

文章编号:1674-2869(2009)03-0081-04

鞋楦特征识别与数据光顺

刘小芹¹, 丁继东², 彭芳瑜²

(1. 武汉职业技术学院机电工程学院, 湖北 武汉 430074;

2. 华中科技大学机械学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:光顺的数据是鞋楦曲面建模的基础, 必须对测量得到的含有噪音成分的原始数据进行识别和光顺处理。本文分析了尖点的分布规律, 给出了基于曲率的尖点识别方法, 并得到了两种求解曲率的方法。针对尖点识别过程中尖点阈值大小的确定问题, 提出了一种自动调整的阈值确定方法, 提高了算法的效率, 同时有效的避免了尖点的漏判和多判问题。在尖点识别的基础上, 对鞋楦数据尖点曲线和截面曲线分别进行了最小二乘和多点求均值的光顺处理, 得到符合要求的光顺的鞋楦数据。

关键词:鞋楦; 特征识别; 光顺

中图分类号: TH 122

文献标识码: A

0 引言

鞋楦是制鞋的模具和基础, 鞋的样式, 型号, 品种和款式主要是根据鞋楦的造型来设计的, 在制鞋业有着十分重要的地位。近年来, 随着 CAD/CAM 技术、逆向工程、激光测量技术、计算机数控技术等的迅速发展和在制鞋业中的应用, 制鞋技术得到了较快的发展。在 CAD/CAM 软件系统上可以快速高效的设计出各种满足用户需求的个性化的鞋楦, 并输出数控加工代码, 在数控鞋楦机上高效高质量的完成鞋楦的加工。鞋楦数控加工采用数字化的逆向工程系统^[1], 首先在测楦机上对样楦进行三维扫描, 得到样楦的三维采样数据, 然后通过去除噪音点、光顺以及特征点识别等一系列的数据处理, 通过三维建模得到鞋楦的三维的 CAD 模型, 在此基础上实现对鞋楦模型的编辑和级放, 生成 NC 代码, 在数控鞋楦加工专用机床上实现鞋楦的加工, 如图 1 所示。

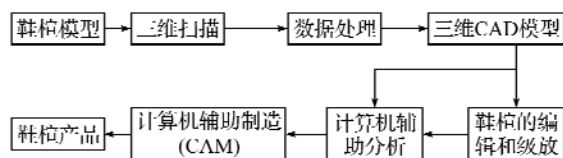


图1 鞋楦加工逆向工程流程

Fig. 1 Reverse engineering processing of Shoe-last machining

鞋楦数据处理的质量, 决定了鞋楦 CAD 模型的好坏, 进而影响鞋楦加工的质量, 所以鞋楦测量

数据的处理是制鞋过程中的十分重要的环节。王希^[2]等研究了在极坐标下鞋楦测量数据处理的方法, 洪玫^[3]给出来了一种极坐标下数据光顺的最小二乘法。本文基于笛卡儿坐标系对鞋楦的尖点特征的识别方法进行了研究, 得到了自动调整曲率阈值的算法, 同时给出了尖点数据和截面数据的光顺的方法。

2 鞋楦特征识别

2.1 鞋楦的尖点特征

如图 2 所示, 鞋楦是由三张光滑的曲面组成的封闭自由曲面体。鞋楦上部统口区域的鞋楦曲面是楦顶曲面, 位于下部的曲面是楦底曲面, 处于楦顶和楦底之间部分称为楦面。



图2 鞋楦曲面

Fig. 2 Curved surface of shoe-last

楦顶和楦面, 楦面和楦底的连接过渡部分是鞋楦重要的特征曲线, 为尖点曲线。在尖点曲线上的点为尖点, 是鞋楦重要的特征信息点, 如图 3 的 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 点。鞋楦的尖点曲线在鞋的设计过程中十分重要, 对鞋设计的质量起着关键的作用。在鞋楦曲面造型中, 鞋楦尖点曲线的形状对鞋楦曲面有较大的影响。同时鞋楦数控加工中, 刀具

收稿日期: 2008-10-06

作者简介: 刘小芹(1959-), 湖北武汉人, 副教授, 研究方向: 专用设备设计及特种零件加工。

在尖点处的加速度和速度较高,为了在加工代码的生成的后置处理中很好的确定合理的速度信息,必须得到尖点的位置信息.为了能够准确全面的采集到尖点信息,采样的数据必须足够多,这样鞋楦曲线和曲面的拟合的误差也就较小.所以必须从海量的采样数据中提取尖点信息.

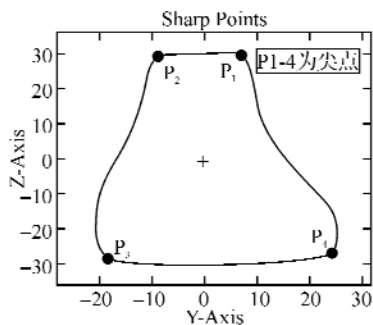


图 3 鞋楦尖点

Fig. 3 Sharp points of shoe-last

2.2 尖点识别

目前,识别特征信息的方法主要是基于曲率的特征识别法,包括函数法与离散法.函数法是建

立曲线曲率函数,求曲率函数极值点来判别曲线的尖点.离散法是直接利用测量的数据进行尖点识别,通过计算各个测量点的曲率角,从而提取轮廓特征点.在鞋楦的尖点识别中由于采样点较多建立曲率函数比较困难,本文采用离散的曲率识别法.

2.2.1 尖点的分布规律 为了方便尖点的判别和对尖点位置进行预测,需要分析尖点的分布情况,找出其分布规律.同一个截面内,尖点个数只会有两个或者四个的情况,而且每个尖点分布在不同的象限内.具体在 YOZ 平面的分布情况有下面三种情况:

- (1) 同一截面存在四个尖点,分布在四个象限.如图 4 (a)所示;
- (2) 同一截面存在两个尖点,分布在一二象限.如图 4 (b)所示;
- (3) 同一截面存在两个尖点,分布在三四象限.如图 4 (c)所示.

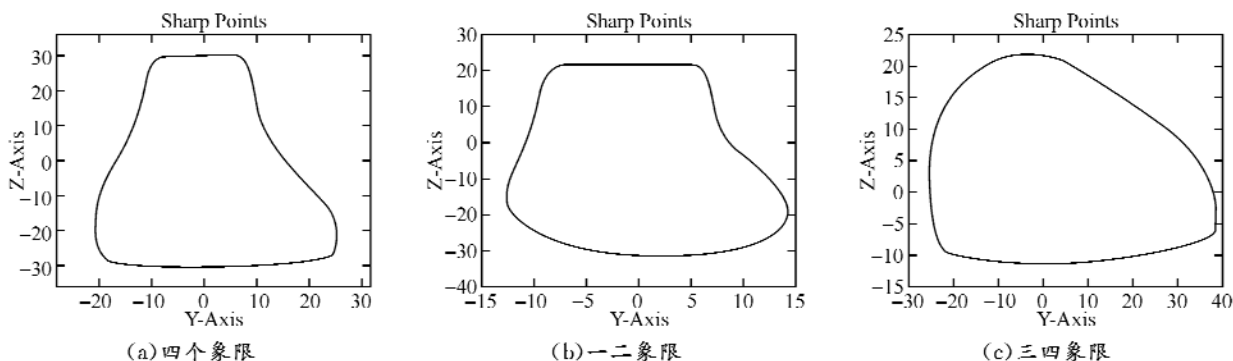


图 4 尖点的象限分布

Fig. 4 Quadrantal distribution of sharp points

2.2.2 测量数据点曲率计算 根据曲率的定义,在微积分学中,平面曲线上任何一点的曲率定义为

$$K = \left| \frac{d\alpha}{ds} \right| \approx \frac{\Delta\alpha}{\Delta s}$$

其中: $\Delta\alpha$ 为两点切矢方向角之差;
 Δs 为两点间的弧长.

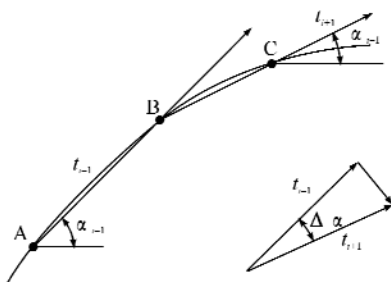


图 5 测量点曲率计算

Fig. 5 Curvature calculating of measuring points

图 5 中表示截面 YOZ 上曲线,ABC 三点坐标分别是 $A(y_{i-1}, z_{i-1})$, $B(y_i, z_i)$, $C(y_{i+1}, z_{i+1})$ 则有:

$$\alpha_{i-1} \approx \arctg \frac{\Delta z}{\Delta y} = \arctg \frac{z_B - z_A}{y_B - y_A}$$

$$\alpha_i \approx \arctg \frac{\Delta z}{\Delta y} = \arctg \frac{z_C - z_B}{y_C - y_B}$$

求得角度增量为

$$\Delta\alpha = |\alpha_i - \alpha_{i-1}|$$

弧长可以使用弦长替代,近似值为

$$\Delta s \approx \Delta s_{AB} + \Delta s_{BC}$$

因此可以近似求得 B 点的曲率为

$$K_B \approx \frac{|\alpha_i - \alpha_{i-1}|}{\Delta s_{AB} + \Delta s_{BC}} \quad (1)$$

替代算法.为了计算的方便,这里给出一种计算曲率的替代方法.图 5 中 ABC 三点组成三角形

$\triangle ABC$, 设 D 点为 B 到 AC 边的垂足, 垂直距离 H_{BD} , AC 的边长 L_{AC} . 可以证明, H_{BD} 与 L_{AC} 的比值即代表 B 点的曲率 $K_B^{[2]}$. 即

$$K_B = H_{BD} / L_{AC} \quad (2)$$

其中: $H_{BD} = \frac{|k \times (y_i - y_{i-1}) - (z_i - z_{i-1})|}{\sqrt{(k^2 + 1)}}$

$$L_{AC} = \sqrt{(y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (z_{i+1} - z_{i-1})^2}$$

k 为线段 AC 的斜率, $k = (z_C - z_A) / (y_C - y_A)$, $y_C \neq y_A$.

在一个截面内的某一个象限内, 如果有尖点存在, 则在尖点两侧的测量点域内, 尖点的曲率取最大值, 而且显著大于其他点的曲率值. 同时, 尖点曲线应该是一条光滑的曲线, 前后截面的同一象限内的尖点位置满足一定的距离条件. 综合考虑尖点的分布规律、曲率的取值特征和前后截面的尖点位置信息, 进而判断出尖点位置.

2.2.3 尖点曲率阈值的确定 按照上述方法计算出各点的曲率 K_i , 通常当 K_i 大于一设定的阈值 K_0 时, 就可以判定该点为尖点. 但是, 如果对于整个鞋楦, 只使用一个固定的阈值, 由于鞋楦各个部分的测量点的曲率大小相差较大, 很难使得判别出来的尖点正好是鞋楦实际的尖点, 就会造成多判或漏掉尖点. 这里给出一种自动调整阈值的方法.

对于某一截面, 根据尖点的分布规律和前后界面的尖点分布情况可推算出其尖点的个数 N . 在判别过程中, 首先按照给定的阈值 K , 根据曲率的大小计算出曲率大于 K 的点的个数 N_k , 如果 $N_k > N$, 则增大 K 值, 如果 $N_k < N$, 则减小 K 值, 循环迭代直到 $N_k = N$, 就判别出了本截面所有的尖点, 记下此时的阈值 K' . 由于尖点曲线是一条光滑曲线, 在同一条尖点曲线上相邻尖点的值应该是连续的, 所以, 计算下一截面时尖点曲率的阈值使用上一截面的阈值 K_0 为最初值, 这样就能加快迭代的速度, 快速判别出此截面的尖点.

3 数据的光顺

3.1 尖点曲线数据的光顺

在测量过程中, 由于存在测量误差和信号的干扰, 识别出的尖点不一定是理想位置的尖点, 并且他们不一定在一条光顺的曲线上, 需要对尖点在一定的范围位置内进行光顺处理. 由于楦底和楦顶尖点在各自的尖点曲线上在 X 方向呈等距分布, 可以使用等距的最小二乘法进行光顺. 五点三次光顺的原理如下.

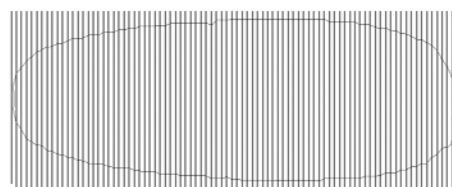
在 XOY 平面内对于一组等距点的 x 坐标值 $x_0 < x_1 < x_2 \cdots x_n$, 对应的 y 值 $y_0, y_1, y_2 \cdots y_n$, 每个数据点前后各取两个相邻的点, 运用三次多项式:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

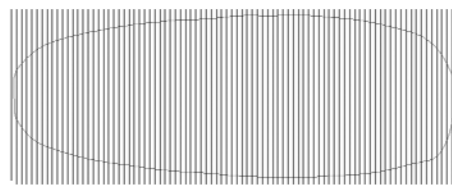
逼近. 使用最小二乘原理确定系数 a_0, a_1, a_2, a_3 可得五点三次平滑公式:

$$\begin{cases} y_{i-2} = \frac{1}{70.0} (69.0 \times y_i + 4.0 \times y_{i-1} - 6.0 \times y_{i+1} + 4.0 \times y_{i+2}) \\ y_{i-1} = \frac{1}{35.0} (2.0 \times y_{i-2} + 27.0 \times y_{i-1} + 12.0 \times y_i - 8.0 \times y_{i+1} + 2.0 \times y_{i+2}) \\ y_i = \frac{1}{35.0} (-3.0 \times y_{i-2} + 12.0 \times y_{i-1} + 17.0 \times y_i + 12.0 \times y_{i+1} - 3.0 \times y_{i+2}) \\ y_{i+1} = \frac{1}{35.0} (2.0 \times y_{i-2} - 8.0 \times y_{i-1} + 12.0 \times y_i + 27.0 \times y_{i+1} + 2.0 \times y_{i+2}) \\ y_{i+2} = \frac{1}{70.0} (-y_{i-2} + 4.0 \times y_{i-1} - 6.0 \times y_i + 4.0 \times y_{i+1} + 69.0 \times y_{i+2}) \end{cases}$$

如图 6(a) 所示, 为识别出的原始的楦顶部尖点数据拟合的尖点曲线, 图 6(b) 为光顺后的尖点拟合的尖点曲线.



(a) 原始数据拟合的曲线



(b) 光顺后数据拟合的曲线

图6 尖点数据的光顺

Fig. 6 Data Smoothing of sharp points

3.2 鞋楦截面数据的光顺

对于大规模的数据点云的噪声过滤, 可采用的方法有程序判断滤波、 N 点平均滤波以及预测误差递推辨识与卡而曼滤波相结合的自适应滤波法等. 另外, 光顺处理方法还有能量法、最小二乘法以及小波技术, 这三种光顺方法都是通过优化方法来调整曲线控制顶点, 也就是对拟合以后的曲线进行光顺处理^[4]. 但是, 根据鞋楦采样数据的特点, 要在鞋楦曲面建模之前, 过滤掉样楦测量数据中不合理的噪声点, 因此不能通过优化方法调

整曲线的控制顶点来达到光顺的目的,而是应该从离散数据本身分布的几何位置出发直接判断数据点列的光顺性并对其进行调整。

尖点是鞋楦重要的特征,测量数据的光顺必须要保留尖点信息。本文采用 N 点求平均滤波的方法,对每一个截面尖点之间的测量数据进行光顺。取 $N=5$,对于点 P_i ,在其前后各取两各点进行 5 点求平均滤波,则有:

$$P_i = \frac{P_{i-2} + P_{i-1} + P_i + P_{i+1} + P_{i+2}}{5} \quad (3)$$

从而得到了 P_i 点光顺后的坐标。对同一个截面内的尖点之间的数据进行多点求平均滤波适当的次数,光顺的效果如图 7 所示。

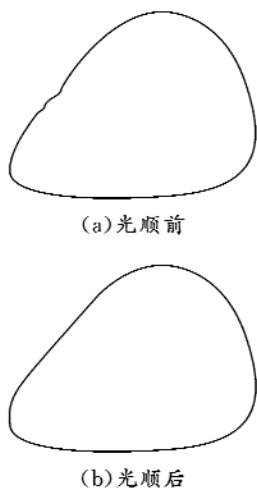


图 7 鞋楦数据的光顺

Fig. 7 Data Smoothing of Shoe-last

在鞋楦尖点曲线数据和截面数据光顺的基础

上,实现了较好质量的鞋楦曲面造型,如图 8 所示。

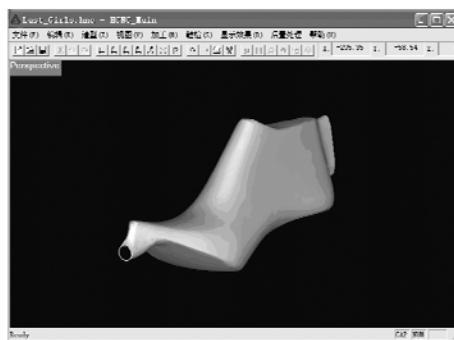


图 8 鞋楦曲面

Fig. 8 Curved surface of shoe-last

4 总 结

综上所述,根据分析尖点的分布情况,实现了基于离散点的自动调整曲率阈值的曲率识别算法。分别使用最小二乘法 and 多点均值法对尖点数据和鞋楦截面数据进行了光顺,达到了较好的效果,实现了鞋楦的三维曲面造型。

参考文献:

- [1] 蔡锦达,吴美娟.鞋楦扫描机的控制系统的开发[J].控制与传动,2004,(11):54-56.
- [2] 王希,罗达立.数控刻楦机实用化数据处理技术[J].重庆大学学报,2001,(4):140-143.
- [3] 洪 玫.鞋楦曲面测量数据光顺[J].机械制造与研究,2005,34(3):41-43.
- [4] 刘 冬,林述温.鞋楦数据光顺与建模[J].华侨大学学报,2003,24(3):290-294.

Feature recognition and data smoothing of shoe-last

LIU Xiao-qin¹, DING Ji-dong², PENG Fang-yu²

(1. Department of Mechanical & Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2. Department of Mechanical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Data smoothing is the basis for the surface modeling of shoe-last, and it is necessary to make the recognition and smoothing treatment of the initial data that is measured including noise points. This paper analyses the distribution rule of sharp points and recognition method of points based on curvature, at the same time two ways of calculating the curvature are obtained. Aiming at the determination problem of threshold value of points recognizing, a determination method of threshold value by autoconditioning is put forward, which improves the efficiency of algorithm and effectively avoids estimating mistakes. On the basis of points recognizing, the points curve and the cross section curve are smoothed using least square and average value of multipoints.

Key words: shoe-last; feature recognition; smoothing

本文编辑:陈晓革