

文章编号:1674-2869(2014)010-0052-05

数控激光加工路径链表快速搜索优化

王学华¹,刘莉君¹,马凡杰¹,王华龙¹,刘文琪¹,李存荣²

1. 武汉工程大学材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074;

2. 武汉桑普瑞奇科技有限公司,湖北 武汉 430073

摘 要:为了减少激光加工过程中的无效行程,提高加工效率,通过分析图形交换文件(DXF)数据结构的特点,并对其进行解析,采用高级编程语言 Delphi 开发平台构建了图元对象数据链表,从中依次获取图元对象信息.通过对数据链表的数据读取优化和数据转换,采用最近距离搜索的方法实现了激光数控加工路径的优化.实际效果表明,系统能够正确识别 DXF 格式的图形文件,优化后的加工路径可以有效避免因不同的绘图顺序造成的加工空程现象,提高了加工效率.

关键词:图形交换文件;链表结构;路径优化;激光数控加工

中图分类号:TP391

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2014.010.011

0 引 言

在传统的激光加工系统中,均采用数控代码手工编程,只能处理简单轨迹零件的加工过程,在编程中容易出错,效率低.随着 CAD 技术的不断发展,国内外研究人员将 CAD 技术应用于激光加工中.其中图形交换文件(Drawing Exchange File,以下简称:DXF)作为 Autodesk 公司开发的用于 AutoCAD 与其它软件之间进行 CAD 数据交换的一种文件格式,其可读性好,占用内存小,易于二次开发,被用于各种图形化数控加工系统^[1-5].胡胜红^[6]等人利用 Visual C++ 成功对 DXF 文件进行解析,完成对简单几何面域图形的快速扫描.

由于在 DXF 文件中,图形元素的记录顺序是以设计人员在 CAD 中随机绘制图形的先后顺序为主要依据,且控制点的顺序是随系统默认,容易导致激光加工过程中路径的无序性,增加了激光加工过程中的空程路径^[7].因此,快速搜索合适的最短激光加工路径对提高加工效率十分必要.笔者采用高级语言 Delphi 编程完成 DXF 文件的解析,并对图元信息进行存储优化,实现了 DXF 数据与激光加工路径之间的数据转换,减少激光空程加工时间,提高加工效率.

1 DXF 图形文件与加工过程转换

1.1 DXF 文件解析

一个完整的 DXF 文件由表 1 所列的各部分

组成.DXF 文件是由很多的代码和值组成的数据对构造而成,这里的代码称为组码.需指定组码的值的类型和用途,每个组码的值必须为单独的一行.该组码不仅指出了其对应组值的类型,而且与此组值配对.通过以上配对的组码和组值,DXF 文件被组织成由记录构成的段,而记录又是由按顺序排列的组码和数据条目所构成的^[8-9].

表 1 DXF 文件的基本构成

Table1 The main structure of DXF file

段名	含义
HEADER	记录 AutoCAD 系统的所有标题变量的当前值或是当前工作环境
CLASS	包含应用程序内的信息,该类的实例包含在块段、实体段、对象段的数据之中
TABLE	包含有线型表、图层表、字样表和视图表,每个表又包含可变数目的表项
BLOCKS	记录图中所有块的名称、位置、比例及该块成员等信息
ENTITIES	记录各种实体如线、圆、弧等的所在图层位置、粗细、颜色等所有几何数据信息
OBJECTS	包含图形中的非图形对象
ENDSEC	标识文件结束

收稿日期:2014-09-21

作者简介:王学华(1976-),男,湖北襄阳人,教授,硕士研究生导师.研究方向:材料加工.

1.2 加工数据的获取

DXF 文件中的内容都是以组码/组值的形式出现,在读取 DXF 文件的时候,只需要了解模型的几何信息,因此只用扫描解析 DXF 文档的 ENTITIES 实体段区域,它包含了所绘制图形的所有数据,其中实体类型包括直线(LINE)、圆(CIRCLE)、圆弧(ARC)、椭圆(ELLIPSE)、多段线(POLYLINE)、文本(TEXT)等十几种^[10-11].

DXF 文件的解析过程可以分解成搜索各种图元并将各种图元组合起来的过程.针对 DXF 文件的每一个段及子类,只需搜索到对应的字符串,然后顺序去读取其后的图元数据信息^[12-13],解析流程如图 1 所示.

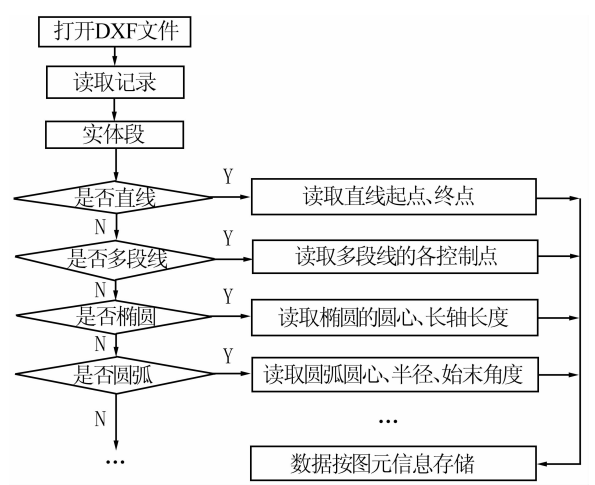


图 1 DXF 文件实体段解析

Fig. 1 The parsing diagram of ENTITIES segment of DXF file

1.3 加工过程转换

以直线段(LINE)为例,该图元的第一行组码 10、20、30 和 11、21、31 分别代表直线段的坐标起点(X_1, Y_1, Z_1)和终点(X_2, Y_2, Z_2)标志,而其具体的坐标数值则存在其对应的下一行(组值)中.与直线相关的数据信息以及与直线图元相关的读取、写入、绘制等函数在 Delphi 中定义类的过程如下:

```
Type Dxf_Cline= Class
Public Movetype:Integer; //0:表示移动,不加工;1:表示加工.
startX,startY,endX,endY: Integer; //定义直线的起点和终点
Previous:Dxf_Cline;
```

```
Next:Dxf_Cline;
.....
```

将 DXF 文件中的图元按其类型进行分类解析,提取的各图元信息存储于各类数据结构中,将各图元类作为链表结构中的结点并按 DXF 文件中图元出现的先后顺序存储在给定的链表结构中,链表中的每一结点元素即为一种类型的图元,则可以构成图元的数据链表结构.在链表中每个结点中有两个用于链接其他结点的指针,一个指向前趋结点(Previous),另一个指向后继结点(Next),构成双向链表,如图 2 所示.

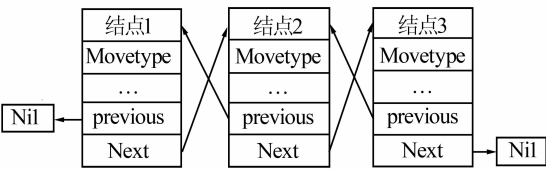


图 2 图元的链表结构

Fig. 2 List structure of entities

读取直线段并显示在界面上的部分程序示例如下:

```
Define DXF_line_count: Integer // DXF 文件文本的行数
i: Integer; // 行数计数
str: String; // 中间变量,储存 DXF 文本的一行内容
if str='AcDbLine' then // 读取直线图元信息
startX:= round(strtfloat(mdxf.Lines[i+2])); // 读取直线段起始坐标 X
startY:= height_coordinate-round(strtfloat(mdxf.Lines[i+4])); //读取直线段起始坐标 Y
endX:= round(strtfloat(mdxf.Lines[i+8])); //读取终点坐标 X
endY:= height_coordinate-round(strtfloat(mdxf.Lines[i+10])); //读取终点坐标 Y
Image.Canvas.MoveTo(startX, startY);
Image.Canvas.LineTo(endX, endY); //绘制直线
.....
```

读取椭圆、圆等其它类型的数据过程与直线类似.例如,在实体段中用查询方法找到椭圆(AcDbEllipse)子类标记后,分别读取到椭圆的中心

点坐标(centerX, centerY)、长轴的长度(LongR)、以及偏移量(deltaX, deltaY)等信息,根据椭圆的标准方程将其转化为离散点(X,Y)的读取,即可完成椭圆轨迹的生成. 其中, $X = LongR \cdot \cos \theta$, $Y = LongR \cdot \sin \theta$, $\theta = \arcsin(\frac{centerY}{LongR}) + \frac{\pi}{180} \cdot (\frac{deltaY}{deltaX})$.

2 加工路径优化实例

在实体段 ENTITIES 中,若交换图形元素出现的先后顺序和改变该图元的控制点排序,对实体图形的位置和形状没有影响,因此在解析提取 DXF 文件的有效图元数据信息时,对随机无序的离散图元进行连接处理之后再应用最近距离排序算法,可以有效的提高激光加工过程的效率. 图 3 为路径加工优化示意图,以图 3 为例,虚线箭头表示模拟加工路径,优化前的加工顺序是和设计人员的绘图顺序一致,从编程零点 V0→V1→V2→V3,依次完成后回到加工原点 V0. 通过采取最近距离法优化之后,读取第一个图形的起点,开始进行加工,到直线的终点结束,在进行下一个图元拾取时,找寻离上一个终点距离最近的端点为新的起始点,完成下一个图元的加工,路线则变为从 V0→V1→V3→V2→V0,大大缩短加工距离,提高了加工效率.

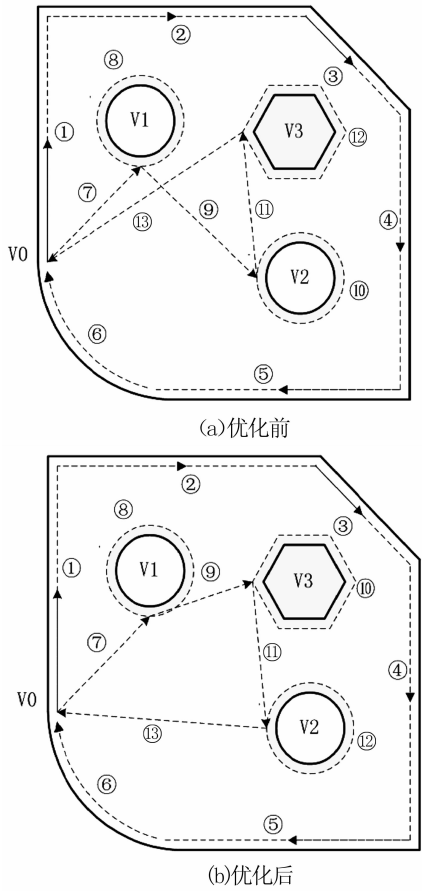


图 3 路径优化加工示意图

Fig. 3 Sample of route optimization processing

图 4 为路径优化前后数据点的位置状态. 优化前图形数据只是按照初始的 CAD 存储顺序进行,优化后,激光加工路径从某个图元起点开始,移动到该图元终点后,寻找离其距离最近的下一个图元的起点.

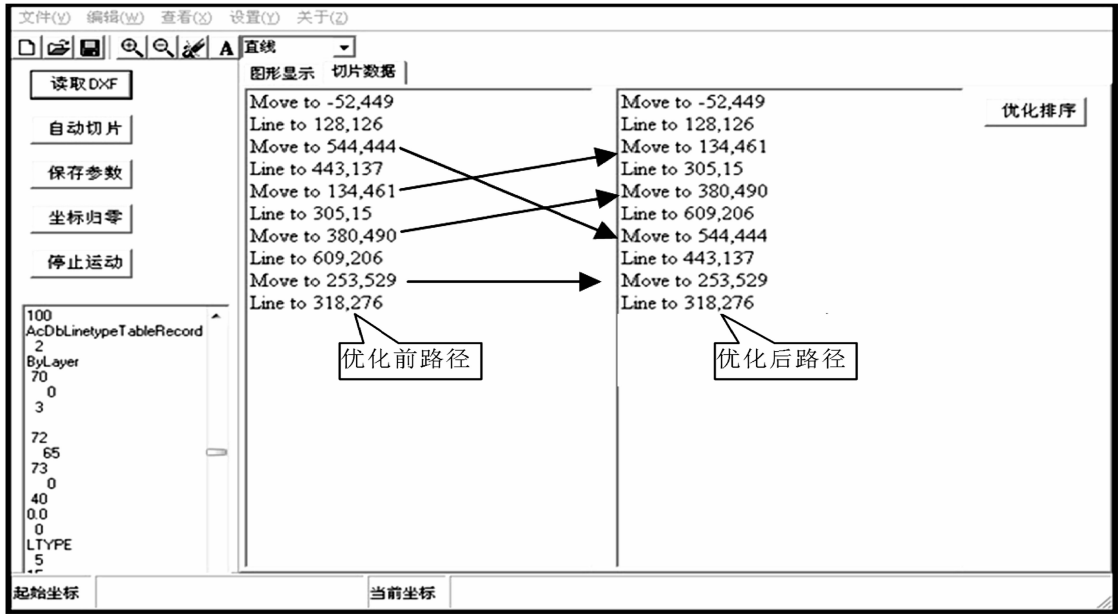


图 4 路径优化前后数据点的位置变化

Fig. 4 Changes in position of data points for route optimization

结合 MPC03 运动控制卡的驱动,将优化后直线段的数据转换为激光数控加工路径的关键程序示例如下:

```

.....
hDll:=LoadLibrary('mpc03LS.dll');//获取
动态链接库句柄,加载板卡驱动函数库
If hDll<>0 then
Begin
@init_board:=GetProcAddress(hDll,'init_
board');
@set_vector_profile:=GetProcAddress
(hDll,'set_vector_profile');
@con_hmove2:=GetProcAddress(hDll,'con
_hmove2');
@fast_hmove2:=GetProcAddress(hDll,
'fast_hmove2');
@fast_pmove:=GetProcAddress(hDll,'fast_
pmove');
@con_line2:=GetProcAddress(hDll,'con_line2');
@fast_line2:=GetProcAddress(hDll,'fast_line2');
.....
End
.....//运动函数声明
Tinit_board=function():integer;stdcall;//
对控制卡硬件和软件初始化
Tcon_line2=function(ch1:integer;pos1:IN-
TEGER;ch2:integer;pos2:INTEGER):integer;
stdcall;//两轴做常速直线运动
Tfast_line2=function(ch1:integer;pos1:IN-
TEGER;ch2:integer;pos2:INTEGER):integer;
stdcall;//两轴做快速直线运动
Var //变量声明
hDll: THandle;
init_board: Tinit_board;
con_hmove2: Tcon_hmove2 ;
con_line2: Tcon_line2;
fast_line2: Tfast_line2;
Dline: Dxf_Cline;
If init_board<>0 then
Begin
While Dline<>nil Do //以下代码实现
连续加工
Begin
set_laser_mode(Dline.Movetype); //激光开
set_vector_conspped(1000); //设置加工速度
con_line2(m_card.Y_axis, Dline.endY,m_

```

```

card.X_axis, Dline.endX); //正常加工
While not (check_done(0) = 0 and check_
done(1) = 0) do
application.processmessage;
set_laser_mode(0); //激光关
Dline.next;
End
End
.....

```

3 运行结果与结论

通过对 AutoCAD 中 DXF 文件的构成及数据格式的解析,以直线段 LINE 图元为例在 Delphi 开发平台上建立了 DXF 文件与激光数控加工过程的数据转换接口,运行结果如图 4 所示.通过遍历图元数据链表结点及搜索最近邻距离的方式,重新对图元数据排序,以 MPC03 运动控制卡为实例,实现了激光数控加工过程路径的优化,减少了空程路径,提高了激光数控加工的效率.

致 谢

感谢武汉桑普瑞奇科技有限公司和武汉工程大学提供的开发和试验平台!

参考文献:

- [1] 胡方霞,刘杰,任艳君. 基于 AUTOCAD 二次开发的激光标记机软件设计[J]. 激光杂志,2006,27(6): 82-83.
HU Fang-xia, LIU Jie, REN Yan-jun. A design of laser marking system based on second developing AutoCAD [J]. Laser Journal, 2006, 27(6): 82-83. (in Chinese)
- [2] 刘启生,邵东伟,杜云明,等. 基于 DXF 文件的数控加工系统的实现研究[J]. 佳木斯大学学报:自然科学版,2009,27(4):542-544.
LIU Qi-sheng, SHAO Dong-wei DU Yun-ming, et al. The realization of research for CNC machining systems based oil DXF file[J]. Journal of Jiamusi University: Natural Science Edition, 2009, 27(4): 542-544. (in Chinese)
- [3] SLUEV V A, SMIRNOV K K. A system for controlling laser writing devices[J]. Optoelectronics Instrumentation and Data Processing, 2007, 43(5): 481-487.
- [4] 赵英伟. 计算机控制激光二维复杂图形扫描加工[D]. 天津:河北工业大学,2002:23-27.
ZHAO Ying-wei. Computer controlling laser two-dimension scanning complex figure progressing [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2002: 23-27. (in Chinese)

- [5] 王明,孙进. 基于 DXF 文件的图形自动编程数控系统设计[J]. 中国农机化,2011(2):122-124.
WANG Ming, SUN Jin. Design of graphic automatic programmed numerical control system based on DXF [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2011(2): 122-124. (in Chinese)
- [6] 胡胜红,刘晓东. 基于 AutoCAD 面域的图形接口开发及其应用[J]. 工程图学学报,2007(5):1-6.
HU Sheng-hong, LIU Xiao-dong. Development and implementation of the graphic interface based on region in AutoCAD[J]. Journal of Engineering Graphics, 2007(5):1-6. (in Chinese)
- [7] 甘明,陈晓亮,张科威. 基于 DXF 的数控切割加工优化算法的研究与实现[J]. 煤矿机械,2010,31(11): 130-132.
GAN Ming, CHEN Xiao-liang, ZHANG Ke-wei. Research and realization of optimization algorithm for NC cutting machine based on DXF [J]. Coal Mine Machinery, 2010, 31(11): 130-132. (in Chinese)
- [8] 李芳珍,许伦辉. DXF 文件格式及其外部接口的研究[J]. 兵工自动化,2008,27(7):83-85.
LI Fang-zhen, XU Lun-hui. Study on file format and exterior interface of DXF [J]. Ordnance Industry Automation, 2008, 27(7): 83-85. (in Chinese)
- [9] 张永超,岳建平,王海青. 基于 VB6.0 和 OpenGL 的 DXF 文件读取与交互控制[J]. 计算机时代,2009(9):39-41.
ZHANG Yong-chao, YUE Jian-ping, WANG Hai-qing. DXF document reading and interaction control based on VB6.0 and OpenGL [J]. Computer Era, 2009(9): 39-41. (in Chinese)
- [10] 但永平,张蕾,张国涛,等. 基于 VC++ 的 DXF 数据文件接口程序设计[J]. 电子设计工程,2012,20(23):70-74.
DAN Yong-ping, ZHANG Lei, ZHANG Guo-tao, et al. Design of DXF data file interface program based on the VC++ [J]. Electronic Design Engineering, 2012, 20(23): 70-74. (in Chinese)
- [11] 沈志荣,谢明红. 基于 DXF 的数控切割优化排序算法的研究与实现[J]. 计算机工程与应用,2013,49(15):32-35,96.
SHEN Zhi-rong, XIE Ming-hong. Research and implementation of optimized sorting algorithm for NC cutting machine based on DXF [J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(15): 32-35, 96. (in Chinese)
- [12] 张国庆. DXF 文件在激光打标系统的应用研究[J]. 光电技术应用,2010,25(5):8-11.
ZHANG Guo-qing. Application research of DXF file in laser marking system [J]. Electro-optic Technology Application, 2010, 25(5): 8-11. (in Chinese)
- [13] 李晨. 用 VC 实现基于 DXF 文件的 AutoCAD 数据共享接口[J]. 工业控制计算机,2010,23(4):76-77.
LI Chen. Implementation of Data interface to DXF format in AutoCAD using visual C++ [J]. Industrial Control Computer, 2010, 23(4): 76-77. (in Chinese)

Rapid routine searching of numerical control laser processing based on linked list structure

WANG Xue-hua¹, LIU Li-jun¹, MA Fan-jie¹, WANG Hua-long¹, LIU Wen-qi¹, LI Cun-rong²

1. School of Material Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Spreading Technology Co., Ltd., Wuhan 430073, China

Abstract: To reduce the invalid stroke in the process of laser machining and improve the processing efficiency, the data structure of drawing exchange file (DXF) was analyzed and the list structures of entities were created by using a software development platform-Delphi, from which data information of primitives can be read orderly. The routine of numerical control laser processing was optimized by nearest adjacent distance searching method after optimizing the data read and data exchange of list structures. The practical results show that the system reads the DXF correctly, and the phenomenon of idle stroke caused by different orders of drawing is avoided effectively by optimizing the machining path and a more accurate and efficient laser machining process is achieved.

Key words: drawing exchange file; list structure; routine optimization; numerical control laser processing

本文编辑:苗 变