

黄河水下三角洲表层沉积物对应分析*

李 平

(南京大学海岸与海岛国家试点实验室 210093)

提要 利用对应分析方法对 1989 年 5、8 月黄河水下三角洲 48 个站位的表层沉积物, 采用沉积物粒度参数: 中值粒径(M_z)、标准偏差(δ_t)、偏态(SK_t)、峰态(KG)作为变量进行统计分析, 共划分出 3 种沉积物类型(A_1, A_2, A_3 群), 对应 3 种沉积环境。分析结果表明, M_z 与 KG 为负相关关系; 与 δ_t 总趋势呈正相关, 但部分样品不适合此规律; 与 SK_t 亦呈无规律性, 反映出黄河具正常水流和浊流两种沉积环境特征的独特性。洪、枯两个季节 3 大关联群分布的差异, 反映出不同季节在河流与海洋动力相互作用下, 沉积物呈季节交替性向外运移的趋势。

关键词 对应分析, 粒度参数, 动力环境, 泥沙运移

*

1 方法^[1, 2]

对应分析(Correspondence analysis)方法是在 R 型和 Q 型因子分析基础上发展起来的一种新型因子分析方法, 它既具有 R 型和 Q 型因子分析的特点, 又能更好地表示样本性质和变量之间的关系。它的最大特点是能把多个样本和变量同时作在同一张图上, 将样本的大类及其属性在图上直观而又明显地表示出来, 是一种直观、简单、方便的多元统计方法, 通过对应分析可以深入了解沉积物之间及与沉积环境的关系, 方法如下:

将 n 个站的 m 个地质要素按顺序排列成原始数据矩阵

$$X_{ij} = \begin{vmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nm} \end{vmatrix} \quad (1)$$

其中, $X_{ij}(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 为第 i 侧站的第 j 个地质要素。

对于矩阵(1), 进行中心化数据变换:

$$Z_{ij} = \frac{P_{ij} - Y_i S_j}{Y_i S_j} \quad (2)$$

其中, $P_{ij} = X_{ij}/t$, $Y_i = \sum_{j=1}^m P_{ij}$

* 南京大学海岸与海岛国家试点实验室资助项目, SCI-EL211196136 号。
收稿日期: 1996 年 10 月 3 日

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^n P_{ij}, \quad t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}$$

($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$), 则得出关于样本和变量为对称的矩阵 $[Z_{ij}]$, 左乘和右乘其转置矩阵得其变量和样品协方差矩阵, 然后求取其特征值矩阵 λ 和相应的特征向量矩阵 U, V , 按公式:

$$G = S^{-1/2} U^{1/2} \lambda \text{ 和 } H = Y^{-1/2} V^{1/2} \lambda \quad (3)$$

(这里 S_j 和 Y_i 的值与式(2)同), 分别计算出 R 和 Q 型因子载荷, 根据计算结果, 绘制因子点聚图进行地质解释。

2 结果分析

对应分析得出的因子点聚图具有传统地质分析中三角图解的性质。它是将多维空间中的变量和样品点群投影在若干个平面上。解释时, 平面个数的选取取决于主控因子的个数, 即主因子特征值累积百分数; 一般, 特征值累积达 85% 即可较好地反映原始数据的变化, 余下的因子作随机变量处理。表 1 是本次计算的主因子特征值累积百分数, 前两个因子特征值已达 97%, 因此, 取因子 F_1 和 F_2 的投影平面即可进行有效解释。

表 1 表层沉积物对应分析的特征值及其累积百分数
Tab. 1 The eigenvalues and their accumulation percentages of correspondence analysis of the surface sediment

特征值累积 (%)	F_1	F_2	F_3
5 月	73.70	97.16	100.00
8 月	78.76	98.30	100.00

2.1 粒度参数的相关性

图 1 是根据计算结果, 按 8 月和 5 月分别绘出的因子点聚图。两个季节 4 个参数的关系是相同的, 其中 M_z 和 δ_i 关系密切, 呈正相关, 与 SK_I 和 KG 关系疏远, 呈负相关; 也就是 $M_z(\varphi)$ 值越大, δ_i 值越大, KG 值越小, 物质越细分选越差, 峰态越低平。相反, 峰值越大, 物质越粗, 分选越好, 颗粒分配集中。由图中看出, SK_I 与其他 3 个参数关系疏远, 这种疏远

关系包含两种涵意: (1) 物质的粗细与偏态值无明显规律; (2) 无论物质粗细, 区内沉积物均呈负偏态。显然第二种涵意与事实不符。粒度分析资料表明, 本区的粗组分样品中, 有部分样品呈现负偏态, 而细组分样品中有部分样品的 SK_I 值呈正偏态, 导致分析结果中 SK_I 值出现无规律性。这与一般河流或三角洲沉积物特征不同, 探其原因, 主要与黄河高含沙水流有关, 高含沙水流具正常水流和浊流两种沉积特征, 紊动作用使粗、细物质同时沉积, 导致 SK_I 值无规律, 粗粒沉积物的分选性也相应降低。

2.2 群类粒度特征

根据样品点的群集状态, 共划分出三大关联群(图 1), 按沉积动力学意义在坐标中自左至右排列, 代表着动力环境的由高变低的趋势。 A_1 群样品点群围绕变量 KG 群集, 其粒度特征是峰态尖锐, 颗粒较粗, 粒级分配集中, 分选程度在三大关联群中属最好, 代表浅水高能或近物源环境。 A_2 群是一组过渡性沉积物样品, 由于它最接近变量 δ_i , 所以, 在三大群中分选性最差, 频率分布曲线多呈双峰, 表明有物质混合作用发生。 A_3 群在三大关联群中 $M_z(\varphi)$ 最大, 平均粒径在 $7.40 \varphi \sim 8.40 \varphi$ 之间, 频率曲线扩展度大, 峰径值不明显, 近正态分布, 代表低能静水环境沉积。三个关联群的粒度特征见表 2。

2.3 区内关联群分布特征及泥沙运移趋势

三大关联群的分布如图 2, A_1 群主要分布在远离河口物质供应的近岸浅水区和河口口门附近, 其中, 河口区的 A_1 群 $M_z(\varphi)$ 值最小, 三角洲北岸最大, 莱州湾中等; 分选程度自南向北变差; 分布范围 5 月份大于 8 月份。 A_3 主要分布在河口周围及深水区, 8 月份分布范围较大, 并成舌状伸向三角洲北侧的浅水区, 5 月份, 河口周围浅水区分布的 A_3 群向深水退缩。8 月份是黄河的洪水期, 泥沙来量大, 海区风浪作用较小, 对底质再悬浮力差, 泥沙是河口单源供应, 以河口为中心向外扩散, 其中北上泥沙对三角洲北岸造成影响, 南去泥沙则对莱州

湾南部影响很小。图2中莱州湾区,两个季节的A₁群分布稳定。表2显示,莱州湾区的底质分选状况最好,粒级分配最集中。5月份是黄河的枯水期,河流来沙量少,但此季节海区风浪作用大,强烈的底质再悬浮作用使整个三角洲浅水区成为泥沙多源供应区,洪水期堆积在河口周围水下三角洲上的物质为波浪所调整,再

悬浮的泥沙向深水区运移。从图2看,5月份较8月份A₁群范围扩大,A₂群和A₃群向深水退缩。这说明:(1)黄河泥沙入海后向外输送过程是一个季节交替过程,既一个水文年完成水下三角洲底质沉积的稳定性调整;(2)黄河泥沙入海后的运移趋势是A₁群→A₂群→A₃群。

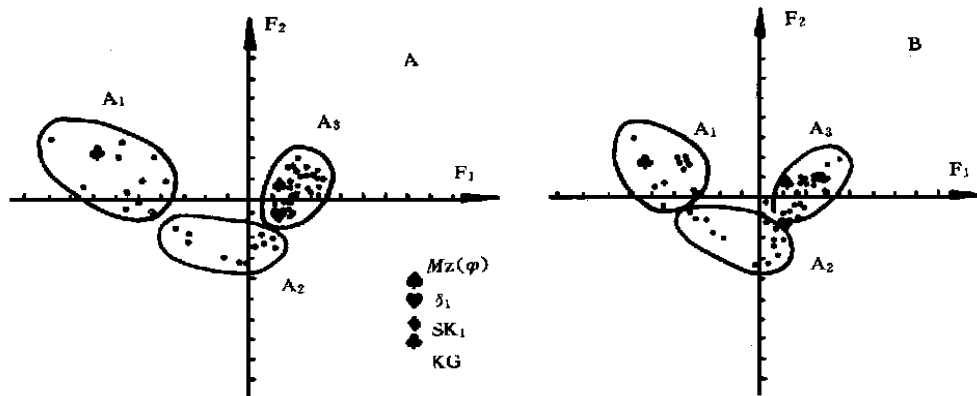


图1 黄河三角洲海域表层沉积物对应分析因子点聚(1989)

Fig. 1 The correspondence analysis coordinate plane of the surface sediment samples (1989)
A. Aug. B. May

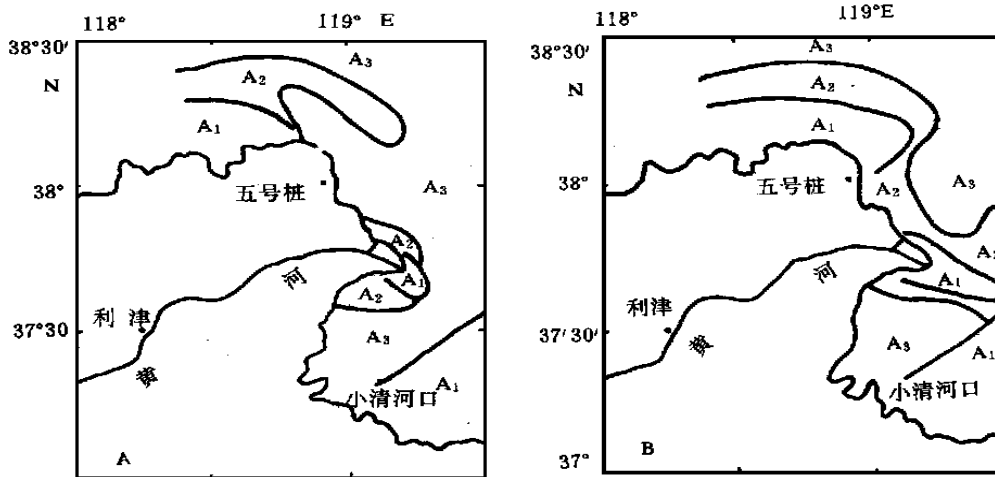


图2 黄河三角洲海域表层沉积物对应分析群类分布(1989)

Fig. 2 The distribution of the clusters of the surface sediment in the Huanghe subaqueous deltaic area (1989)
A. Aug. B. May

表 2 关联群的沉积物粒度特征

Tab. 2 The grain size characteristics of the clusters

代表样品粒度特征								
分区	联群	Mz	δ_l	SK _l	KG	频率分布	概率曲线	沉积物类型
北岸	A1 8月	5.03	1.20	0.6	2.85	单峰, 极尖锐, 峰径: 4~ 5 Φ	两段式, 截点在 5.1 Φ , 跃移质含量占 82 %	粉砂 T
	5月	5.67	1.61	0.70	1.63	单峰, 极尖锐	两段式, 截点在 5.1 Φ , 跃移质含量占 75 %	粉砂 T
	A2 8月	6.55	1.89	0.44	0.69	双峰, 主峰: 4~ 5 Φ 次峰: 7~ 8 Φ	三段式, 截点分别在 3.9 Φ 和 5.3 Φ 跃移质含量占 43.3 %, 悬移质含量占 56 %	粘土质粉砂 YT
	5月	6.53	1.90	0.47	0.68	同上	两段式, 截点在 5.1 Φ , 跃移质含量占 46 %	粘土质粉砂 YT
	A3 8月	7.61	1.70	0.05	0.80	单峰, 扩散度大, 峰径: 6~ 7 Φ	斜率相近的三段式, 截点分别在 5 Φ 和 6.5 Φ , 悬移质含量占 65 %	粉砂质粘土 TY
	5月	7.91	1.70	- 0.07	0.84	同上	两段式, 截点在 6.6 Φ , 悬移质含量占 68 %	粉砂质粘土 TY
河口	A1 8月	3.99	1.16	0.59	2.24	单峰, 极尖锐, 峰径: 3~ 4 Φ	两段式, 截点在 5.1 Φ , 跃移质含量占 50 %, 在 3.6~ 5.6 Φ 之间有一混合段	粉砂质砂 TS
	5月	3.97	0.97	0.56	1.96	同上	两段式, 截点在 3.6 Φ , 跃移质含量占 49 %, 在 3.6~ 5.3 Φ 之间有一混合段	粉砂质砂 TS
	A2 8月	6.54	1.88	0.48	0.68	双峰, 主峰: 4~ 5 Φ , 次峰: 7~ 8 Φ	两段式, 截点在 5.2 Φ , 跃移质含量占 48 %	粉土质粉砂 YT
	5月	6.75	1.75	0.38	0.79	同上	两段式, 截点在 5.5 Φ , 跃移质含量占 38 %	粉土质粉砂 YT
	A3 8月	8.08	1.69	- 0.10	0.91	单峰, 扩散度大, 峰径: 6~ 7 Φ	单段式, 悬移质含量为 100 %	粉砂质粘土 TY
	5月	8.12	1.79	- 0.35	0.86	双峰, 主峰在 8 Φ , 次峰在 5~ 6 Φ	两段式, 截点在 5.1 Φ 悬移质含量占 90 %	粉砂质粘土 TY
莱州湾	A1 8月	4.47	0.92	0.36	3.01	单峰, 峰态尖锐	两段式, 截点在 4.8 Φ , 跃移质含量占 87 %	粉砂 T
	5月	4.55	0.94	0.35	3.30	单峰, 峰径 4~ 5 Φ	两段式, 截点在 4.9 Φ , 跃移质含量占 85 %	粉砂 T
	A2 8月	6.43	1.73	0.54	0.76	单峰, 峰径: 4~ 5 Φ	两段式, 截点在 5.5 Φ , 跃移质含量占 56 %	粉土质粉砂 YT
	5月	6.34	1.55	0.29	1.20	同上	两段式, 截点在 5.8 Φ , 跃移质含量占 62 %	粉砂 T
	A3 8月	7.83	1.56	0.02	0.99	单峰, 扩散度大, 峰径不突出	两段式, 斜率近科相等, 悬移质含量占 100 %	粉砂质粘土 TY
	5月	8.24	1.80	- 0.23	0.99	单峰, 扩散度大, 峰径: 6~ 7 Φ	两段式, 截点在 5.0 Φ , 悬移质含量占 96.5 %	粉砂质粘土 TY

3 结论

3.1 黄河水下三角洲底质沉积物的粒度特征与一般河流三角洲沉积物相比具有自身的独特性, 整个三角洲区沉积物分选程度都比较差, 具备正常水流和浊流两种沉积环境特征。

3.2 黄河泥沙入海后向外扩散过程是一个季节交替过程, 夏季洪水期是水下三角洲的堆积期; 春、冬季枯水期是水下三角洲的调整期。

3.3 黄河泥沙入海后的运移趋势是: A_1 群 \rightarrow A_2 群 \rightarrow A_3 群。

3.4 现河口区物质对三角洲北岸区仍有影响, 洪水期尤甚。

3.5 黄河入海泥沙南去范围有限, 对莱州湾南岸区基本不造成物质影响。

参考文献

- [1] 余金生、李裕伟, 1985. 地质因子分析. 地质出版社, 77~96.
- [2] 张启龙、翁学传, 1989. 青岛海洋大学学报 19(1): 362~369.
- [3] David, M., Campiglio, C. and Darling, R., 1974. *Can. J. Earth Sci.* 11: 131-146.
- [4] Folk, R. L., 1966. *Sedimentology* 6: 73-93.

CORRESPONDENCE ANALYSIS OF THE SURFACE SEDIMENTS IN THE SUBAQUEOUS DELTA OF THE HUANGHE RIVER

Li Ping

(State Pilot Laboratory of Coast & Island Exploitation, Nanjing University 210093)

Received: Oct. 3, 1996

Key Words: Correspondence analysis, Grain-size parameter, Sediment transportment

Abstract

About 96 sediment samples were collected from estuarine area of the Huanghe River (Yellow River) in May/Aug., 1989. Based on the grain-size analysis, the parameters: Mean size (Mz), Standard Deviation (δ_i), Skewness (SK_i), and Kurtosis (KG) were chosen as the R-mode factors to compute by means of Correspondence Analysis method. The results showed there were three clusters reflecting three conditions of sediment dynamic environment. This approach emphasizes the effects of the transporting fluid on sediment grains, and provides a basis for interpreting hydraulic conditions and tracing the directions of the suspended sediment transportment from the relative cluster distribution patterns in the area, and gives a primary analysis on the cluster distribution patterns and its indication of sediment transport directions in both wet and dry seasons.