文章编号：1002-6673（2009）03-187-03

数控系统二次曲线比较积分插补算法研究

尚德波
（潍坊职业学院，山东 潍坊 261031）

摘　要：通过对比较积分圆弧插补算法进行分析与研究，得出二次曲线比较积分法插补的具体运算步骤和脉冲间隔宽度判断方法。以椭圆二次曲线第三象限顺时针插补为例，验证了插补计算的步骤和运算过程，对数控系统软件插补设计思路具有重要意义。

关键词：数控系统；插补；比较积分；脉冲间隔
中图分类号：TP391.72　　**文献标识码**：A　　doi:10.3969/j.issn.1002-6673.2009.03.079

0 引言

机床数字控制的核心问题是如何控制刀具或工件的相对运动。插补是数控系统最重要的计算任务，插补的实质是完成加工数据点的密化工作。逐点比较法和数字积分法是数控插补的主要方法，数字积分法的优点是能灵活地实现多种函数的插补和多坐标控制，但其插补速度随被积函数值大小而变化，存在速度调节不便的缺点；逐点比较法的进给速度平稳，调节方便，插补精度高，但各轴插补进给不均匀。结合上述两种算法的优点，比较积分法具有插补精度高，运算简单和速度控制容易等特点，可用于多轴联动的数控系统中。现有文献中对非圆二次曲线插补算法研究较少，本文旨在通过对圆弧插补算法讨论进一步研究其它非圆二次曲线的比较积分插补运算方法和过程。

1 比较积分法圆弧插补原理

圆弧是机械零件上普遍的线型结构，也是最典型的二次曲线。考虑起点为 $A(x_0,y_0)$、终点为 $B(x_e,y_e)$ 的第一象限顺圆弧，圆弧以坐标原点为圆心，则其方程为 $x^2+y^2=R^2$，如图1所示。对圆的方程两端取微分，得：

$$\frac{dy}{dx}=-\frac{x}{y}=\frac{v_y}{v_x}=k$$

即有：$-ydy=xdx$；利用矩形公式对上式求积可得：

$$-\sum_{y_0}^{y_e} y\Delta y=\sum_{x_0}^{x_e} x\Delta x$$

亦即有：

$$\sum_{y_e}^{y_0} y\Delta y=\sum_{x_0}^{x_e} x\Delta x$$

令 $\Delta x=\Delta y=1$（即脉冲当量=1），$x_e=x_0+m$；$y_e=y_0-n$。经变量替换，上面的积分求和公式变为：

$$\sum_{i=0}^{m}(x_0+i)=\sum_{j=0}^{n}(y_0-j) \tag{1}$$

将上式展开得：$x_0+(x_0+1)+(x_0+2)+...=y_0+(y_0-1)+(y_0-2)+...$。

式（1）表示，若用进给脉冲的时间间隔来描述圆的动点变化规律，则圆弧函数的脉冲时间间隔在插补过程中是变化的，在某一时刻x轴与y轴进给脉冲时间间隔之比等于动点所在位置圆的半径矢量的x分量与y分量之比。式(1)是公差分别为+1和-1的等差数列，圆可根据这组等差数列来产生。根据式(1)可以作出图2所示的第一象限顺圆弧进给脉冲分配序列。

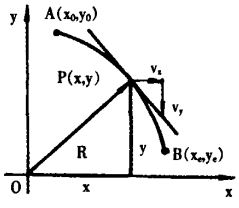

图1 圆弧插补矢量方向
Fig.1 Circular arc interpolation vector direction

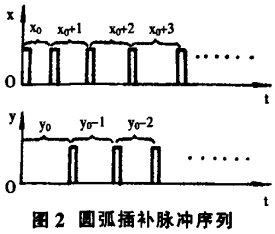

图2 圆弧插补脉冲序列
Fig.2 Circular arc interpolation pulse sequence

根据上面算法，考虑四个象限，可以得出圆弧在不同象限顺、逆时针加工情况下的矩形求和公式，不同象限求和公式两两相同，得出式（2）、(3)：

第一、三象限顺圆，第二、四象限逆圆矩形求和：

$$\sum_{i=0}^{m}(x_0+i)=\sum_{j=0}^{n}(y_0-j) \tag{2}$$

收稿日期：2009-03-11
作者简介：尚德波（1974-），男，工学硕士。研究方向：数控技术。

万方数据

第二、四象限顺圆，第一、三象限逆圆矩形求和：

$$\sum_{i=0}^{m}(x_0-i)=\sum_{j=0}^{n}(y_0+j) \quad (3)$$

结合逐点比较原理，为实现插补运算同样引进判别函数 F。所不同的是除偏差运算外，在 x 轴或 y 轴每发出一个进给脉冲后，还得对被积函数 x 或 y 作加 1 或减 1 修正处理。

2 二次曲线的插补算法的步骤与流程

比较积分法与逐点法类似，每输出一个脉冲，也需要作偏差判别、坐标进给和新偏差计算等工作。对于二次曲线，可以利用时间坐标上的两组等差数列表示其脉冲分配过程，只要改变公差的大小和符号就可以得到抛物线、椭圆、双曲线等二次插补曲线。综合一般二次曲线的矩形求和公式，我们用 α 和 β 分别表示矩形求和公式中 x 轴和 y 轴进给脉冲时间间隔等差数列的公差。用 A 和 B 分别表示 x 轴和 y 轴进给脉冲的时间间隔。对圆弧，则 $A_0=x_0$，$B_0=y_0$ 也可写成 $A_0=x_0|\alpha|$，$B_0=y_0|\beta|$；对其他二次曲线初始值均可表示为 $A_0=x_0|\alpha|$，$B_0=y_0|\beta|$。用 Δx 和 Δy 表示 x 轴和 y 轴的进给脉冲。最终总结出比较积分法的插补步骤如下：

(1) 基准轴确定。插补时取脉冲间隔小的轴作为基准轴，即当 A<B 时，取轴作为基准轴；反之，取轴作为基准轴。

(2) 每发一个脉冲，基准轴走一步，非基准轴由判别函数 F 决定走向。x 轴为基准轴，当 F≥0 时，进给Δx，Δy；当 F<0 时，进给Δx。y 轴为基准轴，当 F≥0 时，进给Δx，Δy；当 F<0 时，进给Δy。

(3) 计算新偏差 F_{n+1} 以直线为例，当 x 轴和 y 轴同时进给时，$F_{n+1}=F_n-x_e-y_e$；当只有 x 轴进给时，$F_{n+1}=F_n+y_e$。

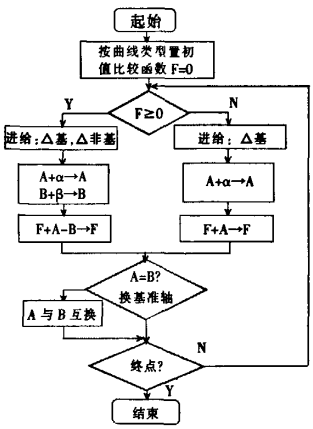

图 3 比较积分法插补程序流程图

Fig.3 Compared with integration interpolation program flow diagram

(4) 修正时间间隔 A 和 B。当 x 轴进给时，A=A+α；当 y 轴进给时，B=B-β。

(5) 判别是否改变基准轴。当 A=B 时更换基准轴，并在偏差计算公式中将 A 与 B 互换。

(6) 过象限处理。当插补曲线过象限时需修正进给轴的方向。

(7) 终点判别。当 $x=x_e$，并且 $y=y_e$ 时，插补结束，否则重复执行上述各步骤。

适用于二次曲线加工的比较积分法程序流程图如图 3 所示。

3 二次曲线比较积分法插补实例

我们以椭圆曲线来验证一下上述插补算法，确定椭圆 $\frac{x^2}{9}+\frac{y^2}{4}=1$ 在第三象限顺时针插补和轨迹路线。首先对方程 $\frac{x^2}{9}+\frac{y^2}{4}=1$ 进行微分得：4xdx=-9ydy。利用矩形求积公式可得：

$$4\sum_{i=0}^{m}(x_0-i)=9\sum_{j=0}^{n}(y_0+j)$$

可知：x 轴进给脉冲间隔等差数列的公差 α 为 4，y 轴进给脉冲间隔等差数列的公差 β 为-9。所要插补轨迹：起点：(0,-2)，终点：(-3,0)。故：插补开始时 x 轴的脉间宽度 $A_0=x_0|\alpha|=0\times4=0$；y 轴的脉间宽度 $B_0=y_0|\beta|=2\times9=18$

所以：B>A 故：取 X 轴为基准轴。又 n=2+3=5，$F_{n+1}=F_n-B_{n+1}+A_{n+1}$，得到插补计算过程数据见表 1，插补过程轨迹如图 4 所示。

表 1 椭圆曲线插补过程计算表

Tab.1 Elliptic curve interpolation process computation chart

序号	脉间 A	脉间 B	计算 F	判别 F	进给	终点判别	基准轴
0	0	18	0			n=5	X 轴
1					-,	n=3	
2	4	9				n=2	
3	8	0			-,	n=0	Y 轴

4 结论

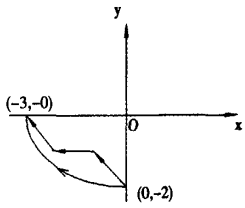

图 4 椭圆插补轨迹流程

Fig.4 Ellipse interpolation path flow

通过以上对比较积分插补算法的研究，二次曲线插补时取脉冲间隔小的轴作为基准轴是关键，然后根据判别函数来决定走向，插补过程中不断修正脉冲时间间隔，遇到跨象限时要修正进给轴方向。该插补运算方法精度高，运算简单，能够提高各轴运动的平稳性和插补的均匀性，具有重要的应用意义。

参考文献:

[1] 王琨琦,王润孝.椭圆曲线的比较积分插补方法研究[J].西北工业大学学报,2005,2.

[2] 赵玉刚.数控技术[M].北京.机械工业出版社,2003.

[3] 杨有君.数字控制技术与数控机床[M].北京.机械工业出版社.1999.

(下转第 32 页)

万方数据

的将来，模具制造业将会从机械制造业中分离出来，而独立成为国民经济中不可缺少的支柱产业。

从资料获悉，目前，美国、日本、德国等发达国家的模具总产值都已超过机床总产值，比如日本，1987年模具总产值124亿美元，同期机床总产值为102亿美元；到1991年模具总产值131亿美元，同期机床总产值为120亿美元[3]；2004年我国模具产值（不包括港、澳、台数据）530亿元人民币，比上年增长17.8%，模具出口额4.91亿美元，比上年增长45.7%（均已超过"十五"规划2005年产值490亿元人民币和出口额3亿美元的预定目标）。2005年中国模具市场的增长率也在15%以上，由此可见，模具制造技术被提升到了首要地位。模具技术的进步极大地促进了工业产品的发展，模具是"效益放大器"，用模具生产的最终产品的价值将超过模具自身价格的几十倍乃至上百倍、上千倍。目前全世界模具年产值约为600亿美元，日、美等工业发达国家的模具工业总产值已超过机床工业总产值。近几年，我国模具工业一直以每年15%左右的增长速度发展。模具工业促进了工业产品的发展，效益极大，因而受到普遍的赞扬。美国工业界认为"模具工业是美国工业的基石"；在日本模具工业被誉为"进入富裕社会的原动力"；德国给模具工业冠之以"金属加工业中的帝王"之称；在罗马尼亚称"模具就是黄金"[4]；新加坡则把模具工业作为"磁力工业"；中国模具权威则称"模具是印钞机"。由此可以看出模具工业的潜力之大，前景之广阔是不可估量的。

3 结束语

随着工业生产的迅速发展，工业产品的品种和数量不断增加，换型的加快，模具工业在国民经济中的地位将日益提高，模具技术也会有新的发展，模具技术将会对加速国民经济发展作出更大的贡献。

参考文献：

[1] 吴崇峰.模具CAD/CAE/CAM教程[M].北京：中国轻工业出版社，2005.

[2] 辽宁省农业工程学校主编.冲压工艺及模具[M].北京：农业出版社，1992,5.

[3] 卢险峰.冲压工艺模具学[M].北京：机械工业出版社,1997.

[4] 黄毅宏.模具制造工艺[M].北京：机械工业出版社,1990.

Die Technology in the National Economy Status

JIANG Gui-Zhi

(Vocational and Technical School in Shangqiu, Shangqiu Henan 476000, China)

Abstract: As China's economic takeoff, the rapid development of industrial production, technology has become the mold of a country's level of manufacturing one of the important symbols, mold manufacturing technology for the development of the national economy has been and will continue to make a significant contribution.

Key words: die technology; the national economy

（上接第36页）

Analysis for Peak Accelerations and Drive Torque Fluctuations in a Crank-slider Linkage

REN Shu-Tang, WANG Cai-Ying

(Baotou Linght Industory Vocational Technolegy College, Baotou Inner Mongolia 014035, China)

Abstract: Caculated to the peak accelerations by the means of vector in a crank-slider mechnism. Discussed the relations between the accelerations and the drive torque of the linkage. Analysis the relevances to the acceleration, the forces and the drive torque in a scotch yoke mechanism.

Key words: crank-slider; acceleration; drive torque

（上接第188页）

Research on Conic Section Comparison Integral Interpolation Algorithm of Numerical Control System

SHANG De-Bo

(Weifang Vocational College, Weifang Shandong, 261031, China)

Abstract: Through inserting the algorithm of mending and carrying on analysis and research to the arc of comparative total mark, obtain the law of comparative total mark of conic section. Insert and mend proving for the example that inserts and mends the step calculated and operation course clockwisely with the third quadrant of oval conic section, It is significant to insert and mend the mentality of designing to the systems soft ware of NC.

Key words: NC system; interpolation; comparative integration; interval of pulse

万方数据