



[12] 发明专利申请公开说明书

[11] CN 86 1 08853 A

CN 86 1 08853 A

[43] 公开日 1988年7月20日

[21] 申请号 86 1 08853

[22] 申请日 86.12.30

[71] 申请人 中国科学院长春物理研究所

地址 吉林省长春市新民大街13号

[72] 发明人 高光天 张季冬

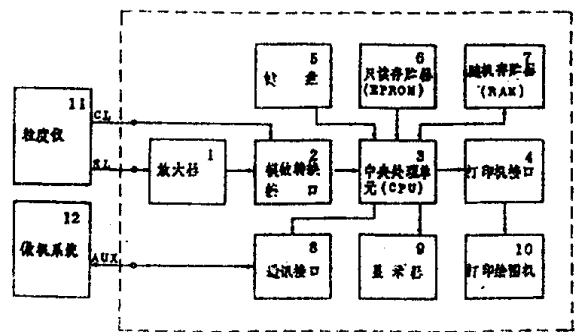
[74] 专利代理机构 中科院长春专利事务所

代理人 马守忠

[54] 发明名称 粒度测量数据处理装置

[57] 摘要

本发明是一种用于圆盘离心粒度仪的数据处理装置。由于提出了新颖独特的设计原理,可以计算个数、长度、面积和重量四种基准粒度分布百分数,各种平均粒径与此表面积,拟合四种基准对数正态分布参数,打印重量基准频度分布直方图和打印四种基准对数正态分布累积与频度分布光滑彩色曲线。



881A04039 / 35-82

一种用于圆盘离心粒度仪的数据处理装置，它包括放大器、模数转换接口、打印接口、通讯接口、键盘、显示器、打印机、CPU，随机存贮器RAM，其特征在于还包括一个只读存贮器EPROM：

存贮的程序用来计算个数、长度、面积和重量四种基准粒度分布百分数，各种平均粒径与比表面积，拟合四种基准对数正态分布参数，打印重量基准频度分布直方图和打印四种基准对数正态分布累积与频度分布光滑彩色曲线。

## 粒度测量数据处理装置

本发明与粒度测量数据采集及数据处理技术有关，尤其是用于圆盘离心粒度仪的粒度测量数据处理装置。

应用圆盘离心粒度仪进行粒度测量时，按照“缓冲线起始技术”首先将沉降液注入旋转的园盘中，接着注入缓冲层并通过使离心机转速突变的方法使之形成具有一定密度梯度的薄层，然后注入含有被测样品的悬浮液并在缓冲层之上形成一很薄的样品层，所以这种技术又称为离心铺层法。因此，待测样品中各种粒径的颗粒在园盘沉降液中受离心力场作用，沿园盘离心径向运动。粒径相同的颗粒具有相同的运动速度，形成园环状逐渐向外扩散，其速度按照颗粒粒径大小分级。粒径最大的颗粒首先到达光束位置，粒径最小的颗粒最后到达光束位置。由于粒径不同的颗粒在园盘离心力场中运动致使指定检测位置的光电二极管接收的光通量发生变化，光电二极管输出电信号的强弱受颗粒浓度的影响。自样品注入园盘离心机开始，至最小颗粒离心沉降完，光电二极管输出的电信号作为时间的函数由记录仪绘出  $T-I$  曲线。其中横轴  $T$  为颗粒在离心力场沉降时间；纵轴  $I$  为光电二极管输出的浊度值。为了得到重量基准的粒度分布，首先按照离心力场 Stokes 方程，根据已知测量条件参数把横轴时间  $T$  变换成横轴粒度  $D$ 。然后由  $T-I$  曲线的纵轴  $I$  值，再应用 Treasure 方法 (T. Allen, Particle Size Measurement, 3rd ed,

Chapman & Hall, New York, 1981) 或 Langer 介绍的方法 (G·Langer, Colloid Polymer Science, Vol. 257, NO. 5 (1979)) 可手工算出给定粒度分级的重量基准频度粒度分布。当然, 这两种方法计算结果是一致的。

英国 Joyce-Loebel DCF Mark IV 型园盘离心粒度仪配上 APPLE II 微型计算机, 从光电二极管输出的电信号经过模数转换数据采集系统送给计算机, 按照与上述相同的算法, 通过计算机程序控制自动算出重量基准粒度分布, 并且打印出表格形式的计算结果和条状的重重量频度分布图。

随着颗粒学的不断发展, 对粒度分析的要求愈来愈高。不但要求快速、自动化数据处理而且也要求提供更丰富的数据和更有用的信息以满足颗粒学研究与应用的需要。众所周知, 现代粒度分析技术对数据处理结果希望的技术要求应当是:

(1) 给出颗粒个数  $N$ , 长度  $L$ , 面积  $S$  和重量  $W$  四种基准的给定粒度分级的累积与频度分布百分数。

(2) 给出各种平均粒径及比表面积。

(3) 给出描述四种基准对数正态分布函数的分布参数。

(4) 给出四种基准累积与频度分布光滑彩色曲线。

迄今为止尚未见到一种粒度仪或粒度测量数据处理装置能满足上述要求。

鉴于这种情况, 本发明的目的是研制一种用于园盘离心粒度仪的粒度测量数据处理装置, 以实现上述要求。

本发明的另一个目的是根据不同类型粒度仪的测量原理适当修改软件, 可以使该装置用于目前已有的各种类型的粒度仪, 从而可扩展它们的功能。

本发明的原理如下：

如前所述，应用“缓冲线起始技术”，被测的大小不同的颗粒在离心力场中沿离心径向运动，颗粒粒径与其离心时间的对应关系，依据离心力场 Stokes 方程：

$$T = \alpha / D^2 \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{377.4 \times 10^{10} \eta \ln(R_2/R_1)}{(P_p - P_l) N^2} \quad (2)$$

其中  $P_p$  为样品密度 ( $g/cm^3$ )；  
 $P_l$  为沉降液密度 ( $g/cm^3$ )；  
 $\eta$  为沉降液粘度 ( $CP$ )；  
 $\ln(R_2/R_1)$  为沉降液体积常数；  
 $N$  为离心机转速 ( $rpm$ )；  
 $T$  为离心时间 ( $ms$ )；  
 $D$  为粒度 ( $\mu m$ )。

应用光透原理，在指定检测位置，光电二极管输出电信号即光束透过悬浮颗粒的浊度值  $I$  作为时间  $T$  的函数  $I(T)$ 。再由上述 Stokes 方程变换成  $I(D)$ 。考虑  $T$  与  $D$  为非线性关系，这样有相当多的数据  $I(T)$  无用。在数据采集过程中，为节省计算机内存，提高有效采集量，我们提出下述  $D$  轴线性化方法：

首先确定最小粒度  $D_{min}$  和最大粒度  $D_{max}$ ，适当设定采样步长  $S$  与采样周期  $C$  (例如  $S = 0.1 \mu$ ， $C = 2 ms$ )，则采集第  $j$  个数据的选择条件为：

$$N_j = \alpha / C (D_{max} - jS)^2 \quad (3)$$

其中  $j = 0, 1, 2, \dots, (D_{max} - D_{min}) / S$ ；

$N_j$  为采集第  $j$  个数据的计数值。

按照选择条件(3)采集到的数据从  $I(D_{max})$  至  $I(D_{min})$ ，粒度  $D$  从  $D_{max}$  至  $D_{min}$  按步长  $S$  逐点变化对  $D$  轴是线性分布的，故

称为D轴线性化方法。按照这种方法采集到的数据直接得到重量基准的粒度频度分布。

为了得到四种基准的粒度分布，根据Treasure方法：

$$\Delta W_j = \text{Const} \cdot \int_{D_j}^{D_{j+1}} I(D) dD \quad (4)$$

上式表示粒度分布曲线中，粒度 $D_j$ 至 $D_{j+1}$ 的面积元与其对应的重量 $\Delta W_j$ 成正比。const.为比例系数。

因此，在D轴线性化数据采集基础上，可得出四种基准累积与频度分布：

$$R_k(D_r) = \frac{\sum_{j=0}^r I(D_j) D_j^{k-3}}{\sum_{j=0}^N I(D_j) D_j^{k-3}} \quad (5)$$

$$F_k(D_r) = R_k(D_r) - R_k(D_{r-1}) \quad (6)$$

其中 $k=0, 1, 2, 3$ 分别对应N, L, S, W四种基准；

$j=0, 1, 2, \dots, r, \dots, N$ ；

$D_0 = D_{\min}$ ；

$D_N = D_{\max}$ ；

$D_{\min} \leq D_r \leq D_{\max}$ 。

颗粒平均粒径是用单一数据描述颗粒统计行为和表征颗粒物理特性的重要参数。为此我们给出了应用任一基准的粒度频度分布百分数计算各种平均粒径的模型独立方程：

$$D_{pq}(k) = \left( \frac{\sum F_k(D_j) \cdot D_j^{p-k}}{\sum F_k(D_j) \cdot D_j^{q-k}} \right)^{1/p-q} \quad (7)$$

其中 $p, q=0, 1, 2, 3, 4$ 对应各种平均粒径的定义。

$F_k(D_j)$ 表示 $k$ 基准第 $j$ 个粒度分级的频度分布百分数。

考虑上述方程对各种粒度分布函数即数学模型皆普遍适用而与粒

度分布的数学模型无关(独立),故称为模型独立方程。

粒度测量曲线拟合是根据实测粒度分布曲线应用数学方法求得用数学模型—粒度分布函数表征粒度分布规律的一种方法。考虑对数正态分布是最典型、常用的一种粒度分布函数,而且粒度分布又存在着个数、长度、面积和重量四种基准,因此本发明装置,可以应用任一基准的粒度频度分布进行四种基准对数正态分布曲线拟合,求出其分布参数。我们提出拟合方程如下:

$$\ln D_{gk} = \sum F_k(D_j) \ln D_j \quad (8)$$

$$\ln D_{gp} = \ln D_{gq} + (P-q) \ln \sigma_g \quad (9)$$

$$\ln \sigma_g = \left( \sum F_k(D_j) (\ln D_j - \ln D_{gk})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

其中  $D_{gk}$  表示  $k$  基准几何平均粒径或中位径  $D_{50k}$ ;

$\sigma_g$  表示对数正态分布几何标准差;

$D_{gp}$ 、 $D_{gq}$  意义同  $D_{gk}$ ;

$P$ 、 $q = 0, 1, 2, 3$  对应  $N, L, S, W$ 。

任何物理量的测量结果都有两种表现形式:数字与图形。本发明装置除了能给出上述粒度测量数字结果之外,还可以打印出四种基准对数正态分布累积与频度分布的光滑彩色曲线。其依据如下:

考虑四种基准对数正态分布函数:

$$F_k(D_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma_g} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln D_j - \ln D_{gk}}{\ln \sigma_g} \right)^2 \right\} \quad (11)$$

$$R_k(D_j) = \sum_{j=0}^j F_k(D_j) \quad (12)$$

其中  $j = 0, 1, 2, \dots, N$  ;

$r = 0, 1, 2, \dots, N$  ;

$D_0 = D_{\min}$  ;

$D_N = D_{\max}$  ;

$R_k(D_0) = F_k(D_0)$  .

(1), (2)式分别为四基准对数正态分布的频度分布形式与累积分布形式。

本发明装置具体结构如附图 1 虚线框内所示。粒度仪 1 1 输出的控制信号线 C L 与模数转换接口 2 连接, 通过查询模数转换接口中 P I O 的 B 口状态控制何时开始测量, 又利用该接口中 C T C 的 O 通道控制采样周期。粒度仪 1 1 的输出信号线 S L 与放大器 1 连接。考虑粒度仪 1 1 输出的模拟信号较弱, 所以首先经放大器 1 处理之后再转换成数字量送给计算机 C P U 3 进行数据采集, 所以放大器 1 的输出进入模数转换接口 2, 并且它又与 C P U 3 连接。C P U 3 与打印机接口 4 连接可以驱动打印绘图机 1 0。C P U 3 还与显示器 9, 键盘 5, 通讯接口 8, 随机存贮器 R A M 7 和只读存贮器 E P R O M 6 连接。显示器 9 是由六个七段数码管组成, 可显示测量状态、输入的测量参数。键盘 5 是由数字键和功能键组成, 可键入测量条件, 修改参数, 校验参数, 控制显示、控制和打印输出等等。通讯接口 8 是用来实现本装置与装置以外的微机系统之间的双向通讯, 以便将本装置数据采集的原始数据及处理结果存盘拷贝及进一步的处理与开发。随机存贮器 R A M 7 是存贮各种测量条件和计算结果的缓冲区。只读存贮器 E P R O M 6 是存贮应用 (1) 至 (2) 式编制的 Z - 8 0 汇编语言粒度测量数据处理程序。



EPROM 6中存贮的粒度测量数据处理程序总体框图如附图2所示。

本发明装置使用方法如下：

首先按附图1所示，把本装置与园盘离心粒度仪联接。在测量之前，用输入数据的方法设置测量条件。例如，样品名称，样品密度，沉降液密度，沉降液粘度，沉降液体积，离心机转速，操作者姓名、测量日期和粒度分级值。若参数输入过程发现错误，可按修改键，随时修改，或者参数全部输入完毕，用校验键逐一检查，若发现错误也可随时修改。在输入粒度分级值时，应按从小到大顺序逐一输入，即首先输入 $D_{min}$ 值，最后输入 $D_{max}$ 值，从而决定了粒度测量范围。在设置测量条件完成之后，计算机在等待粒度仪控制信号线发出开始测量的起动命令，接着按照“缓冲线起始技术”向旋转的园盘注入沉降液和缓冲层，然后调零点，最后注入样品层并启动样品支架上的微动开关，通过控制信号线 $CL$ 的起动命令传送给计算机，从而使本装置与粒度仪同步地进行数据采集，直到数据处理完毕后，自动打印出粒度分析报告单，如附图3—6所示。按一次重复键可重复打印一份报告单。

若想把此数据采集原始数据存盘拷贝或作进一步的数据处理可按附图1所示，接入微机系统。

本发明装置的效果是与园盘离心粒度仪联机使用可实现微机控制自动化粒度测量数据处理，具有参数输入，修改校验，状态显示，数据处理，打印输出，本装置与微机系统之间的双向通讯等功能。其中打印输出包括：

(1) 颗粒个数、长度、面积和重量四种基准的给定粒度分级的累积分布百分数与重量基准频度分布百分数。

(2) 各种平均粒径和比表面积。

(3) 四种基准对数正态分布参数  $\sigma_g$ ,  $D_{gN}$ ,  $D_{gL}$ ,  $D_{gs}$  与  $D_{gw}$ 。

(4) 给出重量基准给定粒度分级的频度分布直方图。

(5) 给出四种基准对数正态分布累积与频度分布光滑彩色曲线。

本发明的设计原理独特，功能强，结构简单，为园盘离心粒度仪提供了一种最先进的数据处理装置。本发明装置兼容性强，适当修改程序，本发明可成为各种粒度仪的最先进的数据处理装置。

本发明附图描述如下：

附图 1 为粒度测量数据处理装置结构框图。

附图 2 为粒度测量数据处理程序总体框图。

其中状态符 F1 分别表示：

F<sub>1</sub> : SA, 样品名称；

F<sub>2</sub> : Sd, 样品密度；

F<sub>3</sub> : dF, 沉降液密度；

F<sub>4</sub> : VS, 沉降液粘度；

F<sub>5</sub> : VL, 沉降液体积；

F<sub>6</sub> : SP, 离心机转速；

F<sub>7</sub> : DA, 日期；

F<sub>8</sub> : OP, 操作者；

F<sub>9</sub> : FC, 粒度分级值；

F<sub>10</sub> : OK, 准备好。

附图 3 为打印输出—实例中的数字结果部分。

其中  $D(1, 0)$  相当于(7)式中  $P=1, q=0$  的情况, 表示长度个数平均粒径;

$D(2, 0), D(3, 0), D(2, 1), D(3, 1), D(3, 2)$  等可以此类推;

$D(4, 3)$  表示重量矩平均粒径;

$D_{N50}, D_{L50}, D_{S50}$ , 和  $D_{W50}$  分别相当于(8)—(10)式中的  $D_{gN}, D_{gL}, D_{gS}$ , 和  $D_{gW}$ ;

$SW$  表示球形颗粒重量比表面积。

附图4为打印输出一实例中的重量分布直方图。

附图5为打印输出一实例中的四种基准频度分布光滑彩色曲线。图中左起黑、蓝、绿、红四色曲线依次对应个数、长度、面积和重量四种基准。

附图6为打印输出一实例中的四种基准累积分布光滑彩色曲线。图中左起第一、二、三、四条曲线的颜色对应关系同附图5。

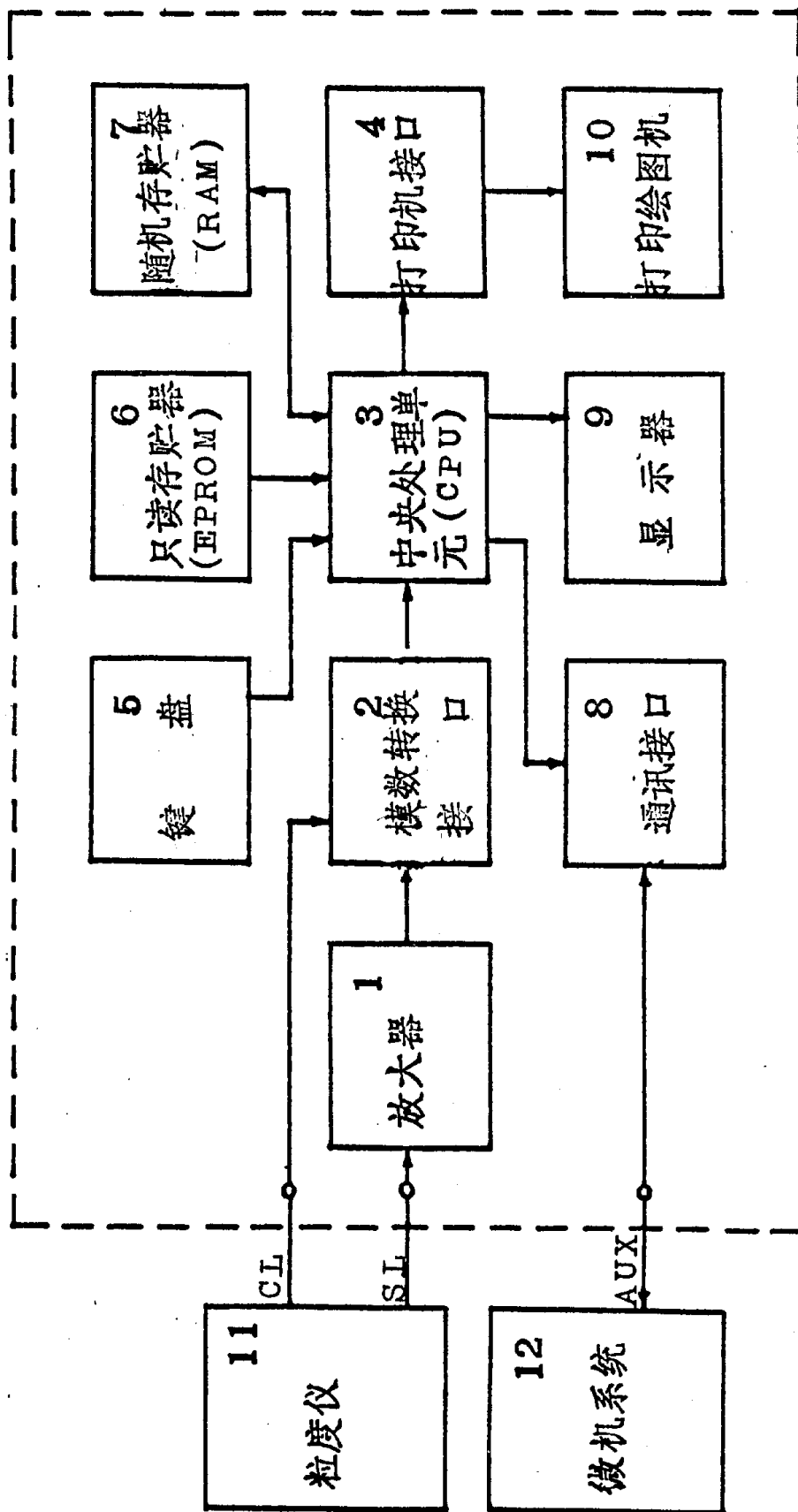


图 1

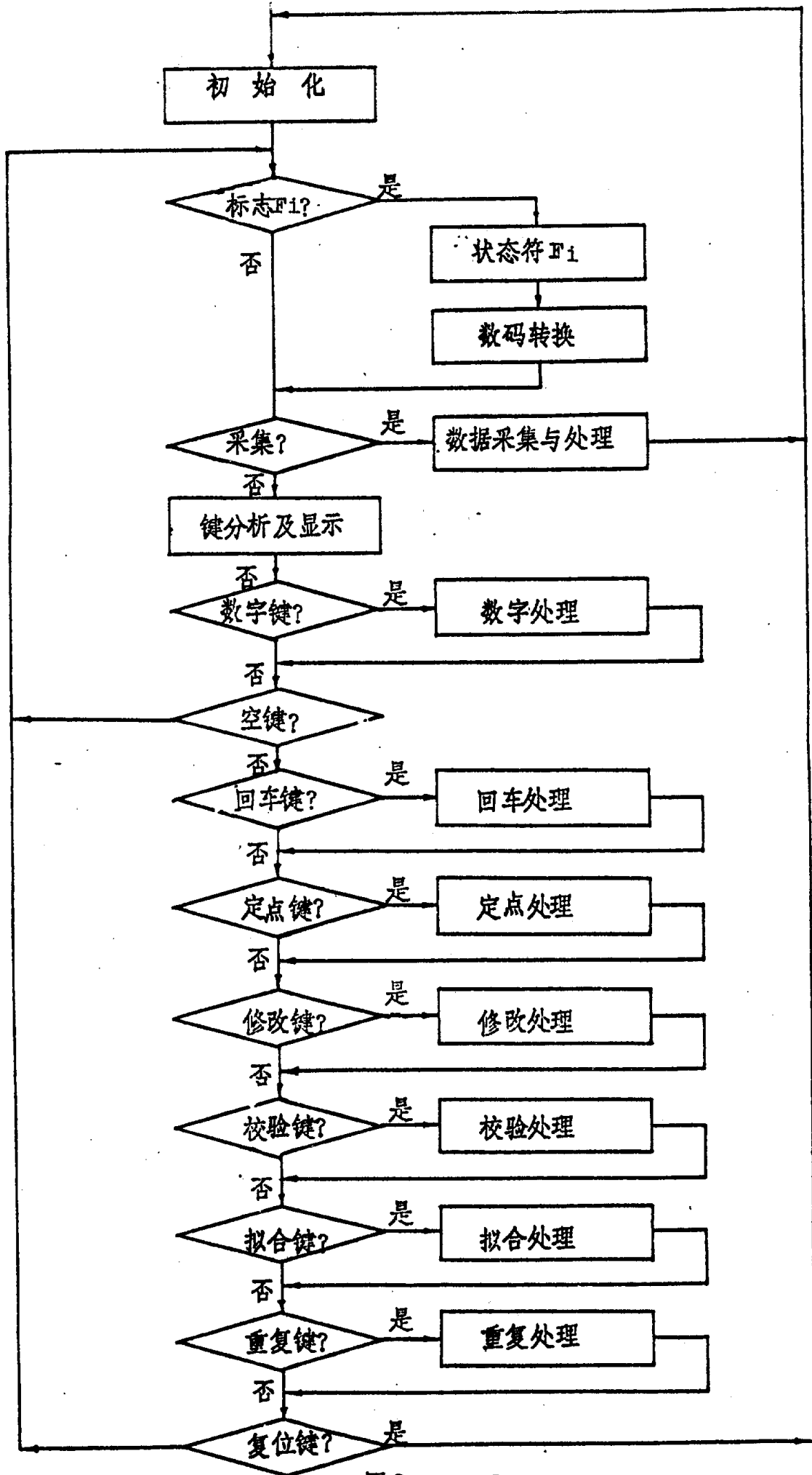


图2

# 粒度分析报告

中国科学院长春物理研究所

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 样品名称                      | Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> : Mn |
| 样品密度 (克/厘米 <sup>3</sup> ) | : 4.1                                 |
| 介质密度 (克/厘米 <sup>3</sup> ) | : 1.13                                |
| 粘度 (厘泊)                   | : 6.05                                |
| 体积 (毫升)                   | : 30                                  |
| 转速 (转/分)                  | : 1000                                |
| 日期 (月·日·年)                | : 3.11.86                             |
| 操作者                       | : XIE YI HUA                          |

## 粒度分布

| 粒度<br>(微米) | 频度分布      |           | 累积分布      |           |           |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|            | 重量<br>(%) | 个数<br>(%) | 长度<br>(%) | 面积<br>(%) | 重量<br>(%) |
| 3.0        | 0.8       | 6.5       | 3.8       | 1.9       | 0.8       |
| 6.0        | 30.9      | 75.4      | 62.2      | 46.9      | 31.7      |
| 9.0        | 41.9      | 96.5      | 92.4      | 85.0      | 73.6      |
| 12.0       | 15.7      | 99.4      | 98.2      | 95.4      | 89.3      |
| 15.0       | 4.9       | 99.8      | 99.3      | 97.8      | 94.1      |
| 18.0       | 3.3       | 99.9      | 99.8      | 99.1      | 97.4      |
| 21.0       | 2.1       | 100.0     | 100.0     | 99.9      | 99.5      |
| 22.0       | 0.5       | 100.0     | 100.0     | 100.0     | 100.0     |

## 平均粒径

|               |               |
|---------------|---------------|
| D(1, 0) = 4.9 | D(2, 0) = 5.3 |
| D(3, 0) = 5.7 | D(2, 1) = 5.7 |
| D(3, 1) = 6.1 | D(3, 2) = 6.6 |
| D(4, 3) = 7.8 |               |

## 重量与表面积

|                 |                                  |
|-----------------|----------------------------------|
| DW50 = 7.2 (微米) | SW = 2214.5 (厘米 <sup>2</sup> /克) |
|-----------------|----------------------------------|

## 对数正态分布

| 几何<br>标准差 | 个数   | 几何<br>长度 | 平均径<br>面积 | 重量   |
|-----------|------|----------|-----------|------|
| σg        | DN50 | DL50     | DS50      | DW50 |
| 1.5       | 4.3  | 5.1      | 6.1       | 7.2  |

图 3

重量频度直方图

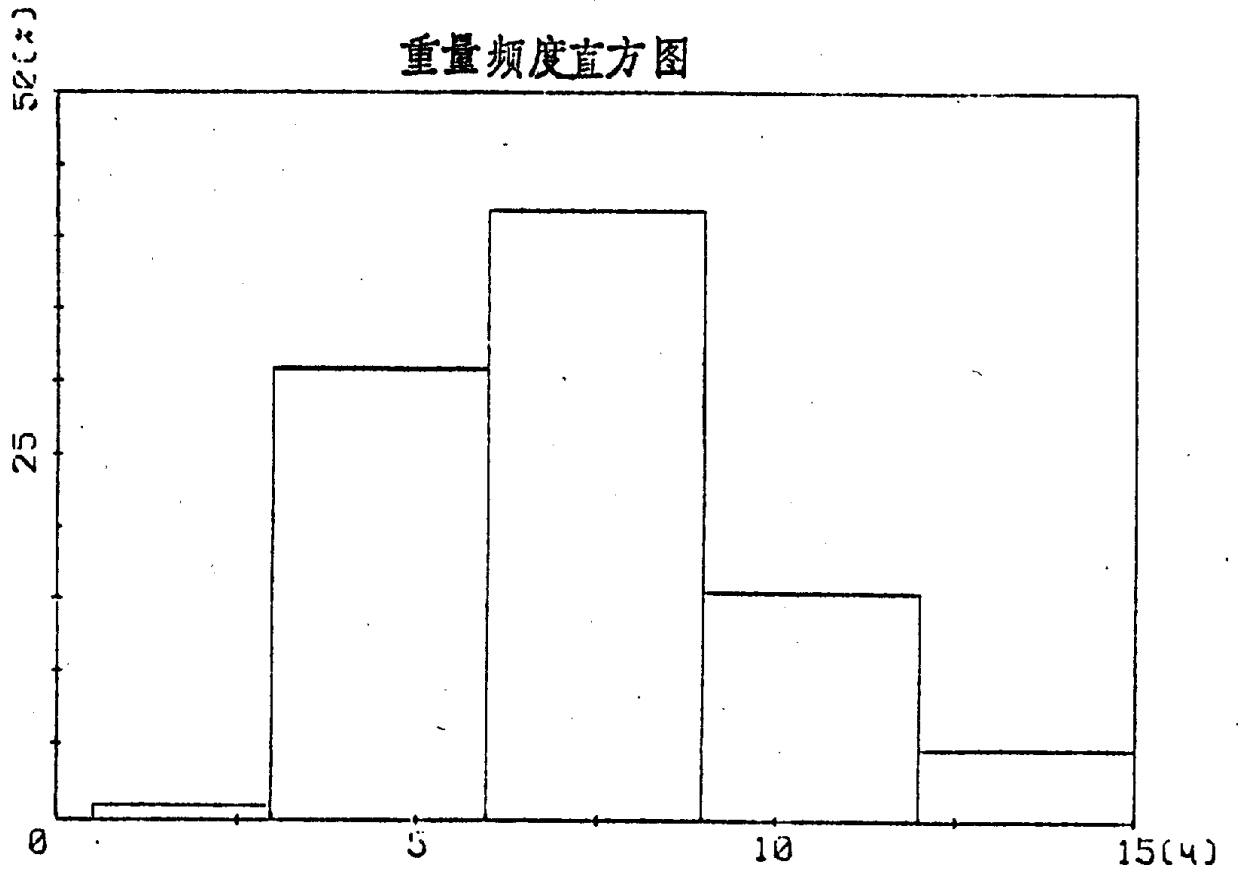


图 4

频度分布

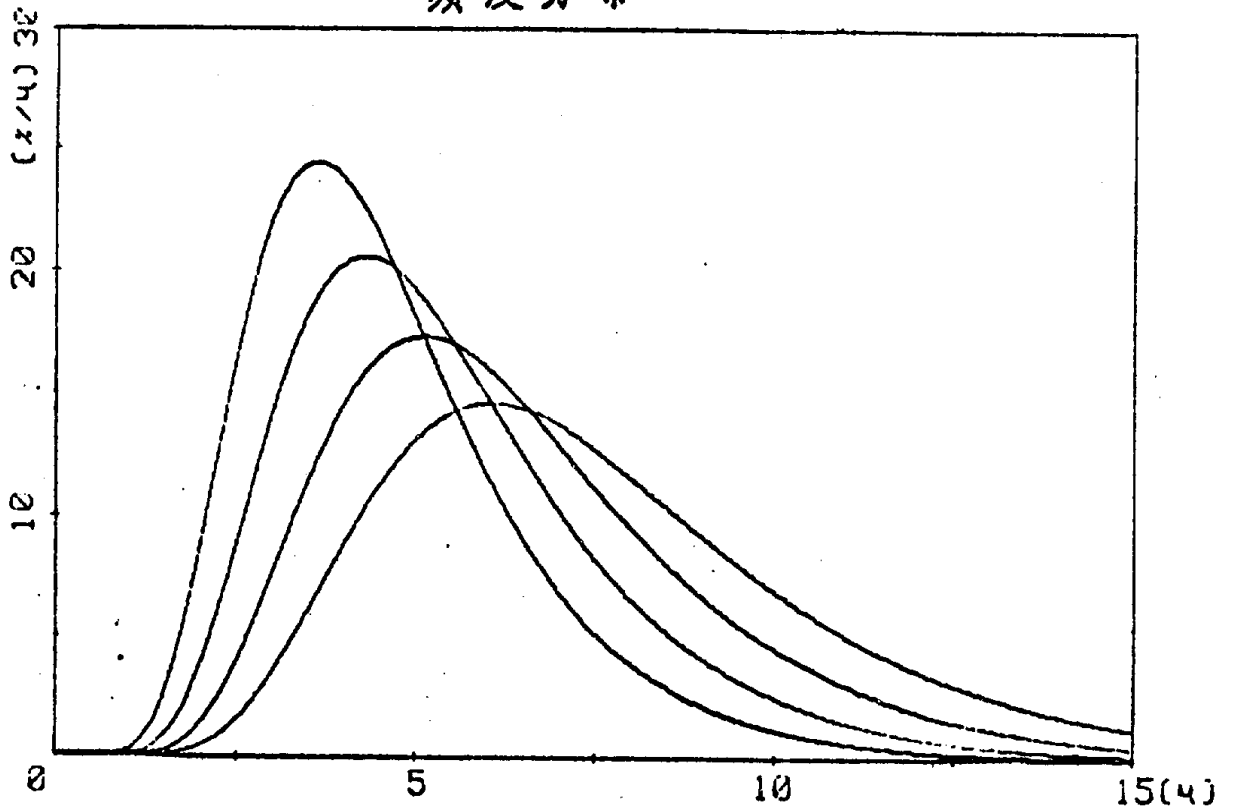


图 5

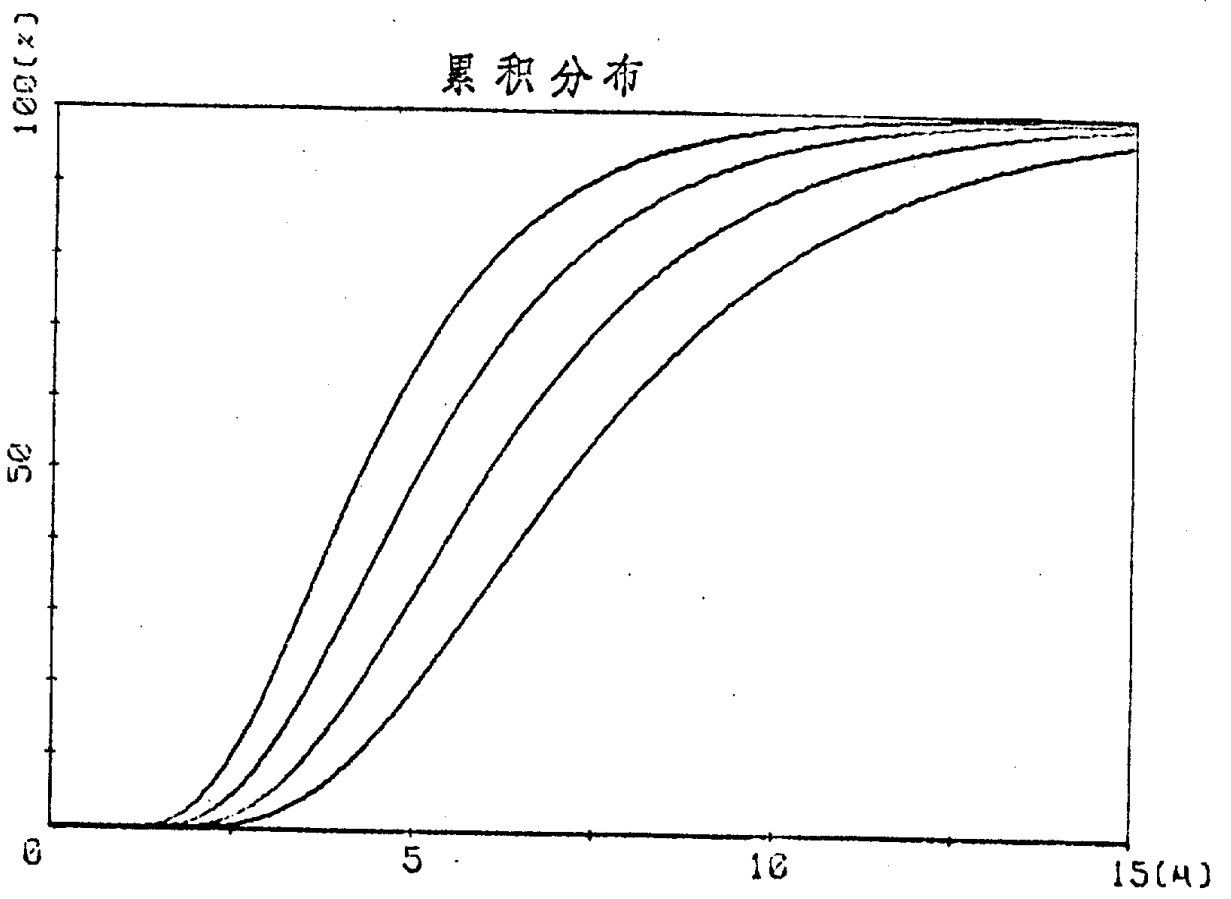


图6