

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.01.027

# 热动元件性能测试系统的设计与实现

吴 鑫,俞建定\*,骆国庆

(宁波大学 信息科学与工程学院,浙江 宁波 315211)

**摘要:**针对目前热动元件产品性能的测试还停留在全程人工测试的阶段,为提高热动元件产品的检测效率,设计了一种基于 RS485 总线的分布式监控测试系统。该系统硬件以 STC 单片机作为处理中心,利用温度传感器 DS18B20 和光栅测微传感器构建了系统的测试节点,以采集热动元件所处的测试温度和相应推杆位移;利用 RS485 总线技术构建了系统的网络通信架构,实现了多个产品同时测试。上位机软件基于 .Net 平台,数据库采用 SQL2000,利用开源控件 Zedgraph 实时绘制出热动元件所处的测试温度和相应推杆位移在测试过程中的变化曲线,方便了测试人员对测试现场的掌控和对产品合格与否的判断。研究结果表明,该系统经过实际应用各项指标符合要求,实现了对热动元件产品的有效管理和性能参数的实时采集、显示、存储,实时描绘的曲线变化灵敏,系统运行稳定。

**关键词:**热动元件;RS485;Zedgraph;实时曲线

**中图分类号:**TH39;TP336

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-4551(2014)01-0124-05

## Design and implementation of thermal component monitor system

WU Xin, YU Jian-ding, LUO Guo-qing

(Information Science and Engineering Institute, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** Aiming at improving the test efficiency of thermal components product whose testing still stays in the manual phase, a distributed monitor system was designed based on RS485 bus. The STC microcomputer was used as the processing center of Hardware, the datas of temperature and hight were collected by the testing node of the system which was established with temperature sensor DS18B20 and grating sensor, multiple products can be tested at the same time as communication network structure of system was builded with RS485 bus technology. The host computer was based on .Net and SQL2000, the real time curve was drawn of the important parameters with Zedgraph which is a open source control so that the testing process can be controlled. The results indicate that the system meets the requirements and has many advantages, efficiency-improve can be achieved.

**Key words:** thermal components; RS485; Zedgraph; real time curve

## 0 引 言

温度调节型热动元件具有感应温度变化后迅速自动做出机械动作的功能,可以将热能转化为机械能,因此被广泛应用于汽车工业、太阳能热水器、消防灭火、航天航空等领域。目前,市场上还没有相关系列的成套测试设备,一些热动元件生产厂家产品

的测试工具还十分落后,使用的是由夹具、千分尺、压缩弹簧组成的简易装置<sup>[1-3]</sup>,需要人工定时记录温度和在该温度热动元件推杆所做的位移,再利用 Excel 表单统计记录,这样检测数据误差较大,而且只能单个测试,效率十分低下,本研究是基于这类市场需求开展的。

热动元件一个很重要的性能参数是随温度变化产

收稿日期:2013-09-03

作者简介:吴鑫(1987-),男,安徽歙县人,主要从事嵌入式系统与应用方面的研究. E-mail: anhuizhelicon@163.com

通信联系人:俞建定,男,高级实验师. E-mail: yujianding@nbu.edu.cn

生的推杆位移,若将热动元件的推杆随温度变化产生的伸缩变动的位移以动态曲线方式呈现出来,则可以帮助测试员对测试现场的掌控和调整,也让人直观感受测试情况,同时在曲线图中可以了解到热动元件的另一个重要性能参数滞后现象(上升位移和下降位移相同时的温差)。绘制动态曲线的数据是实时逐步得到的,在绘制过程必须保证实时性,也就是说获取数据与绘制图形必须保持同步。在绘制动态曲线过程中,一个重要的问题是必须判断绘图曲线是否到达绘图区域的结束边界<sup>[4]</sup>。传统实时曲线的绘制方式有 GDI + 编程、利用 Microsoft Office 2003 WebComponents 中的 OWC 组件等几类<sup>[5]</sup>。以上方法在使用中都存在不同程度的不足,如应用开发过于繁杂、反应速度慢、占用资源多、数据实时性差、所展示的曲线美观程度也不够。实时曲线的绘制也是本研究的一个重要内容。

本研究开发的测试系统基于 RS485 总线能够实现同时对多个测试机位的监控,上位机基于 .Net 平台,利用开源控件 ZedGraph 实现对多路数据实时曲线的绘制。系统还可以对产品进行有效地管理,完成历史数据的查看、数据导出和打印,无需人工参与和人工长时间值守,大大提高测试效率。

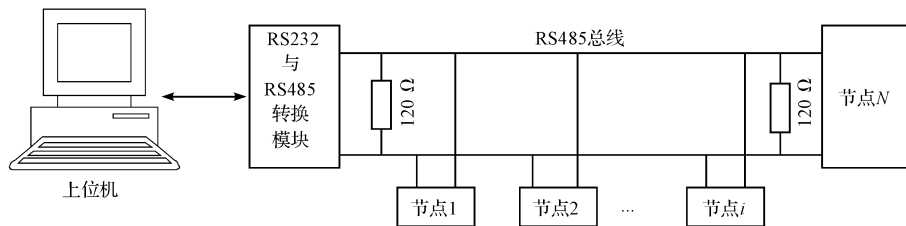


图 1 系统总体框架图

## 1.2 系统设计要求

温度调节型热动元件的测试环境一般在一个电加热的水箱中,当水箱温度大于某个温度的时候,热动元件的推杆位移会开始发生变化,随着水箱温度的上升,推杆慢慢伸长,当推杆达到最大位移时,水箱停止加热,让其自然冷却,温度开始下降,推杆也随着温度下降回缩。系统要达到的最基本的功能要求是以一定的频率采集整个上升回落过程某一时刻所处的温度和在该温度所产生的位移。

## 2 测试节点设计

### 2.1 测试节点硬件设计

测试节点主要完成数据的采集和显示,主要由处理器模块、通信模块、温度采集模块、位移采集模块、LED 显示模块和地址设置按键模块组成,测试节点硬

## 1 系统的总体框架及设计要求

### 1.1 系统设计框架

分布式控制系统(DCS)采用总线型结构将所有节点的接口都连接到同一总线上,即主机发送的数据全部节点都可以同时接收,每个节点发送的数据可以同时被所有其他节点接收,但是每个节点只接收与本节点地址匹配的数据。这种网络结构简单,系统易于扩展,是目前广泛应用的一种总线结构形式<sup>[6]</sup>。本研究的系统是一个对温度调节的热动元件相关参数采集、传输、处理和存储的智能化微测试监控系统,整个系统的通信网络采用 RS485 主从式架构,由上位机和若干个从机组成,系统总体框架图如图 1 所示。

一般电脑上都带有标准的 RS232 串行通信端口,但通信速度和距离等方面非常局限,采用市售的光电隔离型 RS232/RS485 转换器实现两种信号的标准转换。RS485 开发接线方便,布线简单,采用差分信号传输方式,抗电磁干扰性能好。通信总线为两根线,各测试节点模块经 RS485 通信接口电路分别挂载在系统通信总线上,然后根据自定义的上、下位机的通信协议实现多个测试节点的通信。

件结构如图 2 所示。温度采集模块、位移采集模块需要特制的机械构件固定和保护。

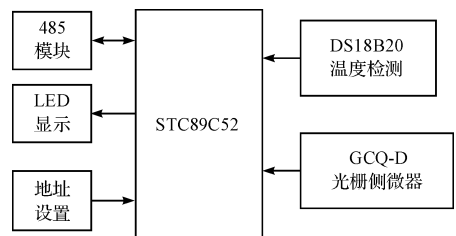


图 2 测试节点硬件结构

处理器模块采用 STC 系列单片机,STC 系列单片机超强抗干扰、高速、加密性强、低功耗单片机,适合在测试环境比较恶劣的车间使用,而且开发方便,性价比高。

温度采集采用的是 DS18B20 数字温度传感器,它是一款超小体积、超低硬件开销,附加功能强的温度传感器。DS18B20 采用单总线的接口方式与微处理器连

接时仅需要一条口线即可实现微处理器与 DS18B20 的双向通讯,抗干扰能力强、适合于恶劣环境的现场温度测量<sup>[7]</sup>。DS18B20 测量温度范围宽,测量范围为 -55 ℃ ~ 125 ℃,测量精度高,分辨率为 0.062 5 ℃,满足要求且无需其他外加电路,直接输出数字量,控制方便。

热动元件推杆位移变化采用光栅测微传感器测量,它是以高精度光栅作为检测元件的精密测量装置,其优点是高精度,稳定可靠,安装简单,携带方便,可代替目前常用的机械式千分尺、扭簧比较仪。

测试节点上安装小尺寸 LED 屏用于显示节点的机位号和实时采集到的温度和位移,以便了解测试现场情况。

上位机是通过地址对测试节点进行识别,测试节点可以通过地址设置模块自由设置自己的机位号。

### 2.2 测试节点程序流程

上位机以主从查询方式向各从测试节点循环发送命令,各节点事先设置好机位号,测试时应注意机位号相同的节点不能同时使用,并与上位机软件设置相同的通信波特率。各节点始终处于监听状态,每当接收到上位机下发的命令,立即进行地址匹配操作,一旦本机地址与上位机呼叫地址吻合,则该节点获得与上位机的交互权力,随即建立通信链路并根据所收的命令内容作相应的处理;地址没有对上号的其他从节点则仍处于监听状态。这样可以保证始终只有一个从机与主机进行通信,避免了总线冲突<sup>[8]</sup>,测试节点程序流程如图 3 所示。

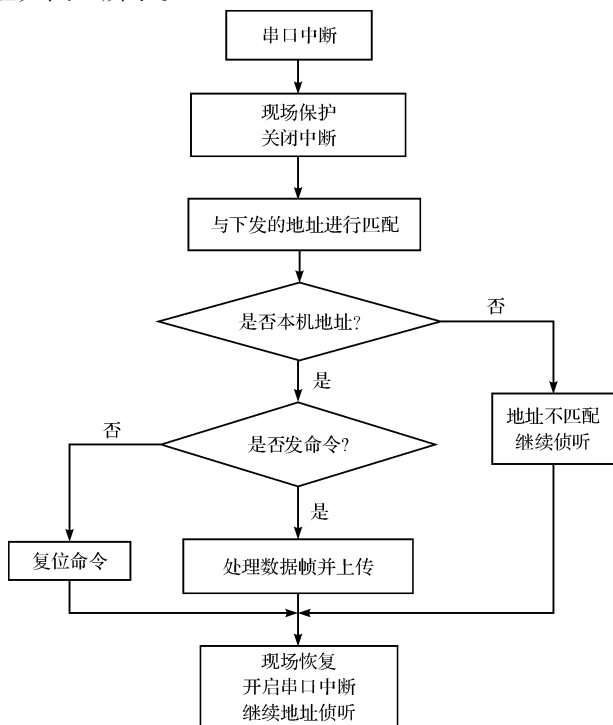


图 3 测试节点程序流程

## 3 上位机软件设计

### 3.1 软件系统结构

上位机软件是基于 .Net 平台,采用 C#语言实现。C#具有其他语言的许多优点,并提供了良好的串口通信组件、多线程的管理机制、抽象的接口技术以及优秀的用户界面设计能力<sup>[9-10]</sup>,给开发工业控制语言带来了很大的方便,目前越来越受到工控软件开发者的欢迎。

上位机软件系统的功能是产品的管理和对采集到的数据的处理,主要由数据通信模块、参数设置、数据存储、实时显示等模块组成,软件系统结构图如图 4 所示。数据接收采用 C#中 SerialPort 串口类提供的相关方法来实现,数据存储于 SQLServer2000 关系数据库,数据查询的结果采用图形和表格来呈现,其中图形显示使用 ZedGraph 图形控件,表格显示使用 C#中提供的 DataGridView 控件。

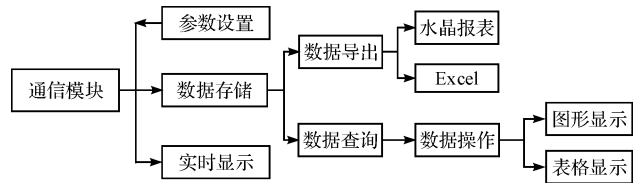


图 4 软件系统结构图

整个软件系统的数据关系主要包括机位信息、产品基本信息和采集到的数据 3 类,三者通过产品类型 ID 关联起来。在系统启用之前录入产品信息,设置各机位具体将要测试的产品类型,采集到的数据依产品类型分类存储。

### 3.2 通信的实现

上、下位机的通信的稳定性是数据可靠采集的基本保证,该系统上位机数据接收采用 C#中 SerialPort 类的 DataReceived 事件触发的方法,DataReceived 事件会创建一个线程<sup>[11]</sup>,因此,当串口在等待数据时,不影响主窗体或主线程的操作。当数据到来时,可以通过 Thread.Sleep()让接收函数稍作休息,等数据都到达时再读取,这样就避免了分批到达的问题,伪代码如下:

```
private void serialPort_DataReceived(object sender, EventArgs e)
{
    Thread.Sleep(50); //等待 50 ms
    int ReviceBytesCount = serialPort.BytesToRead; //收到的字节数
    byte[] ReadBuf = new byte[ReviceBytesCount]; //定义接收字节数组
    serialPort.Read(ReadBuf,0, ReviceBytesCount); //接收数据
}
```

```

ProcessInf( ReadBuf)
{
//数据处理
}
SendInf( )
{
//根据机位的状态,发送相应命令
}
}

```

上位机作为信号的发起者,在通信建立之后,先向节点发送命令,然后就进入 DataReceived 事件处理单元,为防止通信发生超时的情况,笔者设置一个串口通信超时定时器,一旦超时则触发定时器信息重发。

### 3.3 实时曲线的呈现

各个节点测试的热动元件的推杆随温度变化而产生的伸缩变化以实时曲线的形式反映出来,本研究采用的是 ZedGraph 控件,ZedGraph 控件是一个开源的 Net 图表类库,这个类库适应性强,几乎所有式样的图表都能创建。灵活性很高,几乎图表的每个层面都可以被用户修改。同时为了保证类库的易用性,所有的图表属性都提供了缺省值<sup>[12]</sup>。由于 ZedGraph 是使用 GDI + 直接在 Canvas 上进行描画,提供了很重要的缩放和拖动功能,反应速度很快<sup>[13]</sup>,右击 ZedGraph 控件还可以有保存和打印等功能,用户可以自定义一些颜色和图例,开发便利,所以很适合用于实时曲线的描绘。

具体实现步骤:

(1)建立数据集,通过 ADO. Net 与 SQL2000 数据库通信,采用数据适配器,使用 fill 函数将数据填充到数据集;

(2)先获得一个图形的载体:在 GDI + 中就是 Graphics,在 ZedGraph 中是 ZedGraphControl. GraphPane;

(3)利用画板的 AddCurve( )方法在画板上添加曲线对象 LineItem,AddCurve( )方法可以设置曲线的颜色和曲线点展示的样式。在本研究测试系统中,热动元件推杆伸缩变化的上升过程和下降过程曲线以不同颜色和形状区分开来,这里要建立两个曲线对象 myLineItemUp 和 myLineItemDown;

(4)通过 PointPairList 这个集合把数据和曲线绑定起来,对于要画所有的点,只需要把数据集中的点 Add 至 PointPairList 中,然后在 AddCurve 方法中把该 PointPairList 作为参数传入即可,这里对两条曲线,也需要建立对应的两个集合 myPointPairListUp 和 myPointPairListDown;

(5)使用 Timer 控件定时刷新,即将上述的绘制过

程放入 Timer 的事件程序,当定时触发该事件程序执行时,便可实现曲线实时更新显示。

### 3.4 控件的标识

上位机软件系统中实时显示模块显示的是实时采集到的所有数据,包括测试所不关心的数据,为了减少时间开销,这部分的数据不用先保存到数据库里,还是直接把采集到的数据放到 Textbox 控件上显示。在本研究的分布式测控系统中,上位机要监控的测试节点数量有多个,为了准确地把各个测试节点的数据绑定到相应的 textbox 控件上,就需要对每个 textbox 控件赋予与几位号对应的地址或索引,本研究采用 C#中泛型容器 Dictionary,建立 Dictionary < Int32, TextBox > 对象 Dic,将 textbox 控件存入泛型容器内,并将其键值 Key 设置为其主要负责显示的机位地址。这样在上位机轮询时,采集到机位的数据就可以赋给相应的 Dic[ Key ]. Text。其他的一些对各个机位信息的展示的控件也依此处理,这样控件的标识简便,代码量少。

## 4 测试结果与分析

### 4.1 测试结果

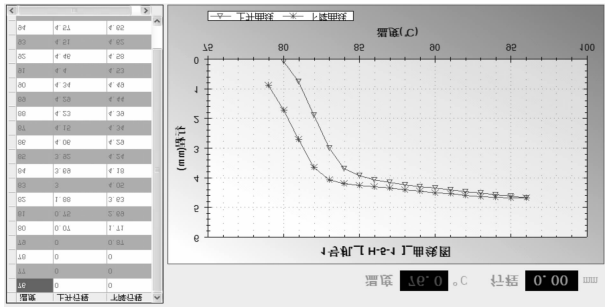
该系统在慈溪市东南复合材料有限公司进行了实验和测试。实验时安装了 8 个测试节点同时测试,温度和位移精度分别控制在 1 位小数和 2 位小数,测试得到的温度和位移值和该公司以往测试的经验值基本一致。该系统采集到的数据在软件界面上主要以两种方式展现,实时数据显示界面显示的是下位机每次可以采集到的数据,定时显示界面如图 5(a)所示,温度显示值和温控水箱显示值基本一致。图表区显示的是根据测试要求筛选的有效数据所呈现的曲线,图表显示界面如图 5(b)所示,热动元件推杆位移上升过程和下降过程以不同颜色的曲线呈现出来,推杆动作上升曲线的终点为下降曲线的起点,为最大位移处。从曲线图中对推杆的变化过程一目了然,可以很明显地反映热动元件在哪个温度段推杆位移变化最灵敏,哪个温度段推杆变化趋于平稳。热动元件推杆位移变化源于内含的热膨胀材料受温度变化所致,推杆位移变化应和一般的热敏材料热能曲线类似,从曲线图中可以看到这点是吻合的,下降过程曲线保持在上升过程曲线的上方。

### 4.2 误差分析

测试数据要控制在一定的精度之内,在数据保存时容易产生误差。比如温度数值精确到一位小数 85.6 ℃,也就是说对采集到的 85.60 ℃和 85.64 ℃都视为 85.6 ℃,但实际上这两点的所产生的位移是不一



(a) 实时显示



(b) 图表显示

图 5 数据展现方式

样的,特别在位移变化灵敏的温度段这种误差更大。软件界面反映的 85.6 °C 对应的位移应该是反映更接近 85.6 °C 这个点所产生的位移,所以要保证数据的正确反映,在数据的保存时要做一些判断处理。

## 5 结束语

本研究采用 RS485 实现对多个测试节点数据管理,利用开源控件 ZedGraph 绘制实时曲线,人机界面显示效果好,控制程序的算法可以用于准确地区分热动元件推杆的上升和回降过程,实现了对温度调节的热动元件性能参数的实时监测、描绘、存储和管理。

经一段时间的使用表明,该系统运行稳定,测试数据准确,可以满足热动元件特性的测试要求,大大提高

了测试的效率,提升了产品的管理。本研究采用的方法和器材适合实时性需求比较高的监控管理系统,具有较好的工控应用推广价值。

## 参考文献 (References) :

- [1] 李树勋,徐登伟,把桥环,等. 饱和蒸汽压式波纹管疏水阀热动元件实验研究[J]. 深圳大学学报:理工版,2011,28(6):548-552.
- [2] FRANK S. 寻求理想的蒸汽疏水阀[J]. 化学加工:英文版,2007,70(1):26-32.
- [3] 李树勋,徐登伟,把桥环. 蒸汽疏水阀波纹管滞后性研究[J]. 流体机械,2011,39(1):6-10.
- [4] 胡建华,刘鑫朝,李 辉,等. 基于 .NET 的动态实时曲线的绘制方法[J]. 计算机技术与发展,2013(3):179-182.
- [5] 杨成成,汪雄海. 城市污水排放实时监控界面及查询优化设计[J]. 机电工程,2008,25(12):70-73.
- [6] 高军丽,王宝珠. 基于 RS-485 总线的智能分布式测控系统的设计[J]. 计算机与现代化,2012(3):151-154.
- [7] 杨 华,尹 斌. 基于 AT89C2051 单片机的温度采集系统设计[J]. 信息通信,2012(1):98-99.
- [8] 吴桂林,郑建勇. RS485 上下位机多机通信网络系统设计[J]. 微计算机信息,2008,24(36):112-113,126.
- [9] 张 立. C#程序设计编程经典[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [10] 高 扬. 基于 .NET 平台的三层架构软件框架的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2011,21(2):77-80.
- [11] 彭 伟. 线程安全的 .NET 平台串口通信程序设计研究[J]. 湖北工业大学学报,2012,27(2):34-39.
- [12] 朱亦钢. 应用 Zedgraph 高效开发数据图表[J]. 电脑编程技巧与维护,2009(12):59-61.
- [13] 于国卿,李趁趁,赵雨森,等. ZedGraph 控件在水闸监测系统开发中的应用研究[J]. 南水北调与水利科技,2008,6(3):43-45.

[编辑:李 辉]

### 本文引用格式:

吴 鑫,俞建定,骆国庆. 热动元件性能测试系统的设计与实现[J]. 机电工程,2014,31(1):124 - 128.

WU Xin, YU Jian-ding, LUO Guo-qing. Design and implementation of thermal component monitor system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(1):124 - 128.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 108 页)

- [7] 杨 柳,刘会金,陈允平. 三相四线制系统任意次谐波电流的检测新方法[J]. 中国电机工程学报,2005,25(13):41-44.
- [8] 戴列峰,蒋 平,田大强. 无锁相环  $d-q$  谐波电流检测法的实现[J]. 电网技术,2003,27(8):46-49.
- [9] 杨 柳,孙建军,刘会金,等. 基于  $d-q$  变换的三相不对称系统任意次谐波电流的检测方法[J]. 继电器,2004,32(24):29-32.

- [10] 张 波,易颂文,何晓敏. 基于广义  $d_k-q_k$  旋转坐标变换的谐波电流检测方法[J]. 电力系统及其自动化学报,2001,13(3):25-29.
- [11] 王兆安,杨 君,刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京:机械工业出版社,1998.

[编辑:李 辉]