A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

鞋楦夹具设计方法研究*

沈卫平,毛晓捷,武传宇,倪 勇
(浙江理工大学 机械与自动控制学院,浙江 杭州 310018)

摘要:针对鞋楦外形轮廓不能由初等解析曲面构成,需要有效快速提取鞋楦曲面数据信息,提出了一种基于 CATIA 二次开发的鞋楦表面信息提取方法。对鞋楦表面形状及工艺要求进行了分析,并根据形封闭原理和定位夹紧原则提出鞋楦零件的定位夹紧方案,最后,运用雅可比矩阵进行夹紧计算。研究结果验证了所提的定位夹紧方案的可行性。

关键词:鞋楦;曲面;夹具;形封闭
中图分类号:TP273 **文献标识码:**A **文章编号:**1001 - 4551(2010)04 - 0031 - 04

Study of shoe last fixture design method

SHEN Wei-ping, MAO Xiao-jie, WU Chuan-yu, NI Yong
(College of Mechanical Engineering and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at shoe last unavailable to use the alphabetic analytic curve surface to describe the contour and extracting information about curve surface effectively, an effective method based on secondary exploitation of CATIA for extracting information from shoe last surface was presented. By analyzing the surface configuration of shoe last and process requirements, the fixture arrangement of shoe last components was proposed based on closed principle and positioning - clamping principle. The arrangement result was tested by applying Jacobian matrix. The result shows that the fixture arrangement scheme is satisfactory with the related process requirements.

Key words: shoe last; curve surface; fixture; form closure

0 引 言

制鞋业是我国国民经济中的一个重要产业,经过多年的发展,已经有了相当的基础。我国虽然是制鞋大国,但不是制鞋强国,国内的制鞋工业仅靠廉价的劳动力、产量和规模的优势获取经济效益。国内鞋类产品在款式和质量上都不及国外,因而在国际市场上缺乏有力的竞争。根本原因在于国内鞋业设计缺乏创新性和高水平的独立开发能力,鞋类制作生产力落后,自动化水平非常低,很多工序尚未摆脱手工操作。技术的欠缺正越来越成为其发展的桎梏[1-2]。

而鞋楦的夹具设计正是利用现代科学技术改造传统制鞋业的一个重要方面。近十几年来,学者们对表面几何形状规则的工件夹具的设计投入了大量的研究,但对鞋楦这类表面为自由曲面的工件的夹具的设计研究非常少,所以对鞋楦设计没有统一的规定。

本研究主要讨论鞋楦夹具设计的方法,并提出运用 CATIA 软件二次开发功能进行鞋楦模型信息的提取,从而得到一种新的曲面法向量计算方法,对鞋楦夹具设计进行分析并提出初步方案,并对鞋楦夹具布局和夹紧力进行同步优化设计。

1 鞋 楦

鞋楦是以人体脚的形状为依据,用作设计皮鞋或其它品种鞋的模型和定型工具,目前以塑料鞋楦为主。它的造型、材料、结构、精度与鞋的生产和质量都有着密切联系。在皮鞋的生产过程中,很多工艺比如打磨、喷胶、烘干等都必须要有鞋楦在鞋腔内的支撑,皮鞋的

收稿日期:2009 - 11 - 16
基金项目:国家自然科学基金资助项目(50705089)
作者简介:沈卫平(1960 -),男,浙江绍兴人,主要从事机电集成技术方面的研究. E-mail: swp@ zstu. edu. cn

造型才能坚固。

鞋楦是一个由复杂的不规则的异形曲线和曲面所组成的自由型闭合曲面体,如图 1 所示,其外形轮廓不能由初等解析曲面构成,也不能用简单的机械三视图来描述它[3]。

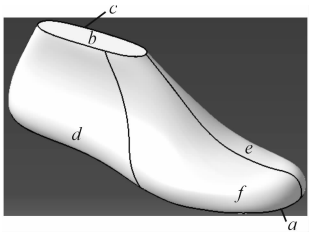

图 1　鞋楦 CAD 模型

a—底面;*b*—底面的对立面;*c*—左后表面;*d*—右后表面;*e*—左前表面;*f*—右前表面

2　鞋楦夹具设计流程

根据夹具的实际设计过程,本研究将鞋楦夹具的设计过程分为 3 个阶段:概念、优化设计和结构设计。将鞋楦夹具的概念和优化设计融合在一起,可以更好的发挥数字化设计的优势,减少夹具设计和试制的成本。

基于零件的数学模型以及 Pro/E、ANSYS、CAD/CAM/CAE 软件上的鞋楦现代夹具设计流程图如图 2 所示。本设计流程的特点是采用主模型原理,建立统一的鞋楦夹具分析模型,从概念设计、结构分析指导优化设计以及后面的环节都采用唯一的数学模型,设计能够在虚拟状态下构思、设计、制造、测试和对产品进行分析,以提前解决那些将在时间、成本、质量等方面产生的问题。

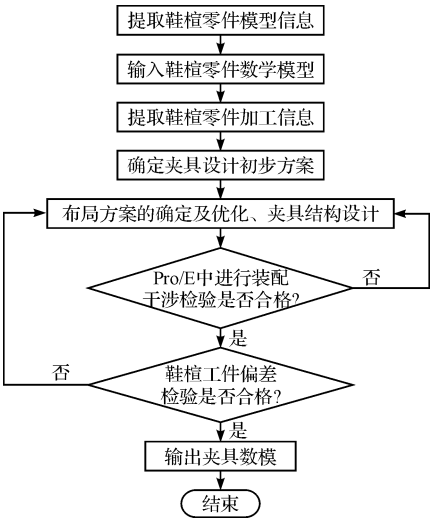

图 2　鞋楦夹具设计流程图

3　鞋楦表面信息提取

鞋楦表面信息主要包括采样点坐标和法向量,本研究中的夹具设计中的夹紧点正是基于这两种数据。由于鞋楦表面是由复杂的不规则的异形曲线和曲面所组成的自由型闭合曲面体,其外形轮廓不能由初等解析曲面构成。鞋楦表面难于用上述曲面、曲线方法表示出曲面函数,且该方法计算复杂。而在本例中,因为鞋楦 CAD 模型是已知的,所以采取的是 CATIA 二次开发技术[4],求取曲面上的点作为采样点,并通过 CATIA 中自动计算功能计算该采样点相对于曲面表面的法向量。结合三维软件 CATIA 的二次开发功能来进行求取鞋楦表面信息,操作方便,且计算简单。程序主要的提取过程:

(1) 定义基本参数和变量。

用 Initvars( ) 函数初始化全局变量,设定偏移平面、偏移距离、主控元素、基准平面、参考平面、构造线等参数及变量。

(2) 创建主控元素 MasterElement( )。

首先添加一个几何图形集“主控元素”,用 set 命令在鞋楦模型坐标系中创建 4 个点,根据三点确定一个平面的原理,用 AddNewPlane3Points 通过空间三点对应建立相互垂直的两个基准平面,分别为水平平面和垂直平面。

(3) 创建参考平面。

用添加偏移平面的命令 AddNewPlane-Offset 对水平方向和垂直方向上的基准平面分别进行偏移。偏移个数和偏移距离可以通过 VB 程序主界面输入框输入。本研究中水平偏移平面个数为 n,垂直偏移平面个数为 m。

(4) 创建构造线。

通过 AddNewIntersection 相交命令首先对鞋楦表面和垂直偏移平面进行相交处理,可以得到多组交线,作为构造线。

(5) 创建构造点。

通过 AddNewIntersection 相交命令对(3)中所得到的水平偏移平面和(4)中的构造线进行相交处理,得到本研究中所需要的采样点,采样点个数为 $n \times m$,且这些采样点均匀分布。

(6) 创建作为法向量的直线。

在采样点上通过 AddNewLineNormal 命令添加直线,使直线通过采样点,并垂直于曲面表面,直线长度为一个单位,则该直线的方向信息即为研究中所需要的法向量信息。

(7) 提取采样点坐标值和法向量。

最后通过 CATIA 函数 GetCoordinates 和 GetDirection 分别提取出采样点的坐标值和法向量,并保存为文本文档输出。

鞋楦表面采样点坐标和法向量信息提取结果图如图 3 所示。

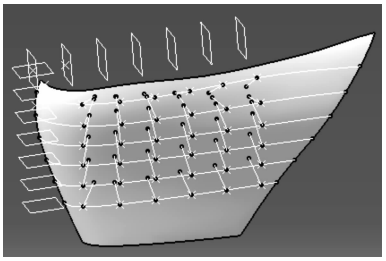

图 3　鞋楦表面信息提取结果图

4　鞋楦夹具布局方案分析

鞋楦夹具方案设计主要是指概念设计阶段,主要任务是根据鞋楦工件的表面形状和打磨喷胶等工艺要求,分析具体的设计要求,对鞋楦工件进行定位夹紧规划,确定整个鞋楦夹具的定位元件和夹紧元件的布局方案。

鞋楦 CAD 模型如图 1 所示,是通过三维设计软件 CATIA 生成的鞋楦几何模型。根据模型生成过程,可以把鞋楦表面分解成 6 块自由曲面,曲面 a 为鞋机打磨、喷胶等工艺的待加工面;b 面是一普通平面;其余四面均为自由曲面。基于点的鞋楦模型理论可得,主要的鞋楦表面特征点有两点:楦头点和楦尾点,且 c 面和 d 面为近似对称面。

据鞋楦表面形状分析可得,b 面可以用来作为定位面来使用,但考虑实际鞋楦外形,则作为加工面的鞋底表面上,鞋楦头部和鞋楦尾部曲率有可能相差很大。所以假如用 b 面作为定位面,有可能会导致鞋机打磨、喷胶时 z 轴方向移动范围较大,而且可能导致鞋底曲率变化较大的地方无法加工,所以在此不能选择 b 面作为定位面。考虑鞋机的加工需要,通过鞋楦底面创建一个辅助定位面进行辅助定位。

鞋机提取出来的鞋底打磨、喷胶等工艺的轨迹线如图 4 所示,根据鞋底加工轨迹上 40 个离散点的坐标值及法向量,确定一个平面,使加工轨迹上 40 个点到该平面的总距离最小。为了简化计算,在本研究中,取 40 个轨迹操作点的三维坐标平均值 $\bar{x},\bar{y},\bar{z}$ 作为该平面上的一点 Q,法向量的平均值 $\bar{n}$ 作为平面的法向量$\bar{n}$。这样就可以用上面得到的平面(记作 α)近似作为鞋楦零件的辅助定位面。其次鞋楦 c 面和鞋楦 d 面为近似对称面,可以通过对 c 面和 d 面进行辅助定位夹紧,转换成以中间对称面作为第 2 定位面。由于主要的鞋楦表面特征点有两点:楦头点和楦尾点。楦尾点附近区域的曲率变化小,所以可以选取楦尾点作为第 3 个定位基准并建立定位面。

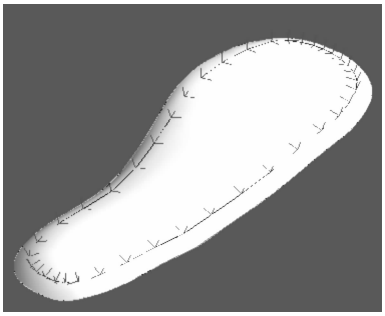

图 4　鞋底打磨喷胶轨迹点及方向

在本研究中,笔者采用形封闭定位夹紧原则[5-6],夹具元件与零件保持点接触,选择夹紧点的时候尽量要使夹紧点分布均匀。因为定位与夹紧的相互联系,夹紧并非是工件完全定位后为防止定位被破坏而附加的夹紧元件提供的夹紧,而是包含有定位与夹紧双重功能,所以定位元件和夹紧元件可以是同一个夹具元件。且根据形封闭定义可知[7],定位夹紧接触点数目 $m \geqslant 6+1=7$。考虑鞋楦底面为加工面,所以需从底面的对立面选取两点作为代替定位点。鞋楦定位夹紧布局安排步骤如下:

(1) 在 c 面和 d 面上分别选取近似的对称点作为辅助定位基准,执行定位夹紧功能;

(2) 以鞋楦底面加工轨迹线建立的近似平面 α 为辅助定位面,转化为待加工面上的点 S_1 和点 S_2 作为辅助定位点,因为鞋楦底面为加工面,所以在 b 面上选取一个定位点 L_1,e、f 面上选择一个定位点 L_2;L_1 和 L_2 分别为 S_1 和 S_2 对应的两点,作为该鞋楦的主定位点进行定位,执行定位后点 S_1 和点 S_2 撤去;

(3) 最后把鞋楦楦尾点作为第三定位点 L_3,在 e 面和 f 面也分别选取夹紧点 C_3 和 C_4 夹紧。

鞋楦夹具布局图如图 5 所示。

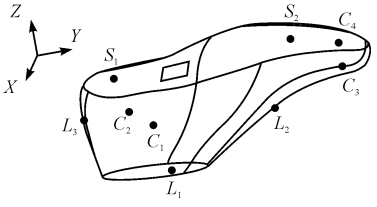

图 5　鞋楦夹具布局图

根据研究中确定的夹具方案以及定位夹紧算法,选定一组采样点 L_1、L_2、L_3,C_1、C_2、C_3 和 C_4。这些点的坐标值及此处的法向量(指向零件)如表 1 所示。

表 1 采样点的坐标值和法向量

		L_1	L_2	L_3	C_1	C_2	C_3	C_4
坐标值/mm	x	3.959	14.762	−0.969	−17.656	23.417	−28.655	50.818
	y	−24.482	76.310	−100.338	−48.585	−52.236	97.948	90.883
	z	−132.930	−72.018	−73.505	−92.434	−93.692	−45.698	−48.133
法向量	n_x	0.000 9	0.068 5	0.114 2	−0.902 4	0.911 1	−0.942 4	0.999 3
	n_y	−0.026 4	−0.471 6	0.994 0	0.001 5	−0.141 3	0.314 3	0.015 4
	n_z	0.999 6	0.879 1	0	−0.430 8	−0.387 2	−0.114 4	0.035 2

根据零件的确定性定位判定[8],组成的雅可比矩阵 J 为:

$$J=\begin{bmatrix} 0.000\,9 & 0.068\,5 & 0.114\,2 & -0.902\,4 & 0.911\,1 & -0.942\,4 & 0.999\,3 \\ -0.026\,4 & -0.471\,6 & 0.994\,0 & 0.001\,5 & -0.141\,3 & 0.314\,3 & 0.015\,4 \\ 0.999\,6 & 0.879\,1 & 0 & -0.430\,8 & -0.387\,2 & -0.114\,4 & 0.035\,2 \\ -27.981 & 33.120\,4 & 73.064 & 21.069 & 6.987\,1 & 3.157\,6 & 3.940\,3 \\ -4.077\,1 & -17.910 & -8.394\,3 & 75.806 & -76.296 & 39.788 & -49.888 \\ -0.0825 & -12.189 & 10.496 & -43.870 & 44.283 & 83.30 & -90.037 \end{bmatrix}$$

通过矩阵的初等变换,可得出矩阵 J 的秩 $R(J)=6$,并且这些点都符合上述的夹具设计方案,所以可以作为合理定位夹紧点。

5 结束语

本研究针对如鞋楦等表面形状为不规则自由曲面的工件,提出了一种基于 CATIA 二次开发的曲面鞋楦表面信息提取方法,其表面采样点相对于曲面的法向量计算方法,简单有效,且操作方便。笔者还对鞋楦模型进行了分析,根据形封闭原则确定鞋楦零件的定位夹紧方案,并运用雅可比矩阵进行方案夹紧验证,可以得出:提出的定位夹紧方案是符合要求的。

参考文献(References):

[1] 韦桂华. 中国制鞋业面临五大挑战[J]. 中外鞋业,2001(10):41-42.

[2] 陶 维,史伟民,陈赵颖. 前帮机轨迹涂胶系统设计[J]. 机电工程,2009,26(4):12-14.

[3] 徐从富,刘 勇,蒋云良,等. 个性化鞋楦 CAD 系统的设计与实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(10):1437-1441.

[4] 何朝良,杜廷娜,张 超. 基于 CAA 的 CATIA 二次开发初探[J]. 自动化技术与应用,2006,25(9):37-40.

[5] 来新民,陈关龙,林忠钦,等. 薄板冲压件焊装夹具设计方法[J]. 机械科学与技术,2000,19(5):785-787.

[6] 刘雯林,熊蔡华. 夹具的封闭性和工件的可分离性分析[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2003,31(8):7-9.

[7] 熊有伦. 点接触约束理论与机器人抓取的定性分析[J]. 中国科学 A 辑:数学,1994,24(8):874-883.

[8] 唐 东,李全胜,成 晔,等. 表面形状为自由曲面零件的装夹设计研究[J]. 计算机集成制造系统,1999,5(4):61-65.

[编辑:柴福莉]

FA/PA 2010 火热招展中,国际展商比例超过 50%

自 2009 年 10 月中国机电一体化技术应用协会宣布与汉诺威合作以来,2010 国际现代工厂/过程自动化技术与装备展览会(简称 FA/PA 展览会)呈现新一轮招展热潮,国内外自动化厂商纷纷瞄准中国市场,截至目前倍福、德资雅迪、宜科、皮尔兹、万可等众多世界一流自动化企业已报名参展,海外展商比例超过 50%。凭借汉诺威全球化的营销模式,本届展会还将新增国际展团,全面开创 FA/PA 的规模化和国际化。

全球制造企业对于中国北方工业市场呈现出的浓厚兴趣离不开华北乃至整个中国工业经济的迅猛发展。汇集众多国民经济产业体系的中国北方地区,尤其是环渤海地区已成为继珠江三角洲、长江三角洲之后的第三大规模区域制造中心,是中国最大的工业制造业密集区之一,分布着近百万家工业制造企业。各路自动化精英的踊跃参展,共同打造依托 FA/PA 展向世界推销自己的最佳舞台。

除展商踊跃参展外,作为中国北方唯一的专业自动化展会,FA/PA 同样受到了业界媒体的热切关注。中国工控网、中华工控网、《今日自动化》等专业媒体与主办方强势合作,通过观众组织和研究机构邀请的形式展开全方位市场宣传,同期举办的“2010ARC 离散及过程自动化年度论坛暨中华工控网绿色工业创新论坛”、“工业电子应用研讨会”、“风力发电中的电子技术及方案研讨会”等活动也将为国内外参展企业提供强大的宣传与交流平台。

FA/PA 2010 由中国机电一体化技术应用协会主办,德国汉诺威展览公司和汉诺威米兰展览(上海)有限公司承办,于 5 月 12~15 日在北京中国国际展览中心隆重举行。展会同期,主办方还将推出中国国际物料搬运与物流技术展览会和北京国际动力传动与控制技术专题展,三展联动,旨在为北方市场打造一个盛况空前、影响深远的行业盛会,也必将为潜力巨大的北方工业自动化市场注入无限活力。