

仪器与设备研制

# 一种粒度分析测试系统及其应用

简森夫 马振华 金春祥

(南京化工学院材料科学与工程系, 南京, 210009)

**摘要** 针对国内目前颗粒测试仪器存在的一些不足, 作者最新研制出了 NSKC-1 型粒度分析测试仪, 该系统采用特殊的光调制检测技术, 配备 PCE500 袖珍微机及相应的智能软件系统, 具有自动化程度高、性能可靠、操作方便、测量精度高等优点, 可替代进口。

**关键词** 粒度分析 测试 应用

**中图分类号** TQ016.52

在硅酸盐工业、矿产、药品、粮食等领域中, 常涉及粉体加工过程。粉体的粒度分布是影响产品质量和加工过程及设备的重要因素, 因此粉体粒度测量是粉体加工过程的基本内容之一。

测量粉体粒度的方法很多, 最常见的有筛分析法、沉降法、Coulter 法和激光散射法等。筛分法只适用粗粒度的测定, 70 微米以下的筛分就十分困难; Coulter 法操作条件苛刻, 且只能应用在适于电解质中悬浮的粉体; 激光散射法则有价格昂贵、调整困难、分辨率低等缺点; 而在工业上和工程上最常见的是沉降法。传统的沉降法是用移液管和沉降天平进行测定的, 这两种方法操作复杂, 人为误差大, 测量精度低, 已不能满足实际需要。80 年代以来, 我国陆续开发了几种光透射式沉降粒度分析仪, 使沉降粒度分析水平大大提高了一步, 但由于技术落后, 分析精度远低于国外进口同类仪器指标。但国外仪器价格昂贵, 要数万至数十万美金, 因而难以应用, 另外在测量较大粒径时还存在一些问题。因此作者对光透射式分析法进行改进, 采用特殊的光调制检测技术, 配备 PCE500 袖珍微机, 开发出相应的软件系统, 研制出 NSKC-1 型光透射粒度分析仪, 综合测量精度达到进口粒度分析仪的实际指标, 使操作更方便, 易于普及, 完全可以代替进口。

## 1 新型粒度分析测试系统的构成

光透沉降法原理主要基于颗粒沉降的斯托克斯公式及散射消光定律。由斯托克斯公式可求出颗粒沉降速度和颗粒直径的关系, 给定沉降高度  $H$ , 由  $t=H/V$  可知时间  $t$  与粒径  $x$  的对应关系。考虑一束平行光在沉降槽  $H$  高度处透过悬浮液, 记录不同时间下光密度  $\ln(I_0/I)$  的变化即可知光密度与粒径的变化关系。根据 Rose-Allen 等人建立的散射消光定律<sup>[1]</sup>:

$$y = KL \int_0^D \frac{Q(x)}{x} cw(x) dx \quad (1)$$

收稿日期: 1994-09-10

其中  $y = \ln(I_0/I)$ ;  $I_0, I$  分别为时间  $0, t$  时刻的光通量;  $K$  为仪器常数;  $L$  为沉降槽厚度;  $c$  为悬浮液浓度;  $w(x)$  为颗粒的密度函数;  $D$  为上限;  $Q(x)$  为  $x$  粒径的消光系数, 如果测量颗粒较小则要考虑消光系数的影响;  $cy(x)dx$  为  $dx$  颗粒粒径范围内微分含量。由(1)式可得差分形式的含量的粒径分布密度函数, 即在  $x_2 \sim x_1$  粒径内的含量:

$$w(x_2 < x < x_1) = \frac{\bar{x}}{KLQ(x)} [y(x_1) - y(x_2)] \quad (2)$$

由此原理研制的新型光透过式粒度仪的结构见图 1, 由光源、信号处理接收系统和数据采集处理系统两部分组成。整个测量过程是通过测量系统来测定沉降过程中光束通过分散介质的透过率, 然后信号经放大通过 A/D 转换传送到数据处理系统, 由用户输入的各种参数及记录下来的光通量与时间的关系便可计算出各种测试结果(频度分布、累积分布、平均径及比表面等)。

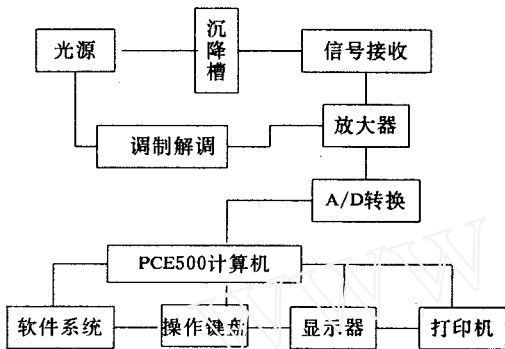


图1 仪器基本结构

Fig.1 Chart of the instrument

现国内和引进的这类仪器的光源、信号处理接收系统中都采用恒定光源, 这类仪器在测量时必须遮光操作, 使得仪器复杂, 操作不便, 精度难以提高, 而我们开发出新颖的双积分式调制电路解决了这个问题。

双积分式光检测原理用图 2 来说明, 在  $T_1$  期间光源不变, 照射到光检测元件的环境光进行负向积分; 在  $T_2$  期间, 光源发光, 对光电元件进行正向积分, 这时环境光强与光源光强同时进行积分; 在  $T_3$  期间使  $T_2$  结束时的积分值保持不变, 做为输出信号供测量系统使用。采用这种系统的好处是消除了环境光的影响, 而且测量精度大大高于普通的光调制方法。使得样品

槽不遮光就可正常操作, 系统稳定性大大提高, 保证了测量的高精度。此外样品槽可不受机箱高度限制, 根据需要选择不同高度的样品槽。

采样处理系统由 NSKC 接口, PCE500 微机及 NSKC-1 软件组成, 具有下述特点:

- 1 采用的接口具有 12 bit A/D 功能, 分辨率高, 性能稳定, 保证采样精度优于 0.1%。
- 2 采用 PCE500 微机和热敏微型打印机, 耗电省(小于 1W)便于交直流两用, 而且功能强, 并有较大的液晶显示屏, 提供丰富的测量信息和操作提示, 使观察和操作更加简便。
- 3 软件的数据滤波、平滑性能好, 抗干扰能力强, 测量可靠。
- 4 对测量结果做了消光系数校正, 小

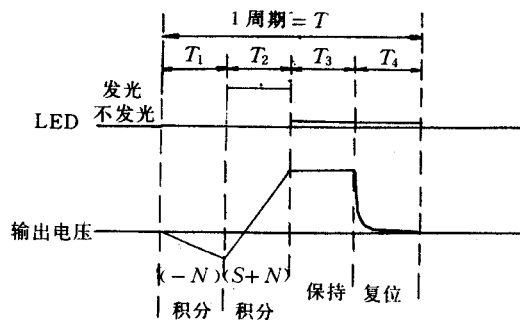


图2 双积分式光检测原理

Fig.2 Principle of double intergrating photometer

粒度测试精度提高。

5 在综合分析国内外各种粒度测试系统操作之上开发出的软件,具有使用方便、实用的特点,一般可在十分钟内学会操作。

## 2 软件简介

NSKC-1 软件由设置、测量、计算和列表四个模块组成(见图 3)。全部采用菜单选择方式工作,使用者在屏幕提示下工作,非常方便灵活。

设定模块用来设定样品名称、密度、介质粘度、密度和沉降高度,以及要测量的最小粒径等参数。然后由计算机计算出测量总时间、可测量的最大粒径等,若觉得不合适则可重新设置,此外还可设置或实测样品槽的空白值。

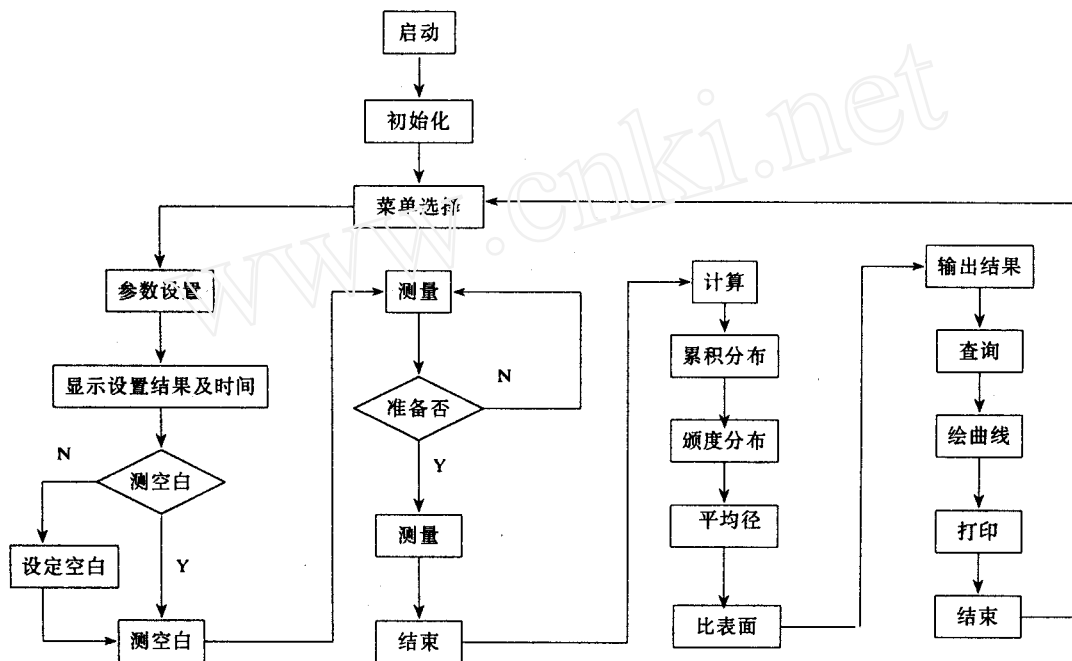


图 3 NSKC-1 软件框图

Fig. 3 NSKC-1 software chart

测量模块用来完成测定功能。设置完成后方可进入,进入后不断显示当前测量值,由此可观察样品槽中悬浮液的浓度及其均匀情况,操作者可及时调整,一切准备好之后,则可按键进入正式测量,到了设定时间后自动停止,发声提醒操作者按键退回主菜单。在测量中若认为有问题可随时按 E 键退出测量,重新调整悬浮液或重新设置处理等。

计算模块用来将测得数据按要求进行滤波、平滑和计算样品的粒度重量频度分布、累积分布、平均径及比表面,并进行消光系数补偿工作等,计算结束后转到列表菜单,操作者可按要求进行列表、打印或曲线。

列表模块,从主菜单进入列表菜单,按操作者意愿获取测试结果。

### 3 应用实例及测量精度

对新研制成功的 NSKC-1 粒度测试系统进行了实测。

测试采用某水泥厂生产的水泥,比重 3.0,筛余  $R_{4900}$  为 1.0%。由于水泥颗粒的特殊性,选用煤油为分散介质。通常水泥粒度分布范围较宽,采用较大规格的样品槽可测量至较宽粒度范围,沉降高度确定为 10 cm。将粉样放入装有煤油的烧杯内,经机械搅拌后,用移液管移入少量样品至沉降槽再稀释至一定浓度,然后用拉杆搅拌器上下搅拌,启动测试键后自动进行测试。在光密度范围 150~500 条件下<sup>[2]</sup>进行了 30 次重复测定实验,为统计测量的误差还采用了颗粒领域通常使用 80% 频率的最大偏差指标,可由试验得到的误差频度分布曲线得到。测量结果的最终统计见附表,由附表结果可知测试精度是比较理想的,各粒级平均偏差在 2.6% 以内,80% 频率的最大偏差在 4% 以内达到同类进口光透仪的水平。

仪器的另一项指标是测试的准确性,本仪器经颗粒学会测试专业委员会用 GBW120009 标准样品检测,测量值与标称值完全吻合,3 次测量的与标样值的偏差在 3% 以内,表明测定结果是准确的。仪器的另一项指标是粒度测试的分辨率,本仪器经颗粒学会测试专业委员会用中国标物中心提供的双峰标样 9304 检测,峰值完全吻合。

附表 ② 复性试验统计表

Table Statistic table of repetitive test

粒级/ $\mu\text{m}$ :	7	10	20	30	40	50	60
测量均值%	34.95	45.79	78.08	88.29	92.10	94.45	96.38
平均偏差	2.63	2.32	2.17	1.99	1.97	2.11	2.10
80% 频率的最大偏差	4.0	3.6	4.0	3.7	2.9	3.5	3.5

### 4 结 语

针对国内目前颗粒测试仪器存在的一些不足,作者最新研制出了 NSKC-1 型粒度分析测试仪,该系统采用特殊的光调检测技术,配备 PCE500 袖珍微机,及相应智能软件系统,具有自动化程度高、性能可靠、操作方便、测量精度高、测量迅速等优点,可替代进口。

### 参 考 文 献

- 1 艾伦 T 著. 颗粒大小测定: 第 3 版. 喇华璞等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1984
- 2 马振华, 简森夫, 金春祥. 光透法测定水泥细度的研究. 硅酸盐通报. 1994, 13(2): 55~61

## NEW SYSTEM FOR SIZE ANALYSIS AND ITS APPLICATION

*Jian Miaofu Ma Zhenhua Jin Chunxiang*

(Department of Materials Science and Engineering, Nanjing Institute of Chemical Technology,  
Nanjing, China, 210009)

**Abstract:** To counter the insufficiency in the current size measuring instrument, a new type of NSKC-1 size analyzer has been developed. By use of the special light modulation technique, PCE500 pocket computer, as well as the intelligent software, this system has the advantages of high automation, reliable performance, easy operation and high accuracy, and can also be used as a substitute for imported products.

**Key words:** size analysis, measurement, application

www.cnki.net