



Design and Application of ZAYER Five-Axis NC Machine Tool in Aerospace Industry

上海萨亚机床技术有限公司 王永利 兰力

作为航空航天工业的核心加工设备,五轴联动数控机床正向高速、高效、高精度、智能化、复合化、环保化方向发展。在高速和超高速加工中,要求高的动态特性和控制精度;瞬间达到高速和在高速运行中瞬间准停;振动小、噪声低、运行平稳;可靠性高、寿命长。面对航空工业对高速的要求,首先在各类线性驱动元部件中,选用 AC 直线电动机,它是大型、精密、高速数控装备的快速伺服进给系统中能满足上述要求的核心功能部件。近年出现一种由直线电动机与铝合金滚柱导轨组合的高速线性驱动部件。ZAYER 用于航空领域的 TEBAS 型号机床 V_{max} 设计参数为 50m/min、加速度为 4g,极大地满足了航空领域高速加工的需求。西班牙 SMA 公司和哈尔滨飞机集团合资成立的哈飞西玛优良公司,选用了大量的 ZAYER 高速加工设备,成为 ZAYER 在航空领域的杰出代表。

同时在结构设计上,高速加工对

机床结构有很高的要求。由于高速加工中的切削速度、进给速度和加减速度都大,因此机床的发热量、运动部件的惯量也大,容易导致机床结构的过量升温、热变形和产生冲击振动,最终影响到加工精度、质量乃至机床和刀具的工作寿命和可靠性。所以,高速加工对机床结构的基本要求,首先是要三高,即静刚度高、动刚度高和热刚度高;其次,运动部件要轻量化,即要尽量减少传动系统的惯量。

为满足上述条件,ZAYER 各型号机床全采用整体铸造结构。ZAYER 机床的亮点是高效加工。在工艺中,整体铸造结构非常适合国家天宫对接的任务,面对钛合金加工非常高效。

高效加工的典型应用是以小直径硬质合金铣刀对各种材料的模具、模型和钛合金件进行铣削,ZAYER 机床主轴转速是根据现代刀具材料所能达到的经济合理切削速度范围,和按此速度及不同的铣刀直径所计算得的刀具/主轴转速来确定。可见

享誉盛名的轻型飞机创新者

位于斯洛文尼亚的 Pipistrel 公司始创于 22 年前,致力于世界上各类先进轻型飞机的设计和制造。Pipistrel 共有五大系列飞机,其中包括滑翔机、电动滑翔机和高效巡航飞机。Pipistrel 公司是世界上唯一生产电动轻型飞机的公司。

Pipistrel 飞机阻力小以及尽可能低的燃料消耗造就了其环保特性。此外,Pipistrel 飞机功能多样,可用于科研等各种活动以及国家公园监控,它能在崎岖地表着陆。Pipistrel 研发部的 Tine Tomazic 指出:“这一切都围绕空气动力学和能源效率。我们必须持续不断地创新,才能开发出市场上重量最轻、速度最快的飞机。”

复合材料提供一流的空气动力学特性

在设计飞机外形时,复合材料可为 Pipistrel 提供无尽的可能性。Tomazic 指出:“采用 Composites 模块,我们设计出的飞机外形可以完全切合我们的规格,从而实现最为理想的空气动力学性能。”CATIA Composites 正是 Pipistrel 处理复合材料设计所需要的工具,其能够充分满足轻型高速飞机的精度要求。

Tomazic 指出:“CATIA 是唯一一款能够按我们要求的精度和平滑度生成飞机机翼、机身或机尾



ZAYER双电机电气消除齿轮齿条系统

Pipistrel采用CATIA PLM Express 打造轻型环保飞机

CATIA PLM Express for Light and Environmental Aircraft of Pipistrel

达索析统(上海)信息技术有限公司

等外形的软件,这是因为在空气动力学中,即使 $10\mu\text{m}$ 也颇具意义。正如 CATIA 能够随心所欲地调整设计的功能一样, CATIA 的精度对我们也同样非常重要。一旦创建某种外形,就不得不经常修正,可以精确到厘米、毫米乃至数十微米。CATIA 使我们能够满怀信心地处理我们的设计。我们不仅可以看到历史设计,还可以看到待完成的设计,这对于设计修改而言是至关重要的。”

CATIA 可以帮助设计人员进行组件组装,以确定部件壁的厚度。Tomazic 表示:“由于复合材料部件一般由多层构成,形状复杂,有时有许多弯折和拐角,所以难以估计部件的实际大小。但 CATIA 可以让我们如愿以偿。”

在使用 CATIA 之前, Pipistrel 遇到的最大挑战之一就是协调两个相邻部件(如锐角形机翼和圆弧形机

身)之间的衔接面。传统的做法是分别生产机翼和机身,然后手动连接。由于制图过于复杂,设计人员不得不脱离图纸,采用试错法。Tomazic 说:“现在我们能够能够在屏幕上以 3D 方式完成最为复杂的设计。借助 CATIA,我们可以随心所欲地进行设计,这尚属首次。”

使用 CATIA 给 Pipistrel 的业务带来了积极的影响。目前,该公司正在完全采用 CATIA 设计其首款时速为 400km 的四座飞机。

Tomazic 说:“虽然其他飞机要达到这种速度至少需要一个 300 马力的引擎,但我们的计算显示我们可以用功率小得多(200 马力)的引擎就可实现这一速度,从而显著减少了重量、噪声和燃料消耗,而且在 CATIA 的帮助下,我们对完成设计信心十足。”而且 Pipistrel 能够很快完成该机型,至少将开发时间缩短 25%。

Tomazic 称:“如果没有 CATIA,我们不可能创建所有模型,我们的机器不可能如此高精度的切割部件。”

扩大 CATIA 的使用面

Pipistrel 将很快用 CATIA 取代第三方解决方案来处理和管理整个材料数据库,并准备使用 CATIA 的分析功能来测试新材料,分析其优势与作用。Tomazic 表示:“我们认为 CATIA 比我们目前使用的解决方案功能更强大,这就是我们准备把我们所有数据从现有解决方案中测得的所有数据导入 CATIA 的原因。”

Pipistrel 将把 CATIA 完全集成到自己的 ERP 系统中。Tomazic 表示:“我们已经把 CATIA 数据输入我们的 ERP 系统。现在我们正在将布局规划、材料属性以及生产数据(包括温度处理图、树脂样本等)等具体复合材料信息输入 ERP 系统。”(责编 小城)

除切削钛或镍合金时,刀具主轴最高转速可在 10000r/min 以下外,其他材料的切削所要求的刀具 / 主轴最高转速都在 10000r/min 以上,甚至要求达到 20000~40000r/min 的主轴转速。

ZAYER 为此选用了最好的电主轴保证可靠性,通过交流变频调速和矢量控制来实现主轴的宽调速的。它的优点不仅是简化了主传动结构,减少主传动系统的转动惯量,而且降低了功耗,提高了实现更高主轴速度

和加减速度的能力,从而也可实现定角度的快速准停(C轴控制)功能。

ZAYER 机床具有多个附件铣头,高转速电主轴铣头和重切削铣头每天都会更换,而且全自动更换非常方便,重要的是非常可靠。

为了支撑 ZAYER 机床的高速和高效加工,导轨系统采用滚动和滑动复合的带有油膜的复合导轨,驱动采用双电机电气间隙齿轮齿条系统。未来数控机床的发展趋势主要是大

型和重型,因而机床的行程越来越长,对精度的要求也就越来越高。要消除齿轮齿条传动中产生的背隙,有 2 种方式,一是机械消除,二是双电机电气消除。机械消除是单个电机输入 2 个齿轮输出的形式,而双电机消除属于双电机输入 2 个齿轮输出的形式。而双电机消除因其性能优越、精度高、成本低,具有良好的发展前景,在竞争日益激烈的市场中越来越受到航空航天客户的青睐。(责编 夏宛)