

突破高档数控关键技术 增强国产高档数控系统 自主研发能力

——走进高档数控国家工程研究中心

Breakthrough Key Technology of High-End CNC to Enhance Capacity of
Independent Research and Development of Domestic High-End CNC System

[编者按] 高档数控国家工程研究中心于1993年由国家发改委批复成立,是国内第一家以高档数控技术研究开发及工程化应用为主要目标的国家级工程研究中心,依托单位为中国科学院沈阳计算技术研究所有限公司,直属管理单位为中国科学院。数控中心通过建立工程化研究、验证环境和有利于技术创新、成果转化的机制,开展数控系统及成套技术的工程化和产业化研究和开发,掌握高档数控系统关键和共性技术,形成工程化成套解决方案和系列产品,促进我国数控及装备制造业的发展,服务国家重大战略任务和重点工程实施,服务经济社会发展。

技术方向和研发能力

高档数控国家工程研究中心为了推进数控技术的成果转化,建有专业化的成套数控技术产品研发、生产、试验和服务基地,通过开展“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项“开放式数控系统支撑技术创新平台”等课题的实施,建立了高档数控系统的自主研发能力,形成了以开放为特色的数控系统平台,如基于多种CPU(X86/“龙芯”/ARM)硬件平台、基于实时操作系统的软件平台、现场总线与网络化平台等,组织制定了系列化国家标准,形成了数控系统的软硬件平台设计与批量生产技术;同时针对高档数控系统高速、高精、多轴联动的技术特征,以吴文俊院士提出的数学机械化方法为基础理论,开发了基于数学机

械化方法的高速、高精、多轴运动控制算法,相关算法获中国专利优秀奖,实现了“蓝天数控”的自主创新和自主可控。

高档数控国家工程研究中心主要技术方向为:(1)数控装置关键技术,如软硬件平台及基于国产基础软硬件的高速高精运动控制方法、多通道多轴联动控制、智能化控制技术等;(2)驱动装置及电机关键技术,如高速、高精、高刚性及智能化控制技术、电机设计优化及制造技术等;(3)现场总线与网络化关键技术,如现场总线协议及芯片、网络平台、设备互联互通等;(4)应用技术,如基于二次开发平台的专用系统、面向智能制造单元/智能产线/数字化车间解决方案等;(5)行业共性技术与前沿技术,如系统体系结构及标准、数控系统安全及标准、数字孪生、工业

互联网、虚拟现实等。

为推进数控中心成果的转移转化与产业化,数控中心组建了产业化实体沈阳中科数控技术股份有限公司,研制出开放式数控系统300/400/600系列产品,在关键技术指标,如多通道、多轴联动、高速插补、5坐标刀具补偿等方面达到国际主流系统水平。产品与5轴联动桥式高速龙门加工中心、基于AB摆5轴联动航空结构件强力铣削加工中心等10余种高档数控机床配套应用,并与航空航天企业合作,建立了高档数控系统的应用示范基地,实现了国产高档数控系统在国防军工企业的应用。

基于产品的开放性,中心将产品从通用型扩展到电加工、激光加工等专用型,扩大了覆盖品种。特别是通过系统的二次开发能力,实现了对

激光器、复合光束扫描模块、三维检测辅助定位模块的实时、协调控制,在超快激光加工飞机发动机叶片小孔方面实现了国产数控技术的突破。基于数控系统的开放式特色,针对数字化车间的实施要求,通过开展数控装备互联互通和国产数控系统智能化技术研究,实现了数控系统与温度、振动等传感器,以及第三方软件的互操作,支持加工现场的感知及数控装备的互联互通及互操作,研制了智能化数控系统,为航空航天制造领域实施智能化制造提供重要支撑。

技术突破与行业示范

(1) 开放式数控系统软硬件平台。

针对传统数控系统封闭结构以模拟或脉冲接口为主,数控中心突破了数控系统硬件设计和批量制造技术,实现了基于国产“龙芯”CPU数控系统硬件设计和批量制造技术,为解决国产高档数控系统在核心芯片方面的“卡脖子”技术奠定了基础;解决了面向实时控制的数控系统操作系统技术,研制出基于自主知识产权的现场总线协议,并组织制定了开放式数控系统系列化国家标准,GB/T 18759.3—2009《机械电气设备 第3部分:总线接口与通信协议》等6项标准获2020年中国标准创新贡献一等奖,为实现国产数控系统的开放化与技术升级提供了重要支撑。

(2) 基于数学机械化方法的高速高精多轴运动控制算法。

针对传统数控系统在速度、精度、多轴联动方面存在的差距,通过将吴文俊院士开创的数学机械化方法与数控技术融合,对运动控制过程进行建模,研制出与国际先进水平相当的运动控制算法库,在关键技术指标方面达到国际先进水平,如柔性加减速控制、纳米级插补、程序预读、5坐标刀具补偿等。核心算法获中国专利优秀奖。

(3) 高档数控系统功能性能全指令覆盖。

针对国产数控系统指令集存在的差距,通过对标分析,建立了高档数控系统功能分析数据库,实现功能指令集的覆盖。同时针对高速、大型数控机床的配套需求,通过主持实施“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项课题“数控系统功能安全技术研究”,为我国机床行业第一项国际标准 IEC/TS 60204-34:2016 *Safety of machinery—electrical equipment of machines—Part 34: Requirements for machine tools* 的制定提供了支撑,获中国机械工业科技进步一等奖。

(4) 在航空领域的示范应用。

围绕一系列关键技术的突破,数控中心的业务从以数控系统、驱动装置与电机为主,拓展到自动化装备及数字化车间管控系统等,具备了为航空航天等制造企业提供智能化成套解决方案的能力,组织实施并完成了“飞机结构件智能制造新模式应用”、“直升机发动机空间动力传动单元体高速高精高效智能化加工应用示范”等国家重大专项课题,“航空制造领域数字化车间智能制造解决方案及实施”入选《2019中国智能制造十大实施案例》。

针对国产高档数控在航空领域应用难问题,以S型试件加工为驱动,通过解决龙门同步、5轴RTCP功能、多通道及复合加工等关键技术,实现了“蓝天数控”与5轴联动桥式高速龙门加工中心、基于AB摆五联动航空结构件强力铣削加工中心、自动加工单元等数控机床配套,并在航空航天制造领域的重点企业实现批量应用。同时基于产品开放性,研制了双通道、11轴叶片类微孔超快激

光加工数控系统,其中一个通道5轴联动实现叶片加工控制,一个通道6轴联动实现激光打孔与检测,实现发动机叶片打孔国产数控技术的突破。相关成果获中国航空工业集团科技进步奖。

未来发展方向

随着制造技术与信息技术的深度融合,数控技术的内涵发生深刻的变化。国际标准化组织 ISO/TC184/SC1 将其更名为工业信息物理设备控制(Industrial Cyber and Physical Device Control)。围绕行业的变化,数控中心以高档数控关键核心技术为基础,进一步向自动化、数字化、智能化方向拓展,以满足面向智能制造的新一代数控技术的发展要求。

通过开展安全控制系统、单元协调控制技术的研发,研制面向单机自动化、单元自动化与产线自动化的自动化装备,实现自动化与数控化的集成,助推数控装备制造效率的提升。

通过开展工业互联网、大数据、数字孪生与数控技术的交叉融合,使数控系统成为制造车间的数字化平台,以实现制造过程的数字感知、建模、控制与服务。

通过开展制造过程监控、工艺与设备参数优化、智能故障预警与诊断、工件在位测量等技术研发,实现数控系统与智能制造关键要素的融合,满足智能制造的要求。

(采访 大漠)



五轴加工中心