

# 智能制造专题简报

## 智能制造专题简报

Intelligent Manufacturing Special Bulletin

2017年(总第23期) 4月

### 北京太阳谷咨询有限公司

Beijing Sun Valley Consulting Co., LTD

高端装备产业研究与科技情报信息咨询机构

主办部门: 高端装备发展研究中心

报告订购: 010-52882700 57325806

定制报告: 010-57325805 57325821

电子邮箱: info@equipinfo.com.cn

官网: www.jixiezb.com.cn

www.equipinfo.com.cn

版权声明: 本简报版权归本公司所有

本公司拥有最终解释权

免责声明: 本简报部分资源来源于网络, 版权归原作者或者来源机构所有, 如果有涉及任何版权方面的问题, 请及时与我们联系, 我们将尽快妥善处理!



### 前沿科技资讯 研究报告

个性化报告定制服务

行业/技术/市场/企业等监测报告

重点国家及地区专题调研服务

关键技术及应用调研报告

市场调研与分析预测报告

指标对标分析报告 可研报告

## 本期关注: 高档数控机床



1. 2016-2020年中国智能制造装备关键技术及产业化发展研究报告
2. 国内外增材制造(3D打印)产业发展专题调研报告
3. 国内外国防制造业领域3D打印技术应用调研报告
4. 中国医疗器械行业数控机床应用与发展调研报告
5. 国外工业机器人关键部件供应商专题调研报告
6. 国内外航空3D打印技术应用及发展趋势调研报告
7. 国内外航空航天智能物流与仓储应用发展调研报告
8. 国内外空间机器人技术研究及发展趋势调研报告
9. 深海水下机器人研发趋势及市场应用调研报告
10. 中国工业机器人先进精密减速器技术及市场分析报告
11. 国内外智能传动系统技术研究与应用趋势调研报告
12. 智能机器人发展及对策分析报告

## ► 高档数控机床定义

数控机床是现代制造业的主流设备,是体现现代机床技术水平、现代机械制造业工艺水平的重要标志,是关系国计民生、国防尖端建设的战略物资。

高档数控机床是指具有高速、精密、智能、复合、多轴联动、网络通信等功能的数



控机床,基础制造装备是制造各种机器和设备的装备之总称。高档数控机床与基础制造装备包括金属切削加工机床、特种加工机床、铸、锻、焊、热处理等热加工工艺装备、增材制造装备等,具有基础性、通用性和战略性的特征。

在机床行业,一般以数控机床所控制的轴数为标准来划分档次,三轴以下的为低档,三至五轴为中高档,五轴以上为高档。

五轴联动加工中心有高效率、高精度的特点,工件一次装夹就可完成五面体的加工。如配置五轴联动的高档数控系统,还可以对复杂的空间曲面进行高精度加工,更能够适合越来越复杂的高档、先进模具的加工以及汽车零部件、飞机结构件等精密、复杂零件的加工。

五轴联动加工中心大多是3+2的结构,即X, Y, Z三个直线运动轴加上分别围绕X, Y, Z轴旋转的旋转轴中的两个旋转轴组成。这样,从大的方面分类,就有X-Y-Z-a-b、X-Y-Z-a-c、X-Y-Z-b-c三种形式;由二个旋转轴的组合形式来分,大体上有双转台式、转台加上摆头式和双摆头式三种形式。

## ► 数控机床的十大系统

### 1、日本FANUC数控系统

日本发那科公司(FANUC)是当今世界上数控系统科研、设计、制造、销售实力最强大的企业。

(1)高可靠性的PowerMate 0系列用于控制2轴的小型车床,取代步进电动机的伺服系统;可配画面清晰、操作方便、中文显示的CRT/MDI,也可配性能/价格比高的DPL/MDI。

(2)普及型CNC 0-D系列 0-TD用于车床,0-MD用于铣床及小型加工中心,0-GCD用

于圆柱磨床，0-GSD 用于平面磨床，0-PD 用于冲床。

(3)全功能型的 0-C 系列 0-TC 用于通用车床、自动车床，0-MC 用于铣床、钻床、加工中心，0-GCC 用于内、外圆磨床，0-GSC 用于平面磨床，0-TTC 用于双刀架 4 轴车床。

(4)高性能/价格比的 0i 系列整体软件功能包，高速、高精度加工，并具有网络功能。0i-MB/MA 用于加工中心和铣床，4 轴 4 联动；0i-TB/TA 用于车床，4 轴 2 联动；0i-mateMA 用于铣床，3 轴 3 联动；0i-mateTA 用于车床，2 轴 2 联动。

(5)具有网络功能的超小型、超薄型 CNC 16i/18i/21i 系列控制单元与 LCD 集成于一体，具有网络功能，超高速串行数据通讯。其中 FS16i-MB 的插补、位置检测和伺服控制以纳米为单位。16i 最大可控 8 轴，6 轴联动；18i 最大可控 6 轴，4 轴联动；21i 最大可控 4 轴，4 轴联动。

除此之外，还有实现机床个性化的 CNC16/18/160/180 系列。

## 2、德国西门子数控系统

西门子是全球电子电气工程领域的领先企业，主要业务集中在工业、能源、医疗、基础设施与城市四大业务领域。140 年来，西门子以其创新的技术、卓越的解决方案和产品坚持不懈地与中国开展全面合作，并以不断的创新、出众的品质和令人信赖的可靠性得到广泛认可。



SIEMENS 公司的数控装置采用模块化结构设计，经济性好，在一种标准硬件上，配置多种软件，使它具有多种工艺类型，满足各种机床的需要，并成为系列产品。随着微电子技术的发展，越来越多地采用大规模集成电路(LSI)，表面安装器件(SMC)及应用先进加工工艺，所以新的系统结构更为紧凑，性能更强，价格更低。采用 SIMATIC S 系列可编程控制器或集成式可编程控制器，用 SYEP 编程语言，具有丰富的人机对话功能，具有多种语言的显示。

SIEMENS 公司 CNC 装置主要有 SINUMERIK3/8/810/820/850/880/805/802/840 系列。

## 3、日本三菱数控系统

三菱电机自动化(中国)投资总额 2000 万美元。主要生产配电用机械器具(含低压断路器，电磁开闭器)，电加工产品(包括数控电火花成型机，线切割放电加工机、激光加工机)，变频调速器，伺服系统机器，数控装置及其零部件，销售自产产品，提供相关售后服务。

工业中常用的三菱数控系统有：M700V 系列；M70V 系列；M70 系列；M60S 系列；E68 系列；E60 系列；C6 系列；C64 系列；C70 系列。其中 M700V 系列属于高端产品，完全纳米控制系统，高精度高品位加工，支持 5 轴联动，可加工复杂表面形状的工件。



Mitsubishi 数控系统

#### 4、德国海德汉数控系统

海德汉研制生产光栅尺、角度编码器、旋转编码器、数显装置和数控系统。海德汉公司的产品被广泛应用于机床、自动化机器，尤其是半导体和电子制造业等领域。

Heidenhain 的 iTNC 530 控制系统是适合铣床、加工中心或需要优化刀具轨迹控制之加工过程的通用性控制系统，属于高端数控系统。该系统的数据处理时间比以前的 TNC 系列产品快 8 倍，所配备的“快速以太网”通讯接口能以 100Mbit/s 的速率传输程序数据，比以前快了 10 倍，新型程序编辑器具有大型程序编辑能力，可以快速插入和编辑信息程序段。



#### 5、德国力士乐数控系统

力士乐(Bosch Rexroth)是原博世自动化技术部与原力士乐公司于 2001 年合并组成，属博世集团全资拥有。博世力士乐是世界知名的传动与制控公司，在工业液压、电子动与控制、线性传动与组装技术、气动、液压传动服务以至行走机械液压方面居世界领先地位。公司注册总部位于德国斯图加特，而营运总部及董事局总办事处则设于德国洛尔。



## 6、法国 NUM 数控系统

世界领先的自动化系统生产商---施耐德自动化是当今世界上最大的自动化设备供应商之一，专门从事 CNC 数控系统的开发和研究，NUM 公司是法国著名的一家国际性公司，专门从事 CNC 数控系统的开发和研究，是施耐德电气的子公司，欧洲第二大数控系统供货商。主要产品有：NUM1020/1040、NUM1020M、 NUM1020T、NUM1040M、 NUM1040T、NUM1060、NUM1050、NUM 驱动及电机。



## 7、西班牙 FAGOR 数控系统

发格自动化(FAGOR AUTOMATION)是世界著名的数控系统(CNC)、数显表(DRO)和光栅测量系统的专业制造商。发格隶属于西班牙蒙德拉贡集团公司，成立于 1972 年，发格侧重于在机床自动化领域的发展，其产品涵盖了数控系统、伺服驱动/电机/主轴系统、光栅尺、旋转编码器及高分辨率高精度角度编码器、数显表等产品。



## 8、日本 MAZAK 数控系统

山崎马扎克公司成立于 1919 年，主要生产 CNC 车床、复合车铣加工中心、立式加工中心、卧式加工中心、CNC 激光系统、FMS 柔性生产系统、CAD/CAM 系统、CNC 装置和生产支持软件等。

Mazatrol Fusion 640 数控系统是世界上首次使用了 CNC 和 PC 融合技术，实现了数控系统的网络化、智能化功能。数控系统直接接入因特网，即可接受到小巨人机床有限公司提供的 24 小时网上在线维修服务。

## 9、华中数控

华中数控具有自主知识产权的数控装置形成了高、中、低三个档次的系列产品，研制了华中 8 型系列高档数控系统新产品，已有数十台套与列入国家重大专项的高档数控机床配套应用；具有自主知识产权的伺服驱动和主轴驱动装置性能指标达到国际先进水平。



HNC-848 数控装置品是全数字总线式高档数控装置，瞄准国外高档数控系统，采用双 CPU 模块的上下位机结构，模块化、开放式体系结构，基于具有自主知识产权的 NCUC 工业现场总线技术。具有多通道控制技术、五轴加工、高速高精度、车铣复合、同步控制等高档数控系统的功能，采用 15 液晶显示屏。主要应用于高速、高精、多轴、多通道的立式、卧式加工中心，车铣复合，5 轴龙门机床等。

## 10、广州数控

广东省 20 家重点装备制造企业之一，国家 863 重点项目《中档数控系统产业化支撑技术》承担企业。主营业务有：数控系统、伺服驱动、伺服电机研发生产，数控机床连锁营销、机床数控化工程，工业机器人、精密数控注塑机研制等。



广州数控拥有车床数控系统、钻、铣床数控系统、加工中心数控系统、磨床数控系统等多领域的数控系统。其中，GSK27 系统采用多处理器实现 nm 级控制；人性化人机交互界面，菜单可配置，根据人体工程学设计，更符合操作人员的加工习惯；采用开放式软件平台，可以轻松与第三方软件连接；高性能硬件支持最大 8 通道，64 轴控制。

### ► 数控机床三大核心系统部件之一“电主轴”

电主轴是数控机床三大核心系统部件之一，其市场的变化也在一定程度上体现了当前机床行业的发展趋势。

电主轴是数控机床三大高新技术之一(高速电主轴、数控系统、进给传动)。随着越来越多的机械装备向着高速、高精、高效、高智能化方向发展，电主轴已成为最适宜高性能数控机床的核心功能部件之一，在部分领域用电主轴取代传统机械主轴是机床工业发展的大趋势。



数控机床三大核心环节



### 电主轴在数控机床中的位置

按照主轴的驱动方式，机床主轴可分为机械主轴和电主轴两大类，电主轴省去了皮带、齿轮或联轴器的传动环节，实现了机床主轴系统的“零传动”，是数控机床传动系统的重大变革。

	电主轴	机械主轴
驱动方式	由内装式电动机直接驱动	带轮传动和齿轮驱动
旋转精度	高	低
刚度	高	低
速度	无级变速，速度快	速度慢
散热	要求高	要求低
成本	高	低
震动	小	大

### 电主轴和机械主轴的特点

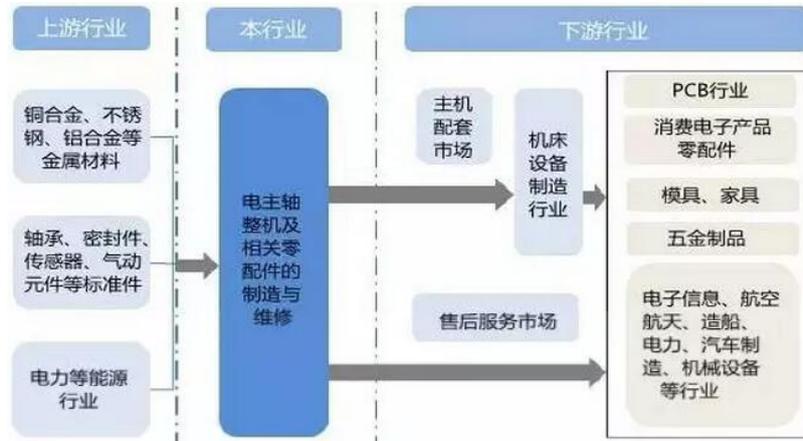
目前，在美国、德国、日本、瑞士、意大利等工业发达国家，电主轴已占据了主轴市场的主要份额，而国内机床行业的主轴使用状况恰好相反，电主轴市场份额不到 30%。

按照用途分类，电主轴主要分为加工中心用电主轴、数控车床用电主轴、磨削用电主轴、钻削用电主轴、雕铣用电主轴和特殊用电主轴等六类。



### 电主轴主要种类

电主轴是数控机床的核心功能部件，电主轴行业的发展与下游机床行业的发展相辅相成。



电主轴产业链

随着我国数控机床国产化进程的加快，电主轴行业在迅速发展，国内部分厂商凭借日趋完善的研发实力和制造技术，已推出了具备较强竞争力的产品，在国内市场的竞争力逐渐增强。

## ► 国内外高档数控机床技术现状

### 1、国内外高档数控机床发展现状

美、德、日三国事当今世上在数控机床科研、设计、制作和应用上，技巧最先进、经验最多的国家。

美国的特点是：政府器重机床工业，美国国防部等部门不断提出机床的发展方向、科研任务和供给充分的经费，且网罗世界人才，特别讲究“效率”和“创新”，重视基础科研。哈斯自动化公司是全球最大的数控机床制造商之一，在北美洲的市场占有率大约为40%，所有机床完全在美国加州工厂生产，拥有近百个型号的CNC立式和卧式加工中心、CNC车床、转台和分度器。哈斯致力于打造精确度更高、重复性更好、经久耐用，而且价格合理的机床产品。



美国哈斯数控机床

---

德国数控机床在传统设计制造技术和先进工艺基础上，不断采用先进电子信息技术，在加强科研的基础上自行创新开发。德国数控机床主机配套件，机、电、液、气、光、刀具、测量、数控系统等各种功能部件在质量、性能上居世界前列。代表大型龙门加工中心最高水平的是德国瓦德里希·科堡公司(WALDRICH COBURG)的产品，国内北一机床采用的就是德国瓦德里希·科堡的技术。



**Waldrich Coburg Taurus 4 Axis CNC Milling Machines**

日本政府通过规划和制订法规以及提供充足研发经费，鼓励科研机构和企业大力发展数控机床。在机床部件配套方面，日本学习德国；在数控技术和数控系统的开发研究方面，学习美国，改进和发展了两国的成果取得很大成效。日本机床也应为日本精密制造而闻名世界。



**使用 MAZATROL Smooth X 控制系统的数控机床**

国内产品与国外产品在结构上的差别并不大，采用的新技术也相差无几，但在先进技术应用和制造工艺水平上与世界先进国家还有一定差距。新产品开发能力和制造周期还满足不了国内用户需要，零部件制造精度和整机精度保持性、可靠性尚需很大提高，尤其是在与大型机床配套的数控系统、功能部件，如刀库、机械手和两坐标铣头等部件，还需要境外厂家配套满足。国内大型机床制造企业的制造能力很强，但大而不精，其主要原因还是加工设备落后，数控化率很低，尤其是缺乏高精水平的加工设备。同时，国内企业普遍存在自主创新能力不足，因为大型机床单件小批量的市场需求特点，决定了对技术创新的要求更高。

## 2、国内外数控系统发展现状

经过持久研发和创新，德、美、日等国已基本掌握了数控系统的领先技术。目前，在数控技术研究应用领域主要有两大阵营：一个是以发那科(FANUC)、西门子(SIEMENS)为代表的专业数控系统厂商；另一个是以山崎马扎克(MAZAK)、德玛吉(DMG)为代表，自主开发数控系统的大型机床制造商。

2015年 FANUC 推出的 Series oi MODEL F 数控系统，推进了与高档机型 30i 系列的“无缝化”接轨，具备满足自动化需求的工件装卸控制新功能和最新的提高运转率技术，强化了循环时间缩短功能，并支持最新的 I/O 网络—I/OLink。



### FANUC 全新的 Series oi -F 系列数控系统

MAZAK 提出的全新制造理念—Smooth Technology，以基于 Smooth 技术的第七代数控系统 MAZATROL Smooth X 为枢纽，提供高品质、高性能的智能化产品和生产管理服务。Smooth X 数控系统搭配先进软硬件，在高进给速度下可进行多面高精度加工；图解界面和

触屏操作使用户体验更佳，即使是复杂的五轴加工程序，通过简单的操作即可修改；内置的应用软件可以根据实际加工材料和加工要求快速地为操作者匹配设备参数。



### MAZATROL Smooth X

DMG 推出的 CELOS 系统简化和加快了从构思到成品的进程，其应用程序(CELOSAPP)使用户能够对机床数据、工艺流程以及合同订单等进行操作显示、数字化管理和文档化，如同操作智能手机一样简便直观。CELOS 系统可以将车间与公司高层组织整合在一起，为持续数字化和无纸化生产奠定基础，实现数控系统的网络化、智能化。



虽然国产高端数控系统与国外相比在功能、性能和可靠性方面仍存在一定差距，但近年来华中数控、航天数控、北京机电院、北京精雕等单位在多轴联动控制、功能复合化、网络化、智能化和开放性等领域也取得了一定成绩。

特点	典型案例
多轴联动控制	应用华中数控系统，武汉重型机床集团有限公司成功研制出 CKX5680 七轴五联动车铣复合数控加工机床，用于大型高端舰船推进器关键部件—大型螺旋桨的高精、高效加工；
	北京精雕推出了 JD50 数控系统，具备高精度多轴联动加工控制能力，满足微米级精度产品的多轴加工需求，可用于加工航空航天精密零部件叶轮。
功能复合化	北京精雕的 JD50 数控系统，集 CAD/CAM 技术、数控技术、测量技术为一体的复合式数控系统，具备在机测量自适应补偿功能。
网络化与智能化	沈阳数控 2012 年推出了具有网络智能功能的 i5 数控系统。该系统满足了用户的个性化需求，用户可通过移动电话或电脑远程对 i5 智能机床下达各项指令，使工业效率提升了 20%，实现了“指尖上的工厂”。
	华中数控围绕新一代云数控的主题，推出了配置机器人生产单元的新一代云数控系统和面向不同行业的数控系统解决方案。开放性。北京精雕的 JD50 数控系统采用开放式体系架构，支持 PLC、宏程序以及外部功能调用等系统扩展功能。远程监控及故障诊断。
	西北工业大学与企业合作研究建立了基于 Internet 的数控机床远程监测和故障诊断系统，为数控机床厂家创造了一个远程售后服务体系的网络环境，节省了生产厂家的售后服务费用，提高了维修和服务的效率。
	广州数控提出的数控设备网络化解决方案，可对车间生产状况进行实时监控和远程诊断，目前已实现了基于 TCP/IP 的远程诊断与维护，降低了售后服务成本，也为故障知识库和加工知识库的建立奠定了基础。

## ► 国内外高档数控机床发展趋势

目前，数控机床及系统的发展日新月异，作为智能制造领域的重要装备，除了实现数控机床的智能化、网络化、柔性化外，高速化、高精度化、复合化、开放化、并联驱动化、绿色化等也已成为高档数控机床未来重点发展的技术方向。

### 高速化

随着汽车、国防、航空、航天等工业的高速发展以及铝合金等新材料的应用，对数控机床加工的高速化要求越来越高。

指标	速度
主轴转速	机床采用电主轴（内装式主轴电机），主轴最高转速达 20000r/min；
进给率	在分辨率为 0.01 μm 时，最大进给率达到 240m/min 且可获得复杂型面的精确加工；
运算速度	微处理器的迅速发展为数控系统向高速、高精度方向发展提供了保障，开发出 CPU 已发展到 32 位以及 64 位的数控系统，频率提

	高到几百兆赫、上千兆赫。由于运算速度的极大提高，使得当分辨率为 0.1 μ m、0.01 μ m 时仍能获得高达 24~240m/min 的进给速度；
换刀速度	目前国外先进加工中心的刀具交换时间普遍已在 1s 左右，高的已达 0.5s。德国 Chiron 公司将刀库设计成篮子样式，以主轴为轴心，刀具在圆周布置，其刀到刀的换刀时间仅 0.9s。

### 新型功能部件应用

为了提高数控机床各方面的性能，具有高精度和高可靠性的新型功能部件的应用成为必然。具有代表性的新型功能部件包括：

部件	应用特点
高频电主轴	高频电动机与主轴部件的集成，具有体积小、转速高、可无级调速等一系列优点，在各种新型数控机床中已经获得广泛的应用
直线电动机	虽然其价格高于传统的伺服系统，但由于负载变化扰动、热变形补偿、隔磁和防护等关键技术的应用，机械传动结构得到简化，机床的动态性能有了提高。
电滚珠丝杆	电滚珠丝杆是伺服电动机与滚珠丝杆的集成，可以大大简化数控机床的结构，具有传动环节少、结构紧凑等一系列优点。

近年来，直线电动机的应用日益广泛，如：西门子公司生产的 1FN1 系列三相交流永磁式同步直线电动机已开始广泛应用于高速铣床、加工中心、磨床、并联机床以及动态性能和运动精度要求高的机床等；德国 EX-CELL-O 公司的 XHC 卧式加工中心三向驱动均采用两个直线电动机。

### 高可靠性

五轴联动数控机床能够加工复杂的曲面，并能够保证平均无故障时间在 20000h 以上，这是一种对产品和原材料的高效使用，在其内部具有多种的报警措施能够使操作者及时处理问题，还拥有超级安全的防护措施，这是对产品的一种保障，更是对操作工人和社会的一种保障。机床的高可靠性使机床在生产时更放心，更能节约企业原材料和人工，这是对社会资源的一种节约，然而在外国，设备平均的无故障时间在 30000h 以上，存在的差距促使我国数控机床企业多借鉴国外技术，还要更加仔细的研究出更加完美的高档数控机床。

### 高精度

高档数控机床之所以能够反映一个国家的工业制造业的水准，正是因为其高精度特点。随着 CAM(计算机辅助制造)系统的发展，高档数控机床不但能够高速度、高效率、最重要的是加工精度由丝级精度进化为微米级精度，其特有的往复运动单元能够极其细致的加工凹槽处理；采用光、电化学等能源的特种加工精度可达到纳米级。同时，再进行结构的改进和

---

优化后，还能将五轴联动数控机床的加工精度进入亚微米甚至是纳米的超精时代。

### 复合化

随着市场的需求不断变换，制造业的竞争日趋激烈，这就对机床的要求不只进行单件的大量生产，更要能够完成小批量多品种的生产，这对机床的要求更高，机械化生产更个性。开发出复合程度更高的复合机床，使其能够生产多种大、小批量的类似生产机型，这是对高档数控机床的一种新式要求，在未来的发展中，也定占据主导地位，这将会是新型数控机床所要完成的新任务。

### 加工过程绿色化

随着日趋严格的环境与资源约束，制造加工的绿色化越来越重要，而中国的资源、环境问题尤为突出。因此，近年来不用或少用冷却液、实现干切削、半干切削节能环保的机床不断出现，并在不断发展当中。在 21 世纪，绿色制造的大趋势将使各种节能环保机床加速发展，占领更多的世界市场。

### 我国高档数控机床发展途径分析

我国机床行业在世界机床工业体系和全球机床市场中占有重要地位，但目前仍然不能算作机床强国。与世界机床强国相比，我国机床行业仍具有一定差距，尤其表现在中高档机床竞争力不强。此外，受到国内外复杂经济形势的影响，我国机床行业发展回归新常态，产业向中高端转型升级的要求迫切。

我国已连续多年成为世界最大的机床装备生产国、消费国和进口国。未来 10 年，电子与通讯设备、航空航天装备、轨道交通装备、电力装备、汽车、船舶、工程机械与农业机械等

重点产业的快速发展以及新材料、新技术的不断进步将对数控机床与基础装备提出新的战略性需求和转型挑战。对数控机床与基础制造装备的需求将由中低档向高档转变、由单机向包括机器人上下料和在线检测功能的制造单元和成套系统转变、由数字化向智能化转变、由通用机床向量体裁衣的个性化机床转变，电子与通讯设备制造装备将是新的需求热点。

### 在重点产品上

将重点针对航空航天装备、汽车、电子信息设备等重点产业发展的需要，开发高档数控机床、先进成形装备及成组工艺生产线。包括：电子信息设备加工装备、航空航天装备大型结构件制造与装配装备、航空发动机制造关键装备、船舶及海洋工程装备关键制造装备、轨道交通装备关键零部件成套加工装备、汽车关键零部件加工成套装备及生产线、汽车 4 大工艺总成生产线、大容量电力装备制造装备、工程及农业机械生产线等产品。

### 高档数控系统方面

重点开发多轴、多通道、高精度插补、动态补偿和智能化编程、具有自监控、维护、优化、重组等功能的智能型数控系统;提供标准化基础平台,允许开发商、不同软硬件模块介入,具有标准接口、模块化、可移植性、可扩展性及可互换性等功能的开放型数控系统。

### 关键共性技术上

近年来,机床制造基础和共性技术研究不断加强,产品开发与技术研究同步推进。机床产品的可靠性设计与性能试验技术、多轴联动加工技术等多项关键技术的成熟度有了很大提升。数字化设计技术研究成果在高精度数控坐标镗床、立式加工中心等产品设计上进行实际应用;多误差实时动态综合补偿和嵌入式数控系统误差补偿等软硬件系统在多个企业、多个产品上进行了示范应用,使数控机床精度得到了明显提升。

未来将重点攻克数字化协同设计及 3D/4D 全制造流程仿真技术、精密及超精密机床的可靠性及精度保持技术、复杂型面和难加工材料高效加工及成形技术、100%在线检测技术。

### 在应用示范工程方面

将开展国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”智能化升级工程、航空航天高端制造装备应用示范工程、汽车轻量化材质关键部件及总成新工艺装备应用示范工程、舰船平面/曲面智能化加工流水线应用示范工程。

### 在战略支撑与保障方面建议:

一是组建国家数控机床共性技术协同创新中心,集中解决数字化设计技术、动静热特性试验技术以及可靠性、精度保持性等制约性关键技术;

二是组建国家先进成形工艺创新中心、推进制造工艺与制造装备的紧密结合。

## ▶ 陕西华拓研制的高端数控系统技术打破国际垄断

据报道,由陕西华拓科技有限责任公司成功研制、具有完全自主知识产权的第六代多轴联动数控系统和五轴联动数控加工设备属国内首创,打破了长期以来在高端数控系统技术的国际垄断,使复杂造型的精密零部件加工成为现实,市场前景广阔。



---

数控机床是“工业母机”，其技术水平代表着一个国家的综合竞争力，尤其是五轴联动高端数控机床对国家的航空、航天、军事、精密器械、高精医疗设备等行业有着举足轻重的影响力。华拓科技历时 6 年攻克了这一以五轴联动控制功能为基本要求的高端数控系统技术，集远程状态监测和故障诊断、远程生产调度管理、远程技术支持及服务等功能于一体，经专家鉴定处于国际先进水平。

据悉，该系统外围可延伸出多种高端数控加工设备系列产品，“桌面式微型五轴联动数控机床”便是其中最具代表性的产品之一。它能够在石墨、工程塑料、不锈钢、钛合金、玉石等各类材质上，加工各种小型复杂零件，可应用于医疗、IT、航空航天等行业。与通用的三轴联动数控机床相比，效率和精度都得到极大提升。该产品自 2016 年全面启动产业化，现已实现小批量生产。

## ► 我国 cnc 数控机床零件加工已突破关键核心技术

我国数控机床已突破关键核心技术，形成一批标志性产品。在航空领域，自主研发了 800MN 大型模锻压机、120MN 铝合金板张力拉伸机等重型锻压设备，填补了国内航空领域大型关键件整体成形技术空白，为军机跨代发展和大飞机研制提供了强有力的保障。其中，800MN 大型模锻压机已实现 30 余种航空领域钛合金关键件整体成形，120MN 级铝合金宽厚板张力拉伸机生产出的高品质铝合金厚板已应用于飞机机翼等主承力结构零部件，摆脱了我国大飞机铝合金厚板完全依赖进口的困境。



在汽车制造领域，大型快速高效数控全自动冲压生产线在与世界一流企业的国际竞标中，赢得美国汽车本土工厂生产线的批量订单，得到了国际同行的认可和尊重。目前，汽车覆盖件冲压线国内市场占有率超过 70%，全球市场占有率已超过 30%，有力地推动了国产汽车装备自主化。

在发电设备领域，3.6 万吨黑色垂直金属挤压机实现了 1000MW 超超临界火电机组所用的国产高端耐热钢大口径厚壁无缝钢管自主化生产；大型开合式热处理设备生产出亚洲最大的核电整锻转子锻件，形成了大型转子的批量化生产能力；为三代核电核岛和常规岛设备研

制的超重型数控立式车铣复合加工机床、数控重型桥式龙门五轴联动车铣复合机床、超重型数控落地铣镗床、超重型数控卧式镗车床、专用数控轴向轮槽铣床等，解决了核电压力容器和吊篮、热交换器、汽轮机缸体、发电机转子等加工难题，已在多台核电装备上装机应用。

首先，中高档装备水平迅速提升。目前，大型汽车覆盖件自动冲压线等 10 多类设备已达到国际领先水平，完全可实现进口替代。高速龙门五轴加工中心等 20 多类产品基本达到国际先进水平，具备替代进口产品的水平。精密卧式加工中心形成具有自主知识产权的和柔性制造系统核心技术。高速、复合等高档数控加工中心已完成阶段性研发，但在功能性能、可靠性方面与国际先进水平还存在一定差距。

其次，数控系统梯次前移。我国在中高档数控系统研究开发方面取得了长足的进步，2010 年以来，已累计在航空航天、能源、船舶、汽车等重点领域实现了 3.5 万余台国产中高档数控系统配套应用，实现了进口替代。多通道、多轴联动等高性能数控系统系列产品打破国外技术垄断，主要技术指标已基本达到国际主流高档数控系统的水平，实现了为多种高速、精密数控机床配套。高档数控系统在重点军工企业实现小批量应用。开发的标准型数控系统实现了批量生产，国内市场占有率从 10% 提高到 25%。形成了数家产业化生产基地，其中广州数控设备有限公司已形成年产各类数控系统 10 万台的生产能力，产量位居世界第二。

我国数控系统已初步具备与国外同类产品的竞争能力，并实现了数控系统批量出口，功能部件产品质量水平稳步提高，品种系列不断完善。国产功能部件已实现与机床主机的批量配套；工具产品已经基本具备为汽车行业提供现代切削工具的能力。数控系统、功能部件和工具与数控机床主机的应用示范和批量配套，有助于形成完整的产业链，推动机床产业的结构调整。

## ► 国产高档数控机床装备航天科工

近日，从大连光洋科技集团获悉，最近由工信部组织的“高档数控机床与基础制造装备”应用推广活动上，该集团旗下科德数控股份有限公司生产的五轴高档数控机床率先在我国航天领域实施推广。

2015 年，中国航天科工集团



---

第三研究院 31 所通过国家重大科技专项(04 专项)应用验证项目引进科德数控生产的五轴高档数控机床 22 台, 经过严苛使用验证表明, 这批设备在结构刚性、可靠性、加工精度等方面表现出色, 与同类型德国进口设备相当, 达到国际先进水平, 且具有明显的价格优势及售后服务优势, 可替代进口。中国航天科工集团第三研究院 31 所负责人表示, 这是民营企业生产的五轴五联动设备首次进入我国航天领域, 是军民融合的代表。

国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项, 简称“04 专项”, 主要通过核心技术突破和资源集成, 解决我国高档数控机床与基础制造装备长期依赖进口、受制于人的局面, 从而保障国家安全, 增强综合国力。在我国装备制造产业发展和智慧国家建设中起到重要作用。2015 年, 中国航天科工集团第三研究院 31 所联合光洋集团等 9 家单位申报实施 04 专项课题。依托 04 专项, 31 所的国产机床“试验田”再升级, 与科德数控等设备主机厂开展深入联合验证和迭代研发。目前, 科德数控生产的高档数控加工设备的精度等关键指标逐步达到国际先进水平, 同时在设备成本上保持 30%至 50%的巨大优势。

据悉, 中国航天科工集团第三研究院 31 所对数控机床的精度、性能和动态特性等方面要求极高, 是检验国产机床的“最佳试验田”。自 2013 年起, 31 所与光洋集团就两型研发中的国产五轴联动镗铣加工中心开展设备优化和工艺适应性研究方面的合作。31 所累计发现并解决数控设备故障缺陷 100 多项, 提出改进建议 47 项, 完善设备配置 20 多项, 优化数控系统 8 个版本, 经过“千锤百炼”后的科德国产数控机床总体性能大幅提升, 双方联合研发的合作模式更加成熟。

据了解, 参与“高档数控机床与基础制造装备”应用推广活动的专家普遍认为, 光洋集团与航天科工集团的合作, 不仅打破了进口高端数控设备技术封锁, 助力军工行业制造水平及生产能力提升, 从制造装备层面保证国防军工制造系统的信息安全、国家战略安全, 而且在高端制造装备领域推进了军民融合联合研发模式, 推动了我国装备制造业向高端层次发展。

## ► 中科院长春光机所“绝对式光栅尺”项目正式启动

2017 年 3 月 19 日, 中科院--长春光机所“绝对式光栅尺”项目在河北沧州市运河区正式启动。

相较目前国内数显企业普遍生产的增量式光栅尺而言, 这种绝对式光栅尺的性能和单码道绝对编码原理, 提升了数控系统位置环控制部件的性能, 简化了数控机床操作过程, 提高了工作效率和抗干扰能力。尤其是单码道绝对编码技术, 能够直接在单一码道上提供唯一的

位置值，较已有的七码道绝对编码技术更为先进。

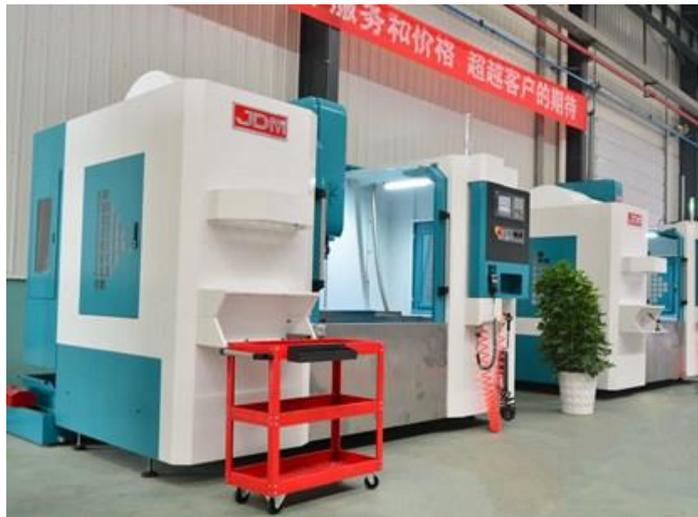
近年来，随着国民经济的快速发展，我国数控机床产量需求不断增加。在国产数控机床中，95%以上是开环控制的经济性数控机床，从量到质的提高，是机床制造业发展的迫切需要。高档数控机床是国家科技部的重大专项之一，而绝对式光栅尺是高



档数控系统不可或缺的位置环控制部件。目前应用于高档的闭环控制数控机床的绝对式光栅尺需求完全依赖进口，成为制约我国机床业发展的瓶颈。该项目将助力突破制约我国高档数控机床发展领域的瓶颈，打破国外技术垄断。

## ► 国内首个全产业链数控机床产业园

2016年12月7日，位于永川区凤凰湖工业园的重庆台正智能装备制造产业园正式开业。这是我国首个全产业链数控机床产业园，首批入驻的数控机床企业达33家。



台正智能装备制造产业园，是由台正机床装备联盟体与永川凤凰湖工业园联手打造的。成

立于2012年的台正机床装备联盟体，是以云南正成工集团为龙头、根据客户及市场需求组建的机床装备制造联盟体，成员包括德国西门子、日本三菱、韩国卡斯文、台湾德大、武汉华中数控等100多家企业。

首批入驻的33家企业包含了数控机床整机、光机、数控系统、功能部件、装配等制造企业，涉及数控机床上、中、下游的各个环节，且大多都是各自领域的佼佼者。

在这些企业中，既有华中数控、西门子这样专为数控机床主机厂提供系统配套的企业，也有德国舍弗勒，日本NSK、THK、那智不二越，台湾上银、台湾罗翌科技等为数控机床主机厂提供配件的企业，还有上海拓璞、快将数控等一批整机厂。另外，西安交通大学和华

---

中数控将在产业园打造公共技术研发检测及服务平台。

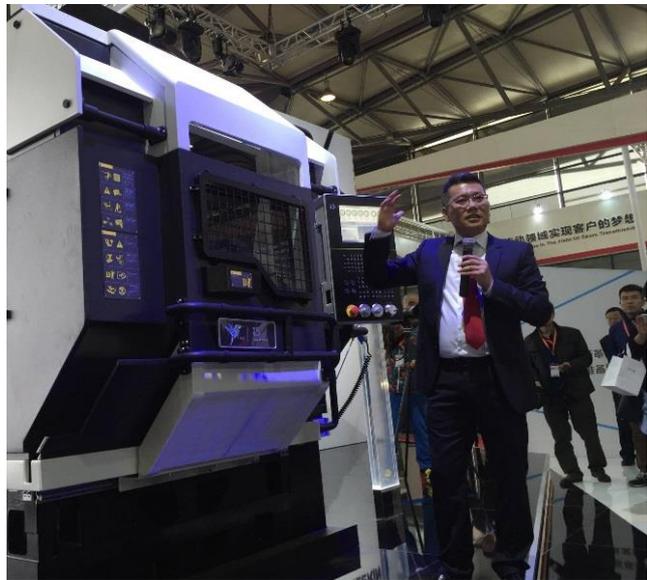
由此，台正智能装备制造产业园一经开业，就搭建起了数控机床全产业链条，这不仅可大大降低各个主机厂的生产成本，还便于通过联盟体成员的层层协作来提升机床品质，带来更加稳定、可靠的机床使用改造。

该产业园占地 300 亩，厂房面积 9 万平方米。首批入驻企业全部达产后，预计可实现 36 亿元年产值。今后，永川将根据数控机床产业发展情况，陆续实施产业园二期、三期项目。

## ➤ 世界首创平台型智能数控机床

2016 年 4 月 11 日，沈阳机床举行新产品发布会，发布了世界首创的平台型机床 i5M8。

i5 系列智能机床是沈阳机床依托 i5 智能数控系统推出的具有智能、互联功能的智能产品，其特有的互联网功能，成为智能终端，实现分布式、分级式、分享式制造，未来将可改变传统的生产方式。



i5M8 系列智能机床搭载了沈阳机床自主研发的 i5 智能系统，可实现智能编程、图形诊断、在线工艺、图形模拟等智能化功能，集成了机械平台、功能平台、控制平台和应用平台于一身，具有很强的适应性，可应用于航空、汽车、消费电子、高精度磨具等行业的叶轮、复杂曲面零件、汽车复杂零件、液压曲面零件等高精度复杂零件加工，被业内人士称为“百变侠”，标志着沈阳机床由传统制造商向现代工业服务商的战略转变。

平台化的设计让 i5M8 系列机床更具灵活性和智能性，同时引用多项先进技术使其更具竞争力。i5M8 五轴联动控制技术达到世界先进水平，A/C 轴重复定位精度高于行业标准，打破了国外企业长期在五轴领域的技术垄断。因其采用多工序集成技术，只需一次装卡即可完成全部加工需求，一改以往加工复杂零件时需要多台机床分多个工序加工的繁琐，使整体生产过程中切削及辅助时间减少 30%。紧凑合理的机床结构设计，使 i5M8 系列机床为客户厂房利用率提升 20% 以上。

---

## ► 中科院研制高档数控车床数字化车间

2016年7月1日，中国科学院沈阳自动化研究所参与的“高档数控车床数字化车间研制与应用示范项目”顺利通过验收。

2013年国家战略信息产业实施20项重大工程项目，其中之一是智能装备制造。“高档数控车床数字化车间研制与应用示范项目”是国家智能制造专项在机床行业中首个布局的项目，符合国家政策需要，项目实施的目的是要在机床行业建立智能制造的示范企业，为机床全行业率先实现智能制造起到引领作用。沈阳自动化所与昆明机床有限公司、云南CY集团一同在云南省发改委的积极组织、申报和答辩后，最终获得了国家批复和认可。



该项目建设期3年，总投资3.5亿元，项目资金实际到位33568.49万元，到位率95.52%。项目由生产线内加工和生产线外加工两部分组成，生产线内加工主要承担零件的精加工，生产线外加工主要承担零件的部分半精加工及上线前工艺验证。项目研制内容包括数字化车间管控系统、智能机床研究及智能加工技术、五条(床身、床头箱、主轴、床鞍、三座/尾座)机床关键零件柔性生产线及与之配套的线外设备、智能升级改造设备、在线测量系统、刀具管理系统，共投入91台/套设备组成。实现混流柔性制造、自动上下料、产品自动识别和跟踪、在线自动检测、产品流向智能控制、智能故障诊断、加工参数优化、生产过程实时监控和生产管理信息化。

沈阳自动化所作为该项目的主要技术单位，负责研发床身、床头箱、主轴、床鞍、三座/尾座五条生产线的控制管理一体化系统，以及线外设备的生产管理系统，实现了机床关键零部件加工过程的自动数据采集、产品自动识别和跟踪、智能分析判定、动态闭环管控，满

---

足高档机床关键零件批量、多品种混线生产的高柔性自动化、智能化生产需求。

项目关键设备数控化率达到 100%，生产效率由月生产 100 台套提高到 300 台套，生产线人员减少 57.5%，能耗减低 38.4%，零件关键工序一次交验合格率由 64% 提高至 96%，产品制造精度和稳定性显著提高。云南 CY 集团是项目的应用示范企业，项目对 CY 集团的转型升级和未来发展具有里程碑的意义，实现了由单机数控机床向智能柔性生产线转变的产品结构调整；由智能柔性生产线向数字化车间乃至数字化工厂转变的产业转型升级；由单一设备制造商向高技术服务和系统集成应用商的转变。项目具备数字化车间整体解决方案和系统集成应用的能力，并可在装备制造业进行推广应用。

项目实施推进了以数字化、柔性化及系统集成技术为核心的智能制造装备研发及应用的进程，将使我国在智能制造领域的研发实现技术上的重大突破，填补了我国高端装备制造的空白，可替代国外进口。项目为云南省实施“中国制造 2025”提供了示范工程和应用案例，成为国内母机制造行业的典范，使国产的数字化设备的档次和水平显著提升。

## ➤ 哈量集团完成三维齿轮检测软件自主研发 填补国内空白

随着数控加工精度和加工才能的不断提下，用户对庞大工件的检测才能和检测精度的要求也愈来愈下，传统的一维齿轮检测手艺无论在功能上还是精度上已经愈来愈不能知足要求，而今朝国产齿轮测量中央在三维下端产品市场仍处于空白状态。



为了知足市场对先进的三维齿轮测量手艺的迫切要求，哈量集团重新钻研三维测量模型，开发完成了国内首个适配先进空间三维测头的 linksGear 齿轮测量中央检测软件。

该三维软件为哈量集团自主研发设计，在下精度 L65G 型齿轮测量中央及 L30A 型齿轮测量中央产品上已经得到了验证，并可适配哈量 3DS 型、雷尼绍 SP600 型和 SP80H 型等多个型号的三维测头传感器，能对圆柱齿轮、直齿锥齿轮、弧齿锥齿轮、圆弧圆柱齿轮、摆线齿轮等 14 类工件进止测量及误好评定，其测量项目更丰富，测量方式更机动，测量效率更下，功能设计也更为人性化。

三维齿轮测量手艺在下精度 CNC 齿轮测量中央产品上的成功应用，填补了国内空白，有力地增强了我国 CNC 齿轮测量中央在下端市场的竞争力，为公司新手艺的自主创新发展做出了突出贡献，也为推动和提升我国齿轮量仪的手艺水平做出了重要贡献。

## 智能制造装备产业研究报告列表

1	《2016-2020 年中国智能制造装备关键技术及产业化发展研究报告》
2	《2016-2020 年中国增材制造专用材料研发及应用市场需求调研报告》
3	《国内外增材制造装备及核心器件发展研究报告》
4	《国内外增材制造工艺技术水平及研发趋势调研报告》
5	《国内外增材制造（3D 打印）产业发展专题调研报告》
6	《国内外国防制造业领域 3D 打印技术应用调研报告》
7	《国内外船舶行业智能制造技术应用及能力建设研究报告》
8	《航空航天智能制造专题调研报告》
9	《智能制造技术在航空领域应用与展望专题调研报告》
10	《国际航空航天 3D 打印技术应用及发展趋势调研报告》
11	《国内外航空 3D 打印技术应用及发展趋势调研报告》
12	《国内外 3D 打印技术在航天制造领域应用调研报告》
13	《国外 3D 打印质量控制及无损检测调研报告》
14	《国内外空间机器人技术研究及发展趋势调研报告》
15	《航空航天工业机器人技术研究进展及发展趋势调研报告》
16	《深海水下机器人研发趋势及市场应用调研报告》
17	《2015-2020 年水下机器人研发趋势及市场分析预测报告》
18	《2015-2018 年中国工业机器人市场（投资）发展研究报告》
19	《国内外新一代机器人研发状况及发展趋势调研报告》
20	《国内外机器人关键零部件研制及应用调研报告》
21	《中国工业机器人先进精密减速器技术及市场分析报告》
22	《国内外机器人产业及品牌企业发展状况调研报告》
23	《2016-2020 年中国服务机器人市场发展前景预测报告》
24	《国内外激光焊接技术与装备研制及应用需求调研报告》
25	《激光快速成型技术发展及其在航空航天领域应用调研报告》
26	《国内外高档数控机床关键技术及发展趋势研究报告》
27	《国内外新型传感器技术发展趋势及应用调研报告》
28	《我国航天测控传感器未来发展及应用调研报告》
29	《光纤气体传感器技术发展及市场应用调研报告》