



洋地质调查

东海地质译文汇编(一)

海区地质与油气远景

地质部海洋地质调查局科技情报资料室

一九八〇年六月

9449

P736
009

200357247



00287777

前言

52/59/30

为了配合我局集中力量，大干东海，开展以石油为主的地质普查的新部署，我们根据现有条件，收集了有关东海及其邻域地质的译文资料百余篇，整理汇集成《东海地质译文汇编》共五个专辑(分册)，拟在今年内全部出齐。

本辑“海区地质与油气远景”为第一分册。其余四辑分别为：第二分册“朝鲜、日本及琉球群岛地质”、第三分册“台湾地质”、第四分册“区域板块构造”、第五分册“海底底质和地形地貌”。全部五个分册共约 100 万字。

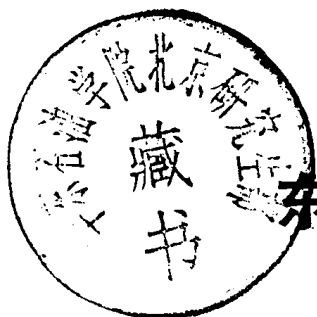
这些译文主要是近十几年来，美、日、苏等国政府部门和民间组织，以及 CCOP 等区域性机构在东中国海及其邻域进行地质-地球物理调查的成果，还有一部分是台湾的石油公司和大学研究所的论文和报告。上述资料历年来发表在各国各地区以及各种组织的十几种刊物和杂志上，零星分散，不便查找和使用，我们希望能通过《汇编》的工作把这些资料尽最大可能集中起来，以期对生产和科研能有更大的参考价值，对挺进东海的工作有所补益。

资料原文大多为英文、日文和俄文，有一些过去曾由地质部石油研究大队、地质部第二海洋地质调查大队、国家海洋局情报所、中国科学院海洋研究所、南海研究所、山东海洋学院、同济大学等兄弟单位全文翻译或摘译过，这次我们在参考原译稿的基础上进行了不同程度的编辑加工，特此说明。有些资料全文涉及范围已超出东海，我们已予以适当删节。改动幅度较大者，标题也作了相应变更。文字和图件因种种条件限制，仅供参考，若有疑问，当以原件为准（出处可见每篇文章后面的资料来源说明）。以上种种，希请使用时注意。

《汇编》只是一种尝试，错误或不当之处恐在所难免，欢迎指正。

目 录

东中国海和黃海的构造格局.....	(1)
东中国海的地质构造.....	(25)
东中国海和黃海的地质构造.....	(33)
东中国海与琉球岛弧的地质构造.....	(45)
中国大陆边缘的构造演变及黃海和东海的含油远景.....	(58)
日本九州以南的东中国海与西菲律宾海边缘地区的构造.....	(68)
冲绳海槽的张性构造作用.....	(77)
台湾海峡东部的地质构造.....	(90)
东海及朝鲜海峡地层和含油远景.....	(105)
东中国海的石油远景.....	(112)
东海油气远景评价.....	(114)
关于台湾海峡石油勘探的地质见解.....	(116)
探索东中国海宝库——钓鱼岛等岛屿周围的海底地质调查.....	(122)
钓鱼岛等岛屿周围的海域地质-地球物理调查.....	(130)
东中国海的声纳浮标折射测量.....	(149)
琉球岛弧及附近海区的重力异常.....	(157)
琉球弧的重力.....	(161)
澎湖列岛的区域重力.....	(164)
琉球岛弧及其邻近海域的磁异常.....	(173)
台湾近海的航空磁测.....	(176)
台湾西北近海海域磁性基底的模型分析.....	(199)
台湾东北部海域地质构造的地磁解释.....	(205)
台湾近海的磁力异常.....	(215)



东中国海和黄河的构造格局

J. M. Wageman 等

【摘要】 1968年10~11月美国海军海洋局与联合国亚洲和远东经济委员会对东中国海、黄海及琉球岛弧和琉球海沟进行了地球物理调查,记录了12,000公里以上的连续地震反射剖面、地磁数据和测深资料。

沉积地层的分布受一系列北东-南西向延伸的海脊的控制,这些海脊阻挡和分隔了充填着沉积物的大拗陷。沉积物主要来源于黄河与长江流经的中国大陆广大区域。位于长江口和朝鲜东南部之间的福建-岭南地块由在中生代抬升的前寒武系到中生界组成。它将老第三纪和新第三纪很厚的沉积物阻挡在黄海之中。靠近大陆架边缘由褶皱的沉积岩和火成岩组成的海脊或许是台湾-肉道*褶皱带在海底的表现,该脊在老第三纪开始活动,它将大约100万立方公里的新第三纪沉积物(厚度可能最少是5公里)和一些老第三纪沉积物拦住。在黄海和大陆架的下面的上第三系和下第三系之间存在着广泛的不整合。上第三系通常是未形变的,而下第三系表现出侵蚀前的构造变形。在大陆架的外面是琉球脊,它由火山岩、褶皱的下第三系、断裂的上第三系以及古生代和中生代的岩浆岩和变质岩组成,它将或许是新第三纪的沉积物阻挡在冲绳海槽中。冲绳海槽中的沉积物厚度在1.2公里以上,其中含有许多内反射层,可能是浊流砂层。两侧斜坡下面众多的断层和复杂的褶皱表明冲绳海槽是断裂形成的。琉球海脊东缘的半坡上另外还有一条堤坝阻挡了沉积物并形成宽阔的阶地。琉球海脊麓部的琉球海沟有厚为0~600公尺左右的沉积物,并以海沟-转换断层的形式终止于台湾附近。

大陆架和黄海下面的沉积地层含有丰富的石油和天然气。台湾北面的大陆架,有许多部位的沉积厚度都在2公里以上,大部分是新第三纪的,与台湾产油层的时代相同。现有资料表明地层主要由页岩组成,夹有一些作为声波反射层的砂岩层。曾记录到许多背斜、断层和不整合面。概查结果表明进行详细的地震普查是必要的,为了评价该区域的油气远景需要勘探。

区域性描述及前人的工作

本文所研究的地质环境在构造、岩石类型、沉积物和地形上是各种各样、十分不同的。为了方便起见,本区可划分为三个主要地形单元、其面积近乎相等:即黄海、大陆架、海槽-海脊-海沟区。地球物理资料按这三个区域归类。

黄海和大部分东海是亚洲大陆和太平洋西北部的陆缘浅海区。在本文中这两个海之间的界线是以朝鲜东南部和济州岛东南部到长江口南岸的一条连线(图1)。大陆架向海一侧的边缘是本区的主要自然地理界线、它将大陆架及平坦、宽阔、几乎缺乏特征的黄海海底与东南部复杂的海脊和海槽地形分开(图2)。黄海以及东海(浅大陆架)部分的水深平均为55米左右,而冲绳海槽水深约2,270米,琉球海沟水深6,500米。

本区北端的地形单元是黄海和渤海湾,西面它与黄河和长江三角洲以及多丘陵的突出的山东半岛接界,在历史上黄河曾从山东半岛的北边和南边的低地反复改道流入海里。黄海

* 原文为 Sinzi, 过去译为宍道或新西, 现根据地图出版社《日本地名索引》(1976)统一译为肉道, 下同——编注。

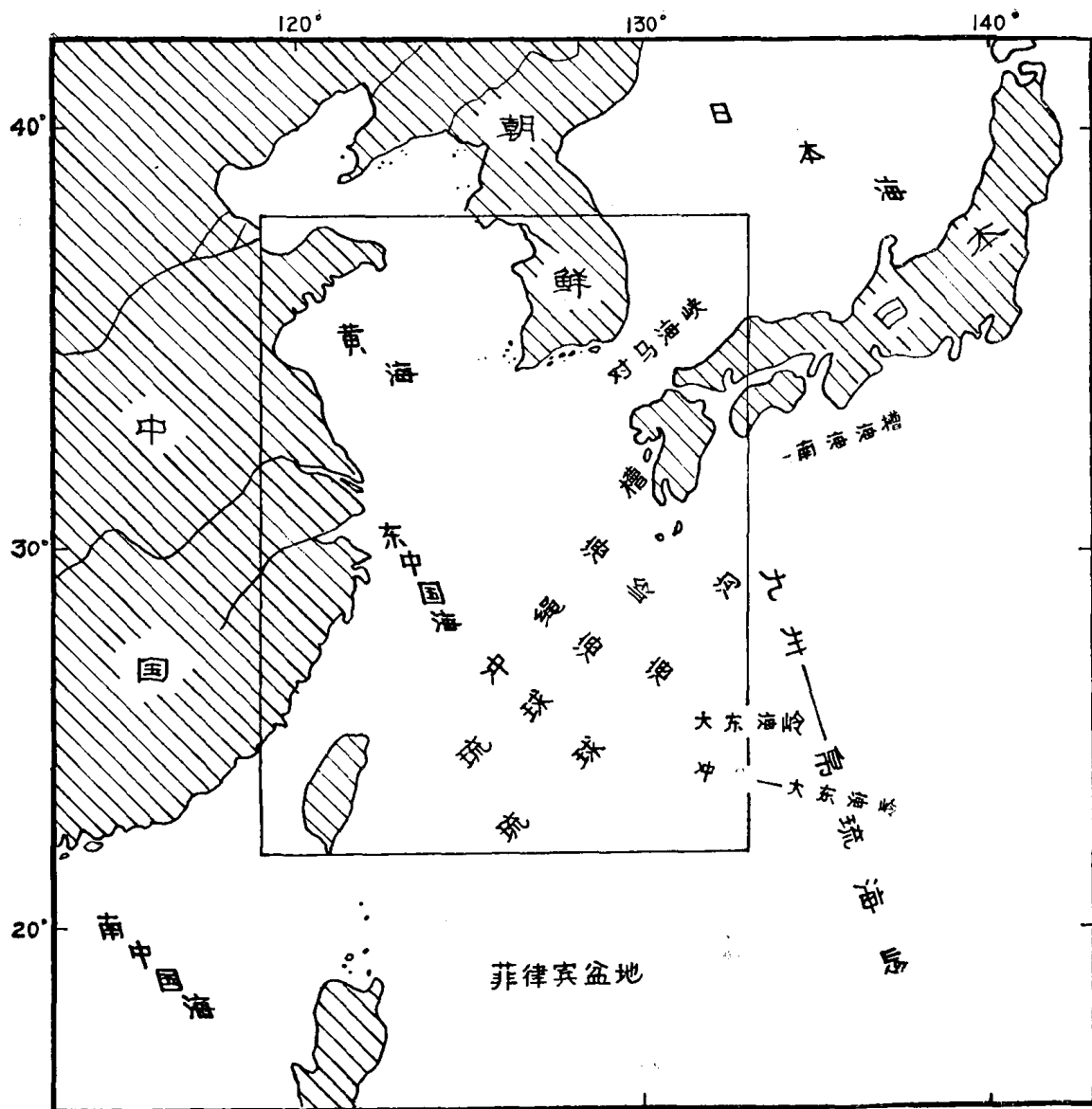


图 1 东亚地球物理调查位置图

的东侧丘陵起伏，边缘上有数百个小岩岛构成已经淹没的海岸线，然而在辽河口，鸭绿江口和朝鲜的汉江口却与低地接壤。

黄海中央部位的岩石露头不清楚。在山东半岛北面黄河冲积平原上的钻孔在打到 960 米时仅钻穿浅水三角洲沉积物。然而朝鲜沿岸、山东半岛南边及这一半岛的向东延伸部分在海图上标着岩石起伏的海底。在长江口和朝鲜之间的黄海入口处有岩石出露，有些抬升到海面上(如济州岛)，有些形成由第三纪火山岩组成的浅滩(如虎皮礁)。长江口外的岛屿是由中生代火成岩组成，这些露头标志着由前寒武系至中生界组成的一条海脊，它于中生代抬升成为福建-岭南地块(图 14)。

本区的第二个地形单元是大陆架。在北面，它形成日本和朝鲜之间的对马海峡的海底，宽约 150 公里(见图 1.2)。大陆架的中部位于黄河河口的前方，其南界从长江口延伸到台湾

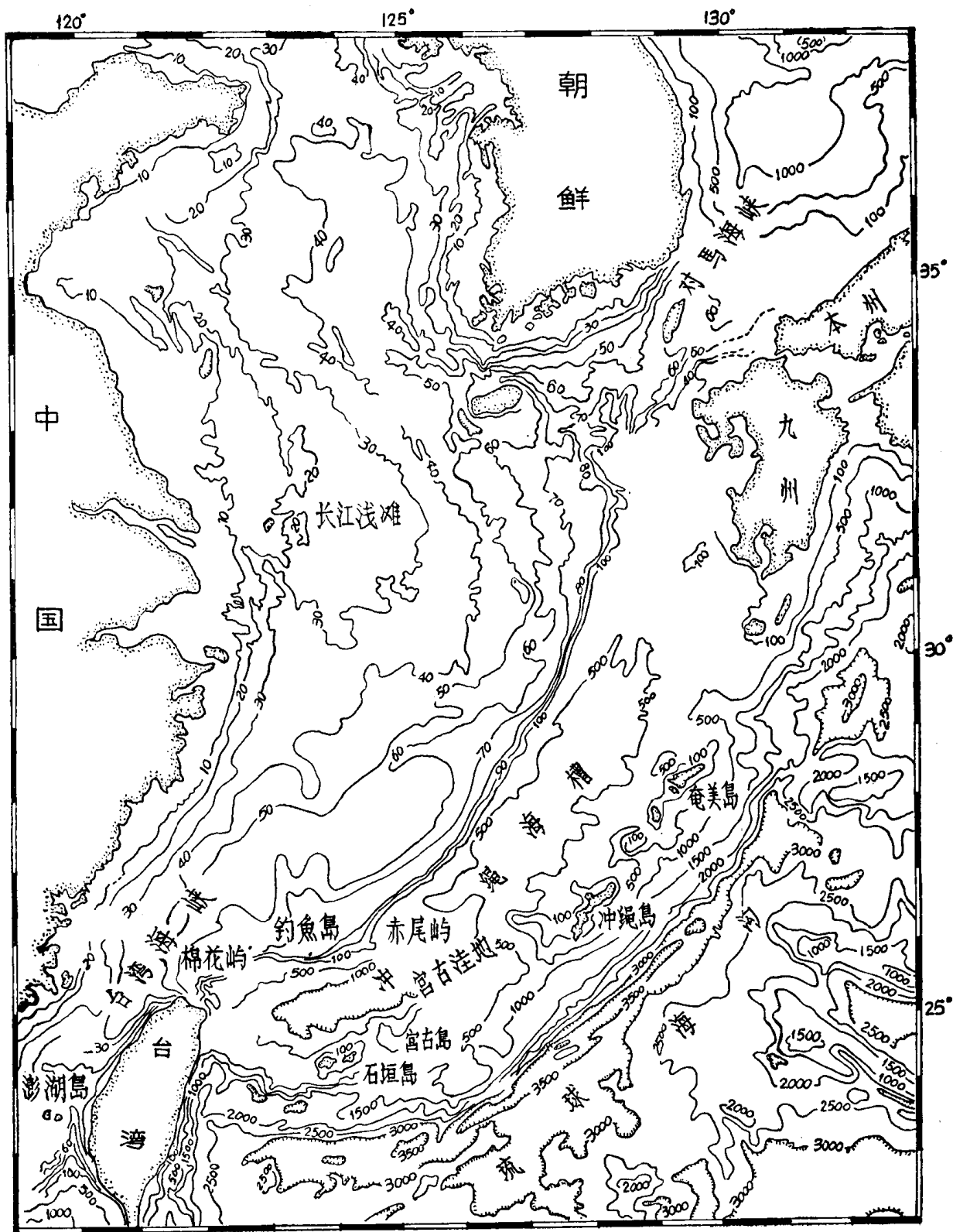


图 2 东中国海和黄海海底地形图

岸外。大陆架的最宽处在长江口外，宽达 450 公里。它的外缘大致与 120 米等深线吻合。

大陆架靠近海岸的这一半，其沉积物是粉砂，而靠外侧的一半是砂（图 3）。粉砂从黄海西部向西南连续延伸，显然是长江带来的，也可能是向西南流动的沿岸流从黄河带来的现代沉积物。大陆架外半部的砂是石灰质的，平均约含 30% 的碳酸钙，并为铁质所沾染，是世界上大部分大陆架在威斯康辛冰期海平面下降以来未被覆盖的典型的残余沉积物。32 个海底样品含有陆地哺乳动物的骨骼，咸水软体动物和浅海软体动物，证实了原来它们是残余沉积物（图 3）。所采 15 个样品中的放射性碳测定年龄是 4000 到 30000 年。

靠近日本的许多岛屿以及其它在西南方向靠近大陆架边缘的另一些岛屿，其露出在沉积物之上的岩石大部分是第三纪和更新世的火山岩。在大陆架上采了 34 个新第三纪砂岩和页岩样品（图 3）。对马海峡大部分岩石样品中的化石是浅水相的，而远在西南方向的那一些是中等水深的。此外长崎煤矿曾在从海岸向海倾斜的老第三纪煤层中掘进了 5 公里，台湾的石油探井曾钻透过 5000 米以上的上第三系，本文也收集了上述的地质资料。这些地层和构造资料说明在大陆架外缘或许分布一条从台湾到日本的由区厚的下第三系和上第三系组成的褶皱带，即台湾-肉道褶皱带（图 14）。

本区的第三个单元是冲绳海槽、琉球海脊和琉球海沟，它们都以向海凸出的弧形从日本伸延到台湾（图 1,2）。

冲绳海槽与大陆架接界，它的西侧是大陆斜坡。最深的部位靠近台湾，深达 2270 米，它的底部向东北的日本方向变浅。冲绳海槽是被琉球海脊拦挡的沉积区，正象福建-岭南地块拦挡黄海盆地一样，而台湾-肉道褶皱带也可能拦挡了大陆架的长形盆地。

琉球海脊是一条长形的岛弧。弧内侧的岛屿主要由火山岩组成，而外侧的岛屿，从露头上看由新第三纪、老第三纪、中生代、甚至是古生代沉积层组成，并有花岗岩类侵入。沿海岭的强烈褶皱使之可以称为琉球褶皱带，它使日本南部的褶皱与台湾复杂的阿尔卑斯构造连接起来。

琉球海脊的东南方是太平洋中比较深的一部分，即琉球海沟。在台湾和日本之间的这一海沟大部分深度在 6500 米以上，根据测深资料在靠中点处深达 7881 米，其内侧斜坡陡峭，下面是一片水深 2000~3000 米的宽阔阶地，它的地形说明既存在着厚的沉积岩，也存在着岩浆岩露头，其外侧斜坡上有岩浆岩露头。琉球海沟在其西南端终止于台湾的南北向构造，其北面无论在地形上还是在构造上都终止于东南面几条交切大陆斜坡的几乎平行的海脊，即九州-帛琉海脊（最长）以及大东和冲大东海岭（图 1）。从交切点起，南海海槽继续向东北延伸，然而其地形比较平缓，一层厚沉积层从菲律宾盆地附近一直延续到这一海槽。这些海沟，交切的海脊以及在琉球岛弧中可能存在的断错，或许与大洋地壳向着大陆方向的差异运动有关。

本区的海水特征主要取决于黄河和长江的流量以及向北东流动的黑潮。这些河流和其它一些小河的流量是如此之多，以致黄海西部的温度（至少在秋季）和氯度比黄海东部低。这里水的含盐量低，因而使之具有较小的密度，导致它沿着大陆架内半部向西南流动，与远离海岸温暖而富盐的黑潮的流动方向相反。这些河流从中国西北部带来大量的侵蚀黄土，以致黄海的西侧呈黄色。在调查过程中采了样品，据分析近岸这一带的悬浮沉积物大部分是无机的

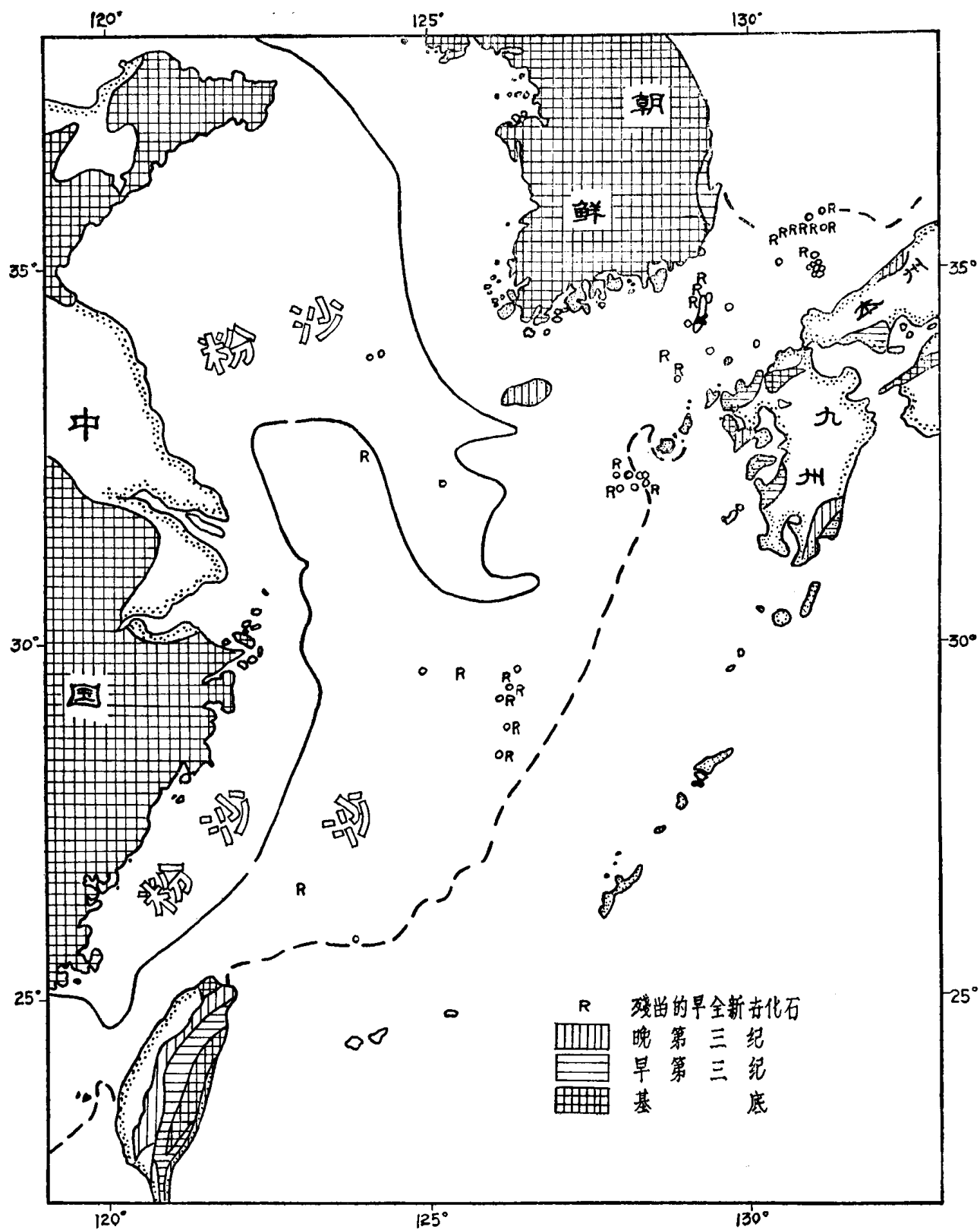


图 3 东中国海和黄海海底底质分布略图

(图4), 说明了在海底沉积物图上粉砂的分布(图3)。河水中溶解的营养丰富的盐类导致黄海表层繁殖着微体藻类, 因而, 即使在无机悬浮沉积物很多的近岸区, 悬浮的有机残骸也是丰富的。在远离海岸的水域, 无机和有机悬浮物都要少一些, 其中有机质占优势(图4)。

根据推测, 至少在整个新生代, 这些河流提供了无机沉积物, 并以其中所溶解的养份支持了海洋生物的生长。这样, 在黄海的底部和邻近的大陆架内半部就存在着大量富含有机质的细粒沉积物。

地 球 物 理 方 法

在近岸地带, 是由雷达和劳兰 A 导航的, 而在远离海岸地带靠劳兰 A 和天文定位。定位精度在 ± 3 公里之内, 只是在黄海北部和台湾海峡一些地点误差可能达6公里。

船的舷侧, 鱼尾板中拖着一只12千赫换能器进行水深测量, 并记录在记录仪上。一台核子旋进磁力仪拖在船尾后面200米的地方, 以避免船只本身的磁场效应。

通过一台30,000焦耳电火花系统获得连续地震反射剖面。用100只晶体检波器, 间距为0.3米, 组成线性排列拖在船后面大约180米, 水深3.7米左右的地方, 以便接收反射讯号。在20和100赫之间滤波之后, 讯号以四秒的间隔扫描一次记录下来。当船速为8浬(4.1米/秒)时, 采用四秒的脉冲和扫描速度, 船只每移动16米就可记下一个数据点。

连续地震剖面上的反射层位画在塑料图纸上, 然后转绘为水深剖面图, 其垂直比例尺是根据声速在水中为1.5公里/秒, 在沉积物中为2公里/秒计算的。同时还将从总地磁剖面减去国际地磁参考场后所求得的地磁异常剖面画在这些图上。一九六九年的那一篇初步报道*是在船上对这些成果作了初步解释, 现经过更严密地考察了这些记录之后, 将其结果叙述于下。

成 果

在黄海和大陆架绘出的岩相可分为三个主要单元。在物探中, 声波的频率和强度无法穿透最下面最古老的岩相, 因此把它划为声波基底, 它引起强的非相干的回波, 带有或许是粗糙表面产生的许多双曲反射波。在浅海区, 这一不传导岩相的典型地磁剖面是极不规则的, 显示磁化率变动巨大。地磁异常估计是由岩浆岩而不是由沉积岩引起的, 沉积岩即使在不传导声波的场合下通常也没有大的磁力变化。这个岩相的声波和地磁特征类似于其他地区用海洋地球物理勘探测得的岩浆岩侵入体和变质岩。然而, 由于没有岩心样品或者详细的地震速度数据, 因而不能下确切的结论, 也可能是一些熔岩流的岩囊或高度致密的沉积地层。

第二种相和第三种相是良好成层的沉积单元。表现为具有拉长的(交混的)回波特征。然而, 它们在构造形态上有差别, 第二种相显示了在构造形变之后遭受了侵蚀。第三种相通常呈水平层, 与下伏岩相之间有角度不整合。在本区的某些部位, 只是根据与附近不整合面连续在一起的特别良好的反射面才鉴别出第二种相, 这或许是因为剖面沿走向而不是与倾斜层的走向成交角的缘故。我们把第二种相的年代划为“形变前”, 把第三种相划为“形变后”。这二种相都在不传导相不规则表面之上经历了差异致密作用。

* 指“黄海及东海的地质构造及海水特征”一文, 作者为 K. O. Emery 等, 原载 «CCOP Tech. Bull.» Vol. 2, P. 3~43, 1969 年; 因内容和资料与本文重复故未收入本译文集——编注。

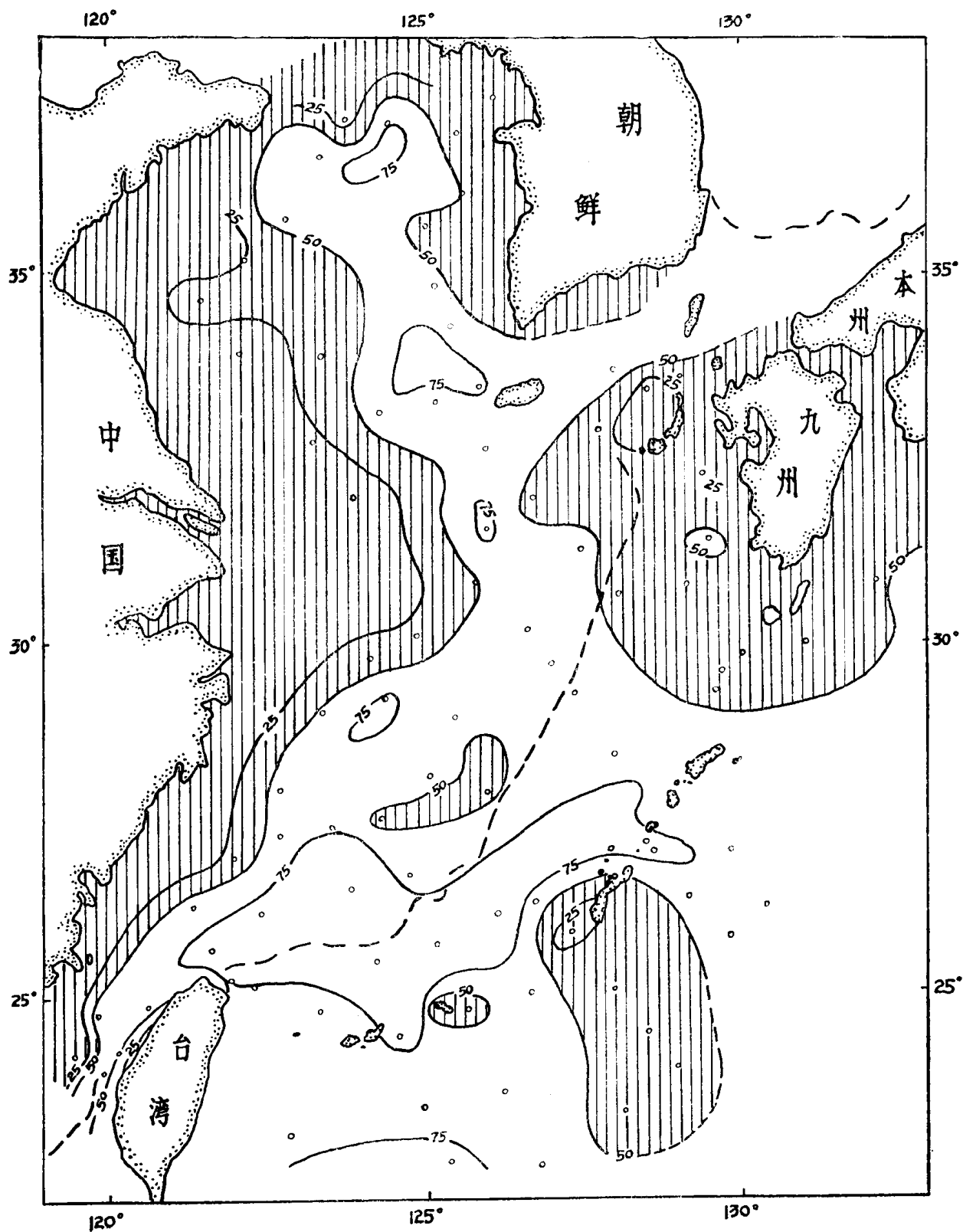


图 4 东中国海和黄海有机物在总悬浮沉积物中的百分比

在海槽-海岭-海沟区,第一种相(声波基底)的绘测结果与上面一样,但是沉积地层并未划分为各个不同的岩相。尽管本区存在古老和比较近代而很少扰动过的沉积物,但是不整合面的众多以及复杂的构造使前述的简单划相成为不现实。对局部地区来说,不传导的相可以是古老的固结的沉积物,尤其在海沟内侧斜坡上是如此,其地震波的速度在它最上面的单元为3.0公里/秒。

(一)黄海

在黄海测了四条剖面,总长度为2,500公里(图5)。基底岩相在大部分剖面中存在,尤其是在最靠近朝鲜海岸的剖面1,只有一薄层沉积物掩盖于其上,并且可能在济州岛附近的海底出露。向着西南方向,它逐步深下去,到了剖面4已深达一公里以上。地磁剖面在基底接近表面的地方极不规则——即剖面1和剖面2的一部分(图5)——但在基底深的地方则起伏平缓。

向着山东半岛,朝鲜,济州岛和长江以南的中国大陆,声波基底变浅,说明它主要由同一类型的中生代或更老的岩浆岩和变质岩组成并在这些地区出露。朝鲜西部局部地区存在着1,200米以上的中生代陆源沉积物,可能包括在声波基底之中。在图5的各个剖面中,横跨黄海入口处的声波基底脊或许代表了福建-岭南地块的继续。这一地块在长江南面和朝鲜南部有露头。这两个地方有着同一类型和同一年代的岩石,构造走向也是平行的。第二条水下的岩浆岩和变质岩的脊岭由山东半岛延伸出来,并构成了黄海盆地的西北边界。图5中这些剖面左端的基底十分象是这一脊岭的东南侧。在黄海下面,基底从朝鲜到中国逐步加深,这一事实表明,在剖面4(图5)与出露在中国大陆上的岩浆岩之间可能存在着大断层。这些断层构造可能具有北西-东南走向,类似于形成朝鲜东北海岸的断层构造。

形变前沉积物(第二相)形成了朝鲜附近的孤立的聚集区(图5,剖面1),并向西南越来越多(剖面3、4)。这些沉积物在靠近朝鲜的地方褶皱更厉害(图5,剖面1、2),具有许多倾斜的层位和向斜构造。向西南方向这一地层越来越平缓。在地震记录上判断的内反射层不太明显。这个相的地层下伏在角度不整合面之下(图5),这个不整合面常常截邻断区的基底,它起伏平缓,从深度小于300米到深约1,400米,波及范围约为300公里。因为这一不整合面既斜切了基底,又斜切了形变前的地层,从总的区域地质来考虑,这一不整合紧跟在本区广泛出现的第三纪中期造山运动之后而发生。相应地,形变前的沉积地层应当是下第三系或更老,可能包括一些晚白垩纪页岩,但不包括声波传导性能类似于基底杂岩体的岩浆岩,变质岩和砂岩。

覆盖在不整合面之上的形变后地层是黄海中最广泛的相。这一单元中的大部分反射面十分近于水平以致不可能与平坦海底的大量多次反射波区别开来。只是在局部地方可以在第三相中鉴别出海底下面的反射层——通常在基底的丘陵起伏之上由致密程度不同而形成的倾斜地段,或是在海底多次反射大大衰减而出现显著不连续的地段。图6是后沉积相的等厚线图,它清楚地显示由长江口到朝鲜之间的海岭拦挡住的一个巨大的沉积盆地。这一海岭的低点位于海平面下约1,100米。在黄海盆地内部有三个隔开的低凹区。两个较小的盆地中沉积地层厚度为1,200~1,300米,而较大的一个沉积盆地厚度为1,400~1,500米。其中一个盆地在山东半岛尖端的南面;另外两个在长江三角洲外面。图7是沉积物总厚度的等厚线图,其中表明尽管孤立的线性凹地含有2,000米以上的沉积地层,然而大的沉积盆地仍然显示出

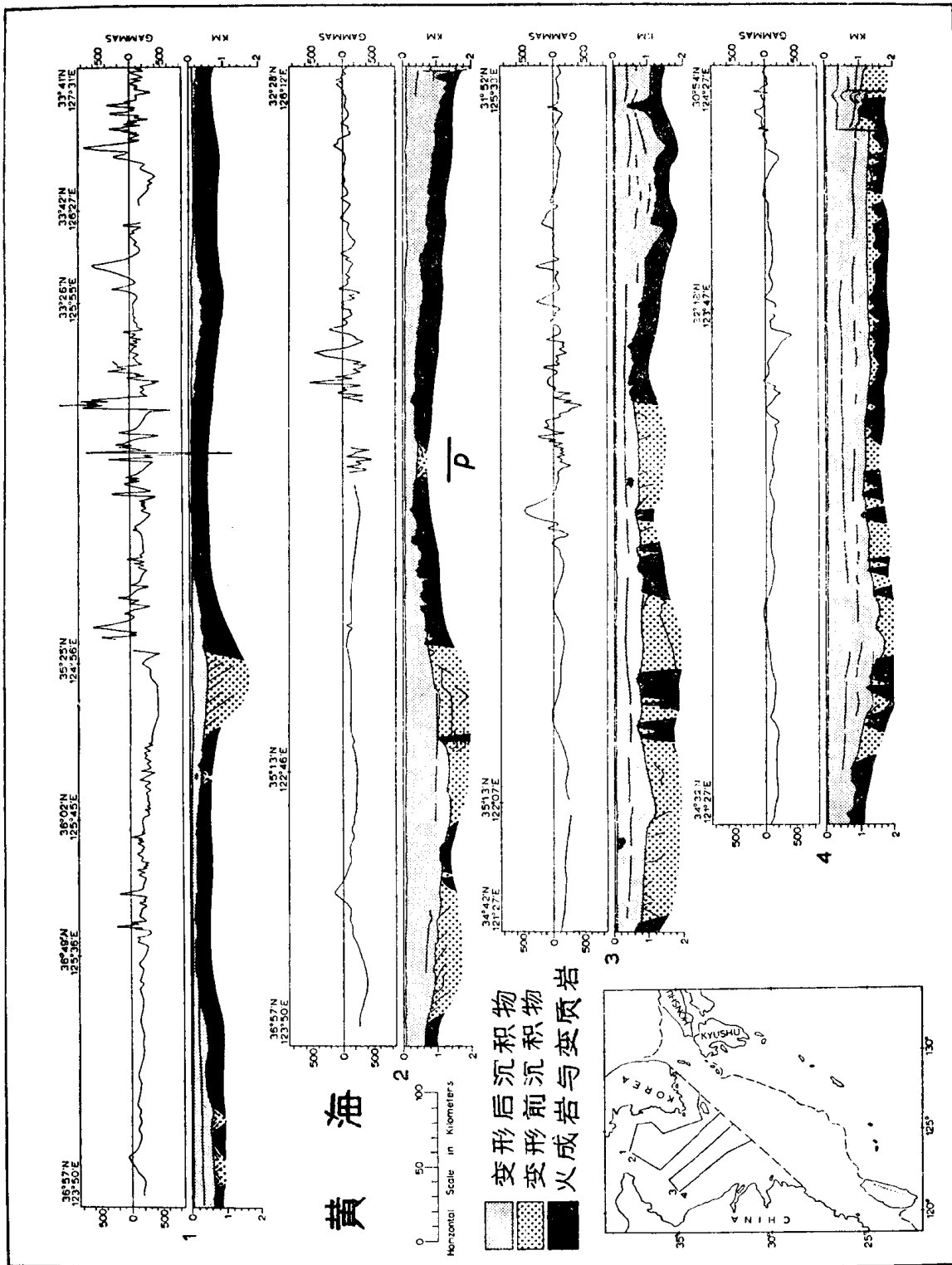


图 5 黄海地区连续地震反射剖面 and 地磁剖面解释

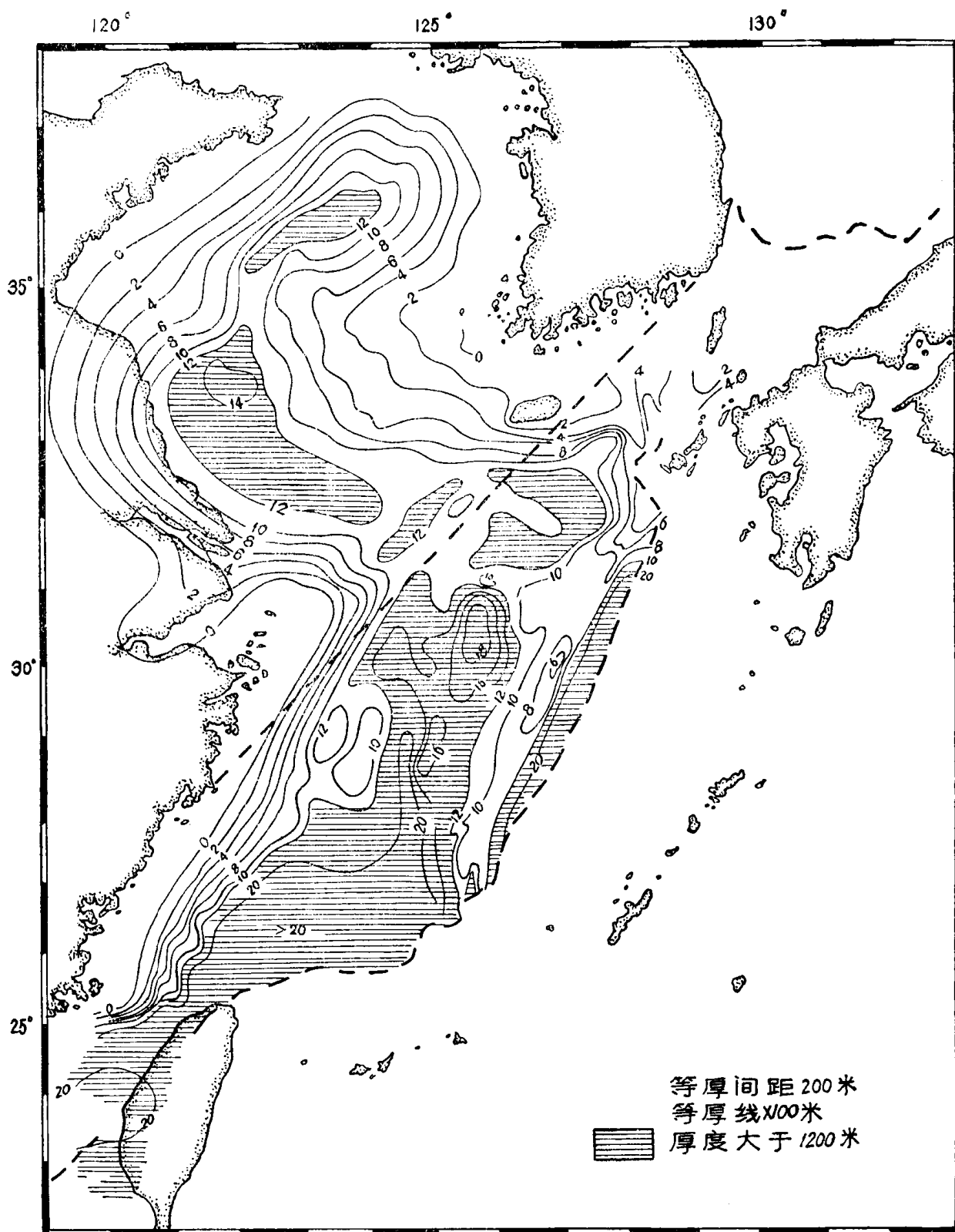


图 6 黄海海底和陆架区后沉积岩相新第三系等厚图

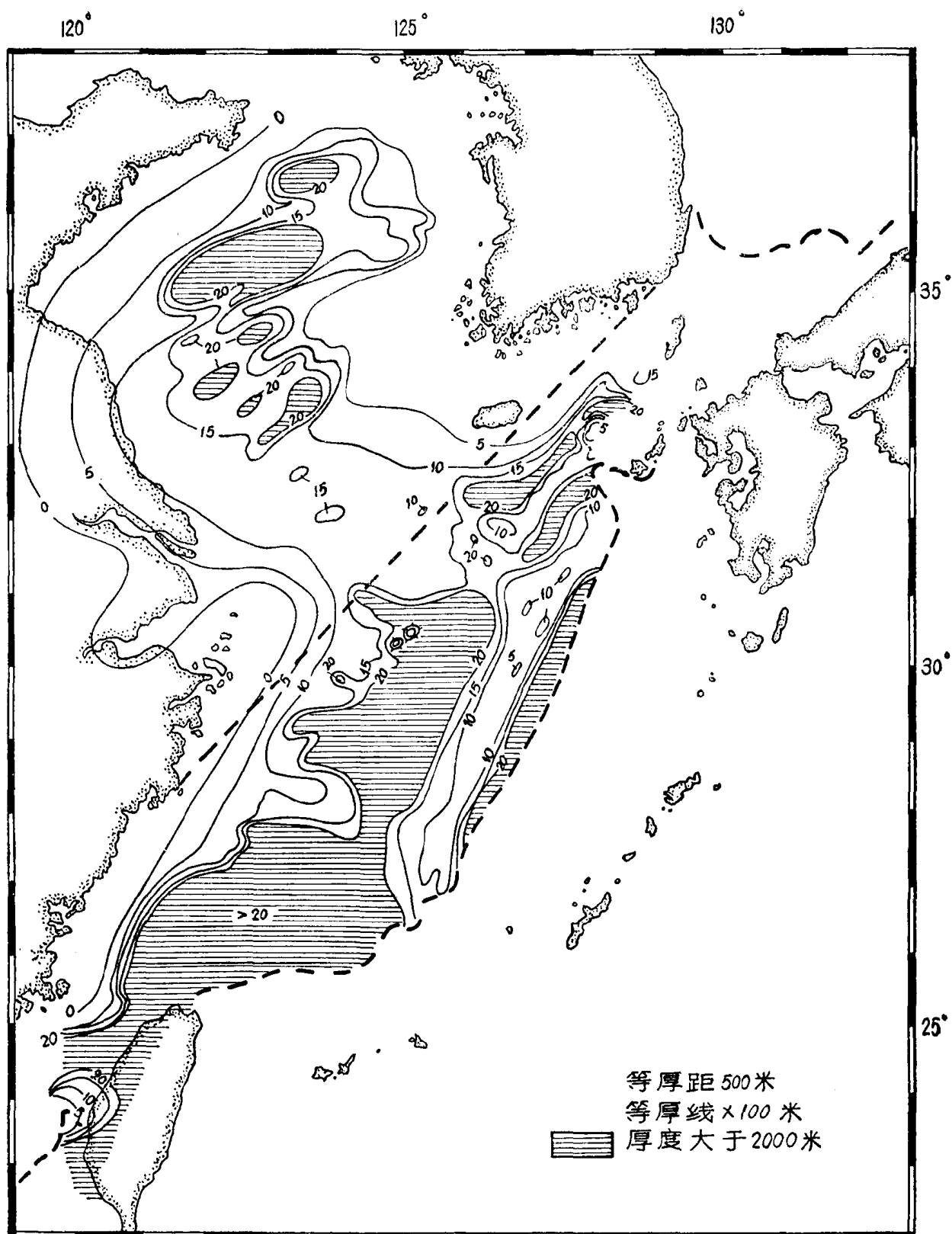


图 7 覆盖在东中国海和黄海声波基底之上的整个沉积层的等厚图

来了。假若形变前的盆地曾经有很大的不同或者占有更大的面积,那么造成不整合面的侵蚀作用必定带走了不可估量的沉积物。山东半岛和上海附近的基底岩石露头将这些盆地的西界限定在三角洲前缘的附近。

假若黄海中广泛的不整合发生在中第三纪,则形变后沉积的地层必属新第三纪到全新世,在这一期间黄海周围的陆地缺乏明显的形变也说明这一段的大部分属晚第三纪。还有,盆地边缘地层的变薄与陆地部分上第三系的缺失是一致的,只有济州岛例外,在那里它的厚度小于100米。更新世和全新世的地层也必定包括在形变后岩相之内,因为在山东半岛北部的水文钻井中发现了至少厚达960米的第四纪三角洲相沉积物。此外,黄河和长江每年输送的沉积物量十分巨大——黄河每年排泄2,080百万吨,长江每年排泄550百万吨〔根据Holeman(1968)估算的数据〕或是黄河排泄1,890百万吨,长江排泄970百万吨〔根据Moore(1969)估算的数据〕,黄海中第三种相的总体积是200,000立方公里。若比重为2.0,则这一体积相当于 4×10^{14} 吨。这样,如果整个河流的沉积物输送量全部沉积在黄海中的话,第三种相只需要150,000年就可以沉积形成。然而有很大一部分沉积物沉积在渤海湾,还有更大的一部分向海洋方面逸散到大陆架和海槽-海脊-海沟区,因此,沉积物形成所需要的时间要增加一个或许是很大的未知数。

(二)大陆架

在大陆架上测了十条横剖面(图8、9)和一条综合的纵剖面(图10),总长度约为4,500公里。这些剖面揭示了在台湾和日本之间靠近大陆架外侧边缘有一条声波基底组成的脊岭。这一脊岭的大部分埋藏在比较年轻的沉积物之下,仅在日本附近出露。在九州的西面,它形成岛屿,岛上有褶皱的沉积岩和酸性侵入岩,都属第三纪。在更东北方向上,沿着日本本州的西北海岸有同样的岩石,而台湾的厚而褶皱的第三纪沉积岩可能是这一脊岭向西南的延伸。这一脊岭或许是台湾-肉道褶皱带伸向海中的表现;主要的形变作用发生在新第三纪,但或许开始于老第三纪。连续地震反射剖面(图8-10)、上第三系等厚图和总沉积物剖面等厚图(图7)显示这一脊岭位于日本与北纬 $26^{\circ}30'$ 之间。村内(1968)在大陆架外缘靠近本文的剖面6、7、8(图9)处测了二个地震折射点,显示了一个震速结构(基底层是4.6公里/秒),这一点支持了固结的沉积岩和岩浆岩组成台湾-肉道褶皱带的假设。

地磁剖面在黄海横穿福建-岭南地块以及台湾-肉道褶皱带时揭示了许多地磁异常区(图5, 8, 9),进一步证实了磁性基底岩石的存在。地磁异常等值线图(图10)展示了一个与台湾-肉道褶皱带一致的、清晰的线性正异常走向,一个明显的负异常区将它与福建-岭南地块分开。沿台湾-肉道褶皱的正异常突然终止于北纬 $26^{\circ}30'$ 处一条从宫古拗陷东北延伸来的构造线处。

老第三纪形变前沉积地层主要集中在大陆架北半部(图8),它们呈凹地状存在于基底隆起之间。它们与上复的形变后沉积地层之间通常有一个角度不整合,类似于在黄海中的情况。不整合面一般深约500~1500米,越靠近台湾,下第三系越不明显,在大陆架的外缘,基底之上的沉积地层大部或全部是上第三系。然而靠近中国大陆处,下第三系是存在的(图10、剖面C)。

覆盖在大陆架上面的沉积物主要是形变后岩石。九州附近的五岛列岛,台湾北面的钓鱼岛和台湾的晚第三纪岩石的存在指示了它们的年龄。此外,在台湾和日本之间的大陆架上采了27个样品,其中含有晚第三纪的化石和岩石类型。上第三系的沉积厚度在中国和朝鲜沿海

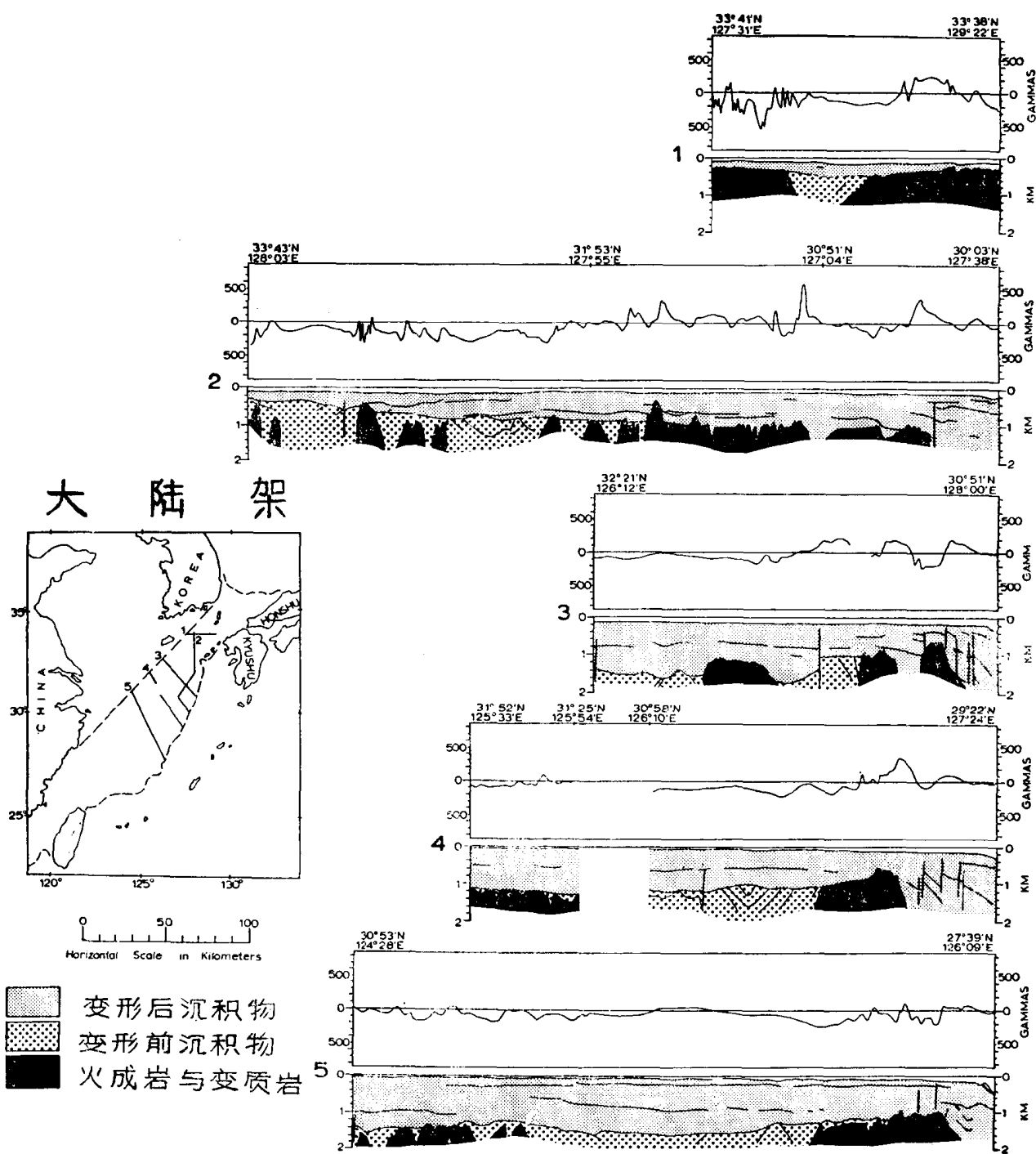


图 8 东中国海大陆架东北部的连续地震反射剖面 and 地磁剖面解释

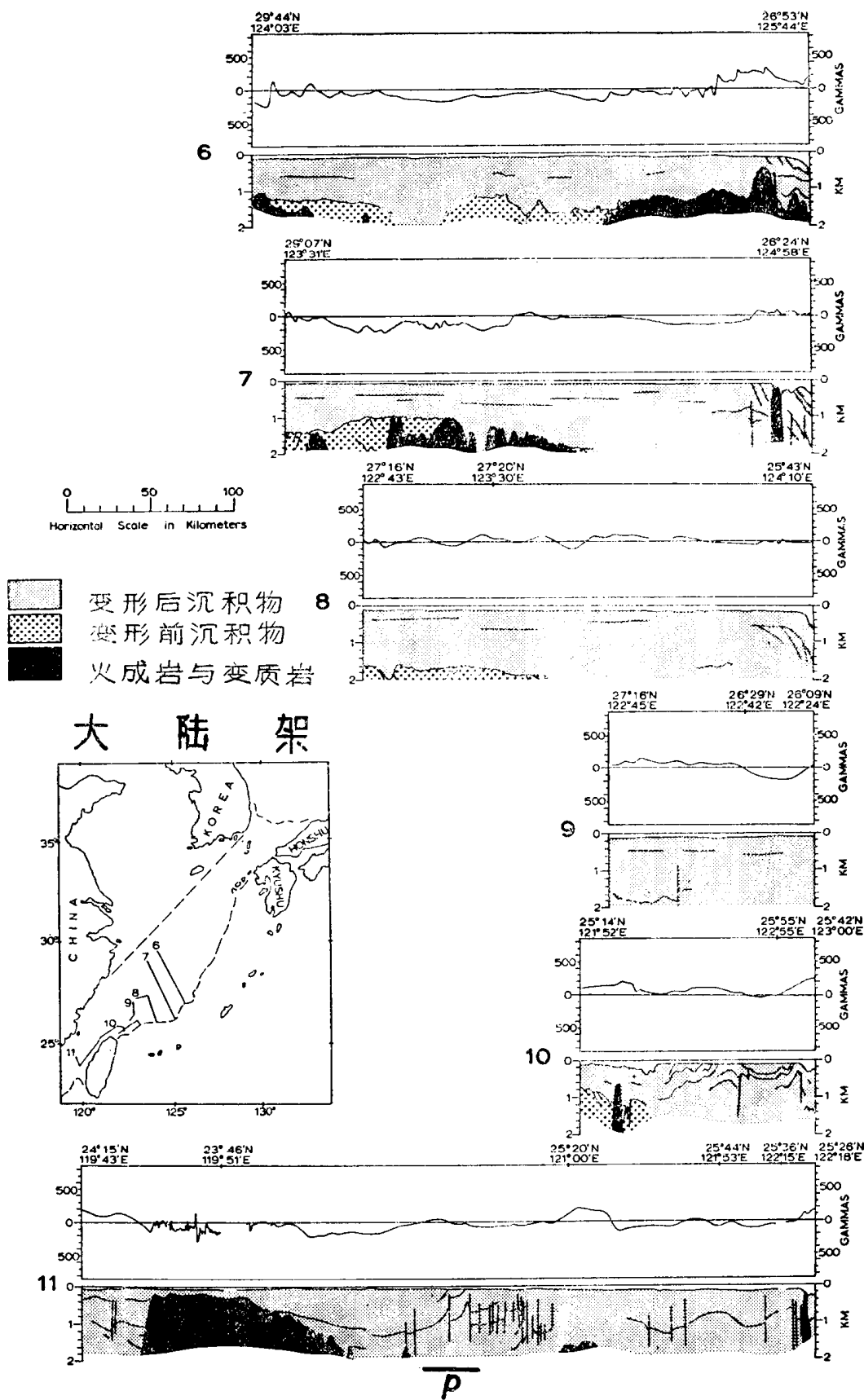


图 9 东中国海大陆架西南部的连续地震反射剖面 and 地磁剖面解释