

滇黔桂盆地及其邻区石炭纪至二叠纪层序地层格架及三级海平面变化的全球对比

梅冥相 马永生 邓军 初汉民 刘智荣 张海

(中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要:属于被动大陆边缘裂谷盆地的滇黔桂盆地,自加里东运动之后,泥盆纪开始拉开,整个晚古生代延续发展。受同生断裂的控制,在深水盆地中发育大小不等的孤立碳酸盐台地,因而在滇黔桂盆地及其邻区形成特殊的“台—盆—丘—槽”的古地理格局。对不同古地理背景下的典型剖面进行三级层序划分并对其进行空间追索和对比,在滇黔桂盆地及其邻区的石炭纪和二叠纪地层中可以识别出 12 个三级层序,相当于晚古生代 25 个三级沉积层序(2~5 Ma;SQ₁至 SQ₂₅)中的 SQ₁₄至 SQ₂₅;以地层记录中的两种相变面和两种穿时性为基本要素,可以建立研究区石炭系和二叠系的层序地层格架;层序地层格架反映了三级层序的基本特征;空间上相序的有序性和时间上环境变化的同步性。研究区的石炭系和二叠系,主要为一套碳酸盐岩地层,其中在连陆台地上发育 3 套煤系地层,它们分别组成石炭纪三级层序 SQ₁₅、跨系的三级层序 SQ₁₉ 的 HST 以及二叠纪吴家坪期的三级层序 SQ₂₄;而且在连陆台地边缘和孤立台地上,于阳新世的茅口亚世以及乐平世的长兴期发育海绵生物礁,海绵生物礁分别构成了以下二叠系三级层序即阳新世的 SQ₂₂ 和 SQ₂₃ 以及长兴期的 SQ₂₅。3 套煤系地层和两套海绵生物礁的发育,使研究区的石炭系和二叠系形成了一个与欧美地区完全不同的层序地层序列。在研究区石炭系和二叠系所识别出的 12 个三级层序中,石炭纪—二叠纪船山世地层可以划分出 6 个三级层序。这种划分与 Busch 等对北美相同层位的划分相似,也就是说该 6 个三级层序的形成时限大于 10 Ma;较长的形成时限可能反映了形成在联合古陆汇聚时期即全球构造相对稳定时期三级海平面变化的一个特性。因此,研究区的石炭系和二叠系所识别和划分出的 12 个三级层序,其数量比 Ross 和 Ross (1985)对欧美地区石炭系和二叠系所划分出的 50 多个三级层序要少得多。

关键词:层序地层格架;三级海平面变化的全球对比;石炭纪;二叠纪;滇黔桂盆地

中图分类号:P534.45~46 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2005)01-0013-12

志留纪末期的加里东运动使扬子板块与华夏板块基本上连接成一个统一的华南板块,自早泥盆世晚期开始,陆壳在拉张机制作用下,开始逐步形成一系列主要为长形的沉积盆地^[1],包括上扬子盆地、扬子南缘盆地、扬子西缘盆地、滇黔桂盆地、湘桂盆地和钦州盆地(图 1)。笔者的工作主要以滇黔桂盆地为中心,邻区涉及了扬子南缘盆地、湘桂盆地和钦州盆地。滇黔桂盆地属于被动大陆边缘裂谷盆地,泥盆纪拉开,石炭纪延续,二叠纪发展。其范围包括滇东南、黔南、桂西及桂西南地区,西部和北部为扬子南缘盆地,东部为湘桂盆地,南部为钦州盆地。从扬子南缘盆地经滇黔桂盆地到钦州盆地,大致与 Enos^[2-4]等所称的“南盘江盆地”的范围相近(图 1)。在研究区内,受北西向和北东向两组断裂活动的影响和

控制,从早泥盆世晚期到二叠纪于深水盆地中发育大小不等的孤立碳酸盐台地,孤立台地之间为深水台棚相及台盆相沉积,与连陆台地形成明显的沉积相分异(图 2);由于断裂活动强度的差异,连陆台地边缘礁滩相带从泥盆纪到二叠纪产生了明显的空间迁移;强烈的东吴运动不但使钦州盆地关闭,而且使南部的孤立台地,如南宁孤立台地和靖西孤立台地上的二叠系乐平统发育不全^[5-9]。复杂而有序的空间相变与时间相变,形成了一个复杂的盆地充填序列,充分表明了地层记录中的两种相变面和两种穿时性——静态相变面及其相变面穿时、动态相变面及其间断面穿时^[10];在石炭系和二叠系中,连陆台地上三套煤系地层的发育,连陆台地边缘和孤立台地上两套海绵生物礁的发育,表明了研究区形成了一个与

收稿日期:2004-02-02;改回日期:2004-09-20

基金项目:中国石油化工股份有限公司科技工程重点项目(NPJ-2002-19)资助。

作者简介:梅冥相,男,1965年生,博士,教授,主要从事地层学与沉积学研究;E-mail:meimingxiang@263.net。

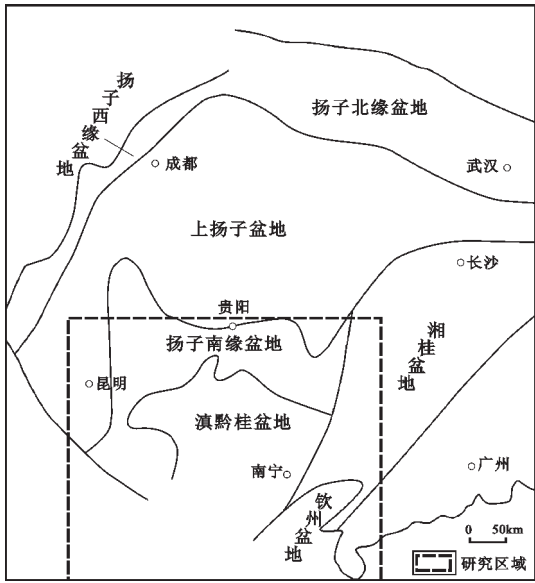


图1 中国南方泥盆纪—中三叠世沉积盆地划分简图^[1]

Fig.1 Distribution of Devonian to Middle Triassic sedimentary basins in southern China

欧美地区存在较大差异的层序地层序列。前人的许多研究成果,如金玉干等^[11-12]、邝国敦等^[13]在年代地层学方面,董卫平等^[14]、殷保安等^[15]、张远志等^[16]在岩石地层学方面,冯增昭等^[17-19]在岩相古地理方面,王成善等^[20]在层序地层学方面,均为笔者的研究工作奠定了良好的基础。同中国南方一样,石炭系分为4个统即岩关统、大塘统、威宁院统和马平统,包括8个阶;二叠系分为船山统、阳新统和乐平统,包括8个阶;笔者所采用的年代地层划分方案主要根据金玉干等^[11-12]的研究成果。

1 石炭系至二叠系船山统层序地层

在研究区内,选取不同古地理背景下的典型剖面进行层序地层划分(图2),在前人生物地层和年代地层研究的基础上进行空间追索和对比,即可建立层序地层格架(图3)。该时期是沉积相分异较不明显的时期,台间盆地中的暗色细粒沉积逐渐演变为开阔海台地相沉积就表明了这一点。石炭系至二叠系船山统构成6个三级沉积层序(SQ₁₄至SQ₁₉;图3),可以进一步归为2个二级构造层序;二级构造层序的界面主要是造成古地理背景发生巨大变化的区域平行不整合面,包括紫云运动第二幕不整合面、黔桂运动第一幕和第二幕的不整合面^[21]。石炭系至二叠系船山统,包括3个部分的地层:下部在分布局限的汤耙沟组灰岩之上发育祥摆组煤系地层,该部分地层呈明显的海侵尖灭产出,在古陆边缘汤耙沟组灰岩地层尖灭的地方如贵阳至都匀一带,祥摆组煤系地层则构成了石炭系最底部的地层;中部为大套碳酸盐岩地层,连陆台地上包括旧司组、上司组、大埔组(摆佐组)、黄龙组和马平组,特别

是黄龙组与马平组的形成时期是晚古生代相分异最不明显的时期,向古陆边缘灰岩变少而白云岩增多;上部地层最明显的特点是在二叠纪船山世晚期于连陆台地上发育梁山组煤系地层,该套煤系地层从北向南变薄尖灭,呈一个楔状体覆盖在马平组灰岩之上。在孤立台地上,全为碳酸盐岩地层,且不发育煤系地层;在受到同生断裂带制约的台间盆地中,主要由暗色细粒沉积物所组成,从下向上沉积特征与连陆台地的差异越来越小;在南部的钦州盆地中,这些三级层序主要由深水盆地相泥页岩和硅质岩组成。地层格架所(图3)反映出的沉积相的时间演化特点和空间展布特征在年代层序地层格架(图4)中表现得更清楚。

石炭系底部的三级层序SQ₁₄在广西的孤立台地上以及贵州南部连陆台地的靠海盆部分发育较全,主要为一套碳酸盐岩沉积;但是其分布范围较小,向古陆边缘如贵阳至都匀一带则逐渐尖灭,形成时限大致相当于石炭纪岩关世的汤耙沟期。

SQ₁₅在连陆台地上为一套煤系地层即祥摆组,在孤立台地上为一套灰岩地层,在台间盆地背景中则以暗色细粒沉积物为特征。同SQ₁₄一样,SQ₁₅的顶部于连陆台地上普遍发育古土壤层而显示出较明显的暴露间断面所代表的不整合面,分别归为紫云运动第三幕与第四幕的不整合面。

在连陆台地上,SQ₁₆由一套碳酸盐岩地层所构成,包括旧司组和上司组,向古陆边缘变薄并且从以灰岩为主变为以白云岩为主。在垂向上,海侵体系域以灰岩为主,而与三级海平面下降相应的环境变浅过程中则发育较多的白云岩地层,这种特点在孤立台地上的隆安都结剖面表现得更为明显。SQ₁₄至SQ₁₆(图3~4)构成一个三级层序的退积序列,它们的分布范围由小变大即表明了这一点。

在连陆台地和孤立台地上,SQ₁₇由一套以白云岩为主的地层组成,广西称为大埔组,贵州则称摆佐组。白云岩的普遍发育代表了一次具有一定规模的构造抬升,因此,把该三级沉积层序的顶界面厘定为黔桂运动第一幕不整合面。在其海侵体系域中,灰岩层发育较多;与三级海平面下降相应的环境变浅过程中则以白云岩为主。在连陆台地上,向古陆边缘地层厚度变薄并且白云岩变多。以黔桂运动第一幕不整合面为分界面,SQ₁₄至SQ₁₇组成一个二级构造层序。

SQ₁₈大致由黄龙组所组成,在连陆台地上与孤立台地上均为大套灰岩地层,只是在层序的顶部发育较多的白云岩层,在海侵体系域和早期高水位体系域中还发育较多较厚的泥晶生物丘灰岩以及核形石凝块石灰岩。古陆边缘的贵阳至都匀一带,则主要由白云岩地层所构成,而且厚度明显变小。

在连陆台地和孤立台地上,SQ₁₉主要由马平组灰岩所构成,其形成时期的沉积相分异相对最不明显,形成时代大致包括石炭纪马平世小独山阶以及二叠纪船山世。在层序的底部产石炭纪植物化石 *Triticites* 等,中上部则产二叠纪植物化石如 *Pseudoschwagerina*, *Sphaeroschwagerina* 等。该三级沉积层序的最显著特征是,海侵体系域和早期高水位体系域以灰岩层

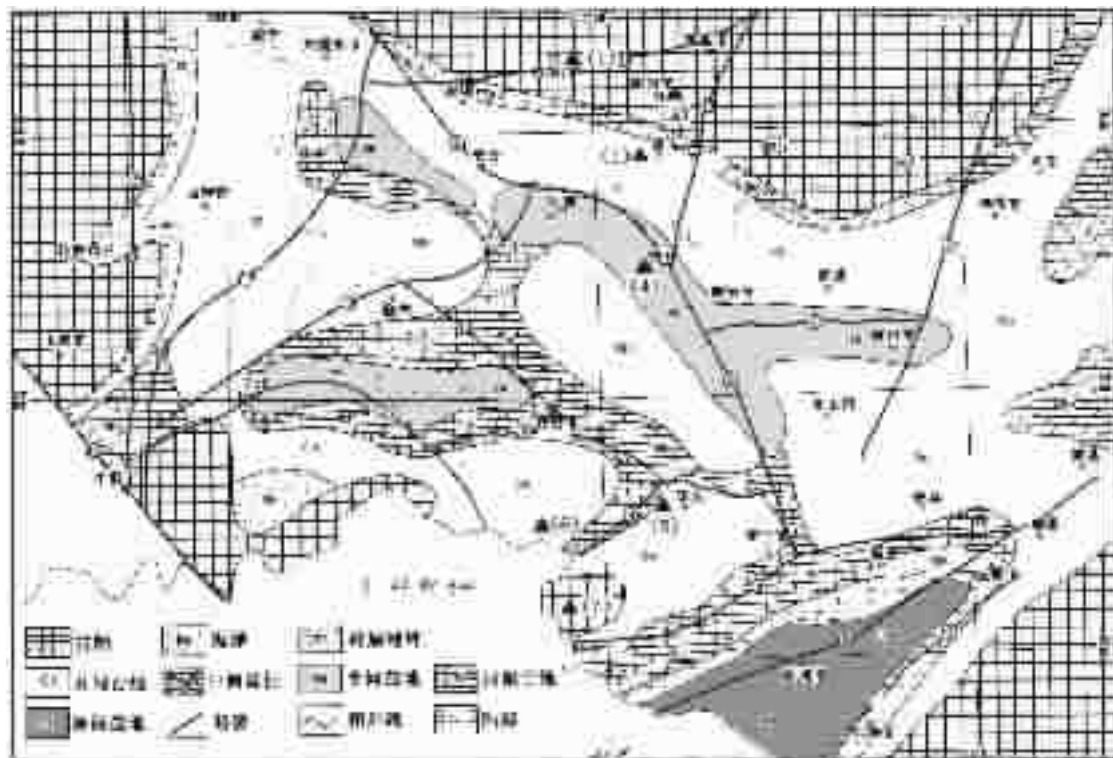


图 2 滇黔桂盆地及其邻区石炭纪汤耙沟期(SQ₁₄的形成时期)岩相古地理图

图中黑色三角形代表主要的实测剖面:(1)—贵阳乌当剖面;(2)—都匀斑庄剖面;(3)—平塘卡洛剖面;(4)—南丹雍里剖面;(5)—隆安都结剖面;

图中带圈的数字所示的断裂带分别为:①—博白断裂;②—灵山断裂;③—宁明—南宁断裂;④—下雷—灵马断裂;

⑤—紫云—罗甸—南丹—都安断裂;⑥—宜山断裂;⑦—永福—来宾断裂;⑧—田阳断裂;⑨—丘北—广南—富宁—那坡断裂;

⑩—右江断裂;⑪—南盘江断裂;⑫—弥勒—师宗—普安断裂;⑬—小江断裂;⑭—贵阳—黄平断裂;⑮—红河断裂

Fig.2 Schematic map showing Carboniferous Tangbagouan (the formation stage of depositional sequence SQ₁₄) sedimentary facies and paleogeography in the Yunnan-Guizhou-Guangxi basin and its adjacent areas

Black triangles denote main stratigraphic sections: (1)—Wudang section in Guiyang; (2)—Banzhuang section in Duyun;

(3)—Kalu section in Pingtang; (4)—Yongli section in Nandan; (5)—Dujie section in Long'an. The main faults: ①—Bobai fault;

②—Lingshan fault; ③—Ningming-Nanning fault; ④—Xialei-Lingma fault; ⑤—Ziyun-Luodian-Nandan-Du'an fault; ⑥—Yishan fault;

⑦—Yongfu-Laibin fault; ⑧—Tianyang fault; ⑨—Qiubei-Guangnan-Funing-Napo fault; ⑩—Youjiang fault; ⑪—Nanpanjiang fault;

⑫—Mile-Shizong-Pu'an fault; ⑬—Xiaojiang fault; ⑭—Guiyang-Huangping fault; ⑮—Honghe fault

为主,在层序顶部的晚期高水位体系域中发育较多的白云岩;在连陆台地上如贵阳经都匀至独山一带,SQ₁₉的顶部发育一套煤系地层即梁山组,构成其晚期高水位体系域,该套煤系地层的厚度从南向北由厚变薄,正好与马平组灰岩地层相反。在贵州,以前的大多数学者认为梁山组煤系地层与马平组灰岩地层之间为区域平行不整合面,厘定为“黔桂运动”不整合面;因此,贵州的黔桂运动不整合面的形成时代极不协调。实际上,梁山组与马平组之间只是一个沉积物转换面,真正的不整合面位于梁山组煤系地层之顶,在梁山组煤系顶部普遍发育的由铝土铁质岩系构成的古风化壳是识别该不整合面的主要标志。SQ₁₉中部的最大海泛期是规模较大的海

侵期,海水漫遍整个中国南方的大部分地区,由于海岸线大幅度地向古陆剥蚀区推进,使陆源沉积物进入沉积区而形成浑水海域,沉积了梁山组下部的砂泥岩系地层;在三级海平面停滞期及下降期,当南部的马平组灰岩顶部产生白云石化时,北部地区于碎屑岩沉积上形成沼泽化环境而成煤。黔桂运动所造成构造抬升,在梁山组含煤碎屑岩系的顶部普遍形成古风化壳。

伴随着SQ₁₇顶界面所代表的黔桂运动第一幕及其之后,研究区的沉积相分异进入了一个最不明显的时期,在盆地背景的广西南丹雍里剖面,SQ₁₄至SQ₁₆的海侵体系域中发育较多的盆地相泥页岩地层,而在SQ₁₇至SQ₁₉中则主要为大套灰岩地层。

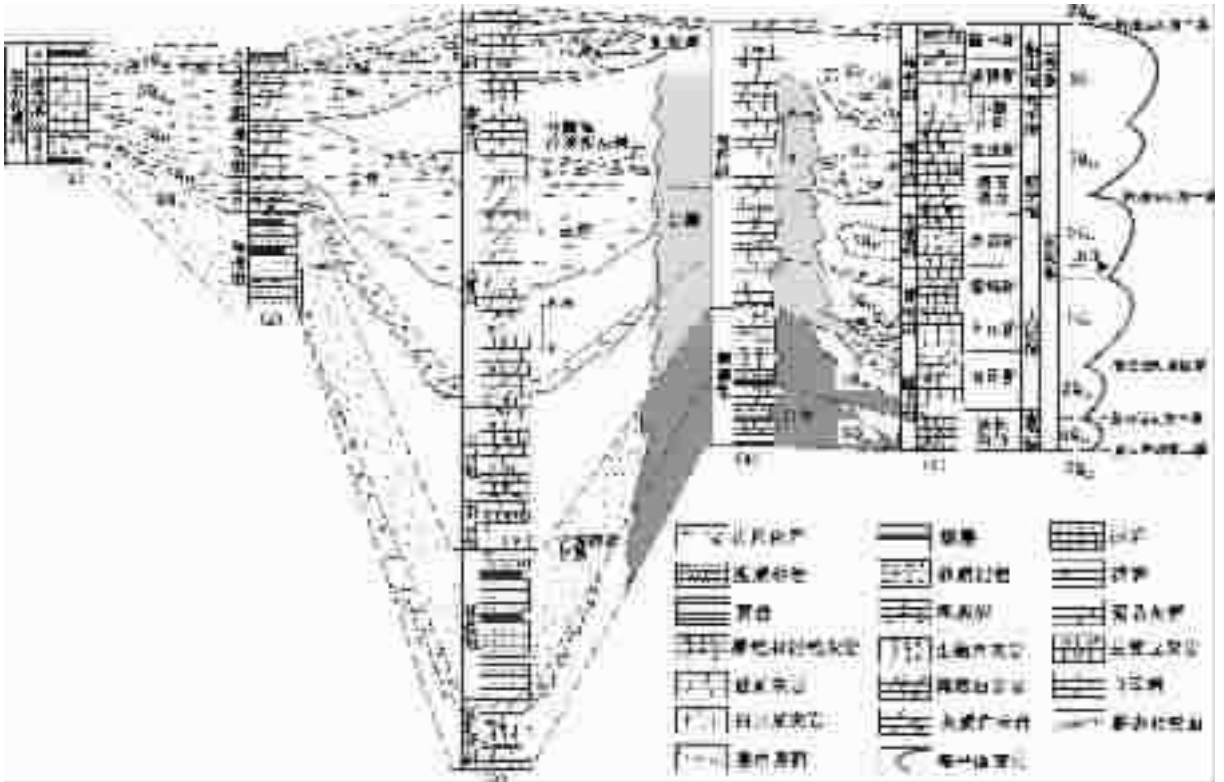


图3 滇黔桂盆地及邻区石炭纪至二叠纪船山世层序地层格架

(1)至(5)为层序地层对比所应用的主要剖面:(1)—贵阳乌当剖面;(2)—都匀斑庄剖面;(3)—平塘卡洛剖面;(4)—南丹雍里剖面;(5)—隆安都结剖面;位置见图2所示。a至e代表的岩石地层单位分别为:a—梁山组;b—马平组;c—上司组;d—旧司组;e—祥摆组

Fig. 3 Carboniferous to Permian Chuanshanian sequence stratigraphic framework in the Yunnan-Guizhou-Guangxi basin and its adjacent areas

(1) to (5) are the main sections for the sequence stratigraphic correlation:(1)—Wudang section in Guiyang;(2)—Banzhuang section in Duyun;(3)—Kaluo section in Pingtang;(4)—Yongli section in Nandan;(5)—Dujie section in Long'an; Their locations are shown in Fig. 2. The lithostratigraphic units designated as a to e are:a—Liangshan Formation;b—Maping Formation;c—Shangsi Formation;d—Jiusi Formation;e—Xiangbai Formation

2 二叠纪阳新世和乐平世层序地层

跨系的三级层序 SQ_{19} 的形成时期,与其三级海平面上升相关的海侵作用虽然速率不大但是其幅度较大,使变为一片海域,造成其高水位体系域的梁山组煤系地层直接覆盖在以前不同时代的地层之上,而且古地理格局也发生了较大变化。滇黔桂盆地的二叠系地层由老到新依次为:船山统马平组与梁山组,其中梁山组为含煤碎屑岩系,船山统与阳新统过渡时期为黔桂运动主幕的不整合面;中部阳新统分为栖霞组与茅口组,以一套碳酸盐岩为主,在连陆台地边缘和孤立台地上茅口组发育海绵生物礁^[22-24],阳新统与乐平统过渡时期为东吴运动主幕的不整合面;乐平统在连陆台地上发育煤系地层,包括贵州的龙潭组煤系地层(向西到云南为宣威组煤系),广西的孤立台地上局部也发育煤系地层称为合山组,此时在连陆台地边缘以及孤立台地上于长兴期发育海绵生

物礁^[22-24],在盆地背景中则发育盆地相泥页岩沉积称为领薨组,二叠纪与三叠纪之间为一个较典型的淹没不整合面^[25,26],以三叠系底部的盆地相泥页岩系直接覆盖在二叠系顶部不同相带的沉积之上为特征。乐平世是台地和盆地相分异明显的时期。对不同古地理背景下的典型剖面的层序地层划分(图5)并在前人^[19]年代地层研究成果的基础上对三级层序进行空间追索和对比的结果,可以建立的层序地层格架(图6);包括跨系的三级沉积层序 SQ_{19} ,在二叠纪地层中可以识别出7个三级沉积层序(图6的 SQ_{19} 至 SQ_{25})。层序地层格架(图6)所反映出的沉积物的时间演化序列和沉积相的空间展布形式,在年代层序地层格架(图7)中表现得更加清楚。

中二叠世阳新统大致包含4个三级沉积层序(图5~6中的 SQ_{20} 至 SQ_{25})。作为三级层序 SQ_{25} 顶界面的东吴运动第一幕不整合面,以及作为 SQ_{20} 底界面的船山统和阳新统之交的黔桂运动第二幕不整合面,意味着阳新世的4个三级层序组

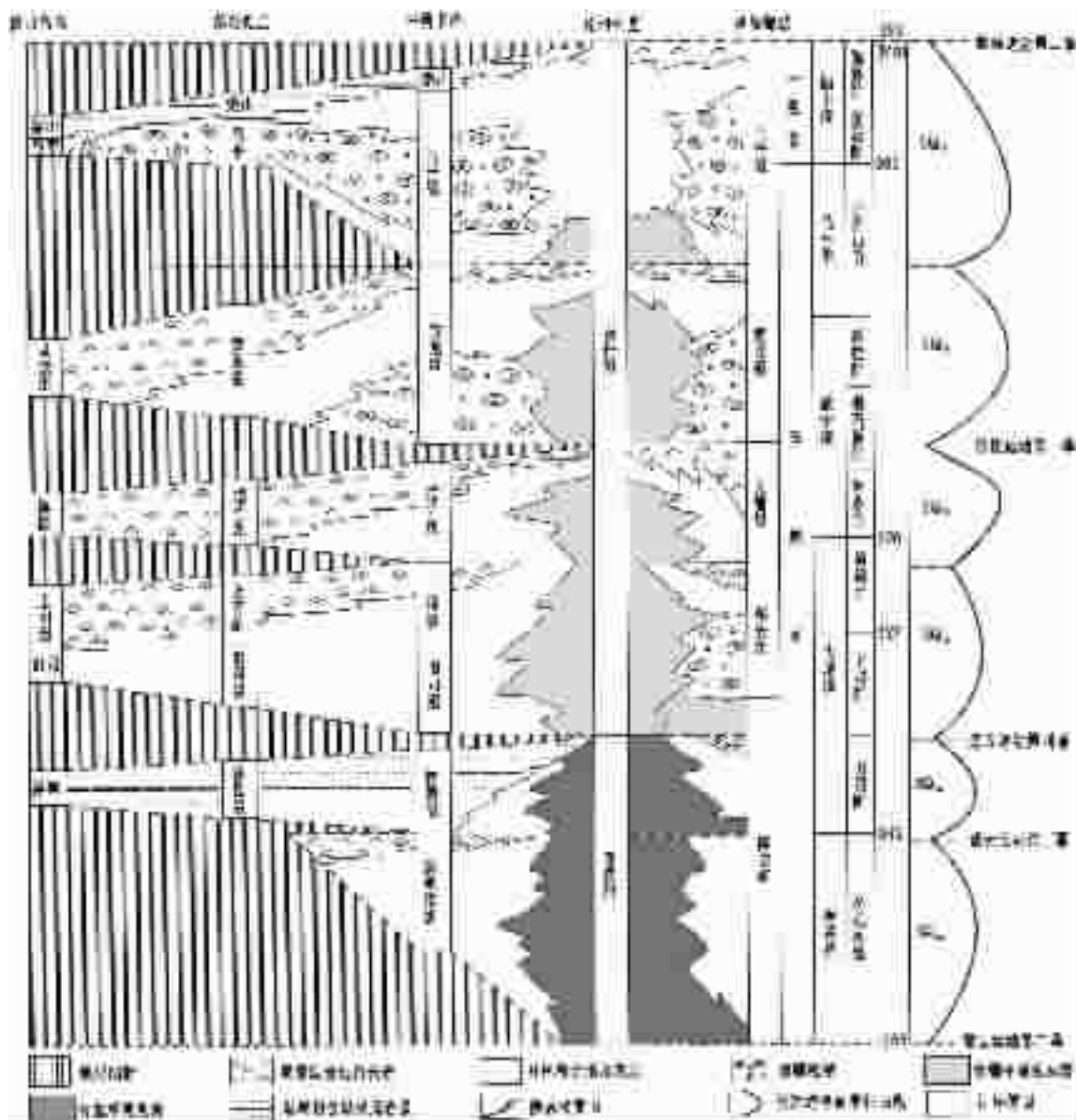


图 4 滇黔桂盆地及其邻区石炭纪—二叠纪船山世三级层序的年代地层格架

注:石炭系底界的年龄值以前常用的值是 360 Ma,新的国际地层表所应用的值是(354±4)Ma,图中采用 358 Ma,其他的主要地层界限的年龄值来源于国际地层表(2002)

Fig.4 Chronostratigraphic framework of the Carboniferous to Permian Chuanshanian third-order sequences in the Dianqiangui basin and its adjacent areas

Previously 360 Ma was conventionally used as the age of the lower boundary of the Carboniferous, while in the new “International Stratigraphic Chart” this age is (354±4)Ma. In this figure the value of 358 Ma is temporarily used;The age values for other main stratigraphic boundaries are sourced from the “International Stratigraphic Chart”

成一个二级构造层序。在相当于栖霞亚世的栖霞组中,大致可以划分出两个三级沉积层序即 SQ₂₀ 和 SQ₂₁。两个三级层序均为一套开阔台地相灰岩地层所构成,在层序的海侵体系域和早期高水位体系域中发育颗粒灰岩和生物丘灰岩,在晚期高

水位体系域(相当于强迫型海退楔体系域)^[27,28]中则发育较多的白云岩,在连陆台地边缘以及孤立台地上则发育更多的核形石颗粒灰岩、▣颗粒灰岩与生物丘灰岩,总体上形成时期构成 1 个缓坡型台地。相当于茅口亚世的茅口组中,大致可以识



图 5 滇黔桂盆地及其邻区二叠纪长兴期(SQ₂₅形成时期)岩相古地理图

图中黑色三角形代表主要的实测剖面:(1)—贵阳乌当剖面;(2)—惠水水源剖面;(3)—紫云石头寨剖面;(4)—紫云新民剖面;(5)—紫云羊场剖面;(6)—东南兰木剖面;(7)—隆安都结剖面;带圈的数字所示的断裂带分别为:①—博白断裂;②—灵山断裂;③—宁明—南宁断裂;④—下雷—灵马断裂;⑤—紫云—罗甸—南丹—都安断裂;⑥—宜山断裂;⑦—永福—来宾断裂;⑧—田阳断裂;⑨—丘北—广南—富宁—那坡断裂;⑩—右江断裂;⑪—南盘江断裂;⑫—弥勒—师宗—普安断裂;⑬—小江断裂;⑭—贵阳—黄平断裂;⑮—红河断裂

Fig.5 Map showing the Permian Changhsingian sedimentary facies and paleogeography of the Dianqiangui basin and its adjacent areas. Black triangles refer to the main logged sections:(1)—Wudang section in Guiyang;(2)—Shuiyuan section in Huishui;(3)—Shitouzhai section in Ziyun;(4)—Xinmin section in Ziyun;(5)—Yangchang section in Yangchang;(6)—Lanmu section in Dongnan;(7)—Dujie section in Long'an. The main faults: ①—Bobai fault;②—Lingshan fault;③—Ningming—Nanning fault;④—Xialei—Lingma fault;⑤—Ziyun—Luodian—Nandan—Duan fault;⑥—Yishan fault;⑦—Yongfu—Laibin fault;⑧—Tianyang fault;⑨—Qiubei—Guangnan—Funing—Nopo fault;⑩—Youjiang fault;⑪—Nanpanjiang fault;⑫—Mile—Shizong—Puan fault;⑬—Xiaojiang fault;⑭—Guiyang—Huangping fault;⑮—Honghe fault

别出 2 个三级沉积层序(图 5,图 6 的 SQ₂₂ 与 SQ₂₃)。在连陆台地上以及孤立台地的内部,该 2 个三级沉积层序的海侵体系域和早期高水位体系域以开阔海台地相灰岩为主,而在晚期高水位体系域中则夹有较多的白云岩层,特别是 SQ₂₃ 更为典型;在连陆台地边缘以及孤立台地的迎风浪边缘, SQ₂₂ 与 SQ₂₃ 的海侵体系域和早期高水位体系域主要由海绵生物礁灰岩组成,晚期高水位体系域则发育开阔海台地相生物屑灰岩和潮坪相白云岩,这是东吴运动引起的环境变浅的结果,2 个三级层序就构成了 2 个级别较大的造礁旋回。

阳新统中的 4 个三级层序还表明了一种较为明显的特征,即层序界面代表的沉积事件面要比生物变化面低,4 个三级沉积层序的界面分别比 4 个阶的界面低,也就是说,沉积环境的变

化超前于生物变化,这种关系殷鸿福等^[9]曾经进行过系统的讨论。这 4 个三级沉积层序构成 1 个二级构造大层序,其底界面为黔桂运动主幕不整合面,顶界面为东吴运动主幕的不整合面。

在乐平统中可以划分出两个三级沉积层序即 SQ₂₄ 与 SQ₂₅(图 6~7)。在连陆台地上, SQ₂₄ 由龙潭组煤系地层(西部)以及吴家坪组灰岩地层(东部)所构成,最为特殊的是在龙潭组煤系地层之顶常常发育铝土铁质岩系组成的古风化壳,在连陆台地边缘的吴家坪组颗粒滩相灰岩之顶也发育铁质砂泥岩层(如贵州紫云一带,见图 6 的石头寨剖面)(曾经被王钰^[10]命名为“甘桥砂岩”),因此, SQ₂₄ 的顶界面也是一个较为明显的区域不整合面,笔者把它厘定为东吴运动第二幕不整合面。在盆地相地层中, SQ₂₄ 与 SQ₂₅ 一样,由一套盆地相泥页岩系地层构成,即领薨

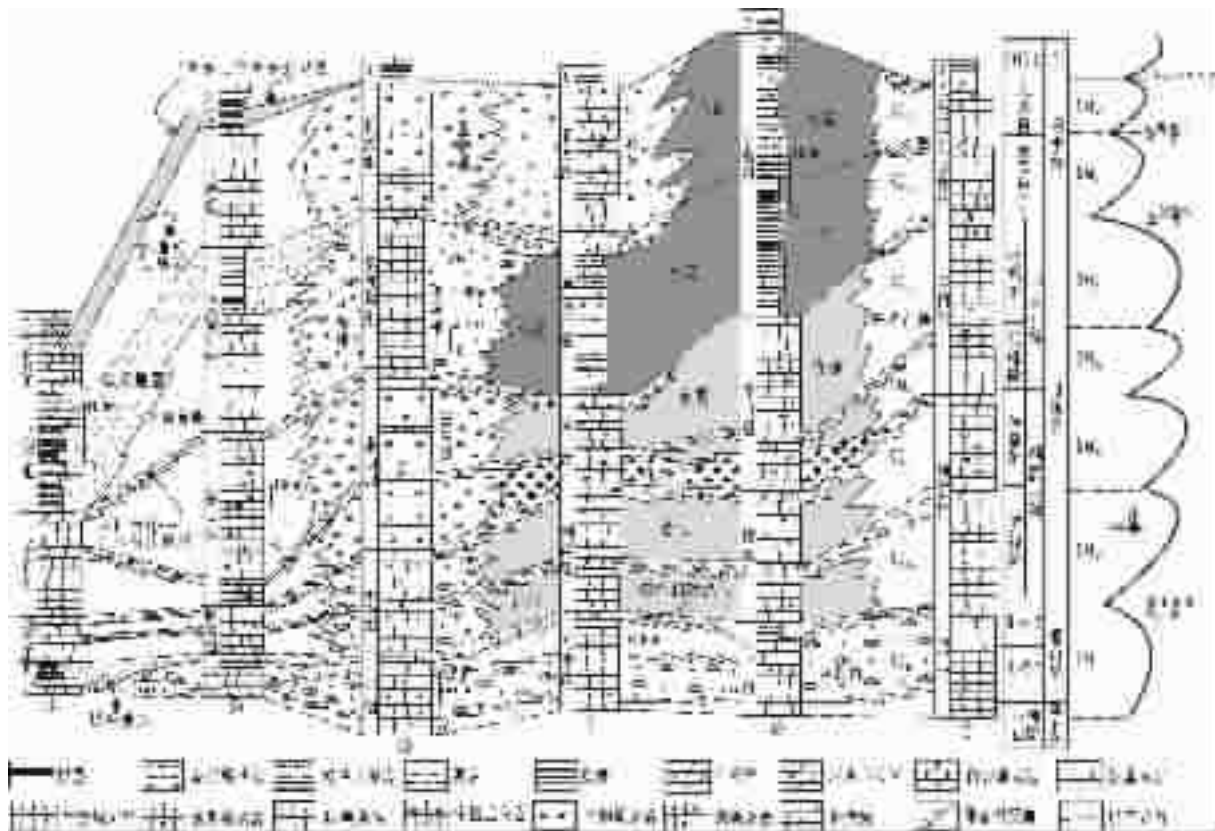


图 6 滇黔桂盆地及邻区二叠纪层序地层格架

图中带圈数字所代表的地层剖面分别为:①—贵阳乌当剖面;②—惠水水源剖面;③—紫云石头寨剖面;④—紫云新民剖面;⑤—紫云羊场剖面;⑥—东南兰木剖面;这些剖面的位置如图 5 所示。A 至 D 分别代表的岩石地层单位为:A—大隆组硅质岩,B—大冶组,C—罗楼组,D—梁山组

Fig.6 Permian sequence stratigraphic framework in the Dianqiangui basin and its adjacent areas

The stratigraphic sections designated are:①—Wudang section in Guiyang;②—Shuiyuan section in Huishui;③—Shitouzhai section in Ziyun;④—Xinmin section in Ziyun;⑤—Yangchang section in Ziyun;⑥—Lanmu section in Dongnan. The lithostratigraphic units designated as A to D are: A—Siliceous rocks of the Dalong Formation;B—Daye Formation;C—Luolou Formation;D—Liangshan Formation

组的下部地层;在孤立台地上,该三级层序为一套与灰岩层交互产出的煤系地层,即合山组煤系地层。

在连陆台地和孤立台地的内部, SQ_{25} 为一套碳酸盐岩地层,其海侵体系域与早期高水位体系域以开阔海台地相灰岩为主,在晚期高水位体系域中则发育湖坪相白云岩;连陆台地边缘以及孤立台地的迎风浪边缘则发育海绵生物礁灰岩,局部的礁顶相发育白云岩。该层序的顶界面是一个典型的淹没不整合型层序界面,而且存在两种形式:在二叠系顶部发育大隆组盆地相硅质岩的地方,该层序界面位于长兴组灰岩与大隆组硅质岩之间;在不发育大隆组硅质岩的地方,该淹没不整合面大致与二叠系和三叠系的分界面一致。更为特殊的是,由于南部的钦州盆地在阳新世末期受东吴运动的作用而关闭,在钦州一带乐平世发育一套厚度巨大,分布范围较小的磨拉石地层,即彭久组。强烈的挤压造山运动使南宁和靖西两个孤立台地受到明显的影响,结果是乐平世地层发育不全,局部残

留少量合山组而缺失 SQ_{25} 。在这些地方,不但乐平世地层发育不全,东吴运动不整合面之下的 SQ_{25} 局部也受到暴露蚀坏而缺失,如隆安都结剖面的层序划分(图 8)就反映出这些特征。同中国南方的其他地区一样,研究区内二叠系与三叠系之交是一个较为典型的以快速海侵作用为特征的淹没不整合面,研究区的乐平统与下三叠统共同组成一个二级构造层序。这与前人的认识——“二叠系与三叠系之交为一个平行不整合面——‘苏皖运动’不整合面”^[14,15]存在一些差别。

3 石炭纪—二叠纪三级海平面变化的全球对比

研究区的石炭纪和二叠纪地层,出露比较完整,其中在连陆台地上以发育三套煤系地层(祥摆组煤系、梁山组煤系和龙潭组煤系)为特征;而且在龙潭组煤系发育时期,在孤立台地上还发育着另一种特殊的煤系——合山组煤系,以煤层或煤线夹在灰岩层中为特征;在连陆台地边缘和孤立台地上

阳新统茅口亚统以及乐平统长兴阶发育海绵生物礁。3套煤系地层和2套海绵生物礁的发育,以及较为完整的乐平统,形成了与欧美地区完全不同的层序地层序列(图9)。进行对比所采用的年代地层划分方案主要是用金玉干等^[11-12]的成果;地层界线的年龄值参考国际地质科学联合会(2002)公布的国际地层表。

研究区石炭纪至二叠纪船山世的地层,构成了6个三级层序即SQ₁₄至SQ₁₉,基本特征是:①形成时限较长,均大于10Ma;②形成时期是全球构造活动相对宁静的时期,同时也是联合古陆汇聚时期和南半球冈瓦纳冰川发育的特殊时期;③在研究区内,这些层序的形成时期是沉积相分异较为不明

显的时期,特别是SQ₁₇至SQ₁₉的形成时期尤为如此。石炭纪—二叠纪船山世这一特殊时期,欧美一带属于联合古陆的一部分的广大地区,煤系地层与灰岩层的频繁交互产出,形成相序组构特别清楚、相变突然的冰川型海平面变化旋回层^[31-33],与研究区形成了较为明显的区别;把欧美一带的石炭系二叠系划分为50多个三级层序^[34],这与研究区形成更加明显的又一个区别(图9)。与笔者的层序划分方案具有相似性的是Busch等^[35]对美洲大陆石炭纪—早二叠世的三级层序划分。该时期在研究区的连陆台地上,发育2套煤系——祥摆组煤系和梁山组煤系,其余均为大套碳酸盐岩,明显与欧美地区不同。二叠纪阳新世和乐平世的三级层序(图9)的形成时限也是数百

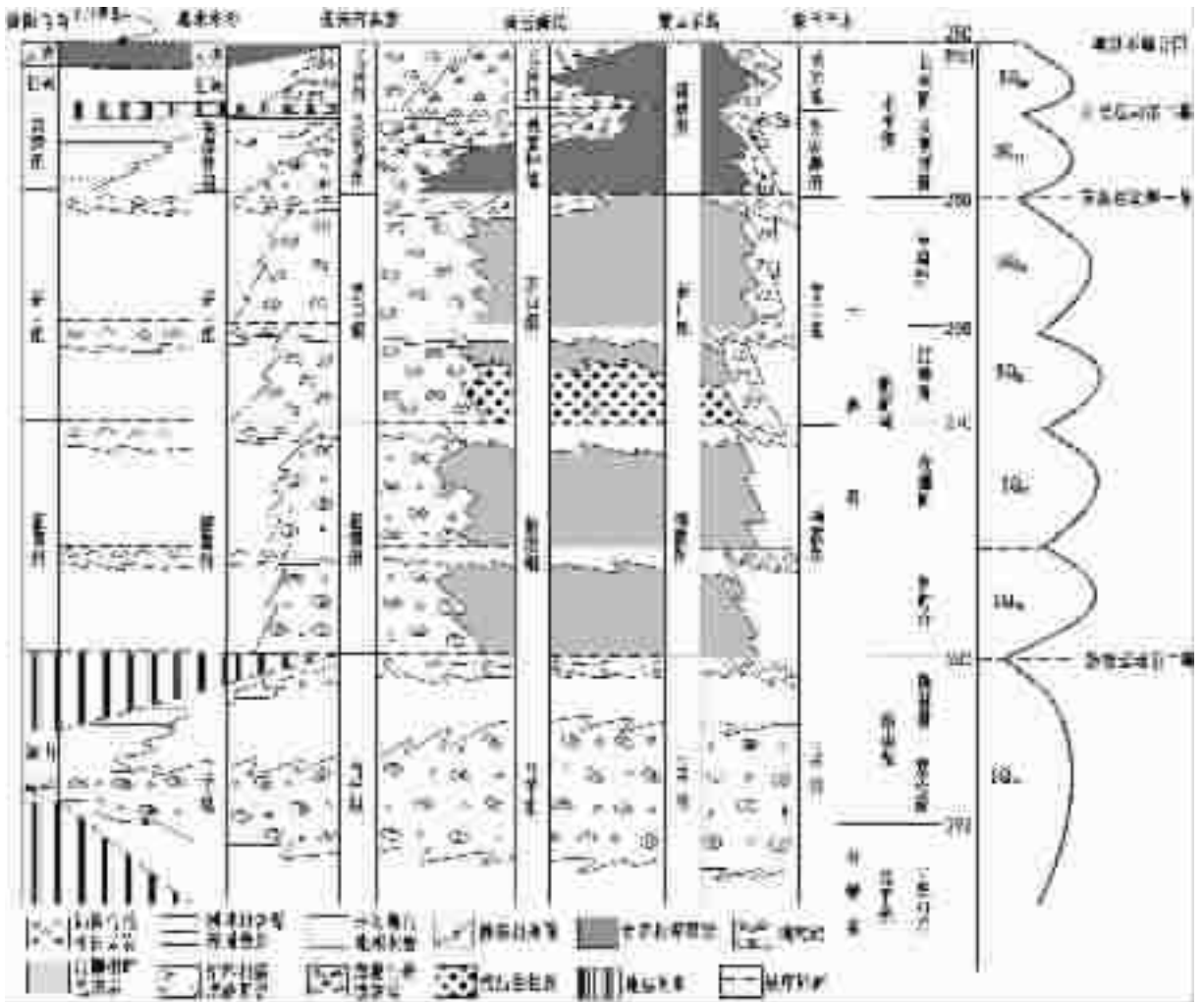


图7 滇黔桂盆地及其邻区二叠系年代层序地层格架

二叠系和三叠系界线年龄值以前常用的是251Ma,新的国际地层表所用的值是(251.4±3.6)Ma,图中所用的值是250Ma;其他的主要地层界线的年龄值来自于国际地层委员会2002年所公布的国际地层表

Fig.7 Permian chronostratigraphic framework of third-order sequences in the Dianqiangui basin and its adjacent areas. Previously 251 Ma was conventionally used as the age of the Permian-Triassic boundary, while in the new "International Stratigraphic Chart" this age is 251.4±4 Ma. In this figure the value of 250 Ma is used; The age values for other main stratigraphic boundaries are sourced from the "International Stratigraphic Chart" published in 2002

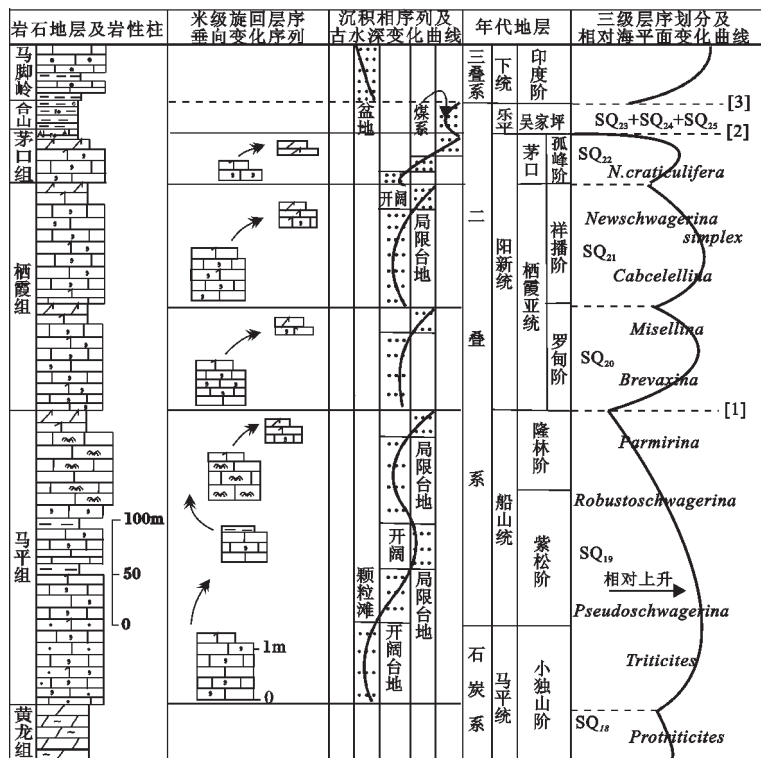


图 8 广西隆安都结剖面二叠系层序地层划分

[1]—黔桂运动第二幕不整合面; [2]—东吴运动第一幕不整合面; [3]—二叠系与三叠系之间特殊的不整合面
 图中的岩性符号见图 6 所示, 剖面位置如图 5 所示

Fig.8 Sequence stratigraphic division of the Permian at the Dujie section in Longan County, Guangxi

[1]—Unconformity of the second phase of the Guizhou-Guangxi movement; [2]—Unconformity of the first phase of the Dongwu movement; [3]—Special unconformity between the Permian and the Triassic. The lithological symbols same as in Fig.5 and the section location is shown in Fig. 6

万年, 唯独只有石炭纪—二叠纪船山世这一特殊时期(联合古陆汇聚时期)的三级层序的形成时限大于 10 Ma 这一基本特点。

更为特殊的是, 欧美地区晚二叠世的持续性海退, 与研究区也存在较大差异。在研究区内, 连陆台地和孤立台地上的乐平统, 完全可以划分为 2 个三级层序, 代表 2 个明显的与三级海平面变化旋回相关的海侵—海退过程, 吴家坪期(SQ₂₄形成时期)连陆台地上煤系地层的发育、孤立台地上和连陆台地边缘长兴期(SQ₂₅形成时期)海绵生物礁的发育, 充分地显示出这 2 个三级层序区分极为明显的相序组构特征。

造成研究区石炭纪—二叠纪三级海平面变化与欧美地区存在明显差异的原因, 可能是因为三级海平面变化既受到全球海平面变化的控制, 同时也受到区域构造运动的影响所致。这种差异表明, 要建立一个以层序地层为基准的、由三级海平面变化曲线所代表的等时性年代地层格架, 还存在许多困难, 而其中主要的困难是地层记录的不完整性和复杂性, 以及年代地层对比的不精确性等等。

4 结语

滇黔桂盆地及其邻区的石炭系和二叠系, 主要为大套碳

酸盐岩, 其中在连陆台地上相对集中地产出了 3 套煤系地层, 在连陆台地边缘和孤立台地上发育 2 套海绵生物礁, 在特殊的“台—盆—丘—槽”的古地理背景中形成了一个与欧美地区存在极大差异的层序地层序列。与 Busch 等^[29]的划分方案相似, 笔者的层序地层划分表明, 在联合古陆汇聚时期的三级层序的形成时限多大于 10 Ma, 该现象似乎反映了全球构造相对稳定时期三级海平面变化的特点。研究区的石炭纪—二叠纪层序地层序列还反映出许多有趣的现象, 如伴随着阳新世末期的大规模海退事件是一次较重要的生物灭绝事件^[29], 与二叠纪—三叠纪之交更大规模的生物灭绝事件相对应的是一个形成淹没不整合面的快速海侵事件, 从而体现出海平面变化与生物灭绝事件之间的复杂关系^[37-38]。这些有趣的现象所代表的地质问题还有待今后进一步研究。

参考文献 (References):

[1] 赵自强, 丁启秀. 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 the Central-southern Region of China [M]. Wuhan: China University of Geo

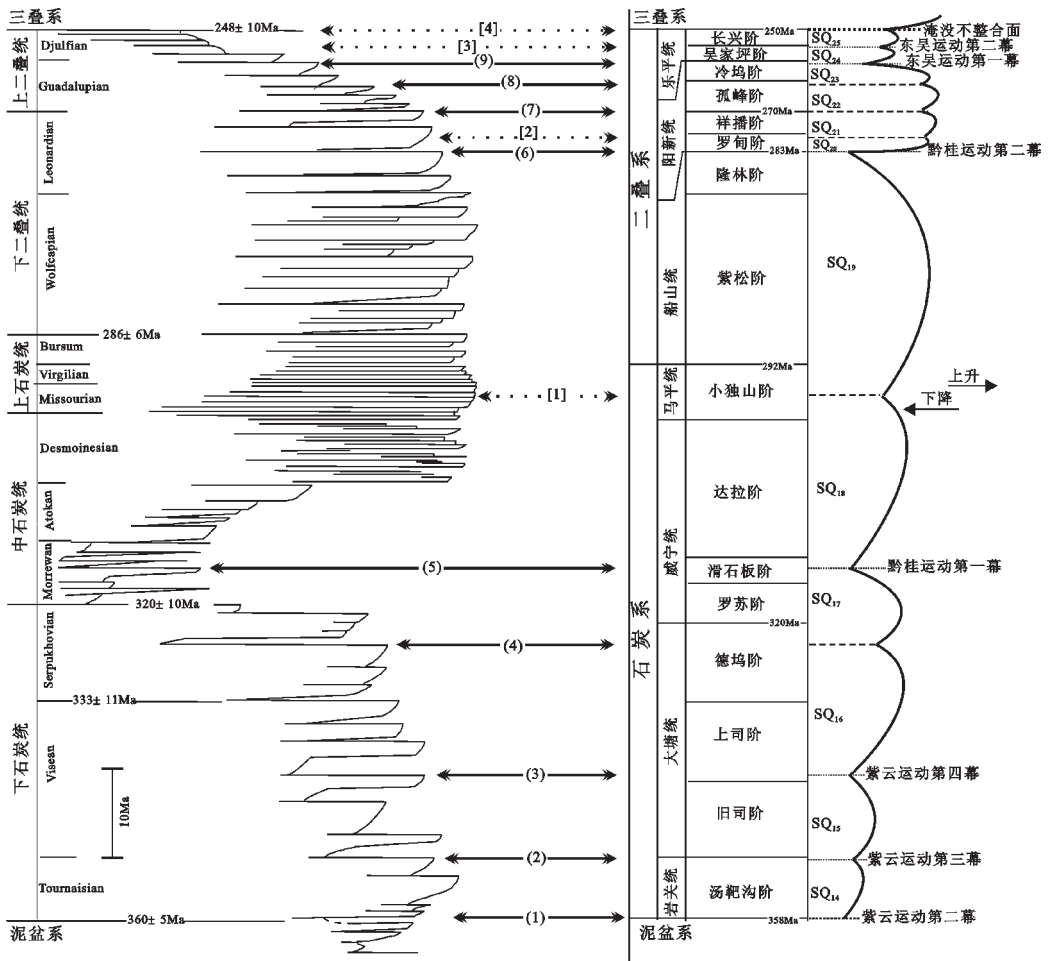


图 9 石炭纪和二叠纪三级海平面变化的全球对比

左图是 Ross 和 Ross(1995)^[1]所建立的石炭纪和二叠纪全球海平面变化曲线,右图是海平面变化曲线图中(1)~(9)为可以进行对比的三级海平面下降事件;[1]~[4]是明显不可以对比的三级海平面下降事件

Fig.9 Carboniferous and Permian third-order sea-level changes and their global correlation

The left diagram is the curve of the Carboniferous and Permian global sea-level changes constructed by Ross and Ross (1995), and the right diagram is the sea-level change curve. (1) to (9) are third-order sea-level lowering events that can be correlated, and [1] to [4] are the third-order sea-level lowering events that obviously cannot be correlated

Sciences Press, 1996.71~118(in Chinese).

[2] Enos P. Permian of China [A]. In:Scholle P A, Peryt T M, Ulmer-Scholle D S (ed.).The Permian of Northern Pangea, Vol 2 [C]. New York:Springer, 1995. 225~256.

[3] Enos P, Wei Jiayong, Yan Yangji. Facies distribution and retreat of middle Triassic platform margin, Guizhou Province, south China [J]. Sedimentology, 1997,44:563~584.

[4] Enos P, Wei Jiayong, Lehrmann D J. Death in Guizhou-Late Triassic drowning of the Yangtze carbonate platform [J]. Sedimentary Geology, 1998, 118:55~76.

[5] 刘宝珺, 许效松, 潘香南, 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, 1993.1~288.

Liu Baojun, Xuxiaosong, Pan Xingnan, et al. Sedimentary Crust Evolution and Mineralization of Palaeo-continent in South China [M]. Beijing:Sciences Press, 1993.126~144(in Chinese).

[6] 刘宝珺, 许效松. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪) [M]. 北京:科学出版社, 1994. 126~144.

Liu Baojun, Xu Xiaosong. Atlas of Sedimentary Facies and Paleogeography in South China [M]. Beijing:Sciences Press, 1994.126~144(in Chinese).

[7] 陈宏明, 吴祥和, 张英, 等. 中国南方石炭纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1994.1~118.

- Chen Hongming, Wu Xianghe, Zhang Ying, et al. Carboniferous Lithofacies Paleogeography and Mineralization [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1~117 (in Chinese).
- [8] 王立亭, 陆彦邦, 赵时久, 等. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1994. 1~138.
- Wang Liting, Lu Yanbang, Zhao Shijiu, et al. Permian Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1~137 (in Chinese).
- [9] 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 (in Chinese with English abstract).
- [10] 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 (in Chinese with English abstract).
- [11] 金玉干, 范影年, 王向东, 等. 中国地层典(石炭系) [M]. 北京: 地质出版社, 2000. 3~22.
- Jin Yugan, Fan Yingnian, Wang Xiangdong, et al. Chinese Stratigraphic Lexicon (Carboniferous System) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000. 3~22 (in Chinese).
- [12] 金玉干, 尚庆华, 侯静鹏, 等. 中国地层典(二叠系) [M]. 北京: 地质出版社, 2000. 4~39.
- Jin Yugan, Shang Qinghua, Hou Jingpeng, et al. Chinese Stratigraphic Lexicon (Permian System) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000. 4~39 (in Chinese).
- [13] 邝国敦, 李家骧, 钟铿, 等. 广西的石炭系 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999. 1~258.
- Kuang Guodun, Li Jiaxiang, Zhong Keng. Carboniferous of Guangxi [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1999. 1~258 (in Chinese).
- [14] 董卫平. 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, 1997. 143~220 (in Chinese).
- [15] 殷保安. 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 (in Chinese).
- [16] 张远志. 云南省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 101~210.
- Zhang Yuanzhi. Lithostratigraphy in Yunnan [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 101~201 (in Chinese).
- [17] 冯增昭, 金振奎, 杨玉卿, 等. 滇黔桂二叠纪岩相古地理 [M]. 北京: 地质出版社, 1994. 1~129.
- Feng Zengzhao, Jin Zhenkui, Yang Yuqing, et al. Lithofacies Paleogeography of Permian of Yunnan-Guizhou-Guangxi Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1~129 (in Chinese).
- [18] 冯增昭, 金振奎, 杨玉卿, 等. 中国南方二叠纪岩相古地理 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 1~208.
- Feng Zengzhao, Jin Zhenkui, Yang Yuqing, et al. Permian Lithofacies Paleogeography in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 1~208 (in Chinese).
- [19] 冯增昭, 杨玉卿, 鲍志东, 等. 中国南方石炭纪岩相古地理 [M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1~106.
- Feng Zengzhao, Yang Yuqing, Bao Zhidong, et al. Carboniferous Lithofacies Paleogeography in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998. 1~256 (in Chinese).
- [20] 王成善, 覃建雄, 田景春. 中国南方二叠纪层序地层划分与对比 [J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 499~509.
- Wang Chengshan, Qin Jianxiong, Tian Jingchun. Subdivision and correlation of Permian depositional sequences in South China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17 (4): 499~509 (in Chinese with English abstract).
- [21] 梅冥相, 马永生, 高金汉. 滇黔桂盆地及其邻区晚古生代层序地层格架及相对海平面变化 [J]. 现代地质, 2002, 16(4): 365~373.
- Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Gao Jinhan. Sequence-stratigraphic frameworks and their relative sea-level changes for the late Paleozoic of the Dianqiangui Basin and its adjacent areas [J]. Geosciences, 2002, 16(4): 365~373 (in Chinese with English abstract).
- [22] 范嘉松, 张维, 吴亚生. 广西隆林二叠纪生物礁 [M]. 北京: 地质出版社, 1990. 1~238.
- Fan Jiasong, Zhang Wei, Wu Yasheng. Permian Organic-Reef [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990. 1~238 (in Chinese).
- [23] 张维, 范嘉松, 吴亚生. 中国南方二叠纪生物礁与古生态 [M]. 北京: 地质出版社, 1992. 1~98.
- Zhang Wei, Fan Jiasong, Wu Yasheng. Permian Organic-Reef and Paleocoology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992. 1~268 (in Chinese).
- [24] 王生海, 范嘉松. 贵州紫云二叠纪生物礁的胶结作用 [J]. 地质科学, 1995. 30(1): 53~61.
- Wang Shenghai, Fan Jiasong. The cementation of Permian reef in Ziyun of Guizhou Province [J]. Scientia Geologica Sinica, 1995. 30 (1): 53~62 (in Chinese with English abstract).
- [25] 梅冥相. 碳酸盐旋回与层序 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995. 1~206.
- Mei Mingxiang. Carbonate Cycle and Sequence [M]. Guiyang: Guizhou Sciences and Technology Press, 1995. 1~206.
- [26] 梅冥相. 淹没不整合型碳酸盐三级旋回层序——兼论碳酸盐台地的凝缩作用 [J]. 岩相古地理, 1996, 16(6): 24~33.
- Mei Mingxiang. The third-order carbonate cyclic sequences of drowned unconformity type with discussions on "condensation" of carbonate platforms [J]. Sedimentary Facies and Paleogeography, 1996, 16(6): 24~33 (in Chinese with English abstract).
- [27] Hunt D, Tucker M E. Stranded parasequences and forced regressive wedge system tract: deposition during base-level fall [J]. Sedimentary Geology, 1992, 81: 1~9.

- [28] 梅冥相,杨欣德. 强迫型海退及强迫型海退楔体系域——对传统 Exxon 层序地层学模式的修正[J]. 地质科技情报, 2000, 19(2): 17~21. Mei Mingxiang, Yang Xinde. Forced regression and forced regressive wedge system tract: Revision on traditional Exxon model of sequence stratigraphy [J]. Geological Science and Technology Information, 1999, 19(2): 17~21 (in Chinese with English abstract).
- [29] 殷鸿福, 童金南. 层序地层和年代地层的关系[J]. 中国科学(D), 1995, 40(6): 539~541. Yin Hongfu, Tong Jinnan. The genetic relationship between sequence stratigraphy and chronostratigraphy [J]. Chinese Scientific Bulletin, 1995, 40(6): 539~541 (in Chinese with English abstract).
- [30] 王钰, 盛金章, 陈楚霞. 贵州省普安县晴隆公社塘边寨和望谟县紫松镇的两个二叠纪剖面[A]. 见: 全国地层委员会主编, 全国地层会议学术报告汇编(黔南地层现场会议)[C]. 北京: 科学出版社, 1963. 46~58. Wang Yu, Sheng Jinzhang, Chen Chuxia. Two sections of Permian: The Bianzhai section in Qinglong of Puan county and Zisong section of Wangmo county in Guizhou Province [A]. In: The national stratigraphical committee of China (ed.). The Corpus of Theses on Chinese Stratigraphical Congress [C]. Beijing: Science Press, 1963. 46~58 (in Chinese).
- [31] Wright V P, Vanstone S D. Onset of late Paleozoic glacia-eu-current understanding [J]. Journal of the Geological Society, 2001, 158: 579~582.
- [32] Smith L P, Read J F. Rapid onset of late Paleozoic glaciation on Gondwana: evidence from upper Mississippian strata of the mid-continent, United States [J]. Geology, 2000, 28: 279~282.
- [33] Heckel P H. Glacial-eustatic base-level-climatic model for late middle to late Pennsylvanian coal-bed formation in the Appalachian Basin [J]. Journal of Sedimentary Research, 1995, 65: 348~356.
- [34] Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic depositional sequences are synchronism and worldwide [J]. Geology, 1985, 13: 194~197.
- [35] Busch R M, Rollins H B. Correlation of Carboniferous strata using a hierarchy of transgressive-regressive units [J]. Geology, 1984, 12: 471~474.
- [36] Wang Xiangdong, Sugiyama T. Diversity and extinction patterns of Permian coral faunas of China [J]. Lethaia, 2000, 33: 285~294.
- [37] Hallam A, Wignall P G. Mass extinction and sea-level changes [J]. Earth-Sciences Review, 1999, 48: 217~250.
- [38] Racki G, Wrzolek T. Cause of mass extinction [J]. Lethaia, 2001, 34: 200~202.

Carboniferous to Permian sequence stratigraphic framework of the Yunnan-Guizhou-Guangxi basin and its adjacent areas and global correlation of third-order sea-level change

MEI Ming-xiang, MA Yong-sheng, DENG Jun, CHU Han-min, LIU Zhi-rong, ZHANG Hai

(School of Earth Sciences and Natural Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The Yunnan-Guizhou-Guangxi basin is a passive continental-margin rift basin. After the Caledonian movement, it began to be pulled apart in the Devonian and continued to develop in the whole of the Late Paleozoic. Controlled by the contemporaneous faults, isolated carbonate platforms of varying size developed in the deep-water basin. Thus a special paleogeographic framework of "platform-basin-hill-trough" formed in the Yunnan-Guizhou-Guangxi basin and its adjacent areas. On the basis of the division into third-order sequences in different paleogeographic settings and their tracing and correlation in space, 12 third-order sequences may be distinguished in the Carboniferous and Permian strata in the basin and its adjacent areas. They are equivalent to SQ₁₄ to SQ₂₅ of 25 Late Paleozoic third-order depositional sequences (SQ₁ to SQ₂₅, 2~5 Ma). On the basis of two kinds of facies-change surface and two kinds of diachronism in stratigraphic records, a Carboniferous to Permian sequence stratigraphic framework may be established in the study region, which reflects the basic features of third-order sequences: ordering of facies sequences in space and synchronicity of environmental changes in time. The Carboniferous and Permian in the study region consist predominantly of a suite of carbonate rocks. In this suite of strata, three coal measures are developed in the land-connected platforms, and two suites of sponge reefs are developed on the margins of the land-connected platforms and in the isolated platforms, which make up sequence stratigraphy in Carboniferous and Permian successions that is greatly different from that in Europe and America.

Key words: sequence stratigraphic framework; global correlation of third-order sea-level changes; Carboniferous; Permian; Yunnan-Guizhou-Guangxi basin

About the first author: MEI Ming-xiang, Male, born in 1954, doctor, professor, his main research interests are stratigraphy and sedimentology; E-mail: meimingxiang@263.net.