

文章编号: 1005-0523(2003)05-0058-04

LabVIEW 环境下虚拟直读铁谱仪设计

龚志远¹, 禹定臣², 徐精华³

(1. 华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330003; 2. 驻马店师范高等专科学校, 河南 驻马店 463000;
3. 南昌航空工业学院, 江西 南昌 330034)

摘要:铁谱技术是摩擦学基础研究的一种手段,是机器状态监测和故障诊断技术之一.它着眼于机器磨损分离出的磨粒,通过对磨粒研究,分析出机器磨损的状态.文中论述了磨粒在铁谱仪磁场下的分布状态及规律,构建了常规定量分析的数学模型,阐明了磨粒关系曲线在状态监测中应用方法,对检测参数发生变化时的控制手段.利用 LabVIEW 设计的虚拟仪器实现数据的处理,提示了铁谱分析的一种新方法.

关键词:铁谱技术;磨粒;虚拟仪器;LabVIEW

中图分类号:TH117.1 **文献标识码:**A

1 直读铁谱仪工作原理

1) 概述

利用铁谱技术对机器磨损失效和状态监测的早期预报已成为很多企业的一种手段,它着眼于机器磨损分离出的磨粒,根据这些磨粒的形状、数量、尺寸大小、材料成份、表面形貌和粒度的分布情况,以分析出磨损的机理,判断机器的工况.磨粒的主要分布尺寸从几微米到几十微米之间,这个范围正是铁谱技术最佳的检测区域.

铁谱技术是利用高梯度磁场作用,将润滑油中的磨粒分离,并制成谱片以供观察和分析.目前常用的铁谱仪有分析式和直读式的两种,分析式铁谱仪可进行定性和定量分析^[4],直读式铁谱仪只能进行定量分析.磨粒定量分析主要有两类,一是磨粒的总量;二是磨粒的大小和分布.应用直读铁谱仪的定量分析也是很多企业常采用快速检测方式之一.

2) 定量分析原理及数学模型

目前最常用的铁谱定量分析仪是直读式铁谱

仪.现场对机器磨损程度进行量的判断主要是根据磨粒的覆盖面积及相对含量,而这种仪器能很好满足测量的要求(参看图1).

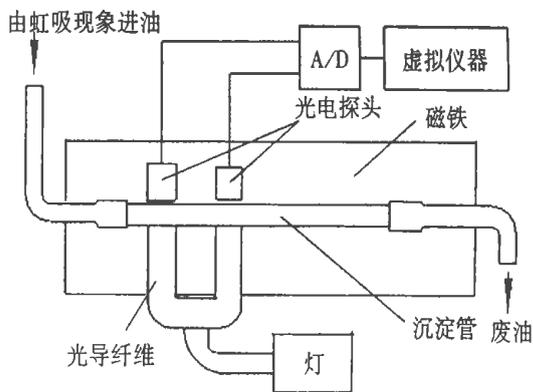


图1 虚拟直读铁谱仪简图

带有磨粒的润滑油流经沉淀管后,铁磁性磨粒在磁场的作用下有序的沉淀在管底,两根光导纤维光束分别穿过两处磨粒沉淀的位置,并由光电传感器测出因磨粒覆盖沉积管底而造成的光强度衰减值,其大小与磨粒沉积多少有关.

为了有效探讨磨粒沉积的位置、大小及分布情

收稿日期: 2003-07-01

中国知网 <https://www.cnki.net> 龚志远,男,1966年,南昌人,华东交通大学讲师.

况,需要建立如下图所示的坐标系:

经流体运动分析及磨粒动力学分析后得出:

$$Z_p = \frac{36 \mu Q (RX_0^3 - \frac{X_0^3}{3})}{\pi R^4 D^2 \kappa H \frac{dB}{dX}} \quad (1.1)$$

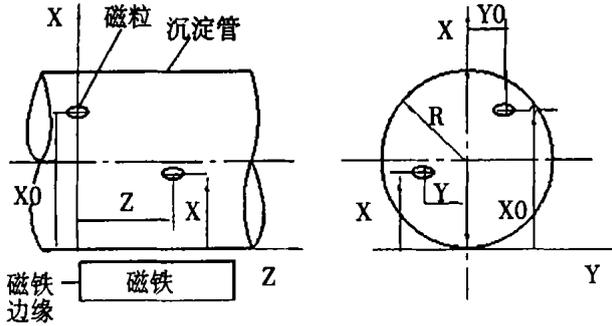


图2 沉淀管参考坐标系

式 1.1 中: Z_p —磨粒在沉积管底部 Y 方向的沉积位置; μ —油样粘度; D —磨粒直径; Q —油样通过沉积管的流量; κ —磨粒的磁化率; H —磁场强度; $\frac{dB}{dX}$ —磁感应梯度; R —沉积管半径; X_0 —磨粒在入口端所在高度。

如果用已知粘度的流体校准直读铁谱仪的输油管路系统,总可以找到一个系统常数 c

则有: $Q = \frac{c}{\mu}$ (1.2)

从式 1.2 中可以看出,磨粒在管底的沉积位置 Z_p 与 D 及 X_0 有关,其它参数在同一管路系统条件下均为常数.而许多研究磨粒的学者认为处于磁性沉积过程的磨粒的初始位置可以认为 $X_0 = R$ ^[2,3],因此上式可写成:

$$Z_p = \frac{24c}{\pi R D^2 \kappa H \frac{dB}{dX}} \quad (1.3)$$

式 1.3 表明,进入沉积管的磨粒,在磁场作用下将按由大到小规律排列,粒度越小,沉积离管入口越远。

直读式铁谱仪设置了两束光,并被沉积管另一侧的光电传感器所接收,光束透过沉积管中的磨粒,就产生衰减,第一束光道上检测的光密度读数为 Dl ,它反映油样中大于 $5 \mu m$ 磨粒的相对数量;第二束光道上检测的光密度读数为 Ds ,它反映油样中小于 $5 \mu m$ 磨粒的相对数量^[1,2,3],利用这两个读数就可进行常规的定量分析.目前比较普遍使用的表示磨损状态的方法有两种,即:

1) 以 Dl 、 Ds 、 Is 分别来表征的大磨粒相对浓

度、小磨粒相对浓度、磨损烈度指数,其中:磨损烈度指数 Is 反映磨粒大小尺寸之差的急剧变化。

$$Is = Dl^2 - Ds^2$$

2) 以 $Dl + Ds$ 、 $Dl - Ds$ 分别来表征的总磨损量、磨损烈度。

2 铁谱定量分析方法

1) 对 Dl 、 Ds 、 Is 值的控制

机器在正常磨损阶段,光密度值呈现稳定读数,大多数磨粒尺寸在 $15 \mu m$ 以下, Dl 值比 Ds 值稍大,两者差别不甚显著.当机器处于剧烈磨损阶段开始时,磨损烈度指数 Is 会发生变化,磨损越严重, Is 越大.由于不同的润滑系统,其磨粒的数量和尺寸分布差异很大,不可能建立一个统一的指标.一般要在长期检测基础上,对不同的润滑系统,需要建立不同的预警值,保障机器在正常运转值范围内工作.所以对 Is 值的处理,可以在计算绘图过程中设定一个预警值加以控制。

2) 对 $Dl + Ds$ 、 $Dl - Ds$ 值的控制

机器在正常磨损阶段,以 $Dl + Ds$ 为表征的磨粒浓度值及以 $Dl - Ds$ 为表征的磨损烈度值变化缓慢,且两条若干时间间隔检测所描出的 $Dl + Ds$ 、 $Dl - Ds$ 的变化折线相互分离.当机器处于剧烈磨损阶段时,磨粒数量急剧增高,大小磨粒尺寸之差急剧增大,两条 $Dl + Ds$ 、 $Dl - Ds$ 折线斜率升高,且彼此靠近,所以 $Dl + Ds$ 、 $Dl - Ds$ 反映磨损变化程度的两个特征量,在检测过程中要特别注意它们的变化。

3 基于 LabVIEW 的直读铁谱仪的设计

虚拟仪器是基于计算机的数字化测量测试仪器(Virtual Instruments 简称 VI).测量测试仪器可由 ① 数据采集 ② 数据测试和分析 ③ 结果输出显示等三大部分组成.其中数据分析和结果输出完全可由基于计算机的软件系统来完成,因此只要另外提供一定的数据采集硬件(调理放大器、A/D 卡)就可构成基于计算机组成的测量测试的虚拟仪器,实现了用计算机的全数字化的采集测试分析.本文采用图形化编程语言 LabVIEW,作为虚拟直读式铁谱仪器的设计平台。

1) 前面板的设计

从 Data acquisition >> Analog Input 中拖出两个 Labeled square Button, 一个 Round Led, 用做仪器数

据采集及分析按钮及报警指示, Digital Control 用作报警设置. 继续在 controls >> graph >> 中拖出两个 waveform graph 用作铁谱数据分析后的显示, 这些控件的属性可以根据需要加以修改, 本设计中修改了控件的 Label、Plot 等属性.

2) 流程图的设计

● 铁谱数据采集及存盘模块设计

在 controls >> Numeric >> 中拖出 AI Sample Channels.VI 作两通道数据采集, Channels 设置为 0 和 1, 拖出两个 Index Array(Array 的子模板), 把两通道采集的数据分成两组, 分别用 Add,Substract,Power X(Numeric 的子模板)进行计算, 计算后的结果用三个 Array Build(Array 的子模板)建成一个三列的二维数组, 用一个被拖成三列的 Array Build 捆绑后存盘. Write To Spreadsheet File.Vi(File.I/O 的子模板)起存盘作用, 用右键在 append to file 和 transpose 端子的弹出菜单 create >> constant 上建立逻辑量为 T, 其目的是让以后采集的数据追加到以前存盘数据之后. 铁谱分析实际是对历史数据的持续分析. 以上函数连线后放到一个 Case 中(Structures 的子模板), 用 Labeled square Button 控制数据的采集.

● 铁谱数据分析模块设计

在 Functions >> File I/O >> 中拖出 Read From Spreadsheet File.Vi, 用作读取传感器测量并存盘的数据文件. 这是一个三列的二维数组, 用 Transpose 2D Array(Array 的子模板)把数组列排列转成行排列, 以便在 waveform graph 显示. 再用一个被拖成三列的 Index Array 把数组分成三个一维数组, 这三个数组是 $D1+Ds$ 、 $D1-Ds$ 、 Is 的历史记录, 用一个被拖成两列 Array Build 把 $D1+Ds$ 、 $D1-Ds$ 数组捆绑后送

到 waveform graph 中显示, Is 送到另一 waveform graph 中显示. 然后把 Is 数组的个数用 Array Size(Array 的子模板)检测出, 送到一个 For Loop(Structures 的子模板)的 N 上, 让一个 Index Array 循环 N 次, 抽出 Is 数组中的每个元素和 Digital Control 预设值数相比较, 如果大于此值, 则让 Round Led 用 Wait Until Next Ms Multiple 函数延时 0.5 秒报警. 以上函数连线后放到一个 Case 中(Structures 子模板), 用 Labeled square Button 控制数据的分析.

以上两模块分别放入 Sequence(Structures 的子模板)中, LabVIEW 分别控制 Frame(0)、Frame(1)内节点的模块, 程序将按次序执行

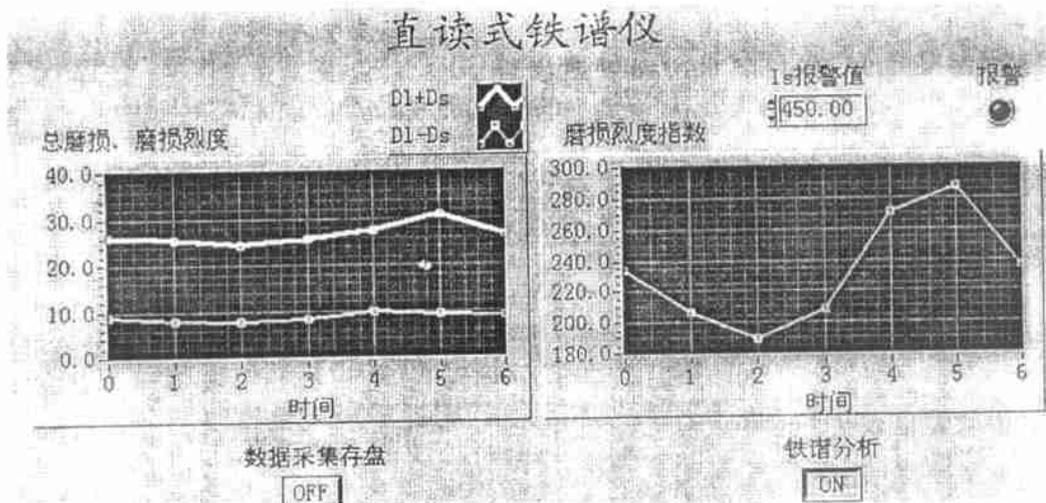
3) 数据采集卡选用及参数设置简介

LabVIEW 的数据采集程序库包括了许多 NI 公司数据采集(DAQ)卡的驱动控制程序. DAQ 卡可以完成多种功能 A/D、D/A 转换等. 设计的仪器数据采集过程是利用二个光电传感器, 检测反映磨粒相对数量的模拟信号, 由 DAQ 卡转换成数字信号.

采用 DAQ 卡测量模拟信号时, 须考虑输入模式、分辨率、输入范围、采样速率、精度和噪声等. 本例中, 设计的仪器对 DAQ 要求不高, 采用二通道, 单点采样, 精度要求不高. 但要考虑利用购买的 DAQ 卡可用于其它虚拟仪器的设计, 实现资源共享.

4) 仪器的运行

设计中, 采集的数据(参看图 3), 是在不同时间, 所以, 每一次采集数据要按一次数据采集存盘键, 数据采集完成后, 按铁谱分析键, 铁谱分析波形图即在虚拟直读铁谱分析仪的示波器上显示, 然后按本文提示的分析方法分析, 如果 Is 超过报警值, 仪器会自动报警.



中国知网 <https://www.cnki.net> 图 3 直读式铁谱仪前面板

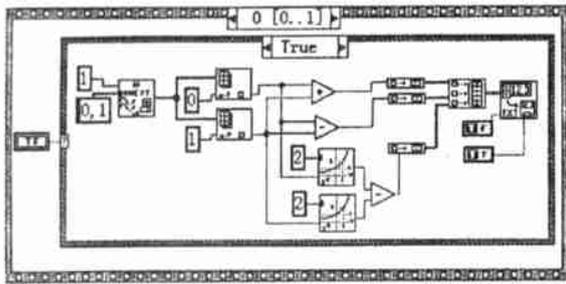


图4 数据采集及存盘模块

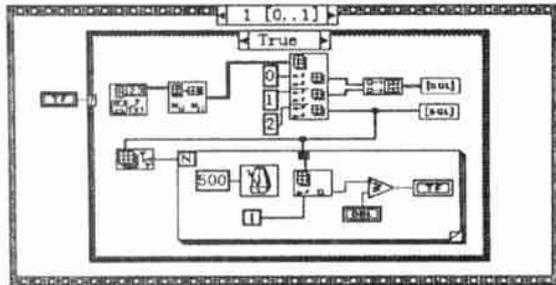


图5 数据分析模块

4 结束语

铁谱定量分析中,可以统计和分析出有关磨粒

尺寸分布、浓度和机器磨损程度的信息。工程上快速定量掌握这些信息,对机器故障诊断和监测具有积极的意义。本文采用图形化编程语言 LabVIEW,设计出的虚拟铁谱仪能有效、快速对磨粒进行分析,节省了设备费用。

虚拟仪器替代传统仪器是仪器发展的最新方向和潮流,将对科学技术的发展和工业生产的进步,产生不可估量的影响。也需要我们大力宣传、开发和应用虚拟仪器。

参考文献:

- [1] 金锡志. 机器磨损及其对策[M]. 北京:机械工业出版社, 1996.
- [2] 金元生. 铁谱技术及在磨损研究中的应用, 1991.
- [3] 林朝会, 秦立高, 王玉平. 铁谱技术原理及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 1990.
- [4] D. P. Andson. Wear Particle Atlas, 1982.
- [5] 张易知, 肖啸, 张喜斌, 卫跃春. 虚拟仪器的设计与实现[M]. 西安:电子科技大学出版社, 2002.
- [6] 汪敏生, LabVIEW 基础教程[M]. 北京:电子工业出版社, 2002.

Design of Virtual Direct-reading Ferrograph by LabVIEW

GONG Zhi-yuan¹, YU Ding-chen², XU Jing-hua³

(1. School of Mechanical and Electrical East China jiaotong Univ. Nanchang 330013; 2. Zhumadian Teachers College, zhumadian 463000; 3. Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang 330034, China)

Abstract: Ferrography is a means of foundational tribology study, and one of techniques of machine-state monitoring and failure diagnosis. With Ferrograph, wearing state of machine can be analyzed through studying wearing particles which are separated from machine. In this paper, distribution state and rule of wearing particles in Ferrograph magnetic field are researched, and a routine quantitative analysis mathematic model has been constructed. Application method of wearing particles relation curve in state monitoring, and technique of controlling detection parameters variation are introduced and illustrated. Experiment data treatment is carried out by vi, and a method of Ferrography analysis is suggested.

Key words: ferrography; wearing particles; virtual instruments; LabVIEW