

文章编号:1671-6833(2011)06-0101-04

## 便携式食品安全检测仪通信系统开发

朱娟花<sup>1</sup>, 吴 昂<sup>1</sup>, 李艳花<sup>2</sup>, 胡小宁<sup>3</sup>, 李会芹<sup>1</sup>, 邹彩虹<sup>1</sup>, 李 鹏<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学 机电工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南农业大学 计划财务处, 河南 郑州 450002;  
3. 河南农大迅捷测试技术有限公司, 河南 郑州 450002)

**摘 要:** 为了实现食品检测的自动化, 设计了与仪器配套的数据通信及分析软件系统. 软件采用 RS232 通信技术和 VB 6.0、SQL Sever2000 数据库语言研制, 用最小二乘法拟合回归方程求待测溶液的浓度, 并根据相关系数  $r$  检验曲线的拟合效果. 实验表明, 通信软件可以设置测试参数, 能实时接收并保存测试数据, 能按要求处理数据并以图形及表格形式显示处理结果, 还能查询、修改及重测数据. 通信软件界面友好、简单易用、能屏蔽和纠正用户的误操作、图形显示清晰准确, 数据传输、处理的准确率达到 100%.

**关键词:** 便携式; 化学发光; 食品安全检测仪; 串口通信; 回归方程

**中图分类号:** S237; S126 **文献标志码:** A

### 0 引 言

化学发光方法具有灵敏度高、线性范围广以及准确性等优点, 广泛应用于食品安全检测<sup>[1]</sup>. 目前国际常用的化学发光分析仪几乎都是基于流动注射进样<sup>[2-3]</sup>. 国外有美国 Maxwell (MSL) 化学发光仪 Luminmax、德国的 Luminstar、美国的 Dynex 化学发光酶标仪等. 这些发光仪都不能记录化学发光的全过程, 采样频率低, 价格昂贵. 国内如西安瑞迈的 IFFM-D 型等. 这种分析仪需要专人操作, 调试过程繁复费时, 价格较贵, 不便基层推广<sup>[4-6]</sup>. 针对流动注射化学发光仪存在的缺点, 河南农大迅捷测试技术有限公司研发一种用于现场检测的小型便携式单片机型的高灵敏食品安全测试仪. 仪器以瞬稳静态注射进样方式取代流动注射, 极大地简化了化学发光仪结构, 具有近似流动注射的稳定性、重复性、调试快捷和节约药剂等特点<sup>[7]</sup>. 便携式食品安全测试仪内部采用 32 k 字节的 FM1808 铁电存储器, 存储容量有限, 无法保存和处理大量数据. 另外, 仪器自带显示屏无法完全显示复杂的图表. 针对这个问题, 笔者开发一款配套的上位机通信软件, 将数据传输至计算机, 由用户通过软件设定相关参数并保存、处理数

据.

### 1 食品安全检测仪器构成

便携式食品安全检测仪器包括 3 个单元: 进样单元、光电转换单元和信号处理及控制单元. 仪器系统结构框图如图 1 所示.

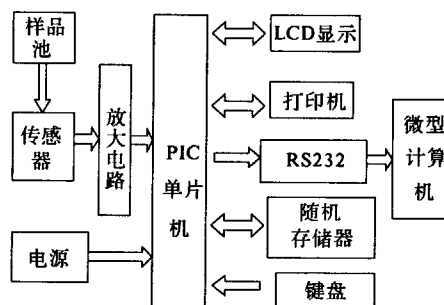


图 1 系统结构框图

Fig. 1 The system structure

进样单元用于将检测试剂加入样品池, 本系统采用的是瞬稳静态注射式进样机构. 光电转换单元用于将化学发光信号转换为电信号. 信号处理及控制单元以单片机为中心, 用于信号的采集、处理、保存和显示. 仪器的检测过程为: 待测液体经过进样机构送入样品池中, 通过光电二极管传感器将化学发光信号转换为电信号; 放大电路对

收稿日期: 2011-06-22; 修订日期: 2011-04-20

基金项目: 河南省科技攻关资助项目 (102102210156); 河南省教育厅自然科学基金基础研究计划资助项目 (2011B210024)

作者简介: 朱娟花 (1975-), 女, 河南郑县人, 河南农业大学讲师, 硕士, 研究方向: 测试技术及仪器研究和图像处理, E-mail: zhujh88@sina.com. 通信作者: 邹彩虹 (1967-), 女, 副教授, 主要从事农业电气化研究, E-mail: zch6712@126.com.

微弱的化学发光进行放大,选用的 PIC18F4520 单片机内置 10 位 A/D 转换模块,放大后的信号可以直接送入单片机进行处理;LCD 显示器可以实时显示化学反应的动力曲线和测试数据;测试结果由随机存储器保存,可以通过 RS232 串口上传计算机进行数据处理<sup>[8-9]</sup>。

## 2 通信系统的设计

根据系统开发的需求分析,本系统主要包括参数设置、串口设置、数据接收等部分,如图 2 所示。数据保存时,分别保存为“测试数据信息表”、“实验员信息表”和“标准浓度信息表”3 个表格,3 个表的主键都为学号、实验名、日期。删除数据时可以删除某个测试项或删除整行数据。

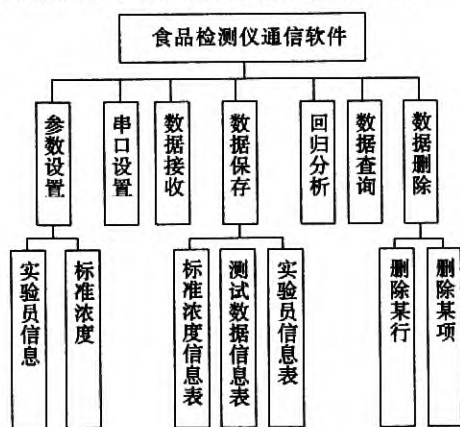


图 2 系统的功能结构

Fig. 2 The system functional block diagram

## 3 通信系统的实现

系统采用 RS232 串口通信方式实现测试仪和上位机(微机)通信软件的数据传输,通信软件用 VB 6.0 和 SQL Sever2000 工具开发。利用 VB 6.0 的 MSComm 控件的事件驱动方式接收数据,以增加传输效率,减少对 CPU 的占用。通信软件可以实现串口、参数的设置以及数据的接收、查询、回归分析、修改、保存、重测等功能。

软件的界面如图 3 所示,主要有 4 部分组成。A 为测试人员信息和测试参数输入部分;B 为接收数据的显示框;C 和 D 为命令按键部分。其中 C 主要有“串口设置”、“开始检测”、“保存数据”和“回归分析”等功能;D 部分是对查询内容的操作按键;E 是查询后数据所显示表格。

### 3.1 串口及测试参数设置

MSComm 控件有事件驱动方式和查询方式 2 种的通信方式,本软件采用事件驱动的方式设置

串口。串口参数可以通过点击软件中的“串口设置”按键,打开设置界面来选择。可以选择传输速率、校验位、数据位和停止位,传输速率最大为 115 200 b/s,默认参数设定为“9 600, n, 8, 1”,串口可以选择 COM1 和 COM2 口,能够自动选择空闲的端口。测试参数包括测试人员编号、姓名、标准个数和标准浓度。

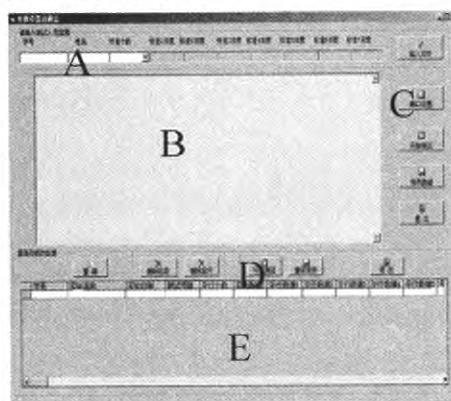


图 3 软件通信界面

Fig. 3 Software communications interface

### 3.2 数据接收

利用 MSComm 控件的 Oncomm 事件(接收触发事件)来判断缓冲区的情况,若有数据,则将接收的数据显示在接收数据的文本框中。仪器向微机传送的数据是二进制数、十进制数、科学计数法和 ASC II 码等的混合格式,显示数据前需要根据数据定义做相应的转换,变成文本格式后显示。

### 3.3 数据保存

保存数据前,要接收的每一行数据逐一进行判断、识别,根据设置的关键字在接收的一行数据中查找、截取,分别得到“实验名称”、“实验项目”、“序号”、“平行次数”和“测试值”等信息,然后分类存入数据库。

### 3.4 回归分析

化学发光法测定溶液浓度主要是根据已知浓度的溶液及其发光值及待测溶液的发光值,求待测溶液的浓度。

先配置好已知浓度的标准溶液后,测得其发光值,通过对不同浓度的数据运算,得到浓度和发光值之间的对应关系,从而得到未知溶液的浓度。分析发现浓度和发光值之间存在线性关系,  $Y = a_0 + a_1X_1 + \dots + a_nX_n$ 。根据需要,笔者采用最小二乘法拟合回归方程。

样本是几组标准测发光值( $y_i$ )和标准浓度( $x_i$ )。一元一次线性回归方程为:  $Y = a_0 + a_1X$ , 其中:

$$\begin{cases} a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a_1 \sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \end{cases} \quad (1)$$

曲线的拟合效果根据相关系数  $r$  来检验,  $r$  的值越接近于 1 拟合效果越好。

$r$  的计算公式为:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}) \times (\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}} \quad (2)$$

在通信界面, 点击“生成标准曲线”, 将在新的窗口显示此学生测试标准数据和浓度值的回归标准曲线、标准方程和相关系数等信息, 如图 4 所示。

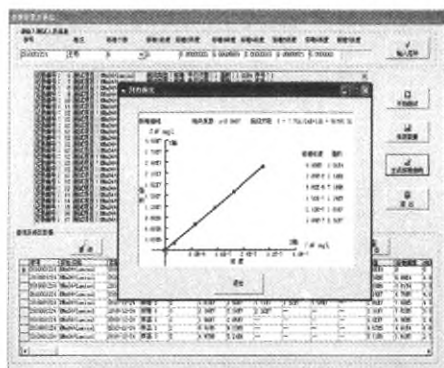


图 4 回归分析结果

Fig. 4 Regression results

### 3.5 数据查询和删除

#### (1) 数据查询

为了分析测试数据的可靠性, 在“数据查询”里, 增加了“标准偏差  $S$ ”和“相对标准偏差  $RSD$ ”的运算。点击“查询”按键后, 在查询表格中会显示保存的数据, 在每行测试数据的后面还显示数据的处理结果, 如: 经过计算得到平行数据 (发光值) 中被舍弃数据的个数、保留数据的均值、标准偏差  $S$  和相对标准偏差  $RSD$ 。

标准偏差  $S$  是用来衡量数据值偏离算术平均值的程度, 相对标准偏差  $RSD$  是标准偏差与测量结果算术平均值的比值。

#### (2) 数据删除

根据回归分析和查询的结果, 如果对某些实验结果不满意, 可以在查询表格中选中相应行或数据项, 点击“删除此行”或“删除此项”删除相应数据, 然后再点击“补充测试”重新测试, 再次通过串口接收测试数据, 点击“重新保存”后补充到数据库。

## 4 实验结果分析

本系统在河南农大迅捷测试有限公司进行实际测试。测试溶液中高锰酸钾的含量, 采用高锰酸钾-鲁米诺体系。Luminol 分析液的浓度为  $2.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ ,  $\text{PH} = 13$ ,  $\text{KMnO}_4$  分析液浓度为  $3.00 \times 10^{-7} \text{ g/mL}$ , 每次测量时各取 2 ml 混合后测试。仪器工作方式设为: 增益倍数: 2, 测试时间: 20S。标准 1 ~ 6 的浓度分别为 0 mg/L, 3.00E-08 mg/L, 9.00E-08 mg/L, 1.50E-07 mg/L, 2.10E-07 mg/L, 3.00E-07 mg/L。通信系统对测试数据的处理结果如表 1 所示。

表 1 发光数据运算结果

Tab. 1 Data operation results

测试项目	平行个数	发光值					弃值个数	均值/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	标准偏差	RSD/%
		S1/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	S2/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	S3/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	S4/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	S5/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )				
标准 1	1	1.02E4	—	—	—	—	0	1.02E4	0	0
标准 2	3	2.25E6	2.08E6	2.21E6	—	—	0	2.18E6	8.89E4	4.08
标准 3	3	7.14E6	7.19E6	7.21E6	—	—	0	7.18E6	3.61E4	0.52
标准 4	4	1.14E7	1.24E7	1.16E7	1.22E7	—	0	1.19E7	4.76E5	4.00
标准 5	5	1.63E7	1.60E7	1.71E7	1.52E7	1.54E7	0	1.60E7	7.58E5	4.74
标准 6	3	2.38E7	2.24E7	2.32E7	—	—	0	2.31E7	7.02E5	3.04
样品 1	2	1.98E7	2.05E7	—	—	—	0	2.02E7	4.95E5	2.46
样品 2	2	9.91E5	9.23E5	—	—	—	0	9.57E5	4.81E4	5.02
样品 3	2	4.97E6	5.24E6	—	—	—	0	5.11E6	1.91E5	3.74

由表 1 可以看出, 由软件计算的弃值个数、均值标准偏差和  $RSD$  数据正确。  $RSD \leq 5\%$ , 仪器稳定性高。

回归分析如图 4 所示。图中显示了由 6 个标

准浓度和发光值得到的 6 个测试点及由此拟合的回归曲线, 还显示了回归方程和相关系数及 6 个标准浓度值和发光值。由图可知, 拟合的回归方程为:  $Y = 7.701154 \times 10^{13}X + 55755.32$ , 相关系数

为:  $r=0.9997$ . 可以看出, 此图坐标设置合理, 回归曲线及各个数值点显示清楚, 数据计算准确, 满足实验要求.

## 5 结论

针对便携式单片机型食品安全检测仪存在的无法保存和处理大量数据及无法精确显示复杂图表等问题, 采用 VB 6.0 和 SQL Sever2000 数据库语言, 开发一套上位机通信软件. 通信软件实现了串口、参数设置、数据的接收、转换、保存、查询、回归分析、修改、重测和重新保存等功能.

采用 RS232 串口通信方式, 不用考虑增加测试仪的硬件配置, 降低了成本, 方案简单易实现, 具有实用性和可普及性. 采用 MSComm 控件的事件驱动方式简化了编程, 缩短了软件的开发周期, 增加传输效率, 减少了软件运行时对系统的占用. 处理测试数据时, 用 Q 检验法舍弃偏离均值较远的值, 用最小二乘法拟合回归方程求待测溶液的浓度. 实验表明, 串口通信软件界面友好、纠错能力强、稳定性高、数据传输计算准确无误.

## 参考文献:

- [1] 蒋雪松, 王剑平, 应义斌, 等. 用于食品安全检测的生物传感器的研究进展[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 272 - 277.
- [2] SHARP J H, BEAUREGARD A Y, BURDIGE D, et al. A direct instrument comparison for measurement of total dissolved nitrogen in seawater [J]. Marine Chemistry, 2004, 84: 181 - 193.
- [3] DRAGO K, MATIJA S, JANA K, et al. Chemiluminescence from paper III: the effect of superoxide anion and water [J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 88(3): 407 - 414.
- [4] JIA Bao-xiu, LI Yu-qin. Flow injection determination of metoclopramide based on  $\text{KMnO}_4$ -HCHO chemiluminescence in a micellar medium [J]. Journal of Luminescence, 2010, 130(1): 2188 - 2191.
- [5] GUMIZ-GRACIA L, GARCIA-CAMPANA A M, JOSE F, et al. Chemiluminescence detection in liquid chromatography: Applications to clinical, pharmaceutical, environmental and food analysis—A review Review Article [J]. Analytica Chimica Acta, 2009, 640(1/2): 7 - 28.
- [6] SENGUPTA M K, HOSSAIN Z A. A simple inexpensive gas phase chemiluminescence analyzer for measuring trace levels of arsenic in drinking water [J]. Environmental Pollution, 2010, 158(1): 252 - 257.
- [7] 江敏, 陈合顺, 赵向阳, 等. 便携式静态注射式化学发光分析仪的研制 [J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(5): 591 - 594.
- [8] WU Ang, ZHU Juan-hua, HU Xiao-ning. Design and implement of a food safety testing instrument based on microcontroller [J]. Key Engineering Materials, 2011, 480 - 481: 1201 - 1205.
- [9] 刘炎超, 李振峰, 孟磊, 等. 瞬稳静态注射化学发光仪的研制 [J]. 现代仪器, 2008, 14(6): 48 - 51.

## The Communication System Development of Portable Food Safety Testing Instrument

ZHU Juan-hua<sup>1</sup>, WU Ang<sup>1</sup>, LI Yan-hua<sup>2</sup>, HU Xiao-ning<sup>3</sup>, LI Hui-qin<sup>1</sup>, ZOU Cai-hong<sup>1</sup>, LI Peng<sup>1</sup>

(1. Mechanical and Electrical Engineering College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Planning and Finance Department, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 3. Henan Nongda Xunjie Measurement Technology Co., Ltd., Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In order to realize the automation of food testing, the data communication and analysis software system of the instrument is designed. RS232 communication technology and VB 6.0, SQL Sever 2000 database language are used to develop the software. The solution concentration is solved by regression equation, and the curve fitting result is examined by correlation coefficient  $r$ . Experiments show that the communication software can set test parameters, can receive and save the test data in real time, can display the results in graphical and tabular form, and can query, modify and re-test data. Communication software is easy to use and can shield and correct the user's misuse. The graphical display is clear and accurate, and the accuracy rate of data transmission and processing reaches 100%.

**Key words:** portable; chemiluminescence; food safety testing instrument; serial communication; regression equation