

# 鄂尔齐斯盆地西缘 构造演化及与相邻盆地关系

白云来 王新民 刘化清  
李天顺 郭彦如 李相博 著

地质出版社

# 鄂尔多斯盆地西缘构造演化 及与相邻盆地关系

白云来 王新民 刘化清  
李天顺 郭彦如 李相博 著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

鄂尔多斯盆地是现今我国石油勘查开发的热点地区之一。盆地西部勘探程度较低且地质情况复杂,主要目的层——中上三叠统原始沉积边界的合理确定及与相邻小盆地的关系是亟待解决的地质问题。本书在板块构造理论指导下,以盆-山转换过程为主线,以盆地分析为手段,以盆地西部及邻区的基本地质事实为依据,研究认为:鄂尔多斯盆地西部在不同地质历史时期有着不同的性质与边界。早古生代为主动陆缘性质的弧后盆地,晚古生代属被动陆缘构造背景上的滨浅海环境,中晚三叠世主要受来自南方古秦岭洋-古昆仑洋的挤压应力作用,为内陆不对称拗陷型盆地,盆地西南以六盘山西缘断裂为界,其西南侧相邻的定西盆地为隆起背景;西北以贺兰山西缘断裂为界,其西北侧巴音浩特盆地也属隆起背景;盆地西缘中部向西开口,越过六盘山,直逼河西走廊,可称之为“大鄂尔多斯盆地”。“银川古隆起”及“西缘古陆梁”在印支期是不存在的,它们形成于燕山主期。现今西界最后形成的时间应在喜马拉雅晚期(8 Ma 以来)。这也是盆地西缘桌子山-贺兰山-六盘山最后定型的大致时间。鄂尔多斯盆地西部及六盘山盆地有较好的油气勘探前景,是下一步油气勘探的重要后备战场和新领域。

本书可供从事石油地质勘查的生产、科研和教学人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地西缘构造演化及与相邻盆地关系 / 白云来等著. —北京:地质出版社, 2010. 3

ISBN 978 - 7 - 116 - 06613 - 7

I. ①鄂… II. ①白… III. ①鄂尔多斯盆地—地质构造—研究 IV. ①P548. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 047915 号

---

组稿编辑: 王大军 白 铁

责任编辑: 郝梓国 白 铁

责任校对: 李 玫

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) 82324508 (邮购部); (010) 82324579 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: [zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张: 9

字 数: 200 千字

版 次: 2010 年 3 月北京第 1 版·第 1 次印刷

审 图 号: GS (2010) 861 号

定 价: 30.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 06613 - 7

---

(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

鄂尔多斯盆地位于中国大陆中部,是我国第二大沉积盆地,是一个集多种能源矿产于一盆的宝地,也是我国油气勘探开发较早的地区之一。该盆地已为国家提供了大量的石油与天然气。2009年油气当量产量超过 $3000 \times 10^4$  t,成为我国陆上第三大油气田。由于该盆地油气田地理优势明显,对全国经济发展特别是对北京、西安等大城市的经济发展、改善环境起着举足轻重作用。盆地西部西峰油田的勘探开发成功,不仅给国家做出了巨大贡献,而且促进了甘肃落后地区的经济发展。那么盆地西部地区即盆地西缘继续勘探潜力如何?其相邻盆地勘探潜力如何?这些相邻小盆地与鄂尔多斯盆地有何关系?该书作者在这方面做了有益的探索。运用板块构造理论,在“活动论”思想指导下,作者们以盆-山转换过程为主线,以盆地分析为手段,以盆地西部及邻区的基本地质事实为依据,在充分汲取前人有益成果的基础上,通过野外地质剖面(露头)考察,结合不同时期西部沉积物质组成特点,合理利用地震资料所揭示的西缘深部“CT”图像,再结合重矿物组成与分布规律及古水流方向,恢复盆地原型,确定中晚三叠世盆地西部边界的具体范围,探究盆地西部与相邻盆地之间的联系。根据烃源岩的分布范围与生烃指标等特点,通过关键层位的地质对比和成油气系统分析,揭示鄂尔多斯盆地西缘及相邻的六盘山盆地油气勘探前景。认为:鄂尔多斯西部在不同地质历史时期有着不同的边界。早古生代盆地西部为主动陆缘性质的弧后盆地,既有碳酸盐岩台地,也有大陆斜坡环境,香山一带属祁连大洋板块俯冲所形成的大陆边缘火山弧范围。晚古生代盆地西部属被动陆缘构造背景上的滨浅海环境,出现继承性坳拉谷和前渊沉积。中晚三叠世盆地主要受来自南方古秦岭洋-古昆仑洋的挤压应力作用,为内陆不对称坳陷型盆地。盆地西缘中部向西开口,越过六盘山,连接六盘山盆地,一直延伸到河西走廊及祁连山区,可称之为“大鄂尔多斯盆地”。同时,笔者讨论了“银川古隆起”及“西缘古陆梁”在印支期是不存在的,可能形成于燕山主期( $J_3/K_1$ )。

在上述研究的基础上,笔者还着重剖析了中晚三叠世时与鄂尔多斯盆地连为一体的六盘山盆地的形成与演化,指出了其与鄂尔多斯盆地之间的内在联系与区别及油气勘探前景。

将盆地边缘纳入板块构造大陆边缘的大框架下进行系统研究,不仅能从构造演化方面探讨盆地的形成历史,而且能够从地球动力学本质上思考地质与成藏问题。深刻而生动,比较有说服力。例如鄂尔多斯盆地西部究竟有无前陆盆地,书中认为印支期应力主要来自于南方古大洋的作用,盆地受压应力方向为近南北向,因此盆地西部中

段不大可能形成近南北向的前陆造山带。书中提出的不同地质历史时期盆地有不同的边界和性质，这种抽丝剥茧式的分层细致研究，无疑对深化盆地西界地质问题的认识，起到了很好的作用。

作者们认为鄂尔多斯盆地西部及六盘山盆地有较好的油气勘探前景，应是下一步油气勘探的重要后备战场和新领域。我对此颇感兴趣。虽然说该盆地较小，面积约14000 km<sup>2</sup>，但油气勘探应有一定的前景。本论著阐述了石炭纪时该盆地与鄂尔多斯盆地西缘一起属被动陆缘的滨浅海盆地，理应有生烃条件。还有六盘山盆地的窑山组与鄂尔多斯盆地的延长组可以对比，因此，存在形成多个油气系统的前提。近年来我国东部渤海湾盆地里不到2000 km<sup>2</sup>面积的南堡凹陷中，储藏着亿吨级石油储量，是“小盆地，大油田”的实例之一（周海民，2005）。另外，玉门油田的青西凹陷，也有类似情况。这对本区勘探有一定的启示意义！上世纪我曾提出过“小岩体，成大矿”的观点，那是针对一些金属矿而言的。今读此书，更觉得小盆地也可以成大油气田！这一规律似乎具有一定的普遍性。

白云来教授级高级工程师是我的博士研究生（中国地质大学，北京），与我合作过原地矿部多项前缘科技课题。他有丰厚的地质基础知识，工作认真，勤学好问，善于思考，能对一些地质问题锲而不舍地进行研究，特别是利用板块构造理论解决盆地或造山带具体问题，是他科研活动的一大特色。他与我合著的关于祁连山、东天山、北山造山带的研究成果可以说与此书有一定的联系。

总之，本书内容丰富，论述有据。将原型盆地恢复与板块构造演化结合起来，将盆地边缘成藏系统与大陆边缘性质结合起来，将六盘山造山带的兴衰史与相邻盆地分合史结合起来，将六盘山盆地的窑山组生烃作用与鄂尔多斯盆地里的延长组生烃作用结合起来，是本书的特点。十分感谢地质出版社能出版这本与生产实践紧密结合的书。该书的顺利出版，不仅加深地质同行们对鄂尔多斯盆地特别是西缘以及六盘山盆地的地质认识，而且对该地区的油气勘探有一定的实际意义！衷心祝贺本书的问世并相信它能发挥重要的作用！

中国工程院院士



2010-3-8

# 目 次

序	
第一章 概述	(1)
1 鄂尔多斯盆地简介及油气勘探开发概况	(1)
2 问题的提出及意义	(2)
3 鄂尔多斯盆地的研究历史	(4)
4 研究思路、研究内容及技术路线	(6)
5 完成的主要工作量	(8)
6 取得的主要成果	(8)
第二章 区域地质概况	(10)
1 区域构造背景与演化	(10)
1.1 鄂尔多斯盆地的时空展布与规模	(10)
1.2 鄂尔多斯盆地构造演化概述	(10)
1.3 鄂尔多斯地块的性质	(11)
1.4 鄂尔多斯地块边缘盆-山转换历史	(11)
2 鄂尔多斯盆地及其西缘地层系统	(13)
2.1 前寒武纪地层	(13)
2.2 古生界	(14)
2.3 三叠系	(16)
2.4 侏罗系	(26)
2.5 白垩系	(29)
第三章 鄂尔多斯盆地西缘构造特征及与相邻地区的构造联系	(32)
1 区域构造格架	(32)
1.1 区域构造单元划分	(32)
1.2 六盘山西缘大断裂	(35)
1.3 青铜峡-固原深大断裂	(35)
1.4 阿色浪-车道断裂	(35)
2 早古生代区域构造特征及其对沉积的控制作用	(37)
3 晚古生代区域构造特征及其对沉积的控制作用	(40)
4 中晚三叠世构造背景及其对沉积的控制作用	(46)
4.1 印支期(关键时刻)三叠纪盆地形成时的构造格架	(46)
4.2 印支期(关键时刻)中晚三叠世盆地沉积响应	(47)
5 银川盆地中晚三叠世是否隆起	(57)
6 关于“古脊梁”	(60)

第四章 六盘山盆地的构造沉积作用及勘探前景 .....	(66)
1 概述 .....	(66)
2 六盘山盆地自然地理概况及研究简史 .....	(67)
2.1 自然地理概况 .....	(67)
2.2 油气勘探及研究历程 .....	(68)
2.3 侏罗系—三叠系研究的主要进展 .....	(69)
3 六盘山盆地地区域地层系统 .....	(70)
3.1 区域地层概述 .....	(70)
3.2 典型剖面描述 .....	(72)
3.3 中生代地层划分与对比 .....	(82)
3.4 地层划分、对比标志层 .....	(90)
4 六盘山盆地构造特征 .....	(91)
4.1 区域构造背景 .....	(91)
4.2 构造沉积旋回层划分 .....	(91)
4.3 野外局部构造描述 .....	(92)
5 烃源岩分布与评价 .....	(93)
5.1 烃源岩时空分布 .....	(93)
5.2 烃源岩地球化学特征及评价 .....	(94)
6 储盖层特征 .....	(97)
6.1 储集层特征 .....	(97)
6.2 盖层特征 .....	(98)
6.3 生储盖组合 .....	(98)
6.4 含油气远景及有利区带预测 .....	(98)
第五章 鄂尔多斯盆地及相邻盆地的期后改造 .....	(100)
1 概述 .....	(100)
2 印支末期—燕山早期构造运动对沉积盆地的改造及控制作用 .....	(101)
3 燕山主期构造运动对沉积盆地的改造及控制作用 .....	(107)
4 喜马拉雅期构造运动对盆地的改造作用 .....	(110)
5 鄂尔多斯盆地现今的构造特征 .....	(112)
6 盆地西部的弧形构造 .....	(113)
7 盆地西缘及相邻地区的推覆构造特征及应力转换带 .....	(115)
8 主要断裂对沉积的控制 .....	(117)
结论 .....	(121)
注释 .....	(124)
主要参考文献及资料 .....	(125)
英文摘要 .....	(135)

# 第一章 概 述

## 1 鄂尔多斯盆地简介及油气勘探开发概况

鄂尔多斯盆地位于中国大陆中部,是我国第二大沉积盆地,是一个集多种能源矿产于一盆的宝地,也是我国油气勘探开发较早的地区之一(胡文瑞 2000<sup>①</sup>,①等为诠释,全部列在了文后,下同;杨俊杰,2002)。从1907年钻成中国大陆第一口油井(延1井)以来,至今已有百年勘探与开发的历史了。盆地地表条件复杂,南部是世界上独一无二的黄土高原,经长期侵蚀而形成塬、梁、峁、沟等复杂地形地貌;盆地北部为沙漠和草原。现今盆地周边被山系环绕,北邻阴山山系,南到秦岭山脉,东抵吕梁山,西止贺兰山、六盘山,总面积为 $40 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1-1)(张泓,1995;白云来,等,2006)。鄂尔多斯盆地是一个多旋回的叠合盆地,经历了元古宙、早古生代、晚古生代、中生代和新生代五大演化阶段,形成了下古生界海相碳酸盐岩、上古生界含炭碎屑岩和中、新生界内陆碎屑沉积岩的巨厚沉积,构成了纵向上多层油气复合叠加、横向上南油北气的分布格局与规律。上述认识可简单地概括为“南油北气、浅油深气、新老油气、砂油盐气”。经资源评价,石油远景资源量为 $80 \times 10^8 \text{ t}$ 以上,天然气资源量 $11 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。油气资源量(油当量)在全国诸含油气盆地中居第三,但其资源探明程度还不到全国平均探明率的一半(胡文瑞,2000)<sup>①</sup>。除上述丰富的油气资源外,鄂尔多斯盆地还含有丰富的煤、煤层气、油页岩及铀矿等10几种矿产。其中埋深2000 m以浅的煤炭资源约 $2 \times 10^{12} \text{ t}$ ,侏罗系、石炭系—二叠系及三叠系分别占75.32%、24.61%和7%;资源占全国煤炭资源总量的35.45%,位居我国各含煤盆地之首(张泓,等,2008)。埋藏2000 m以上的油页岩资源量(334)折合成页岩油(相当于原油)资源量达 $2000 \times 10^8 \text{ t}$ 。若考虑到采收率等因素,页岩油资源量(334)也达 $500 \times 10^8 \text{ t}$ 以上,位居全国第一,其中已探明储量约亿吨,显示了巨大的资源前景,为未来可资开采、利用和替补常规石油的现实资源(白云来,等,2009)。另外,近年已在鄂尔多斯盆地北部又发现了东胜特大型砂岩型铀矿床(陈法正,2002),铀矿是我国重要的短缺矿种。

经50多年的努力,中国石油长庆油田公司在 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的勘探区域内,累计找到油气田37个,探明油气储量(油当量)近 $16 \times 10^8 \text{ t}$ (其中探明石油储量 $10 \times 10^8 \text{ t}$ ,探明和控制天然气储量 $(6.5 \sim 7.0) \times 10^{12} \text{ m}^3$ );创造形成了世界领先的低渗透(渗透率 $1 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。陈昭年,2005)油气田开发技术。2008年油气产量达到 $2520 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量(50.4万桶/天),较2007年增长26%,2009年油气当量产量已超过 $3000 \times 10^4 \text{ t}$ ,成为我国陆上第三大油气田。预计2015年达到 $5000 \times 10^4 \text{ t}$ ,步入特大型油田的行列<sup>①</sup>。随着西峰油气田的发现,目前该盆地西缘成为勘探研究的重点(白云来,2006)<sup>②</sup>。



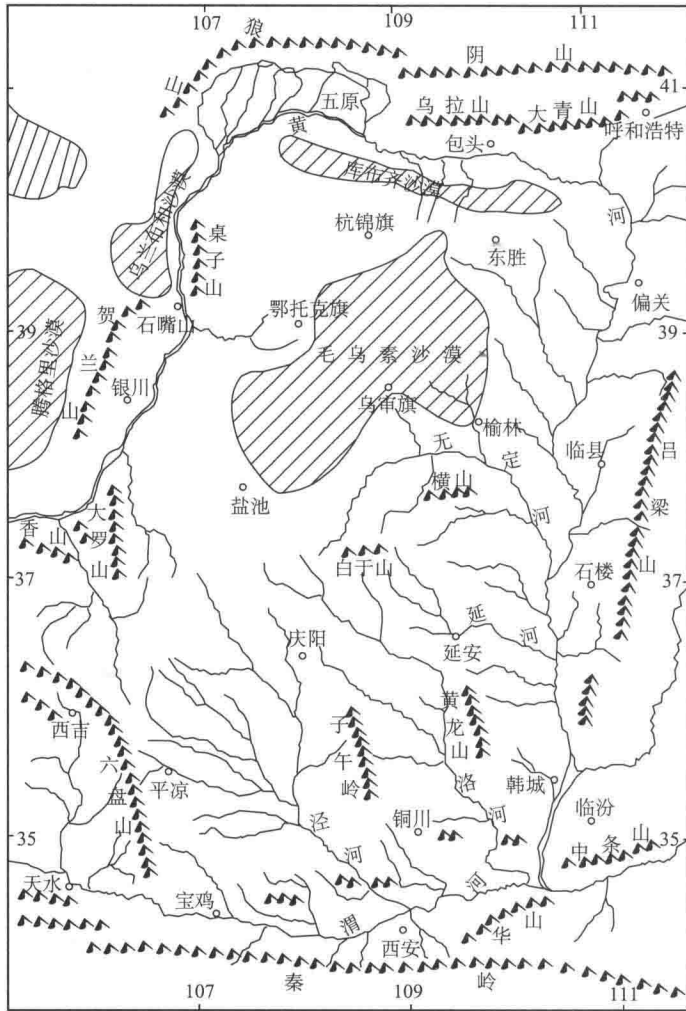


图 1-1 鄂尔多斯盆地范围及山川水系  
(据张泓, 1995)

## 2 问题的提出及意义

如上所述, 由于近年来盆地中西部在上古生界天然气及中上三叠统低渗透油勘探领域相继取得了巨大的历史性突破, 从而使盆地西部成为进一步寻找油气的重要目标地段。但是盆地西部特别是所谓“西缘”由于后期构造作用使得地质情况变得复杂多样, 西部究竟有无进一步勘查的地质前提? 西部的边界特别是中晚三叠世原型盆地的边界究竟在哪里? 是以现今的近南北向的山脉(桌子山—贺兰山—六盘山)为界? 还是盆地西界向西还有延伸? 它和西部相邻盆地—六盘山盆地、巴音浩特盆地及陇西古陆上的定西盆地(西吉盆地)是什么关系? 这是目前盆地西缘亟待解决的重大科学和生产实践问题, 也是长庆油田勘查工作者目前最为关心的问题(图 1-2)。对此, 目前不同研究者还没有一个

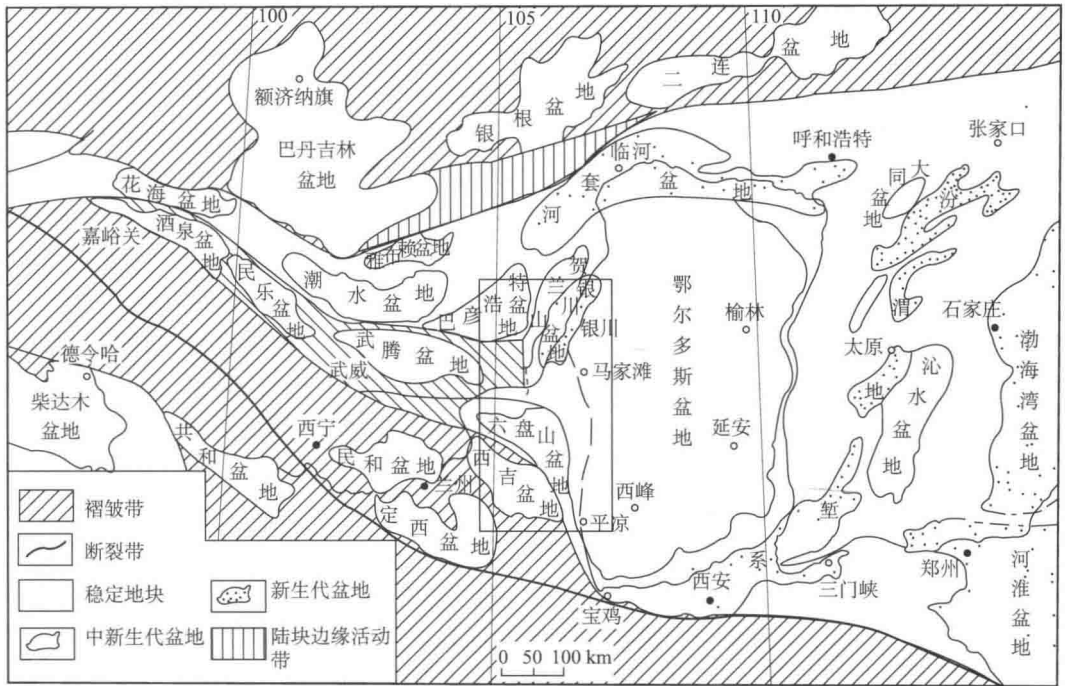


图 1-2 中国北方中部中、新生代盆地分布图  
(据刘池洋等, 2005, 框内为研究范围)

统一的认识。一种观点认为中晚三叠世鄂尔多斯盆地西部有“古隆起”或者说西部存在盆地的边界，与六盘山盆地是隔开的，这以刘本培等（1996）、冯胜斌、袁效奇、贺静等（2008）等为代表；另一种观点截然相反，认为中晚三叠世盆地的西部并未形成边界，而和六盘山盆地相通，这以刘绍龙（1986）、张泓（1995）等为代表。但双方都没有作深入的探讨，也未拿出有力的证据，往往只是一笔带过。该问题属基础理论问题，也没有引起勘探家们的重视。但随着该区油气勘探工作的进行，盆地西部边界特别是中晚三叠世原型盆地的西部边界便成了无法回避的问题。西部边界的正确认定及与六盘山盆地关系的正确认识，势将影响勘探者对这一地区进一步工作的思路、决心和勇气，特别是当勘探工作遇到困难出现反复的时候。需进一步指出的是，鄂尔多斯盆地西缘并不仅仅是现在因为油气勘探才备受人们的关注，早在 20 世纪中叶，我国地质前辈们就注意到该构造带的重要意义，认为它是存在于中国甚至亚洲东部的一条近南北走向的具分割性质的构造带（黄汲清，1945，1955；黄汲清，等，1977，1985；李春昱，等，1978）；李四光（1973）称其为祁吕贺山字型脊柱；张伯声（1980）称其为“东亚镜像反映中轴带（East Asian reflective axis）。因此，讨论鄂尔多斯盆地西部边界问题也有一定的理论意义。

研究和勘探实践表明，中晚三叠世是盆地主力生油层（延长组）形成的关键时刻，是成油气系统关键要素形成的关键时刻之一。如果盆地中晚三叠世时西部并未造山，并未形成盆地边界，并未形成所谓“类前陆盆地”、“古陆梁”（刘绍龙，1986；霍福臣，潘行适，尤国林等，1989；张泓，1995；刘池洋，等，2005；白云来，等，2006），那么，现在盆地西缘造山带适当部位就有可能形成良好的油气圈闭；其西部相邻盆地——六盘山盆

地就有可能存在中晚三叠世地层，即西部相邻盆地—六盘山盆地就可能存在与主盆一样的生油及储集条件。若如此，则这些地区就有油气勘探的基础和前提，找油的前景不言而喻！这是问题的关键所在，这也是笔者反复探究这一问题的意义所在！尽管西部相邻盆地与鄂尔多斯盆地相比，规模相对较小，但近年来我国东部渤海湾盆地不到 2000 km<sup>2</sup> 面积的南堡凹陷中却储藏着亿吨级石油储量，被称之为“满凹含油”，“富油气凹陷”，是“小盆地，大油田”的实例之一（周海民，2005）。因此，通过研究鄂尔多斯盆地西缘构造演化规律，探究其西部边界的性质，寻找其与西部相邻盆地-六盘山盆地的关系，查明它们的油气勘探背景，不仅有理论意义，而且有现实的经济意义！

因为，能源问题是世界经济发展及我国工业化进程的关键。尽管世界范围内新的油气田不断有重要发现，可能源的可用量不断减少的趋势始终没有改变，油气的产能与人类社会的需求所形成的剪刀差越来越明显，资源短缺的局面在以后 20 ~ 30 年内将会越来越严峻（李思田，2000）。

### 3 鄂尔多斯盆地的研究历史

鄂尔多斯盆地长期以来备受地质工作者的广泛关注。最早在盆地西缘进行地质考察的当属法国学者 C. Theiland 和 F. Lecent (1924a, b)，著有《中国鄂尔多斯北、西、南三部之地质》，他们的考察重点在盆地北部；20 世纪翁文灏 (1918)，王竹泉 (1925a, b)，王竹泉，潘钟祥 (1933)，孙健初 (1939)，潘钟祥 (1934, 1935, 1936) 等，先后在本区进行过路线地质调查，论述了研究区的地层、构造、石油和煤田地质特征，勾勒了本区的地质概况，为以后的研究打下了基础。

1949 年是本区地质研究工作的分水岭。为了满足经济建设的需要，“2 部”（石油部、地质部）2 省（陕西、甘肃）和 2 区（宁夏、内蒙古）在本区进行了富有成效的地质调查工作，主要完成了 1:200000 区域地质调查和重点地区不同程度的矿产普查与详查，对本区的地层、构造、岩浆岩及变质岩、矿产等都有了比较全面地了解，为以后工作打下了良好的基础。

嗣后，赵重远 (1990)、汤锡元 (1992)、张泓 (1995)、刘池洋 (2005)、白云来 (2006)、杨华 (2009) 等先后在本区进行过不同程度的专题研究。他们的成果已专门列于文后的注释和参考文献中，是本次研究的重要基础资料。现将前人的主要成果简介如下：

(1) 赵重远和刘池洋 (1990) 运用板块构造理论，分析了包括本区在内的中国东部中生代含油气盆地的构造演化历史，划分出了两个发展阶段：早期阶段开始于晚三叠世，止于始新世前，相应于联合古陆解体时间，本区发生左旋剪切；晚期阶段开始于始新世，一直延续到今，主要受太平洋板块向北西西的俯冲作用，几乎与此同时，印度板块与欧亚板块碰撞在本区产生右旋剪切作用。认为中晚三叠世鄂尔多斯盆地西部在左旋应力作用下，发生隆起而形成边界。他们的对盆地西部边缘成因的解释，对当时认识盆地的性质，有一定的积极作用，但这种构造历史的恢复现在看来比较粗略，并且他们的关于本区以及中国东部三叠纪的应力场性质与后来万天丰 (1993, 2004) 的研究成果相悖。

(2) 汤锡元 (1992) 在板块构造理论指导下, 研究了该区的区域地质构造、地球物理场特征、石油遥感地质、构造岩的显微构造与组构、泥岩压实等, 进而结合其他资料分析了本区的南北向逆冲带和六盘山弧形逆冲带的构造特征、演化及其形成机制, 并探讨了该地区的含油气远景及其有利勘探地区。他对本区构造形迹的鉴别与划分, 至今都具有奠基意义。但他的重点在浅部而不在深部, 也认为中晚三叠世盆地西部为扭动应力场, 具有隆起边界。

(3) 张泓 (1995) 运用活动论观点, 系统地总结了鄂尔多斯地块 (盆地) 的构造层、地球物理场和深部构造、不同大地构造单元的区域构造特征, 以及岩相古地理、构造古地理、构造与聚煤作用的关系等方面的研究成果, 并从鄂尔多斯地块及其周缘邻区的板块活动史、陆壳发展过程、岩石圈构造特征及其发展演化规律入手, 历史地、动态地探讨了鄂尔多斯盆地形成演化的区域应力场和地球动力学体制, 认为鄂尔多斯盆地总体是在挤压构造背景下形成的。他认为中晚三叠世盆地西部并未形成边界, 但他的着眼点在盆地的全局, 故并未深入研究盆地的西界问题, 也未提出相关证据。

(4) 刘池洋及其研究集体 (2005) 近年来针对鄂尔多斯盆地作了大量的基础地质研究工作, 他们的关注点在于盆地整体分析, 重点在盆地演化-改造时空坐标的确定以及成藏 (矿) 响应方面的探索, 认为鄂尔多斯盆地的发育时限为中晚三叠世一早白垩世, 晚白垩世以来为盆地的后期改造时期; 盆地主体具克拉通内盆地特征; 现今盆地为经过多期不同形式改造的残留盆地。盆地叠加在早、晚古生代大型盆地之上, 又属多重叠合型盆地。鄂尔多斯盆地集油气、煤和铀于一盆, 多种能源矿产丰富。根据盆地及周缘地区主要地质构造特征和地质事件, 结合对盆地各区裂变径迹年龄的综合研究认为, 在盆地发育时期 ( $T_2-K_1$ ) 至少发生了 4 期明显的构造变动, 将盆地演化—沉积过程划分为 4 个阶段: 中晚三叠世和早中侏罗世富县—延安期为盆地发育的两个鼎盛阶段, 广泛接受沉积, 湖盆宽阔, 沉积范围为今残留盆地面积的 2 倍多; 形成重要的含油和成煤岩系。这两个阶段被期间 ( $J_1$ ) 发生的区域抬升变动所分隔。盆地发育的第三阶段时限为中侏罗世直罗期—安定期, 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, 在其东侧前渊局部堆积厚度不等的砾岩, 盆地中东部地区遭受剥蚀改造。第四阶段发生于早白垩世, 沉积分布仍较广阔, 不整合超覆在前期西缘冲断带和南、北边部隆起之上。早白垩世末, 鄂尔多斯盆地整体抬升, 大型盆地消亡, 盆地始进入后期改造时期。刘池洋等优秀的工作成果使人们对鄂尔多斯盆地的构造发展和演化有了一个比较系统的认识, 他们提供的裂变径迹年龄对盆地改造事件的发生作了比较确切地时间限制, 但对盆地西部边界问题同样没有作特别的关注, 也未提供相关证据。尽管他在相关场合上也提出中晚三叠世盆地西缘不存在前陆盆地。

(5) 白云来等 (2006) 曾对盆地西部边界作过详细而深刻的讨论, 认为盆地中晚三叠世西部并未形成边界, 但他们的重点是否定西部存在前陆盆地, 特别是对盆地西部和六盘山盆地的关系缺少研究, 而这一方面的研究对油气勘探又特别具有实际意义。

(6) 冯胜斌, 袁效奇, 贺静等 (2008) 指出鄂尔多斯盆地西缘晚三叠世存在前陆逆冲推覆构造。

## 4 研究思路、研究内容及技术路线

### 4.1 研究思路及研究内容

本次研究主要是针对上述关键问题,以板块构造、大陆动力学、盆-山转换理论以及盆地分析的最新进展为指导,从“大鄂尔多斯盆地”<sup>②</sup>的概念出发,对主攻目标采用地质、地球物理、地球化学多学科综合研究;以西缘基本地质事实为依据,充分汲取前人的有益成果,结合不同时期西缘盆-山转换的沉积响应,合理利用地震资料所揭示的西缘深部的“CT”图像及物源分析等第一手资料,具体分析盆地的沉积充填序列、构造变动及动力系统与成油系统,历史地研究西部地区构造背景,阐明盆地西缘的演化规律,查明其与相邻盆地的联系与区别,指出下一步油气勘探方向及目标。

具体研究内容:①盆地特别是西部构造背景研究;②盆地及邻区延长组、延安组及同期沉积地层分布对比研究,特别是中晚三叠世延长组与窑山组的对比研究;③中晚三叠世及之前盆地原型恢复研究及不同时期盆地西部边界的确定;④中晚三叠世沉积盆地期后改造及残余沉积体系展布研究;⑤西部南北向构造(古脊梁)的形成和特点;⑥六盘山盆地充填序列、构造配置及与鄂尔多斯盆地(西部)间的关系。在上述研究的基础上,进行石油勘探潜力分析及有利勘探方向预测。

### 4.2 技术路线

(1)地、物、化、遥有机结合。进行从盆地地表到深部,从结构构造到物质组成,从宏观到微观,从定性到定量,开展全面而又突出重点的鄂尔多斯盆地系统(西部)的综合研究;从时空演化角度探索盆-山转换特点。

(2)用系统方法论着重强调成盆作用过程的综合研究。以新的学术思想与方法观察探索盆地的各综合地质作用过程,重新认识、理解和探讨“大鄂尔多斯盆地(原型盆地)”的形成演化及动力学本质。

(3)盆地分析与构造分析相结合。作为全球构造活动论的板块学说的产生和近代沉积学说的巨大进展,使人们对沉积盆地的认识和研究方法产生了真正全新的变化,盆地被作为岩石圈整体动力系统的产物。构造和沉积的密切结合,使沉积盆地远超出了纯沉积学研究的范畴,它始终是盆地分析的中心环节(Allen P. A., 1990)。因为在多数情况下,构造是控制沉积充填的首要因素,在充填的同期和期后盆地均处在连续地形变过程之中。简单的板块构造,复杂的盆地性质。研究表明,我国沉积盆地大多数都是叠合盆地,各演化阶段均处于不同的构造体制条件下,因此,应分出盆地的原型,以盆地原型(或称作单型)作为构造研究的基本单位。这就要求研究须充分利用前人资料及本次野外和室内所取得的最新科研成果,从历史演化的角度出发,研究盆地形成前的构造特征(基底构造特征)、盆地形成时的构造特征(成盆期构造多期次活动特点)及盆地形成后的构造变化特征。

(4)围绕不整合面做详尽而系统的工作。收集各种地质参数,采集各种样品,并做高精度的测试分析,以划分古构造运动界面以及构造层序分析,这是盆地分析的首要

基础。

(5) 利用地震剖面，揭示盆地内各种构造样式。这在盆地探井不太多的情况下更为重要。

(6) 盆地沉积充填分析。层序地层学分析技术是盆地沉积充填研究的新颖而有效的手段，它具有时间性，边界性及成因联系的特点 (Vail P. R., 1990)：采取盆地边部露头与盆地内部井下资料相结合的方法，精细确定鄂尔多斯盆地中生代地层格架，分析“成油气系统”，确定有利生储盖组合，指出有利成油勘探区带。

(7) 在统一构造体制分析的基础之上，分析鄂尔多斯盆地与其周围同时代盆地间的关系，进行地层、岩石及地球物理多方面的对比。

(8) 系统测制穿越盆地西部地学大断面。

具体研究思路与技术路线如图 1-3 所示。

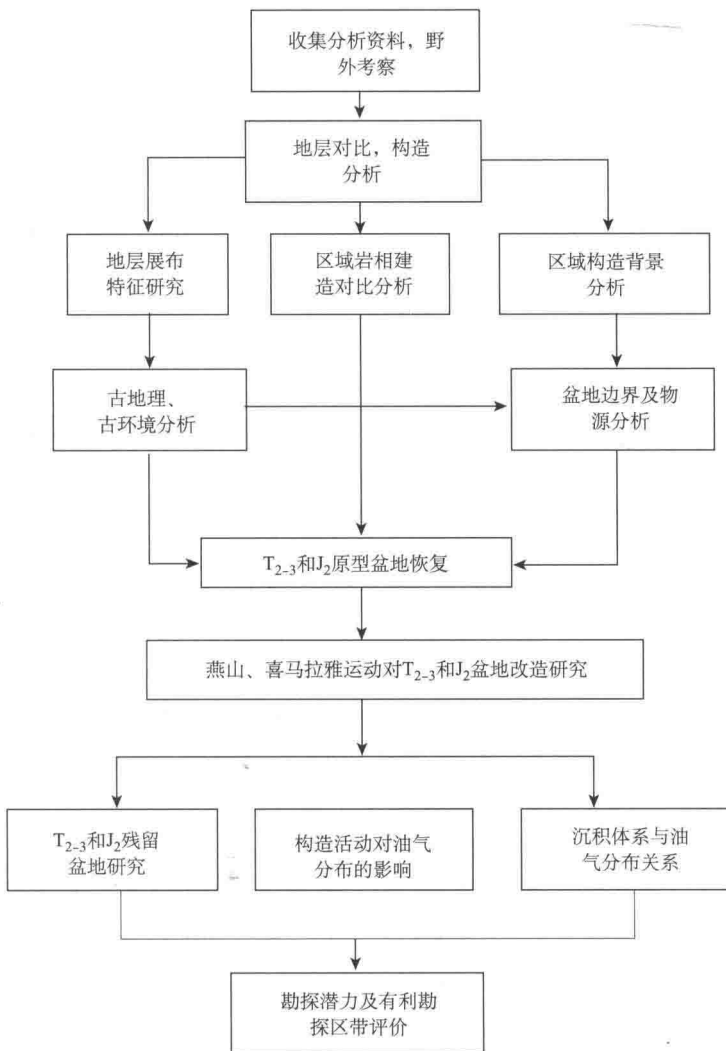


图 1-3 研究流程

## 5 完成的主要工作量

(1) 完成了对盆地西缘 16 条地质剖面的综合研究, 采集了相关样品, 共计观察地质点 1000 余个, 观察地质剖面约 60 km, 采集样品 689 件。

(2) 为便于与露头进行对比, 对盆地西部重点探井(演 3、环 26、池 9、10、12、15、16、耿 3、8、井 2、元 91、98、新 4、安 51 和剖 18 等) 岩心进行了观察与沉积特征描述, 采集了相关样品。

(3) 综合解释地震剖面 16 条; 完成了三条横穿不同地质单元的大剖面。

(4) 在六盘山盆地 13 个点上, 主要对地层、沉积储层、局部构造、烃源岩特征、油苗等进行了详细考察踏勘, 采集动、植物及孢粉化石 52 块, 采集岩石薄片、物性样品 14 块, 采集烃源岩样品 15 块。

## 6 取得的主要成果

(1) 笔者着重从盆地西部地区基本地质事实出发, 充分汲取前人的有益成果, 历史地分析了西缘构造演化及地球动力学特点, 紧密结合不同时期西缘盆-山转换的沉积响应, 合理利用地震资料及其他第一手资料, 认为, 鄂尔多斯盆地西缘及盆地主体属华北板块的一部分, 其形成和发展具体受四周的古祁连洋、古秦岭洋、不同时期的特提斯洋、古亚洲洋(古西拉木伦洋)及古太平洋(伊泽奈崎(Izanagi)板块)控制。

(2) 在上述不同时期构造背景条件控制下, 盆地西界不同时期范围和形态是不同的。早古生代盆地西部为主动陆缘性质的弧后盆地; 晚古生代盆地西部属被动陆缘构造背景上的滨浅海(湖)盆地; 文中明确提出, 中晚三叠世鄂尔多斯原型盆地西界向西越过六盘山, 连接六盘山盆地, 直逼河西走廊靖远、景泰莫亦山附近, 甚至在祁连山区也能找到其遗迹。

(3) 笔者还认为“银川古隆起”及“西缘古陆梁”在印支期是不存在的, 更不存在一个统一的南北走向的前陆盆地与沉积中心。燕山主期( $J_3/k_1$ )盆地西缘可能隆起, 使得六盘山盆地和鄂尔多斯盆地具一定的分割性, 但随后在早白垩世又被夷平, 鄂尔多斯盆地与包括六盘山盆地在内的西部白垩纪盆地连通, 鄂尔多斯盆地现今西界最后形成的时间应在喜马拉雅晚期(8 Ma 以来), 这也是盆地西缘桌子山-贺兰山-六盘山最后定型的大致时间, 它们是印度板块和太平洋板块远距离应力作用的结果。

(4) 通过鄂尔多斯盆地西部与相邻盆地的地质特征对比, 认为中晚三叠世鄂尔多斯原型盆地西部与六盘山盆地连接, 是一体的, 而与巴音浩特盆地、定西盆地没有对比关系, 后者中晚三叠世是隆起背景; 鄂尔多斯盆地中晚三叠世延长组为主力生油、含油岩系, 是勘探与研究的目的层。孢粉组合表明鄂尔多斯盆地的延长组及瓦窑堡组与六盘山盆地的窑山组可以对比, 但后者缺乏典型的延长植物组合。六盘山盆地中晚三叠世地层的确定, 为进一步油气勘探提供了地质前提。通过对石炭系、中晚三叠世窑山组及下白垩统生储盖等综合指标评价分析认为, 窑山组是六盘山盆地中一个十分重要的成油气系统, 是主力生油层。六盘山盆地三套生烃层系的总石油资源量约  $4 \times 10^8$  t, 资源丰度较高, 资源潜

力较大，但资源分散，不够集中，这是油气聚集成藏的一个不利因素。

(5) 鄂尔多斯盆地西缘的六盘山造山带及贺兰山造山带是一个缺乏岩浆活动特别是缺乏中、新生代岩浆活动的造山带，是一个以推覆挤压造山作用为主的造山带，具“双层结构”特点。推覆作用使得油层叠置而利于勘探，所产生的“有限的”热可能有利于烃源岩品质的提高，所形成的相关褶皱、断裂及裂缝可能为油气的运移提供有利通道及良好的储存空间。虽然鄂尔多斯盆地西部及六盘山盆地部分地区后期被抬升使得一些成油系统被破坏掉了，但抬升作用也可使得另外一些成油气系统从原来不利于勘探的更深部位抬升至有利的勘探深度，从而有望降低勘探成本，提高勘探效益。

(6) 鄂尔多斯油田的分布明显受基底巨型 X 型断裂系统控制，因此盆地西缘的成油系统除受南北走向的推覆构造控制外，还受基底 X 型断裂的控制作用。六盘山盆地成油气系统主要受弧形断裂体系控制。

研究表明，中晚三叠世鄂尔多斯盆地与六盘山盆地不仅可以对比，而且西部与六盘山盆地均有较好的油气勘探前景！

需说明的是本书的主要成果是作者们参加中国石油股份有限公司勘探与生产分公司石油预探项目-鄂尔多斯中生代盆地演化及勘探潜力评价（编号 20040819）<sup>②</sup>的过程中逐步形成的。文中的一些核心内容和主要观点，经过了笔者数年来反复思考和推敲，并与项目相关领导和同行进行过比较充分而详细地讨论，得到了许多有意义的启发。书中引用和参考了前人研究成果，具体已列于参考文献中，在此深表谢意！衷心感谢中国工程院院士汤中立先生为本书作序；十分感谢中石油长庆油田公司常务副总经理杨华教授级高级工程师、中石油研究院西北分院原院长刘全新教授级高级工程师给笔者参加此项研究提供了相关条件，使笔者有机会涉足鄂尔多斯盆地西缘构造这一既具有现实的勘探意义又富有挑战性的研究领域；中石油勘探开发研究院西北分院杨杰院长，刘省奎书记对此书的出版十分关心；童晓华、边少之和马玉虎清绘了部分图件，在此也一并表示感谢！最后，特别感谢甘肃石油学会理事长赵应成教授级高级工程师和中石油勘探开发研究院西北分院副总地质师、油气规划研究所所长陈启林高级工程师为本书的出版所做的努力！



## 第二章 区域地质概况

### 1 区域构造背景与演化

#### 1.1 鄂尔多斯盆地的时空展布与规模

地理上所称谓的鄂尔多斯是指分布于河套以南、长城以北的内蒙古自治区鄂尔多斯市所辖地区；而地质学上鄂尔多斯盆地范围比较广阔。它北跨乌兰格尔凸起及河套盆地与阴山山系为邻，南越渭北隆起带和渭河盆地与秦岭山系相接，东起吕梁山，西至贺兰山-六盘山，面积约  $40 \times 10^4 \text{ km}^2$ （张泓，1995，白云来，2006，图 1-1）。杨俊杰等人（2002）提出鄂尔多斯盆地面积约  $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，未包括河套、银川、渭河等分布于鄂尔多斯地块周边的新生代断陷盆地。本次通过原型盆地恢复，所意喻的中晚三叠世鄂尔多斯原型盆地是指在张泓（1995）划定的盆地范围基础上根据新的证据重新划定的。盆地的西界向西越过六盘山，连接六盘山盆地，直逼河西走廊靖远、景泰莫亦山附近，可称之为“大鄂尔多斯盆地”<sup>②③</sup>。不同时期盆地的边界，将是下文讨论的重点之一。

#### 1.2 鄂尔多斯盆地构造演化概述

研究表明：从太古宙起，经元古宙，直到早古生代晚期，鄂尔多斯地块和阿拉善古陆均属华北古陆的一部分，位于华北古陆西部（这里所说的现今方位，并不代表当时陆块的方位，只是为了叙述方便，下同）。中、新元古代，阿拉善古陆和鄂尔多斯地块之间、鄂尔多斯地块及与华北古陆本部之间，曾出现过三条大的拗拉谷，它们分别是贺兰山拗拉谷、晋陕拗拉谷、豫陕拗拉谷（杨华，2005），其中，晋陕拗拉谷实际上是从陕西岐山通向延安，有向山西发展的趋势，这些拗拉谷一直延续到早古代早期。早古生代晚期演变为海湾环境<sup>③</sup>。而张国伟（1988）、杨俊杰（2002）所说的华北古陆南缘的元古宙三条拗拉谷除贺兰拗拉谷、豫陕拗拉谷与杨华所述相同外，另一条拗拉谷是指皖苏鲁拗拉谷（江苏阜南北东），未指出杨华所述的鄂尔多斯古陆本部南缘出现的晋陕拗拉谷。但近年来随着鄂尔多斯盆地气田的不断发现，该条拗拉谷的勘探意义已被广泛重视。中寒武以后，阿拉善地区出现亲扬子生物分子（刘本培等，1996），表明阿拉善、鄂尔多斯及华北等陆块与扬子、柴达木等“南方陆块”已隔古祁连-古秦岭洋而相望，并逐渐靠近。到志留纪-泥盆纪，阿拉善古陆及鄂尔多斯古陆西南部与柴达木-中祁连板块碰撞造山，连为一体，构成西域板块的一部分。古生代晚期（早、中二叠世），包括鄂尔多斯陆块在内的西域板块都拼贴到天山-兴蒙碰撞带南侧。到三叠纪，鄂尔多斯及华北地区形成沉积中心偏南的大型陆内拗陷型盆地<sup>②</sup>（刘绍龙，1986；刘池洋，2005）。晚侏罗世，贺兰山-六盘山地区发生逆冲推覆，形成褶皱冲断带，鄂尔多斯盆地第一次被与六盘山盆地割开；早白垩世，