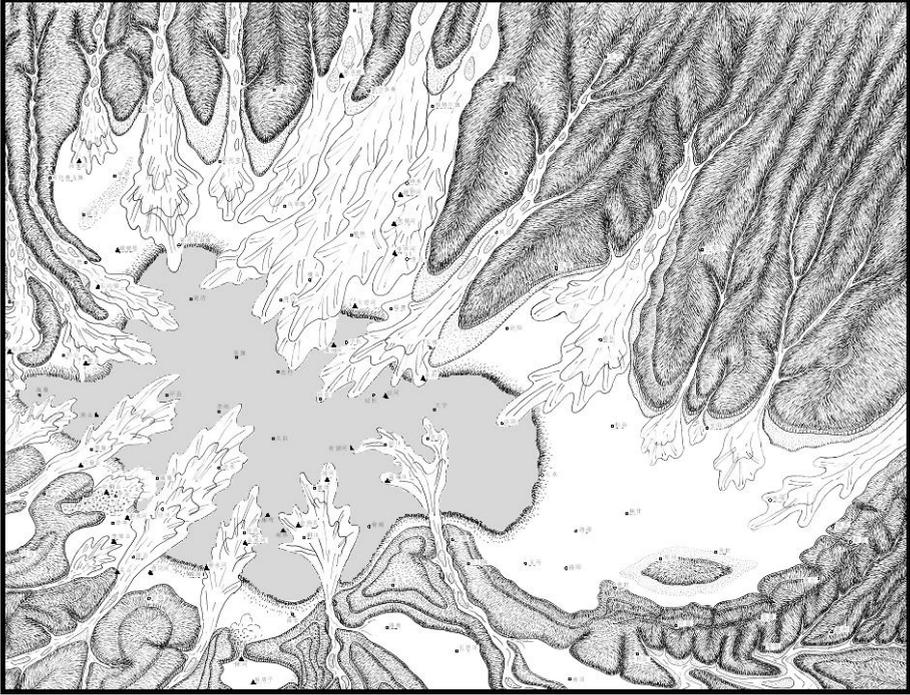


图 1-1 鄂尔多斯盆地晚三叠世沉积格局示意图(据李相博等,2009年)

中晚三叠世沉积后,发生了区域性的剧烈抬升作用,导致了延长组顶部遭受了强烈而不均匀的侵蚀下切,形成了起伏较大的侵蚀地貌。早中侏罗世富县-延安期为鄂尔多斯盆地另一个鼎盛发育阶段,该期接受沉积广泛,湖盆宽阔,形成了重要的成煤岩系。延安期末盆地又发生沉积间断,但延续时间短,很快就继续沉降,进入了盆地发育的中侏罗世直罗-安定期。该期沉积范围仍较广阔,但湖区面积明显减小。晚侏罗世构造变动强烈,在盆地西缘形成逆冲推覆构造带,在东侧前缘局限堆积厚度不等的砾岩,盆地中东部地区遭受剥蚀改造。早白垩世阶段,沉积分布仍较广阔,不整合超覆于前期西缘冲断带和南、北边部隆起之上。在盆地演化的前三个阶段,沉积中心均分布在延安附近及其以东,而堆积中心则位于邻近物源的盆地西部,且不同阶段位置有别。直到早白垩世,盆地的沉积中心和堆积中心的分布位置才大体一致,主要位于盆地西部的中南段。早白垩世末鄂尔多斯盆地整体抬升,大型盆地消亡,盆地开始进入后期改造时期。

早白垩世末以来的长期改造作用使得鄂尔多斯盆地的现今构造形态总体呈东翼宽缓、西翼陡窄的不对称的南北向矩形盆地。盆地边缘断裂、褶皱较发育,而盆地内部构造相对简单,地层平缓(倾角一般不足 $1^{\circ}$ )。盆地内无二级构造,三级构造以鼻状褶曲为主,一般幅度也较小。构造圈闭不发育,主要以岩性油气藏为主。

定边地区横跨天环坳陷东部和伊陕斜坡西部(图 1-2),构造基本形态为一个由东向西倾伏的平缓单斜,局部发育近东西向的鼻状隆起构造(图 1-3)。

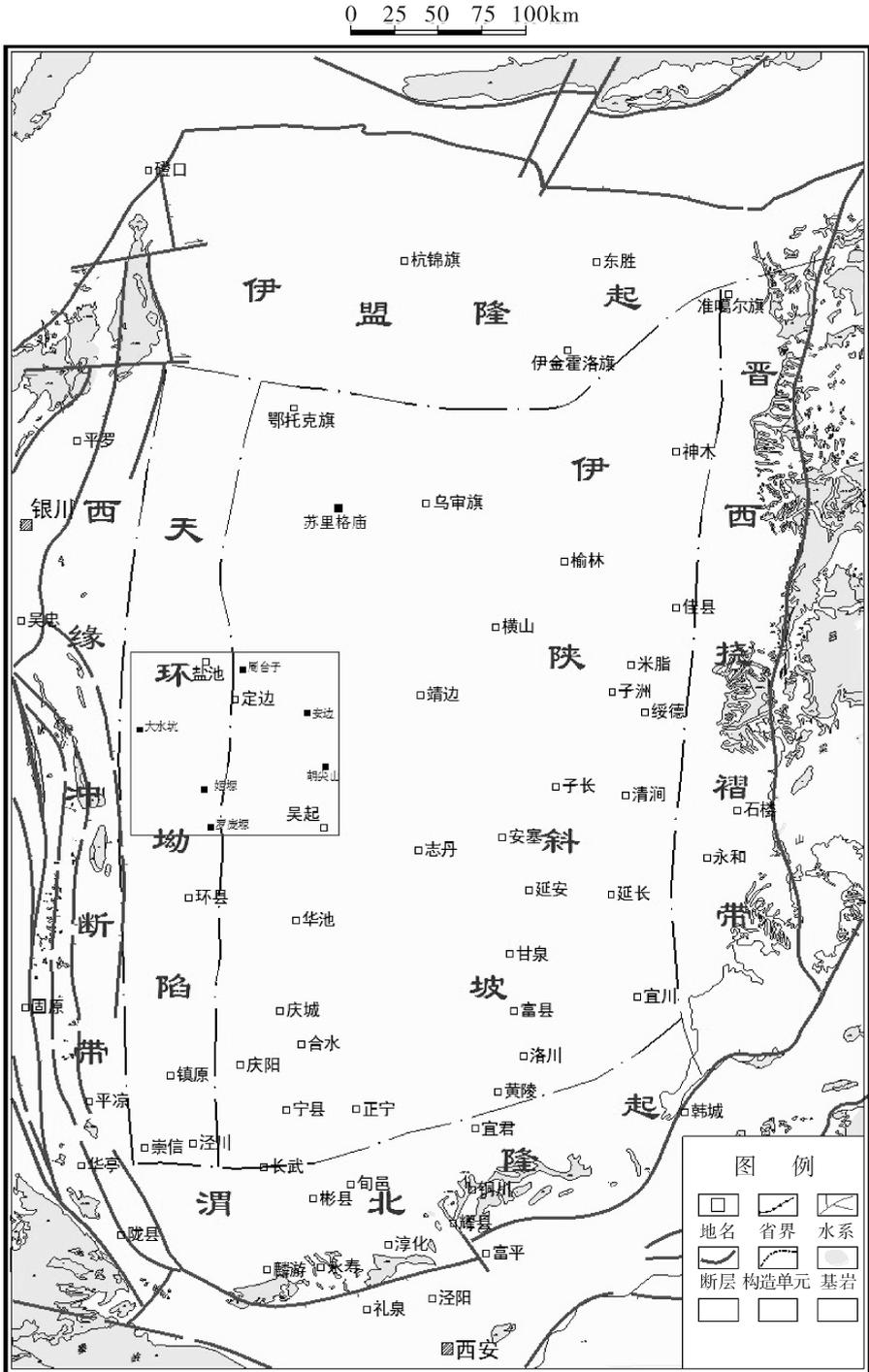
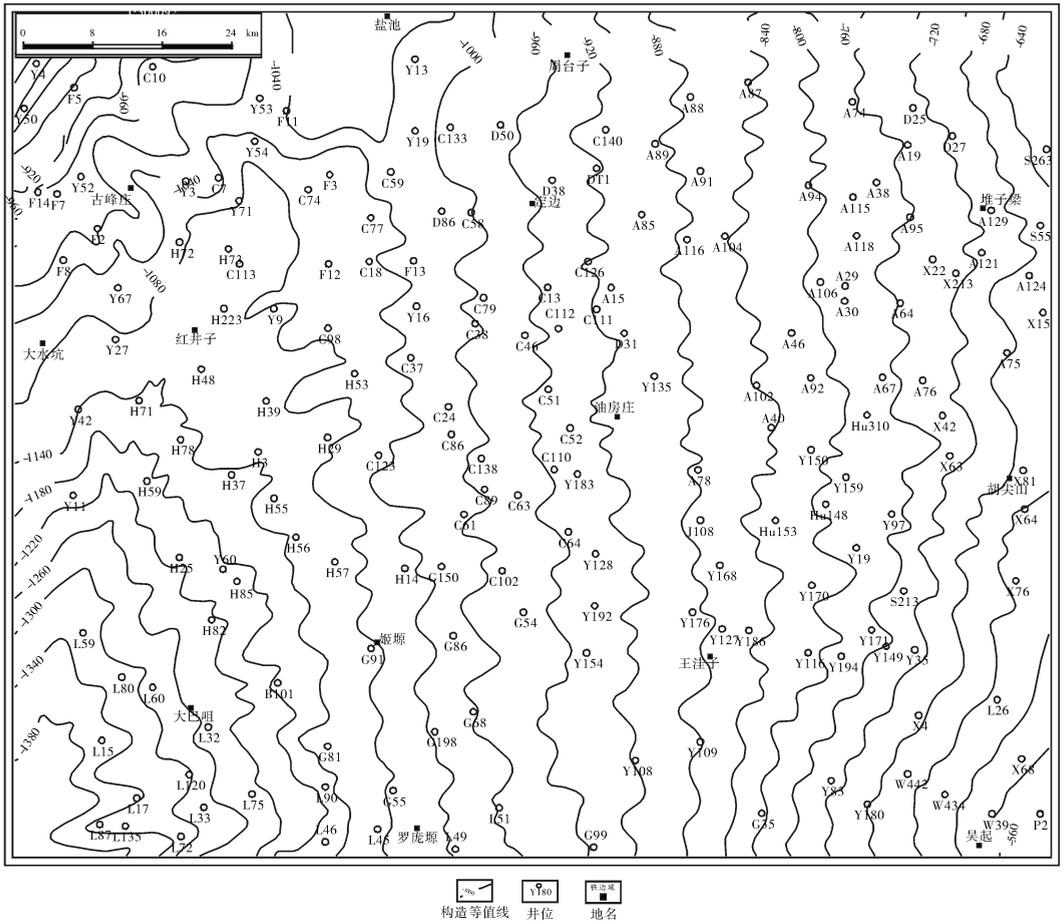


图 1-2 鄂尔多斯盆地定边地区研究区位置图(据长庆油田研究院,2010 年)

图 1-3 定边地区长9<sub>1</sub>顶面构造图

## 1.2 延长组地层发育特征

在印支运动作用下,延长期鄂尔多斯盆地的边缘同生断裂构造活动发育,盆地内三级构造不发育。差异运动导致盆地形成东高西低、北高南低并向南倾斜幅度较大,盆地南部和西南部边缘多次发生的同生断裂对盆地基底地形、边界性质、斜坡上沉积相类型以及沉积层序特征等均有明显的影响和控制作用,造成了延长组在同一区带不同层段和同一层段不同区带之间沉积物形成时的沉积环境、搬运形式、沉积机理存在差异,并且导致形成了不同的沉积体系类型和沉积相序,相应的碎屑组分也有变化。

延长期盆地内总体沉积了一套灰绿色、灰色中厚层细砂岩、粉砂岩和深灰色、灰黑色泥岩地层,下部以中、粗河流相砂岩沉积为主,中部为一套湖泊-三角洲沉积,上部为河流相砂泥岩沉积。延长组的粒度总体上北粗南细,其厚度北薄南厚,厚度 800~1500m 左右,最厚地层在盆地西南边缘的油水河剖面为 1500m。岩性呈明显的韵律变化,并发育多期旋回性,这些变化在区域上有较强的可对比性,依据延长组中凝灰岩、页岩、碳质泥岩或煤线等标志及其在测井曲线上的变化特征,将延长组自下而上细分为十个油层组(表 1-1)。

表 1-1 鄂尔多斯盆地延长组地层简表

系	统	组	段	油组	小层	厚度(m)	岩性特征
侏罗系	下统	富县组				0~150	浅灰色晒太阳层块状石英砂岩、细砾岩夹紫红色泥岩
		三叠系	上统	延长组	五段 T <sub>3</sub> y5	长 1	
四段 T <sub>3</sub> y4	长 2				长 2 <sub>1</sub>	125~140	灰绿色厚层中、细砂岩,灰色泥岩,碳质泥岩煤线,砂岩呈透镜体,组成三个韵律旋回
					长 2 <sub>2</sub>		
					长 2 <sub>3</sub>		
长 3	长 3 <sub>1</sub>				120~135	浅灰色、灰褐色细砂岩,暗色泥岩,碳质泥岩煤线,砂岩呈透镜体,形成三个韵律层	
	长 3 <sub>2</sub>						
	长 3 <sub>3</sub>						
三段 T <sub>3</sub> y3	长 4+5				长 4+5 <sub>1</sub>	40~45	暗色泥岩、碳质泥岩煤线夹薄层粉-细砂岩。顶部为中层长石石英砂岩
					长 4+5 <sub>2</sub>	40~45	浅灰色粉、细砂岩与暗色泥岩互层
	长 6				长 6 <sub>1</sub>	40~45	绿灰、灰绿色细砂岩夹暗色泥岩
					长 6 <sub>2</sub>	30~35	浅灰绿色粉-细砂岩夹暗色泥岩
					长 6 <sub>3</sub>	40~45	灰黑色泥岩、泥质粉砂岩、粉-细砂岩互层夹薄层凝灰岩
	长 7				长 7 <sub>1</sub>	100~120	中上部以暗色泥岩和油页岩为主,夹薄层粉-细砂岩,下部为薄层砂岩与暗色泥岩
长 7 <sub>2</sub>							
长 7 <sub>3</sub>							
二段 T <sub>3</sub> y2	长 8	长 8 <sub>1</sub>	80~85	厚层浅灰色粉-细砂岩、砂质泥岩夹暗色泥岩			
		长 8 <sub>2</sub>		厚层灰色中细粒长石石英砂岩、泥质砂岩夹暗色泥岩			
		长 9		110~120	暗色泥岩、页岩夹灰色粉-细砂岩		
一段 T <sub>3</sub> y1	长 10			280	肉红色、灰绿色富含氟石长石砂岩夹粉砂质泥岩,具有典型麻斑构造		
中统	纸坊组				300~350	上部为灰绿、棕紫色泥质岩夹砂岩,下部为灰绿色砂岩、砂砾岩	

长10油层组:主要为一套河流相灰绿色、肉红色厚层状中、粗粒长石砂岩夹深灰色泥岩。砂岩中富含浊沸石和方解石胶结物,表面上呈不均匀的斑点状,地层厚度一般250~350m。

长9油层组:盆地边缘下段为一套厚层状中细粒长石砂岩夹灰绿色-深灰色泥岩,上段为深灰色泥岩、碳质泥岩夹油页岩或夹薄层粉细砂岩,或为二者不等厚互层,盆地西部和东南部的沉积中心主要发育有厚层黑色碳质泥岩夹油页岩,代表剖面有李家畔页岩、黄龙页岩等,该套泥页岩在定边地区不发育。

长8油层组:盆地绝大部分区域由上、下两套巨厚层河流相和三角洲平原亚相浅灰色中砂岩-细砂岩韵律层组成,层理构造发育,中间夹薄层泥岩以及暗色泥岩,是华庆地区的主力勘探目的层之一。在盆地西南部沉降中心主要发育厚层泥岩与薄层砂岩互层。在盆地东部子长、延川等地的河道砂岩中有大量泥砾。

长7油层组:长7期是湖盆发展演化的鼎盛时期,全区湖水伸展范围最大,以浅湖-深湖相沉积为主,典型岩性有灰黑色泥页岩、油页岩(俗称张家滩页岩)属于延长组的主要生油岩系,区域对比性强,根据标志层和岩性变化规律可将长7油层组分为长 $7_3$ 、长 $7_2$ 、长 $7_1$ 三个沉积旋回序列,其中长 $7_3$ 为主要生油岩系。

长6油层组:在盆地演化过程中是沉积物充填高峰期之一,无论是盆地东北的曲流河三角洲沉积,或者是盆地西南的辫状河三角洲沉积,均为强进积建设期,自下而上可以分为长 $6_3$ 、长 $6_2$ 、长 $6_1$ 三个沉积旋回序列,每个旋回由砂岩、粉砂岩以及泥岩组成。

长4+5油层组:分长 $4+5_2$ 和长 $4+5_1$ 两段,划分标志层的电性特征有高声波时差、高自然伽马、高自然电位、低密度、低电阻率及尖刀状扩径。其声波时差、自然伽马、密度曲线之间对应关系良好,高声波时差与低密度、高自然伽马相匹配。岩性为黑色泥页岩,水平层理发育。盆地边缘长 $4+5_2$ 主要为三角洲平原亚相中砂岩沉积,盆地内部主要发育三角洲前缘亚相粉细砂岩沉积,泥岩厚度明显增大,泥岩与砂岩互层。长 $4+5_1$ 期湖盆有一定扩张趋势,盆地边缘主要为灰黑色泥岩与浅灰色粉-细砂岩互层,局部夹煤线,盆地内部由三角洲前缘亚相的粉细砂岩和湖相泥岩组成。

长3油层组:由于湖水迅速退缩变浅,盆地边缘碎屑物大量加积和进积充填,在盆缘及盆内大部分地区形成进积式曲流河三角洲,三角洲平原分流河道砂体特别发育,砂岩粒度细,泥质含量较高,泛滥沼泽和残留湖泊洼地暗色泥岩、碳质泥岩广布。根据砂岩粒度以及泥岩沉积韵律变化可将长3油层组分为长 $3_3$ 、长 $3_2$ 、长 $3_1$ 三个沉积旋回序列,其中盆地西北以及中部地区长 $3_3$ 砂体最为发育。

长2油层组:由于湖盆水体进一步变浅,河控性三角洲平原亚相大面积分布,分流河道砂体较发育。河流沉积迁移过程中自下而上也可以形成长 $2_3$ 、长 $2_2$ 、长 $2_1$ 三个沉积旋回,造成碎屑岩粒度和岩性的层序变化,其中大部分地区测井剖面表现为正韵律层序,部分井区因河流迁移以及相变呈反旋回。

长1油层组:因晚三叠世湖盆处于衰亡阶段,盆地分解,主要形成灰黑色、深灰色泥岩、碳质泥岩、煤层与浅灰绿色粉-细砂岩互层河湖沼泽相沉积。由于延长末期盆地被抬升和前侏罗纪古河的下切侵蚀作用使研究区长1地层残缺不全。

### 1.3 研究区勘探现状及研究现状

以往对盆地中生界岩性油藏的研究主要侧重于沉积和储层等基础地质研究,勘探层系也以侏罗系延安组、三叠系延长组长2、长3、长6油层为主,勘探目标以源上组合为主。通过“十一五”攻关,对鄂尔多斯盆地石油资源量进行了重新评估,结果显示,鄂尔多斯盆地总资源量为128.5亿t,比2002年资评结果增加了近43亿t,增加资源量主要分布在长7~长10油层组。延长组下组合总资源量为33.47亿t,目前已提交探明储量2.45亿t,资源探明率仅7.3%,勘探潜力大,是鄂尔多斯盆地今后石油勘探和开发的重要接替层系。

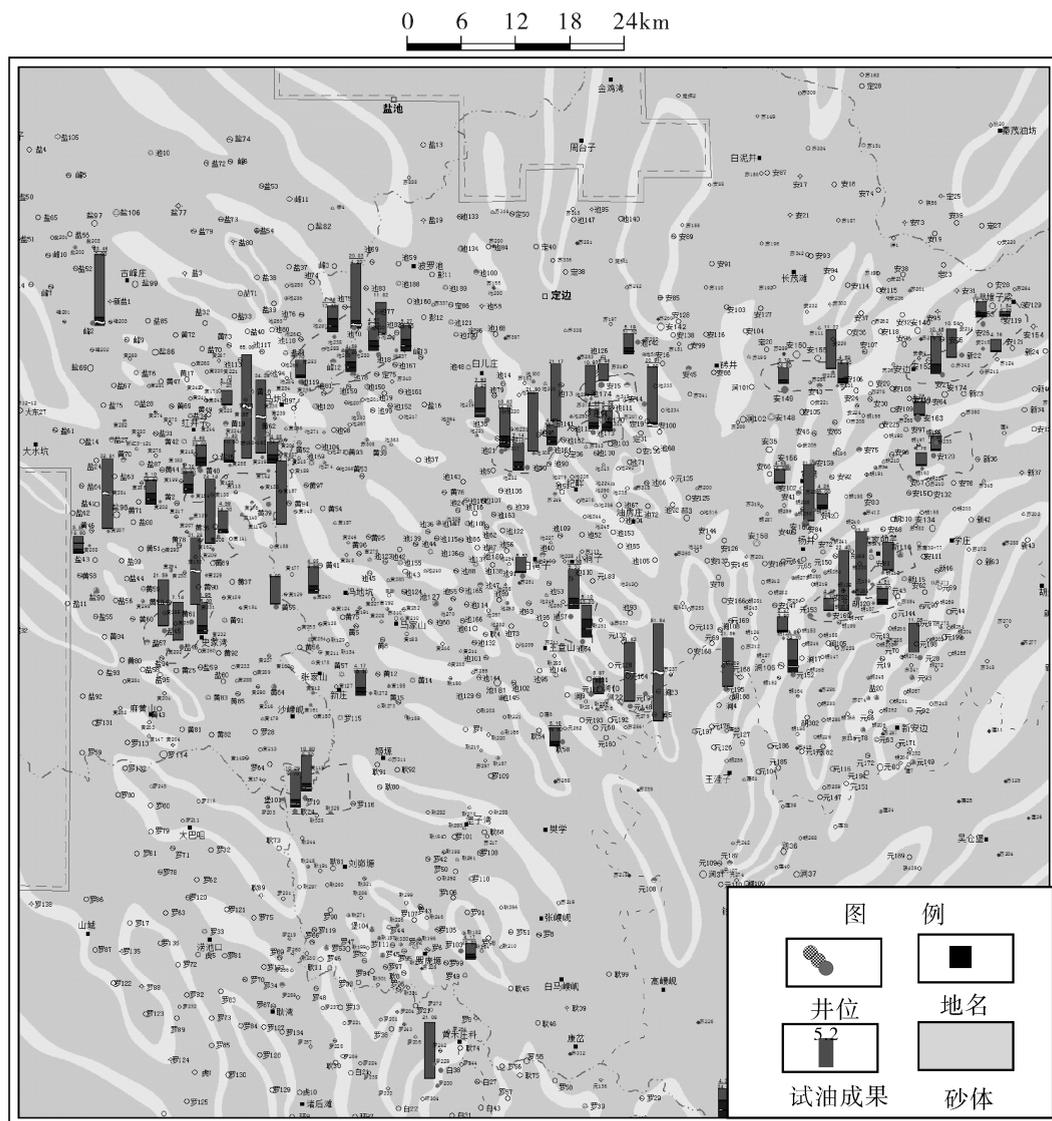


图1-4 定边地区长9石油勘探成果图(据长庆油田研究院,2014年)

近年来,石油预探在盆地延长组下部组合的长9油层不断获得新发现。截至2012年

年底钻遇长9油层井400余口,完试300余口,获工业油流井62余口(多数井分布在定边地区),展示了长9油层良好的勘探潜力。但在生产及研究过程中发现长9油藏存在油水关系复杂、受控因素不清等问题,为进一步明确油藏分布控制因素,夯实油田上产、稳产资源基础,需加大研究力度,服务于生产。

经过收集、整理发现,针对长9油层组已经开展过多次研究工作,主要有:长庆研究院(1982)、中国石油杭州地质研究所(2005)、杨友运等(2006)主要集中在沉积环境和沉积相、储层特征特征等方面。罗安湘、郭正权等(2006)对鄂尔多斯盆地长9油层从长9烃源岩评价、生储组合等方面进行了分析,认为长9油层组发育“上生下储”和“自生自储”两种成藏组合,并指出盆地西北部姬塬地区长9油源来自长7烃源岩,属“上生下储”型成藏组合;东部志丹地区长9油源来自长9烃源岩,属“上生下储”型成藏组合。张才利、杨亚娟等(2012)对鄂尔多斯盆地长9油藏运聚成藏机理和油藏富集规律进行了重点研究,认为长9油藏主要赋存于长9<sub>1</sub>上部砂体中,以岩性油藏为主,成藏期为早白垩世;油水关系分布复杂,以油水共存型为主;油藏分布受烃源岩、沉积成岩相带、物性等条件控制。李元昊、邓秀芹等(2008)对盆地西北部长8、长9油藏成藏主控因素进行了研究,认为长7烃源岩生成的烃类以砂体直接与烃源岩接触、叠置砂体、生烃增压缝以及叠置砂体和生烃增压缝组合等4种方式向下运移,在相对低压区聚集成藏;长8、长9油藏主要受“近源、低压、优相”三大因素控制。刘显阳、邓秀芹等(2011)对姬塬地区长9油层组油气运移规律及模式进行了探讨,认为姬塬地区长9油层组原油来源于上部长7油层组的优质烃源岩;长7烃源岩生烃增压产生的异常高压、长7与长9油层组过剩压力差是长7烃类向长9储层运移的主要动力;纵向叠置、横向连片的砂体和区域性构造活动形成的裂缝为沟通长7优质烃源岩和长9油层组储层的优势运移通道。

## 2 沉积特征及砂体展布规律研究

### 2.1 物源分析

物源分析对确定砂体走向和沉积相的展布具有十分重要的意义,主要研究方法有源岩对比、古流向、轻重矿物分析、稀土元素分析、地震相分析等。本次研究主要是在前人研究的基础上采用轻重矿物的分布、古流向及阴极发光进行物源分析。

#### 2.1.1 轻、重矿物的平面分布

##### (1) 轻矿物组分及平面分布规律

成分成熟度是指砂岩中碎屑组分在风化、搬运、沉积作用的改造下接近最稳定的终极产物的程度。一般来说,不成熟的砂岩是靠近物源区堆积的,含有很多不稳定碎屑,如岩屑、长石和铁镁矿物。高成熟度的砂岩是经过长距离搬运,遭受改造的产物,几乎全部由石英组成。因此,砂岩中存在的岩屑和碎屑矿物的种类和相对丰度(也就是成分成熟度),是物源区地质条件、风化程度和搬运距离远近的反映。

长9油层组砂岩颗粒主要组分是石英、长石和岩屑。就全盆地而言,石英是延长组碎屑岩中分布最广泛的一种碎屑矿物,主要出现在砂岩及粉砂岩中。由于石英颗粒化学性质稳定,抗风化能力很强,既抗磨又难分解,因此石英具有很大的研究价值,盆地周围不同来源的石英往往特点不同。其次是长石,也是延长组碎屑中最主要的矿物,由于来源于不同方向的母岩,其含量较高反映了地壳运动比较剧烈、地形高差大、气候干燥、物理风化作用为主、搬运距离近以及堆积迅速等条件。岩屑是矿物集合体,由于保持着母岩结构而较之其他碎屑颗粒带有更多的源区证据,是确定来源区最有效的碎屑组分之一,常见的岩屑类型有火成岩屑、变质岩屑和沉积岩屑等。绿泥石和云母的含量也是判断物源的一个重要标志。

通过对工区内取芯资料中104口井长9砂岩薄片轻矿物碎屑组分定量统计表明,西北物源区的42口井186个砂岩薄片的统计结果为:石英+燧石平均含量29.84%;长石(正长石+斜长石)平均含量34.54%;岩屑平均含量25.46%。中部混源区的36口井178个砂岩薄片的统计结果为:石英+燧石平均含量30.36%;长石(正长石+斜长石)平均含量37.14%;岩屑平均含量18.47%。东北物源区的26口井83个砂岩薄片的统计结果为:石英+燧石平均含量28.82%;长石(正长石+斜长石)平均含量39.10%;岩屑平均含量20.19%。西北、东北两个物源区相比较,西北物源区具有高岩屑含量特征,东北物源区具有高长石含量特征,中部混源区具有高石英含量特征,显示了东北物源区与西北物源区存在一定的差异性。

##### (2) 重矿物组分及平面分布规律

重矿物是指密度大于 $2.86\text{g}/\text{cm}^3$ 的矿物,因具有耐磨蚀、稳定性强、能够较多地保留母

岩的特征(如颜色、形态、粒度、硬度、稳定性等)而成为物源变化的敏感指示剂,常用其组合关系来判别物源。利用重矿物分析来确定物源一般可分为三步:利用传统的重矿物分析方法鉴别出岩石类型,限定源区位置及远近;为进一步获得源区岩石的信息,选择一种或几种单颗粒矿物与源区矿物进行地球化学对比;利用聚类分析等其他方法分析重矿物种类、含量及组合物源变化。多种方法的综合利用必能为正确评价源区提供准确的信息(闫义等,2002)。

重矿物组合是物源变化的极为敏感的指示剂,不同性质母岩风化后形成的重矿物组合是不同的,导致了不同矿物之间具有严格的共生关系。在同一沉积盆地中,同时期形成的沉积物的碎屑组分一致,而不同时期的沉积物所含的碎屑物质不同。据此,利用不同时期水平方向上重矿物种类和含量变化,可推测物质来源的方向,利用重矿物组合分析物源包括了单矿物分析和重矿物组合分析(何钟铨等,2001;李珍等,1998;Got H等,1981)。重矿物组合分析法对物源区确定用处颇大,尤其是在受控因素较多、矿物种类较复杂的地区,具体的重矿物组合形式、分析方法根据各地区特点不同而有差异。目前,主要引用一些数学分析方法,如聚类分析(R型或Q型)、因子分析、趋势面分析等方法来研究矿物组合特征、相似性等指数,从而提取反映物源的信息(李珍等,1998;蔡雄飞等,1990;武法东等,1996)。

通过工区长 9 取芯资料及 16 口井 38 块重矿物成分及含量统计来看,重矿物中石榴石含量在 18%~97%之间,平均含量 74.34%;楣石+绿帘石含量在 0%~32%之间,平均含量为 12.45%;锆石含量在 0%~38%之间,平均含量为 6.29%;白钛矿含量在 0%~5%之间,平均含量为 1.79%;绝大多数样品不含重晶石(38 块重矿物样品中有 30 块不含重晶石),但峰 202 井 2516.44m 达到 67%。总体显示了定边地区长 9 重矿物以石榴石、楣石、绿帘石、锆石为主的特征。大致以长茂滩-王洼子-乔川一线为界,该线以西的西北物源区的石榴石平均含量为 69.26%、楣石+绿帘石平均含量为 14.90%、锆石的平均含量为 5.57%;该线以东的东北物源区石榴石平均含量为 85.91%、楣石+绿帘石平均含量为 7.64%、锆石的平均含量为 4%。东北物源区与西北物源区相比,东北物源区的石榴石含量远高于西北物源区,而楣石+绿帘石含量却反之(图 2-1)。

综合以上定边地区长 9 轻矿物、重矿物的分布可以看出,延长组长 9 油层组沉积期大致以长茂滩-王洼子-乔川一线为界分为东、西两个区,东区的物源主要来自于研究区东北部,重矿物以高石榴石、低楣石+绿帘石为特征,轻矿物以石英+燧石含量较高为特点。西区的物源主要来自于研究区西北部,重矿物以低石榴石、高楣石+绿帘石为特征,轻矿物中以岩屑含量较高为特点,显示了二者之间的差异性。从定边地区西北物源区的南、北差异性来看,北部石英含量低而长石含量高,南部石英含量高而长石含量低,南部的成分成熟度明显较高,显示了该区物源以西北为主,由北而南随着运移距离的增加,成分成熟度有逐渐增加的趋势。

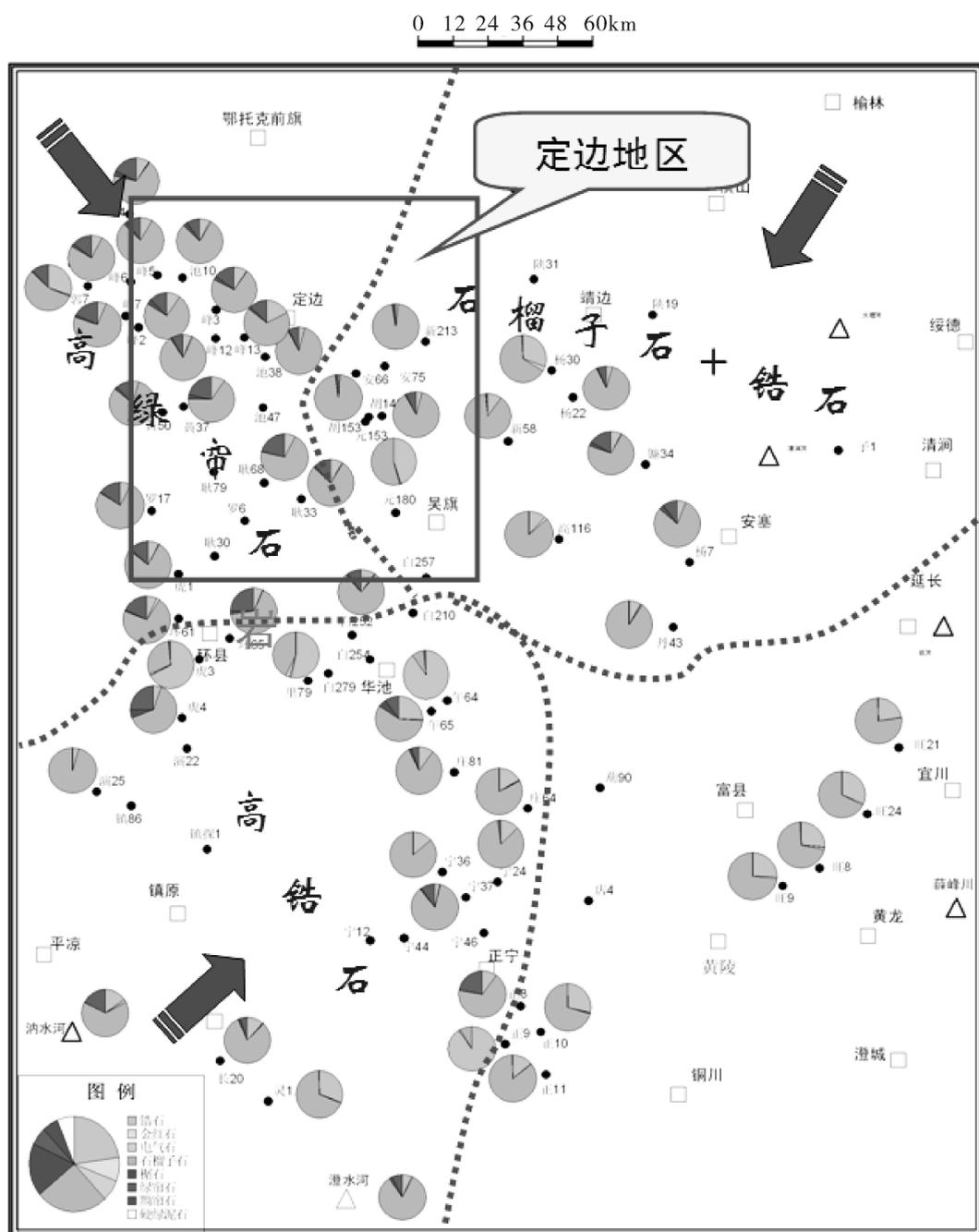


图 2-1 定边地区长 9 重矿物分布图(据长庆油田研究院,2011 年)

### 2.1.2 古水流分析

古流向分析是沉积环境分析的方法之一,其在确定沉积物搬运路径及距离、源区母岩性质、判别沉积盆地的大地构造背景、源区与沉积区的关系、恢复古气候与古环境、重塑古地貌特征、再现古河流体系等方面具有重要作用。在大量古流向资料统计分析基础上获