

东海地质调查的回顾与含油气远景展望

周志武 殷培龄

(地质矿产部海洋地质综合研究大队)

一、东海油气资源调查的十年

东海位于长江口至济州岛连线以南,广东省南澳岛与台湾省鹅銮鼻一线以北,东界琉球群岛。面积约77万平方公里。东海的地貌单元可分为大陆架、大陆坡和冲绳海槽与琉球岛架四部分。东海大陆架面积约46万平方公里,是中国大陆向海洋方向的自然延伸、倾没部分,地势平坦而水浅,是近亿年来我国长江等大江河缔造而成的浅海区,含油气远景良好。

七十年代初期,地质部门的许多地质、地球物理学家,通过中国东部盆地油气分布规律与大陆边缘地质构造的研究,指出我国东海及广东近海大陆架蕴藏有丰富的油气资源,提出了积极开展东海油气资源调查的建议。1974年8月地质部在上海召开的“大陆架调查会议”上作出了部署。同年9月由我部海洋地质调查局《海洋一号》调查船揭开了东海石油普查工作的序幕,1974至1977年完成了全海区的综合海洋地质初查,测网为 40×80 公里。调查方法有地震、重力、磁力和测深,工作量约1万公里。提交了“东海海区综合海洋地质初查报告”。初步查明东海地形及地质构造基本轮廓,指出了东海具有“盆地面积大、沉积厚度大、构造带规模大、局部构造多和含油气远景好”等特点,发现了绵延四百公里的浙东长垣及温东、武夷、龙潭等构造带和玉泉构造。与此同时,地质部航空物探大队进行了东海大陆架的航空磁测工作。

1980年8月在青岛市召开的“地质部海洋地质工作会议”上,确定了“在近三年内,我部海洋地质工作应以东海为重点,在全面分析综合评价的基础上,力争尽早实现突破”的方针。通过五年来的工作,完成了东海73万平方公里海域的地震、重力、磁力及测深等区域性综合调查和大陆架盆地的地震普查(测网为 4×4 或 5×5 公里),以及龙井、平湖、玉泉、灵峰、石门潭等一大批构造地震半详查。1980年11月我部在龙井构造带的龙二构造打了我国东海第一口石油普查井,即“龙井一井”,发现了多层油气显示。1982年3月,又在龙四构造开始打“龙井二井”,该井见到了多层油气显示,经测试获天然气流。与“龙井二井”同时在龙三构造施工的石油部“东海一井”也见到了多层油气显示。以上钻井资料证实了东海确实有油气存在。通过对钻井和物探资料的进一步分析,我们提出了“西部比东部好,南部比北部好”的设想。为此,在西湖凹陷的西南部选择了构造部位好,主要目的层埋藏浅,油气圈闭条件好,又适合于《勘探二号》施工的平湖构造,于1982年11月开始平湖一井钻探,该井达到了我们预想的

结果,在东海首次获得工业油气流,取得了东海油气普查工作的重大突破,它标志着东海油气普查工作进入了一个新阶段。

综合十年来东海的油气普查工作,我们共完成了地震 63000 公里,船舷重力 83000 多公里,海底重力 1000 多物理点,磁力 141000 多公里,测深 156000 余公里;石油普查井三口;进行了较系统的综合研究工作,取得了大量的地质地球物理资料,查明了东海的地质构造基本特征,初步建立了东海新生代地层层序,研究了东海石油地质条件,进一步证明东海具备了形成大油气田的地质条件,确定了油气普查勘探工作方向和重点海区。并向国家提交了一批调查、研究成果报告。

此外,国家海洋局在 1977 年和 1980 年,两次在东海进行了区域性重力、磁力和测深工作。石油部海洋石油勘探局自 1980—1982 年,在浙东坳陷南部及台北坳陷东北部完成了 5×5 至 10×10 公里测网地震调查和部分重力调查,打了一口石油普查井。同时,地质矿产部第二海洋地质调查大队和中国科学院等单位也对东海进行过地质考察工作。

二、东海新生代地层发育概况

根据地震波组特征,东海地震剖面可划分出六套波组,这些波组以 T_1^1 、 T_2^0 、 T_3^0 、 T_4^0 、 T_5^0 、 T_6^0 六个区域性不整合面为分界(图1),其中 T_6^0 可能为超覆不整合或假整合。第一波组在大陆架主要为一层未变形地层,呈近水平产状广布全区,在海槽一带与

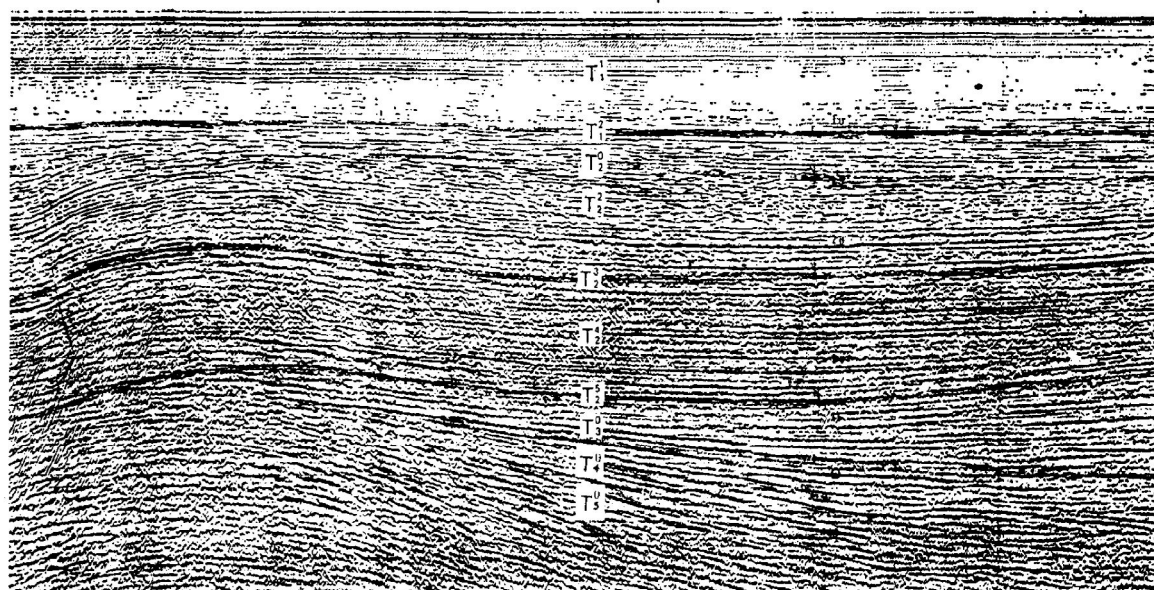


图1 东海西湖凹陷地震反射剖面

下伏地层为不整合。第二波组及其以下地层有明显的变形, T_3^0 以下地层受断裂控制。在地震反射结构上,在不同的构造单元,不同的时代具有不同的发育特征。如在大陆架 T_3^0 以下地层多为箕状结构,在大陆坡一带的第一、第二波组的地层漫过大陆架边缘之后,随地形坡度的加大而具有“悬挂状”结构,在水深很大的冲绳海槽则为充填式结构。

根据东海钻井的岩性、古生物（腹足类、瓣鳃类、孢粉、介形虫、有孔虫、轮藻、沟鞭藻和超微化石），以及地震资料，确立了东海的地层分层、时代和地层系统（表1）。

表1 东海综合地层划分表

波组	项目	地层划分		层速度 (米/秒)	接触关系	构造运动	演化特征
		时代	层组				
第一波组	T_1^1	Q	东海群		局部不整合	冲绳海槽运动	区域沉降
	T_1^2	N_2	三潭组	1950—2200			
	T_2^0			2050—2400	不整合		
第二波组	T_2^1	N_1^3	柳浪组	2400—3300		龙井运动	拗陷
	T_2^2	N_1^2	玉泉组	2200—3800	局部不整合		
	T_2^3			2600—4300	局部不整合		
	T_2^4	N_1^1	龙井组	3000—4500			
	T_2^5						
	T_3^0	E_3	花港组	3000—4800			
第三波组	T_3^0	E_2	平湖组	3100—5100	不整合	玉泉运动	断陷
第四波组	T_4^0	E_1		4000—5300	不整合	瓯江运动	
	T_5^0				不整合或假整合	雁荡运动	
第五波组	T_6^0	K_2			不整合	基隆运动	

（一）上白垩统一下第三系古新统（ $T_6^0—T_5^0$ ； $T_5^0—T_4^0$ ）有待于钻探揭露。

（二）下第三系始新统平湖组（ $T_4^0—T_3^0$ ）¹⁾

在西湖凹陷平湖构造上的平湖一井首次揭露。岩性为灰、深灰色含灰质—灰质砂泥岩互层夹煤及白云质泥岩。含化石，孢粉有：*Alnus-Taxodiaceapollenites hiatus-Quercus-Momipites-Crassoretitriletes-Trilete spores* 组合；介形虫有：*Sinocypris?* sp., *Cyp-rinotus?* sp.; 有孔虫有：*Nonion* spp., *Discorbis?* spp., *Florilus* spp., *Triloculina* spp., 沟鞭藻有：*Phthanoperidinium*, *Tenna microcysta* Bujak, *Rhombodinium*, *Phtano Peridininm* cf. *tritoonium* Eaton 等。厚度大于 1000 米，属与海连通的湖泊相。

（三）下第三系渐新统花港组（ $T_3^0—T_2^5$ ）

在花港构造上发育较全。在平湖、龙井诸构造已为钻井揭露，岩性为灰、深灰色砂泥岩互层夹碳酸盐岩和煤，东部岩性变粗，为大套粗碎屑岩夹泥岩。含化石，孢粉有：

1) 关于东海的地层命名原则，我们以现有几口井的沉积特征及微体古生物资料为依据，确定了地层时代，并结合地震层序的解释，选择地层发育好、保存齐全的构造名称作为某组地层名称，据此建立了地层层序。这样既汲取了陆地传统地层命名的优点，又结合了海区的特点，便于生产与研究使用。如平湖组、花港组、龙井组、玉泉组、柳浪组、三潭组、东海群等，都有明确的地理概念。

Quercus-Retitricolpites-Trilobapollis 组合; 介形虫有: *Condoniella banqiaoensis*, *Chinocythere?* sp.等; 有孔虫有: *Nonion* sp.等; 沟籬藻有: *Spiniferites* cf. *Perforatus* (Darey & Williams) *Sarjeant ceratopsis* sp., *Pterospermopsis* 等。厚度为 700—1200 米, 属浅湖相、滨湖相、河流相。

(四) 上第三系下中新统龙井组 ($T_2^5-T_2^4$)

在西湖凹陷龙井构造带上发育较全并为龙井一井首先揭露。岩性为绿灰、深灰色泥岩, 砂岩频繁互层, 夹页岩及煤。含化石, 孢粉有: *Rutaceae-Sporotrapoidites minor*-*Trapa-Pinus* 组合; 轮藻有小球状轮藻。厚度为 780—1000 米, 属河流相, 滨湖、浅湖、半深湖亚相。

(五) 上第三系中中新统玉泉组 ($T_2^4-T_2^2$)

在玉泉构造上发育较全。下段在西湖凹陷东部为含煤地层, 西部岩性变粗, 为砂质岩夹泥岩。上段为杂色砂、泥岩略等厚互层。含化石, 孢粉下段有: *Liquidambar-Tricdpollenites mollis*, *Tricolpites-Trapa* 组合, 上段有: *Cearatopteris-Liquidambar-Hydracotaetites-Crassoretitrites* 组合; 有孔虫有: *Ammonia* sp., *Textulara* sp.等。厚度为 800—1300 米。属沼泽相、泛滥平原亚相。

(六) 上第三系上中新统柳浪组 ($T_2^2-T_2^0$)

根据地震层序分析, 预计在柳浪构造带发育厚 800—1600 米, 有待钻探揭露。

(七) 上第三系上新统三潭组 ($T_2^0-T_1^1$)

在三潭构造一带最为发育。该组上部为浅灰色、灰白色泥岩、粉砂质泥岩, 下部为砂岩、砂砾岩。含化石, 孢粉下部有: *Randia-Polygonaceae-Compositae* 亚组合, 上部有: *Monolete Spores-Taxodiaceae/Cupressaceae-Artemisia* 亚组合, 有孔虫上部有: *Asterorotalia mullispinosa*, *Ammonia beccarii* 等; 介形虫有: *Cushmanidea Subjaponica* 等。厚度为 500—650 米。下部属河流相, 上部属海陆过渡相。

(八) 第四系东海群

在东海广泛分布, 向东在冲绳一带尤为发育。岩性为灰色、浅灰色粉砂质粘土与粘土质粉砂互层, 底部为粉细砂层。含化石, 孢粉以 *Chenopodiaceae-Artemisia-Pinus-Monolete spores-Acrotarchs (Acanthomophitae)* 组合为特征; 有孔虫有: *Pseudorotalia indopacifica*, *Asterorotalia Subtispinosa*; 介形虫有: *Cytheropteron miurense*, *Munseyella japonica* 等。厚度为 380—450 米。属海相。

东海新生代地层厚度巨大, 约 10000—15000 米, 主要分布在大陆架, 沉积中心在西湖、基隆、瓯江、闽江、长江、钱塘等凹陷。大陆坡一带地层主要发育在陆架前缘盆地中, 厚度为 4000—6000 米。海槽区的地层主要分布在冲绳海槽盆地中, 厚度可达 3000—4000 米 (图2)。这些沉积中心呈北北东—北东方向展布, 与大陆架、大陆坡及海槽地貌单元的走向基本一致。

在地层发育上, 始新世、早渐新世及其以前的沉积明显受盆地东侧同生大断裂的控制 (如西湖-基隆大断裂), 具有褶皱变形, 属断陷型沉积; 晚渐新世和中新世的地层, 断裂控制作用已减弱, 属大面积的坳陷型沉积, 亦具有明显的褶皱形变; 上新世以后至第四纪, 东海全区沉降, 沉积广泛, 属披盖型沉积。

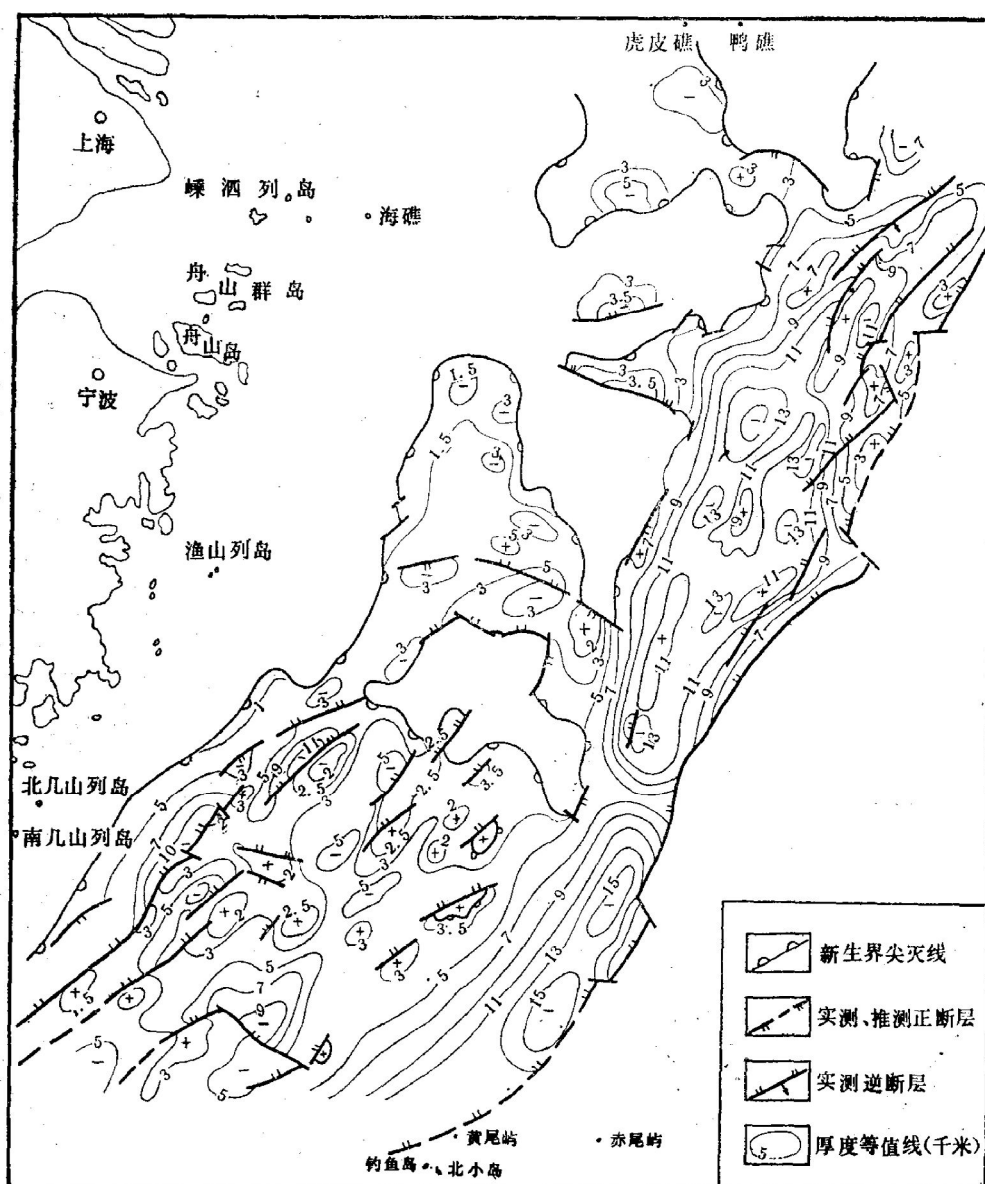


图2 东海陆架盆地新生代沉积厚度略图

三、东海新生代地质构造主要特征

东海在地貌及构造上具有沟、弧、槽的特色,它是中国大陆边缘盆地之一。亚洲大陆东部与太平洋之间,曾经有过一个联络特提斯—印度洋与太平洋的中生代到中第三纪的呈东西方向延展的洋脊体系,这个洋脊体系为一系列南北向的转换断层所错开^[9]。中国大陆边缘盆地的形成就是与这些东西向体系相配套的几条南北向转换断层相联系^[1]。这些转换断层有四条,自东向西第一条位于帛琉—九州洋脊附近,发育在洋壳上,它约在40百万年前转变为向北西西俯冲,依次拉开了菲律宾海的帕里西、维拉盆地,形成了西马里亚纳脊和马里亚纳海沟。第二条转换断层位于东海的钓鱼岛隆褶带一带,北与对马岛和五岛列岛相连,向南通过冲绳与元岛列岛之间,发育在陆壳边缘上,它约在

20 百万年前改变为俯冲带而拉开了冲绳海槽, 形成了琉球弧沟。第三条转换断层可能在浙闽沿海附近, 它同陆上一些北北东向深大断裂密切相关, 发育在陆壳内部。第四条可能位于南海北缘。中国大陆边缘盆地的演化表现为新弧沟体系的形成和弧后强烈沉降和扩张, 经历了晚印支—早燕山 (T_3-K_1), 晚燕山—早喜山 (K_2-E_2) 以及晚喜山—现代 (E_3-Q) 三次变格运动。

(一) 东海构造区划及特征

东海存在着在地层和构造上具有不同结构、不同时代、不同形成机制和不同演化史的三种类型沉积盆地。其一级构造单元可划分为“三盆三隆”, 即东海陆架盆地、陆架前缘盆地、冲绳海槽盆地、浙闽隆起区、钓鱼岛隆褶带和琉球隆褶区 (图 3, 4)¹⁾。

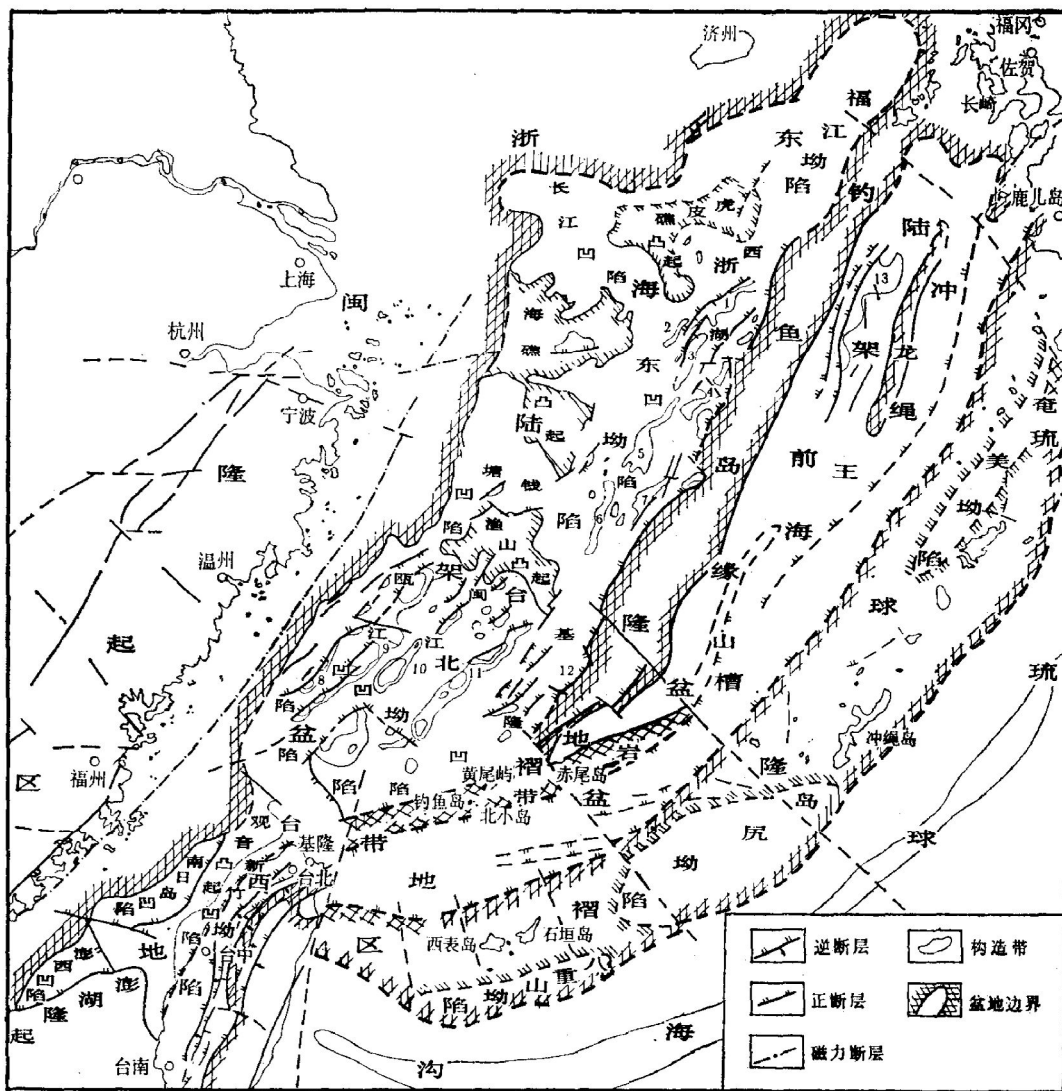


图 3 东海构造区划略图

1—玉皇构造带; 2—柳浪构造带; 3—龙井构造带; 4—紫云构造带; 5—西冷构造带; 6—苏堤构造带;
7—灵隐构造带; 8—温东构造带; 9—雁荡构造带; 10—武夷构造带; 11—台北构造带; 12—钓北构造带;
13—龙潭构造带

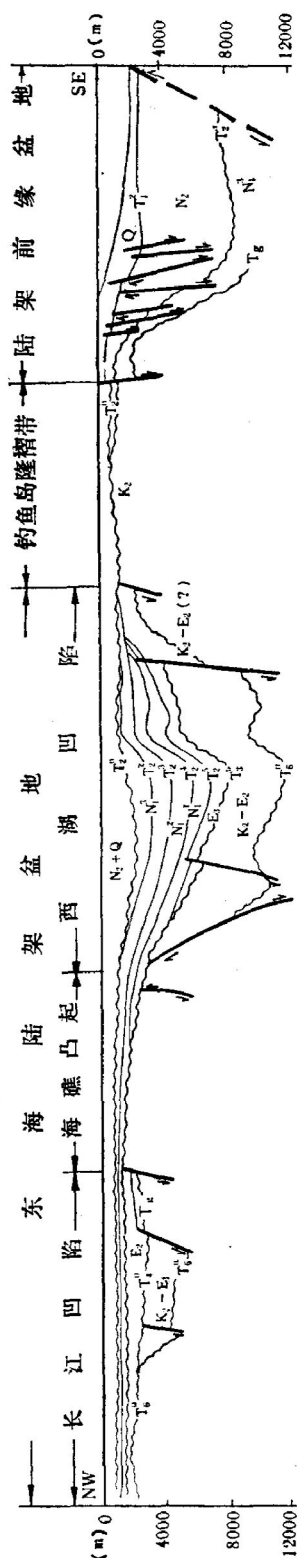


图 4-2 东海南部构造示意剖面图(下)

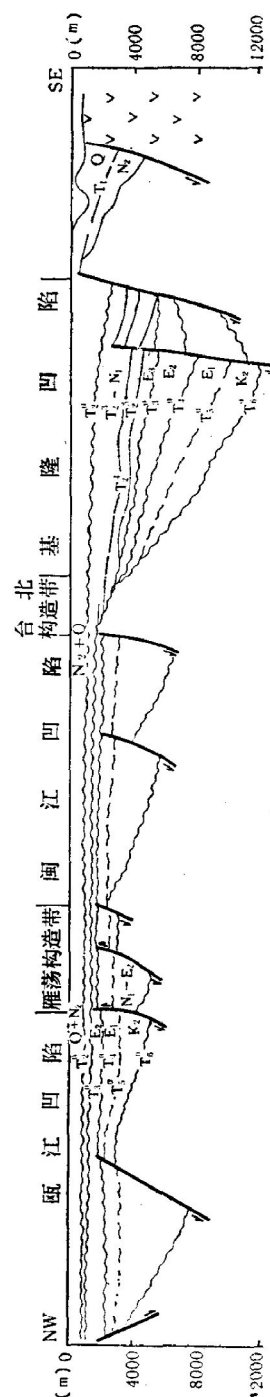


图 4-1 东海中部构造示意剖面图(上)

1) 东海构造单元和局部构造的命名原则, 主要考虑有利于生产中使用和有利于研究, 以我国近海杭州等名胜古迹来命名, 如西湖凹陷的构造借用西湖的山、峰、洞、井、泉、堤来命名; 温东海区则借用雁荡山的山、峰、潭、湖来命名; 闽江和基隆凹陷分别以武夷山和台湾的名胜古迹来命名。

总观东海,发育着北北东、北东及北西向三组构造线,以北北东向弧形展布的构造线为主导。东海各构造单元从大陆向海洋方向,隆起与盆地(或坳陷)正负相间成排成带,其区域走向与海岸线、大陆架和琉球岛弧的走向基本一致。这些特征记录了中国大陆边缘盆地形成与演化的特点。显然,与太平洋板块向亚洲板块俯冲和大陆边缘向东蠕散密切相关。自晚白垩世以来,东海可能有六次区域构造运动,它们是早白垩世末的基隆运动(T_6^0)、晚白垩世末的雁荡运动(T_5^0)、古新世末的瓯江运动(T_4^0)、始新世末的玉泉运动(T_3^0)、中新世末的龙井运动(T_2^0)和更新世内的冲绳海槽运动。

东海陆架盆地是东海主要的沉积区,面积达28.4万平方公里,新生代沉积厚度可达15000米,是我国大陆架盆地中面积最大、新生代沉积最厚的盆地。其走向为北北东—北东向,主要形成于晚白垩世至中新世。自北而南可分为福江、浙东、台北和台西四个坳陷。其中以浙东和台北坳陷面积最大,前者为12万平方公里,后者为11.1万平方公里,它们在沉积相、构造、断裂、地层的剥蚀和保存上都互有差异,这些差异说明具有南北分块的特点。浙东和台北坳陷各自又可区划出三个凹陷和二一个凸起(表2)。

表2 东海构造区划表

一级单元	浙闽隆起区	东海陆架盆地												钓鱼岛隆褶带	陆架前缘盆地	冲绳海槽盆地	琉球隆褶区
二级单元	福江坳陷	浙东坳陷				台北坳陷				台西坳陷							
三级单元		虎皮礁凸起	西湖凹陷	长江凹陷	钱塘凹陷	海礁凸起	渔山凸起	瓯江凹陷	雁荡构造带	闽江凹陷	基隆凹陷	观音凸起	南日岛凹陷	新竹凹陷	澎湖凹陷		

陆架前缘盆地发育在大陆坡附近,亦呈北北东走向,面积为4.3万平方公里,主要形成于中、晚中新世至上新世。由于冲绳海槽运动的发展,新的沉积中心逐步东移,在陆坡上形成“悬挂式”盆地。

冲绳海槽盆地位于当今海槽部位,形成时期最晚。为上新世以来,由于海槽的拉张作用而形成的地堑盆地,内有上新世至现代的充填式沉积,这里第四纪火山活动和近代地震十分活跃,地热流值很高,说明现今仍处在活动中。

(二) 关于东海局部构造分布规律

目前在东海已发现和圈定了一百多个局部构造和构造显示。不但数量多,而且规模大,具有成排成带展布的特点。它们分布于十三个构造带中,其中在西湖凹陷有紫云、灵隐、玉皇、龙井、西冷、苏堤和柳浪七个构造带;在台北坳陷有温东、雁荡、武

夷、台北和钓北五个构造带(图3),此外,在基隆凹陷中央还有构造带存在,有待进一步圈定;在陆架前缘盆地有龙潭构造带。这些构造带一般由三至四个局部构造组成。如西冷构造带由楼外楼、花港和玉泉三个构造组成。构造带绵延几十至数百公里,发育在不同的构造部位,在西湖凹陷分布在六个部位上,它们是:(1)屏风高断阶,它在西湖凹陷的最东部,为一受西湖—基隆大断裂上升盘所控制的高台阶,其上有云居、屏风等构造。(2)天竺低断阶:紧邻屏风高断阶,为受西湖—基隆大断裂所控制的下降盘,有紫云、灵隐构造带及天竺等构造。(3)白堤深凹:此为受西湖—基隆大断裂控制的箕状凹陷的深凹部位,这里有白堤、断桥等构造。(4)浙东长垣:为西湖凹陷中央长期发育的褶皱隆起地带,由玉皇、龙井、西冷和苏堤构造带组成。(5)三潭深凹:此为浙东长垣西侧的深凹陷,这里有柳浪构造带和三潭、印月等构造。(6)保俶斜坡:位于西湖凹陷的西部,其上有平湖、保俶等构造。显然,局部构造受到该部位背景的控制和影响,形成了各自的特色。如发育在三潭、白堤深凹的局部构造,地层发育齐全,沉积厚度大,埋藏深,第三系找油目的层齐全,以挤压背斜类型为主;在浙东长垣,局部构造数目多,绵延长达四百公里,地层发育齐全,多为一些为逆断层所复杂化的挤压背斜,其上的龙井构造带已钻探了龙井一井、东海一井和龙井二井三口石油普查井,见良好油气显示及天然气流。玉泉构造是组成西冷构造带的一个构造,它位于西湖凹陷中心,处于已获工业油气流的平湖构造和龙井构造带之间,是一个自始新世以来长期发育的继承性构造,下第三系构造圈闭面积达850平方公里;在天竺低断阶,上第三系厚度不大,主要是下第三系,多为背斜或断块,有着目的层埋藏深度小、易于勘探的特点;在高断阶,上第三系不发育或剥蚀,主要为下第三系或更老地层组成的背斜或断块;在保俶斜坡,具有下第三系深度浅、构造类型多、易于勘探的特点。

已发现的局部构造按形态可分为背斜、半背斜、断鼻和断块四种类型;按成因可分为挤压、披覆、古潜山、逆牵引及复合型五种类型;按形成时代或组成地层可分为晚白垩—早第三纪(主要分布在大陆架西部),晚白垩世—中新世(主要分布在大陆架东部),中晚中新世—上新世和第四纪(主要分布在大陆坡及海槽)四种类型。为数众多的构造中以背斜和半背斜为主,尤以背斜为多,一般具有面积大、幅度高的特点。古潜山和披覆构造主要发育在大陆架西部一带,常出现复合型构造。

(三) 东海新生代地质构造演化

前已述及,中国大陆边缘经历了三次变格运动,在晚印支—早燕山时期(T_3-K_1),发生了特提斯洋壳俯冲和太平洋洋壳形成、平移,构成了大陆边缘盆地发育的基础。此时形成了古东海活动大陆边缘,由于海侵作用,东海克拉通基底上,可能有中生代海相或海陆过渡相沉积。

晚白垩世以来,东海的沉积中心一般具有自西向东变新,即“向洋迁移”的规律,如上述三个盆地依次主要为晚白垩—中新世、中晚中新世—上新世、上新世—第四纪(表3)。但是,在西湖凹陷的沉积中心却有“反向迁移”的迹象,即随着时代变新由东向西迁移,如下第三系及下中新统龙井组(T_2^4 以前)的沉积中心临近西湖—基隆大断裂西侧(即钓鱼岛隆褶带的西侧),而中中新统玉泉组、上中新统柳浪组以及上新统三潭组的沉积中心却依次向西迁移,偏居于三潭深凹。这一现象反映了中新世以来,在陆架前

缘新的拉张作用,可能是导致凹陷东部抬升西部沉降和逆断层(断面东倾)发育的主要因素。

表3 东海地层发育对比表

波	组	时 代	东 海 陆 架 盆 地	陆 架 前 缘 盆 地	冲 绳 海 槽 盆 地
第一波组	T ₁ ¹	Q	东 海 群	东 海 群	东 海 群
		N ₂	三 潭 组	三 潭 组	三 潭 组
第二波组	T ₂ ⁰	N ₁ ³	柳 浪 组	柳 浪 组	
	T ₂ ²	N ₁ ²	玉 泉 组	玉 泉 组	
	T ₂ ⁴	N ₁	龙 井 组		
	T ₂ ⁵	E ₃	花 港 组		
	T ₃ ⁰	E ₂	平 湖 组		
	T ₄ ⁰	E ₁	古 新 统		
第三波组	T ₅ ⁰	K ₂	上 白 垩 统		
第四波组	T ₆ ⁰	K ₁			
第五波组					

东海新生代构造演化经历了三个阶段,第一阶段为晚白垩世—始新世时期(T_6^0 - T_3^0),这是断陷发展阶段。晚燕山期的基隆运动奠定了大陆架盆地的基础,晚白垩世的拉张作用通过近东西向的虎皮礁、观音等老凸起及北西向渔山—久米诸断裂向东扩张滑移,形成了一系列东断西超的箕状断陷,上白垩统和古新统充填于其中,靠近断裂一侧明显加厚。古新世末,瓯江运动(T_4^0)拉张作用在盆地东部继续活动,在这里断裂对始新统继续起着控制作用,但西部断裂作用减弱,则使始新世的沉积具有坳陷的特征,始新世的湖盆可能在南部与海连通,覆盖了温东、雁荡、台北、玉泉、龙井等“山头”,台北和浙东诸坳陷初步形成,温东、雁荡、台北及玉泉等构造已形成雏形。第二阶段为渐新世—中新世时期,这是坳陷发展阶段。始新世末的玉泉运动使断陷开始转化为坳陷,使西部区域性抬升、侵蚀,沉积中心向东转移到西湖、基隆凹陷东缘靠断裂一侧,早中新世龙井组在盆地东缘受断裂控制,以后整个大陆架转入坳陷阶段,中、上新统广泛超覆在不同时代的地层之上,统一了大陆架盆地。晚中新世以后由于太平洋板块向西俯冲而发生强烈的弧后扩张,大陆架前缘盆地随之诞生,中、晚中新世和早上新世形成断陷式沉积;陆架前缘盆地扩张产生向东西两侧的水平挤压作用,导致西湖凹陷中、晚中新世沉积中心向西的“反向迁移”和超覆,靠近东部的紫云、灵隐构造带一带有局部不整合发育。中新世末的龙井运动是陆架前缘盆地的主要扩张期,同时也是大陆架盆地的主要褶皱期。第三阶段为上新世—现今,这是区域沉降阶段,上新统广布全区,厚度可达一千多米。此时陆架前缘盆地正处于坳陷阶段;而在冲绳海槽,由于太平洋板块进一步俯冲,形成了弧后盆地,主要充填了晚上新世和第四纪沉积。这里岩浆活动和天然地震十分活跃,仍处在扩张时期。

四、东海含油气远景展望

东海有三个大的新生代沉积盆地，总面积约42万平方公里。其中东海大陆架盆地面积最大，约28.4万平方公里，比著名的松辽、华北（渤海湾）和珠江口诸盆地都大；盆地内的坳陷和凹陷面积也大。如浙东和台北每个坳陷中的凹陷面积也都比整个珠江口盆地三个坳陷的总面积还大，约相当于我国东部胜利、大港、任丘、辽河和中原五大油田勘探区面积之和。

东海陆架盆地新生代沉积颇为发育，其中面积大、厚度大的沉积中心有四个。如盆地东部的西湖和基隆凹陷面积共10万平方公里，凹陷内沉积厚达15000米；盆地西部的瓯江和闽江凹陷面积共4.9万平方公里，沉积厚8000—10000米，居我国东部和海区诸盆地之首。不同的坳陷沉积特点亦不同，如浙东坳陷的下第三系为湖相或部分与海连通的湖泊相沉积，有很厚的暗色泥质岩，中新统以沼泽相沉积为主；而台北坳陷可能浅海相沉积较为发育。

东海的构造为数众多，具有面积大、幅度高、构造形成期与油气运移期匹配好等优点。一般构造带长50—200公里，宽5—15公里；局部构造面积多在50平方公里以上，大者近千平方公里，且分布在深凹部位，占“近水楼台先得月”之利。如西湖凹陷南部的苏堤、西冷等构造带，位于两个深凹之间，为长期发育的披覆与挤压相结合的复合型构造，还有如三潭、印月等许多构造散漫的分布于深凹之中；又如瓯江和闽江凹陷中的温东、武夷构造带，为继承性强的潜山-披覆型的复合构造，其形态与我国东部的任丘、大港构造很相似，但规模较后者为大（见图3）。此外，箕状凹陷的断阶带和斜坡部位发育着背斜、断块、断鼻、小型披覆构造等，为油气提供了良好的圈闭条件。

陆架盆地生油层多、分布范围广、厚度大、有机质丰度高、母质类型较好、成油门限深度较浅。如西湖凹陷，除钻井已证实的中新统、渐新统、始新统三套生油层外，还可能上白垩统至古新统的生油层，在深凹部位虽已“过热”，但在凹陷边缘有可能变为主力生油层。基隆凹陷的特点与西湖大致相似，盆地西部的瓯江、闽江、长江和钱塘凹陷，上白垩统至始新统可能有两套生油岩系，台北坳陷海相生油层可能比较发育。与这些生油岩相伴生的有多层成油（气）组合，在龙井、平湖构造的中新统、渐新统和始新统三个层位中已经试获油气流。此外，在台湾省岸外的探井中，也有多口见到了油气流。

区内以挤压背斜（或逆牵引背斜）和潜山-披覆背斜（或半背斜）两类油气藏为主。前一种类型主要分布在西湖及基隆凹陷的深凹部位及东部的断阶带，含油气目的层可能以中新统和渐新统为主，始新统次之；后一种类型以瓯江、闽江凹陷的温东及武夷等构造带为代表，长江和钱塘凹陷及西湖凹陷的保俶斜坡部位均有分布，主要含油气层位可能为上白垩统一始新统。此外，盆地东部的断阶部位断块和不整合、冲积扇、潜山等油气藏可能较发育，各个箕状凹陷的斜坡和潜山部位有地层超覆、岩性尖灭（三角洲、冲积扇砂体）、生物礁块、断鼻等油气藏，含油气层位从上白垩统至中新统，随凹陷而异；深凹中心还可能有“浊积”及三角洲砂体所形成的油气藏（图5）。

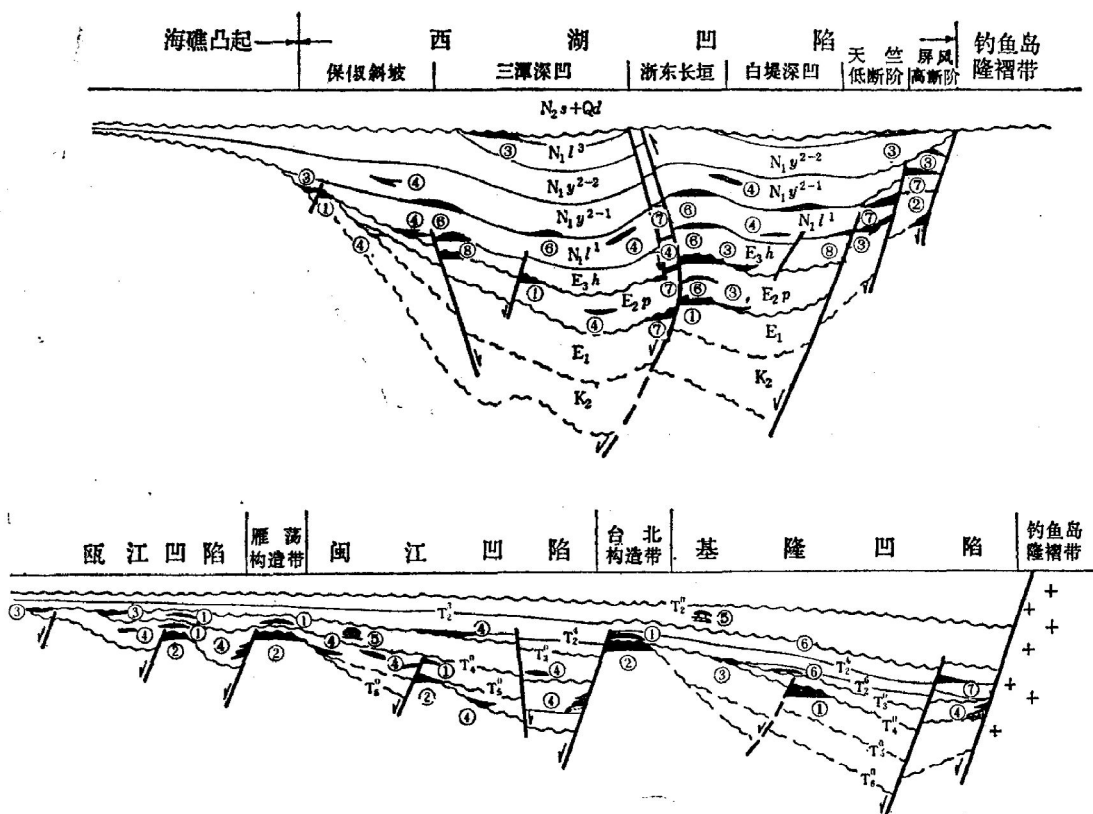


图5 东海油气藏类型预测剖面

①—披覆构造油气藏, ②—潜山油气藏, ③—不整合油气藏, ④—岩性地层超覆油气藏, ⑤—礁块油气藏, ⑥—挤压背斜油气藏, ⑦—断块油气藏, ⑧—滚动背斜油气藏

综上所述, 东海有大型的盆地、巨厚的沉积、良好的生储油条件和优越的圈闭条件, 具备了形成大油气田的地质条件, 已经突破了工业油气关。就东海内部的三大盆地而言, 以陆架盆地含油气远景最好, 陆架前缘盆地较好, 冲绳海槽盆地稍差。

本文主要根据地质矿产部海洋地质调查局的调查资料撰写而成, 李培廉、倪森和马建荣三位同志参加了图件的编绘工作。

(收稿日期 1984年12月14日)

参 考 文 献

- [1] 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。
- [2] 黄汲清等, 1980, 中国大地构造及其演化, 科学出版社。
- [3] 孙西奇, 1983, 台湾近海的第三系盆地, 海洋译丛, 第5期。
- [4] 朱 夏, 1982, 中新世油气盆地, 构造地质学进展, 科学出版社。
- [5] Hilde, T.W., Uyeda C.S. and Kroenke, L., 1977, Evolution of the western Pacific and its margin, "Tectonophysics", Vol. 38.

A GEOLOGICAL REVIEW OF THE EAST CHINA SEA AND ITS PETROLEUM POTENTIAL

Zhou Zhiwu Yin Peiling

(*Comprehensive Research Institute of Marine Geology,
Ministry of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

Geological surveys of the East China Sea began in 1974. Since then, the Bureau of Marine Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources is in charge of the extensive geological and geophysical investigations on this sea area of 770,000 sq km. Up to now, plenty of useful information have been obtained.

According to seismic spectrum and well logging data, the stratigraphic sections of the East China Sea can be divided in descending order as follows, the Donghai Group (Q), the Shantan Formation (N_2), the Liulang Formation (N_1^3), the Yuquan Formation (N_1^2), the Longjing Formation (N_1^1), the Huagang Formation (E_3), the Pinghu Formation (E_2), the Paleocene and Upper Cretaceous, etc. These sediments, which have a total thickness of 15,000m, consist predominantly of dark gray-greenish gray and light gray mudstones and sandstones interbedded with conglomerates, carbonates and coal.

The East China Sea includes following six tectonic elements (1st order), Zhemin uplift area, the East China Sea shelf basin, Diaoyudao uplift-folded belt, the East China Sea shelf foredeep, Okinawa trough basin and Ryukyu uplift-folded belt. The shelf basin can be divided into Fujiang, Zhedong, Taipei, Taixi depressions. The later three depressions are subdivided into 14 sags (e.g. Xihu, Oujiang, Minjiang, Jilong) and arches (e.g. Hupijiao). Up to now, 13 structural belts and more than 100 local structures (e.g. Longjing) have been located. The closed area of the local structure is generally more than 50 sq km, the largest one is up to 1,000 sq km.

The East China Sea shelf basin, which has an area of 284,000 sq km, contains thick Meso-Cenozoic sediments, mostly deposited in marine, swamp and lacustrine environments, where there are abundant organic matters, many source rocks, shallower oil threshold depths, good trap conditions and adequate timing. Commercial oil and gas have been tested from three horizons of Eocene, Oligocene and Miocene ages respectively in Pinghu and Longjing struc-

tures. The authors suggest that pressed anticlinal and buried-hill drapping anticlinal hydrocarbon pools are predominante in the basin, and other pools of stratigraphic, lithologic, reef and combination types could be also discovered there.

电子计算机在我国油气勘探开发中发挥了重大作用

我国石油工业在油气勘探开发中应用电子计算机已有二十年的历史,近几年来有了更大的发展,其作用越来越显得重要。目前石油系统已有各种大中小型计算机约130多台,其中有即将安装的巨型银河计算机、有IBM3033, CYBER720, CYBE730, TQ 6, 150机等,并有微型计算机350多台,各种袖珍计算机约三千台。在计算机应用过程中逐步培养了一支技术力量。油气勘探是石油工业计算机应用的重点,也是应用发展最快的部分之一,仅地震勘探数据处理就有计算中心22个,大中小计算机38套,大型机均用于地震资料处理,应用人员已发展到4000多名。全石油系统已有计算机应用人员7000多名,这就为油气勘探开发的现代化打下了良好的基础。

计算机应用已深入到石油工业的各个方面,而地震勘探数据处理、测井资料解释等方面,计算机应用已成为生产过程中必不可少的重要环节,这部分的大型计算机平均使用效率(按日历日期每日24小时)达到80%以上。计算机的应用,促进了油气勘探开发科学技术的新进步,带动了数学地质学、地震地层学等油气勘探新学科的发展,丰富了找油找气的技术手段。特别在地震勘探和测井方面进展更为迅速,由于引进、消化吸收和改进了国外地震软件,使我们的地震常规处理技术达到国外水平,同时掌握和发展了地震特殊处理(保持振幅、三瞬、层速度、油气检测、波阻抗五种方法)和三维施工、处理的新技术。

由于技术水平的提高,勘探效果显著。新发现构造圈闭的数量逐年增加,1980年为289个,面积2269平方公里;1981年为414个,面积2829平方公里;1982年为456个,面积3727平方公里。解决复杂地层结构和勘探特殊对象的能力提高了,运用地震勘探资料在辽河双南构造、大民屯潜山都钻出了高产油气流,打开了该地区油气勘探的新领域,胜利、华北油田都钻获了高产油气流。发展了三维地震处理技术,提高了探井成功率,如江汉油田运用自己研制的三维地震处理软件,在高场地区施工和处理获得的信息,所定的五口井,有四口钻获了工业油流。在应用计算机进行测井解释方面,先后投入10套计算机解释系统,处理了2279口井的资料,提高了解释油气水层的符合率(达80%以上,而人工解释符合率在50—80%之间)。计算机处理速度快、精度高,对参数进行修正后,能很快地对地层得出新的认识;在复查以往测井资料中起了很好的作用,发现了新的含油气层。胜利油田三年来重新解释了443口井,查出油层124层,厚625.6米;气层15层,厚48.8米;油水同层186层,厚1082.5米。经试油验证,符合率88%,找到了新的储量。孤岛油田下馆陶油气层,就是用计算机解释测井资料发现的。

在油气田开发中,应用油藏数值模拟技术,对合理设计油气田开发方案,进行油气藏动态分析,挖掘油气藏潜力,加速油气藏开发做出了贡献。胜利、大庆等油田,利用数据库技术加强信息管理,帮助指挥人员迅速正确地制订决策方案,也收到了显著的效果。

计算机遥感图象处理技术,已逐步应用于油气勘探、开发、管道设计等方面;此外,在石油钻井、采油参数优选等方面应用,也都见到了成效。

总之,计算机的应用大大提高了我国油气勘探开发的技术经济效益,今后必将获得更快的发展。

(王子江)