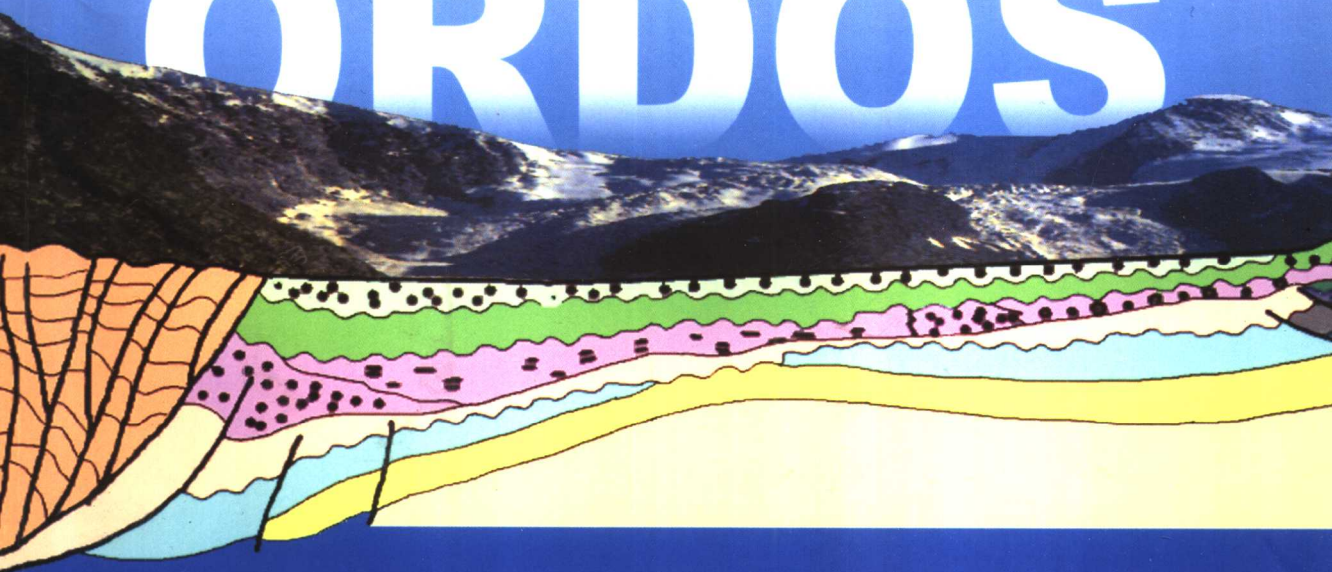


鄂尔多斯

西缘前陆盆地油气地质

陈孟晋 汪泽成 孙粉锦 编著

ORDOS



石油工业出版社

鄂尔多斯西缘前陆盆地 油气地质

陈孟晋 汪泽成 孙粉锦 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在全面总结前人研究成果的基础上,采用新的研究思路和方法,重点对鄂尔多斯西缘前陆盆地的构造演化及多期构造运动对沉积体系的改造进行了系统研究,深入探讨了不同时期储层发育的控制因素及成藏控制条件,并对鄂尔多斯西缘前陆盆地含油气地质特征进行了系统总结。它不仅对开拓鄂尔多斯盆地西部油气勘探新领域、新类型具有重要实践价值,而且为中国类似的经历多期构造运动改造的类前陆盆地的研究、勘探提供了新的思路和方法。

本书可供石油天然气地质、构造地质研究人员参考,也可供有关大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯西缘前陆盆地油气地质/陈孟晋等编著.

北京:石油工业出版社,2006.12

ISBN 7-5021-5843-X

I. 鄂…

II. 陈…

III. 鄂尔多斯盆地:含油气盆地-石油天然气地质-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 142863 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.com.cn

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

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:14.75

字数:371 千字 印数:1—1000 册

ISBN 7-5021-5843-X/TE·4410

定价:44.00 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

近年来,我国西部的多个盆地在陆前冲断带油气勘探中取得了重大突破,发现了较大规模的油气地质储量,探明石油地质储量约 $20 \times 10^8 \text{ t}$,探明天然气地质储量约 $6000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。与西部各陆前盆地相比,鄂尔多斯盆地西部具有比较好的油气地质条件,油气资源丰富。早期勘探证实该区存在奥陶系、石炭—二叠系、三叠系和侏罗系等四套主要含油气层系,存在奥陶系风化壳、上古生界石盒子组、山西组及中生界三叠系延长组、侏罗系延安组等类型众多的储层,并已经在局部地区发现一定规模的油气藏。但是,该区勘探程度较低,勘探工作主要完成于 20 世纪 90 年代以前;此后,随着勘探工作的重点向盆地腹部转移,致使该区的勘探工作投入相对较少。

笔者近年在全面总结前人研究成果的基础上,采用新的研究思路和方法,重点对鄂尔多斯西缘陆前盆地的构造演化及多期构造运动对沉积体系的改造进行了系统研究,深入探讨了不同时期储层发育的控制因素及成藏控制条件,并对鄂尔多斯西缘陆前盆地含油气地质特征进行了系统总结,本书就是对这些研究成果的全面概括和总结。它不仅对开拓鄂尔多斯盆地西部油气勘探新领域、新类型具有重要实践价值,而且为中国类似的经历多期构造运动改造的类陆前盆地的研究、勘探提供了新的思路和方法。

全书分为六章。第一章在大量实际资料分析的基础上,采用断层相关理论方法,系统论述了西缘陆前盆地的构造演化,指出现今西缘构造具南北分段的特征。北部贺兰山褶皱冲断带以基底卷入型冲断构造为特征,其形成演化受控于贺兰山拗拉槽演化;南部六盘山褶皱冲断带以薄皮型叠瓦状冲断构造为特征,其形成演化主要受控于六盘山被动陆缘构造演化。西缘发育两期陆前盆地,早期(S—D)为祁连山东缘陆前盆地,晚期(T_3 —K)为西缘陆前盆地。西缘构造演化的新认识,为西缘陆前沉积的深化研究奠定了构造背景。

第二章到第五章应用层序地层学方法,结合地震资料的研究成果,分别对三叠系延长组及上、下古生界的沉积体系进行了系统论述;利用岩石学分析、重矿物分析、稀土元素分析和微量元素分析,对西部物源进行了探讨,指出西部存在多个物源区,其中北部物源区包括阿拉善古陆和阴山古陆,南部物源区主要是古秦岭—祁连古陆。同时,指出了不同地区和层系储层的发育特征及分布规律。

第六章重新厘定了鄂尔多斯西缘陆前盆地不同时期的成藏储盖组合,结合油气水分布特点,指出了有利勘探领域及勘探方向。

参加本书编写工作的还有李文厚教授、王超勇副教授、刘锐娥高级工程师、刘化清高级工程师等。本书引用了大量前人研究成果和长庆油田的实际研究资料,除书中注明外,在此一并表示感谢。本书的编写自始至终得到了长庆油田分公司杨华副总经理、何自新副总经理的高度重视和指导;得到了长庆油田分公司勘探开发研究院付金华副院长、张军主任的大力支持和帮助;得到了长庆油田分公司科技处等有关管理部门的支持;成书过程中,得到了戚厚发教授的悉心帮助,在此一并致以谢意。

目 录

第一章 西缘构造特征与前陆盆地演化	(1)
第一节 西缘大地构造属性	(2)
第二节 南北分段与东西分带的构造格局	(3)
第三节 构造层序划分	(12)
第四节 西缘构造平衡剖面	(19)
第五节 前陆盆地的动力学机制与演化	(24)
第二章 三叠系延长组沉积体系与储层特征	(37)
第一节 地层格架	(37)
第二节 延长组沉积体系	(40)
第三节 储层地质特征	(68)
第三章 晚古生代沉积相及砂体展布规律	(87)
第一节 层序地层划分	(87)
第二节 沉积相类型	(91)
第三节 沉积相带与砂体展布特征	(101)
第四节 古地理演化与相模式	(118)
第五节 晚古生代沉积物源分析	(120)
第四章 上古生界储层特征	(135)
第一节 储层岩石学特征	(135)
第二节 成岩演化特征	(152)
第三节 成岩相与储层评价	(167)
第五章 下古生界奥陶系储层特征及展布	(178)
第一节 奥陶纪沉积模式	(178)
第二节 奥陶系储层成岩环境	(181)
第三节 主要储层类型及岩石学特征	(189)
第四节 储集空间和主要储层特征	(190)
第五节 储层物性特征及孔隙结构	(192)
第六节 储层空间展布	(193)
第七节 奥陶系天然气储层评价	(198)
第六章 西缘前陆盆地油气分布特征	(199)
第一节 油气生储盖组合	(199)
第二节 圈闭类型与评价	(211)
第三节 油气分布与富集成藏主控因素	(213)
第四节 油气勘探有利区预测	(215)
参考文献	(217)
图版	(223)

第一章 西缘构造特征与前陆盆地演化

鄂尔多斯盆地是在华北克拉通古老基底之上、经历了中—新元古代拗拉谷演化阶段、古生代克拉通坳陷盆地演化阶段（早古生代浅海台地、晚古生代滨海平原）、中生代内陆盆地演化阶段、新生代周边断陷演化阶段（图 1-1），是一个典型的继承性叠合沉积盆地。地层层序齐全，发育多套生储盖组合和多套含油气层系，是我国重要的含油气区，其油气分布的总格局具有中生代含油、古生界含气，南部产油、北部产气的特点。

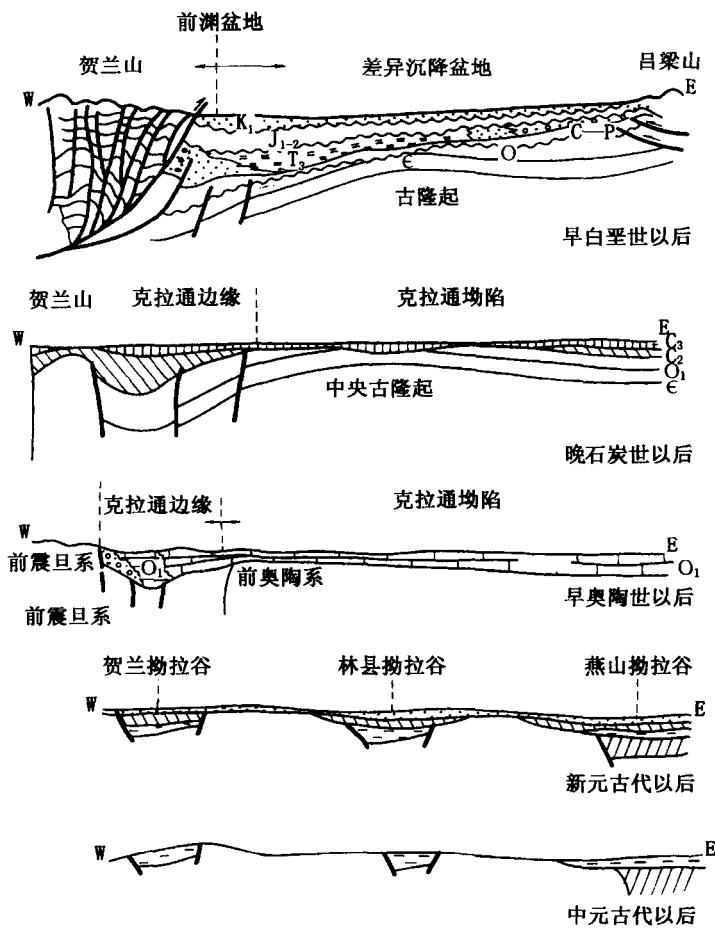


图 1-1 鄂尔多斯盆地构造演化模式图

鄂尔多斯盆地的地质构造性质以稳定而闻名中外。对鄂尔多斯盆地性质、地质特征的认识是随勘探的深化及地学理论的发展而逐步加深的。早在 20 世纪 50 年代以前，以地面地质调查为主，一大批地学界老前辈如袁复礼（1925）、李庆远、卢衍豪（1947）、何春逊（1948）等作了大量的卓有成效的工作，在此基础上对本区的大地构造轮廓有了初步认识。

黄汲清(1945)认为“从构造上和地层学上来考虑,显而易见这一大片地区是一个真正的地台,可与俄罗斯地台或西伯利亚地台相比拟,因为这个缘故我们叫它做鄂尔多斯地台”。50—80年代初为石油普查阶段,包括地面地质调查、磁力、重力、物探及钻探,主要地区是盆地南缘和西缘,对盆地边缘构造及盆地构造面貌有了基本了解。80年代中后期,盆地勘探进入了新阶段,古生界天然气的发现揭示了天然气勘探的新篇章,同时对盆地深部构造、地层及油气情况有了较清楚的认识。90年代盆地的油气勘探进入“油气并举”时代,并取得了良好效益,现已成为中国最重要的产油气基地之一。

20世纪末,随着前陆盆地油气勘探的发现和国内外前陆盆地油气地质理论的进一步深入,(类)前陆盆地研究得以深化。前陆盆地的研究和油气勘探又成为新的“热点”,具有前陆盆地结构和构造特点的鄂尔多斯盆地西缘,又成为油气地质与勘探工作者关注的地区。鄂尔多斯西缘南北构造带与鄂尔多斯巨型含油气、含煤盆地的发展演化及改造息息相关,同时又与其带内和周邻诸多沉积盆地的形成有机相连,故又一直为能源地质工作者所关注。

第一节 西缘大地构造属性

鄂尔多斯盆地西缘构造带属分隔中国东、西部两大构造域的南北构造带的北段,横亘在华北克拉通与阿拉善地块、秦岭造山带与祁连造山带等不同构造单元之间(图1-2)。

鄂尔多斯盆地西缘独特的大地构造位置和重要的新构造活动,为大地构造学家和地质、地理、地球物理等其他学者所重视。长期以来,各大构造地质学派从不同的大地构造观点出发和根据不同的地质基础资料,对本带的区域地质构造特征和构造属性进行过多方面程度不同的研究探讨。如黄汲清(1955, 1960, 1980)称西缘南北向构造带为“鄂尔多斯台褶带”,并将其划分为贺兰山构造线、六盘山构造线、鄂尔多斯地台西部及鄂尔多斯地台边沿构造线等单元进行讨论;李四光(1954)以地质力学的观点,称之为“祁吕贺山字形构造脊柱的东侧”,并把其南部六盘山弧形构造带划归为“陇西系”,其两侧由阿拉善地块和鄂尔多斯地块组成马蹄形地盾;张伯声(1965, 1975)据波浪状镶嵌构造理论,称之为“东亚镜像反映中轴”,认为是中国东部左行扭动与西部右行扭动之间的一个南北向挤压带;陈国达(1978)按地台活化的观点将其划为“南北地洼区”,是华夏和中亚两期地洼的过渡地带;彭希龄等(1955)将盆地西缘称为“古六盘山”或“古脊梁”,指出其为断层复杂化了的复式褶皱带,其褶皱期应在寒武、奥陶纪以后至二叠纪以前,而以海西运动初期为宜,应视为盆地西部的边缘;张文佑(1983)称其为“贺兰山—六盘山深断裂带”,并指出其向南“连同龙门山深断裂带和康滇—横断山深断裂带,将中国大陆地壳分为东、西两部,是中国西部应力挤压隆起区与东部应力拉张凹陷区的分界”;地震工作者称之为“南北地震带”,是我国东、西部两大地震构造域的分界线;石油地质工作者从区域断裂和褶皱的特点出发,把南北向构造带称为“陕甘宁盆地西缘断褶带”,把弧形构造带中的大型中生代盆地称为六盘山盆地。

正是由于西缘大地构造位置的特殊性,人们对其认识也存在多样性,很多问题值得进一步探索。例如,西缘基底的属性与边界、S—D构造属性及其与盆地本部关系、南北构造分界、“古脊梁”(古陆梁)与南北向隆起带形成时间与机制、中生代贺兰山及六盘山盆地与盆地本部的关系等等。本书按照王鸿祯倡导的“活动论”和“阶段论”,试图对上述问题进行探讨。

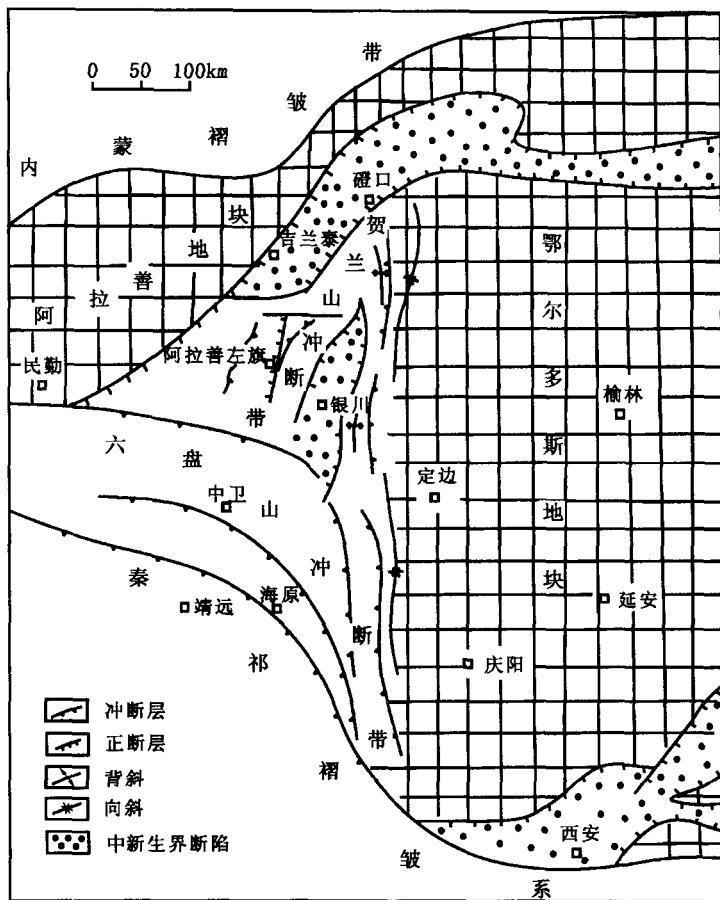


图 1-2 鄂尔多斯西缘大地构造位置 (据刘和甫, 1999)

第二节 南北分段与东西分带的构造格局

一、地层分布格局

地表地层出露是揭示构造沉积演化的直接证据。西缘地区地表出露地层南北差异很大, 大体以 38° 线为界, 可分为两个构造地层分区。北部为贺兰山地层区, 出露太古宇—古元古界的变质岩, 表明后期构造运动已经将基底卷入; 南部为六盘山地层区, 其中又可分为走廊过渡带区及马家滩—平凉区。南部地区出露古老地层为中元古界—下古生界, 主要是一套被动大陆边缘沉积, 基底岩层没有出露 (图 1-3)。

二、构造变形特征

以往学者们大都强调鄂尔多斯西缘构造带南北向的统一性, 一般看成南北向的构造带。但也有学者根据南北向构造演化与沉积充填的差异性, 提出南北分段。根据西缘构造属性、沉积和构造演化的差异性, 我们倾向于将西缘构造带两分, 即北部的贺兰山褶皱—冲断带和南部的六盘山褶皱—冲断带 (图 1-4)。南北分段的证据体现在地层分布、由重力和航磁所反映的基底结构与深部构造、深大断裂特征、中浅层构造变形特征和构造演化等方面。

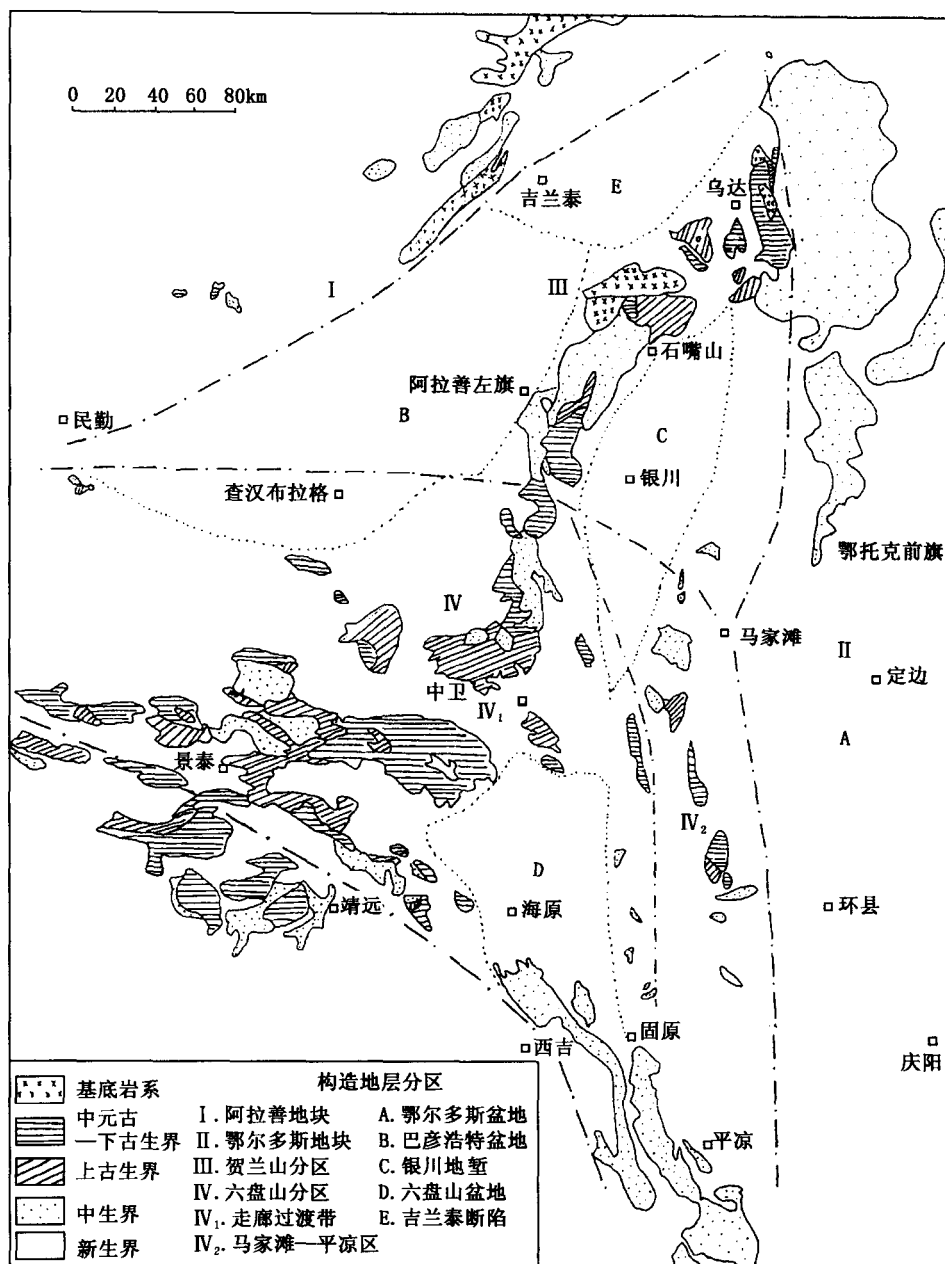


图 1-3 鄂尔多斯西缘地层分区与沉积盆地分布

(一) 重力和航磁异常特征

1. 布格重力异常

鄂尔多斯盆地西缘地区布格重力异常图中 (图 1-5), 北部和南部存在明显差异。北部重力异常密集带有三条带, 从东往西有三眼井—赛乌苏密集带、石嘴山—陶乐—银川密集带、石炭井—吴忠密集带, 三带呈反“S”型彼此平行。南部在海原—炭山以及平凉—彭阳存在两条 NNE 向密集带, 在密集带以西为向 NE 向凸出的弧形带。

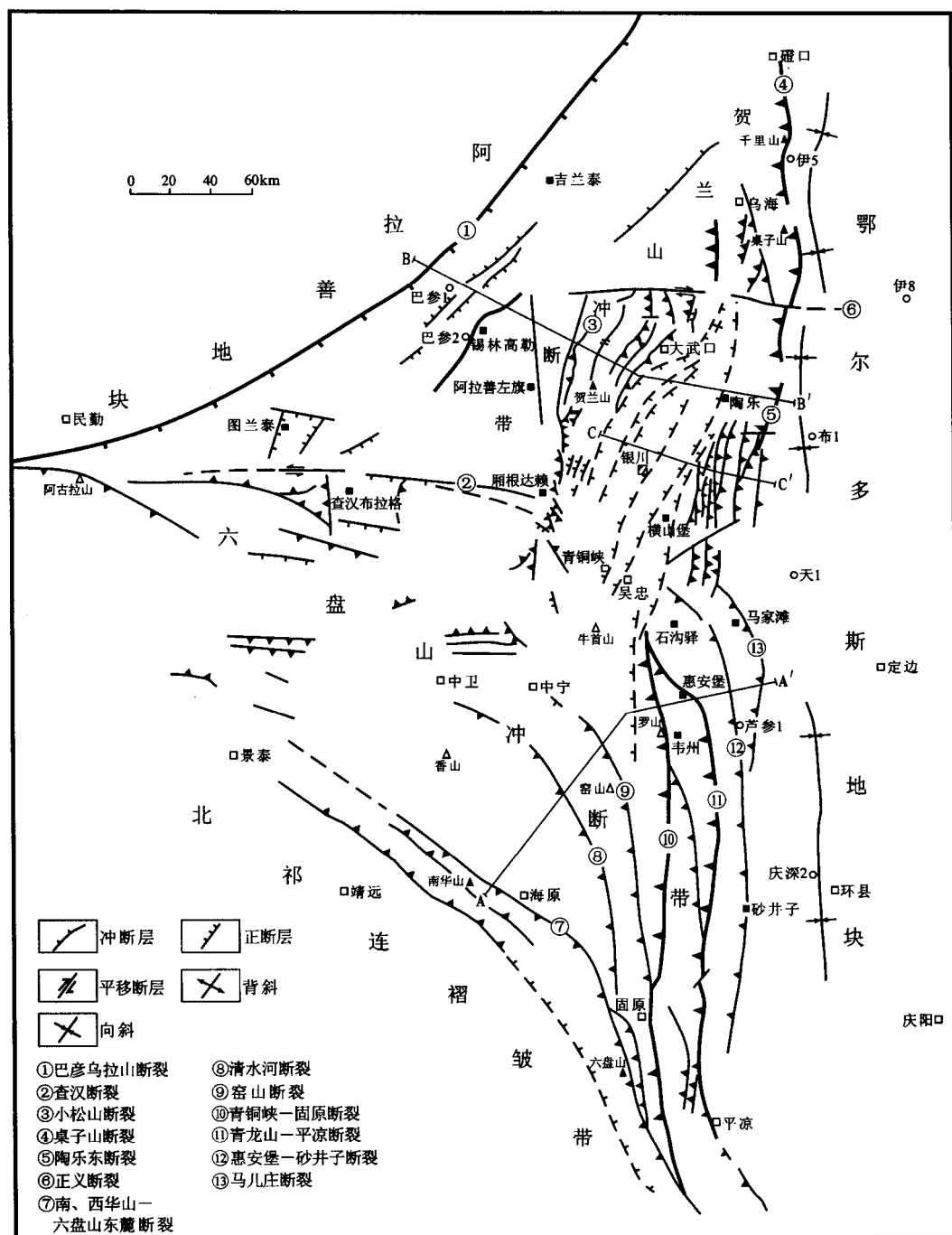


图 1-4 鄂尔多斯西缘构造带分区

南北之间存在过渡带，刘池阳称之为“38°横向构造”。该带在重力异常中表现为与主体异常展布方向不同的东西向异常带，大致在中宁—惠安堡—定边与吴忠—李1井之间分布，向盆地内部延伸可达吴堡一带，向西延伸可达中卫或甘肃境内。其内部异常曲线方向变化较

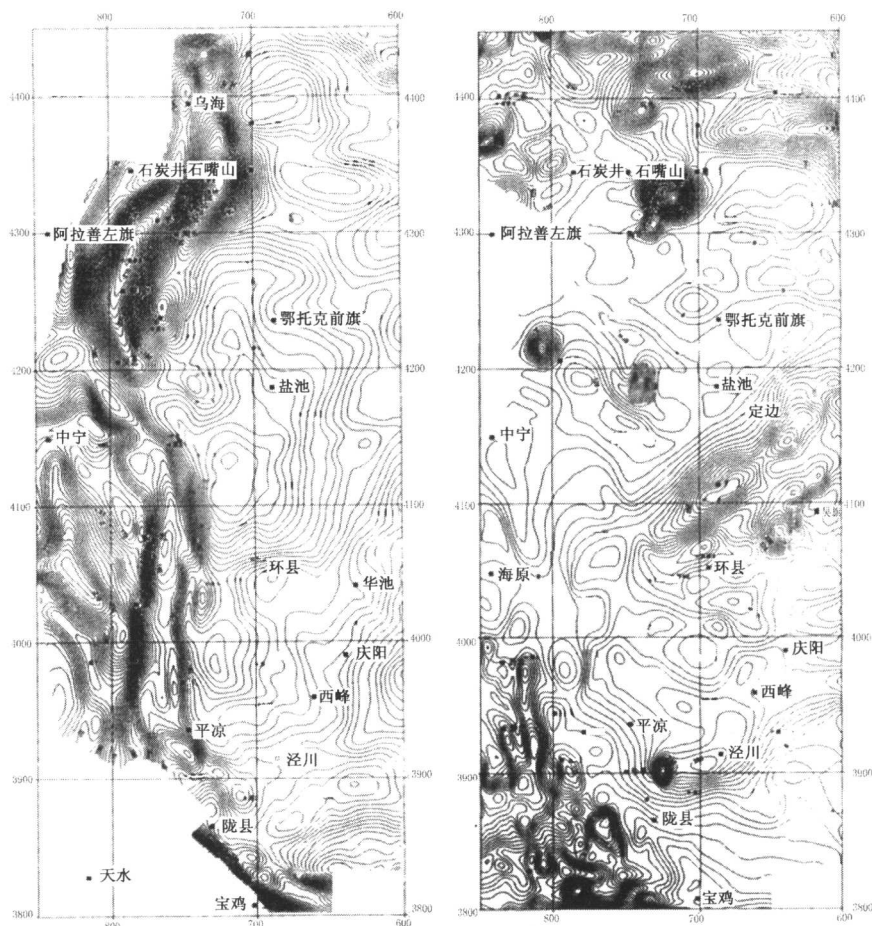


图 1-5 西缘布格重力异常（左）和航磁异常（右）图

大，有北北西、北西、北东东和近南北向，西端受该带北部的银川地堑向西突出的弧形异常带和南部向西突出的南北向构造带的共同影响，方向以北西向为主，即为两者之间的过渡地带；东端为甜水堡东和鄂托克旗西部南北向异常带之间的过渡地区，方向以北北西和北东向为主。从异常曲线展布来分析，该东西向构造带之北，异常曲线主要受银川地堑负异常的影响，异常值可达 -210mGal ，幅度约为 150mGal ，展布方向以北北东、近南北向为主，正负异常相间排列。之南，南北向构造带中，以南北向的异常为主，六盘山盆地内部异常则多为北西向，异常幅度较北部地区小，为 40mGal ，最大值为 -140mGal ，异常曲线较北部密集。

将布格重力异常上延 20km 后，吴忠—李 1 井一带的异常也有所减小，但趋势明显，表明引起异常的深度较大，可能为深大断裂的反映。而中宁—惠安堡—定边与吴忠—李 1 井之间异常带，向西幅度减小，向东表现不清。明显的断裂带向北偏移，马家滩地区的小环行异常消失，表明为浅层的局部异常现象。由布格重力图中清晰的异常，到上延 20km 后的向东逐渐消失，说明马家滩地区具有薄皮构造的特征，该区大型的逆冲推覆构造在浅层的存在，正好与重力资料的反映相一致。上延 30km ，该横向构造带规模进一步缩小，向北偏移，大致位于吴忠—马家滩之间，仍然是分离南北部异常的重要界限，说明此构造带具有一定的深

度，其形成有特定的构造背景。

2. 航磁资料

鄂尔多斯盆地西缘地区航磁异常图中（图 1-5），北部航磁曲线密集、方向性强、展布范围大；西南缘异常以一系列密集、方向性较弱的小圆形异常簇组成；中北部、中南部除了仅有的局部较强异常圆环外，大部分异常弱、曲线稀疏，强度和幅度均小；中部甜水堡—吴旗之间异常为明显的北东向展布，幅度和强度均很大，串珠状异常条带有规律延伸，幅度可达 250 γ ，仅次于北部地区，为古老基地断裂的反映。

38°构造带的北界断裂（青—吴断裂带）在航磁图中，表现为北东向与南北向异常的平缓过渡带，沿吴忠—李 1 井一线展布，穿过吴忠西北和马家滩局部环行异常，向东可延伸到盐池北、昂苏庙南部。曲线表现为正负异常呈小圆环在该构造带内相间分布，幅度、范围均较小。中宁—惠安堡带以北，异常为北西西向展布，以南转为北北西向。向东延伸贯穿盆地中部的区域被东向异常所截，表现不清。马家滩和吴忠西北强烈的环形异常，为岩浆岩体的反映，前者在井下可见辉绿岩脉侵入地层中。二者在平面相互错开的分布，表明其间可能有大断裂存在，为青铜峡—吴中断裂活动的反映。

上延 10km、20km 后，吴忠—李 1 井和中宁—惠安堡的东西向异常带仍有所表现，但马家滩和吴忠系北部的小环形异常逐渐消失。

3. 莫霍面起伏

鄂尔多斯盆地内部莫霍面基本上为一完整的块体，起伏不大，埋深一般为 40~46km。但呈南浅北深的趋势，其过渡部位大致在中卫—中宁—靖边一带。该带的存在可能与盆地南北部莫霍面深度的差异有一定的联系。盆地周缘地区则为莫霍面变异带。盆缘新生代断陷盆地莫霍面埋深为 32~36km，比盆地内部高出 8~12km，呈上隆状态。

（二）贺兰山褶皱—冲断带构造变形特征

贺兰山冲断带总体呈近 NNE 向展布。由于后期裂陷活动的破坏，使得现今构造格局在地貌上表现为堑—垒形态。据此可以将冲断带划分为四个单元，由西至东依次为：巴彦浩特盆地、贺兰山中北段褶皱冲断带、银川地堑和桌子山—陶乐—横山堡冲断带（图 1-6）。

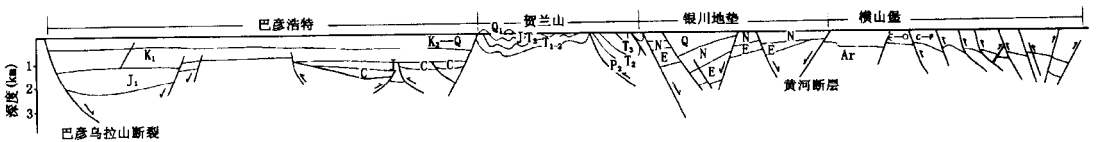


图 1-6 贺兰山冲断带构造样式剖面图

1. 巴彦浩特盆地构造特征

巴彦浩特盆地（指查汉断裂以北地区）是侏罗纪以来受巴彦乌拉山山前正断层和贺兰山西麓正断层控制的裂陷盆地，可以划分为西部拗陷带、中央隆起带、东部拗陷带和东部斜坡等四个构造单元。其中，西部拗陷带断陷较深（图 1-7）。

巴彦浩特盆地形成以前，属于贺兰拗拉槽的一部分，发育有较厚的古生代地层。印支期的挤压变形使这套层序发生冲断、褶皱并遭受剥失，缺失三叠系沉积，从而使得成盆地地层（J—K）角度不整合覆盖在石炭系以及更老的地层之上，主要冲断层集中在东部拗陷带内，形成以锡林冲断层为主的走向北东、东倾、西北冲的冲断层带。锡林冲断层在平面上略呈向西北突出的弧形，倾角一般为 40°~60°，上陡下缓，垂直断距一般为 1.5km，上盘发育有良

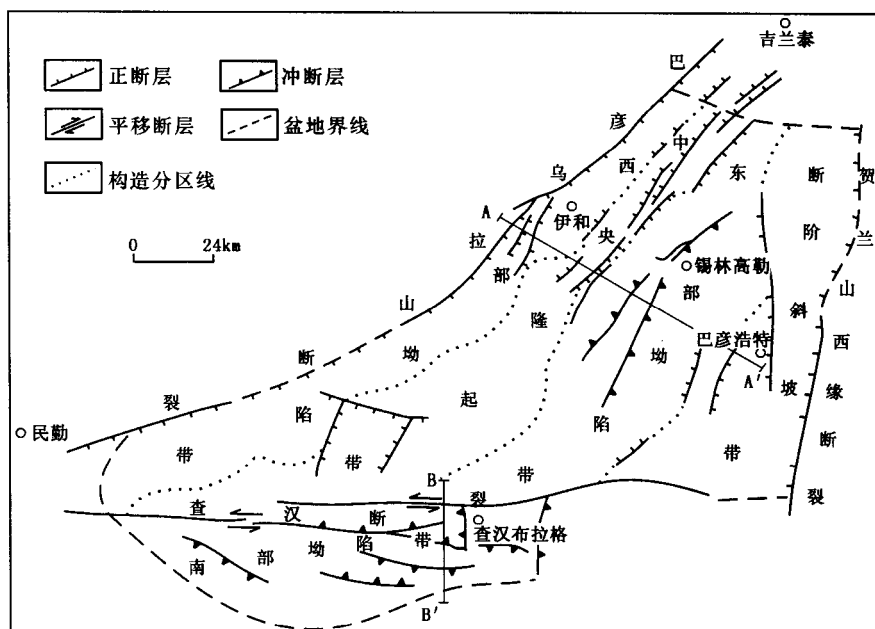


图 1-7 巴彦浩特盆地构造分区与断裂分布图

好的背斜构造。这些东倾、西冲的冲断层可能是早期贺兰拗拉槽西缘正断层反转后的产物。在锡林冲断层西侧可以看到另一条未完全反转的“冲断层”，仍保留了正断层形态，但上盘亦有背斜发育。

从盆地充填层序的展布特征上看，侏罗纪的断陷活动仅发育在西部坳陷带内，主要是由于巴彦乌拉山断裂活动，形成狭窄的线性断陷盆地，堆积有千米以上的中、上侏罗统。东部的侏罗系不受断陷控制，中、上侏罗统仅 200m 左右。白垩纪，盆地东、西两侧正断层同时活动，盆地开始整体断陷下沉，堆积有 2000~4000m 巨厚的下白垩统沉积，沉降中心仍在西部。此后盆地总体抬升，缺失晚白垩世—古新世沉积。新生代裂陷活动减弱，并明显北移，形成乌兰泰断陷，有 2000 余米的古近—新近系沉积。

巴彦浩特盆地形成过程中，以正断层活动为主要特征。充填盆地的侏罗系、白垩系和新生界层序之间以微角度不整合或假整合接触，各层序的地层产状平缓，起伏不大。除了盆地东、西两侧的边界正断层以外，盆地中部的正断层，仅切割早白垩世中期以前的地层。侏罗纪末的早期燕山运动，使早期的少数冲断层如锡林冲断层再次逆冲，但规模较小。除此之外，西部断陷东侧的某些正断层也发生微弱的反转，形成上盘小型的背斜。此后盆地内不再发生冲断活动。

上述特征表明：在贺兰山冲断带的形成过程中，巴彦浩特盆地在印支运动以后，基本上作为一个整体断块参与活动，其内部的冲断活动已大为减弱，而以裂陷活动占主导地位。同时，侏罗纪和白垩纪时期的裂陷活动具有差异。因此，合理解释巴彦浩特盆地的成因，对研究贺兰山冲断带的形成和演化具有重要意义。

2. 贺兰山中、北段褶皱—冲断带

总体构造线为 NE20°~30°。西侧发育有小松山推覆构造带，奥陶系灰岩向东推覆在中生界之上，可见“飞来峰”构造。该带以东为贺兰山复向斜带，主要由中生界（包括上古生

界)构成多个次级同心褶皱。东翼地层局部倒转,并发育两条东倾逆冲断层,它们与小松山推覆构造带构成东西对冲的格局。

复向斜带的南北两端抬升。在石炭纪煤系地层中,有大量的小型揉皱发育,表明局部存在顺层滑脱。在正义关断裂以北,以及苏裕口以南,有大面积基岩系出现,说明冲断层已经卷入基底。

3. 银川地堑构造特征

银川地堑是新生代的断陷盆地,总体走向为NNE,南段转为近南北向。发育两组对倾的正断层,倾角一般为 60° 左右,剖面上略具犁式形态,但不见明显的变缓部分。由于这两组正断层活动的差异性,使地堑结构沿走向发生有规律的变化,南、北两段为极性相反的“半地堑”,而中段则为不对称的正地堑。几乎所有的正断层都具有同生活动性质,边界正断层还具有一定的右旋活动分量。

银川地堑以东的横山堡地区发育较厚的下白垩统近源砾岩,不整合在侏罗系之上。其砾石成分主要来自基底岩系的花岗片麻岩和中元古—早古生代地层,表明银川地堑在形成以前,于侏罗纪末的燕山运动I幕成为褶皱隆起带。

4. 桌子山—陶乐—横山堡冲断带构造特征

本区即狭义的鄂尔多斯西缘冲断带北段。根据其构造特征,自北向南划分为三段,即桌子山段、铁克苏庙—色伦卡德庙段和横山堡段。

桌子山段位于正义关断裂以北地区,构造线方向近南北,向北略偏西。主要由两个褶皱山脉组成,西为岗德尔山背斜,东为桌子山背斜。背斜的西翼产状平缓,倾角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$;而东翼产状较陡,可达 $20^{\circ}\sim 80^{\circ}$,东翼一般都发育有西倾的逆冲断层。桌子山东麓冲断层规模较大,其上盘的桌子山背斜核部已经出露基底岩系,表明冲断层卷入基底。根据中石炭统厚度对比,岗德尔山东侧的西来峰冲断层在中石炭世为一个同沉积正断层,造成东西两侧厚度的巨大差异。东侧中石炭统厚度仅百十米,而西侧可达上千米。因此,西来峰冲断层可能是早期正断层反转后的产物。

铁克苏庙—色伦卡德庙段主要发育有西倾的铁克苏庙—陶乐东冲断层,走向为 $N10^{\circ}E$ 。断层上盘发育有石嘴山隆起,白垩系直接覆盖在上古生界之上。断层下盘发育有铁克苏庙凹陷,有2000m以上的上侏罗统芬芳河组,向东迅速变薄尖灭。顺断层走向,该凹陷幅度也向南、北逐渐减小并消失。在邻近色伦卡德庙的南部地区,基本以东倾单斜形式与盆地过渡。铁克苏庙—陶乐东冲断层上、下盘 T_9 反射层相当于上古生界底,高差可达8km,因此,肯定已卷入基底。其下盘晚侏罗世前渊的存在表明该冲断层在晚侏罗世具有同沉积活动性质。

横山堡冲断带发育在一个大型隆起的东倾翼上,西界被银川地堑所截,以叠瓦状东倾冲断层构成其基本格架。冲断层总体走向为 $N5^{\circ}E$,以侧列式展布,但在一些断块内,可以看到雁列展布的次级断层,显示冲断带具有一定的左旋分量。东倾冲断层一般倾角为 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$,有时高达 75° 以上,明显断开 T_9 波组(上古生界底)。垂直断距一般为200~500m,最大可达1200m。上盘常伴生次级的西倾反冲断层。冲断层断距具有向东逐渐变小的特点,与鄂尔多斯盆地之间以东倾冲断层上盘背斜的东倾翼(有时可见西倾反冲断层)逐渐过渡。

T_9 波组构造形态表明,冲断层上盘发育的背斜往往不完整,但在剖面上,由深至浅背斜形态趋于完整。说明该区褶皱同冲断层发育有密切关系,属于冲断层断展褶皱。顺构造走向常发育一些横向断层,将这些构造错开,因此横向断层与冲断层相交。

(三) 六盘山褶皱—冲断带构造变形特征

1. 构造层次的叠加与构造分区

六盘山褶皱—冲断带在固原—青铜峡断裂以西及查汉断裂以南的走廊过渡带地区,下古生界及中、新元古界普遍经历了加里东期的深层次变形,以发育轴面劈理的相似褶皱、紧闭褶皱为特征,地层普遍遭受区域变质。中、新生代的脆性断裂和纵滑褶皱作用,使得上述变形体以上叠置的上古生界、中新生界遭受中、浅层次变形,以发育叠瓦冲断层系和同心褶皱为特征。冲断活动向前陆扩展,逐步形成了六盘山褶皱—冲断带。因此,整个冲断带是叠加在深层推覆体之上的中、浅层次的变形带。

六盘山褶皱—冲断带为一向北东凸出的弧形构造带(图1-8)。区域上从西向东发育有几条主要的逆冲断层,它们依次为西华山、六盘山冲断层、清水河冲断层、窑山冲断层、青铜峡—固原冲断层、青龙山—坪凉冲断层、惠安堡—砂井子冲断层和马儿庄冲断层,在剖面上构成西倾的叠瓦冲断层系。根据构造展布格局,可以将六盘山冲断带划分为东缘、北缘和六盘山盆地等三个单元。其中前二个单元属于弧形构造带的外带,而后一单元属于内带。东缘位于窑山断裂以东,区域构造线由北部马家滩冲断带的北北西向转为南部砂井子冲断带的南北向。北缘大体在卫、宁以北和查汉断裂以南地区,构造线方向以近东西向为主。

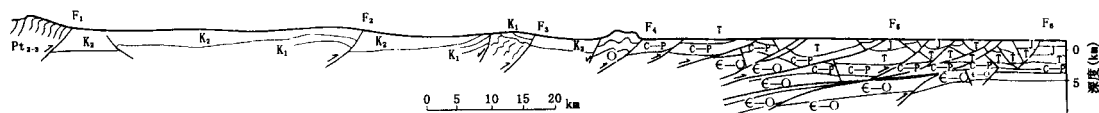


图1-8 六盘山冲断带构造样式剖面图

F₁—西华山断裂; F₂—清水河断裂; F₃—窑山断裂; F₄—青铜峡—固原断裂; F₅—惠安堡—砂井子断裂; F₆—马儿庄冲断层

2. 马家滩冲断带构造特征

马家滩冲断带是一个典型的薄皮滑脱冲断层系。一系列西倾的分支断层构成叠瓦扇。叠瓦扇由分支断层和底板断层构成。分支断层上陡下缓,向下逐渐归并到底板断层。在烟墩山冲断席和前缘带,底板断层是顺着 T₉ 反射层的一个滑脱面。惠安堡冲断层以西地区开始出现 T₉ 反射层的上盘断坡,对应的下盘断坡可以通过平衡剖面的复原得到其开始出现的位置。根据剖面的分析,下盘断坡的倾角很小,为 15°~20°。区域地层岩性特征及冲断层频率统计表明,沉积盖层底界和石炭纪煤系地层是本区两个主要的滑脱面。六盘山冲断带未出露基底岩系,说明冲断活动仅限于盖层内。因此,底板断层在本区西部虽然出现了切割 T₉ 反射层及以下层位的现象,但最终仍然在沉积盖层底界滑脱,从而构成底板断层的台阶状形态。

3. 砂井子冲断带构造样式的讨论

砂井子冲断带位于马家滩冲断带以南地区,惠安堡冲断层以东的两个构造单元在此已经消失。因此,砂井子冲断带大体上可以和马家滩冲断带南部地区相对比。底板断层已不存在沿 T₉ 滑脱的上部断坪,只存在下断坪(即沉积盖层底)。分支断层直接从底板断层的下断坪上分叉产生,因此,强烈切割了 T₉ 反射层。野外剖面显示分支断层与下古生界的交角较小,说明分支断层具有上陡、下缓的形态。其构造样式是直接由下滑脱面(基底与盖层之间)产生的一系列分支断层构成的叠瓦扇。

4. 六盘山盆地构造概况

六盘山盆地属于冲断带内的上叠盆地,形成于早白垩世。白垩纪末的燕山运动使整个盆

地作为一个冲断席抬升。因此，盆地内大部分地区只能看到白垩系与古近系的平行不整合或微角度不整合，只在盆地的边缘可以看到白垩系与古近系的高角度不整合。古近纪始新世开始，盆地又继续沉降。新近纪末的喜马拉雅运动将盆地强烈改造。清水河冲断层、窑山冲断层及六盘山东麓冲断层的强烈活动将整个盆地划分为几个逆冲块，最终奠定了整个六盘山冲断带的弧形格局。整个盆地向北西呈撒开状，沉降中心位于东南部。从横剖面上可以看见，六盘山盆地呈西南沉降大、东北沉降小的不对称格局，说明盆地形成与西华山冲断层的强烈逆冲有关。第四纪以来，受青藏高原强烈隆升的影响，盆地边界及内部的冲断层表现为明显的左旋走滑活动。

（四）南北构造带之间的构造变换

构造变换是指相邻地区构造样式发生变化的现象。它可以发生在不同力学机制所形成的不同的构造带之间，也可以发生在同一构造带内。

同一构造带内的构造变换主要有三种形式。变换带的作用是调节沿构造带走向地层缩短的差异。其中侧面断坡仅出现在盖层滑脱型的冲断带内，如马家滩冲断带的青龙山冲断层在北部就以侧向断坡形式与罗山东冲断层交汇。

这里重点讨论贺兰山冲断带和六盘山冲断带这两种具有不同构造样式的构造带之间的变换问题。

贺兰山冲断带是一个被晚期断陷盆地所复杂化的北东—北北东向基底卷入型的褶皱—冲断层带，六盘山冲断带为一向北东凸出的弧形盖层滑脱型的叠瓦冲断层系。两大冲断体系的分界线实际上是一个构造变换带。根据反射地震剖面资料，结合前人野外区调资料，可以把这个构造变换带划分为三种样式。

（1）平移断层（或走滑断层）型。位于厢根达赖以西，由走向东西的查汉断裂构成。查汉断裂以南发育走向近东西或北西西向的冲断层。而查汉断裂以北则发育走向北北东向的正断层。根据断层组合关系以及活动时序，查汉断裂为一左旋滑动平移断层（图 1-9）。

（2）交切型。在贺兰山南段的厢根达赖地区，六盘山冲断带的弧顶发育 NNW 向的冲断

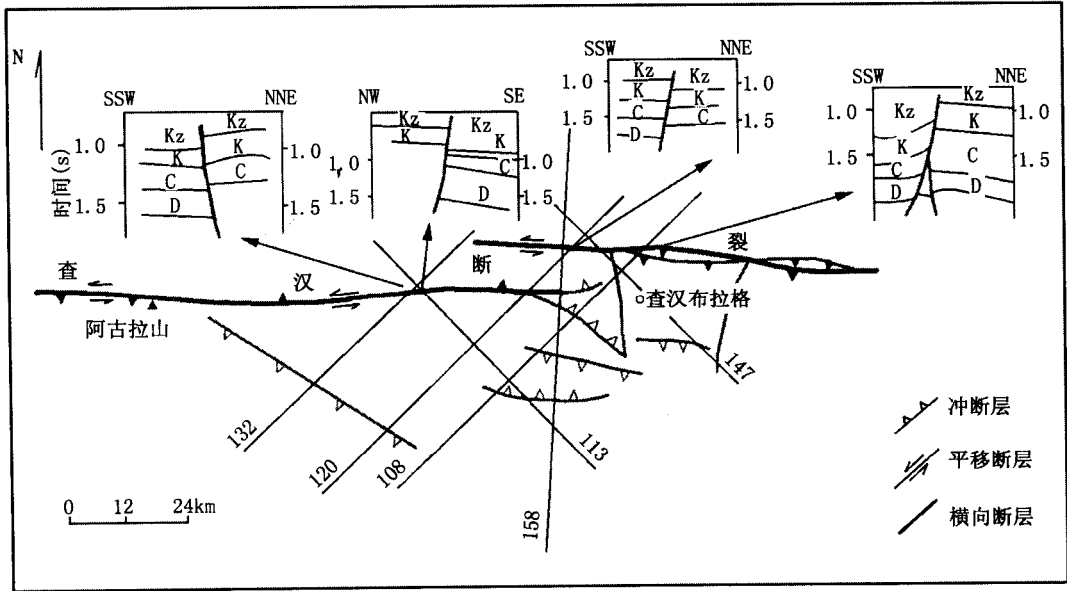


图 1-9 查汉断裂构造特征

层,与贺兰山冲断带的 NNE 向断层相互切割,形成较为复杂的菱形断块。

(3) 过渡型。位于二大冲断体系的前缘,即横山堡冲断带和马家滩冲断带之间。马家滩冲断带的西倾分支断层向北消失,而横山堡冲断带的东倾分支断层向南消失。在平面上,两个冲断带是过渡的,之间没有横向断层的调节。在剖面上,马家滩冲断带底板断层向东扩展中,切割了横山堡冲断带的东倾分支断层,如鸳鸯湖冲断层。由于底板断层位移量由南向北减少,造成切割后东倾冲断层向东的偏移量由南向北减小。这种效应引起构造线方向从横山堡地区近南北向向马家滩冲断带的北北西向逐渐偏转。形成这种构造变换的原因是两个冲断带形成时间不同,横山堡冲断带形成于侏罗纪末,而马家滩冲断带形成于白垩纪末。

第三节 构造层序划分

近十几年来,许多沉积学者和构造学者都特别注意沉积物类型和地层样式与大地构造背景的密切关系,并将两者有机地结合起来,提出了一系列有关术语,如构造层、构造沉积幕(夏文臣等,1993)、构造岩相(信荃麟等,1993)、构造—地层组合(Price,1983)。近几年来,随着层序地层理论的发展和广泛应用,陆相地层层序地层学的研究与应用也引起了许多研究者的重视。虽然大多数研究者都同意将层序地层理论引入到陆相地层的研究中来,但板内构造条件下陆相盆地的地质结构及盆地充填演化,明显不同于大陆边缘盆地。这种差异主要表现在以下几方面:①陆相盆地主要受控于构造因素,而且沉积盆地内构造分区明显,沉降分异大;②陆相盆地具有近物源、快速堆积、相分异大等特点,沉积物中含突发性事件沉积(如断层活动造成的垮塌等)所占比例较大,其气候变化对沉积物供给影响明显;③陆相盆地的多物源、多沉积中心,相变快、相带窄、水域面积小、变化大等特点,决定了其沉积体系域类型比大陆边缘盆地更多样化和复杂化;④陆相盆地内湖底扇、冲积扇沉积主要发育于深湖泥岩段,而大陆边缘盆地的海底扇则发育于低位体系域。

构造层序是指在一定的构造作用背景下所形成的地层,以不整合或与之相对应的整合为界,指示沉积盆地类型的一个构造演化阶段。沉积盆地充填演化受控于不同序次的幕式构造作用(解习农等,1996),因此构造层序的级次与幕式构造旋回的级次有关。一级构造层序是指根据沉积盆地中一级古构造运动面所划分的地层序列[相当于李思田(1992)的“构造层序”],每个构造层序都是一个盆地原型。二级构造层序是根据沉积盆地中对应于构造幕中次级构造作用旋回所划分的地层序列。这种构造作用旋回以沉积盆地演变过程中沉降速率变化为特征,引起沉降速率变化的原因可能是板块间或板块内脉动式俯冲或碰撞,相应地导致板内盆地间歇式沉降或盆缘断裂的间歇式活动;也可能是局部构造调整,导致不同构造单元沉降速率的变化;或者是全球海平面的变化(对于陆相盆地来说区域性基准面的变化)。二级构造层序的顶底以不整合面或整合面为界,其顶或底界面可能与一级构造层序界面相一致。

构造层序界面识别标志包括:①古构造运动面;②构造应力场转换面;③区域侵蚀面或冲刷不整合面;④大面积超覆界面;⑤区域性沉积体系转换面或突变面;⑥区域海侵方向转换面。

根据露头剖面、钻井岩心、测井及地震资料,结合前人的研究成果,将鄂尔多斯含油气盆地构造层序划分为5个一级构造层序及12个二级构造层序。为了叙述方便,分别记5个一级构造层序为 T_{S1} 、 T_{S2} 、 T_{S3} 、 T_{S4} 、 T_{S5} ,二级构造层序,如 T_{S1} 一级构造层序中分为三