

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

沉积盆地分析基础与应用

*Sedimentary Basin Analysis:
Principle and Application*

李思田 解习农 王 华 焦养泉
任建业 庄新国 陆永潮 编著

高等教育出版社

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

沉积盆地分析基础与应用

Sedimentary Basin Analysis:
Principle and Application

李思田 解习农 王 华 焦养泉 编著
任建业 庄新国 陆永潮

高等教育出版社

内容提要

本书着重介绍沉积盆地分析的基本理论、基本知识和基本研究方法,以及在能源资源预测及勘查中的应用。全书共分 10 章,内容包括沉积盆地的研究现状与基本概念、盆地形成机制和基本动力学类型、层序地层分析、沉积体系分析、盆地的热历史与有机质转化、盆地流体系统与油气运移、盆地形成演化与板块构造和深部过程、盆地模拟、盆地分析的主要技术方法和编图、盆地分析在能源资源勘查中的应用。

本书的特点是偏重于基础并力求反映国内外本领域的新进展,是在作者们长期从事本领域教学及科研基础上编著的。适用于能源地质、基础地质以及从事矿产普查勘探的研究生及高年级大学生阅读和学习。同时也适合于这些领域的教学和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

沉积盆地分析基础与应用 / 李思田等编著. —北京:
高等教育出版社, 2004. 11
ISBN 7-04-015490-0

I. 沉... II. 李... III. 构造盆地—研究生—教材
IV. P941.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 086494 号

策划编辑 徐丽萍 责任编辑 田 军 封面设计 李卫青 责任绘图 郝 林
版式设计 王 莹 责任校对 王 超 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 26.25
字 数 490 000

版 次 2004 年 11 月第 1 版
印 次 2004 年 11 月第 1 次印刷
定 价 41.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号:15490-00

前 言

沉积盆地是大自然提供给人类能源和矿产资源的最重要宝库。石油地质家早就认识到石油、天然气形成并赋存于沉积盆地之中。没有盆地就没有石油——“*No Basin, No Oil*”, 法国石油地质学家 Perrodon A (1983) 的这一简单名言说明了盆地对能源的重要性。20 世纪的后 20 年, 从事金属矿床研究和勘查的地质家们通过对许多矿床成矿作用的精细研究, 发现并证明了富含有机物的盆地流体在成矿流体中居重要地位, 认识到盆地对层控矿床形成的重要性。涂光炽先生曾指出沉积盆地是形成超大型层控矿床的必要条件。近十余年来, 放射性矿产的勘探也将重点转向含油、气及含煤盆地中的砂岩型铀矿。

盆地又是人类所需淡水资源的最重要储库。随着经济的高速发展, 现在人们日益认识到水资源对人类生存和发展的极端重要性。实践证明, 要想保护和合理利用水资源, 就必须认识整个盆地中水的赋存状态及其循环系统。

“沉积盆地分析”这一学科是地质学家在多年研究沉积盆地及相关资源过程中形成的理论和方法体系。盆地分析学科的早期发展侧重于盆地充填的沉积学研究, 并被归属于宏观沉积学或沉积地质学的范畴。以后逐渐汲取了构造、大地构造、地球物理、地球化学和计算机技术等许多学科的成就并用以研究沉积盆地的成因、演化和其中资源的聚集规律。在当代盆地分析的理论与方法中鲜明地体现了多学科聚焦的特色。

人类对能源资源的需求是推动这一学科发展最主要的驱动力。当代能源供给的严峻形势, 特别是由于油气勘探的高难度及其在国民经济中的战略地位, 吸引了许多学科在盆地领域进行研究, 并采用了许多先进的技术方法, 使当代盆地分析具有多学科的综合性和技术方法的先进性。因此沉积盆地分析的教科书需要概要地反映这些新进展, 包括基于先进的地球动力学理论对盆地形成、演化的认识, 盆地的过程模拟技术以及盆地的流体系统等许多新领域。

本书由中国地质大学沉积盆地及沉积矿产研究所的成员集体编写, 其中第一、七章和第十章第一节由李思田执笔, 第二章由任建业执笔, 第三章和第九章第一、三节由王华执笔, 第四章及第十章第三节由焦养泉执笔, 第五章、第十章第二节由庄新国执笔, 第六、八章由解习农执笔, 第九章第二节由胡祥云执笔, 陆永潮执笔第三章部分内容。屈友华负责全书原稿的排版及部分图件清绘工作。

本书作为高校研究生教材和本科生选修课参考书, 在内容安排上侧重于基本理论、概念及基本方法介绍, 并偏重于含油气盆地领域。许多较为专门的部分

则需要读者参考更多的相关文献以作深入的了解。为此本书介绍了一些盆地分析的主要参考文献,特别是较经典性的著作目录望读者选择参阅。盆地分析是一门实践性很强的学科,这就需要在掌握基本概念和方法的基础上,熟悉地球物理特别是地震和测井资料的解释,并能应用地球化学参数及从事计算机模拟等,只有这样才能胜任盆地分析的实际工作,这是对年轻读者的衷心建议。

目 录

前言	1
第一章 研究现状与基本概念体系	1
第一节 盆地分析的发展与研究现状简述	1
第二节 盆地分析的若干基本概念	3
第三节 研究思路与流程	9
第二章 盆地形成机制和基本动力学类型	13
第一节 盆地沉降作用和动力学类型	13
第二节 伸展型盆地	16
第三节 挠曲类盆地	41
第四节 走滑带盆地	50
第五节 沉积盆地演化的若干重要特征	58
第三章 层序地层分析	68
第一节 层序地层分析基本原理	68
第二节 层序构成样式	87
第三节 层序形成的控制因素及其综合效应	103
第四章 沉积体系分析	111
第一节 冲积扇和河流沉积体系	112
第二节 三角洲沉积体系	132
第三节 碎屑滨岸沉积体系	158
第四节 陆源陆架、陆坡和盆地沉积体系	167
第五节 碳酸盐岩沉积体系	179
第六节 储层结构与砂体非均质性	182
第五章 盆地的热历史与有机质转化	200
第一节 盆地热历史研究方法	200
第二节 煤化作用	210
第三节 有机质转化与油气生成	221

第六章 盆地流体系统与油气运移	227
第一节 盆地流体的成分与性质	227
第二节 盆地流体的流动样式与驱动因素	233
第三节 盆地流体输导系统与油气运移	239
第七章 盆地形成演化与板块构造和深部过程	254
第一节 沉积盆地演化与板块构造格架和地幔深部过程的关系	254
第二节 中国沉积盆地的基本特征及形成的动力背景	266
第八章 盆地模拟概述	275
第一节 盆地沉降史、热史和有机质转化史模拟	275
第二节 盆地流体模拟	294
第三节 盆地模拟现状与发展趋势	302
第九章 盆地分析的主要技术方法和编图	306
第一节 盆地分析中的多学科技术	306
第二节 盆地研究中的地球物理方法	315
第三节 盆地分析的编图系列	328
第十章 盆地分析在能源资源勘查中的应用	355
第一节 盆地分析与油气资源研究	355
第二节 盆地分析与煤资源研究	361
第三节 沉积盆地分析与核资源研究	374
参考文献	390

第一章 研究现状与基本概念体系

第一节 盆地分析的发展与研究现状简述

地质学发展的初期即开始了地层学和沉积学的研究,但以沉积盆地为单位进行沉积学研究则是一项十分重要的进展,并逐渐形成了一套系统的研究方法。沉积盆地分析的早期发展主要属于沉积学范畴。地质家着重于研究盆地的沉积充填特征和盆地不同演化阶段的古地理重建。《古流与盆地分析》(Potter and Pettijohn, 1977)是当时这一领域的代表作,“盆地分析”(sedimentary basin analysis)作为沉积学的一个分支学科也由此得名。

20 世纪 40—60 年代,欧美国家和苏联对许多重要盆地进行了全面分析,重建盆地的沉积和构造演化史及其中煤、油、气资源的聚集史,对能源资源预测和勘探曾经起到过重要作用。

20 世纪 60—70 年代初,作为地球科学革命的板块学说的出现,给盆地研究带来了深刻的影响。人们从岩石圈板块的相互作用中,重新认识了沉积盆地的成因和演化,使沉积盆地分析这一学科从概念体系到研究内容皆产生了巨大的飞跃。W. R. Dickinson (1974) 等许多学者从板块构造背景认识沉积盆地的成因,并提出了新的分类。以后沉积盆地分析的内容和方法日益体现了多学科的综合,并成为地球科学的热点研究领域。这是由于推动沉积盆地研究最大的驱动力来自社会对能源的需求。

80 年代以来,出版了大量关于沉积盆地分析的系统专著。其中以沉积地质研究为主的如 A. D. Miall 的《盆地分析原理》(1984, 1990) 和 G. Einsele 的《沉积盆地:演化、相和沉积输入》专著(1992, 2000), Busby 和 Ingersoll 的《构造和沉积盆地》(1995)。另外, AAPG 也组织编著了各类型盆地的系列著作,包括离散/被动大陆边缘盆地、克拉通内部盆地、活动大陆边缘盆地、前陆盆地和褶皱带、陆内裂谷盆地等。这些专著均提供了分析的典型,探讨了盆地形成的板块构造背景,并着眼于盆地演化对油气聚集的控制作用(Leighton 等, 1991; Edwards and Samtognossi, 1990; Landon, 1994; Biddle, 1991)。对于湖相盆地也有相关的专著(Katz, 1995)。中国学者则在陆相盆地和大型叠合盆地领域也出版了大量有特色的著作(李德生, 1992; Zhu Xia 1983; 胡见义、黄第藩等, 1991; 田在艺, 1996)。

除了浩瀚的盆地地质与能源研究的论著外,从动力学角度研究盆地形成机制也日益深化。从地球科学理论的角度研究盆地,首先是从盆地的地球物理模型开始的。McKenzie(1978)的著名论文提出了拉伸盆地的形成模式,后来被称为“纯剪模式”。在此模式中定量地探讨了盆地沉降、岩石圈减薄、软流圈上隆以及相应热体制之间的定量动力学关系。随后,许多学者提出了其他改进意见和新模式,如 Wernicke 的简单剪切模式(1981)、Barbier 的联合剪切模式(1986)及 Kuznir 的双层悬臂梁模式(1992)等,但 McKenzie 的研究在理论盆地分析方面仍具有里程碑意义。此后迅速发展的盆地定量动力学模拟都是以盆地的地质-地球物理模型为基础的。Beaumont 和 Tankard(1987)主编的著作按形成机制划分了五个大类盆地,即伸展的(extensional)、张扭的(transtensional)、压扭的(transpressive)、前陆(foreland)和克拉通内(intracratonic),并通过一系列典型研究探讨了盆地的形成机制。P. A. Allen 和 J. R. Allen(1990)的《沉积盆地分析:原理和应用》专著也是按盆地的动力学模型为核心论述的。

盆地形成的理论模型与计算机技术相结合产生的盆地模拟方法,在盆地研究与油气勘探中已得到了广泛应用。目前许多学者已达成这样的共识,即“没有盆地模拟就没有当代的盆地分析”。盆地模拟技术能定量地正演和反演盆地的动力过程,如沉降史、热历史、生排烃史和流体运移史。在油气勘探中盆地分析已成为定量预测的重要方法(Waples,1996)。

在沉积学领域,半个世纪以来从沉积相模式、沉积体系、地震、地层学到层序地层学的重大进展为盆地分析提供了系统的方法。20 世纪 50 年代在沉积学领域出现了研究沉积环境和相模式的高潮,这一高潮形成的最主要推动力来源于预测地下油气储层的需要。另外,海洋地质学的进展为此项研究也提供了新的驱动力,其中最具创新性的部分是对浊流沉积及碳酸盐沉积环境的研究。沉积学家将浊流成因和沉积环境的揭示作为近代沉积学革命的重要标志。60 年代开始的沉积体系研究是在前一阶段基础上更完整的综合。人们在盆地与能源大规模研究中发现自然界各种环境单元,如河流、三角洲、海底扇,都是许多相构成单元的三维组合,分析研究各种相构成单元的特征及其配置关系可更好地阐明资源分布规律,沉积体系域的重要概念也由此产生。70 年代的地震地层学阶段(Vail 等,1977;Clayton,1977)到 80 年代的层序地层学阶段出现了更为重要的发展(Wagoner,1988)。到 90 年代,层序地层学的概念和方法逐渐形成完整体系并在油气勘探中广泛应用,被许多油气公司作为一种权威性的技术。层序地层学突出地层序列中的各种关键性物理界面的识别,特别是古间断面,并有效地建立沉积盆地的等时地层格架。这一技术方法体系的形成是沉积学和石油勘探积累半个世纪努力的成果。迄今所有有关盆地分析的专著和教科书中层序地层学和沉积体系研究都占有重要比例。

20 世纪 90 年代初期提出了沉积盆地动力学的重要学术思想,使盆地研究进一步深化,Dickinson(1993)在一篇简短而重要的论文中指出,准静态的(quasi-static)盆地分类学应该走向更具动力学意义和更具适应性的分类;盆地研究的集中点应从盆地分类转向盆地形成过程的动力学分析;盆地演化常常是多重作用的联合控制,是多种作用的复杂函数。Dickinson 还指出,现有的盆地分类主要是划分地貌-构造类型,如弧前、弧后、前陆和克拉通内等等,这容易导致只根据构造部位确定盆地性质而忽略动力学分析。

面临能源资源需求和环境恶化的巨大挑战,许多国家进行了地球科学发展趋向的研究。美国地球动力学委员会(USGC)聘请以 Dickinson 为首席科学家的专家组编写的“沉积盆地动力学”是对沉积盆地研究具有前瞻性的一个纲要(Dickinson 等,1994)。这一纲要提出的主要的科学问题是:① 板块构造和地幔对流格架中盆地的形成;② 盆地演化过程中烃类的生成和运移;③ 现今和古流体的活动及其运移的化学动力学;④ 与构造环境有关的盆地充填和热演化;⑤ 地下岩石孔渗性的时空变化;⑥ 保存在盆地中的构造、古气候和海平面变化的记录。

上述沉积盆地动力学研究纲要中突出了盆地流体研究、盆地中的古气候古环境记录,并将动力学研究延伸到与地幔对流系统的关系。其总体思想是建立一种先进的地球动力学理论、新的观测技术与计算机模拟相结合的研究战略。

第二节 盆地分析的若干基本概念

沉积盆地(sedimentary basin)是地球表面发生构造沉降、形成了沉积充填的地区。通常盆地的沉降和沉积充填都能持续较长的地质时期,并达到相当的厚度。沉积盆地与造山带是大陆及其边缘最重要的构成单元。从地貌角度来讲,沉积盆地是负向单元,其邻区为高地或山脉,在盆地充填过程中向盆地提供了物源。盆地的平面几何形态多种多样并主要受构造格架控制。

在地质历史上,盆地形成期的完整结构在后期演化中受构造变形影响和剥蚀破坏,会不同程度地改变原有面貌。因此 Selley 提出了同沉积盆地(syn depositional basin)和后沉积盆地(postdepositional basin)的概念,前者指沉积充填阶段盆地的原来面貌,后者指被改造了的盆地。当改造作用强烈,原沉积盆地大面积被剥蚀后保存下来的盆地也被称为残留盆地。现今地球表面形成时代较早的盆地都经历了多期构造变形和剥蚀,有的只相当于原沉积盆地的一小部分,例如,中朝地台区石炭-二叠纪盆地沉积时面积巨大,中新世代的构造运动使之变形和分割,现今的沁水、大同、京西、太行山东麓直到山东的许多石炭-二叠纪含煤盆地都是后沉积盆地,当初在沉积期是相连的。年代较轻的盆地如新生代盆地多数未发生强烈改造,基本保存了原来面貌,如新生代的渤海湾盆地和我国近

海珠江口、东海陆架等许多盆地。因此,在盆地研究中需注意区分盆地的沉积边界(depositional margin)与侵蚀边界(eroded margin),这在重建盆地古地理面貌时十分重要。在现今保存的盆地边界处有时无边缘相带特征,却出现原盆地内部的深水相带,表明其为侵蚀边界(图1-1)。

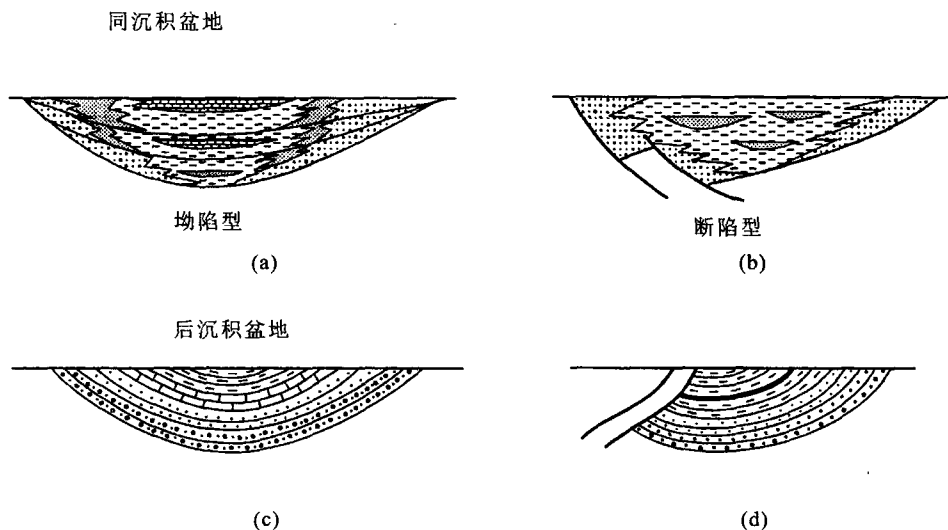


图1-1 同沉积盆地(a,b)和后沉积盆地(c,d),前者边缘性质为沉积边界

一、盆地原型和叠合盆地

世界上许多大盆地是由不同地质时代、不同成因类型的盆地叠合而成的,其形态和边界常由后期相对年轻的盆地的构造边界所决定。朱夏称这些不同时期形成的盆地单元为“盆地原型”(proto-type)。考虑到与英语涵义的对应,作者曾使用过“盆地单型”概念(mono-type),其含意相同。不同时代、不同成因的盆地叠合后需要识别出每种原型分别进行研究,在此基础上还需要将一系列相互叠置的原型作为一个整体进行研究。这不仅仅是由于不同时期盆地构造的演化体现出继承、改造和变格等具成因联系的关系,更重要的是油气沿输导系统的运聚过程贯穿了不同世代的盆地原型,因而有必要将其作为整体进行研究。世界上许多大型含油气盆地形成的巨型油气系统常与盆地的叠合有关,特别是早期在拉伸条件下形成裂谷,晚期再经历挤压环境形成的挠曲类盆地。前者有利于烃类的大规模生成,后者则有利于形成大型构造圈闭。在叠合盆地研究中由于各种原型形成机制的差异,在构造样式和沉积充填样式上都有明显区别,其间

都有区域性古间断面,此种间断大多是不整合型式。塔里木和四川盆地都是叠合盆地的典型实例(图1-2),从图1-2剖面可见晚三叠世以来中新世前陆式盆地叠合在古生代海相盆地之上。

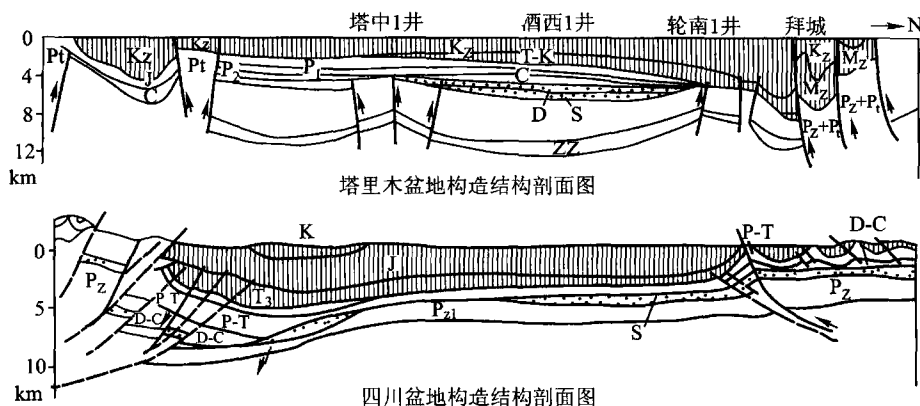


图1-2 塔里木和四川盆地的结构特征——不同类型盆地的叠合关系

(据赵文智等,2002,见李德生,2002,改绘)

二、沉积盆地的构成要素

沉积盆地内部结构复杂,盆地分析的重要任务之一即是对其进行解析,识别各种结构要素,并阐明其配置关系。这主要从沉积地层和构造两个方面进行,即:① 盆地的等时地层格架和建造单元;② 盆地的构造格架和构造单元。

(一) 盆地的等时地层格架和建造单元

在盆地中划分和建立地层序列是最基本的工作,该项工作是以标准露头剖面或基准钻井研究为基础的。

地层格架(stratigraphic framework) 是指盆地中地层和岩性单元的几何形态及其配置关系(Conybeare C. E. B, 1979),是一种三维概念。地震探测技术的进步和层序地层学方法的出现,使得在盆地研究中能快速地识别不整合间断面及其相应的整合面,划分对比不同级别的层序地层单元,并建立等时地层格架。在此基础上可以进一步研究沉积体系域、沉积体系和相,重建各个时期盆地的古地理环境和沉积体系的分布。与一般古地理分析不同的是,在含油气盆地分析中,把巨层序(megasequence)、超层序(supersequence)、层序(sequence)、体系域、沉积体系和相均看作一种地质体——即充填沉积盆地不同级别的建造单元(building blocks)。在含油气盆地中此种研究可阐明烃源岩、储层和盖层的空间配置关系。

(二) 盆地的构造格架和构造单元

构造格架 (structural framework) 是指盆地演化过程中起控制作用的主要构造所构成的系统。在了解盆地构造特征时应首先识别盆地的构造格架。裂谷和断陷类盆地中最重要的是对盆地形成演化起重要作用的主干断裂系统, 这些断裂具有同生性, 并将盆地划分出一系列断隆带和断陷带, 构成盆地的构造格架。在此基础上还可以划分出更小的构造单元。早第三纪的渤海湾盆地即是一个典型代表, 包括郯庐断裂带内右旋的 NNE 向断裂和 EW 向、NW 向断裂, 控制了盆地裂陷阶段的几何形态以及沉降区和隆起区的分布 (图 1-3)。

包括其他类型盆地在内, 识别和划分出盆地中隆起的坳陷的次级单元及其配置关系是构造格架分析的最重要内容。生烃的中心都分布于坳陷区, 并控制了油气田的分布。

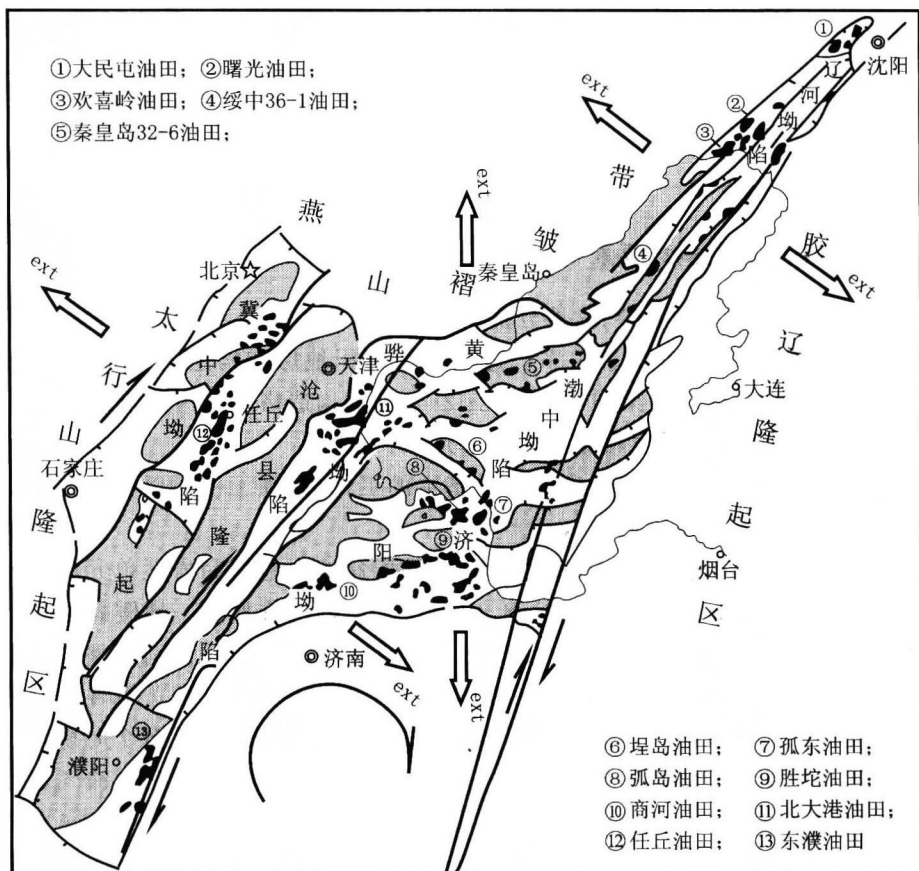


图 1-3 渤海湾盆地早第三纪构造图

(据 CNPC 勘探开发研究院资料简化并增加了动力学解释)

多数大盆地演化过程都具有阶段性,如渤海湾盆地和松辽盆地,裂陷期和裂后期构造样式有重大区别,因此要分阶段进行研究。不同演化阶段通常都以区域性不整合——古构造运动面作为分界。

(三) 盆地充填序列及其所记录的沉降历史

盆地沉降过程中接受了沉积充填,地质家可以根据盆地充填序列(basin fill sequence)重建盆地的沉降历史。已积累的大量资料表明,多数盆地特别是大盆地的充填序列具有下列特征:

1. 沉降和充填历史的多幕性

这种多幕性反映了盆地的构造演化阶段,例如,在裂谷盆地中首先可识别出裂陷期和裂后期。裂陷期通常都有明显的多幕性,反映幕式的伸展构造过程。

2. 构造运动面

盆地充填序列的精细研究中可发现一系列以角度不整合和平行不整合形式出现的古间断面,大的间断面缺失的地层可逾千米,此外还有许多更低级别的间断面。区域性的古间断面标志着构造的反转,即由沉降转化为抬升和剥蚀,或其他形式的构造变形。许多大盆地如塔里木、松辽盆地构造反转也是多期的。在反射地震剖面上低角度的古间断面较露头上更易识别,它们大量存在于地层记录中,是层序概念提出的客观基础。古构造运动面的识别是划分盆地演化阶段,确定高级别层序地层单元边界的重要基础。在油气勘探中这些古间断面对油气的运聚常有重要作用。

(四) 盆地的基底与深部结构

在地质学中基底指盖层之下古老岩石单元,其性质对盆地成因、演化关系密切。中国和世界许多大盆地都发育于古老的地台或微地块基底,即板内最稳定的部分,如我国的鄂尔多斯盆地、四川盆地和塔里木盆地。对含油气盆地十分重要的前陆盆地也大多发育于稳定地块的边缘。也有一些盆地基底是复合的,包括古老的微地块和古生代褶皱带,如准噶尔、松辽和东海陆架盆地。地球物理探测技术和岩石-地球化学方法的发展对盆地的研究已不满足于了解基底的性质,而且深入到界面了解整个地壳的性质,并进一步探索岩石圈的底界面,了解整个岩石圈的变形。图1-4为穿过墨西哥湾盆地的大剖面,不仅揭示了盆地结构,也显示了深部Moho面的特征。

盆地地动力学研究纲要提出后 Dickinson(1997)更准确地将盆地深部研究注意的焦点延伸到岩石圈的底界面,认为那是控制盆地演化的更为重要的界面,是流动的地幔软流层与岩石圈之间的界面,该界面更具有动力学意义。以裂谷盆地为例,流动的软流圈加之于岩石圈底界面的力可能是岩石圈伸展、减薄的主要原因,并导致裂谷盆地的形成(Ziegler,1992)。探索岩石圈与软流圈之间界面的难度远大于对Moho面的探测,应用大地电磁方法所探测的幔内高导层可能近

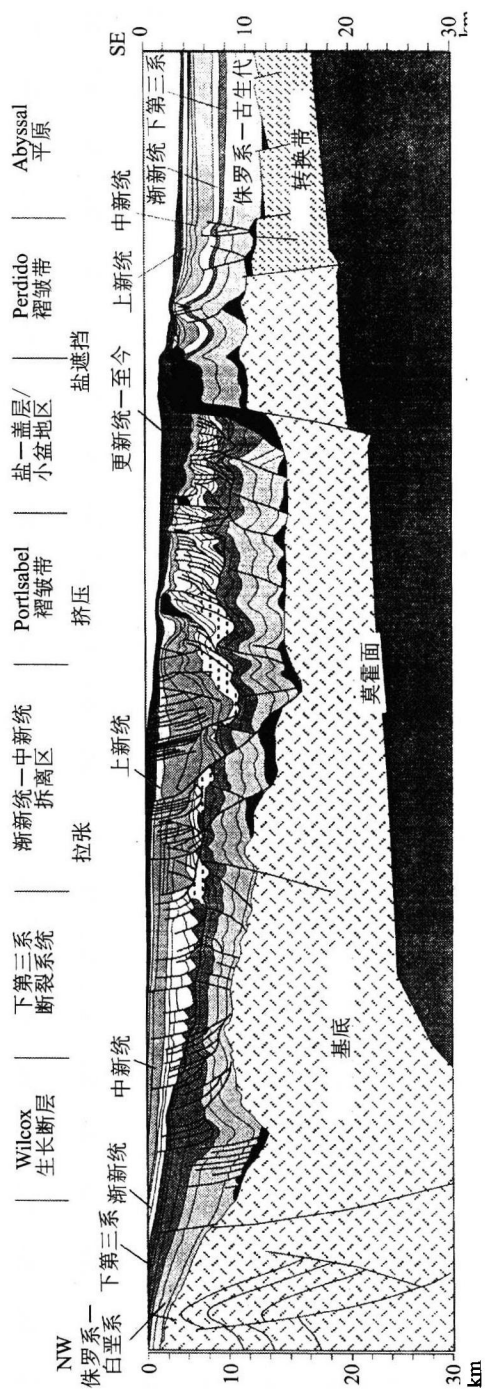


图 1-4 过墨西哥湾西北部的区域性剖面图

此剖面显示了由伸展断裂系统、盐遮挡和邻区对接带及挤压褶皱带组成的 Perido 褶皱带。

(据 Trudgill, Rowan, Fiduk, Weimer 等, 1999, 经修改)

似地反映了上述界面。

(五) 盆地的流体系统

盆地分析在揭示盆地的结构特征基础上,需要进一步研究流体系统,这对油气成藏、成矿和水资源都是至关重要的。流体的运移和聚集都离不开输导系统。研究流体系统首先需要研究输导系统的类型、输导能力和空间组合关系。输导系统是由具渗透能力的输导层、古间断面和断裂组合而成的。在此基础上再研究盆地流体的成分、性质、循环样式和驱动机制。

(六) 盆地演化过程中的能量场

盆地的形成和演化、油气的成藏及金属矿床的成矿都是在一定的能量场中进行的,这主要包括古地温场、流体的压力场和构造应力场。这些能量参数均与盆地的类型密切相关并在演化过程中不断变化。因此不仅需要研究反映能量场的地质、地球化学标志,还需要应用盆地模拟技术再现其演化历史。

第三节 研究思路与流程

盆地分析是一种多学科相结合的系统工程,是寻找能源资源、矿产资源和水资源最重要的基础工作。根据研究任务的不同,采用的方法和技术也不一样。本节仅介绍基本的研究思路和工作流程,并侧重于含油气盆地。

像地球科学所有分支学科一样,盆地的所有研究内容都基于扎实精确的观测,包括地质、地球物理、地球化学等许多学科的技术。地下部分是盆地的主体,因此地球物理探测特别是地震技术有着特殊的重要性。在取得基本观测数据之后需要根据先进的地球动力学理论进行分析和综合,并应用计算机技术进行演化过程的模拟。

盆地分析的技术思路有下列特点:

1. 盆地构成要素的整体分析

盆地分析是对盆地的整体性研究,即完整地揭示其沉积充填、构造等特征,并阐明其历史演化相互关系,例如,构造对沉积的控制。因此盆地分析是一项具有基础性和战略性的研究工作。对一个大盆地较全面的认识是反复实践、多年积累的过程。另外,在盆地的局部地区进行勘查或研究也需要建立对盆地特征的整体认识。

2. 盆地的流体系统及其动力学分析

早期的盆地分析侧重于地层、沉积、构造等基本要素研究,其地质标志是相对静态的。由于石油天然气成矿过程和水资源等重要研究的需要,盆地流体已成为当今盆地分析突出关注的领域。石油地质学的核心部分是流体地质学问题,与盆地流体密切相关的许多层控金属矿床,其成矿流体也与含烃的盆地流体

系统密切相关。流体系统的研究不仅关注流体的成分和性质,还需要阐明流体运移和聚集的输导系统以及在盆地能量场作用下,流体运动的驱动力及其在输导系统中的运动过程。

3. 演化过程的动力学分析

沉积盆地的各项基本参数,如沉积特征、构造、流体系统以及温压场都在演化过程中不断改变,因此要进行过程分析并揭示动力学因素如能量场的变化。以前为了实现这一目标,需要将盆地分成许多演化阶段,再分阶段重建其古地理、古构造并进行繁重的编图工作。在当今信息技术快速发展的支持下,盆地演化过程的定量动力学模拟已可以较好地再现其历史过程,人们不能直接观测的动态过程借助于计算机技术可以进行分析。计算机模拟技术在盆地演化的动力学分析中已日益显示其重要性。

4. 区域动力背景分析

盆地是地球系统演化的产物,毫无疑问,脱离区域动力背景孤立地研究盆地不可能阐明盆地的成因和性质,更难于对其深部进行预测。区域动力背景包括两个方面:

(1) 盆地在板块构造格架中的位置及与板块相互作用过程中的动力学关系。例如,我国古生代末到中生代初一系列前陆式盆地的形成,都是在大陆块体的会聚,最后碰撞的背景下形成的。晚三叠世是中国前陆盆地的主要形成期,板块的会聚、大陆的碰撞则是最主要的背景。因此,研究盆地也必须了解其相邻造山带演化的历史。“盆山耦合”研究即旨在揭示二者演化的成因关系,耦合与非耦合在二者之间交替出现,这对前陆盆地的研究尤为重要。

(2) 盆地深部地幔动力学背景。盆地深部背景是最终认识盆地成因和演化的关键,这在伸展类盆地中尤为重要。大量研究已经发现,伸展类盆地都存在着岩石圈减薄和软流层上隆的深部背景。软流层的流动对岩石圈的伸展、盆地中的高热流、盆地的深沉降都可能起着决定性作用。目前已经可以运用天然地震层析和幔源岩石学等方法研究盆地深部的地幔状态。

5. 成藏、成矿系统及相关过程的背景分析

现今盆地分析很少局限于基础研究,大多是与油、气、煤、核原料等能源资源的预测和勘探紧密结合进行的。当代油气系统及成矿系统的理论对盆地分析提出了一系列新的要求。例如,油气运移的输导系统(断裂、不整合、高渗透层等)和在许多大盆地中存在的异常压力系统都需要在盆地的整体研究中给予回答。盆地分析与成藏、成矿紧密结合将极大地推动盆地分析学科的发展。

盆地分析的内容及方法因研究目标不同而异,但基础部分仍有许多相似之处。图1-5用流程框图表现了盆地分析的一般内容和步骤。