

下扬子地区晚古生代含油气盆地原型

丁道桂 李萍 吕俊祥

(地质矿产部石油地质中心实验室)

笔者在下扬子地区晚古生代含油气盆地的基底特征的基础分析上,着重叙述克拉通向斜拗陷盆地的原型特征。从沉积及沉降、构造发展等因素对下扬子区晚古生代盆地作构造区划,划分其三个发展阶段,即断陷—拗陷—转化。印支—早燕山运动以来主要是自东南向西北强烈褶皱、推掩的板内变形,其主要构造样式为基底拆离。对上古生界作叠加和保存,前缘拗陷内发育了中新生界,对油气生成与聚集是有利的因素。

下扬子地区(浙西、苏皖南)晚古生代(包括早、中三叠世)盆地是在早古生代扬子准地台和江南准地槽基础上形成的克拉通拗陷盆地。

一、盆地的大地构造位置

下扬子地区的前寒武纪的基底大致以七都—宣城一线为界,从这一线以北至大别—胶南隆起区之间的下扬子区,下元古界基底可能是属于刚性,大致形成于1855—2233Ma的混合花岗岩和花岗片麻岩类结晶杂岩的古陆核;从这一线以南至华夏隆起之间的江南—钱塘区,双溪坞群钙碱性系列的中基性火山岩、酸性熔岩、火山碎屑岩、砂砾岩夹砾质岩、泥岩及鲕状灰岩透镜体代表了中元古代早期的海相火山岩建造序列。从火山岩的富钠、富轻稀土以及基性岩富铁、富钛的特征看,它们是在陆壳分裂的基础上形成的海底喷发,极有可能属于岛弧—海槽过渡带的产物^{*}。经神功运动,钱塘岛弧隆起带初步固结褶皱,并在岛弧隆起带北西侧发育了中元古代中、晚期的皖南—浙西弧后海槽,在半深水还原环境下沉积的上溪群是一套厚度巨大、变质程度较浅的浊流相钙泥质板岩、石英片岩、硬砂岩、粉砂岩地层,属冒地槽型复理石、粗碎屑岩组合序列。在闽浙沿海地区,陈蔡群和建欧群以各种片岩、片麻岩、浅粒岩和石英岩为主夹大理岩和磁石英岩,已强烈变质,它们构成了华夏古陆的1695—1800Ma早元古代的褶皱基底。

东安—晋宁运动结束了皖南—浙西中元古代地槽及其过渡发展阶段,上元古界普遍不整合于中元古界之上。扬子准地台第一次克拉通化的结果使得华夏古隆起与皖南—浙西弧后海槽一起拼接在扬子准地台东部边缘上,而后进入了加里东旋回的槽台对立的盆

^{*}秦德余等,1985,皖南—浙西古生代盆地基底和建造序列与演化(未刊)。

地发育时期。皖南—浙西在一度抬升之后又下拗分裂并插入在下扬子准地台与华夏隆起之间，形成为东北端由于二者之聚敛而逐渐抬升西南下倾的拗拉槽，即晚元古—早古生代的江南准地槽。这一准地槽包括两侧的过渡带的边界，笔者认为其北界应在七都—宣城断裂，南界可推延到江山—绍兴断裂。震旦系灰绿、灰紫色砂岩、冰碛砾岩、冰水沉积碎屑岩及上覆碳酸盐岩地层是代表了盆地早期受地貌和断裂控制的不稳定沉积。如果把这一时期的沉积与下伏的晋宁运动时期的铺岭组中基性—中酸性火山岩系一起作为盆地初始张裂阶段的陆相火山岩、磨拉石石英砾岩、碳酸盐岩沉积序列是不无道理的。从震旦系上部（西峰寺/皮园村组）到上寒武统西阳山组碳酸盐岩、泥质岩、硅质岩组合是江南拗拉槽拗陷沉降阶段的产物。下奥陶统印渚埠组—上奥陶统五峰组所沉积的巨厚的笔石页岩相复理石建造是拗拉槽鼎盛发育时期的主要特征之一。志留系巨厚层以长石、石英砂岩、粉砂岩为主的粗碎屑岩夹泥质岩地层则属于拗拉槽发育后期，由于加里东运动而促使华夏隆起抬升、华南加里东地槽开始封闭并侧向挤压时所形成的与前缘拗陷有关的冲积扇体，标志着江南拗拉槽的快速充填和消亡。

从震旦纪晚期之后，大致以七都—宣城断裂为界，下扬子准地台与江南准地槽两大构造沉积区分野基本明朗。在准地台区，从震旦系上部灯影组开始到下志留统高家边组是一套在地台稳定沉降环境下的碳酸盐岩为主夹泥质岩类的克拉通台向斜拗陷组合。直到中、晚志留世才出现与盆地收缩有关的前缘粗碎屑沉积。

在加里东旋回，扬子准地台东部由稳定地台块体、江南拗拉槽、华夏隆起及毗邻的华南加里东地槽共同组成的镶嵌格局呈现出克拉通不稳定周边的构造风格，这是在早古生代槽台对立发展构造体制下，导源于地幔热对流活动，大陆地壳“手风琴”式此张彼合运动的结果。基底性质的差异是形成七都—宣城断裂两侧盆地、地层沉积和岩浆活动差异的主要因素之一。这种影响一直延续到晚古生代及其尔后的构造阶段，晚古生代盆地就是在此基础上形成和发展起来的克拉通拗陷。

二、盆地的结构与构造单元

从《下扬子地区加里东期后古构造图》（图1，2）分析，下扬子地区晚古生代盆地自东向西划分五个北东向排列的主要沉积构造单元：钱塘拗陷、江南隆起、苏锡—宣广拗陷、南陵—金坛低凸起、南京—巢湖拗陷。

钱塘拗陷：位于华夏隆起和江南隆起之间，是在早古生代华夏隆起北西侧的江南拗拉槽的基础上形成的上叠拗陷盆地。早古生代控制江南拗拉槽沉降的苏州—顺溪断裂、青浦—马金断裂、奉贤—球川断裂仍然控制了晚古生代盆地沉降和沉积，因而具有较大的活动性。平面上为一走向北东 45° — 50° 的狭长拗陷，剖面上为两侧发育有同沉积断裂的不对称断陷型拗陷，沉积中心偏于江南隆起东南缘，地层向东南超覆在华夏隆起的西部斜坡上。

苏锡—宣广拗陷：位于江南隆起西北侧的休宁—广德断裂和南陵—金坛水下低凸起南侧的七都—宣城断裂之间，亦是在早古生代江南拗拉槽基础上所形成之上叠盆地。拗陷又可分为单体呈椭圆形、北东向排列的苏锡、宣广两个次级凹陷，断裂主要是对上泥

盆一下石炭统起了控制作用。地层向东越过休宁—广德断裂超覆在江南隆起上。沉积中心略偏于七都—宣城断裂一侧，剖面上呈现为偏对称之断—拗结合型之形态。

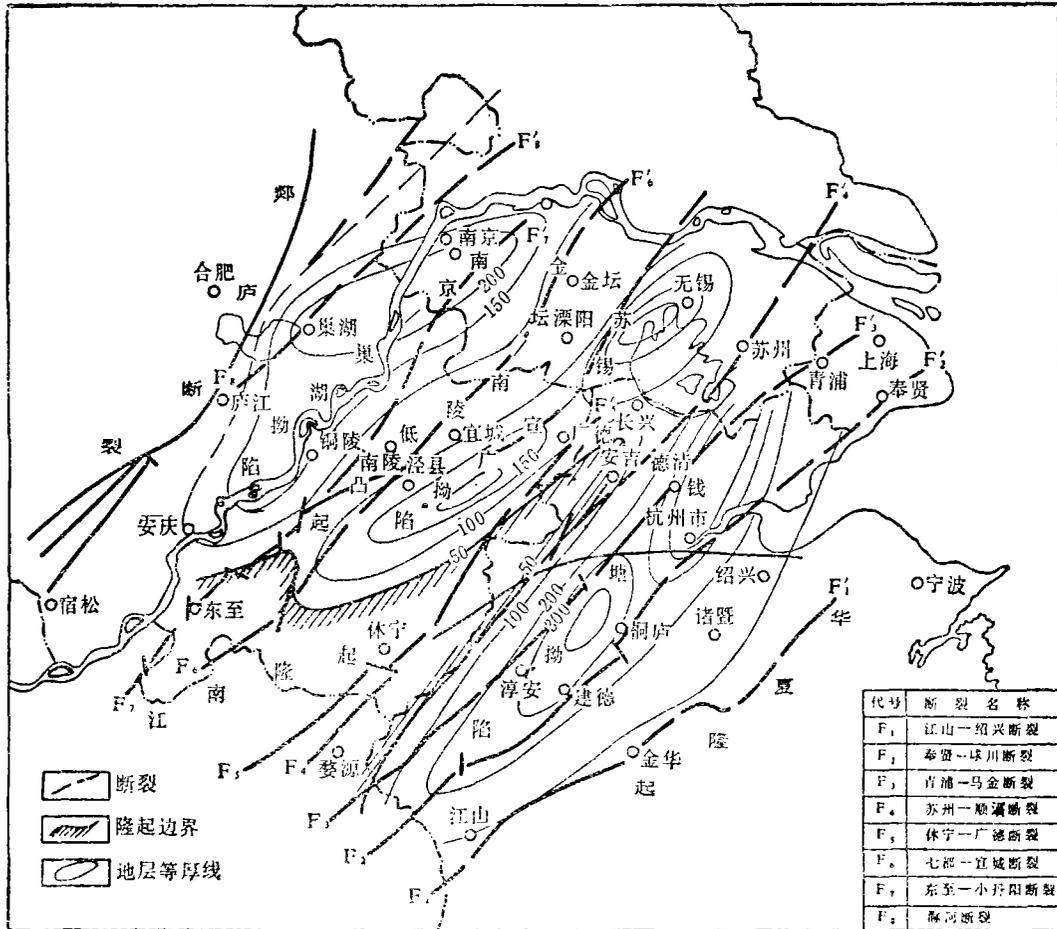


图1 下扬子地区加里东期后古构造图

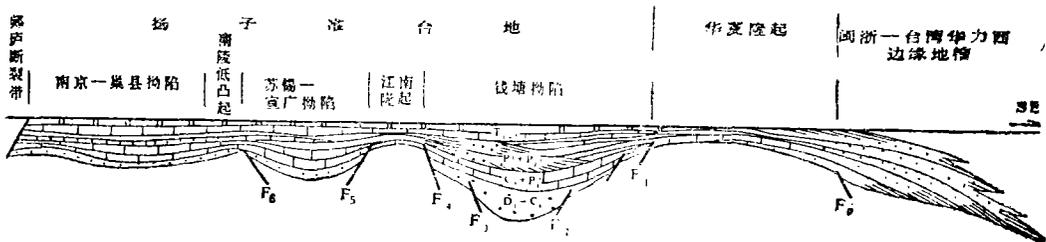


图2 下扬子地区晚古生代(D₃—T_{1,2})盆地原型示意图

南京—巢湖拗陷：位于南陵—金坛水下低凸起和郟庐断裂带之间，是在早古生代下扬子台向斜拗陷的基础上形成的盆地，基底有相对较高的稳定性。盆地的沉降与沉积主要是受区域性沉降所制约。拗陷内又大致分为南京—巢湖、宿松—安庆凹陷两个次级构

造单元，属平面上比较宽阔、断裂作用不甚明显、形态单调、基本对称之浅拗陷。沉积中心一般位于凹陷中心，但各时期有游离和迁移。

分隔三个主要拗陷单元的江南水下隆起和南陵一金坛水下低凸起均是盆地南侧江南隆起在盆地内的指状倾没部分，它对拗陷的沉积和地层、岩性分布起了“门槛”的控制作用。

从盆地的形态与结构上所反映的基本地质规律是：平面形态上，拗陷及次级单元呈北东向分布与加里东运动格局大致相协调，拗陷在东南部比较狭窄紧密，向北西则开阔而不规则。剖面上则由地堑型断陷向浅拗陷过渡，显示出由活动向稳定的趋向。这主要是由于下扬子区晚古生代盆地基底性质的差异所决定的。因此，钱塘拗陷较之于南京—巢湖拗陷具有更大的活动性。

三、盆地的沉降与沉积

在全球构造运动体制的过渡阶段中形成的晚古生代盆地，根据其地层组合序列，结构构造特征，大致可分为三个主要的沉积—构造演化阶段：晚泥盆世—早石炭世断陷发育阶段，中石炭世—早二叠世拗陷发育阶段，晚二叠—中、下三叠世转化阶段（表1）。

表1 下扬子地区晚古生代盆地构造演化阶段

时 代	地 层		地 层 厚 度 (m)	构造体制	沉 积 组 合	构造环境	原 型	
三叠纪	早三叠世	青龙群	T _{1+2g}	500—1100	盆地转化阶段	海陆交互相碎屑岩、煤系及河流—三角洲相沉积体系，陆表海闭塞海湾相硅质岩、页岩和台地碳酸盐岩。	华夏、江南隆起抬升，盆地向统一的克拉通拗陷转化	克 拉 通 台 向 斜 拗 陷 盆 地
		长兴组	P _{2d}	20—250				
二叠纪	晚二叠世	龙潭组	P _{2l}	50—250	全球构造运动体制的过渡阶段	以陆棚海、陆表海碳酸盐岩为主及闭塞海湾相硅质岩、黑色页岩，后期以海相为主的河口—三角洲沉积体系碎屑岩、页岩。	盆地整体向东南作区域性倾斜和拗陷沉降	
		堰桥组	P _{1y}	10—300				
		茅口组	P _{1g}	40—200				
石炭纪	早二叠世	栖霞组	P _{1q}	150—250	盆地断陷阶段	早期为河流冲积扇体系磨拉石粗碎屑岩、长石石英砂岩，后期为河流相、滨海相长石、石英砂石、杂色页岩、白云质灰岩的沉积组合	盆地受断裂差异沉降活动所控制，凹陷分隔性和线性特征明显	
		船山组	C _{3c}	10—200				
	中石炭世	黄龙组	C _{2h}	50—200				
	早石炭世	叶塘组	C _{1h}	5—20				
		高骊山组	C _{1g}	20—100				
金陵组	C _{1j}	5—10						
泥盆纪	晚泥盆世	珠藏组	D _{3w}	150—400	古全球构造运动槽台对立体制下后期前缘拗陷中的陆源碎屑岩充填沉积。			
晚志留世	唐家组	S _{3ms}						

(一)晚泥盆世—早石炭世盆地断陷阶段的沉降与沉积特征:加里东运动期后的古地形、古地貌及隆起带两侧的同生断裂是决定盆地内沉降与沉积的主要因素。华夏隆起、江南隆起在作为主要物源区的同时亦控制了沿隆起带陡侧的上泥盆统冲积扇体的分布。泥盆纪末期,钱塘拗陷曾一度抬升而广泛缺失下石炭早、中期地层。直到早石炭世晚期才在西南端沉积了叶家塘组含煤碎屑岩地层。南陵—金坛一带抬升凸起,成为分隔南京—巢湖拗陷和苏锡—宣广拗陷下石炭统两个不同岩性、岩相分区的“门槛”。这一阶段盆地分隔性和活动性较强的特征是体现在盆地内形成了一套以陆源粗碎屑物为主的砂砾岩、长石石英砂岩、杂色页岩和生物碎屑灰岩、泥灰岩透镜体的类磨拉石建造上。

上泥盆统地层为石英砂砾岩、砾岩,向上过渡为含砾石英砂岩、细砂岩及杂色含煤线页岩。发育大型交错层理、板状层理和粒序层理。其厚度在钱塘拗陷、苏锡—宣广拗陷较大,属于以石英砾岩、砂砾岩为主的大型山麓冲积扇体。向拗陷中心粒度变细,出现富含拟鳞木、亚鳞木化石的粉砂岩、杂色页岩之沉积透镜体。向地台方向,地层厚度减薄为单一滨岸石英砂岩。这一建造组合上部的下石炭统金陵组在苏锡—宣广拗陷是黄绿色石英砂岩、含铁质石英砂岩夹黑色页岩,而在南京—巢湖拗陷则为黑色含生物碎屑灰岩,富含腕足、珊瑚类化石。高骊山组:是在潮上一潮间带浅水氧化环境下沉积的滨岸紫红—杂色石英砂岩、粉砂岩夹页岩和煤线的地层,沉积构造以水平层理、小型交错层理、斜层理为主。而和州组仅在南京—巢湖拗陷内分布。是潮间—潮上浅水氧化环境下局限海台地相灰—灰紫色泥质灰岩、白云岩。盆地断陷阶段的沉积建造的岩性、厚度和分布不稳定,分区明显,横向变化较迅速,纵向上岩性交替频繁。地层中反映在潮间—潮上浅水带,在较高的水动力条件下和氧化环境中所形成的沉积构造、粒序层理、板状层理、交错层理等较发育。河流、河口冲积扇、滨岸席状砂及局限海台地相的不稳定类型的沉积相组合是这一阶段主要沉积特征之一。

(二)中石炭世—早二叠世盆地拗陷阶段的沉降与沉积:区域性的拗陷沉降使得盆地整体向东南倾斜,以致于在前期对沉积起阻隔作用的南陵—金坛凸起、江南隆起、甚至华夏隆起的一部分亦接受了中石炭—下二叠统的沉积,盆地由分隔趋向于统一。断裂活动相对微弱,主要是区域性沉降幅度的变化而决定了地层的厚度和岩性的纵向变化,横向则显示出高度的统一和可比性。它所形成的以海相碳酸盐岩为主,硅质岩、黑色页岩夹石英粉细砂岩的地台稳定型组合序列构成了克拉通台向斜拗陷最显著的特征之一。

中石炭统黄龙组为浅黄灰色中厚层灰岩、含生物碎屑亮晶灰岩,底部多为含燧石、石英砂砾之白云岩。上石炭统船山组为灰褐色球状藻灰岩。下二叠统栖霞组灰黑色含沥青灰岩、含燧石条带、燧石结核灰岩、薄层炭质页岩,富含珊瑚、腕足、蛭科等生物化石。这些地层都是在潮下浅水到半深水的亚氧化—亚还原环境下,浅水陆棚—深水陆棚相碳酸盐岩沉积,其岩性及厚度分布都比较稳定。

尽管如此,在盆地区域性整体沉降过程中,基岩性质和稳定性的差异还是或多或少地在早二叠世中、晚期的沉积环境、相和地层的岩性、厚度上反映出来。下二叠统钱塘拗陷内的茅口组的灰色厚层含燧石生物灰岩、灰岩夹薄层硅质页岩,生物化石以蛭科、珊瑚和腕足类为主。而在苏锡—宣广拗陷、南京—巢湖拗陷孤峰组则是以黑色硅质岩、硅质页岩为主夹薄层透镜状泥质灰岩,局部含磷。生物化石呈现出腕足类、腹足类、菊

石、瓣鳃和放射虫相共生之组合面貌。沉积构造以水平层理为主，是在潮下静水低能的还原环境下，闭塞海湾相沉积。下二叠统堰桥组：主要分布在南陵—金坛低凸起以东的苏锡—宜广拗陷和钱塘拗陷内，上部灰—深灰色粉砂岩为主与黑色页岩、粉砂质泥岩不等厚互层，间夹薄层灰岩和煤线；下部深灰色泥岩、硅质页岩夹深灰色粉砂岩。发育有水平层理、波状层理及小型交错层理。在钱塘拗陷上部出现多层灰岩、生物碎屑灰岩。生物发育有瓣、腕足类及苔藓虫、瓣鳃等。地层厚度由西部的50m向东剧增至约300m，形成一巨型楔形体。从沉积再造横剖面图和等厚图上（图3,4）可看出：堰桥组从南陵—金坛低凸起以东实际上是一个河流相、三角洲泛滥平原相、分支河道相到三角洲前缘直至陆架灰岩的一个大型三角洲沉积体系。

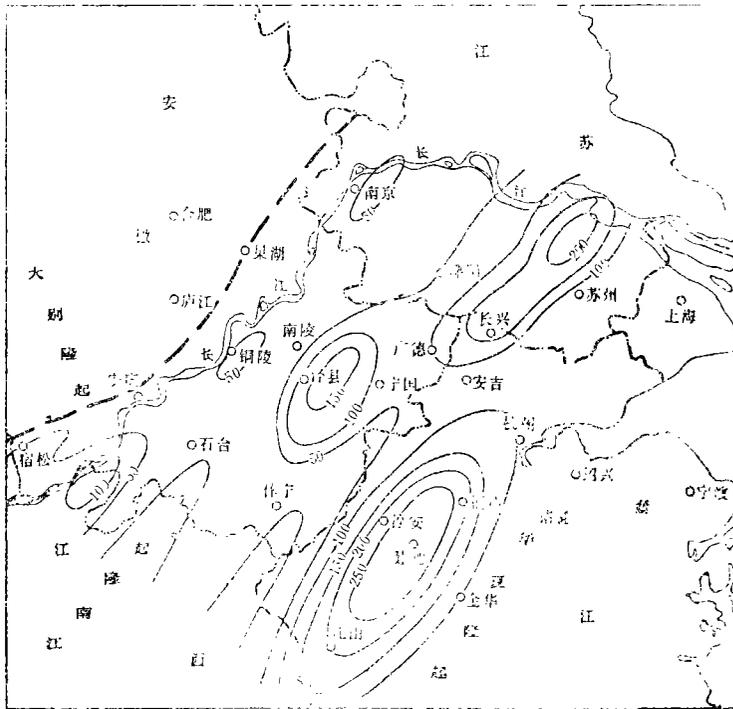


图3 下扬子地区二叠系堰桥组（ P_1y ）等厚图

（三）晚二叠世一早、中三叠世盆地转化阶段的沉降与沉积：如果说在拗陷沉降阶段盆地趋于统一而充分显示了克拉通台向斜拗陷的特征的话，那么在这一阶段，尤其在早、中三叠世盆地则处于总体抬升、收缩和向中生代板块运动体制过渡的构造背景之下，克拉通台向斜拗陷的色彩则更加强烈。由于华夏隆起和江南隆起的进一步抬升及尔后更广泛的区域性构造挠曲作用，盆地开始收缩，进而形成了以海陆交互的含煤碎屑岩系、碳酸盐岩、泥质岩和蒸发岩为主的地层组合序列。

上二叠统龙潭组：下部灰白色块状石英长石中细砂岩、中部黑色页岩与灰色粉细砂互层且夹薄层灰岩和煤层，上部黑色页岩、粉砂质泥岩夹薄层灰色砂岩、灰岩。常见波状交错层理、粒序层理和水平层理，生物以植物为主，有腕足、瓣鳃类海相生物等。地

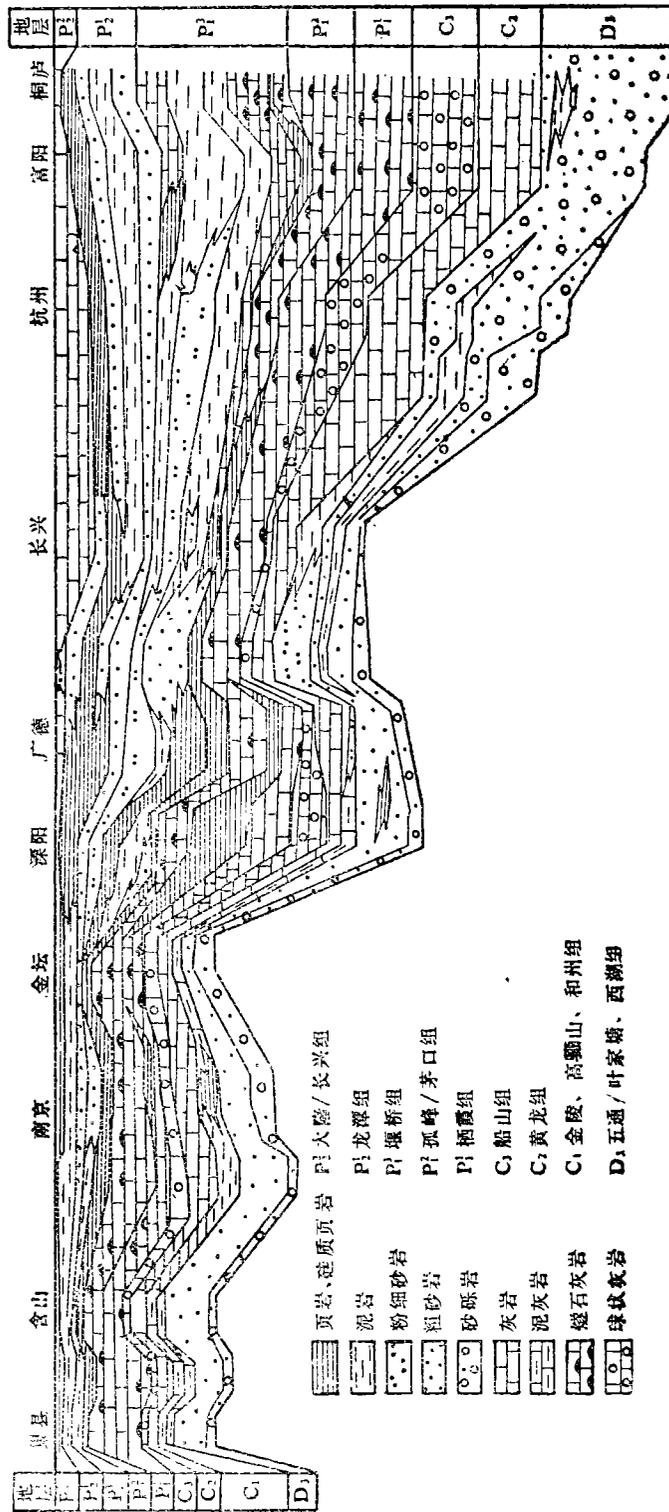


图4 下扬子地区晚古生代 (D₃-P₃) 盆地沉积再造横剖面 (巢县—桐庐)

层厚度由南陵—金坛低凸起以西的20—80m向东迅速增至150—250m而呈楔形，且海相灰岩的夹层增多。亦属一个从河流相、三角洲泛滥平原、分支河道到三角洲前缘相、前三三角洲的大型河口三角洲沉积体系。但较之于堰桥组来说，盆地更处于半封闭状态，以陆相沉积为主，且沉积中心亦向西迁移。在南京—巢湖拗陷和宣城凹陷是大隆组黑色硅质页岩夹薄层透镜状灰岩、粉砂岩地层分布区，含菊石、瓣鳃类生物化石。是在潮下深水到浅水还原环境下的闭塞海湾相沉积。而代表浅水高能带亚氧化环境下的台地边缘相的富含瓣科、腕足类，厚层灰色微晶白云质灰岩、白云岩、生物碎屑灰岩的长兴组地层则分布于苏锡拗陷和钱塘拗陷北部。

中、下三叠系青龙群：其下部是在半深水到浅水低能带还原环境下的闭塞海湾相的灰黑色、深灰色钙质泥岩与薄层泥晶灰岩互层的地层，具有韵律性水平层理。含丰富的菊石、瓣鳃类。中部则是在潮下浅水低能亚氧化到亚还原环境下的半局限海台地、浅水陆棚相沉积为主的薄层状泥晶虫迹灰岩、灰紫色薄层瘤状灰岩、厚层蠕虫状灰岩；瘤状构造、蠕虫状构造、微波状层理较发育。须指出的是在盆地东侧苏锡—宣广拗陷中存在一个江阴—宜兴、宣城的水下沉积隆起，发育了一套厚度较大的，在潮间带高能氧化环境下形成的隐伏台缘到台地边缘相淀晶粒屑灰岩、鲕白云岩、层纹石、凝块石灰岩及藻团、鲕粒和生物碎屑的礁滩。随着盆地逐步抬升、封闭，在青龙群上部则出现了以褐灰、紫灰、灰黄色白云岩、含云灰岩、膏溶角砾岩和膏盐层为代表的在浅水氧化环境下局限海台地相的蒸发岩类地层，标志着盆地开始萎缩和转化。而上三叠统黄马青组则已是与印支运动有关的盆地快速充填和消亡的陆源粗碎屑岩沉积了。

四、盆地的叠加与改造

导源于特提斯海演化的印支—早燕山运动是下扬子区晚古生代盆地改造的主要运动。其结果是：1) 结束了下扬子区晚古生代盆地在古全球构造运动体制下发展的历史而进入中生代板块运动体制下的陆相盆地的发育时期。2) 华夏隆起和江南隆起向北推掩、挤压，在其前缘形成了晚三叠—早、中侏罗世以杂色砂页岩、石英砾岩和煤系的“前缘拗陷”。3) 下扬子区古生代地层强烈褶皱、冲断形成以掩冲构造为主要样式的板内变形。随着自东南向西北盆地基底性质和沉积充填的变化在变形强度和构造样式上也相应地出现递变规律(图5)。大致分为：钱塘基底拆离式冲断带：发生在中、上元古界浅变质岩系与盆地基底中、下元古界中深变质岩系之间的拆离，使得华夏隆起以北和江南隆起之间的上元古界和古生界产生滑脱，形成一系列以冲断层为主要形式的地层冲断、紧闭褶皱和叠置的变形样式。钱塘拗陷受到抬升和肢解，古生界，尤其是上古生界遭到较多的剥蚀。苏锡—宣广褶皱、掩冲断裂构造带：在江南隆起和七都—宣城断裂之间的沉积盖层是沿着古生界与上元古界浅变质岩系之间的泥质岩层软弱带滑脱，并以古生界褶皱和低角度的掩冲为主要样式而实现地壳的缩短。上古生界受到较多的剥蚀，但在局部地段上，下古生界或许被低角度断裂的掩冲、叠置而保存。南京—巢湖盖层滑脱推覆构造带：主要是发生在七都—宣城以北的下扬子准地台基底上的古生界沉积盖层之间，上古生界大多沿层间泥质岩类的软弱带(如下志留统高家边组、龙潭煤系等)产生

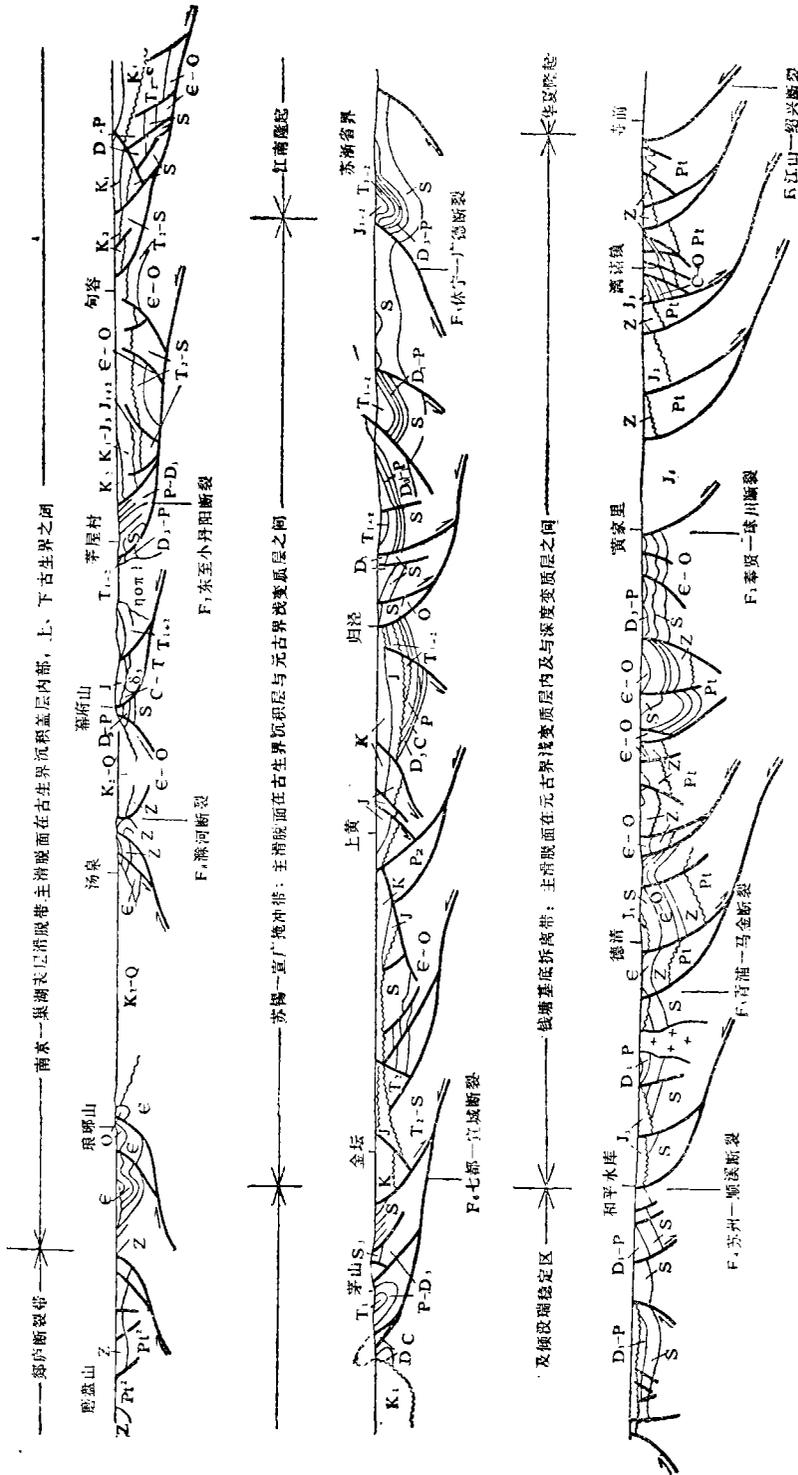


图 5 下扬子地区构造剖面图

滑移和低角度的掩冲、推覆。而下古生界变形则相对微弱，多形成宽缓的背斜和向斜构造而获得较好的保存。总的来看，印支—早燕山运动所导致的克拉通变形强度自东南向西北逐渐减弱，这是基底性质和应力释放衰减联合的结果。4) 随着应力的释放和弹性松弛作用，在主要推覆构造带的后缘形成晚侏罗—晚白垩、第三纪的拉张断陷盆地。早期的印支—燕山期掩冲断裂逆转下滑而成为控制晚期断陷沉降的正断层。例如：宜兴—广德推覆构造后缘的长兴中生代盆地；茅山推覆构造后缘的茅东断裂、七都—宣城断裂所控制的直溪桥中生代断陷盆地和宣城—郎溪盆地；宁镇和铜陵推覆构造后缘东至一小丹阳断裂及其控制的江宁湖熟和南陵中生代断陷盆地。它们一方面肢解、改造了下扬子区晚古生代的克拉通向斜拗陷盆地，同时也对下伏的部分盆体实施了叠加和保存，这对于促使古生界油气形成和聚集无疑是有利的因素之一。

(收稿日期：1986年7月18日)

参 考 文 献

- [1] 王致本, 1986, 胶南隆起变质地层划分及构造演化, 国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集, 第一集, 地质出版社.
- [2] 朱 夏, 1983, 试论古全球构造与古生代油气盆地, 石油与天然气地质, 4卷, 1期.
- [3] 夏邦栋, 1986, 一个加里东期的裂陷槽——对浙西早古生代沉积盆地成因类型的新认识, 石油实验地质, 8卷1期.
- [4] 蔡学林等, 1986, 中国南部前寒武纪构造演化探讨, 国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集, 第一集, 地质出版社.
- [5] Miall A.D., 1984, Principles of Sedimentary Basin Analysis, Springer-Verlag.

THE PROTOTYPES OF LATE PALEOZOIC PETROLIFEROUS BASINS IN LOWER SECTION AREA OF YANGTZE RIVER

Din Daogui Li Ping Lu Junxiang

(Central Laboratory of Petroleum Geology,
Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The characters of deposition and subsidence in lower section area of Yangtze River are discussed in this paper. The authors of this paper point out that the pre-Cambrian basement in the area is composed of Paleo-core, Qiantang Arc Rising Belt and Cathaysia. Firstly, Dongan-Jinning movement cratonized the Yangtze Para-platform and the Caledonian movement ceased the developing stage of trough-platform (graben), and then transformed into the developing stage of cratonic syncline depressions and basins.

In this paper, the characteristics of Late Paleozoic protobasins are described in detail. The structure zones are classified and divided into three developing stages, depending on the structure evolution history, i.e. faultdown, depression and transformation stages. Indosinian-Early Yenshan movement is a major event which reworked the Late Paleozoic basins and resulted the intraplate deformation of severe foldings and nappings, trending from southeast to northwest in the Paleozoic sequences. The deformation pattern mainly is basement decoupling and the foredeep depressions formed at fore-nappings. Such a movement reworked Late Paleozoic intraplate depression, and superposed and preserved the depression as well. All of these mentioned undoubtedly would provide favourable conditions for the Paleozoic oil/gas generation and accumulation and in addition, the petroliferous prospects in Meso-Cenozoic foredeep depression also can not be ignored.