

# 粒度曲线和参数序列综合分析及其 在环境分析中的应用

煤炭科学研究总院西安分院 吕志发

## 一、问题的提出

粒度分析很早就被用来解释沉积环境,乌登(1919)早就认为粒度与碎屑物的搬运能力、搬运距离有关,碎屑沉积物的粒度组成受沉积时的水动力条件所控制。但是直到后来水力学实验的引入和沉积学研究的不断深入,才取得了粒度大小与水流速度、流量及水介质性质等条件之间的定性、半定量和定量关系,激起了把粒度分析引入沉积环境分析的热潮。众多的国外学者从粒度参数计算和图解两方面,对粒度分析在环境分析中的应用做了大量工作,证明了粒度概率累计曲线(以下简称粒度曲线)比粒度参数计算能更有效地区别沉积环境。维希尔(1965、1969)、格拉斯托尔和纳尔逊(1974)在粒度曲线解释沉积环境方面做了深入的研究,他们对古代和现代不同环境中的砂和砂岩的粒度曲线进行了广泛研究,取得了各种环境的典型粒度曲线,为进一步研究提供了对比的依据。但是遗憾的是,在应用中也出现了简单、机械对比的形而上学的思维和解决问题的方法。在实际工作中,不少地质人员将所研究区砂体的粒度曲线与“标准”粒度曲线进行简单对比,根据自己的主观判断视其为“有用”或“无用”而任意取舍,把粒度分析视为一种“锦上添花”的手段。由于影响沉积环境因素的多样性和环境中水动力条件的多样性和复杂性,在很多情况下是很难、也是无法对比的。从理论上讲,任何一

个粒度分析资料都应该是有用的,它们都从不同侧面反映了沉积作用的特点,问题是我們能否找到更为客观的分析问题、解决问题的方法。

## 二、前提与分析方法

虽然人们很早就发现碎屑沉积物是由两个或两个以上的颗粒次总体组成的,但是对其成因解释一直没有定论。莫斯(1962, 1963)发现,即使在同一纹层中,碎屑沉积物也由多个颗粒对数正态次总体组成,并证实了三种次总体与不同的沉积作用有密切联系。他发现粒度分布的主体部分是跳跃负荷,粗尾是牵引负荷,而细尾是捕集在沉积物骨架间隙中的悬浮物构成的,从而成功地将碎屑沉积物的粒度分布与水动力条件及沉积物搬运方式联系起来。之后维希尔进一步证实和发展了莫斯的研究。现在,碎屑岩的粒度是由不同对数次总体组成的这一看法得到了普遍的承认,被认为是碎屑岩的基本属性之一。这也就是说通过研究碎屑岩的粒度分布,人们就有可能了解沉积时的水动力条件,如搬运介质的能量和能力,沉积物的搬运方式及搬运介质的性质等。正如赖内克和辛格指出的那样:“粒度分布总是能提供沉积时水动力条件的信息,分析粒度曲线可以很容易区别高能和低能环境、确定各种沉积作用——悬浮、跳跃、滚动的相对重要性”。由于水动力条件是沉积环境的重要因素之一,所以研究碎屑的粒度分布有助于解释沉

积环境。但是由于特定的水动力条件可以出现在一种以上的沉积环境中，而同一环境中不论在时间和空间上往往具有不同的水动力特征，甚至同一沉积作用的水动力条件在较短时间内也可能大不相同。如浊流作用，随着浊流作用的进行，流体性质由密度流渐变为牵引流，相应地其粒度曲线由反映密度流的直线、弧线型而渐变为反映牵引流的二段或三段折线型（图1）<sup>①</sup>。这样，表现在粒度曲线上，不同环境的粒度曲线相同或相似，而同一环境中的粒度曲线又常常大不相同，导致了粒度曲线解释沉积环境的多解性和异化性。因此，从根本上讲，粒度曲线并不能直接反映沉积环境，它和沉积环境之间也并无直接的、必然的联系。粒度曲线所反映的只能是沉积物沉积时的水动力条件及沉积作用方式。所以利用粒度曲线解释沉积环境的思路不是简单地将其与不同环境的“标准曲线”进行对比，而应该根据粒度曲线来分析搬运介质的性质、能量、能力、沉积物的搬运方式以及上述诸因素在时间和空间上的变化

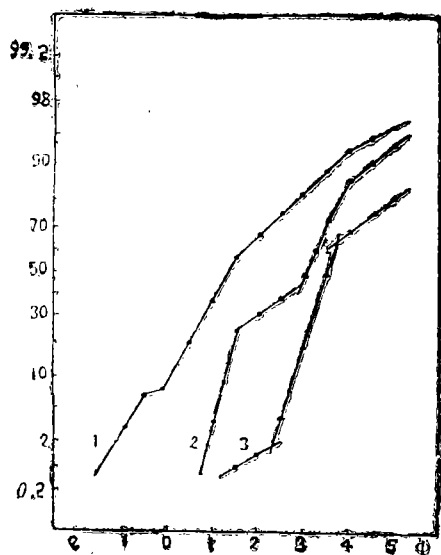


图1 浊积岩的粒度曲线(据Glaister, R.P.等)  
1—博马的A单位, 2—博马的B单位,  
3—博马的C单位

规律，进而分析它所反映的沉积环境意义。这就是在应用粒度曲线分析沉积环境时所应基于的出发点和思路。

虽然特定的水动力条件可出现于一种以上的沉积环境中，而相同的沉积环境可具有不同的水动力条件，但是每种沉积环境中水动力条件的空间分布都是独特的。反映在垂向上，每种环境的水动力条件都有其独特的演化规律，表现在粒度曲线上，每种沉积环境都有其特征的垂向序列。这样通过粒度曲线和参数序列分析，就有可能客观地分析沉积环境，最大可能地避免或减小人为性和多解性。此外，进行粒度曲线和参数的序列分析，有可能区别出用单一曲线对比分析所不能解决的问题，如河流沉积与三角洲分流河道沉积、障壁岛沉积与海滩、潮坪沉积等之间的区别。在具体分析中，一般从以下几方面入手。

1) 粒度曲线形态及其垂向变化特征：粒度曲线形态是水动力条件及其垂向演化的最直观表现，通过研究各次总体的相对含量、曲线斜率、截点位置和性质以及它们在垂向上的变化，就有可能大概得知沉积环境水动力条件及其在垂向上的演化特征。

2) 悬浮次总体的含量、分选性及其在垂向上的变化：粒度曲线比其它图解法优越之处在于它对粒度分布尾端的敏感性。研究发现，粒度分布的尾端特征（分选性、含量），能很好地反映水动力性质。虽然悬浮次总体的特征和水动力强弱并无直接的关系，但是它是环境水动力条件持续稳定程度和环境搬运能力的良好指标。

3) 粒度参数特征及其在垂向上的变化：用粒度参数及其组合直接判别沉积环境，已被无数事实证明其效果是不理想的。但是粒度参数在一定程度上也能反映环境的水动力状况。通过分析粒度参数特征，尤其是粒度参数在垂向上的变化规律，可以取得比较好

① Glaister, R.P.等, 1974, 成思译, 《粒度分布, 一种定相的辅助手段》。

的效果。

三、应用实例

例 1

图 2 是根据上述原则对甘肃靖远磁窑石炭系羊虎沟组中的三角洲沉积所做的粒度分析图，从图中不难看出：

1) 剖面上部的 曲线形态和下部的明显

不同，下部曲线（样品H<sub>2-1</sub>以下）以具有不同程度的混和带为特征，而上部粒度曲线的截点均是突变的。这一变化特征与由沉积物快速堆积的三角洲前缘向三角洲分流河道过渡有关。至于上部样品H<sub>3-1</sub>呈直线型的粒度分布可能指示着洪水期溢岸流流速迅速降低，沉积物快速堆积而形成的天然堤沉积。

2) 下部中值（M<sub>Z</sub>）和悬浮次总体含量

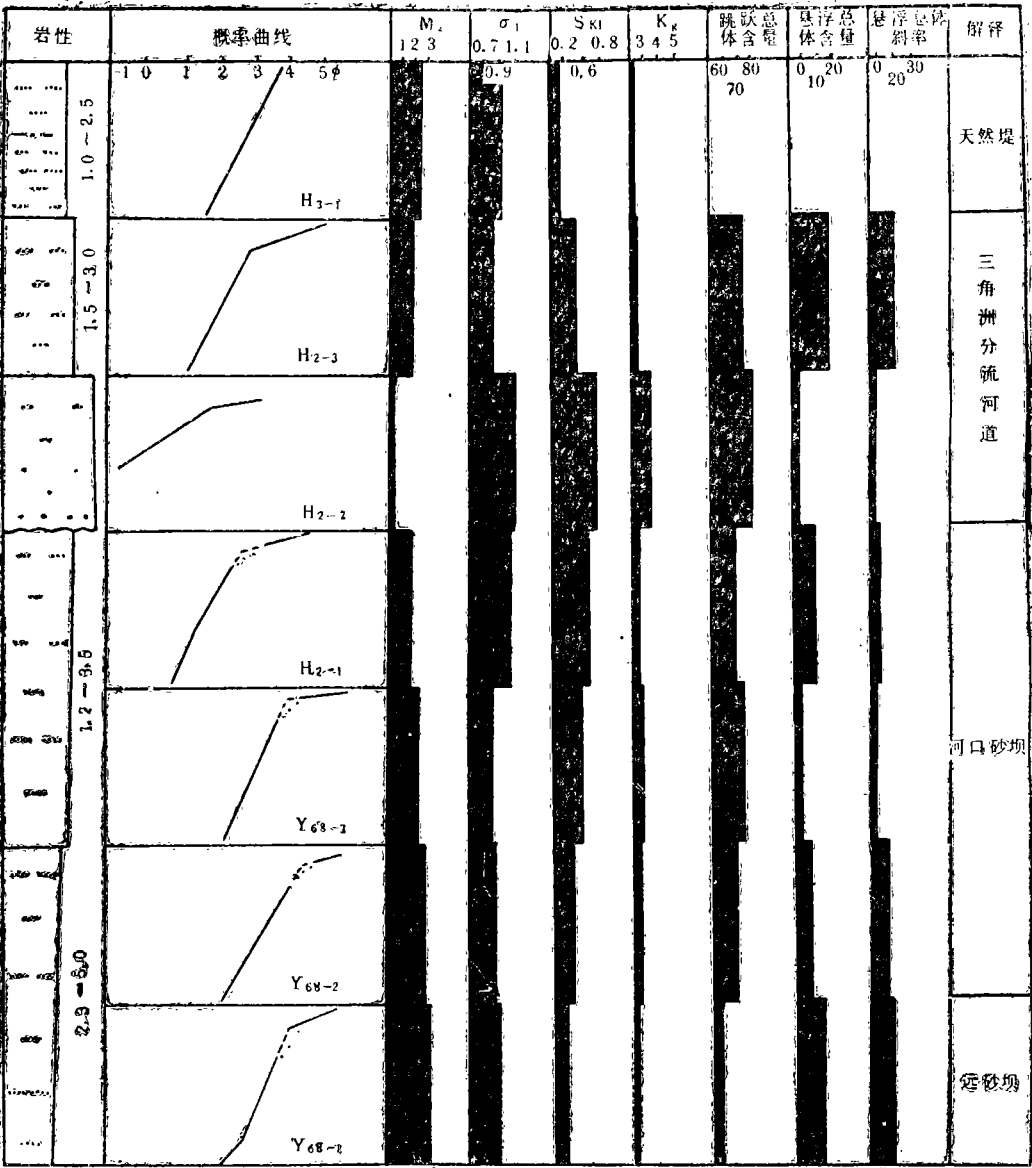


图 2 三角洲沉积粒度曲线和参数序列分析

向上减小, 跳跃次总体含量向上增加, 截点位置向左移动。这些参数的垂向变化特征表明, 由下而上水动力条件由弱变强。在剖面的上部上述诸参数的变化与下部正好相反, 表明水动力条件由强变弱。

3) 偏差 ( $\sigma_1$ ) 在剖面中部最大, 指示了三角洲前缘河口部位和河道底部快速、分选差的沉积作用。而偏度 ( $S_{K1}$ ) 在中部最大、悬浮次总体斜率在中部最小则反映了环境的水流稳定性差、环境簸选能力弱。这和偏差所反映的水动力信息基本一致。

综合考虑累计曲线和粒度参数特征, 垂向上可将该段沉积分为两部分, 下部代表快速堆积的三角洲前缘沉积, 上部代表水动力条件较强的三角洲分流河道沉积。上述粒度分析结论与野外观察结论完全一致。

### 例 2

有一砂体, 野外观察下部分选较差, 具大型高角度板状交错层理、冲刷面和丰富的植物茎干印模。上部分选较好, 具透镜状层理、水流波纹层理、纵向交错层理, 并可见动物觅食迹。地化分析表明, 该砂体下伏泥岩的Sr/Ba值变化在0.2~0.38, 古盐度值为1.65~13.85‰。其上覆泥岩的Sr/Ba值0.41~1.71, 平均0.99, B/Ga值为2.08~6.44, 古盐度值为11.5‰。很明显, 该砂体下部和上部所经受的水动力条件和水介质性质不同。对该砂体进行了粒度曲线和参数序列分析(图3), 根据曲线形态和参数组合, 可将砂体分为上、下两部分: 下部(以Y52-1和Y52-2为代表)中值小, 跳跃次总体含量高, 悬浮次总体含量低, 指示了搬运

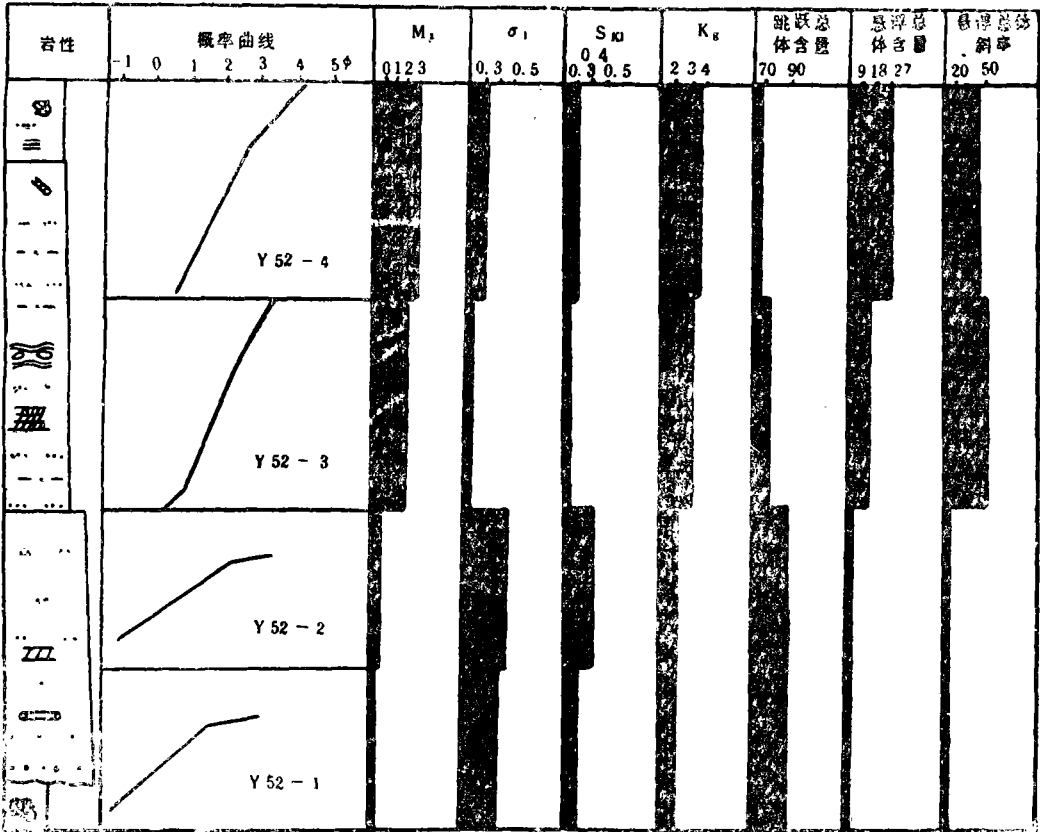


图3 某砂体粒度曲线和参数序列分析

# 硅藻土的成矿条件和资源评价

庄军 徐兢 苟柏松 滕辉 余江滨

煤炭科学研究总院西安分院

硅藻土是由大量单细胞水生硅藻植物遗体组成的硅质沉积岩，它具有多孔、质轻、吸附性强、隔热、隔音和保温等性能，因而用途很广，如过滤、漂白、填料、磨料、载体、保温和建筑材料等。硅藻土的主要成分为硅藻（即含水二氧化硅），国外已发现2.5万个种，本文研究了60余个种。硅藻在硅藻土中的含量变化很大，按硅藻含量可将硅藻土划分为硅藻土矿、粘土质硅藻土、硅藻质粘土岩。高纯度硅藻土矿少见，其中常混入数量不等的粘土矿物、有机质、碳酸盐岩、铁质矿物、火山灰及石英、长石、云母和重矿物等碎屑。

硅藻土矿床储量的大小和质的好坏，是受成矿条件控制的。为了正确评价硅藻土资源，给勘探和利用提供依据，本文在广泛研究我国各主要含硅藻土盆地的基础上，概略地论述了硅藻土的成矿条件及研究成矿条件的意义。

## 一、硅藻土矿床的量与成矿条件的关系

硅藻土矿床的量与其厚度和分布面积有关，而厚度主要是受地壳升降的速度控制的。在硅藻土沉积过程中，如果硅藻堆积速度与地壳沉降速度基本一致，而且二者保持均衡的时间足够长，那么矿层的厚度就大。

介质的能力强，流速大。但偏差（ $\sigma_1$ ）和偏度（ $S_{K1}$ ）都较大，峰度（ $K_3$ ）和悬浮次总体斜率较低，均反映了搬运介质筛选能力差，沉积速度快。与其形成鲜明对照的是，砂体上部中值大，跳跃次总体含量低，悬浮次总体含量高。但其悬浮次总体斜率和峰度急剧增大，偏差和偏度都较小。上述特征表明，下部代表水动力强但稳定性和筛选能力都较弱的河流作用，而砂体上部指示水动力较弱，但其稳定性和筛选能力都较强的潮汐作用，进一步的分析表明，该砂体最初是在河流作用下形成的，河流作用终止后，原来河道的位置便成了潮汐流通的渠道，并对先沉积砂体上部重新改造而使其具有潮汐作用的特征。该区主要可采煤层9\*煤即是在由河流作用、并经潮汐作用改造过的比较平坦的河口湾盆地边缘沉积的。

由于影响沉积环境因素的多样性和复杂性，不同地区、相同环境的粒度曲线和粒度参数不会相同，但其变化趋势，也就是序列特征是相同的。限于篇幅，不可能将每种环境的粒度曲线和粒度参数序列一一列出。但是这种分析方法无疑比单一曲线形态对比分析具有更大的优越性，是一种值得提倡的方法。

## 参考文献

- [1] 刘岫峰，粒度分析及其在沉积学研究中的应用，《沉积专辑》，成都地质学院沉积岩研究室编，1981，21页。
- [2] F.J.佩蒂庄，李汉瑜等译，《沉积岩》，石油工业出版社，1981。
- [3] Visher, G.S., 1969, Grain size distributions and depositional processes, *J. Sed. Petrol.* Vol. 39.
- [4] Reineck, H.E. et al. 1973, Depositional Sedimentary environments. Berlin, Springer-Verlag