

中心承力筒数控加工工艺

李 群 李 星 张建峰

(北京卫星制造厂,北京 100094)

文 摘 通过制定合理的数控加工工艺方案,实现了中心承力筒的数控加工,有效保证了孔的加工精度和表面质量,提高了零件的加工效率。通过在5轴联动数控加工中心上实际加工,证明该数控加工工艺切实可行。

关键词 中心承力筒,数控加工,碳纤维蜂窝夹层,金刚石涂层刀具,子程序

中图分类号:TH164

DOI:10.3969/j.issn.1007-2330.2014.01.018

NC Machining Processes of Central Bearing Column Shell

LI Qun LI Xing ZHANG Jianfeng

(Beijing Spacecrafts, Beijing 100094)

Abstract NC Machining Processes of central bearing column shell was implemented by constituting reasonable scheme. The machining precision and surface quality were guaranteed. The production efficiency was improved. The technical scheme of NC machining proved by the experiments carried out on 5-axis linkage computer numerical control machine was available.

Key words Central bearing column shell, Numerical control machining, Carbon fiber honeycomb sandwich, Diamond coating tools, Subprogram

0 引言

中心承力筒是卫星结构系统中的主承力件,是其他结构部件的装配基准,在卫星的发射和飞行过程中承担着整星载荷。因此,中心承力筒筒体通常采用比强度和比刚度大的碳纤维蜂窝夹层壳结构。中心承力筒高3~4 m,直径1 m左右,筒体是圆锥与圆柱相结合的结构。由于承力筒与贮箱、隔板、层板之间都有机械接口,筒体上一般需要开直径大小不等的400多个孔,见图1。因此,中心承力筒制孔是生产过程中的一道重要工序,其制孔精度直接影响后续胶接和装配质量^[1]。

以往中心承力筒制孔是采用预先制造各种钻模,通过钻模与转台配合进行人工配打的工艺方案,效率低、工人劳动强度大。中心承力筒材料价格昂贵,一旦出现问题将前功尽弃,且损失惨重,因此,选择合适的机床、刀具、工艺参数,设计合理的数控编程方案对中心承力筒的加工尤为重要。本文对中心承力筒工

艺方案、刀具及工艺参数选用、数控编程、加工仿真等方面进行了研究。

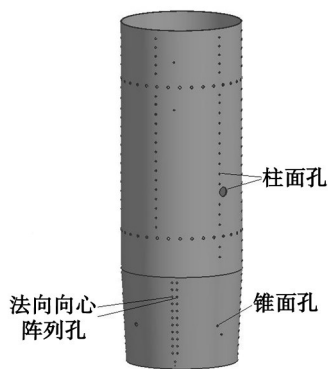


图1 中心承力筒筒体示意图

Fig.1 Schematic drawing of central bearing column shell

1 工艺方案选择

中心承力筒筒体上的各类孔通常是用角度和水平高度定位的,因此可以采用4轴加工方式,通过旋转转台把需要加工的孔转到同一位置,刀具垂直于圆

收稿日期:2013-10-30

作者简介:李群,1981出生,工程师,主要从事数控加工技术研究

宇航材料工艺 <http://www.yhclgy.com> 2014年 第2期

柱/圆锥侧壁进行钻孔/铣孔^[2]。这种加工方式有如下优点:

(1)充分利用了机床转台功能;

(2)加工过程中机床主轴一直处于悬臂较小的位置,减小了机床挠度,从而减小了机床误差,保证了孔的相对位置;

(3)可以采用主程序循环调用子程序的编程方式,数控程序灵活、简便。

因此该零件适合在带转台、具有大行程的5轴联动数控加工中心上加工。

2 优选刀具和工艺参数

2.1 刀具材质选择

碳纤维复合材料具有较高的硬度,加工时应选用超硬刀具,通常优先选用硬质合金刀具和金刚石材料刀具^[3]。考虑到金刚石刀具的制造难度大,可采用硬质合金加金刚石涂层的刀具。与无涂层的硬质合金钻头相比,金刚石涂层钻头的寿命可以提高10倍。本文采用带金刚石涂层的刀具作为钻、铣加工刀具。

2.2 工艺参数选择

碳纤维复合材料孔出口撕裂的大小与多种因素有关,其中最重要的是钻削力,而影响钻削力最重要的因素是钻头直径、进给速度及主轴转速等^[4]。因此,在保证加工表面质量的情况下,钻头直径不能太大,同时考虑到加工效率,刀具选择如下: $\Phi \leq 10$ mm的孔直接钻打到尺寸; $\Phi > 10$ mm的孔先用 $\Phi 10.2$ mm钻头钻打底孔,再用 $\Phi 10$ mm铣刀铣孔。

在零件切削厚度与宽度一定的前提下,影响碳纤维复合材料切削参数的因素主要有切削速度 v_c 和每

齿进给量 f_z 。经试验验证,较高的加工速度对迅速切断纤维防止起毛有利,采用较小的进给量对提高加工质量有利。因此,选用每齿进给量 $8 \sim 30 \mu\text{m}$,转速 $3\ 000 \sim 8\ 000$ r/min,钻孔分层较少,毛刺较少,且钻头磨损量小。图2为加工刀具和实物图。

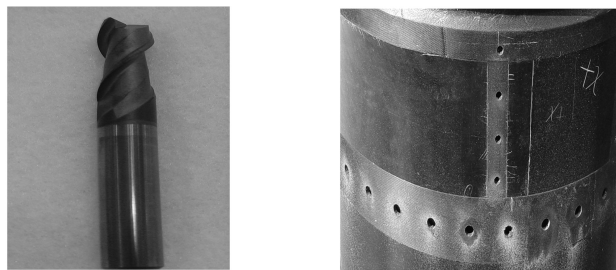


图2 金刚石涂层铣刀及中心承力筒实物图

Fig. 2 Picture of diamond coating tool and central bearing column shell

3 数控编程方案

中心承力筒筒体上孔的孔径从 $0 \sim 100$ mm不等且有400多个,根据零件特点,为便于程序管理和质量控制,并增强程序的可读性,方便校对,数控程序采用主程序调用子程序的方式。编程方案流程见图3。

(1)区分不同直径孔,相同直径按锥面孔、柱面孔分类,按不同类别分别编制主程序;

(2)同类别孔编制在一个主程序,每个高度建立一个可编程框架;

(3)编制每个可编程框架下的所有孔的钻孔、铣孔子程序。

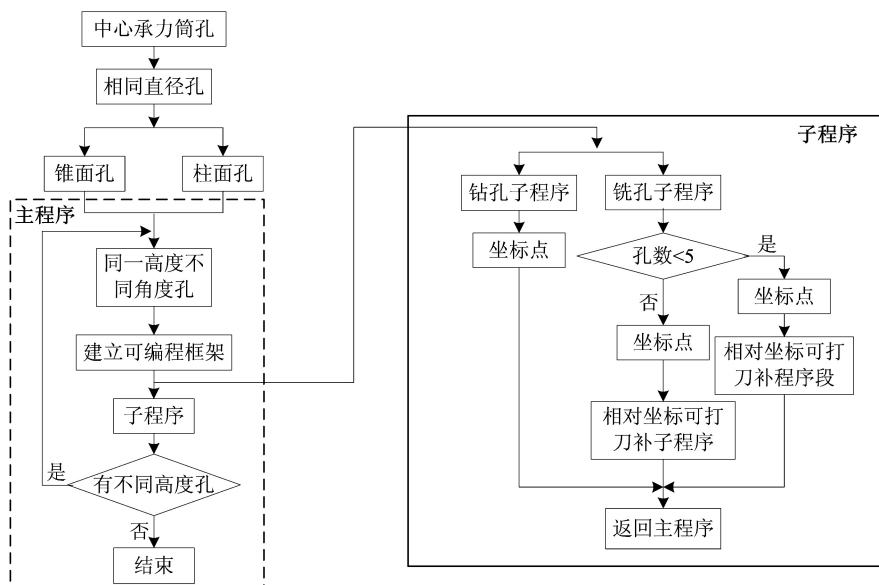


图3 数控编程方案流程图

Fig. 3 Flow diagram of scheme of NC programming

3.1 灵活的数控编程技术

现行的数控编程方法通常较多地采用 CAD/CAM 一体化编程的方式,在 CAD 模块建立适合编程的数控加工模型,利用 CAM 模块生成数控程序。

灵活的数控编程方式指运用变量计算和程序转换建立一个高度灵活的数控程序,它充分利用了机床控制器的功能。通过使用变量而非固定值可以把相同的程序用于不同的几何关系;通过使用程序转换可以使程序具有某种结构并使程序具有较强的可读性。其编程流程是:建立简易的 CAD 模型,获取编程需要的点位信息,根据这些点位信息和图纸尺寸,利用机床控制器本身的变量计算和程序转换功能进行灵活编程。CAD/CAM 软件编程与灵活的数控编程流程见图 4。

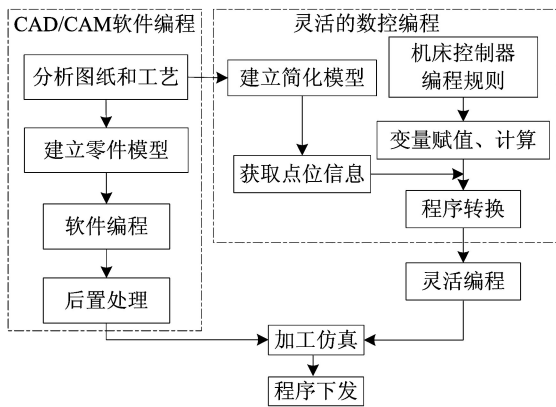


图 4 编程流程图

Fig. 4 Flow diagram of NC programming

采用 CAD/CAM 一体化编程必须首先建立各个孔的三维模型。1 个此类孔需建立 2 个参数平面、两条面与面相交线、两交线的交点、过交点的相切平面

等一系列辅助特征,见图 5。中心承力筒筒体上通常有 400 多个孔,造型工作量非常大,辅助线面繁多,编制、校对困难。

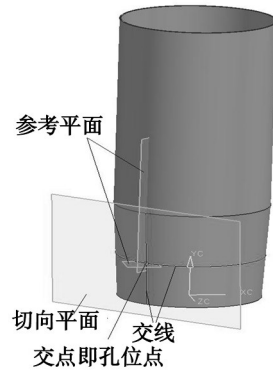


图 5 单个孔三维建模

Fig. 5 Modeling of a single hole

3.2 灵活编程的实现过程

中心承力筒灵活编程的实现过程是采用主程序多次调用子程序的程序转换方式,通过主程序、子程序间的变量传递,实现同类孔的钻孔、铣孔循环。

根据零件的结构特点,把几何关系用变量的赋值语句表达,通过改变变量值,可以把相同的程序用于不同的几何关系。变量必须在使用前、程序开始时定义,通常在主程序中进行变量定义,它在被调用的子程序的所有级上都有效。

程序转换可以使程序具有某种结构并使程序具有较强的可读性。本文采用主程序调用子程序的程序转换方式,通过变量传递,主程序的实际变量值在子程序调用时传递到子程序的形式变量,并在子程序执行过程中处理,连续多次执行一个子程序,实现一条程序加工一类孔。主程序调用子程序的逻辑见图 6。

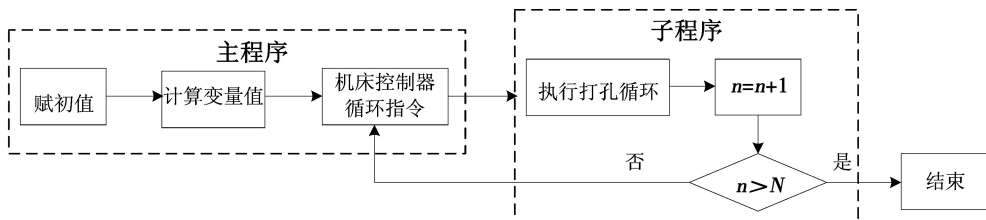


图 6 主程序调用子程序的逻辑图

Fig. 6 Logic diagram of main program to call subprogram

图 1 所示在锥面上钻打法向向心阵列孔,孔在 z 向间距相等,每排孔间距相等。因此,使用灵活的数

控编程方式,程序简单,灵活,易于修改。程序实例如下。

程序	注释	程序	注释
%_N_1200_MPF	程序名	%_N_L220_SPF	子程序名
G90 G00 G40 G54 G17	程序头	G00 X26. Y0.0 Z100.	初始点
M03 S3000 F300		MCALL CYCLE81(100,0,5,0,18)	打孔循环
R10=COS(0.93)	赋初值,计算 变量值	X26. Y0.0	
R11=76.9/R10		X-26.	
R12=11 * R11		MCALL	
R13=-R12		ATRANS Y=R11	
TRANS X0.0 Y173.6 Z605.203	坐标系定位	M17	子程序结束
AROT X0.93 Y0.0 Z0.0			
OP_HEAD_ROT	主轴头定位		
B=DC(0)	起始位置		
L220 P11	调用子程序		
M5	程序尾		
M30			

3.3 加工仿真

中心承力筒孔数多,多数孔要先钻底孔再铰孔,程序量大,如果一一空试,占用五轴机床双倍的加工时间,加工成本高;同时零件昂贵,不容出错,因此有必要进行数控加工过程仿真。通过加工仿真能够直观的显示刀具轨迹,检查刀具、工件与机床部件和夹具的碰撞问题,看出程序有无异常;通过仿真模型与理论模型比对,可以看出程序的过切、欠切,大大减少了试加工时间和成本;对于主程序调用子程序的程序,可以通过分步动作直观地校验机床转台的运动位置、刀轴的摆动方位、坐标系的变化过程、打孔循环的点钻式分解动作,精确的模拟零件的实际加工过程。该零件加工仿真效果见图7。

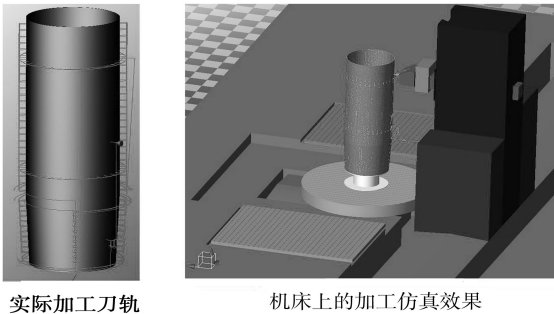


图7 加工仿真图

Fig.7 Diagram of machining simulation

4 结论

在中心承力筒工艺方案、刀具及工艺参数选用、数控编程、加工仿真等方面进行了研究,并在5轴联动数控加工中心上进行了实际加工,加工效果良好,有效保证了孔的精度和表面质量,大大提高了生产效率,减轻了工人的劳动强度。中心承力筒数控加工工艺先进、成熟,可以在各个卫星研制过程中推广应用。另外,本文为其他碳纤维复合材料零件的加工提供了可借鉴的刀具参数和工艺参数;为星船结构中相似零件的数控加工提供了有力的借鉴。

参考文献

- [1] 方宝东,陈昌亚,杜江华. 卫星用大型中心承力筒轻量化设计与分析[C]//第一届结构及多学科优化工程应用与理论研讨会,大连,2009:1-12
- [2] 康永峰. 碳纤维复合材料回转壳体数控加工技术研究[D]. 大连理工大学,2008
- [3] 张菊霞 田卫. 碳纤维、芳纶纤维、蜂窝芯零件数控加工刀具的选用[J]. 航空制造技术,2010(15):71-73
- [4] 张厚江,陈五一,陈鼎昌. 碳纤维复合材料(CFRP)钻孔出口缺陷的研究[J]. 机械工程学报,2004(7):150-155

(编辑 任涛)