

# 国产数控装备在航空领域的应用

## Application of China-Made NC Equipment in Aviation Industry

济南二机床集团有限公司 郭 涛 贾会述



郭 涛

济南二机床销售公司市场部经理,先后从事数控龙门铣床的设计、销售和服务工作,组织多次市场调研活动,参加数控机床科技重大专项验收等工作,曾负责航天领域数控五轴联动龙门铣床和专机的销售和服务工作。

十二五时期,国内航空制造业特别是飞机制造业方兴未艾,发展潜力巨大。大飞机、通用飞机、军用舰载机、预警机、武装直升机、战斗机等航空器的制造技术突飞猛进。全球化市场和国家战略地位的双层需要对国产军民航空制造装备提出了新的挑战。

随着国内机床行业自主创新能力的增强,在不断满足国内各工业领域需求的同时,大型高速高进给五轴联动机床、立卧式加工中心、车铣复合中心等国产数控装备必将在航空航天领域得到愈来愈多的应用。在与国际一流厂家的角逐中,国产数控装备不断迈向高端,实现快速发展。

### 国内航空领域制造装备现状

民用航空工业发展较快,过去10年全球航空需求较热,大客机的需求一直在升温,国内西飞、成飞、哈飞等公司与波音、空客合作,成为其全球采购供应商。来自德国、法国、美国、瑞士的高档进口设备承担着制造环节中最重要的部分。因为没有好的国产设备应用平台的支持以及对“进口品牌”依赖性的束缚,国内积累的许多宝贵技术经验失去了扩大应用的可能,造成国内航空制造业现在对进口设备的依赖性越来越强。2012年上半年国产机床生产产值和经济效益逐月下降,可是进口高端机床订单需求不减,反映了国产机床不能供的装备现状。

在“高档数控机床与基础制造

装备”平台的支持下,国民经济飞速发展的10年机遇期帮助国产机床起飞,从过去国产数控化率不足20%增长到现在的60%。从数显仿形铣床到数控五轴联动铣床,从滚轴丝杠传动到直线电机和力矩电机驱动,从西门子840D数控系统到华中8型数控系统,这一切都说明了国产数控机床行业一直在奋勇前行。随着重大专项的逐步实施,在航空航天、轨道交通、特种装备等领域国产高档装备都得到了较好的实践和应用,加强“产学研用”结合,国产机床有能力和意愿为航空高端需求提供解决方案。

国产机床在多轴联动、高速高进给、精度、可靠性、智能化等方面已经有了较大提升。精度方面,如昆明机床的精密卧式加工中心,定位精度

已经达到 0.003mm (VDI 标准), 重复定位精度达到 0.0015mm (VDI 标准)。沈阳机床带 AB 轴联动高速立式加工中心, 能够完成铝合金曲面高速铣削, 加工出合格的“S”试件(现在的五轴高速机床都能够进行“S”试件加工)。可靠性方面, 如济南二机床 5.5m × 12m 大型五轴联动龙门铣床完成了 900h 可靠性国家验证。高速高进给方面, 国产高档立式加工中心主轴转速已经达到 5000r/min 以上, 配备电主轴能够达到 24000r/min, 进给速度 ≥ 60m/min; 大型龙门铣床(工作宽度 5m)进给速度达到 30m/min。多轴联动方面, 济南二机床研制的电主轴式、力矩电机驱动式、机械主轴式双摆角数控万能铣头, 已经得到市场的验证, 进入工业化推广阶段, 能够满足铝合金、钛合金和复合材料等复杂曲面零件的加工。

### 航空零件加工对机床设备性能的要求

航空结构件制造是个难点, 材料以铝合金、钛合金和碳纤维复合材料为主, 结构件以大型化、复杂化、轻量化为主。大型化和复杂化要求设备的加工效率要高, 精度一致性好。国产机床在精度一致性方面与进口高端机床还存在一定差距; 国产机床在刀库、在线监测、工装夹具的应用, 以及整机系统应用开发等方面相对薄弱。轻量化一直是飞机发展的一个趋势, 油耗指标、机动灵活性对飞机性能的影响均不可小觑, 大的加工去除率(一般在 70%~90%)对机床性能提出更高要求。高速高进给是国产机床这几年研制的重点方向, 直驱技术的应用推动了机床高速高进给性能的提高, 目前电主轴和力矩电机驱动技术在航天领域应用较多, 相信未来会逐渐扩大到航空领域。

国产机床在航天铝合金加工方面的高速高进给技术设计方法和加

工工艺参数两方面积累了较丰富的实践经验, 并得到了较好的应用, 这有助于推广到航空工业方面。如果航空领域的企业与机床制造业携起手来, 共同致力于使用国产高档机床解决薄壁、长壁加工变形等问题, 这将使此类工作变得容易。

钛合金加工对主轴的要求一般扭矩在 700N·m 以上、主轴转速为 7000~10000r/min。济南二机床自主研发的机械五轴头, 已经实现了商业化应用, 向鞍钢和某航空研究所提供了配置机械五轴头的大型龙门铣床。

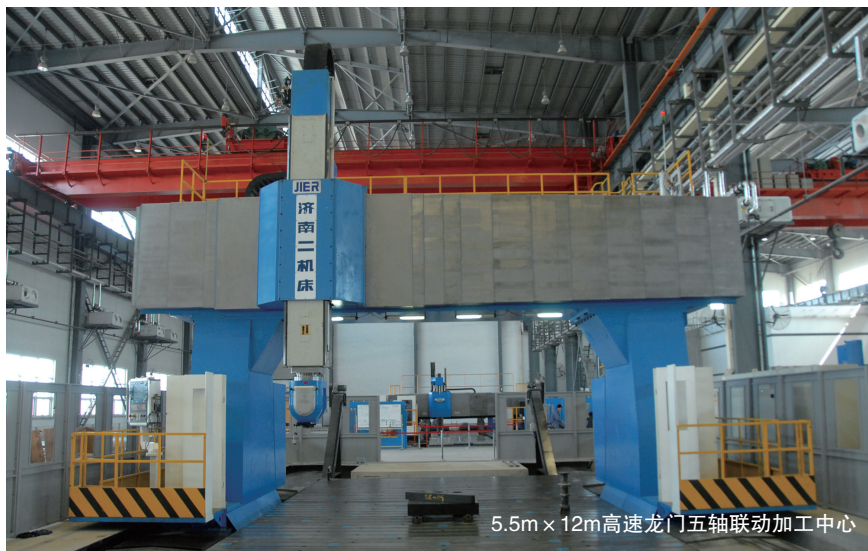
复合材料在航空航天领域的应用渐多, 如火箭的隔热罩、飞机的机身、机翼、中央翼盒等。有数据表明复合材料在民用客机的材料用量上已经占到 50% 以上, 军机方面也达到 20%~30%。国内机床厂家在研发加工这类非金属材料专用装备方面差距是最大的, 是阻碍复合材料工程应用的重要因素之一。对于复杂结构和工艺要求方面几乎全部依赖进口专用装备。大型铺带机只能在成飞、哈飞、西飞等这些大型飞机制造公司看到, 世界上也只有极少数西方公司能够提供此类专用装备, 并且使用受限。其实国内早就开始这方面的研究和应用工作, 但都是以科研院所为主, 生产制造和商业应用环节比较薄弱。现在机床行业中不乏具

备一定设计、制造和应用经验的行业领先者, 比如齐二机床和济南二机床。后者在高速高进给大龙门框架移动技术方面处于领先地位, 曾与国内某研究所合作为用户设计开发 8m × 25m 大型龙门铺带机设备, 2011 年还与上海某公司合作制造用于碳纤维复合材料加工的 2.5m × 8m 大型龙门铣床设备。

### 济南二机床近年在航空航天领域提供的装备情况

#### 1 承担重大专项情况

2009 年以来, 依托雄厚的技术研发实力, 济南二机床先后承接并实施了“5.5m × 12m 高速龙门五轴联动加工中心”、“双摆角数控万能铣头”、“高速龙门五轴联动加工中心”等 8 个国家重大专项课题, 成为行业内承担国家重大专项最多的机床企业之一。其中, “双摆角数控万能铣头”项目包含 3 个子课题, 涵盖了五轴联动数控机床的电主轴式、机械主轴式和力矩电机直驱式 3 种结构形式, 分别用以实现高速高精切削或高效重型切削, 可以为不同行业提供各种工艺需求解决方案。“5.5m × 12m 高速龙门五轴联动加工中心”项目研制过程中采用的关键技术主要有: 大型高速龙门铣床整机的开发和结构优化设计, 双电机电气消隙驱动技



5.5m × 12m 高速龙门五轴联动加工中心

术,力矩电机直接驱动方式双摆角数控万能铣头,直线电机直接驱动技术等。

济南二机床以承担国家重大专项为契机,大力推进高档数控机床发展战略,凭借在五轴联动数控机床、大重型龙门镗铣床极限制造、高档数控专机等方面形成的自主核心优势,在满足国家战略需求、实现国产高端装备自主化的发展过程中,取得多项突破,进一步推动了中国国产机床制造实力的全面提升。

## 2 帮助航空领域打破国外垄断

20世纪90年代以来,济南二机床先后为成飞、沈飞、哈飞、西飞、洪都飞机、昌河飞机、郑州飞机等公司提供了20余台数控龙门镗铣床和加工中心。其中,为昌河飞机公司研制的“飞机大梁数控高速复合仿形加工中心”,被列入863计划项目国防“高、精、尖”重大数控装备研制专题。像这样的专用机床,西方国家是不会向我们提供的,关键时刻还要依靠我们自己的机床制造企业。为了解决飞机大梁的加工瓶颈难题,济南二机床技术人员深入分析用户的加工工艺,结合国内外同类产品的先进技

术,开发设计出了这台具有完全自主知识产权的产品。该项目研制过程中采用的关键技术主要有:动梁平衡技术、双边同步传动技术、立卧转换仿形及复合加工程序的二次开发技术、两卧式主轴同步加工技术等。

济南二机床抓住航空制造企业开始应用国产高档数控机床的机会,于2010年和2011年分别与洪都飞机制造公司和某航空研究所签订了高档五轴联动数控镗铣床订货合同,打破了国外优势企业的垄断地位。

## 3 帮助航天领域打破国外封锁

五轴联动技术是数控机床的制高点。济南二机床凭借多年积累的龙门框架结构机床设计制造优势,以及与欧洲知名机床制造企业的合作,掌握了高速五轴联动龙门铣床、大型数控龙门镗铣床、全静压数控落地铣镗床等最新技术,实现了从传统产品到高新技术产品的升级换代,成为国内较早研制成功五轴联动数控机床,并最早实现市场化、规模化的企业。

2006年,济南二机床赢得航天领域大型五轴联动数控机床订单,使国产大型五轴联动数控机床首次进

入航天领域。之后研制的高性能五轴联动数控机床为“神六”、“神七”、“神八”等提供了关键装备支持。济南二机床先后为航天制造企业提供了20余台五轴联动数控龙门镗铣床。其中,为北京航天某院提供的2.5m×12m桥式五轴联动高速加工中心、3.5m×4m和3.5m×6m高速五轴联动数控龙门镗铣床,为中国大火箭制造提供的4.5m×8m、5.5m×12m高速五轴联动数控龙门镗铣床等高端产品均达到或接近国际先进水平,彻底打破了国外技术封锁,展示了中国装备的技术实力。全部10个系列的数控机床均被列为首批军工采购推荐目标。

## 在其他领域的应用

值得一提的是,国内五轴联动机床发展迅速,但是作为关键技术的双摆角数控万能铣头长期受到国外限制,制约了国产机床向高端领域发展的进程。济南二机床不仅开发研制拥有自主产权电主轴式五轴联动数控机床,而且于2007年又自主研发成功国内首台大功率、大扭矩,重型双龙门移动式五轴联动数控龙门镗铣床,并交付鞍钢重型机械有限责任公司使用。该机床具有五轴联动重切削特性,可完成无基准曲面的精确切削加工,改变了三峡工程大型水发电机组叶片加工完全依赖进口的状况,荣获“中国机械工业科学技术奖”一等奖。

## 结束语

随着国内机床行业自主创新能力的增强,在不断满足国内各工业领域需求的同时,大型高速高进给五轴联动机床、立卧式加工中心、车铣复合中心等国产数控装备必将在航空航天领域得到愈来愈多的应用。在与国际一流厂家的角逐中,国产数控装备不断迈向高端,实现快速发展。

(责编 亦非)



飞机大梁数控高速复合仿形加工中心