

# 滇黔桂盆地及邻区二叠系乐平统层序地层格架及其古地理背景

梅冥相<sup>①②\*</sup> 马永生<sup>①</sup> 邓 军<sup>①</sup> 初汉民<sup>②</sup> 郑宽兵<sup>②</sup>

(① 中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; ② 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要** 滇黔桂盆地及邻区的二叠系乐平统, 包括吴家坪阶和长兴阶; 其沉积相类型多样, 沉积相分异明显, 为层序地层研究提供了得天独厚的有利条件. 大致相当于吴家坪阶的地层构成一个三级层序, 而大致相当于长兴阶的地层组成另一个三级层序. 在连陆台地上, 吴家坪阶为一套含煤碎屑岩系地层, 而且在孤立台地上的灰岩层中也发育煤层, 连陆台地边缘和孤立台地的迎风浪部分主要为颗粒滩相灰岩; 长兴阶, 连陆台地上主要由开阔海台地相灰岩组成, 在孤立台地上以及连陆台地边缘为一套海绵生物礁灰岩. 在台盆中, 乐平统为一套盆地相泥页岩夹硅质岩; 在钦州至防城一带, 覆盖在深水盆地相地层之上的是巨厚的乐平统磨拉石粗碎屑岩地层. 这些特征表明了研究区域乐平统复杂的时空相变. 从沉积物的时间演化序列和沉积相的空间展布形式所代表的规律性入手, 结合生物地层和年代地层资料, 可以建立能反映出地层记录中“两种相变面和两种穿时性”的层序地层格架; 最后, 系列层序地层格架栅状图及其相应的古地理图, 又可以较为清晰地显示出研究区域乐平统的沉积序列特征和古地理演变特点. 2 个三级层序所构成的乐平统, 与欧美一带以持续性海退为特征的同时代地层形成较大差异. 更为特别的是, 如果说瓜达鲁普世末期的生物灭绝事件与“东吴运动第一幕”不整合面所代表的海退事件存在关联的话, 那二叠系与三叠系之交的更大规模的生物灭绝事件则与研究区域“二叠系-三叠系”之交的淹没不整合面所指示的快速海侵事件相对应, 从而表明了海侵-海退事件所代表的环境变化与生物灭绝事件之间较为复杂的关系.

**关键词** 层序地层格架 古地理演化 乐平统 滇黔桂盆地及邻区

早古生代末期的加里东运动使扬子板块和华夏板块基本上连接成一个统一的华南板块, 但是其间华南海洋并未完全消失, 在广西钦州一带残留一个著名的“钦-防残留海槽”(钦州盆地)<sup>[1]</sup>, 向北还包括滇黔桂盆地和湘桂盆地等(图 1(a)图所示); 滇黔桂盆地和钦州盆地的范围大致与 Enos 等<sup>[2]</sup>所定义的南盘江

盆地(图 1(b)所示)的范围相当. 研究区域主要涉及滇黔桂盆地及其邻区, 包括贵州南部、广西中部和西部、云南东部的广大地区. 经过若干年的艰苦努力和探索, 国际二叠纪地层分会拟定了一个新的二叠纪年代地层方案<sup>[3,4]</sup>, 建议分别采用俄罗斯的乌拉尔统、美国西南部的瓜德鲁普统和中国南方的乐平统作

收稿日期: 2006-08-10; 接受日期: 2006-10-13

国家“九五”攀登专项(SSER)及中国石油化工集团重点科技工程项目(批准号: NPI-100019)资助

\* E-mail: [meimingxiang@263.com](mailto:meimingxiang@263.com)

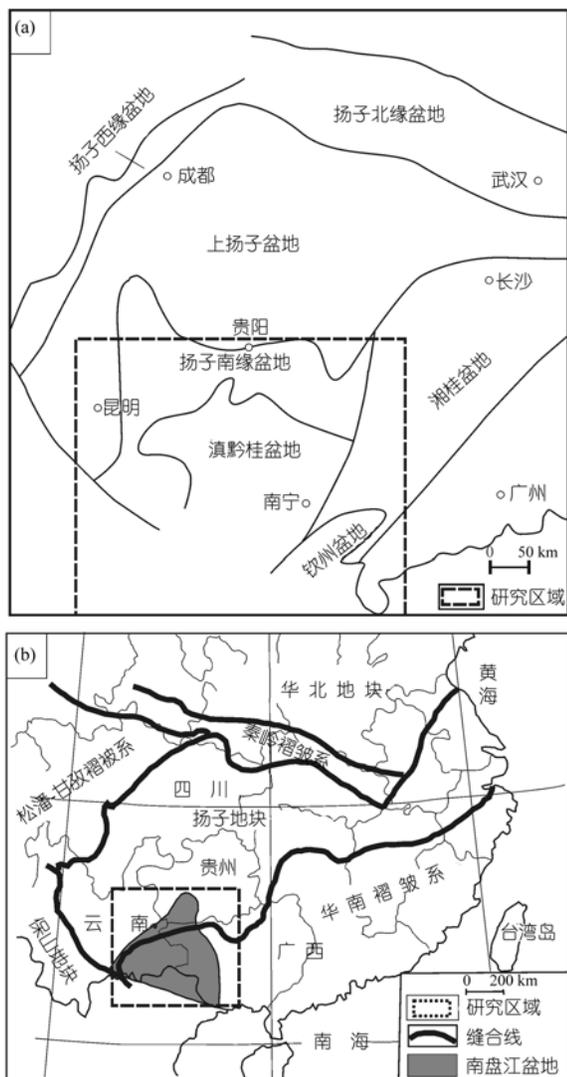


图 1 滇黔桂地区晚古生代至中三叠世沉积盆地分布图  
(a) 为赵自强等<sup>[1]</sup>的划分方案; (b) 为 Enos 等<sup>[2]</sup>的划分方案

为划分对比的标准. 因此, 随着研究的进一步深入以及二叠系-三叠系界线层型的确定<sup>[5]</sup>, 黄汲清先生<sup>[6]</sup>最早提出的“乐平统”即成为国际对比的标准. 乐平统包括吴家坪阶和长兴阶, 其形成时限大致为 9 Ma ((260.4 ± 4) ~ (251.0 ± 1.5) Ma)<sup>[7,8]</sup>. 滇黔桂盆地及邻区的乐平统, 沉积相类型多样, 地层发育较为完整, 与欧美发育不太完整的、由一个逐渐海退序列所构成的同时代地层<sup>[9]</sup>形成了明显的区别, 为层序地层研究提供了一个得天独厚的有利条件. 在前人工作的基础上<sup>[10-14]</sup>, 结合生物地层和年代地层资料, 以沉积物的时间演化序列和沉积相的空间展布形式所代表的规律性为基础<sup>[15-17]</sup>, 把研究区域的乐平统划分为 2 个三级层序, 相当于晚古生代 25 个三级层序中(SQ 为

三级层序的简称, 其中泥盆系 13 个(SQ<sub>1</sub>~SQ<sub>13</sub>), 石炭系至二叠系船山统包括 6 个(SQ<sub>14</sub>~SQ<sub>19</sub>), 二叠系阳新统 4 个(SQ<sub>20</sub>~SQ<sub>23</sub>), 二叠系乐平统包括 2 个(SQ<sub>24</sub> 和 SQ<sub>25</sub>))的 SQ<sub>24</sub> 和 SQ<sub>25</sub><sup>[18-21]</sup>. 2 个三级层序不但代表了有规律性的 2 个三级海侵-海退旋回, 二叠系-三叠系之交的淹没不整合面又代表了一次明显的快速海侵事件. 吴家坪期的两种类型的煤系地层, 长兴期的海绵生物礁的发育等等, 反映了研究区域乐平统富有规律的沉积相时间演化特征和空间变化特点, 这些特征较为清晰地反映在系列层序地层格架栅状图和相应的岩相古地理图之中. 因此, 滇黔桂盆地及其邻区乐平统层序地层格架的建立, 不但可以丰富“乐平统”这一国际年代地层系统中的地层单位<sup>[7,8]</sup>的基本内容, 同时也为在年代地层和海平面变化的框架内研究“相迁移”<sup>[15-17]</sup>提供一个较好的实例.

## 1 乐平统层序地层格架的总体特征

研究区域的乐平统, 从北向南由浅变深, 从浅水台地变为深水盆地, 而且在深水盆地背景中发育着大大小小的孤立台地(图 2), 这些孤立台地与大片展布在浅水区域的连陆台地相对应; 那些小型的孤立台地则可以形象化地称之为“丘”, 狭窄的台盆则形象化地称之为“槽”, 最终形成一个“台-盆-丘-槽”相间的古地理格局, 沉积特征各自迥异的岩石地层单位(表 1, 图 2, 3)也从另一个角度反映了这种格局, 这种格局直接或间接地受到同生断裂带的控制(图 2). 与上述空间变化相对应, 研究区域的乐平统在时间变化上还经历了一些重要的地质事件: 首先, 阳新世与乐平世之交东吴运动第一幕, 使自泥盆纪以来一直发育着的“软-防残留海槽”在阳新世末期关闭, 取而代之的是一套厚度巨大(5000 m 左右)的磨拉石粗碎屑沉积, 以及“软-防残留海槽”北西部的南宁至隆安一带的孤立台地上乐平统残留不全, 由此而代表了研究区域东南部较为强烈的挤压隆升状况, 与北西部峨眉山玄武岩所代表的拉张构造背景形成明显的反差; 其次, 二叠纪与三叠纪过渡时期的台地淹没事件, 造成了二叠纪碳酸盐台地的消亡, 该事件与二叠纪-三叠纪之交的大规模生物灭绝事件相对应, 代表了一次显著的地质事件. 在这种相变极为明显的古地理格局中, 连陆台地边缘及其邻区就成为进行三级层序划分和对比的理想地带(图 2), 而且在该地带典型剖面的层序划分及其空间对比大致反映了研究区域

表 1 研究区域二叠系乐平统沉积特征各自不同的岩石地层单位

岩石地层单位名称	主要年代地层归属	沉积特征	分布范围
宣威组	乐平统	为一套含煤碎屑岩系地层, 产大羽羊齿植物群, 是重要的含煤岩系, 自下而上包括三角洲-河流-冲积平原 2 个大的沉积序列, 对应于乐平统的 2 个三级层序 SQ <sub>24</sub> 和 SQ <sub>25</sub> ; 总体上产在冲积平原相带(如 2 和 3 所示)	研究区域西北部, 大致为弥勒-师宗-普安断裂带的北西地区的古陆边缘地带, 即贵州六盘水至云南曲靖一带
龙潭组	吴家坪阶	以滨海相砂岩、三角洲相砂岩至三角洲平原相的含煤碎屑岩沉积为主, 在三角洲平原相中发育煤层, 自下而上所组成的向上变浅的沉积序列即构成三级层序 SQ <sub>24</sub> ; 总体上产在滨岸平原相带(如图 2 和 3 所示)	主要发育在贵阳—安顺一线的北西以及滇东南的个旧以北地区
吴家坪组	乐平统	在连陆台地东部、连陆台地边缘以及孤立台地上, 乐平统均为大套碳酸盐岩所组成, 统称为吴家坪组. 在连陆台地东部, 吴家坪组下部构成的 SQ <sub>24</sub> 夹煤层, 上部碳酸盐岩构成 SQ <sub>25</sub> ; 它们属于开阔海台地相的沉积(图 2 和 3 所示). 在连陆台地边缘以及一些孤立台地上, 吴家坪组下部构成的 SQ <sub>24</sub> 主要为一套颗粒灰岩, 而上部所组成的 SQ <sub>25</sub> 主要为一套海绵生物礁灰岩	主要分布在贵州都匀至广西三江一带、滇东南的丘北至广南一带以及研究区域中部的连陆台地边缘和广西的一些孤立台地上.
合山组	乐平统	为发育在孤立碳酸盐台地中心地带的一套含煤地层, 以中厚层粒泥灰岩、泥晶灰岩和沼泽相煤层(煤线)互层为特征, 向台地边缘变为大套灰岩, 构成孤立台地内部的潮坪与沼泽相带(如图 2, 3 所示)的沉积, 其中所夹的两套白云岩地层所代表的环境变浅表明了 2 个三级层序的发育	在广西广泛分布, 主要产在合山、南宁和靖西等地的孤立台地上
领薨组	乐平统	为一套盆地相泥页岩系地层, 其中夹硅质岩和火山凝灰岩, 产菊石化石, 所包含的 2 个向上变浅的沉积序列对等于乐平统的 2 个三级层序 SQ <sub>24</sub> 和 SQ <sub>25</sub> ; 领薨组的盆地相泥页岩系, 构成了图 2 和 3 所示的受同生断裂带控制的台盆相的沉积	较为广泛地分布在贵州南部至广西的深水台盆相带之中, 以紫云羊场剖面最为典型
彭久组	乐平统	为一套粗碎屑岩所构成的磨拉石沉积, 构成了研究区域东南部钦州至防城一带所展布的山麓平原相带, 厚度数千米, 以大量砾岩为特征包含有砂岩、粉砂岩等; 该套粗碎屑岩与下伏的板城组盆地相硅质岩地层呈不整合接触	分布范围较小, 沿着自泥盆纪至二叠纪阳新世的“软防海槽”分布, 主要呈北东向展布在广西钦州至防城一带
长兴组	长兴阶	主要为一套开阔海台地相泥灰岩和粒泥灰岩, 顶部发育白云岩地层, 由此而组成一个总体向上变浅的沉积序列, 该序组成三级层序 SQ <sub>25</sub>	大致分布在弥勒-师宗-普安断裂带以东以南、连陆台地边缘海绵生物礁相带以西以北的地区
大隆组	长兴阶顶部	在研究区域的连陆台地中, 常常在二叠纪晚期(长兴组灰岩地层之上)发育一套以硅质岩为特征的地层即大隆组, 向连陆台地边缘逐渐变薄尖灭, 被解释为二叠纪晚期碳酸盐台地初始淹没的产物	其分布范围与长兴组一致; 在广西来宾至合山一带较厚, 成为长兴阶的中上部

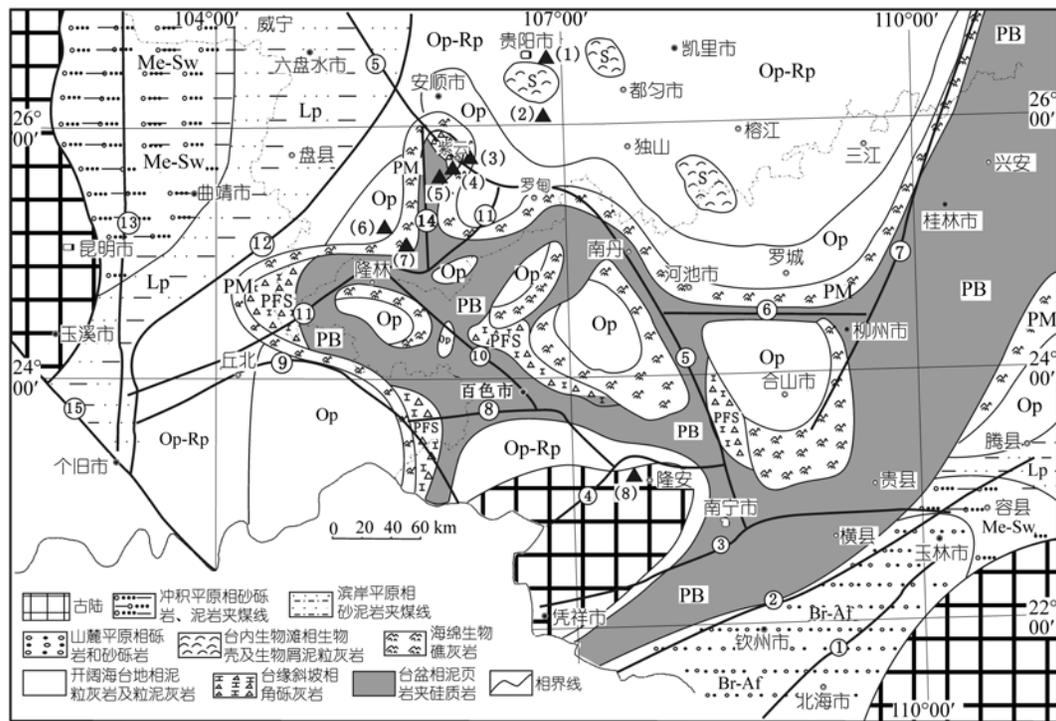


图 2 滇黔桂盆地及邻区二叠纪长兴期(SQ<sub>25</sub>形成时期)岩相古地理图

图中黑色三角形代表层序地层划分和对比的主要剖面: (1)贵阳乌当; (2)惠水水源; (3)紫云石头寨; (4)紫云新民; (5)紫云羊场; (6)册亨者王; (7)册亨者王; (8)隆安都结; 图中带圈数字所示的是对古地理格局具有控制作用的主要断裂带: 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. 镇宁-册亨断裂, 15. 红河断裂; 各沉积相带的简写符号分别是: Br-Af. 山麓平原相, Me-Sw. 冲积平原相, Lp. 滨岸平原相, Op. 开阔海台地相, Rp. 局限海台地相, S. 台内生物滩相, PM. 台地边缘相, PFS. 台缘斜坡相, PB. 台盆相

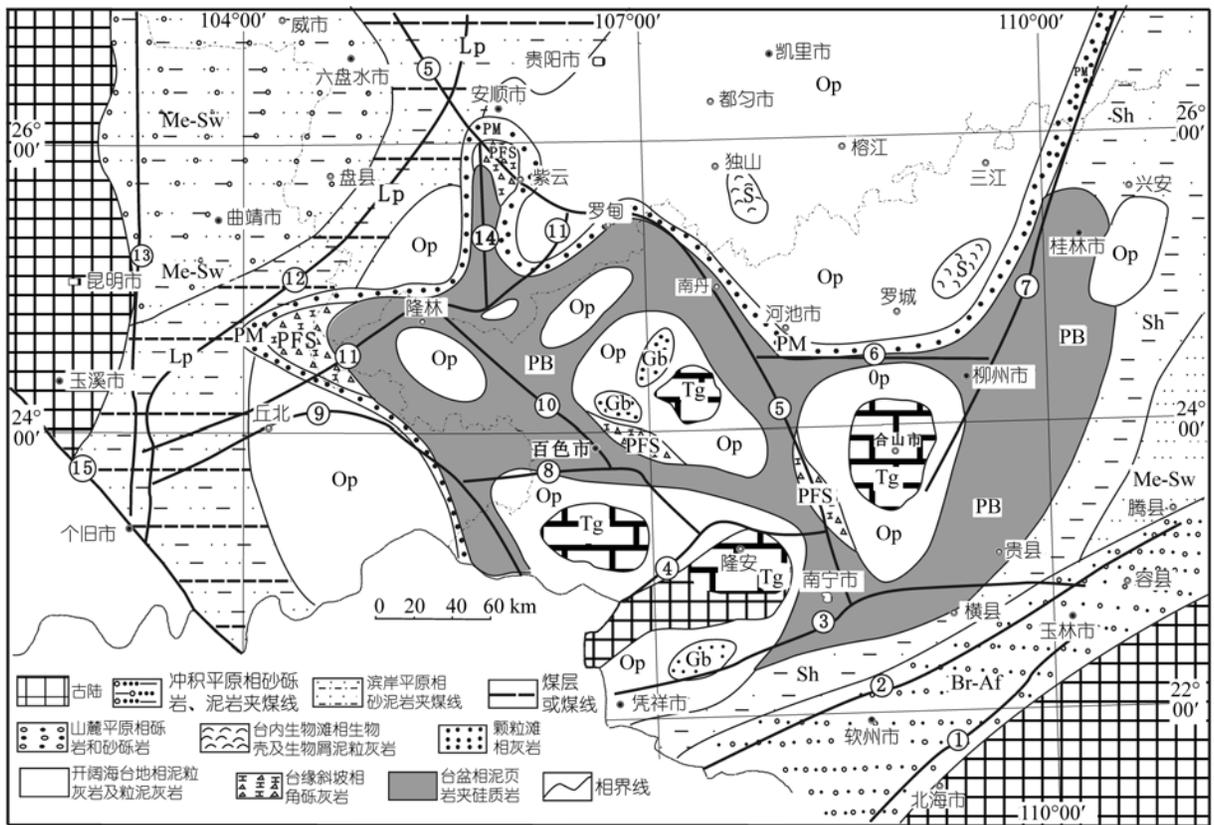


图 3 研究区域吴家坪组(SQ<sub>24</sub>的形成时期)岩相古地理图

图中带圈数字所示的是对古地理格局具有控制作用的主要断裂带: 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. 镇宁-册亨断裂, 15. 红河断裂; 各沉积相带的缩写符号分别是: Br-Af. 山麓平原相, Me-Sw. 冲积平原相, Lp. 滨岸平原相, Tg. 潮坪沼泽相, Op. 开阔海台地相, Rp. 局限海台地相, S. 台内生物滩相, Gb. 颗粒滩相, PM. 台地边缘颗粒滩相, PFS. 台缘斜坡相, Sh. 陆棚相, PB. 台盆相

乐平统层序地层的总体概况。

如图 4 所示, 从连陆台地内部到深水盆地, 乐平统所包含的 2 个三级层序显示出以下变化特点:

第 1, 连陆台地内部贵阳乌当剖面至惠水水源剖面, SQ<sub>24</sub> 为一套煤系地层(龙潭组含煤碎屑岩系夹灰岩层), 而且从乌当剖面至水源剖面含煤碎屑岩系地层呈明显的进积变薄现象, 到水源剖面煤系地层盖在一套开阔海台地相灰岩地层之上; SQ<sub>25</sub> 主要为一套开阔海台地相灰岩, 顶部的潮坪相或局限海台地相白云石灰岩和灰质白云岩所代表的环境变浅、以及大隆组盆地相硅质岩地层所代表的环境加深所代表的突然相变, 表明了碳酸盐台地的消亡起因于台地淹没事件。

第 2, 在台地边缘, 以紫云石头寨剖面为代表, SQ<sub>24</sub> 由一套颗粒滩相灰岩组成, 颗粒滩相灰岩与下伏的茅口组海绵生物礁礁顶相白云岩地层之间的突

然相变面代表了东吴运动第一幕不整合面所构成的层序界面; SQ<sub>25</sub> 则为一套海绵生物礁灰岩。向南到紫云新民剖面, SQ<sub>24</sub> 中下部为领薨组盆地相泥页岩系、上部为斜坡相角砾灰岩并且在顶部发育潮坪相灰质白云岩(图 5), SQ<sub>25</sub> 相变为一套以斜坡相角砾灰岩为主的地层。

第 3, 在较短的距离内, 2 个三级层序均向南相变为一套盆地相泥页岩(领薨组), 以紫云羊场剖面为其典型代表。

第 4, 在连陆台地上由龙潭组煤系地层、长兴组灰岩地层和大隆组硅质岩地层所构成的乐平统(乌当剖面), 到连陆台地边缘的紫云石头寨剖面变为大套灰岩所组成的吴家坪组, 向深水的羊场剖面则相变为领薨组盆地相泥页岩系地层。在过渡性剖面, 如惠水水源剖面, SQ<sub>24</sub> 的中下部为吴家坪组灰岩地层, 上部则为龙潭组煤系地层; 在紫云新民剖面, 乐平统则

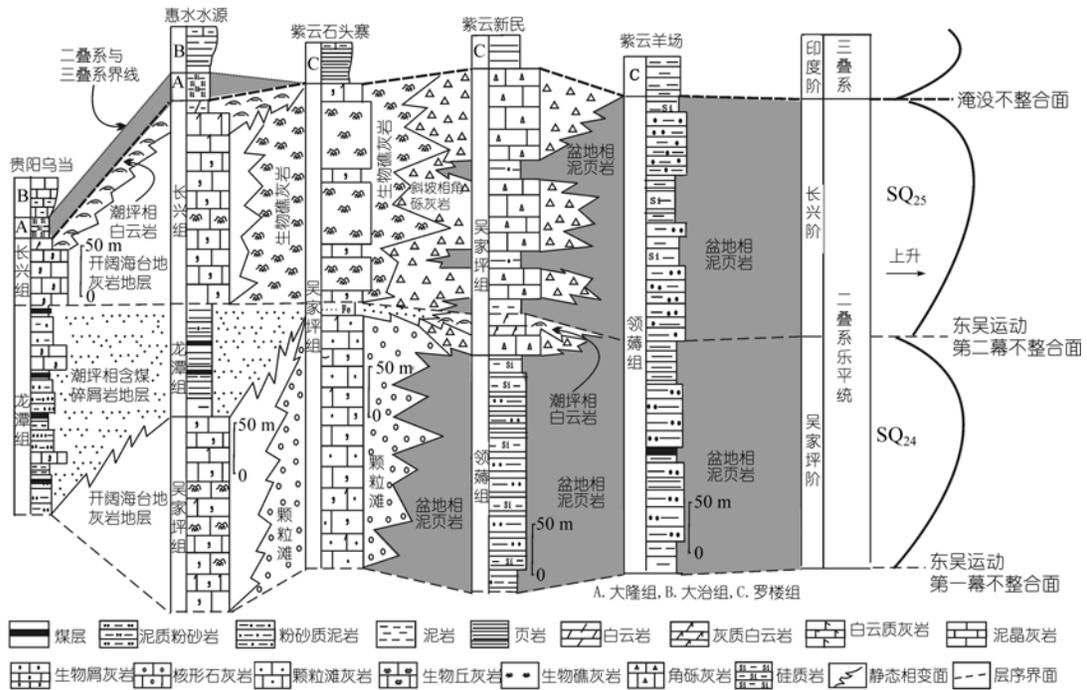


图 4 贵州紫云及邻区乐平统层序地层格架

图中层序地层对比所应用剖面的剖面位置见图 1; SQ<sub>24</sub> 和 SQ<sub>25</sub> 分别代表 2 个三级层序; 由不同沉积岩系所组成的岩石地层单位在台地边缘呈现出明显的穿时性, 这种穿时性受控于沉积相的时空变化

为一个从盆地相泥页岩系地层(领蓐组)到斜坡相角砾灰岩地层(吴家坪组)的沉积序列. 这些变化不但显示出岩石地层单位的穿时性, 而且较为清晰地反映出海侵加深和海退变浅所造成的“相迁移”.

第 5, 从贵阳乌当剖面到紫云羊场剖面, 存在 2 个最为明显的变化. 首先, 组成 SQ<sub>24</sub> 的煤系地层, 从北向南进积, 在台地边缘的紫云石头寨剖面于 SQ<sub>24</sub> 的顶部还发育一套厚度 5~6 m 的铁质砂泥岩, 该套砂岩曾经被命名为“甘桥砂岩”<sup>[22]</sup>, “甘桥砂岩”实际上就是龙潭组含煤碎屑岩系地层向连陆台地边缘进积尖灭的末端部分; 该砂泥岩地层顶部古风化壳的发育, 以及斜坡背景的新民剖面的同时代地层中的“潮坪相白云岩地层”和白云岩地层顶部的喀斯特化现象(图 5 所示), 较为明显地表明了 SQ<sub>24</sub> 顶界面是一个明显的区域平行不整合面——“东吴运动第二幕不整合面”, 而 SQ<sub>24</sub> 底界面则是“东吴运动第一幕不整合面”<sup>[18-21]</sup>; 其次, 作为三级层序 SQ<sub>25</sub> 顶界面的二叠系与三叠系之交的淹没不整合面, 存在两种表现形式: 在连陆台地内部的乌当和水源剖面, 位于二叠系内部的长兴组开阔海台地相灰岩和大隆组盆地相硅质岩之间而

低于“二叠系-三叠系分界面”, 在台地边缘的紫云石头寨剖面以及斜坡相的紫云新民剖面与“二叠系和三叠系分界面”大体一致(图 5 所示).

如图 6 所示, 在连陆台地边缘的册亨一带, 也展示了相似的变化特征: 首先, 者王剖面吴家坪期煤系地层存在明显的进积尖灭, 相变为大湾剖面的以颗粒滩相灰岩为主的地层, 煤系地层向台地边缘的变薄尖灭代表了三级层序 SQ<sub>24</sub> 形成时期较为明显的“相迁移”; 其次, 长兴期地层所组成的 SQ<sub>25</sub>, 从者王剖面的开阔海台地相灰岩相变为大湾剖面的海绵生物礁灰岩地层, 而且代表三级海平下降期环境变浅的潮坪相灰质白云岩地层也存在从台地内部到台地边缘进积变薄的现象, 表明了在一个海平面升降变化过程中明显的时间和空间相变; 第三, 在册亨大湾剖面 and 者王剖面, 两个三级层序顶部的潮坪相灰质白云岩地层所代表的环境变浅则称为识别层序界面的主要标志; 第四, 二叠纪系与三叠系之交的淹没不整合面, 构成了三级层序 SQ<sub>25</sub> 的顶界面, 表现为该层序顶部不同相带的沉积被一套盆地相泥页岩(罗楼组底部)所构成的凝缩作用沉积直接覆盖.

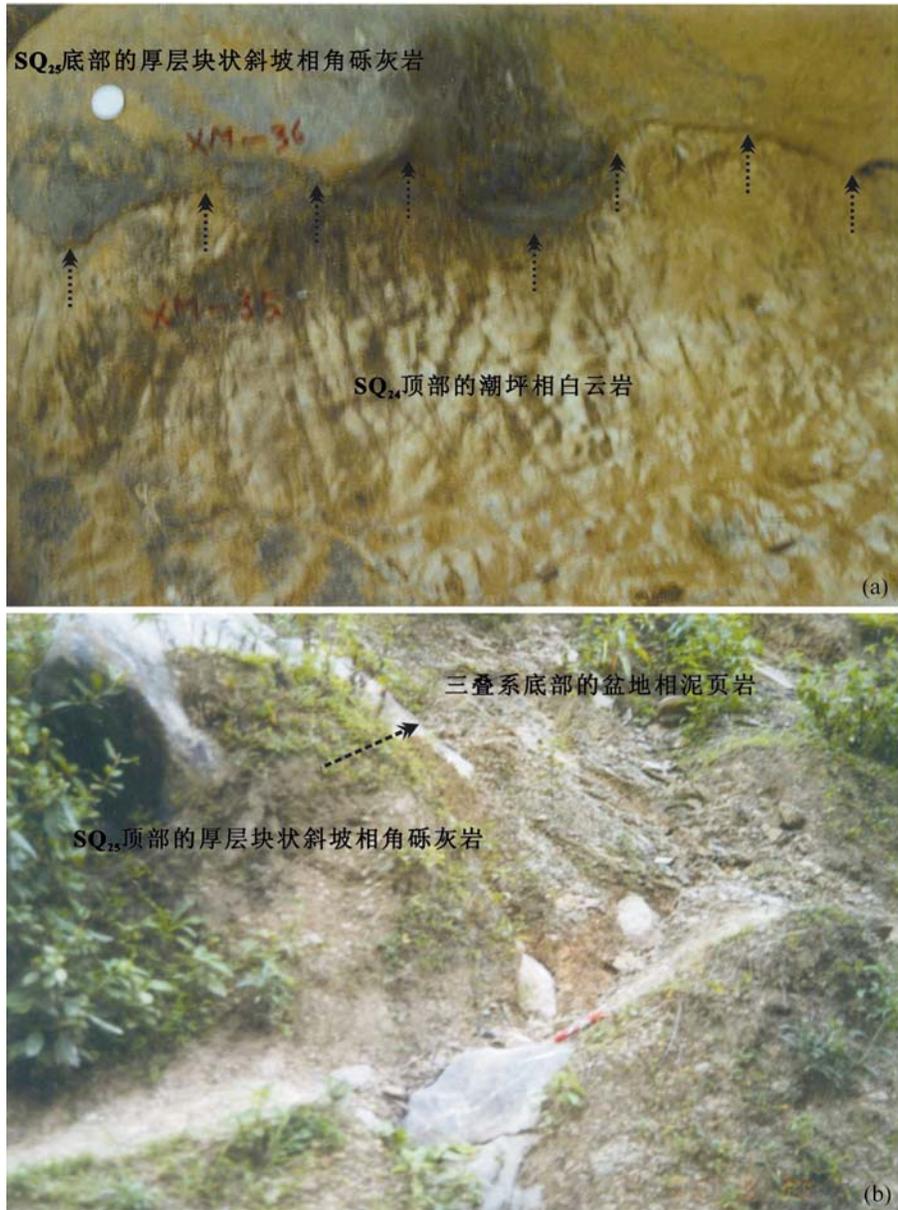


图 5 紫云新民剖面乐平统三级层序界面的典型照片

(a) 表示了  $SQ_{24}$  的顶界面, 斜坡相砾灰岩地层之中的白云岩地层所代表的环境变浅、以及白云岩地层之顶的喀斯特化作用面 (箭头所指) 是该界面的主要标志; (b) 表示了二叠系与三叠系之间的淹没不整合面 (箭头所指), 表现为二叠系顶部斜坡相砾灰岩地层与三叠系底部盆地相泥页岩地层之间的突然变化面

上述特征表明, 与欧美地区乐平世的总体逐渐海退序列相比较<sup>[23]</sup>(图 7), 存在以下差异: 第 1, 研究区域的乐平统明显地包含 2 个三级层序, 代表两次明显的长周期三级海平面升降变化, 少于欧美地区的次数; 第 2, 研究区域二叠系-三叠系之交的快速海侵事件(图 4~6 所示)与欧美地区明显不同, 该事件的结果是形成较为典型的淹没不整合型层序界面, 而且该淹没不整合面存在两种表现形式。如果说瓜达鲁

普世末期的生物灭绝事件与“东吴运动第一幕”不整合面所代表的海退事件存在关联的话<sup>[24,25]</sup>, 那二叠系与三叠系之交的更大规模生物灭绝事件则与研究区域“二叠系-三叠系”之交的淹没不整合面所指示的快速海侵事件相对应, 从而表明了海侵-海退事件所代表的环境变化与生物灭绝事件之间较为复杂的关系<sup>[26,27]</sup>。更为重要的是, 上述两次生物灭绝事件均与大规模的岩浆活动事件存在关联, 瓜达鲁普世

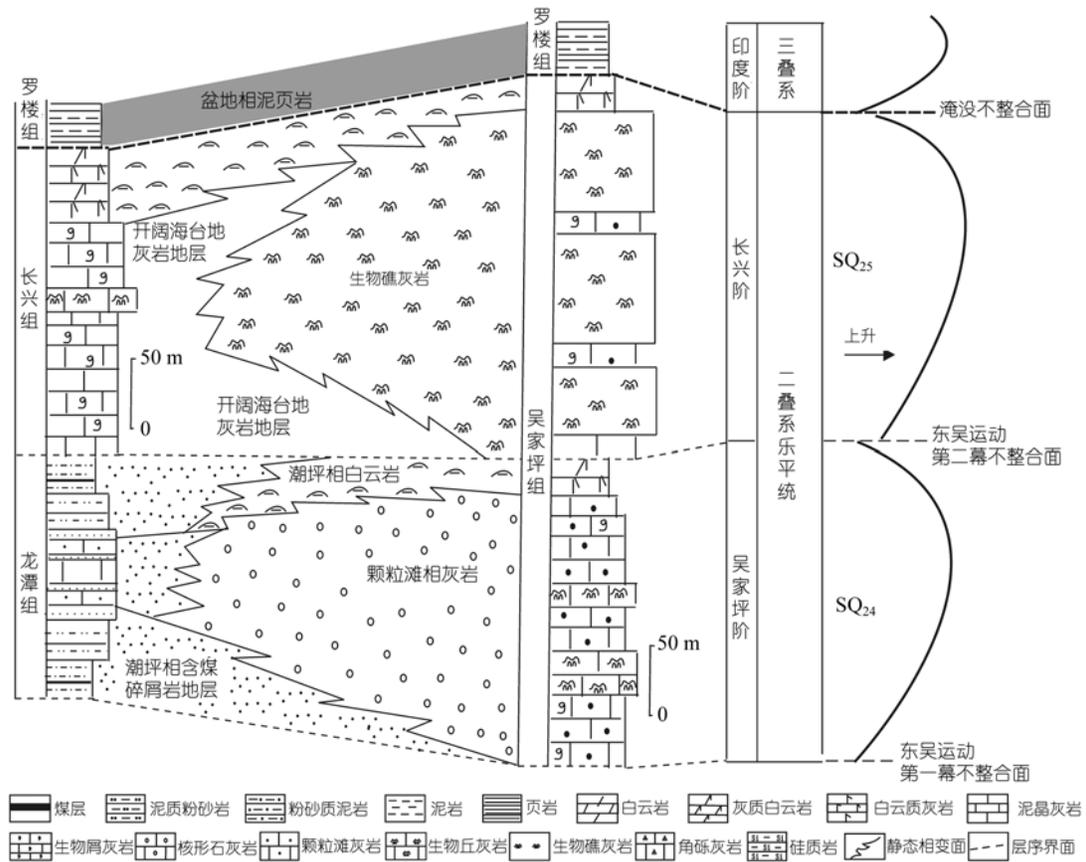


图 6 贵州册亨及邻区乐平统层序地层格架

左图的剖面为册亨者王剖面, 右图的剖面为册亨大湾剖面, 它们的剖面位置见图 2

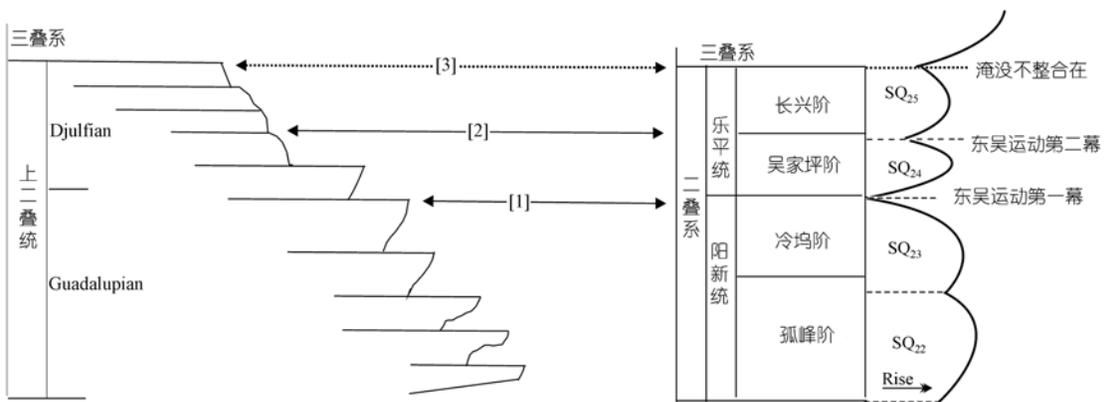


图 7 研究区域乐平世海平面变化曲线与欧美地区的对比

左图为欧美地区的海平面变化曲线, 修改自Ross等 [23]; 右图为研究区域的海平面变化曲线; 两者相比较, 既有相似性也具有差异性; 图中[1]代表古达鲁普世末期的海退事件, [2]为吴家坪期末期的海退事件, [3]为与欧美地区海退事件相对应的研究区域二叠纪-三叠纪之交的淹没不整合面所代表的快速海侵事件

末期的生物灭绝事件与“峨眉山玄武岩”火成岩省代表的岩浆活动事件相关 [28], 而二叠系与三叠系之交的生物灭绝事件则与“西伯利亚火成岩省存在关联 [29]. 因此, 地球表层系统各种地质事件之间非常复

杂的成因关系, 需要进一步研究才能得到合理的阐释. 图 4 和 6 的层序地层格架还表明了地层记录中的“两种相变面”和“两种穿时性” [30,31]. 如果把地层记录中由于空间相变所造成的相变面作为“静态相变面”的

话, 那层序界面就可以作为“动态相变面”; 前者常常斜交时间面造成“相变面穿时”, 而产生大规模时间相变的层序界面常常伴随着地层间断则形成“间断面穿时”. 应用生物礁的结构相, 吴亚生和范嘉松 [32~34] 曾经计算了阳新世末期(SQ<sub>24</sub> 的底界面(东吴运动第一幕不整合面)所代表)、以及乐平世末期(SQ<sub>25</sub> 形成时期晚期)的海平面下降幅度, 得出了均下降 200 余米的结论.

图 4 所示的层序地层格架表明, 龙潭组煤系地层自北而南的进积尖灭、到台地边缘的紫云石头寨剖面相变为“甘桥砂岩”、到斜坡相的紫云新民剖面相变为与上下地层的沉积环境极为不协调的白云岩地层(图 5(a)所示), 根据台缘斜坡相变浅为潮坪相推断, SQ<sub>24</sub> 的顶界面(东吴运动第二幕不整合面)所代表的海平面下降事件的下降幅度也达到 200 余米的幅度. 因此, 图 4 和 6 的地层格架所反映出的研究区域乐平世复杂而有序的沉积相的时间变化和空间展布形式, 在

进行更大空间范围追索的同时, 将在系列层序地层格架栅状图以及相应的岩相古地理图之中得到更好的反映.

## 2 吴家坪期层序地层格架及其古地理背景

从更大的空间范围上分析, 吴家坪期为主的地层所构成的 SQ<sub>24</sub> 在研究区域的西北部为一套覆盖在峨眉山玄武岩之上的海陆交互相含煤碎屑岩地层(宣威组下部或龙潭组煤系; 图 8 剖面(1)~(6), (9)~(13), (20)~(22)以及剖面(33)), 代表了从北西的冲积平原到南东的滨岸平原的古地理背景(图 3 的冲积平原相(Me-Sw)和滨岸平原相(Lp)所示). 向东, 相变为夹含煤碎屑岩系的吴家坪组开阔海台地相灰岩地层(图 8 剖面(7), (16)~(19)为代表), 局部煤系地层的发育代表了局部沼泽化的特点, 反映了一个总体上为开阔海台地的古地理背景(图 3 的开阔海台地相(Op)所示).

在连陆台地边缘, 三级层序 SQ<sub>24</sub> 主要为一套颗

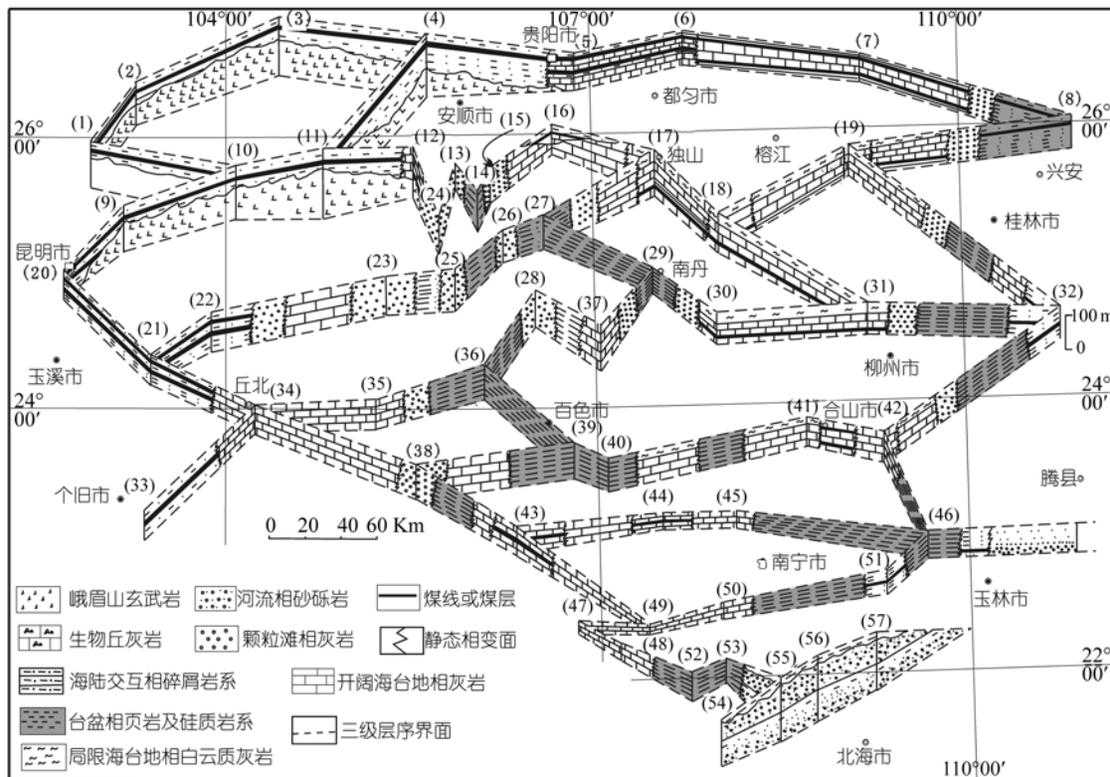


图 8 研究区域三级层序 SQ<sub>24</sub> 的层序地层格架栅状图

图中(1)~(57)为层序地层对比所应用的剖面: (1) 禄劝二哨, (2) 东川三古水, (3) 威宁乌当, (4) 织金岩背后, (5) 贵阳乌当, (6) 福泉干巴哨, (7) 黎平新化, (8) 全州黑木山, (9) 高明麦地冲, (10) 富源恩洪, (11) 盘县三官寨, (12) 关岭永宁镇, (13) 紫云白石桥, (14) 紫云羊场, (15) 紫云石头寨, (16) 惠水水源, (17) 平塘甘寨, (18) 荔波韦寨, (19) 从江贯洞, (20) 昆明西山, (21) 弥勒西龙, (22) 师宗鸭子塘, (23) 隆林安然, (24) 贞丰白层, (25) 册亨大湾, (26) 紫云猴场, (27) 罗甸纳水, (28) 乐业烟棚, (29) 南丹雍里, (30) 河池五圩, (31) 柳城大埔, (32) 平乐二塘, (33) 蒙自戈古, (34) 云南丘北, (35) 广南陆家乡, (36) 田林八渡, (37) 广西凤山, (38) 富宁木央, (39) 田阳坡洪, (40) 广西田东, (41) 合山朔河, (42) 来宾乔北, (43) 靖西南坡, (44) 隆安都结, (45) 武鸣里建, (46) 贵县古城, (47) 龙州板旺, (48) 宁明亭亮, (49) 崇左布满, (50) 扶绥东罗, (51) 横县谢圩, (52) 上恩平福, (53) 上恩百包, (54) 防城滩散, (55) 钦州大直, (56) 钦州小董, (57) 灵山那隆

粒滩相颗粒灰岩及泥粒灰岩地层所组成,以图4中的紫云石头寨剖面图8剖面(15)和图6中的册亨大湾剖面(图8剖面(25))、以及贞丰白层剖面(图8剖面(24))为其典型代表;在层序的顶部,或多或少地发育潮坪相(或局限海台地相)灰质白云岩和白云质灰岩地层。因此,连陆台地边缘总体上是一个颗粒滩相(图3“PM”相带所示),该相带成一个复杂的“S”形展布在研究区域的中部,这种复杂的形态是多条同生断裂带共同控制的结果,这些断裂带包括:紫云-罗甸-南丹-都安断裂(图3断裂“5”)、宜山断裂(图3断裂“6”)、永福-来宾断裂(图3断裂“7”)、丘北-广南-富宁-那坡断裂(图3断裂“9”)、南盘江断裂(图3断裂“11”)、镇宁-册亨断裂(图3断裂“14”)。

孤立台地上在灰岩层中发育煤层或煤线,即组成特殊的“合山组煤系”,以合山朔河剖面(图8剖面(41))、靖西南坡剖面(图8剖面(43))为其典型代表,泥粒灰岩和粒泥灰岩层中夹煤层或煤线是其典型特征,三级层序SQ<sub>24</sub>的顶部发育的白云岩和灰质白云岩地层所代表的环境变浅是三级海平面下降所造成的强迫型海退的结果;因此,这些由灰岩层夹煤线或煤层所构成的三级层序SQ<sub>24</sub>,代表了孤立台地内部曾经发育过特殊的潮坪-沼泽环境(图3“Tg”所示)。

在台间盆地中为一套盆地相泥页岩夹硅质岩,属领薨组下部,图4的紫云羊场剖面(图8剖面(14))是其典型代表,其他许多剖面如图8(27), (29), (35), (39), (40), (46), (52)和(53)等剖面,它们代表了一个分布在孤立台地之间、孤立台地与连陆台地之间深水盆地的古地理背景(图3中“PB”相带所示),所以简称为台盆,与Chen等<sup>[35]</sup>所描述的泥盆纪“饥饿拉伸盆地”极为相似。

在“钦州—防城”一带,为一套不整合覆盖在深水盆地上的厚度巨大的(最大厚度2000余米)陆相磨拉石粗碎屑沉积(彭久组下部<sup>[7]</sup>;图8剖面(54)~(57)所示)。该套粗碎屑岩地层不整合覆盖在下伏的阳新统深水盆地相硅质岩地层之上,组成一个特殊的山麓平原相带(图3中“Br-Af”所示),表明了东吴运动第一幕在该地区的造山运动性质,并且表明自泥盆纪以来之二叠纪阳新世的“钦-防残留海槽”(图1(a)所示的钦州盆地)在阳新世末期已经关闭。

在南宁至靖西一带的孤立台地上,SQ<sub>24</sub>发育不全,局部地方甚至缺失;这与“钦州—防城”一带的陆相磨拉石一起,反映了研究区域东南部阳新世与乐平世

之交东吴运动第一幕所造成的较为强烈的地壳抬升。最为特别的是,东南部强烈的地壳挤压抬升与西北部峨眉山玄武岩所代表的拉张地壳背景<sup>[36]</sup>形成鲜明的对照,从而表明东吴运动第一幕在研究区域不但强烈,而且表现形式多样而反映了一个极为复杂的古构造背景<sup>[36]</sup>。

### 3 长兴期层序地层格架及其古地理背景

长兴期的地层总体上组成三级层序SQ<sub>25</sub>,其底界面为东吴运动二幕不整合面;顶界面为一个典型的淹没不整合面。而且该淹没不整合面具有两种表现形式:在连陆台地内部,它位于二叠纪晚期的长兴组开阔海台地相灰岩与大隆组盆地相硅质岩之间,可能属于一个初始淹没间断面,在这些地区二叠纪与三叠纪之交的淹没不整合面是一个更大规模的淹没不整合面<sup>[37-39]</sup>;在连陆台地边缘以及孤立台地上,作为三级层序SQ<sub>25</sub>的顶界面的淹没不整合面与二叠系-三叠系的分界面大体一致。与吴家坪阶所构成的三级层序SQ<sub>24</sub>不同的是,在连陆台地边缘以及一些孤立台地上构成三级层序SQ<sub>25</sub>的是一套海绵生物礁灰岩,由此而表明了长兴期在研究区域是一个造礁期。

如图9所示,在研究区域的西北部,SQ<sub>25</sub>主要为一套潮坪相含煤碎屑岩系地层(宣威组煤系上部;图9剖面(1)~(4),剖面(9)~(11), (20), (22)和(33)所示),但是煤层不如吴家坪阶发育,代表沉积环境有所加深,表明了靠近西部古陆边缘的冲积平原至滨海平原的沉积特点(图2的冲积平原相(Me-Sw)和滨岸平原相(Lp)所示)。要说明的是,冲积平原相和滨岸平原相的分布范围明显要比吴家坪期(图3所示)小,从而间接地说明了长兴期曾经经历过海侵退积作用过程,该过程是三级层序SQ<sub>25</sub>海平面上升过程所造成的沉积环境加深的结果。

在连陆台地内部向东则相变为长兴组开阔海台地相灰岩(图9剖面(5)~(7), (16)~(19)所示),如上文的图4的贵阳乌当、惠水水源剖面和图6的册亨者王剖面所示,在这些地区三级层序SQ<sub>25</sub>的中下部主要为开阔海台地相泥粒灰岩和粒泥灰岩地层,层序的顶部发育的潮坪相白云岩以及灰质白云岩地层代表了由强迫型海退过程所造成的环境变浅,相序的变化成为划分层序的主要标志之一;总的来讲,在连陆台地东部的贵阳至广西三江一带,在三级层序SQ<sub>25</sub>的

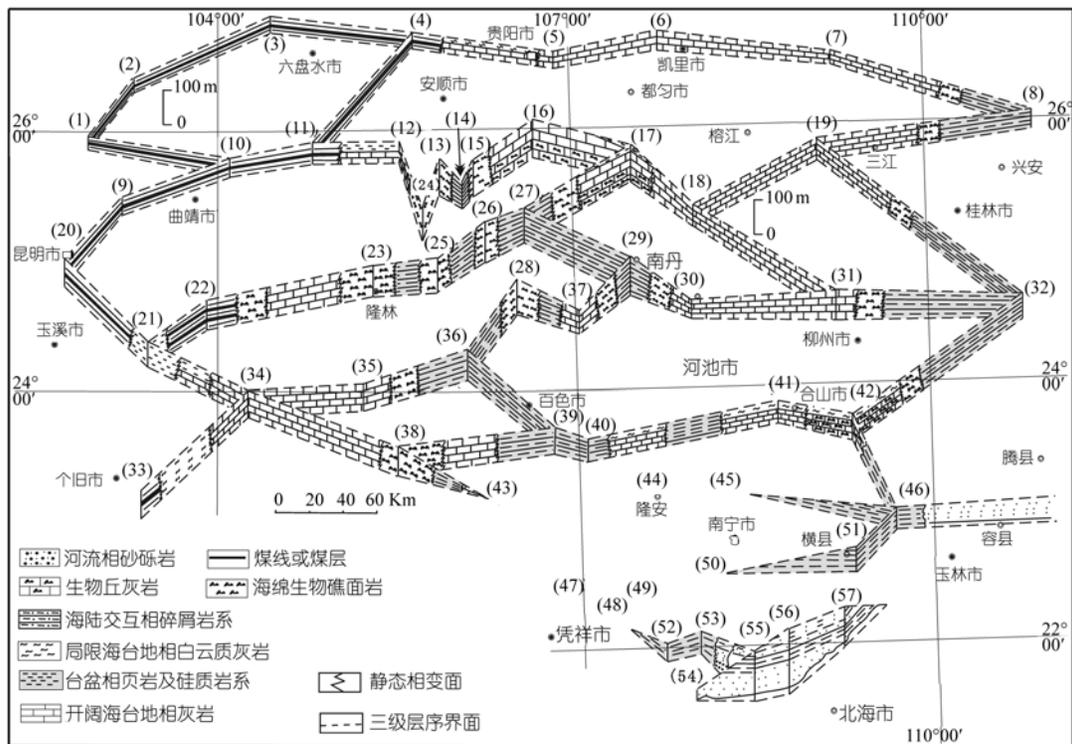


图 9 研究区域三级层序  $SQ_{25}$  的层序地层格架栅状图

(1)~(57)为层序地层对比所应用的剖面: (1) 禄劝二哨, (2) 东川三古水, (3) 威宁金钟, (4) 织金岩背后, (5) 贵阳乌当, (6) 福泉干巴哨, (7) 黎平新化, (8) 全州黑木山, (9) 嵩明麦地冲, (10) 富源恩洪, (11) 盘县三官寨, (12) 关岭永宁镇, (13) 紫云白石桥, (14) 紫云羊场, (15) 紫云石头寨, (16) 惠水水源, (17) 平塘甘寨, (18) 荔波韦寨, (19) 从江贯洞, (20) 昆明西山, (21) 弥勒西龙, (22) 师宗鸭子塘, (23) 隆林安然, (24) 贞丰白层, (25) 册亨大湾, (26) 紫云猴场, (27) 罗甸纳水, (28) 乐业烟棚, (29) 南丹雍里, (30) 河池五圩, (31) 柳城大埔, (32) 平乐二塘, (33) 蒙自戈古, (34) 云南丘北, (35) 广南陆家乡, (36) 田林八渡, (37) 广西凤山, (38) 富宁木央, (39) 田阳坡洪, (40) 广西田东, (41) 合山朔河, (42) 来宾乔北, (43) 靖西南坡, (44) 隆安都结, (45) 武鸣里建, (46) 贵县古城, (47) 龙州板旺, (48) 宁明亭亮, (49) 崇左布满, (50) 扶绥东罗, (51) 横县谢圩, (52) 上恩平福, (53) 上恩百包, (54) 防城滩散, (55) 钦州大直, (56) 钦州小董, (57) 灵山那隆

形成时期是一个清水浅水的开阔海台地至局限海台地背景(图 2 的“Op-Rp”相带)。

在连陆台地边缘及孤立台地的迎风浪边缘上,  $SQ_{25}$  为一套海绵生物礁灰岩 [40,41] (吴家坪组上部; 以图 4 中的紫云石头寨剖面图 9 剖面(15)和图 6 中的册亨大湾剖面(图 9 剖面(25))、以及贞丰白层剖面(图 9 剖面(24)为其典型代表), 厚度 200~300 m; 长兴期的连陆台地边缘的展布(图 2“PM”相带)与吴家坪期(图 3)基本上是一致的, 也是受到若干同生断裂带共同控制的结果。

在台盆中, 为一套盆地相泥页岩夹硅质岩(领蕨组上部; 图 2“PB”相带所示), 其空间展布特点类似于吴家坪期(图 3 的“PB”相带所示)。

在钦州至防城一带, 中下部为陆相磨拉石地层(彭久组上部, 最大厚度 2000 余米; 图 9 剖面(54)~(57)

所示); 其空间分布特征与吴家坪期(图 3)相似, 也表明了一个特殊的山麓平原相带(图 2“Br-Af”所示)。但是, 在该相带, 大隆组盆地相硅质岩地层直接盖在彭久组粗碎屑岩地层之上, 表明二叠纪晚期的快速海侵事件在该地区具有较大的影响, 类似于连陆台地上的情况。

在南宁至靖西一带的孤立台地上,  $SQ_{25}$  缺失(图 9 剖面(43)~(50)所示), 这是与东吴运动第一幕和第二幕相关的构造抬升的结果, 这些地方东吴运动第一幕和第二幕不整合面, 以及二叠系与三叠系之交的淹没不整合面叠加在一起组成一个较为复杂的地层间断面(图 10); 上述现象说明, 在孤立台地内部的隆安至凭祥一带为一片古陆(图 2 所示), 由此而代表的构造抬升与南东部“钦-防海槽”在东吴运动第一幕的关闭存在对应关系。

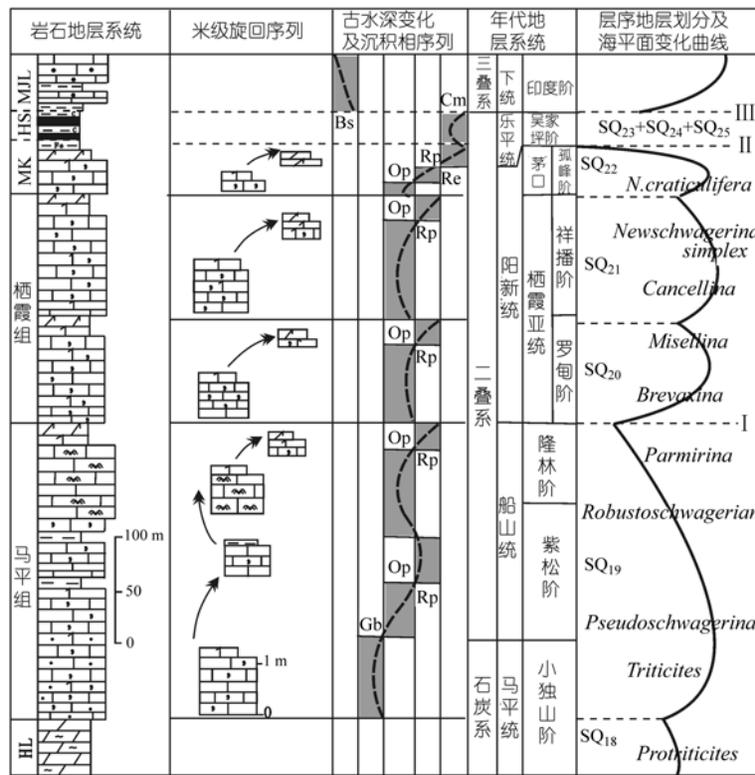


图 10 广西隆安都结剖面二叠系层序地层划分

其剖面位置见图 2、以及图 8.9 的“(44)”所示, 岩性符号见图 4.5。在岩石地层系统一栏中, HL 为黄龙组, MK 代表茅口组, HS 代表合山组, MJL 代表三叠系马脚岭组; 在沉积相序列一栏中, Re 代表铝土铁质岩系构成的古风化壳, Cm 指发育煤系地层的沼泽相, Gb 代表颗粒滩相, Op 为开阔海台地相, Rp 指局限海台地相, Bs 代表盆地相; I-III 分别代表不整合面, I 指二叠系船山统和阳新统之交的黔桂运动不整合面, II 指由 SQ<sub>22</sub> 的部分发育和 SQ<sub>23</sub> 的缺失所代表的东吴运动第一幕不整合面, III 是东吴运动第二幕不整合面和二叠系-三叠系之交的淹没不整合面叠加而成的不整合面。海平面变化曲线上所标的主要的瓣化石带引自金玉珩等 [2] 的资料

长兴期是二叠纪一个重要的造礁期 [40-41], 在连陆台地边缘和孤立台地上发育的海绵生物礁灰岩与吴家坪期的颗粒灰岩及泥粒灰岩形成较为明显的区别。孤立台地上的长兴期生物礁以图 9 中的乐业烟棚剖面(剖面(28))和富宁木央剖面(剖面(38))为其典型代表。在连陆台地上偏东部的地方以及孤立台地上的局部地区, SQ<sub>24</sub> 和 SQ<sub>25</sub> 均由开阔海台地相灰岩所组成, 二者区别不大而统称为吴家坪组(图 9 的柳城大埔剖面(剖面(31))和广西西山剖面(剖面(37))是其典型代表; 但是, 在这些地方与东吴运动第二幕相关的强迫型海退事件 [42-44] 相对应的是, 在 SQ<sub>24</sub> 和 SQ<sub>25</sub> 顶部常常发育潮坪相或局限海台地相白云岩或白云石化地层, 从而成为划分和识别两个三级层序的主要标志。

研究区域长兴期地层所组成的三级层序 SQ<sub>25</sub> 的古地理背景如图 2 所示, 其总体形态与吴家坪期(图 3)相比存在继承性, 即在连陆台地上存在东西向相变(从西部的煤系地层相变为东部的碳酸盐岩地层)的同

时又存在从北向南由浅变深(从浅水台地到深水盆地)的总体变化。但是, 也存在较大的差异性, 主要的差异有: 第 1, 西北部煤系地层分布范围有所变小, 从而显示出长兴期早期较为明显的海侵作用; 第 2, 在连陆台地边缘及孤立台地上 SQ<sub>25</sub> 由一套海绵生物礁灰岩所构成而与 SQ<sub>24</sub> 形成明显的区别; 第 3, 在南宁至靖西一带的孤立台地上, 长兴期的古陆范围有所扩大, 这是东吴运动第二幕在研究区域东南部造成的地壳进一步抬升的结果。

#### 4 结语

滇黔桂盆地及其邻区的乐平统包含 2 个三级层序(SQ<sub>24</sub> 和 SQ<sub>25</sub>), 该 2 个三级层序在不同的古地理形成背景具有不同的相序结构。对于三级层序 SQ<sub>24</sub>, 发育两种不同的煤系地层, 一种是连陆台地上靠近古陆边缘的海陆交互碎屑岩煤系地层(以龙潭组和宣威组下部为代表), 另一种是发育在一些孤立台地

上与灰岩层交互的煤系地层; 由此而表明, 该三级层序的形成时期——吴家坪期在研究区域是一个重要的成煤期. 对于三级层序 SQ<sub>25</sub>, 在连陆台地边缘以及一些孤立台地的迎风浪边缘由一套海绵生物礁灰岩所构成; 由此而说明, SQ<sub>25</sub> 的形成时期——长兴期, 是一次较为重要的海绵生物造礁期. 与欧美地区不同, 研究区域乐平统的 2 个三级层序代表了 2 次明显的海侵-海退旋回. 研究区域乐平统的层序地层格架还表明了 2 个极为有趣的现象: 首先, 如果瓜达卢普世末期的生物绝灭事件与东吴运动第一幕不整合面代表的海退事件存在成因关联的话, 那与二叠纪与三叠纪之交的更大规模的生物灭绝事件相对应的则是由淹没不整合面所代表的快速海侵事件; 该现象表明, 生物灭绝事件与海侵—海退事件之间存在一个较为复杂的关系需要更进一步的研究才能得到合理的阐释. 其次, 二叠系顶部的大隆组盆地相硅质岩地层, 在研究区域北部的连陆台地上直接覆盖在长兴组碳酸盐岩地层所构成的 SQ<sub>25</sub> 之上, 在研究区域的东南部也直接覆盖在由彭久组上部的粗碎屑岩系地层所构成的 SQ<sub>25</sub> 之上; 但是, 在连陆台地边缘以及孤立台地上, 几乎见不到大隆组硅质岩的踪迹, 这些现象表明二叠纪—三叠纪过渡时期的台地淹没事件及其相关的快速海侵事件首先发生在连陆台地内部碳酸盐生长和沉积速率较低的地区, 以及首先发生在其它浅水区域, 二叠纪末期更大规模的快速海侵才使研究区域连陆台地边缘生物礁、大部份孤立台地淹没消亡, 二叠纪之后研究区域进入了另一个全新的古地理格局.

### 参 考 文 献

- 赵自强, 丁启秀, 主编. 中南区区域地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 71—118
- Enos P, Wei J Y, Lehrmann D J. Death in Guizhou—Late Triassic drowning of the Yangtze carbonate platform. *Sediment Geol*, 1998, 118: 55—76[DOI]
- Jin Y G, Glenister B R, Kotlyer C K, et al. An operational scheme of Permian chronostratigraphy. *Palaeoworld*, 1994, 4: 1—14
- Jin Y G, Wardlaw B R, Glenister B R, et al. Permian chronostratigraphic subdivisions. *Episodes*, 1997, 20(1): 10—15
- Yin H F, Zhang K X, Tong J N, et al. The global stratotype section and point (GSSP) of the Permian-Triassic boundary. *Episodes*, 2001, 24(2): 102—114
- 黄汲清. 中国南部之二叠纪地层. (前)中央地质调查所专报, 甲种, 第 10 号, 1932, 1—16
- 金玉环, 尚庆华, 侯静鹏, 等. 中国地层典 (二叠系). 北京: 地质出版社, 2000. 4—39
- Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, et al. A new geological scale with special reference to Precambrian and Neogene. *Episodes*, 2004, 27(2): 83—100
- Stanley S M. *Earth System History*. New York: W H Freeman and Company, 1999. 399—434
- 史晓颖, 梅仕龙, 孙岩. 黔南斜坡相二叠系层序地层及年代地层对比. *现代地质*, 1999, 13(1): 1—10
- 梅仕龙, 朱自力, 史晓颖. 广西中部二叠系乐平统层序地层研究. *现代地质*, 1999, 13(1): 11—18
- 殷鸿福, 童金南, 丁梅华. 扬子区晚二叠世—中三叠世海平面变化. *地球科学*, 1994, 19(5): 627—632
- 冯增昭, 金振奎, 杨玉卿, 等. 滇黔桂二叠纪岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1994. 1—129
- 刘宝珊, 许效松. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪). 北京: 科学出版社, 1994. 126—144
- 梅冥相, 徐德斌. 沉积地层旋回性记录中几个理论问题的认识——兼论“露头层序地层”的工作方法. *现代地质*, 1996, 10(3): 85—92
- Tucker M E. *Sedimentary Rocks in the Field*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2003. 191—224
- Doyle P, Bennett M R. *Unlocking the stratigraphic record*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1998. 1—532
- 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. *现代地质*, 2001, 15(1): 74—82
- 梅冥相, 高金汉, 易定红. 滇黔桂盆地及邻区二叠纪层序地层格架及相对海平面变化. *高校地质学报*, 2002, 8(3): 18—24
- 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. *现代地质*, 2002, 16(4): 365—373
- 陈洪德, 王成善, 刘文均, 等. 华南二叠纪层序地层与盆地演化. *沉积学报*, 1999, 17(4): 529—535
- 王钰, 盛金章, 陈楚霞, 等. 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. 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). 北京: 科学出版社, 1963. 46—58
- Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic depositional sequences are synchronism and worldwide. *Geology*, 1995, 13: 194—197
- Jin Y G, Mei S L, Zhu Z L. The potential stratigraphic levels of Guadalupian/Lopingian boundary. *Permophiles*, 1993, 23: 281—285
- Wang X D, Sugiyama T. Diversity and extinction patterns of Permian coral faunas of China. *Lethaia*, 2000, 33: 285—294[DOI]
- Hallam A, Wignall P G. Mass extinction and sea-level changes. *Earth-Sci Rev*, 1999, 48: 217—250[DOI]
- Racki G, Wrzolek T. Cause of mass extinction. *Lethaia*, 2001, 34: 200—202[DOI]
- Ali J R, Thompson G M, Song X, et al. Emeishan Basalts (SW China) and the “end-Guadalupian” crisis: magneto-biostratigraphic

- constrations. *J Geol Soc*, 2002, 159: 21—29
- 29 Wignall P G. Large igneous provinces and mass extinctions. *Earth-Sci Rev*, 2001, 53: 1—13
- 30 梅冥相. 从地层记录的特征论岩石地层学的困惑. *地层学杂志*, 1996, 20(3): 207—212
- 31 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. *地层学杂志*, 2001, 25(2): 150—153
- 32 吴亚生. 生物礁的结构相和结构岩石类型. *中国科学 B 辑*, 1992, (3): 304—310
- 33 吴亚生, 范嘉松. 根据生物礁定量计算茅口期全球海平面变化幅度. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2001, 31(3): 233—242
- 34 Wu Y S, Fan J S. Quantitative evaluations of the sea-level drop at the end-Permian: based on reef. *Acta Geol Sin-Engl Ed*, 2003, 77(1): 95—102
- 35 Chen D Z, Tucker M E, Jiang M Z, et al. Carbonate sedimentation in a starved pull-apart basin, middle to late Devonian, southern Guilin, South China. *Basin Res*, 2001, 13: 141—167
- 36 吴浩若. 晚古生代—三叠纪南盘江海的构造古地理问题. *古地*  
*理学报*, 2003, 5(1): 63—76
- 37 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. *岩相古地理*, 1996, 16(6): 42—33
- 38 陈中强. 二叠纪末期的全球淹没事件. *岩相古地理*, 1995, 15(3): 34—39
- 39 Comez J J. Condensed processes in shallow platform. *Sediment Geol*, 1994, 92: 147—159[DOI]
- 40 范嘉松. 二叠纪生物礁. 北京: 科学出版社, 1990. 1—419
- 41 张维, 范嘉松, 吴亚生. 中国南方二叠纪生物礁与古生态. 北京: 地质出版社, 1992. 1—98
- 42 Hunt D, Tucker M E. Stranded parasequences and forced regressive wedge system tract: deposition during base-level fall. *Sediment Geol*, 1992, 81: 1—9[DOI]
- 43 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. *地质科技情报*, 2000, 19(2): 17—21
- 44 王训练. 露头层序地层学研究中定义和识别不同级别沉积层序的标准. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2003, 33(11): 1057—1067