

一种基于微机的椭圆度测量方法

倪晓骅

王海南

(盐城工学院机械工程系, 盐城, 224003 盐城市质检所, 盐城, 224002)

摘要 分析了椭圆度的概念, 利用圆度误差的谐波分析理论, 提出了一种基于微机的快速采样取对径半径和的测量方法, 分析了该方法的原理误差, 并对新方法的可行性进行了实验验证。

关键词 圆度 椭圆度 谐波分析

分类号 TP216.1

椭圆度测量在活塞生产中应用广泛, 为了提高发动机的工作性能, 活塞裙部外圆设计成近椭圆形, 由于传统测量方法其精度较低、速度较慢, 迫切需要新的测量手段, 改变目前的状况。本文介绍一种基于微机的椭圆度测量方法, 为实现高精度、快速度的椭圆度测量提供了一个途径。

1 椭圆度测量概述

1.1 椭圆度的含义

椭圆度定义为: 圆柱面的横剖面上最大与最小直径之差。因此测量上属于直径法, 即测出工件最大与最小直径, 求出差值即为椭圆度之值。

这里需要指出的是, 在用直径法测量的过程中, 圆柱面的几何中心是不定的, 这里就存在一个重要的问题, 即椭圆度如何评定?

一般情况下, 我们所说的椭圆度, 它包含于工件的圆度误差中, 我国形位新标准采用“公差带概念”。定义圆度误差如下: 圆度误差指包容同一正截成实际轮廓且半径差为最小的两同心圆间的距离。圆度公差带是同一正截面上两同心圆间的区域。圆度误差反映了圆度的两个几何特性。一是误差具有径向性, 二是误差的周期性。

根据圆度误差的周期性, 可将圆度的轮廓形状以傅氏级数的形式表示。在极坐标系中表示为:

$$\rho_1(\theta) = r_0 + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos i\theta + \sum_{i=1}^{\infty} b_i \sin i\theta = r_0 + \sum_{i=1}^{\infty} c_i \sin(i\theta + \alpha_i)$$

(1)

式中 $\rho_1(\theta)$ ——任一 θ 角时的向量半径

r_0 ——傅氏级数的常数

a_i, b_i ——傅氏系数

$$c_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad \alpha_i = \tan^{-1} \frac{a_i}{b_i} \quad \text{初始相位}$$

上式的意义在于: 把轮廓形状看成是由一个平均半径为 r_0 的圆和若干个不同周期变化的形状误差波形叠加。(1)式右端每一表达式表示一个谐波分量, 其中当 $i=1$ 时, 反映了安装偏心, $i=2$ 时, 即第三项 $a_2 \cos 2\theta + b_2 \sin 2\theta$ 为二次谐波, 反映了椭圆度误差。椭圆度只是圆度误差中的一个特例, 因而椭圆度误差的评定与圆柱度误差评定存在一定的关系。

圆度误差评定方法常用的有四种, 即最小包容区域法、最小外接圆法、最大内切圆法、最小二乘圆法。由于目前微机常用于测量, 运算速度快, 因而用第四种方法, 所确定的圆度误差值唯一, 且具有唯一中心位置, 其评定结果不受个别大的误差影响, 在理论上是一种合理的方法。因此在进行椭圆度误差评定时, 可以用最小二乘圆确定中心, 但实得误差显然应比圆度误差要小, 因为椭圆度包含于圆度误差之中。为此在测量中, 应获得实际轮廓对应于最小二乘中心的直径, 通过比较大而计算出椭圆度值。

1.2 椭圆度的传统测量方法

由椭圆度的定义, 最常用的椭圆测量方法是

用直径法测量。直径法测量,是从椭圆度的定义出发的。在车间检验工作中,一般用如图 1 所示的测量装置来测量工件外表面的偶数棱圆度误差。测量时工件需回转一周,以指示表读数的最大差值作为测量截面的椭圆度误差。通常可用测微仪或杠杆千分尺等量仪进行测量。此法测量用具简单,但测量精度不高。这主要是因为测量椭圆度过程中,回转中心不确定,且带入了圆度其它误差的影响。

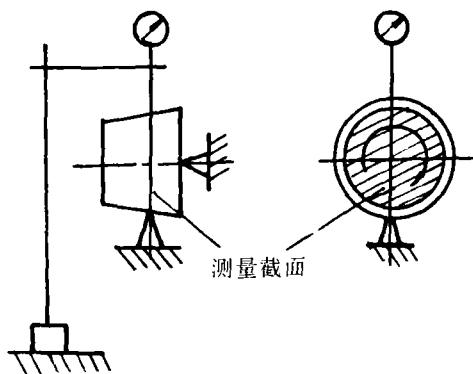


图 1 椭圆度测量装置

2 一种基于微机实现 椭圆度测量的原理

前面已经提及,圆度误差可以用傅氏级数的形式表示,依椭圆度的定义,设 θ_1 为最大直径处的转角, ρ_{01}, ρ_{02} 为 θ_1 和 $\theta_1 + \pi$ 处的向量半径,则

$$\rho_{01} = r_0 + \sum_{i=1}^{\infty} c_i \sin(i\theta_1 + \alpha_i)$$

$$\rho_{02} = r_0 + \sum_{i=1}^{\infty} c_i \sin[i(\theta_1 + \pi) + \alpha_i]$$

于是,由对径半径和得,最大直径

$$D_{\max} = \rho_{01} + \rho_{02}$$

$$= 2r_0 + \sum_{i=1}^{\infty} c_i \{ \sin(i\theta_1 + \alpha_i) + \sin[i(\theta_1 + \pi) + \alpha_i] \}$$

由正弦函数的性质,上式可化简为:

$$D_{\max} = 2r_0 + 2 \sum_{i=1}^{\infty} c_k \sin(k\theta_1 + \alpha_k) \quad (2)$$

这里 $k=2i$,表示由于直径为两相对半径之和,从而消去了奇次谐波的影响。

同理,设 θ_2 为最小直径处的转角。 ρ_{11}, ρ_{12} 为 θ_2 处的向量半径,则可以得出最小直径 $D_{\min} = \rho_{11} + \rho_{12}$,即

$$D_{\min} = 2r_0 + 2 \sum_{i=1}^{\infty} c_k \sin(k\theta_2 + \alpha_k) \quad (3)$$

由式(2)与式(3)得椭圆度误差,设为 Δ

$$\Delta = D_{\max} - D_{\min} = 2 \sum_{i=1}^{\infty} c_k [\sin(k\theta_2 + \alpha_k) - \sin(k\theta_1 + \alpha_k)] \quad (4)$$

显然 Δ 中包含了 4、6、8 等偶数棱圆度误差,去除了奇次棱圆度误差,包括安装偏心。即理论上安装偏心及奇次棱圆度对测量不产生影响,因而也减少了由于回转中心产生的影响。

上述取对径半径和测量椭圆度的方法,必须建立在运用微机实现自动快速采样并处理数据的前提下,否则测量时间将会很长。而且可以对主轴的回转误差进行分离和修正,大大减少由回转中心不确定带来的影响。

3 实验验证

3.1 测量装置

根据本法设计一测量装置,其原理框图如图 2。

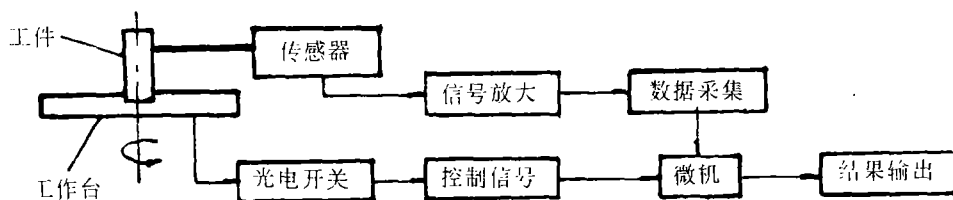


图 2 测量装置

3.2 测量实验过程

(1) 将被测量工件放置在工作台上的定心夹具中,并作适当调整,使被测工件表面的回转中心与工作台的回转中心基本重合(限制在 0.01mm 以内);

(2) 调整位移传感器使其在工作直径方向上,

并校零;

(3) 测量过程中工作台带动工件作匀速转动;

(4) 测量时数据采集的开始与结束由光电开关信号控制,由微机控制实现工件回转一周时间内的等间隔偶数次采样(等间隔采样偶数点,以利角度换算和求对径和)——由软件实现,不需另

加测角装置；

(5)数据处理——由软件实现,包括求最小二乘中心、计算各半径值、对径半径和、椭圆度并输出结果。

3.3 实验结果比较

用本法测量活塞裙部外圆的椭圆度并与圆度仪的测试结果加以比较。

在英国 TAYLOR-HOBSON 圆度仪上对一截面作测量,得测量结果为椭圆误差为 $173\mu\text{m}$ 。将活塞放置在本装置上,对同一截面进行重复测

量,得其均值为 $173.7\mu\text{m}$,标准差为 $1.8\mu\text{m}$ 。具体测量数据见附表。

4 结论

由实验的结果可以看出,用对径半径和法进行椭圆度的测量,可以获得较高的测量精度(接近于圆度仪的测量结果),且测量速度也较快。如在测量中对数据进行误差修正,还可以进一步提高测量精度。

参 考 文 献

1 William E. Drews. 圆柱表面的先进测量方法. 国外计量,1990(5):14~16

2 黄仁贵,蔡鹤皋. 回转径向误差运动的数学描述与仿真切. 计量学报,1991(3):36~40

附 表

第 1 组		第 2 组	
1. 长轴(mm)=64.90515	6. 长轴(mm)=64.90244	1. 长轴(mm)=65.06179	6. 长轴(mm)=65.06111
短轴(mm)=64.7194	短轴(mm)=64.73119	短轴(mm)=64.88835	短轴(mm)=64.38891
椭圆度(μm)=175.7432	椭圆度(μm)=171.2506	椭圆度(μm)=173.4441	椭圆度(μm)=172.2039
2. 长轴(mm)=64.90163	7. 长轴(mm)=64.90329	2. 长轴(mm)=65.06188	7. 长轴(mm)=65.0604
短轴(mm)=64.72895	短轴(mm)=64.72632	短轴(mm)=64.88726	短轴(mm)=64.88696
椭圆度(μm)=172.6785	椭圆度(μm)=176.9681	椭圆度(μm)=174.6112	椭圆度(μm)=173.4296
3. 长轴(mm)=64.90245	8. 长轴(mm)=64.90333	3. 长轴(mm)=65.06236	8. 长轴(mm)=65.06118
短轴(mm)=64.72683	短轴(mm)=64.72912	短轴(mm)=64.88876	短轴(mm)=64.88813
椭圆度(μm)=175.6154	椭圆度(μm)=174.2105	椭圆度(μm)=173.6053	椭圆度(μm)=173.0449
4. 长轴(mm)=64.90283	9. 长轴(mm)=64.90138	4. 长轴(mm)=65.06172	9. 长轴(mm)=65.06091
短轴(mm)=64.72974	短轴(mm)=64.72886	短轴(mm)=64.88821	短轴(mm)=64.88788
椭圆度(μm)=173.0917	椭圆度(μm)=172.5178	椭圆度(μm)=173.5106	椭圆度(μm)=173.0217
5. 长轴(mm)=64.90245	10. 长轴(mm)=64.90378	5. 长轴(mm)=65.06099	10. 长轴(mm)=65.06109
短轴(mm)=64.73136	短轴(mm)=64.72965	短轴(mm)=64.88741	短轴(mm)=64.88743
椭圆度(μm)=171.0958	椭圆度(μm)=174.1251	椭圆度(μm)=173.5821	椭圆度(μm)=173.6583

A Computer-Based Measuring Method of Ellipticity

Ni Xiaohua¹⁾ Wang Hainan²⁾

(1)Department of Mechanic Engineering of Yancheng Institute of Technology,Yancheng,224003,PRC

(2)The Quality-checking Office of Yancheng City,Yancheng,224002,PRC

Abstract The concept of ellipticity is analyzed in the paper. A computer-based measuring method of ellipticity is introduced. The principle error of the measuring method is analyzed. Experiments test the feasibility of the method.

Keywords Roundness;Ellipicity;Harmonic analyze