

# 苏浙皖毗邻地区晚二叠世长兴期 沉积相展布规律

王恕一 朱洪发 陈亚中 施伟军<sup>①</sup>

(地质矿产部石油地质中心实验室, 无锡)

苏浙皖毗邻地区晚二叠世长兴期沉积有明显的分布规律。宣城、广德、宜兴、江阴一线以西为盆地相。其东,南至无锡、长兴、泾县一带为盆地边缘相,此二相大致相当于大隆组和“黑长兴”。盆地边缘相以东为台地相沉积,即“白长兴”分布区,在台地相与盆地边缘相过渡带上,发育着高能台地边缘相沉积,无锡嵩山长兴组就是一个典型的海绵礁沉积组合。苏州西山马石山长兴组则是一个中上部夹海绵生物丘的绿藻滩相沉积,两剖面均反映了台缘高能的环境,沿西山、嵩山往北至沙洲、向南至吴兴南皋桥一带。长兴组较两侧变厚,这一带又恰好位于“黑长兴”与“白长兴”相变带上,明显地勾划出了台地边缘走向,从而构成了本区长兴期由盆地—盆地边缘—台地边缘—台地相有规律的相带分布特征。

根据本区沉积相展布规律,笔者认为长兴期并不存在江阴—宜兴古隆起,这一带长兴期沉积是三叠早期剥蚀而缺失的,台地边缘高能带则分布于“黑长兴”与“白长兴”交界处的“白长兴”一侧,此相带中海绵礁和生物滩的发现为本区寻找烃类及其他有关矿产提供了一条重要线索。

苏浙皖毗邻地区上二叠统长兴组、大隆组的地层、沉积特征前人已有较多的研究,长兴组和大隆组属同期异相沉积,亦为地学界所公认。近几年来,一些单位和个人,如芮琳、江纳言(1984);浙江大学地质系(1985)和华东石油局地研大队(1986)等对长兴期沉积环境、相带展布作了较详细的研究,都划出了盆地相、台地相及其分布区域,得出的认识基本一致。但是在盆地和台地过渡带没有见到台地边缘的高能带、沉积特征和生物组合明显不同的“黑长兴”和“白长兴”,究竟是什么关系也不甚清楚。长兴期在上扬子区川东鄂西一带及滇黔桂地区,近十年来相继发现了许多具有一定展布规律的海绵生物礁和礁型气藏(刘向,1987)因此长兴期生物礁已越来越成为人们瞩目的油气勘探领域。下扬子地区与上扬子一样也存在着长兴期盆地——台地格局,自然也应有生物礁、滩的发育。我们正是带着这样的一些问题和观点进行了工作,于1988年相继在苏州西山和无锡嵩山发现了绿藻生物滩和海绵生物礁相沉积,从而为较全面的剖析该区长兴期沉积相展布及其规律提供了依据。

## 一、无锡嵩山海绵生物礁和西山生物滩沉积特征

### 1. 无锡嵩山海绵生物礁剖面

上覆下三叠统青龙组与长兴组整合接触。

<sup>①</sup>参加野外工作的还有吴大燮、曹振秋、王荣福、吴心一等

长兴组为浅灰色块状海绵生物礁组合灰岩，成层性差，由礁骨架岩、生物屑泥粒岩、礁角砾岩分别构成礁核、礁后翼和礁翼角砾三个亚相，顶部由深灰色泥状灰岩组成礁顶盖层。厚度>99.84m，未见底，局部有后期岩浆岩穿插或被第四系掩盖（图1）。

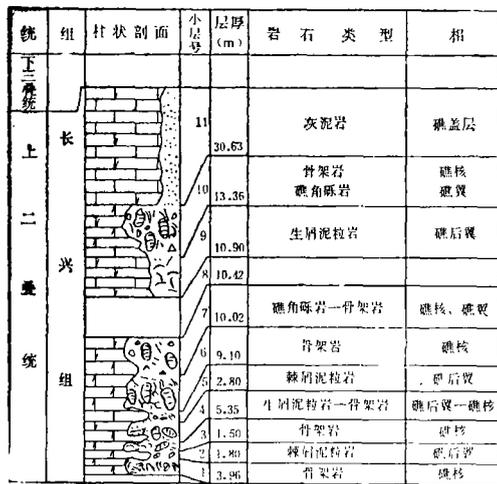


图1 无锡嵩山长兴期生物礁沉积相图

礁骨架岩，构成礁核亚相，是礁组合中的主要岩石类型。呈块状，浅灰色，风化后见似角砾状外貌（图版 I-7）。造礁生物以钙质海绵为主，属箭囊目（Pyaretreonido），的串管海绵（Sphinctozoa）（图版 I-1）、纤维海绵（Inozoa）（图版 I-2）和其它钙质海绵，其次有水螅（图版 I-3）。海绵数量占岩石50—85%，多呈不规则块状，有的横向略伸长，少部份呈柱状、枝蔓状。联结生物主要为篮绿藻，粘连包壳于海绵外，部份可见清晰的纹层构造（图版 I-4），含量约5—10%，最高可达20%；其他联结生物还有管壳石（Tubiphytes）和 Tabuloyoa（图版 I-5），含量达5%，局部可达10—

15%。附礁生物有海百合茎、腕足、腹足、丛状卫根珊瑚、有孔虫等浅水底栖生物。礁间孔隙不发育，大多已被联结生物、生物屑、灰泥填充，偶见亮晶方解石充填。骨架岩普遍受不同程度白云化，沿篮绿藻边缘优先发生，为此常使骨架岩外表呈似角砾状结构。生物腔中常见示底构造指示了造礁生物的生长方向（图版 I-1）。

生物屑泥粒岩，构成礁后翼亚相，在剖面中与骨架岩相互穿插或夹于其间，位于礁体后翼。按生物组合主要有两个微相，1）生物屑主要为海百合茎的棘屑泥粒岩微相，2）生物门类繁杂的生物屑泥粒岩微相。前者生物屑50%以上为海百合茎；后者则为腕足、棘皮、腹足、海绵、绿藻、有孔虫等碎屑混杂堆积。两个微相中生物碎屑含量约达50—75%，颗粒间由灰泥填积，常见藻迹、藻斑等蓝绿藻活动遗迹。

礁角砾岩，组成礁翼角砾亚相。由于波浪的荡击侵蚀及附礁生物的钻挖碎解作用，礁体常局部破碎成砾沉积于礁体前后左右。该剖面中礁角砾主要与礁后翼亚相过渡、穿插，分布于比泥粒岩更接近礁核的部位。角砾数毫米到数十厘米不等，主要为骨架岩，也见生物屑泥粒岩和丛状卫根珊瑚块体。角砾间由砂级生物屑及灰泥填隙。

礁顶盖层，由深灰色泥状灰岩组成（图版 II-1）生物碎屑数量和大小都远不及礁后翼亚相的泥粒岩，而显示了盆地边缘的沉积特征，表明了盖层的水动力条件更弱，随着水体加深的海侵过程，礁体停止发育而消亡。

无锡嵩山长兴组剖面出露不全，观察不到整个生物礁的生长、发育到消亡的全貌，但从上述特征，尤其是造礁的生物构成骨架岩及其生物组合，显示了该剖面是一个礁组合地层，与利川见天坝等上扬子长兴期海绵礁可以对比，因此可以确定该地曾发育了海绵生物礁。从剖面的特征来看，骨架岩缺乏礁间孔隙，蓝绿藻粘结发育，礁角砾岩没有见到礁前的一些特征而与礁后翼泥粒岩亚相过渡，说明该剖面处于礁体偏后侧的部位。



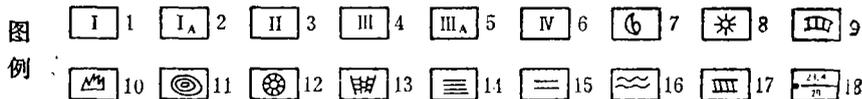
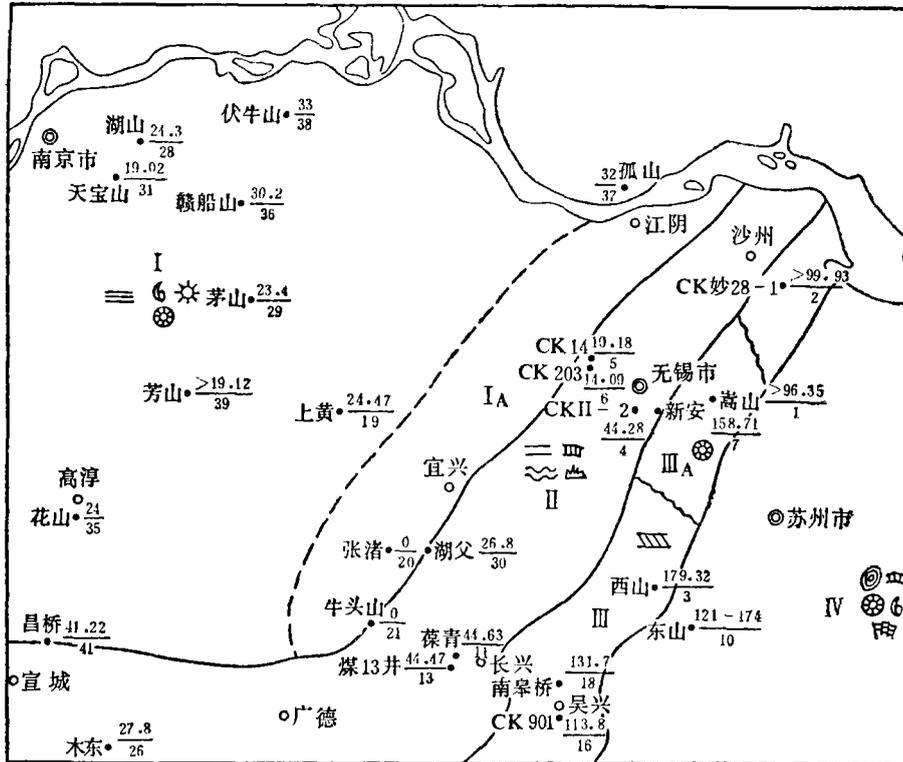


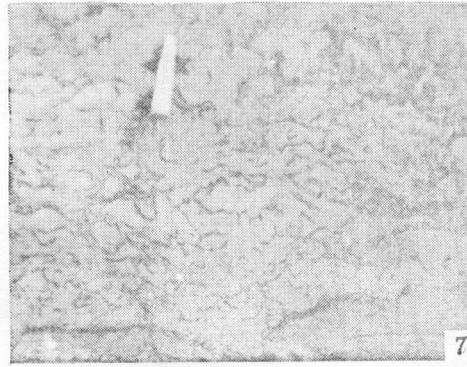
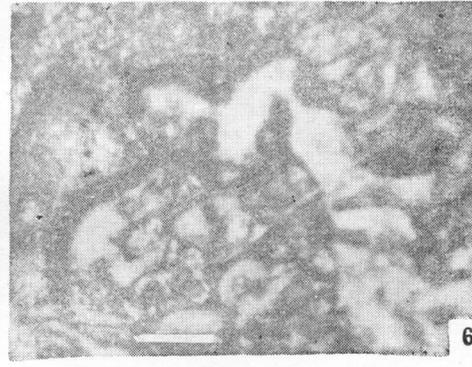
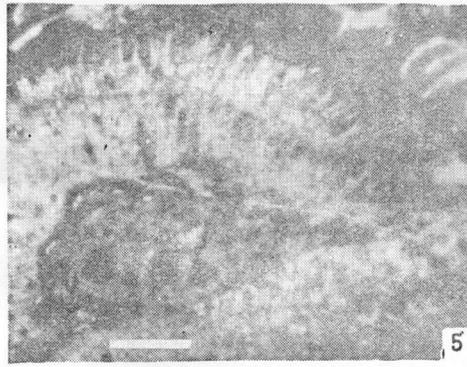
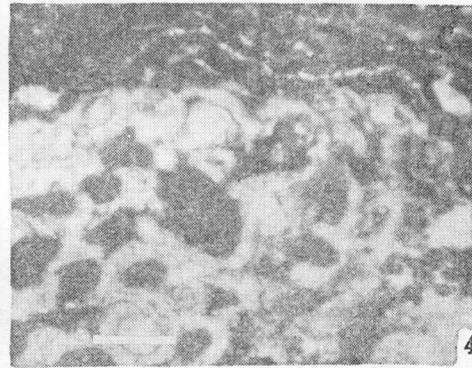
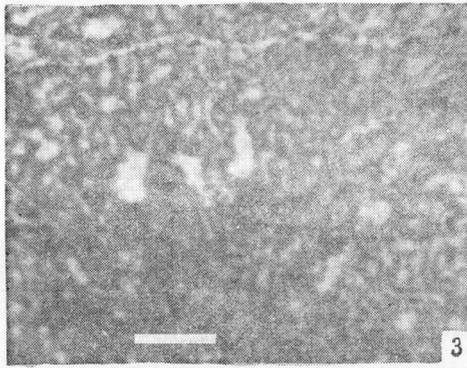
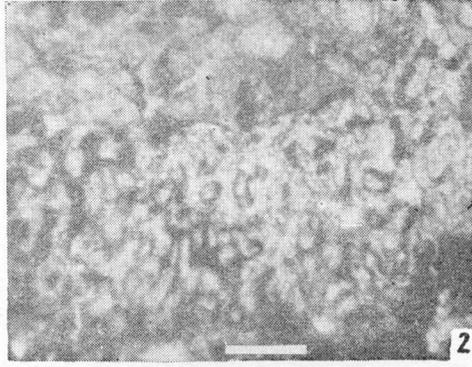
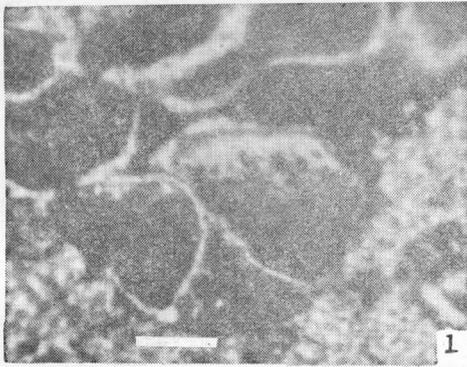
图3 苏浙皖毗邻区晚二叠世长兴期沉积相图

- 1. 硅泥质岩组合盆地相 2. 沉积后剥蚀区 3. 碳酸盐-硅、泥质岩组合盆地边缘相 4. 台地边缘礁滩相 5. 海绵礁 6. 碳酸盐台地相 7. 腕足 8. 放射虫 9. 有孔虫 10. 牙形刺 11. 瓣 12. 海绵 13. 珊瑚 14. 水平纹层
- 15. 条带状层理 16. 滑塌构造 17. 低角度斜层理 18. 剖面点 (分子为厚度m, 分母为点号)

### 1. 硅泥岩组合盆地相

相当于大隆组地层分布区, 大致包括宣城、广德、宜兴、江阴一线的西北广大地区, 岩性以黑色、黑灰色泥页岩、硅质泥岩、硅质岩为主, 间夹薄层生物屑泥—粉晶灰岩、粉砂岩, 以薄层状、显微水平层理为主。一般厚度较小, 约10—40m。生物组合以浮游、假漂浮生物为主, 如菊石、放射虫、鸚鵡螺、薄壳型腕足等; 底栖生物很少, 主要为一些具有很强适应能力的腕足、瓣鳃及硅质海绵骨针等化石。在黑色硅质岩中, 几乎由单一的放射虫堆积而成(图版II-4), 有时放射虫含量达60—70%, 其次为硅质海绵骨针, 薄片可见由于放射虫相对富集组成纹层。放射虫个体约0.08mm左右, 为Flustria属。岩石中有机质含量高, 普遍含细小的分散黄铁矿, 硅质岩有机碳含量高达8.62%, 泥页岩中常有较高含量的钼、钒等元素。代表剖面有南京湖山、天宝山, 句容赣船山, 高淳花山以及安徽巢县鬼门关等。

图版 I



## 图版 I 说明

1—5. 海绵骨架岩, 标尺=1mm, 无锡嵩山P<sub>2</sub>c.

1. 左上、右下为纤维海绵 (Inozoa)。中、上部为串管海绵 (Sphinctozoa), 体腔中见示底构造。

2. 中部为纤维海绵

3. 水螅

4. 串管海绵, 其上纹层状蓝绿藻包覆。

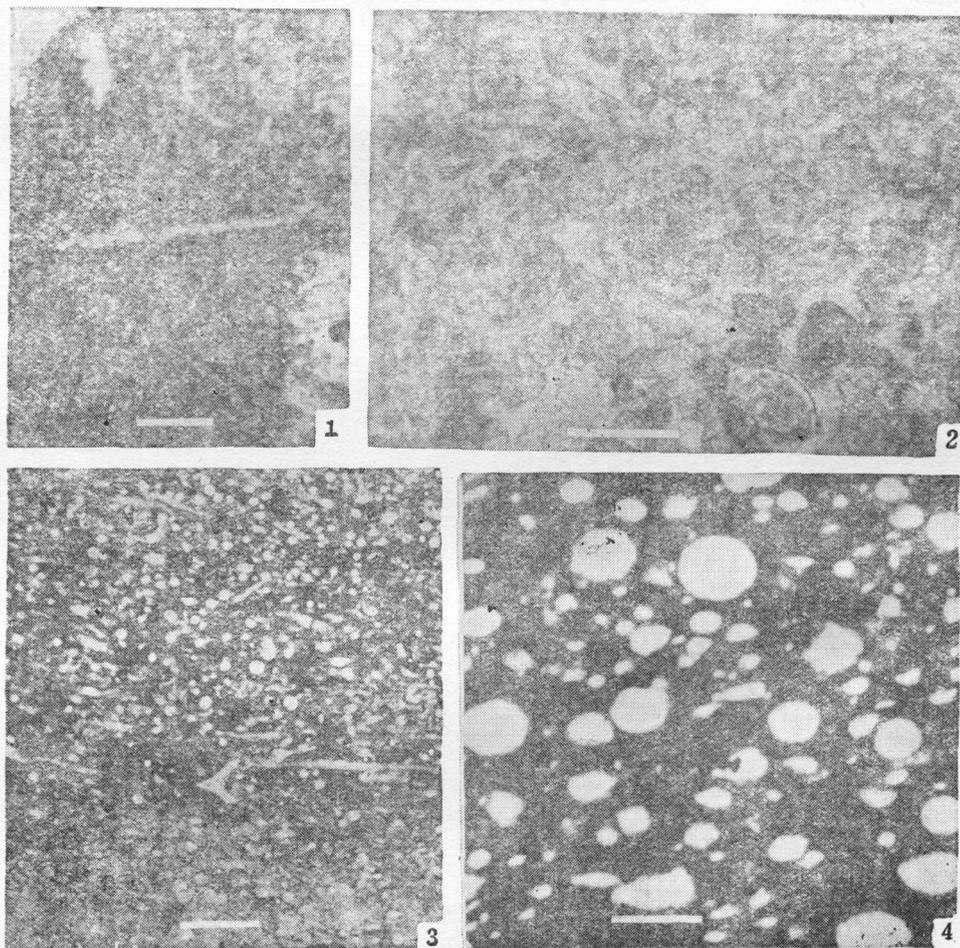
5. Tabulozoa包裸串管海绵, 其上又被蓝绿藻包覆。

6. 含海绵砾泥粒岩, 无锡嵩山。P<sub>2</sub>c。标尺=1mm。

7. 海绵骨架岩露头, 显角砾状外貌, 无锡嵩山, P<sub>2</sub>c。

8. 海绵生物丘, 左上角为白云化团块。苏州西山, P<sub>2</sub>c。

## 图版 II



## 图版 II 说明

1. 含海绵骨针泥状灰岩。无锡嵩山, P<sub>2</sub>c, 标尺=0.24mm

2. 绿藻屑颗粒岩, 苏州西山, P<sub>2</sub>c, 标尺=0.4mm。

3. 海绵骨针硅质岩。浙江长兴煤山, P<sub>2</sub>d, 标尺=0.2mm。

4. 放射虫硅质岩。安徽巢县鬼门关, P<sub>2</sub>d, 标尺=0.15mm。

## 2. 碳酸盐-硅泥岩组合的盆地边缘相

相当于“黑长兴”地层分布区。大致在硅-泥岩盆地相以东、南, 无锡—长兴—泾县一线, 其方向大致为北东向, 至长兴向西转为东西向。岩性为灰黑—深灰色生物屑粒泥岩, 生物屑泥粒岩, 常夹硅质岩(图版Ⅱ-3)、硅质灰岩、泥灰岩薄层或条带, 外貌常呈条带状构造, 以水平层理为主, 薄层—中薄层, 常发育纹层构造。厚度一般30—50m。局部剖面见凝灰岩夹层和包卷层理<sup>①</sup>(长兴葆青剖面)。生物屑较细小, 一般为砂粒级及粉砂级。生物以浮游、假漂浮生物和底栖生物共生为特点, 主要有蜓、有孔虫、海绵骨针、腕足、牙形刺、菊石、介形虫、珊瑚、绿藻、棘皮和少量放射虫等。浮游及假漂浮生物不如盆地相丰富, 底栖生物相对较多, 但分异度差, 属种单调。有机质含量较高, 如煤13井长兴组灰岩有机碳含量达1.11%。代表剖面为长兴葆青剖面。

上述两个相的地层, 前者大致相当于大隆组, 后者大致相当于“黑长兴”。对于大隆组即硅-泥岩组合的盆地相, 认为是深水、还原滞流、欠补偿的环境, 目前认识趋于一致, 这也可以从前述的岩石类型、生物组合、沉积构造等特征得到证明。近年来, 在大隆组地层中普遍发现放射虫, 而且由放射虫堆积形成的硅质岩也屡见不鲜。关于放射虫的形成环境有各种解释, 一般根据现代放射虫软泥的分布, 认为形成于深海环境。我国华南二叠系放射虫的形成环境已有不少论述, 认识渐趋一致, 认为一般沉积于一百—数百米的陆棚边缘至深水环境中(宋天锐等, 1977、童玉明等, 1985、金若谷, 1987), 这个深度与深数千米的现代CCD面差距甚大, 金若谷(1987)认为, 这与“地质历史中, CCD面具有明显的波动性”有关。因此他认为四川龙门山北段晚二叠世大隆组放射虫硅质岩形成于150—500m或以下的较深水中。近年来曾有报道, 苏州吴县下二叠统堰桥组滨岸细砂岩中发现放射虫<sup>②</sup>, 但无论其在岩石中的数量以及放射虫的这种产状都是极其罕见的, 发现者也认为是盆地中的放射虫偶尔由波浪带来的。

利川见天坝长兴期海绵生物礁是一个发育极好的台缘堤礁, 沉积相分带明显, 礁外盆地边缘普遍产钙化放射虫, 其岩性沉积特征与本区盆地边缘相极其相似。江汉石油学院等单位组成的生物礁研究组(1983), 根据礁相与盆地边缘相沉积差异推算<sup>③</sup>, 其盆地边缘相水深可达到220—320m, 据此, 其盆地中心一侧的硅泥岩盆地相的深度还要大于此数, 这与前述金若谷等根据放射虫硅质岩研究推测的深度也是大致吻合的, 因此, 我们认为本区盆地边缘和盆地的水深大致为二百—数百米。

关于盆地边缘相的环境, 芮琳、江纳言(1984)曾明确地指出, 它属于浪基面以下较深水环境的产物。我们根据其岩石类型、生物生态组合、沉积结构构造等分析, 认为它处于碳酸盐台地的斜坡末端, 沉积物主要是来自东、南侧碳酸盐台地的细碎屑物质及盆地中的浮游、假漂浮生物, 是处于浪基面以下的较深水弱还原环境。从盆地边缘相的“黑长兴”与盆地相的大隆组之间相互穿插渐变的关系也可看出, 碳酸盐物质主要来自东、南侧的台地。由台地向盆地, 碳酸盐岩含量逐渐减少, 而硅泥岩比例逐渐增加, 同

① 浙江大学, 1985, 苏浙皖毗邻地区上二叠统地层及其生储油条件的初步分析

② 孔庆玉、龚与观, 1986, 安徽巢县的上二叠统茅口阶放射虫硅质岩的发现及其意义, 华东石油地质, 第3期

③ 江汉石油学院等, 1983, 鄂西晚二叠世生物礁研究报告

时沉积厚度逐渐变薄，最终变成了欠补偿盆地的特点。

### 3. 台地边缘相

大致为北东向，沿沙州—无锡嵩山—苏州西山—吴兴南皋桥，呈一狭长地带分布。该带沉积厚度一般 $>100\text{m}$ ，最大达300余米（据江苏省煤田地质勘探一队邓克新、沈克保口头介绍），由生物滩及海绵生物礁组成，特征见前述。

苏州西山和无锡嵩山长兴组礁、滩相的特征表明，该带处于水动力条件较强，能量较高的环境。在长兴期逐渐海侵的过程中，礁滩不断向上生长，因此该相带及其两侧是同期沉积最厚的地区。从分布地区来看，它处于“黑长兴”与“白长兴”交界处的“白长兴”一侧，这里是盆地与台地交界处，因此可以确认它属于台地边缘高能带。另外礁滩相成岩白云化一般比较发育，这是由于礁滩沉积物孔渗好，加之水浅容易受到大气水影响，形成大气水—海水混合白云化成岩环境。又由于礁滩沉积由骨架或颗粒支撑，它们抗压实的能力远比盆地相和礁后台地相沉积物强，在压实作用下，形成压力梯度而造成有利于白云化的环境。本区该相带也普遍有白云化的特点，这从侧面证实了台地边缘相带的轮廓。

### 4. 碳酸盐岩台地相

从台地边缘相往东、南为广阔的碳酸盐岩台地相。由于后期的构造运动，长兴组被抬升剥蚀，目前这一带长兴组出露较少，至苏湖断裂以东已无保存。据有关资料，岩性主要为浅灰白色厚层生物屑泥粒岩、生物屑-砂屑泥粒岩；颗粒由瓣、有孔虫、苔藓、腕足、层孔虫、珊瑚、棘皮、钙藻等碎屑组成，粒径一般 $0.5\sim 2\text{mm}$ ，普遍泥晶化，局部出现的砂屑可能也是生物屑泥晶化的产物。生物群以底栖为特征。灰泥基质充填粒间，表明水动力较弱，这与向海方向台地边缘有礁滩阻挡有关。

## 三、几点认识

1. 苏浙皖地区晚二叠世长兴期礁滩相沉积以前未见报道，无锡嵩山海绵生物礁及苏州西山生物滩的发现也属首次，这为下扬子地区长兴期台地边缘相带的划分提供了充分依据，使下扬子长兴期沉积相带的展布更符合碳酸盐沉积的一般规律。上扬子地区长兴期沉积相的一些研究成果表明，碳酸盐台地—台地边缘礁、滩—盆地相这一模式，对整个扬子区乃至中国南方是有普遍意义的。西山生物滩、嵩山海绵礁的发现，是我们根据模式来寻找礁滩的一次实践，为今后预测礁滩相沉积提供了一个成功的例证。

2. 晚二叠世长兴期沉积的长兴组与大隆组只是岩类的同期异相沉积，它们的分布区域不能单纯代表台地、盆地沉积的分布。硅-泥岩组合的大隆组沉积是盆地环境的产物当无疑，碳酸盐相的长兴组一般来说浅色的（即“白长兴”）才是台地环境的产物，而深色的（即“黑长兴”）可能是靠近碳酸盐台地的盆地边缘相沉积（不排除礁后泻湖等台地的局部环境出现颜色较深的碳酸盐岩）。因此，台地边缘相带一般不会出现在长兴—大隆相带附近，而可能出现在“白长兴”与“黑长兴”界线的“白长兴”一侧。

扬子区的一些地区，长兴期沉积常见下部为长兴组（灰岩相），上部为大隆组（硅泥岩相）的垂向变化，我们在分析这些剖面的沉积环境时，上述认识也是有参考意义的，也就是说这些剖面沉积相的垂向变化，不一定是台地相直接转变成盆地相，而很可能是台地相—盆地边缘相—盆地相的变化，甚至是盆地边缘相—盆地相组合。

长兴期沉积分异主要继承了下二叠世孤峰期的格局，孤峰组—茅口组同期异相等问题与长兴期相似，因此，前述认识对茅口期沉积相研究也有借鉴作用。

3. 很多研究者认为，本区江阴—宜兴一线，长兴期存在一个北东向的古隆起，而且认为该隆起控制了长兴期东西两侧的沉积，西侧沉积大隆相，东侧沉积长兴灰岩相。确实，在该“古隆起”范围内的宜兴张渚、广德牛头山等地没有见到长兴期沉积，但从沉积相展布来看，长兴期这一古隆起是不存在的，因为“古隆起”的周围没有发现滨岸碎屑岩相的沉积，如果该地长兴期没有沉积，遭受剥蚀的地层必然是下伏的龙潭组碎屑岩，作为剥蚀区的“古隆起”周围一定会存在一个环形滨岸碎屑岩沉积。而实际是“隆起”东侧的沉积都是盆地边缘相的“黑长兴”，愈近隆起，长兴期沉积愈薄，而沉积相特征变化不大，说明沉积特征没有受到“古隆起”的影响。因此，我们认为：该“古隆起”范围内是接受了长兴期沉积的，现在缺失长兴期沉积，乃是长兴期末期至三叠纪早期形成隆起，遭受剥蚀造成的。

4. 众所周知，台地边缘相的礁滩沉积原生孔隙发育，在成岩过程中也容易形成次生孔隙，是碳酸盐岩中良好的储集层段。此外它紧邻有机质丰富、生油条件较好的盆地相沉积以及可能存在的礁后泻湖相沉积，埋藏后在压实作用下，由于抗压强度的差异，该带容易形成低压区，成为油气聚集的有利地区。本区在长兴期后经受了多次构造运动，部份已经暴露剥蚀，那些曾经遭受暴露剥蚀的礁滩相地层，也更有利古侵蚀面溶蚀缝洞的发育，如中生界在有利生油的沉积物覆盖及好的盖层条件下，也是形成“古岩溶型”烃藏的有利地带。

江苏省第四地质队、江苏省煤田地质勘探一队、浙江省区调队、江陵石油地质综合研究大队等兄弟单位对我们的工作给了大力支持，在此表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 芮琳、江纳言，1984，苏浙皖地区二叠纪末、三叠纪初的岩相和生物相，古生物学报，第23卷第3期。
- [2] 刘向，1987，对川黔滇及邻区生物礁与油气藏暨其他矿藏的认识，天然气勘探与开发，第二期。
- [3] 强子同等，1987，四川上二叠统老龙洞生物礁及其成岩作用，天然气勘探与开发，第二期。
- [4] 宋天锐、王乃文，1977，广东曲江—仁化地区早二叠世“当冲层”的放射虫岩，地质科学，第4期。
- [5] 童玉明、周祖勋，1985，鄂东南下二叠统茅口组放射虫硅质岩的成因初探，沉积学报，第3卷第2期。
- [6] 金若谷，1987，四川龙门山北段晚二叠世大隆组放射虫岩及其形成环境，地质论评，第33卷第3期。
- [7] 江苏省地质矿产局，1984，江苏省及上海市区域地质志，地质出版社。

# DISTRIBUTIVE REGULARITIES OF SEDIMENTARY FACIES DURING CHANGXING PERIOD OF THE LATE PERMIAN IN SU-ZHE-WAN (JIANGSU-ZHEJIANG-ANHUI PROVINCES) ADJACENT AREA

Wang Shuyi Zhu Hongfa Chen Yazhong Shi Weijun  
( Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR )

## Abstract

There are marked distributive regularities for the sediments in Changxing period of the late Permian. Basin facies is found in the area west to Xuan-cheng-Guangde - Yixing - Jianging. While east-southwardly, in the area of Wuxi-Changxing-Jingxian, basin margin facies is localized. They can be roughly attributed of Dalong Formation and "Dark Changxing", respectively. East to basin margin facies is platform facial sediments, i.e. "White Changxing" distributive area where the sediments of high energized platform margin facies were developed on the transitive zone between platform facies and basin margin facies. An example is taken--Changxing Formation in Songshan, Wuxi, which is a typical sedimentary assemblage of sponge reef; in contrast, Changxing formation in Mashishan of Xishan belongs to a sediment of chlorophyceae beach facies with spongy bioherm interbedded in middle-upper sections. Both reflect a high energized environment of platform margin. Along from Xishan, and Songshan, northwardly to Shazhou and southward to the zone of Nangaoqiao in Wuxing, Changxing Formation becomes thickened compared with the two sides, and the zone is just on the facial change belt between "Dark Changxing" and "White Changxing", showing a trend clearly outlined for the platform margin. Therefore the Changxing Formation in the area is characteristic of regular facies belt distribution in a pattern of basin - basin margin - platform margin - platform.

The authors do not think that Jianging - Yixing palaeo-uplift existed during Changxing period based on the distributive regularities of sedimentary facies. The sediments in Changxing period in the area had been absent due to denudation in early Triassic. The high energy zone of platform margin was distributed on the side of "White Changxing" of the juncture between "Dark Changxing" and "White Changxing".

The discovery of sponge-reef biogenic beach in this facies belt provides leads for exploration of hydrocarbons and other related minerals in the area.

第 12 卷