

文章编号: 1673-1522 (2008) 05-0587-04

# 虚拟仪器的超声检测系统在航空维修中的应用

孙金立<sup>1</sup>, 丁振国<sup>1</sup>, 姜东宏<sup>2</sup>

(1. 海军航空工程学院 青岛分院, 山东 青岛 266041; 2. 91423 部队, 辽宁 大连 116043)

**摘要:**为实现对海军飞机结构损伤的检测智能化,应用超声检测和虚拟仪器技术,研制了基于虚拟仪器的超声检测系统。应用该系统对某型进口直升机尾桨叶和某型运输机的螺栓进行了检测,结果表明仪器达到了设计要求,满足了航空维修无损检测需要。

**关键词:**虚拟仪器;超声检测;航空维修;应用

中图分类号: TP391.9

文献标志码: A

无损检测作为航空维修的一种手段伴随着航空维修的发展而发展,成为控制飞机、发动机零件的质量,保证飞机安全飞行的重要技术手段<sup>[1]</sup>。航空维修中主要使用磁粉、涡流、超声、渗透和射线等常规检测手段和声阻检测等新技术,发现航空技术装备承力结构及其易损零部件的疲劳损伤和腐蚀等缺陷隐患<sup>[2]</sup>。

超声检测法是目前航空维修无损检测的主要方法,随着现代超声无损检测技术的发展,对超声检测仪器的性能提出了越来越高的要求,研制和开发数字化、智能化、模块化、网络化的超声波检测仪器已成为发展的必然。虚拟仪器是日益发展的计算

机硬、软件和总线技术在向其他相关技术领域密集渗透的过程中,与测试技术、仪器仪表技术密切结合共同孕育出的一项全新成果。虚拟仪器是由计算机硬件资源,模块化仪器硬件和用于数据分析、过程通讯及图形用户界面的软件组成的测控系统,是一种计算机操纵的模块化仪器系统。它是在通用计算机环境中,依托功能强大的处理单元和高速的数据总线,利用LabVIEW或LabWindows/CVI等虚拟仪器软件平台,在屏幕上构建与真实仪器类似的可视化软面板,通过软面板上的虚拟控制件来控制底层硬件,用功能强大的软件来完成信号的采集、(实时或事后)分析、显示和存储,并给出检测结果<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2008-04-16; 修回日期: 2008-06-24

作者简介: 孙金立 (1961-), 男, 教授, 博士。

虚拟仪器技术的出现，彻底打破了传统仪器由厂家定义，用户无法改变的模式，虚拟仪器技术给用户一个充分发挥自己的才能、想象力的空间。用户可根据自己的需求，设计自己的仪器系统，满足多种多样的应用需求<sup>[4]</sup>。

为实现对海军飞机结构损伤的检测智能化，提高检测效率和可靠性，本文结合对虚拟仪器的超声检测系统在航空维修中的应用做简要陈述。

### 1 系统的设计原则

虚拟仪器的超声检测系统是根据航空维修中飞机的材料和部件特点以及检测人员的需求而提出的，在设计过程中，主要遵循下列原则：

1) 实用性：系统具有超声检测的功能，能够满足航空维修无损检测工作的实际需要，保障飞行安全。

2) 标准化：在系统设计和研制过程中各项工作都严格执行国家标准、国家军用标准等的规定，贯彻全面质量管理体系，确保仪器的研制质量。

3) 先进性：采用虚拟仪器技术、网络通讯技术、无损检测技术等先进技术，提高了仪器的先进性和可靠性。

4) 维护简单：对计算机间的通讯、各种板卡进行自动测试和故障诊断，可诊断到板级。

5) 余度设计：整机软硬件配置均具有一定的余度。

### 2 系统的主要功能

为了适应航空维修无损检测工作发展的需要，系统在功能上力求实现多功能、多用途。基于虚拟仪器的超声检测系统主要具有以下功能：

- 1) 智能超声检测和常规超声检测的功能；
- 2) 自动调用工艺进行探伤检查的功能；
- 3) 自动判伤，发现缺陷声光报警的功能；
- 4) 对缺陷进行分析、处理、结果存储、输出打印检测报告的功能。

### 3 系统的结构

#### 3.1 硬件结构

超声检测虚拟仪器硬件是整个仪器的关键部分。它直接关系到仪器检测的性能、成本以及设计和制造的难度。系统硬件的总体框图见图 1。

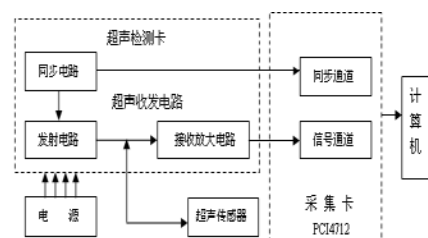


图 1 系统硬件的总体框图

本仪器是采用超声检测卡、数据采集卡和计算机的硬件结构。自行开发超声检测卡，通过该卡完成超声探头激励脉冲的产生、超声回波信号的接收放大并将处理后的数据传入数据采集卡，数据采集卡再将数据进行数模转换，并将转换后的数据存入卡上的高速缓存，在计算机上软件读取高速缓存中的数据并对其进行处理和结果显示。这种方案的特点是设计难度较大，但是它小型化，大大的减小了设计成本，更主要的是它可以实现对超声检测参数通过软件自动设定，从而易于实现超声检测的全自动化。还有，它允许设计者利用最新的电子设计技术来提高系统的性能，这种方案顺应了当今超声检测仪器智能化、自动化和小型化的方向。

整个仪器的工作过程如下：超声检测卡按照用户通过计算机虚拟仪器软件设定的超声波发射脉冲重复频率产生同步时钟信号，同步时钟信号控制同步电路产生触发脉冲，一路连接至采集卡的同步通道，另一路去触发发射电路产生高频电压信号加在发射探头上，发射探头（压电晶体）受到高频电压信号激励振动产生超声波并通过耦合剂传入工件。

超声波遇到缺陷或工件底面反射回到接收探头，接收探头将超声波信号转变为微弱电压信号传入超声检测卡。超声检测卡通过限幅电路、程控高频放大电路、滤波电路将微弱电信号调制成的模拟信号传入数据采集卡的信号通道，由数据采集卡将模拟电压信号转换为数字信号并经过数字检波后存入高速缓存，当转换结束时计算机读取缓存中数据进行一系列的数字信号处理和结果显示。

### 3.2 软件结构

虚拟仪器超声检测系统的软件是本系统的重要组成部分，通过编程可以将传统超声检测仪器的面板、控件、显示器等直观地完成传统超声检测仪器的功能。本系统的软件结构如图 2 所示。

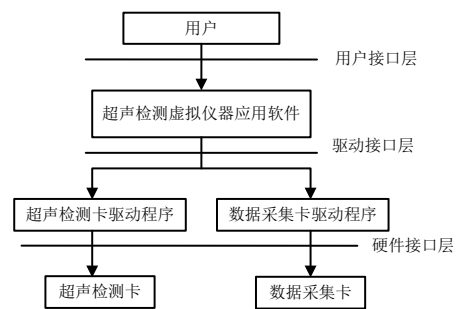


图 2 系统的软件结构

基于虚拟仪器的超声检测系统的软件，包括应用软件和系统软件。应用软件与超声检测系统的功能与技术要求有关，主要包括超声检测卡和数据采

集卡的驱动程序、数据处理程序、系统运行界面程序等等；系统软件是计算机实现其运行的平台，本仪器采用的是目前应用非常广泛的 Windows XP 操作系统。应用软件主要利用 LabVIEW 语言实现上述功能和数字信号处理技术在仪器中的应用并给出检测结果。

图 3 所示的是系统软件工作流程图，图中的检测软件是该仪器的最大特点，由智能检测软件和常规检测软件组成。

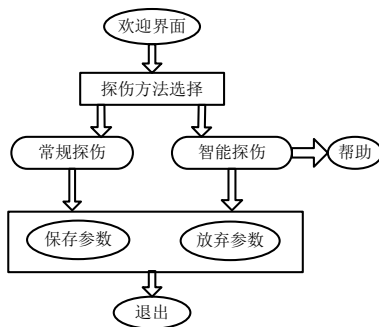


图 3 系统软件工作流程

智能检测软件是针对技术水平相对不高的操作人员，应用系统所提供的智能操作功能达到轻易驾驭仪器的目的。智能操作软件为操作人员提供了全中文的人机对话环境，将操作人员使用仪器的步骤减少到最低程度，每个操作步骤均有提示，图形存储过程由仪器自动设置，不需要操作者输入任何参数，真正做到了智能化。

除智能操作外，仪器提供了具有先进水平的常

规检测应用软件，最大限度地发挥系统硬件所能提供的优良检测性能，为检测人员检测智能检测工艺中没有涉及的工件和摸索检测方法时使用，尤其为高级检测人员服务。

#### 4 在航空维修中的应用

本系统较好地解决了目前航空维修无损检测中存在的问题，有较大的实用价值。系统研制成功后，在航空兵部队进行了试用，得到了试用单位的好评。实际应用时，检测人员可根据需要来选择合适的检测方法。

以下是本系统在航空维修无损检测中的两个应用实例。

##### 4.1 某型直升机尾桨叶大梁疲劳裂纹的常规超声检测

某型直升机尾桨叶大梁的结构如图 4 所示。D 字形空心梁，从大梁接头到翼尖，壁厚逐渐变薄，最厚 6 mm，最薄 3 mm，内部有两条加强筋。经受力分析，在距接头端部 400~1 000 mm 范围内，大梁内外表面都可能产生疲劳裂纹，特别在加强筋处更易产生裂纹。

因此，对其检测时，大梁内外表面和加强筋均

须检查。而能接触到的只有一面，由一面检查两面的缺陷，采用超声横波检测较为有效<sup>[5]</sup>。

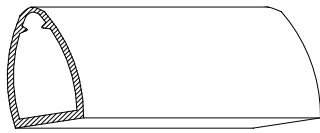


图 4 大梁结构图

采用本系统中的超声常规检测，可以有效地检测出大梁内壁的裂纹。

图5为超声检测系统检测出具有疲劳裂纹的大梁内壁波形图。

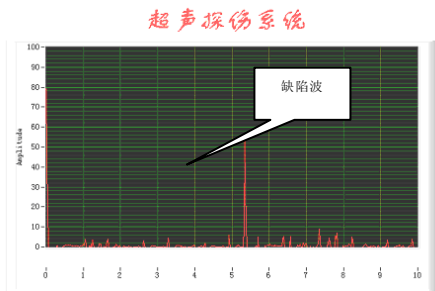


图 5 大梁内壁的疲劳裂纹

#### 4.2 某型运输机对接螺栓的智能超声检测

某型运输机中翼与中外翼的 $\phi 14$  对接螺栓，经受力分析，螺栓的第一螺纹处易产生疲劳裂纹，若采用磁粉检测是很方便的，但是不能进行原位检测，所以只有采用超声波检测。本系统采用纵波智能超声检测。图 6 为超声检测系统检测出具有疲劳裂纹的螺栓波形示意图。

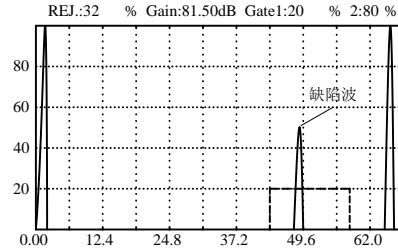
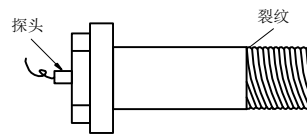


图 6 螺栓疲劳裂纹检测示意图

### 5 结束语

虚拟仪器的超声检测系统，是把超声检测技术、虚拟仪器技术、电子技术、计算机技术以及信号处理等技术有机地结合起来，在基于 PC 的超声探伤虚拟仪器的基础上，进一步完善超声检测虚拟仪器的功能，并采用已有的高速数据采集卡和超声波扫描技术，实现对超声信号的实时采集、分析、处理和缺陷识别等多种功能，从而提高超声检测仪器的可靠性、检测精度和效率以及性能价格比，顺应了当代无损检测仪器正朝着小型化、多功能化、高智能化的发展方向，该系统满足了部队航空维修无损检测的需要，实现了探伤工作快速、机动、高效，减轻了探伤人员的劳动强度，为飞机安全提供了有力的技术保障。

参考文献：

- [1] 许占显, 李服群, 伍艳. 无损检测与航空维修[J]. 无损检测, 2000,22(6):269-271.
- [2] 孙金立. 无损检测及在航空维修中的应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [3] 王华玲. 基于 LabVIEW 的超声检测虚拟仪器研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2006.
- [4] 陈新波. 基于虚拟仪器技术的超声检测仪器的研发及应用[M]. 上海: 华东理工大学, 2005.
- [5] 孙金立, 陈新波. 用超声横波法检测某进口型直升机尾桨叶大梁[J]. 无损探伤, 2001,25(3):32-33.

## Application of Ultrasonic Testing System Based on Virtual Instrument in the Aeronautical Maintenance

SUN Jin-li<sup>1</sup>, DING Zhen-guo<sup>1</sup>, JIANG Dong-hong<sup>2</sup>

(1. Qingdao Branch of NAAU, Qingdao Shandong 266041, China;  
2. The 91423<sup>rd</sup> Unit of PLA, Dalian Liaoning 116043, China)

**Abstract:** In order to realize the testing intelligence of the naval plane structure damnification, the ultrasonic testing system was designed based on virtual instrument which was based on ultrasonic testing and virtual instrument techniques, and the system was used to test the stroke oar leaf of an importation helicopter and the bolt in a transport plane. Result showed that the instrument came to the design demand, and satisfied with the needs of aeronautical maintenance non-destructive testing.

**Key words:** virtual instrument; ultrasonic testing; aeronautical maintenance; application

=====

(上接第 586 页)

参考文献：

- [1] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [2] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- [3] 蔡国梁, 王作雷, 黄斌, 等. 多指标可拓综合评价方法在城市经济可持续发展评价中的应用[J]. 科技通报, 2005,21(4):497-501.
- [4] 王作雷, 蔡国梁. 基于可拓数学方法的城市商用土地等级多指标综合评价[J]. 江苏大学学报, 2003,24(4): 24-27.
- [5] 王锦国, 张乾飞, 袁永生. 城市空气质量综合评价的可拓方法[J]. 中国环境监测, 2001,17(6):48-49.

## Research Application of Multi-Index Extensive Discrimination on Scientific Project grade

MAO Kai, LI Ri-hua, HAN Qing-long, ZHANG Jun

(Department of Basic Sciences, NAAU, Yantai Shandong 264001, China)

**Abstract:** Extensive discrimination method can be used to sort the grade of scientific project. It provided discrete quantity based on which to allocate the funds scientifically and rationally.

**Key words:** scientific project; extensive discrimination; comprehensive assessment