A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

一种新型冲击试验控制测试与分析系统的研究

裘江平，鲍 敏*
（浙江理工大学 机械与自动控制学院，浙江 杭州 310018）

摘要：冲击试验机根据其设计结构、动力源以及应用领域的不同，其测控系统均有不同。针对传统冲击试验测控系统一般只适用于某种特定冲击试验机的局限性，提出了一种基于 Nios-II 处理器新型测控系统的设计方案。该系统根据试验机外围接口的不同，通过动态配置处理器、选择合适的外设，能够适用于多种类型的冲击试验机。最后，在冲击试验现场进行了时域波形的采集以及容差的分析。测试结果表明，该系统可以满足不同类型冲击试验机的测控需求，具有一定的推广应用价值。

关键词：冲击试验机；Nios-II；测控系统
中图分类号：TH873.4 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-4551(2011)11-1314-05

Study on new testing and analysis system of impact test

QIU Jiang-ping, BAO Min
(Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Due to the differences of impact testing machines' structure, power source and application field, their measure & control systems are also different. Aiming at the limitation of traditional measure & control system can only be applicable to certain specific type of impact testing machine, a new method of measure & control system based on Nios-II processor was proposed. According to the different peripheral interfaces of the machines, the presented system is suitable for various types of machine through dynamically configuring process and selecting appropriate peripherals. Finally, the data acquisition of time-domain waveforms and tolerance analysis were carried out in field experiment. Test results show that the system fits for the testing and measuring in different types of impact testing machine, and is worthy being widely applied.

Key words: impact testing machine; Nios-II; measure & control system

0 引 言

冲击试验的目的是：① 确定装备的易损性，以便设计包装来保护装备的结构和功能的完整性；② 模拟产品在制造、运输、安装过程中所受的冲击，观察产品关键部位的响应[1-2]；③ 产品加速寿命测试[3]。

产品从生产到市场的流通和销售，需要经历运输、卸载、搬运、堆放等过程，在上述过程中产品不可避免地要遭受振动、冲击甚至跌落的影响[4]。因此，事先对产品进行冲击试验，分析冲击因素传递给产品的动态力、加速度、位移等信息，有利于完善产品的内部功能及缓冲包装的设计[5]，从而确保产品的质量和运输安全。

目前，国内冲击试验测控系统大多采用一般的嵌入式系统设计方法，即系统的处理器都属于硬核，不能根据实际需求进行配置，限制了外围设备的选型，如以 ARM、DSP 等为主控芯片的嵌入式系统。因此，一套测试系统通常只适用于一台冲击试验机，系统的灵活性、兼容性和可定制性会受到一定的限制，而且主控芯片的更新换代将不利于系统的二次开发以及产

收稿日期：2011-05-13
作者简介：裘江平(1986—)，男，浙江绍兴人，主要从事仪器仪表及相关处理技术方面的研究. E-mail:paulqiu0575@163.com
通信联系人：鲍 敏，男，博士，副教授. E-mail: mbao@zstu.edu.cn

品的维护升级。

本研究提出并设计了一套适用于多种类型冲击试验机的测控系统。该系统采用 Nios-Ⅱ软核处理器,可以根据实际需求动态配置处理器,选择合适的外设、存储器,可以灵活地复用外围接口,以满足不同类型冲击试验机的测量控制,节省产品的开发成本,延长产品的生命周期。

1　试验装置及系统的组成

冲击试验测控系统主要由冲击台体(机械系统)、硬件系统和软件系统 3 部分组成,某种冲击试验测控系统示意图如图 1 所示。

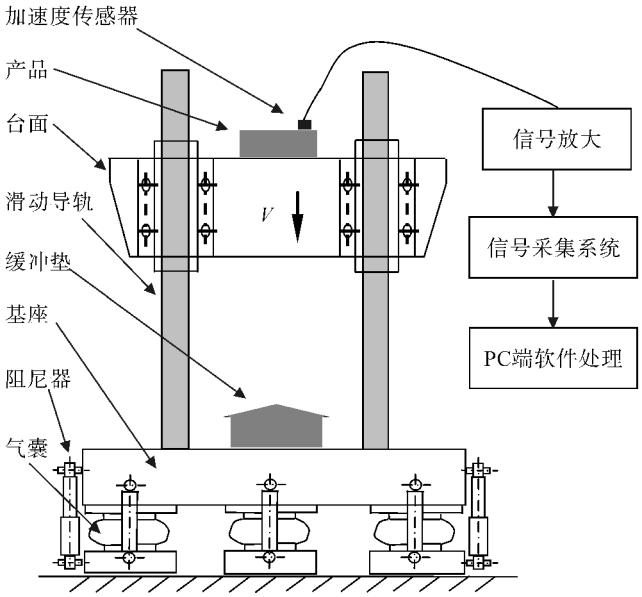


图 1　某种冲击试验测控系统示意图

以单次冲击试验为例,试验过程如下:先将安放有产品及加速度传感器的工作台面提升到指定高度,到达指定高度后将台面锁住,然后在安全的情况下释放台面使其自由跌落,与底部铺设在基座上的缓冲垫(波形发生器)产生冲击碰撞,台面反弹后在一定高度被锁住,完成一次冲击试验过程。

在上述过程中,粘附在产品上的加速度传感器将获得一个加速力信号,该信号通过硬件系统处理后转化成数字信号传递给 PC 机,经过 PC 机的后续处理与分析,可以得到冲击试验的时域波形、冲击响应谱(SRS)等试验结果。

不同类型的冲击试验机,其工作原理不尽相同。例如,液压冲击试验机是靠液压泵提供动力源,通过油缸的升降来带动台面的运动,依靠编码器的转动来计算台面的当前高度;而气动冲击试验机是由气体压缩机提供动力源,通过气缸的提升与释放来控制台面的运动,依靠步进电机的转动带动光电管的升降来计算台面的当前高度。由于液压泵与气体压缩机的接口不同,编码器的控制与步进电机的控制也不一样,已有的冲击试验测控系统若要在这两种试验机下工作,往往需要更换主控芯片,单独设计控制电路,从而系统的兼容性及开发成本会受到一定的影响。基于此,本研究的测控系统采用 Nios-Ⅱ处理器为主控芯片,可以根据多种类型冲击试验机的外围接口,配置相应的处理器,选择合适的外设,以满足对不同冲击试验机的测试与控制。

2　测试系统的软、硬件设计

2.1　系统硬件实现

冲击试验测控系统硬件电路设计主要包括:中央处理器(CPU)配置模块、A/D 采集模块、数据存储模块、PWM 波输出模块(D/A 模块)、网络通信模块等。其结构框图如图 2 所示。硬件系统主要涉及 3 方面的内容:

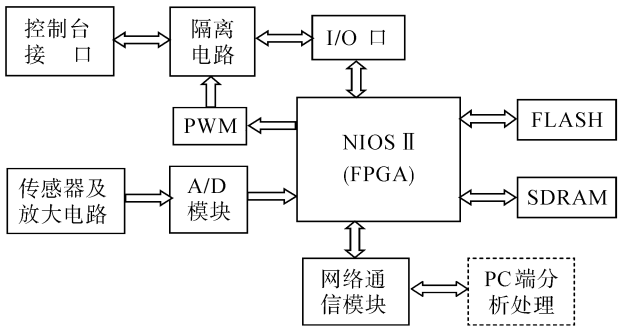


图 2　系统硬件电路组成

(1) 机械系统的控制。包括控制台面的升降、光电开关、编码器、步进电机、防二次冲击等。系统主要通过主控芯片 I/O 口输出的 PWM 波来控制这些器件。

(2) 数据的采集。以单次冲击试验为例,采集台面开始跌落至二次冲击开始前这段时间内的数据。采集过程中得到的数据将被存放到 SDRAM 内。

(3) 下位机与上位机的网络通信。一方面,在冲击信号采集完成后,下位机 CPU 直接从 SDRAM 取走数据,通过网线将数据上传给上位机;另一方面,下位机获取 PC 机传递下来的参数及指令,如下位机要获取 PC 端界面上设置的台面上升高度、冲击次数、采集时间等参数,执行单次冲击、连续冲击、停止冲击等操作指令。

2.2　基于 Nios-Ⅱ的 SOPC 设计

对于通常的嵌入式系统开发,CPU 的硬件构成是不可更改的,因而外围设备的变动会受到 CPU 的限制。本研究设计的冲击试验测控系统要用于多种类型的冲击试验机,采用传统嵌入式系统设计方法显然不

能满足要求。

Nios-II 是一种面向用户的、可灵活定制的通用精简指令集架构(RISC)嵌入式 CPU,也是一种专门为可编程片上系统（SOPC）设计应用而优化的 CPU 软核[6-7]。完整的基于 Nios-II 的 SOPC 是一个软硬件复合系统,开发时分为硬件开发和软件开发两部分。

该系统采用 Altera 公司的 EP2C8 处理器,硬件开发是在 EP2C8 上根据多种类型冲击试验机的外围控制接口定制合适的 Nios 软核和外设，利用 Quartus II 和 SOPC Builder 开发工具配置成一个高集成度的 SOPC 系统,适用于某种冲击试验机的基本 SOPC 系统如图 3 所示。

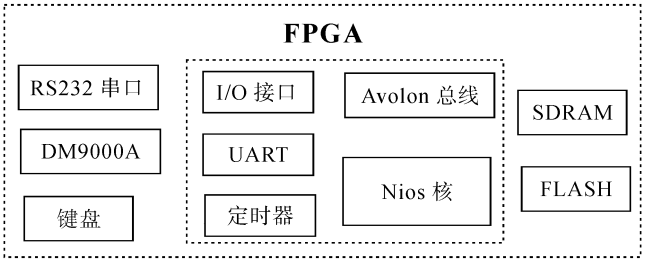


图 3　基本 SOPC 系统结构

软件设计流程是在 Nios-II IDE 中进行的。所有软件开发任务都可以在 Nios-II IDE 下完成，包括编辑、编译和调试程序。在 NIOS-II IDE 中建立新的工程，IDE 会根据 SOPC Builder 对系统的硬件配置自动生成一个定制的 HAL(硬件抽象层)系统,它能为程序和底层硬件的通信提供接口驱动程序。工程经过编译调试后，可通过 JTAG 电缆线下载到 Nios-II 处理器系统。本研究根据冲击试验系统的需求,配置了一个适用于两种不同类型的冲击试验机的 Nios 软核，如图 4 所示。

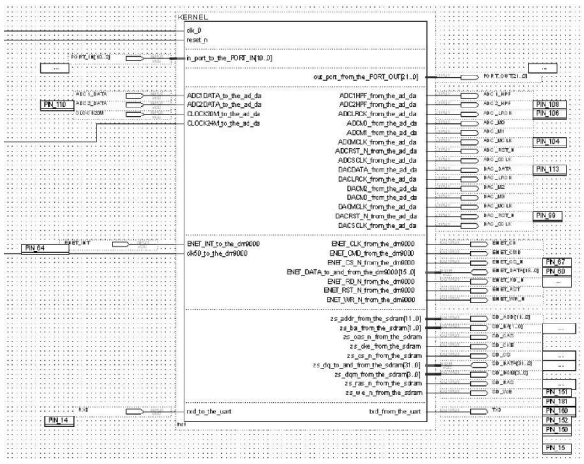


图 4　配置完成的 Nios 软核

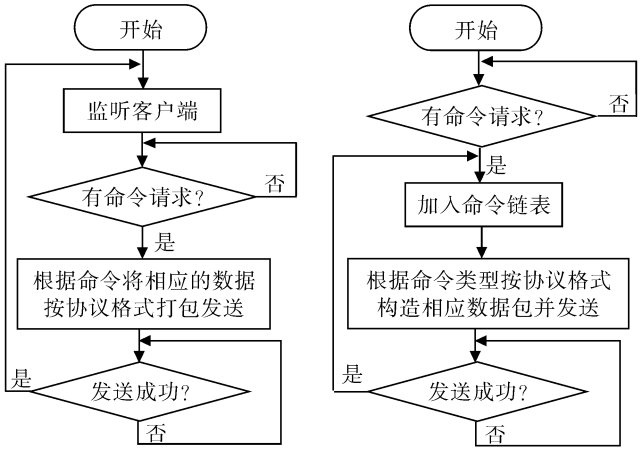
本研究设计的冲击试验测控系统,需要完成对机械设备的控制、数据的采集、将采集得到的数据传输给 PC 机等工作,因此软核中配置了 A/D 采样模块、D/A 模块、I/O 口模块、DM9000A 网络控制器模块、SDRAM 模块以及 UART 串口调试模块。另外,clk_0 和 reset_n 是 SOPC 系统的时钟和复位引脚。

2.3　系统软件设计

本研究的软件系统主要包括硬件设备与 PC 端的网络通信以及 PC 端界面设计两部分。

2.3.1　上、下位机间的网络通信

本研究采用基于 TCP/IP 的网络传输协议,在系统 C/S 构架中,硬件设备作为服务器,PC 机作为客户端。一次完整的冲击试验过程需要传输的数据包括:操作指令、系统试验参数、离散点数据、状态信息等,服务器与客户端通信流程简图如图 5 所示。



(a)服务器　　(b)客户端

图 5　服务器与客户端数据收发流程简图

本研究操作 PC 界面来执行整个冲击试验流程。PC 界面一有命令请求操作,就会将相应命令添加到命令链表,然后按照自定义的通讯协议构造数据包并发送给服务器;服务器接收数据包成功后,解析该数据包，根据命令类型构造相应的数据包并发送给客户端;客户端接收成功后,解析数据包并提取相关信息用于后续处理。至此,服务器与客户端的一次通讯过程结束。

2.3.2　上位机软件界面设计

PC 端软件主要实现对试验操作命令（如单次冲击、复位、停止冲击等)的执行、基本参数(如提升高度、采样时间、冲击次数等)的设置、冲击波形与冲击数据的显示和记录、冲击试验波形的分析(如容差分析、FFT、冲击响应谱分析[8]等)。从 PC 界面上获得的信息以及 PC 分析后的数据结果，可以用来考核产品的耐冲击性、结构完好性等指标,也可为改善产品质量或产品包装件设计提供依据。气动冲击试验测控系统主界面如图 6 所示。

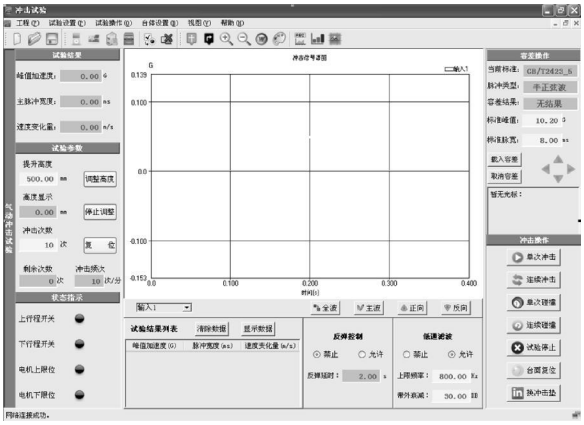
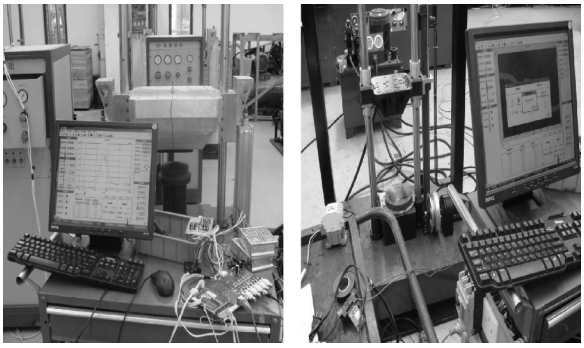


图 6　气动冲击试验测控系统主界面

3　实验结果与分析

本研究设计的冲击试验测控系统在两种不同的冲击试验机下进行了测试,试验现场如图 7 所示。试验用到的液压冲击试验机型号为 SY10-5，最大负载为 5 kg，半正弦冲击波形下的峰值加速度范围为 20 G~1 500 G、脉冲宽度范围为 0.5 ms~11 ms;气动冲击试验机型号为 SY11-50,最大负载为 50 kg,半正弦冲击波形下的峰值加速度范围为 15 G~400 G、脉冲宽度范围为 1.5 ms~40 ms。

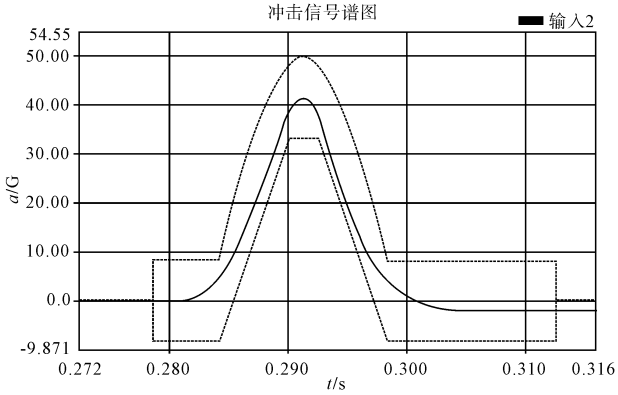


(a)气动冲击试验现场　　(b)液压冲击试验现场

图 7　两种不同冲击试验机的测试现场

本试验以单次冲击为例,试验条件如下:冲击高度为 500 mm,采用电荷式加速度传感器、固定脉宽半正弦波形发生器(气动冲击试验机下的波形发生器刚度大于液压冲击试验机),采样频率为 48 kHz,采样时间为 0.6 s,防二次冲击的反弹延时时间为 0.4 s,单通道信号输入,容差标准采用 GB/T2423.5 规定的标称半正弦脉冲[9]。气动冲击试验机下的试验结果如图 8 所示,液压冲击试验机下的试验结果如图 9 所示。

由于两种冲击试验机的重量、台面质量以及台面能承受的最大负载不同,冲击产生的半正弦波波形特征也是不同的。从试验所得波形可以看出,主波形只有一个尖峰,遏制了二次反弹的出现;冲击信号处于

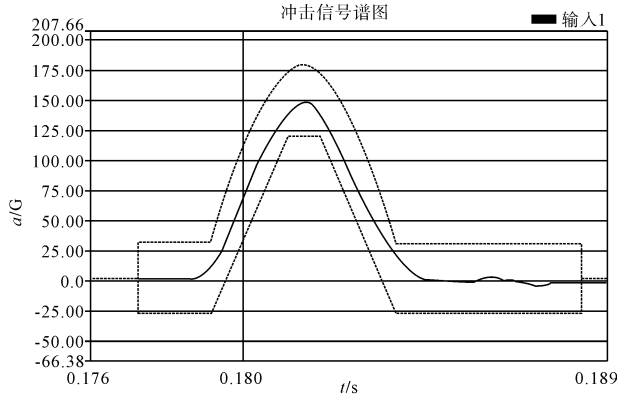


(a) 冲击试验获得的波形及容差分析

峰值加速度/G	脉冲宽度/ms	速度变化量/(m·s^{-1})
141.20	14.19	3.65

(b) 冲击试验获得的数据

图 8　气动冲击试验机下的试验结果



(a) 冲击试验获得的波形及容差分析

峰值加速度/G	脉冲宽度/ms	速度变化量/(m·s^{-1})
148.76	4.85	4.51

(b) 冲击试验获得的数据

图 9　液压冲击试验机下的试验结果

标准容差线的上下限范围内,符合测试要求。

从试验获得的数据可以看出，峰值加速度和脉冲宽度符合两种不同冲击试验机所规定的范围。此外,根据冲击力学模型[10],冲击脉冲峰值加速度会随着冲击高度的增大而增大、随着缓冲器刚度的增大而增大[11];脉冲持续时间会随着缓冲器刚度的增大而减小,试验结果也验证了这一结论。

4　结束语

本研究设计并实现了一种基于 Nios-Ⅱ的冲击试验测控系统。该系统能适用于多种类型冲击试验机的控制需求,进行多通道数据采集,获得精确的时域冲击波形,并且可以进行容差以及冲击响应谱分析等后续处理。实验结果表明,该系统的软、硬件设计满足冲击试验所需的功能,具有较高的应用价值。

参考文献(References):

[1] MIL-STD-810F Military Standard:Test Methods and Procedures for Microelectronics[S]. Washington D.C.,U.S. Office of Naval Publications,2000.

[2] IEC 68-2-27 International Standard:Basic Environmental-Testing Procedures [S]. Geneva International Electrotechnical Commission,1987.

[3] GOYAL S,BURATYNSKI E K. Methods for realistic drop-testing [J]. **International Microelectronics and Packaging Society**,2000,23(1):45-52.

[4] 张　华. 冲击数据采集分析系统在包装跌落实验中的应用研究[J]. 环境适应性和可靠性,2009(5):21-22.

[5] 吴颜颖, 郑全成. 运输包装件跌落冲击响应仿真分析[J]. 中国包装工业,2007(5):79-81.

[6] Altera Corporation.Nios-II processor reference handbook [EB/OL]. [2010-12-01]. http://www.altera.com.cn/literature/hb/nios2/n2cpu_nii5v1.pdf.

[7] 李　佳,林春成. Nios-Ⅱ软核在数字式超声探伤系统中的应用[J]. 机电工程技术,2009,38(7):132-134.

[8] D'ACQUISTO L,MONTANINI R.A study on the measurement instrumentation for a custom-made bipendulum impact testing machine[J]. **IEEE Transactions on Instrumentation Measurement**,2008,57(11):2487-2494.

[9] 全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会. GB/T2423.5-1995 电工电子产品环境试验第 2 部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击[S]. 北京:中国标准出版社,1995.

[10] 李鸿儒. 小型跌落冲击台的设计原理 [J]. 气象水文海洋仪器,2002 (1):19-30.

[11] 代金强, 戚亚宁. 20 m 塑料管材落锤冲击试验装置[J]. 轻工机械,2009,27(2):91-93.

[编辑:张　翔]

(上接第 1313 页)

扫描软件自动扫描的图像如图 5 所示,可见 3 个人工缺陷孔的成像(分别是 Φ1 mm,Φ2 mm,Φ5 mm 的孔)。

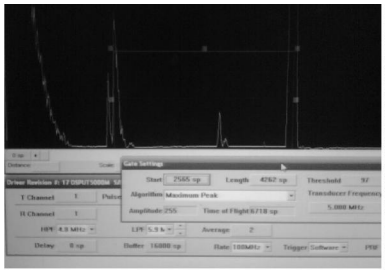


图 4 交流伺服驱动、超声卡采样波形

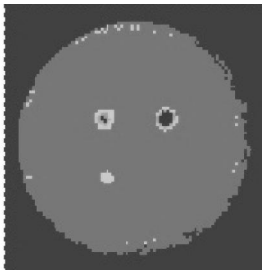


图 5 自动扫描图像

2 结束语

对于自动扫描超声检测系统,只有先确定相对合理的、能满足一定抗干扰要求的系统集成方案,然后从系统集成的层面上考虑措施降低干扰,才能既使系统的整体干扰处于可控的范围,使后续信号处理的难度、工作量大大降低,同时又使大型的自动扫描检测系统的扫描效率(速度)和质量(缺陷识别)得到有效保证,设备的成本又相对较低。

随着技术的发展以及检测材料、环境等等的不同, 合适的系统集成方案不尽如本研究所述的方案,相应的抗干扰措施也应随之变化。本研究仅仅提出一种从系统集成的角度考虑问题的思路, 供各位专家、同行指正、交流。

参考文献(References):

[1] 赖祖武. 电磁干扰防护与电磁兼容[M]. 北京:原子能出版社,1993.

[2] 钱照明,程肇基. 电子电力系统电磁兼容设计基础及干扰抑制技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,2000.

[3] TIHANYI L. Electromagnetic Compatibility in Power Electronics[M]. Florida:J.K Eckert & Company Inc.,1995.

[4] JIN J M. The Finite Element Method in Electromagnetics [M]. New York:John Wiley & Sons,1993.

[5] 黎　勤,盖晓明,黎　华. 浅谈电磁干扰对电感式接近开关的影响[J]. 机电工程,2008,25(1):99-101.

[6] 李　挺,朱金刚,孙　晖. 机电一体化系统的抗干扰措施[J]. 机电工程,2000,17(6):5-7.

[7] 张晓枫,王大海,刘艳霞. 超声波车辆检测中的抗干扰技术[J]. 电子技术应用,1999,25(9):37-39.

[8] 罗　捷, 路鸿年. 自动超声检测系统中的电机干扰研究[J]. 无损检测,2007,29(3):135-138.

[9] 孙良旭,李林林,吴万国,等. 钢管焊缝超声探伤系统 PLC 设计[J]. 机电工程技术,2010,39(5):42-44.

[10] 张洪民,胡夏夏,高爱兵. 超声波电机摩擦驱动模型及其有限元仿真[J]. 轻工机械,2010,28(6):82-85.

[11] 丁旭升,林彬泉,杨青兰. 基于 PLC 的钢管自动超声探伤控制系统的设计[J]. 机电工程技术,2009,38(7):20-22.

[12] 郭成彬,黄振俨,毛　捷,等. 超声探伤信号处理装置及其抗干扰处理方法:中国,CN95107420.2[P]. 1998-06-03.

[编辑:张　翔]