

文章编号:1000-582x(2001)04-0140-05

数控刻楦机实用化数据处理技术

王希, 罗达立, 石道渝, 钱家渝, 钟先信

(重庆大学光电工程学院, 重庆 400044)

摘要:从数控刻楦机实用化技术角度出发,逐一介绍了鞋楦原始数据在实际加工以前所必需的工艺处理方法。首先针对缺损点和毛刺点进行数据插补和平滑处理;然后由于测量轴和加工轴并不相同,又对每个截面进行相应角度的旋转和中心轴调整;最后为了方便加工过程中使用夹具,在鞋楦前后设计并添加了楦头和楦尾,着重介绍了楦头和鞋尖的融合方法。

关键词:鞋楦;数控加工;实用化

中图分类号:TH 164; TP 391.73

文献标识码:A

数控刻楦机是专用于鞋楦的自动加工设备,也是鞋楦 CAD/CAM 系统的最终输出设备,它包括支持加工的硬件设备和控制加工的软件。从理论上来说,按照一定的三维数控加工算法对鞋楦 CAD 所获取的数据直接进行处理可获得数控加工数据,利用该数据即可控制刻楦机进行鞋楦自动数控加工。实际上,由于鞋楦加工具有一些独特的加工特点,在获得鞋楦的三维轮廓数据以后,还必须利用数控刻楦机实用化技术对原始数据进行若干步骤的实用化处理,在不改变鞋楦基本三维轮廓形状的基础上使其成为符合数控加工条件的新型数据,才能成功地完成鞋楦的数控加工。

1 原始数据缺损点插补及数据平滑处理

由于测量原理及过程多少具有一定的误差,测楦机、皮鞋内腔测量仪和脚型测量仪等鞋楦三维数据采集设备获取的数据均有大小不一的奇点,有时甚至在某几圈数据中出现或多或少的缺损点。这些奇点的存在严重影响鞋楦的表面光洁度,如果直接采用这样的“毛坏”数据进行加工刀位计算,最后形成的鞋楦形状将会凹凸不平,与我们的设计要求相差甚远。因此我们需要对原始数据进行缺损点插补和数据平滑处理。

1.1 缺损点插补

缺损点通常只出现在鞋尖和鞋跟处,这是因为这两个部位的鞋面凹凸度较大,形状各异,容易造成漏测而形成缺损点。因此,采用了一种所谓的“由实及

虚”算法进行插补。以鞋尖插补为例,首先确定一圈没有缺损点的数据作为插补起始位置,朝向鞋尖逐圈逐点搜索,找到第一个缺损点后,如图1中A点,假设它是第*i*圈的第*j*点,那么先确定和它同一圈且最相邻的好点B,显然B是第*i*圈的第*j*-1点,再确定上一圈中A和B的对应点C和D,由图可知,C是第*i*+1圈的第*j*点,D是第*i*+1圈的第*j*-1点。由于这四个点非常靠近,可以通过一定的近似计算获得其中一个未知点的数据,在以前的文章中利用离散的测量点极坐标进行三维造型从而来近似描述鞋楦,这儿用*R*表示测量点的极半径。可以认为AC和BD为近似直线,且斜率相等,则下列关系成立:

$$\frac{R_A}{R_C} = \frac{R_B}{R_D}$$

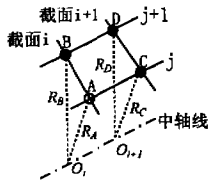


图1 缺损点插补示意图

因此缺损点A的极半径经过插补以后为:

• 收稿日期:2000-09-19

作者简介:王希(1975-),男,四川自贡人,重庆大学博士生。主要从事 CAD/CAM 研究。

$$R_A = \frac{R_B R_C}{R_D} \quad (1)$$

如法炮制,所有缺点点均可按照此算法依次进行插补运算,虽然离鞋尖越近时缺点点的插补误差会因为累积而逐渐增大,插补点可能有些参差不齐,但经过我们后面提到的平滑处理后会变得相当理想。由插补前后效果图2(图中横杠对应该截面的起始点,下同)可看出,该插补算法简单实用而且准确有效。



插补前 插补后
图2 缺点点插补前后对照图

2.2 平滑处理

平滑处理有大量图象处理算法可以借鉴,经过多种算法效果对比实验并结合鞋楦具体实际加工要求,总结出了下面的相邻点均值算法。

以一圈数据中的任意三个按照顺序排列的点A、B、C为例,平滑处理后中间点B的极半径更新为:

$$R'_B = \frac{R_A + R_B + R_C}{3} \quad (2)$$

方法很简单,每三个点取均值作为中间那个点的新极半径,这样一圈一圈逐点循环进行多次之后可以获得非常满意的平滑效果。当然理论上还可以采用五点甚至七点、九点求均值进行平滑,但由于鞋楦加工标准要求鞋底与鞋面的交线必须分明,如果采用三点以上的多点均值平滑会使鞋楦的棱角被过分圆滑从而影响生产出皮的鞋外观。图3显示了平滑效果。



平滑前 平滑后
图3 平滑处理前后对照图

2 鞋楦截面及中心轴旋转

如图4,鞋楦的测量数据是以鞋楦前后两相距最远的凸点为顶点进行测量而得到的离散极半径数据,但由于刻鞋机加工鞋楦的特殊性决定了鞋楦不可能在刻鞋机上一次成型,而必须在鞋尖和鞋跟分别保留一个楦头和楦尾供刻鞋机的夹具夹持,加工完以后再

通过前跟机和后跟机切掉多余的楦头和楦尾才形成所需的鞋楦。同时由于鞋尖的重要性要求楦头不能直接和鞋尖相融合,不然前跟机就无法完整地去掉楦头以至于鞋尖的形状受到破坏。因此,首先需要将鞋楦中心轴顺着某个方向进行一定角度的旋转,然后沿着新轴方向添加楦头和楦尾。

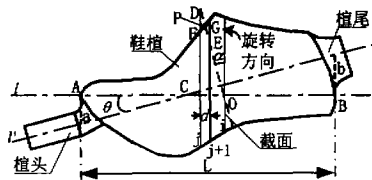


图4 鞋楦截面及中心轴旋转

因为鞋楦的每圈测量数据所在平面必须和中心轴垂直,这样当中心轴旋转以后必须在原测量数据的基础上重新生成垂直于新中心轴的新鞋楦三维数据。

在图4中,在旧中心轴 l 上使鞋尖中心 A 下降 a 、鞋跟中心 B 上升 b (a 、 b 为经验数据),从而确定了新中心轴的位置及它和 l 的交点 C ,若 L 为鞋楦长度,则旋转角度 θ 和 l 和 l' 的夹角为:

$$\theta = \arctg \frac{a+b}{L} \quad (3)$$

现在存在两种算法,第一种为先调整中心轴再旋转截面,第二种为先旋转截面再调整中心轴,通过分析比较以后发现前者比后者多需要一次数据插值,因此笔者采用了后者。

2.1 截面旋转

截面旋转并不能简单地理解为以截面中心为旋转中心把数据旋转一定的角度,因为那样将会引起鞋楦的变形。实际上,应该把通过离散造型以后形成的鞋楦空间模型看作一个封闭的几何曲面,截面旋转只在鞋楦内部进行,从表面不会看出鞋楦的外型有何变化。

由于每个截面的旋转实际上是由该截面上所有离散点的旋转所组成的,而每个离散点的旋转角度也是不相同的。根据立体几何知识可知,当截面旋转 θ 角度后,该截面任意离散点的旋转角度为:

$$\alpha = \theta \sin \beta \quad (4)$$

其中, β 为该离散点与截面中心连线和截面旋转轴之间的夹角。

以某一个截面在鞋楦某个断面中的一个离散点旋转为例,如图4,截面 i 上某个离散点以 O 为中心逆时针旋转 α 角和鞋楦当前断面端线相交于 P , OP 即为截

面旋转以后的新极坐标, 获取 OP 的长度就实现了截面旋转的目的。假设交点 P 位于截面 j 和截面 $j+1$ 之间, 而截面 i 旋转以后和 $j, j+1$ 分别交于 D 和 E , 同时 $j, j+1$ 和当前鞋楦断面端线交于 F 和 G , 我们把 P 点周围进行局部放大(见图5), 由于截面间距 d 相当小, 所以 F 与 G 之间的鞋楦断面端线可近似视作直线, 从而两个三角形 DPF 和 EPG 相似, 于是得到下列关系:

$$\frac{DF}{EG} = \frac{DP}{EP}$$

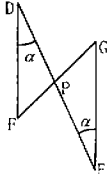


图5 离散点旋转示意图

同时又存在如下关系:

$$DE = DP + EP = \frac{d}{\sin\alpha}$$

即可得:

$$EP = \frac{EG \cdot d}{(DF + EG) \cdot \sin\alpha}$$

由于 j 可以求出, 则 OE 实际上为已知量, 于是可求出旋转后的新极半径为:

$$r' = EP + OE = \frac{EG \cdot d}{(DF + EG) \cdot \sin\alpha} + (i - j - 1) \cdot d \quad (5)$$

2.2 中心轴调整

截面旋转以后还需要如图4所示对每个截面的中心进行调整, 使新中心轴垂直于每个新截面, 这样才能保证截面旋转以后仍然遵循我们建立的鞋楦三维模型。在调整过程中存在两种情况: 中心下降(AC间的截面)和中心上升(BC间的截面)。

2.2.1 中心下降

在图4中的AC之间任取一截面, 仍用 i 来表示(起始截面序号为0), 如图6所示, i 的原中心为 O , 则

$OA = id$, 而且 $AC = \frac{a}{a+b}L$, 若中心下降距离为 h_i , 则由平面几何知识可知:

$$\frac{h_i}{a} = \frac{OC}{AC} = \frac{AC - OA}{AC} = 1 - \frac{(a+b)id}{aL}$$

则:

$$h_i = \frac{aL - (a+b)id}{L}$$

在鞋楦截面图中, 取任意点 X , 假设 X 的原始极坐标为

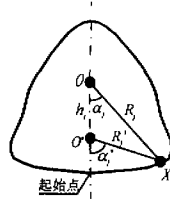


图6 中心下移

(R_j, α_j) , j 为 X 在该截面中的离散点序号, 若截面中心由 O 下降至 O' 后, X 的极坐标变为 (R_j', α_j') , 则在三角形 OXO' 中应用余弦定理得:

$$R_j' = \sqrt{R_j^2 + h_i^2 - 2R_j h_i \cos\alpha_j} \quad (6)$$

再利用正弦定理得:

$$\sin\angle OXO' = \frac{h_i \sin\alpha_j}{R_j'}$$

因此:

$$\alpha_j' = \alpha_j + \angle OXO' = \alpha_j + \arcsin \frac{h_i \sin\alpha_j}{R_j'} \quad (7)$$

2.2.2 中心上升

仿照2.2.1中方法, 同理在图4的BC之间也任取一截面 i , 如图7可求出其中心上升距离为:

$$h_i = \frac{(a+b)id - aL}{L}$$

任意离散数据点的新极坐标如下:

$$R_j' = \sqrt{R_j^2 + h_i^2 - 2R_j h_i \cos(\pi - \alpha_j)} \quad (8)$$

$$\alpha_j' = \alpha_j - \angle OXO' = \alpha_j - \arcsin \frac{h_i \sin\alpha_j}{R_j'} \quad (9)$$

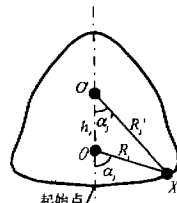


图7 中心上升

3 加装楦头和楦尾

楦头的截面可为多种形状, 为方便刻植机的加工, 将其设计为圆形。楦头又可分为两部分, 一部分位于鞋楦以外而呈圆柱状, 另一部分和鞋尖的前几圈离散点数据在鞋楦底部相融合。前者很简单, 只需确定一个合适的圆柱半径, 再以此数据重复生成若干圈即可; 后

者的形状设计最为关键,应当首先保证鞋尖本身的形状不受影响,主要在于边角不能被掩盖和融合尽可能少的数据,还要考虑融合的最佳圈数以确保刻植机加工时楦头能够提供足够的强度,避免强度不够造成楦头断裂而导致加工失败。

由于鞋楦经过截面及中心轴旋转以后鞋尖有若干个截面的坐标中心飞到了截面以外,这样对于利用数控加工算法计算刀位点非常不方便,因此把这个问题在楦头融合的同时一起解决,即把坐标中心在截面外的所有截面全部和楦头一起融合,这样每个截面的坐标中心就被融合以后形成的新截面所包含,并且融合采用的圆半径大小递减而成为圆锥状以减少加工完后切除楦头的工作量。

以被融合的任意一个截面为例,如图8,融合前截面离散数据点完整而且封闭。首先,舍弃截面底部数据,但必须保留底部棱角数据以保证鞋楦表面没有缺损;然后,使用一定大小的圆半径值围绕坐标中心等量补齐舍弃的离散点。从图中可看出融合之后截面数据有一个很大的断层缺口,但这仅仅是数据点的显示而已,丝毫不用担心加工之后也会出现同样情况。事实上,由于采用了一种全新的数控加工算法,加工铣刀遇到诸如此类的数据断层会自动根据缺口两端的数据和铣刀旋转半径而自动平滑该缺口并且绝不会多切削掉任何一点需要保留的材料。



融合前 融合后
图8 楦头融合

楦尾的设计比楦头要简单得多,只需使楦尾截面完全被鞋楦跟部最后一个截面所包含,而形状可以任意设计,由于刻植机楦尾夹具为一近似长方形,所以为了方便加工楦尾截面被设计为如图9所示的形状,再将该截面复制若干圈放置于鞋楦数据的尾部即可,图10为最后形成



图9 楦尾

的鞋楦沿加工轴的纵向截面示意图(比例约为1:2),楦尾和鞋楦跟部形成的死角在实际加工中同样可以被铣刀自动圆滑而成为图4中的所示形状。

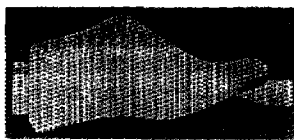


图10 安装楦头楦尾后的鞋楦轴截面

4 结论

综上所述,由于测量误差和数控刻植的特殊要求导致通过各种方法获得的鞋楦测量数据均不能直接提供给数控刻植机进行加工,所以必须采用一系列数控刻植机实用化技术先对鞋楦原始数据进行预处理使之符合数控刻植机的基本加工要求。首先对原始数据进行缺损点插补和平滑处理使其成为无缺损点和毛刺点的理想数据,并且提供了处理前后效果比较图;然后由于测量轴和加工轴并不相同,又逐一每个截面进行相应角度的旋转和中心轴调整,并推导出旋转公式,从而完成从以测量轴为中心轴的鞋楦原始三维轮廓数据到以加工轴为中心轴的新三维数据的转变;最后,根据数控刻植机实际加工时鞋楦需要夹具进行夹持的特点,人为地在鞋尖和鞋跟分别增加楦头和楦尾数据,并着重于楦头与鞋尖的融合处理。最终加工出了精度和光洁度均十分理想的鞋楦(如图11),获得了满意的实验结果。

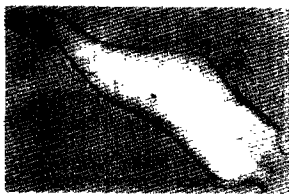


图11 实际加工出的鞋楦

参考文献:

- [1] 王希,石通渝,罗达立,等. 数控刻植机加工鞋楦的方法[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2000,23(4):30-32.
- [2] 王希,石通渝,罗达立,等. 鞋楦三维数控加工算法分析

- [1]. 重庆大学学报(自然科学版), 2000, 23(5): 108-111. 光电工程学院, 1998.
- [3] 顾雪梅. 鞋楦加工过程计算机模拟分析[J]. 光学机械, 1989, (4): 17-21. [6] 唐荣锡. CAD/CAM 技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1994.
- [4] 石道渝. 基于 PC 机的鞋楦数控制楦机数控系统[A]. 重庆第五届计算机学术大会论文集[C]. 重庆: 计算机科学杂志社, 1997(10): 114-116. [7] 戴同. CAD/CAPP/CAM 基本教程[M]. 机械工业出版社, 1997.
- [5] 李坤. 皮鞋鞋楦 CAD/CAM 技术研究[D]. 重庆: 重庆大学 [8] 任仲贵. CAD/CAM 原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.

Applied Data Disposal Technology of Numerical Controlled Last Carving Machine

WANG Xi, LUO Da-li, SHI Dao-yu, QIAN Jia-yu, ZHONG Xian-xin
(College of Opto-electronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Necessary technical disposal methods of original last data before carving are introduced in turn. First, data interpolation and smoothness are adopted for removing absent dots and bug dots. Afterwards, all sections of last are rotated and central axis is adjusted because measurement axis and machining axis are not the same. Finally, head and tail of last are designed and appended in order to use clamp to fix last during the machining process.

Key words: last; numerical controlled machining; applied technology

(责任编辑 张小强)

(上接第 139 页)

Spectrophotometric Determination of Trace Amount of Cadmium in Polyaluminium Chloride

ZHENG Hua-li¹, ZHAO Hui-ming¹, LI Fang², WEN Hua-yong¹, LI He-ping¹

(1. Faculty of chemistry and chemical Engineering, Chongqing University [B section], Chongqing 400045, China;

2. Faculty of Chemistry Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: A sensitive method for determining trace cadmium in Polyaluminium chloride flocculant is proposed. The sensitive method is spectrophotometric method. The highly sensitive colour reaction for determining trace cadmium(II) is Cd(II)-potassium-iodide-butylrhodaminB in the presence of poly(vinyl alcohol) (PVA). The maximum absorbance wavelength is 606 nm. The molar absorptivity is $3.04 \times 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. The sandell sensitivity is $3.7 \times 10^{-4} \mu\text{g Cd}^{2+} / \text{cm}^2$. The beer law is obeyed for Cd(II) in the range of 0.0-0.6/10ml. This method has been applied to determine Cd(II) in Polyaluminium chloride flocculant. The determining results are satisfactory.

Key words: environment analysis; cadmium determination; Polyaluminium chloride; flocculant; spectrophotometric method.

(责任编辑 张小强)