

激光模切扫描算法研究

程传新, 崔博, 张海燕
(西安理工大学, 西安 710048)

摘要: **目的** 研究激光模切加工过程中激光束扫描运动控制算法。**方法** 首先通过编写激光模切扫描的相关控制程序, 自动读取矢量模切图形并生成相应的G代码, 然后对模切过程进行动画预览, 如果发现问题就对G代码进行相应的修改, 从而自动生成完善的下位机控制程序, 最后搭建实验平台进行验证。**结果** 激光模切扫描算法能够准确地控制激光束的模切轨迹, 最大加工误差为 ± 0.05 mm, 激光模切效果比较理想。**结论** 基于该激光模切扫描算法的控制系统, 能够对生产线上移动的印刷品进行完全数字化模切加工。

关键词: 激光模切; 扫描算法; G代码; 下位机控制程序

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)17-0107-05

Scanning Algorithm of Laser Die-cutting

CHENG Chuan-xin, CUI Bo, ZHANG Hai-yan
(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

ABSTRACT: Objective To study the scanning algorithm of laser die-cutting. **Methods** Through writing the control program of laser die-cutting, the vector graphics could be read and the G code could be generated automatically, and then the preview of cutting process could be displayed in animation form. If any problem was found during the preview, the G code could be modified accordingly. Accordingly, a more perfect lower machine control program would be generated automatically. At last, a experimental device was set up to verify this scanning algorithm. **Results** The scanning algorithm could control the die-cutting trajectory of the laser beam, the maximal processing error was ± 0.05 mm, and the results of laser die-cutting were relatively ideal. **Conclusion** The laser die-cutting control system based on this scanning algorithm could realize fully digital die-cutting for the moving printed matters in production line.

KEY WORDS: laser die-cutting; scanning algorithm; G code; lower machine control program

激光模切是国外最新研发的一种新型模切加工技术, 使用CO₂激光切割代替传统模切版制作方式, 由电流计扫描振镜(galvanometer)控制激光的模切路线, 能够实现完全数字化的模切加工, 是模切技术的重要发展方向^[1]。激光模切的核心技术是其复杂的扫描算法, 它能自动控制激光束对移动输送的印刷品实现精确和快速的模切加工, 但国内对此的深入研究并不多见^[2]。为此, 结合模切生产加工特点对激光扫描相关理论进行了相应的修正, 对激光扫描过程中的图

形读取、加工预览和下位机控制程序自动生成等进行了研究, 并将相关的设计融入上位机控制界面, 使激光模切能够实现全程数字化加工。

1 激光模切工作原理

目前, 激光模切机主要采用振镜式扫描模切方式, 它比飞行式扫描模切的速度更快、效率更高^[3]。振镜式激光模切系统主要包括CO₂激光器、振镜、场镜

收稿日期: 2013-06-29

作者简介: 程传新(1987—), 男, 山东人, 西安理工大学硕士生, 主攻印刷包装技术与设备。

(聚焦镜)和控制板等^[4],见图1。



图1 激光模切系统工作原理

Fig.1 The working principle of laser die-cutting system

在进行激光模切时,激光束首先照射到X振镜上,并根据镜片的偏转角度发生反射,使激光束在x坐标方向上发生一定的偏移;反射后的激光束照射到Y振镜上,并在y坐标方向上发生一定的偏移;最后经过聚焦镜聚焦后照射在印品表面的特定位置,并沿着模切活件特定路线进行模切加工,从而模切出所需要的图形^[5-6]。

激光模切机使用的是功率为100~1000 W的水冷式CO₂激光器,其发射的激光束经过聚焦镜聚焦,在印品上形成直径大约为210 μm的光斑,并在该处产生10 000 ℃以上的局部高温,使该处的纸张瞬间汽化,再配合冷却气体将汽化产生的气体吹走,从而切割出不带黑色灼烧痕迹的图形^[7]。

2 激光扫描算法相关理论

2.1 激光矢量扫描

要根据加工图形的具体参数来控制激光模切的路线,必须精确控制X/Y振镜的转角,即首先必须掌握印刷品上激光点的位置坐标与X/Y振镜转角大小之间的关系,并结合印刷品的移动输送对该关系算法进行修正^[8]。激光模切点的位置坐标与X/Y振镜转角之间的几何关系见图2。其中, θ_x 、 θ_y 分别表示X振镜和Y振镜的偏转角度, d 为X振镜与Y振镜之间的距离, L 为Y振镜与加工表面之间的距离。X/Y振镜的起始位置都是45°,当X/Y振镜偏转角度都为0时,激光束正好投射到加工平面的原点位置^[9]。

当改变X振镜或Y振镜的角度,则激光在加工平

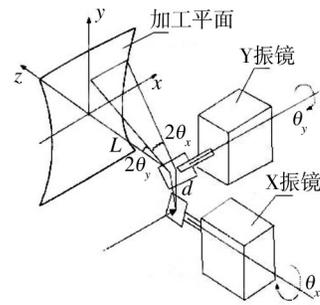


图2 激光振镜扫描的几何关系

Fig.2 The geometry relationship of laser galvanometer scanning

面上的运动轨迹为:

$$\begin{cases} x = (\sqrt{L^2 + y^2} + d)\tan(2\theta_x) \\ y = L\tan(2\theta_y) \end{cases} \quad (1)$$

通过式(1)也能够由模切点的位置坐标来反求X/Y振镜需要的偏转角度:

$$\begin{cases} \theta_x = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{x}{\sqrt{L^2 + y^2} + d}\right) \\ \theta_y = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{y}{L}\right) \end{cases} \quad (2)$$

式(1)(2)可以应用于针对静止印刷品的激光模切。如果需要对移动的印刷品进行激光模切,就应对关系算法加以修正,即在印刷品移动方向加上变量 $\Delta L=vt$,其中, v 是印刷品的移动速度, t 是图形单元模切开始后印刷品移动的时间。例如,当印刷品沿x坐标轴的正方向移动时,实际模切点的位置坐标为:

$$\begin{cases} x' = x + vt \\ y' = y \end{cases} \quad (3)$$

将式(3)带入式(2)推导出对移动印刷品模切时所需的X/Y振镜的转角值:

$$\begin{cases} \theta'_x = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{x + vt}{\sqrt{L^2 + y^2} + d}\right) \\ \theta'_y = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{y}{L}\right) \end{cases} \quad (4)$$

根据上述关系算法,激光模切控制系统通过读取矢量模切图形各个组成线条的主要参数信息(比如直线的起点和终点坐标等),就能自动计算出相应的X/Y振镜转角值,进而生成下位机控制程序代码,对移动的印刷活件进行激光模切加工。当模切幅面较大时,需要引入枕形失真和桶形失真的信号校正补偿数据库进行修正,从而保证激光模切的精度^[10]。

2.2 插补运动控制

插补运动控制是数控技术中常用的一种运动控制策略^[11]。基于插补运动控制,激光模切控制系统可以根据给定的直线和圆弧(曲线)的参数信息,在轨迹上的已知点之间进行数据点密化,从而确定一些中间点,然后通过控制X/Y振镜的偏转角度使激光束沿着这些具有极小台阶所组成的折线进行模切,从而实现印刷品的自动化模切加工^[12]。每步折线的长度越小,其运动轨迹与目标线条就越接近。直线插补的运动路线见图3。

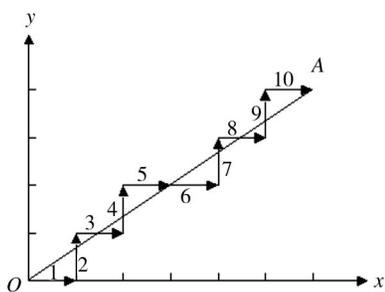


图3 直线插补运动路线

Fig.3 The route of linear interpolation

3 激光模切扫描算法实现

3.1 读取矢量图形

模切图形是由一系列线条组成,其中每个线条又可以近似地看作1个或若干个直线或圆弧组成,为了更加准确和快速地读取模切图形的主要参数信息,使用矢量图是非常理想的选择^[13]。矢量图是按照几何特性绘制的图形,包含相互独立的组成元素,与分辨率无关,在放大后不会失真,常用于图形和标志设计等。

在读取矢量图形时,主要读取各个组成线条的主要信息,比如直线的起点和终点坐标,圆弧的起点坐标、终点坐标、半径、顺逆方向等。在读取这些参数后,对其依次进行记录和保存,并按照G代码的格式标准编写出相应的激光模切加工G代码,从而控制激光扫描进程,同时也方便操作人员进行查看和修改。

3.2 生成G代码

数控程序指令G代码是数控加工中常用的控制指令,激光模切控制系统能够根据G代码自动进行直

线插补或圆弧插补等运动控制,从而实现激光模切加工的自动化^[14]。G代码包含很多指令,最常用的是G00(快速定位)、G01(直线插补)、G02(顺时针方向圆弧插补)和G03(逆时针方向圆弧插补),它们的格式如下:

G00(快速定位),后面跟插补运动起点的X,Y,Z的值,如G00X0Y0Z0。

G01(直线插补),后面跟插补运动终点的X,Y,Z的值,如G01X10Y10Z0。

G02(顺圆插补),后面跟插补运动终点的X,Y值和I,J值,其中,I和J分别表示圆心坐标相对于圆弧插补起点坐标的X值和Y值。

G03(逆圆插补),用法同顺圆插补相似。

在通过读取矢量图形生成相应的G代码时,为了让操作人员更清晰和快速地识别每条G代码所代表的信息,可以在每组插补运动控制代码之前添加和显示该组代码的类别,例如:如果是直线插补就在这组G代码前添加“LINE”,如果是圆弧插补就添加“ARC”,如果是整圆插补就添加“CIRCLE”。

在进行三维立体加工时需要使用X,Y,Z等3个坐标参数,而激光模切主要是进行二维坐标系内的加工,主要使用X和Y坐标值的信息,此时Z值可以用来控制激光器的开闭和功率,例如“Z0”表示激光器关闭,“Z1”表示激光器打开,此时激光恰好能将印刷品切透,“Z0.5”表示此时激光器的功率为切透印刷品时所用功率的一半,可以将印刷品仅切割一半的深度,方便对印刷品进行折叠、剥离等操作。

3.3 加工预览

为了提前查看G代码控制下的激光模切效果,可以在上位机控制界面内设计和添加“加工预览”。它可以根据读取矢量图时生成的G代码与直线和圆弧插补规则自动计算出每步激光模切的位置坐标,并通过动画模拟和显示整个过程,见图4。

如果在加工预览中发现了问题,不仅可以通过修改G代码的相关参数值来提高模切精度,而且可以通过复制和粘贴相关G代码来调整各个插补运动的先后执行顺序,从而使激光模切的总路径最短,或是按照用户的要求进行有选择的模切加工。

3.4 生成控制程序

读取矢量模切图形时生成的G代码包含该模切

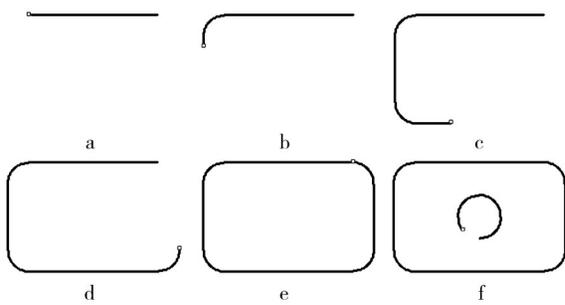


图4 激光模切加工预览

Fig. 4 The preview of laser die-cutting

图形的每条直线或圆弧的详细参数,将这些参数调用到相应的直线或圆弧插补运动控制程序中,并结合式(4)和振镜电机的控制时序图,就能自动生成下位机运动控制程序。

振镜电机比较昂贵,故以步进电机代替振镜电机,并使用雷赛细分驱动器细分步进电机的步距角,从而保证激光模切的精度。在这里的激光模切控制系统电路设计中,控制X振镜镜片的步进电机,其细分驱动器的脉冲信号端(PUL)和方向信号端(DIR)分别连接单片机的P1.0和P1.1引脚,控制Y振镜镜片的步进电机,其细分驱动器的脉冲信号端(PUL)和方向信号端(DIR)分别连接单片机的P1.2和P1.3引脚,而步进电机细分驱动器的使能端(ENA)一般悬空。步进电机的控制时序图见图5。

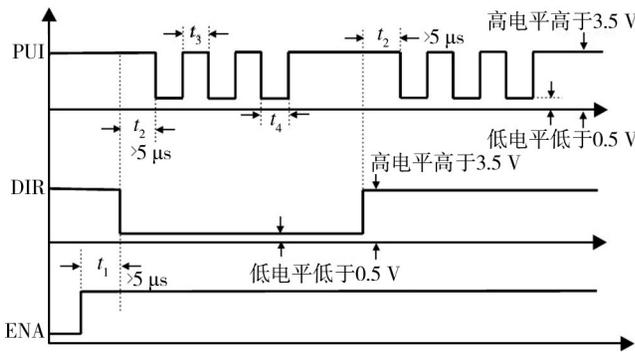


图5 步进电机控制时序

Fig.5 The controlling sequence diagram of subdivision driver

单片机按照控制时序图向细分驱动器发送脉冲和方向信号就能够精确控制步进电机的运转。要让激光模切点向x正方向走1步,就需要控制X振镜镜片的步进电机正转1个步距角。如果此时单片机的P1.0和P1.1引脚的电压都为高,(即(1,1)时,就需要P1.0和P1.1引脚向控制该步进电机的细分驱动器发送的

脉冲和方向信号依次为(1,0)、(0,0)、(1,0);如果此时的P1.0和P1.1的电压分别为高和低,即(1,0)时,就需要P1.0和P1.1引脚向控制该步进电机的细分驱动器发送的脉冲和方向信号依次是(0,0)、(1,0)。如果想让模切点向y的正方向或负方向走1步,可以采用类似的控制策略。根据此原理编写下位机控制代码的自动生成程序。

4 激光模切实验验证

为了检验研究的激光模切算法的可行性和效果,将上述相关算法融入到所设计的上位机控制界面(图6)相关程序内,并进行激光模切实验,实验效果比较理想(图7)。

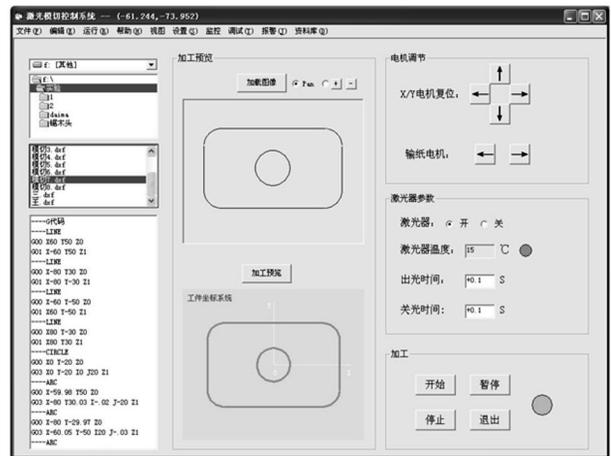


图6 激光模切控制系统的人机界面

Fig.6 The man-machine interface of laser die-cutting control system

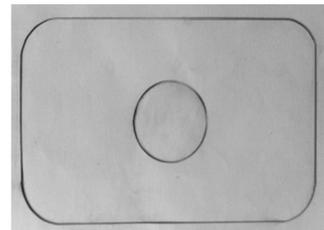


图7 激光模切效果

Fig.7 Result of laser die-cutting

在进行激光模切实验时,首先读入矢量图形文件并生成相应的G代码,然后通过加工预览查看激光模切的模拟效果,并根据发现的问题对相应的G代码进行修改和完善,再根据修改后的G代码自动编译生成

下位机控制程序。此外,该人机界面还可以对X/Y步进电机、输纸步进电机和激光器等仪器的相关参数进行设置和调节。当所有上述操作完成后点击“开始”控件,下位机各个组件就能自动进行激光模切加工。

5 结语

主要研究了激光模切的扫描算法,设计了扫描过程中相关操作的具体实施方案,使激光模切的上位机控制界面不仅能够读取矢量图形并自动生成G代码,而且能够进行加工预览和G代码的修正,并自动编译生成下位机控制程序,使整个激光模切过程实现数字化、自动化和智能化。

参考文献:

- [1] BACON M. 激光模切机最终将与旋转模具切割机竞争吗[J]. 航空制造技术, 2010(6): 63—64.
BACON M. Are Lasers Finally Competing With Rotary Die Cutters[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(6): 63—64.
- [2] FOXWELL M. Spartanics Aims for Precision with Cutting Edge Technology[J]. Printing World, 2005(4): 32—33.
- [3] 王萌. 数控激光模切系统研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
WANG Meng. Research of Digital Controlled Laser Die-Cutting System[D]. Tianjin: Tianjin University, 2007.
- [4] 任德明, 王元虎, 曲彦臣, 等. 采用扫描振镜方式的快调谐TEA CO₂激光器[J]. 中国激光, 2007(8): 1027—1031.
REN De-ming, WANG Yuan-hu, QU Yan-chen, et al. A fast Tuning TEA CO₂ Laser of Scanning Galvanometer[J]. Chinese Journal of Lasers, 2007(8): 1027—1031.
- [5] MILLER E. Spartanics Pairs with Klemm for Laser Cut[J]. Cutting World, 2005, 291: 30—32.
- [6] FOXWELL M. Spartanics Aims for Precision with Cutting Edge Technology[J]. Printing World, 2005, 292: 25—27.
- [7] 陈继民, 肖荣诗, 左铁钊, 等. 激光切割工艺参数的智能选择系统[J]. 中国激光, 2004(6): 757—760.
CHEN Ji-min, XIAO Rong-shi, ZUO Tie-chuan, et al. The Intelligent Selection System of Laser Cutting Process Parameters[J]. Chinese Journal of Lasers, 2004(6): 757—760.
- [8] 张帆. 激光扫描投影显示的研究和扩展应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
ZHANG Fan. Research on Laser Scanning Projection Display And Extended Applications[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.
- [9] 纪荣祎, 赵长明, 陈国. 激光扫描转镜扫描轨迹的分析计算[J]. 中国激光, 2011(4): 204—208.
JI Rong-yi, ZHAO Chang-ming, CHEN Guo. The Analysis and Calculation of the Scanning Path of Laser Scanning Mirror[J]. Chinese Journal of Lasers, 2011(4): 204—208.
- [10] 黄娇燕. 图像激光动画显示系统研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2010.
HUANG Jiao-yan. Research On Image Animation Display System Using Laser[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2010.
- [11] 张晓辉, 于东, 洪海涛, 等. 数控加工中的平滑压缩插补算法研究[J]. 机械工程学报, 2011(5): 156—162.
ZHANG Xiao-hui, YU Dong, HONG Hai-tao, et al. Research on Smooth Compression Interpolation Algorithm in Nc Machining[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2011(5): 156—162.
- [12] 王超. 数控机床驱动系统分析及步进电机驱动系统设计[D]. 天津: 天津大学, 2004.
WANG Chao. The Analysis of Drive System of the NC Machine and the Design of Stepper Motor Drive System[D]. Tianjin: Tianjin University, 2004.
- [13] 何高奇, 潘志庚, 张明敏. 面向移动设备的矢量图形绘制技术[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2008(11): 6—8.
HE Gao-qi, PAN Zhi-geng, ZHANG Ming-min. Vector Graphics Rendering Technology for Mobile Devices[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2008(11): 6—8.
- [14] 刘为志, 栾楠, 刘宝生. 基于G代码的工业机器人的自动编程[J]. 机器人, 2002(6): 497—501.
LIU Wei-zhi, LUAN Nan, LIU Bao-sheng. Automatic Programming of the Industrial Robot Based on G Code[J]. Robot, 2002(6): 497—501.