

# 国产高档数控装备 助推航空工业发展

## Advanced CNC Equipment Made in China Boosting Development of Aviation Industry

济南二机床集团有限公司 吴艳玲 刘卫红 包鹏超



吴艳玲

济南二机床集团有限公司总部办公室副主任管理师,主管企业对外宣传工作。

航空制造业是关系到国防安全的战略性产业,在国民经济发展中占据重要地位。而航空航天行业所需要的关键零部件加工设备大多数依赖进口。对此,国家出台战略部署,到2020年实现数控装备80%国产化的目标。

通过“高档数控机床与基础制

济南二机床集团作为国内装备制造业的龙头企业,长期致力于高档数控机床的研制,为航空航天关键零部件加工提供解决方案。高效、高精、高响应数控机床产品正越来越广泛地服务于航空航天等国内重点行业领域,为满足市场需要和国家战略需求,实现重大装备国产化作出了积极贡献。

造装备”国家重大专项的实施,国产数控机床取得了长足发展,为助推大飞机制造、航空工业腾飞做好了准备。

济南二机床集团作为国内装备制造业的龙头企业,长期致力于高档数控机床的研制,为航空航天关键零部件加工提供解决方案。高效、高精、高响应数控机床产品正越来越广泛地服务于航空航天等国内重点行业领域,为满足市场需要和国家战略需求,实现重大装备国产化作出了积极贡献。

### 航空工业关键结构件加工 所需要的设备

随着航空工业的进步,飞机的关键结构件趋向于大型化、复杂化和整体化,具有高刚性、抗疲劳、耐腐蚀和轻量化等特性,材质多为铝合金、钛合金或超高强度钢、复合材料。

铝合金材质的结构件多为深槽腔、小转角、薄壁、且具有气动理论曲面的盒式或壳式结构,如:大梁、长桁、壁板、机身框、缘板等,其毛坯多采用整体预拉伸板材或挤压型材,通过加工形成薄壁、细筋等结构。零件

从毛坯加工到成品,材料去除率可高达 80%~90%,甚至 95%。该类结构件的尺寸越来越大,而且零件的外型面多为双曲面,要求采用高速高效铣切方式进行加工,其加工设备需要具有高速、高刚性、高加速度(或高动态响应)、五轴或多轴联动、高金属切除率、便于大量落屑排屑及便于工件装卸等特性,同时机床主轴需要具有大功率、高转速、适当扭矩及足够宽的、可调控的转速范围等特性,典型的机床如大型龙门高速加工中心。

钛合金和超高强度钢材质的零件在飞机关键结构件中所占比例不断增大。钛合金材质结构件主要有滑轨、滑轮、发动机框及接头类零件等,超高强度钢材质结构件主要有机翼滑轨、起落架及转接接头类零件等。钛合金和超高强度钢需要更大的主轴功率和扭矩加工,要求加工设备具有高刚性、大功率、高扭矩、高精度和高精度稳定性等特性,典型的机床如配备机械主轴的 A/B 或 A/C 双摆角五轴联动铣床或龙门加工中心。

航空工业采用的复合材料主要有碳纤维等高强度纤维增强复合材料、玻璃纤维增强树脂复合材料,复合材料结构件主要有蒙皮、雷达整流罩、电磁窗等。要求加工设备具有大行程、高速、高效等特性,典型的机床

如高架式高速龙门铣床。另外,复合材料加工时会产生大量的纤维粉尘,所以必须配置真空吸尘装置。

## 济南二机床进行针对性开发 满足航空需求

### 1 通过技术引进、合作生产以及再创新,发展高速龙门铣

济南二机床发展数控机床走了一条成功的合作与创新之路。

从 20 世纪 90 年代初开始,他们与法国著名机床制造公司进行全方位合作,对其成套数控机床制造技术进行高起点嫁接,发展数控龙门镗铣床和数控落地镗铣床、五面加工中心及柔性加工生产线等高技术产品,拥有了包括全自动镗铣头技术、高速进给驱动技术、力矩同步和位置同步驱动技术、重载静压导轨技术、静压主轴技术、电气消隙驱动技术、电液比例/电液伺服平衡和精度补偿技术、附件铣头自动更换、自动分度技术(AAC)、立卧换刀机械手技术(ATC)、自动交换工作台技术(APC)等多项世界先进水平的核心技术。

其中,龙门式机床涵盖定梁、动梁,工作台移动、龙门移动、高架横梁移动等众多品类,龙门宽度为 1.5~8m,纵向行程为 2~60m,主轴转速为 1000~30000r/min;数控化性能从三轴联动到四轴、五轴联动,可以

提供不需人工干预的全自动加工中心产品。

各系列机床规格齐全,性能可靠,主要技术质量性能与国际接轨,能够满足航空行业关键零件加工的需求。

济南二机床研制的各类五轴联动数控机床(见图 1、2、3),彻底打破了国外技术封锁和垄断,为轨道交通、航空航天工业提供了关键装备支持。2003 年为长春客车提供了当时国内第一台全国产五轴联动定梁龙门移动镗铣床;2007 年,他们赢得北京航天第一设计院大型五轴联动数控机床 XKV2735×40 订单,使国产大型五轴联动数控机床首次进入航天领域。

目前,包括北京航天、上海航天、西飞、成飞等在内的 20 余家航天航空企业,共计采购了济南二机床的 40 余台工作台移动式、龙门移动式、高架横梁移动式等不同结构、不同规格、具有 JIER 自主知识产权的五轴联动及五面加工高速龙门数控机床。

作为核心功能部件的双摆角数控万能铣头,制约着国产机床向高端领域的发展。济南二机床不仅研制成功了拥有自主产权的电主轴式双摆角数控万能铣头,成功应用于高铁车体侧墙零件的高速加工;并于 2007 年自主研发的国内首台大功

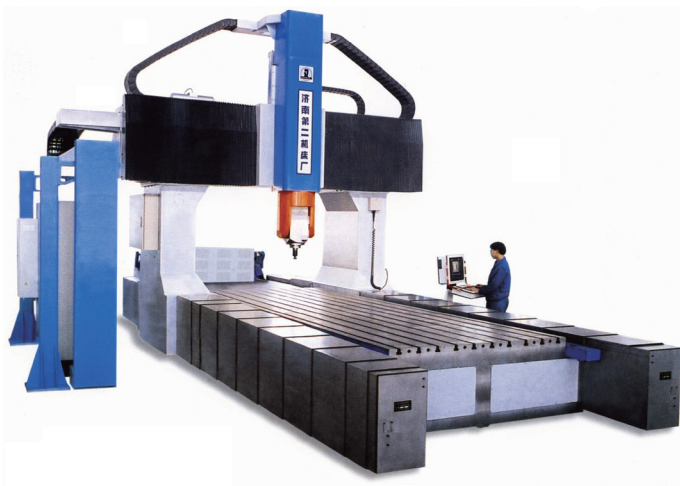


图1 为轨道交通提供的XSV2720×60五轴联动定梁龙门移动镗铣床

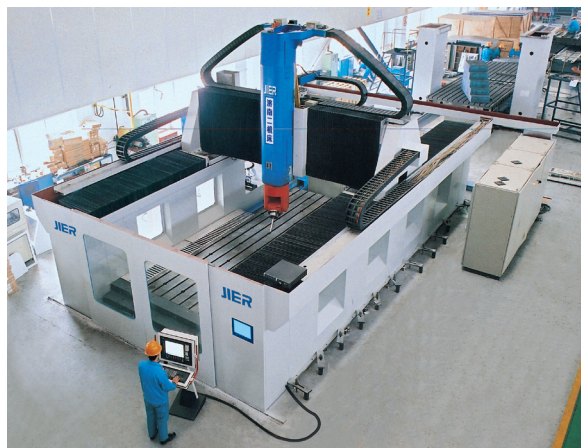


图2 为航天工业提供的XHSV2525×120高架五轴联动镗铣床



图3 为中航工业某研究所提供的 XHV2730 × 60五轴联动高速镗铣加工中心率、大扭矩重型双龙门移动机械式五轴联动数控龙门镗铣床,成功交付鞍钢重型机械公司,加工三峡大型水电机组叶片,打破了国外企业在水利水电等重点行业的垄断地位。

目前,双摆角数控万能铣头已形成系列化产品,并成功进入航空领域,用于黑色金属连续曲面的加工。

## 2 承担国家重大专项,发展核心技术

依托雄厚的技术研发实力,济南二机床承担了众多国家重大科技攻关项目。履行国家责任,解决国家难题,承担重大专项,为国家战略行业提供支持。

“十五”期间,济南二机床承担了“新型高速五轴加工技术及设备”和“飞机大梁数控高速复合仿形加

工中心的研制”等国家 863 项目。2009 年以来,又先后承担了“数控大型多工位压力机”、“大型快速全自动冲压线”、“高速龙门五轴加工中心”、“双摆角数控万能铣头”、“高架式五轴联动高速龙门镗铣加工中心”、“APM 系列翻板卧式加工中心”等 11 项国家科技重大专项,是国内同行业中承担项目最多的企业。

其中,“双摆角数控万能铣头”项目囊括了目前五轴联动龙门铣床所涉及的各种结构类型的双摆角数控万能铣头,包括:电主轴式机械驱动 A/C 摆角(图 4)和电主轴式力矩电机直驱 A/C 摆角(图 5)、机械主轴式机械驱动 A/C 摆角(图 6)等结构形式,分别用以实现高速高精切削或高效重型切削,可以满足铝合金、钛合金和复合材料等不同行业的各种复杂曲面零件的加工。



图4 电主轴式机械驱动A/C双摆角数控万能铣头

2011 年底,济南二机床承担的“高速龙门五轴加工中心”和“双摆角数控万能铣头”两个重大专项顺利通过验收。验收组专家鉴定,产品



图5 电主轴式力矩电机驱动A/C双摆角数控万能铣头



图6 机械主轴式A/C双摆角数控万能铣头

量。

在此情况下,济南二机床以实施国家重大专项为契机,与清华大学、北京航空航天大学以及中航工业成飞、西飞合作,紧跟国际航空工业制造先进技术,提出并研制数控翻板铣卧式加工中心(见图8)。总体设计思路是:将工件水平装夹,工作台翻转90°,采用卧式主轴加工,使切屑

果,开发研制适合更复杂零件加工的高速五轴翻板卧式加工中心、可大幅提高加工效率的柔性制造单元和柔性制造系统等一系列高档数控机床产品,满足航空工业大发展对国产高档数控装备的迫切需求。

目前,济南二机床作为国内主要的数控机床制造基地,已向市场推出了700余台大型数控机床产品,装备



图7 为航天行业提供的高速龙门五轴加工中心

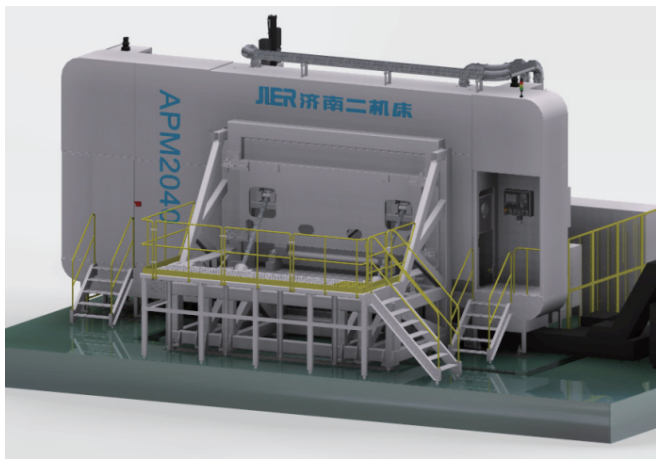


图8 翻板铣卧式加工中心

性能指标和机床可靠性均达到了同类进口机床的水平。如图7所示,是为航天行业提供的高速龙门五轴加工中心。

### 3 紧跟国际航空工业制造先进技术,研制数控翻板铣卧式加工中心

针对大型航空结构件金属去除率高的特点,航空企业不断扩大高速高效加工的使用范围,短时间内可产生大量切屑,加工工艺系统的落屑和排屑成为必须解决的问题。

立式加工工艺系统中,由于工件水平放置,导致加工过程中产生的大量高温切屑堆积在薄壁型腔中无法及时顺利排出,一方面,本来被切屑带走的绝大部分切削热量被传导到工件和刀具乃至主轴上,导致整个加工工艺系统产生二次热变形;另一方面,大量的切屑堆积在工件的待加工部位,产生二次切削效应,加剧了刀具的磨损并易产生积屑瘤,进而降低刀具使用寿命和零件表面加工质

自由下落。

该加工中心配置了60kW大功率电主轴,切削进给速度可以达到20m/min,加速度为4m/s<sup>2</sup>,具有较高的响应速度。设有双丝杠驱动、可90°翻转并精确定位的翻板工作台,可实现零件在水平位置装夹、在垂直位置加工,便于切屑快速排除,解决了传统立式加工切屑堆积对工艺系统造成的不利影响。

翻板铣卧式加工中心主要应用于我国航空领域大型航空结构件的高速高效加工。机床可配置毛坯测量与加工余量分析系统以及接触式原位检测系统,能够实现毛坯的虚拟划线和零件的在线检测,及时发现零件毛坯和加成品缺陷,提高加工效率。首台大型翻板卧式加工中心的研制,填补了国内空白,可满足大型航空结构件加工的需要。

今后,济南二机床将紧跟发展趋势,整合双摆角数控万能铣头研究成

了军工、汽车、铁路、能源、冶金、重型机械、机床工具等国内众多重点行业、重点用户。其中仅为航空、航天、船舶、兵器等四大军工领域就提供了百余台大、重型数控镗铣床,全部10个系列的数控机床均被列为首批军工采购推荐目录。

最近,中央电视台拍摄的国内首部大型工业纪录片《大国重器》播出后,在社会各界引起强烈反响。其中济南二机床依靠创新驱动,实现转型升级和高端突破的典型“故事”,更是成为关注焦点,赢得了各方赞誉。

济南二机床将以此为动力,继续发挥行业龙头和领军作用,进一步提高自主研发水平,加强“产学研用”结合,为航天、航空领域的高端需求提供完善的解决方案和高档装备,为国民经济发展和国防建设做出更大的贡献。

(责编 亿霖)