

中国海的碎屑矿物组合及其分布模式的探讨

陈丽蓉 申顺喜 徐文强 李安春

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

多年来, 随着对中国海沉积物的调查研究, 笔者对黄海、渤海、东海、南海北部陆架区与北部湾沉积物中的碎屑矿物组合及其分布模式进行了研究。调查范围如图1所示, 其跨度为东经 106° — 129° , 北纬 17° — 41° 。作者共分析了760个海底表层沉积物样品, 并对黄河、长江、辽河、滦河、六股河等河流沉积物的样品进行了分析, 分析样品数为47个。

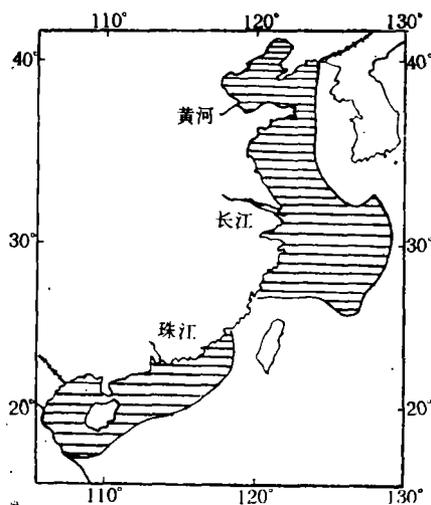


图1 调查区范围略图

Fig. 1 Sketch of the investigated areas

一、工作方法

重矿物研究选用了三个粒级即: 0.25—0.063毫米, 0.25—0.1毫米与0.1—0.05毫米。对此三个粒级的样品用比重为2.8的三溴甲烷进行分离, 然后对重矿物用实体显微镜与偏光显微镜进行鉴定, 在偏光显微镜下的浸油薄片的油浸折光率为1.700。重矿物鉴定的颗粒数为400—500。轻矿物研究所采用的粒级为0.25—0.1毫米, 用染色法与油浸法相结合进行鉴定^[1]。先用50%的氢氟酸对砂样浸泡两分钟, 用蒸馏水把样品冲洗三次, 烘干, 再用70%的亚硝酸钴钠溶液对样品浸泡15分钟后, 用蒸馏水冲洗三次, 阴

干。此时呈乳白色的为斜长石，黄色的为钾长石，而石英、方解石、火山玻璃等则不起变化。再用折光率为1.544的浸油对斜长石进行检查，用折光率为1.530的浸油对钾长石进行检查。根据折光率、干涉色、消光等特性分别鉴定出各类矿物。轻矿物鉴定的颗粒数为200—300。分别计算各类轻、重矿物的颗粒百分数。为叙述方便起见，文中提及的有关重矿物的百分含量均系0.25—0.063毫米粒级的。而重矿物总量则为重矿物占沉积物（0.25—0.063毫米粒级）的重量百分数。

二、矿物组合及分布模式

资料说明中国海沉积物中已鉴定的有59种碎屑矿物^[2-7]。计有普通角闪石、绿帘石、钛铁矿、白云母、绿泥石、黑云母、柘榴子石、锆石、楣石、白云石、电气石、普通辉石、紫苏辉石、十字石、蓝晶石、红柱石、矽线石、橄榄石、磁铁矿、金红石、磷灰石、石英、斜长石、钾长石、方解石、火山玻璃、赤铁矿、黄铁矿、褐铁矿、铬铁矿、白钛石、板钛矿、独居石、透闪石、阳起石、蓝闪石、玄武闪石、透辉石、霓石、黝帘石、斜黝帘石、褐帘石、蓝线石、红帘石、钠闪石、锐钛矿、钽锆石、符山石、刚玉、硬绿泥石、磷钇矿、针铁矿、黄玉、尖晶石、钍石、含锰黝帘石、伊丁石、绿针石及菱镁矿。其中轻矿物以石英、长石为主，重矿物以普通角闪石、绿帘石、片状矿物（白云母+绿泥石+黑云母）与钛铁矿为主。其次为柘榴子石、锆石、白云石、辉石与电气石等。而像十字石、蓝晶石、红柱石、矽线石、橄榄石和磁铁矿等矿物含量虽少，但却有明显的分区意义。

由于受不同的物质来源、沉积盆地的沉积环境与矿物本身的物理、化学特性的影响，致使各种矿物在各海区的含量变化是较大的。由此可把调查区主要矿物的分布模式分成四种类型：

1. 普通角闪石-片状矿物型

这类矿物的分布模式是自北向南，含量由多变少。普通角闪石在黄、东海含量可达30%左右，而在南海北部陆架与北部湾仅为15%左右。重矿物总量，白云石与柘榴子石的分布模式与此相似。

2. 钛铁矿-电气石型¹⁾

此类矿物的分布模式，为自北向南，含量由少变多，如钛铁矿在黄、东海的含量仅为4—9%左右，而在南海北部陆架与北部湾可达20%左右。其它如锆石、变质岩矿物（十字石+蓝晶石+红柱石+矽线石）、白钛石、褐铁矿等分布状况均属这一类型。

3. 辉石-火山玻璃型

此类矿物在冲绳海槽的北部（北纬27°以北）地区含量特高，如辉石平均含量24%，最高含量90%，而在其它海区仅为1—3%。在调查区内磁铁矿的含量变化也具有类似的趋势。

4. 绿帘石型

1) 张秀荣, 1983, 北部湾沉积物中的矿物组合及分布特征; 徐文强, 1983, 南海北部大陆架与北部湾沉积物中的矿物组合及分布特征。

其含量在调查区内从南到北变化不大，一般在10—15%之间。楣石、磷灰石等均属此种类型。

根据各矿物在各海区的含量变化情况可以看出，各海区都有自己独特的矿物组合。黄海拥有高含量的片状矿物与柘榴子石，东海陆架以普通角闪石、白云石与重矿物总量高为其特点；冲绳海槽则出现大量的辉石与火山玻璃。南海北部陆架、北部湾又以稳定矿物钛铁矿、电气石、锆石等含量高而有别于其它海区（表1）。

表1 各海区某些矿物的百分含量

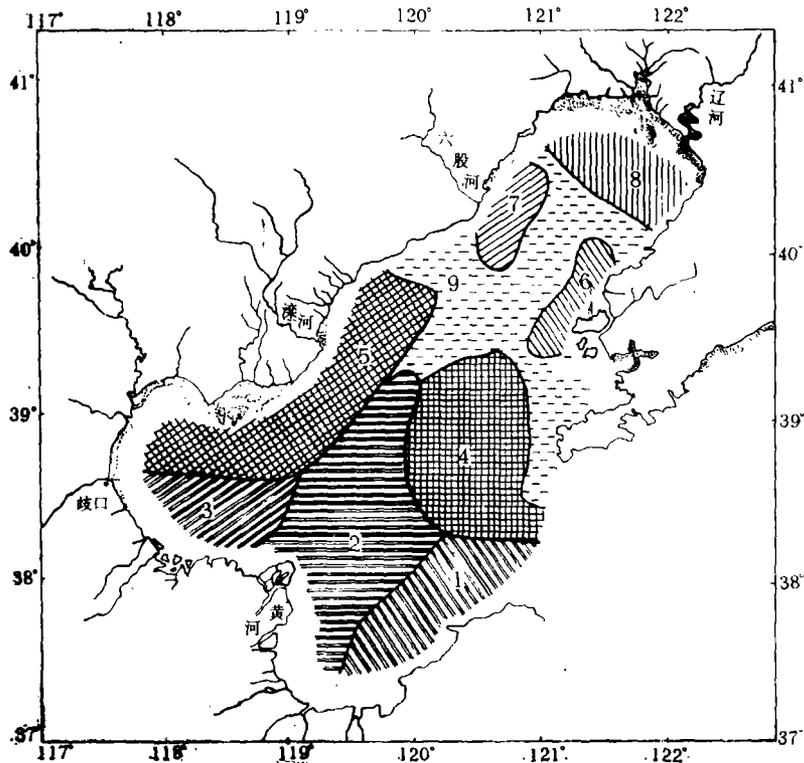
Table 1 The percent contents of some minerals in the different seas

海 区 矿物名称	黄 海	东海陆架	冲绳海槽	南海北部陆架	北 部 湾
样 品 数	142	235	62	87	56
片状矿物	37.1	11.6	17.1	19.7	11.2
柘榴子石	4.7	2.7	1.4	0.8	1.0
普通角闪石	27.6	33.6	20.4	15.3	15.3
白 云 石	6.3	10.2	8.6	2.7	1.4
重矿物总量	3.0	6.9	2.9	0.6	0.7
辉 石	0.5	3.7	23.7	0.7	0.5
火山玻璃	无	无	多	无	无
钛 铁 矿	4.7	9.7	4.4	17.9	20.0
电 气 石	0.4	0.3	0.2	3.5	6.6
锆 石	0.2	0.7	0.2	2.5	2.6
绿 帘 石	14.2	13.5	9.44	12.1	15.2

在不同海区，除了各种矿物的含量不同外，即使同一种矿物，在矿物学的特征上也有明显差别。以东海大陆架与冲绳海槽为例，东海大陆架的矿物大部分来自长江，由于经过长期的搬运，矿物的晶形都已遭受破坏、磨损而呈粒状，而冲绳海槽的矿物则由海底火山及附近岛屿的火山喷发供给的，矿物未经长距离的搬运，甚至就地沉积，所以保存着完好的晶形，如紫苏辉石（图版 I，1）与普通辉石（图版 I，2）。有的矿物还具有与陆架中同类矿物完全相异的特殊晶形，如具六方双锥状的高温石英（图版 I，3）

与具针状的磷灰石(图版 I, 4)。并由于火山喷发,使部分长石、紫苏辉石、磁铁矿及磷灰石等矿物的表面包裹着一层火山玻璃(图版 I, 4、5、6)。火山玻璃具有气泡,在沉积物中被磨碎后,致使有的矿物表面为网状的火山玻璃粘附而具泡壁结构,在冲绳海槽中长石的泡壁结构最发育(图版 I, 6)。

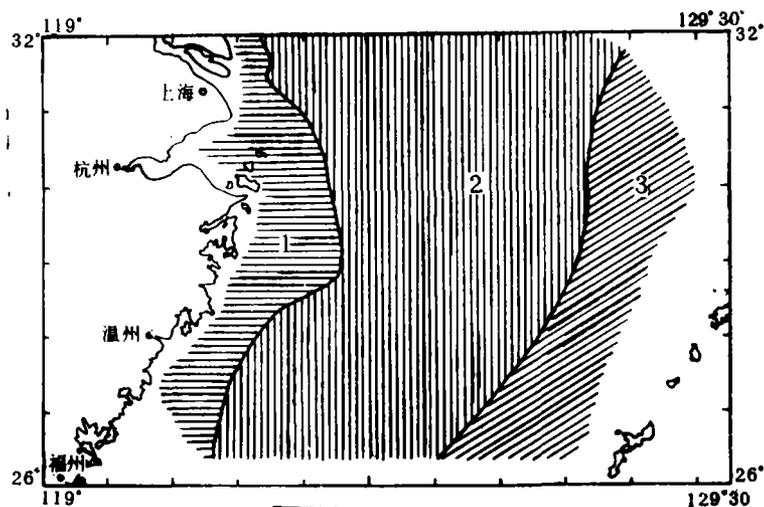
由于各种矿物的含量与特征在不同的海区以及在同一海区的不同地区都有变化,因而造成了各个不同的矿物组合区如图 2、3。



1. 龙口矿物区(绿帘石-方解石矿物区) 2. 黄河矿物区(白云母-方解石矿物区)
 3. 祁口矿物区(榍石-方解石矿物区) 4. 辽东浅滩矿物区(钛铁矿-锆石矿物区)
 5. 滦河矿物区(辉石-钾长石矿物区) 6. 长兴岛矿物区(石榴子石-钾长石矿物区)
 7. 六股河矿物区(磁铁矿-钾长石矿物区) 8. 辽河矿物区(榍石-钾长石矿物区)

图 2 渤海的矿物分区图

Fig. 2 The mineral provinces of the Gulf of Bohai Sea



1.西部矿物区(方解石-白云石-片状矿物区) 2.中部矿物区(钾长石-角闪石矿物区)
3.冲绳海槽矿物区(火山玻璃-辉石矿物区)

图3 东海的矿物分区图

Fig. 3 The mineral provinces of the East China Sea

三、控制矿物区分布模式的主要因素

中国海矿物区的分布模式主要受下列诸因素的控制：

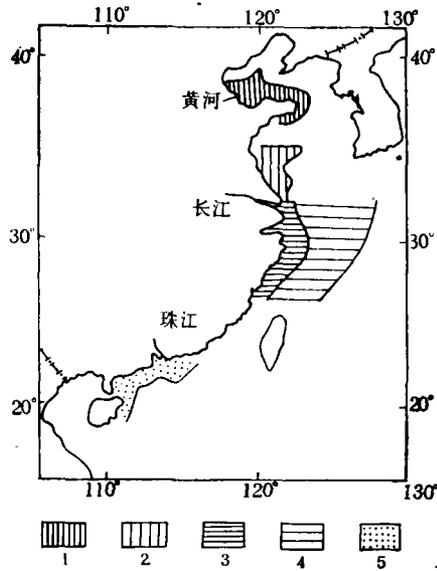
1. 受不同的物质来源区的控制

据中国海的矿物分析资料说明中国海的矿物物质主要来自于沿岸的河流、低海面时的残留沉积物及火山作用的产物，而其它如来自天体的宇宙尘虽在沉积物中有所发现，但其量极微。

(1) 河流物质对中国海矿物组成的影响 从图4所示，长江与黄河的物质对中国海的影响最大。黄海、渤海的物质主要来自于黄河。现代黄河的物质控制了渤海南部，并继续向东，流经渤海海峡南部进入黄海；通过山东高角，转而向南，一直影响到山东省的海阳县一带。老黄河的物质则控制了连云港到长江口以北的沿海地区。凡是受黄河物质影响的地区，均以片状矿物含量特高为其特征。长江的物质则明显地控制了整个东海陆架区，以白云石含量高为其特点。珠江的物质则控制了南海北部大陆架，以钛铁矿-电气石含量高为特征。大河流对海区的矿物组合产生大的影响，小河流则产生小的影响，如渤海的滦河、六股河与辽河也都在自身的河口地区形成各自特有的组合区(图2)。

(2) 不同地质时期的沉积物对中国海矿物组合的影响

玉木冰期后，海面上升，在中国海留下了晚更新世的残留沉积物。资料证明，残留沉积区与现代沉积区各具独特的矿物组合。在残留沉积区中，钛铁矿等稳定矿物含量高，片状矿物含量低；自生矿物海绿石等普遍发育。而在现代沉积区中则片状矿物含量高，钛铁矿等含量低(表2)。这是由于残留沉积区经过长期的海流冲刷淘洗，轻矿物



1. 现代黄河物质 2. 老黄河物质 3. 现代长江物质
4. 古长江物质 5. 现代珠江物质

图4 主要河流物质对中国海的影响范围

Fig. 4 The effected range of the materials from the main rivers in the China Sea.

与片状矿物相继被冲走, 不稳定矿物被破坏而消失, 进一步促使稳定矿物富集。而现代沉积区, 沉积速率大, 细粒沉积物与片状矿物大量沉积, 沉积物来不及分选, 稳定矿物含量相对减少。

表2 残留沉积区与现代沉积区的特征矿物含量对比

Table 2 Contrast of characteristic mineral contents between modern and relict sediments

	渤海		黄海		东海	
	残留沉积区 (辽东浅滩)	现代沉积区 (黄海口)	残留沉积区 (海峡北部)	现代沉积区 (海峡南部)	残留沉积区 (外陆架)	现代沉积区 (内陆架)
片状矿物	0.2	21	15	58	11	30
钛铁矿 + 石榴石 + 锆石	46	8	17	4	16	6

(3) 火山作用对矿物组合的影响

这一点在冲绳海槽北部表现得十分明显。辉石类、火山玻璃等含量都很高。矿物具有独特晶形。

上述三种不同的物质来源深刻地影响了中国海矿物组合的分布模式。

2. 沉积盆地的沉积环境与矿物本身的物理、化学特性对中国海矿物组合分布模式的控制

(1) 在半封闭性的沉积海盆中, 如黄海和渤海, 矿物区的分布呈斑块状。在开阔海盆中, 如东海, 则一般呈条带状。

(2) 海盆的水动力条件、沉积类型、沉积物的分选度、矿物的物理、化学性质与矿物组合之间则有下列的相关性:

当陆源物质入海后，在水动力条件活跃区，一般沉积了分选性良好的粗粒沉积物（细砂—中砂），在这类地区，钛铁矿、锆石等稳定矿物含量高，因为这些矿物由于呈粒状，比重大、硬度大、解理不发育，即使在强水流的冲刷下，也不易被冲走或磨损，如渤海的辽东浅滩。反之，在水动力条件较弱地区，一般沉积了分选性较差的细粒沉积物（粉砂与泥），在这些地区明显地见到片状矿物含量剧增。河流入海的主流入口处，片状矿物含量很少，而在主流入口处的两侧，则沉积了大量的片状矿物。如黄河入海处的两侧就可见到这种片状矿物的富集区（图5），而在河流入海的主航道上则片状矿物的含量显著减少〔2〕。珠江入海处也有类似的现象。

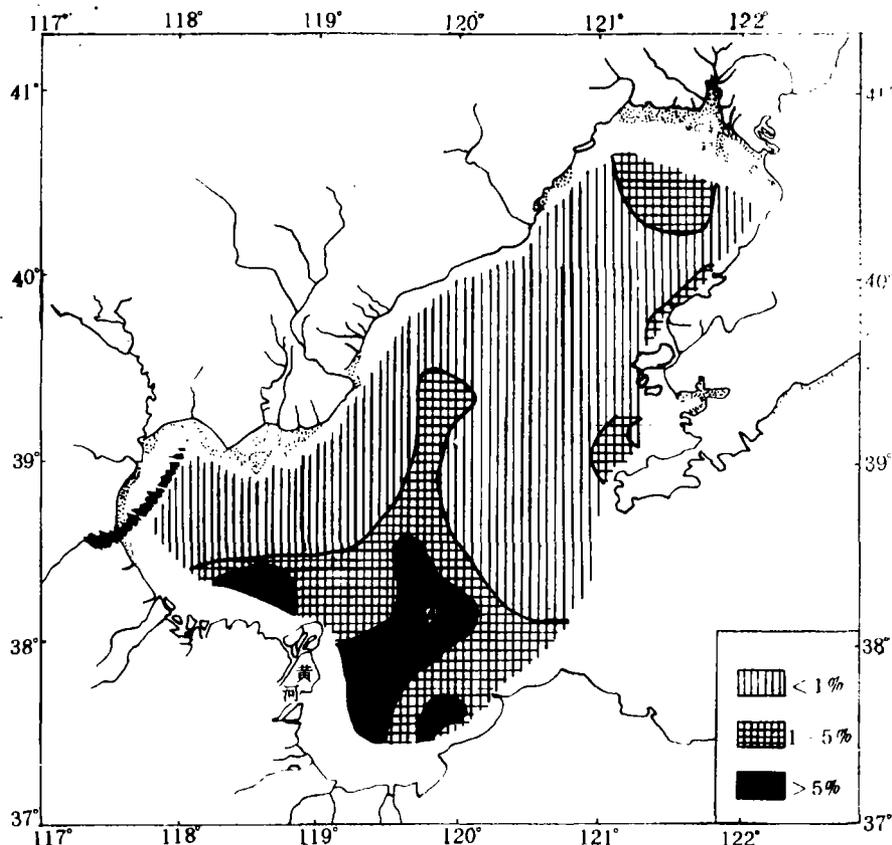


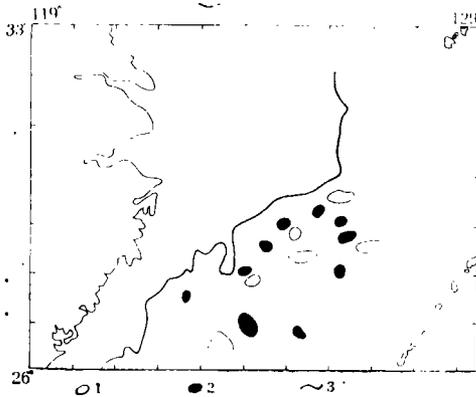
图5 黄河入海处白云母含量分布图

Fig. 5 The distribution pattern of muscovite content in the mouth of the Huanghe River

在海南岛南部榆林港沿海，还可见到在水动力作用下，矿物按比重进行的分选作用。如比重较大的钛铁矿，在此处从岸向海方向其含量逐渐降低，而比重较小的白云母与绿泥石等矿物的含量从岸向海则逐渐增加。

由于水动力条件、沉积类型、沉积物分选度、矿物理化特性与矿物组合区之间有这种相关性，所以在各海区均可见到片状矿物与钛铁矿等稳定矿物含量之间是一种逆相关的关系。

(3) 矿物组合的变化与海底地形的关系也是十分密切的。在地形平坦的地区, 各类矿物含量变化不大, 而在地形复杂、起伏不平的地区, 各类矿物的含量变化就很显著, 相邻的两个测站之间都能发生突变。如东海外陆架区〔3〕, 在该区的-75米等深线的西北部, 地形比较平坦, 各主要矿物含量变化也不大, 但在该等深线的东南部, 由于地形复杂, 起伏不平, 因而引起了柘榴子石、白云母等矿物的不同含量区呈北东、南西向的串珠式排列, 与该处地形总的变化趋势一致(图6)。因为地形起伏不平, 水动力条件也随地而异, 有的地区冲刷, 有的地区沉积, 具有不同物理、化学性质的矿物在不同地区发生沉积, 因而引起了柘榴子石、白云母这两类具有完全相异的物理化学特性的矿物含量在该处发生明显的变化。



1. 白云母高含量区 2. 柘榴子石高含量区
3. -75米等深线

图6 某些矿物含量与海底地形的关系

Fig. 6 The relationship between some mineral contents and submarine topograph

(4) 气候对中国海矿物组合影响也是十分明显的。自北向南, 也即自黄、东海到南海北部陆架这一距离中可明显的见到稳定矿物如钛铁矿、锆石、电气石等含量明显增多, 而不稳定矿物角闪石含量明显减少。同时, 石英与长石之比在黄海与东海为1〔7〕, 而在南海北部陆架、北部湾中石英与长石之比已增至2—3。石英的含量在调查区内自北向南明显地由少变多。这种现象的出现, 一方面与物质来源有关, 另一方面显然与气候因素密切相联。南海北部陆架、北部湾地处亚热带, 气候湿热, 化学风化作用强烈, 不稳定矿物相继破坏消失, 致使稳定矿物进一步富集。

收稿日期: 1984年8月7日

参 考 文 献

- 〔1〕 陈丽蓉等, 1984, 东海沉积物中轻矿物的研究, 《海洋科学集刊》, 第21期, 297—304页。科学出版社。
- 〔2〕 陈丽蓉等, 1980, 《海洋与湖沼》, 第11卷 第1期, 47—64页。
- 〔3〕 陈丽蓉等, 1982, 《黄东海地质》, 科学出版社, 82—97页。
- 〔4〕 中国科学院南海海洋研究所海洋沉积研究室矿物组, 1982, 海南岛-大亚湾浅海区表层沉积物中重矿物的初步研究, 《南海海洋科学集刊》, 第3集, 57—66页。
- 〔5〕 袁迎如等, 1981, 《海洋与湖沼》, 第12卷 第6期, 512—521页。
- 〔6〕 罗曼云等, 1983, 《海洋地质第四纪地质》, 第3卷 第1期, 55—66页。
- 〔7〕 申顺喜等, 1984, 《海洋与湖沼》, 第15卷 第3期, 240—250页。

AN APPROACH TO THE DETRITAL ASSEMBLAGES AND THEIR DISTRIBUTION PATTERNS IN THE SEDIMENTS OF THE CHINA SEA

Chen Lirong Shen Shunxi Xu Wenqiang Li Anchun

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

We have made studies on the detrital mineral components and their distribution patterns in the sediments of the Bohai Sea, the Huanghai Sea (Yellow Sea), the East China Sea, the northern continental shelf of the South China Sea, and Gulf of Tonkin. The results show that the sediments are made up of 59 mineral components. The light minerals (less than 2.8 in specific gravity) are mainly quartz and feldspar. The heavy minerals such as hornblende, epidote, schistose minerals, (muscovite + chlorite + biotite) and ilmenite preponderate in number. The garnet, zircon, dolomite, pyroxene and tourmaline come second. The contents of other minerals are very low. The distribution patterns of these minerals are described as follows,

1. Hornblende-schistose minerals

The contents of these minerals decrease from north to south. Sediments with a high content of the hornblende (30%) are distributed in the Huanghai Sea and the East China Sea, but its content (15%) is considerably low in the sediments of the northern continental shelf of the South China Sea and Gulf of Tonkin.

2. Ilmenite-tourmaline

These minerals differ from the above minerals on the dispersion pattern. The high contents of the ilmenite (20%) are found in the northern continental shelf of the South China Sea and Gulf of Tonkin, while its content is 4 - 9% in the Huanghai Sea and the East China Sea. Therefore, the contents of the ilmenite and tourmaline decrease from south to north.

3. Pyroxene-volcanic glass

Their highest contents are found in the northern part of the Okinawa Trough (north of 27°N). In this region, the average content of the pyroxene is 24%, while in the other seas, its content is 1 - 3%.

4. Epidote

The distribution pattern of the epidote is rather stable in the sediments of the areas we have investigated. Its content ranges generally from 10 - 15%.

From the distribution patterns of above minerals we can see that different cha-

racteristic minerals are found in the sediments of different sea areas. That is, the sediments of the Huanghai Sea are characterized by the high contents of the schistose minerals and garnet, and the sediments of the continental shelf of the East China Sea contain a significant amount of hornblende and dolomite. Rich pyroxene and volcanic glass deposits are found in the northern part of the Okinawa Trough (north of 27° N). The sediments with high contents of ilmenite and tourmaline are distributed in the northern continental shelf of the South China Sea and Gulf of Tonkin.

The above data indicate that the China Sea can be divided into different mineral provinces on the basis of mineral assemblages. The distribution models of these mineral provinces are of the porphyritic (for example, the Bohai Sea) or of the belt patterns (for example, the East China Sea)

Distribution patterns of detrital minerals in the sediments of the China Sea are chiefly controlled by the following factors:

1. Under the control of different source areas

The sediments are brought to the China Sea mainly by the Huanghe, Changjiang and Zhujiang Rivers. The sediments of the Huanghai Sea and the southern part of the Bohai Sea are controlled by the sediments of the Huanghe River, while the materials of the Changjiang River are mainly deposited on the continental shelf of the East China Sea. The sediments on the northern continental shelf of the South China Sea are provided by the Zhujiang River.

2. Under the control of volcanic action

Rich volcanic glass deposits are found in the northern part of the Okinawa Trough.

3. Under the control of submarine topography

The contents of the muscovite and garnet vary considerably in those areas where the submarine topography is very complex.

4. Under the control of the sediment types and the sediment formative types

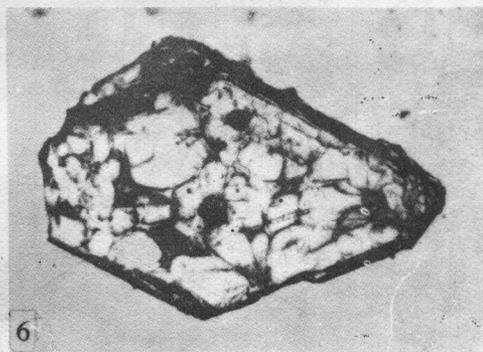
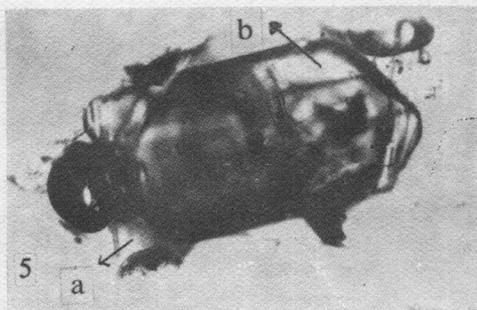
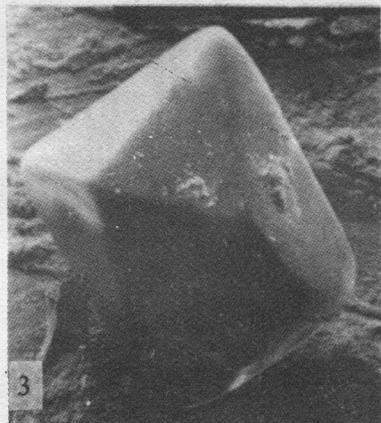
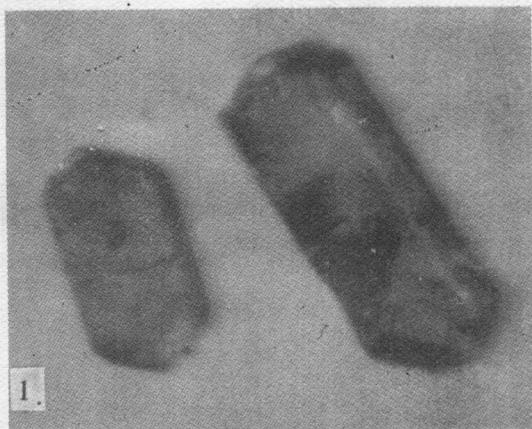
The higher content of the ilmenite is found in the relict sediment regions where the well-sorted sands are distributed. Schistose minerals are concentrated in the modern sediment areas where the bad-sorted silt and mud are found.

5. Under the control of the hydraulic condition in the deposition area and the physical and chemical characteristics of the minerals

The muscovite is schistose and its specific gravity is lower. Consequently it is deposited in the area where the hydraulic condition is weak. The feature of garnet differs entirely from that of muscovite. The garnet has higher specific gravity, greater hardness and no cleavage and so the garnet is concentrated in the area where the hydraulic condition is stronger.

6. Under the control of the weather

The quartz/feldspar ratio (Q/F) increases from north to south. In the Huanghai Sea and the East China Sea, the Q/F is 1, while in the northern continental shelf of the South China Sea and the Gulf of Tonkin, the Q/F is 2 - 3.



1. 紫苏辉石 $\times 100$ 2. 普通辉石 $\times 150$ 3. 高温石英 $\times 100$ 4. 磷灰石 $\times 150$ a. 火山玻璃 b. 磷灰石 5. 紫苏辉石 $\times 100$ a. 火山玻璃 b. 紫苏辉石 6. 长石(具泡壁结构) $\times 100$