

远程通用火工品检测仪设计与应用

薄志峰

(92941 部队 葫芦岛 125001)

摘要: 针对传统火工品电阻检测方法的缺陷及其存在的安全隐患问题,研究设计了一种远程通用火工品检测仪。整个检测仪以工控机为控制核心,以 PCI 总线为基础,利用 PCI 总线在数据采集的功能卡和系统内存之间实现多通道数据采集以及对板卡的控制命令;工控机在图形化编程语言 LabWindows/CVI 平台下控制 PCI 实现数据采集、开关量控制及对所测数据进行计算、分析、显示、判断;根据测试结果利用软件补偿方法使用曲线拟合的方式进行误差处理。应用结果表明:该检测仪具有使用方便、测量范围宽、精度高的优点。

关键词: 火工品;电阻测量;检测仪;PCI 总线

中图分类号: TN407 TN707 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Design and application of long-range general tester for initiating devices

Bo Zhifeng

(CPLA 92941 Unit, Huludao 125001, China)

Abstract: Aiming at the problem that the defects and safety hidden danger of the traditional resistance measurement for initiating devices, a long-range general tester for initiating devices is researched and designed. The whole tester is designed around industrial-control unit as control core. PCI bus, as basis of the tester, is used to sample the multi-channel data between data acquisition card and system memory, as well as the control commands to volume car. The industrial-control unit will control PCI to achieve data sampling, switching volume control and the calculation, analysis, display and judgment of the measured data that via the graphic program language LabWindows/CVI environment. The tester using software compensation method with curve fitting is used for error handling. The application showed that the tester is easy to use, and it has wide measuring range and high precision.

Keywords: initiating device; resistance measurement; tester; PCI bus

1 引言

目前火工品在工程上大量应用^[1-2],而作为工程应用产品上点火或引爆控制模块的核心部件,火工品的可靠性直接影响工程应用的安全及效能,因此在工程应用中火工品测试是其中一个重要环节。根据工程应用的测试需求,火工品测试应采取安全防爆措施。安全防爆措施一般分为 2 种,一种是专用的测试与防护设备,这种方法针对体积较小的产品而言,而对于体积庞大的产品制作专用的测试与防护设备不仅成本太高而且很难实现;另一种是将产品放置在专用防爆测试库或利用掩体、大障碍物隔离测试,这种方法需要很长的测试电缆,不仅电缆铺设烦琐而

且长电缆对电阻测试精度有一定影响。采取第二种措施,利用远控计算机通过网口适配器对放置在火工品旁的火工品检测仪进行控制,由检测仪对火工品进行测试的方案,此方案不仅拥有可对任意体积的火工品进行测试的优点,而且克服了第二种措施电缆铺设烦琐和长电缆对电阻测试精度有一定影响的缺点。

2 火工品电阻测试原理

目前针对火工品电阻的测试方法主要包括恒流测试法、恒压测试法、万用表测量法以及大脉冲电流测量法^[3-5]。火工品电阻一般包括低阻值的桥路电阻和高阻值的绝缘电阻,为了精确测量火工品电阻本文采用恒流四线

收稿日期:2014-12

法进行桥路电阻测量,采用恒压多量程法进行绝缘电阻测量,具体情况如表1所示。

表1 各档位量程及测量原理对照

档位	量程	测量原理	取样电阻值
1	1~10 Ω	恒流四线法	无
2	10~100 Ω	恒压多量程法	100 Ω
3	100~1 kΩ	恒压多量程法	1 kΩ
4	1~10 kΩ	恒压多量程法	10 kΩ
5	10 kΩ~10 MΩ	恒压多量程法	10 MΩ
6	10 kΩ~1 GΩ	恒压多量程法	1 GΩ

2.1 桥路电阻测试原理

低阻值电阻的高精度测量一般采用恒流四线法。恒流四线法的基本原理如图1所示。如图1所示, R_{11} 、 R_{12} 为恒流源与被测电阻 R 之间的接触电阻; R_{13} 、 R_{14} 为电压表和被测电阻之间的接触电阻。恒流源输出的电流 I 加载到被测电阻 R 上; 设通过电压表测得 R 上的电压为 V ; R 两端实际电压为 V_R , R_{13} 、 R_{14} 两端电压分别为 V_{13} 、 V_{14} , 则以上几项电压之间的关系如式(1)所示:

$$V = V_R + V_{13} + V_{14} \quad (1)$$

由于电压表的输入阻抗非常高,电压表两端导线的电压降很小,可以忽略,则:

$$V_{13} = 0 \quad (2)$$

$$V_{14} = 0 \quad (3)$$

$$V = V_R \quad (4)$$

$$R = V_R / I = V / I \quad (5)$$

由此可见,四线制电阻测量方法可以消除导线电阻和测试点之间的接触电阻,有效提高了电阻测量的精确度。

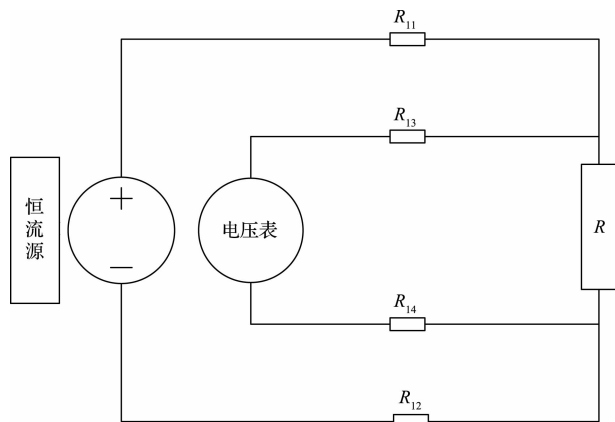


图1 恒流四线法测量原理

2.2 绝缘电阻测试原理

绝缘电阻测试采用恒压多量程法进行。恒压多量程法的基本原理如图2所示。图中: V_s 为激励电压源, R_x 为被测电阻, R_n (R_n 可以取 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{24} 、 R_{25}) 为取样电阻。则其输入输出关系如式(6)、式(7)所示:

$$V_c = -(V_s \times R_n) / R_x \quad (6)$$

$$dV_c / dR_x = (V_s \times R_n) / (R_x)^2 \quad (7)$$

通过式(7)表明,取样电阻 R_n 的值一定的情况下,被测电阻 R_x 的值越大,分辨率就越小,无法保证高精度测量。对于不同量程的电阻可以通过改变取样电阻 R_n 的值来适应分辨率和输出电压的测量要求。根据高阻值电阻的测量精度要求,将取样电阻 R_n 的值分成5个,具体见表1。同时使用继电器进行自动转换,再加上软件处理,以达到高精度的测试要求。

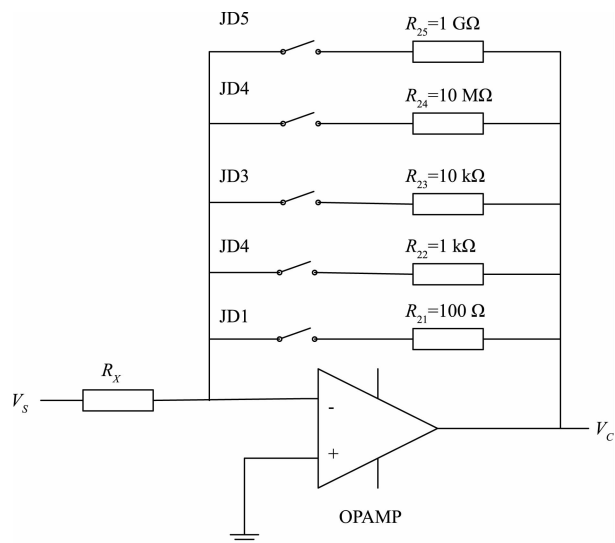


图2 恒压多量程法测量原理

3 硬件结构及原理

远程通用火工品检测仪系统硬件以主控计算机为核心,通过网口适配器将主控计算机与远控计算机进行连接;主控计算机接受远控计算机的指令通过 PCI 总线控制相应模块进行操作;将控制继电器控制模块、信号处理模块、接口适配器、A/D 转换模块、电源模块和数据采集模块等模块有机结合起来,通过主控计算机控制给被测对象施加激励并采集被测对象的反馈信号。远程通用火工品检测仪结构图如图3所示。

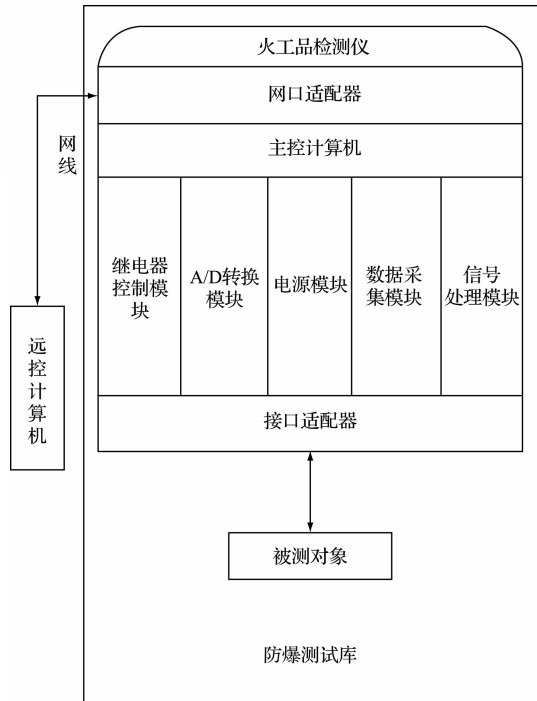


图3 远程通用火工品检测仪结构

4 软件平台设计

4.1 功能

远程通用火工品检测仪系统软件具有自动测试、手动测试、单项抽测、系统计量、修正、自检及数据处理等功能，为了方便用户维护和系统扩展，系统软件设计采用模块化思想，主要包括权限管理模块、测试管理模块、系统计量模块、修正模块、自检模块及数据管理模块等。运行时通过调用多个相应的功能模块，控制系统软件流程，完成相应的测试任务。软件功能结构如图4所示。

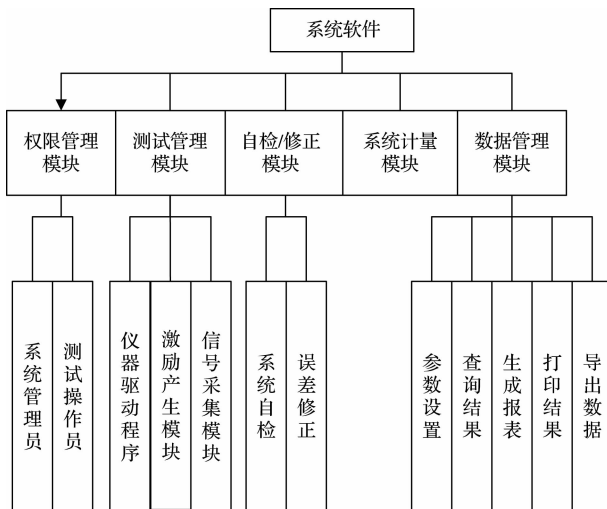


图4 软件功能结构

权限管理模块通过赋予不同登录用户相应的操作权限，一是为了防止误操作；二是规定了系统管理员及测试

操作员相应的操作权限。

测试管理模块主要由仪器驱动程序、激励产生模块和信号采集模块组成，通过对检测仪相应模块的控制完成火工品测试过程。仪器驱动程序是应用层与物理层的桥梁，应用层程序通过调用驱动程序来实现对相应物理模块的控制。激励产生模块能够产生测试程序所需的激励，当检测仪进行测试需要施加激励时，测试程序会按照指令在相应的通道和相应时间节点输出激励信号。信号采集模块按照指令对相应通道实现反馈信号的测量，同时可以对反馈信号进行处理及变换，经修正模块修正后将得到的数据与相应标准进行比对，并进行实时显示。

系统计量模块提供相应的计量通道使操作人员可以对检测仪的各个硬件模块进行定期计量校准。

自检是在检测仪进行火工品测试之前必须进行的工作，它可以保证检测仪硬件运行正常。自检模块对检测仪各个硬件模块的通道进行电气通断检测，并对各个硬件模块返回的状态值进行判断，以判别各个通道的电气连接性能是否完好。当出现错误时，对检测仪的相应硬件进行维护。待各个电气连接通道都正常后方可进入测试。

修正模块可以对测量的数据进行修正。检测仪定期对各个量程范围内的多个标准电阻进行测试，并将相应的测试结果和标准电阻值进行曲线拟合，产生相应量程的修正函数，在检测仪测试时将测量数据代入相应量程的修正函数，所得到的结果就是修正后的测试数据，这样可以极大地提高测量结果的精确度。

数据管理模块主要完成数据的管理功能，由参数设置、查询结果、生成报表、打印结果以及导出数据等功能组成。用户通过数据管理模块可以方便进行参数设置，并可以对测量结果进行查询、打印以及导出。

4.2 软件设计

系统软件是整个远程通用火工品检测仪的核心，它控制着整个系统工作以及系统的各个模块之间的协调。在硬件设计完成后，系统软件开发就成为系统开发的重中之重。系统软件主要是通过虚拟仪器技术^[6-8]，利用软件来实现对各个软件功能模块相应流程的调用，控制仪器驱动程序调用相应仪器板卡来实现信号的激励以及反馈信号的采集和处理。操作系统采用 Windows XP 系统，软件设计采用了虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI^[9-11]，它是美国 NI 公司开发的一套面向计算机测控领域的软件开发平台，它为数据采集及建立自动测试系统提供了一个理想的软件开发环境。

5 误差修正

由于检测仪测试时受到系统软硬件设计、硬件安装以及环境干扰等都会造成测量误差，为提高检测仪的测量精度，减小误差，检测仪采用了软件补偿的方法，对标准电阻进行测量得到相应的实测值，各个量程分别利用 MATLAB 提供的 polyfit 指令进行多项式拟合建立实测值与标准值之间的函数，这个函数就是修正函数，它能对所测的

电阻值进行修正,有效提高了测量精度。如表2所示为桥路电阻修正后的对照表。图5为实测值与标准值的散点,图6为多项式拟合函数。

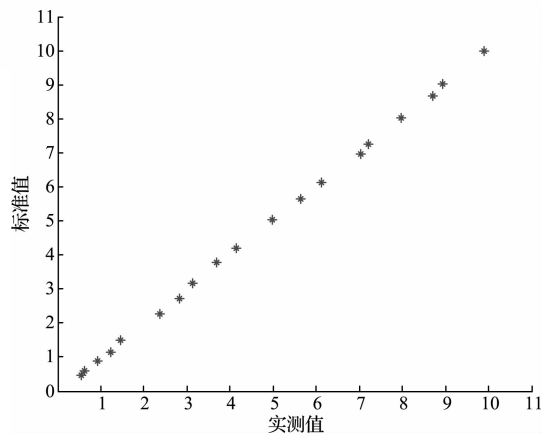


图5 实测值与标准值散点

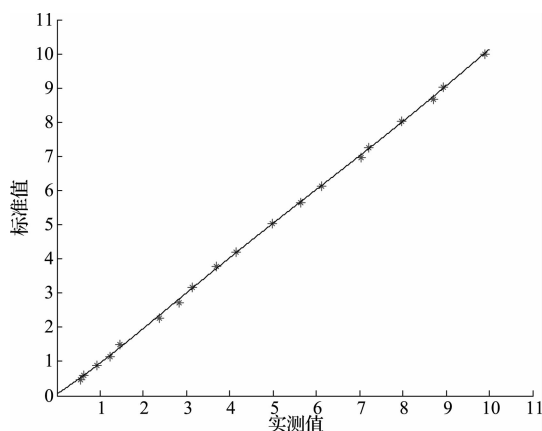


图6 多项式拟合函数

表2 修正对照 Ω

标准值	实测值	修正值	实测误差	修正误差
0.48	0.55	0.519 1	0.070 0	0.039 1
0.60	0.62	0.583 4	0.020 0	-0.016 6
0.89	0.92	0.866 8	0.030 0	-0.023 2
1.13	1.22	1.160 7	0.090 0	0.030 7
1.50	1.47	1.411 6	-0.030 0	-0.088 4
2.28	2.37	2.340 4	0.090 0	0.060 4
2.72	2.83	2.820 3	0.110 0	0.100 3
3.18	3.14	3.142 9	-0.040 0	-0.037 1
3.79	3.70	3.721 1	-0.090 0	-0.068 9
4.21	4.15	4.180 0	-0.060 0	-0.030 0
5.02	4.99	5.022 6	-0.030 0	0.002 6
5.63	5.65	5.674 6	0.020 0	0.044 6
6.14	6.11	6.126 6	-0.030 0	-0.013 4
6.97	7.03	7.033 4	0.060 0	-0.063 4
7.26	7.21	7.212 4	-0.050 0	-0.047 6
8.01	7.96	7.967 7	-0.050 0	-0.042 3
8.67	8.70	8.731 8	0.030 0	0.061 8
9.01	8.93	8.973 5	-0.080 0	-0.036 5
10.00	9.891	0.001 1	-0.110 0	0.001 1

6 结 论

以往火工品测试使用的方法,不但操作繁杂、精度较低,而且测试速度缓慢。本文利用网口适配器实现了火工品测试的远程测量和显示,分别采用恒流四线法进行桥路电阻测量、恒压多量程法进行绝缘电阻测量,实现了火工品的远程通用测试,检测仪具有测试速度快捷、测试与控制精度高、操作方便、通用性强、可扩展性强、可靠性高等特点,不仅满足目前火工品测试的需求,同时有效提高了火工品的测试精度和安全性。

参 考 文 献

- [1] 尹波,刘明南,陈伟波,等. 火工品用智能低电阻测量仪的设计[J]. 火工品,2011(1):17-19.
- [2] 王晓晖,韩红业,吴胜男. 高精度火工品自动测试方案的设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2012,20(4):869-871.
- [3] 周晨,胡社教,沙伟,等. 电动汽车绝缘电阻有源检测系统[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(5):409-414.
- [4] 李文强,黄刚,杨录. 大量程全自动阻抗测量仪研究[J]. 仪器仪表学报,2014,35(4):859-865.
- [5] 丁志杰,李明勇,张小玢. 基于数控电阻和恒流源的电阻测量仪[J]. 电子测量技术,2014,37(7):14-16.
- [6] 陈伟元. 基于虚拟仪器的电路板检测系统设计[J]. 国外电子测量技术,2012,31(3):86-89.
- [7] 罗旭锋. 基于虚拟仪器的飞行器电池组测试系统设计与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2011:1-57.
- [8] 张持健,陈航,李辉,等. 分布式仪器终端和虚拟仪器技术集成的智能测量分析控制系统[J]. 国外电子测量技术,2014,33(10):76-82.
- [9] 席有猷,程乃平,赵阳. 基于 LabWindows/CVI 虚拟示波器的设计与实现[J]. 国外电子测量技术,2009,28(8):70-72.
- [10] 陈明亮,蔡卫平,古建平,等. 基于 LabWindows 的数字多用表自动校准系统[J]. 国外电子测量技术,2012,31(11):61-63.
- [11] 庞丽娟,陶小亮. 基于 LabWindows/CVI 的测试设备设计与研究[J]. 国外电子测量技术,2014,33(6):78-81.

作 者 简 介

薄志峰,工学学士,工程师,主要研究方向为仪器与测试技术。

E-mail:393153330@qq.com