

大型整体带长桁壁板数控加工技术

西安飞机国际航空制造股份有限公司 (陕西 710089) 孙长友

随着飞机性能的不断提高,对飞机机翼的气动要求和结构要求越来越高,根据现代飞机高性能的要求,其结构具有轻量化、薄壁化和整体化的特点,并且为了满足飞机装配的要求,零件必须实现精确加工,做到具有较高的精度和表面质量。我们研制的某型机大型整体带长桁壁板的加工,在国内数控加工行业尚属首次。

1. 大型整体带长桁壁板的结构特点

此类零件多数采用预拉深板材经过机械加工后,进行喷丸成形处理。此机翼壁板零件展开后外表面结构较为简单,有少量下陷、斜面、孔和局部型面。壁板内表面较为复杂,有槽腔、斜面、下陷、台阶、结构孔和T形肋等结构,开敞性差。由于采用了壁板和长桁一体化的设计,使得壁板结构复杂,数控加工极其困难。如图1、图2所示。

间直径略小,尺寸不小于主轴孔直径60mm即可。与之连接的右侧是便于旋转拆卸孔轴的方扁块,扁块右端面钻孔攻螺纹M16×40。

手柄,利用一段废弃钢棒下脚料 $\phi 20\text{mm} \times 180\text{mm}$ 左右即可,左端加工螺纹M16×40,旋入扁块即可,其余部分滚花起防滑作用。

使用工装心轴的加工过程:

(1) 辊轮为铸件毛坯,毛坯来料时,外圆和轴孔及厚度方向均留有5~8mm加工余量,其余部分铸造完成到图样尺寸。

(2) 将工装心轴的主轴锥筒固定装于车床主轴孔中,粗车孔轴装于主轴锥筒上(见图4),铸件毛坯轮装于粗车孔轴上(见图5)。利用辊轮毛坯本身的6个铸成孔,用螺栓压板与卡盘把合紧固。

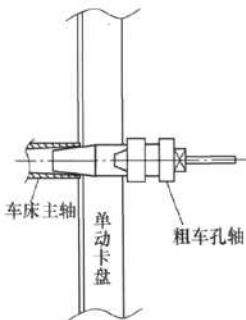


图 4

(3) 定好位之后,卸掉粗车孔轴,车外圆、一

等,壁板内表面较为复杂,有槽腔、斜面、下陷、台阶、结构孔和T形肋等结构,开敞性差。由于采用了壁板和长桁一体化的设计,使得壁板结构复杂,数控加工极其困难。如图1、图2所示。



图 1 大型整体带长桁壁板局部详细结构

2. 大型整体带长桁壁板的加工难点

结合我单位实际情况,加工大型整体带肋壁板

侧端面及轮中心孔、倒角。

(4) 上精车孔轴,翻转调个工件,车另一端面,倒角。

3. 结语

新工艺路线使辊轮类工件在批量生产加工过程中,基于辊轮本身的内孔,利用分体式可拆装的粗加工和精加工用心轴在车床主轴上一次性快速、精确定位工

件,能够省去繁琐的装夹找正工步,节省大量装夹打表找正工时,即占用车床时间,这样既在一定程度上减轻了劳动强度,又大大缩短了加工制造周期。而且可以巧妙的避免卡爪装夹辊轮外圆,使车削外圆一刀完成,与轴孔同轴度也能保证在0.02mm以内,完全可以满足图样设计及使用要求。MW

(收稿日期:20101101)

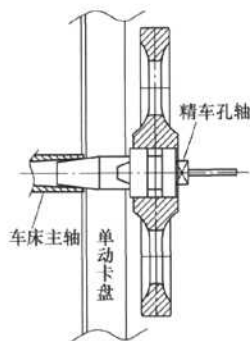


图 5

主要存在以下难点:

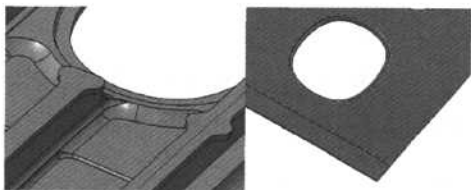


图2 大型整体带长桁壁板局部结构

(1) 零件毛料外廓尺寸大, 毛料重量达 6t, 超大型毛料的吊装、翻转和运输是极为困难, 毛料要吊装、入厂, 工件要在有限的空间范围内吊装翻转、反复穿越狭小的机床龙门, 且我单位吊车的最大吊装重量为 5t, 必须动用两部吊车精确协调操作, 危险性极大。

(2) 由于工件巨大, 难以像普通零件一样在平台上移动, 并且超长工件容易产生弯曲, 定位难度极大。加工应力及变形也给装夹带来极大困难, 造成加工不协调。

(3) 壁板尺寸远远超出了我单位数控机床的极限行程, 根据现有设备情况, 必须采用双龙门协同数控加工技术来完成壁板零件的加工, 该技术方案存在机床协作加工安全性、加工协调性等技术难题。

(4) 壁板和变厚度长桁一体化的设计使得大量结构处在半封闭状态, 大大增加了工艺难度, 同时壁板大量采用了薄壁长桁设计, 2.5mm 的薄壁高肋宽耳长桁大大增加了 T 形肋加工难度。

(5) 零件长桁之间的位置偏移不能超过 0.5mm, 协调要求高。零件加工过程中的变形控制要求在 1mm 以内, 质量要求高。

(6) 加工变形控制困难。由于内、外两面结构极不对称, 材料去除量相差悬殊, 加工过程中及加工后工件变形大。而过大的加工变形会对后续的喷丸处理、装配造成不利影响。

(7) 壁板类零件材料去除率大, 通常会达到 90% 以上, 零件尺寸和加工前后重量的变化对加工控制的要求也是一个难点。零件加工周期长, 占用机床时间较长, 直接影响生产进度以及加工成本。

(8) 残余及表面控制困难。壁板存在较多的台阶、下陷、不完整 R 或过渡区, 尤其是大量的 T 形肋结构造成大量的半封闭结构, 大大增加了工艺难度, 容易产生加工阶差、残留, 造成过大的钳工工作量。

(9) 由于毛料价值大、加工周期长和加工难度远远超出了以往的大型结构件, 并且存在刀具稳定性、机床故障、变形控制等不确定性因素, 带来了巨大的研制风险。特别是工艺技术准备必须克服软硬件局限性、编程量巨大以及不确定性因素等重重困难。

(10) 超大型壁板结构尺寸非常多, 检测难度大, 尤其是大量的 T 形肋结构, 造成尺寸难以检测。

3. 大型整体带长桁壁板的加工方案

来料水平吊装到床面(穿越龙门)→定位(侧边销定位)→装夹(真空吸附)→加工第一面(制基准面, $\phi 63R2mm$ 机夹刀, 由双龙门分两段加工)→基准边、基准孔(居中)、吊装孔→加工下陷、斜面等($\phi 32R2mm$ 机夹刀)→退出龙门, 翻面→侧边销定位装夹(真空及压板、加工第二面)→粗加工(留 2~3mm 余量, $\phi 63R2mm$ 机夹刀, 由双龙门分 3 段加工: 中段、前段、后段)→半精加工腹板→铣长桁轮廓→精加工 T 形肋($\phi 84R6mm$ T 形刀, $\phi 70R5mm$ T 形刀, $\phi 40R5mm$ T 形刀)→精加工(腹板、台阶、下陷、残余、转角及开口, $\phi 32R5mm$ 机夹刀; $\phi 20R5mm$ 刀; $\phi 12R5mm$ 刀)→接底角($\phi 32R5mm$ 机夹刀; $\phi 70R5mm$ T 形刀, $\phi 40R5mm$ T 形刀)→铣外形。

4. 加工难点解决方案

(1) 超大型毛料、工件的吊装、翻转和运输由于空间限制, 毛料的入厂无法直接由车运输, 因此改由两台汽吊吊装入厂。工件上机床采用双吊车吊装, 工件端头局部穿越的机床龙门架, 双吊车吊装需要协同一致, 统一指挥, 风险很大。把工件推出龙门, 采用双吊车, 4 个吊点翻转(见图 3)。单件运输, 无动力, 基本能够满足运输。

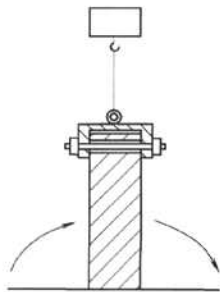


图3 工件的翻转示意图(侧视)

(2) 超大型工件的定位装夹 超大型工件在机床上移动极其困难, 难以像普通零件一样在平台上调整定位, 因此需要在吊装的过程中进行初步的侧边定位, 同时要避免工件的弯曲。工件的装夹采用真空吸附及压板压紧的方法, 加工中的变形有可能使装夹不

可靠,因此,要随着加工过程的进行,检查装夹的可靠性并采取一定的措施。

(3) 双龙门协同数控加工 壁板尺寸远远超出了数控机床的极限行程(16m)的状况,必须实施双龙门协同数控加工。通过加工实践,双龙门协同数控加工技术基本掌握,尺寸的协调性能够基本保证,加工区域划分合理,加工效率提高。

(4) T形肋加工 壁板的T形肋设计使得大量结构处在半封闭状态,大大增加了工艺难度,同时壁板大量采用了变厚度、薄壁T形肋设计,2.5mm厚的薄壁高肋宽耳长桁大大超越了以往的T形肋加工难度。通过加工实践T形肋加工效果明显:在初期由于切削路线不合理导致加工效率低,表面阶差大,改进后得到消除;2.5mm薄壁T形肋尺寸能够保证;切削进给速度能达到预想要求。

(5) 加工变形控制 超大型带肋壁板的加工过程中变形给尺寸控制带来极大困难。尽量通过多次铣平面消除基准平面的变形,如果变形较大时采取翻面铣平面措施。第二面加工变形一般较大,会影响装夹吸附,并造成尺寸难以保证。部分零件加工过程中的变形较大,导致尺寸难以保证,尤其是T形肋尺寸,调整工序后有所改善;最终变形基本能够控制在10mm以内,但弦向变形1mm的要求难以达到。

(6) 加工效率 超大型带肋壁板零件材料去除率较大,加工周期长,直接影响生产进度以及加工成本,加工效率成为极为突出的问题。主要采取措施:采用高速、大功率切削方式;采用 $\phi 63\text{mm}$ 大余量切削刀具,完成大部分结构的加工;通过编程轨迹和切削参数的细化和优化,减少空刀时间;针对薄壁T形肋,合理的刀具选型、工艺方法措施提高效率;针对型面精加工,合理的切削参数以提高效率,同时保证表面阶差在允许的范围。

(7) 残余及表面控制 超大型带肋壁板最容易在T形肋侧壁、T形肋底部台阶、型面过渡等部位出现阶差、残留和颤纹等缺陷。需要充分利用仿真加工技术,检查控制加工表面阶差和局部残留,提高表面质量;通过合理的刀具类型和切削策略,提高零件表面切削质量。

(8) 工艺编程技术 由于毛料价值、加工周期和加工难度远远超出了以往的大型结构件,并且存

在刀具稳定性、机床故障、变形控制等不确定性因素,带来了巨大的研制风险,特别是工艺技术准备必须克服重重困难,设计多种预案应对可能的风险。主要措施:通过采用严密的仿真过程控制,将编程风险控制在模拟阶段,尤其是控制了机夹刀具、T形刀的碰撞风险;摸索总结简捷的编程方法,应对复杂的超大件编程。

(9) 壁板类零件的检测 壁板零件的检测内容包括:通常用测厚仪、深度尺和卡尺等通用工具测量壁板厚度、下陷深度和其他结构尺寸类尺寸,如果厚度测量点的位置难以确定时采用数控程序划位置点的方法;用展开零件明胶板进行测量位置、轮廓类尺寸,由于带有T形肋,很难准确测量;采用目视、仪器等手段检查零件表面质量;采用数字式吊秤等手段检查零件重量。

在工艺安排上要根据零件的实际状况,适当安排中间检验内容和最终检验工序,保证零件在整个生产过程中始终处于受控的状态下。

5. 新技术的应用

(1) 基于有限元仿真技术在数控加工中的变形预测与控制 大型整体带长桁壁板结构复杂,尺寸大,加工变形预测与控制是制造工艺研究的关键问题之一。基于有限元仿真航空整体结构件数控加工变形预测与控制的研究主要包括:考虑毛坯初始残余应力影响的加工变形预测有限元仿真分析;零件结构加工变形的预测与控制。

(2) 高速铣切加工技术的应用 高速铣切加工相对传统加工具有显著的优越性,切削力小,加工零件时工件产生的让刀变形相应减小,易于保证零件的尺寸精度和形位精度。切削热对零件的影响减少,零件加工热变形小。加工精度高,刀具切削的激励频率远离零件结构工艺系统的固有频率,保证了较好的加工状态,实现了平稳切削,保证了零件的精度和表面粗糙度。加工效率高,比常规加工高5~10倍,单位时间材料切除率可提高3~6倍。

6. 结语

随着我国大飞机项目的启动,大型整体机翼壁板的数控加工成为摆在我们面前的新问题,通过这次超大型整体带长桁壁板研制成功,为我国以后数控加工类似零件提供了参考。MW

(收稿日期:20101019)