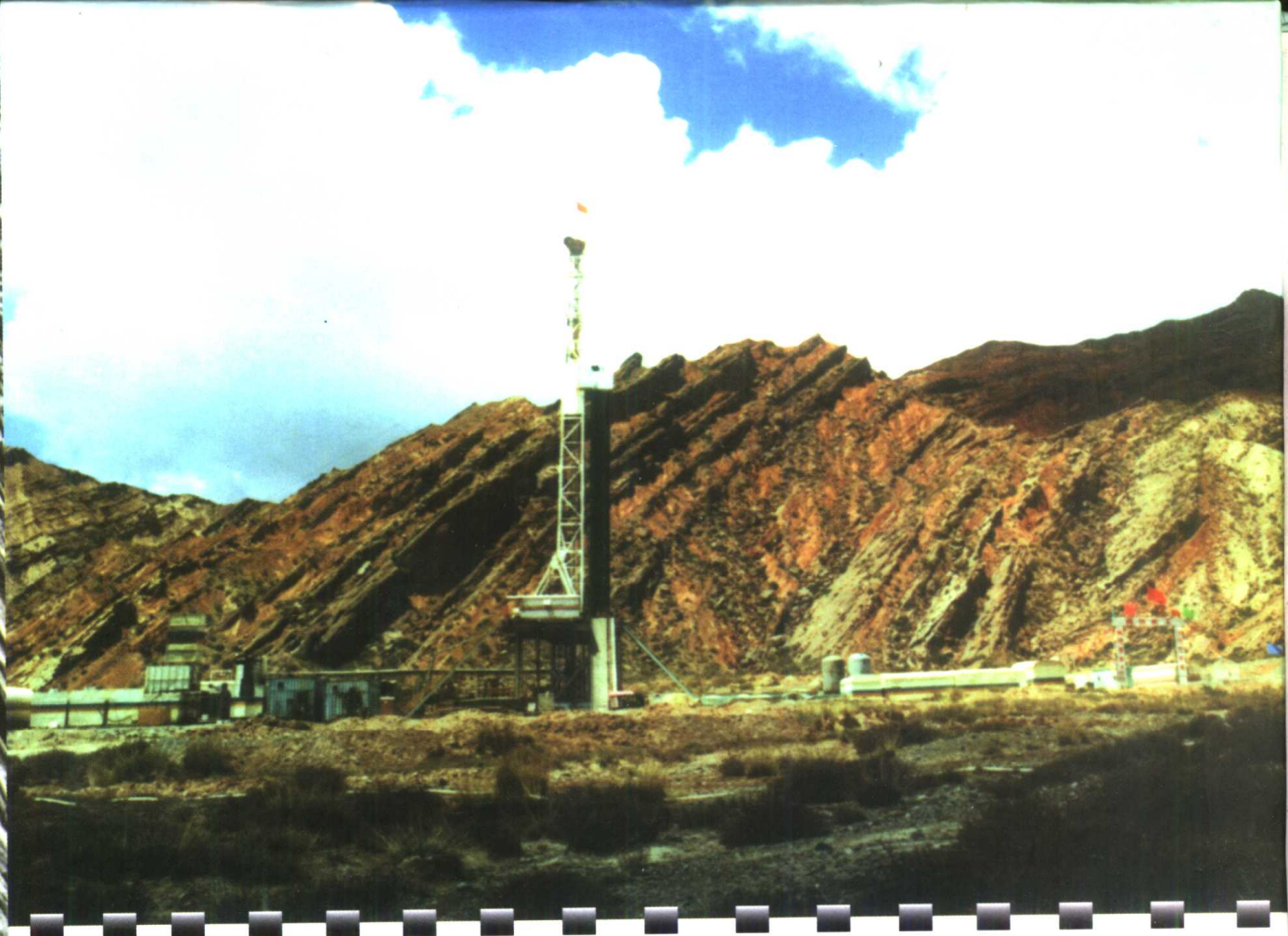




前陆冲断带油气勘探

贾承造 等著

石油工业出版社

PETROLEUM INDUSTRY PRESS



前陆冲断带油气勘探

贾承造 何登发 雷振宇 著
周 路 贾进斗 王桂宏

石油工业出版社

内 容 提 要

本书应用现代构造地质学的原理与方法,对处于盆—山耦合系统中关键部位的前陆冲断带进行了综合分析。首先在讨论前陆冲断带的大地构造背景、结构类型及构造样式的基础上,探讨了冲断构造演化对沉积的控制特点;在对前陆冲断带成藏要素特征及其制约因素分析的基础上,剖析了前陆冲断带的油气成藏特征与油气田分布规律;在对前陆冲断带油气勘探历程分析的基础上,详细介绍了前陆冲断带的综合物探技术及中国中西部前陆冲断带的油气勘探对策。

本书可供从事石油地质研究与油气勘探的科研与管理人员使用,也可作为石油和天然气地质学专业的高年级大学生和研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

前陆冲断带油气勘探/贾承造等著.

北京:石油工业出版社,2000.10

ISBN 7-5021-3143-4

I. 前…

II. 贾…

III. 前陆盆地—油气勘探

IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 71674 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 22.75 印张 580 千字 印 1—1000

2000 年 10 月北京第 1 版 2000 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3143-4/TE·2393

定价: 65.00 元

序

由贾承造、何登发、雷振宇等同志合著的《前陆冲断带油气勘探》是一本科学理论与技术实践相结合，反映了当代油气勘探领域中一个重要方面的理论和技术前沿的专著，同时又是为西部大开发在油气资源方面的迫切需要提供科学技术参考和支持的力作。我对专著的出版表示衷心的祝贺，对专著的作者们表示诚挚的敬意。

首先，专著的名称体现了明确的目标，范围似乎不是很广。但实际上它的内容涉及油气勘探的理论和实践、国内和国外、发展和历程，以及远景和对策的各个方面，是在这一前缘领域内对国内外已有工作的简要回顾和较全面的论述，因而对西部即将开展的这一领域的工作具有重要的参考价值。

其次，从学术方面看，前陆盆地冲断带的构造概念可以追溯到百年以上，它与油气勘探的结合几乎也是同样久远。但人们对前陆盆地冲断带的构造特征及大地构造意义则是在 60 年代板块构造学说建立以后，才有了进一步的了解。板块学说的出现激发了地质科学各学科之间的融合。盆地分析和盆地构造史的研究使沉积学、地层学和构造地质学紧密结合。油气勘探的目标要求一方面推动地质多学科的综合研究，共同为油气地质的成烃和成藏研究服务，另一方面又推动了油气勘探技术的发展。数字地震技术的出现和地下构造成像的成功才真正使油气地质理论和勘探技术相互结合并进，取得了大规模发现油气田的效果。这也是现代地球系统科学与配套的高新技术相互结合在生产事业中取得成果的体现。

第三，从盆地研究来说，板块学说的建立为盆地的分类提供了较为全面的构造定位和力学背景。80 年代后期以来，大陆地质和盆地分析受到更多的关注。从那时以来，中外学者都曾提出中国盆地的分类体系。不少学者强调了前陆盆地，特别是弧后前陆盆地的大量存在及其重要意义。由于中国盆地发展的多阶段、多旋回的叠加性质，特别是侏罗纪晚期以来陆相盆地在中国东部和西部之间的明显差异和丰富多彩，同时也考虑到这些中、新生代盆地与其基底自晚元古代至早中生代构造阶段中形成的盆地类型的复杂关系，要想用一个分类体系来全面概括中国的盆地类型，无疑是困难的。也许可以设想，如果朱夏院士曾经提出的，将中国盆地至少分为两个不同的阶段或世代，各自建立分类系统。重点应当放在中生代以来的阶段。

第四，从勘探手段上，油气勘探是一个复杂的系统工程。中国的陆相盆地不独有地区性和阶段性的差异，就是铜属前陆冲断带，也会由于前陆的性质和规模，以及与之相邻的造山带的特征，形成盆山互动的复杂条件和影响。在这种情况下，不独要做好盆地自身及相邻造山带的联系研究，充分揭露其相互关系和特征，更要根据这些特征，对资料的采集处理和构造建模以及选取钻探测试手段，都要设计出行行之有效的配套勘探方法组合，才能具有针对性，才能提高效率。

最后，还可提出几点设想或联想，一是我国的陆相生油学说虽然已有了较好的基础，但随着经济建设的更高要求和科技的飞速进步，还应在理论依据、立典建模以及相应的勘探方法上更进一步，使其在新的历史时期发挥更大的作用。二是我国的油气能源事业已经走上国际舞台，参与全球竞争。应当加速掌握油气理论与勘探技术的最新走势，加强总结开放以来

的信息成果以及开放前的大量信息资料的择要整理，以求建立和强化我们网上信息优势，在一些方面与国际上一争短长。三是培养和用好人才，利用一切渠道，发挥高等院校的作用，明确目标，固定联系，组成现有中年人才的丰富经验与培育青年信息专业的优势互补，以求取得最佳效益。

我再一次向专著的作者们致敬，祝愿他们新的历史时期取得更大的成就。

王 鸣 穆

2000年6月于北京

序

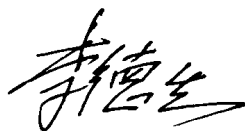
中国石油地质家和勘探家在新世纪来临之际，面对着严峻的挑战。在过去半个世纪我国石油工业顺利的发展时期，发现了一系列大油气田：如大庆、胜利、辽河、大港、任丘、中原、克拉玛依、玉门、吐哈、尕斯库勒、渤海绥中 36-1、秦皇岛 32-6、蓬莱 19-3 和南海流花 11-1 等大油田和四川川东石炭系，鄂尔多斯中部气田、塔里木克拉 2，东海平湖—春晓、南海崖 13-1，东方 1-1 等大气田。使我国在二十世纪末原油年产量保持在 1.6 亿吨，天然气年产量保持在 240 亿立方米的水平。要赶上新世纪我国国民经济全面上升的势头，面对能源和环保的新要求，我们必须加强油气上游工业的投资力度，寻找新的后备资源和可采储量，不断发现更多新的大油气田。

对中国含油气盆地的研究，离不开对中国大地构造理论和含油气盆地的认识。经过长期的研究工作，中国的石油构造学者认识到中国大陆板块处于一个比较复杂的构造体系中，盆地的形成和改造均经历过构造格局的重大变化。在时间上具有多旋回性，在空间上各种原型盆地相互转化、接合和改型，形成了多期叠加的多套含油气系统。前陆冲断带（逆掩带）油气区属于挤压运动作用下由碰撞带和前渊型沉降区组成，为世界上最丰富的油气区类型之一。

1979 年在英国伦敦召开了“冲断推覆构造”国际会议，会后由 N.J.Price 和 K.R.McClay 主编出版了《冲断推覆构造》(1981) 一书，共包含 45 篇论文，涉及加里东造山带、阿尔卑斯造山带、欧亚地区板块边缘冲断带和南、北美洲前陆冲断推覆体等。全书的缺点是缺乏有关中国的资料。现在贾承造、何登发、雷振宇、周路、贾进斗、王桂宏等新著《前陆冲断带油气勘探》(2000 年) 是一本具有中国构造地质学特色的专著；书中列举了我国川西龙门山前褶皱—冲断带，鄂尔多斯西缘前缘前陆冲断带，柴达木盆地南、北缘前陆冲断带，准噶尔盆地南缘和西北缘冲断带，塔里木库车前陆，塔西南山前前陆冲断带，祁连山北缘前陆带和吐哈台北缘前陆冲断带等近年来的勘探实际资料，不仅丰富了世界有关冲断推覆构造的中国中西部实例，并且在前陆冲断带构造演化对沉积的控制，前陆冲断带成藏要素和油气藏特征，和前陆冲断带地震勘探技术和非地震勘探技术等方面均进行了有意义的探讨。

就经济意义而言：《中国四川东部高陡构造石炭系气田》的专著（胡光灿等，1997）总结了具有大气区资源前景的川东构造特征和勘探技术；这本由贾承造和何登发等所著的《前陆冲断带油气勘探》又总结了像克拉 2 气田群的库车坳陷大气区资源前景的构造特征和勘探技术。中国的石油地质家和油气勘探家在迈入新世纪时期，在发现更多新的大油气田方面将大有作为。

中国科学院院士



2000 年 7 月

前 言

前陆 (Foreland) 是一造山带向外凸出的部分, 它较之造山带的其它部分更为接近大陆内部, 在该部位发生变形, 但一般无强烈的变质作用。冲断 (Thrust) 是指一地壳单元掩盖在另一地壳单元上的逆冲运动, 如冲断断裂作用 (Thrust faulting)。冲断层 (Thrust fault) 是一条在其大部分延展范围内倾角小于或等于 45° 的断层, 其上盘相对于下盘向上运动, 水平挤压缩短 (而非垂向位移) 是其主要特点; 在这个意义上也有人将其定义为“达到填图规模的收缩断层”; 它与逆断层 (Reverse fault) 部分同义, 而与 Thrust, Overthrust 用法一致。冲断席 (Thrust sheet) 是指位于一条大规模的断面水平或缓倾的冲断层之上的岩体, 它的同义词是冲断块 (Thrust block), 冲断推覆体 (Thrust nappe), 冲断片 (Thrust plate)。冲断系统 (Thrust system) 是指在几何学上相似、在运动学上相关的冲断层的组合。褶皱—冲断带 (Fold-thrust belt) 代表一个构造单元, 常位于造山带的边缘, 地壳通过沿近于平行的指向造山带外部的冲断层滑动发生缩短, 褶皱的形成与冲断层有关; 冲断层交汇于位于基底—盖层接触面或紧邻处的近水平的区域滑脱面上; 在大多数褶皱冲断带的尾部, 基底卷入了冲断作用; 它的同义词是褶皱和冲断层带 (Fold-and-thrust belt)。前陆冲断带 (Foreland thrust belt or foreland fold-thrust belt) 即是处于造山带与盆地之间的过渡部位, 造山带向盆地方向大规模掩冲推覆所形成的冲断系统。由于它所处的特殊构造部位, 无论是研究盆地成因还是造山带演化, 都离不开对这一部位的剖析, 因此, 它始终是研究盆—山耦合关系的关键地段。同时, 在这一特殊构造部位, 蕴藏了丰富的油气资源, 始终是油气勘探的重点领域。

前陆冲断带的油气勘探已有一个半世纪的历史。早期的勘探是围绕着油气苗进行浅钻, 如在阿巴拉契亚山、落基山、喀尔巴阡山、乌拉尔山、阿尔卑斯山、比利牛斯山等的前陆冲断带, 早在 19 世纪中叶就开始了油气钻探的工作, 也不断获得油气发现。但大规模的油气发现是在有了数字地震技术之后, 可以对地下构造进行成像, 找准地下构造的具体部位。

中国中西部前陆冲断带是中国油气工业的摇篮, 独山子油田 (1937 年)、老君庙油田 (1939 年)、克拉玛依油田 (1955 年)、冷湖油田 (1958 年)、依奇克里克油田 (1958 年) 等的发现为新中国建国初期的经济发展作出了卓越贡献。近年来, 在库车、淮南、柴北缘、川西等前陆冲断带中不断取得了大的突破, 发现了包括克拉 2 号大气田在内的一系列油气田, 将中西部地区前陆冲断带的油气勘探带入了一个新的历史阶段。

在对前陆冲断带进行油气勘探的过程中, 人们发现一些前陆冲断带油气资源极为丰富, 如中东扎格罗斯山前地区; 一些前陆冲断带油气资源则较匮乏, 含油丰度很低; 即使是同一前陆冲断带, 在某些段落油气富集形成大油气田, 而另一些段落油气分布分散。是什么原因造成前陆冲断带如此贫富不均? 又是什么因素造成同一前陆冲断带含油气的分段性? 前陆冲断带的油气成藏与分布有何特殊规律? 这始终是前陆冲断带的油气勘探家努力探讨的问题。

前陆冲断带的油气勘探又是一项长期而又繁杂的系统工程。由于不同的前陆冲断带都有其独特性, 无论是山地地震资料的采集、处理与构造建模, 还是钻探、测试等方面都要因地制宜。因此, 需要对前陆冲断带的油气勘探技术进行讨论, 以便寻找出配合好、效率高的油

气勘探方法的组合。

以上两个主题正是本书要讨论的主要内容。前陆冲断带油气勘探的效果取决于其自身的特点与它所叠加的基础，油气田发现的快慢则与油气勘探方法是否有效有关。因此，本书首先讨论前陆冲断带的构造特点、前陆冲断带对沉积的控制作用、前陆冲断带的生储盖组合与成藏组合类型、前陆冲断带的油气成藏特点与油气分布规律，然后对山地地震勘探原理与非地震勘探方法进行介绍。在前陆冲断带，加强物探技术的综合应用与地质综合研究是提高勘探效率的重要保证。

本书的编写分工是：第一、五、八章：贾承造，何登发；第二、三章：雷振宇；第四章：雷振宇，何登发；第六章第一、二、四节：贾进斗；第六章第三节：王桂宏；第七章：周路；最后由贾承造、何登发负责统稿。吴奇之教授审阅了第七章，并提出了修改意见。本书的写作得到了王鸿祯院士、郭令智院士、李德生院士、田在艺院士、戴金星院士、何国琦教授、李思田教授、彭大钧教授等的亲切指导。也得到了童晓光教授、宋建国教授、陈永武教授、赵文智教授、薛叔浩教授、顾家裕教授、谢晓安教授等的帮助与鼓励。窦烨女士、瞿辉博士、杨芝林工程师帮助清绘整理了图件，在此一并致谢。

作者

2000年5月

目 录

【解】(1) 由题设知, 当 $x \rightarrow 0$ 时, $\frac{1}{x} \ln \frac{1}{x} \rightarrow 0$, 故 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x} \ln \frac{1}{x} = 0$. 又 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x} \ln \frac{1}{x} = 0$, 故 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x} \ln \frac{1}{x} = 0$.

三、前陆盆地层序地层研究实例·····	(138)
第四节 典型前陆盆地沉积-构造演化·····	(142)
一、阿尔伯达盆地(加拿大西部盆地)·····	(142)
二、美国落基山盆地·····	(144)
三、南美麦哲伦前陆盆地·····	(146)
四、磨拉石盆地·····	(147)
五、扎格罗斯前陆盆地·····	(149)
六、恒河盆地·····	(151)
七、台湾西部前陆盆地·····	(153)
八、南非卡鲁(Karoo)弧后前陆盆地·····	(155)
第五节 中国中西部前陆型盆地沉积特征·····	(157)
一、库车前陆型盆地·····	(160)
二、塔西南新生界前陆型盆地·····	(163)
三、鄂尔多斯(西缘)前陆型盆地·····	(168)
四、川西龙门山前前陆型盆地·····	(171)
第三章 前陆冲断带成藏要素特征·····	(178)
第一节 前陆冲断带生油岩特征·····	(178)
第二节 前陆冲断带储集岩特征·····	(182)
第三节 生储盖组合及成藏组合类型·····	(185)
一、生储盖组合·····	(185)
二、油气成藏组合类型·····	(188)
三、层序地层学对生储盖层及成藏组合类型的预测·····	(191)
第四章 前陆冲断带油气藏特征·····	(197)
第一节 前陆冲断带油气藏特征·····	(197)
一、国外前陆冲断带油气藏特征·····	(198)
二、中国中西部前陆冲断带油气藏特征·····	(204)
第二节 前陆冲断带构造叠加对烃源岩成熟度的影响·····	(211)
一、理论原理·····	(211)
二、研究实例:塔西南和田区块南部山前带烃源岩成熟度研究·····	(213)
第三节 前陆冲断带油气成藏特点·····	(219)
一、前陆冲断带具有良好的油气垂向运移通道·····	(219)
二、前陆冲断带逆冲推覆构造与异常高孔隙流体压力带·····	(221)
三、前陆冲断带油气藏晚期成藏的特点·····	(221)
四、前陆冲断带多期次构造运动与油气聚集·····	(223)
五、前陆冲断带的油气保存条件·····	(223)
第四节 前陆冲断带油气分布特征·····	(224)
一、国外典型前陆冲断带油气分布特征·····	(224)
二、中国中西部典型前陆冲断带油气分布特征·····	(225)
第五章 前陆冲断带油气勘探历程·····	(234)
第一节 国外前陆冲断带的油气勘探历程·····	(234)

一、北美前陆冲断带·····	(234)
二、特提斯构造带·····	(238)
第二节 中国中西部前陆冲断带油气勘探历程·····	(242)
一、建国之前初步调查阶段·····	(243)
二、初步认识与突破阶段·····	(246)
三、全面勘探阶段(80年代以来)·····	(251)
四、展望与结论·····	(254)
第六章 前陆冲断带的非地震勘探·····	(256)
第一节 前陆冲断带的重磁力勘探·····	(257)
一、重磁力勘探原理·····	(257)
二、重磁力勘探技术发展状况·····	(257)
三、实例分析·····	(258)
第二节 前陆冲断带的电磁法勘探·····	(262)
一、电磁法勘探原理·····	(262)
二、勘探实例分析·····	(265)
第三节 前陆冲断带遥感解译与应用·····	(271)
一、遥感原理·····	(271)
二、地质构造遥感解译原理·····	(273)
三、山前冲断带遥感解译分析:以吐哈盆地台北凹陷山前带遥感解译分析为例 ·····	(276)
四、遥感在冲断带油气勘探中的作用·····	(278)
第四节 前陆冲断带非地震综合勘探·····	(280)
第七章 前陆冲断带地震勘探技术·····	(286)
第一节 前陆冲断带地震野外采集技术·····	(289)
一、山区科学选线技术·····	(289)
二、山区野外测量技术·····	(289)
三、复杂地表区低降速带与干扰波调查技术·····	(290)
四、不同地表条件地震波激发和接收技术·····	(291)
五、西部探区采集效果分析·····	(303)
第二节 前陆冲断带地震资料处理技术·····	(307)
一、复杂地表区的静校正技术·····	(307)
二、地表一致性处理技术·····	(314)
三、复杂地区去噪技术·····	(315)
四、高陡复杂构造地震偏移技术·····	(324)
第三节 前陆冲断带地震构造解释技术·····	(337)
一、地震资料品质分析·····	(337)
二、野外地质露头调查和吸收非地震勘探成果·····	(338)
三、以模型为基础的构造解释·····	(339)
第四节 前陆冲断带地震勘探中存在的问题·····	(344)
第八章 前陆冲断带的油气勘探潜力与勘探对策·····	(346)

第一节 前陆冲断带的油气勘探潜力·····	(346)
一、前陆冲断带的油气形成与分布规律·····	(346)
二、前陆冲断带的油气勘探潜力·····	(348)
第二节 前陆冲断带的油气勘探对策·····	(348)
一、综合物探技术·····	(348)
二、构造综合解释技术·····	(349)
三、过硬的配套钻井技术·····	(349)
四、“临门一脚的”测、试组合技术 ·····	(350)
五、前期油藏描述技术·····	(350)
六、石油地质综合研究与评价技术·····	(350)

第一章 前陆冲断带的构造特征

第一节 前陆冲断带的大地构造背景

造山变形可以在大范围内连续发生，所形成的造山带可以划分为三个大地构造相单元：阿勒曼相、凯尔特相和雷特相（许靖华等，1998）。阿勒曼相是滑脱沉积盖层的褶皱冲断变形，即典型的前陆地区薄壳式变形；凯尔特相以各种变质作用条件下的韧性变形为特征，如彭宁带阿尔卑斯的亮片岩、蛇绿混杂岩与活化基底推覆体；雷特相是“上冲体”，以奥地利带刚性基底推覆体为特征。在这种阿尔卑斯造山带概念中，凯尔特相是“下插体”，阿勒曼相是“逃逸体”，是向前陆地区不断冲断而形成的构造带，本书称其为“前陆冲断带”。无论采用何种称呼，造山带前缘的陆内俯冲结构（如塔里木盆地西南缘）表明造山带仰冲、盆地所在块体向造山带之下俯冲的现象始终是存在的，在它们之间，是一运动指向盆地内部的冲断构造带。由于该带地处盆—山结合部位，是揭示二者“关系”的窗口，一直是地质学家竭力认识的对象；同时该部位蕴藏有丰富的油气资源，又是勘探家热衷关注的重点领域。从前陆盆地的构造背景来看，主要有弧后前陆盆地、周缘前陆盆地与晚期前陆盆地等类型，相应地，前陆冲断带也有三种类型。

一、弧后前陆盆地前陆冲断带

弧后前陆盆地是前陆盆地的一种重要类型，弧后造山作用理论（许靖华等，1998）认为可能是最为发育的一种前陆盆地。这类盆地发育在北美落基山山前，南美新生代弧后和古特提斯带（北特提斯）。弧后前陆冲断带的形成与“A”型俯冲关系密切，但“B”型俯冲对其形成也起制约作用。

阿尔卑斯—喜马拉雅山链位于北侧的稳定的劳亚大陆和南侧的非洲—阿拉伯—印度大陆（冈瓦纳）之间。特提斯造山带的形成经历了裂谷作用，随后的漂移作用与最终的不同大小的来自冈瓦纳的碎块增生于特提斯北部（劳亚大陆）活动陆缘的过程（Robertson 和 Dixon, 1984; Sengor, 1984）。沿冈瓦纳边缘的大陆裂解作用造成了其后新的洋盆的形成，这个新的“洋盆”即是新特提斯，而其北侧的老洋盆就是“古特提斯”。俯冲—增生杂岩体向劳亚大陆的逐渐“聚合”导致了俯冲前缘及相应的岩浆作用向南的迁移（Sengor 等，1988, 1991）。

图 1-1 是古特提斯洋北缘演化的一个实例，表示了北特提斯边缘中蓬蒂斯段晚侏罗世前的大地构造演化过程。古特提斯洋在晚古生代—早中生代向北俯冲（图 1-1 (a)）导致了劳亚大陆南缘弧后边缘海盆的形成（图 1-1 (c)），边缘海盆可能与俯冲回流及古特提斯洋俯冲带上盘的主动拉张有关。二叠纪期间有一碎块（以 Karg 1 杂岩为代表）自冈瓦纳北缘裂解跨古特提斯洋向北漂移（图 1-1 (d)），它记录了自碳酸盐岩台地向前渊的转变过程，这与在晚二叠世—早三叠世期间和劳亚大陆南缘附近的海沟相碰撞有关（图 1-1 (f)）；

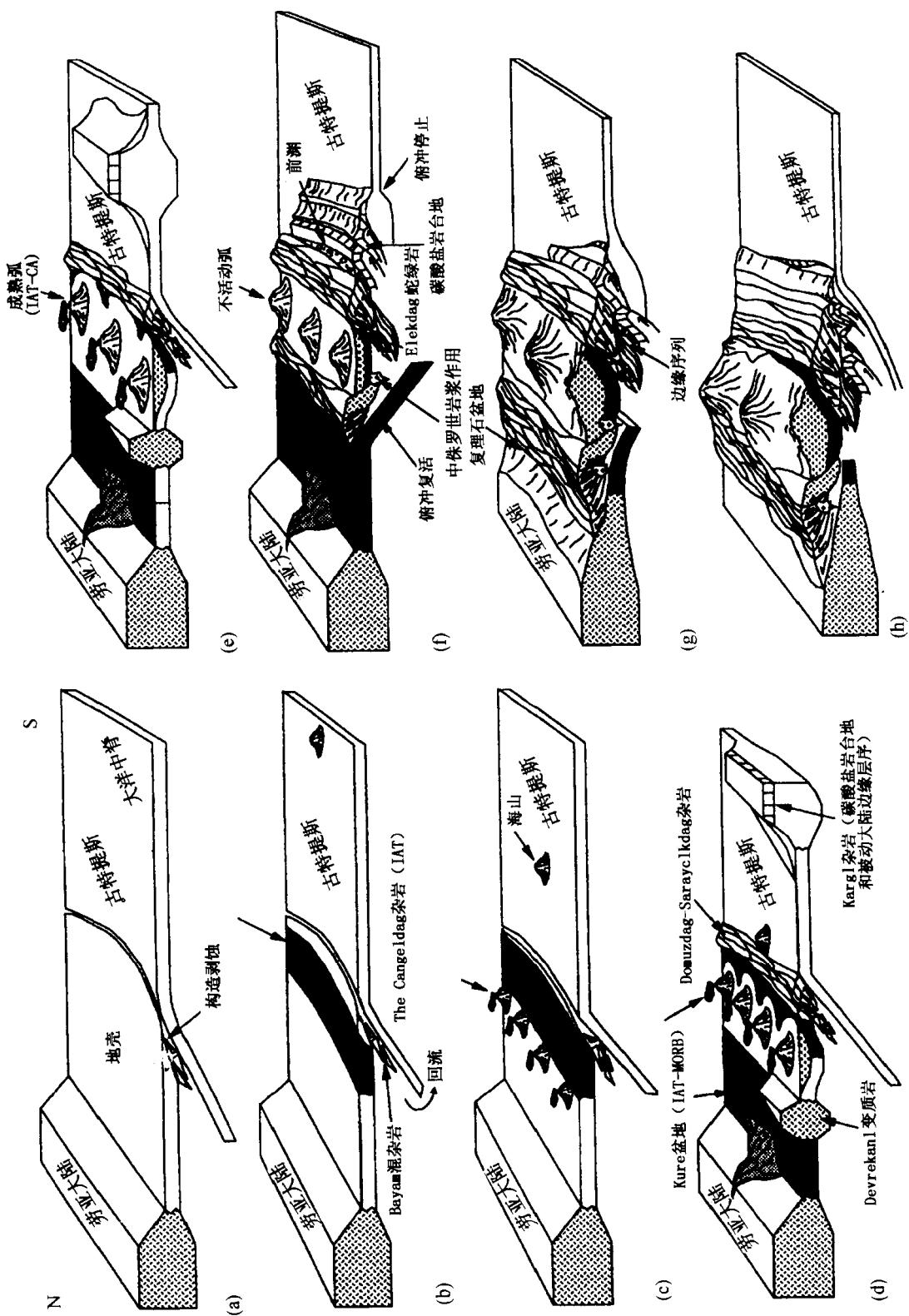


图 1-1 北特提斯边缘中蓬蒂斯段晚侏罗世前的大地构造演化 (据 Listaerner 和 Robertson, 1997)

其上北侧被动陆缘沉积物（如石灰岩、燧石）被拆离，与大洋喷出物（如变质玄武岩）一起呈背驮式增生于增生楔杂岩的底部；随后碳酸盐岩台地被掩冲到海沟，在冲断负荷作用下坍塌形成前渊。前渊沉积序列其后为逐渐的冲断叠加与内部叠瓦作用所改造，最终南部被动陆缘台地全部进入海沟，卷入冲断叠瓦变形过程（图 1-1 (g)）。早三叠世 Karg 1 碳酸盐岩台地与海沟的碰撞可能导致北侧的边缘海洋盆向南俯冲（图 1-1 (f)），至晚侏罗世消减殆尽，使增生楔冲断叠加到劳亚大陆南缘（图 1-1 (h)），该事件正是基默里造山运动的起因。从而在欧亚大陆南缘形成了弧后前陆盆地。在中国境内，塔西南地区早二叠世弧后伸展盆地（出现了大面积基性、中基性火山岩喷发）于晚二叠世消亡，形成了晚二叠世—三叠纪的弧后前陆盆地（何登发，1996）。这一弧后前陆盆地带的南缘，形成了较宽的厚皮冲断构造或薄皮式前陆褶皱冲断带（图 1-2），如莫埃西（Moesian）地台之下大量运动指向北的

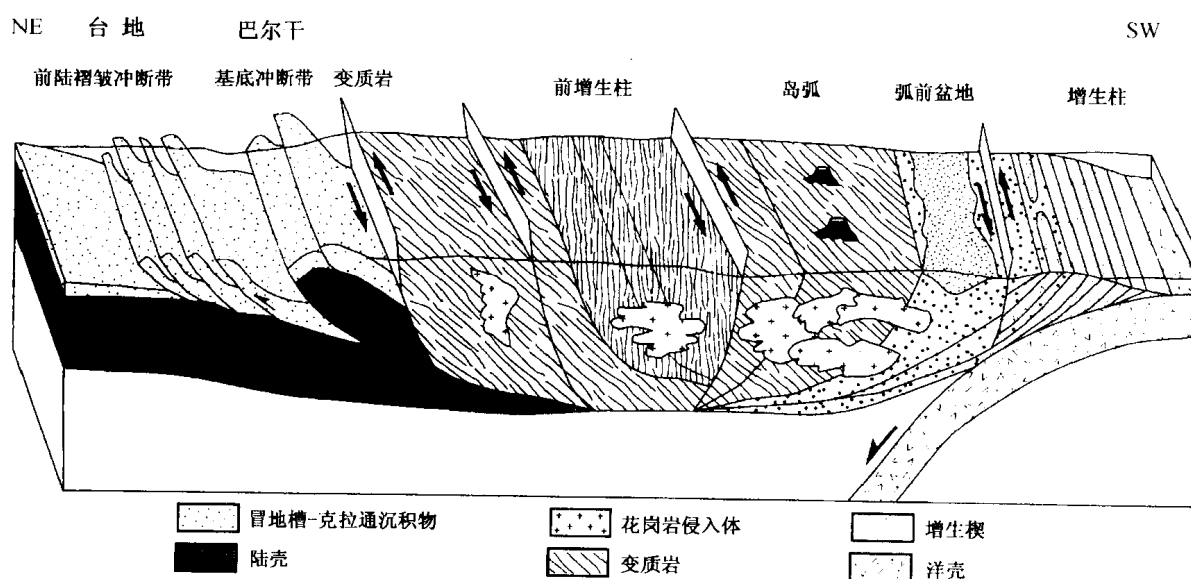


图 1-2 宽巴尔干区基梅里造山体系重建（据 Tarits, 1997）

背斜被认为是地中海—基默里前陆冲断—褶皱带的前缘（Tari 等，1997）。与中蓬蒂斯段北部 B 型俯冲不同，莫埃西基默里带发生了 A 型俯冲，也与古特提斯洋的西西里—爱琴海分枝向北的 B 型俯冲极性相反。莫埃西地台之下晚三叠世（诺里—瑞替期）形成的大量褶皱为断层转折褶皱（图 1-3），断层在多个古生界滑脱层中滑脱，挤压缩短量为 9%~18%。这套冲断层褶皱组合为侏罗系角度不整合覆盖，油气分布（保加利亚境内）多与三叠系/侏罗系边界上的基默里不整合有关，油气藏多为构造—地层型（图 1-3 右侧）。

北美落基山前前陆盆地为弧后前陆盆地的典型。落基山地区古生代以来长期为一活动陆缘，晚三叠世中科迪勒拉以岩浆弧形式升起，至中白垩世演化成为弧后盆地。同时，盆地下的刚性克拉通边缘向岩浆弧下俯冲，从而形成了逐渐向东扩展的冲断构造。晚白垩世盆地东侧发生反冲，形成了一个具有陡断面的向西逆冲带（类似后冲带），从而使落基山弧后前陆盆地分成了三部分，即西侧前陆冲断带、中部“山间”前陆盆地带和东侧前陆冲断带。中部的山间前陆盆地带保存了以中生界为主的生储盖岩系，并为西部和东部的前陆冲断带提供油气源。在这一弧后前陆盆地中共探明油气储量约 $3 \times 10^8 \text{ t}$ ，共有 18 个大型油气田。

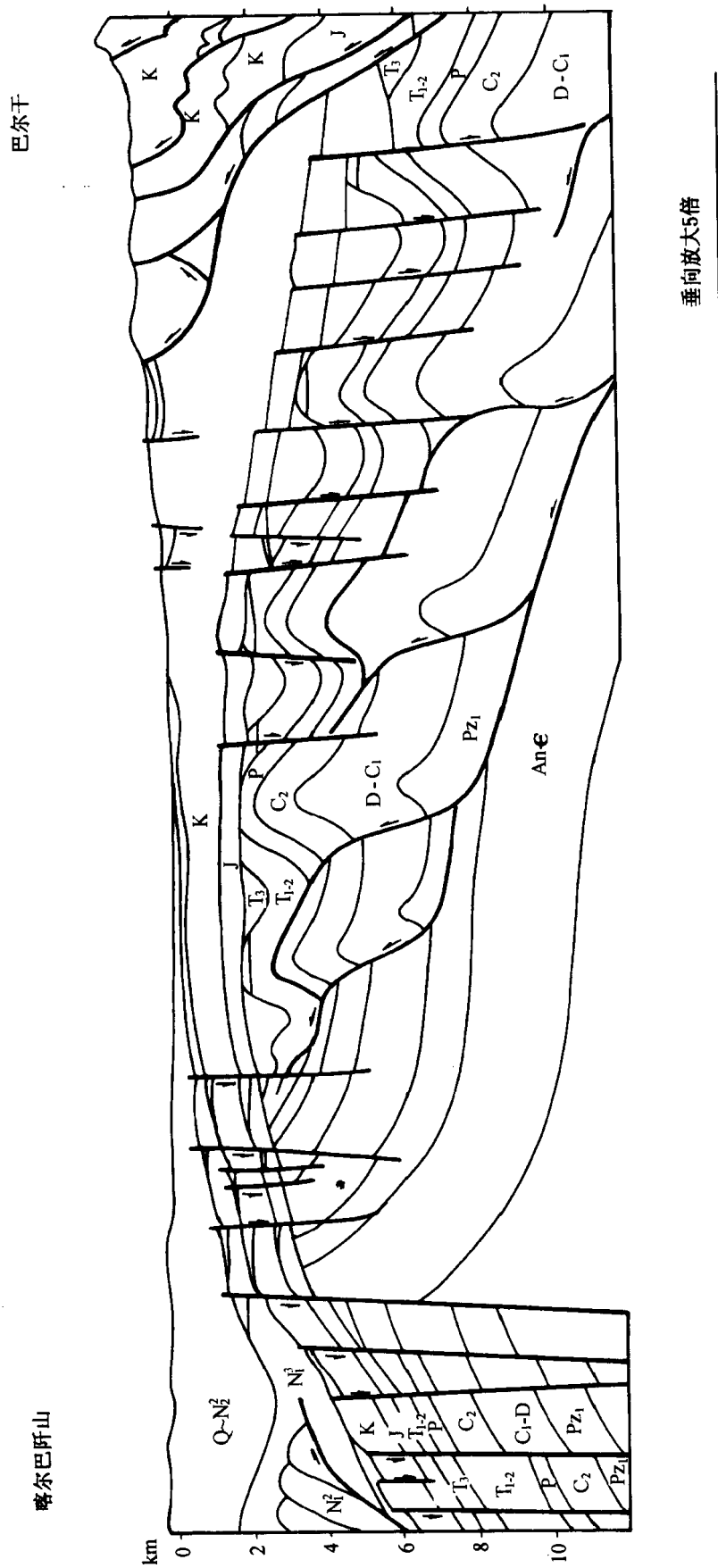


图 1-3 过罗马尼亚和保加利亚莫埃西地台的横剖面 (据 Tari 等, 1997)

二、周缘前陆盆地前陆冲断带

随着洋壳的俯冲消减,两个大陆逐渐靠近并最终发生碰撞造山。在碰撞造山带前缘俯冲板块的被动大陆边缘之上叠加发育了周缘前陆盆地。毗邻这类前陆盆地的冲断带内侧常常有蛇绿岩、蛇绿混杂岩等卷入其中,从而和弧后前陆冲断带有较大差别。基底卷入型构造,强烈叠瓦冲断构造是其主要变形样式。

前扎格罗斯盆地是典型的周缘前陆盆地(图1-4)。其东北以扎格罗斯缝合带为界,西北至哈尔加阿拉隆起,东南至米纳布带。向西南依次为叠瓦构造带和简单褶皱带,呈NW—

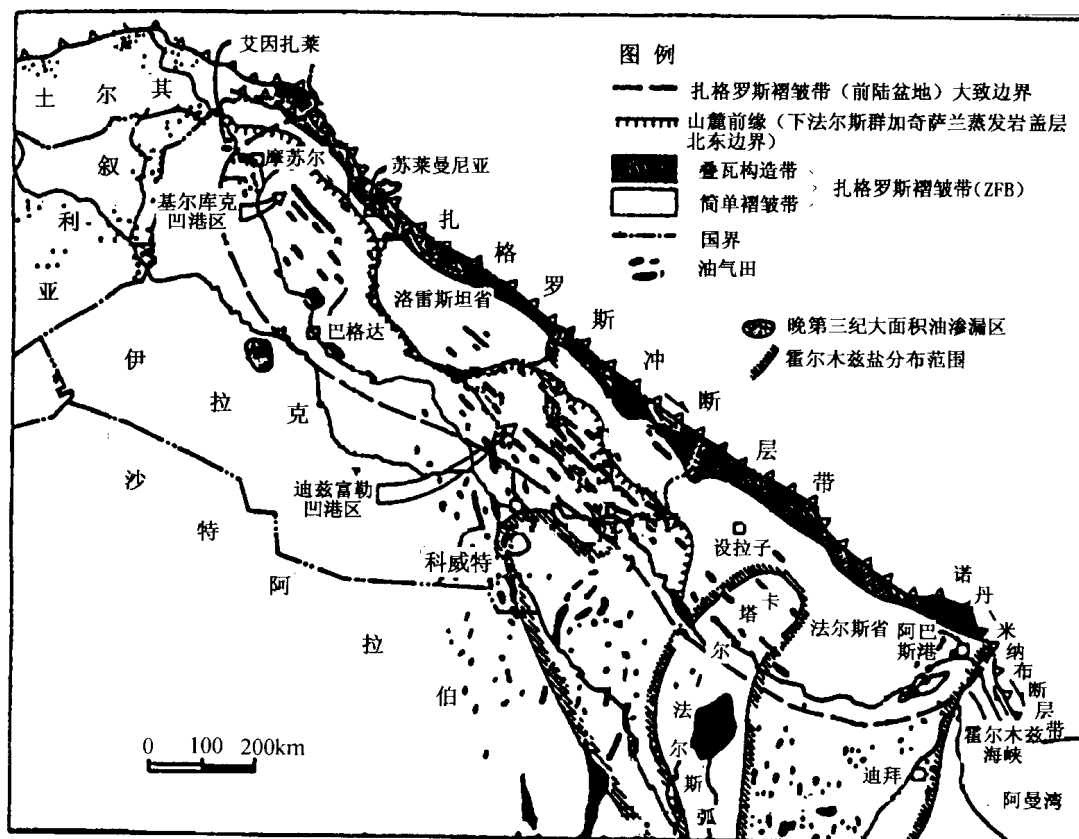


图 1-4 前扎格罗斯盆地的构造环境与构造分区 (据 Beydoun, 1992)

SE 向延伸约 1800km, NE—SW 向宽 250~350km, 面积约 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。它的形成主要经历了四个阶段 (Beydoun 等, 1992): ①晚元古代结晶基底克拉通化—断裂系形成阶段; ②寒武纪—二叠纪末的被动陆缘发育、古特提斯消减—弧后盆地形成阶段; ③三叠纪—中始新世新特提斯洋发育、洋壳仰冲—被动陆缘再发育阶段; ④晚始新世以来碰撞造山—褶皱带和前陆盆地形成阶段。叠瓦构造带变形强烈, 逆冲断层发育形成叠瓦状构造, 冲断推覆始于晚白垩世, 中新世后持续发育; 晚第三纪, 该带开始褶皱并发生底辟作用。位于叠瓦构造带之南的简单褶皱带褶皱形态完整, 数量众多, 断层不发育, 主要为一系列滑脱褶皱背斜, 由 NE 向 SW 褶皱形态由紧闭、倒转的不对称形态渐变为宽缓的对称形态。霍尔木兹盐层自白垩纪始形成了一系列盐丘构造, 多沿断裂带发育, 背斜核部很少被盐岩侵入。由此可见, 前扎格罗斯前陆冲断带叠加在多期演化的被动大陆边缘之上, 经历了一个狭窄的高应变的叠瓦断层