

陆 凯,秦亚超,王中波,等. 东海中南部海域表层沉积物碎屑重矿物组合分区及其物源分析[J]. 海洋地质前沿,2019, 35(8):20-26.

东海中南部海域表层沉积物碎屑重矿物组合分区及其物源分析

陆 凯^{1,2,3},秦亚超^{1,2},王中波^{1,2},黄 龙^{1,2},李广雪³

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071;2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室,青岛 266071;3 中国海洋大学海洋地球科学学院,青岛 266100)

摘 要:对东海中南部海域表层沉积物进行了重矿物鉴定,探讨了其物质来源,并对沉积环境及其主控因素进行了分析。研究区碎屑重矿物共有 40 余种,还有少量岩屑和风化碎屑。暗色重矿物含量高值出现在 100 m 以深的东海外陆架,浙闽近海一带暗色重矿物含量低。稳定重矿物含量与离岸距离有一定的相关性,从内陆架到外陆架,含量有逐步增加的趋势。云母类矿物高值集中于浙闽近海内陆架一带;自生黄铁矿也集中浙闽近海水深 50 m 以浅的内陆架,说明该区水动力偏弱,主要为还原环境。聚类分析表明,研究区划为 2 个分区。I 区包括浙闽近海海域和台湾海峡中西部海域,水深在 60 m 以浅,主要是长江物质在沿岸流作用下向南搬运沉积。II 区包括东海中外陆架、陆坡以及冲绳海槽的部分海域,水深多在 80 m 以深,其物源来自东亚大陆,形成于晚更新世低海平面时期。

关键词:东海中南部;重矿物;沉积物;物源分析

中图分类号:P736.21

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2019.08003

0 引言

碎屑矿物组合是海洋沉积研究的重要内容,其分布特征对识别沉积物来源和沉积动力环境等具有重要意义^[1-3]。不同海域由于其物质来源有着巨大差异,其碎屑矿物组合和分布也明显不同。东海是中国边缘海的重要组成部分,来自长江、废黄河、台湾岛和浙闽沿岸等河流携带入海的巨量物质在此沉积,因此,其沉积物记录了丰富的物源以及沉积环境等信息^[4-7]。

目前,东海沉积物中碎屑矿物研究已取得了

一定的成果^[1,3,8],主要集中在运用重矿物组成探讨其分布范围及物源分析^[1,9-13],或提取通过特征矿物来讨论沉积环境^[14-16],特别是陈丽蓉等^[1]对重矿物组成的系统分区对后期的研究具有重要的指导意义。然而,受沉积物样品数量限制,其重矿物空间分布及其控制因素仍然需要深入研究。笔者拟通过东海中南部表层沉积物样品进行重矿物组合、分布特征及沉积分区研究,探讨其物质来源,并对沉积环境及其影响因素进行分析。

1 样品来源和分析方法

本文共采用东海表层沉积物样品 160 个,取样范围为 36°N~40°N,120°E~124.5°E(图 1)。按照海洋调查规范—海洋地质地球物理调查(国家标准 GB/T 12763.8—2007)对碎屑矿物进行了分析鉴定。碎屑矿物鉴定选取约 50 g 样品进

收稿日期:2019-05-10

基金项目:中国地质调查局项目(DD20191003,DD20160139,GZH201300501)

作者简介:陆 凯(1978—),男,高级工程师,主要从事海洋区域地质调查与研究。E-mail: qimg_luk@163.com

行湿筛,提取 0.063~0.125 mm 粒级样品,用三溴甲烷(比重 2.89)进行轻重矿物分离,60 °C 恒温烘干称重。然后利用双目显微镜和偏光显微镜进行鉴定,鉴定颗粒数为 300~500 颗,最后统计每种重矿物的体积百分含量。碎屑矿物鉴定在青岛海洋地质研究所实验测试中心进行。

辉石、萤石、白云石、褐帘石、玄武闪石,其他一些微量组分仅零星出现于个别样品中,主要有磷钇矿、霓辉石、锐钛矿、菱铁矿、橄榄石、顽火辉石、符山石、直闪石、硅灰石、红帘石、红柱石等。此外,重矿物组分中还包含一定量的岩屑和风化碎屑。

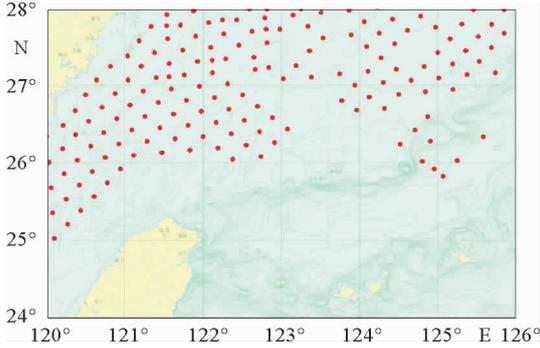


图 1 东海中部表层沉积物采样站位分布图

Fig.1 Map of the central-southern East China Sea, showing sampling locations

2 重矿物组成及分布特征

2.1 重矿物含量

重矿物所占的质量百分含量平均为 5.2%,最高值为 53.1%,最小值为 0。重矿物含量如图 2a 所示。浙闽近海内陆架为明显的重矿物低值区,呈带状分布,含量多<2%。赤尾屿以东的冲绳海槽内,也有一个明显的低值区。重矿物高值区主要分布在 100 m 以深的东海外陆架,呈斑块状分布,其相对含量大多>6%。

2.2 重矿物组成及分布

该区重矿物主要由 40 余种矿物组成,其中,造岩矿物主要是普通角闪石和普通辉石;与低级变质作用相关的矿物主要有绿帘石、黝帘石、斜黝帘石等,与角闪岩相有关的矿物主要是阳起石和透闪石;片状矿物有黑云母、水黑云母、白云母;自生矿物有自生黄铁矿;稳定矿物主要包括石榴子石、楣石、磷灰石、电气石、锆石、金红石;暗色矿物主要是钛铁矿、褐铁矿、磁铁矿、菱镁矿、赤铁矿、白钛石等;微量矿物主要有碳酸盐、绿泥石、紫苏

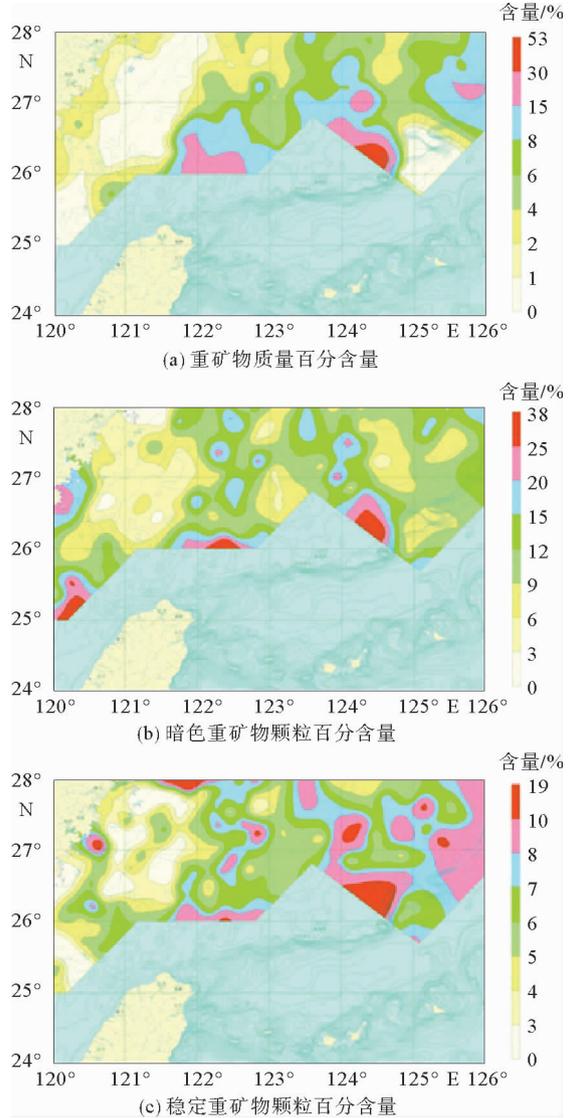


图 2 东海表层沉积物重矿物质量百分含量(a)、暗色重矿物(b)及稳定重矿物颗粒百分含量(c)分布

Fig.2 Geographical distributions of heavy minerals (a), opaques (b) and stable heavy minerals (c) in the bottom sediments of the central-southern East China Sea

表层沉积物中颗粒百分含量>5%的重矿物有 4 种,分别是普通角闪石(44.6%)、绿帘石

(11.0%)、自生黄铁矿(8.5%)和阳起石(5.1%);含量在1%~5%的矿物依次为黑云母(4.8%)、钛铁矿(4.5%)、褐铁矿(4.1%)、水黑云母(3.2%)、石榴子石(2.2%)、岩屑(1.7%)、楣石(1.5%)和磁铁矿(1.4%);含量在0.1%~1%的矿物有:黝帘石(0.8%)、透闪石(0.8%)、白云母(0.8%)、磷灰石(0.7%)、透辉石(0.6%)、风化碎屑(0.6%)、菱镁矿(0.6%)、碳酸盐(0.6%)、普通辉石(0.4%)、电气石(0.3%)、赤铁矿(0.2%)、锆石(0.2%)、斜黝帘石(0.2%)、绿泥石(0.2%)、紫苏辉石(0.1%);其他微量重矿物还有萤石、白云石、褐帘石、金红石、玄武闪石、黄铁矿、白钛石、磷钇矿、霓辉石、锐钛矿、菱铁矿、橄榄石、顽火辉石、符山石、直闪石、硅灰石、红帘石、红柱石等。

研究区暗色重矿物颗粒百分含量平均为10.81%,最高值为38.24%,最小值为0.30%。其高值区主要发育在100 m以深的东海外陆架(图2b),在赤尾屿以西的陆架边缘坡折处一带(水深120~130 m),暗色重矿物含量最高。浙闽近海一带,受长江物质沿岸向南运输的影响,沉积物细颗粒组分含量很大^[4-6,17],暗色重矿物含量很低,通常在6%以下。

稳定重矿物主要有6种,分别为石榴子石、楣石、磷灰石、电气石、锆石、金红石。稳定重矿物含量平均为5.95%,最高值为19.44%,最小值为0。稳定重矿物含量的分布表现出与离岸距离有一定的相关性,从浙闽近海内陆架,到东海中陆架,直至外陆架,含量有逐步增加的趋势,呈明显的带状分布特征(图2c)。

2.3 特征矿物及其分布特征

(1)闪石类 该类矿物主要有普通角闪石、阳起石和透闪石。普通角闪石是本区含量最高、分布最广的矿物,镜下为长柱状、短柱状和粒状,呈绿色,少数为棕褐色,棱角状至次棱角状、次圆状,个别风化较强。普通角闪石平均含量达44.6%,其空间分布如图3a所示。高值区(>60%)在东海外陆架上以块状分布为主,低值区(<20%)主要出现在浙闽近海,冲绳海槽内普通角闪石含量也偏低。阳起石含量的高值区明显集中于浙闽近海一带的内陆架,呈块状、带状分布,其物源应该与长江物质沿浙闽沿岸向南搬运有关^[4-6,17]。此外,

赤尾屿以东的冲绳海槽阳起石含量也偏高,可达8%以上(图3b)。

(2)帘石类 该类矿物主要有绿帘石、黝帘石和斜黝帘石,这些矿物主要与低级变质作用有关。绿帘石在本区含量也比较高,仅次于普通角闪石。绿帘石呈深浅不同的黄绿色,为粒状、柱状、次棱角状,有些颗粒受到风化作用,颜色和镜下特征不太明显,略呈苍白色或无色。绿帘石平均含量为11.0%,其高值区主要沿浙闽近岸呈带状分布,东海外陆架也分布有绿帘石块状高值区(图3c)。

(3)云母类矿物 该类矿物矿物有黑云母、水黑云母和白云母。云母类矿物含量很高,平均8.8%,最高可达61.2%,黑云母平均为4.8%,水黑云母平均为3.2%,白云母平均为0.8%。云母类矿物分布差异性很大,其高值区集中于浙闽近海内陆架一带,含量均在10%以上;东海外陆架(100 m以深)则含量很低,多<2%。赤尾屿以东的冲绳海槽云母类含量也比较高(图3d)。云母类矿物呈片状,与其他主要的重矿物相比,比重相对较小,沉降速率较低,易于与粉砂级石英颗粒达成水力平衡并一起搬运,因此云母类高值区主要对应于泥质沉积环境^[1]。在浙闽近海一带的内陆架,其物源与长江物质沿浙闽大陆向南运输有关^[4-6,17]。在赤尾屿以东的冲绳海槽,沉积速率很低,云母类主要来自东亚大陆长江水系、黄河水系等细颗粒悬浮物质长期的缓慢沉降,也可能与黑潮所携带的细颗粒物沉降有关^[18-20]。

(4)石榴石 通常作为副矿物广泛分布于岩浆岩和变质岩中。在表生环境中,化学性质稳定,抗风化能力强。石榴子石平均含量为2.2%,最高可达8.2%,最低为0。石榴子石是本区含量最高、最有指示意义的稳定矿物。其空间分布与离岸距离有一定的相关性,从浙闽近海内陆架,到东海中陆架,直至外陆架,含量有逐步增加的趋势,呈明显的带状分布(图3e)。

(5)自生黄铁矿 自生黄铁矿为自生成因矿物,通常呈内模状、球状、粒状,灰绿黄色、黄褐色,部分有一定的氧化。其主要形成于静水、含较多有机物的泥质还原环境中,是判别沉积环境氧化还原条件的重要指标^[21-22]。本区自生黄铁矿平均含量为8.5%,最高可达88.0%,最低值为0。该矿物的分布极为悬殊,它集中分布于从浙闽近海

水深 50 m 以浅的内陆架,其含量均在 9% 以上。而其他大部分海域,包括东海中、外陆架,直至冲绳海槽,其含量多 < 1% (图 3f)。

(6) 钛铁矿 钛铁矿是本区含量最高的暗色矿物,平均含量为 4.5%,最高可达 24.1%。钛铁

矿高值区主要出现于东海外陆架,呈斑块状。在水深 100 m 至 120 m 一带,为晚更新世低海平面时期的古滨岸相^[17],这一带钛铁矿含量最高。浙闽近海水深 50 m 以浅的内陆架含量最低 (图 3g)。

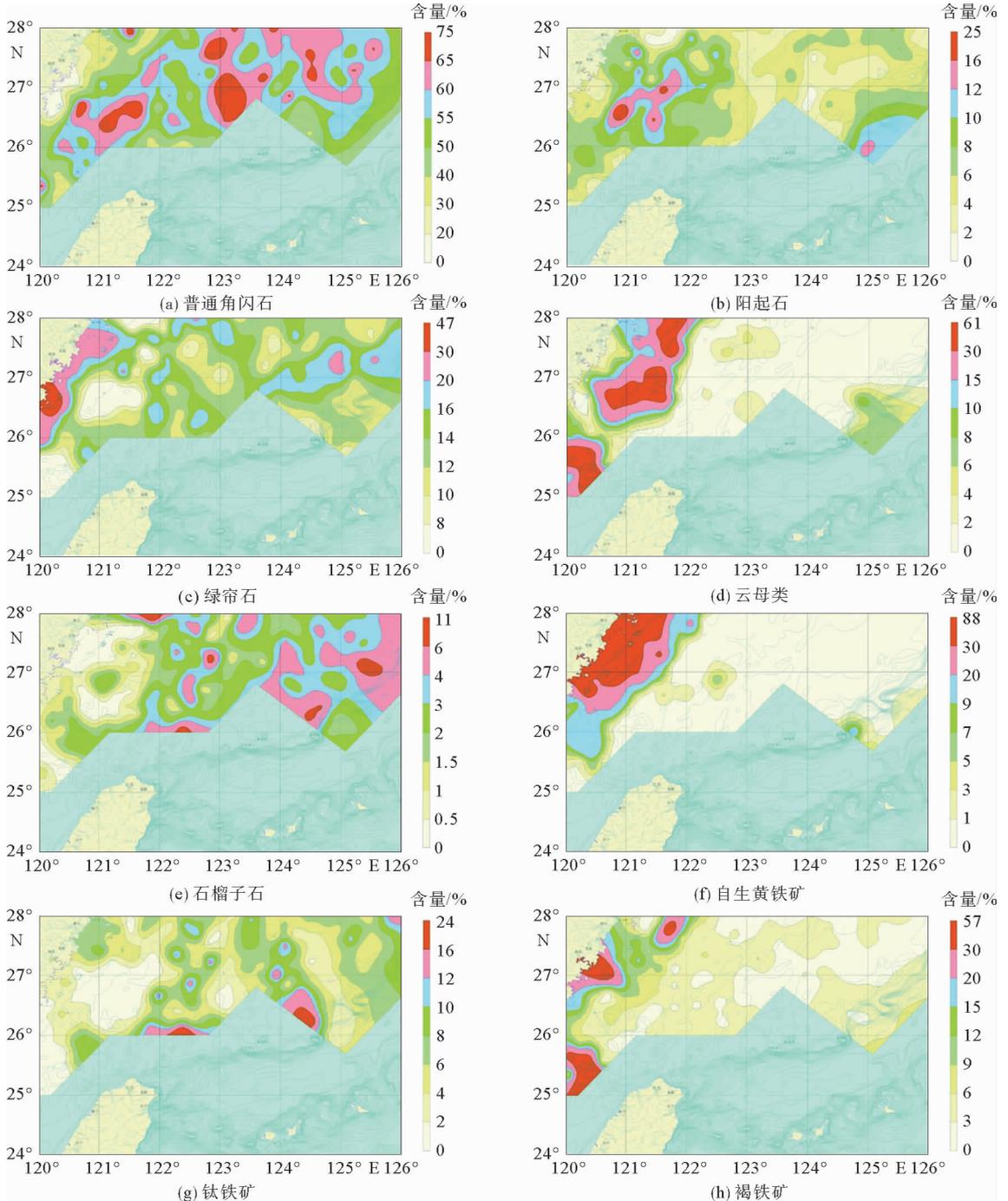


图 3 东海中部沉积物主要矿物含量分布

Fig. 3 Distribution patterns of hornblende (a), actinolite/tremolite (b), epidote (c), mica (d), garnet (e), authigenic pyrite (f), ilmenite (g) and limonite (h) in the bottom sediments of the central-southern East China Sea

(7) 褐铁矿 褐铁矿是典型的(氢)氧化物型暗色矿物,其含量仅次于钛铁矿。褐铁矿平均含量为4.1%,最高可达27.5%。褐铁矿高值区分布于浙闽近海和内陆架一带,其他大部分海域含量很低(图3h)。褐铁矿主要有风化型和沉积型2种成因,风化型褐铁矿由含铁硫化物、氧化物等矿物经过氧化和水化作用形成;而沉积型褐铁矿则由海水中的氢氧化铁胶体凝聚而成,属于自生矿物。本区褐铁矿的分布明显具有由陆及海含量逐渐降低趋势,这说明,它应该主要源于东南沿海一带所发育的红壤经风化侵蚀后^[23],随地表径流的输入,与长江细颗粒物在浙闽内陆架的沉降关系不大。

3 重矿物组合分区及来源

聚类分析是一种常用的多元数据统计分析方法,它基于样品的数据进行分类,可以根据碎屑重矿物分布规律,指定聚类分析类别数进行逐步聚类,以获得碎屑重矿物的分区信息^[24]。笔者根据重矿物种类的相关性和含量特征,选取普通角闪石、透闪石、阳起石、绿帘石、黝帘石、普通辉石、透辉石、紫苏辉石、石榴子石、榍石、磷灰石、电气石、

锆石、钛铁矿、磁铁矿、褐铁矿、自生黄铁矿、岩屑、风化碎屑和云母类等重矿物作为变量,对沉积物样品进行快速聚类分析,分类结果设定为2类。聚类方法选择叠代分类,即先定初始类别中心点,而后按K均值算法作叠代分类。最后选择对聚类结果进行方差分析(ANOVA),方差分析表明,大多数变量的类间差异F值检验均在0.001以下水平上显著,说明分类效果良好。根据快速聚类分析结果和样品的分布情况,在研究区识别出2个重矿物分区(图4),其重矿物对比指标见表1。

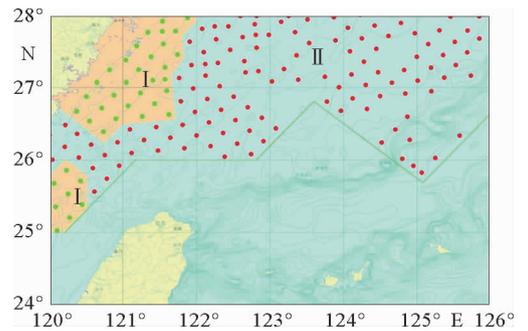


图4 东海中部调查海域表层沉积物重矿物分区
Fig. 4 Heavy-mineral provinces I and II of the bottom sediments in the central-southern East China Sea

表1 东海中部海域重矿物指标对照表

Table 1 Comparison of heavy mineral parameters in the central-southern East China Sea

/%

指标	I区			II区		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
重矿物含量	0.7	4.7	0.04	6.6	53.1	0.01
暗色矿物	8.1	27.8	0	10.7	37.9	0
稳定矿物	1.4	6.4	0	6.2	15.1	1.3

I区:包括浙闽近海海域和台湾海峡中西部海域,水深在60m以浅,共38个站位。该区重矿物含量很低,含有少量岩屑和风化碎屑,表明重矿物所经历的搬运距离较短、磨蚀和风化程度较弱。含量在1%以上的重矿物共10种,为自生黄铁矿(31.1%)、普通角闪石(18.4%)、黑云母(15.4%)、水黑云母(11.0%)、褐铁矿(6.5%)、绿帘石(3.6%)、阳起石(3.0%)、白云母(2.6%)、岩屑(1.3%)和风化碎屑(1.1%)。该区具有自生矿物含量高、云母类矿物含量高,而暗色矿物和稳定

矿物含量明显偏低的特点,重矿物组合较为简单。自生黄铁矿代表海相弱水动力条件(静水或深水)和还原沉积环境^[21-22]。褐铁矿通常是表生氧化环境的产物,其与云母类矿物的组合,指示了东海内陆架的泥质沉积环境。而普通角闪石、绿帘石、阳起石等矿物代表陆源区母岩的矿物组合特征。该区沉积物主要是长江水系悬浮物质在沿岸流的作用下向南的搬运沉积所形成^[4-6,17]。特征重矿物组合为自生黄铁矿-普通角闪石-云母-褐铁矿-绿帘石。

Ⅱ区:包括东海中外陆架、陆坡以及冲绳海槽的部分海域,水深多在 80 m 以深,共 122 个站位。含量在 1% 以上的重矿物共 11 种,是普通角闪石(52.8%)、绿帘石(13.4%)、阳起石(5.7%)、钛铁矿(5.6%)、褐铁矿(3.3%)、石榴子石(2.7%)、岩屑(1.9%)、楣石(1.9%)、磁铁矿(1.6%)、黑云母(1.5%)和自生黄铁矿(1.4%)。与Ⅰ区相比,Ⅱ区重矿物平均含量非常高,将近是Ⅰ区的 10 倍。普通角闪石含量达 50% 以上,其与绿帘石、阳起石的矿物组合,代表了陆源区母岩的矿物组合特征。稳定矿物和暗色矿物含量高,且种类较多。这主要由于东海外陆架在晚更新世低海平面时期为古滨岸相,沉积物以残留砂为主,经过了波浪的反复筛选,使得一些抗风化能力强的矿物得以富集。特征重矿物组合为普通角闪石-绿帘石-阳起石-钛铁矿-石榴子石。其物源来自东亚大陆,随长江水系以及黄河水系等地表径流带入^[17]。冲绳海槽与本区沉积环境差异很大,但由于海槽内样本少,聚类分析无法有效分析。

4 结论

(1)东海中部沉积物中重矿物有 40 多种,此外还有少量岩屑和风化碎屑,主要是普通角闪石、绿帘石、自生黄铁矿、阳起石、黑云母、钛铁矿、褐铁矿、水黑云母、石榴子石、楣石和磁铁矿等。暗色重矿物含量高值区主要出现在 100 m 以深的东海外陆架,浙闽近海一带暗色重矿物含量很低。稳定重矿物有石榴子石、楣石、磷灰石、电气石、锆石、金红石,其含量与离岸距离有一定的相关性,从浙闽近海内陆架,到东海中陆架,直至外陆架,含量逐步增加,呈明显带状分布。云母类矿物,其高值区集中于浙闽近海内陆架一带;自生黄铁矿也集中分布于浙闽近海水深 50 m 以浅的内陆架,说明该区水动力条件总体偏弱、主要为还原环境。

(2)聚类分析结果表明,研究区可划为 2 个区。Ⅰ区包括浙闽近海海域和台湾海峡中西部海域,水深在 60 m 以浅,重矿物组合是自生黄铁矿-普通角闪石-云母-褐铁矿-绿帘石,主要是长江物质在沿岸流作用下向南搬运沉积。Ⅱ区包括东海中外陆架、陆坡以及冲绳海槽的部分海域,水深多

在 80 m 以深。重矿物组合是普通角闪石-绿帘石-阳起石-钛铁矿-石榴子石,其物源来自中国大陆,主要形成于晚更新世低海平面时期,沉积物经过了波浪的反复筛选,使得一些抗风化能力强的矿物得以富集。

参考文献:

- [1] 陈丽蓉. 中国海沉积矿床学[M]. 北京:海洋出版社, 2008.
- [2] 李 艳, 李安春, 黄 朋. 大连湾近海表层沉积物重矿物组合分布特征及其物源环境指示[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(6): 13-20.
- [3] 董 江, 李安春, 徐方建, 等. 东海外陆架 EC2005 孔重矿物组合特征及其物源指示意义[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(6): 1292-1303.
- [4] Liu J P, Liu C S, Xu K H, et al. Flux and fate of small mountainous rivers derived sediments into the Taiwan Strait [J]. Marine Geology, 2008, 256(1/4): 65-76.
- [5] Liu J P, Xu K H, Li A C, et al. Flux and fate of Yangtze River sediment delivered to the East China Sea [J]. Geomorphology, 2007, 85(3/4): 208-224.
- [6] Xu F, Li A, Li T, et al. Rare earth element geochemistry in the inner shelf of the East China Sea and its implication to sediment provenances[J]. Journal of Rare Earths, 2011, 29(7): 702-709.
- [7] 徐方建, 李安春, 肖尚斌, 等. 末次冰消期以来东海外陆架古环境演化[J]. 沉积学报, 2009, 27(1): 118-127.
- [8] 陈 静, 王 哲, 王张华, 等. 长江三角洲东西部晚新生代地层中的重矿物差异及其物源意义[J]. 第四纪研究, 2007, 27(5): 700-708.
- [9] 陈丽蓉, 许文强, 申顺喜. 东海沉积物的矿物组合及其分布特征的研究[A]. 中国科学院海洋研究所地质研究室, 黄东海地质[M]. 北京:科学出版社, 1982: 82-97.
- [10] 陈丽蓉, 范守志, 毛彦平. 东海沉积物中重矿物组合的统计分析[J]. 海洋科学集刊, 1984, 21: 291-296.
- [11] 林振宏, 吕亚男, 高学敏. 冲绳海槽中部表层沉积物的重矿物分布和来源[J]. 青岛海洋大学学报, 1996, 26(3): 361-368.
- [12] 王昆山, 石学法, 林振宏. 南黄海和东海北部陆架重矿物组合分区及来源[J]. 海洋科学进展, 2003, 21(1): 32-40.
- [13] 金秉福, 林振宏, 时振波, 等. 东海外陆架晚更新世沉积物中的有用重矿物及其资源潜力[J]. 古地理学报, 2004, 6(3): 372-379.
- [14] 鲍根德, 汪依凡. 东海陆架沉积物中自生硫化铁的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 1983, 4: 52-58.
- [15] 王先兰, 马克俭, 陈建林, 等. 东海海底表层沉积物中的碎屑矿物及地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984,

- 4(3): 43-55.
- [16] 王昆山, 石学法, 李 珍, 等. 东海 DGK9617 孔岩心重矿物及自生黄铁矿记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(4): 41-45.
- [17] 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [18] Dou Y, Yang S, Liu Z, et al. Provenance discrimination of siliciclastic sediments in the middle Okinawa Trough since 30 ka: Constraints from rare earth element compositions[J]. *Marine Geology*, 2010, 275(1/4): 212-220.
- [19] Jiang F, Li A, Li T. Sediment pathway of the East China Sea inferred from an R-mode factor analysis of surface sediments in the Okinawa Trough[J]. *Quaternary International*, 2011, 230(1/2): 13-20.
- [20] Xu Z, Li T, Chang F, et al. Sediment provenance discrimination in northern Okinawa Trough during the last 24 ka and paleoenvironmental implication: rare earth elements evidence [J]. *Journal of Rare Earths*, 2012, 30(11): 1184-1190.
- [21] Liu X, Fike D, Li A, et al. Pyrite sulfur isotopes constrained by sedimentation rates: Evidence from sediments on the East China Sea inner shelf since the late Pleistocene [J]. *Chemical Geology*, 2019, 505: 66-75.
- [22] Shawar L, Halevy I, Said-Ahmad W, et al. Dynamics of pyrite formation and organic matter sulfurization in organic-rich carbonate sediments [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2018, 241: 219-239.
- [23] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀, 等. 不同治理措施对闽东南沿海侵蚀性赤红壤肥力影响的研究[J]. *植物生态学报*, 1998, 22(3): 281-288.
- [24] 张富元, 王秀昌. 东海表层沉积物中重矿物聚类分析及其动力分布特征[J]. *应用海洋学学报*, 1984, 3(1): 68-77.

HEAVY MINERAL PROVINCES OF THE SURFACE SEDIMENTS IN CENTRAL-SOUTHERN EAST CHINA SEA AND IMPLICATIONS FOR PROVENANCE

LU Kai^{1,2,3}, QIN Yachao^{1,2}, WANG Zhongbo^{1,2}, HUANG Long^{1,2}, LI Guangxue³

(1 Qingdao Institute of Marine Geology, China Geology Survey, Qingdao 266071, China;

2 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology,

Qingdao 266071, China; 3 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: More than 40 species of heavy minerals and a small amount of lithic and weathered fragments are found in the surface sediments of the middle-southern East China Sea. Sediment sources, depositional environments and the main controlling factors were analyzed and discussed. High percentages of opaque heavy minerals mainly occur on the outer shelf of the East China Sea at water depth deeper than 100 m, while the content of opaque heavy minerals in the Zhejiang-Fujian coastal areas is very low. The content of stable heavy minerals depends upon the distance to the coast, and from the inner to the outer shelf, the content gradually increases. Micas and authigenic pyrite are found concentrated in the inner shelf of Zhejiang-Fujian coastal areas, indicating a rather weak hydrodynamic condition and reducing environment. Cluster analysis suggests that the study area can be roughly divided into two zones. The zone I includes the Zhejiang-Fujian coastal areas and the central and western Taiwan Strait with water depth less than 60 m. The sediments are mainly transported by the southward coastal currents. The zone II mainly includes the middle and outer continental shelf, continental slope and part of the Okinawa Trough in the East China Sea with water depth deeper than 80 m. The sediments are mainly derived from the East Asian continent during the low sea level period of Late Pleistocene.

Key words: the central-southern East China Sea; heavy minerals; sediment; provenance