

# 两种密度三溴甲烷分离重矿物效果的对比分析

刘建国<sup>1,2,3</sup>, 李安春<sup>1</sup>, 徐方建<sup>1,2</sup>, 王朝品<sup>4</sup>

(1. 中国科学院 海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 中国科学院 南海海洋研究所, 广东 广州 510301; 4. 中山大学 河口海岸研究所, 广东 广州 510275)

**摘要:**采用国内目前常用的两种密度三溴甲烷重液(重液1, 密度为 2.87 g/cm<sup>3</sup>; 重液2, 密度为 2.80 g/cm<sup>3</sup>), 分别对黄河、长江、珠江等河流以及东海、南海等海区沉积物中的 0.063~0.25 mm 粒级进行了重矿物分离及对比实验。结果表明, 重矿物分离过程中, 两种重液的密度均发生了一定程度的变化, 其中重液2的密度变化较大且呈整体增加趋势, 而重液1密度则较为稳定。比较而言, 重液2分离出的重矿物质量分数较重液1的稳定, 尤其处理白云石质量分数较高(如长江)的沉积物时, 重液2较重液1分离出的重矿物质量分数明显偏高。由于能有效区分方解石和白云石, 重液2在分离东海、长江沉积物中的重矿物效果要好于重液1。为使分离出来的重矿物质量分数保持稳定, 每次提取完重矿物的剩余重液2需重新配平至密度为 2.80 g/cm<sup>3</sup>。对两种重液分离出来的重矿物质量分数进行了回归分析, 结果显示两者有一定的相关性, 并可建立一元线性回归方程将两种结果进行粗略转换。由于在重矿物分离过程中, 损失的碎屑矿物很低(一般在个样总质量的 1% 以内), 其对重矿物质量分数的影响可忽略不计。

**关键词:** 三溴甲烷; 重矿物; 对比分析; 沉积物; 河流

中图分类号: P736.21 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2008)01-0032-06

重矿物分析作为沉积学的重要内容, 不仅可用来说明沉积物的物质组成、分布规律及沉积区的物质来源, 并能据此进一步了解母岩成分与矿物在搬运过程的变化规律<sup>[1]</sup>。

目前国内分离重矿物所采用的重液是三溴甲烷, 不同单位和研究者采用的重液密度存在差异。有些研究者用密度 2.87 g/cm<sup>3</sup> 的三溴甲烷原液(重液1)<sup>[2-4]</sup>, 而另一些研究者用密度为 2.80 g/cm<sup>3</sup> 的三溴甲烷(重液2)<sup>[1,5-7]</sup>, 此种重液为三溴甲烷和无水乙醇混合而成。这两种不同密度三溴甲烷的分离结果及其差异尚未见报道, 而实际工作中需要知道它们的异同, 以便于资料的对比应用。为此作者对上述密度的两种重液的分离结果进行了对比研究。在对两种密度三溴甲烷分析结果进行比较的基础上, 探讨了造成其差异的原因, 并通过两种重液分离出的重矿物质量分数进行相关分析, 得出一元线性回归方程, 可将两类结果可进行转换。

## 1 材料和方法

样品分别采自黄河老潼关、长江下游、珠江三角洲、东海 DC2 孔、南海 PY3 等(图 1)。沉积物在

60℃恒温下烘干, 筛选出 60 g 左右 0.063~0.25 mm 粒级, 用二分法将样品分成 32 份, 每份约 2.0 g。实验中采用的三溴甲烷原液是上海试剂一厂生产的分析纯, 密度 20℃时为 2.889~2.893 g/cm<sup>3</sup>, 26℃室温下实际测量密度为 2.876 g/cm<sup>3</sup>。

作者所采用的两种密度三溴甲烷, 每次分离前作密度测量(为分析重液密度变化, 仅作密度测量并不用无水乙醇作密度调整)。为减少实验误差, 分离重矿物时每个样使用重液的体积为 40 mL, 与重矿物部分一起放下的重液体积在 4 mL 左右。在 60℃恒温下烘干称量两种密度重液分离出的轻矿物质量( $W_1$ )和重矿物质量( $W_2$ ), 并与初始样品质量( $W_3$ )进行比较, 计算出相应重矿物质量分数( $X = [W_2 / (W_1 + W_2)] 100%$ )与矿物损失质量分数( $Y = [(W_3 - W_1 - W_2) / W_3] 100%$ )。

收稿日期: 2006-01-11; 修回日期: 2007-11-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40576032); 中国科学院知识创新工程青年人才领域前沿项目(50602-13)

作者简介: 刘建国(1978), 男, 江西萍乡人, 博士, 从事海洋地质学研究, 电话: 0532-82898532, E-mail: jgliu78@126.com

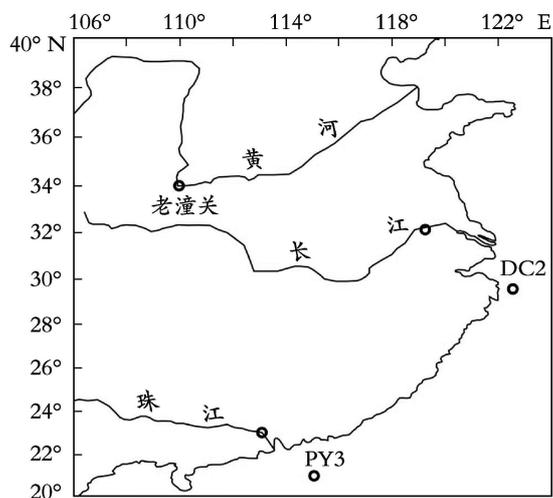


图 1 重矿物分析样品站位

Fig. 1 Positions of the sediments used in the process of separating heavy minerals

## 2 结果与讨论

### 2.1 重液密度变化

重液 2 在每次分离过程中其密度均有较大的变化,且呈总体增加趋势,直至密度达  $2.84 \text{ g/cm}^3$  左右变化才渐趋于稳定(图 2);相比之下,重液 1 在此过程中密度变化则较小,变化在  $2.86\sim 2.88 \text{ g/cm}^3$  间。鉴于重液 2 在提取重矿物过程中的密度出现较大变化,建议采用重液 2 分离重矿物时需每次提取前将其密度配平至  $2.80 \text{ g/cm}^3$ 。

重液密度发生变化可能由于:(1) 无水乙醇在空气中的快速挥发;(2) 在过滤过程中滤纸对重液的吸附作用(尤其是含量很低的无水乙醇)。

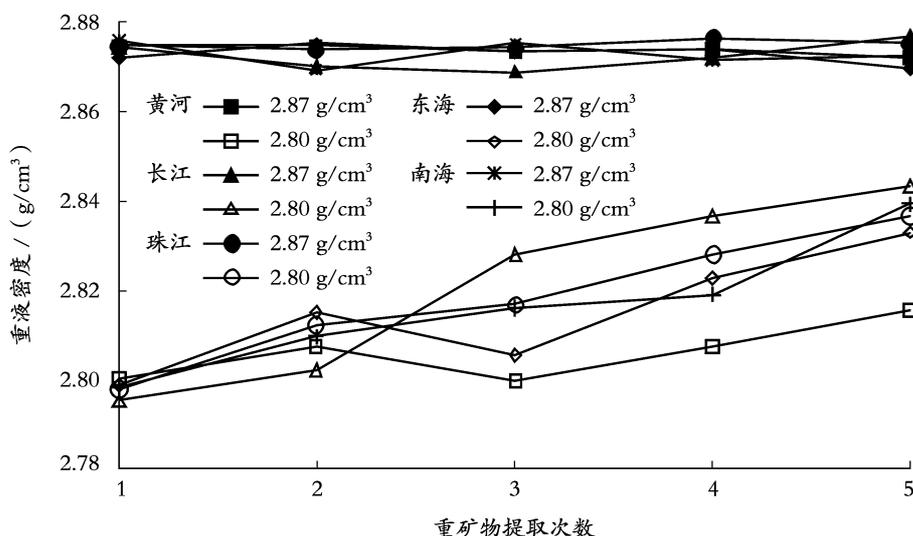


图 2 两种密度三溴甲烷分离黄河、长江、珠江、东海及南海沉积物中重矿物前后的密度变化

Fig. 2 Density varieties of bromoform before and after separating heavy minerals in sediments of the Huanghe River, the Changjiang River, the Zhujiang River, the East China Sea and the South China Sea

### 2.2 重矿物质量分数比较

不同河流与海区沉积物中,分离出来的重矿物质量分数存在一定差异(图 3)。

从图 3 可知,黄河样品用两种密度重液分离出来的重矿物质量分数均大于 10%,且平均质量分数相近,但重液 2 分离出来的重矿物质量分数明显较重液 1 的更为稳定。使用两种重液对长江沉积物分

离重矿物结果差异更为明显:重液 2 分离出来的重矿物平均质量分数可达 11%,而重液 1 仅能分离出 6% 左右。东海 DC2 孔砂质沉积物也有类似现象,重液 2 能分离重矿物质量分数达 7% 以上,而重液 1 仅分离出不到 5% 的重矿物。东海内陆架沉积物主要是长江物质来源<sup>[8]</sup>,其中的白云石与片状矿物(密度  $2.85 \text{ g/cm}^3$ )含量较高<sup>[4,6]</sup>是造成这一结果的主要原因(表 1)。

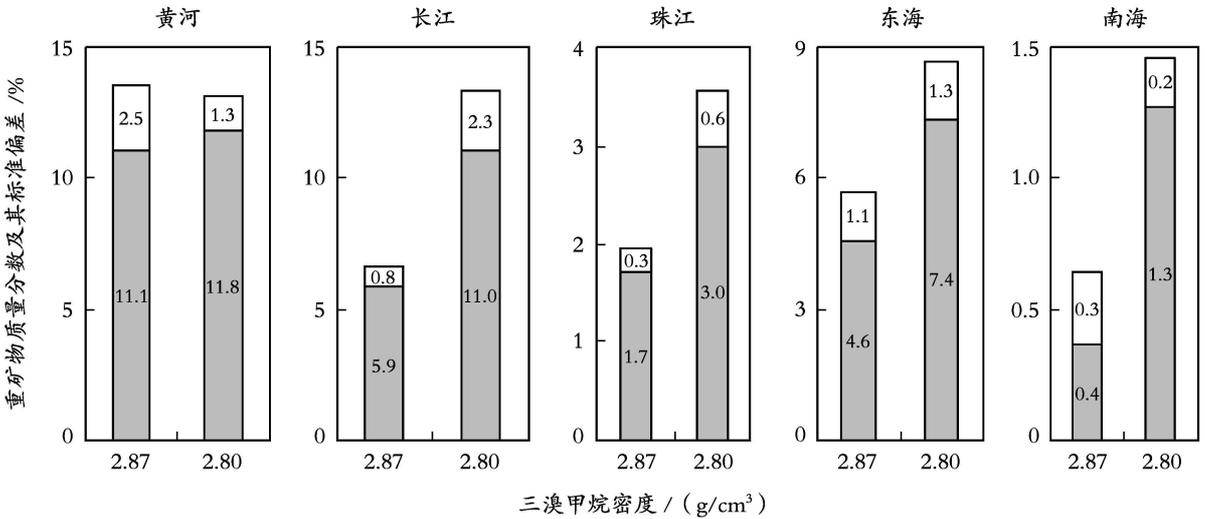


图3 两种密度三溴甲烷分离重矿物质量分数的平均值及标准偏差

Fig. 3 Mean values and standard deviation of heavy minerals in sediments separated with bromoform of specific densities of 2.80 g/cm<sup>3</sup> and 2.87 g/cm<sup>3</sup>

图中各柱下部阴影表示平均质量分数,上部表示标准偏差,数值分别代表其对应值的大小

Downparts of the columns represent mean values while up sections are standard deviations; the numerical values in the bars are their corresponding values respectively

表1 黄河、长江、珠江、东海及南海沉积物中部分矿物颗粒分数

Tab. 1 Some mineral contents in sediments of the Huanghe River, the Changjiang River, the Zhujiang River, the East China Sea and the South China Sea

区域	白云石颗粒分数 (%)	片状矿物颗粒分数 (%)
黄河河床 <sup>[6]</sup>	4.0	50.0
长江河床 <sup>[12]</sup>	26.0	28.0
珠江河床 <sup>[13]</sup>	2.7	19.7
东海西部 <sup>[12]</sup>	18.1	29.7
南海北部陆架 <sup>[3]</sup>	2.6	12.2

珠江、南海沉积物样品与长江、东海沉积物中分离出的重矿物结果相似,仅含量大小有些差别,同样反映出其中较高含量的白云石及片状矿物<sup>[9-10]</sup>起着重要作用。

以上结果表明,不仅重矿物种类及其各自含量能反映沉积物来源<sup>[1]</sup>,甚至各种重矿物在碎屑矿物中的总含量也有此种作用<sup>[11]</sup>。

### 2.3 两种密度重液分离重矿物质量分数差异的原因

重液2较重液1分离出来的重矿物平均质量分数略高,偏差较小,造成其差异的原因主要有:(1)由重液的密度大小与不同矿物密度的差异引起,其中可能起作用的矿物主要包括有白云石、方解石、片状矿物(白云母、绿泥石、黑云母)等,因为他们的密度介于或接近两种密度重液的差值范围(图4)。(2)三溴甲烷添加无水乙醇稀释后粘度降低,有利于矿物的沉降和分离。正是由于这种原因造成重液2分离结果优于重液1。

### 2.4 重矿物质量分数线性回归分析

两种重液分离出来的重矿物质量分数存在较明显的差异,且在不同地区与同一地区不同位置的沉积物中重矿物质量分数也有所不同。对上述地区沉积物中重矿物质量分数进行线性回归分析结果如图5所示。

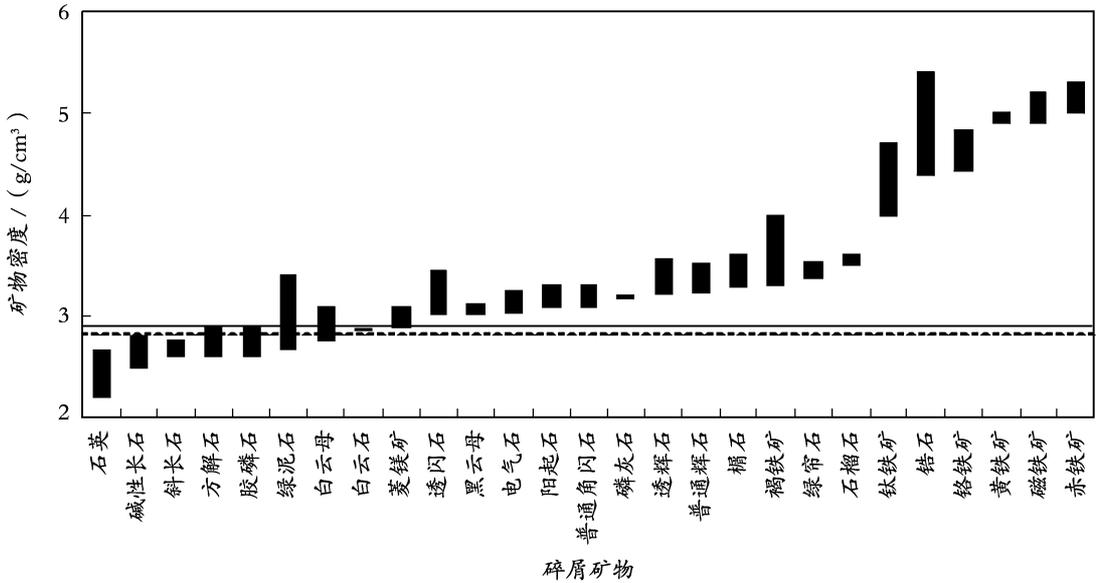


图4 黄河、长江、珠江、东海及南海粗粒沉积物中常见碎屑矿物密度<sup>[14]</sup>

Fig. 4 Specific density of some detrital minerals in sediments of the Huanghe River, the Changjiang River, the Zhujiang River, the East China Sea and the South China Sea

图中实线处密度为 2.87 g/cm<sup>3</sup>; 虚线处密度为 2.80 g/cm<sup>3</sup>

The upper solid line represents the specific density of 2.87 g/cm<sup>3</sup> while the underlying one represents 2.80 g/cm<sup>3</sup>

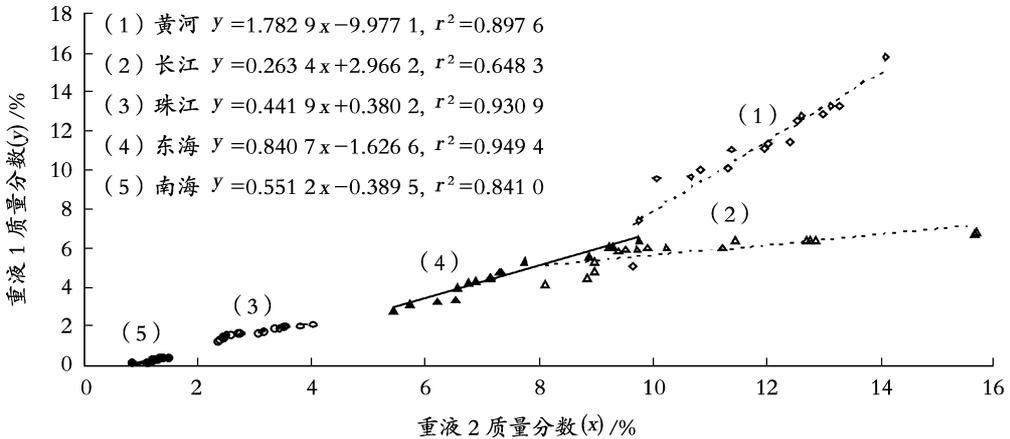


图5 两种重液分离出来的重矿物质量分数线性回归分析结果

Fig. 5 Linear regression analysis results of heavy mineral contents separated by the two different heavy liquids

回归分析表明, 两种重液分离出的重矿物质量分数具有良好的线性关系, 通过得出的线性回归方程可对二者进行互相转换。由于采取回归分析的样品量有限, 上述回归方程仅供参考。

### 2.5 矿物损失

在分离过程中矿物个样总量的损失一般在 1.0% 以内, 最高也仅为 1.6%, 其平均值为 0.47%, 标准偏差为 0.31(图 6)。所以在矿物分离过程中, 矿

物损失对分离精度的影响可以忽略, 分析结果可信。

造成矿物损失的原因可能包括以下几个方面: 一为样品称量过程中造成的误差(由于样品称量过程中, 空气中的含水量与室温均有可能对质量结果造成影响, 须将两者保持稳定, 本研究室温控制在 26℃); 二为样品分离过程中出现的损失, 而后者又包含样品与分离仪器(含滤纸)之间的黏附和溴甲烷与矿物间的黏附等。

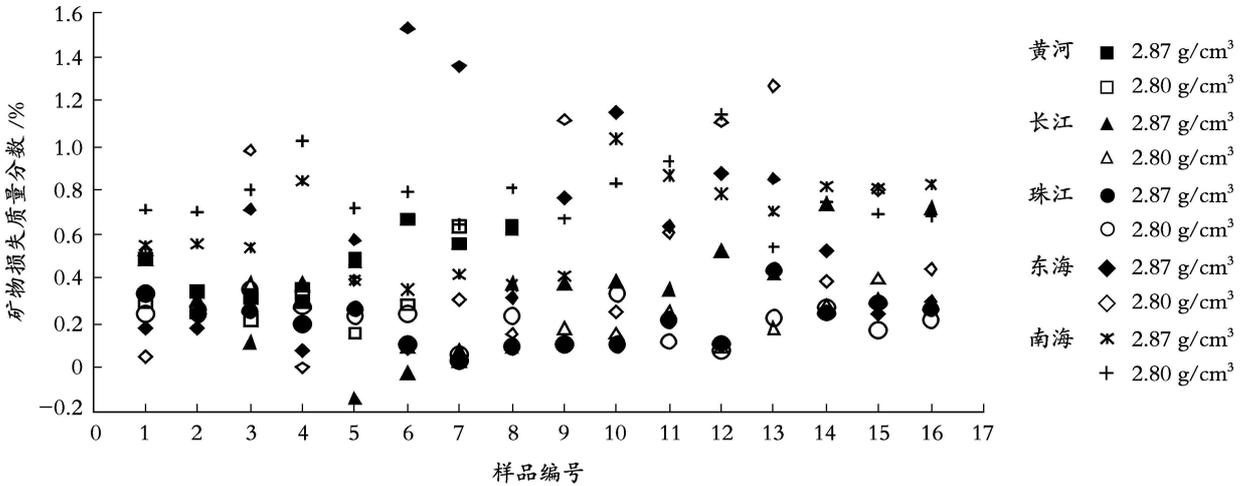


图6 黄河、长江、珠江、东海与南海沉积物重矿物分离过程中的轻、重矿物含量损失

Fig. 6 Light and heavy mineral losses during the heavy minerals separation process in sediments of the Huanghe River, the Changjiang River, the Zhujiang River, the East China Sea and the South China Sea

### 3 结论

重矿物分离过程中,重液1(密度为 $2.87\text{ g/cm}^3$ )与重液2(密度为 $2.80\text{ g/cm}^3$ )的密度均有一定改变,变化幅度前者略小于后者。当不同地区沉积物中重矿物质量分数与种类存在较大差异时,尤其是当处理白云石质量分数较高的沉积物(如长江)时,两种重液分离出来的重矿物质量分数差别明显;重液2在分离重矿物中能有效分离方解石与白云石,且分离出来的重矿物质量分数较重液1稳定,这可能与重液2的粘滞系数较低有关,因此在分离重矿物尤其是当其中白云石质量分数较高时采用重液2可获得较好的结果,在保证分离效果的前提下可适当缩短分离时间,并每次分离前重新配制重液确保密度为 $2.80\text{ g/cm}^3$ ,可提高分离质量。回归分析表明,两种重液分离出的重矿物质量分数具有良好的线性关系,通过得出的线性回归方程可对二者进行换算;在重矿物分离过程中,损失的碎屑矿物的个样总量很低,由此造成的精度影响可以忽略。

#### 参考文献:

[1] 陈丽蓉, 栾作峰, 郑铁民, 等. 渤海沉积物中的矿物组合及其分布特征的研究[J]. 海洋与湖沼, 1980, 11(1): 46-64.  
 [2] 王红霞, 林振宏, 文丽, 等. 南黄海西部表层沉积物中碎屑矿物的分布[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 51-56.

[3] 林晓彤, 李巍然, 时振波. 黄河物源碎屑沉积物的重矿物特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(3): 17-21.  
 [4] 孙白云. 黄河、长江和珠江三角洲沉积物中碎屑矿物的组合特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1990, 10(3): 23-34.  
 [5] 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): 3-40.  
 [6] 陈丽蓉. 渤海、黄海、东海沉积物中矿物组合的研究[J]. 海洋科学, 1989, 2: 1-8.  
 [7] 陈丽蓉, 申顺喜, 徐文强, 等. 中国海的碎屑矿物组合及其分布模式探讨[J]. 沉积学报, 1986, 4(3): 87-96.  
 [8] 陈丽蓉, 徐文强, 申顺喜. 东海沉积物的矿物组合及其分布特征[J]. 科学通报, 1979, 24(15): 709-712.  
 [9] 苏广庆, 王天行. 珠江口表层沉积物的重矿物分析[J]. 矿物学报, 1992, 12(1): 45-52.  
 [10] 朱素琳, 梁百和, 吴华新, 等. 珠江口及邻近海岸表层沉积物重矿物的初步研究[J]. 海洋通报, 1983, 2(1): 22-29.  
 [11] 朱卫勤, 霍春兰. 珠江三角洲现代沉积物中矿物的初步研究[J]. 南海地质研究, 1991, 3: 126-139.  
 [12] 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 38-56.  
 [13] 陈丽蓉, 徐文强, 申顺喜, 等. 南海北部大陆架和北部湾沉积物中的矿物组合及其分布特征[J]. 海洋科学, 1986, 10(3): 6-10.  
 [14] 潘兆橹. 结晶学及矿物学[M]. 第三版. 北京: 地质出版社, 1994. 40-252.

# Result comparison of heavy mineral separation with different specific densities of bromoform

LIU Jian-guo<sup>1,2,3</sup>, LI An-chun<sup>1</sup>, XU Fang-jian<sup>1,2</sup>, WANG Chao-pin<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. South China Sea Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China; 4. Geo-Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

**Received:** Jan., 11, 2006

**Key words:** bromoform; heavy mineral; comparison analysis; sediment; rivers

**Abstract:** Bromoform with different specific gravities is used normally in separation of heavy minerals; they are heavy liquid 1 with specific density of  $2.87 \text{ g/cm}^3$  and heavy liquid 2 with specific density of  $2.80 \text{ g/cm}^3$ . The sediments with grain sizes from 0.25 mm to 0.063 mm from three big rivers and seas are studied for comparison of separation results, which include the Huanghe (the Yellow River), the Changjiang (the Yangtze River), the Zhujiang (the Pearl River), the East China Sea and the South China Sea. The result shows that the specific densities of two heavy liquids change in the separation process. That is, specific density of heavy liquid 1 changes from  $2.86 \text{ g/cm}^3$  to  $2.88 \text{ g/cm}^3$ , while that of heavy liquid 2 changes from  $2.80 \text{ g/cm}^3$  to  $2.84 \text{ g/cm}^3$ . The contents of heavy minerals obtained using heavy liquid 2 were more stable than those of heavy minerals obtained using heavy liquid 1. When the content of dolomite is high in the sediments, such as those of the Changjiang River, heavy liquid 2 can separate higher content of heavy minerals than heavy liquid 1. In order to differentiate available calcite and dolomite in the sediments especially in the East China Sea, the Changjiang River, heavy liquid 2 is advised to use in the process of separating heavy mineral. Considered obvious changes of specific density, heavy liquid 2 needs to be re-configured before being used to separate heavy minerals. Separation results of heavy minerals with two kinds of heavy liquids are analyzed by the method of linear regression on the base of the linear regression equations constructed. Heavy mineral contents separated from the sediments with two kinds of heavy liquids have a close correlation and can be converted each other with the linear regression equations. During the process of heavy mineral separation the weight losses of detrital mineral samples are mostly less than 1%, whose influence on precision of heavy mineral separation from sediments can be ignored.

( 本文编辑: 刘珊珊)