

文章编号: 1005—0523(2004)02—0120—04

线切割中的非圆光滑曲线设计与加工

龚志远, 吴志强

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:非圆光滑曲线的线切割是加工过程中的难题, 文中利用插值多项式的方法构建了非圆光滑曲线的数学模型, 利用 VB 实现对多项式的求解, 阐明了由多项式组成的曲线在线切割中的加工方法, 使复杂的曲线设计变得简单, 编制的程序具有实际应用价值.

关 键 词:线切割; 非圆光滑曲线; 多项式; VB

中图分类号: TG661

文献标识码: A

1 概 述

线切割(WEMD)是电火花切割加工的简称, 线切割机床的工作过程是将图样上的工件形状和尺寸, 经过处理转化为程序指令, 传递给计算机, 计算机根据输入指令控制驱动电机, 实现工件相对于电极丝做轨迹运动的加工. 传统的线切割采用单板机数控系统, 采用直线编程或圆弧编程的方式生成加工轨迹, 新型的数控系统采用计算机软件编程, 如北航海尔有限公司开发的 CAXA 线切割 V2 软件, 这些编程软件可以实现公式曲线的绘制, 并转化为数控代码进行切割. 但有一些没有给定公式方程的曲线, 应用作图软件很难绘制出光滑的曲线外型轮廓, 文中试图应用作图软件和 VB 实现线切割中光滑非圆曲线的设计.

2 光滑非圆曲线的设计

线切割中, 需要加工的曲线分两类: 一是公式曲线, 二是坐标点曲线. 第二类曲线只是设计出若干点, 利用这些点形成光滑曲线及线切割程序. 两类曲线在设计及形成线切割程序方法上有所不同.

2.1 公式曲线的设计

若曲线方程可写出, 曲线两端点的坐标值由方程计算得出, 应用作图软件菜单栏中绘制高级公式曲线的方法, 设置起始自变量值, 在公式框中填上曲线的公式, 软件可自动生成图形, 生成切割轨迹后, 实现线切割加工. 在单板机系统中, 可利用 VB 设计一算法, 步距值根据工程需要定出, 算出曲线上加密点的坐标, 用折线取代曲线的方法实现切割.

2.2 坐标点曲线的设计

若曲线轮廓不是由函数组成, 设计中只定出曲线廓线若干点所在的坐标. 数控编程中直接把设计点连成折线, 来代替轮廓线, 不能形成光滑曲线. 为了得到一条光滑的曲线, 必须找出一个曲线方程, 让这些点都是方程的解, 这个方程用插值多项式可以得出. 但是, 点数越多, 插值多项式次数越高. 给计算和方程设置带

收稿日期: 2003—09—08

作者简介: 龚志远(1966—), 男, 江西南昌人, 华东交通大学讲师.

来困难.工程上往往采用低次分段插值,即用多个多项式分段描述出曲线.

1) 插值多项式

线切割曲线设计中,可用满足三个插值基点的三次分段插值法实现曲线的设计.根据三次多项式的特殊性质,既可以满足工程需要,又可以简化算式.

图 1 轮廓曲线上的点 $M_1(x_1, y_1)$ 、 $M_2(x_2, y_2)$ 、 $\cdots \cdots M_n(x_n, y_n)$ 已知,则插值点的多项式为: $y=f(x)$. 在 x_1 、 x_2 、 $\cdots \cdots x_n$ 处的值分别为 y_1 、 y_2 、 $\cdots \cdots y_n$. 满足 M_1 、 M_2 、 M_3 点的多项式为

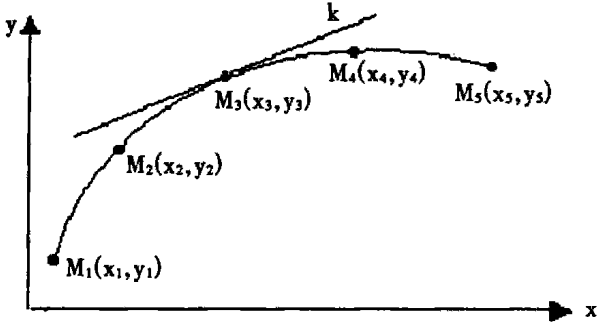


图 1 曲线插值点示意图

$$y_1 + \frac{(y_2 - y_1)(x - x_1)}{x_2 - x_1} + \left(\frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} - \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \left[\frac{(x - x_1)(x - x_2)}{x_3 - x_1} \right] \tag{1}$$

式中: $f(x_2, x_1) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ (2)

$$f(x_3, x_2) = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \tag{3}$$

$$f(x_3, x_2, x_1) = \frac{f(x_3, x_2) - f(x_2, x_1)}{x_3 - x_1} \tag{4}$$

则插值多项式为: $y = y_1 + f(x_2, x_1)(x - x_1) + f(x_3, x_2, x_1)(x - x_1)(x - x_2)$ (5)

这个多项式能保证点 M_1 、 M_2 、 M_3 在 $y = y_1 + f(x_2, x_1)(x - x_1) + f(x_3, x_2, x_1)(x - x_1)(x - x_2)$ 上.

曲线段 M_1M_3 、 M_3M_5 要形成光滑连接,必须使 M_1M_3 和 M_3M_5 的多项式在 M_3 处的斜率相等,同理,和 M_1 相连的前段多项式在 M_1 处斜率相等,才能保证整个曲线在不同的多项式分界点处光滑过渡.则需要加入一个边界条件 K , K 是和 M_1M_3 曲线连接的前段多项式在 M_1 点的导数.

M_1 、 M_2 、 M_3 插值多项式为

$$y = y_1 + f(x_2, x_1)(x - x_1) + f(x_3, x_2, x_1)(x - x_1)(x - x_2) + A(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3) \tag{6}$$

$$A = \frac{K - f(x_2, x_1) - f(x_3, x_2, x_1)(x_1 - x_2)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} \tag{7}$$

$$K' = \frac{d[y_1 + f(x_2, x_1)(x - x_1) + f(x_3, x_2, x_1)(x - x_1)(x - x_2) + A(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)]}{d(x)} \Big|_{x=x_3}$$

其中: A 为常数; K' 为下一段曲线的边界条件.

2) 曲线线切割程序的生成

插值多项式是以三个插值点为基础建立起的三次函数,工程中的整条曲线则以三点为一段,以若干插值多项式组成的曲线段连接而成.因此在线切割软件中,应用电子图板菜单栏中绘制高级公式曲线的方法,设置起始自变量值(x_1, x_3),在公式框中填上的第一段插值多项式的公式,软件可自动生成 M_1M_3 曲线图形,反复应用插值多项式的求解方法,生成以后各段插值多项式.在线切割软件中重复以上设置,生成曲线的轮廓,在单板机系统中,利用 VB 设计一算法,根据工程需要定出步距值,算出插值多项式中加密点的坐标,应用折线取代曲线的方法绘制出曲线廓形.在已构造好曲线轮廓基础上,结合加工工艺,给出确定的加工方法和加工条件,计算机自动计算出加工轨迹,再由软件自动生成加工代码实现曲线的切割.

3 非圆光滑曲线设计的实现

非圆光滑曲线的设计,采用了三个插值点插值计算,还要经过多次插值多项式的求解,计算工作量大,所以线切割中加工曲线的难度很大.利用 VB 编程可以很好解决插值计算的问题,通过适当的算法的设计,可以为坐标点曲线提供插值多项式,还可以输出用户设置的加密点坐标.非圆光滑曲线设计 VB 编程思路如下:

- 1) 设计可输入最初给定三个插值点坐标 (x, y) 、边界条件 K 的界面...
- 2) 考虑到程序的通用性,单板机系统也能使用.需求出若干加密点坐标值的,便于线切割程序实现以折线代替曲线.加密点数目以工程需要而定,由用户输入.
- 3) 算法中,利用数组设置,便于各计算项目调用,便于计算输出.
- 4) 计算结果必须包括:插值多项式、下一项插值多项式的边界条件、用户自行设置加密点数的所有坐标.

程序设计完成后,生成可执行文件在脱离 VB 环境下运行.
(以下为程序代码)

```
:
b = (y(2) - y(1)) / (x(2) - x(1))
c = (y(3) - y(2)) / (x(3) - x(2))
d = (c - b) / (x(3) - x(1))
A = (k - b - d * (x(1) - x(2))) / ((x(1) - x(2)) * (x(1) - x(3)))
Print "
Print "插值多项式为:y ="; y(1); "+"; b; "(x-"; x(1); ") +"; d; "(x-"; x(1); ")(x-"; x(2); ")+
Print "
"; A; "(x-"; x(1); ")(x-"; x(2); ")(x-"; x(3); ")+
Print "
"
l = 3 * A * (x(3) ^2) - 2 * A * x(3) * (x(1) + x(2) + x(3)) + 2 * d * x(3) + A * (x(1) * x(3) + x(1)
* x(2) + x(2) * x(3)) - d * (x(1) + x(2)) + b
Print "下段插值多项式边界条件 k'="; l
Print "-----"
For v = 1 To m
o(v) = x(1) + v * (x(3) - x(1)) / (m + 1)
p(v) = y(1) + b * (o(v) - x(1)) + d * (o(v) - x(1)) * (o(v) - x(2)) + A * (o(v) - x(1)) * (o(v) - x
(2)) * (o(v) - x(3))
Print " x"; v; "= "; o(v); " "; "y"; v; "= "; p(v)
Next v
End Sub
```

例如:对话框输入
 $M_1(0,0)$; $M_2(5.44,-1.5)$; $M_3(14.44,1.5)$
 $K=-0.5$
加密点数为: 6



图 2 程序运行结果

4 程序运行结果说明

程序运算结果可求出曲线设计中给定的三个点 $M_1(0, 0)$ 、 $M_2(5.44, -1.5)$ 、 $M_3(14.44, 1.5)$ 的多项式, 求出下一段曲线段 M_3M_5 的边界条件 k' , M_1 、 M_2 、 M_3 三点落在这个多项式的曲线上. 重复以上程序运行过程, M_3 、 M_4 、 M_5 从对话框中输入, 可求出曲线段 M_3M_5 的多项式及 K' , 继续求出后续每三点为一段的多个多项式. 在线切割软件中, 应用绘制高级公式曲线的方法, 设置起始自变量值(x_1, x_3), 在公式框中填上的第一段插值多项式的公式, 软件可自动生成 M_1M_3 曲线图形, 重复此过程, 即可把多个多项式生成的曲线段连成整段曲线, 再由软件转化为线切割数控代码, 实现非圆光滑曲线加工.

程序计算出的加密点坐标是单板机控制系统而用的, 加密点的数目由用户根据需要制定, 用户可根据程序计算出的加密点坐标, 以直线编程的方式编程.

5 结束语

以上程序应用于线切割非圆光滑曲线加工中, 方便了数控编程, 使复杂的曲线设计变得简单, 具有实际应用价值. 运用该程序, 能计算出以每三个插值点为一段插值多项式, 反复利用该程序算出后续诸段多项式, 直到曲线的封闭位置. 在单板机系统中, 利用该程序能计算出的加密点坐标, 以直线编程方式, 用折线取代曲线, 实现非圆光滑曲线加工. 但要注意, 用户在输入加密点数目时, 要综合考虑加密点个数与曲线的光滑性. 加密点个数越多, 曲线越光滑, 但数控编程工作量越大, 否则, 反之.

参考文献:

[1] 杨建新. 放电加工理论及应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.
[2] 廖卫献. 数控线切割加工自动编程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
[3] 赵一鸣. VisBasic6.0 程序设计实验教材[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.
[4] 胡传. 特种加工手册[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2001.

Design and Machining of Non-circle Smooth Curve in Thread Incision

GONG Zhi-yuan, WU Zhi-qiang

(1.School of Mechanical and Electrical Information, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Thread incision of non-circle smooth curve is a difficult problem in the course of machining, In this paper, mathematical model of non-circle smooth curve has been constructed with an insert numerical value polynomial method, polynomial calculated by VB, the method of machining clarified by polynomial curve in thread incision, the design of complex curve will become simple. the program has practical value in use.

Key words: thread incision; non-circle smooth curve; polynomial; VB