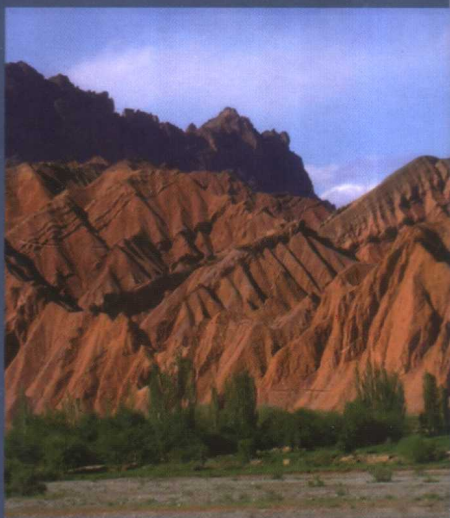


# 中国中西部 前陆盆地 石油地质特征

宋岩 魏国齐 赵孟军 柳少波 吴因业 等著

PETROLEUM GEOLOGY OF  
THE FORELAND BASINS IN  
CENTRAL-WESTERN CHINA



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 中国中西部前陆盆地 石油地质特征

宋岩 魏国齐 赵孟军 柳少波 吴因业 等著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是国家“十五”重点科技攻关课题“重点前陆盆地大中型气田形成的控制因素及分布规律”的研究成果总结。全书分为5章,系统阐述了中国中西部前陆盆地构造特征、前陆盆地层序地层与储层特征、重点前陆盆地大中型油气藏成藏过程、中西部前陆盆地油气分布规律及主控因素等,指出了中西部前陆冲断带的油气勘探方向。

本书可供从事石油天然气地质工作的科研、生产人员,以及高等院校相关专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国中西部前陆盆地石油地质特征/宋岩等著. --北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-018742-0

I. 中… II. 宋… III. 含油气盆地-石油天然气地质-研究-中国 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 036157 号

责任编辑:胡晓春 贾海新/责任校对:赵桂芬

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年3月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—2 000 字数:350 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

# 前 言

国外学者将经典的前陆盆地的概念定义为：发育在收缩造山带与相邻克拉通之间，平行于造山带呈狭长带状展布的不对称冲断挠曲盆地。经典前陆盆地具有以下几个特点：靠近盆地的褶皱-冲断带的构造负荷和沉积载荷促使盆地弯曲沉陷，盆地横剖面明显不对称，盆地靠近造山带一侧，并在其演化过程中遭受变形作用，盆地克拉通一侧与地台层序逐渐合并。我国中西部一些造山带周缘的挤压性盆地，总体具前陆盆地的结构、变形和沉积特征，其形成亦与大陆岩石圈的挤压挠曲作用有关。鉴于此，本书中国中西部前陆盆地是指造山带和克拉通盆地之间由于挤压作用形成的楔形构造和沉积体系，包括前陆盆地和前陆冲断带。

中西部前陆盆地资源丰富，是我国油气勘探重大领域之一。三轮资源评价结果表明，中西部前陆盆地油气资源丰富，剩余原油资源量  $46.2 \times 10^8 \text{t}$ ，剩余天然气资源量  $6.84 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。同时 1998 年大型克拉 2 气田的发现，拉开了“西气东输”的序幕，也坚定了我国中西部前陆盆地大中型油气田勘探的信心。但总体上前陆盆地石油地质理论研究仍十分薄弱、勘探程度很低。中国前陆盆地发育于古造山带的拼合部位，具有陆相沉积体系为主、多期构造演化、新构造运动改造强烈的特点，不同于国外典型前陆盆地，不能照搬国外前陆盆地的模式，因此，深入探讨中国中西部前陆盆地石油地质理论十分必要。

鉴于此，国家“十五”重点科技攻关项目“中国油气资源发展关键技术研究”下设了“重点前陆盆地大中型气田形成的控制因素及分布规律”（编号：2001BA605A-06）研究课题，起止时间为 2002 年 1 月~2003 年 12 月，并成为中国石油天然气股份有限公司科技与信息部的重点研究项目。该项研究任务的承担单位为中国石油勘探开发研究院，协作单位有中国石油西南油气田分公司、青海油田分公司、新疆油田分公司，浙江大学，石油大学，南京大学和中国科学院广州地球化学研究所。总体研究思路分两个层次，第一个层次是选择准噶尔盆地南缘（后文中简称为淮南）、四川盆地西部（后文中简称为川西）和柴达木盆地北缘（后文中简称为柴北缘）为重点研究区，对盆地形成演化、构造格架、层序地层格架、储层分布、成藏过程和主控因素、有利区带评价等进行研究；第二个层次是进行中西部前陆盆地地质综合对比，总结出前陆盆地天然气成藏地质条件和富集规律，并对中西部前陆盆地及其构造带进行排队优选。

中国中西部前陆盆地的沉积特征、烃源岩条件、构造特征和盆地构造演化诸方面具有很大相似性，例如这些盆地大多经历了中生代早期的周缘前陆盆地和弧后前陆盆地阶段、中生代和新生代早期的伸展成盆作用和新生代晚期以来的挤压收缩形成再生前陆盆地的阶段。但是多年来对于中国西部前陆盆地的勘探和研究中，没有把它们作为一个具有很多共性的统一体来对待。同时，各盆地的研究程度有极大的差异，在现有资料的基础上，缺乏必要的对比、总结和理论上的提炼、归纳。所以有必要对不同时代的盆地演化、沉积特征、油气成藏条件及富集规律等进行系统研究和总结。本书即是在上述情况

下通过对国家“十五”重点科技攻关课题“重点前陆盆地大中型气田形成的控制因素及分布规律”(编号:2001BA605A-06)研究成果进行提炼、总结而成的。

本书第一章指出中国中西部前陆盆地变形特征与构造演化受南缘特提斯域构造影响,晚古生代以来主要发育两期前陆盆地,即晚古生代晚期—中生代早期前陆盆地和新生代再生前陆盆地;中新世代的构造演化划分为五个阶段和三种前陆盆地演化类型,即川西型、柴北缘型和淮南型;而前陆逆冲带的构造变形特征又分为逆冲推覆构造为主的冲断带和走滑-挤压作用控制的冲断带两类构造变形样式。此外,本章对川西、柴北缘和淮南三个重点前陆盆地构造单元进行了划分。

第二章研究了我国中西部川西、柴北缘和淮南前陆盆地(冲断带)的层序地层格架特征。柴北缘的沉积充填由前陆前期湖沼体系和前陆期湖盆组成,川西前陆盆地由克拉通海相层序、地台层序和前陆期湖盆组成,淮南缘前陆盆地由海相层序、湖沼体系和多期前陆湖盆组成。前陆期沉积一般从早期断陷湖盆向晚期拗陷湖盆转化,其中湖退体系域三角洲砂体可以成为前陆盆地重要油气储集体。此外,本章还开展了前陆盆地优质储层控制因素研究,指出我国不同前陆盆地的主要储层均受构造发育的控制,前陆盆地构造发育的不同导致了储层发育的差别。

第三章通过油气来源、烃类均一性分析、储层沥青分析、包裹体分析等地球化学手段,对川西地区的中坝、松华-白马庙和平落坝气田,柴北缘的马海-南八仙气田和冷湖油田及淮南的呼图壁气田、齐古油田和莫索湾油气田进行了成藏期次、过程的解剖。在此基础上分析了川西、柴北缘和淮南前陆盆地的多期成藏过程。此外探讨了我国中西部前陆盆地冲断带、前陆拗陷和前缘隆起的油气成藏模式,并开展了重点前陆盆地大中型气田成藏物理模拟实验。

第四章通过我国中西部前陆盆地与国外前陆盆地地质地球化学特征、资源结构对比,指出中西部前陆盆地天然气主要来源于中生界煤成气,我国前陆盆地既富气也富油,与国外相比,天然气的富集是我国前陆盆地的特点;通过对我国前陆盆地储盖组合和油气藏分布规律分析,提出前陆盆地发育具有最佳空间配置的原生成藏体系和具有最佳时效配置的(远源)它生成藏体系;同时指出不同构造带控制着油气藏类型、油气分布的层位,前陆盆地油气田空间分布具有环(带)状或分段分布的特征。

第五章通过对前陆盆地圈闭条件、烃源条件、储层条件、盖层条件及匹配条件分析,对中西部前陆冲断带和区带进行了综合评价和排队,提出准噶尔西北缘和库车前陆盆地是我国前陆盆地油、气勘探的重点,淮南和塔西南、川西是我国今后有可能取得较大发现的前陆盆地,通过对前陆盆地区带评价指出了我国中西部前陆盆地的有利勘探领域。

本书编写分工如下:第一章由魏国齐、李本亮执笔,第二章由吴因业执笔,第三章由赵孟军、秦胜飞和姜振学执笔,第四章由宋岩、柳少波、洪峰执笔,第五章由柳少波、宋岩、洪峰执笔。此外,参加本项研究工作的还有杨树锋、陈汉林、肖安成、贾东、薛良清、冉隆辉、余辉龙、阿不力米提、刘埃平、唐勇、张敏、陈丽华、傅国友和达江等。全书由宋岩、赵孟军统稿。

研究工作得到了中国石油天然气股份有限公司贾承造副总裁,科技与信息部罗治斌原副总经理、方朝亮副总经理,勘探与生产分公司赵政璋总经理、高瑞琪教授、刘德来

处长，中国石油勘探开发研究院赵文智院长、顾家裕副总地质师、梁狄刚教授、钱凯教授的支持和指导，同时得到了中国石油西南油气田分公司、青海油田分公司和新疆油田分公司科技部门和勘探研究院的支持，得到了浙江大学、中国石油大学、南京大学和中国科学院广州地球化学研究所等众多研究人员的支持和指导，在此一并表示衷心感谢。

# 目 录

## 前言

<b>第一章 中西部前陆盆地构造特征</b> .....	1
<b>第一节 中西部前陆盆地区域构造特征</b> .....	1
一、中国中西部前陆盆地区域构造演化阶段 .....	1
二、中国中西部前陆盆地构造演化的区域动力学特征 .....	5
三、中国前陆盆地构造演化分类特征 .....	9
四、中国前陆盆地构造变形特征 .....	12
<b>第二节 川西前陆盆地构造特征</b> .....	14
一、川西前陆盆地结构及构造单元 .....	14
二、川西前陆盆地构造解析 .....	18
三、川西前陆盆地构造演化 .....	27
<b>第三节 柴北缘构造特征</b> .....	31
一、柴北缘盆地结构与构造单元 .....	31
二、柴北缘构造解析 .....	33
三、柴北缘中生代构造演化 .....	39
<b>第四节 淮南前陆盆地构造特征</b> .....	47
一、淮南前陆盆地结构及构造单元 .....	47
二、淮南前陆盆地构造解析 .....	51
三、淮南前陆盆地的构造演化 .....	56
<b>第二章 前陆盆地层序地层与储层特征</b> .....	62
<b>第一节 前陆盆地层序地层格架</b> .....	62
一、川西改造型前陆盆地层序地层格架与沉积充填 .....	62
二、柴北缘新生型前陆盆地层序地层格架与沉积充填 .....	65
三、淮南叠加型前陆盆地层序地层格架 .....	69
四、前陆盆地层序的层序边界特征 .....	74
五、三种类型前陆盆地层序格架的差异 .....	74
<b>第二节 前陆盆地湖盆沉积特征</b> .....	75
一、改造型前陆盆地（以川西为例） .....	75
二、新生型前陆盆地沉积相特征（以柴北缘为例） .....	80
三、叠加型前陆盆地（以淮南为例） .....	87
四、小结 .....	89
<b>第三节 前陆盆地储层特征</b> .....	90
一、前陆盆地储层特征及分布 .....	90
二、前陆盆地储层的形成与控制因素 .....	95

三、有利储层评价与预测 .....	100
<b>第三章 重点前陆盆地大中型油气藏成藏过程 .....</b>	<b>105</b>
<b>第一节 重点前陆盆地烃源岩及油气来源 .....</b>	<b>105</b>
一、川西前陆盆地 .....	105
二、柴北缘前陆冲断带 .....	110
三、淮南前陆盆地 .....	116
<b>第二节 重点前陆盆地油气藏成藏过程 .....</b>	<b>121</b>
一、前陆盆地油气成藏过程研究方法 .....	121
二、川西前陆盆地天然气成藏过程 .....	124
三、柴北缘前陆冲断带油气成藏过程 .....	132
四、淮南前陆盆地油气成藏过程 .....	140
<b>第三节 中西部前陆盆地油气成藏模式 .....</b>	<b>144</b>
一、前陆冲断带油气成藏模式 .....	145
二、前缘隆起张性构造带油气成藏模式 .....	149
三、前陆拗陷可能的成藏模式 .....	150
四、中西部前陆盆地有利成藏模式及充注模式探讨 .....	151
<b>第四节 重点前陆盆地大中型气田成藏物理模拟 .....</b>	<b>153</b>
一、模拟实验装置简介 .....	153
二、物理模拟实例 .....	155
<b>第四章 中西部前陆盆地油气分布规律及主控因素 .....</b>	<b>160</b>
<b>第一节 煤系烃源岩发育决定中国前陆盆地以富气为特征 .....</b>	<b>160</b>
一、我国前陆盆地油气资源特征及成因类型分析 .....	160
二、倾气型煤系烃源岩发育是我国前陆盆地富气的主要原因 .....	164
三、成熟作用是中生界煤系烃源岩成油气的主控因素 .....	170
四、较高的生气强度是大中型气田形成的关键 .....	171
<b>第二节 盆地多期叠合及强新构造运动决定油气多期聚集和晚期成藏 .....</b>	<b>173</b>
一、多期构造复合与前陆盆地多期成藏 .....	173
二、新构造运动控制的晚期成藏 .....	181
<b>第三节 沉积演化及断层发育决定前陆盆地油气的纵向分布 .....</b>	<b>185</b>
一、沉积演化控制了多套储盖组合 .....	186
二、两大套区域性盖层决定前陆盆地发育原生和（远源）它生两套成藏组合 .....	189
三、两套成藏组合的特征及其演化 .....	196
<b>第四节 构造分带控制了前陆盆地油气区域分布规律 .....</b>	<b>200</b>
一、前陆盆地构造分带 .....	200
二、构造分带性控制了油气藏的类型和分布 .....	202
三、构造分带性控制了油气藏的纵向分布组合 .....	206
四、构造分带性控制了油气的带（环）状分布 .....	208
<b>第五章 中西部前陆冲断带油气勘探方向 .....</b>	<b>212</b>
<b>第一节 前陆盆地勘探现状及资源潜力 .....</b>	<b>212</b>



一、中国前陆盆地油气勘探现状 .....	212
二、支持前陆盆地油气勘探的理论研究和技术的进展 .....	217
三、中西部前陆盆地油气资源潜力 .....	219
第二节 前陆盆地和冲断带地质评价 .....	221
一、评价方法 .....	221
二、评价标准及评价参数 .....	223
三、评价结果 .....	226
第三节 前陆冲断带油气勘探方向分析及勘探建议 .....	228
一、油气勘探方向分析 .....	228
二、存在问题与建议 .....	229
<b>参考文献</b> .....	<b>232</b>

# 第一章 中西部前陆盆地构造特征

中国中西部古生代存在 10 余个小型克拉通块体，这些块体经过多期事件拼贴于欧亚大陆南缘，至晚古生代成为欧亚大陆的组成部分；中、新生代属板块内部构造，主要受南缘特提斯构造域不同构造事件控制，于喜马拉雅运动晚期形成受印-藏板块碰撞远距离效应统一应力机制控制的中西部复杂巨型再生前陆盆地-造山系统；与国外大陆边缘形成的前陆盆地系统不同。在这些小型克拉通与大型造山带结合部位共发育了 15 个前陆盆地或前陆冲断带（准噶尔西北缘、准噶尔南缘、博格达山北缘、库车、喀什、塔西南、塔东南、吐哈、柴西、柴北缘、酒泉、鄂尔多斯西缘、川西、川北、楚雄），分布在巨型盆山体系的盆-山结合部位（主要发育在扎伊尔山前、天山山前、昆仑山前、祁连山前、贺兰山前、龙门山前和哀牢山前）；这些前陆逆冲带的形成与改造受控于青藏高原喜马拉雅运动的挤压作用。在中西部重力、航磁特征分布图上，中西部小型克拉通盆地、青藏高原都是被海西-印支褶皱造山带和喜马拉雅期褶皱带环绕的山间盆地，小型克拉通盆地被大型造山带改造，所以大型冲断带发育。

中西部复杂巨型再生前陆盆地-造山系统内，以阿尔金山构造带、龙门山-贺兰山-六盘山构造带为界，分为新疆区、甘青区和川陕区；在这三个地区分别发育印支期前陆盆地和喜马拉雅期再生前陆盆地、逆冲带 3 大类前陆盆地。由于与特提斯构造域的相对位置不同，不同类型盆地的几何形态、挠曲沉降、地层层序、沉积充填、构造变形特征等不同；不同类型的前陆盆地具有不同的油气地质特征。前陆逆冲带的构造变形特征又分为逆冲推覆构造和走滑-挤压构造两种。

川西前陆盆地存在 4 个构造演化阶段，川西地区具有两期-两段前陆盆地的构造特征，前陆构造变形控制了天然气成藏。柴北缘中生代盆地有 6 个构造演化阶段，具有走滑冲断变形的构造样式，柴北缘背斜翼部的大量断层圈闭可能是较好的有效储油空间，而赛什腾凹陷周缘部位和鱼卡-红山凹陷是有利的勘探区域。淮南发育两期前陆盆地，淮南前陆逆冲带具有构造分层、分带的变形特征。中国前陆盆地构造对天然气聚集具有控制作用，中西部前陆盆地在白垩纪晚期普遍发生构造变形，对油气成藏具有重要控制作用。

## 第一节 中西部前陆盆地区域构造特征

### 一、中国中西部前陆盆地区域构造演化阶段

根据 Dikenson 1974 年所述的典型前陆盆地的发育特征，国外的前陆盆地基本上都是在被动大陆边缘或者弧后伸展构造基础上由于板块碰撞或洋壳俯冲使拉张构造挤压反转而形成的周缘前陆盆地或弧后前陆盆地，而我国中西部中生代早期的前陆盆地主要是洋壳俯冲（B 型）的弧后前陆盆地和小洋盆地、板块边缘的裂谷盆地以及拗拉槽等构造

反转、陆壳碰撞（A型）形成的周缘前陆盆地。所以我国中西部中生代早期前陆盆地主要是叠置在晚古生代张性盆地基础上的挤压逆冲构造和挠曲沉降盆地。新生代，中国西部形成的前陆盆地完全不同于 Dickenson 模式，是由造山带再次复活形成陆内俯冲而引起的再生前陆盆地。塔里木、准噶尔、柴达木等克拉通在再次复活的造山带侧向挤压下分别在板块边缘形成与前陆盆地具有相似沉降、沉积和构造发育特征的盆地或前陆逆冲带。除了发育中生代早期前陆盆地与新生代再生前陆盆地这两期前陆盆地外，中国西部还普遍存在一期以整体抬升为主、构造变形较弱的燕山期构造，这也是值得关注的。

### 1. 中生代早期前陆盆地阶段

中生代早期前陆地的前前陆层序沉积阶段主要表现为晚古生代拉张构造。晚古生代（C—P<sub>1</sub>）中国西部地区由于区域性的拉张作用，形成小洋盆地、拗拉槽、陆内裂谷或断陷盆地，并有多期次的火山喷发和深成岩体侵入，其形成与晚古生代（C—P）发育的金沙江-龙木错古特提斯洋盆的形成有关。这一时期主要发育三种张性构造单元：  
 ①小洋盆地：北山北部红石山（C<sub>1</sub>）、北天山洋（巴音沟）；  
 ②板缘裂谷或拗拉槽：博格达山（C—P）、觉罗塔格、准噶尔南缘、塔里木北缘（霍拉山）、伊宁、阿拉善（珠斯楞-杭马拉）、巴丹吉林-马力吉、雅布赖、河西走廊、柴达木北缘、贺兰山-六盘山；  
 ③被动陆缘：塔里木西南缘、柴达木南缘、扬子板块西缘（川西-川北、楚雄）（图 1-1）。

至晚二叠世，中国西北缘的西伯利亚板块、哈萨克斯板块已经与中国大陆拼贴在一

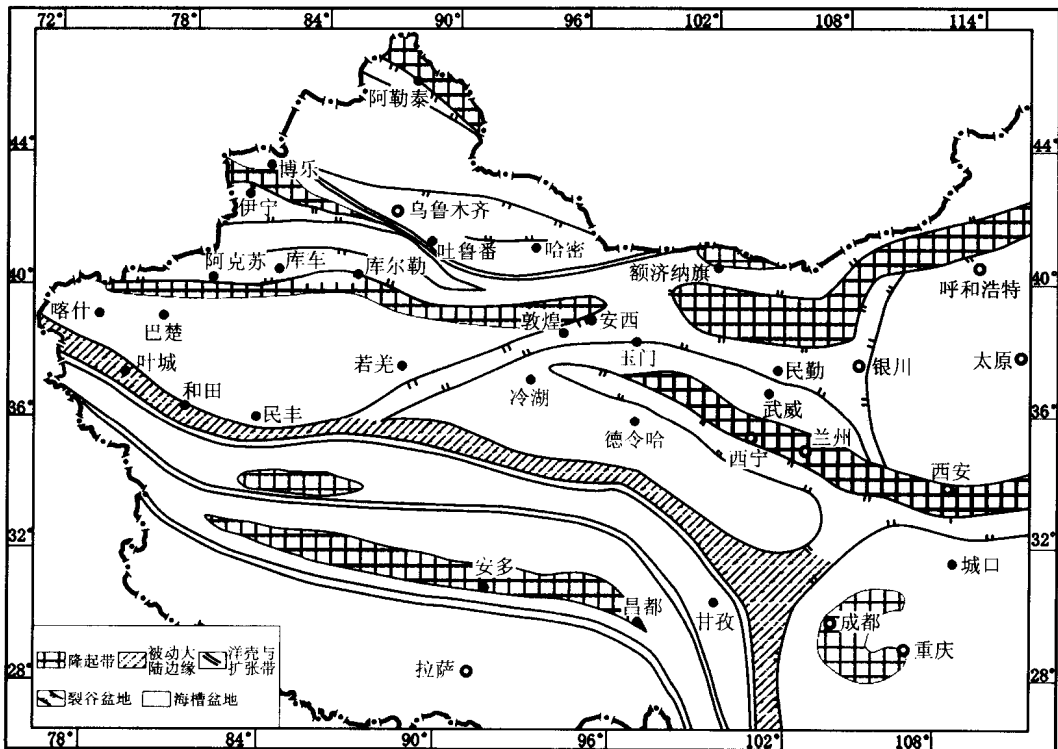


图 1-1 中国中西部石炭纪区域构造特征图

起，源自南缘特提斯洋构造演化的应力场作用于中国中西部后，直接导致中国大陆内部的构造变形，构造缩短量通过地壳深部岩石圈的 A 型俯冲和地壳浅部沉积盖层的逆冲推覆来平衡，具体表现为晚古生代板块边缘张性盆地下伏的地壳较薄、密度较重的岩石圈俯冲消减在板块深部，进而导致浅层楔形沉积体由于构造缩短而发生挤压逆冲，或者推覆在板块边缘，在构造挤压和沉积负荷下发生挠曲，形成比较典型的周缘前陆盆地和弧后前陆盆地。鄂尔多斯和四川盆地西缘发育周缘前陆盆地，在时空序列上，海西期至早-中三叠世的洋盆关闭，克拉通边缘拉张环境下的被动大陆边缘俯冲在造山带之下，进而引起克拉通边缘挠曲沉降，形成较为典型的鄂尔多斯西缘、川西、川北等周缘前陆盆地。而塔西南、楚雄等地区在海西期为弧后拉张盆地，在印支晚期晚三叠世随着金沙江洋盆的关闭和造山带的挤压逆冲，发育成弧后前陆盆地（图 1-2）。

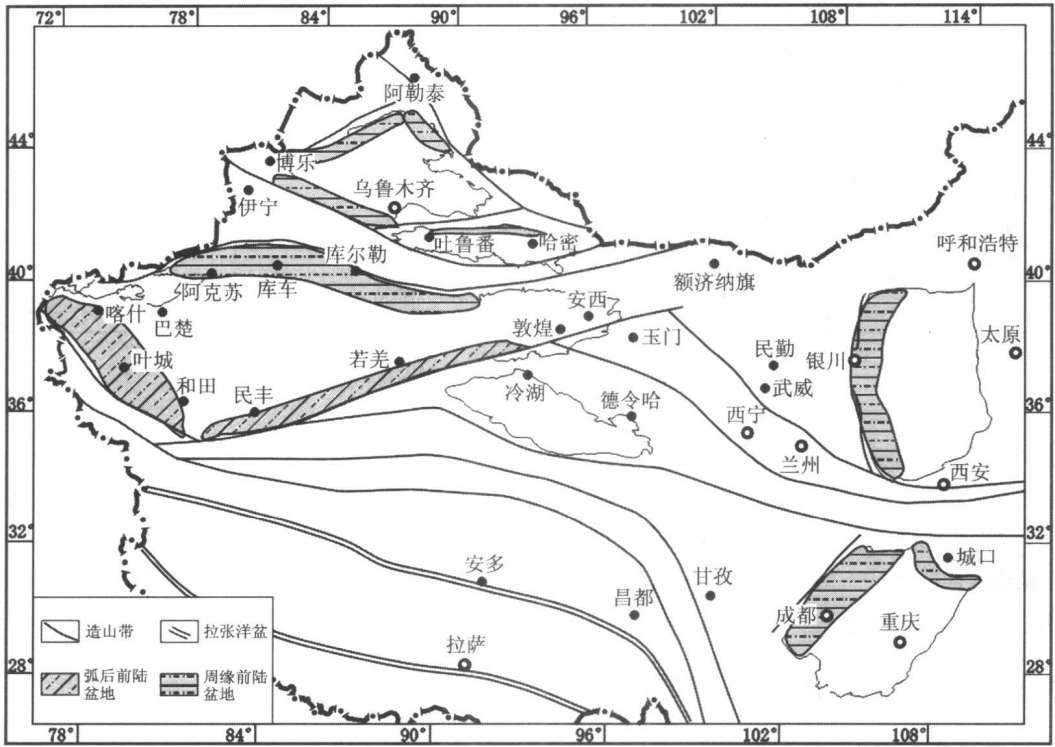


图 1-2 中国中西部中生代早期前陆盆地分布图

## 2. 早、中侏罗世伸展断陷（拗陷）盆地阶段

早、中侏罗世的中国西北地区处在两次强烈挤压碰撞事件（即羌塘块体和拉萨块体分别向北拼贴于欧亚板块南缘）之间的相对松弛伸展环境，普遍发育断陷（或拗陷）盆地（图 1-3），到晚侏罗世主要转为拗陷盆地沉积或区域抬升。早、中侏罗世盆地又可分为断陷盆地、拉分盆地和拗陷盆地三类（图 1-3）。断陷盆地为伸展构造期的产物，受正断层控制，沿断陷带沉降较深，沉积了大套的半深湖相暗色泥岩和含煤层系，例如准噶尔、柴北缘、天山、南祁连等地区。拉分盆地与走滑断层有关，一般发育在走滑断

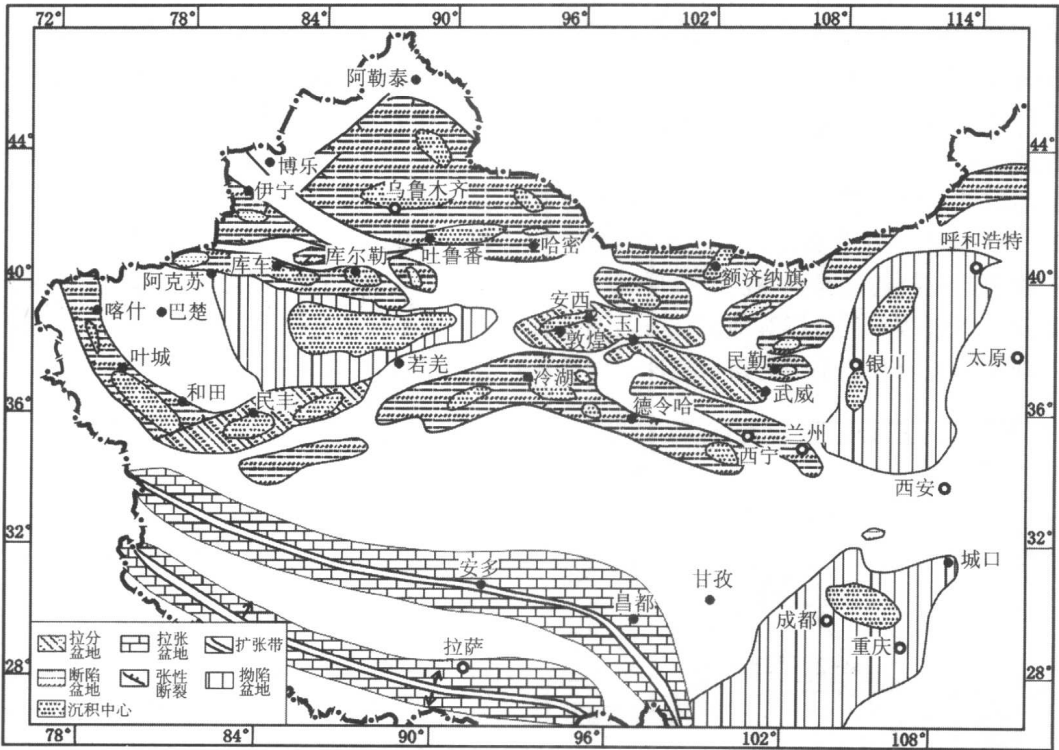


图 1-3 中国中西部早、中侏罗世沉积构造特征图

层的两侧或两端，在盆地几何形态上主要表现为一侧受断裂控制，另一侧为向稳定地块超覆的箕状断陷型，例如塔东南、敦煌和酒泉盆地等。拗陷盆地通常具有稳定克拉通基底，伸展环境下受地球均衡调整的影响，基底沿山前大断裂持续沉降，沉积范围较大，沉降幅度不大，一般为碟形；受基底断裂影响，靠近断裂沉积厚度大，例如塔里木、四川、鄂尔多斯盆地。

### 3. 白垩纪（晚期）弱挤压构造变形阶段

晚侏罗世到白垩纪期间在中国中西部盆地中构造运动留下的痕迹普遍存在，主要表现在以下几个方面：①盆地内沉积范围较小（相对侏罗纪和古近纪）或存在沉积间断、地层不整合接触；②盆地内白垩纪古构造普遍发育；③造山带前缘沉积大套的粗粒碎屑岩；④造山带内局部地区有岩浆活动（图 1-4）。

### 4. 古近纪弱伸展膏质泥岩沉积阶段

古近纪弧后伸展作用的断陷与拗陷沉积和自西向东的多次海侵活动，形成巨厚的海陆交互相沉积体系：陆相煤系、浅海相礁灰岩、潟湖相膏盐岩、湖泊三角洲、河流相砂泥岩等。东西方向有大规模的复杂相变，海侵西强东弱。古近纪沉积受控于新特提斯洋向北俯冲的弧后伸展，海侵范围扩大，西起卡拉库姆、塔吉克、费尔干纳，东至塔西南、库车、柴西等地区广泛海侵，沉积膏盐层、红色的膏泥岩、灰质泥岩等成为西部前

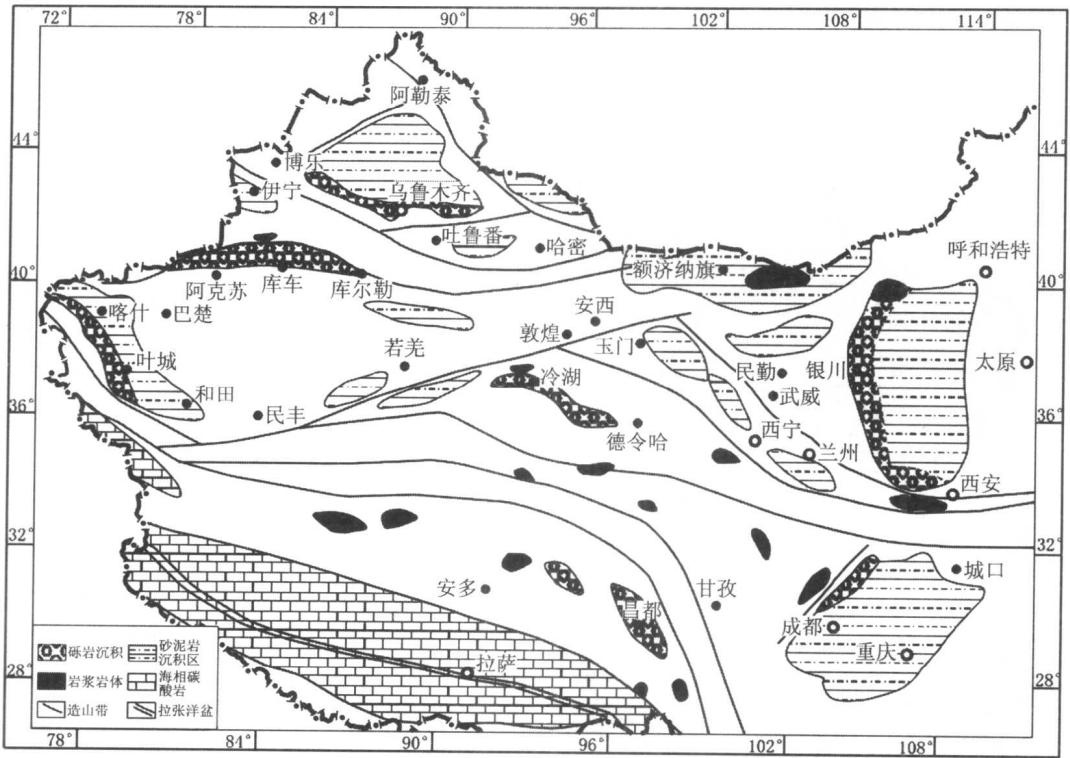


图 1-4 中国中西部地区晚侏罗世—早白垩世构造运动特征图

陆盆地区域性封盖层。在淮南、吐哈、酒泉等盆地的古近系也沉积一套巨厚的含膏质泥岩层。

### 5. 中新世以来再生前陆盆地阶段

新生代中新世以来，发生区域性的构造反转，盆地的沉降与造山带的再次复活逆冲相耦合，逆冲构造沿着早期的构造薄弱带如构造缝合带、深大断裂、早期裂谷盆地边缘等部位发生，在盆地与造山带结合部位，地壳深部表现为岩石圈发生陆内俯冲（罗志立，1984，1994），克拉通板块的前缘向造山带方向下插进入地幔，地壳浅部则为早期的造山带沿早期的构造薄弱带发生逆冲推覆，克拉通板块前缘在构造挤压和逆冲负荷以及构造负荷作用下向下挠曲，形成再生前陆盆地（卢华复等，2000）。根据逆冲推覆构造的沉降特征，中西部发育再生前陆盆地（淮南、吐哈、库车、塔西南）和再生前陆逆冲带（准噶尔东北缘、博格达山前、喀什、柴北缘、酒泉、潮水-雅布赖、川西、楚雄、鄂尔多斯等）（图 1-5）。

## 二、中国中西部前陆盆地构造演化的区域动力学特征

中生代以来，特提斯洋正北边的中国中西部盆地在海西期各洋盆关闭后形成统一大陆，经受相同或相似的构造变动。中西部处于东特提斯域北缘，北界为稳定的西伯利亚

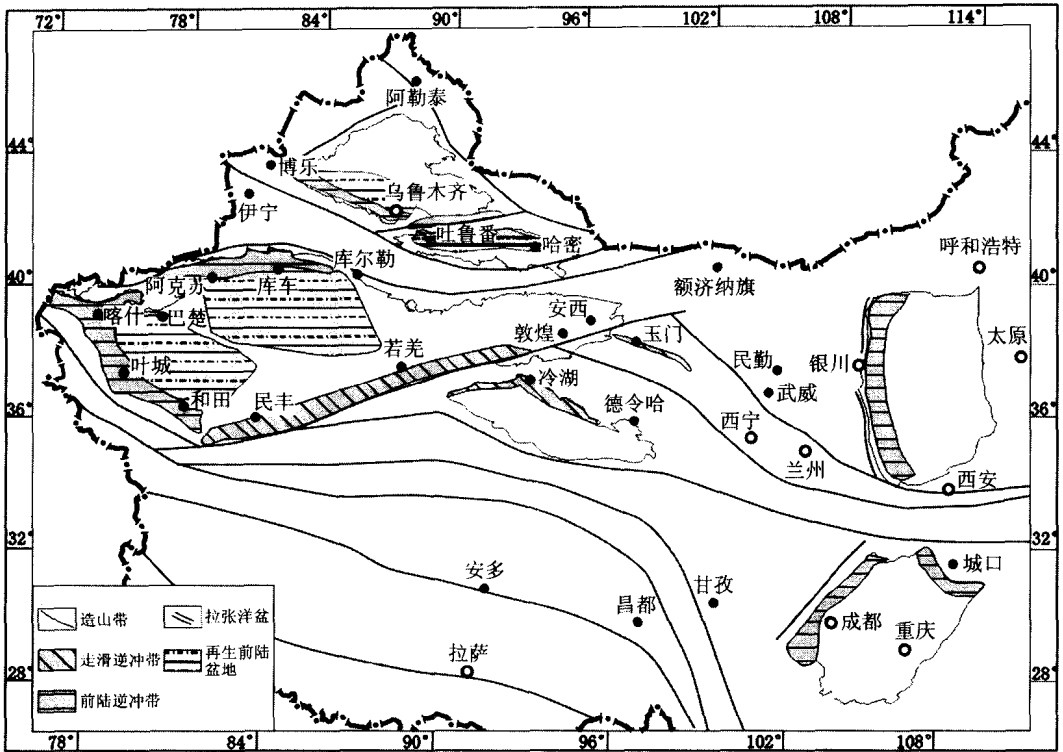


图 1-5 中国中西部新生代前陆盆地分布图

大型克拉通地块，南边自中生代以来经受两期特提斯洋的俯冲、拼贴和碰撞，先后两期承受来自南缘的构造影响，发育了两期前陆盆地（图 1-6）。通过将整个西北地区沉积盆地充填特征和盆地演化序列与特提斯构造演化序列对比（表 1-1），可以认为中国中西部构造演化受特提斯洋活动的影响：海西期古特提斯洋在晚三叠世沿金沙江向古亚欧大陆南缘俯冲，塔西南形成弧后前陆盆地，昆仑、祁连、秦岭等海槽关闭和羌塘板块碰撞，形成鄂尔多斯西缘、川北、川西和楚雄等早期前陆盆地；早、中侏罗世班公错-怒江洋和雅鲁藏布江洋俯冲，处于弧后拉伸，沉积煤系盆地；晚侏罗世至白垩纪班-怒小洋盆闭合，中西部微弱构造变形；晚白垩世至古近纪特提斯西缘俯冲和雅鲁藏布江残留洋影响，局部海侵和有限拉张，沉积膏泥岩。上新世印-藏板块碰撞远距离效应直接导致再生前陆盆地（或逆冲带），例如淮南、吐哈、博格达山前、喀什、库车、塔西南、塔东南、柴北缘、柴达木昆仑山前、酒泉等再生前陆盆地或逆冲带。

### 1. 晚三叠世金沙江特提斯洋关闭与早中生代前陆盆地

晚三叠世金沙江特提斯洋沿康西瓦-龙木错-玉树-金沙江向北俯冲消减完毕，羌塘地块与塔里木板块碰撞，在塔里木、准噶尔、吐哈、柴达木等板块边缘形成的早期前陆盆地内引起广泛的构造响应，但是这些构造变形被后期改造叠加而保存下来的原生构造特征不明显，普遍表现在侏罗系叠置在不同时代的变形地层之上。同时，随着秦-祁海槽

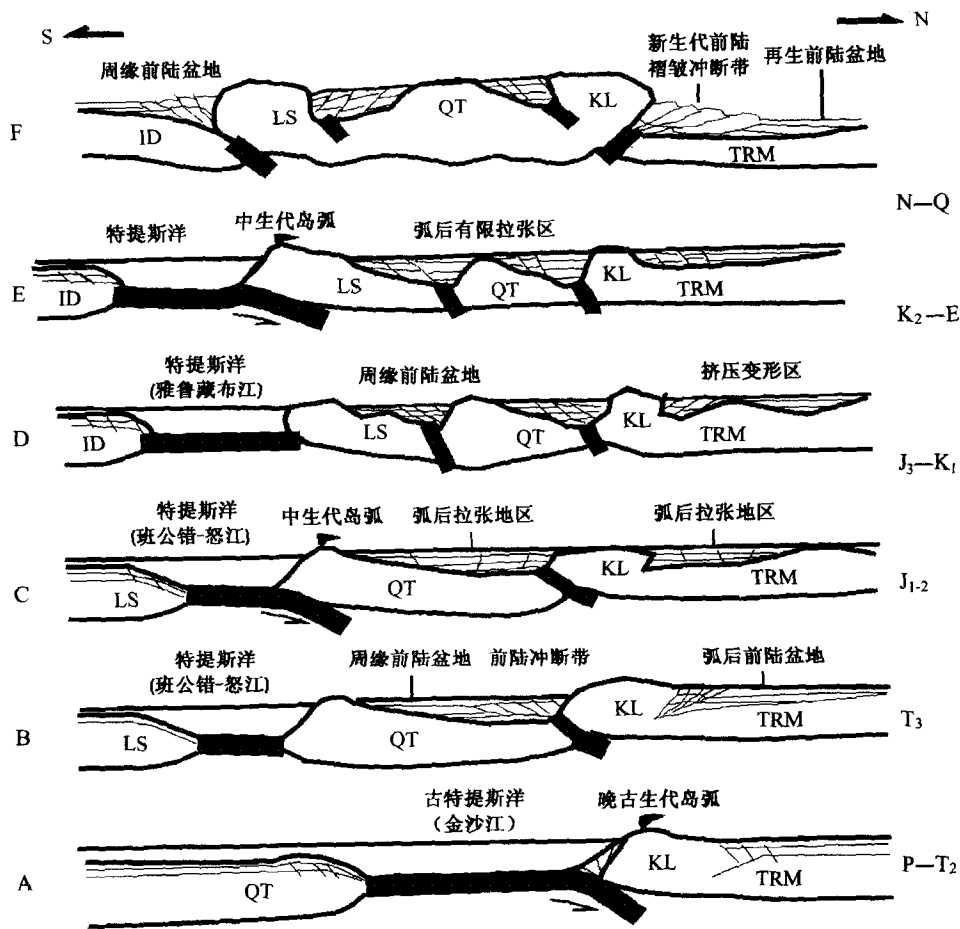


图 1-6 特提斯板块构造演化及其对中国西部前陆盆地形成的影响图示  
TRM. 塔里木板块; KL. 昆仑地体; QT. 羌塘地体; LS. 拉萨地体; ID. 印度板块

表 1-1 中国中西部中生代前陆盆地构造变形期次表

时代	三塘湖	准西北缘	淮南	伊宁	焉耆	吐哈	库车	塔西南	塔东南	柴西	柴北缘	酒泉	鄂西缘	川西	川北	楚雄
Q																
N						—	—									
E			—			—	—	—	—	—	—	—				—
K <sub>2</sub>																
K <sub>1</sub>																
J <sub>3</sub>																
J <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
J <sub>1</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T <sub>3</sub>		—	—			—	—									—
T <sub>2</sub>																
T <sub>1</sub>		—	—													

注: ---- 平行不整合面; ▬ 膏盐层; ▬ 煤或煤系地层; ||||| 剥蚀或缺失; ▬ 早期前陆; ▲ 晚期逆冲



和金沙江特提斯洋的封闭,羌塘、中咱陆块和华南陆块的碰撞形成金沙江和甘孜-理塘缝合带,在中部的川西、川北和鄂尔多斯西缘等地也发育了一系列较典型的前陆盆地(图 1-6B)。

## 2. 新特提斯洋俯冲与西北侏罗纪断(拗)陷盆地

西北地区侏罗纪盆地,特别是柴达木盆地与黑海盆地构造对比发现,中国中西部处于一种弧后拉张环境,与当时亚欧板块南缘的俯冲有关;因此中国中西部侏罗纪盆地的伸展作用与弧后扩张有关(图 1-6C)。班公错-怒江特提斯洋自晚三叠世才开始明显拉张,早中侏罗世进入扩张鼎盛时期(赵政璋等,2001),但是班公错-怒江蛇绿岩对应的洋盆属于弧后盆地型,该洋盆可能是雅鲁藏布江洋向北俯冲造成弧后拉张而形成的边缘海型洋盆,并非发育充分的特提斯洋,所以迄今尚未发现与雅鲁藏布江洋向北俯冲相联系的安第斯型岩浆活动。到晚侏罗世和早白垩世,班公错-怒江特提斯洋盆向北俯冲关闭,随后拉萨微地块与羌塘板块拼贴碰撞,其北缘的中西部诸盆地普遍遭受弱挤压而致使地层变形或剥蚀(图 1-6D)。

早中侏罗世以后,白垩纪到古近纪中西部地区构造活动较弱,主要以白垩纪的弱挤压运动和古近纪的弱拉张构造为主,但总体上构造活动不明显。

## 3. 班公错-怒江洋盆闭合与白垩纪弱挤压构造

晚侏罗世到早白垩世,班公错-怒江洋盆闭合,拉萨地块向北拼贴,拉萨地体与羌塘板块碰撞(图 1-6C),证据如下:①羌塘盆地内东巧-安多地区的蛇绿岩套中硅质岩内的放射虫组合时代为侏罗纪,其上部复理石中所夹灰岩含晚侏罗世化石;日土的硅质岩中含有中、晚侏罗世的放射虫化石。同时,在东巧、安多的蛇绿岩被下白垩统不整合覆盖。白垩系底部砾岩中的砾石和胶结物大部分都是侏罗纪形成的基性-超基性岩。说明班公错-怒江洋盆的闭合发生在晚侏罗世到早白垩世之间;②白垩纪班公错-怒江特提斯洋快速向冈底斯岛弧之下俯冲消减,形成冈底斯岛弧的大规模岩浆活动。在班公错-怒江蛇绿混杂岩两侧平行分布着两条晚侏罗世到白垩纪的花岗岩(80~145Ma)和同生的钙碱性火山岩。③拉萨地体和羌塘地体沿班公错-怒江缝合带发生碰撞挤压,地壳抬升,在羌塘盆地和拉萨地块上的沉积以晚白垩世红色磨拉石建造为特征,它们直接覆盖在变形的侏罗系之上,形成明显的角度不整合关系。至白垩纪,中国中西部地区除了南缘的特提斯构造域内的构造运动还比较活跃外,北边的已经形成一个统一的大陆。拉萨地体与羌塘板块碰撞形成的构造挤压应力向北远距离传递,中国中西部发生区域性的挤压构造(Allegre et al., 1984; 肖序常等, 1988; 钟大赉等, 1996; 潘桂棠等, 1997; Zhang et al., 2002; 贾承造等, 2001, 2003)。这次构造运动在西部塔里木、准噶尔、柴达木等盆地内形成构造雏形,而在中部的四川、鄂尔多斯盆地内构造变形相对较强,造山带隆升,盆地向西倾斜。

## 4. 雅鲁藏布江特提斯洋关闭与中新世再生前陆盆地

Graham 等(1993)从板块构造环境以及演化阶段等方面考虑,把中国西北地区新生代盆地称为“碰撞继承盆地”,认为它们是中生代(早、中侏罗世)弧后前陆盆地的