

# 楚雄前陆盆地的充填层序与造山作用

蒲心纯 尹福光 朱同兴<sup>①</sup>

(地质矿产部成都地质矿产研究所)

**[内容提要]** 楚雄盆地是一中生代前陆盆地,发展过程有两个阶段:晚三叠世卡尼期至诺利期为前陆复理石充填期;诺利晚期至瑞替期为前陆磨拉石充填期。相应的形成两个二级层序和四个三级层序。层序的构型显然与造山过程耦合。哀牢山前缘逆冲带推进的速度控制着楚雄盆地基底挠曲幅度,因而决定了盆地的沉降率,逆冲带隆升幅度则决定了陆源区的物源供给量。由于可容空间和物源供给率是控制盆地层序地层格架的两个基本因素,因此前陆逆冲载荷的迁移就是控制层序地层的关键。作者以盆地中的充填层序反馈哀牢山造山作用的特点和过程:早、中期,盆地中以向上变深的二级沉积层序代表了哀牢山逆冲的初始阶段,逆冲载荷达到盆地拉张变薄的基底上,前陆挠曲幅度大,造山带抬升的相对高度较低。晚期,盆地中以向上变浅的二级沉积层序代表了逆冲载荷推进到克拉通基底上,地壳挠曲受阻,物源供给量加大。三级沉积层序的相互叠置则反映了造山带多幕次、多周期活动的特点。

**关键词:** 前陆盆地 充填层序 造山作用 楚雄

前陆盆地是由于两陆碰撞、推覆载荷作用在拉开变薄的大陆边缘上,导致岩石圈挠曲沉降而形成。它形成的动力学机制已由 P. B. Flemings 和 I. E. Jorsan(1981,1990)及 C. Beaumoul 和 G. Quinlan(1984,1988)分别用弹性流变模式和粘弹性流变模式进行了模拟,合理地解释了前陆盆地的形成和演化及与毗邻冲断带逆冲推覆作用存在着密切的联系性和统一性。本文借鉴这个理论,采用“盆、山”耦合的思路和方法,对楚雄中生代前陆盆地的层序地层学进行分析,研究其沉积演化与造山作用的关系,借以鉴别造山作用特征和幕次。

## 1 地质构造背景

楚雄盆地位于扬子板块西南边缘,为一中生代周缘前陆盆地。盆地出露地层为第三系、白垩系、侏罗系、上三叠统及部分中三叠统。中三叠统为浅海相,上三叠统为深海—浅海、滨海—海陆过渡相至陆相碎屑含煤沉积,侏罗系至第三系全为红色陆相沉积。据盆地周边出露地层和盆内重力航磁资料解释,盆地的基底具有双重结构特征,即由下元古界中—深变质岩的刚性结晶基底和中元古界浅变质岩的塑性基底组成,为以后的板块活动奠定了统一的陆壳基础和有利条件。

<sup>①</sup>黄志英及滇黔桂石油地质研究所苟汉成、周明辉等参加部分研究工作。

楚雄盆地周边为深大断裂(图1):西北界为程海断裂,西南界为红河、哀牢山断裂带,东部为绿汁江断裂和易门断裂。这些断裂形成时间早,并多期持续活动,控制着盖层沉积和盆地的构造格架。据断裂展布方向,盆地内可分为两个构造区:东部为南北向构造区;西南部和中部则为北西向构造区。

楚雄盆地的基本构造格架为东西分带、南北分块。盆地内不同构造单元的展示充分反映了盆地在形成、发展和改造后的东西分带的特点,自东而西分为东部隆起带,中部拗陷带和西部冲断带等三个次级构造单元。更次级构造单元的划分则显示出南北分块的特点。东部隆起带为重力高分布区及基底隆起区;中部拗陷带的基底埋藏深,中、新生代地层发育较全,厚度大,为大面积重力低异常区;西部冲断带据航磁和大地电磁测量等多项地球物理资料和地表观察证实:鱼泡江、三街断裂以西,程海、红河断裂以北东,为一较大的推覆构造体系(中国石油开发公司,1993)<sup>①</sup>,发育一系列北西向逆冲断裂及其紧密状褶皱构造。该推覆构造体系来自西部的外来体,因哀牢山造山带发展过程中,被挤压推覆在克拉通边缘上,其形成的时间可能始于印支早期,后经历了印支晚期、燕山期和喜山期长期推覆挤压不断向盆地侵位,表现出现今的面貌。据滇黔桂石油勘探局区域勘探经理部(1994)<sup>②</sup>构造平衡剖面分析,沿哀牢山前缘地带的地壳缩短量为40—100km。

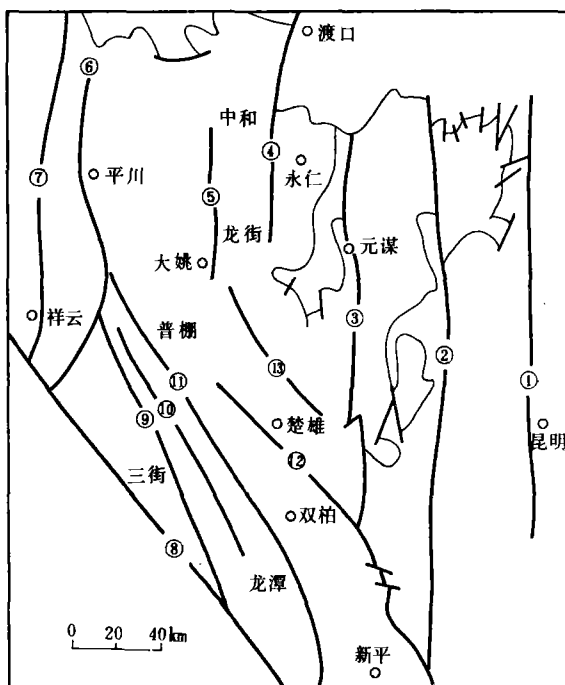


图1 楚雄盆地构造格架

- ①. 普渡河断裂; ②. 易门断裂; ③. 绿汁江断裂; ④. 渡口隐伏断裂; ⑤. 大姚隐伏断裂; ⑥. 鱼泡江断裂; ⑦. 程海断裂; ⑧. 红河断裂; ⑨. 三街断裂; ⑩. 马龙河断裂; ⑪. 沙桥断裂; ⑫. 楚雄断裂; ⑬. 火烧屯断裂

Fig. 1 Tectonic framework of the Chuxiong Foreland Basin

- ①=Puduhe fault; ②=Yimen fault; ③=Lüzhijiang fault; ④=Dukou concealed fault; ⑤=Dayao concealed fault; ⑥=Yupaojiang fault; ⑦=Chenghai fault; ⑧=Honghe fault; ⑨=Sanjie fault; ⑩=Malonghe fault; ⑪=Shaqiao fault; ⑫=Chuxiong fault; ⑬=Huoshautun fault

## 2 与海(湖)面升降相关的几个界面及层序组成

前陆盆地的层序地层与被动大陆边缘背景有较大差别<sup>[1]</sup>: (1)前陆盆地海(湖)平面升降主要受构造和气候因素所决定,全球海平面升降影响次之; (2)前陆盆地的主要物源来自造山带,而克拉通一侧供给陆源碎屑物次之。前陆盆地向下挠曲沉降是受前陆载荷的质量控

① 中国石油开发公司(1993),云南楚雄盆地油气勘探前期工程圈闭评价研究。

② 滇黔桂石油勘探局区域勘探经理部(1994),楚雄盆地油气圈闭类型划分、分布规律及评价研究。

制,亦就是与前陆盆地的可容空间增减有同步性。而前陆逆冲带的推进本身具有周期性或幕式性。这表明前陆盆地有其本身的特殊性和复杂性,又有海相的共性。本文在前人工作基础上,在缺乏地震、钻井资料和控制剖面较少的条件下,试用层序地层学原理,对既有海相、海陆过渡相,又有陆相地层的楚雄中生代盆地进行露头层序地层研究,为盆地分析提供资料。

## 2.1 层序界面

层序界面是划分层序地层单元的界线,由不整合和相应的整合面组成,既具有时间间断,又具有侵蚀证据的一个表现,可以从盆地边部的强烈不整合,向盆地中部过渡为假整合,乃至整合<sup>[2]</sup>。形成层序界面不整合的主导因素是海(湖)平面相对下降,但是界面不整合的类型却是海(湖)平面下降和盆地构造沉降相互制约的函数,在前陆盆地中构造因素是主要的。此外,物源供给、堆积场所亦是制约层序界面的重要因素。

陆相湖盆的层序界面由于湖盆比海盆小得多,地貌分异不明显,可能不存在与“海岸坡折”相对应的“湖岸坡折”,故不能完全套用海相的模式。根据楚雄盆地中生代陆相地层的实际状况,提出区域性不整合界面(具有时间间断,又有侵蚀特征,全盆地普遍发育)、局部不整合界面(局部地区发育假整合,仅分布在盆地东西边缘,向盆地中部过渡为整合)和沉积侵蚀间断面(这种层序界面直接受湖平面升降制约形成,湖平面升降与气候变化有关)等三种界面作为陆相层序地层的层界面。前两种不整合界面均为构造盆地升降影响了湖平面的升降,构造不整合与层序界面不整合同步。

## 2.2 初始海(湖)进面和海(湖)进体系域

初始海(湖)进面是层序中的第一个海(湖)进面,它是层序下部低位体系域与海(湖)进体系域的分界面。对于湖盆来说,湖进和湖退都是一个渐进和渐退的过程,如何确定湖进体系域的顶、底界取决于沉积相和沉积体系的确定。在湖盆的缓坡区,以层序中浅湖相第一次出现为初始湖进面并作为湖进体系域的开始,以深湖相消失界线为结束;在湖盆的陡坡区,则以深湖相的出现与消失界线作为湖进体系域的底、顶界。

## 2.3 最大海(湖)进面或凝缩层

凝缩层形成于海(湖)平面上升速率最大、盆地沉降速率最大的时期,是无沉积作用或很缓慢沉积作用的重要记录。凝缩层根据沉积速率低和盆地处于欠补偿状态这两大特点来确定,在测井曲线中显示低电阻率值、高自然伽玛值。有的湖泊在最大洪泛期,悬浮载荷的沉积速率高,则凝缩层不发育。据许效松<sup>[2]</sup>研究,凝缩层一般都是复合体,不是一个单层,而是由数个处于同一欠补偿环境的韵律层组成。凝缩层的顶界即是海(湖)进体系域与高位体系域的分界面。

## 2.4 层序类型及层序组成

海相层序地层类型和沉积体系域已有很多专著论述<sup>[3]</sup>,在此不赘述。陆相层序地层的层序类型和沉积体系域的组成取决于盆地的构造性质和类型。国内已有关于裂谷盆地和断陷盆地等层序地层的报道<sup>[4,5]</sup>,有的还主张另建一套术语区别于海相层序地层。本文在研究后认为,湖盆有类似海盆的周期性旋回地层,前陆盆地晚期陆相的层序地层和陆内断陷盆地层序地层均可三分为低位、湖进、高位体系域,即沉积层序的下部(低位)和上部(高位)一般为湖退期的沉积,以冲积扇体系、河流体系为主,以进积型准层序为特征;中部为湖进期的沉积,以湖泊沉积体系的浅湖、深湖为主的退积型、加积型准层序为特征。这里的高位、低位系指体系域在层序内部的相对位置,不含其他意义。层序三分反映出湖盆干枯萎缩—湖泛充水

一干枯萎缩的水位变化;自下而上总体上构成粗—细—粗的旋回。如果湖盆很大,发育完善,各种地貌分异明显,并与外海有沟通,则更接近运用 Vail 模式的条件。

如前所述,前陆盆地逆冲作用是控制前陆盆地可容空间和沉积物补给的主要因素,它们都与前陆载荷向前推进速率呈正向相关<sup>[6,7]</sup>(图 2,3)。

当前陆载荷开始推进时,速度慢,沉积物补给率也不是很高,但等于或超过可容空间的增加,富含砂质的沉积物堆积在海平面或接近海平面位置,形成海岸平原或三角洲平原,为低位体系域上半部份。当前陆载荷推进到中期,虽然沉积物补给量大,但可容空间总是超过沉积物的堆积速率,水深相对加大,沉积盆地中大部分沉积物为偏细的泥质岩和细屑浊积岩,构成海(湖)进体系域。当前陆载荷推进

到晚期,推进速率减慢,但物源供给量大,沉积物补给率就接近于可容空间的增加,甚至相等或略大于可容空间,形成砂质的海岸平原或三角洲平原,少量过剩的补给超过可容空间而向盆地方向进积,构成高位体系域。当前陆载荷停止推进与上升,沉积物补给总是超过可容空间的增长,盆地边缘沉积物的堆积作用停止,原来滨海(湖)平原或三角洲平原沉积物遭受侵蚀,河流回春,侵蚀物搬运到海盆中,海岸线向海推进,形成低位体系域下半部分<sup>[8,9]</sup>。

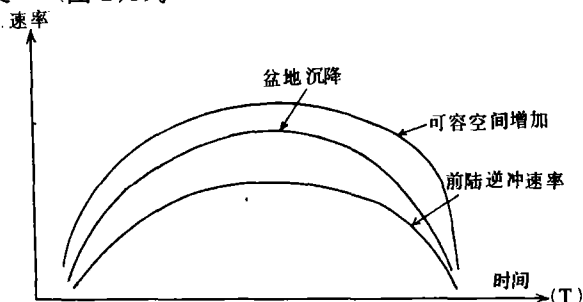


图 2 前陆盆地逆冲、盆地沉降与可容空间关系图

Fig. 2 Schematic diagram showing the relationship between thrusting rates, subsidence rates and accommodation spaces in the Chuxiong Foreland Basin

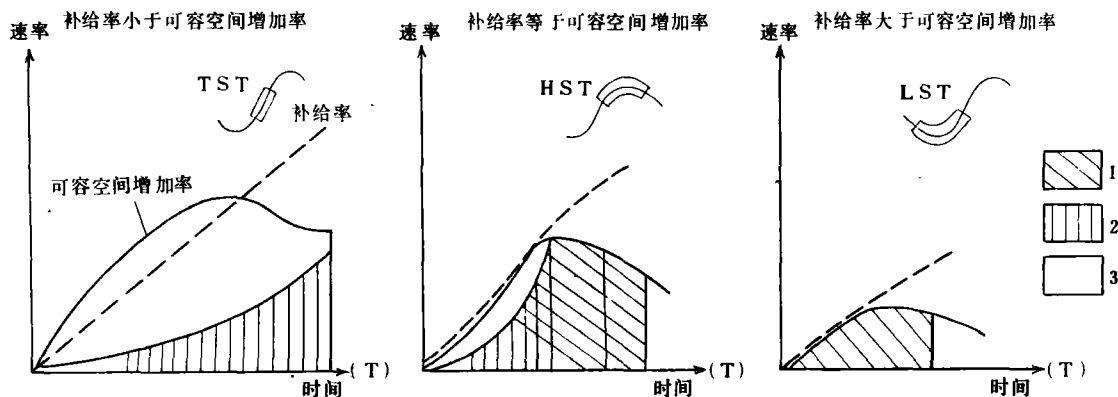


图 3 不同沉积物补给速率下岩相、体系域和可容空间的关系

1. 富砂质滨岸平原相; 2. 富泥质海相; 3. 海水

Fig. 3 Sedimentary facies, systems tracts and accommodation spaces at different supply rates of sediments

1=sand-rich littoral plain facies; 2=mud-rich marine facies; 3=sea water

据上述各项原则和方法,将盆地的充填层序划分为挤压型前陆盆地超层序及其中四个层序。超层序与盆地演化阶段相对应,是以盆地不同演化阶段形成的区域性不整合为界面,相当于一级构造层序。层序以构造层序内次级不整合或沉积侵蚀间断面为界面。此外,以沉积的加积、退积、进积将层序内部细分为准层序和准层序组。

### 3 上三叠统挤压型前陆盆地层序地层学特征

由于盆地的构造背景和构造演化阶段不同,因而在扬子板块边缘主要形成两种不同构造背景下的层序:(1)离散型或拉张型盆地层序;(2)汇聚型或挤压型盆地层序(刘宝瑞、许效松)<sup>[10]</sup>。楚雄晚三叠世盆地主要处于挤压型前陆盆地阶段。随着沉积盆地演化,沉积物自下而上分为早期前陆复理石盆地(层序 1 和层序 2)、晚期前陆磨拉石盆地(层序 3 和层序 4)等四个沉积层序(图 4),均分布在盆地西部冲断带上。

| 时限<br>(Ma) | 层序 | 时代               | 地层               | 岩性    | 厚度<br>(m) | 沉积相                                 | 沉积<br>体系域                     | 充填类型                  | 构造幕  |
|------------|----|------------------|------------------|-------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------|
| 208        |    | J <sub>1</sub> f | 冯家河组             |       |           | 扇三角洲 滨浅湖                            | LST<br>SB                     |                       |      |
| 209.5      | 4  | 瑞替阶              | T <sub>3</sub> b | 白土田组  | 859       | 湖三角洲<br>滨浅湖<br>沼泽                   | HST<br>TST<br>LST             | 前陆<br>陆相<br>含煤<br>磨拉石 | 印支晚幕 |
|            | 3  |                  | T <sub>3</sub> a | 花果山组  | 71.6      | 冲积扇<br>三角洲<br>滨海<br>(含煤沼泽)<br>三角洲平原 | SB<br>HST<br>TST<br>LST       | 前陆<br>海相<br>磨拉石       |      |
|            | 2  | 诺利阶              | T <sub>3</sub> l | 罗家大山组 | 1602      | 三角洲前缘<br>浅海陆棚<br>粉砂、泥质<br>复理石相      | CS<br>TST                     |                       |      |
| 223.4      |    |                  |                  | 一段    | 855       | 火山碎屑<br>海底扇<br>复理石相                 | LST                           | 前陆<br>复理石             |      |
|            | 1  | 卡尼阶              | T <sub>3</sub> y | 云南驿组  | >1848     | 类复理石相<br>碳酸盐碎屑<br>深海海底<br>复理石相      | SB <sub>1</sub><br>HST<br>TST |                       |      |
| 23.5       |    | 拉丁阶              | T <sub>2</sub>   | 团山村组  |           | 浅海<br>河流、三角洲                        |                               |                       | 印支早幕 |
|            |    | Pt               | 昆阳群              |       |           |                                     | LST<br>SB <sub>1</sub>        |                       |      |

图 4 楚雄前陆盆地的充填层序

Fig. 4 The infilling sequence in the Chuxiong Foreland Basin

### 3.1 层序1 由中三叠统团山村组和上三叠统云南驿组组成

1. 层序界面 在双柏团山村、西西郎村一带,团山村组不整合于下泥盆统或昆阳群之上。该界面为印支运动早幕所造成的隆升暴露侵蚀不整合,属类型 I 层序界面。界面以上由砾岩、粗—细粒长石石英砂岩组成,具河流、三角洲沉积特征的低位体系域。

2. 层序的空间配置 由于逆冲载荷逐渐加载于经过拉张变薄的扬子板块西南边缘,引起被动边缘进一步下沉加深,形成卡尼期深而窄的前陆复理石盆地,其排列与哀牢山造山带大致平行(图 5),从而进入早期前陆复理石充填时期。由图 4 所示,云南驿组下段为由灰黑色页岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩组成的复理石沉积,含有丰富的菊石类和瓣鳃类化石,低密度浊流发育,具不完整的鲍马序列,浊积粉砂岩极薄,底面发育槽模、沟模构造,具深海海底扇沉积特征,表明从团山村组下部的海侵厚层灰岩至云南驿组下段的深海复理石,反映出前陆挠曲强烈沉降和海平面快速上升的过程,构成海进体系域。

云南驿组中段为纹层状泥晶灰岩、砾屑灰岩和深灰色泥页岩。碳酸盐碎屑流成因的砾屑灰岩其砾屑成分以泥晶灰岩为主,亦有亮晶砂屑灰岩、生物屑灰岩(生物屑为腕足类含量达 35%)。砾屑呈角砾状、长条状,砾径 1—10cm,分选性差,不显层理,呈不规则透镜状、条带状分布。从其沉积特征及厚度推测,此时海平面上升缓慢,陆源碎屑供给很少,以碳酸盐岩的进积和加积作用为主,在靠克拉通一侧可能发育碳酸盐缓坡,但现今已被西部冲断带所覆盖而无法观测到;而靠造山带一侧,则发育非沉积性斜坡和陡崖地形,易形成碳酸盐碎屑流。这种断控型碳酸盐碎屑裙,不具台缘斜坡裙加积边缘推进的沉积特征,它正发育在靠造山带的挤压走滑的边缘。云南驿组上段以含菊石、瓣鳃类的深灰色泥岩为主夹粉砂岩组成类复理石,表现为陆源碎屑物供给增加,海平面相对下降,逆冲推覆继续,造山楔的物屑向盆地充填,碳酸盐缓坡向克拉通后退,并逐渐被陆屑所覆盖。云南驿组中、上段沉积构成层序 1 的高位体系域。

3.2 层序 2 由上三叠统罗家大山组组成,以祥云马鞍山剖面为代表(图 4)

1. 层序界面 在盆地中只见有深海相沉积出露,未见陆上暴露标志。因此仅据深海相中岩相突变的相对整一面为界面。据该剖面罗家大山组一段的火山碎屑浊积岩反推其西边快速上升,有大量剥蚀,可能属类型 1(SB<sub>1</sub>)层序界面不整合。

层序空间配置 罗家大山组一段在祥云马鞍山发育一套火山碎屑浊积岩相,其沉积特

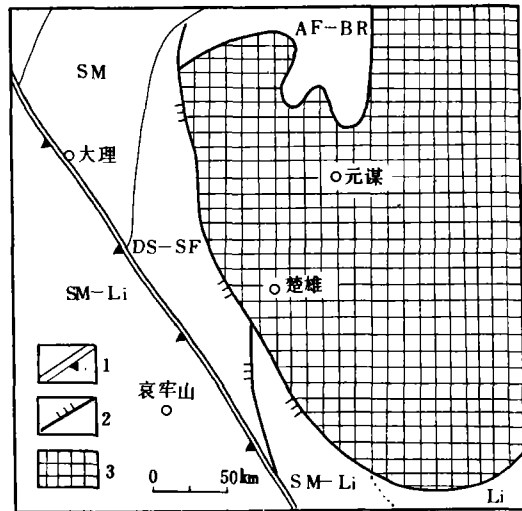


图 5 楚雄前陆盆地拉丁期—诺利早期构造古地理图

1. 板块俯冲边界; 2. 逆冲带; 3. 古陆

Li. 滨海; SM. 浅海; AF. 冲积扇;

BR. 辫状河; SF. 海底扇; DS. 深海

Fig. 5 Tectono-palaeogeographic map of the Chuxiong Foreland Basin during the Ladinian-early Norian

1=plate subduction boundary; 2=thrust zone;

3=old land; Li=littoral sea; SM=shallow sea;

AF=alluvial fan; BR=braided river;

SF=submarine fan; DS=deep sea

征表明物源为外源,由西部造山带提供物源。在祥云米甸镇、南华一街河、德苴等大部地区则发育灰色粉砂质泥岩、粉砂岩夹杂砂岩,含菊石类化石,为典型的深海复理石相沉积,发育不完整的鲍马序列,具有海底扇硅质碎屑浊流沉积特征。共同构成层序 2 的低位体系域。

罗家大山组二段下部,厚达千余米以灰黑色泥质岩为主夹粉砂岩条带和薄层粉砂岩,含丰富菊石类化石,是一套粉砂、泥质浊积岩组成的复理石沉积,表现出随着海平面上升,盆地发育大量泥岩的海进过程,但其间没有明显的海进面,确切地说从罗一段的盆底扇至罗二段下部的复理石是低位和海进体系域的复合体。

前陆盆地向上变浅,表现在罗家大山组二段下部的深海复理石向罗二段上部浅海陆棚→海岸三角洲相的急剧转变,显示海平面快速下降,构成层序 2 的高位体系域(图 4)。

### 3.3 层序 3 晚期前陆海相磨拉石充填层序,包括西部的花果山组海陆过渡相地层和东部普家村组近海陆缘湖泊地层

以往许多人对磨拉石的印象多限于陆相碎屑沉积,而对海相磨拉石则多未涉及。据笔者研究,盆地西部祥云地区的花果山组为海陆过渡相陆屑含煤沉积,发育一套滨海、海岸三角洲及含煤沼泽的磨拉石沉积(图 6),由西部造山带提供物源。与瑞士亚阿尔卑斯的海相磨拉石层序极为相似;而东部含煤磨拉石,物源来自川滇古陆,属陆内断陷盆地沉积(图 7),位于前陆隆起靠陆一侧。在此层序形成过程中,前陆逆冲作用相对静止或缓慢,岩石圈由于物质调整和应力松弛,发生粘性应变,继续下弯、沉降。在靠陆一侧抬升形成前陆隆起,产生局部拉张,绿汁江断裂复活,形成陆内断陷盆地。在空间上就产生了两个相对对立而又互相联系的沉积。

层序 3 的底界为普家村组不整合在昆阳群、苴林群浅变质岩或花岗岩之上。层序界面主要表现为广泛的陆上暴露和冲积侵蚀作用,为类型 1 界面不整合。

低位体系域在东部元谋酒藏为扇三角洲沉积,其水上部分为冲积扇和扇三角洲平原;西部祥云地区由于海平面下降,主要为海岸(或三角洲)平原及含煤沼泽沉积,标志着西部造山逆冲体逐渐露出海面。

海(湖)进体系域的下界面为海(湖)进面,盆地西部和东部迥然不同(图 6),西部处于海岸带,因海平面上升,在祥云地区沉积厚度>200m,为暗色泥岩,新平水塘的泥岩厚达 1000m 以上;东部酒藏、一平浪地区,以湖泊沉积作用为主,有时亦可能与外海沟通,受海平

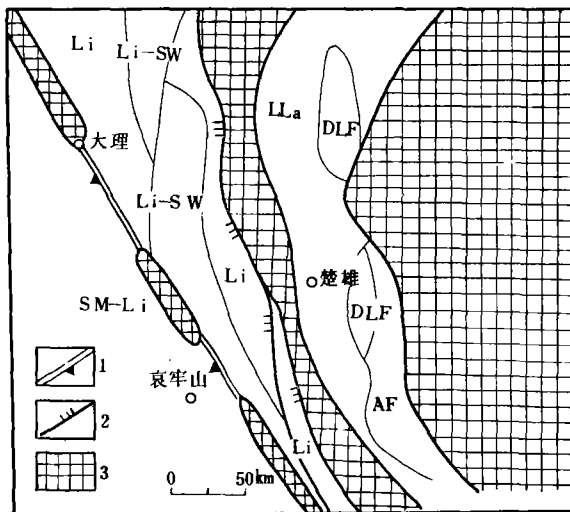


图 6 楚雄前陆盆地诺利中期构造古理图

1. 板块俯冲边界; 2. 逆冲带; 3. 古陆;  
AF. 冲积扇; LLa. 滨湖; DLa. 深湖; DLF. 湖底扇;  
Li. 滨海; SW. 沼泽; SM. 浅海

Fig. 6 Tectono-palaeogeographic map of the Chuxiong Foreland Basin during the middle Norian

1=plate subduction boundary; 2=thrust zone;  
3=old land; AF=alluvial fan; LLa=littoral lake;  
DLA=deep lake; DLF=sublacustrine fan;  
Li=littoral sea; SW=swamp; SM=shallow sea

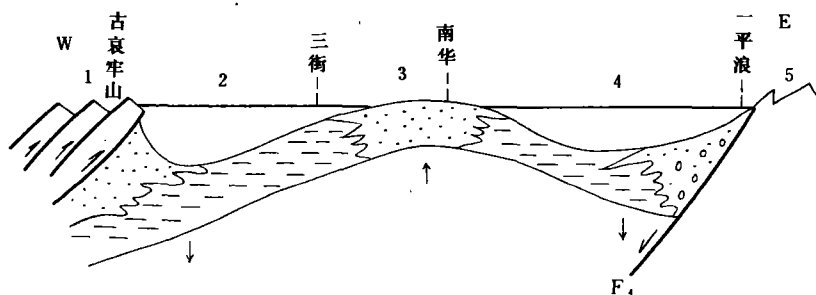


图7 楚雄前陆盆地复原剖面图

1. 造山带; 2. 前陆坳陷; 3. 前陆隆起; 4. 内陆断陷; 5. 川滇古陆

Fig. 7 Palinspastic section across the Chuxiong Foreland Basin

1=orogenic zone; 2=foreland depression; 3=foreland uplift; 4=inland fault depression; 5=Sichuan-Yunnan old land

面升降影响, 主要为一套深湖黑色页岩相—浊积岩相(湖底扇)组合, 共同组成海(湖)进体系域。

高位体系域在西部地区是由海平面下降形成的海岸三角洲沉积(如祥云沐滂铺花果山组顶部发育具逆粒序的三角洲前积层); 而东部地区普家村组上部则是一套典型湖三角洲沉积, 由几个向上变粗的逆粒序组成, 每个韵律的底部为底积层泥岩, 具水平层理, 向上递变为具交错层的粉砂岩、细砂岩的前积层, 再向上为中、粗粒砂岩, 具板状、槽状交错层理的顶积层。

### 3.4 层序4 晚期前陆陆相磨拉石的充填层序

诺利晚期, 强烈的印支运动使盆地回返成陆。西部的白土田组, 东部的干海资组和舍资组, 北部的宝鼎组、白果湾组二段与下伏地层均为假整合接触。造成海平面快速下降与造山构造回返同步, 这个不整合界面可作为层序4的底界。这种造山运动的构造变格, 导致海水退出楚雄盆地形成统一的陆相湖泊盆地——西昌-楚雄盆地(图8), 主要接受东、西双向的陆源物质充填。

在东部的会理、洒藏、一平浪地区, 由于构造抬升促使湖平面下降, 原先的滨湖或三角洲区裸露水面, 在层序界面上发育河流、三角洲平原含煤沼泽沉积; 西部祥云地区, 层序界面之下为海岸三角洲, 其上发育冲积扇-辫状河, 为逆冲造山带前的磨拉石沉积及含煤沼泽, 共同构成层序4下部的低位体系域。

随着盆地的沉降和古气候影响, 湖平面上升, 湖盆可容空间扩大, 西部  $T_3b$  上部和东部  $T_3g^2$  滨浅湖含半咸水动物群化石的暗色泥岩, 向东、西分别超覆在辫状河和冲积扇之上。垂向特征是向上变深的序列, 构成湖进体系域。该体系域由向岸退积的准层序组组成, 沉积物主要分布于湖滨地带。

湖泛之后, 湖平面开始缓慢下降, 河流复活, 从盆地东西两边将大量的陆屑带入湖岸地区, 形成白土田组上段和舍资组的河控型三角洲沉积相。湖平面下降, 三角洲向盆地方向进积, 形成进积型准层序组。在无河流作用的滨湖区则发育泥坪和沿岸砂坝沉积。这些准层序组叠置成该层序的高位体系域。

上述前陆盆地超层序中的四个沉积层序的特征及组成, 其空间叠置模式如图9所示。

楚雄晚三叠世前陆盆地大致平行于金沙江-哀牢山造山带,其沉积作用主要受南段哀牢山造山带制约。据唐尚鹑等<sup>[11]</sup>研究,哀牢山造山带呈北西-南东方向分布,受三条深大断裂夹持:东界为红河断裂,西界为九甲-墨江断裂,中间为哀牢山断裂。哀牢山断裂以东为深变质带,由一套强烈混合岩化花岗岩质混合岩、斜长角闪岩夹片麻岩、片岩、大理岩组成;以西为浅变质带,由变质的含碳质火山-沉积岩组成。带内岩浆活动强烈,超基性、基性、中-酸性岩分布广泛。由构造侵位的超基性岩、基性熔岩(大洋拉班玄武岩)及沉凝灰岩、放射虫蛙质岩、薄层灰岩等组成的蛇绿岩带,沿九甲-墨江断裂带产出分布。

造山带内构造变形强烈,有强烈的褶皱、逆冲推覆和韧性平移剪切、糜棱岩化。超基性岩、碳酸盐岩、板岩、硅质岩等构造混杂岩块到处可见。混杂岩块的时代从泥盆纪至二叠纪,基质为二叠系—三叠系复理石砂板岩、硅质岩和基性—

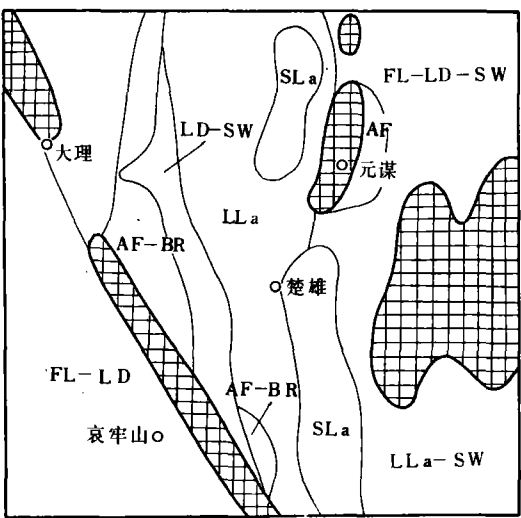


图 8 楚雄前陆盆地诺利晚期—瑞替期岩相古地理图

AF. 冲积扇; FL. 河流; BR. 辫状河; LD. 湖三角洲;  
SW. 沼泽; LLa. 滨湖; SLa. 浅湖

Fig. 8 Sedimentary facies and palaeogeographic map of the Chuxiong Foreland Basin during the late Norian and Rhaetian

AF=alluvial fan; FL=fluvial facies; BR=braided river; LD=lacustrine delta; SW=swamp; LLa=littoral lake; SLa=shallow lake

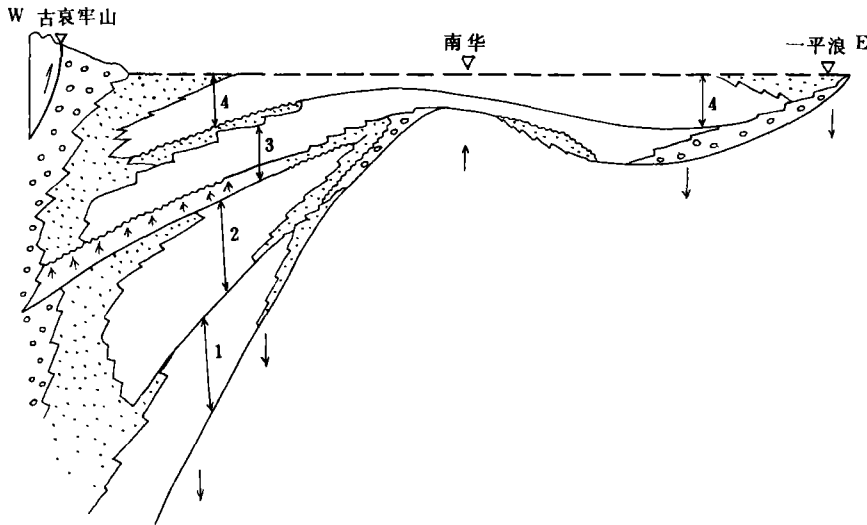


图 9 楚雄前陆盆地层序地层空间叠置模式图

Fig. 9 Spatial stacking model for sequence stratigraphy of the Chuxiong Foreland Basin

中酸性火山岩。

已如上述,由于两陆碰撞,推覆载荷作用在拉开变薄的大陆边缘上,导致岩石挠曲沉降

形成卡尼早期深而窄的前陆复理石盆地。初期,因冲断体位于水下,尚未形成陆上地形,故盆地中主要接受缓慢的粉砂、泥质复理石沉积物,并呈欠补偿状态。卡尼中期由于逆冲推覆停止或中断,为克拉通附近发育碳酸盐缓坡创造了有利条件,而靠造山带一侧则形成断控型碳酸盐碎屑裙,在横剖面上呈楔形体。卡尼晚期逆冲推覆继续,造山楔的物屑向盆地充填,碳酸盐缓坡向克拉通后退,被来自造山带的复理石覆盖。上述现象表现在垂向剖面上早期加深的沉积层序中,层序 1 和层序 2 共有两个次级向上变深的旋回,反映出造山作用多期次活动。

诺利晚期,随冲断体继续逆冲并暴露于水面之上时,则开始向前陆盆地大量充填陆屑沉积物,盆地进入层序 3——海相磨拉石补偿充填时期,在靠造山带一侧垂向上表现为急剧向上变浅的序列。尔后,盆地进入层序 4 超补偿陆相磨拉石充填时期。

楚雄周缘前陆盆地通过两方面联合进行,完成了由早期(层序 1、2)向晚期(层序 3、4)发展的转化,一方面随着逆冲作用的进行,来自造山带的陆屑越来越多的涌入盆地,导致沉积速率超过沉降速率,盆地逐渐变浅,由深水复理石渐变为浅海陆棚→海相磨拉石→陆相磨拉石,盆地进入超补偿状态;另一方面随着俯冲持续进行,先前位于冲断带附近的前陆盆地沉积被卷入造山带并加载于经拉伸变薄的克拉通陆壳上,挠曲作用受阻时,则使盆地变得浅而宽,并接受来自再旋回造山带陆屑的磨拉石沉积。

通过印支运动晚幕造山作用,楚雄周缘前陆盆地完成了由早期复理石向晚期磨拉石的转化,并形成向上变浅的沉积序列,这是周缘前陆盆地重要的沉积特征。磨拉石沉积是晚期发展阶段的产物。该磨拉石碎屑沉积在横剖面上呈楔形体,厚度大的一端位于造山带一侧,并向克拉通方向变薄,有人称为磨拉石造山碎屑楔。

前陆盆地的充填层序有其自身的复杂性和特殊性,与被动大陆边缘相比较,在盆地沉降、物源供给、海平面变化的控制因素等方面都存在着明显的差别。由于造山作用常呈多幕次方式发生,加之逆冲载荷本身的厚度、重量及时、空分布上的差异性,可使同一盆地轴向的不同部位显示不同的沉降过程和演化模式,从而引起相对海平面变化也不尽相同,决定了前陆盆地沉积层序的复杂多变性。

楚雄周缘前陆盆地的沉积作用,总体上表现为向上变浅的序列,由早期两次向上变深和晚期向上变浅两个次级层序组成,分别以印支早幕卡尼期至诺利中期的复理石及印支晚幕诺利晚期海相磨拉石、瑞替期陆相含煤磨拉石为代表沉积物。在总体向上变浅的序列中,又可分解为多个次级向上变浅的旋回。它们的出现反映了逆冲推覆的多次活动,而它们之间的差异,进而揭示了各次活动之间的不同特点。这种造山作用直接控制前陆盆地沉积作用的明显特征,在国内外是不乏其例的。

## 参 考 文 献

- 1 吴崇筠等主编. 中国含油气盆地沉积学. 北京:石油工业出版社,1992
- 2 许效松等著. 露头层序地层与华南泥盆纪古地理. 成都:科技大学出版社,1993
- 3 刘宝瑞、李文汉. 层序地层学研究与应用. 成都:四川科技出版社,1994
- 4 王东坡、刘立. 大陆裂谷盆地层序地层学研究. 岩相古地理,1994,第 14 卷,第 6 期
- 5 王璞珺等. 松辽盆地白垩纪湖侵沉积层序与渤海沟通事件的地球化学记录. 岩相地理,1995,第 15 卷,第 6 期
- 6 Mial, A. D. Principle of sedimentary basin analysis. Second Edition, Springer-Verlag, 1990
- 7 Stockmal, G. S. et al. Geodynamic models of convergent margin tectonics; transition from rifted margin to overthrust

- belt and consequences for foreland basin development. AAPG Bulletin, 1986, 70(2): 181—190
- 8 Shanley, K. W. Perspectives on sequence stratigraphy of continental strata, AAPG Bulletin, 1984, 78(4): 544—568
- 9 Srinivasan, K. Sequence stratigraphy of an intrashelf basin carbonate ramp to rimmed platform transition, Maryville Limestone (Middle Cambrian), southern Appalachians. Geological Society of America Bulletin, 1993, 105, 883—896
- 10 刘宝珺、许效松等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1993
- 11 唐尚鹤、李经典、何叔欣. 哀牢山北段构造蚀变带金矿成矿条件及找矿方向. 北京: 地质出版社, 1994

## INFILLING SEQUENCES AND OROGENESIS IN THE CHUXIONG FORELAND BASIN, YUNNAN

Pu Xinchun Yin Fuguang Zhu Tongxing  
*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources,  
Chinese Academy of Geological Sciences*

### ABSTRACT

The Chuxiong Foreland Basin, a Mesozoic foreland basin installed on the southwestern margin of the Yangtze plate has seen two stages of development: the foreland flysch infilling stage from the Carnian to Norian (Late Triassic), and the foreland molasse infilling stage from the late Norian to Rhaetian (Late Triassic), during which two second-order sequences and four third-order sequences were correspondingly generated. The progradation velocities of the Ailaoshan frontal thrust zone got control of the upwarping amplitudes of the basement and the subsidence rates of the Chuxiong Foreland Basin, and the uplifting amplitudes of the thrust zone commanded the supply rates of the terrigenous clasts. Seeing that the accommodation spaces and supply rates are considered to be two fundamental factors for controlling sequence stratigraphic framework of the basin, the migration of the foreland thrust load is interpreted as the key factor for controlling the sequence stratigraphy of the basin. The research results in the present paper have disclosed the characteristics and processes of orogenesis with the aid of the infilling sequences in the basin. The early and middle deepening-upward second-order sedimentary sequences in the basin indicate that the thrust load was prograded onto the cratonic basement. The upwarping rates of the crust decreased, and the supply rates of sediments increased. The mutual superimposition of the third-order sedimentary sequences has revealed the multiphase and multi-stage orogenesis in the orogenic zone.

**Key words:** foreland basin, infilling sequence, orogenesis, Chuxiong