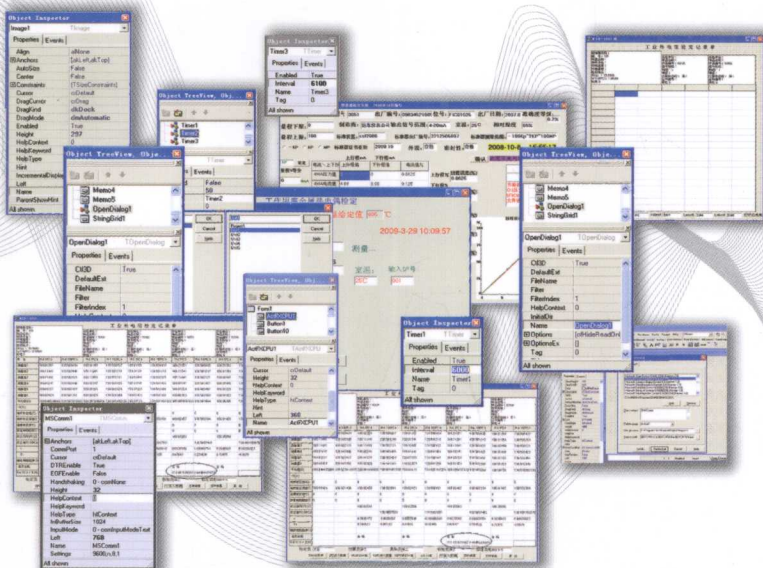




化工仪表 计算机校验技术



本书可作为高等院校化工仪表及自动化专业及相关专业的教材，也可供从事化工仪表工作的工程技术人员参考。
本书可作为高等院校化工仪表及自动化专业及相关专业的教材，也可供从事化工仪表工作的工程技术人员参考。
本书可作为高等院校化工仪表及自动化专业及相关专业的教材，也可供从事化工仪表工作的工程技术人员参考。

化工仪表 计算机校验技术

王 慧 ◎ 编著

（北京）化学工业出版社

化工仪表及自动化专业教材

出版社：2010

ISBN 978-7-122-07122-2

1. 化工仪表及自动化专业教材

2. 计算机校验技术

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第123456号

责任编辑：王 慧

封面设计：王 慧

（CIP0001）图书在版编目（CIP）数据：化工仪表及自动化专业教材：计算机校验技术 / 王慧编著. — 北京：化学工业出版社，2010.12. ISBN 978-7-122-07122-2

Ⅰ. 化… Ⅱ. 王… Ⅲ. 化工仪表—教材 Ⅳ. TQ056.1-39

787mm×1092mm 1/16 印张 408 千字 2010年3月北京第1版第1次印刷

邮发代号：161 定价：40.00元

（010-64122882）（010-64122883）（010-64122884）

网 址：http://www.cip.com.cn

凡购买本书，请向发行单位索取样书

TQ056.1-39
W/213



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了化工仪表计算机校验系统的硬件组成及软件编程方法。内容包括压力（差压）变送器校验、镍铬-金铁热电偶校验、工作用廉金属热电偶校验、热电阻温度自动测量校验等方面的内容。

本书注重理论与实践的结合，软件编写严格按照国家校验规程进行，也有按照厂家设备通信协议的编程，还有误差分析、拟合曲线、回归方程与分度表求取的工程实践。

本书可以作为自动化工程技术人员、软件开发人员项目开发参考书，也可作为科学技术人员及大专院校师生参考书。

图书在版编目（CIP）数据

化工仪表计算机校验技术 / 王慧编著. —北京：化学工业出版社，2010.2

ISBN 978-7-122-07147-7

I. 化… II. 王… III. 计算机应用-化工仪表-校验
IV. TQ056.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 212103 号

责任编辑：李玉晖

文字编辑：徐卿华

责任校对：陶燕华

装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 408 千字 2010 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：39.80 元

版权所有 违者必究

前 言

化工仪表校验目前主要是压力校验与温度校验,我国目前校验室大多采用指针仪表或电位差计与平衡电桥手工读数方式完成,由于校验数据计算处理量很大,手工处理难以完成。采用计算机组成一个自动测量校验系统,可以方便地实现控制、测量、计算、误差分析、存储与打印功能,是目前大势所趋。

本书采用 Delphi7.0 编程软件,是新一代面向对象的可视编程工具,是真正的编译程序语言,得到了广泛的使用。该编程软件功能强大,简单易用,执行速度快,有丰富的第三方控件支持,使得开发过程变得如搭积木般简单易用,利用 Delphi 开发工业上位机控制系统软件已成为越来越多工控开发人员的选择。因此 Delphi 语言的应用有广泛的前景。

本书共 4 章内容。

第 1 章压力(差压)变送器校验。本章所述的压力(差压)变送器校验系统,采用高精度的精密数字压力计通过 RS-232 串口与上位机电脑相连,电脑采用 Windows XP 操作系统,采用 Delphi7.0 程序运行完成数据采集、计算、显示、打印等功能。编程完全遵循中华人民共和国国家计量检定规程 JJG 882—94 压力变送器鉴定规程进行编程,本章详细说明了编程方法。

第 2 章镍铬-金铁热电偶校验。镍铬-金铁热电偶是在化工生产中常用的测量低温元件,它的校验结果需要很多组测量数据进行回归分析,得出拟合方程,计算工作量大。要计算打印出分度表还需要绘制出回归曲线,手工计算是不可能完成的。采用计算机进行回归运算分析,计算打印出分度表与绘制曲线则很方便容易。本章重点是校验系统中拟合法回归程序的编写方法与分析运算方法。

第 3 章工作用廉金属热电偶校验。化工生产中大量使用了工作用廉金属热电偶进行温度测量。廉金属热电偶有价格低、使用寿命长、稳定可靠的特点。编程遵循中华人民共和国国家计量技术规范 JJF 1998—2003 和热电偶、热电阻自动测量系统校准规范及工作用廉金属 JJG 351—96 热电偶检定规程。本章详细说明了工作用廉金属热电偶电脑自动测量校验系统硬件的组成、软件编程方法与计算方法。

第 4 章热电阻温度自动测量校验。介绍了工业铂热电阻校验采用的电脑自动测量校验系统,电脑自动测量系统硬件和软件的组成。电脑自动测量校验系统的设计要遵循国家的计量检定规程:一是中华人民共和国国家计量检定规程 JJG 229—98 工业铂、铜热电阻计量检定规程,二是中华人民共和国国家计量技术规范 JJF 1998—2003 热电偶、热电阻自动测量系统校准规范。由于铂热电阻校验、计算复杂,内容较多较长,本章详细说明了硬件组成、编程方法与计算方法。

本书填补我国无计算机检测校验编程专著的空白。出版有关这方面的著作，以供广大的科学技术人员及大专院校师生参考，也可以作为自动化工程技术人员、软件开发人员在工业测量控制系统编程中参考。

由于编著者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请各位读者批评指正。欢迎对本书的任何指导意见和问题通过 E-mail 和编著者联系。

编著者 E-mail 地址是: wanghui4035@sohu.com。

编著者

2009年9月

目 录

第1章 压力(差压)变送器校验	1
1.1 概述	1
1.2 硬件连接及重要控件的介绍	1
1.3 压力(差压)变送器校验程序功能介绍	5
1.4 窗体控件说明	9
1.5 Form2 打印画面窗体	18
1.6 程序说明	20
1.7 误差计算	30
1.8 数据文件存取	32
1.9 打印窗体画面(Form2)说明	39
1.10 专用加密工具介绍	44
第2章 镍铬-金铁热电偶校验	47
2.1 概述	47
2.2 程序设计要求	47
2.3 硬件及信号连接	49
2.4 检定过程介绍	51
2.5 Form1 窗体控件说明及 Unit1 单元程序说明	58
2.6 Form2 窗体控件说明及 Unit2 单元程序说明	61
2.7 Form3 窗体控件说明及 Unit3 单元程序说明	74
2.8 Form4 窗体控件说明及 Unit4 单元程序文件说明	84
2.9 Form5 窗体控件说明及 Unit5 单元程序文件说明	93
2.10 Form6 窗体控件说明及 Unit6 单元程序文件说明	104
2.11 Form7 窗体控件说明及 Unit7 单元程序文件说明	107
第3章 工作用廉金属热电偶校验	116
3.1 概述	116
3.2 程序设计要求	116
3.3 硬件及信号连接	117
3.4 检定过程介绍	120
3.5 Form1 窗体控件说明及 Unit1 单元程序说明	125
3.6 检定炉控温 Form2 窗体控件说明及 Unit2 单元程序说明	139

3.7	检定记录单 Rcord1 窗体控件说明及 Unit3 单元程序说明	150
3.8	记录单与检定证书打印	160
第 4 章	热电阻温度自动测量校验	169
4.1	程序编写要求	169
4.2	硬件系统设计	172
4.3	系统操作说明	176
4.4	工程总结构及 Unit1 单元头文件说明	182
4.5	主窗体 Form1 控件说明	187
4.6	Unit1 单元程序说明	188
4.7	Form2 窗体及程序说明	205
4.8	Record1, Record2 窗体及窗体程序说明	216
4.9	RecordT 窗体及单元文件说明	237
	参考文献	243

压力（差压）变送器校验

1.1 概 述

随着高精度的压力传感器及高精度的数字压力计的出现，目前压力仪表（变送器）的校验正在淘汰活塞等压力仪表的校验设备，采用高精度的精密数字压力计等先进设备进行。高精度的精密数字压力计与电脑等上位机相连，发挥电脑的数字处理运算的优势，对校验数据进行采集、智能修正、运算等，最后得出校验误差等结果并打印出校验单，省去人工计算、填表等麻烦。

本章所述的压力（差压）变送器校验系统，可校 0.2 级压力、差压变送器，系统校验精度 0.05%。高精度的精密数字压力计通过 RS-232 串口与上位机电脑相连，电脑采用 Windows XP 操作系统，采用 Delphi7.0 高级语言完成编程。程序运行完成数据采集、计算、显示、打印等功能。

编程完全遵循中华人民共和国国家计量检定规程 JJG882—94 压力变送器检定规程进行。

1.2 硬件连接及重要控件的介绍

1.2.1 硬件连接

精密数字压力计通过串口 RS-232 电缆与上位机串口相连，变送器和打压泵与精密数字压力计相连。硬件连接如图 1.1 所示。

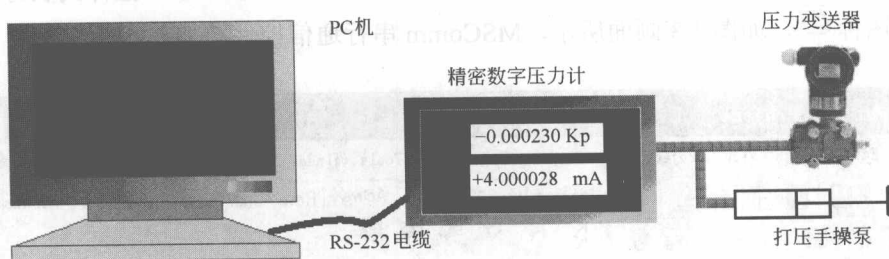


图 1.1 硬件连接图

Form1 窗体控件主要由 Edit 文本框控件、Label 标签控件、MSComm 串行通信控件、Timer 计时器控件、Image 图片控件、StringGrid 表格控件和 OpenFileDialog 等控件组成。下面介绍 MSComm 串行通信控件和 Timer 计时器控件。

1.2.2 MSComm 串行通信控件

由微软公司提供的标准控件，可以方便地与串口设备相连。

MSComm 串行通信控件的加入方法如下。

- ① 启动 Delphi7.0 进入编辑画面后，点击“Component”出现图 1.2 画面。
- ② 在图 1.2 画面下选“Micorsoft Comm Control 6.0[Version1.1]”。

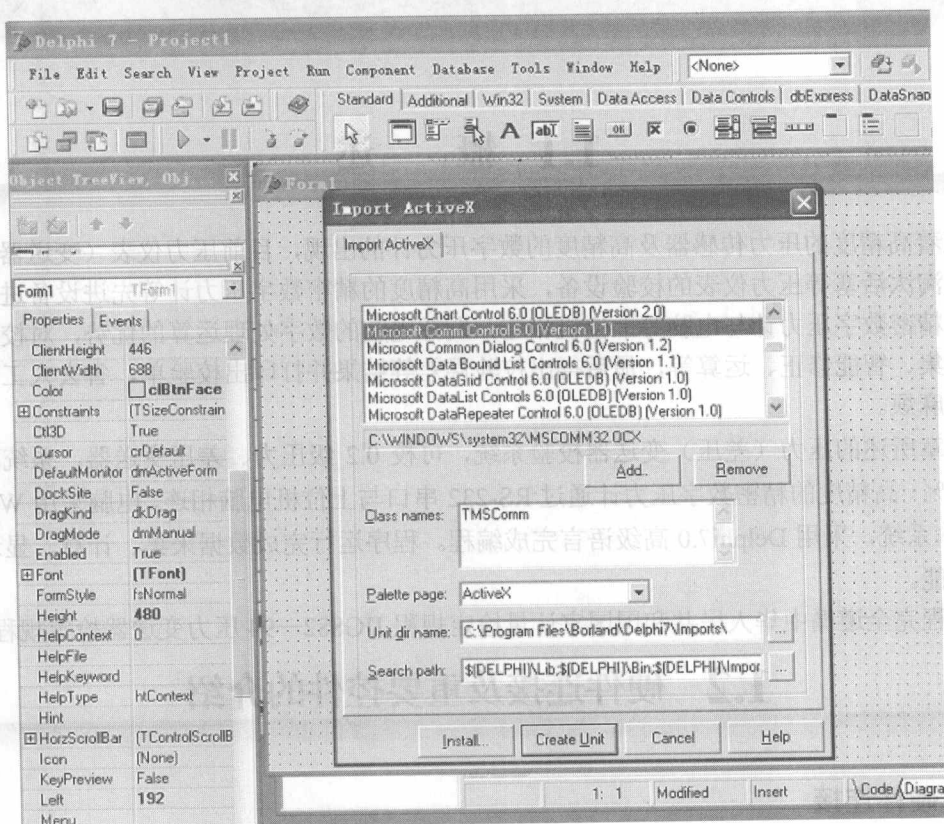


图 1.2 MSComm 串行通信控件的加入

③ 在图 1.2 画面下点击“Install”按钮，这时在工具栏“ActiveX”控件列表旁边出现电话机样小图标，如图 1.3 画面所示，MSComm 串行通信控件被加入。

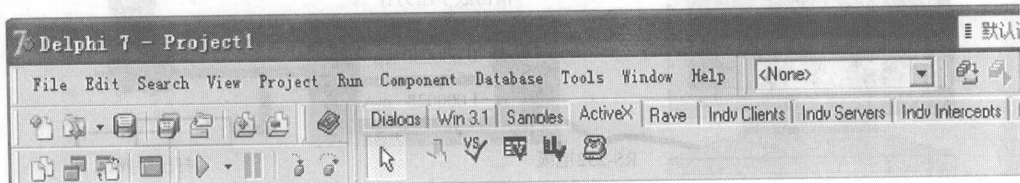


图 1.3 MSComm 串行通信控件的加入

MSComm 串行通信控件的重要方法、属性介绍（见图 1.4）如下。

1.2.2.1 MSComm 控件方法

MSComm 控件提供下列处理通信的方法。

① 事件驱动通信是处理串行交互作用的一种有效的方法。在许多情况下，在事件发生时需要得到通知。MSComm 控件的 OnComm 事件即可捕获并处理这些通信事件。

② 在程序的每个关键的功能之后，可以通过检查 CommEvent 属性的值来查询事件和错误，只要通信事件发生或通信错误发生，都会产生 OnComm 事件。这在应用程序较小时是可用的。

值得注意的是，每个 MSComm 控件对应着一个串行端口，如果要访问多个串行端口，必须使用多个 MSComm 控件。

③ CommPort 设置并返回通信端口号。

④ Settings 以字符串的形式设置并返回波特率、奇偶校验、数据位、停止位。

⑤ PortOpen 设置并返回通信端口的状态，可以打开和关闭端口。

⑥ Input 从接收缓冲区返回字符。

⑦ OutPut 向缓冲区写一个字符串。

⑧ InputLen 设置并返回 Input 属性从接收缓冲区读取的字符数。

⑨ InBufferSize 设置并返回接收缓冲区的字节数。

⑩ OutBufferSize 返回整个传输缓冲区的字节数。

⑪ InBufferCount 返回接收缓冲区中等待的字符数。

⑫ OutBufferCount 返回传输缓冲区中等待的字符数。

1.2.2.2 MSComm 控件使用

本例中，根据高精度的数字压力计厂家提供的通信协议，数字压力计每次自动上传 32 个字符串，其中头 2 个字符为引导识别码，其余 3~11 个为压力值，12~13 个为压力单位，19~27 个为电流值，28~29 个为电流单位，末尾 3 个字符为终止符。见图 1.5。

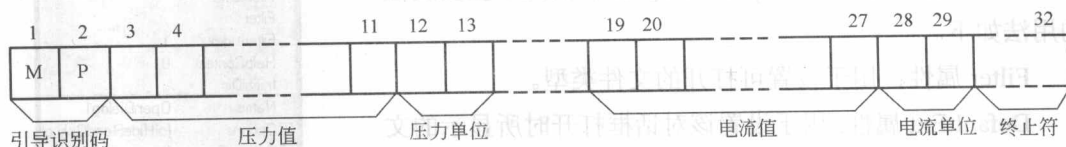


图 1.5 通信协议字符串结构

MSComm 控件通信方法如下：

//先读 2 个字符，判断是否引导识别码

MSComm1.InputLen:=2;

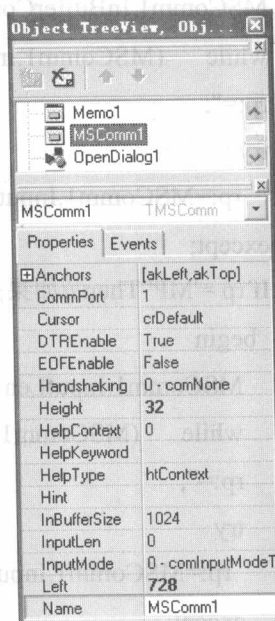


图 1.4 MSComm 控件属性

```

MSComm1.InBufferCount:=0; //清空缓冲区
while (MSComm1.InBufferCount<2) do;
rp:="";
try
rp:=MSComm1.Input; //接收信息
except;
If rp ='MP' Then //如果是引导识别码则读入到变量 rp
begin
MSComm1.InputLen := 32;
while (MSComm1.InBufferCount<32) do;
rp:="";
try
rp:=MSComm1.Input; //接收信息
except;
Edit1.Text := rp;
End;
//分解字符串 rp
kp1 := strtocopy(Copy(rp, 4, 7));
ma1 := strtocopy(Copy(rp, 19, 8));
//显示压力值、压力单位, 电流值、电流单位
Edit1.Text := Copy(rp, 4, 7) + ' ' + Copy(rp, 11, 2);
Edit2.Text := Copy(rp, 19, 8) + ' ' + Copy(rp, 28, 2);
//返回开始行继续

```

1.2.3 OpenFileDialog 控件属性

OpenFileDialog 控件见图 1.6。

OpenFileDialog 控件用于创建通用的打开对话框, 可以打开一个已经存在的文件。OpenFileDialog 控件的几个重要属性的用法如下。

Filter 属性: 用于设置可打开的文件类型。

DefaultExt 属性: 用于设置该对话框打开时所显示的文件类型。

InitialDir 属性: 用于设置该对话框所打开的文件所在的初始路径。

Options 属性: 用于组合类型属性值, 即有许多子属性, 用于设置打开文件时的各种情形, 如是否可选择多个文件、

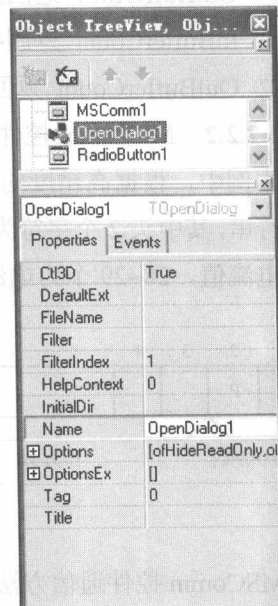


图 1.6 OpenFileDialog 控件属性

是否允许长文件名、是否可选择只读文件等。

1.2.4 计时器控件

(1) Timer1 计时器控件

Interval 时间间隔为 1.0s, 如图 1.7 所示, 作为数据采集时间间隔来触发事件。

(2) Timer2 计时器控件

Interval 时间间隔为 0.05s, 如图 1.8 所示, 用于快速移动闭幕, 结束程序。

(3) Timer3 计时器控件

Interval 时间间隔为 1.0s, 如图 1.9 所示, 用于动态显示日期和时间。日期和时间显示于 Label43、Label44 控件的 Caption 属性, 位置见图 1.10 “开始”按钮上方。

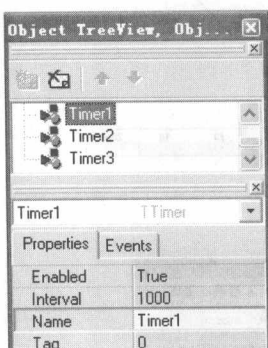


图 1.7 Timer1 控件属性

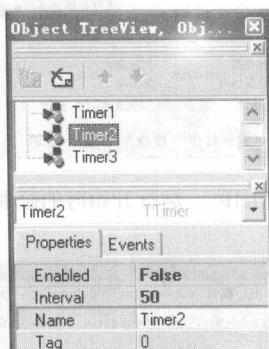


图 1.8 Timer2 控件属性

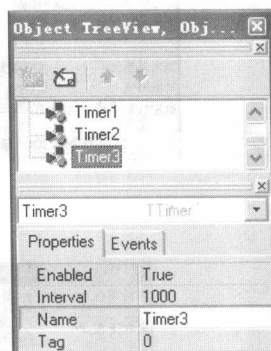


图 1.9 Timer3 控件属性

1.3 压力（差压）变送器校验程序功能介绍

1.3.1 测量取数计算

连接好精密数字压力计 RS-232 通信电缆、压力传感器模块、压力变送器及打压泵。运行程序进入“渊博化工压力变送器检定系统”画面, 如图 1.10 所示。

按“开始”命令, 数据即开始采集, 在“实时数据采集”下方的两个文本框控件内, 分别动态显示当前打压值和变送器输出电流值。开始打压泵打压, 维持 0Kp^①、4mA 第一点(如 0.00Kp, 4.01mA), 数字稳定后按“确认”按钮, 在 4mA 右侧上下两个文本框中, 记下第一个校验点, 字符“4mA”由黑色变成了绿色, 同时回程误差曲线图画出了黑色基线, 如图 1.11 所示。

接着打压泵打压到第二点 8mA, 稳定后按“确定”按钮。如此上行打压到量程上限 100Kp, 按“确认”按钮一次, 上行文本框数据已经填好, 此时上行曲线已经在回程误差曲线图中画好。再按“确认”按钮一次, 此时下行文本框第一个数据已经填好。然后打压泵减压下行逐步返回, 直到 0Kp, 下行文本框数据已经填好, 此时下行曲线已经在回程误差曲线图中画好。

再按“计算”按钮, 计算出上行程、下行程、回程误差、实际最大值、检定结果, 如图 1.12 所示。

① Kp 意为 kPa, 下同。

7. 淄博化工仪表车间压力(差压)变送器检定系统 2008年10月编写

送检单位: 仪表甲组 型号: 3051 出厂编号: 0983452160 位号: FIC01025 出厂日期: 2007.8 准确度等级: 0.2%

量程下限: 0 制造商: 远东仪表公司 输出信号范围: 4-20mA 室温: 25℃ 相对湿度: 65%

量程上限: 100 标准装置: cs12006 标准器出厂编号: 2212505007 标准器测量范围: -100Kp~2Kp/100MP

☐ KP ☐ MP 标准器证书有效: 2009.10 外观: 合格 密封性: 合格 2008-10-8 10:31:13

确认 开始

设定	上行程mA	下行程mA	电流值%	回程误差(%)
量程5等分	4mA压力值	4mA电流值		Edit45
Edit40	8mA压力值	8mA电流值		Edit46
Edit41	12mA压力值	12mA电流值		Edit47
Edit42	16mA压力值	16mA电流值		Edit48
Edit43	20mA压力值	20mA电流值		Edit49

基本误差允许值(mA): 0.032 实际最大值(mA): 0.0 回程误差允许值(mA): 0.0256 实际最大值(mA): 0.0

检定结果: 合格 检定员: 张三 审核员: 李四 检定日期: 2008年10月8日

清屏 重新开始 修正 计算 进入打印 读盘 存盘 退出

图 1.10 运行开始时的画面

7. 淄博化工仪表车间压力(差压)变送器检定系统 2008年10月编写

送检单位: 仪表甲组 型号: 3051 出厂编号: 0983452160 位号: FIC01025 出厂日期: 2007.8 准确度等级: 0.2%

量程下限: 0 制造商: 远东仪表公司 输出信号范围: 4-20mA 室温: 25℃ 相对湿度: 65%

量程上限: 100 标准装置: cs12006 标准器出厂编号: 2212505007 标准器测量范围: -100Kp~2Kp/100MP

☐ KP ☐ MP 标准器证书有效: 2009.10 外观: 合格 密封性: 合格 2008-10-8 15:12:36

确认 开始

设定	上行程mA	下行程mA	电流值%	回程误差(%)
量程5等分	4mA压力值	4mA电流值	4.01	Edit45
0	8mA压力值	8mA电流值		Edit46
25	12mA压力值	12mA电流值		Edit47
50	16mA压力值	16mA电流值		Edit48
75	20mA压力值	20mA电流值		Edit49

基本误差允许值(mA): 0.032 实际最大值(mA): 0.0 回程误差允许值(mA): 0.0256 实际最大值(mA): 0.0

检定结果: 合格 检定员: 4 审核员: 检定日期: 2008年10月8日

清屏 重新开始 修正 计算 进入打印 读盘 存盘 退出

图 1.11 采集第一个数据画面

1.3.2 修正计算存盘

如果打压压力值与标准值偏离, 可以用“修正”按钮进行修正。修正计算方法: 例如标准是 50.0Kp、12.0mA 这点, 实际打压为 50.5Kp、12.81mA, 因为此点偏离较多, 故线性修正为 50.0Kp、12.01mA, 线性修正示意如图 1.13 所示。修正算法原理见 1.6.4 节。用“修正”按钮进行修正时, 必须是: 上、下行曲线已经在回程误差曲线图中画好, 上、下行文本框数据已经填好, 可以先按“修正”按钮进行修正计算, 修正计算后再按“计算”按钮进行计算, 如图 1.14 所示, 再按“存盘”按钮进行存盘。这时, 文件在指定目录“D:\压力校验存档数据”下存盘。计算显示、存盘结果如图 1.15 所示。

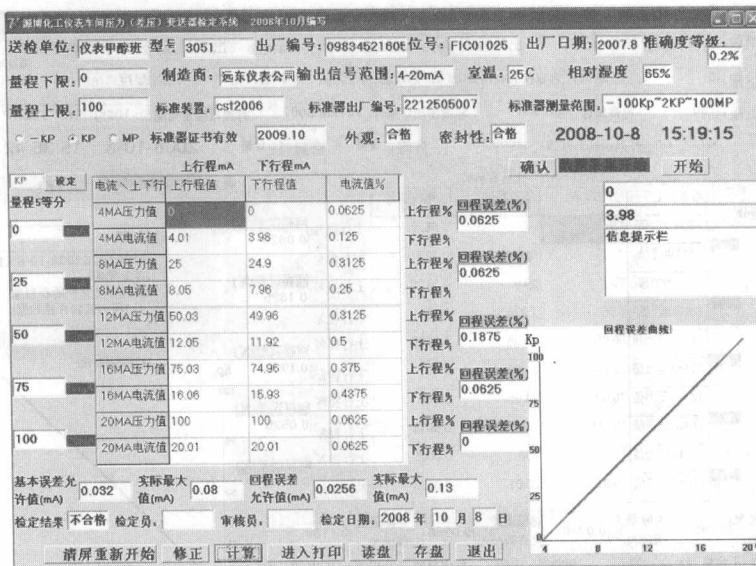


图 1.12 最终计算结果画面

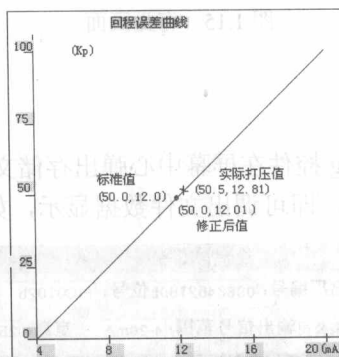


图 1.13 修正计算示意

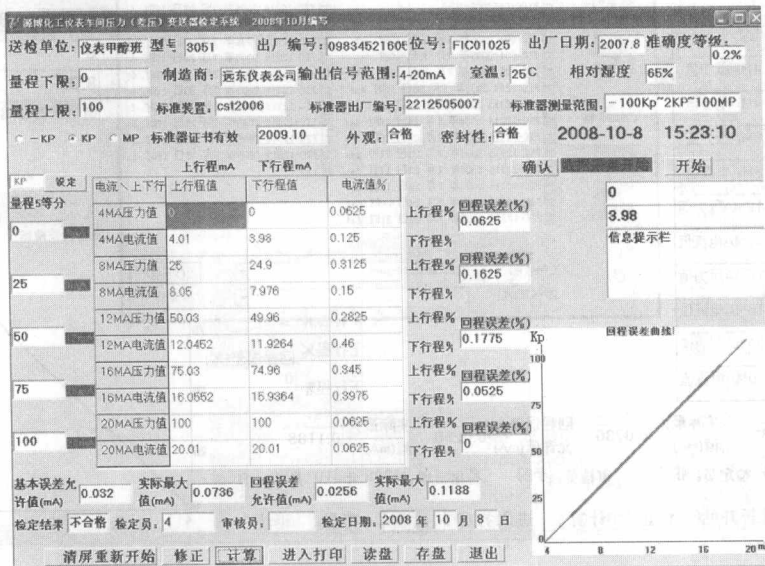


图 1.14 计算结果

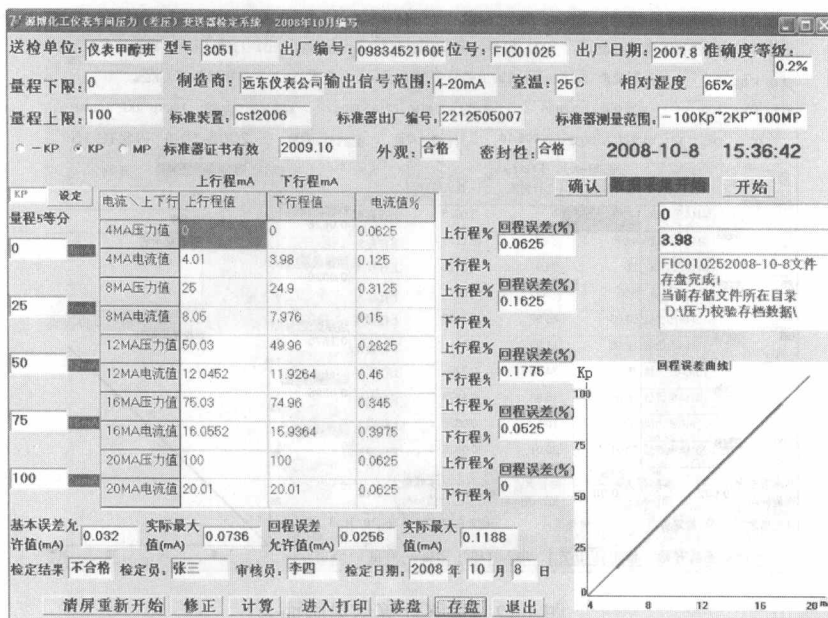


图 1.15 存盘画面

1.3.3 历史数据读盘

按“读盘”按钮，OpenDialog 控件在屏幕中心弹出存储文件名框，如图 1.16 所示。选择所需文件双击或按“打开”按钮，即可调出文件数据显示，如图 1.17 所示。



图 1.16 数据读盘

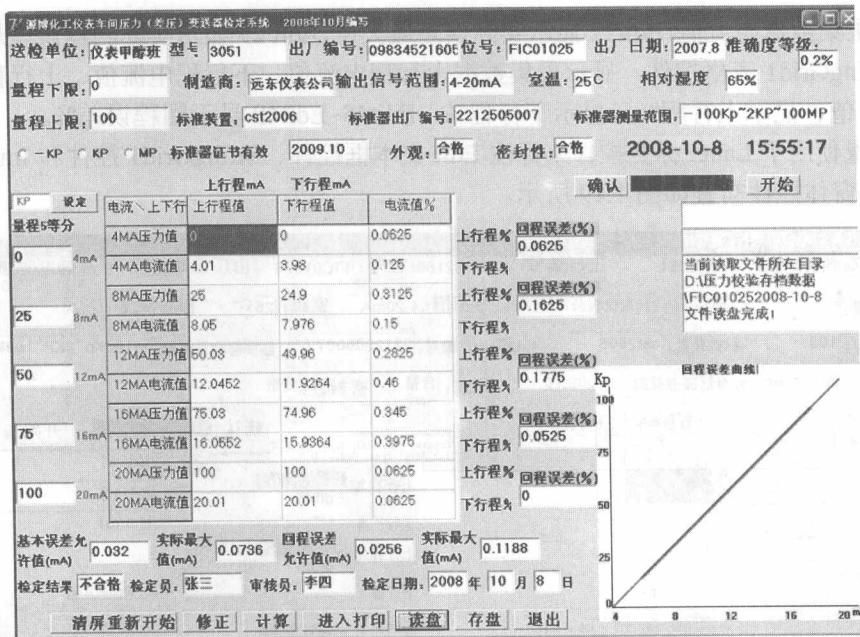


图 1.17 数据显示

1.3.4 打印预览及打印

按“进入打印”按钮，进入打印画面，按“打印预览”按钮，结果如图 1.18 所示。按“打印”按钮，将在打印机上打印出与“打印预览”画面相同的报表。

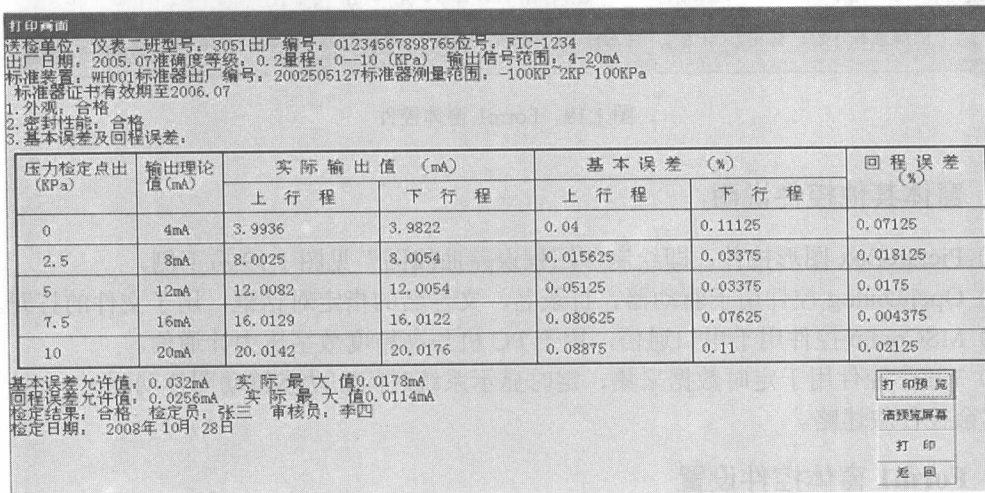


图 1.18 打印预览画面

1.4 窗体控件说明

1.4.1 Form1 窗体控件说明

- ① Form1 窗体数据显示大量使用了 Edit 文本框控件，如 Edit1 显示采集数据压力值，

Edit2 显示采集数据电流值, Edit27 显示实际误差最大值, Edit 29 显示实际回程误差最大值等。

② StringGrid1 表格控件, 显示采集数据上行程电流值、下行程电流值、上行程压力值、下行程压力值、显示上行程%、显示下行程%。Edit45~Edit49 显示回程误差%。

③ 大量使用了 Label 标签控件来标注 Edit 文本框控件、StringGrid1 控件和 Image 控件。Form1 窗体控件布置如图 1.19 所示。

图 1.19 Form1 窗体控件

1.4.2 窗体其他控件说明

- ① PictureBox 图形控件, 即绘制“回程误差曲线图”见图 1.19 右下侧。
 - ② OpenFileDialog 控件用于驱动器、目录名、文件名的指定对话框, 用于文件的打开。
 - ③ MSComm 控件用于串口通信, 用于 PC 机与高精度数字压力计通信。
 - ④ Timer 控件用于定时数据采集、定时显示系统时间和动态移动图片动画。
- 其余控件叙述略。

1.4.3 Form1 窗体控件设置

Form1 窗体控件文本如下:

object Form1: TForm1

Left = 132

Top = 56

Width = 1032

Height = 776

Caption = '源博化工仪表车间压力(差压)变送器检定系统 2008 年 10 月编写'