

西南地区二叠纪层序地层及海平面变化

覃建雄 曾允孚 陈洪德 田景春 李余生

(成都理工学院沉积地质研究所)

钱奕中 寿建峰 沈安江

(杭州石油地质研究所)

[内容提要] 西南地区二叠系可划分为2个二级层序、11个三级层序,它们代表11次三级海平面升降旋回,其中有6次可与欧美地区二叠纪海平面变化相对比,它们是伦纳德(Leonardian)早期、瓜达卢普(Guadalupian)早期、瓜达卢普(Guadalupian)晚期、卡赞(Kazanian)早期、鞑靼(Tatarian)早期和鞑靼(Tatarian)晚期的海平面旋回。研究表明,该区二叠纪相对海平面变化作为全球海平面变化和同沉积构造活动相互作用的产物,它与欧美地区乃至联合古陆发展具反向效应,即具有以海侵型碳酸盐沉积序列为典型的主体海平面上升的特点。作者认为显生宙全球海平面旋回曲线的二叠纪部分总体具有两种类型或分支,其一是以海侵型碳酸盐沉积序列为主的反映海平面主体上升的特提斯型或华南型;其二是以海陆过渡—陆相海退沉积序列为主的揭示海平面主体下降的经典型或欧美型。作者强调,全球二叠纪海侵型全球海平面旋回曲线应以西南地区为代表。

①

关键词 层序地层 海平面变化 二叠系 西南地区 特提斯型(华南型) 经典型(欧美型)

随着层序地层学理论的飞速发展,二叠纪层序研究取得了较大进展^[1-20]。Dennison 等(1984)、Miall 等(1984)、Charles 等(1988)、Sarg(1991)、Tucker(1991)、Leven(1992)、Beauchamp(1992)、Kotlyer(1993)、Ross 等(1993)、Baud(1993)、Morin 等(1994)、Noe(1994)、Osleger(1995)等分别对全球不同地区二叠纪不同时期层序进行了初步研究,取得了丰硕成果,归结起来,它们具有如下共同特点:①二叠纪为典型的向上变浅海退旋回;②晚二叠世尤其是鞑靼期为全球最低海平面时期;③二叠纪尤其是晚二叠世次级周期海平面旋回过于简单。根本原因在于他们所依赖的资料主要源于北美、西欧、俄罗斯及冈瓦纳等,这些地区构成二叠纪联合古陆的主体,晚二叠世沉积记录不全,海相甚少,以陆相为主,甚至缺失部分或相当上二叠统,显然它们所反映的仅只是欧美地区及冈瓦纳大陆的主体海平面下降事件,而不具全球代表性。与此相反,以华南地区为典型代表的包括阿尔卑斯、外高加索、伊朗、北越、日本等在内的整个特提斯域,二叠纪普遍发育与联合古陆具反向效应的反映主体海平面上升的海侵型碳酸盐岩沉积序列,并局部显示非暖水碳酸盐岩成因特点(殷鸿福等,1994)^[21]。西南地区即由金沙江-红河断裂、绿汁江断裂、龙门山断裂、城房断裂和钦防断裂所围限的滇东、贵州、广西和四川大部地区^[22](图1),作为位于古特提斯洋中低纬度陆块典型代表的华南板块的一部分,蕴

藏并记载着特提斯域甚至联合古陆成生、发展、演化过程中全球古地理、全球古构造、全球古气候及全球矿产资源分布等的重要信息。加之,由于其特殊的板块构造属性和复杂的演化过程,因而表现为由不同成因类型盆地通过时空叠合而成的典型的复合盆地^[23]。其中,盆地类型多种、沉积体系多样、沉积相带多类、沉积作用特殊、油气资源丰富。此外,二叠系发育全、露头佳、保存好,先期地层、生物、沉积等基础研究扎实,是进行层序地层研究的理想地区和层位。然而,该区层序地层研究起步较晚(曾允孚等^[23],1993;刘宝珺等,1993;夏文臣等,1994;陈北岳等,1994;殷鸿福等^[24],1994;许效松等,1995;覃建雄等^[19],1996),进展相对缓慢。可见,在西南地区开展层序地层、海平面研究,建立层序地层、盆地充填格架,不仅对油气勘探具有重大现实意义,而且对了解该区板块构造属性和演化及其与特提斯、环太平洋构造域之间的关系,促进联合古陆计划的实施和实现,发展非暖水碳酸盐岩理论,修订和完善二叠纪全球海平面旋回曲线,具有重大理论意义。针对该区研究现状及争论焦点,笔者通过沉积盆地类型及沉积体系特征研究,以露头层序地层学理论为指导,辅以多重、动态地层学方法,结合地震和测井资料,综合研究不同盆地、不同相带、不同主干剖面的微相、相、相旋回、准层序、准层序组、体系域、层序及界面特征,进行剖面间、相带间、盆地间和区域范围对比和追踪,建立西南地区二叠系层序地层格架,在此基础上,系统阐述该区二叠纪相对海平面变化史,并进行全球对比。

1 地层格架

西南地区二叠纪地层研究程度较高,但争议颇大,主要表现为:①岩石地层单元区域对比;②年代地层“阶”的确切层位限定;③底界划定等问题。笔者根据本区二叠纪岩石地层、年代地层及生物地层研究的最新进展,结合层序地层研究特点,采用表1所示的地层划分方案,即自下而上由栖霞组、茅口组、吴家坪组和长兴组构成。二叠系底以不整合面或暴露面(上扬子沉积间断区)和相应整合面(右江连续沉

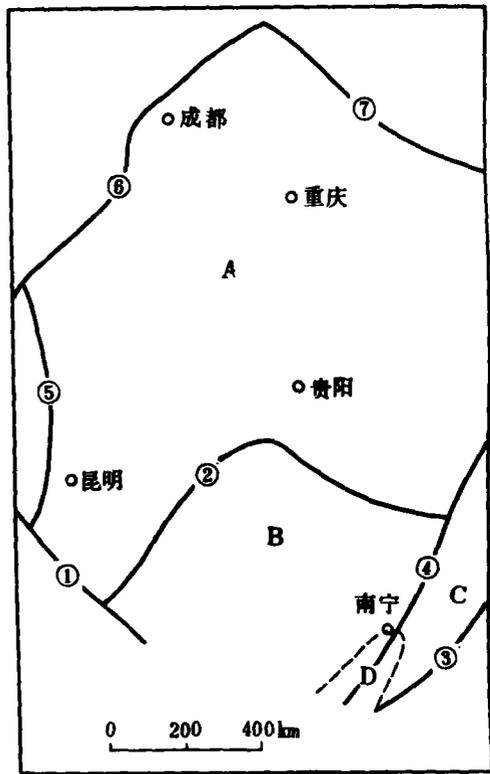


图1 二叠纪沉积盆地类型及分布

- A. 上扬子克拉通盆地;
- B. 右江被动陆缘裂谷盆地(P₁)—弧后裂谷盆地(P₂);
- C. 十万大山前陆盆地;D. 钦防被动陆缘走滑盆地
- ①金沙江-红河断裂;②南盘江断裂;③钦州-北海断裂;
- ④冷水江-桂林断裂;⑤绿汁江断裂;
- ⑥龙门山断裂;⑦城房断裂

Fig. 1 Permian sedimentary basin type and distribution in southwestern China

A = Upper Yangtze cratonic basin; B = Youjiang passive marginal rift basin (Early Permian)—back-arc rift basin (Late Permian); C = Shiwandashan foreland basin; D = Qinzhou-Fangcheng passive marginal strike-slip basin; ① = Jinshajiang-Honghe fault; ② = Nanpanjiang fault; ③ = Qinzhou-Beihai fault; ④ = lengshuijiang-Guilin fault; ⑤ = Luzhijiang fault; ⑥ = Longmenshan fault; ⑦ = Chengfang fault

积区,即*Schwagerina tschernyscheri*带之底)为界,相应年代为(280±3)Ma(Cowie等,1989;Ross等,1993;殷鸿福等^[21],1994);顶以凝灰质层(对应于筴带*Paleofusulina sinensis*顶界)为界,相应年代为(250±5)Ma(Cowie等,1989;Ross等,1993;殷鸿福等^[21],1994);上、下统以区域不整合面为界,对应年代为(260±5)Ma(Cowie等,1989;Ross等,1993;殷鸿福等^[21],1994);栖霞-茅口阶界线以富*Mesogondolella nankingensis*带分子的页状藻灰岩或眼球状灰岩超覆区域暴露面为特征,相应年代为(270±2)Ma(殷鸿福等^[21],1994);吴家坪-长兴阶界线对应于*Codonorusiella*带或*Protoceras*带顶界,并以富*Pseudotirolites*带或*Paleofusulina*带分子的海侵型碳酸盐岩或硅岩超覆上二叠统第三套区域煤层为特征,对应年代为(255±2)Ma(殷鸿福等^[24],1994)。

表1 西南地区二叠纪地层格架
Table 1 Permian stratigraphic framework in southwestern China

分区		乐山-宣威分区	成都-贵阳分区		万县分区	南宁-百色分区	桂林分区	钦州-玉林分区
地层		T	T		T	T	T	T
上统	长兴阶	宣威组	汪家寨组	长兴组	长兴组	长兴组	大隆组	含煤粗碎屑岩段
	吴家坪阶		龙潭组	吴家坪组	合山组	龙潭组		
下统	茅口阶	茅口组			孤峰组	茅口组	官山组	硅质岩段
	栖霞阶	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	
下伏地层		Z-S	C	D	C	D	C	C

2 沉积盆地类型及特征

加里东运动使扬子准地台和华夏准地槽连接构成统一的华南板块(黄汲清,1981)。自泥盆纪始,随着古特提斯洋的开启,华南板块周缘尤其是西南地区处于张性应力场背景,二叠纪沉积盆地正是在此背景条件下发育形成的,它是晚古生代沉积盆地演化的一个环节,具有明显的继承性,但因早二叠世末东吴运动的影响,早晚二叠世沉积盆地呈现明显的差异性。

根据晚古生代沉积盆地形成过程及演化趋势、基底和同生断裂活动形式、距离板块边缘位置、地壳类型、沉积作用、层序充填样式和形成的驱动力等,将西南地区二叠纪沉积盆地划分为克拉通盆地、被动陆缘裂谷盆地、弧后裂谷盆地、被动陆缘走滑盆地、前陆盆地5种类型。各种盆地特征及分布见图1和表2。

表2 西南地区二叠纪沉积盆地类型及主要特征

Table 2 Permian sedimentary basin types and characteristics in southwestern China

盆地类型	盆地位置	地壳类型	形成机制	盆地结构	沉积组合	典型地区	分布时代
克拉通盆地 (缓坡→碳酸盐台地→混合台地)	板内	陆壳	拉张、拗陷或被沉积	不规则碟状	碳酸盐岩组 碎屑岩组	上扬子地区	$P_{1q} \rightarrow P_{1m} \rightarrow P_2$
被动陆缘裂谷盆地	板缘	陆壳-过渡壳	拉张、裂陷	不规则菱形盆台相间格局	碳酸盐岩组 硅灰岩组	右江地区	P_1
弧后裂谷盆地	板缘	陆壳-过渡壳	拉张、裂陷	不规则菱形盆台包台格局	硅岩组 火山碎屑 浊积岩组 碳酸盐岩组	右江地区	P_2
被动陆缘走滑盆地	板缘	陆壳-过渡壳	拉张、走滑	狭长菱形盆台包台格局	硅岩组 钙屑浊积岩	钦防地区	P_1
前陆盆地	板内	陆壳	挤压、负荷、挠曲	不对称箕状	磨拉石建造 复理石建造	十万大山地区	P_2

3 沉积体系特征

沉积体系是指在沉积环境和沉积作用方面具有成因联系的三维岩相组合体(Fisher等, 1976), 两个以上反映相关沉积过程的沉积体系构成沉积体系组(depositional system sets)(Richard, 1983), 作为盆地成生、发展、演化过程的产物, 它反映盆地的构造背景及性质的演变, 根据岩石类型、岩相组合、生物组合、沉积组构等, 西南地区二叠系可划分为3个沉积体系组和12个沉积体系(表3)。其中, 残积体系、台盆及盆地体系中的混屑浊积岩为典型的低水位期产物; 河口湾体系、潮控三角洲体系、海侵型丘礁滩组合、陆棚体系、深水缓坡、开阔台地、斜坡体系中的钙屑碎屑流, 以及台盆和盆地体系中的(放射虫)硅质岩相构成海侵体系域主体; 冲积扇体系、河流体系、浪控-河控三角洲体系、滨岸-潮坪沼泽体系、浅水缓坡、台地潮坪-潟湖、白云质丘滩礁组合、斜坡体系中的钙屑重力流、台盆及盆地硅灰岩、灰泥岩、硅灰泥岩组合通常为海平面高水位期产物。

表3 西南地区二叠纪沉积体系简表

Table 3 Permian depositional systems in southwestern China

沉积体系组	沉积体系	主要沉积相	典型地区	典型层位
大陆体系组	残积体系	残积物, 古土壤, 风化石	上扬子地区, 右江地区	P_{1q} 和 P_{2w} 底
	冲积扇体系	冲积扇	上扬子西部地区, 十万大山地区	P_2
	河流体系	曲流河, 辫状河	上扬子西部地区, 十万大山地区	P_2
海陆过渡体系组	三角洲体系	河控三角洲, 潮控三角洲, 浪控三角洲	上扬子西部地区, 十万大山地区	P_2
	河口湾体系	河口湾	滇东北地区	P_2
海洋体系组	滨岸-潮坪沼泽体系	滨岸, 潮坪, 潟湖, 海湾	上扬子西部地区	P_2
	陆棚体系	陆源碎屑陆棚 陆屑-碳酸盐混合陆棚	上扬子中西部地区, 十万大山地区	P_2
	碳酸盐缓坡体系	内缓坡, 中缓坡, 外缓坡	上扬子地区	P_{1q}

续表

沉积体系组	沉积体系	主要沉积相	典型地区	典型层位
海洋体系组	碳酸盐台地体系	台地潮坪,局限台地,开阔台地 台内丘滩礁,台缘丘滩礁	上扬子地区,右江地区	P _{1m} 、P ₂
	斜坡体系 ^①	跌积边缘,滑积边缘,沉积边缘	右江地区	P ₁ 、P ₂
	台盆体系	浅水台盆	右江地区,钦防地区	P ₁ 、P ₂
	盆地体系	深水盆地	钦防地区	P ₁

① 特指右江被动陆缘裂谷盆地和钦防被动陆缘走滑盆地中的斜坡体系

4 层序划分及特征

根据层序关键界面、体系域配置关系及生物化石带,结合层序地球化学特征,在西南地区二叠系首次识别出11个三级层序,平均时限为2.7Ma。其中,栖霞组3个(S₁—S₃)、茅口组3个(S₄—S₆)、吴家坪组3个(S₇—S₉)、长兴组2个(S₁₀—S₁₁),4个I型层序,7个II型层序,它们与岩石地层、年代地层、生物地层、化学地层格架关系,以及准层序、准层序组、体系域、层序及界面特征归结于图2和表4,表5中。限于篇幅,此不详述。

5 海平面相对变化及全球对比

西南地区二叠系所划分的11个三级层序,代表11次海平面相对升降周期,相当于11个三级旋回,它们在特提斯域范围均可追踪。通过筳带、牙形石带和菊石组合,至少有6次海平面升降旋回可与欧美地区二叠纪海平面变化相对比,具有全球意义(图3)。它们分别是伦纳德(Leonardian)早期海平面上升、瓜达卢普(Guadalupian)早期海平面上升、瓜达卢普(Guadalupian)末期海平面下降、卡赞(Kazanian)早期海平面上升、鞑靼(Tatarian)早期海平面上升、鞑靼(Tatarian)末期海平面下降。

5.1 伦纳德(Leonardian)早期海平面上升

由于受沉积基底的影响,造成上扬子地区为克拉通缓坡,右江地区为被动陆缘裂谷盆地,桂东南为继承性被动陆缘走滑盆地的古地理格局,并形成向北超覆的总体南厚北薄的海侵型碳酸盐岩沉积。其中,首次出现*Pseudoschwagerina-Pamiria*带或*Misellina*带分子。由于受石炭纪—二叠纪主冰期后极地残余冰盖消融导致的准冰川型全球海平面变化(Veevers等^[7],1987)的影响,造成相应的伦纳德期非暖水碳酸盐岩沉积,主要证据有,①岩石色暗,类型单一,地层分布广泛且稳定,碳泥质、沥青质或有机质含量高,缺氧特征明显,富含孔虫软体运动骨屑组合和冰水矿物六水碳钙石(殷鸿福等^[21],1994),缺乏颗粒灰岩和生物礁,白云岩化微弱,鲕粒、球粒、核形石等少见,发育硅质条带及团块,富有机质沥青灰岩等,揭示了冰水驱动盐度差异造成的大洋密度分层事件;②欧洲及北美地区发育同期非暖水碳酸盐岩沉积^[7];③澳大利亚东南部和西伯利亚东部石炭纪—二叠纪冰海沉积实为区际性冰川事件,并一直持续至晚二叠世鞑靼期^[7];④石炭纪—二叠纪冰川事件始于威斯潘(Westphalian)期,在斯蒂潘—萨克(Stephannian-Sakmarian)期达到顶峰,伦纳德期逐渐消融,至瓜达卢普期结束^[3]。这与华南地区石炭纪—二叠纪间平行不整合及其上广泛分布的栖霞组冰川型碳酸盐岩不谋而合,而在晚石炭纪—早二叠世为华南地区构造最稳定时期,且无火山活动记录,揭示冰川型全球海平面变化产物;⑤与茅口组、吴家坪组及长兴组相比,栖霞组层序的

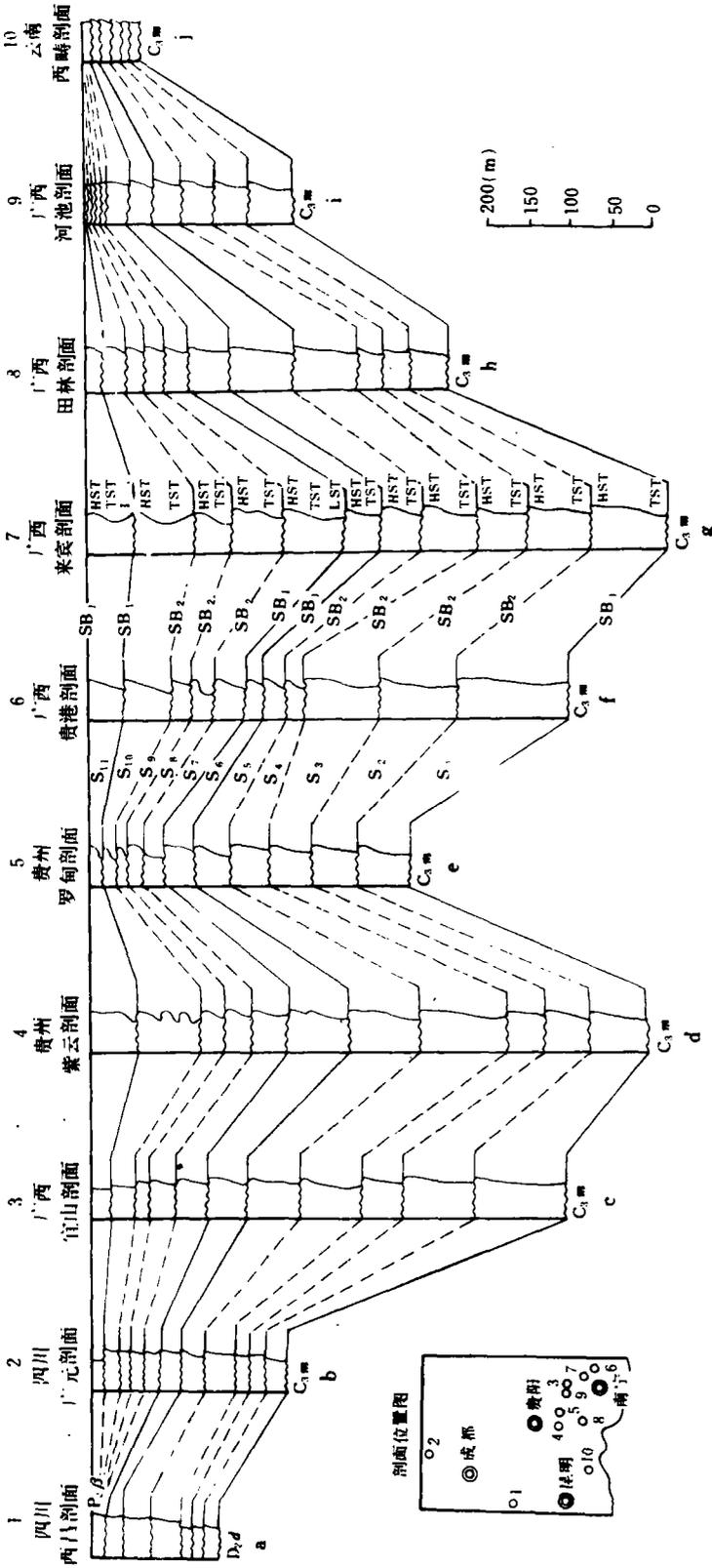


图2 不同成因盆地不同相区典型剖面层序划分及对比

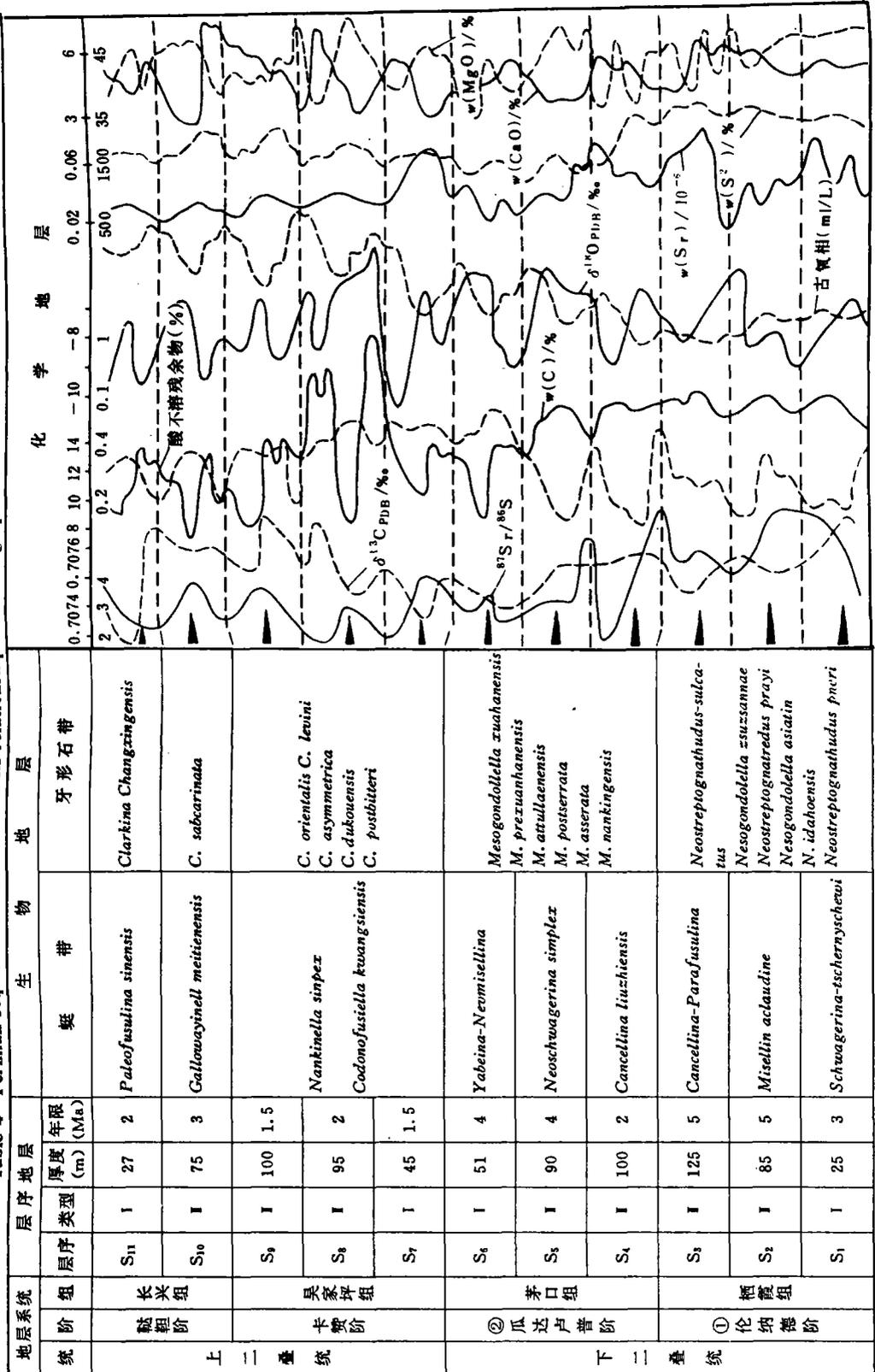
a. 潮缘; b. 台地; c. 台缘; d. 台缘—盆地; e. 台前斜坡; f. 台地—陆缘; g. 台地—盆地; h. 孤立台地; i. 盆缘; j. 台盆

Fig. 2 Sequence classification and correlation in the typical sections in different facies regions of various basins

a = tidal flat margin; b = platform; c = platform margin; d = platform margin; e = foreslope; f = platform-continental margin; g = platform-basin; h = isolated platform; i = basin margin; j = interplatform basin

① 覃建雄. 西南地区二叠纪层序地层及油气预测(博士论文). 1996.

表4 西南地区二叠系层序划分及与地层框架关系
Table 4 Permian sequence classification and its relationship with stratigraphic framework in southwestern China



① 传统统伦纳德统, 相当于欧洲萨马尔-阿丁斯克阶; ② 相当于欧洲空谷阶。层序年表及对比资料据Cowie等(1989), Ross等(1993)和殷鸿福等(1994)

表5 西南地区二叠纪层序划分及特征简表

Table 5 Permian sequence classification and correlation in southwestern China

层序	体系域	右江弧后裂谷盆地			上扬子克拉通混合台地 ^①			十万大山前陆盆地
		孤台	斜坡	台盆	内台地	外台地	斜坡	
S ₁₁	HST	台地→丘滩礁组合加积-进积型准层序组,顶部发育岩溶角砾岩	加积-进积型丘礁组合→钙屑重力流沉积准层序组	硅岩→硅泥岩→灰泥岩加积型准层序组	滨海平原→冲积平原进积型准层序组	台地→丘滩礁组合加积-进积型准层序组	进积型礁丘组合←钙屑重力流沉积准层序组	HST: 浊积扇和前扇三角洲→扇三角洲前缘→扇三角洲平原→冲积扇平原强烈进积型准层序组
	TST	丘滩滩→局限台地→开阔台地退积型准层序组	碎屑流沉积→微晶灰岩→灰泥岩退积型准层序组	火山碎屑浊积岩→硅灰泥岩→硅岩退积型准层序组	侵蚀沟谷充填	潮坪→泻湖→开阔台地退积型准层序组	火山碎屑浊积岩→钙屑浊积岩→粒泥灰岩准层序组	TST: 扇三角洲、浊积扇构成的充填型弱退积-弱进积准层序组
	LST	暴露侵蚀不整合面	浊积岩→碎屑流沉积进积型准层序组,底为冲刷侵蚀不整合面	硅泥岩夹混屑-钙屑浊积岩	暴露侵蚀不整合面	不整合面及相关残积相	浊积岩→碎屑流沉积进积型准层序组	LST: 盆底扇→冲积扇进积型准层序组
S ₁₀	HST	同S ₁₁ ,顶部发育冲刷侵蚀不整合面	同S ₁₁ ,岩崩塌积岩为主	同S ₁₁ ,灰泥岩含量较高	泻湖→河控三角洲准层序组	同S ₁₁ ,发育岩崩塌堆积		
	TST	同S ₁₁ ,出现潮坪→泻湖退积型准层序组	钙质碎屑流沉积→泥粒岩→火山碎屑浊积岩→灰泥岩退积型准层序组	同S ₁₁ ,顶部为纹层状硅岩	发育河口湾、潮控三角洲和障壁滩体系	丘滩组合→台地退积型准层序组	同S ₁₁ ,以钙屑碎屑流沉积为主	
	SMT	薄层灰泥岩,喀斯特溶蚀面	加积退覆准层序组	同S ₁₁	侵蚀沟谷充填,液控三角洲→冲积扇→河流体系	局部出现薄层灰泥岩	粒泥灰岩夹钙屑浊积岩弱进积-加积型准层序组	
S ₉	HST	台地→丘滩礁组合→煤层加积-进积型准层序组,上部夹2层煤	同S ₁₁ ,含大量炭泥屑浊积岩	同S ₁₁ ,含较多钙屑、炭泥屑浊积岩	泻湖→滨海平原→冲积平原进积型准层序组	台地→滩丘礁组合或台地→含煤台坪加积型准层序组	同S ₁₁ ,含多量炭泥屑浊积岩	
	TST	同S ₁₁ ,含海侵型丘礁组合	火山碎屑浊积岩→碎屑流沉积→灰泥岩退积型准层序组	同S ₁₁ ,富远洋悬浮相	冲积平原→滨海平原准层序组	同S ₁₁ ,较多钙质碎屑流沉积		
	SMT	以喀斯特面为主,薄层硬质灰泥岩加积型准层序组	粒泥灰岩→灰泥岩→生物层灰岩加积型准层序组	硅泥岩→泥岩→灰泥岩加积型准层序组	冲刷充填沉积加积型准层序组	以喀斯特侵蚀面为主,台洼出现含粒泥灰岩加积型准层序组	生屑滩→丘礁组合弱进积-加积型准层序组	

续表

层序	体系域	右江弧后裂谷盆地			上扬子克拉通混合台地 ^①			十万大山前陆盆地
		孤台	斜坡	台盆	内台地	外台地	斜坡	
S ₀	HST	局限台地→潮坪、台地→滩丘组合→台坪加积型准层序组	加积-进积型钙屑岩崩及重力流沉积进积型准层序组	硅岩→硅灰岩→灰泥岩加积型准层序组, 向上硅岩递减	滨岸平原→河控三角洲进积型准层序组	台地→丘组组合进积型准层序组, 顶部暴露特征明显	岩崩→坍塌→钙屑重力流沉积进积型准层序组	
	TST	退积-加积型台地→潮坪→台地准层序组	火山碎屑浊积岩→钙质碎屑流沉积→灰泥岩退积准层序组	灰泥岩→火山凝灰质硅岩→富浮游相硅岩退积型准层序组, 富火山碎屑浊积岩	冲积平原→滨岸泻湖→潮控三角洲—岛滩复合体系→陆棚泥岩准层序组	局限台地→开阔台地、潮坪→泻湖→台地退积型准层序组, 顶部为放射虫灰泥岩	火山碎屑浊积岩→碎屑流沉积→海綿灰泥岩退积型准层序组	
	SMT	台缘或台内沉积高地暴露侵蚀, 台洼发育泥粒灰岩加积型准层序组	含浮游相粒泥灰岩夹火山碎屑浊积岩→钙屑浊积岩加积型准层序组	加积型硅泥岩→灰泥岩准层序组, 常见混屑浊积岩	深切河谷充填堆积→堤岸相→冲积扇体系	台内礁滩及台缘相带暴露侵蚀, 台洼出现薄层泥灰岩	半远洋灰泥岩→粒泥灰岩→颗粒灰岩加积型准层序组, 含钙屑浊积岩	
S ₁	HST	台地→滩丘组合加积-进积准层序组, 顶部发育暴露侵蚀面, 含一煤层, 上部淡水成岩作用普遍	斜坡相泥灰岩→钙屑重力流沉积进积型准层序组	硅泥岩→泥灰岩加积型准层序组, 含薄层火山碎屑浊积岩	三角洲体系→障壁—三角洲—泻湖复合体系→潮坪沼泽体系→滨海潮沼准层序组	碳酸盐岩→碎屑岩→煤层加积型准层序组, 局部发育滩丘组合, 顶部强烈白云岩化	生物层灰岩→钙屑重力流沉积准层序组, 可见生物丘	
	TST	潮坪→泻湖→开阔台地, 或滨海沼泽含煤岩系→碳酸盐岩准层序组, 开始出现丘状礁, 顶部为海綿泥灰岩薄层	浊积岩→碎屑流沉积→火山碎屑浊积岩→泥粒灰岩退积型准层序组	火山碎屑浊积岩和钙屑浊积岩→灰泥岩→硅岩退积型准层序组	河谷充填粉砂泥岩→潮坪相→泻湖相含粉砂泥岩准层序组	滨海→潮坪→局限台地→开阔台地退积型准层序组, 开始出现丘组组合	火山碎屑浊积岩→钙屑浊积岩和碎屑流沉积→灰泥岩和泥粒灰岩, 顶部为半远洋灰泥薄层	
	LST	风化侵蚀不整合面上厚0~5m不等的Fe-Al岩和铝土质泥岩	侵蚀不整合面, 陆屑、炭泥屑、钙屑浊积岩和低密度碎屑流沉积, 具进积型准层序组特征	硅泥岩→灰泥岩夹钙屑浊积岩和陆屑浊积岩	侵蚀不整合面	0~10m不等的风化残积层, 深切谷充填河道—堤岸沉积	陆屑、炭泥屑、泥屑、钙屑浊积岩, 具进积型准层序组特征	

续表

层序	体系域	右江被动陆缘裂谷盆地			上扬子克拉通碳酸盐台地			钦防被动陆缘走滑盆地
		孤台	斜坡	台盆	内台地	外台地	斜坡	
S ₁	HST	台地→丘滩礁组合加积-进积准层序组, 顶部发育5~50m岩溶风化壳, 局部剥蚀, 厚度相当于Yabeina带	灰云质重力流沉积→生物层及丘滩礁进积准层序组, 顶部为一冲刷侵蚀面	硅岩→灰岩准层序组, 顶部发育含陆屑灰质泥岩薄层	潟湖—潮坪碳酸盐岩→陆源粉砂泥质灰云岩准层序组, 顶部发育暴露成因沉积构造和冲刷侵蚀面	台地→潟湖→潮坪或台地→丘滩组合进积型准层序组	灰云质重力流沉积→生物丘滩进积准层序组, 顶部发育厚1~10m的白云岩	硅岩和钙屑浊积岩互层
	TST	潮坪→潟湖→开阔台地准层序组或海侵型丘滩礁组合→放射虫灰泥岩薄层, 为退积型准层序组	含悬浮生物灰泥岩夹钙屑重力流沉积和火山碎屑浊积岩透镜体	火山碎屑浊积岩→P、Mn质泥岩→Mn质硅岩及Mn质泥岩→硅岩退积型准层序组	潮间云灰岩→潮下含颗粒微晶灰岩→生物灰泥岩退积型准层序组	颗粒灰岩→礁灰岩→泥粒灰岩→粒泥岩向上变深退积型准层序组	粒泥灰岩→钙屑灰泥岩→含砾生屑灰岩→泥粒灰岩及灰泥岩退积型准层序组	放射虫硅质岩含菊石 <i>Paracelites</i> 和 <i>Altudoceras</i>
	LST	暴露	云灰质重力流沉积夹含有孔虫粒泥灰岩	Fe-Mn质硅泥灰岩夹钙屑浊积岩薄层	暴露侵蚀	喀斯特面及相关0~10cm铝土质泥岩	云灰质重力流沉积和自生丘礁组合	硅页岩夹钙屑浊积岩
S ₂	HST	台地→蓝绿藻海绵礁及蓝藻水螅生物丘→海绵礁灰岩进积型准层序组, 顶部强烈白云岩化	岩崩滑垮沉积→重力流沉积及自生丘礁组合进积型准层序组	硅灰岩→灰泥岩→泥灰岩夹钙屑浊积岩透镜体, 具进积-加积准层序组	生屑灰岩→微晶灰岩→云灰岩→灰云泥岩→泥云岩进积型准层序组	开阔台地→局限台地→台内丘滩礁→台缘丘滩礁组合加积型准层序组	自生加积-进积型灰岩楔和重力流沉积夹半远洋灰泥岩薄层	硅岩、页岩和钙屑浊积岩
	TST	台坪→台内丘滩→开阔台地或台洼→台缘礁滩→开阔台地向上变深退积型准层序组, 顶部为薄层灰泥岩, 含海绵骨针	火山碎屑和钙质碎屑流沉积→放射虫粒泥灰岩	硅岩—灰岩组合, 向上硅岩递增、灰岩递减	潮上坪→潮间坪→潮下坪→陆棚生物粒泥灰岩向上变深退积型准层序组, 向上陆屑递减	潮坪→局限台地→开阔台地向上变深准层序组, 发育海侵型丘滩礁组合, 顶部为粒泥灰岩薄层	岩崩滑塌角砾灰岩→碎屑流沉积—浊积岩→粒泥灰岩, 发育海侵型丘礁组合	硅岩为主, 含菊石 <i>Polydioexodina</i>
	SMT	部分暴露, 局部为粒泥灰岩—泥粒灰岩加积型准层序组	混屑重力流沉积→自生碳酸盐丘礁厚层, 具弱进积-加积型准层序组	泥灰岩—灰泥岩夹硅岩加积准层序组, 偶见浊积岩薄层	暴露侵蚀为主	局部暴露, 可见灰泥岩—泥灰岩加积型准层序组	厚层生屑灰岩楔状体夹岩块角砾	硅岩夹钙屑浊积岩透镜体

续表

层序	体系域	右江被动陆缘裂谷盆地			上扬子克拉通碳酸盐台地			钦防被动陆缘走滑盆地
		孤台	斜坡	台盆	内台地	外台地	斜坡	
S ₄	HST	台地→潟湖→台内或台缘丘滩礁组合,或台地→台坪→丘礁组合加积-进积型准层序组	碳酸盐重力流沉积,具逆粒序特征,顶部为台缘生物丘礁组合	硅灰岩→泥灰岩夹钙屑浊积岩加积-进积型准层序组	潟湖→潮坪进积型准层序组,局部出现礁滩组合	台地→台坪或台地→礁滩加积-进积型准层序组	台缘垮塌礁角砾岩和生物丘礁组合	硅岩和页岩互层
	TST	粒泥灰岩→泥粒灰岩互层,具弱进积-加积准层序组,发育生物丘	薄层泥灰岩和泥岩组成向上变深变细退积型准层序组	薄层硅灰岩和硅岩退积型准层序组,夹火山碎屑浊积岩透镜体	下部缺失,为潮坪相薄层含粒泥岩(眼球状灰岩)退积型准层序组	台坪→潟湖→开阔台地退积型准层序组,顶部为眼球状灰岩,可含局部海侵型丘滩组合	生物层灰岩→泥粒灰岩→半远洋灰泥岩退积型准层序组	放射虫硅岩
	SMT	暴露为主	自生碳酸盐楔状体夹垮塌角砾岩块	硅灰岩→薄层灰岩加积型准层序组	暴露	暴露为主,可见粒泥灰岩和泥粒灰岩加积型准层序组	自生碳酸盐进积复合体	硅岩夹泥岩
层序	体系域	右江被动陆缘裂谷盆地			上扬子克拉通缓坡		钦防被动陆缘走滑盆地	
		孤台	斜坡	台盆	内—中缓坡	外斜坡		
S ₃	HST	台地→台洼→台坪或台地滩丘向上变浅准层序组,局部发育薄-海绵礁滩组合	灰泥岩→粒泥灰岩加积型准层序组	硅灰岩→泥灰岩→灰泥岩夹钙屑浊积岩进积型准层序组	潮坪→潮上坪含粉砂云灰岩→泥云岩准层序组	泥灰岩→泥粒灰岩→颗粒云灰岩进积型准层序组	硅岩→硅泥岩加积型准层序组	
	TST	台坪→台地或台坪→台洼向上变深准层序组,总体具向上变细特点	粒泥灰岩和泥粒灰岩→灰泥岩退积型准层序组	硅灰岩→灰岩向上变深退积型准层序组,向上硅岩递增	潮坪→潟湖退积型准层序组,向上灰质递增为泥灰岩,顶部为页状薄灰岩	泥粒灰岩→粒泥灰岩→灰泥岩退积型准层序组,顶部为外缓坡硅泥岩	硅岩	
	SMT	暴露为主	粒泥灰岩→灰泥岩加积型准层序组	加积型硅泥岩和硅灰岩夹钙屑浊积岩薄层	暴露	灰泥岩→泥粒灰岩进积型准层序组	硅岩夹泥岩	

续表

层序	体系域	右江被动陆缘裂谷盆地			上扬子克拉通缓坡		钦防被动陆缘走滑盆地
		孤台	斜坡	台盆	内—中缓坡	外斜坡	
S ₂	HST	台地→台坪向上变浅加积-进积型准层序组,局部发育台地丘滩组合,顶部为暴露面	生物丘泥灰岩夹风暴岩	硅岩→灰岩向上变浅加积-进积型准层序组,偶见钙屑蚀积岩透镜体	泻湖→潮坪碳酸盐岩→灰质云岩→陆屑灰云岩,向上粉砂质云岩递增	由泥粒灰岩和颗粒灰岩进积楔构成,发育生物丘	硅岩夹钙屑蚀积岩
	TST	薄层泥灰岩→放射虫灰岩夹硅岩退积型准层序组	含浮游有孔虫微晶灰岩退积型准层序组超覆先期灰泥丘和风暴岩沉积	硅岩→硅灰岩→硅岩向上变深准层序组,向上灰岩递减	薄层外缓坡灰泥岩夹泥灰岩上超覆退积体,顶部为页状薄灰岩	外缓坡泥灰岩和含粒微晶灰岩超覆先期颗粒灰岩进积楔	硅岩为主
	SMT	暴露	富浮游生物泥灰岩和泥粒灰岩厚层加积型准层序组	硅泥岩→灰泥岩→薄层微晶灰岩夹藻屑蚀积岩	暴露侵蚀	加积型粒泥灰岩和泥粒灰岩准层序组	硅岩夹硅泥岩为主
S ₁	HST	潮坪→泻湖→台内滩丘向上变浅准层序组,层厚较大,顶部为暴露面,并发育渗透粉砂、白云岩化和淡水淋蚀充填现象,局部见风化石壤薄层	下斜坡泥灰岩→微晶灰岩→中斜坡粒泥灰岩和泥粒灰岩→上斜坡颗粒灰岩及生物层灰岩夹灰岩角砾堆积,上斜坡略具暴露现象	由灰泥岩、泥灰岩、硅灰岩相间构成加积型准层序组	由海陆交互相含煤泥灰质粉砂岩、潮坪相粉砂泥灰岩、泻湖相粒泥灰岩构成向上变浅变粗进积型准层序组	外缓坡粒泥灰岩→中缓坡泥粒灰岩→内缓坡颗粒灰岩进积型准层序组,偶见风暴岩和浊积岩透镜体	硅岩和页岩互层
	TST	潮坪→泻湖→台地相退积型准层序组,顶部为含浮游有孔虫灰泥岩夹Mn质泥灰岩和页岩	粒泥灰岩→灰泥岩退积型准层序组,顶部为含放射虫微晶灰岩薄层	硅岩、泥灰岩和硅灰岩纹层相间构成退积型准层序组,向上硅岩增多	薄层外缓坡灰泥岩超覆先期含煤低水位期沉积,相当海侵体系域中下部缺失	早中海侵期内缓坡暴露→晚海侵期含粒灰泥岩薄层退积型准层序组	含放射虫硅岩
	LST	暴露,0~1m不等的风化石壤相	暴露为主,下斜坡为混屑蚀积岩构成	薄层硅灰岩夹混屑蚀积岩	暴露剥蚀	暴露,0~10m不等的风化石壤相	泥硅岩夹钙屑蚀积岩薄层

① 为混合陆棚的一种,特指由陆屑内台地和具镶边碳酸盐外台地构成的混合陆棚。

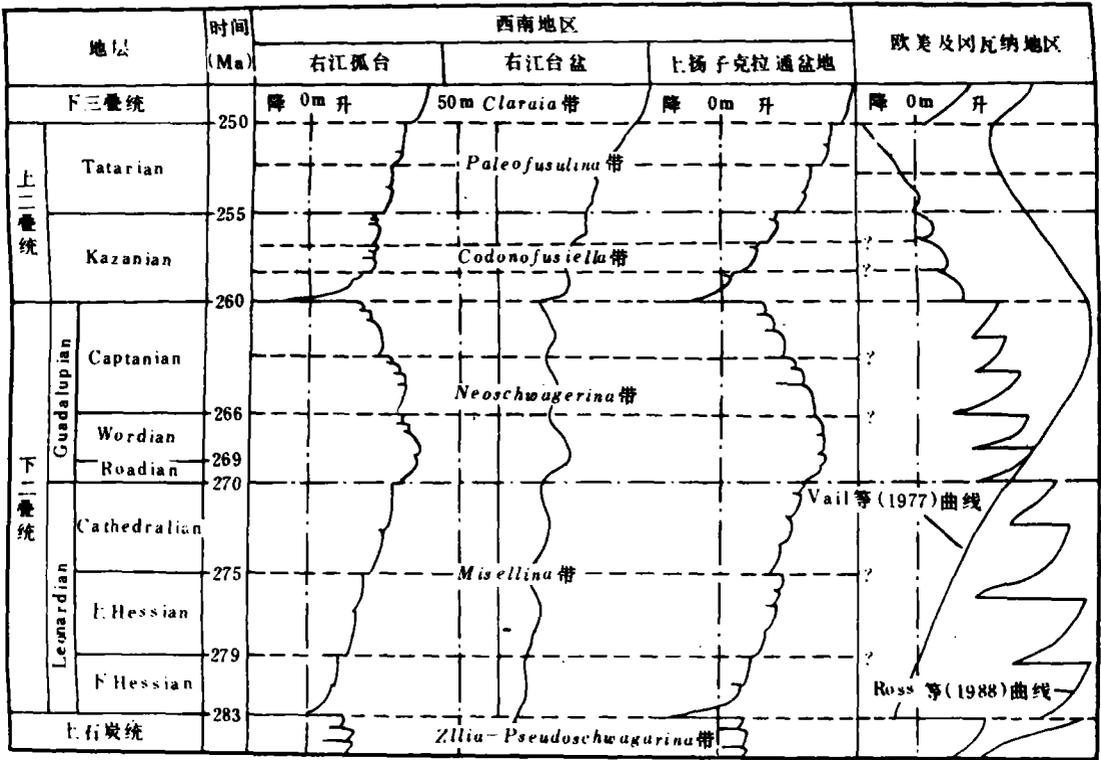


图3 西南地区二叠纪海平面相对变化及全球对比

(地层系统及时间据Cowie等,1989;Ross等,1993;殷鸿福等^[21],1994)

Fig.3 Permian relative sea-level changes in southwestern China and their correlation with global eustatic cycles (Stratigraphic systems and geological ages from Cowie et al., 1989; Ross et al., 1993; Yin Hongfu et al., 1994)

$\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值以及 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值偏高, $w(\text{S}^{2-})/\%$ 、 $w(\text{C})/\%$ 、 $w(\text{A})/\%$ 、 $w(\text{Sr})/\%$ 偏大, 而古氧值及含盐度则显著偏低(表4)。暗示与冰川海平面变化有关, 并具全球成因特点。

5.2 瓜达卢普(Guadalupian)早期海平面上升

早二叠世为华南地区最大海侵时期, 造成下二叠统二级层序的凝缩层。受其自南向北超覆的影响, 川滇古陆逐渐缩小, 海域不断扩大, 奠定了早二叠世浅海轮廓。在上扬子地区发育区域性眼球状灰岩和页状藻灰岩, 右江地区开始出现生物礁及丘滩组合, 并具有随海侵方向由老变新趋势。此外, 在同期沉积物中普遍富含新兴生物带分子。如上扬子地区首次大量出现 *Neoschwagerina* 带分子, 桂西首次大量出现 *Cancellina* 带分子, 桂北首次出现 *Tachylasm* 组合、浮游组合和 *Zoophycos* 组合, 桂中首次出现 *Kufeng oceras-Altud oceras* 带分子, 其中 *Altud oceras*、*Paraceltites* 为特提斯域动物群的重要分子, 并在北美地区广有分布(覃建雄等, 1994)^[25]。另外, 有机炭、锶、总烃含量、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值最高, 古氧值、孔隙度最低, 阴极发光最弱(表4)。在欧美地区表现为高水位期浅海碳酸盐岩沉积, 并发育已进化的 *Parafusulina* 和 *Polydiexodina* 等标准化石带分子(Ross等, 1988)。在冈瓦纳大陆及西伯利亚地台, 以海陆过渡含煤岩系为主。

5.3 瓜达卢普(Guadalupian)晚期海平面下降

由于该期全球海平面下降,导致整个华南地区发生海退,海域逐渐向SW向收缩,造成茅口组顶部区域性平行不整合、古岩溶地貌和0~50m不等的大陆河湖-残积相沉积。应该指出的是,由于局部构造叠加改造,右江地区四周隆起,出现古陆和岛弧,海槽关闭,沉降中心向西迁移,从而进入弧后裂谷盆地发展阶段。除继承性台盆外,碳酸盐孤台暴露地表,风化剥蚀,形成残留台盆与岩溶孤台相间分布的特殊地貌。在川滇古陆东缘,仅残留有相当层序 S_9 。高水位体系域中下部层位,局部缺失相当Yabeina带或Neoschwagerina带沉积甚至整个层序 S_9 ,而且造成大量珊瑚、腕足、菊石、有孔虫和筴等科属不同程度的灭绝。另外,界面附近的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 值明显降低,不溶残余物含量、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $w(\text{MgO})/\%$ 、 $w(\text{CaO})/\%$ 、 $w(\text{C})/\%$ 、 $w(\text{S}^{2-})/\%$ 、 $w(\text{A})/\%$ (氯沥青含量)、 $w(\text{Sr})/\%$ 、阴极发光强度、古氧值及孔隙度等演化曲线均发生显著变化(表4),古生代二级周期海退历程的序幕,以发育海西晚期的蒸发盆地及河湖相沉积为特色,顶部发育区际不整合。各种资料证实,瓜达卢普晚期海平面下降实为由板块作用驱动的构造型全球海平面事件。

5.4 卡赞(Kazanian)早期海平面上升

广泛海平面上升仅局限于特提斯域。此次海平面上升造成西南地区自南向北的海侵,初步奠定了晚二叠世海域轮廓,揭示了西南乃至华南地区地史演化的新篇章。右江地区由被动陆缘裂谷盆地→孤台裂谷盆地,桂东南由被动陆缘走滑盆地→前陆盆地,上扬子地区由碳酸盐台地→混合陆棚台地。该期海平面上升除了导致右江地区台盆加深扩大和孤台相应缩小及相关海侵型沉积序列外,尚造成①Codonofusiella带、Prototoceras带、Spinomarginifera-Streptorhynchus组合以及Gigantopteris nicotianae-folia-Lobatanularia组合和分子的首次出现;②在区域不整合面上,海侵型陆屑-碳酸盐沉积不断向古陆方向上超;③沉积地球化学标志为 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $w(\text{C})/\%$ 、 $w(\text{A})/\%$ 、 $w(\text{S}^{2-})/\%$ 、 $w(\text{Sr})/\%$ 及 $w(\text{CaO})/\%$ 含量等不断增大,古氧值、 $w(\text{MgO})/\%$ 、酸不溶残余物及孔隙度则不断减小,阴极发光强度递增(表4)。欧美地区同期地层以海陆交互相沉积为特征,并含相应的海、陆相动植物化石带分子。

5.5 鞑靼(Tatarian)早期海平面上升

该期为二叠纪最后一次主体海平面上升事件,影响范围局限于华南、阿尔卑斯、外高加索、伊朗、北越、日本等地区。此次海平面上升造成西南地区①Gallowaginella meitienensis带分子的首次出现;②层序 S_{10} 自南向北超覆在层序 S_9 顶部区域性煤层或喀斯特面之上;③海域突然增大,水体明显加深,主要表现为江南古陆沉没消失,川滇古陆、越北-马关古陆、大新古陆不断退缩,陆屑相带向陆退覆,相应碳酸盐台地明显扩大;④在层序地球化学演化曲线上, $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值不断增大,古氧值及酸不溶残余物明显减小(表4),该期海平面上升事件与特提斯洋的裂谷作用有关。

5.6 鞑靼(Tatarian)末期海平面下降

该期在北美、西欧、俄罗斯及冈瓦纳等全球大部分地区主要表现为大陆剥蚀态,海相沉积作用仅局限于特提斯域范围。该期海平面下降具短期低幅特点,最明显标志是全球性平行不整合面及其上全球性分布的1~5cm的粘土层,其中富含瓣鳃化石。二叠系—三叠系界面处的全球性生物绝灭、磁极倒转、凝灰沉降、全球气候及构造等事件,可能与该期全球海平面下降事件有关。在欧美等非海相沉积区,主要表现为其对先期沉积间断面的叠加和改造。在川滇古陆东部广大地区以及右江裂谷盆地为孤台背景,层序 S_{11} 高水位体系域顶部表现为古

岩溶的广泛发育和蕨、有孔虫、菊石等的大量绝灭。在沉积地球化学演化曲线上,主要表现为 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 达最小值, $w(\text{C})/\%$ 、 $w(\text{A})/\%$ 、 $w(\text{Sr})/\%$ 、 $w(\text{S}^{2-})/\%$ 等总体变小,古氧值、 $w(\text{MgO})/\%$ 、酸不溶残余物含量趋于增大(表4),该期全球海平面下降结束了西南地区乃至特提斯域二叠系层序的发展史。

从 Vail 等(1977)和 Charles 等(1988)关于全球海平面旋回曲线(图3)可看出,前者将伦纳德阶和瓜达卢普阶作为二级旋回的下部海侵序列,将上二叠统作为上部海退序列;后者则将整个二叠系作为上古生界第二个二级旋回的上部海退序列。根据曾允孚等(1993)的研究,右江复合盆地下二叠统相当于海西旋回的上部海退序列,上二叠统则作为印支旋回的下部海侵序列。考虑到西南地区甚至华南地区普遍不同程度的缺失泥盆纪和石炭纪地层以及茅口组顶部构造层序不整合面分布的广泛性,认为下二叠统是个相对独立的二级层序,其中栖霞组相当于海侵体系域,茅口组相当于高水位体系域,茅口组底部相当于凝缩层,类似于 Vail 等(1977)的情况(图3)。若结合蕨带、牙形石带和菊石组合等,则可进行全球对比。至于西南甚至华南地区栖霞组、茅口组6个三级层序中,栖霞组、茅口组均比欧美等全球大部分地区各缺少1—2个,这是由于栖霞组底部沉积缺失(S_0)和茅口组顶部构造剥蚀(S_7 、 S_8)所致。在大部分连续沉积的右江台盆相区,实际上存在相当于栖霞组底部缺失段的层序 S_0 ,但考虑到层序界面特征和化石带对比,将它作为层序 S_1 底部处理。

西南地区上二叠统层序演化曲线与 Vail 等(1977)和 Charles 等(1988)曲线存在显著差别(图3)。前者代表印支二级旋回中上二叠统一下三叠统海侵阶段早期,为海侵型碳酸盐岩沉积序列,类似地区包括阿尔卑斯、外高加索、伊朗、北越、日本等,相当于 Dennison(1984)提出的特提斯地区上二叠统4个层序,其中卡赞阶的2个层序相当于西南地区吴家坪组的3个层序,鞑靼阶中的另2个层序与长兴组的层序 S_{10} 、 S_{11} 吻合,其顶、底界线完全一致。显然,西南地区上二叠统沉积层序在特提斯域最具代表性。而 Vail 等(1977)、Charles(1988)等的海平面曲线中短期旋回过于简单,原因是他们所依赖的资料主要源于北美、西欧、俄罗斯及冈瓦纳等,这些地区晚二叠世沉积记录不全,以陆相为主,海相甚少,甚至缺失了相当于部分或全部长兴期地层。可见,西南地区上二叠统层序及相应海平面变化特征具全球代表性。因而强调,显生宙全球海平面旋回曲线中的晚二叠世部分,宜以中国西南地区曲线为参照并加以修改。殷鸿福等(1994)^[24]认为,造成上述差异的原因可能与当时分隔古、中特提斯的 Cimmerides(中间陆块带)正快速向欧亚大陆移动、古特提斯从东向西逐渐接近和拼合有关。

主要参考文献

- [1]Machel, H. G. et al. Application of sequence stratigraphy to Permian carbonates and evaporites, Mcelroy field. Central Basin Platform, Texas. AAPG, 1988, 72(2), 216—227
- [2]Snyder, W. S. Tectonic sequence stratigraphy, Early Permian Dry Mountain Trough, East-Central Nevada. AAPG, 1991, 75(6), 1140—1152
- [3]Whalen, M. T. Facies architecture and sequence stratigraphy of the Park City Formation, using in Wyoming; implications for the Permian sea-level history of Pangea's continental margin. GSA, 1992, 24(7), 109—117
- [4>Wehr, F. L. et al. Applications of sequence stratigraphy to Permian coal measures. Cooper Basin, South Australia. PAP, 1992, 24(7), 139—145
- [5]Melim, L. A. et al. The forereef facies of the Permian Captian Formation; the role of sediment supply versus sea-level changes. Journal of Sedimentary Research, 1995, 65(2), 107—118
- [6]Joachimski, M. M. Subaerial exposure and deposition of shallowing upward sequences; evidence from stable isotope Purbeckian peritidal carbonates, Swiss and French Jura Mountains. Sedimentology, 1994, 41(20), 805—824
- [7]Veever, J. D. et al. Late Paleozoic glacial episodes in Gondwanaland reflected in transgressive-regressive depositional sequences in Euramerica. Geological Society of America Bulletin, 1987, 98(6), 475—487
- [8]Steinhauff, D. M. et al. Recognizing exposure, drowning, and "missed beats"; platform-interior to platform-margin sequence stratigraphy of Middle Ordovician limestones, East Tennessee. Journal of Sedimentary Research, 1995, 65(2), 183—207
- [9]Qin Jianxiong et al. The discovery and significance of Permian reefs in the Xichang Basin, Sichuan. China Oil & Gas, 1996, 5(1), 13—15
- [10]Tucker, M. E. Sequence stratigraphy of carbonate-evaporite basins, Models and applications to the Upper Permian of northwest England and adjoining North Sea. Journal of Geological Society London, 148(12), 1019—1026
- [11]Lindsay, R. F. Grayburg Formation (Permian-Guadalupian); comparison of reservoir characteristics and sequence stratigraphy in the Northwest Central Basin Platform with outcrops in the Guadalupe Mountains, New Mexico. SEPM, 1991, 32, 111—118
- [12]Hollan, S. M. Sequence stratigraphy of a carbonate-clastic ramp; the Cincinnati Series in its type area. Geological Society of America Bulletin, 1993, 105(3), 306—322
- [13]James, N. P. Reef response to sea level rise; keep-up, catch-up or give-up. In: Walker, R. G. and James, N. P. (eds.) Facies Models, 1992, 323—347
- [14]Weimer, R. J. Developments in sequence stratigraphy-foreland and cratonic basins. AAPG, 1992, 76(2), 965—978
- [15]Cook, H. E. et al. Carbonate slope failure as indicators of sea-level lowering. In: Walker, R. G. and James, N. P. (eds.) Facies Models, 1992, 349—373
- [16]Posamentier, H. W. et al. Variability of the sequence stratigraphic models; effects of local basin factors. Sedimentary Geology, 1993, 86(1), 91—109
- [17]Schlager, W. et al. Sedimentology and sequence stratigraphy of reefs and carbonate platforms, Education Short Course Notes. 1992, AAPG, 77(1), 71—96
- [18]Macdonald, D. I. M. Sedimentation, Tectonics and Eustasy Sea-Level Changes at Active Margins. Blackwell Scientific Publications, 1991, 79—100
- [19]覃建雄等. 四川西昌地区下二叠统层序地层研究. 油气地质学进展, 成都: 四川科技出版社, 1996, P15—21
- [20]覃建雄等. 联合古陆演化时期沉积记录的全球同时性. 岩相古地理, 1995, V. 15, No. 1, P31—43
- [21]殷鸿福等. 二叠-三叠系研究的进展. 地球科学进展, 1994, V. 9, No. 2, P1—9
- [22]陈洪德等. 右江沉积盆地的性质及演化讨论. 岩相古地理, 1990, V. 11, No. 1, p28—37
- [23]曾允孚等. 华南右江复合盆地的沉积构造演化. 地质学报, 1995, V. 69, No. 2, p113—124
- [24]殷鸿福等. 扬子区晚二叠世-中三叠世海平面变化. 地球科学, 1994, V. 14, No. 5, p627—631
- [25]覃建雄等. 联合古陆计划的主要内容及研究意义. 岩相古地理, 1994, V. 14, N. 1, P43—51

Permian sequence stratigraphy and sea-level changes in southwestern China

Qin Jianxiong Zeng Yunfu Chen Hongde Tian Jingchun Li Yusheng

Chengdu University of Technology

Qian Yizhong Shou Jianfeng Shen Anjiang

Hangzhou Institute of Petroleum Geology

ABSTRACT

The Permian strata in southwestern China may be divided into two second-order sequences and eleven third-order sequences representing eleven third-order cycles of sea-level changes, of which six cycles, i. e. early Leonardian, early Guadalupian, late Guadalupian, early Kazanian, early Tatarian and late Tatarian sea-level cycles may be correlated with those in Euramerica. The results of research in this paper show that the Permian relative sea-level changes in the study area are dominantly controlled by global sea-level changes and synsedimentary tectonism, and reverse to those in Euamerica, even in Pangea, where the sea-level changes are characterized by the sea-level rises representing the transgressive sedimentary carbonate sequences. Two types or branches may be recognized for the Permian part of the Phanerozoic sea-level curves; one is the so-called Tethys type or South China type characterized by the sea-level rises representing transgressive sedimentary carbonate sequences; another is so-called classic type or Euramerica type characterized by the sea-level falls representing transitional-regressive sedimentary carbonate sequences. The authors contend that the Permian transgressive global sea-level curves should be represented by those for South China.

Key words: sequence stratigraphy, sea-level change, Permian, southwestern China
Tethys type (South China type), classic type (Euramerica type)