

红外油份分析仪的研究

林晓珑 张铁强

(吉林工业大学应用物理系, 长春 130022)

摘要 介绍了一种红外油份含量分析仪器的原理与结构。该仪器以比尔定律为基本原理, 利用红外分析技术检测水中油份的含量, 以确定其污染情况, 应用于环境的监测, 具有良好的前景。

关键词: 含油量; 红外分析; 环境监测

1 引言

随着现代工业的发展, 水质的污染现象日益严重, 其中油对水质的污染占据了相当比例。控制和防止水质污染关系到社会的发展和影响人类生存的环境。因此, 水质油份含量分析仪器的研制, 有利于提高油污染的监控。

2 原理

检测油份含量的基本原理是红外分光光度法。油类中含有甲基、亚甲基等基团, 对 $3.5 \mu\text{m}$ 红外辐射有明显的吸收, 如图 1 所示。但是, 水自身对红外辐射也有较强的吸收, 所以, 直接检测溶于水中的油份, 水分子的吸收将产生强烈的干扰。为消除这一矛盾, 可以采用萃取的方法。即以四氯化碳(CCl_4)为萃取剂, 它将水体中油份萃取出来, 而 CCl_4 在 $3.5 \mu\text{m}$ 红外辐射附近基本不吸收, 透过率稳定在 80% 左右, 如图所示。

根据比尔吸收定律^[1], 通过厚度为 L 的介质的光强 I 是

$$I = I_0 \exp[-\alpha c l] \quad (1)$$

I_0 是入射到介质上的光强, 其中吸收系数 α 同浓度 C 有关。

$$\alpha = AC$$

式中 A 是比例系数。

若先后通过同样厚度的纯净 CCl_4 和含油 CCl_4 后的本

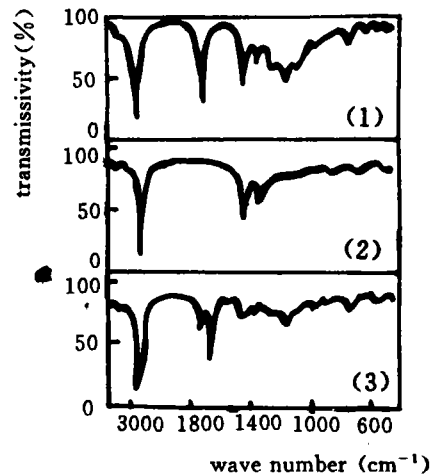


图 1 油类的红外吸收光谱

Fig. 1 Oil infra-red absorption spectrum

(1) animal and plant oil

(2) mineral oil (3) fat oil

底光强和信号光强分别是 I_1 和 I_2 , 则有

$$ACI = B \ln I_1 / I_2 \quad (2)$$

B 是比例常数, 定义 $T = I_2 / I_1$ 为透过率, 则

$$C = \frac{A_1}{l} \ln \frac{1}{T} \quad (3)$$

A_1 是比例常数。

对于光电导探测器, 当其中照度为 E 时, 产生的电流是

$$i = \mu u E^b$$

从而得到电导值 G 是

$$G = \frac{i}{u} = \mu E^b$$

式中 u 是探测器上的电压, b, μ 是照度指数和比例系数, 由此得到

$$C = \frac{1}{IC_0} \ln \frac{1}{T}$$

其中 $T = G_2 / G_1$, C_0 是与 μ, b 有关的常数。 G_1 和 G_2 是本底光强和信号光强在探测器上的电导值。

由于 CCl_4 对 $3.5 \mu m$ 的红外辐射几乎不吸收, 而油中甲基和亚甲基等基团对该波长的辐射有强烈的吸收, 并与含油量有关, 所以电导值 G_1 基本不变, 而 G_2 有明显变化, 导致 G_2 / G_1 随含油量不同发生明显变化。通过定标, 确定 C_0 , 可以实现含油量的定量分析。

3 仪器结构

仪器的结构如图 3 所示。主要由光学系统、光电转换系统和单片机系统组成。

3.1 光学系统

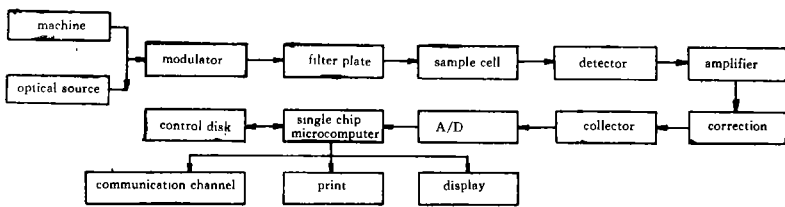


图 3 仪器结构框图

Fig. 3 Instrument structure

光学系统由溴钨灯, 调制器、红外滤光片、样品池等组成。由溴钨灯发出光辐射, 经调制后成为频率约 480 Hz 的调制光, 再通过红外滤光片, 变成中心波长为 $3.5 \mu m$, 带宽为 $0.25 \mu m$ 的红外辐射, 让此光先通过装有 CCl_4 的样品池, 获得本底光强 I_1 , 然后更换样品池, 让该光通过装着含有油类物质的样品, 获得样品的信号光强 I_2 。

3.2 光电转换系统

本系统以硒化铅 (PbSe) 为探测器件, 将本底或信号光强转换成电信号, 再通过前置放大、信号处理、采样保持和 A/D 转换, 将信号送入到单片机系统中。在这里, 因为 PbSe 的响应时

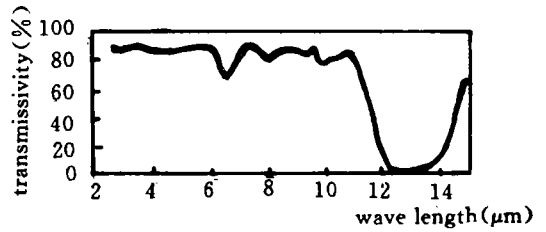


图 2 四氯化碳的红外吸收光谱

Fig. 2 CCl_4 infra-red absorption spectrum

间是 $2 \mu\text{s}$, 而所选择的 A/D 转换器件 (AD574) 一次转换时间是 $25 \mu\text{s}$, 所以在 A/D 转换前设计了以采样保持器 LF398 为中心的采样保持电路, 以消除 A/D 转换的孔径误差。

3.3 单片机处理系统

单片机处理系统以单片机 8031 为核心, ROM 采用 2764 芯片, 同时采用 6264 作为扩展的片外 ROM。此外, 设置了 3×6 位的键盘, 6 位数码显示器, 附设 TPMP-40A 微机打印机和留有同 PC 机串行通讯的标准 RS-232C 接口。单片机系统主要是将信号量进行数据处理, 完成定标和浓度计算, 此外, 还担负控制测量过程。显示或打印等功能。

单片机处理系统的软件设计主要包括键盘扫描子程序、采样子程序、数据处理子程序、定标子程序、打印和显示子程序、与 PC 机通讯子程序等。程序框图如图 4 所示。

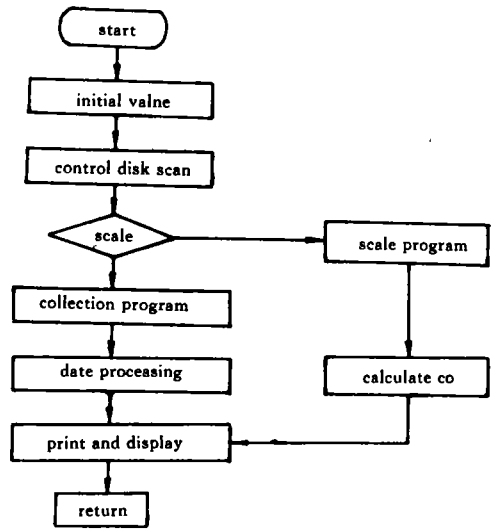


图 4 程序框图

Fig. 4 Program frame

4 测试结果与分析

首先要进行定标, 确定出待定系数 C_0 。利用 2×10^{-6} 的标准样品, 通过测量本底信号和样品信号的比值, 有

$$C_0 = \frac{0.4343}{lC} \ln \frac{1}{T}$$

式中 l 是样品池有效长度, 以 cm 为单位, C 是标准样品浓度, 以 10^{-6} 为单位, 则 C_0 的单位是 $\text{dm}^3 \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。将 $l=10 \text{ cm}$, $C=2 \times 10^{-6}$ 代入, 10 次统计平均得到该仪器的常数 $C_0=0.01996 \text{ dm}^3 \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 标准偏差为 $0.00004 \text{ dm}^3 \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

利用标定后的仪器, 对其余标准样品进行检测, 得到图 5 所示的测试曲线。将测试曲线同标准值曲线比较, 从中看到测量值与标准值基本一致, 说明仪器具有较高的精度。

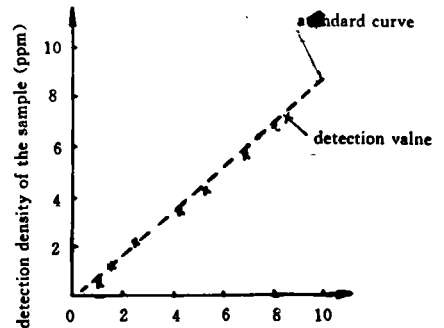


图 5 样品测试曲线

Fig. 5 Detection curve of the sample

参考文献

Research on infrared analyzer used for oil content

Lin Xiaolong, Zhang Tieqiang

(*Department of Applied Physics, JiLin*

University of Technology, Changchun 130025)

Abstract

The paper presents a new infra-red analyzer used for oil content. It is based on principle of Beer law. By using infra-red analysis technique, the oil content in water can be measured. The device use into environmental monitoring in time and has a bright future.

Key words: Oil content, Infra-red analysis, Environmental monitoring

林晓珑 女, 1960年生, 毕业于天津大学光学仪器专业, 多年来一直从事光电检测, 激光技术等研究工作, 曾获省科学技术进步三等奖, 在国内一、二级杂志上刊登学术论文二十余篇。