

激光在浊度测量中的应用

高经伍 赵凤华 陈向伟

(东北电力学院飞特公司化学仪表研究所基础部, 吉林, 132012)

摘要: 讨论了悬浮颗粒的光学散射特性, 以及利用激光的高亮度、高准直性和很好的单色性对浊度进行测量的可行性。并且介绍了在国内电力行业很有影响, 具有国内领先技术水平的 JZ-1 型激光测浊仪。

关键词: 浊度 散射光 透射光 测浊仪

Laser application in turbidimetric measurement

Gao Jingwu, Zhao Fenghua, Chen Xiangwei

(Instrument Research Sector, Department of Basic Science Courses, JiLin, 132012)

Abstract: When laser beam goes through the solution with great amount of suspended particles, the light will be scattered. Collecting and detecting the scattered light intensity, the turbidity of the solution can be determined. Based on the principle, the mode JZ-1 turbidimeter has been developed. This turbidimeter consists of a He-Ne laser source, spectroscopy, water tube photoelectric cell and a reference light battery.

Key words: turbidity scatter light transmission light turbidimetric apparatus

引 言

所谓浊度, 是指因试样中微粒物质的存在而导致的试样透明度的降低^[1], 是试样的一种光学特性, 但不包括试样中某些分子, 原子等的选择性吸收。

一些国家从浊度概念出发, 制定了国家标准浊度测定法^[1] 以实现标准化测量。例如: 美国规定了杰克逊烛光浊度法, 散射光浊度法, 绝对浊度法三种。日本则将测浊分为视觉浊度, 透射光浊度, 散射光浊度, “积分球浊度” 几种。视觉浊度法实际上是以人眼为检测器的透射光浊度法。散射光法也是将接收装置置于光束方向的 90° (或 270° 处), 为避免有机物的吸收对测浊的干扰, 规定选用的光波长为 600~ 660nm。

1 测浊的方法

浊度的测量大体上可分为以下几类: 从采用的光源上可分为单色光(如分

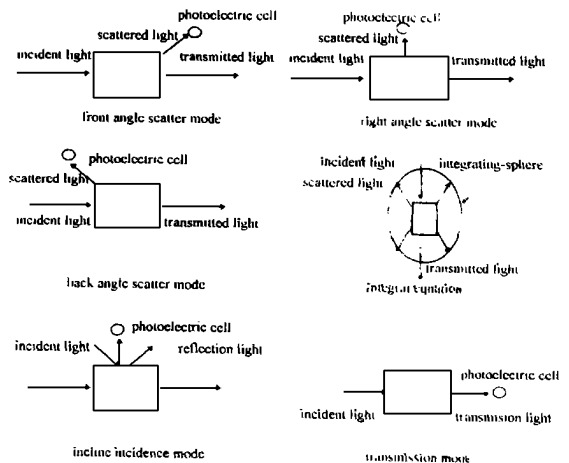


Fig. 1 Several scattered light detecting modes

光光度计, 比色计, 特种单色光源, 激光) 和复色光(如白炽灯, 标准蜡烛, 特种灯等) 两大类; 从光的接收方式上可分为透射式和散射式; 在散射式中又从被接收的散射光方向与入射光方向的夹角分为 90° (或 270°) 散射, 前角(小于 90°) 散射和后角散射式三种; 入射光方向与试样表面的夹角又分为垂直入射和倾斜入射两种(参见图 1)。

当微粒直径远小于入射光波长时, 散射光强可用瑞利公式^[2]

$$I = (24\pi^3 / \lambda^4) r V^2 [(n_1^2 - n_2^2) / (n_1^2 + 2n_2^2)] I_0 \quad (1)$$

式中, λ 为入射光波长, r 为单位体积试样中的粒子数, V 为单位粒子的体积, n_1 为微粒的折射率, n_2 为介质的折射率, I 为散射光强, I_0 为入射光强, 即在 $d \ll \lambda$ 时, $I \propto 1/\lambda^4$, 当 $d < \lambda$ 时, $I \propto 1/\lambda^{2.6} \sim 1/\lambda^{3.6}$, 当 $d \cong \lambda$ 时, $I \propto 1/\lambda$ 。这就说明, 不同波长的入射光对于同一种试样产生的光效应不同, 且波长越短散射光越强。

2 JZ-IV 型激光测浊仪

2.1 概述

该仪器为实验室型柱积分式散射光测浊仪, 它以 He-Ne 激光为光源, 以蠕动泵为输液动力, 用微型管道构成分析流程, 微机采用准 16 位 8098 单片计算机, 电路部分采用抗干扰性很强的压频 (V/F) 转换技术提高了分辨率, 又因为 He-Ne 激光的单色性好, 波长适中(632.8nm), 准直性好, 减少了水中有机的干扰, 实现了机-电-仪一体化。

从(1)式可知, 当 I_0 , λ (He-Ne 激光的 $\lambda = 632.8\text{nm}$), r , n_1 及 n_2 不变时, 散射光强度只与粒子的质量浓度成正比。分散粒子浓度 r 与分散粒子的质量浓度 C 有如下关系:

$$r = C / (Vd) \quad (2)$$

式中, d 为分散粒子的密度。(1)式可简化成为 $I \propto C$ (3)

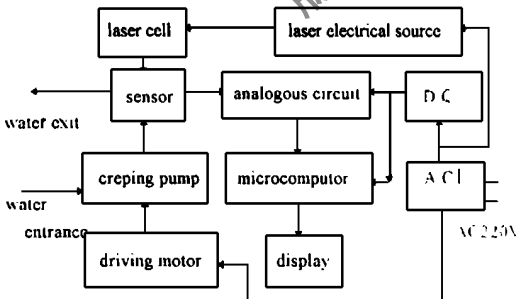


Fig. 3 The instrument composition block diagram

当 $KL \ll 1$ 时:

$$I = I_0 LK \quad (7)$$

2.2 仪器的组成

图 2 为仪器检测器原理的组成, 图 3 为仪器及组成框图。JZ-IV 型激光测浊仪由检测系统、微机系统、放大电路、压频转换 (V/F) 电路和输出电路等部分组成。

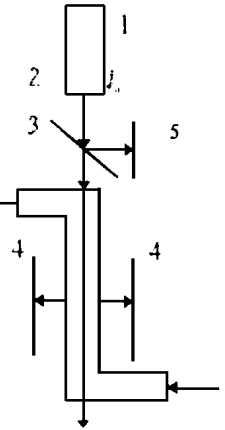


Fig. 2 Instrument sensor principle map

- 1—He-Ne laser cell
- 2—spectroscop
- 3—water tube
- 4—photoelectric cell
- 5—red light battery

(1) 式简化时, I_0 作常量的条件是指一薄层样品, 这时可认为没有衰减。当光透过长度为 L 的样品时, 情况就不同了, 这时散射总光强(若无吸收)用(2)式表示:

$$I = I_0 - I_T \quad (4)$$

式中, I_T 为透射光强, $I = T_0 e^{-KL}$ (5)

式中, K 为散射系数, 表示光透过水样时在单位光程中衰减系数, 将(5)式代入(4)式得到:

$$I = I_0 (1 - e^{-KL}) \quad (6)$$

2.3 检测系统

检测系统由激光管、分光镜、比浊管、参比光电池、光电管组、同步电机等部件组成。测量时,被测水样经仪器底部进入比浊管,在比浊管中被测水样被激光照射之后产生散射光,然后排出仪器。

2.4 微机系统

仪器采用单片准 16 位单片机 MCS-96 系列的 8098 作中央处理器,采用 E² PROM 2816 作掉电保护,程序在 EPROM 27C64 中,采样及数据处理时存放数据使用 RAM 6264。该仪器的微机采用最简化设计,仪器用高速输入端 HSI. 1 和 10 位 AD 输入端 ACH₄ 输入检测信号, HSI. 1 的是模拟电路

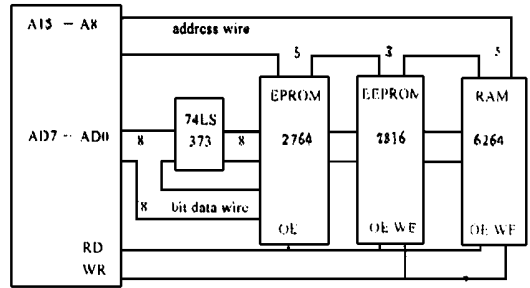


Fig. 4 Microcomputer system block diagram

中压频转换电路输出频率信号。使用(V/F)压频转换电路可以提高仪器的灵敏度和分辨率。

3 测试数据

Table 1 0~ 2 FTU turbidity standard sample test data

sample	measure data (FTU)								average value	r = 99999
0.5F	0.49	0.50	0.50	0.52	0.49	0.50	0.51	0.52	0.50	
1.0F	1.01	0.99	1.01	1.02	1.03	1.03	1.00	1.01	1.00	
1.5F	1.51	1.51	1.50	1.50	1.49	1.48	1.49	1.52	1.50	
2.0F	2.02	2.01	1.99	1.98	2.02	2.02	2.01	2.00	2.01	

Table 2 0~ 10 FTU turbidity standard sample test data

sample	measure data (FTU)								average value	r = 99999
2.0F	2.01	2.02	2.01	2.01	2.02	2.02	1.99	2.01	2.01	
4.0F	3.99	4.02	4.01	4.01	4.01	3.98	3.89	4.00	4.00	
6.0F	6.01	6.02	6.01	5.99	6.01	6.02	5.98	5.99	6.00	
8.0F	8.01	8.02	7.99	8.02	7.98	8.00	8.02	7.98	8.00	
10.0F	9.97	9.98	10.0	10.0	9.9	10.0	10.0	10.0	10.0	

注:表中 r 为相关系数。

4 结 论

从以上数据可以看出, JZ-IV 型激光测浊仪具有响应迅速、灵敏度高、重视性好、操作简便等优点。另外,该仪器还有掉电保护功能,不会因停电、关机丢失有用的数据。

参 考 文 献

- 1 北京电力实验研究所. 北京电力技术, 1979; (2~ 3): 97~ 99
- 2 天津大学. 物理化学. 北京: 人民教育出版社, 1979: 484

作者简介: 高经伍, 男, 1955 年 12 月出生。高级工程师。主要从事激光在电化工及化学仪表中应用的研究工作。