

新疆金云母矿浆光学散射特性研究

张翼¹, 朱瀛波²

(1. 武汉工程大学环城学院, 湖北 武汉 430030; 2. 武汉理工大学资环学院, 湖北 武汉 430030)

摘要:为解决金云母矿浆浓度检测的问题,采用650nm波长激光为光源,根据新疆金云母矿浆在不同浓度时所表现出来的光学散射特性来确定其浓度值。根据试验数据可以将其散射光随浓度变化的特性分为基于单次散射的线性区和基于多次散射的非线性区,并对不同光源功率条件下新疆金云母的光学散射特性进行了试验,得出各自的特性曲线。

关键词:金云母; 散射; 激光; 浓度检测

中图分类号:TD985 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2012)06-0046-03

云母是一种薄片状的非金属矿物,是一类含水铝硅酸盐的总称,含有不同金属离子,主要是不同碱金属离子或碱土金属离子^[1],在云母纸生产过程中上浆浓度直接影响其产品质量,因此,为了解决云母矿浆的浓度检测,本研究将650nm波长激光应用于以新疆金云母为原料的矿浆浓度的检测,取得良好的效果。根据试验结果,可以将新疆金云母矿浆随浓度变化的光学散射特性曲线分为基于单次散射的线性区和基于多次散射的非线性区,并得出不同光源功率条件下新疆金云母散射光特性变化趋势相同但对应不同浓度范围的特性曲线。

1 检测原理

利用新疆金云母矿浆对650nm波长激光的吸收与散射特性来确定其浓度,其矿浆中的云母颗粒一般粒径在74~420μm之间,远大于云母矿浆浓度仪光源波长,可用弗朗禾夫衍射散射公式来对其散射光特性进行近似。浓度测试仪系统结构见图1。

2 试验结果

在不同光源功率条件下对新疆含云母矿浆光学散射特性进行了试验。所用光源功率对应的光电信号电压值为: $I_1 = \bar{V} = 1.6055V$, $I_2 = \bar{V} = 1.6983V$, $I_3 = \bar{V} = 1.8107V$,不同光源功率条件下,对浓度为0~2.

5%的矿浆散射光强值进行采集,散射特性曲线见图2。

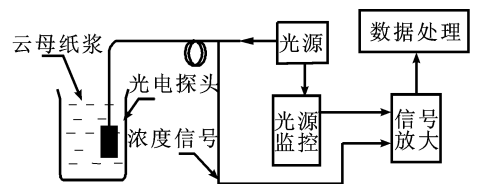


图1 浓度测试仪系统结构

Fig. 1 System structure of concentration testing instrument

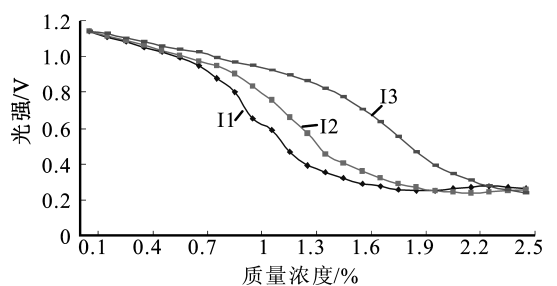


图2 不同光源功率条件下散射特性曲线

Fig. 2 Scattering characteristic curves under the condition of different light power

从图2可以看出,在不同光源功率条件下,新疆金云母矿浆散射光强随浓度的变化趋势是:首先呈线性变化,然后进入非线性区域,最后由于多次散射

的影响,其散射光强度已不能正确反映实时浓度值。非线性区宽度的增加有利于提高浓度检测的范围。

在云母纸上浆过程中,云母矿浆浓度约为0.3%,有必要对散射光特性曲线的线性区内的测试精度进行讨论。根据上述要求,对新疆金云母矿浆溶液从浓度为0~0.6%的范围内进行散射光强度检测,浓度变化最小单位为0.01%,测试结果见图3。

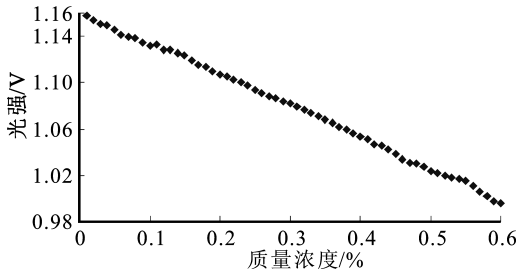


图3 不同浓度条件下散射特性曲线

Fig.3 Scattering characteristic curves under the condition of different concentration

从图3中可以看出,新疆金云母矿浆浓度每变化0.01%时其散射光变化比较明显,因此在浓度为0~0.6%范围内时,对新疆金云母矿浆通过其散射光浓度检测的精度可达0.01%。完全满足现场云母矿浆浓度检测的需要。

3 分 析

新疆金云母矿浆散射特性之所以分为线性区与非线性区是因为在不同浓度时其颗粒对光的散射方式不一样,在浓度较低时表现为单次散射,而在浓度较高时表现为多次散射。

当矿浆浓度较低时,由于对每个颗粒而言都满足弗朗禾夫衍射散射定理^[2-6],此时主要表现为前向散射,其散射光强度为:

$$I(\theta) = \frac{a^2}{\lambda^2 r^2} \left[\frac{2J_1(\alpha \sin \theta)}{\alpha \sin \theta} \right]^2 I_0$$

由于随着散射角度的增加,散射光强度急剧降低,可以将每个颗粒的散射光分为两部分,即大于 θ 角度的散射光和小于 θ 角度的散射光,且 $\theta \approx 0$,则对单个颗粒而言,散射角大于1的散射光总光强为:

$$I_z(\theta) = \sum_{\theta} \frac{a^2}{\lambda^2 r^2} \left[\frac{2J_1(\alpha \sin \theta)}{\alpha \sin \theta} \right]^2 I_0$$

可以认为这部分散射光很难被光电探测器所接收。假设光源出光准直强度为1,则进入探测器的

光强为:

$$I - \sum_{\theta} \frac{a^2}{\lambda^2 r^2} \left[\frac{2J_1(\alpha \sin \theta)}{\alpha \sin \theta} \right]^2 = I - I_z(\theta)$$

当云母矿浆浓度较低时,可以认为散射是非相干的^[6],各微粒的散射可以相加,因此,当微粒数浓度为N时,光电探测器接收所有颗粒散射光强度值为 $I - NI_z(\theta)$ 。

在低浓度单次散射情况下,与光源同轴方向上光电探测器接收光强度与浓度成反比。而在多次散射时,其散射光强度曲线则由Twersky多次散射理论近似方程所显示的变化曲线给出^[7],见图4。

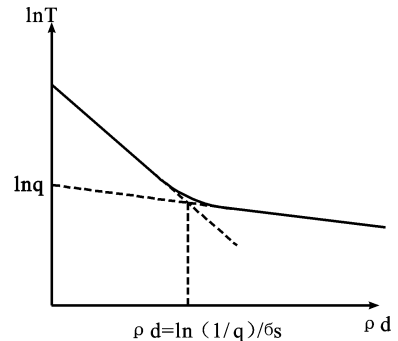


图4 散射总强度对数

Fig 4 Logarithm diagram of scattering intensity

4 结 论

通过试验可知新疆金云母矿浆对650nm波长的激光散射特性明显,可以用来对其浓度值进行检测。在对数据进行处理时要舍弃不能反映浓度真实情况的无效区域的数据,并且将检测有效区数据分为线性区和非线性区。增加光源功率可以提高测试精度和检测范围。

参考文献:

- [1] 云母综合利用编写组. 云母综合利用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982: 1-2.
- [2] 陈埭涛. 基于激光散射的焊接烟雾粒径测量的研究[D]. 天津: 天津大学, 2005年: 18-20.
- [3] 胡澄. 基于MIE散射理论的粉尘浓度测量研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2007年: 25-28.
- [4] 杨健. 散射光式水下在线浊度仪的研究与设计[D]. 上海: 上海交通大学, 2007年: 15-16.
- [5] 李亦军. 基于Mie散射的微粒浓度和粒度测试的理论与试验研究[D]. 太原: 中北大学, 2005年: 43-45.