

海平面相对上升与生物礁相沉积 ——以中国西南地区晚二叠世海绵礁为例

朱同兴 惠兰

(地矿部成都地质矿产研究所)

晚二叠世是我国西南地区地史上的第二次造礁高峰期, 礁体发育良好, 分布广泛, 类型齐全, 且有较好的找矿前景, 已先后在建南、石宝寨等潜伏礁体中打出了工业性气流。

前人已对本区晚二叠世生物礁作了大量的研究, 但主要侧重于古生物生态和礁体沉积相方面, 而对海平面相对变化与礁体的关系以及礁控构造等方面的研究还很少。本文为《中国南方晚二叠世生物礁研究》课题成果中的一部份, 主要探讨晚二叠世海平面相对上升与生物礁相沉积之间的关系。

西南地区晚二叠世生物礁主要分布在南盘江地区(滇黔桂交界区)和川东鄂西地区, 礁体发育的极盛期为长兴期, 礁体层位从东向西、从南到北逐渐抬高, 发育程度则逐渐减弱。根据礁体分布的古地理位置、出露形态和礁岩特征, 可划分为点礁、堤礁、台地边缘礁、台地前缘圆丘礁和孤立碳酸盐台地边缘礁五种类型(图1)。造礁生物按其造礁功能的不同, 划

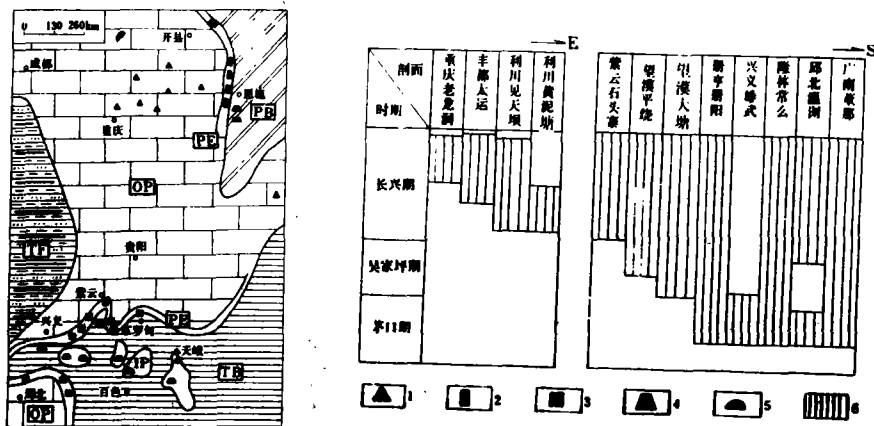


图1 中国西南地区晚二叠世生物礁体类型及其空间展布

1-点礁; 2-堤礁; 3-台地边缘礁; 4-台地前缘中斜坡圆丘礁; 5-孤立台地边缘礁; 6-礁体

TF-潮坪相; OP-开阔台地相; PE-台地边缘相; PB-台间盆地相; TB-浊流盆地相; IP-孤立碳酸盐台地相

Fig. 1 The types and spatial distribution of the Late Permian organic reefs in southwestern China

1=patch reefs; 2=barrier reefs; 3=platform margin reefs; 4=knoll reefs on the platform front mid-slope;

5=isolated platform margin reefs; 6=reef body

TF=tidal flat facies; OP=open platform facies; PE=platform edge facies; PB=interplatform basin facies;

TB=turbidite basin facies; IP=isolated carbonate platform facies

分为造架生物、粘结包壳生物和附礁生物三类。造架生物为柱状或块状钙质串管海绵和水螅,具原地埋藏特征。粘结包壳生物为蓝绿藻、管壳石和泡口目苔藓虫等。附礁生物丰富,主要有底栖型腕足、有孔虫、管壳石、棘皮和鹦鹉螺等。礁体的主要岩石类型为粘结-骨架岩和粘结-障积岩及其过渡型。各类型礁岩中广泛存在固体沥青,表明在地史时期曾有过石油储集。因此,研究这些礁体不仅具有理论意义,而且具有经济价值。

海平面的相对变化不仅可控制礁体形成的时间,而且也可控制礁体的形态和规模。朗曼, M. W. (1981) 曾系统地讨论过海平面的四种变化及其对生物礁生长形态的影响。笔者通过对西南地区八条礁相剖面 and 四条非礁相剖面的研究对比,认为晚二叠世的海平面相对上升阶段是成礁的主要时期。其成礁方式和海平面相对变化的关系可综合为图 2 所示的三种模式:当海平面相对稳定时(模式 A),礁体主要向两侧或向海盆方向侧向生长;当海平面相对上升的速度与礁体向上生长的速度相平衡时(模式 B),礁体呈垂直增生;当海平面相对快速上升时(模式 C),由于其上升速度大大地超过礁体向上生长速度,生物礁体则快速地向海岸方向迁移或被淹死。

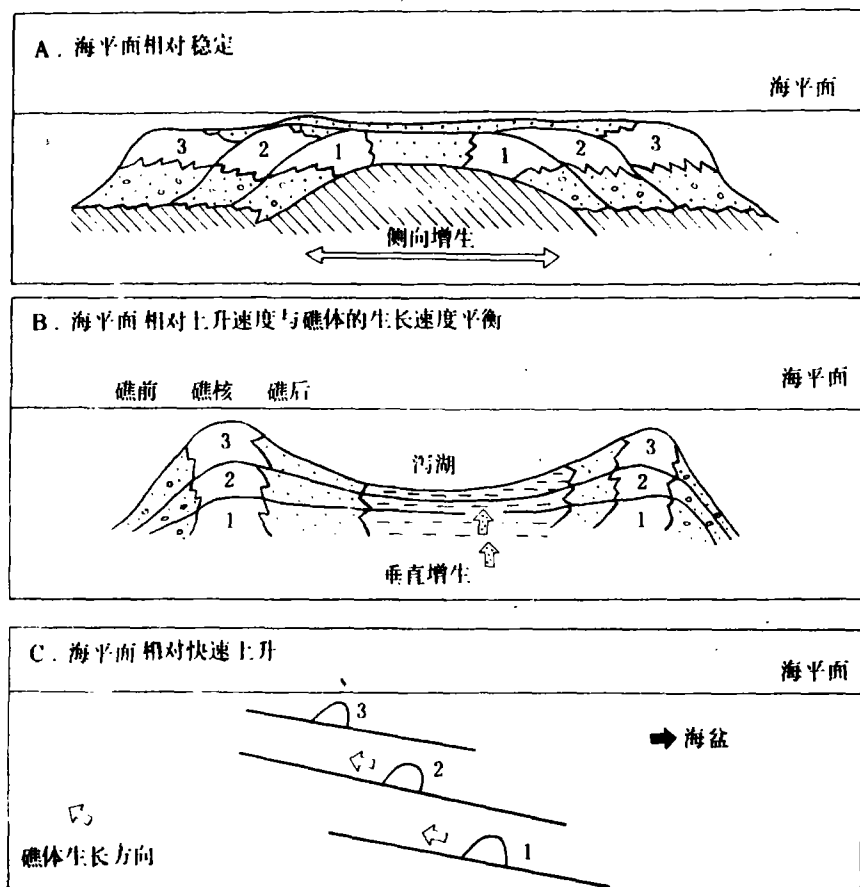


图 2 海平面相对变化与礁体生长的关系模式

1-较老阶段; 2-中间阶段; 3-较年轻阶段

Fig. 2 Models showing the relationship between the relative sea-level changes and reef growth

1=older stage; 2=moderate stage; 3=younger stage

一、海平面相对上升与南盘江地区生物礁相沉积

南盘江地区是指贵州、云南和广西交界区。这一地区晚二叠世海平面相对上升可概括为三个演化阶段(图3)。

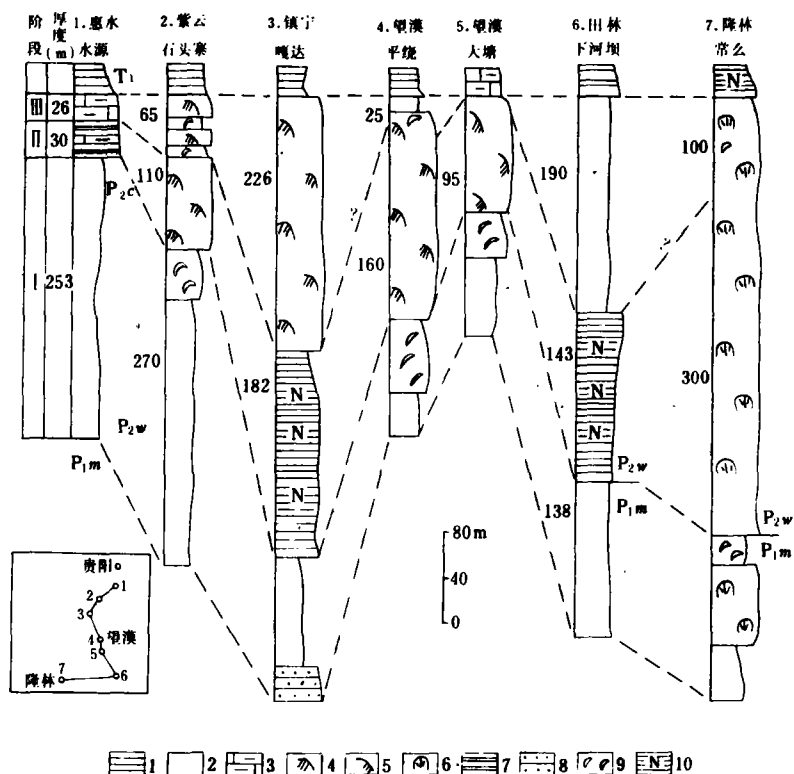


图3 南盘江地区晚二叠世海平面相对上升演化阶段

1-泥页岩; 2-开阔台地相粒泥岩; 3-泥质泥晶灰岩; 4-台地边缘礁; 5-台地前缘圆丘礁; 6-孤立台地边缘礁;
7-层状硅质岩; 8-砂岩; 9-浅滩相泥粒岩; 10-凝灰质泥页岩

Fig. 3 The evolutionary stages of relative sea-level rises in the Nanpanjiang area during the Late Permian

1=muddy shale; 2=open platform wackestone; 3=muddy micrite; 4=platform margin reefs;
5=platform front knoll reefs; 6=isolated platform margin reefs; 7=bedded siliceous rocks;
8=sandstone; 9=shoal packstone; 10=tuffaceous muddy shale

第一阶段为海平面相对稳定时期。北部黔西南一带主要出现在吴家坪 (P_{2w}) 早期, 而在南部桂西北和滇东南一带则可以追溯到茅口 (P_{1m}) 早中期。在礁相剖面中, 该阶段主要发育了一套开阔台地相粒泥岩和浅滩相泥粒岩, 桂西北、滇东南地区还发育生物礁相沉积, 其岩性为粘结海绵障积岩。在非礁相剖面中, 该阶段则主要发育了一套开阔台地相粒泥岩沉积, 含较多的硅质结核和条带, 缺乏浅滩相泥粒岩和礁相沉积。

第二阶段为海平面相对上升速度与礁体向上生长速度平衡时期。在北部地区, 海平面相对上升的时间开始于长兴 (P_{2c}) 中期, 而在南部地区, 则开始于吴家坪早期, 也就是说,

越往南部,海平面相对上升的时间越早。在礁相剖面中,该阶段主要沉积了一套较厚的生物礁相,其岩性为块状粘结-骨架岩和粘结-障积岩。礁体类型包括台地边缘礁、台地前缘圆丘礁和孤立台地边缘礁。礁体厚度在紫云石头寨为110m,望漠平绕为160m,到隆林常么则达300m,南、北礁体厚度相差达190m,表明除原始地形及沉积速度差异外,本区南部海平面相对上升的时间比北部更早,时限更长,幅度更大。这种穿时的海平面相对上升可能与同沉积断陷作用有关。第二阶段在非礁相的台地内部(惠水水源剖面),由于台地沉积速度远赶不上海平面相对上升速度,而沦为淹没台地相(drowned platform facies, J. F. Read, 1985),沉积了一套厚约30m的层状硅质岩,间夹泥质泥晶灰岩;在台地边缘地区(镇宁嘎达剖面),可能由于强烈的断陷作用,沉积了一套厚约182m的褐黄色薄层凝灰质泥页岩,新鲜面为深灰色^①;到盆地内(田林下河坝剖面)也沉积了一套143m厚的黑灰色含碳质凝灰质泥页岩^②。

第三阶段为海平面的相对稳定与脉动式上升交替时期。本阶段的早、晚期均以海平面相对稳定为主;中期则以脉动式上升为主。海平面相对稳定造成了台地边缘礁向海盆方向侧向生长,如紫云石头寨礁体向西南方向的紫云洞生长,望漠平绕礁体向南侧的大塘生长。脉动式上升作用则使礁体能够重新定殖生长在具较高能量的生物碎屑浅滩相泥粒岩之上。第三阶段在非礁相的台地内部沉积了一套厚仅26m的泥质泥晶灰岩;在台地边缘地区,由于具备了合适的成礁环境,沉积了厚达226m的礁体;到盆地内部地区,由于海平面长期相对稳定,沉积了一套厚约190m的开阔台地相粒泥岩,含较多的硅质结核和条带。

二、海平面相对上升与川东鄂西地区生物礁相沉积

川东鄂西地区长兴期海平面相对上升可划分为四个演化阶段^③(图4):

第一阶段(长兴早期)为海平面相对稳定时期。台地内部主要为垂向加积,为一套开阔台地相沉积,顶部多为浅滩相泥粒岩沉积,但在台地东部边缘地区(如利川)则沉积了一套20多米厚的下斜坡碎屑流沉积物。

第二阶段,造礁海绵在台地东缘和台地内部的碎屑流沉积物和浅滩相泥粒岩之上开始定殖生长,礁体呈垂直增生;在台地内部礁间剖面中,水体则逐渐地加深,说明这一阶段的海平面是在相对上升,且其上升速度大于台地加积速度,而与礁体生长速度相平衡。

台地东缘的吴家湾地区在第二阶段沉积了60余米厚的中斜坡圆丘礁(岩性为粘结-障积岩)和110m厚的上斜坡堤礁(岩性为粘结-骨架岩),总计170余米;向西往台地内部,丰都太运地区沉积了46m厚的点礁(岩性为粘结-骨架岩);至北培老龙洞地区仅沉积20余米厚的点礁(岩性为粘结-障积岩)。台地东部与台地西部礁体厚度在该阶段相差150余米,这表明除原始地形的差异外,台地东部海平面相对上升的时间更早,时限更长,幅度更大。这种海平面相对上升的差异可能与构造沉降有密切关系。除礁相剖面外,台地的其余地方,由于台地沉积速度赶不上海平面相对上升速度,所以,水体逐渐加深,出现初期淹没台地

① 地矿部第八普查与勘探地质大队,1982,贵州晚二叠世沉积相研究总结。

② 滇黔桂石油地质科学研究所,1983,滇黔桂地区二叠系沉积相、成岩作用及含油性报告。

③ 陈成生,1988,川东鄂西地区长兴期生物礁的沉积地质及成岩历史。

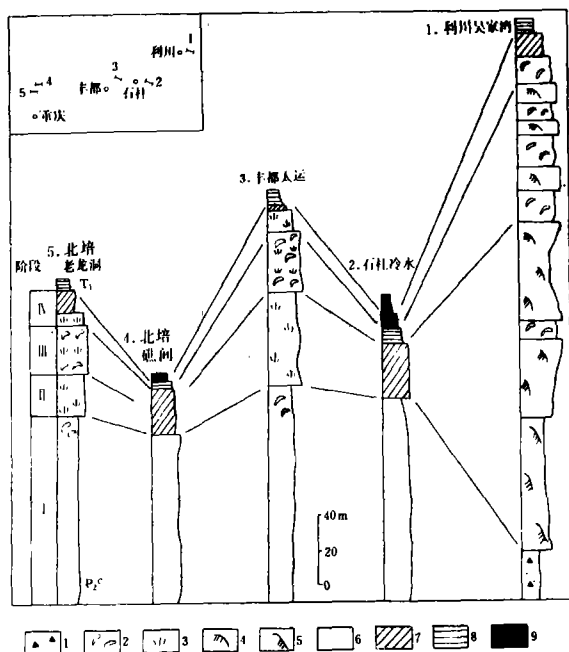


图4 川东鄂西地区长兴期
海平面相对上升演化阶段

1-下斜坡碎屑流沉积物; 2-浅滩相泥粒岩; 3-点礁; 4-上斜坡堤礁; 5-中斜坡圆丘礁; 6-开阔台地相; 7-初期淹没台地相; 8-淹没台地泥晶灰岩相; 9-淹没台地层状硅质岩相

Fig. 4 The evolutionary stages of relative sea-level rises in eastern Sichuan and western Hubei in the Changxingian
1=Lower slope debris flow sediments; 2=shoal packstone; 3=patch reefs; 4=upper slope barrier reefs; 5=mid-slope knoll reefs; 6=open platform facies; 7=incipiently drowned platform facies; 8=drowned platform micrite facies; 9=drowned platform bedded siliceous rock facies

相 (incipiently drowned platform facies, J. F. Read, 1985) 含少量底栖生物化石。

第三阶段为海平面相对稳定与脉动式上升相交替时期。礁体既明显地向两侧或向台盆方向侧向生长, 又与礁后 (坪) 浅滩相泥粒岩互相叠置, 形成塔式构造。在台地内部礁间地区, 为淹没台地相, 沉积了一套暗色薄层泥晶灰岩, 间夹泥页岩和硅质岩条带, 缺乏底栖生物, 仅含菊石和海绵骨针等浮游生物。

对于台地东缘的利川吴家湾礁组合来说, 第三阶段早期, 海平面保持相对稳定, 为礁后 (坪) 浅滩沉积环境, 礁核明显地向台盆方向推进, 从吴家湾移至马鞍山, 向东推进了 400 多米 (图 5)。海平面相对稳定之后又继续上升, 抗浪能力较弱的造礁海绵又得以在礁后 (坪) 浅滩上扎根生长, 形成礁相沉积。由于海平面相对稳定和脉动式上升的多次交替出现, 就形成了象吴家湾剖面那样的浅滩相和礁相的相互叠置。

台地内部的丰都太运和台地西部的北碚老龙洞礁组合与利川吴家湾礁组合相类似, 表现为浅滩相和礁相的相互交替。这同样地反映了海平面的相对稳定和脉动式上升交替变化的特点。

需要强调的是, 第三阶段并不是海平面的相对下降时期, 这是因为 1) 区域内礁组合上部普遍未见暴露沉积标志; 2) 礁相向上转变为浅滩相, 是由于海平面相对稳定时, 抗浪能力较弱的造礁海绵生长到浅水强搅动带附近后无法继续再向上建造而发育成生物碎屑浅滩相之故。如果抗浪能力较弱的海绵要继续在较高能浅滩上重新生长, 则显然需要海平面的相对上升, 即上述的脉动式上升作用。

第四阶段为海平面相对快速上升时期。开始时礁体垂直向上生长, 随后和台地一起沦为初期淹没台地相沉积。在台地内部的礁间地区普遍为淹没台地相层状硅质岩, 间夹暗色薄层泥晶灰岩和黑色泥页岩沉积, 表明海水深度与第三阶段相比已进一步加深。

对台地东缘的见天坝堤礁来说, 第四阶段早期, 礁核在马鞍山地区垂直地向上生长, 向

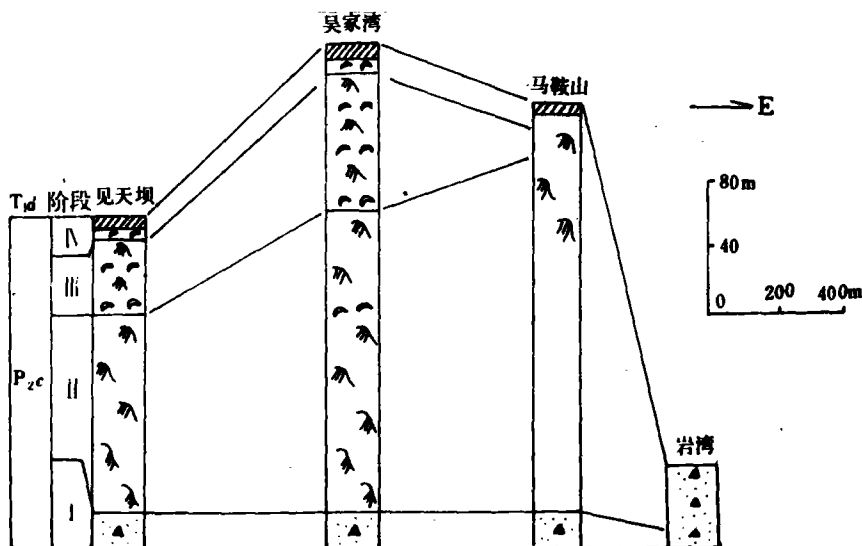


图 5 鄂西见天坝地区长兴期堤礁组合对比 (图例参阅图 4)

Fig. 5 Correlation of the Changxingian barrier reef complexes in the Jiantianba region, western Hubei (See Fig. 4 for the legend)

东至大约 200m 处的岩湾就快速地相变为斜坡碎屑流沉积, 向西至吴家湾则为礁后浅滩相泥粒岩沉积 (图 5), 证实了早期礁体是垂直地向上生长的, 以适应海平面的相对快速上升。第四阶段晚期, 由于礁体生长速度和礁后地区的沉积速度越来越赶不上海平面的相对上升速度, 致使水体不断加深, 由早期的礁相和礁后浅滩相转变为初期淹没台地相。

台地内部的丰都太运和台地西部的北碚老龙洞礁组合也具类似的特点, 即在第三阶段末期浅滩相之上重新发育点礁核, 厚度分别为 8m 和 6m。之后, 海平面相对上升速度超过造礁生物的生长速度, 水体变深, 出现初期淹没台地相。至此, 川东鄂西地区海绵生物礁全部停止生长。相比之下, 南盘江地区普遍缺乏阶段 IV 沉积。

上述讨论表明, 西南地区晚二叠世生物礁的生长与海平面相对上升密切相关。在南盘江地区川东鄂西地区的内部或之间, 海平面相对上升的时间、时限、阶段和幅度都是不一致的 (图 6)。所谓时间是指海平面相对上升的最初时间, 它仅仅代表了一个时间点, 即最初时间点。时限是指海平面从相对上升到相对稳定的一段时间, 它代表了一个时间范围。阶段则指海平面相对上升在不同的地区有不同的演化阶段。对幅度的估计是比较困难的, 作者把幅度暂且理解为海平面相对上升的时间早晚、时限长短和规模大小的总和。如时间越早、时限越长, 规模越大, 那么, 海平面相对上升的幅度也就越大。很明显, 仅仅用海平面上升规模的大小来度量其幅度是不够的。

图 6 还表明, 吴家坪晚期, 海平面在南盘江地区中南部相对缓慢上升时, 在其北部和川东鄂西地区却表现为相对稳定; 而长兴晚期, 海平面在南盘江地区相对稳定与脉动式上升交替时, 在川东鄂西地区则表现为相对快速上升。因此, 作者认为这种海平面相对上升时间、时限、阶段和幅度的不一致性, 是区域同沉积断陷作用造成的, 而不是全球性海侵的结果。

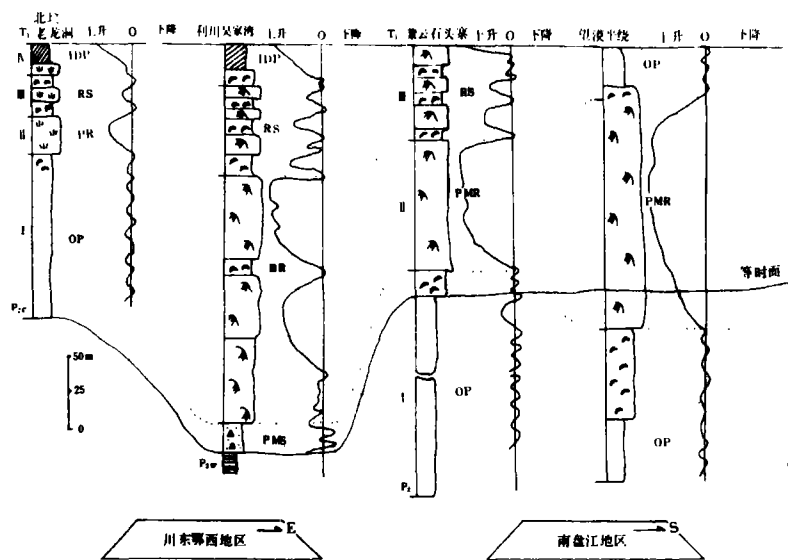


图6 西南地区长兴期海平面相对上升的时间、时限、阶段和幅度对比

BR-堤礁相; IDP-初期淹没台地相; OP-开阔台地相; PMR-台地边缘礁相;

PMS-台地边缘斜坡相; PR-点礁相; RS-礁滩相。其它图例同图3

Fig. 6 Correlation of time, time limits, stages and amplitudes of the relative sea-level rises in southwestern China in the Changxingian

RF=barrier reef facies; IDP-incipiently drowned platform facies; OP=open platform facies; PMR=platform margin reef facies; PMS=platform margin slope facies; PR=patch reef facies; RS=reef shoal facies. See Fig. 3 for the legend

三、同沉积断裂活动与生物礁相沉积

晚二叠世上扬子台地内同沉积断裂活动非常发育,它直接促进和抑制了生物礁的生长和发育。对礁体生长和发育的促进作用主要表现在以下两方面:首先,同沉积断裂活动产生了海底地貌隆起。这种隆起正是形成礁相沉积的先决条件,它给造礁海绵提供了定殖生长的有利条件。如由七耀山同沉积断裂(图7的F6)形成的晚二叠世台地东缘隆起,便给

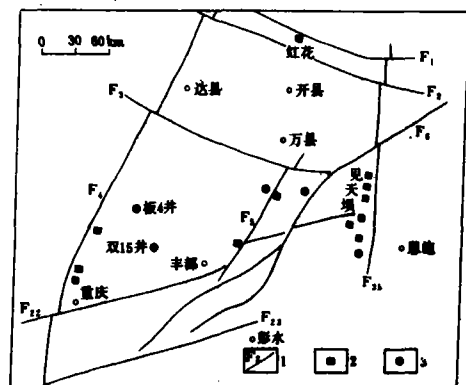


图7 川东鄂西地区晚二叠世生物礁的分布与主要同沉积断裂之间的关系

1-同沉积断裂及编号; 2-出露礁体; 3-隐伏礁体

Fig. 7 Relationship between the distribution of the Late Permian organic reefs and main synsedimentary faults in eastern Sichuan and western Hubei

1=synsedimentary fault and its number; 2=exposed reef body; 3=concealed reef body

成礁提供了有利地形条件, 只不过经吴家坪期和长兴早期的海水改造和沉积塑造, 其成礁位置已不在原来的同生沉积断裂 (F6) 附近, 而是向台盆方向推移了数十公里 (图 7); 第二, 随着扬子板块内部区域构造拉张作用的加强, 同沉积断陷作用又导致了海平面的相对上升, 可容空间增大, 使礁体能够连续垂向生长。

同沉积断裂活动不仅能直接促进生物礁的生长和发育, 而且还直接抑制了礁体的发育与演化。现以川东鄂西地区为例, 区内主要发育的断裂构造方向为 NE 向, 在南部还发育有 NEE 向同沉积断裂 (见图 7)。据研究, 在这两组断裂中, 前者有利于礁体的发育, 后者则抑制了礁体的形成。最明显的例子是位于利川见天坝堤礁带南部的黄泥塘、花椒坪和黄金洞等礁体, 长兴早中期, 它们与其北部的见天坝、吴家湾等礁体一样, 发育为中斜坡圆丘礁 (岩性为粘结-海绵障积岩), 但长兴晚中期却不象其北部的礁体那样发育演化成堤礁 (岩性为粘结-海绵骨架岩, 浪基面以上), 而是沉积了一套含骨针的泥晶灰岩, 属较深水的初期淹没台地相 (浪基面以下)。其主要原因可能是由于长兴晚中期开始活动的 NEE 向同沉积断裂发生了断陷作用, 造成了海平面的相对快速上升, 其上升速度超过了礁体向上生长速度, 从而导致了这些圆丘礁体的死亡。卫片解释的隐伏基底断裂 F₂₂ 正好发育在这个部位。

最后, 感谢刘宝邨所长、许效松研究员对本文的指导和帮助。

主要参考文献

- 张继庆等, 1990, 四川盆地及邻区晚二叠世生物礁, 四川科学技术出版社。
- 朗曼, M. W., 1981, 识别复礁体沉积相的方法, 国外地质科技, 1984 年 7 期。
- 曾鼎乾、刘炳温, 1984, 中国西南地区二叠纪生物礁, 天然气勘探与开发, 第 1 期。
- Davies, P. J. and Marshall, J. F., 1980, A model of epicontinental reef growth; *Nature*, Vol. 287, pp. 37—38.
- Kendall, G. and Schlager, W., 1981, Carbonates and relative changes in sea-level; *Marine Geology*, Vol. 44, pp. 181—212.
- Read, J. F., 1985, Carbonate platform facies models, *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, Vol. 69, No. 1.
- Wanless, H. R., 1982, Editorial; Sea-level is rising—so what? *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 52, pp. 1051-1054.
- Yurewicz, D. A., 1977, Evolution of Capitan massive limestones (Permian) of Guadalupe mountains, New Mexico and West Texas, *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, Vol. 61, p. 843 (Abstract).

RELATIVE SEA-LEVEL RISES AND ORGANIC REEF DEPOSITION: AN EXAMPLE FROM THE LATE PERMIAN SPONGE REEFS IN SOUTHWESTERN CHINA

Zhu Tongxing Hui Lan

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Based on the palaeogeographic location, the Late Permian organic reefs in southwestern China may be divided into five categories. The reef-building organisms include framework-building, binding and reef-attached organisms according to their different functions. The framework-building organisms consist of cylindrical or massive calcareous sponges and Tabulozoa characteristic of native burial; the binding organisms comprise blue-green algae, *Tubiphytes* and Cystoporata, and the abundant benthonic reef-attached organisms are composed mainly of brachiopods, foraminifera, echinoderms, *Tubiphytes*, *Fenestella* and nautiloids.

The relative sea-level rises controlled by synsedimentary faulting during the Late Permian are responsible for the formation of the sponge reefs from southwestern China. From early to late, the relative sea-level rises underwent four stages of evolution. The first is a stable sea-level stage when bioclastic wackestone and packstone are formed. The second is a rising sea-level stage when framestone and bafflestone (20—300 m thick) are developed. The reef bodies are vertically accretionary, with a growth rate in equilibrium with a rising rate of sea level. The third stage is the alternation of a stable sea-level stage and a pulsatory rise stage when the shoal reef facies are deposited. The last one is a rapidly rising sea-level stage when the formation of the incipiently drowned platform facies and drowned platform facies leads to the disappearance of the reef bodies.

The differences in time, time limits, stages and amplitudes of the relative sea-level rises in southern and northern parts of the study area during the Late Permian indicate that the sea-level rises are attributed to synsedimentary faulting within the Yangtze plate rather than to the global marine incursion.

The synsedimentary faulting accompanied by tensional faulting result not only in the uplift of submarine topography, thus contributing to the growth of the reef-building organisms, but also in the relative sea-level rises which have consequences for the continuous growth of the reef bodies in the study area.