

文章编号: 1001-3806(2012)01-0131-03

激光打标系统中打标路径的提取及优化

匡艳 吴云峰* 吴波 吴建平

(电子科技大学 光电信息学院 成都 610054)

摘要: 为了满足激光打标系统不同的精度要求,通过分析 PLT 文件格式,以 Visual C++ 作为软件开发平台,准确解析了文件中的矢量图形,提取到原始打标路径。在传统的直线插补方法基础上进行算法改进,对矢量图形中的曲线作直线段逼近优化,进行了理论分析和实验验证。结果表明,通过设置适当的步长,可很好地解决激光打标系统中提取打标路径的问题。

关键词: 激光技术;激光打标;直线插补;打标路径;PLT 文件;Visual C++

中图分类号: TG665 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1001-3806.2012.01.034

Extraction and optimization of marking path in laser marking systems

KUANG Yan, WU Yun-feng, WU Bo, WU Jian-ping

(College of Optoelectronic Informantion, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: In order to meet the accuracy of a laser marking system, after analyzing the PLT file's format, the vector graphics in the PLT file was correctly parsed based on the Visual C++ development platform and the original marking path was extracted. Traditional linear interpolation algorithm was improved because the curves in the vector graphics were approximated to straight lines. Analytical and experimental results show that the algorithm can well resolve the problem how to achieve the marking path by setting an appropriate step length.

Key words: laser technique; laser marking; linear interpolation; marking path; PLT file; Visual C++

引言

随着激光技术的发展,激光打标机^[1-3]作为激光加工技术的一种^[3-4],在当今工业领域的应用也愈发凸显出来。由于激光具有优异的单色性、相干性、方向性,同时具有很高能量密度,因此广泛用于材料加工,对产品或者工件表面上进行文字、标记、图形图像等的标刻^[5-7],以制作出商品标识或者工艺品等。激光打标属于一种无接触的打标方式,高能量的激光束聚焦在材料表面上,使材料迅速气化,形成凹坑,随着激光束在材料表面有规律地移动并同时控制激光的开断,激光束也就在材料表面加工成了一个指定的图案^[8-9]。与传统电化学、机械等标刻方法相比,具有无污染、高速度、高质量、不需要任何耗材等优点^[10]。应用于激光打标系统中的图像分为两种:点阵图像和矢量图像。其中,点阵图像采用 3×3 或者 4×4 点阵表示一个像素点,利用点阵中的黑白像素点分别代表不同的深浅灰度。矢量图像多利用 AutoCAD 产生的 PLT 文件,这

种图像文件小,占用系统资源少,使标刻效率较点阵图像方法高,成为目前激光打标的主要资源文件。与 AutoCAD 产生的 DWG 格式文件相比较,PLT 文件是 CAD 出图的一个中间性的文件,它是不可修改的,正因为它的不可修改,从而使它避免了 CAD 文件(DWG 格式)在不同的电脑、不同的系统,因为字体原因而造成乱码。而且 PLT 格式的图形浏览软件比较多,功能也比较全面,很容易满足图形浏览的功能要求。

1 PLT 文件格式分析

PLT 图形文件是激光打标系统中工程文件的一种重要文件格式,准确解析 PLT 文件成为激光打标系统的一项基础却很重要的任务。

AutoCAD 输出的 PLT 文件是利用 Hp-GL 语言模拟绘图仪,使用户可以方便地得到图形的矢量信息。在 AutoCAD 中,要输出这种文件,需要添加支持 Hp-GL 语言的驱动程序,选择“File/Print”菜单命令,在出现的对话框中选用支持 Hp-GL 输出的打印机或者绘图仪,同时选择“Print to File”选项,即可得到 PLT 文件。

PLT 文件中的图像数据是由指令集与数值构成,从而保存了一幅完整的矢量图像。其指令集主要包括绘制线段、多段线、圆、圆弧以及贝塞尔曲线等常见矢

作者简介:匡艳(1987-),女,硕士研究生,现主要从事激光应用技术的研究。

* 通讯联系人。E-mail: 1005250145@qq.com

收稿日期:2011-03-21;收到修改稿日期:2011-05-05

量图元,每一条指令由多个英文字母构成,其后紧跟的数字代表绝对坐标、相对坐标或者两点间的长度(指令PU后不跟数值,表示完成画图,把画笔提起),单个指令或者连续多条指令就构成了一个独立的图像单元。PLT文件中,尤以PU,PA和PD最为常见,表示画笔的提起、落下和画线,如“PA 0 0; PD 10 0 10 15 0, 15 0 0; PU;”,这一段指令表达了这样一个矢量图形:画笔移至坐标原点(0,0),落下画笔,从(0,0)开始画图,顺次直线连接坐标(10,0)、(10,15)、(0,15)、(0,0),最后在坐标(0,0)点提起画笔,完成一个边长为5的正方形的绘图过程。

在PLT文件中,有两种绘图模式,即绝对坐标画图 and 相对坐标画图,前者是指文件中的数字都代表绝对坐标,而后者给出的数字则是相对画笔当前位置的相对坐标。以指令PA与PR为例,其后的数据都是指移动画笔到某个位置。“PA50,50;”指画笔移动到坐标(50,50);而“PR50,50;”指画笔移动到与当前位置坐标相对(50,50)的位置。

PLT文件指令较多,择其主要指令分析,见表1。

Table 1 Main orders in PLT file

order	meaning	order	meaning
PA	plot absolute	AA	arc absolute
PR	plot relative	AR	arc relative
PE	polyline encoded	CI	circle
PU	pen up	AT	absolute arc(three point)
PD	pen down	RT	relative arc(three point)
EA	edge rectangle absolute	EP	edge polygon
ER	edge rectangle relative	FP	fill polygon
RA	fill rectangle absolute	RR	fill rectangle relative
BA	bezier absolute	BR	bezier relative

2 矢量图像提取方法

以Visual C++作为软件开发平台,利用微软基础类库(microsoft foundation classes, MFC),实现对激光打标系统中打标路径的提取和优化。其中,MFC是以C++类的形式封装了Windows的应用程序编程接口(application programming interface, API),并且包含一个应用程序框架。

2.1 人机交互

激光打标机作为典型的光、机、电一体化加工设备,搭建人机交互界面,是系统不可或缺的一个重要部分,是将光机电融为一体的枢纽工程。作者借助MFC提供的文件对话框类CFileDialog,首先打开目标PLT文件并判断其是否为空,若非空则获取其文件路径及文件名,作为解析矢量图形信息的依据。

根据PLT文件中各个指令所代表的绘图含义,不

难解析矢量图形的位置及形状信息。结合MFC绘图函数,在软件窗口重现PLT文件包含的图像,这使得激光打标机系统的操作人员在没有其它PLT文件浏览器的情况下,也可浏览待打标图像形状信息。

2.2 解析矢量图形信息

文件解析过程主要分为两个步骤:一是利用文件输入输出流逐行读取PLT文件中的文字内容;二是对既得的文件内容进行解析,得到PLT文件图像原型即原始打标路径,这既是软件绘图依据,更是提取激光打标路径的基础工作。为了实现这个目的,首先编写存放各种矢量图元的图形容器,然后对每个PLT文件指令编写解析函数,将原始指令信息转换为矢量图形信息,包括点、线段、多段线、多边形、圆、贝塞尔曲线等,并将这些矢量信息放入图形容器;最后把所有指令函数封装在一起,作为文件解析的入口函数void parse(const string path),只要提供PLT文件的存储路径,即可提取到文件中所有有效的图形信息,供进一步显示及打标。

矢量图像提取部分的软件流程见图1。

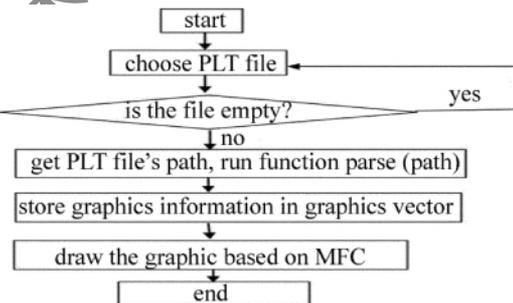


Fig. 1 Flow chart for extracting vector graphics

3 打标路径优化算法

激光打标系统的核心问题是如何控制激光头的运动,其重要特点就是激光头只能作直线运动。事实上,从PLT文件读取的图像数据往往包括圆弧、贝塞尔曲线等非直线图形,为了实现激光头直线运动,这就需要进行直线插补,得到可执行的直线段打标路径。插补计算是按给定的基本数据插补中间坐标数据,控制执行元件按给定的轨迹运动,从而把曲线形状描述出来的一种计算。

传统的直线插补算法中的脉冲当量分别沿固定的x和y方向,这在曲线打标中必然引起激光头运动方向改变频繁,而每一次运动方向的改变都将进行关激光、开激光操作。这不仅会降低激光打标效率,而且开、关激光导致的延时正是激光打标过程中打标误差的主要来源之一^[11],这两方面因素都说明了不宜使用传统的直线插补方法,于是,提出了一种改良的直线段优化算法,以提高打标效率及准确度。

所谓曲线,顾名思义,就是其线上各点曲率(切线

方向角对弧长的转动率)不为0才形成了弯曲的线。为此,可以根据曲线上各点的切线斜率变化情况进行直线段逼近。但是,如果逐一对曲线上的每个点作切线斜率计算,必将是一个复杂且耗时的过程。考虑到效率与可行性,设计直线段优化算法核心思想为:通过设置适当的步长,以步长为单位,将曲线分成有限的点的集合,连接曲线上两点(其中一点是起点),并计算该线段的斜率,将其与起点处的切线斜率作比较,以斜率作为直线逼近的限制条件,构成新的直线逼近算法。其步骤可概括如下:(1) 设置 x 方向步长为 a ,斜率阈值为 k_0 ;(2) 取曲线的一个端点为起点 A ,记下其坐标为 (x_0, y_0) ,记另一端点为 B ;(3) 取曲线上的点 $P_1(x_0 + a, y_1)$,连接 A 和 P_1 两点;(4) 计算线段 AP_1 的斜率 k_1 ;(5) 取曲线上的点 $P_i(x_i + ia, y_i)$,连接 A 和 P_i ,计算其斜率 k_i ;若 $k_i - k_1 > k_0$,到步骤(7),否则到步骤(6);(6) $k_i - k_1 \leq k_0$,若 P_i 与端点 B 不重合,令 $i = i + 1$,重复步骤(5);若 P_i 与端点 B 重合,连接 AP_i ,完成直线逼近;(7) $k_i - k_1 > k_0$,记下点 A 和点 P_{i-1} ,连接 A 和 P_{i-1} ,为该段曲线的直线逼近,并以 P_{i-1} 点为起点 A ,令 $i = 2$,重复步骤(2)~步骤(5)。

根据上述方法,分别对圆弧和贝塞尔曲线作直线段逼近,结果如图2、图3所示,其中实心正方形表示逼近直线段的端点。从图中可明显看出,圆弧各处曲率相等,弯曲程度相同,故被均匀地切割成等长直线段;而贝塞尔曲线却不同,曲率越大的地方弯曲程度越大,故被切割的端点越密集,反之越稀疏。

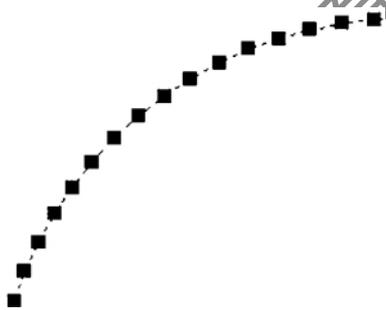


Fig. 2 Arc to line



Fig. 3 Bezier curve to line

对 x 方向步长以及斜率阈值的合理设置在整个系统中十分重要,其大小直接影响到激光头的最小偏移量,当图形面积较小时,精度要求较高,可以把步长及斜率阈值调小一点;当雕刻图形面积较大、精度要求较低时,可适当将步长及斜率阈值调大一点^[12]。

4 小结

实现了图形化窗口编程,从PLT文件提取原始矢量图形数据并完成显示,给激光标刻系统操作人员提供了浏览待打标图像的功能。提出了对曲线打标路径的优化算法,通过C++编程实现了曲线的直线段逼近,并可以根据设置 x 方向步长和斜率阈值来控制标刻精度,从而能精确地控制电机运动,顺利完成激光标刻。

参考文献

- [1] SARTO F, MICHELATTI E, FLORI D. Vacuum-ultraviolet optical properties of ion beam assisted fluoride coatings for free electron laser applications[J]. *Thin Solid Films*, 2007, 515(7): 3858-3866.
- [2] ZHAO W, SA Y. Research of laser mark system[J]. *Journal of Tianjin University of Technology and Education*, 2006, 16(1): 22-24 (in Chinese).
- [3] LIU L, RONG T P, GUO Zh G, et al. Application of AutoCAD in laser processing through the interface of DXF[J]. *Laser Technology*, 2005, 29(1): 32-34 (in Chinese).
- [4] LEI J Sh, HUANG Zh M, GUO Zh H, et al. A laser marker controlled by single chip microcomputer[J]. *Laser Technology*, 2001, 25(2): 140-142 (in Chinese).
- [5] JIANG Y, JIANG M. Research on laser marking system based on PCI bus[J]. *Modern Electronics Technique*, 2009(6): 15-20 (in Chinese).
- [6] QI J, WANG K L, ZHU Y M. A study on the laser marking process of stainless steel[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, 139(1): 273-276.
- [7] NING G Q, ZHU Zh Y, ZHU Sh W, et al. Figure and image processing in laser marking[J]. *Laser Technology*, 2002, 26(4): 295-296 (in Chinese).
- [8] WANG H. Study and application of super high-speed laser marking control system[J]. *Applied Energy Technology*, 2009(11): 38-40 (in Chinese).
- [9] JIANG M, JIANG Y, ZHENG X Y. Study of laser flying marking system[J]. *Optical Engineering*, 2007, 46(9): 094302/1-094302/4.
- [10] JIANG L, WANG Y J. A general laser marking control software[J]. *Computer Applications*, 2007, 26(4): 82-84 (in Chinese).
- [11] LIU T L, HU B, YING H Sh, et al. Research on the error of laser marking[J]. *Laser Journal*, 2007, 28(1): 33-34 (in Chinese).
- [12] SUN L Y, YANG K, WANG R M, et al. The research on vector engraving system based on C++ builder[J]. *Machine Tool & Hydraulics* 2009, 37(4): 136-138 (in Chinese).