

# 螺纹铣削自动化编程后处理技术

## Study of CAM Post-Process Technology for Thread-Mill Machining

中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 邱玉刚 张永岩 杨 双 方 芳

**[摘要]** 通过论述机械自动化制造领域的螺纹铣削刀具、编程以及加工特性,针对 CATIA V5 软件中螺纹加工编程定义,提出针对多种控制系统的螺纹铣削固定循环及圆弧螺旋插补的后处理开发方法,达到螺纹铣削自动化编程。

**关键词:** 自动化编程 螺纹铣 后处理 螺旋插补 固定循环

**[ABSTRACT]** By introducing the characteristic of thread-mill tools, thread-mill NC programming and manufacturing in mechanical-automatic field, and focusing on the thread-mill program definition in CATIA V5 software, this paper discusses the post-process developing methods of thread-mill cycle and circle-spiral interpolation for several NC control systems, to meet the requirement of automatically creating the thread-milling programs.

**Keywords:** Automatic programming Thread-mill Post-processing Spiral-interpolation Canned cycle

在当今机械加工中,零件上的螺纹加工一般采用两种加工手段:传统的螺纹车刀车削或采用丝锥、板牙手工攻丝及套扣。螺纹车削和丝锥等传统加工方式较适用于加工小螺纹孔。而对于螺纹直径较大的零件的螺纹加工,采用传统的加工方法已经无法满足应用需要。而螺纹铣削加工是一种通过使用数控机床进行螺纹加工的工艺方法,能够很好地满足大直径螺纹孔的加工,而且随着螺纹铣刀制造技术的发展,使其对小直径螺纹孔的加工成为可能,螺纹铣削加工与传统螺纹加工方式相比,螺纹铣削加工具有加工效率高、螺纹质量高、刀具通用性好,加工安全性好等优点,且加工时不受螺纹结构和螺纹旋向的限制,通过控制程序就可以控制一种螺纹铣刀加工出不同旋向的内、外螺纹。对于传统的车削方法或丝锥、板牙难于加工的不允许有过渡扣或退刀槽的螺纹,螺纹铣加工可以很容易实现。因此,螺纹铣削加工在加工制造领域得到了广泛的应用。

螺纹铣削加工的实现原理:一般的数控机床都具备至少 XYZ 3 轴联动功能,通过使用控制系统中的空间圆弧插补功能或者直接使用具备螺纹铣削固定循环的功

能,驱动螺纹铣刀实现特定的螺纹插补铣削运动,切削形成螺纹。一般刀具在加工平面上每做 1 次圆周运动并同步伴随轴向 1 个螺距的运动,就形成了具有特定高度的螺距。

本公司一直采用传统的螺纹车削和丝锥、板牙等加工方式进行航空产品的螺纹加工,存在加工效率低、加工质量不高、安全性差等局限,因此,开始逐步尝试使用铣削的方式进行螺纹加工,并开展利用 CATIA V5 软件进行螺纹铣削 CAM 编程、经后处理生成特定机床的螺纹铣削加工程序进行螺纹加工的技术研究。

本文主要对 CATIA V5 中螺纹加工编程、参数定义方法、后处理关键字定义以及针对多种控制系统(海德汉、西门子、法纳克、菲迪亚等)如何实现螺纹铣削固定循环及圆弧螺旋插补的后处理开发方法进行论述。

## 1 螺纹铣削加工概述

### 1.1 几种典型的螺纹铣刀

#### (1) 普通机夹式螺纹铣刀。

该类螺纹铣刀的特点是:一般有刀体和镶刀片组合,这种刀片上安装有 1 个或多个螺纹切削齿。

该类刀具的使用不受螺纹的左旋/右旋、内螺纹/外螺纹等结构特征限制。其使用原理为螺纹铣刀每旋转 1 圈,刀具需在轴向上运动 1 个导程(单线时为 1 个螺距)。其加工程序实现特点为:整个螺纹加工根据螺纹长度和导程(螺距)分解为一定数量的螺旋线加工运动,可采用子程序反复调用,也可全部分解为独立的个体螺旋运动。

#### (2) 普通整体式螺纹铣刀。

该类螺纹铣刀的特点是:切削刃上布满螺纹加工齿,有螺纹加工齿的有效切削长度大于最大螺纹深度。

刀具的使用不受螺纹的左旋/右旋、内螺纹/外螺纹等结构特征限制。其使用原理为刀具螺旋线加工 1 圈并在轴向上运动 1 个导程即可完成整个螺纹加工,无需分层多次加工。其加工程序实现特点为:刀具先运动刀螺纹最低点或向上 1 个导程处,根据向上或向下铣加工分解为进刀-螺旋加工-退刀加工动作。

### 1.2 与数控加工编程相关的螺纹特性

对常规螺纹,与螺纹铣编程相关的几项特性主要有:螺纹直径、螺纹深度、左/右旋转螺纹方向、内/外螺纹等。当使用CAM进行螺纹铣加工编程时,这些特性将影响策略的选择、参数的定义、数据的处理等(图1)。

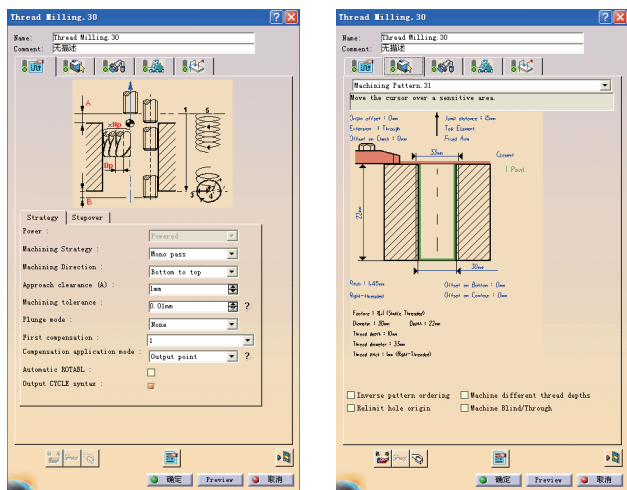


图1 CAM螺纹铣编程定义

Fig.1 Thread-mill definition in CAM

## 2 CATIA V5 螺纹铣编程定义解析

在CATIA V5软件中提供了针对螺纹铣加工方法的CAM编程定义功能,能够完成一般内螺纹的编程定义,如图4所示编程定义界面,从螺纹铣定义中可以提取出多达几十个后处理控制参数,主要的后处理控制参数有:MFG\_THREAD\_STRATEGY(每导程一圈或根据刀具刃长优化)、MFG\_THREAD\_DIRECTION(从上向下或从下向上)、MFG\_CLEAR\_TIP(安全高度)、MFG\_BREAKTHROUGH(溢出长度)、MFG\_THREAD\_DIAMETER(螺纹直径)、MFG\_PITCH(螺距)、MFG\_PITCH\_WAY\_OF\_ROT(螺纹旋转方向)、MFG\_DETAIL\_DEPTH(螺纹有效深度)、MFG\_TOTAL\_DEPTH(总深度=螺纹有效深度+溢出长度)。通过CATIA APT关键字CYCLE/THRMIL将这些主要参数结合其他的辅助参数按相应规则进行输出,提供给专门开发的后处理系统进行解析,提取相应的参数并结合使用的螺纹铣刀参数定义进行进一步的数据处理和代码生成。

## 3 几种控制系统中的螺纹铣实现方式

在目前多种类型的控制系统中都提供了一定功能的螺纹铣加工固定循环调用,因此,在数控程序生成时,可以基于这些固定循环指令实现,也可根据需要将固定循环插补控制操作分解,用圆弧螺旋加工组合实现螺纹铣。下面对西门子、海德汉控制系统的固定循环和圆弧螺旋插补的实现原理简要说明。

### 3.1 西门子840D控制系统螺纹铣实现

在西门子840D中标准的螺纹铣削循环指令为CYCLE90,并通过定义刀具半径实现补偿加工。指令格式为CYCLE90(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DIATH, KDIAM, PIT, FFR, CDIR, TYPTH, CPA, CPO),其中RTP=后退平面(绝对值)、RFP=基准平面(绝对值)、SDIS=安全距离、DP=最终钻孔深度、DPR=最终钻孔深度、DIATH=标称直径(螺纹外直径)、KDIAM=核心直径(螺纹内直径)、PIT=螺纹节距、FFR=螺纹铣削的进刀速率、CDIR=螺纹铣削的旋转方向;值:2(使用G2的螺纹铣削)、3(使用G3的螺纹铣削)、THPTH=螺纹种类(0=内螺纹/1=外螺纹)、CPA=中心点横坐标(绝对值)、CPO=中心点纵坐标。

另外可以用G2/G3、TURN指令来实现圆弧螺旋来实现螺纹铣削,格式为G2/G3 X... Y... Z... I... J... K... TURN= 或 G2/G3 AR=... I... J... K... TURN= 或 G2/G3 AP... RP=... TURN=,其中G2/G3为顺/逆时针方向圆弧插补、XYZ为圆弧终点坐标、IJK为圆弧中心坐标、AR为弧线角、TURN为圆弧螺旋圈数、AP为极角、RP为极半径。

### 3.2 海德汉iTNC530控制系统螺纹铣实现

在海德汉iTNC530系统中螺纹铣循环指令为CYCL 262、263、264、265、267。

以262为例,需定义的参数为:Q335标称直径;Q239螺距(+号为右旋螺纹、-号为左旋螺纹);Q201为螺纹深度(工件表面到螺纹底部);Q355为每个导程的螺纹数量(0=螺旋一圈加工整个螺纹孔;1=连续螺旋加工到整个螺纹深度,>1=需要几个导程加工到螺纹深度);Q253为入孔和出孔速度;Q351为M3时螺纹是从上到下或从下到上铣削;Q200为安全高度;Q203为工件面上孔坐标值;Q204为第二安全高度值;Q207为铣螺纹速度。

另外可以用CC、L、CP、DEP等命令组合实现螺纹的螺旋进刀、螺旋铣削、螺旋退刀等动作进行螺纹的铣削加工。

本文限于篇幅,仅列举西门子和海德汉系统的螺旋铣实现方式,其他类控制系统与这两种控制系统的实现方式类似。

## 4 后处理数据解析及螺纹铣实现方法开发

在论述了螺纹的基本表达特性、CAM软件编程实现、控制系统实现等基础知识的基础上,以下阐述如何利用CATIA V5的前处理数据进行后处理开发,文件操纵及数据读取控制方式不在讨论范围内。

一般CAM前处理输出如下示例:

CYCLE/THRMIL,1,23.000000,1.000000,22.000000,0,15.000000,\$1000.000000, 70.000000,0,0,\$0,1.450000,1.450000,2,1,\$33.000000,30.000000,1.000000,1,1,\$0.000000,0.000000,MMPM,RPM,300.000000,\$1000.000000

对以上 CYCLE 语句及上下文关键字定义中的各类信息进行解析和处理,主要处理策略见下文。

#### 4.1 每个导程加工的螺纹数量的处理

由于此值需根据螺纹铣刀类型、刀具刃长度以及 Machining Strategy 参数共同控制,因此按如下方式解析。

(1) 刀具名称信息作为后续深化处理螺纹铣削方式的判定因素。先根据刀具类型判断哪种类型螺纹刀,如果刀具名称中含有“bar”字样,则为单齿 bar 类型刀;如果刀具名称中含有“Thread mill”字样,则为多齿 thread mill 刀具,可用软件将字符串大小写统一以利于比较判断。

(2) 单齿 bar 类型刀,则 MFG\_THREAD\_STRATEGY 关键字无效,一圈一个螺纹,根据深度计算螺纹数量。

(3) 多齿 thread mill 刀具。

若定义为 mono pass,则一圈一个螺纹导程,根据螺纹深度计算螺纹导程数量;若定义为 optimized pass,则:

- 刀具螺纹长度 > 螺纹深度,只计算最深处一圈螺纹;
- 刀具螺纹长度 < 螺纹深度,以最深处为基准点,向上计算需几个导程完成螺纹加工。

#### 4.2 具有明确数值可直接用到固定循环控制中的参数值处理

对于一些可以直接从 CAM 前处理文件中解析出来并可直接用于固定循环控制中的参数值,均无需特殊处理或进行很少量的数据转换或输出判别控制,如安全退刀平面、基准平面、最终螺纹孔深度、螺纹孔标称直径等。

#### 4.3 用圆弧螺旋拟合进行螺纹铣加工的数据及控制命令处理

在固定循环指令的基础上,增加一个关键字控制命令 CYC\_STAT/ON 或 CYC\_STAT/OFF 来控制是否使用固定循环方式处理。并按照以下几个方面来进行必要的的数据处理以满足圆弧螺旋拟合运动控制。

(1) 计算螺纹铣总长度 = 螺纹有效长度 + 螺纹溢出长度 + 螺纹引入长度。

(2) 根据螺纹加工策略和螺纹方向、螺纹类型等特性征参数计算螺纹螺旋线切入控制命令及数据、主体螺纹铣削控制命令及数据、螺纹螺旋线切出控制命令及数据,难点是根据角度计算切入切出圆弧起点、圆心坐标。控制系统类型不同,需要计算和处理的难易程度有所不同。

(3) 对于斜面上的螺纹孔,须进行必要的空间局部坐标系换算,如海德汉系统则是通过 CYCL DEF 19.0 和 CYCL DEF 19.1、西门子系统通过 AROT 命令进行局部坐标系定义,并将后续螺纹孔数据转换到此坐标系下再进行数据处理。

根据以上处理策略,采用 C++ builder6.0 进行开发,软件功能界面和处理结果如图 2 所示。

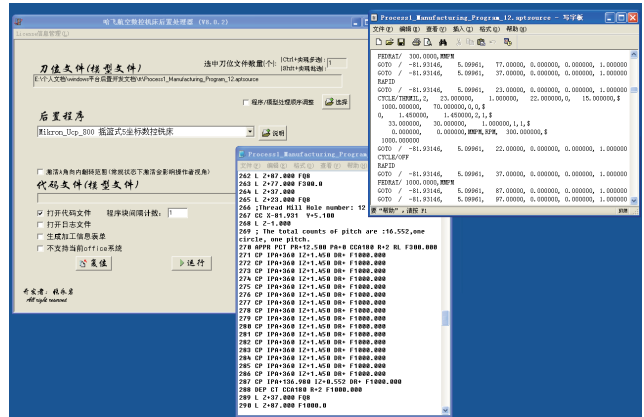


图2 后处理软件界面实现及处理结果  
Fig.2 Realization of postprocessor interface and postprocessing results

## 5 结束语

通过采用前述的后处理原理,开发出了基于 CATIA V5 软件的针对西门子、海德汉等多个控制系统的螺纹铣削后处理工具,能够比较系统地处理出满足工程应用需要的多类型、灵活的螺纹铣数控代码数据,实现了螺纹铣削基于 CATIA V5 软件的自动化编程。

(责编 良辰)

(上接第 65 页)

## 3 结束语

通过人机界面技术在大型立式强力旋压机上的应用与实践,实现了旋压控制技术和旋压工艺技术的密切结合。工艺是目标,设备是基础,控制是手段,通过旋压机床人机界面技术的应用研究,并进行人机界面组态画面的编程设计,实现了控制和工艺上的一些创新性研发设计,为旋压工艺实验验证打下了基础。

### 参考文献

[1] 王雅君,林春庭,李继贞.大型立式强力旋压机的研制.航空制造技术,2011(17): 62-65.  
[2] 张贝克,尉龙,杨宁.组态软件基础与工程应用.北京:机械工业出版社,2011.

(责编 深蓝)