

东海构造体系概论

柴利根

(地质矿产部海洋地质综合研究大队)

东海是新华夏系第一沉降带的一个巨型沉降区,可以划分出新华夏、东西向两类构造体系和北西向构造带,而以新华夏系为主导。其中东西向构造较老,北西向构造较新,三者呈现出复杂的联合、复合现象。新生代构造应力场系以南北向扭动为主、南北向水平挤压为次,并有自东向西的推挤力作用。

十一年来,东海地区取得大量的地质、物探资料,为研究该区地质构造特征提供了依据。本文试图运用地质力学理论和方法,研讨东海构造体系。

一、地质特征

东海是李四光所指出的新华夏系第一沉降带的一个巨型沉降区^[1],介于新华夏系第一隆起带的琉球隆褶区和第二隆起带的浙闽隆起区之间,南北两边分别受南岭和秦岭纬向构造带限制,它由东、西两个走向北北东的大型新生代盆地所组成(图1)。值得注意的是,位于东海中部呈北北东向展布的钓鱼岛隆褶带,根据重力、磁力和地震勘探资料,并结合五岛列岛、台湾中央山脉出露的地层来看,它是一个晚白垩世以来的隆起。该隆褶带将东海分成东、西两个盆地,西面为东海陆架盆地,东面为冲绳海槽盆地。这两个盆地存在着明显差异(表1)。依据物探资料分析和钻井资料证实,东海盆地地面

表1 东海盆地特征

名称 特点		东海陆架盆地	冲绳海槽盆地
地球物理特征	磁场特点	宽缓正负磁场区,总体走向北北东。	宽缓、较宽缓正磁场区,走向北北东。
	重力场特点	低缓重力异常区,总体呈北北东向展布。	相对高起异常区,呈明显的北北东向弧形展布。
	地震波组特点	发育全,连续性较好,层速度相对较低。	发育较不全,连续性较差,层速度相对较高。
海底地形地貌		平坦,平均水深72m。	起伏大,槽内有海底山及槽中槽出现,最深达2334m。
盆地类型		断陷-坳陷型。	断陷型。
基底基础组成		浙闽型(为中元古界中深变质岩、上侏罗统火山岩及下白垩统沉积岩)。	岛弧型(为下二叠统浅变质岩,中生界一下第三系以海相沉积岩为主,遭受轻微变质作用)
建造性质		第三系为陆相、海相,第四系海相厚度达14000m。	上第三系、第四系均为海相。厚度达12000m。
主要含油气层段		下第三系、上第三系中新统。	上第三系上新统。
形变特点		以褶皱为主,并有逆冲断层出现。	以断裂为主,全为正断层。
岩浆活动		喜山期微弱。	喜山期强烈。
天然地震		浅源地震,一般5-6级,线状分布。	浅震、深震都有,8级以上普遍,最深震源达270km。
大地热流值		低,一般为1.5HFU。	高,一般为4-8HFU。最高达10.4HFU。
莫霍面深度		26-30km。	16-24km,最小达15km。

本文1987年4月8日收到,9月4日改回。

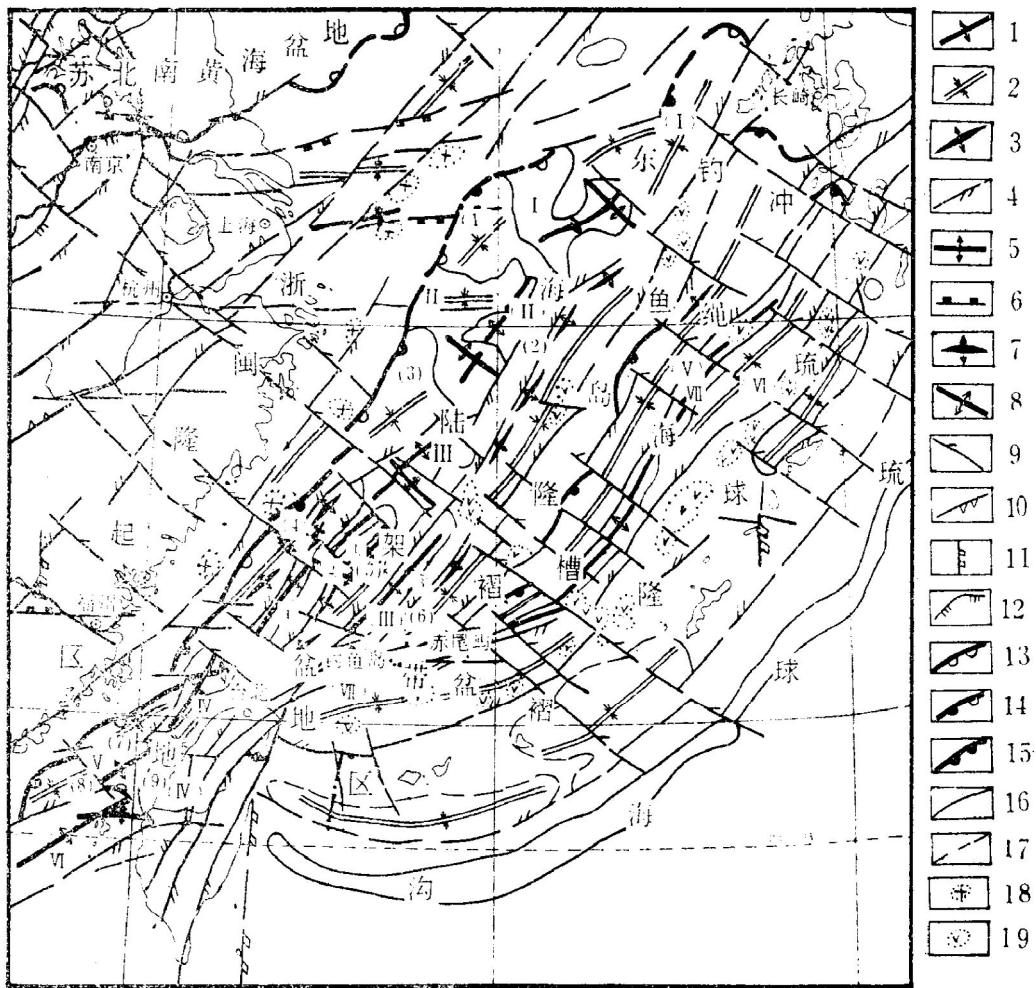


图1 东海构造体系图

1—新华夏系隆起轴, 2—新华夏系拗陷轴, 3—新华夏系背斜轴, 4—新华夏系压扭性断裂, 5—东西向构造隆起轴, 6—东西向构造压性断裂, 7—东西向构造背斜轴, 8—北西向构造隆起轴, 9—北西向构造压扭性断裂, 10—华夏系压扭性断裂, 11—南北向构造压扭性断裂, 12—山字型构造压扭性断裂, 13—早第三纪盆地边界线, 14—早第三纪—中新世盆地边界线, 15—晚第三纪—第四纪盆地边界线, 16—隆起与拗陷界线, 17—凸起与凹陷界线, 18—燕山期侵入岩, 19—喜山期火成岩;

I—虎皮礁隆起, II—海礁隆起, III—鱼山隆起, IV—观音隆起, V—澎北隆起, VI—澎湖隆起, VII—龙王隆起;

(I)—福江拗陷, (II)—浙东拗陷, (III)—台北拗陷, (IV)—台西拗陷, (V)—陆架前缘拗陷, (VI)—吐噶喇拗陷, (VII)—海槽拗陷;

①—雁荡凸起, ②—虎岩凸起, ③—台北凸起;

(1)—长江凹陷, (2)—西湖凹陷, (3)—钱塘凹陷, (4)—瓯江凹陷, (5)—闽江凹陷, (6)—基隆凹陷, (7)—南日岛凹陷, (8)—澎西凹陷, (9)—新竹凹陷

积为 420000 km², 新生代沉积厚达 12000—14000 m, 主要为一套陆相—海相的砂泥质沉积建造, 在地震剖面上反映出五大波组、五个反射层组 (表 2)。

表2 东海新生代地层、地震波组划分与构造演化

界	系	统	组	代 号	厚 度 (m)	岩 性 简 述	地 震 层 反 组	地 反 射 震 波	接 触 关 系	构 造 运 动	构 造 演 化										
											陆架 盆地	海槽 北部	盆地 南部								
新 生 界	第四系	上新统	东海群	Qd	400±	为浅海相的粘土与粉细砂互层，底部灰白色砂砾层夹生物碎屑，往冲绳海槽增厚。	I	- T ₁ ⁰ -	不整合	冲绳海槽运动	区域沉降	坳陷	断陷								
			三潭组	N ₂ s	500± 1500	为海陆过渡相的灰白、浅灰色砂砾岩、粉砂岩、泥岩，往冲绳海槽增厚，变为海相。		- T ₁ ¹ - - T ₁ ² -													
			柳浪组	N ₁ ³ lu	0 1600	未钻遇，岩相、岩性不详。		- T ₂ ⁰ -													
			玉泉组	N ₁ ⁴ y	900 2000±	以沼泽相的杂色砂泥岩夹炭质页岩、煤层为主，往冲绳海槽变为海相，厚度急剧增大。		- T ₂ ² - - T ₂ ³ -													
			龙井组	N ₁ ¹ l	700 1600±	为河流—湖泊相的浅灰、深灰色砂泥岩，往下出现含砾砂岩。		- T ₂ ⁴ - - T ₂ ⁵ -													
			花港组	E ₃ h	700 2000±	为湖泊—河流相的灰—灰黑色灰质泥岩、灰白色灰质粉细砂岩夹薄层砂质灰岩，底部为块状中细砂岩。		- T ₃ ⁰ -													
			平湖组	E ₂ p	1000 3000	E ₂ p ₁ 为湖相(与海相通)的灰—灰黑色灰质泥岩与灰白色灰质粉砂岩、砂岩互层夹泥质沥青质煤。		II						不整合	玉泉运动	断陷					
			瓯江组	E ₂ o	850 3500	E ₂ o ₁ 为浅海、滨海相的浅灰色粉砂岩夹生物灰岩、泥岩，底部为含砾砂岩。											- T ₄ ⁰ -				
			灵峰组	E ₁ l	500 3000	为浅海、滨海相的深灰色泥岩及灰质砂岩，底部为一层2m厚的生物灰岩。											- T ₅ ⁰ -				
			中生界	白垩系	侏罗系			K J							未钻遇，岩相、岩性不详。	V	- T ₆ ⁰ -	不整合	雁荡运动	陷	
						温东群		Ptw							黑灰色黑云角闪斜长片麻岩。		- T ₆ ⁰ -				

二、构造体系划分

东海可以划分出新华夏、东西向两类构造体系¹⁾和北西向构造带。其中新华夏系为海区主导性构造体系，而新华夏系一级正向构造（如浙闽隆起区、钓鱼岛隆褶带和琉球隆褶区）与南岭、秦岭两大纬向构造带控制着东海东、西两个盆地的生成发展，并构成海区构造骨架；新华夏系二级构造控制着隆起带（如虎皮礁—观音、龙王两个隆起带）、坳陷带（如西部、东部、陆架前缘和吐噶喇—海槽四个坳陷带）的发育展布；新华夏系三、四级构造控制着生油凹陷（如西湖、基隆、新竹及长江、钱塘、瓯江、闽江等凹陷）和二级构造带（如龙井、西冷、苏堤、温东、武夷、苏花、钓北和龙潭等构造带）形成。新华夏系与北西向构造一起构成了北北东向成列、北西西向成行的构造格局，北西向构造对海区构造起着复杂化作用。

（一）新华夏构造体系

在重力、磁力、地震及海底地形资料上反映十分清楚，它是由一系列走向北北东隆起坳陷、褶皱

1) 柴利根, 1985, 地质力学通讯(九)。

断裂、岩浆岩带所组成的压扭性构造带, 其特点如下:

1. 东、西两个盆地自新生代以来, 一直处在稳定的沉降状态, 沉积巨厚。

2. 走向 $20-30^{\circ}$ 。

3. 压扭性质左行排列。

4. 组合型式为多字型、“S”形, 在平面图上各级构造成排成带出现, 二、三、四级构造呈直线型、“S”形雁列明显。在剖面图上一隆两拗结构分明, 拗陷呈对称形式出现; 西面一个拗陷东陡西缓, 东断西超, 沉降中心偏于东侧; 东面一个拗陷则西陡东缓, 西断东超, 沉降中心偏于西侧(图2)。

5. 挤压现象显著, 各背斜带规模大、延伸远; 单个背斜面积大、幅度高、多高点、以短轴背斜为主; 位于浙东拗陷西湖凹陷中部的中央背斜带与众不同, 各个背斜的东翼缓西翼陡, 并在西翼上发育

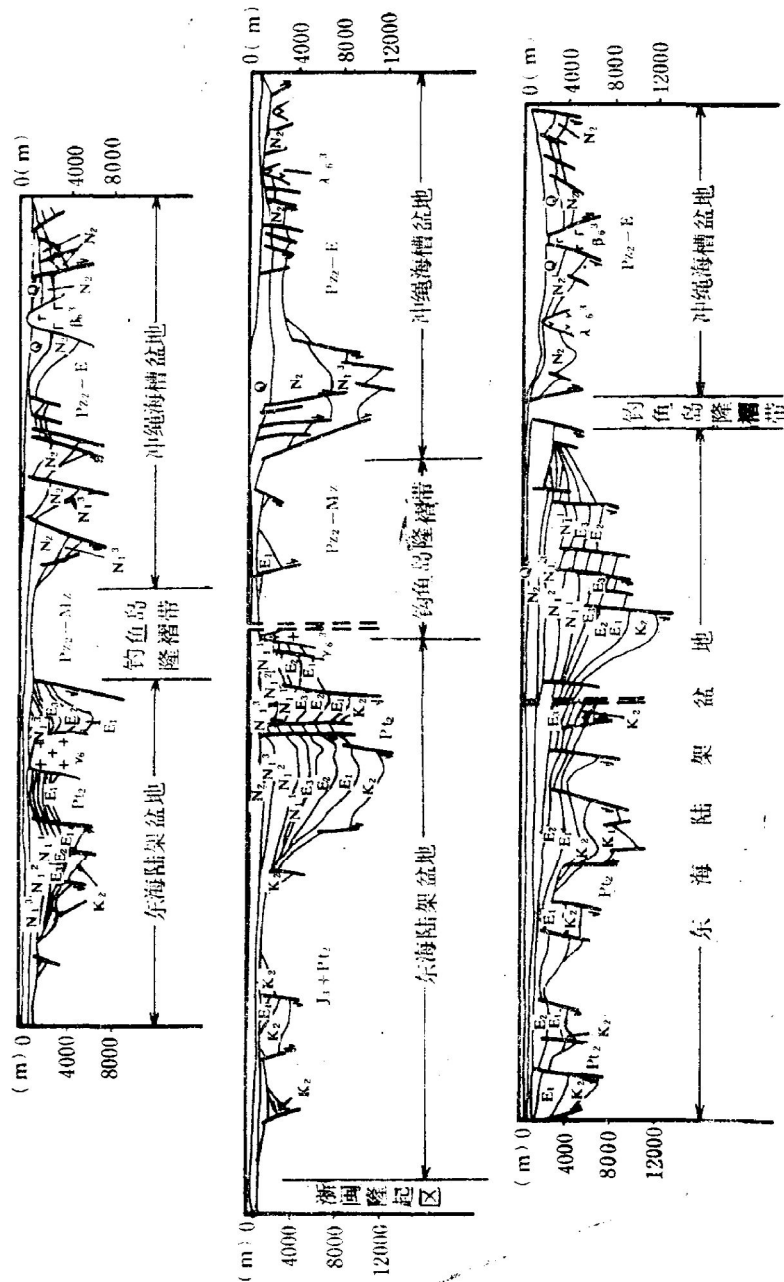


图2 东海构造剖面示意图

2. 走向 $300-305^{\circ}$ 。
3. 性质压扭, 早期可能为右旋, 晚期为左旋(如虎皮礁-吐噶喇褶断带等), 以左旋为主。
4. 各构造带成排出现, 等间距分布, 大致每隔 $100-150\text{ km}$ 出现一带。
5. 对新生代沉积相分布、构造特征、岩浆活动、含油气层段、海底地形地貌等方面有着重要的控制作用, 尤以鱼山-久米岛褶断带最为明显。
6. 它是自新生代以来形成的构造, 主要活动期是在中新世以后, 直到现代仍在强烈地活动着。

三、构造体系联合复合关系及其发展历史

东海处在新华夏系、东西向构造和北西向构造相互作用的地区, 呈现出错综复杂的格局, 从而产生了极为显著的联合、复合现象, 其主要表现如下:

1. 东海新华夏系一级构造呈弧形展布和构成新华夏系第一隆起带诸列岛、群岛出现独特的连锁状排列现象, 在弧形两端或两个弧形列岛、群岛接头点, 恰恰是位于南岭和秦岭纬向构造带通过处^[1]。
2. 新华夏系南北两端因受到强大的南岭和秦岭纬向构造带的限制作用, 导致了两大构造体系的联合, 使新华夏系走向偏移, 即南边向南西西(245°)方向、北边向北东东(60°)方向发生偏转, 呈“S”形展布, 如虎皮礁-海礁-鱼山-观音-澎北隆起带。
3. 南岭和秦岭两大纬向构造带延入东海后, 因受到新华夏系第一沉降带的重叠复合, 被压在下面。
4. 早期东西向构造被新华夏系构造所穿切、错开, 晚期东西向构造又错开新华夏系, 呈反接复合, 这种复合关系在东海陆架盆地西部→浙闽隆起上尤为明显; 东西向构造及新华夏系又被北西向构造穿切、错开, 分别呈斜接、反接复合, 如鱼山-久米岛褶断带。
5. 东西向构造、新华夏系和北西向构造往往以横跨褶皱形式出现, 如东海陆架盆地南部新华夏系(观音隆起)横跨在东西向构造单元上; 又如东海陆架盆地中南部北西向构造(虎岩凸起)横跨在新华夏系(雁荡凸起)之上。
6. 南岭、秦岭纬向构造带延入东海后, 因受到强大的新华夏系第一隆起带阻挡作用, 故它们未能完全穿越岛弧带。

总观海区构造体系相对的新老次序为东西向构造→新华夏系→北西向构造。

东海自新生代以来, 构造体系发展历史大致经历了三个阶段:

早期(早第三纪): 东西向构造继续活动, 新华夏系活动加强, 北西向构造开始活动。

中期(晚第三纪中新世): 新华夏系活动突出。

晚期(晚第三纪上新世—第四纪更新世): 新华夏系继承性活动, 往东进一步加强, 北西向构造活动强烈, 错开新华夏系, 同时东西向构造再次活动。

综上所述, 新华夏系构造活动贯穿新生代始终, 并有进一步加强之势, 占主导地位。东西向构造、北西向构造与新华夏系的构造活动交替出现, 它们的相互影响控制着东海沉降区的成生发展。

四、构造模式及应力活动方式简析

在新生代时期, 东海陆架盆地经受了基隆、雁荡、瓯江、玉泉、龙井五次运动, 经历了早第三纪断陷、晚第三纪中新世坳陷、晚第三纪上新世—第四纪区域沉降三个不同的发展阶段, 新华夏系NW—SE向挤压应力作用由弱到强, 然后由强到弱, 导致了断陷向坳陷转化的全过程。而冲绳海槽盆地除了龙井运动外, 它还经受了冲绳海槽运动, 以鱼山-久米岛褶断带为界, 北部经历了晚第三纪中晚中新世—上新世断陷、第四纪坳陷二个不同的发展阶段, 新华夏系NW—SE向挤压应力作用与东海陆架盆地有相似之处, 只是断坳转化时间与东海陆架盆地有所不同; 南部自晚第三纪上新世以来

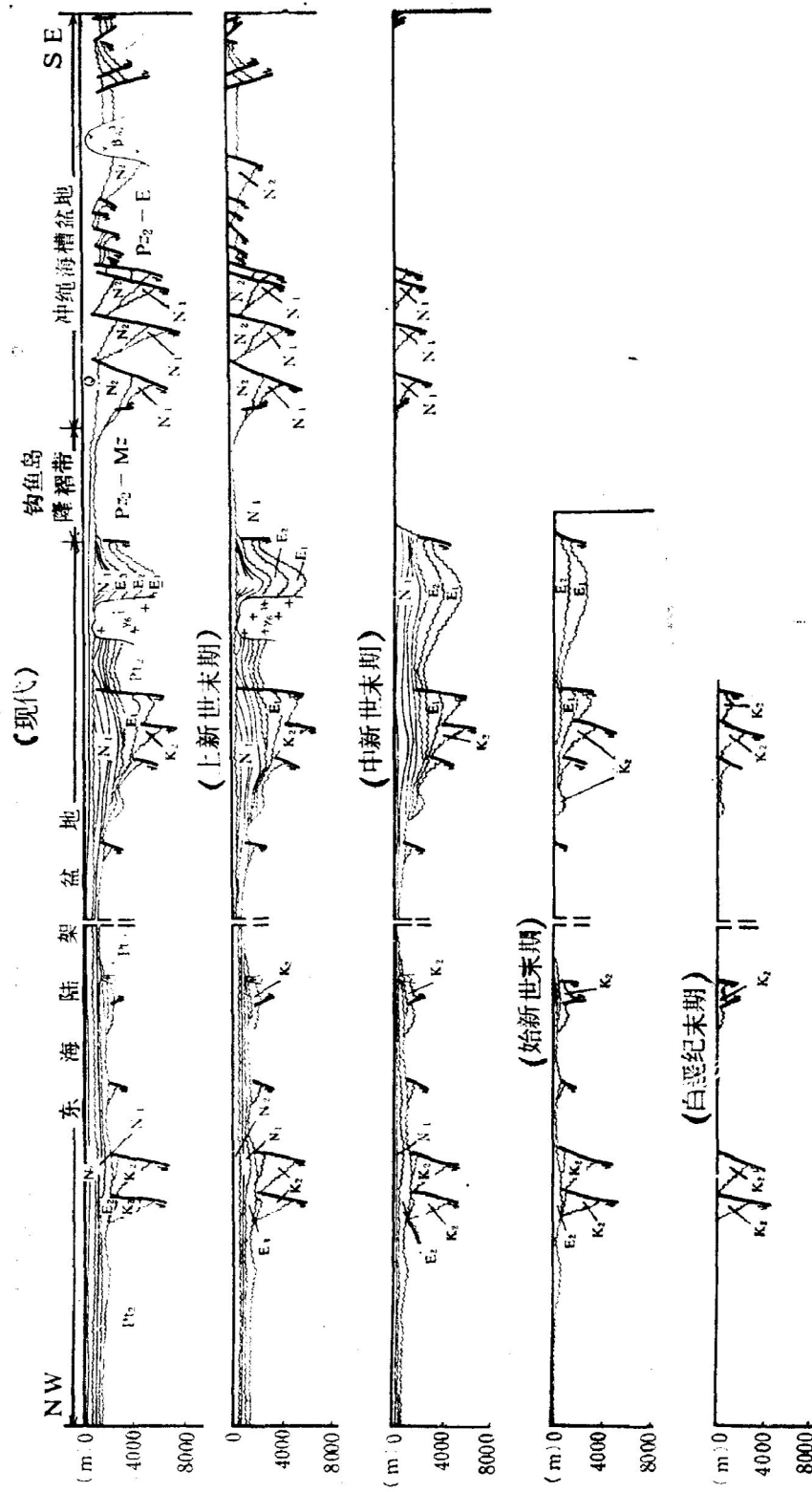


图 4-a 东海北部构造发展模式剖面

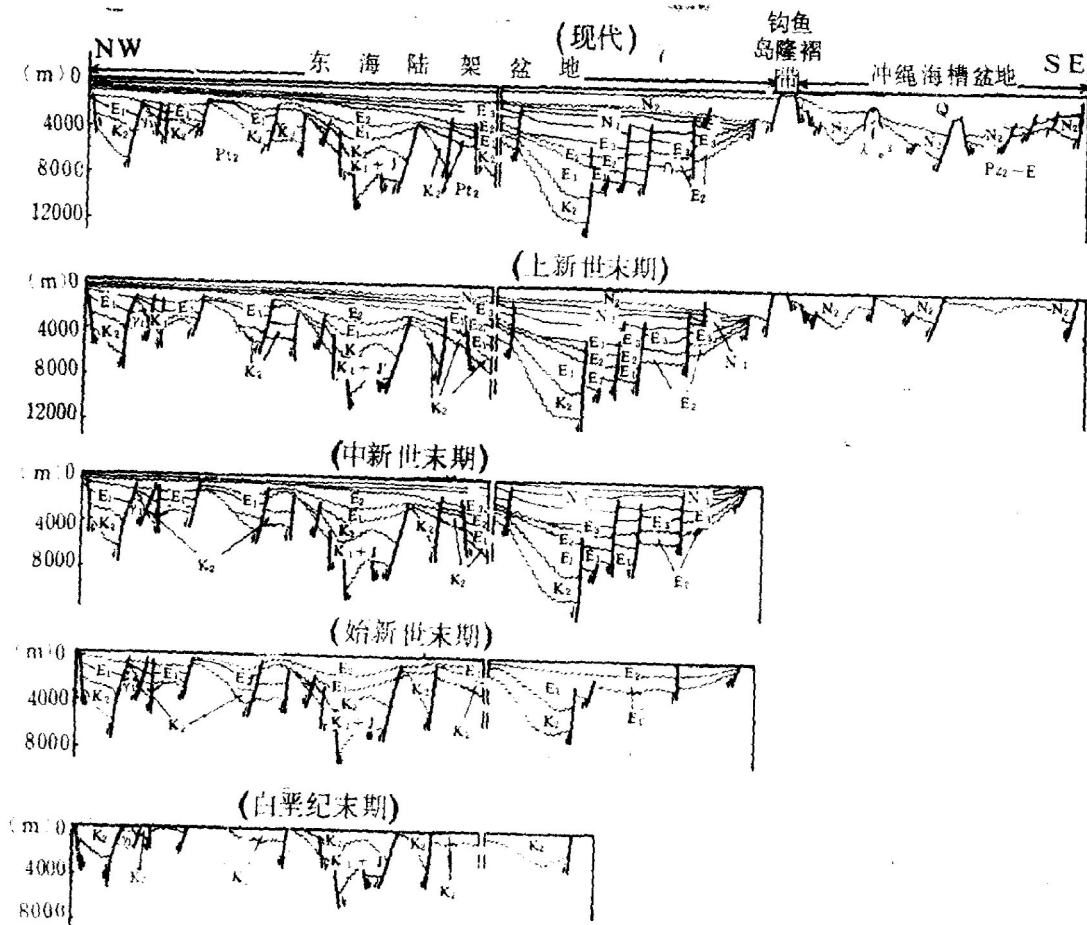


图 4-b 东海南部构造发展模式剖面

处在断陷状态, 新华夏系 NWW-SEE 向挤压应力作用由弱到强不断增加, 表明断陷正在进一步发展 (图 4-a, b)。

东海新生代构造应力场总的特征是: 以南北向扭动为主, 南北向水平挤压为次。除此之外, 还存在着一个自东向西 (即太平洋向东亚大陆) 的推挤力, 这一点已被东海陆架盆地浙东坳陷西湖凹陷中部的中央背斜带西翼和台湾西部出现的一系列向西逆冲断层所证实 (图 5)。

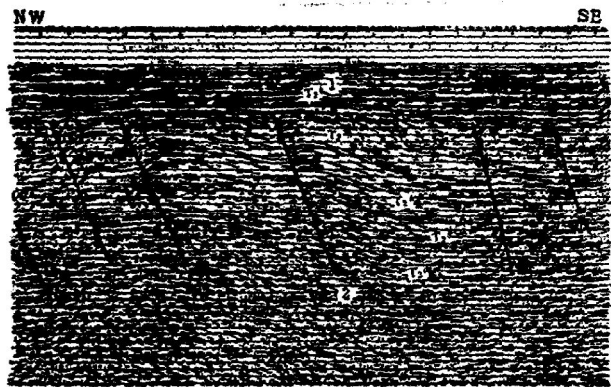


图 5 东海陆架盆地中北部中央背斜带地震剖面

参 考 文 献

- [1] 李四光, 1973, 地质力学概论, 科学出版社。
- [2] 柴利根, 王舒敏等, 1982, 海洋地质研究, 第 2 期。

AN INTRODUCTION TO THE TECTONIC SYSTEM OF THE EAST CHINA SEA

Chai Ligen

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

Abstract

The East China Sea is situated in a huge subsidence area of the first subsidence zone in the Neocathaysian. It is confined to latitudinal tectonic zones of Nanling in the south and Qingling in the north, and composed of two huge Cenozoic NNE-trending basins.

The East China Sea can be divided into the Neocathaysian and the latitudinal tectonic systems and a NW-trending structure. Among them, the Neocathaysian system is the dominant one, while the origin and development of both the eastern and western basins of the East China Sea are controlled by the first stage positive structure of the Neocathaysian system and the Nanling and Qingling latitudinal tectonic zones.

The main characteristics of the Neocathaysian system are as follows: On the plane, first- and second-stage structures are arranged in a distinct arc form and "S" shape, the third- and fourth-stage structures are arranged in a type. On the profile, the uplifts and depressions are apparent. On the history of the development of the Cenozoic in this area, the age of the strata, the magmatic rocks, the tectonic movements became younger, and the strength of the movements tended to enhancement from the east to the west. This indicates that the movement of the Neocathaysian has become more intensive in recent times.

In the tectonic stress field of the East China Sea, the lateral push-compressive force from the Pacific Ocean can not be neglected except dominant torsion and N-S trending secondary compressive stress. This has been proved by a series of thrust faults faces the west from the Xihu sag and western Taiwan.

The tectonic model of the East China Sea shelf basin is Paleogene rift-Miocene depression—Pliocene-Quaternary regional subsidence. The influence of NWW-SEE compressive stress of the Neocathaysian system changed from weak to strong and then weak again, leading to a conversion process of rift to depression. The tectonic model of the Okinawa Trough Basin has been in a rifting condition ever since the middle-late Miocene. With the increase of the NWW-SEE compressive stress of the Neocathaysian, the rift is further developing.