

# 一个大型的古河流—三角洲沉积体系 ——论苏皖中—上三叠统黄马青组沉积环境

岳文浙 业治铮 毕仲其

(中国地质科学院南京地质矿产研究所)

**摘 要** 通过对苏皖地区黄马青组的沉积学研究,确认其为发育于前陆盆地内的大型海退河流—三角洲沉积体系。根据岩石成因类型划分了 8 个微相,并对其所反映的沉积环境进行了分析。整个层序自下而上可分为前三角洲、三角洲前缘及三角洲平原 3 个亚环境,并对亚环境内的微环境进行了讨论。

**关键词** 河流—三角洲沉积 黄马青组 中—上三叠统 苏皖地区

中三叠世的印支运动是我国大陆构造发生重大变革时期,一改我国“南海北陆”的古地理格局。从中三叠世中晚期至晚三叠世早期,在长江中下游地区沉积了一套紫红色为主的陆源碎屑岩系,苏皖两省称黄马青组。作者近年对该组地层主要剖面进行了沉积地质学研究,确认该组为一大型古河流—三角洲沉积体系。

## 1 生物地层简介

区内黄马青组分布于南通以东,沿长江呈 EW 向展布,在宁镇山脉及安徽怀宁地区出露最佳。该组自创名(谢家荣,1928)以来,经众多学者研究,对其层序多次修定。据最近厘定的涵义:黄马青组是指整合于以膏盐、白云岩等蒸发岩沉积为主的周冲村组之上,煤系地层范家塘组之下,以紫红色陆源碎屑岩沉积为主的一个地层单位<sup>①</sup>,其下部应包含前人定名的“仙鹤门组”和“月山组”<sup>[1,2]</sup>。1980~1989 年许多学者对该组生物地层进行了详细研究。根据生物组合对该组时代归属有二种意见,一是划归为中三叠世拉丁阶,二是中三叠世拉丁阶—上三叠世卡尼阶,至今尚未统一(表 1)。

黄马青组中下部含咸水—半咸水双壳类 *Eumorphotis (Asoella) illyrica*—*Myophoria (Costatoria) submultistriata* 组合,以及叶虾类 *Yangzicaris xiangxiensis*,半咸水叶肢介 *Xiangziella biscotata*<sup>[2~4]</sup>,轮藻 *Stellatochara-Stenochara* 组合和石松类 *Anualepsis* 等。根据上述组合将其归属拉丁阶应无疑问,但应注意到在怀宁地区黄马青组上部含淡水双壳类 *Unio*,*Sibireconcha*,*Utschamiella* 及富含裸子植物花粉 *Classopollis* 组合,显示出晚三叠世生物群面貌<sup>[1,5]</sup>。从沉积学角度看,黄马青组与其上范家塘组为连续沉积,无一定界,所以作者认为黄马青组作为一个岩石地层单位是穿时的,其上部有晚三叠世卡尼阶沉积。

\* 江苏省自然科学基金(编号 BK95129207)与地矿部地质调查局基础地质专项研究(地科专 96-33)共同资助  
第一作者:岳文浙,男,1938 年生,研究员,从事沉积学与油气地质学研究,邮编:210016

① 东南大区项目组:全国地层多重划分对比研究——中国东南部区域地层(送审稿),1995

表1 苏皖黄马青组生物地层划分表

Table 1 The stratigraphic divisions and their correlation of the middle-upper Triassic in Jiangsu and Anhui provinces

地层划分		吴其切等 1980 <sup>[3]</sup>	安徽区测队 1987 <sup>[2]</sup>	陈楚震等 1988 <sup>[4]</sup>	李金华等 1982 <sup>[5]</sup>	陈华成等 1989 <sup>[1]</sup>	作者
三 叠 系	上 统	瑞替阶	范家圻组	范家圻组	范家圻组	范家圻组	范家圻组
		诺利阶					
		卡尼阶					
	中 统	拉丁阶	黄马青组	黄马青组	黄马青组	黄马青组	黄马青组
		安尼阶	周冲村组	周冲村组	周冲村组	周冲村组	周冲村组

## 2 沉积时的构造背景

据 T. Elliott(1989)研究,大型三角洲多发育于被动大陆边缘、大陆边缘盆地、前陆盆地和克拉通盆地内<sup>[7]</sup>,而盆地形态和构造活动特征控制着三角洲的发育类型。中三叠世早期,印支运动使扬子板块向华北板块碰撞俯冲(A型),导致下扬子区产生强烈的褶皱缩短作用,海盆萎缩,形成向西开口的半封闭海湾泻湖,由于气候干热,形成周冲村组膏盐沉积。随着两板块碰撞过程的加剧,加之早已与扬子板块拼接的华南板块的继续推挤,一方面造成江南隆起带的强烈抬升,另一方面沿扬子板块北缘深断裂(如茅山断裂、青石断裂等)产生一系列左行走滑<sup>[9]</sup>,使其东端最先闭合,南北两侧挤压而形成前陆拗陷。沉积作用与构造轴一致,沉积物由东、南、北3个方向充分供应,为形成黄马青组巨厚三角洲沉积体系提供了良好的古地理条件。黄马青组与下伏地层并无明显的角度不整合,表现为“伴随造山运动的渐进递变”的挠曲过程<sup>[10]</sup>。早侏罗世两大板块碰撞造山运动达到高潮,地势迅速上升,在前陆拗陷区堆积了与黄马青组以不整合为界的早侏罗世象山组河流相粗碎屑沉积物,属磨拉石建造。中侏罗世罗岭组上部湖相粘土灰岩地层的出现,标志着印支运动两大板块碰撞造山的结束,从而形成由三角洲相—河流湖泊相充填旋回的前陆盆地。

## 3 沉积微相

垂直剖面中每一岩相单元都是在一特定环境中形成,其连续层序是沉积作用的产物。因此对沉积微相和剖面结构分析是确定古代沉积环境的必由之路。通过对南京钟山下五旗和安徽怀宁铜头尖黄马青组典型剖面的沉积岩学研究,按成因类型划分8个沉积微相。

**相1** 含海相—半咸水相化石组合粘土岩、粉砂粘土岩,局部夹云质粉砂粘土岩。此微相见于黄马青组底、下部,向西厚度增大,风化呈灰、灰绿、棕灰色,薄—中层状,具水平或水

平纹层理,纹层由极薄层粉砂粘土岩与粘土岩互层而显示。本微相可划分2个亚微相:一为仅含海相双壳类,如 *Myophoria*, *Eumorphotis* 等,潜穴及生物扰动不发育,并夹少许薄层粘土白云岩。此亚微相属前三三角洲沉积;其二,除含海相-半咸水相双壳类组合外,含植物化石碎片,潜穴及生物扰动发育,层理不明显,则显示出三角洲前缘分流间湾沉积特征。

**相2** 含海相-半咸水相化石组合细砂岩、粉砂岩夹粘土粉砂岩。此微相灰紫色,其特点是由潜穴发育的粉砂岩组成,含稀少的海相-半咸水相双壳类等化石,具水平或流水及浪或复合砂纹交错层理,见包卷层理及泄水构造,但未见潮坪区的脉状或透镜状层理,故此微相应为三角洲前缘河口砂坝或远砂坝沉积。

**相3** 含海相化石细粒石英砂岩、粗粉砂岩。此微相见于该组下部,夹于相1之中,色灰白-灰绿,分选较好,呈席状分布,时含海相双壳类化石,发育水平层理,顶面可见砂纹层理,本相为三角洲前缘席状砂,是三角洲前缘砂坝经水流簸选扩散沉积而成。

**相4** 含淡水动植物组合的粉砂粘土岩、粘土粉砂岩。本微相是该组中上部的主要微相,呈灰紫-紫红色,镜下观察见粘土粉砂岩、粉砂粘土岩或粘土岩组成微韵律,发育水平或水平波状纹层或砂纹层理,常含介形虫、淡水双壳类、轮藻及植物碎片化石,见生物潜穴及扰动斑块,含少量钙质结核。此微相应为三角洲洪泛平原沉积。

**相5** 具底冲刷及小型交错层理粗粉砂岩、粉砂岩及粘土粉砂岩。此微相色紫红,组成向上变细的半韵律层。由于底冲刷,其上见少许泥砾与极薄的砂砾岩透镜体,其上可发育正粒序层理以及小型槽状、爬升、砂纹层理,化石稀少,偶见植物碎片、潜穴及生物扰动斑块。此微相应为天然堤或决口扇沉积。

**相6** 具大型交错层理细粒岩屑或长石石英砂岩、粗粉砂岩。此微相呈灰棕-紫红色。底部含细砾或砂砾岩透镜体,具底冲刷,下部发育大型槽状、楔状或板状交错层理,上部粗粉砂岩可见水平、爬升及小型交错层理。本微相在东部下王旗剖面中上部发育,组成向上变细的半韵律旋回,西部铜头尖剖面见于上部,砂岩厚数十厘米。此微相应为分流河道-曲流河道边滩沉积。

**相7** 含钙质结核粉砂岩、粘土粉砂岩或粉砂粘土岩。灰紫-紫红色,以富含钙质结核为特征。结核大小1~15mm不等,呈姜状或不规则球形,含量3%~20%,散布层内中、上部,形成较坚硬的富钙层。除钙质结核外,尚见一些铁锰质凝块、结核、粘土膜及球粒,见滑痕(slickensides)。本微相下部可见水平、水平波状或砂纹层理,向上渐消失,风化面呈疙瘩状,是生物扰动及钙化的结果。其中含介形虫、轮藻及植物碎片,顶部见大量根迹。此微相叠覆在相5、6之上,具古壤层特征,应为三角洲平原分流河道间洼地或洪泛平原沉积。

**相8** 岩块细砾岩。此种砾岩据砾石成分可分为2个亚微相:第一亚微相色灰紫,砾石成分较单一,主要由下伏层剥离出来的钙质结核经搬运磨圆沉积而成,可混入少许泥砾及脉石英,可称“钙结细砾岩”;另一亚微相之砾石除钙质结核砾外尚见灰绿-紫红色粉砂粘土岩、粉砂岩、灰岩及脉石砾石。前者砾石较小,多为2~15mm,厚度薄仅数至数十厘米;后者砾石较大,多为2~35mm,最大达100mm,厚度约2m,显正粒序夹砂岩条带。二者均为钙质胶结、杂基-颗粒支撑,呈长透镜状,延伸数十至数百米,与下伏层呈切割剥蚀关系。前者为分流河道、决口扇河道沉积,后者为三角洲低水位深切河谷滞留沉积。

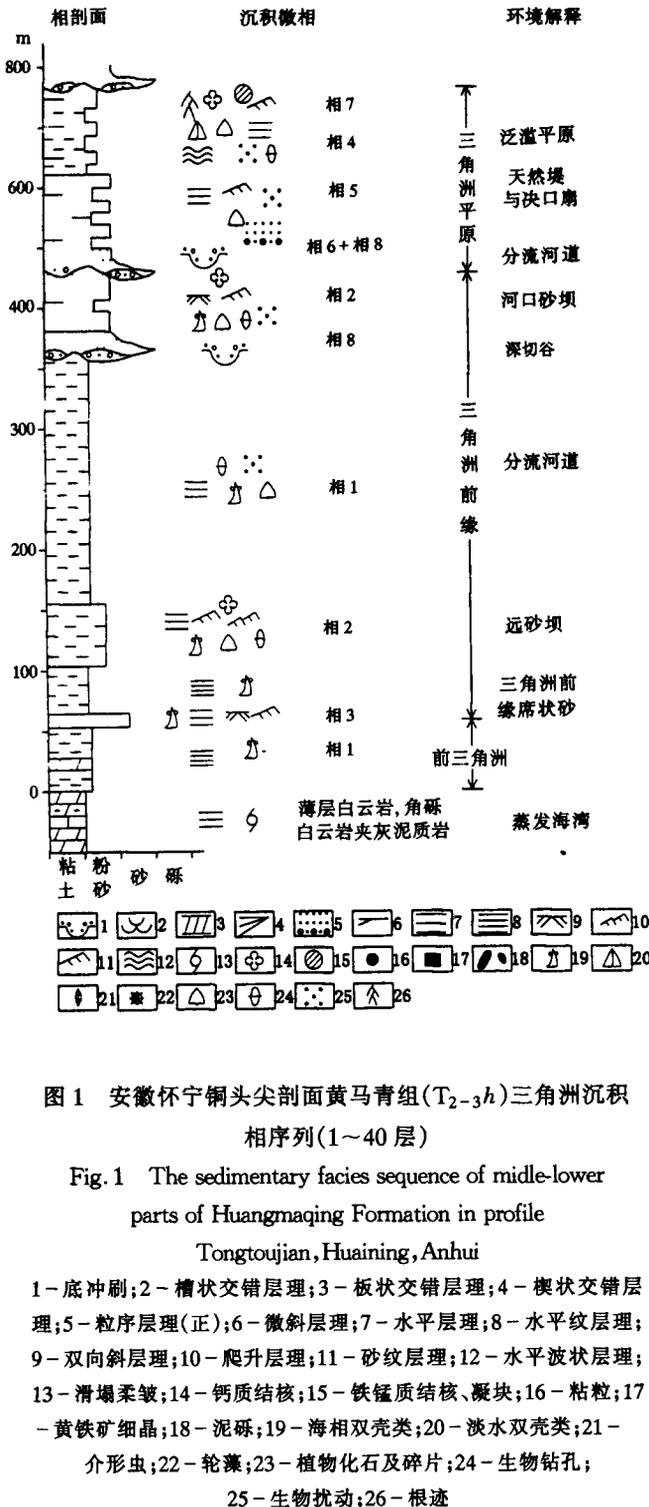


图1 安徽怀宁铜头尖剖面黄马青组(T<sub>2-3h</sub>)三角洲沉积相序列(1~40层)

Fig.1 The sedimentary facies sequence of middle-lower parts of Huangmaqing Formation in profile Tongtujian, Huaining, Anhui

- 1-底冲刷;2-槽状交错层理;3-板状交错层理;4-楔状交错层理;5-粒序层理(正);6-微斜层理;7-水平层理;8-水平纹层理;9-双向斜层理;10-爬升层理;11-砂纹层理;12-水平波状层理;13-滑塌柔皱;14-钙质结核;15-铁锰质结核、凝块;16-粘粒;17-黄铁矿细晶;18-泥砾;19-海相双壳类;20-淡水双壳类;21-介形虫;22-轮藻;23-植物化石及碎片;24-生物钻孔;25-生物扰动;26-根迹

## 4 沉积环境分析

现代三角洲沉积可以直接观察,浅钻取样进行剖面研究,而古代三角洲沉积的确定则需依据微相特征、剖面微相叠置关系、沉积序列、将今论古等综合分析。据作者等对黄马青组剖面微相及沉积序列分析,认为该组是在炎热气候条件下以河流作用为主的海退三角洲沉积体系(图1,2),其沉积相带展布见图3。

### 4.1 前三角洲沉积

代表性微相为相1,富含海相及双壳类化石,以粘土沉积为主,含少量细粉砂,仅发育水平或水平纹层理,见轻微生物扰动(潜穴)及遗迹化石 *Rhisocorallium* 等。这些特征说明其处于滨外浪基面以下浅海环境,而非潮坪。陆源细碎屑由河流注入,沉积于一盐度较高的海湾内(图1,2)。

### 4.2 三角洲前缘

三角洲前缘主要受分流河道影响,其主要沉积体为河口砂坝、远砂坝,分流间湾沉积和前缘席状砂组成。现以铜头尖与钟山剖面为例综合分析如下:

(1)三角洲前缘席状砂:由相3组成,砂岩由微细-细粒石英砂组成,岩屑、长石较少,成分较纯,分选好,含海相化石,叠覆于前三角洲滨外粘土沉积之上,呈席状分布,是由波浪、沿岸流作用于河口砂坝、远砂坝,使砂体侧向移动扩散而成。

(2)远砂坝与河口砂坝:由相2组成,二者的区别在于粒度。远砂坝较细,由细粉砂、粘土粉砂夹粉粘土组成;河口砂坝较粗,可见粗粉砂。海陆化石混生,见水平及砂纹交错层理及

同生滑动形成的包卷层理。砂坝叠覆于前三角洲或分流间湾沉积物之上，是三角洲沉积的主要单元。河口砂坝层序以向上变细为主，界面清楚显示受过侵蚀，也见少许向上变粗的反粒序。顶面常见波痕，一些为直顶，显示出牵引流衰减和顶面受海浪的改造。河口砂坝的粒度概率曲线(图 4B)常见双跳跃组分，总体在 90% 以上，悬移组分次之，滚动组分小于 1% 或缺失，说明其是在河海二种水动力作用下的结果。沉积物经过淘洗，分选好，斜率 60°~70°。

(3)分流间湾,分流间湾是指分流河道间的低洼地区,与海相通,与陆相连,因此有人把此环境划归三角洲前缘亚相<sup>[11]</sup>,也有人归于三角洲平原亚相,各人着重点不同。作者认为泛指的分流间湾应分上、下两部:下部为水下分流河道间的浅海区,称分流间湾(interdistributary bay),应归三角洲前缘亚相;上部分流河道为陆上天然堤两侧以淡水作用为主的洼区,可称为分流河道间区(interdistributary area),则属三角洲平原中的洪泛平原区。分流间湾沉积特征为相 1 第 2 亚微相,色棕灰、灰紫或灰绿、氧化色增加,细粒粘土沉积物为洪水期带来的悬浮物,含海相双壳类或植物碎片,潜穴及生物扰动发育,是水平及砂纹交错层理,常叠覆于远砂坝沉积物之上。

### 4.3 三角洲平原

三角洲平原由分流河道,天然堤、决口扇及决口河道、洪泛平原等微环境组成,其沉积物占据了黄马青组中、上部,显示此处三角洲沉积以河流作用为主(图 1, 2, 5)。

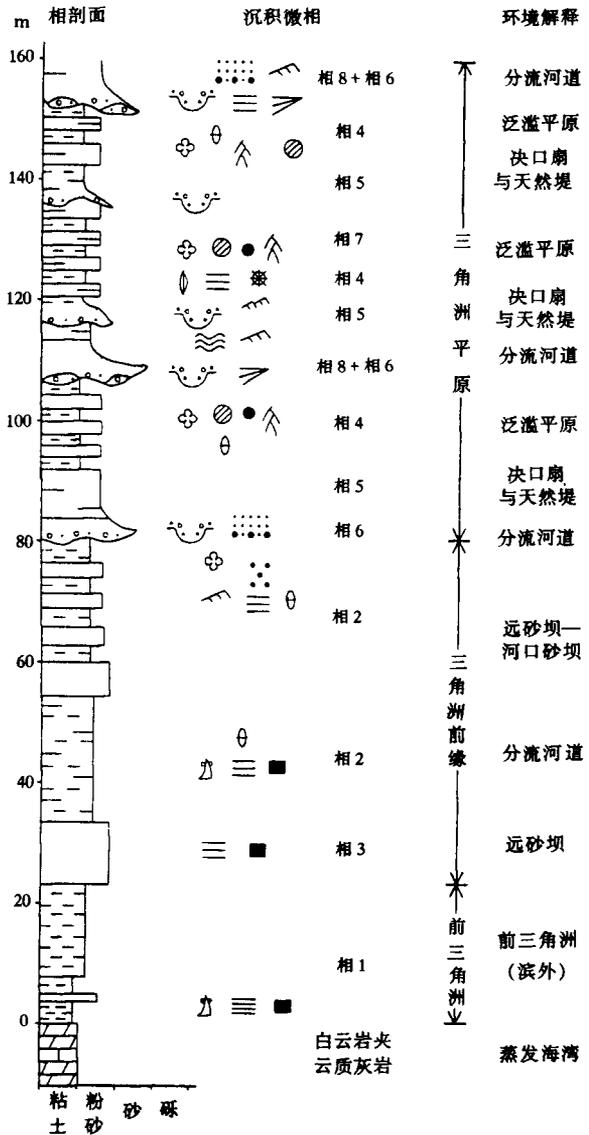


图 2 下五旗剖面黄马青组三角洲沉积序列 (0~2层,底部据江宁县徐家山剖面补充)

Fig. 2 The sedimentary facies sequence of middle-lower parts of Huangmaqing Formation in profile Zhongshan-Xiawuqi, Nanjing, Jiangsu

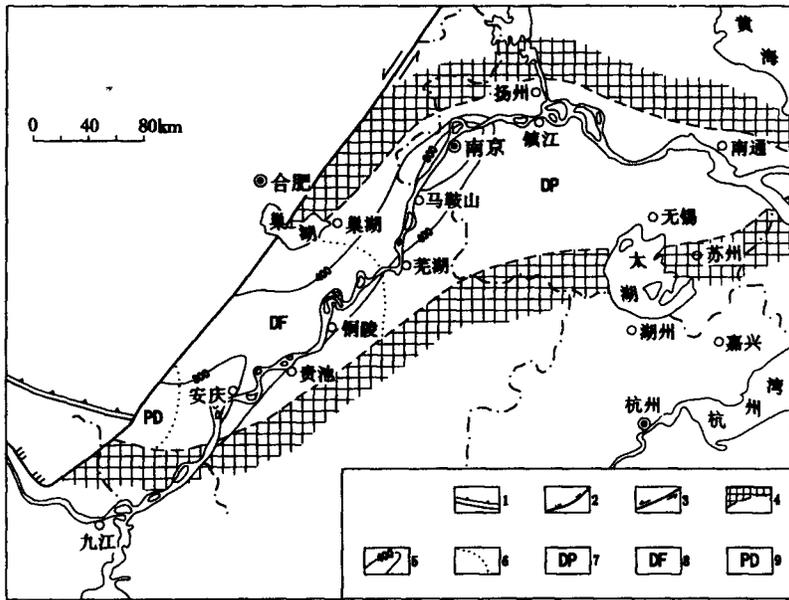


图3 苏皖中—晚三叠世黄马青期沉积相略图

Fig. 3 Sketch map showing the sedimentary facies of the middle-upper Triassic Huangmaqingian in Jiangsu and Anhui and its neighboring areas

1-俯冲板块边界;2-后期逆冲推覆边界;3-后期走滑断裂带(郟庐断裂);4-盆地残留边界;5-沉积等厚线;6-沉积相界;7-三角洲平原相;8-三角洲前缘相;9-前三角洲

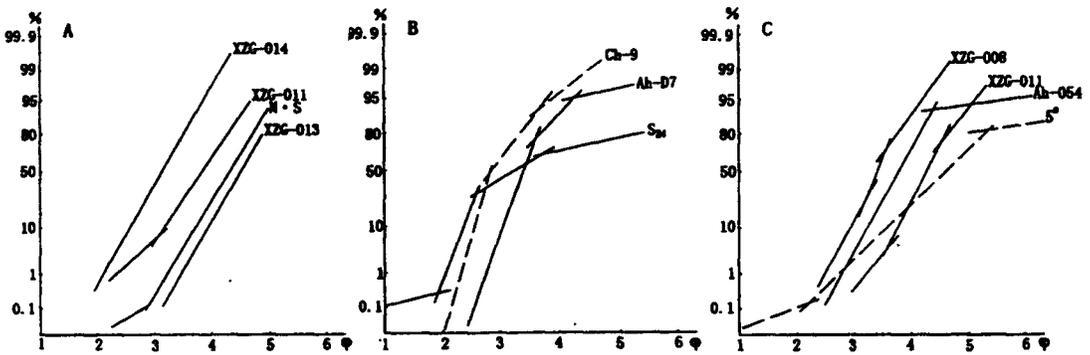


图4 黄马青组不同砂体概率曲线

Fig. 4 The probability accumulation curve about sandstones of Huangmaqing Formation

A. Levees, B. Mouth bares, C. Distributary channel

A-天然堤;B-河口砂堤;C-分流河道;XZG-铜头尖剖面;Ah-下五旗剖面;5<sup>#</sup>、S<sub>24</sub>、Ch9-长江三角洲<sup>[13]</sup>;

M. S-密西西比河<sup>●</sup>

(1)分流河道:是三角洲平原上的主要沉积单元,在洪泛平原侧向迁移时而得到极大的扩展。其沉积序列与河流沉积层序一致,不同处是不同程度受潮汐影响。从图1、2看出,层序基部见剥蚀面,面上,见透镜状砂砾岩或含砾砂岩透镜体(相8),为河床滞留沉积。其上

● 郑浚茂编著,陆源碎屑沉积的粒变分析标志,武汉地质学院研究生部,1982

为砂岩,具大型交错层理,属边滩沉积。在下三角洲平原分流河道砂及边滩主要由粗粉砂、粉砂组成,而上三角洲平原则主要由细砂组成。随着三角洲向西延伸,南京下五旗剖面上部显示出曲流河沉积相序(图 5)。分流河道砂体概率曲线由悬浮和跳跃总体组成。仅在主河道呈网状时见少量滚动总体,悬浮总体含量较高分选较好,跳跃总体分选中等,S. T 截点突变或过滚,受海潮影响有时出现跳跃(图 4C)。

(2)天然堤与决口扇:天然堤为洪水漫溢河床时沿河床两岸沉积,而决口扇是洪水切割天然堤流入泛滥平原沉积的叶状体。二者在平面上易于区分而在垂向上则相互叠加形成向上变细(少数向上变粗)的韵律层。在黄马青组所见,下部为粗粉砂、粉砂单元,见底冲刷含泥砾或少许细砾,是洪泛期漫堤或小决口河道沉积物,构成天然堤沉积总体;上部粉砂或粘土粉砂-粉砂粘土单元主要是决口扇沉积物,是由洪峰越过天然堤,快速向泛滥平原扩散,流速剧减,悬浮物大量沉积而成,显正粒序具浊流沉积特征。层内见小型交错、爬升、水平波状层理,见植物化石碎片及炭屑。天然堤砂体粒度概率曲线基本为一单一的悬浮总体组成(图 4 A),占 90%~100%,跳跃总体少见,一般小于 10%,无滚动总体,悬浮总体倾角 50°~65°。天然堤砂体概率曲线可与密西西比河对比。

(3)泛滥平原:沉积物由紫色粘土粉砂岩、粉砂粘土岩等细粒沉积物组成(相 4),是洪水漫堤后带来的悬浮沉积物,可与决口扇末端舌状粉砂沉积物叠置组成泛滥平原充填序列。层

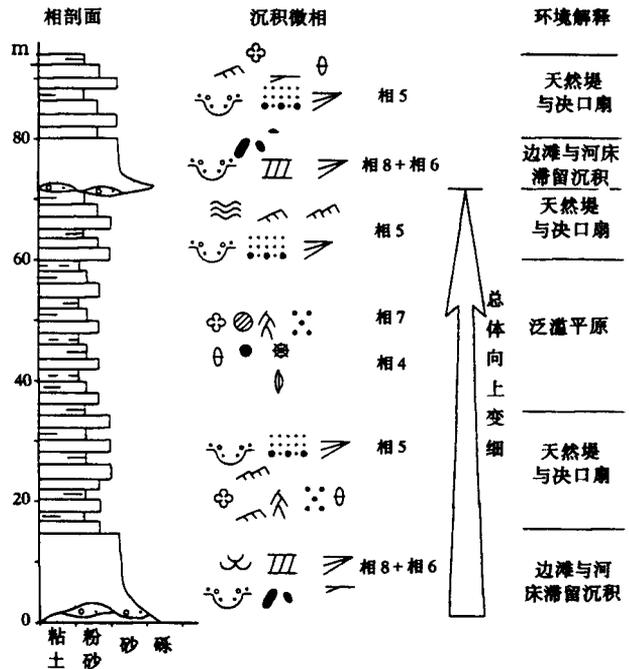


图 5 南京下五旗黄马青组中-上部曲流河沉积序列 (64~70层,图例见图 1)

Fig. 5 The sedimentary facies sequence of meandering river in the upper part of Huangmaqing Formation along Zhongshan-Xiawuqi profile, Nanjing

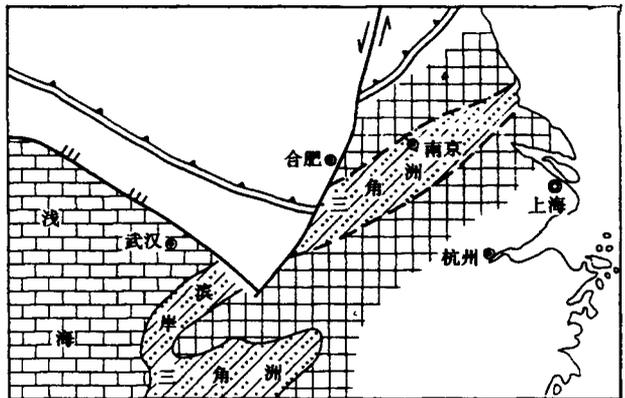


图 6 中下扬子区中三叠世古地理略图  
Fig. 6 Sketch map showing the palaeogeographic distribution of the middle Triassic Ladinian in middle-lower Yangtze area

内以水平及砂纹层理为主,其上部由于长期暴露而发育土壤化,见根迹与钙质结核(相7),含植物及淡水微体化石,有时见短暂的湖泊沉积。

## 5 讨 论

对黄马青组的沉积环境解释主要有以下观点:湖相<sup>[14,15]</sup>,滨岸平原相<sup>[16]</sup>,碎屑岩台地<sup>[17]</sup>,或海陆交互相。作者研究证明其为一大型古河流三角洲沉积。

(1)苏皖黄马青组虽经剥蚀改造难以恢复其原貌,但平面上总体为向西呈喇叭状的开放体系(图3),海相层增厚、增多,粒度变细,向东海洋影响减弱,粒度变粗,中上部以河流沉积为主,具向西推进的三角洲沉积相带。分析认为,此三角洲进入南秦岭—大别以南的海域后(图6),由于后期造山带南缘的推覆和郟庐断裂左行走滑,破坏了原古地理面貌。

(2)黄马青组剖面具典型河流三角洲的垂向层序及相应的微相,总体构成向上变粗的大型海退三角洲序列。

(3)生物化石组合亦与三角洲垂向序列相适应,底部、下部以海相生物组合为特征,向上变为咸水、半咸水及淡水生物相间,中上部或上部全为淡水生物组合,分别代表着前三角洲、三角洲前缘、三角洲平原三大生物环境。

(4)上述垂向变化从遗迹化石及地层微量元素上也可得到印证:毕德昌等(1996)认为黄马青组下部为“河口湾或下三角洲平原”沉积,上部为泛滥平原及河道沉积<sup>[18]</sup>,亦否定了湖相沉积可能性;据陈楚震等(1988)测定,黄马青组下部杂色层粉砂粘土岩 B 元素质量分数达  $300 \times 10^{-6}$ ,表明为海水环境(前三角相),杂色层上的中段紫红色粉砂岩、细砂岩  $Sr/Ba = 0.6$ ,显示出滨岸相(下三角洲平原),而上段砂岩、粉砂岩  $Sr/Ba = 0.4$  显示河流相(冲积平原)特征<sup>[4]</sup>,从另一侧面证实黄马青组海退三角洲的垂向层序。

参加此项研究的野外工作人员,先后有倪若水、吴其切研究员,在此表示谢意。

## 参 考 文 献

- 1 陈华成,吴其切等.长江中下游地层志.合肥,安徽科学技术出版社,1991,390~460.
- 2 安徽省地质矿产局区域地质调查大队.安徽省地层志,三叠纪分册.合肥,安徽科学技术出版社,1987,16~41.
- 3 吴其切等.南京附近黄马青群的进一步划分和地质时代研究.中国地质科学院院报南京地质矿产研究所分刊,1980,1(1):65~90.
- 4 陈楚震,王义刚,王志浩,黄 嫔.江苏南部的三叠纪地层,见:江苏石油勘探局地质科学研究所,中国科学院南京地质古生物研究所合著:《江苏地区下扬子准地台震旦纪—三叠纪生物地层》.南京大学出版社,1988,315~363.
- 5 李金华,丁保良.苏皖地区的“黄马青群”.地质论评,1982,28(2):103~107.
- 6 黄仁金,南京钟山中三叠统黄马青组的轮藻化石.古生物学报,1983,22(4):429~435.
- 7 Elliott T. Deltaic system and their contribution to an understanding of basin-fill successions, In: Deltas-sites and Traps for Fossil Fuels(Ed. by M K G. Whateley & K T. Pickering). Spec Pubs Geol. Soc. London. 1989,41:3~10.
- 8 朱 光,徐嘉伟等.下扬子地区沿江前陆盆地形成的构造控制.地质论评,1998,44(2):120~129.
- 9 夏邦栋,李培军等.下扬子区中生代走滑活动带初析.石油与天然气地质,1994,15(3):193~200.
- 10 董树文,方景爽,W. Schneider等.下扬子中三叠世—中侏罗世沉积相与印支运动.地质论评,1994,40(2):111~118.
- 11 刘宝瑞,曾允孚主编.岩相古地理基础和工作方法.北京:地质出版社,1985:120~130.
- 12 Elliott T, Deltas. In: Sedimentary Environments and Facies. Second edition (Ed. by H. G. Reading) Blackwell Scientific Pub-

lications Oxford London Edinburgh, Boston Palo Alto Melbourne, 1986:113~154.

- 13 黄慧珍, 唐保根, 杨文达等. 长江三角洲沉积地质学. 北京, 地质出版社, 1996:37~48.
- 14 吴其切, 胡存礼, 杨文达. 江苏及邻区中生代陆相生物地层、沉积相和油气特征. 中国地质科学院南京地质矿产研究所刊, 1986. 增刊第2号(总26号):10~17.
- 15 夏邦栋, 李培军. 中国东部扬子板块同华北板在中一晚三叠世拼接的沉积学证据. 沉积学报, 1996, 14(1):12~20.
- 16 刘宝瑞, 许效松. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪). 北京: 科学出版社, 1994:159.
- 17 冯增昭, 鲍志东, 李尚斌等. 中国南方早中三叠世岩相古地理. 北京: 石油工业出版社, 1997:121~134.
- 18 毕德昌, 钱迈平, 郭佩霞. 下扬子地区三叠纪黄马青组遗迹化石与古环境. 古生物学报, 1996, 34(4):455~464.

## Sedimentary Environments and Facies Architecture of Middle-Upper Triassic Huangmaqing Formation: A Palaeofluvio-deltaic Depositional System

Yue Wenzhe Ye Zhizheng Bi Zhongqi

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing)

**Abstract** This paper has studied the sedimentary environments facies and depositional system of the Middle-Upper Triassic Huangmaqing Formation in Anhui and Jiangsu Provinces, China. On the basis of sedimentary structures and their genetic types, we have recognized eight lithophases in the profiles of Huangmaqing Formation.

Lithophase 1 Grey, greyish green and brownish grey claystone intercalated with dolomitic silty claystone, with marine fossils

Lithophase 2 Greyish purple sandy coarse siltite, siltite and clay siltite, with marine brackish water fossils

Lithophase 3 Grey, greyish green very fine to fine quartz sandstone and coarse siltite, with marine fossils

Lithophase 4 Greyish purple and purplish red silty claystone and clay siltite with fresh water fossils and plant fragments

Lithophase 5 Greyish purple coarse siltite, siltite intercalated with clay siltite, with scours, small-scale cross bedding and climbing ripple bedding

Lithophase 6 Greyish purple to greyish brown fine feldspathic quartz sandstone of lithic quartz sandstone, with medium-large scale cross bedding

Lithophase 7 Greyish purple siltite, clay siltite and silty claystone bearing calcite nodules, with paleosol characteristics

Lithophase 8 Greyish purple, brown lenticular fine conglomerate with scour surfaces

According to the sedimentary sequence and lithophase association of the succession, we consider that Huangmaqing formation formed a large fluvio-deltaic depositional system, and its depositional tectonic setting is a foreland basin. Depositional environments shown in the succession include prodelta, delta front consisting of delta front sand, mouth of distal bars and interdistributary bays, and delta plain consisting of fluvial distributary channels, natural levees, crevassing splays as well as floodplain and lake settings.

**Key words** fluvio-deltaic depositional system Huangmaqing formation Middle-Upper Triassic Jiangsu and Anhui provinces