

中国西部大型盆地分析 及地球动力学

许效松 刘宝珺 徐 强 潘桂棠 颜仰基 著
吴应林 陈智梁 蒲心纯 尹福光 丘东洲 王龙璋

地质出版社

中国西部大型盆地分析 及地球动力学

许效松 刘宝珺 徐 强 潘桂棠 颜仰基 著
吴应林 陈智梁 蒲心纯 尹福光 丘东洲 王龙璋

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

中国西部大型盆地主要包括四川、楚雄(含西昌)、塔里木和准噶尔盆地,是我国能源开发的重要基地。专著从盆地的形成机制与演化、盆地的充填史、盆地统一场作用的背景及盆地的地球动力学四个方面进行了详细研究。作者把盆地与造山带相结合,并将两者视为统一的整体,论述了盆地的成生和消亡的过程、盆转山和山控盆的耦合关系,以及盆地的离散和聚合的动力因素,从而建立由盆地系统转为造山带系统的盆-山转换的三种新模式。

该书内容丰富,论述深刻,对从事盆地分析、沉积学研究及构造学研究的地质专家、学者具有重要的使用价值,可供大专院校教学、科研、生产的地质工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国西部大型盆地分析及地球动力学/许效松等著. —北京:地质出版社, 1997. 12
ISBN 7-116-02446-8

I. 中… I. 许… II. 盆地-地球动力学-中国 N. P942. 075

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 19293 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:王培生 王文孝

责任校对:黄苏晔

*

北京科技印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 ¹/₁₆ 印张: 11 字数: 268000

1997 年 12 月北京第一版·1997 年 12 月北京第一次印刷

印数: 1—700 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-116-02446-8

P·1821

前言

《中国西部大型盆地分析及地球动力学》专著是在地质矿产部“八五”期间的重大基础项目,“中国西部大型盆地分析及地球动力学研究”的基础上编写而成。该项目由成都地质矿产研究所主持,成都理工学院协作。项目首席科学家为刘宝珺院士。项目的执行由成都地质矿产研究所许效松研究员负责;成都理工学院由彭大均教授负责,其研究成果分别出版。

中国西部大型盆地包括四个盆地:四川盆地、楚雄盆地(含西昌盆地)、准噶尔盆地和塔里木盆地。研究的内容有以下四个方面。

1. 盆地的形成机制和演化

盆地的成盆和发展都与全球构造演化旋回同步,并受地球外动力的制约。不同构造旋回和每个旋回中的各个阶段,均有不同性质的盆地成生和盆地性质转换。盆地的演化和演化过程以及阶段的间隔,即盆地的成生和消亡,在威尔逊构造旋回中呈螺旋式的转化,除此还受盆地基底性质的控制。从盆地的演化史来看,成盆期长,稳定充填期短,而盆地的消亡过程和造山期也较长。研究盆地的形成和演化,依据盆地的性质和其特殊性,以及各盆地之间的相互关系,研究重点各有不同。四川盆地和楚雄盆地,以中生代盆地的形成演化研究为主,侧重于盆地成盆的主要驱动力。四川和楚雄前陆盆地的成生是扬子陆块与特提斯构造域演化的结果,也可以说是扬子陆块上盆转山的结果。准噶尔盆地通常也是指中生代的盆地,但对其基底的性质颇有争议。因此,对这个盆地不仅要研究它的充填史,也要研究它的形成史,限于资料的局限性,研究的时限从泥盆纪至二叠纪,对中生代的充填史简略述之。塔里木盆地是个复合叠加的盆地,它的形成演化史涉及塔里木盆地基底的性质、归属和变迁,以及在中国西部古大陆的聚合过程中所起的作用,因此对该盆地的形成演化史的研究应始于古生代。

2. 盆地充填史

盆地的充填物是研究盆地充填史的最好见证。盆地的充填史记录着盆地的演化、构造动力机制的转换以及盆地的消亡方式,是盆地分析的最有效的途径和方法。盆地中充填物的性质和序列,也代表盆地的构造背景和盆地的构造属性,因而也是分析盆地构造演化的手段。

研究盆地充填史应寻找等时性沉积物的变化和可对比性,因而研究盆地充填史的最有效的方法是层序地层学。它以全球海平面升降为等时界面,对比同时性的地层单元,从而恢复盆地的演化过程。

3. 地质统一场作用的背景

在地质统一场作用背景下研究盆地中的地质事件和事件沉积物的类型,特别是火山-热事件等对盆地演化的制约性。

4. 盆地地球动力学和运动学分析

盆地形成演化的动力机制,是地球科学探索的难点,也是综合性极强的研究内容。从盆地分析这一学科探讨地球动力学对盆地的控制,主要有两个方面:①盆地成生的动力因素,

不仅研究导致盆地形成的地壳拉伸变薄,而且还分析板块间的构造运动控制盆地这一前沿课题;②盆地演化的动力机制和构造演化的过程分析。

盆地分析是 80 年代后期地球科学中发展较快的分支学科之一,在我国地学界也成为研究的热点;但不同学科的侧重点不同。沉积学家往往侧重于充填史和着重于单一盆地的研究,或研究盆地充填物的几何形态、叠置关系等;而构造地质学家则以研究盆地的构造背景为主,或研究盆地地应力的相互制约性。

笔者的研究思路是把盆地与造山带结合起来,把两者视为统一的整体。研究盆地系统和造山带系统之间的构造演化,以及盆地转为山系的过程和两者的耦合关系;从盆地的充填物的类型、叠置关系,以及火山活动和蛇绿岩等特征,反映盆地性质的转换。笔者还注意了近几年地球科学发展的新动向(随着大陆地质和大陆岩石圈研究的深入,地质学科发生了重大转折),从而提出重建古大陆和古大洋,恢复全球构造活动,强调研究盆地和造山带的耦合关系的研究方向,进而提出通过研究盆-山转换过程和盆-山转换的动力学特征,跟踪地学发展前沿的思路。

通过近四年的研究,笔者详细分析了我国西部大型盆地的形成、演化和盆地基底的性质,以及各盆地的离裂和聚合的动力因素,建立了板块构造控制盆地、盆转山和山控盆的盆-山转换的新模型。该项研究成果在由地质矿产部科学技术司聘请的以王鸿祯院士为主任委员,宋叔和院士为副主任委员,张炳熹院士、李廷栋院士、苏云山教授、孙肇才高级工程师、宋天锐研究员和袁润广研究员为组员组成的评审委员会上通过了评审。专家们对该成果给予了高度的评价,一致认为盆地分析及地球动力学研究是一门崭新的综合性的学科,作者的研究思路是把盆地与造山带视为一个研究整体,把充填物视为盆地形成、演化与板块运动的耦合效应,并在恢复和重建盆地构造古地理以及西部大型盆地聚合的地球动力学分析上有重大的突破,超越了前人盆地分析的观点和研究领域,是一部具有国际先进水平的科研成果。

本专著是在刘宝珺院士和许效松研究员对盆地分析的总体思路下分工编写的,为集体研究成果,并参阅了前人的大量资料,吸取了有益的建议。全文共分为总论、结论和六个章。总论由许效松、徐强编写,第一章由许效松编写,第二章由颜仰基、吴应林、陈智梁编写,第三章由蒲心纯、尹福光编写,第四章由丘东洲、王龙章编写,第五章由许效松编写,第六章由刘宝珺、许效松、潘桂棠、徐强编写,结论由许效松编写。全文由许效松和刘宝珺统编。

研究工作自始至终由地质矿产部科学技术司领导和主持,由中国地质科学院科技处组织,并得到它们的支持。此外,成都地质矿产研究所在项目执行中负责具体组织和协调工作,并在各方面给予支持。研究过程中多次与成都理工学院彭大均教授、蔡学林教授和刘文均教授等讨论盆地分析的总体思想,统一认识;成都地质矿产研究所李兴振研究员、王增研究员和牟传龙博士、邢雪芬副研究员等参加了部分野外调查,傅恒副研究员参加了部分室内工作,朱同兴副研究员参加了楚雄盆地早期野外调查,特别是李兴振研究员对西部盆地的构造格架提出了宝贵的意见;新疆地质矿产局张良臣总工程师、刘德权副总工程师和新疆地质矿产研究所梁云海高级工程师也给予了指导和帮助。

作者仅对上述给予支持和帮助的单位和个人表示衷心的感谢。

著者

目 录

总 论	(1)
第一章 中国西部大型盆地基本格架和相关性	(10)
第一节 中国西部大型盆地构造古地理演替	(10)
一、盆地古地理格架与全球古地理对比	(10)
二、西部大型盆地的相关性	(13)
第二节 中国西部大型盆地基底构造定型和成盆史	(13)
一、古亚洲洋和准噶尔盆地的性质	(13)
二、泛扬子陆块群与西部大型盆地的相关性	(14)
第二章 四川盆地演化及地球动力学	(16)
第一节 “四川盆地”的含义	(16)
一、地壳压缩背景下最后定形的地貌盆地	(16)
二、从碳酸盐台地到前陆盆地的转折时期——中晚拉丁期	(16)
第二节 扬子陆块与其周缘的板块缝合	(17)
一、中新元古代后扬子陆块周缘的大地构造格架和板块缝合特征	(17)
二、早古生代的造山	(17)
三、晚古生代的造山	(19)
四、三叠纪的造山	(19)
五、构造缝合形成的主要前陆盆地	(19)
第三节 扬子碳酸盐台地的演化	(20)
一、碳酸盐台地与构造演化的关系	(20)
二、震旦纪及早古生代的台地演化	(20)
三、晚古生代的台地演化	(20)
四、三叠纪的台地演化	(20)
第四节 前陆盆地阶段的演化	(24)
一、边缘前陆盆地阶段	(24)
二、后造山（陆相磨拉石）前陆盆地阶段	(27)
第五节 四川盆地的形成及其晚新生代的演化	(35)
一、四川盆地的形成	(35)
二、晚新生代四川盆地的演化	(37)
第三章 楚雄-西昌盆地演化及地球动力学	(39)
第一节 盆地的区域构造特征	(39)
一、楚雄-西昌盆地的构造格架及盆地边界断裂	(39)
二、盆地西缘推覆构造体系及其构造样式	(43)
第二节 盆地及邻区的沉积地壳	(44)

一、震旦纪—古生代沉积地壳	(44)
二、中生代至第三纪沉积地壳	(47)
第三节 盆地的层序地层叠置转换与造山信息	(53)
一、与海(湖)平面升降相关的几个界面及层序组成	(54)
二、超层序 I——上三叠统挤压型前陆盆地层序地层与褶冲造山作用	(56)
三、超层序 II——侏罗系至白垩系陆内拗陷盆地的层序地层与造山信息	(62)
第四节 盆地形成演化的地球动力学	(67)
一、楚雄-西昌盆地的形成与演化	(67)
二、楚雄前陆盆地的计算机模拟	(70)
三、“攀西裂谷”内陆盆地自由热对流应力分析及盆地沉降	(72)
第四章 准噶尔盆地演化与地球动力学	(76)
第一节 准噶尔盆地地壳结构及基底	(76)
一、地壳及上地幔结构	(76)
二、关于盆地基底性质	(76)
第二节 盆地边缘造山带	(79)
一、北天山造山带	(79)
二、西准噶尔造山带	(80)
三、东准噶尔造山带	(82)
第三节 盆地沉积充填与演化	(84)
一、盆地古地理重建	(84)
二、盆地古地理演化	(98)
第四节 盆地构造形态与运动学	(100)
一、盆地内部构造区划	(100)
二、盆地构造形态应力分析	(103)
三、盆地构造发展运动学	(104)
第五节 盆地地质事件	(105)
一、火山事件与盆地演化	(105)
二、事件沉积	(106)
第六节 盆地形成、演化与动力学	(108)
一、不同成盆期盆地原型分析	(108)
二、盆地类型与形成演化机制探讨	(111)
第七节 准噶尔盆地与周边造山带成因关系探讨	(112)
一、准噶尔盆山系统	(112)
二、准噶尔盆山关系探讨	(112)
第五章 塔里木盆地演化及地球动力学	(114)
第一节 塔里木盆地性质及序列对比	(114)
一、塔里木盆地性质和归属	(114)
二、塔里木盆地沉积序列特征及对比	(116)
第二节 塔里木盆地古地理演化与盆地性质转换的驱动力	(126)

一、塔里木盆地构造古地理演替 (126)

二、塔里木盆地性质转换与造山 (130)

第六章 盆山转换和地球动力学模型..... (137)

第一节 盆山转换的判别依据..... (137)

一、盆地性质 (137)

二、盆转山的标志 (137)

第二节 盆山转换的动力学模型..... (142)

一、古大洋的消亡方式和岛弧造山模型 (142)

二、大陆边缘盆地盆山转换模型 (149)

三、活动边缘的特殊类型——塔里木盆地盆山转换过程及缓冲式的造山模式 (151)

结论..... (154)

参考文献..... (156)

英文摘要..... (161)

总 论

一、概述

当代地球科学界都把大陆动力学研究视为建立新的地球观的突破口，并成为地球科学的前沿研究领域。认识和推动大陆动力学研究所涉及的学科领域很广，可概括为大陆构造（以岩石圈为主要对象），下地壳的热状态和热变流体系，地球物理和地壳运动的驱动力及来源四个方面。其中最重要最直观的研究内容是大陆构造，并由此来探讨地壳运动的驱动力。

大陆上最基本的构造单元可归纳为两大部分，一是盆地系统，二为造山带系统。这两个系统是在地壳时空演化上的一对孪生体，因此把盆地和造山带作为一个统一的整体，分析盆转山和山控盆的过程，以此作为认识大陆地质和地球形成演化的窗口，并已成为地学领域的热点。

造山带是个复杂的、压缩密集的构造单元。任何一条造山带，都包含了地质历史长河中的地壳、甚至地幔各圈层之间构造活动和地球动力转换机制的记录。它代表了板块间的相对运动、消失的大洋、消失的陆块和大陆边缘盆地，除此还包括碰撞后的陆内隆升带。所以造山带既代表消失的大洋系统，也代表消失的盆地系统。

造山带在空间上的幅度，自数十公里、数百公里至千余公里。陆内隆升的山脉和与其相对应的拗盆宽度仅数十公里。如果把盆地系统和山脉系统作为一个整体体系和对象，则可达千余公里宽，特别是陆洋体系的山盆复合系统，在时空尺度上比陆内体系都宽广得多。因此，盆地系统和造山带系统有两个层次的涵义，一方面是洋和陆的体系；另一方面是陆内体系或板内体系。

地壳最上部的浅层构造，即年青的盆地和造山带，为陆内体系。研究山脉的隆升及相伴的压陷和断陷盆地之间的山控盆的动力转换机制，已成为构造地质学家追求和探索的目标，也是当前大陆动力学的热点。其探索的途径，不仅要研究构造形变，还应研究下地壳的热动力、物质运移和调整的规律，把深部构造和浅层构造结合起来，探求其内在的联系和表现。

造山带中不仅有年青的山脉和盆地，还保存着不同地质时代的古盆地和盆地转山的记录，特别是陆洋体系的转换。因此根据造山带中保留的洋、弧、陆的残块和大陆边缘增生楔，以及大陆边缘的沉积物的特征，来恢复古大洋和古大陆，以及洋盆的消亡方式，重建构造-沉积古地理，追索地壳的形成和地壳运动的驱动力，已成为地学界的另一个热点。

近几年，沉积地质学家和构造地质学家把盆地和造山带之间的结构型式结合起来，从盆地中揭示造山过程的响应，从造山带中探索盆地边缘的性质，研究地壳的形成演化及动力转换机制，作为恢复古大陆和古大洋的重要依据。中国西部大型盆地分析及地球动力学研究项目，即以盆山系统为整体目标，以全球构造活动论和沉积-构造地质学、对比沉积学、层序地层学为指导，选择四川盆地、楚雄盆地、准噶尔盆地和塔里木盆地四个不同性质的

盆地，进行盆地分析和地球动力学研究，分析不同动力条件下盆地的性质，从各种充填堆积物的式样、序列中反馈已经消失了的古动力学条件和古构造环境，恢复各盆地的相对位置、盆地的消亡和转山过程，以及消失的古大洋和西部盆地的最后聚合。

二、盆地系统和盆地分析

盆地是大洋岩石圈和大陆岩石圈上客观存在的整体系统和堆积场所。盆地由地壳拉伸变薄、热沉降、负荷拗曲或构造沉降，以及压陷断拗等动力作用形成。盆地的新生代表构造旋回的起始和地壳构造动态转换，以及物质均衡调整的结果，由此构建了一个以充填作用为主的容纳空间。但是，盆地分析不仅只是泛指具有地貌上意义的单一的一个盆地，还代表了在不同块体的位置、板块所属的性质以及所在边缘的特征。在一个板块上的不同部位和边缘带组成了性质各异的堆积场所，由此构成了一个盆地系统。各堆积场所的堆积物和其性质的转换记录，都可反演板块的性质。从沉积地质学出发，根据堆积物可以划分出不同的相和环境，也可分出由不同沉积物组成的不同的堆积单元，或单一的一个盆地。而盆地分析则是把属同一板块的各堆积场所放在地球演化的时空格架上，有机的把每个单一盆地联合起来作为一个统一系统，研究其演化和转换的动力机制，这也是该项目的另一特色。

盆地分析始于 60 年代初，首先为石油地质学家所重视，用来揭示盆地的沉积演化和古地理。在近代科学技术发展的 30 年中，随着地学领域各学科的发展和学科的精细专业化，以及地球观的转变，沉积盆地分析被推进到一个新的阶段。研究盆地的形成史、充填史、埋藏关闭史，以及盆地演化过程中由地球动力驱动的过程和控制的特殊事件、事件发生的时间及事件沉积作用等，以此来探索和认识盆地的地球动力学演化，研究山盆相配的制约关系和大陆边缘与洋盆间转换过程对盆地沉积体的制约等。

盆地形成史的研究，包括盆地生成的板块构造作用、盆地的基底性质、在板块中的部位、盆地沉降机理及其热力学等方面的研究。已建立的 Mckenzie (1978) 的地壳扩张模式在解释盆地的形成方面具卓有成效的成果，其结论为在盆地形成初期首先发生机械断裂事件，接着是简单的热散失，相应的减薄带最终演化为盆地。

关于盆地的沉降史，Mckenzie (1978) 的模式已成为盆地分析的基础。按照他的观点，沉降的动力因素记录在沉积物的厚度中，沉降史可根据地层的厚度和沉积速率来模拟，并标绘出大地构造沉降曲线。而曲线的形态则记录了从早期裂谷至冷却的连续的沉降演化史。

除此，在汇聚边缘盆地的地球动力学研究方面，也取得了重要的进展，C. Beaumont 提出了前陆盆地或前渊盆地的发育起因于仰冲体加载而导致大陆边缘岩石圈弯曲的结果的观点。

盆地形成后的充填史和埋藏关闭史，也是盆地分析中的重要内容。不同性质的盆地具有各自的沉积序列和时空展布模型，因此可通过建立盆地的等时地层格架来恢复充填序列和构造活动，并以此对比同一板块或不同板块间盆地的相关性。具有重大突破的研究方法就是层序地层学方法。

层序地层学的脱颖而出，促使盆地分析的方法有了重大的突破，提供了研究盆地充填的新思维。它的关键点就是以海平面的变化和构造活动的耦合来追踪盆地的演化、发展、埋藏和消亡。

对盆地演化过程中的事件和事件沉积的认识，也改变了传统的思维方法。事件沉积物

是盆地地球动力学性质转变的响应，也是地内和地外作用耦合的产物。盆地分析中，把以地球驱动力为主导的热事件与正常沉积作用结合起来，分析两者之间的转换过程及堆积物的特征，以辨别盆地的性质和对比性。同时特殊沉积物如上升洋流和磷的沉积、缺氧黑色页岩、含铁石英岩等，均具有全球可对比性的价值，因而可作为盆地对比的重要内容。

三、地球动力学在盆地中的响应

地球动力学的基本点就是研究地壳形成演化的驱动力，以及动力性质转换的动力机制。研究的内容涉及地球科学的各个学科领域，不仅是岩石圈而且还包括地球深部，地壳、地幔的热对流以及更深层次的地幔柱构造。然而地球这个大实验场和它的时空跨度，极大地超过了人类所及的能力，因而对地壳的形成和对地球的认识、假设和解释以及验证等，都有很大的和不同程度的局限性，或只能是一种简化了的模式。所以不同学科专业的研究手段和所探求的科学问题也只能是极小的一个侧面，沉积地质学和盆地分析也不例外。

大陆岩石圈的形成演化，涉及古大洋的消失和古大陆的聚合，蛇绿岩的研究和混杂堆积的发现，已成为判别古大洋的重要标志。洋壳的消减、扩张及其与古大陆的聚合方式是大陆构造地质的核心。有的学者把地质运动归为“开”“合”运动，并从元素的组合配置中寻求其“开”“合”的记录。此外，造山带的形变，大陆增生楔的组成、结构，以及把板块构造理论用于大陆岩石圈的演化等，均反映地球动力学性质转换的一个侧面。

地球动力学在盆地中的响应，随着近代沉积学的发展和学科的渗透，首先是对盆地和沉积物的认识已从狭隘的“盆”中解脱出来。

盆地是地壳构造活动的结果，也是地球动力学的响应。认识盆地主要解决两个问题：一是盆地的性质，不同性质盆地的演化过程各异；二是陆和洋壳盆地体系的相互关系，以及其性质转换的驱动力。不同盆地的消亡方式可以反馈大陆边缘的性质，由此可认识大洋的俯冲、消亡方式。这两方面的信息是地壳构造活动和动力性质的反映，它的物质表现在盆地中就是充填体，而沉积岩只是其中的一部分。

充填堆积体是地壳、地幔各种活动在盆地中的记录和见证，可通过堆积体的物质组成、几何形态和堆积体的序列和叠置等三个方面认识盆地的性质和转换过程（图 0-1）。

1. 充填堆积体的物质组成和结构

盆地中充填体物质组分的来源具有多源性，主要有陆源、海源、地内源和地外源四种。这四种物源反映盆地的构造背景、控盆的动力转换、盆地的稳定性和盆地性质的转换以及宇宙和地球的关系。

（1）陆源物：盆地中的堆积物由高出海平面以上的陆地供给。在一个序列内陆源物的比例、组构、组分或沉积物的通量是地壳构造活动和盆地容积空间的反映。

陆源物的成分依源区性质而异，通常有结晶基底、褶皱盖层和岛弧等源区。实际上，陆源物中的印记则复杂得多，陆源组分的混杂程度，是判别盆地性质，大陆边缘特征，地壳上不同单元构造活动的差异以及不同陆块、板块间构造活动的指示剂。被动大陆边缘的陆源物的粒度、胶结物、结构和岩相组合均呈有规律的变化，符合相律规则。

陆源物注入盆地的数量和方式不仅取决于搬运的介质条件，更重要的是受控于盆地所处板块背景的动力条件，以及与相邻板块的关系。主要有四个基本要素：陆源区的构造活动、陆源区基岩的性质、古气候和所处的古纬度带、物质运移的介质条件。

陆源物质由源区注入盆地的方式或搬运的条件是判别盆地性质的重要因素。

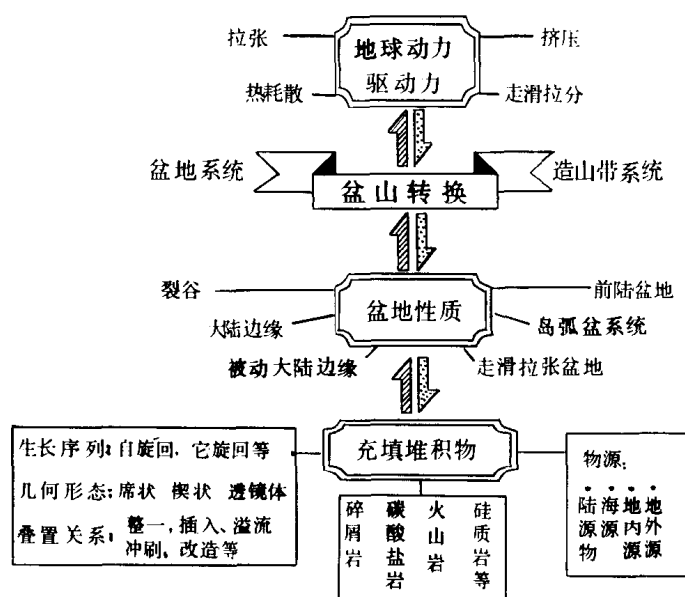


图 0-1 地球动力作用在盆地中的响应

刘宝珺等(1993)对碎屑物在水中的搬运和沉积作用、流体力学的性质和牵引流、重力流的沉积作用等,曾作过精辟的论述。笔者强调水搬运作用的另一侧面,即陆源物特征可用来解释和识别盆地演化过程和构造背景。

注入盆地中的陆源碎屑最主要的是通过陆地上水的搬运,包括山洪的冲积、洪积、泥石流和河流等,从层序地层学的观点谓之河流回春作用。河流回春除古气候变迁导致降雨量大之外,更重要的因素是构造活动的回春,不仅反应物源区的构造隆升活动,而且代表山盆体系之间发生了构造变动。

陆源物注入盆地的瞬间和注入后,其搬运作用除陆上河流的牵引力和负荷力之外,还有海水搬运作用的叠加效应,以及各种海水流体力学性质的改造。

海相盆地中陆源碎屑的堆积体大部分都经过波浪作用、潮汐作用和海流的改造后重新堆积作用,因此强调海水对陆源物的搬运和改造程度,可以反馈盆地的性质和稳定性。

基于以上两点,从陆源物的组分和结构,杂基以及胶结物的记录,来寻找盆内形成陆源物堆积体的搬运条件、搬运能力和河流牵引力与海流的转换,所有这些都是印证山盆体系构造活动和构造性质的重要因素之一。

(2) 海源物:盆地内充填堆积体中的海源物,指海盆内自生的由生物作用、生物化学作用和化学作用生产的有机和无机组分,以及一部分呈悬浮沉落的陆源物——软泥。这些组分以独立的堆积体或与陆源物混合,如碳酸盐组分、特殊的碳酸盐-生物礁、自生的海绿石、胶磷矿及生物化学作用的硅质岩、膨润土等粘土矿物。

前述的陆源物和海源物共同组成海盆地中的重要组分,盆地分析和盆地演化中对充填堆积体的研究,关键点就是弄清充填体中的陆源物和海源物之间的关系,以此作为认识盆地的归属、演化、盆地性质的转换,以及与全球构造活动的耦合过程。

在总体规律上,陆源物是通过河流和海平面下降,把陆源物由陆向海搬运。而海源物除沿岸流和海流作用外,则随着海平面上升由海向陆地地方向搬运迁移。如磷、海绿石、碳

酸盐砂体的迁移或生物礁的岸退序列等。除此之外,如果陆源堆积物上被海水改造后的砂体叠置,在考虑波浪作用和潮汐作用外,更重要的是与海平面的相对上升呈同步效应。在同一个板块边缘的盆地或洋盆扩张期的盆地,则可形成同时性的岸退序列,海源物向陆地迁移构成海岸上超。与同时性的体系域内沉积相的叠置相反,盆地同属性的程度则低。所以对盆地内充填体中陆源物和海源物的辨别,在盆地分析中是至关重要的。

(3) 地内源物质:盆地内充填堆积体中除陆源物和海源物之外,由地下不同深度、不同层圈内向上喷溢的液态和气态的流体所组成的堆积物,也是识别盆地地球动力学背景的重要方面。

深部流体的物质表现,是各类火山岩、火山碎屑岩;元素的成矿作用也具有盆地属性和构造活动的标志,如铁、锰、硼、钡等元素。用火山岩、火山熔岩的性质作为判别盆地属性的重要依据已有很多研究,笔者在盆地分析中不仅注意地内源物质的组分性质,更强调和重视地内源与陆源物和海源物之间的关系。

地内源物不仅反应了盆地的板块属性和构造活动,而且由于地内物质的溢流、贯入,破坏和改造了陆源物和海源物的正常沉积以及生长序列,因而它们之间的比例、叠置、混杂、穿插、切割等特征,应是盆地性质和构造活动的直接的物质记录。以往的研究多从独立学科的观点出发,则忽视了这一重要的观察和研究内容,或者有误认的现象。

(4) 地外源物质:地外源物质指非地球内部的物质,来自宇宙中其他星际以及与地球碰撞的块体或宇宙尘等,通常谓地外事件沉积物。这些微细物具有特征元素的异常值,形成稳定的薄层,不仅可作为全球或大区域际的地层对比,而且对恢复地球和天体事件上有重大的作用。

2. 充填堆积体的几何形态

充填堆积体的几何形态受盆地形状、构造走向、构造活动的强烈程度以及物源区的差异而变化,依附于盆地的构造背景、盆地演化过程和盆地性质的转变,它有三重含义:一是堆积体在盆地中不同构造古地理环境单元内的整体形态,如克拉通盆地、克拉通边缘、大陆架边缘、坡折带、深海盆地和岛弧等;二是同一构造古地理单元内不同沉积相堆积体在四维空间上的几何形态;三是同一构造古地理单元内不同物源的充填堆积体的几何形态。

堆积体的分布和各物源堆积体的形态受不同性质和级别的构造活动的制约。

被动大陆边缘的充填堆积体呈稳定的席状,其规模及几何形态与盆地的边界范围相当,并与走向一致,以陆源物为主,且发育有完整序列的碳酸盐沉积,组构成岩相和厚度较均一的沉积体,相序排列并附合瓦尔特相律。大陆边缘带中过渡基底的盆地,堆积体可构成不同方向的楔形体,向海或向陆方向递增或递减,并呈有规律的变化。

拉张型裂谷盆地的堆积体多呈槽状和厚大的几何形态,与盆地的构造走向相近。充填物的组分变化可能有两个端元,单一物源的楔形体,如重力流的巨厚堆积物和海源碳酸盐透镜体,沿着裂谷的陡边呈断续分布;地内源的物质在拉张型裂谷盆地中也是重要的物源,可形成火山熔岩、火山碎屑岩及正常沉积岩的混合物,但其几何形态分别为枕状和不规则的透镜体或夹层,在时空分布上具有一定的局限性。

挤压型背景下的裂谷盆地,如弧后拉张盆地的充填堆积体的几何形态,受岛弧或岛弧带的规模和展布的控制。除此,充填物为多源,特别是地内源的火山物质和热活动的成分的分布特征尤为重要,他们的规律性与构造背景密切相关。在大陆边缘转为弧后拉张盆地

时,大陆边缘堆积物发育有地内源的插入体,或者是多源混合物的楔形体。

岛弧型盆地由于所处位置的特殊性,从而成为大陆边缘构造活动最强烈的部位,盆地中的充填物的类型对确定与岛弧有关的盆地的性质极其重要。

国内外构造地质学家对不同性质盆地的沉积建造均有过描述,然而从所述的内容均以岩性组合为主,因而不能清晰地反映出不同盆地的物性特点,除火山岩的性质有别外,尚不能从多源混合体中提取可确定盆地性质的信息。所以从堆积体的三维空间结构中分析盆地的性质也尚无实例。

笔者认为从盆地中的堆积体恢复盆地性质应强调三点:①把盆地中各种物源堆积体视为是整体研究和观察对象;②不同物源堆积体各自的几何形态;③各种物源堆积体反映的沉积相和环境。

活动大陆边缘和岛弧盆地系统,堆积体的几何形态都以楔形体为特征,呈透镜体状。堆积体的展布方向以环绕岛弧为中心向周缘发散,堆积体内各物源组分之间的比例、结构、组构等特征也以岛弧为中心,地内源和陆源物,海源物的混杂,改造明显,以致无清晰的边界。除此,还有两个特点:海源物中的碳酸盐体在盆地中呈点式分布,在空间上则呈塔状体,展布范围小,而且常发现被改造呈大小不等的块体;岛弧型盆地系统中堆积物的沉积相环境,往往是浅水沉积和深水沉积标志相间出现的特征,或空间上呈突变等,这也是岛弧带特有的规律性。特别是碳酸盐体特征,分布广而不连续,但不能由此而得出浅海环境或深海环境的误解结论。

3. 堆积体的序列和叠置

盆地系统中堆积体的序列和盆地内不同部位的堆积体,以及不同物源的堆积体之间的叠置关系等,是识别盆地属性和演化的重要依据。

盆地中堆积体或沉积物的沉积作用方式、类型和几何形态,受构造活动、海平面变化、古气候和物源供给率四大因素的制约。对于正常沉积岩而言,它包括陆源和海源物组成的沉积岩,这四个因素的主导性和耦合性虽有依构造古地理位置和盆地演化阶段而异,但具有等同的制约关系,特别是在被动大陆边缘的盆地系统,它的普遍意义则更为明显。然而对于活动边缘的盆地系统而言则不尽之,其最大的特点是构造活动强烈并随着洋壳俯冲,板块汇聚过程而变化,同时地内源物质的大量注入盆地,并改造了盆地内的正常沉积物,因而形成了多源物质的混合和混生,由此而破坏了正常的沉积序列和正常的叠置方式。

序列是指沉积地层由下向上的顺序。序列也适用于不同物源的堆积体,它们都有自身的序列和随着盆地演化过程可形成堆积物的顺序。一次构造旋回和一次海平面变化周期内,与盆地的新生和消亡过程同步可形成陆源碎屑物自下而上沉积旋回。海源物以碳酸盐最典型,特别是被动大陆边缘碳酸盐的生长序列可以说是对比的经典范例。因此在被动大陆边缘盆地和克拉通盆地以正常沉积作用为主的陆源堆积体和海源堆积体内不同部位和不同环境的堆积物,组构成有规律的相组合配置和退积至进积的叠置关系。各堆积体之间除海流、波浪、潮汐和风暴的改造外,都呈整一的接触关系。许效松等(1993)建立碳酸盐序列生长前后,由碎屑岩陆架向碳酸盐陆架转换,以及碳酸盐由缓坡至台地的发育序列等,都是被动大陆边缘陆源物和海源物的沉积序列和叠置方式的典型代表。值得提出的是,在盆地分析中特别注意要确认大陆边缘盆地的背景沉积物的组成,其他类型的盆地首先也需确认背景沉积物。

同样,地内源堆积体也具有因地幔物质上穹和热对流的演化规律组构成具有特征的自旋回序列,如岩浆房的分异和火山岩等。因此,在活动边缘的盆地系统内最大特点是多源物的注入和混杂交插,这既破坏了正常的沉积序列,而热事件的序列也不完整,其混杂的程度视盆地系统内不同的部位而异,可根据背景堆积物的类型区分盆地。

活动边缘和岛弧盆地各种物源堆积体之间的叠置关系,可划分为插入截切型、溢流冲断截切型、冲刷切割型和改造型四种类型。

晚古生代的准噶尔盆就是多源物质组构的火山沉积盆地,它的构造背景是岛弧系统,堆积体的序列和叠置随着弧陆碰撞充填消亡的过程而变化,总体上以东、西准噶尔向中心,盆地系统内的背景物以火山岩和细碎屑岩以及硅质岩为主的空间演化序列,在时序上由热事件沉积向正常沉积作用转化。

建立活动边缘不同物源堆积体的序列和它们之间的叠置方式,以及与被动边缘对比也决非简单易行。盆地系统的热活动常伴随着海底地震、熔岩流等,使盆地的流体力学性质复杂多样,增加了恢复序列和追踪边界形态的难度。但近代沉积学的发展和构造地质学由海洋转向大陆,从造山带中探索大陆地质和盆地演化,以及从盆地演化中反馈大陆岩石圈的形成信息,也成为沉积地质学发展的前沿和盆地分析的研究方向。

四、层序不整合界面性质与盆地沉积和构造演化的信息

层序地层学是一种新的地层学体系,是一个在等时的地质年代格架内,从三维空间上认识一个有成因联系的沉积组合体,上下被不整合面和与之相当的整合面所截切。层序地层学先导者的观点认为,这个不整合面形成的主导因素是由于全球和大区域的海平面下降的结果,因而形成的以不整合界面为标准的沉积物可进行对比和追踪,并根据海平面下降速率的快慢而分为Ⅰ类不整合和Ⅱ类不整合。这种分类对于被动边缘的层序对比有重要的意义。正由于层序地层的可对比性,因而它的应用价值不仅作为油气储藏圈定的手段,而且也可以作为盆地分析和判别盆地性质转换的重要手段。然而对层序界面的认识和记录在界面上的印痕不仅是海平面的变化,还有构造作用的叠加效应,因此近期展开了对界面成因的讨论。

P. R. Vail (1991) 重新强调构造运动在地层中的标志,他认为全球性的构造运动作为一级构造,其地层标志是盆地,代表新构造旋回的开始;二级构造是板块格局的调整,其标志是表现在盆地中为主体海侵旋回和主体海退旋回,以沉积物为代表;三级构造标志是以构造事件为触发点,形成事件沉积物。上述各种构造活动的结果作用在层序不整合界面上则可改变界面的特征,因此可谓构造加强不整合或构造减弱不整合,如果构造事件可确定为断裂控制也可称破裂不整合。

对于一个地区而言,层序界面是构造活动和海平面升降变化的双关效应,但是界面的存在和识别要通过堆积物来反映,而充填堆积物则是盆地构造、海平面变化、物源区性质的综合效应。因此笔者强调对层序不整合界面进行成因分析,在盆地性质转换和盆转山的过程中,随着盆地的时序演化,层序界面可分为五种成因类型:①升降侵蚀不整合;②海侵上超不整合;③水下间断不整合;④陆上暴露不整合;⑤造山侵蚀不整合。这五种层序不整合界面在地质演化上,代表了一次板块间的构造旋回和盆地转换为山系的过程。

五、盆山转换——造山带和盆地结合的典范

大陆岩石圈的造山带系统和盆地系统是大陆构造的两个单元,从年青的造山带和造山

过程中伴随着新盆地的成生，如新生代的四川盆地、准噶尔盆地、塔里木盆地以及楚雄盆地等，都是在燕山和喜马拉雅运动造山过程中的升降和拗陷的对耦，所以造山作用控制盆地，“山控盆”的概念和含义也就易于理解，也可认为有盆则必有山环绕和反映有造山活动。因此，板块构造活动结束后转为陆内构造活动的“盆转山”和“山控盆”的耦合关系，已成为构造地质学家和大陆构造地质研究的前沿学科，以研究造山带的升降机制为主题。

新生代的四川盆地、楚雄盆地、准噶尔盆地和塔里木盆地具多构造层复合盆地的特点，已为地质学家们所共识。笔者的研究内容不仅要进行年青的盆地分析，而且还要涉及新盆地形成前的基底盆地，以探求不同地质历史中控盆的动力机制和地球动力学特征，进行古盆地的成生、演化和消亡的过程分析，这些过程都刻印在造山带中。

盆地可以建筑在陆壳上也可以建筑在洋壳上，或过渡壳上。陆壳上的盆地其古地理格架可以是一侧与古陆地相连，另一侧为伸向深海洋盆的大陆架盆地。古陆地显然也是地质历史中的造山活动，也可理解为前期盆转山的结果。大陆边缘盆地或洋壳上的盆地其古地理格架则没有山和古陆的环绕，这些盆地在地质历史中通过板块间的活动已转入在造山带中，盆地已转为山系，因而古盆地的形成也可理解为板块构造活动控制盆地。所以，造山带系统是古洋壳盆地、古岛弧系列盆地与古大陆边缘盆地的碰撞俯冲消减带，代表古大洋和古大陆之间广大的古地理单元，在浓缩的造山带中叠覆着继生的残留盆地或衍生的新生盆地。造山带系统内的冲断残片可揭示不同性质盆地消亡和转变成山的过程，揭示岩石圈的构造旋回阶段和板块间的构造活动，因而从某种意义上说山脉系统就是古盆地系统的转换。笔者等在盆地分析中探求盆地转山的过程，以及年青的造山活动控盆的动力机制，如果从全球构造活动的旋回过程来看，也可分为板块活动和板内活动两大阶段和三个过程

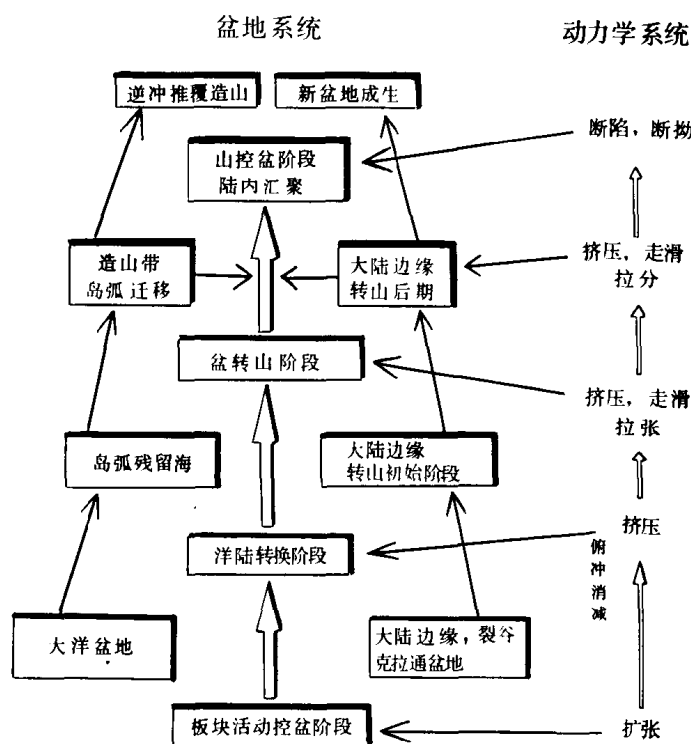


图 0-2 盆山转换过程分析

(图 0-2): 第一阶段为全球构造活动的控盆过程, 即洋陆间的构造活动使不同基地的盆地消亡转入造山过程——“盆转山”; 第二阶段是隆拗相对或隆断相对形成新的盆地——“山控盆”过程。

两个阶段和三个过程也可简单的概括为“盆转山和山控盆”, “盆转山”过程应专指大陆边缘和洋盆消亡转山的过程。

我国的地质实际是大陆岩石圈的山盆系统为多期次叠加的构造旋回, 盆山转换历程复杂, 特别是元古宙和早古生代板块构造活动阶段的盆山转换, 由于残存的记录不足或对记录的确认有异, 因而对恢复古盆地之间的构造格架和盆地分析有很大的难度。但是盆地分析, 特别是把造山带系统与盆地系统结合为统一体系来研究板块活动与盆地的耦合, 以及年青的山盆相配的制约关系, 盆转山过程中对盆地充填物的控制等, 可重建全球古地理和大陆边缘性质及大陆边缘海域盆地的消亡方式, 从而建立我国古大陆盆山转换模式, 恢复古大陆, 古大洋的演化和中国西部古大陆的形成史。