

鲁南近岸带沉积物中重矿物 资料的统计分析*

林振宏 范守志
(山东海洋学院) (中国科学院海洋研究所)

吕亚男
(山东海洋学院)

应用矿物资料统计分析方法研究海洋沉积物的来源、矿物组合区和沉积环境特点在国内外已有一些报导^[1,2,12-14]。在石臼所深水港选址期间,我们曾对鲁南近岸带的重矿物来源、扩散型式和分布特征作过初步研究^[3,4]。本文对该区的81个样品(站位)中的24种重矿物资料进行了Q型统计分析。此分析以Q因子为基础,兼用聚类法和多端元相关法。文中并根据统计分析结果给出的分区图示,对重矿物来源和海岸动态作了分析研究。

一、聚类分析

图1,2是聚类法^[5,9]给出的结果。由图可见,大体可分为A, B, C, D四组主要点群,相似性水平达到0.75。其中A组点群的46个样品,包括两城河-白马河的样品在内,相似性水平很高, $r = 0.93$; B组点群位于傅疃河口以南,相似性水平偏低,变化较大; C组点群只有5个样品,都集中在石臼所岬角区周围;另外几个样品在傅疃河口外组成独特的D组点群。各点群沉积物来源如下:

点群A属于两城河-白马河物源,点群B为傅疃河和绣针河物源,点群C则受石臼所

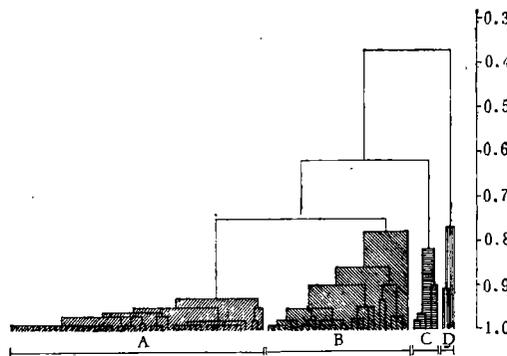


图1 Q型聚类分析树枝图

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第883号。本文曾在全国海洋沉积作用和浅地层学学术讨论会分组会上宣读过。本文得到秦蕴珊同志的热情帮助,附图由张增辉同志清绘,谨此致谢。
收稿日期: 1982年8月14日。

岬角区的侵蚀影响;但是点群D与上述各点群不同。它不反映河流物质的分布范围,而仅仅具有指示沉积环境方面的意义。

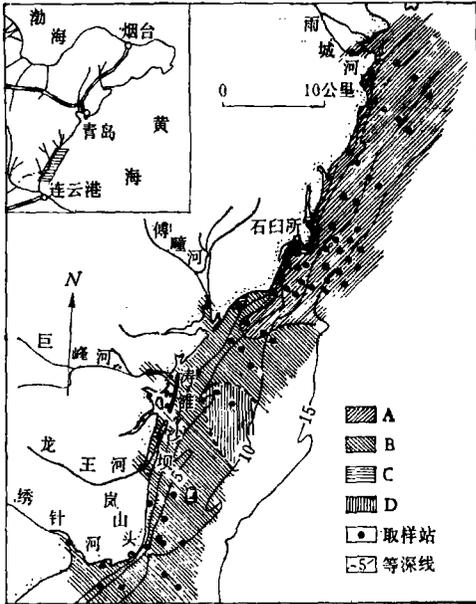


图2 Q型聚类分析图

(注: 图 2—7 中的“雨城河”均应为“两城河”)

$$\sum_{k=1}^m \theta_{A[k], A[m+1]} \triangleq \max_{1 \leq i \leq N} \sum_{k=1}^m \theta_{A[k], i} \quad (3)$$

此式在理论上并不严格成立, 但却使计算量大为减少。

本次研究中, 试取了前 20 个端元 $A[1], A[2], \dots, A[20]$ 。但端元间的 Q 值表明, 真正有明显差异的仅有 6 个端元。它们是:

$A[1] = 19; A[2] = 68; A[3] = 37;$
 $A[4] = 6; A[5] = 71; A[12] = 79。$

相应地可作出 6 幅 Q 值分区图。

1. $Q_{19,i}$ 高值区位于傅疃河口以北海区 (图 3), 共有 54 个样品, 除位置靠近低值区边界附近的 9 个样品 $Q_{19,i}$ 值偏低 (平均为 0.880) 以外, 其余样品的 $Q_{19,i}$ 值高而稳定, 平均高达 0.965。低 $Q_{19,i}$ 值区共有 27 个样品。其中 23 个样品在傅疃河口以南成片分布, 平均 $Q_{19,i}$ 值只有 0.605; 另外 4 个样品沿石臼所浅滩呈不连续分布。

值得提出的是, 河流样品的 $Q_{19,i}$ 值分别为:

二、多端元相关法

考虑到近岸带环境的复杂性, 同时又缺少足够的水文资料, 因此再用多端元相关法对上述资料进行了处理。首先需要确定若干个特征样品作为端元。

以 $Q_{i,j}$ 表示 i, j 两站的样品向量间的 Q 值, 则 $\theta_{i,j} = \cos Q_{i,j}$ 表示 i, j 两样品的角距离^[9]。由 [6—8] 知, 头三个端元应由下式产生:

$$\theta_{A[1], A[2]} = \max_{1 \leq i, j \leq N} \theta_{i,j} \quad (1)$$

$$\theta_{A[1], A[3]} + \theta_{A[2], A[3]} = \max_{1 \leq i \leq N} [\theta_{A[1], i} + \theta_{A[2], i}] \quad (2)$$

这里 N 是站位总数 (本文中, $N = 81$)。

将 (1), (2) 式推广, 当由前 m 个端元产生第 $m+1$ 个端元时,

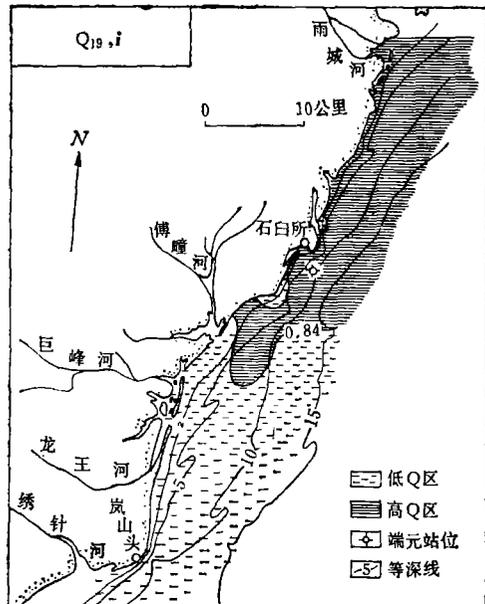


图3 $Q_{19,i}$ 图

$$Q_{19,1} = 0.927 \quad (\text{两城河-白马河})$$

$$Q_{19,2} = 0.491 \quad (\text{傅疃河})$$

$$Q_{19,5} = 0.643 \quad (\text{巨峰河})$$

$$Q_{19,3} = 0.962 \quad (\text{龙王河})$$

$$Q_{19,4} = 0.437 \quad (\text{绣针河})$$

端元站位 19 号样品属绿帘石型 (表 1)。重矿物中绿帘石占 47%，普通角闪石占 18.0%，磁铁矿和榍石分别为 11.0% 和 10.0%。高 $Q_{19,i}$ 值区的沉积物以绿帘石-普通角闪石组合为特征,主要来自北区的两城河-白马河。来自龙王河的沉积物虽然在重矿物组成上和两城河-白马河相似,但根据其地理上为傅疃河和巨峰河所隔,并从 $Q_{19,i}$ 图式来看,对海底沉积物的组成影响并不明显。

2. 图 4 中有三个互不相连的 $Q_{79,i}$ 高值区。一个位于绣针河口至岚山头岬角区附近,共有 11 个样品,其 $Q_{79,i}$ 值从 0.903 到 1.000,平均为 0.933。其中绣针河样品的

表 1 端元样品的特征重矿物组成(颗粒%)

端元样号	19	68	37	6	71	79
组合类型	绿帘石- 普通角闪石	褐铁矿- 磁铁矿	磁铁矿- 绿帘石	普通角闪石 -磁铁矿	磁铁矿- 普通角闪石	普通角闪石 -绿帘石
绿帘石	47.0	2.0	8.7	3.7	7.7	19.3
普通角闪石	18.3	3.3	7.0	65.6	13.7	47.0
磁铁矿	11.0	8.7	68.0	13.7	40.0	1.0
榍石	10.0	0.7	4.0	5.7	12.0	4.7
磷灰石	3.0	—	1.3	11.0	1.0	4.3
柘榴子石	2.7	0.3	—	—	0.7	1.0
钛铁矿	1.0	1.0	2.0	—	13.0	1.3
褐铁矿	1.0	83.3	7.0	—	0.7	0.3
阳起石	1.7	0.7	0.7	—	1.3	15.3
透辉石	0.7	—	—	—	—	0.7
锆石	3.3	—	0.3	—	8.7	1.7
透闪石	0.3	—	—	—	0.3	2.3

$Q_{79,4} = 0.817$; 另一个位于傅疃河口的南侧,向海延伸到 -10 米等深浅附近, $Q_{79,i}$ 值从 0.838 到 0.952,平均为 0.899; 再一高值区在北部的两城河-白马河口外,大体平行海岸线,呈北东向的条带状分布,其 $Q_{79,i}$ 值从 0.844 到 0.902,平均为 0.870。

由 52 个样品组成的 $Q_{79,i}$ 低值区占据了绝大部分海区,平均 Q 值只有 0.647。

79 号样品属普通角闪石-绿帘石型,其中普通角闪石占 47%,绿帘石占 19.3%,阳起石占 15.3%。 $Q_{79,i}$ 值的分布图式说明,尽管绣针河和傅疃河沉积物的重矿物组成颇为相似,但高 Q 值区分布的不连续性表明傅疃河口以南存在两种不同物源的影响,即绣针河来源的重矿物可以向北扩散并绕过岚山头岬角区,在波浪强烈冲刷的岬角地段,进一步分选并向海扩散到 15 米水深;而傅疃河入海的重矿物则以南搬运为主,由于水动力较弱而其扩散水深也相对较浅。两城河-白马河口外的高 $Q_{79,i}$ 区似乎表明有北来的泥沙进入海区。

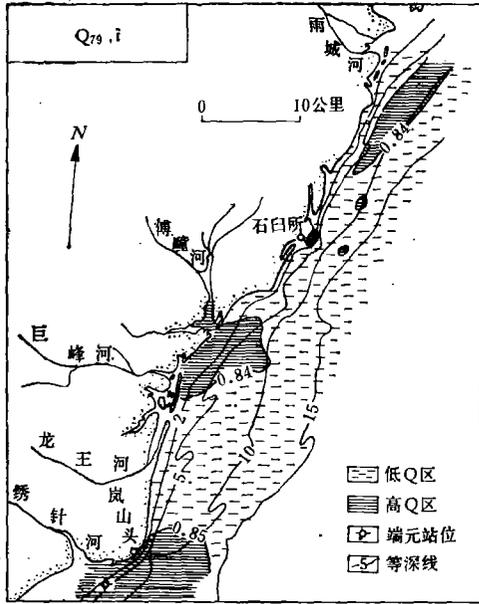


图 4 $Q_{79,i}$ 图

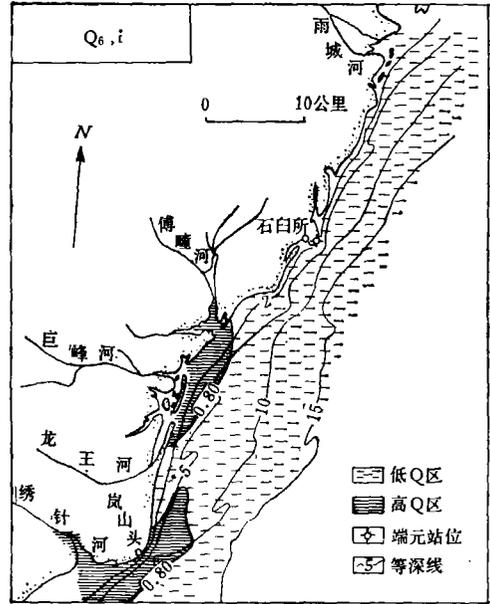


图 5 $Q_{6,i}$ 图

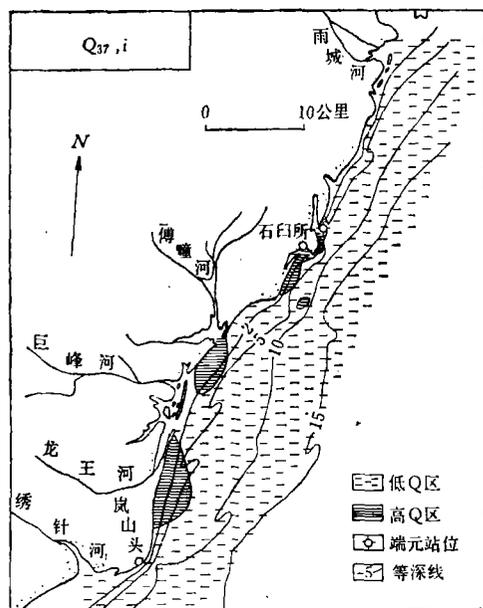
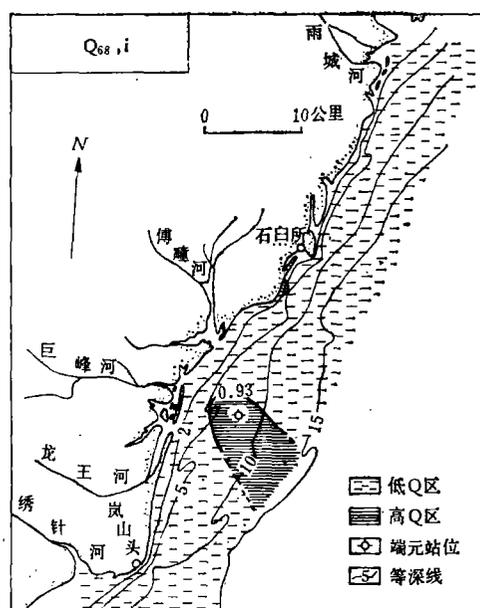
3. $Q_{6,i}$ 高值区的分布图式(图 5)基本上与图 4 一致,所不同的只是范围相对小些,分布水深一般限于 -5 米等深线以内。在绣针河口和傅疃河口各有一个高 Q 值区,平均 $Q_{6,i}$ 值分别为 0.890 和 0.928。由 67 个样品组成的低 Q 区,平均 Q 值低达 0.394。

6 号样品是石臼所花岗闪长岩体的人工重砂。其中普通角闪石、磁铁矿、磷灰石和榍石四种矿物占重矿物总量的 96%,以特别富含普通角闪石(65.6%)和磁铁矿(13.7%)为特点。但是石臼所岬角区的样品的 $Q_{6,i}$ 值却都很低,一般在 0.500 以下。 Q 值在平面分布上的不相关性表明,虽然岬角区的波浪侵蚀作用可以为海底沉积物提供部分重矿物来源,但其数量甚微。

从物源的重矿物组成特点来看,绣针河和傅疃河的沉积是具有同一性的,其 $Q_{6,i}$ 值分别高达 0.920 和 0.987,与两城河-白马河沉积物有显著差别。但它们的河口有各自的影响区,沉积物类型也不完全相同。绣针河口沉积物以细粉砂为主,平均粒径 $6-8\phi$,标准偏差 2-4;傅疃河口沉积物以细砂和粗粉砂为主,平均粒径 $4-6\phi$,标准偏差 0.5-2.0,说明傅疃河口和绣针河口的两个高 Q 区主要受不同物源影响,而水动力因素在一定程度上也导致了磁铁矿含量的相对增高。

4. $Q_{37,i}$ 图(图 6)与上述各图不同,高 $Q_{37,i}$ 值区集中在石臼所以南岸段的浅水区,呈斑块状分布。石臼所岬角两侧的高值区 Q 值从 0.523 到 1.000,平均值为 0.707;另外还有两个高值区:一个在傅疃河口南侧,一个位于涛雒沙坝区。低值区共有 66 个样品,其平均 $Q_{37,i}$ 值为 0.457。

37 号端元样品特别富含高比重的磁铁矿。次要重矿物有绿帘石和褐铁矿。 $Q_{37,i}$ 高值区与岬角区和涛雒沙坝位置的吻合反映了该图式的环境意义。在石臼所岬角区、傅疃河南侧和涛雒沙坝部位,由于波浪的强烈分选作用和岸线的蚀退,使沉积物受到改造,从

图 6 $Q_{37,i}$ 图图 7 $Q_{68,i}$ 图

而造成了磁铁矿的进一步富集。在这里,河流影响已居于次要地位。

5. 图 7 表明,在傅疃河口外面 -10 米等深线附近有两个样品的 $Q_{68,i}$ 值平均高达 0.969。由于站位过稀,其分布范围尚待进一步研究。低 Q 值区样品的 $Q_{68,i}$ 值一般都在 0.200 以下,平均值 0.089。

应当强调的是,68 号端元样品富含铁的氧化矿物,其中含量特高的褐铁矿是海滩沉积物氧化改造的产物。从沉积物中含有砾石、贝壳形成的粗砂、石英颗粒表面特征以及重矿物含量看,可能是低海平面时形成的残留沉积^[10,11]。

三、结 论

由上述统计分析可得出以下几点结论:

1. 鲁南近岸带的重矿物分布以傅疃河口为界,可划分为南、北两大矿物组合区。北区为绿帘石型矿物组合区,南区为普通角闪石型矿物组合区。
2. 近岸带重矿物的来源是多种的,主要来源于两城河-白马河、傅疃河、巨峰河和绣针河。龙王河输沙和石臼所岬角的侵蚀物数量不多,对海底沉积物的重矿物组成并不产生明显影响。
3. 沿岸沉积物的主要扩散趋势是自北向南运移。来自两城河-白马河的重矿物可沿岸搬运到达傅疃河口。由傅疃河和巨峰河入海的泥沙基本上南移,而绣针河带来的泥沙则可向北扩散到岚山头岬角区附近。
4. 高比重的磁铁矿富集于近岸区南段的石臼所湾、傅疃河口南侧和涛雒沙滩区,是受海岸动态和物源两因素控制的。水动力的强烈分选环境以及花岗闪长岩体和傅疃河的相应物源是磁铁矿富集的重要条件。

统计分析还表明：两城河-白马河口外可能有来自区域以北的泥沙。由于岬角区向海底供给的泥沙有限，根据示踪矿物划定的石臼所近岸矿物组合区的范围^[4]尚需作进一步地修正。

参 考 文 献

- [1] 王先兰, 1982. 从东海重矿物的统计分析看控制因素. 海洋学报 4(1): 65—77.
- [2] 陈丽蓉、范守志, 1981. 渤海沉积物中矿物组合的统计分析. 海洋与湖沼 12(3): 235—239.
- [3] 吕亚男, 1982. 山东日照近岸沉积物的重矿物分布与来源. 山东海洋学院学报 12(3): 43—52.
- [4] 林振宏、吕亚男, 1981. 山东石臼所近岸带沉积物来源和扩散的矿物学证据. 海洋与湖沼论文集. 科学出版社, 92—104 页.
- [5] 范守志, 1981. 枝状图法的两个电算程序. 海洋科学 18: 49—51.
- [6] 范守志, 1979. 应用 Q 因子进行样品分类的 A-B 相关法. 海洋与湖沼 10(4): 319—328.
- [7] 范守志, 1982. A-B 相关法中的 A, B 端元. 海洋与湖沼 13(1): 60—65.
- [8] 范守志、毛彦平, 1982. 多端元模式中的 ABC 端元. 海洋与湖沼 13(5): 406—413.
- [9] 哈博、梅里亚姆, 1978. 电子计算机在地层分析中的应用. 科学出版社, 135—140, 148—153 页.
- [10] 秦蕴珊、郑铁民, 1982. 东海大陆架沉积物分布特征的初步探讨. 黄东海地质. 科学出版社, 39—51.
- [11] 秦蕴珊, 1963. 中国陆棚海的地形及沉积类型的初步研究. 海洋与湖沼 5(1): 71—86.
- [12] Firek, F., G. L. Shideler and P. Fleisher, 1977. Heavy-mineral variability in bottom sediments of the Lower Chesapeake Bay, Virginia. *Mar. Geol.* 23(3): 217—235.
- [13] Judge, C. W., 1970. Heavy mineral in beach stream sediments as indicators of shore processes between Monterey and Los Angeles, California. Coastal Engineering Research Center. Technical Memorandum, p. 33.
- [14] Imbrine, J. and T. H. Van Andel., 1964. Vector analysis of heavy-mineral data. *Geol. Soc. Am. Bull.* 75(11): 1131—1155.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE HEAVY MINERALS FROM THE NEARSHORE SEDIMENTS, SOUTHERN SHANDONG*

Lin Zhenhong Fan Shouzhi** and Lü Yanan

(*Shandong College of Oceanology*)

(***Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The heavy minerals of 81 nearshore sediment samples collected from the southern Shandong province were statistically analysed by means of the cluster and multiple end-member methods. The sources and dispersion of the heavy minerals were also discussed on the basis of the dendrograms and the matrix of the cosine-theta coefficient.

1. The nearshore sediments of the southern Shandong can be divided into two heavy mineral assemblage provinces: northern hornblende province and southern epidote province.

2. The provenances of the heavy minerals are various, mainly from the Liangcheng-Baima, Futuan, Jufeng and Xiuzhen rivers. Those from the Longwang River and the Shijiu-suo cliff can hardly have any effect on the components of the bottom sediment owing to their insignificant quantity.

3. Longshore sediments are generally transported toward southwest. Sediments from the Liangcheng-Baima River may reach the Futuan River mouth. Sands from the Futuan River are noticeably transported southward. Whereas the Xiuzhen River sediments may be dispersed to the Lanshantou region.

4. The concentration of the magnetite in the southern nearshore zone is controlled by the coastal processes and the material sources. Abundant materials from the intrusive rocks, the Futuan River sediments and strongly sorting process occurring on the beach are foundational factors affecting the concentration of the magnetite.