

谨将此书献给第三十届国际地质大会



中国南大陆演化与 全球古地理对比

许效松 徐 强 潘桂棠 刘巧红 等著

地质出版社



谨将此书献给第三十届国际地质大会

sy25/35
中国南大陆演化与
全球古地理对比

地质矿产部成都地质矿产研究所

许效松 徐 强 潘桂棠 著
刘巧红 范影年 何原相

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书以近代沉积地质学、全球板块构造活动论为主导,以盆地分析、序列对比和盆地转为山系的过程分析为主,认识造山带和洋盆消亡史。同时以构造古地理演化、沉积古地理演化、生物古地理、古气候和磁性古地理等多种手段,全面阐述了中国南大陆和中国古大陆中各陆块的演替、变迁和聚合史,编绘了恢复边界性质的构造古地理图,开创了重建古地理研究的新起点。本书可供从事沉积学、古地理学的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国南大陆演化与全球古地理对比/许效松等著。—北京:地质出版社,1996.12
ISBN 7-116-02173-6

I. 中… II. 许… III. ①构造发展史-中国②地质构造-对比研究-中国、世界 IV. P548.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 18215 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:王章俊 魏魁生 李胜荣

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.625 字数:261 千字

1996 年 12 月北京第一版·1996 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 定价:22.00 元

ISBN 7-116-02173-6
P·1632

前 言

古地理学已成为近代沉积地质学中的一个重要分支,它研究的内容和范围早已超出对地壳表面形态特征的研究。自 28 届国际地质大会提出“沉积地壳”这一新的概念(即沉积作用、沉积岩在空间上和时间上的演化)和进行全球沉积记录追踪、盆地动力学研究以来,为了以现代沉积地质学和全球构造活动论观点,把全球古地理研究作为认识地球起源和演化的一个窗口,恢复地球演化过程和历史,必须赋予古地理研究以新的内容,一是恢复陆块的表面特征、海陆分布;二是追踪等时性的沉积物、恢复它在全球中的位置、古纬度、陆块边缘性质以及它和相邻陆块的关系、相对距离、迁移和旋转的方向。

70 年代和 80 年代,古地理研究和古地理图的编绘,是通过沉积岩石学、沉积相与环境来表示古地理单元的性质以及不同盆地或陆块之间的关系。1982 年,壳牌石油公司编制以北海为中心的欧洲地质古地理图,表示了盆地的性质,在不同盆地间绘以构造线为界。美国 C. R. Scotese 多年从事古地理研究和全球古地理重建,近期在 Mobil 石油公司赞助下编制了 28 张全球板块构造和古地理图(1992 和 1994)。

在当代古地理研究中,古气候也是重要的内容。根据气候带的差异恢复陆块在全球古纬度上的位置,比仅依据古地磁数据有所进步。因此,各国学者热衷于编制全球各地的古气候模拟和模态图,并通过对现代不同地貌单元内的大气和海洋的风力、温度、气流等观测,以及对古代沉积物、古植物中同位素的研究,恢复沉积时大气中的 CO_2 含量和古温度,确定古气候带及古纬度,并以此作为陆块漂移的重要参数。

泛大陆(Pangea)是冈瓦纳大陆和欧亚大陆共存前的母体,是地球上各大陆块形成演化的一个重要阶段。大陆的聚合和裂解实际上就是盆地消亡和新生的过程,伴随着这一过程形成与泛大陆构造旋回(Pangea tectonic cycle)有关的具有世界型的碳氢化合物、煤、磷和蒸发岩等矿产,以及像钴、白金等重要战略金属。因此,全球沉积对比计划(GSGP)中,把重建全球古地理,追踪世界范围内同年代的地质作用、地质事件和层控型金属矿产列入首要研究课题。

我国地学界对古地理和古地理编图研究的历史较长。它以地层学和沉积学为基础,主要进行沉积环境和沉积相分析,并力图以活动论的观点恢复地质历史中不同陆块和盆地间的构造关系。如王鸿祯(1985)主编的一套中国古地理图,关士聪等(1984)编制的中国海陆变迁、海域沉积相与油气,冯增昭的定量古地理(1995)研究等,这些成果在构造恢复和盆地与矿产的相关性方面,是我国地质界的重要典范。刘宝珺和许效松(1994)主编的中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪),对探讨扬子和华夏陆块的聚合以及华南陆块的演化上力图恢复其在全球中的位置,在编制上,都向第三代古地理图和全球板块古地理图迈进了一大步。

近几年,通过笔者等对中国南大陆古地理、盆地分析和东特提斯地质的研究,以及李兴振、陈智梁、吴应林、颜仰基等对三江地区、四川盆地和青藏高原的研究,得到了共同的启示:

中国古大陆的裂聚史具有独特的演化过程,与全球对比既有同步性也有非同步性,而且中国南大陆的聚合在欧亚大陆形成和冈瓦纳大陆的裂解以及全球的构造格架中起到陆梁的作用。因此,开展我国南大陆古地理演化的研究,恢复南大陆在地质历史中的调整过程,探讨南大陆中各陆块的对比和相关性、块体边界的性质和压缩距离、漂移和旋转方向等,不仅对重建地质历史中中国古大陆构造古地理格架与全球对比起重要的作用,而且还在构造旋回与矿产关系上具有现实性的意义。为此,该项研究得到国家计委“三十届国际地质大会科研项目”专项资助,研究项目的实施还得到地质矿产部科学技术司以及地质科学院的支持和帮助。

研究成果以近代沉积地质学、全球板块构造活动论为主导,以盆地分析、序列对比和盆地转为山系的过程分析为主认识造山带和洋盆消亡史。同时以构造古地理演化、沉积古地理演化、生物古地理、古气候和磁性古地理等多种手段,全面阐述了中国南大陆和中国古大陆中各陆块的演替、变迁和聚合史,编绘了恢复边界性质的构造古地理图,开创了重建古地理研究的新起点。

前言、总论和结论由许效松撰写,第一章由许效松、潘桂棠撰写,第二至五章由许效松撰写,第六章由徐强撰写,第七章由徐强、许效松、刘巧红撰写,全书由许效松审阅定稿。本书引用的生物古地理资料,其中的晚古生代珊瑚部分由范影年和何原相研究员提供,她们对生物分区单元提出了重要的意见;江新胜副研究员对古植物分区也提出了有价值的建议;李兴振研究员对三大陆块群的边界提供了重要的参数依据;金淳泰研究员在床板珊瑚的生态环境分析方面也提出了很好的建议。此外,郑昭昌高级工程师对华北西缘古地理特征提供了重要的信息。

在研究过程中,得到刘宝珺院士的指导和关心,还得到成都地质矿产研究所副所长杨瑞尧研究员以及所科技处的协助和支持。

笔者谨向给予支持和协助的单位和地质学家致以衷心的感谢。

作 者

1996 年 3 月

目 录

总论	(1)
第一章 中国南大陆与全球构造古地理相关性	(10)
第一节 新元古代末—古生代三大陆块群和三大洋	(10)
一、特提斯洋、古亚洲洋与冈瓦纳大陆和劳亚大陆的相关性	(10)
二、泛华夏陆块群	(11)
第二节 泛华夏陆块群的组构	(12)
一、泛华夏陆块群的两个体系	(12)
二、中国古大陆边界	(14)
第二章 华北陆块构造古地理演化	(15)
第一节 陆块基底、边界带和构造演替	(15)
一、华北陆块基底	(15)
二、陆块的边界和构造演替	(15)
第二节 沉积古地理演化纲要	(18)
一、晚元古代盆地古地理概貌	(18)
二、早古生代碳酸盐大台地发展与消亡	(21)
三、晚古生代隆升作用下海泛盆地的转化	(28)
第三章 塔里木陆块古地理演化	(31)
第一节 塔里木陆块范围和归属	(31)
一、塔里木陆块结晶基底	(32)
二、库鲁克塔格地区的前震旦系与中天山微陆块	(32)
第二节 塔里木陆块晚元古代末至早古生代沉积序列和构造古地理	(33)
一、震旦纪冷事件和冰碛岩序列比较	(33)
二、晚震旦世至早古生代碳酸盐台地	(35)
三、早寒武世最大海泛面和含磷地层沉积序列	(38)
第四章 扬子陆块与华夏陆块构造古地理演化与聚合	(42)
第一节 扬子陆块与华夏陆块构造演化	(42)
一、扬子陆块和华夏陆块基底	(42)
二、板块间构造运动和古华南洋及原始秦岭洋的转换	(43)
三、转换拉张裂谷阶段	(45)
四、扬子陆块西缘构造演化与西部其他陆块的相关性	(47)
五、华南裂谷盆地消亡与扬子陆块和华夏陆块聚合	(50)
第二节 扬子陆块古地理演化和碳酸盐台地	(53)
一、扬子陆块古地理构型和性质	(53)
二、扬子克拉通盆地及东南边缘沉积序列和古地理演化	(54)
三、早古生代碳酸盐台地形成及生长序列	(54)

第三节	华夏陆块古地理演化及沉积序列	(60)
一、	华夏陆块的原型	(60)
二、	华夏陆块边缘古地理构架	(60)
第五章	华南陆块构造古地理和泛扬子陆块群调整	(64)
第一节	华南陆块形成与泛扬子陆块群调整	(64)
一、	对板块间构造活动的基本观点	(64)
二、	泛扬子陆块群调整	(65)
第二节	华南陆块构造古地理演化	(66)
一、	华南陆块构造古地理格架	(66)
二、	华南陆块边缘性质及与相邻陆块的构造格架	(66)
三、	晚古生代秦岭陆间裂谷与窄洋盆的消亡	(70)
第三节	华南陆块沉积盆地演化和沉积序列	(71)
一、	沉积盆地构架	(71)
二、	沉积盆地阶梯式爬升的古地理	(75)
三、	晚古生代沉积序列和华南碳酸盐大台地演化	(77)
第四节	碳酸盐台地消亡和前陆碳酸盐缓坡	(85)
一、	碳酸盐台地消亡	(85)
二、	前陆盆地中碳酸盐缓坡	(85)
第六章	中国南大陆聚合与古、中特提斯洋演化	(90)
第一节	泛扬子陆块群调整后的构架与其它陆块相关性	(90)
一、	泛扬子陆块群东部聚合西部裂解及南北对峙的构架	(90)
二、	原特提斯扩张的结果和障壁式的作用	(90)
第二节	羌塘-昌都岛陆或陆块归属及构造古地理演化	(91)
一、	羌塘-昌都陆块沉积序列和金沙江洋扩张	(91)
二、	班公湖-怒江造山带和洋盆演化	(94)
三、	昆仑造山带和洋盆演化	(94)
第三节	拉萨陆块的归属及构造古地理演化	(96)
一、	拉萨陆块	(96)
二、	喜马拉雅造山带和雅鲁藏布洋盆演化	(99)
第四节	巴颜喀拉海沉积盆地性质和演化	(100)
一、	巴颜喀拉海盆的充填物	(100)
二、	巴颜喀拉海盆演化	(107)
第七章	中国南大陆形成演化与全球古地理对比	(109)
第一节	中国南大陆形成演化纲要	(109)
一、	泛扬子陆块群的调整过程	(109)
二、	巴颜喀拉海盆的消亡	(109)
三、	中国南大陆聚合	(109)
第二节	中国古大陆和古大洋位置复原	(110)
一、	蛇绿岩的代表性和蛇绿岩带	(110)

二、古大洋规模的恢复	(113)
第三节 中国南大陆古地理重建	(114)
一、中国南大陆在全球古地理时空结构中的位置	(114)
二、中国南大陆在 Pangea 中的地位和作用	(116)
三、中国南大陆和古大陆古地理重建	(118)
结论	(134)
参考文献	(136)
英文摘要	(140)

总 论

“中国南大陆”为一构造古地理名称,在地理上包括昆仑、秦岭山脉以南的广大地区,泛称中国南方。这些地区在地质历史中分属于扬子陆块、华夏陆块、羌塘—昌都陆块、拉萨陆块和中咱微陆块;它也包括在地质演化中除华北陆块以外的其余陆块,如塔里木陆块、柴达木陆块等。这些块体分别界于古亚洲洋与原、古特提斯洋之间,于不同地质历史发展阶段在迁移、旋转中发生裂聚和洋壳消减。因此,中国南大陆古地理研究不仅涉及南方各块体的聚合和古地理复原,还涉及中国古大陆形成与劳亚大陆和冈瓦那大陆会聚的关系,以及古特提斯洋的消亡。

在地球科学领域中,古地理研究即是基础学科,又是综合性很强的高度交叉学科。在研究方法上以板块构造理论和沉积盆地分析、沉积物追踪对比和古地磁学为技术路线。研究结果的表现形式,打破前人和作者以往固定式的分析方法和表达方式,强调各陆块的古地理时空演化和序列对比,探求各块体聚合方式,从而恢复中国南大陆各块体的相对位置及与全球的可对比性。

一、研究内容的更新与思路转变

古地理研究是以沉积地质学为基础,综合地层学、古生物学、古气候标志和地球化学等多学科渗透的方法,恢复沉积层的沉积作用,解释沉积环境、古气候、古生态,重建古海岸线分布和陆源区。

70—80年代初,随着实验技术的发展,结合构造地质分析,国内外在沉积相、环境恢复、成岩作用、水动力条件分析等方面取得了精细的和开拓性的成果,丰富了古地理学科的研究内容。因此,在实践中对沉积型、层控型矿产和油储层的预测获得了重大的经济效果,从而倍受瞩目,使古地理研究渐成为学科性很强的独立分支。

恢复沉积层的沉积作用和古地理轮廓,重要的是介质条件。但在板块构造理论提出以前,古地理分析都以地壳升降运动为主导,引起海平面变化。研究对象多是以陆壳为基底的克拉通盆地。固定论的束缚和“压缩式”的思维方法,使古地理的表达形式均把沉积层的沉积作用视为发生在一个“整体陆块上”,不可对比的沉积域用相变解释,忽略了“整体陆块”中不同块体沉积盆地相互作用和相关性。

大陆漂移学说的复兴,深海钻探的实施,证实了海底扩张和地幔对流;古地磁学的发展更加完善了板块构造理论,并把这一理论从研究海洋地质转向研究大陆地质,促使近代地球科学产生了重大变革,各学科均受到极大的冲击。其中,古地理学的验证更是首当其冲。过去被视为“整体陆块”的沉积作用、不可对比的沉积域和垂直运动影响海平面变化等,都是大陆岩石圈板块和大洋岩石圈板块相互运动,及板内构造动力机制和盆地性质转换的结果,从而拓宽了沉积盆地分析和古地理研究领域,以追踪大区域和全球性等时沉积记录、生态生物组合对比为目标,恢复沉积盆地的古地理位置,并在造山带的记录中重建大陆边缘性质、沉积盆地和各块体古地理位置的相关性、相对距离、迁移和旋转方向以及确定古纬度。以重建

全球古地理,恢复大陆的裂解、聚合和造山为内容的大陆地质学,已成为地球科学界探讨和古地理学者的奋斗目标。

盆地分析是推动古地理研究的另一重大转折,它的基点是判别盆地的成因和构造属性分类。因此,岩相和沉积环境标志以及生态等所反映的第一个印痕就是不同类型的盆地。

在地质历史发展中,由于板内盆地各种地质因素(冷、热、风暴、构造活动)或板块间运移,触发相邻盆地发生变革,都能引起克拉通盆地和大陆边缘盆地性质发生转换。裂谷期的充填沉积、热沉降期的稳定沉积、被动大陆边缘转为前陆盆地过程中堆积体间界面性质的转化等,这些岩相和环境及界面各种标志记录所代表的第二个印痕即盆地性质转换。

盆地演化中发生的各种地质事件和构造变革的记录,是叠加在岩相和环境标志上的第三个印痕。它们的特征是各种成因的堆积体几何形态和堆叠方式。

前已述及,古地理研究侧重于“沉积层”的形成。直观意义的理解是研究表生作用下沉积的地质体,这是 60—70 年代以克拉通盆地为经典实例的研究主题。现代古地理和沉积学研究建立在板块构造理论基础上,以全球记录追踪对比为目标,恢复各块体的相互关系,重建古海洋、古大陆和古地理。因此,必须恢复大陆边缘性质、盆地转换为山系的过程,从造山带中残存的盆地记录辨析各块体消亡、会聚方式和它们间原始距离,从沉积物中寻找恢复古地理的第四个印痕已成为当代古地理学者及构造地质学家追求的目标——重建古大陆、古大洋和全球古地理。

恢复和重建古地理这一主攻目标,可以沿下列途径进行探索。

(1) 沉积学和古地理学,除研究克拉通盆地外,其目标应投向大陆边缘盆地,特别是大陆架下部和大陆坡被构造分割的陆岛盆地、岛弧系统盆地以及深海洋底盆地。这些盆地的正负记录仅为残留体保存在褶皱带和不同块体间对接的造山带中。因此,实现重建古地理必须从造山带的残块中恢复已消失部位的古地理性质。

(2) 在盆地分析中,应从研究单一沉积物的观念中解脱出来,把盆地内各种成因机制的地质体视为盆地有效空间(即构造和海平面升降的复合因素)内的堆积总体。在此堆积总体,特别是活动大陆边缘、岛弧系统盆地内,即有正常沉积作用(包括生物、化学的和碎屑的)下的沉积物,更多的则是火山作用的堆积体(火山岩),以及火山碎屑沉积作用与正常沉积作用和火山作用交替的堆积物。此外,还有深部内源沉积物以及各种事件堆积体。因而盆地中各种成因的地质体可用堆积体称谓,较沉积物术语更具有代表性。

(3) 研究各种成因堆积体的内部序列和不同成因堆积体之间的结构转换面。堆积体的内部结构是判断盆地属性和性质转换过程的重要标志,特别是沉积岩中碳酸盐体生长序列。在被动大陆边缘、活动边缘以及岛弧系列背景中,碳酸盐生长的基座、加积过程、生态特征以及碳酸盐消亡方式等都有很大不同,因而可借助碳酸盐生长序列的变化来判断盆地性质及盆转山的过程,这与火山岩、蛇绿岩分析有着同等的重要性。

不同成因堆积体之间的转换面是反映盆地性质转变的另一重要标志。转换面是个客观存在的界面,但它是个负记录,界面的确定要通过界面上下不同堆积物的接触关系才能反映一个界面的存在,可通过各块体的层序不整合界面和体系域性质来判别。

上述三种途径可确定各块体的特征、边缘性质和各块体的差异以及相关性和相关性,因而是恢复古地理的重要基础。

二、关键技术路线

1. 沉积序列对比

区别南大陆各块体之间的同异性及相关古地理位置,对比它们之间的沉积序列是最重要的手段。

序列一词,不能与层序地层学中的层序相混淆。序列是指沉积物由下向上、由老到新依次排列的顺序,也包括不同岩石之间的接触关系、几何形态及相互叠置方式。

沉积物的沉积作用受控于盆地的构造沉降(构造活动)、海平面升降、物源量的供给率及古气候。同属于一个板块或一个块体上的盆地,其沉积作用的四个基本条件相同,因而其沉积序列均具有可对比性,并可根据沉积体的展布和特殊沉积物确定古纬度和古地理位置。反之,不同板块间的相邻盆地的序列则不具相似性。

对比序列的尺度以岩石地层为单元^①,在时序上综观盆地内沉积序列的演化和转变时,侧重于地质历史发展上的重要转折时期。从南方各陆块的演化来看,早古生代以前有两次转变:一是震旦纪与寒武纪之间;二是志留纪与泥盆纪之间。晚古生代至中生代的转变至少有4个时期:早、晚二叠世,二叠纪与三叠纪,中、晚三叠世以及晚三叠世与侏罗纪。

2. 层序不整合面成因性质对比

层序不整合面是以一个层序的顶底等时界面为依据,它的等时性是以海平面下降形成的沉积界面为标准。

地壳表层海平面升降的同时性不受板块或地域的限制。因此,同一块体上的盆地,其层序不整合面可以追踪。从理论上讲,这一思路是可行的,然而在地质实践中发现,同一块体上不同部位的盆地,由于构造活动的差异性,造成各个盆地内沉积界面所代表的是海平面升降与构造活动的叠加效应,因此海平面的相对变化与全球变化是不一致的。P·R·Vail于1977年所标定的层序不整合界面只是被动大陆边缘的模式。在层序地层学基本原理的基础上,为了更好地对不同盆地的层序界面进行对比,我们强调要分析层序不整合界面成因,并在实践中总结出以下五种类型。

(1) 升降侵蚀不整合:升降侵蚀不整合是以区域构造活动为主的动力因素所产生的效应大于海平面下降的暴露侵蚀。构造活动以隆升作用占主导,其间至少有数个或数十个百万年以上的地质间隔,主要表现在后造山阶段或经过剥蚀、夷平化阶段之后,代表了盆地动力学发生转换并表现为盆地性质变革、盆地消亡和新盆地成生。这类层序界面不整合上下的地层接触关系,呈低角度或平行不整合,如在华北陆块、扬子陆块和塔里木陆块上均有这种构造升降形成的层序不整合界面。

(2) 海侵上超不整合:以海侵面构筑的层序界面不整合具有三个特点:

①盆地动力机制处于沉降阶段,被动大陆边缘处于早期拉张变薄的地壳或是热沉降期。

②与全球或区域的海平面上升同步,盆地的沉降与海平面快速上升耦合,不仅导致有效容纳空间的增大,而且形成截切的海侵面。

③通常以相对于下伏高水位体系域而言,层序界面之上的沉积体具有向上变细、变深的沉积相组合体,如陆架含钙质泥上超在滨浅海砂质体上,或碳酸盐砂体以海侵型式超覆在碎屑岩之上。

这些不整合面的特征具有双向上超线,界面之下为受长期剥蚀的沉积体,这是升降侵蚀

^① 岩石地层单元要以多重地层为基础,并考虑层序地层的可对比性。

不整合,对界面之上的海侵体系域而言,它又是海侵上超不整合,海侵面和层序不整合面合二为一,代表海平面上升速率快。

(3) 水下间断不整合:水下间断在岩石学上表现为成岩间断,在沉积物表面上发育了早期成岩作用形成的硬底,其上为暗色粘土,代表深水陆架泥随着海平面上升而推移,并覆盖在水下成岩间断面之上。根据水下间断不整合的形成机理,识别这种界面的标志是该界面附近具有三分性,即可分出海退面、层序不整合面和海侵面,这是判断水下环境中层序不整合界面的重要依据(D·Nummedal^①,1990)。

(4) 暴露不整合面:暴露不整合面指由海平面相对下降为主控因素,使原水下沉积物裸露于地表或处于渗流带、潜流带,发生沉积物与大气之间或与淡水及混合水之间的早期成岩作用而形成的界面。

界面上下沉积物性质取决于短周期海平面变化与长周期海平面变化的相关作用。叠置于海平面主体上升翼的短周期下降阶段的沉积物,不具河流回春及盆地外的陆源物和低水位楔,可形成具同源物的缓倾斜的滑动;叠置于海平面主体下降翼的短周期海平面下降阶段的盆外沉积物,发育低水位楔形体,同时具有长时间的间断,或与构造变动相耦合,由海平面下降导致沉积暴露后继而转为升降侵蚀。

(5) 造山侵蚀不整合:当构造运动表现为会聚造山时,在前陆褶皱逆冲的早期,形成造山活动加强的一种不整合界面,代表板块之间的俯冲碰撞的早期阶段或同造山阶段,界面铸记了盆山转换的过程。该界面上的低水位体系域通常表现为巨厚的三角洲楔形体或低水位浊积扇下超在克拉通之上,另一端同时向前陆隆起部位上超。

这五个层序界面的次序在时序上代表了一次构造旋回和盆地转换为山系的过程。

笔者等近年在扬子陆块上进行盆地沉积序列和层序不整合界面分析的研究中,已建立了基本格架,而其他陆块则由于基础资料所限,只能以岩石地层单元为主,概略地分出主要断代间的层序界面性质,以及据纵向上界面转换特征,建立其演化过程并与扬子陆块对比,以确定它们之间的相关性。

值得提出的是,层序不整合界面和地层单元之间的接触关系,不具有相同的含义。前者形成机制强调的是海平面下降,后者是上下地层之间的结构和生物演化特征。

另一个问题是不整合、假整合和整合三个术语的应用。对这三个术语,张守信(1983)已有较确切的解释。但在成因分析方面,除了角度不整合外,对大小不等的沉积间断没有成因解释。其中的不整合也包括了地震地层学中分隔新老地层的侵蚀面和无沉积面,这个面与层序不整合界面一致。假整合是具有明显的沉积中断,如老基底和盖层之间,或构造转换阶段的风化壳和其上覆地层之间,这种界面一般也是较长时限的层序不整合界面。界面的成因,从前述内容看,可以是全球海平面下降,也可以是构造隆升速率超过了海平面相对上升的速率,由此可反映出同样的间断,而其成因解释则有所不同,在地层接触关系的术语上谓之假整合,而层序地层学上谓之层序不整合界面。

张守信(1983)指出,整合的地层接触关系,只以小间断或不明显的时间间断为特征(即无地层缺失)。如果在沉积序列上有小间断存在,其代表记录是陆源物的注入,或在向上变浅序列中有暴露特征等,并且被后来的沉积作用改造。这些特征在露头层序地层学分析中可能

① 1993年底在成都地质矿产所讲稿。

就是层序不整合界面,形成机制以海平面下降为主,导致陆上河流复活。

地质实践中,特别是岛弧盆地或浊流沉积盆地,由于盆内堆积物类型复杂,即有正常沉积岩,也有火山碎屑岩和火山作用的幕式堆积物,不同成因堆积物间形成突变的或截切的接触关系,因而易被误认为“不整合”。通过沉积作用分析,详细辨认这些特征,实际上这些“不整合”为浊流水道切割和事件堆积物不规则状的贯入体,有些则是沉积构造特征,从而导致不同岩石间界面的多样性。如准噶尔盆地,泥盆纪至早二叠世的地层中不同岩石类型之间的接触关系,根据水道切谷充填,可划分多个层序不整合面,而地层之间不存在不整合。因此,盆地的充填物的类型,和各种成因的堆积物之间交互叠置,可形成多样的沉积构造标志,这些在盆地分析中尤为不能忽略。

不同块体盆地中地层的接触关系,应代表某地区盆地构造性质的转变和构造演化阶段的特征,因而可作为区分盆地的板块性质和演化的重要依据。

上述地层的接触界面和层序不整合界面的辨认及成因分析,在实践中和已有的地质记录中不乏有误解和误认之处。因此,在对比南大陆各块体的构造—沉积演化时,在重新厘定确认的基础上,侧重于构造转换阶段断代界面的性质和成因,可作为盆地间对比的重要依据。

3. 盆地基底结构和基底对比

“基底”在地质学领域内有着不同的含义或理解。基底应包含两个不同的层次:一是泛指前震旦纪结晶基底,包括结晶基底固结的时序和历史;二是指盆地的基底,即盆地形成前的基底或构造层。如古生代盆地,其基底应为新元古代的构造层,扬子陆块泥盆纪盆地的基底为早古生代的褶皱带。因此,选用基底一词时,冠以结晶基底和某个地质时代盆地的基底则较为确切。

南大陆各块体,如华北陆块和扬子陆块的结晶基底,其固结程度和固结时序迥然有别,显生宙以来各地质断代盆地基底的构造层次、发育历史也不相同。我们赞同地球和地壳构造发展历史具有阶段性的观点(王鸿祯,1981,1986),每个陆块在全球板块构造活动中都有其归属和发展的历史阶段。虽然这些地质变化是渐变的,但从地质记录中可以找到有共识的重大转折过程和相应的时期。

对比各盆地在转折阶段的沉积作用事件,如构造活动事件、热事件、生物绝灭事件和天体事件等重大变革,其印痕记录在盆地不同层次的基底上也都有相应的转换面。因此,基底对比也是区分不同块体性质和相互关系的重要依据。

4. 古生物地理史和群落史对比

古生物组合和古生态对恢复大陆架和浅海环境有着与其他无机地质记录相匹配的可靠性(Arthur, J. Boucot, 1981)。因此,南大陆古地理恢复和全球对比,古生物地理分区展布、迁移和古生态环境等也是重要参数。在应用中须强调生物古地理分区的可对比性。因而本项研究选择以对环境敏感和有坚强固着力的珊瑚为主,建立不同珊瑚种属的生物地理分区,同时辅以地区性强的头足类、腕足类、笔石、牙形刺以及晚古生代的植物化石群落对比。

5. 古气候和异常沉积物

古气候在沉积地质学和重建古地理中是极其重要而往往又被忽略的因素,究其原因,是对反映古气候的记录认识不足。

从全球来看,气候变化取决于泛大陆增生、裂解、大陆排列的方位、地形差异和全球海平

面升降以及海洋环流。气候的重大变化引起像煤、石油、磷以及蒸发盐等重要矿产资源的储存(Klein, 1992)。因此,在全球沉积地质对比和 Pangea 研究计划中,各学科的中心议题是古气候学,以此作为判断各陆块盆地所处的古纬度带,以及恢复各陆块迁移和跨越古纬度旋转的方向,用盆地古纬度带的变化验证重建全球古地理的可靠性。

反映古气候变化和对气候敏感的标志主要是,沉积记录和生物群落以及其中的氧、碳同位素。

气候变化决定沉积物的类型、沉积相展布和沉积物的旋回性。异常沉积物,如煤、铝质粘土岩、磷和上升洋流的方向、特殊的石灰岩和各种生物礁,以及风化壳的类型和古喀斯特等,都代表了独特的气候条件和指示盆地所处的纬度带。如果掌握这些标志性的沉积物在各盆地演化中所反映出来的时序变化规律,则可对古地磁数据确定块体的迁移方位。

气候变化决定生命的历史。晚古生代两次大规模的生物绝灭和动物群类型分异,都代表了气候的重大变革,某些门类和种属具有对气候的特殊敏感性。

精细和系统地研究特殊沉积物和动植物化石中的氧碳同位素,可得到大气条件和反馈海平面变化的速率。如测定舌羊齿古植物年轮中的碳同位素,当其为正值时,则代表大气中的氧含量高或氧化缓慢;相反,则代表快速氧化和海平面快速下降和大气中 CO_2 增加^①。华北上石炭统太原组的煤层和扬子上二叠统龙潭组煤层都被钙质风暴岩超覆,也反映了煤堆积时的快速埋藏条件,并代表为热带风暴区的大气环境。

古气候研究的表现形式,目前国际上基于资料和数据的精确化均以定量模式表示,恢复海陆分布、风速、方向、气温变化、海洋环流和古地形的差异。限于国内条件和已有资料的精度,笔者在研究中仅根据沉积记录、异常沉积物和动植物组合及群落展布的时序变化,恢复了各盆地和陆块的古纬度以及在古纬度带上的迁移。

6. 古地磁和构造古地理重建

70 年代以来,随着测试技术的提高,古地磁学更加完善,并转向大陆地质构造研究。通过古地磁数据探讨各块体的大地构造发展过程,地层单元界限和各块体拼合、对接的方式,以及洋、陆的分布和相关位置,已成为恢复全球构造古地理的重要途径和方法。

古地磁资料和古地磁分析方法在南大陆古地理演化中也是重要的手段,除华南古生界和三江地区中生界由成都地质矿产研究所古地磁实验室在参与“七五”和“八五”有关项目中采集部分样品外,其余主要是收集、利用已有的资料,共 300 件,这些数据大部分是各单位与国际间合作研究的结果。

国内各地区古地磁数据的纵横分布是不平衡的,表现有三方面:在地质时代上,晚古生代的数据多,特别是二叠纪和三叠纪,而早古生代数据少;由于采样的目标和目的不同,所以在地区分布上不平衡,扬子区资料较多,华北区次之,而塔里木陆块上的数据则更显不足;同一地区、同一时代古地磁资料的不一致性,一方面是由于有些地区取样的时间前后相差过长,或者是不同单位、不同仪器的测试结果也有差异。上述情况说明,古地磁数据对重建古地理和板块运动至关重要,但在实际应用时则应慎之,在选用时应尽量避免为观点服务的偏面作法。

重建古地理,恢复块体的相对位置和距离以及迁移方向,古地磁极和古纬度是重要参

① 1992 年 Pangea 工作会议上 Jane Francis(Earth sciences, University of Leeds)的发言,美国堪萨斯大学。

数,同时也须参考磁偏角的旋转。我们在研究中,对于众多或离散的数据,尽可能选取分歧较小的资料;在有矛盾时,则根据盆地演化、盆地充填过程的记录和盆山转换的实体记录,恢复各块体的相对位置和相关性。

三、重建大陆边缘性质及古地理图示方法

恢复构造古地理的关键,除古纬度以外,另一重要的途径是恢复大陆边缘的构造性质和古地理,确定大陆架、坡折带的宽度和深海洋盆地范围以及盆地转为山系的过程和洋壳消亡方式。迄今为止,国内外地质界仍把恢复构造古地理作为地球科学的重要目标,探索其实现的可能性和现实性。此次初步尝试的目的也是为寻求新的思路和更合理的途径,以求检验。

文中所附构造古地理图示的类型有两种:一是中国古大陆的构造古地理格架单元;二是古地理演化与全球对比。图示编绘的思路和方法有以下四个基本点。

1. 块体和块体边界的确定

主要根据前述盆地的结晶基底的差异、沉积序列、层序不整合面和盆地转换为山系的构造阶段和过程,对比和划分不同的陆块和微块的归属。

陆块边界的确定,从理论上讲应以大陆坡折带为界。但在板块碰撞和洋壳俯冲时大陆边缘消减变形和改造,保留的残块或逆冲片仅代表大陆架的下部,有的则直接与克拉通边缘相抵,因而边界的确定均以消减带和边缘褶皱带为界,同时也参考前人的资料和可行的观点。

恢复块体的边界,涉及的重要问题是洋壳消减和造山方式。

造山带是板块或陆块的碰撞带、俯冲带或者是洋陆转换的消减带。中国南大陆和中国古大陆的聚合涉及我国重要的几个造山带:喜马拉雅造山带、冈底斯造山带、昆仑-秦岭造山带、祁连造山带、天山-阴山造山带以及阿尔泰-大兴安岭造山带。此外,涉及南大陆聚合的还有三江构造带的演化。这些造山带的形成历史,就是中国各陆块与古亚洲洋和原、古特提斯洋的演化史与洋壳的消亡史。

(1)中国古大陆的组构以泛华夏陆块群为主体,它之所以能与劳亚大陆和冈瓦纳大陆抗衡,是因为有四个坚固的支柱:华北陆块、扬子陆块(早古生代构造旋回后与华夏陆块聚合称华南陆块)、塔里木陆块和羌塘-昌都陆块或岛陆。

华北陆块北缘及晚古生代的塔里木陆块北缘是古亚洲洋,晚古生代古亚洲洋转为残留洋盆,并发生俯冲—弧陆碰撞造山,形成阿尔泰-大兴安岭和天山-阴山造山带,东西横亘约3000多公里。

华北陆块和晚古生代时的塔里木陆块的南缘,以及扬子陆块和羌塘-昌都岛陆均囿于特提斯洋的范围。

特提斯洋在中国古大陆中的记录,可能自新元古代起(或谓其他名称)至中生代,洋壳在扩张中形成前进式的消减,微陆块的障壁和前锋作用造成南大陆主要造山带沿陆块的边缘呈连续性展布,而陆块间在时空上均为非连续性,特别是东西向的昆仑-秦岭造山带。

(2)中国古大陆造山带形成的多期性和超前滞后效应。我国主要造山带具有较长的形成史,而且几乎都保存有不同构造历史阶段的造山记录,呈平行或斜向交叉的展布格架。因而在我国地学界颇为流行“开合”说和“碰撞不造山”或“软碰撞”等观点。

笔者认为,中国古大陆造山带的形成过程具有四个特点:①造山带形成过程具有长跨度的演化史,可能自新元古代末至中生代之间,为一构造旋回,大约在8—6亿年间。其间的重大转折期是早古生代构造旋回(国内长期引用加里东构造旋回),自晚寒武世至早泥盆世

洛赫柯夫期。这期间表现为秦岭洋的俯冲,否则无法解释华北陆块和扬子陆块隆升成陆的动力机制(也包括古亚洲洋的第一次俯冲)。

② 各陆块间除有分散的小陆块包围外,陆块的边界呈非平直状,具有多个伸向海中的岬角或位于大陆架下部的岛陆,相邻的边界则为内凹边。板块会聚过程中,岬角成为俯冲碰撞的前锋,或转为陆弧,而内凹处则为残留海或海槽,因而在洋壳俯冲后,沿大陆边缘即有继承性的盆地,也有新生的盆地,即有褶皱的基底,也有非褶皱的连续沉积的地层接触关系。此外,小陆块及岬角的边界,也是造成不同阶段造山带构造线斜向交叉的主要因素。

③ 洋壳俯冲具有东部超前、西部滞后的时序差,因而陆块的会聚则表现为斜向碰撞,并造成中国古大陆聚合时东部超前和西部滞后的造山效应。东部发育前陆盆地,西部为残留海槽。如果晚二叠世全球形成泛大陆(Pangea),则可导致晚古生代金沙江裂谷的扩张。因此,全球泛大陆的聚合,正是我国西南隅—东特提斯洋的裂解阶段,全球形成西聚东裂的古地理格局。

④ 晚古生代洋盆扩张和俯冲消减的记录,代表两种可能的动力转换过程:一种是洋壳俯冲阶段的缓冲作用,如有前峰障碍时受阻,因而有早古生代造山带和晚古生代造山带的共存;另一种可能是晚古生代的洋盆受控于早期俯冲时派生的走滑拉张的效应,形成断续的小洋盆,因而晚古生代造山带与早期造山带斜向交叉而不连贯。上述两种可能的动力过程,均不同于“开合”说。

2. 浅海域和深海洋盆的范围

地质历史中的海域和深海洋盆的范围,不能完全与现代的海陆分布及大洋的宽度对应。现代的大陆架一般宽 100—300km,而地质历史中的古海域陆架则宽得多。华北陆块寒武纪—奥陶纪克拉通上的碳酸盐盆地,保留的宽度至少有 800km,而下部大陆架的延伸尚无考证;扬子陆块中、晚寒武世碳酸盐台地的现有保留宽度约 700km,残存的下部大陆架约 350km。如果恢复平衡剖面的话,扬子浅海域的宽度至少在 1100km 以上,而且有可见的记录可以证明。

中国大陆上的造山带,从蛇绿岩的性质与现代大洋蛇绿岩对比来看,似乎均不标准(肖序常等,1988,1992),由此对古亚洲洋和古特提斯洋的性质长期以来争论不休,也有人认为中国古大陆聚合中没有消失的大洋。笔者等根据盆地演化、沉积序列和异常沉积物对比后认为,笔者提出的主要造山带可以作为消失深海洋盆的代表。在恢复洋盆的范围时,考虑以下四个方面。

(1) 根据保留下来的沉积物恢复浅海域和大陆边缘范围和宽度,同时考虑沉积相的配置和缺相记录,并参照大陆架的坡度和现代大陆坡折带的宽度,估算大陆架下部和坡折带至深海洋盆的距离。

(2) 保存的造山带的宽度是恢复深海洋盆和岛弧带范围的最重要基础素材。我国主要造山带在地理分布上占有相当大的宽度,从各省的地质图和中国地质图、大地构造图等所圈定的块体之间和造山带的边界来看,天山和阿尔泰—大兴安岭褶皱带之间的宽度最大。

(3) 古地磁是恢复陆块古纬度带的位置和陆块间深海洋盆宽度的最理想的参数。如塔里木陆块,周清杰和郑建京(1990)根据采集古生界样品(美国加州大学圣克鲁兹分校古地磁实验室完成测试)的测试结果认为,“塔里木地块在泥盆纪至石炭纪向北运移距离约为 2370km”,代表古亚洲洋消减的宽度。“二叠纪以后向北运移距离约 2560km,主要是地壳缩短增厚”。后者虽然是地壳缩短的宽度,但准噶尔盆地在晚古生代为残留海充填型盆地,塔里木陆块二叠纪向北迁移的距离也占据原准噶尔洋盆(古亚洲洋)的位置,所以也可代表其缩

减的范围,两者之和约 5000km。如果考虑早古生代塔里木陆块由南半球向北半球右旋移动,以及残存中生代准噶尔盆地的宽度,可见古亚洲洋的宽度虽不能与现代太平洋(东西宽约 12000km)相比,但也是相当大西洋(平均宽 2000—6000km)规模的深海洋盆了。

(4)异常沉积物反映的古纬度带的差异。构成中国古大陆的三大陆块,华北陆块、华南陆块和塔里木陆块的古生代沉积物所反映的气候旋回和古纬度也有重大的差别。华北陆块的气候旋回对应华南基本表现为滞后现象,时序相差约 50Ma。据此可恢复古纬度带,也可估算陆块迁移的速度和距离。

作者综合考虑上述四个因素恢复陆块距离和深海洋盆的范围,概略地复原中国南大陆古地理格架,试图开拓出一个新的古地理研究途径。