

# 机床故障检测与诊断研究\*

王大伟<sup>1</sup>, 薛仕丁<sup>2</sup>

(1.天津师范大学,天津,300074;2.天津商业大学信息工程学院,天津,300134)

**摘 要:**以虚拟仪器技术为基础,通过 LabVIEW 编程并结合硬件实现了机床的故障检测与诊断的功能。整个系统分为:系统软件设计部分、系统硬件设计部分和系统远程信号传输部分。应用现场传感器结合数据采集卡采集现场各种信号,运用 DataSocket 技术将各路信号通过 TCP/IP 协议远程传输到控制中心,在控制中心对信号进行处理,将信号分别在时域和频域上与故障信号比较,用得到的相似度判断故障信号所代表的故障类型。

**关键词:**机床;故障检测;故障诊断;LabVIEW

**中图分类号:**TP306

**文献标识码:**A

## 1 问题的提出

自 20 世纪以来,机床尤其是数控机床得到了越来越广泛的应用,其技术水平高低和拥有量多少,成为衡量一个国家工业化水平的重要标志,体现着一个国家的综合科技实力<sup>[1]</sup>。数控机床作为大中型企业生产中的关键设备,它的任何部分出现故障,都可能导致加工精度降低,甚至机床停机、生产停顿,不仅造成巨大的经济损失,严重时还会危及人身安全。因此,设备的故障检测问题是一个目前急需解决的迫切问题<sup>[2]</sup>。

故障诊断技术的产生出现在 20 世纪 60 年代。美国阿波罗计划以后,为了应对各种由机器设备造成的悲剧,美国海军研究室于 20 世纪 60 年代末召开了美国机械故障预防小组(MFPG)成立大会。从此,故障诊断技术走入了人们的视野。在美国进行故障检测技术研究的同时,欧洲各国和以日本为代表的亚洲国家也开始了这项关键技术的研究。随着欧美国家及日本的故障检测技术逐渐发展,这项技术也逐渐被应用到了船舶、钢铁、石油、化工、铁路以及各种机器设备的检测上面<sup>[3]</sup>。

故障诊断技术指通过检测手段来判断设备性能状态,并对诊断对象发生的故障和异常进行认识和确定的鉴定工作<sup>[4]</sup>。它的提出为工业自动化领域设备监测、故障预警、故障判断提供了理论上的支持。经过近 40 年的发展,故障诊断技术已经不再是机械设备的附属技术,在理论上它已经独立成为自动化领域的一个重要分支,在工业生产中占据了重要的位置。在技术层面上,故障检测技术不仅解决了设备故障的各种处理问题,更是完善了工业自动化解决方案,使其更加严格、缜密。在经济层面上,故障检测技术大大减少了企业由设备故障引起的损失。在仪器设备越来越精密的背景下,故障检测技术对企业经济方面的贡

献越来越突出。

## 2 虚拟仪器技术与 LabVIEW

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、过程通信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<sup>[5]</sup>。可利用应用软件将计算机资源和仪器硬件结合起来,通过友好的图形界面来操作计算机,完成对测试信号的采集、分析、判断、显示和数据处理等功能<sup>[6]</sup>。它将计算机软硬件、数据采集卡等外围硬件、数字信号处理技术和各种总线技术结合起来,以一种方便、直观、快捷的人机交互模式工作。

与传统的仪器相比较,虚拟仪器有其突出的优点:虚拟仪器的人机互动界面更加灵活、友好,可以根据任务不同自动更换界面,有效防止误操作对仪器造成损坏;虚拟仪器的更新升级更加方便,只需将新版本的软件代替旧版本的软件即可完成仪器更新;虚拟仪器出现问题后检修更加快捷,通过对底层软件的调试即可快速检测到仪器的问题所在;虚拟仪器的开发周期较传统的仪器大大缩短;虚拟仪器可以方便地通过网络、GPRS 等方式实现数据的远程无线传输<sup>[7,8]</sup>。

研究将虚拟仪器技术应用于机床的故障检测与诊断,可以降低机床制造单位的售后服务成本和机床使用单位的使用成本。

## 3 基于 LabVIEW 的机床故障检测与诊断系统设计

### 3.1 系统原理

机床的每种故障都会以声音、温度、震动等多种信号形式表现出来,因此每种机床故障都可以以一组量化的信号来描述。按照虚拟仪器的原理,以数据采集卡和各种信号的传感器为主要硬件,通过上位机编程可以将这些故障信号以一种格式化的数

\* 基金项目:天津师范大学教育基金(521J36)。

据形式采集到计算机中,然后将采集到的现场机床故障信号组通过 TCP/IP 协议经由 Internet 传输到远端的服务器上,在服务器上进行上述信号的分析 and 处理工作。

针对机床的型号预先在服务器中存储各种常见机床故障的基准故障信号组。套用模式识别的方法,当机床出现故障时,将现场采集到的故障信号组分别在时域和频域上与已存的基准故障信号组——做比较,求得其相似度。如果相似度在预设的范围内则认为机床当前出现的故障为此基准故障信号代表的故障,此时系统通知用户该故障的各种信息;如果相似度超出了预设的范围则认为机床当前出现的故障不是该基准故障信号代表的故障,系统继续将故障信号组与下一个基准故障信号组做比较;如果机床当前发生的故障与计算机中每一组基准故障信号组都不相似则认为该故障为一种新的故障,此时系统将收集到的故障信号组保存起来作为一组新的基准故障信号组。

### 3.2 系统结构设计

基于 LabVIEW 的机床故障检测与诊断系统从总体上可分为硬件部分、软件部分和远程通信部分。其中,硬件部分主要由各种传感器、各种信号调理电路、数据采集卡和计算机组成;软件部分是基于 LabVIEW 2009 软件设计的;信号传输使用美国 NI 公司开发的 DataSocket 技术实现。

基于 LabVIEW 的机床故障检测与诊断系统原理见图 1。

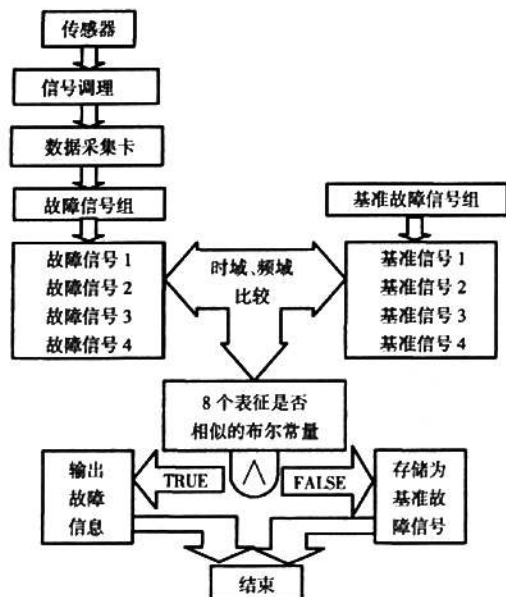


图1 机床故障检测与诊断系统原理图

### 3.3 硬件设计

硬件部分主要包括各种传感器、信号调理电路、端子板和数据采集卡。硬件之间的衔接方式见图2。

系统检测的信号需要根据具体情况灵活设定,作为方案说明暂且将需要检测的信号定为机床主轴转速、进给速度、机床振动和润滑油油温4种信号。因此需要相应的转速传感器、温度传

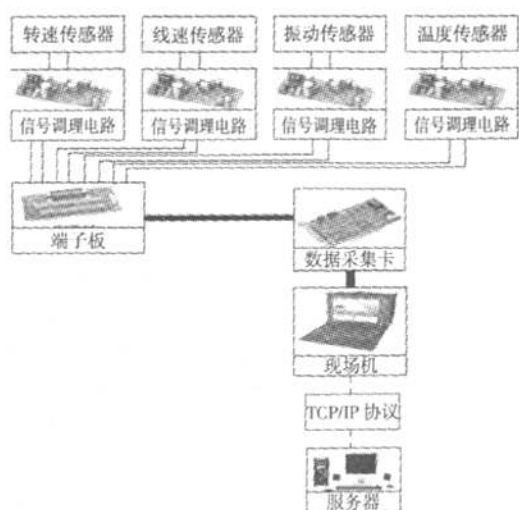


图2 硬件衔接图

感器、振动传感器和位移传感器。转速传感器采用 SZY4GB-7 型光电转速传感器,温度传感器采用 Pt100 型铂丝热电阻温度传感器,位移传感器采用 GBC-B 系列测量光学尺,振动传感器采用上海欧丹仪器电子有限公司生产的 OD9000 系列电涡流振动传感器。系统采用 PCI-6013 数据采集卡、16 位精度的 16 路模拟输入、2 路模拟输出、8 条数字 I/O 线(该 I/O 线既可以与 5 V 的 TTL 兼容,也可以与 CMOS 兼容)、2 路 24 位 20 MHz 的定时/计数器、4 组不同的模拟输入范围,同时配有数字触发功能。

### 3.4 软件设计

基于 LabVIEW 的机床远程诊断与故障检测系统软件部分主体分为现场故障信号采集部分和故障信号处理部分。

现场故障信号采集部分软件设计的层次见图3。现场故障信号采集部分被安装在现场机上,主要作用是读取 PCI-6013 数据采集卡采集到的各路故障信号,然后通过远程传输部分的程序将采集到的现场故障信号组发送给远端的服务器。该部分的虚拟仪器界面见图4。

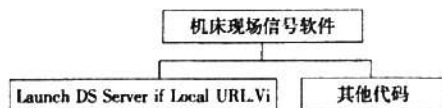


图3 现场故障信号采集部分软件设计层次图

故障信号处理部分软件设计的层次见图5。它被安装在服务器上,是整个系统的主程序和主界面。它是系统的核心部分,主要作用为通过调用各子 Vi 将远程接收到的现场故障信号组与服务器上已存的基准故障信号组在频域和时域上做相应处理和运算,得出运算结果。对运算结果进行逻辑处理并作出各种相应动作,将结果信息反馈给用户或保存故障信号信息。故障信号处理部分的界面即整个系统与用户交互的主界面见图6。

现场故障信号采集软件控制数据采集卡将各种故障信号采集过来,通过网络将该信号组输送到远端的服务器上。在服务器

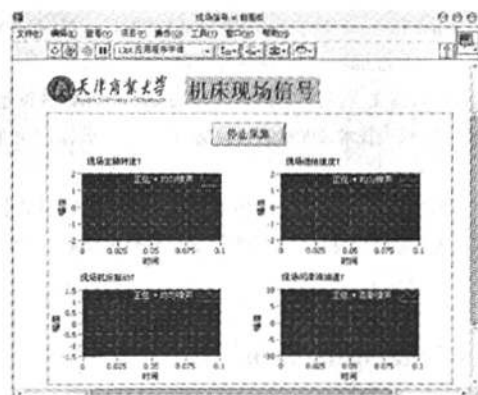


图4 现场信号.Vi 前面板

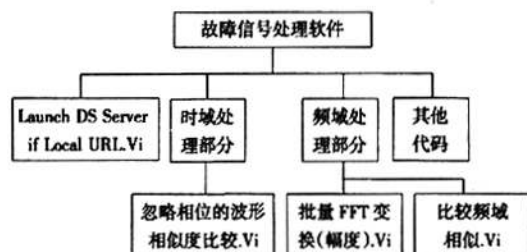


图5 故障信号处理部分软件设计层次图

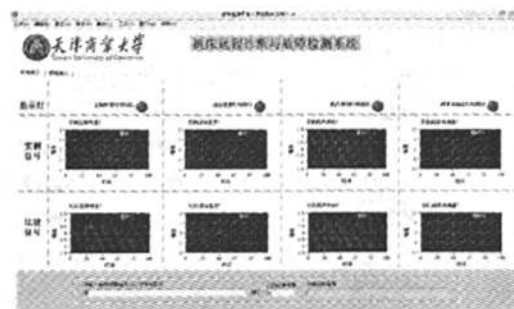


图6 机床远程诊断与故障检测系统主界面

上将以固定格式传送过来的故障信号组分解为几组单路信号。同时服务器将已有的基准故障信号组读出来,并以同样的方式将它分解为几组相对应的单路基准故障信号。此时对这些单路信号进行时域和频域两种方式的处理。

在时域上,每组单路的现场故障信号与相对应的单路基准故障信号通过“忽略相位的波形相似度比较.Vi”得到其相似度。该子 Vi 主要通过通过对两个双精度一维数组形式的信号做互相关运算,通过分析互相关函数运算结果可以得出两个输入信号的相似度。

在频域上,通过“批量 FFT 变换(幅度).Vi”将每个单路信号从时域转化为频域表示方式,得到每个输入信号的幅度谱。然后通过“比较频域相似.Vi”将每个单路现场故障信号与对应的基准故障信号在频域上做比较,同样求得其相似度。

通过上面的运算可以得到 4 种信号,在时域和频域上总共有 8 个相似度指标。根据机床故障的实际情况定义出判断现场

故障与基准故障相似的阈值。将每个相似度与这个阈值比较,如果相似度大于阈值则认为现场故障与基准故障相似,否则认为不相似。用布尔量表示这个比较结果即可得到 8 个布尔常量。8 个相似度指标均在阈值之上则认为现场故障类型与基准故障类型相似,因此将该 8 个布尔量做“与”运算得出的结果就可以表征现场故障类型与基准故障类型相似与否。

如果运算得出的结果为 TRUE,则说明机床出现的故障就是当前比较的基准故障,此时系统输出该基准故障的信息;如果运算得出的结果为 FALSE,则说明机床出现的故障不是当前比较的基准故障,此时系统继续将现场故障信号组与下一个基准故障信号组做上述的处理;如果运算结果全为 FALSE,则说明在基准故障信号组中没有与采集过来的故障信号相似的信号组。这说明此时机器出现的故障为一种新的故障,这时就将这种故障的信息作为基准故障信号组保存下来以备以后出现同样故障时检测用。

#### 4 远程传输方案

远程传输部分主要是基于美国 NI 公司开发的 DataSocket 技术完成的<sup>[9]</sup>。DataSocket 基于 Microsoft 的 COM 和 ActiveX 技术,源于 TCP/IP 协议并对其进行高度封装,面向测量和自动化应用,用于共享和发布实时数据,是一种易用的高性能数据交换编程接口。

在本系统中,现场故障信号采集部分将信号采集完成后通过“Launch DS Server if Local URL.Vi”将信号数据传出去。在故障信号处理部分同样应用“Launch DS Server if Local URL.Vi”将信号数据接收过来。“Launch DS Server if Local URL.Vi”即为按照 DataSocket 技术封装起来的函数,通过配置 DataSocket Server 的参数让发送端和接收端使用相同的 URL 地址即可完成远程传输的功能。

#### 5 结语

本系统是一种快速、简便、精确的机床故障检测系统,它不仅在设计原理上突破了传统故障检测仪器仪表设计方法,更完善了传统故障检测仪器仪表的不足之处。经过测试,能够快速、及时、安全地检测出机床故障,具有非常广阔的应用前景。它和互联网技术相结合使其功能更加完善,必会在各种生产制造领域做出突出的贡献。

#### 参考文献

- [1] 黄卫.数控机床及故障诊断技术[M].北京:北京机械工业出版社,2004:158-195.
- [2] 郑柳萍,梁列全.工程机械远程监测与故障诊断系统[J].工程机械,2007,38(7):4-8.
- [3] Guan J, Braham J H. An integrated approach for fault diagnosis with learning[J]. Computers in Industry, 1996(32): 33-51.
- [4] Ong S K, An N, Nee A Y C. Web-Based Fault Diagnostic and

Learning System [J]. Advanced Manufacturing Technology, 2001 (18): 502-511.

[5] 袁楚明, 陈幼平, 周祖德. 基于 Internet 的远程诊断系统体系结构研究[J]. 计算机工程与应用, 2008(18): 45-56.

[6] 施伟, 吴文英. 虚拟仪器技术在故障诊断中的应用[J]. 仪表技术与传感器, 2007(1): 30-31.

[7] 黄松岭, 吴静. 虚拟仪器设计基础教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 15-18.

[8] National Instruments Corporation. LabVIEW User Manual[M]. USA: National Instruments Corporation, 2000: 201-250.

[9] 雷晓勇, 盛文, 贾明捷, 等. 基于 DataSocket 技术的装备远程测试系统[J]. 仪表技术, 2008(2): 24-28. (责任编辑: 王永胜)

第一作者简介: 王大伟, 女, 1970 年 12 月生, 1993 年毕业于天津师范大学数学科学学院, 讲师, 天津师范大学数学科学学院, 天津市, 300074.

## Study on the Prediction and Diagnosis of Machine Tool's Faults

WANG Da-wei, XUE Shi-ding

**ABSTRACT:** Base on the virtual instrument technology, this paper realizes the function of detecting and diagnosing machine tool's faults through LabVIEW programming and connecting with the hardware. The whole system is divided into the system's software design part, system's hardware design part and system's remote signal transmission part. The system works by utilizing field sensors coupled with data acquisition cards to gather signals, employing the DataSocket technique to pass the signals through the TCP/IP protocol to the control center, and processing the signals in the control center, and comparing these signals at the time domain and frequency domain with the fault signals, and then determining the fault type by the similarity.

**KEY WORDS:** machine tool; fault detection; fault diagnosis; LabVIEW

(上接第 151 页)西山前山地区小煤矿进行关停改造, 促进西山水系的恢复。加大采煤沉陷区的综合治理, 对区域内涉及的村庄实施整体搬迁、耕地复垦及生态恢复, 彻底解决土地塌陷及其派生形成的山体裂缝、滑坡、土壤沙化等地质灾害, 加速西山地区的生态恢复。

(4) 做好产业接续工作, 保障经济持续健康发展。加快发展现代物流、文化创意、会展旅游、商务金融等生产性服务业, 把西山地区建成历史文化胜地、会展商务新区、创意产业基地、现代物流走廊、新型装备制造研发中心及总部经济聚集地。依托重机、晋机等企业技术优势, 发挥区域高校的人力优势, 打造“高新

精尖”的企业研发基地; 以长风文化商务区为支撑, 打造商务、居住、现代服务业为主的都市功能区域; 利用晋阳湖生态资源, 结合太化搬迁和一电厂改造, 打造休闲、创意产业为一体的城市滨水综合区; 拓展晋祠、晋阳古城等历史文化资源, 结合西山边山自然风光, 打造历史文化旅游风景区。 (责任编辑: 威米莎)

第一作者简介: 张云芳, 女, 1981 年 5 月生, 2005 年毕业于山西财经大学会计学专业, 现为北京林业大学环境工程专业 2009 级在职本科生, 助理工程师, 太原市环境监测中心站, 山西省太原市, 030002.

## Innovating the Development Concept and Transforming the Development Mode ——Considerations about Promoting the Green Transformation in Xishan Area of Taiyuan City

ZHANG Yun-fang, WANG Jun-sa

**ABSTRACT:** IN the light of the key project of ecological restoration construction and green transformation in Xishan Area of Taiyuan City, this paper discusses the significance of carrying out the comprehensive adjustment of Xishan Mountain, introduces the ideas and targets of implementing the comprehensive adjustment, and puts forward some measures for implementing the comprehensive adjustment.

**KEY WORDS:** green transformation project; comprehensive adjustment; Xishan Area; Taiyuan City