

文章编号 :1671 - 6833(2002)03 - 0064 - 03

螺旋锥齿轮数控加工中的后置处理

卢晓勇,侯伯杰,蒋文兵,郑 鹏

(郑州大学机械工程学院 河南 郑州 450002)

摘 要:通过分析螺旋锥齿轮数控加工机床机构,建立了五轴数控加工机床模型,根据前置处理生成的刀位文件(刀心坐标和刀轴矢量),利用普通数控机床的后置处理原理,推导出了螺旋锥齿轮后置处理公式,得到了机床角度分配和刀心在机床坐标系中的位置,从而为从刀具轨迹到数控代码生成提供了方法。

关键词 螺旋锥齿轮;数控;后置处理

中图分类号:TG 61 文献标识码:A

数控机床的所有运动和操作都是执行数控指令的结果,完成一个零件的数控加工一般需要执行一连串的数控指令,即数控程序。数控程序的获得有两种途径:手工编程和自动编程。手工编程是根据零件的加工要求与所选数控机床的数控指令集编写数控程序,直接输入数控机床的数控系统。这种方法对于简单二维零件的数控加工是非常有效的,但对于复杂零件,特别像锥齿轮之类的无法用解析式表达的齿面则显得束手无策。自动编程方法则不同,经过刀具轨迹计算产生的是刀位文件(CL),而不是数控程序,因此,这时需要设法将刀位文件转换成指定数控机床能执行的数控程序,再经过通信输入到数控机床的数控系统,才能进行零件的数控加工。

在数控自动程序编制语言的处理程序中,将前置处理中生成的刀位轨迹变换为数控机床运动的数控程序或处理数控机床的特殊功能的部分称为后置处理^[1]。后置处理是复杂零件计算机辅助刀位设计和实际机械加工之间的一条连接枢纽,也是 CAD/CAM 一体化过程中不可缺少的组成部分。本文推导了螺旋锥齿轮数控加工中的后置处理公式,给出了机床各坐标轴的运动参数,为自动编程提供了理论依据。

1 后置处理算法原理

后置处理是一个指令编译的过程,它以刀位

文件为输入源,经过后置处理工具对刀位文件进行解释,生成宏寄存器变量表,然后调用相应的宏过程来完成不同类型的转换关系。后置处理流程图如图 1 所示。

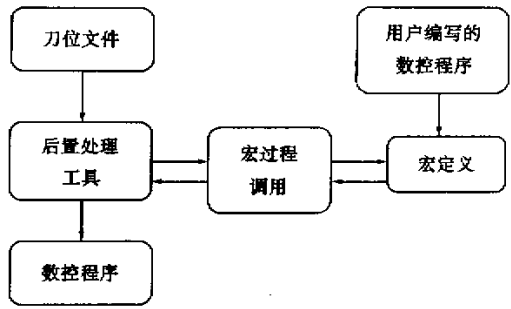


图 1 后置处理流程图

Fig.1 Flow chart of the post processing

我们在利用计算机计算复杂零件刀具轨迹时,采用的是工件坐标系(即工件不动,刀具相对于工件运动),而在实际加工中使用的是机床坐标系(即工件运动)。因此,我们在利用计算机生成刀具运动数据加工文件时,必须进行坐标变换(工件坐标系——机床坐标系)。在本课题中,研究了螺旋锥齿轮五轴数控加工,该机床结构如图 2 所示。机床有三个直线运动轴(X, Y, Z)和两个回转运动轴(A, B)。如采用连续分齿法或螺旋成型法等需主轴分度,控制加工方法,则刀盘回转轴 C 是伺服轴,通过五坐标的联动实现了螺旋锥齿轮的切齿加工。

收稿日期 2002 - 03 - 02,修订日期 2002 - 06 - 10

基金项目 河南省自然科学基金资助项目(004053100)

作者简介 卢晓勇(1974 -)男,江苏省南通市人,郑州大学硕士研究生,主要从事 CAD/CAM 方面的研究。

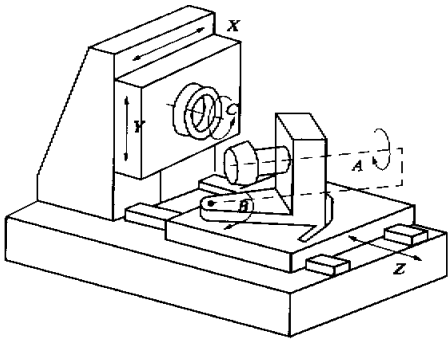


图2 螺旋锥齿轮数控切齿机床示意图
Fig.2 The sketch map of NC machine tool
for spiral bevel gear

2 五坐标联动后置处理算法

根据螺旋锥齿轮加工原理^[2],要在如图2所示数控机床上加工出锥齿轮,只需保证铣刀盘与螺旋锥齿轮之间的相对运动不变,就可完成锥齿轮的加工,为此需进行坐标变换,即将刀具相对于工件的运动变换到机床中去.设工件坐标系为 $\Sigma_w = \{O_w - i_w, j_w, k_w\}$,工件可绕坐标轴 X 转动 A 角,绕坐标轴 Y 转动 B 角.机床运动坐标系为 $\Sigma_m = \{O_m - i_m, j_m, k_m\}$, $O_w O_m = d$;刀心 C_0 在工件坐标系中的位置为 (xc_0, yc_0, zc_0) ,刀轴矢量 T (单位矢量)在工件坐标系中为 (T_x, T_y, T_z) .为了变换方便,建立辅助坐标系 $\Sigma_t = \{O_t - i_t, j_t, k_t\}$ 与床身固连,其坐标轴 i_t 与齿轮轴线 P 重合,坐标轴 j_t 与坐标系 Σ_m 的 j_m 轴重合,如图3所示.以上过程即要根据刀心坐标 (xc_0, yc_0, zc_0) 、刀轴矢量 T 和两坐标系原点的距离 d 来求解加工机床的坐标值 X, Y, Z, A, B .

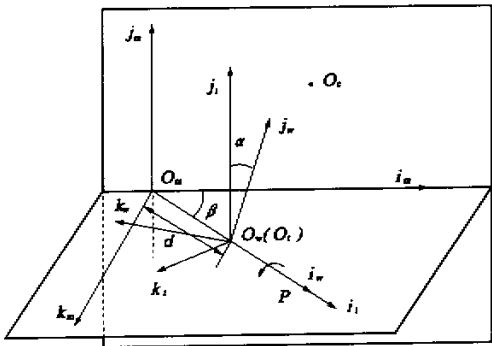


图3 工件坐标系和机床坐标系
Fig.3 The coordinate of workpiece and machine tool

经刀位的计算产生的刀位数据是在工件坐标系中数据,要将这些数据转化为NC数据,需要

进行下面的变换.工件坐标系中的刀位转化成数控加工程序段中的NC数据,除了对刀位点做坐标平移变换,还需使刀轴矢量转到与刀具轴线同向的位置,也就是将图3中工件坐标系 Σ_w 中刀具相对于工件的位置和姿态,转换为下列参数:①刀盘中心 O_c 在机床坐标系中的位置;②工件的旋转角 A ;③工件和刀尖平面之间的夹角 B .

为了计算方便,将刀轴矢量规格化为单位矢量,并移到工件坐标原点,如图4所示.在图3中刀具轴线垂直于平面 $i_m O_m j_m$,为了使刀轴矢量与刀具轴线平行,需将工件坐标系 Σ_w 绕轴 i_w 逆时针转动 α 角到 Σ_t 位置,再将工件坐标系 Σ_w 绕 j_m 轴逆时针转 β 角.由转动过程可得 $A = \alpha, B = \beta$.其中 A, B 的计算公式如下:

$$A = \arctg(T_y / \sqrt{T_x^2 + T_z^2}) \quad (T_y < 0); \quad (1)$$

$$B = \arctg(T_x / T_z) \quad (T_x > 0, T_z > 0). \quad (2)$$

接下来求出刀心 C_0 经工件旋转后在机床坐标系中的位置 $\Sigma_m = \{O_m - i_m, j_m, k_m\}$,即机床运动坐标值 X, Y, Z .

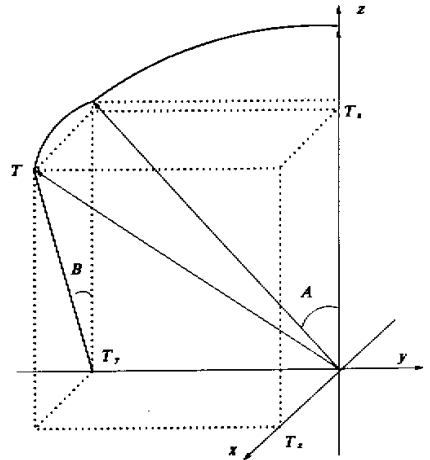


图4 机床角度分配
Fig.4 The angle distribute of machine tool

将工件坐标系平移到机床坐标系的变换矩阵为

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ d \cdot \sin B & 0 & d \cdot \sin B & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

将工件坐标系绕 X 轴旋转 A 角的变换矩阵为

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos A & -\sin A & 0 \\ 0 & \sin A & \cos A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

将辅助坐标系 Y 轴旋转 B 角的变换矩阵为

$$T_3 = \begin{bmatrix} \cos B & 0 & \sin B & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin B & 0 & \cos B & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

于是得到从 \sum_w 到 \sum_m 的齐次变换矩阵

$$T = T_3 \times T_2 \times T_1, \quad (6)$$

因此,刀心 C_0 在机床坐标系 \sum_m 中的位置矢为

$$(X_m, Y_m, Z_m, 1) = (xc_0, yc_0, zc_0, 1) \cdot T. \quad (7)$$

将其展开,得

$$\begin{cases} X_m = xc_0 \cos B - zc_0 \sin B + d \sin B; \\ Y_m = yc_0 \cos A + zc_0 \sin A \cos B; \\ Z_m = xc_0 \sin B \cos A - yc_0 \sin A + \\ \quad zc_0 \cos A \cos B + d \cos B. \end{cases} \quad (8)$$

根据以上五坐标变换关系,我们就可以利用处理工具,方便地设计出螺旋锥齿轮数控加工的后置处理程序.

例如我们已有如下的刀位信息:刀心位置 (x, y, z) ,刀轴矢量 (T_x, T_y, T_z) .后置处理工具将调用多轴数控加工宏定义来处理这一信息^[4,5],那么该宏定义如下:

宏过程 = {计算旋转角度 A ,计算旋转角度 B ,计算新刀心位置 $\{X, Y, Z\}$ 输出一个数据程序块.

3 结束语

本文针对螺旋锥齿轮数控加工机床结构,利用普通数控加工机床后置处理原理,推导出了螺旋锥齿轮后置处理公式,得到机床角度分配和刀心在机床坐标系中的位置.为数控编程提供了相应的数学依据,并为今后有效地实现 CAD/CAM 的一体化提供了一种可行方法.

参考文献:

[1] 刘雄伟.数控加工理论与编程技术[M].北京:机械工业出版社,2000.
[2] 曾 韬.螺旋锥齿轮设计与加工[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1989.
[3] 李吉平,刘华明,任秉银.多轴数控加工相关数学模型的建立及应用[J].机械设计与制造,2000,13(1):43-44.
[4] 周 兵,钱德沛.YK7163 磨齿机数控系统的实现[J].郑州工业大学学报,1997,18(1):111-114.
[5] 李晶晶,侯伯杰,卢晓勇.数控加工计算机仿真软件的设计[J].郑州工业大学学报,2001,22(4):90-92.

The Post Processing of NC Machining for Spiral Bevel Gear

LU Xiao - yong , HOU Bo - jie , JIANG Wen - bing , ZHENG Peng

(College of Mechanical Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract : This paper analyses the structure of NC machine tool for spiral bevel gears , and establishes the mathematical model of five-axis NC machine tools . Based on the generated cutter location files of cutter center coordinates and cutter shaft vectors in the pre-processing , according to the post-processing theory of plain NC machine tools , this paper deduces out post-processing formulas of NC machine tools for spiral bevel gears , and derives angle distribution and cutter center in the machine coordinates . It provides a practical method for converting cutter path to NC codes .
Key words : spiral bevel gear ; NC ; post processing