国产数控设备的发展趋势及在本公司的应用

中航工业惠阳航空螺旋桨有限责任公司技术主管　李国平



中国航空工业的发展历程大致经历了5个阶段：1909～1949年为中国近代航空工业的起源与奠基阶段；1950～1965年为新中国航空工业的创建和快速发展阶段；1966～1976年为航空工业的波折与缓慢发展阶段；1977～1998年为航空工业的恢复与振兴发展阶段；1999～为航空工业在新世纪的崛起与跨越阶段。

经过十几年的发展，本公司数控技术有了长足的进步，以公司新品研发、传统批生产及模具制造等转型数控技术为主线，数控技术日趋完臻。在满足产品性能要求前提下，实现加工数字化。同时，不断优化加工参数，提高加工效率。

工艺优化、切削参数优化、后置处理、几何及物理仿真等相关数控技术是实施数字化工艺设计的基础条件，而国产数控机床占全部数控机床的90%以上。其主要用于批生产和新品试制的半精、精加工。

充分考虑数控加工中的工艺问题，采取适当的工艺措施有效地保证国产数控机床加工质量，对充分利用数控机床加工精度高的优势、提高生产效率具有现实意义。

航空动部件复杂型面的机械加工技术是公司的优势。在机械加工方面，公司具备三轴、四轴、五轴数控加工中心，数控桨叶加工中心，慢走丝线切割机，高精度无心磨，数控内外圆磨，三坐标测量机，磁力、荧光探伤设备等，具有各类机加加工和检测设备600余台/套。

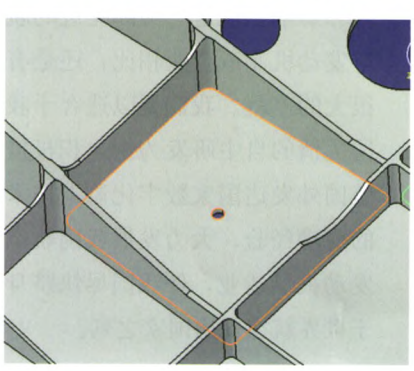
通过不断的技术积累及先进设备的引进，掌握了复杂壳体外形零件的数控加工技术、高速高效数控加工技术、高精度小型液压零件的磨削技术、复杂钣金类零件的冲压及模具设计制造技术、金属叶片数控成形加工技术及高精度齿轮类零件的加工制造技术。经过不断的技术创新，锻炼培养了一支技能过硬的队伍，为型号产品研发和生产奠定了良好基础。

公司针对航空领域中的梁、框、壁板、肋等典型结构件摸索，并初步形成了切削参数库，如图1所示。

闭角结构件采用高效五轴加工中心加工，如图2所示。

新一代飞机，尤其是大型飞机，结构复杂，为薄壁、大尺寸、整体复杂结构。客观上就要求加大国产高速机床、高效机床尺寸，并实现高精度控制、低成本制造，其表现在以下几个方面。

（1）国产数控机床形成现代制造的技术体系。零部件的机床技术从普通精度的、独立的、分散的单项技术，逐步朝着精密化、自动化、系统化、集成化及机床方式复合化的方向发展，形成了现代制造



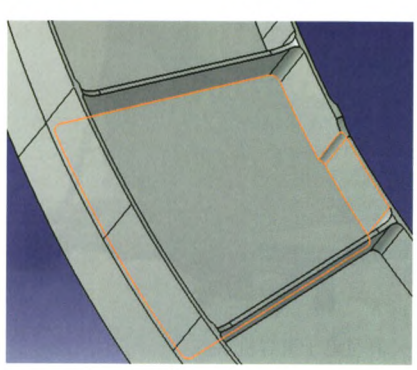


图1　航空腔槽类零件

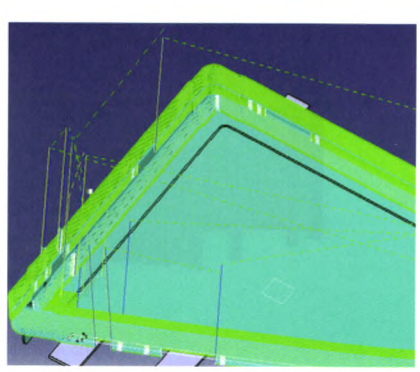


图2　五坐标联动加工闭角结构

的技术体系。

（2）国产数控机床向高速、高效、集成和智能发展。切削机床技术发展的最大标志就是高速切削机床（High Speed Cutting，HSC）的发展，如用于飞机零件高效机床的龙门式高速机床和桥式高速铣床主轴转速可达20 000～40 000 r/min（最高可达100 000 r/min 以上），进给速度可达20～40 m/min（最高可达80 m/min）。应用高速机床技术，尤其是新型高速电主轴和新型控制系统的多龙门多主轴高速机床的使用，在大型飞机零件如机翼壁板类、框类及细长类零件（如长桁、梁、缘条类零件）的加工中有效提高了机床的利用率和机床效率。

（3）先进的刀具技术促进国产机床技术发展。随着难加工材料的不断涌现，“高韧性高强度基体+高硬度高耐磨性刃部”刀具应运而生，新型陶瓷、细晶粒硬质合金、超细晶粒硬质合金、TiC/TiN基金属陶瓷及涂层硬质合金等材料的应用将推动国产机床技术发展。

（4）虚拟制造和仿真技术促进国产数控机床发展。在虚拟制造中，基于弹塑性力学、断裂力学、摩擦学、传热学和材料学的切削机床数值模拟技术是一种强有力的工具。随着航空结构件的复杂程度越来越高，数控机床仿真技术是一种快捷有效的数控程序检验途径。

采用Vericut软件，实现国产数控机床仿真，实现“一次做好，缺陷为零”的产品质量控制目标，如图3所示。

用产品需求引导国产数控机床发展，用国产数控机床促进航空制造业发展是一条强国、强军的有效途径。

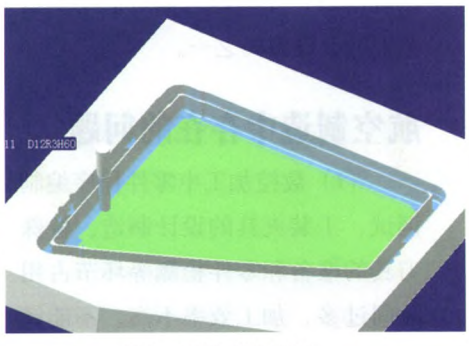


图3　3D仿真效果图

航空制造业特点及技术发展对航空企业的影响

中航工业导弹院凯迈机电公司　刘仁春　薛朋余　严世宝　袁　健



技术科技术主管　刘仁春

航空产品的制造特点和难点

（1）航空产品的制造特点。①产品高性能和精密化。航空产品因为使用环境特殊，产品性能要求和可靠性要求高，产品在加工时使用钛合金、复合材料等特殊材料较为普遍。同时，多数航空零件几何外形复杂制造加工精度要求更高，测量要求也较高。②产品轻量化和大型化。航空产品如发动机压缩机转子、飞机发动机叶片、飞机的整体舱段、起落架、机匣及天线罩大量使用钛合金、高强度材料和高温合金等；同时在飞机机身、机翼上也广泛使用复合材料。这些材料使用在航空设计中要求飞行器既要有高强度同时零部件又必须质量轻。机翼壁板、梁、叶盘及发动机壳体要求整体结构加工，减少了不必要联接，增加了零件的整体刚性。这种零件大型化结构要求是大型飞行器和宇航工业零件设计和制造的需求。③产品数字化和制造过程的智能化。航空产品零部件数字化设计及制造，逐渐应用CAPP和CAD/CAM软件，如西门子公司Teamcenter三维工艺软件的应用；柔性制造FMS技术的应用；基于数控加工工厂的数字化车间管理系统MES的应用；柔性工装和自动化装配线及设备的应用。

（2）航空产品的制造加工难点。①难加工材料切削应用：航空零部件常采用钛合金、高温合金及复合材料等难加工材料。如何保证零件的加工具有较高的质量又兼顾生产效率，是航空制造企业面临的一个课题。②工艺及零件精度要求：航空、航天零部大都采用复杂曲面和高结构效率的整体、轻量化结构，加工中要求无切削变形和高