

车铣复合技术在航空系统件上的应用

Application of Turning/Milling Complex Technology in Aircraft System Part

成都飞机工业(集团)有限责任公司系统件厂 温良 肖键



温良

毕业于燕山大学机械工程学院。现任成都飞机工业(集团)有限责任公司系统件厂数控机加工工艺师,有2年多的车铣复合编程加工经验。

航空系统件是航空飞行器上的操作控制单元,零件体积小,主要是回转体零件。近几年,随着航空工业的发展,系统件的集成化程度也越来越高,许多回转特征和小结构特征集成在一个零件上,单个零件需要车、铣、钻甚至是插齿、滚齿等多工种交叉加工才能完成,零件多次装夹,精度损失严重。车铣复合技术的出现,

由于车铣复合机床在前期投入成本较高,目前更多地应用在起落架、曲轴加工中,在航空系统件的加工应用上还很有限。但是综合考虑机床运行后带来的过程简化、车铣复合机床的适应性强等特点,车铣复合在航空系统件上应用能够大幅度降低生产成本,并且零件越复杂、批量越大,其实际效果就越明显。

解决了这类零件的加工难题。车铣复合技术的加工理念是“一次装夹,全部完工”,即

在1台机床上完成1个零件的大部分甚至所有加工内容。车铣复合机床可以在1次装夹中实现车、铣、钻、镗、B轴车削、五轴联动加工等,因此它也被称为“多任务机床”。本文结合我公司购买的车铣回转加工中心简要

介绍车铣复合技术在典型航空系统件加工中的应用。

表1 车铣回转加工中心参数表

参数	数值
Z轴行程/mm	1500
X轴行程/mm	550 (-50 ~ +500)
Y轴行程/mm	300 (-150 ~ +150)
最大车削直径/mm	400
车削最高转速/(r·min ⁻¹)	4000
车削驱动功率 100%(40%) 功率输出/kW	29 (33)
车削最大扭矩 100%(40%) 功率输出/(N·m)	550 (630)
铣削最高转速/(r·min ⁻¹)	9000
铣削驱动功率 100%(40%) 功率输出/kW	15 (20)
铣削最大扭矩 100%(40%) 功率输出/(N·m)	125 (165)

车铣回转加工中心具体参数如表 1 所示,它配备了 Siemens 840D 数控操作系统。

工艺设计

车铣复合机床的应用,使加工工艺更加灵活,工序更加集中,这不仅提高了工艺的有效性,还减少了零件在整个加工过程中的装夹次数,使加工的精度更易获得保证^[1]。使用车铣复合机床加工零件,要在 1 台机床上加工尽量多的内容,特别是那些尺寸精度、位置精度要求严格的部位要在一次装夹中完成,所以工艺设计对车铣复合加工有着非常重要的意义。车铣复合加工工艺设计主要包括 3 方面:加工顺序安排、刀具选用和装夹方式选择^[2]。加工顺序安排合理可以减小零件变形,使加工精度更容易得到保证;刀具选用直接影响工艺参数和零件表面质量,合理的刀具选择可以有效提高加工效率;装夹方式选择适当可以减少装夹次数,使装夹更加牢靠,为后期的程序编制也提供方便。

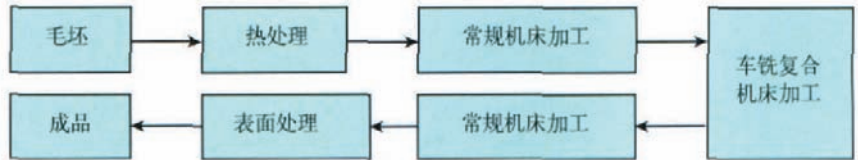
根据笔者的加工经验,在航空系统件的车铣复合加工工艺设计过程中有几点需要注意:

(1) 若热处理技术和刀具条件允许,尽量在毛坯状态进行热处理。热处理工序先行可以节省精加工工序,缩短生产流程。

(2) 通用机床加工和车铣复合机床加工要有机结合。通用机床加工要为车铣复合机床加工提供装夹位置和定位基准,车铣复合加工要使后续通用机床加工更加简便。

(3) 充分考虑刀具因素及车床主轴同车铣单元的干涉。航空系统件零件较小,经常需要在卡爪的间隙中进刀,所以若刀具强度允许,尽量加长刀具长度,并且刀柄夹持刀具部位也要选择直径较小的。

(4) 有效结合中心架和尾座顶尖的使用。中心架和尾座的配合使



车铣复合加工工艺流程图

用,可以增加装夹的强度,减少加工过程中的颤振现象,特别是在细长杆零件加工中,中心架和尾座的使用将决定零件加工的成败。

程序编制

车铣回转加工中心在 SINUMERIK 840D 系统的基础上配备了很多实用的软件包,如滚铣齿循环、凸轮铣循环、铣字(铣图案)循环等。使用这些循环,复合加工程序可以像在普通数控车床上编程一样简便。

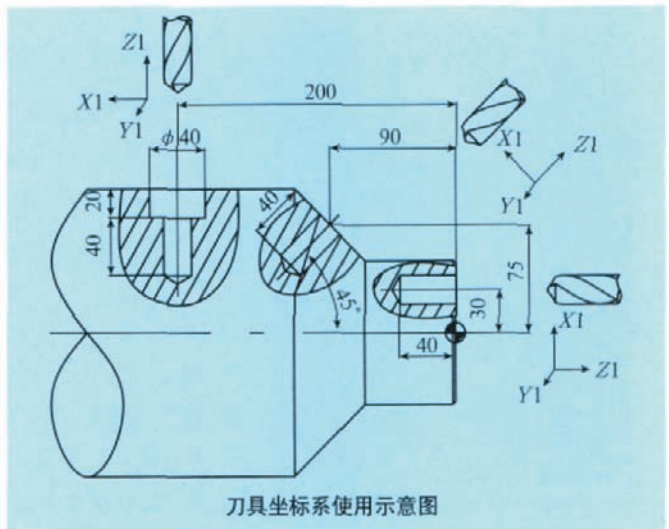
1 坐标系设置

车铣回转加工中心坐标系设置灵活,可以通过简单指令进行转换。车铣复合机床上支持刀具坐标系的开启和关闭,即在刀具坐标系打开时,无论 B 轴的转向如何,和刀具平行向上的方向永远为刀具坐标系中 Z 轴的正方向。相应,坐标转换时只需要平移坐标原点,机床会自动根据机床 B 轴转向确认坐标系的方向。这样就可以把程编员(特别是手工编程)从繁

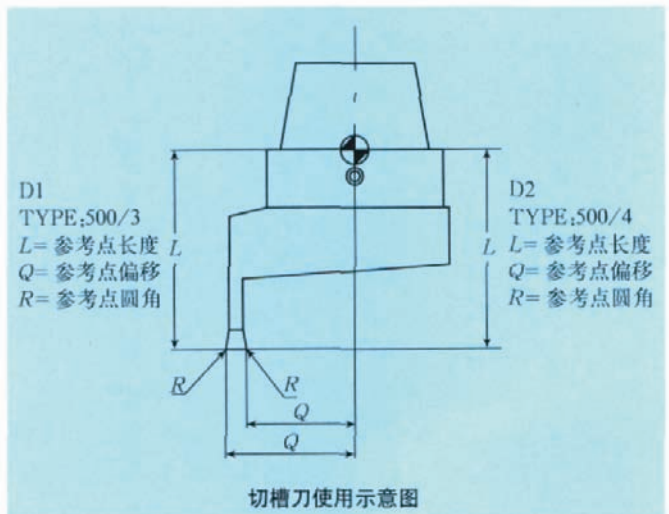
重的计算工作中解脱出来,程序的可读性也大大增强。

2 车削加工

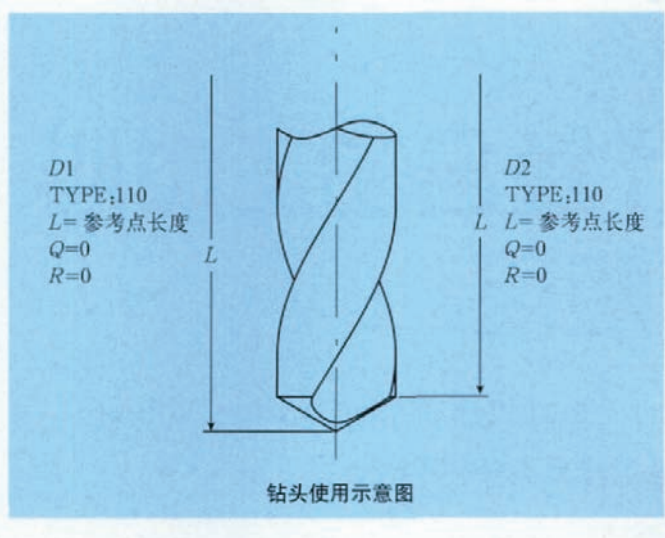
车铣回转加工中心中的每把刀具都可以设置 16 个刀补,这对加工细长杆零件、径向槽和钻孔特别有利。细长杆零件加工时,由于零件刚性不足,加工下来的零件会出现中间直径大、两边直径小的情况,普通数控加工时采用程序补偿对直径进行纠正,在车铣复合机床中可以在不同的部位使用不同的刀补,实际加工中



刀具坐标系使用示意图



切槽刀使用示意图



两个刀补柔性切换,不会存在接刀痕迹,从而保证加工直径和设计直径吻合,也保证了表面粗糙度。

3 铣削加工

车铣回转加工中心在铣削加工时相当于1台单摆头单转台的五轴机床。车铣回转加工中心有自己的换刀循环,从而保证刀具的长度补偿在刀具坐标系中的Z轴方向,而不是普机床坐标系的Z轴方向,从而使立卧转换更加方便,3+1轴铣削、3+2轴铣削编程也可以轻松完成。

4 测量循环

车铣回转加工中心支持工件在线测量,并可以把测量结果输入到机床数据中、补偿到刀具参数中或通过

床加工零件卡爪夹持部位和中心架夹持部位。第一道车铣复合工序用测量循环定位工件坐标系Z轴和C轴,加工零件外形、内孔和槽。第二道车铣复合工序使用夹具加工零件偏心孔、斜孔和螺纹等。车铣复合工序加工完毕后零件热处理,然后进行磨削等精加工工序后即可交付成品。车铣复合加工后单件零件加工时间约为10h,加工时间和加工流程大大缩减,并且车铣复合加工尺寸一致性较好,后续工序加工更为简便。

以航空飞行器上常见接头为例,加工前零件毛坯只有 $\phi 55\text{mm} \times 50\text{mm}$,零件虽小,却集中了外螺纹、内螺纹、孔、椭圆槽、方槽、

件加工。传统的加工方法加工工序需40道以上,加工周期长,位置精度难以保证,加工时间约40h。采用车铣复合加工后,设计一套简单夹具,两道工序可以完成零件所有的粗加工和半精加工。首先用普通车



典型的航空系统件支杆



航空飞行器上的常见接头

成本较高,目前更多地应用在起落架、曲轴加工中,在航空系统件的加工应用上还很有限。但是综合考虑机床运行后带来的过程简化、车铣复合机床的适应性强等特点,车铣复合在航空系统件上应用能够大幅度降低生产成本,并且零件越复杂、批量越大,其实际效果就越明显。另外,航空系统件零件较小,加工过程中要不断地修改程序及工艺方法,以避免

机床部件相互干涉,如果能较好地解决自动编程的后置处理和加工仿真验证,将极大地减少加工的碰撞几率,

更好地做到现场无干预性加工。相信随着车铣复合加工工艺的不断成熟,车铣复合机床的应用也会越来越广泛。

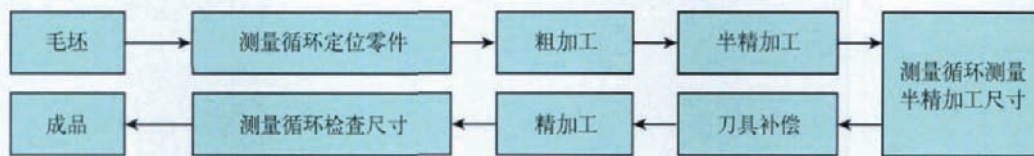
参考文献

[1] 廖万荣. 车铣复合机床应用初探. 航空制造技术, 2008, 5: 47-49.

[2] 张曙. 从车铣复合到完整加工. 新技术新工艺, 2004, 8: 2-5.

(责编 金卯)

2009年第12期·航空制造技术 53



车铣复合加工过程图

打印机输出测量结果。使用测量循环找正零件特征可以更为准确地对零件进行定位,在加工过程中特别是精密部位的加工过程中配合使用测量循环使零件尺寸更加容易保证。

加工实例及其效果

以典型的航空系统件支杆的加工为例,零件长度小于300mm,模锻

斜面等多种零件特征,零件加工工序长。将车铣复合技术引入到本零件的加工后,原材料直接在车铣复合机床加工,然后车削车铣复合加工的切断面,热处理后再磨零件内孔即可加工完毕,加工效率高,质量好。

结束语

由于车铣复合机床在前期投入