

盆山转换与造盆、造山过程分析

许效松

(成都地质矿产研究所)

[内容提要]盆地系统和造山带系统是大陆岩石圈上的两个主要构造单元,其包括地质历史中曾存在的和消失的盆地、大洋、大陆边缘及陆地。因此,盆山转换研究、探索盆转山和山控盆的过程则成为大陆地质的前沿研究领域。

沉积地质学通过盆山转换和转换过程的分析研究,并以大陆边缘为主,对盆地分析、露头层序地层学研究,在盆地沉积相的时空配置和演化、大陆边缘转为前陆盆地过程中,分析海-陆环境在时空上的四个转换过程和自演化序列。盆山转换的另一关键是层序等时格架的建立。层序的等时性应包括层序界面(单一的和复合的界面)、层序和时间损失量。

关键词 盆山转换 大陆边缘 前陆盆地四个转换过程 层序等时性为层序界面 层序时间损失量

1 绪论

1.1 前沿和热点

盆山转换的研究已成为大陆地质的前沿研究领域和建立新的全球构造观的突破口。研究的着眼点是盆地系统和造山带系统,并把这两个系统视为地质演化过程的统一场,因而也谓“盆山体系”。

国内“盆山转换”问题的提出和形成热点始自1993年底,潘桂棠、李兴振和徐强与笔者等在开展中国西部大型盆地分析项目中,研究古亚洲洋的消亡方式和中生代准噶尔盆地形成时,即贯穿了“盆山转换”的研究思路。在“推进我国地质科学前沿研究的谋划”一文(肖庆辉、贾跃明、刘树臣等,1994)发表前后^①,地质矿产部科技司组织地质矿产信息研究院等有关单位和科技人员^②就当前地球科学前沿研究问题进行了讨论,并为“九五”做立项准备,推动了盆山转换的研究进程。笔者与成都地质矿产研究所的有关科技人员就盆山转换、造山带系统、盆地系统和地质流体系统在盆山转换过程中的成矿作用等逐步深入研究,并于1994年间编写多份立项建议书。继之,从不同学科出发,其研究思路、研究内容也日臻完善,各专业学科均冠以盆山转换或造山带与盆地充填物为题的论文和专著等不胜枚举^[2~5],从而形成当前地学研究的热点。

1.2 研究的对象和范围

① 本文1998年8月8日收稿,1998年10月5日收修改稿。

② 成都地质矿产研究所许效松、潘桂棠和李兴振参与讨论。

地球科学首要研究对象当属岩石圈。盆山转换研究的着眼点是大陆岩石圈上的盆地和造山带,以及从造山带中重建大洋与大陆间的盆山转换,因而盆、山不是地形上的“盆”和“山”,其包括地质历史中曾存在的和消失的盆地、大洋及陆地。研究探索的深度应包括两个层次:一是大洋岩石圈消亡和向大陆岩石圈转化的盆地演变过程;二是大陆岩石圈造盆和造山过程。

盆山转换的研究方法包括定性解释和地质模拟两方面,其终结应是侧重“过程分析”。从地质学分支学科的视角、全球构造旋回周期的视角以及研究目标性的视角出发,不同学科、专业的学者,研究的出发点、内容和范围均有所不同。

(1) 大陆晚近构造的山、盆,为岩石圈最上部的盆地系统和山脉系统,也谓地貌的构造分析——新构造分析(G. F. Ufimtsev, 1995)^[6],由最直观的表层构造研究盆转山和山控盆的关系,是陆内挤压和引张对偶效应过程中的造山、造盆过程,也可理解为“山控盆”。

(2) 地球层圈和壳幔结构,为研究大陆岩石圈和地幔深部构造。

无论是定性解释还是地质模拟,其要点或科学的关键应强调研究“过程分析”,即造盆过程和造山过程。同时还要注意他们的对偶性,造盆过程中的造山响应和造山过程中的造盆效应。

盆山转换是认识大陆构造的重要途径,以地壳最上部的造山带系统和盆地系统反演“过程分析”。从学科而言,有多种途径和技术方法:构造地质学家以造山带为主要目标;沉积学家通过盆地中沉积纪录,反馈盆山转换过程;地球物理学家以高新技术手段,探讨地球深部动力和壳幔结构;岩石学家、地球化学专业者也以精密科学方法探求盆山转换过程留下的记录。

1.3 盆山转换的动力

盆山转换的动力分析,正如板块构造尚未解决板块运动的驱动力一样,也是地质学家追求的目标。研究盆山转换的最大问题也是转换的动力源——盆山转换的动力学体系,不仅是长期困惑不解的问题,也是个长期探讨的问题。近几年的高新探测技术和计算机方法已发展成为一种多学科的综合研究领域,各专业学科不同尺度的宏观和微观研究,其认识和结论也只是一个岩石圈“半定性”的运动轮廓。

笔者强调以全球构造和山盆体系为研究思路,探求在应用上具有可操作性的研究方法,从地质记录中反馈盆地演化和造山、造盆过程,并进行“过程分析”。为此以沉积地质学研究为基础,以等时层序格架、构造转换事件以及盆地分析为研究途径,通过沉积记录窥视盆山转换过程,并给予宏观地质解释。

2 地质历史中的盆山转换

地质实践的积累,逐渐感到宏观记录和微观资料给予人们了解地球岩石圈和沉积地壳数亿年的演化仅仅是个极小的窗口和短暂的记录。从这个小窗口中,对各种地质记录准确性的认识是合理推导地质模型和解释地球演化的支柱。笔者赞赏“全球构造活动论和地质历史发展阶段论”的观点(王鸿祯, 1985)^[7],分析演化阶段和不同阶段地质记录的特点才能提取其演化过程。

2.1 盆山转换是个长的历史演化过程

中国古大陆的演化,自新元古代至中生代主要可分为两个地质大旋回。扬子陆块群与

东特提斯洋的演化 (李兴振、许效松、潘桂棠, 1995)^[8], 由新元古代至三叠纪约 600Ma, 前人分为晋宁期—加里东期 (南华构造旋回)^[9]—印支期, 完成了洋、陆壳盆地的转换, 形成中国南方古大陆。60—70 年代初, 由于时代知识的限制, 把“造山”理解为地形上的“山”, “盆地”为四周被环山所包围的凹地, 因而曾言及加里东运动是造陆运动, 不造山。

盆地分析和造山带更深层次的研究, 解决了造盆和造山即是抽象概念又是地质实体的观念。有的学者对盆山转换的含义理解为陆内或者是后前陆盆地的造盆、造山过程, 但还应包括洋-陆转换阶段, 同样也发生了盆山转换和造盆、造山的过程。盆地, 即是大洋岩石圈的盆地和大陆岩石圈的盆地, 板块间的俯冲和两个边缘的反转以及夭折的前陆盆地也应视为盆转山过程。

晚三叠世后至新生代为地质历史发展的另一新阶段, 是洋-陆碰撞后挤压-隆升、拆沉-伸展过程的造盆和造山过程。

2.2 盆地系统和造山带系统

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中的地壳, 甚至地幔各圈层之间构造活动和动力转换的记录, 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升降带, 所以造山带既代表消失的大洋系统, 又代表消失的盆地系统和大陆系统 (图 1)。

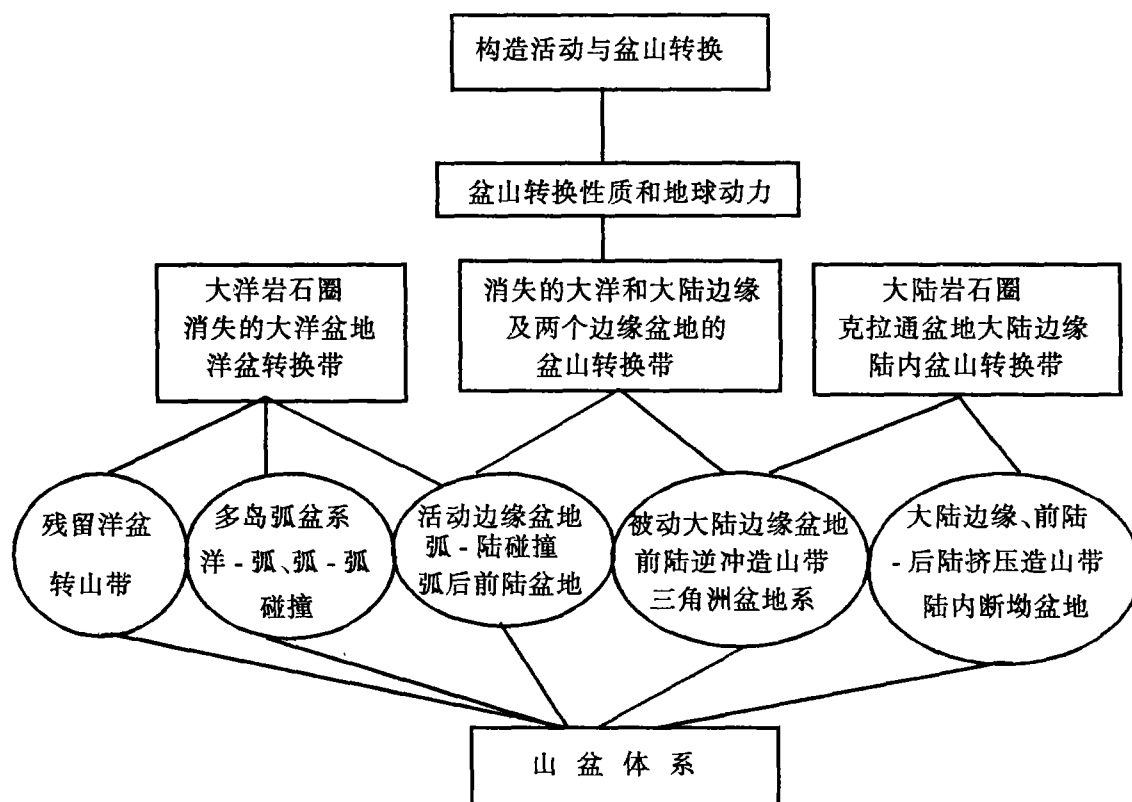


图 1 盆地系统和造山带系统与盆山转换

Fig. 1 Diagrammatic representation of basin systems, orogenic systems and basin-range transition

地壳最上部的浅层构造,即年青的盆地和造山带,还记录着不同地质时代的古盆地和盆山转换记录,特别是陆-洋体系间的转换。因此从造山带中保留的洋、弧、陆的残块和大陆边缘增生楔,以及大陆边缘的沉积物和陆内隆注带。

中国大陆上的造山带,在空间上自数十公里、数百公里至千余公里。陆内隆升的山脉和相对应的坳盆仅数十公里,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。所以,盆地系统和造山带系统有两个层次的涵义,一方面是洋陆体系,另一方面是陆内体系或板内体系。

近几年,盆山转换研究的最大进展是沉积地质学家和构造地质学家把盆地和造山带之间孤立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。

3 大陆边缘沉积作用与盆山转换的过程分析

3.1 盆山转换过程的时空等时性记录

造山过程和造盆过程是造山带和盆地分析研究的关键,而地质记录所记载的是非事件和瞬时的事件印痕。但从沉积作用中的非事件和瞬时的事件沉积中,恢复造山过程和造盆过程具有极大的探索性,也有极大的难度。一是以沉积地质学为主,但必须具有多学科交叉的研究方法和研究思路,从更高的层次上认识地质记录;二是沉积过程的三维或是四维的时空变化和地质记录的时空配置。

3.2 大陆边缘-前陆盆地过程分析

年轻的造山带与之相邻的前陆盆地是研究盆山转换的最佳典范。我国南方的四川前陆盆地(龙门山前陆盆地)、楚雄前陆盆地以及十万大山前陆盆地等,是扬子大陆边缘盆地转山的过程,以及在转山过程中形成了新盆地,可谓之是经典的研究实例。

前陆盆地的形成、发展和消亡具有长期的地质历史和演化阶段。盆地中沉积序列上的变化,反馈造盆和造山逆冲升降的耦合效应。包括沉积序列的时空变化、沉积环境转变、地层界面的构造不整合和沉积不整合、特殊沉积体的上超和下超面等均是造盆-造山过程留在盆地中的记录。

前陆盆地的构造环境是由俯冲反转为逆冲作用,造成前陆挠曲盆地向前陆隆起和克拉通上迁移。与其相对应的沉积相古地理环境,则是在三维的时空上由海相盆地转为陆相盆地的过程。

图2概略地表示了沉积环境的时空转换。南方的地质实际记录了新元古至早古生代大陆边缘海相盆地经历了大约250Ma的发展过程,大陆边缘的盆山转换大体在中奥陶世至志留纪末和早泥盆世初,大约为150Ma。前陆盆地的演化过程至少经历50Ma或更长。扬子西缘前陆盆地演化从中三叠世拉丁期始至早侏罗世海域彻底退出扬子区,其南延的楚雄盆地则在中侏罗世以后。如果洋盆在晚二叠世时俯冲^[10],其前陆阶段的演化史为100多百万年,演化历史过程表现在盆地的构造转换和沉积环境转换则不是一次性完成的。笔者强调在地质记录上的精细分析则可反馈造盆和造山过程。

前陆盆地沉积环境转换受盆地构造转换和海平面相对变化的共同制约。由海相向陆相转换,盆地的沉积序列演化与盆地构造演化的耦合性,在时间和空间上有两种序列:沉积环境的转变,都经过以三角洲环境为主的海陆过渡相四次转换过程(图2);沉积与盆地的

构造演化上,每一种沉积-古地理环境以及转换过程都应具有其本身的自演化旋回(图2)。自演化旋回,也即盆地的任意演化阶段都持有特定的发展规律,达到发展的顶点即可转化为下一个演化阶段,在时空演化上虽有突变带,但总体与威尔逊相律相符。

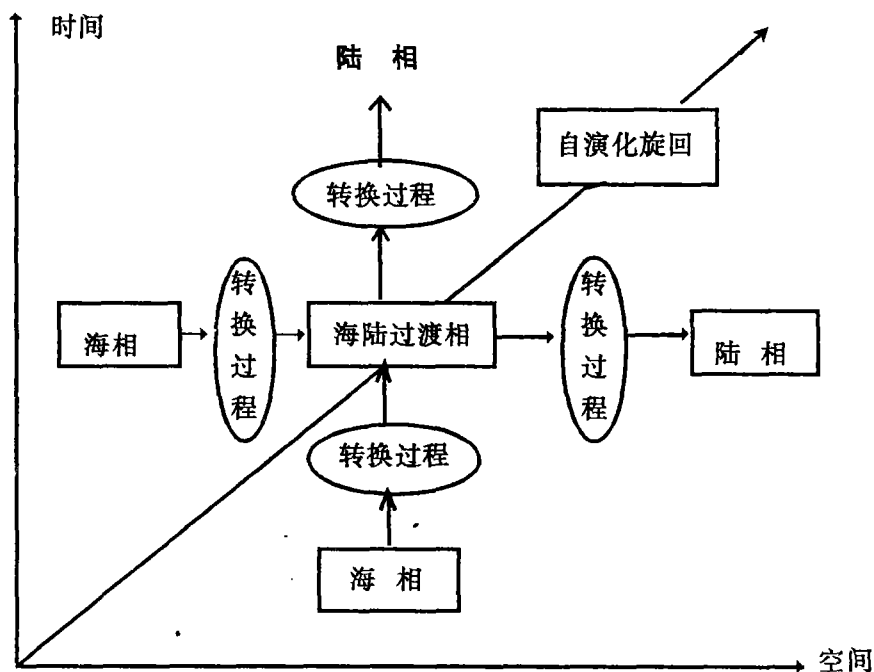


图2 大陆边缘-前陆盆地时空演化过程分析
Fig. 2 Spatio-temporal evolutionary processes from continental margins to foreland basins

以往的研究易于辨别沉积环境的两个端点,海相、陆相。构造地质学家也建立了构造幕次。在盆地的沉积-构造演化上,对四个转换过程的详尽研究程度尚不甚精细,缺乏盆山转换和造盆、造山过程直接地质记录的佐证。时空上的演化过程序列为:第一个转换过程由海相—三角洲环境,三角洲的自演化旋回序列;第二个转换为三角洲环境—陆相的转换过程,陆相的自演化旋回。

三角洲沉积相的描述常常只以“海陆过渡相”代之,由海相向三角洲的演化次第,有几次沉积-构造转换面,转换过程中常有海泛面和洪泛面的交替变化。三角洲自演化旋回过程应为海控三角洲发展至河控三角洲的过程。这些过程还只是地质历史长河的简单概括。

南方大陆边缘古生代的“海陆过渡相”向典型的陆相环境转换, 由于第二个沉积盖层的上超和改造, 研究不够精细。印支期为完整的构造旋回, 由晚三叠世始至早、中侏罗世大约 40~20Ma 完成了向陆相环境的转化过程, 这样长的地质历史正是造山与造盆的鼎盛阶段, 但沉积相的分析只表述为河流—湖泊的往复交替, 显然不足以反映造山过程的实际证据, 也反映不出盆地背景的总体演化。

三角洲向陆相环境的转换是造山、造盆的重要阶段。三角洲发育的顶端可能是个准平原化的过程。在向湖泊演化的地质记录上应反映有两个重要的转换：一是由分支河道发展为主河道；二是主河道的汇集成湖，也必伴随着周缘有地形上的山脉。后者在沉积演化上都应有明显的记录以视佐证。笔者与娄雄英、周光福等在对广元一带晚三叠世—早侏罗世

地质调查中,由三角洲环境向河流-湖泊转化过程中,可建立河控三角洲,在向河流演化中以洪泛体为标志,首先是下伏碳酸盐地层反转的洪积砾岩,继之为远源造山带的洪积砾岩,反映造山过程和构造转换阶段非常清楚。成湖阶段,首先表现为由不稳定的洪积砾岩体转为稳定的洪积砾岩体。这些过程,如有定年数据,则不难得出造山、造盆的构造-沉积转换面和过程分析以及盆山转换的耦合效应。反之,粗略地以河湖相一笔代之,则无法进行过程分析。前陆盆地演化的后期阶段,类似的描述在以往的地质记录中颇常见,如研究盆山转换,尚需从新厘定。

4 层序地层分析

4.1 层序不整合界面是海平面变化与构造活动的叠加效应

层序地层学在国内已有近十年的研究历史,成绩显著,不再赘述。笔者与合作者在近期的实践中,深感层序地层学不是研究的目的,而是手段。鉴于有成因连续的沉积体被层序界面限定,应具等时性。而沉积体的时空展布、层序界面的时空迁移,则应反馈盆地的演化和盆山转换过程。在操作上提出三个变革^[11]:一是层序不整合界面成因的构造分析;二是特殊成因意义的沉积体;三是时间损失量和层序的等时性。

层序不整合面代表海平面变化与构造活动的叠加效应,构造活动则铸记了盆山转换过程。大洋岩石圈、大陆岩石圈和陆内构造域的演化,以此特定的含义出发,层序不整合界面也应是构造活动的转换面。由海平面下降形成的I类不整合(P. R. Vail, 1987)^[12]如果不区分低位体系域的性质、物源,就不能反映盆地沉积环境和构造活动的变化,因而也不能说明盆地的构造性质。

构造转换面和层序不整合界面的确认,途径、方法颇多。笔者在研究上扬子西缘和西南缘二叠纪至三叠纪时,由被动大陆边缘-前陆盆地的盆山转换过程,强调以全球构造演化、全球沉积对比和盆山的对立统一观的思路,观察、追踪在露头上的地质纪录,揭示地壳演化的信息。以层序不整合界面成因的动力学与被动大陆边缘盆山转换的耦合性,在空间上由下而上,层序的界面表现为:升降侵蚀层序不整合、海侵上超层序不整合、水下间断层序不整合、暴露层序不整合、造山升降层序不整合等五种成因类型(许效松、刘宝珺、赵玉光等, 1996)^[10],每种不整合面之上均有特定的体系域为标志。五种成因类型的时空序列演化,可代表一次全球一级或二级周期构造演化周期。

4.2 层序和层序界面的等时性

层序不整合界面的性状和数量与盆地所在的构造-古地理位置有关,大陆架下部地层密集段和非密集段之和基本上可代表连续的沉积记录。大陆坡折带河流回春和暴露面发育,层序不整合面具叠加性,界面间含有无沉积作用的时间,这段时间称时间损失量。层序的等时性应包括:层序界面(单一的或复合的)+层序(单一层序或复合层序)+时间损失量(图3)。

界面上的时间损失量由界面上、下沉积物的性质反馈沉积间断的时限。在上扬子西缘周缘前陆盆地演化期间,克拉通边缘是晚三叠世诺利期沉积物下超在中三叠世安尼期或拉丁期沉积物上,表现出只有一个层序不整合界面(图4中的记号⑤),时间损失量可占有15~13Ma,即第⑤层序不整合与第⑦层序不整合叠合,其间的马鞍塘组为前陆碳酸盐缓坡^[13];而在大陆架边缘至少可划分出3个不整合面^[11](图4中的第⑤、⑥、⑦不整合面)。

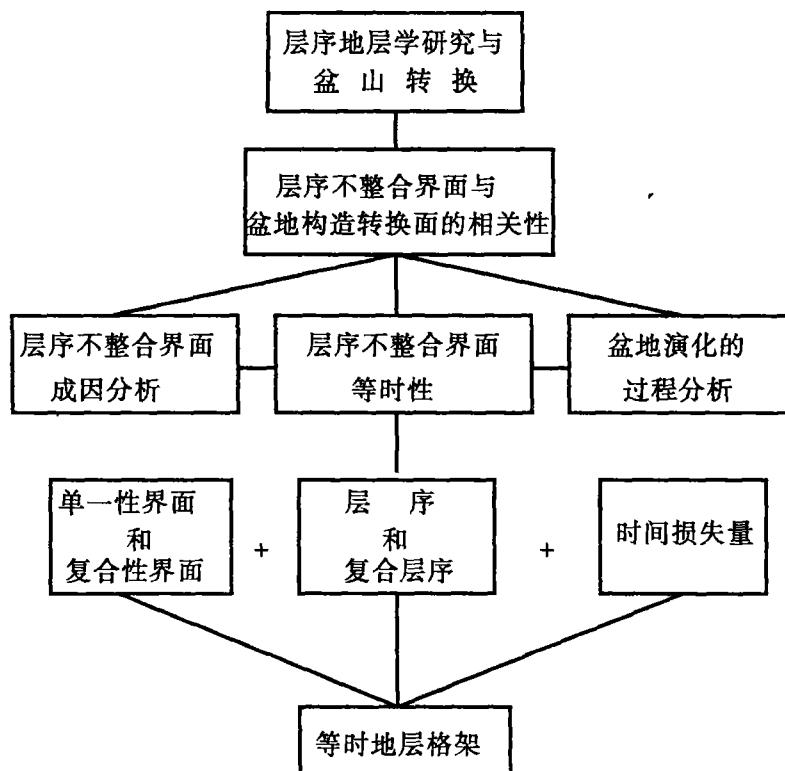


图 3 层序等时格架与盆山转换耦合

Fig. 3. The coupling of isochronous stratigraphic framework and basin-range transition

4.3 层序等时格架与构造转换面

确定层序不整合界面的等时性才能建立与盆地构造演化相对应的层序等时格架, 也即与盆山转换相对应的构造转换面。

层序界面成因分析反映事物的两个方面: 盆地沉积性质转换和盆地构造性质转换。每一次等时的构造转换面和层序不整合界面应代表大陆边缘盆山转换的某个过程。精细的露头分析和较准确的生物地层对比可以反馈造盆、造山过程。图 5 是扬子西缘南段前陆盆地层序等时格架, 在同等的时限内, 深水盆地有四个界面, 但在克拉通上只有一个界面。

5 结语和建议

实践证明, 以盆地分析和盆山转换的研究思路为指导, 通过沉积体的各种标志和层序界面性质和等时格架对比, 在露头上进行“过程分析”和盆山转换研究, 具有可行性和可操作性。

盆山转换之所以成为当前地学的前沿领域和具有挑战性, 它冲击了传统的地球观, 改变地质学家的思维方式和观察力, 更重要的是盆山转换过程是固体矿产和流体矿产成矿的驱动力。为适应大地调对基础地质研究工作的需求, 以各学科专业的优势, 从各个侧面深化层序地层学的实际应用性, 配合解释性技术方法和深部地质, 必将在盆山转换和造盆、造山“过程分析”上有所突破。

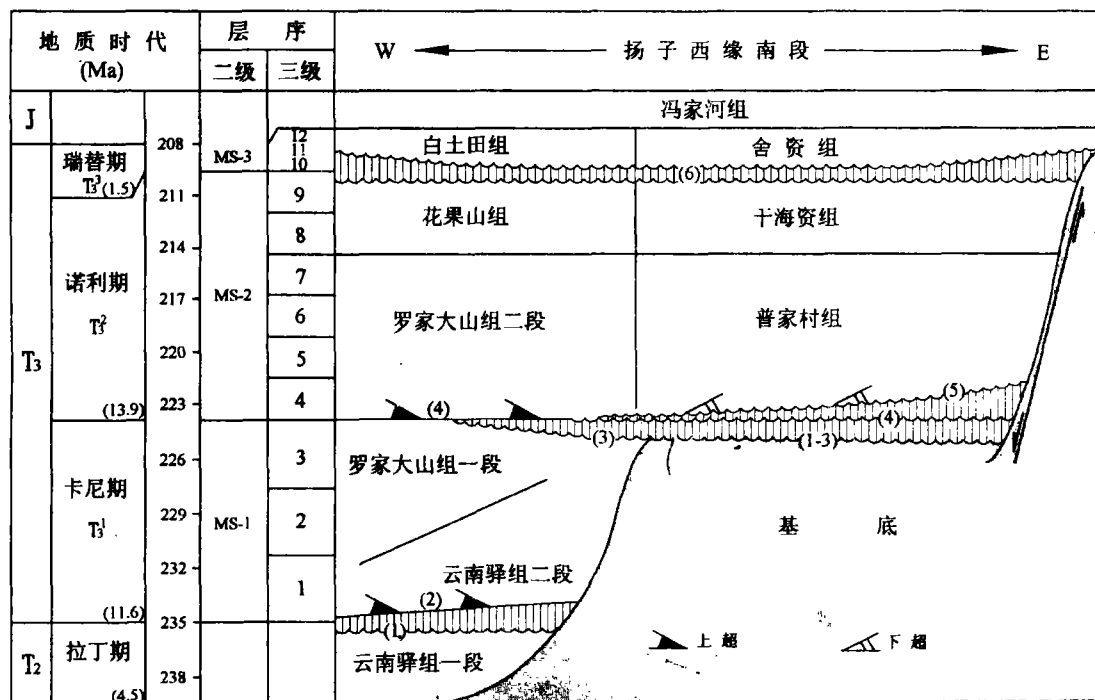


图5 中、晚三叠世扬子西缘南段等时层序格架与盆转山模型(许效松、尹福光、万方, 1997)①

(1). 第一盆山转换构造面, 中三叠世拉丁期古暴露面; (2). 第二盆山转换构造面, 晚三叠世卡尼期海侵上超面; (3). 第三盆山转换构造面, 晚三叠世卡尼期古暴露面; (4). 第四盆山转换构造面, 晚三叠世诺利期海泛; (5). 第五盆山转换构造面, 晚三叠世诺利期下超面; (6). 第六盆山转换构造面, 晚三叠世诺利期末暴露与瑞替期侵蚀面

Fig. 5 Model for isochronous stratigraphic framework and basin-range transition in the southern part of the western margin of the Yangtze platform during Middle and Late Triassic time(after Xu Xiaosong, Yin Fuguang and Wan Fang, 1997)

(1)=No. 1 structural surface of basin-range transition; Ladinian (Middle Triassic) fossil exposure surface; (2)=No. 2 structural surface of basin-range transition; Carnian (Late Triassic) transgressive onlap surface; (3)=No. 3 structural surface of basin-range transition; Carnian (Late Triassic) fossil exposure surface; (4)=No. 4 structural surface of basin-range transition; Norian (Late Triassic) marine flooding;

(5)=No. 5 structural surface of basin-range transition; Norian (Late Triassic) downlap surface;

(6)=No. 6 structural surface of basin-range transition; latest Norian (Late Triassic) exposure surface and Rhaetian (Late Triassic) erosion surface

6 致谢

笔者等在“七五”、“八五”和“九五”期间, 承担原地质矿产部重大基础项目、国家攻关项目及与其他部门间的合作项目, 先后与徐强研究员、牟传龙研究员、王剑研究员、赵玉光研究员、尹福光副研究员和万方工程师等合作, 取得对层序地层学研究的深入认识, 并在实践中发展, 探索其可操作性, 均与合作者的努力不可分隔。在实践中与潘桂棠研究员、李兴振研究员等对盆山转换的认识进行商榷, 给予作者极大的帮助; 除此, 还有山东省地矿局、河南省地矿局、陕西省地矿局、广西自治区地矿局和天津地质矿产研究所等, 也为笔者在研究露头层序地层学方面提供了条件和帮助。特此致谢。

① 楚雄盆地上三叠统层序地层研究, 内部资料, 1997

参 考 文 献

- 1 肖庆辉、贾跃明、刘树臣等. 推进我国地质科学前沿研究的谋划. 北京: 地质出版社, 1994
- 2 肖庆辉、李小波、贾跃明等. 当前造山带研究中值得重视的若干前沿问题. 地学前缘, 1995, 2 (1~2), P43~50
- 3 许效松、徐强. 盆山转换和当代盆地分析中的新问题. 岩相古地理, 1996, 16 (2), P23~33
- 4 许效松、刘宝珺等. 中国西部大型盆地分析. 北京: 地质出版社, 1997
- 5 牛树银、白文吉等. 造山带与相邻盆地间物质的横向迁移. 地学前缘, 1995, 2 (1~2), P85~92
- 6 G. F. Ufimtsev. The third face of tectonics-tectonic analysis of relief. 地学前缘, 1995, 2 (1~2)
- 7 王鸿祯等. 中国古地理图集. 北京: 地图出版社, 1985
- 8 李兴振、许效松、潘桂棠. 泛华夏大陆群与东特提斯构造域演化. 岩相古地理, 1995, 15 (4), P1~13
- 9 刘宝珺、许效松等. 中国南大陆沉积地壳演化与成矿作用. 北京: 科学出版社, 1994
- 10 许效松、刘宝珺、赵玉光. 上扬子台地西缘二叠系—三叠系层序地层界面成因分析与盆山转换. 特提斯地质, 1996, 第20号, P1~30, 北京: 地质出版社
- 11 许效松、刘宝珺、赵玉光等. 上扬子西缘二叠纪—三叠纪层序地层与盆山转换耦合. 北京: 地质出版社, 1997
- 12 Loutit T S, Hardenbol J, Vail P R and Baum G R. Condensed sections: the key to age determination and correlation of continental margin sequences. In: C K Wilgus et al. (eds), Sea-Level Changes, an Integrated Approach. Tulsa, Oklahoma, U. S. A., Special Publication No. 42, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1988, 184—213
- 13 许效松. 被动大陆边缘碳酸盐生长序列与盆山转换耦合. 地球学报, 1996, 17 (1), P1~53

Basin-range transition and basin- and mountain-building processes

Xu Xiaosong

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS

ABSTRACT

The basin system and orogenic system are believed to be two essential tectonic units within the continental lithosphere, including pre-existing but now extinct basins, oceans and landmasses in geologic record. The researches on the basin-range transition thus become the frontiers of continental geology. In this paper, the spatio-temporal evolutionary processes and self-evolutional sequences in oceanic and continental environments are probed on the basis of basin analysis and outcrop sequence stratigraphy. Another key problem in the studies of the basin-range transition is the construction of the isochronous stratigraphic framework. The isochronism of sequences should encompass sequence boundaries (simple or compound) sequences and time losses.

Key words: basin-range transition, continental margin, foreland basin, isochronism of sequences, sequence, time loss