基于多线程的钢管智能探伤系统

张静永　张　蕾　曹其新　付　庄　李　杰
（上海交通大学机器人所，上海 200030）

摘　要　论文设计了基于 PC 机的钢管探伤系统。运用多线程技术解决了实时数据采集、控制和图形显示的问题。采用多传感器信息融合达到了探伤过程中要求很高的对多信号协同控制的目的。实验结果表明，该系统达到了高速采集、精确控制、实时显示等系统性能指标，实现了钢管实时探伤的目的。

关键词　钢管探伤　多线程　协同控制

文章编号 1002-8331-(2004)31-0210-03　**文献标识码** A　**中图分类号** TP311

An Intelligent Tube Flaw Detection System Based on Multi-thread Technology

Zhang Jingyong　Zhang Lei　Cao Qixin　Fu Zhuang　Li Jie
(Automaton Insititute, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

Abstract: The paper presents a steel tube flaw detection system based on PC with PCI control cards.Multi-thread technology is applied to meet the requirements of real-time data acquisition, real time control and image display.With the combination of various sensors, the system has the acquired performance in terms of multi signal acquisition and real time control.From the result presented in the end of the paper, it can be seen that the system has qualified parameters on high-speed data acquisition, precision control and real time display.In a word the system provides a successful platform for tube flaw detection.

Keywords: steel tube flaw detection, multi-thread, coordinated control

1　引言

钢管是国民经济各领域的常用材料，对其质量有着较高的要求。因此对钢管的检测十分重要。无损探伤与传统的探伤方法相比具有速度快、成本低、智能化程度高等优点。以电磁感应原理为基础的涡流探伤是无损探伤方法中的一种。当钢管经过通以交流电的线圈时，钢管表面或近表面有缺陷部位的涡流将发生变化，导致线圈的阻抗或感应电压产生变化，从而得到关于缺陷的电信号。信号经过放大和变换，进行报警，记录和分选等操作，最终可达到对管材探伤的目的。

国内外涡流检测仪器，由于技术的相对成熟，目前各生产厂家基本上处于同一起跑线，但在仪器的精度、稳定性等方面有一定差异。以美国某公司为首的用于核电站蒸汽发生器传热管检测的涡流设备（尤其是软件部分）在全世界处于领先地位，但其致命缺点是针对的是核设施，开发成本大，因而不可能用于一般民用或工业[1]。其它一些中小型的涡流探伤仪器，大多采用工控机或单片机，见文献[2,3]，前者抗干扰性好，但成本较高。后者处理能力低，人机界面不友好，不利于检测人员现场检测管材，只能用于一些要求不高的场合。考虑到现有的涡流探伤系统在可靠性、功耗、性能价格比和采样速度上都存在诸多不足，根据钢管探伤的工作要求和系统实施情况的分析，论文提出了基于 PC 机的智能涡流探伤系统。该系统通过使用多线程技术有效地实现了探伤过程中要求的不间断数据采集、实时数据显示以及系统实时报警，标记等功能。另一方面，探伤系统具有信号多，信号之间耦合性强，关系复杂等特点。系统采用 PCI 扩展卡的解决方案也很好地达到了这一要求。

2　系统总体结构

系统的总体框图如图 1 所示，系统的控制中心由一台 PC 机来担任。PC 机通过内部 PCI I/O 卡和 AD 卡进行与外界的接口。PC 机的任务是实现数据不间断采集，数据分析处理，实时控制，图形实时显示和人机交互。

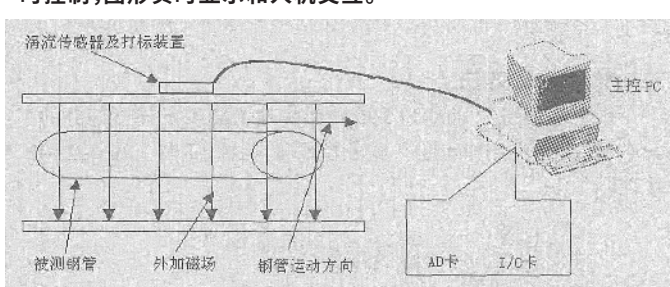


图 1　探伤仪系统组成结构框图

当被测钢管从左向右通过外加磁场时，钢管表面或近表面有缺陷部位的涡流将发生变化，导致涡流传感器的感应电压产生变化。从而得到与缺陷位置相关的电信号，安装在 PC 机插槽中的 PCI AD 卡采集到这些信号后，软件进行一定的处理并显示在应用程序的界面中。钢管缺陷的具体位置由编码条传感器信号给出。

该系统的关键技术在于：

(1)数据的实时采集和图形显示，系统将采用多线程技术来实现。

(2)多信号的协同处理，探伤系统中的涡流传感器信号，编

基金项目：国家自然科学基金项目(编号：50128504)

码条传感器采集，打标信号的输出等之间有严格的时序关系，系统充分利用了 PCI I/O 卡 AD 卡的脉冲捕捉，计数等功能来实现这一要求。

3 系统硬件部分

图 2 是系统硬件结构组成框图。PC 机通过 I/O 和 AD 接口卡进行扩展。硬件由主控计算机、前向通道和后向通道组成。需要处理的传感器信号通路构成了前向通道。AD 卡采集涡流传感器输出信号，并通过 GPIO(General Purpose I/O)来进行打标信号的输出。因为编码条的脉冲信号在打标和钢管头尾处理时都会用到。所以这里采用了 AD 卡和 I/O 卡同时进行脉冲计数操作的方式。以确保两个操作在时间上能完全相互独立运行。系统向探伤仪工作台的输出构成了后项通道，包括打标、报警等实时控制任务。

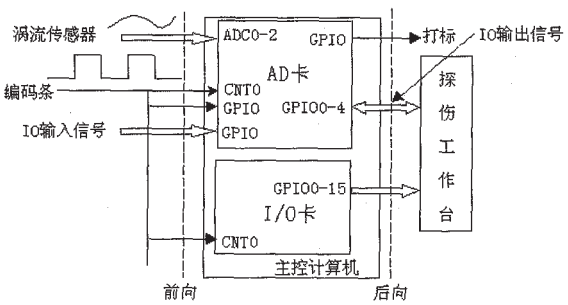


图 2 探伤仪系统硬件组成框图

PCI AD 卡和 I/O 卡分别选用北京双诺公司生产的 AC6111 AD 卡和 AC6410 I/O。它们的技术指标如下：

PCIAC6111AD：(1)是一款中速度、通用 A/D 板。采用 PCI 总线支持即插即用，无需任何跳线、开关设置。(2)具有 16 路模拟输入器(最大采样速度：400KHz，输入量程可编程)、2 路 12 位 D/A 输出、16 路可编程开关量、一路 16 位计数器(计数最大频率 5MHZ)、采集转换支持多种触发形式。

PCIAC6410 I/O：是一款通用光电隔离 I/O 板，具有 16 路输入、16 路输出、一路 16 位计数器(计数最大频率 10KHZ)。

4 系统软件部分

涡流探伤系统软件结构示意图如图 3 所示。DRIVERS 是指由 AC6410 IO 卡和 AC6111 AD 卡厂商提供的 API 接口函数，为应用程序提供了操作硬件的接口。探伤系统的软件部分即是应用程序。系统软件的功能包括通过 DRIVERS 操作硬件、波形显示、打标操作以及与用户的交互。软件的开发是基于 Visual C++6.0 来进行的。

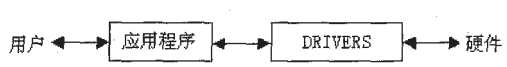


图 3 基于网络的智能涡流探伤系统的软件结构

探伤仪系统的任务包括：数据采集、实时图形显示和包括打标操作在内的系统控制任务。对于数据采集量大而又要求采集与显示实时同步进行的系统来说，运用多线程技术是解决两者的时间争用问题以及两者间的数据共享问题的最佳方法。探伤仪系统的三部分任务通过不同的线程来实现。然后通过优先级调度、线程同步等机制[4-6]保证这些任务都能可靠地完成。线程之间的关系如图 4 所示。程序由三部分构成：人机交互界面、数据采集线程、数据实时显示线程和系统控制线程。

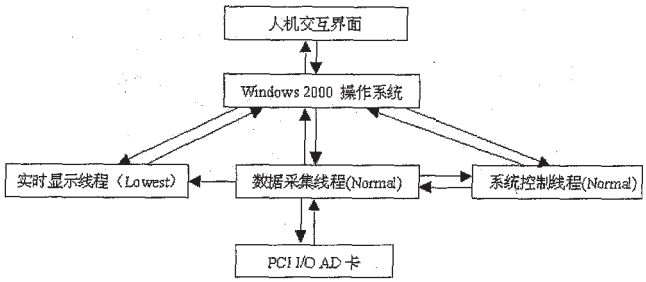


图 4 数据采集、实时显示和系统控制的多线程机制

对于抢占式多任务操作系统来说，利用多线程技术，把采集与显示放到 Windows 不同的线程中实现，只须解决两者间的协调同步，就可以满足采集与显示的实时同步[7,8]。在该采集程序中，采集程序放在数据采集线程，显示程序则放在实时显示线程中，两者通过全局数据对象进行数据的共享。下面是利用多线程技术编制的数据采集和图形显示程序的部分代码，程序中由主线程同时负责数据采集线程，图形显示线程和系统控制线程的建立和初始化，三个子线程结束与否由主线程通过全局标志来决定。

```
//在主线程中声明一个全局数据对象作为采集与显示操作共同作用的全局对象
double data_Array[10000];
//在主线程中声明一个全局的标志
unsigned char MARK_OUT;
//以下是主线程，
AfxBeginThread(ProcessSample,NULL,THREAD_PRIORITY_NORMAL);//启动数据采集线程
AfxBeginThread(ProcessView,NULL,THREAD_PRIORITY_LOWEST);//启动图形显示线程
```

数据采集线程处理函数如下：

```
UINT ProcessSample(LPVOID pParam)
{::WaitForSingleObject(StartSample.m_hObject,INFINITE);//等待数据采集使能信号到达
 while((::WaitForSingleObject(StopSample.m_hObject,0))!=
       WAIT_OBJECT_0)
 { AC_6111_AD(hDevice,kBuffer);//启动 AD
   For(i=0;i<2048;i++)//从软 FIFO 中取采样数据
    { ADInput2=((float)(kBuffer[i]>>4))/4095.0*5.0;
      data_Array[i]=ADInput2;}
   MARK_OUT=1;}// 图形显示线程执行全屏图形显示一次
```

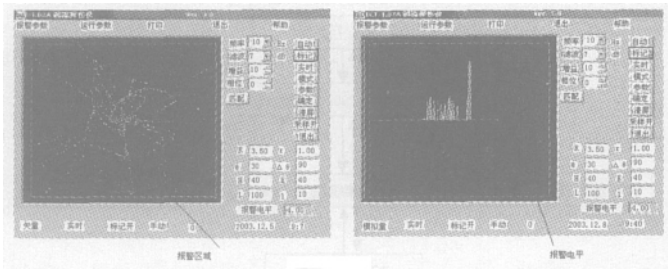
图形显示线程处理函数如下：

```
UINT ProcessView(LPVOID pParam_view)
{::WaitForSingleObject(StartView.m_hObject,INFINITE);//等待图形显示使能信号到达
 while((::WaitForSingleObject(StopView.m_hObject,0))!=
       WAIT_OBJECT_0)
 { if(MARK_OUT==1)//执行画图程序
    { MARK_OUT=0;}} //及时的将全局标记归零
```

图 5 分别是在各种模式下系统所采集到的信号。

图 5(a)表示系统工作在矢量模式下的采集结果。可以看到图中两端扇形的报警区域。当有点落入报警区域内时，系统将输出报警信号。

图 5(b)表示系统工作在模拟量模式下的采集结果，屏幕显示了 ADC 0 与时间的关系。图中红色水平线表示报警电平。



(a)矢量模式　　(b)模拟量模式

图 5

5　结束语

该系统充分利用了 PC 机强大的处理能力和友好的人机交互功能来实现无损探伤，运用多线程技术很好地实现了实时信号采集和图形显示的系统要求。PCI 控制卡的硬件优势为解决系统中多信号控制问题提供了一个有效的途径，为涡流探伤设备智能化发展构建了一个有效的工作平台。

(收稿日期：2004 年 6 月)

参考文献

1.陈健等.EEC22001net 涡流检测数据网络分析处理系统[J].无损检测，2003，25(5)

2.曾传翠等.SW-2 型涡流探伤仪数据处理与图形显示系统[J].无损检测，1998，20(7)

3.杨卫峰等.涡流探伤中数据的实时采集和实时处理[J].华东交通大学学报，2001，18(1)

4.Ragen M.Real-Time Systems with Microsoft Windows 2000.Microsoft Corporation，2001

5.沈兰荪.高速数据采集系统的原理与应用[M].北京：北京人民邮电出版社，1995

6.Jim Beveridge，Robert Wiener.Win32 多线程程序设计[M].武汉：华中科技大学出版社，2002

7.席旭刚.基于 Windows2000 的数据采集和实时显示应用研究[J].机电工程，2001，18(5)

8.姬亚利.多通道高速同步数据采集及其快速图形显示技术[J].计算机工程与应用，2002，38(24)：139~141

(上接 138 页)

(3)提供双向认证，防止了入侵者假冒远程主机攻击，增强了安全性。

4.2　安全性分析

论文提出的增强性智能卡口令认证方案，利用了单项函数的特点、计算有限域上离散对数的困难性、“一次一密”和“动态口令”的思想，允许用户自由选择和更改口令，实现了用户和远程主机的双向认证，有很好的安全性。入侵者 U_a 可以采用以下办法进行攻击：

(1)入侵者 U_a 知道合法用户 U_i 的 ID_i，但是不知道 PW_i，U_a 不可能通过 $h(PW_i \oplus b)$ 获得 PW_i，由于 b 是随机数，即使采用口令猜测攻击的办法，也不可能获得；

(2)入侵者 U_a 同时知道合法用户的 ID_i、PW_i，由于在登陆阶段 R2 计算 $m_1=h(EID_i \oplus T) \oplus h(T \oplus PW_i)$、登陆阶段 R3 计算智能卡使用密钥 $x_{si}=h(x_s \oplus EID_i)$ 时使用了时戳 T，入侵者不能获得合法用户实际使用的 x_{si} 和一次登陆使用的 x'_s，在认证阶段 A2 和 A3 不会获得通过；即使同时系统密钥 x_s 被盗或泄露，入侵者知道 x_s，由于计算 x_{si} 时需要口令更新次数 n，在登陆阶段 L2 需使用时戳 T_c，入侵者 U_a 也不能通过假冒 U_i 通过认证阶段；

(3)在注册阶段通过安全信道传送 $h(PW_i \oplus b)$ 而非 PW_i，而且在登陆阶段使用口令更新计数器和时戳 T，内部人员不能有效地获得 PW_i，从而也不能以合法用户 U_i 的名义发行多张合法的智能卡，能有效地抵御内部攻击；

(4)即使在认证过程中，登陆使用的一次性密钥 x_s' 被入侵者 U_a 通过能量消耗分析[7]或电磁泄漏分析或偶然获得，入侵者 U_a 也很难通过 $x'_s=h(x_{si} \oplus T_c)$ 获得 x_{si}，进而通过 $x_{si}=h(x_s \oplus EID_i)$ 获得系统密钥 x_s，不会影响到整个系统的安全；而且远程主机在察觉 x'_s 泄漏后，可以通过更改口令更新次数 n，使认证阶段的 A2 和 A3 不能获得通过，方案具有强安全修复性；

(5)即使入侵者 U_a 通过能量消耗分析[7]或电磁泄漏分析[8]获得卡中存储的重要信息 (x_{si}, b, T)，并截获 $C=(ID_i, C_1, C_2, T_c)$ 后，远程主机察觉到受到假冒攻击，可以通过在认证阶段更改口令更新次数 n，使阶段 A2 和 A3 不能获得通过。在这种情况下方案仍然具有强安全修复性。

5　结论

论文分析了 Awasthi 方案[5]的安全性，针对 Awasthi 方案[5]的缺陷，基于 ELGamal 算法和单向函数，融入“一次一密”和“动态口令”的思想，提出了一种增强的智能卡口令认证方案，这种方案和 Awashthi 方案[5]相比，虽然增加了计算量和通信开销，但是提高了安全性。(收稿日期：2004 年 7 月)

参考文献

1.Min-Shiang Hwang，Li-Hua Li.A new remote authentication scheme using smart cards[J].IEEE Transactions on Consumer Electronics，2000，46(1)：28~30

2.Chi-kwong Chan，L M Cheng.Cryptanalysis of a remote user authentication scheme using smart cards[J].IEEE Transactions on Consumer Electronics，2000，46(4)：992~993

3.Jau-Ji Shen，Chih-Wei Lin，Min-Shiang Hwang.A modified remtote user authentication scheme using smart cards[J].IEEE Transactions on Consumer Electronics，2003，49(2)：414~416

4.Kai-Chi Leung，L M Cheng，Anthony S Fong et al.Cryptanalysis of a modified remote user authentication scheme using smart cards[J].IEEE 2003：1243~1245

5.Amit K Awasthi，Sunder Lal.A remote user authentication scheme using smart cards wit forward secrecy[J].IEEE Transactions on Consumer Electronics，2003，49(4)：1246~1248

6.Wei-chi Ku，Shui-min Chen.Weaknesses and improvements of an efficient password base remote user authentication scheme using smart cards[J].IEEE Transactions on Consumer Electronics，2004，50(1)：204~206

7.P Kocher，J Jaffe，B Jun.Dofferential power analysis[C].In：Proc Advances in Cryptology(CRYPTO'99)，1999：388~397

8.T S Messerges，E A Dabbish，R H Sloan.Exanining smart card security under the threat of power analysis attacks[J].IEEE Trans on computers，2002，51：541~552