

## 行业资讯 Industry News

---

- 37 “航空复杂结构件高档次控加工示范工程”04专项课题通过验收等 13 则消息

## 展会贺词 Greetings for CIMT2015

---

- 41 新常态 新变化 关锡友  
New changes under the "normal" economy
- 42 挑战新常态 实现新发展 张志刚  
Overcoming difficulties to achieve new development in the "normal" economy
- 43 适应新常态聚力新发展 龙兴元  
FOCUS on new development in the normal economy
- 44 变革创新共筑梦想 王旭  
Dreams become true by change and innovation

## 展会报道 Exhibition Report

---

- 45 新常态下的新变化  
——聚焦 CIMT2015 展会 李华翔  
Focus on CIMT2015
- 49 CIMT2015 技术交流讲座工程表  
Schedule of technical exchange and lectures in CIMT2015
- 51 聚焦 CIMT——展品预览 机床协会传媒部  
Exhibits preview of CIMT2015

## 市场趋势 Market Trend

---

- 87 2014 年中国机床工具行业运行和 market 分析报告 机床协会  
The analysis report of Chinese machine tool industry and its market
- 89 2014 年全球主要机床工具制造业和 market 分析 杜智强

## 专题综述 Topical Review

---

- 91 我国数控机床可靠性的研究“何去何从”? 张义民  
How to carry out the research on Chinese CNC machine tool stability
- 104 基于大数据思维的数控机床热误差补偿新方法 姚晓栋  
An Innovative Method for CNC Machine Tool Thermal Error Compensation based on Big Data Thinking

## 产品与技术 Products & Technology

---

- 115 马波斯测头:提高精密零件加工质量  
Improving machining quality by MARPOSS measuring head
- 116 运用最新CAM技术提升生产效率 黄昌秀  
Improving production efficiency by the latest CAM technology
- 118 工业4.0测量技术新变革 德国蔡司  
Changes and innovation of measuring technology
- 119 119 BISS-C绝对式级联光栅编码器在工业机器人领域的应用 俞小露等  
Application of Absolute type cascade grating encoder in industry robot
- 121 ICAM自适应后处理器与仿真解决方案  
——后处理,优化和仿真,一步完成 Jean-Nicolas Buby  
ICAM self-adaptive postprocessor and simulation solution
- 123 干切时代的锥齿轮技术 哈量集团  
Dry cutting technology for bevel wheel

## 用户之声 Voice of User

---

- 125 125 高品质刀具为加工效率保驾护航  
——北京星航成功解决难加工材料的加工困难 李青  
A success story of BEIJING XINGHANG Co., Ltd.
- 127 携手EMAG,转身并赢得先机 李青  
——重庆星极齿轮华丽转身的奥秘  
A success story of CHONGQING XINGJI Co., Ltd.

- 
- 124 广告客户索引  
Advertisers Index

## “航天复杂结构件高档数控加工示范工程” 04 专项课题通过验收

近日，“航天复杂结构件高档数控加工示范工程”04 专项课题终验收和成果推介会在上海航天设备制造总厂召开。

该项目是 2011 年科技重大专项，主要承担单位是上海航天设备制造总厂，上海交通大学、大连机床、济南二机床、北京机电研究所、北京神舟航天软件技术有限公司等参与了该项目的研究工作。

课题主要任务是针对航天复杂结构件小批量、多工序、复杂薄壁、轻质高强的特点，建立以国产高档数控机床装备为主体的加工制造单元，形成国产高档机床、数控系统和功能部件在航天典型零部件加工中的应用示范，并收集归纳加工过程中出现的问题，建立信息化管理系统以及开展关键共性技术研究。

专家认为该项目“产、学、研、用”结合紧密，对国产高档机床在重点领域的推广应用具有一定示范作用。

项目终验收后举行了成果推介会。



## 西门子 Sitop PSU8600 电源系统 在中国正式发布

2015 年 3 月，西门子工业电源创新产品 Sitop PSU8600 电源系统正式面向中国市场发布。在 2014 年 11 月德国纽伦堡工业自动化展会（SPS IPC Drives）上，该产品在西门子展台正式亮相后，引起了工控界业内人士的广泛关注，同时也标志着西门子工业电源正式进入智能通讯全集成时代。

Sitop PSU8600 电源系统为全球首款具有 Profinet/Ethernet 通讯接口的工业电源，此创新产品将开启工业电源智能通讯时代，也更好地满足未来制造业对于工业电源高效集成、诊断监控、远程管理等更多需求。未来工程师仅需坐在中控室，在 TIA 博途（TIA Portal）工程软件平台直接组态工业电源，即可读取其工作状态信息，每路负载的实时工作电压、电流一目了然，任何故障报警都会有历史数据记录。使用者还可以通过 web server 直接远程访问电源，甚至连电源扩展的连线方式也可发生变化。

目前，Sitop PSU8600 电源系统已在德国、欧洲及美国一些企业开始推广使用，并获得客户的一致好评，如汽车、食品饮料、玻璃、包装、物流及印刷行业等。

## 山高刀具发布 My Pages 全能数字门户

2015 年，因数字技术发展所产生的变革将更为强劲。全球领先的金属切削解决方案提供商山高在 2015 年初全新推出了 My Pages 数字门户，致力于为客户的“日常工作带来一场全新的改变”，令全球制造商得以更简化、更无缝地与山高连接，无论是在产品还是服务层面。

“数字技术正在从根本上改变企业运做方式——从如何与客户、消费者及供应商进行交流互动，到怎样更妥善地管理自身员工，可谓无所不包。山高 My Pages 正是这样一个能够充分发挥我们服务潜力的有效工具，帮助我们的客户和山高提高生产力。”山高刀具大中华区总经理 Bo Udsen 先生在日前举办的新闻发布会上表示。

作为山高的全能数字门户，My Pages 可在智能手机、平板电脑、笔记本电脑和台式电脑上使用，因此用户只要动动手指，便可以随时查找并获取其所需的信息，包括刀具规格、推荐的切削参数和产品供货情况，在移动互联中掌控制造工况。My Pages 集海量数据于一体，并以用户友好的界面，快速、简单地向客户提供前所未有的大量数据，这对企业进行制造加工数据分析、透明生产具有重要意义。同时，My Pages 也便于山高客户及其员工和当地山高销售代表之间通过即时数据共享（如测试切削结果或生产率和成本分析报告）进行高水平的协作，客户可以获得更多的洞察力和可视性，从而更专注于切削效率的提高。

## 普什宁江科技成果鉴定会成功召开

日前，四川省科技厅组织召开了普什宁江科技成果鉴定会，鉴定产品分别是：NJ-THMC6350IV 喷油器体型腔深孔钻铣高精多轴复合加工中心、NJ-CH6140 喷油器体柱面成型和螺纹滚压加工高精度复合数控车削中心和 NJ-K069（系列）后桥双端面数控卧式加工机床等三项。鉴定委员会一致通过了以上三项科技成果鉴定。

NJ-THMC6350IV 喷油器体型腔深孔钻铣高精多轴复合加工中心、NJ-CH6140 喷油器体柱面成型和螺纹滚压加工高精度复合数控车削中心，是普什宁江根据 2011 年工信部立项支持“电控共轨柴油喷射系统制造技术与关键装备的研发及应用”课题立项，针对我国高压共轨系统加工难题进行共性技术攻关，研制燃油喷射系统行业急需的高档数控机床。研制开发出来的机床在价格上将大大低于进口机床，具有一定的竞争力，可加快实现共轨精密制造技术和国产机床的推广应用，降低国内企业对进口设备的依存度、降低生产制造成本，增强产品竞争力，增强自主创新能力。鉴定委员会一致认为，该两项新产品总体技术处于国内领先、部分性能指标达到国际同类产品先进水平，同意通过科技成果鉴定。并建议要跟进柴油共轨行业发展和设备需求，加速产业化。

## 德马吉森精机工厂开放参观日德国举办

近期，德马吉森精机公司（DMG MORI）一年一度的德克马豪弗朗顿（DECKEL MAHO Pfronten）工厂开放参观日活动如约在德国举办，今年也是弗朗顿工厂第20次迎接来自全球的参观者。

5天时间，共有来自全球8797名业内人士前来参观，DMG MORI在此次的开放参观日上首次展出了4台全球首秀机床、2款欧洲首秀机床、4款全新CELOS®应用程序以及PC版CELOS®系统。4款全球首次亮相的产品包括：代表DMG MORI铣削技术的三款产品——第4



德克马豪弗朗顿工厂外景图



新版 CELOS 成为展示会现场的一大亮点



代 DMU 100 P duoBLOCK®、DMC 125 FD duoBLOCK®、DMC 270 U；以及代表 DMG MORI 车削技术的第2代 CTX beta 1250 TC。第4代的 DMU 100 P duoBLOCK® 和 DMC 125 FD duoBLOCK® 产品在精度、性能和效率方面提高了30%以上，DMC 270 U通过内部集成的、用于重达9吨工件的温度管理体系可达12 μm的高精度，而 CTX beta 1250 TC 则配有新型的车铣主轴，经过扩展，compactMASTER® 将加工空间增大了170mm，可对直径500mm、车削长度1210mm的工件进行加工，但占地面积仅为10.2m²。欧洲首次亮相产品为 NZX 4000 和 NZX 2000 车削中心。除了这些首发的新品之外，此次活动的最大亮点当属 CELOS®，CELOS® 为所有全新 DMG MORI 高科技机床提供统一用户界面。

## 埃马克 VT 系列机床闪耀亮相 CIMT 2015

对于制造商和分包商来说，汽车业的飞速发展对生产力优化不断提出新的挑战，车辆动力传动系统不断的应用变化也对优化生产带来很多压力。首先涉及的就是轴类零部件的生产，埃马克 VT 系列倒立式轴类件加工车床是埃马克公司针对轴类件批量生产专门研发的车床。4月20-25日，该系列车床也将随埃马克集团众多产品一起亮相 CIMT 2015 展会（展位号：W1-324）。



## 勇克公司收购巴西磨床制造厂家多数股权



2015年3月19日，巴西的磨床生产厂家 ZEMA 成为勇克集团麾下的一员。ZEMA 公司成立于1953年，拥有员工80多名，致力于生产传统数控磨床，过去主要供货给巴西市场。通过此次收购，勇克集团在磨削领域作为完整生产链供应商的实力得到增强。如今客户可以从勇克采购 CBN 磨床、刚玉磨床和空气过滤器。

勇克机床主要适用于 CBN 磨削。为了丰富产品范围，勇克公司收购 ZEMA 多数的有效股权（超过75%）。因为 ZEMA 公司拥有精良的刚玉磨削技术，例如加工曲轴的法兰端和小头端、涡轮增压器转子、传动轴和万向节轴。勇克集团领导人 Rochus Mayer 对于此次收购感到十分高兴：“现在我们可以满足各类客户的需求，也拥有了更广阔的市场，并且有能力提供混合生产线（CBN 和刚玉磨削）。”

在巴西，ZEMA 已经向许多全球性的大公司，例如博世、蒂森克虏伯、菲亚特等供货。如今，巴西人找到了能帮助他们将磨床推向世界的正确的合作伙伴，勇克集团的总部位于德国的诺德 Estefano Zselics 先生（ZEMA 公司生产部经理），Rochus Mayer 先生（勇克集团领导人）和 Osnir Carlton 先生（ZEMA 公司研发部经理）对未来的发展充满信心。



## 华工激光 荣获 2014 年度中国机械工业科学技术奖一等奖

日前，由武汉华工激光工程责任有限公司、武汉法利莱切焊系统工程有限公司、华中科技大学等单位共同完成的“汽车制造大功率激光切割、焊接关键技术与装备”项目荣获 2014 年度中国机械工业科学技术奖一等奖。

大功率激光加工高端装备体现国家汽车高新制造技术水平，以车身高性能激光切、焊为代表的技术与装备是汽车新结构、轻量化、高品质制造的革命性手段。我国汽车产销量世界第一，高端激光加工装备需求迫切，工艺方法、设计制造、装备集成等方面的核心技术极其缺乏，尤其是

三维曲面焊接形性控制、曲线不等厚板柔性拼焊、非穿透精密切割等国际难题亟待解决。

本项目针对工艺、设计、制造、系统集成的全方位创新研究，攻克了大功率激光切、焊高端装备研发的关键技术难题，保证了工艺技术先进、加工过程可控、装备性能可靠，自主研发了多个品种的大功率激光加工高端装备，实现了产业化。系列装备在神龙、江淮、通用、长城、江铃、福特等多家企业成熟应用于白车身焊装生产线。



## 友嘉台中南屯厂落成 2017 年底拟整合上市

近日，友嘉实业集团工具机举行台中南屯厂落成典礼。集团总裁朱志洋表示，新厂占地 22560 平方米，投资含土地与厂房达 15 亿元，月产能预估可达 250 台 CNC 设备，年产值预估五十亿元台币，新厂锁定航天、汽车、医疗与自动化产线等高端应用，集团拟于 2017 年底整合上市，2022 年预计总营收达新台币 2000 亿元。

友嘉集团工具机事业部在 1985 年设立，初期以生产传统的带锯床及磨床为主，同年投入开发、生产及销售 CNC 系列产品，以 FEELER 品牌营销全球，目前集团在全球已设立 74 处海内外营运生产基地。

朱志洋表示，南屯厂新厂完工启用，是厂办合一厂房，除落脚台中精密机械科技创新园区，与上银集团等企业比邻，形成产业聚落，明年在苗栗也将另辟新厂，除深耕台湾，也成立工具机群组研发中心，除在中国大陆杭州设立友嘉机电学院，于虎尾科技大学设立国际先进装备制造产业学院，并积极致力于产学合作，技术交流引进，培植国内相关人才。



## 通过将 Q-DAS 纳入麾下， 海克斯康扩展其工业软件领域

海克斯康是全球领先的信息技术提供商，致力于在地理空间和工业企业应用领域驱动生产力和品质的提升。2015 年 3 月 30 日，海克斯康宣布兼并 Q-DAS——一家专门面向制造业提供统计分析 (SPC) 解决方案的国际化软件公司。

软件解决方案已成为制造流程优化的关键。Q-DAS 的加入，为工厂企业的数据管理需求提供支持，并进一步推动了海克斯康软件战略的范畴。鉴于人员、材料和方法的不同都能够导致设备和工序能力的波动，来自海克斯康的解决方案为生产工序提供实时的精确观察和过程评价，以帮助企业控制甚至阻止生产的波动。这有助于企业避免高成本的错误，遵循全球行业标准，实现高品质和高效率的生产输出。

Q-DAS 解决方案将强化海克斯康的计量规划方案 - MMS(测量管理系统)，MMS 旨在为测量数据提供简便的接口，任何来源的数据都能够集中到同一个平台上。统计分析程序的应用将提升测量的精确度和一致性，并有助于测量结果的自动化分析，确保质量数据在整个生产过程发挥作用。

“Q-DAS 加入海克斯康大家庭，让我们获益良多。”海克斯康总裁兼首席执行官 Ola Rollén 先生说。“Q-DAS 不仅能够成为 MMS 解决方案增值，还能够为我们的业务提供增长空间，并通过我们遍布全球的代表机构和用户网络，拓展 Q-DAS 解决方案的市场渗透力。”

## 欧特克 Panorama 训练营隆重举行



2015年3月10日，欧特克有限公司（“欧特克”或“Autodesk”）主办的“第五届欧特克 Panorama 训练营”于上海同济大学举行。来自巴西、中国、印度、日本、马来西亚、俄罗斯、韩国、土耳其、乌克兰等全球十三个国家知名院校学生参赛。

本届欧特克 PANORAMA 训练营首次进入中国。此前，曾在香港、拉斯维加斯、马来西亚和新加坡成功举办，同时，这也是 Panorama 历史上首次要求参赛学生挑战“欧特克 Fusion 360 黑客马拉松”赛事，利用欧特克 Fusion 360 设计软件在 10 个小时内完成一件创新的可穿戴设备的

概念化设计。这全面考验了选手们在有限的时间内所能发挥的创造力与解决问题的能力。

欧特克公司教育部门全球项目发展总监 Don Carlson 表示：“如今，设计及生产的方式正在迅速发生变化。欧特克不但希望可以用创新技术改变未来，同时也对我们的下一代寄予厚望，因为我们需要新生力量的创意和灵感去解决更艰巨的问题。欧特克 Panorama 训练营正是这些新生力量展示才华的绝佳平台。在这里，每位可塑之才都可以利用最尖端的设计工具和流程来实现创新理念，从而积极地影响我们的社会并重塑设计行业。”

## 雄克智能制造交流峰会暨中国新址开幕庆典在上海举行

2015年3月20日，雄克隆重举行了以“科技引领 智握未来（Gripping New Horizons）”为主题的新址开幕庆典和智能制造交流峰会活动。庆典现场邀请了 100 余家客户和合作伙伴前来参加。雄克公司总裁 Herink A. Schunk 先生与雄克中国总经理杜尚俭博士分别在开幕仪式上致辞，高度评价了当地政府给予雄克中国的重视和出色合作，赞扬并感谢了多年来支持雄克中国发展的客户及合作伙伴。随后上海莘庄工业区管委会副主任张昕女士、中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明先生、上海迈壹集团董事长骆会农先生对雄克中国新址开幕表示了由衷的祝贺。最后，在现场嘉宾和众多国内媒体的见证下，雄克高层领导和地方政府领导一同进行了庄重的剪彩仪式，这不仅标志着雄克乔迁新址，也代表了雄克在中国的发展进入一个崭新的阶段。

在剪彩仪式后，雄克公司特别安排了新址参观环节，让所有与会嘉宾近距离感受雄克先进的自动化技术。雄克新办公区域仍以标志的深蓝色为主基调，除了扩充的仓储和办公区域外，还增设了会议中心及技术中心。

## 新时达技术中心被确认为国家认定企业技术中心

上海新时达电气股份有限公司于 2015 年 3 月 16 日收到国家发改委、科技部、财政部、海关总署和税务总局联合发布的公告。根据公告，确认上海新时达电气股份有限公司技术中心为第二十一批享受优惠政策的国家认定企业（集团）技术中心。

据了解，公司技术中心被确认为国家认定企业技术中心后，根据相关规定，将享受科技开发用品进口税收优惠政策；此外，公司还可根据有关政策争取企业技术中心创新能力建设等专项资金支持。

新时达表示，这是公司技术创新能力和研发能力的综合体现，显示了技术的核心竞争力，有利于进一步提升公司自主创新能力和核心竞争力，巩固行业地位。国家认定企业技术中心的获得，将对未来发展产生积极作用。

## 关锡友

中国机床工具工业协会当值理事长  
沈阳机床集团董事长



## 新常态 新发展

值此第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015）隆重开幕之际，我谨代表中国机床工具协会理事会和沈阳机床集团表示最衷心的祝贺！

改革开放 30 余年来，中国经济发展取得了显著的成就，中国机床行业也走过了一段辉煌的历程，连续十年成为世界第一大机床消费国。

然而当前世界经济复苏缓慢、中国经济告别了过去几十年的高速增长，消费结构发生了本质性变化；与此同时，世界新一轮工业革命正在加速推进，互联网、大数据等技术的兴起正在颠覆着传统制造业的发展模式，基于互联网环境下的智能制造正在悄然兴起，全球工业生产的组织方式和竞争规则将会发生重大转变。

这一系列的变革表明，中国机床行业发展同中国经济一道已然步入“新常态”。所谓“新常态”，是指行业企业步入了一个以创新驱动为核心的发展时代。这个新时代的开启，标志着任何传统模式都将难以为继，对我们而言，既是极大的挑战，也是极大的机遇。

为应对挑战，抢抓机遇，国家提出了“互联网+”行动计划，也推出了“中国制造 2025”战略规划，目的是加速推动制造业转型升级。

机床行业作为工业的母机、制造业的基石，理应担起重任。为此，行业企业必须转变传统的发展模式，努力适应“新常态”，坚持创新驱动发展，从而创造新需求、创造新未来。

我深信，“新常态·新发展”将赋予 2015 新的内涵，通过此次中国国际机床展览会的召开，行业内一定会掀起一股创新、改革的浪潮，让我们共同努力，共同开启中国“智”造新纪元！

最后，预祝本届展会圆满成功！

# 展会贺词 Greetings for CIMT2015



## 张志刚

中国机床工具工业协会轮值理事长  
济南二机床集团有限公司董事长

## 挑战新常态 实现新发展

四月春暖花开，象征着美好，寄托着希望。在这个万物更新的季节，以“新常态·新发展”为主题的第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015）隆重开幕，值此之际，我谨代表济南二机床集团有限公司表示热烈的祝贺！

制造业是实体经济的主体，而机床是制造装备的工业母机，是保证国民经济与国防安全的战略产业。新常态下，规模扩张型的高速增长模式已成为历史，我们现在面对的是竞争压力持续加剧、用户需求快速升级，国内机床产能过剩、国外进口居高不下的新形势，这是所有的中国机床制造企业都要面临的严峻挑战。《德国工业 4.0》与《中国制造 2025》，引导着世界工业及中国制造朝着智能、高效、环保、协同等方向发展。

中国企业需要坚守踏实、坚韧、勤劳的奋斗精神，需要持续提升创新动力、品牌价值。国际化的竞争格局下，我们既要充分发挥“既有优势”，又要敢于应对挑战，将创新驱动、质量为先、两化融合、绿色发展、结构优化等一系列方针变成行动、变成业绩，推动我国由制造业大国向强国转变。

今年是“十二五”收官之年，CIMT2015 将以崭新面貌展示中国机床工具产业发展成就。本次济南二机床参展的产品是 XHSV2720×80 定梁龙门移动式五轴联动高速加工中心，配备具有自主知识产权的双摆角数控万能铣头，具备高效率、高精度、高可靠性的性能特征，可实现航空领域大型铝合金结构件复杂型面的精加工。同时，还将携伺服冲压线、多工位冲压线、级进模冲压线、开卷落料冲压线模型参展，为福特汽车提供的双臂快速冲压线模型将参加 2015 数控机床专项成果及其应用展，全面展示我们在金属成形领域的技术成果。欢迎各界朋友到济南二机床展位参观交流。

让我们再次相约 CIMT，以更加优质的产品和服务，为用户创造更大的价值。预祝第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015）圆满成功！

# 展会贺词 Greetings for CIMT2015



## 龙兴元

中国机床工具工业协会轮值理事长  
秦川机床工具集团股份公司董事长、党委书记



## 适应新常态 聚力新发展

值此第14届中国国际机床展览会（CIMT2015）举办之际，我谨代表中国机床工具协会理事会和秦川机床工具集团股份公司，对这次盛会表示最诚挚的祝贺！向来自海内外各界朋友及同行表示最热烈的欢迎！

2015年中国经济仍面临外需不稳、内需偏弱的不利局面，产能过剩压力依然巨大，处在继续探底过程中，装备制造业面临的首要问题是如何生存？机床工具行业仍处于低位承压运行阶段，总量下降、产销下滑，转型升级依然艰难。而以全方位网络化、智能化、绿色化为代表的新一轮工业革命正在全球范围内风起云涌，将为中国带来新发展的战略转型机遇期。行业各企业面对新常态下的新变化，都在通过开启新思维，凝聚新优势，打造新未来。以“新常态·新发展”为主题的CIMT2015恰逢其时，将集中展示一批行业创新成果和引领未来产业方向的高新技术、新工艺、新装备，展现出企业如何以用户需求为导向而获得新的发展动力，以及产业在新的世界经济发展阶段下面临的新的市场环境特征，从而为更多企业提供可资借鉴的行业未来发展的新思维、新模式、新路径。

让我们借助CIMT2015的展示平台携手合作，在新一轮全球产业革命机遇期，锐意改革，开拓进取，积极探索适合企业自身发展的新路径，共同开创中国机床强国的新局面！

最后，预祝CIMT2015获得圆满成功！

# 展会贺词 Greetings for CIMT2015



## 王旭

中国机床工具工业协会轮值理事长  
北京北一机床股份有限公司董事长、党委书记

## 变革创新 共筑梦想

“律回春晖渐，万象始更新”，在即将隆重开幕的第十四届中国国际机床展览会 (CIMT2015) 之际，我谨代表中国机床工具协会理事会和北京北一机床股份有限公司，对这次盛会表示最诚挚的祝贺！向来自海内外各界朋友及同行表示最热烈地欢迎！

回首 2014 年，机床行业增速持续放缓，市场需求持续下降，市场竞争不断加剧，中国装备制造业正经历着前所未有的挑战，做好转型升级，持续变革创新是当前行业工作的重中之重。正如李克强总理在部署加快推进实施“中国制造 2025”，实现制造业升级的要求中提到：要以信息化与工业化深度融合为主线，发展“高档数控机床与机器人”等 10 大领域，强化工业基础能力，提高工艺水平和产品质量，推进智能制造、绿色制造。在经济新常态下，我们更需要在直面市场与竞争中，实现自我突破，增强自主创新能力，努力在强手如林的世界机床行业中占据重要一席。

2015 年充满挑战，在承继“制造精良、追求卓越”之路上，北一机床勇于担当与变革，努力提升制造层次和核心竞争力，更专注地与市场新需求对接，持续创新，坚持做用户的工艺师，坚持中国装备制造业脊梁的使命与梦想，与您、与行业同仁，与社会各界一道共创共赢！

最后预祝展会圆满成功！

# 新常态下的 新变化

## ——聚焦CIMT2015展会

中国机床工具工业协会传媒部 李华翔

由中国机床工具工业协会主办，并与中国国际展览中心集团公司共同承办的第十四届中国国际机床展览会（CIMT2015），将于2015年4月20-25日在北京·中国国际展览中心（新馆）举办。



中国机床工具工业协会的精心培育，以及相关合作伙伴与业界同仁的共同努力下，规模不断扩大，品牌地位和行业影响力不断提升，现已成为当今世界机床工具行业最具影响力的四大名展之一。该展会不仅是展示世界先进制造技术和机床工具产品的盛会，也是推动中外技术交流和我国机床工业技术进步的重要平台，更是观察中国这个世界第一机床工具市场需求变化的最佳窗口。

### 一、赋予新内涵的展会主题

CIMT2015展会的主题是“新常态·新发展”。该主题准确、鲜明地反映了我国机床工具产业发展和产业市场的时代特征，反映了CIMT2015的展会背景。

当前，世界经济复苏缓慢，中国经济步入新常态。新常态下的中国经济，已然告别了过去几十年的高速增长，步入了更加注重追求质量和效益的时代，这也是一个中国经济前

所未有的时代，机遇和挑战并存。

正如李克强总理在2015年政府工作报告中所指出的那样：“当前我国经济下行压力还在加大，发展中深层次矛盾凸显，今年面临的困难可能比去年还要大。同时，我国发展仍处于可以大有作为的重要战略机遇期，有巨大的潜力、韧性和回旋余地。”

机床工具行业正在迎来新发展的战略转型机遇期。中国市场用户需求的快速升级，为全球机床工具企业提出了挑战，也带来了新机遇。新的发展阶段，行业发展的特征将从过去的高速度向高品质、高效益转移。即将召开的CIMT2015将从一个侧面展现出在新的世界经济发展阶段下机床工具产业新的环境特征，以及机床工具行业企业如何贴近用户需求而获得新的发展动力。“新常态·新发展”将赋予CIMT2015新的内涵。

### 二、展会规模再创历史记录

CIMT2015将使用北京·中国国际展览中心（新馆）全部8个展馆（E1、E2、E3、E4、W1、W2、W3、W4馆），以及位于展馆东侧的8个临时展馆（E5、E6、E7、E8、E9、E10、E11、E12），展出总面积达13.1万平方米。共有来自中国、德国、美国、意大利、日本、以色列、英国等28个国家和地区的1554家机床工具行业制造商报名参展，其中境外展商774家，国内企业780家，展出面积各占50%。沈阳机床、大连机床、济二、秦川、北一、武重、上机、重庆机床、宁江机床、宁波海天等国内知名机床工具制造企业



展馆总体布局图

业，以及德马吉森精机、埃马克、西门子、德国通快、马扎克、大隈、哈斯、哈挺、达诺巴特、友嘉、山特维克集团、THK、恒轮、天田、发那科、海克斯康等世界知名机床工具制造商将悉数到场。德国、美国、英国、瑞士、意大利、韩国、西班牙、日本、捷克、印度、中国台湾地区和香港地区等 12 个国家和地区将组团参展。本届展会规模再创历史新高纪录。

### 三、展品布局为观众提供更大的便利

本届展会的展品水平普遍较高，品种、规格丰富齐全，数万件展品囊括了主机、功能部件、数控系统、量仪量具、机床电器以及刀具、附件等产业链主要产品范畴。其中主机产品包括金属切削、金属成形、齿轮加工、特种加工等多种设备。

为保证 CIMT 能够充分展示机床工具产业的最新发展方向和最新发展成果，从而最大程度地确保广大展商和观众的参观效益，展会主办方在设计规划方面做了一些优化和调整，主要包括展览内容结构的优化，展览布局的专业化。主办方在展览资源极为紧张的不利条件下，加大了对激光加工机床、工业机器人以及 3D 打印等新技术、新产品的支持，以专业展区的形式进行展示。此外，在成形机床和刀具量仪展品领域打破了境内外展区的界限，按专业化的原则统一规划布局，为展会观众提供更大的方便。

### 四、展品特点凸显未来发展新趋势

#### 1. 精密机床——跃上微细加工新高峰

精度是机床区别于其他机械的特质所在，是机床界代代传承、永无止境追求的永恒目标。多种现代综合技术的应用与精益求精的生产制造管理，机床的几何精度、控制精度、加工精度不断迈向新的高度。本届展会众多精密、高精度、亚微米精度的展品，将带您进入日常不常触及的微米甚至纳米世界，于细微之中领略精准制造的含义和魅力。

#### 2. 高速加工机床——提高生产率的利器

高速、超高速加工不但可以大幅度提高零件的加工效率、缩短加工时间、降低加工成本，而且可以使零件的表面加工质量和加工精度达到更高的水平。随着高速、超高速切削机理、大功率高速主轴单元、高加减速直线进给电机、磁悬浮以及动静压气浮、液压高速主轴轴承、超硬耐磨长寿命刀具材料和磨料磨具、高性能的控制系统等一系列技术领域的关键技术的解决，高速、超高速加工的实际应用取得了显著的成果。本届展会一批高速加工机床将为您展示速度的力量。

#### 3. 复合机床——无缝对接市场需求

多品种小批量生产与大批量生产是现代制造业的两大基本生产方式，与此相适应，本届展会众多的复合机床展品显示了机床制造业在适应市场不同需求方面所表现出的强大适应能力。

#### 4. 智能技术——引领科技新浪潮

智能机床的开发与应用，掀起了现代机床制造领域新浪潮。通过软件将智能知识的植入以及各类传感器的运用，机床的智能化水平正在不断提高。对工艺知识的专业、对所完成工作任务的理解、对工作环境的认知与把握、对自身工作状态的感知、对操作者的提示与协助。本届展会上许多具有智能功能的展品，将使您领略智能制造的风采、神奇，并助您了解智能技术的现状及未来发展趋势。

#### 5. 环保技术——推动行业可持续发展

机床工具产品既要高性能、高效率，又要节约资源、低能耗、低污染，同时加工过程要对人友好和宜人化。因此，应从产品的设计开始，材料的选用、制造、使用过程直至产品报废回收，形成绿色的全过程。本届展会一批融合环保理念和技术的机床产品不仅代表着未来的发展方向，也体现了产品出相关研发企业强烈的社会责任感。

### 五、丰富多彩的国际交流和行业活动

为充分满足不同类型和不同层次参会人员的需求，展会主办方组织了丰富多彩的主题活动，以期为大家提供更加丰富的服务。

#### (1) 高层论坛

2015年4月19日(星期日)，展会主办方——中国机床工具工业协会将在北京国贸大酒店举办“2015机床制造业CEO国际论坛”。10余位全球业界知名企业CEO将发表演讲或参与圆桌讨论。100余位全球业界企业家、用户领域企业家和部分专家、学者、媒体记者参加论坛活动。本届论坛主题为“新常态·新发展”，论坛活动将分上、下午两个活动单元进行。上午单元采用嘉宾演讲形式，4位全球业界知名企业CEO发表演讲；下午单元采用圆桌对话的互动形

式，参会嘉宾将围绕“经济新常态与竞争力成长”的主题展开讨论，6位全球业界知名企业和中国成长型企业CEO参与对话活动。

另外，展会主办方还将在当天下午举办“2015工业机器人高层论坛”，论坛主题为“机器人与机床制造业升级”。届时，将邀请5位境内外知名机器人企业CEO发表演讲，邀请100余位全球工业机器人知名企业、相关用户领域高层管理者和部分专家、学者、媒体记者参加论坛活动。演讲嘉宾将深度解析工业机器人产业的发展脉络，以及全球制造业的变化特征和发展趋势。

#### (2) 国际机床工具信息发布会(IMTIC2015)

中国机床工具工业协会将在2015年4月21日下午推出一项全新的展会主题活动——“国际机床工具信息发布会(IMTIC2015)”，旨在为全球业界提供一个机床工具制造业最新产业政策、产业发展和市场信息交流的服务平台。

会议将邀请中国政府工业主管部门官员发布中国装备制造业最新产业政策信息。邀请境内外相关行业组织发布所在国家和地区机床工具最新产业运行发展和市场信息。中国机床工具工业协会发布2014年度中国机床工具行业“30强”企业。

#### (3) 院校之窗

为促进企业与科研院所的技术交流与合作，推动行业转型升级，本届展会将呈现给观众一个全新的展览板块——院校之窗。主办方在展馆东连廊北部打造专区，并配置相当面积的洽谈室，充分利用展板、音像手段向观众展示、介绍我国著名高等学府在机床工具领域的最新科研成果。在这个板块中，国内五所知名院校——清华大学、天津大学、上海交通大学、西安交通大学和南京理工大学(按报名顺序排列)，将展示前沿和实用的机床、工具及制造工艺技术。



新常态下的  
新变化

#### (4) 海外并购暨国际化经营座谈会

中国机床工具工业协会将于4月23日下午召开“海外并购暨国际化经营座谈会”，旨在使行业内企业通过实施跨国经营战略，推进转型升级和提升品牌影响力，并为企业搭建专门进行海外并购交流的平台。会议将邀请政府主管部门解读对外投资政策；邀请国际知名咨询机构对全球机床市场走势发表观点；邀请国际专业律师介绍中国企业在欧洲实施并购的新动态。

#### (5) 2014年度“行业十佳”评选结果发布

2014年度机床工具行业“自主创新十佳”和“产品质量十佳”评定工作在去年8月初正式启动，经过企业申报、基本条件审查、用户现场核实调研、专家评审打分、媒体公示等评定程序，最终结果将在CIMT2015展会上举行的颁奖仪式上公布。

本次评比以用户对申报产品的质量稳定性、可靠性和技术创新的实际应用的满意度为主要依据，评比结果具有较强的公信力，对机床工具行业的产品技术创新、提高质量可靠性，打造中国机床工具品牌产品具有深远意义。

#### (6) 2015年军工行业国产数控机床应用座谈会

2015年军工行业国产数控机床应用座谈会定于2015年4月20~21日在北京召开。该会议由国家发展改革委、工业和信息化部、国家国防科技工业局联合主办，中国机床工具工业协会、中国和平利用军工技术协会具体承办。会议将以“推动交流合作”为主题，发布推荐产品、专项成果、需求指南，成立国产数控机床应用专家委员会，出台数控机床应用效果评价办法，并通过参观中国国际机床展览会（CIMT2015）和数控机床重大专项展示活动，考察国内外数控机床产业最新发展。届时预计将有80余家军工企业、50余家机床制造企业代表参会。

#### (7) CIMT2015 技术交流讲座

截止目前，主办方已经收到技术交流讲座申请80余场，

还有20余场讲座正在确认中。境内外知名企业德马吉森精机、山崎马扎克、宁江机床、株洲钻石、山特维克、肯纳金属、山高刀具、哈量、蔡司等将举办新产品发布会、高端产品推介会、新技术推介会、机床产品创新与设计高峰论坛、现代汽车制造工艺研讨会、机器人应用技术新闻发布会、机床产品应用整体解决方案等技术交流讲座。

此外，意大利对外贸易委员会、日本机床协会、台湾区工具机暨零组件工业同业公会将举办新闻发布会，发布欧洲机床展、日本机床展、台湾机床新产品等信息。

#### (8) 各国家和地区机床协会领导人联席会（Networking Party）

2015年4月22日在北京“北平会”举办各国家和地区机床协会领导人联席会（Networking Party）。预计将有16个国家和地区机床协会的20余名代表出席会议。会议将交流各国家和地区机床生产、消费及市场情况。会后，还将进行包括海外机床协会、贸促会及展览公司相关人员在内的约100人的互动交流。

#### (9) CIMT2015 数控机床专项成果展示

受工业和信息化部“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项实施管理办公室委托，中国机床工具工业协会将在展会同期举办第5届数控机床专项成果及应用展。该展示分13个专题、6个应用案例，重点介绍专项成果产品在汽车、航空、航天等重点领域成功应用效果，展示行业在基础研究以及高新产品研发方面取得的成果，以此促进专项成果产品在更多重点领域的推广应用。

#### (10) 展览信息发布会

4月22日上午，协会将在E-201会议室召开展览信息发布会。会议将邀请各分会、境外机床协会和贸易机构、重点参展企业和媒体单位参加，向大家公布协会未来1-2年的国内展和组团出展境外展会的计划和规划。■



# 第十四届中国国际机床展览会 (CIMT2015) 技术交流讲座日程表

地点：北京中国国际展览中心（新馆）会议楼（南登录大厅）

时间	主讲单位	讲座题目	会议室
4月20日 9:30-12:00	日本机床协会	日本馆日（11:00-11:50）	东会议楼三层 E-302
4月20日 13:30-16:00	北京工研精机股份有限公司	箱体类精密工作母机设计及分析技术	西会议楼一层 W-103
	哈尔滨量具刀具集团有限责任公司	中国工量具商城新闻发布会	西会议楼一层 W-102
	株洲钻石切削刀具股份有限公司	株洲钻石 & SWISS TOOLS 战略合作新闻发布会及产品发布会	东会议楼二层 E-203
	美国格里森公司	格里森 150 年的历史发展及对未来的愿景	东会议楼二层 E-209
	柯马（上海）工程有限公司	2015 意大利柯马动力总成系统及机器人应用技术新闻发布会	东会议楼二层 E-210
	北京通广传媒广告有限公司	2015 现代汽车制造工艺研讨会	西会议楼一层 W-105
	常州思科瑞传动科技有限公司 (扬州众孚传动科技有限公司)	行星滚柱丝杠	东会议楼二层 E-207
	春保森拉天时硬质合金（厦门）有限公司	森拉天时刀具新品研讨会	东会议楼三层 E-303
好富顿（上海）高级工业介质有限公司	与客户深入交流与互动，探讨市场发展方向及产品趋势	东会议楼三层 E-306	
4月21日 9:30-12:00	上海特略精密数控机床有限公司	特略微米级线切割技术讲座	西会议楼二层 W-202
	武汉华中数控股份有限公司	针对 3C 行业的华中 8 型数控系统及应用	西会议楼一层 W-102
	哈尔滨量具刀具集团有限责任公司	干切时代的锥齿轮技术	西会议楼一层 W-104
	长春禹衡光学有限公司	国家重大专项产品推介 -- 绝对式编码器、光栅尺在高档数控机床及伺服上的应用	东会议楼三层 E-306
	孚尔默（太仓）机械有限公司	V-GRIND 新品亚太区发布会	东会议楼三层 E-301
	马波斯（上海）商贸有限公司	提高精密设备制造的质量	东会议楼三层 E-303
	海德汉公司	海德汉最新数控及测量产品介绍	东会议楼二层 E-206
	卡尔蔡司（上海）管理有限公司	计量在工业 4.0 现代化生产中的作用——管理者的眼睛	东会议楼二层 E-210
	肯纳金属公司	提高生产力 - 肯纳金属棒材介绍 EPG products (9:45-10:45) 肯纳金属零部件解决方案：难加工材料 (11:00-12:00)	西会议楼一层 W-101
	南京蓝帜金属加工技术有限公司	冷成型加工——蓝帜滚压系统	东会议楼三层 E-305
	欧瑞康巴尔查斯涂层（苏州）有限公司	全新 BALINIT 涂层在现代制造业中的应用	东会议楼二层 E-203
	台湾贸易中心	台湾机床新品发表记者会 @2015CIM	西会议楼一层 W-105
意大利对外贸易委员会	2015 意大利米兰欧洲机床展推介新闻发布会	东会议楼三层 E-311	
4月21日 13:30-16:00	四川普什宁江机床有限公司	精密卧式加工中心高精度、高可靠性核心技术	东会议楼三层 E-305
	湖南中大创远数控装备有限公司	螺旋锥齿轮的闭环制造技术	东会议楼二层 E-209
	大连科德数控有限公司	新一代高动态、高精度 立式五轴车铣磨复合加工中心 KMC400/800-MTG	东会议楼三层 E-306
	沈阳海默数控机床有限公司	面向先进制造及切削工具行业关键部件高效精密加工技术方案及应用	西会议楼二层 W-202
	沈阳高精数控技术有限公司	“蓝天”系列数控产品及关节机器人的技术特点与应用	东会议楼二层 E-201

时间	主讲单位	讲座题目	会议室
4月21日 13:30-16:00	株洲钻石切削刀具股份有限公司	材料研发的革命性突破, 实现金属切削加工效率再飞跃	东会议楼二层 E-203
	友嘉實業股份有限公司	科技友嘉 驱动未来	东会议楼三层 E-303
	山崎马扎克株式会社	新产品发布会	西会议楼二层 W-201
	株式会社不二越	NACHI 的最新技术介绍	东会议楼三层 E-301
	西门子(中国)有限公司	西门子全系列数控系统介绍	西会议楼一层 W-104
	肯纳金属公司	携手客户, 取得共赢: 零部件解决方案 (13:30-14:30) 肯纳金属精密电化学加工方案 (15:00-16:00)	西会议楼一层 W-101
	恩斯克投资有限公司	国外机床关键机械零部件的最新动向	西会议楼一层 W-105
	Mastercam-CNC 软件公司	如何利用先进 CAM 技术提到制造效能	东会议楼三层 E-302
	ICAM 技术公司	ICAM 智能后处理器与仿真解决方案	东会议楼二层 E-207
	圣戈班磨料磨具(上海)有限公司	在高速磨削领域中, 磨料磨具产品新趋势	西会议楼一层 W-102
4月22日 9:30-12:00	中国机床工具工业协会	展览信息发布会 (10:00-11:00)	东会议楼二层 E-201
	柯马(上海)工程有限公司	本土化的柯马加工中心及机器人技术助力中国工业发展	西会议楼一层 W-105
	肯纳金属公司	肯纳金属新闻发布会 (9:30-10:30) 肯纳金属创新产品 (11:00-12:15)	西会议楼一层 W-101
	雷尼绍(上海)贸易有限公司	雷尼绍 3D 打印机和接触式扫描测量技术	东会议楼二层 E-203
	德国雷诺德有限公司上海代表处	雷诺德最新微型编码器在电主轴行业的应用 (10:00-12:00)	东会议楼三层 E-305
	台湾区工具机暨零组件工业同业公会	台湾机床行业发展趋势与 TMTS 2016 展览记者会	东会议楼二层 E-210
	好富顿(上海)高级工业介质有限公司	与客户深入交流与互动, 探讨市场发展方向及产品趋势	东会议楼三层 E-306
	巴索国际贸易(上海)有限公司	瑞士巴索 - 液体切削工具为医疗、航空领域提供专业解决方案	东会议楼三层 E-311
4月22日 13:30-16:00	莱茵检测认证服务(中国)有限公司	机床类产品国标认定介绍	东会议楼二层 E-209
	山东永华机械有限公司	ROTTLER-YONGHUA 高端产品推介会	东会议楼三层 E-311
	沈阳海默数控机床有限公司	面向先进制造及切削工具行业关键部件高效精密加工技术方案及应用	西会议楼二层 W-202
	株洲钻石切削刀具股份有限公司	刀具结构创新, 实现铣削、钻削、镗削加工效率全面提升	东会议楼二层 E-203
	株式会社不二越	NACHI 的最新技术介绍	东会议楼三层 E-301
	西门子(中国)有限公司	西门子数控系统联网解决方案	西会议楼一层 W-104
	德拉克制造服务公司	滚珠螺母组件(BNA)零部件制造对您的设备供应商切合实际的期望	东会议楼三层 E-305
	肯纳金属公司	携手客户, 取得共赢: 零部件解决方案 (13:30 - 14:30) 肯纳金属精密电化学加工方案 (15:00 - 16:00)	西会议楼一层 W-101
	雷尼绍(上海)贸易有限公司	雷尼绍 3D 打印机和接触式扫描测量技术	东会议楼二层 E-209
	库道斯软件科技(上海)有限公司	Q-DAS 专家论坛	东会议楼二层 E-201
	安川电机(中国)有限公司	MECHTROLINK 现场总线以及系统产品在数控系统中的应用	西会议楼一层 W-102
	森泰英格(成都)数控刀具有限公司	新产品、新技术推介会	东会议楼三层 E-306
	《金属加工》杂志社(机械工业信息研究院)	第二届工业油品高峰论坛暨切削液用户调查结果发布会	西会议楼一层 W-105
4月23日 9:30-12:00	柯尔柏斯来福临机械(上海)有限公司	美盖勒 MFP100 研讨会	东会议楼三层 E-305
4月23日 13:30-16:00	北京机床研究所	第五届机床产品创新与设计高峰论坛	西会议楼一层 W-105
	大连光洋科技集团有限公司	光洋数控系统全面提升高档数控机床精度和效能	东会议楼三层 E-306



# 2015 聚焦 CIMT 展品纵览

中国机床工具工业协会传媒部

## DMG MORI携创新的高科技产品亮相CIMT 展位号: W1-101

此次 CIMT 2015 展会上, DMG MORI 将展示一款全球首秀机床, 三款亚洲首秀机床与十二款中国首秀机床。DMG MORI 将在中国国际机床展上展示 33 台高科技机床 (W1 馆 101 展位) - 充分体现 DMG MORI 在国际机床制造业中的创新领先地位。生产技术方面的亮点是创新的 CELOS<sup>®</sup> 系统以及全球首秀的 NHC 6300 卧式加工中心, 该机床在天津工厂生产。此外, DMG MORI 还将展示三款亚洲首秀机床: SPRINT 20|5、DMU 80 eVo FD 与 DMC 1450 V。另外十二款机床也将首次在中国面世。

### 亚洲首秀 SPRINT 2015 -

直线轴达 5 个的短件与长件车床, 最大工件尺寸达  $\varnothing 20 \times 600$  mm 且占地面积小于  $2 \text{ m}^2$

DMG MORI 的 SPRINT 2015 将在亚洲首秀。该款自动车床不仅能加工短件, 还能加工长件, 最大工件尺寸达  $\varnothing 20 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ 。该机结构极为紧凑, 占地面积只有  $2 \text{ m}^2$ , 标配版 SPRINT 20|5 配 5 个直线轴且主轴配 C 轴。加工区共可容纳 23 刀位, 其中 4 个为动力刀位 - 分别配置在 2 个刀架中。4 个刀位中的 2 个刀位可选配用于背面加工, 包括副主轴的 C 轴。

“搭配我们的 SWISSTYPEki 后, 主轴行程从 60 mm 增加到 180 mm, 这样无论是短件还是长件都能在同一台机床上车削。只需要不到 30 min 的时间就能完成转换, 转换时只需安装导向套并通过菜单操作切换控制系统。因此, 用户只需一台机床就能加工两类不同的工件。

该机采用专为生产而优化的隐形设计, 以确保最小占地面积。如果配



可选的三菱 M70 或发那科 32i-B 数控系统, 占地面积只需  $1.96 \text{ m}^2$ , 这两种数控系统都配 10.4” 彩色显示器。



### CELOS® 的 DMG MORI – CELOS® 发展的里程碑

DMG MORI 展出 4 款 CELOS® 新应用程序，并首次在中国提供 PC 版，用户可以在工作准备中通过直接连接机床的计算机进行连续的生产规划。

CELOS® 是 DMG MORI 所有新高科技机床的统一用户界面。CELOS® 应用程序通过特有的 21.5" 多点触控屏进行一体化管理、文档查看以及显示任务单、工艺和机床数据。而且，还能简化、标准化和自动化机床操作。自 2015 年 4 月起，最新版 CELOS® 将具有 16 款应用程序。

PC 版 CELOS® 也是一款新产品。它使客户可以在工作准备中预先优化生产计划和控制生产流程。此外，PC 版 CELOS® 可将许多机床或装置集成在 CELOS® 一体化的环境中。

而且，CELOS® 用特有方式将机床与公司的上层组织连接在一起，为持续的数字化和无纸化生产奠定基础。CELOS® 与 ERP / PPS 和 PDM 系统的直接连接能有效使产品生产速度提高 30 %。DMG MORI 的 CELOS® 创造了全新标杆——顺应工业 4.0 时代要求。



### 亚洲首秀 DMU 80 eVo FD – 铣 / 车复合万能加工中心

DMU 80 eVo FD 将首次亮相亚洲。这款万能加工中心配铣 / 车工作台，它是复杂工件铣 / 车完整加工的最理想选择。DMU 80 eVo FD 采用优化设计的龙门结构，它能确保最高刚性与精度。与传统结构相比，“优化设计的龙门”结构具有更好的接近性能，甚至可从侧面接近，还提供更大行程与更大加工区，同时占地面积更小。



### 全球首秀 NHC 6300 – 中国制造的新款高科技加工中心

NHX 系列机床一直享有高端重型切削机床的美誉。基于该系列的成功，现在 DMGMORI 选择在中国市场进行 NHC 6300 全球首秀，这款新卧式加工中心将亮相 CIMT 2015。NHC 6300 机床在天津生产，该机具有专为生产而优化的隐身设计，同时机床内部都采用成熟设备。大型托盘尺寸达 630mm x 630 mm 与 BT50 主轴，甚至为难切削材质的重型加工提供了绝佳基础。

速度与精度是 NHC 6300 机床的突出特点。进给速度高达 60 m/min，具有极高动态性能，转矩电机驱动的 B 轴，托盘分度定位（90°）时间仅 1.48s。而且，具有高达微米级的极高定位精度。DMG MORI 采用轻型动柱与轻型运动件确保极高定位精度。极高质量要求也体现在全部采用直接位移测量系统方面。托盘中心与主轴鼻端间距离小也有益于提高加工质量。允许使用更短刀具以确保更稳定的加工。NHC 6300 的最大刀具长度足以加工深孔，而无需旋转工作台。



### 亚洲首秀 DMC 1450 V –

Y 轴行程达 700 mm 与最大工件重量达 2,000 kg 的立式铣床

DMG MORI 的 DMC 1450 V 将借 CIMT 展会首次亮相亚洲，这是一款该系列最大型号的立式加工中心。汲取销量超 10,000 台该系列机床的精粹，DMG MORI 优化了第 3 代 DMC V 系列机床的设计。1,450 x 700 x 550 mm 的行程与大型固定工作台，其装夹面达 1,700 x 750 mm 和承重达 2,000 kg，使该机床可加工非常丰富的工件。与同系列的其它机型一样，DMC 1450 V 标配转速达 14,000 v/min 的基本主轴，扭矩达 121 N•m，最高快移速度达 36 m/min 并配 20 位刀库。



### 12 款适合各领域应用的中国首秀机床

CIMT 展会上，DMG MORI 共将展出 12 款中国首秀机床，阵容完整，技术全面。新展品包括两款车床，如第 2 代 NTX 1000 与带龙门装件机的 NRX 2000 以及高科技的铣床 – 其中包括全新第 4 代 duoBLOCK® 机床 DMU 125 P、DMC 80 FD 与 DMC 80 H 以及 DMU 65 monoBLOCK®。其他中国首秀机床还包括 DMF 260-11 动柱机床，i 50 卧式加工中心与入门级的万能加工中心 ecoMill 70。ULTRASONIC 30 linear，LASERTEC 65 3D 与 LASERTEC 20 PrecisionTool 也将同台展出。

## 北京北一机床股份有限公司

展位号: E3-101



### MAR-500H 卧式加工中心

加工中心床身三点支撑定位，厚壁工作台结构具有高防震，高刚性及高稳定性的特点，广泛运用于汽车制造，机床制造，发电动力制造，模具等机械加工行业。



### LBR-370 数控车床

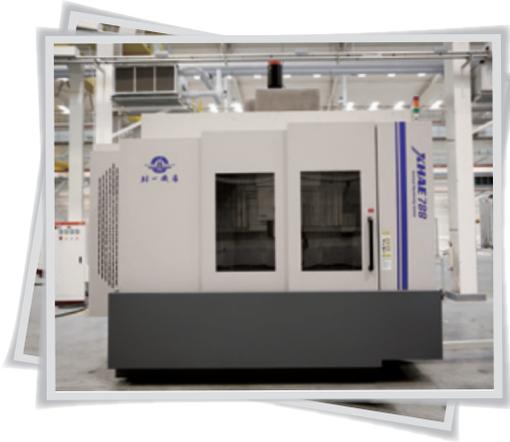
LBR-370 数控车床采用划时代床身底座分离结构，箱形 30° 斜床身的构造，保证加工精度的稳定性。此结构为日本大隈 (OKUMA) 公司的专利产品，适用于轴、套类零件圆周加工及复合加工。



### UGL-15D/CNC 数控不落轮镟床

数控不落轮镟床设备是基于意大利 SAFOP 公司同类型机床，并完全具备意大利 SAFOP 公司品质要求。

该设备专门用于对轨道交通，铁路机车，客车及货车车厢上的轮对的车轮外形进行镟修。可适用于轴箱在外侧和内侧的轮对。机床安装于地坑内，可使机床在不拆卸车辆任何部件的情况下完成轮对的镟修。



### XHAE788 精密立式加工中心

主轴采用高速、大功率内装式电主轴结构。40号主轴具有松刀卸荷装置，保证了松刀时主轴轴承不承受松刀力，提高了主轴的寿命和精度。通过选用进口高精度主轴轴承和合理的预压形式及预压量，保证了主轴的高速、高精度及低发热量。

本机床具有优异的操作接近性。操作者可从正面、右侧面两个方向接近加工区域，极大地提高了操作的便利性和对加工过程的有效监控。

主轴箱为定悬伸结构设计，主轴箱在Z向行程的各个位置时悬伸量均一致。同时主轴箱采用了热对称结构设计，使用多路、多层恒温冷却技术。以上措施保证了主轴精度的保持性优异。

高速、大承载结构设计：最大工件重量3t，快速进给36/36/32(X/Y/Z) m/min。三轴均采用高刚性、高抗振性滚柱导轨和精密滚珠丝杠副。各进给轴刚性高、摩擦阻力小、承载力高。丝杠采用预拉伸方式，便于控制预拉伸量，从而保证机床具有高的定位精度和稳定性。

高刚性门型横梁及床身设计极大地提高了机床的刚性，减小了机床在变载荷时的变形量，有利于提高加工精度。

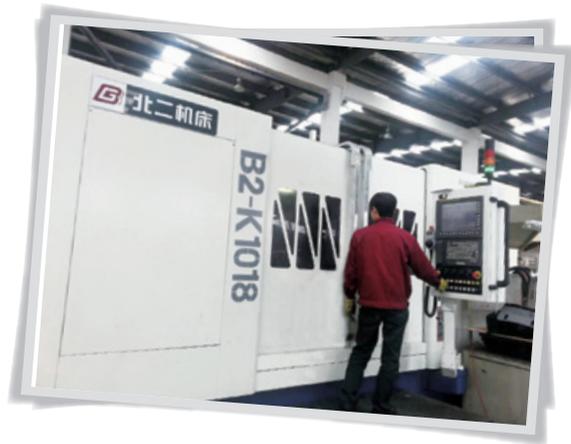
绝对值光栅，使机床具有定位精度高、操作简便等特点。

整机结构在设计时运用CAE软件进行了动、静刚度及热变形分析，对结构进行了优化，得到了良好的动、静刚度，减小了整机精度受热变形的影响。

### B2-K1018 双砂轮架数控随动式曲轴磨床

B2-K1018机床采用工作台固定，双砂轮架后移动式布局。采用国际最先进的随动式（切点跟踪）磨削连杆颈技术，通过对两个砂轮架进给轴（X1、X2轴）与工件回转轴（C1、C2轴）进行数控联动的全闭环控制，实现曲轴两个不同相位的连杆颈的同时磨削，也可实现一个连杆颈和一个主轴颈的同时磨削，或两个主轴颈的同时磨削。机床采用高速（最高120m/s线速度）CBN砂轮，能实现一次装夹、柔性调整，完成曲轴的连杆颈、主轴颈的磨削，彻底解决传统偏心夹具式曲轴磨床加工柔性差、调整复杂的缺点。

机床采用基于非圆磨削原理的双砂轮架随动式（切点跟踪）磨削技术、六轴同步插补联动磨削技术、双通道数字化控制的同步驱动技术。机床具有曲轴磨削的智能化无编程专家软件系统，机床几何误差及曲轴磨削圆度与尺寸误差补偿功能、窄砂轮随动切纵式磨削曲轴轴颈功能、连杆颈相位数字化自动测量识别功能、磨削与修整的消空程及防碰撞等功能，适用于汽车汽油、柴油发动机曲轴和船舶发动机曲轴的加工。



### BF160 五轴联动叶片加工中心

BF160是高速、高精度的五轴立式加工中心，结构独特新颖，拥有良好的刚性且设计灵活，能够适用于汽轮机叶片、蒸汽轮机叶片和航空涡轮叶片等各种各样的复杂零件的粗加工和精加工。

(1) 机床采用特殊结构设计，保证了很好的机械性能，实现高刚性和高精度。

(2) 机床加工范围广，头架和尾架之间的距离可根据需要进行调整，可加工叶片的尺寸范围为800~1600mm。

(3) 机床采用了陶瓷珠的丝杠配置，解决普通丝杠传动速度受限问题。

(4) 配置自主研发专用于叶片加工的电主轴（连续摆动头）及其冷却系统。

(5) 直线轴上配置重型超精密滚动导轨，最大限度保证了各直线轴的刚性及动、静态承载能力，使所有的轴都能平滑运动。

## 约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司 展位号: WI-322

### 一、数控系统



#### TNC 640

TNC 640 是海德汉新一代数控系统，她不仅继承了iTNC 530 的高速高精、五轴联动、智能加工等先进功能，而且还具备诸多创新功能，适用于高性能铣削类机床和铣车复合机床。

该系统可以自动调整数控系统进入铣削或车削操作模式，例如切换直径显示方式。该系统支持高分辨率的三维图形模拟，独特的高级动态预测（ADP）、动态高效、动态高精功能可以大幅提高加工效率和表面光洁度，适用于航空航天、模具制造、医疗等高端行业。



#### TNC 620

TNC 620 是海德汉高档紧凑型轮廓控制器，其显示界面和编程方式与iTNC530 风格一致，而且加工程序完全兼容。编程过程中的提示信息、问答和图形帮助为操作人员提供最佳支持。高速的程序段处理时间（1.5ms）和轮廓精度的控制既满足了高速切削，又能保证光滑的表面质量。

### 二、封闭光栅尺

#### LP 100

因其极低的位置噪声和极高的细分能力，主要应用于高端高精度的定位使用。具有 Zerodur 光栅、零膨胀、分辨率低至 31.25 pm、安装尺寸与常规光栅尺 LC/LF/LS 100 相同等主要特点。技术参数为：

- 精度等级：± 3 μm；
- 分辨率至 1 nm；
- EnDat2.2-22 接口（如 Delta Tau），或发那科、三菱等对应接口；
- 测量长度：140mm 至 3 040 mm。

#### LC 200

用于大长度测量的绝对式封闭直线光栅尺，主要应用在直线轴最大长度至 28 米的机床。具有单体钢带光栅尺的 METALLUR 光栅、安装尺寸兼容 LB 382 和安装方便等特点技术参数为：

- 精度等级：± 5 μm；
- 分辨率：10 nm；
- EnDat 接口（将开发支持发那科和三菱系统的接口）。



LP 100



LC 200

### 三、角度编码器



#### ECA 4000 绝对式无内轴承角度编码器：

主要应用于大型回转工作台、摆动轴和天线和大型望远镜。具有精度高、高速、多种直径规格、METALLUR 刻线光栅、绝对式扫描、读数头的防护等级达 IP 67、新型简化读数头安装设计等特点。技术参数为：

- 直径：70mm 至 512mm；
- 刻线精度：± 3" 至 ± 1.5"；
- 接口：Endat、发那科和三菱。

### 四、工件测头和刀具测头：TS 460/TT 460

可广泛应用于铣床、加工中心、车床和磨床，具有无磨损的光学传感器。

特性为：

- 复合技术的信号传输，无线信号（传输范围大）和红外线（信号传输速度快精度高）；
- TS 460 和 TT460 共用的收发单元；
- 寿命长，灵敏度高；

- 避免碰撞和温度影响（选配）；
- 多种可选的通讯传输模式；
- 适用于各种类型机床，如标准型加工中心或大型机床；
- 集成的吹气 / 水 - 清洁结构；
- 灵活的电源技术，匹配多种类型电池；
- 新的智能待机模式，将能耗降到最低。



## 瓦尔特 (无锡)有限公司

展位号: E4-G10

### DC170- 硬质合金钻头的新标识

作为孔加工的新标识，瓦尔特刀具 DC170 的出现为硬质合金孔加工刀具定义了新的功效等级。DC170 独特的刃带设计和古铜色的外观，首先从视觉上给人以冲击。它适用于所有行业的钢件和铸铁材料加工。与传统几何形状的硬质合金钻头相比，DC170 更可靠、更稳定、更流畅、更高效。DC170 比枪钻提高 4~10 倍的效率，无需专用深孔加工设备，在普通的带内冷功能的加工中心上即可使用。目前，该产品提供尺寸为 16xDc 和 20xDc 两种型号。

DC170 拥有更高的工艺可靠性。新钻头采用内冷方式，在钻孔时新一代钻头能够实现最佳冷却。环形槽加快冷却液流动，同时减少了危险的缠屑风险。刃带设计新颖，可使冷却液从四面八方连续冲洗钻头，冷却效果无可比拟。



DC170 拥有更高的使用寿命。DC170 的切削刃更加强韧，稳定性难以置信，即使在极端温度下也能有效散热。

DC170 拥有更高的钻孔质量。新刃带结构的效果使切削更为平稳，新刃带改善了钻孔质量并在断续切削时提供最高稳定性。

DC170 拥有更低的生产成本。标志性的环形槽为最佳工作温度提供保障。新钻头带有八个明显的环形槽，同时用作翻新刻度，DC170 钻头可最多翻新三次，直到仅剩两个散热槽为止。现在用户可以完全挖掘出翻新潜力，从而降低生产成本。

### Walter BLAXXTM 黑锋侠

Walter BLAXXTM 瓦尔特黑锋侠方肩铣刀，最大的特点在于，它提供了最小接刀痕和最大进给量。

Walter BLAXXTM 采用切向布齿设计，刀片受力方向上的厚度大大增加，同时增加了刀片的强度，提高了生产的安全性。该产品的刀体和刀片为磨削级别精度，跳动小，从加工质量上给客户极大保障。Walter BLAXXTM 的刀片采用瓦尔特最新银虎刀片技术，寿命长。适用于 ISO-P/M/K/N/S 材料的面铣和方肩铣，通用性更强。



概览：

- 刀具直径范围：25 ~ 315mm ；
- 刀盘接口形式：圆柱柄、圆柱侧压柄、螺纹接口、套式接口以及刀夹式设计；
- 两种刀片槽型：L55T 通用型，可加工所有材料；L85T 锋利型，加工有色金属；
- 三种刀片尺寸：LNHU09/13/16，可分别用于 8mm/12mm/15mm 的最大切深；
- 四种银虎材质：WKP25S/WKP35S/WSM35S/WSP45S 满足所有材料的加工。



### M4000 铣刀 - 最高性能广泛应用

新推出的 M4000 系列铣刀目前有三种不同的铣刀型号，包括方肩铣刀 M4132、高进给铣刀 M4002、倒角铣刀 M4574，全系列铣刀都可通用的同一款刀片 SD..09T3。M4000 铣刀可胜任许多常见的铣加工，用于所有钢件和铸铁材料、不锈钢以及难加工材料的面铣、方肩铣或倒角铣，具有前所未有的广泛适用性。M4000 所用的可转位刀片比 Walter BLAXX (黑锋侠) 和 Walter Xtra • tec® 系列中类似的专用刀片更加通用，同时精

性可以和这两个带有 Tiger • tec Silver® (银虎) 高效切削材质涂层的系列相媲美。

M4000 系列可转位刀片四个切削刃的后刀面都带有波纹形状，用于指示刀片的槽型：显示的波纹越多，槽型越锋利。槽型分为通用型 (D57) 和锋利型 (F57)。系列可转位刀片为正型刀片，后角为 15°。效果：铣削时需要较少的功率，降低能耗，环保而且拥有极高的经济性。

M4000 铣刀也能安装修光刀片。在高进给铣刀 M4002 中有一款带修光刃带的烧结精度的刀片，可以改善粗工件加工后的表面质量。还特别为方肩铣刀 M4132 设计了一款带有修光刃的磨削精度的可转位刀片。M4000 铣刀的刀体定位更精确，振动倾向更小，寿命更高。前刀面上的标记有助于更换切削刃时区分和明确刀片方向。

M4000 铣刀是瓦尔特第一个从原材料供给直至成品发送全程记录和平衡 CO2 碳足迹的产品，上面有瓦尔特按照 CO2 平衡原则生产的刀具所盖的印记：Walter Green Flag (瓦尔特绿色旗帜)。

M4000 铣刀采用新的激光标记，现在即使在较小直径的刀具上也能找到备件和拧紧力矩相关的所有重要信息，新包装大大方便了刀具的查询和使用。



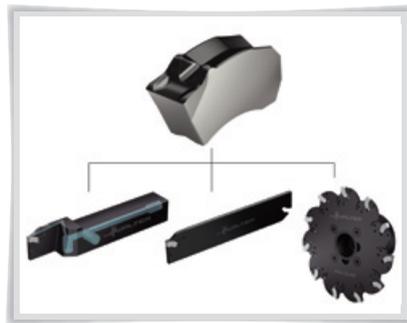
### 整体硬质合金挤压丝锥 Protodyn® S HSC

这款带径向内冷的整体硬质合金成形刀具采用了瓦尔特最新的内冷设计，是一款用于所有可挤压成形材料的整体硬质合金挤压丝锥，可应用于盲孔和通孔螺纹的加工。

Protodyn® S HSC 采用新型硬质合金基材，确保了最高韧性和最大程度的耐磨性。TiCN 硬质材料涂层耐磨性极好，尤其适用于钢材加工。由于采用无屑螺纹加工工艺，无紊乱切屑、无排屑问题，即使是在加工较深的盲孔和通孔螺纹时，仍能实现高工艺可靠性。Protodyn® S HSC 拥有令人信服的刀具寿命和极具吸引力的性价比，刀具寿命长，使换刀次数减少，极大提高了客户的加工效率。

从改丝锥特殊的结构设计上来说，经优化的多边形降低了摩擦阻力并提高了耐用度。新颖的倒角槽型，确保丝锥磨损均匀。刀具前端的工艺顶尖被去除，确保能达到最大的螺纹有效深度。

因螺纹齿面和螺纹大径处的冷作硬化现象，所以挤压成形的螺纹具有高动态抗拉强度。



### 新型槽刀 Walter Cut - SX

Walter Cut 切槽产品系列增加新的 SX 切槽系统，因此客户可以用一个刀片切断和切槽，或铣断和铣槽。该刀片可用于瓦尔特 G2012-P 精确内冷整体式刀杆，切断直径达 90mm；可用于瓦尔特 G2042/G2042-P 大切深切断刀板，带和不带内冷，切断直径达 160mm；可用于瓦尔特 F5055 三面刃铣刀，直径范围 63~250mm。

Walter Cut - SX 外形配合的新型自夹紧功能，优化的上压板提供了特别高的夹紧力，切削力被吸收到刀具的固定部分而不是活动部分中，而且刀片的形状与刀片座严密贴合，使加工过程中无稳定性损失。所有这些设计的考虑要素，确保了刀片拥有更长的使用寿命，除此之外，操作简单的自夹紧功能确保刀片更换迅速。在多种刀具类型中使用一种刀片型号，降低了库存费用。

## 上海发那科机器人有限公司

展位号: E1-601



连杆自动化加工线



FANUC ROBODRILL 小型加工中心



FANUC ROBOCUT 慢走丝切割机

### 连杆自动化加工线

基于 FANUC 3D Area Sensor 视觉传感器的 Bin-picking 技术, 机器人 M-710iC 可以实现散乱堆放的连杆自动分拣, 配以 3m/s 导轨, 万能机器人 LR Mate 200iD 可实现对多台 FANUC 小型加工中心的快速上下料。机器人智能干涉检测功能实现机器人与人之间防碰撞; 基于力传感器 FANUC Force Sensor, 机器人可同时加工尺寸质量检测, 从而做到实现高效加工中心和高速机器人一体化方案实现连杆全自动化生产。

### FANUC ROBODRILL 小型加工中心

FANUC ROBODRILL 小型加工中心, 是 BT30 小型加工中心的销量世界冠军。除了钻孔和攻丝加工外, 还

可以进行铣削、镗孔加工, 广泛服务于机械、汽车零部件、IT 精密零件、精密模具、模型等各个行业, 加工领域也根据客户的要求不断扩大。其与智能机器人融合的机床上下料系统, 集高效生产、稳定运行、节约空间等优势于一体。

### FANUC ROBOCUT 慢走丝切割机

自 1975 年开始生产慢走丝电火花线切割机以来, 经过数十年不间断的技术更新, FANUC 已成为世界最先进线切割机床生产厂家之一。ROBOCUT 慢走丝线切割机以高速度、高精度、高可靠性、低成本维护及智能化享誉业内, 被广泛应用于模具, 医疗和超硬材料制造行业。

## 金石机器人

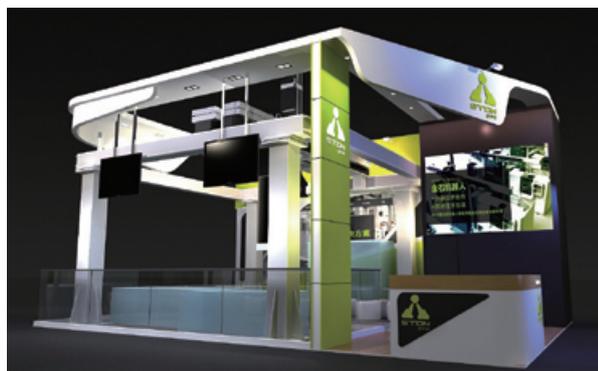
展位号: E1-811

### 融合吨位级三轴桁架机器人的 FMS 生产线

金石机器人是国内首批研发和生产桁架式工业机器人的专业公司, 其“融合吨位级三轴桁架机器人的 FMS 生产线”配备信息化系统可实时更新数据, 生产过程可视化, 实现无人值守工装及工件定型定量智能生产与换产的功能。

其特点:

- ①首创 8 轴桁架系统;
- ②重型抓取: 采用双横梁 (D1T 和 D300 双头连体) 拼接一体, 其中 D1T 为机床更换工装夹具, D300 为机床上下工件, D1T 抓取重量为 1000kg, D300 抓取重量为 300kg ;
- ③生产过程信息化管理: 智能换产, 工装工件一并解决方案, 配有信息化系统, 生产过程数据实时更新;
- ④无人值守定型定量智能生产: 无须人工介入完成工装与工件首料、正常换料、清料的全过程生产;



⑤可在无人干预的情况下, 进行多种零件的自动生产, 柔性程度高;

⑥创新特点: 同时负责工装与工件的调取, 便于柔性换产; 为西门子 828D 新功能 OPC UA 服务器应用于桁架系统的国内首次。

## 南京埃斯顿机器人工程有限公司 展位号: E1-805



### ESTUN 上下料机器人

配备通用型的搬运机器人系统，其负载和工作半径选择范围大，满足不同客户使用需求。同时可以为客户提供整套上下料工程解决方案，提供一站式服务。

其优势体现在以下几方面：

**结构：**按机器人的负载和工作半径来分，类型多，性价比突出。同等负载情况大于同类其他品牌机器人作业半径。

**控制：**采用 ESTUN 高精度交流伺服电机及驱动器，配备高品质减速器，性能稳定、响应快，提高生产效率。

**软件：**拥有自主研发的折弯软件包、仿真软件包等，大大缩短现场调试时间，提高工作效率。

**管线：**所有管路线缆均采用一体式结构，避免电缆间相对移动空间，减小摩擦系数，延长电缆使用寿命。

**配置：**可增加埃斯顿外部控制轴，采用专用伺服电机，可实现外部轴与机器人同步运行，完成复杂的工序要求。

**外围设备：**除一系列机器人产品供选择外，ESTUN 提供伺服旋转台、分度盘、第七轴移动导轨等非标应用中的标准产品，满足不同生产需求。

**应用场合：**折弯、冲压、机床、热模锻、注塑等。

## 沈阳莱茵机器人有限公司 展位号: E1-692

沈阳莱茵机电有限公司从 1996 年成立以来，销售德国 Engelhardt 数控系统，BergerLahr 三相步进电机和直角坐标机器人，德国 Roboworker 公司直角坐标机器人，德国 Trimeta 公司的数控系统，德国 Neugart 公司的行星减速机和德国 VC 公司的智能图像处理系统等。

公司立志全力做好直角坐标机器人等自动化项目，利用德国 BergerLahr 公司的技术（德国 BergerLahr 公司提供生产工艺、图纸、工装、关键零部件及多次人员培训）和德国 Roboworker 公司全套图纸及关键件生产外置导轨式直角坐标机器人（为德国公司提供机加件作为交换条件，可见图纸和供货合同等），严格按德国公司的工艺、质量标准和检测方式来生产直角坐标机器人。

莱茵机器人全心全意做机床上下料机器人，码垛搬运，去毛刺，打磨抛光，装配线和检测线等。此外公司还开发了很多带机器人自动存取的智能立体库类机器人项目，例如全自动售药机器人、全自动售酒机器人、全自动保管箱系统、智能密集库等。此外公司还开发生产了很多立体库和回转库等自动存储设备。



## 柯马公司

展位号: E1-501



Urane 25 V8



等离子热喷涂



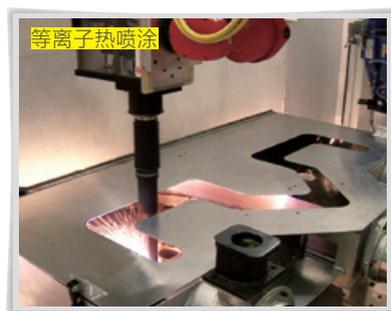
等离子热喷涂



Smart Racer 999



等离子热喷涂



等离子热喷涂

### Urane 系列高速卧式加工中心

是基于了一种简洁、充满活力并被证实的技术。其独特的原有专利结构、直线电机的运用以及电主轴的生产效率，赋予了它杰出的动态性能，可以实现高速的精确插补加工。最新推出的 Urane25 V8 包含了用于微量润滑 (MQL) 或干式切削加工的特定可选配置，此增强的功能为我们的客户提供了一种降低运行成本的新方式。柯马 Urane 系列加工中心主要为发动机 (缸盖、缸体与曲轴) 和变速箱提供加工系统。从粗加工的高扭矩配置到高速主

轴及五轴联动加工中心，我们多功能的生产加工模块可用于多个品种的加工，缩短生产节拍，并在确保质量的同时降低全生命周期成本。

### 等离子高速熔焊 (PTWA) 自动热喷涂系统工艺

采用高速离子化熔焊技术，使钢粒子在铝合金缸筒上形成一层涂层。喷涂了涂层后的铝合金缸体依旧是一体式缸体，不再因嵌入一个灰铸铁 (GCI) 缸套而需要忍受缸筒变形问题，也不再具有灰铸铁缸套所有的热力学缺点。在汽车发动机制造中用等离子热喷涂 (PTWA) 缸筒取代灰铸铁缸套，不仅减少了发动机的总体重量，而且增加了其耐久性并降低了能耗。在发动机重量上，根据缸体的几何构造并综合改善后的耐久性，热喷涂涂层缸套可以为每个缸筒降低约一磅的重量。热喷涂技术还可以增强制造的灵活性，因为一台设备可以为不同长度和直径的缸筒实施喷涂。更重要的是，热喷涂涂层改善了热力学特性、散热性、机械效率，并可以提高整体的燃油效率。

## 库卡KR 6 R900 SIXX与KR 16-2



库卡展品：  
KR 6 R900 SIXX 机加工，  
KR 16-2 上下料。

展位号: E1-510

### Smart Racer 999 机器人

柯马最新款机器人 Smart Racer 999，负载 7kg，其前臂附加负载可达 10kg，为同级别机器人产品中速度最快的机型，可实现高速抓取和放置。工作站中机器人配以电伺服拧紧枪，带有自动螺丝供料系统，可实现不同规格螺钉的输送及拧紧。系统高效、可靠，广泛应用于电子、仪器仪表等行业的装配。柯马工业机器人在工业制造领域，主要是点焊、激光焊、铆接、冲压、搬运码垛以及滚边等各种自动化工艺应用。

## 安川首钢机器人有限公司 展位号: EI-801



### 新型机器人柔性打磨系统

主要配置:

- MOYTOMAN-DX1350D 打磨专用机器人
- 全自动柔性抛光机
- 物流循环输送线
- 自动换手装置

主要技术特点:

新型 MOYTOMAN-DX1350D 打磨专用机器人具有六轴均使用高功率电机、高刚性减速器、高刚度机械手臂的特点，机器人整体刚度大大高于一般机器人。在重载及高扭矩的情况下，依然能保持高精度的稳定的作业。机器人的重复定位精度为  $\pm 0.06\text{mm}$ 。机器人手腕部分的防水防尘等级可达 IP67。

该系统融合了机器人在打磨应用中的整套功能，集成全自动抛光，机、物流输送线实现卫浴工件的自动打磨。该系统可以根据不同工件自动更换抓手，实现多工件混线生产的作业要求。

本系统具有保证加工精度、提高加工效率、降低劳动强度、提高产品质量与一致性、缩短制造周期和交货期、降低成本等诸多优势，同时可满足更为复杂空间曲面的抛光打磨的要求。

## 上银科技股份有限公司 展位号: EI-704



上银科技主要产品如滚珠丝杠、直线导轨、精密轴承、工业机器人、晶圆机器人及医疗机器人等精密线性传动零部件，广泛应用于国内外精密工业及高科技产业，包含：生技医疗、半导体、光电产业、智能自动化、环保节能产业、精密工具机与交通运输工业等。

### 关节式机器人手臂 (Articulated Robot)

关节式机器人手臂具有高精度 ( $\pm 0.02\text{mm}$ )、多自由度、高灵活度以及工作范围大的特性，除了可应用于对象的搬运外，也可应用于需要精度的组装作业或复杂的加工任务上。适用于自动化生产中取代人力进行重复性的作业，如对象取放与堆栈、工件去毛边与打磨、零部件组装等。

### 并联式机器人手臂 (Delta Robot)

并联式机器人手臂利用平行连杆机构实现高速且稳定的运动，具有最短的周期时间 (0.3s) 与高准确度。适用于自

动化生产中配合输送带进行精密取放、组装、整列与包装作业。本公司具有一系列并联式机器人手臂可配合不同工作范围以及负载的应用。

### 直驱马达 CNC 回转工作台

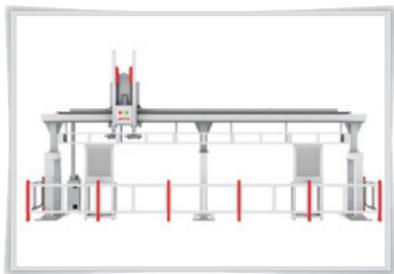
(Direct Drive CNC Tilting Rotary Table)

新世代五轴加工机所使用的高阶回转工作台，回转轴使用了上银科技制造的交叉滚柱轴承以及直驱伺服马达，在高级的五轴加工机中扮演关键的角色。

- 高刚性、对称式的结构设计；
- 采用高加速度、高扭力、高精度、零背隙的直驱马达；
- 回转轴内置强力煞车系统；
- 回转轴采用大孔径、高刚性的径轴向轴承；
- 倾斜轴采用高精度、高刚性的交叉滚柱轴承。

## 宁夏巨能机器人系统有限公司

展位号: E1-812



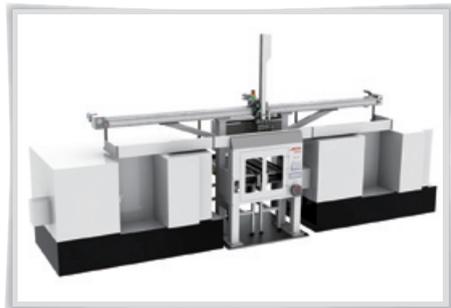
### GSWL 无线桁架机器人

随着自动化趋势日益明显,自动线稳定性是一个非常重要的指标,但有些自动线长度较长,拖链的使用成为瓶颈,自动线越长越不稳定,磨损、噪音、低速、信号衰弱。无线桁架机器人应运而生,这种机器人是由宁夏巨能机器人系统有限公司自主研发、设计,其横轴的移动不需要使用拖链,避免长行程信号易衰弱及拖链、线缆易磨损的情况发生,这样大大增加自动线的稳定性。此外,这款产品还具备新型空气自给系统以及新型定点润滑系统,为客户的使用带来了极大便利。对行程也不再受限制,可以组长线,后期客户现场改造横梁追加变得更加容易,维护方便,故障率低,是本机型的最大优点。

### 巨能联合展位——哈挺

展位号: W3-101

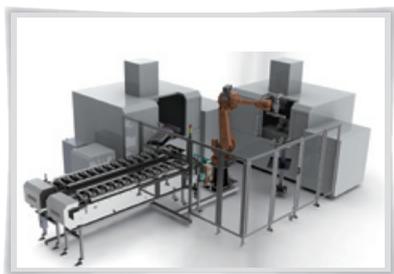
宁夏巨能机器人系统有限公司与哈挺机床(上海)有限公司合作,展示一条汽车变速箱零部件——输入输出轴自动化加工生产线。该自动线是由巨能公司生产制造的一台的标准双机自动线产品 GSD050、两条轴类零件输送料道、两台数控车床组成。该自动线为汽车变速箱输入输出轴的标准生产模式。这种自动线改变了传统的多人员操作机床的生产模式,具有易复制、易管理、易兼容的特点,适用于同类型零件的生产加工。



展位号: E2-401

### 巨能联合展位——斗山

宁夏巨能机器人系统有限公司与斗山机床(烟台)有限公司合作,展示一条汽车零部件——差速器壳体自动化加工生产线。该自动线是由1台关节机器人、一台数控车床、一台数控加工中心、一台20工位料仓组成。该自动线能够满足差速器壳体无人化加工要求,能够很好地保证加工产品的质量一致性,是同种零件未来的生产模式与发展方向。



展位号: E1-513

### 巨能联合展位——ABB

宁夏巨能机器人系统有限公司与上海ABB工程有限公司合作,展示一条汽车发动机零部件——连杆自动化加工生产线。该自动线是由一台关节机器人、两台车床、一套上下料物流、一套在线检测机构组成。该自动线能够满足连杆无人化加工要求,除此之外,该自动线所涵盖的在线检测机构,能够很好地保证加工产品的质量一致性,有效减少人为干预,提高效率,是同种零件未来的生产模式与发展方向。



展位号: E2-701

### 巨能联合展位——MAZAK

宁夏巨能机器人系统有限公司与山崎马扎克株式会社合作,展示车床单机自动化加工单元。该展品将机床由原来的单纯加工型设备向自动化无人化进行升华。该设备无需操作人员长期站在机床旁边辅助上下料,而是在将毛坯零件摆满料仓后保证一定时间内的无人化加工。将工人从简单重复性劳动中解放出来。单机版标准一体化制造单元,将提高工厂运营效率,是未来金属加工设备发展的方向。

## 巨能联合展位——油机

展位号: E4-161

宁夏巨能机器人系统有限公司与油机机械工业(中国)有限公司合作,展示一条汽车制动系统零部件——刹车盘自动化加工生产线。该自动线是由三套桁架机械手 GST035A、三套机械手手爪、一套毛坯上料道、一套成品下料道、一套照相识别装置、一套 NG 料台、防护网、两套翻转台、两台数控立车、一台数控加工中心组成。该自动线不仅在传统刹车盘生产线的基础上引入了自动化设备,而且将机械手与机床间采用 Profibus 总线通信方式,使得该生产线具有升级为智能化生产线的可能性。这种产品适用于大规模大批量生产模式,将工厂从传统作业模式向自动化作业模式发展,并可以进一步发展为智能化工厂,全面提升工厂的产业结构,向真正的工业 4.0 进发。



## 托纳斯贸易(上海)有限公司

展位号: W1-201

TORNOS 集团一直处于车床行业的全球领先地位,引领瑞士型车床和多轴车床的研发、生产和销售,为细分市场的客户提供独一无二的解决方案,尤其是在汽车、医疗、牙科、微机械和电子行业。

在 CIMA 2015 展会上, TORNOS 将展出两台纵切自动车床——Swiss GT26 和 SwissNano, 以及一台多轴自动车床 MultiSwiss。

Swiss GT 26 具有无限的灵活性,能够满足所有的市场需求,可以让 Tornos 客户在面对几乎所有加工要求时富有竞争力。Swiss GT26 采用成熟的动力结构,有 5 轴和 6 轴两款产品,可以安装多达 40 把刀具,其中动力刀 16 把。Swiss GT26 可以安装旋转导套,也可在无导套模式下加工短工件,灵活性更强。购买了 GT26 就等于拥有了一个对零件加工没有任何局限的强大工具。

SwissNano 专业设计用于、但又不同于钟表零件的加工。它是一款 4mm 加工直径的现代化自动车床,具有卓越的加工精度和加工品质,完全可以满足钟表制造业的高精度要求和表面光洁度。

MultiSwiss 是市场上第一台具有移动式主轴箱的多轴车床,填补了瑞士型纵切车床和多轴车床之间的技术空白,是一款真正具有革新意义的车床。



## 武汉华科三维科技有限公司 展位号: WL-025

武汉华科三维科技有限公司是华中地区投资规模最大的专业 3D 打印装备研发制造平台，注册资本 6000 万人民币；由华中科技大学产业集团、华中数控、华工投资、合旭控股及华中科大快速成型技术团队等联合发起设立的高新技术企业。

### HK S 系列大台面粉末烧结快速成形系统

基于自适应模糊控制的粉床预热系统、多激光束扫描、多层可调式预热装置，HK S 系列设备采用激光烧结技术，以树脂砂和可消失熔模为成型材料，再通过与铸造技术结合，快速铸造出发动机缸体、缸盖、涡轮、叶轮等结构复杂的零部件。

#### 应用领域 1：大型铸造熔模的整体成形

对于结构复杂的大尺寸铸件，其熔模存在周期长和成本高的问题，通常采用分体成形再拼接的办法，但人为误差难以控制。利用大台面 HK S 装备可以一次整体成形精度达千分之一的复杂结构熔模，克服了传统工艺面临的难题。



某发动机铝合金变速箱体蜡模



飞机机匣蜡模和钛合金零件（最薄壁厚 3.2mm）



#### 应用领域 2：大型铸造砂芯的整体成形

对于大尺寸零部件的砂型铸造，砂型模具制造及造型工艺是影响新产品开发进度的关键。与熔模不同，分体成形砂型再拼接的工艺更困难，有些甚至难以实施。利用大型 HK S 装备整体成形覆膜砂型，可以短流程内整体制作出大型复杂铸造砂型，是辅助新型发动机缸体缸盖等关键大型复杂铸件快速开发的有力手段。

## 鞍山宏拓数控设备工程有限公司 展位号: E3-315

### 激光金属 3D 打印数控五轴高速铣复合机床

本复合加工中心是将金属粉末形成积层的“增材制造 (Additive Manufacturing, AM)”即激光 3D 打印的增材制造功能与 5 轴铣削加工中心的切削功能集于一身的复合加工中心。

该复合加工中心首先通过金属层积的方法使工件外形成型（通过激光器，金属粉末被逐层熔覆在基体材料上，并且与基体材料之间无气孔、无裂纹地熔合在一起。在此过程中，金属粉末成为与基体表面结合的高强度焊接。同轴的惰性气体避免熔覆过程中发生氧化。冷却后，形成可进行机械加工的金属层。通过切削加工，可加工出尺寸精度等符合要求的部件成品。也就是说，利用增材制造功能制作复杂的形状，然后利用切削功能来保证高精度。

本复合加工中心是在 5 轴控制立式铣削加工中心的基础上，增加了激光 3D 打印增材制造用的激光熔覆头。

由于不使用模具，因此具有可实现模具不可能实现的

复杂形状，以及可缩短前导时间这两个优点。不过，从单个产品的制造成本和时间来看，铸造工艺更为出色。因此，复合加工

中心适用于附加值高的少量生产部件，具体包括医疗零部件、照单生产产品以及飞机、汽车的试制部件等。

#### 复合加工中心亮点：

- 激光 3D 打印与铣削技术独一无二的组合可实现最佳表面以及最佳部件精度；
- 采用同轴送粉喷嘴的激光熔覆；
- 还可生产全套零部件；
- 无需支撑结构可实现众多 3D 几何形状，包括基底；
- 涡轮部件以及在工具和模具的修理；
- 耐磨层应用；
- 铣削和激光熔覆加工之间全自动转换的全套加工。



## 无锡光洋机床有限公司 展位号: W4-733

### KC-200 无心磨床

引进日本光洋机械工业株式会社的无心磨床制造技术, 主轴及精密丝杠等传动部件均采用日本进口, 并依托无锡开源集团公司的精密加工实力。在原有KC200系列磨床基础上, 采用高速自动上下料装置, 大大提高了生产效率。适合加工各类电机轴、精密轴等工件。



## 扬州欧普兄弟机械工具有限公司 展位号: W4-412



### L40-CNC 数控车床

带有西门子控制系统的数控平板车床, 适合小批量生产以及培训所用。

优质、高效、高性价比: 精密加工, 牢固结实的灰铸铁床身, 机床导轨经高频淬火(42~52HRC)和精磨, 精密主轴轴承, 急停按钮, 强制润滑, 主轴定位(攻丝)使用增量编码器, 正反旋转, 磨削的滚珠丝杠, 参考转换开关, 两级传动比, 电机功率转换强劲, 易于维护保养的机床防护箱体, 后部接口盖方便机床维护保养, 前门安全防护开关。



### F105-TC-CNC 数控铣床

该机为数控平板车床, 适合小批量生产以及培训所用。

牢固结实的灰铸铁床身, 机床导轨经高频淬火(42~52HRC)和精磨配合精密主轴轴承适合精密加工。急停按钮, 强制润滑, 主轴定位(攻丝)使用增量编码器, 正反旋转, 磨削的滚珠丝杠, 参考转换开关, 两级传动比, 电机功率转换强劲, 易于维护保养的机床防护箱体, 后部接口盖方便机床维护保养。

展位号: E1-306

## 安阳鑫盛机床股份有限公司

### ADPT200M 数控油管车削中心

该机床主要为油田油岩管的加工而开发, 适用于管类零件螺纹和径向孔、槽加工; 机床配有挡料、带卡盘大通径移动尾座, 可方便组成管类零件加工自动线。

本机床属于半闭环控制系统, 能够实现 X、Z、C 三轴联动, 适宜加工各种形状复杂的轴、套、盘类零件, 具有车、铣、钻、攻等功能, 也可作为通用卧式车削加工中心使用。

在机床设计中, 对主轴、床身、床鞍的刚度进行合理分配, 大大提高了整机的刚性, 确保了重切时的稳定性。本机



【数控油管车削中心】ADPT200M 样品机模拟图片

床的加工精度为 IT6 ~ IT7, 表面粗糙度  $Ra1.6-0.8\mu m$ 。

该机床工艺适应性强, 效率高, 成品一致性好, 除用于油田油管加工之外, 还广泛适用于汽、摩、航天、家电、液压气动、轴承、仪器仪表、五金阀门等制造业零件的批量加工。

## 常州克迈特数控科技有限公司

展位号: E3-602

## KEMT-MT80 立式加工中心

KEMT-MT80 铸件均采用 HT300 材质一体铸造完成, 宽大的箱式铸件结构, 合理的筋肋布局, 经过有限元分析; 超大立柱跨距, 刚性优; X, Y, Z 三轴电机与高精密级滚珠丝杠使用刚性联轴器连接, 实现电机与丝杠之间零反转间隙, 且电机与丝杠的同轴度高, 进给系统的动态响应性能高。BBT40 主轴设计, 高转速状态下加工稳定; 三轴采用高刚性精密线性滑轨, 提供高速平顺的运动表现; 高刚性线性滑轨的安装面皆经精密加工处理, 确保接触面的精度, 且提供可靠的稳定性与整体刚性表现。



## MT50B 钻铣加工中心

此设备主轴锥度采用 7 : 24 (BT40) 的加工中心, 可满足钻孔、攻丝、铣削、镗孔、铰孔、铤孔等工序零件加工要求, 专业改良的冷却系统以及多种扩张选配件能轻松实现自动化生产, 创新的 MT 系列高技术革新, 都以高效率、高精度、高刚性及较高性价比, 满足不同行业的需求。广泛应用于汽车零部件、骨科器械、IT、军工、电子、电机等领域。

## MT52A 钻铣加工中心

此设备主轴锥度采用 7 : 24 (BT30) 的小型加工中心, 可满足钻孔、攻丝、铣削、镗孔、铰孔、铤孔等工序零件加工要求。具有高速高精度、高刚性、高效率、高可靠性、高安全性等特点, 丰富的功能满足客户的需求, 同时具有多功能选配件、优越的 CNC 功能、便捷的操作性。广泛应用于汽车零部件、医疗骨科器械、IT、军工、电子、电机等领域。



## GHL20 小型超精密数控车床

此设备结构方面具有移动式操作面板、简洁大方的玻璃门、宽敞的内部空间、强大的加工能力。技术方面具有高品质、高刚性、高精度、高寿命等优势。广泛应用于航空、航天、汽车、摩托车、气动、液压、轴承、电子、仪器仪表、通信、医疗器械、电机等领域。

## AD25DS 双主轴全功能数控车床

AD-25DS 是自行研发生产的高速精密数控加工设备。该机床底座、床台采用箱形结构及强韧米汉纳铸铁 (HT-300), 一体成型铸造技术铸造。配备法那科系统电机, 巴拉法蒂刀架, NSK 轴承, 奥托博克油缸卡盘, 高刚性 45° 斜背式床台, 排屑方便, 床台导轨经中频淬火处理并精密磨削, 精度好, 适合重切削。



【双主轴全功能数控车床】  
AD25S 双主轴全功能数控车床

展位号: EI-292

## 沈阳巨浪特种机床科技有限公司



左图 VTT350, 右图 VT4545

## VT4545 型立式数控车床

VT4545 是双座标两轴联动, 半闭环控制数控车床。床身、滑座、立柱、主轴箱等大件均采用高强度铸铁材料, 造型为树脂砂工艺。直线滚动导轨, 滚珠丝杠驱动。动态特性好, 精度高, 刚性强。防护采用全封闭防护, 右开内置拉门, 独立集屑水箱, 排屑性能好。可选配伺服数控插片刀, 实现插片加工; 选配机器人实现自动上下料功能。

该系列机床可以加工各种短轴类、盘类零件, 可以车削各种螺纹、圆弧、及回转体的内外曲面、端面、沟槽。适用于批量大、加工精度高、尺寸一致性要求高的零件加工。该系列机床在国内外汽车行业应用广泛, 是一种高质量、高精度、低成本、高效率的机床。由于主轴立式安装, 避免了主轴的高速旋转惯性造成椭圆加工, 而展现出近真圆的精度。被加工件自重状态下夹持, 能保证基准面与卡具紧密贴合, 从而获得高精度、高稳定性的加工结果; 对于薄壁、不规则零件更易于加工, 上下件更容易; 对于夹持困难的不规则零件, 夹具制造更容易。

## VTT350 双刀架数控立车

VTT350 型立式刹车盘 / 飞轮专机, 是双通道系统控制: X1、Z1 两轴联动控制 1# 刀架, X2、Z2 两轴联动控制 2# 刀架, 工件装夹在主轴配上。可实现双刀同时加工不同的轨迹; 可实现双刀数控插面; 选配机器人实现自动上下料功能。与数控立车比较可提高效率 50%。

该机床可加工盘类、壳类、短轴类件的, 如齿轮、轴承、刹车盘、飞轮、轮毂、法兰盘、阀门、泵体等圆柱面, 圆锥面, 阶梯面, 球面及其它各种回转曲面类零件。

机床采用机、电、液一体化及模块化设计, 布局合理, 结构紧凑, 操作宜人, 维护方便。

铸件采用树脂砂工艺铸造, 品质高变形小, 负台湾重荷防尘直线导轨、防尘滚珠丝杠螺母, 丝杠 4 级密封防护, 导轨 3 级密封防护; 保证了导轨、丝杠的使用寿命。采用重负荷直线滚动导轨及滚珠丝杠, 具有速度快、加工精度高的特点。主轴采用高精度、高刚性角接触轴承, 并配涂德国 KLUBER 高级润滑脂, 精度高, 刚性强, 寿命长。

自动集中润滑装置, 润滑充分可靠, 润滑周期自动控制。进给轴采用高性能伺服电机及驱动器, 移动速度快, 定位精度高, 性能稳定可靠。

展位号: EI-303

## 江苏齐航数控机床有限责任公司

## CK6186\*1500 数控车床

床身排屑角度达 42° 床身后带有防水围裙与前后排水槽, 前后有 7° 排水落差。床身刚性好, 排水排屑性能优越。主轴采用三支承结构, 主支承为前支承和中间支承, 采用双列圆柱滚子轴承, 后支承为辅助支承, 主轴前后两端均采用甩油环加迷宫密封, 防水防油较好。机床标准最大承载 4t。

主电机外置, 标配 18.5kW 变频电机, 也可用户选配 11 或 15 kW 变频电机。尾座带有齿条止退机构、尾座机动移动, 尾座主轴直径 120, 尾座体主轴孔长 715, 承载稳定性提高。

纵向丝杆采用固定 - 固定支承结构, 尾座处采用开口调整垫片, 更可精准地调整纵向间隙。横向采用固定 - 浮动支承, 两端都是轴承座支承, 找正后定位销定位、螺钉锁紧, 丝杆的校正更精确。

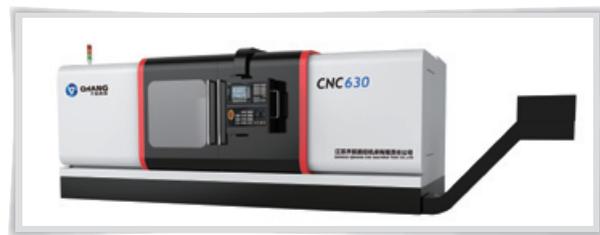


## CNC630 x 1500 斜床身数控车床

主轴箱由主电机通过窄位带将动力传递给主轴, 主轴转速通过与主轴同步运转的脉冲发生器反馈。主轴组装配前经过严格的动平衡试验, 因此主轴运转平稳, 回转精度高, 振动小。

十字拖板由大拖板 (Z 轴) 和中拖板 (X 轴) 组成。纵、横两向由各自的交流伺服电机通过联轴器与精密滚珠丝杠付链接, 从而实现进给驱动; 两拖板滑动面均贴在导轨软带, 并采取了防爬润滑措施, 润滑系统定时定量为导轨副及其它润滑点自动供给。

机床为整体铸造, 刚度高、抗振性强。40° 倾斜导轨经淬火和精密磨削, 具有很好的刚度和耐磨性。尾架套筒以油压为动力, 完成预紧工件的动作, 并能在工作中保持预紧力。套筒的运动通过脚踏开关。顶尖本身带松螺母, 以便顶尖更换时能通过拧松顶尖上的螺母将其顶出。



## 大连乾亿重工有限公司 展位号: EI-301

### CK5116A 立式车床

• 引入有限元分析法, 针对高效率、高刚性、重切削等工况特别设计。

• 机床主传动采用 ZF 变速箱, 机床主轴最大转速 400r/min。

• 立柱、底座均采用高强度铸铁及热对称结构设计, Z 轴滑枕截面尺寸 (220mm × 220mm), 支持超重切削。

• 机床横梁导轨及立柱导轨均采用大截面结构, 使机床具有较高的进给刚性。

• 主轴径向轴承采用 P4 级双列滚柱轴承, 轴向采用静压导轨, 在保证极高的回转精度的同时, 也保证了高的承载能力。

• 液压系统配有油冷机, 能有效地对机床主轴在高速旋转时产生的热量进行冷却。

• X 轴、Z 轴均采用滚珠丝杆预拉结构, 保证了高的定位精度并可补偿热变形。

### TK6920 数控落地镗铣床

床身、滑座、立柱、主轴箱等基础大件均采用高强度灰铸铁; 滑枕采用球墨铸铁, 均经两次热时效处理。



主轴采用高转速、高精度的进口主轴轴承, 并采用恒温油冷却及润滑。主轴材料采用 38CrMoAl, 经表面氮化处理并抛光, 最终硬度可达 HV900 以上。

X、Y、Z 轴均采用静压导轨, 可实现重切削; 采用光栅尺, 形成全闭环位置检测, W 轴采用编码器, 形成半闭环位置检测。

补偿系统包括主轴箱重心平衡补偿、方滑枕自重变形补偿、方滑枕加装附件补偿。

X 轴采用双交流伺服电机驱动双齿轮齿条进给机构; Y、Z、W 轴均采用交流伺服电机驱动, 由减速机和双螺母滚珠丝杠螺母副组成的进给机构。X、Y、Z 轴方向均安装有自动夹紧装置。

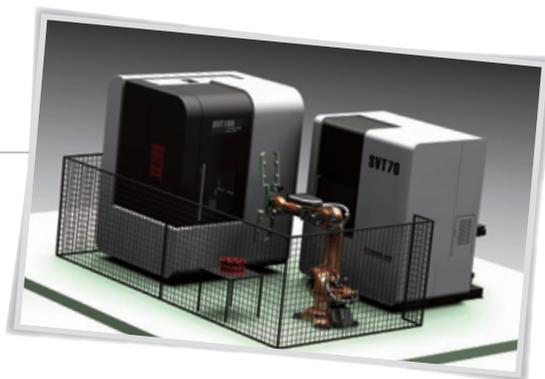
## 齐重数控装备股份有限公司 展位号: EI-251



### SVT160 × 10/8P-MC 单柱立式车削加工中心

工作台采用交叉滚子轴承作为滚动导轨, 提高了工作台承载和稳定性; 工作台主传动采用 1PH7 交流主轴电机 + 德国 ZF 两档变速箱, 实现工作台转速范围, 提高传动效率; 工作台传动齿轮与轴承润滑经过冷却装置供油至各部位, 降低温升, 减少热变形。

X、Z 轴均采用静压导轨, 提高机床的抗震性及精度稳定性; 机床配有八工位车削刀库, 车削刀库形式由滑枕内镶主轴自动换取车削刀夹, 减少了辅助时间, 提高了加工效率。



### SVT70/100 × G-NC 轮毂加工自动线

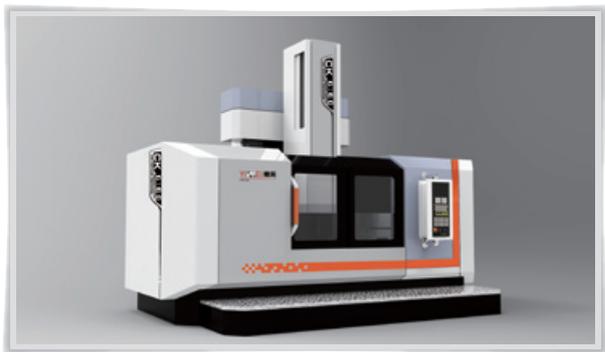
齐重数控装备有限公司适应国内市场需求, 自主研发的汽车轮毂自动线是集高效率、高精度, 智能化、柔性化为一体的新产品, 该产品替代了进口, 打破了国外技术垄断局面, 经济与社会效益显著, 综合技术指标达到了国际同类产品先进水平。

该轮毂加工自动线是齐重与德国库卡公司合作, 强势推出的一款自动化程度高、加工效率高、功能强大的现代化自动线。

自动线主要由两台高精度数控立车及工业智能机器人组成, 并可根据用户要求配备专业轮毂卡具及检测设备, 在保证产品加工高效的同时保障产品质量。

该自动线主要用于汽车铸铁轮毂、铝轮毂的加工, 整体布局设计合理。自动线通过机械手自动上下料完成零件外圆、内孔、端面的全型面加工, 并可实现工件精度的在线监测, 做到了机床柔性生产、无人化加工、智能化管理。

## 大连意美机械有限公司 展位号: EI-302



### CXK160 高速高精度车铣复合加工中心

本机床具有车、铣、镗、钻、磨、攻丝等复合加工功能，具有传动结构简单、性能稳定可靠、精度高的特点，各项性能指标达到或接近国家重大专项成果。尤其是工作台采用超高分辨率双读数圆光栅技术，使工作台 C 轴定位精度达到  $\pm 3$  角秒，横梁导轨采用滚柱型直线导轨与硬轨复合的结构形式，具有精度保持持久、刚性强的特性。配备雷尼绍自动对刀仪、工件在线检测、双向螺距补偿等先进功能，使整机具有高精、高速、智能的特点，达到当代同类产品先进水平。

展位号: EI-125

## 浙江海德曼机床制造有限公司

### HTD450 全功能精密数控车床自动化加工单元

HTD450 自动化加工单元主要针对中型盘类零件的无人化加工。主机采用双主轴双刀塔结构，主机配置伺服电主轴，主轴转速 5000r/min，换刀装置为伺服刀塔，可以实现姊妹刀功能。内置物流系统与加工区域隔离，使其得到了有效的防护。主机采用斜导轨结构，机内配置高强度防护可以适应各种高压断屑，机内配置钣金冲洗及大流量冷却系统，保证加工区域的铁屑得到适时清理。可以根据被加工零件的材质配置 70KG、35KG 高压断屑，并配置 15KG 主轴中心出水，保证各种材质和规格的零件在加工时不会形成缠屑。



HTD450 的物流系统采用内置双机械手和双料仓配置，机内配置自动翻转装置，实现从毛坯到成品的一次性无人化加工。主机在左右两侧各设置 1 个料仓，可以根据被加工零件的节拍，对料仓功能进行灵活设置。料仓规格和容量可以根据零件规格和无人化看管时间进行配置。

HTD450 为独立无人化加工单元，可以实现从毛坯到成品的一次性加工。可以用该单元组成无人化加工车间。各个单元之间通过物流和在线测量系统进行连接，是中规格盘类零件无人化加工的理想选择。

展位号: W4-715

## 青海第二机床制造有限责任公司



### QH2-M15A 数控螺旋转子磨床

QH2-M15A 是采用成型 CBN 砂轮（湿式）磨削的方法，对螺杆 / 螺旋转子类工件的齿型型线进行磨削的精密专用数控机床。

机床数控轴数为五轴 / 三联动。其中 C 轴（工件头架旋转主轴）/ X 轴（砂轮架径向移动）/ Z 轴（工作台轴向移动）为螺旋转子磨削联动轴，机床的螺旋转子槽深度由 X 轴进给完成。B 轴——砂轮架角向角度调整回转轴。A 轴——机床砂轮架主轴，实现机床砂轮的精密回转。

机床砂轮架上安装有两个 CBN 砂轮部件，分别完成转子槽的粗 / 精磨削。

本机床生产效率较高，磨削精度好，磨具耐用度好，操作简便。主要供双螺杆压缩机、冷冻机、工业泵制造业加工中小规格螺旋转子用。通过加装合适的磨具也可对一些大导程螺纹类和分齿类零件进行精密磨削。机床扩展空间大，柔性好。

## 浙江联强数控机床股份有限公司

展位号: E1-311

## LK-50T 双主轴数控车床

LK-50T 机床是一种卧式斜床鞍双主轴车床，双主轴、双排刀、双操作系统，主轴面向操作者平行布置，方便同时装卸工件。其主要针对尺寸较小的短轴类、盘类零件的外圆、内孔、沟槽、螺纹等工序的自动加工。机床由底座、主轴箱、床鞍等部件组成。

床身与底座采用一体式结构，高刚性结构设计保证机床的动、静态稳定性；主轴箱采用独特的“一箱体、双主轴”结构；大角度斜置式床鞍有效避免切屑堆积；滚珠丝杆与伺服电机采用进口联轴器连接，保证机床工作稳定、高效；采用排刀形式提升刀具的响应速度；液压卡盘保证工件装夹快速、可靠。



## LK-100T 双主轴数控车床

本机床是一种卧式斜床鞍双主轴车床，双主轴、双排刀、双操作系统，主轴面向操作者平行布置，方便同时装卸工件。其主要针对尺寸较小的短轴类、盘类零件的外圆、内孔、沟槽、螺纹等工序的自动加工。

机床由底座、床身、主轴箱、床鞍等部件组成。高刚性结构设计保证机床的动、静态稳定性；X、Z轴均采用矩形滑动导轨，精密磨削、粘贴优质导轨板，提升机床的切削刚性；斜置式床鞍有效避免切屑堆积；滚珠丝杆与伺服电机采用进口联轴器连接，保证机床工作稳定、高效；采用排刀形式提升刀具的响应速度；液压卡盘保证工件装夹快速、可靠。

## LK-5030T 双主轴数控车床

本机床是一种立式双主轴车床，双主轴、双刀架、双操作系统。机床与传统的车床相比最主要特点是主轴立式布置，充分利用机床空间，使机床更趋于紧凑。其专门针对尺寸较小的短轴类零件的外圆、沟槽、螺纹等工序的自动加工。

机床由底座、立柱、主轴箱、拖板、尾座等部件组成。高刚性结构设计保证机床的动、静态稳定性；主轴箱采用独特的“一箱体、双主轴”结构；进给导轨均采用优质直线滚动导轨副，滚珠丝杆与伺服电机采用进口联轴器连接，保证机床工作稳定、高效；液压卡盘保证工件装夹快速、可靠。



## 天津市北闸口仪表机床厂

展位号: E1-315

## CKX6150T 数控车床

CKX6150T 型数控车床适用于内外径、端面、锥面、弧面和螺纹零件高效精密加工，刀具安装方式采用 8 工位液压转塔刀架形式，也可采用排刀座形式，可安装 6~8 把刀。机床采用广州数控 980Tb2 数控系统，可依客户需要选配不同的数控系统；主轴采用交流伺服电机，启动快，扭矩大，可实现恒限速切削。

机床采用 30° 斜床身、刚性好、易排屑、便于观察。X、Z 向导轨采用 HTP 超大尺寸预加负荷直线滚动导轨。X、Z 向丝杠采用汉江最高级别 2 级精度超大直径滚珠丝杠付。该丝杠为中置式（装于床身中间），消除了扭矩，提高了传动的稳定性。机床采用整体模块铸铁，经时效处理不变形，机床还采用了超宽床身，加强了支撑刚性，提高了车削的稳定性，因此该机床可进行强力切削。床身丝杠采用了前置直板式防护（非折叠式），提高了防水、防屑能力。机床导轨丝杠均采用自动周期润滑。

机床配有液压站，采用直径 200mm（250mm）中空卡盘（也可换装液压弹簧卡头夹紧方式），可选择液压自动送料架。该机床预留安装桁架式机械手位置，方便工厂扩展自动化管理与生产，适用于自动化生产。机床采用全封闭防护，结构紧凑，占地面积小。

## 北京广宇大成数控机床有限公司 展位号: W4-701



### MGK28100/ MGK2835 高精度数控立式磨床

采用专利技术的静压回转工作台，具有高精度、高刚性、高承载力、高定位精度、长使用寿命等特点。径向跳动和轴向窜动  $\leq 1 \mu\text{m}$ ；工作台外延 1m 处端面跳动  $\leq 1 \mu\text{m}$ ；该工作台具有 C 轴数控分度功能，由大功率力矩电机直接驱动，配备德国海德汉精密圆光刷，实现角度闭环控制，可对零件内外轮廓曲线进行加工，重复定位精度达到 1 角秒。

砂轮主轴采用专利技术的动静压主轴，具有高精度、高刚性、高加工效率、长使用寿命等特点，主轴的径向跳动和轴向窜动  $\leq 1 \mu\text{m}$ 。

该机床一次装夹可以实现零件上的内圆表面、外圆表面、端面、内外台阶面、内外锥面、内外曲线表面等的精密加工。

## 北京北方红旗精密机械制造有限公司 展位号: EI-423

### H302 四工位回转式组合机床

由于此机床属于专用组合机床，所有技术参数为客户选定。我公司产品是根据客户要求来设计生产的专用设备，严格按照客户图纸及客户生产要求生产加工设备。

该机主要用于压缩机缸体曲轴孔、气缸孔及气缸面的高效、高精度的加工，曲轴孔、活塞孔两孔垂直度达到世界领先水平。机床带刀具补偿系统，有利于精镗刀具的调整，使机床具有机械微调功能，调整精度为  $1 \mu\text{m}$ 。

专用组合机床生产线，可完成从毛坯到成品机械加工的所有工序，包括钻、攻丝、车、铣、镗、铰、挖槽等工序的加工。设备具有高刚性、高效率、高精度、用人少、占地少、物流通畅、现场整洁、充分考虑生产现场的环境及安全性等特点。



## 中传重型机床有限公司 展位号: EI-123



### SVT16 数控单柱立式车削加工中心

机床是以工作台中心为对称的对称结构。立柱为热对称结构，采用整体结构提高了抗震性，立柱座落于工作台底座上，变速箱由交流变频电机驱动，无级调速，机械三档。工作台采用主轴固定型短主轴结构，轴承在承受重载时弹性变形小，提高了工作台的旋转精度和承载能力。横梁采用定梁形式，刀架水平移动为静压导轨，垂直移动导轨一侧为滑动导轨，一侧为滚动导轨，既保证了在车削过程中的滑枕刚度，又满足了进给精度。

该机床适用于高速钢和硬质合金刀具，对黑色金属、有色金属及部分非金属材料零件的粗、精加工，可进行内外圆柱面、内外圆锥面、圆弧、公英制螺纹，以及各种复杂形状的回转型面的高速加工。

## 北京北三精机数控机床有限公司

展位号: E3-391



## TC500 高速钻攻中心

专为高效率加工需求的产业所设计的优良工具机产品, 具有快速、占地小、操作简单的特点, 广泛适用于汽配、医疗器械、航天、电子等行业, 特别适合中小型板件、盘类、壳体类等复杂零件的孔系批量高速加工。机台采用超大底座宽度、Y轴大跨距以及立柱人字形设计, 保证机台能承受高G运动产生的惯量; 主轴马达与主轴采用直结式驱动, 反应灵敏, 可以6000r/min高速攻丝; 飞碟式伺服刀库, 换刀时间1.6s, 有效减少非加工时间; 主轴中心出水装置更利于深孔、盲孔加工, 减少刀具损耗, 提高孔加工精度; 三轴均采用高速线性滑轨和静音丝杠, 具有高刚性、低噪音、低摩擦、高灵敏度特点, 可提升加工速度及精度。



## VMC850 高速立式加工中心

精度、速度与刚性的最佳组合, 广泛适用于电子、模具、汽车、医疗器械、航空航天等行业的复杂箱体、壳体零件加工, 同时也可联机组成加工制造线进行大批量生产。机床采用高级米汉纳铸铁铸造而成, 三轴宽轨宽距设计, 运用有限元分析合理布局加强筋, 增强机台静刚度和动刚度, 确保整机高精度、高稳定性及切削刚性; 主轴环状冲屑装置, 能使刀具工件获得最佳的冷却效果, 提升加工质量; 三轴采用滚柱导轨, 确保机器整体精度并提供最高刚性和优秀的切削性能。

## 大连大森数控技术发展有限公司

展位号: E6-206

## DASEN3i-L/M 数控系统

2/3轴联动; 最小分辨率: 0.001mm; 快移速度: 30m/min; 内藏式标准PLC; 具有攻丝和刀库功能。其中DASEN3i-L为PLC梯形图显示与编辑, DASEN3i-M具有非线性补偿功能。

- \* 闭环控制
- \* 绝对值位置控制
- \* CF卡数据传输
- \* 伺服在线自动调

## DASEN 16i-L/M 纳米级数控系统

4轴联动, 最小分辨率: 0.000001mm, 快移速度: 120m/min, 内藏式标准PLC; 串行伺服主轴; 伺服在线自动调整功能。

## DASEN 16i

- \* 系统最小分辨率: 1nm
- \* 电流控制周期 0.005ms
- \* 伺服在线自动调整功能
- \* 高性能内置PLC, 最大容量 64000步
- \* 位置环、速度环、电流环三环一体化



## DASEN16i-M

- \* 64位+32位CPU搭载的高性能CNC
- \* 高性能总线式伺服
- \* 纳米级插补和运算处理
- \* 13或100万线绝对值编码器
- \* 高速、高精度模具加工专用ESH功能

展位号: E3-302

## 江苏新贝斯特中传科技有限公司



## NBUD650 五轴联动加工中心

NBUD 系列加工中心是高速型五轴万能加工中心。此系列机种是专为高精密且复杂的 3D 零件加工而设计。其龙门式机体结构、直连式高转速主轴、配合高速进给速率，可轻易达到高精度、高效率加工需求。

展位号: W4-263

## 湖南中大创远数控装备有限公司



## CY2235、CY2035、YKF2235 全数控螺旋锥齿轮干切机床、全数控螺旋锥齿轮磨齿机、全数控螺旋锥齿轮湿切机床

产品属于七轴五联动高精度螺旋锥齿轮加工机床。CY2235、YKF2235 铣齿机是全功能型加工机床，切削方法包括 Face Milling, Face Hobbing 及全工序法；CY2035 磨齿机磨削加工格里森齿制的各种螺旋锥齿轮。

## 哈尔滨量具刀具集团有限责任公司 展位号: W4-161



## H350C 数控螺旋锥齿轮铣齿机

H350C 数控螺旋锥齿轮铣齿机可以用 3.5" ~ 9" 刀盘加工模数 10mm 以下的螺旋锥齿轮，适合于中型汽车驱动桥和工业减速机螺旋锥齿轮的大批量加工，既适合于用传统刀盘进行湿切，也适合于采用安装刀条的新结构刀盘进行干切，既可以用端面铣齿法加工弧齿锥齿轮和准双曲面齿轮（格里森齿制），也可以用端面滚齿法加工摆线齿锥齿轮和准双曲面齿轮（奥利康齿制），精度均可达到 DIN6 级以上。H350C 数控铣齿机采用 SIEMENS 840DSL 数控系统，全闭环控制。工件主轴采用力矩电机直接驱动，提高了机床的加工精度和动态性能。机床配置了在线测量装置，可以自动进行余量分配和齿轮精度的在线测量。



## H350G 数控螺旋锥齿轮磨齿机

H350G 系列数控螺旋锥齿轮磨齿机适合于中型汽车驱动桥螺旋锥齿轮，以及工业减速机行业中模数螺旋锥齿轮的大批量生产，磨齿精度可达到 DIN 5 级以上。机床采用 SIEMENS 840DSL 数控系统，全闭环控制。工件主轴采用力矩电机直接驱动，提高了机床的加工精度和动态性能。机床配置了在线测量装置，可以自动进行余量分配和齿轮精度的在线测量。H350GA 型数控螺旋锥齿轮磨齿机的砂轮主轴配置了偏心磨削机构，主要用于高效磨削汽车驱动桥的成形法大轮。H350G 型数控螺旋锥齿轮磨齿机，主要用于磨削展成法加工的螺旋锥齿轮副，包括展成法加工的大轮，以及采用变径法、刀倾法、全工序法加工的小轮。

## 西安北村精密机械有限公司 展位号: E1-605

### XKNC-VTC-40C 立式加工中心

高速主轴即使长时间高速切削下也可以维持稳定的精密度。主轴具有可轻松进行更换的设计, 可以安装减小主轴热变形的油冷机(选配)。

合理的机械结构、采用大型底座及立柱铸件构造, 充分宽度的进给结合面, 可保障稳定的重切削和高速、高精度加工。

完善的刀具交换方式, 刀具交换可靠、快捷, 大大缩短准备时间。刀库旋转轴由伺服电机控制, 具有优异的增加减速性能。小间隙、高刚性的传动机构, 运转可靠, 易于维护、维修。

### XKNC-50G 排刀车床

XKNC-50G 主轴通孔直径  $\phi 30$  规格, 铸铁床身, Z 轴双山形设计, 可加装动力卡盘, 继承了 XKNC-20G 的高精度性能以及 XKNC-100G 优越的切削能力, 更适合于光学、汽车、微电机、轴承等行业应用, 配置精密气动卡盘等特殊工装, 能更好地防止零件变形, 更擅长精铸、冷压等薄壁类零件的高精密加工。

### XKNC-100GS 双主轴数控排刀机床

100GS 结构形式为在 100G 机床的上导轨上增加一个 8 工位的刀塔, 代替排刀刀座。安装一个具有让刀功能的副主轴, 并在机床主轴箱侧面固定一个刀板, 可安装刀座对机床副轴的零件进行加工。该机床解决工件在一次装夹下的二序加工问题, 具有刀具装卸和调整方便、换刀快速、定位精度高、生产效率高、可实现一人多机操作等优点。

### Brother M140X1 复合加工机

M140X1 是增加了车削功能的小型复合加工机, 最适用于批量零部件的加工。

新开发的 ATC 刀库: 围绕立柱的六角形刀库可以实现刀具的高速交换。刀具装载把数为 22 把。

高性能内嵌 DD 马达: 由于是新开发的高速、高输出内嵌 DD 马达, 得以实现高效率的车削加工。最高转速可达为 2000r/min。

将需要分开加工的工序集约到 1 台机器上操作, 可以削减机器之间的手动操作时间, 能更有效地为客户提供所需要的高效加工。

搭载新开发的“CNC-C00”控制装置, 大幅提升处理能力以及性能的同时, 在提升用户操作性能上也有了显著进步。除 USB 插口、菜单编辑、攻丝返回功能以外, 还配备了能够快速切换至想看画面的 < 快捷键方式 > 功能和更加易于管理程序的子文件夹功能, 大容量的程序也能



通过以太网高速传送。此外, 还配备了能在电脑上显示机器生产监控画面的简易生产监控功能。

### NOG350XAB-F 磨床

本机床适用于加工工件的端面和外圆磨削, 也可以进行圆锥形工件磨削。机床采用双 V 型对称导轨, 确保了机床的定位精度及稳定性。所有接触面及导轨面均采用手工精心刮研而成, 可提高机床的使用寿命, 真正确保机床能够长期稳定进行高精度磨削。机床采用长岛独立研发设计的机械结构, 可以实现最大角度的锥度磨削。工件有多种夹持方式: 双顶尖、三爪卡盘、弹簧夹头等。

机床前后、左右轴均配有电子手轮, 可三档位切换 0.01mm/0.001mm/0.0001mm。机床配有 10.4 寸彩色液晶触摸屏, 可实现人机对话、操作简便, 通俗易懂。机床采用全自动润滑装置, 具有油量不足自动检测报警功能。

工作台采用伺服电机 + 滚珠丝杠驱动, 也可由电子手轮脉冲驱动。

展位号: W4-411

## 江西杰克机床有限公司



## MK8260B 数控曲轴连杆颈磨床

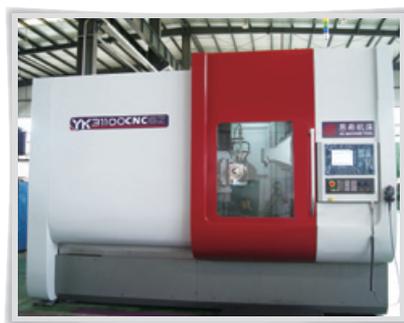
砂轮架主轴系统采用具有自主知识产权的液体动静压轴承主轴（专利号：ZL 2011 2 0025461.6）。

头架、尾架采用主轴电机驱动，转速为 5~500r/min。主轴电机由数控系统控制，实现头、尾架同步转动；并能在磨削过程中根据磨削工艺自动变换转速。头架、尾架主轴系统采用我公司的静压轴承主轴。

砂轮修整器安装在砂轮架后面，金刚刀片修整砂轮，通过 U 轴与 W 轴联动，能对砂轮实现外圆、圆弧的修整。采用了自主设计与制造的自动分度机构和自定心跟随中心架。机床可实现自动夹紧工件。测量系统选用中原精密有限公司的径向和轴向测量仪。

展位号: W4-153

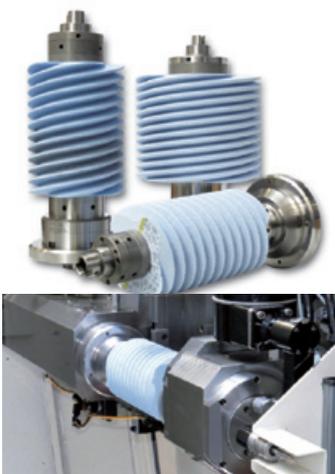
## 北京若墨自动化设备有限责任公司



## YK31100CNC6Z、YK3132CNC6Z 直驱式全数控高效精密滚齿机

采用了先进的直驱技术，6 轴数控，4 轴联动，3 轴耦合，使用直接安装在主轴上的同步主轴电机驱动滚刀轴，用大扭矩力矩电机直接驱动工件轴，取消了传统数控滚齿机中的所有传动链，消除了机械传动所带来的传导误差和间隙；刀具和工件的运动关系由数控系统中的电子齿轮箱以电子耦合的方式精确控制，滚刀轴和工作台的位置反馈元件同轴安装，实现了真正意义上的全闭环，因此，极大地提高了分齿精度、滚刀轴转速和工作台转速。生产实践证明，直驱式全数控滚齿机的经济加工精度达 6 级，生产效率比传统机械传动式数控滚齿机提高 10 倍以上，适用于轿车、重卡、摩托车、拖拉机、农业机械、农用车、工程机械等齿轮加工行业。

## 卡帕耐尔斯 展位号: W1-701



到目前为止带干扰结构齿轮的硬精加工，大多数是采用不连续的成型磨工艺或是珩磨工艺实现的。

与不带干扰结构齿轮的连续磨相比较，这两种的加工工艺在生产效率和经济成本上都存在不足之处。

迄今为止，还没有相应合适的磨齿机能够连续磨削加工带干扰的齿轮工件，不能满足刀具与工件驱动器在高动力上的要求。

现在，卡帕耐尔斯的一项新研发成功地填补了这项空白，把连续磨削工艺合理地使用在带干扰的齿轮硬精加工上。

KX 160 / 260 TWIN 机床使用一个高速的刀具轴和一个直径为 60 毫米的刀具，首次实现了对带干扰齿轮的连续磨削。

使用磨削刀具的最大宽度可以到 160mm，在批量生产上能达到公认的高精度质量要求，节省加工时间和降低加工成本。

## 南京四开数控装备制造有限公司

展位号: E3-613



### GD800 高速数控雕铣机

GD800 适用于模具的高速高精加工，一体式立柱横梁结构，满足切削时对刚性的要求；高刚性床身设计，保证加工稳定性，便于铁屑清理；整机 ANSYS 专业静态分析，保证结构处于最优化状态；全新美观外观设计，便于操作并利于提高加工效率。

## 苏州新火花机床有限公司

展位号: W4-316

### M332S/W6 M3 系列普及型中走丝线切割机

☆变频调速系统：运丝速度由计算机编程控制，共四档；手动档：丝速在 0~11m/s 范围内，可手动无级调节。

☆创新的半自动上丝，水嘴采用慢走丝结构，无需穿孔，只需简单将钼丝搭挂在导轮上，操作简便。

☆高精度台湾产直线导轨，手动运动润滑泵，保证多次切割功能长期稳定可靠。

☆具有系统故障自检测功能。

☆具有智能加工工艺数据库，常用加工参数数据库及客户自编参数数据库。

☆含七项核心技术发明专利。



### SPM430 数控镜面电火花成型机

☆三轴精密滚珠丝杆及线性导轨结构，日本交流伺服电机直接驱动，编码器反馈控制，检测分辨率 0.4 μm，机械控制当量 1 μm。

☆超精镜面加工电源，最佳表面粗糙度 Ra < 0.1 μm。

☆硬质合金及石墨等专用加工电源回路，主轴高速抬刀，高速伺服功能，适用于大深径比窄槽窄缝加工。

☆智能化专家加工工艺数据库，适应不同加工材料，不同电极材料，不同速度，不同损耗等多方面应用要求。



### M735/W7M7 系列 T 型床身精密型中走丝线切割机

☆机床整体 C 型结构设计；床身三点支撑、T 型结构，X、Y 轴行程全支撑，运动精度相当于国产慢走丝机床。

☆ X、Y 轴数字式交流伺服驱动，全闭环及半闭环反馈控制，控制精度 ≤ ±0.005mm。

☆各轴有螺距补偿功能，保证机床精度。

☆（创新）半自动上丝，水嘴采用慢走丝结构，无需穿孔，只需简单将钼丝搭挂在导轮上，操作简便。

☆最新 Windows2007 操作平台，中走丝数控软件，全功能数控；嵌入式工业控制计算机，模块式运动控制卡等硬件结构，先进、可靠。

☆具有故障自诊断功能。





## 金华市纳百川机械有限公司 展位号: E3-616

### NBS2000CNC5 数控拉刀刃磨床

本机床主要用于刃磨各种圆拉刀、直槽平拉刀，斜槽平拉刀，键槽拉刀前刃面刃磨。机床为全封闭湿磨，配置静电吸雾装置。

本机床结构新颖，外型美观，功能完备。手动上下工件，全自动磨削。

机床采用 CBN 砂轮端面干涉修磨，配以国外主流加工工艺，磨削拉刀精度高，效率高。同时机床还配置有马波斯测头，满足对不同拉刀的自动测量要求，提高加工的精度和效率。

机床数控回转轴使用进口蜗轮蜗杆，保证了回转角度精确和重复定位精度，分别达到  $0.015^\circ$  和  $0.01^\circ$ 。机床导轨和主轴带有自动集中式润滑系统，无油时系统自动报警。

机床配置高精度的 SIEMENS 数码伺服系统，由微处理器控制，并配有最新的驱动技术。数字交流伺服电机驱动 3 个直线轴，分辨率为  $0.0001\text{mm}$ 。

拉刀磨削采用自主研发的拉刀磨削软件 and 用户界面，测头自动测量出工件参数，数控系统完成全自动的磨削工作循环，操作简单、实用，使得拉刀的磨削精度稳定可靠。

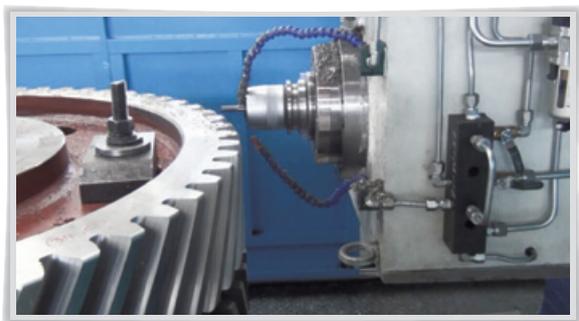


### NUG250CNC 数控万能工具磨床

本机床主要用来加工立铣刀，球头铣刀，丝锥，阶梯钻，铰刀，成型铣刀，深孔钻，旋转锉，插齿刀，刀片等各种复杂刀具。手动上下工件，全自动磨削。

机床配备基于 WINDOWS 平台的 NUM 数控系统，控制系统稳定，操作便捷。磨削软件采用最新瑞士 NUMrotoplus 磨削软件，可以实现对工件加工状况作 2D 和 3D 模拟。只需输入刀具和加工参数，数控系统就能完成全自动的磨削工作循环，操作简单、实用。刀具的磨削精度稳定可靠。

## 南京工大数控科技有限公司 展位号: W4-262



### SKXCF-2000W/16 人字齿复合铣削中心

本机床是为加工通用圆柱直齿轮及小（零）退刀槽圆柱人字齿轮专用齿轮铣床。机床具有以下特点：

机床可配备盘铣刀主轴箱和棒铣刀主轴箱，通过更换主轴箱可实现普通直齿和人字齿铣削。各个主轴箱具有独

立的定位止口和连接法兰，可实现主轴箱的更换，主轴箱自动定位，更换后无须重新找正。

机床径向及轴向采用滚滑复合导轨，具有滑动导轨的高刚性和阻尼；双蜗轮副液压消除转台；盘铣刀主轴箱与拖板直连，保证机床重载切削稳定性。

机床径向及轴向采用滚滑复合导轨，兼具滚动导轨的低摩擦系数；双蜗轮副液压消除转台；机床具有很高的定位精度和重复定位精度，棒刀加工精度 7 级。机床径向及轴向采用滚滑复合导轨，保证机床重切稳定性同时，使机床获得更高的进给速度，满足人字齿铣削的效率，主要进给轴的进给速度均可达  $3000\text{mm}/\text{min}$  以上。

完全独立自主开发的软件具有良好的人机界面，具有容错检查等功能；通过软件的工艺数据库可按照用户要求自动生成各类齿形的棒刀包络轨迹，利用通用棒铣刀实现复杂曲面的包络加工。

## 泰州市东方数控机床有限公司

展位号: W4-302

### DK7732ZG 全伺服数控中走丝线切割机床

该产品集三项国家发明专利和一项外观专利于一体, 采用 C 型立柱, 直线导轨, 独立悬挂式锥度头, 四轴交流伺服直联驱动, 激光检测精度补偿, 双向张力控制, 无噪音抽屉滑轨防护罩, 双开门视窗液槽, 自动稀油润滑系统, 经典外观设计。整体刚性好, 精度稳定, 操作方便。配有自主研发的 MNC-C04A 智能数控系统, XP 操作平台, 编程一体化; 具有高速切割、多次切割、锥度切割、原点记忆、螺距反向间隙补偿、无条纹修蚀等功能及丰富的手控盒功能。

### DK7732ZT ± 30° 大锥度中走丝线切割机床

该产品采用 C 型立柱, 十字滑台, 直线导轨, 四轴混合电机驱动; 连杆摆动机构和随动环状喷水装置为大锥度切割提供保障, 双开门视窗液槽, 圆弧型床身防护罩。机床整体刚性好, 精度稳定, 操作方便。配有自主研发的 MNC-C04B 智能数控系统。具有大锥度切割、多次切割、原点记忆、棱角清根等功能。

### DK7635 精密数控单向走丝电火花线切割机床

该产品采用 T 型床身, 十字滑台, 进口直线导轨和滚珠丝杠, XYUVZ 均采用松下交流伺服电机驱动, 通过进口磁粉离合器等控制回路实现恒张力控制和调节。配置台湾进口高效低能耗慢走丝专用控制系统和多级过滤恒温水处理系统, 可实现高精度、高效率的切割加工。智能化的工艺数据库, 更为操作者带来了意想不到的方便。

### DX5050 高速模具雕铣机

该产品采用纵床身定门横梁结构, 大件树脂砂铸造, 数控化加工, 三轴均配进口直线导轨、精密滚珠丝杠和 NTN 丝杠专用轴承, 双向预拉伸定位, 进口交流伺服电机驱动, 传动精度高, 热变形小, 抗冲击和振动能力强, 精密高速电主轴, 动态响应性能好, 高速加工稳定。标配对刀仪和主轴油冷机, 全封闭防护, 自动稀油润滑系统。配台湾新代或宝元数控系统, 具有原点记忆、螺距及反向间隙补偿、自动对刀、智能换刀、手轮加工导航等功能, 可完成高速雕铣、钻、抛光等加工。



### NH400 电火花线切割机

该机具有精密、自动化程度高和操作方便等特点: 采用顶级导轨丝杠, 高精度工业母机加工全程减少人工因素; 高刚性设计, 保持精度持久不变; 全交流伺服电机可选装 5 轴光栅

## 北京凝华科技有限公司

展位号: W4-316

尺闭环控制; 电控自动恒张力系统; 精密级过滤水箱, 支持 2 级精密过滤、高压冲水; 0.1 微米脉冲指令。

加工中可编程自动改变加工参数; 一键启动加工, 自动延时顺序开冲水、丝桶、高频; 智能防撞, 移动中自动检测钼丝是否碰到障碍, 避免拉断; 具备圆孔、圆柱、槽自动找中心和碰边定位功能。

采用工业 windows 系统, PC104 工业接口, 高可靠性; 酷睿级工控机 +32 位 DSP 上下级架构, 扩展性优越; 全表面贴装大规模集成电路, 稳定可靠; 电子手轮, 精确 1 微米操作移动, 操作方便准确兼容内嵌任何编程系统, 方便客户习惯使用; 兼容 G 代码、3B 代码; 脉冲宽度 1us-2000us 可任意设定; 快速移轴, 空走移动速度: 10m/min; 具有单段修刀功能。

## 台州北平机床有限公司 展位号: E3-B11

**BP5/BP8 全自动数控外圆磨床**

BP5/BP8 高精度数控外圆成型磨床主要应用在棒料前道准备工序上, 此外还是加工冲针、复杂形状模具和大长径比工件的理想机型。

多功能的机械手和在线测量选件, 方便进行从小批量生产到长时间无人自动化运行。专业的砂轮平衡力磨削工艺是保证工件同心度的成熟技术。五轴联动可以磨削平面和非圆的凸轮曲面。

北平机床 BP8 数控磨削软件可实现粗精磨轴同步高速精密磨削。选装光栅尺能够提高插补精度, 保证很高的零件锥形、圆形磨削的精度和表面粗糙度效果。

BP8 新增的功能特色, 增大了机床小批量零件加工灵活性, 从而能够生产出远超想象的工件。

◎粗精磨头同步高速精密磨削技术提高了传统磨削 3-5 倍的磨削效率。

◎粗磨头磨削角度调整机构是轻松实现磨削平衡力变化的先进磨削技术。

◎磨床机外编程平台界面智能直观, 可提供无限的加工外形可能性。

◎数控 A 轴可以磨削平面或偏心工件。

◎可升降的柄部支撑系统可磨削头部比柄部大的工件。

**MJS3L 数控丝锥铲梢磨床**

适用于 M3-M20 直槽、螺旋槽丝锥产品的切削刃(铲梢)全自动高效精密磨削。专利设计的平推式自动上料机构可进行从小批量生产到长时间无人自动化磨削。

**BPX5 五轴数控工具磨床**

北平机床 BPX5 是基于同一个结构平台而为不同用户群开发的具有不同使用功能的经济高效的工具磨床; 配备北平机床自主研发的刀具磨削软件, 磨刀就变成是一种艺术, 无论是简单的普通刀具或复杂的成型刀、不规则刀具, 皆可迎刃而解; 配备 3D 刀具自动量测系统, 无论是制造 / 修磨刀具均可自动量测完成, 开始磨削; 利用 3D 软件模拟刀具磨削, 使操作人员快速制造出最完美的刀具; 适用于医疗刀具、铣刀、铰刀、钻头、阶梯钻头、成型木工刀等各种非标成型刀具的自动高效磨削。

**WMS3 数控丝锥、铣刀外圆磨床**

WMS 系列数控外圆磨床适用于丝锥、铣刀、复杂轴类零件、非标刀具的外圆全自动精密磨削。

选择北平机床专利设计的平推式自动上料机构、数控三轴机械手、NACHI 六轴多功能机器人和在线测量选件, 可进行从小批量生产到长时间无人自动化磨削。

三轴联动可以磨削非圆的凸轮曲面。选装 HEIDENHAIN 光栅尺能够提高磨削插补精度, 保证很高的零件锥形、圆形磨削的精度和表面粗糙度效果。

## GF加工方案 展位号: WI-401

### 全新慢走丝线切割机床 CUT E350

2015 年伊始，有着 60 多年电加工经验的 GF 加工方案（GF Machining Solutions）推出其全新慢走丝线切割机床 CUT E350，完全迎合小型加工工厂和模具制造商在有限的投资下，做到高效和准确复杂形状的切割需求。

（1）集成防撞保护 (ICP)。CUT E350 符合人体工程学，改进的机床设计最大限度地减少空间需求，高刚性的结构可以精准地切割大而重的工件。CUT E350 具有的集成防撞保护 ICP 功能，使 X、Y 和 Z 轴上可以在碰撞的情况下保护机床。这样，因为不用担心维修的成本和停机时间，操作人员就可以更有信心地工作，从而提高生产率。

（2）简单易用的人机界面。CUT E350 具有新型人机界面，19 英尺的触摸屏和捏拉效果带来的高精度和直观性便于快速学习。CUT E350 配有新的单手使用的手控盒，只要一点击，就能加工完美的冲头、凹模、模具和零件。AC CUT HMI 可以快速编程多型腔和多个工艺的文件，智能的人机界面能够在面对紧急情况下，使生产中的工作切换。在断电的情况下，每一刻每一参数都会记忆以保证恢复。我们的能量专家优化切削的参数能够适合不同的高度和特别复杂的形状。



（3）专注于提高生产率。CUT E350 在设计上专注于生产率的提高，和同级别的机床相比，集成的加工工艺可使加工时间减少 18%。CUT E350 具有高切割性能，机床根据加工路径自动选择最佳的切割工艺，拐角策略自动调整切割参数，以达到尖锐的角和完美的品质细节。为了获得最佳的生产率和优化的速度、精度和表面粗糙度，CUT E350 可配专有的 AC CUT VS 电极丝，可加快切割速度，降低工件成本 20%，增加产量 28%。

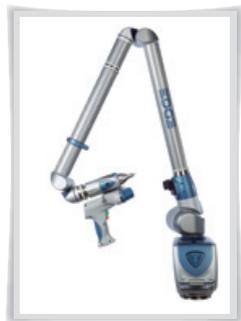
## 法如科技 展位号: W3-502

### FARO® Edge ScanArm HD 扫描测量臂

全新的 FARO® Edge ScanArm HD 测量臂将全新 Laser Line Probe 激光扫描头的强大功能与 FaroArm® 测量臂的灵活性结合在一起，成为世界上具有最优性价比的高性能接触式 / 非接触式便携式测量系统。

ScanArm HD 将快速的点云捕获性能、极佳的分辨率和较高的精确性集成在一个紧凑、轻质和易用的系统之中。这些新功能可以让用户无缝地扫描不同表面的材料，无论具有怎样的对比度、反射率或部件复杂性，都不需使用任何特殊涂层或放置靶标。

为满足着客户最迫切的应用需求，ScanArm HD 具有较大的表面扫描范围，能够以极快的速度提供高清数据，性价



比非常高，能够让客户缩短现场测量时间，扫描极具挑战性的材料并极大改进其产品和流程。

超宽的扫描幅度和较快的帧速率能够扩大扫描范围和缩短扫描时间，从而提高了生产率。由于每行的实际扫描点可达到 2,000 点，同时凭借蓝色激光的降噪技术，复杂部件的详细特征也能被轻松捕获。利用新增加的十字型光斑特性，以及现有的能够提供实时扫描反馈的 LED 测距功能，用户可以大大缩短所需的培训时间。

ScanArm HD 是产品开发、检测和质量控制的理想工具，具有将点云数据与 CAD 模型进行比对、快速成型、逆向工程及三维建模等功能。

除了 ScanArm HD 以外，FARO 还将在现场展示其他屡获殊荣的测量解决方案，包括 FARO® Prime 便携式测量臂、FARO® Laser Tracker Vantage 激光跟踪仪和 FARO® Gage 三坐标测量机。

## 哈斯 展位号: W3-201

### 全能型加工中心 UMC-750

哈斯将在本届 CIMT 面积逾 300 平方米的 W3-201 展位上展出包括 DT-1、VF-2、VF-2SS、VM-3、VF-5/50、ST-10、ST-20Y、DS-30SSY 以及 UMC-750 在内的立式加工中心、车削加工中心等共计 9 台。

其中，全能型立式加工中心 UMC-750 中国首秀将成为业界瞩目的焦点，对于中国市场越来越多在“3+2”和“全 5 轴”加工方面的需求，UMC 系列的经济性和优良性能或将令哈斯在多轴及多面体加工领域占得一席之地。UMC-750 在加工多面型或结构复杂的工件时，能够有效减少装夹次数、提高精度。特有 40 锥度立式加工中心，加工行程为 30" x 20" x 20" (762 x 508 x 508 mm)，配备一体式双轴有耳转台。全系机型均采用高性能同轴直驱主轴，标配 40+1 刀位侧挂式刀库。标配的双轴有耳转台几乎能够任意角度定位工件，便于进行 5 面 (3+2) 加工，



或实现轮廓铣削及复杂加工所需的 5 轴联动。该有耳转台倾斜角度区间为 +110° 至 -35°，并且能够实现 360° 旋转，创造出充足的刀具避让空间和加工大尺寸零件的能力。转台尺寸为 630mm x 500 mm，带有 T 型槽和一个的精准导向孔，便于自由安装夹具。

## 海克斯康 展位号: W4-222



### 电极自动化检测方案：实现电极检测与加工制造的自动化整合

针对电极检测和电火花加工的高节奏需求，海克斯康计量推出的电极自动化检测方案，将 GLOBAL Silver 等三坐标测量机与机器人、RFID 技术、PC-DMIS 测量软件、自动化车间管理软件系统整合到一起，实现检测与加工的自动化。

该方案所有的动作均可交由机器人执行，主要应用特点如下：①利用 RFID 扫码技术，识别电极并调取电极对应的检测程序；②机器人负责电极从电极料库到测量机之间、电极料库到 EDM 之间的装载和卸载；③几个甚至一个测量程序应对所有不同的电极工件检测；④利用 PC-DMIS 和自动化车间管理软件系统，EDM 自动调用检测结果中电极的偏置误差，将其补偿到找正加工中，实现更高精度的加工；⑤提供定制化的可视化检测报告。

根据配置不同，海克斯康计量电极自动化检测方案可实现半自动化或者无人化全自动检测和加工过程。



### Leica 大尺寸空间自动化测量方案

通过整合机器人、CNC 等自动化加工设备技术，Leica 激光跟踪仪将其大尺寸手动测量领域扩大至自动化测量领域。

Leica 大尺寸空间自动化测量方案的工作模式主要具备以下特点：通过触发传感器或者激光扫描仪，在生产线上实现工件质量的自动化监测；可通过导轨系统扩展自动化测量量程；便携的柔性测量方案。激光跟踪仪位置独立于机器人系统，可根据需要任意变换位置，且设备和 T- 系列测量附件随用随装，既可以实现自动测量也可用作手动测量。

Leica 大尺寸空间自动化测量方案的精度仅与 Leica 激光跟踪仪精度有关，机器人或 CNC 只是自动化运动载体。该方案可完成特征测量、坐标系对齐、GD&T 形位公差评价、SPC 统计分析、出具报告等测量任务。

## 号恩 带采用英寸级宽度附加选件的 S100 切槽系统 展位号: E11-303

HORN 的 S100 切槽系统已经过扩展, 其中采用了久经考验的几何槽型和新型涂层, 可以实现 1/8 英寸 (3.18 mm) 槽宽度。该系统的真正增强之处在于采用新型 S100 切槽刀片, 其特点是通过切屑表面实现集成冷却液供应, 从而确保在深切入时达到最佳冷却效果。

S100 系统提供各种几何槽型和涂层组合:



- .EN 几何槽型搭配 AS6G 涂层, 在中等和高强度下可实现高进给速率, 适用于深切入和切断。
- .3V 几何槽型搭配 HP65 涂层, 在

良好切屑控制下可实现中等进给速率, 专用于不锈钢。

- .FY2 几何槽型搭配 Ti25 涂层, 在良好切屑控制下可实现较低到中等的进给速率, 专用于不锈钢。
- .E 几何槽型搭配 AS65 涂层, 在良好切屑控制下可实现较低到中等的进给速率, 专用于切断、轻切削。

切削刀片属于 S100 英寸系列, 具有内部冷却液供应, 可以在切削区域进行有效冷却。冷却液喷嘴直接作用在切削区域。喷嘴形状可以确保冷却液喷嘴对准目标, 从而帮助切屑形成并能降低切屑堆积的可能性。这还会显著减少堆积边缘的形成并能减少切削刃磨损。与传统冷却相比, 这种冷却方式可实现更高的切削参数并能延长刀具使用寿命。具有内部冷却功能的刀杆可以提供右手和左手设计。使用螺钉夹或自夹紧装置可以较高的重复精度进行简单的刀片更换。

## 山高刀具 展位号: E11-303

### JABRO® JPD 和 JC 复合材料立铣刀

山高已优化了其复合材料加工立铣刀产品系列, 其中包括两组新立铣刀和四个新槽型。这些槽型专门用于切削碳纤维和玻璃纤维复合材料, 以及碳纤维增强塑料 (CRFP) 和其他此类材料。第一组立铣刀 JPD 包括带有聚晶金刚石 (PCD) 焊片的整体硬质合金立铣刀, 而第二组 JC 包括一系列先进的整体硬质合金立铣刀。所有四个槽型均具有先进的特殊设计, 以实现高效加工。因此, 复合材料工件可保持完好无损并具有非常干净的切断纤维。经过 PCD 焊片处理的主刀体包括内冷通道, 可提供彻底的排屑和除尘。



对于这款方肩立铣刀, 山高在不同的角度方向上安装了刀具的 PCD 焊片。一个位于中央位置 (相对于中线为 0° 角), 一个位于上切位置, 另一个位于下切方向。这种定位可以在侧铣或槽铣时防止碳纤维材料分层。

### JPD850

这款带有 PCD 焊片的球头立铣刀提供中心切削能力并采用导向每个焊片的内冷通道。压缩空气流经这些通道, 可以有效地从切削区排出碳纤维粉尘并防止立铣刀过早磨损。

### JPD880

对于这款方肩立铣刀, 山高在不同的角度方向上安装了刀具的 PCD 焊片。一个位于中央位置 (相对于中线为 0° 角), 一个位于上切位置, 另一个位于下切方向。这种定位可以在侧铣或槽铣时防止碳纤维材料分层。



### SQUARE T4-08 玉米铣刀

该玉米铣刀采用新型创新刀片安装样式, 用于具有四个切削刃能力的特制刀片。因此, 在对难加工材料进行粗加工和半精加工时, 新型 Helical T4-08 能够提供更长的刀具寿命、强度、稳定性和刚性轴向刀片支撑。

山高设计的刀具刀片座可使刀片立装, 这样刀片座所需的空间可以减少, 从而在刀体上保留了更多的芯部材料。这种质量提升并增强了它们的减振能力, 反过来又使其能够更强力地运行并生成更为平滑的表面粗糙度。除了出色的刀片支持, 立式安装可有效抵消切削力, 在实现安全可靠加工的同时延长刀具寿命。这些品质使 Helical T4-08 成为山高旋风玉米铣刀系列的绝佳补充和 2D 定向仿形铣削应用的首选。

Helical T4-08 玉米铣刀的刀片拥有四个切削刃, 能够提高成本效益并使该刀具成为采用全有效切削长度进行轮廓铣的首选。该刀片通过两个基本槽型样式以及一系列可用的圆角半径和铣削材质等级来提供通用性。两种槽型样式上的修光刃确保了优质的零件表面粗糙度, 而正前角可提供平滑切削作用并有助于进一步延长刀具寿命。

Helical T4-08 的理想应用包括钢、不锈钢和铸铁, 以及高温合金等粘性、高磨蚀性材料的槽铣、方肩铣、圆周插铣和摆线铣加工。山高还提供了具有两种齿距类型的新刀具, 即正常齿距和密齿。正常齿距适用于槽铣和轮廓铣加工, 而密齿仅适用于轮廓铣。

## 山特维克可乐满 展位号: E4-801



## CoroMill Plura - 值得信赖的铣削利器

粗加工的重点无非是在使切屑飞溅的同时不影响加工安全性或不产生不受欢迎的加工中断风险。作为粗加工的首选整体铣刀，新型 CoroMill Plura 重载 (HD) 立铣刀能够提供重载粗加工所需的可靠性，即使在无人操作机床时也不例外。借助可预测的刀具寿命，生产规划变得简单，刀具断裂也不会使加工停止，即使在单位时间产量非常高时亦是如此。

CoroMill® Plura HD 的优点：

- 可预测的长刀具寿命；
- 出色的金属去除率和高加工安全性；
- 切削参数范围广，因此容易选择和使用。



## GC 4305 - 用于钢件的刀片材质

如果您能够提供良好、稳定的工况，则 GC4305 将回报给您最高的金属去除率。GC4305 在高温和高速条件下有出色的表现，在钢件车削应用中能够高效地切削部件。GC4305 采用 Inveio™ 技术，是确保高耐磨性和长刀具寿命的刀片材质组合中的最新成员。

GC 4305 的优点：

- 在稳定工况下能够实现高金属去除率 —— 在高切削参数下有出色的表现，以缩短生产节拍；
- 能够承受高温 - 可实现长时间连续切削。



## CoroDrill® 870 - 用于加工带阶梯或倒角的孔的钻头

多合一工序

按照惯例，加工阶梯孔或倒角孔意味着钻孔工序需要结合使用附加刀具。为了减少刀具库存并优化总生产节拍，CoroDrill® 870 产品目前已扩展至包括可换头钻头，只需一道工序便可加工出阶梯孔或倒角孔。

带来的好处：

- 更短的生产节拍和更低的单件加工成本；
- 安全、可靠的切削过程；
- 轻松装卸，安全的钻尖更换；
- 可预测的长刀具寿命；
- 经过优化的排屑性能。

## 伊斯卡 展位号: E4-601

## BLP 高效仿形风火轮球头铣刀

伊斯卡推出全能型 240° 风火轮球头铣刀 BLP 系列，夹持三个可转位双面铣刀片。为实现高效加工，控制加工成本，三个刀片切削刃采用了全效率、带分屑槽的高效率设计。此外，新型铣刀体带内冷却通孔，冷却液直达切削刃。BLP 铣刀可应用于多种仿形铣削工艺及各种工件材料的加工。BLP 铣刀的大进给能力使得生产率非常高，同时降低了切削力，这大大提高了切削加工过程的稳定性，消耗功率更低，刀片寿命更长。



## 更小直径变形金刚立铣刀系列

应全球市场需求，伊斯卡进一步拓展了其颇受欢迎的变形金刚立铣刀 (MULTI-MASTER) 的范围，为硬质合金刀头的连接螺纹引入了 T04，该螺纹是变形金刚立铣刀规格最小的连接螺纹。新铣刀头及刀体拓展了变形金刚立铣刀 (MULTI-MASTER) 的应用范围，使得此模块化系列通用性更佳。



### 小孔径加工解决方案

伊斯卡进一步拓展了其内孔镗削应用范围，为小孔径镗削增加了两款带内冷却通孔的内孔切削刀杆及新型小规格刀片。首先是前沿的伊斯卡内孔切削刀杆，用于小孔径的加工，可选用钢质杆及硬质合金杆，内冷却通孔使得冷却液能准确送达刀片切削刃；其次是夹持负型（双面）刀片的刀杆，最小加工孔径  $D_{min}=12mm$ 。与前述新产品相同的是，可选用钢质杆及硬质合金杆，内冷却通孔使得冷却液能准确送达刀片切削刃。



## 泰珂洛超硬工具（上海）有限公司 展位号: E4-412

### FixRMill 可转位圆刀片铣刀

FixRMill 是一款圆形刀片的铣刀产品线，设计用于三维仿形铣削。用途广泛的 FixRMill 可进行仿形铣削、方肩铣削、铣槽、斜坡铣削、插铣、横向和螺旋进给。FixRMill 可以让最终用户转位刀片多达 6 次。对于切深更大的复杂 5 轴零件，可以对刀片进行至少 3 次转位，是最终用户进行三维仿形铣削加工的理想选择。

### DoOcto 八角面铣刀

DoOcto / DoQuad 拥有多个角的双面负角刀片具有良好的经济性优势，自从发布以来已经在市场上获得良好的赞誉，现在已扩充了 2 种八角的正角单面刀片可安装在现有刀体上。

当前 DoOcto / DoQuad 产品线阵容中的刀片种类达到 4 种，包括现有的两款经济型双面负角刀片，其适合于加工钢和铸铁。而单面八角刀片的扩充加入，使其该系列产品线适用于更宽的面铣削加工领域，产品种类的丰富给用户带来了更多选择。

### TungFineBall 高精度可转位式立铣刀

2015 年初，泰珂洛公司推出了全新高精度可转位式立铣刀 TungFineBall 系列，此刀具采用独特的锁紧机构和全新的冷却输送系统设计，使其成为模具行业和航空航天零部件加工的最佳刀具之一。

其主要特点：

- 适合于模具和航空航天零部件的加工；
- 采用独特的锁紧机构实现安全可靠的刀片锁紧；
- 新的冷却输送系统实现优异的排屑和较长的刀具寿命；
- 刀片：球头和圆弧型；
- 立铣刀刀体：钢刀杆、硬质合金刀杆和模块化刀杆。



## 勇克集团 展位号: W1-710



### JUCAM 6L 非圆磨床

JUCAM 系列非圆磨床可以通过一次装夹实现精密磨削，达到令人惊叹的精度。使用摆动跟踪磨削工艺以及带学习功能的控制系统，几乎任何形状误差都可补偿，为您生产出至臻品质的凸轮轴。该系列设备功能强大，可运用于磨削不同缸数的凸轮轴以及轮廓形状多样的凸轮，以其效率和柔性赢得了全球发动机生产商的一致好评。

JUCAM 6L 可通过一次装夹完成凸轮、轴颈、轴端、止推轴颈端面。移相器轴颈等的整体磨削。使用 CBN 砂轮，粗精磨都可完成。设备可以高速磨削从凹形凸轮到椭圆形的各种凸轮轮廓。JUCAM 6L 的最大装夹长度是 2000mm，最大回转直径为 320mm。

## 瑞格费克斯多款刀柄系统 展位号: E11-205

### ER 系统 – 世界先进刀具夹持系统之一

REGO-FIX 刀柄系统是最通用的系统，适合于钻孔、铣削、铰孔、攻丝及磨削加工。REGO-FIX 的刀柄、弹簧夹头和螺帽的优化设计保证了高质量、稳定及最佳的加工效果。无论是标准切削还是高速切削，REGO-FIX 的 ER 刀柄系统都是您最正确的选择。

REGO-FIX 弹簧夹头优化的槽型设计提供了较大的夹持范围和较高的跳动精度。

作为世界上 ER 产品范围最广的供应商，我们为您提供兼具安全性和精确性的刀具夹持系统，刀杆夹持范围从 0.2mm 至 36mm。

### REGO-FIX ER 系统的特性及优点:

- 在弹簧夹头整个夹持范围内的跳动精度 T.I.R.  $\leq 5 \mu\text{m}$ ;
- 可夹持各种刀杆和刀具材料;
- 全世界最全的 ER 系统;
- 高减振阻尼性可延长刀具寿命和获得最佳表面粗糙度;
- 夹持范围从直径 0.2~36mm;
- 可灵活使用各种形式刀具。



### powRgrip® – 高科技夹持系统

由 REGO-FIX 公司发明的 powRgrip® 系统，其独特的刀具夹持方法体现了其技术成就。

夹头和刀柄间的压力产生了一个径向力，它通过开槽的筒夹集中作用到刀杆上，安全地夹持并具有高同心度。这样刀具就被安全保护在夹头里。

powRgrip® 系统包括一个带有动平衡槽的刀柄，可以用于精密动平衡，和一个可互换的 powRgrip® 夹头。

powRgrip® 装夹单元装刀与卸刀时间小于 10 秒且无需加热。

APG 装夹模块，适用于不同直径，自动控制夹持压力。因此，无预设参数的要求。

REGO-FIX® 各部件精度都可最佳的匹配在一起，从而达到整个刀柄系统跳动精度  $\leq 3 \mu\text{m}$  和最小的残余不平衡量。

### powRgrip® 系统的特性与优点:

- 因使用了自动装夹单元，刀具夹持时间  $< 10$  秒;
- 系统径向跳动精度  $\leq 3 \mu\text{m}$ ;
- 因两个接触面带来的高减振阻尼性: 刀柄 / 夹头 和 夹头 / 刀杆;
- 最高夹持力兼具最佳径向跳动误差;
- 高灵活性: 小直径夹持范围从 0.2mm 起，适用于所有刀具杆材料;
- 高度预调的重复定位精度  $\leq 10 \mu\text{m}$ 。

### XL 加长减振型刀柄

对于模具制造商，当刀具无法被精密夹持和达到预期的效果时，使用好的刀具会带来怎样的益处？尤其是遇到对大悬伸量要求的情况，你要面临着振动和较差的跳动精度的挑战。瑞士精密刀具制造商 REGO-FIX 对此问题作出了及时地回应，研制出了这款“XL 加长 - 减振刀柄”。它的细长的外形和一体式减振设计是为模具加工的特殊要求所定制的。此外，它拥有交货时间短及高性价比的优点。

大悬伸量的刀柄，目前在全球范围内被越来越广泛的应用。尤其在模具、工具加工、汽车行业及其他行业中，对于这种具有纤细外径尺寸，优异的径向跳动且兼具减振性能的刀柄系统的需求正在稳步增长。

REGO-FIX 倾听客户的在这方面的需求，研制出了“XL”加长型刀柄，通过整体减振的设计（专利技术），基本上消除了振动和振纹。这就意味，即使是加工复杂的模具，也可以优化加工工艺。

“XL”刀柄细长型的外型设计，可提供不同的悬伸长度，最长达 A - 400mm。整个刀柄系统经过精密平衡，展现了惊人的减振效果和高精度的径向跳动。

新型刀柄系统包括了 TC 40 / TC 50 (DIN 69871) 和 BT 40 / BT 50 (MAS 403) 型；HSK-A 63 / HSK-A 100 (DIN 69893)；弹簧夹头 ER 16 和 ER 32，以及冷压刀柄 PG 10, PG 15 and PG 25 系列。整个系统可以夹持直径从 0.2~20mm 所有的标准刀具。还可以根据客户的需求提供非标准刀柄。

加长减振型刀柄是在瑞士按照高品质标准制造。

XL 加长型刀柄的特性及优势：

- 最小径外尺寸；
- 特殊细长型设计；
- 减振设计（专利设计）；
- 100% 动平衡；
- 圆周径向跳动 <math>10 \mu\text{m}</math>；
- 收到顾客订单后最长两周内交货（仅限欧洲范围）；
- 适用于 powRgrip<sup>®</sup> 系统和 ER 系统。



## 山特维克合锐

展位号: E11-402

山特维克合锐凭借广泛深入的研发，以及在航空航天工业积累的长期经验，为市场带来出色的解决方案，其稳定可靠的性能可满足最苛刻的加工需求。公司可提供硬质合金、聚晶金刚石（PCD）和聚晶立方氮化硼（PCBN）材料及坯料。



### 硬质合金

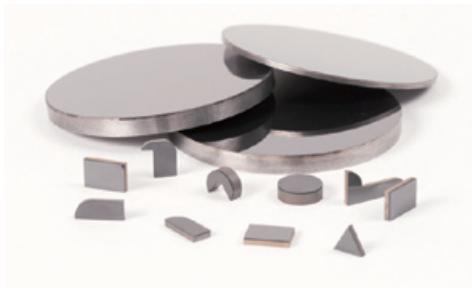
对于圆形毛坯棒料和刀片坯料产品，硬质合金是迄今为止最常用的工程材料之一。该材料的关键特征在于其成分能加以变化，使其最终产物的物理化学性能能够最大程度地抵抗磨损、变形、断裂、腐蚀和氧化。

在工业加工操作中，山特维克合锐的高性能硬质

合金都能满足极端的规格，达到零缺陷。公司提供圆形毛坯棒料，用于钛合金和镍基合金的铣削与钻孔，还提供精准化的成形刀片坯料用于切槽、螺纹切削、铣削。产品均可根据客户要求定制，并以行业领先的应用工程技术进行生产。

### PCD 和 PCBN 产品

公司所设计的 PCD 和 PCBN 复合片坯料产品具有超高的硬度、出色的耐磨性和低摩擦系数，可显著提高生产率，提升刀具寿命，达到均匀一致的表面光洁度和尺寸控制。因此，可降低整体零件加工的成本和总生产成本。山特维克可为高性能成品刀具提供各类形状、尺寸和牌号的产品。



# 2014年中国机床工具行业运行和 market 分析报告

中国机床工具工业协会

2014年中国机床工具行业承压运行，下行压力进一步加大。依据中国机床工具工业协会行业信息统计重点联系网络和海关进出口统计数据，下面对2014年全年行业运行和市场情况进行分析。

## 一、2014年行业运行总体概况

### 1. 需求持续低迷，销售低位波动

2014年1~12月，金属加工机床新增订单同比下降2.7%，在手订单同比下降0.6%。其中，金属切削机床新增订单同比下降3.5%，在手订单同比下降1.5%；金属成形机床新增订单同比增长0.4%，在手订单同比增长1.8%。

2014年1~12月，全行业产品销售收入同比增长2.0%。金属加工机床产品销售收入同比增长0.7%。其中，金属切削机床产品销售收入同比增长0.3%；金属成形机床产品销售收入同比增长2.4%。

### 2. 生产逐渐收缩，库存高位微降

2014年1~12月，金属加工机床产量同比下降2.0%。其中，金切机床的产量同比下降1.7%，金属成形机床的产量同比下降3.3%。

2014年1~12月，全行业产成品存货同比下降6.5%。金属加工机床产成品存货同比下降0.1%。其中，金切机床同比下降0.6%，金属成形机床同比增长3.1%。

### 3. 利润低位回升，亏损面处于高位

2014年1~12月，全行业利润总额同比增长11.4%，金属加工机床利润总额同比增长8.1%。其中，金切机床同比增长14.9%，金属成形机床同比增长2.9%。

2014年12月，全行业亏损企业占比为31.9%，金属加工机床亏损企业占比为36.7%。其中，金切机床为42.7%，

金属成形机床为4.3%。

### 4. 出口保持稳定高速增长

2014年1~12月，出口总额116.3亿美元，同比增加22.1%。其中，金属加工机床出口额34.0亿美元，同比增加18.8%；金属切削机床出口额22.7亿美元，同比增加20.6%；金属成形机床出口额11.2亿美元，同比增加15.3%。出口居前三位的分别是切削刀具（26.2亿美元）、金属切削机床（22.7亿美元）、磨料磨具（21.8亿美元）。

出口去向，美国排在第一位（16.6亿美元），同比增加11.6%；越南高速上升，跃居第二位（11.4亿美元），同比增加231.7%；日本位居第三（9.7亿美元），同比增加24.6%。

出口企业中，私人企业占比持续增加（55.5%），外资企业（31.5%）和国有（含集体）企业（13.0%）的占比呈现下降。华东（50.1亿美元）、华南（21.5亿美元）和华北（20.6亿美元）等东部沿海地区出口居前三位，同比分别增加12.2%、42.6%和14.7%。贸易方式反映一般贸易（85.0%）占比增加，外商投资（13.4%）占比下降。

## 二、2014年市场总体概况

近年来，中国经济逐步进入“新常态”，增长速度、经济结构和增长动力均已发生显著变化。受其影响，中国机床工具市场也随之发生新的变化，呈现新的特点。

### 1. 市场特征——“总量下降，结构升级”

2010年开始，国内固定资产投资完成额累计增速持续下降，2014年固定资产投资完成额累计增速为15.7%，与2010年相比下降8.8个百分点。由于国内机床市场需求主要依靠投资拉动，所以固定资产投资增速的下降直接导致国内机床市场规模持续下降。2014年中国机床市场消费额318.3

亿美元，同比下降 0.3%。

另一方面，国内机床工具市场结构也在快速升级。2014 年进口机床在全部机床消费额中的占比为 34.0%，较 2010 年提高 0.9 个百分点。2014 年国内数控机床消费额占比为 76.7%，较 2010 年提高 6.9 个百分点。未来中国机床市场结构升级将向自动化、客户化和换挡升级方向发展。

### 2. 最新变化——“动力转换，市场需求变化”

中国经济的重化工业高速发展阶段趋于结束，与之相关的固定资产投资增速不断下降，进而影响面向该领域相关机床工具商品销售。比较典型的例子，从 2011 年开始重型机床商品生产和进口呈现负增长。2014 年国内重型机床制造企业生产销售平均水平仅相当于 2011 年的 51.0%，2014 年国内主要重型机床进口额相当于 2011 年的 75.0%。

中国经济动力正在发生变化，2011 年以来消费逐步超越投资成为经济增长的首要动力。受此影响，面向消费品制造的机床工具商品生产和消费情况要明显好于与投资相关的机床工具商品。比如，与投资相关的金属切削机床消费呈现下降，而面向消费品制造的金属成形机床保持增长。另外，2014 年为智能手机、平板电脑等消费电子产品制造服务的立式加工中心机床进口量（同比 141.0%）和产量（同比 37.3%）保持高速大幅增长。

### 3. 进口呈现快速反弹式增长

2014 年 1-12 月，进口总额 177.8 亿美元，同比增加 10.8%。其中，金属加工机床进口额 108.3 亿美元，同比增加 7.6%；金属切削机床进口额 88.4 亿美元，同比增

加 11.1%；金属成形机床进口额 19.9 亿美元，同比下降 5.8%。进口居前三位的是金属切削机床（88.4 亿美元）、金属成形机床（19.9 亿美元）、数控装置（16.5 亿美元）。总体看，2014 年进口增速远高于去年同期（-20.2%）。

进口来源中，日本位居第一（51.6 亿美元），同比增加 23.6%；德国排名第二（42.9 亿美元），同比下降 0.8%；台湾地区名列第三（23.1 亿美元），同比增加 18.0%。

进口企业上，外资企业、私人企业和国有（含集体）企业的占比分别为 63.6%、20.2% 和 16.2%。与 2013 年同期相比，私人企业占比增加 2.3 个百分点，国有（含集体）企业占比下降 2.9 个百分点。进口企业集中在华东（83.65 亿美元，同比增长 7.6%）、华北（34.34 亿美元，同比增长 10.8%）和华南（30.6 亿美元，同比增长 24.5%）等东部沿海地区。贸易方式上反映一般贸易（71.7%）比重增加，外商投资（27.5%）比重下降。

## 三、2015 年预期

基于对国内和行业主要经济数据和形势的分析，预计 2015 年经济下行压力将进一步加大。但随着经济体制改革力度将进一步加大，特别是投融资体制改革逐步到位和区域发展战略开始实施，投资增速有望加快，基础建设投资和服 务性投资将加速增长。同时，经过几年的结构调整，国内外机床企业逐步适应市场需求结构的变化，挖掘市场潜在需求的能力大大增强。因此，2015 年机床工具商品进口预计将保持小幅增长，国产机床销售额有望与 2014 年持平。■



# 2014年 全球主要机床工具制造业和 market 分析

协会信息统计部 杜智强

岁末年初，根据全球主要机床工具制造业和市场的统计资料，对2014年全球机床工具市场的发展和未来的变化趋势做如下简要介绍和分析。

## 一、全球主要机床工具制造和市场

### 1. 美国制造业回流拉动机床工具消费增长

根据美国机械制造技术协会（AMT）的统计数据显示，2014年美国金属加工机床订单总额为50.8亿美元，同比增长3.1%。其中，金切机床订单总额为49.4亿美元，同比增长3.7%；金属成形机床订单总额为1.4亿美元，同比下降14.2%。从地区分布上看，中东部地区订单增长最快，金属加工机床订单总额为13.7亿美元，同比增长6.6%。其中，金切机床订单总额为13.1亿美元，同比增长7.1%；金属成形机床订单总额为0.6亿美元，同比下降3.1%。

“从2014年底的运行趋势分析2015年的走势是比较乐观的。同时，许多主要的制造商也表示，在未来的几个月里他们计划聘请更多的员工和增加更多的投资。”AMT主席道格拉斯·伍德先生表示，“2014年订单增长3.1%达到我们的年度预期。虽然有一些不利的因素（如美元升值、石油价格下跌和熟练工人短缺），但整体上我们认为2015年上半年美国经济将继续保持回升的趋势，并处于可控状态。”



图1 2014年美国切削刀具消费额情况

2014年美国切削刀具消费额达到20.4亿美元，同比增长5.9%，呈现波动上升的趋势。2014年月度消费额均值为1.7亿美元，较2013年增长946万美元（参见图1）。

### 2. 日本借力内外需变化实现高速大幅增长

根据日本机床工具工业协会（JMTBA）对金属切削机床的统计数据显示，2014年日本机床订单总额为15094亿日元（约合140亿美元），同比增长135.1%。其中，数控机床订单总额为14742亿日元（约合139亿美元），同比增长135.7%。日本国内需求为4964亿日元（约合46亿美元），同比增长123.8%；出口为10130亿日元（约合94亿美元），同比增长141.4%（参见图2、图3、图4）。

根据日本锻压机械工业会（JFMA）2014年1~11月的统计数据，订单总额2948.6亿日元，同比增长15.4%。其中，压力机订单总额1380亿日元，同比增长18.3%；加工机械订单总额981亿日元，同比增长13.3%；其他（服务、零部件及模具）订单总额587.6亿日元，同比增长12.3%。从消费去向看，日本国内消费1201.3亿日元，同比增长20.5%；出口1159.7亿日元，同比增长12%（参见图5、图6）。

2014年日本机床产出呈现高速大幅增长，主要得益于日本政府保持量化宽松政策和有利于本国装备制造业的各项产业政策。在持续量化宽松政策的影响下，美元对日元汇率从2014年初开始一路走高，1~4季度的平均值分别为102.77、102.11、103.84和114.37。对于出口占67%的日本机床工业来说，日元的大幅持续贬值有效增强其在全球市场的竞争力。另一方面，日本政府对于本国装备制造业出台促进发展的产业政策，如针对采购机床进行技改投入企业的减税和加速折旧政策极大地刺激了国内需求的释放，也带动了日本国内机床消费的增长。

3. 德国再工业化促进本土高端需求增长

德国机床工业协会 2014 年前三季度统计数据显示，机床订单总额为 107.9 亿欧元，同比下降 1%。其中，来自国内的订单 38.4 亿欧元，同比增加 8%；出口方面的订单 69.5 亿欧元，同比下降 3%。德国机床市场消费额为 49.7 亿欧元，同比增加 7%（参见图 7）。

德国机床商品产出（销售）额居前三名的是：加工中心和柔性单元（13 亿欧元，同比增长 12.9%），车床（10.9 亿欧元，同比增长 10.9%），磨削和抛光机床（8.1 亿欧元，同比增长 8%）。

德国机床商品进口额居前三名的是：车床（3.3 亿欧元，同比增长 15%），特种加工机床（3.1 亿欧元，同比增长 14.1%），加工中心（2.7 亿欧元，同比增长 12%）。

由于能源、人口等因素影响，德国机床市场也在面临再工业化的升级过程。从德国市场消费额、机床产出和进口都保持增长上可以看出，巩固和提升德国机床工业的传统竞争优势依然是再工业化的核心目标。同时，在世界经济运行周期分化日益加重，全球主要机床消费市场的需求变化加剧，以及德国机床产品的综合竞争力不断面临多元化挑战的背景下，德国机床海外订单和出口均呈现同比下降趋势。

4. 中国台湾出口型产业，两岸关联度持续提高

根据台湾机械工业同业公会 2014 年统计数据，出口金额为 37.5 亿美元，同比增长 5.8%（参见图 8）。

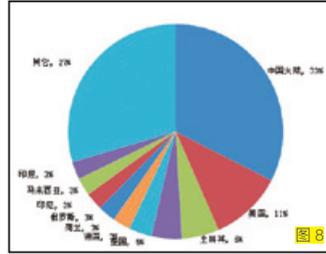
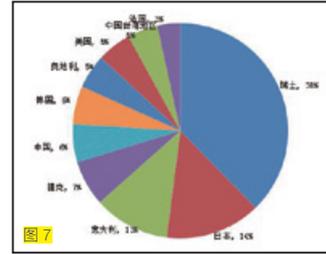
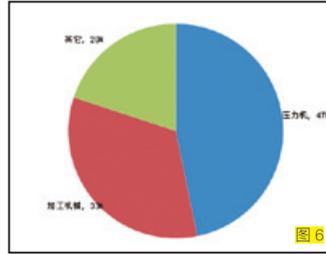
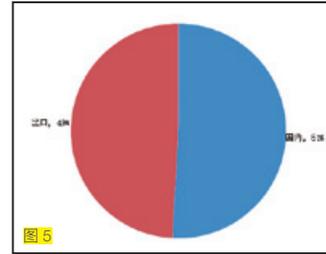
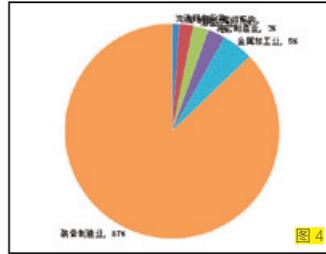
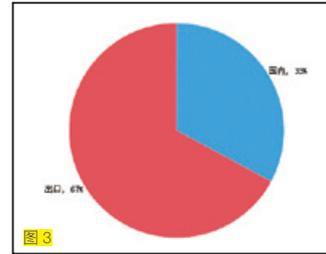
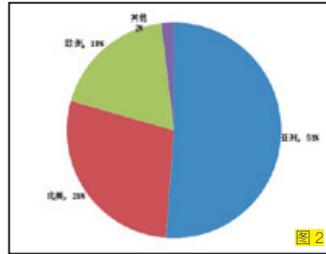


图 2 日本机床订单构成  
图 3 日本机床出口订单构成  
图 4 日本机床内需订单构成  
图 5 日本锻压机械消费去向构成  
图 6 日本锻压机械产品构成  
图 7 2014 年 1-9 月德国机床进口来源前十名情况  
图 8 2014 年台湾地区机床出口去向前十名情况

二、启示

从 2014 年市场数据看，全球主要机床消费市场和制造业均采取促进制造业回流、再工业化和产业升级等“异曲同工”的政策、措施和手段，构建、巩固和提升自己在全球机床制造业中的优势地位。究其原因，可能在于以下几个方面：

（1）机床制造业现代化和竞争力是国家工业现代化的根基，国家工业现代化是大国竞争力的根本体现和经济平稳发展的保证。

（2）机床制造业，特别是中高端机床制造业，对于大国来说往往属于经济和工业体系中必备的战略支柱，不完全适用经济学中的“比较优势贸易理论”。

（3）目前发展制造业等实体经济已经成为发达国家解决就业和经济发展动力不足等社会化和发展战略性问题的主要入手点，机床制造业为实现上述国家性战略目标提供了重要的支撑。

上述原因就是导致中国买家可以买到欧美一流的钢铁、汽车等企业，却无论出多少钱都很难和一流的机床、数控系统和功能部件企业进行有效的合作。同时，这也是欧美等经

济和信息产业发达国家为什么还要掉过头来搞制造业和再工业化的原因。

从 2014 年全球主要机床市场数据和产业运行情况细看，未来全球机床产业和市场的发展趋势将呈现以下变化。

（1）美国经济复苏将日益明显，在制造业回流带动下，机床工具市场消费额增长势头将继续提升。

（2）日本政府目前采取的积极财政和货币政策有利其外向型的机床工具产业发展，同时也有利于扩大和刺激内需在近期的集中释放。因此，未来一段时间将继续保持快速增长趋势。

（3）德国机床制造业虽然在出口和内部再工业化方面有所增长，但过高的社会成本、较大的内部转型压力、日益萎缩的传统市场和更激烈的外部竞争都为其近期的运行设下重重阻力。

（4）新兴国家、经济体和地区（特别是东南亚地区）携后发优势，吸引全球制造业产业链重新布局，其经济和市场规模都在保持高速增长。未来上述地区将是机床工具消费的一个重要热点。■

# 我国数控机床可靠性的研究 “何去何从”？

东北大学机械工程与自动化学院 张义民

**摘要：**数控机床的功能部件和整机的可靠性水平是衡量机械装备制造能力的重要标志之一。国产数控机床的性能和可靠性水平相比于先进国家的数控机床仍然存在着很大的差距，因此在数控机床用户心目中的信誉度不高，这是摆在国内数控机床研究团体和制造企业面前亟待解决的关键问题之一。机械可靠性的研究起源于20世纪40年代，经过半个多世纪的发展已经逐渐趋于成熟，其突出特点是学术理论与工程技术紧密结合，在可靠性数据采集与统计、可靠性设计、可靠性预计与分配、制造装配可靠性、可靠性试验、可靠性增长、人因可靠性、使用维护可靠性、可靠性管理等方面的理论与技术方面均取得了可观的研究成果，并且在航空航天、机械工程、矿山冶金、石油化工、交通运输、车辆工程、医疗卫生、食品加工等行业取得了大量卓有成效的工程应用。虽然机床可靠性隶属于机械可靠性的范畴，但是机床行业仍然需要取长补短，改变国内机床可靠性研究远落后于机械可靠性研究的局面，解决不同程度地存在着的决策层面模糊、概念思路混淆、故障机理不清、失效模式不明、理论方法欠缺、技术手段有限、工程应用薄弱和研发人才匮乏等典型问题。因此今后数控机床可靠性的源头理论研究和工程实际应用究竟应该如何开展？将是非常急迫需要深入探讨的问题。

## 1 前言

高档数控机床是高科技集合的“工作母机”或“制造机器的机器”，是实现国家工业化和现代化的基础制造装备之一，数控机床的研发能力与技术水平已经成为衡量一个国家工业化水平与综合国力的重要标志。目前机床制造业强国的标志大体上可以描述为：①用于航空、车辆、发电、冶金、矿业等需要持续作业的数控机床的精度保持性需达到5年以上；②用于航空、车辆、发电、冶金、矿业等需要持续作业的数控机床的平均无故障时间需达到2000小时以上；③满足重点产业需求，能够成功研发并推广标志性的加工与成型成套数控装备。

为了使国产高档数控机床尽快达到国际先进水平，国家于2008年论证启动“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项，旨在引领形成高水平的数控机床产业、解决掌握数控机床的关键共性技术、促进提高国产数控机床的核心竞争能力和市场占有率。其中重中之重的任务之一是解决国产数控机床的可靠性低和精度保持性差的问题，期望达到世界

先进水平。其实，国家重视数控机床的可靠性问题已经有几十年的时间了，有据可查的报道<sup>[1]</sup>就已经明确了“狠抓机床可靠性、提高产品质量·为振兴机床工具行业作贡献”，体现了政府早在20多年前就清晰地认识到了开展机床产品可靠性工作的迫切性和重要性，明确了开展产品可靠性工作的指导思想：“总体规划，分步实施；全面安排，综合治理；突出重点，以点带面；先易后难，尽快见效。”并且对机床产品的可靠性工作予以具体的指导安排和布置实施方案。但是至今我国的高档数控机床在运行和使用过程中发生故障的频率高、周期短、可靠性差，一直困扰着我国数控机床行业，导致很多用户企业选择国产数控机床存在着重重顾虑，严重影响了国产数控机床在国内外市场的竞争力，可见可靠性已经成为数控机床市场竞争的焦点，显而易见“物美、价廉”必须以可靠性工程作为后盾。

随着科学技术的迅速发展，机械可靠性研究已经取得可观的成果，这里引述了部分代表性的学术专著<sup>[2-16]</sup>。经过

几十年的发展，可靠性理论和技术已经在航空航天、机械工程、交通运输、材料冶金、石油化工、医疗设备、食品加工等各个工业部门得到了深入地研究和广泛地应用。机械可靠性的体系总体框图如图 1 所示。

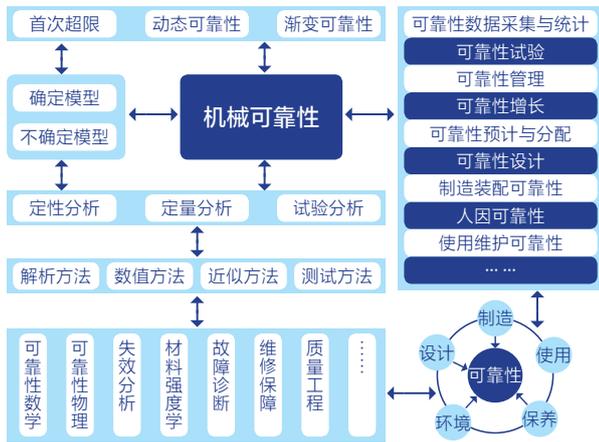


图 1 机械可靠性的体系总体框图

我国可靠性理论与技术的研究始于 20 世纪 60 年代末 70 年代初，源于 20 世纪 60 年代的客观环境和军工产品的特殊需求，标志性的事件是 1965 年由钱学森教授倡导成立的我国最早的可靠性研究机构—航天可靠性与质量控制研究所。目前，我国对许多产品都提出了运用可靠性技术的要求，甚至提出了明确的可靠性指标，可靠性工程方法在全国逐步得到推广和普及。尽管如此，我国机械可靠性研究活动还多在机械行业学会和研究所与高等学校中开展，并取得了相应的成果，详见部分代表性的学术专著<sup>[17-30]</sup>和综述论文<sup>[31-34]</sup>。图 2 为作者所领导的研究团队经过 20 多年的机械可靠性的理论与实践的研究总结。

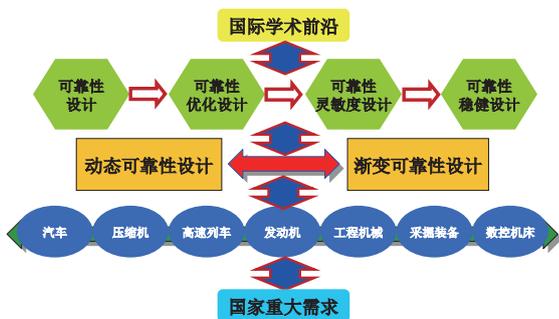


图 2 机械可靠性的理论与实践研究示意图

总体来说，我国机械产品的可靠性水平与国外先进水平相比仍有差距，机械可靠性理论与技术的推广应用仍处于研发阶段，可靠性管理体系基本上没有在企业中建立起来，可

靠性设计技术基本上没有在设计部门使用实施。一方面高等院校与研究所的可靠性理论与方法的研究长足发展，一方面企业技术人员的可靠性相关知识储备欠缺，限制了先进可靠性理论与技术的扩展传播和工程应用。长期以来，形成了我国多数机械产品企业可靠性核心技术“空心化”现象，以至成为机械制造大国而非强国，将直接影响到我国经济的迅速发展。

## 2 机床可靠性的研究现状

机床可靠性隶属于机械可靠性的范畴，机械可靠性的发展应该助推机床可靠性的基础探索、技术研究和工程应用的实现，改变机床可靠性研究远落后于国际先进水平的局面，提升国产数控机床的可靠性水平。

在“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项启动实施以前，我国机床可靠性研究的人员和成果相对甚少<sup>[35-52]</sup>，并且研究起步较晚和投入资金较少，研究内容主要涉及可靠性数据统计、故障模式影响分析、机床疲劳失效、机床可靠性实验、机床用户之声等。在机床“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项启动实施以后，投入资金增加、研究人员增多、研究成果增添，不仅发表了相关研究论文逾百篇，而且出版了研究成果著作<sup>[53-54]</sup>和发表了评述论文<sup>[55-56]</sup>。

随着工业技术的进步，数控机床的性能参数日益提高、结构日趋复杂、使用场所更加广泛，而且伴随着数控机床向高速、高效、高精度、高可靠性等方向发展，机床的性能和可靠性问题也就越来越突出，对机床可靠性提出了更高更细更实的要求，因此机械可靠性理论与技术在数控机床中的广泛应用具有十分重要的意义和价值。机床可靠性的研究需要吸取其他学科可靠性研究的成果，掌控可靠性的各个环节，在全寿命周期实施可靠性工程，促进机床可靠性水平的提升，为此应该重点抓好几项工作：①提高对可靠性重要性和紧迫性的认识，增强决策层的可靠性意识；②做好顶层设计，制定机床可靠性研究的总体计划；③遵循可靠性内涵和规律，采用正确的可靠性理论与技术；④加强企业对开展可靠性工作的自觉性，坚定企业展开可靠性工作的信心；⑤提升企业可靠性管理和技术水平，建立完善行之有效的可靠性保障体系；⑥指导企业开展各项可靠性活动，制定全寿命周期可靠性工作的基本原则和规范；⑦开展多学科综合设计，在企业组成设计、制造、可靠性、维修性、质量和使用保障等多学科的设计组；⑧制订外购、外协件的可靠性管理办法，共同解决材料、元器件、零部件等的质量保证问题；⑨增强可靠性指导与培训，培养可靠性专业人员。

### 3 机床可靠性大纲

可靠性大纲也称为可靠性计划，是执行可靠性工作的纲领性文件，是可靠性研发和管理的核心内容<sup>[57]</sup>。可靠性大纲包括产品可靠性的目标、任务、内容、环节、顺序、条件、实施等方面工作，要对可靠性工作项目的实施给出明确的安排，以解决做什么、何时做、怎么做、做的顺序、做的

条件、做的结果等方面的问题。一旦规定了可靠性的定量要求，主管部门和企业所面临的主要任务是如何达到进行可靠性要求的研发和管理活动，并要考虑资金和进度，以及可靠性大纲的特定要求。图3所示为作者团队制订的机床可靠性大纲。

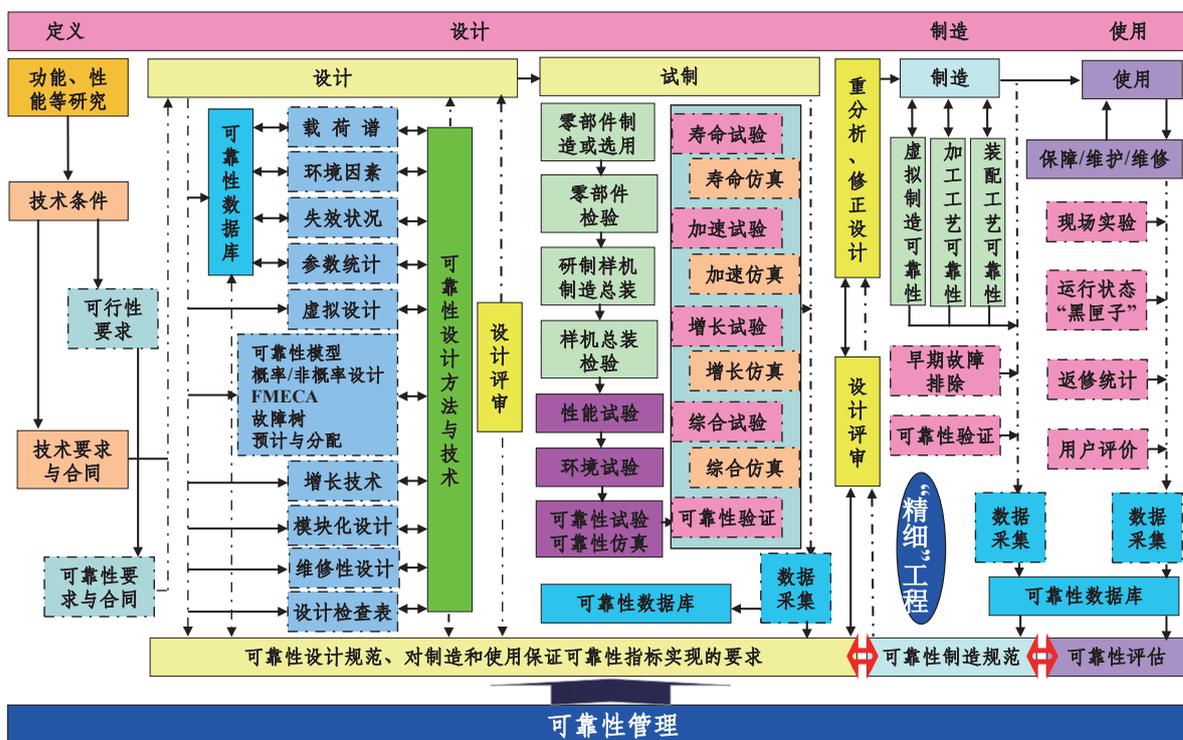
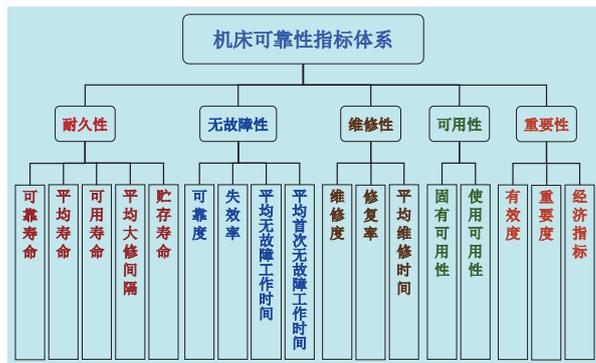


图3 机床可靠性大纲

可靠性大纲的内涵包括：①全寿命周期：适用于数控机床的设计、制造、使用全寿命周期的各项可靠性工作；②全机床产品：适用于所有类型的数控机床产品，可以根据具体产品的特殊要求修订大纲的相关内容；③全内容涵盖：大纲的内容涵盖了数控机床可靠性工作的各个方面，包括可靠性设计、可靠性制造、可靠性使用、可靠性试验、可靠性管理以及保障和维修策略等。

#### 3.1 定义

要开展机床可靠性的研究工作，首先需要根据现有的技术水平进行可行性分析，从而制定技术要求与合同来规范整个研究过程，确定可靠性目标，为即将开展的机床可靠性设计制造等研究工作提出总体目标和要求。可靠性应该由指标体系予以承载体现，如：可靠度 R(Reliability)、平均无故障



工作时间 MTBF(Mean time between failure)、平均维修时间 MTTR(Mean time to restoration) 等。机床可靠性指标体系如图4所示。

3.2 设计

机床可靠性设计的目的是为了消除潜在缺陷和薄弱环节及防止故障发生、保证满足规定的固有可靠性要求。可靠性设计是各项可靠性工作的龙头，是确定和提升产品固有可靠性水平的唯一途径。机床可靠性设计框图如图 5 所示。

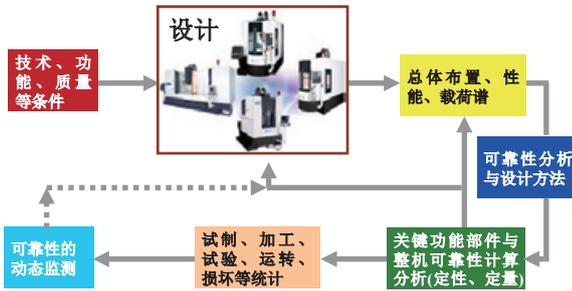


图 5 机床可靠性设计框图

3.2.1 可靠性数据库

人们已经深刻地认识到，有效可靠的信息与数据是开展可靠性研究与应用的基础，是可靠性决策的依据。采集与分析可靠性数据是为了在产品全寿命周期内有效地改进设计、制造、使用提供信息，为管理决策提供依据，为保证产品的可靠性提供服务。机床全寿命周期的信息采集流程图如图 6 所示。

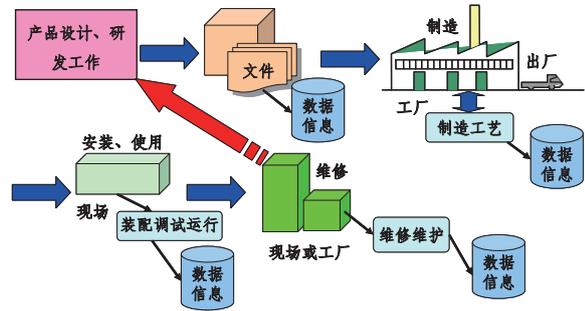


图 6 机床全寿命周期的信息采集流程图

机床的可靠性研究要明晰机床的载荷谱。载荷 - 时间 - 频谱可以是载荷、温度、振动、腐蚀、污染等影响因素。为了获取准确的可靠性分析与设计结论，关键是要掌握作用在机床上的载荷谱。机床的载荷 - 时间 - 频谱示意图如图 7 所示。

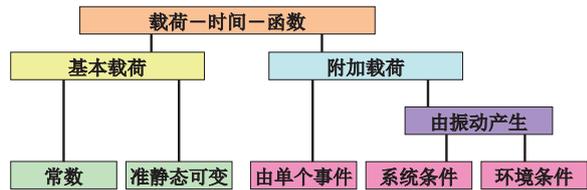


图 7 机床的载荷 - 时间 - 频谱示意图

可靠性数据库是可靠性设计的基础。因此开展可靠性设计首先要建立能够覆盖可靠性工程要求、依据产品不同工程深度界面的数据统计、为企业实施可靠性工程提供各类数据的可靠性数据库。建立该数据库应该着重收集如下几类信息：载荷谱、环境因素、故障 / 失效状况、参数统计等。可靠性数据库示意图如图 8 所示。

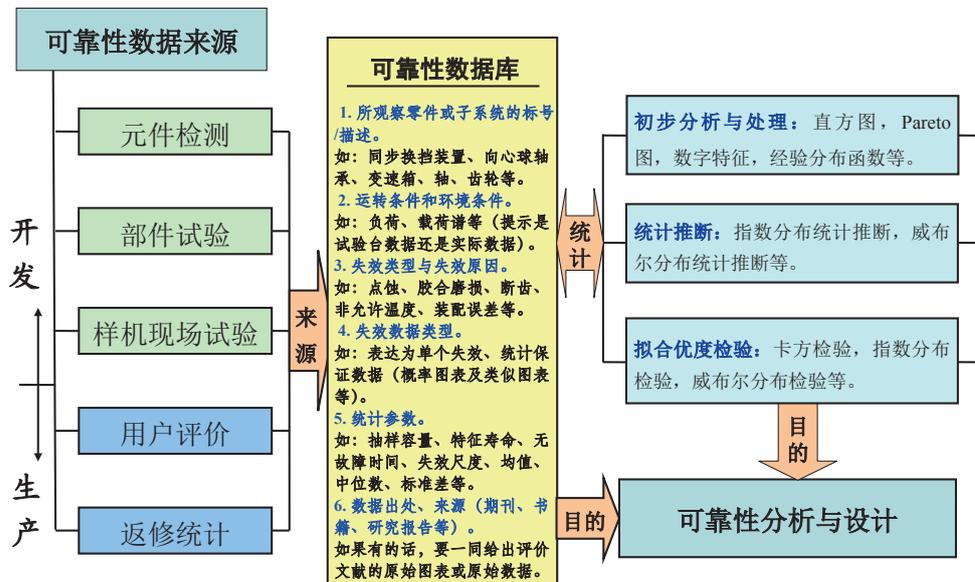


图 8 可靠性数据库示意图

### 3.2.2 虚拟可靠性设计

虚拟可靠性设计的本质是以计算机软硬件支持的仿真技术为前提，在产品的设计阶段，实时地和并行地模拟出机床开发全过程及其对机床设计的影响因素。通过总体布置合成建立整个产品的概率虚拟样机，进行可靠性预计和预测。虚拟可靠性设计要贯穿于整个产品的设计阶段。虚拟可靠性设计示意图如图 9 所示。

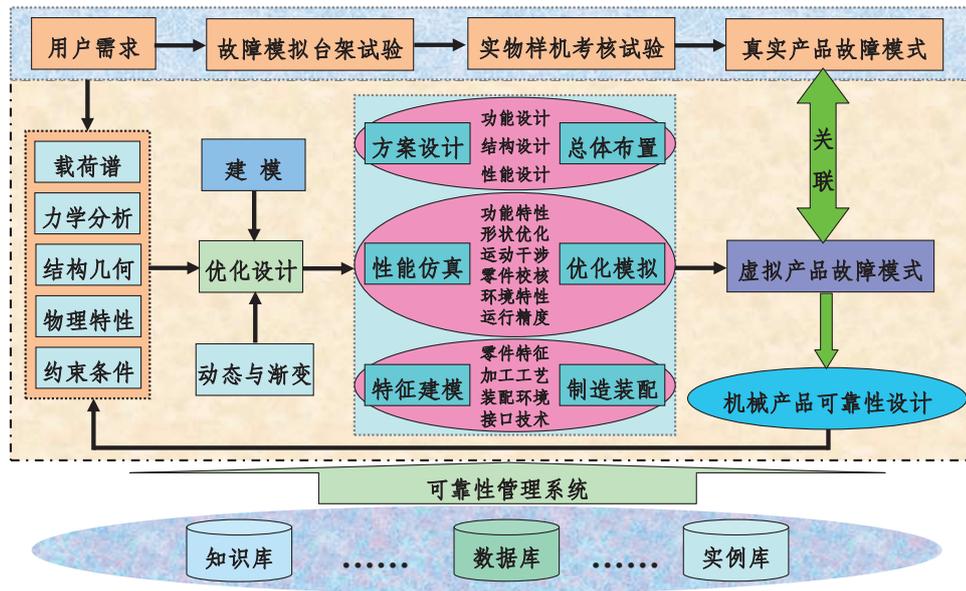


图 9 虚拟可靠性设计示意图

### 3.2.3 可靠性设计方法与技术

在对机床功能及性能充分研究的基础上，建立机床的可靠性模型—可靠性框图，进行产品各个子系统和零部件可靠性分析与设计。制定可靠性框图的示意图如图 10 所示。

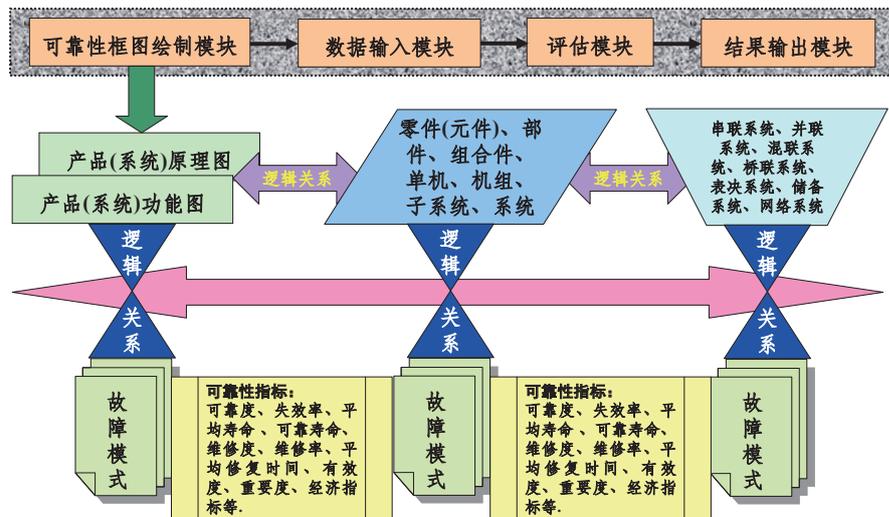


图 10 制定可靠性框图的示意图

在常规确定性设计的基础上，开展概率设计而非概率设计等可靠性设计，包括完成产品各参数的可靠性评估。对关键重要零部件和危险零部件可以采用的主要设计方法与技术包括：可靠性优化设计、可靠性灵敏度设计、可靠性稳健设计、动态与渐变可靠性设计、精度可靠性设计等。可靠性设计方法与技术示意图如图 11 所示。

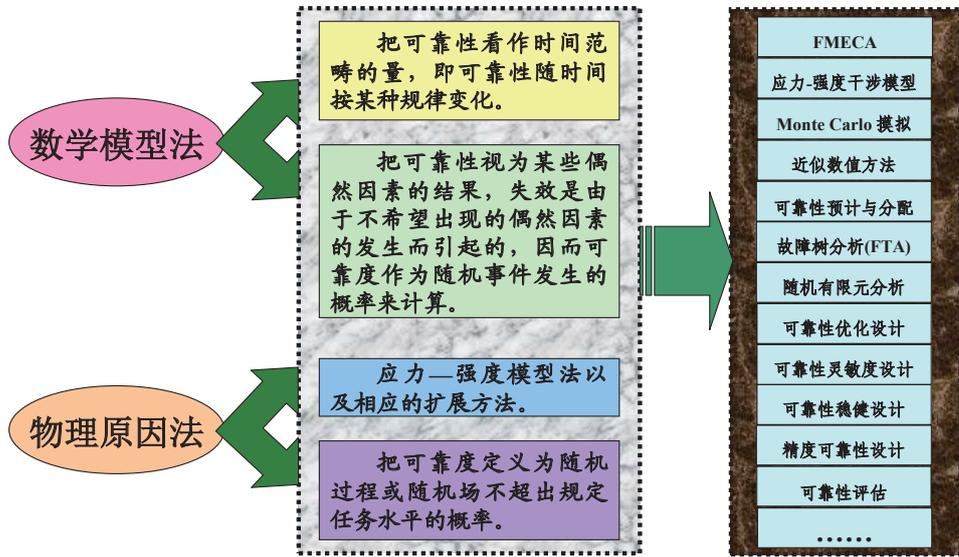


图 11 可靠性设计方法与技术示意图

### 3.2.4 维修性设计

在进行机床产品设计时，设计人员应该考虑机床一旦发生故障易于发现和检查、便于维修和修复，保证当机床一旦出故障，易拆卸、易检修、易安装。维修性函数用来表述机床的固有性质，如维修度的高低直接影响机床的维修工时、维修费用、利用率。维修性设计示意图如图 12 所示。

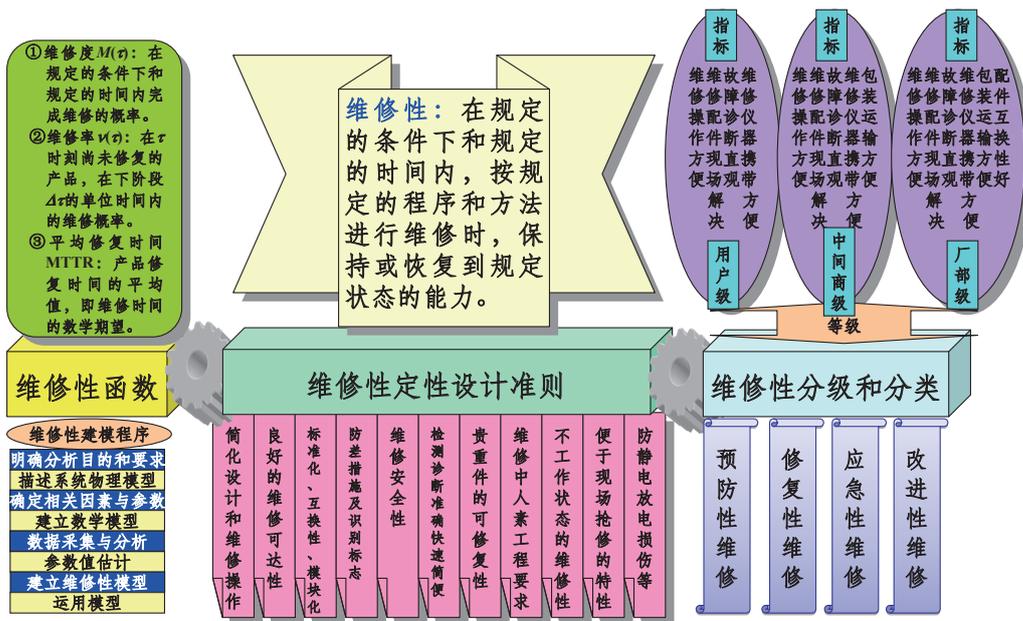


图 12 维修性设计示意图

### 3.2.5 模块化设计

为了便于维修、检测和调整，根据功能、性能、规格、成本、质量等方面的分析效果，设计、选择和组合系列模块构成不同的机床产品，进而根据数控机床的可靠性预计和分配的结果，针对各模块开展可靠性优化设计工作，在满足可靠性指标的前提下，合理确定各模块的结构尺寸、物理参数等。模块化设计示意图如图 13 所示。

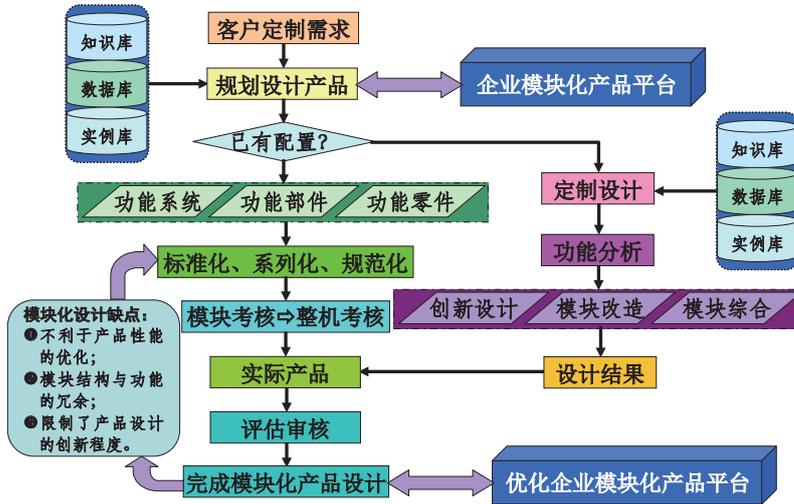


图 13 模块化设计示意图

### 3.2.6 设计检查表

在整个设计过程之中，从可靠性角度出发，对影响产品可靠性的因素采用列表的方式罗列出来，并以检查表为准无遗漏地进行检查，以便观察是否充分考虑了这些因素，可以避免审查人员按各自的想法任意进行审查，避免有所遗漏。制定设计检查表的相关因素示意图如图 14 所示。

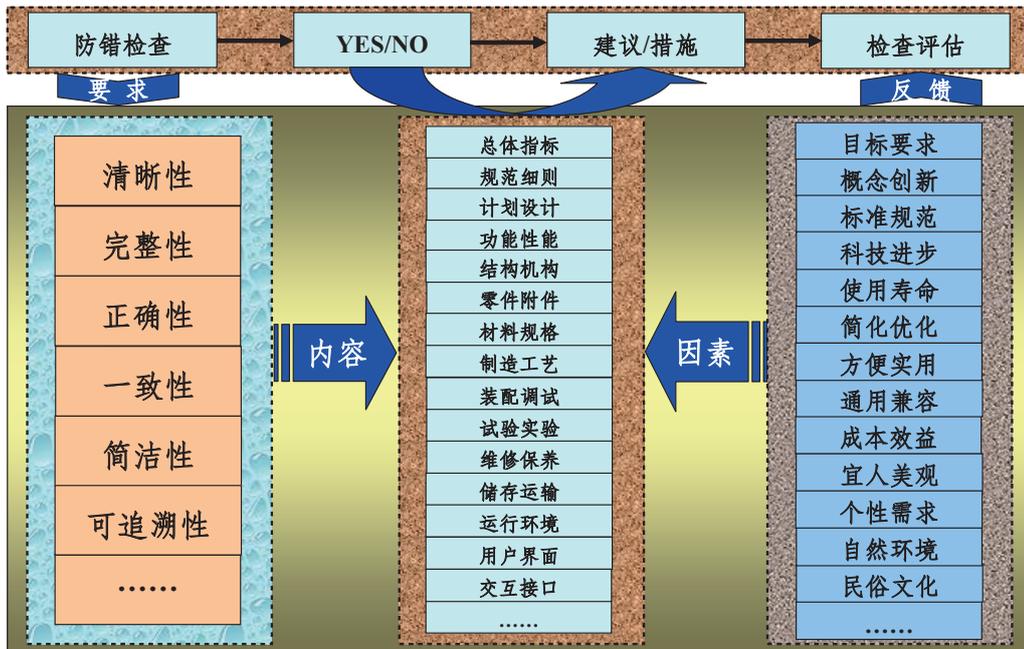


图 14 制定设计检查表的相关因素示意图

### 3.2.7 可靠性设计评审

可靠性设计评审是保证产品可靠性的重要环节之一。聘请有关的设计、制造、质量、可靠性、营销、相关专家和有识之士等组成设计评审组，制定可靠性设计评审项目表（评审内容），对设计实施审查。可靠性设计评审贯穿于整个设计过程之中，包括初步设计评审、中间设计评审和最终设计评审，并且优选设计方案。设计审查流程示意图如图 15 所示。

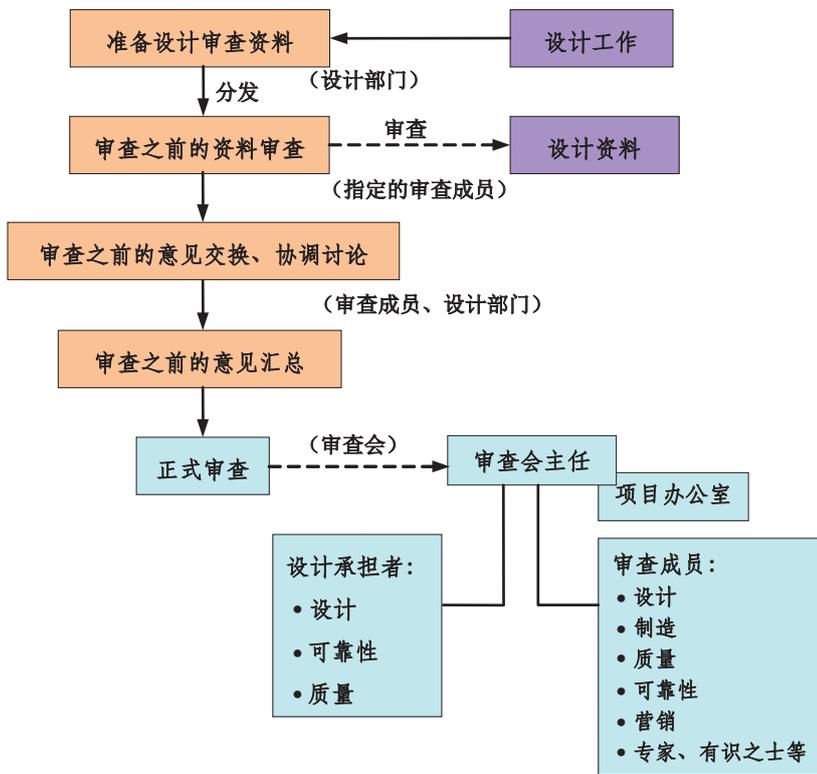


图 15 设计审查流程示意图

### 3.2.8 可靠性增长技术

将整个设计过程构成一个闭环系统，即研发设计 - 分析计算 - 修改设计或试验 - 改进 - 再试验，不断循环，不断发现和消除机床的薄弱环节，改进设计直至满足要求，达到可靠性增长的目的。所有的改进设计技术和方案都是可靠性增长的重要手段和环节。适当的增加设计费用可以大幅度地节省研制费用和减少维修保障费用及降低停机损失费用等。可靠性增长技术示意图如图 16 所示。

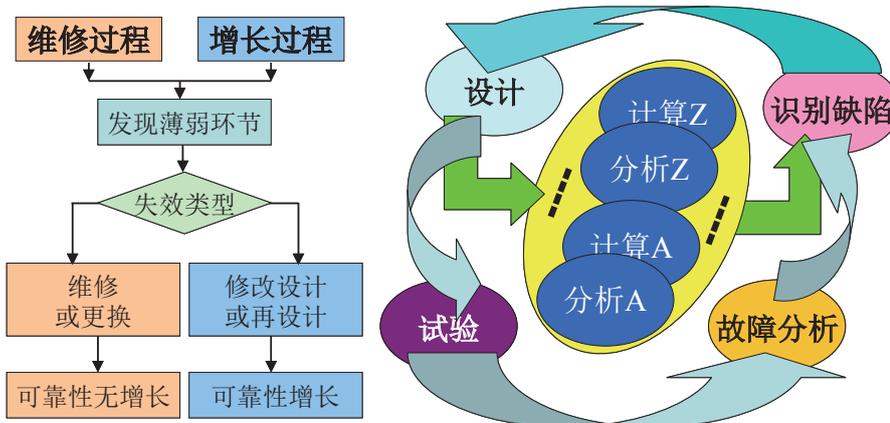


图 16 可靠性增长技术示意图

### 3.2.9 试制

在完成常规设计和可靠性设计以后，就要进入机床试制阶段。机床试制是批量生产制造前的重要环节，也是改进修正设计和优选设计方案的基本步骤。在完成零部件制造（选用\外购）和检验之后，要进行样机的总装和总装后的检验工作。同时要优选出零部件的加工工艺和工装夹具，提出外购件的具体要求和总装装配工艺等。可靠性试制和制造示意图如图 17 所示。

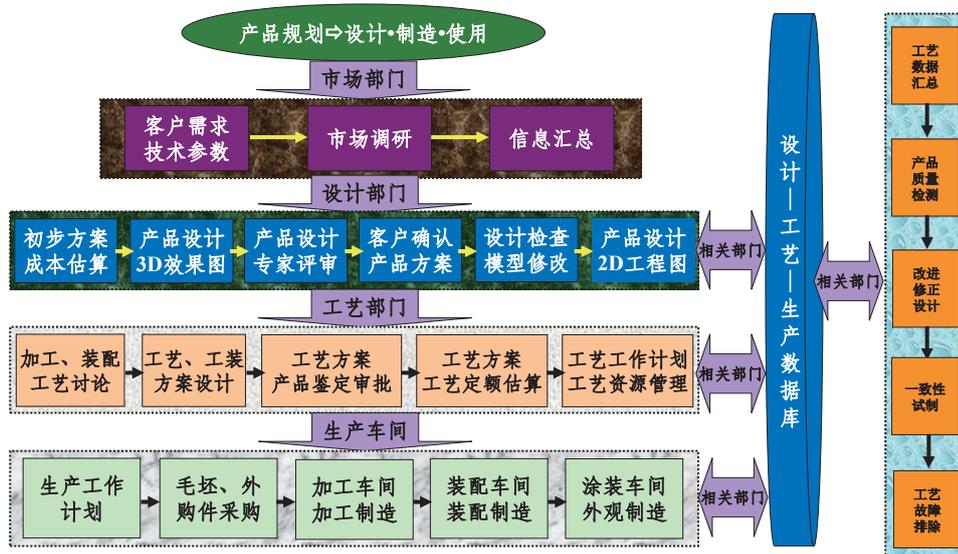


图 17 可靠性试制和制造示意图

### 3.2.10 可靠性试验与验证

在开展机床可靠性设计的全过程之中，需要进行的原理实验、性能试验、环境试验和可靠性试验等。应该制定相应的可靠性试验规范和标准，通过试验来评价机床的可靠性是否达到设计要求。在进行物理试验的同时，应该同步进行可靠性仿真试验，以实现物理和仿真试验数据的互为补充、支撑和验证。同时，试验过程中相关数据应该及时录入可靠性数据库，实现数据库的动态扩充和修正。可靠性试验与验证示意图如图 18 所示。

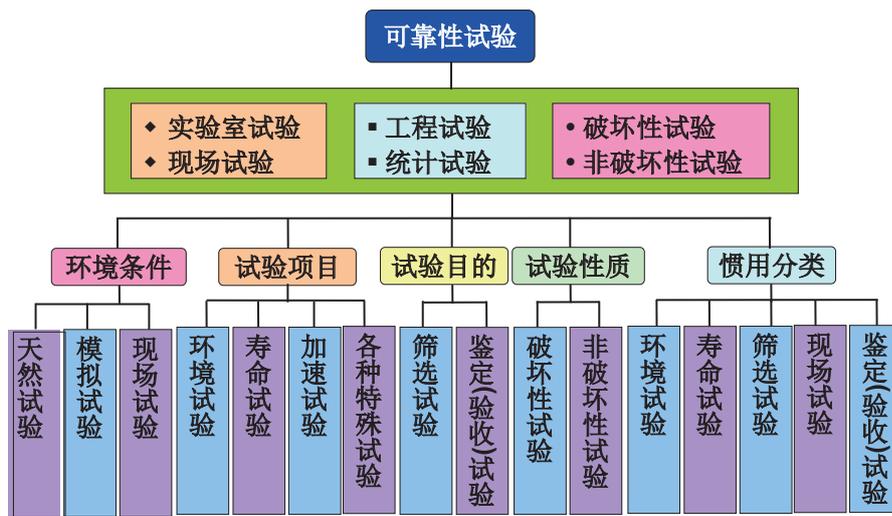


图 18 可靠性试验与验证示意图

### 3.3 制造

制造可靠性是机床固有可靠性水平的保障，在批量生产时，主要体现在对加工的一致性和装配的精细性的要求。在完成机床设计评审，重新分析、修正设计后，机床进入批量生产制造阶段。在这个过程中，需要实现加工工艺和装配工艺的可靠性控制。加工可靠性包括加工工序和工艺参数等的控制；装配可靠性包括连接等配合工艺的工艺规划和参数控制。设立加工过程和装配过程的可靠性控制点，重点检查和确定应该达到的要求。同时开展基于虚拟样机技术的可靠性虚拟制造试验，及时发现加工和装配过程中可能会出现的问题，提出合理的解决方案。机床在出厂前，要开展机床早期故障排除试验，使机床到达用户后直接进入正常稳定工作期（有效寿命期）。同样，可靠性制造过程中相关试验数据应该及时录入可靠性数据库。生产中可靠性的技术与管理的示意图如图 19 所示。

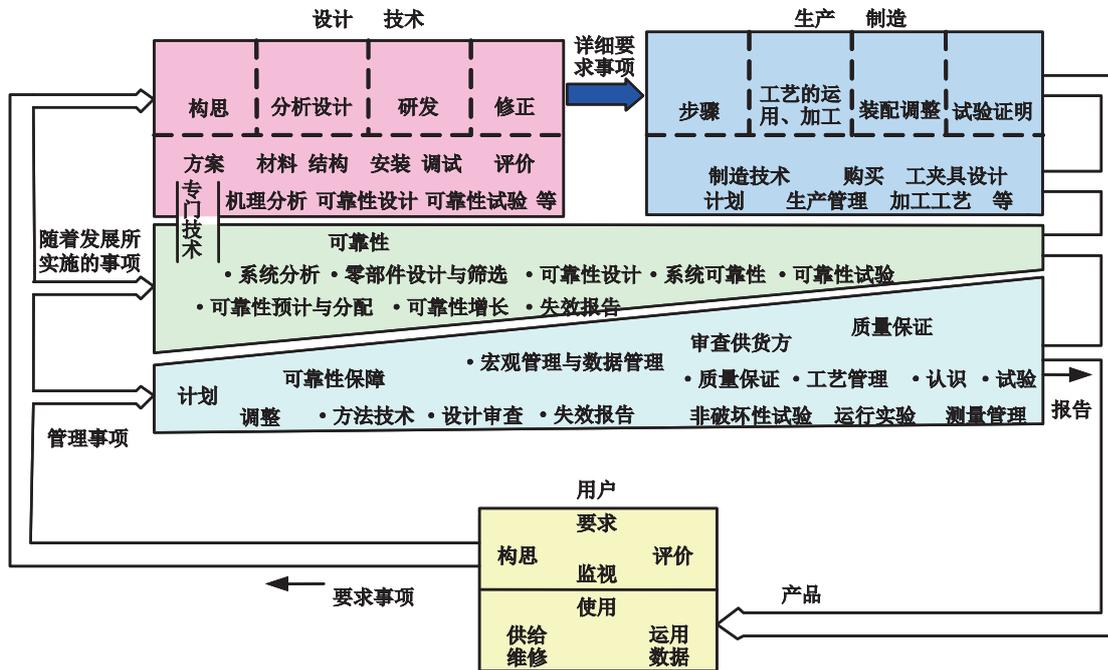


图 19 生产中可靠性的技术与与管理示意图

### 3.4 使用

使用阶段的可靠性是机床可靠性的最终实现，通过强制控制应用、环境、维护、维修和监控等条件，以保证机床设计制造的可靠性水平。为了确保机床可靠性的实现，应该对用户进行相关的培训，并提供详细的机床使用说明书、机床的维护保养说明书以及机床的常见故障及处理方法规范等。使用可靠性研究通过现场实验暴露机床的故障/失效信息，并通过运行状态的监测准确地收集相关故障/失效参数。同时，根据机床的返修统计和用户评价收集机床的故障/失效信息，连同运行状态监测得到的故障/失效信息一同反馈至可靠性数据库，并为大样本的可靠性评估提供第一手资料。最后，应该总结和归纳机床在设计、制造、使用各阶段的系列成套可靠性标准和规范，以实现机床可靠性的保障和研究成果的推广应用。使用阶段的可靠性工作示意图如图 20 所示。

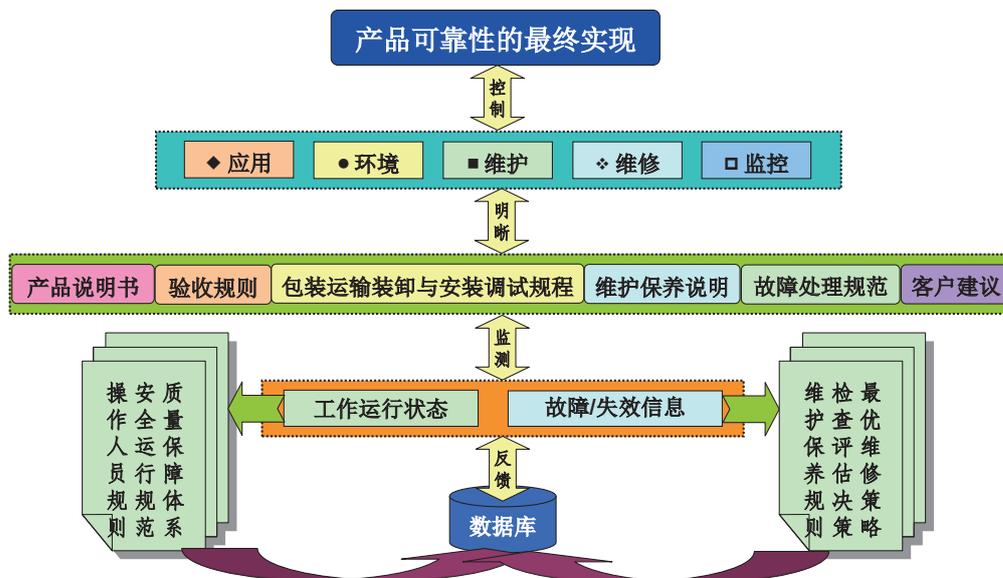


图 20 使用阶段的可靠性工作示意图

### 3.5 可靠性管理

从提高机床可靠性来看，设计是基础、制造是保证、试验是评价、使用是体现、管理是关键。可靠性管理是统筹可靠性工作的关键环节。可靠性管理首先应该在企业建立可靠性管理的组织机构。借鉴国外成功经验，可靠性管理机构最好由总师直接领导，人员包括有丰富经验的设计人员、制造人员、试验人员、质量管理人员、售后服务人员等组成。可靠性管理机构的主要功能包括：制定可靠性研发计划、领导可靠性研发项目、提供可靠性保证的方法和技术、督促和检查可靠性工作的执行情况、安排和调整可靠性试验与评价、建立和维护“可靠性数据库”、组织可靠性评审，开展可靠性增长工作，进行可靠性认证，制定、推行和贯彻可靠性标准和规范，开展可靠性工程技术的教育和培训等工作。可靠性管理示意图如图 21 所示。

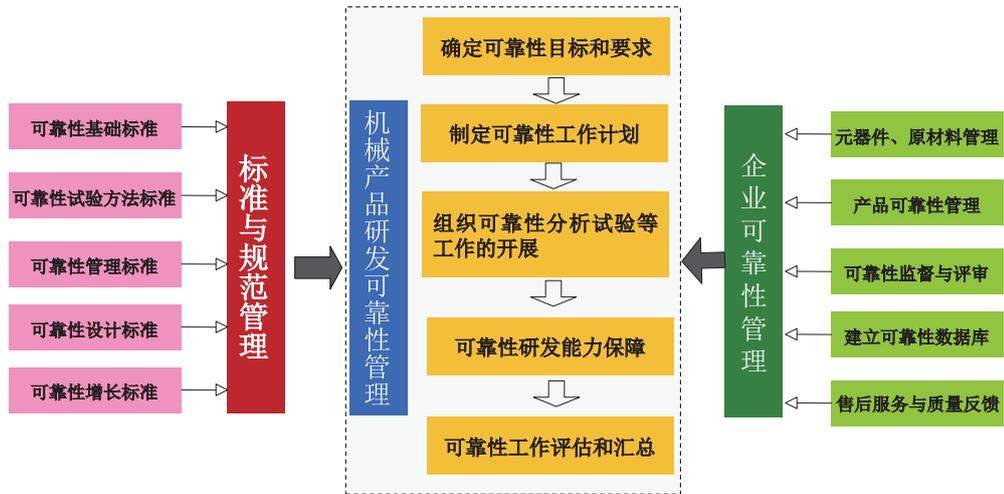


图 21 可靠性管理示意图

## 4 “精细工程”

若要提升数控机床的质量与可靠性，除解决机床质量和可靠性本身的问题以外，还必须在企业提倡“精细工程”<sup>[58-59]</sup>，而且质量和可靠性工作本身也要精益求精，这是我国企业提升数控机床质量与可靠性的理应遵循的规律和法则。

“精细工程”是企业按照“五精五细”的理念与思路，对企业机床的全寿命周期的各个阶段和环节的研发、设计、制造、安装、运用、维修、管理等进行精细化运作的工程。实质上，“五精五细”的理念主要涉及两个层面的问题：①相关管理人员和技术人员是否有能力和责任将“工作”做得“精细”；②相关技术人员和操作人员是否有能力和责任将“做工”干得“精细”。

“五精”	“五细”
①精确：精确的理论与技术；	①细化：细化制度、规章、程序、规范等；
②精密：精密的设计、计算与分析；	②细分：细致划分职能和职责，责权利分明；
③精制：精工制造；	③细密：周密仔细的对待任何环节；
④精深：精深的专业知识；	④细别：任何微小的差别都必须重视；
⑤精通：精通管理与技术的团队与人员。	⑤细工：精细的工艺。

通过精细化，能够真正了解各个环节之中的每个影响因素，探寻与认识其规律性，规避不利因素，发挥有利因素，众多精细的累积可以铸就一个优质的产品。可见只有发挥持续的精益求精的精神，才会有效地提高数控机床的质量和可靠性。

## 5 思考

“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项已经实施了6年多,取得了一系列标志性的成果。仅就高档数控机床可靠性的研究方面来看,平均无故障工作时间MTBF(Mean time between failure)指标也由实施前的“几百个小时”提高至“上千个小时”,但是航空、车辆、发电、冶金等连续作业的制造企业使用国产的高档数控机床的状况仍然不容乐观,究其原因应该引起深刻的思考。

### 5.1 机床可靠性的总体计划决定机床可靠性的发展方向

机床可靠性的研究工作和活动需要有一个总体的计划和规划,也就是需要制定一个机床可靠性研究的大纲,这是国际重大可靠性工程项目获得成功的经验和可靠性工程研究所必须遵从的准则。机床可靠性大纲不仅作为开展机床可靠性工作的一项基本法规,也是机床可靠性研究的基本依据,更是实施机床可靠性理论与技术及管理措施的基本指南,为机床可靠性的研究指明方向和提出需要研究的内容条款与规范研究行为,对推动机床的设计、制造、使用各阶段的可靠性的提升起着至关重要的作用。如果相关机床可靠性的研究团体各自为政,不按照总体规划的内容与条款开展研究活动,或者总体计划和规划不能使之适从,或者根本没有制定总体计划和规划,将使机床可靠性的研究失去方向和指南,也就无法真正地和系统地提高机床的可靠性。

### 5.2 企业的重视程度决定机床可靠性的提升幅度

企业决策层的观念对提高机床可靠性起着重要的作用,因此对可靠性的认识不仅涉及企业的技术人员,更应该引起企业决策层充分重视。如果决策层对可靠性的认识不清或存在着认识误区,将使企业缺乏有效的可靠性管理和机制;另外,如果长期仅依靠经验的积累与推断,而缺乏有效的可靠性技术与正确的可靠性方法,难以从根本上解决机床可靠性问题;再者,如果企业缺乏正确的可靠性指导与培训及专业人员,必将制约可靠性工程的实施,长此以往将导致企业开展可靠性工作和活动的压力愈来愈大。可见,企业的实质重视可靠性的程度愈高,机床可靠性的实质提升的幅度愈大。

### 5.3 机床可靠性的定量技术决定机床可靠性的实质突破

定量的可靠性研究不仅需要系统深入的专业理论知识,而且需要长期的人力、物力、财力的持续投入,短期内很难

取得实质性和突破性的进展,这在某种程度上限制了可靠性技术的推广与普及,也为正确地评价可靠性的研究成果带来了困难;定性的故障分析发现机床的薄弱环节以后,通常采取更换高质量的零部件的办法来提高机床的可靠性,但是就我国科学技术整体水平与世界先进国家的差距来看,这必然是导致重要机床关键基础件大量进口的原因之一,并不利于民族工业的发展,而且无法清楚地指出相关可靠性指标的量级问题,因此从本质上讲要大力加强关键基础件的定量可靠性技术的研发。而且在制定相关机床可靠性的标准规范时,要有充分细致深入地定量可靠性研究作为支撑,否则将不仅不能推动机床制造企业提升机床的可靠性水平,而且是对国家资源和投入的浪费。

### 5.4 机床故障数据的正确性决定机床失效机理研究的可靠性

可靠性数据是指在各项可靠性工作和活动中所产生的描述机床可靠性状况与水平的各种数据,完善、准确、真实的可靠性基础数据库是可靠性设计与评价的保障和可靠性决策的依据。可靠性数据是以数字、图表、符号、文字与线图等形式表现。采集与分析可靠性数据是为了在机床全寿命周期内有效地改进设计、制造、使用提供信息,为管理决策提供依据,为保证机床的可靠性提供服务。而获得这些可靠性数据不仅需要进行试验与实验、采集与统计、检验与分析等,同样需要建立起一整套自上而下的可靠性管理制度和机构,促进必要的设计评审、可靠性标准制定、可靠性数据库建立等方面工作的开展。但是可靠性数据不仅要具有时效性、随机性、可追溯性,而且要求数据的真实性、连续性、完整性,并且需要对机床不同“工程深度”的数据进行采集和分析。在人类已经步入信息时代的今天,与几十年前的本质区别就是要扬弃表象和追根溯源,因此当前多家单位试图研制的数控机床运行状态监测的“黑匣子”应该是准确和正确地获取机床可靠性数据的有效途径之一。

### 5.5 机床功能部件的不可靠程度决定机床整机的不可靠状况

由于国产的高档数控机床的功能部件等多种产品的可靠性低,使我国数控机床功能与性能质量很难达到满意的程度,导致高档数控机床的功能部件大多依赖进口,关键基础件发展滞后,核心零部件受制于人,削弱了成本竞争力,这是摆在机床行业面前的现实问题。因此为了保证机

床整机具有所需的可靠性水平,要制订行业功能部件的可靠性水平和准入要求,建立功能部件供货商的入选认证制度,在内容、术语、文件形式等方面统一标准和质量体系要求,要求功能部件供应商必须做好:生产功能部件的一致性规范、质量的先期策划和控制计划、潜在的故障失效和有效的可靠性分析、试验测量的实施和统计过程的控制等方面的工作。强制可靠性要求,持续改进质量,加强预防缺陷,寻找薄弱环节等,减少在功能部件供应环节中出现质量变差与可靠性损失,促使机床功能部件的可靠性、性能一致性和稳定性的提升,突破功能部件的设计、材料、工艺等方面的核心技术,并且形成设计研发、制造工艺和试验检测等的标准规范,这是提高机床整机可靠性水平和增强市场竞争力的重要措施之一。

#### 5.6 机床可靠性研究人才的质量决定机床可靠性工作业绩的质量

人才是国家、社会、企业的第一资源,是推动科技进步

和经济发展的重要力量。任何企业都应该遵循这样的真理:“与其说是产品制造,不如说是人才制造;与其说是产品竞争,不如说是人才竞争;与其说是产品效益,不如说是人才效益。”可见,只有聚集优秀人才,才能保质保量地完成工作目标,才能获取竞争的主动权。因此,机床可靠性研发人才的合理汇聚和有效使用同样是“专项”的重要任务之一。对于解决工程实际问题的共性技术来说,一定要遵循:“理论转化为技术、技术应用于产品、产品服务于市场”的基本规律。客观地讲,在深刻掌握机械可靠性理论与方法之后,再将其应用于工程实践,并非一日之功,需要长期的基础理论和工程实际的积累,而且从理论分析和工程实践之中做出正确的概括和追溯将更加艰难,不仅需要严谨治学、求真务实、一丝不苟的科学态度和需要锲而不舍、心无旁骛、实事求是的科研精神,而且需要坚持“十年铸一剑”的执著作风,才有可能逐步在机械可靠性领域做出一些成果。由此可见,机床可靠性研究人才的质量在很大程度上决定机床可靠性工作业绩的质量。

## 6 结论

机床可靠性的基础探索、技术研究和工程应用究竟应该如何开展?怎么提高企业决策层对机床可靠性的重视?机床可靠性研究的总体计划和规划应该如何制定?怎样督促和激励研究团体集中精力和实事求是地从事机床可靠性的研究?在企业如何建立可靠性保障制度和机构?……?将有一系列实质性的问题非常急迫地等待着答案。其实,伴随着机械可靠性工程的飞速发展,人们已经屏住了呼吸,开始凝神倾听机床可靠性的“旋律节奏”,相信不久的将来,这些引人非常关注的焦点问题一定会得到满意的

回答。论文在梳理了相关机械可靠性的基础理论和工程应用的研究现状的基础之上,明确指明了目前机床可靠性的基础探索、技术研究和工程应用等方面存在的现实问题和今后工作的努力方向,既要不断吸取和持续借鉴数学、力学、信息、材料和机械等领域的相关研究成果,又要通过心无旁骛和求真务实地开展基础探索、技术研究和工程应用等方面的研发,以便指引和深化机床可靠性的研发的深度、宽度和厚度,真正全面提升数控机床的质量和可靠性水平。■

### 作者简介

张义民,男,1958年9月生,河北安平,工学博士,东北大学机械工程与自动化学院院长,教授,“长江学者”特聘教授,国务院学位委员会学科评议组(机械工程学科)成员,中共沈阳市委、沈阳市人民政府决策咨询委员会委员。主要从事机械动态设计和机械可靠性工程等方面的教学和科研工作。

# 基于大数据思维的数控机床热误差补偿新方法

上海睿涛信息科技有限公司 姚晓栋

摘要：计算机和信息科学技术的快速发展使得数控机床生产的过程控制变得越来越复杂，传统的基于现代控制理论的热误差机理建模或者辨识建模的方法在理论基础和实用推广上都面临着双重难题。大数据的出现给我们带来了全新的思考角度，基于大数据思维的新方法使得热误差补偿技术突破原有的壁垒成为了可能。试验结果证明这种新方法在数控机床生产加工的复杂工况中提高补偿精度的有效性。

## 1 前言

互联网高端技术的创新与发展，使得我们正处在一个数据爆发增长的时代，数据量已经从 TB 级别跃升到 PB、EB 乃至 ZB 级别。大数据带来的信息风暴正在变革我们的生活、工作和思维，可以毫不夸张地说，大数据开启了一次重大的时代转型<sup>[1]</sup>。世界上许多国家都认识到了大数据所蕴含的重要战略意义，纷纷开始在国家层面进行战略部署，以迎接大数据技术革命正在带来的新机遇和新挑战。美国在《大数据研究和发展倡议》中，将大数据定义为“未来的新石油”，提出将通过收集庞大而复杂的数字资料，从中获得知识和洞见，以提升能力，并协助加速在科学、工程上发现的步伐，强化国土安全，转变教育和学习模式；英国政府 2012 年计划在未来两年内，在大数据和节能计算研究上投资 1.89 亿英镑，以带动企业在该领域的投资；法国政府在 2013 年投入 1150 万欧元，用于 7 个大数据市场研发项目，目的在于通过发展创新性解决方案，并将其用

于实际，来促进法国在大数据领域的发展。大数据是如此重要，以至于其在获取、存储、搜索、共享和分析等各方面的研究都成为了当今的热门课题。有专家指出，大数据及其分析、预测，会在未来 10 年改变几乎每一个行业，这其中当然也包含了个工业领域中的各个核心环节。

我国的《中国制造 2025》规划中明确提出了“剑指工业强国”的口号，在整个规划体系中，装备制造业的地位至关重要，而作为装备制造业“母机”的数控机床以及数控加工技术的发展，对于我国的工业强国之路具有深远且实际的意义。在大数据时代已经来临的今天，如何将大数据带来的新思维和新方法应用到传统的数控机床和数控加工技术中，并对以往数控技术中的难点问题采用创新性的方法予以突破，是信息化进程这一时代要求的大势所趋，并且必将给传统的数控加工技术领域带来崭新的生命力。

## 2 大数据对工业过程控制带来的思维革新

2013 年被称为“大数据元年”，人们用大数据来描述和定义信息爆炸时代产生的海量数据，并命名与之相关的技术发展与创新。那么，大数据到底是什么？是一种数据的集合，一种数据的分析和处理能力，一种新技术，亦或是一种运营模式的统称？许多学者和专家根据自己的从业背景和行

业特点对大数据的定义和特点进行了诠释。本文则立足于数控加工技术领域，从大数据对传统工业领域数据分析思维的革新角度，阐述了用大数据解决数控加工领域传统问题的创新性思维和方法。

过去我们所说的数据主要是指数字，如数控机床位置的

半闭环或全闭环反馈的数值、机床的几何误差等，这种数据的特点是结构化的，因而数据分析可以遵循一定现有规律，通过如简单的线性相关或者建立数学模型这样传统的数据解决方案，就能找到相应的对策。而我们现在所面对的大数据则包含了结构化数据、半结构化数据和非结构化数据，这使得其在分析过程中没有既定的规律可以遵循，必须通过综合多种层面、不同阶段的信息进行综合分析和评估，假设应答结果，并计算每种可能性的可信度。可以这么说，大数据的核心特征是一种收集和分析大量信息的能力，而其目的则在于从复杂的数据里找到过去不容易昭示的规律，并通过数据挖掘与具体的实施对象相结合，而更重要的，则是大数据所带来的对传统工业领域现有问题进行创新性思考的一种思维上的革新。

近年来，随着信息科学技术的快速发展，许多工业过程都发生了翻天覆地的变化，如机械制造业、电子工业、电

气工业、化工业、冶金业、能源业和交通运输业等。最明显的变化特征是工业生产的规模越来越大，设备工艺越来越复杂，而同时对产品的质量要求也越来越高。由此也就导致了工业领域一些传统的过程控制解决方案，如对这些工业过程进行机理建模或者辨识建模，已经变得越来越困难，甚至于已经无法实现。而另一方面，工业生成过程中每时每刻都产生着大量的过程数据，这些数据中包含了关于过程运行和设备状态的全部有用信息。而实际上，这些与工业过程密切相关的结构化或半结构化数据就是我们所说的大数据。在传统的工业过程控制由于自身的局限性而无法获得过程精确模型的情况下，如何利用大数据所带来的创新性思维，充分结合这些离线或在线的过程数据进行工业过程的数据分析和具体应用，并实现对这些过程的有效控制，甚至实现对系统的监测、预报、诊断和评估等，是一项极具价值的工作，同时对完善控制理论也具有十分重要的意义。

### 3 热误差补偿技术推广应用所面临的难题

数控机床的热误差补偿技术是提高数控机床加工精度和可靠性的关键技术之一，热误差补偿控制技术已成为高档数控机床和精密加工所必不可少的辅助手段。几十年来，国内外许多研究人员对数控机床热误差补偿与控制技术进行了大量而深入的研究，并取得了显著的成果。上海交通大学在热误差分组优化建模、神经网络建模以及灰色理论建模方面取得了多项研究成果<sup>[2-5]</sup>。Yuan Kang 等结合前馈神经网络和混合过滤器技术所形成的热误差修正模型用于改善热误差预测精度和减少计算时间<sup>[6]</sup>。天津大学基于 Windows 平台开发了加工中心在线检测误差补偿技术，建立检测系统的几何误差与热误差综合模型<sup>[7,8]</sup>。

以及误差元素精确建模，来找到符合机床误差发生规律的数学模型，并通过补偿控制系统来完成误差补偿的实际动作控制。其中，热误差补偿技术的核心问题是如何精确地建立相关误差的数学模型，然后通过误差补偿控制，来实现对数控机床加工精度的修正。然而，由于热误差本身具有准静态时变、非线性、衰减延迟以及耦合的综合特征，因而如何得到能精确描述热误差各种特性的数学模型，一直是热误差补偿研究领域的难题。

#### 3.1 热误差补偿面临的理论难题

热误差建模技术是目前数控机床热误差补偿研究的关键，热误差建模技术从最开始线性化建模方法，到之后的最小二乘建模法、正交试验设计建模法和鲁棒性建模法等，再到后来遗传算法、神经网络算法、模糊理论等的引入，最后发展到当前许多学者提出的多种理论相结合的建模方法，可以说经历了不断的进步与发展，并且在提高机床精度方面取得了卓越的成效。然而，不可否认的是，虽然当前各种误差建模技术的研究在不同方面都有所突破，但是每项技术的实用化程度还不高，难以作为一种共性的解决方案来适用于数控机床加工的各种工艺条件和使用场合。究其缘由，除了应用层面的各种复杂情况，更深层次的原因则在于当前热误差补偿建模技术在理论基体上所面临的难题，下文对热误差建模的主要的理论和实际难题进行了详细剖析。

##### 3.1.1 MBC 理论

Kalman 在 1960 年提出状态空间方法的概念<sup>[9,10]</sup>，标志着现代控制理论与方法的萌芽和诞生。现代控制理论是基于受控对象的数学模型精确已知这个基本假设建立和发展起来

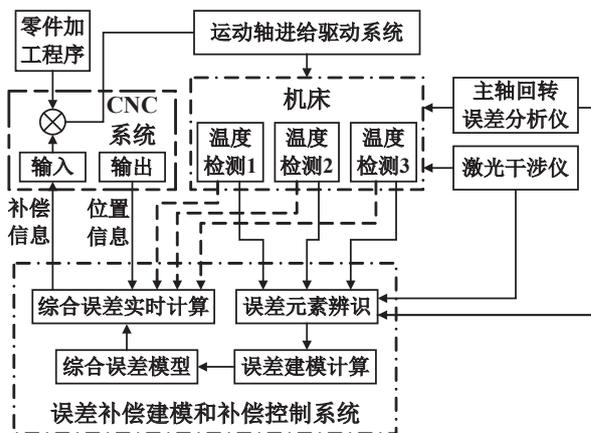


图 1 数控机床误差补偿技术结构图

常规的热误差补偿技术的结构示意图如图 1 所示，通过误差元素辨识、误差元素精密测量、温度敏感点辨识和检测

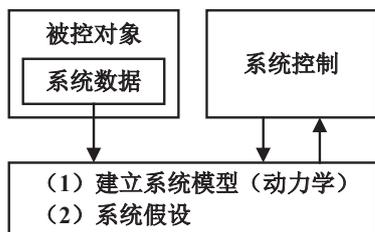


图2 MBC理论的框架

的, 因此其也成为基于模型的控制 (以下简称 MBC) 理论。随着现代控制理论的蓬勃发展, 形成了众多领域的分支学科, 如线性控制理论、系统辨识理论、自适应控制理论、最优控制理论、鲁棒控制理论、理论模糊集理论、神经网络理论、知识工程以及滤波和估计理论等, 并且在工业、国防以及军事等诸多方面取得了令人瞩目的辉煌成就。

在现代控制理论中, 控制器的设计都是基于受控系统的数学模型给出的, 控制器设计方法的特点体现在对被控对象的闭环误差动力学的数学分析中, 甚至还包括在控制系统的运行监控、评价和诊断的各个环节中。MBC 理论框架如图 2 所示。从图 2 可以看出, 系统模型和假设既是 MBC 系统设计和分析的起点, 同时也是 MBC 系统设计和分析的目的。目前绝大多数线性和非线性的控制方法都属于 MBC 方法, 上述热误差建模技术所用到的各种算法也都属于 MBC 理论的不同分支, 因而这些建模理论和算法在本质上仍然是建立在基于模型的控制理论基础上的。

### 3.1.2 基于 MBC 理论建模所面临的三大难题

MBC 理论的核心思想是要得到能描述受控对象内部特征的系统数学模型, 然后再根据“确定等价原则”在得到的系统数学模型基础上设计控制器, 最后基于所获取的数学模型进行闭环控制系统的预测和控制。“确定等价原则”成立的依据是承认系统数学模型可以代表真实的实际系统, 这是现代控制理论的基石。对于热误差建模来说, 有效建立系统的数学模型同样是不可或缺的。然而, 随着工业过程控制复杂性的日益增强, 基于 MBC 理论的建模方法面临着理论上的三重困难<sup>[11]</sup>。

#### 3.1.2.1 未建模动态和鲁棒性的矛盾

未建模动态和鲁棒性是一对不可避免的孪生问题, 它们在传统的 MBC 理论框架下是无法同时解决的<sup>[11]</sup>。此处所述的未建模动态是指复杂工业过程的控制往往需要面对高阶的系统, 而在模型分析和建立时则通常用低阶系统来近似模拟高阶系统的动态性能, 而实际上高阶系统还有一部分动态性能在我们用低阶系统来分析时会被忽略掉, 被忽略的这部分就是未建模动态。

工业过程控制的实际系统都是非常复杂的非线性系统,

如机床热误差即为一种动态时变的非线性特征量, 迄今为止, 无论是数学理论还是系统辨识理论都没有很好的工具和方法能够给出系统精确的建模结果, 而只能根据受控过程在线或离线的输入输出采样数据, 从经验模型的集合中寻找与这些采样数据最贴近的被控对象的数学模型, 这就要求这些经验模型集合必须能覆盖真实系统, 才能使所建立的数学模型在一定程度的偏差下很好地逼近原有的真实系统。然而, 由于实际系统内部结构和外部运行环境的复杂性, 采用机理建模或通过系统辨识方法所建立的数学模型都仅是对真实系统带有一定偏差的逼近模型。换句话说, 未建模动态和其他不确定性在上述的建模过程中总是不可避免的, 在实际应用中由于未建模动力学因素以及各种外部扰动等原因可能引起模型系统的鲁棒性变差甚至系统失稳。

#### 3.1.2.2 数学模型精度与控制器复杂度的矛盾

MBC 理论对数学模型的要求是越精确越好, 然而由此产生的代价会呈几何级数增长, 并且据此设计的控制器也会变得相当复杂, 这种过于复杂的控制器会使闭环系统的实时性、可靠性以及鲁棒性都降低, 甚至有时是难以实现的。例如为了使热误差数学模型到对受控系统特征的精确逼近, 所获得的受控系统的数学模型的阶数会非常高, 基于此高阶模型进行控制系统设计必定会导致控制器也具有非常高的阶数, 而高阶控制器可能导致控制系统的设计、分析和应用变得更加复杂, 系统的监控和维护也变得更为困难, 显然, 高阶模型肯定是不适用于实际工业过程控制的。MBC 理论从实际应用考虑要求控制系统是简单实用的, 因而必须对复杂的高阶数学模型进行模型简约的工作。很明显, 这也是一对难以解决的矛盾: 一方面为了提高被控对象的建模性能需要建立精确的高阶数学模型; 另一方面为了得到实用的控制方式又需要进行模型简约。

#### 3.1.2.3 全局数学模型与局部数学模型的矛盾

除了数学模型的精度问题, 在另一层面上, 我们还希望所建立的模型能够适用工业过程的所有情况, 即建立的模型应该是受控系统全局的数学模型。然而, 全局模型的建立需要掌握受控系统所有的变化规律, 其面临的数据采集和系统辨识的工作量都是及其庞大的。实际生产中, 数控机床的加工表现出间歇过程的特点, 不同批次不同产品不同周期的规律都可能不尽相同, 因而热误差本身是一种复杂的非线性时变系统, 加之其还受到环境温度变化等干扰因素的影响, 想要建立受控系统的全局数学模型不可能实现。此外, 全局模型的建立需要采集巨量的数据信息, 这种耗费大量时间的建模数据采集过程本身就难以付诸实践, 而且即使已经采集的数据达到了相当的规模, 也难以保证可以覆盖所有的机床运动状态以及热误差变化规律。

目前热误差建模通常的做法是通过监测数控机床的一段典型运动过程，以获取机床的误差变化和温度敏感点的温度变化统计数据，并采用系统辨识的方法，从数学模型集合找到与这些采样数据最逼近的输入输出局部数学模型。显而易见，由于局部数学模型是基于这“一段”机床运动的统计数据来建立的，因而不可避免得带有“局部”特性，当机床实际运动是在这“一段”数据的范畴内时，由局部数学模型反映的热误差变化规律与机床的实际热误差变化能够达到很好地逼近效果；而当机床的实际运动偏离了这“一段”数据时，局部模型的逼近效果可能变差，甚至出现错误预测计算。因而，全局数学模型和局部数学模型之间也是一对难以调和的矛盾问题。

### 3.2 热误差补偿实际应用中所面临的难题

热误差补偿面临的三重理论难题反映了 MBC 理论在当前日趋复杂的现代信息化工业过程控制中进行应用时遇到的巨大挑战。然而，除了上述的理论难题，热误差补偿在实际应用在也存在着多种问题，如下图 3 所示，这些相关难题直接阻碍了热误差补偿技术在实际的数控加工生产过程中的应用。

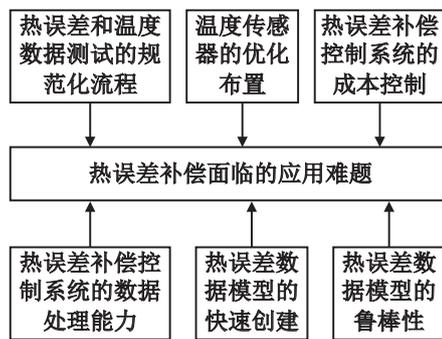


图 3 热误差补偿面临的应用难题

#### 3.2.1 热误差和温度数据测试的规范化流程

当前在许多热误差补偿的研究工作中，对数控机床的热误差和热敏感点的温度测试并没有统一的规范，例如在测试过程中并没有重视激光干涉仪自身的温度补偿功能以及室温变化的影响，使得测试的热误差数据和温度数据没有统一的参考基准，这样的采样数据往往继承性很差，难以让今后的研究人员继续使用。

#### 3.2.2 温度传感器的布置

温度传感器的布置一直是热误差补偿研究和实际应用中的一个难点，其中涉及的关键问题有：(1) 温度变量的辨识；(2) 温度传感器的最佳数目 (3) 温度传感器的最佳位置。由于温度传感器的理论布局与在数控机床上的实际放置位置之间总是存在差异，因而如何在实用化的层面上优化温

度传感器的布置策略，减小热误差建模时传感器之间的耦合干扰，是热误差补偿技术在实际应用时所必须解决的问题。

#### 3.2.3 热误差补偿控制系统的成本控制

关于热误差补偿控制系统的成本问题主要有两方面的考量：(1) 热误差模型的复杂程度决定了控制系统的复杂度，MBC 理论框架下热误差模型必须要权衡数学模型的拟合精度和模型复杂程度所带来的控制系统高成本之间的关系，这个平衡点不易找到；(2) 传统的热误差建模和补偿系统的设计需要复杂和高深的数学知识及专业技能，需要很多专家及高水平的研究人员的参与，而一般数控设备制造厂家的控制工程师在设计和维护时，往往显得力不从心和缺乏自信。上述的两点是造成热误差补偿实施成本较高的主要因素，因而如何找到合理的控制系统设计方法是降低误差补偿成本的关键。

#### 3.2.4 热误差补偿控制系统的数据处理能力

热误差补偿控制系统需要具备强大的数据处理能力，早期的基于单片机或 ARM 机的补偿控制系统已经遇到了计算瓶颈，特别是对于当前数控设备复杂的生产过程，以及对多轴联动补偿控制和空间热误差补偿的需求，更是对补偿控制系统的处理能力提出了更高的要求。

#### 3.2.5 热误差模型的快速创建

热误差数学模型的创建过程通常比较复杂，需要对受控对象的多种控制过程进行监测和数据采样，并通过系统辨识的方法对统计数据进行分析，根据采样的数据用模型集合里最适配的算法计算数学模型，其后还需要用获得的局部数学模型去验证补偿的效果，并根据反馈的补偿偏差结果修正数学模型。从上述描述中不难看出，目前传统的热误差模型的创建过程是相当缓慢的，有时甚至需要历经不断的反复调整，因而这种热误差模型的创建过程难以适应实际工业过程控制系统设计所需要的快速简便的原则。

#### 3.2.6 热误差模型的鲁棒性

热误差数学模型的鲁棒性是控制模型在实际工业过程控制中是否具有应用价值的重要考核指标之一。这里所说的鲁棒性主要指两方面：(1) 热误差模型对同一台数控机床的不同运行状态下的适用性；(2) 热误差模型对相同或相似类型数控机床的适用性。前者表征的是所获得的误差模型是否能够适用于同一台数控机床在各种生产工况下的过程控制；后者反映了误差模型是否具备实现批量化应用的可行性。MBC 理论下，鲁棒性控制的优劣取决于对受控系统中各种不确定性的描述，人们考虑了多种方法对系统不确定性进行描述，如对噪声、模型误差的加性描述、乘性描述或假设这些不确定性的上界已知。然而，机理建模或系统辨识法都不能对系统中的各种不确定性给

出定性或定量的描述。关于不确定性的描述与各种建模方法所能提供的结果是相互不配套的。换句话说，这些关于不确定性的假设与已有的机理建模或系统辨识方法所能提供的结果不一致<sup>[12]</sup>，因而对于热误差这样复杂的非线性动态系统，鲁棒控制在实际应用经常难以达到理论设计时的效果。

本节中围绕 MBC 框架下的控制方法的三大理论难题以及热误差补偿在实际应用中所面临的困难进行了详细分析。不可否认的是，由于计算机、物联网和信息化等前沿科学技

术在工业领域不断深入地结合，使得传统的工业过生产程变得越来越复杂，因而导致了热误差补偿技术面临着各方面的冲击，在技术推广时遇到了理论和实用的双重瓶颈。因此，在当前这个互联网化、信息化的新时代，如何引入创新性的思维 and 理念，并充分利用大数据这样的最新的科技武器，破开困扰热误差补偿的层层迷雾，让热误差补偿技术能够真正地作为数控装备加工领域的共性技术付诸于实际工业生产的应用，是一项极具商业价值和社会价值的工作。

#### 4 用大数据思维来突破热误差补偿的困境

大数据的核心特征是对大量信息进行离线或在线实时分析的能力，并从复杂的海量数据里挖掘出实施对象的内在规律。从某种程度上说，大数据思维在工业过程控制中的引入，将改变以往分析问题时的片段的和间歇的思维模式，转而用一种全局的、动态的和连续的思维来对待工业领域一些传统的过程控制问题。本文研究和总结了用大数据思维的全新视角来突破热误差补偿所面临的理论和实际应用的难题，取得了具有实用化推广意义的结果。

##### 4.1 用大数据思维解决热误差补偿的理论难题

基于 MBC 理论进行数控机床热误差建模所面临的三重理论难题，在本质上是由于在应对复杂的现代制造业的过程控制时，MBC 理论体系有着天然的缺陷性。针对这一状况，本文通过借鉴大数据思维，引入了数据驱动控制理论来突破这三重理论难题包围。

###### 4.1.1 DDC 理论

数据驱动控制(以下简称 DDC)最早来源于计算机科学领域，控制领域出现这个概念是近几年的事情，DDC 理论的核心是“控制的出发点和归宿都是数据”，是一种“闭环”方式<sup>[13]</sup>。Hou Z.S 等在 2013 年提出，DDC 是指控制器设计不显含受控过程的数学模型信息，仅利用受控系统的在线或离线 I/O 数据以及经过数据处理而得到的知识来设计控制器，并在一定假设下有收敛性、稳定性保障和鲁棒性结论的控制

理论和方法<sup>[14]</sup>。DDC 方法框架结构如图 4 所示。对比 MBC 理论，数据是 DDC 设计方法的出发点，也是目的地。

###### 4.1.2 基于 DDC 方法解决相关理论难题的思路

从数据驱动控制的定义可以看出，DDC 理论与 MBC 理论对比，最大的特色是其并不需要建立受控过程的数学模型，而是用受控系统的在线或离线 I/O 数据来设计控制器，并且在实际控制过程中应用在线的动态 I/O 数据来实时调节控制器。可以说，DDC 理论的思路让我们在解决数控机床非线性时变的热变形问题时，跳出了 MBC 理论固有的框架束缚，并且有了解决问题的新方法。

首先，对于未建模动态和鲁棒性这对矛盾，由于 DDC 方法并不需要对数控机床的热误差的补偿控制进行高阶系统的近似模拟，相反 DDC 方法将热误差发生过程中的机床状态信息作为控制器设计和调整的驱动源，这种动态跟随控制的方法是对机床运动过程的精确等价的，因而杜绝了未建模动态的发生。

其次，对于数学模型精度与控制器复杂度这对的矛盾，基于 DDC 理论的控制器设计中根本无需去建立精确的数学模型，DDC 理论跳过了数学建模这一中间环节，从历史数据和动态数据出发，直接面向控制器的设计，因而在理论基体上规避了高阶数学模型所带了的难题。

最后，对于全局数学模型与局部数学模型这对的矛盾，为了便于对比基于 MBC 理论建模的数学模型，这里引入基于 DDC 的“数据模型”的概念。虽然只有一字之差，但两者的含义截然不同。数学模型的建立是基于对机床热误差“一段”局部的离线数据进行辨识和计算，然后得出的一种静态的数学公式或者递推表达式，显然用这种局部的和静态的模型去控制机床实际生产中的动态的全局的过程必然会产生误差；而数据模型则强调的是在基于机床热误差数据以及机床状态信息的基础上，在每个采样时刻给出机床非线性温度场的一个精确等价的、用动态形式描述的模型，因而基于 DDC 的数据模型实质上就是一种全局的和动态的模型表述方式，可以很好地解决热误差补偿所需的全局模型问题。

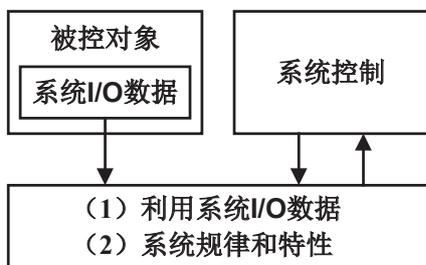


图 4 DDC 理论的框架

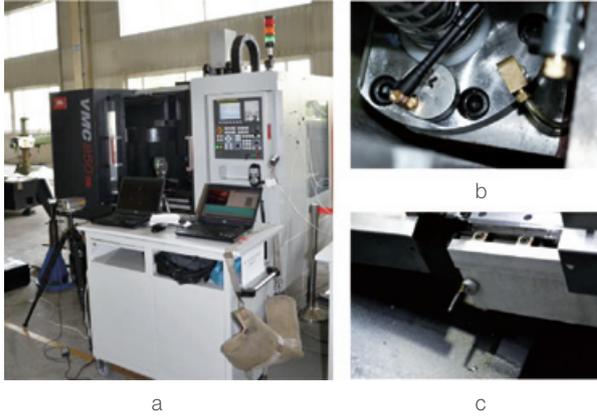


图5 数控机床X轴补偿前后定位误差检测

#### 4.1.3 MBC方法与DDC方法建模的效果对比

图5为在一台立式加工中心上进行的DDC方法和MBC方法建模效果对比试验。在X轴丝杠螺母和床身上各布置1个无线温度传感器。热误差建模时X轴从热平衡的初始条件开始在全行程范围内以5m/min的速度进行运动热机；而对模型的拟合效果检验时，X轴在以不同运行速度和不同运动范围的条件下进行热机和冷机，并使用雷尼绍激光干涉仪检测X轴的实际定位误差变化，测量点数为11个，每80mm测量一个点。

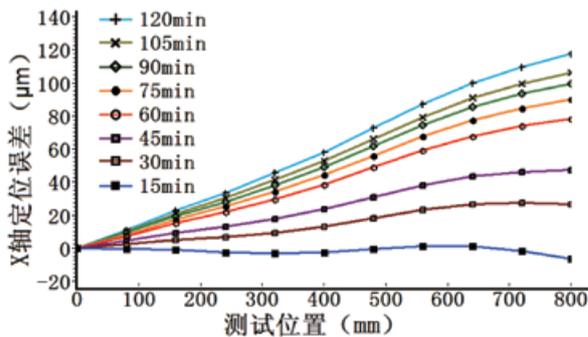


图6 X轴定位误差变化统计

图6为建模时X轴定位误差的实际检测结果，误差曲线为每隔15min测试一次，共计测试了8组。由图6可以看出，随着机床的加热，X轴的定位误差逐步呈扇形展开，并最后趋于稳定。

#### 4.1.3.1 基于MBC理论的热误差数学模型

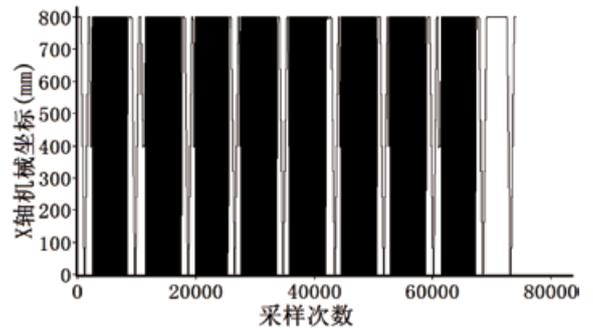
采用多元回归法进行机床误差建模，所得的定位误差模型参见公式(1)。

$$\begin{aligned} \delta_x(x, T) = & 3.7426 + 3.5475x + 4.2208x^2 \\ & + 264.6373 \times 10^{-3} x^3 + 1.626x^4 - 326.362 \times 10^{-3} x^5 \\ & + 304.184 \times 10^{-3} x^6 + 2.7306 \times 10^{-4} \Delta T_{\text{螺母}} x \\ & + 11.7x(T_{\text{床身}} - 20) \end{aligned} \quad (1)$$

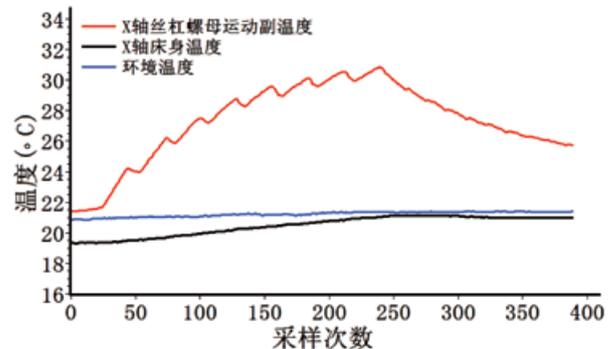
式(1)中， $\delta_x(x, T)$ 为X轴的综合定位误差，包括冷态几何误差、机床运动温升引起的丝杠的热变形误差以及室温变化引起的丝杠的热变形误差三部分。

#### 4.1.3.2 基于DDC理论的热误差数据模型

采用DDC方法建立数据模型时，除了热误差数据，还需要实时采样数控机床的状态信息作为控制器设计的I/O数据源，图7为基于DDC理论建立数据模型时对机床运动过程中的位置信息和温度测点数据变化信息的实时动态跟踪记录。



(a) X轴运行位置变化动态跟踪信息



(b) 测点温度变化动态跟踪信息

图7 机床运动过程的状态信息

用DDC方法建立的定位误差模型参见式(2)，

$$\delta_{\text{螺母}} = \alpha \frac{L}{N} \sum_{i=k}^n \sigma f(X_i) + \alpha \frac{L}{N} \sum_{i=1}^{k-1} G(\Delta T_n) \quad (2)$$

其中， $\alpha$ 是单位热传导计算因子，的计算方法见式(3)，而  $G(\Delta T_n) = a^{\Delta T_n}, 0 < a < 1$ 。

$$\sigma = \frac{\Delta \hat{T}_{\text{螺母}}(k)}{\frac{L}{N} \sum_{i=k}^{k+q-p} i} \quad (3)$$

图8~图11为机床在不同的运行速度和运动范围的条件下，采用MBC和DDC两种建模方法对X轴定位误差的拟合效果对比。X轴选择的运动速度和行程范围与建模时的运行条件不同，参见下表1。

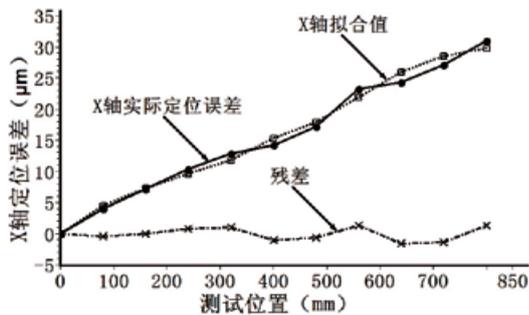
表 1 机床 X 轴运行条件及误差拟合效果统计

序号	X 轴运动条件	MBC 拟合残差 / $\mu\text{m}$	MBC 拟合精度 (%)	DDC 拟合残差 / $\mu\text{m}$	DDC 拟合精度 (%)
1	开机热平衡	-1.6~1.7	94.3	-1.0~0.7	96.6
2	6m/min 速度, 在中间 1/3 行程位置热机 8min	-17.4~0	52.8	-1.4~1.3	96.2
3	10m/min 速度, 在靠近电机 1/3 行程位置热机 15min	-26.5~0	60.6	-2.1~2.4	96.4
4	X 轴螺母停止在任意位置, 连续降温 12min	0~14.8	70.5	-2.0~1.8	96.0

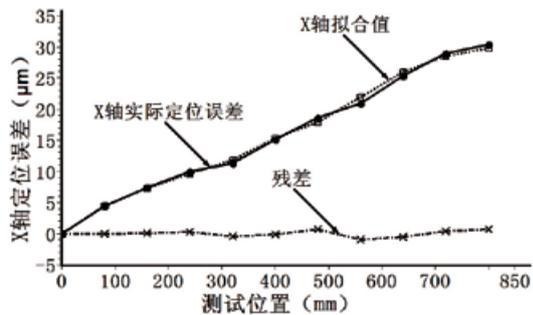
4.1.3.3 两种方法建立模型的拟合精度比较

(1) 机床开机处于热平衡

图 8 为机床开机处于热平衡条件时两种建模方法对 X 轴定位误差的拟合效果对比。参见表 1 的统计结果, 基于 MBC 理论的热误差数学模型拟合残差为 -1.6~1.7, 误差拟合精度为 94.3%; 而基于 DDC 理论的热误差数据模型拟合残差为 -1.0~0.7, 误差拟合精度为 96.6%。说明在开机的初始条件下, 两种建模方法的误差拟合精度比较接近, 可以满足补偿的要求。



(a) MBC 拟合结果

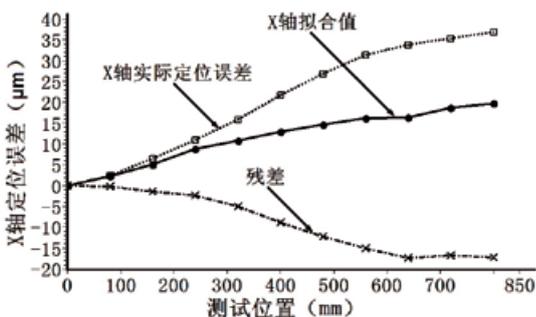


(b) DDC 拟合结果

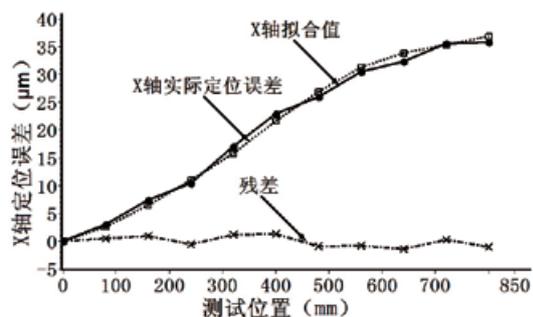
图 8 X 轴定位误差拟合结果 (开机热平衡)

(2) 机床为第一种运动条件

图 9 为机床第一种运动条件时两种建模方法对 X 轴定位误差的拟合效果对比。参见表 1 的统计结果, 基于 MBC 理论的热误差数学模型拟合残差为 -17.4~0, 误差拟合精度为 52.8%; 而基于 DDC 理论的热误差数据模型拟合残差为 -1.4~1.3, 误差拟合精度为 96.2%。结果表明第一种运动条件下, MBC 方法的误差拟合精度下降明显, 拟合效果变得较差, 而 DD 方法的误差拟合精度仍然保持很好。



(a) MBC 拟合结果



(b) DDC 拟合结果

图 8 X 轴定位误差拟合结果 (开机热平衡)

(3) 机床为第一种运动条件

图 10 为机床第二种运动条件时两种建模方法对 X 轴定位误差的拟合效果对比。参见表 1 的统计结果，基于 MBC 理论的热误差数学模型拟合残差为 -26.5~0，误差拟合精度为 60.6%；而基于 DDC 理论的热误差数据模型拟合残差为 -2.1~2.4，误差拟合精度为 96.4%。结果表明第二种运动条件下，MBC 方法的误差拟合精度同样变得较差，而 DD 方法的误差拟合精度仍然保持得非常好。

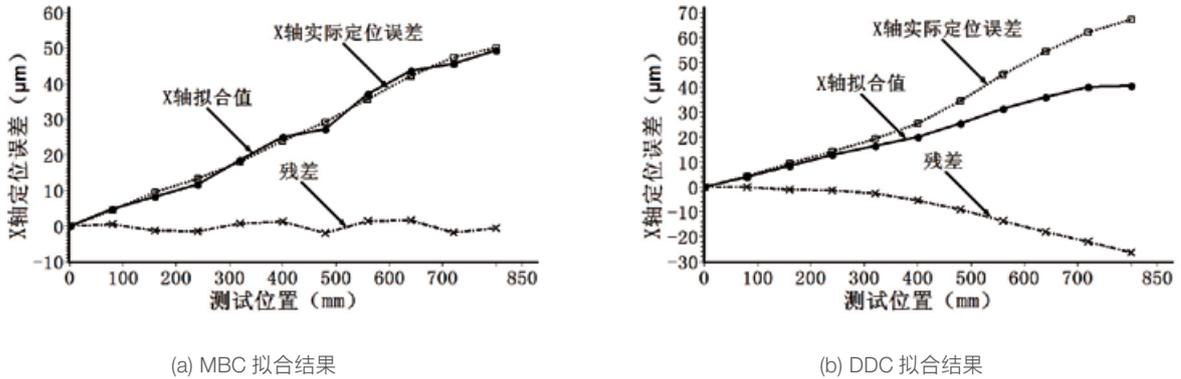


图 10 X 轴定位误差拟合结果 (第二种运动条件)

(4) 机床停止运动

图 11 为机床静止运动时两种建模方法对 X 轴定位误差的拟合效果对比。

参见表 1 的统计结果，基于 MBC 理论的热误差数学模型拟合残差为 0~14.8，误差拟合精度为 70.5%；而基于 DDC 理论的热误差数据模型拟合残差为 -2.0~1.8，误差拟合精度为 96%。该试验结果当机床由升温过程切换到静止运动的降温过程时，基于 MBC 理论采用机床升温段数据 M 所建立的数学模型的拟合精度有较大失真，拟合效果偏差较大；而同样基于机床升温阶段数据所建的 DDC 数据模型则仍然保持了很好的拟合精度，完全可以满足机床 X 轴定位误差的补偿要求。

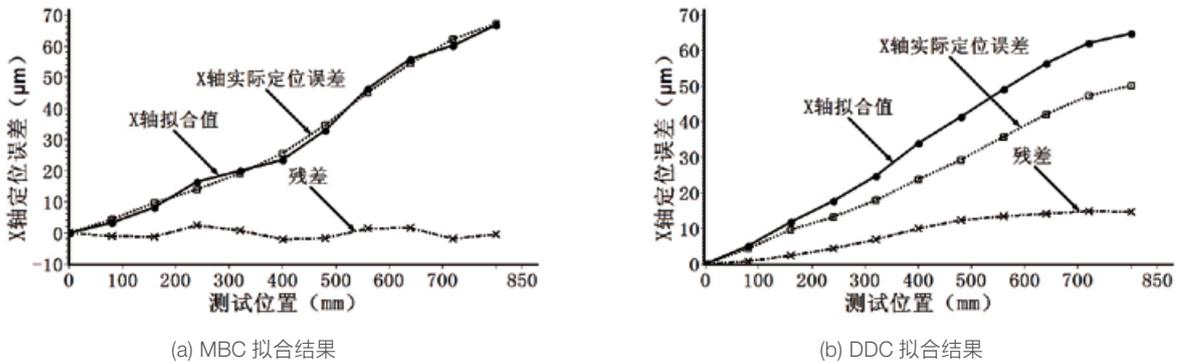


图 11 X 轴定位误差拟合结果 (停止运动)

4.2 用大数据思维应对热误差补偿的实际问题

图 3 表述了热误差补偿在实际应用面临的六个主要难题，其严重阻碍了热误差补偿技术在实际的生产中的推广应用。我们知道，大数据是计算机技术、信息化技术和互联网技术发展到大势所趋。因此，大数据分析本身就是建立在强大的计算机计算能力和“海量”信息实时处理和数据挖掘能力的基础上的，对于热误差补偿在实际应用中所面临的几个难题，可以应用大数据的软硬件支撑技术予以解决。

图 12 是应用大数据思维来解决热误差补偿实用化难题的方法，针对不同的问题，分别采用了数据规范流程、计算机和信息处理技术、数据挖掘技术和集成化软件技术等手段来予以解决。

(1) 在线和离线数据采样的规范化流程

用 DDC 方法来设计热误差补偿控制器需要对机床的离线和在线状态信息进行监测，因而必须要对采样数据的规范进行

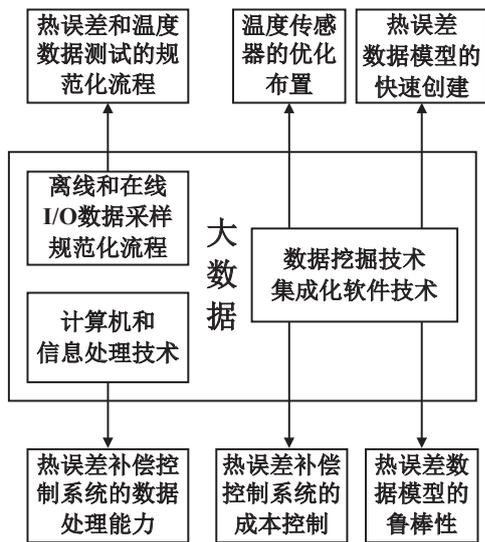


图 12 大数据思维应对热误差补偿面临的实际难题

统一，以便于后续的信息归一化处理以及数据挖掘，需规范化的数据采样准则包括：①激光干涉仪的空气温度传感器放置在机床的外罩上，并用实时的环境温度修正软件上的空气温度值指标；②材料温度一栏采用手动输入方式进行，每次进行位置误差测试前在测量软件界面上实时修正当前的材料温度值；③热误差测试时采用单次往复测试法，以减少在测量过程中额外的运动温升，减少对测试误差数据的干扰；④在测试位置误差时，应将激光干涉仪的测量原点与机床原点设置为同一点，用于保证补偿计算零点的一致性。

(2) 温度测点布置优化的新思路

DDC 理论进行机床热误差补偿时，其建立的数据模型即为控制器，并且数据模型本身会跟随机床历史的和实时的 I/O 状态信息不断调整，因而对于温度测点的布置其实并不是按照 MBC 方法中通过工程经验和温度测点相关性分析相结合的试验分析过程来进行的。

采用 DDC 方法布置温度传感器时，更注重的是温度测点所代表的特征热源信息，即所布置的温度测点必须反映影响机床热变形的某种热影响因素，如丝杠螺母副的运动摩擦热可以通过在螺母端面布置温度传感器来检测；轴承座摩擦发热可在轴承支座上布置温度测点来反映；而室温变化可在待补偿轴的床身上布置温度测点来反映。由于基于 DDC 的数据模型不但在建模过程中要使用这些温度测点信息，而且今后在实时的热误差补偿过程中都会不断将相关测点的历史窗口的温度数据和当前采样时刻的温度数据综合后在集成化软件平台上进行数据挖掘和分析，这个数据量足够庞大而使得布置多个温度测点变得不再必要，换句话说，在 DDC 理论框架下，对于某个特征热源布置一个温度传感器已经足矣。

此外，MBC 理论框架下所必须解决的温度测点之间的耦合问题，在基于 DDC 理论的数据模型中则可以予以忽略，因

为集成化软件在对温度测点大量历史和实时的温度数据进行处理时，已经在每个采样时刻通过数据挖掘技术实时分析和计算温度测点数据的相关性，并在数据模型的在线实时调整计算时将相关的权重因子自动纳入计算。这样一来，温度测点布置的优化得到了极大的简化，现有的机床热变形研究的工程经验已经能够很好地帮助我们找到机床的特征热源，而剩下的所有的数据处理工作都交给大数据平台来完成吧。

(3) 集成化软件技术应对热误差补偿的成本控制

基于 MBC 的补偿系统为了使热误差数学模型尽量精确逼近机床的热变形过程特征，需要建立复杂的数学模型，或者说需要高阶的控制器和复杂的训练工作，这使得热误差补偿的成本在实际应用时让使用者难以接受。而大数据思维的一个最大的特色就是计算机化、软件化、信息化和互联网化，集成化软件技术和数据挖掘技术的引入，将原来复杂的控制器设计和训练过程转变为了数据模型的在线实时调整，并且这种调整是在不断结合机床的历史窗口状态信息的基础上进行的，因而在 MBC 框架下热误差补偿本身的复杂模型分析已经不再需要，甚至热误差补偿的实施人员只需经过简单的集成化软件操作培训，就能“流程式”地完成相应的机床热误差补偿工作，显然大数据下的热误差补偿数据模型更能符合目前数控机床制造和使用厂家的实际情况。

(4) 计算机和信息处理技术应用数据处理能力

计算机和信息处理技术是大数据的硬件基础，早期的基于单片机和 ARM 机的误差补偿系统，适合于对阶段性的生产过程进行控制，而无法应对基于 DDC 理论的数据模型方式的运算。因此，采样嵌入式计算机以及信息化技术作为热误差补偿的硬件基础是十分必要的。



图 13 基于嵌入式计算机的热误差补偿系统

图 13 为机床误差补偿系统配置的高性能嵌入式计算机以及温度采集模块和温度传感器。嵌入式计算机具有更强大的 CPU 计算能力以及更大的存储介质空间，既可以作为误差补偿的集成化软件和数据挖掘软件的执行平台，同时又兼备了优良的信息处理能力，同时又能够让补偿系统作为机床物联网化的精度测控子节点进行实时信息处理，因而能够更好地满足对于数控机床生产过程中的复杂数据处理的要求。

(5) 热误差数据模型的“流程式”快速创建

在 MBC 理论框架下，要获得精确的热误差数学模型非常困难，耗时长久的数据采样以、数据分析、误差元素辨识和反复调整等工作使得热误差的建模过程成为了一项相当繁琐的工作，已经成为了热误差补偿技术的应用推广的极大阻力。

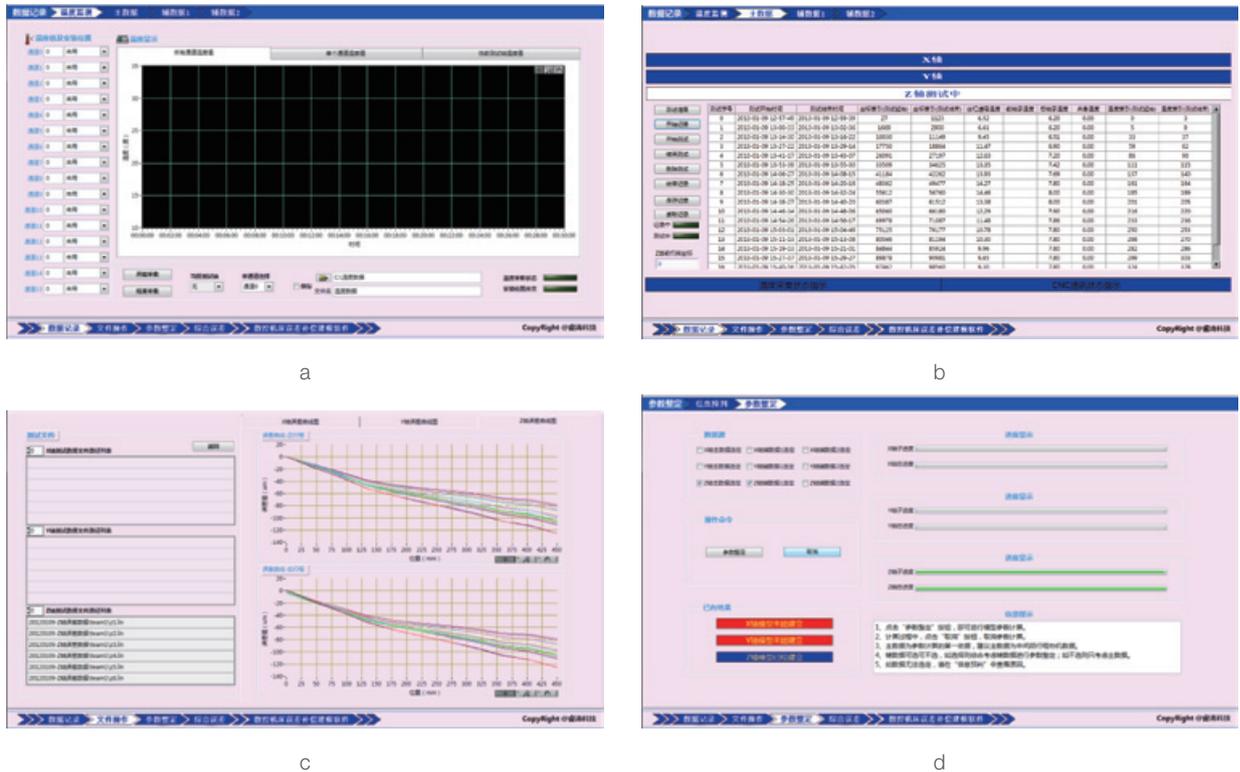


图 14 集成化软件技的功能交互界面

大数据的集成化软件技术和数据挖掘技术的出现，创新性地实现了对这个问题的解决。由于基于 DDC 理论的数据模型所固有的动态自适应学习的能力，使得数据模型的建立变得间接和方便。采用集成化的软件和数据挖掘技术相结合的模式，可以实现寻找热误差数据模型过程的“流程式”操作。图 14 为热误差集成化软件的部分功能交互界面。其中，(a) 图为温度采集与监控界面；(b) 图为误差数据同步采集和记录界面；(c) 数据挖掘和分析及数据模型自动建模界面；(d) 数据模型参数整定界面。采样“流程式”的集成化软件平台，可实现机床热误差数据模型的快速简便创建，一般情况下单轴定位误差的数据模型可以只用 4 小时左右即可建立，这对于机床热误差补偿技术的实用化和产业化推广起到了极大的支撑作用。

(6) 大数据思维解决热误差模型的鲁棒性问题

基于 MBC 理论所建立的热误差数学模型往往在鲁棒性上较差，既表现在对同一台机床不同运行状态时的鲁棒性变差，又反映在对在批量化应用时的鲁棒的适应性差。而基于 DDC 理论的数据模型则描述了一种全局的动态自适应控制器，因而对于同一台机床具有优异的鲁棒性。那么，其对于不同的机床的鲁棒性问题又是怎么解决的呢？

我们知道，即使同一型号的数控机床，由于部件制造精

度和装配的不一致性，因此机床之间的热变形特征或多或少都有些差异，这就使得在一台数控机床上获得的 DDC 数据模型在进行批量推广时，必须要解决这种引起热变形差异的装配不一致问题。从热变形原理上来分析，不同机床间的热变形差异实际上是由于装配不一致导致了热传导环节上导热效果和热扩散效率的差异，从而进一步引起了机床温度场变化的差别，然后即使存在这种差异，但这些同型号的机床在热变形特征上仍然是有类似性，存在差异的主要表征是热膨胀量的大小和变化规律的区别。这里通过数据挖掘技术，引入了机床导热等效特征方程组的概念，集成化软件在计算数据模型的同时还进行了机床导热等效特征方程组的求解工作。

图 15 为机床等效热特征方程组的求解过程，把不同机床运动轴的温度场变化规律看成是一个具有无穷多解的特征方程组，而方程组的每一个特征根都对应该运动轴的一种温度场状态。我们归定的机床特定运动规律实则是给机床等效热特征方程组这个“黑匣子”一个可控的输入信号，并通过温度测点和激光干涉仪采样在特定运动规律条件下的离线和在线的输出信号，同时通过以太网通讯获取整个过程中机床的其它状态信息，如运动轴的机械坐标位置变化信息等，而这些动态时间窗口下的机床状态信息就是机床运动轴在当前特定输入信息条件下的一组“特征根”。应用信息处理技

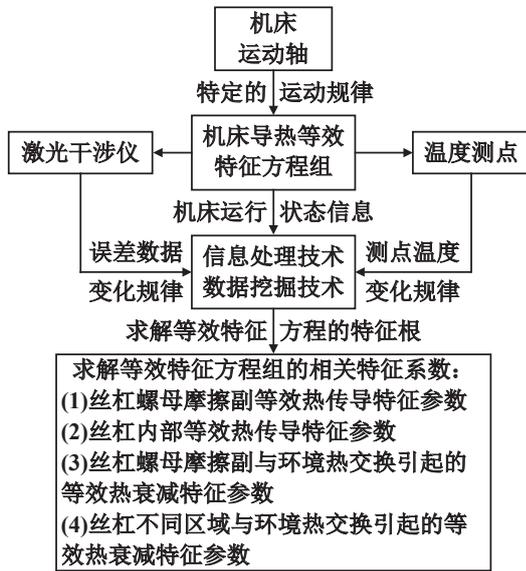


图 15 机床等效热特征方程求解过程示意图

术和数据挖掘技术，可通过特定的运动规律和这组“特征根”来反推出该机床运动轴的特征方程组的相关特征参数，参见图 15 中所列出的特征系数。

需要注意的是，这些求解所得的特征参数并没有实际的物理意义可做参考，而是将机床运动轴的温度场变化规律作为“黑匣子”处理后，相关的特征热源对机床运动轴的温度场产生影响的一种等效的过程计算因子。这些特征参数的获得则对数据模型在不同机床的鲁棒性起到了关键作用，对于同型号的机床，由于装配原因所造成的热膨胀量大小和变化规律的区别转变为了这些特征参数的差异，热误差补偿系统的集成化软件平台则能够智能地通过机床的一组特定运动规律计算出需要对这些特征参数的调节方法，并在补偿过程中自适应地根据机床状态信息的 I/O 数据来调节相关的特征参数，换句话说，热误差补偿控制器可通过自动在线调整机床特征热源的相关等效特征系数，来满足在一台机床上所建立的热误差数据模型在其它机床上的鲁棒性应用。

### 5 基于 DDC 方法的热误差补偿效果验证

生产用机床为一台卧式车削中心，如图 16 所示。由于该车床是变速箱轴类零部件自动化生产线中的一个环节，因而对加工精度要求很高，客户端提出在各种环境温度和机床冷态和热态条件下，零件直径的加工误差都不能不超过 10 $\mu$ m，对车床的可靠性生产提出了较高的要求。

用大数据方法建立车床 X 轴方向的热误差数据模型，并在零件生产加工中用补偿系统直接进行实时误差补偿。零件的相关加工信息：(1) 零件名称：外输入轴；(2) 零件直径标准尺寸：28.7mm；(3) 检具名称：数显千分尺。在不使用误差补偿系统和使用补偿系统两种条件下，各自从机床的初始热平衡状态开始切削外输入轴零件 60 件，加工后零件的直径尺寸统计如图 17 所示。

从图 17 可以看出，不补偿热误差条件下，由于 X 轴在零件加工中的快速移动，使得 X 轴丝杠受热后膨胀，造成轴零件直径在初始阶段明显减小，随着零件加工数量的增加，逐步达到热平衡后零件尺寸呈小幅波动，60 件批次零件加工后的直径范围为 [28.66mm ~ 28.697mm]，最大直径误差达到 37 $\mu$ m。采用热误差补偿后，如图 17 中所示，轴零件直径误差明显得到了有效控制，批次零件加工后的直径范围为 [28.692mm ~ 28.698mm]，直径误差波动范围在 7 $\mu$ m 内，完全达到了零部件生产厂家对于机床加工精度的要求。



图 16 卧式车削中心热误差补偿

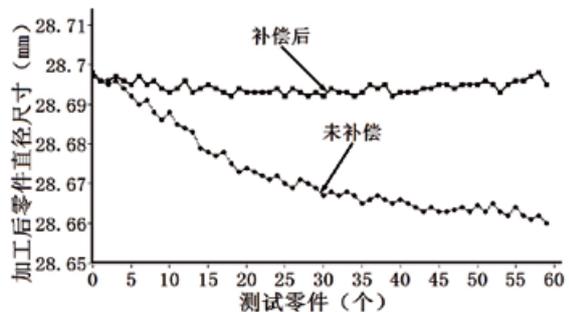


图 17 补偿前后的加工零件直径尺寸统计图

### 6 结论

计算机和信息科学技术的快速发展使得现代工业生产的过程控制越来越复杂，数控机床的生产加工由于复杂的工况条件是机床的热误差变形成为了整个行业的棘手问题。传统的基

于现代控制理论的热误差机理建模或者辨识建模的方法，在理论基础和实用推广上都面临着双重难题，而大数据的出现给我们带来了全新的思考问题的模式，基于数据驱动控制理论建立

了数学模型,并结合计算机和信息处理技术、数据挖掘技术和集成化软件技术等,大数据的思维和方式使得热误差补偿技术突破原有的壁垒成为了可能。通过理论分析和实际的工件切削

加工试验证明,这种基于大数据思维的机床热误差补偿新方法在机床的复杂工况中仍然能够保证机床的加工精度,并且该方法有利于热误差补偿技术在制造加工业领域的广泛推广应用。

## 参考文献

- [1] 迈尔-舍恩伯格 库克耶 著,盛杨燕,周涛 译,《大数据时代》,浙江人民出版社,2013-01-01
- [2] 杨建国,邓卫国,任永强等. 机床热补偿中温度变量分组优化建模[J]. 中国机械工程,2004,15(6):478-451.
- [3] 邓卫国,杨建国,任永强等. 精密车削中心热误差测试和优化建模[J]. 机械制造,2004,42(470):22-26.
- [4] 刘国良,张宏韬,曹洪涛等. 神经网络理论在数控机床热误差建模中的应用[J]. 现代制造工程,2005(8):20-23.
- [5] 李永祥,杨建国等. 数控机床热误差的混合预测模型及应用. 上海交通大学学报. 2006.40(12):2030-2033
- [6] Yuan Kang, Chun-wei Chang, Yuanruey Huang, Chuag-Liang Hsu, I-Fu Nieh. Modification of a neural network utilizing hybrid filters for the compensation of thermal deformation in machine tools[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 47 (2007) 376-387.
- [7] 邓三鹏,章青,么子云. 能够进行热误差补偿的加工中心在线检测软件的研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2003(9):61-63.
- [8] 刘又午,章青,赵小松等. 数控机床全误差模型和误差补偿技术的研究[J]. 制造技术与机床, 2003(7):46-52.
- [9] Kalman R E. A new approach to linear filtering and prediction problems. Transactions ASME, Series D, Journal of Basic Engineering,

- 1960,82:34-45
- [10] Kalman R E. Contributions to the theory of optimal control. Boletin de la Sociedad Matematica Mexicana, 1960,5:102-119
- [11] 侯忠生. 金尚泰. 无模型自适应控制——理论与应用. 北京: 科学出版社, 2013
- [12] Ljung L. Systems Identification: Theory for the User. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1987
- [13] 侯忠生,许建新. 数据驱动控制理论及方法的回顾和展望. 自动化学报, 2009, 35(6):650-667
- [14] Hou Z S, Wang Z. From model-based control to data-driven control: survey, classification and perspective, Information Sciences, 2013, 235:3-35 ■

### 作者简介:

姚晓栋(通信作者),男,1975年出生,籍贯上海,上海睿涛信息科技有限公司总经理,上海交通大学在读博士,研究方向:数控机床热误差测试与补偿,工业物联网和信息化  
通讯地址:上海市浦东新区金台路115弄19号301室  
邮政编码:201206  
Email: doradosky@aliyun.com

## 马波斯测头: 提高精密零件加工质量

在数控机床上可以很方便地用马波斯测头进行工件找正,典型的应用如在卧式加工中心、5轴加工中心或落地镗铣床上,用测头找零件的中心而不是依赖于夹具的中心,对加工精度有很大提高,也使得夹具设计简化很多,对于掉头镗和曲面加工是必不可少的手段。

对于机床的热变性、刀具磨损可以通过测头和对刀仪进行监控和补偿。

一旦加工开始,马波斯另一产品线MMS-马波斯监控解决方案即开始发挥作用。MMS产品通过不同工业总线(profibus, profinet或其他可用总线),获取机床主轴及各进给轴的扭矩数据,对刀具及加工过程进行在线实时监控,例如,通过钝刀监控可有效消除刀具破损的风险。通过工厂网络,在线监控可在工厂任何地方实现实时可视;相关监控参数可存储于工厂服务器中,今后任何时间一旦相关产品发生非常事件,存储数据便可供调用分析,如同飞机黑盒子的功用。根据有关规定,这些功能的集成是项目所必须的。

马波斯 Taster 产品线提供包含标准传感器、手持检具及

复杂夹具式检具的广泛产品以满足广大用户对加工成品外形尺寸和几何尺寸手动测量的需求,内容包含孔系内径、工件外径、长度、跳动以及工件轮廓等的测量。

采用不同测量方案,如机械式、电子式(有线或无线)或气动/电子式方案,会同多种显示模式,用户能够获取基于产品状态的“合格品”、“废品”或具体数据的测量结果。

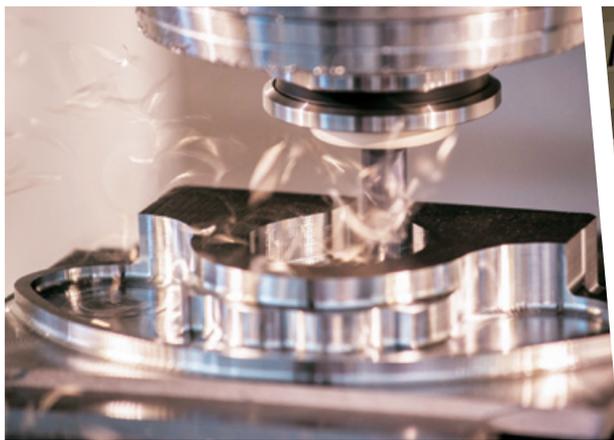
Taster 产品线还提供模块化的工业微机(工业电脑,平板电脑及工作站)、数据采集系统及应用软件。通过同标准工业网络的连接,Taster 产品能够集成于用户的过程及质量控制体系中。■



## 运用最新CAM技术提升生产效率

——使用Mastercam的Dynamic Motion技术，多轴加工及车铣复合加工技术提升生产效率

美国 CNC Software, Inc. 市场专员 黄昌秀



数控加工技术的发展日新月异，对加工的效率与精度要求也越来越高，但两者之间经常不能得兼。而日渐兴起的各种新型加工理念与方法则为效率与精度齐头并进提供了可能。而这些全新加工技术的实现，需要机床、刀具、编程软件等制造业中不同的组成部分进行协作。全球知名的 CAD/CAM 软件 Mastercam 的开发者——CNC Software, Inc. 将从 CAM 软件的角度提供一些方法与工具，使中国的制造业者进一步提高加工效率。

### Dynamic Motion 技术

Mastercam 的 Dynamic Motion 技术是一种激动人心的全新切削方式。为了创造最流畅、最高效的刀路，Dynamic Motion 计算的不仅仅是简单的刀具移动路径，而是根据一系列的算法来分析刀具切入及坯料移除过程，根据加工中刀具运动的变化不断调整切削。在国外，Dynamic Motion 已在各种复杂的实际加工环境得到了印证：使用 Dynamic Motion，刀路可以显著缩短加工时间，减少刀具的磨损及断刀几率，同时减少机床的磨损。

通过特殊算法大幅降低空切，Dynamic Motion 刀路最多可以缩短 75% 的加工时间。Dynamic Motion 刀路使用刀具

的全部刃长进行切削，从而显著减少深度分层的次数。这意味着可以在更短的时间内完成加工。

传统刀路通常只用到刀具底刃，造成刀具的不均匀磨损。Mastercam 的 Dynamic Motion 可以充分利用刀具的全部刃长，刀具的磨损和热量的分布将变得均匀，从而减少刀具更换次数，进而提升加工速度，减少加工成本。

同时 Dynamic Motion 可以使切削过程中的刀具载荷保持稳定，减少振动，通过排屑过程带走产生的热量，实现对刀具、机床及工件成品的保护。流畅的刀路避免了突然转向，可以减少机床磨损，帮助节省机床的维护时间及费用。

切削特种材料（如铬合金、钛合金）是先进制造业中的一项重要挑战，Dynamic Motion 刀路将使这一过程变得相对简单。Dynamic 刀路中顺畅的排屑可以迅速带走切削过程中产生的热量，同时使刀具的载荷获得均匀分布，从而有效防止材料的表面硬化并减少刀具过裂的风险，使每次切削更稳定，更可控。

### Mastercam 多轴加工

多轴联动加工在先进制造业中的重要性不言而喻，Mastercam 的多轴加工模块可以进行从 4 轴旋转加工到多曲

面 5 轴联动开粗与精修等多轴加工。

确保机床、刀具及产品的安全，是复杂的多轴编程中最基本也是最重要的理念。Mastercam 的刀轴控制功能可确保定义角之间的走刀不超出零件或机床的有效加工范围，强大的过切检测和 5 轴安全区域的设置功能可以确保安全的加工操作，为复杂的切削过程提供保障。

针对航空航天、汽车中的多叶片叶轮制造，Mastercam 专门研制了“叶片专家”插件，通过简单设置即可为复杂的多叶片叶轮生成高效的加工刀路。Mastercam 的“通道专家”插件可以根据通道曲面或实体数据来生成准确、高效的加工刀路。

### Mastercam 车铣复合加工

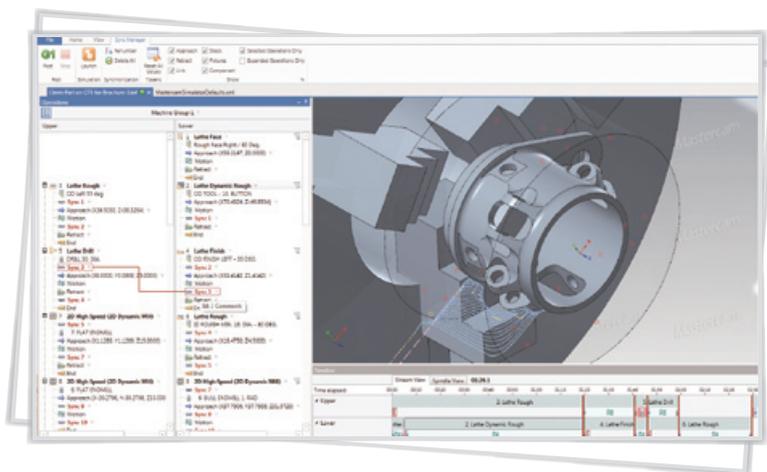
现今金属加工中，车铣复合加工中心功能强大但操作复杂，Mastercam 车铣复合模块可以有效简化这些加工中心的操作，使车铣复合加工前所未有的简单快捷。使用 Mastercam 车铣复合模块时机床无需多次装夹、减少手动操作和夹具的使用，有效减少设备停滞时间，提高加工效率。Mastercam 车铣复合简化了车削和车铣加工中心的工件设置。智能工作平面选项简化了设置步骤，只需指定所使用的刀塔和主轴，载入 Mastercam 成熟的铣削和车削刀路，即可创建您需求的加工刀路，车铣复合将不再是繁琐复杂的工作。

刀塔和主轴的同步将由最先进的代码编辑器 -Mastercam Code Expert 实现。在 Mastercam Code Expert 中，用户可以通过图形界面方便地实现（上下刀塔的）多数据流代码同步。生成自定义 G 和 M 代码不再是繁琐复杂的任务，只需在菜单上点击选择指令，代码就会根据您的要求生成。代码同步后，只需一键点击，就能生成精确的可视化仿真。此外，检测报告还会提供准确的刀具、刀柄及夹具等车床组件碰撞分析。Mastercam 车铣复合结合了 Mastercam 强大的软件功能与最先进的 Mastercam Code Expert，确保在短时间内生成准确、有效的加工代码。

Mastercam 是全球使用最广泛的 CAD/CAM 软件，是数控加工编程首选的软件。Mastercam 的车铣复合模块 (Mill-Turn) 使车铣加工中心的工序设置变得简单高效，大幅降低车铣复合编程的难度。为进行高速高效的多线程车铣复合加工提供有力保障。智能、流畅的工序设置使复杂的车铣复合工作变得简单，更提高了加工精度。Mastercam 可以使中国用户对车铣复合得心应手。

### 【关于 CNC Software】

CNC Software 始建于 1983 年，总部位于美国新英格兰



地区康涅狄格州，是世界上最早开发基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件的公司之一，在此行业已拥有近 30 年的领航地位。

作为全球知名 CAD/CAM 软件 Mastercam 的开发者，今天的 CNC Software, Inc. 在全球设有近 50,000 个分销商。其旗舰产品 Mastercam 为航空航天、汽车、船舶、医疗、电器、轻工产品和模具等制造行业提供了多种 CAD/CAM 解决方案。如今，Mastercam 被销往 70 多个国家，已拥有近 20 万用户，连续多年雄踞 CAM 软件销量首位，成为全球使用最为广泛的 CAM 软件。

Mastercam 不仅被广泛应用于实际生产领域，也深受研发和科教用户的青睐。自上世纪 80 年代起，公司就在世界各地展开了对机械加工技能教育的投入，至今已经为全球 15,000 多家教育机构提供了相关培训与支持。凭借着全面强大的功能和易学易用的特点，更有公司对机械加工教育发展的热忱，Mastercam 被历届世界技能大赛组委会指定为唯一世赛数控竞技项目比赛用 CAM 软件。■

The world's most **DYNAMIC** CAD/CAM software.

SWISS 线切割 车削 车铣复合

铣削 多轴加工

木雕 设计

**Mastercam**  
CAD/CAM 系统

Dynamic

## 工业 4.0 | 测量技术新变革

德国蔡司公司

源于德国政府所提出的“工业 4.0 战略”成为人们广泛热议的概念，其目的旨在提高德国工业的竞争力，于新一轮工业革命中抢占先机，从而建立一个高度灵活、个性化及数字化工业生产模式。

业界专家普遍认为，“工业 4.0”概念即是以智能制造为主导的第四次工业革命，亦即于欧洲正在进行着制造中的变革，包括西门子、奔驰、宝马、蔡司、博世及阿博格等跨国集团率先迈入工业 4.0 时代。

多功能、节约时间、提高速度、降低能源消耗及降低生产成本，迎合了“工业 4.0”的几个基本元素，凭借先进的测量技术迈入“工业 4.0”时代的蔡司，有着对于此理念的独到解读。

O-INSPECT 322 复合式扫描测量机将坐标测量机、投影仪、轮廓仪及显微镜功能优势有效融合，配备了多测头系统，集高精度视像与接触式连续扫描多功能一体化，更全面地解决了二维及三维特征的快速几何量尺寸量测，一机多用，有效缩短测量链及多次装夹时间，在最大化节省人力的条件下实现高效测量。

通过标准的定位接口，支持手动或机器人手臂自动化快速托盘更换操作，更好地实现机外工件装夹，最大化避免机台时间占用，从而有效地提高整体 CNC 量测效率。

不可忽视的是，O-INSPECT 322 具有极佳的抗热力变化性能，TVA 宽温设计适用于各类计量室及车间应用，而其超低功耗及无需压缩空气之特点亦将有效降低用户能源消耗。

作为工业 4.0 重要组成部分的 3D 打印技术，相比减法式当代制造业，3D 打印加法式制造因其节约、个性化、设计周期短等优点，深受欧美重视。

而与之密切相关的 3D 扫描技术不可忽略，来自于全球市场研究及咨询公司的一份最新的报告称，全球 3D 扫描市场规模有望从 2013 年的 20.6 亿美元增长至 2018 年的 40.8 亿美元，5 年间几乎翻一倍，内容主要专注于 3D 扫描技术在质量控制、逆向工程及快速原型制造等领域的应用，其中激光 CNC 自动扫描（LineScan）及 X 射线断层扫描测量技术

（METROTOM CT）将在汽车零部件、消费电子、医疗器械、检测服务及计量等领域创造更多的分析及测量应用需求。

当前中国乃至全球制造业主要面临多方面的挑战。首先是时间，随着市场竞争愈发激烈，能否缩短产品的上市时间，对于企业而言尤为关键。

METROTOM CT 提供了绝佳的 3D 高精度无损分析及测量平台，100% 内外部数据快速获取满足 3D 打印机高精度数据的完整性需要，更可满足数模对比、几何量全尺寸量测、内部缺陷及装配分析等要求，有效缩短产品的上市时间。

此外，不断变化的市场需求，对于制造业的灵活性及效率提出了更高的要求，特别是定制化生产及检测需求越来越多，适用于智能工厂生产节拍的 VoluMax 极速级 CT 可于数秒间完成 3 维 CT 扫描及体元数据重建过程，更好地满足过程控制需要。

AI 自动化光学检测则覆盖了包括四门两盖在内的车身总成及分总成、螺柱检测等，实现了生产过程中的不间断检测，100% 覆盖生产过程的始终，此“视觉检测”是数字化工厂的特有监测方式，经济而高效。

德国工业 4.0 的核心，即利用信息通信技术将产品、机器、资源与人有机结合，通过信息通信技术建立一个高度灵活的个性化与数字化的智能制造模式。于此模式中，PiWeb 质量控制数据软件平台将推动测量系统直接或借助互联网，实现信息及检测报告全球化的交换及标准化的共享，其优势体现于该平台的工业大数据管理能力，统计分析及可视化报告个性化定制与编辑功能，兼容多样化的量具量仪，助力智能工厂的信息技术加速发展。

当人口红利逐渐消失的时候，中国对于机器人、智能无人工厂的需求正在凸显。当然，未来的工厂并不会是真正的“无人工厂”，人将会担当更有挑战性的角色，比如创新、规划、监督及系统协调等运作。

工业 4.0 的概念已引起了中国政府、产业界以及学术界的广泛关注，对于工业测量技术的变革亦将产生深远影响。■

# BiSS-C绝对式级联光栅编码器在工业机器人领域的应用

长春禹衡光学有限公司 俞小露 赵志方 卢欣霖

## 1. 前言

目前，绝对式光栅编码器广泛应用于工业机器人领域。在 market 需求的推动下，随着国内机器人控制技术的提高，工业机器人朝着高精度、高速度、高动态响应、多自由度和智能化方向发展。控制系统将更加依赖对整个运动系统运行状态的监控，需要多个光栅编码器来监测电机系统的运动数据。以往伺服系统与光栅编码器普遍采用的点对点通信，由于布线繁多、数据同步性差，逐渐成为机器人结构减重、控制优化的绕不开的问题。

公司某客户在设计机器人驱动控制系统时，受限以下问题，只能允许一组光栅编码器接口：

- (1) 主控系统采用单控制器控制两个独立伺服电机，要求两个运动系统严格同步。
- (2) 机器人内部布线空间十分有限，这种情况下仍需兼顾

降低结构惯量、控制总体成本、提高抗干扰能力和方便安装维护等多个需求。

(3) 过长的走线增加线延时，不利于对机器人运动的控制。

针对以上问题，我公司向客户提供了 BiSS-C 绝对式光栅编码器级联解决方案，采用单一光栅编码器接口，对两个伺服系统光栅编码器数据高速同步读取，且布线简单方便，不增加线延时，成功解决了客户的难题，帮助客户走向成功。

## 2. BiSS-C 绝对式级联光栅编码器组网方式

图 1 是 BiSS-C 绝对式级联光栅编码器，采用级联方式进行组网，称为 Multi-slave Networking。Master( 后续电子设备，主控模块 ) 在一个周期内可以完成与多个 Slave ( 光栅编码器 ) 之间的通信。所有的设备按照菊花链首尾连接，每个 Slave 有两个端口，分别用于接收前端信号和向后端发送信号。这是一种类似流水线的工作方式，每个 Slave 接收上一个 Slave 的数据放在自己的发送队列队尾，同时将自身的数据优先发出。整个通信由 Master 发出的时钟信号进行同步。Master 通过 MO 信号将 Actuator 数据串行地移入到每个 Slave，同时通过 SL 信号依次接收每个 Slave 的数据。

图 2 描绘了 Multi-slave Networking 组网的 BiSS 通信帧，对于每一个 Slave 而言，不但要发送自己的数据，而且要接

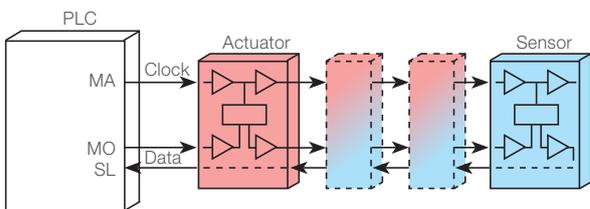


图 1 Multi-slave Networking 组网

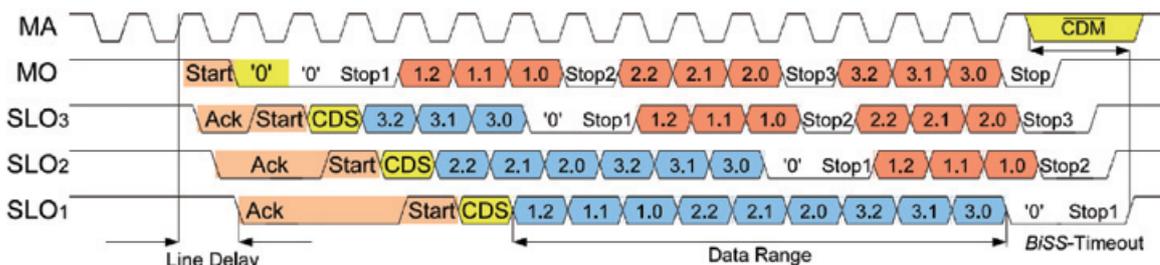


图 2 Multi-slave Networking 组网的 BiSS 帧结构

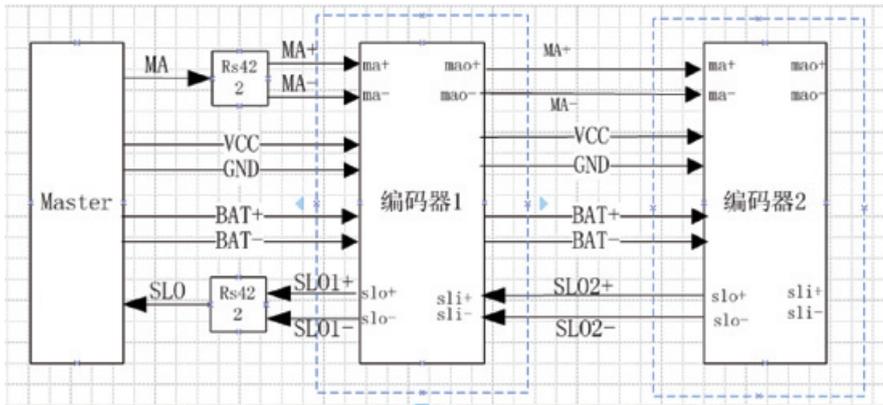


图3 BISS-C 光栅编码器 2 级级联结构图

收并转发前一个 Slave 发过来的数据。以 Slave3 为例，在收到第二个 MA 上升沿后，其输出 SLO3 拉低，响应 MA，此位应答（ACK）阶段；经过时间 T（光栅编码器数据准备时间），SLO3 拉高，表示输出数据（Start）；一个 MA 周期后开始发送数据。在发送数据过程中，接收 MA 输出的数据（MAO）。SLO3 先发自身采样到的数据，然后转发收到的 MAO 值，直到 MA 不再输出时钟。

### 3. BiSS-C 光栅编码器 2 级级联结构

客户提出是应用场景是在不改变原来驱动控制系统硬件系统和架构前提下，新增一个或多个光栅编码器对系统参数进行采集。针对客户的需求，我公司提出了两个光栅编码器级联架构的解决方案。具体结构如图3所示。

图3中 Master 是驱动控制系统，为光栅编码器1提供电源（VCC，BAT）、控制时钟（MA）及接收光栅编码器1的数据（SLO），与点对点组网方式下接口完全一致。光栅编码器1为光栅编码器2提供电源（VCC，BAT）、控制时钟（MA）及接收光栅编码器2的数据（SLO），可以认为光栅编码器2为光栅编码器1的 slave。

从上述分析可以看出，除了最高一级的光栅编码器，其他光栅编码器不与 master 相连，且若新增一个光栅编码器级联，只需将其连接在最后一级光栅编码器的输出端，完全不改变其他光栅编码器的走线与连接，这就极大地方便了整个驱动系统的布局与走线。

### 4. 通信过程

图4展示了 BiSS-C 级联光栅编码器的通信过程。Master 为伺服驱动控制器，芯片为 Actel IGLOO 系列 AGL600V5，256 管脚。光栅编码器1为一33位多圈绝对式光栅编码器，光栅编码器2为17位单圈绝对式光栅编码器。Master 每隔

1ms 读取一次数据。示波器抓取的光栅编码器静态数据如图4所示。黄色线为 Master 发出的控制时钟（MA），蓝色线为光栅编码器1数据输出端口输出时序（SLO1），红色线为光栅编码器2数据输出端口输出时序（SLO2）。从图4可以看出，在驱动器发出控制时钟后，光栅编码器1首先输出自身数据（33位数据，到a光标处传输完成），接着传输接收到的光栅编码器2数据（17位，到b光标处传输完成），数据传输

完成后一直拉低直到 MA 时钟取消。

### 5. 结束语

BiSS-C 协议通信速度快，通信效率高，支持线路时分复用，可全双工通讯，延时小且固定，极大简化了线延时补偿算法。BiSS-C 采用多种 CRC 校验机制确保数据可靠，传感器数据与寄存器数据分开进行校验，使得 BiSS-C 传输更可靠，多达 16 位 CRC 足以应付绝大多数场合。BiSS-C 协议多种组网方式极大地丰富了其应用领域，其 BUS 级联组网方式因以下优势得以在工业机器人领域广泛被应用。

- (1) 减少了主控系统接口数量。
- (2) 降低了主控系统数据解析复杂度。
- (3) 简单方便的组网方式降低布线难度，优化结构。
- (4) 固定的线延时方便了控制器补偿设计。

由于上述优势，BiSS-C 绝对式级联光栅编码器级联解决方案在工业机器人领域的应用将会越来越广泛。■

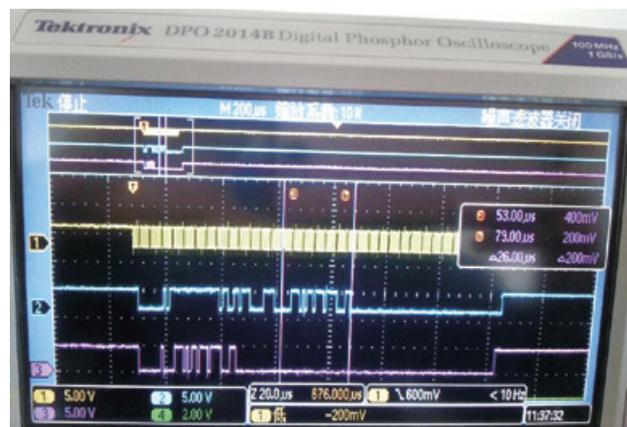


图4 级联下 BiSS-C 传输协议

# ICAM自适应后处理器与仿真解决方案

## ——后处理，优化和仿真，一步完成

ICAM 全球副总裁兼中国区总裁 Jean-Nicolas Ruby

**摘要** 传统的加工流程需要在 CAM 系统、后处理器、G 代码仿真的流程中进行多次校验、修改，然后将程序送到数控机床进行加工。该加工流程比较费时，同时增加了人为错误机会，并且缺乏将加工从机床 A 到机床 B 的灵活性。

本文展示了一个创新的加工流程：ICAM 自适应后处理与仿真解决方案。该加工方案允许工艺员全身心关注于基于零件工艺的刀路规划，而将基于机床特征的刀路优化由自适应后处理与仿真解决方案自动完成。

### 背景介绍

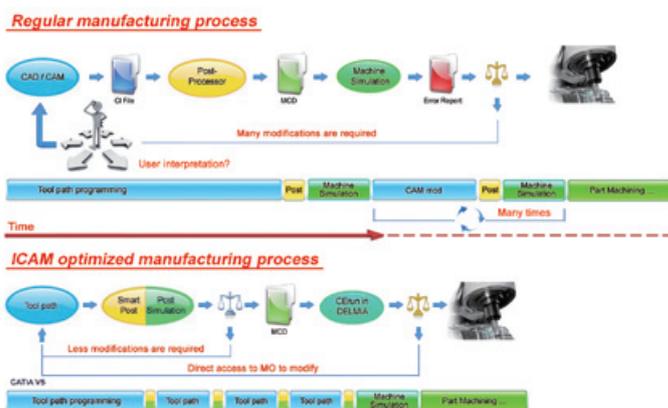
随着中国制造的逐步升级，目前的趋势是更多地使用多轴机床（5 轴，6 轴铣床；车铣复合等多任务机床等），这样可以避免零件在多个机床上进行装卸，生产零件效率更高！

加工零件的数控机床有多种结构（不同的线性轴和旋转轴），并且使用不同的控制器。因此 CAM 系统需要使用后处理器来将 CAM 系统中定义的刀轨转换成数控机床能识别的 G 代码来加工零件。

在后处理器生成 G 代码完毕后，在上机床运行前需要使用仿真来校验程序。这样做的目的是为了避免数控机床或零件造成损坏。

在完成机床仿真后，加工代码中通常会存在一些问题，需要编程人员回到 CAM 系统中去修改零件程序。

这个从 CAM 系统到数控机床的流程是顺序化的，需要重复多次。与此同时，所有的供应链要求零件加工尽可能的“准时制造”和“成本更低”。



### 传统的加工流程

从传统加工流程中我们发现如下问题：

(1) 冗余的重复流程。数控编程人员首先需要在 CAM 系统中定义刀路，下一步进行后处理，然后回到 CAM 系统中进行多次修改。

(2) 多次重复引入的人为错误。

(3) 缺乏灵活性。基于当前 CAD/CAM 系统的结构，数控编程人员需针对某一机床进行编程，导致 CAM 系统中编写的程序只能给该机床使用。

(4) 信息管理问题。

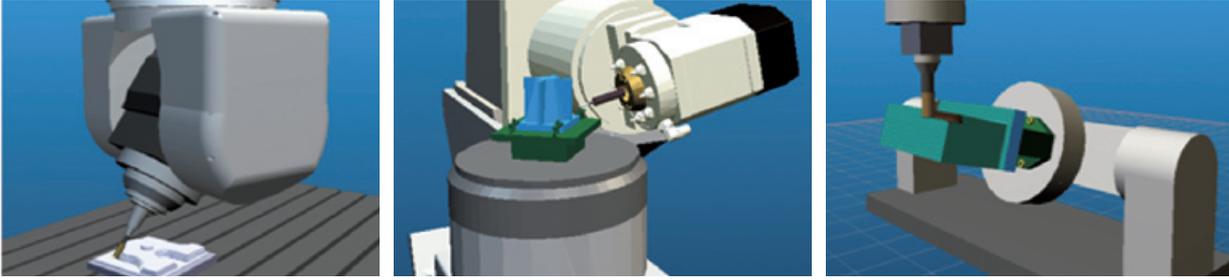
目前很多客户使用多个 CAD/CAM 系统，多个后处理器，多个仿真软件，多个优化软件。这导致了 CAD/CAM 系统升级时需要兼顾兼容问题。

步骤 1：创建刀轨的关键

根据各种 5 轴机床的配置（双转头，转头转台或双转台），旋转轴的行程（通常双转头的 C 轴会有行程限制），数控编程将根据此定义刀路。现在大部分 CAM 系统允许程序员选择机床作为加工背景，但是此举将导致生成的刀路和机床相关。在定义刀路的过程中，编程人员需要根据机床的特征来多次尝试定义最佳的进退刀路径。

步骤 2：将刀路转换成 G 代码

当刀路在 CAM 系统中定义完毕后，数控编程人员将需要选择后处理器将刀路转换成数控机床能识别的数控代码。典型的后处理器将 CAM 系统中定义的刀路转换成控制器能识别的 G 代码格式。控制器将根据 G 代码来控制机床运动。



### 步骤 3：仿真 G 代码

使用后处理器生成 G 代码完毕后，为了来校验生成的程序，需要运行机床加工仿真。

- 使用机床识别的语法规式。
- 校验刀具是否快速进刀到毛坯。CAM 系统清楚毛坯和设计零件的初始位置，但是当用户创建多个操作后，CAM 系统只能猜测剩余的毛坯位置。因此进刀路径不是太长就是太短。

- 校验程序是否超出机床加工能力
  - 机床各轴的速度
  - 机床各轴行程
  - 数控指令是否适用
  - ...

仿真的结果将会列出一列数控程序行，并告示出现的问题。这些程序需要返回到 CAM 系统中修改刀路定义来避免仿真中发现的问题。

从这点上，我们需要回到步骤 1。但是不幸的是程序员不是很容易就能完成需要修改的程序。当修改完成后，数控编程人员需要继续进行步骤 2，步骤 3，然后回到步骤 1，直到加工仿真的结果正确。

现在数控编程人员对所编的程序十分自信，但是他目前尚不能确定所编程使用的速度，以及刀具寿命，加工时间等可以优化。

另外一个必须的步骤通常是使用某个软件来优化进给速度。该速度优化软件一般比较复杂，最后导致的结果是用户根本不使用它来优化，而是依赖加工经验或多次测试经验值。

### ICAM 自适应后处理与仿真 – 创新流程

在深入调查传统加工流程中存在的各种问题，并经客户进行现场调研后，ICAM 技术公司开发出一个全新的解决方案：ICAM 自适应后处理与仿真。

使用该方案数控编程人员只需在 CAM 编程时关注刀路本身，不需要关心加工零件所使用的机床。ICAM 自适应后处理与仿真解决方案可以一个步骤中完成程序自动优化。

该方案可显著地减少从 CAM 系统中零件编程到数控机床运行的优化后的整个加工时间。同时给予 ICAM 优化的加工速度可减少加工时间。

在加工过程中人们浪费时间最多的地方是处理机床超程的问题。每个 5 轴机床都定义了运动轴 (X, Y, Z, C, B 或 A)。每个直线轴也定义了可能的行程，譬如某台机床的 X 轴行程为 -200mm 到 +1200mm。如果数控程序中某行指令超过了该行程，机床将会超程报警然后停止加工过程。在 G 代码仿真中经常需要多次反复才能寻求避免超程的方法。

现在很多公司购买机床都希望能尽可能利用机床行程 (机床行程越大，价格越贵)，也就是在较小的机床上尽可能加工大的零件。因此回到 CAM 系统定义刀路来满足机床行程要求也越来越重要。根据航空制造公司的报告，他们大约花费 20%~35% 的时间来处理进退刀，及在不超程的情况下避免碰撞。这是目前航空制造公司所面临的一个典型的问题。

创新的 ICAM 自适应后处理与仿真解决方案允许数控编程人员专注于在 CAM 系统中定义刀轨，不用担心直线轴和旋转轴，因此可以显著地减少数控编程人员的编程时间。

在 ICAM 自适应后处理与仿真运行时，它读入 CAM 系统生成的刀位轨迹，使用前瞻功能来把握将要到来的运动。后处理器将计算各个轴的位置以及最佳移动方案。数控代码生成后将立即在虚拟机床中进行碰撞检测的仿真。这个机床加工仿真将返回一些重要的信息譬如超程、碰撞或刀具进刀状态。基于这些实时信息，后处理器根据刀位轨迹可智能避免碰撞、超程等问题，以及优化加工速度。

ICAM 自适应后处理与仿真解决方案将后处理器，优化和仿真继承到一个的过程，这样可避免从 CAM 系统到数控程序的大量冗余过程。同时也避免了零件从一个机床转换到另外一个机床时需要回 CAM 系统修改的冗余过程。

随着数控机床越来越复杂，越来越昂贵，零件毛坯也不便宜，数控编程人员不是总能正确地掌握机床的运动行程及加工限制，因此越来越多的人在将程序进行仿真后才送入机床进行加工。

### 结论

ICAM 自适应后处理与仿真是经过实践检验的创新的加工流程，在国外空客、波音、巴西航空及庞巴迪等企业得到广泛使用，在国内越来越多的客户，譬如中航工业沈飞，中航工业航空制造研究所，浙江西子航空等客户也从 ICAM 自适应后处理与仿真解决方案获益良多。■

# 干切时代的锥齿轮技术

长沙哈量凯帅精密机械有限公司

自 1989 年以来，锥齿轮技术经历了三次创新：

(1) 1989 年，Gleason 公司推出凤凰数控铣齿机，把复杂的机械型铣齿机变为由三根直线轴和三个回转轴组成的 Free Form 型数控铣齿机，它不仅能加工单分度的圆弧收缩齿，也能加工连续分度的摆线等高齿。

(2) 1997 年，Klingelnberg-Oerlikon 公司推出能干切的 C28 铣齿机，拉开了干切时代的序幕，也改变了整个锥齿轮行业的格局。

(3) 2006 年，Gleason 收购 MM 公司后，这两家公司都实现了数字化集成制造。

这三次创新是锥齿轮技术的一次真正革命，彻底改变了原来的生产模式，给我国的锥齿轮生产和装备制造厂家都造成了很大的冲击。锥齿轮装备生产面临着一次真正的危机，但也给了我们一次凤凰涅槃、浴火重生的机会。

干切是根据德国切削学家 Carl. J.Salomon 所提出的所罗门原理而开发的。所罗门原理认为被加工材料都有一个临界切削速度，在切削速度达到临界速度之前，切削温度和刀具磨损随着切削速度增大而增大，当切削速度超过临界速度之后，切削刃口的温度开始随切削速度增大而降低，刀具磨损随切削速度增大而减小。我们知道，通常锥齿轮湿切时切削速度只有 50~60m/min，而干切的切削速度至少要达到 250 m/min 以上。干切具有一系列优点：

- (1) 加工效率比湿切要提高 6~8 倍；
- (2) 齿轮加工精度要提高 2 级以上；
- (3) 齿面粗糙度可以达到  $0.8\mu\text{m}$ ；
- (4) 硬质合金涂层刀具每刃磨一次可以加工几百甚至上千个零件；
- (5) 环保，属于绿色加工。

显然干切是锥齿轮加工的发展方向。但是干切也对齿制、机床、刀盘及其刃磨、测量、接触区调整等提出了完全不同的要求：

(1) 圆弧收缩齿加工时，整个刀盘通过一个齿槽，刀齿太密将会产生容屑槽不够的问题。摆线等高齿加工时每个齿槽里只有两个刀齿，永远不会产生容屑槽不够的问题。同时摆线等高齿的接触区调整比圆弧收缩齿容易，因此摆线等高



齿是干切的首选。

(2) 干切时热量被切屑带走，切屑炙热而发蓝，齿轮的温度并不高。炙热的切屑如果落在床身上，将影响机床的精度，因此原来用于湿切的机床不能适应干切，必须采用新的结构。同时因为刀盘主轴和工件主轴的转速很高，不能采用

传统的减速结构，而要采用新型的力矩电机直接驱动。

(3) 湿切刀盘由高速钢制成成型刀头，刃磨时只需刃磨前面。干切要采用硬质合金刀条，刃磨时要刃磨前刀面、主刃侧面、副刃侧面和顶刃后面，刃磨后还要重新涂镀氮化铝钛。

(4) 锥齿轮轮齿曲面是一个复杂的空间曲面，过去无法测量，接触区的调整由操作工凭经验调整。现在轮齿曲面的形状和精度用测量中心计量，接触区通过反调软件进行计算，使锥齿轮制造由过去的凭经验上升到完全数字化控制。

(5) 湿切时代基本上是单机自动化，机床、刀具、磨刀机、程序可以在不同的单位来完成。在干切时代，机床、磨刀机和测量中心之间有大量的数据需要传输，只有通过网络才能完成，因此干切时代必须采用数字化集成制造。锥齿轮技术是一个完整、独立、复杂的系统，它的设计、刀具、加工和测量需要用成套的软件支撑，成套装备最好在一个单位

完成，否则不好协调。

长沙哈量凯帅精密机械有限公司是哈尔滨量具刀具集团和中南大学 2009 年成立的，目标是要成为中国锥齿轮技术的研发和生产基地。刚成立时我们对干切技术在中国的推广还有一定的疑虑，因为中国的齿坯材料和热处理技术不过关，对干切很不利。但很多齿轮厂对干切的积极性很高，几经努力之后，干切在我国受到了热捧。2013 年年初，哈量集团魏华亮董事长亲自挂帅，成立 7 个研究小组对锥齿轮技术进行攻关，本次展会将展出哈量集团研发的铣齿机、磨齿机、测量中心、刀盘、刀条磨、装刀机和相关软件。

“干切时代的锥齿轮技术”讲座将全面介绍干切时代的锥齿轮技术和哈量所作的一些研究，希望与各齿轮厂建立“战略合作伙伴关系”，共同推进中国“锥齿轮技术的转型升级”。■

# 高品质刀具为加工效率保驾护航

——北京星航成功解决难加工材料的加工困难

本刊特约记者 李青

航天工业已经是一个国家综合国力的集中体现。北京星航机电装备有限公司在承担国防装备研制与制造的过程中，采用了一批先进的刀具产品，成功解决了难加工材料带来的加工困难，而且将整体加工效率提升了 20%，对于高品质刀具带来的众多好处，受用至今。

成立于 1960 年的北京星航机电装备有限公司（以下简称“星航机电”）坐落在北京西郊，是隶属于中国航天科工集团公司第三研究院的国家大型高科技企业。公司占地面积 29 万平方米，现有资产总值 22 亿多元。现有在职员工约为 1500 人。基于先进的航天技术和设备，公司开发的系列精密切削及成形零部件产品、精密铸造成型零部件产品和焊接成型零部件产品应用广泛。星航机电以国防防务产品的研制与生产任务为主业，先后承担了国家多个重点防务产品的研制生产任务，填补了我国国防装备领域的多项空白。

企业先后获得省部级以上科技进步奖 50 多项。这些殊荣反应了星航机电的研发水平，也肯定了星航机电在研发方面以及制造方面的能力。据星航机电技术中心项目主管姜涛博士的介绍，星航机电对自身技术要求的标准非常高，一是出于所在产品领域的特殊性，飞航产品本身的高标准要求；另外是出于对产品希望进行不断改造和升级的意愿。目前，公司拥有多型号、多系列冷热加工设备和精密测试、计量、理化试验设备，现已形成了完整配套的铸造、钣金、铆接、焊接、热处理、理化检测、数控加工、总装、测试和 CAD/CAM 集成制造系统等系列现代化工艺技术装备能力。

## 刀具 关键在于使用寿命

航天工业被称作是制造业金字塔的塔尖，无论加工工艺还是加工材料，航天产品的生产都代表着尖端制造业。作为其中的一个分支，国防装备制造业同样被作为高科技产业，更是一个国家综合国力的集中体现和重要标志。随着科技的发展，国防装备对材料轻量化及特殊性能（如隐身性）的要求也在不断提高，因此，其中的零部件采用钛合金、复合材料等难加工材料的比例越来越大，由此也引发了很多加工难题。

钛合金因具有强度高、耐久性好、耐热性高等特点而被广泛使用，在钛合金加工中，刀具的选择非常关键，会对钛合金的加工质量产生决定性影响。加工钛合金的理想刀具必须同时具备较高的热硬度、良好的韧性、良好的耐磨性，以及高的导热系数和较低的化学活性，尤其在铣削加工时，刀

具还应具有良好的抗冲击性。

在星航机电的所有加工任务中，钛合金的使用占有比较高的比例，多为飞航产品的框架类以及回转类零部件。“我们与瓦尔特的合作要追溯到 2005 年，自从有了这个型号以来，就开始使用瓦尔特的刀具产品，合作已经近十年。”星航机电专门负责刀具加工的工艺员杨宏宇先生回忆说。星航机电的钛合金框架类产品规格并不大，毛坯件类似机翼形状，扁平，有正反两面需要进行型面加工，而且为了减轻产品质量，上面有很多减重设计的沟槽，零件中间部分也基本都是为了减重的镂空设计。该零件的工艺流程并不复杂，杨宏宇先生介绍说，毛坯件首先交给钳工划线，因为零件的特殊形状，无法装卡，所以之后的步骤是加工零件的卡头，然后是粗铣加工零件正反面、稳定化，然后进行精划线、卡头精加工以及精加工上下两面。

从热处理开始，算上所有工艺步骤，这样一个钛合金的零件加工周期在 60 小时左右，其中，金属加工部分的时间大概在 40 小时，加工这样一个工件共使用三个瓦尔特的球头刀片。“从我们的使用经验来看，瓦尔特的刀具寿命是最长的，我们曾与若干的进口刀片做过对比，瓦尔特的球头刀在同等转速和进给的情况下，刀具的使用寿命最长，表现最佳。”杨宏宇先生很明确地指出，虽然钛合金导热性差，会导致刀具磨损加快，但瓦尔特的一把刀，可以实现粗加工时的使用寿命是 4 小时，精加工达到 8 小时，而其他厂家达不到这个标准。

目前，星航机电使用的瓦尔特刀具产品是 P3204-D16 WSM36 球头刀片，配 F2139 球头刀杆。瓦尔特仿形精铣刀 F2139 是用于型腔精加工的高精度刀具，极其精准的四面磨制刀片有各种切削材质和槽型可供选择，确保最佳工件表面质量；专用于切削难加工材料的槽型和涂层技术，延长了刀具使用寿命；另外，对称的刀体结构满足了高速切削加工的要求。现在瓦尔特也为这款铣刀配备了整体硬质合金刀杆，在长悬伸时起到减震作用。基于以上条件，刀具能与规定的加工条件完美匹配。而且，星航机电使用的 WSM36 刀片是



在星航机电的所有加工任务中，钛合金的使用占有比较高的比例，多为飞航产品的框架类以及回转类零部件



在使用瓦尔特刀具产品的10年间，星航曾与若干的进口刀片做过对比，瓦尔特的球头刀在同等转速和进给的情况下，刀具的使用寿命最长，表现最佳

瓦尔特技术改进后的新材质，这种材质的基体材料为超细硬质合金晶粒，刀片涂层底层为TiAlN材质，提高了抗后刀面磨损能力，中间为PVD  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>涂层，提高了塑性变形和微小崩刃抵抗能力，表层装饰涂层为ZrN，整个涂层的厚度只有4-5  $\mu$ m，以确保切削刃口的锋利。到目前为止，该产品已经在星航机电钛合金零件的加工中服役了十年，其突出的刀具使用寿命是征服星航机电的关键。

### 刀具是加工效率提升的基石

在星航机电的所有零件中，除了比例比较大的钛合金之外，铝合金的比例也达到了40%。这些铝合金零件多为薄壁、深腔类零件，相比较钛合金来说，铝合金本身导热性好，硬度也不高，因此加工相对容易一些，对刀具的要求也相对低一些。星航机电在加工铝合金零件时，需要刀具具有高强度、高韧性的特点，这里用到的硬质合金刀具会比较多。除此之外，就是对加工效率有明确的要求。姜涛博士介绍说：“因为现在装备的研发周期越来越短，这就需要制造水平得到相应提升，尤其对加工效率的要求标准更高。”通过对瓦尔特刀具的使用，星航机电铝合金部件的加工效率整体提高了20%，效率的提高还将整体加工成本降低不少，给星航机电的产品制造带来了极大的益处。

采用瓦尔特刀具产品加工的铝合金部件的形状类似长方形，但是里面由很多个大小不一的型腔，型腔的深度一般在100~120mm之间，因此，加工中刀具的硬度、耐磨性、抗冲击性、振动都是需要考虑的因素。这些型腔多为标准的长方形，在与瓦尔特合作之前，加工车间在加工型腔拐角处时

经常会遇到断刀现象，因为型腔的深度较大，刀具振动容易引发断刀，而且拐角部位是R8的圆角，拐角角度大概在90°。而在使用了瓦尔特的铣刀之后，这一状况得到了极大改善，不仅振动消除了，表面加工质量也大为提高。因此，瓦尔特是星航机电最早合作的刀具厂家，而且这一合作就持续了十年。

### 合作空间巨大

目前，在星航机电的加工车间中，还有很多类型的难加工材料，比如高温合金、钨镍铁等等。星航机电数控加工车间技术负责人丁国智先生介绍说，高温合金占比现在已经达到了15%，其加工效率的提升亟待解决，“因为产品需要，现在我们加工的一些小型的舱体类零件都是高温合金制成的，高温合金的导热性非常差，仅是钛合金导热性的七分之一，可见其机加工的难度。”这种加工会造成刀具的快速急剧磨损，所以刀具能否进行加工是第一步，然后需要考虑刀具加工这样的部件时的使用寿命，接下来才会考虑刀具的加工效率。“现在我们使用一把刀加工高温合金，基本使用20分钟刀具寿命就结束了，如果能找到持续加工1小时以上的刀具，那将极大地改善我们的加工现状，整体加工成本也会减少很多。”杨宏宇先生认为这是目前困扰他的最大的难题。

刀具在星航机电的加工中起到了至关重要的作用，原来某些部件仅一道工序就需要加工半个月左右，在高品质刀具的介入下，现在这种情况基本杜绝了。当然，这种改善不是仅依靠高品质的刀具产品就能够实现的，还包括刀具供应商提供的前期服务，比如刀具选型的建议以及工艺流程的改善。在所有相关因素中，杨宏宇先生认为最重要的是刀具信息的沟通以及产品的试用，“这个环节是非常关键的，我们要使用最新的刀具牌号，但首先要知道刀具供应商做了哪些优化。另外就是刀具的试用，有新的刀具推出，我们希望能第一时间拿到试用。”

其实对于这些问题，瓦尔特已经给出了很好的解决方案，比如全新的品牌瓦尔特-全向(Walter Multiply)。这是一种总体服务理念，刀具管理是一个重要的部分。而刀具管理系统的一个重要组件是瓦尔特的刀具管理软件(TMS)，从中可以清晰地图示出当前的库存量、单个刀具更换周期以及准确的刀具消耗量。它还能记录每把刀具的具体动向，从刀具接收到安装至机床上，其中也包括装配刀具。另一个益处是通过配置成本中心、工作人员、班次以及项目，轻触一下按钮就能够在TMS中进行清查。这样一来，用户毫不费力就能回顾性地估量所关注的项目所产生的实际刀具成本。刀具管理系统的个性化服务组件，包括刀具供应系统、供应管理、“每零件成本”解决方案以及库存量优化都可以根据客户的个人需求进行定制。在不远的未来，用户只需要输入所要加工零件的基本结构特征以及材料，软件就能够自动为用户进行配刀，这与星航机电的想法正好吻合。■

# 携手EMAG，转身并赢得先机

——重庆星极齿轮华丽转身的奥秘

本刊特约记者 李青

从一家籍籍无名的机械加工小作坊做起，重庆星极齿轮在十几年的发展过后终于实现了华丽转身：如今的星极，已然成为一家汇聚一流人才、技术和设备的现代化企业，更成为了长城，华晨等知名汽车企业的主要配套厂家之一。“汽车制造等产业的蓬勃发展，给予了我们企业成长的机遇，可是，只有与之匹配的实力，才能抓住这些机会。通过与埃马克（EMAG）这样的世界级机床商合作，我们获得了越来越多的世界级客户的认可，可谓赢得了先机。”重庆市星极齿轮有限责任公司董事长邱前远表示说。



重庆市星极齿轮有限责任公司  
董事长 邱前远



埃马克 VL 机床采用的倒立式设计让车床内的加工件获得了很好的保护，确保了加工精度的一致性以及工艺的可靠性



埃马克销售经理孙家喜先生（左），星极齿轮负责生产和技术的雷中文（董事长助理）（右）

“中国作为世界汽车第一大产销国，变速器市场也必将成为世界最大。近年来，国外主要变速器制造商均已在华投资建厂，完成市场布局，所以，一个更大的市场机遇等待着我们去开拓。”作为一家靠自身力量逐步发展起来的民营企业，重庆市星极齿轮有限责任公司为自身的发展设定了宏大的格局，董事长邱前远是公司的创立者，他对当前中国经济发展的新常态有着最朴素的认识：“当然，在激烈的市场竞争中，机遇与风险并存，企业只有居安思危，不断武装自己，才能满足客户不断变化的、越来越具挑战性的需求，才能在中站稳脚跟。”

## 正视差距 携手可靠合作伙伴

尽管星极齿轮已经拥有了 600 多台国内外先进设备和近百名中高级技术人才，但与那些国际知名的变速器厂家相

比，其整体技术和管理距离达到世界一流水平还有很长一段路要走。然而暴风已然卷起巨浪，星极齿轮选择提剑而上，这把剑，就是邱前远为公司制定的战略——了解国际先进技术，广泛开展技术交流与合作。就在星极齿轮谋划“走出去”的时候，德国埃马克机床适时地出现了。

在一次行业展会上，路过德国埃马克展台的邱前远被一台倒立车的现场加工演示所吸引，“那么高效的加工给人眼前一亮的感觉，后来了解到埃马克机床已经被应用在很多成功的汽车企业中，既然对埃马克的产品这么信服，那么星极自己为什么不也买一台呢？”就这样，星极齿轮开始了与埃马克的合作，并一发而不可收。

从 2014 年开始，6 台埃马克 VL 系列机床成为了星极齿轮的主力军。1 台埃马克 VL 机床替代了星极车间中过去所使用的 2 台普通机床；一次装夹即可完成对齿轮的所有车削和

钻孔加工，确保了工件质量，产品报废率下降为零。

“采用传统设备，总是存在3%左右的产品报废率，产品不稳定现象时常发生。通过深入分析，我们发现该现象是由于工件多次装夹，前道工序的加工质量不合格从而导致了后序工件的加工基准出现偏差。”邱前远介绍说：“这个问题长期困扰着我们，产品存在质量问题势必影响交货周期，严重阻碍了订单的交付。而埃马克VL机床采用的倒立式设计不仅充分保证了设备使用的经济性，同时由于车削下来的铁屑通过切屑传送带运送到机床外面，将所有的灰尘和切屑排除在工作区域之外，从而让车床内的加工件获得了很好的保护，确保了加工精度的一致性以及工艺的可靠性。”

另外，自动上下料极大地缩短了机床的非工作时间，有效地提高了生产效率。现在，星极齿轮一条生产线不仅减少了一台机床，而且操作工人也由原来的3名减少到了1名。“使用埃马克的先进设备，星极齿轮的产品质量提升了两个规格，综合多方因素，工件的生产效率提高了，单件制造成本下降了。”邱前远对此十分感慨。除此之外，埃马克的VL机床还很容易操作。星极齿轮负责生产和技术的雷中文（董事长助理）介绍说：“机床自投入使用以来一直运行良好，我们的工人都反映说操作十分简单。在经过埃马克的培训后，原有工人完全能够胜任现在的工作。”星极齿轮现在实行的是三班工作制，这6台VL机床平均每天工作21个小时以上。

## 走高品质道路 提升企业竞争力

埃马克销售经理孙家喜先生表示：“VL系列也是埃马克非常经典的机床系列之一。倒立式设计，自动上下料装置集成在机床内部，主轴完成上下料，主轴上的卡盘自行在工件输送道上抓取毛坯，然后进入加工区进行加工，再把加工好的成品放回输送道上。一台VL机床就是一个全自动的、高效率的生产单元。另外，刀具换装时间也很短。这些特点特别适合高效率、高质量和有一定批量的生产要求。星极齿轮目前就是这样的加工企业。所以，我们所制定的方案能够在段时间内即发挥了成效。”

第一次的成功合作，让邱前远深切感受到，高性能的机床设备与量身定制的整体化解决方案是企业提升竞争力的有效手段。随着合作的深入，凭借着果敢的判断力，邱前远决定让星极与埃马克的合作再上一台阶——双方正式结成战略合作伙伴。

“很快就有8台埃马克的车磨加工中心加入我们的生产队伍。这个系列的设备不仅加工精度好，而且生产效率高，一次装夹便能实现磨内孔、锥柱和车端面三道工序，将大大拓展我们的制造竞争力。1台埃马克车磨加工中心可以取代现在的3台普通机床；过去3台机床需要配备3名工人，而采用埃马克车磨加工中心后，2台设备只需1个工人。”邱前远介绍说。在行业同质化竞争严重的情况下，星极齿轮的这个做法显然是一项明智之举。产品质量的提升不仅增强了企业的竞争力，还帮助公司避开了火热的价格战。更重要的是，公司树立起了“走高品质道路”的口碑，世界级的汽车制造厂相继派人来星极齿轮参观考察，高品质的产品、现代化的生产设备成为了星极齿轮的优势证明。

## 有汽车就需要齿轮

美丽的山城重庆，沿壁南河顺流而下，就会经过邱前远的老家——璧山鹿鸣，那里山清水秀却土壤贫瘠，难以耕作。早早地就将目光投向山外世界的邱前远仅仅因为凭着“有汽车就需要齿轮”这样一个简单的想法，便开始了他的创业。如今的星极齿轮年产900万件齿、轴，主要用于成套微型轿车变速器齿轮、齿毂和发动机齿轮的专业生产上；凭借其先进的技术和可靠的质量，公司成为了重庆长安、长城汽车、华晨汽车等多个知名汽车企业的主要配套厂家之一。星极齿轮还是比亚迪汽车齿轮的主要开发商，先后为其开发出F0、F3、F6、G6电动汽车及混合电动汽车变速器成套齿轮。在通过澳大利亚DSI公司考评，成为其自动变速器油泵齿轮的主要供应商后，星极齿轮实现了出口零的突破。在通过了芬兰科尼起重机设备有限公司全面考核，成为其在华的生产基地。这是一项无论走到哪里都拿得出手的成就，民营企业星极齿轮在先进技术的武装下正在走向更广阔的国际舞台。■



自动上下料极大地缩短了机床的非工作时间，有效地提高了生产效率



一台VL机床就是一个全自动的、高效率的生产单元



# WMEM

## 《世界制造技术与装备市场》

### 读者服务卡、申请杂志赠阅登记卡

为了加强本刊与读者的信息沟通，及时了解读者的需求，使本刊能快捷地随读者的需求变化，更好地为读者服务。我们特为那些渴望通过本刊了解有关装备和技术信息，并对本刊的文章、广告内容等有反馈意见（填写第13项广告号码）的读者，提供免费寄赠服务，赠送一期杂志。

本刊编辑部：北京市西城区莲花池东路102号天莲大厦1608号  
中国机床工具工业协会《WMEM》编辑部 邮编：100055

请在以下您确认的项目后□内划“√”

1. 您是本刊的：

老读者  新读者

2. 本刊对您的工作：

十分需要  一般参考

3. 您对本刊中的哪些栏目感兴趣？

01. 专题报道  02. 本刊专访

03. 专题综述  04. 论坛

05. 展览会信息  06. 相关产业

07. 行业资讯  08. 产销市场

09. 产品与技术  10. 技术讲座

11. 产品信息  12. 企业风云

您希望增加哪些新栏目？ \_\_\_\_\_

4. 您是通过何种途径读到本刊的？

订阅  赠阅

社会图书馆  单位资料室

专业人士推荐  展览会赠阅

其他

5. 贵单位所属行业类别：

汽车、摩托车及其零部件工业

航空航天  机床工具

国防  石化

铁道  冶金

船舶  建设

电力  工程机械

矿山  农业机械

轻工  水利

林业  纺织

仪器仪表  化工

模具  院校

医疗器械及设备  电子电信

板材加工  塑料机械设备

通用机械及零部件  焊接与切割

其他行业（请具体说明）

6. 贵单位的所有制性质：

国有  集体

民营  中外合资、合作

外商独资  其他

## 7. 贵单位的业务类别:

- |      |                          |       |                          |
|------|--------------------------|-------|--------------------------|
| 生产企业 | <input type="checkbox"/> | 科研院所  | <input type="checkbox"/> |
| 贸易公司 | <input type="checkbox"/> | 政府部门  | <input type="checkbox"/> |
| 大专院校 | <input type="checkbox"/> | 协会、学会 | <input type="checkbox"/> |
| 信息服务 | <input type="checkbox"/> | 其他    | <input type="checkbox"/> |

## 8. 贵单位员工总人数:

- |          |                          |           |                          |
|----------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| 1~50     | <input type="checkbox"/> | 1001~3000 | <input type="checkbox"/> |
| 51~200   | <input type="checkbox"/> | 3001~5000 | <input type="checkbox"/> |
| 201~500  | <input type="checkbox"/> | < 5000    | <input type="checkbox"/> |
| 501~1000 | <input type="checkbox"/> |           |                          |

## 9. 贵单位对下列哪些设备/技术感兴趣, 或近三年有采购意向:

- |         |                          |        |                          |
|---------|--------------------------|--------|--------------------------|
| 车床      | <input type="checkbox"/> | 铣床     | <input type="checkbox"/> |
| 镗床      | <input type="checkbox"/> | 钻床     | <input type="checkbox"/> |
| 磨床      | <input type="checkbox"/> | 加工中心   | <input type="checkbox"/> |
| 齿轮加工机床  | <input type="checkbox"/> | 锯床     | <input type="checkbox"/> |
| FMS/FMC | <input type="checkbox"/> | 电加工机床  | <input type="checkbox"/> |
| 专用机床    | <input type="checkbox"/> | 自动化生产线 | <input type="checkbox"/> |
| 板材加工设备  | <input type="checkbox"/> | 测量机    | <input type="checkbox"/> |
| 机器人     | <input type="checkbox"/> | 工具     | <input type="checkbox"/> |
| 附件      | <input type="checkbox"/> | 刀具     | <input type="checkbox"/> |

控制装置 其他特种加工机(如激光、水切削、等离子加工机等) 其他设备(请具体说明)  \_\_\_\_\_

## 10. 上述设备中贵单位拟选择的类别为:

数控型  普通型 国产  进口 

## 11. 您计划参加CCMT2016(第九届中国数控机床展览会)的下列活动:

寻找代理  参加论坛 参展  参观 采购 

## 12. 您对本刊哪些文章中的技术、新产品感兴趣?

(填首页目录中的页码)

--	--	--	--

--	--	--	--

## 13. 请附名片或填写您的通讯地址:

(如欲索取本期广告的详细资料, 请同时填清英文部分, 本刊将转请有关制造商免费寄给您所需资料。)

-----可装订名片

Name: \_\_\_\_\_

邮政编码: \_\_\_\_\_

Organization: \_\_\_\_\_

地址: \_\_\_\_\_

Title: \_\_\_\_\_

单位: \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_

姓名(职务): \_\_\_\_\_

Tel: \_\_\_\_\_

电话: \_\_\_\_\_ 传真: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

电子邮件: \_\_\_\_\_

请在下面方框内填写您对本刊广告中所感兴趣的广告服务项目的号码, 这个号码应与广告下方或附近所注的号码一致


## 14. 请您对本刊提出改进意见和建议: \_\_\_\_\_

---



---



---