

# 一种泵振动噪声在线检测系统的设计

孟中立, 王洋, 王准

(江苏大学流体机械工程技术研究中心, 江苏 镇江 212013)

**摘要:** 研究设计了一种局域网共享的在线水泵噪声检测系统, 包括振动法检测噪声的原理以及系统的硬件设计、软件设计, 软件特点、软件主要功能等。系统以局域网为载体, 可实现测试过程的远程监控、检测数据的在线共享。

**关键词:** 泵; 振动; 噪声; 在线检测; 网络共享

**中图分类号:** TP274.23

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1005-6254(2005)06-0031-03

## 0 引言

水泵在工作时不可避免地要产生压力波动、流体不稳定等流动现象, 例如涡流、回流、脱流、气蚀, 以及阀门的开关引起的水锤和转动部件的不平衡、安装缺陷引起的偏心转动、轴承游隙不适当等。这些现象都会产生振动和噪声<sup>[1]</sup>, 这不仅影响着水泵的寿命和工作效率, 也给周围环境带来噪声污染, 严重影响着附近居民的身心健康。水泵噪声的大小是衡量水泵质量的重要指标之一, 它既是考核水泵对环境污染的量化指标, 也可以反映水泵的设计水平和制造质量, 因此准确地测量水泵的噪声有利于更好地评价水泵质量。

目前高质量标准要求水泵的次品率在千分之几的范围内, 为此, 几乎所有的水泵生产厂家都已采用 100% 检验, 而不是随机抽检的方法。但是目前国内大多数水泵生产厂家都没有对水泵进行噪声检验, 主要原因是传统噪声检测方法对检测环境要求高, 且检测速度慢。目前还没有合适的检测系统可以在现场环境下准确、快速、自动地对水泵的噪声进行检测。针对国内外噪声检测技术的研究现状和研究趋势, 本文提出并建立了一种基于局域网的水泵噪声在线检测系统, 用振动法实现对水泵噪声的检测。

## 1 测量方法的选择

目前, 国内外常见的噪声测量方法主要有三种<sup>[2]</sup>: 声压级测量、声强测量和振动测量。声压级

可以直接通过声级计测得, 但是声级计依赖于测点里声源的距离, 易受环境噪声、测点位置以及测试仪器的影响, 不适用于在线检测。声强测量可在不具备消声室或混响室等条件的特定环境下进行, 但测量工作复杂、费时, 受空间限制且检测设备价格昂贵, 从国情和操作层次上考虑, 声强测量也不适宜在线检测。振动测试法通过被测物体表面的振动量, 来确定其噪声辐射值, 几乎不受环境噪声的影响, 且操作简单, 设备价格便宜。因此, 如果能够通过测试振动信号来实现水泵噪声声压级的测量, 则比较符合我国的国情。

泵内声源主要有流体与叶轮相互作用下引发的周期性脉动噪声、流体脱离叶片时的脱流噪声、流体撞击涡室的隔舌和导叶产生的噪声, 以及由于局部压力变化产生的汽泡破裂的声音等。这些声音通过流体与壳壁作用传播到空气中, 也会通过管路从水下辐射。实验表明, 电泵产生的噪声中约有 85%~90% 的声音能量是经过固体振动辐射到外界的。因此, 水泵的噪声检测可以通过测试振动信号来实现。

## 2 测量原理

声音是机械振动的结果。当物体出现声波频率范围内的振动时, 就会使周围的介质产生相应的振动, 进而以声波的形式向四周辐射, 这个过程就是能量的传递过程。当机械振动时, 从远场来看, 可以看作是按球面波的形式向外辐射噪声的, 任何一处的声强有效值与该处的声压有效

作者简介: 孟中立(1980-), 男, 河北赵县人, 硕士研究生, 主要从事流体机械的研究。

值、振动速度有效值之间有密切的关系<sup>[3]</sup>。即：

$$I = \frac{1}{T} \int_0^T (\operatorname{Re} p) \cdot (\operatorname{Re} u) \cdot dt = \frac{\rho_0 c_0 \sigma^2 q^2}{32 \pi^2 r^2}$$

式中,  $I$  为声强,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;  $T$  为周期,  $\text{s}$ ;  $p$  为声压,  $\text{Pa}$ ;  $u$  为质点振动速度,  $\text{m}/\text{s}$ ;  $r$  为测点距振动源的距离,  $\text{m}$ ;  $q$  为体积速度,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\sigma$  为波数,  $\text{m}^{-1}$ ;  $\rho_0$  为平衡状态气体的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $c_0$  为平衡状态下的声速,  $\text{m}/\text{s}$ ;  $\operatorname{Re}$  是对括号内的复数取实部。

根据公式可得到声强级  $L_I(\text{B})$ , 再按测得的声强级所在面的面积可算出声功率级  $L_w(\text{B})$ 。此外, 用振动法测量水泵噪声还必须解决如下 5 个方面的技术问题, 即: ①必须获得各型号水泵的实际辐射效率; ②必须解决系统的校准及分贝量的基准值; ③必须确定各型号水泵表面振动的关键测点; ④必须解决空气动力噪声叠加及修正问题; ⑤对于在线检测还必须解决简化测点的问题。

系统的校准、分贝量的基准值和空气动力噪声叠加的修正可以利用软件解决; 各种型号水泵的振动检测点及其简化可以通过试验确定。水泵的实际辐射效率的测定是关键, 可以结合文献<sup>[4]</sup>中提供的方法通过试验测得。

### 3 系统设计

系统包括 3 部分: 振动测试平台、信号采集块、计算机信号处理以及测试数据的在线保存和测试数据的 Web 发布, 如图 1 所示。

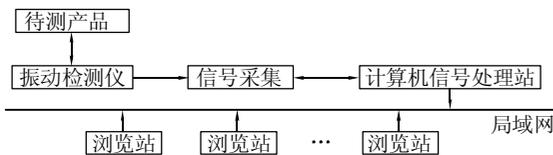


图1 系统结构图

#### 3.1 硬件设计

##### 3.1.1 振动测试平台

系统振动测试平台采用三级减震机构, 能有效地抑制各种外界干扰对传感器的影响。振动传感器可以采用速度型传感器也可以采用加速度型传感器。速度型传感器适用于几百 Hz 以下的低频范围内的振动; 加速度型传感器适用于高频范围内的振动, 且加速度型传感器的灵敏度不受电缆长度的影响, 适用于长距离的传输。但是, 因为旋转机械的振动评价多采用振动速度, 所以, 在采用加速度传感器的时候, 可以利用电荷放大器内置的积分功能将振动加速度转换成振动速度输出。在实际检测过程中可以根据不同型号的水泵

万方数据

选用不同的振动传感器, 在软件系统中也允许两种传感器的任意选用<sup>[5]</sup>。图 2 给出了一种通用传感器的工作原理图。

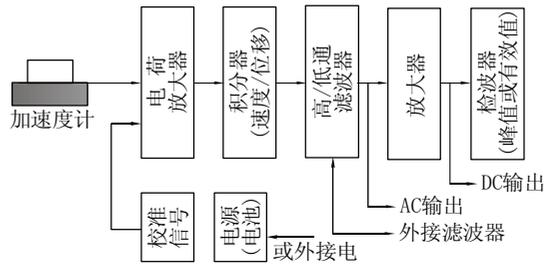


图2 通用传感器工作原理

##### 3.1.2 数据采集卡

数据采集电路设计方法很多, 但往往离不开 A/D 转换电路、数据缓存电路、控制逻辑电路、地址发生器、址译码电路等。而数据缓存、控制逻辑、地址译码等电路通常是由 RAM 芯片、与非门、触发器、缓冲驱动器等构成, 导致数据采集电路复杂、芯片繁多, 特别是硬件的固定使得采集系统在线升级几乎不可能。复杂可编程逻辑器件 CPLD 的出现使这一问题得到了解决。CPLD 芯片本身集成的上万个逻辑门和 EAB, 把数据采集电路中的数据缓存、地址发生器、控制译码等电路全部集成进一片 CPLD 芯片中, 大大减小了系统的体积, 降低了成本, 提高了可靠性。同时, CPLD 可由软件实现逻辑重构, 而且可实现在系统中编程 (ISP) 并有众多功能强大的 EDA 软件的支持, 这使得系统具有升级容易、开发周期短等优点。在数据采集有电路中, 采用换体 DMA 技术不但大大地提高了数据采集的速度, 而且弥补了数据采集中可能丢失数据的缺陷。系统原理图如图 3 所示。在时序电路的控制下, 模拟输入开关将多达 16 路(单端输入)或 8 路(差分输入)。

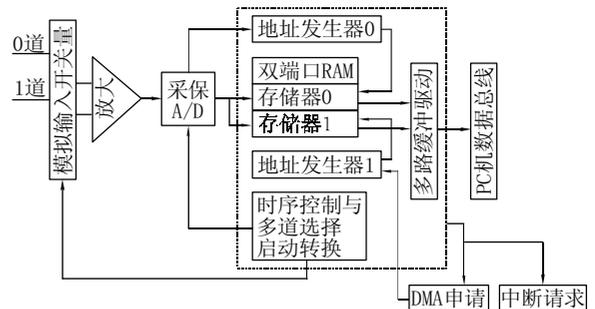


图3 采集卡系统原理图

#### 3.2 系统软件设计

软件采用面向对象的设计方法 (Object-Oriented Analysis, 简称 OOA) 进行软件设计分析, 然

后利用面向对象的编程方法在 Windows XP 环境下,采用 Microsoft 公司最新推出的 Visual Basic.NET 进行编程<sup>[6,7]</sup>。系统整体框架如图 4 所示。

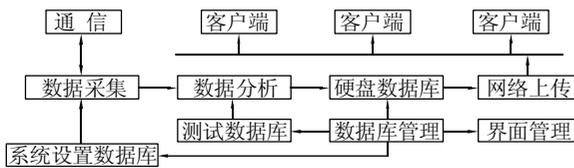


图4 系统整体框架示意图

### 3.2.1 软件特点

由于 Visual Basic.NET 本身具有对等网的功能,因此系统也具有局域网的功能。只要有授权,任何人都可以随时随地登陆系统进行在线监控。系统实现了计算机在线远程监控,设有自动和手动两种选择。系统采用开放性模块化设计,可靠性强、可随时增加、更改检测内容。

整个系统以数据库为核心,所有检测的信息、检测后的数据都在数据库中保存。被使用的数据库分为三类<sup>[2]</sup>:系统配置数据库、测试数据库和硬盘数据库。

**系统设置数据库:**记录测试的基本参数,包括被测试水泵的型号、测点设置、数据采集卡的设置信息、测试条件、精度的控制参数等。

**测试数据库:**记录测试结果。

**硬盘数据库:**保存最终检测数据,并对数据进行管理和 Web 发布。

### 3.2.2 软件的主要功能

1. **系统设置。**对各项检测条件参数进行设置,并写入系统设置数据库中进行保存。软件设计灵活,用户可以根据自己的需要对各项测试参数进行自由设置。

2. **数据库管理。**对数据库进行维护并对数据进行分析、保存、搜索。用户可根据自己购买产品

的编号可随时登陆网站查询自己所购产品的原始噪声检测数据。

3. **参数标定。**标定值用于修正测量结果,保证测量精度。

4. **检测。**进行振动噪声测试。

## 4 结论

通过对振动法检测噪声的研究和分析,说明用振动信号检测水泵噪声合格与否具有可行性。辐射效率与机械本身的结构有关,所有不同型号的水泵辐射效率也不同。只要将不同型号的水泵的辐射效率测出,存入检测数据库,该方法就可以更方便地用于各种型号的水泵噪声的在线检测,提高水泵的质量;且该系统是基于局域网建立的,可充分利用局域网的优势,实现监测数据的网络共享,软件操作简单,功能强大,界面友好;采用模块化设计,可随时根据用户需要进行增减,可满足用户的多样化需求。

### 参考文献:

- [1] 张宝军,等. 水泵噪声声源的控制与防护[J]. 噪声与振动控制,2000(2):39~40.
- [2] 郑建勇. 单相异步电机在线噪声测量技术[J]. 微特电机,2003(9):36~37.
- [3] 赵玫,等. 机械振动与噪声学[M]. 北京:科学出版社,2004:176~181.
- [4] 蒋孝煜,等. 声强技术及其在汽车工程中的应用[M]. 清华大学出版社,2001:178~187.
- [5] 林瑞仲,等. 基于 PC 机的数字式轴承振动噪声检测系统[J]. 机电工程,2001(05):114~117.
- [6] 李建中,等. 数据库系统原理[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [7] Evangelos Petroustos. Visual Basic.NET 从入门到精通[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

## Design on the On-line Inspection System for the Vibration and Noise of Pump

MENG Zhong li, WANG Yang, WANG Zhun

(Research Center For Fluid Machinery and Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** Research of a system for inspecting the noise of pump based on LAN was introduced. The configuration of the system, hardware design, software design, the functions and characters of the software were discussed in detail. The system sustains remote monitoring, Web-based data sharing and on-line retrieval.

**Key words:** pump; vibration; noise; on-line inspection; Internet share