

# 不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统

李波波

(湖南工业职业技术学院 湖南 长沙 410208)

**摘要:** 本文开发不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统, 阐述不同油温工况下长周期变转速轻载转子振动监测原理, 通过实时地采集、处理信号, 集成抗振、抗电磁干扰、低噪声等特性, 完成高精度的振动测量。

**关键词:** 长周期变速轻载转子; 振动; 数据分析

## 0 引言

近年来, 变速机械元件的应用越来越普遍, 而长周期变速轻载转子在机械行业中的应用最为广泛。长时段工况下, 变速轻载转子各部件会由于摩擦生热等产生损坏甚至变形。一旦变速轻载转子机械部件发生损坏故障, 却没有得到及时检测, 会导致生产设备出现故障, 影响企业正常生产。因为检测成本价格高昂和检测环境复杂易变等问题, 工业机械设备故障检测仪器生产实际使用频次、使用条件均受到限制, 导致工业机械设备故障检测不能广泛运用<sup>[1]</sup>。针对转子系统的振动信号分析, 是转子动力学可行有效的振动信号故障模式分类方法<sup>[2]</sup>。转子故障振动信号特性分析是实现其故障诊断和在线监测的基础和关键<sup>[3]</sup>。长周期变速轻载转子振动信号具有非稳态、非线性特征, 在进行时域、频域特性提取时, 有待工作人员输入相应的时间窗口及基函数<sup>[4]</sup>。传统中振动信号分析处理方式在对含噪混叠信号分析处理时相对较为困难, 这给工业变速旋转机械的工作运行情况监测以及故障诊断带来困难<sup>[5]</sup>。生产实践中, 长周期变速轻载转子属于工业旋转机械的核心元件, 对旋转机械其主要功能的实现起着至关重要的作用。

在工业旋转机械各项应用中, 因为转子各方向支承刚度有所不同, 自然在机械旋转过程中转子水平方向和转子竖直方向上产生的振动量也会呈现出 不一致, 因此必须要选取各个不同向的转子振动测量。张宇<sup>[6]</sup>研发了一款新式转子多通道动平衡测试仪, 该转子多通道动平衡测试仪具备多通道振动信号采集功能, 能同步监测转子振动不平衡量, 并显

示在转子多通道动平衡测试系统界面, 其显示界面包含系统启动、主测试、扫频分析、数据库、系统退出提示等界面。欧荣旭<sup>[7]</sup>设计了柔性转子结构轴系实验台, 该转子结构轴系主要采用频谱分析、时间幅值曲线、时间转速曲线、分岔图、轴心轨迹图、三维谱图、伯德图等各类振动信号图谱开展转子动力学系统分析。针对旋转机械转子振动信号的特征, 董亚军<sup>[8]</sup>基于 LabVIEW 平台及实验室数据采集卡设计转子测试系统, 该转子振动测试分析系统可在线监测、在线与离线分析、实时记录与批量存储、文件导出与打印转子产生的振动信号。马文朋<sup>[9]</sup>通过试验获取不同工况下发动机转子故障振动信号, 增加了故障诊断技术的工程应用性。王彦兵等<sup>[10]</sup>采用传感器及信号调理技术对旋转机械转子的各种振动信号进行实时采集与信号处理, 并使用信号分析及数学运算功能对转子振动信号进行显示、运算、分析, 实现旋转机械转子在线运转状况的监测。郭丹枫<sup>[11]</sup>设计了以 DSP 为核心的汽轮机转子振动监测系统。在系统设计中, 通过对振动传感器输出信号的调理得到所要进行分析处理的振动信号, 并把振动信号输入 DSP 中开展 FFT 快速傅里叶变换, 以便得到监测系统所要的振动量的测量。该转子振动监测系统既提高了数据采集的实时性, 又通过减少输入、输出信号间的相位差来确保转子振动监测系统的测量有效性, 加强了数据的分析功能。

综上, 在不同油温下, 监测分析长周期变转速轻载转子振动数据, 设计开发集成抗振、抗电磁干扰、低噪声等特性的不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统, 可以为长周期变转速轻载

转子的故障诊断和生产安全可靠运行提供数据分析信息，对于旋转机械装备实时监测具有很好的实际意义。

### 1 监测原理

在不同油温等工况下，使用电涡流传感器对长周期变转速轻载转子系统的振动信号进行实时监测，得到转子轴心轨迹数据，轴心轨迹的形状和方向反映了转子不对中、转子不平衡、以及转子和静子之间的摩擦等现象，将转子轴心轨迹数据生成转子系统振动频谱图，实现研究长周期变转速下油温对变转速轻载转子振动特性影响。

### 2 系统的总体方案设计

不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统开发，包含文件、运行、参数、数据功能，软件功能结构如图1所示，软件用户主界面如图2所示，该系统开发的目的是采用多层架构组织，集成多种应用，为广大用户提供高精度的振动测试分析。该软件利用先进计算机技术能够准确，实时地采集振动分析，利用全中文界面显示所有结果以及便于设备工程师对变转速轻载转子状态进行实时评估和操作，具备抗振、抗噪、抗电磁干扰等特征，可完成

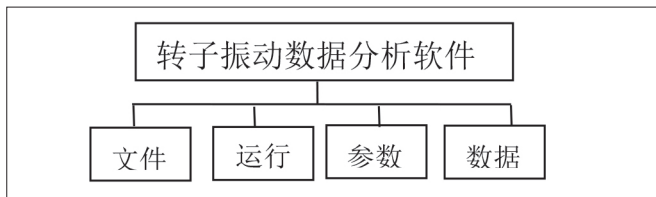


图1 转子振动数据分析软件功能结构

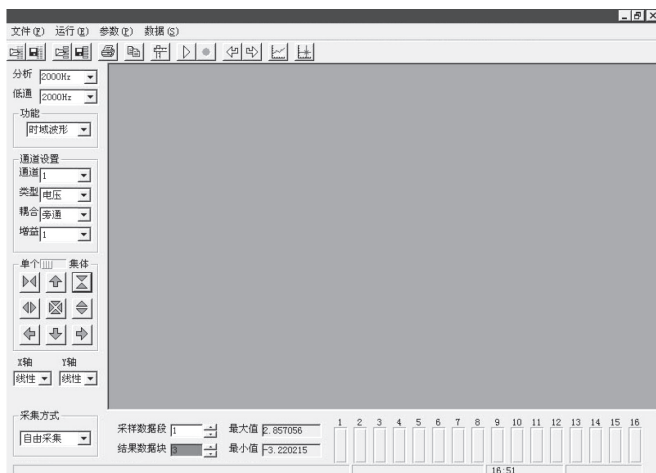


图2 转子振动数据分析软件用户主界面

高精度的振动测量。

### 2.1 系统的功能设计

#### 2.1.1 文件数据参数功能设计

不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统文件设置的主要功能是实现基础数据管理，明确文件名称、采样通道、采样帧数、分析频率，通过点击“文件”菜单中的“文件数据参数”，可进行文件信息浏览。例如可设置文件名test、采用通道数4、采样帧数8、每帧点数8192、分析频率2000。

#### 2.1.2 采集参数功能设计

不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统参数设置的主要功能是定义每次采集参数的详细属性。用户点击界面顶部中的参数进入参数设置界面，点击【采集参数】写入文件的每帧数据长度与图形窗口显示的数据长度一致，总数据长度由采集时间决定，如图3所示。

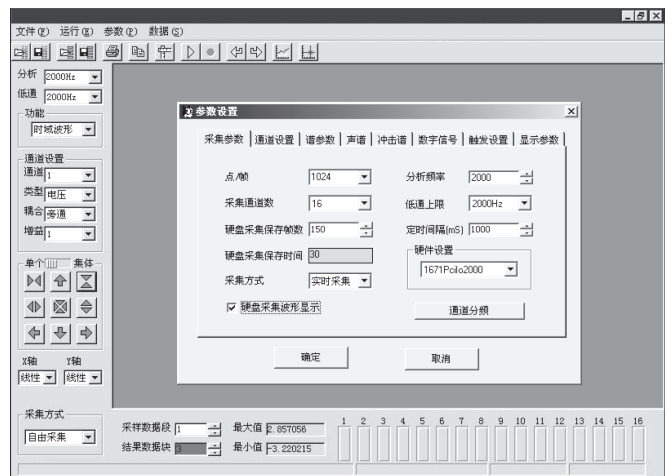


图3 采集参数

“参数设置”中：【谱参数设置】可设置平均帧数、矩形窗等窗函数、耦合方式；【通道设置】通过通道表格输入各采集通道所需的参数，具体包括信号类型、耦合方式、增益倍数、修正系数、灵敏度、零线偏置、单位；【触发设置】通过选配的接口用开关电压启动采集程序，主要用于转子遥控采集，可以设置触发通道、触发方式；【声谱】设置可进行倍频程、加权等参数设置；【冲击谱】可设置倍频率、普类型、响应类型、阻尼系数、采集分析频率比、起始点数、计算点数、最小频率；【数字信号】可完成信号通道数的选择、频率、幅值、相位、相位增量的设置；【显示参数】可更改转子振动数据起始零点的时间，设置零点秒后，系统自动提示零点位置。

### 2.2 系统的功能实现

#### 2.2.1 数据运行

数据【运行】进行转子振动分析，对于经过自动提前获得的数据，将结合基础设置的数据参数属性信息，自动进行结构化映射、存储、处理。时域波形提供两种信号——正弦信号和随机信号，如图4所示。运行数据，可查看指定通道进行振动分析数据处理，如图5所示。

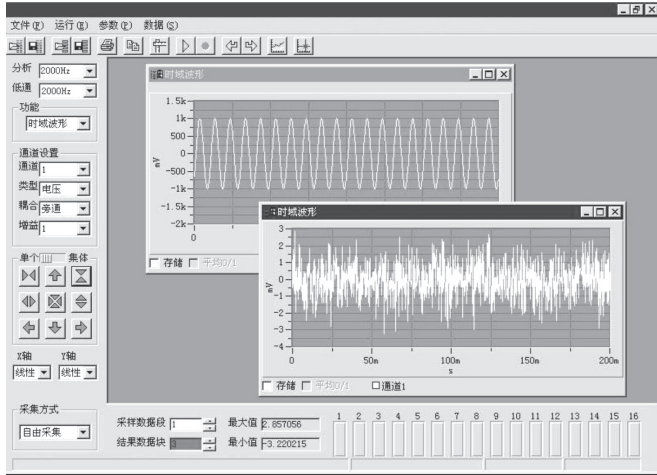


图4 时域波形

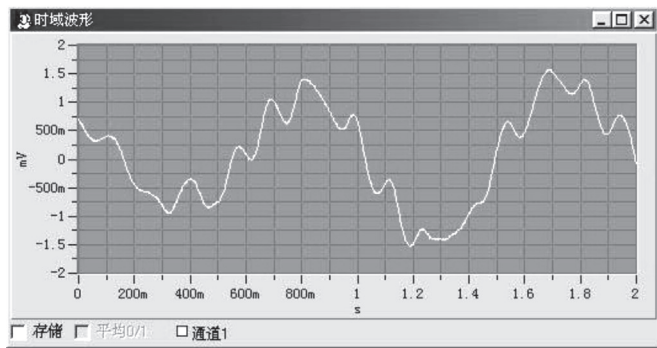


图5 运行数据

#### 2.2.2 声谱分析

对时域波形进行声谱分析，又称频谱分析，计算所用的平均帧数在“采集参数”中的设定值，权值在声谱参数中输入，如图6所示，对信号信息作定量剖析。对开停车过程长周期变转速轻载转子振动位移信号可进行时间波形分析、Bode 伯德图分析、Slope 瀑布图分析、FFT 频谱图分析、功率谱、轴心轨迹分析等多种振动图谱开展转子动力学分析。对稳态工作时长周期变转速轻载转子振动位移信号可进行时间波形分析、时间转速曲线、峰峰值棒图分析、功率谱、二维全息谱分析、FFT 频谱图分析、轴心轨迹分析等多种振动图谱开展转子动力学分析。对

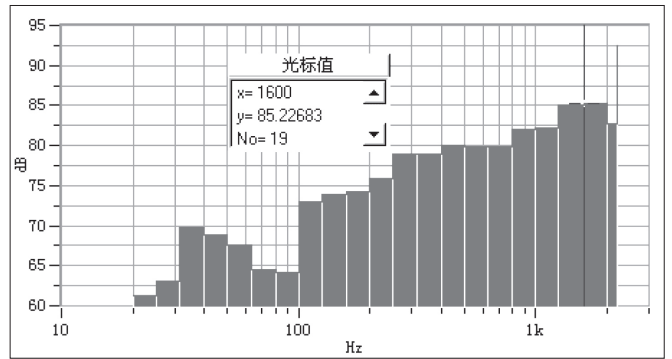


图6 声谱分析

不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据重点采用转子轴心轨迹分析，探究不同油温等工况下入口油温对长周期变转速轻载转子系统内油膜涡动、振荡及外油膜涡动的影响，即可揭示不同油温与长周期变转速轻载转子系统振动响应之间的关系。

#### 2.2.3 数据运算

数据可进行零线调整、常数运算、微分运算、积分运算、多项式拟合。其中【常数运算】可进行调整范围、调整数值参数、显示方式等设置，如图7所示。在多项式拟合菜单上可以选择拟合的数据区间和多项式阶次，并给出拟合均方差，如图8所示。

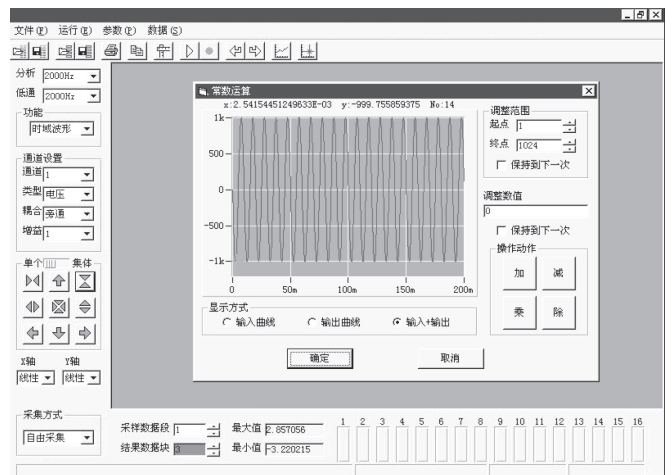


图7 常数运算

### 2.3 系统的设计应用

使用校准过的信号源对不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据采集仪以及数据分析系统进行精度指标确定，输入一组正弦信号，分别使用不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据采集仪的四个通道进行采集，通过数据分析系统读取测量值，长周期变转速轻载转子振动数据采集仪和信号源通过信号线相连。对不同油温下长周期变转速轻载转子



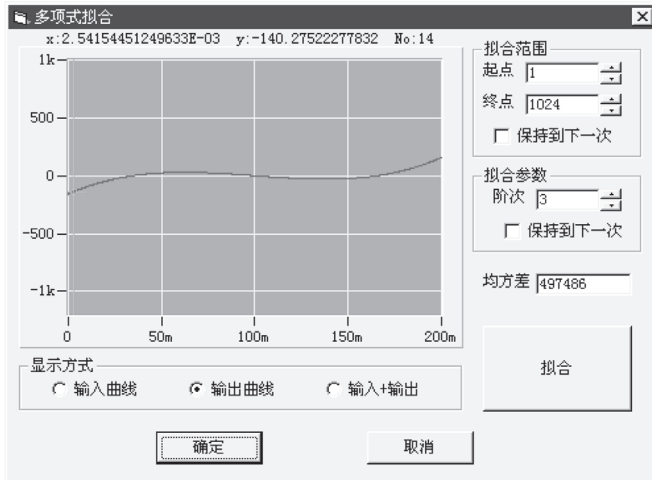


图8 多项式拟合

振动数据分析系统设置,选择设备、软件序列号,确保软硬件通信正常。设置好信号类型、量程(增益)、采样频率等参数并写入下传不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据采集仪,进行不同通道的振动数据采集记录。使用电涡流传感器对长周期变转速轻载转子系统的振动信号实施实时采集,并用不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统对数据进行阶次分析实验,即可分析不同油温下长周期变转速轻载转子的运行状况。

### 3 结语

(1) 不同油温下长周期变转速轻载转子振动数据分析系统应用了传感器监测、数据处理、信号分析、软件开发等多项技术,该变转速轻载转子振动数据分析系统显示界面直观、信号分析实时、数据存储管理便捷,能在不同油温工况下持续监测变转速轻载转子转速、轴振、轴位移等各项振动信号,实现了在线对不同油温下长周期变转速轻载转子的运转情况的监测,可提高设备运行诊断决策的可靠性与准确性。

(2) 实验研究发现,长周期变转速转子的振动指标和功率谱随油温变化而发生巨大变化。通过不同油温下的实验测试,长周期变转速转子振动指标和功率谱检测表明,随着转子的工作温度的大幅上升,极限对称转子振动峰值也大幅增加,转子振动峰值相对变动范围极大,且转子功率谱也大幅变化。对此,

在长周期变转速转子参数确定之前,必须对油温进行精确控制,以保证长周期变转速转子振动特性处于最优状态,达到准确定位,保证长周期变转速旋转机械设备的正常运行。

**基金项目:** 本文系湖南工业职业技术学院2022年度校级立项课题“长周期变转速下油温对高速轻载转子振动特性影响研究”(课题编号:GYKYYJ202207)研究成果。

### 参考文献:

- [1] 董建秋. 基于智能手机采集的旋转机械振动信号分析与故障诊断研究[D]. 武汉:武汉纺织大学,2022.
- [2] 赵凯,于向财,孙涛,等. 基于改进马田系统的发动机转子振动信号研究[J]. 航空计算技术,2022,52(04):5-8+13.
- [3] 张伟江,唐广通,李路江,等. 基于KL-CEEMD的高位布置汽轮机转子故障振动信号虚假分量识别方法[J]. 汽轮机技术,2022,64(02):115-119.
- [4] 申海锋,石颀. 电机转子振动信号故障特征提取方法[J]. 噪声与振动控制,2022,42(04):138-143+151.
- [5] 唐振宇,黄凯,杨期江,等. 基于相关系数稀疏表征的转子振动信号周期特征提取[J]. 机床与液压,2022,50(17):200-205.
- [6] 张宇. 基于硬件相关的多通道动平衡测试系统研究[D]. 沈阳:沈阳理工大学,2020.
- [7] 欧荣旭. 高速透平膨胀制冷机转子振动特性实验研究[D]. 北京:北电力大学(北京),2017.
- [8] 董亚军. 转子振动测试分析系统的研发及应用[D]. 郑州:河南工业大学,2016.
- [9] 马文朋. 基于振动分析的民航发动机转子系统故障诊断研究[D]. 天津:天津大学,2015.
- [10] 王彦兵,李慧敏,丁彩红. 基于LabVIEW的旋转机械转子振动监测系统[J]. 仪表技术与传感器,2011,(05):27-29.
- [11] 郭丹枫. 基于DSP的汽轮机转子振动监测系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2007.

**作者简介:** 李波波(1988.12-),女,汉族,湖南湘潭人,硕士研究生,讲师,研究方向:转子动力学。