

文章编号: 1671- 251X(2011) 05- 0008- 04 DOI: CNKI: 32- 1627/TP. 20110428. 1724. 006

# 基于 LabVIEW 的矿井排水装置 故障监测系统的设计

黄倩, 黄强, 鲁远祥, 苟怡

(中煤科工集团重庆研究院, 重庆 400037)

**摘要:** 针对传统的矿井排水装置中电动机易发生转子偏心、温度过高、振动过大、排水管道堵塞等问题, 设计了一种基于 LabVIEW 的矿井排水装置故障监测系统。该系统能够通过 LabVIEW 及数据采集卡对排水装置的管道流量、管道压力、水泵真空度、电动机温度、电动机振动等数据进行采集, 对振动信号等进行时域分析、幅值谱分析及故障诊断, 从而实现对各种超限信号的有效预警。

**关键词:** 矿井; 排水装置; 故障诊断; 故障监测; LabVIEW

**中图分类号:** TD636      **文献标识码:** B      **网络出版时间:** 2011- 04- 28 17: 24

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110428.1724.006.html>

Design of Fault Monitoring System of Mine Drainage Device Based on LabVIEW

HUANG Qian, HUANG Qiang, LU Yuan-xiang, GOU Yi

(Chongqing Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation,  
Chongqing 400037, China)

**Abstract:** In view of problems of rotor eccentricity, high temperature, excess vibration and blocking of drain-pipe in motors of traditional drainage devices of coal mine, a fault monitoring system of mine drainage device based on LabVIEW was designed. The system uses LabVIEW software and data acquisition card to collect data such as pipe flow, pipe pressure, vacuum degree of water pump and temperature and vibration of motor of the mine drainage device, and makes domain analysis, amplitude spectrum analysis and fault diagnosis of vibration signals, so as to realize early warning for over-limit signals.

**Key words:** mine, drainage device, fault diagnosis, fault monitoring, LabVIEW

## 0 引言

由于煤矿开采的特殊性, 煤矿井下地质环境复杂多变, 多数老矿井进入到后期回采阶段, 各大矿区普遍存在着许多不安全因素。我国在“十一五”期间, 重点围绕煤矿安全生产中的顶板、水、火、瓦斯煤

收稿日期: 2011- 01- 20

基金项目: 煤炭科学研究院重庆研究院科研项目(cq1007)

作者简介: 黄倩(1983- ), 女, 重庆人, 助理工程师, 硕士研究生, 主要研究方向为煤矿监控技术及仪器仪表。E-mail: huanqian313@sohu.com

## 参考文献:

- [1] 孙丽明. TMS320F2812 原理及其 C 语言程序开发 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [2] 牛发亮, 黄进, 杨家强, 等. 基于感应电机启动电磁转矩 Hilbert-Huang 变换的转子断条故障诊断[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(11): 108-112.

- [3] 骆江锋, 龙江启, 范进祯. 小波包和 BP 神经网络在齿轮箱故障诊断中的应用[J]. 机械传动, 2007, 31(3): 84-88.
- [4] 侯新国, 吴正国, 夏立, 等. 基于 Park 矢量模信号小波分解的感应电机轴承故障诊断方法[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(14): 115-119.

尘及机电事故等五大灾害, 开展了煤矿灾害事故预测预警防控关键技术及装备的研究与开发, 攻克了许多重点技术难题, 但灾害情况仍有发生<sup>[1]</sup>。其中水灾害是这些灾害中危害性最大的灾害之一, 仅次于瓦斯灾害。较为常见的水灾害原因有底板高压水通过隐伏导水构造突出矿井和废弃矿井积水因防水煤柱被破坏而突入矿井<sup>[2]</sup>。目前的解决方法都是用排水装置进行排水, 但是井下环境恶劣, 排水装置经常受潮或被煤掩埋, 一旦装置出现故障未能及时发现, 后果将不堪设想。为了更好地保障煤矿安全生产, 解决煤矿井下排水难题, 必须采取有效措施减少由于排水装置异常而带来的安全隐患。

目前, 一些煤矿的井下排水系统一般采用继电器进行控制, 由人工完成各泵开/停, 这种方式自动化程度较低, 常因误动或拒动造成装置损坏, 且实时性较差。为提高控制的可靠性和自动化水平, 可采用传感器检测方式代替人工检测方式, 用虚拟仪器<sup>[3]</sup>技术实现排水装置的监测和分析。

为此, 笔者设计了一种基于 LabVIEW 的矿井排水装置故障监测系统, 该系统以传感器、虚拟仪器为检测基础, 通过对排水装置进行实时监测、实时显示, 对超出预警值的状态及时报警, 对各项参数变化量较大的异常信号进行分析, 从而找出故障发生原因和关键点, 确保井下生产和矿工生命财产安全。

## 1 系统硬件设计

基于 LabVIEW 的矿井排水装置故障监测系统主要用于监测矿井排水系统的管道流量、管道压力、水泵真空度、电动机外壳温度、电动机振动等状态信息, 以此判断排水装置的运行是否异常。实际煤矿井下将安装 5 台矿用多级耐磨泵(2 台备用, 2 台工作, 1 台检修), 并配置相应电动机; 配备 2 套出水管道, 以便轮换使用。图 1 为单套基于 LabVIEW 的矿井排水装置故障监测系统硬件组成。

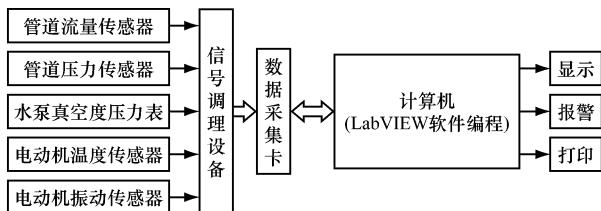
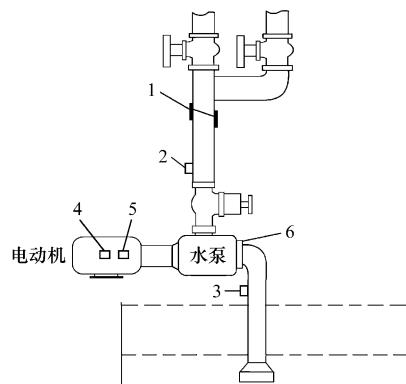


图 1 单套基于 LabVIEW 的矿井排水装置  
故障监测系统硬件组成

该系统由各种传感器、信号调理设备、美国 NI 公司生产的 USB-6009 型数据采集卡、计算机、打印机等组成。各传感器安装在排水装置上, 安装位

置如图 2 所示。



1- 管道流量传感器; 2, 3- 管道压力传感器; 4- 温度传感器;  
5- 振动传感器; 6- 真空度压力表

图 2 传感器安装位置

将各传感器得到的信号接入信号调理设备, 再接入数据采集卡, 数据采集卡直接连接计算机 USB 接口。USB 总线为数据采集卡和计算机之间提供了高速、可靠、能够传输大量数据的协议, 但只有在数据采集卡被总线枚举并加载相应的驱动程序后, 计算机中的应用程序才能访问数据采集卡。因此, 除安装 LabVIEW 图形化编程软件外, 还必须安装驱动软件 NI.DAQmx 27。最后用 LabVIEW 图形软件编程以处理采集信号, 并实时监测各参数, 根据需要报警、打印、存储。

## 2 系统软件设计

### 2.1 LabVIEW 简介

LabVIEW 是美国 NI 公司推出的一种图形化编程语言软件, 它广泛地应用于工业、企业、高等院校及各研究实验室, 能够通过数据采集和仪器控制软件实现各种功能。LabVIEW 集成了 GPIB、VXI、RS232 和 RS485 协议的硬件, 满足数据采集卡通信的全部功能。同时, 它内置了库函数, 可实现各种数据处理功能<sup>[4]</sup>。

LabVIEW 不同于其它程序软件, 展现给程序编写者的是直观的图形, 用图形的开发方式代替文本开发方式, 程序开发轻松愉快, 最适合流程图设计, 通常称为 G 语言。另外, 该软件集成了上千种仪器和测量设备驱动, 可以与测量硬件无缝连接, 开发所需的各类虚拟仪器, 满足所需的各项测试或监控用途, 开发周期短、成本低。由于它以计算机为处理核心, 处理速度、网络共享以及智能化程度等优点都可以最大程度地得到体现, 真正做到“软件即是仪器”, 将计算机变成提着走的多功能仪器。

## 2.2 软件流程

系统的软件部分采用 LabVIEW 编程。该软件拥有 2 个界面, 通常称前面板和后面板, 前面板进行相关显示, 后面板运行程序代码, 前后对应。

为了对操作权限进行设置, 本设计首先调用登录子系统对主程序部分进行保护。进入主程序后, 软件编辑的数据采集模块配合数据采集卡对传感器测得的数据进行采集, 并将其送到计算机中进行分析。采集到的数据经过数据处理模块对波形进行去噪处理, 并经过傅里叶变换、函数计算、波形整合等得到相应波形。最后用软件编辑显示界面, 并在前面板采用选项卡控件将监测界面选择性显示。同时, 软件具有各种报警模块, 通过编程设置所需的报警模式和打印模式, 在发生故障时进行报警和数据打印。软件流程如图 3 所示。

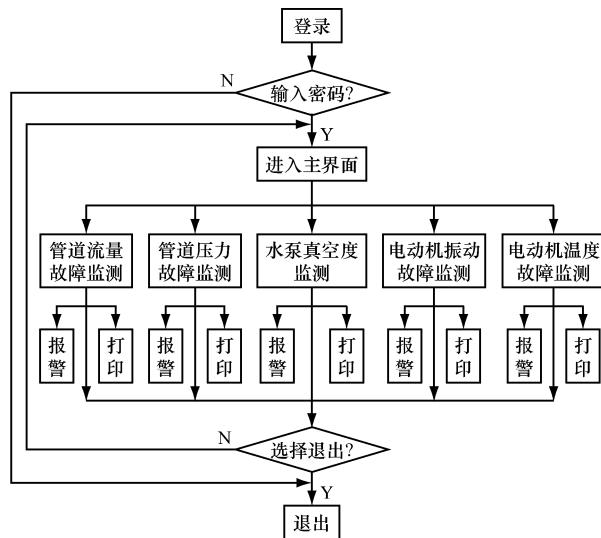


图 3 基于 LabVIEW 的矿井排水装置  
故障监测系统软件流程

## 2.3 软件设计及主要界面

设计的系统软件主要实现对排水装置上采集信号的显示、分析、报警、记录、打印以及记录的查询等功能。为将采集数据在界面上清晰显示, 设置了示波器、报警灯、计时器、温度计、压力表、打印按钮、查询按钮、暂停按钮等。

对于不同的信号采取了不同的处理方式, 如对于电动机温度参数的采集设定上限值和下限值, 在超出限值时, 系统自动报警; 对于管道压力、流量参数的采集, 不但要实现其超限报警, 而且要通过软件编程自动计算扬程及损失扬程; 对于电动机振动传感器参数的采集, 运用机械故障诊断中现代信号的处理方法对振动信号进行测量和分析, 显示其时域波形和幅值谱。

### (1) 登录界面设计

为防止误操作, 保证系统的安全, 设计了登录子 VI(虚拟仪器), 通过创建数组可设定多个登录名及对应的登录密码。同时运用比较结构、While 循环结构、选择结构等实现其功能, 若登录名与设定名相同, 则允许进入主界面, 若不同则退出系统。

### (2) 管道流量及压力故障监测、水泵真空度监测设计

采用量表实时显示管道流量及压力值, 实时显示水泵真空度, 设定超限值, 在数据超限时报警灯亮。将采集到的流量及压力数据通过软件编程换算成相应数值, 通过扬程公式自动计算出实际扬程, 再与原始设计扬程比较, 得出损失扬程。扬程公式为

$$H = (P_2 - P_1) / (\rho g) + (C_2 - C_1) / (2g) + Z_2 - Z_1 \quad (1)$$

式中:  $H$  为扬程, m;  $P_1, P_2$  分别为水泵进、出口处液体的压力, Pa;  $\rho$  为液体密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $g$  为重力加速度,  $\text{m/s}^2$ ;  $C_1, C_2$  分别为流体在水泵进、出口处的流速,  $\text{m/s}$ ;  $Z_1, Z_2$  分别为水泵进、出口高度, m。

### (3) 电动机温度故障监测设计

通过软件编程和运用捆绑原理, 将采集到的电动机温度信号和设定的上、下限温度同时显示在同一虚拟示波器上, 以便直观观察到实时温度是否超限。如图 4 所示, 一般电动机机壳的最高限制温度为 80 ℃, 白色为电动机机壳温度信号, 线条 1 为温度上限, 线条 2 为温度下限。从图 4 可看出, 温度为 90 ℃, 已经超限。该设计还通过比较原理, 设计出温度上、下限, 并且连接报警灯, 由于温度超限, 报警灯已亮。这时应立即采取相应措施, 防止电动机因温度过高而损坏。

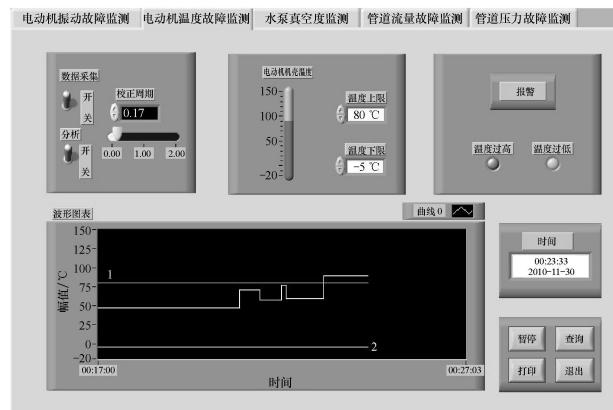


图 4 电动机温度故障监测界面

### (4) 电动机振动故障监测设计

故障诊断是一种实时掌握机器在运行过程的

各种状态, 确定机器的整个系统或部分系统是否正常, 以较早发现故障、分析原因、及时预报故障趋势的技术。本设计充分运用这一技术, 系统在采样初期测得的电动机振动信号是时域信号, 即信号是时间的函数, 通过软件用傅里叶变换子 VI 实现傅里叶变换。设原信号为  $x(t)$ , 傅里叶变换公式为

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

通过式(2)将  $x(t)$  分解为角频率  $\omega$  连续变化的多个谐波的叠加, 把信号从时域上转换到频域上, 在频域上分析信号的基本特性, 使频率概念具体呈现, 更易分析。

该设计还采用虚拟示波器对采集到的原始信号、虚拟滤波器滤波处理后的波形、傅里叶变换后的频谱波形进行实时显示。通过创建选择结构、比较结构等设定振动速度上限。

如图 5 所示, 电动机振动传感器采集到的数据经滤波后, 振动速度未超过振动上限, 故报警灯未亮。与正常频谱对比可以看出, 监测到的电动机振动信号的频谱特征为多阶振动, 容易诊断出该电动机工作异常, 极有可能是转子松动, 应停止运行, 进行检修, 并启动备用电动机, 达到在故障早期未造成严重损失时发现并杜绝它的效果。

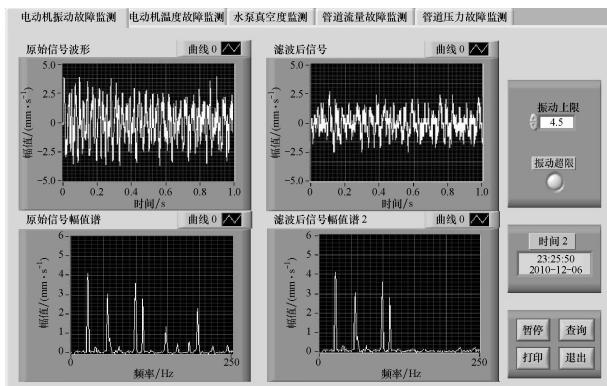


图 5 电动机振动故障监测界面

因此, 本设计不但能够及时纠正矿井排水装置已发生的故障, 还能通过监测异常数据预知排水装置可能发生的故障, 从而多方位地保证排水装置的正常工作。

### 3 系统主要功能

基于 LabVIEW 的矿井排水装置故障监测系统已在重庆某矿进行工业性试验, 运行良好, 无需大量机械设备, 大部分功能依靠软件编程实现, 除能实现其它传统监测系统的各项功能外, 还能通过软件编程进行故障诊断, 且使用更加方便, 实现了以下多种

功能:

(1) 实时监测管道中水的流量和压力。当水泵压力值或流量值产生异常时, 将其与正常值进行对比, 并将采集到的值进行分析; 根据式(1)计算出扬程, 估计损失扬程; 综合以上参数, 判断故障原因, 如泥沙堵塞、动力不足、水流摩擦力大等。

(2) 实时监测水泵的真空度情况, 若未收到真度达到规定值的信号, 则停止启动本台水泵, 启动备用水泵, 并发出故障报警信号, 通知维修人员, 或将信号直接传至排水装置自动控制系统以自动停用。

(3) 实时监测电动机的外壳温度, 并在计算机上显示, 当温度超出安全值时, 系统立即报警, 通知维修人员, 或将信号直接传至排水装置自动控制系统, 以便及时采取措施使电动机停止运行。

(4) 通过测量电动机的振动幅度, 分析各种振动形态, 进行时域、频域分析, 提取有效的故障特征信息, 并与正常工作时的形态进行对比分析, 判定是否是因为水泵叶轮不平衡、气蚀、水泵与电动机连接状态错误等原因造成故障。

### 4 结语

基于 LabVIEW 的故障监测可以使矿井排水装置的故障监控变得更加简单, 运用故障诊断方法可以使工程人员直观地了解排水装置的运行情况, 便于及时排除故障。较其它传统的排水装置监测系统, 该系统设计成本更低廉, 设计周期更短, 功能更完善, 且程序人员不再被束缚于繁复的程序语言中, 程序完成后, 修改方便, 可设置密码, 以防止误修改, 能在短时间内被大多数工程人员接受和使用。该系统界面友好, 也可作为大型矿井排水监控装置的辅助装置使用, 方便快捷, 效率更高。由于煤矿井下的特殊环境, 该系统还具有一定局限性, 将在进一步的研究中得以解决。

### 参考文献:

- [1] 卢鉴章, 刘见中. 煤矿灾害防治技术现状与发展 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(5): 1-5.
- [2] 李鹏然. 煤矿水灾害事故的特点、原因及治理初探 [J]. 中国科技信息, 2010(11): 76-77.
- [3] 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.
- [4] 邓焱, 王磊. LabVIEW 7.1 测试技术与仪器应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.