

运用粒度资料分析沉积环境的探讨

李 萍 孙和平 黄泽辉

(同济大学海洋地质系)

本文通过对长江三角洲、滦河三角洲、南流江三角洲及钦州湾地区粒度资料的分析对比,认为粒度参数、C-M图、概率累积曲线和多变量分析,在沉积环境的判别中具较佳的效果。进而分别论述了多变量分析方法和概率累积曲线在判别环境中的不同作用及其局限性。

粒度资料的整理分析用于沉积环境的研究取得了很大进展,然而,在广泛应用的同时,却产生了两种明显的偏向:一为过分强调粒度分析在判断沉积环境方面的作用^[1-7],另一则对其实用价值持怀疑态度^[8]。我们认为上述两种倾向各有其片面性,前者把动力条件和沉积环境等同起来;后者虽然认识到粒度分布受多种因素控制,但在解释粒度资料时却未能考虑多种因素的影响,从而对于种种非典型的复杂情况困惑不解。实际上粒度分布一方面和动力条件有着密切的关系,同时它又受多种因素的控制,因此,对于运用粒度资料能否判别沉积环境也不应简单地给予肯定或否定。本文¹⁾将以近年来我们在长江三角洲、滦河三角洲、广西南流江三角洲及钦州湾地区积累的实际资料为例,就如何正确地评价和运用各种粒度资料的方法,提出几点粗浅看法。

一、综合评述

已有的各种粒度资料整理方法,由于其立足点各不相同,所以都只能从不同角度揭示沉积物粒度分布及其动力情况某一方面的特征。各种方法所能解决问题的范围和程度亦不尽相同。因此,想简单地通过某一方法来判别沉积环境是不现实的。而且,经过多年的实践使我们发现,这些粒度资料整理方法中,有些方法其实际应用效果不佳,如粒度参数散布图^[1-2],萨胡判别式^[4]以及道格拉斯指数^[6]等;有些方法则效果较好,如C-M图^[5]、粒度参数、概率累积曲线^[3]以及多变量分析^[7]方法等。

粒度参数散布图和萨胡判别式都是以粒度参数为基础的,而粒度参数本身又受许多因素控制。因此,试图通过统计粒度参数间的变化,得出一个判别沉积环境的简单模式或公式,似乎是不妥当的。我们利用这两种方法所得出的结果,往往有绝大部分和它的模式是不一致的。道格拉斯指数相对于粒度参数来说,并未提供新的信息,因此意义也是不大的。

粒度参数是用来描述各类沉积物粒度特征的基本数据,本身在一定程度上能反映动

本文 1986 年 2 月 24 日收到, 1986 年 11 月 21 日改回。

1) 本文为中国科学院科学基金资助课题。

力的大小和性质, 这和粒度参数散布图及萨胡判别式性质完全不同。C-M图则对于判别沉积盆地的动力性质具有独特的优点。这两个方法已为人们所熟知, 目前尚无更新的想法。下面将结合我们的实践着重讨论和评述多变量分析方法和概率累积曲线方法。

二、多变量分析方法

在多变量分析中, 方法是很多的。我们采用的是Q型因子分析和对应因子分析^[9]。这两种方法都是把沉积物的粒度分布频率作为变量, 对大量样品的粒度资料通过电子计算机处理, 使原来分布广泛、沉积环境各异的粒度资料相对简化, 并且根据变量和样品的对应关系, 对所分析的样品进行因子分类, 然后结合样品的粒度参数、泥质含量及样品在C-M图中的位置等, 给予其动力大小的含义, 最终对它们作动力分类。例如, 滦河三角洲及滨海地区的110个样品通过电子计算机进行Q型因子分析后, 可划分出强弱不同的三种动力类型(表1)^[10]。在南流江¹⁾和钦州湾地区²⁾, 运用对应因子分析, 分别用50个样品和119个样品的粒度数据, 用Apple-Ⅱ型微机处理, 各自划出四种动力类型(表2, 3)。从表中可以看出上述三个地区不同动力类型的样品, 其沉积物具有相应的特征: 随着动力类型由强到弱的变化, 则平均粒径由粗变细; 沉积物中泥质和粉砂质的含量增加; 分选情况随动力的性质发生变化。

表1 滦河三角洲地区各动力类型的粒度特征

动力类型	样品所处的环境	样品数	平均粒径(ϕ)	标准偏差(σ_1)	>8 ϕ 的含量(%)
较强	I 滨外砂坝、废弃河口坝、浅海残留沉积(粗粒)	10	2.27	2.58	0.21
	II 水下砂堤、河口拦门砂、浅海残留沉积(细粒)	10	3.26	0.83	3.13
中等	III 汉道河口拦门砂、水下砂堤间凹槽	8	4.32	1.35	3.70
较弱	IV 浅海海域	10	5.82	1.37	5.10
	V 泻湖、砂岛的波影区、浅海的静水区	10	6.07	2.31	18.96

在对大量样品进行动力分类的基础上, 即可将各种动力类型的样品点投影于平面图上, 这样就把动力类型和它们的空间分布结合起来, 便于进一步分析各种动力类型的成因和机理(如图1, 2, 3)。从钦州湾地区的沉积-动力分区图中可以看到, 动力最强的第I种类型都分布在潮流通道上。其样品粒度一般较粗, 主要为中、细砂, 但分选较差, 不含泥质, 粉砂含量不足5%, 这似乎反映了它们是受河流与潮流的共同作用。图中第II

1) 孙和平, 1984, 广西南流江三角洲沉积作用和发展历史。研究生毕业论文。

2) 黄泽辉, 1985, 广西钦州湾沉积体系的研究。研究生毕业论文。

表2 南渡江三角洲各动力类型的粒度特征

动力类型	样品所处的环境	样品数	平均粒径(ϕ)	标准偏差(σ_1)	>8 ϕ 的含量(%)
弱 ↓ 强	I 潮间带上部, 滨外水深 4—11 m处	11	6.62	3.49	68.82
	II 潮间带中部、水下斜坡	14	3.51	2.96	25.37
	III 低潮线附近、陆架残留 砂东部、北海半岛沿岸。	17	1.60	1.10	5.86
	IV 汉道河床深槽、陆架残 留砂区	7	0.35	0.92	2.74

表3 钦州湾地区各动力类型的粒度特征

动力类型		样品所处的环境	样品数	平均粒径(ϕ)	标准偏差(σ_1)	>8 ϕ 的含量(%)
强 ↓ 弱	I	潮流通道	36	1.19	1.19	3.65
	II	低潮坪砂带、其他成因的砂体、外湾西部浅滩	32	2.43	0.77	3.89
	III	潮下带、外湾湾口西侧水域	16	3.71	1.98	18.88
	IV	潮坪中、上部、鹿角湾、外湾深水区	35	6.7	4.00	63.13

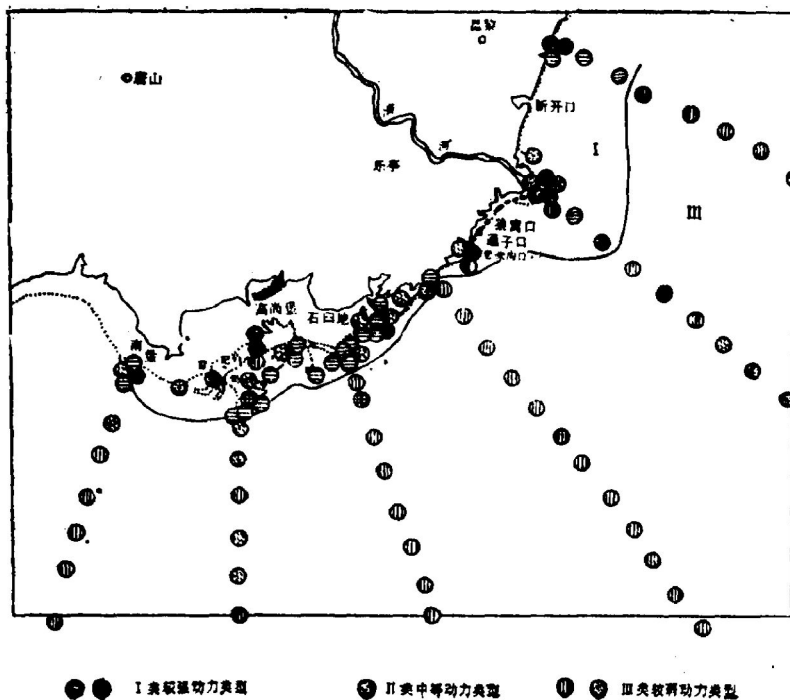


图1 滦河地区沉积物动力类型分区

种类型是较强的动力类型，它们构成了海湾内不同成因的砂体以及低潮坪的砂带，其沉积物以细砂为主，分选极好，说明那里波浪作用是主要的。第Ⅲ种动力类型的沉积物也以细砂为主，但粉砂含量明显增加，分选变差，这与分布区水深较大、波浪作用较弱有关。在钦州湾顶部和龙门附近的潮坪中上部，以及鹿角湾内或钦州湾外湾深水区，是动力最弱的第Ⅳ种类型分布区，其沉积物中粉砂和泥质占主要部分，多为砂质泥和粉砂质泥，分选极差。

又以滦河三角洲地区的动力分区为例，其中近岸带沉积物大多属较强动力类型，主要由中-细砂、细砂及粉砂质砂组成，平均粒径(M_z)都在 $1.48-3.5\Phi$ 之间，分选很好，标准偏差值均在0.5以下。这些特点都反映了近岸带波浪作用较活跃。分布在浅海及岸边静水区的沉积物很细，平均粒径大于 5Φ ，分选较差，均属较弱动力类型。而中等动力类型的样品大多

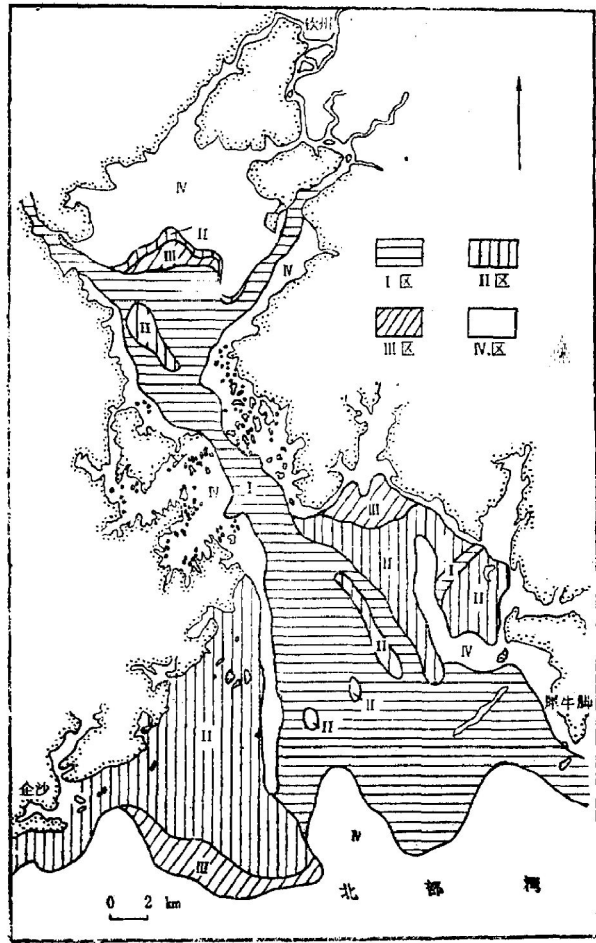


图2 钦州湾沉积物动力类型分区

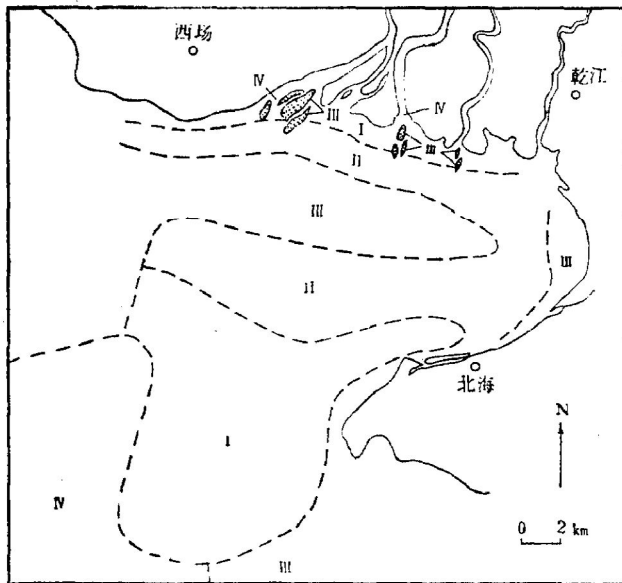


图3 南流江沉积物动力类型分区

分布在河口及潮下带，这里波浪、潮汐、河流三者的作用叠加在一起，沉积物多为粉砂质砂及砂质粉砂，分选不是很好。

不难看出，多变量分析方法可以最大限度地利用粒度分析的全部资料，用数理统计的方法进行动力分类，从而找出它们与沉积物特征及沉积环境间的关系。如果要对各种动力类型的沉积物进一步研究，则还可以在此基础上有目的地选择样品，作其它方面的分析测定，这就可以避免盲目性，减少工作量。虽然多变量分析方法得出的

结果, 仍然没有超出以往粒度参数所能给予的信息范围, 但它是在考虑了整个粒度分布的基础上得出的动力分类, 因而更客观、更全面。

三、关于概率累积曲线

多变量分析只能对沉积物进行动力分类, 而概率累积曲线则可以用来进一步区分沉积环境。必须指出的是, 应用概率累积曲线判别沉积环境时, 在粒度范围上是有局限性的, 一般仅适用于筛析法分析的粒度范围, 维谢尔(Visher, G. S., 1969)所解释的粒度范围是 $0-4.5\Phi$ ^[3]。但根据环境的多样性, 概率曲线的范围也可适当地扩大, 如格莱斯特尔(Glaister, R. P., 1974)所解释的粒度范围是 $-2\Phi-6\Phi$, 从而判别了游荡性河流、坪、沙丘及密度流等10种不同的环境。

在滦河三角洲地区, 经过对概率累积曲线的分析和对比, 可将粗粒沉积物划分为河床、汉道河床、天然堤、心滩、河口沙咀、河口沙坝、风成沙丘、海滩沙、水下沙堤、浅海残留沉积等环境(图4)。南流江三角洲地区则划分了汉道河床、海滨沙坝、河口沙坝、潮沟、潮滩中上部、三角洲前缘斜坡、残留沉积等8种环境各具特点的概率累积曲线(图5)。

不过多年来的实践表明, 用概率累积曲线判别粗粒沉积物的沉积环境并不都是很理想的。其原因在于:

(1) 动力条件的差异在粒度分布特征上有明显的反映, 以致概率曲线也有明显的变化。因此, 即便是同类环境, 因动力条件的差异, 往往概率曲线形态各异。例如, 长江与滦河, 前者河口的潮汐作用较强, 后者河口地区以波浪作用突出。因此长江的汉道河床, 概率曲线呈多段型^[12, 13], 而滦河汉道河床概率曲线为简单的二段或三段型^[10](图6)。反之, 属于不同环境的沉积物, 有时其概率曲线却可能相似, 例如现代滦河三角洲以北近岸带的一些河口沙咀与附近海滩沉积物的概率曲线就很难区别, 这是因为河口沙咀的物质虽是来自河流, 但待其搬运到河口后却受到波浪的强烈改造, 与海滩具相似的动力条件, 所以概率曲线则相同(图7)。两例说明, 动力条件决定粒度分布特征, 亦决定着概率曲线的形态。

(2) 粒度分布除受动力因素控制外, 还受其他一些因素如沉积速率、源区物质、源区距离及源地多寡的影响。正是因为这些原因, 或者说由于沉积物与其沉积环境的动力条件尚未达到平衡, 致使概率曲线出现一些过渡类型。例如广西沿海钦洲湾地区就因物源复杂, 既有河流提供的, 也有潮流带来的, 还有海湾周围基岩风化的产物, 以致其概率曲线都呈多段型, 有些概率曲线的跳跃组分由三个线段组成(图8), 很难与其他同类环境的曲线相比。浙江舟山普陀岛的海滩沙则由于物质主要来自岛上花岗岩低丘的风化剥蚀, 物源很近, 一定程度上虽也受波浪的改造, 但仍保持源地物质的特性, 因此其海滩沙的概率曲线与正常海滩沙曲线不同(图9)。

为此, 我们认为利用概率累积曲线对同一沉积体系内的沉积物判断和分析其沉积环境较为理想。因为同一沉积体系的物源、动力性质具有许多共同性。此外, 不能笼统或简单地按沉积环境来划分概率累积曲线, 而应该在沉积环境划分的基础上, 根据动力性质和大小及物源的情况进一步建立一套现代沉积物的概率曲线模式, 以供古代沉积研究

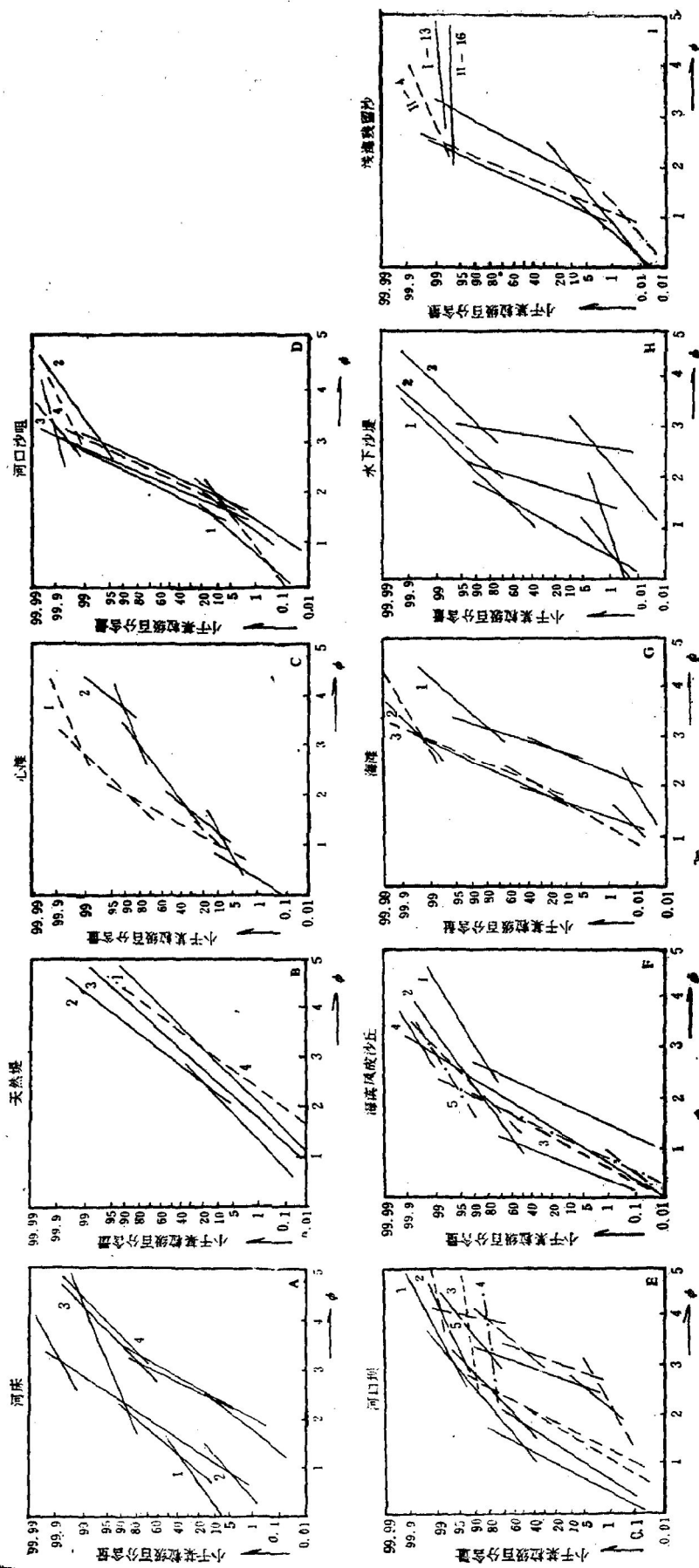


图 4 溧河三角洲地区各种环境的概率曲线

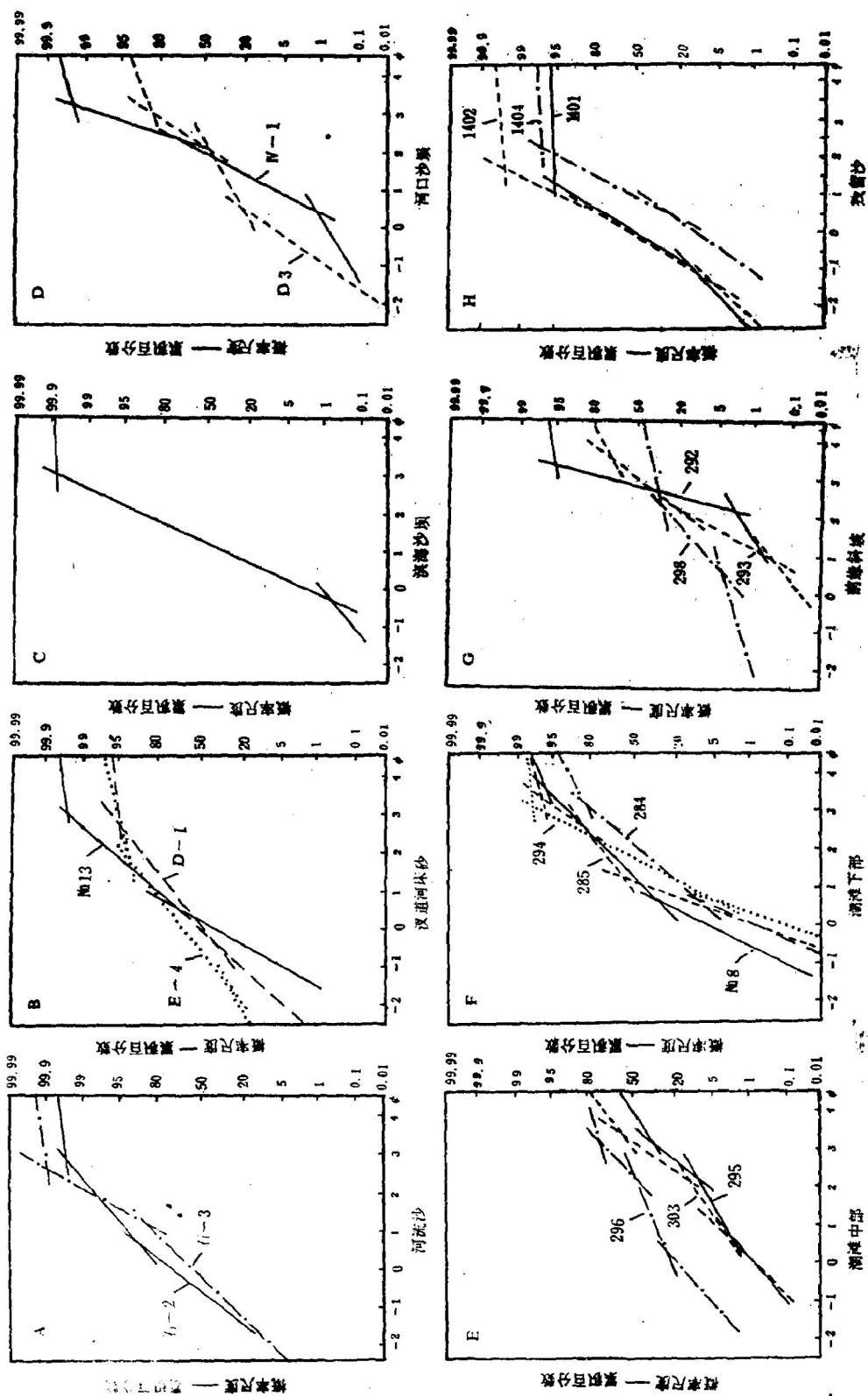


图5 南流江三角洲地区各环境标准累积曲线

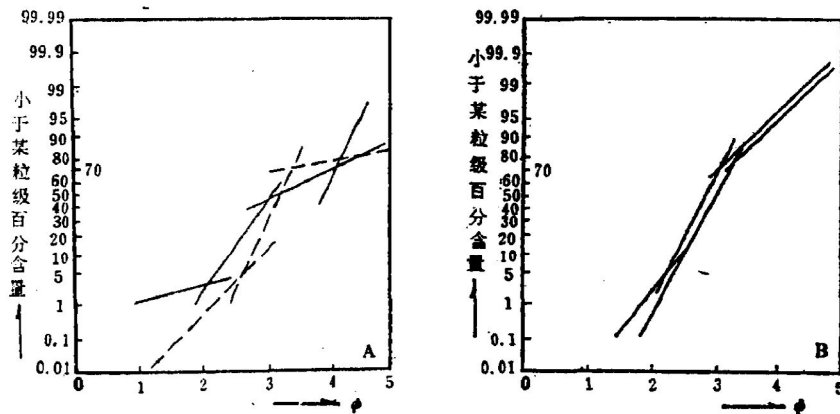


图6 长江(A)与滦河(B)三角洲河道河床概率曲线对比

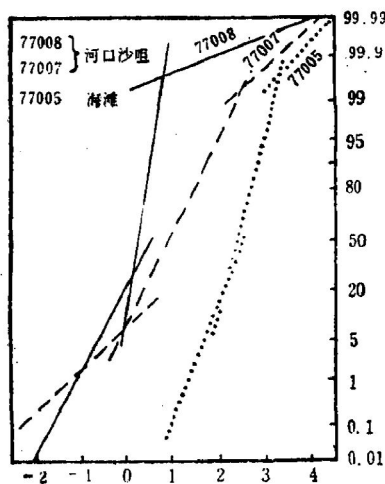


图7 滦河口以北河口沙咀和海滩沙的概率曲线

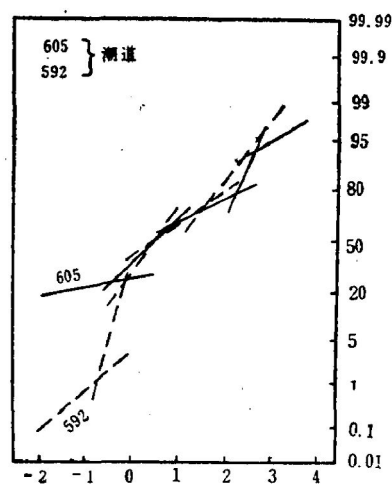


图8 钦州湾沉积物多段型概率曲线

的借鉴。

总之,运用粒度资料作为研究沉积环境的一个手段是必不可少的,它能判断沉积时的动力大小,某种情况下还能确定沉积物的动力性质以及物源情况。但作为对沉积物的研究来说,只分析动力条件是不能满足研究要求的。因为,沉积物在形成过程中除了动力因素的作用以外,还有其它物理、化学、生物等因素的作用。因此,要把单一的粒度资料作为判别沉积环境的指标是困难的,只有结合其他物质组成如轻、重矿物、粘土矿物、生物组合、结构构造等资料,才能使粒度资料发挥更大的作用,也只有这样的综合资料才有成因上的意义。

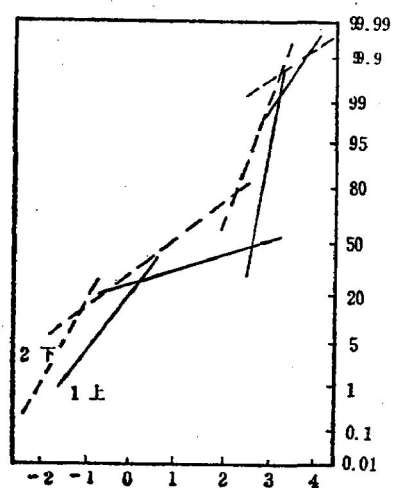


图9 普陀岛海滩沙概率曲线

参 考 文 献

- [1] Friedman, G. M., 1967, *J. Sed. Petrol.*, Vol. 37, P. 327-354.
- [2] Friedman, G. M., 1979, *Sedimentology*, Vol. 26, P. 3-32.
- [3] Visher, G. S., 1969, *J. Sed. Petrol.*, Vol. 39, No. 3, P. 1074-1106.
- [4] Sahu, B. K., 1964, *J. Sed. Petrol.*, Vol. 34.
- [5] Passega, R., 1964, *J. Sed. Petrol.*, Vol. 34, P. 830-847.
- [6] Doeglas, D. J., 1968, *Sedimentology*, Vol. 10, No. 2.
- [7] Kloven, J. E., 1968, *J. Sed. Petrol.*, Vol. 38, P. 111-125.
- [8] Sedimentation seminar, 1981, *Sedimentology*, Vol. 8, No. 1, P. 123-128.
- [9] 煤炭科学研究院地质勘探研究所等, 1981, 数学地质基础与方法. 煤炭工业出版社.
- [10] 李从先, 1985, 滦河冲积扇-三角洲沉积体系. 地质出版社.
- [11] Glaister, R. P. and Nelson, H. W., 1974, *Bull. Can. Petrol. Geol.*, Vol. 22, P. 203-240.
- [12] 李 萍等, 1979, 同济大学学报, 第2期.
- [13] 李从先等, 1983, 地理学报, 第38卷, 第2期.

RESEARCH OF ANALYZING SEDIMENTARY ENVIRONMENT WITH GRAIN-SIZE DATA

Li Ping Sun Heping Huang Zehui

(*Department of Marine Geology, Tongji University*)

Abstract

According to the study of the grain size in the Changjiang Delta, the Luanhe River Delta, the Nanlijiang Delta and Qinzhou Bay, following conclusions are obtained,

1. As far as our information goes, grain size parameters, C-M plots, probability cumulative curves and multivariate analysis can be important in studying depositional environments.

2. Multivariate analysis is a process in which large amount of grain size data are turned into dynamic classification, therefore the hydrodynamic conditions in deposition can be interpreted by it.

3. Probability cumulative curves once had been used to analyse subenvironments. Since they are controlled by various factors, they can not be simply used to distinguish depositional environments. However, in the same depositional system, the curves are regarded as more ideal for distinguishing sedimentary environments.

4. The study of grain size distribution can be helpful to the identification of depositional environments. But it provides simply the information of the general hydrodynamic conditions in the deposition. Only when it is considered together with sedimentary structures, bioturbation and geological settings, can it be good environmental index.