

文章编号: 1000-0550(2003)02-0298-09

黔桂地区泥盆系层序地层格架及相对海平面变化^①

梅冥相 高金汉 李东海 孟庆芬 易定红

(中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083)

摘 要 志留纪末期的加里东运动,使黔桂地区的古地理格局发生了重大变化,早古生代的滇黔桂古陆演变为晚古生代的滇黔桂海。泥盆纪初期,海水由南而北逐渐海侵超覆,在泥盆系的底部形成一套海侵碎屑岩系地层;早泥盆世晚期的大规模海侵事件造成了明显的相分异,在习称的滇黔桂盆地中发育了若干孤立碳酸盐台地,这种“台—盆—丘—槽”的格局一直延续到晚泥盆世早期;而泥盆纪末期的紫云运动所造成的地壳抬升,又使晚泥盆世地层产生海退尖灭。因此,该地区的泥盆系构成一个二级构造层序,其中包含 13 个三级沉积层序。在前人大量生物地层学研究的基础上,追索和对比不同沉积背景中的三级沉积层序的相序组构特征以及由其所代表的相对海平面变化,即可建立黔桂地区泥盆系的层序地层格架。层序地层格架较为充分地表现出三级沉积层序的两大特征——空间上相序的有序性和时间上环境变化的同步性,同时也明显地显示出地层记录中的两种相变面和两种穿时性。

关键词 层序地层格架 泥盆系 黔桂地区

第一作者简介 梅冥相 男 1965 年出生 教授 理学博士 沉积学与地层学

中图分类号 P539.2 P534.44 **文献标识码** A

1 引言

在黔桂地区的泥盆系中,由于复杂而有序的时间相变和空间相变,吸引了许多学者对其进行地层学和沉积学研究。侯鸿飞等^[1]关于生物地层及年代地层的全面总结,赵自强等^[2]、董卫平等^[3]、殷保安等^[4]对岩石地层进行了系统地总结,曾允孚等^[5]对沉积岩相古地理曾经进行了长期的研究并取得了大量的成果,吴诒等^[6]、钟铿^[7]、邝国敦等^[8]对广西泥盆系的地层学和沉积学的广泛研究,为本次工作奠定了良好的基础。关于层序地层学,许效松等^[9]和曾允孚等^[5]进行过开创性的研究,吴诒等^[10]在《华南泥盆纪层序地层及海平面变化》一书中在泥盆系中识别出 20 个层序,杨惠民等^[11]也进行过层序地层划分,梅冥相、马永生等^[12]在黔南和桂北地区的泥盆系中划分出 13 个三级沉积层序并归为一个二级构造大层序。还有是吴浩若等^[13]关于构造古地理、陈旭等^[14]关于生物古地理及古气候方面的研究,对我们的工作均具有重要的参考价值。黔桂地区的泥盆系,从下向上由海侵碎屑岩系演变为碳酸盐岩系,从南向北逐渐减薄尖灭;自早泥盆世晚期的大规模海侵事件之后,形成了明显的空间相分异,在不同的沉积背景中所发育的三级沉积层序具有不同的相序组构特点,因此,所建立的层序地层格架既明显地表现出三级沉积层序的两大特征——空间上相序的有序性和时间上环境变化的同步性,同时又较为清楚地反映

了地层记录中的两种相变面以及与其相关的两种穿时性^[15]。

2 连陆台地背景泥盆系的层序地层特征

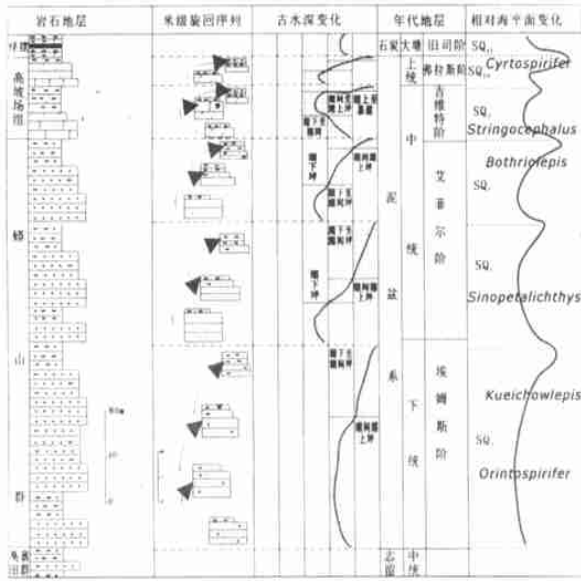
在连陆台地上,对贵州贵阳乌当剖面、贵州都匀绿荫桥剖面、贵州独山剖面进行的详尽研究表明,从南向北泥盆系的底部和顶部的地层逐渐尖灭,底部的尖灭是受加里东运动的影响而且以海侵超覆尖灭为特征,顶部的尖灭则是受紫云运动的影响且以海退退覆尖灭为特征。经过大范围的追踪和对比,在泥盆系中可以识别出 13 个三级沉积层序,分别称之为 SQ1 至 SQ13。要特别指出的是,并不是每一个地方都发育 13 个沉积层序,这是地层记录的不完整性的体现^[16],也是我们强调要以地层记录的两种相变面和两种穿时性^[15]为基本要素去建立层序地层格架的原因所在。

2.1 贵阳乌当剖面泥盆系的层序地层

贵阳乌当一带,由于处在古陆边缘,因而缺失了泥盆系最早期大致相当于洛赫考夫阶和布拉格阶的地层,也就是说相当于 SQ1 至 SQ4 的地层在该地不发育。泥盆系顶相当于弗拉斯阶上部 and 法门阶的地层也缺失,即缺失了三个层序——SQ11、SQ12、SQ13,石炭系底部的地层也发育不全(缺失 SQ14),因此造成祥摆组煤系地层直接覆盖在高坡场组之上,形成了特殊的紫云运动不整合面。自下而上可划分为 5 个三级沉积

① 中国石化集团科技工程项目(NPJ-10019)的成果之一

层序 (SQ5 至 SQ7, SQ9 至 SQ10; 图 1)。最特殊的是, 缺失 SQ8, 这可能是中泥盆艾菲尔期末的海口运动所造成的地壳抬升产生的地层间断的结果。



与下文的图 2 至图 6 一样, 岩性符号均与图 7 相同; SQ5 至 SQ10 分别代表该剖面中所识别出的三级层序
图 1 贵阳乌当剖面泥盆系层序地层划分

The same to those figures from Fig. 2 to Fig. 6, the lithological marks are the same to Fig. 7; From SQ5 to SQ10 are respectively refer to third-order sequences that are discerned in this section
Fig. 1 The division on sequence stratigraphy of Devonian in Wudang section of Guiyang

在其下部的蟒山群海侵砂岩系中, 由其所产生的鱼化石如 *Kueichowlepis sinensis*, *Sinopetalichthys kueiyangensis*, *Neoduyunaspis minuta* 等, 以及其下部所产的腕足类化石如 *Orientospirifer wangi*, 还有植物化石如 *Zosterophyllum sp.*, *Drepanophycus spinaeformis* 等, 推断该组的形成时代为早泥盆世埃姆斯期至中泥盆艾菲尔期。其中可以识别出三个沉积层序 (SQ5 SQ6 SQ7), 均以潮坪碎屑岩为特征而发育潮汐动力型米级旋回层序, 该类型米级旋回层序以向上变细的正粒序序列为主, 在三级沉积层序的海平面上升阶段发育高能潮下相砂岩层, 反之则以潮间坪泥质砂岩和潮上坪砂质页岩为主, 米级旋回层序从厚基底类变为薄基底类, 在 SQ7 层序之顶部发育由紫红色铁质砂泥岩构成的古土壤层而代表了一个较长时限的间断面, 即形成一个 SBI 型层序界面, 同时也代表了中泥盆世艾菲尔期末的海口运动不整合面。

该剖面泥盆系上部的地层为高坡场组, 由一套白云岩组成, 其中可以识别出两个三级沉积层序 (SQ9

和 SQ10), 这两个三级层序的基本特征是: 在三级海平面上升阶段以发育潮间坪相中厚层白云岩构成的厚基底类环潮坪型米级旋回层序为主, 在三级海平面下降期则发育局限潮上坪泥质白云岩和泻湖相白云质泥岩构成的薄基底类环潮坪型碳酸盐米级旋回层序。在 SQ9 中, 可以见到中泥盆世的腕足类化石 *Stringocephalus*, SQ10 中发育晚泥盆世的腕足类化石 *Cyrtospirifer*; 与其它剖面不同的是, 该剖面缺失三级层序 SQ8, 这是海口运动所造成的地层间断的结果。

2.2 贵州都匀绿荫桥剖面泥盆系的层序地层

在贵州都匀绿荫桥剖面, 其下部为一套海侵砂岩系称蟒山群, 中部为一套以白云岩为主夹少量灰岩的地层称独山组, 上部为一套主要由灰岩构成的地层称望城坡组。从下向上可以识别出 7 个三级沉积层序 (SQ4 至 SQ10; 图 2)。泥盆系的总体情况与贵阳乌当类似, 泥盆系底的地层和顶的地层发育不全, 底部缺失大致相当于洛赫考夫阶及布拉格阶中下部的地层, 即缺失了 SQ1 SQ2 SQ3; 顶部缺失的地层与贵阳一样, 缺失了大致相当于弗拉斯阶上部及法姆阶的地层即缺失了 SQ11 SQ12 SQ13, 石炭系底部缺失了相当于汤耙沟阶的地层所构成的 SQ14。

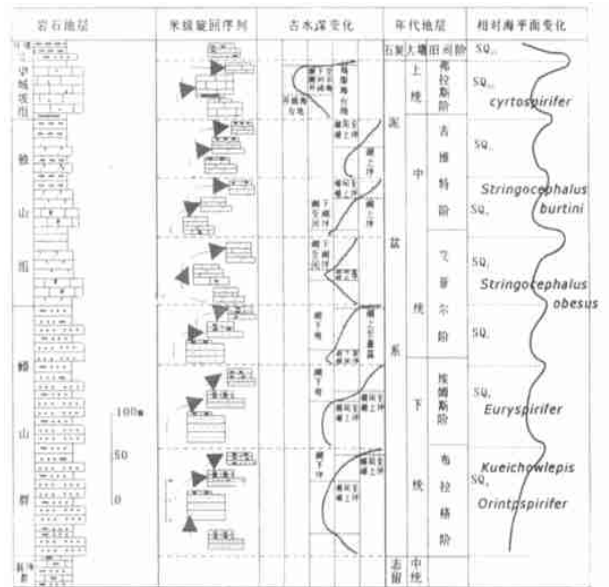


图 2 贵州都匀绿荫桥剖面泥盆系层序地层划分
Fig. 2 The division on sequence stratigraphy of Devonian in Luyingqiao section of Duyun in Guizhou

在蟒山群海侵砂岩系中, 发育以正粒序序列为特征的潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序, 这些米级旋回层序有序叠加而构成三个三级沉积层序 (SQ4 SQ5 SQ6), 偶见鱼化石如 *Kueichowlepis sinensis*, 腕足类化石有 *Orientospirifer wangi*, *Euryspirifer sp.* 等, 因此,

蟒山群的形成时代在该剖面大致属布拉格期晚期至中泥盆艾菲尔期早期。

在独山组中,局部发育腕足类化石如 *Stringocephalus obesus* *Stringocephalus burtini* 等,说明其形成时代为中泥盆世艾菲尔期晚期至吉维特期。在独山组中,可以识别出三个三级沉积层序(SQ7-SQ9)。虽然这三个层序均由以白云岩为主的地质层所构成,其中发育环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序,但是其识别特征还比较清楚:在三级海平面上升阶段,白云石化作用的强度要弱因而发育白云质灰岩以及厚基底类环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序;在三级海平面下降阶段,白云石化作用强度较高,主要发育由潮上坪泥质白云岩和泻湖相白云质泥岩构成的薄基底类环潮坪型米级旋回层序。与贵阳乌当剖面的同时代地层相比,白云石化作用的强度总体要弱一些。

由望城坡组构成的三级沉积层序 SQ10,主要为一套开阔海台地相灰岩,其下部发育由厚层开阔海台地相灰岩与薄层局限海台地相灰质白云岩及白云质灰岩构成的环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序,在最大海侵阶段则发育由薄层陆棚相钙质泥岩与厚层开阔海台地相颗粒灰岩及泥粒灰岩构成的潮下型碳酸盐岩米级旋回层序,顶部则发育薄基底类环潮坪型米级旋回层序并且具有较强的白云石化作用。相应地,在贵阳乌当该三级层序则全由白云岩组成。

2.3 贵州独山泥盆系的层序地层划分

贵州独山一带的泥盆系,比贵阳及都匀一带要全,但泥盆纪早期相当于洛赫考夫阶及布拉格阶中下部的地层也缺失。泥盆系下统包括丹林群、舒家坪组和龙洞水组,中统分为邦寨组和独山组,上统则包括望城坡组、尧梭组、者王组和革老河组,自下而上可以识别出 10 个三级沉积层序(SQ4至 SQ13,图 3)。

该剖面的丹林组构成一个三级沉积层序(SQ4),根据上覆的舒家坪组的化石组合所代表的时代意义推断其形成时代属早泥盆世布拉格期,其底部具底砾岩而不整合覆盖在志留纪翁项群之上,该三级层序的下部发育厚基底类潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序,这是与三级相对海平面上升相对应的结果;而在相对海平面下降期则以发育薄基底类潮汐动力型米级旋回层序为特征,在其顶部发育铁质砂岩和铁质泥岩构成的古土壤层。舒家坪组与龙洞水组,根据其腕足类化石如 *Euryspirifer Zdimir* 和珊瑚化石 *Dushanophrentis cystotabulata* 等,我们采用了周希云等^[7]的意见把龙洞水组归到早泥盆世埃姆斯期,因此由该两个组构成的三级沉积层序(SQ5)就属于早泥盆世最晚期的层序;其海侵体系域以发育海侵砂岩系为特征,属滨岸砂

体,以前曾把它作为三角洲砂岩,实际上该海侵砂岩系发育在暴露间断面所构成的层序界面之上,再者它与上覆的高水位碳酸盐岩地层(龙洞水组)之间是一套可以作为凝缩段的沉积物——陆棚相泥页岩和条带状瘤状灰岩,因此舒家坪组砂岩系作为三角洲相砂岩就不太合适。作为 SQ5 高水位体系域的龙洞水组,其下部以开阔海台地相生物丘灰岩的发育为特征,发育厚基底类环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序,在其顶部则发育由铁质砂泥岩构成的古土壤层从而表明 SQ5 的顶界面也为暴露间断面。

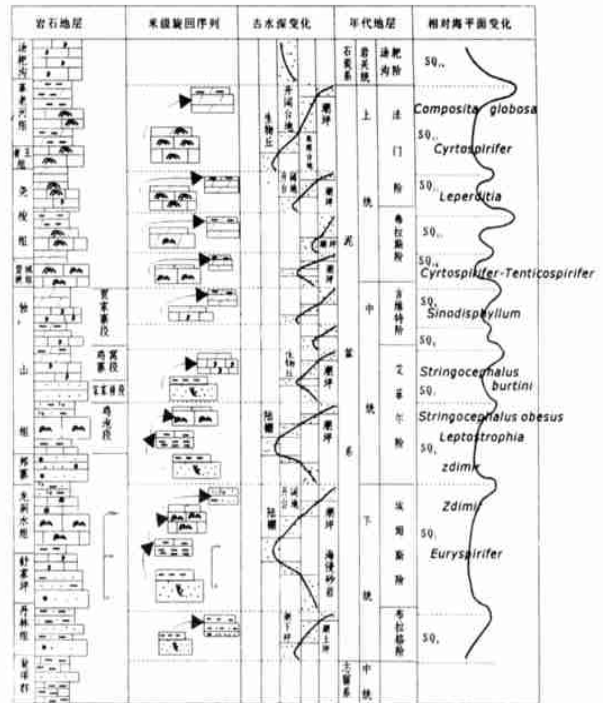


图 3 贵州独山泥盆系层序地层划分

Fig. 3 The division on sequence stratigraphy of Devonian in Dushan county of Guizhou

大致属中泥盆统的邦寨组和独山组,包括了四个三级沉积层序(SQ6-SQ9),独山组又划分为四个段:鸡泡段灰岩、宋家桥段砂岩、鸡窝寨段灰岩及贺家寨段灰岩与白云岩。SQ6 的海侵体系域由邦寨组砂岩系构成,该砂岩系以前曾允孚等^[5]也把它作为三角洲相砂岩,实际上同舒家坪组砂岩系一样也应该属海侵砂岩系的滨岸相砂岩;其高水位体系域由独山组的鸡泡段灰岩地层组成,在其下部发育由陆棚相泥页岩及瘤状及条带状灰岩所构成的凝缩段,顶部发育由铁质砂泥岩构成的古土壤层从而表明该层序的顶界面为暴露间断面。与 SQ6 相似, SQ7 的海侵体系域由独山组宋家桥段海侵砂岩系组成,高水位体系域则由鸡窝寨段灰岩组成,于独山县南部在相当于鸡泡段的

层位则发育独山布寨层孔虫和珊瑚生物礁;在层序之顶发育一套厚 15至 20 m 的白云岩,这是与三级海平面下降响应的沉积环境变浅的结果,白云岩层之顶见紫红色白云质泥岩构成的古土壤层,表明该层序的顶界面为一暴露间断面且与区域上的海口运动不整合面相对比 SQ8与 SQ9特征类似,在与三级海平面上升造成的沉积环境加深过程中发育开阔海台地相灰岩,而在与三级海平面下降所造成的环境变浅过程中则以白云岩为特征。

在晚泥盆世为主的地层中,可以识别出四个三级沉积层序(SQ10 SQ11 SQ12 SQ13;图 3) 这四个三级沉积层序的特征基本相似,三级海平面上升所造成的沉积环境加深过程中以发育开阔海台地相灰岩为主,而在三级海平面下降所产生的环境变浅过程中则提供了有利于造成白云石化作用的成岩环境和沉积环境从而发育白云岩。要特别指出的是, SQ11和 SQ13 的顶部,白云石化作用强度最强,并且局部见紫红色白云质泥岩构成的古土壤层,表明其暴露间断的时间相对要长,这正好与区域上所拟订的紫云运动第一幕及第二幕构造不整合面相当;而且 SQ11之顶界面所代表的沉积事件面要比 F- F事件面稍低一些

3 孤立台地背景泥盆系的层序地层特征

紫云—罗甸—南丹—都安断裂带之南西及弥勒—师宗—普安断裂带之南东一直到钦防残留海槽的广大地域,即为赵自强等^[2]所称的“滇黔桂盆地”,也相当于曾允孚等^[3]所称的“右江盆地”或 Enos等^[18]所称的“南盘江盆地”。在该地域内于泥盆纪分布和发育了若干孤立碳酸盐台地如靖西孤立台地,隆林孤立台地,南宁孤立台地等,形成了比较复杂的空间相变,在孤立台地之间则为台沟,孤立台地上的泥盆纪地层,于其内部缺失早泥盆世洛赫考夫期及布拉格期的地层,如广西隆林德峨剖面;在其边缘则地层发育较全,如广西横县六景剖面。孤立台地上泥盆纪地层的基本特点是,从早泥盆世的埃姆斯期到晚泥盆世,均以大套碳酸盐岩地层为特征,且在孤立台地的迎风浪边缘局部发育生物礁滩相灰岩。

3.1 广西隆林德峨剖面泥盆系层序地层特征

在该剖面缺失了早泥盆世洛赫考夫期及布拉格期的地层,属早泥盆世晚期的埃姆斯期的坡脚组直接超覆在寒武系娄山关群白云岩之上,其中代表了一个长时间地层间断的区域不整合面,其所间断的地层包括寒武系顶部,奥陶系,志留系和下泥盆统的洛盒考夫阶与布拉格阶。自下而上,泥盆系划分为坡脚组、应堂组、

东岗岭组及融县组,构成一套厚达 1800余米的碳酸盐岩地层,其中可以识别出九个三级沉积层序(SQ5至 SQ13,图 4);石炭系摆佐组直接覆盖在泥盆系融县组之上,形成紫云运动区域不整合面。

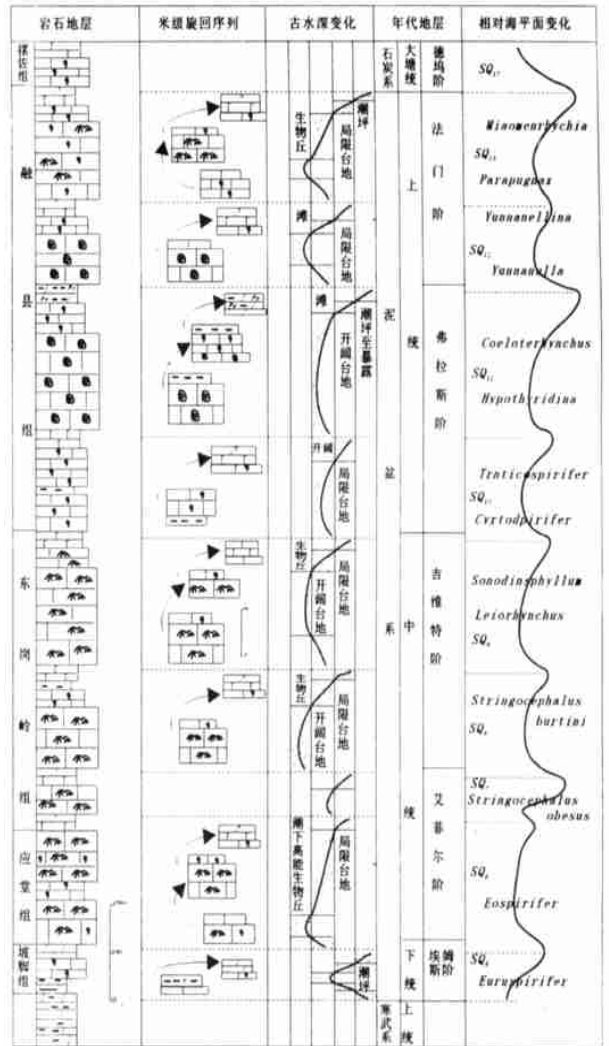


图 4 广西隆林德峨泥盆系层序地层划分

Fig. 4 The division on sequence stratigraphy of Devonian in De'e section of Longlin county in Guangxi

坡脚组本身构成一个三级沉积层序(SQ5),其下部的海侵体系域由灰黑色沼泽相泥页岩及泥灰岩组成,向上灰岩层增多;其中部发育厚数米的黑色有机质陆棚相泥页岩所构成的凝缩段,高水位体系域(HST)则以开阔海台地相灰岩为主夹灰质白云岩和白云质灰岩并由它们构成若干环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序,在 HST之顶发育较多的白云岩层。在该层序中,腕足类和双壳类化石极为丰富,其中发育具有时代意义的 *Howellella fecunda*—*Reticulariopsis ertangensis* 组合及 *Euryspirifer* 组合的分子,其中包括: *Acrospirifer subregularis*, *A. ordinarius*, *Howellella yukiangensis*,

H. papaoensis, *Euspirifer wangi*, *Otospirifer* sp. 等, 表明该三级层序的形成时代属埃姆斯中、晚期而缺失早期的地层

中泥盆统应堂组及东岗岭组中, 以中、厚层块状开阔海台地相灰岩为主, 夹灰质白云岩及白云质灰岩, 由它们构成若干环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序, 其中可以识别出四个三级沉积层序 (SQ6 SQ7 SQ8 SQ9, 图 4)。该四个层序的基本特点是: 在三级海平面相对上升所造成的环境加深中, 主要发育开阔海台地相厚层及块状生物丘灰岩、颗粒灰岩及泥粒灰岩, 构成若干厚基底类米级旋回层序; 而与三级海平面下降所造成的环境变浅相响应的结果, 则在灰岩层中夹较多较厚的局限海台地相灰质白云岩和白云质灰岩层, 由此而构成若干薄基底类环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序。

上泥盆统融县组包含了四个三级沉积层序 (SQ10 SQ11 SQ12 SQ13), 这四个三级沉积层序的基本特征是: 海侵体系域发育厚层块状生物壳灰岩、生物丘灰岩、颗粒灰岩、泥粒灰岩等, 夹少量灰质白云岩及白云质灰岩薄层, 构成若干厚基底类环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序; 高水位体系域则以发育薄基底类米级旋回为主, 夹较多的白云质灰岩和灰质白云岩层。更为特殊的是, SQ11和 SQ12的海侵体系域中以厚层块状豆粒状核形石颗粒灰岩为主; 在 SQ11之顶部则发育由紫红色泥岩构成的古土壤层, 从而表明了一个明显的暴露间断面, 与区域上的紫云运动第一幕不整合面相当, SQ13的顶界面则与紫云运动第二幕不整合面相当并且属于紫云运动的主幕

3.2 广西横县六景剖面泥盆系层序地层特征

广西横县六景剖面总体上为孤立台地的斜坡背景, 由于该剖面埃姆斯阶以上的地层即发育浮游相的竹节石化石又发育底栖介壳生物化石, 故成为研究台沟深水相泥盆系与台地相泥盆系生物地层对比的最佳剖面。因此, 邝国敦等^[8]出版了《广西六景泥盆系剖面》一书, 对该剖面泥盆系的生物地层、岩石地层、沉积相及古生态等进行了系统全面的介绍。在该剖面中, 下泥盆统大致包括莲花山组、那高岭组、郁江组和莫丁组, 中泥盆统大致包括那叫组和民塘组, 上泥盆统包括谷闭组和融县组; 由于顶部融县组的大部分被覆盖, 故只是对融县组以下的地层进行了系统的层序地层学研究, 共识别出 11 个三级沉积层序 (SQ1至 SQ11, 图 5)。六景剖面的泥盆系层序地层具有以下几个特点: 第一、由郁江组所构成的 SQ5和民塘组下部构成的 SQ8的海侵体系域所表征的两次大规模海侵事件在该剖面表现得特别清楚; 第二、海口运动不整合面在该剖面也特别明显, 表现在 SQ7的顶界面上, 与该构造运动相

关的强迫型海退事件的结果是形成那叫组的大套白云岩

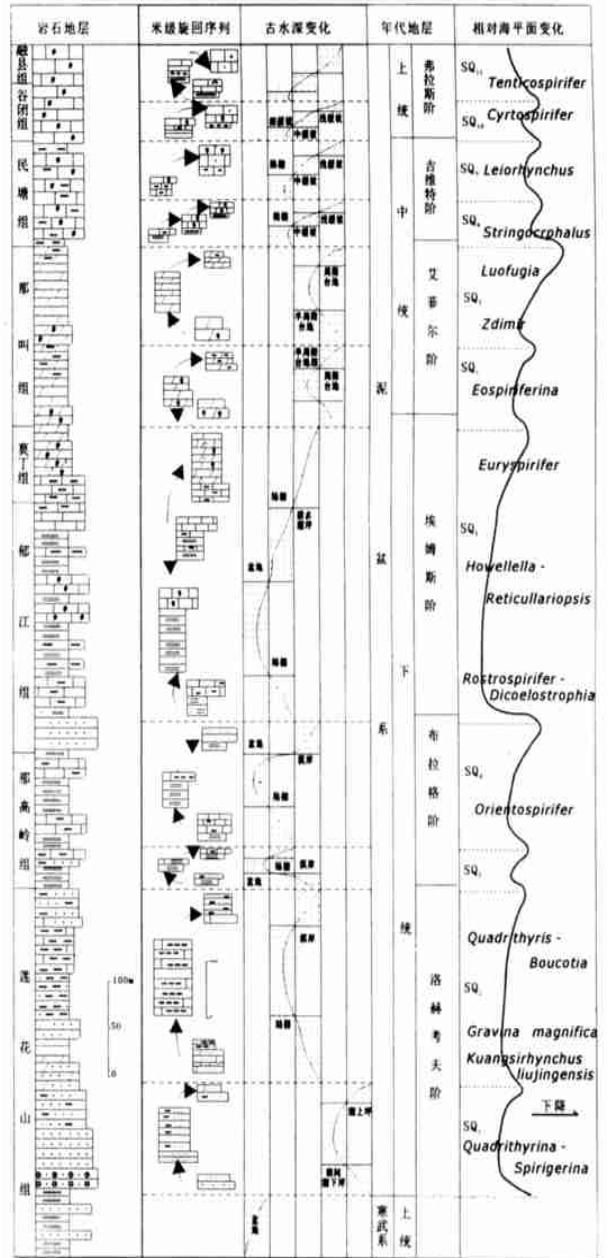


图 5 广西横县六景剖面泥盆系层序地层划分

Fig. 5 The division on sequence stratigraphy of Devonian in Liujing section of Heng county in Guangxi

莲花山组为一套海侵砂岩系, 其中化石较少, 主要见腕足类化石 *Linguula* sp., 其时代大致属洛赫考夫期, 其中可以划分出两个三级沉积层序 (SQ1 SQ2) 在 SQ1中发育潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序, 底部发育底砾岩而与寒武系呈区域不整合接触, 中部发育潮下高能砂体, 在其中所夹的砂质泥岩层面上见 *Scoyania* 遗迹化石, 在砂岩中局部发育 *Skolithus* 等遗迹化石; SQ2中部发育较多的陆棚相泥页岩, 说明该

层序的总体沉积环境要比 SQ1 深一些,该大套泥页岩构成了 SQ2 的凝缩段,在层序的下部和上部还是以砂岩为主,发育潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序。

那高岭组中陆棚相页岩层比莲花山组要多而且变厚,夹灰岩及泥灰岩层,在页岩层中普遍发育风暴介壳缩聚层,发育以反粒序序列为特征的 E-M 型及潮下型碳酸盐岩米级旋回层序,它与郁江组底部的滨岸相砂岩一起构成了两个三级沉积层序 (SQ3-SQ4)。郁江组的大部和莫丁组一起组成了早泥盆世晚期埃姆斯期的三级沉积层序 (SQ5),郁江组以陆棚相甚至盆地相泥页岩系为主,其中发育风暴介壳缩聚层,说明这些页岩属风暴浪基面附近的较深水环境的产物,这是 SQ5 三级海平面快速上升所造成的环境加深的结果,表明埃姆斯期初曾发生过较大范围的海侵事件;在 SQ5 之顶发育硅质白云岩,说明该三级海平面下降又是比较快速的,所造成的环境变浅的强度也比较大,因而产生了较强的白云石化作用和硅化作用。

中泥盆统那叫组以一套厚达 280 m 的白云岩地层为特征,在该套地层中可以识别出两个三级沉积层序 (SQ6-SQ7)。局部可见腕足类化石如 *Eospirifer*、*Zdimir*、*Luofugia* 等,说明该组的大部属中泥盆世艾菲尔期,但早中泥盆的界线要滞后于 SQ5 的顶界面所代表的沉积事件面。那叫组中的两个层序的基本特点是:在与三级海平面上升造成的环境加深过程中,发育厚层块状生物丘白云岩以及由此构成的厚基底类环潮坪型碳酸盐岩米级旋回层序,在生物丘白云岩中局部发育丘状和波状叠层石;在三级海平面下降所造成的环境变浅过程中,白云石化作用强度增大,生物化石变少,以泥晶白云岩为主。更为引人注目的是,在 SQ7 之顶发育厚 15 到 25 cm 的紫红色泥岩构成的古土壤层,这是海口运动在该剖面的表现。

在民塘组中,发育腕足类、珊瑚、层孔虫等化石,腕足类化石有 *Stringocephalus*、*Leiorhynchus* 等,珊瑚有 *Stringophyllum*、*Spinophyllum*、*Cystiphyllodes*、*Phillipsia*、*astrae*、*Truncicarinulum* 等,层孔虫有 *Plectostroma*、*Trupetostroma*、*Stromatopora*、*Actinostroma* 等,表明起时代属中泥盆吉维特期。在该组中可以识别出两个三级沉积层序 (SQ8-SQ9),它们的基本特征是:层序之底发育陆棚相或深缓坡相页岩和瘤状灰岩所构成的 E-M 型米级旋回层序,向上灰岩层变厚而发育潮下型碳酸盐岩米级旋回层序,层序只顶部发育层孔虫生物丘灰岩局部为生物礁灰岩,而在其灰岩层间的钙质泥岩或泥灰岩薄层中则产竹节石化石。

4 台沟背景泥盆系的层序地层学特征

台沟相泥盆纪地层,以广西南丹罗富剖面为代表。所谓台沟是指受同生断裂带控制的位于孤立台地之间或孤立台地与连陆台地之间的相对较深水的的海带,广西南丹罗富剖面正好发育在受紫云—罗甸—南丹—都安断裂带控制的沿该断裂带的南西下降盘展布的台沟相带之中。该剖面的下部为一套海侵砂岩系,称为莲花山组和那高岭组,从其少量发育的腕足类化石如 *Kuangsirhynchus liujingensis* 和 *Orintospirifer wangi* 等,以及上覆地层的时代等特征分析认为莲花山组大致属洛赫考夫期而那高岭组大致属布拉格期,泥盆系最底部的地层可能缺失;中部地层是指早泥盆晚期的埃姆斯期到中泥盆世的地层,由一套台盆相页岩系构成,分别划分为益兰组、塘丁组、那标组和罗富组,有的学者认为这些组的岩性界线不好确定故通称为塘丁组(包括上述划分的益兰组、塘丁组、那标组)和罗富组;上部的晚泥盆世地层为一套台盆相页岩和台棚相灰岩及泥灰岩交互沉积为特征的地层,称为响水洞组和代化组,也有的学者把它统称为五指山组。自下而上可识别出 13 个三级沉积层序(图 6)。因此,台沟背景下的泥盆系,真正发育深水相地层的时间是在早泥盆世晚期的埃姆斯期之后,由此而表明埃姆斯期曾经产生过大规模的海侵事件,因而在埃姆斯期至晚泥盆世弗拉斯期于黔桂地区形成了明显的相分异。

莲花山组中发育潮汐动力型碎屑岩米级旋回层序,在三级海平面相对上升阶段以发育厚基底类米级旋回层序为主,在三级海平面下降阶段则以发育薄基底类为主。根据这些特征在莲花山组中可以识别出两个三级沉积层序 (SQ1-SQ2,图 6)。在那高岭组中,发育较多的陆棚相砂页岩夹层,从而构成若干的波浪动力型米级旋回层序,这种类型的米级旋回层序由陆棚相砂页岩与滨岸相砂岩组成因而以反粒序序列为特征,在三级海平面上升阶段陆棚相砂页岩发育反之则发育滨岸相砂岩,根据这些特征在那高岭组中可识别出两个三级沉积层序 (SQ3-SQ4)。

益兰组和塘丁组构成一个三级沉积层序 (SQ5,图 6),在益兰组中主要为一套台盆相黑色页岩,发育竹节石化石如 *Nowakia subtilis* 等,属浪基面之下的深水环境的产物;塘丁组中发育较多的粉砂质泥灰岩及泥晶灰岩层,自下而上灰岩层变厚,其中发育竹节石化石如 *Nowakia richteri* 等,在其上部见腕足类化石如 *Euryspirifer* sp. 等,且生物介壳常构成透镜体和透镜层从而构成风暴介壳缩聚层,由此表明该组为台棚相地层,属浪基面附近及风暴浪基面之上的宁静水体的

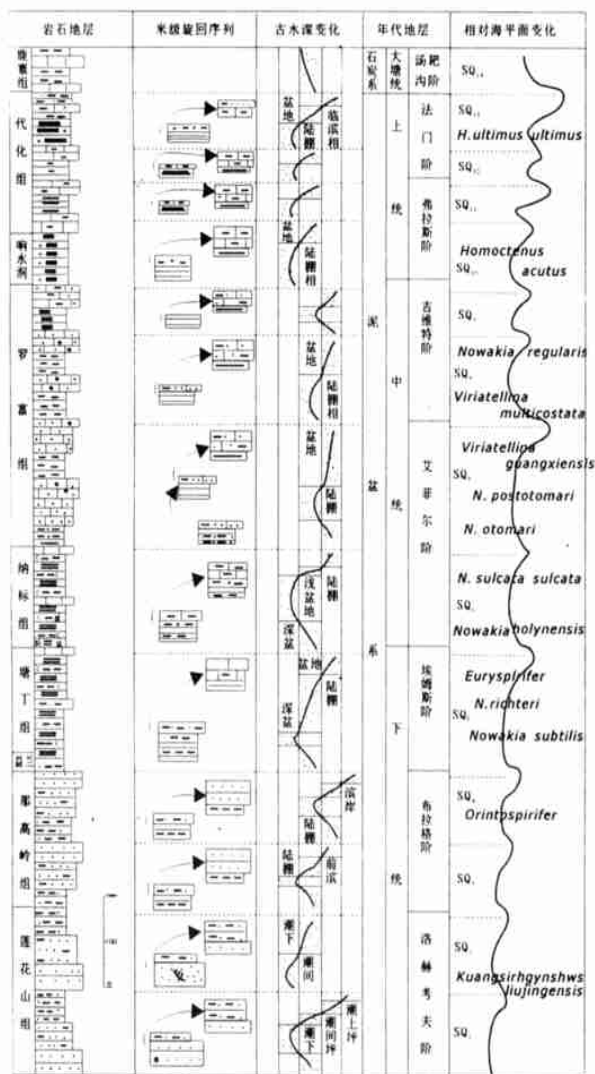


图 6 广西南丹罗富剖面泥盆系层序地层划分

Fig. 6 The division on sequence stratigraphy of Devonian in Luofu section of Nandan county in Guangxi

产物,这就是在台沟背景中三级层序的高水位体系域的基本特点

中泥盆统的那标组和罗富组,包含四个三级沉积层序(SQ6 SQ7 SQ8 SQ9,图 6) 大致相当于那标组的地层构成一个三级沉积层序(SQ6),其下部以黑色页岩和硅质岩夹少量薄层泥灰岩,局部发育 L-M 型米级旋回层序,属台盆相地层;上部地层则发育较多较厚的灰岩和泥灰岩层,发育 L-M 型及潮下型米级旋回层序,构成台棚相地层,组成该三级层序的高水位体系域的特点。罗富组中可以识别出三个三级沉积层序 SQ7 SQ8 SQ9,图 6),这些三级层序的基本特点是:(与三级相对海平面上升相响应的过程中发育台盆相页岩系,而与三级海平面下降相响应的结果是发育台

棚相砂页岩及泥质砂岩、粉砂岩

上泥盆统的响水洞组和代化组,包含四个三级沉积层序(SQ10 SQ11 SQ12 SQ13,图 6),其中发育深水相的竹节石和菊石化石,竹节石有 *Nowakia regularis* *Homoctenus acutus*等,菊石有 *Probeloceras applanatum* *Manticoceras cordatum* *Wocklumenia clymenia*等。响水洞组的台盆相硅质岩构成 SQ10 的海侵体系域,而代化组底部的台棚相泥晶灰岩及泥灰岩则构成 SQ10 的高水位体系域;代化组中的其它三级层序即 SQ11 SQ12 SQ13,在与三级相对海平面上升相响应的环境加深过程中,发育台盆相黑色页岩、硅质岩夹薄层灰黑色泥灰岩,由它们构成若干 L-M 型米级旋回层序;在与三级相对海平面下降相响应的环境变浅过程中,以发育台棚相泥晶灰岩为主,从而发育潮下型碳酸盐岩米级旋回层序,由此而构成三级层序的高水位体系域的特点

5 泥盆系层序地层格架

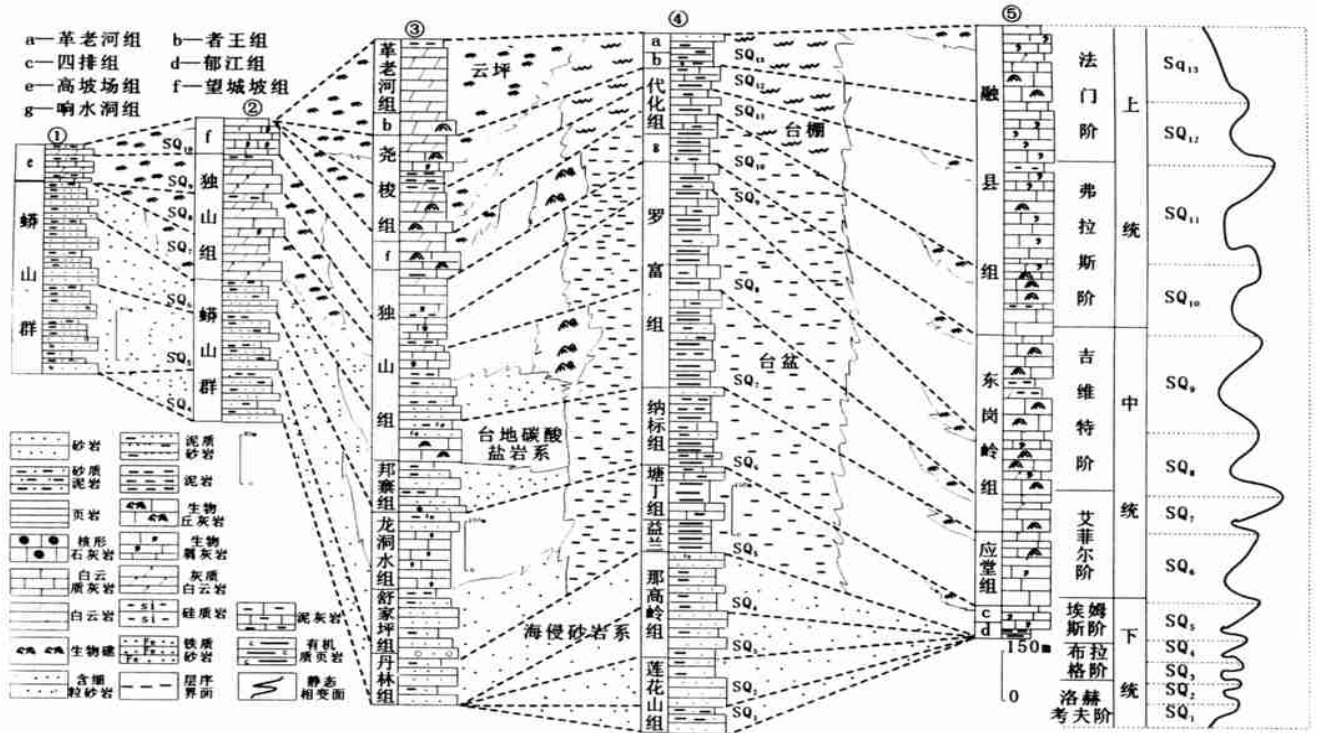
综合上述的单剖面描述,选取贵阳乌当、都匀绿荫桥、贵州独山、广西南丹罗富、广西隆林德峨等代表不同沉积古地理背景的剖面,进行区域对比,得出图 7 所示的区域层序地层格架。对比的结果表明了地层记录中复杂而有序的时间相变和空间相变,以及由此而反映出的地层记录中的间断面穿时和相变面穿时。

泥盆系底部的地层,为一套海侵砂岩系,其形成时代自南部的罗富向北到贵阳层位逐渐变高;在南丹罗富剖面称莲花山组和那高岭组,可以划分为四个三级层序(SQ1至 SQ4);贵州独山该海侵砂岩系被划分为丹林组(群)与舒家坪组,时代属布拉格晚期到埃姆斯早期,相当于泥盆系底部的三个三级层序(SQ1 SQ2 SQ3,图 7)在该剖面呈海侵尖灭,丹林组构成一个三级层序即 SQ4而舒家坪组砂岩系则作为 SQ5 的海侵体系域,到中泥盆世还发育海侵砂岩系即邦邦寨组砂岩和独山组宋家桥段砂岩,但他们分别作为三级层序 SQ6和 SQ7 的海侵体系域而夹在台地相灰岩系之间。在靠近古陆的都匀绿荫桥剖面,泥盆系底部的海侵砂岩系称鳞山群,其形成时代属早泥盆布拉格期晚期至中泥盆艾菲尔期早期,其中可以识别出三个三级层序即: SQ4 SQ5 SQ6,相当于泥盆系底部的三个三级层序在该剖面呈海侵尖灭。在更靠近古陆的贵阳乌当剖面,泥盆系下部的海侵砂岩系也称为鳞山群,其形成时代属早泥盆埃姆斯期到中泥盆艾菲尔期,其中包含三个三级层序即 SQ5 SQ6 SQ7,而相当于早泥盆洛赫考夫期及布拉格期的地层所构成的四个三级层序(SQ1至 SQ4)在该剖面也呈海侵尖灭而不发育。这种

由南而北泥盆系底部地层逐渐海侵尖灭的现象,说明加里东运动造成了大范围的古地理变迁。在孤立台地内部,泥盆系底部的地层也出现不同的海侵尖灭,如隆林德峨剖面相当于 SQ1 至 SQ4 的地层尖灭,说明埃姆斯期的海侵事件才使泥盆纪前的地形相对较高的地区受到海水覆盖。

由于泥盆纪与石炭纪之交的紫云运动的影响,使泥盆系顶部的地层造成海退尖灭,这在连陆台地上表现的最为明显。如从贵州独山经都匀绿荫桥到贵阳乌当剖面(图 7),晚泥盆世望城坡组所构成的 SQ10,从

以开阔海台地相灰岩为主变为以潮坪相白云岩为主;而 SQ11、SQ12、SQ13 这三个沉积层序,从独山到都匀就已经逐渐尖灭,使紫云运动不整合面在独山一带表现为两幕即 SQ11 之顶和 SQ13 之顶,而在都匀至贵阳则合二为一形成一个间断更长时间的一个不整合面。更为特殊的是,由于中泥盆世艾菲尔末期的海口运动的影响,在古陆边缘的贵阳乌当还造成了三级层序 SQ8 的缺失,如图 7 所示在广西横县六景剖面与海口运动相关的环境变浅过程造成强烈的白云石化作用使那叫组构成的 SQ6、SQ7 均为一套白云岩。



在图中 ① 为贵阳乌当剖面, ② 为都匀绿荫桥剖面 ③ 为贵州独山剖面 ④ 为南丹罗富剖面 ⑤ 为隆林德峨剖面

图 7 黔桂地区泥盆系层序地层格架

In figure, ① = Wudang section of Guiyang, ② = Lvyinqiao section of Duyun,

③ = Dushan section of Guizhou, ④ = Luofu section of Nandan, ⑤ = De'e section of Longlin

Fig. 7 Sequence-stratigraphy framework of Devonian in Guizhou and Guangxi area

6 结语

层序地层研究的结果表明,黔桂地区泥盆系的三级沉积层序划分与国外如 Ross 等^[19]和 Johnson 等^[20]不完全一致,究其原因可能是三级海平面相对变化除了受全球海平面变化的控制外,还受到区域构造背景的控制;层序地层格架所代表的地层记录中的两种相变面和两种穿时性,是地层记录复杂性的本质体现。三级海平面变化是否具有全球等时性,还是一个有争论的问题,而且在相当长的时间内还将继续争论,由此而

产生若干问题还有待于今后进一步研究

参考文献 (References)

- 侯鸿飞,曹宣铎,王士涛,鲜思远,王金星. 中国地层典(泥盆系) [M]. 北京:地质出版社, 2000. 1~118 [Hou Hongfei, Cao Xuandu, Wang Shitao, Xian Siyuan, Wang Jinxing. Chinese stratigraphic lexicon (Devonian system) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000. 1~118]
- 赵自强,丁启秀主编. 中南区区域地层 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996. 71~123 [Zhao Ziqiang, Ding Qixiu. The regional stratigraphy in central and south part of China [M]. Wuhan: China

- University of Geosciences Press, 1996. 71~ 123]
- 3 董卫平主编. 贵州省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 143~ 220 [Dong Weiping. Lithostratigraphy in Guizhou [M]. Wuhan China University of Geosciences Press, 1997. 143~ 220]
 - 4 殷保安主编. 广西壮族自治区岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 52~ 191 [Yin Baoan. Lithostratigraphy in Guangxi [M]. Wuhan China University of Geosciences Press, 1997. 52~ 191]
 - 5 曾允孚, 张锦泉, 刘文均等. 中国南方泥盆纪岩相古地理与成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1994. 1~ 120 [Zen Yunfu, Zhang Jinquan, Liu Wenjun, Zhou Huailin, Chen Hongde. Devonian lithofacies paleogeography and mineralization in south China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1~ 120]
 - 6 吴诒, 周怀玲, 蒋廷操等. 广西泥盆纪沉积相古地理及矿产 [M]. 南宁: 广西人民出版社, 1987. 1~ 256 [Wu Yi, Zhou Huailing, Jiang Tingchao. Devonian facies paleogeography and relatively mineral deposits of Devonian in Guangxi [M]. Nanning Guangxi People's Publishing House, 1987. 1~ 256]
 - 7 钟铿, 吴诒, 殷保安等. 广西的泥盆系 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 1~ 370 [Zhong Keng, Wu Yi, Yin Baoan, *et al.* Devonian system of Guangxi [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1992. 1~ 370]
 - 8 邝国敦, 赵明特, 陶业斌编著. 广西六景泥盆系剖面 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989. 1~ 155 [Kuang Guodun, Zhao Mingte, Tao Yebin. The standard Devonian section of China Liujing section of Guangxi [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1989. 1~ 154]
 - 9 许效松, 牟传龙, 林明著. 露头层序地层与华南泥盆纪古地理 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 1~ 288 [Xu Xiaosong, Mou Chuanlong, Lin Ming. The outcrop sequence stratigraphy of Devonian and paleogeography in south-China [M]. Chengdu Chengdu University of Sciences and Technology Press, 1993. 1~ 288]
 - 10 吴诒, 龚一鸣, 杜远生. 华南泥盆纪层序地层及海平面变化 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 1~ 98 [Wu Yi, Du Yuansheng, Gong Yiming. Devonian sequence stratigraphy and the relative sea-level changes in South-China [M]. Wuhan China University of Geosciences Press, 1997. 1~ 98]
 - 11 杨惠民, 刘炳温, 邓宗怀等. 滇黔桂海相碳酸盐岩地区最佳油气保存单元的评价与选择 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1999. 4~ 63 [Yang Huiming, Liu Binwen, Deng Zonghuai, *et al.* Value and Selection to the Best Gas-Oil Keeping Unite of Marine Carbonate Area in Yunnan, Guizhou and Guangxi [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1999. 4~ 63]
 - 12 梅冥相, 马永生, 戴少武等. 南盘江盆地晚古生代盆地充填序列特征及生储盖组合划分 [J]. 现代地质, 2001, 15(1): 74~ 82 [Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Dai Shaowu, *et al.* Late Paleozoic filling succession of the Dianqiangui Basin and the division of association of oil-generating strata, reservoir, and capping bed [J]. Geosciences, 2001, 15(1), 74~ 82]
 - 13 吴浩若. 广西加里东运动构造古地理问题 [J]. 古地理学报, 2000, 2(1): 70~ 76 [Wu Haoruo. A discussion on the tectonic paleogeography related to the Caledonian movement in Guangxi [J]. Journal of Paleogeography, 2000, 2(1): 70~ 76]
 - 14 陈旭, 阮亦萍, A J 布科主编, 中国古生代气候演变 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 40~ 53 [Chen Xu, Ruan Yiping, A J Boucot. The climate evolution of Paleozoic in China [M]. Beijing: Sciences Press, 2001. 40~ 53]
 - 15 梅冥相, 马永生. 从旋回层序的特征论地层记录的两种相变面及两种穿时性 [J]. 地层学杂志, 2001, 25(2): 150~ 153 [Mei Mingxiang, Ma Yongsheng. On two kinds of Facies-change surface and two kinds of diachronism in stratigraphical records according to the natures of cyclic-sequences [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25(2): 150~ 153]
 - 16 梅冥相. 从地层记录的特征论岩石地层学的困惑 [J]. 地层学杂志, 1996, 20(3): 207~ 212 [Mei Mingxiang. On the perplexity of lithostratigraphy according to the natures of stratigraphic records [J]. Journal of Stratigraphy, 1996, 20(3): 207~ 212]
 - 17 周希云. 贵州泥盆纪几个地层问题的讨论 [J]. 贵州地质, 1992, 9(4): 331~ 339 [Zhou Xiyun. On discussion of the several problems on Devonian stratigraphy [J]. Guizhou Geology, 1992, 9(4): 331~ 339]
 - 18 Enos P, Wei Jayong, Lehrmann D J. Death in Guizhou-Late Triassic drowning of the Yangtze carbonate platform [J]. Sedimentary Geology, 1998, 118: 55~ 76
 - 19 Johnson J G, Klapper G. North American Midcontinent Devonian T-R cycles [J]. Oklahoma Geological Survey Bulletin, 1992, 145: 127~ 135
 - 20 Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic transgressive-regressive deposition [A]. In Wilgus C K, ed. Sea-level Changes an Integrated Approach [C]. SEPM Spec Pub, 1988, 42: 227~ 247

Devonian Sequence Stratigraphy and Relative Sea-level Changes in Guizhou and Guangxi Area, South China

MEI Ming-xiang GAO Jin-han LI Dong-hai MENG Qing-fen YI Ding-hong
(Faculty of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract There is a great change of paleogeography setting resulted from the Caledonian orogeny at the end of Silurian in Guizhou and Guangxi area in south China, the Dianqiangui oldland in early Paleozoic evolved as the Dianqiangui sea in late Paleozoic. In the initial stage of Devonian Period, seawater is onlapped

gradually from the south to the north caused by transgression, so the bottom part of Devonian system is constituted by a set of transgressive clastic sedimentary rock. The great scale transgressive event at the end of the early Epoch of Devonian forms evident differentiation of depositional facies in Guizhou and Guangxi province, a lot of isolated carbonate platforms are developed in Dianqiangui Basin, the special paleogeographic setting marked by "platforms-basins-hills-trough" is formed and lasted to the early stage of the late Epoch of Devonian. The strata of the upper Epoch of Devonian become regressive thin out from paleosea to oldland resulted from the Ziyun epeirogeny that took place in the transitional period from Devonian Period to Carboniferous Period. On the basis of the study on the evolutionary natures of sediments in time and the distribution characters of sedimentary facies in space, 13 third-order sedimentary sequences are discerned in Devonian strata in Guizhou and Guangxi province, which could be grouped into one second-order tectonic sequence. In terms of the correlation on biostratigraphy, the sea-level changes delegated by third-order sequences with different architecture natures of facies-succession also could be correlative in research region, in the end, the framework of sequence stratigraphy could be constructed. Many characters such as two elementary natures of third-order sequences—"the regularity of facies-succession in space and the synchronism of the changes of sedimentary environment in time", two kinds of diachronism that are relative to two types of facies-changing surfaces—"the diachronism of facies-changing surfaces caused by static facies-changing surface and the diachronism of punctuated surfaces formed by dynamic facies-changing surfaces" in stratigraphic records, are clearly demonstrated in the framework of sequence stratigraphy.

Key words the framework of sequence stratigraphy, Devonian system, Guizhou and Guangxi area in south China

(Continued from page 296)

model as in ordinary transgression process. The bottom floor of the coal seam is root clay, and there is interruption of sedimentation, which can be used as an important interface in dividing high-resolution sequences and the inside units. In the transgression event coal formation model has been proposed in the paper, the authors mainly emphasize the accidental event property. The transgression event played a controlling role in the aggregation of coal in the epicontinental sea basin. Peat accumulation results from the evolution of the environment caused by the rising of base level ahead of transgression. The peat accumulation can be said to take place during the period of sea level oscillation. If the accommodation needed for peat accumulation is stable for a long period, thick coal seam could be formed. The fact is that large scales of transgression enlarge the accommodation abruptly, which was not suitable for coal accumulation. Peat was submerged in deep water and coalification took place in a complete deoxidizing condition, also the gelatification was fairly complete. The happening process is of accidental property and eventually the combined sediment of sea facies limestone and coal seams is of isochronism. It can be seen that the coal seam and its top floor are of the same facies which is widespread and stable in the basin and is isochronic, so, being of practical significance in dividing sequences of different orders. The study shows that there exists coal formed with both transgression and regression sedimentary series in the epicontinental sea basin, and the transgression event is the typical characteristic of the sea level change in epicontinental sea basin. The transgression event resulted in the event of coal aggregation. Furthermore, discussed in the paper, are the mechanism coal formation under transgression events and its significance and function in the recognition of sequence interface and division of different sequence units.

Key words transgression events, aggregation of coal under "event", epicontinental sea basin