

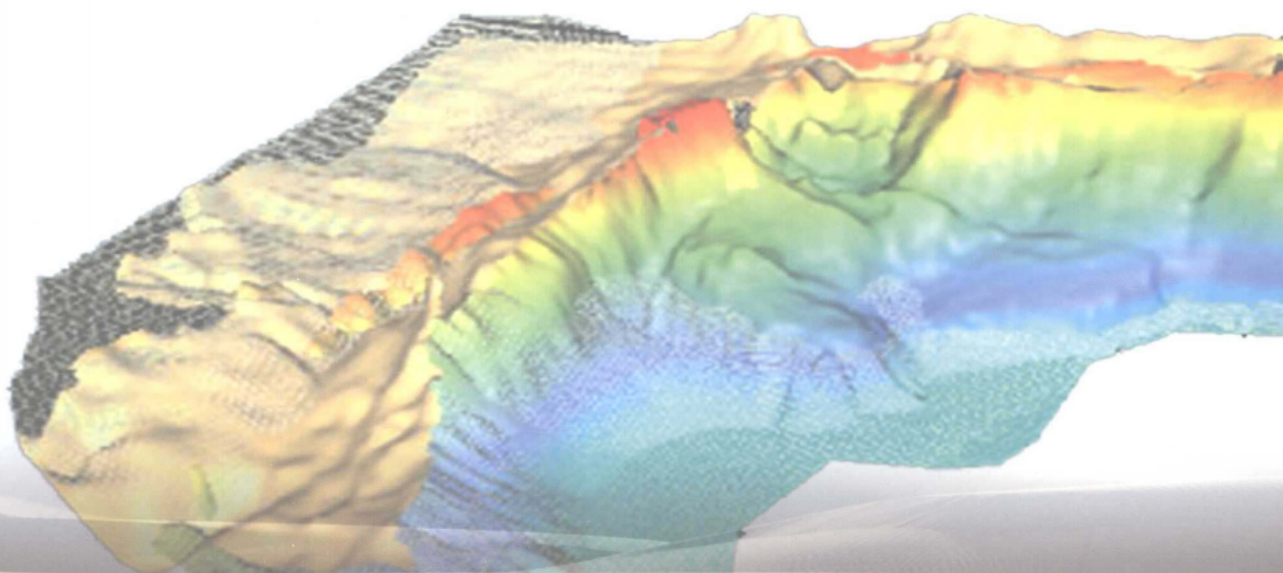
ZHONGGUO ZHONGXIBU QIANLU PENDI SHIYO DIZHI LILUN CONGSU

中国中西部前陆盆地石油地质理论丛书

宋 岩 魏国齐 赵孟军 柳少波 主编

中国中西部前陆盆地 构造特征研究

魏国齐 李本亮 陈汉林
王良书 肖安成 贾 东 等著



石油工业出版社

中国中西部前陆盆地石油地质理论丛书
宋 岩 魏国齐 赵孟军 柳少波主编

中国中西部 前陆盆地构造特征研究

魏国齐 李本亮 陈汉林 等著
王良书 肖安成 贾 东

石油工业出版社

内 容 提 要

本书通过对中国中西部前陆盆地构造特征、大地构造背景、地球物理特征的理论研究和典型前陆盆地的详细解析,系统分析和解剖了中国中西部前陆盆地的发育特征和特殊性,以及不同类型前陆盆地构造对油气聚集的控制作用,明确提出了中西部前陆盆地的基本特征。

本书可作为广大地质工作者特别是构造地质和油气藏勘探研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国中西部前陆盆地构造特征研究 / 魏国齐等著.

北京:石油工业出版社,2008.10

ISBN 978-7-5021-6646-5

I. 中…

II. 魏…

III. 含油气盆地—地质构造—研究—中国

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 084996 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

编辑部: (010) 64523544 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 11

字数: 277 千字 印数: 1—1500 册

定价: 45.00 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

序

前陆盆地是发育于造山带和克拉通之间，由挤压作用形成的楔形构造和沉积体系。世界上典型前陆盆地一般叠置于被动大陆边缘（如扎格罗斯、乌拉尔和磨拉石盆地）或弧后盆地（如落基山、马哥达雷纳和南美南部诸盆地）之上，被动大陆边缘和弧后盆地沉积期间形成了优质的海相烃源岩，而前陆盆地沉积形成了良好的储层和盖层，快速巨厚的前陆层序沉积使烃源岩进入生油窗，油气充注于前陆冲断带的构造圈闭中。这些相互匹配的石油地质条件为前陆盆地大中型油气田的形成创造了良好的条件。

世界上前陆盆地的油气勘探开始于 19 世纪中晚期，具有较长的历史。1871 年在美国的阿巴拉契亚盆地发现了布拉德福（Bradford）油田，1900 年在罗马尼亚前喀尔巴阡盆地发现了莫雷尼（Moreni）油田，1914 年在委内瑞拉的马拉开波盆地发现了大梅内（Mene Grande）油田，1928 年在伊朗扎格罗斯地区发现了加什萨兰（Gach Saran）油田，1937 年在俄罗斯的伏尔加—乌拉尔盆地发现了图伊马济（Tuymazy）油田。我国早在 1939 年在祁连山山前的酒西盆地发现了老君庙油田。前陆盆地一直是世界油气勘探的热点地区，20 世纪 90 年代所发现的 76 个可采储量超过 $5 \times 10^8 \text{bbl}$ 油当量的大型油气田约 $980 \times 10^8 \text{bbl}$ 油当量储量中，58% 的油气储量来自于聚敛边缘的构造带中，主要是褶皱带、前陆和前渊中。

与前陆盆地油气勘探历史相比，前陆盆地的研究历程并不长，Price 等于 1971 年首次将术语“前陆褶皱和逆冲带”（foreland fold and thrust belt）应用于加拿大落基山带，1974 年 Dickinson 正式提出了“前陆盆地”（foreland basin）的概念，并阐述了弧后和周缘前陆盆地的分类。我国前陆盆地的研究主要开展于 20 世纪的 90 年代，在塔里木盆地库车前陆冲断带克拉 2 大气田发现中，断层相关褶皱理论对前陆冲断带构造圈闭的识别发挥了重要的作用，在前陆盆地构造演化、冲断带类型和形成机制等方面取得了明显的进展。

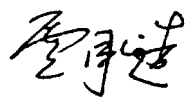
《中国前陆盆地石油地质理论丛书》建立在国家“十五”攻关成果的基础之上，该丛书充分总结了我国中西部的油气勘探成果，在重点解剖基础上，对中西部前陆盆地油气地质理论进行了系统总结和提升，总结出我国前陆盆地构造、沉积、成藏、油气分布规律和主控因素的特点，研究过程中与国外典型前陆盆地进行了对比。

丛书提出了中国前陆盆地的主要鉴别标志；建立了晚古生代以来的“两期、三类、四种组合”的中国前陆盆地分类体系；总结了同造山运动作用下的沉积响应模式和前陆盆地储层成岩作用多因素叠加分析法；对比研究了四种组合类型前陆盆地的成藏条件和成藏过程，深化了前陆盆地成藏特征的认识；探讨了中西部前陆盆地油气分布规律的分带性和分段性及油气富集的主控因素；进行了川西、大巴山、柴北缘、淮南、鄂尔多斯西缘等前陆盆地区带和目标评价，指出了有利勘探领域和勘探目标。研究成果既丰富了我国油气地质理论，又指导了油气勘探实践。

中西部前陆盆地的油气勘探和地质研究正进入一个蓬勃发展的阶段，这套丛书的出版必将会对推动前陆盆地油气勘探，促进地质研究起到有益的作用。衷心祝愿作者们将来在

前陆盆地石油地质学领域取得更丰硕的研究成果，我国前陆盆地油气勘探获得更多新的发现。

中国科学院院士

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Song Shiqiang, a Chinese Academy of Sciences Academician.

2007 年 6 月

前 言

中国中西部造山带周缘的压性盆地, 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。对这种在中国存在普遍、特征典型的陆内会聚成因的沉积盆地, 罗立志 (1984, 1993, 2001)、刘和甫 (1995)、何登发 (1996)、陈发景 (1992)、曹守连 (1994)、田作基 (1996)、张明山 (1997)、金之钧 (2002)、刘池洋 (2002)、孙肇才 (2001) 等作出了各自不同的研究和表述。中国前陆盆地的油气勘探始于 20 世纪 50 年代, 早期集中在地面, 以地面填图为主, 仅存在山前带的认识, 打浅井。先后在独山子 (1937)、老君庙 (1939)、克拉玛依 (1955)、冷湖 (1958)、依奇克里克 (1958) 等前陆逆冲带发现了一批油田。随后处于停止状态, 虽然作了很多工作, 但是仅有一些小发现。对前陆冲断带的深入研究还是在 20 世纪 90 年代以后, 通过山地地震知道了地下结构, 勘探发现了新的油气田, 研究也进入新的阶段。中国前陆盆地油气勘探潜力巨大, 构造圈闭发育, 据新一轮油气资源评价, 中国 12 个重点前陆盆地的石油资源量为 $67 \times 10^8 \text{ t}$, 天然气资源量为 $76689 \times 10^8 \text{ m}^3$, 是高效大油气田勘探的主要场所。

本书是国家“十五”重点科技项目“重点前陆盆地大中型气藏形成控制因素与分布规律”所属一级专题“中国中西部前陆盆地构造特征研究”的研究成果。通过对我国中西部前陆盆地构造特征、大地构造背景、地球物理特征的理论研究和典型前陆盆地的详细解析, 系统分析和解剖了我国中西部前陆盆地的发育特征和特殊性, 以及不同类型前陆盆地构造对天然气聚集的控制作用等。明确提出了中西部盆地的基本特点具有“两期三类四种组合方式的前陆盆地特征”。即受中国西部古亚洲洋、古特提斯洋和新特提斯洋演化的影响, 中国中西部中—新生代以来前陆盆地可以划分为海西—印支期前陆盆地和喜马拉雅期前陆盆地; 受大地构造背景和板块俯冲、碰撞、陆内俯冲等构造演化阶段的控制形成海西—印支期的周缘前陆盆地、弧后前陆盆地和喜马拉雅期再生前陆盆地; 根据前陆盆地结构和演化组合, 结合油气地质特征, 可将中国中西部的前陆盆地划分为 4 种组合方式, 即叠合型、改造型、早衰型和新生型。

本书共分九章。第一章主要论述了中国中西部前陆盆地基本特征与类型。从前陆、前陆盆地、前陆盆地系统的基本概念出发, 论述中国中西部前陆盆地的基本动力学特征和构造成因。提出了中国中西部前陆盆地发育的特殊性, 形成的构造背景是特提斯洋的消减及非洲—阿拉伯—印度板块与欧亚板块的碰撞造山作用的碰撞挤压应力在欧亚大陆腹地产生了远距离效应, 引起古老褶皱山系复活、大幅度隆升冲断, 构造负荷导致前渊挠曲沉降在山前堆积巨厚沉积物。

第二章主要研究中国中西部前陆盆地发育的大地构造背景及盆地演化类型。从古生代小型克拉通板块的漂移与聚合, 中生代新特提斯洋的演化及其北缘盆地群的形成, 新生代新特提斯洋的俯冲消亡与印藏碰撞导致的欧亚大陆的内部变形着手, 提出了中国中西部前陆盆地演化特点和组合类型, 中国环青藏高原外围巨型盆山体系控制前陆冲断带的形成。新生代期间受印藏碰撞的影响, 中西部地区已经焊接的小型克拉通群体, 在广阔的弥散变形作用下发生构造复活, 块体之间相互作用重新调整定位, 导致了块体边界构造的强烈活

动，形成了一系列环绕青藏高原周缘的再生前陆盆地群。

第三章主要探讨了中西部前陆盆地形成的地球动力学机制。通过中西部塔里木、准噶尔、四川、柴达木等重点盆地的重、磁场、地热场特征分析，提出了中国大陆岩石圈热一流变学机制控制下的岩石圈挠曲沉降、隆升和断裂的成因。中国中西部前陆盆地均发育小型克拉通基底，这些小型克拉通的多块体聚合碰撞造就了中国中西部前陆盆地的特殊性和多样性；小型克拉通岩石圈结构和流变学的不均一性是构成中西部前陆盆地差异性的基础。

第四章和第五章重点解剖了川西、川北改造型前陆盆地的构造特征。改造型前陆盆地组合是指前陆盆地主要形成于印支期，但经历喜马拉雅期冲断变形的改造，早期前陆盆地的形态发生了一定的改变，喜马拉雅期前陆盆地不发育或很弱。主要发育在中国中部的川西、川北和鄂尔多斯西缘等地区。川西前陆盆地在三叠纪晚期为典型的周缘前陆盆地，从龙门山向四川克拉通方向，早期前陆盆地的冲断带、前渊、前缘斜坡和前缘隆起保存完整；新生代再生前陆盆地仅仅局限于川西盆地的南部。龙门山褶皱冲断带南、北段在构造几何学和变形时间上存在明显的差异。川北大巴山前陆盆地也同样经历了两大演化阶段。晚古生代一早三叠世周缘前陆盆地演化阶段，形成古冲断带，到中三叠世，整个川东北地区为陆相磨拉石盆地，这时的周缘前陆盆地持续发育。中三叠世之后发育了两期陆内变形：燕山期（ J_3-K_1 ）大巴山低幅度构造活动期和早白垩世时期大巴山冲断带的强烈改造期。同时，受下三叠统嘉陵江组膏盐岩滑脱层的控制，形成上下两套不同的构造变形系统。

第六章重点解剖了柴达木盆地北缘新生型前陆冲断带的构造特征。新生型前陆盆地是指前陆盆地主要形成于喜马拉雅期，印支期的前陆盆地不发育或者从现有的资料还无法论证在印支期是否发育前陆盆地，这类盆地组合主要发育在祁连山造山带的两侧，如酒泉盆地和柴达木盆地北缘。柴达木盆地北缘的主要变形样式为走滑—挤压构造，相对来说断层系统沿走向滑动的距离远大于沿倾向冲断推覆的距离。柴达木盆地内部的变形动力学机制来源于阿尔金的左旋走滑作用，多条基底走滑断层源于阿尔金构造带，并且逐步向东扩展，导致盆地北缘主要变形样式为走滑冲断。柴达木盆地北缘中—新生代盆地演化经历了：早侏罗世断陷盆地、中—晚侏罗世和早白垩世的坳陷盆地、晚白垩世盆地整体挤压隆升（古隆起）、古近纪弱伸展沉降盆地、新近纪早期坳陷型盆地、第四纪以来的走滑冲断构造变形为主的演化历程。

第七章重点解剖了淮南叠加型前陆盆地构造特征。叠合型前陆盆地主要特征为喜马拉雅期前陆盆地结构完整，叠加在晚古生代印支期前陆盆地之上，两期盆地结构叠合较好，主要发育在天山造山带的两侧和昆仑山造山带的北侧，如库车地区、淮南地区、塔西南地区。准噶尔盆地南缘从晚古生代晚期以来经历了周缘前陆盆地（晚石炭世—二叠纪）、陆内坳陷（三叠纪—古近纪）和再生前陆盆地（新近纪以来）三个盆地发育阶段。晚古生代巴音沟—大南湖蛇绿岩为代表的大洋关闭形成了淮南晚古生代前陆周缘盆地；中新世以后侏罗纪断陷盆地的构造反转形成再生前陆盆地，其中发育三排断层相关的褶皱带。

第八章重点解剖了准噶尔西北缘早衰型前陆盆地构造特征。早衰型前陆盆地是指前陆盆地主要形成于印支期，其后主要是伸展型的断陷和区域性坳陷盆地，喜马拉雅期冲断变形影响很弱，但从现今的构造剖面图上，仍能清楚地分辨出印支期的盆地具有前陆盆地系统的结构特征，周围造山带与盆地内部具有较好的对应关系，该组合类型主要发育在准噶尔西部和东部。准噶尔盆地西北缘经过早古生代弧后盆地后在晚古生代形成弧后前陆盆地，随后进入构造稳定发育阶段。准噶尔盆地西北缘冲断带构造变形基本上定型于前三叠纪。

西北缘冲断带具明显的二元结构，古前陆冲断带的前锋——克一乌逆冲推覆体下盘的掩伏构造保存完整。

第九章系统总结了我国前陆盆地的构造特征、油气地质特征，并提出了一些建设性的勘探建议。我国中西部前陆盆地构造对油气聚集具有五大控制作用：①前陆盆地之前的伸展断陷构造背景下通常发育有丰富的烃源岩层系，如晚古生代被动陆缘（或裂陷盆地）和早一中侏罗统断陷盆地；②前陆盆地内充填沉积巨厚的复理石或类复理石等碎屑岩沉积，可以构成良好的储层；③前陆冲断带中广泛发育的断层相关褶皱往往形成许多有效的构造圈闭，通常作为首要勘探目标；④前陆盆地的构造变形时间与油气运移的时间具有同时性，褶皱冲断构造的变形过程就是驱使油气运移聚集的过程。特别是沿断层带的油气运移是前陆盆地油气运移的主导方式；⑤不同期次、不同规模逆冲断层的开启和封堵性决定了构造圈闭的保存条件。同时，特提斯构造域北缘的中国中西部前陆盆地在白垩纪普遍发育了一期构造活动，对油气成藏具有重要意义。然后根据四类前陆盆地的构造地质特征和沉积地层结构，分别总结了四类前陆盆地在油气地质特征上的特殊性。最后根据各个前陆盆地的地质认识水平、勘探现状和油气成藏条件，提出了一些新的勘探思路。

本书第一章由魏国齐、李本亮、陈汉林编写，第二章由魏国齐、陈汉林、李本亮、贾东编写，第三章由王良书、钟楷、刘绍文编写，第四章由贾东、魏国齐、陈竹新编写，第五章由肖安成、魏国齐、陈汉林、陈晓敢、李本亮编写，第六章由肖安成、陈汉林、李本亮编写，第七章由魏国齐、贾东、陈汉林、李本亮编写，第八章由李本亮、管树巍、杨庚编写，第九章由魏国齐、李本亮编写。全书由魏国齐统一构思、编写提纲、最后统稿。

在本书编写和成稿过程中，得到中国石油天然气集团公司贾承造院士、高瑞祺教授，浙江大学杨树锋教授，南京大学卢华复教授，北京大学郭召杰教授，中国石油勘探开发研究院宋岩教授等的指导和帮助，在此表示衷心的感谢！

目 录

第一章 中国中西部前陆盆地基本特征与类型	(1)
第一节 前陆盆地概述.....	(1)
第二节 中国中西部前陆盆地的基本特征.....	(11)
第三节 中国中西部前陆盆地的类型.....	(13)
参考文献.....	(19)
第二章 中国西部前陆盆地发育的大地构造背景及盆地演化类型	(21)
第一节 小型克拉通板块的漂移与聚合.....	(22)
第二节 新特提斯洋的演化与北缘盆地群.....	(26)
第三节 新特提斯洋的俯冲消亡(印藏碰撞)与欧亚大陆的内部变形.....	(29)
第四节 中国中西部前陆盆地演化特点和组合类型.....	(30)
第五节 中国中西部前陆冲断带发育的控制因素.....	(33)
参考文献.....	(35)
第三章 中国中西部前陆盆地形成的地球动力学机制	(37)
第一节 中西部重点盆地的地球物理场特征.....	(37)
第二节 中西部重点盆地的岩石圈性质和变形特征.....	(62)
参考文献.....	(64)
第四章 川西改造型前陆盆地的构造特征	(68)
第一节 川西地区两期前陆盆地构造演化历程.....	(68)
第二节 川西地区喜马拉雅期前陆构造变形与叠加—改造.....	(71)
第三节 两期前陆构造特征与天然气成藏和勘探.....	(75)
参考文献.....	(76)
第五章 大巴山改造型前陆冲断带构造特征	(78)
第一节 大巴山冲断带的构造演化.....	(78)
第二节 大巴山冲断带的构造变形特征.....	(85)
第三节 从构造特征看大巴山天然气富集因素.....	(94)
参考文献.....	(95)
第六章 柴北缘新生型走滑—冲断带构造特征	(96)
第一节 柴北缘中—新生代构造演化.....	(96)
第二节 柴北缘走滑—冲断构造变形特征.....	(102)
第三节 柴北缘走滑—冲断构造在油气勘探中的应用.....	(107)
参考文献.....	(108)
第七章 淮南叠加型前陆盆地构造特征	(109)
第一节 淮南前陆盆地的构造演化.....	(110)
第二节 淮南前陆盆地构造变形特征.....	(114)
第三节 淮南前陆盆地油气地质条件.....	(121)

参考文献..... (125)

第八章 准噶尔西北缘早衰型前陆盆地构造特征..... (126)

 第一节 准噶尔盆地西北缘构造演化..... (127)

 第二节 准噶尔盆地西北缘冲断带构造变形特征..... (133)

 参考文献..... (143)

第九章 中国中西部前陆盆地构造特征及天然气勘探..... (144)

 第一节 中国中西部前陆盆地油气地质的特殊性..... (145)

 第二节 中西部两期前陆盆地对天然气聚集的控制作用..... (147)

 第三节 白垩纪构造变形对油气成藏具有重要意义..... (153)

 第四节 四种组合类型前陆盆地的油气地质特征..... (157)

 第五节 中国中西部前陆盆地的天然气勘探..... (162)

 参考文献..... (164)

第一章 中国中西部前陆盆地基本特征与类型

第一节 前陆盆地概述

一、前陆的概念

前陆 (Foreland) 在不同学科有不同的意义。海洋学上认为前陆是：①从海岸向水体 (海洋) 突出的大片陆地，即岬角或三角形前陆；②在悬崖底部波浪和潮流形成延伸的低平地，即滨海平原发育的初始阶段；③堤坝向海一侧天然海滨部分，接受波浪冲击抵消其能量。冰川学上前陆指现今或过去为山岳冰川覆盖的低地。地质学上前陆指在其他陆地前缘或与其毗邻的陆地。在构造地质学上，Suess (1883) 最先提出前陆这个概念；Hills (1940) 认为前陆是地槽沉积物变形时，向着它运动的稳定地块；Horberg (1949) 认为前陆是“在一系列逆冲带前面的地区”；Eardley (1951) 将前陆定义为“在阿尔卑斯大量复杂的地槽沉积物，加上侵入岩，被向北推动了许多英里，运动所向北面的稳定陆地即前陆”；Eardley (1951) 的定义已很接近于现今的前陆概念，前陆是地壳的大陆部分，并且是克拉通的边缘；确切地讲，前陆是指与造山带或活动带毗邻的、稳定的大陆部分，造山带的岩石向着前陆逆冲或掩覆；孙肇才 (1984) 曾把前陆的这种特殊构造背景形象化地称为：“面朝活动带，背依稳定区”。

用板块构造的原理来研究前陆的构造背景，认为前陆是毗邻活动带的稳定克拉通部分。造山作用理论认为：“造山作用是持续不断的 (从全球构造出发)，但运动方式是有变化的，这种变化不是均变而是有阶段性的；当把每个阶段的运动方式联系起来，就可见造山活动是连续的过程” (许靖华, 1993, 1994; 朱夏, 1991)，这就是构造运动的活动论与阶段论思想，运用这种观点看待前渊或边缘拗陷时，它们都形成于一种聚敛挤压环境，为构造不同演化阶段前陆的表现，这也就是国内外一些学者将前渊看成前陆盆地的原因。前陆盆地是全球构造发展史中一个特定的表现形式，在其发生、发展或消亡的过程中，有其不同的盆地充填或构造模式。

二、前陆盆地的概念

前陆盆地 (Foreland Basin) 即在上述前陆构造背景中发育的盆地，为沿造山带大陆外侧分布的沉积盆地。前陆盆地最早是由 Dickinson (1974) 提出的。Dickinson 将盆地分为裂谷盆地和造山型盆地、陆块未完全裂开情况下形成的盆地等 5 小类。其中前陆盆地属于造山型盆地，并将前陆盆地定义为与造山带变形翼部毗连的克拉通边缘前陆环境中形成的盆地。Jordan (1981) 将前陆盆地定义为前陆逆冲带周缘的狭长沉降槽地，是世界范围内造山带的伴生体；Allen 等 (1986) 将前陆盆地定义为处在造山链和克拉通之间的并与大陆碰撞带密切相关的高度不对称盆地；潘校华 (1995) 将前陆盆地定义为位于克拉通边缘，外侧为褶皱活动带的盆地，其成因主要是由于克拉通边缘的被动下弯和造山带一侧给克拉通岩石圈加载而使其下弯沉降形成的；何登发等 (1996) 对前陆盆地的定义是沿造山带大陆外侧分布的沉积盆地；田作基等 (1996) 的定义是前陆盆地与造山带 (冲断带) 毗邻，在其运动前方的挤压下不对称挠曲所形成的沉积盆地。

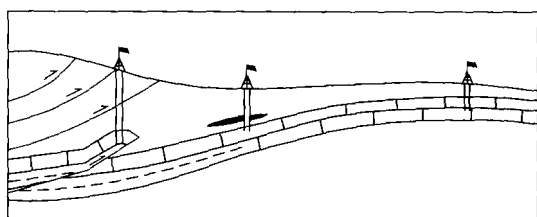


图 1-1 前陆盆地剖面示意图

前陆盆地是挤压造山带和稳定克拉通之间的长条形沉积盆地，一般有如下特点：①位于盆地毗邻的褶皱—冲断层带的构造负载促使盆地弯曲下沉；②盆地的横剖面具有明显不对称性；③在盆地演化期间盆地的靠造山带一翼遭受变形作用；④盆地靠克拉通一翼逐渐与地台层序相合并（图 1-1）。

图 1-1 示前陆盆地发生奠基在某一时期的克拉通或陆壳向活动带或洋壳的过渡带上，即被动大陆边缘之上，被动大陆边缘层序构成前陆盆地的基底，前陆盆地的演化记载着由伸展边缘到聚敛、碰撞（陆—陆、弧—陆碰撞）的过程。

褶皱—冲断带的构造负荷是盆地挠曲沉降的基本诱因。根据许靖华（1994）的观点，这些褶皱—冲断带位于他所划分的造山带大地构造相中的日耳曼大地构造相，其中的地层主要是大陆边缘或残余岛弧上的海相沉积，也可有少量深海沉积的复理石相，还常有磨拉石建造；构造相内的地层不发生变质。褶皱冲断带常为冲断推覆构造，以台阶状逆断层及相关褶皱的发育为待征。

盆地结构的不对称性表现在靠近造山带一侧较陡、靠近克拉通一侧宽缓。由造山带向克拉通方向，前陆盆地可划分为三部分：①褶皱—冲断带（常为薄皮构造）构成的活动翼（Thrust belt）或造山楔形体；②紧邻活动翼或伏在冲断带下盘的深拗（凹）陷；③连接深拗陷进一步向克拉通方向延伸的稳定前陆斜坡（Stable foreland slope）及前缘隆起（Fore Bulge）。

前陆盆地经前缘隆起常与克拉通内盆地（Intra-cratonic basin）相连。需要说明的是，前陆盆地研究中常常涉及到复理石（Flysch）和磨拉石（Molasse）的概念。这类早期的地层沉积组合概念，当初仅有岩石地层组合的意义，如瑞士 B. 施图德（1827）在研究阿尔卑斯古近—新近纪地层时，把坚硬的黑灰色页岩、砂岩韵律性组合称为复理石，把松散的长石砂岩组合称为磨拉石。仅在后期才和一定的大地构造环境相联系。从其普遍意义上讲，复理石指的是造山前或早期造山条件下的深水碎屑沉积物，复理石在地层顺序上向上常变为磨拉石；磨拉石是一种浅海到非海相的沉积，它们是在晚期造山条件到造山期后条件下形成的（许靖华，1970）。

三、前陆盆地的基本类型

Dickinson（1974）将前陆盆地分为两个基本大类，即周缘前陆盆地（Peripheral Foreland Basin）和弧后前陆盆地（Retroarc Foreland Basin）（图 1-2）。周缘前陆盆地指的是形成于大陆壳表面向下拖曳与碰撞造山缝合线带相接之处，相邻造山带倒向盆地，蛇绿岩缝合线带比岩浆岩带和火山岩带更接近于盆地（图 1-2B）；弧后前陆盆地形成于大陆壳表面向岛弧造山带的后侧方向下拖曳处，相邻造山带是遥远地倒向这类台地，蛇绿岩消减杂岩体比岩浆岩带和火山岩带更远离这类盆地（图 1-2A）。在前陆盆地的演化过程中，有时可能因基底卷入前陆变形作用，造成块状隆起和基底—核部褶皱向前陆盆地推进，早期形成的前陆盆地到晚期变形成为背驮盆地或逆冲带，前渊凹陷部分残留，此类盆地被称为破裂盆地，这种变形样式可以发生在周缘环境或弧后环境中（图 1-3）。

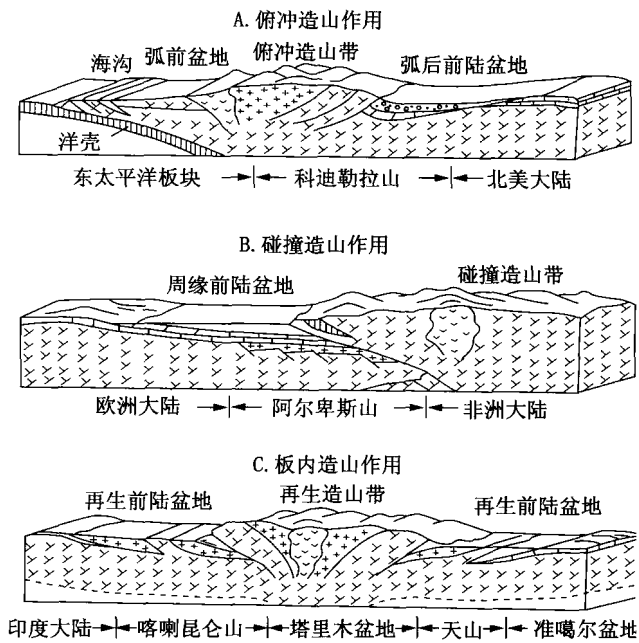


图 1-2 前陆盆地发育的三种基本类型图示
A—弧后前陆盆地；B—周缘前陆盆地；C—再生前陆盆地

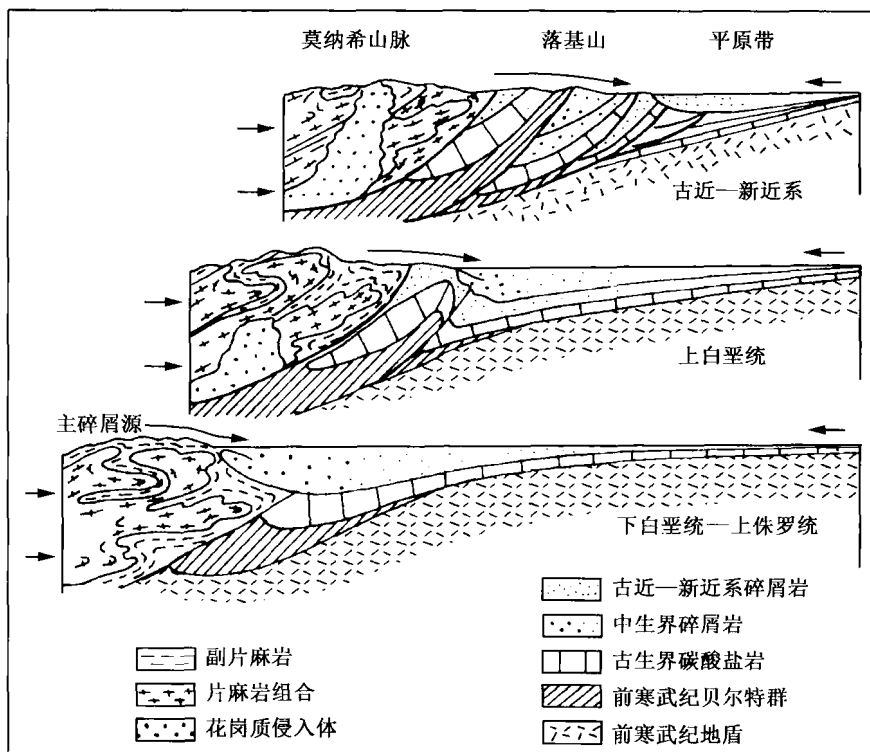


图 1-3 破裂前陆盆地演化过程

周缘前陆盆地如北阿尔卑斯山山前磨拉石盆地、波斯湾古近—新近纪盆地等，弧后前陆盆地如北美中生代岩浆弧以东落基山山前的海相白垩纪盆地、加拿大阿尔伯达盆地和安第斯山东面的新生代盆地。

弧后前陆盆地可以形成于压性火山弧的后缘（如现代东太平洋大陆边缘的安第斯山的东侧地区），也可以形成于弧—陆碰撞时期的弧后地区。应注意弧后盆地与弧后前陆盆地之间的区别，前者形成于岛弧后的伸展作用，与大洋板块向大陆板块俯冲作用过程中在岛弧后侧形成的一个次级对流环有关；后者形成于压性弧的后缘，与前陆盆地毗邻的构造单元是前陆褶皱冲断带，而并非一个古岛弧。

除 Dickinson 的分类外，不同学者又从不同方面对前陆盆地进行了分类。Ricci-Lucchi (1986) 划分出四种类型的前陆盆地，即简单型、复杂型 I、复杂型 II、与背驮盆地有关型和沉积后变形型。Shannon 和 Naylor (1989) 提出大前陆盆地和小前陆盆地的概念，认为前陆盆地的实际位置取决于拆离面的位置和仰冲板片的厚度；Johnson 等根据前陆盆地在楔形体上的位置划分为前侧前陆盆地和后侧前陆盆地；根据前陆盆地发展阶段可划分为复理石盆地和磨拉石盆地，即早期为海相复理石充填，晚期为陆相磨拉石充填，分别对应欠充填盆地和过充填盆地两个概念 (Allen P. A., Allen J. R., 1990; Sinclair H. D., Allen P. A., 1992; Watts A. B., 1992)。在国内，甘克文等 (1992) 根据盆地沉积时的大地构造背景和成因机制将前陆盆地划分为 4 种类型，即边缘弯曲盆地、边缘块断盆地、碰撞前陆盆地和弧后前陆盆地。

卢华复 (1994) 根据中国西部盆地的特点提出了再生前陆盆地 (Rejuvenative foreland basin) 新类型。所谓再生前陆盆地是指中国有些地区的造山作用与同时代的俯冲作用或碰撞作用无关，也缺少同时代的岩浆弧或蛇绿混杂岩带；沿这些造山带分布的盆地与古特提斯构造阶段造山带在新特提斯构造阶段的再活动有关，且特征与前陆盆地类似。这类盆地具有以下几方面的特点：①这类盆地在构造格局、变形方式、沉积特征与典型的前陆盆地十分相似；②空间上不与同时期的碰撞缝合带直接紧靠，而是远离碰撞缝合带；③与印藏碰撞的远距离构造效应导致古造山带的重新活动有关；④一般不具有从海相到陆相沉积、演化过程，而全是陆内的沉积作用；⑤这类盆地在新生代之曾经为典型的前陆盆地。因此，再生前陆盆地属大陆板块内部构造，中国西部中—新生代，特别是新生代的板内造山作用，在古造山带与克拉通之间的造山带前缘往往形成多个再生前陆盆地。最典型的再生前陆盆地是库车再生前陆盆地 (图 1-4)。

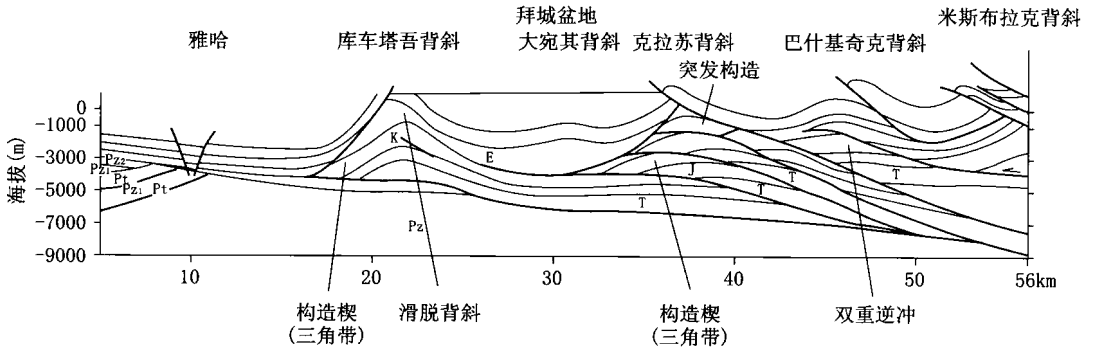


图 1-4 库车再生前陆盆地

因此，根据盆地的发育特征，并结合汇聚型板块边界的演化阶段，我们可以将前陆盆地划分为以下三种基本类型，即周缘前陆盆地、弧后前陆盆地、再生前陆盆地（图 1-2）。

（1）大洋俯冲造山作用与弧后前陆盆地：大洋俯冲造山作用导致岛弧和弧后地区形成强的挤压应力，在弧后地区发育前陆盆地，如南美安第斯山弧后前陆盆地及云南楚雄盆地等。它与高温低压条件下的岩浆弧带相邻，而远离高压低温条件下的增生楔单元（蓝片岩、蛇绿混杂岩等）。

（2）大陆碰撞造山作用与周缘前陆盆地：两个大陆之间的大洋消亡，大陆与大陆之间发生碰撞造山作用，在俯冲板块靠近缝合线一侧发育有周缘前陆盆地。周缘前陆盆地邻近高压低温条件下的增生楔单元（蓝片岩、蛇绿混杂岩等），远离高温低压条件下的岩浆弧带。如阿尔卑斯喜马拉雅造山带及其伴生的周缘前陆盆地，又如著名的波斯湾扎格罗斯前陆盆地。

（3）板内造山作用与再生前陆盆地：板内造山作用往往与古造山带密切相关，是古造山带受到区域构造应力的影响而再次活动，仰冲壳楔再次冲断到俯冲壳楔之上，导致俯冲壳楔之上发育了新的前陆盆地，该前陆盆地称为再生前陆盆地，如中国新生代天山及其相邻南北两侧前陆盆地。板内造山作用缺乏同时代蛇绿混杂岩带。这些盆地的特征对比可以用表 1-1 来表示。

表 1-1 前陆盆地的基本类型及其特点

前 陆 盆 地	前陆盆地类型		成 因	现 今 位 置	发 育 时 间	地 层 层 序
	周缘前陆盆地	破裂前陆盆地	与碰撞造山作用有关	位于俯冲板块邻近造山带一侧	碰撞造山过程中	海相到陆相
	弧后前陆盆地		与俯冲造山作用有关	位于仰冲板块的弧后地区	洋壳俯冲期间至大规模大陆碰撞过程	海相到陆相
	再生前陆盆地		与板内造山作用有关	分布于古造山带的两侧	古造山带形成之后	陆相

四、前陆盆地的基本鉴别标志

前陆盆地有其特征的构造背景、沉积体系、构造样式、盆地模式、沉降机制、成因机理与油气聚集特点，主要特征如下。

（1）周缘前陆盆地发育在被动边缘（或克拉通周缘盆地、拗陷槽、陆内裂谷、热沉降拗陷等构造背景）之上，是在由伸展环境向聚敛环境的过渡转变及发展的过程中形成的。

（2）周缘前陆盆地与碰撞作用有关；弧后前陆盆地与 B 型俯冲作用和碰撞作用有关。对于与碰撞作用有关的弧后前陆盆地，是在弧陆碰撞阶段，弧后盆地的消减（俯冲极性与早期的 B 型俯冲相反）导致岛弧与后缘的大陆发生碰撞，从而发育了弧后前陆盆地。

（3）前陆盆地常为狭长形态，形态的不规则性受周缘山系的控制，盆地大小悬殊，它与盆地发育程度有关，处于初级发育阶段的盆地狭小较深，发育完全的盆地宽阔较浅；在地貌上由山系向克拉通地势趋于平缓。图 1-5 为酒泉盆地新近纪—第四纪前陆盆地的沉积厚度和构造单元划分图，从图中可以发现盆地呈北西方向的长条型展布，靠近祁连山一侧的厚度大，而北侧的厚度较薄。

（4）剖面形态不对称，近造山带一侧陡，向克拉通一侧宽缓，可以是简单类型，也可

以是背驮盆地等构成的复杂类型。一般地，由造山带向克拉通方向可以划分为三部分：褶皱冲断带（常为薄皮构造）构成的活动翼或造山楔形体；紧邻活动翼或位于冲断带下盘的深拗（凹）陷—前渊；连接深拗陷进一步向克拉通方向延伸的稳定前陆斜坡及前缘隆起（图 1-6）。

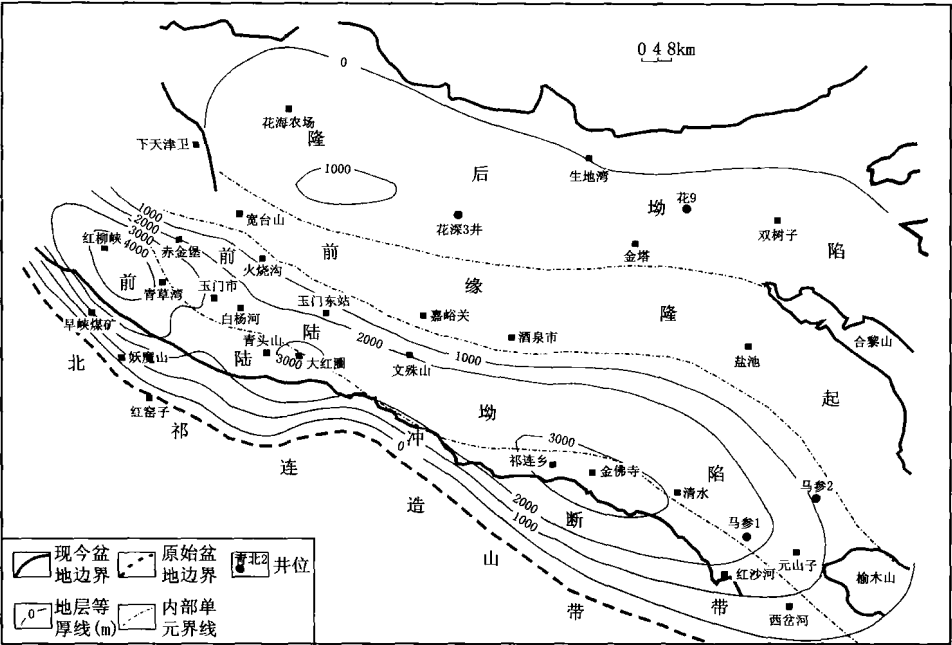


图 1-5 酒泉盆地新近纪—第四纪前陆盆地的沉积厚度和构造单元划分图

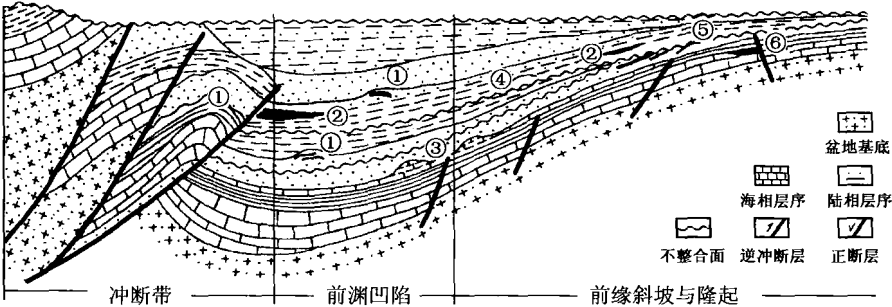


图 1-6 前陆盆地的构造单元划分

①构造圈闭；②地层圈闭；③深盆气藏；④岩性圈闭；⑤地层—岩性圈闭；⑥断块圈闭

(5) 前陆褶皱冲断带发育有大量的冲断层和断层相关褶皱（图 1-7）；前缘隆起部位常发生挠曲应力产生的张或张扭断裂，在后期可能出现反转。同时，由于盆地发育在被动大陆边缘之上，被动大陆边缘层序中的正断层在前陆盆地发育期可能反转，向上切穿前陆盆地层序。

(6) 前陆盆地位于陆壳上，一般缺乏岩浆作用事件，但下伏被动大陆边缘层序中可能出现岩浆活动。

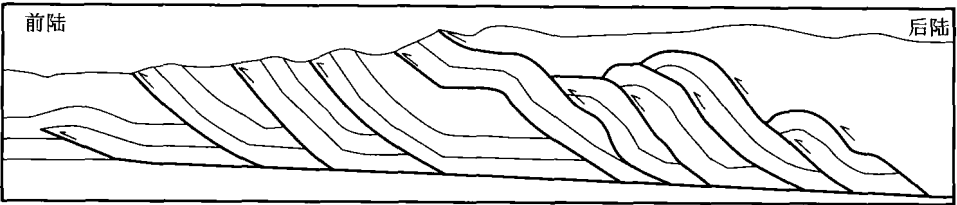


图 1-7 前陆褶皱冲断带剖面示意图

(7) 前陆盆地的沉积层序表现为：在下部主要是低位体系域，可出现浊流沉积；向上过渡为海进或高位体系域，为浅海陆架、滨海平原等沉积，三角洲沉积（扇三角洲、辫状三角洲等类型）是一主要特征，后期出现洪积扇、网状河等沉积。

(8) 前陆盆地的沉积主要受基准面（Base-level）、构造地形、气候等多种因素控制，在早期基准面为相对海平面，在后期基准面为相对的湖平面等；构造地形的控制表现在对物源、水系等的控制方面。

根据上述构造与沉积等方面的标志可以判断一盆地是否为前陆盆地，这是一项综合性的研究工作。

五、前陆盆地的演化

为了研究前陆盆地的构造演化特征，选择了北美大陆三个典型的前陆盆地：北美的落基山、美国东部的阿巴拉契亚、美国南部沃希托北缘的阿科马。这些前陆盆地都是由早期处于拉张构造背景下的被动陆缘、裂谷、拗拉槽等盆地发生构造反转，形成的挤压背景下的前陆盆地，大致分为四个演化阶段（表 1-2）。

表 1-2 北美主要前陆盆地的构造演化阶段

构造演化	阿巴拉契亚前陆盆地	落基山前陆盆地	阿科马前陆盆地
拉张构造阶段：被动陆缘、裂谷为主，复理石沉积	Z ₃ —O ₁ 被动大陆边缘	Z—J ₂ 被动陆缘	Z ₃ —S 陆缘裂谷盆地
早期聚敛碰撞阶段：外来地体与被动边缘斜坡碰撞，岩石圈挠曲形成前渊，底部不整合	O ₂ —S ₁ 塔康造山活动	J ₂ —K ₁ 塞维尔活动	D—C ₁ 洋盆开始关闭
构造平缓阶段：构造挤压载荷松弛，以页岩沉积为主，前隆改造，底部不整合	D 阿卡德造山期	K ₂ 构造平缓期	D—C ₁ 残余洋盆
碰撞造山、快速充填阶段：逆掩冲断推覆构造，断层位移超过被动陆缘，磨拉石沉积为主	C—P 阿勒格尼造山期	K ₃ —E 拉勒米造山期	C ₂ —P 阿尔力格民造山期

1. 早期裂谷型被动边缘阶段

周缘前陆盆地都曾经历过早期的裂谷型被动边缘阶段，在此期间，在拉张的裂谷型大陆边缘上沉积了一套从大陆架、大陆坡到大陆隆的被动边缘建造。北美落基山地区从前寒武纪到中侏罗世期间处于这一阶段，形成了一个分布广泛的被动大陆边缘沉积体系，以碳酸盐岩为主，夹有来自东面和西面物源区的碎屑沉积物；美国东部的阿巴拉契亚盆地（表 1-2）从前寒武纪晚期至早奥陶世为被动边缘阶段，沉积以陆架碳酸盐岩和泥质斜坡相为主，厚度极大；美国南部沃希托造山带北侧的一系列盆地在古生代早期和中期均为被动大