

活塞裙部横截面轮廓误差的最小条件评定

李敏通 杨青 朱俊平

(西北农业大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 根据形位误差评定原则,提出了用最小条件准则评定活塞裙部横截面轮廓误差的方法,建立了相应的误差评定数学模型,并用复合形法对模型进行了求解。试验证明,该评定方法对活塞的检测具有一定实用价值。

关键词 活塞裙部,横截面轮廓误差,最小条件准则,误差评定

分类号 TH161.12

活塞是内燃机发动机的重要元件。其裙部具有导向、承受侧向力、散热、控制机油耗量等作用。随着发动机不断向高速、高负荷方向发展,对活塞的加工精度提出了更高的要求。研究表明^[1],活塞裙部形状及加工精度是影响发动机使用性能的重要因素。

由于制造与测量是分不开的,所以,研究活塞裙部误差的测量和评定具有一定的实用价值。本文以 95 系列活塞为例,建立了符合最小条件准则的活塞裙部横截面轮廓误差评定数学模型,并用复合形优化方法对模型进行了求解。以期完善活塞裙部误差的测量和评定。

1 活塞裙部横截面轮廓设计数学模型

15PS, 95 系列活塞裙部横截面轮廓为一次近似椭圆轮廓^[2],其数学模型为

$$\Delta = \frac{D-d}{4}(1 - \cos\theta) \quad (1)$$

式中: Δ 为径向缩量; θ 为线轮廓形成角; D 为长轴直径; d 为短轴直径

2 活塞裙部横截面轮廓实际数学模型

由于轮廓实际测量中心 O 与理想评定中心 O_c 不重合(图 1),设偏心为 $e(e, \vec{T})$,则实际横截面轮廓上任一点 $r_i(r_i, \theta_i)$ 可表示为

$$\vec{r}_i = \vec{e} + \vec{r}_i \quad (2)$$

式中 $i = 1, 2, 3 \dots n$ 。

3 活塞裙部横截面轮廓误差评定数学模型

活塞裙部横截面轮廓误差是指实际轮廓相对于理想轮廓的变动量。所以,要对其误差进行评定,就要建立其理想轮廓模型。

收稿日期 1997-12-23

课题来源 机械制造系统工程国家重点实验室基金项目, 0888-95

作者简介 李敏通,男,1968年生,讲师,硕士

3.1 理想中心位置参数 e, T 的确定

在确定理想中心 $O_c(e, \alpha)$ 时,为了计算方便,将极坐标化为直角坐标。即理想中心 $O_c(x_c, y_c)$ 为

根据面质心原理^[3],可得理想中心

$$\begin{cases} x_c = \frac{\sum_{i=1}^n r_i^3 \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n r_i^2} \\ y_c = \frac{\sum_{i=1}^n r_i^3 \sin \theta_i}{\sum_{i=1}^n r_i^2} \end{cases}$$

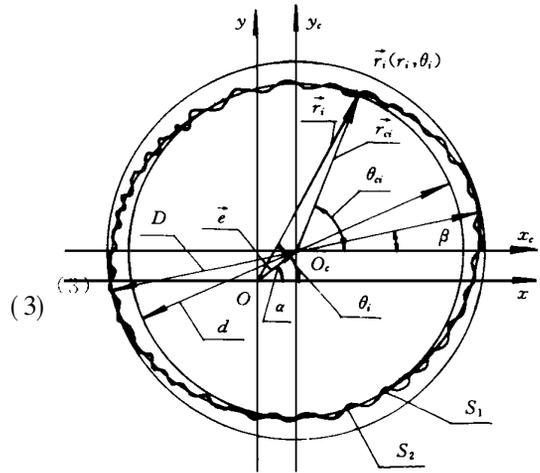


图 1 活塞裙部横截面轮廓

O . 测量中心; O_c . 理想中心;

S_1 . 实际轮廓; S_2 . 理想轮廓

式中 n 为横截面轮廓上的测量点数。

确定了理想中心 (x_c, y_c) 之后,实际轮廓上任一点 $r_i(r_i, \theta_i)$ 对理想中心的极坐标 $r_{ci}(r_{ci}, \theta_{ci})$ 可表示为:

$$\begin{cases} r_{ci} = \sqrt{(r_i \cos \theta_i - x_c)^2 + (r_i \sin \theta_i - y_c)^2} \\ \text{tg} \theta_{ci} = \frac{r_i \sin \theta_i - y_c}{r_i \cos \theta_i - x_c} \end{cases} \quad (4)$$

3.2 理想轮廓数学模型的建立

设 R 表示理想轮廓长轴半径; G 表示理想轮廓长、短轴之差; β 表示理想轮廓长轴与坐标轴的夹角(图 1)。由式(1)可得,理想轮廓 $r_i(r_i, \theta_{ci})$ 为

$$r_{ii} = R - \frac{G}{4}(1 - \cos 2\theta_{ii}) \quad (5)$$

式中 $\theta_{ii} = \theta_{ci} - \beta$ 。

3.3 横截面轮廓误差评定数学模型的建立

设实际轮廓与理想轮廓的偏差为 Δ , 则有

$$\Delta_i = r_{ci} - r_{ii} = r_{ci} - \left[R - \frac{G}{4}(1 - \cos 2(\theta_{ci} - \beta)) \right] \quad (6)$$

最小条件是评定形状误差的最基本原则,所谓最小条件是指被测实际要素对其理想要素的最大变动量最小。由此可建立评定活塞裙部横截面轮廓误差最小条件的数学模型为

$$f = \min \left[\max_{i \in \{1, \dots, n\}} (\Delta_i) - \min_{i \in \{1, \dots, n\}} (\Delta_i) \right] \quad (7)$$

式中 f 表示横截面轮廓误差值。

4 活塞裙部横截面轮廓误差评定模型的求解

上述误差评定模型属多参数单目标函数的寻优问题,可用优化理论解决。用优化方法

求解, 首先须建立优化目标函数。

4.1 目标函数的建立

令 $R = x_1, G = x_2, \beta = x_3$, 则有 $\vec{X} = [x_1, x_2, x_3]^T$, 由 (6) (7) 两式, 则有目标函数

$$\min f(\vec{X}) = \left(\max_{i \in \{1, \dots, n\}} (\Delta_i) - \min_{i \in \{1, \dots, n\}} (\Delta_i) \right)$$

式中 $\Delta_i = r_i - \left[x_1 - \frac{x_2}{4} (1 - \cos 2(\theta_{ai} - x_3)) \right], x_1 > 0, x_2 > 0$.

4.2 优化方法的选择

根据所建立的目标函数知, 其属于不等式约束的优化问题, 故选用复合形法求最优解^[4]。优化迭代终止条件为

$$N_p \leq 100$$

$$\left\{ \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K [F(\vec{X}^{(j)}) - F(\vec{X}^{(L)})]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} < \epsilon$$

选取 $\epsilon = 10^{-4} \sim 10^{-6}$

式中 N_p 为实际迭代次数; K 为复合形顶点个数; $F(\vec{X}^{(j)})$ 为复合形各顶点函数值; $F(\vec{X}^{(L)})$ 为复合形各顶点中好点函数值

在满足上述迭代终止条件时, 得到的最优解是 $\vec{X}^{(L)}$, 其相应的函数值 $F(\vec{X}^{(L)})$ 即为轮廓度误差值

5 结 论

根据上述评定方法, 设计了相应的评定软件, 并对活塞裙部横截面轮廓模拟测量数据进行了评定。

产生模拟数据的方法是: ① 先设定轮廓度误差值及理想横截面轮廓参数值; ② 在设定的轮廓度误差范围内, 随机生成各测点的误差值; ③ 依据活塞裙部横截面轮廓设计数学模型、理想轮廓参数值及各测点的误差值, 即可产生各测点的模拟测量数据。

评定结果表明, 该评定模型算法稳定, 评定误差值与设定误差值相差小于 2%。该评定方法对活塞裙部误差的测量和评定具有一定的实用价值。

参 考 文 献

- 1 Toshiro Yagi 著. 用复合材料帮助确定活塞型面. 肖秀华, 王兴龙译. 国外内燃机, 1983(5): 15~ 19
- 2 肖秀华. 活塞裙部的外形型面. 经验交流, 1980(1): 13~ 25
- 3 黄荣瑛, 王乃信, 杨 青. 活塞裙部外形轮廓误差的评定. 西北农业大学学报, 1993, 21(3): 41~ 36
- 4 薛履中编著. 工程最优化技术. 天津: 天津大学出版社, 1988

The Minimum Condition Evaluation of Piston Skirt Profile Error

Li Mintong Yang Qing Zhu Junping

(College of Mechanical and Electronics Engineering, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract This paper presents the method of evaluating piston skirt cross-section profile error according to the principle of minimum condition. The mathematical model of evaluation was established. The complex optimum seeking method was used to solve the evaluation model. The evaluation method has practical value to the piston verification.

Key words piston skirt, cross-section profile error, the principle of minimum condition, error evaluation

“土壤—作物系统水分动力学及农业节水生物学基础研究” 获教育部科技进步一等奖

西北农业大学康绍忠教授主持的“土壤—作物系统水分动力学及农业节水生物学基础研究”荣获 1998 年度教育部科技进步一等奖。

本研究发现了作物适度水分亏缺后,根系传导具有明显的补偿效应;提出了控制性分根交替灌溉和用土、根界面定量评价抗旱指标及土壤水渗透、扩散等活化能的概念和新方法;建立了根系吸水及作物叶面蒸腾与棵间蒸发分摊系数的计算模式;获得了玉米苗期中度亏水结合拔节期轻度亏水的最优调亏方案。该项研究把土壤—作物系统水分动力学和农业节水的生物学基础研究统一起来,探索出一条定量解决水—土—作物关系最优调控问题的有效途径,受到了国内外专家学者的广泛重视和高度评价,认为该成果达国际先进水平。

(罗永娟 供稿)