

长江三角洲 Ch5 孔粒度资料的对应分析*

苗青民

(中国科学院海洋研究所)

关键词 对应分析, 粒度分析。

提要 本文对长江三角洲 Ch5 孔 30 个沉积物样品的粒度资料进行了对应分析。结果表明, 该孔沉积物的成因类型主要有 3 种, 与传统的粒度资料分析结果相吻合。研究结果还表明, 对应分析在粒度资料中的应用效果较佳。

对应分析^[1]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, 它同时具备 R 型和 Q 型因子分析的特征, 能更好地表示样品性质和变量之间的关系。它最大的特点是能把众多的样品和众多的变量同时作到同一张图解上, 将样品的大类及其属性在图上直观而又明了地表示出来, 具直观性^[2]。另外, 它还省去了因子选择和因子轴旋转等复杂的数学运算及中间过程。因此, 对应分析是一种直观、简单、方便的多元统计方法。本文是我们近来在长江三角洲沉积物粒度分析中, 尝试性工作的一个简单介绍。

一、方法简介

就 n 个样品和 m 个变量所组成的原始数据矩阵

$$x(n, m) = \begin{pmatrix} X_{11}, & X_{12}, & \cdots & X_{1m} \\ X_{21}, & X_{22}, & \cdots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{n1}, & X_{n2}, & \cdots & X_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

1. 对矩阵(1)进行数据变换

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

其中

$$P_{ij} = X_{ij}/t, \quad t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad (3)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^n P_{ij}, \quad Y_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} \\ (i = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m)$$

得出关于样品和变量为对称的矩阵 $Z(n, m)$ 。

2. 计算矩阵 $A(m \times m)$ 的特征值

由于在对应分析中变量的协方差矩阵 A 与样品间的协方差矩阵 B 是对称的。 A, B 都具有相同的非零特征值, 故计算其中一个的特征值即可。又由于矩阵 A 是 $m \times m$ 阵对称矩阵, 所以, 必存在一正交矩阵 U , 使

$$AU = \Lambda U \quad (4)$$

其中, Λ 为 A 的特征值矩阵; U 为相应的特征向量矩阵。

3. 根据特征值累积百分比的大小, 选取对应因子个数

一般认为, 特征值累积百分数达 85% 以上即可以较好地反应原始数据的变化, 余下的因子作随机变量处理。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1565 号。本文是在秦蕴珊教授指导下完成的, 郑铁民、徐善民等同志提出宝贵意见, 在此一并致谢。

4. 根据所取的因子个数、计算 R 型和 Q 型因子载荷矩阵

(1) 求 R 型载荷公式^[2]:

$${}_m G_m = {}_m S_m^{-1/2} \cdot U_k \cdot \lambda_k^{1/2} \quad (5)$$

(2) 求 Q 型载荷公式^[2]:

$${}_n F_k = {}_n Y_n^{-1/2} \cdot Z_m \cdot U_k \quad (6)$$

5. 根据式(5)和式(6)算得的结果,作变量、样品点聚图

因为 R 型和 Q 型因子载荷矩阵具有相同的特征值,因此,可以将样品点和变量点同时表示在同一个因子坐标平面内。最终利用这些点聚图,寻找典型代表样品及对应的变量,讨论其粒度分布特征,作沉积物粒度与沉积成因、沉积环境之间关系的分析。

二、分析结果与讨论

我们挑选了长江三角洲 Ch5 孔 30 块沉积物样品,取 8 个变量(每个变量代表一个 ϕ 粒级间隔,变量与粒级的对应关系见表 2),构成 30×8 阶原始数据矩阵,在 IBM PC 计算机上进行了对应分析计算。表 1—3 分别给出了所算得的特征值、R 型载荷矩阵、Q 型载荷矩阵。

表 1 Ch5 孔粒度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 core Ch5 grain size

主因子	特征值	特征值累积百分数 (%)
λ_1	0.676	49.8
λ_2	0.394	78.8
λ_3	0.114	87.2

从表 1 中可知,前三个对应因子的特征值累积百分数已达 87.2%,故只取前三个因子进行因子载荷矩阵计算即可。根据载荷矩阵在二维因子坐标上的样品——变量展点图(图 1),可将 Ch5 孔的样品划分为三大群: A1, A2, A3 群。每一关联群中的样品点具有相似的性质,是同一沉积过程的产物,或者同属于一种特

表 2 对应分析的 R 型因子载荷矩阵

Tab. 2 The R-mode load matrix of correspondence analysis

主因子		F ₁	F ₂	F ₃
变量 R	ϕ 粒级			
1	1—2	0.65	-0.028	-0.021
2	2—3	0.358	-0.279	0.093
3	3—4	0.361	0.115	-0.143
4	4—5	0.024	0.493	0.052
5	5—6	-0.21	-0.038	0.227
6	6—7	-0.257	-0.15	0.036
7	7—8	-0.145	-0.024	-0.058
8	8	-0.301	-0.185	-0.158

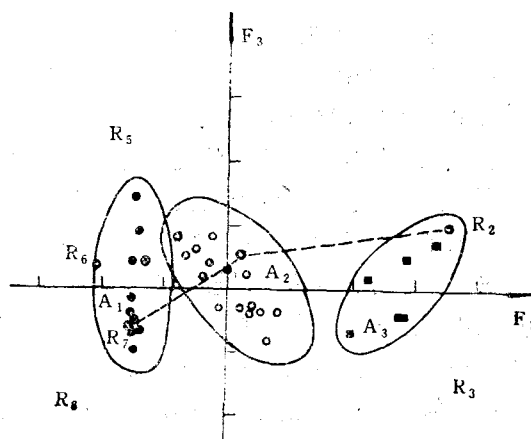


图 1 Ch5 孔粒度对应分析因子坐标

Fig. 1 The correspondence analysis coordinate plane of core Ch5 grain size

有的类型;关联群的性质则由其对应的变量 R 来表征。这样,简单而又直观地显示出了样品及其性质的对应关系。

各关联群的粒度特征列于表 4。

A1 群 对应变量是 R₆, R₇, 表明该群沉积物为 6—8 ϕ 的粉砂、粘土、较细粒级沉积。其粒度特征为:平均粒径 M_z 在 6.24—7.5 ϕ 之间,分选系数 δ 在 1.3—1.8 之间,分选一般;频率直方图单峰型,峰径在 6—7 ϕ 之间(图 2a),反映物源比较单一,概率累积曲线单段式或两段式,均为悬移质(图 3a);在 C-M 图上,沉积

表 3 对应分析的 Q 型因子载荷矩阵

Tab. 3 The Q-mode load matrix of correspondence analysis

因子 样品号	F ₁	F ₂	F ₃	因子 样品号	F ₁	F ₂	F ₃
1	-0.138	-0.083	0.092	16	0.04	0.151	-0.028
2	-0.082	0.056	0.076	17	0.057	0.125	-0.079
3	-0.150	-0.099	0.043	18	0.83	0.02	-0.074
4	-0.139	-0.066	0.153	19	-0.001	0.176	0.03
5	-0.150	-0.097	-0.038	20	0.035	0.124	-0.04
6	-0.049	0.174	0.057	21	-0.026	0.157	0.042
7	-0.148	-0.103	-0.102	22	0.03	0.122	0.017
8	-0.147	-0.096	-0.067	23	-0.066	0.067	0.051
9	-0.149	-0.096	-0.05	24	-0.016	0.016	0.081
10	-0.148	-0.098	-0.071	25	0.209	-0.087	0.017
11	-0.136	-0.071	-0.069	26	0.082	0.211	-0.035
12	-0.149	-0.095	-0.017	27	0.284	-0.141	0.046
13	-0.131	-0.066	0.036	28	0.272	-0.063	-0.038
14	0.016	0.131	-0.032	29	0.278	-0.09	-0.036
15	-0.043	0.105	0.017	30	0.328	-0.177	0.083

表 4 Ch5 孔各关联群的粒度特征

Tab. 4 The grain size characteristic of the clusters of core Ch5

关联群	代表样品	M _Z (ϕ)	δ	频率直方图	概率累积曲线	C-M 图	沉积物类型
A ₁	6	6.24—7.5	1.3—1.8	单峰型,峰径在 6—7 ϕ 之间	单段式或两段式悬移质含量为 100%	VIII 和 C 区	粘土质粉砂
A ₂	19	4.7	1.36	双峰型,主峰径在 4—5 ϕ 之间,次峰径在 8—9 ϕ 之间	两段式,跃移质含量 70%,与悬移质截点在 3.5 ϕ ,其 3.5—4.5 ϕ 之间有一混合段	VI 和 VII 区	细砂质粉砂
A ₃	26	2.3	1.5	单峰型,峰径在 2—3 ϕ 之间	两段式,跃移质含量占 93%,与悬移质截点在 3 ϕ	V 和 IV 区	细砂

物样品基本上落在静水悬浮沉积区或静水沉积区(图 4)。根据这些特征可知该关联群代表了一个物源单一,以重力沉积为主的弱能沉积环境。

A2 群 对应变量为 R₄,表明该群沉积物为 3—4 ϕ 的粉细砂沉积。粒度特征为:平均粒径 M_Z 在 4.7 ϕ 左右;频率直方图双峰型,主峰径为 4—5 ϕ ,次峰径为 8—9 ϕ (图 2b),表明具多种物源;概率曲线两段式,跃移质含量 50—70%,与悬移质截点在 3.5 ϕ 左右,其中还常含

有一个 3—5 ϕ 的混合段,反映了水流的不稳定性;在 C-M 图上,沉积物大都落在均匀悬浮沉积区和递变悬浮沉积区。这些特征表明,该关联群代表了一个多种物源、具一定水动力作用的沉积环境。

A3 群 对应变量为 R₂,表明该关联群沉积物以粗粒级的砂为特征。其粒度特征为:砂的含量大于 90%;平均粒径为 2—2.8 ϕ ,频率直方图单峰型,物源单一,概率曲线为两段式,跃移质占 90% 与悬移质的截点在 3 ϕ (图 3c);在

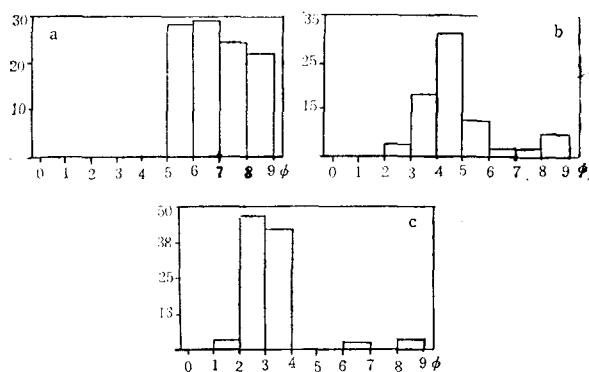


图2 各关联群的频率直方图

Fig. 2 Grain size frequency diagrams of the clusters

a. A1 群; b. A2 群; c. A3 群

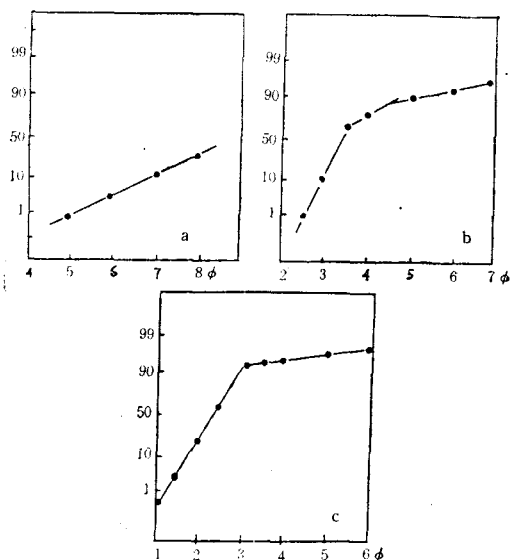


图3 各关联群的概率累积曲线

Fig. 3 Grain size probability plots of the clusters

a. A1 群; b. A2 群; c. A3 群

C-M 图上, 沉积物落在强紊流沉积区或中等紊流沉积区内, 表明, 该关联群代表了一个物源单一, 具较强水流作用的高能沉积环境。

这些由相应变量 R 标定的关联群基本上代表了 Ch 5 孔三种不同能量环境下形成的沉积物的类型。结果与其它粒度分析方法所获得的结果相吻合。根据这些类型的分布, 结合其它方面的资料。我们将该孔的沉积地层和其所代表的沉积环境进行了划分, 效果较佳。

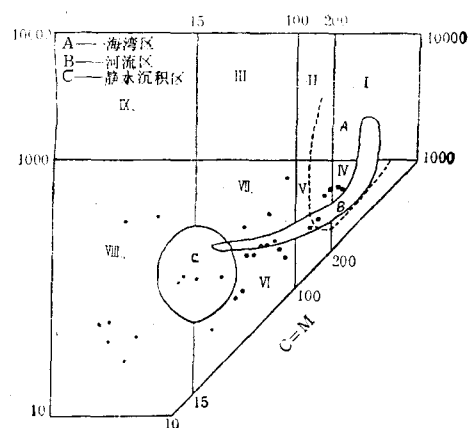


图4 Ch5 孔 C-M 图

Fig. 4 C-M plot of core Ch5

I, II, III, IX——滚动沉积区; IV——强紊流沉积区;
V——中等紊流沉积区; VI——均匀悬浮沉积区;
VII——渐变悬浮沉积区; VIII——静水悬浮沉积区

从图 1 上还可以看出: 这些关联群中的顺序变量点沿 F1 因子轴正方向由大到小的变化, 恰好反映了沉积物由细到粗、沉积环境由低能到高能的变化趋势, 直观地表现出了样品及变量在坐标图上分布的规律性。

参考文献

- [1] 余金生、李裕伟, 1985。地质因子分析。地质出版社, 77—78 页。
- [2] 张启龙、翁学传, 1985。应用对应分析法划分夏季东海水团的初步研究。海洋科学 9(2): 14—18。
- [3] David, m., Campiglio, C., and Darling, R., 1974. Progress in R-and Q-mode analysis: Correspondence analysis and its application to the study of geological processes. *Can. J. Earth Sci.* 11: 131—146.

CORRESPONDENCE ANALYSIS OF SIZE-ANALYSIS DATA FROM CORE Ch5, CHANGJIANG RIVER DELTA*

Miao Qingmin

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

Key words Correspondence analysis, Size-Analysis

Abstract

Size-analysis data of 30 sediment samples collected from core Ch 5 Changjiang River Delta were statistically analysed by means of correspondence analysis method. Result of the analysis shows: there are three types of hydrodynamic deposit environments through core Ch5, which are similar to those delineated by using transitional size-analysis method. This paper also suggests that correspondence analysis is a better multivariate analysis for size analysis.

* Contribution No. 1565 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.