一个露头层序地层划分模型●一以桂中北泥盆纪盆地为例

王 剑 赵玉光 李忠雄 唐锦玉

(地矿部成都地质矿产研究所) (地矿部广西地质矿产测试研究中心)

[内容提要] 以海蚀面(下界)与沟蚀面或陆蚀面(上界)所限之滨相地层厘定为海退体系域 (FSST)为依据,建立以海退体系域之上的沟蚀面为底界所构成的Ⅱ型层序边界面类型,即区别 于Ⅰ型层序,又不同于Ⅰ型层序,并能更客观地反映桂中北泥盆纪沉积盆地露头层序地层特征。 这一露头层序地层模型研究的关键在于识别与判断层序中一些具特殊成因意义的界面,这些界 面包括陆蚀面、海蚀面、沟蚀面、暴露面等,其次是研究露头剖面相序,不同的沉积体系域具不同 的加积、进积或退积叠置样式,最后是沉积结构构造的分析研究,它是露头层序地层研究的基 础。桂中北泥盆纪沉积盆地依据上述新模型划分出 7 个 Vail 级旋回层序,其中包括 2 个 I 类层 序,这些层序叠置的地史延续时间在 1Ma 至几十个 Ma 之间。

关键词:层序 泥盆纪 桂中北

1 模型的提出

组成 I 型与 I 型层序的次级单位—— 沉积体系域有低水位体系域(LST)、陆架边缘体 系域(SMT)、海侵体系域(TST)及高水位体系域(HST)(Vail, P. R., 1987)^[1]。通过对挂中 北泥盆纪露头层序地层的研究,发现有一类沉积体系域(如二塘组下段上部具古岩溶构造的 含膏盐类白云岩沉积序列)不能套用上述任何一类体系域模式,这类沉积体系域形成于海平 面下降时期,并以碳酸盐沉积类型为特征。尽管海平面下降使沉积物最终暴露,但并无低水 位扇及低水位陆相进积楔发育,取而代之的是古喀斯特的形成。这类沉积体系域尽管也是由 海平面下降所形成,但明显不同于 I、I型层序中所属的任何一类体系域,表现在:(1)海平 面下降并最终使沉积滨线坡折带内的大部分大陆架暴露,因而不同于 I 型层序中的陆架边 缘体系域;(2)尽管暴露面已达到大陆架中上部,但并无 I 型层序中的低水位体系域或陆相 进积楔发育,取而代之的是古溶作用。这类沉积体系为后来海侵体系域所超覆而形成新类型 的层序界面,因而定义并划分出这一类沉积体系域是十分必要的。事实上,这一方面的尝试 已有初步的研究成果,D. Nummedal(1993)[®]把限于以海退海蚀面及海退陆蚀面二者之间的

●本文为国家自然科学基金资助项目"层序边界段地球化学模型----以黔桂盆地泥盆纪为例"(49402030)成果之一。

ONummedal, Dag, 1993, Principles and applications of siliciclastic sequence stratigraphy (A short course in Chengdu, 1993). 滨相沉积地层定义为海退体系域(FSST)。我们认为,首先是采用海退体系域这一概念符合 广西泥盆纪层序地层研究的需要,其次是对 D. Nummedal(1993)的海退体系域必须作适当 的修改补充以适应广西泥盆纪层序研究的必要,其理由是:陆相河流及水道等的削蚀作用 (即 Nummedal 定义的陆蚀面形成作用)在海平面下降所形成的近地表暴露区并不是都可 以发育并保存的,换言之,广大的陆架地表暴露区只有在气候、沉积物类型等合适时才有部 分地区发育并保存陆相河流及水道的削蚀作用面(即陆蚀面 SSE)。在地表水相对不发育的 碳酸盐岩区则不一定发育有这些陆相地层及陆蚀面,它们直接为下一轮海侵地层所超覆,两 者间仅形成一个海侵沟蚀面(RS)。这一类性质的接触面在湖南泥盆纪及广西下泥盆统二塘 组下段、官桥组顶部、应堂组顶部等都有典例,因此,我们重新厘定的海退体系域应该是由海 蚀面(下界)与沟蚀面或陆蚀面(上界)所限的一套具暴露特征的滨海相地层。

为此,本文提了除 P. R. Vail 和 J. Hardenbol (1979)^[2]及 P. R. Vail (1987)^[1]所建立的 I、I型层序类型之外的第三类层序类型,其定义为:相对海平面下降速度小于 I型而大于 I型层序边界不整合面的形成速度,具在特定的气候及沉积物类型与大地构造背景下,既无薄的陆架边缘沉积体系沉积,又无陆相进积低水位体系域的形成,而是海退体系域直接被海 侵体系域所超覆,两者之间的海侵沟蚀面即为 I 类层序边界面。 I 类层序的研究要点是: (1)具广泛的暴露面但又不具陆相低水位体系域及其削蚀作用面;(2)暴露标志主要有:微风 化壳、土壤层、古喀斯特面及古岩溶构造等;(3)海退体系域是层序界面之下的第一个准层序 (体系域),这一准层序往往由一个或多个向上变浅乃至暴露的剖面序列组成;(4)海退体系 域顶部的古暴露面可能被下一轮海侵作用所改造,形成沟蚀面。值得指出的是:海退体系域 顶面被低水位进积楔形体所削切顶超时,它所形成的层序界面作为 I 型层序界面,只有海退 体系域顶面为沟蚀面(即海侵面)时所构成的层序界面才为 I 型层序界面,且这种界面具区 域上的可对比性及侧向延伸相对稳定性。

综合上述讨论,建立本文层序划分标准模型如图1所示。

2 研究的主要依据

露头层序研究中,层序的识别关键在于鉴别与判断层序中一些特殊成因意义的界面,这 些关键界面,主要有陆蚀面、海蚀面、沟蚀面、海侵面、最大海泛面、暴露面等,这些关键界面是 露头层序划分的重要依据。此外,剖面相序列、结构构造、地球化学剖面特征(Williams,D. F.,1988)^[3]等都是露头层序研究的依据。

2.1 关键面

陆蚀面(简称 SSE):它是海退过程中所形成的陆表侵蚀面(regressive surface of subaerial erosion)。表现为陆相河流、水道等进积体侵蚀削切并上覆于被削切的滨海相地层之 上。因为这个侵蚀面是陆相与海相的结合面,因而又称之为结构转换面,它通常构成了 I型 层序的底界面,如桂北东岗岭组上段底部河流相砂砾岩与该组地层下段顶部滨海相灰岩之 间的结合面应属这类层序边界面。

海蚀面(简称 SME):与陆蚀面一样,也是海退过程中形成的侵蚀面(regressive surface of marine erosion),不过它是形成于海相地层之间的侵蚀面,无陆相地层的削切侵蚀作用。如大瑶山西侧地区二塘组下段底部潮坪相灰岩及白云岩,直接覆于小山组顶部滨外深水陆 棚相细碎屑岩之上,两者之间的结合面为一个突变的海退侵蚀面——即海蚀面。



图1 层序划分与海平面升降及构造沉降关系模式

(参照 J. B. Samgree, P. R. Vail 等, 1990 资料修编)

TST;海侵体系域;FSST;海退体系域;HST;高水位体系域;SMT;陆架边缘体系域;LST;低水位体系域; pw,进积楔;sf海泛面;bf:盆地扇;SB(1);I类层序界面;SB(1);I类层序界面;SB(1);I类层序界面; RS;沟蚀面;SME;海蚀面;MFS;最大海泛面;TS;初始海泛面;SSE;陆蚀面

Fig. 1 Model showing the sequence division and the relationship between sea-level changes and tectonic subsidences (modified from J. B. Samgree, P. R. Vail et al., 1990)

TST=transgressive systems tract;FSST=falling stage systems tract;HST=highstand systems tract; SMT=shelf-margin systems tract;LST=lowstand systems tract;pw=progradational wedge;sf=marineflooding surface;bf=basin fan;SB1=type 1 sequence bundary;SBI=type I sequence boundary;

SBI = type I sequence boundary; RS = ravinement surface; SME = regressive surface of marine erosion; MFS = maximum marine-flooding surface; TS = initial marine-flooding surface; SSE = regressive surface of subaerial erosion

沟蚀面(RS):海侵作用过程中,由于滨面上升,滨岸带不断后退,海侵作用形成对已沉 积地层的削切沟蚀面(ravinement surface)。初始海侵过程中,沟蚀面是层序内海侵体系域 与下伏海退体系域(FSST)或低水位体系域(LST)的分界面,因而构成层序的边界面,如大 瑶山西侧地区二塘组下段孔洞状(具地表暴露标志)白云岩与上覆中段薄层状泥灰岩之间的 不规则侵蚀面为沟蚀面。这一沟蚀面既是初始海侵面又是层序边界面。

最大海泛面(MFS): Vail 旋回一级的海平面升降周期内,在海平面上升速度最快时所 形成的海泛面为最大海泛面(maximum marine-flooding surface)。当海平面上升速度最快 至海平面稳定并稍有下降期间,由于饥饿沉积(非补偿沉积所形成的饥饿段称之凝缩层 (condensed section),凝缩层是一个薄的沉积段,这个段的上界面标志着海侵体系域的结 束,高水位体系域或海退体系域的开始。

暴露面:是由于海平面下降使滨岸带及上部大陆架部分沉积区露出水面或接近露出水 面形成的具暴露侵蚀、岩溶等标志的古侵蚀面、古风化面或古喀斯特面。暴露标志是判别暴 露面存在的依据,这些主要包括:古岩溶(喀斯特)、古溶蚀孔洞、淡水胶结物及次生矿物、近 地表暴露标志及古风化层(如土壤层)等。

暴露面是判别层序边界的直接依据,广西大瑶山西侧地区二塘组下段顶面及官桥组顶 面均为古岩溶喀斯特暴露面,是分属两个层序的边界面。

2.2 剖面相序分析

沉积相分析是层序分析的基础方法之一,研究层序的次级单位——体系域都是从相序 分析开始的,体系域相序综合归纳如下。

低位相序:剖面序列上,低位楔由一个以上进积准层序组组成,而每一个进积准层序组 又由多个向上变浅的进积相序组成。多个向上变浅的次级旋回组成一个整体向上变浅的旋 回,体现了低位楔的变换下超及向盆地方向的迁移。此外低位盆地扇及斜坡扇具浊流下蚀谷 充填沉积等特征。

海侵相序:它由一个或多个退积准层序组组成,而每一个退积层序组可能包含一个或多 个向上变浅的进积准层序,进积准层序退积形成一个整体向上变深的剖面沉积序列,具明显 的海岸上超及沉积相反盆地方迁移的特征。

高位相序;高水位体系域早期通常由加积型准层序组组成,晚期则由一个或多个以上进 积准层序组组成,形成一个整体向上逐渐变浅的剖面相序。

海退相序:海退相序构成海退体系域,其剖面相序基本上由一个底部突然变浅,且其顶面被陆蚀面或沟蚀面所削切的多个进积或加积旋回组成,一般来说,这一相序以明显的进积 为特色,其后或有加积过程,但最终仍以明显的进积结束。在缺乏进积陆源碎屑物的碳酸盐 沉积区,海退相序顶部往往具大量古喀斯特构造及溶蚀构造,暴露标志十分发育。剖面上,由 准暴露逐渐向上过渡为地表暴露,形成完整的暴露剖面序列,这一特点是研究区泥盆纪海退 相序中的一个重要特色。

陆架边缘相序:陆架边缘体系域在剖面上由微进积到加积准层序组组成,一般以加积准 层序为主,形成一个向上稍有变浅趋势的剖面序列。

上述各沉积体系域剖面相变特征归纳如表1所示。

表 1 不同类型沉积体系域剖面相序特征表

体系域	沉积旋回	剖面相序	相迁移
低水位体系域及低位楔	进积	向上变浅	向盆地迁移
海侵体系域	退积	向上变深	向陆迁移
高水位体系域	加积至进积	向上逐渐变浅	基本无迁移
海退体系域	迅速进积然后加积进积	向上突然变浅最终暴露	向盆地迁移
陆架边缘体系域	微进积至加积	基本元相变	不迁移

Table 1 Facies sequences in different sections of the sedimentary systems tracts

2.3 结构构造

和沉积相结构构造分析一样,层序分析中结构构造是判别层序性质的成因标志。反映沉 积物近暴露或遭受风化剥蚀的标志有:古岩溶面及古喀斯特构造、溶蚀孔洞、古风化层(如土 壤层等)、干裂、皮壳、鸟眼、窗孔、帐蓬构造、淡水胶结物及淡水豆粒、渗滤作用及蒸发作用所 形成的各种结核(钙结核、钙质土结核,菱铁矿结核等等)等标志。海泛面及凝缩层(CS)存在 的主要证据是硬底构造、生物钻孔、生物扰动、化石密集段及生物演化突变等,某些低速自生 海相矿物,如海绿石及磷锰结核等,均代表低速沉积作用,因而也可作为鉴认凝缩段的证据 之一。各种侵蚀构造及其剖面结构均是判别海蚀面、陆蚀面及沟蚀面等的证据,也是层序分 析的基础。

3 桂中北泥盆纪沉积盆地概况

桂中北泥盆纪沉积盆地(图 2)为湘、桂、滇泥盆纪沉积盆地的一个组成部分(刘宝珺等, 1993^[4];许效松等,1993^[5]),桂中与桂北地区的沉积特征,既有一定的共性又具有明显的差 异。志留纪末,由于加里东运动的结果,广西早古生代海槽除钦防地区之外,大部分褶皱成 山,升起为陆,遭受剥蚀(广西地质矿产局,1985^[6])。泥盆纪早期,随着陆壳的分裂下沉,海水 开始入侵,研究区北接江南古陆,东邻大瑶山古岛,海盆基底向南西缓倾斜并接受自南而北 的海侵(钟铿等,1992^[7])。早泥盆世早期至中期以滨岸陆源碎屑沉积为主,最初局部为陆相 沉积,晚期为碎屑岩、碳酸盐岩的混合沉积,它们主要发育于桂中大瑶山西侧地区,以及江南 古陆南缘 NNE 向寿城断裂以东地区,以西地区大部缺失,仅局部受控于同沉积断裂的指状 海湾中有少量晚期的碎屑岩发育(周怀岭,1985^[8])。中泥盆世海侵扩大,桂中地区以碳酸盐 岩沉积为主,桂北地区为碎屑岩、碳酸盐岩之混合沉积。中泥盆地末期至晚泥盆世早期受同 沉积断裂活动的影响,出现台地被条带状台盆(沟)分割的沉积分异。桂北区以台地相浅水碳 酸盐岩沉积为主,桂中则主要接受台盆相的硅质及灰泥质沉积。



图 2 研究区早泥盆世初期沉积格局(据吴诒等,1987,资料修编)

1. 古陆; 2. 砂砾岩组合; 3. 砂岩组合; 4. 砂泥岩组合; 5. 泥岩组合

Fig. 2 Sedimentary patterns of the study area during the early Early Devonian (modified from Wu Yi et al., 1987)

1=old land; 2=sandstone-conglomerate association; 3=sandstone association; 4=sandstone-mudstone association; 5=mudstone association

4 泥盆纪露头层序地层划分

依据前述露头层序地层划分标准及要点,通过对桂中北地区泥盆纪层序边界不整合面 和相关的沉积、地层、环境及相分析,以及层序内沉积体系域叠置样式的研究,研究区内整个 泥盆纪地史时期均以不整合面或与之相当的整合面为界的层序可划分为三种类型的七个 Vail 级旋回层序(Sq)每个层序的地史叠置时间在 1Ma 至几十 Ma 之间。在层序地层叠置样 式上,桂中地区地层较桂北缺失少,与前者能对比的桂北地区,由四个 Vail 级层序组成,沉 积盆地各层序地层划分及依据按先后叠置关系简述如下:

第一层序(Sq₁):这一层序是由莲花山组地层构成的 I 型层序,延续时间大约 12Ma(图 3)。

在桂北永福海湾发育有能与 **莲花山组相对比的大瑶山群中下** 部地层外,绝大部分地区缺乏沉积 (剥蚀区)。层序底层界面为莲花山 组下段低位进积楔状体与下伏寒 武系地层间的角度不整合接触面, 这一层序底界面为陆源进积楔与 基底地层之间的削蚀面。因而是一 个组成 I 型层序的陆蚀面。低位进 积楔形体主要由河流相组成,侧向 分布不连续,呈较大规模的波状起 伏或谷状充填。在缺失低位进积楔 状体的地区,莲花山组中段海侵地 层真接超覆于下伏寒武系地层之 上而形成不整合面,层序底界陆蚀 面被沟蚀面所取代。莲花山组中段 滨海相碎屑岩具多个退积旋回,构 成了第1层序的海侵体系域;上段 为浅海陆棚—潮坪相细碎屑岩— 泥质岩,构成了第1层序的加积--进积型高水位体系域。这一层序的 顶面以那高岭早期初形成的海蚀 面为界。

第2层序(Sq₂):这一层序在 大瑶山区相当于那高岭组(或脉渠 组)、小山组(或郁江组)及二塘组



1=dolostone;2=muddy carbonate rock;3=fine- to medium-grained clastic rock;4=coarse-grained clastic rock;5=metamorphic rock

(See Fig. 1 for the explanation of other symbols)

下段地层(图 3)。在桂北局部海湾沉积区(如永福和平地区)则相当于大瑶山群上部及贺县 组上部地层,为 I型层序,其起始持续时间在 6.5Ma~8.15Ma之间。

层序底界面在象川及以北地区为那高岭初期末海侵作用所形成的一个沟蚀不整合面,

也是一个海侵上超面。在象州以南至武宣、金秀七建地区,这一底界面为莲花山期末那高岭 期初海平面下降时期形成的一个海蚀面,那高岭组底部外陆棚相碎屑岩—泥岩构成了这一 层序底部的陆架边缘体系域。那高岭一小山早期为最大海侵时间,形成了这一时期河口湾--潮坪一滨海相海侵体系域,相序分析表明它由那高岭组中上段及小山组下段两个海侵旋回 组成,二者之间为一明显的海侵沟蚀面。小山组上段浅海陆棚泥质岩构成了这一层序的高水 位体系域,小山组末一二塘组初期,海平面有一次迅速下降过程,形成了二塘组下段底部与 小山组顶部之间一个突变的海蚀面(图 4),海蚀面之下为小组上段陆棚相泥质岩,之上则为 二塘组下段底部潮坪相灰岩或泥灰岩,相的突变反映了快速海退及沉积滨面的突变下移,从 而形成了这一海蚀面。二塘组下段潮坪地区已露出水面。形成了这一时期区域上可对比的 古岩溶喀斯特暴露面,其重要的依据有:(1)二塘组下段从底部至顶部为浅海相至潮坪相灰 岩及孔洞状白云岩,具向上变浅的序列;(2)具膏盐溶孔、鸟眼皮壳、窗格孔、栉壳状孔洞胶结 物、淡水渗流胶结物及干裂等暴露标志;(3)具喀斯特结构构造,这些包括孔穴构造、皮壳崩 解构造、角砾充填构造及次生矿物组合、溶蚀变形构造等;(4)溶蚀面层位稳定且可作区域对 比;(5)顶部孔洞状白云岩被新一轮海侵泥岩及泥灰岩地层所超覆,形成海侵沟蚀面,由二墙 组下段(D,e¹)下部海蚀面与顶部沟蚀面所限的潮坪相地层,构成了第2层序顶部的海退体 系域,从而结速了整个第2层序的叠加演化。

值得一提的是,第3层序为类型 I 层序 边界面,海平面下降过程中即出现了陆上暴 露面又无低水位体系域发育(未形成类型 I 层序),这可能与半干旱气候条件及缺乏陆 相沉积物供给、暴露的碳酸盐沉积物陆架不 利于低位陆相进积体及扇体的形成有关,取 而代之的是地表水大量转入岩溶,地下水面 形成古喀斯特作用面。与二塘早期末含膏盐 碳酸盐沉积环境一致。

第 3 层序(Sq₃):演化时限在 1Ma~ 3Ma之间。它是由二塘组中一上段及官桥组 地层所组成的 ■型层序。

二塘组中晚期初,海平面上升,海侵作 用导致了下段顶部岩溶喀斯特面上形成一 个沟蚀面,因此,第3层序的底界面既是一 个古暴露面,又是一个初始海侵沟蚀面,这 个具双重性作用面在海侵侵蚀作用弱的地 方以古暴露作用及岩溶构造发育为特征,而 海侵侵蚀作用强的地区则以沟蚀作用为特 征。 W $D_1 e^1$ $D_1 x^2$ SME 1 $D_1 x^2$ $D_1 x^2$ $D_1 x^2$

图 4 武宜九崖地区小山组与二塘组突变岩 相接触关系(SME)素描图 1.海蚀面;2.二塘组下段灰岩夹泥灰岩; 3.小山组上段泥页岩

Fig. 4 Sketch showing the sharp contacts (SME) between the Xiaoshan and Ertang Formations in the Jiuya region, Wuxuan, Guangxi 1=regressive surface of marine erosion;

2=limestone interbedded with marl in the lower member of the Ertang Formation;
3=mudstone and shall in the upper member of the Xiaoshan Formation

二塘组中、上段陆棚相泥质灰岩及泥质 岩组成了第3层序底部的海侵体系域。至二塘末期,海平面上升速度达到最高点,形成这一 海侵时期的最大海泛面及低速沉积段——凝缩层。它是由外陆架边缘相对较深水的极细粒 泥质岩组成的,含大量原地生长的薄 壳型瓣鳃及浮游型生物群落。

官桥组下段潟湖一局限台地相泥 质碳酸盐岩组成了第3层序的高水位 体系域,这一准层序整体以向上加积 作用为主,中后期则稍有进积作用。官 桥中期有一次明显的海平面下降作 用,导致沉积滨面下移及相的突变与 迁移,上部潮坪相白云岩与下部局限 台地相泥质岩呈突变侵蚀接触,从而 形成了这一层序中的一个海蚀面,这 一界面之上则开始了海退体系域进积 作用(图 5),最后演化为官桥期末海 平面下降及沉积物暴露侵蚀作用的形 成,从而结束第3层序的叠加过程。

值得指出的是,在官桥末期以前, 桂北除永福海湾等部分地区可与研究 区南部相对比之外,其余均为陆地剥 蚀区,缺乏沉积,仅从官桥末期海平面 下降导致研究区的绝大部分碳酸盐沉 积区沉积暴露而形成负记录。这一时 期开始,在桂北扬子古陆南缘的部分 地区,并可与研究区南部层序相对比。

第4层序(Sq,):其延续时限在 5.2Ma~6.3Ma之间,它是由大乐组 及应堂组所构成的 I型层序(图 5)。

如前所述,官桥末期海平面下降



导致了研究区南部地区(大瑶山西侧地区为主)碳酸盐潮坪沉积的暴露与古岩溶发育,其主 要证据有:(1)官桥组剖面上具向上变浅演化序列,顶部为膏溶角砾状白云岩;(2)具一系列 的暴露标志;(3)官桥组顶部为后期大乐组海侵地层所超覆而形成一个沟蚀不整合面。研究 区南部形成沉积负纪录的同时(或稍早),桂北部分地区开始发育河流相及冲积扇相(四排中 后期)砂砾岩,多呈凸透镜体状并与下伏寒武系或震旦系呈切削不整合接触,接触面为一波 状起伏的陆蚀面。综上所述,第4层序底界面由北向南由一个陆蚀面转变为沟蚀面,这一双 重作用构成了第4层序的底界面。

在桂北,由四排(D₁s)中期河流相及冲积陆源砂砾岩构成了这一层序底部的低水位体系 域,四排后期,由河口湾及潮坪相中一细碎屑岩构成海侵体系域。研究区南部地区大乐组由 开阔台地—陆棚泥质岩及灰岩组成,构成本区层序的第一个海侵体系域。

应堂早期,海侵作用达到最大速度,自此开始了研究区南北较为统一的高水位沉积体系 域叠加。在研究区南部,这一高水位体系域由应堂组底部及下部陆棚相泥质岩组成;在桂北 大部分地区则由应堂组下段陆棚相泥质 岩及碳酸盐岩组成,与下伏四排顶部河 口湾及潮坪相地层整合接触,研究区内, 在应堂早期末,有一次海平面的快速下 降,形成了由下至上的浅水陆棚相碳酸 盐岩突变为深水陆棚相泥质岩的海退侵 蚀面——海蚀面。至此,应堂中后期陆棚 一潮坪相碳酸盐作为第4层序的最后一 个体系域——海退体系域进积下超而结 速了第4层序的叠置,最后海平面下降, 应堂组顶部沉积物暴露并形成下一层序 的底界面。

第5层序(Sqs):这个层序由东岗岭 组下段组成,为Ⅱ型层序,其延续时限在 1Ma~2Ma左右(图6)。

应堂期末的海平面下降,导致了沉 积物暴露及第5层序底界面的形成,主 要证据有:(1)应堂组地层具向上变浅序 列;(2)应堂组顶部具大量暴露特征,这 些包括a:淡水皮壳胶结的及淡水渗流胶 结物;b:泥裂、鸟眼等发育;c:孔洞状(已 被方解石充填)的白云岩可能为某种盐 类矿物被淡水溶蚀充填所致等等;(3)应 堂组顶部潮上白云岩被东岗岭组下段海



侵泥灰岩所超覆。综上所述,应堂组与东岗岭组结合面为第5层序的底界面,研究区内这一 层面为叠加在古暴露面之上的海侵沟蚀面。

东岗岭组下段独立完成了一个海侵一高水位沉积旋回,在研究区南部金秀七建及其以 北地区由陆棚一潮坪相泥质岩组成,在七建以南及武宣地区则以潮坪及台地相泥灰岩及碳 酸盐岩为主。桂北东岗岭组下段主要由陆棚一潮坪及礁滩相(如环江北山地区)碳酸盐岩构 成。本期末,在局部生物礁滩相灰岩及大部分潮坪相白云岩或灰岩之顶部,形成了一系列暴 露标志,并被下一层序河流回春陆源进积楔状砂体所削切呈不整合接触关系。在研究区南 部,由于水体加深,海平面下降未导致这一区域内沉积物的暴露,因而下一层序的海退进积 削蚀作用不明显,仅发育有可与桂北削切不整合面相对比的海蚀面,由此而结束了第5层序 的演化历史。

第6层序(Sqs):这一层序为由东岗岭组上段组成的 I 型层序,其延续时限在 1Ma~2Ma 左右(图 7)。

东岗岭早期末,海平面下降导致了桂北滨浅海区碳酸盐沉积地层的暴露及河流回春与 进积陆源楔状体(河流及冲积扇体)对暴露之下高水位碳酸盐沉积物的削切剥蚀作用,从而 形成了桂北地区广泛分布的陆蚀作用面及低水位沉积体系域。这一陆蚀面在研究区南部则 过渡为可与之对比的海蚀面。河流 相砂岩组成低水位体系域,具定向 排列的底砾岩,其古流向为 220°左 右。局部砂体交错层理发育,为高 能分支河道砂质沉积亚相。在近滨 岸带附近的河流入海处,局部(如 怀群孔前)发育有薄层状海退滨岩 相砂岩,低水位体系域在侧向分布 上具不连续性,变化较大,主要分 布于桂北环江、罗城及水福一带, 环江北山地区厚约 10 余米,在罗 城怀群大板村一带为0~5m。

东岗岭组上段(D₂d²)除底部 砂岩外,含泥质碳酸盐岩超覆于低 水位进积体或第5层序界面之上, 形成这一层序退积的以陆棚及台 盆相为主体的海侵体系域,中后期 海平面稳定或稍有下降,台地相及 潮坪相,局部(如北山)生物礁滩相 开始发育,构筑了这一时期高水位 沉积体系域的叠加样式。本期末海 平面下降,沉积物暴露而形成了新 的不整合面。

与非礁相区相比,桂北北山礁 相区既有与之相似之处,又有其自 身的层序演化特点。北山生物礁相 区亩东岗岭早期(D₂d¹)洞茫礁及



limestone,4=clastic rock and bioclastic limestone

晚期(D₂d²)北山礁组成,东岗岭早期末海平面下降导致早期洞茫礁相区浅化及生物礁的死 亡,同时由于受近滨带非礁相区陆相进积楔的影响,在礁相区形成了外陆棚边缘低水位钙屑 泥质岩沉积,构成了第6层序底部第一个沉积体系域。东岗岭晚期,新一轮海侵作用开始,生 物礁滩相海侵体系域生物灰岩被覆于早先形成的低水位体系域碎屑岩之上,在二者之间为 一个海侵作用形成的沟蚀面(图7)。东岗岭晚期,海平面上升达到最大速度,生物礁滩终止 演化。至末期,海平面开始下降,在生物礁滩再次发育之前,海平面的快速下降形成了这一时 期高水位与海退体系域之间的海退海蚀面(滨海下降面)。随着海平面的下降及生物礁滩的 加积一进积作用。最后沉积环境浅化,生物礁消亡,并被潮坪相白云岩进积覆盖。最后露出 水面,形成了第7层序的底界面。

第7层序(Sq₇):为一个由上泥盆统榴江组(或桂林组)与五指山组或融县组构成的 I 型 层序(图 8)。其时限在 14.9Ma 左右。

东岗岭晚期末,桂北广大地区以碳酸盐潮坪一局限台地沉积为主。灌阳及永福地区主要



图 8 桂北地区非礁相层序剖面示意图(未按比例)

1. 白云岩;2. 泥灰岩;3. 灰岩或白云质灰岩;4. 粗碎屑岩;5. 细碎屑岩

Fig. 8 The non-reef facies sequence in northern Guangxi (not to scale)

1=dolostone; 2=marl; 3=limestone or dolomitic limestone;

4=coarse-grained clastic rock, 5=fine-grained clastic rock

发育具暴露标志的白云岩,而在环江驯乐、罗城怀群等地则为潮坪相灰岩及生物灰岩。这些 浅水相碳酸盐岩为桂林组早期海侵地层所超覆,并形成了桂北地区第7层序底界面。在研究 区南部的广大地区,东岗岭晚期末台地相碳酸盐岩为榴江期海侵硅质岩所超覆,形成了这一 地区一个突变的、十分明显的海侵沟蚀面——第7层序的底界面(图 6)。

研究区南部榴江组台盆深水相硅质岩及含钙屃硅质岩,构成了本区第7层序的第一个 海侵体系域,榴江中后期海侵达到最大速率及最大范围,形成了低速沉积的薄层状硅质岩饥 饿沉积段——凝缩层。海侵作用之后的五指山期,台地区以潮坪相碳酸盐岩高水位体系域的 加积及进积叠加,台盆区以陆盆泥质碳酸盐岩的加积,结束了本层序的演化,并为石炭系海 侵地层所超覆,从此结速了沉积盆地整个泥盆纪层序地层的叠置演化过程。

主要参考文献

- 1 Vail, P. R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. AAPG Memoir 36,1987
- 2 Vail, P. R. and Hardenbol, J. Sea-level changes during the Tertiary. Oceans, Vol. 22, 1979
- 3 Williams, D. F. Evidence for and against sea-level changes from stable isotopic record of the Cenozoic. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication Nc 42,1988
- 4 刘宝珺、许效松、潘杏南、黄慧琼、徐强,中国南方古大陆沉积地亮演化与成矿,科学出版社,1993
- 5 许效松、牟传龙、林明,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
- 6 广西地质矿产局,广西壮族自治区区域地质志,地质出版社,1985
- 7 钟铿、吴诒、殿保安、梁演林、姚肇贵、彭金兰等,广西的泥盆系,中国地质大学出版社,1992
- 8 周怀岭、罗其怀、黄天佑、付静华、王树碑,广西环江泥盆纪生物礁,岩相古地理文集(1),地质出版社,1985

AN OUTCROP SEQUENCE DIVISION MODEL: EXAMPLES FROM THE DEVONIAN BASIN IN NORTHERN AND CENTRAL GUANGXI

Wang Jian Zhao Yuguang Li Zhongxiong

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS

Tang Jinyu

Centre for Rock and Mineral Analysis, Guangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, MGMR

Abstract

In terms of the falling stage systems tract (FSST) which developed between the regressive surface of marine erosion and the ravinement surface or regressive surface of subaerial erosion, the present paper defines a ravinement surface above the FSST as the type I sequence boundary. This new type of sequence boundary is different from both the type I and type I sequence boundaries, and can be more gearned to actural circumstances of the Devonican outcrop sequence stratigraphic features in northern and central Guangxi. The key to understand the new type of sequence model, on one hand, is to distinguish some special genetic boundary surfaces, which include regressive surface of subaerial erosion, regressive surface of marine erosion, ravinement surface, exposure surface and palaeokarstification surface and so on. On the other hand, the facies sequence analysis of the outcrop sections is much more important. Different sedimentary systems tracts may display distinctive aggradational, progradational and/or retrogradational association patterns. At last, the basic work of outcrop sequence stratigraphic research is to recognize sedimentary textures and structures. According to the model and method mentioned above, the Devonian strata in northern and central Guangxi can be divided into seven Vail-scale sequences, of which two are type I sequences, with a time duration of about one to tens of Ma.

Key words:sequence, Devonian, northern and central Guangxi

请订阅《岩相古地理》

《岩相古地理》刊载的学术论文是近期本学科的科研成果。其中部分反映了当前国际沉积学界的热门课题或学科前沿,具有很高的学术价值,很受国内外专家、同行的重视和好评。

目前,《岩相古地理》与 30 多个国家、地区的单位和个人有交流、交换关系。美国地质研究所的 BIG(月刊)和《中国地质文摘》长期选索本刊的重要论文。

1995年,《岩相古地理》评为四川省优秀科技期刊。

《岩相古地理》为非邮发刊物,请订阅者与成都地质矿产研究所发行组(地址:四川省成都市一环路北三段 82 号,610082)联系。

《岩相古地理》编辑部

1996年12月