

# 逐点比较法直线插补原理及其改进算法分析

金中波<sup>1</sup>, 张百臣<sup>2</sup>, 韩霞<sup>1</sup>, 代洪庆<sup>1</sup>

(1.黑龙江八一农垦大学 工程学院 黑龙江 大庆 163319 2.北大荒米娃食品有限公司 黑龙江 绥化 152000)

**摘要** 逐点比较法直线插补是数控加工中常用的插补算法之一,通过比较刀具移动的实际位置与理论位置,获得偏差情况,进而决定下一步的进给方向来实现对零件的加工。文章阐述了传统逐点比较法直线插补的基本原理,提出了两种针对传统算法的改进算法,论述了改进算法的基本原理,最后分析比较了3种不同算法的优缺点。

**关键词** 逐点比较法;插补;改进

中图分类号:TG659

文献标识码:A

文章编号:1002-2333(2009)03-0126-03

## The Principle of Point-to-Point Comparison Method of Linear Interpolation and Analysis of Its Improved Algorithms

JIN Zhong-bo<sup>1</sup>, ZHANG Bai-chen<sup>2</sup>, HAN Xia<sup>1</sup>, DAI Hong-qing<sup>1</sup>

(1.Collage of Engineering, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China;

2. Miwa Food Co., Ltd, the Great Northern Wilderness in Northern China, Suihua 152000, China)

**Abstract:** Point-to-point comparison method of linear interpolation is one of algorithms that are used widely in NC manufacturing. By comparing actual position with theoretical position of tool's movement, the warp to decide the next step to manufacture workpieces was gotten. The paper discussed the principle of traditional point-to-point comparison method of linear interpolation, and brought forward two different improved algorithms, which principles were also discoursed upon. At the end of the paper, the advantages and disadvantages were gotten by analyzing and comparing these three different algorithms.

**Key words:** point-to-point comparison method; interpolation; improvement

在对数控系统输入有限坐标点(例如起点、终点)的情况下,计算机根据线段的特征(直线、圆弧、椭圆等)运用一定的算法,自动地在这些特征点之间插入一系列的中间点,这个过程就是数据点的密化过程,即插补。

目前,插补算法有很多种,其中脉冲增量插补是最常用插补算法之一,而逐点比较法又是脉冲增量插补算法中应用较多的算法。

### 1 基本原理

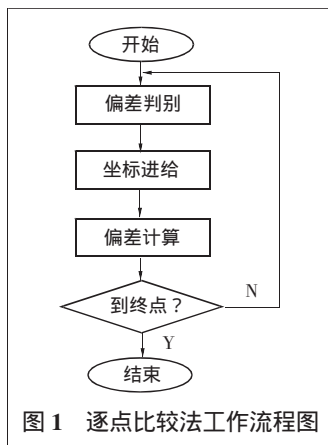


图1 逐点比较法工作流程图

一般都要经过偏差判别、坐标进给、偏差计算和终点判别4个工作节拍,其工作流程图如图1所示。

如图2所示,给出要加工直线的起点和终点,以直线的起点为坐标原点,终点坐标为 $(X_e, Y_e)$ ,插补点坐标为

$(X, Y)$ ,则以下关系成立:

若点 $(X, Y)$ 在直线上,

$$\text{则 } \frac{X}{Y} = \frac{X_e}{Y_e}$$

$$\text{即 } YX_e - XY_e = 0$$

若点 $(X, Y)$ 位于直线

上方,则  $YX_e - XY_e > 0$

若点 $(X, Y)$ 位于直线下方,则  $YX_e - XY_e < 0$

因此取判别函数  $F = YX_e - XY_e$ 。通过判别函数可以判别当前点与直线的相对位置:

当点在直线上方时,  $F > 0$ ,下一步向+X方向运动;

当点在直线下方时,  $F < 0$ ,下一步向+Y方向运动;

当点恰好位于直线上时,为使运动继续下去,将  $F=0$  归入  $F > 0$  的情况(也可归为  $F < 0$  的情况)继续向+X方向运动。

这样从原点出发,走一步判别一次  $F$ ,再走一步,所运动的轨迹总在直线附近,并不断趋向终点。事实上,计算机并不善于做乘法运算,在其内部乘法运算是通过加法运算完成的。因此判别函数  $F$  的计算实际是由以下递推迭加的方法实现的。

设点 $(X_i, Y_i)$ 为第  $i$  次插补后刀具的当前位置,则其判别函数为:  $F_{i,j} = Y_j X_e - X_i Y_e$

若沿+X方向走一步,则  $X_{i+1} = X_i + 1, Y_j = Y_j$

因此,新的判别函数为  $F_{i+1,j} = Y_j X_e - (X_i + 1) Y_e = F_{i,j} - Y_e$

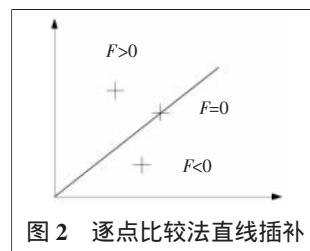


图2 逐点比较法直线插补

若沿+Y方向走一步,则  $X_i=X_i, Y_{j+1}=Y_j+1$

因此,新的判别函数为  $F_{i,j+1}=(Y_j+1)X_e-X_iY_e=F_{i,j}+X_e$

从上述推导结果可以看出,判别函数  $F$  的计算只与终点坐标值  $X_e, Y_e$  有关,与插补动点的坐标值无关。

根据逐点比较法的运动特点,终点判别可以用总步长法,求出被插补直线在两个坐标轴方向上插补运动总步数  $n=X_e+Y_e$ ,刀具每走一步,都使  $n=n-1$ ,直至  $n=0$  为止。

表1 四象限的进给方向和偏差计算

偏差判别	$F \geq 0$	$F < 0$
第一象限	+X	+Y
第二象限	-X	+Y
第三象限	-X	-Y
第四象限	+X	-Y
偏差计算	$F=F- Y_e $	$F=F+ X_e $

以上是第一象限直线的偏差计算公式,利用同样的方法可以推导出第二、三、四象限直线的偏差计算公式和相应的进给方向。

## 2 改进算法

### 2.1 算法一

以第一象限为例,将直线的起点作为坐标原点,终点坐标为  $(X_e, Y_e)$ ,插补点坐标为  $(X, Y)$ ,进给前首先计算出分别沿+X方向,+Y方向,+X和+Y方向各进给一步3种情况下新的判别函数  $F$  的值,根据  $F$  值的大小来决定具体的进给方向。 $F$  值(绝对值)越小,则表明进给后刀具当前位置与所绘直线的偏差越小,因此,在比较时取  $F$  绝对值进行比较,选择最小绝对值的进给方向进给。若绝对值相等,则同时向+X和+Y方向进给。

设点  $(X_i, Y_j)$  为第  $i$  次插补后刀具的当前位置,则其判别函数为  $F_{i,j}=Y_jX_e-X_iY_e$ 。

若沿+X方向走一步,则  $X_{i+1}=X_i+1, Y_j=Y_j$

因此,新的判别函数为  $F_{i+1,j}=Y_jX_e-(X_i+1)Y_e=F_{i,j}-Y_e$

若沿+Y方向走一步,则  $X_i=X_i, Y_{j+1}=Y_j+1$

因此,新的判别函数为  $F_{i,j+1}=(Y_j+1)X_e-X_iY_e=F_{i,j}+X_e$

若沿+X和+Y方向各进给一步,则  $X_{i+1}=X_i+1, Y_{j+1}=Y_j+1$

因此,新的判别函数为  $F_{i+1,j+1}=(Y_j+1)X_e-(X_i+1)Y_e=F_{i,j}+X_e-Y_e$

终点判别可以用总步长法,求出被插补直线在两个坐标轴方向上插补运动总步数  $n=X_e+Y_e$ ,当刀具向+X方向或+Y方向进给时,使  $n=n-1$ ,当刀具向+X方向和+Y方向同时进给时,使  $n=n-2$ ,最后直至  $n=0$  为止。

按此原理,可以推导出其它象限改进后的进给方向和偏差计算公式。

### 2.2 算法二

上述两种算法在进行插补时,将插补区域按照象限的不同划分为4个区域:第一象限插补区、第二象限插补区、第三象限插补区和第四象限插补区。根据插补特点,改进算法以过原点的45°直线和135°直线进行划分,将原有的4个插补区划分为8个插补区,插补的偏差判别函数可由第一插补区推导获得,进

而推广至其它插补区,如图3所示。

以第一插补区为例讨论推导过程,在此区域插补直线时直线的最大斜率为1,将所要插补直线的斜率与斜率为2/5的直线进行比较,如图3所示。则:

$$F_0=\tan\beta-\tan\alpha=\frac{2}{5}-\frac{Y_e}{X_e}=\frac{2X_e-5Y_e}{5X_e}$$

在进行判别函数判别的时候,只判别该函数的正负,上式中  $X_e$  始终是正数,因此只要判别分子的正负就可,将上式记为:

$$F_0=2X_e-5Y_e$$

此式即为判别函数的初始判决式。

当  $F_0 \geq 0$  时,沿着+X方向进给一步;

当  $F_0 < 0$  时,沿着+X、+Y方向各进给一步。

若初始判决式  $F_0 \geq 0$ ,沿+X方向进给一步,可计算出进给后其新的判别函数,进给后判别函数计算推导过程和传统逐点比较法推导过程相同。设点  $(X_i, Y_j)$  为第  $i$  次插补后刀具的当前位置,则其判别函数为  $F_{i,j}=Y_jX_e-X_iY_e$ 。

则  $X_{i+1}=X_i+1, Y_j=Y_j$

因此,新的判别函数为  $F_{i+1,j}=Y_jX_e-(X_i+1)Y_e=F_{i,j}-Y_e$

若初始判决式  $F_0 < 0$ ,沿+X和+Y方向各进给一步,则

$$X_{i+1}=X_i+1, Y_{j+1}=Y_j+1$$

因此,新的判别函数为  $F_{i+1,j+1}=(Y_j+1)X_e-(X_i+1)Y_e=F_{i,j}+X_e-Y_e$

终点判别同样采用总步长法,求出被插补直线在两个坐标轴方向上插补运动总步数  $n=X_e+Y_e$ ,当刀具向+X方向进给时,使  $n=n-1$ ,当刀具向+X方向和+Y方向各进给一步时,使  $n=n-2$ ,最后直至  $n=0$  为止。

上述推导过程是在第一插补区进行的,利用同样的方法可推导出其它插补区的计算公式。例如在插补第二插补区直线时,第二插补区与第一插补区的区别在于主轴(若  $|X_e| > |Y_e|$ ,则主轴为  $X$  轴,辅轴为  $Y$  轴;反之,若  $|X_e| < |Y_e|$ ,则主轴为  $Y$  轴,辅轴为  $X$  轴)不同,第一插补区的主轴是  $X$  轴,而第二插补区的主轴是  $Y$  轴。只要将第一插补区的  $X$  轴视为主轴,  $Y$  轴视为辅轴,这样,两个插补区就没有区别了。其它的第三、第四、第五、第六、第七和第八插补区除了主辅轴之外,还有符号问题。用  $C$  表示主轴,用  $A$  表示辅轴,将所插补直线主轴坐标赋值  $C$ ,辅轴坐标赋值  $A$ ,则初始判决式为  $F_0=2C-5A$ 。

当  $F_0 \geq 0$ ,沿着主轴进给一步,偏差判别式为  $F=F-A$ ;

当  $F_0 < 0$ ,主辅轴各进给一步,偏差判别式为  $F=F+C-A$ 。

### 3 几种算法分析比较

传统逐点比较法插补在两坐标联动的数控机床中应用较普遍,主要具有这样几个特点:控制算法简单、直观,计算容易简便,输出脉冲均匀,且输出脉冲的速度变化小,调节方便。但是,该算法第一步总是向  $X$  方向进给一步,当插补垂直线段时容易产生丢步,如图4插补  $OB$  ( $0,5$ )时,偏离了  $Y$  轴,丢失一步,结果插补成  $OB'$ 。此外,传统逐点比较法进行插补时插补误差较大,如图4插补  $OA$  ( $4,4$ )所示,所绘的直线段光滑度较差。由于在插补进给时,总是向  $X$  或  $Y$  某一个方向进给,而不能同时进给,致使插补速度也较慢。

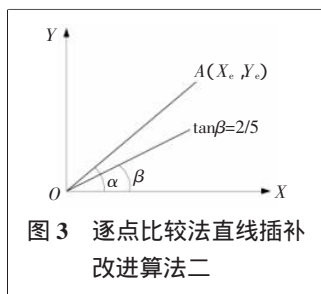


图3 逐点比较法直线插补改进算法二

# 某型直升机主起落架缓冲器振动研究

万会兵<sup>1</sup>, 姜大成<sup>2</sup>, 吕长生<sup>2</sup>, 杨培滋<sup>2</sup>

(1.总参陆航部军事代表局, 北京 100000 2.陆航驻哈尔滨地区军事代表室, 哈尔滨 150066)

**摘要:**对直升机以一定速度坠落时产生的冲击振动等动力学响应进行了仿真研究, 基于能量原理和振动理论, 理论推导得出了该型直升机主起落架缓冲器纵向振动微分方程计算公式, 并在动力学仿真软件 ADAMS 基础上, 进行了数字仿真机算。仿真结果表明, 理论计算值和仿真算例吻合较好, 所得结论对于起落架缓冲器设计具有工程意义。

**关键词:** 缓冲器; 振动; 仿真; ADAMS

中图分类号: TH113.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2009)03-0128-02

## The Landing Gear Damper Vibration Study of a Kind of Helicopter

WAN Hui-bing<sup>1</sup>, JIANG Da-cheng<sup>2</sup>, LV Chang-sheng<sup>2</sup>, YANG Pei-zi<sup>2</sup>

(1.The Army Aviation Military Deputy Bureau of The General Staff, Beijing 100000, China; 2.Customer Representative of General Staff Department in Harbin District, Harbin 150066, China)

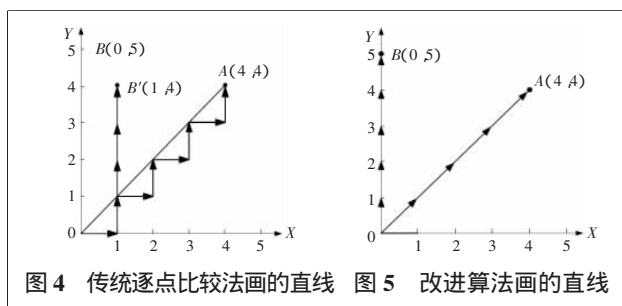
**Abstract:** The dynamic response of a helicopter to the impact of the surface of the earth with damp is analyzed using the energy principle and vibration theory. A formula concerning the vibration differential equation of the landing gear is obtained from theoretical analysis. Based on ADAMS mechanical simulation software, a gravity environment was established by computer and some simulation study had been carried out about the landing gear damper. The academic result has been verified using a numerical example, and the simulation result is in very good agreement with the calculated result. The conclusions drawn in this paper could be used for engineer.

**Key words:** damper; vibration; simulation; ADAMS

直升机作为配合陆军和海军陆战队作战的空中技术力量, 极易遭受来自地面常规武器的攻击, 并且由于直升机速度限制以及恶劣飞行环境和气候条件的影响, 容易发生坠毁事故。而且由于直升机因受到驾驶舱上部旋翼系统的阻碍, 难以采用弹射救生装置提供乘

员逃生。所以抗坠毁性能就成为直升机的一项重要技术指标。

过去直升机设计一直沿用传统的飞行器设计思想, 即以气动特性、稳定性、控制特性、静载强度和疲劳强度为依据来保证飞行的安全。随着直升机技术的不断



采用改进算法一进行插补时, 可以实现两个坐标轴同时进给, 插补速度快且均匀性好, 插补算法简单易懂, 插补误差较小, 精度也好于传统逐点比较法。但是, 采用此算法插补时, 偏差计算需要分别计算出向  $X$ 、 $Y$  和  $X$ 、 $Y$  同时进给后所产生的判别函数值, 然后在比较个判别函数值的绝对值, 取绝对值最小的方向进给, 因此, 这种算法计算过程较传统算法繁琐一些, 在计算过程中容易出错。

采用改进算法二进行插补时, 采用了初始判别式, 根据判别式的结果决定下一步的进给方向, 避免了传统逐点比较法第一步总是沿着  $X$  方向进给, 同时也避免了在

插补垂直线段时产生丢步现象。此算法可  $X$ 、 $Y$  向同时进给, 提高了插补速度, 而且插补的直线段的光滑度有明显提高, 如图 5 所示。

## 4 结 语

总之, 传统逐点比较法和两种改进算法有各自的优缺点。采用传统算法, 插补原理简单易懂, 计算简便, 但插补精度和速度都比改进算法要差; 采用改进算法, 插补误差较小, 同时插补速度较快, 但计算过程较传统算法繁琐。

## 【参考文献】

- [1] 李佳. 数控机床及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 郑晓峰. 数控原理与系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 刘永平, 李鹤岐, 赵学. 基于逐点比较法的四坐标联动直线插补算法[J]. 兰州理工大学学报, 2004, 30(5): 42-44.
- [4] 高有行. 对逐点比较法的改进算法[J]. 西安电子科技大学学报, 1998, 25(3): 299-303. (编辑 黄 荻)

作者简介 金中波(1981-) 男, 助教, 硕士研究生, 研究方向为机械设计制造及数控技术。

收稿日期 2008-11-21