

文章编号: 1004-7824(1999)03-0001-15

盆山转换与沉积地质记录 ——以楚雄前陆盆地分析为例

朱同兴, 黄志英, 尹福光

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要:楚雄盆地位于扬子陆块的西南边缘, 为一中生代周缘型前陆盆地。根据沉积相特征、层序地层结构和古地理演化的详细研究, 结合古哀牢山造山带的构造演化, 笔者认为楚雄盆地经历了从古生代被动大陆边缘沉积到中生代前陆盆地沉积的演化。前陆盆地演化的阶段性明显: 晚三叠世卡尼期(云南驿组沉积期)和诺利早、中期(罗家大山组沉积期)为前陆复理石沉积; 诺利晚期(花果山组沉积期)—古新世(赵家店组沉积期)为前陆磨拉石沉积。磨拉石沉积可分为海相含煤磨拉石和陆相红色磨拉石两种类型。其中陆相磨拉石沉积时间跨度长, 分布面积广, 沉积厚度大, 沉积演化可细分为盆地成形、强烈沉降、回返充填和萎缩消亡四个阶段。随着逆冲造山楔的不断向上生长和向克拉通方向加载, 楚雄前陆盆地经历了一个早期向上突然加深、变细和晚期向上变浅、变粗的沉积充填过程; 盆地由早期复理石沉积演变为晚期磨拉石沉积; 盆地基底形态由早期的窄而深演化为晚期的宽而浅; 分布于造山楔前缘的盆地沉降与沉积中心也不断地向北东克拉通方向迁移。古流向、岩石学和岩石地球化学数据都显示楚雄前陆盆地沉积物的主要物源区为古哀牢山造山带, 其次为东部隆起带, 因此, 盆地沉积物的供给具有明显的双物源特征。

关 键 词: 盆山转换; 复理石与磨拉石; 楚雄盆地

中图分类号: P542; P558.2 **文献标识码:** A

盆山转换是探索大陆地质构造演化的重要途径之一, 是以地壳最上部的造山带系统和沉积盆地系统为主要研究对象, 通过反演“过程分析”, 最终达到准确预测成矿带和评价油气区块的目的。

楚雄盆地位于云南省中部, 面积约为 36500km², 是我国南方地区一个较大的中生代构造型沉积盆地^[1,2]。滇黔桂石油地质科学研究所马德称^[3]认为楚雄中生代盆地为一裂谷型拗陷盆地, 赵泽恒等^[4]认为应属地洼拗陷盆地, 朱同兴等(1994, 1997)认为应属典型的前陆盆地^[5-9]。近 10 年来, 楚雄盆地在基础地质、石油地质和地球物理勘探等方面的研究工作都取得了较大的进展^[9,10], 尤其是会基关楚参一井的完钻(井深 5286.8m), 为我们认识和分

1 区域地质背景

1.1 区域构造

楚雄盆地位于扬子陆块的西南边缘,盆地周边均为深大断裂所分割:西界为程海断裂,西南界为红河断裂,东界为普渡河断裂,形成了一个北宽南窄的中生代构造沉积盆地(图1)。盆地周边断裂不仅形成时间早,切割深度大,而且长期或多期持续活动。这些周边断裂不仅控制着盆地的基底形态,而且也控制着盆地的盖层沉积,因此它们的展布方向基本上反映了盆地的构造格架总貌。盆地东部的构造线主要受“康滇裂谷系”构造控制而呈南北向分布;盆地西部的构造线则呈北北西或北西向展布,主要受古哀牢山造山带挤压活动及其前缘逆冲作用所控制。古哀牢山造山带的构造演化直接影响和控制着楚雄中生代盆地的形成与演化。

根据地面地质调查和深部地球物理勘探,楚雄盆地内部可以划分出三个二级构造单元:西部冲断带、中部坳陷带和东部隆起带。

1. 东部隆起带

东部隆起带的东界为普渡河断裂,西界为绿汁江断裂。该带为重力高分布区及基底隆起区^[11],内部又被若干条南北向断裂分割成数个凸起和凹陷。在凸起上有古老的变质岩系基底出露,而在凹陷内则分布有中生代地层。在楚雄盆地的沉积演化过程中,东部隆起带总体上处于长期风化剥蚀状态,为盆地沉积作用提供了丰富的物质来源。

2. 中部坳陷带

中部坳陷带西界为鱼泡江弧形断裂,向南延伸至沙桥断裂,主要特征是基底埋藏深,中生代沉积物厚度巨大(6~10km),地层发育齐全。该带褶皱宽缓,断裂构造不甚发育,构造线总体呈北西向展布。航磁、重力和大地电磁测深等深部地球物理勘探资料都反映出坳陷带的基底是不平坦的,总体上呈向南西倾斜状态。楚雄盆地中生代沉积的主体位于该坳陷带,以大面积的重力低异常为特征。

3. 西部冲断带

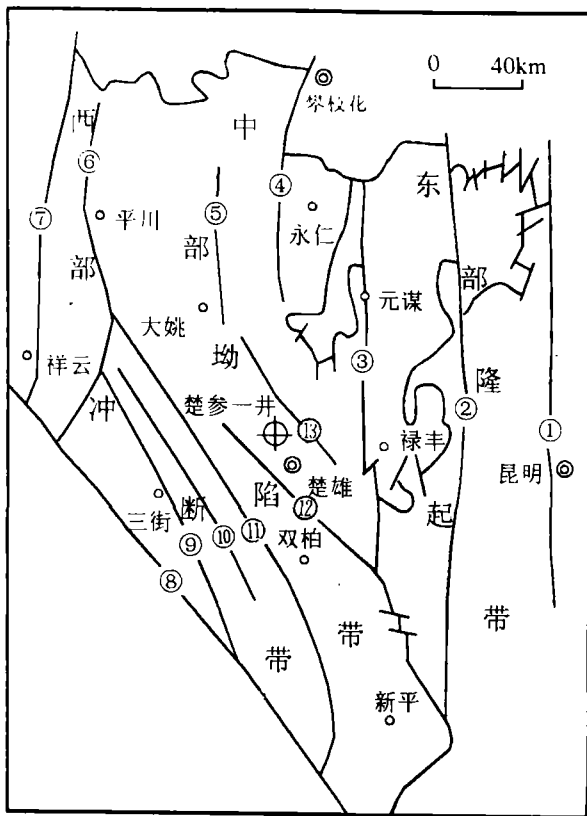


图1 楚雄盆地构造格架示意图

- 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 Basin in Yunnan

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

盆地西部为巨大的逆冲推覆构造带,由一系列呈叠瓦状分布的逆冲推覆构造体组成,如平川推覆体和三街推覆体等。冲断带内布格重力异常多呈北西向条带状展布,重力高异常与重力低异常呈相间排列,大地电磁特征也证实在地表之下 6~8km 深处有一低阻层($113 \sim 264 \Omega \cdot \text{m}$)存在,并在该低阻层之上发育逆冲推覆外来体(图 2)。

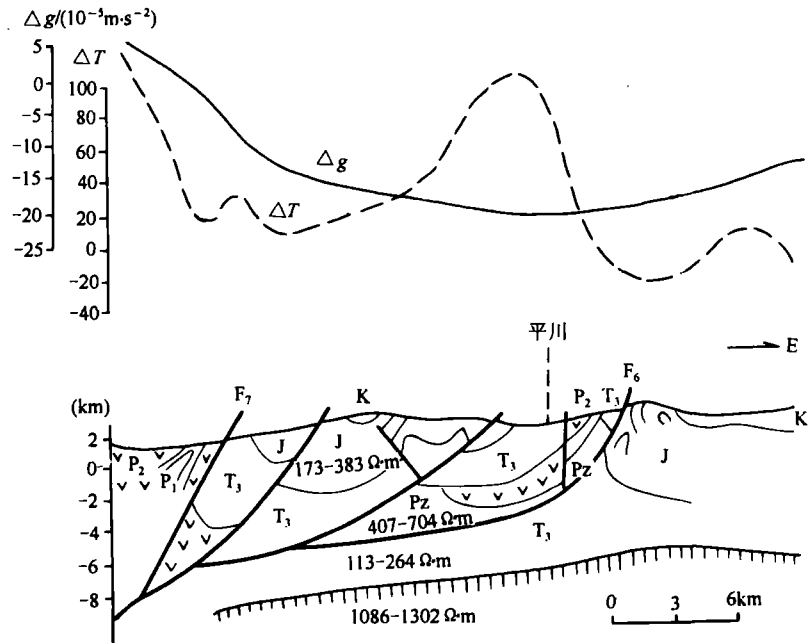


图 2 平川推覆构造航磁(ΔT)、重力(Δg)和大地电磁成果地质综合解释图(据滇黔桂石油勘探局,1994)

F₆. 鱼泡江断裂; F₇. 程海断裂

Fig.2 Diagrams showing the integration of aeromagnetic, gravity and magnetotelluric data on the Pingchuan nappe in Yunnan

F₆ = Yupaojiang fault; F₇ = Chenghai fault

根据地面地质调查和深部地球物理勘探资料,与楚雄前陆盆地形成演化密切相关的哀牢山造山带为一典型的碰撞型造山带,形成于印支晚期。哀牢山区的区域布格重力异常值显负异常,在地表出露的哀牢山群(Pt)高电阻(大于 $1500 \Omega \cdot \text{m}$)变质岩之下,还发育一套厚度较大的低电阻层($60 \sim 336 \Omega \cdot \text{m}$)和低密度层,同时在地壳深部约 20~30km 处有壳内低阻层下凹现象(图 3)。古哀牢山造山带地壳内双密度层和双电性层结构的形成机制主要与构造挤压背景下的大冲断、大推覆、大滑脱作用有关。因此,哀牢山群变质岩地质体是无根的。在该变质岩地质体之下的低电阻、低密度层很可能就是浅变质的古生代—三叠纪沉积岩地质体。

1.2 区域地层

楚雄盆地的基底由古元古界大红山群刚性结晶基底和中、新元古界昆阳群塑性褶皱基底构成^[12]。盆地内出露的地层主要为(自上而下)第三系、白垩系、侏罗系和上三叠统^[13]。上三叠统,盆地西部的祥云-新平地区为海相砂泥质复理石建造、碳酸盐岩建造和海陆交互相含煤建造,东部一平浪地区则发育陆相含煤磨拉石建造。侏罗系、白垩系为巨厚的紫红色

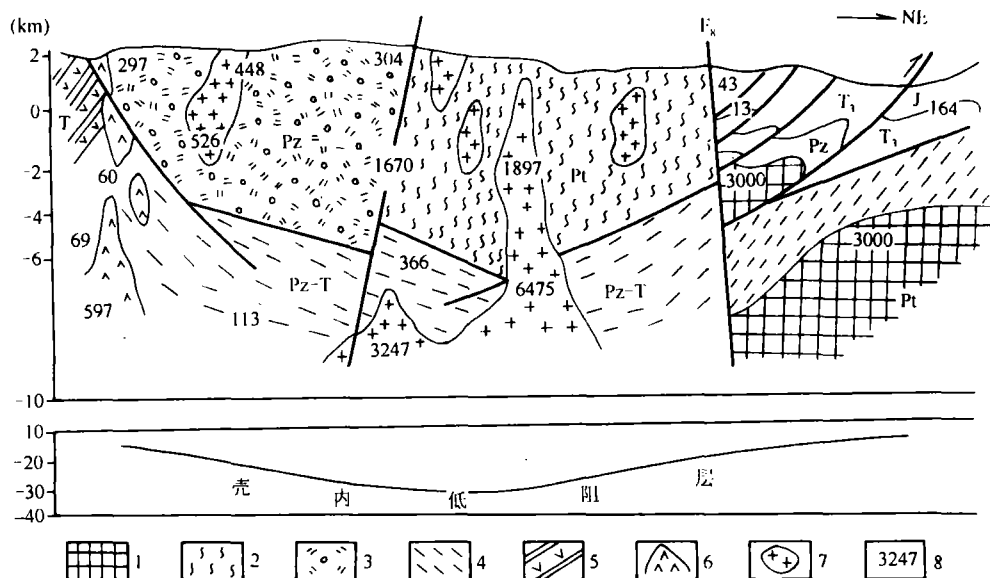


图3 哀牢山造山带之下的低电阻率层显示(据中国石油开发公司,1993)

1. 前古生界结晶基底;2. 结晶基底参与的混杂变质岩;3. 变质的古生界;4. 变质的古生界、三叠系沉积岩;
5. 三叠系沉积岩;6. 超基性岩;7. 花岗岩;8. 电阻率值($\Omega \cdot m$)

Fig.3 The low resistivity layer beneath the Ailaoshan orogenic zone

- 1 = pre-Palaeozoic crystalline basement; 2 = mixed metamorphic rocks including the crystalline basement rocks; 3 = metamorphic Palaeozoic strata; 4 = metamorphic Palaeozoic and Triassic sedimentary rocks; 5 = Triassic sedimentary rocks; 6 = ultrabasic rock; 7 = granite; 8 = resistivity value ($\Omega \cdot m$)

陆相磨拉石建造,并在盆地内呈连片覆盖。楚雄盆地内的地层系统、主要沉积相及沉积建造、盆地性质及其演化阶段详见表1。

2 楚雄盆地的沉积演化阶段

用盆山转换系统的概念和动态的观点研究沉积盆地的形成与演化是我们进行盆地分析的基础。总观楚雄盆地的盆山转换系统以及沉积地质记录,可以明显地分为四个大的演化阶段:古生代被动大陆边缘沉积阶段($Pz-T_2$)、晚三叠世前陆早期复理石沉积阶段(T_3)、侏罗纪—白垩纪前陆晚期磨拉石沉积阶段($J-K$)和新生代挤压走滑改造阶段(表1,图4)。其中,前陆早期复理石沉积和前陆晚期磨拉石沉积统属于前陆盆地沉积。晚三叠世是前陆早期复理石沉积的主要时期。侏罗纪则是前陆晚期磨拉石盆地的强烈沉降期,发育有厚达5000~6000m的前陆楔形体沉积。早白垩世为前陆晚期磨拉石盆地的回返充填阶段,地壳沉降速度明显减慢,沉积物堆积速率加快,水退型湖泊三角洲相沉积物发育。晚白垩世—古新世,磨拉石盆地强烈萎缩,为冲洪积相含膏碎屑岩系沉积。始新世以来,受喜马拉雅新构造造山运动的影响,楚雄盆地整体处于抬升、挤压变形和改造阶段。

2.1 古生代($Pz-T_2$)被动大陆边缘沉积阶段

位于扬子陆块西南边缘的楚雄地区在古生代(包括震旦纪和早、中三叠世)总体处于隆起和剥蚀状态,在盆地西缘则发育了一套浅海陆棚相沉积物(图4A)。从沉积建造来看,在

表 1 楚雄盆地沉积地层、沉积建造和盆地演化阶段

Table 1 Sedimentary sequences, formations and evolutionary stages in the Chuxiong Basin, Yunnan

地 层 系 统				沉积相	沉积建造	演化阶段	盆地性质					
		西部祥云	东部一平浪									
R—Q				山间河湖	挤压走滑改造							
E ₁		赵家店组	赵家店组	冲积-河湖相	杂色含膏盐磨拉石	萎缩消亡	陆相磨拉石	前陆磨拉石	前陆盆地			
K	K ₂	江底河组	江底河组									
		马头山组	马头山组									
	K ₁	普昌河组		湖泊及三角洲	紫红色磨拉石	回返充填						
		高峰寺组										
J	J ₃	妥甸组		湖泊及三角洲	紫红色磨拉石夹碳酸盐岩	强烈沉降						
		蛇店组										
	J ₂	张河组								上禄丰组		
	J ₁	冯家河组								下禄丰组		
T	T ₃	白土田组	上段	舍资组	河湖沼泽	陆相含煤磨拉石				盆地成形		
			下段	干海资组								
		花果山组		普家村组	滨海沼泽 ¹	海相含煤磨拉石 ¹				海相磨拉石		
		罗家大山组			浊流盆地	砂泥质复理石夹碳酸盐岩				前陆复理石		
		云南驿组										
P ₂ —T ₂		被动大陆边缘盆地										
Pt		大红山群刚性结晶基底和昆阳群塑性褶皱基底										

1. 主要指西部的花果山组,东部一平浪地区的普家村组则为陆内断陷湖泊相和含煤碎屑岩建造沉积。

震旦系裂谷型火山岩-碎屑岩建造之上覆盖了一套古生界碳酸盐岩-碎屑岩建造。尤其是在盆地西南侧的哀牢山地区,被动大陆边缘沉积特征十分明显,古生代发育深水相砂泥质复理石建造和欠补偿的硅-灰-泥质建造沉积。有资料表明^[14],古哀牢山洋盆于中石炭世打开,至二叠纪洋盆边缘已演化成为成熟的被动大陆边缘。值得指出的是,以二叠纪峨眉山玄武岩大规模喷发为标志,在扬子陆块西缘普遍经历了一次重要的热事件,从而使大陆边缘地壳的拉张和离散作用达到了高峰。

2.2 晚三叠世(T₃)前陆早期复理石沉积阶段

对扬子陆块古地磁研究表明^[15],二叠纪—三叠纪扬子陆块自赤道以南的低纬度区迅速向北漂移了 20°(刘宝珺等,1993),并兼有自身的转动。在向北漂移过程中,扬子陆块自南东向北西楔入印支陆块,造成上述两大陆块之间的斜向俯冲碰撞,地壳应力由拉张转为挤压。扬子陆块西缘的构造环境也发生了根本性转变,由离散型大陆边缘向汇聚型大陆边缘演化,出现了哀牢山构造带西侧的岛弧型火山岩浆活动及喷发。这种新的挤压型构造是楚雄中生代前陆盆地形成和演化的重要控制因素。

晚三叠世为古哀牢山洋盆的盆-山转换的关键时期,由于扬子陆块的向西俯冲以及古哀牢山逆冲造山楔的构造载荷作用,使扬子陆块西南部大陆边缘地壳岩石圈(古生代被拉张、变薄)发生挠曲和沉降,在前陆地区沉积了一套以云南驿组和罗家大山组为代表的深水相砂

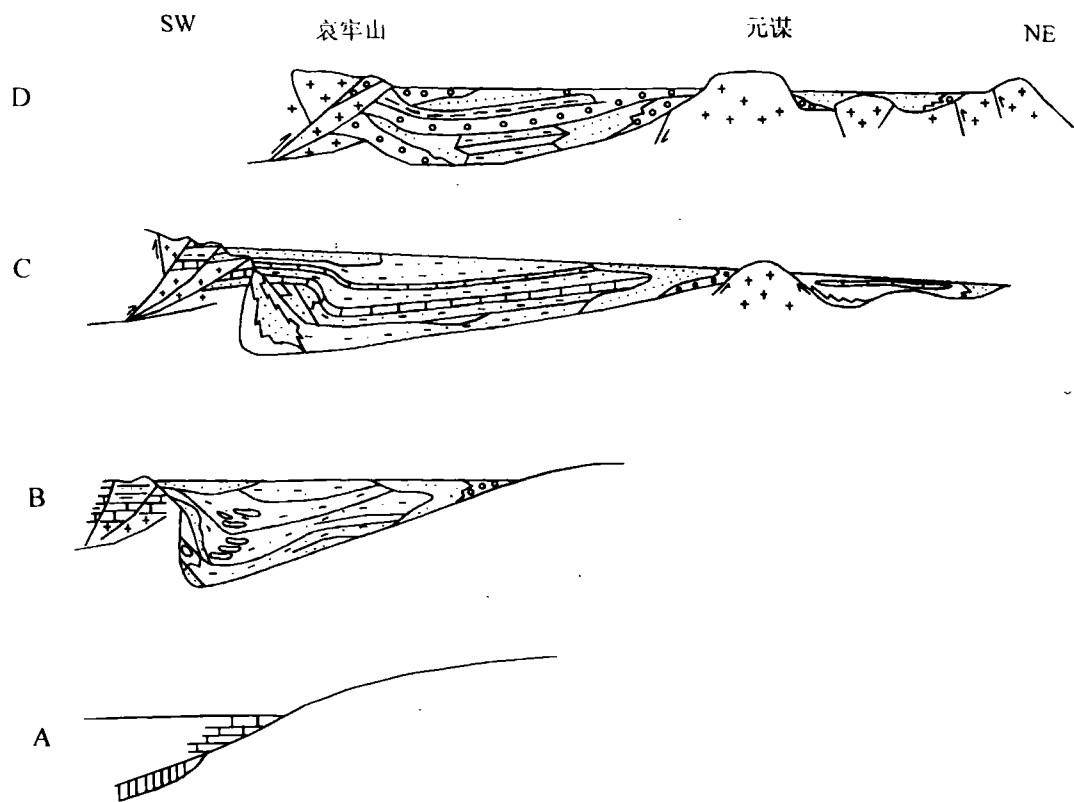


图4 楚雄盆地沉积与演化阶段示意图

A. 古生代被动大陆边缘沉积阶段; B. 晚三叠世前陆早期复理石沉积阶段; C. 侏罗纪—白垩纪前陆晚期磨拉石沉积阶段; D. 新生代挤压走滑改造阶段

Fig.4 Sketches to show the stages of the deposition and evolution of the Chuxiong Basin, Yunnan

A. The deposition of the Palaeozoic passive continental marginal sediments; B. The deposition of the Late Triassic foreland flysch sediments; C. The deposition of the Jurassic-Cretaceous foreland molasse sediments; D. Cenozoic deformation by compression and strike-slip movement

泥质复理石建造和碳酸盐碎屑流沉积物,明显地具有前陆早期复理石沉积特征。复理石沉积基底呈不对称分布,沉降与沉积中心位于逆冲造山楔前缘的祥云—元江一带(图4B)。

2.3 侏罗纪—白垩纪(J—K)前陆晚期磨拉石沉积阶段

印支末期,强烈的造山运动使盆地西部普遍上升为陆,并不断地向盆地内部提供物源。西南部古哀牢山逆冲造山楔体积迅速膨胀,且不断地向上隆升和向前陆地区挤压、推覆。当逆冲推覆体到达前陆地区未变薄地壳时,挠曲沉降作用受到阻滞,盆地内可容空间减少,水体变浅,盆地变宽。由于物质供给量的加大,盆地内堆积了一套向上变浅、变粗的磨拉石沉积。其沉降与沉积中心明显地向北东克拉通方向迁移(图4C),由早期复理石沉积阶段的祥云—元江一线迁移到楚雄—新平一带。

2.4 新生代(Kz)挤压-走滑改造阶段

古新世末,受新生代喜马拉雅造山运动的影响,楚雄盆地的构造格局发生了明显的变化:盆地西部逆冲楔不断地向盆地构造侵位,盆地东部也普遍发生褶皱隆起,形成对盆地的

强烈挤压,促使盆地内沉积物的构造变形加剧。盆地西南部的北西向红河断裂左旋走滑剪切活动异常明显,形成时间为35~22Ma(渐新世)^[16],它不仅改变了楚雄盆地的初始位置,而且也常常形成一些小的拉分盆地。可以肯定,红河断裂的走滑活动对盆地内沉积盖层的形变有着重要的控制作用。现今呈现在我们面前的楚雄盆地面貌是已经新生代构造活动强烈改造后的产物。

这里,将重点探讨在盆山转换过程中楚雄中生代前陆盆地的形成与沉积演化作用。

3 前陆盆地的形成与演化过程

发育于晚三叠世晚期的印支造山运动对我国南方大部分地区都有划时代的意义和深刻的影响,尤其是对扬子板块西缘的四川盆地、西昌盆地和楚雄盆地等一系列中生代沉积盆地起到了更为直接的控制作用。印支造山运动的地球动力学机制表现为扬子陆块西缘以A型潜没方式向西斜向俯冲。楚雄盆地西部冲断构造发育强烈,一方面造成沉积盖层的大推覆、大滑脱、大剪切;另一方面在冲断逆冲楔前缘、大陆克拉通一侧的前陆地区形成挠曲沉降。楚雄盆地的沉积物充填序列就是在这样一种以构造挤压为主兼有走滑作用的地球动力学演化背景下形成的。很明显,中生代盆地的构造机制已由晚古生代的拉张作用转变成挤压兼走滑作用。因此,楚雄中生代盆地的类型不是拉张裂谷盆地,而是挤压型前陆盆地,是板块碰撞时岩石圈因逆冲楔负荷加载而发生挠曲的结果。晚三叠世卡尼期,古哀牢山造山楔开始活动,即标志着楚雄前陆盆地的形成,同时也标志着古哀牢山洋盆盆-山转换作用的开始。

楚雄中生代前陆盆地是在大陆碰撞造山带(哀牢造山带)的前陆地区发育演化起来的,是一种典型的挤压型盆地。碰撞造山作用具有很长的演化过程,从早期复理石沉积到晚期陆相磨拉石沉积,造山楔从水下活动演化成水上造山,受全球海平面变化的影响较小。

随着碰撞造山作用的演化,在造山楔的前缘地区会产生强烈的逆冲作用和逆冲负荷,从而使前陆地区下伏过渡壳或变薄的陆壳发生挠曲沉降,形成前陆沉降盆地。前陆盆地的几何形态是极不对称的,最深部位总是靠近前陆冲断带。因此,大陆造山带前缘冲断作用与前陆盆地的形成和演化有关十分密切的成因联系。从“大地构造控制盆地形态,盆地形态控制沉积展布”这一基本观点出发,我们认为在楚雄前陆盆地的形成与演化过程中,西部哀牢山造山带活动及其前缘冲断作用始终起主导地位,它直接控制着楚雄盆地的沉降格架和充填型式。因此,把造山带的冲断构造与前陆盆地联系起来作整体性研究,将深化对楚雄盆地的形成与演化机制的研究。哀牢山造山过程和盆地层序地层的研究表明,楚雄前陆盆地先后经历了早期复理石沉积和晚期磨拉石沉积的演化过程。

3.1 前陆早期复理石沉积演化

晚三叠世卡尼期至诺利中期为前陆沉降与复理石沉积充填时期。

中三叠世以前,楚雄盆地沉积作用具有两个明显的特点:一是沉积物物源始终由“康滇古陆或滇中古陆”提供,表现为单向物源搬运;二是盆地内长期为细粒物质和硅、灰、泥质所充填,表明盆地始终处于半饥饿—饥饿状态。但在晚三叠世以后,楚雄盆地的构造性质和沉积环境都发生了显著的变化,盆地沉降机制由早先的被动边缘拉张开始转化为前陆挠曲沉降,其转变的重要标志为古哀牢山造山楔的活动、隆升以及盆地主要物源方向的改变。造山楔的活动最早发育在古哀牢山西部的墨江雅轩桥附近,为岛弧型火山岩喷发堆积(周德进等,

1992),时限大致为 232~242Ma。卡尼期在哀牢山脊以西地区的歪古村组或“一碗水组”底部发育了一套厚达数十米至数百米的粗碎屑底砾岩沉积,与下伏晚古生代地层呈不整合接触,表明古哀牢造山楔已隆升,并露出海平面成为物源区,从而造成沉积物源方向的根本改变,从早先单一的西南流向改变为以北东流向为主,次为西南、东南流向组成复杂的古流向系统。

在前陆盆地挠曲沉降过程中,造山带的隆升活动及前缘逆冲体的推进速率,全球海平面的变化以及沉积物供给率等因素,都可能造成海水深度的变化。卡尼期时由于全球海平面上升和逆冲负荷加载于扬子大陆边缘变薄的陆壳上,促使其前陆岩石圈发生挠曲沉降,海水加深,演变为深而窄的前陆复理石沉积。其充填层序(图 5)依次为:卡尼期海侵泥岩和泥灰岩相、细屑复理石、滑塌型泥灰岩和碳酸盐碎屑裙相、泥质复理石(云南驿组);诺利期砂泥质复理石、陆棚砂泥岩、三角洲相沉积(罗家大山组);最后演化为进积型海岸相含煤砂泥岩沉积(花果山组),从而结束了前陆复理石沉积演化史。

楚雄前陆复理石沉积作用具有两个明显的特征:一是在横剖面上呈复理石碎屑楔形态产出;二是在纵向剖面上表现为三层结构:下部为向上突然加深变细的欠补偿沉积序列;中

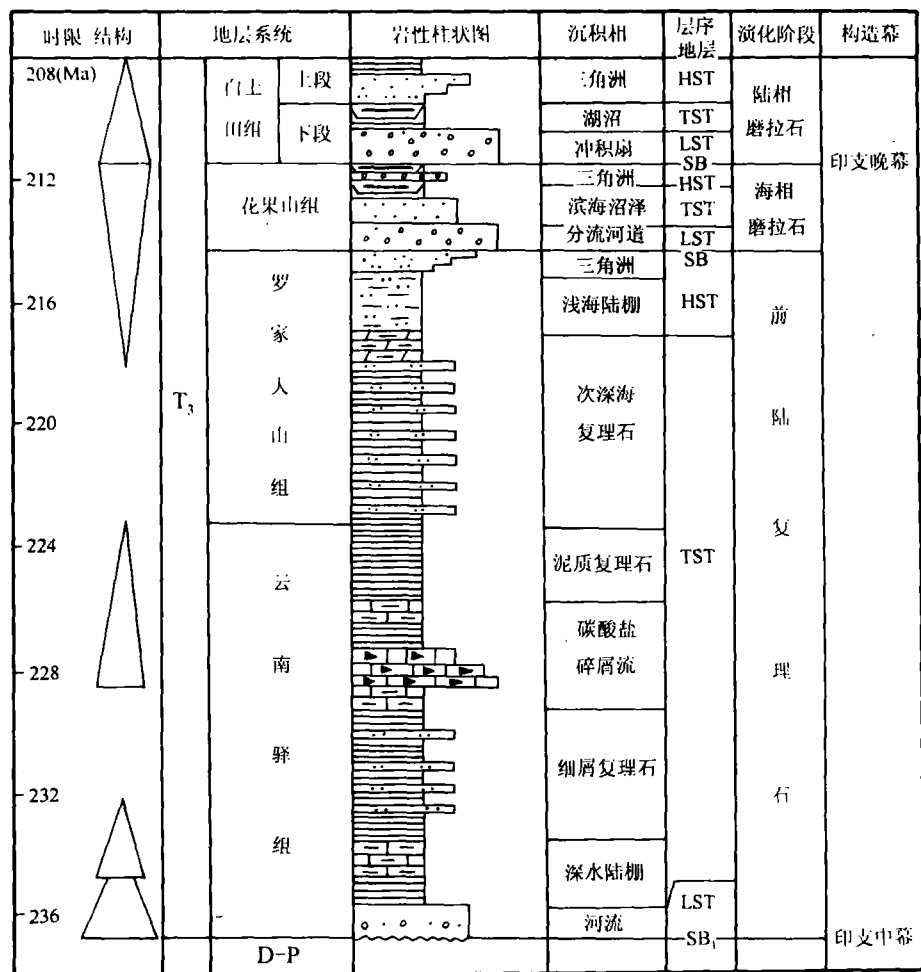


图 5 楚雄前陆盆地上三叠统复理石沉积层序及演化

Fig. 5 Sedimentary sequence of the Upper Triassic flysch in the Chuxiong foreland basin, Yunnan

部为泥质、砂泥质复理石充填序列;上部为向上变浅的沉积序列。前陆复理石沉积演化过程如图6所示。

前陆复理石沉积初期,由于古哀牢造山楔(主要指岛弧块体)的自身重力负荷,使前陆地区变薄的岩石圈发生弹性或粘弹性挠曲沉降。岛弧早期体积小,地形起伏低,因此沉积物来源少,实际上演化成一种欠补偿的沉积充填盆地。随着盆地的挠曲沉降,水体迅速加深,沉积物可容空间迅速增大,形成深水沉积环境,沉积物主要为黑色泥页岩夹粉砂岩,生油能力强。上述沉积相的快速变化表明楚雄前陆复理石沉积已经形成,并开始了其演化(图6A)。综上所述,早卡尼期总的地层层序生长型式为一快速海进过程或海泛过程。

随着水下逆冲楔的强烈发育,前陆地区由深水泥岩沉积快速转

变为细屑复理石沉积,物源来自古哀牢造山楔,沉积组合为粉砂岩、泥质岩组成的细屑复理石。复理石碎屑楔的沉积作用从早卡尼期一直延续至诺利早期,持续时间约为10~14Ma。这一段时期为水下逆冲楔推进速率最快的时期,通过复理石沉积物对盆地的不断充填,一方面使沉积物堆积的可容空间逐渐变小;另一方面,施加在前陆地区的巨大沉积负荷和逆冲负荷又使盆地重新挠曲、沉降,产生更为明显的陡坡地形和深水滑塌泥灰岩、碳酸盐岩碎屑裙沉积。从卡尼中期至晚期,水体再次加深,碳酸盐台地向克拉通后退,并且被来自造山带的复理石所覆盖。沿红河断裂至盆地西南部新平水塘附近,广泛分布着泥质复理石沉积,岩石组合为薄层—极薄层泥岩、粉砂质泥岩夹泥晶灰岩。南北方向相变的存在可能说明除了西部造山楔对盆地横向提供物源之外,还存在一种来自北西向的纵向浊流搬运作用。

复理石充填前的深水泥质岩沉积基底形态直接控制着浊积砂体的展布和厚度,尤其是一些由水下逆冲作用形成的水下高地(submarine highs by thrusting)将复理石沉积分割成数个次一级的沉积中心,如逆冲楔一侧的内盆地(inner basin)和克拉通一侧的外盆地(outer basin)的形成都是由于早期水下逆冲楔作为增生棱柱体(accretionary prism)进积到前陆地区岩石圈之上造成的(图6B)。形成内盆地和外盆地复理石充填的实例如北阿尔卑斯前陆盆地^[17,18]、西南阿尔卑斯前陆盆地^[19]和北美东部阿巴拉契亚前陆盆地^[20]。随着西南部水下逆冲造山楔的加厚、隆升并露出水面,楚雄前陆早期复理石沉积作用逐渐被陆棚相进积型砂泥岩和三角洲相砂岩(罗家大山组上部)以及海相含煤磨拉石沉积(花果山组)所替代(图6C)。

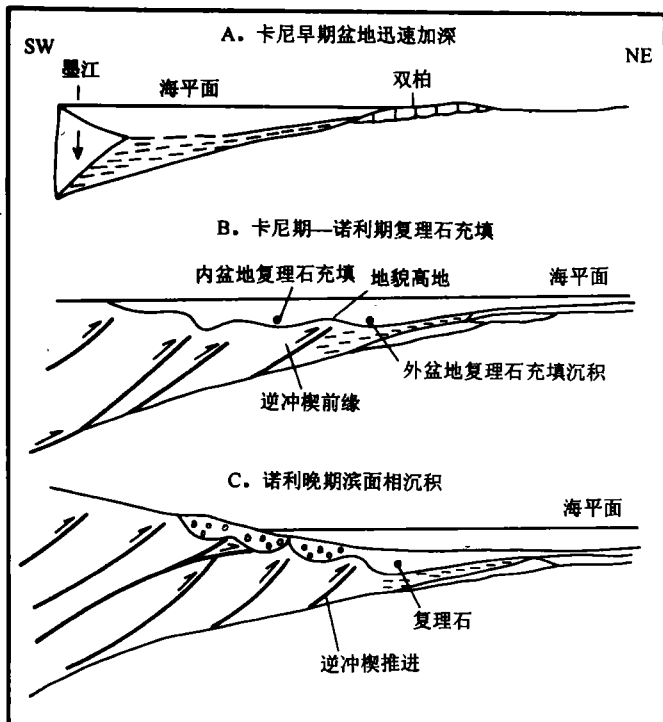


图6 楚雄前陆盆地早期复理石沉积演化阶段示意图

Fig.6 Sketches to show the evolutionary stages of the early flysch sediments in the Chuxiong foreland basin, Yunnan

当水下逆冲造山楔强烈活动并推进到前陆早期复理石沉积物之上时,就会造成逆冲楔不断地向上抬升,但往前陆克拉通方向仍保持了滨海相沉积。不过,这种滨海相含煤磨拉石沉积又很快地演化为陆相含煤磨拉石沉积(白土田组)。盆地沉降与沉积中心相继以“阶步式”往北东克拉通方向迁移,表明古哀牢山造山带活动和前缘逆冲作用具明显的阶段性和幕式性。

对复理石浊积砂岩的稀土元素的 REE 配分型式分析和沉积物中一系列微量元素的聚类分析表明其物源为造山楔深部岩石,这也暗示了晚三叠世古哀牢山造山带的隆升速度是很快。当然,风化剥蚀和前陆沉积速率也是很高的。稀土配分型式表明,砂岩中轻稀土元素相对富集,微量元素相关性较好的是 Co、Cr、Ni、Ti、V、Rb、Sr 等,这些特征均表明沉积物的物源与地壳深部物质有关^[21]。镜下薄片岩矿鉴定资料也证实,浊积砂岩的基本岩石类型为长石岩屑杂砂岩,砂岩中岩屑颗粒含量较高(可达 15%~35%),岩屑的类型多为火山岩、变质岩及燧石、硅质岩屑等,局部可能还有糜棱岩岩屑。从其矿物组成来看,砂岩的物源区属再旋回造山带。因此,楚雄盆地晚三叠世复理石沉积的相带展布、古流向、岩石学和地球化学数据都证明了盆地西南缘造山带物源区的存在及其连续的去盖作用(unroofing)。造山带物源区的构造隆升主要归因于构造挤压环境下的薄皮逆冲推覆(thin-skinned thrusting)和前陆地区地壳的水平缩短与垂向增厚。

在盆地东部绿汁江断裂西侧的禄丰—平浪和元谋洒苴等地则主要发育相当于花果山组的普家村组沉积,属陆缘近海湖泊相夹水下扇、扇三角洲相含煤岩系。砂砾岩具正粒序递变层和平行层理,底部发育沟模和槽模构造,古流向为 S240°W。因此可以确信,盆地东部的普家村组在空间展布上属陆内断陷充填沉积体系;西部的云南驿组和罗家大山组则属于前陆复理石深水沉积体系,东、西部沉积在成因上有所不同。卡尼期至诺利中期,海相沉积主要分布于盆地西部和中部,东部则一直处于隆升和剥蚀状态。诺利晚期(花果山期),盆地的构造和沉积格局发生了显著的变化:东部绿汁江断裂开始活动,并逐渐增强,在其西侧形成以断陷湖泊相为特征的超补偿型含煤砂泥岩沉积;西部亦演化为进积型滨岸相含煤磨拉石沉积;中部由于资料缺乏,估计为前缘隆起区(图 7)。

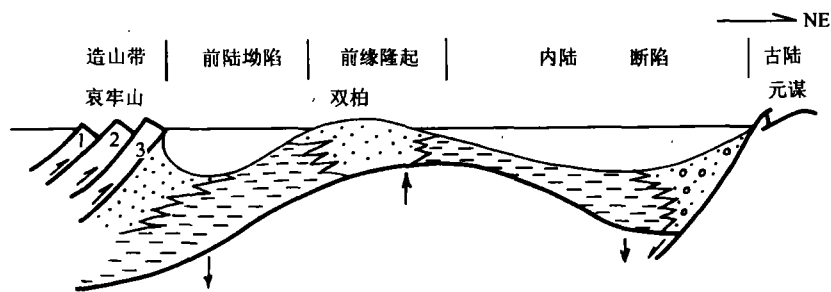


图 7 楚雄前陆盆地诺利晚期(花果山期)构造-沉积单元示意图

Fig.7 Tectonic and sedimentary units in the Chuxiong foreland basin, Yunnan during the late Norian (Late Triassic)

3.2 前陆晚期磨拉石沉积演化

前陆晚期磨拉石是人们早已熟知的经典的前陆盆地的一种主要沉积类型,如美国西部白垩纪前陆盆地^[22]和印度北部希瓦里克前陆盆地。楚雄盆地磨拉石沉积物普遍不整合于

复理石沉积物之上,表明其是在古哀牢山洋盆地碰撞闭合后产生的。磨拉石沉积作用时间跨度较长,从晚三叠世诺利晚期一直延至新生代古新世,主体沉积期为侏罗纪—白垩纪。前陆晚期磨拉石沉积演化可分为海相磨拉石和陆相磨拉石两个阶段,其中,海相磨拉石沉积演化时间较短,仅为诺利晚期(花果山期);而陆相磨拉石沉积演化时间则较长。根据构造演化和沉积物充填序列研究,陆相磨拉石沉积演化又可进一步细分为盆地成形、强烈沉降、回返充填和萎缩消亡等四个阶段(表1)。

随着西部古哀牢山造山带前缘水下逆冲楔迅速加厚,逐渐露出水面成为陆上逆冲楔,地表地形坡度逐渐加大,造山楔的去盖或剥蚀作用增强,使大量的碎屑物质倾泻于前陆地区,导致沉积速率大于挠曲沉降速率,形成粗碎屑沉积为主的山前磨拉石沉积。盆地由早期的深水细粒沉积充填演化为晚期的浅水粗粒沉积充填。通过逆冲造山楔的不断隆升、剥蚀和前陆地区沉积物的相互转化,完成了前陆盆地从早期复理石沉积到晚期磨拉石沉积的演化过程^[22~24]。与前陆早期复理石盆地沉积序列相类似,前陆晚期磨拉石盆地的沉积充填序列至少有四个向上变深再变浅的陆相二级旋回层序(图8),表明陆上逆冲楔活动具有明显的幕式性及周期性。

随着印支末期古哀牢山造山带前缘逆冲作用的加强,磨拉石盆地的北西向展布更为明显,无论是沉积相带的展布还是沉降,其沉积中心均与北西向构造相一致。

1. 陆相磨拉石沉积成形阶段

晚三叠世瑞替期(白土田期),盆地东部为干海资组和舍资组沉积,盆地西部则为白土田组沉积。上述各组均属一套陆相冲积扇-河流沉积体系的砂砾岩、砂泥岩沉积夹河湖沼泽相碳质页岩和煤层。沉积充填序列明显地具下粗上细韵律结构。白土田组下段和干海资组以粗碎屑岩和煤层沉积为主,代表冲积扇-河流体系及扇三角洲平原的沼泽化充填沉积,标志着统一的陆相磨拉石沉积盆地已经形成。白土田组上段和舍资组以细碎屑岩和泥页岩沉积为主,缺乏可采煤层,代表浅湖或水进型湖三角洲相沉积。随着湖进速度加快,湖区沉积范围迅速扩大,盆地中部楚雄地区作为盆地沉降中心,浅湖相沉积将会占主导地位。

2. 强烈沉降阶段

侏罗纪,尤其是早侏罗世,是楚雄前陆盆地出现强烈沉降和充填的一个重要演化阶段,其主要标志为一套巨厚的紫红色河湖相沉积序列,总厚2600~6000m,其中早侏罗世沉积物厚度为800~2900m。

侏罗纪总体上表现为三次较大规模的湖进—湖退旋回,分别属于早、中、晚世三个阶段。每一旋回的底部和下部一般都发育粗碎屑质冲积扇-河流-三角洲相沉积,分别代表了印支晚幕、燕山早幕(I)和燕山早幕(II)三次较强烈的造山运动及其快速剥蚀、搬运和堆积过程,堆积速率一般都较高,为240~400m/Ma;而构造相对宁静期的沉积速率则一般较低,为50~90m/Ma。

粗碎屑冲积扇-河流-三角洲相沉积物之上,普遍经历了快速的湖进过程,所有的剖面上湖进层段发育良好,相标志清晰,在经过短暂的浅湖相砂泥岩沉积之后,很快相变为深湖相薄层—极薄层泥质灰岩和泥晶灰岩沉积,含薄壳、小个的叶肢介、介壳等生物化石,颜色普遍为深灰色,通常视为生油层系。在深湖相生油层系中普遍见到水下浊积扇沉积,包括砂泥质和碳酸盐两类。砂泥质浊积岩沉积规模较大,主要发育于楚参—井冯家河组中段^[25];而碳酸盐浊流沉积则主要发育于中侏罗统张河组中段泥灰岩层序中,在西部祥云普棚地区和东

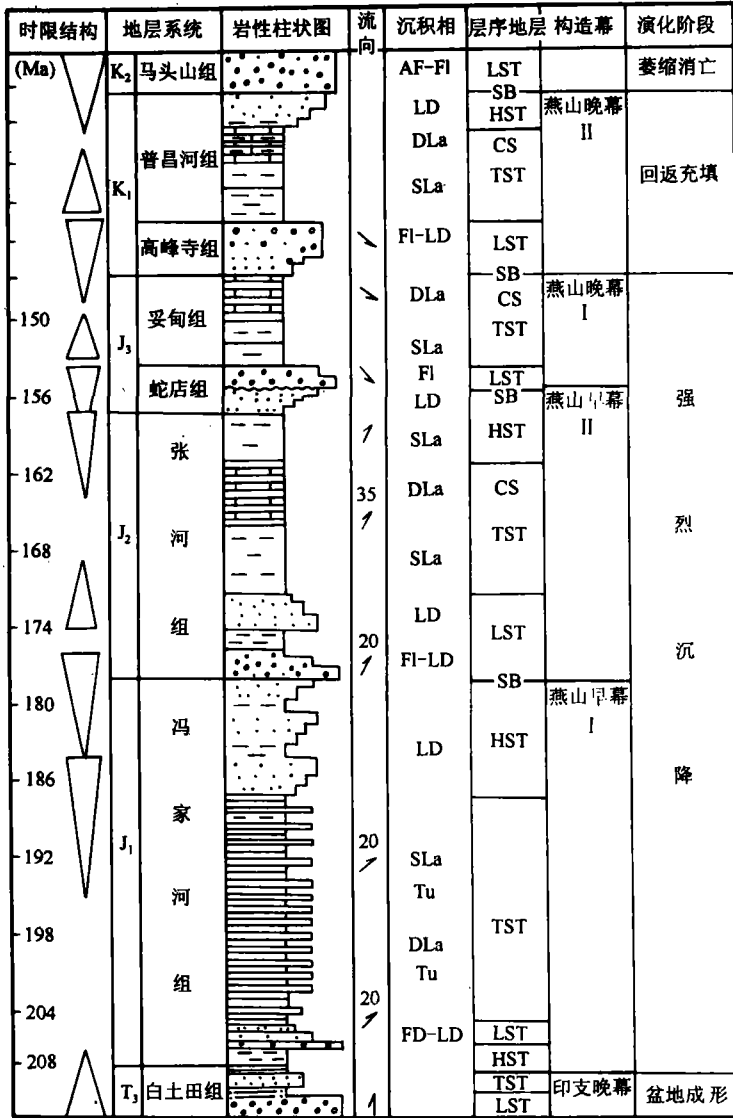


图 8 楚雄前陆盆地侏罗系—白垩系磨拉石沉积层序及演化

AF. 冲积扇; FI. 河流相; FD. 扇三角洲; LD. 湖泊三角洲; SLa. 浅湖; DLa. 深湖; Tu. 浊积砂体; SB. 层序界面; CS. 凝缩层段; LST. 低位体系域; TST. 海侵体系域; HST. 高位体系域

Fig.8 Sedimentary sequence of the Jurassic—Cretaceous molasse sediments in the Chuxiong foreland basin, Yunnan

AF = alluvial fan; FI = fluvial facies; FD = fan delta; LD = lake delta; SLa = shallow lake; DLa = deep lake; Tu = turbidite sandstone body; SB = sequence boundary; CS = condensed section; LST = lowstand systems tract; TST = transgressive systems tract; HST = highstand systems tract

部永仁中和地区均可见及。

在每一沉积旋回的上部演化为由浅湖相砂泥岩和水退型三角洲相组成的湖退层段。值得指出的是,在晚侏罗世沉积旋回的上部(妥甸组),湖退层段普遍发育较差或发育不全,这表明侏罗纪末期,盆地或快速抬升或暴露地表遭受剥蚀。

在前陆晚期磨拉石沉积演化过程中,可能还有一个非常值得重视的问题,那就是同生基底断裂对磨拉石沉积物厚度控制的影响。以早侏罗世沉积为例,从北东到南西,沉积相变非常明显,沉积厚度差异巨大,显示为极不对称的湖盆相沉积:永仁中和地区早侏罗世沉积厚度为850m,向南至大姚龙街为784m,均表明为浅湖相沉积;再往西南过北西向的火烧屯基底断裂至楚雄会基关地区(楚参一井)厚度急剧增大,已经近3000m,沉积相也急剧相变为深湖相粉砂质浊积岩;西南侧的祥云普棚—双柏龙潭早侏罗世表现为滨浅湖相沉积。因此,早侏罗世楚雄盆地的沉降与沉积中心均位于北西向楚雄-新平地区,盆地沉降除受前陆挠曲控制之外,北西和南北向基底断裂的同生活动可能也是一个重要的影响因素。

3. 回返充填阶段

早白垩世沉积包括高峰寺组和普昌河组,代表燕山晚幕(Ⅰ)回返充填的沉积。高峰寺组底部通常以砂砾岩或粗砂岩河流-三角洲相与妥甸组顶部的薄层深灰色泥灰岩、泥页岩相呈侵蚀假整合接触。下白垩统沉积总厚度为403~2178m,与侏罗纪二级旋回相比,早白垩世也是一个向上变深又变浅的二级旋回,但其分布范围明显缩小,仅限于绿汁江断裂以西,双柏以北,鱼泡江-沙桥断裂以东地区,沉降中心往北东迁移显著。

4. 萎缩消亡阶段

这一阶段沉积包括上白垩统马头山组、江底河组和古新统赵家店组。与早白垩世相比,晚白垩世—古新世沉积物性质和沉积相展布都发生了较大的变化:首先,盆地西部开始全面抬升,湖盆范围显著萎缩,沉积物粒度较粗,上部出现膏盐沉积;二是沉积中心继续向北东迁移,在盆地东部可见到上白垩统马头山组砂砾岩不整合于泥盆系之上。

发生于白垩纪早、晚世之间强烈的燕山晚幕(Ⅱ)构造事件,使盆地持续抬升。马头山组下部为砾级冲积扇-河流相或辫状河流三角洲相;上部为湖进层序,江底河组和赵家店组主要表现为一套滨浅湖相或泥坪相含膏盐碎屑岩沉积,代表磨拉石盆地演化晚期的萎缩阶段封闭型盐湖充填层序。

3.3 磨拉石沉积与幕式造山作用

磨拉石盆地的形成演化与其周边造山带的构造演化息息相关,两者共同构成一个有机的整体。造山作用具有多幕次特征,每一次褶冲造山作用都可以形成一个向上变浅和变粗的磨拉石楔沉积体。楚雄盆地在垂向剖面上形成了五次较大规模的粗屑磨拉石沉积,代表了盆地从印支晚幕至燕山各期次幕式造山运动及其快速剥蚀、搬运和堆积的过程。在强烈造山运动期间,粗屑磨拉石沉积速率一般较高,为240~400m/Ma,而构造相对宁静期的沉积堆积速率一般较低,为50~90m/Ma。因此,通过磨拉石沉积楔形体的详细研究,可以判断造山作用发生的时间、强度和期次。

参考文献:

- [1] 朱夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社,1986.
- [2] 黄汲清,任纪舜等. 中国大地构造演化[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [3] 马德称. 楚雄盆地构造发展及其评价[R]. 滇黔桂石油研究院,1991.
- [4] 赵泽恒等. 楚雄盆地的形成演化及其成油气条件[R]. 滇黔桂石油研究院,1992.
- [5] 朱同兴等. 楚雄盆地地下侏罗统磨拉石楔沉积与含油性研究[J]. 岩相古地理,1997,17(2).
- [6] 尹福光等. 楚雄复式盆地演化及形成的动力学机制[J]. 岩相古地理,1997,17(3).

- [7] 陈智梁. 特提斯地质一百年[A]. 特提斯地质(18)[C]. 北京:地质出版社,1994.
- [8] 潘桂棠等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [9] 许效松,刘宝瑞等. 中国西部大型盆地分析及地球动力学[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [10] 王金山等. 楚雄盆地石油及天然气地质特征研究[R]. 滇黔桂石油研究院,1991.
- [11] 中国石油开发公司. 云南楚雄盆地油气勘探前期工程圈闭评价研究[R]. 滇黔桂石油研究院,1993.
- [12] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [13] 陈楚震. 西南地区的三叠系[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [14] 刘增乾等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [15] 刘宝瑞等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [16] 张连生,钟大赉. 从红河剪切带走滑活动看东亚大陆新生代构造[J]. 地质科学,1996,31(4).
- [17] ALLEN P A, CRAMPTON S L and SINCLAIR H D. The inception and early evolution of the North Alpine Foreland Basin, Switzerland[J]. Basin Research, 1991,3(3):143-163.
- [18] SINCLAIR H D, COAKLEY B J and ALLEN P A et al. Simulation of foreland basin stratigraphy using a diffusion model of mountain belt uplift and erosion: an example from the central Alps, Switzerland[J]. Tectonics, 1991, 10(3):599-620.
- [19] APPS G M. The evolution of a foreland flysch basin, southwestern Alps[A]. Foreland Basins[C]. Switzerland:International Symposium on Foreland Basins, 1985.
- [20] BEAUMONT C, QUINLAN G and HAMILTON J. Orogeny and stratigraphy: numerical models of the Palaeozoic in the eastern interior of North America[J]. Tectonics, 1988, 7(3):389-416.
- [21] ERIKSSON K A and HARRIS C W. Evidence for Early Archean synorogenic sedimentation related to crustal shortening[A]. Foreland Basins[C]. Switzerland:International Symposium on Foreland Basins, 1985.
- [22] LUCCHI F R. The Apennines foredeep[A]. Foreland Basins[C]. Switzerland:International Symposium on Foreland Basins, 1985.
- [23] ALLEN P A, HOMEWOOD P and WILLIAMS G D. Foreland basins[A]. International Association of Sedimentologists Special Publications[C], 1986.
- [24] FLEMINGS P B and JORDAN T E. A synthetic stratigraphic model of foreland basin development[J]. Journal of Geophysics Research, 1989, 94:3851-3866.
- [25] 朱同兴等. 楚雄盆地下侏罗统沉积特征及其含油气研究[J]. 滇黔桂石油科技,1995,(1).

Basin-range transition and depositional records: an example from the Chuxiong foreland basin in Yunnan

ZHU Tong-xing, HUANG Zhi-ying, YIN Fu-guang

(*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China*)

Abstract: The Chuxiong Basin located in central Yunnan on the southwestern margin of the Yangtze landmass is a Mesozoic peripheral foreland basin, which is bounded on the southwest by the Honghe fault, on the west by the Chenghai fault and on the east by the Puduhe fault. Tectonically, three units may be distinguished for the basin. They are: (1) western thrusting zone; (2) central depression zone, and (3) eastern uplifted zone. In terms of sedimentary facies, sequence stratigraphy and palaeogeographic evolution in combination with tectonic evolution of the Ailaoshan orogenic zone, the basin shows a depositional evolution from the Palaeozoic passive continental margin to the Mesozoic foreland basin. Several phases of sediments have been identified in the basin. For example, during the Carnian (Late Triassic) and the early and middle Norian (Late Triassic), the foreland flysch sediments were accentuated, while during the late Norian (Late Triassic) to the Paleocene, the foreland molasse sediments were highlighted. The molasse sediments consist of two categories: marine and continental. The latter are characterized by long time duration, widespread occurrence and greater thickness. On the whole, the basin may have experienced four stages of evolution: basin formation, rapid subsidence, inversion and filling, and final termination. The upward growth and cratonward overburden of the overthrust orogenic wedges led to the formation of sudden deepening- and fining-upward sequences during the early stage and shallowing- and coarsening-upward sequences in the basin during the late stage. In other words, there are gradations from the early flysch sediments to the late molasse sediments, and from deep and narrow basal relief during the early stage to wide and shallow basal relief during the late stage. The centres of subsidence and deposition of the basin once in front of the thrusting orogenic wedges gradually migrated northeastwards (cratonwards). All the data on palaeocurrents, petrography, lithogeochemistry indicate multiple sources of the detritus in the basin, i.e. the detritus were derived dominantly from the ancient Ailaoshan orogenic zone, and subordinately from the eastern uplifted zone.

Key words: basin-range transition; flysch and molasse; Chuxiong Basin