

磁盘机轴向偏摆测量

朱进生 宁静娴 付仙罗

(中国科学院力学研究所)

〔摘要〕本文叙述了磁盘机轴向偏摆的一种测试原理和方法,介绍了测试装置及软件设计。在3600转/分的磁盘上进行了大量测试,得到了磁盘机轴向偏摆数值、动态偏摆R曲线、速度V曲线、加速度A曲线及其相应的R、V、A最大值,并对测量结果进行了分析。为研制温彻斯特磁头及测试盘片性能提供了可靠的手段。

一 引 言

磁盘机中的磁盘是计算机系统中主要的外存储设备。磁盘绕磁盘机主轴高速旋转,磁头在磁盘上浮,通过磁头与磁盘之间的电磁场作用,将信息写入磁盘或从磁盘读出。由于磁盘表面的加工误差,磁盘盘面并不是一个严格的几何平面,而是一个波动很小的复杂的曲面;其次,由于磁盘的安装存在一定的安装公差,使得旋转轴与通过盘面中心的几何轴不重合;再者,带动磁盘机转动的电机转速也不是严格恒定的。因此,实际的磁盘机盘片的运动,是一条周期性的、复杂的随时间变化的位移曲线,称为偏摆变化曲线。

磁盘机轴向偏摆的测量,实质上是微小位移的动态测量。是用来确定磁头浮动块在盘片上飞行的空气动力学特性,是研制温彻斯特磁头,确定盘片机械加工精度和装载精度的重要手段。为了保证磁盘机中的磁头能从磁盘正确读出和写入信息,必须保证磁头和磁盘之间的浮动间隙曲线落在设计间隙的涨落带内,才不至于出现漏码或磁头与盘片碰撞现象。因此,磁盘机磁盘的轴向偏摆,在磁盘国际标准(ISO)中有严格的规定[1],决不允许超过规定的数值。

二 测量原理和方法

由于磁盘机轴向偏摆的测量是微小位移的动态测量,就不可能采用接触测量,只能

本文于1989年1月收到。

采用非接触的测量方法。非接触测量法有电测法和光测法两种：光测法是将机械量的变化转换成光程差的变化，利用计数干涉条纹的方法来测定位移量，可测量很小的位移量（ $1\ \mu\text{m}$ 左右），但仪器复杂，对周围的环境条件又有一定的限制；电测法比较方便，它是将机械位移量的变化转换成电压或电流的变化。因此，微小位移的测量，就转换成微弱电压或电流信号的检测问题，我们在测量中解决了这一测试原理和方法。

测量中我们采用了电容探测头作为测量传感器[2]，根据国际标准（ISO），我们选用了直径为 $\phi 1.7\ \text{mm}$ 的电容探测头作为敏感元件，探测头端面与待测表面形成电容 C_T ，按照平行板电容器原理，探测头端面与待测表面所形成的电容 C_T 可表示为：

$$C_T = \epsilon_0 S / h \quad (1)$$

其中： ϵ_0 为空气介电常数。

S 为探测头端面面积。

h 为待测距离。

然后将待测电容 C_T 放在高增益运算放大器的反馈回路中，放大器对其进行放大，这就是本测试方法的基本原理[3]。如图1所示。

当运算放大器的开环增益 $(-A)$ 为无限大，其输入阻抗 r 很高时，则输出与输入电压之间的关系为：

$$V_0 = (-Z_f / Z_i) V_s \quad (2)$$

用输入电容 C_s 和反馈电容 C_T 来代替 Z_i 和 Z_f ，则得：

$$V_0 = -(C_s / C_T) V_s \quad (3)$$

将(1)式的 C_T 代入上式：

$$V_0 = -(C_s V_s / \epsilon_0 S) h = K \cdot h \quad (4)$$

即在理想的情况下，输出电压 V_0 与相对距离 h 的变化完全是线性关系。其中， C_s 为标准电容； ϵ_0 为介电常数； S 为电容探测头端面面积； V_s 为稳幅振荡信号。

测试装置如图2所示，当磁盘机旋转时，由于盘片有轴向偏摆，探测头在盘片上方固定不动，探测头与盘片间的距离 h 就随之相应变化。由探测头所拾取的交变信号，通

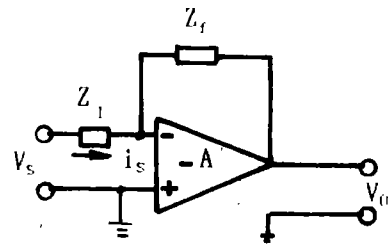


图1 测试原理图

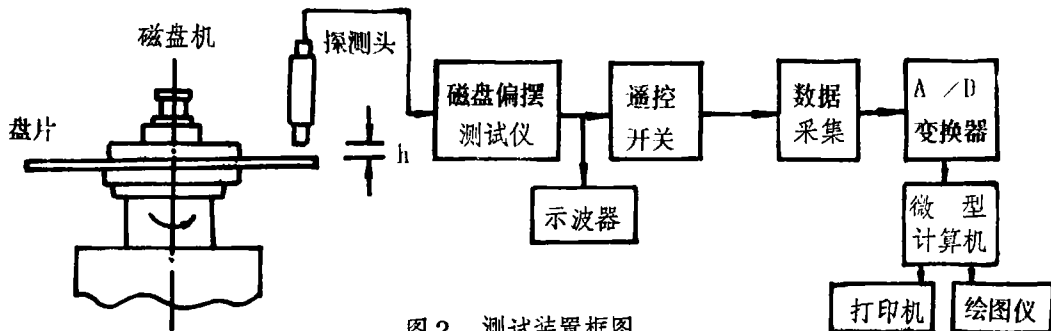


图2 测试装置框图

过测试仪处理,得到偏摆位移随时间变化的模拟曲线,一路经示波器照相,得到模拟信号波形。另一路经数据采集,A/D变换器,由微型计算机作进一步的数据处理,直接得出偏摆数值、动态偏摆R曲线、速度V曲线、加速度A曲线及其相应的R、V、A最大值。

由A/D变换器采集的偏摆信号是离散信号,从离散信号要恢复出原始信号以及它的一、二阶导数,微机采集偏摆信号的抽样间隔应满足[4][5]:

$$\Delta \leq 1/12f_c \quad (5)$$

抽样精度应为4位有效数字。因此,A/D变换器的变换精度和分辨率,决定了所测偏摆数值和绘制图形的精度,它的分辨率和输入动态范围应与测试仪相一致。这样可以充分利用A/D变换器的变换精度。测试中所用A/D变换器的分辨率为12bit,输入电压的电位范围为:-2.048V~+2.047V,转换时间为7μs。

叠加在偏摆曲线上的随机噪声,可以采用对采样信号重复抽样和加权移动平滑法消除白噪声,而保留原始信号[6]。由于叠加在偏摆曲线上的随机噪声可以认为是白噪声,白噪声有一个极其重要的统计特性,即其统计平均值为零。设n(t)为随机噪声的一个样本,当对n(t)进行等间隔采样时,其离散信号的平均值为:

$$\bar{n}_k = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N n_k = 0 \quad (6)$$

只要N足够大, \bar{n}_k 便接近于零,大大地削弱了噪声。测量中采用光电触发方式,获取采样的同步信号,可以对盘片上的某一园周,重复采样N个周期,所得偏摆曲线消除了大部分白噪声。

重复抽样N次叠加处理后的偏摆R曲线,仍有一定的白噪声成分,使得由求两次导数得出的V、A曲线失真,这样,还必须对R曲线继续平滑噪声,测量中采用了加权移动平滑法。如果我们对偏摆信号只进行简单的平滑处理,简单的平均平滑方法的公式为:

$$y(t) = \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-1}^N X(t-n) \quad (7)$$

当N=2时,就是五点简单平滑。这种简单平滑方法,不但对噪声进行了平滑。而且对信号的变化部分也进行了平滑,因而丢失了信号中的有效部分,从而引入了由于处理本身所产生的方法误差。

能克服上述缺点的平滑处理方法是加权移动平滑法,它是一种最佳的加权滤波。因为它是按照最小平方准则来设计的,因而可以增强信号中所需要的信息部分,压制信号中不需要的部分,有效地提高了信噪比,它的特点是引进了加权系数,在信号范围内的不同时刻,加权系数是不同的。平滑处理中心点附近的数据权值大,离中心越远,权值越小。这样就减少了对数据本身的平滑作用,从而提高了信噪比。

根据抽样规则,将偏摆信号的离散值用第一边界条件或第三边界条件的三次样条函数插值,成组微商方法,由微计算机系统直接得出轴向偏摆速度和加速度曲线。

三 软件设计

软件设计包括：
A / D 变换、数据处理、绘图及坐标程序四个部分。其主程序框图如图 3 所示。

对 A / D 变换，要设定 A / D 变换子程序入口地址及存储保护区，以保护所采集的数据不被破坏。另外，要进行通道号、数据大小及采样频率的设定和校验，采样频率高于 A / D 变换所规定的上限时，不进行 A / D 变换，要进行重新设定。A / D 变换结束后，也要进行校验。数据处理子程序，根据需要调用，可随时中断。数据处理结束后，计算机控制转向绘图程序，反复调用绘图程序，可以在同一张图纸上绘制磁盘不同区段的偏摆曲线，进行分析比较，得出磁盘不同径向位置的偏摆变化曲线。

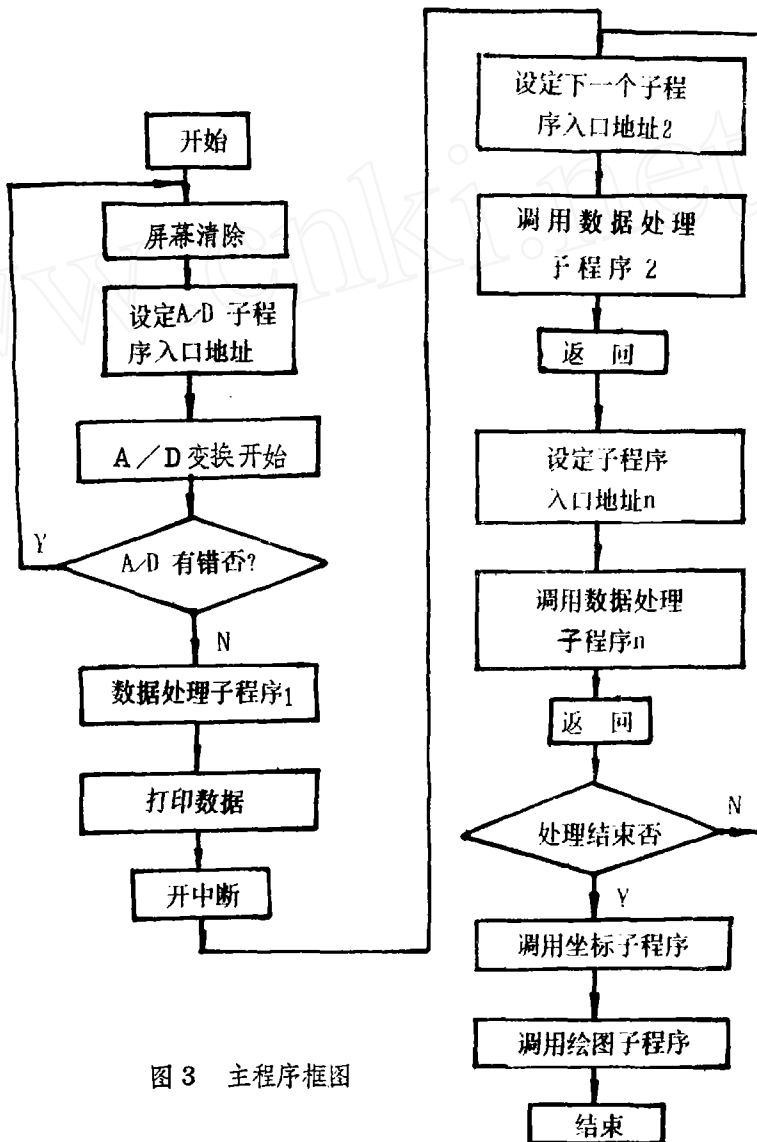


图 3 主程序框图

四 测试结果和分析

为了保证测试精度和设计要求，测试前需首先进行静态及动态标定，静态标定是在高精度微动工作台上进行的，动态标定是用标准振动台及激光干涉的方法进行的。测试装置框图如前面图 2 所示。对振动范围小于 $70 \mu\text{m}$ ，磁盘机主轴转速为 3600转/分 的标准

金属盘片进行了实测，直接得到了磁盘机轴向偏摆的数值，动态偏摆 R 曲线，速度 V 曲线、加速度 A 曲线及其相应的 R 、 V 、 A 最大值。如图 4 所示：

由图 4 可以看出，磁盘机轴向偏摆变化曲线是一含有各种频率分量的较复杂的曲线，表明磁盘表面各点的偏摆是不同的，而且是随机的、偏摆曲线的变化周期与磁盘机转动周期相符合，这与理论分析是一致的，所测标准盘片的轴向偏摆，速度和加速度最大值亦符合国际标准的规定。这说明磁盘机盘片的轴向偏摆主要由以下因素引起：

1、主轴系统零、部件的加工及装配误差。

2、磁盘机电机的转动及转速的不恒定所引起的机械振动。

3、由于盘片的形状误差，表面加工精度（表面的平直度，两表面的平行度、表面的光洁度）的影响。

五 结 论

磁盘机轴向偏摆测量的研究表明，利用非接触的电容探测头，测量磁盘机轴向偏摆的方法是可行的。结合相应的测试电路及用微计算机进行实时处理，使得在 $70\mu\text{m}$ 的偏摆测量范围内，灵敏度达到 $0.01\mu\text{m}$ ，分辨率为 $0.05\mu\text{m}$ ，测量振动的上限频率达 7KC ，偏摆速度，加速度的相对误差为 1% 。所测参数符合磁盘国际标准规定，为磁盘机的生产、检验提供了可靠的测试手段，此方法亦可推广应用于其它微振动测量。

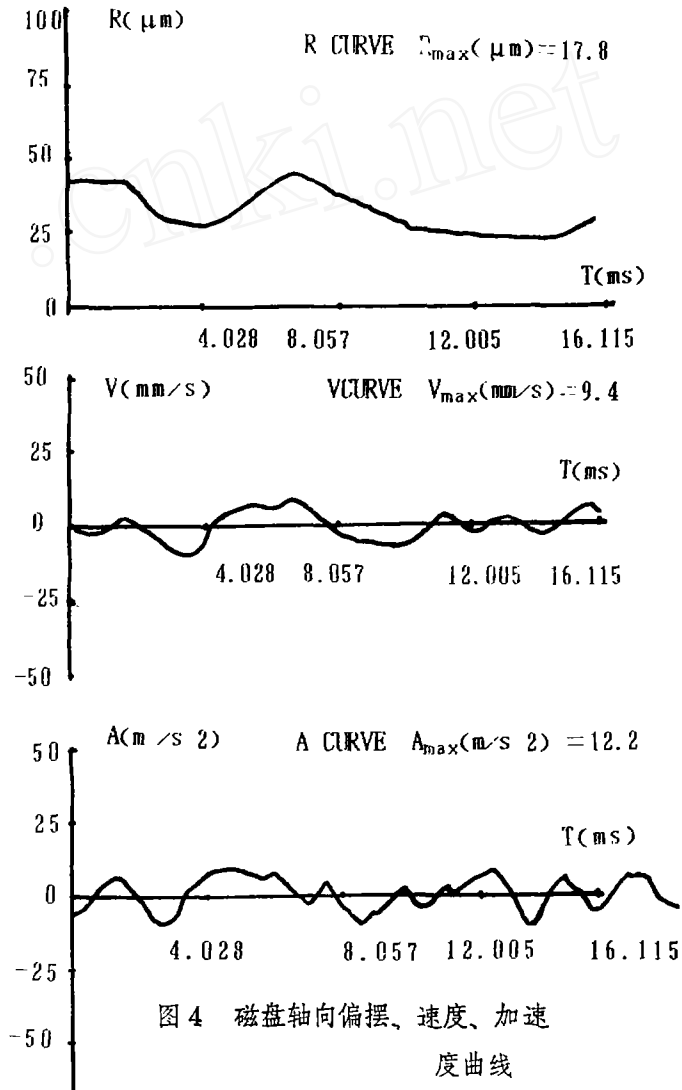


图 4 磁盘轴向偏摆、速度、加速度曲线

参 考 文 献

- [1] ISO, ISO/DIS 6901, International Organization for Standardization, (1982).
- [2] [美]李诗颖著,天津大学精仪系航仪组编译,电容式传感器,天津大学,(1979)
- [3] [美]斯图特著,张保栋等译,运算放大器电路设计手册,人民邮电出版社,(1983)
- [4] 付仙罗、朱进生、宁静娴,航空航天部 8042 学术会议论文集,航空航天部,(1988), 23.
- [5] 王正光等编,数据采集与处理,国防工业出版社,(1985).
- [6] 程乾生编著,信号数字处理的数学原理,石油工业出版社,(1979).
- [7] L. A. Chailis, Conference On Machinery Vibration and Noise, (1978), 66
- [8] W. Rinkus, IMEKO 9th World Congress, (1982), 197.

上接第31页

参 考 文 献

- [1] Talyrond-73 system operator's handbook.
- [2] 87年第5期《轴承》。
- [3] 西北工业大学编写的《计算方法》。

state transfer to be unstable is pointed out. Then the logic design of SH function has been improved.

An Axial Run-Out Measurement of Magnetic disk devices

Zhu Jin-Sheng, Ning Jing-Xian, Fa Xian-Luo

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The principle and the method of axial run-out measurement of the magnetic disk devices were described in this paper. The test equipment and the software design were presented. A lot of test on the magnetic disk devices with rate 3600 turns per minute was made. The value of axial run-out the dynamic run-out R curve velocity v curve, acceleration A curve and their maximum value were obtained. The result of test were analysed. It provides the reliable way for the development of winchester magnetic head and the test of the performance of the disk.

Computer-Slope Analysing in Modernized Roundness Measurement System

Qian Feng

(Wuxi Micro-bearing Factory)

Abstract: Applying computer, roundness measurement equipment changes into multifunction and multi-purpose measurement system which supplies a good method for measuring and analysing of products quality. Slope analysis, as a method used in modernized roundness measurement, plays an important part in process of analysing and improving some products dynamic characteristics and is attached an increasingly importance.

In this article the author discussed computer-slope analysis in the roundness measurement system, consisting of mathematics model, numerical method, computer realizing. the slope of an actual workpiece has been calculated by means of simulation with computer. the computation is identical with that of Talyrond-73 System (Great Britain), which is satisfactory.