

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2108191

基于单片机的电路设备导通测试装置设计

田登辉 李锦明

(中北大学仪器与电子学院 太原 030051)

摘要: 在当今不断发展高度信息化、高度自动化、高度集成的技术时代,大型电气设备越来越多地使用多芯线缆。而多芯线缆又会较多的受到外界各种环境的影响,非常容易失效。多芯线缆的性能已成为影响系统整体可靠性的重要因素。而现在一直存在线缆检测的困难。目前主要的检测手段是人工检测。针对以上问题设计研究了一款电路设备导通测试装置。该装置以 ATmega64 单片机为其核心控制部件,利用 CD4051 芯片进行导通测试通道的选择,采用 TLP521-4 芯片进行数字信号隔离处理,再将测量得到的导通结果数据传送至单片机并通过 MAX232 芯片与串口助手进行数据的传送。最后对测试系统进行测试获得测试结果并分析结果。

关键词: 导通;Atmega64 单片机;线缆检测

中图分类号: TP2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Design of circuit equipment conduction test device based on single chip microcomputer

Tian Denghui Li Jinming

(School of Instruments and Electronics, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: High in today's highly information-based, highly automated and highly integrated technology era, multi-core cables are increasingly used in large-scale electrical equipment. Multi-core cable will be affected by various external environments, so it is very easy to fail. The performance of multi-core cable has become an important factor affecting the overall reliability of the system. At present, cable detection is always difficult. At present, the main detection means is manual detection. In view of the above problems, this paper designs and studies a circuit equipment conduction test device. In this device, ATmega64 single chip microcomputer is taken as its core control component, CD4051 chip is used to select the conduction test channel, TLP521-4 chip is used to isolate the digital signal, and then the measured conduction result data is transmitted to the single chip microcomputer and transmitted with serial port assistant through MAX232 chip. Finally, the test system is tested to obtain the test results and analyze the results.

Keywords: breakover; Atmega64 single chip microcomputer; cable detection

0 引 言

当今的科技发展日新月异,特别是在 PC 领域、数据传输、智能仪器等领域。如今,越来越智能的电子系统正在逐渐取代人类,开展大量高重复率和高危险性的工作,并应用于宽广的工作和生产领域^[1]。由于应用了智能测量方式,人类不需要执行繁琐的调试步骤,提升了测量效率、性能,并显著加快了工作进程。这项技术已成为当前生产和生活不可分割的一部分^[2]。

目前,多芯线缆主要用于短距离的控制信号传输和电力传输。随着科技的进步,机器自动化水平的不断提高,越来越多的线缆用于飞机、坦克、运载火箭、航天器等大型机

械设备^[3]。为确保传输功率,大电流信号或重要信号的可靠性,这些仪器的线缆通常基于冗余技术,并使用双芯或多芯线缆进行功率和信号的传输。此外,线缆在长期使用中容易受到腐蚀和烧蚀等各种不利条件的影响,大多数线缆铺设在移动设备中,容易受到拉伸、挤压、扭矩和弯曲力矩等外力的影响,会不可避免的发生故障^[4]。因此,多芯线缆品质的优劣将直接影响到系统是否能够正常使用^[5],提高线缆测试的高可靠性,快速性,方便性和实用性已成为多芯线缆系统安全可靠运行的重要保证^[6]。

日本科学家针对线缆的导通测试开展了大量研究并研发了多种类别的导通测试检测仪。与国外研制的导通测试设备比较,我国自主开发的测试设备仍存在较多不足,无论

收稿日期:2021-10-26

是在工艺制作水平还是测试设备的性能上,仍有较大的距离需要追赶。文献[2]提出一种线缆检测仪专门用于动车组列车的线缆检测。但大多数设备目前对于线缆的检测一般使用万用表对测试内容进行人为手动测试,不仅仅检测周期长,且人为测试较多内容使,准确度较低,耗时长,而国内的线缆测试仪测试要求,测试精度和测试内容很多时候都无法满足测试要求。

为解决上述问题本文开展了多芯线缆相关的研究,设计了以 Atmega64 单片机为核心的测试导通的线缆检测系统^[7]。并根据测试系统的功能和特点选取合适的芯片进行了扩展电路、电源电路、数字信号隔离电路、通讯电路等一系列的外围电路模块。并编写了上位机,通过上位机串口助手来实现测试结果的实时显示。

1 系统整体设计

系统要求对复杂电路系统提供 64 路导通测试点及各点接地、短路等功能的测试,并通过上位机实时显示测试结果。其系统的整体结构框图如图 1 所示。

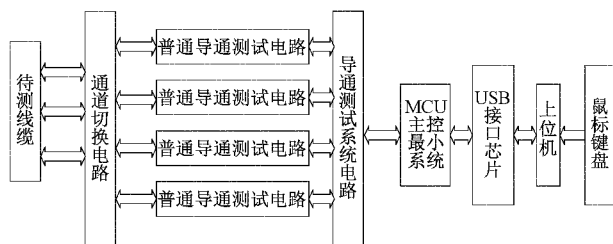


图 1 系统整体结构框图

连续性测试的主要目的是检查电缆是否损坏。

对于公共点连续性测试,检测方法是通过对 ATmega64 微控制器的端口输出一个高(或低)电平到被测点的输入通道,然后从输出通道进行电平的检测。对于测量点的检测需要进行正反双路传导测量,将输出通路作为输入,输入通路作为输出再次进行测试,比较电平值,如果它是不同的,则意味着导通,若电平是相同的,则证明两点是不导通的^[8]。其检测原理如图 2 所示。

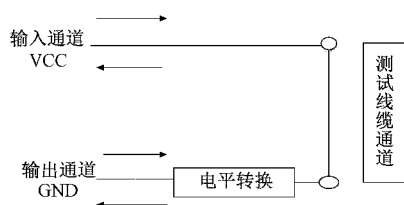


图 2 系统导通检测原理

对于二极管单向导通点的测试,也需要进行双向导通测试,以通过 ATmega64 微控制器的端口输出高(或低)电平到测试点的输入端。然后从另一端读取电平,比较电平,然后颠倒两端的测试结果并执行相同的电平输入来比较电平。若两次比较中有一次电平相同,另一次电平不同则

电平不相同的测试两端为二极管单项导通。

对于任意两个导通点的测试需要进行双向测试确定其导通。测试系统的执行步骤,主要为下面几步:

第 1 步:单片机对系统进行检测并接收执行测试指令。

第 2 步:根据执行指令,进行线路的切换。

第 3 步:单片机系统输出测试信号,通过光耦隔离进行信号处理。

第 4 步:信号经过线缆进入电气设备,经过内部电路从另一测试点返回。

第 5 步:根据设备返回的信号,来判断内部的测量情况。

2 系统硬件设计

根据实际的功能要求,系统的硬件设计分为 5 个模块。主要包括测试通道选择模块、通信模块、电源模块、扩展电路模块、数字信号隔离模块等,这些模块都是由主控制器 ATmega64 直接控制。其各模块功能如下:

1)测试通道选择模块:测试点要求对 64 路导通测试点进行检测,因此选择 CD4051 芯片进行导通测试点的测试。

2)电源模块:为整个电路供电,提供 5 V 稳定电压。

3)扩展电路模块:对于多于 64 路导通测试点的测试进行通道的扩展。

4)数字信号隔离模块:对电路中的数字信号进行光耦隔离处理,防止外界干扰造成信号紊乱。

5)通信电路模块:用上位机的联合测试系统实现通信测试并及时反馈测试结果。

其系统的硬件整体框图的设计如图 3 所示。

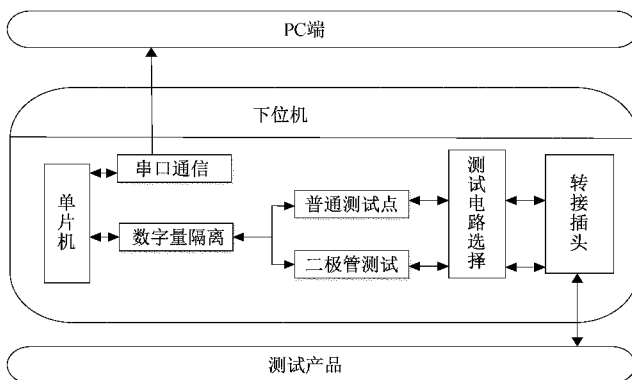


图 3 系统硬件整体框图

在普通导通测试通道的循环测试下可以在同一通道中进行两次测试(即从测试通道一端作为输入,另一端为输出,反之亦然),保证测试结果的准确性。且按照设计需要本测试装置可以通过添加 74HC138 译码器进行测试通道数量的拓展。

2.1 循环测试电路设计

测试过程中首先测试点 1 通过线缆连接到测试设备中,此时单片机通过 I/O 口给测试点 1 一个电平信号,经过

光耦隔离再通过线缆使信号传输到测试点 2。之后通过 CH440 芯片可实现测试点之间的测试方向反转,以此来实现循环测试过程。循环测试有助于实现测试系统的高效运转,有效的检测出各个测试点之间的相互导通状态,极大的提高了工作效率。其循环测试过程如图 4 所示。

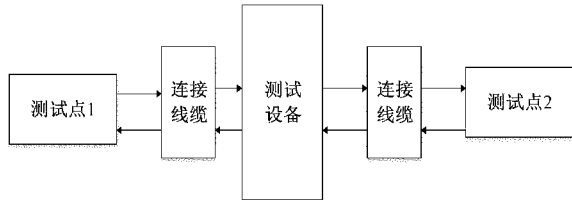


图 4 导通测试流程

CH440 芯片是一种 4 通道低阻抗宽带双向模拟开关芯片,其具有高带宽和低导通电阻的 4 通道单刀双掷模拟开关^[9]。当 CEN 为低电平时 CH440 芯片开始工作,当 CEN 输入高电平时,所有的 S2 开关会与 D 闭合形成回路。此时 DIGS1 与 OUTCOM 进行连接,VCC 与 INCOM 进行连接。当 INCOM 输出为 1 时,比较 DIGS1 与 INCOM 电平是否相等判断其是否导通。当 CIN 输入为低电平时,所有的 S1 开关与 D 进行连接,VCC 与 OUTCOM 进行连接,DIGS2 与 INCOM 进行连接。当 OUTCOM 输出为 1 时,比较 DIGS2 与 OUTCOM 的电平关系从而判断其是否导通。这样就实现了两个测试点之间的循环测试。其电路如图 5 所示。

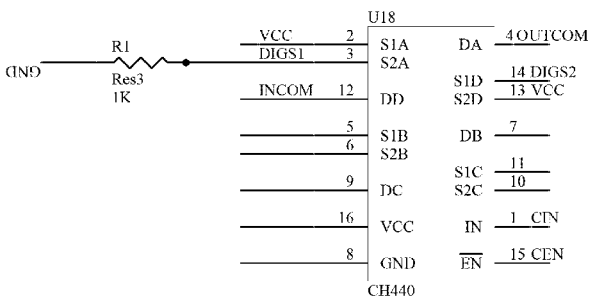


图 5 CH440 电路

当 DIGS1 为高电平时,A1 和 K1 之间得到导通,在光耦隔离器件的作用下 C1 与 E1 也变得导通,此时 E1 和信号 DJC 都与地相连,电平输出为 0,实现了电平高低的转换。其电平转换电路如图 6 所示。

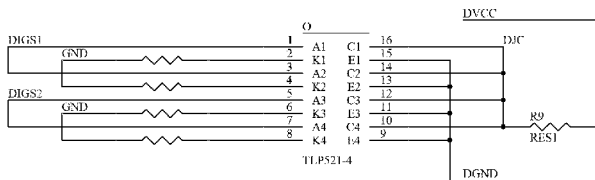


图 6 电平转换电路

2.2 数字信号隔离电路设计

当单片机的 I/O 口连接到外部器件时,容易受到外界

信号的干扰,从而影响测试结果的准确度下降^[10]。因此,为了确保测试线路避免各种干扰并且不影响产品,在命令信号被引入到测试系统之前,信号被光耦隔离。使用光电耦合器隔离每个信号,并将前端与负载完全隔离。本设计使用东芝的 TLP521-4 光耦合器芯片。TLP521-4 是一款可控光电耦合器件。可以完全分离前端与负载,极大的提高安全性,减少电路干扰并减少电路设计。由图 7 可以看出,光耦器 I/O 端口的输入电压为 5 V。当输入电压达到一定的阈值时,光耦器开始工作^[11]。在 TTL 电平驱动中,对应于电路的高电平,从光耦器的输入端输入 A1 命令信号,A2 命令信号,A3 命令信号和 A4 命令信号。输入电压高,光耦关闭,排阻两端的 VCC 和 ADA1,ADA2,ADA3 和 ADA4 端子导通。使其输出为高电平;相反,当每个输入低时,光耦关闭。ADA1,ADA2,ADA3,ADA4 等外部数据采集卡输入计算机显示结果。

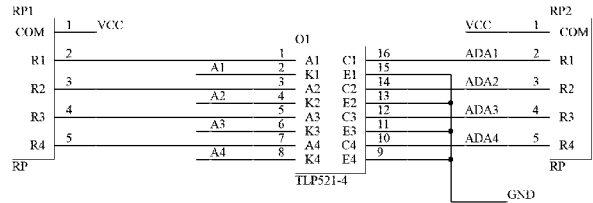


图 7 光耦隔离电路

2.3 通道选择电路设计

本文设计要求测试 64 通道导通测试点,采用 CD4051 芯片实现端口的扩张。CD4051 芯片是一款单端 8 通道多路复用芯片,具有三路通道选择输入(C、B、A)和禁用输入(INH)^[12]。C、B、A 用来选译通道的输入信号,INH 用来控制 CD4051 是否使能有效^[13]。

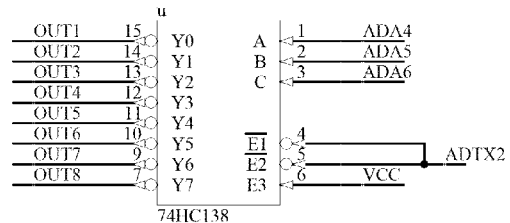


图 8 导通测试选择电路

对于 64 路导通测试点来,通过 16 个 CD4051 芯片的输入端与导通测试点相连。将 3 个地址输入连接到微控制器的 I/O 端口。通过控制微控制器来选择特定的测试点。将 4051 芯片的使能端与 74HC138 译码器相连,有 74HC138 译码器选取特定的 4051 芯片进行导通测试^[14]。

本设计要求测试点数为 64,然而现实生活中往往待测点通常远远多于 64 路,因此需要对测试通道进行扩展。对于通道的扩展可以使用 74HC138 译码器进行功能的实现。74HC138 译码器有 8 个输出端,可以实现对 8 个待测板的选择。通过 74HC138 译码器最多可以实现 512 路导通测试点的扩展。

2.4 通信电路设计

数据的传送和控制是通过 RS232 串口实现的,因为 RS232 串行接口是计算机与外部硬件设备主要通信的接口。对于数据的传送只需要一条 RS232 连接线即可,操作简单,在短距离数据传输上,RS232 连接线的传输速率能较好的满足本次设计的要求^[15]。本次设计采用了 MAX3232 芯片作为 RS232 通信传输的通信芯片,MAX3232 芯片的数据发送和接收采用专有的低压差分发送输出级,并利用双电荷泵提供 3.0~5.5 V 电源电压,实现真正的 RS-232 性能^[16]。MAX3232 型号的芯片能在数据传输速率为 120 kbps 的情况下保持 RS-232 电平输出。通讯电路的设计原理如图 9 所示。

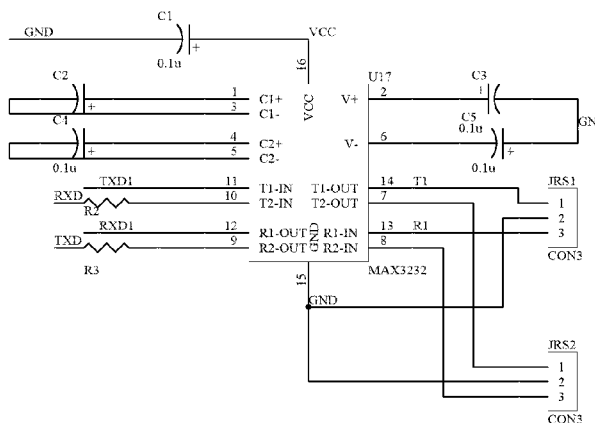


图 9 MAX3232 电路

3 系统软件设计

3.1 程序设计流程

线缆连续性测试的主要目的是检测电缆是否包含非导电性并进行记录。因此,检测原理相对简单。系统可以进行单步测试和自动测试。在检测中,首先上位机发送测试指令,对测试指令进行译码处理,之后进行通道的选择,输出测试结果并对输出电平进行高低判断。其自动测量设计流程如图 10 所示。

3.2 导通测试协议

导通测试上下位间的通信采用应答式通信,首先上位机进行命令发送,然后下位机接收相应的命令并进行数据的上传,每条命令测试一对线。

下发的每条命令为 5 个字节,第 1 字节固定为帧头。帧头 0XFF 为普通导通测试命令,第 2 字节为施加信号端子板号,第 3 字节为施加信号端子号;第 4 字节为回馈信号端子板号,第 5 字节为回馈信号端子号(其中每板可连接 64 根普通信号线,最多可支持 16 块板)。其测试指令如表 1 所示。

上传的每条数据为 3 个字节,其指令格式如表 2 所示。

其中,结果字段的 16 位数据若为 0XF0F0,代表通;若为 0X0F0F,代表不通。

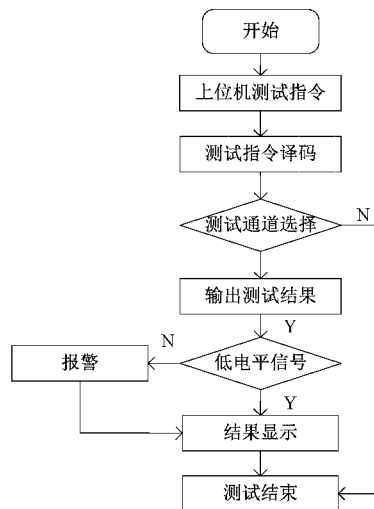


图 10 导通测试设计

表 1 测试指令

帧头	施加信号端子		回馈信号端子	
	板号	端子号	板号	端子号
0XFF	4 位二进制 (高位全 0)	6 位二进制 (高位全 0)	4 位二进制 (高位全 0)	6 位二进制 (高位全 0)

表 2 回收指令

帧头	结果	
	高 8 位	低 8 位
0XFF	0XF0 或 0X0F	0XF0 或 0X0F

4 测试结果

系统要求对 64 路测试点进行导通测试,因所处实验室条件有限,将测试装置如图 11 所示,个别测试点进行人为用导线进行连接使其为导通状态。

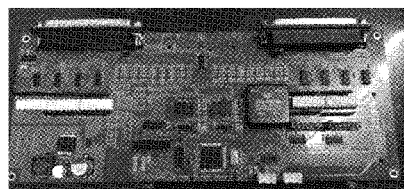


图 11 测试装置实物图

测试分为单步测试和自动测试两部分。在进行单步测试时。将测试 1 点和测试 2 点用导线短接之后,观察测试结果,如图 12 所示。

其中输入指令 FF 00 01 00 02,FF 代表进行导通测试,01,02 代表对 1 点和 2 点进行导通测试。其导通测试的回传数据为 FF F0 F0,代表其导通测试结果为导通。

由于二极管具有单向导通性,因此在测试装置的 1 点和 3 点之间接入一个二极管,在经过循环测试之后得到结



图 12 测试结果 1

果为 FF F0 0F,则可以得到 1 点单向导通 3 点,而 3 点对于 1 点是不导通的。其结果如图 13 所示

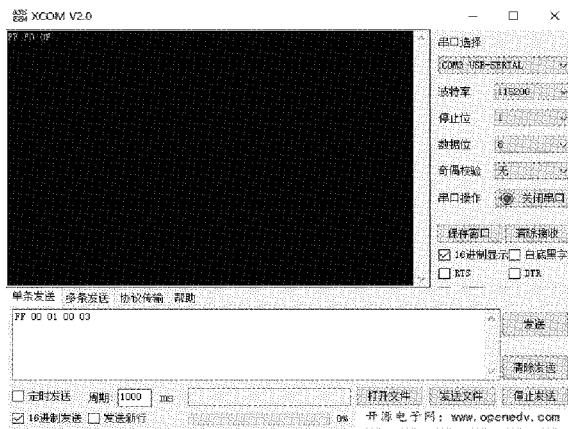


图 13 测试结果 2

在进行自动测试时,将测试装置的 1~35 点全部用导线连接起来,其余点和 1 点之间是绝缘关系。上位机发送自动测试指令,可以观察到结果如图 14 所示。

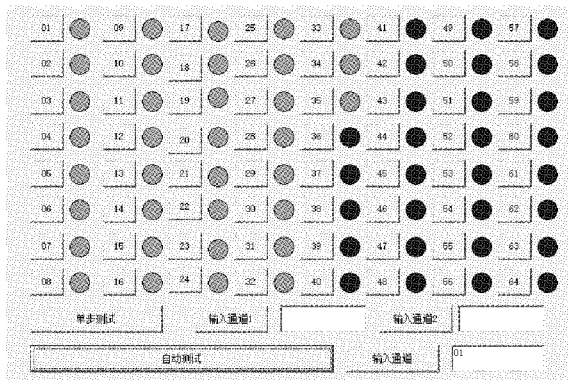


图 14 自动测试结果

在系统初始化后其 64 路的标志都为黑色,对测试点 1 进行自动测试,其中如果其测试点与 1 点是导通状态则测试灯变为灰色。通过结果可知 1 点与 2~35 点是导通的,其余测试点是不通的。其测试结果与实际相同。

5 结 论

本文主要研究和设计了一种基于单片机的线缆通断的检测装置。通过实验可知在自动测试模式下可以快速的进行线缆之间通断的检测,对比与人工操作大大节省了时间,该装置操作简单,易于携带具有很大的实用价值。本文能为我国相关研究人员在推动国产化电缆测试仪研制的道路上提供一定的经验参考和启示。且在未来的研究中,还可以对测试点之间的电阻、电压等更多的物理量进行研究与设计从而大大提高设备的性能,满足各种测试要求。

参考文献

- [1] 马齐勇. 弹上电气控制组合设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2019.
- [2] 詹文田,杨海军,张洪月. 动车组线缆自动导通测试方法研究[J]. 黑龙江科技信息,2016(8):110-111.
- [3] 魏昂. 基于 ARM 的智能接触控制系统的硬件设计与实现[D]. 北京:北京交通大学,2018.
- [4] 陈建志. 接地导通电阻测试国家标准要求及对 JJG 984-2004 的探讨性建议[J]. 上海计量测试,2016,43(5):46-47.
- [5] 李姿景,张具琴,于俊杰,等. 基于单片机的两轮平衡车设计[J]. 电子测量技术,2020,43(23):1-5.
- [6] 米海珍. 歼击机电气盒产品检测系统研制[D]. 沈阳:沈阳航空航天大学,2014.
- [7] 文振江,张恺,王亚文,等. 继电器辅助触点动作测试仪的设计[J]. 电气时代,2021(2):43-45.
- [8] 马俊杰,董朝阳,李大卫,等. 混合式直流断路器功率模块测试仪设计研究[J]. 电力电子技术,2020,54(12):103-106,110.
- [9] 胡彩霞,张广来. 基于 MCU 船用多芯仪表电缆测试系统设计[J]. 无线互联科技,2019,16(22):47-49.
- [10] 葛勇,王军,方诗麟. 电缆导通绝缘智能化测试设备设计[J]. 装备制造技术,2019(6):14-16,25.
- [11] 张长青. 面向 5G 的 LDPC 码正则校验矩阵设计研究[J]. 邮电设计技术,2020(1):38-44.
- [12] 高培丰. 多功能高精度小电阻测试仪校准装置的研制[D]. 广州:广东工业大学,2019.
- [13] 欧阳柏添,蒙立光,陈惠珍. 便携式安规综合测试智能校准装置研发[J]. 中国测试,2018,44(12):129-134.
- [14] 穆锡金. 面向 5G 通信系统的信道编码技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2017.
- [15] 梁佳昌. 继电保护装置开关量测试仪的设计[J]. 电工技术,2018(23):64-67.
- [16] 魏鹏,李志明,郑丽得. 星上电缆自动导通绝缘测试仪的设计与开发[J]. 计算机测量与控制,2017,25(10):305-309.

作者简介

田登辉,研究生,主要研究方向为数据采集与存储。
E-mail:462652157@qq.com

李锦明,工学博士,博士后,副教授,硕士生导师,主要研究方向为动态测试、智能仪器技术。
E-mail:lijinming@nuc.edu.cn