

文章编号: 1000-0550(1999)04-0499-11

中国南方二叠纪层序地层划分与对比^①

王成善¹ 陈洪德¹ 寿建峰² 李祥辉¹ 田景春¹ 覃建雄¹

1(《油气藏地质及开发工程》国家重点实验室, 成都理工学院沉积地质研究所 成都 610059)

2(杭州石油地质研究所 杭州 310023)

摘要 对中国南方二叠纪时期不同沉积盆地类型的沉积层序进行了深入研究, 综合各种盆地类型的沉积层序, 该期可识别 11 个层序单元($S_1 \sim S_{11}$), 其中, 栖霞、茅口、吴家坪三阶分别含三个层序, 长兴阶两个层序, S_1 、 S_6 、 S_7 、 S_{11} 为 I 型, 其余为 II 型。层序对比显示, 上、中、下扬子的层序数量相近, 界面特征各不一致, 靠近古陆处在 P/C、 P_1/P_2 界线间缺少层序 1~2、3~5 个不等; 华南太平洋构造域影响区层序体系域具 $HST > TST$ 结构, 特提斯域控制区则具 $HST < TST$ 结构。与世界相关地区层序对比表明, 早二叠世较为相似, 晚二叠世差别甚大, 可能与 Pangaea 的形成和解体有关。

关键词 划分与对比 沉积层序 二叠纪 中国南方

第一作者简介 王成善 男 1951 年出生 教授 沉积学及青藏高原地质

中图分类号 P539.2 文献标识码 A

二叠纪的层序地层研究始于 80 年代中期, 其后在世界有关地区陆续开展, 以欧美尤其是北美、俄罗斯克拉通的研究最具代表性和开拓性^[17, 23, 31, 32, 33], 对北美克拉通二叠系碳酸盐岩、蒸发盐岩的层序地层研究颇为典型。进入 90 年代, 北美克拉通二叠系(含有关晚古生代地层)层序地层研究达到了高潮, 相继有许多研究者^[15, 20, 21, 25~28, 30, 34~38, 40]的成果发表, 他们对全球二叠纪层序地层研究提供了样本和经验, 并取得了一定成功。与此同时, 澳大利亚^[14, 16]、英国及北海^[19, 39]、意大利阿尔卑斯^[29, 43]相继完成了一些研究成果。我国二叠纪层序地层研究起步于 90 年代初, 最早陆彦邦等^[30]对华东一些剖面进行了概略层序划分。之后, 不少中外学者^[31~36]分别对华南一些沉积盆地的二叠系层序地层做了研究, 获得较为丰富的层序地层资料和相关认识^[1, 6, 8, 9, 11, 12, 18, 41, 42]。近期, 同期的层序地层研究已扩展到华北克拉通含煤地层^[2~5]及塔里木盆地北部^[13]。鉴于对层序地层的理解上的差异, 有关二叠纪层序地层的认识存在着争议, 特别是层序单元数量和级别上的不同认识使目前中国南方二叠系层序地层的划分处于较为混乱局面, 但同时给我们提供了诸多可兹借鉴之处。

本文通过大量收集资料和野外实际观察, 在对

众多不同盆地如扬子克拉通及其边缘、湘桂一钦防走滑盆地、右江盆地、华夏克拉通(含闽粤地区)及其边缘的沉积层序深入研究基础上, 试图对整个华南二叠纪的层序地层进行概括、总结和重新认识, 提出我们自己的划分和对比方案。中国南方二叠纪的地层及沉积盆地背景可参见本期华南二叠纪相关论文, 鉴于篇幅这里不拟详细说明。

1 层序地层划分

根据露头层序地层原理及工作方法, 重点考虑关键界面、区域追踪对比性、相序变化特征及准层序叠置形式、各种盆地类型, 尤其是克拉通和被动边缘的层序地层特征与对比, 这里将中国南方二叠系划分出 11 个沉积层序单元, 分别命名为 $S_1 \sim S_{11}$ 。其中, 栖霞阶、茅口阶、吴家坪阶各 3 个($S_1 \sim S_3$ 、 $S_4 \sim S_6$ 、 $S_7 \sim S_9$), 长兴阶 2 个(S_{10} 、 S_{11}), 平均延时约 3 Ma。按底界面性质可区分出 4 个 I 型层序(S_1 、 S_6 、 S_7 和 S_{11}), 7 个 II 型层序(图 1)。该方案与上扬子地台西缘(许效松等, 1996)及上扬子川滇黔桂地区(Chen et al, 1997)的层序界面类型、数量较为接近。当然, 并不是每一种盆地类型或剖面都具有完整的 11 个层序, 如靠近古陆位置的盆地往往缺失栖霞早期和吴家坪早期的 1~2、3~5 个层序。

① 石油天然气总公司“九五”重大科技工程项目, 中国南方海相二叠系层序地层与油气勘探目标评选研究的成果之一

收稿日期: 1998-11-26 收修改稿日期: 1999-01-02

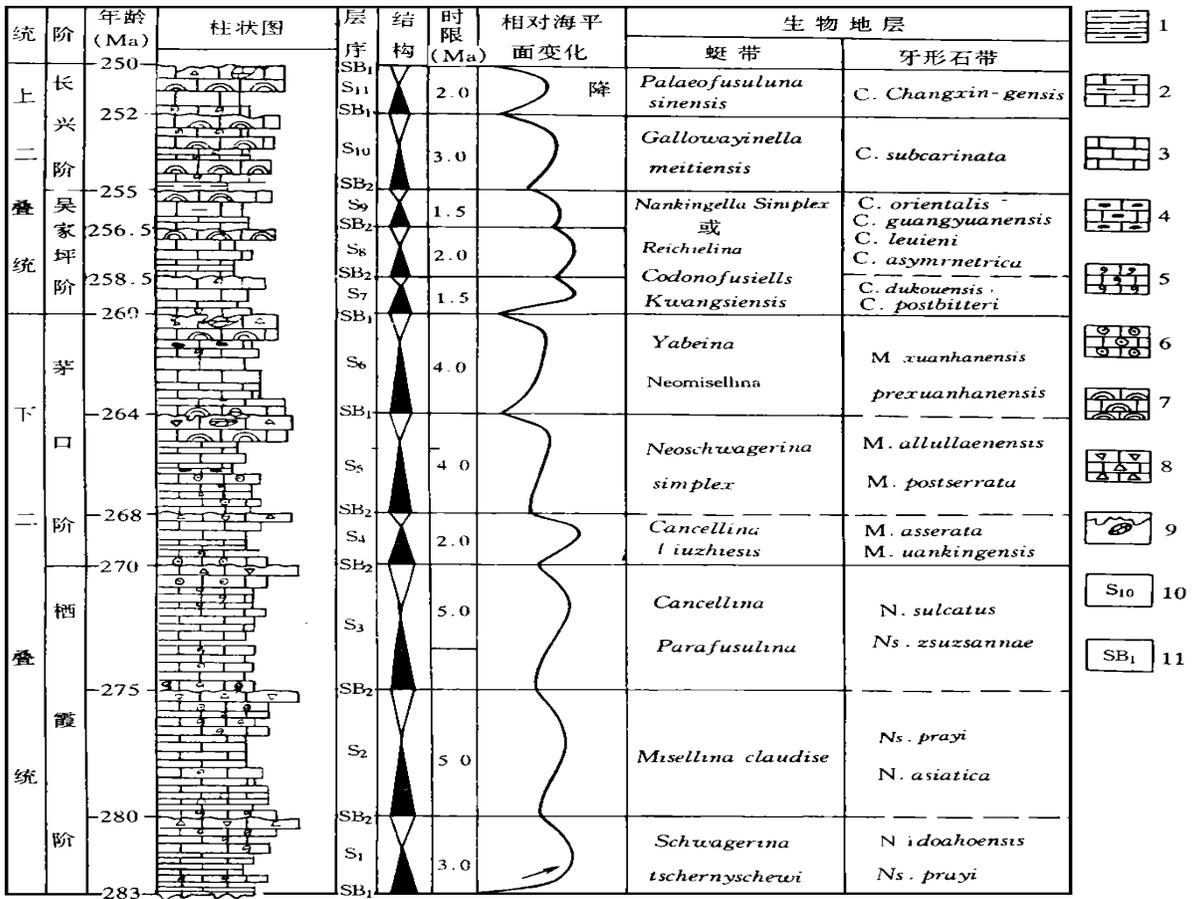


图1 中国南方二叠纪层序地层划分综合柱状图

1. 泥岩; 2. 泥灰岩; 3. 微晶灰岩; 4. 燧石条带灰岩; 5. 生物碎屑灰岩; 6. 鲕粒灰岩;

7. 礁灰岩; 8. 角砾灰岩; 9. 古喀斯特; 10. 层序编号; 11. 层序界面及性质

注: ①岩性柱此处仅系综合克拉通及其边缘盆地; ②化石带资料转引自Chen Hongde et al., 1997;

③牙形石带 C- *Clarkina*; M- *Mesofondolella*; N- *Neogondolella*; Ns- *Neosreptognathodus*

Fig. 1 Depositional Sequences of Permian in South China

2 层序描述

尽管不同盆地背景各层序发育程度和特征有所差别, 这里综合其界面和体系域特点对各层序分别进行概略描述。

S₁层序 底界面 I 型, 总体与下伏上石炭统马平组呈暴露侵蚀不整合接触。扬子克拉通表现为构造升降不整合, 界面形态不规则, 古喀斯特发育, 界面下白云岩化和淡水淋滤作用强烈, 具鸟眼构造, 与长期暴露直接有关; 华夏克拉通边缘为含铁铝质古风化壳, 闽粤区为结构转换面。TST 厚约 9 ~ 20 m, 较深水相灰泥岩、页岩构成其主体, 直接超覆于前石炭系灰岩之上, 由 5 ~ 9 个灰泥岩 → 页岩向上

加深的准层序组成, 其准层序组向岸方向退积叠加, 右江盆地 TST 顶部 BBC 群落^[7]可能代表了最大海泛期的生物组合。HST 厚 10 ~ 62 m 左右, 克拉通盆地由开阔台地相、台内生物屑浅滩相泥晶灰岩、生物微晶灰岩和泥灰岩组成, 含珊瑚 *Wentzelophyllum* - *Polythecallis* 组合^[7], 多显示有 6 个开阔台地相 → 台内浅滩相向上变浅旋回, 并构成对应的准层序, 准层序组以加积型式为主, 晚期表现出较弱的进积形态, 但上扬子近陆边缘则以中厚层细粒湖沼沉积为主。

S₂层序 底界面 II 型, 主要表现为岩相结构转换面, 界面上、下可见淡水胶结现象。TST 厚 20 ~ 48 m 左右, 由开阔台地/深缓坡相泥晶灰岩、泥灰

岩、瘤状灰岩组成,向上泥质含量增加,顶部转变为灰岩夹泥灰岩,见 *Zoophycos* 遗迹相,可能相当于凝缩层。一般可区分出多个泥晶灰岩→泥灰岩加深旋回向海岸方向退积。HST 通常包括两个准层序组:早期准层序组厚约 40~50 m,由 3~5 个开阔台地相含泥灰岩→泥晶灰岩准层序构成,向上旋回厚度、生物含量增加,泥质成分减少,以加积叠置型为主,扬子克拉通中普遍瓣化石 *Schwagerina chichis-aensis*, *S. pseudochichiasensis*;晚期准层序组厚 17~36 m,含 2~3 个台内浅滩相中层泥晶灰岩→厚层泥晶生物屑灰岩准层序,并反映出进程堆积形态特点。

S₃层序 底界面 II 型,界面凹凸不平,见淡水胶结灰岩和弱的古喀斯特,但华夏克拉通边缘及闽粤区标志不明显。TST 早期准层序组厚约 19 m,由开阔台地相生物泥晶灰岩→泥灰岩组成;晚期准层序组厚 7~14 m,含 2~4 个准层序,为台盆相黑色薄层灰质泥岩、含黄铁矿页岩、泥灰岩,产浮游型生物化石及 *Zoophycos* 遗迹相组合,具有较明显的凝缩特征,华夏克拉通边缘含海绿石、胶磷矿。两个不同准层序组反映有较强的退积叠加形式。HST 厚度大,厚 50~165 m,常可识别出两个准层序组:第一个准层序组厚约 20~68 m,包括 5~6 个准层序,每一准层序构成型式表现为下部局限台地相中层泥晶灰岩→上部台内浅滩相厚层生物屑灰岩,进积叠加形式较弱;第二个准层序组厚 30~97 m,由 2~3 个准层序构成,准层序构成型式与第一个准层序组相似,差别在于上部含生物组合 *Wentzellphyllum - Polythecallis*,生物碎屑和其它碳酸盐颗粒明显增加,相应地进积叠置作用加强。不过,扬子克拉通与华夏克拉通边缘 HST 较难与 TST 分开,闽粤区则无 HST 保存。

S₄层序 底界面 II 型,右江盆地、闽粤区浅水暴露特征明显,古喀斯特及淡水胶结均较发育。TST 厚约 10~32 m,由 3~4 个台盆相中薄层泥晶灰岩→灰泥岩准层序构成,顶部泥晶灰岩、灰泥岩中含磷、锰结核,产浮游生物分子和遗迹化石 *Zoophycos* 组合,准层序组显示有向岸超覆特点。闽粤区沉积背景转变,TST 由临滨薄层粉砂岩组成。HST 在右江盆地和扬子克拉通可识别两个准层序组:下部准层序组总厚约 28 m,含 4 个准层序,主要为开阔台地灰岩,准层序结构一般显示由下向上中薄层泥晶灰岩→中厚层泥晶灰岩,以加积叠加型式为特点;上部准层序组 40 余米厚,包括 5 个准层序,由台内浅

滩灰岩组成,准层序变化表现为下部中薄层→上部块状生物屑泥晶灰岩,具较清楚的向上变浅进积结构特征。闽粤区则以潮坪黄白色薄层泥质粉砂岩含腕足、植物碎屑为特征。华夏克拉通边缘缺失该层序。

S₅层序 底界面 II 型,暴露标志不甚显著,但区域性界面白云石化甚为强烈。值得注意的是,华夏克拉通边缘孤峰组与栖霞组间为侵蚀不整合。克拉通背景 TST 由台盆相黑色硅质岩组成,含浮游生物化石组合,厚约 3~24 m,由 3~5 个准层序叠加而成,其相序样式由下至上显示为中层硅质灰岩→中薄层灰泥质硅质岩,准层序组弱退积,向岸超覆。华夏克拉通边缘 TST 孤峰组下部则由含磷质结核页岩、放射虫硅质岩组成。闽粤区主体为陆源沉积的潮坪泻湖相。HST 在扬子克拉通盆地中可识别两个准层序,准层序结构变化反映为开阔台地相灰色中层硅质灰岩→台内浅滩相块状灰岩、生物屑灰岩,向上变浅,含化石 *Chusenella*, *Fenestella*, *Glomospira* 等,华夏克拉通边缘仅由近岸泻湖含铝土质生物页岩组成,闽粤区则为潮坪泻湖含煤陆源沉积组合。

S₆层序 底界面 I 型,扬子克拉通界面不规则,古喀斯特及淡水胶结作用形成规模,可区域性追踪对比。华夏克拉通边缘及闽粤区可见铝铁质古风化壳。TST 含浮游化石组合,可识别出 1~3 个准层序,结构显示为局限台地相中层泥晶灰岩→开阔台地相中薄层泥晶灰岩夹硅质条带,向上加深、向岸退积特点较为清楚。TST 在华夏克拉通不发育。HST 能识别两个准层序组,总厚 39~78 m 左右,旋回相序表征为:下部开阔台地相黑色中薄层泥晶灰岩夹硅质条带,上部台内滩相中厚层生物屑泥晶灰岩,向上变浅结构较突出,早期显示加积作用,晚期进积叠置作用加强。华夏克拉通边缘 TST 与 HST 结构不清楚,闽粤区缺失 HST。

S₇层序 底界面 I 型,暴露侵蚀标志明显,广泛发育古喀斯特,淡水胶结及白云岩化作用普遍。区域构造隆升强烈,造成全区范围大规模存在不整合,侵蚀、残积体系发育。台地、台盆 TST 准层序向上加深,退积叠置,即由开阔台地相灰色、黑色中层泥晶灰岩向中薄层泥晶灰岩夹硅质条带转变,向上硅质增多。扬子、华夏克拉通近陆边缘、闽粤区则以退积三角洲沉积体系为特色。在扬子区,HST 能识别约 2 个准层序组:早期准层序组厚约 5~10 m,以加积的开阔台地相黑色硅泥质灰岩、中层泥晶灰岩高

频旋回为特征;中晚期准层序组 25~48 m 厚,含 3~4 个准层序,其叠置方式反映为开阔台地相中薄层(生物屑)泥晶灰岩→台内浅滩相块状颗粒灰岩向上变浅进积形态。华夏克拉通边缘 HST 由湖沼砂泥沉积组成,闽粤区以进积三角洲为主体。

S₈层序 底界面 II 型,右江盆地古喀斯特现象常见,下伏岩层白云岩化较为强烈,而其它盆地则以相序结构转换面来标识。扬子克拉通、右江盆地 TST 由开阔台地相生物屑泥晶灰岩→泥晶灰岩夹泥岩的退积准层序(组)叠加而成。HST 厚度大,约 100~162 m,上扬子及右江盆地可区分出两个准层序组:第一个厚度小于 30 m,仅含一个准层序,由开阔台地相生物屑泥晶灰岩→台内滩相颗粒灰岩、生物屑灰岩向上变浅序列组成;第二个含 7 个准层序,准层序结构基本上为下部台内滩相生物屑灰岩→上部生物礁灰岩,向上滩或礁体厚度增加,礁的表现形式主要呈丘状,其造礁生物以 *Anthracooporelle*, *Agathamina*, *Codonofusullina* 等分子占优势。华夏克拉通边缘及闽粤区 TST 和 HST 与第 S₇层序结构、组成相似。

S₉层序 底界面 II 型,具古喀斯特不规则面,发育相关的白云岩帽。中扬子、右江盆地及华夏克拉通边缘 TST 由开阔台地相生物屑泥晶灰岩、泥灰岩夹硅质条带组成,厚仅 5~14m 左右,退积特征不甚明显,仅含一个准层序。HST 含两个准层序,厚

约 5~26 m,产化石 *Tubiphytes*。进积准层序表现为下部由开阔台地相中层含生物屑泥晶灰岩夹硅质条带,上部则具台内滩相灰色块状颗粒灰岩,向上变浅结构和进积叠置作用较明显。华夏克拉通边缘缺失 HST,闽粤区 TST 和 HST 与 S₇、S₈相似。

S₁₀层序 底界面 II 型,右江地区界面有淡水淋滤现象,岩相结构转换面标志清楚,扬子克拉通界面白云岩化强烈,华夏克拉通边缘为一侵蚀间断面,含数厘米泥晶化晶屑凝灰质火山沉积。TST 由盆地相含火山碎屑的沉积组成,产较丰富的浮游生物化石,厚度较大,可区分出 4 个准层序,相序结构为中层凝灰质砂岩→中薄层凝灰质灰岩夹凝灰质页岩,向上灰质、泥质、浮游生物分子均增多。华夏克拉通边缘发育放射虫硅质岩,闽粤区由滨海砂岩、粉砂岩组成。扬子克拉通与右江盆地 HST 由 2~3 个准层序加积一进积叠加而成,准层序一般具有下部开阔台地相粉砂质灰岩、泥晶灰岩或泥质灰岩→上部台内浅滩相生物屑(泥晶)灰岩向上变浅结构特点,顶部含有粉砂质凝灰质角砾灰岩层。华夏克拉通边缘 HST 为外陆棚一斜坡相泥灰岩硅页岩组成,加积为主;闽粤区则转换为潮坪泻湖相。

S₁₁层序 右江盆地与扬子克拉通底界面 I 型,普遍发育古喀斯特,界面上见较多角砾状凝灰质、粉砂质灰岩,华夏区则标识不甚清楚。TST 厚度小,由台盆相凝灰质粉砂岩—粉砂质泥岩、硅质岩夹页

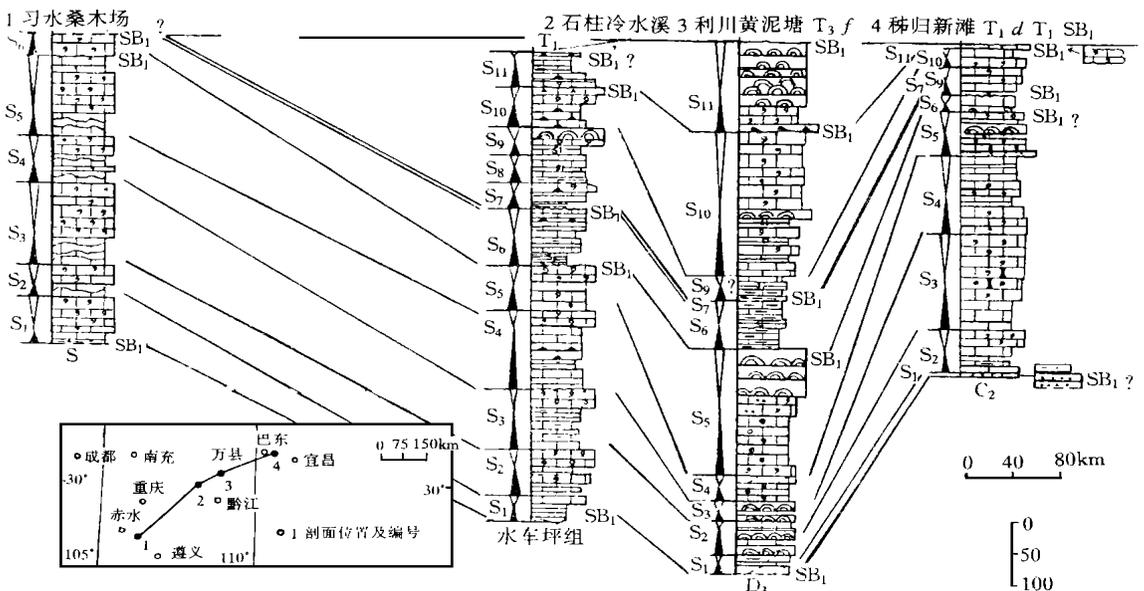


图2 华南中—上扬子二叠系层序剖面对比(图例参见图5)

Fig. 2 Permian depositional sequences correlation in middle-upper Yangtze Craton(Legend refers to Fig. 5)

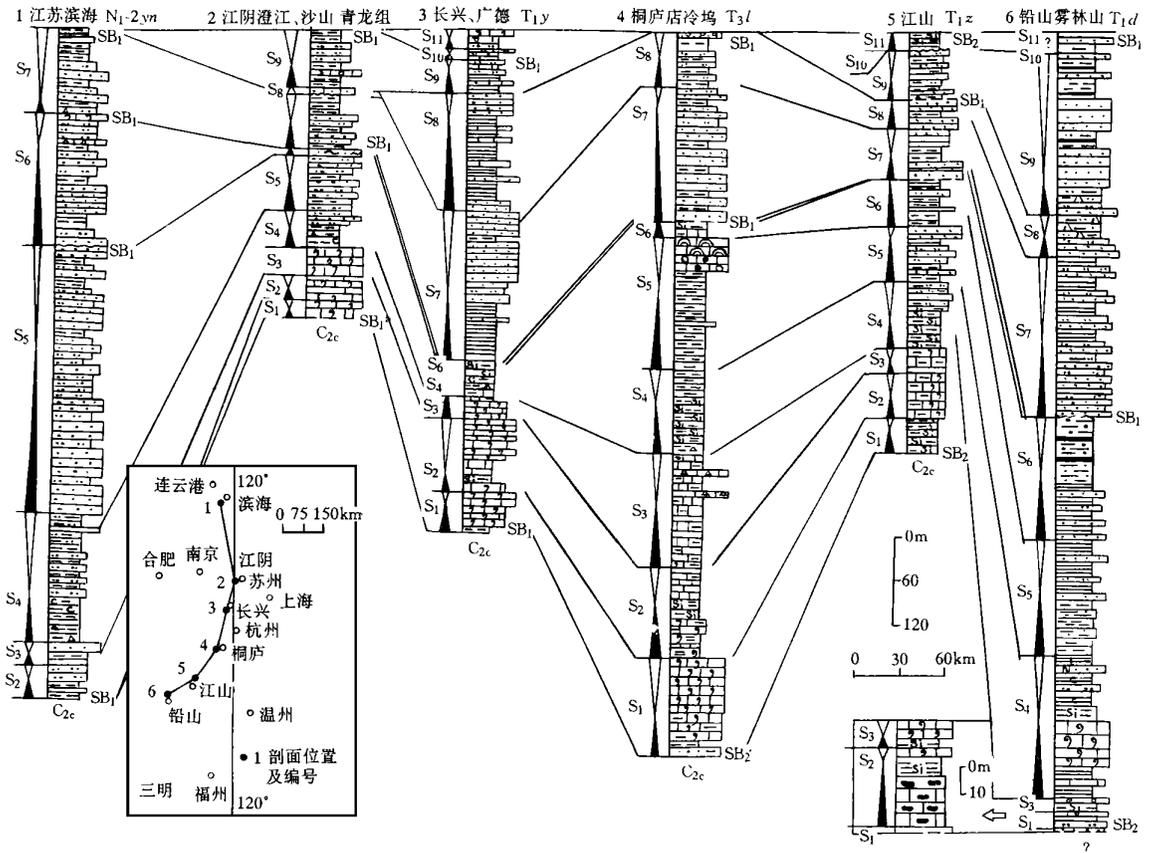


图4 华夏克拉通二叠系层序剖面对比(图例参见图5)

Fig. 4 Permian depositional sequences correlation in Cathayan Craton (Legend refers to Fig. 5)

楚,尤其是克拉通(缓坡、台地)及其边缘、被动边缘各层序,无论是I型界面还是II型界面均容易对比(图2、3、5)。但是,I型界面在台盆、深水盆地(软防走滑盆地)的有关层序中并不明显。在台盆中,二叠系的顶底与上、下地层均呈整合或平行不整合接触,少有界面暴露标志,如贵州惠水、罗甸地区(图3),虽然有相序结构转换面存在,但并无明显的铁铝粘土层、侵蚀面或古喀斯特;层序 S_6 、 S_7 、 S_{11} 的底界面情况亦如此。软防走滑深水盆地中,二叠系与石炭系呈整合接触,其与三叠系的关系在不同地区稍有差异,总体上仍为整合接触(图3)。

发育在克拉通缓坡、台地、孤台等浅水背景上的二叠系各层序基本上见保存完整的TST和HST,仅在少数地区如惠水沙子哨剖面第 S_6 层序缺失HST;与此同时,绝大多数又都没有SMST或LST记录保存下来,即使有,厚度也较小。SMST或LST主要发育在少数斜坡、台盆或深水盆地的背景下,例如贵州惠水、罗甸、广西南丹、湖南攸县(图5)等地。

这种体系域发育特征与层序地层模式一致。扬子区各剖面厚度比例显示,无论是浅水背景还是较深水背景下的层序,下二叠统 $S_1 \sim S_6$ 六个层序的厚度普遍较大,通常要占各个剖面的三分之二以上,如四川石柱、兴文、秀山、湖北秭归、湖南涟源、广西河池和来宾等剖面(图2、3、5)二分明显,少数超过四分之三以上,如秭归、兴文、秀山、涟源等。这表明,早二叠世扬子区构造背景以断陷为主,伴随海侵扩大容纳空间不断增大,能满足碳酸盐高生产率堆积需要。

分析表明,扬子区二叠系层序的HST与TST的厚度结构有几个特点:①该区以具 $HST \leq TST$ 结构占主导地位;②川、黔、湘、鄂四省10个剖面层序结构统计显示, $HST \leq TST$ 占绝对优势;③右江盆地、软防深水盆地的层序结构正好与其它扬子地区相反,主体表现为 $HST > TST$ 。

这种结构差异主要反映了沉积盆地背景和构造背景上的差异,说明区域构造断陷作用和碳酸盐生产速率在每一层序的海退期起控制作用。

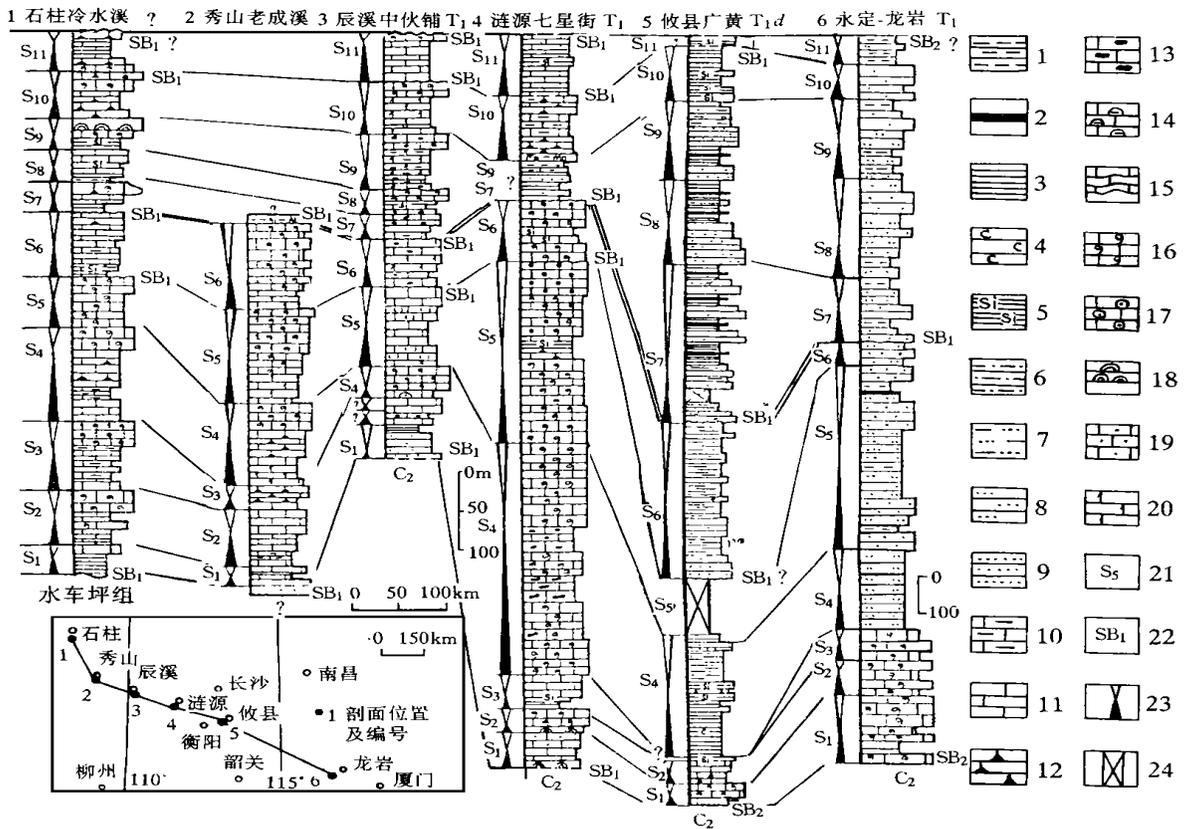


图 5 穿越扬子区及华夏区的二叠系层序剖面对比

- 1. 泥岩; 2. 煤(线); 3. 页岩; 4. 碳质页岩; 5. 硅页岩; 6. 粉砂质页岩; 7. 泥质粉砂岩; 8. 粉砂岩; 9. 砂岩; 10. 泥灰岩;
- 11. 微晶灰岩; 12. 燧石条带灰岩; 13. 燧石结核灰岩; 14. 瘤状灰岩; 15. 纹层灰岩; 16. 生物碎屑灰岩; 17. 鲕粒灰岩;
- 18. 礁灰岩; 19. 砂质灰岩; 20. 云质灰岩; 21. 层序编号; 22. 层序界面类型; 23. TST 与 HST 结构; 24. 露头覆盖

Fig. 5 Depositional sequence correlation of Permian between the Yangtze Craton and Cathyan Craton

3.2 华夏区的层序对比

由层序剖面对比图 4 可以看出, 华夏区西部华夏克拉通边缘层序以靠近深水盆地的浙江长兴—广德、江山与江西铅山等地区较为发育, 基本上可见到全部 11 个层序, 其余地区则发育不甚完全, 常缺失上二叠统 2~4 个层序 (S₈~S₁₁), 其中以苏北滨海地区缺失最多(图 4)达 4 个。这主要反映了东吴运动后, 华夏古陆不断抬升, 沉积区逐渐向西迁移的构造活动特点。单个层序厚度总体较小, 差异大, 平均小于 90 m, 最薄仅 6 m, 最厚达 352 m (江苏滨海 S₅ 层序), 而且越是靠近深水盆地单个层序厚度越小, 向克拉通本部方向则厚度加大。华夏克拉通盆地(浙、闽粤东部地区)的层序较之其边缘相对发育(图 5), 一般 11 个层序记录完全, 即使缺失也不超过 2 个, 且多属栖霞阶下部层序, 单个层序的厚度也增

大, 平均 100~200 m 之间, 最大超过 492 m。

层序界面性质标识总体来说不如扬子区清楚明显。II 型界面自不必说, 而 I 型界面也有较多剖面无明显标识证据。就 I 型界面而言, S₁₁ 的顶界面在桐庐以北特征易识、易比, 桐庐以南及华夏克拉通闽粤地区由于与上覆下三叠统连续过渡, 因而标志少见; S₁ 底界面与 S₁₁ 顶界面情况相似, 界面标识到长兴—广德以北才较清楚。S₇ 底界面在该区相对而言较为稳定, 华夏克拉通边缘及闽粤地区均可见不同程度的平行不整合。对于 S₆ 和 S₁ 的底界面此地区多不显著, 暴露标志欠缺, 但在下扬子银屏组与孤峰组之间铁铝粘土层、古风化壳十分特征。

层序体系域的保存除少数外, 绝大多数地区仍然缺失 LST 或 SMST, 与扬子区相同。值得注意的是, 浙江桐庐、江山和福建永定—龙岩剖面的 S₆ 层

序仅发育 TST (图 4, 5)。究竟是 HST 被侵蚀掉还是因内部结构变化小无法区分有待进一步查明。从新近在长兴、江山、衢州发现深水沉积^[10]来看,可能属于后者。除深水硅质岩相的长兴—广德剖面 S₄~S₆层序、铅山剖面 S₁~S₃层序外,华夏区其它各层序均有明显的体系域厚度结构:(1)华夏克拉通边缘铅山以北各层序体系域厚度结构表现为 HST ≤ TST; (2)靠近深水盆地的江西铅山和华夏克拉通内部如龙岩地区 HST ≤ TST 与 HST > TST 之比为 6 比 13, 与华夏克拉通边缘大部地区不同,这说明近深水盆地及华夏克拉通本部层序更多地受控于区域构造和陆源供给速率。

3.3 与世界有关地区对比

迄今为止,对二叠系层序地层的研究在世界各地无论是界面性质、层序数量上,还是层序延时长上不尽一致。相对而言,我国华南和北美大陆研究程度较高,其中,北美德克萨斯盆地和圣安德烈斯盆地较为细致^[15, 20, 21, 23, 33, 34]。此外,澳大利亚悉尼盆地^[14, 16]、英国及北海^[29, 39]、俄罗斯地台^[24]、意大利北部阿尔卑斯^[29, 43]等地区近期也有一些研究成果。不过,上述地区特别是北美的研究成果多以会议摘要方式发表,因此,给层序对比带来了一定困难。

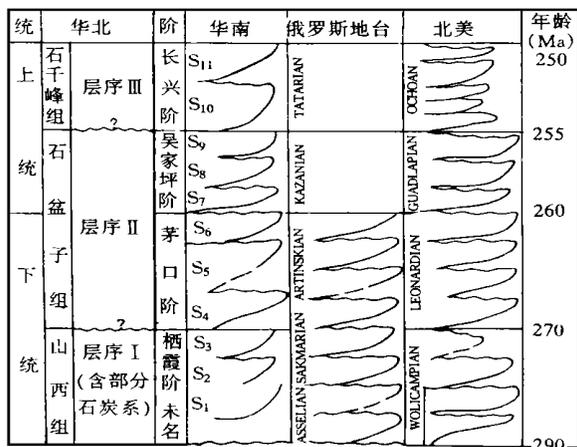


图 6 中国南方二叠系层序地层划分
与世界有关地区的对比

Fig. 6 Classification of Permian depositional sequences in South China and correlation in the world

与北美地区下二叠统层序地层相比,中国南方同期的层序数量及延时长大致相近,即早二叠世全球程稳定克拉通背景大抵可划分 6~8 个沉积层序单元(图 6)。虽然,华南下二叠统仅能识别出 6 个层序,但栖霞阶之下的未名阶可能因升降侵蚀不整

合^[11]而缺失一个层序,甚至二个层序。对于茅口阶的 3 个层序,与俄罗斯地台 Artinskian 阶及北美 Leonardian 阶的四个海侵海退层序^[33, 35]相比少了一个,可能的原因是由于化石带限制的年代地层对比差异引起。世界相关地区下二叠统层序界面上亦基本相似,最下部层序底界面及最上部顶界面均属 I 型。这种下二叠统世界范围内层序的可对比性与其时的全球生物古地理格局相似性^[32]也较为相符。

晚二叠世,中国南方与世界相关地区的层序相差较大(图 6)。如北美,在短暂的 10 Ma 范围内,晚二叠世层序数一般都在 8 个以上,甚至有人在 Guadalupian 阶七个组之一的 Grayburg 组中就划出 3 个三级沉积层序^[23]。通常,在澳大利亚悉尼盆地的含煤地层中划分出 6 个层序^[14];而在英国的 Zechstein 统亦可分出 ZS1~ZS7 共 7 个三级层序。由此可见,除了上二叠统顶底界可视为 I 型界面能够一定程度比较外,上二叠统世界各地的层序地层较难进行对比。

对于华北,或许是本身板块分区及含煤地层的差异,或许是研究程度的不够深入,从目前所划分的层序数量、级别、界面等^[2~5]来看,二叠纪时期层序尚难与华南及世界其它地区进行对比。

总体看来,中国南方早二叠世的层序地层与世界相关地区在数量、延时、界面性质上是可以进行对比的,而晚二叠世则差异较大。造成此种结果的原因是否与 Pangea 形成及分裂有关,尚需论证。

4 结论

通过上述沉积层序划分、层序特征描述及其与世界相关地区对比,我们认为:

(1)中国南方二叠系至少可识别出 11 个沉积层序单元,但不排除有可能在 P/C、P₂/P₁ 间的升降侵蚀不整合面上各缺失 1~2、3~5 个层序记录。这 11 个层序的层位分布为栖霞阶、茅口阶、吴家坪阶各 3 个,长兴阶 2 个。其中, S₁、S₆、S₇、S₁₁ 层序为 I 型,其余为 II 型。

(2)层序界面的鉴定特征在上、中、下扬子地区也各有不同。无论是 I 型还是 II 型层序底界面,通常上扬子克拉通及其边缘、孤立台地背景下界面标识相对清楚易辨,多可见到 Fe、Al 粘土层,古喀斯特或淡水白云岩充填或白云岩帽;中扬子至下扬子除了少数界面外,如中扬子 S₇ 的底界面、下扬子 S₆ 的底界面,其它层序底界面标志物特征不明显,暴露逐

渐减弱,可能与盆地性质与演化特点不同有关。

(3)中国南方二叠纪层序格架的另一特征是靠近古陆的一些盆地多缺失上二叠统3~5个层序,尤其是东吴运动之后形成的大新古陆、江南古陆、云开古陆邻近盆地十分明显,如大新古陆北侧的广西河池、贵州习水缺少 $S_7 \sim S_{11}$ 4个或5个层序。

(4)这11个层序的体系域厚度结构统计结果显示,扬子克拉通及其边缘、华夏克拉通西部边缘等盆地具有 $TST \geq HST$ 的结构特点,而右江盆地、钦防深水盆地、华夏克拉通(闽、粤地区)则具有 $HST > TST$ 的结构样式,这些结构样式可能很大程度上反映了对应的海侵—海退结构形式,也一定程度分别反映了与太平洋构造域和特提斯构造域的紧密关系。

(5)世界其它相关地区的层序地层对比表明,华南早二叠纪的层序数量、级别、层序界面可以同北美、俄罗斯地台等地区对比,而晚二叠世差别较大,可能与Pangea大陆的形成及解体有关。中国华南与华北二叠纪层序无法对比。

参 考 文 献

- 1 陈北岳, 颜佳新. 广西上二叠统层序地层格架[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 1994, 19(5): 597~608
- 2 陈世悦, 刘焕杰. 华北石炭—二叠纪层序地层学研究的特点[J]. 岩相古地理, 1994, 14(5): 11~20
- 3 李增学. 内陆表海聚煤盆地的层序地层分析—华北内陆表海聚煤盆地的研究进展[J]. 地球科学进展, 1994, 9(6): 65~70
- 4 李增学, 魏久传, 李守春等. 内陆表海含煤盆地Ⅲ级层序的划分原则及基本构成特点[J]. 地质科学, 1996, 31(2): 186~192
- 5 李增学, 魏久传, 李守春. 山东及邻区石炭—二叠纪含煤地层的层序地层式样[J]. 沉积学报, 1995, 13(增刊): 18~26
- 6 覃建雄, 徐国盛, 吴勇等. 四川西昌地区下二叠统层序地层研究. 油气地质学进展[C]. 成都: 四川科技出版社, 1996. 15~21
- 7 沙庆安, 吴望始, 傅家谟. 黔桂地区二叠系综合研究—兼论含油气性[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 70~140
- 8 邵龙义, 张鹏飞, 田宝霖. 黔西织纳地区晚二叠世含煤岩系层序地层及海平面变化[J]. 地质探索, 1993, 8: 1~10
- 9 夏文臣, 周杰, 葛立刚. 华南二叠—三叠系的成因地层序列及古特提斯海重建[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 1994, 19(5): 663~675
- 10 肖文交, 李继亮, 何海清. 浙西北前陆褶皱冲断带初步研究[J]. 中国科学(D辑), 1997, 27(1): 2F~32
- 11 许效松, 刘宝璋, 赵玉光. 上扬子地台西缘二叠系—三叠系层序界面成因分析与盆山转换[J]. 特提斯地质, 1996, (2): 1~30
- 12 颜佳新, 方念乔. 湖北省栖霞组沉积环境、沉积旋回及层序地层划分[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 1994, 19(5): 620~626
- 13 于炳松. 塔里木盆地北部石炭—二叠纪高分辨率层序年代地层

体制[J]. 地质地球化学, 1996, 2: 55~60

- 14 Ardito P A. A sequence stratigraphic analysis of the Late Permian succession in the Southern Coalfield, Sydney Basin[J]. New South Wales, Australian[J]. Journal of Earth Sciences, 1991, 38(2): 125~137
- 15 Beserra T B & Dorobek S L. Sequence stratigraphic analysis and regional correlation of the lower Guadalupian San Andres Formation, Northwest Shelf, Permian Basin[R]. Annual Meeting Abstracts, AAPG and SEPM, 1994. 103~104
- 16 Briggs D J C. Permian depositional sequences of the Sydney Bowen Basin. Advances in the Study of the Sydney Basin[J]. Proceedings of the Symposium, 1993, 27: 247~254
- 17 Brown L F Jr. Use of sequence stratigraphy to defining stratigraphic plays in Upper Pennsylvanian and Lower Permian low stand systems tracts, North-central Texas[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(2): 255
- 18 Chen H, Tian J, *et al.* Permian sequence stratigraphy of the Sichuan—Yunnan—Guizhou—Guangxi region[J]. Scientia Geologica Sinica, 1997, 6(3): 241~260
- 19 Goodall I G, Harwood G M, *et al.* Discussion on sequence stratigraphy of carbonate—evaporite basins: Models and application to the Upper Permian (Zechstein) of Northeast England and adjoining North Sea[J]. Journal of the Geological Society of London, 1992, 149(6): 1050~1054
- 20 Hedrick C L. Sequence stratigraphy, diagenesis and porosity/permeability distribution in Permian carbonate reservoirs, Monhans field west Texas[R]. Annual Meeting Abstracts, AAPG and SEPM, 1993, 25(7): 116
- 21 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[C]. Special Publ., SEPM, 1991, 32: 111~118
- 22 Lopez G J, Arche A. Sequence stratigraphic analysis and paleogeographic interpretation of the Buntsandstein and Muschelkalk facies (Permian—Triassic) in the SE Iberian Range, E Spain[J]. Palaeogeography, —Climatology, —Geology, 1993, 103(3—4): 179~201
- 23 Machel H C Longacre S A. Application of sequence stratigraphy to Permian carbonates and evaporites, McElroy Field, Central Basin Platform, Texas[J]. AAPG Bulletin, 1988, 72(2): 216
- 24 Malysheva E O, Belyaeva N V. Sequence stratigraphy of the Pechora Basin, northeastern Russian Platform, USSR[R]. Resettar—R. Abstracts with Programs, GSA, 1991, 23(5): 294
- 25 Maughan E K, Macke D L. Upper Paleozoic stratigraphic sequences in the Western Interior, USA[R]. Abstracts with Programs 46th annual meeting, Rocky Mountain Section, GSA, 1993, 25(5): 116
- 26 Mazzullo S J, Teal C S, Burnett C A. Sequence stratigraphy and depositional facies in the Chase Group (Permian, Wolfcampian), south—central Kansas[J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(9): 1404
- 27 Mazzullo S J, Teal C S, Burnett C A. Sequence stratigraphic analysis of Permian (Wolfcampian), cyclic ramp strata (Chase Group) in

- the Midcontinent USA, and comparison to classic Pennsylvanian cyclothem[s] R]. Annual Meeting Abstracts, AAPG and SEPM, 1996, 5: 94
- 28 Morgan W A, Kokkoros G F, *et al.* Sequence stratigraphic framework and exploration potential of Lower Permian (Wolfcampian) gravity-flow deposits, eastern Midland Basin, Texas[R]. Annual Meeting Abstracts, AAPG and SEPM, 1996, 5: 101
- 29 Noe S & Buggisch W. Sequence stratigraphy in Late Permian and Lowest Triassic of the Southern Alps (Dolomites; northern Italy) with special regard to the Permian/Triassic boundary[J]. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt Wien, Vienna, Austria*, 1994, 137 (2): 297 ~ 318
- 30 Osleger D A. Sequence stratigraphy and petrophysical variability of backreef carbonates, Permian Seven Rivers and Yates Formations, Guadalupe Mountains, New Mexico[R]. Annual Meeting Abstracts AAPG and SEPM, 1994, 228
- 31 Ross C A, Ross J R P. Carboniferous and Early Permian biogeography[J]. *Geology*, 1985a, 13: 27 ~ 30
- 32 Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic depositional sequences are synchronous and worldwide[J]. *Geology*, 1985b, 13: 194 ~ 197
- 33 Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic sea levels and deposition sequences[A]. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Spec. Publ., 1987, 24: 137 ~ 149
- 34 Ross C A, Ross J R P. Permian sequence stratigraphy and fossil zonation[A]. In: Embry A F, *et al.* eds. *Pangea: Global Environments and Resources*[C]. Memoir—Canadian Society of Petroleum Geologists, 1994, 17: 219 ~ 321
- 35 Ross C A, Ross J R P. Permian sequence stratigraphy[A]. In: Scholle P A, *et al.* eds. *The Permian of Northern Pangea: Volume I* [C]. *Paleogeography, Paleoclimates, Stratigraphy*, 1995, 98 ~ 123
- 36 Sarg J F. Carbonate sequence stratigraphy and the controls on carbonate platform development; Case study from the Permian of West Texas—New Mexico[J]. *AAPG Bulletin*, 1988, 72(12): 1 522
- 37 Snyder W S. Tectonic sequence stratigraphy, early Permian Dry Mountain Trough, East—central Nevada[J]. *AAPG Bulletin*, 1991, 75(6): 1 140
- 38 Tinker S W, Brinton L. Shelf—to—basin sequence stratigraphic framework and early diagenesis of late Guadalupian strata McKittick Canyon, New Mexico and Texas; preliminary findings[R]. Annual Meeting Abstracts AAPG and SEPM, 1994, 272
- 39 Tucker M E. Sequence stratigraphy of carbonate—evaporite basins; models and application to the Upper Permian (Zechstein) of North-east England and adjoining North Sea[J]. *Journal of the Geological Society of London*, 1991, 148(6): 1 019 ~ 1 036
- 40 Whalen M T. Facies architecture and sequence stratigraphy of the Park City Formation, using in Wyoming; Implication for the Permian sea—level history of Pangea's continental margin[R]. Meeting Abstract, GSA, 1992, 24(7): 109
- 41 Zhang K, Tong J *et al.* Sequence stratigraphy of the Permian—Triassic boundary section of Changxing, Zhejiang, southern China[J]. *Acta Geologica Sinica(English Edition)*, 1997, 71(1): 90 ~ 102
- 42 Zhou Y, Li S, Wang H. The quantitative study of the relative sea—level changes and lost time at some sequence boundaries; An example of Permian carbonate section from Ziyun, Guizhou, China[J]. *Journal of Geology, Series B*, 1995, 5 ~ 6: 177 ~ 178
- 43 Zuehlke R, Bechstedt T. Late Permian and Triassic of the Dolomites (Southern Alps—Italy); Sequence stratigraphy and basin evolution, Terra Nosta(Bonn), 1995, 1 ~ 95; 52

Characteristics and Correlation of Permian Depositional Sequences in South China

WANG Cheng-shan¹ CHEN Hong-de¹ SHOU Jian-feng²
LI Xiang-hui¹ TIAN Jing-chun¹ QIN Jian-xiong¹

¹(State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation;

Sedimentary Geology Institute of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

²(Petroleum Geology Institute of Hangzhou Hangzhou 310023)

Abstract

Permian sequence stratigraphy in different kinds of sedimentary basins in South China is discussed in this paper, which is based on the great geological investigation on a large scale and analyses of previous works.

Eleven depositional sequences S₁—S₁₁ are recognized in Permian in most parts of South China, in which the S₁—S₃, S₄—S₆, S₇—S₉ are determined in Qixia Stage, Maokou Stage and Wujiaping Stage respectively, and the S₁₀—S₁₁ are limited in Changxing Stage. Of them, the depositional sequences S₁, S₆, S₇, S₁₁ have a feature of the type—I sequence boundary surface, and others have a feature of the type—II surface. S₁ or S₂ depositional sequences could not be deposited somewhere between the Carboniferous and Permian, also S₃ or S₅ could not be

between the Lower and Upper Permian.

There are variable indicators for distinguishing the boundary surface types in all of the upper, middle and lower Yangtze Craton according to comparison in South China. Clay layers with high Fe and Al, paleokarst fills with meteoric dolomite, and dolomitic caps are easily found on both type— I and type— II boundary surfaces in the upper Yangtze Craton and its margins and isolated carbonate platform. There are little exposure markers on boundary surfaces of most depositional sequences in the middle and lower Yangtze Craton except the basal boundary surface of the S₇ in the middle craton and the S₉ in the lower craton. We think it might be related to the different tectonic settings of sedimentary basins.

Loss of depositional sequences is also characterized by another way. S₃ to S₅ depositional sequences are difficult to be found out in most basins nearby paleocontinents. One example is that S₄ or S₅ in the S₇-S₁₁ could not be tracked at Hechi, Guangxi, and Xishui, Guizhou in the north of the Daxin paleocontinent. It is proposed that this could be the result of the Dongwu Movement, which led to the formation of Daxin Paleocontinent, South Yangtze River Paleocontinent and Yunkai Paleocontinent.

It is supposed that the HST > TST pattern of depositional sequences in Yangtze Craton and its margins, western Cathayan Craton margin was influenced by tectonism of the Pacific tectonic field. And the HST < TST pattern in Youjiang Basin and Qingzhou—Haifang Strike—slip Basin, and host Cathayan Craton to a great extent was controlled by the Tethys tectonic field.

It can be correlative on the amount, hierarchy, and boundary surface of the depositional sequences in the Lower Permian among North America, Russia, and South China, but not be the depositional sequences in the Upper Permian among them. It is inferred that the divergence of Pangea could be responsible for the situation. Any of the depositional sequences in South China has no analogues in North China.

Key words classification and correlation depositional sequence Permian South China