

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

沉积盆地分析原理与方法

*Sedimentary Basin: From
Principles to Analyses*

王成善 李祥辉 主编

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

沉积盆地分析原理与方法

Sedimentary Basin: From
Principles to Analyses

高等教育出版社

内容提要

沉积盆地分析是在 20 世纪板块构造学说创立后发展起来的一个重要的地球科学研究领域。对沉积盆地不仅强调要将其视作一个整体,通过多学科和手段进行动态的、综合的分析,也强调对沉积盆地形成时的大地构造、古气候、海平面等背景分析。通过对沉积盆地的特征分析来反演盆地演化历史,同时强调从盆地角度出发联系全球系统包括海洋、古地理及气候等的变化。本书分 3 篇共 18 章,由浅入深地介绍沉积盆地的基础,包括沉积盆地的基本概念和发展历史、沉积盆地的分类、形成机制以及分析流程;到盆地分析的主要方法,包括对盆地的充填物及物源区、盆地的沉降史以及古环境和构造作用的分析;最后是沉积盆地分析各论,包括各主要沉积盆地类型的分析实例介绍。

本书是结合国外盆地分析论著及国内相关领域学者的研究成果和范例,在编者长期的科研和教学积累基础上编写出来的。适用于基础地质、矿产地质、石油天然气地质、煤田地质工作者和有关教学和科研人员参考,同时也适合于已经具备地质基础理论知识,尤其是对地球岩石圈理论以及沉积盆地关系等有系统掌握的地质研究生阅读和学习。

图书在版编目(CIP)数据

沉积盆地分析原理与方法 / 王成善,李祥辉主编.
北京:高等教育出版社,2003.6
ISBN 7-04-009770-2

I. 沉... II. ①王...②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(2002)第 094138 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京奥隆印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2003 年 6 月第 1 版
印 张	24.5	印 次	2003 年 6 月第 1 次印刷
字 数	400 000	定 价	33.60 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

编写人：赵锡奎 刘志飞 覃建雄
胡修棉 李 勇 王国芝
周祖翼 林 丽 向 芳
朱利东 李亚林

前 言

板块构造(Plate tectonics)学说的确立是20世纪地球科学划时代的事件,它不仅使得地球科学从分门别类资料搜集、零星式描述性研究转变成成为系统阐述和探索机理的全球地质学理论阶段,也使得地质学形成了多个跨学科领域的研究方向,沉积盆地分析(Basin analysis)就是其中最重要的一个方向。随着板块构造学说的迅速推广,沉积盆地逐渐走向成熟和总结阶段。在刚刚过去的20世纪80~90年代期间,国际上正式出版与沉积盆地分析有关的教材和专著多达几十部。这些专著多作为国内有关地质院校的本科生、研究生教材参考使用。值得一提的是,加拿大Miall A D教授所著《沉积盆地分析原理》一书已由著名出版公司(Spring-Verlag)修订过两次(1990,2000)。虽然加拿大Miall A D(1984版)、英国Allen和Allen(1992版)著作均由石油工业出版社于1991和1997年翻译出版,但令人遗憾的是我国至今还无自己编撰的相关教材。这种状况显然不能适应我国沉积盆地分析研究需要,同时在某种程度上也阻碍我国在该领域内高级专门人才的培养。

本教材就是在这种背景下,吸收国内外众多研究精华,结合编著者长期科研和教学的实践基础上产生的。教材的基本内容包括四部分:绪论篇、原理篇、方法篇和各论篇。原理篇含沉积盆地的分类、沉积盆地的形成机制、原生盆地的复原与复位与沉积盆地的研究内容和流程四章;方法篇包含组分分析、沉积物分散样式分析、物源区分析、热史分析、古地理古气候分析、构造沉降分析等章,这两篇是沉积盆地分析的基础。我们不但要知道形成沉积盆地的机理,而且要通晓沉积盆地分析的方法,才能更好地对各种类型的盆地进行分析。此外,为了便于读者在本书基础上进一步加深了解相关内容,每章还专门列出重点参阅文章。同时,为了有利于教学,还在书后以附录形式列出重点内容的实践教学提纲、中英文词汇对照及索引。

本书内容适合于已经具备地质基础理论和知识,尤其是对地球岩石圈(lithosphere)和软流圈(asthenosphere)结构、板块构造基本理论、板块构造对沉积盆地控制作用,以及板块边界与沉积盆地关系等知识有了系统掌握的地质研究生阅读,也可供地质、矿产地质、石油天然气地质、煤田地质工作者和有关教学和科研人员参考。需要指出的是,21世纪地球科

学正逐步迈进地球系统科学的时代,沉积盆地分析也在这个进展中显示了其充分的活力,无论在全球变化研究,还是生态环境变迁以及碳库循环与沉积圈层的关系等方面,沉积盆地分析都发挥着越来越重要的作用。限于篇幅和本书的侧重点,有关这方面内容涉及不多。

本书由王成善、李祥辉主编,初稿主要由王成善、李祥辉、胡修棉、郑荣才、赵锡奎、刘志飞等参与编写,终稿编写依章节分别为:前言,王成善;绪论,王成善;第一章,赵锡奎、李祥辉;第二章,李祥辉、王成善;第三章,李祥辉、李亚林;第四章,王成善、李祥辉;第五章,覃建雄;第六章,李祥辉、朱利东;第七章,李祥辉;第八章,覃建雄;第九章,林丽;第十章,周祖翼;第十一章,覃建雄;第十二章,胡修棉、王成善;第十三章,刘志飞、李祥辉、王成善;第十四章,向芳;第十五章,赵锡奎;第十六章,刘志飞、王成善;第十七章,李勇;第十八章,王国芝。最终统纂由王成善和李祥辉完成。在本书撰写过程中,自始至终得到孙枢、刘宝珺、张国伟、曾允孚、李思田和李汉瑜先生的指导和鼓励。国务院学位办评估中心、成都理工大学研究生处、沉积研究所、石油地质系以及油气藏地质与开发工程国家重点实验室等有关领导和部门的大力支持,付红同志担负了本书大部分图件的清绘工作。此外,在本书的编写过程中,崔杰等同志也付出了辛勤劳动,在此一并致以谢意。

由于《沉积盆地分析方法和原理》内容多,涉及面广,加之是20世纪90年代以来新开的研究生课程,所涉及的内容、章节安排的合理性等方面还有较多不足之处,文字和段句错漏或不甚准确在所难免。整个教材体系框架虽已初步形成,但各部分论述的深度和详略程度仍有不一致的现象。此外,有感于过去教学过程中存在的问题,本教材试图强调阅读者自行研读大量图表,以便更好地掌握本教材内容。这种方式是否妥当还需在教学实践过程中进一步完善,恳请地学界老前辈及同仁不吝赐教。

编著者

2001年10月于成都

策	划	徐丽萍
责任编辑		徐丽萍
封面设计		李卫青
责任绘图		朱静
版式设计		史新薇
责任校对		殷然
责任印制		陈伟光

目 录

绪 论	1
一、沉积盆地的基本概念	1
二、沉积盆地分析发展回顾简述	2
三、沉积盆地分析的发展趋势	6

第一篇 沉积盆地分析基础

第一章 沉积盆地的分类	12
第一节 概 述	12
第二节 盆地分类的一般原则	13
第三节 沉积盆地的分类	16
第二章 沉积盆地的形成机制	30
第一节 概 述	30
第二节 岩石圈的伸展作用	32
第三节 岩石圈的挠曲作用	36
第四节 岩石圈的走滑-转换作用	38
第三章 沉积盆地露头的复原与复位	43
第一节 概 述	43
第二节 露头的非原地性	45
第三节 露头的复原与复位	46
第四节 主要问题	53
第四章 盆地分析的主要内容和流程	55
第一节 盆地分析的主要内容	55
第二节 沉积盆地分析的方法概述	57
第三节 沉积盆地分析流程	58

第二篇 沉积盆地分析方法

第五章 盆地充填物分析	59
第一节 概 述	59
第二节 盆地充填物组分特征	59
第三节 充填物地层属性特征	65
第四节 充填物分析方法	67
第六章 沉积物分散样式	70

第一节 概 述	70
第二节 全球水系网的传输体系	71
第三节 古水流沉积组构和构造	73
第四节 古水流研究方法	78
第五节 沉积物分散样式在盆地分析中的应用	83
本章实习内容	85
第七章 物源区分析	86
第一节 概 述	86
第二节 物源区分析沉积属性的方法	89
第三节 物源区分析地球化学属性的方法	100
第四节 特殊碎屑物源区的分析	108
第五节 物源区分析的应用	111
本章实习内容	114
第八章 沉积体系分析	117
第一节 概 述	117
第二节 沉积相分析	117
第三节 沉积体系分析	119
第九章 古水深分析	136
第一节 自生矿物标志	136
第二节 地球化学标志	139
第三节 沉积学标志	143
第四节 生物标志	145
第十章 热史分析	158
第一节 概 述	158
第二节 沉积盆地的热传递	161
第三节 沉积盆地的热史重建	166
第十一章 层序地层分析	178
第一节 概 述	178
第二节 高分辨率层序地层学	183
第三节 层序地层与沉积盆地分析	190
第十二章 古地理与古气候分析	202
第一节 概 述	202
第二节 古地理分析	205
第三节 古气候分析	207
第十三章 构造沉降分析	218
第一节 沉降机制与沉降历史	218
第二节 剥蚀作用	230
第三节 沉积速率与堆积速率	244

本章实习内容	246
第三篇 沉积盆地分析各论	
第十四章 克拉通盆地	250
第一节 概 述	250
第二节 盆地分类和特征	252
第三节 克拉通盆地的形成机制	257
第十五章 拉张型盆地	263
第一节 概 述	263
第二节 主要盆地的类型及特征	264
第三节 裂谷盆地的形成机制	270
第四节 拉张盆地的充填特征	273
第十六章 与汇聚边缘有关的盆地	280
第一节 概 述	280
第二节 海沟和增生盆地	283
第三节 弧前盆地	285
第四节 弧内盆地和弧背盆地	289
第五节 弧后边缘盆地和弧间盆地	292
第十七章 与碰撞造山有关的盆地	296
第一节 概 述	296
第二节 盆地的形成机制	302
第三节 盆地的充填样式与演化	306
第四节 构造作用与沉积响应	313
第五节 前陆盆地与成藏成矿作用	320
第十八章 与走滑断层有关的盆地	323
第一节 概 述	323
第二节 走滑断层的特征	325
第三节 走滑盆地的沉积学标识	328
第四节 走滑盆地类型及特征	331
第五节 成盆机制	337
中英文词汇对照及索引	340
参考文献	345

绪 论

沉积岩覆盖着大部分地球表面,约占整个地球表面的75%。但就体积而言,它只占整个岩石圈的5%。由此可见,沉积岩仅仅作为一个薄的地壳覆盖着地球。这种覆盖物是不均匀的,巨厚的沉积物堆积在局部地区,我们不严格地把它称为沉积盆地。大部分陆地没有厚的沉积物覆盖,并出现前寒武系火成岩和变质岩。这些稳定的陆地称之为克拉通(Craton)。沉积盆地不仅是地球演化的档案库,还与人类生活密切相关。这不仅是因为人类大多数都集中生活在现今沉积盆地地区(如世界著名的三角洲大都是大城市所在地),它直接构建了人类生活环境的地质本底。更为重要的是,这些沉积盆地还蕴藏着大量种类繁多的极其重要的矿产资源,例如,煤、石油、多种金属和非金属矿产以及对人类极需的水资源。“没有盆地,就没有石油”(Peerodon,1980)这句名言是最好的写照。因此,从现代地质学诞生起,沉积盆地就一直成为地质学本身重要的研究内容。

一、沉积盆地的基本概念

我们在相关的地质课程学习时,经常会遇到盆地一词,尤其是与沉积学有联系的课程,“盆地”一词使用频率很高。严格地说,“盆地”与“沉积盆地”是有差别的,但在沉积学特别是盆地分析中,通常是将“沉积”一词省略。当然,有“沉积”一词,常为了强调盆地性质。

沉积盆地(sedimentary basin)是地球表面或者说岩石圈表面相对长时期沉降的区域,换言之,是基底表面相对于海平面长期洼陷或坳陷(depression)并接受沉积物沉积充填的地区。沉积盆地既可以接受物源区搬运来的沉积物,也可充填相对近源的火山喷出物质,当然也接受原地化学、生物及机械作用形成的盆内沉积物。因此,沉积盆地既可是大洋深海、大陆架,也可以是海岸、山前、山间地带。从构造意义上说,沉积盆地是地表的“负性区”。相反,地表除沉积盆地以外的其他区域都是遭受侵蚀的剥蚀区,即沉积物的物源区,这种剥蚀区是构造上相对隆起的“正性区”。隆起的正性区遭受侵蚀剥蚀,使其剥蚀下来的物质向负性的沉积盆地迁移,并在盆地中堆积下来,这实际上就是一种均衡调整(或称补偿)作用。

盆地分析,简言之是将沉积盆地视作一个整体对其地球动力学进行综合研究,并利用这种知识解决人类所面临的资源短缺和环境问题。

需要指出的是,当我们使用盆地术语时,不一定是指沉积盆地。实际上,盆地有三种类型:地貌的、构造的和沉积的。地貌盆地是被高地天然围绕的地表低地区,地貌盆地有陆上的,也有水下的。陆上地貌盆地从封闭洼地(山间平原)到流贯大陆的冲积河谷,前者如现今我国的四川盆地,后者如亚马孙(Amazon)盆地。这些拗陷可以是被沉积物或火山喷出物质充满,形成充填盆地(stuffed basin),也可能是未被充填的或者是大部分被水和空气充填的,形成所谓的饥饿盆地(starved basin)。从均衡观点来看,后者属欠补偿盆地。水下地貌盆地从冰缘、冰核近湖泊到洋盆都有。地貌盆地的存在,对于沉积盆地的形成是必需的。

把构造盆地或沉积盆地与地貌盆地区别开来是一个很重要的问题。前者是沉积盆地后期变形和构造破坏的结果。如我国的四川盆地,现今时期属于地貌盆地;当我们研究古代沉积物时也把它称之为四川盆地,就属于构造盆地的范畴。对于古老的沉积盆地,保存下来的大都呈构造盆地,甚至有些在板块运动中已消减到岩石圈再循环。所以,盆地研究者提出了盆地保存潜力的概念(美国国家研究理事会,1997)。

二、沉积盆地分析发展回顾简述

沉积盆地分析是建立在大地构造与沉积作用上的,所以沉积盆地分析的起源可以追溯到19世纪中叶的地槽理论。1859年,一位美国古生物学家(Hall C R)在进行地层对比时,发现阿巴拉契亚山整个古生代地层厚度比山外面要厚得多。所以他称其为大向斜,即地槽(geosyncline)。这是最早利用盆地中沉积物厚度来研究大地构造的例子。随后,众多研究者通过不断的研究和探讨,逐渐形成了统率当时整个地学界的理论——地槽学说,并一直持续到20世纪中叶。1951年,Kay所著的北美地槽一文中,已经将地槽分成20多种类型,差不多每一种盆地都代表一种地槽,每种地槽都是一个不同的地质构造。但它们的成因一个也没有解决,比如复理石盆地(flysch basin)、磨拉石盆地(molasse basin)等。

20世纪对于地球科学来讲,最令人振奋的莫过于板块构造理论的形成。它使整个地质学发生了彻底的革命,这也使沉积盆地分析进入了第二个阶段。这个阶段实际上也是盆地分析研究系统化的阶段,也是现代沉积学形成和发展的阶段。毫不奇怪,对于盆地分析而言就是板块构造对它的控制,它使得整个盆地分析研究进入一个理性阶段。在这方面典型的代表人物为Dickinson W R和许靖华(Hsu K J)等。一个典型的实

例为加利福尼亚大峡谷中生代盆地的研究和解释(图 0-1)。从这张图上我们可以明显看出,从 20 世纪 60 到 70 年代在地槽和板块构造理论框架下,对同一个盆地的解释发生了多么重要的变化。不仅如此,板块构造也为盆地分析提供了一个与全球构造学紧密联系的可预测的模式(图 0-1)。

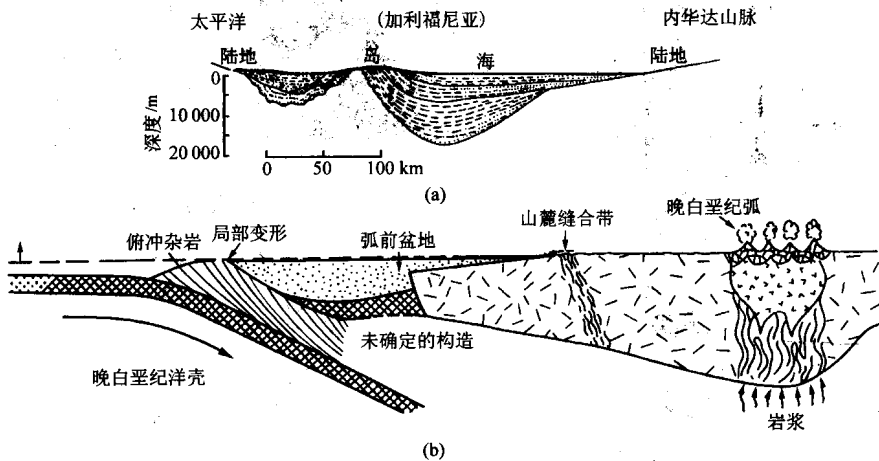


图 0-1 美国中部加利福尼亚中生代大峡谷盆地横跨剖面重建,从 20 世纪 60 年代(Kay 和 Colbert,1965)(a)到 70 年代(Dickinson,1979)(b)的变化

随着在板块构造理论框架下沉积盆地分析的迅速发展,一个主要进展就是通过确定充填在沉积盆地中的硅质碎屑成分来研究沉积盆地形成时的构造背景。这种研究方法在某种程度上构建了碎屑岩物源区与板块构造的关系。有关这方面研究尽管进行了许多年,但在地槽学说阶段,重心是放在岩石学和重矿物研究上。随着 Dickinson 和 Suczek(1979)发表有关这方面第一篇研究文集和对盆地形成的构造背景的重视,物源区分析(provenance analysis)成为盆地分析中发展最快的一个分支,砂岩的矿物学组成(石英、长石和岩屑)成为物源区研究中最最重要的方法,砂岩成分三角图解已成为盆地分析者非常熟悉的图解并成为重要的分析方法之一。

在这个期间盆地分析的第三个进展就是沉积环境的解释。尽管从 20 世纪 50~80 年代被称之为现代沉积学形成阶段,并在石油工业刺激下进行了大量古代与现代沉积环境的研究。但是,在盆地分析框架下进行沉积体系和沉积环境的典型研究首推 Crowell (1974)对加利福尼亚盆地岭地区渐新世盆地的研究,他通过分析沉积体系与盆地构造背景,进行了一次成功的盆地分析研究(图 0-2)。里奇盆地(Ridge basin)是随圣安

德列斯转换断层系(transform faults)演化过程中形成的一个小型拉分盆地(pull-apart basin)。依据他这种分析思路,学习盆地分析的研究者可以将相模式用于一种特定构造背景的盆地分析研究中。

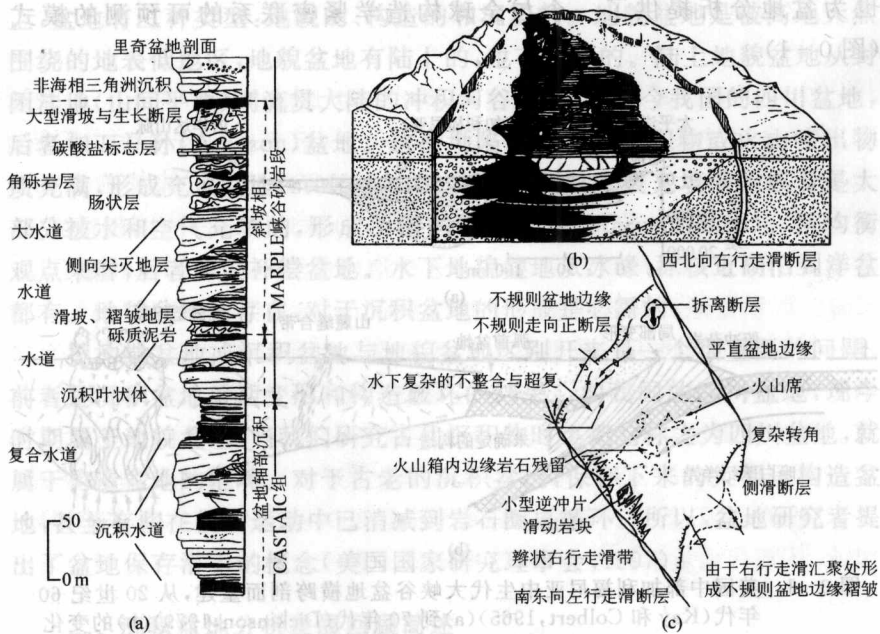


图 0-2 盆地分析中相分析的复合图解
(Crowell, 1974)

(a) 加利福尼亚里奇盆地(Ridge basin)地层剖面与垂向层序分析;(b) 里奇盆地内沉积相平面展布综合重建,重建资料主要来自图 0-2(a);(c) 从类似里奇盆地研究所建立的走滑拉分盆地概念模式

盆地分析的第四个进展就是描述盆地埋藏历史以及盆地沉降模拟相关的研究,它从一个单纯裂谷盆地的热分析到沉积速率、水深史和压实史结合在一起所进行的地史分析(geohistory analysis),这就是被后人称之为的 Van Hinte(1978)图解。这个图解重要性在于可以解决盆地分析中遇到的两个问题:一是随着时间变化沉积物堆量化计算问题;二是可以帮助人们了解盆地形成时的构造背景,尤其是在受热沉降机制控制的盆地,它显得更加有用。由于这种方法是在油气勘探中形成的,因此在露头研究中使用并不广泛。

盆地分析第五个进展就是地球物理学家和地质学家在地震反射资料基础上所发展起来的地震地层学(seismic stratigraphy),它使得我们更加清楚和科学地解释埋藏于地下的大陆边缘盆地。此外,这方面发展的副产品并且是一个令人兴奋的进展就是 Exxon 公司研究组提出的海

平面变化曲线以及随后形成的层序地层学(sequence stratigraphy)。由于层序地层学创造性地将沉积作用、海平面变化、构造作用等因素有机地结合在一个模式中,并在油气勘探中取得了明显的效果,所以至今它仍然是盆地分析研究中的重要领域之一。

随着计算机技术在 20 世纪 80~90 年代走向成熟,盆地分析领域取得了又一个重要进展,这就是盆地模拟(basin simulation)技术。这项技术可以看作是当代计算机技术与新的地学理论和思维相结合的产物。所谓盆地模拟是在系统论的思想指导下,在时空范畴内,从盆地基本地质问题的物理化学机理出发,由计算机模拟盆地的形成和演化。由于盆地模拟技术主要是从含油气盆地研究中形成的,因此它也包括烃类的生成、运移和聚集的模拟过程。盆地模拟技术无论从盆地基础理论意义上,还是从油气勘探生产实践的角度,都是一个重大进展。它把石油地质学原本静态、单因素的定性描述提升到动态的、整体化的定量模拟。它能近似直观地三维定量再现盆地形成和演化的动力学过程以及伴随的成烃、排烃和运聚过程,并模拟这些过程之间的(四维)时间配置关系。因此,这项技术不但为含油气盆地早期评价提供了有效工具,从技术上也使得整体和动态地进行盆地分析成为可能。

受多种因素的影响,中国地质工作者对板块理论的形成贡献不甚突出。但是,进入改革开放时期,为了满足国家建设对油气、煤、水等资源的需求和科学的发展,我国沉积盆地分析研究者迅速弥补了这一不足,这主要表现为:一是在学习和借鉴国外沉积盆地分析理论和方法基础上,有所创新,并满足了生产实践对我国盆地分析提出的任务和要求,尤其是在油气勘探方面形成了具有中国特色的含油气盆地分析理论和方法;二是依据各自传统的研究优势和地域特点,形成了若干有特色的研究群体和基地,比如在含油气盆地和含煤盆地、改造型盆地、盆地动力学、板块构造与盆地形成关系和盆山耦合作用等领域。尤为可喜的是,我国一批中青年学者活跃在盆地分析研究方面,从而保证了我国盆地分析研究水平能与国际上基本保持同步;三是随着研究的不断深入、水平的不断提高、人才的不断成长,围绕盆地分析的学术交流也日趋活跃,一大批高水平论著也在国内外有关刊物和出版社发表与出版。据不完全统计,国内近十年来围绕盆地分析的各种类型学术讨论会有 30 余次,发表论文 1 000 余篇,专著几十部。

综上所述,现代沉积盆地分析的理论是建立在板块构造框架基础上,在研究内容上主要强调将盆地视作一个整体进行研究;在研究方法和手段上强调通过多种学科和多种手段进行综合分析;从盆地演化史分

析而言,特别强调盆地形成时的背景分析(如大地构造、古气候、海平面等),注重时空之间相互配置的关系以及盆地后期改造的恢复,即动态研究。

三、沉积盆地分析的发展趋势^①

盆地分析的目的不仅在于了解盆地为什么形成,在哪里形成,以及为什么在那个时间发生沉降并形成盆地,还在于评价盆地充填物及其所含流体的过程及其相关分布。这些工作解决的既是基础又是实践的问题,在20世纪盆地分析者已经作出了出色的回答。正是由于有了这样一个基础,我们可以预测未来沉积盆地分析的发展将主要围绕以下三个方面开展。

1. 盆地动力学

沉积盆地构造的研究已经能够说明盆地形成的一般原理、盆地的几何特征、构造驱动力和物质性质,但是将其进一步深入运用又存在很多限制,如在沉积记录中很难确定由于地壳的垂向运动(造陆运动)还是由于地球表面水体变化(海平面变化)引起海平面的相对变化。在造陆运动中,垂向运动有可能是由几种运动共同驱使。例如,与前陆盆地有关的造山带,基底的岩石和地壳负载共同影响盆地沉降,但这些作用相对贡献力与强度又很难确定。同样的,热沉降和表面应力共同影响被动大陆边缘和克拉通盆地内部的沉降。

由于石油工业的推动,从20世纪60年代开始,对盆地沉积充填和形成构造背景进行了大量卓有成效的研究,揭示了主要类型盆地的基本特征及其与板块构造背景的密切关系,并产生了一系列按板块构造背景命名的盆地类型。20世纪80年代后期以来,国际上有关盆地研究的系统专著出版工作出现了高潮,仅欧美学者就出版专著至少20部以上。与此同时,还积累了大量的资料,仅美国的石油公司在过去40年中为了获得这些资料就花费了数十亿美元。随着新世纪的到来,对于盆地形成机制——盆地动力学的研究应该成为固体地球科学最为重要的主攻方向之一。因为这一研究涉及两大主题:地球科学的基础研究和维持与支撑人类经济发展。

沉积盆地的形成直接受地形控制,地形决定接受沉积物的地表凹陷范围,高地则向沉积盆地提供物源。这一地质过程被称为外动力地质作用,似乎与深部因素关系不大。但是最近研究表明,盆地沉降机制除明显受岩石圈控制外,地形也完全受下伏地壳岩石的厚度和密度状态变化

^① 部分内容引自孙枢等(1998)。

以及全球规模的地幔对流的控制。所以沉积盆地被称之为壳幔体系中应力和应变的显示器。我国学者利用震析成像技术在对南海盆地的研究中已经明确得到这一认识。Gurnis 通过对 64Ma 以来全球隆升和沉降分布模型的计算,揭示出北美的相对隆升和印度尼西亚的相对沉降也是由于地幔对流引起地形变化。

可以看出,长期以来形成的静态盆地分类应该转向分析盆地的基本形成过程,动力学分析应该是过程分析。盆地演化常常是多重作用和过程,而盆地类型正是这种多重作用的复杂函数。因此,研究盆地演化的动力学过程要优于确定理想化的盆地类型;正如 Dickinson(1997)所指出的那样,现有盆地分类主要是地貌-构造类型,如弧前-弧后、前陆和克拉通等,这使得人们往往根据构造部位确定盆地类型而不是进行地球动力学参数研究。

地幔柱理论、拆沉理论以及美国国家研究理事会盆地动力学研究纲要的提出,使得人们对垂直运动的重要性进行了重新认识。所以,盆地动力学研究不仅要从巨厚的盆地充填物去研究,未来更为重要的发展方向是从保存于沉积物内部的古地形记录中获取证据,而以前只是着重于古测深的研究。现有的知识储备、超强的计算机手段、GIS 技术和高精度数据高程模式(DEM)的出现,使我们不仅能进行平面二维空间的古地理(古大陆)再造,也允许进行垂向三维空间的岩石圈表面古地理(古地形)变化的重建。岩石圈的拆沉与深部物质的折返直接影响到古地形的隆升及地貌形态,也直接控制着侵蚀与剥蚀速率。伴随着山体或高地的抬升,在造山带内部和周边地区形成了许多沉积盆地,山体或高地侵蚀的产物被水或风搬运到盆地中沉积下来。这就允许我们通过盆地充填物与恢复古地形,探讨和了解深部的动力过程。

需要指出的是,对于未来盆地动力学研究的挑战还来源于这样一种认识:造山带的演化强烈影响着气候,气候也强烈影响着造山带。因为受气候控制的侵蚀作用的强弱往往决定于发育高地形还是低地形的山链,同时构造作用和气候变化又强烈影响着全球的地球化学作用和过程,这就决定了盆地中的沉积记录的特征。

2. 沉积盆地与全球气候变化和海洋变化

当盆地沉降时,保存了正在演化的沉积环境中的地球化学、矿物学、沉积学和古生物学记录。因此,从这些记录中可以获取生物圈、水圈和大气圈的短期特征。沉积记录不仅提供过去地球表面的气候信息,还反映沉降速率和幅度变化。由于现今气候体系仅能提供地质历史中一个极其短暂的片段,所以这些是相当重要的。