

东海大陆架论文集

中国科学院海洋研究所



编 者 的 话

东海大陆架是世界上最宽的大陆架之一，海域辽阔，资源丰富，举世闻名。东海大陆架的调查研究，不仅具有重要的理论意义，而且具有迫切的现实意义。为了查清东海大陆架及其邻近海域的海洋学特征，我们近年进行了多次比较系统的综合海洋调查，积累了大量的基本资料。最近我们将几年来的调查研究作了初步总结，所获资料对国防、矿产、渔业、航海等方面都有一定的参考价值。为适应当前的需要，特将其中一部分研究成果先行发表，以供参考，并将陆续以不同形式发表有关这些调查的成果。由于我们政治业务水平有限，有些资料还在分析研究中，错误和不足之处在所难免，希望批评指正。

中国科学院海洋研究所《东海大陆架论文集》编辑小组

一九七八年八月

FC-8-

目 录

编者的话

东海海底地形的基本特征.....	林 美 华 (1)
东海的地质构造.....	喻 普 之 (10)
东海及其邻区海洋地震带划分及地震发生机制研究.....	范时清等 (22)
东海大陆架沉积物分布特征的初步探讨.....	秦蕴珊等 (35)
东海沉积物中海绿石的研究.....	陈丽蓉等 (44)
东海大陆架沉积物中的粘土矿物.....	时 英 民 (57)
东海外大陆架沉积物地球化学的初步研究.....	赵一阳等 (69)
东海大陆架几个沉积岩芯古地磁的初步研究.....	孙维敏等 (85)
东海更新世末期以来的海面变化.....	赵松龄等 (98)
东海大陆架区夏季温、盐度垂直结构的几种类型概述.....	杨 天 鸿 (108)
东海海流系统概述.....	管 秉 贤 (126)
东海大陆架区浮游动物种类组成与总生物量分布.....	王 荣 (134)
东海大陆架区浮性鱼卵和仔、稚鱼分布的研究.....	孙继仁等 (145)
东海大陆架区底栖生物数量分布和群落的 初步分析.....	唐质灿等 (156)

东海海底地形的基本特征

林 美 华*

(中国科学院海洋研究所)

为了深入了解东海海底地形的特点,近年来我所地质研究室多次在东海进行了水深调查,并编绘了1:200万东海海底地形图,从而可以进一步认识东海海底地形,特别是东海大

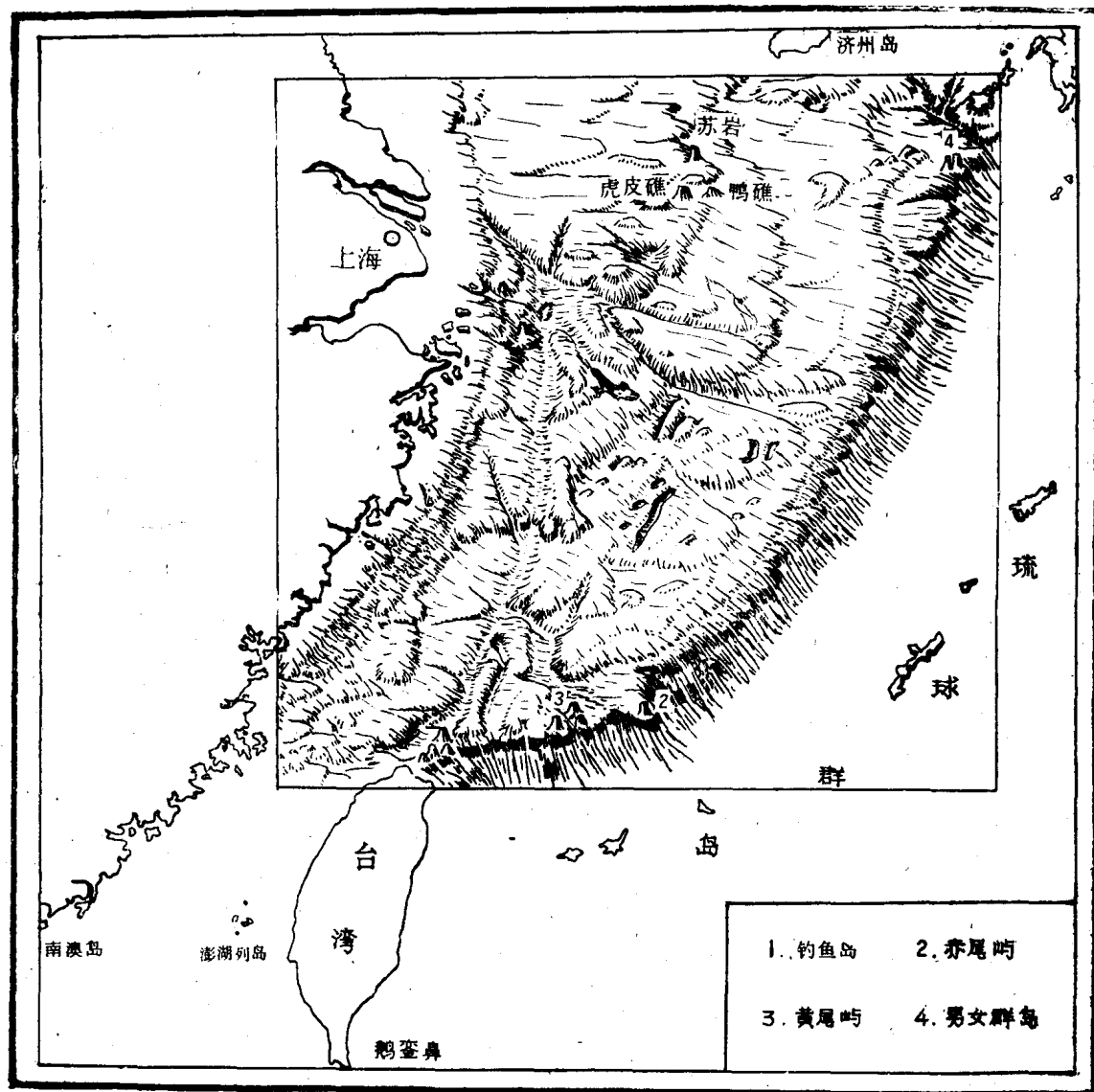


图1 东海大陆架台湾以北浅水区海底地貌图

* 参加海上调查的还有范时清、孙维敏、王镇、贾凤梅、张铭汉等同志。参加室内资料整理的还有施静平、潘龙俊、成国栋、常国显等同志。1:200万东海海底地形图由蒋孟荣同志清绘。本文得到喻普之、郑开云等同志的热情帮助,在此一併表示感谢。

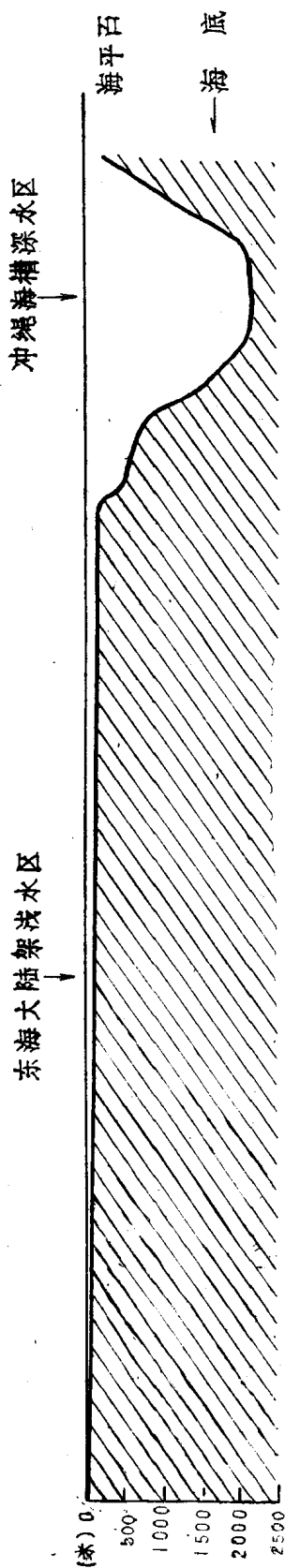


图2 东海海底两大地形区示意图

陆架台湾以北地区的海底地形。本文着重讨论东海大陆架台湾以北地区海底地形的基本特征。

东海呈北东—南西向延伸，与该地区的地质构造线方向一致，总面积为75.2万平方公里，平均水深350米，南北长约1300公里，最宽处（长江口外）为750公里，最窄处（台湾海峡）为125公里。根据海底地形趋势，可把东海分为两大地形区，即西部的大陆架浅水区和东部的冲绳海槽深水区（图2）。

一、东海大陆架浅水区的海底地形

东海大陆架浅水区呈北东—南西向延伸，东北部宽阔，西南面狭窄，平均水深72米，占东海总面积的70%左右，海底地形平坦，平均坡度 $0^{\circ}1'17''$ 左右，由北西向东南方向缓慢倾斜。东海大陆架浅水区的海底地形又可分为台湾以北和台湾海峡两个地形区。

（一）台湾以北开阔的大陆架浅水区

东海大陆架台湾以北地区和冲绳海槽相比，它几乎是一个没有起伏变化的浅水平台（图2），但是如果我们用5米间隔画等深线，就可以看到这个十分平坦的地区亦有起伏变化。本文根据地形的变化，将该区划分为五个地带（图3），这些地带由西向东略呈阶梯状沉降，每个地带都相当于一级阶地复盖在后一地带之上。现分述如下：

第一带：由海岸至水深20米左右，平行于海岸分布，有许多水下礁石，并有许多小岛出露水面，最大的为舟山群岛，它们使该地带局部地区水深突变，等深线急剧弯曲，地形也显得复杂。该地区主要是现代河流细粒沉积物。

第二带：水深20米左右至水深50米左右，沿第一带的外侧分布，在东经 $122^{\circ}50'$ 及北纬 $31^{\circ}20'$ 的东北呈扇形展开，平均宽度235公里左右，海底地形平缓，平均坡度 $0'26''$ ，略向东倾。其南部呈狭长条带状分布，平均宽度49公里，平均坡度 $2'9''$ 左右，坡度较北部显著，该带至台湾海峡的西北端止。水深30米和40米等深线分别显示两级阶梯状起伏。该地带北部为粗粒残留沉积物堆积，南部为中细粒沉积物。

第三带：水深50米左右至水深75米左右，沿第二带东南边缘呈镰刀状分布。在北纬 29° 以北，地形呈南北向，北端转向北西。北部水深50—60米处有几个水下岩礁，即

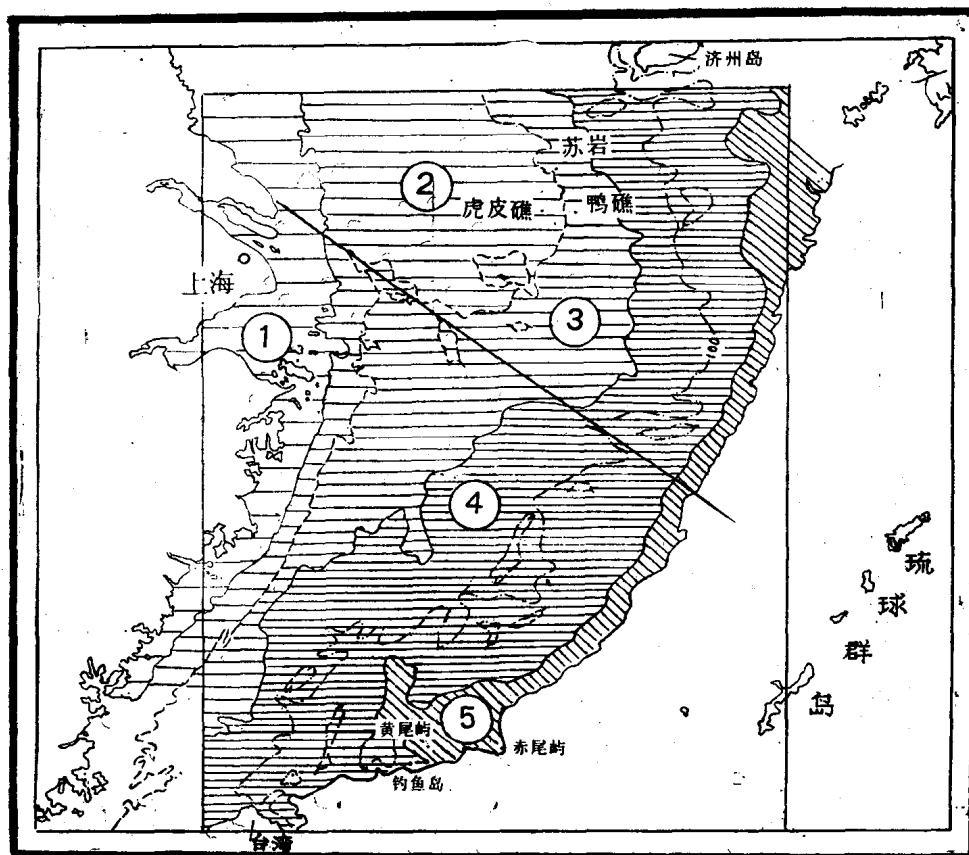


图3 东海大陆架台湾以北浅水区海底地形的五个地带

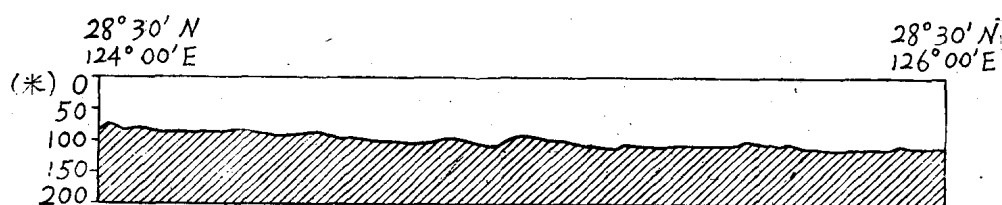


图4 具有波状起伏的海底地形实测剖面图

苏岩、鸭礁和虎皮礁等，中段北纬 $29^{\circ}10'$ — $30^{\circ}40'$ 之间，有几个水深60米左右向东南倾斜的小丘（或称小岗），西南部又收缩成狭窄地带，与第二带西南部的狭长条带连在一起。除北部局部有细粒沉积物外，其余地区主要是粗粒残留沉积物。

第四带：水深75米至水深130米左右，自北向南由南北向转北东—南西向。北部地形平缓，仅在东经 127° ，北纬 $31^{\circ}50'$ 处有水深60米的水下山丘，西南面地形变化不规则，地形等深线呈肠形分布。在北纬 27° — $30^{\circ}30'$ 之间，有许多高差5—10米左右的呈北东—南西向的小突起和小洼陷。实测剖面上还可见到波状起伏地形（图4），波高10—15米左右，波长10—30公里左右。水深100—110米地段内，地形弯曲延伸和现代的长江口海岸线相似（图5）。水深90米和110米等深线又显示两级小型阶梯式下降。除北部局部有细粒沉积物与第三带北部的细粒沉积物相连外，其余地区为粗粒残留沉积物。

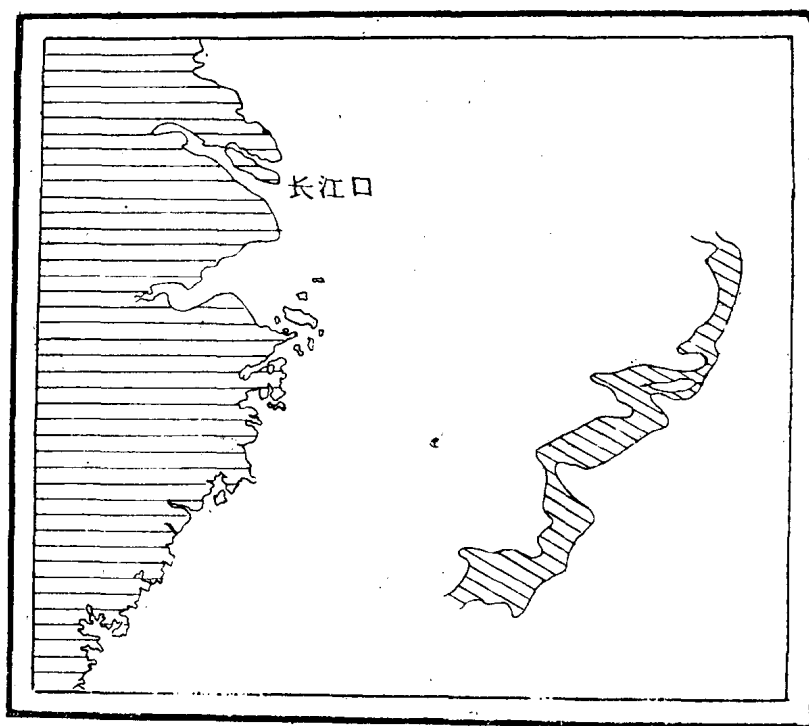


图5 水深100米—110米地段地形弯曲与现代长江口海岸线对比图

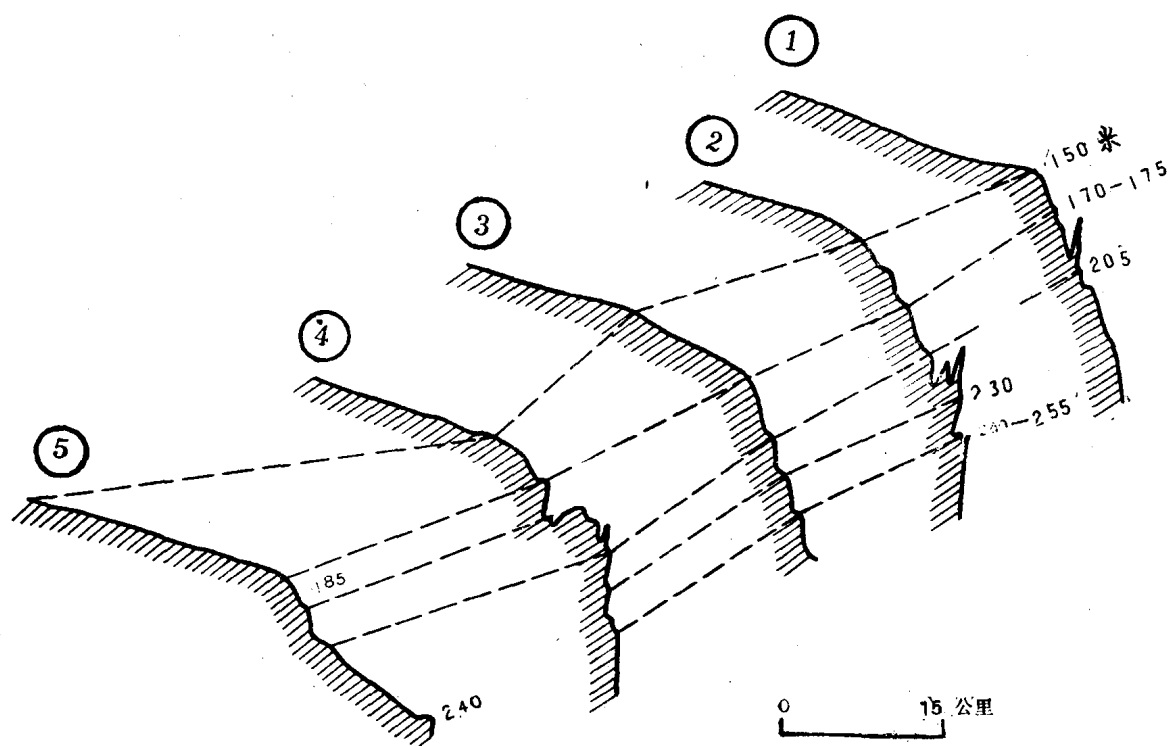


图6 台湾以北大陆架浅水区南部五个台阶式下降的实测剖面对比图（深度单位：米）

第五带：水深130米左右至水深200米左右是大陆架浅水区最外部的地带，从水深140—150米左右，地形坡度逐渐增大，并成台阶式下降，至水深200米左右，坡度则显著加大，从南部几个实测剖面看，可大致划分为150米、170米、200—210米、230米、250—255米等几个台阶（图6），尔后又有水深400—500米、800米、1000米、1500米等几个阶梯，沿冲绳海槽西坡向下延伸至冲绳海槽槽底。此带东南部钓鱼岛、赤尾屿、黄尾屿附近则有140—160米左右的水下宽阔平台。该带主要分布有粗粒残留沉积物，局部有基岩显示。

上述五个地带，如果从长江口外东经 $122^{\circ}45'$ ，北纬 $31^{\circ}20'$ 和东经 $126^{\circ}15'$ ，北纬 29° 连成一线（图3），又可看到第二、第三、第四地带之北部地形连成一片，在水深90米以内构成完正的楔形地形，坡度十分平缓，仅有 $0^{\circ}54''$ ，在边缘还有不少边缘沟（图7）。在平缓的海底上，零星分布着苏岩、鸭礁和虎皮礁等水下岩礁。该区堆积的主要是粗粒残留沉积物，只在水深50米—100米之间的局部地区，分布有现代细粒沉积物。古长江水下三角洲就在这个地区。

在上述连线的南部，除水深20米至50米之间是个稍明显的斜坡外，其余是一个广阔的浅海平原，平原上覆盖着粗粒残留沉积物。在此平原的低洼处，构成一系列的现代海底沟谷和洼地（图7），其中主要一条海底谷在长江口东南面东经 $122^{\circ}35'$ ，北纬 $31^{\circ}30'$ 开始，至东经 $123^{\circ}30'$ ，北纬 $30^{\circ}50'$ 转向南下，一直到东经 $122^{\circ}50'$ ，北纬 $27^{\circ}10'$ 又拐向东南，沿钓鱼岛和

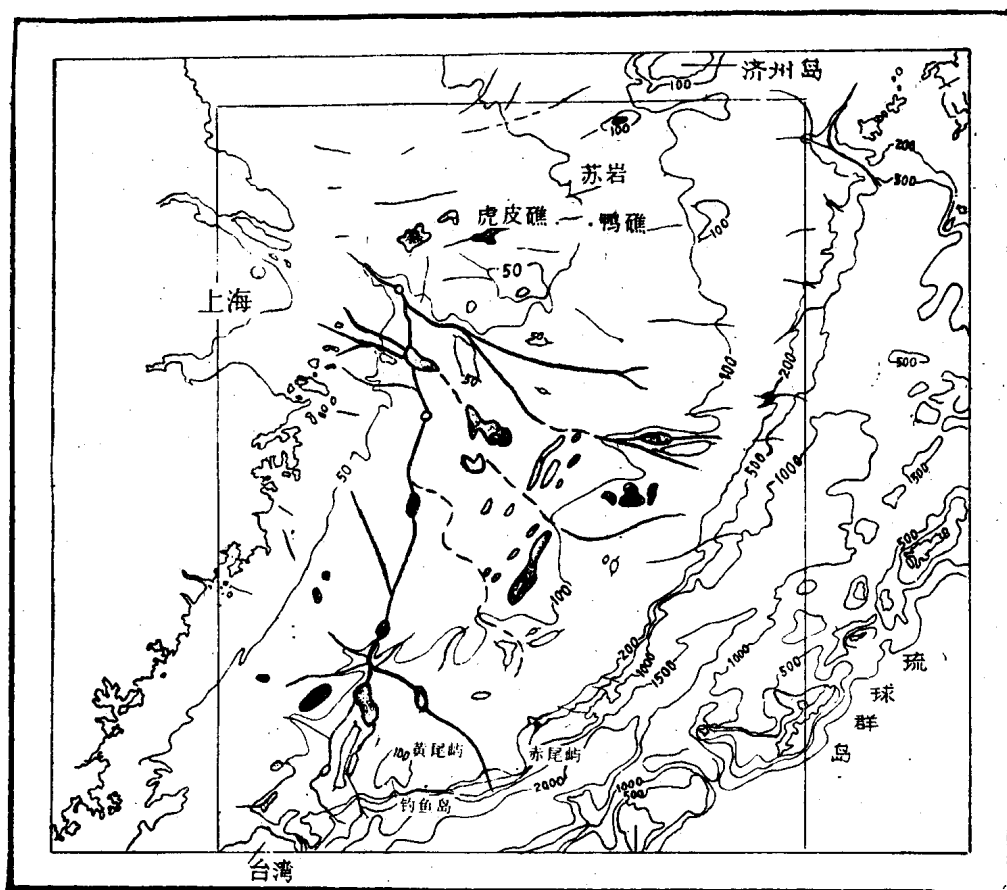


图7 东海大陆架台湾以北浅水区现代海底沟谷和低洼地分布图

赤尾屿之间进入冲绳海槽。此主谷北端呈圆形,两岸较谷的中段和南段陡,中段浅而开阔,南部又稍加深,总长达270公里左右,在谷通过的地方,有时也形成一些水深5米左右的低洼地。它的西岸,还有一些小沟延伸至此海底谷,向东又有一些分支。在海底主谷的北部,向东南方向有两个主要分支,靠北边的一条从东经 $123^{\circ}20'$,北纬 $30^{\circ}50'$ 开始,向东南至东经 124° ,北纬 $30^{\circ}35'$ 处又分两叉,一条延至水深75米左右,另一条延至水深130米左右。靠南面的一条分支从东经 $123^{\circ}10'$,北纬 $30^{\circ}25'$ 开始,向东南延至东经 $125^{\circ}30'$,北纬 $28^{\circ}30'$ 处又拐向北东东方向流入冲绳海槽,此分支中段被覆盖,谷形不清楚。在海底主谷的南部,东经 $122^{\circ}50'$,北纬 $27^{\circ}05'$ 处向南又有一条分支,至东经 $122^{\circ}45'$,北纬 $26^{\circ}45'$ 处又分成两叉,一条向正南方向流入冲绳海槽,另一条向西南从彭佳屿东北面进入冲绳海槽。这组呈树枝状的海底沟谷的每个分叉处和沟口,都存有水下小丘(图1)。从东海大陆架的海流资料看,这组海底沟谷的形成,并非强海流作用的结果。因此估计它可能是长江水下古河道的流经处,但由于后来沉积物的覆盖和填充,因而长江水下古河道的实际位置不一定与它完全一致,特别是古河道的出口(北端)处更有可能向南偏移。

另外,我所在长江口外水深160—170米处,几次采集到河口底栖生物牡蛎、蛎子的遗骸,并在附近所采白扇贝进行 C^{14} 绝对年龄测定为 15030 ± 750 年¹⁾。同时国外也有资料报导,在虎皮礁附近采集到北方原始牛下颚骨,在男女群岛附近采集到猛马象的牙齿,长江口外水深100米处,大量采集到红螺、文蛤、长牡蛎、玛珂贝、杂色蛤等潮间带及其附近的贝类产物, C^{14} 测定的结果推算为15000年到20000年。此外亦有资料表明,在水深60米至160米范围内采集到大量浅水软体动物遗体, C^{14} 绝对年龄测定结果由新到老²⁾。

根据上述资料,可以认为东海大陆架浅水区在晚更新世曾是大陆地区,由于河流的切割,其上有一系列树枝状分叉的河谷,构成一片三角洲状的堆积平原,之后逐渐沉没于海底,并从混有淡水的浅海变成了高盐度的外海,现今的东海大陆架台湾以北浅水区可能是古长江水下三角洲式的残留堆积平原。

(二) 丘洼相间的台湾海峡区³⁾

台湾海峡为北东—南西向的海峡,北窄南宽,最大宽度约360公里,最窄处约125公里(图1)。水深不大,大部份小于100米,平均水深小于50米,但海底地形变化复杂,丘洼相间,澎湖列岛位于海峡的东南面,其附近岩礁甚多。海峡北部为一水下丘陵地带,此带水深50米以内,有许多高差达20—30米的水下小山丘,有的露出水面成为海岛,有的则成为水下暗礁。澎湖列岛的西南面,海底地形起伏变化无常,称为台湾浅滩。在澎湖列岛的北面,有一被水深50米等深线圈起来的近似长方形的台中浅滩,与台湾省台中海岸相连,最高点不到10米深。台湾浅滩、澎湖列岛和台中浅滩构成一个北东—南西向的海脊,反映出一个重要的构造方向,将海峡分成两部份。台中浅滩的东北面是一个水深60—70米以上的低洼地,澎湖列岛的西北部有水深60—70米左右的水下谷地,呈北东—南西向,在东北方向至台湾海峡北口处,水深逐步增大至90米左右,此谷地的西面,是一与海岸相连的水下缓坡地带。而澎湖

1) 根据秦蕴珊、郑铁民1977年资料。

2) 根据新野弘1970年资料。

3) 参考《Tech. Bull., CCOP》, 4: 23—62.

列岛东南面与台湾西岸之间的澎湖水道，则是一具有深海地形特点的水下谷地，也是台湾海峡最深的地方。

二、东海深水区（冲绳海槽）的海底地形

东海深水区（即冲绳海槽），沿东海大陆架浅水区外缘呈北东—南西向延伸，并向东南方向成弧形突出，其西坡与东海大陆架浅水区相连，东坡即琉球群岛西坡。冲绳海槽为一“U”形海槽，两壁的西南段都比它的北段坡度大。槽底由北向南呈台阶式的缓慢倾斜，槽底北部水深在500—1000米之间，中部水深在700—1500米之间，南部水深在1000—2000米以上，槽底中部有高达水深800米左右的海底高地。如果从西坡的赤尾屿与东坡的池间岛连一线，可将海槽分成南北两段，其南段槽底水深较大，大于1000米以上，在石垣岛以北，最大水深为2710米左右¹⁾。该处海槽两壁坡度近似相等，从海槽的横断面看，海槽呈对称形状（图8），而北段两壁比南段两壁缓而开阔，地形变化复杂，在西北端位于男女群岛东北方向东经128°，北纬32°10′，有一海底谷，此谷西北方向延至东经128°15′，北纬32°30′处转北北东方向又延至东经128°30′，北纬30°，这条海底谷把海槽西坡与北坡分开。东坡，即琉球群岛西坡，地形更为复杂，有断崖、海底谷地、小丘和弧峰等分布，还有海底火山活动，坡顶则为琉球群岛出露水面，成为东海与太平洋的天然分界线。

从上述东海海底地形的初步分析中，可看出东海海底地形有以下几个特点：

1. 东海海底地形的结构，主要呈北东—南西向延伸，它和东海地质构造线的方向一致。

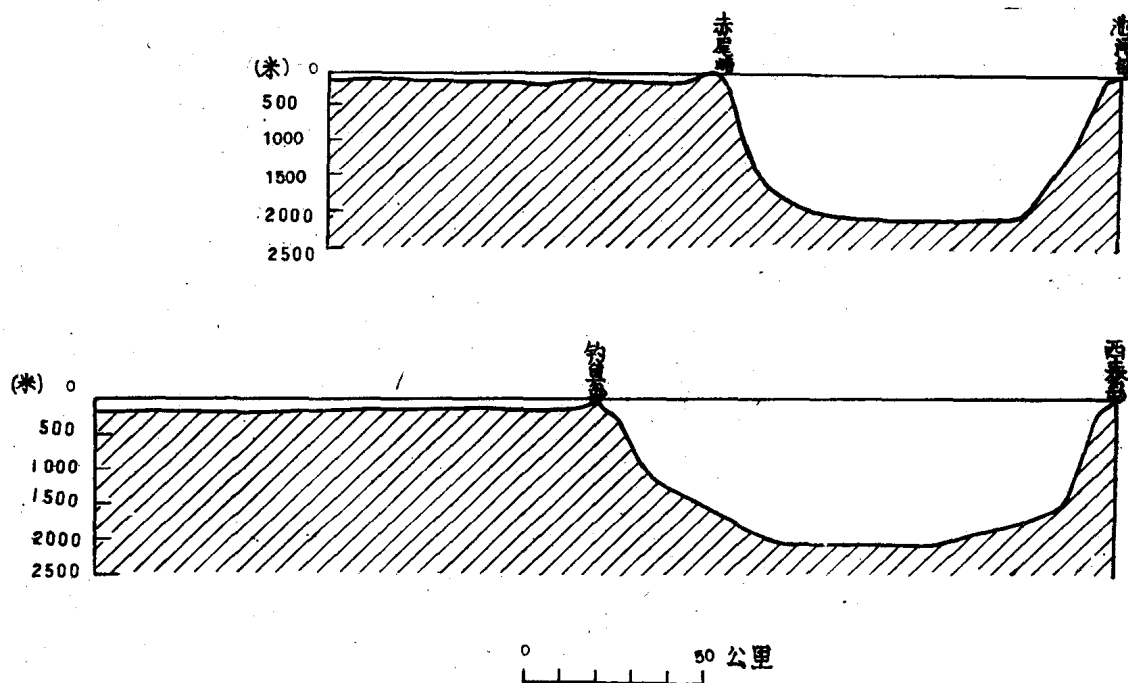


图8 赤尾屿至池间岛和钓鱼岛至西表岛冲绳海槽深水区的两个横断面示意图

1) 根据中国科学院地理研究所1976年资料。

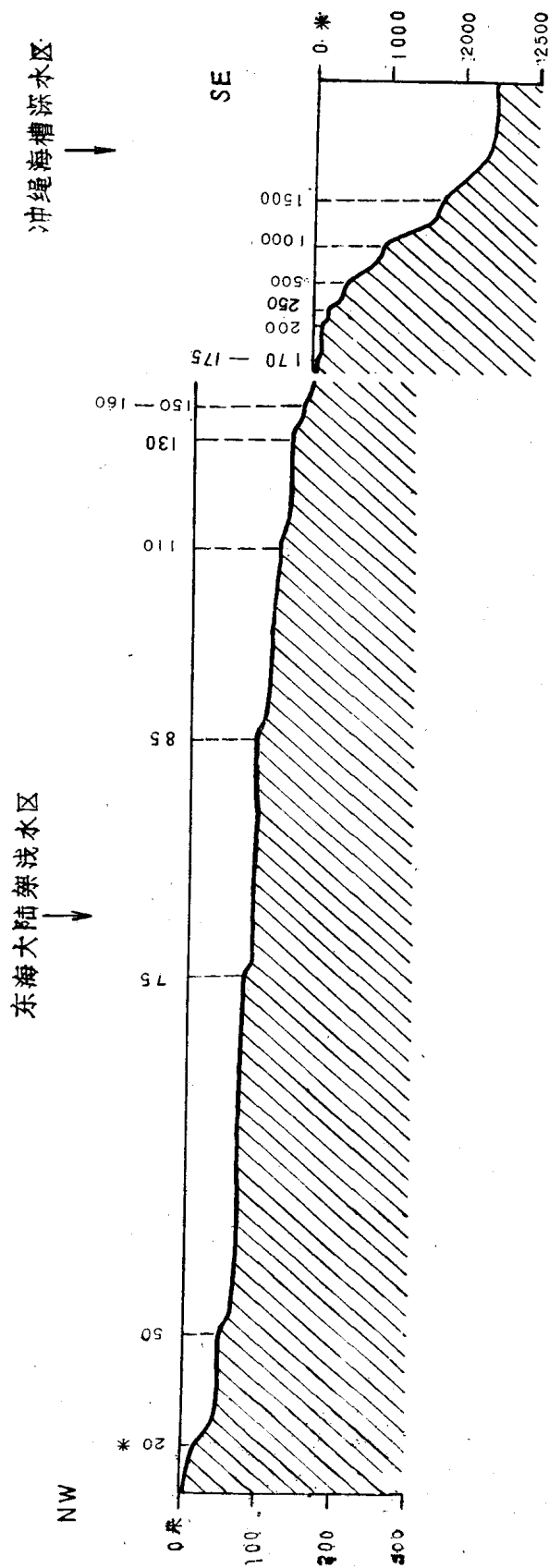


图9 东海海底多台阶式下降示意图 (深度单位, 米)

2. 按照地形趋势的特征, 把东海划分为两大地形区, 即西部的大陆架浅水区和东部的冲绳海槽深水区。

3. 海底从浅到深都有多级台阶式下降的现象, 直至冲绳海槽槽底(图9)。

4. 东海大陆架浅水区海底地形和冲绳海槽槽底地形平缓, 仅海槽两壁坡度稍大, 其壁上地形比较复杂, 并有火山活动。

5. 东海大陆架浅水区在晚更新世曾为陆地, 并有可能是古长江水下三角洲式的残留堆积平原。

东海的地质构造

喻普之*

(中国科学院海洋研究所)

东亚大陆与太平洋之间分布着一连串的边缘海，鄂霍茨克海、日本海、东海、南海等（图1）。它们对我们认识东亚大陆与太平洋的构造关系，似乎起着“钥匙”的作用。正如我国著名地质学家李四光^[1]教授所说：“这里总称为新华夏海的那些海，即渤海、黄海、东海和日本海的起源仍然是一个问题，这个问题除了它自身的意义之外，它对太平洋盆地的发育问题的重要性并不亚于它对东亚大陆的构造历史的重要性。”早在本世纪三十年代，李四光^[2]教授就指出东亚大陆边缘存在着一系列北北东方向相间排列的隆起带和沉降带，称之为新华夏构造系，属晚近时期的产物。由于受到纬向构造的干扰，在沉降带内形成各自独立的盆地，东海便是第二沉降带中的一个盆地。1939年，大塚（Otsuka）在研究日本新生代的地质历史时^[3]，提出了从库页岛、日本、琉球群岛到台湾的陆海之间发育五条新生代

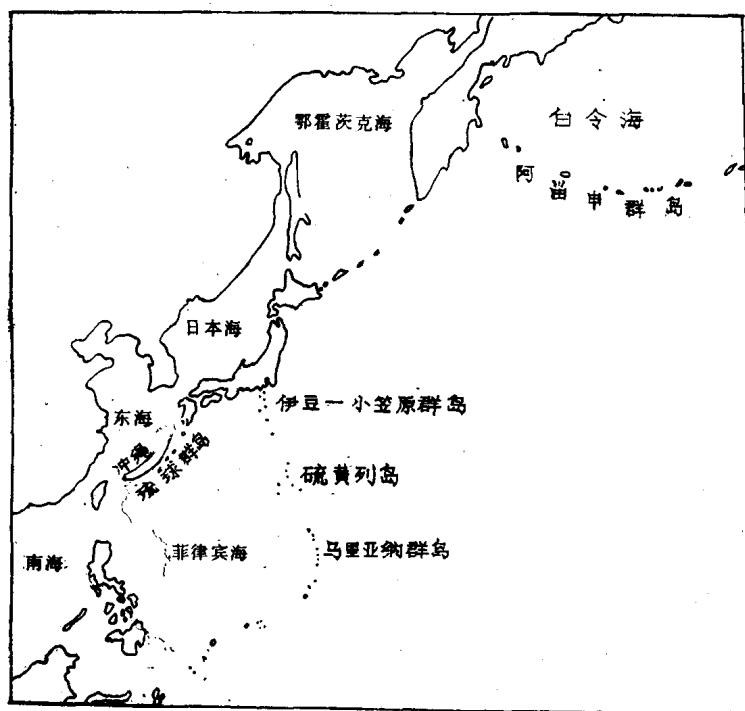


图1 东亚边缘海位置图

* 金翔龙同志对本文提出宝贵意见，蒋孟荣、李清、张弘和严理同志协助清绘全部图件，在此致谢。

的褶皱带。他们根据周围陆地地质资料推断海域地质构造的这些工作,是后来研究东亚大陆边缘海地质构造的基础。

六十年代后期以来,一些学者相继对黄东海展开了大规模的地质与地球物理调查^[4-8]。从1974年开始中国科学院海洋研究所对东海进行了系统的地磁^[1]与地形的调查。1975年木村政昭就日本西南部的陆海地质与地球物理资料^[9],着重讨论了东海的新构造特点与性质。1977年金翔龙^[10]把黄海和东海分为七个构造带并分析了它们的构造发展史。

本文就东海及其周围的地质与地球物理资料,试对东海的地质构造分区及构造发展史加以探讨。

一、周边陆地地质概况

东海被我国台湾、福建、浙江,朝鲜的南部和日本的西南部与琉球群岛包围。这些地区的地质历史已逐步为人们所认识,它们在时间和空间上都有密切的联系。以东海为界,东侧是中生代与新生代的褶皱带,西侧却是古老的隆起带(图2)。

福建、浙江的东部沿海地区,是有名的“华夏古陆”。广泛分布一套变质岩系,主要为片岩系,包括云母片岩、石英片岩,顶部夹大理岩与石英岩。吕梁运动褶皱隆起,长期遭受剥蚀,仅在隆起带的两侧边缘受到上古生代的海侵。印支运动对这个隆起带开始产生深刻影响,使古生代地层遭受强烈地褶皱变质,在福建的福鼎和浙江的江浦见到上古生代的变质岩和火山岩。这时还以普遍产生北北东向断裂为特点,沿此方向断裂又形成一系列呈雁行排列的北东向断陷盆地,在盆地内,前震旦纪变质岩之上不整合地堆积了晚三叠纪到侏罗纪的一套陆相含煤岩系称之为梨山群。侏罗白垩纪,燕山运动又对这个隆起带给予强烈的改造,原有的北北东向断裂继续得到加强,又产生许多新的北东—北北东向的断裂;原有的断陷盆地也继续下沉,接受了巨厚的中生代陆相火山碎屑岩系。晚侏罗纪是华夏隆起带上的主要火山活动时期,形成复杂的火山岩系,有粗面岩、安山岩、英安岩、流纹岩及凝灰集块岩等称磨石山组。白垩纪仍有火山活动,以流纹岩为主。燕山运动在隆起带上的主要表现是大规模的花岗岩类沿北东—北北东方向断裂的侵入活动。新生代时期,在中生代断陷盆地内,中生代或前震旦纪岩系之上不整合地沉积了一套红色砂页岩称衢江砂岩。第四纪有玄武岩的喷发。

朝鲜半岛的南端,小林贞一郎等^[11,12]有详细的论述,岭南地块上出露前震旦纪的太白金统,为一套云母片岩、石英片岩,可以与华夏隆起带上的前震旦系相对比。前震旦纪褶皱隆起后,长期遭受剥蚀。古生代末期至中生代早期,松林运动使地块遭受强烈的断裂活动和岩浆活动,形成北北东向断裂和北东向分布的断陷盆地,如英阳盆地,堆积了一套含煤的陆相岩称洛东统。其上又不整合地堆积了白垩纪新罗统,这是一套以安山岩为主的巨厚碎屑的火山碎屑岩。新生代时期,地块的东南不断的受到海侵,形成一套海陆交互的沉积。此时火山活动也迁移到地块的东南,形成对马火山带,中新世的凡谷群主要是由安山岩组成。第四纪玄武岩的喷发,从对马海峡延续到济州岛。岭南地块与华夏隆起带的地质发展史是极相似的。

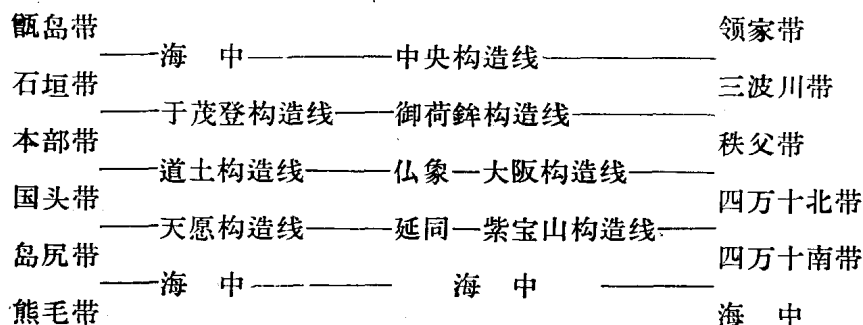
近东西方向横贯日本西南部的中央构造线^[13],在日本西南部的中生代的地质历史发展中起了很大的作用。它把日本西南部切割成两部分,北部称内带,南部称外带。中央构造线是一条巨大的右旋断层。内带是由两条古生代变质岩或花岗岩,两条中生代变质岩或花

1) 参加此项海上工作的除本所同志外,还有山东海洋学院的李昭荣、吴鸣先等同志和南海海洋研究所的李克镛、周人初同志。

岗岩组成，即如图 2 中的飞驒变质带和三郡变质带（古生代末期）；领家带和三波川变质带（中生代）。在前中生代变质岩系之上，不整合地复盖着侏罗纪的含煤碎屑岩和白垩纪的砚石统。砚石统，下部是砂页岩，上部则是巨厚的安山岩、英安岩和流纹岩。在白垩纪末期或老第三纪的早期有大量的花岗岩的侵入。中新世时火山活动仍很频繁，以安山质火山岩为主，并有花岗岩的侵入。一直延续到更新世都有玄武岩的喷发。

外带自中生代以来的地质历史与内带绝然不同。古生代的变质岩，片岩与片麻岩分布在中央构造线的南侧，即外带的北部，向南依次是中生代和新生代岩层，明显的呈带状分布。中生代是一套深海或半深海沉积，为灰岩、砾岩，底部有枕状熔岩、放射虫燧石层、千枚岩、板岩等，厚度在一万米以上。老第三纪的四万十群则几乎全部是深海相的复理石沉积。四万十群地层明显的向太平洋倒转，冲断层面面向北西倾斜。新第三纪为浅海相的磨拉石沉积，夹有安山质的火山岩。第四纪有玄武岩喷发，延伸到琉球群岛的外带。

琉球群岛的构造走向与它的岛屿分布是一致的，即北北东方向。主要分布了一套古生代中生代的片岩板岩等变质岩及老第三纪砂页岩，新第三纪的安山质火山岩、夹煤层的砂页岩和花岗岩。第三纪甚至第四纪的岩层都受到褶皱和断裂。小西健二认为琉球群岛呈带状构造，自西向东划分六个带，分别与日本西南部的六个带相衔接。



甑岛带是中生代变质岩带。新生代的砂页岩不整合地盖在白垩纪变质岩之上，并有中新世的火山岩。属古琉球火山带的一部分。

石垣带，兰闪石片岩带。古琉球火山带的一部分。

本部带，古生代灰岩、砂页岩、绿色岩带。

国头带，中生代片岩和第三系花岗岩带。

岛尻带，新第三纪火山带和浅海磨拉石沉积带。

熊毛带，老第三纪复理石沉积带与新第三系浅海沉积，二者不整合接触。

众多的北西向右旋断层把琉球群岛分成几段。北部有吐噶喇断层，中部有宫古—久米岛断层带，南部有八重山群岛与台湾之间的断层等。

台湾的构造是引人注目的，尽管很多的学者提出各种看法^[14-16]，然而对台湾的基本地质事实的认识是相近的。台湾以变质的古生代地层为核心，中生代地层明显的向东西两侧呈近南北向紧密带状分布。自西向东是：

1. 西台湾拗陷带，在前第三纪基底之上复盖巨厚的近水平的第三纪和第四纪沉积物，厚度可达7000米以上，是一套海陆交互相的沉积，至少有三次海侵和三次海退。在上下上新世清水页岩顶部有一明显的不整合。

2. 西台湾褶皱带，以巨厚的晚第三纪复理石沉积强烈褶皱为特点。

3. 苏澳带，是一条老第三纪岩层褶皱带，主要为板岩、千枚岩等夹有灰岩和片岩，并

有基性侵入体，与白垩纪的碧候统不整合接触。

4. 大南澳带，是前中生代的变质带，片岩、片麻岩、结晶灰岩和各种不同成分的火成岩构成中央山脉的核心。在结晶灰岩中发现鲕石化石，证明这套岩系有一部分属二叠系。大南澳带被一条巨大的断裂分为两个变质带，东侧是高压低温变质带—玉里带，是兰闪石片岩带，由黑色片岩、斑点片岩、板岩、变质的火山岩及蛇纹岩等组成；西侧是低压高温型的泰鲁科带 (Tailuko)，由石英片岩、绿泥石片岩、石墨片岩及巨厚的结晶灰岩组成。玉里带与泰鲁科带大致可以与日本西南部的领家—三波川变质偶带对比。

5. 台东裂谷带，把中央山脉与台东海岸带分开，在地貌上呈明显的峡谷，有正的布格异常值，轻微褶皱第三纪地层很薄。

6. 台东海岸带，由新第三纪巨厚的安山质火山碎屑岩和深海相的杂乱浊流岩、基性侵入岩体组成。地壳厚度为20—27公里，是一过渡型地壳。

台湾的构造至少是经历了三次大的地壳运动。大南澳片岩系已证明是二叠纪及其以前的变质岩系，其上不整合地复盖着白垩纪碧候统，而老第三纪的苏澳统（乌来统）又与二者不整合。显然印支运动及燕山运动是大南澳带形成的主要地壳运动。老第三纪末或早新第三纪可能还存在一次地壳运动，形成苏澳带。上新世—更新世的蓬莱运动，是西太平洋地区的一次普遍大规模的地壳运动，在台东形成台东海岸带，在台西形成台西褶皱带。

综上所述，不难看出，自中生代以来，印支运动主要影响东海的西部地区。燕山运动主要影响东海的中西部，即日本中央构造线与台湾玉里带连线以西的地区。喜马拉雅运动则影响的是近太平洋沿岸。这反映了地壳运动的烈度随着时间的推移，由西向东逐渐增加。已证明在日本西南部存在两对双变质带^[13]，在台湾有一对双变质带^[15]，这对我们认识东海的构造历史是很有意义的。日本西南部一对较老的双变质带—飞驒—三郡变质带，属二叠—三叠纪，绝对年龄为180百万年至250百万年的飞驒变质带，发生低压高温型的硅线石红柱石变质作用，并伴有同时代的花岗岩。三郡变质带发生高压低温型的兰闪石变质作用，绝对年龄是205百万年至330百万年。另一对较年轻的双变质带是领家—三波川变质带，属白垩纪，与台湾的玉里—泰鲁科双变质带相当。双变质带的存在正是说明太平洋板块与亚洲板块在地质历史上不只一次的相碰撞，太平洋板块消亡在亚洲板块之下。

东海周围各地中生代及其以前的地层都发生不同程度的褶皱变质，中生代时都有大量的花岗岩的侵入，新生代地层不整合的叠置在中生代及其以前的岩层之上，基本上没有受到褶皱变质。虽然在台湾下第三系有褶皱和变质，但还不是普遍现象。故可视中生代及其以前的岩层和岩浆岩等是构成东海周围的褶皱基底。

二、东海海底地质与地球物理特征

横穿东海的地磁剖面揭示了几个大的地磁异常区，证实了磁性基底波状起伏的存在。从东可划分出几个地磁异常带。

1. 西部剧烈变化地磁异常带：大致分布在东海的西部。它的地磁场特征是，磁异常变化，梯度变化大，异常在总的负值背景上交替变化，反映了海底断裂发育、岩浆岩的侵入火山岩的喷发等活动频繁。磁性基底埋藏浅4—0.5公里。这种地磁场的特征与华夏隆起岭南隆起陆地部分的地磁场特征是一致的。

2. 平缓变化的负异常带，位于东海的中部，地磁场的明显特征是磁异常单调，变化缓

慢，表现为宽阔的负异常。磁性基底埋藏深度大，一般在4—6公里，最深可达10公里。基底埋藏深，沉积层巨厚是造成宽缓负异常的主要原因。

3. 东部跳跃升高的磁异常带，大致位于东海的中东部。地磁场特征是从负异常迅速跳跃到正异常值，变化剧烈。反映这里与第二带不属同一构造单元。

在东海中部做的折射地震工作表明^[7]，在东海海底存在2—3个明显的声波界面（图3）。根据声波速度与台湾资料对比大致可以确定纵波速度与时代的关系如下：

时 代	速 度	时 代	速 度
上新世—更新世	1.8—2.5公里/秒	老第三纪	4.6—5.3公里/秒
上新世	2.6—3.5公里/秒	中生代—前中生代	>5.3公里/秒
中新世	3.7—4.4公里/秒		

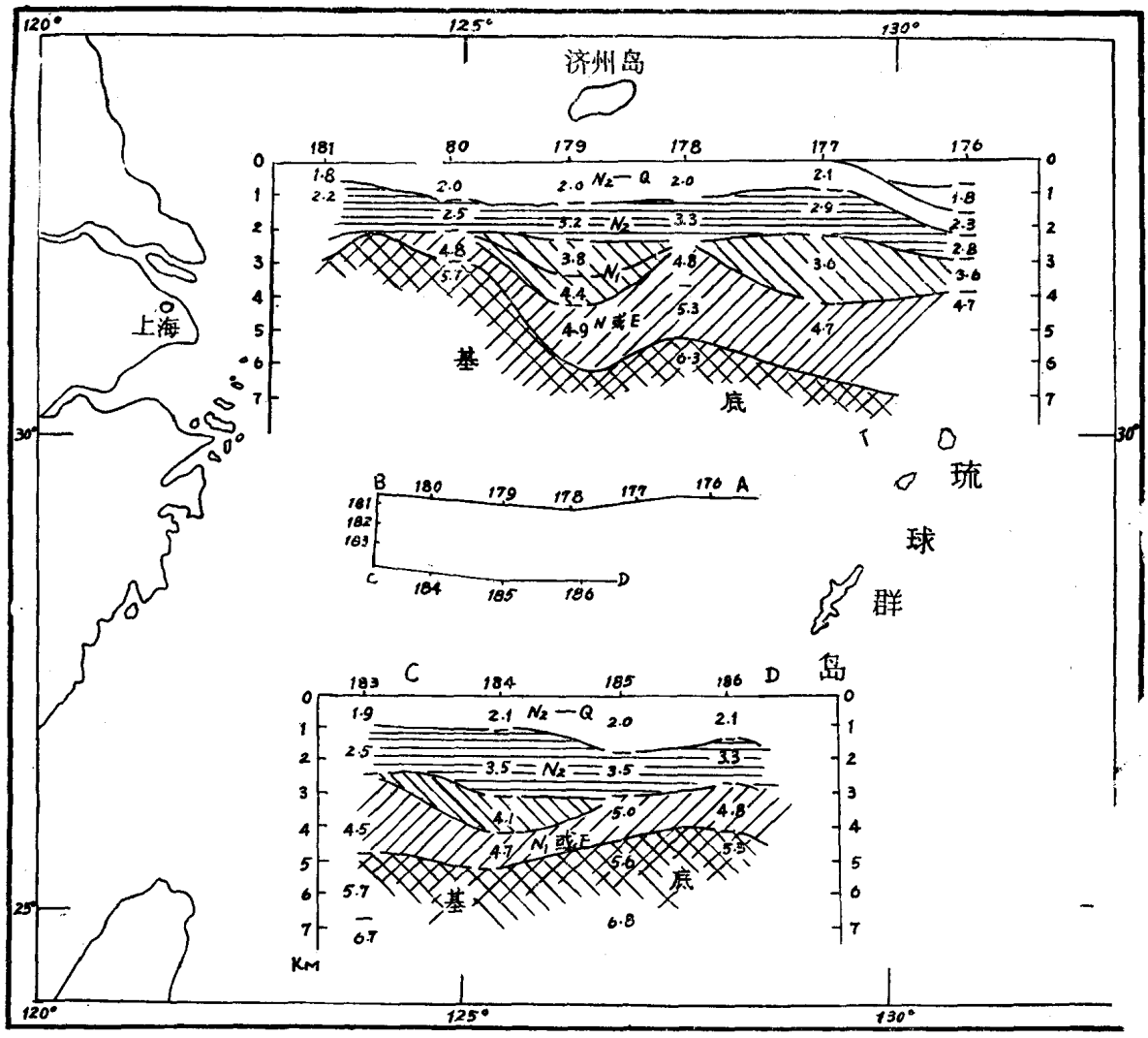


图3 东海折射地震剖面及位置图（根据 Leyden 等）