

最小区域法评定圆度误差的一种实现方法^{*}

李敏通, 杨 青, 赵友亮, 朱俊平

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 依据圆度误差最小条件法的评定要求, 提出了一种实现最小区域法评定圆度误差的方法, 设计了相应的误差评定软件; 并将该方法的评定结果与其他圆度误差评定方法进行了比较。结果表明, 该评定方法可满足国标规定的最小条件法评定圆度误差的要求。

[关键词] 圆度; 误差; 最小区域法

[中图分类号] TG801

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)02-0158-03

圆度误差就是在垂直于回转体轴线截面上的轮廓对其理想圆的变动量。为了获得被测件的圆度误差值, 一般要经过测量和评定两步。圆度误差值是根据从一特定圆心算起, 以包容记录图形两同心圆的最大和最小半径差来确定。确定这一特定圆心的位置即圆度误差的评定有 4 种方法: 最小区域法、最小二乘法、最大内切圆法和最小外接圆法。其中, 用最小区域法所评定的圆度误差值为最小, 且具有唯一性, 符合国标的规定, 是权威的仲裁评定方法, 应尽可能采用这种评定方法^[1]。从 20 世纪 80 年代开始, 人们就在圆度误差的测量和评定方面作了大量研究, 近年又有不少学者从不同角度对圆度误差的评定方法进行了大量的探讨^[2~5]。本文依据最小条件评定准则, 提出了一种实现最小区域法评定圆度误差的方法。

1 最小区域法评定圆度误差的要求

用最小区域法评定圆度误差时, 被测实际轮廓最小包容区域的半径差即为圆度误差值。最小区域的判别方法^[1]是: 两同心包容圆至少应与被测实际轮廓成内外相间的 4 点接触, 如图 1 所示。

2 最小区域法评定圆度误差的算法

根据最小包容区域法的要求, 最小包容圆与被测轮廓相接触的两点之间的连线应和最大包容圆与被测轮廓相接触的两点之间的连线在被测轮廓区域内相交。其实质就是要根据被测轮廓上的点, 找出理

想的评定中心, 该中心即是最小包容圆的圆心, 同时也是最大包容圆的圆心。为了叙述方便, 称最小包容圆与被测轮廓相接触的点为最内点, 称最大包容圆与被测轮廓相接触的点为最外点。找理想的评定中心时, 首先, 找出两个不相邻的最内点, 移动中心, 使两个不相邻的最内点在同一圆周上; 再找出和两个最内点相互间隔的两个最外点, 再一次移动中心, 使两个最内点和两个最外点在两个同心圆上; 如果两个同心圆中, 一个是最小包容圆, 另一个是最大包容圆, 则两个同心圆的圆心即是理想的评定中心。其实现过程分两大步骤完成。

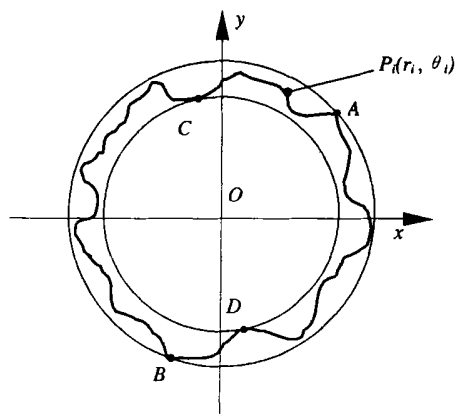


图 1 最小区域示意图

Fig. 1 Diagram of minimum zone

2.1 对被测数据预处理

测量时, 由于安装误差等的影响, 测量中心与理想的评定中心偏离较大, 为了能从被测数据中快速找到理想评定中心, 先对被测数据用面质心法^[6]进

^{*} [收稿日期] 2002-03-18

[基金项目] 西北农林科技大学青年基金资助项目

[作者简介] 李敏通(1968-), 男, 陕西武功人, 副教授, 在读博士, 主要从事几何量检测研究。

行一次预处理。如图1所示, 设 O 为测量中心, P_i 为被测轮廓上任一点, 其极坐标为 (r_{0i}, θ_i) , 直角坐标为 (x_{0i}, y_{0i}) , 其中 $i = 1, 2, \dots, n$, n 为测量点数。将测量中心移至接近理想评定中心的面质心 $O_1(x_1, y_1)$, 由面质心原理^[6]得面质心 O_1 的坐标为:

$$x_1 = \frac{\frac{2}{3} \sum_{i=1}^n r_{0i}^3 \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n r_{0i}^2}, y_1 = \frac{\frac{2}{3} \sum_{i=1}^n r_{0i}^3 \sin \theta_i}{\sum_{i=1}^n r_{0i}^2}$$

对被测轮廓上的点进行一次坐标变换, 得各被测点以 O_1 点为坐标原点的新坐标系下的直角坐标 (x_{1i}, y_{1i}) , 极坐标 (r_{1i}, θ_i) , 其值为:

$$x_{1i} = x_{0i} - x_1, y_{1i} = y_{0i} - y_1$$

$$r_{1i} = \sqrt{x_{1i}^2 + y_{1i}^2}, \tan \theta_i = \frac{y_{1i}}{x_{1i}}$$

2.2 找理想评定中心

对经过预处理的数据进行排序, 找出符合条件的两最内点。如图2所示, 设 A, B 是以 O_1 为中心的两最内点, 且有 $O_1B > O_1A$, 将 O_1 点沿 O_1B 方向移动至 O_2 点, 使 $O_2B = O_2A$, O_2 点坐标为 (x_2, y_2) , 移动距离 $O_1O_2 = a$, A 点和 B 点的径向值分别为 r_{1A} 和 r_{1B} , 对应的方向角分别为 θ_A 和 θ_B 。由于 $O_2B = O_2A$, 由余弦定理知: $(r_{1B} - a)^2 = a^2 + r_{1A}^2 - 2a \times r_{1A} \times \cos(\theta_A - \theta_B)$

由此式可求得 a 值。从而可得 O_2 点的坐标值

$$x_2 = a \cos \theta_B, y_2 = a \sin \theta_B$$

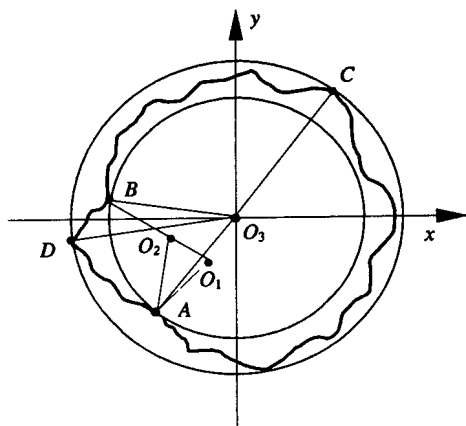


图2 找评定中心示意图

Fig 2 Diagram of searching for the evaluate center

将评定中心由 O_1 移至 O_2 , 坐标变换, 得各被测点以 O_2 点为坐标原点的新坐标系下的直角坐标 (x_{2i}, y_{2i}) 和极坐标 (r_{2i}, θ_i) 。

设经过坐标变换后, A, B 仍然是以 O_2 为中心的两最内点, C, D 是以 O_2 为中心的两最外点, 且满

足内外点相间的条件, 如图2所示。再次移动 O_2 至评定中心 $O_3(x_3, y_3)$, 使 $O_3A = O_3B, O_3C = O_3D$ 。为满足上述条件, O_3 一定是 AB 和 CD 两中垂线的交点。设 $A(x_{2A}, y_{2A}), B(x_{2B}, y_{2B}), C(x_{2C}, y_{2C}), D(x_{2D}, y_{2D})$, AB 的中点坐标为 (x_m, y_m) , CD 的中点坐标为 (x_n, y_n) 。则可求得 AB 的中垂线方程为:

$$\text{一般情况下, } \frac{x_{2B} - x_{2A}}{y_{2A} - y_{2B}} x - y = \frac{x_{2B} - x_{2A}}{y_{2A} - y_{2B}} x_m - y_m$$

当 $x_{2A} = x_{2B}$ 时, $y = y_m$;

当 $y_{2A} = y_{2B}$ 时, $x = x_m$ 。

CD 的中垂线方程为:

$$\text{一般情况下, } \frac{x_{2D} - x_{2C}}{y_{2C} - y_{2D}} x - y = \frac{x_{2D} - x_{2C}}{y_{2C} - y_{2D}} x_n - y_n$$

当 $x_{2C} = x_{2D}$ 时, $y = y_n$;

当 $y_{2C} = y_{2D}$ 时, $x = x_n$ 。

将两中垂线方程联立求解, 即可求得 O_3 的坐标。以 O_3 为评定中心, 判断是否满足最小区域法的要求。如果满足, O_3 即是最小区域法的理想评定中心, 否则, 应换点重复上述过程, 直至找到满足最小区域法要求的理想评定中心 O_{30} 。以理想评定中心为中心, 找到最大径向值和最小径向值, 两者之差即是圆度误差值。

3 算法应用及结论

依据上述算法编制了相应的误差评定程序。用该程序对实测数据进行了评定, 并与其他3种评定方法的评定结果进行了比较。表1是对5组测量数据(采用等间隔取点, 采样点数是36)用4种不同的评定方法得到的评定结果。

表1 不同评定方法得到的评定结果

Table 1 Results of different evaluation methods

组号 N um.	最小 区域法 M ZC	最小 二乘法 L SC	最小 外接圆法 M CC	最大 内切圆法 M IC
I	0.025 1	0.026 4	0.027 2	0.027 5
II	0.024 8	0.026 3	0.026 0	0.027 4
III	0.025 6	0.026 7	0.026 2	0.028 5
IV	0.024 6	0.025 2	0.026 0	0.025 8
V	0.026 5	0.028 1	0.028 2	0.027 6

从表1可以看出, 4种误差评定方法中, 最小二乘法、最小外接圆法和最大内切圆法对不同的测量数据, 其评定结果大小没有规律, 但是, 对于每一组测量数据, 最小区域法得到的评定误差值都是最小的, 和理论上一致。所以, 本文提出的算法可实现国标对圆度误差用最小区域法评定的要求。

[参考文献]

- [1] 黄福芸, 廖念钊, 卓兴仁, 等. 形状误差测量[M]. 北京: 计量出版社, 1986
- [2] 金永红, 徐可伟, 朱训生. 基于模糊隶属函数的圆度评定参数区域法[J]. 计量技术, 2000, (4): 13- 17.
- [3] 田社平. 一种用于圆度误差评价的简化算法[J]. 计量技术, 2001, (4): 9- 10
- [4] 朱庆保. 圆度误差的自适应测评及应用[J]. 计量技术, 2000, (4): 7- 10
- [5] 田社平, 丁国清, 颜德田. 一种用于圆度误差评价的递推估计算法[J]. 计量技术, 2002, (1): 10- 11.
- [6] 黄荣瑛, 王乃信, 杨 青. 活塞裙部外形轮廓误差的评定[J]. 西北农业大学学报, 1993, 21(3): 41- 46

Method to get the roundness error in minimum zone

L IM in-tong, YANG Qing, ZHAO You-liang, ZHU Jun-ping

(College of Mechanical and Electronics Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Based on the minimum condition of roundness error, this paper presents a new method to get the roundness error in minimum zone and designs the program to get the roundness error of some date measured. The result verifies the practical value of this method. This method can promote the evaluation of the roundness error on the rule of the standard.

Key words: roundness; error; minimum zone

· 简 讯 ·

西北农林科技大学 2001 年度科技论文被引频次、基金论文数和科技论文总数在全国高校前 50 名排行表中名列第 27, 35, 37 名

据中国科学技术信息研究所《2001 年度中国科技论文统计与分析》年度研究报告, 2001 年度西北农林科技大学科技论文被引频次、基金论文数和科技论文总数进入全国高校前 50 名排行表, 其中, 科技论文被引频次以 1 329 次名列第 27 名, 基金论文数以 411 篇名列第 35 名, 科技论文总数以 794 篇名列第 37 名。农业高校在各项中的排名情况见表 1, 2, 3。

表 1 2001 年我国农业高校科技论文被引频次在全国高校前 50 名中的排名

高等学校	被引频次	名次
西北农林科技大学	1 329	27
中国农业大学	1 188	29
南京农业大学	998	35
福建农林大学	835	42

表 2 2001 年我国农业高校基金论文数在全国高校前 50 名中的排名

高等学校	基金论文数	名次
西北农林科技大学	411	35
中国农业大学	378	37
南京农业大学	373	38

表 3 2001 年我国农业高校科技论文数在全国高校前 50 名中的排名

高等学校	论文数	名次
西北农林科技大学	794	37
中国农业大学	630	46

(温晓平 供稿)