

# 新型水中油在线检测系统的设计

A new instrument for testing oil in water online

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院)郑 轲<sup>1,2</sup> 汪永安<sup>1</sup>

ZHENG KE WANG YONGAN

摘要:介绍了荧光分析法的原理并基于此原理设计了水中微量油在线检测仪。本文重点介绍了此仪器的控制系统的设计,通过采用信号放大器、滤波器及AD转换器实现了微弱信号的高精度放大。结合单片机和特定的程序流程,使仪器在水中微量油在线检测和自动控制方面得到了很好的应用。

关键词:荧光法;水中油;单片机

中图分类号:TP216 文献标识码:B

Abstract:A new instrument for testing oil in water online by fluorimetry is introduced. the weak signal has been amplified by using operational amplifier ICL7650, second-order reverse-phase low pass filter, analog-digital converter AD574. As a center part, MCU control the instrument to achieve testing online, auto-control and communication.

Key word:fluorimetry, oil-in-water, MCU

## 前言

随着矿物燃料的大量开采和广泛应用,矿物油对水体和环境的污染已成为一个全球关注的、越来越严重的问题,矿物油污染(特别是水体受污染状况)检测问题已引起各国环保部门的高度重视,各种检测油的仪器和方法也因此相继问世。其中浊度法、超声法、光散射法、重量法、紫外吸收法、非色散红外吸收法、红外分光光度法、色谱法、荧光光度法等分析方法先后在油分污染物的检测领域得到应用。

目前国内对水体中油份污染进行检测的仪器大部分基于红外分光光度原理。但是在对水质要求较高的场合,这种仪器就很难满足要求了,这就要求研究一种能达到更高精度的仪器。荧光分析法具有灵敏度高、选择性高、方法快捷、重现性好、取样容易、试样需要量少等优点,在微量油测量方面具有不可替代的优势。本文就从系统总体结构入手,着重介绍自动控制系统以及系统的软件实现流程。

## 1 荧光分析法

利用某些物质被紫外光照射后所产生的、能够反映出该物质特性的荧光,以进行该物质的定性分析和定量分析的方法称为荧光分析法。任何发射荧光的分子都具有两个特征光谱:激发光谱和发射光谱,它们是用荧光分析法进行定量和定性分析的基本参数和依据。荧光激发光谱(简称激发光谱)就是通过测量荧光体的发光通量随波长变化而获得的光谱荧光发射光谱。产生荧光的第一个必要条件是物质的分子必须具有与所照射的光线相同的频率,这与分子的结构密切相关;第二个必要条件是吸收了与本身特种频率相同的能量之后的分子,必须具有高的荧光效率。

荧光分析法具有如下特点:

(1)灵敏度高,常达亿分之一,甚至千亿分之一;

(2)选择性高,主要是针对有机化合物而言,只要控制荧光分光光度计中激发光和荧光单色计的波长,便可得到选择性良好的方法;

(3)荧光分析法还有方法快捷、重现性好、取样容易、试样需要量少等优点。

对于很稀的溶液,荧光强度与溶液中荧光物质的浓度的关系为

$$F=2.303I_0bc \quad (bc \leq 0.05) \quad (1)$$

式中, $I_0$ 为入射光强度; $b$ 为摩尔吸光系数; $c$ 为溶液中荧光物质的浓度; $b$ 为液池厚度。荧光强度和溶液的浓度成线性关系。

## 2 仪器整体结构

根据荧光分析法的原理,我们设计了水中油检测仪。图1是水中油检测仪的系统框图。整个系统由溢流式采样器、弱信号放大器、微计算机系统、计算机接口、报警输出驱动等几部分组成。溢流式采样器通过紫外光源激发水中的油分子产生荧光,然后由光电探测器进行光电转换。弱信号放大器负责信号的精确放大;微计算机系统进行处理和系统控制;计算机接口负责与上位机通信来实现远程控制;报警输出驱动负责在数据越限时输出报警信号。

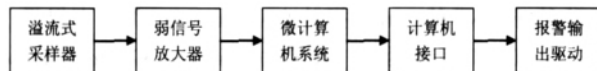


图1 水中油检测仪系统框图

## 3 电路系统

电路系统包括弱信号放大器、微计算机系统、计算机接口和报警输出驱动,下面介绍的即是我们设计的电路系统的各个模块。

### 3.1 弱信号放大器

弱信号放大器是本控制系统设计的重点,系统必须能够实现微弱信号的精确放大并拥有很强的抗干扰能力。图2所示为本系统采用的弱信号放大器,由于光电探测器输出的是微弱的

郑 轲: 硕士

电流信号, 必须经过电流/电压变换器把电流信号转换成电压信号。考虑到系统的高精度、高稳定性的要求, 我们选用了集成运算放大器 ICL7650 作为电流/电压变换器。ICL7650 是 Intersil 公司利用动态校零技术和先进的 CMOS 工艺制成的斩波稳零式高精度运算放大器, 具有超低失调和超低漂移、高增益、高输入阻抗的特点, 性能极为优越稳定, 在精密仪表及过程控制系统中应用很广。

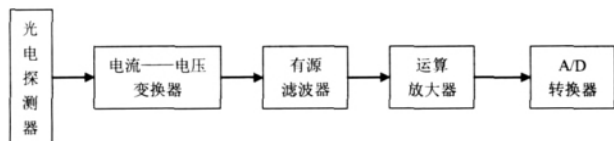


图2 弱信号放大器

考虑到实际测量中水质不会发生突变, 滤波电路通带截止频率选在 10Hz 左右。这样在保证有用信号顺利通过的同时有效的去除了噪声的干扰。采用二阶反相型低通有源滤波器(如图 3 所示), 根据系统要求选择合适的  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_f$ 、 $C_1$  和  $C_2$  即可以信号的滤波及放大。

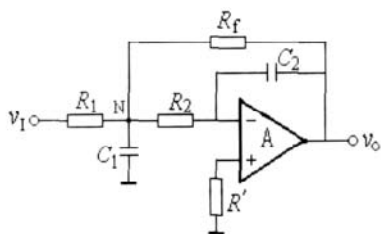


图3 二阶反相型低通有源滤波器

我们选用 AD574 作为 AD 转换器。AD574 是 12 位逐次逼近型模数转换器, 它具有转换速度快、转换精度高等特点, 广泛应用在数据采集系统中。由于 AD574 芯片内有三态输出缓冲电路, 因而可直接与单片机的数据总线相连, 而无须附加逻辑接口电路。另外, 由于 AD574 与 CMOS 和 TTL 兼容, 因而可构成简单的数据采集系统。通过对输入引脚 4 和 5 的控制, 可获得测量数据的高 8 位和低 4 位, 再通过适当的转换即可得出 12 为数字信号。

### 3.2 微计算机系统

考虑到本仪器对数据处理能力的要求不高, 所以我们选择了价格低廉的 MCU 单片机作为控制电路的核心器件(图 4)。采用大屏幕点阵 LCD 显示器, 可实现汉字显示。用户通过键盘可输入标定参数、报警极限等。

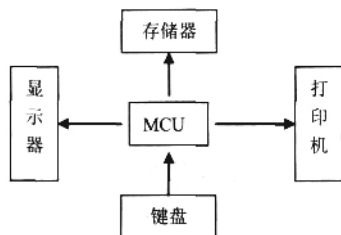


图4 微计算机系统

值得一提的是, 在存储器的选择上考虑到了本仪器的工作环境及特点。本仪器属于监控仪器, 需要长期工作在特定的工作环境中, 因此其存储器必须能够存储相当长一段时间的数据。以存储半年的数据为例, 假设每十分钟读取一次数据, 每个数据占用两个字节的存储空间, 以如下形式进行存储

年/月/日/小时/分/测量数据高八位/测量数据低八位 (2)  
可见一共需要七个字节的空间。如此算来, 存储半年的数据则需要

$$7 \text{ Byte} \times 6 \times 24 \times 180 = 181440 \text{ Byte} = 177.2 \text{ KB} \quad (3)$$

如果分配 192 KB 的话, 可用天数为

$$192 \times 1024 / 24 / 6 / 7 = 195 \text{ 天} \quad (4)$$

再分配 64K 的空间用于存储报警数据, 如果每分钟记一次数据的话, 时长约为

$$64 \times 1024 / 7 / 60 = 156 \text{ 小时} \quad (5)$$

基本上可以满足要求, 因此静态存储器的容量采用 256K 字节为宜。由于单片机地址为 16 位, 寻址空间只有  $2^{16} = 64K$  字节, 因此需要分页存取。

### 3.3 计算机接口

采用 RS485 接口, 传输距离远, 具有多机通信功能, 可实现系统的远程操作。

### 3.4 报警输出驱动

系统提供一路 4~20mA 标准信号输出和两路本地报警输出驱动继电器。

## 4 软件设计

本系统软件设计采用结构化和模块化设计方法, 便于功能扩展, 程序可采用 C 语言进行编程。程序模块主要包括: 主程序, A/D 转换, 输出显示子程序等。系统主程序流程图见图 5。

主程序功能包括(1)开机自检流程, 主要完成系统对自身的硬件测试;(2)系统设定软件流程, 完成对测量间隔时间、报警上下限的设置;(3)数据采集;(4)数据处理运算、报警信号数据的存储等。

虽然系统采用了滤波电路, 干扰依然存在。因此, 采取适当的抗干扰措施是必要的。比如采用高稳定的电源, 采样系统采样速率的稳定等。

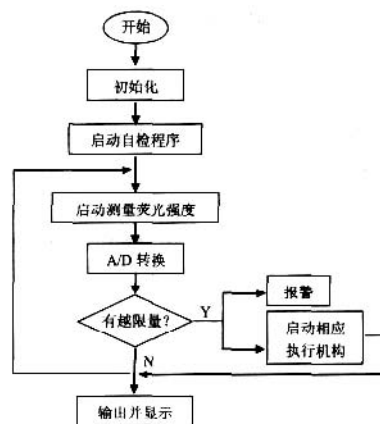


图5 系统主程序流程图

## 5 结语

本文介绍了荧光分析法的原理, 并根据此原理设计了水中油在线检测仪。本文作者创新点在于引入检测水中油的新方法——荧光法, 并且针对这种方法的原理及特点, 设计了可实现工业用水的在线检测、报警和自动控制等功能的电路系统。实验表明, 采用荧光法原理的水中油检测仪可以对含量小于 0.1ppm 的工业用水进行检测, 灵敏度很高, 非常适合应用在对水质要求较高的场合。

经济效益:进口的同类仪器一台 30 万元,本仪器成本价在 5 万元左右,可售价 10~20 万元,以每年卖出 10 台计算,一年的收益为 50~150 万元,经济效益显著。本项目对环境保护具有显著的社会效益。

#### 参考文献:

- [1]张新民. 水中油测试仪器的研制与开发[J]. 现代科学仪器, 2005.4
  - [2]周建光. 光谱视网膜技术及其在新型红外分光测油仪中的应用研究. 吉林大学博士学位论文, 2001.10
  - [3]任志山, 黄春耀. 高精度、高稳定度微弱信号放大器的设计[J]. 漳州师范学院学报, 2003.8
  - [4]林焯华, 蒋梁中, 姚锡凡, 王春宝. 一个单片机串行数据采集及传输模块的设计[J]. 微计算机信息, 2006, 10-2:229-231
  - [5]康华光主编. 电子技术基础:模拟部分[M]. 北京:高等教育出版社, 1999.6
  - [6]张积东. 单片机的开发与应用[M]. 北京:北京电子工业出版社, 1994.
  - [7]马忠梅, 籍顺心等编著. 单片机的 C 语言应用程序设计(第三版)[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.11
  - [8]孙毓庆主编. 分析化学[M]. 北京:科学出版社, 2003.8
- 作者简介:郑轲(1976-), 男(汉族), 吉林长春人, 硕士, 主要研究工作是光学仪器设计与制造。拥有实用新型专利两项; 汪永安(1965-), 男(汉族), 吉林长春人, 硕士生导师, 主要研究工作是光学仪器设计与制造。

Biography:Zheng Ke(1976-), Male (the Han nationality), Jilin Province, Postgraduate in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Master, Research in design and manufacture of optical instrument, Two practical patents.

(130031 吉林省 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)郑轲 汪永安

(130031 吉林省 中国科学院研究生院)郑轲

通讯地址:(130031 吉林省 吉林省长春市经济开发区七区 22 栋 2 门 203 室)郑轲

(收稿日期:2007.10.13) (修稿日期:2007.12.15)

(上接第 119 页)

```
safearray.GetElement(&k,bytedata+k);} //将数据存入 bytedata 中
}
```

## 6 结论

在利用 MSCOMM 控件进行串行通讯的过程中, 只有清晰地了解 VARIANT 结构、SAFEARRAY 结构以及由 VARIANT 结构衍生的 COleVariant 类和 COleSafeArray 类, 才能对收发数据进行灵活地处理。本文探讨了发送及接收数据时几种数据类型转换的方法, 并给出了光谱仪中的部分通讯程序, 测试结果表明可以很好地按规定数据类型进行数据的发送和接收。

本文作者创新点:

深入探讨了辐照度计中利用 MSCOMM 控件进行串行通讯

的数据类型转换问题, 使得 Windows 环境下的串口通讯程序设计变得更加容易。所开发的通讯程序方便易行并具有很强的通用性。

#### 参考文献

- [1]栗兆剑, 高岳, 白力. 基于 Visual C++.NET 的照度信号串口通信[J]. 微计算机信息, 2004, 20-8:66-67,32.
  - [2]马明建. 数据采集与处理技术[M]. 西安交通大学出版社. 2005 (3).
  - [3]侯杰. 深入浅出 MFC[M]. 华中科技大学出版社. 1997(7).
- 作者简介:李文涛(1982-), 男, 山东青岛人, 中国科学院安徽光学精密机械研究所 2005 级硕士研究生, 现主要从事光电信号检测及光谱辐射测量仪器软硬件方面研究。
- Biography:Li Wentao(1982-), male, native place is the city of Qingdao in Shandong province, Graduate student of 2005 in Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences. Mainly research on detection of photoelectric signal and hardware of spectrometers.
- (230031 中国科学院安徽光学精密机械研究所遥感室) 李文涛 洪津 庞亚飞 张国伟
- 通讯地址:(230031 中国科学院安徽光学精密机械研究所遥感室)李文涛 洪津 庞亚飞 张国伟

(收稿日期:2007.10.03)(修稿日期:2007.12.05)

(上接第 127 页)

[7]Amitabha Ghosh.Estimating Coverage Holes and Enhancing Coverage in Mixed Sensor Networks [J]. Proceedings of the 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks (LCN '04).

[8]YUH- Ren Tsai, Tien- Yu Lin and Kai- Jie Yang. Sensing Coverage for Randomly Distributed Wireless Sensor Networks in Shadowed Environments [J]. Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous and Trustworthy Computing (SUTC '06).

[9]HOU Yung- Tsung. Node Placement for Optimal Coverage in Sensor Networks [J]. Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC '06).

作者简介:罗卫(1982-), 男, 硕士研究生, 计算机应用专业。研究方向:计算机网络通信;陶洋(1964-), 男, 博士后, 教授, 研究方向:网络管理与网络计算。

Biography:Luo Wei(1982-), male, Master, Major in computer application. Tao Yang(1964-), male, doctor, Professor.

(400065 重庆 重庆邮电大学软件技术中心)罗卫 陶洋

通讯地址:(400065 重庆 重庆邮电大学软件技术中心)罗卫

(收稿日期:2007.10.03)(修稿日期:2007.12.05)

**嵌入式系统应用精选 200 例》已出版,  
每册定价 110 元(含邮资), 汇至**

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室  
微计算机信息杂志收 邮编:100081  
电话 :010-62132436 (T/F) 010-62192616