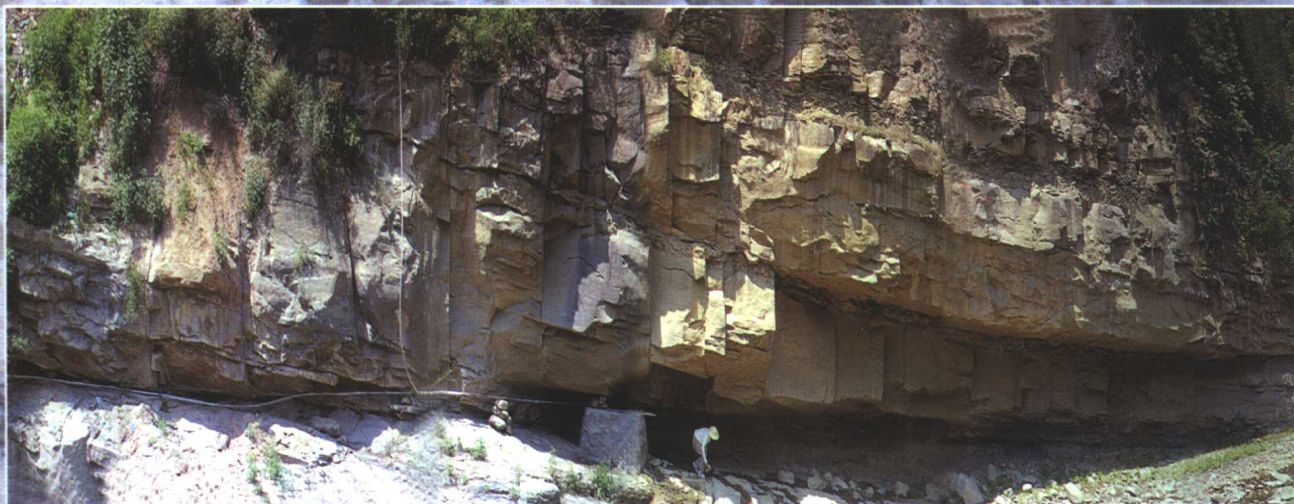


鄂尔多斯盆地南部 中生界成油体系

牟泽辉 朱宏权 张克银 罗宇 冯方 著



石油工业出版社

鄂尔多斯盆地南部中生界成油体系

牟泽辉 朱宏权 张克银 罗 宇 冯 方 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书充分应用成藏体系理论,系统地论述了鄂尔多斯盆地南部中生界成油体系特征,首次全面重点地论述了该地区三叠系延长组、延安组的沉积体系特征及展布规律、储层成岩作用及储集空间演化、成藏动力学背景,提出了适合于本区的储层参数预测方法及圈闭评价方法,对该区的油气勘探具有重要的参考价值。

本书可供从事油气勘探、油气地质科研人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地南部中生界成油体系/牟泽辉等著.

北京:石油工业出版社,2001.5

ISBN 7-5021-3322-4

I. 鄂…

II. 牟…

III. 鄂尔多斯盆地-中生代-油气藏-矿床成因论

IV. P618.130.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 14736 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

河北省地勘局测绘院印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 8 印张 200 千字 印 1—1000

2001 年 5 月北京第 1 版 2001 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3322-4/TE·2491

定价:20.00 元

序

鄂尔多斯盆地南部中生界，尤其是庆阳—富县以南地区三叠系延长组及侏罗系延安组的沉积体系、沉积环境、物源及储集实体的展布情况，以及油气聚集、成藏规律历来引人关注，特别是随着安塞中生界亿吨级油田及马岭油田的发现，该区的油气勘探前景也引起了人们的极大关注。

自从 20 世纪 70 年代初期 Wallace G. Dow 提出成油体系 (Petroleum System) 以及后来 Leslie B. Magoon 和 Gerard Demaison 等的进一步深化和发展，成油体系已成为在含油气盆地油气勘探前景评价阶段，评价原油从有效烃源岩运移到圈闭的有效评价方法。自该方法问世以来，已引起了国内外油气地质工作者的浓厚兴趣，并广泛应用于含油气盆地油气勘探前景评价中。以中国石化集团石油勘探开发研究院荆州新区勘探研究所牟泽辉博士为首的一批年青学者以鄂尔多斯盆地南部中生界油气勘探前景评价为典型实例，积极投入这方面的研究工作，并以他们近几年来的研究成果为基础，撰写了这本题为《鄂尔多斯盆地南部中生界成油体系》的专著。

纵观全书，该书内容丰富、主题突出、资料详实、论据充分、观点鲜明，主要有以下三个特点。

(1) 本书紧紧抓住成油体系的基本要素之一的储层为主题，因为该主题也是鄂尔多斯盆地南部庆阳—富县以南地区中生界油气勘探前景的焦点，由此引入对区内古水流分析、沉积体系、沉积相以及储层成岩作用、成岩作用序列、成岩演化、孔隙类型、孔隙结构和孔隙演化的深入研究，并且得出独到的见解；提出三叠系延长组沉积体系以辫状河三角洲前缘—前三角洲—湖泊相沉积为主体，侏罗系延安组沉积体系以河流相沉积为主，物源主要来自于南部、西南部、东南部和西北部；认为区内储层属中—低孔、低渗或特低渗储层，且存在两个次生孔隙发育段即 1300~1500m 和 1700~1900m 的深度范围，同时指出区内存在持续埋藏型、中间开启型和长期浅埋中间开启型三种成岩系统，从而得出了对该区储层更为深入的认识。

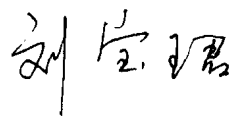
(2) 本书注重以静态与动态研究相结合为基础，以整体、综合为目的的研究思路；在圈闭条件分析的同时，更加重视对成藏动力学系统的研究，从盆地模拟、流体势分析入手，与油气成藏动力学系统事件分析相结合，从动态的角度详细研究或探讨了鄂尔多斯盆地南部庆阳—富县以南地区中生界油气生成、运移、聚集及成藏规律和成藏模式，指出区内存在为油气运移提供动力支持的两大动力系统，即重力流系统和压实流系统，以及早期成藏长期保存型和早期成藏后期改造型两类成藏模式，因而拓展了该区油气地质条件研究的深度和广度，同时也丰富了成油体系的研究内涵。

(3) 本书注重地质研究与地球物理研究紧密结合，通过宽带约束反演 (BCI)、RM 储层描述软件及神经网络等地震特殊处理方法及测井分析方法，对研究区内的中生界目的层的储

层横向预测与储层物性预测作了新的尝试和探讨，拓宽了该区储层预测研究的手段和方法。

总之，该书无论从油气勘探实践的意义还是从油气地质理论来看，都具有较高的学术价值，同时，对于鄂尔多斯盆地南部中生界油气勘探和开发也将起到指导作用。在此，我表示祝贺。

中国科学院院士

Handwritten signature of Liu Xingjun in black ink.

2001年2月

前 言

从世界范围来看,油气勘探难度和风险日益加大,成本越来越高,逐步转向低(渗透)、深(层)、难(复杂地表与地下)勘探地区和领域,且勘探地区多数存在着成藏过程复杂,油气资源不确定性大等难题,因此需要运用系统论观点,整体、动态、系统地分析油气藏的形成,有机地恢复油气成藏过程,从而达到追踪并确定油气现今赋存部位的目的是油气勘探的迫切需要。成油体系的含义,不是将早为人们所知的石油地质的基本方法简单地归纳或重复,而是将油气的生、储、盖、运、聚、保的研究提高到一个新的高度,从整体、动态、多学科交叉渗透的角度进行定性、定量,甚至三维空间上的定位分析,它不仅涉及到一些石油地质的基本理论问题,而且还需要在研究方法上不断深化(费琪等,1997)。

近几年来,我国油气地质工作者(田世澄等,1996;田世澄等,1997;康永善等,1997;王英民等,1997)根据中国的油气勘探实践,在成油体系的基础上提出了一种应用于油气勘探的新理论、新方法,即成藏动力学系统。成藏动力学系统着重刻画一个凹陷内各注陷油气成藏规律,以烃源岩为核心,以成藏期为标志,运用动态的观点,深入研究构造演化史、沉积发育史、烃源岩演化史和圈闭形成史,确定油气排烃期、运移期、圈闭形成期和油气聚集期及其相互配置关系,它更强调油气形成、运聚、分布的动力学过程(田世澄等,1997)。

大量储层预测实践表明,在一定条件下,充分利用已知信息,采用正确的反演方法,可以成功地预测储层横向展布,提出有利的钻探部位,提高钻探成功率(傅长生、马秀兰等,1998)。然而需要指出的是,由于含油气地质体的复杂性,地震、测井采集数据的精度限制,原始信息的干扰严重、信噪比低,地震反演本身的多解性等原因都影响储层预测的精度。

有关鄂尔多斯盆地南部(庆阳以南)的油气地质研究,中国石化集团新星石油公司华北局、中国石油长庆油田曾做过大量的工作,以及许多论著(张抗,1989;李思田,1996;周鼎武,赵重远等;1994;吴冲龙等,1994)都从不同角度对鄂尔多斯盆地南部的油气地质特点作了富有成效的研究,正是这些成果的启迪,才使得我们得以有条件、有机会、有信心完成这部著作。

鉴于鄂尔多斯盆地南部(庆阳以南)的油气实践及人们普遍关心的问题,本书着重突出三个方面:(1)中生界沉积环境、沉积相及物源;(2)中生界储层特征、成岩作用及储层预测;(3)中生界成藏动力学特征、成藏规律及圈闭特征。在此需要强调的是,本书是在中国石化集团新星石油公司科技项目“鄂尔多斯盆地南部油气勘探靶区选择”的基础上,结合鄂尔多斯盆地南部中生界油气勘探实际,经过补充、修改后完成的。因此,它是集体智慧的结晶,也可以说是所有参与该项目研究人员的共同成果。

本书共分六章。前言、第一章、第五章由牟泽辉撰写,第二章及第三章由朱宏权撰写,第四章第一、二、四节由罗宇撰写,第四章第三节由冯方撰写,第六章由张克银撰写,全书由牟泽辉统稿、定稿。

值此本书出版之际,我们特别感谢刘光鼎院士、刘宝珺院士在百忙之中为本书题写书名、作序并给予指导,衷心感谢新星石油公司周玉琦总地质师、勘探部侯鸿斌经理给予的关

心、支持和指导，感谢新星石油公司华北石油地质局梅世昕总工程师、郝蜀民总工程师、邱阳辉副总工程师、陶林海副总工程师、尤欢增处长、孙明珠高级工程师及成都理工学院张哨楠教授给予的帮助和指导；感谢《石油与天然气地质》编辑部主编贺自爱教授的悉心指导和帮助。此外，对参与该项研究工作的人员：司建平、李江涛、唐民安等表示真诚的谢意。同时，对在该书中引用成果的单位和个人一并表示致谢。

由于鄂尔多斯盆地南部，尤其是西南部特殊的地质条件和油气地质特征以及资料的局限性，使得我们在分析过程和结论中难免有所偏差，有的结论还有待实践的检验。况且，限于作者的水平，书中肯定存在一些缺点和错误，敬请读者批评指正。

作 者

2001年2月

目 录

第一章 构造背景分析	(1)
第一节 盆地演化及其变形的地球动力学背景	(1)
第二节 区域构造格局	(5)
第三节 鄂尔多斯盆地南部构造形变特征	(7)
第二章 沉积体系分析	(11)
第一节 地震地层及层序地层特征	(11)
第二节 地震相特征	(18)
第三节 古水流分析	(20)
第四节 沉积相、亚相、微相划分及特征	(22)
第五节 沉积模式及沉积体系展布规律	(31)
第三章 储集条件分析	(37)
第一节 储集岩的岩石学特征	(37)
第二节 成岩作用类型、特征、成岩作用序列及成岩演化	(38)
第三节 孔隙类型、演化特征及孔隙结构	(46)
第四节 储层非均质性	(50)
第五节 储层综合评价	(53)
第四章 储层综合预测	(55)
第一节 宽带约束反演 (BCI) 技术的应用	(55)
第二节 利用 RM 软件进行储层预测	(60)
第三节 应用测井资料进行储层预测	(61)
第四节 应用神经网络预测储层含油气性	(77)
第五章 圈闭条件分析	(81)
第一节 圈闭类型特征	(81)
第二节 圈闭形成期及分布规律	(86)
第六章 成藏动力学系统分析	(88)
第一节 沉降史分析	(88)
第二节 热成熟史及生烃史分析	(90)
第三节 流体势分析	(97)
第四节 成藏动力学系统类型特征	(102)
第五节 成藏动力学系统事件分析	(106)
第六节 油气聚集规律及成藏模式	(108)
参考文献	(112)
图版说明及图版	(114)

第一章 构造背景分析

鄂尔多斯盆地北跨乌兰格基岩凸起与河套盆地相邻,南越渭北挠褶带与渭河盆地相望,东接晋西挠褶带与吕梁隆起呼应,西经逆掩冲断构造带与六盘山、银川盆地对峙。鄂尔多斯盆地处于我国沉积盆地分布的中带,兼受其东滨太平洋构造域和其西南特提斯—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、扭动明显的多旋回克拉通叠加盆地。

第一节 盆地演化及其变形的地球动力学背景

“对于每一个大型盆地,首先要从纵向上把它看作是一个多阶段、多层次的系统,按模式的匹配与规律的拟议来探索未知而潜在的东西”(朱夏,1986)。鄂尔多斯盆地地质构造性质以其稳定而闻名,其以整体上升、持续沉降、坡度宽而平缓、低幅度隆起、低角度平缓单斜的地层、接触整合为特点。对于鄂尔多斯盆地构造演化,许多学者曾做过系统的研究工作及论述(赵重远等,1990;张福礼等,1994;杨俊杰、裴锡古等,1996),并基本上达成共识——将经历漫长地质构造演化过程的鄂尔多斯盆地划分为以下6个构造演化阶段。

一、基底形成阶段

太古代—早元古代是鄂尔多斯盆地的基底形成时期,其间经历了迁西、阜平、五台及吕梁—中条4次主要构造运动,使基底岩系经受了复杂的变质作用、混合岩化作用和变形作用,其中在早太古代为古陆核雏形形成时期,形成以基性、中基性到中酸性火山岩及富铝粘土岩为主的、逐步形成和加厚的原始硅铝壳;而晚太古代的构造特征则是以硅铝壳加厚固结及陆地面积增加为特点。经过太古代末的阜平运动,陆壳普遍褶皱上升,鄂尔多斯古陆核得以形成。总之,整个太古代陆壳的形变以塑性为主,主体构造方向呈东西向展布(图1-1)。

早元古代构造活动明显受太古代古陆核的格局和再活动的控制,即进入早元古代,古陆核经历了由塑性向刚性的转化,早期裂隙活动以韧性剪切形式出现,伴随巨厚的火山—沉积岩堆积,并形成角闪岩相到绿片岩相的绿岩建造。早元古代晚期,随着陆壳厚度和刚性的增加,在早期韧性断裂带基础上发生了脆性断裂。

二、拗拉谷阶段

中晚元古代,古中国陆块处于拼接稳化初期,吕梁—中条运动之后,鄂尔多斯地区的构造发展进入了新的阶段,由地壳热点所控制的秦—祁大陆裂谷应运而生,在一系列三联点的作用下,产生了一系列由秦祁裂谷向华北古陆块楔入的陆内裂谷并在发展中夭折,导致非造山岩浆活动和似盖层性质的稳定型沉积建造形成。区内主要有贺兰拗拉谷与秦晋拗拉谷,它们分别以近南北向和北东向垂直古陆的西南和南缘插入古陆内部,并具有向北和北东方向收敛,向南及西南方向敞开的楔形轮廓。

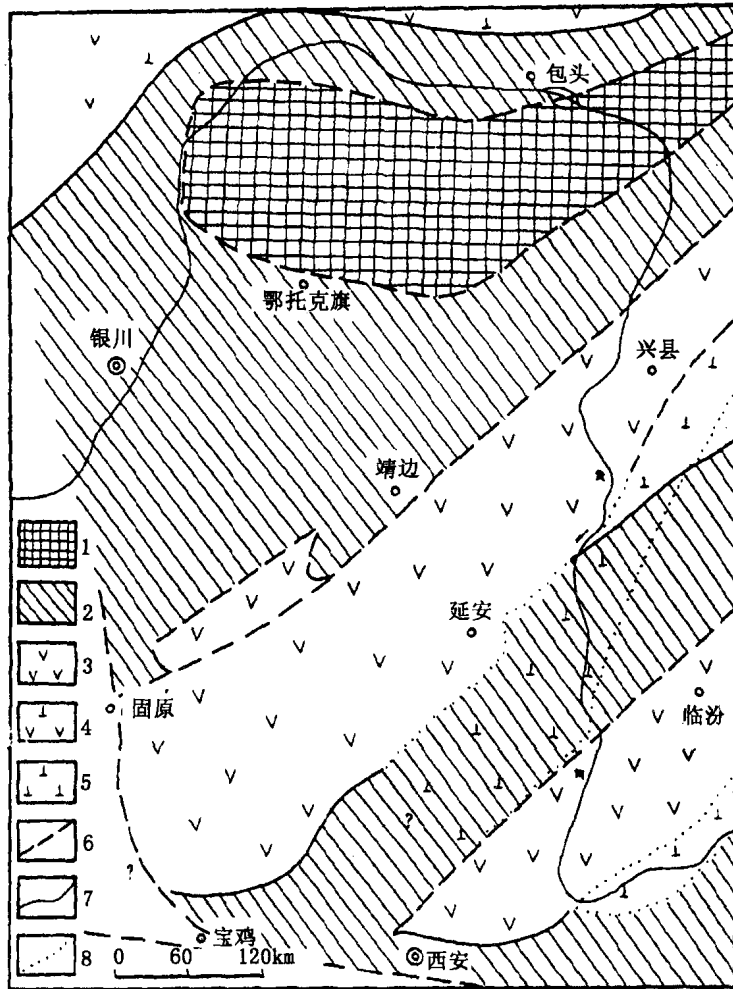


图 1-1 鄂尔多斯基底结构略图 (据张福礼等, 1994)

1—太古界分布区; 2—上太古界分布区; 3—下元古界下部分布区; 4—下元古界分布区; 5—下元古界上部分布区; 6—边界断裂; 7—下元古界下部分布边界; 8—下元古界上部分布边界

总之, 中晚元古代 (即长城—蓟县期) 是拗拉谷发育期, 这些拗拉谷一般经历了初始裂开、主体断陷和后期拗陷三个发育阶段, 相应的建造类型有陆相火山岩—碎屑岩建造, 巨厚的河流—浅海碎屑岩建造 (贺兰、秦晋拗拉谷此期沉积幅度达 3000m 以上) 及后期广覆碳酸盐岩建造。鄂尔多斯盆地正是在贺兰、秦晋两个拗拉谷夹持的背景下发展演化的。经过晋宁运动, 上述大陆裂谷关闭, 形成统一的中国地台, 这一构造层也是鄂尔多斯盆地的基础。

三、浅海台地阶段

早古生代时期, 即晋宁运动后, 鄂尔多斯盆地表现为稳定的整体升降运动, 在陆块内部形成典型的克拉通拗陷。在此阶段内, 鄂尔多斯地区南北为加里东地槽所控制, 东西为残存的拗拉谷所夹持, 形成北高南低、中间高东西两侧低的古地貌背景。

寒武纪的构造面貌为: 早期继承了中、晚元古代的构造格局, 表现为北高南低、中隆 (乌审旗—庆阳中央古隆起带) 东、西凹; 晚期则为南北高, 中间低, 中凹 (盐池、米脂凹

陷)南北隆(环县—庆阳隆起、乌兰格尔隆起)的形态,整个寒武纪为一个完整的陆表海海进—海退旋回,沉积厚度为200~400m,最厚达600m。

奥陶纪基本继承了晚寒武世的构造轮廓,即克拉通北部的乌兰格尔古隆起带仍保持古陆形式,而南部环县—庆阳隆起则表现为相对较低的水下隆起。

早古生代构造格局的总体特点是基本继承了中、晚元古代的构造格局,同时也有新构造的产生,即在两期隆起复合部位仍保持隆起状态(乌兰格尔隆起、环县—庆阳隆起),在隆起与凹陷的复合部位形成鞍部(盐池凹陷与米脂凹陷间的鞍部),在两期凹陷的复合部位依然保持为凹陷状态(昂苏庙—盐池凹陷、米脂凹陷)(图1-2)。

在上述古地理背景上,冯增昭、陈继新等(1991)将鄂尔多斯地区早古生代的岩相演化分为四期,即苏峪口—徐庄期以混合沉积为特征,发育陆源碎屑岩及云坪;张夏—亮甲山期以清水沉积为特征,发育滩及滩间海;马家沟期1、3、5段以蒸发沉积为特征,发育云坪、盐膏洼,2、4、6段以陆表海沉积为特征,发育大面积低能开阔海灰岩;平凉—背锅山期以深水斜坡为特征,发育碳酸盐岩重力流。奥陶纪末,加里东运动使全区抬升,缺失了志留系、泥盆系和下石炭统,形成了后来成为下古生界天然气聚集的重要场所的奥陶系顶部风化壳古岩溶带。

四、滨海平原阶段

杨俊杰、裴锡古(1996)等认为,晚古生代时,鄂尔多斯地区进一步与华北地块统一发展,仅其西南隅濒临古特提斯海域,在麟游的二叠系见有多层潮坪海相夹层,厚度为50m(当时该区滨海的证据)。在此阶段内,鄂尔多斯地区在阴山火山弧向南俯冲、秦岭火山弧向北俯冲的作用下,其北缘及南缘相对仰冲而隆升;而贺兰拗拉谷于中石炭世再度拉开,较早地接受沉积,形成上古生界区域性沉降带,出现了乌达(1700m)、韦州(1250m)、中宁(1700m)等三个局部拗陷。中石炭世,西部形成与古特提斯连通的南北向海湾,沉积了靖远组和羊虎沟组的黑色泥页岩、砂岩、生物灰岩与煤层;东部为与华北克拉通凹陷相通的潮坪,沉积了本溪组的黑色页岩、砂岩和灰岩,厚度数十米。晚石炭世,进一步海侵,导致沉积范围扩大,西侧的祁连海向中部古隆起东超,东侧的华北海向中部古隆起西超,最终汇聚。下二叠统山西组为煤系地层,中部古隆起仍然存在,西部浅凹陷在银川、环县一带沉积岩厚150m,东部浅凹陷在绥德、宜川一带沉积岩厚100m,而中部古隆起区的沉积厚度在75m以内。石盒子组基本承袭了山西组的沉积背景,气候逐渐干旱,鄂尔多斯地区沉积了河流相杂色碎屑岩,其西部沉降区厚度为350m,东部沉降区厚度为420m,中部古隆起区厚度为250m。

五、内陆盆地阶段

我们赞成张抗(1989)的观点,即在鄂尔多斯盆地中生代地壳运动是在古生代,特别是晚在古生代的继续,三叠纪既没有独立的构造旋回,也不是一个构造发育阶段的完成,其前后构造性质并没有重大变化,也就是说没有印支运动产物及构造特征的体现。但自晚三叠世以在沉积上实现了由海相、海陆过渡相向陆相的转变,发育了完整的陆相碎屑岩沉积体系。晚三叠纪及燕山运动以来,盆地演化进入了大型内陆差异沉降盆地的形成和发展时期。燕山运动导致大规模构造形变的发生,其不但影响断块间的活动带,也影响断块内部的构造形变,这就造成了鄂尔多斯盆地三叠系在盆内与侏罗系的区域性平行不整合,而在盆地边缘地

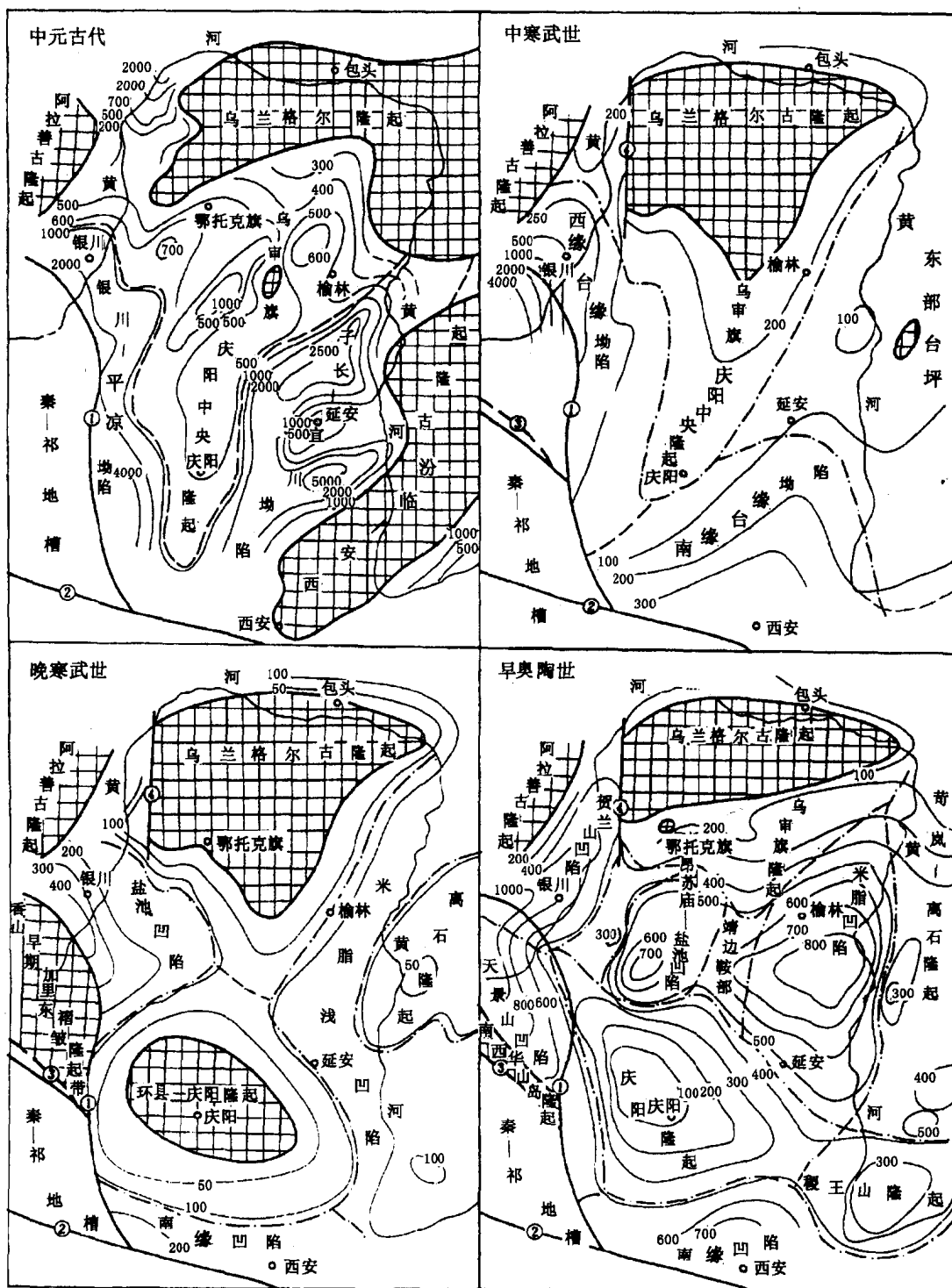


图 1-2 鄂尔多斯盆地早古生代各时期古构造分区图 (据张福礼等, 1994)

区则由于掀斜抬升和侵蚀, 造成微角度和角度不整合 (张抗, 1989)。燕山期运动在盆地周缘表现尤为强烈, 在盆地周缘常造成强烈的褶皱冲断和逆冲推覆构造。鄂尔多斯中生代内陆

盆地阶段发育了五个陆相碎屑岩沉积旋回，即晚三叠世延长组、早侏罗世富县—延安组、中侏罗世直罗—安定组及早白垩世志丹组下部和上部。它们有以河流相开始，而以湖沼相告终为特点（杨俊杰、裴锡古等，1996）。

六、新生代断陷阶段

燕山晚期，鄂尔多斯地块由长期的沉降转为上升的面貌，即新生代以来主要受东部太平洋板块向亚洲大陆的斜向俯冲，亚洲大陆向东蠕散及西南印度板块碰撞的联合作用，导致鄂尔多斯地块周缘出现总体张性、局部挤压的构造环境，结果使得周缘发生一系列右旋拉张的断裂活动，产生一系列断陷。如河套、银川、渭河断陷，以南侧的渭河断陷为例，其红色碎屑岩沉积厚度可达近 7000m（张福礼、黄舜兴、杨昌贵等，1994）。

第二节 区域构造格局

一、鄂尔多斯盆地构造单元划分

目前，鄂尔多斯盆地地质构造单元划分结果已普遍被人们所接受或引用，因而证明其划分结果的正确性。根据盆地的构造演化、构造发育史、构造格局及区域构造特征，将盆地划分为如图 1-3 所示的构造单元（张福礼、黄舜兴、杨昌贵等，1994）。

二、鄂尔多斯盆地南部构造带划分

由上述所知，印支运动在研究区内表现并不明显或者说相当微弱，在鄂尔多斯地区整体表现为造盆运动。沉积盖层的构造形变主要受控于加里东和燕山二次构造运动，而鄂尔多斯盆地南部的现今构造格局则受控于燕山期逆冲推覆构造，即整体表现为东西分段、南北分带，构造变形南强北弱，深浅层构造表现差异的特点（李江涛、黄大华、甄明等，1994）（图 1-4）。东西分段以石门—马家—乾县断层为界。东段构造以北东或近北东向展布，逆冲变形程度相对高，其应力场特征表现为北西—南东向的挤压。西段构造主要呈东西或近东西向展布，应力场特征表现为南北向挤压，构造变形相对低，逆冲推覆活动相对较弱，主要呈叠瓦状单层式推覆。南北分带，在东西二段均分别发育了自南向北排列的褶皱构造带，东段以马家—铜川分枝逆冲断层（F₇）、安子洼

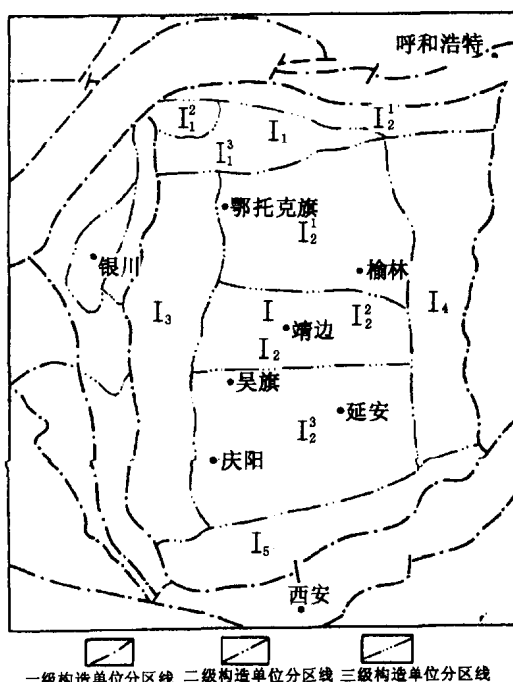


图 1-3 鄂尔多斯盆地构造区划图

I—鄂尔多斯盆地；I₁—伊盟北部隆起带；I₁¹—乌兰格隆起；I₁²—杭锦旗—公卡汉新阶；I₁³—乌加庙凹陷；I₂—伊陕斜坡；I₂¹—伊陕斜坡北区；I₂²—定边—吴堡东西向构造区；I₂³—伊陕斜坡南区；I₃—天池—环县坳陷带；I₄—晋西挠褶带；I₅—渭北隆起带

一金锁分枝断层 (F₈) 及衣食村—宜君前缘分枝断层 (F₉) 为界, 由南向北依次为淳化—耀县—铜川冲断褶皱带 (东Ⅰ带); 安子洼—柳林冲断褶皱带 (东Ⅱ带); 衣食村—宜君逆冲断层带 (东Ⅲ带); 建庄—黄陵前缘外带 (东Ⅳ带)。西段以两亭—五峰山—口镇分枝断层 (F₃)、灵台—龙高分枝断层 (F₄) 和职田—马栏前缘分枝断层 (F₅) 为界, 由南向北依次为乾县—麟游—永寿冲断褶皱带 (西Ⅰ带), 花花庙—底店冲断褶皱带 (西Ⅱ带), 彬县—旬邑—马栏前缘带 (西Ⅲ带) 和永乐—北寺站前缘外带 (西Ⅳ带)。

第三节 鄂尔多斯盆地南部构造变形特征

鄂尔多斯盆地南部自晚前寒武纪以来主要经历了三个大的构造变形期的改造, 即喜马拉雅期、燕山期和加里东期。有关鄂尔多斯盆地南部构造变形特征, 许多地质工作者曾做过大量的工作 (周鼎武、赵重远、李银德等, 1994; 袁卫国等, 1984), 根据本项目研究的目的层及研究目的, 以下将主要对加里东期和燕山期二期的主要构造变形特征进行概述。

一、加里东期构造变形特征

鄂尔多斯盆地南缘加里东构造主要呈现为一系列南倾北倒的紧闭倒转褶皱和在空间上与其连续递变的宽缓倾斜褶皱或不对称背向斜构造, 以及同构造期形成的具有相同构造倒向, 并显示韧性和脆韧性变形特征的叠瓦状逆冲断层, 且伴生同构造期的轻微变质作用, 整体表现为地壳浅构造层次的构造变形。根据变形的强、弱可进一步划分出强变形和弱变形两种类型 (图 1-5)。

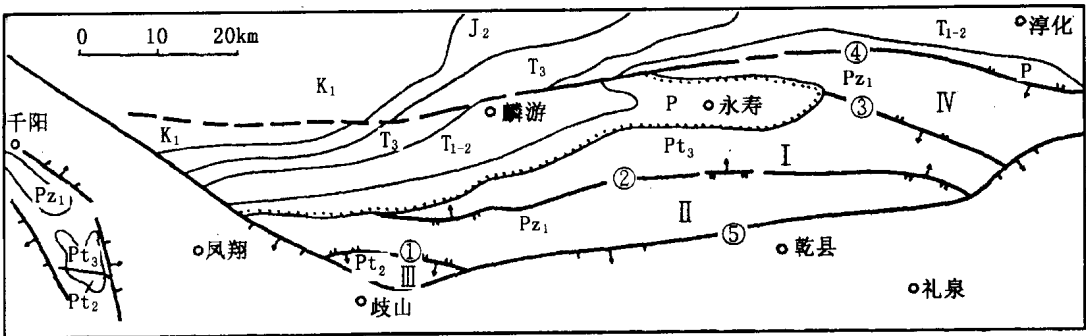


图 1-5 鄂尔多斯盆地西南缘加里东构造强变形带与弱变形区的划分 (据周鼎武等, 1994)
 I—崛山寺—唐王陵强变形带; II—瓦罐岭—乾陵弱变形区; III—岐山—涝川弱变形区; IV—钻天岭弱变形区;
 ①—周公庙—草家沟韧性冲断带; ②—崛山寺—安头塬脆—韧性冲断带; ③—张家嘴脆性逆冲断层;
 ④—草碧—老龙山—圣人桥脆性逆冲断层; ⑤—渭河地堑北缘正断层

(1) 强变形带的构造变形特征: 强变形带一般为线状构造带, 其为具一定规模的不同层次断层带。图 1-5 中, 崛山寺—唐王陵强变形带 (I), 该带西起岐山县西方后沟, 向东经崛山寺、交街、坝河滩、漆水河、武申河、石泉河、唐王陵、梁窑后沟, 止于渭河地堑北缘断裂带, 该带出露的地层主要为青白口系南曹德组、庄河沟组和皇坪组以及震旦系的昭陵组。南曹德组主要由滑塌角砾岩、页岩和薄板状灰岩组成。庄河组为一套灰绿—黄绿色页

岩。皇坪组则由燧石角砾白云岩和紫红色钙质页岩组成，而昭陵组由一套具重力流特征的砾岩和页岩夹层组成。该带构造变形强烈，以南倾北倒的紧闭倒转褶皱及其相应的韧—脆性冲断构造组合为特色，发育区域性的透入性劈理，并经历了轻微的变质作用（图 1-6）。

（2）弱变形区的构造变形特征：该区的总体构造变形特征表现为主体形成与强变形带具有相同构造倒向，但又较其相对宽缓的轴面向南陡倾的不对称背向斜构造和相应的一系列同产状、规模较小的韧—脆性冲断带，而且在靠近冲断带的附近，受应力变形强度局部集中的影响，形成在空间上与较宽缓的不对称背向斜呈连续递变、转折端较圆滑的南倾北倒的复式倒转褶皱。

加里东构造变形期在鄂尔多斯盆地西南缘形成了三个“弱变形区”，即瓦罐岭—乾陵、岐山—涝川和钻天岭弱变形区（图 1-5），弱变形区主体由厚层灰岩和白云岩组成，其岩性组合总体表现为强硬层特征。这一特性造成了弱变形区的变形变质作用明显弱于强变形带，而且使得后期燕山期的叠加褶皱变形在该区表现也相对较弱，主要以断层的叠加改造为主，即以密集的破劈理和小型脆性冲断构造为特征。

以瓦罐岭—乾陵弱变形区为例，其西起横水河，东被渭河地堑北缘正断层所截，北以峨山寺—安头塬冲断带与强变形带相接，南以周公庙—曹家沟冲断带为界，东西长约 100km，南北宽约 8km，主体由寒武系厚层灰岩和白云岩夹薄层泥灰岩和页岩组成，岩性组合总体显示以厚层白云岩和灰岩为主体的强硬层特征。该弱变形区构造变形特征总体表现为轴面向南陡倾的长轴或短轴的不对称背向斜和自南向北逆冲的冲断构造。况且，因岩性组合显示的韧性差异和断层带附近应力集中的影响，在局部区段形成与弱变形区总体褶皱样式呈连续递变的南倾北倒的倒转褶皱，及软弱岩层中的小型紧闭—尖棱褶皱，这就是加里东期构造变形在该弱变形区的总体特征及变形规律。

二、燕山期构造形变特征

鄂尔多斯盆地南部，海西运动和印支运动均以显示地壳隆升作用的地层间区域性平行不整合接触关系为特征；而燕山运动则是本区一次重大的变形事件，其造成上侏罗统缺失且与上覆白垩系呈角度不整合接触以及下白垩统与上覆第三系地层呈角度不整合，同时导致南缘地区的上古生界、中生界强烈变形，总体发育显示地壳表层脆性变形特征的一系列叠瓦状冲断构造及轴面直立的宽缓褶皱变形。

通过口镇—圣人桥剖面的构造特征（周鼎武等，1994）以及盆地南缘的区域构造形变特征（张抗，1989；袁卫国，1984）分析，燕山期构造变形具有以下规律：

从褶皱样式方面来讲，燕山期的褶皱主要为一系列走向近东西的宽缓背向斜或挠曲，褶皱轴面直立，两翼倾角较缓，即为典型的开阔等厚褶皱，仅在靠近断层带附近应力集中的区段，尤其是软硬层并存的岩层中发育复杂而相对紧闭的褶皱。并且褶皱变形整体具自北而南强度递增、越趋发育的规律（图 1-7），这反映了距秦岭造山带越近，构造活动越强的趋势。

而燕山期的断裂构造也很发育，且主要以脆性变形为特征，主要表现为三种基本形式，一是伴随宽缓褶皱变形形成东西走向、规模不等的逆冲断层；二是叠加或发生早期断裂，形成较大规模走向近东西向的逆冲断层，断层带内变形强烈（图 1-8）；三是伴随上述二类逆冲构造，在不同构造区段不同程度的发育一系列走向北东或北西的剪切断层，这三种类型断层共同反映了与褶皱变形相应的挤压变形作用。

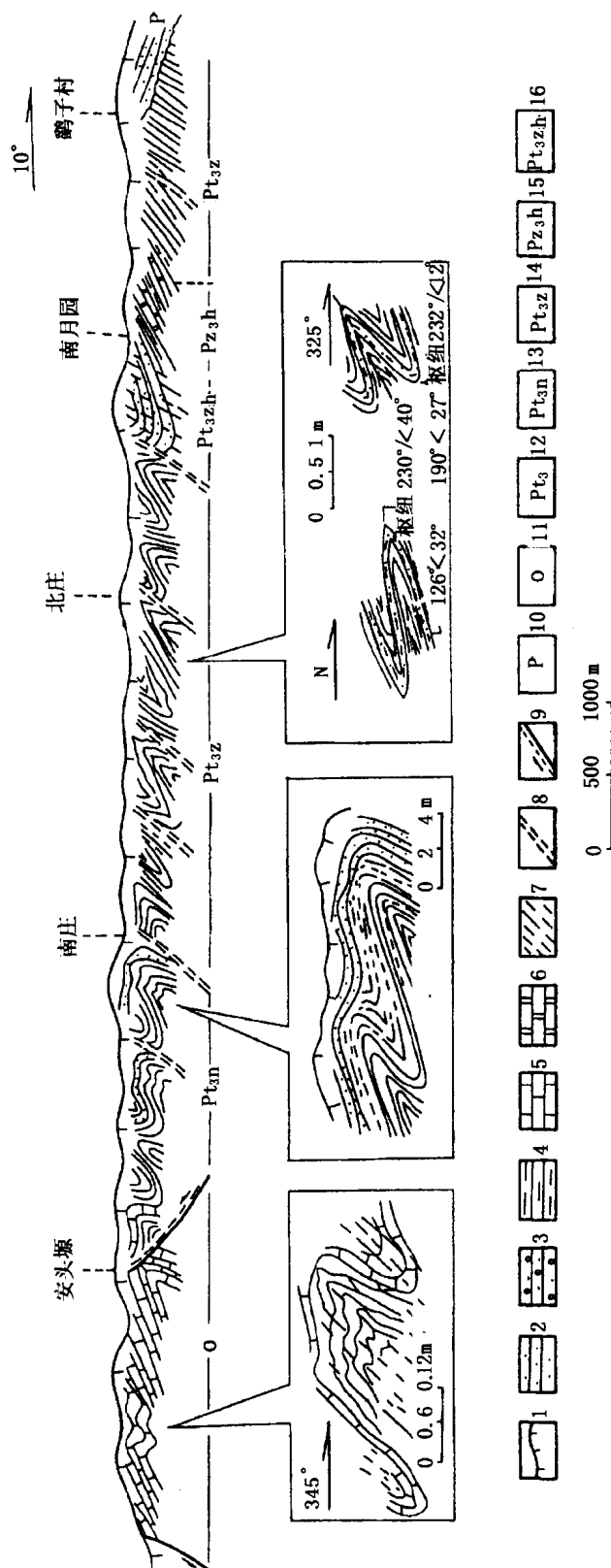


图 1-6 武申河—好时河地质构造剖面图 (据周鼎武, 1994)

1—第四系黄土; 2—砂岩; 3—砂砾岩; 4—页岩; 5—灰岩; 6—白云岩; 7—劈理; 8—密集劈理带;
9—初—晚性冲断层; 10—二叠系; 11—奥陶系; 12—上元古界; 13—南曹德组; 14—庄河组; 15—黄坪组; 16—昭陵组