

电脑皮革切割机控制系统的研究*

林智慧, 史伟民*, 杨亮亮

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为解决目前国内皮革切割机存在的切割速度较慢、皮革材料的利用率较低等问题, 将数控裁剪技术应用到皮革切割上, 提出了以工业PC机加运动控制卡为主控核心的电脑皮革切割机控制系统设计方案; 同时基于Windows XP系统, 通过Visual C++开发控制软件, 并在软件上结合皮革图样数据结构的特点, 利用各种计算机图形学算法实现了电脑皮革切割机的切割路径优化、图样软件排版等功能。研究结果表明, 采用该电脑皮革切割机进行皮革切割, 其切割质量与效率都得到了有效的提高。

关键词: 电脑皮革切割机; 控制系统; 图样排版; 路径优化

中图分类号: TP311; TH39; TH69 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)08-0937-04

Research on control system of computer leather cutting machine

LIN Zhi-hui, SHI Wei-min, YANG Liang-liang

(School of Machinery and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problems of the slow speed of cutting and low utilization rate of current domestic leather cutting machine, the NC cutting technology was investigated, and the control system design program of computer leather cutting machine was proposed of which the core is the industrial PC with a motion control card. Meanwhile, Visual C++ tool was used to develop the control software based on Windows XP. In the software, the functions of path optimization and pattern typesetting were realized with the use of a variety of computer graphics algorithms and combining with the features of pattern data in PC. The results show that using the cutting machine, the quality and efficiency of cutting have been improved.

Key words: PC leather cutting machine; control system; pattern typesetting; path optimization

0 引言

当前我国经济持续发展, 其中服装、制鞋等行业正逐步与国际接轨, 在国内先进企业, 电脑皮革切割机的使用已经越来越多^[1-2]。电脑皮革切割机的主要优点是: 切割出的皮料样片质量好而且稳定, 不易受到人为因素的影响; 对皮料利用率高, 有利于节约成本; 其裁剪速度快, 生产周期短; 可以减少劳动力、降低劳动强度等。从目前来看, 电脑裁床技术会像CAD技术一样成为制造业的主要技术。而当前我国的电脑皮革切割机还处于起步阶段, 相比国外仍然存在较大的差距, 导致各制造厂对国外产品的依赖性很高, 所以自主研发电脑皮革切割机对国家经济发展有着

重要的意义。

本研究致力于在软件上对切割机的控制系统进行优化, 以提高它的切割质量与效率。

1 电脑皮革切割机硬件系统与加工过程分析

1.1 电脑皮革切割机硬件系统

电脑皮革切割机硬件组成主要包括工业计算机、I/O卡、运动控制卡、伺服驱动器、运动电机及各种加工辅助设备, 其结构示意图如图1所示。其中, 计算机是该系统的核心, 主要工作包括数据处理及发送控制指令, 同时提供人工交互界面, 在运动控制过程中对

收稿日期: 2012-03-26

基金项目: 浙江省重大科技专项资助项目(2011C11063); 浙江理工大学科研启动基金资助项目(0903823-Y)

作者简介: 林智慧(1986-), 男, 浙江温州人, 主要从事机电控制及其自动化方面的研究。E-mail: 125473011@qq.com

通信联系人: 史伟民, 男, 教授级高级工程师, 硕士生导师。E-mail: swm@zstu.edu.cn

系统进行监控。运动控制卡负责接收计算机的指令数据,并发送脉冲给三轴伺服驱动器,实时地控制三轴的位置与速度,该环节是影响皮革切割质量的主要因素。I/O卡主要控制刀具、压盘的上下行程,真空泵的开关位等。在切割过程中,如果刀具旋转角度达到一定程度就需要控制它提刀^[3],而压盘的作用是铺平切割平面,真空泵则能有效防止皮革产生滑动。

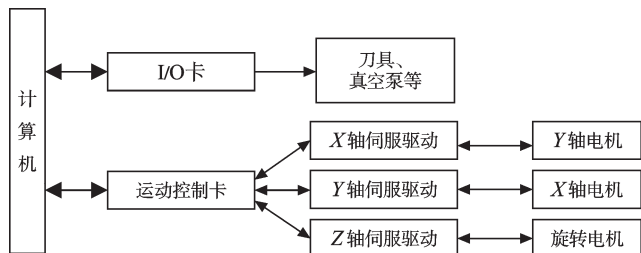


图1 电脑皮革切割机结构示意图

1.2 加工过程分析

切割机裁剪样片的流程简述如下:将整块皮革放到如图2所示的平台上,开启电源开关;运行电脑上的控制软件,选取需要加工的图形文件后开始控制移动刀架;当刀架到达第一个图样的进刀点,压盘下压、刀片下移;开始切割后X轴与Y轴控制刀架的平面位置与速度,Z轴控制刀片的转向;切完一个样片图形后,开始重复上面的步骤,直到切完所有的图形。结束后,刀架与刀片都进行回零。

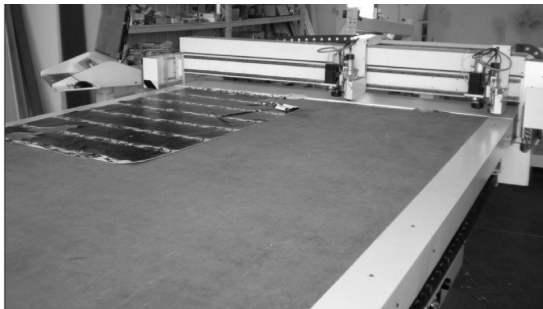


图2 电脑皮革切割机

2 电脑皮革切割机软件系统

在电脑皮革切割机进行样片切割时,控制软件主要经过如下步骤,包括文件读取、图形显示、图样排版、路径优化、控制切割等。

2.1 DXF文件数据读取与储存

该软件读取的图形文件由2D机械绘图工具AutoCAD绘制,它的保存格式为DXF,该格式文件以ASCII值形式储存,可分为5个段:

- (1) 标题段(HEADER)。描述与图形相关的变量。
- (2) 表段(TABLES)。包括线性表(LTYPE)、层表(LAYER)、字体表(STYLE)、视图表(VIEW)等一共8个

表。

(3) 块段(BLOCKS)。描述了图形中组成每个块的实体。

(4) 实体段(ENTITIES)。这一段含有实体,包括任何块的调用,是该本软件数据的主要来源。

(5) 结束段(EOF)。表示文件结束。

根据需要,本研究只需读取DXF文件当中各图元的X轴与Y轴的坐标信息,采用如下定义的数据结构进行存储:

```

struct Sample_Closed_Head_struct
{
    int Num_of_Sample; //包含样品的个数
    int choose_signal; //是否被选中,1,选中,0,未选中
    int collid_signal; //是否和别人碰撞,1,碰撞,0,未碰撞
    int print_signal; //该链表是否绘制在屏幕上,1,绘制,0,未绘制

    int operation_signal; //操作标志,0,未操作,1,已操作
    int in_group_signal; //是否在组中,1,在组中,0,不在组中
    int Group_Num; //组号
    HPosition start_point; //起始点
    HPosition end_point; //终点
    Sample *SampleLine_Ptr; //指向样品数据结构
    Sample_Closed_Head_struct * next_Sample_Closed; //指向下一个图形
    Sample_Closed_Head_struct * pre_Sample_Closed; //指向上一个图形
    Sample_Closed_Head_struct * next_Cut_Sample_Closed; //下一个切割图
    Sample_Closed_Head_struct * pre_Cut_Sample_Closed; //上个切割图
};
  
```

因为所有实际要切割的图形必须闭合,上面的结构体表示一个闭合图形的各类信息,并通过链表串联所有的图形。每个图形的具体数据存在Sample类型的结构体中,主要包括直线、多段线、多边形、圆、圆弧、样条曲线等。为了之后能更方便地处理数据,本研究在数据存放之前,需要先对各个图形进行插补处理。例如一个图形为圆(Circle),本研究从DXF文件中可以得到圆心和半径的数据,插补时采用的计算公式如下:

$$x = c_x + r \cdot \sin(n\theta) \quad (1)$$

$$y = c_y + r \cdot \cos(n\theta) \quad (2)$$

式中: x , y — 插补点的坐标; c_x , c_y — 圆心的坐标; r — 半径; n — 第 n 个点。

式(1,2)表示,本研究从水平方向开始每隔一个角

度(θ)截取一点作为插补点,直至终点结束。所以,最终数据由各个点的坐标组成。

2.2 皮革图样排版

电脑皮革切割机在软件上实现皮革图样的排版,可以在大幅度地减少皮革材料的浪费的前提下快速进行,对实际生产具有重大的意义。一般情况下,皮革图样为不规则图形,因此本研究需要采用一定的技巧对其进行处理^[4-5]。截取自控制软件上两幅实验图如图3所示,分别表示在排版前后图样的排列情况。

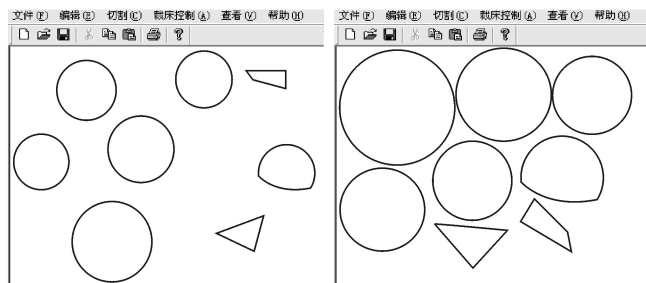


图3 排版前后对比

2.2.1 手工排版

手工排版即工人根据实际生产经验在软件上对各图形进行移位、旋转等操作。要实现手工排版,首先必须具有图形碰撞检验的功能,不能让任意两个图形出现交叉的情况。本研究假设图样经过插补处理后由 n 个坐标表示 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$,碰撞检验具体方法如下:

(1) 在这 n 个点中找出最大的 $x_{\max}$ 、 $y_{\max}$ 点及最小的 $x_{\min}$ 、 $y_{\min}$;

(2) 建立一个图样中心点, $x_c = (x_{\max} - x_{\min})/2$ 、 $y_c = (y_{\max} - y_{\min})/2$ 为它的坐标值;

(3) 在 n 个点中找出距离中心点最远的点,计算它们之间的距离,并以该距离 d 为半径,中心点为圆心创建一个圆作为图样的包含圆;

(4) 判断两个图样的中心点距离是否大于两个图样包含圆的半径之和,如何成立,两者不交叉,反之交叉。

在任意两个图样不交叉的情况下,本研究对图样进行移位,只需对图样每个插补点都进行平移处理:

$$x = x + d_x \quad (3)$$

$$y = y + d_y \quad (4)$$

同理,本研究对图样进行旋转,即将每个插补点都进行旋转即可。假设旋转角度为 θ ,计算方法为:

$$x = x \cdot \cos \theta - y \cdot \sin \theta \quad (5)$$

$$y = x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta \quad (6)$$

2.2.2 自动排版

自动排版以减少人工劳动力、提高排版速度为目的,在整个排版过程中无需人为参与。本研究通过求解图样的最小包络矩形,将相同图样的最小包

络矩形进行聚合,把不规则图样排版问题转为矩形排版问题^[6-7]。

最小包络矩形的求解方法是:首先连接图样的所有插补点形成一个闭合图形;然后把闭合图形的其中一边旋转至垂直位置,同时其他边也旋转相同的角度;求出此时插补点中在水平和垂直方向上各自的最大、最小值,利用这4个值得到一个矩形;所有闭合图形的边都按上述步骤操作一次,得到的矩形中最小的一个即为最小包络矩形。

矩形聚合通过将已经得到的最小包络矩形进行聚合:两个图形相同,将其中一个矩形旋转 180° ;每次一个矩形朝另一个矩形的某一个方向推进该方向的 $1/10$ 矩形边长度,同时检验它们是否发生了碰撞,结束后找出不碰撞的情况下包含两个图样的最小矩形;本研究比较聚合后最小矩形与两个图样最小包络矩形之和的大小,如果前者较小则表示聚合成功,反之表示失败;4个方向都进行一次,本研究取聚合成功的矩形当中的最小者,如果聚合都不成功就不进行聚合。

矩形拍样是比较所有矩形的大小后,将较大的矩形按顺序从左到右、从上到下依次放入图板;在水平方向上排放矩形之前需先判断是否已经超出了边界,如果是则换行;换行后还需计算上一行空白的板面的大小,查找是否有还没排放的矩形可以插入空白;本研究使用该方法直到将所有矩形都排放到板面上。

2.3 切割路径优化

在实际加工过程中,材料样品数量一般很大。根据经验,样品切割的时间占总工作时间的一大部分,尤其反映在批量切割的时候。因此,如何提高切割速度非常重要,可以在软件上找出一条切割的最短路径。求解最短路径的办法之一是将问题转为GTSP,结合遗传算法和动态规划的方法解决该问题^[8]。

2.3.1 切割路径问题模拟

GTSP是标准旅行商问题(TSP)的升级,TSP可以描述为:有一个城市集 $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$,每两个城市之间的距离为 $d = (c_i - c_j)$, $i \neq j$,目的是找到经过所有城市并且只经过一次的最短的Hamilton圈。GTSP则将集合 C 分解为 k 个子集 $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_k\}$,找出一个经过所有城市子集且只经过一次最短的Hamilton圈。图样模拟GTSP如图4所示,切割问题可以这样模拟:将闭合的切割样片视为一个城市集合,各个切割样片的插补点视为城市点,最短路径即最短的Hamilton圈,这样切割路径的优化问题便转为求解GTSP。当然在实际切割的过程还有一个机器零点,切割总是从该点开始,并且在切割结束后又回到这一点,它不属于图上任何一个闭合图样。

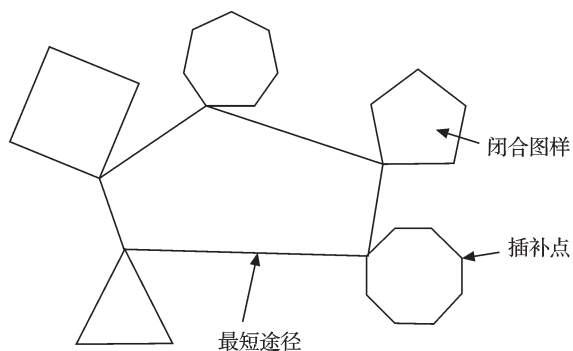


图4 图样模拟 GTSP

2.3.2 切割路径问题解决

第1步:本研究使用动态规划法确定每个图样的进刀点。多段图最短路径如图5所示,假设一组闭合图形顺序为 B 、 C 、 D ,同时用 A 表示零点, E 表示退刀点, B_1, B_2, B_3 分别为闭合图形 B 的3个插补点, C 与 D 的情况类似。动态规划法的做法是先找出 D 的插补点到 E 的距离最短的点作为 D 的进刀点,再利用它们之间的距离找出 C 的插补点到 E 的距离最短的点作为 C 的进刀点。如果有 n 个闭合图形,本研究只需按上述方法依次查找就能得到所有进刀点。

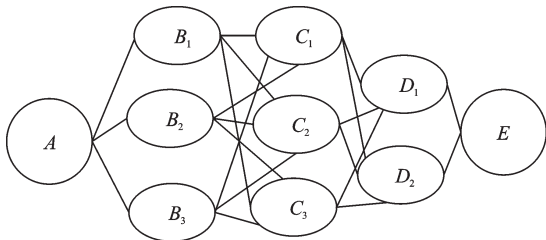


图5 多段图最短路径

第2步:本研究利用遗传算法解决问题。首先将 n 个待切割闭合图形的进刀点和机器的零点进行编号,用 $(0, x_1, x_2, \dots, x_n)$ 作为初始染色体,其中0表示机器零点,不参与染色体的变化,之后分为4个步骤:

(1) 个体评价。本研究计算每个个体的适应度,这里即计算所有相邻进刀点的距离之和,它们的和越小,适应度就越高;

(2) 随机产生几组新的染色体。本研究选择两组适应度较高的染色体作为父母染色体,对其进行交叉、变异,得到新的染色体;

(3) 对新的染色体进行改进。本研究采用的方法是:每个染色体的邻近点都按从小到大的顺序进行排列,再随机选取一个起始点,从排列的邻近点中查找出它的最邻近点作为新的起始点,在单点不重复出现的前提下继续查找新起始点的最邻近点,依次结束;

(4) 判断终止条件。主要是验证适应度与运算循环的次数,因为必须也考虑速度的问题,如果成立就终止,不成立则回到步骤(1)。

遗传算法在此的应用虽然还不够成熟,但经过大量检验,相比较贪心算法、动态规划、回溯法,其结果最优^[9-10]。

3 结束语

为解决国内皮革切割机存在切割速度慢,皮革材料利用率低等问题,本研究提出了电脑皮革切割机控制系统。目前,该控制系统已经基本完成,主要具有两个优势:首先,可以根据自身的需要选用运动控制卡、伺服驱动器及电机等,相对于使用整套国外的设备可以节约数万元的生产成本;其次,结合皮革图样数据结构的特点在软件上实现优化路径、图样排版等功能,取得了良好的效果。

经实际应用发现,相比普通皮革切割机,该电脑皮革切割机的切割速度快、用料省。它不仅可以有效提高企业的经济效益,同时对加快国内皮革切割技术发展具有积极的意义。

参考文献(References):

- [1] 叶冬芬,周建强,赵燕伟,等. 数控皮革裁剪纸裁制运动控制系统研究及其实现[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(7): 1557-1559.
- [2] 赵 勇,黄大贵,吴献刚,等. 开放式数控裁床软件系统的研发[J]. 微计算机信息, 2009, 25(21): 163-165.
- [3] 佟 鑫,陈言秋,王 君,等. 皮革裁切加工算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(7): 1642-1645.
- [4] 贾志欣,罗 阳. 二维不规则零件排样问题的遗传算法求解[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(5): 11-13.
- [5] 张英杰. 二维不规则零件自动排样的优化算法[J]. 机械设计与研究, 2009, 25(5): 79-81.
- [6] 曹 锋,贾桂红. 基于VC++的二维排料与数控自动编程系统的设计[J]. 机床与液压, 2008, 36(9): 130-132.
- [7] 汪杭军,刘真样,杨光艺. 自动排料中关键算法的研究[J]. 计算机应用, 2005, 25(B12): 339-344.
- [8] 季国顺,王 文,陈子辰. 数控多轮廓加工走刀空行程路径优化[J]. 农业机械学报, 2008, 39(7): 154-158.
- [9] 许志聪. TSP问题及其解法研究[J]. 大众科技, 2008(10): 50-51.
- [10] 熊伟清,郭举良,魏 平. 一种快速求解TSP问题的遗传算法[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(1): 19-22.

[编辑:李 辉]