

# 基于 LabVIEW 的单向阀振动信号采集关键技术设计

徐琪 刘平 曾禹乔 姜韬

(西南交通大学机械工程学院 成都 610000)

**摘要:** ZPM 泵中单向阀在工作过程中极易损坏,为了促进生产安全,提高效率。在分析了该单向阀实际振动情况的基础上,结合信号分析与处理技术,以 LabVIEW 为开发平台,以动态信号采集卡、双核高性能控制器和 PXI 机箱为硬件基础,对 ZPM 泵单向阀振动信号采集的关键技术进行了设计。在设计的过程中采用了模块化编程思想、多线程并行处理技术,同时还根据实际需求进行了循环缓冲区的设计以及数据储存策略的设计。经试验,该监测系统与 LMS 国际公司的振动信号分析仪相比,所采集的信号精度满足要求,系统可以长期连续稳定运行,能实现无人值守的自动化监测。

**关键词:** LabVIEW; 模块化设计; 多线程并行处理; 循环缓存; 存储策略

**中图分类号:** TP311.1    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 520.4030

## Design of the key technology of the signal acquisition for check valve based on LabVIEW

Xu Qi Liu Ping Zeng Yuqiao Jiang Tao

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiao tong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** ZPM check valve in the pump is easily damaged in the process of work, in order to promote production safety and efficiency. On the analysis of the check valve in the ZPM pump working condition, that combined the technology of signal analysis and processing, based on the LabVIEW, with dynamic signal acquisition card, dual-core high-performance controller and PXI chassis as the foundation of hardware, the key technology of signal acquisition for ZPM one-way valve is designed. In the process of design, the modular programming idea and the multi-thread processing technology are adopted, and the designs of the loop buffer and of the data storage strategy are also carried out, at the same time. In addition, it also gives the corresponding program block diagram and code. After the test, the monitoring system is compared with the vibration signal analysis instrument of LMS International Corporation. The collected signal precision meets the requirement. Thus, the system has a long-term and continuous stable operation to achieve unattended automatic monitoring.

**Keywords:** LabVIEW; modular design; multithreading; cycle cache; storage strategy

## 1 引言

在现代化生产中,机械设备的状态监测和故障诊断技术受到普遍重视。ZPM 泵是某大型企业购自英国 Weir 集团的先进设备,主要用于矿石管道和尾料管道的传输。单向阀作为 ZPM 泵液力端关键部件,在工作过程中如果不能监测其运行状态,将可能导致安全隐患和生产成本的巨大增加。该套设备现有的监测系统中只能简单显示泵组的转速和压力等一些基础参数,不能直观反应泵组的健康状态。所以对其工作状态进行在线监测,预防恶性事故发生,可以节约昂贵的维修费用,促进生产的安全进行<sup>[1]</sup>。分析其振

动信号是实现机械设备运行状态监测的重要手段,而准确、实时的单向阀振动信号的采集是一项关键技术。LabVIEW 是一种图形化编程语言,在数采系统的设计中具有优势<sup>[2-3]</sup>。本文基于 LabVIEW 对 ZPM 单向阀振动信号采集的关键技术进行了设计,所形成的系统已能很好地应用于生产。

## 2 模块化设计

本采集系统既要专注于高效的采集,又需要满足一定的人机操作。因此,采用了模块化设计,按照需要完成的任务一共分为 5 个模块:主控制模块、辅助功能模块、采集模

块、数据处理及显示模块和计算分析模块。各个模块功能相对独立,通过模块间的相互联系完成系统需求<sup>[4,5]</sup>。这种设计保证了人机顺畅操作,又能将采集分析独立。对于确保采集的高效以及监控算法的升级和扩展非常有利<sup>[6-8]</sup>。各模块间关系如图 1 所示。

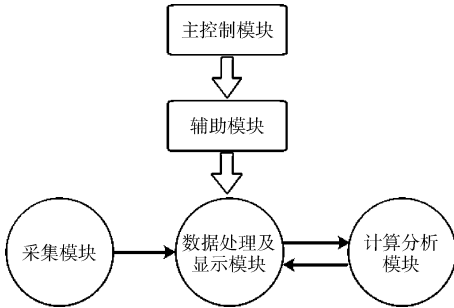


图 1 模块化设计结构

在模块化设计中,主控制模块主要用来捕捉用户请求,发出相应的控制指令,并控制整个程序的运行;辅助模块用来进行程序的初始化、参数配置以及解析主控制命令等一些辅助操作;采集模块完成单向阀振动信号采集;数据处理与显示模块实现对采集得到的振动数据的显示与存储;计算分析模块执行信号的计算和故障分析。

### 3 多线程并行处理的设计

多线程多处理技术是现代多核心并行技术的关键概念之一,其最大优势在于其控制多处理器计算的能力。在多核 CPU 的计算机上,操作系统会自动把程序中的不同线程分配给不同的 CPU 内核并行处理,而单线程的应用程序只能在单个处理器上按照程序的路径顺序执行,很难发挥多处理器的优势<sup>[9-10]</sup>。图 2、3 分别为单线程和多线程程序运行示意图。

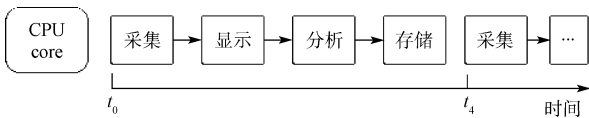


图 2 单线程程序运行示意图

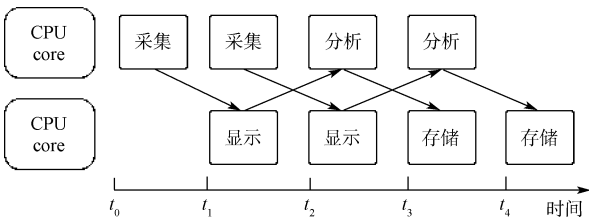


图 3 多线程程序运行示意图

本次设计的采集软件需要在执行连续数据采集的同时进行界面显示、数据分析等其他任务。如果采用单线程结构,在程序运行的某一时刻,只有单一任务被执行,这将会

导致程序在执行连续数据采集的时候阻塞界面显示、数据分析等其他任务的执行,单线程显然不能满足实际工作需求<sup>[11]</sup>。为此,专门设计了包含采集线程、数据处理与显示线程、计算分析线程的多线程并行处理结构。同时采用队列函数实现多线程之间的运行时序,以保证线程之间数据的一致性。多线程的结构设计如图 4 所示。

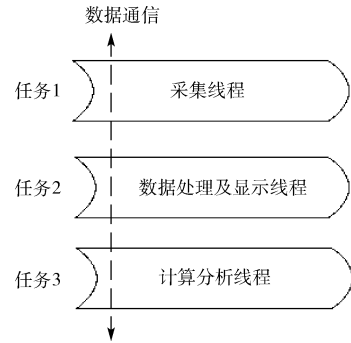


图 4 多线程多处理的结果设计

多线程技术保证了不漏点的连续采集,同时满足人机界面与显示的实时响应。

### 4 循环缓冲区的设计

结合单向阀的振动情况,采用的监控通道数为 6 个,每通道的采样率 2 560 Hz,并行采集。根据监控分析要求,需要每 2 min 进行一次分析,每次分析的数据时长 30 s,计算分析由后台的分析线程完成。因此,采用了专用的数据缓冲区设计。

程序在执行数据缓冲时需要不断的把采集到的数据插入到数据缓冲区中,直到缓冲区中的数据量满足分析的要求。为此,在循环中采用数组插入函数和移位寄存器来实现在循环迭代过程中把连续采集到的数据按顺序排列起来并在循环间进行传递,从而达到循环数据缓冲的目的<sup>[12-13]</sup>。图 5 为该缓冲区的工作原理图,图 6 为整个数据缓冲区的操作策略。

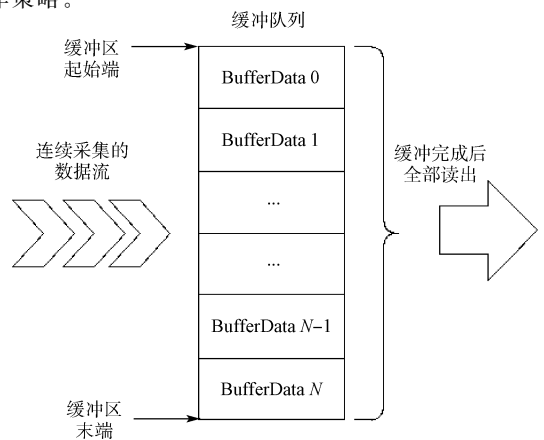


图 5 缓冲区工作原理

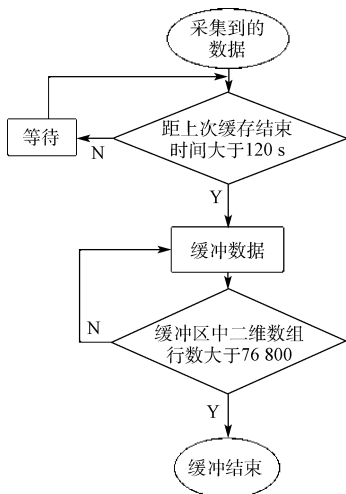


图 6 缓冲区的操作策略

### 5 数据存储策略的设计

本系统是连续不间断的大容量的数采系统,测试数据量庞大。信号中多数为表征正常运行状态的数据,少部分为表征预警或报警状态的数据。因此需要防止盲目的储存所有数据(避免数据很快存满硬盘),但又不能遗漏表征故障征兆的重要数据。同时在存储过程中要求速度快、冗余少、安全性高<sup>[14-15]</sup>。因此,需要对数据进行存储策略设计。所设计的存储策略如图 7 所示。

在高存储速率下,为了保证数据储存的可靠性、准确性以及高精度,采用了 TDMS 格式的二进制文件进行存储。通过对实时数据进行过滤存储,减少了数据的存储量,同时又把每天的数据单独保存成一个文件,这样既提高了数据存储的安全性,又方便后期检索。

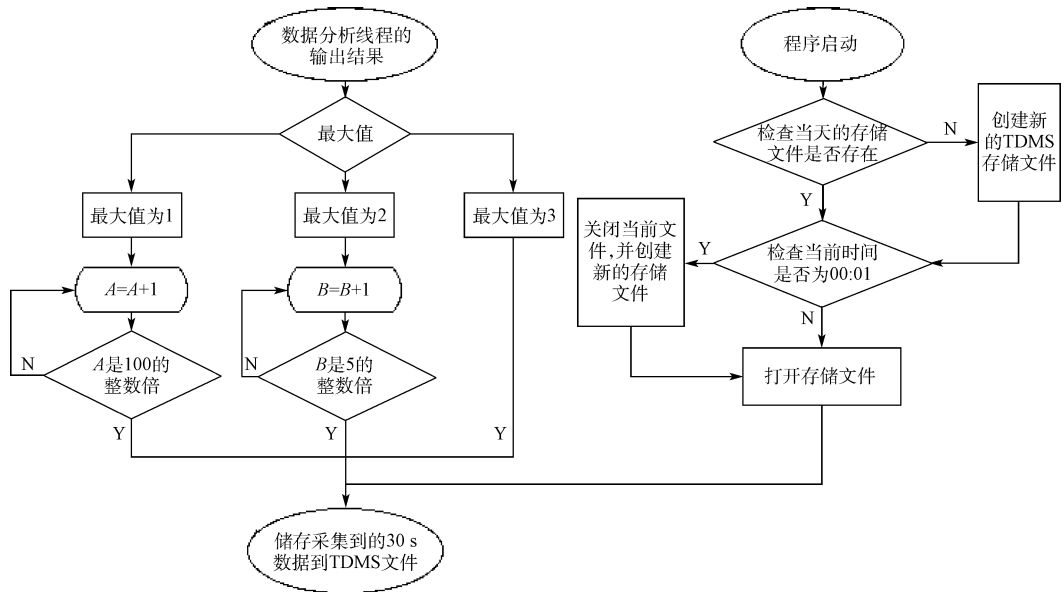
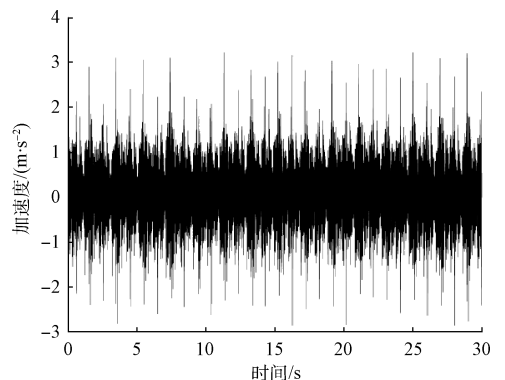


图 7 数据存储策略流程

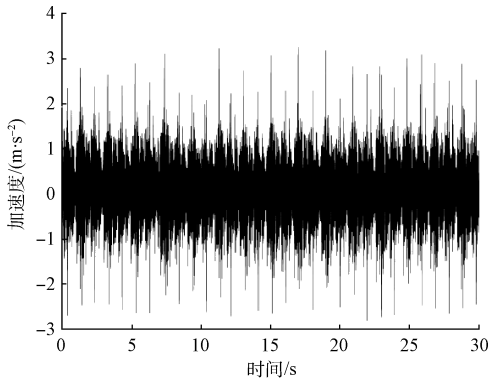
### 6 实验验证

LMS 作为全球工程领域振动噪声仿真与测试分析技术的领导者,其技术被广泛应用于各先进制造业。本次实验采用 LMS 国际公司先进的振动信号分析仪与新开发的系统在同一时刻对同一阀门进行振动信号采集。LMS 振动信号分析仪为 SCM-05 系列,具有 24 路采集通道。该套监测系统采用的硬件设备有 PXIe-3342 高精度 8 通道数据采集卡、PXI-3050EXT 2.7GHz 双核高性能控制器和 PXI-9108EXT 8 槽 PXI 机箱。两套系统按照 2 560 Hz 的采样率保存了 30 s 数据,图 8 为两套系统所采集数据的时域图对比。

对测试数据进行了总能量、最大能量、均值、方差和熵等信号指标的对比分析,结果如表 1 所示。



(a) LMS测得数据



(b) 新开发系统所测得数据

图 8 两套测试系统信号

表 1 单向阀振动测试数据对比表

对比指标	总能量	最大能量	均值	方差	熵
LMS 振动信号分析仪	35.75	3.79	0.24	0.79	0.52
新开发系统	35.35	3.76	0.23	0.80	0.53
相对误差/(%)	1.13	0.79	4.35	1.26	1.92

由表 1 分析可得,与 LMS 振动信号分析仪相比,新开发系统测试信号的最大误差为 4.35%(均值),最小误差为 0.79%(最大能量)。因此,新开发系统满足使用要求。

## 7 结 论

基于 LabVIEW 虚拟仪器开发平台、动态信号采集卡、双核高性能控制器和 8 槽 PXI 机箱完成了单向阀工作状态在线监测系统的设计。设计中,为保证流畅的人机操作、显示和高品质的数采分析,采用了模块化设计、多线程多处理设计、合理的缓冲区设计、数据存储优化设计等技术,达到了单向阀的监控分析要求。现该系统已在生产中应用,运行效果显著。

## 参考文献

- [1] SHAH H S, PATEL P N, SHAH S P, et al. 8 channel vibration monitoring and analyzing system using LabVIEW [C]. 2013 Nirma University International Conference on Engineering, 2013.
- [2] 范凤英,李钦蕾,黎闫,等.基于 LabVIEW 平台的激光吸收光谱测量系统[J].清华大学学报:自然科学版,2014,54(11):1417-1421.
- [3] 云子,骆玉霞,崔晶.基于 LabVIEW 的自动换刀机构监测系统的设计[J].电子测量技术,2014,37(9):88-93.
- [4] 陈雪华,岳文辉.基于 LabVIEW 的切削力采集和建模系统[J].机械科学与技术,2012,31(5):783-786.
- [5] ZHAO H. Application of LabVIEW in the design of data acquisition and signal processing system of mechanical vibration [C]. Proceedings 2011 International Conference on Mechatronic Science, 2011:2551-2554.
- [6] 卓耀彬,周晓军,陆林侦,等.高速关节轴承的摆动工作特性检测系统研制[J].仪器仪表学报,2014,35(3):593-600.
- [7] 乔旭彤,耿海洲,董峰.集中式电动汽车电池管理系统设计[J].电子测量与仪器学报,2015,29(7):1019-1027.
- [8] 程金光,张荣福,郁浩,等.基于 LabVIEW 的声音数据采集分析系统[J].电子测量技术,2016,39(2):94-98.
- [9] 薄志峰.基于 LabWindows/CVI 的电动舵机自动化测试系统设计[J].国外电子测量技术,2015,34(5):66-69.
- [10] 张红钢,姜雁斌,张志豪,等.基于 LabVIEW 并行运算的优化算法及其在 Ni-Ti 合金线材无模拉拔中应用[J].北京科技大学学报,2012,34(11):1294-1300.
- [11] 赵源,姜小峰.基于多线程技术的自动测试系统优化设计[J].计算机应用,2014,34(7):2124-2128.
- [12] 韦雪洁,李万军,孙薇,等. LabVIEW 在加速度计动压马达跑合监测系统中的应用[J].测控技术,2015,34(9):107-110.
- [13] 李辰宇,程智,陈锋,等.基于 LabVIEW 的大气气溶胶实时监测系统的设计[J].电子测量技术,2015,38(6):87-91.
- [14] 王树东,何明. LabVIEW 在数据采集系统中的应用研究[J].国外电子测量技术,2014,33(6):103-106.
- [15] PADHEE S, SINGH Y. Data logging and supervisory control of process using LabVIEW [J]. 2011 2nd IEEE Students' Technology Symposium, 2015:329-334.

## 作者简介

徐琪,工学硕士。主要研究方向为现代测试技术、新能源汽车电子控制。  
E-mail: xq445x@163.com