

IBM-PC编制线切割加工程序

李彦尊

(精密机械工程系)

摘要 本文以钟表摆线齿轮为典型零件,用IBM-PC编制数控线切割加工的“三B”格式程序,並着重分析编程的方法和规律。

关键词 摆线齿轮,线切割,微机编程

0 前言

随着科学技术的发展,模压加工越来越发挥其重大作用,特别是精密冲压及精密注塑,成型零件的精度高,批量大,广泛应用于钟表、照相机、仪表、打印机及其它装置。高精度的模具大都采用线切割加工,其加工精度,取决于线切割机的精度和精确的加工程序。对于简单形状的零件,可用手工编程,但对于齿轮或发电机定子冲片一类形状复杂的零件,手工编程非常烦琐,编程过程易出错,且精度低,其程序只能用于特定的零件。而用微机编程,其程序则可存入磁盘备用。

本程序可用于加工不同齿数、模数、齿形系数的内外摆线齿轮及其型腔模。只要将此程序调入内存,输入已知基本参数,从几何尺寸的计算、齿廓位置的确定、单齿及整个齿轮齿廓的生成及“三B”指令格式输出,均可自动完成。现以我国统一机型的钟表摆线齿轮为典型零件,用BASIC语言,在IBM-PC微机上,编辑线切割加工程序为例,说明用微机编程的构思和方法。

1 编程构思

1.1 齿形基本参数

钟表齿轮的齿形是在摆线齿轮的基础上经修正而形成的,称修正摆线齿轮。齿廓形状见图1。其标准基本参数为 m —模数; z —齿数; k_p —齿顶圆弧半径系数; k_r —中心圆半径系数; k_s —分度圆齿厚系数,取 $k_s=1.57$; k_{nf} —齿根高系数,取 $k_{nf}=1.57$ 。

1.2 基准齿形确定

根据齿轮形状特点,整个齿轮轮廓是单齿以齿轮中心为中心旋转而生成的。在编程时,

本文1990-05-05收到。

首先对单个齿齿形线进行计算, 然后按 $2\pi/Z$ 的角度进行坐标旋转, 计算出整个齿轮的齿廓。一个完整的单齿是以 Y 轴为齿形对称中心线生成, 所以基准齿形的起点和终点也应以 Y 轴为对称, 为此选定 BAD 为基准齿形做为计算的依据, 见图 1。这就简化了编程, 同时起点 B 亦是线切割加工的起点, 距齿轮中心最近, 当切割开始时, 不致因钼丝的引入而破坏齿形。

1.3 基准齿形线交点坐标计算模式

由“3B”指令程序的特征决定, 在整个计算中有一个明确的直角坐标系, 据钟表齿轮齿形线的特点和基本参数的计算式, 故所有求交点坐标的运算都采用三角运算, 而这些三角运算是建立在一个包含特定法线的三角形中, 如图 2, 其表达式为

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= R \cdot \cos\theta \\ y_0 &= R \cdot \sin\theta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

从而建立起由已知点到求未知点的有向平移公式 (2), 以及坐标旋转公式 (3)。即

$$x = x' + R\cos\theta, \quad y = y' + R\sin\theta; \quad (2)$$

$$x = x'\cos\theta - y'\sin\theta, \quad y = x'\sin\theta + y'\cos\theta. \quad (3)$$

图 3 中所示, 钟表齿轮的齿形线由二条直线和五段圆弧组成, 为编程方便, 分别定义各

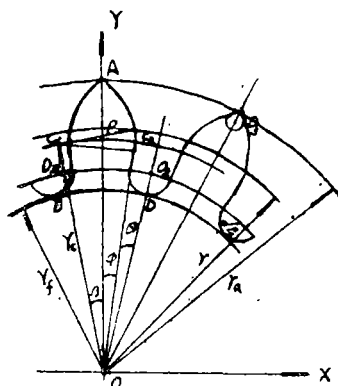


图 1 钟表齿形几何关系图

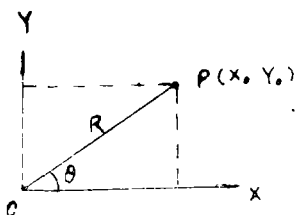


图 2 三角函数关系

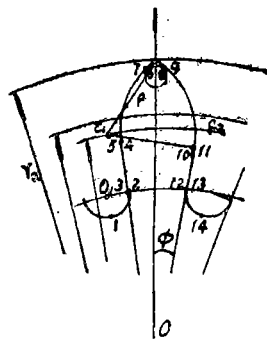


图 3 基准齿形图

线段的起点下标为奇数 (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13), 终点下标为偶数 (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14), 由此组成的线段 $\overline{3, 4}$, $\overline{11, 12}$ 为直线, $\overline{1, 2}$, $\overline{5, 6}$, $\overline{7, 8}$, $\overline{9, 10}$, $\overline{13, 14}$ 为圆弧。从图中分析, 齿形线上的交点, 为圆线相切和圆圆相切的切点, 其坐标计算都可转化为式 (1) 求解, 引入齿轮参数, 计算式见图 1, 4, 5 如下列 1) — 9)。即

1) 齿根圆弧圆心 O_1 为

$$xx_1 = (\rho_f + r_f)\cos(\pi/2 + \theta + \phi), \quad yy_1 = (\rho_f + r_f)\sin(\pi/2 + \theta + \phi).$$

2) 齿顶圆弧圆心 C_2 (左弧) 为

$$xx_2 = r_c \cos(\pi/2 - \beta), \quad yy_2 = r_c \sin(\pi/2 - \beta).$$

3) 齿顶修圆圆心 O_3 为

$$xx_3 = 0, \quad yy_3 = r_1.$$

4) 点 1 为

$$x'_1 = \rho_f \sin(\phi + \theta), \quad y'_1 = -\rho_f \cos(\phi + \theta).$$

5) 点 2 为

$$\begin{aligned} x'_2 &= \rho_f \cos \phi, & y'_2 &= \rho_f \sin \phi, \\ x_0 x_2 &= xx_1 + x'^1_2, & y_0 y_2 &= yy_1 + y'^1_2. \end{aligned}$$

6) 点 5 为

$$\begin{aligned} x'_5 &= \rho \cos(\pi + \phi), & y'_5 &= \rho \sin(\pi + \phi), \\ x_0 x_5 &= xx_2 + x'^1_5, & y_0 y_5 &= yy_2 + y'^1_5, \end{aligned}$$

7) 点 6 为

$$x'_6 = -\rho \cos \alpha, \quad y'_6 = \rho \sin \alpha.$$

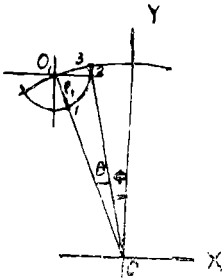


图 4 交点坐标简图

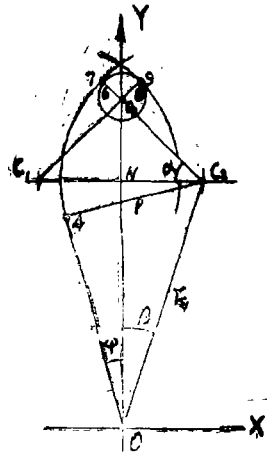


图 5 齿形线交点坐标简图

8) 点 7 为

$$x'_7 = -R' \cos \alpha, \quad y'_7 = R' \sin \alpha.$$

9) 点 4 为

$$x'_4 = x_0 x_5 - x_0 x_2, \quad y'_4 = y_0 y_5 - y_0 y_2.$$

以上各式中: $x'_i y'_i$ ——各点的相对坐标; $x_0 x_i, y_0 y_i$ ——各点的绝对坐标 (以齿轮中心为原点); β, θ, ϕ ——图 1 中所示夹角, 其计算式为已知; α ——图 5 中所示, $\alpha = \arccos N_{c2}/(\rho - R')$, $N_{c2} = r_c \cdot \sin \beta$; R' ——修圆 O_3 的半径。

右齿廓与左齿廓对称于 Y 轴, 各交点可由相对应的点求出。再用坐标旋转公式 (3), 将基准齿形上交点逐一循环, 可求解组成整个齿轮各齿的齿廓交点坐标值。

1.4 命令约定

(1) 线切割加工方向: 以点 B 为加工起点, 定为顺时针方向加工, 其旋转角度为 “-”。

(2) 加工指令: 当 $H=1$ $H=13$ 时为 “NR”, $H=5, H=7, H=9$ 为 “SR”, $H=3, H=11$ 为 “L”, 将这些命令分别送入其子程序, 以判别所在象限和计数方向。

(3) 补偿量 EE 的符号: 钼丝在加工图形的外面如凸模, EE 取 “+”; 钼丝在加工图形的里面如型腔和内齿轮, EE 取 “-”。

2 框图及主要程序说明

据上述分析, 编制程序框图 6。框图中:

KP ——系数 Kp , KR ——系数 Kr , RI ——修圆半径 $R' = 0.03-0.05\text{mm}$ 。

所编微机语言程序的主要部分: 求基准齿形的齿形线交点坐标和整个齿轮齿廓的交点坐标程序, 采用双重循环语句, 圆弧指令与直线指令的程序编程方法相同, 均采用条件语句 (IF—THEN)。(程序略)。

3 应用实例

已知摆线齿轮模数 $M = 0.5\text{mm}$, 齿数 $Z = 36$, 齿形系数 $Kp = 2.0, Kr = 0.15$, $\alpha_n = K_{nf} = 1.57$, 齿顶修圆半径 $R' = 0.03-0.04\text{mm}$ 取 $R' = 0.04\text{mm}$, 钼丝直径 $\phi = 0.12\text{mm}$, 放电间隙 $\delta = 0.01\text{mm}$, 补偿量 $EE = 0.07\text{mm}$; 取 “+” 号。将计算机程序调入内存, 键入 RUN。计算机执行, 同时显示器显示

FILE NAME? (键入文件名例: U30—27)

通过打印机打印出

FILE NAME—U30-27

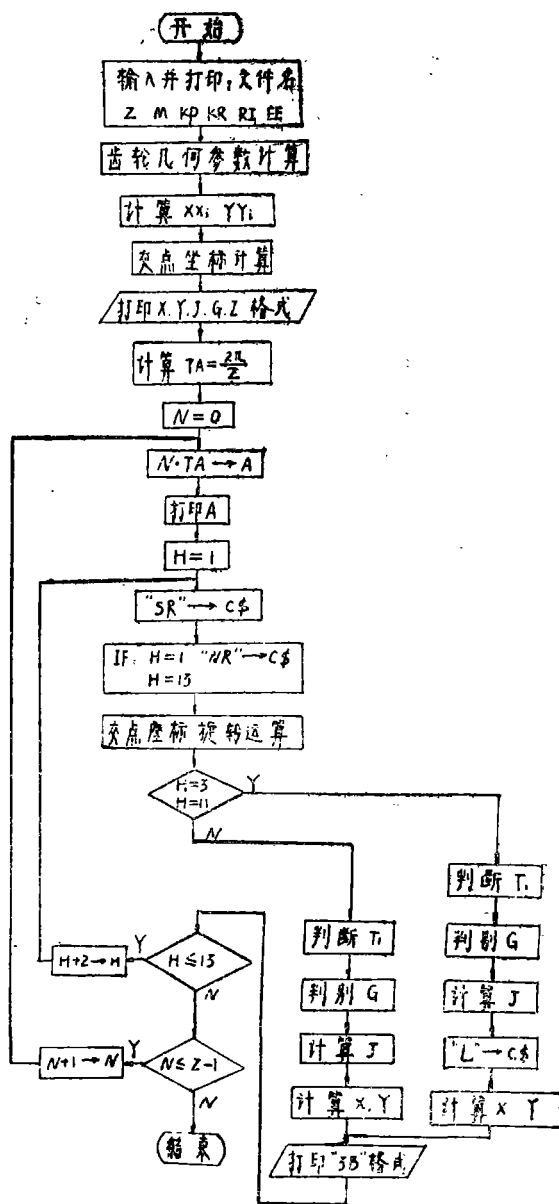


图 6 顺序框图

Z = 36

M = 0.4

KR = 0.15

KP = 2.0

RI = 0.04

EE = +0.07

X	Y	J	G	Z
B579	B6617	B006617	Y	L ₂
A = 0 DEG				
B19	B222	B000232	Y	NR ₄
B11	B236	B000236	Y	L ₂
B869	B39	B000318	X	SR ₃
B70	B85	B000140	X	SR ₂
B553	B672	B000710	Y	SR ₁
B11	B236	B000236	Y	L ₃
B223	B10	B000204	X	NR ₂

A = -10 DEG

B19	B222	B000195	Y	NR ₃
B31	B234	B000234	Y	L ₁
B863	B113	B000435	X	SR ₂
B54	B96	B000053	Y	SR ₂
B661	B565	B000755	Y	SR ₁
B51	B231	B000231	Y	L ₃
B218	B48	B000171	X	NR ₂

A = -20 DEG

B58	B215	B000164	Y	NR ₃
B71	B225	B000225	Y	L ₁
B830	B261	B000540	X	SR ₂
B37	B104	B000060	Y	SR ₂
B749	B442	B000770	Y	SR ₁
B91	B218	B000218	Y	L ₃
B206	B86	B000146	X	NR ₂

A = -30 DEG

⋮

A = -350 DEG

B58	B215	B000264	Y	NR ₄
-----	------	---------	---	-----------------

B51	B231	B000231	Y	L ₂
B849	B189	B000755	Y	SR ₃
B84	B71	B000138	X	SR ₂
B428	B757	B000645	Y	SR ₁
B31	B234	B000234	Y	L ₁
B221	B29	B000241	X	NR ₃

4 结 论

1) 文中所编摆线齿轮的线切割程序, 已经输入线切割机加工试用, 並加工出了钟表齿轮的型腔模。不同参数的齿轮, 可通过计算机的编辑, 迅速获得加工程序, 深受线切割加工用户的欢迎。

2) 微机编程速度快, 精度高, 计算模式与实际齿形相附, 没有理论误差。其计算精度在微米级以下, 完全满足数控线切割加工的要求。

3) 用微机编程, 是当今发展的方向, 是线切割加工领域的重要课题, 通过对齿轮程序的开发, 获得了一些用微机编程的方法, 也曾编制出WIP系列无刷发电机外定子冲片及其它形状零件的加工程序。探索新的编程方法, 是充分发挥数控线切割机能力, 进一步发展线切割工艺的重要方面。

参 考 文 献

- [1] 王文义等编, 仪表齿轮, 机械工业出版社, (1982)。
- [2] 齐从谦, 袖珍计算机应用——数控线切割编程讲座(二), 电加工, 5(1986)。

Application of IBM-PC Microcomputer to the Design of a Machining Program for the NC WEDM Machine Tool

Li Yanzun

(Department of Precision Mechanical Engineering)

Abstract With the clock cycloid gears as exemplary element, this paper applies an IBM-PC microcomputer to design a "3B" pattern wire cutting program for the NC WEDM machine tool. The dees description centres on the method and regular pattern of microcomputer programming.

Key words cycloid gears, wire cutting, microcomputer programming