

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

早、中三叠世下扬子海沉积盆地研究

张国栋 朱静昌 仇福康 王益友 郑俊章

(同济大学, 上海)



早、中三叠世下扬子海的原型盆地是在扬子地块与中朝地块碰撞对接前形成的, 具有开阔陆棚海—大陆边缘海的特点。本文对盆地内沉积物特征及其相格局, 盆地沉积参数如沉积速率、古温度、古盐度、古水深和古海流状况, 盆地的演变作一阐述, 以期为本区的油气勘探提供有益的依据。

作者通过长期对本区早、中三叠世碳酸盐地层沉积相的研究, 拟从板块构造与沉积作用相结合的角度, 对早、中三叠世下扬子海盆形成的地质背景, 盆地沉积的基本特征与演化过程作一分析。

一、盆地形成的地质背景

本区位处扬子地块下扬子拗陷带^[1]。经过构造变动与变位后的边界轮廓: 北和西北分别以消减对接带和郯庐断裂与中朝地块为界; 南以赣北、浙西断裂与华南地块为邻; 西至九江—南昌一线; 东北向海区延伸(图1)。

表1 晚二叠—三叠纪期间两地块古地磁数据表

Table 1 Palaeomagnetic values of the two blocks in the Late Permian to Triassic

地层时代	扬子地块					地层时代	中朝地块						
	采样地点	现今位置		古地极			古纬度	采样地点	现今位置		古地极		古纬度
		纬度	经度	纬度	经度				纬度	经度			
T ₁	安徽泾县	30.6N	118.4E	43.6N	236.1E	3.6N	T ₁	山西太原 ^[2]	37.8N	112.4E	55.5N	354.1E	17N
P ₂	四川峨眉山等 ^[2]	29.6N	103.4E	51.2S	52.5E	2.4S	P ₂	山西太原 ^[2]	37.8N	112.4E	49.2N	358.5E	14.8N
	安徽巢县*	31.6N	117.8E			1.5S							

* 何礼章所作的古地磁分析, 见孔庆玉、龚与颀, 1986, 安徽巢县下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》3期, 第18—23页。

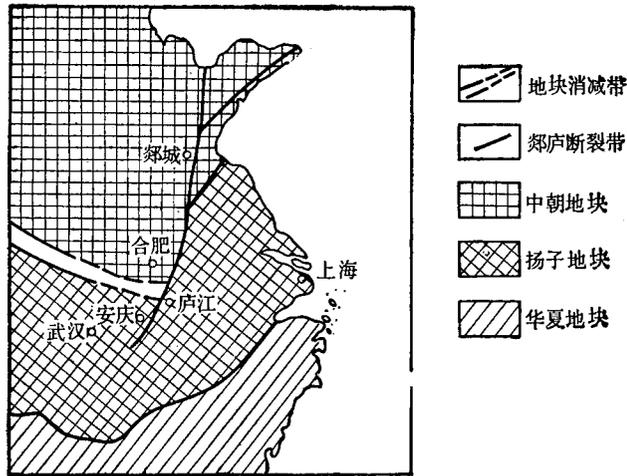


图 1 下扬子区的构造位置(据黄汲清^[1]略修改)

Fig. 1 Tectonic location of the Lower Yangtze Region (modified from Huang Jiqing, 1984)

1. 地块消减带; 2. 郟庐断裂带; 3. 中朝地块; 4. 扬子地块; 5. 华夏地块
 1. Subduction zone; 2. Tangcheng-Lujiang Fracture; 3. Sino-Korean Block; 4. Yangtze Block; 5. Cathaysian Block

但是,现今的本区边界,特别是北部与中朝地块的边界,同二叠—三叠纪早期沉积时的原始位置与边界已有很大的变化。这种变化,根据作者对安徽泾县古地磁测试结果,和其它单位所作的古地磁分析(表 1)来看:在晚二叠世两地块处于赤道附近低纬度地带,两者相差 16.3° — 17.2° ,相距约 2 000 km;至早三叠世早期,两者虽同处于北纬,但相差 13.4° ,相距约 1 500 km;两地块现在的纬度,分别以安徽巢县或泾县(北纬 31.6° 或 30.6°)和山西太原(北纬 37.8°)两点计算,纬度差 6° — 7° ,相距 700 km 左右。上述事实说明,两地块在晚二叠世晚期至早三叠世早期,就同时各自由赤道附近向北移动,扬子地块由南(纬)向北移动了 5° — 6° ,中朝地块则北移了 2.2° ,结果两地块之间的距离逐渐缩小,中间的海域也不断变窄;如果两者移动的速度不变,根据早三叠世早期时两地块相隔距离测算,可推知在中三叠世末,即印支期中国南北两地块就开始碰撞对接。这一结论与王鸿祯等对东秦岭古海域的研究^[3],以及林金录研究华南地块的地极移动曲线对华南和华北地块的拼合时代的论述^[4],基本上是一致的。根据这一结论,可进一步推断下扬子地块的北缘应发育晚二叠世晚期至早中三叠世的较深水沉积,只是由于印支期两地块的碰撞对接,岩石壳层缩短,使这套地层遭受严重破坏;再由印支期开始强烈活动的郟庐断裂对这套沉积进行截切和滑移^[5],促成现今的北界构造轮廓。

地块的移动,内应力的不协调,产生内部分异,形成隆起和拗陷。下扬子区内的隆起,主要由加里东期形成的江南隆起,它在晚二叠世晚期以来,有时以海隆或海堤的形式伴随着江广断裂朝东北向延伸,不同程度上分隔着其西侧下扬子海盆与东侧的赣湘海盆水体的自由流通(图 2)。江南海隆的不断抬升,下扬子区西北缘的下陷,控制着下扬子海盆呈东高西低箕状拗陷的基本形态和沉积相展布的总体格局。其主要物源方向,推测一是盆地

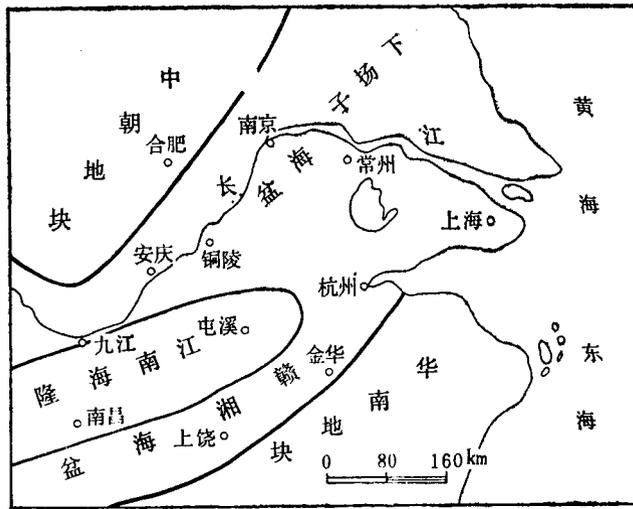


图 2 早、中三叠世下扬子海盆位置示意图

Fig. 2 Diagram of the location of the Lower Yangtze Basin in the Early and Middle Triassic

东部浅水部位,来自江南海隆;二是盆地西部较深水部位,由中朝地块上的古陆供应。

基于上述分析,我们可得出这样的认识:在早、中三叠世,下扬子海盆是在扬子地块和中朝地块对接前形成的;它形成的构造背景是复杂的,要恢复盆地的原型,必须注意识别后期构造对它的改造作用^[6]。

二、盆地沉积的基本特征

盆地沉积的基本特征,主要指海盆地性质、盆内充填的沉积物成因类型、沉积速率,以及古温度、古盐度、古水深与古海流等方面的内容。它们对盆地分析来讲是至关重要的,或称作基本的参数^{[7,8,9]1)}。以下作简要地讨论。

(一) 晚二叠世晚期—早中三叠世海盆的性质

关于这一时期下扬子海盆地性质,过去都认为属稳定陆壳上的海盆,称陆表海或碳酸盐台地。但是,基于下述事实我们认为它应属稳定性陆壳与活动性陆壳拼接而成的复合型盆地。

1. 现今的下扬子海盆,经岩相分析(详见后),由东向西顺盆地斜坡海水逐渐加深,至宿松—巢县一带明显受郟庐断裂截切,使岩相中断和不连续。这说明现今的海盆是由原型盆地经变动与变位而形成。按岩相演化,推断原始盆地应有较深水沉积物存在。

2. 前述古地磁资料已有力论证:扬子地块与中朝地块在中三叠世之前以不同的速度

1) 李汉瑜, 1986, 沉积盆地分析与研究,《岩相古地理研究与编图通讯》第 1--6 页。

从赤道向北移动,最终在印支期发生碰撞。碰撞之前,相隔一定距离的两地块之间的活动槽带,应接纳较深水沉积物的填积。

3. 尽管两地块之间或大陆边缘的填积物遭到严重破坏,目前还是在对接消减带附近发现了该时期代表深水相的露头或残石。据陈焕疆¹⁾和朱宗沛²⁾在合肥盆地南缘的佛子岭片岩系中,发现有受强烈挤压的很多巨大石灰岩块体,其生物碎屑确定为华北石炭一二叠纪沉积无疑;这套地层之上为含硅质的诸佛庵组复理石沉积,推定为扬子区三叠纪地层。如果后者这套地层时代和复理石沉积特点确证无疑的话,将为早、中三叠世下扬子海含有活动性陆壳深水沉积提供直接证据。

复合型盆地形态,经分析东起江南海隆向西延伸到两地块对接的消减带附近,依次出现的地貌单元是:碳酸盐台地、陆棚浅海、大陆坡和深水槽地,盆地的性质以及它宽缓的陆棚浅海与狭窄的海槽形态,与现代苏门答腊、爪哇一带的海域有更多的相似之处^[10]。

(二) 沉积物的成因类型与相带展布

晚二叠世晚期—早三叠世,下扬子海盆沉积相带的格局由东向西依次为:开阔台地相、台地边缘相、陆棚斜坡相、陆棚浅海相(图 3)以及较深水槽地相;但到中三叠世,随着南北两地块逐渐接近碰撞并合,海盆缩小、水体变浅,相带格局则出现局限台地相和蒸发潟湖相。上述诸相除较深水槽地相有待进一步工作外,其余各相根据作者的研究^[11,12],并结合前人工作^[13,14,15,16]总结如下:

1. 台地相

该相分布在盆地东部,是在江南海隆的背景下发育起来的。又可分开阔台地相和局限台地相。

(1) 开阔台地相 主要由晚二叠世长兴组生物砾屑灰岩、生物砂屑灰岩和微晶灰岩,以及早三叠世薄层泥灰岩、含泥微晶灰岩、蠕虫状微晶灰岩组成。其中长兴组的生物碎屑主要为底栖生活的瓣、非瓣有孔虫、腕足类、苔藓虫、珊瑚、海绵、棘皮动物等;早三叠世的生物也以底栖腕足类、瓣鳃类为主,并有藻类活动。代表着稳定的台地浅水环境。

(2) 局限台地相——潟湖相 自中三叠世以来,盆地由东向西逐渐抬升,海水渐退、形成潮间盐湖和潮间、潮上盐坪环境。主要为纹层白云岩、含膏假晶白云岩、白云质灰岩及膏盐层组成。生物稀少,仅有瓣鳃类、藻类和牙形刺等。

2. 台地边缘相

台地边缘相的特征与开阔台地相比较相近,只是前者位于台地边缘而受潮汐、波浪的冲击能量更强些。该相在广德、宜兴、无锡一带比较发育,晚二叠世晚期主要为生物砾屑灰岩、含生物砂屑微晶灰岩以及砾石结核生物碎屑灰岩等,生物以底栖生物瓣类、非瓣有孔

1) 陈焕疆, 1986, 板块大地构造与油气盆地分析。同济大学印刷厂。

2) 朱宗沛, 1987, 论大别山基底折离构造。合肥工业大学地质系。

3) 安徽省地质科学研究所, 1980, 安徽省沿江青龙群沉积特征、成盐条件和找钾方向。

4) 江苏省区域地质大队, 1985, 江苏南部三叠纪岩相古地理研究。

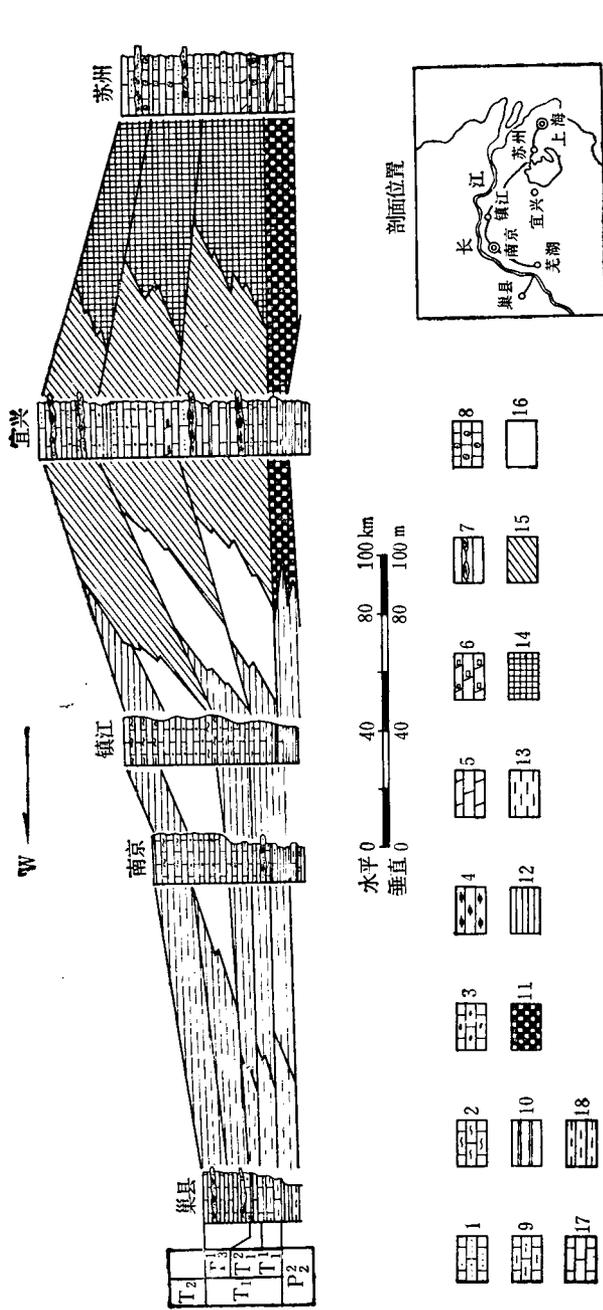


图 3 晚二叠世晚期—早三叠世苏州至巢县岩相剖面图

Fig. 3 Lithofacies profile from Suzhou to Chaohian in the late Permian to Early Triassic

1. 粉屑灰岩; 2. 蠕虫状灰岩; 3. 砂屑灰岩; 4. 瘤状灰岩; 5. 白云岩; 6. 含石膏假晶灰岩; 7. 风暴重力流沉积; 8. 鲕粒灰岩; 9. 泥灰岩; 10. 硅质页岩; 11. 台地浅水相; 12. 陆棚较深水相; 13. 陆棚较深水相; 14. 碳酸盐台地相; 15. 台地边缘相; 16. 陆棚斜坡相; 17. 微晶灰岩; 18. 泥岩

1. silty limestone; 2. vermicular limestone; 3. arenaceous limestone; 4. knollenkalk; 5. dolomite; 6. gypsiferous pseudomorph limestone; 7. storm(gravity flow) deposit; 8. oolitic limestone; 9. marl; 10. siliceous shale; 11. platform neritic facies; 12. shallow shelf sea facies; 13. deeper shelf sea facies; 14. carbonate platform facies; 15. platform margin facies; 16. shelf slope facies; 17. micritic limestone; 18. mudstone

虫、厚壳型腕足类及钙藻等为主；下三叠统主要以鲕(球)粒灰岩、核形石灰岩、叠层石-生物碎屑灰(云)岩为代表,生物主要含有营底栖生活的瓣鳃类,和适应高能浅水环境的广盐性牙形刺及藻类。

它与台地相比较,以指示高能量的内碎屑、鲕粒等组成的碳酸盐岩类增多,以底栖生物为主并有少量的浮游类生物出现,以及发育浅滩型风暴沉积(图版-4)为其主要区别标志。

3. 陆棚斜坡相

随盆地水体加深,台地边缘相被陆棚斜坡相代替。该相以泾县、宁国发育最好,并朝东北方向呈条带状延伸。晚二叠世大隆组主要为灰黑色泥岩、粉砂质泥岩和硅质岩,生物仍以营底栖生物为主,但含浮游和假飘浮生物的数量比台地边缘相明显增多;下三叠统下部主要为薄层微晶灰岩间夹砾屑灰岩和钙质泥岩,上部则由厚层微晶灰岩、蠕虫状灰岩夹砾屑灰岩组成,生物见菊石、薄壳型瓣鳃类和适应较深水的牙形刺属种比台地边缘相增加,遗迹化石多见指示水体较深的类型(详见后)。在下三叠统中,作者发现风暴重力流沉积层发育^[12],其沉积序列特点:一是沉积序列比较完整,六个层段(A、B、C、D、E-F)可见连续出现(图版-2),并有发育较好的丘状交错层理(图版-3);二是下部A、B段,厚度较大,有时见旋涡状构造(图版-5)和各种底摸(痕)(图版-1);三是沉积物粒级粗,下部为厘米级砾石(图版-6、7),向上逐渐变细;四是单个风暴沉积韵律厚度大,韵律层数多,累积厚度也大。

陆棚斜坡相与台地边缘相比较:沉积物的颜色变深、泥质岩和微晶灰岩类增多;浮游和假飘浮生物比重也增大;以及斜坡带风暴重力流沉积较发育为主要特征。

4. 陆棚浅海相

该相分布广泛,可细分为陆棚较浅水相和较深水相。

(1) 陆棚较浅水相 以南京、铜陵、贵池一带发育较好。晚二叠世大隆组以灰黑色泥岩、硅质岩为主,生物以营浮游、假飘浮生物的菊石和薄壳型的腕足类为主,但种属较单调、个体数量也少;下三叠统为钙质页岩与微晶灰岩互层间夹薄层粒屑灰岩,其中粒屑灰岩大多属远源风暴重力流沉积类型^[12],生物仍以浮游和假飘浮生物为主,不过薄壳型的腕足类逐渐被薄壳型的瓣鳃类代替,并出现指示陆棚较浅水的遗迹化石。

(2) 陆棚较深水相 该相主要分布在巢湖、宿松一带。晚二叠世大隆组以黑色泥岩、硅质泥岩为主,夹泥质粉砂岩及泥灰岩透镜体,生物以浮游和假飘浮的菊石、鸚鵡螺、薄壳型腕足类、放射虫为主;至下三叠统底部以泥岩为主,向上泥岩中灰质成分增高,逐渐变成泥灰岩和薄层状微晶灰岩,其中微晶在岩中仍见远源风暴沉积层;生物则仍以出现菊石和薄壳型瓣鳃类为主的生物,并伴有适于较深水生活的牙形刺属种。

陆棚浅海相与陆棚斜坡相比较,其特点是沉积物颜色较深,物质较细以泥质、硅质为主;含浮游和假飘浮生物丰富;虽见风暴重力流沉积,但粒级细、厚度薄,发育也欠完整。

(三) 盆地沉积的有关物理参数

1. 沉积物的沉积速率

鉴于下扬子区早、中三叠世地层沉积连续,生物地层研究精度较高,地层划分对比清楚,因此早、中三叠世沉积的时间间距,就采用国内或国际通用的数值^[15],求其以统为单位的沉积速率(表2)。

表2 早、中三叠世下扬子海盆不同部位的沉积速率(厘米/千年)
Table 2. Rate of sedimentation (cm/10³a) at different parts of the Lower Yangtze Basin in the Early-Middle Triassic

地层(年代值)	下 扬 子 海 盆					
	中统(时间间距 12Ma)		下统(时间间距 5Ma)			
部 位	蒸发潟湖	局限台地	开阔台地	台地边缘	陆棚斜坡	陆棚浅海
厚度(m)	426*	317**	512	707	780	280
沉积速率(cm/10 ³ a)	3.5	2.64	10.2	14.5	15.6	5.6
剖面位置及资料来源	南京石膏矿 ZK105 孔	江苏宜兴县张渚, 实测	浙江长兴煤山, 引冯之尧资料**	江苏宜兴县张渚, 实测	安徽泾县瑶头岭, 实测	安徽巢县马鞍山, 实测

*) 该厚度仅代表组成中三叠统的主要段落周冲组厚度,估计在周冲组之上的黄马青组底部也应划归中三叠统,但黄马青组中一下三叠统的界线难分,加上属中三叠统的部分沉积,与周冲组不为一沉积类型,故未作厚度统计,因此求得的沉积速率应比实际的要小些。

***) 冯之尧, 1987, 浙江省北部三叠纪地层划分及沉积相初探。《浙江石油地质》第1期。

由表2可知,台地边缘和陆棚斜坡带因适宜碳酸盐建造的堆积或因风暴重力流发育,沉积速率均较高;陆棚浅海和蒸发潟湖(局限台地),因水体过深或过浅,物质供应有限及生物生长受抑制,故沉积速率较低;而开阔台地介于上述两类高低值之间。

2. 水体的古温度

温度是控制碳酸盐沉积作用的重要参数。确定早、中三叠世沉积时的水体古温度,作者采用了两种方法:一是比较沉积学方法,根据当时的古纬度与现代同纬度碳酸盐沉积时的水体温度加以比较求得;二是根据已测定的21个不同层位(分属早三叠世殷坑组、和龙山组、扁担山组,及中三叠世东马鞍山组)的碳酸盐岩全岩样同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 数值¹⁾,以 S. Epstein (1953) 提出的温度计算公式^[16]求得。但后一种方法,因受成岩作用影响,计算时应根据对不同地质时代碳酸盐岩所测得的 $\delta^{18}\text{O}$ 值,与 J. D. 米利曼(1978)对现代同类沉积环境碳酸盐测定的 $\delta^{18}\text{O}$ 值^[17]进行比较,求得年代校正值加以校正²⁾。综合上述两种方法,大致推测早三叠世沉积时水体温度在 10—20°C 间,但在中三叠世,由于水体变

1) 其中8个 $\delta^{18}\text{O}$ 数值引自王文彬, 1987, 下扬子区中下三叠统岩相古地理研究。合肥工业大学。

2) 中国矿业学院地质系, 1987, 内蒙石炭二叠纪含煤建造岩相古地理。中国矿业学院。

浅、蒸发咸化,形成白云岩和膏盐沉积,水体温度也随之增高到 20—30℃。

3. 水体的古盐度

晚二叠世晚期至早三叠世早期的水体古盐度,主要用分析泥岩样中微量元素硼(B)值和用沉积磷酸盐法来测试的^[48],另外也采用该时期碳酸盐岩的 Mg/Ca 值作了计算。结果表明(表 3),晚二叠至早三叠世水体古盐度属正常广海相特征,这与含有丰富的广海性生物化石是吻合的;但到早三叠世晚期至中三叠世,普遍的白云岩和膏盐层发育,说明海水逐渐蒸发咸化,古盐度增高。

表 3 晚二叠—早三叠世各组古盐度测试数据(均为平均值)

Table 3. Measured values of ancient salinity of various Formations in the Late Permian to Early Triassic

		微量元素硼法*		沉积磷酸盐法*			碳酸盐岩中镁钙含量**	
		样品数	含量(ppm)	样品数	Ca/(Ca + Fe)	含盐度(S‰)	样品数	Mg/Ca 值
下三叠统	扁担山组(下段)	/	/	/	/	/	19	0.041
	和龙山组	9	180	5	0.87	30	7	0.039
	殷坑组	15	210	4	1.00	35	2	0.020
上二叠统	大隆组/长兴组	10	200	3	0.97	33.9	/	/

* 同济大学海洋地质系光谱和岩化室分析; ** 引安徽省地矿局地质科学研究所和合肥工业大学王文彬的资料。

4. 古水深

推测盆地水体相对溶度,作者采用了三种方法。(1) 根据上述古生物中藻类的含量,底栖生物和浮游、假飘浮生物所占的比重,以及遗迹化石类型与组合来确定相对水体深度,例如作者和王文彬¹⁾所采集的大量遗迹化石,经杨式溥鉴定大致可分三组,一组以 *Diplocraterion*, *Trepfichrus* 和 *Phycodes* 为主,兼有 *Monoceraterion* (泾县和山龙组—扁担山组)为典型的浅水环境(图版-9),另一组以 *Chondrites* 为主(泾县和龙山组中下部)属潮下带陆棚上部浅水(图版-8),第三组以 *Megagraption*, *Palaeophycus* 为主(宿松殷坑组—和龙山组)属低能陆棚浅水环境。(2) 根据组分和沉积结构构造特征,如蒸发岩类、鲕粒灰岩,潮汐-波浪层理、水平纹理等发育程度,风暴重力流的沉积序列类型和复理石沉积的存在与否来判断水体相对深浅。(3) 根据沉积厚度等推算古水深^[49],具体讲盆地从晚二叠世开始形成以来,在江南海隆和江阴—广德断裂(简称江广断裂)控制作用下,使盆地东部一直处于台地碳酸盐相区(如长兴一带),水深(H_g)应小于 50m,而盆地西部巢湖区一直下陷较深,仅接受较薄的以碳酸盐为主的陆棚浅海相沉积。如求盆地西

1) 王文彬, 1987, 下扬子区中下三叠统岩相古地理。合肥工业大学地质系。

部早三叠世中期末即和龙山组沉积后的水深 ($H_{\text{盆}}$), 则可用下式推算 $H_{\text{盆}} = H_{\text{台}} + D_{\text{台}} + \Delta F - D_{\text{盆}}$ ¹⁾, 即盆地西部早三叠世中期末水深应为以下三者之和的约值: (A) 早三叠世中期末, 台地区水深约值 (50m); (B) 台地区与盆地区在该时期沉积层的厚度差, 具体台地则以长兴煤山剖面为代表, 沉积厚度为 280m, 盆地区以巢县马家山剖面为代表沉积厚度为 110m, 两者之差 170m; (C) 该时期盆地西部相对下陷垂直下降距离约值, 此约值根据分析上述不同时期古构造图和利用同生断层的断距推测, 一般不超过 30—40m。按此法计算盆地西部巢县一带早三叠世中期末沉积时的古水深大致为 200—250m。

通过上述几种方法推算, 对盆地早三叠世沉积时不同部位水深大致作如下估计: 碳酸盐台地, 水深约 30—50m; 台地边缘, 水深约 50—100m; 陆棚斜坡, 水深约 100—150m; 陆棚浅海水深一般为 150—200m, 甚至达 250m。

5. 古海流状况

古海流状况, 根据安徽沿江一带早三叠世动物群的分析^[20], 这一时期动物区系是具有古特提斯海区生物与西太平洋海区生物混生的特点, 但总的趋势又以古特提斯海区生物面貌为主。古特提斯海区生物有菊石类 *Tirolites*, *Subcolumbifera*, *Ophiceras* 和瓣鳃类 *Eumorphotis hinnitidea*, *Claraia griesbachi*; 西太平洋海区生物有菊石类 *Ussuria*, *Dieneroceras* 以及瓣鳃类 *Eumorphotis multiformis* 等。这表明当时下扬子海盆与古特提斯海和西太平洋海域的水体是流通的, 尤其是与古特提斯海域可能发生水体对流作用较强。

三、早、中三叠世时期下扬子海盆地的演化

二叠世末至早、中三叠世, 随时间的变迁, 该盆地逐渐缩小, 蒸发干涸, 最终导致盆地消亡。

(一) 晚二叠世晚期—早三叠世早期 (图 4A)

主要包括晚二叠世长兴组/大隆组 (P_3^2) 和早三叠世殷坑组或苏南一带青龙组 (T_1) 下段沉积。盆地该阶段的特点是:

1. 接受晚二叠世晚期以来的海侵, 盆地水体较深。主要堆积物为灰黑色泥岩、硅质页岩、硅质放射虫岩、泥灰岩和微晶灰岩等; 浮游和假飘浮生物占主要地位。

2. 这时期的江南海隆已开始起着对盆地的控制作用。主要表现在它向东北广德—江阴一带延伸, 并伴随有断裂活动, 它不但直接影响到两侧到晚二叠世长兴组/大隆组沉积物和生物组合发生差异^[21], 而且也控制着沉积相带的发育。

3. 相带发育齐全, 由盆地东部向西依次出现: 碳酸盐台地浅水相、盆地边缘斜坡相、陆棚较浅水相、陆棚较深水相, 以及大陆斜坡—槽地(?)相。根据风暴重力流不甚发育, 推测当时盆地边缘的古斜坡角度较缓。

(二) 早三叠世早期—中期 (图 4B)

1) 公式中 $H_{\text{台}}$ 代表台地相水深约 50m (或 < 50m); $D_{\text{台}}$ 代表台地相该时期沉积厚度; $D_{\text{盆}}$ 代表盆地相该时期沉积厚度; ΔF 代表该时期盆地相对下陷或断层相对垂直下降距离。

主要包括殷坑组 (T_1^1) 的中上段、和龙山组 (T_1^2) 或苏南一带的青龙组中上段和湖山组 (T_1^3) 沉积。它基本上与上阶段盆地特征相似,不同的是:

1. 由于江南海隆向东北延伸部份继续抬升,南北两地块距离缩短,使盆地水体略出现变浅的趋势。这主要表现在盆地东部碳酸盐台地浅水相变浅,西部陆棚较深水相沉积中开始受到风暴流沉积作用的影响。

2. 随着江南海隆的东延部份进一步抬升和断裂活动加剧,一方面使碳酸盐台地迅速地向上堆积;另一方面在块断作用下,盆地边缘斜坡角增大,使沉积物沿着前缘陡坡迅速地下滑,为风暴重力流的形成提供了有利条件,结果使台地边缘相和陆棚斜坡相发育的较好。

(三) 早三叠世晚期 (图 4C)

主要包括扁担山组或苏南一带的沧波门组 (T_2^1) 沉积。盆地在此阶段的主要变化是:

1. 早期,即扁担山组下段沉积时,海盆地特征大致与上阶段沉积时相似。不同的是水体进一步变浅,沉积物泥质成分减少,相对碳酸盐变纯。这阶段代表广阔陆棚浅海相沉积的含菊石瘤状灰岩、板状微晶灰岩,在巢县一带仍很发育;泾县、宁国一带的盆地边缘斜坡相也很典型,斜坡角进一步变陡,明显可见崩塌岩块向下陨落,以及碎屑流剪切所形成的大型截切构造。

2. 晚期,即扁担山组或沧波门组上段沉积时,海盆底形分化,水体明显变浅:开阔台地相逐渐为局限台地相代替,并发育了典型的潮坪序列沉积;原处于陆棚较浅水相的铜陵、安庆一带,见有指示高能带的鲕粒灰岩沉积,说明局部已出现浅滩环境;原为陆棚较深水相的巢湖一带,在中薄层微晶灰岩中夹多层沥青质泥灰岩,含丰富的鱼龙化石,表明已变为静水局限海环境。

(四) 中三叠世 (图 4D)

· 主要包括东马鞍山组或苏南的周冲村组 (T_2^2),该时期海盆地,已濒临消失或灭亡:

1. 中三叠世早期,江南海隆东延部分进一步抬升,南北两地块接近碰撞对接,海水消退,海盆地范围已大为缩小。盆地的东部江苏无锡一带逐渐上升为陆,宁国一带已和江南海隆起联结在一起。原来处于陆棚浅海相的南京、巢湖、怀宁一带,广泛发育纹层白云岩、含石膏假晶白云岩和石膏层,表明早三叠世时的广阔海盆已变为潮间盐湖和潮上盐坪环境¹⁾。

2. 中三叠世末期,随着南北两地块的碰撞对接,原下扬子海盆,受到印支运动的变革,先后上升成陆,从而结束了海盆演变的历史,代之为中三叠世以后的小型滨海湖盆沉积。

研究早、中三叠世下扬子海盆沉积特征和演化过程,目的不仅是恢复古地理,而且也是为寻找油气及其它沉积矿产提供依据。在广泛的陆棚浅海相中,有相当厚的早三叠世碳酸盐为主的沉积,其中有机质丰富,为较好的油源岩;在成岩、后生作用下所形成的次生孔隙、溶洞、构造缝和岩缝是油气储集的良好空间;多处的油气苗显示,已证明早、中三叠世沉积的盆地中有油气的生成和运移。当前应进一步查找油气生成、运移和聚集的规律。

1) 罗正华、杜文源, 1977, 宁镇地区上青龙组 (T_1^1) 沉积特征及与蒸发盐矿床关系。地质科技资料钾盐专辑, 第 1 期, 武汉地质学院情报室。

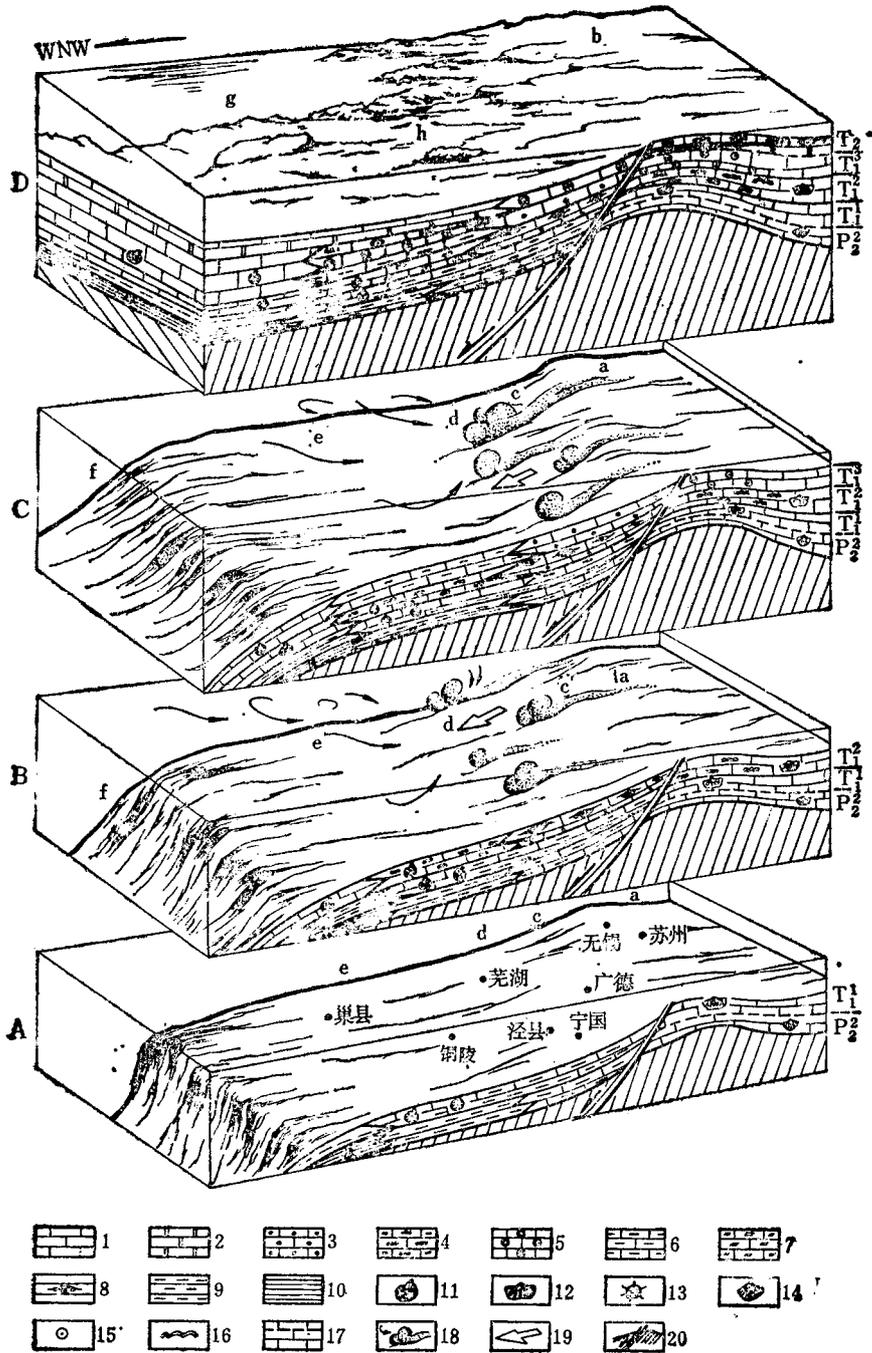


图 4 晚二叠世晚期—早中三叠世下扬子海盆的演化

Fig. 4 Evolution of the Lower Yangtze Sea Basin in the late Late Permian to Early-Middle Triassic

A. 晚二叠世晚期—早三叠世早期下扬子海盆轮廓; B. 早三叠世早期—中期下扬子海盆轮廓;

C. 早三叠世晚期下扬子海盆轮廓; D. 中三叠世下扬子海盆的轮廓;

- a. 碳酸盐开阔台地; b. 局限台地; c. 台地边缘; d. 陆棚斜坡; e. 陆棚浅海;
f. 大陆斜坡-槽地(?); g. 潮间盐湖; h. 潮上盐坪

图例: 1. 石灰岩; 2. 白云岩; 3. 砾屑灰岩; 4. 瘤状灰岩; 5. 鲕粒灰岩; 6. 泥灰岩; 7. 含石膏假晶灰岩; 8. 风暴重力流沉积; 9. 泥岩; 10. 页岩; 11. 菊石; 12. 腕足类; 13. 放射虫; 14. 瓣鳃类; 15. 海百合茎; 16. 叠层石; 17. 假整合; 18. 风暴卷浪; 19. 风暴重力流流向; 20. 江南海隆与同生断裂;

A. outline of the Lower Yangtze Sea Basin in the late part of Late Permian to early part of Early Triassic; B. outline of the Lower Yangtze Sea Basin in the Early to middle parts of Early Triassic; C. outline of the Lower Yangtze Sea Basin in the late part of Early Triassic; D. outline of the Lower Yangtze Sea Basin in the Middle Triassic;

- a. open platform; b. restricted platform; c. platform margin; d. shelf slope;
e. shallower shelf sea; f. continental slope-deep trough(?); g. tidal salt lake;
h. supratidal salt flat

Legend: 1. limestone; 2. dolomite; 3. rudaceous limestone; 4. Knollenkalk; 5. oolitic limestone; 6. marl; 7. gypsiferous pseudomorph limestone; 8. storm (gravity flow) deposit; 9. mudstone; 10. shale; 11. Ammonoids; 12. brachiopods; 13. Radiolarians; 14. lamellibranchs; 15. crinoids; 16. stromatolites; 17. pseudoconformity; 18. storm rollers; 19. direction of storm-gravity flow; 20. Jiangnan submarine rise and syngenetic fault

工作中承蒙曾允孚教授热情指导,中国科学院青岛海洋研究所、上海测试中心等单位作了有关分析,在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 黄汲清, 1984, 中国大地构造特征的新研究。中国地质科学院院报, 第九号, 第 5—17 页。
[2] 张正坤, 1984, 中朝地块与扬子地块在古生代晚期是太平洋古陆的一部分。中国地质科学院院报, 第九号, 第 45—53 页。
[3] 王鸿祯、徐成彦、周正国, 1982, 东秦岭古海域西侧大陆边缘区的构造发展。地质学报, 第 56 卷, 第 3 期, 第 270—279 页。
[4] 林金录, 1987, 华南地块的地极移动曲线及其地质意义。地质科学, 第 4 期, 第 306—315 页。
[5] 徐家炜, 1984, 郯城—庐江平移断裂系统。构造地质论丛 (3), 第 18—31 页。地质出版社。
[6] 朱夏、陈焕疆, 1982, 中国大陆边缘构造和盆地演化。石油实验地质, 第 4 卷, 第 3 期, 第 153—163 页。
[7] Schopf, T. J. M., 1980, Paleocyanography. pp 27—145. President and Fellows of Harvard College, London, England.
[8] Reading, H. G., 1978, Sedimentary Environments and Facies. pp. 4—7, 439—476, Blackwell Sci. Pub., Oxford.
[9] Potter, P. E. and Pettijohn, F. J., 1977, Paleocurrent and Basin Analysis. pp. 196—231, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
[10] 金性春, 1984, 板块构造学基础。第 157 页, 上海科学技术出版社。
[11] 仇福康、陈才德, 1983, 安徽广德牛首山青龙灰岩沉积特征及其岩相分析。同济大学学报, 第 3 期, 第 67—79 页。
[12] 张国栋、朱静昌、仇福康、王益友、郑俊章, 1987, 下扬子地区早三叠世碳酸盐风暴流与碎屑流沉积特征。海洋地质与第四纪地质, 第 7 卷, 第 2 期, 第 99—110 页。
[13] 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, 第 286—294 页。
[14] 韩树棻, 1983, 安徽沿长江地区下三叠统瘤状灰岩成因研究。地质科学, 第 3 期, 第 232—239 页。
[15] Harland, W. B., Cox, A. V., Llewellyn, P. G., Pickton, C. A. G., Smith, A. G. and Walters, R., 1982, A geologic time scale. Cambridge University Press.
[16] Epstein, S., Buchsbaum, R., Lowenstam, H. and Clrey, H. C., 1953, Revised carbonate-water

isotopic temperature scale. *Bull. Geol. Soc. Am.* Vol. 64, pp. 1315—1326.

- [17] J. D. 米利曼, 1978, 海洋碳酸盐。中国科学院地质研究所碳酸盐研究组译, 地质出版社。
- [18] 王益友、郭文莹、张国栋, 1979, 几种地球化学标志在金湖凹陷阜宁群沉积环境中应用。同济大学学报, 第 2 期, 第 51—60 页。
- [19] 高振中、刘怀波, 1983, 十万大山盆地北缘早三叠世碳酸盐重力流及其地质意义。石油与天然气地质, 第 4 卷, 第 1 期, 第 53—65 页。
- [20] 汪贵期, 1984, 安徽海相三叠系。第 5—39 页, 安徽科学技术出版社。
- [21] 廖卓庭, 1984, 苏浙皖三省邻近地区晚二叠世至早三叠世早期腕足类的新属种。古生物学报, 第 23 卷, 第 3 期, 第 276—284 页。

STUDY OF THE EARLY AND MIDDLE TRIASSIC LOWER YANGTZE SEA BASIN

Zhang Guodong Zhu Jingchang, Chou Fukang, Wang Yiyou
and Zheng Junzhang
(*Tongji University, Shanghai*)

Abstract

The Lower Yangtze region refers to Jiangsu, Zhejiang and Anhui Provinces in the lower reaches of the Changjiang River. Through many years of study of the sedimentary facies in this region, an attempt has been made to study the Early and Middle Lower Yangtze sea basin on the basis of plate tectonics and sedimentation.

1. Geological setting for the development of the basin

Paleomagnetic data show that as early as the late Late Permian to Early Triassic the Yangtze Block and the Sino-Keroan Block migrated northwards independently in the same time near the equator, and the median sea area reduced gradually as the former moved faster than the latter. If the motion speed is constant, it can be deduced according to the distance between the two blocks in the early Early Triassic that the two blocks finally started to collide and be assembled at the end of the Middle Triassic (i.e. in the Indo-Sinian movement). Thus, the Early and Middle Triassic sea basin formed before the collision includes not only the continental shelf sea on the stable crust within the Yangtze Block, but also the sea area on active crust between the two blocks. Its outline is quite different from that of the modern one that was subjected to tectonic disturbance and displacement in later stages.

2. Basic characteristics of the sedimentary basin

1) The basin has the characteristics of the continental shelf sea-continental margin sea; the geometry of its wide gentle shallow shelf sea and narrow trough bears much resemblance to that of the present sea areas of Sumatra and Java. 2) From the late Late Permian to Early Triassic

the sedimentary facies of the Lower Yangtze basin was marked successively from east to west by vast platform facies, platform margin facies, shelf slope facies, shallower shelf marine facies and deeper trough facies (?) but after the Middle Triassic, the features of restricted platform facies and evaporated lagoon facies with gradual approach, collision and assembling of the south and north blocks and the reducing of the area of the sea basin. 3) Measurements and deduction were done on the rate of accumulation, ancient temperature salinity and depth of water and ancient currents.

3. The evolution of the Lower Yangtze sea basin in the Early-Middle Triassic

The general trend of evolution is as follows: reduction in dimension, shallowing of water, drying through evaporation and break-up of the basin. In terms of geological time four stages may be distinguished: late Late Permian to early Early Triassic; early and middle Early Triassic; middle and late Early Triassic; Middle Triassic, and the respective characteristics of the basin in each stage are discussed and illustrated.

图 版 说 明

Plate Explanation

- (1) 风暴重力流形成的鲕模,发育于陆棚斜坡带。股坑组 (T_1^1), 泾县瑶头岭。
- (2) 一个完整的风暴重力流沉积序列,产于陆棚斜坡带。股坑组 (T_1^1), 泾县瑶头岭。
- (3) 丘状交错层理,陆棚斜坡和陆棚浅海均见及。股坑组 (T_1^1), 泾县晏公堂。
- (4) 风暴重力流形成的生物碎屑泥晶灰岩,见于台地边缘带(T_1)。无锡嵩山。
- (5) 漩涡状—放射状构造。砾屑排列呈“菜花”状,代表风暴重力流涌动的结果。发育于陆棚斜坡带。股坑组 (T_1^1) 和和龙山组 (T_1^2), 宁国山门洞。
- (6) 反韵律风暴重力流沉积,位于陆棚斜坡带。扁担山组 (T_1^3), 泾县晏公堂。
- (7) 正韵律风暴重力流沉积,产于陆棚斜坡带。扁担山组 (T_1^3), 宁国山门洞。
- (8) 遗迹化石 *Chondrites* 代表潮下带陆棚上部浅水沉积。和龙山组 (T_1^2), 泾县瑶头岭。
- (9) 遗迹化石 *Diplocraterion*, *Treptichnus*, 代表典型浅水环境。扁担山组 (T_1^3), 泾县晏公堂。

(8—9 遗迹化石均由扬式溥鉴定)

作 者 简 介

张国栋,男,生于1934年,1960年毕业于北京矿业学院煤田地质专业,专长沉积学,发表过多篇有关苏、浙、皖诸地区不同时代沉积物的沉积学学术论文,现任同济大学海洋地质系副教授。通讯处:上海四平路1239号同济大学海洋地质系。

