

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.3 2017
2017年6月
June 2017

主管: 中国机械工业联合会
主办: 中国机床工具工业协会
地址: 北京市西城区莲花池东路102号
天莲大厦16层
邮政编码: 100055
电话: (010) 63345259 传真: (010) 63345699
电子邮箱: wmem@cmtba.org.cn

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 陈惠仁
副主任: 王黎明 毛予锋
编委:

王旭 关锡友 张志刚 龙兴元 马伟良 马俊庆
石光 叶军 邱丽花 刘炳业 刘家旭 李金泉
杜琢玉 李屏 李保民 吴日 何敏佳 张明智
陈吉红 罗勇 周辉 姜华 潘云虎 魏华亮

特邀编委:

刘宇凌 李先广 姜怀胜 李维谦 于德海 刘春时
李宪凯 魏而巍 夏萍 范小会 徐宁安 陈德忠
徐刚 吴建民 李志宏 桂林 汪爱清 王跃宏
张国斌 初福春 王明远 刘庆乐 王兴麟
董华根 胡红兵 武平 肖明 钟洪

总编辑: 李华翔

国际标准代号: ISSN 1015-4809

国内统一刊号: CN 11-5137/TH

国内发行: 北京报刊发行局

订阅处: 全国各地邮局

邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京博海升彩色印刷有限公司

零售价: 中国内地RMB10.-
中国香港HK\$70.-
其他地区US\$10.-



《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》(理工C辑)、《中文科技期刊数据库(全文版)》全文收录期刊、万方数据-数字化期刊群之中国核心期刊数据库引文期刊

目录 CONTENTS

2017年第3期(总第150期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

15 CCMT2018招展工作全面启动等7则消息

Seven news such as CCMT2018 exhibition invitation has been fully started and so on

展会报道 Exhibition Report

17 第十五届中国国际机床展览会隆重开幕

协会传媒部

The 15th China International Machine Tool Exhibition has opened ceremoniously

19 聚焦CIMT2017 感受新品魅力

Focus on CIMT2017 for the new products' glamour

26 寻找机床产业发展新动力

——2017机床制造业CEO国际论坛启示

协会传媒部

Looking for new power of the machine tool industry

——Revelation on 2017 CEO international forum of the machine tool industry

展品评述 Exhibit Review

28 CIMT2017量具量仪展品点评

谢华锟

CCMT2017 exhibit review of the measuring tool and instrument

36 CIMT2017特种加工机床评述

特种加工分会

CIMT2017 exhibit review of the non-traditional machine tool

46 我国金属成形(锻压)机床的现状与发展动向

徐刚等

Situation and development of China metal forming machine tool

产销市场 Production & Marketing

55 中国机床工具市场与产业运行形势分析

毛予锋

Market and industry situation of China machine tool

57 2016年中国机床工具行业上市公司运行分析

杜智强

Annual operation analysis on the China machine tool industry public companies

Competent Authority: China Machinery Industry
Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders
Association

Add: 16/F., Tianlian Mansion,
102 Lianhuachi East Road,
Xicheng District, Beijing,
100055 P.R. China

Tel: (010) 63345259 Fax: (010) 63345699

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA
Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

Edit-Committee Consultants: WU Bai-lin, YU Cheng-ting

President of E-C: CHEN Hui-ren

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
MAO Yu-feng

Committeemen:

WANG Xu, GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG
Xing-yuan, MA Wei-liang, MA Jun-qing, SHI Guang,
YE Jun, QIU Li-hua, LIU Bing-ye, LIU Jia-xu, LI Jin-
quan, DU Zhuo-yu, LI Ping, LI Bao-min, WU Ri, HE
Min-jia, ZHANG Ming-zhi, CHEN Ji-hong, LUO Yong,
ZHOU Hui, JIANG Hua, PAN Yun-Hu, WEI Hua-liang

Specially Invited Committeemen:

LIU Yu-ling, LI Xian-guang, JIANG Huan-sheng, LI
Wei-qian, YU De-hai, LIU Chun-shi, LI Xian-kai, WEI
Er-wei, XIA Ping, FAN Xiao-hui, XU Ning-an, CHEN
De-zhong, XU Gang, WU Jian-min, LI Zhi-hong, GUI
Lin, WANG Ai-qing, WANG Yue-hong, ZHANG Guo-
bin, CHU Fu-chun, WANG Ming-yuan, LIU Qing-le,
WANG Xing-lin, DONG Hua-gen, HU Hong-bing, Wu
ping, XIAO Ming, ZHONG Hong

Chief-Editor: Li Huaxiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

Add:11F-B.No.540,Sec.1,Wen Hsin Rd., Taichung, Taiwan

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

- 61 2017年1-3月中国机床工具行业经济运行和市场情况 协会信息统计部
Economic operation and market situation of China machine tool industry from
January to March 2017
- 63 全球机床工具产业: 今年初现积极开局 Amit Sharda Jeremy Leonard
Global machine tool industry: we have a positive start early this year
- 65 中国装备制造业2016年运行分析与2017年趋势展望 秦海林 关晓旭
Operation analysis and development trend of China equipment manufacturing industry
- 67 2016年度中国机床工具行业“30强”企业发布
The annual “Top 30” enterprises list of China machine tool industry was released

产品与技术 Products & Technology

- 68 2016年度“产品质量十佳”产品简介
Introduction to the annual “Quality Top 10” products
- 73 高速车削中心的结构设计与性能测试分析 肖泉洋
Analysis on the structural design and performance test of high-speed cutting
enter
- 80 高速/复合数控机床及关键技术创新能力平台 谭智
High-speed compound NC machine tool and the key technology innovation
capability platform

海外市场 Overseas Market

- 86 JIMT2016, 日本机床工具产业的盛宴
——JIMT2016展品评述报告(上) 杜智强
Exhibits review on JIMT2016
- 45 广告客户索引
Advertisers Index

CCMT2018招展工作全面启动

由中国机床工具工业协会主办并与上海市国际展览有限公司共同承办的“第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）”，将于2018年4月9~13日在上海新国际博览中心举办，预计展览总面积12万平方米。

目前，展会招展工作已全面启动。请有意向参展的企业登录展会官网www.ccmtshow.com进行在线申报。有关展会组织工作进展情况，敬请关注展会官网、协会官网（www.cmtba.org.cn）、协会微信订阅号（中国机床工具工业协会cmtba）、《中国机床工具》报、《世界制造技术与装备市场（WMEM）》杂志发布的信息。

济二承担的第9个专项项目 通过技术终验收

5月25日，济南二机床承担的“高速龙门五轴联动加工中心”国家科技重大专项（04专项），在中航工业西安飞机工业（集团）有限责任公司顺利通过技术终验收。验收组专家、用户对项目给予高度评价。



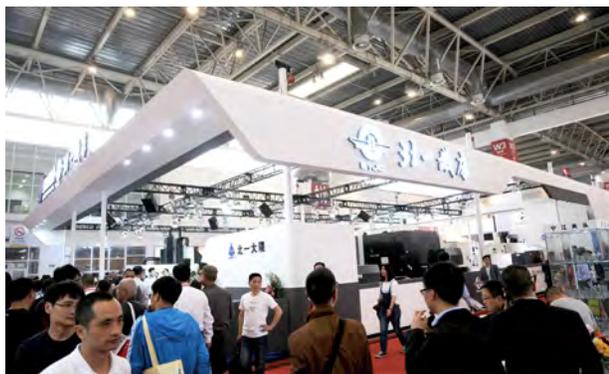
“高速龙门五轴联动加工中心”课题是济南二机床通过验收的第9个04专项项目，也是工信部对JIER五轴机床产品研发和市场应用的认可和滚动支持。设备配备了济南二机床自主研发的双摆角数控万能铣头、国产高速滚珠丝杠等功能部件以及国产五轴联动数控系统，能够完成大型

复杂曲面零件的高速、高效加工。

课题实施以来，济南二机床已为西安飞机、昌河飞机、沈阳飞机、洪都航空、汉中航空零组件、上海航天、北京航天等近20家用户提供了30余台同类产品，批量进入市场，满足了航空航天、军工、能源、轨道交通等重点领域的设备需求，推进了国产高档数控机床的发展，实现了进口替代。

据悉，自2009年以来，济南二机床共承担国家04专项课题11项，其中金属成形机床课题6项，5项已通过验收，1项在研；金属切削机床课题5项，3项已通过验收，1项完成技术终验收，1项在研。（吴艳玲 韩云龙）

北一机床携五“新”装备 亮相CIMT2017



4月17日，北京北一机床股份有限公司在CIMT2017上用“新产品、新技术、新工艺、新理念、新服务”的五新理念开启北一机床智能制造的新篇章。作为“新产品”和“新技术”的主要代表产品，XKAS2525x60高速高架横梁移动龙门铣床、MBR-4000He/5000H-e高速卧式加工中心、B2-K2012高精度数控精密偶件外圆磨床等产品集体亮相展会。作为“新工艺”的代表，差速器壳体自动生产线用了全自动化无人、智能生产。体现“新理念”的智能车间展示了先进的智能车间管理系统，在实现智能化管理的同时实现了PC端、平板端、手机端对管理系统的多平台操作。作为“新服务”代表的远程诊断系统是通过互联

网将用户的机床——北一机床的服务器——电气工程师调试的PC/PG机链接在一起，让工程师第一时间掌握机床运行情况，判断问题并及时处理。

华中砂带磨项目获北京市科学技术一等奖

日前，在北京市举行2016年度科学技术奖励大会上，华中数控以“叶片复杂型面精加工六坐标联动数控砂带磨关键技术研究与应用”项目荣获科学技术一等奖。

该项目由华中数控与华中科技大学等单位共同完成，研制出了自主知识产权的叶片六坐标联动数控砂带磨床和编程系统，成为高质量叶片制造的必要手段，解决了以核电汽轮机和航空发动机叶片为代表的复杂叶片型面数控磨削精加工难题，打破国外技术垄断，丰富并促进了国产高档数控机床领域多轴联动加工技术的发展，也成为了一些国家重大专项的关键支撑技术之一，为大型发动机叶片试制提供了先进工艺手段，为能源战略和国防安全的自主可控提供了亟需的支撑条件。

目前，在东方汽轮机有限公司有11台MK系列六轴联动砂带磨床投入生产使用，设备运行情况良好，有效解决了大型叶片磨削抛光的难题，提高了叶片制造质量，提升了汽轮机组尤其是核电汽轮机组的品质，实现了国产高档数控系统在能源领域的批量应用。（供稿：华中数控）

沈阳机床i5智能制造生态启动发布会成功举办

4月17日，沈阳机床成功举办了i5智能制造生态启动发布会。发布会现场，沈阳机床股份有限公司总裁赵彪先生与安徽省马鞍山市政府副市长马少华、江苏建湖县人民政府县长薛盛堂、浙江省嘉善县干窑镇人民政府党委书记陆剑峰一起签订了i5智能制造谷的电子合作协议。同时沈阳机床还与埃克森美孚（中国）投资有限公司、舍弗勒集团

分别签署了战略合作框架协议，正式结为战略合作伙伴。沈阳机床集团董事长关锡友与舍弗勒大中华区工业事业部总裁王贵轩、埃克森美孚（中国）投资有限公司总经理王易明等相关嘉宾一起参加了i5智能制造生态启动仪式。



德国GOM 公司携最新产品亮相 CIMT2017

位于德国布伦瑞克的 GOM 公司自 1990 年创建以来，一直致力于测量技术的研发和推广。GOM 以最新研究成果和创新技术为基础，开发、生产和销售关于工业和自动化三维坐标测量技术以及三维测试的软件、设备和系统。GOM 公司有超过 60 个工作站点，拥有 1000 多位计量专业技术人员，提供专业的技术咨询和服务，更有现场服务和当地语言的优势。此外，GOM 还通过培训课程、研讨会议和基于应用的专题研讨会等方式，分享工艺流程和测量技术等方面的专业知识。

西门子借助“数字化双胞胎”实现从产品研发到服务的全过程

4月19日上午11点，在CIMT2017展会现场，西门子（中国）有限公司数字化工厂集团运动控制部机床数控系统总经理许政顺介绍了此次展会的重点产品，重点展示了机床加工与制造过程中如何借助“数字化双胞胎”来实现从产品研发、设计、生产、直到服务的全过程，从而提高生产力、可用性和过程可靠性，优化加工精度、设计、加工过程乃至维护和服务。



第十五届中国国际机床展览会隆重开幕

中国机床工具工业协会传媒部

2017年4月17日，第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）在北京中国国际展览中心（新馆）隆重开幕。

上午10点，在展馆南登陆大厅举行了隆重热烈简朴的开幕式。开幕式由中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明主持，常务副理事长兼秘书长陈惠仁致辞。出席开幕式的有意大利、德国、日本、美国、中国台湾、瑞士、韩国、西班牙、印度、英国、捷克、法国、俄罗斯、奥地利、阿根廷等国家和地区机床工业协会及相关行业组织的负责人。政府有关部门及境内行业组织的领导和代表：原轻工业部部长曾宪林先生、原机械工业部副部长沈烈初先生、机械科学研究院名誉院长徐性初院士、国家国防科

工局总工程师龙红山先生，以及工信部、商务部等有关部门的领导，中国机械工业联合会会长王瑞祥先生、中国和平利用军工技术协会理事长周武胜先生、湖南省经济和信息化委员会副主任殷林波先生、湖南省经济和信息化委员会装备处处长马天毅先生、马鞍山市人民政府市长左俊先生、马鞍山市博望区区委书记胡春华先生、滕州市人民政府副市长邹美帅先生、滕州市经信局局长王印德先生等出席了开幕式。中国机床工具工业协会当值理事长、陕西秦川机床工具集团股份有限公司董事长龙兴元先生等18位嘉宾剪彩后，正式宣布第十五届中国国际机床展览会开幕。

自1989年创办以来，中国国际机床展览会（CIMT）在中国机床

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。

本届展会的主题确定为“新需求·新供给·新动力”，这一主题契合了中国“十三五”期间“供给侧结构性改革”的发展主线。中国机床工具市场正在经历全面而深刻的变化，其主要特征表现为：需求结构的快速升级，使得自动化成套、客户化订制

和普遍的换挡升级成为市场需求结构升级的主要方向。为适应市场需求的新变化，机床工具制造业必须从供给侧入手，提供满足客户新要求的产品技术和服务模式，通过转型调整获得自身发展的新动力。

CIMT2017展览总面积13.1万平方米（与上届持平）。境内与境外展商各占展览总面积的50%左右。展会共吸引中国大陆和其他27个国家和地区的1639家展商前来参展，比上届增长5.5%，其中境内展商800家、境外展商839家。德国、美国、瑞士、日本等12个国家和地区的行业组织和贸促机构组团参展。全球机床工具制造业的著名企业悉数以强大阵容亮相本届展会，众多“中国首发”、“亚洲首发”和“全球首发”的最新产品不仅会令参观者目不暇接，更为广大采购商提供了最广泛的选择空间。



根据最新统计，本届展会的展品水平和品种、规格的覆盖面均创新的水平。数万件展品中囊括了主机、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。展品看点可主要概括为：数字化制造与解决方案，智能技术，高效与自动化，专业化等四个方面。



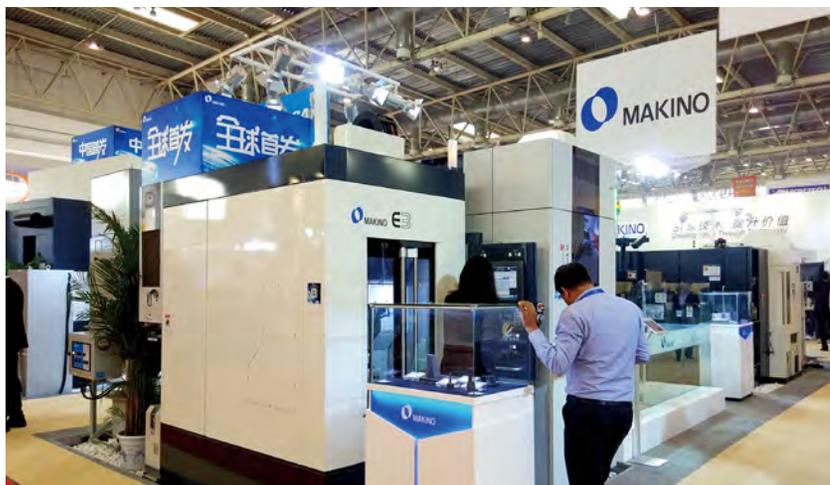
为办好这届展会，主办方在提升服务水平、改善展会管理和丰富展会内容等方面又做出了新的努力。本届展会不仅是最新产品和技术展示交易平台，同时也是思想和信息的分享和交流平台，为满足参会组织和人员多方面、多层次的需求，展会主办方精心筹划和准备了CEO国际论坛、国际先进制造技术报告会、重点领域国产数控机床应用座谈会、“院校之窗”专题展区、国际化经营座谈会、年度“行业十佳”和行业30强评价结果发布、各国家和地区机床协会领导人联席会、数控机床专项成果展示及百余场技术交流讲座等丰富多彩的展会活动，进一步丰富和提升了展会参与者的收获与体验。□

聚焦CIMT2017 感受新品魅力

在CIMT2017展会上，多家展商都首次展出了新品，在一定程度上代表着机床产品在数字化、自动化、智能化方面的发展趋势。下面选出部分代表性的产品以飨读者。

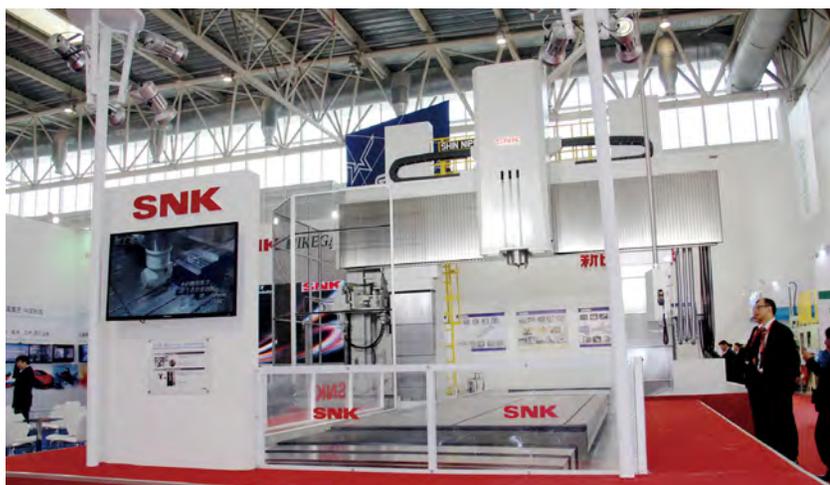
牧野：E3新一代超高效率石墨加工机

牧野机床E3新一代革命性超高效率石墨加工机为全球首发机床。X/Y/Z轴行程500/400/400mm，最大工件载重30kg，主轴最高转速30000r/min。该机床结构紧凑，加工效率高。更小的切削力容易实现高速加工，具有更高的粗加工效率（比同类型快1.5~3倍），具有强大的吸尘能力。



新日本工机：NeoV-5M龙门式加工中心

新日本工机株式会社NeoV-5M龙门式加工中心为中国首展。工作台尺寸5000mm×2500mm，立柱间有效距离3100mm，X/Y/Z/W轴行5250/3700/800/1200mm，工作台表面到主轴端面距离范围50~2050mm，最大容许工件重量25t，主轴最高转速5000r/min，CNC系统Fanuc31i。高刚性、高精度、高效率龙门式加工中心，横梁可参与切削，连续切削扭矩1200N·m。



现代威亚：XF6300高速五轴立式加工中心



现代威亚欧洲研发中心最新力作XF6300高端级五轴机为中国首

展。采用床身及立柱整体式设计，相较于分离式刚性提升了130%。

X/Z轴的新型箱中箱结构更是在最大程度上减小热变形。A/C轴采用伺服电机直驱方式，可实现五轴联动加工，且工作台最大承重达600kg，显著扩大各类复杂零部件产品加工范围。创新的环形刀库设计更是显著降低切削时间，标准1层34把，可选2层68把，3层102把，多样化刀具配置显著提高了适用加工范围。标配的激光方式的刀具在线监测更是能保证高精密加工特性。1000段程序预读功能及8CH的热变形补偿装置等综合模具包选项，更是能保证高端零部件产品的精密度要求。

尼古拉斯克雷亚：FOX-30数控定梁龙门式五轴五联动加工中心



西班牙尼古拉斯克雷亚集团公司FOX-30数控定梁龙门式五轴五联动加工中心为中国首展，其工作台尺寸3500mm×2000mm，龙门通过宽3250mm，X/Y/Z轴行程3000/3750/1500mm，同时配备两个铣头及自动换头系统，万能回转式自动微分度铣头37kW，转速6000r/min，电主轴式五轴联动铣头功率60kW，转速20000r/min刀库容量40把。设计采用不同技术方案提高结构刚度和精度，框架结构尺寸具有良好的刚度和阻尼性能，驱动系统及运动机构保证了高精度和良好的动态性能，可选配多种附件和铣头，具有广泛的通用性，满足各领域粗精加工需求。

北一机床：XKAS2525×60五轴联动高速高架横梁移动龙门加工中心



北京北一机床股份有限公司XKAS2525×60五轴联动高速高架横梁移动龙门加工中心为中国首展，其工作台尺寸2500mm×6000mm，龙门通过宽度3180mm，工作台单位承重2500kg/m²，X/Y/Z轴行程6200/2500/1000mm，A/C轴摆角范围±105° / ±360°，滑枕截面尺寸500mm×500mm，X/Y/Z轴快速45m/min，电主轴最高转速18000r/min，直线轴定位精度0.012mm，重复定位精度0.006mm。轻量化高刚度龙门框架设计，静压导轨和静压蜗母牙条传动，平面地基安装，无需考虑地坑，结构紧凑，占地面积小。

萨玛格萨尔费尔德：MFZ 5.2双主轴卧式加工中心



德国萨玛格萨尔费尔德机床有限公司MFZ 5.2双主轴卧式加工中心为中国首展。其主轴间距180~840mm，X/Y/Z快速100m/min，刀库容量72把，最大容量可达160把，换刀时间2.4秒。模块化多主轴设计理念，整体大理石床身，门式垂直Y轴双驱动机构（双进给驱动），三直线轴绝对测量系统，电机直接驱动B轴，切屑自由掉落。适用于中、大尺寸铝合金、铸铁和钢质材质零件批量生产。

北京机床研究所：M/800H 卧式加工中心

北京机床研究所M/800H 卧式加工中心为中国首展。其工作台尺寸800mm×800mm，工作台最大承重1200kg，X/Y/Z轴行程1200/950/1100mm，X/Y/Z轴快速40m/min，主轴最高转速8000r/min（12000r/min可选），直线轴定位精度/重复定位精度0.004/0.002mm，B轴分度定位精度/复分度定位精度6"/3"。采用优质高刚度基础铸件，三点主支承加多点辅助支承设计，龙门框架式立柱，高刚度总体结构，双丝杠对称驱动，低惯量移动部件，内装电机驱动后置式分体主轴单元，静压导轨力矩电机驱动转台，双工位交换工作台，热平衡设计等。



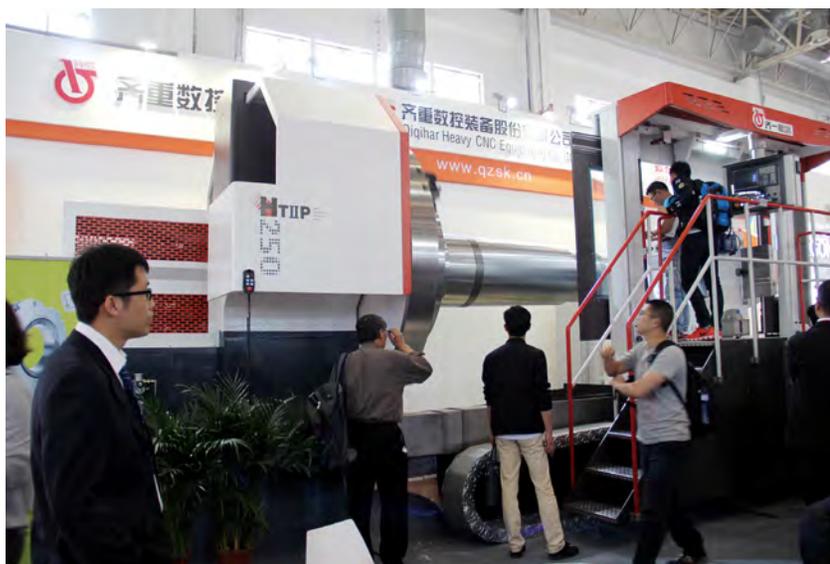
西铁城：BNJ51SY6主轴箱固定型双主轴数控自动车床

西铁城（中国）精密机械有限公司BNJ51SY6主轴箱固定型双主轴数控自动车床为中国首次展出，6"/5"气动中空卡盘，最大加工直径51mm，最大加工长度100mm，主轴转速范50~5000r/min，主电机最大功率15kW，12刀位动力刀塔，动力刀具最高转速6000r/min。对置双主轴，除左右同时加工外，还能通过特殊设计的主刀塔进行重叠加工（主刀塔同时对主/背主轴上的两个工件进行加工），通过偏芯夹具，可实现偏心零件的复合加工。



齐重数控装备：HT II P 250 × 60/32P-NC数控重型卧式车床

齐重数控装备股份有限公司HT II P 250 × 60/32P-NC数控重型卧式车床为中国首次展出。该产品适用于海洋风电、军工、航空航天等机械行业大型轴类、盘类零件的车削加工，可进行外圆、端面、螺纹、切断、切槽等工序的加工；机床动静刚度，尤其适合高速、高精车削。主轴箱为一封闭的箱体，内部筋板连接，主轴为最佳跨距支承的穿轴式结构，主轴支承轴承采用NSK-P4级高精度滚动轴承。采用整体三导轨结构床身，床身导轨宽，切削受力状态好；配备辅助支撑开放式中心架，为方便长轴类零件的加工。



大隈机械：GA-26W切入式精密外圆磨床

大隈机械（上海）有限公司GA-26W切入式精密外圆磨床为中国首展，中心距400mm，工作台回转直径330mm，最大磨削直径200mm，最大砂轮直径610mm，最大工件长度400mm，最大工件重量50kg。大隈独自开发的动压砂轮轴胜任强力磨削和高精度磨削，高刚度V形导轨，适用于汽车等行业不同批量零件的高效、高精生产。



无锡机床：WX-6013数控高精度内凹端面磨床



无锡机床股份有限公司WX-6013数控高精度内凹端面磨床为中国首展，填补了国内空白。其内凹端面深度 $\leq 50\text{mm}$ ，砂轮主轴转速 10000r/min ，工件转速 3000r/min ，数控系统为西门子840D控制系统，四轴两两联动。工作精度（以磨削喷油器体为例）：端面平面度 0.0009mm （带内凹），表面粗

糙度 $Ra0.05\mu\text{m}$ ，长度尺寸分散 $\leq \pm 0.01\text{mm}$ ，平面对夹紧轴线的垂直度 $\leq 0.015\text{mm}$ 。机床专用于电控共轨柴油喷射系统关键零部件喷油器体、油泵柱塞套内凹密封端面的精密磨削，立式布局，光栅控制定位的转台将工件分别带入上下料、预测量、粗磨、精磨等四个工位，每个工位均有一套工件主轴带动工件旋转，在粗磨位和精磨位上方各有一套电主轴带动砂轮旋转，对工件进行磨削，配机械手可一键完成上下料、预测量、粗磨、精磨等环节。机床在高精度高刚性主轴系统、主轴位置微调装置、在线测量与位置控制、重复装夹定位精度、微量进给等方面有技术突破。

哈挺：KELLENBERGER VARIA高精度数控万能外圆磨床



哈挺中国有限公司KELLENBERGER VARIA 高精度数控万能外圆磨床为中国首展，顶尖距 $1000/1600\text{mm}$ ，磨削长度 $1000/1600\text{mm}$ ，中心高

$200/250/300\text{mm}$ ，Z轴行程 $1170/1670\text{mm}$ ，X轴行程 365mm ，X/Z轴快速 $10/20\text{m/min}$ ，数控系统海德汉GRINDplus 640（FANUC 31i Model B可选）。X/Z/B的三轴联动（需配备KELLENBERGER专利技术的砂轮自动测量系统KEL-SET），分离式结构设计阻断了震动和热量的传递，X、Z轴采用静压导轨实现 $0.1\mu\text{m}$ 微进给，高扭矩直驱B轴及预紧静压导轨及高精度绝对值圆光栅实现 0.0001° 进给，并在锁紧与非锁紧两种状态下都能正常工作。

冈本工机：UGM 3100NC精密复合外圆磨床



冈本工机（常州）有限公司UGM 3100NC精密复合外圆磨床为中国首展，是集外圆、内圆、端面磨削结合于一身的复合磨床。欧洲主流的单次装夹加工外圆、内圆、端面的复合磨床。有效减少由于工件装夹时产生的装夹失误、大幅缩短工作时间、降低工厂占有率等优势。另外，也有能够对应长尺寸工件的型号，顶尖距离可达1000mm（斜进规格为870mm）。

沈阳机床：i5 M1智能高速钻攻中心



沈阳机床股份有限公司i5 M1智能高速钻攻中心为全球首展。i5M1智能机床率先采用蒙德里安风格全铝防护间的概念化设计，通过简约的线条与几何图形延伸交叠，呈现出轻盈、辨识度更高的模块化外观，给人以独特的视觉体验，与其面向的3C行业更加契合。整体采用全铝材质，有效地避免粉尘及油气外溢，减少环境污染，使排屑更容易，开门更自如，安装更简单。

汉江机床：SK7712数控蜗杆磨床



汉江机床SK7712数控蜗杆磨床为中国首展，主要用于磨削各种圆柱形的蜗杆；采用西门子828D数控系统，控制实现四轴三联动。蜗杆头数 $Z=1\sim 2$ ，精度可达4级；蜗杆头数 $Z\geq 3$ ，精度可达5级。砂轮修整采用金刚碟轮数控修型，修型精度高，柔性好；配置半自动砂轮动平衡系统，更换砂轮方便快捷、无需静平衡；配置手动对刀装置，适用于蜗杆的批量加工。



寻找机床产业发展新动力

——2017机床制造业CEO国际论坛启示

中国机床工具工业协会传媒部

当百余位中外机床制造业CEO们聚集在今年的国际论坛中，他们讨论了什么问题，他们关心着什么问题，这些问题能否有解，正确的答案是什么？

一、发现新需求，从而满足它

自2011年下半年开始的机床市场本轮下行，到今年已经是六年有余，在外部环境不利，市场持续下探的背景下，机床企业CEO们已经不再热衷于揣摩经济走向运行趋势、市场何时反弹反转，他们关注的重心已经一再地贴近实际、贴近用户，他们的眼光始终紧盯着世界先进企业和前沿技术，大浪淘沙不进则退，中外企业无不深感紧迫。

代表论坛主办方致辞的协会轮值理事长龙兴元，谈到作为秦川机床集团董事长的心得时说：随着我国经济结构放缓和经济结构调整，企业发展出现两极分化趋势。部分企业开工不足经营困难，而另一部分企业逆势

而上转型升级成果显著。秦川集团在2013年将现有业务进行了战略整合，除了保持现有存量，还瞄准国家重点发展新领域的三航两机研制需求，紧盯新能源汽车等市场新需求，出现了供不应求的销售局面。与此同时，秦川还在探索现代制造服务业的发展，将其概括为三个内容，一是为用户提供产品设计咨询、数字化车间及系统集成解决方案，和故障预警、远程诊断及工厂服务；二是建立刀具使用过程质量、寿命、状态等信息监测，开展刀具配送和本地化修磨服务；三是以融资租赁和保理业务为平台，打造用户需求—研发制造—融资销售—远程服务—回收再制造的循环产业链。

山崎马扎克是一家有着近百年历史的家族企业，经历了上下数代人的努力，创造出今天世界一流机床制造商的局面。其常务副社长清水纪彦在主旨演讲中，引用了已故公司创始人的名言：开发和制造有独创性的新产品、以先进的产品引导行业发展和市场需求。清水纪彦说，老社长当年讲的很多话，已经

形成了山崎马扎克经营理念，在工作实践中认真实施。他理解的意思是：市场没有需求的时候，机床生产厂家要创造需求，这是机床企业最应该实施也是最重要的战略。

来自德国库卡机器人公司的演讲人安德利亚斯·苏鲍尔经理，是这样阐述他们对用户需求的理解：工业机器人如何保证金属加工行业的发展呢？企业需要利润最大化。于是世界范围内的产业转移开始，从欧美到中国，从中国到东南亚，现在欧美又在回归。有三分之一的劳动可以通过机器人替代，并且每年提高25%的设备生产力，德国有工厂机床生产率提高了80%左右。而中国已经到了需要考虑要么选择自动化，要么被劳动力价格更低或劳动生产率更高的竞争对手抢占市场的关键时刻。

二、认识新供给，在调结构上下功夫

供给侧改革，在机床行业就是要解决供给与需求的不匹配，或曰结构

性供给失衡。目前中国市场需求结构升级的方向在自动化成套、客户化订制和普遍的换挡升级上，而这些需求升级的方向所对应的供应方的能力，恰是国内大部分企业最薄弱的短板。因此调整升级在多数企业的实践中并不轻松，需要根据市场变化的特点，对企业内部结构体系进行根本性的重构，以逐步解决供需错配的矛盾。

沈阳机床集团在中国机床工具行业中具有举足轻重的地位，不仅仅是因为其体量大，是目前中国机床工具制造业两个百亿级以上规模的企业之一；更因为其历史地位的独特，在沈阳机床集团的旗下，集结了中国机床行业十八罗汉当中的四个罗汉：沈一机、中捷、昆机和沈三机。沈阳机床还有一个特点就是它是一个老国企，东北地区的老国企，因此它所面临的调整转型任务更为艰巨。集团董事长关锡友的演讲从对东北老工业基地的理解开始：

东北老工业基地之所以备受瞩目，因为它是大工业基地，由于天然禀赋和历史命运使东北成为我国产出能源原材料和基础装备的大工业基地，而大工业基地的转型升级比登天还难，需要发明家和资本家的同时出现。

众所周知，机床产业不赚钱，但我们还有发明那条路。2007年沈机一帮年轻人从原代码开始写起，写到了2013年，整整七年时间，诞生了我们自己理解的机床运动控制技术。有了这个核心技术之后，诞生了i5机床，然后就是平台化设计。我们做了四个平台，控制平台、机械平台、功能平台、应用平台。2014年上海展是推出了i5产品，我们卖了五百台，2015年卖了2400台，2016年我们交付用户6000台，在手定单上万台。

德国提出工业4.0以后，智能制造这股风潮在中国突然蔓延。大家都在讲智能制造，什么是智能制造呢？

真正的智能制造得有智能终端出现，不仅要高效率产出用户需要的零件，更重要的是实时产生数据，并为三个方面所用。一是科学生产管理，二是新型商业模式，三是可实时在线接入。有了这样的管理软件平台，把传统的生产车间组织模式推翻，出现了自动工厂或叫做智能工厂。去年沈机在国内已经建了35家智能工厂。

很多人在讲人类要进入第四次工业革命。工业革命是指生产方式革命，不是技术革命也不是产业革命。无论德国人提出工业4.0，还是中国人提出的中国制造2025，都指向人类即将迈向新的生产方式。而这就是我们这代机床人的追求。

三、开启新动力，在用户领域拓展

清水纪彦在谈到构建扎实的售后服务体制时打了个比方，日本一个公司到中国来发展，如果只是做销售或是只做售后服务，一旦自身遇到困难，随时可以撤走，这是对中国客户不负责任的。所以马扎克的观点是一定要在当地生产，扎根当地市场。马扎克一直秉承的理念是不管客户用我们的设备多长时间，20年也好、30年也好、40年也好，我们都会对客户承诺终生服务和支持。马扎克名言是这样说的：机床厂家要对自己销售的设备负最后的责任，所

以机床厂家一定要做长寿企业，如果中途做不下去，不仅对自己不负责任，还对客户不负责任。

马扎克生存了100年，其长寿理念很平实。

北京精雕集团董事长蔚飞的演讲标题很长：“立足小刀具加工技术的应用，构建助力客户发展的服务和技术资源”，但它讲清楚了精雕的产品定位和市场战略。北京精雕必须通过不计代价的技术服务让客户在使用过程中能赚钱、能再发展，精雕二十多年一直在实践这个准则，蔚飞说。他同时还特别感谢了中国的机床用户，“感谢他们的执著支持，给我们提方向提要求，当我们的小白鼠，没有这些客户的热切期望我们是走不下来的。”

精雕的“不计代价”不是空洞的口号，而是实实在在的付出。他们建立了许多专门的工程验证服务中心，从事工程验证服务的技术人员有一千余员工。这种用户服务机制的建立成本巨大，目前在验证的各类工程样机三千多台，其中通过个性化的验证，主动让客户撤销合同300多台，主动退货200多台。

2017年的春天注定是一个与以往不太相同的季节。行走在严冬中的机床企业，带着对春天的执著向往，带着各自探索经验和实践体会，不忘初心，怀抱使命，努力地向智能化制造的更新目标前行。□



CIMT2017量具量仪展品点评

中国机床工具工业协会工具分会
成都工具研究所有限公司 谢华锟

2017年4月17-22日，两年一度的机床工具装备制造业展示盛会——第十五届中国国际机床展览会（CIMT 2017）在北京中国国际展览中心（新馆）举办（见图1）。与以往相比，近两年是中国机床工具装备制造业经历了改革阵痛、周期困难的两年，本届展会的召开正值行业产销回升、渐出困境之时。如何借助于“一带一路”、“网络化+”和“中国制造2025”的东风，加快行业复苏发展，推动转型升级，达到新的水准高度，缩小与先进国家的质量差距，是行业加倍努力的方向，也是本届展会主题——“新需求·新供

给·新动力”的内涵。

“基于物联网的测量与质量控制系统”是实现制造业网络化、自动化、智能化的必备条件，它的快速发展和应用推广体现了网络化智能化精密测量技术和量具量仪在我国制造业转型升级过程中的重要性和迫切性。本届展会上众多国内外企业展出了基于该理念的技术和产品。德国蔡司公司提出响亮的口号：质量网络化——源于一切真实数据（见图2），表明了精准测量是质量保证的前提和基础，精密可靠的先进测量技术和仪器的重要性不言而喻；日本三丰公司开发的‘Measurlink’测量数据网络

系统（见图3）表明了该公司将测量融入制造全过程所有环节中的整体质量管理理念，这是质量管理的发展方向；北京一机床介绍了生产加工远程监控和故障诊断及反馈控制的闭环制造系统，令人信服自动化无人生产车间的实现不久将水到渠成；西安交大“基于物联网测量的质量控制系统”这两年有了更多的实践、完善和提高，提出的“数值化检测与质量管理体系eQCs”（见图4）以CAD驱动，是一个集产品检测工艺、检测过程、质量控制一体化的数字化解决方案。该系统全面整合企业产品检测及质量管理资源，实现产品检测工艺规划数字化、检测数据采集自动化、质量管理网络化，从而有效提升制造业的数字化和质量控制水平，代表了当前制造业数字化、物联网的最新发展方向。当前，我国制造业的质量提升已经上升为国家战略，质量、效益和品牌，三者息息相关。转型不易，改革艰辛，但我们由理由相信基于物联网的测量与质量控制系统的理念和实践，不久将会在我国制造业中得以推广实施，积极推动由“中国速度”向“中国质量”的转变。

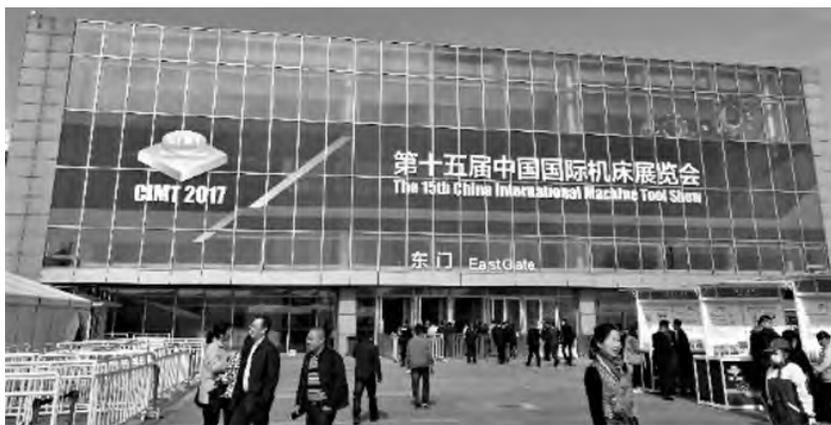


图1 第十五届中国国际机床展览会

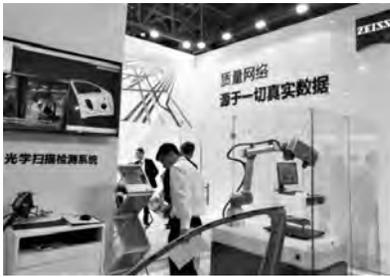


图2 蔡司展示信念：质量源于测量数据真实

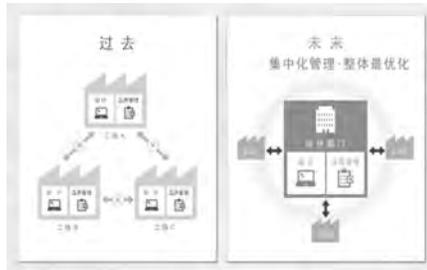


图3 三丰测量网络系统将分散的数据集成整合，为质量和效益做出贡献

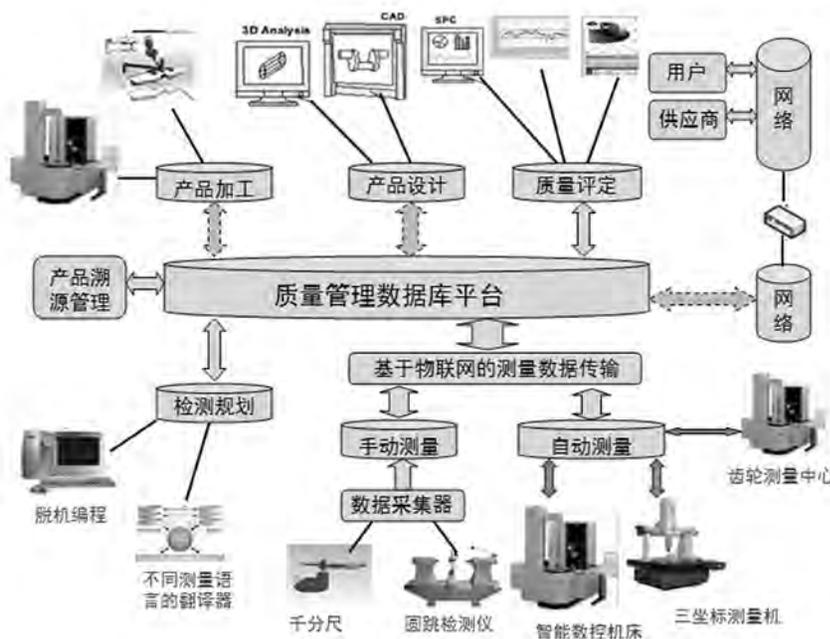


图4 西安交大数字化测量与质量管理体系

2025”所规划的制造业人工智能和自动化发展的良好发展势头。

如果说前几届展会的中国展台上还鲜有企业亮相机器人/机械手协同或参与测量工作，而两年前的第十四届国际机床展会上曾经出现的仅仅是简单的工件（如活塞类小圆柱件）借助机器人或机械手执行单一重复动作、完成被测工件在测量仪器（坐标机/齿轮分选机）上的上下装夹、取放分级等测量辅助工作的话，那么今年却有不少企业厂商展出了“车间智能化测量柔性单元”，测量工件对象是形状尺寸各异的工件或工装夹具，依靠灵活智能机器人的密切配合，在通用精密三坐标测量机上完成不同的测量任务，辅助测量工作的复杂程度和精确度都有了很大的提高（见图5~图8）。从机器人融入集成到测量过程中的数量和质量上看，本届展会让我们感受到明显的技术升级换代。



图5 温泽的机器人辅助测量系统

不仅仅只是替代机械重复性的操作，已逐渐成为具有生产车间搬运工、调度员、检测员功能的智能机器，优势更为显现。本次展会上，与先进数控机床和精密三坐标测量机密切配合、协同工作的机器人，可以称得上琳琅满目、比比皆是，体现了“中国制造

一、机器人辅助测量和测量机器人发展迅捷，基于物联网的车间自动化智能测量系统引领方向

随着制造业对质量、效率的要求日益提高，以及人工成本的增加，机器人融入生产制造过程的趋势更为明显，速度加快，范围扩展；它已

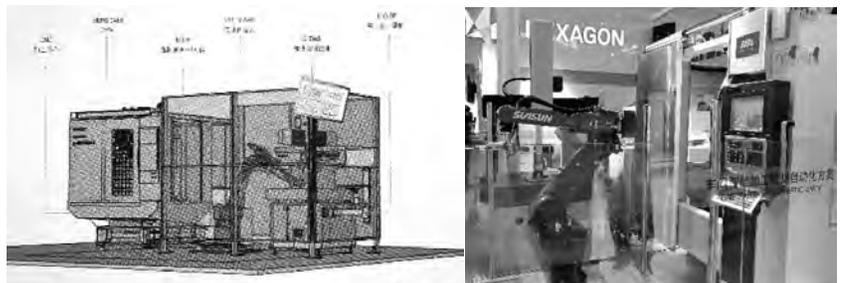


图6 海克斯康的车间智能加工测量自动化方案及展台实物展示

蔡司、海克斯康、三丰等国际著名量仪制造厂商在本届展会上展出了由数控机床、三坐标测量机为主体、配有机器人协助/协调加工测量所构成的、能实现车间/工段/工序无人自动化智能生产的“车间智能化加工测量方案”，引来大量观众关注。海克斯康介绍的“车间智能加工检测自动化方案”（现场展示见图6右）聚焦于如何提高质量，增加效益。方案采用了加工检测过程自动化、数据传输及统计分析诊断、反馈闭环修正补偿等多项先进技术，将数控加工机床/中心/柔性制造系统/加工岛等先进制造装备的硬软件，与车间型测量机、在机测头测量传感器/在线工位测量系统、对刀仪、机器人的硬软件以及生产车间管理等硬软件集成融合，构建成一个基于车间自

动化智能加工检测的局域物联网，实现自动编程、零件自动识别、自动上下料、自动找正加工原点、自动检测和修正刀具参数、自动加工、自动检测工件、实时统计分析评估及故障诊断、自动闭环修正补偿加工及自动报警存档等多项自动化智能功能。雷尼肖公司展出的车间自动化加工用、数控机床借助于机器人与刀具比对仪相连接，构成一套车间数控机床“切削刀具智能检测补偿系统”，就是一个极好的应用实例（见图8）。

值得一提的是国内企业西安力德展出的“车间自动化智能测量系统”，该系统的精密三坐标测量机硬软件件和智能测量及控制软件均由该公司自行开发并拥有自主知识产权，实属不易（见图9）。



图7 蔡司车间智能测量自动化的演示



图8 雷尼肖展出的带刀具自动测量补偿的车间智能加工系统



图9 西安力德自主研发的车间自动化智能测量系统

二、齿轮测量仪/齿轮测量中心新技术新产品令人耳目一新，各有所长

作为曾经长期从事齿轮测量技术工作的一员，笔者非常欣喜地发现在本届展会上出现众多具有新颖测量功能的齿轮测量仪器。继前年哈尔滨精达、智达、金量等齿轮量仪制造厂展出了不同类型的齿轮分选机，行业巨头哈量在本届展会上也展出了新近推出、更具有时代感的齿轮分选机（见图9a），与此同时，哈量集团在长沙哈量凯帅展台上展出的螺旋伞齿轮硬齿面加工刀盘调刀仪（见图9b）和螺旋伞齿轮测量中心（图9c），表明我国在螺旋伞齿轮制造领域，从设计、加工、测量直到提供产品，乃至售后服务所形成的成套开发与制造技术与能力已上升到一个崭新的高度，整体上可与欧美产品媲美。



(a) 齿轮分选机



(b) 硬齿面螺伞加工刀盘调刀仪

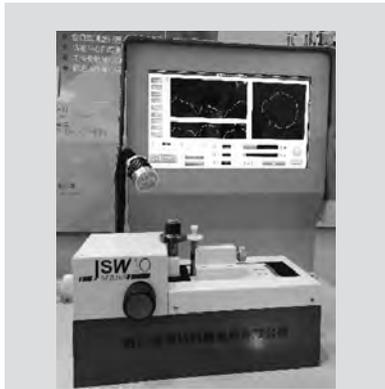


(c) 高精度螺伞齿轮测量仪

图 9

哈尔滨精达本次展出的新一代齿轮双面啮合检查仪，在提高测量精度上也有重大突破。借助于与标准齿轮同等级精度的共轭标定齿轮，预先测量出标准齿轮存在的误差；利用计算机控制及误差处理补偿方法，从测量结果中对该标准齿轮的偏差进行修正，从而准确地获得被测齿轮的径向综合偏差，消除了标准齿轮径向跳动对测量结果的影响（见图10a），此项专利技术解决了行业至今为止在该类仪器上的发展瓶颈；首次亮相的齿轮传动箱/装置传动链测量仪，可以对机器人关节RV传动链的传动性能如传动误差、回程间隙误差等参数进行测量，并可通过改变阻尼大小来检测并分析传动装置在不同负载下的动态传

动误差，显然这对于精密传动装置、特别对批量生产机器人产品而言，有助于精度及使用性能等产品质量的提高，是不可或缺的一个重要测试仪器。哈尔滨智达展出的齿轮测量中心（见图11），其所使用的三维数字式光栅扫描测头为该公司自行开发制造，精度高、可靠性好，据介绍已成功销售几十台套；该公司针对RV开发的专用软件，在齿轮测量中心可实现对RV五个关键零部件的精确测量。



(a) 补偿式齿轮智能双面啮合检查仪



(b) 齿轮传动装置综合检测仪

图10 哈尔滨精达展示的专利产品

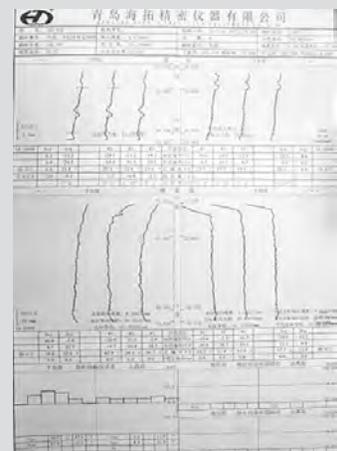


图11 智达3D测头齿轮测量中心

令人倍感兴趣的还有宝鸡广环机床和青岛海拓精密仪器合作开发的“平面二包测量中心”在本届展会上的首次亮相（见图12）。仪器的首要功能是检测平面二次包络环面蜗杆/蜗轮/滚刀，次之可检测双导程蜗杆/蜗轮/滚刀；亦可检测齿轮/内齿轮/扇形齿轮/齿轮滚刀/插齿刀/剃齿刀，检测丝锥/钻头复杂刀具，以及齿条/凸轮/矩形花键/摆线齿轮等复杂精密零件。该仪器现场所检测的一个平面二包蜗杆的齿形误差、螺旋线误差及齿距轴截面误差图见图12b。



(a)



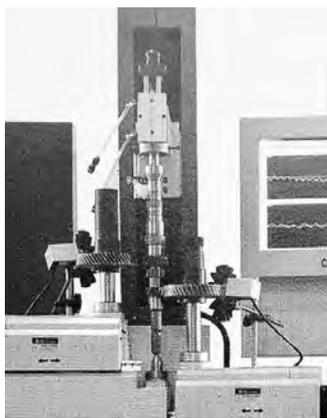
(b)

图12 青岛海拓与宝鸡广环的二包蜗杆测量中心及误差测量图

创业不久的哈尔滨创博科技有限公司，是从事齿轮精密测量及设备的研发、生产、销售及售后服务为一体的国家级高新技术企业。公司重点开发产品有：CFX系列高端智能齿轮在线分选机、CS系列在线智能齿轮（内、外）双面啮合综合测量仪（见图13）、蜗轮、蜗杆智能啮合检测仪两类量仪产品，并拥有数项齿轮测量仪器专利技术及其计算机软件著作权。产品面向高精军工制造、船舶、风电、水电、飞机制造、教育机构以及汽摩，减速机等一般齿轮制造行业。哈尔滨金量精密仪器研发的高端新一代G系列齿轮测量中心采用了高精度循环导轨，DDR直接驱动电机主轴驱动系统，DDL直线电机直线轴驱动系统及新一代数控系统，保证了仪器可靠性能。



图13 哈尔滨创博的三轴齿轮双面啮合检查仪及局部图



三、激光干涉测量技术和产品领域，新的生力军坚持初心不断努力，创新成果振奋人心

作为精密长度测量的基准级仪器，激光干涉测量仪对于数控机床和坐标测量机的重要性、对于包括航空航天在内的科研及制造业领域的重要性众所周知，市场需求也大，只是要进入这个高端测量仪器领域绝非易事，只有厚积薄发、坚持不懈、埋头实干才能有所成就。成都工具研究所有限公司在国家“高档数控机床与基础制造装备”重大科技专项的支持下，研制出6维测量系统样机（见图14）。该样机由激光头、干涉镜组、6维测量头、无线发射与接收装置、波长补偿器及电脑等构成。项目已通过国家测试验收。本次展会首次展出的该样机可以同时测量机床水平轴的6维误差参数项目，或同时测量垂直轴的5维误差参数（见图15）；能够快速同步测量机床多自由度误差，在三坐标数控机床上可以测量20项以上误差，即三个坐标轴的长度、俯仰角和偏摆角、水平和垂直方向直线度等15个误差参数，以及两个水平轴的滚转角2个误差参数，再加上三个坐标轴之间的3个垂直度误差参数。



图14 成都工具所研发的6维测量系统样机



图15 六维激光测量系统对普什宁江立式、卧式加工中心的多维参数测试

清华大学精密测试技术及仪器国家重点实验室、以张书练教授为首的团队经过三十多年不懈研究，发现并创新开发了“激光器中的正交偏振现象及其为基础的激光器和精密测量仪器”，部分研究成果曾荣获2项国家发明二等奖。在将科研成果转化为生产力的方针号召指引下，2016年成立了北京镭射科技有限公司，经清华授权成功开发出专利产品双频激光干涉仪、激光回馈干涉仪、相位延时测量仪、激光纳米测量尺及激光教学仪等高水平产品（见图16），在国内机械制造、微电子行业及多所高校科研院所中得到很好应用，并销往国外。国际首创激光回馈干涉仪无需反射靶镜，借助工件反射/散射微弱光线/声波，实现高精度距离及震动测量。

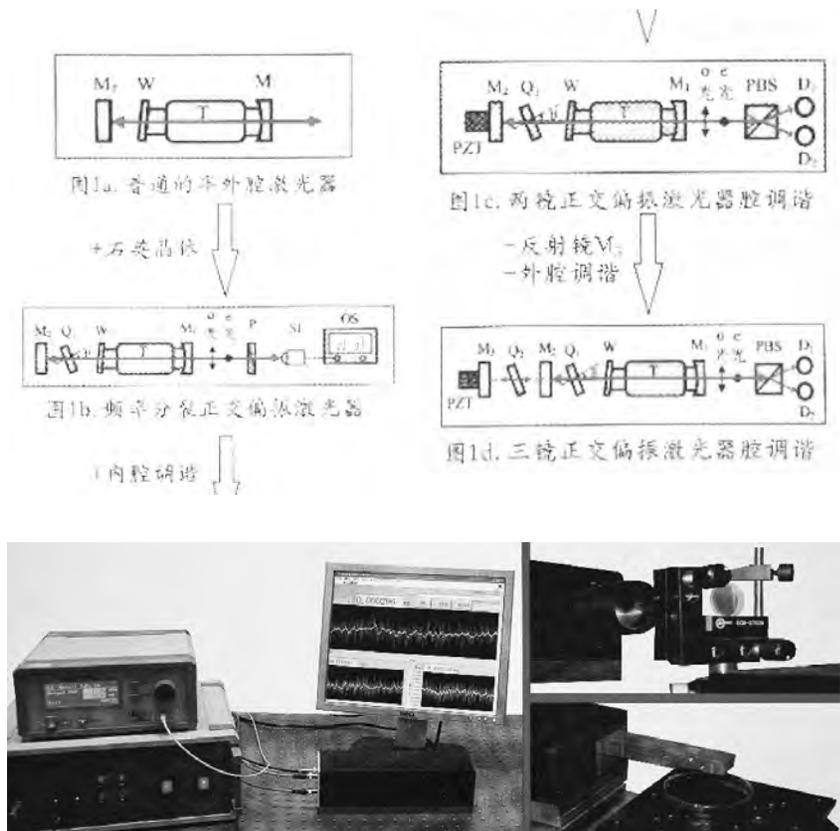


图16 北京镭射科技激光干涉测量技术的发展及创新的激光回馈干涉测量仪

从发奋努力、创新开发并短期内迅速实现激光干涉仪产业化生产而言，值得再次提及深圳中图精密仪器公司及其开发的SJ6000激光干涉仪。该公司于2015年在CIMIT2015上首次展示了新开发的激光干涉仪样机，引起业内众多关注；两年后的今天该公司的激光干涉仪已经实现批量生产，销售量超过60台套，市场前景令人鼓舞（见图17）。其样本介绍的仪器技术指标为：稳频精度达到0.05ppm，测量精度：0.5ppm，分辨力1nm，测量范围40m。

青岛前哨作为国内航空工业精密测量仪器制造老企业，在展会介绍了他们的双频激光干涉仪及其他专项激光测量系统即直线度、平面度、垂直度、平行度和孔洞同轴度/同心度等激光测量系统；双频激光干涉仪 μ lineF1的定位测量范围达30m，分辨力为100 μ m，精度达到0.4 μ m/m，测量速度：6m/s。其特点为：均衡器集成在激光干涉仪之中，可编程的输入输出端便于与机床连接，开发无线传感器实现了无线通讯（见图18）。



图17 深圳中图SJ6000激光干涉仪



(a)



(b)

图18 青岛前哨激光干涉仪 μ Line F1及激光垂直度测量系统

四、针对不同领域的先进精密测量技术与量具量仪令人印象深刻，备受制造业各界关注

航空航天工业的发展，尤其是近年对我国航空发动机制造的关注，推动了相关测量技术与仪器装备需求的增长和发展。本次展会上不少著名仪器制造商现场展示了对涡轮叶片和整体叶轮的测量，如温泽展出的非接触式蜗轮叶片测量仪（见图19）。值得一提的是中航工业精密所展出了三坐标测量机对整体叶轮的现场测量（见图20），这标志着该所已具备自行开发相应测量硬

软件的成套能力和水平。雷尼肖公司现场展出了在三坐标测量机上、用自己开发的高精度可编程回转测头从多个方向实现对整体叶轮接触式和非接触式的精密测量（见图21）。



图19 温泽公司的叶片测量仪



图20 中航303所的整体叶轮测量



图21 雷尼肖回转测头测叶轮



图22 Leitz坐标机测量叶轮

长期以来，大中型汽车覆盖件的在线测量问题令人关注，追求的目标是实现在线快速精密测量。本次展览会上三丰展示了针对汽车行业中型覆盖件的、所谓双百分之百在线监测系统Mapvision-Quality Gate（见图23）。Mapvision-Quality Gate系统采用多摄像头和新开发的软件，对来自生产线的每个工件实现3D可视化重构成像，并进行相应的测量和视觉检查，在有限的生产节拍里获得能媲美三坐标测量机的测量结果，对100%的工件的100%的检测特征点进行快速精确测量。该仪器还可与机器人相连，构成全自动智能测量系统，实现无人化检测。

除此之外，世界著名的ATOS工业三维光学扫描测量仪新产品和AMETEK集团CREAFORM公司新型的手持便携式光学CMM3维扫描仪，在会上都进行了精彩演示，引发观众很大兴趣。



图23 三丰Mapvision的展示及机器人辅助测量

被比喻为“切削加工牙齿”的数控刀具，其切削性能对于机械切削加工的重要性不言而喻。提高刀具切削性能是提高生产效率和利润的有力手段和途径。刀具质量、特别是刀具刃口质量的制造与检测至关重要，近年来备受关注并获得不少进展。图24为Zoller公司展出的手动刃口检测仪和全自动高端精密刀具检测仪Titan。以“测量视觉自动化”作为企业专业方向，以“为精密制造业提供工业自动化与智能化的产品与解决方案”为企业发展宗旨的苏州天准，近年来得到快速发展。在本届展会推出了VMQ系列闪测影像仪以满足批量产品实现100%的质量和精度检测的需要。这类仪器正好能适应满足众多数控刀片/刀具制造厂的需求——快捷、精确、半自动化，一键完成复杂测量，具有很高的性价比（见图25）。该仪器采用了400万像素的工业相机，双远心双视野光学镜头，视野范围普及型可达直径100mm，测量精度可达 $2\mu\text{m}$ ，仪器分辨率可达 $0.1\mu\text{m}$ 。该公司所承担的国家重点项目——高精度复合式坐标测量机，取得阶段性成果；该公司还为苹果、三星等公司成功开发了不少工位/在线自动化测量仪器，显示了强劲的开发和制造能力。



图24 Zoller手动刃口检测仪和全自动高端精密刀具检测仪Titan



图26 前哨无线水平仪



图27 青量2mm螺距千分尺



图28 马尔无线粗糙度仪



图25 天准VMQ闪测影像仪

在量具方面国内厂商也有不少新技术新产品展示。作为国内水平仪制造元老的前哨与时俱进，紧跟网络化+的发展步伐，推出了新一代无线传输电子水平仪，产品位居国内最高水平（见图26）。广陆、哈量、成量、青量、桂量纷纷展示了防水无线数显量具。其中青量展出的2mm螺距电子外径千分尺，具有2mm螺距丝杆可实现快速测量、防护级别达到IP65、分辨力0.001mm、具有专利的恒定测力机构等特色，使青量再次占据同类产品的国内制高点（见图27）。此外，都江堰大阳量具展出了新开发的无线传输数显千分表，也使人感到万众创新的活力。在光栅传感器领域，珠海怡信展出的可批量生产的分辨力为0.01 μm 的绝对式光栅传感器，精度可达1 $\mu\text{m}/\text{m}$ ，应用在高端影像仪产品中。

国外量具近年发展可以马尔产品为代表。号称全球首创的内置式无线传输卡尺，具有创新性的绝对零点/位测量系统、最先进的电感测量系统。一个U盘大小的接受棒可同时无线连接8把卡尺，测量范围可达12m。新近推出的便携式表面粗糙度测量仪MarSurf PS10（见图28）采用触针式测量电感滑动测头，测头针尖2 μm ，测力约0.7m·N，主体内藏可移动粗糙度标准样板，能检测31个参数；具有专利的自动截止波长选择，以确保正确测量结果，功能丰富堪比实验室专业仪器。

五、观后感

本次CIMT2017展会的举办是在国家“一带一路”战略方针的指引和“万人创业，万众创新”政策的激励，适逢中国经济企稳向好、逐渐复苏之机，参展方和观展者都颇为踊跃。展商中的中坚力量焕发生机，“新鲜血液”增添了新的活力，呈现出生机勃勃的景象。在机械制造业的量具量仪行业中，持续不断涌现和成长发展起来的中小规模民营企业的力量不可小觑。当前制造业处于大数据海量信息化时代，确保制造质量信息数据的准确性首当其冲，这是测量技术和量具量仪制造业的生存与发展之根本；紧跟数字化网络化乃至基于物联网的智能化质量测量管控系统的技术发展潮流，为我国制造业实现智能化制造提供可靠扎实的测量能力和质量信息基础，应该是我国精密量具量仪制造业近期发展的目标和努力的方向。本届展会展示的机械量测量技术与量具量仪领域中近年所取得的成果，让我们对此充满信心。□

CIMT2017特种加工机床评述

CIMT 2017特种加工机床评述专家组

摘要：通过对第十五届中国国际机床展览会（CIMT 2017）参展特种加工机床的现场调研、资料收集以及与参展厂商的座谈交流，对国内外数控电火花加工机床、激光加工机床、增材制造机床的技术特点及发展趋势进行了比较深入和系统的评述，并对特种加工机床的应用与市场拓展进行了分析。

第十五届中国国际机床展览会（CIMT 2017）于2017年4月17~22日在北京新国际博览中心举行。本届展会展览总面积达13.1万平方米，吸引了来自世界27个国家和地区的1600余家厂商参展，全球机床工具制造业的著名企业以强大阵营悉数亮相，是一场高水平的“精品盛宴”。

据不完全统计，本届展会国内外特种加工机床展商共71家，展出机床130余台（套）。其中境内展商47家共展出机床87台（套），包括数控电火花成形机床14台、数控电火花线切割机床32台、电火花微小孔加工机床4台、电火花专用加工机床4台、激光加工机床30台、增材制造设备2台、水切割机床1台；境外展商24家共展出机床43台（套），包括数控电火花成形机床4台、数控电火花线切割机床7台、电火花专用加工机床2台、激光加工机床12台、增材制造设备13台、超声加工机床1台、水切割机床4台。可以看出，参展的特种加工机床以数控电火花加工机床、激光加工机床及增材制造机床为主，这些展品基本反映了当今国内外特种加工机床的

技术水平和发展方向。

一、数控电火花加工机床

1. 数控电火花成形机床

本届展会数控电火花成形机床的进步主要体现在以下方面：着力集成先进的自动化、智能化加工系统，重视应用新兴的信息化技术，推动机床装备远程监控服务，持续提升核心关键技术及加工性能，拓展市场应用领域，加强体系化管理和提高产品性价比，以完整的客户服务方案来满足客户三降（降低制造周期、运营成本和产品不良品率）、两提升（提升生产效率和资源综合利用率）的需求。

（1）集成先进的自动化加工系统

瑞士GF加工方案针对精密模具和零件加工的需求，展出了由一台全新升级的六轴机械手将高速铣削加工中心和FORM S350精密数控电火花成形机床、多达160个工位的旋转电极工具库、海克斯康三坐标测量机及电极自动补偿系统等组成的自动生产线。日本牧野公司展出了由一台ERC80机器人将E3石墨电极加工中心和EDNC6精密数控电火花成形机床组成的模具加工单元（见图1）。北京迪蒙特机床有限公司展出了由一台ROBOTV1机器人将CTWG250电火花线切割机床、电极与工件库和CTM350精密数控电火花成形机床组成的PCD刀具加工单元。

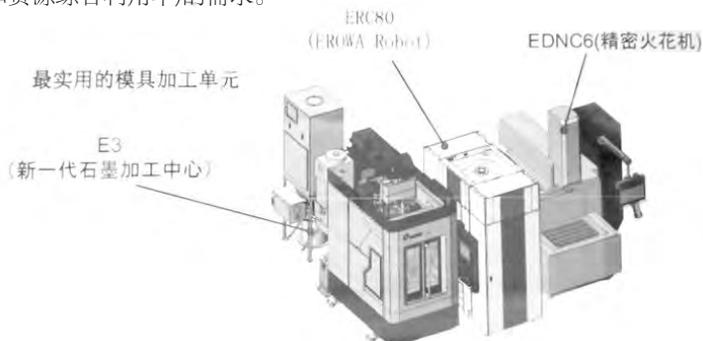


图1 牧野公司的模具加工单元

油槽自动升降式电火花成形机床更便于工件和电极的自动拆装、找正和调整。本届展会国内有三家厂商携相关产品参展，分别是北京迪蒙数控技术有限公司的AP30、苏州三光科技有限公司的EA500、北京迪蒙斯巴克科技股份有限公司的DR400S数控电火花成形机床（见图2），构建了实现机床自动化、无人化加工的必要条件。



(a) 北京迪蒙数控的AP30 (b) 苏州三光的EA500 (c) 北京迪蒙斯巴克的DR400S

图2 油槽自动升降式电火花成形机床

(2) 发展远程监控服务技术

为了更好地为客户提供服务、提高生产效率以及减少停机时间，多家厂商展出了远程监视和诊断服务系统，提高了信息化水平，为智能制造打下了良好基础。日本三菱电机公司展示了iQ Care Remote 4U远程服务系统，客户亲自操作和体验了远程监视的各项功能。苏州迈科全机电公司的HF320MZQ-G17y数控系统搭载在电火花线切割机床和电火花小孔加工机床上进行了展示，集成了丰富的“互联网+”功能，可提供设备状态监控、加工过程监控、加工任务远程发送等高级云服务。北京市电加工研究所展出了电火花机床监控维护系统控制器，通过各传感器分别对油泵、过滤系统、电源各核心模块的温湿度、各运动轴状态进行实时监控并在监控菜单显示，并制定维护策略直观地显示在维护菜单上。北京安德建奇数字设备股份有限公司展出的AF50数控电火花成形机床基于Windows XP操作系统下的人机界面，采用上下位机、分布式控制，能与外部网络互联实现对机床信息采集、远程操作与监控功能，在现场演示了电火花成形机床与单向走丝电火花线切割机床信息互相传递的功能。

(3) 持续提升机床的关键核心技术及加工性能

从展品可以看到，国内外厂商围绕高性能脉冲电源、高速智能抬刀、高精度机床结构和制造工艺、稳定的加工条件，推出了许多新技术，展示了一些体现功能和水平的加工样件。

瑞士GF加工方案展出的FORM S350机床采用ISPG新一代智能脉冲电源，克服了铜电极传统加工工艺多次放电导致电极损耗等缺点，降低了电极损耗、提高了加工速度；超大铸铁床身和特殊机械结构，明显降低了工件重量变化或工作液多少对加工精度的影响；采用防护罩内间歇的空气循环和工作液温度实时测量两套温度控制系统，车间温度的波动不影响工件的加工精度；X、Y和Z轴结构均进行温度控制，装夹前无需开机预热，加工开始时就能达到定位准确的几何精度。

日本三菱电机公司展出的EA8PS机床（见图3）是面向高精度电气连接器、汽车行业齿轮件、高精度塑料模具等行业开发的小型高精型机床。该机床配有独特的“热稳定控制”系统、自产的CNC数控系统、伺服控制系统以及高精度的驱动单元，可实现全程的高精度加工；配有加工最优化控制(IDPM)，实现了石墨电极的高速低消耗稳定加工；配有加工稳定化抬刀控制，使用最合理流畅的抬刀动作处理、速度-加速度控制来实现合适加工形状的抬刀控制，并提高了加工速度。



图3 三菱电机公司展出的EA8PS机床

日本牧野公司EDNC6机床的Hyper i控制器能像智能手机和平板电脑一样，轻松缩放、点击和滑动，增加了界面的人性化；超火花IV技术提供了在超出加工能量间隙情况下更具适应能力的一种跳动控制功能，在深筋位加工或特定电极中尤为有效；HS-Rib技术可提升跳动速度至20m/min，1.5g加速度，采用轴心冷却技术的滚珠丝杠能够传递和保持高精度深度控制。

日本沙迪克公司展出的AG40LP机床（见图4）Z轴移动加速度提升到1.8g，最大进给速度XYZ轴6m/min，加工速度提高了11%以上；机床带有恒温系统，兼顾

了微细加工和大面积加工,各项精度指标均接近超精密机床;精密热变形校正系统(Thermal Multi-Fit)可根据在机床各个部位测量的温度数据,实时测算并校正机床的热变形,并可根据客户环境的实测数据进行校正,实现稳定加工;放电稳定电路“无电弧Plus”电源装置,在超微细底面隅角R发挥出色的加工性能。



图4 沙迪克公司展出的AG40LP机床

(4) 国产中高端机床技术进步显著

国内展出的数控电火花成形机床有北京安德建奇数字设备股份有限公司的AF50、北京市电加工研究所的MH30、北京迪蒙数控技术有限公司公司的AP30、北京机床所精密机电有限公司的AF40、北京迪蒙斯巴克科技股份有限公司的DR400S、北京迪蒙卡特机床有限公司的CTM450、上海汉霸机电有限公司的海HG800、苏州电加工机床研究所的DK7140-5Z、苏州三光科技股份有限公司的EA500、苏州汉奇数控设备有限公司的DM540K、苏州市宝玛数控设备有限公司的EDMN45和苏州新火花机床有限公司的SFZ300。这些机床的主要技术特点有:①全部为三轴以上数控机床,数控系统均为自主研发,多数厂商已采用基于Windows XP操作系统下的人机界面;②已实现了四轴联动、五轴联动和六轴联动控制系统的工程化

应用,且加工出了高品质的整体叶轮、带冠涡轮盘等难加工及空间结构复杂的零件,缩小了与国外产品的技术差距;③外观造型设计有长足进展,一体化设计、完美搭配比例使机床更显高档,既节省占地面积、又便于安装调试;④自动化、信息化程度及安全可靠性不断提升;⑤开展了网络通信功能、网线连接、远程监测、远程诊断、远程编程与传输等研究并得到应用。

(5) 微细加工及航空航天领域应用的拓展

从本届展会上主要参展厂商反馈的信息来看,2016年下半年以来主要产品的销售呈上升趋势,其中增长较快的市场主要有智能手机、汽车电气接插件、声学元件等微细型腔的加工等。

目前,信息通信业(ICT)和汽车制造业正处于日益紧密的互联世界之中,电子系统的人工智能程度不断提高,使人们的生活变得更高效、更舒适。智能化的发展需要电子元器件具有更高性能和可接受的价格。因此,适合的加工解决方案是ICT和汽车制造业客户赖以发展的前提。微器件是很有前途的一种机电产品,毫米级的微小型腔结构会大量出现,微器件因为尺寸小,功能集成度高,并且只能自动装配,故型腔精度都比较高。电火花成形加工需要有一整套专用规范和工艺软件,而且与高速铣、电火花线切割加工相互配合,以满足市场的需求。微细型腔市场巨大,是最稳固、最有前途的市场。

声学元件和手机的尺寸变得越来越小,安装结构件的空间越来越拥挤,结构件之间的间隙也越来越窄,安装间距 $<0.02\text{mm}$,为了实现这些目标,对零件的内圆角尺寸要求越来越小,对元器件的平面度要求也越来越高,因此对加工精度要求也越来越

高。而精密零件的主要尺寸精度、位置精度和表面粗糙度都要靠电火花加工机床来保证。

随着未来航空航天工业的飞速发展,以及提高燃油效率、减少二氧化碳和氮氧化物的排放量、降低噪音水平等目标的要求,高质量航空航天发动机的需求必然受到重点关注。从加工方向看,航空航天发动机制造的特点主要体现在两个方面:一方面是难加工材料,如钛合金、钛铝合金、高温合金、碳纤维复合材料、超高温陶瓷基复合材料、炭/炭复合材料等;另一方面是难加工结构,如复杂曲面结构件(叶轮、叶片、机匣等)、低刚性工艺系统结构件(小孔、深孔、窄槽等)、精密偶件(喷油嘴等)。目前需要重点解决的工艺难点有:加工变形、加工振动、加工表面完整性、工具电极损耗、加工效率、加工成本,以及提供完整解决方案的交钥匙工程,这是未来电火花成形机床的市场应用的主要领域之一。

2. 数控电火花线切割机床

(1) 单向走丝电火花线切割机床

本届展会参展单向走丝电火花线切割机床主要在高精度、高效率、智能化和网络化等方面有明显的技术进步。

① 求更高精度

机床主机自身的定位精度是实现高精度加工的基本保障。国外几家主要厂商通过使用低膨胀系数的陶瓷部件、直线驱动电机加高精度位置反馈光栅尺来提高机床的位置精度与精度保持性;同时在机床的结构设计上将电源、泵、冷却器等发热源与主机分离,避免对主机产生热的影响;在主机产生发热的部件运动通过水或空气冷却,在机床内部安装多个温度传感器,自动补偿由于温度变化所造成的精度变化等一系列精度保障措施,

保证主机的定位精度。最小驱动当量 $0.1\mu\text{m}$ 、位置反馈 $0.1\mu\text{m}$ 绝对值光栅在国外厂商机床的全闭环控制数控系统上普遍使用，精确的位置控制与高响应速度对于精细零件的微小内外角加工形状能获得更好的精度。瑞士GF加工方案的CUT E系列机床配置的锥度专家系统在进行锥度加工时，可根据加工角度的变化对电极丝位置进行实时修正，可以进行 0° 至 30° 变角度的精确锥度加工（见图5）。

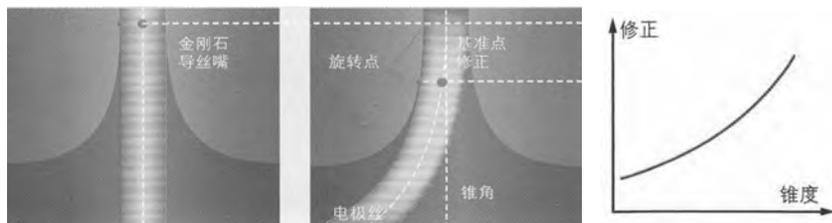


图5 GF对导丝嘴电极丝位置偏移的修正

②提升综合加工效率

国外若干年前单向走丝电火花线切割最大切割速度已达到 $500\text{mm}^2/\text{min}$ ，在现有技术条件下，最大切割速度要有更进一步的提升已很困难，但是将效率目标定位在多次切割综合效率的提升上，则具有较大的潜力。在线切割加工过程中，整个放电通路从上至下电极丝的损耗量逐渐加大，会形成上端加工缝隙大，下端加工缝隙小，加工直线度变差，对于凸模来讲，形成上小下大的微小锥度。特别是一次切割时，加工能量大，此现象越明显。为了修掉其上下尺寸差异，保证最终加工的直线度，往往在二次切割时需要加大修整偏移量，综合加工效率受到较大影响。如果能减小一次切割的直线度，就可以降低二次切割的修整量，提高综合加工效率。近年来，瑞士GF加工方案、日本三菱电机公司、日本牧野公司等都加大了一次切割的直线度控制技术的研发力度。通过自动加入微锥度（“以斜治斜”）、对电极丝上/下端进电能量的差异控制等方法，对放电损耗造成的电极丝锥度效应进行补偿，达到提高一次切割的直线度效果。切割 100mm 厚度工件，单边直线度可达 $2.5\mu\text{m}$ ，第二刀的修整效率可提升15%以上。部分国外厂商机床能直接读取三维整体模型文件，数控系统画面上描绘出整体模型便于识别详细的加工形状，同时判别出切割过程中出现的厚度高低变化以及带中空变化，自动调整脉冲电源能量实现高速稳定加工。

③加工智能化和网络化的应用

参展的电火花线切割机床都不同程度具有建立在大量工艺参数的工艺数据库基础上的加工过程工艺参数智能控制、电极库及工件库通过机械手或机器人进行电极及工件自动交换等智能化控制功能。日本牧野公司的机床配置的T.G.控制（平面精灵），实现了变高度工件切割加工过程中工艺参数的智能控制，减少了加工中断丝与减轻变截面加工条纹的产生；其3D找正技术自动计算和调整U/V轴倾斜面，坐标重构，可大大减轻人工找正的工作量，提高工作效率；实施二维平面上的激光检测位置补偿，保证整机的定位精度。日本三菱电机公司基于WIN7 CE的数控系统，配有完善的无线网和工业级有线网，实现设备运行状态的全过程监控和管理，MV系列机床可通过手机微信平台建立机床报警系统。日本沙迪克公司将AL系列机床运行过程中出现的错误和停止信息通过邮件发送给指定接收人。北京安德建奇数字设备股份有限公司展出的AG系列线切割机通过“Teamview”互联网软件平台实现机床信息采集、远程操作与监

控功能，用户可以在得到授权的远程终端上实时监控机床的加工状态，可如临其境地对机床加工工艺参数实时进行设置和修改。瑞士GF加工方案向用户推荐“智能制造一体化解决方案”，将五轴加工中心、线切割机床、自动工具库等组成柔性化加工系统。日本FANUC公司的机床配置A轴及工业机器人，组成PCD刀具自动加工系统，实现PCD刀具的自动交换、刀具尺寸自动检测及自动线切割修整，实现无人自动加工。

(2) 往复走丝电火花线切割机床

本届展会展出的往复走丝电火花线切割机床均具有多次切割功能，俗称“中走丝”机床。本届展会往复走丝电火花线切割机床在外观上的提升最为明显，同时在脉冲电源结构、机床主机特别是U/V轴结构等方面有向单向走丝电火花线切割技术靠近的趋势。

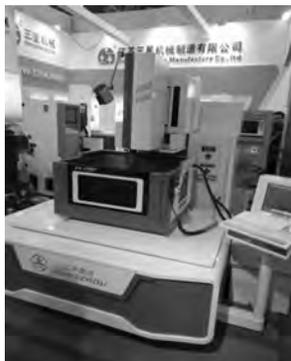
①运丝系统的创新

运丝系统的稳定性对线切割加工表面质量的影响很大。本次参展的机床中，大多配置了各具特色的运丝张力控制系统。江苏冬庆数控机床有限公司、苏州市宝玛数控设备有限公司都实现了双向恒张力控制，正反双向运丝的平稳性都得到了保障；江苏三星机械制造有限公司机床的排丝方式仍然采用有别于传统的后置式丝筒排丝方式，采取运丝筒不移动，转由排丝架移动排丝的方式；泰州市江洲数控机床制造有限公司将运丝电机置于储丝筒下方的支撑座内，与传统的偏置放置比较，运行振动小，运丝更加平稳。

②主机外观及结构的改进

参展机床中已经没有传统音叉式结构的往复走丝电火花线切割机床，全部都是T型床身、C型结构、十字滑台的机床，机床在工作台的承重与几何精度保持性上有很大提高。但

一体式是往复走丝电火花线切割机外观发展的方向，本次展会中北京凝华科技有限公司的NH400、泰州市江洲数控机床制造有限公司的DK7732M、苏州三光科技股份有限公司的HB400机床更好地体现了工业设计在往复走丝电火花线切割机外观造型设计的上良好视觉作用，见图6。



(a)泰州江洲DK7732M



(b)苏州三光HB400

图6 往复走丝线切割机外观造型

③新型脉冲电源的技术进步

参展机床的脉冲电源技术进步显著，苏州三光科技股份有限公司HB400机床采用交变极性的脉冲电源技术，最佳表面粗糙度 $Ra0.6\mu m$ 接近低端单向走丝线切割机床的技术指标，对于切割钛合金材料时表面没有发蓝的氧化现象。江苏冬庆数控机床有限公司DK7732ZT脉冲电源具有探测、引燃脉冲，智能控制放电脉冲，保证等能量脉冲放电加工，提高了加工件的光洁度、加工效率与降低

电极丝的损耗。泰州创源机床有限公司的QH-320机床，通过对脉冲电源输出极性的动态控制，解决了批量切割铝材料时，电极丝和运丝筒铝材料累积粘连的难题。

④特殊材料与超厚零件加工的进展

往复走丝电火花线切割机对于解决一些特殊材料与超厚零件加工有着独特的作用。苏州新火花机床有限公司展出的机床切割PCD刀具取得较好效果；杭州华方数控机床有限公司展出了一台能切割2000mm高度零件的往复走丝电火花线切割机，现场演示效果较好（见图7）。



图7 杭州华方公司大厚度线切割机

⑤互联网+与柔性化加工系统的研发

参展的北京安德建奇数字设备股份有限公司AR55机床、杭州华方数控机床有限公司搭载苏州迈科全机电公司全新智能云控制器的电火花线切割机都采用了上下位机的控制系统技术，提供链接互联网，实现对机床的远程操作、监控、机床管理信息的发送等功能，为电火花线切割机对接智能制造打下基础，也为客户创造了设备与生产智能管理的全新平台。北京迪蒙特机床有限公司将一台往复走丝电火花线切割机、一台电火花成形机床、一个机器人组成零件加

工柔性化加工系统，实现加工零件的自动化装夹、转送，为智能化制造做出有意义的尝试（见图8）。



图8 北京迪蒙特公司的柔性化加工系统

3. 专用数控电加工设备

(1) 专用微小孔加工机床

本届展会上2家企业展出的用于汽车发动机电控高压共轨针阀体的数控微孔加工机床各具特色（见图9）。苏州电加工机床研究所有限公司展出的SE-WK012双头双工位电火花加工喷孔专用机床，创新研制的多功能加工头的倒锥加工机构、电极振动伺服进给机构调节便利、加工过程稳定，可满足汽车发动机电控高压共轨针阀体倒锥微孔的高效加工需求。北京市电加工研究所展出的MH10新型数控微孔加工机床在主机外观结构和倒锥加工机构方面有了重大改进，给人耳目一新的感觉。



(a)北京电加工所的MH10



(b)苏州电加工所的SE-WK012

图9 数控微孔加工机床

(2) 专用电火花成形磨床

德国孚尔默公司是电加工细分市场应用的典型代表，它面向PCD（聚晶金刚石）刀具加工，展出了QXD 250专用电火花成形磨削机床。该机床采用一体化结构设计，一次装夹即可完成从测量、放电加工、磨削直至抛光的全部加工过程；可针对不同刀具领域的特殊需求进行灵活匹配；开发了专门用于加工超硬材质的新型电火花放电发生器（Vpulse EDM），通过精细且准确的电火花放电加工脉冲，可获得被加工表面粗糙度Ra0.1 μm，同时节约近30%的电火花加工时间。

北京迪蒙数控技术有限责任公司展出的HS85六轴数控精密电火花成形加工机床，可在电极与工件之间完成空间任意角度位置的运动，实现小孔及成形加工的一次装夹、检测和一次加工完成，大幅提高了加工效率，特别适用于航空、航空叶片的一次性整体加工。

(3) 专用电火花线切割机床

单向走丝电火花线切割机床应用于精密零件加工领域外，国内外厂商机床基本都将PCD刀具加工作为一个重要的分支应用领域。本次展会德国孚尔默公司展出了一台带自动装夹PCD刀具的机械手与零件库的单向走丝线切割机床Vpulse500，标配了当今制造或修磨PCD刀具所需的全部功能，同时还能针对个性化生产要

求进行灵活调整，如对PCD刀具在一次夹紧下同时进行测量和放电加工（见图10）。另外，日本沙迪克公司、日本FANUC公司、瑞士GF加工方案、台湾庆鸿公司、北京安德建奇公司及北京迪蒙精锐公司等都可以向用户提供PCD加工的机床、电源或旋转分度轴，来适应部分客户加工棍状或盘状PCD刀具的需要。



图10 孚尔默公司Vpulse500PCD刀具修磨机床

二、激光加工机床

本届展会汇聚了国内外30多家激光加工企业，境内外展商同场竞技，体现了当前世界激光加工产业最高的技术水平及未来发展趋势。本届展会展出的激光加工机床以光纤激光切割机为主，呈现出高功率、超高速、智能化和集成化等特点，实现了对大幅面、大厚板及高反射的材料良好的切割能力。与此同时，飞秒、皮秒超快激光加工设备以及能适应不同工艺要求的高度集成自动化激光焊接工作站也有展示。与上届相比，尽管主流高功率光纤激光器依然采用美国IPG公司的产品，但对于3kW~4kW的光纤激光器，考虑到成本因素，许多设备选择了搭配国产激光器，其安全可靠

性也有一定保证。国产激光器的使用对进口激光器造成了一定冲击，使进口激光器的价格有较大幅度的下调，一定程度上降低了设备成本。另外可以预见的是，精密激光加工在未来将成为激光加工市场中重要的组成部分。

(1) 光纤激光切割机床全面取代CO₂激光切割机床

上届展会尚有5家企业展出CO₂激光切割机床，但本届展会展出的则全部为光纤激光切割机床。其中，日本天田公司（AMADA）参展的ENSIS3015AJ光纤激光加工机，仅以2kW的光纤激光功率就可以对25mm碳钢板进行不亚于CO₂激光的切割，而这要归功于ENSIS的光束可变装置。在薄板切割时，光束为TEM₀₀模态-即焦点的能量密度更高，聚焦出来的焦点直径更小，以更集中的功率对薄板进行高速切割；反之，在中厚板切割时则自动变化光束为TEM₀₁模态-即焦点直径更宽，便于辅助气体将熔渣完全吹掉的焦点，且实际加工中不再需要根据板材不同而频繁更换聚焦镜，实现了无需人工进行工前准备的零失误连续加工，提高工厂运转时间，达到其一“剑”双雕的效果。

(2) “高功率、超高速、大厚板”是本届展会的一大亮点

高的激光输出功率应用于大厚板材料的切割，而对于大幅面的薄板采用超高速的切割工艺并均能保证获得良好的切割质量，大幅度提高了生产效率。上海普睿玛智能科技有限公司、百超（上海）精密机床有限公司（Bystronic）、奔腾激光（温州）有限公司和武汉华工激光工程有限责任公司等多家企业宣称激光切割设备可以搭配“万瓦级”的激光器，但在本次展会中并未见展出。相对于“万瓦级”激光器，本次展出的激光切割设

备普遍搭配的是8 kW和6 kW级这样稳定输出功率的激光器。其中，德国通快公司（TRUMPF）展示了TruLaser 5040 fiber超高速激光切割机（见图11），通过使用最大输出功率8 kW的TruDisk通快碟片激光器和超高速驱动系统，机床的联动轴速最高可达300m/min，1mm厚的不锈钢板的切割速度可以突破50m/min，碳钢的最大切割厚度可以达到25m/min，结合单切割头技术搭配碰嘴自动更换、对中系统确保最低的停机等待时间以及近乎“零秒”穿孔技术，体现了通快公司“暴风切割”的宣传理念。大族激光智能装备集团展出搭配IPG公司8 kW激光器的G3015HF高速光纤激光切割机（见图12），可以加工幅面3000mm×1500mm，切割低碳钢和304不锈钢板材厚度可达25mm，X、Y轴最大定位速度从之前的169m/min提高到200m/min，加速度从1.5g提高到2.8g，为了适应高速运行，提高控制性能，伺服驱动的刚性也相应提高了。

（3）更智能化、更集成化和国产化的设计理念

湖北三环锻压设备有限公司展出的PHOENIX FL 3015光纤激光切割机，其紧凑的Phoenix采用焊接的钢结构，可最小化由高速加速度所带来的机床变形，确保整个机床的加工精度。自动交换工作台系统，在切割的同时能在另外一张工作台上对板材进行上下料。整个台面交换的时间只有35秒。济南铸造锻压机械研究所有限公司展出的FL524i 光纤激光切割机具有全自动调焦技术，可以实现各种板材自动加工，避免激光反射损坏光纤，且搭配自主设计的AL系列自动化上下料系统（包括料库和自动上下料装置），可以实现全线连续运转，节约人工，提高设备产能。



图11 通快公司TruLaser 5040 fiber超高速激光切割机



图12 大族激光公司G3015HF高速光纤激光切割机

（4）复合加工机呈现出很大的发展潜力

日本天田公司在本届展会传达的理念是：离开复合加工机并不是就无法加工了，但在有限的订单生产中，复合加工机可以帮助到企业降低成本和提高产品品质，获取更大的利润。本次推出的LC2515C1AJ光纤激光复合加工机（见图13），是一台統合了数控机床、激光切割和攻丝成形等全部落料工序的设备。当进行标准孔的冲切时，利用数控冲床冲孔，当遇到不常用的特殊孔时，利用激光进行加工可以节省模具费用和加快交货期等等，在很好地降低生产成本的同时，还能帮助企业改善生产工艺，提高产品附加价值。德国德马吉森精机公司（DMG）推出的LASERTEC 65 3D机床（见图14），是在一台全功能的5轴铣削加工中心上集成了激光增材制造技术。这一巧妙的复合加工技术具有增材制造与高精度切削加工的灵活性，它所生产的完整工件能达到铣削质量。而LASERTEC 65 3D搭配的激光器是2 kW的光纤传输半导体激光器（标配）进行激光堆焊，成形的工件无孔洞且可全面加工，成形速度比粉床方式快10倍，此外可形成大坡度轮廓，而且绝对不需要支撑件。特别是，这种复合加工技术能非常经济地生产大型工件。激光加工与铣削加工间的灵活切换能力可直接加工成品件中无法达到的部位。同时也说明半导体激光在激光加工领域也将扮演越来越重要的角色。



图13 天田公司LC2515C1AJ光纤激光复合加工机



图14 德马吉公司LASERTEC 65 3D 机床

(5) 精密激光加工设备具有广阔的发展空间

德国德马吉森精机公司展出的LASERTEC 20是一台集动态性、精度、结构紧凑、多功能和智能化于一体的高科技精密加工机床，配备集成式数控摆动回转工作台的5轴龙门精密加工机床在占地面积仅3.5m²，可进行高动态5轴精密加工。该机床最突出的亮点是特别高的轮廓精度和众多应用程序特定的LASERSOFT软件功能，且其出色的定位精度和重复精度，使其非常适合精密工具制造领域的高科技应用以及手表或医疗行业精密零件的精密切割。在上届并没有出现的短脉冲及超短脉冲激光精细加工设备，本届却出现了多家公司参展相关设备。柯尔柏斯来福临机械（上海）有限公司（EWAG）展出的搭配最大输出功率40W，波长532nm的脉冲光纤激光器（纳秒激光器）的LASEER LINE PRECISION纳秒激光加工机床，其作为采用短脉冲激光和一体化扫描技术可以对金刚石切削刃和三维型腔进行5轴激光整体加工，并且可以使加工PCD材料的速度最多加快2.5倍，并使加工MCD材料的速度最多加快1.5倍。瑞士GF加工方案展出的LASER P 400纳秒、飞秒双激光源一体化设计的五轴激光加工机床可以实现在各种材料蚀刻。纳秒激光源具有更高的效率、更标准化和经济性的优势，若采用飞秒激光器，

还可以蚀刻难加工的玻璃、蓝宝石以及各种高分子材料等，并且采用飞秒激光器还能加工出不同的波纹结构，依据光衍射原理，可获得不同的表面颜色。一次装夹即可完成整个零件的加工，减少了人为干扰引起的误差，生产过程更简化，特别适合对艺术美学和功能性纹理有特殊要求的精密物品加工。国内首台工业化飞秒激光微细加工装备是由西安中科微光子制造科技有限公司开发，其填补国内在该领域的空白，满足了国家急需的复杂曲面上高品质钻孔、海量群孔及超微孔的制造。本次展会其也展出了最新开发的超快激光精密数控机床（见图15），可根据不同需求选用飞秒或皮秒激光器，实现超低热效应微细加工，加工表面完整性好，也可实现复杂曲面的空间角度微结构加工等。可以预见的是，精密激光加工设备，特别是超快激光加工设备未来会在激光加工领域扮演越来越重要的角色。



图15 西安中科超快激光精密数控机床

三、增材制造（3D打印）机床

2016年全球增材制造行业增幅达17.4%。据估计，2020年全球3D打印市场总值将达205亿美元。因此，增材制造机床将持续其快速发展的势头。但本届展会增材制造参展商

不多，国内外仅8家厂商（包括代理商）展出15台设备，展品以金属材料增材制造机床为主。

1.金属材料增材制造机床

英国雷尼绍（Renishaw）公司专设了展台，其推出的金属材料增材制造机床为专用于工业生产的RenAM 500M设备。与它以前推出的AM 250和AM 125的主要不同有：
 ①使用500W掺镱光纤激光器，加工效率大大增加，达到25cm³/h；
 ②自主开发了具有动态聚焦功能的光学系统，不仅对于聚焦和引导激光束更加有利，而且激光的快速上升时间可确保提供最大的能量；
 ③新型机床为批量生产而设计了机内自动化筛粉和再循环系统（见图16），提高了机床专门处理单一粉末材料或材料类型的效率；
 ④配有获得专利的高性能SafeChange双滤芯系统，可在稳定的受控环境中长时间执行加工操作；
 ⑤推出了增材制造机床专用的QuantAM加工文件处理软件，它可以更紧密地集成到机床控制软件中，还可用作指导完成增材制造设计流程的工具，以充分发掘增材制造的优势。在应用中，各种专用的医疗增材制造设备得到了较快发展，如口腔科和齿科用增材制造机床，用于颌面、颅骨和各种骨骼修复的增材制造机床等。



图16 雷尼绍公司的粉末循环利用系统

美国3D Systems公司展示了其金属材料增材制造机床ProX DMP系列，均采用光纤激光器，层厚可调，保证了成形件的精度。这些设备对于成形件的复杂程度没有限制，越复杂越能体现其优越性，所支持的金属粉末最小颗粒可达直径 $5\mu\text{m}$ 。因此，打印出来的成形件精度更高，表面粗糙度更低，特征细节分辨率更佳，可重复性好，X、Y、Z重复精度均可达 $20\mu\text{m}$ ，最小细节分辨率为 $X100\mu\text{m}$ 、 $Y100\mu\text{m}$ 、 $Z20\mu\text{m}$ 。其应用领域包括航空航天、发动机/组件制造、医疗（骨科植入物、齿科、整形外科等）、工模具中的随形冷却镶件、珠宝和首饰业等。这次展出的M2 Cusing机型是基于之前研发并通过实践证明成功的Concept Laser CUSING技术，不同的是，M2是世界首套能应付钛合金、铝合金等反射性金属材料的激光增材制造的设备。它根据最近的防爆防火条例，装备了相应的传感元件及测量技术，因此保证了系统的安全性。M2带有发明专利的粉末操作装置，新一代的光纤激光器加上室温下操作的Laser CUSING专利技术，保证了所生产成形件的高分辨系数和杰出的机械性能。M2也是医疗行业生产元件的相当理想的选择，同时也适用于航天工业领域的部件生产。

德国德马吉森精机公司展出其著名增减材复合制造的LaserTec 65 3D机床。该机床利用激光熔覆沉积堆积材料、成形零件的局部结构；再利用高速铣削同步地对刚成形的局部结构进行及时的切削加工，以直接获得尺寸精度高及表面粗糙度低的金属零件（见图17）。该机床在切削时，会利用切削液对工件进行快速冷却，必要时还需要进行消除热应力处理，以协调激光熔覆沉积与切削加工对工件温度的影响。



图17 德马吉公司LaserTec 65 3D机床增减材加工的零件

法国AddUp公司是这次展会上最新亮相的金属增材制造设备制造公司，由法国的法浮（Fives）公司与米其林公司各出资50%成立。公司最初是为米其林公司提供轮胎金属模具的增材制造技术，而AddUp公司则是面向更加广泛的市场，其提供的增材制造设备包括基于粉末床工艺的FormUp系列和基于送粉沉积的BeAM系列。Addup公司在展会上推出的FormUp-350型号可以制备表面粗糙度 $Ra3.5\mu\text{m}$ 的精密金属零件，而且其粉末床预热温度可达 500°C 。

德国EOS公司的激光选区烧结/熔化机床一向被誉为全球水平最高的产品。本届展会由北京恒尚科技有限公司代理展出了EOS M400和EOS M290机床。EOS M400的成形尺寸为： $400\text{mm} \times 400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 。它采用1 kW的Yb光纤激光器。其光学部件包括F-theta-lens平场聚焦透镜以及高速扫描振镜，可变焦点直径为 $90\mu\text{m}$ 。扫描速度最高可达 7m/s 。它具有自动清洁功能，可减少过滤器更换的次数，从而降低成本。它的精密软件系统把打印工作和准备工作分离开来，打印系统可专注于生产成形件，从而节省时间且降低成本。主要应用领域包括：精密金属部件的直接制造，防火部件直接制造，产品外观设计认证，人体植入物（牙齿、颅骨修复物、假肢等），文化、创意、服饰、家居用品等领域的创意设计与展示等。此外，EOS与乔治费歇尔精密机床有限公司（+GF+）合作，推

出AM S 290 Tooling型号的增强版SLM（见图18）。其特点是重新设计了成形垫板系统，使在该型号SLM设备上成形的零件，可以直接转移到乔治费歇尔公司的加工机床上，而无需进行二次定位。这样可以大大简化SLM成形零件后续加工的装夹和校准，提高零件的综合加工效率。



图18 EOS与GF合作推出的AM S 290 Tooling设备

北京易加三维科技有限公司展出了EP-M250金属增材制造机床，它采用激光选区熔化（SLM）技术，可在无需刀具和模具条件下成形出任意复杂结构和接近100%致密度的金属零件，其可以成形的材料包括了钛合金、不锈钢、钴铬钼合金、高温合金和铝合金（见图19）等。



(a)高温合金钢



(b)铝合金

图19 北京易加三维公司展出的SLM打印零件

金属材料增材制造除了以激光作为能量源之外，也可以以电子束为能量源。清华大学开发的电子束选区熔化增材制造机床Qbeam Lab，已由天津清研智束科技有限公司完成了产品化，并且开始进入市场。其电子束功率为4 kW，加速电压为0~70 kV，电子束流为0~60 mA，成形零件最大尺寸为200 mm × 200 mm × 240 mm，电子束斑定位精度为±0.2 mm，成形室工作最低真空度为<1 × 10⁻² Pa。此机床采用了网格扫描预热系统，有效地提升了粉末床温度场的均匀性，大大减少了“吹粉”现象，提高了工艺的稳定性。通过自主研发的电子束多点熔化技术，通过超过10 km/s的“瞬移”，可形成超过100个的“分束”，即在粉末床上同时加热100多个熔池，极大地提高了生产效率。由于它属于真空制造，适用的金属材料有钛合金、铝合金、镍基合金、高强度钢及其他性能活泼的金属与合金等。

北京航空制造工程研究所推出的ZD60-10A型电子束增材制造机床，由60kV/10kW电子枪、高压电源、真空系统、观察系统、三维工作台、含三轴对准装置的送丝系统、真空系统及综合控制系统组成。其最大加速电压为60kV，最大电流250mA，最大功率15kW，空室容积为4m × 2m × 2m。加工过程中，电子

枪、送丝系统和三维工作台通过综合控制系统协调工作，达到了自动化操作的要求，保证熔积过程稳定进行。其熔积层的宽度为7.4mm，层高为1.5mm。

2. 非金属材料增材制造机床

本届展会上，美国3D Systems公司展出了非金属材料增材制造机床。其中，立体光固化增材制造机床ProX[®] 950 SLA使用紫外激光将液态光敏树脂和复合材料逐层覆盖在固体截面上。机床提供高吞吐量，构建容量达1500mm × 750mm × 550mm，具有最高的部件分辨率和精度，并可使用广泛的印刷材料。它能提供更广泛的应用，包括要求最为苛刻的快速制造领域的应用。又如，推出新型ProJet[®] MJP3600 W机床，它采用多喷头打印（MJP）技术，是高精度塑料件增材制造设备，打印的塑料件质量高且耐用。它使用的成形材料为VisiJet M3 Hi-cast。可批量生产具有微小细节图案的100%纯蜡模型，适用于珠宝熔模铸造、服装、微型医疗器械等。此外，还有桌面型的CubePro机床（可3种颜色同时打印）、Projet 1500机床（可打印6种颜色的材料）等。

美国Stratasys公司的熔融沉积制造（FDM）系列设备由中国香港

宝力公司等为其代理。该公司推出基于FDM的F123系列增材制造机床，包括F170、F270和F370等，它们可以和通常的打印机或复印机一样放置在工作区内，操作简单，大部分操作都可以通过触屏界面完成，无论是否有使用过增材制造机床的经验都能上手，用户也可以在共享的工作区内通过任意网络计算机远程操作机器。该机床可用于整个原型制作流程，从最初的感念验证，到设计验证和最终的功能性能。

香港宝力公司还代理了以色列Objet公司的增材制造机床，包括多种系列机床。例如，Objet500 Connex3 3D增材制造机床是唯一能够使用一系列多材料组件（橡胶+透明+刚性+彩色）、创建颜色鲜亮原型的机床。

国内参展商北京易加三维科技有限公司推出的EP-C7250（S7250）系列增材制造机床，采用激光选区烧结（SLS）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，可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。□

注：CIMT 2017特种加工机床评述专家组成员：

吴国兴（组长）、叶军、肖荣诗、林峰、朱宁、伏金娟、山昌祝、张宝华、徐均良、于志三、张人佶、张景泉。

广告客户索引 Advertisers Index

第十届中国数控机床展览会.....	广告号码58	卡尔蔡司（上海）管理有限公司.....	广告号码488
2017中国重庆国际机床展览会.....	广告号码36	武汉华中数控股份有限公司.....	广告号码 90
约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司.....	广告号码41	北京珊达兴业科技发展有限责任公司.....	广告号码 701
马波斯（上海）商贸有限公司.....	广告号码414	《世界制造技术与装备市场》.....	广告号码 703
西门子（中国）有限公司数字化工厂集团.....	广告号码89	沈阳机床（集团）有限责任公司.....	广告号码36
埃马克机床（太仓）有限公司		北京北一机床股份有限公司.....	广告号码47
开天传动技术（上海）有限公司		上银科技有限公司.....	广告号码 398
斗山机床（烟台）有限公司.....	广告号码83	南京工艺装备制造有限公司.....	广告号码70

我国金属成形（锻压）机床的现状与发展动向

——2017机床制造业CEO国际论坛启示

中国机床工具工业协会锻压机械分会 徐刚 崔瑞奇 王华

CIMT2017第十五届中国国际机床展览会于2017年4月17~22日在北京中国国际展览中心成功举行。本届展会聚集了来自全球28个国家和地区的1600余家展商参展，展出面积13.1万平方米。6天展期间参观总人次达到320484人次，其中观众人数125500人。

本届展会，成形机床、激光加工机床、工业机器人和工业自动化等新兴、智能、自动化技术装备表现抢眼。其中，共有73家成形、激光加工企业参展，展示面积5565平方米，展商数和面积分别比CIMT2015增长了14%和7%；共有34家工业机器人和自动化企业参展，面积2144平方米，展商数和面积比CIMT2015分别增长了79%和53%。数据直观体现了转型升级形势下市场的热点装备及其发展动向。

本届展会的展品水平和品种、规格及覆盖面均有新的变化和提升。以数字化制造与解决方案为升级换代的主流，智能技术成为产业进步大趋势，高效与自动化显示出市场新空间，专业化的特点愈加突出。现将参加本届展会的金属成形（锻压）机床展品作以下评述。

一、数控激光切割机

本届展会，数控激光切割机展品琳琅满目，展品数量依然是成形机床展品中最多的。本届激光切割机展品表现出的明显特征是：在光纤激光切割机已成市场主流和主力机型的前提下，国内展会上首次出现万瓦级激光切割机，标志着国内激光切割机正式进入万瓦级时代。

具体来说，本届激光切割机展品体现出以下具体特点：

（1）高功率化。随着激光器成本的下降，目前激光切割机主流功率需求已提升至6kW左右。这也直接驱动本届展会出现万瓦级展品。万瓦级激光切割机的出现是国内切割机市场发展中的一个标志性事件，此前，万瓦级切割机已出现在汉诺威展览等国外大型机床展览会中，而此前国内展品功率基本都在6kW以下。如两年前的CIMT2015，其激光切割机展品功率主要为2kW、3kW、4kW。

高功率化的最大好处自然是加工能力的提高。比如，对于高功率的激光切割机来说，目前可实现切割碳钢厚度30mm，不锈钢厚度20mm。对此需要说明的是，以上切割厚度均以

经济的、可实际用于生产为前提，是真正的能力数值，而非标称数值。

（2）高速化。随着激光切割机功率的提高，其加工速度也得到明显提高。比如目前对于薄板切割来说切割速度普遍已达100m/min以上，小孔切割可达500孔/min，已远超数控冲床生产速度。其中，上海智能普睿玛的激光切割机展品的定位速度达到210m/min，而其正在研制生产的切割机定位速度可达280m/min，指标上处于领先水平。

（3）智能化水平进一步提高。其表现为：一是越来越多的切割机制造商采用开放式系统，适应了当今自动化、智能化的要求；二是单元化展品越来越多，如集成上下料系统、自动化料库等。

数控激光切割机在国内市场的应用可以说是方兴未艾。目前，2kW以下的中小功率激光切割机年市场容量超过万台，而2kW以上的高功率激光切割机年容量超过2000台。由于光纤激光切割机的快速普及，其无光路特性大大降低了激光切割机的准入门槛，造成大量资本涌入激光切割机市场，据估计目前的激光切割机生产商已超过100家。蜂拥而上的资本使产

品同质化进一步加重，一定程度上加剧了恶性竞争，小功率激光切割机售价甚至已拉低至几十万。显然，这对于整个行业的产品质量和技术水平的提高是非常不利的。另一方面，激光切割机的快速普及加快了数控转塔冲床的部分替代趋势，对数控转塔冲床的市场造成了一定程度的冲击。

从本届展会激光展品的性能参数上看，多数展品的X/Y轴定位精度为 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，重复定位精度为 $\pm 0.02\text{mm/m}$ 。济南铸锻所展出的FL524i光纤激光切割机，定位精度达 $\pm 0.025\text{mm/m}$ ，重复定位精度达 $\pm 0.015\text{mm/m}$ 。

济南铸锻所有限公司展出了FL524i数控光纤激光切割机。该机快速定位速度 145m/min ，定位精度 $\pm 0.025\text{mm}$ ，重复定位精度 $\pm 0.015\text{mm}$ ，各项指标处于展品的领先水平。该机可适配激光器功率 $1\text{kW}\sim 6\text{kW}$ 。该机具备全自动调焦技术，具有飞切、蛙跳、自动寻边等全自动激光加工功能。



济南铸锻所激光切割机

大族激光展出G3015HF高速光纤激光切割机。X/Y轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm/m}$ ，最大定位速度 200m/min ，最大加速度 2.5G 。可见该机具有较好的定位速度和加速度表现，可大大提升加工效率。



大族激光切割机

大族激光还展出了自主研发的P6018D全自动光纤激光切管机，可高效切割金属圆管、方管、矩形管、椭圆管与异形管，以及角钢、槽钢、工字钢、T型钢等型材。该系列切管机具有全自动上下料、高度智能化、操作简便等优势，可广泛应用于石油管道、工程机械、客车制造、农林机械、健身器材、家用电器

制造等行业。

上海普睿玛智能科技展出SLCF-C V/F悬臂光纤激光切割机最大定位速度达到 210mm/m ，在展品指标上处于领先。该机综合效能达到国际先进水平。

领创展出Excalibur 4020激光切割机，X/Y轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm/m}$ ，X/Y单轴最大定位速度 120m/min ，X/Y联动最大定位速度 170m/min ，X/Y单轴最大加速度 2G ，Z轴最大加速度 3G 。适配激光器功率 $4\text{kW}\sim 12\text{kW}$ 。

湖北三环展出phoenix 光纤激光切割机，配备先进的自动化方案及LVD直观的Touch—L控制终端，具有超高的加工速度、优秀的切割质量、高效的自动交换工作台、先进集成的控制和驱动系统、直观的操作体验式系统及多种材料的加工能力。Touch—L采用19”触摸屏控制和图形化用户界面。结合工件设计和排样功能可以直接将图纸导入控制器，并在设备上完成切割应用和排样。使用者可以方便简单地添加余料切割线，更改引入线类型和位置，并根据需要添加微连接等。



三环激光切割机

扬力集团展出GL3015F型数控光纤激光切割机。采用整体式焊接机身，经有限元分析优化，毛坯退火处理，机加工后二次振动时效处理，保证了较好的刚性、稳定性和抗震性，精度持久稳定。运动部件以精密滚珠丝杠、直线导轨、高精度减速箱、齿

轮齿条传动运行，速度快、定位精度高。电器柜、操作台与机身一体化设计，外观简洁优美。配有激光切割专用CAD/CAM自动编程软件，操作方便。采用光纤激光器，光电转换效率高，切割速度快，具有免维护、使用成本低、功能强、稳定性高等优点。采用循环冷却水路，用于光纤激光器和切割头的冷却，冷却效果好。配有两套切割辅助气体供应系统，在切割不同的材料时，由数控系统控制切换不同的气体，操作方便快捷。



扬力激光切割机

金方圆展出了ALM激光切割上下料单元，可确保自动化加工，实现无人化工作循环。采用高刚性桁架结合轻量化铝合金驱动部件，实现高速高动态机械手运动。采用模块化设计；工作状态可实时监控，全面掌握机床信息，维护保养方便。

通快展出超高端机型激光切割机TruLaser 5040 fiber，在不增加电耗和气耗的前提下，将光纤薄板超高速切割的优势拓展到中厚板。暴风切割可实现中等板厚零秒穿孔，进一步突破现有光纤切割在中等板厚的速度，是新一代钣金加工利器，凸显暴风切割风驰电掣般的加工魅力。

百超展出万瓦级高端机型ByStar Fiber 10kW，该机全新的10kW功率把切割过程提速到一个叹为观止的境界。与业内常见的4kW、6kW光纤激光相比，ByStar Fiber 10kW切割某些材料时，速度提升高达4倍，相应地在相同时间内产量也多出4倍。尤其在切割8~12mm厚度板材时，其优势更为明显。即使切割30mm厚度板材，10kW的光纤激光切割依然具有令人振奋的切割速度。该机带有焦点控制功能的新式切割头是ByStar Fiber系列的强化升级。这款切割头由瑞士百超自主研发，具有创新核心技术。百超在新款切割头上装备了焦点控制功能，根据材料的厚度和材质，焦点控制功能可以高精度地自动调整光斑，在宽泛的材质范围中持续达到最佳切割品质，切割头能够自动根据材质及切割工序的特点做出灵活的调校，无须任何操作者的手动介入。



百超激光切割机

苏州迅镭激光科技有限公司展出了自动上下料交换平台激光切割机，加工幅面可根据客户需求定制。该机配置高功率8000W激光器，厚板切割更具优势；配备自动上下料装置与交换平台，配合高功率激光切割，最大限度提升切割效率。

路劳曼邸有限公司的LaserSmart500激光切割机，5轴联动，专用于PCD、CVD、MD和天然金刚石等超硬材料的轮廓、刃口、断屑槽、激光标刻等精密加工。机床的运动根据激光加工机械运动特点进行了优化，并配有基于激光切割工艺和零件材质特点开发的具有特殊算法的软件，实现机床高速高精控制，加工后的高质量表面不需后续抛光。

AMADA以智能化工厂为主题，介绍AMADA的IoT“V-Factory”的理念。将Industry 4.0代入钣金工程，通过将工程相关联来实现生产可视化、杜绝浪费、工厂连续运转等目标，进而提出生产加工的未来模式。通过AMADA丰富的加工技术及VPSS 3i理念，可在短时间内完成高品质产品的制作，将实物进行再现，让参观者真实感受到设备的先进性。

其展出的光纤激光加工机ENSIS 3015AJ，通过独有的光束可变技术“ENSIS技术”，实现从薄板的高速切割到中厚板的节能、无需工前准备的连续稳定加工，为用户提供高效高品质、低成本加工解决方案。该机搭载了最新型的NC装置AMNC3i，大画面更直观；采用多点触控方式，提升可操作性。该机最大加工速度120m/min，配备2kW激光器。

AMADA还展出一台光纤激光冲床复合加工机LC2515C1AJ，该机并非其新产品，早在CIMT2015期间该展品就已展出。其采用2kW光纤激光器，冲切能力200kN，加工板厚能力冲、激各均为6mm。

另外，和和集团展出一台SLT-152FIBER光纤激光切管机，从自动备料架进料、材料长度测量、自动送料及倾转、激光切割及自动下料等，全自动进行，可高速切割圆形管、方形管、椭圆形管及各种异型管材，最大切管能力 $\phi 152\text{mm}$ ，最大管壁厚度6mm。



和和激光切管机

二、 数控转塔冲床

尽管一定程度上受到激光切割机快速发展的影响，数控转塔冲床仍然是金属成形机床展品中的热点和重点展品。本届展会参展的数控转塔冲床展品表现出以下的发展动向：

(1) 传统的液动力冲床已被伺服冲床替代。其实早在两年前的CIMT2015展会上，伺服驱动取代液压驱动的趋势已经十分明显，当时的25台套转塔冲床展品中只有4台套为液动力头，而本届展会上液动力头更是难觅踪影。伺服技术的发展和不断完善对金属成形机床产生了重要影响，包括机械压力机、液压机、剪折机床等伺服驱动都已大行其道，伺服技术以其运动曲线可调、结构简单、节能环保等明显优势必将得到更大发展。

(2) 传统的数控系统将逐渐被开放式数控系统替代。虽然传统的数控系统已实现了非常复杂的功能并达到了相当的精度，但因传统数控系统采用专用计算机系统，实现过程对用户是封闭的，并且其各个模块功能固定，各厂商软硬件互不兼容，用户无

法对系统进行重新定义和扩展，系统与外部缺乏有效通信功能，增加了用户的投资风险和成本。而开放式数控系统开放柔性高、成本低、升级扩展容易、投资风险性小，可以引入最新的PC软硬件技术，迎合了当下自动化单元、自动化生产线等的升级需求。从这个角度来说，开放式数控系统代表了数控技术的发展方向。

在伺服技术已成主流应用的情况下，系统部分必将成为冲床的增值部分。从这个意义上说，采用开放式数控系统的转塔冲床无疑处于更加有利的位置。

(3) 伺服主机+上下料单元组成的自动化解决方案成为工业4.0大潮下数控转塔冲床展示热点。该自动化解决方案基于全伺服主机，基于开放式系统和模块化设计，配合手持终端，实现全自动加工生产。整个加工过程可全面跟踪，设备工作状态可实时监控。该解决方案也是当前自动化生产发展的具体体现，迎合了工业4.0的升级发展需求。

(4) 激光切割机与数控转塔冲床各具优势，二者不会相互取代，但转塔冲床的市场份额受到一定影响。近些年，数控激光切割机发展势头迅猛，尤其是光纤技术的快速崛起，进一步拉低了激光切割机的准入门槛。在此情况下，在二者功能重叠的冲裁、切割部分，转塔冲床市场在一定程度上受到影响。但是，转塔冲床特有的成形功能，却也是激光切割机的短板，二者互有优势。而且，随着冲床上下料单元技术的发展，转塔冲床更易搭建全自动生产线，这无异于为转塔冲床插上了翅膀，有助于转塔冲床应用的再次起飞。

从展品的参数上看，展品普遍可实现1mm步距800冲次、25mm步距500冲次以上的能力，加工精度普遍可达 $\pm 0.1\text{mm}$ ，最大移动速度一般可达100m/min。如济南铸锻所展出的SPE21250数控伺服转塔冲床，刻印速度1800，1mm步距、10mm冲程冲压频次1000。金方圆展出的数控转塔冲床1mm步距、4mm冲程的冲压频次1000。

从展品特色上看，济南铸锻所的SPE21250数控伺服转塔冲床，AMADA的激光冲床复合机LC2515C1AJ，以及三环LVD Strippit PX-1530数控转塔冲床柔性复合加工系统，都是本次展会比较有特色的展品。

济南铸锻所有限公司展出SPE21250型数控伺服转塔冲床，采用Servo V.R.变连杆高速冲压专利技术，刻印速度达1800hpm，10mm冲程、1mm步距冲次可达1000hpm，最大送料速度达100m/min，加工精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 。主要技术指标居国内领先、国际先进水平。



济南铸锻所数控转塔冲床

三环LVD展出Strippit PX-1530数控转塔冲床柔性加工系统，兼具冲裁、成型、折弯和攻丝功能。该机在柔性加工方面颇具功力，甚至复杂的三维工件也能胜任，所有刀具均可完整旋转360°。最多可装备200套模具，任何一副模具均可在薄板任意位置、以任何角度加工，且能够加工75mm的折弯翻边。该机主要特点有：20个可分度的模具工位；可采用5或10个工位的可分度多子模；可兼容T型模具；三个完全可编程和重复定位的工件夹钳；节能系统使耗电量降至最低；智能夹钳确保将可能的冲裁死区降至最小；“智能冲裁行程控制”自动优化滑块行程；可编程工件落料槽；集成TOUCH-P控制器操作直观，简单易用。



三环数控转塔冲床

金方圆展出MT300E伺服数控转塔冲床+ASM紧凑型冲床同侧上下料单元。其中冲床1mm步距、4mm冲程冲压频次1000，25mm步距、4mm冲程冲压频次X轴500，Y轴400，孔距精度（Hole Accuracy） ± 0.1 。ASM紧凑型冲床同侧上下料单元采用模块化设计，方便冲床的自动化升级需求。该加工单元为全伺服电机驱动，可实现全自动化加工。手持终端，订单式管理，加工过程全面跟踪。工作状态实时监控，全面掌握设备信息，便于维护保养。



金方圆数控转塔冲床及上下料单元

台励福展出ES23全电伺服数控转塔冲床，最大移动速度105m/min，最大冲孔速度370hpm(孔径25mm)，加工精度 ± 0.1 mm。



台励福数控转塔冲床

麦斯铁展出MPFMS系列汽车横/纵梁板数控冲孔柔性加工生产线，加工最大板料尺寸12000 \times 800 \times 2.5-10mm，冲孔最大直径 $\phi 60$ mm，X、Y轴速度50m/min，定位精度 ± 0.10 mm/m，重复定位精度 ± 0.1 mm，连续冲孔工作节拍6.5min/件纵梁。该生产线是麦斯铁专门为汽车的纵/横梁平板梁或U型梁设计的一种高效、高精度自动化冲孔加工设备。其上下料、板料定位及送进、模具选择、冲压过程实现以及故障报警等均通过数控系统自动完成。该机附带等离子切割功能。

三、数控折弯机/折弯单元

近年来，工业4.0风起云涌，自动化生产需求旺盛，数控折弯机及其成形单元也不断得到新的发展。从本届展会展品来看，表现出以下的几点发展动向：

(1) 折弯单元、折弯加工中心得到新的发展，有百花盛开之势；产品速度更快，已实现单元全自动无人值守加工生产。其中，百超、通快、萨瓦尼尼产品形式各异，各有技术优势，处于领跑位置。

(2) 新技术不断得到应用和发展。伺服技术得到普遍应用，油电混合、电液伺服驱动大量应用；全自动挠度补偿系统普遍应用；全自动在线角度测量补偿系统；全自动板厚检测系统等等。新技术的应用使现代折弯

机如虎添翼，速度更快，精度更高。可以说，现代化的折弯单元与以前相比已不可同日而语。

(3) 控制系统的作用大大凸显，系统优劣将成为未来产品竞争的胜负手已绝非戏言。其中，成形专家系统配合大屏幕触摸应用将成为标配，而在线实时测量校正系统将成为增值部分和不可或缺的卖点。再者，在工业4.0的背景下，互联制造解决方案已从概念变成了具体的产品，先行者必将占据互联制造的制高点。简单来说，工业4.0的发展已日新月异，已从蓝图变成了现实的产品，国内企业是时候奋起直追了。

金方圆展出HPE混合动力折弯机自动化单元，采用T-3500数控系统，柱塞泵与伺服电机结合的控制系統，显著提高滑块速度，效率可提高20%；泵控取代阀控，可节能30%；通过伺服电机精确控制油量，提高滑块定位精度；伺服电机在不需要流量或压力时可停止工作，降低噪声；配合自动化机器人折弯，更加方便快捷，降低劳动强度。



金方圆折弯单元

通快以“通往工业4.0的快捷之路”为主题，带来最新独家的互联技术、智能设备、互联服务等各种软硬件解决方案。其互联制造TruConnect，是通快公司对工业4.0的全面思考和诠释，包含自动化、智能化的硬件解决方案以及数字化的软件解决方案，力图为客户实现无纸化办公、透明化管理以及让用户享有新型互联式服务。本次展会，通快携全球最快的自动折弯单元TruBend Cell 7000参展，该单元在欧洲屡获殊荣，具有至高折弯速度和事半功倍的协同生产模式。该单元是专门为小型零部件设计的全自动折弯单元，是同类产品目前全球最具效率、最自动化、费效比最高的产品，单元由折弯机、来料托盘装置、载入机器人、折弯机器人、工具站、成品传送装置、操控站等部分组成，具备工件种类和位置辨识、传送、自动折弯、模具自动交换、后挡自动变换等多种自动化功能，拥有无需人工干预高效自动处理不同批次产品的卓越能力。



通快折弯单元

百超展出移动折弯机器人Mobile bending cell，提供自动和手动折弯自由切换的解决方案，将折弯工艺推进到一个崭新的领域。在实际生产中，折弯工件的形状、尺寸和数量不断变化，为了快速、低成本地生产这些工件，现代折弯系统应适应这种变化，帮助用户快速、高自动化生产，并且能够随时插入手动折弯工序。而百超移动折弯机器人可以实现以上要

求。其新款Xpert 40配移动折弯机器人实现了快速折弯和移动自动化之间的组合，既可处理大批量工件，也可手动折弯小批量工件，切换灵活自如。即插即用，可轻松实现夜间无人值守自动化生产，24小时不间断工作，节省人工，实现利润最大化。整个移动折弯系统设计极为紧凑，插电即刻开始折弯，不使用时，折弯机器人可以方便地移到一侧。



百超折弯单元

萨瓦尼尼展出其P2L系列新一代紧凑型多边折弯中心，该机型为2014年底全球首推、CIMT2015展会亚洲首推的高度智能化、自动化的通用高效新产品。采用伺服和液压混合驱动，大大降低运行能耗。该机具有板材特性补偿技术MAC2.0，可在折弯时自动检测每一块板材的回弹系数和拉伸强度，从而实时自动校正折弯角度。其万能折弯模具一套通用，可实现最高3.2mm碳钢板和2.5mm不锈钢的多边零件折弯成形。P2L-21的折弯高度增加到165毫米，长度增加到了2180毫米，但是机器占地面积仅为18平米。一台P2L即可满足单品种大批量或多品种小批量的生产需求。



萨瓦尼尼折弯中心

萨瓦尼尼还展出了P1系列小型伺服驱动多边折弯中心，可满足柔性化、客户化生产需要。该系列为纯电驱动，能耗低至3kW，可用于碳钢1.6mm、不锈钢1.1mm的薄板的全自动化加工需求。

湖北三环展出PPEB170/30-EFL高精度数控折弯机，配置工业用红外线19”触摸屏，嵌入式Win 7数控折弯专家系统CADMAN-TOUCH和获专利技术的Easy-Form在线角度检测系统进行在线检测和校正。此外，该机可2D、3D彩色图形模拟零部件加工；工作台整体楔块式机械挠度补偿机构，补偿点多，使用寿命长（V轴）；上模采用WILA式夹紧；采用Turbo大排量变量泵，高速、节能。高精度全铝型材式6轴（X1、X2、R1、R2、Z1、Z2）后档料，结构牢靠，运行速度快；全数控板料托扶装置，折弯全程自动托扶板料，提高工件精度，降低劳动强度；箱式整体防护罩，安全防护等级高。

天水锻压展出WE67K-110/4100数控折弯机具有节能、环保、高速、高效、高精等特点；可配置全自动机器人柔性加工单元；全新自主研发的经济型数控系统，触摸式操作，支持用户定制化服务；油液伺服控制，同步精度高，制件精度高；工作台设有机械自动挠度补偿机构；上模采用快速夹紧装置，模具更换方便。

天水锻压同时展出一台Q34Y-110多功能联合冲剪机，采用单滑块结构，单缸驱动，具有六个标准工位；可实现冲孔、折弯、圆钢/方钢剪切；扁钢剪切、角钢剪切、开槽/切角；还可实现槽钢剪切、圆管切角、弯管等功能。具有快速换模功能，自动压料功能，以及连锁、保护功能。该机制件精度高，操作简便、高效、灵活，使用安全。



天水锻压联合冲剪机

天水锻压还展出一台GDJOR-50钣金加工专用机器人，可与剪、折、冲或其他设备构成柔性加工生产线，实现全过程自动化生产；确定跟随折弯轨迹，折弯效果接近人手手臂；支持多夹具生产模式，适应不同加工需求；专为钣金加工工艺开发的机器人控制系统，触摸式操作，界面简单友好，支持用户各种定制化服务；高刚度，高精度，大负载，工作空间大，适应各类大型复杂工件；高速度，高效率，可24小时全天候工作；高安全性，配有多种安全装置及检测手段，保证操作安全。

扬州恒佳展出了板料自动化折弯单元，具有多项技术突破和创新。其主要由数控折弯机、视觉定位系统、取料站、出料站、上下料机械手和折弯机器人等组成，能完成自动上料、定位、折弯、卸料等工序。



扬州恒佳折弯单元

麦斯铁数控展出了一台刨槽机，为加拿大原厂设计，采用先进的液压夹持和送料系统，避免了气动夹持和送料不稳定导致的加工精度问题。设计思路严谨，具有优异的结构设计和液压传动设计。其结构为工作台固定，工件由液压夹料装置夹持并由伺服电机驱动相对工作台前后移动，进行开槽位置的定位。刀架在横梁上沿导轨左右往复运动进行V型开槽，大功率伺服电机驱动，能实现刨槽速度快、能耗低的加工效果。刨槽位置采用伺服驱动，双丝杆同步传动，定位精确，平行度好。工作台前后均设有重型托料装置，可承载厚板移动，有效防止板材加工过程中划伤。工作面独立可调，其切削精度可控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 。刀架进给采用伺服驱动，进给量精确。

四、数控精密机械压力机

扬力集团展出了CP1-160B/250B开式单点高性能压力机、SP2-315龙门型双点高性能压力机、SSP-160高性能伺服压力机等机械压力机及生产线解决方案。



扬力集团展台

扬锻展出了高精密冲床、开式固定台高性能压力机等压力机展品。还展出了一条高速冲压生产线，由两条200型高速精密压力机组成。



扬锻公司展台

舒勒公司在展会上全面、系统地展示了以伺服直驱技术(SDT)、汽车轻量化技术为核心的金属成形全系列系统解决方案。其一，舒勒Servoline伺服冲压线采用伺服直驱技术(SDT)并装配有舒勒上料装置、横杆机械手与尾线系统，既可用于大规模批量生产，又可解决小批量、多品种生产问题；其二，针对热冲压零部件的生产，舒勒开发了一套完整的解决方案：高效热成形技术(PCH Flex)，该技术是实现汽车轻量化生产的关键技术之一；其三，舒勒研发的创新性高产能复合材料压力机，可以胜任所有复合材料的成形制造，对于汽车行业“轻量化”生产至关重要；其四，建立完善的售后服务 APP 系统，也是智能冲压车间的理念之一。据悉，舒勒的Servoline生产线目前在中国有10条，欧洲有16条。该生产线可提供多种配置和速度选项，其整线节拍从12hpm~23hpm，取决于客户需求和制造的零件。其中，Servoline L是当前世界上速度最快的冲压线，速度达23hpm；用于大型零部件制造的 Servoline XL的速度也可高达18hpm。同时，被用作零部件传送装置的舒勒横杆机器人，保证了Servoline生产线高度的自动化水平。舒勒横杆机器人4.0更是拥有超强的灵活性，弥补了原机器人无法定义速度和运动曲线的弊端，极大提高了生产速度和产出率，是上料、卸料以及现有生产线改造的理想之选。

中安重工以模型形式展示了多工位压力机自动化冲压生产线解决方案。



中安重工展台

金丰机械展示了其SVC系列开式单曲轴伺服冲床。该冲床速度可调且成形曲线多样化，间接提升了其成形性和生产能力。应用伺服控制系统，成形定位精度进一步提升。该系列机床附加值高、绿色环保。

五、数控液压机

经过多年的不断发展应用，目前我国数控液压机技术和装备水平也有了长足进步。尽管受到场地、安调、安全等因素限制，液压机展品难以出现在人流密集的展会展馆中，但通过展商材料等管中窥豹，当前的液压机装备及技术具有以下的发展动向：

(1) 高速、高精已从口号变成现实，自动化生产线已屡见不鲜，可靠性已有根本改变，中外技术的差距在进一步缩小。如合锻智能的热冲压成形液压机，快降速度 $\geq 1\text{m/s}$ ，工作速度达 300mm/s ，回程速度 $700\sim 800\text{mm/s}$ 。其高速油缸的采用、压边缸行程可调、压边力和拉伸力自动调节、单双动自由切换、通过比例压力控制技术对压边力-位移曲线拟合技术、压机故障诊断和总线技术等的的应用，使液压机的性能以及安全性有了明显升级。而成熟的液压机及电气控制系统、与国外最新技术同步的非焊法兰管路系统等的应用，则保证了液压系统的密封可靠。

(2) 各门类及专用液压机呈百花齐放态势，极大扩充了国产液压机的应用空间。曾几何时，国产液压机在专用液压机方面长期处于弱势地位，但近些年来这种状况已有了明显转变，国产专用液压机正处在最好的发展时期。如合锻智能的高强度热冲压成套液压机、大型汽车覆盖件自动冲压生产线、不锈钢冷、热压封头成形液压

中国机床工具市场与产业运行形势分析

中国机床工具工业协会 毛予锋

中国经济在过去的2016年以“稳中求进”的总基调砥砺前行，围绕转型升级和供给侧结构性改革不断发力，经济发展的新旧动力正在转换。2017年中国经济将延续上述趋势，同时还将在结构性调整方面进一步加大力度。受此影响，中国机床工具消费市场和产业运行呈现出将进一步深化调整的特征和趋势。下面从国内外市场情况、产业主要领域运行状况和对2017年的展望几个方面对发展形势进行分析。

一、市场的最新变化

通过对近一段时间国内外市场和贸易情况的梳理和分析，总体呈现“国内市场短期趋稳，国际市场复苏乏力”的状态。

1. 国内市场短期趋稳，结构性调整将继续

近几年中国机床工具市场在经济转型升级和动力转换的多重因素影响下一直呈现逐级下行的状态，2016年受国内房地产、汽车和消费电子制造等领域回升拉动，中国机床工具市场呈现短期的阶段性趋稳的状态。

2016年中国机床消费总额约为275亿美元，同比持平。其中，金属切削机床消费额约为164亿美元，同比下降4.1%；金属成形机床消费额约为111亿美元，同比增长6.7%。2016年中国工具消费总额约为40亿美元，同比下降11.1%。但与历史峰值（2011年）相比，机床消费总额下降了29.6%，其中金属切削机床更是显著下降42.7%。

另一方面，从近期投资、用户市场和外贸的变化情况可以发现结构性的调整仍将持续。机床消费与货币供应量和用户产能变化有直接关系。相对于货币供应量（M2）指标，固定资产投资数据更直接地反映出针对机床工具消费的货币供应情况。2016年固定资产投资同比增长8.1%，与2015年相比下降1.9个百分点。其中，民间投资同比增长3.2%，制造业同比增长4.2%，设备工器具购置仅同比增长2.1%。因此，从上述细分领域的固定资产投资完成情况看，近期机床工具消费领域的货币供应量呈现增速明显下降的趋势。从固定资产投资热点的变化上也能反映出消费结构性变化日益明显。第一、二、

三产业投资同比增速分别为21.1%、3.5%、10.9%，与2015年相比分别变化-10.7、-4.5、0.3个百分点。2016年高技术产业投资（包括医药制造、航空航天器及设备制造等六大类高技术制造业投资，信息服务、电子商务服务等九大类高技术服务业投资）同比增长15.8%（占全部的6.3%），与2015年相比，比重增加0.4个百分点。与之对应，六大高耗能行业投资仅同比增长3.1%。

目前，中国机床工具消费用户的产能状态也发生明显的变化。通过对2000至2016年中国工业91种主要产品产量数据分析，考虑其机床工具消费影响因数，加权汇总分别得到中国机床和工具消费需求指数。从该指数可以看出，近16年间，机床消费需求在2010年出现峰值后便呈现单边下行的状态。虽然在2013年出现短期回升，但目前整体趋势仍处于下降通道。工具消费需求则在2011年之前均呈现快速增长的趋势，2011-2013年呈现顶部运行的状态，2014年开始呈现下降趋势。

机床工具商品外贸活跃度明显下降。2016年机床工具商品进出口

2016年中国机床工具行业上市公司运行分析

中国机床工具工业协会 信息统计部 杜智强

2016年中国机床工具行业整体运行呈现趋稳状态，也是自2011年下半年运行下降以来首次呈现“止跌回升”。经历近六年的连续下行后，行业运行情况和企业经营状态是业内外一直格外关注的。机床工具行业上市公司一直以来就是行业运行的一个“晴雨表”，可以从侧面反映行业优质资产的运行状况和投资“含金量”水平，对了解行业运行整体趋势和发展状况具有较高的参考价值。另一方面，在中央要求防范金融风险，加强金融监管的影响下，中国资本市场正在经历不同以往的变化。受此影响，机床工具行业上市公司运行状况所反映出的趋势性变化就更加值得关注。下面根据2016年相关机床工具行业上市公司年报数据进行年度运行分析。

一、上市公司基本情况

通过对上市公司的梳理，我们选取公司主营业务与机床工具行业相关的上市公司作为运行分析的样本，所有分析数据依据上述上市公司公开发布的年报和季报资料。2016年机床工具行业上市公司基本情况详见表1。

表1 2016年机床工具行业上市公司基本情况

股票代码	股票简称	总股本 (亿股)	总市值 ¹ (亿元)	主营业务所涉及的行业领域
000410.SZ	*ST沈机	7.65	102.27	金属切削机床、功能部件、数控装置
000519.SZ	中兵红箭	10.33	153.95	磨料磨具
000795.SZ	英洛华	11.34	71.76	磨料磨具
000837.SZ	秦川机床	6.93	58.80	金属切削机床、功能部件、切削刀具
000988.SZ	华工科技	8.91	139.46	金属切削机床、金属成形机床、功能部件
002008.SZ	大族激光	10.67	241.16	金属切削机床、金属成形机床、功能部件
002026.SZ	山东威达	4.20	48.52	功能部件/机床附件、金属切削机床
002175.SZ	东方网络	7.54	114.95	量具量仪
002248.SZ	*ST东数	3.07	35.45	金属切削机床、功能部件
002265.SZ	西仪股份	2.91	55.59	金属切削机床、功能部件
002270.SZ	华明装备	5.06	72.58	金属切削机床
002282.SZ	博深工具	3.38	46.66	切削刀具
002520.SZ	日发精机	5.54	65.66	金属切削机床
002559.SZ	亚威股份	3.71	55.16	金属成形机床
002621.SZ	三垒股份	2.25	62.89	金属切削机床
002843.SZ	泰嘉股份2	1.40	17.96	切削刀具
300064.SZ	豫金刚石	12.05	136.82	超硬材料
300161.SZ	华中数控	1.68	43.71	数控装置
300179.SZ	四方达	4.78	36.83	超硬材料
300215.SZ	电科院	7.58	101.46	机床电器
300280.SZ	南通锻压	1.28	43.76	金属成形机床
300488.SZ	恒锋工具	0.63	46.57	切削刀具
300503.SZ	昊志机电	1.01	69.07	功能部件
300508.SZ	维宏股份	0.57	69.03	数控装置
600243.SH	青海华鼎	4.39	46.47	金属切削机床
600783.SH	鲁信创投	7.44	168.37	磨料磨具
600806.SH	*ST昆机	5.31	34.41	金属切削机床
600862.SH	中航高科	13.93	170.51	金属切削机床
601882.SH	海天精工	5.22	131.75	金属切削机床
603011.SH	合锻智能	4.46	51.49	金属成形机床
603088.SH	宁波精达	0.80	41.37	金属成形机床
831544.OC	北超伺服	0.79	12.32	功能部件、数控装置

注1：总市值是2016年12月的数据；

2：泰嘉股份采用的是2017年1月的数据。

汇总分析2011年以来机床工具行业上市公司的基本情况可以看出，总股本保持稳定增长，增长217.1%；总市值在经历2012年四季度的低点后缓慢回升，在2015年间剧烈波动后稳定在2300-2700亿元区间；市盈率处于2011年以来的中间水平；股市资金已连续42个月处于净流出状态。2011年以来机床工具行业上市公司概况详见图1。

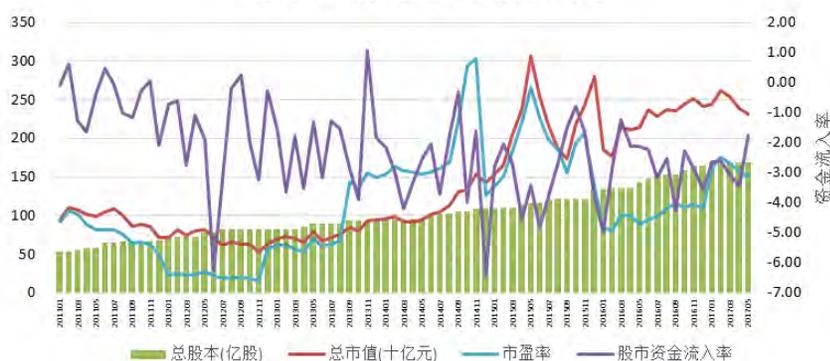


图1 2011年以来机床工具行业上市公司概况

二、年度运行分析

1. 总体情况：运营弱化，投资回报下降

对2011年以来机床工具行业上市公司进行杜邦分析可以看出，净资产收益率连续下降，由2011年的22.92%降至2016年的0.05%；总资产周转率由0.81降至0.39；净利润率和息税前利润率分别由28.44%和34.72%降至8.20%和15.88%，息税前利润率的差值也由6.28个百分点扩大到7.68个百分点。机床工具上市公司整体经营状况详见图2。



图2 机床工具行业上市公司整体经营状况

从上述数据变化不难看出，机床工具行业上市公司自2011年机床工具市场呈现下行以来，整体业绩和投资价值呈现弱化的趋势。目前，不仅要面对市场需求低迷带来的经营下滑，同时企业负担呈现扩大趋势，以至蚕食企业利润。息税支出与净利润之比已由2011年不到1:5攀升至2016年的1:1.07。这一情况需要给予关注。

2. 盈利能力：成本负担固化遏制盈利水平和收益质量提升

对比2011年以来机床工具行业上市公司的盈利能力指标可以看出，投入资本回报率呈现持续下降趋势，由2011年的17.43%降至2016年的3.43%。另外，部分指标分化进一步反映出成本负担增加是盈利能力下降的主要原因之一。如，销售净利润率和销售毛利率的分化，2011年至2016年销售毛利率下降11.23个百分点，同期销售净利润率则下降20.24个百分点，下降幅度是前者的近一倍；管理费用和财务费用占营业总收入的比例也在分化，2011年至2016年前者占比由14.53%微升至17.13%，同期后者占比则由1.50%攀升至2.82%，后者增长幅度近一倍。机床工具上市公司盈利能力详见图3。

不仅盈利能力呈现下降，收益质量也呈现下降。经营活动净收益和营业外收支净额占利润总额比例的背离状态显示上市公司主业经营收益呈现弱化趋势。当经营活动净收益占比下降时，营业外收支净额占比就会增大，2016年呈现新一轮经营活动净收益占比下降和营业外收支净额占比增大的趋势。另一方面，价值变动产生的净收益在利润总额中的占比不断增加，所得税占利润总额的比例也处于近期较高水平。机床工具行业上市公司收益质量详见图4。

3. 现金流量：流动性仍趋紧，收益变现能力下降

从近几年机床工具行业上市公司的现金流量指标看，经营性现金净流量占营业总收入的比例在2011年至2012年处于较高水平，反映上市公司流动性较充裕；2012年至2015年呈现持续下降状态，特别是2015年降至4.71%，与2012年的最高值相比减少超过一半的流动性；2016

年流动性有所改善，但仍处于较低水平。另一方面，对比现金净流量和净收益可以发现上市公司的收益变现能力正在弱化。除了2012年由于运行陡降造成普遍收益下降以外，现金净流量与净收益的比例已由2011年的43.09%激增至520.33%，其变化幅度远大于现金净流量占营业总收入比例的变化幅度，同时考虑到流动性仍处于较紧张的水平，所以上市公司的净收益变现能力呈现严重下降。机床工具行业上市公司现金流量详见图5。

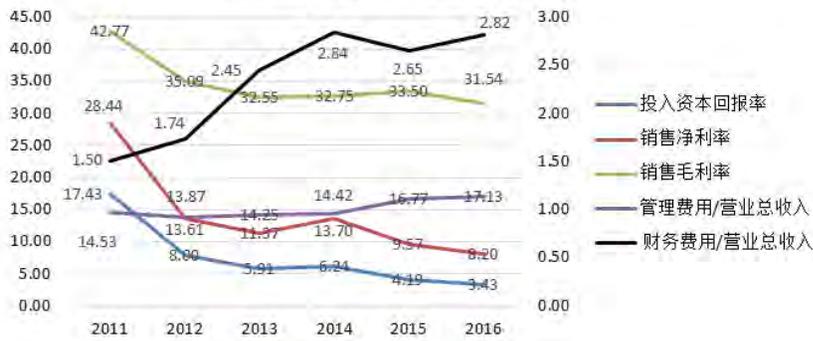


图3 机床工具行业上市公司盈利能力(%)



图4 机床工具行业上市公司收益质量(%)



图5 机床工具行业上市公司现金流量(%)

4. 偿债能力：债务水平下降，流动负债占比居高不下

机床工具上市公司的资产负债率自2011年至2013年呈现上升状态，2013年至2016年呈现下降趋势，资产负债率下降主要受前期金融机构限贷和后期去杠

杆的综合影响，上市公司信贷规模有所下降，呈现债务水平下降的趋势。同时也应注意流动负债的比例一直处于较高水平。机床工具行业上市公司偿债能力详见图6。

5. 营运能力：金融环境恶化，经营效率下降

总的来看，机床工具行业上市公司的营运能力呈现下降趋势。应收帐款周转率大幅下降，反映金融环境恶化，企业回款压力增加；存货周转率先升后降反映库存压力倒逼企业加大消化库存的力度；流动资产周转率显著下降反映企业的资产利用效率在下降。机床工具行业上市公司营运能力详见图7。

6. 成长能力：前期经历成长乏力，近期呈现回升

从收入、收益和资产的变化趋势分析机床工具行业上市公司的成长性看，自2011年以来，营业收入增速从高位下降并呈现振荡运行的状态，运行趋势与市场 and 产业大环境基本一致，预计未来还将维持低位运行的状态；营业利润、净资产收益和净利润随收入增长乏力而大幅下落；净资产在经历前几年的快速下降和低速增长后，近期呈现稳步回升的态势。需要注意的是，在2016年市场回暖带动运行回升的作用下，上市公司的收入、收益和资产均呈现一定程度的回升。机床工具行业上市公司成长能力详见图8。

三、关注与思考

从上市公司的运行变化和数据分析可以间接反映出机床工具行业所面临的一些共性问题，这里既有外部因素（金融环境、成本压力、市场环境等），也有内部问题（经营效率、内部管理、成长能力构建等）。近期市

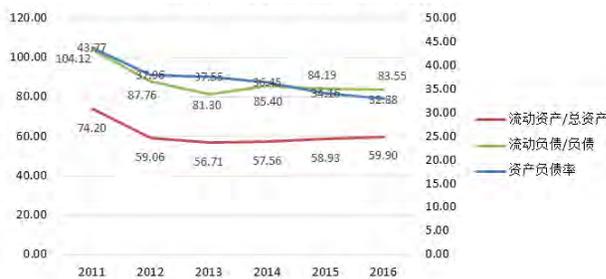


图6 机床工具行业上市公司偿债能力(%)



图7 机床工具行业上市公司营运能力

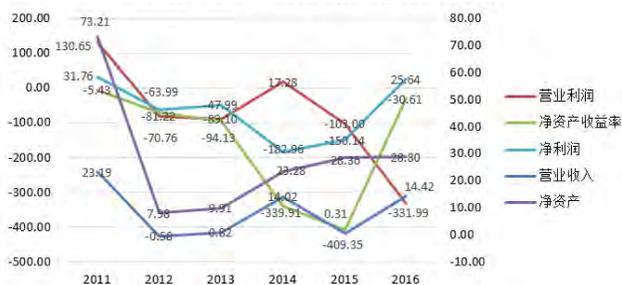


图8 机床工具行业上市公司成长性指标同比增速(%)

场呈现回暖迹象，前一段时期由于运行下行带来的紧张局面也随之得到暂时的缓解。但从上市公司财务分析的情况看，影响行业稳定持续发展的深层次问题远没得到有效解决。当前更应冷静思考并抓住经济稳中向好和市场回暖的有利时机，从产业政策引导、行业凝聚共识和企业主动作为等多层次、多角度的破解行业发展面临的问题和障碍，实现机床工具行业发展的“稳中求进”。□

附表:2016年机床工具行业上市公司主要财务数据 (单位:亿元)

证券代码	证券简称	营业总收入	营业利润	利润总额	净利润	资产总计	负债合计	负债和所有者权益总计	经营活动产生的现金流量净额	投资活动产生的现金流量净额	筹资活动产生的现金流量净额	现金及现金等价物净增加额
000410.SZ	*ST沈机	62.4	-15.2	-14.9	-14.4	248.0	239.7	248.0	-19.4	-5.0	20.7	-3.7
000519.SZ	中兵红箭	37.8	1.3	1.6	1.4	102.7	29.0	102.7	1.6	-0.9	18.7	19.4
000795.SZ	英洛华	16.5	0.1	0.5	0.3	25.3	5.3	25.3	1.4	-0.4	2.9	4.0
000837.SZ	秦川机床	27.0	-1.5	0.3	0.2	78.2	43.2	78.2	-0.8	-9.1	9.2	-0.8
000988.SZ	华工科技	33.1	1.7	2.8	2.4	55.9	23.3	55.9	2.9	-1.4	0.1	1.8
002008.SZ	大族激光	69.6	6.9	8.7	7.5	103.7	48.2	103.7	8.0	-13.3	4.8	-0.4
002026.SZ	山东威达	11.8	1.1	1.3	1.0	27.7	5.2	27.7	0.2	-2.5	0.9	-1.2
002175.SZ	东方网络	5.7	0.8	0.9	0.7	27.9	11.8	27.9	0.7	-8.4	8.7	1.1
002248.SZ	*ST东数	1.7	-2.6	-2.7	-2.9	18.7	12.1	18.7	0.0	-0.2	0.0	-0.2
002265.SZ	西仪股份	5.3	0.0	0.1	0.1	7.9	2.9	7.9	0.3	-0.1	0.1	0.3
002270.SZ	华明装备	10.4	2.6	2.8	2.3	22.8	4.0	22.8	-1.3	-0.1	-1.0	-2.4
002282.SZ	博深工具	4.3	0.1	0.1	0.1	10.3	2.3	10.3	1.0	-0.4	-0.6	0.0
002520.SZ	日发精机	7.8	0.6	0.7	0.5	23.5	6.3	23.5	-0.1	-6.0	-1.1	-7.1
002559.SZ	亚威股份	11.7	0.8	1.4	1.2	21.8	5.9	21.8	1.2	-1.6	-0.3	-0.6
002621.SZ	三垒股份	0.7	0.1	0.1	0.1	11.5	0.2	11.5	-0.1	1.6	-0.1	1.5
002843.SZ	泰嘉股份	2.5	0.4	0.5	0.4	4.6	0.6	4.6	0.9	-0.1	-0.7	0.1
300064.SZ	豫金刚石	9.6	1.6	1.7	1.4	88.2	21.0	88.2	0.4	-16.1	50.8	35.1
300161.SZ	华中数控	8.1	-0.5	0.1	0.0	22.1	9.3	22.1	-0.1	-0.5	2.9	2.3
300179.SZ	四方达	1.7	0.3	0.3	0.3	8.6	1.1	8.6	0.4	-2.1	-0.2	-1.8
300215.SZ	电科院	5.5	0.8	0.8	0.7	37.4	18.3	37.4	3.4	-2.7	-1.9	-1.2
300280.SZ	南通锻压	2.5	0.0	0.0	0.0	8.2	1.9	8.2	0.3	0.3	0.0	0.6
300488.SZ	恒锋工具	2.1	0.8	0.9	0.7	7.0	0.4	7.0	0.7	-0.4	-0.1	0.2
300503.SZ	昊志机电	3.3	0.6	0.7	0.6	8.6	1.8	8.6	-0.4	-1.1	2.2	0.7
300508.SZ	维宏股份	1.4	0.3	0.5	0.4	4.6	0.3	4.6	0.2	-2.3	2.0	0.0
600243.SH	青海华鼎	9.6	-0.9	-0.5	-0.5	30.0	11.4	30.0	-3.2	-0.5	-2.9	-6.6
600783.SH	鲁信创投	1.9	5.2	5.1	3.8	56.3	17.7	56.3	-1.1	5.6	-1.8	2.8
600806.SH	*ST昆机	6.2	-4.5	-2.1	-2.4	23.3	18.8	23.3	-0.7	4.3	-1.0	2.5
600862.SH	中航高科	29.1	0.5	1.1	0.7	85.2	50.8	85.2	8.3	1.7	-10.4	-0.4
601882.SH	海天精工	10.1	0.5	0.7	0.6	19.2	8.3	19.2	1.8	-0.8	-0.6	0.4
603011.SH	合锻智能	6.5	0.3	0.6	0.5	20.1	3.4	20.1	0.8	-5.1	4.2	0.0
603088.SH	宁波精达	2.3	0.2	0.2	0.2	6.6	1.9	6.6	0.8	-0.1	-0.1	0.6
831544.OC	北超伺服	1.9	0.4	0.5	0.4	3.7	0.4	3.7	0.1	-0.5	1.1	0.7



中国机床工具工业协会 信息统计部

2017年1-3月,中国机床工具市场需求呈现小幅回稳,行业总体运行呈现小幅增长。下面从中国机床工具行业重点联系网络和海关的统计数据,对中国机床工具行业 and 市场的运行和发展趋势进行简要分析。

一、行业运行概况

受2016年至今的这一波市场寻求回暖影响,2017年1-3月行业主要经济指标呈现同比小幅回升。行业重点联系网络的统计数据显示,主营业务收入和利润总额呈现同比下降的企业占比为30.9%和45.4%;产成品存货呈现同比增长的企业占比为44.3%,整体形势较上一年同期有所改善。行业运行情况突出反映在以下几个方面。

1.需求小幅增长,销售微弱回升

2017年1-3月,金属加工机床新增订单同比增长1.4%,在手订单同比增长16.8%。其中,金属切削机床新

增订单同比下降5.7%,在手订单同比增长12.0%;金属成形机床新增订单同比增长42.5%,在手订单同比增长34.1%。

2017年1-3月,全行业主营业务收入同比增长0.9%。金属加工机床主营业务收入同比下降12.0%。其中,金属切削机床主营业务收入同比下降18.8%;金属成形机床主营业务收入同比增长24.9%。工量具主营业务收入同比增长25.9%。

2.生产小幅下降,库存小幅回升

2017年1-3月,金属加工机床产量同比下降1.9%。其中,金切机床的产量同比下降5.4%,金属成形机床的产量同比增长17.2%。

2017年1-3月,全行业产成品存货同比增长6.9%。金属加工机床产成品存货同比增长6.2%。其中,金切机床同比增长8.8%,金属成形机床同比下降9.4%。工量具产成品存货同比下降9.0%。

3.利润显著回升,亏损面缩小

2017年1-3月,全行业利润总额同比增长165.0%,金属加工机床利润总额同比增长200.1%。其中,金切机床同比增长46.9%,金属成形机床同比增长38.8%。工量具利润总额同比增长350.1%。

2017年3月,全行业亏损企业占比为38.7%,金属加工机床亏损企业占比为43.1%,其中金切机床为46.1%,金属成形机床为28.6%,与2017年1-2月相比分别下降了9.8、10.6、11.7和4.7个百分点。工量具亏损企业占比为25.0%。

4.出口呈现恢复性增长

2017年1月起,机床工具商品出口同比增速结束了自2015年7月开始的连续18个月的负增长。2017年1-3月机床工具商品出口额24.2亿美元,同比增长8.9%。其中,金属加工机床出口额6.8亿美元,同比增长8.3%;金属切削机床出口额4.4亿美元,同比增长7.0%;金属成形机床

出口额2.4亿美元,同比增长10.7%。切削刀具出口额5.5亿美元,同比增长4.9%;磨料磨具4.9亿美元,同比增长12.7%。

2017年1-3月份出口增速由高到低排列居前三位的商品领域是:机床功能部件(19.9%)、磨料磨具(12.7%)、数控装置(11.1%)。出口去向前三名分别是:美国3.7亿美元,同比增长7.2%;日本2.1亿美元,同比增长10.4%;德国1.6亿美元,同比增长0.4%。

从出口企业性质看,私人企业和外资(含港澳台)企业的占比分别为55.9%和31.8%,国有(含集体)企业占比12.3%;从出口增速上看均呈现恢复性增长,私人企业同比增长12.0%,外资(含港澳台)企业同比增长0.8%,国有(含集体)企业同比增长18.9%。

二、进口贸易情况

2017年1-3月,进口总体呈现小幅下降,降幅较去年年底有所收

窄,但主机类商品进口仍呈现同比降幅扩大的趋势。其中,金属加工机床进口额15.9亿美元,同比下降20.3%;金属切削机床进口额12.9亿美元,同比下降19.2%;金属成形机床进口额3.1亿美元,同比下降24.6%。切削刀具进口额3.6亿美元,同比增长23.9%。

2017年1-3月份进口增速由高到低排列居前三位的商品领域是:机床功能部件(33.0%),磨料磨具(24.9%),切削刀具(23.9%)。进口来源居前三位的分别是:德国7.7亿美元,同比增长0.5%;日本7.5亿美元,同比下降11.9%;台湾地区4.0亿美元,同比增长24.8%。一季度进口来源呈现明显的前低后高趋势,3月份的增长较明显。

主要进口企业中,外资(含港澳台)企业60.5%、私人企业24.6%、国有(含集体)企业14.8%;从同比增速看,外资(含港澳台)企业同比下降10.3%、私人企业同比增长17.8%、国有(含集体)企业同比下降11.4%。

三、对2017年的估计

2016年开始的这一轮市场需求回暖带动了近期行业运行回升,其原因是多方面的,涉及近期国内政治经济形势和环境、供给侧结构性改革的推进,金融业不断加大对实体经济支持的力度,“稳增长”措施效应的逐步显现,以及市场新动能和投资新热点的拉动等。另一方面,近一段时期中国经济超预期回升后,影响经济平稳和可持续运行的问题和隐忧正引起各方面的高度重视,一个突出表现是将金融安全上升到国家治理的高度,未来金融监管趋紧对实体经济的影响也会逐渐显现。上述因素对2017年机床工具市场和产业运行的影响既有长期性的、也有短期性的;既有治本的、也有治标的。机床工具市场需求变化的长期走势尚需进一步观察。考虑2017年中国经济的整体运行趋势,预计机床工具市场和产业运行将呈现趋稳向好的态势。□

(上接第56页) ~~~~~

出现显著调整的可能。近期该产品运行的小幅回升主要受市场需求变化的影响,汽车、房地产和基础建设投入的快速增长是主要动力。

3. 工量具“短期下降,结构性调整是主攻方向”

2016年工量具产出约为51亿美元,同比下降8.9%,与2015年同期增速相比回升2.4个百分点。从增速变化趋势上,呈现降幅收窄的状态。但考虑到去年工量具商品进口增速同

比持平,国内工量具的下行压力还是很大。由于国内工量具消费的高端需求仍主要依赖进口,所以可以得出目前国内工量具企业仍面临市场需求结构性调整的结论。

三、对2017年的展望

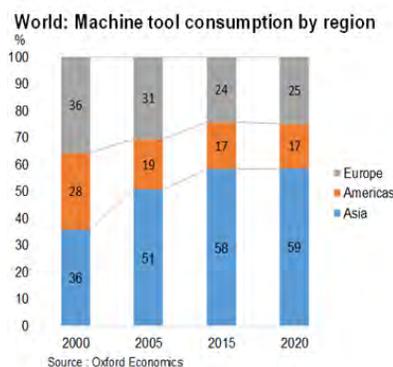
2017年1-2月,固定资产投资完成额同比增长8.9%。其中,第二产业同比增长2.9%,制造业同比增长4.3%,设备购置同比增长10.5%。特

别是汽车、计算机和通信电子制造、仪器仪表、电气机械和石油加工设备制造等领域的投资增速仍呈现显著增长,预计上述市场领域的需求增长仍可维持一段时期。由于国内深化改革力度不断加大,以及国内外机床工具市场的不确定性因素较多,预计2017年中国机床工具市场与产业运行总体将继续呈现弱势调整的走势,进出口或呈现恢复性增长。□

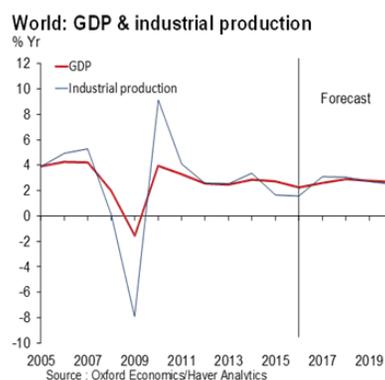
全球机床工具产业：今年初现积极开局

牛津经济研究院 Amit Sharda Jeremy Leonard

自2000年以来，世界经济增长的主要驱动力出现在中国，中国作为一个生产和消费大国，正日益融入世界贸易体系中。中国在2012年之前的十年来，实际GDP平均增长率为10.5%，同时在整个经济领域的实际固定投资支出平均增长了14%，其投资占世界的比重远远超过GDP所占的比重。然而，近年来，由于过度投资产生的产能过剩在中国导致了机床需求的疲软，这一现象自2012年延续至今。在此期间，全球其他导致机床需求下降的主要因素有，欧元区债务危机和石油价格大幅下跌，后者降低了与石油相关的机械消费需求。展望未来，当我们进入2017年，似乎在糟糕的形势中发现一些积极的迹象，但仍然需要保持谨慎。



自2016年底，几项指标开始受全球经济增长拉动而回升。比如，全球制造业PMI指标连续两个季度呈现明显上升，表明活跃度提升，反过来促进世界贸易回升。然而，我们仍然预计在消费支出方面呈现减缓趋势，由于通货膨胀挤压了家庭购买力。综上所述，我们预计在2016年世界GDP增速为2.3%的基础上，2017年世界GDP增速约为2.6%，2018年预计约为2.9%。



同时，石油价格仍是需要叙述的重要部分，从之前的报告开始石油价格保持在每桶50美元的范围内。进入2017年，随着石油输出国组织出人意料地达成全面削减石油产量的协议，石油价格升至每桶53美元至54美

元区间。然而，最近越来越多的证据表明，美国的石油产量将增加，同时库存仍然增加。到目前为止，这已经促使油价回落接近每桶50美元。展望未来，我们预计平均油价在2017-2018年将超过每桶50美元，但对这项预测还是有风险的。

在关键的新兴市场中，中国从2017年开始呈现稳步增长势头，PMI调查表明经济在持续扩张，货物出口和进口量不断增长且呈现健康的步伐，这表明全球需求正在走强。事实上，中国经济提升的画面与去年实施的拉动经济中与进口密切相关部分的刺激政策有关。然而，信贷增长刺激强劲投资的做法是不可持续的，信贷过快增长需要被遏制的同时，降低重工业产能过剩仍然是一个关键性的挑战。另外，目前印度已经摆脱了停止部分纸币流通带来的影响，我们预计印度持续增长的势头不变。与此同时，预计俄罗斯和巴西在经历两年来的衰退后，今年经济将呈现恢复性增长。

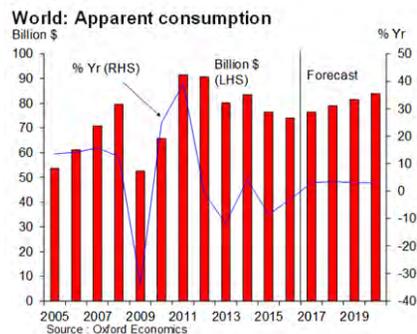
在发达国家中，美国稳固的经济基本面继续支撑消费支出，但通胀正在逐渐侵蚀实际收入，而贸易和投资逐渐复苏。当然，有迹象表明，强劲

的调查数据已经开始转化为实体经济实际改善。支撑这一变化的一个主要因素是石油行业的好转，这导致了石油开采相关机械生产的回升。然而，由于政府财政刺激和放松管制的承诺，股票估值和信心已经膨胀，但可能低估了反移民和保护主义措施的影响。事实上，中国和墨西哥分别是美国进口来源中的前两名，所以就很清楚为什么特朗普总统的言论也主要集中在这两个国家。然而，超越这两个国家的供应链联系意味着对世界的影响将更加广泛。事实上，为墨西哥和中国生产提供支撑的最重要国家是美国，这意味着保护主义措施可能会返回来伤害美国的生产商。

作为美国经济环境变化的副作用，我们看到日元贬值，我们预计这将继续支持日本出口的复苏。此外，美国和日本货币政策之间日益增长的分歧应该也会让日元进一步贬值。连同全球贸易反弹的影响，

上述因素应该提升工业生产，增强了对重工业产品贸易领域的增长预期，如汽车、电力设备，尤其是电子产品等。此外，货币和财政政策也将继续保持支撑状态。

在其他地区，欧洲以工业的健康增长结束了2016年，欧元区最近的工业调查数据显示仍然强劲，但这也并不总是转化为强劲的工业活动。与此同时，政治不确定性可能继续打压一些关键国家（如法国）的投资前景，因此，我们对欧洲未来工业复苏的程度持谨慎态度。跨过海峡，疲软的英镑继续承担任何从英国脱欧投票所带来的对英国经济的负向影响。由于商业调查报告显示订单呈现增多趋势，因此我们预计2017年出口将继续适度增长。但另一方面，围绕英国脱欧性质的不确定性可能会拖累今年对企业的投资。总的来说，我们预测2017-2018年工业生产呈现轻微放缓。



回到机床消费的话题，我们预计今年亚洲的需求将开始复苏，2017年的增长率预计为3.5%。与此同时，欧洲今年将增长3.8%。然而，由于“英国脱欧”的影响，这仍然是英国经济疲软下的表现，可能在未来几年逐渐提高。最后，预计美国机床消费将是最弱的，随着美国2017年的扩张步伐回升，预计增长了0.6%。总体而言，我们预计全球机床消费将从2016年的下跌3%回升至2017年增长3.1%和2018年增长3.5%，但该预测的风险还是相当大的。□

(上接第54页)

上下料单元组成的自动化解决方案，成为数控转塔冲床展示热点。该自动化解决方案基于全伺服主机，基于开放式系统和模块化设计，配合手持终端，实现全自动加工生产。该解决方案也是数控转塔冲床市场应用的优势所在。从折弯机及折弯加工单元来看，伺服技术、后挡料技术、在线测量技术、在线补偿技术，以及折弯单元、自动化折弯成形中心、配有机器人的折弯自动化生产线等，代表了当前折弯机技术发展和应用的走向，未来折弯单元、折弯加工中心将得到更多应用。总结来说，从CIMT2017展品的表现来看，速度更快、精度更高、可靠性更好

正在变成现实，而伺服技术的应用使绿色环保有了可靠的技术保证，同时，单元化、成形中心、FMS、自动化生产线、机器人应用呈风起云涌之势，距离应用井喷已经不远。一言以蔽之，数字化制造与解决方案已成趋势，率先切入并完善者谁就会在市场上处于有利位置。

(2) 在工业4.0大潮下，一些先进厂商已经率先且不约而同地提出了智能互联解决方案。如通快的互联制造TruConnect，其内容包含最新独家的互联技术、智能设备、互联服务等概念，包括了自动化、智能化的硬件解决方案及数字化的软件解决方案；AMADA以智能化工厂为主题，

提出IoT“V-Factory”理念，将工业4.0代入钣金工程，通过将工程相关联来实现生产可视化、工厂连续运转等目标，进而提出生产加工的未来模式；舒勒公司通过建立完善的售后服务APP系统，表达其对智能冲压车间的最新理念的思考，该APP可通过生产现场图片、视频等的资料反馈，快速确定问题所在，迅速为客户给出解决方案。可以想见，智能设备、互联技术理念将快速得到进一步强化和发展。对此，国内厂商需引起高度重视，迎头赶上。

限于时间和水平，本文难免存在疏漏和谬误之处，恳请读者和业内专家批评指正。□

中国装备制造业2016年运行分析与2017年趋势展望

赛迪研究院工业经济研究所 秦海林 关晓旭

装备制造业是我国的战略性产业，从总量规模上看，我国已进入世界装备制造大国行列。装备制造业是各行业产业升级、技术进步的重要保障和国家综合实力的集中体现，具有产业关联度高、技术资金密集的特点。我国经济重点领域的装备制造取得重大进步，一些产品的技术水平已接近或达到国际先进水平。

“十三五”时期是我国制造业增值提效、由大变强的关键期。从国际看，新一轮科技革命和产业变革蓄势待发，制造业与互联网融合发展日益催生新兴业态模式，推动全球制造业进入一个升级转型的新时期；从国内看，随着经济发展进入新常态，新旧动能转换困难相互交织，我国制造业发展也处在新的历史起点上。装备制造业的发展为高端装备制造业的发展奠定了坚实的基础，发展高端装备制造业对于加快转变经济发展方式、实现由制造业大国向强国转变具有重要战略意义。

2016年，发达国家经济复苏依旧缓慢，新兴经济体扩张偏弱，地缘政治等非经济因素的影响仍然存在。在宏观调控政策以及《中国制造2025》强国战略等相关产业政策

引导下，经济运行总体平稳。2016年，我国装备制造业增加值同比增长10.5%，装备制造业增速继续回升，但在投资需求收缩和外贸形势严峻的压力下，回升幅度有限。出口方面，2016年，累计出口交货值20005亿元，增速同比下降0.4%，出口形势严峻。

分行业来看，2016年，我国汽车产销2811.88万辆和2802.82万辆，同比增长14.46%和13.65%，增幅比上年提升11.21%和8.97%；新能源汽车方面，生产51.7万辆，销售50.7万辆，比上年同期分别增长51.7%和53%。机械工业方面，机械工业增加值增速呈现逐月攀升的态势，1-12月同比增长9.6%，比上年增速提高4.1%，高于同期全国工业增速3.6%，累计实现主营业务收入24.55万亿元，同比增长7.44%，比上年同期提高4.12%，高于同期全国工业2.53%。船舶工业方面，受国际贸易趋紧的总体形势下，我国船舶工业增长趋缓，全国造船完工量为3532万载重吨，同比下降15.6%；承接新船订单量为2107万载重吨，同比下降32.6%；截至2016年12月底，手持船舶订单量为9961万载重吨，同比下降

19%；出口船舶在全国造船完工量、新接订单量、手持订单量中所占比重分别为94.7%、77.2%、92.6%。

预计2017年，尽管国际经济形势不乐观，但随着我国三大区域发展战略、中长期制造强国建设战略，以及加快国际产能和装备制造合作等逐步深入实施，新的增长点、增长极、增长带将逐步形成，国内经济将保持平稳增长，各项产业政策的促进因素逐步显现。特别是《中国制造2025》相关配套“工业强基”、“智能制造”等五大专项工程的实施，将加快装备制造业结构调整和转型升级。在此带动下，2017年我国装备制造业加快发展，工业增加值增速同比继续回升，全年有望保持在11%左右。出口方面，2017年全球经济缓慢复苏难以改善，但由于“十三五”时期我国将把装备工业作为新的出口主导产业培育发展，“一带一路”战略与《关于推进国际产能和装备制造合作的指导意见》加快实施，我国装备产品出口增速有望加快回升，出口交货值将实现同比增长，预计2017年累计增幅在2%左右。2017年，我国装备制造业呈现出如下几点趋势：

趋势一：协同化、个性化、服务化将成为装备制造业发展主流方向

2016年，装备制造业模式不断创新，网络化协同在多环节展开，个性化定制成为热潮，服务型制造悄然兴起。海尔互联工厂通过“智能交互制造平台”前联研发、后联用户，实现用户、产品、机器、生产线之间的实时互联，促进用户个性化需求与智能制造体系无缝对接，实现“产销合一”。个性化定制在电子、服装、家居等行业热潮涌动。博众精工等企业，通过应用自身平台，加强用户参与互动，进行便携自主的DIY设计，实现了生产制造与市场需求的高度协同。服务型制造成为制造企业布局新方向。哈电机公司、欧冶云商整合公司的技术、数据、资金、供应链资源，打造面向行业的智能云服务平台，拓展基于产品的增值服务和基于技术创新的专业服务。

2017年，协同化、个性化、服务化将成为制造业发展主流方向，更多制造企业将加入制造模式创新行列。通过新技术的应用，优化配置资源，推动业务流程变革，创新服务模式，建立新的价值创造和价值传递机制，培育形成附加值更高的新模式新业态。

趋势二：开放、共享、协作的智能制造产业生态将逐步形成

2016年，《智能制造工程实施指南（2016-2020）》和《机器人产业发展规划（2016-2020年）》的发布、智能制造试点示范专项行动的实施、增材制造产业联盟的成立等产业政策与行动推动智能制造产业加速度发展，一些产品获得新突破。在互联网、云计算等信息技术，以及传感技术、控制技术高速发展的协同作用

下，智能制造以大规模个性化定制、网络协同开发、在线监测、远程诊断与云服务为代表的新业态、新模式快速发展。此外，工业机器人、服务机器人、新型传感器、智能仪器仪表与控制系统、可穿戴设备、智能电网等智能装备和产品的应用不断拓展，需求规模呈快速扩大的态势。

2017年，随着各项产业政策将智能制造提高到新的高度，各领域智能制造推进路线进一步明确，开放、共享、协作的智能制造产业生态将逐步形成。高端装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、高性能医疗器械等装备制造者与用户联合开发所需成套装备的模式将得到推广。借助互联网技术的发展，网络协同制造、大规模个性化定制、远程运维服务等智能制造新模式将不断成熟。

趋势三：将涌现更多智能工厂新典范

2016年，随着智能制造在全国范围的加速兴起，智能工厂成为传统制造企业转型升级的主要突破方向。一是离散型行业围绕制造单元、加工中心、生产线和车间智能化改造，推动全民感知、设备互联、数据集成、智能管控，促进生产过程的精准化、柔性化、敏捷化。宇通集团通过模块化设计、模块化销售和高效、智能、柔性化生产相结合的方式，探索节能与新能源客车制造新模式。二是流程型行业针对生产过程的工艺控制、状态监测、故障诊断和质量控制的智能化需求，加快设备智能化改造，推动先进过程控制和制造执行系统的部署和优化升级，促进生产过程集约高效、动态优化、安全可靠。镇海炼化应用XPIMS、ORION等优化软件建立了炼油装置的计划调度一体化模型，实现乙烯装置全流程在线实时闭环

优化。

2017年，将会涌现更多的智能工厂典范，机械、船舶、汽车、家电等离散型行业将加速网络化智能设备应用，数控机床、工业机器人、工业物联网应用不断扩大，生产方式向绿色化、柔性化发展。石化化工、钢铁、有色、建材等流程型行业将通过优化升级过程控制和制造执行系统，推动生产工艺和生产流程的智能优化，实现制造全过程的协同控制、在线优化和精细化管理。

趋势四：以产业化应用为目标的高端装备创新发展加速推进

2016年，在国家一系列产业政策的推动下，高端装备制造业的发展取得明显成效，产值占装备制造业比重逐步提高。“十三五”规划纲要中提出，未来五年我国将实施高端装备创新发展工程，包括航空航天装备等八大行业。《高端装备创新工程实施指南（2016-2020年）》中明确提出要集中资源，着力突破大型飞机、航空发动机及燃气轮机、民用航天、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、海洋工程装备及高技术船舶、智能电网成套装备、高档数控机床、核电装备、高性能医疗器械、先进农机装备等一批高端装备，提高产业创新能力和国际竞争力。

2017年，随着制造业转型升级和国产化替代的推进，高端装备制造国内外市场需求巨大，一批标志性、带动性强的重点产品和重大装备将加快布局，自主设计水平和系统集成能力、核心部件研制技术水平逐步提升，产业创新能力不断增强。随着一批重大装备的工程化、产业化应用，高端装备作为装备制造业“新名片”，将带动我国装备制造业水平的全面提升。□

2016年度中国机床工具行业“30强”企业发布

中国机床工具工业协会

为了持续展示中国机床工具行业发展进步和营造行业“由大到强”的发展导向，中国机床工具工业协会继续在年度优秀会员评比活动中开展行业“30强”企业评价工作。行业“30强”企业评价工作坚持“科学、公平、公开”的原则，以行业统计资料为依据，对2016年度主营业务收入达到行业平均水平以上的企业，按照“中国机床工具行业运行综合评价指数”计算方法进行测算，以企业综合评价指数形成2016年度中国机床工具行业“30强”企业，具体情况如下。

2016年度中国机床工具行业“30强”企业名单 (按企业名称排序)

企业名称	网址
北京北一机床股份有限公司	http://www.byjc.com.cn/
北京阿奇夏米尔工业电子有限公司	http://www.gfms.com/country_CN/zh.html
北京精雕科技集团有限公司	http://www.jingdiao.com/cn/
成都成量工具集团有限公司	http://www.chinachengliang.com/
大连机床集团有限责任公司	http://www.dmtg.com/
东风设备制造有限公司	http://www.dfmtg.com/
广州数控设备有限公司	http://www.gsk.com.cn/
杭州友佳精密机械有限公司	http://www.goodfriend.com.cn/
合肥合锻智能制造股份有限公司	http://www.hfpress.com/
济南二机床集团有限公司	http://www.jiermt.com/
江苏金方圆数控机床有限公司	http://www.jinfangyuan.com/
江苏亚威机床股份有限公司	http://www.yaweijsb.com/
南通国盛智能科技集团股份有限公司	http://www.ntgszk.com/
宁波海天精工股份有限公司	http://www.hision.com.cn/
秦川机床工具集团	http://qinchuan.com/
瑞远机床集团有限公司	http://www.ruiyuanchina.com/
山东威达重工股份有限公司	http://www.weidamc.com/
上海工具厂有限公司	http://stwc.cn/
沈阳机床(集团)有限责任公司	http://www.smtcl.com/
泰安华鲁锻压机床有限公司	http://www.taianduanya.com/
天津市天锻压力机有限公司	http://www.tianduan.com/
天水星火机床有限责任公司	http://www.sparkcnc.com/
武汉华工激光工程有限责任公司	http://www.hglaser.com/
武汉重型机床集团有限公司	http://www.whhdm.com/
扬力集团股份有限公司	http://www.yangli.com/
扬州锻压机床股份有限公司	http://www.duanya.com.cn/
云南正成工精密机械有限公司	http://www.tzmt.com/
浙江日发精密机械股份有限公司	http://www.rifapm.com/
中南钻石有限公司	http://www.diamond-zn.com/index1.html
株洲钻石切削刀具股份有限公司	http://www.zccct.com/

2016年度“产品质量十佳”产品简介

中国机床工具工业协会行业发展部

【编者按】由中国机床工具工业协会主办的产品十佳（即“自主创新十佳”和“产品质量十佳”）评选是一项面向所有会员企业的重要公益性活动，已持续举办多年。活动通过公开征集产品并公正评选，旨在表彰先进、树立典型。2016年度的“双十佳”评选结果已于CIMT2017展会首日面向全社会发布。现将荣获产品质量十佳称号的产品简介如下。

CK7520C 数控车床 宝鸡机床集团有限公司



【产品简介】

该机床是对标国际先进技术，满足国内中高档数控车床需求而开发设计的产品。机床采用整体斜床身铸铁结构，具有高强度、高刚性和优良的抗震性。本机为多功能普及型精密数控车床，可配备多种中高档数控系统，实现三轴二联动控制，可根据顾客要求进行个性化设计。该机能进行端面、圆柱、曲面、公、英制螺纹的车削加工，具有刀尖补偿、后台编

辑、图形显示等功能，并具有较好的防三漏效果，是汽车、军工等行业大批量、多品种、多规格、高精度零件车削加工的首选设备。

【质量水平】

贯彻机床最新标准，荣获了陕西省科学技术奖、火炬计划项目证书和实用新型专利证书。产品质量水平达到国内先进，一等品率达到98%以上，开箱合格率100%。被中国质量万里行评为“中国改革开放30周年全国产品质量稳定合格用户满意知名品牌”。公司2005年申报了CK75数控车床陕西省名牌产品，并荣获“陕西省名牌产品”称号。为确保机床质量性能水平得到提升，公司进行了严格的过程质量控制，并开展了各种质量活动。

【用户评价】

目前有17家重点用户在使用150多台CK7520C机床。用户认为CK7520C是一款可靠性、稳定性

高、机床精度保持性好，可替代进口设备的理想产品。在该机研发初期，公司坚持与用户友好合作，保持充分良好沟通，深入了解用户需求。产品投入使用后及时跟踪使用效果，不断优化改进，机床的稳定性和精度保持性都达到了用户满意。

PL1200As 立式加工中心 成都普瑞斯数控机床有限公司

【产品简介】

该加工中心是引进欧美先进技术、针对现代自动加工特点自主创新研制的精密数控加工设备，在航天航空、军工、汽车、摩托车、核工业、铁道车辆等领域得到广泛应用。本产品配置BT50大规格主轴传动系统，整机采用高刚性结构设计，并配备高刚性滚柱直线导轨，特别适合于黑色金属类零件的重切削加工。机床具有较高的稳定性和

可靠性，在实际使用中具有很好的刚性和动态响应性，能满足现代高速加工的需求。机床采用多项先进技术及专利技术，并以其良好的性价比在市场上赢得强大的竞争力。



【质量水平】

成都普瑞斯数控机床有限公司是获得ISO9001:2008国际质量体系认证的企业，具有完善的质量管理体系，在历年的外部监督审核中，均获得了专家好评。公司在生产经营中极为重视员工的技术和素质培训，确保员工自身能力不断提高，使产品质量得到有效保证。机床的关键核心功能部件均采用世界著名品牌，有效确保了机床的高质量和高可靠性。在机床零件的生产过程中，采取自主加工和外协加工相结合、关主件以自主加工为主的生产模式。在机床加工和装配调试过程中，每一个工序都严格按工艺执行并按相关规定及标准进行检验。

【用户评价】

PL1200As立式加工中心以其先进的技术性能指标、高可靠性及稳定性、不断提高的品质和公司良好的服务赢得了用户的持续好评，在汽车、航空航天和3C电子等批量化生产的企业中，在用户连续苛刻的加工环境下，经受住了严格的实战考验，在不断为客户创造价值和财富的同时，也赢得了客户的支持与信赖。同时，公司非常注重用户的使用体验和改进意见，与用户积极互动，

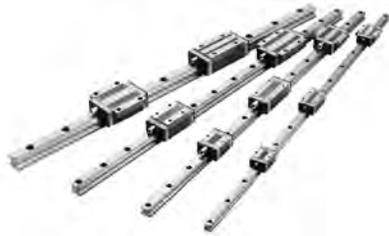
不断对产品进行改进和完善，使产品变得越来越好。

LGS25 精密滚动直线导轨副

广东高新凯特精密机械股份有限公司

【产品简介】

LGS25精密滚动直线导轨副为四列式单圆弧沟槽接触，各球列设计成45度接触角，使其具有四方向等载荷和自动调心的能力，这样可吸收安装面的装配误差，适用于任何姿势。并且LGS25直线导轨副具有较低的摩擦系数，可通过施加足够的预压提高刚性。该直线导轨副可选用多种密封件，提高密封性能，特别适合在多粉尘或木屑的环境下使用。



【质量水平】

为了确保产品满足设计要求，对从进料到出厂的每一环节都进行了严格的质量控制。在进料检验方面，对装配零配件严格按照相关标准和进料检验规范的要求进行检验，确保所有零配件符合设计技术要求。在制造检验方面，质检专员严格按照相关规范的要求，对各道工序进行首检、巡检，确保每道工序检验合格后方可转入下一道工序。在成品检验方面，严格按照相关标准进行全检，确保成品合格率达100%。由此，产品质量日臻完善，在客户中树立了良好口碑，完全可以与国外同类产品相媲美。

【用户评价】

该产品自投放市场以来，至今已在高精度、高刚性、高密封要求的数控金切机床、电子信息装备、木工机械和其他机床设备制造行业中得到了广泛应用，并以其产品质量的可靠性、稳定性以及良好的售后服务获得了广大用户的好评。虽然该产品完全符合行业标准，但为了提高产品竞争力，公司不断优化设计，使得LGS系列产品的质量不断提高，运行平稳性更好。

HSK工具系统刀柄

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司

【产品简介】

HSK工具系统是联结高速、精密数控机床主轴和高速高效刀具的关键功能部件。采用双面（法兰端面和锥面）过定位夹紧原理，定位精度和重复定位精度可达到0.002mm，是HSK、KM、CAPTO、BBT等双面过定位夹紧方式中精度高、应用广泛的连接形式。刚性和重复安装精度较传统7:24锥柄提高了数倍，具有定位精度高、联接刚性高、重量轻、动平衡性好等特点，因此成为高速、高精度加工的首选工具系统。其批量生产对提高我国自主研发能力和批量制造技术，满足国内市场需求，提升国际市场竞争力，具有十分重要的意义。



【质量水平】

HSK工具系统刀柄各项静态尺寸和精度已全面、稳定达到或高于ISO 12161标准规定的各项指标，HSK柄部锥度精度达到AT3级。经使用验证，动态精度和性能也满足高精度、高速加工需求，产品经过了具有资质的检测机构认定，可完全替代高端进口产品。通过对相关技术的成熟掌握及持续改进，产品在满足国内市场需求的同时畅销欧洲市场。HSK工具系统刀柄批量加工技术的成果转化，改变了我国此类产品长期依赖进口的被动局面，提升了高性能机床工具系统自主研发能力和我国装备制造业参与国际市场竞争的实力。

【用户评价】

经用户使用验证，HSK工具系统刀柄的产品尺寸和精度均达到相关国际标准规定。热缩刀柄类使用已达2年，精度大部分仍保持标准水平。弹簧夹头、削平型刀柄、套式铣刀柄、端铣刀柄等仍保持出厂精度，没有明显变化，产品精度可靠性、稳定性达到世界一流产品的水平，这与哈量集团坚持选用高档原材料和完善的热处理、高精度的加工保证体系密不可分。用户对服务满意度达到86%。

ZDC350+ZDZ350**制动盘自动线**

吉林省金沙数控机床股份有限公司

【产品简介】

这是自主研发的盘类件全自动加工生产线，具有结构紧凑合理、操作全中文化、占地面积小、生产精度高、节拍短、用人少等绝对优势，完全打破了进口设备对于国内盘类件精

加工的垄断。机床采用双主轴、双刀架结构形式，上下料采用自动传送带。是汽车刹车盘加工行业的首选，也适用于各种盘类件的加工。双主轴对接可解决二次装卡所带来的不便，保证零件一次性完成加工。实现大批量生产的流水化、高效率化、低成本化。功率大，效率高，适合中小型盘类、壳体类等零件批量加工。

**【质量水平】**

该项目产品具有高精度、高性能特点，符合相应国家标准及行业标准。产品已经投入量产，顺利完成了科技成果转化。从2013年与制动盘龙头企业签订销售合同以来，至今产品已得到大量客户的充分认可，在同类产品中具有较高的竞争地位。

【用户评价】

用户反馈认为机床使用整体满意，很少出现故障，售后服务及时。目前在某用户使用的13台ZDC350机床都正常运转，问题很少。长春某用户使用金沙设备6台，整体满意，认为加工性能稳定，效率高。并表示未来在扩充生产时，仍将首选金沙设备。另有用户使用两台金沙自动线达两年，一直是24小时满负荷运转，设备故障率低。

数控硬质合金刀具

上海工具厂有限公司

【产品简介】

经过持续的积累，上工正逐步实现产品的升级换代和转型，数控刀具产品已成功进入汽车制造、模具制造、航空航天等市场领域，成为企业实现可持续发展战略的有力支撑和新的增长点。“十二五”期间，尽管宏观经济形势复杂多变，上工的销售规模始终维持在5亿元以上，净利润率超过12%，净资产收益率15%左右，经营质量稳居行业领先地位，品牌效应不断提升，其中数控产品对企业发展的贡献率已超过10%。

【质量水平】

随着切削技术的不断发展以及数控机床和加工中心的广泛应用，给高效率、高精度、高可靠和专用化的数控刀具发展提供了广阔的市场空间。上工以此为契机，抓住机遇，大力发展数控刀具，不断替代进口，逐步实现进口刀具的国产化。通过技术项目改造，为产品质量的稳定保驾护航；加强队伍建设，保障产品质量的人力资源支持；建立健全质量管理体系，以规范管理机制为质量提升注入动力；注重过程控制，确保产品形成过程中的质量受控；重视用户服务，以品牌建设保障质量持续发展。

【用户评价】

经过几年的持续创新与市场培育，上工数控刀具得到广大用户越来越多的认可与肯定。2016年第三方顾客调查显示，受测评的顾客普遍认为，与其期望相比，上工数控刀具的整体水平“已达到要求”，对性价比两个维度的评价都处于较高水平。顾客对产品质量、包装水平、服务质量的评价结果较往年有所提高。所有被

访顾客都表示，愿意继续选择上工的产品并向他人推荐。



钻头及内冷钻类



铰刀类产品



航空航天类道具产品



深孔加工类钻头产品



汽车类道具产品

BP8高精度数控外圆磨床

台州北平机床有限公司

【产品简介】

该机主要用于25mm以下硬质合金棒料的外圆磨削成型，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装配置可方便进行小批量生产和长时间无人自动化运行。采用专业的砂轮平衡力磨削工艺保证工件同心度，数控五轴联动功能可以磨削平面、多角、偏心和非圆的凸轮曲面。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。



【质量水平】

这是2013年开发的八轴数控外圆磨床，属于北平机床热销优质机型，已被全国各地大量用户选用，并且反响良好，充分体现了北平机床在新产品开发方面的质量控制能力，以及对批量生产时产品质量控制的强有力手段。BP8数控外圆磨床从设计开发阶段，到工艺审查编制，零件加工阶段，再到装配以及出厂检验，都严格遵循质量体系要求，严格按照质量文件的要求指导每一个环节，因此确保产品的高质量。

【用户评价】

该磨床经过几年推广，已拥有20多家用户。株洲某公司是BP8的大用

户，目前有10几台机床正在使用，反馈BP8系列粗、精磨头同步高速精密磨削使得合金圆棒圆跳动、圆柱度及表面粗糙度均已达到产品要求。另有重要用户反馈，采用BP8可以圆棒工件横向式磨削和切径式磨削同时进行，实现高精度磨削，产品符合要求，可以替代进口。梧州市某用户正在使用6台BP8磨床，反映机床自动化程度高，自带的三轴机械手可实现无人化自动上下料，大大降低了人工成本。机床单台月平均故障时间小于1小时，加工尺寸稳定性高。

YK5180 数控插齿机

宜昌长机科技有限责任公司

【产品简介】

该机是为满足工程机械、汽车、矿山机械、能源设备等行业对各种传动齿轮加工的需要而开发的高精、高效齿轮加工设备，是一种集直齿、斜齿、单联、多联齿轮加工于一体的多功能机床，六轴数控，自动化程度高，柔性好，加工空间大。该机具有刀架提拉功能，插齿行程长度和行程位置可自动调整，除广泛用于加工圆柱齿、非圆齿外，特别适合于深孔内齿及具有特殊要求的双联或多联齿轮以及一些特殊齿形的结合子的加工。



【质量水平】

YK5180已进行批量生产，从产品设计、铸件毛坯进厂、零件加工检验、总装检验，到包装发运检验等都经过层层把关，有零件检验记录、部装检验记录、总装检验记录，机床整体质量档案等。为保证以上各指标的实现，从该产品设计到批量生产每一阶段都进行了阶段评审，并请质量技术监督局进行了产品质量鉴定。该型机床几何精度、工作精度都是一次交验合格。

【用户评价】

用户对该产品的可靠性、稳定性、服务水平都给予很高的评价，对于产品质量和服务质量都比较满意。

T35 数控车床

浙江海德曼智能装备股份有限公司

【产品简介】

这是小型轴类、盘类零件高精度加工的首选产品，采用高精度设计。主机采用排刀结构，可配置立/卧铣削动力头，用于镗孔或铣面加工；机床采用进口高精度直线导轨和滚珠丝杠，移动速度快，加工精度高。配备各种用于无人化场合的接口，是轴类和盘类小型零件无人化加工的理想选择。



【质量水平】

海德曼公司将国家数控车床精度标准的容差值压缩50%，其中主轴相关和刀塔相关压缩70%作为公司的产品精度标准。采用先进的生产模式，保证高精度标准的可靠执行，从根本上保证了整机的质量和可靠性。主轴采用海德曼专有技术的高精度主轴单元结构。采用先进的热结构设计理念，最大限度减少了机床工作发热对加工精度的影响。机床外观采用耐高压（70kg）防护设计，可用于各类零件的高压断屑场合。T35高精度数控车床精度标准已经达到了国内领先，国际先进水平。

【用户评价】

T35高精度数控车床于2013年投放市场，目前已经是海德曼公司最热销高端数控机床。客户对该款机床在高精度、精度稳定性、整机可靠性等方面给予高度评价。

**1A1、6A1、9A1 树脂结合剂金刚石无心磨砂轮
郑州磨料磨具磨削研究所有限公司**

【产品简介】

树脂结合剂金刚石无心磨砂轮（以下简称B-D无心磨砂轮）具有加工效率高、加工工件的圆度、圆柱度精度高、尺寸一致性好、精磨后工件的表面粗糙度好的特点，适用于粗磨、半精磨和精密磨削。产品广泛应用于硬质合金棒材、刀具、耐磨件、模具、聚晶复合片、蓝宝石棒、陶瓷插芯等材料的粗磨、半精磨和精密磨削加工。



【质量水平】

公司秉承“管理保证品质、创新提升品质、品质取信用户”的质量方针，积极推行质量管理体系，实施全面质量管理，先后通过ISO 9001质量管理体系、ISO 14001环境管理体系和OHSAS 18001职业健康安全管理体系认证。为让每个人做好自己的产品，公司编制了B-D无心磨砂轮产品工艺文件，规范了员工的操作。按照质量体系的要求，对产品涉及的人员、设备、原材料、工艺方法和生产环境进行控制。通过规范产品制造工艺，加强过程控制，开展工艺纪律检查和质量责任制，保证了B-D无心磨砂轮制造过程质量和使用性能的稳定性。

【用户评价】

经过10多年的市场推广应用，产品质量稳定，各项指标及使用性能达到或超过国外同类产品先进水平，完全满足国内外市场需求，已批量稳定供应国内硬质合金、复合片和工具生产厂家。用户普遍反映B-D无心磨砂轮产品能满足产品粗、精磨加工，磨削效率高，表面质量好，性价比优于进口砂轮。 □

高速车削中心的结构设计与性能测试分析

沈阳第一机床厂 肖泉洋

【摘要】本文分析了高速车削中心的市场需求，以及高速切削在机械加工中的重要性和必然趋势。研究和确定高速车削中心性能参数指标，研究实现高速车削中心的主要关键技术。重点研究应用了直线电机的进给机构的特点、相关零件的设计要求，装配技术；研究6000-8000r/min的主轴部件镶套灌胶的结构，主轴轴承结构的选择；进行了主轴的动态分析、刚性分析，主轴箱温度场及主轴热漂移测试分析。

一、产品的市场需求和开发的意义

随着机械制造业的竞争日趋激烈，产品生产周期日益缩短，提高生产效率已成为企业增加利润、占领市场的重要手段。因此，机械制造行业对高速切削机床的需求越来越大，这种需求在汽车、飞机、模具等制造行业表现的尤为明显。高速、高效、复合、智能、环保型机床才是未来机床行业发展大趋势。高速数控车削中心采用高速切削（HSC）和高速加工（HSM）技术，在大幅度提高切削速度的同时，其进给速度提高达5~10倍，单位时间内内材料切除率大大增加。而且，机床空程速度也大幅提高，减少了空行程时间，从而极大地提高了机床的生产效率。此外，当机床切削速度达到一定值后，其切削力降低许多，致使绝大多数的切削热来不及传递给工件即被切屑飞速带走，工件基本上保持冷态，因此高

速车削有利于加工易受热变形影响的零件。同时，高速车削时激振频率特别高，可远离“机床-刀具-工件”工艺系统的固有频率，工作平稳且振动小，极大提高加工精度。高速切削（HSC）、硬切削和干切削被认为是当今切削加工中3项最具发展前景的技术。特别是，有些有色金属及石墨材料的零件，只有应用高速切削才可以达到所要求的很高的表面质量，可以省去后面的磨削和抛光的工序，节约工时，提高效率。由于我国的高速车削中心开发较晚，对关键技术和高端技术掌握较少，产品性能、技术指标及可靠性均与国外知名品牌存在较大差距。我国每年都以昂贵的价格进口大量此类机床，而发达国家在数控关键技术和装备方面对我国实行封锁和限制政策，严重地制约了我国经济的发展，不利于企业设备的升级改造。HTC2550hs高速车削中心的开发设计和制造，可使我们掌握高档数控装备的设计制造核心技术，可大大缩短

我国机床制造业与国外竞争对手的差距，是提高我国机床制造业竞争力的有效手段，从而在整体上提高我国装备产品的国际竞争优势。

二、产品开发总体方案的概述

1. 总体方案

本项目消化吸收沈阳机床股份有限公司现有的技术，与高校及科研院所联合设计攻关，研究高速数控车床及车削加工中心关键技术，其中包括高刚度主轴技术、高速驱动技术、结构优化设计技术、热变形及其补偿技术、动态性能研究及其轻量化设计技术等。并对国外公司的成熟产品进行深入研究，在此基础上高起点地研究和开发高速数控车床及车削中心。

2. 主轴方案

确定主轴的驱动方式，拟采用高速电机通过同步带传动及高速内装电

机的直接驱动两种方式，反馈光栅直联结构，保证车削主轴的优良动态特性；确定主轴系统的支撑结构与冷却方式，在保证主轴刚性的同时减少发热；确定独特的车削主轴镶套灌胶结构，保证车削主轴前后支撑轴承的同轴度，保证高速工作的可靠性。

3. 床身方案

作为机床支撑件常用的铸铁材料虽然具有很多优点，但是在动态性能和热变形方面很难满足机床精度越来越高的要求。树脂混凝土床身具有很好的减振性能和热稳定性，目前国外已经有了广泛的应用。本项目设计床身采用树脂混凝土床身，与国内具有成熟经验的树脂公司合作研制，并研究具有环保特点的油水分离结构。

4. 进给系统方案

采用独特结构的直线电机作为驱动方式，立式安装的直线电机消除了初极和次极之间作用力对导轨的附加载荷，保证了进给系统高的快移速度和加速度；改进和优化两轴防护的导向结构，提供稳定可靠的安装基准。

5. 外观防护方案

外观防护设计造型美观大方，能有效防水防屑，便于操作维修，安全可靠，宜人性好。机床采用单拉门，内置向右拉；CRT箱旋转结构，便于操作。

6. 系统及主电机方案

机床CNC数控系统标准配置采用德国西门子公司生产的西门子数控系统，该系统能适应高效率、高精度的机械加工；且具有操作方便、功能齐全、可靠性高等优点。同时，在相应的各部位增加安全措施，充分保障机床的可靠运行。

7. 机床主要参数

项 目	单 位	技术指标
最大回转直径	mm	520
最大车削直径	mm	250
最大加工长度	mm	500
主轴最高转速	r/min	6000
X/Z轴快移速度	m/min	60
动力刀具转速	r/min	6000
主轴径向跳动	mm	0.005
主轴轴向跳动	mm	0.005
重复定位精度	mm	0.002

三、关键技术分析

1. 直线电机的安装设计与计算

直线电机即直线电动机，是一种将电能直接转换成直线运动机械能，而不需任何中间转换机构的传动装置，实现所谓的“零传动”，能满足这种快速进给系统的要求，提高快速响应、定位精度、刚度和加工精度。

本课题产品采用独特结构的直线电机做为驱动方式，该电机消除了直线电机初极和次极之间作用力对导轨的附加载荷，保证了进给系统高的快移速度和加速度；在设计之初就进给系统的关键数据与电机制造厂家进行了联合设计与计算，并同时改进和优化两轴防护的导向结构，提供稳定可靠的安装基准。

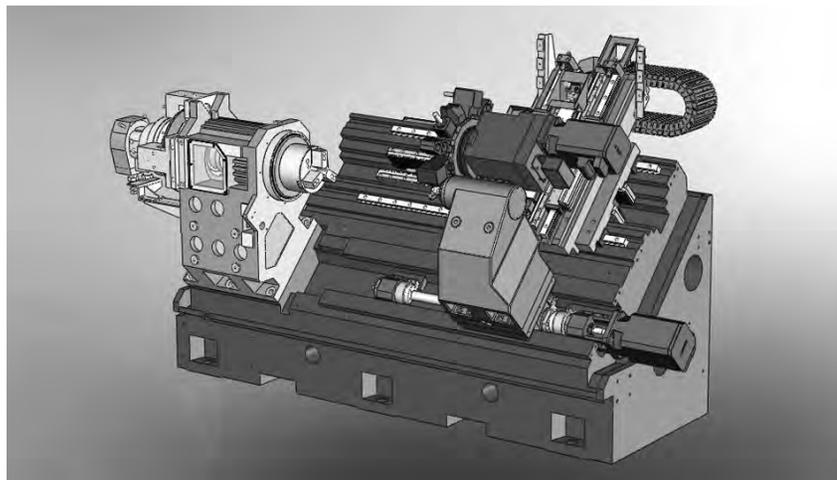
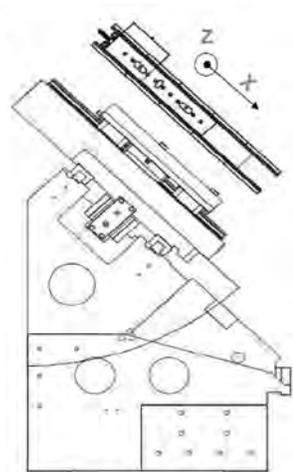


图1 直线电机进给系统结构

项目	单位	X	Z
负载重量	Kg	260	420
行程	mm	165	630
最大速度	m/s	1	1
最大加速度	m/s ²	10	10
加速时间	s	0.1	0.1
最大切削速度	m/s	0.1	0.1
最大切削加速度	m/s ²	1	1
加速时间	s	0.1	0.1
最大切削力	N	1600	2000
导轨形式		Linear	Linear
定位精度	mm	0.005	0.008
重复定位精度	mm	0.002	0.002
冷却系统		水冷	水冷



电机计算 X-轴

重力沿X方向的分力: $G_x = 1802\text{ N}$
 重力沿Y方向的分力: $G_y = 1802\text{ N}$
 直线导轨摩擦系数取0.01, 则产生的摩擦力为 $F_f = 18\text{ N}$
 最大切削力 $F_t = 1600\text{ N}$

■ 滑台静止, 导轨未夹紧
 所需要的电机推力:
 $F_M = G_x - F_f = 1784\text{ N}$
 对于直线电机L2U-3P-400x75在静态时所输出的推力约为 $0.7 \times F_{cw} = 1960\text{ N} > F_M$;
 但安全系数仅为1.1。
 注释: 如果导轨夹紧, 所需要的电机推力可为0。

■ 快速移动时
 ● 向上加速运动:
 所需电机推力: $F_M = G_x + F_f + m \times a_{max} = 4420\text{ N}$
 加速时间: $t = 1\text{ s}$
 加速位移: $S = 50\text{ mm}$
 ● 向上减速运动:
 所需电机推力: $F_M = m \times a_{max} - G_x - F_f = 780\text{ N}$
 减速时间: $t = 1\text{ s}$
 减速位移: $S = 50\text{ mm}$
 ● 向下加速运动:
 所需电机推力:
 $F_M = m \times a_{max} - G_x + F_f = 816\text{ N}$
 加速时间: $t = 1\text{ s}$
 加速位移: $S = 50\text{ mm}$

● 向下减速运动:
 所需电机推力: $F_M = m \times a_{max} + G_x - F_f = 4384\text{ N}$
 加速时间: $t = 1\text{ s}$
 加速位移: $S = 50\text{ mm}$
 快速移动时, 当滑台向上加速时所需电机推力最大, 为4420N。
 对于直线电机L2U-3P-400x75, 峰值推力 $F_p = 6050\text{ N}$ 。此时安全系数约为1.36。能够满足使用要求。

■ 车削加工时
 ● 静态保持时, 所需要的电机推力:
 $F_M = G_x + F_f - F_t = 220\text{ N}$
 对于直线电机L2U-3P-400x75在静态时所输出的推力约为 $0.7 \times F_{cw} = 1960\text{ N} > F_M$ 。能够满足要求。但考虑到控制电机发热和提高加工精度的要求, 建议此时将车滑块夹紧。
 ● 插补时向上加速运动:
 最大加速度为 $a_c = 1\text{ m/s}^2$
 所需电机推力:
 $F_M = G_x + F_f + F_t + m \times a_c = 3680\text{ N}$
 对于直线电机L2U-3P-400x75在冷却时所输出的连续推力为 $F_{cw} = 2800\text{ N} > F_M$ 。此种工况下电机需要满足要求。
 $F_M = (G_x + F_f + F_t + m \times a_c) \times 1.4 = 2700\text{ N}$
 $F_p = 80\text{ N}$
 ● 插补时向下加速运动:
 最大加速度为 $a_c = 1\text{ m/s}^2$
 所需电机推力:
 $F_M = m \times a_c + F_f + F_t - G_x = 76\text{ N}$
 对于直线电机L2U-3P-400x75在冷却时所输出的连续推力为 $F_{cw} = 2800\text{ N} > F_M$ 。能够满足要求。

电机计算 Z-轴

负载质量: $m = 420\text{ kg}$
 直线导轨摩擦系数取0.01, 则产生的摩擦力约为 $F_f = 42\text{ N}$
 最大切削力 $F_t = 2000\text{ N}$

■ 滑台静态保持, 导轨未夹紧
 所需要的电机推力:
 $F_M = F_a + F_f = 2042\text{ N}$
 对于直线电机L2U-3P-400x100在静态时所输出的推力约为 $0.7 \times F_{cw} = 2705.5\text{ N} > F_M$ 。安全系数约为1.32。
 注释: 如果导轨夹紧, 所需要的电机推力可为0。
 带有冷却系统的直线电机L2U-3P-400x100能够满足上述使用要求。

■ 滑台快速移动时
 最大加速度: $a_{max} = 10\text{ m/s}^2$
 所需电机推力: $F_M = F_f + m \times a_{max} = 4242\text{ N}$
 加速时间: $t = 1\text{ s}$
 加速位移: $S = 50\text{ mm}$
 对于直线电机L2U-3P-400x100峰值输出推力为 $F_p = 8067\text{ N} > F_M$ 。安全系数约为1.90。

■ 车削加工时
 最大加速度: $a_c = 1\text{ m/s}^2$
 所需电机推力: $F_M = F_a + F_f + m \times a_c = 2462\text{ N}$
 对于直线电机L2U-3P-400x100在冷却时连续输出的推力为 $F_{cw} = 3865\text{ N} > F_M$ 。安全系数约为1.57。能够满足要求。

算; 采用前后主轴轴承镶套灌胶结构, 提高轴承外环与轴承座的接触刚性, 保证前后主轴轴承的同轴性能, 保证高转速时较少的发热量和低速重切时主轴的高刚性。

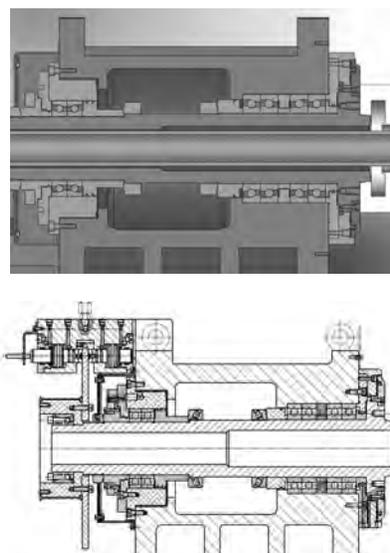


图2 同步带传动主轴结构 (镶套灌胶型)

(2) 采用内装式主轴电机直接驱动结构

采用西门子1FE1系列高精度同步永磁内装式电主轴直接驱动, 主轴启动快且效率高, 无齿轮皮带故噪声低, 无皮带的拉力从而使主轴的受力更合理, 减少振动, 提高工作精度。主轴轴承采用日本NSK高速、高精陶瓷滚动体复合轴承, 轴承直径、跨距、预紧等数据都与轴承制造厂家进行了联合设计与计算; 采用主轴箱前后轴承孔与轴承配镗, 以提高轴承外环与轴承座的接触刚性, 保证前后主轴轴承的同轴性能, 保证高转速时较少的发热量和低速重切时主轴的高刚性。

另外由于该主轴结构的目标转速是8000r/min, 在研发设计时采用了紧凑的前置式液压刹车阻尼装置, 大大缩短了主轴的长度, 在实现目标转速的同时保证了主轴系统较高的运动精度。

2. 高速主轴部件设计与镶套灌胶结构

根据高速主轴工作状态和精度要求, 实现主轴转速6000r/min和8000r/min的技术指标, 关键取决于主传动设计方案选择、温升的控制。为实现主轴最高转速目标, 有效控制温升, 我们采取了如下措施:

(1) 采用高速电机通过同步带实现直接驱动结构

该结构的主轴系统目标转速是6000r/min, 采用反馈磁栅与主轴直联的结构保证车削主轴的高动态特性; 主轴轴承采用日本NSK高速、高精陶瓷滚动体复合轴承, 轴承直径、跨距、预紧等数据都与轴承制造厂家进行了联合设计与计

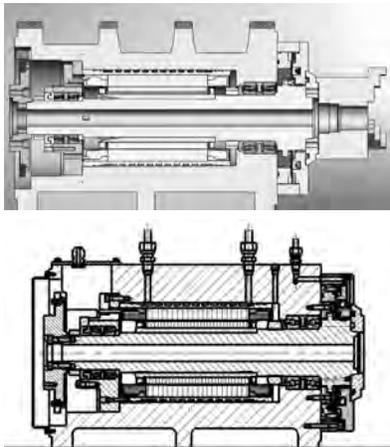


图3 内装电机主轴结构

(3) 主轴箱镶套灌胶结构

数控车床的主轴箱镶套灌胶结构, 是利用树脂将轴承套与箱体之间的空隙填满, 保证调整好的精度不发生变化。

数控车床的主轴箱镶套灌胶结构的相关部分包括主轴箱内主轴两端前轴承组件3、后轴承组件9及后轴承套7支撑、后端由压盖8固定的常规结构, 前、后轴承均采用超高速角接触球轴承组成, 其特征在于箱体4用于安装后轴承套7的孔, 在时钟3点、9点、12点部位都有注胶孔, 这些注胶孔与箱体4与后轴承套7装配后产生的间隙X联通; 后轴承套7端面上的两个注胶孔F、G通过其本体内部的通道I也同样与间隙X相连; 压盖8端面上有孔J、K与后轴承套7端面上的两个注胶孔F、G对应相通; 密封圈5安装在后轴承套7内端面的槽内, 将后轴承套7与箱体4的端面间隙封闭, 至此几个零件的注胶孔构成了注胶通道。将各个接头分别安装在各注胶孔上, 从接头注入的填料胶将间隙填满, 过量的胶从箱体的12点部位的E孔溢出, 填料胶固化在间隙X内。

本实用新型的数控车床的主轴箱镶套灌胶结构, 在不增加加工制造难度的基础上, 通过调整主轴箱后轴

承套来满足前后轴承组的同轴度要求, 之后再利用树脂将轴承套与箱体之间的空隙填满, 保证调整好的精度不发生变化。即让制造经济, 也使设备在使用中更精准, 节省维护时间和费用。

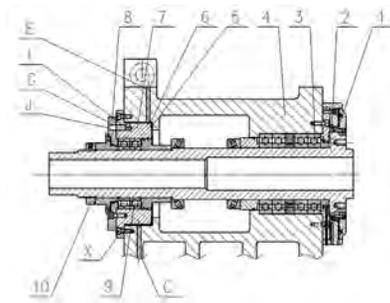


图4 主轴箱镶套灌胶示意图

(4) 主轴部件的分析

① 主轴的动态分析、刚性分析

高速车削中心主轴部件的动态特性在很大程度上决定或者制约着机床价格、质量和切削能力。当切削过程出现较大的振动时, 会使刀具出现剧烈磨损或破损, 也会增加主轴轴承所承受动载荷, 降低轴承精度和寿命, 影响加工精度和表面质量。因此, 主轴部件应具有较高的抗振性。因为这一部分涉及到很多专业的分析和实验, 因此我们也得到了集团实验室的大力支持与帮助, 在此将实验、分析结果总结如下:

利用ANSYS Workbench和Solidworks的无缝接口, 将主轴部件的简化模型如图5直接导入Workbench中。根据实际高速车削中心主轴材料采用45号钢, 将Workbench中的材料属性参数设置如下: 弹性模量 $E=210000$ MPa, 泊松比 $\mu=0.269$, 密度 $\rho=7890$ kg/m³。

主轴部件网格划分方法, 选择Hex Dominant, 即软件采用四面体与六面体结合的方式自动进行网格划分, 单元平均尺寸Element size

设定为20mm, 网格划分结果如图6所示, 生成9959个单元和31381个结点。

分析过程中, 要将主轴部件支撑轴承模拟成弹簧, 弹簧刚度即为轴承刚度, 经过公式计算, 主轴部件轴承刚度分别为 540 N/ μ m和 735 N/ μ m。弹簧的布置方式, 对主轴性能的分析影响很大, 经过对不同弹簧数量、位置和对不同约束条件的组合, 最后采用将每两个轴承简化为一组四根弹簧, 一端连接主轴, 一端连接虚拟的大地, 布置在主轴四周, 并对弹簧在主轴作用点处进行X轴(即轴向)的线位移约束, 如图7所示。



图5 主轴部件简化结构

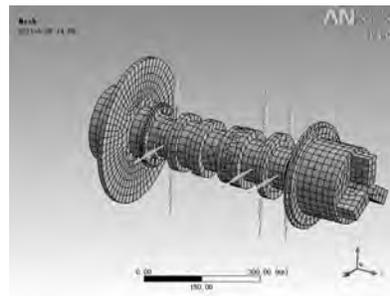


图6 主轴部件网格划分

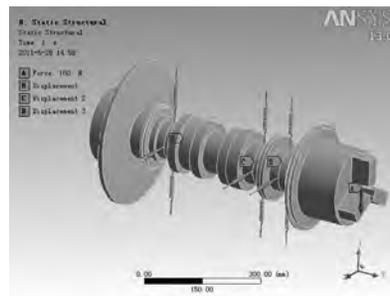


图7 主轴部件上轴承及位移约束

主轴部件前四阶固有频率、相应振型及振型分析(去除了主轴部件刚体振动, 即主轴部件只是整体绕X轴

旋转振动，主轴部件作为一个刚性整体，没有发生变形情况）如表1所示，相应振型如图8~11所示。

从主轴部件振型图中可以看出，主轴部件在第三阶、第四阶固有频率的振动引起卡盘端在Y轴和Z轴方向摆动振动，这对加工工件质量和精度起主要影响，其固有频率约为660 Hz。

表1 主轴部件模态分析结果

阶次	固有频率 [Hz]	振型描述	分析
1	568.62	带轮刹车盘处绕Y轴摆动	重根，振型正交，带轮刹车盘端振动，对主轴加工零件质量基本没有影响
2	570	带轮刹车盘处绕Z轴摆动	
3	659.97	卡盘端绕Y轴摆动	重根，振型正交，卡盘端振动，对主轴加工零件质量直接产生影响
4	660.18	卡盘端绕Z轴摆动	

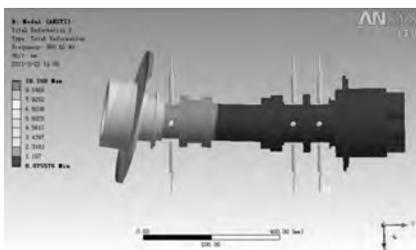


图8 主轴部件第一阶模态振型

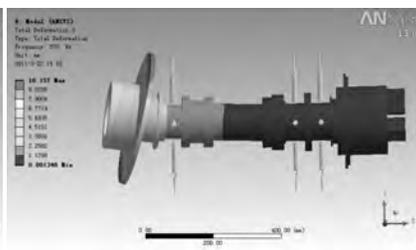


图9 主轴部件第二阶模态振型

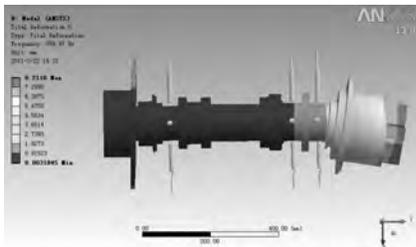


图10 主轴部件第三阶模态振型

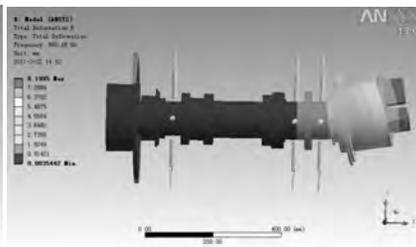


图11 主轴部件第四阶模态振型

从固有频率和振型的线性趋势线斜率，分析卡盘端和带轮端轴承刚度。说明要想获得主轴部件更好的动态性能，应该加大对卡盘端轴承刚度，具体方法可以为卡盘处适当加大轴承预紧力，但要避免过大的预紧力使得轴承发热。

② 主轴箱温度场及主轴热漂移测试分析

机床主轴在运转过程中主轴轴承、电机等由于摩擦而生热，尤其是高速主轴，其升温更快、更高。主轴装配体部件在温度升高过程中会出现热变形现象，不对称热变形将导致主轴系统精度降低，具体表现为主轴沿轴向的伸长和主轴沿径向的弯曲变形。研究表明，影响高速机床加工精度的主要因素之一是热误差，在用现代机床加工零件的制造误差中，机床热变形所引起的制造误差可占总误差的50%，在精密加工中热误差约占机床总误差的40%~70%。而主轴系统的热变形误差又是引起机床热变形误差的重要因素。因此，主轴系统的热特性分析与设计对机床精度的保证至关重要，是高速高精度机床必须要考虑的关键技术之一。

利用FLIR热成像仪和米铍激光三角测量系统，可以采集到机床主轴系统的温度变化及分布数据及主轴系统的热变形数据，了解及掌握机床在运转过程中

主轴系统的实际工况，如热平衡时间、主轴系统不同时刻在各方向的变形量等信息，对主轴系统的优化设计和动态补偿提供了基础数据支撑。

实验条件如下：室温（20~25摄氏度）；机床在冷态下开始试验，满足试验前12小时之内没有工作，试验时不准中途停车。

在安装检棒以后，为了保证试验机床在高速运行时的绝对安全，在进行主轴箱温升及主轴系统热变形试验时，采用3000r/min的转速进行温升及热变形试验，主轴连续运行3小时以上。

使用FLIR红外热像仪对测试部位进行测量时，需确定被测物体的发射率、反射温度、测量距离和环境的相对湿度，由于红外热像仪对被测物体表面的反射率等较敏感，因此需在关键点处贴上胶布，降低表面反射率，同时可以达到使表面反射率具有一致性，提高测试精度。

图12为测试系统连接示意图，图中1为红外热像仪，2为火线，3为运行数据采集及处理软件的PC机，4为电源模块。

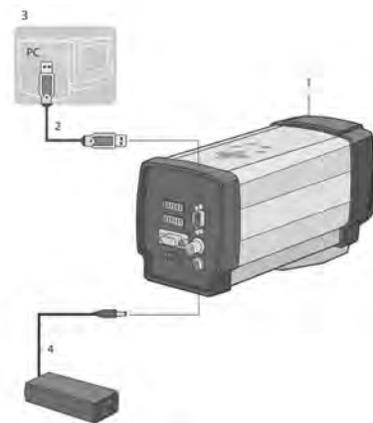


图12 温度测试系统连接示意图

主轴跳动及热变形测试采用米铍公司出产的激光三角测量仪和1F2004数据采集卡，测试系统由五个激光三角反射式位移传感器（分别

测量X、Y、Z三个方向，其中主轴轴向一个，其它两个方向各两个）、五个控制器和两个智能数据采集卡及一个电源模块组成。

测试时，机床主轴需安装Φ45mm×300mm（尺寸可适当调整）规格的检棒，主轴跳动检测的采样率为10kHz，热变形测试时每隔0.2秒采集一次数据。主轴跳动及热变形试验数据受检棒本身精度及检棒和机床主轴连接后的装配精度影响很大，检棒与主轴连接后，其随主轴旋转的跳动（包括径向跳动和端跳）越小，测试结果的精度越高；反之则会降低测试精度。

图13为主轴热漂移测量装置的安装示意图。

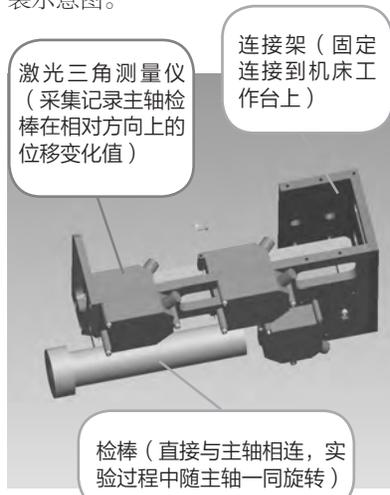


图13 主轴热变形测试装置布置图

③测试结果

在整个测量过程中主轴箱上靠近主轴轴承的位置为温度关键点，图14显示了主轴箱上关键点的分布情况。



图14 主轴箱上稳定关键点分布图

主轴温升热场

图15是主轴箱上关键点的温度时间曲线图，由图15可知主轴在连续运转2小时后温度值趋于稳定，主轴后轴承端跟皮带轮最近处的温度最高，达到32.054℃，主轴箱体最高温升值为5.9℃。

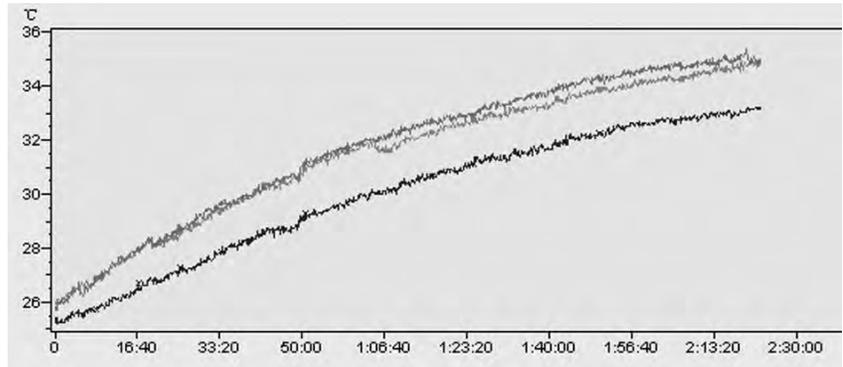


图15 主轴箱关键点温度—时间曲线

主轴热变形

热变形试验主要考核机床主轴在中速连续运转时综合热位移，即主轴旋转中心线在机床X方向与Y方向上的线位移和角位移以及主轴Z方向上的热伸长。机床主轴安装Φ45mm×300mm检棒进行检测，每隔1s记录一个数据。5个传感器分别装在机床X、Y和Z三个方向上。热变形测试结果见表2。

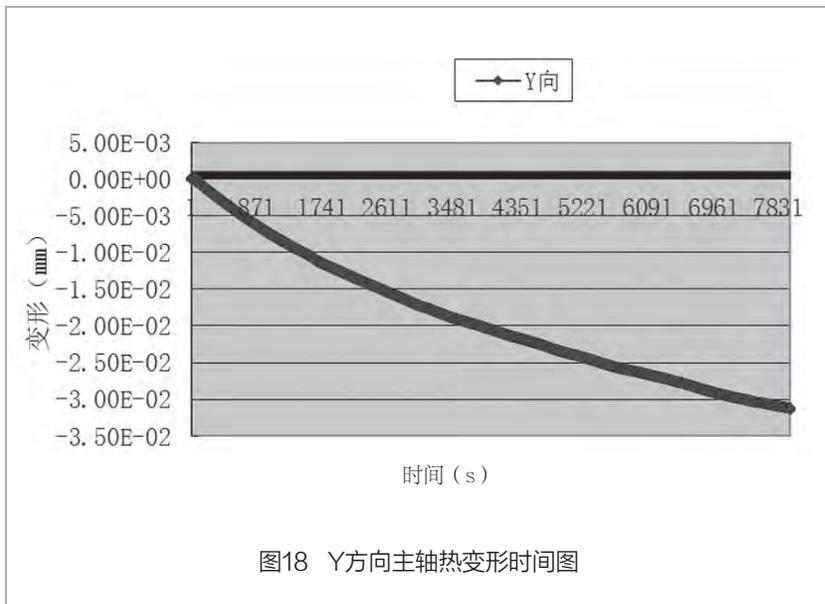
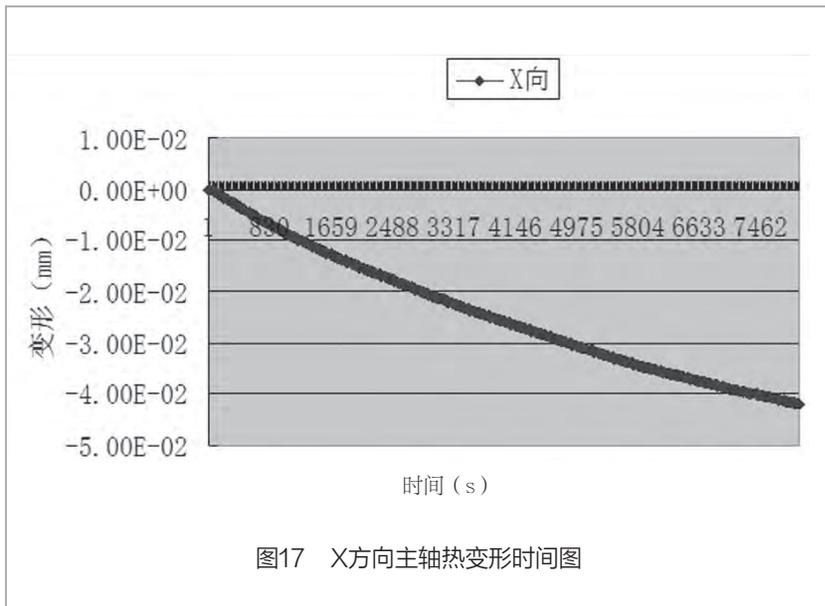
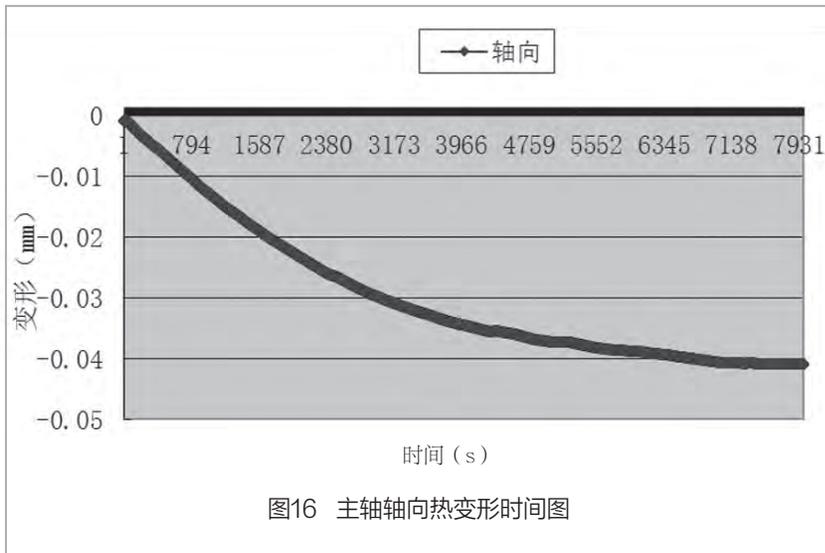
表2 主轴中速温升及热变形测试结果

时间	X向变形		Z方向主轴伸长	Y向变形	
	线位移/mm	角位移 (mm/250mm)	线位移/mm	线位移/mm	角位移 (mm/250mm)
0	0	0	0	0	0
30min	-0.002	0.001	-0.002	0	0.003
60min	-0.002	0.002	-0.003	-0.003	0.003
90min	-0.002	0.001	0	-0.004	0.002
120min	-0.002	0.002	0.001	-0.008	0.002
150min	-0.003	0.003	0.002	-0.01	0.003
180min	-0.006	0.002	0.006	-0.013	0
210min	-0.003	0.004	0.008	-0.013	0.001
240min	0	0.005	0.009	-0.011	0.001

注：热变形方向规定 X方向：主轴靠近CRT为正；Y方向：主轴向下为正；主轴轴线方向：主轴伸长为正。

机床中速连续运行240min达到稳定温升。由表2可知，在整个过程中，主轴在X方向最大线位移-0.006mm，最大角位移为0.005mm/150mm；在Y方向的最大线位移-0.013mm，最大角位移为0.003mm/150mm；主轴最大伸长0.009mm。

机床在升温与降温过程中的主轴变形曲线见图16~图18。



根据实验结果发现,本台机床在主轴运转120min左右时,主轴箱体趋于热稳定状态,此时主轴箱上点的温度基本保持恒定。整个主轴箱上最高温度达到32.054℃左右,最大温升不超过6℃。

机床主轴系统热变形较小,达到热平衡时间较短,具有较好的热特性。

四、产品寿命、可靠性、效益分析

该系列产品策划及设计理念本着从市场和用户的角度出发,在产品品质、性能、精度、成本上下功夫,不但具有先进的水平,而且产品预期寿命长,可靠性高。

床身、床鞍导轨采用直线滚动导轨,预期寿命10年以上。

主轴轴承采用进口高速陶瓷球轴承,经精心装配,可确保主轴寿命10年以上。

机床数控系统采用德国西门子840D,能适应高效率、高精度的机械加工;且具有操作方便、功能齐全、可靠性高等优点;同时,在相应的各部位增加安全措施,充分保障机床的可靠运行。

目前我国各行业发展迅速,从2002年起我国就成为了世界机床消费大国,而且其中高档数控产品进口数量和金额在逐年提高,此外,随着我国民营企业的崛起,我国数控机床不能自给的状况还将加剧,因此,高速车削中心的设计与制造,不但可以提升我厂在机床行业的地位,更可以给终端用户带来更好的选择,应用前景十分广阔。□

高速/复合数控机床及关键技术创新能力平台

沈阳机床(集团)有限责任公司 谭智

一、概述

高速/复合数控机床是军工、航空航天、能源、发电设备、精密机床等行业需要的关键工艺装备,是高性能数控机床,具有高效、高精度、高复合化的特点,能有效提高零件的加工精度、质量和效率,因此在各行业内需求量逐年增加。国内目前少有生产高速高精并且性能稳定的机床制造厂家,国内市场对此类产品的需求主要依赖进口,而需求部门大多是国民经济的重点行业和国防军工部门,每年都要大量的从国外如德国、日本、美国等进口,进口设备不仅价格昂贵并且还受到各种制约,设备不易购进,而且维修及售后服务的周期长、费用高。这些因素严重影响我国装备制造业向高端发展的进程,所以,进行高速/复合数控机床及关键技术创新能力平台建设,夯实技术基础,突破其中的一些关键技术,针对用户需求,开发一批高档高速/复合数控机床、功能部件及自动生产线,对于装备制造业,尤其是机床行业、汽车制造业、航空航天业的发展都有极为重要的带动作用。

目前,我国数控机床产业自主开

发能力相对薄弱,尤其是数控机床在开发周期、性能、可靠性等方面与国外同类产品差距较大,缺乏有效的创新机制来支撑装备制造产业发展,同时共性关键技术是提高产业创新能力的基础,而共性关键技术的提高是一个长期的过程,需要一定机制保证下的人力、物力的持续投入;国内机床行业存在的另一个问题就是行业需求的驱动作用不明显,我国高档数控机床的需求90%以上依靠进口解决,严重阻碍了我国高档数控机床的发展。因此,以重点行业用户的需求为主导,开发针对性地高档数控机床产品及成线技术,并建立长期稳定的研发流程与合作机制,从而有效地利用行业需求对产品创新的驱动作用,提升行业创新能力,是解决我国数控机床产业自主开发能力相对不强的有效方法。

“高速/复合数控机床及关键技术创新能力平台”是以沈阳机床为主体,建设起比较完备的科研设施条件,健全企业和“产、学、研”相结合的技术创新体系。在平台建设中优化全行业创新资源配置,充分利用已有资源,实施相关共性与关键技术的

研究,突破单元技术瓶颈,开发一批高档高速/复合数控机床、功能部件和自动生产线,并使之成为高档数控机床研究开发的重要技术支撑和人才集聚基地,从而提升行业在高速/复合数控机床研发上的创新能力。

在研发团队建设上是以沈阳机床为主体,由北京航空航天大学、同济大学、西安交通大学参与共同组建一流的核心研发团队,在此基础上通过创新资源的优化配置,按需组建由“数控机床高速精密化技术创新战略联盟”的参加单位及行业用户组成的科研团队;通过高速/复合数控机床综合性能实验平台、单元技术实验平台、数字化设计及知识管理平台的建设,建成一流的研发设施和实验检测环境,支撑研发团队从事高速/复合数控机床领域的高水平研究;通过对高速切削理论、高速机床动态综合误差补偿等共性关键技术的研究,突破高速主轴和高速运动部件等单元技术瓶颈,开发出高水平的高速/复合数控机床、功能部件和自动生产线,以满足航空航天、汽车、发电设备等领域重点客户需求,并形成若干国际知名品牌产品。通过创新能力建设,使平台能够长期、高效地进行高速/复

合数控机床现有技术和创新技术的成果转化。通过对核心技术的深入研究，将技术成果向行业转移，使平台成为高速/复合数控机床领域研究的重要技术支撑力量和人才集聚基地，打造一个集整机研发、功能部件研发、关键技术研究、用户工艺整体解决方案于一体的创新能力公共服务平台，为提高我国高档数控机床及装备制造业的整体水平做贡献。

二、平台建设情况

1. 整机性能测试平台建设

整机性能测试平台的建设以建立全面的产品性能测试能力和检测环境为核心，以建立系统化、科学化的检测流程和测试方法为根本，以形成各类产品性能优化及评价能力为目标，围绕产品升级换代以及高端产品研发主题，研究测试技术和测试方法，形成一套从各类整机检验测试硬件平台→整机各项性能检验测试流程和方法→全面的产品性能测试及评价能力→成熟可推广的产业技术的长效、良性和可推广的研究路线。技术的重点是开展各类机床检验测试环境建设，并建立相应的检测流程和方法，最终目的是形成各类产品的性能优化及评价能力，针对目前国内机床行业的现状来说是非常有意义的。

针对高速/复合数控机床的“高速度、高加速度、动态性能要求高、发热量大、控制性能要求高、工艺复杂”等特点，平台建设的整机综合性能测试平台主要包括动态特性测试平台、热特性测试平台、伺服优化测试平台、几何精度测试平台、可靠性测试平台、切削验证平台六个子平台。经过对整机综合性能测试平台的大力建设，目前已经具备国内领先国际先进的数控机床整机性能测试能力。

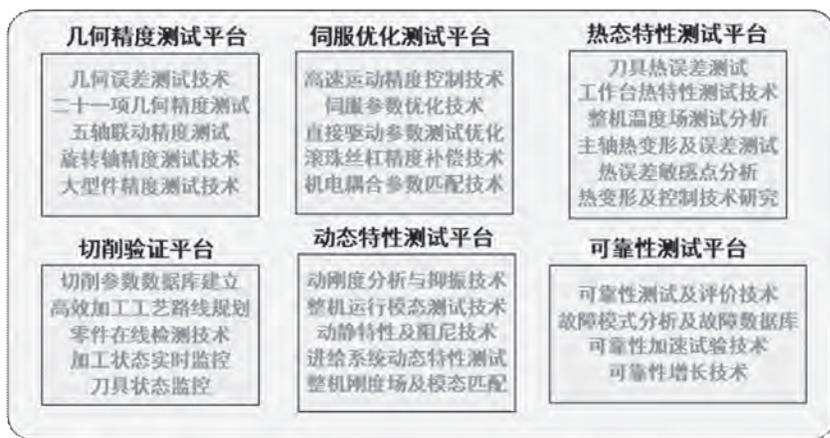


图1 整机性能测试平台组成

高速/复合数控机床综合性能实验平台规划的测试内容包括：几何运动精度测试、几何形状误差测试、动态特性测试、主轴动平衡测试、柔量和滞后测量、静刚度试验、动态变形试验、热变形与控制技术、电能测试与分析、旋转轴的角度精度校准、噪声测试、多轴联动精度测试、温升测试、抗振性切削试验、加工精度检测、生产率试验、切削稳定性试验、极限切深试验等，目前整机综合性能测试平台拥有性能测试设备150台套。

2. 单元技术实验平台建设

高档数控机床核心功能部件的性能对机床整机的品质起到至关重要的作用，通过单元技术实验平台的建设可以细化对高速/复合数控机床关键技术尤其是核心功能部件的研究，排除不确定因素的干扰。在实验平台上对核心功能部件的各项性能参数的测试比整机组装后的测试既便于操作也更具准确性，对后期关键技术的突破提供准确的数据基础，还可以为可靠性设计、工艺参数优化等方面的深入研究提供帮助，并为行业内其他企业提供测试服务，带动国内机床制造行业在高速/复合数控机床技术的整体提升。

围绕共性技术、可靠性技术等四个方面，平台建设了四大类功能部件单元技术实验台。



图2 搭建的实验台

3. 关键技术研究

(1) 误差测试与补偿技术研究

● 技术研究目标

将机床误差通过辨识分类进行研究, 将几何误差, 热误差, 运动误差等检测出来, 并分别建模, 补偿, 通过机床的伺服轴, 主轴运动控制策略来进行补偿, 将机床的几何误差, 热误差进行实时的补偿, 以达到改善机床精度的目的。

● 测试及补偿效果



图3 定位误差测试

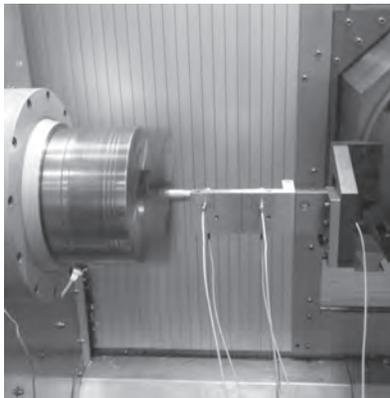


图4 主轴误差分析仪检测主轴误差

热误差测试完成之后, 将热误差测试数据、温度数据及机床的位置建立热误差模型, 对温度数据和误差数据在机床伺服轴的相对位置上进行数据拟合。得出以温度值为自变量, 热误差补偿值为函数值的伺服轴实时补偿曲线。

实际建模的时候可以尝试不同的数据拟合运算, 以达到对热误差精确建模的目的。例如, VMc850p的Y轴的热误差测试试验中, 测试曲线如图

5所示, 经过数据拟合的测试误差实际值与预测值的残差曲线, 如图6所示, 残差在-2.326~0.178微米范围内。

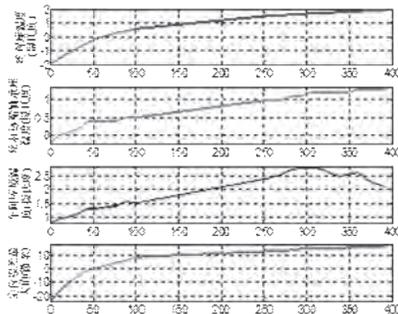


图5 各项温度和误差曲线图

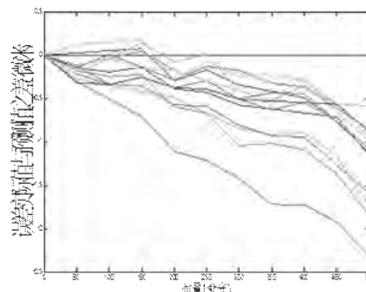


图6 测试误差实际值与预测值的残差曲线

通过动态实时误差补偿软件, 将自动建模软件得到的机床待补偿轴的模型库加载到动态实时误差补偿软件平台上, 通过与CNC的通讯, 实现自动的在线实时补偿功能。

● 技术成果

主要形成了热误差及综合误差建模软件, 针对机床的主轴、伺服轴运动温升, 环境温升所引起的位置变化, 通过试验建模建立了热误差补偿模型, 生成预测误差的补偿值, 写入数控系统, 从而控制伺服驱动机构执行补偿运算。

(2) 五轴联动机床精度测试技术研究

● 技术研究目标

由于五轴机床的复杂性, 测试出五轴机床两个旋转轴轴线的几何偏差是非常繁琐的。本技术研究的目标是通过一种快速高效的测试方法, 能够准确得出五轴机床旋转轴轴线的几何偏差。

● 测试流程

针对双摆台式五轴加工中心, 该技术的使用流程如图7所示, 包括A轴半径方向圆测试、A轴轴线方向圆测试、C轴轴线方向圆测试、C轴半径方向圆测试、几何偏差计算、几何偏差补偿和补偿效果验证等几个步骤。计算和补偿的几何偏差, 具体操作步骤如下:

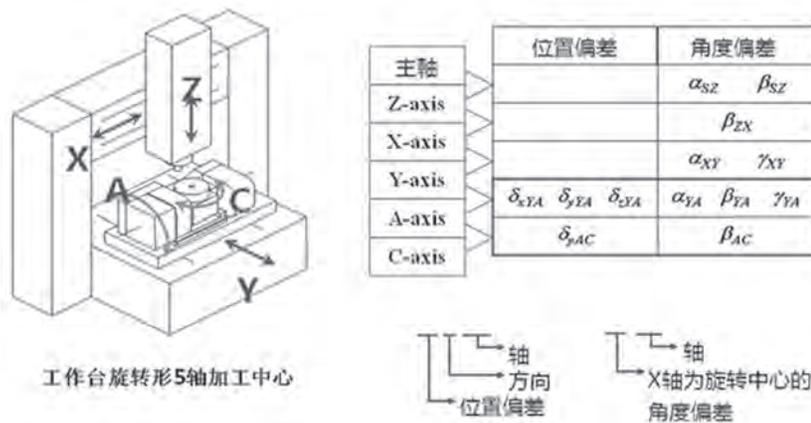


图7 双摆台式五轴加工中心简图及各项几何偏差

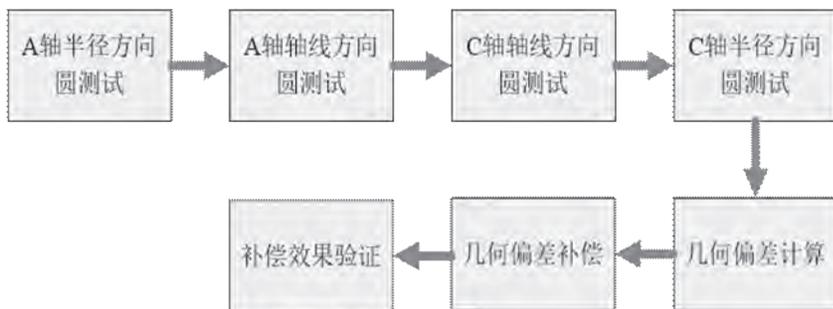


图8 技术使用流程图

● 技术应用效果

目前该技术已经在我公司生产的VMC0656e双摆台式五轴加工中心上进行了应用，应用效果良好。该技术的应用对于提高高速立式五轴加工中心的空间精度具有很大意义，以下是优化调整前的测试数据：

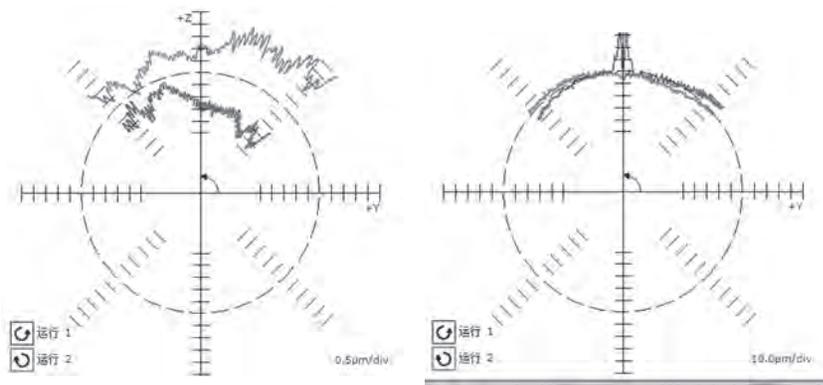


图9 A轴轴线方向及径向测试结果

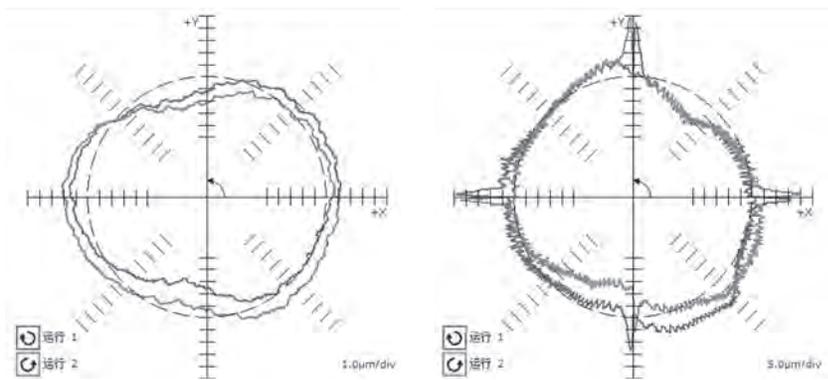


图10 C轴轴线方向及径向测试结果

表1 通过误差分离算法计算得出的误差值

A轴轴线误差:	误差值	单位
α :	0.0016	°
β :	-0.0139	°
γ :	-0.0007	°
δRi :	0.0087	mm
δRj :	0.0463	mm
δRk :	0.0525	mm
C轴轴线误差:		
δJj :	0.0053	mm
ψ :	0.0134	°

通过技术研究，目前总结了五轴机床旋转轴轴线几何偏差测试流程，编写了误差自动计算成。该技术的研究成果有力支撑了打造世界品牌，提高机床精度的总体目标。

(3) 叶片多轴数控加工工艺技术研究

● 技术研究目标

平台针对多轴数控加工工艺开展相关关键技术研究，在分析现有叶片单刀加工过程中变形的基础上，基于双刀加工原理，根据叶片单刀加工工艺和表面形状，研究叶片双刀加工工艺、双刀加工轨迹规划技术和切削力抵消变形的方法等双刀加工方法。基于单刀五轴加工后置处理方法，结合数控系统的控制方法，研究了双刀加工的后置处理技术。

● 关键技术研发

关键技术一：叶片双刀加工刀具轨迹规划技术

结合双刀加工工艺方法，采用两把刀具在叶片的叶盆和叶背两侧同时对刀加工，根据叶片型面的表面几何数据，以优化施加在叶盆和叶背两侧切削合力（矩）为优化目标，形成双刀加工的刀具轨迹，并在一条横截面路径上验证双刀对刀加工路径轨迹规划方法能够降低叶片变形。在此过程中综合考虑了铣削方式、精度范围内的步长和行距的规划以及干涉问题，结合叶片双刀加工原理，优化并规划了双刀纵向加工的刀具路径。

关键技术二：叶片多轴双刀加工后置处理

为了验证双刀刀具轨迹的有效性以及双刀加工设备加工的需要，需将切削点轨迹转化为可执行的数控代码。根据刀具切削点轨迹转化为刀位轨迹，结合双刀加工机床的结构形式，将双刀加工刀位轨迹和刀轴矢量经过后置处理算法转换成可被机床识别的G代码。利用Vericut模拟双刀机



图11 技术研发路线

床的加工环境，仿真验证了双刀加工无干涉刀位轨迹的有效性，能够满足加工过程的需要。

● 技术应用效果

根据叶片多轴加工工艺技术，结合现有叶片五轴加工机床的结构形式，研发了叶片加工多轴联动专用数控机床，取得了良好效果。

在参考国内外叶片单刀数控加工机床和综合考虑叶片加工工艺的基础上，为了满足因叶片的叶盆和叶背曲面曲率的不同引起刀具姿态和位置的不同，叶片双刀加工机床拟采用卧式双面双工位的结构形式，以及解决两把刀具移动的不同步误差，具体结构布局如图12所示。两把刀具分别设置直线运动和沿Y轴摆动的自由度，共用工件自身旋转的回转轴，其中一侧的坐标轴设置为X1、Y1、Z1和B1轴，另一侧的坐标轴设置为X2、Y2、Z2和B2轴，工件旋转轴为A轴，两侧坐标轴通过工件A轴旋转的位置姿态，分别调整X、Y、Z和B轴的进给量以确定满足加工过程的刀具姿态。

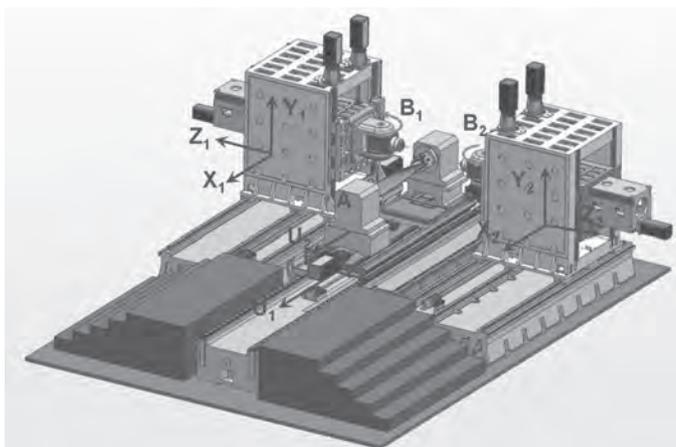


图12 叶片双刀加工机床结构示意图

4. 知识产权

课题在研究过程中，共发表及投稿科技论文50篇，其中在国外知名刊物发表论文3篇；课题累计申请专利及软件著作权36项，其中授权10项；课题形成企业技术标准11项及9项技术规范。

三、成果应用与推广情况

1. 技术支撑

(1) 支撑重点行业装备国产化
平台支撑了针对重点行业的关键装备的国产化研发，对样机进行的测试及优化包括机电耦合参数优化、机床的定位精度和联动精度、传动系统特性、机床能耗、结构静/动态特性、直线轴和旋转轴的静/动态特性等。机床结构经过多次优化，具有足够的静态、动态及热态刚性，保证了系统具有良好的动态品质，为重点用户提供了性能优异的国产高速复合数控机床。



图13 为成都飞机工业(集团)有限责任公司提供国产化装备



图14 为沈阳飞机工业(集团)有限公司提供国产化装备

(2) 支撑重点领域设备成线应用

平台依托建成的软硬件条件近年来对沈阳机床自动线产品在轴承行业、齿轮、工程机械、电梯、电机、传动轴、轮毂、小型通用件等行业的应用进行了技术支撑,提升了沈阳机床产品的整体品质与稳定性,获得了用户的认可与好评,近年来累计提供成线设备300多台套。



图15 支撑重点领域的设备成线应用

(3) 支撑世界首款智能数控系统研发优化



图16 支撑世界首款智能数控系统的研发优化

创新平台课题组与沈阳机床上海研究院i5智能数控系统研发团队针对i5系统机电集成性能、切削性能以及稳定性三个领域开展了性能试验;针对i5系统的双向补偿功能、空间补偿功能的实际应用效果进行了对比试验,试验涵盖的机型包括立式加工中心、数控车床、数控车削中心等,用来对比的国内外系统包括发那科、西门子、广数等。通过对比测试,应用i5系统的数控机床无论在定

位精度、重复定位精度还是实际工件切削试验中都比配备其他系统的数控机床高50%左右;同时目前课题组还开展了实时热误差补偿、振动诊断等功能的开发,目前各项技术与i5系统的全面融合将进一步促进国产数控系统及数控机床的“质”的提升,在国内外高端数控装备市场的竞争中斩获优势。

2. 经济效益

依托创新平台项目的建设,项目承担单位形成了一定的实验和开发能力,在企业高端设备、专用设备的开发中起到了很明显的支撑作用,平台针对多台份的样机进行了功能验证、完善。面向航空航天领域,累计支撑开发31台套多轴联动数控机床;面向发电设备领域,累计支撑开发11台套多轴联动数控机床产品复合数控装备;面向汽车零部件加工行业,累计支撑开发35台套加工中心及车削中心等,累计实现产业化目标5.36亿元。

3. 社会效益

平台通过建设及实施目前指导了东北大学、吉林大学、上海交通大学等7家数控机床专项任务单位完成相关课题研究;累计向行业内转移了实时热误差补偿、伺服参数优化等30项技术研究成果,受到了技术受益方的好评;支撑了面向航空航天等重点领域的77台套高档数控机床产品的研发生产。

未来沈阳机床将进一步依托创新平台项目健全企业技术创新体系,形成完备的科研设施条件,充分利用已有资源,实施共性与关键技术的研究,突破单元技术瓶颈,开发一批高档数控机床,从根本上扭转我国在高档数控机床基础、共性、关键技术方面研究薄弱的局面,增强我国高档数控机床乃至整个装备制造业的核心竞争力和国际竞争力。□

JIMTOF2016,日本机床工具产业的盛宴

——JIMTOF2016展品评述报告（上）

中国机床工具工业协会 杜智强

第28届日本国际机床展览会（JIMTOF2016）于2016年11月17日至22日在东京BIG SIGHT（东京国际展览馆）召开。主办方日本机床工业协会秉承宣扬日本本土文化和展示日本机床产业发展水平的传统全力打造了一场日本机床工具产业的国际展示秀。其精心选择的展会主题“未来从这里开始”也一如既往地毫不掩饰其主推日本机床产品和技术的目的。由于日本和德国都属于当今国际一流的机床制造强国，日本机床产业的出口依赖度常年保持在70%以上，日本本土机床消费量少且进入门槛高。因此，日本国际机床展览会的“国际化”标签并不是传统意义上理解的参展商或供货商的国际化，而是主要在于采购商、用户、展品技术水平的国际化。从这个角度就可以很好地理解为什么历届JIMTOF都是日本机床企业在“唱大戏”，是绝对的日本机床的主场。

这种来源国过度集中的展商结构虽然对了解国际机床技术发展的多元化信息不利，但对于全面深入了解日本机床工具行业和发展情况却是一个不错的机会。一百多年前，中日两国

面临同样的西学东进的世界潮流变化，包括机床工具制造业在内的现代工业文明无情的冲撞了东方的农耕文明和传统手工业。中国兴起“师夷长技以制夷”的洋务运动进行社会改良，日本则选择了“师夷长技以成夷”的脱亚入欧发展道路，经历凤凰涅槃般的打碎、融合、改造和重生，将西方工业科技和本土“匠技精神”合二为一，不仅摆脱了历史上东洋货粗制滥造的负面形象，而且还形成当下“日本制（made in Japan）”所代表的精益求精和品质保证的品牌形象。因此，研究和学习日本机床工具产业发展的成功经验和可取之处是非常有意义的一项工作。本报告将从主要展商和技术趋势两个方面集中介绍日本机床工具制造商在本届JIMTOF上的展示情况。

一、主要展商

1.MAZAK

MAZAK公司凭借本土优势，倾力展示其将物联网（IoT）技术与数控制造技术结合方面的最新成果，以及最新的高效、智能加工技术。本次展会上，共展示车铣复合加工机床、五轴加工机床、数控车床、立式加工中心、卧式加工中心和激光加工机床等种类的机床展品16台，整个展区通过其最新推出的Mazak SMART box实现网络连接和信息交换，使所有展品的运行信息实时在中央控制区显示，生动和直观的展示了如何将原有生产信息管理系统嫁接物联网技术。





本次展会上，MAZAK公司继续主推基于MTConnect通讯协议的制造系统互联互通数字化制造解决方案。MAZAK公司将这次展区内的所有机床和系统连接在一起，对这个方案进行了直观展示。基于MTConnect可提供从简单系统到先进复杂系统需求的四个解决方案，分别是MAZAK Smooth Link，MAZAK SMART Box，MAZAK SMART Cloud和MAZAK iSMART Factory。其中，MAZAK Smooth Link可用于小型车间，并通过WIFI来监测和管理机床状态；MAZAK SMART Box是方便接入工业物联网的大数据平台；MAZAK SMART Cloud是基于虚拟云技术来扩展服务和app功能；MAZAK iSMART Factory是实现数字化连接的缩影。目前，MAZATROL SmoothX、Smart CNC、PMC-WEB、MATRIX、MATRIX II、MATRIX NEXUS、640MPro、640T NEXUS、640M NEXUS、640M/M-5X、640T/MT/TE等系统已经可以通过MTConnect适配器（需要花钱另购和安装）兼容该协议。但是，MAZAK公司也承认可上传的机床数据因系统和机床配置而不同，上传数据对机床利用率提高的贡献度则更要依赖于数据分析软件和视用户自身的使用情况而定（从大多数用户反馈的情况看是3%-15%），毕竟数据本身是不会产生任何作用。



另一个显著展示特点就是基于用户解决方案的制造技术和机床展品的有机结合。比如，在应用前景比较火爆的增材制造和高效加工复合的展品和成果方面，MAZAK公司除了展出新升级换代的展品和技术以外，还将这个领域取得的最新制造样件集中展示。在增材制造技术方面，除了喷粉激光融覆的方式以外，为了提高经济性和适用面，还最新推出金属丝供料的激光堆焊的方式，与高效加工结合的复合加工机床在轮胎模具制造领域的应用前景比较广阔。



在高效加工技术领域，MAZAK公司继续展示其INTEGREX和VARIAXIS系列的复合、五轴加工机床，展示样件涉及虚拟试件、传动齿轮轴、机匣样件、涡轮盘和飞机结构件等，形象地展示了机床最新的加工能力和性能。

2.DMG-MORI



DMG-MORI公司因其大股东森精机的原因而成为在展会上少数大放异彩的国际化品牌，展示面积2160m²。一直以来，DMG-MORI公司给人的感觉是德方产品技术追求高精尖和欧美市场，日方品牌则更侧重中端、实用的亚洲加工领域。随着时间推移和品牌的整合，DMG-MORI公司在产品和技术线上更趋于统一的表现。在本届JIMTOF上，DMG-MORI公司共展示了25类展品，涉及五轴加工机床、立式加工中心、卧式加工中心、车削中心、大型机床、超声加工/激光加工、对刀仪和系统解决方案等方面。其中，8台展品系全球首秀，分别是：

▼DMC65 FD monoBLOCK，配置FD直驱旋转工作台，可用于车铣磨削等加工场合，本展品具有3D快速设置功能。



▼DMC80 FD duoBLOCK，配置高速托盘交换装置，并可方便安装机械手实现高自动化生产；配置FD直驱旋转工作台，可用于车铣磨削等加工场合，本展品具有齿轮刮削加工和磨削功能。



▼DMC100 U duoBLOCK，具有机床保护控制功能（MPC）。该机型适用于有高效加工需求的汽车和飞机制造领域，最大工件尺寸： $\phi 1000 \times 1600$ mmmm。



▼CMX 600 V和CMX 1100 V，CMX V系列机床被定位成“领先的入门款机床”，“结构紧凑、高生产效率、丰富的选配”和290项标准选项实现根据用户特定需求量身定制专属机床。这些选项都包括物料搬运方式、监控模式、测量方式和加工工艺等。



▼SPRINT 32/5，是一个具有五个直线轴和c轴的小型自动车床，适用的被加工工件最大尺寸为 $\phi 32 \times 600$ mm。占地面积小于2.8m²。该机型为实现高效自动加工标配了自动工件更换和上下料装置。



▼DMU 210 P 2nd Generation，是第二代大型五轴加工机床，具有车削加工能力（ATC）。采用稳定的桥式结构实现高精度和动态性能的加工。该机型可一次设置成五面体加工或者五轴加工方式，使客户提高生产效率。标配数控回转工作台，最大工件重量可达10000公斤（选项）。



▼ULTRASONIC 20 linear 2nd Generation，除了普通的切削功能以外，还通过超声波振荡实现高精、高速和高效的磨削功能。可实现从金属材料到难切削材料（陶瓷，碳化物材料等）的广泛高精度加工。



除了上述机床展品外，DMG-MORI公司一如既往的展示其CELOS数控系统和工业4.0，以及IoT的系统集成成果，不断丰富的加工循环程序，实现管理机床状态监测的传感器和公司内的生产系统，通过实现智能工厂提高生产效率。



3. AMADA

AMADA公司，本次以“先进的技术&卓越的工程力”为主题，为客户展示AMADA的激光技术、自动化技术、加工技术、售后服务技术的最新解决方案。另外，AMADA还展示了利用IoT技术的“V-Factory互联工厂”理念。



▼激光技术，ENSIS-3015AJ光纤激光切割机搭载AMADA独立研发的光束控制技术“ENSIS技术”，是首次展出的配置3kW激光器的激光切割机。可根据材质、板厚调节最佳光束形状，实现高效、高品质的切割。另外，FLW-ENSIS（3kW）光纤激光焊接系统也是搭载了“ENSIS技术”，并首次在日本亮相。FLW-ENSIS（3kW）可减少加工前准备时间，实现多种多样的焊接，大幅扩大加工范围。还展出了采用AMADA独有的L型焊头的手持式光纤激光焊接机FLW-600MT，操作性很高。



▼自动化折弯机，本次展出的折弯机+机器人系统HG-1003ARS，可应对多品种可变批量的生产场合，并实现长时间自动运转。采用7轴关节机器人和1台折弯机可实现上下料、夹持工件等一系列操作，复杂钣金形状也能实现高品质的加工。另外，通过无需示教的编程和自动加工前准备技术，减少折弯加工的加工前准备时间。

▼超高速带锯床，本次还展出了新型超高速带锯床HPSAW-310。采用高刚性机架、锯条内藏式构造和耐磨性、耐消耗性的超硬锯条（AXCELAHP1）。生产效率可达超硬圆盘锯的2倍和普通带锯床的10倍。



▼加工技术和售后服务技术，还展示了涵盖钣金加工技术、切削加工技术和AMADA整体加工技术的样品试件，详细的加工技术要点等。另外，还推出了为客户带来更高工厂整体效率的制造技术，对应冲切、折弯、焊接、组装等全工序的钣金工程系统（VPSS3i），以及远程监视机械状态、远程保养、远程服务的ADSS系统。

4. OKUMA

OKUMA公司本届展会的主题是“联机，开拓，制造业革命”，展示主要体现三个方面的内容：由OSP suite系统连接构成的“Smart factory”；依靠多种多样智能机床实现的高效率生产；充分融合机床机

电信息的“智能化解决方案”。从展品方面看，涉及五轴加工中心和复合加工机床、车削中心、加工中心、磨床和数控系统等方面的15台套展品。其中，新展品有9台套。下面选择主要的展品介绍。



▼“Smart factory”，主要特征是：“联机”、“可视化”、“持续改善”，不断成长的“Smart factory”；利用工件ID保证可追溯性和经验数据的积累；工序集约，新推出的五轴加工机床，复合了激光加工技术。智能工厂由三个部分组成：智能机床（工序集约、协同作业机器人、高效高精加工、安全预警）；智能制造（工程链管理ECM、供应链管理SCM和智能机床有效整合）；智能解决方案（制造业解决方案网站和应用程序提供）。



▼MU-S600V五轴立式加工中心，全新推出的产品，单机宽度仅1400mm，最大工件直径600mm，并且可以两台机床并列连接组成微型自动化单元，提高生产效率。单机可以实现一次装夹下的五面加工，双机时可以实现无搬运装置下的六面自

动化加工。主轴转速12000r/min，主轴电机功率15/11kW，刀柄可用BT40（BIG-PLUS）。



▼LASER EX系列激光复合加工机床，该系列复合加工机床是新推出的产品，包括MU-6300VLASER EX和MULTUS U3000 LASER EX两个型号的机床产品。前者是在立式加工中心基础上复合了车削、磨削、淬火、激光表面处理等工序；后者是在卧式车铣复合加工机床基础上再复合了磨削、淬火工序。相比传统制造工艺大大缩短，总的制造成本得到降低。



▼MULTUS U5000智能复合加工机床，最新推出的车铣复合加工机床，面向中大型规格零件及难加工材料的强力加工场合。工件主轴：3000r/min、37/30kW、1413N·m；刀具主轴：12000r/min、22/15/11kW。机床还集成了在机测量和齿轮加工功能，其中在机测量可通过安装测量头实现在机三座标测量和粗糙度测量，操作直观、自动化高，无需编写代码程序。



▼OSP-P3000A数控系统，优先考虑加工现场的操作便捷性，操作方式焕然一新，响应速度更快。新增的功能有：触摸屏和直观的图形操作功能；随时更新的大量来自真实需求的应用软件app；适合于精密控制的高增益伺服装置，加减速跟踪误差减少一半；与主流3D-CAM厂商合作开发的集成后处理软件，可实现从三维模型的直接加工。

5.MAKINO

MAKINO公司也是日本机床制造商中产品线丰富和实力雄厚的国际化品牌。公司产品涉及加工中心、龙门式机床、电加工机床和超精密加工机床等。本届展会上也是展示不少新推出的展品和技术，涉及五轴立式加工中心、大型电加工机床、最新模具制造技术、精密微纳加工机床、卧式加工中心和大批量生产用立式加工中心和立式车磨复合加工机床等方面的产品和技术。



▼D200Z、D800Z和DA300五轴立式加工中心，此类机床主要是应用于精密模具制造行业，所以机床的加工精度和效率都很高。另外，采用五轴加工机床进行模具加工比三轴加工中心的优势是表面质量和切削效率更高。D200Z配置30000r/min的超高速主轴，可得到更高的表面加工质

量和更长的刀具寿命；转台B轴采用直驱电机和高精度角度反馈元件以保证更高的精度；转台C轴可以连续旋转，转速150r/min。D800Z具有承载大规格工件的能力，最大工件重量1200kg，工作台直径：φ800mm，最大工件尺寸：φ1000×550mm。DA300采用双摇篮式转台，超高速主轴和转台高速进给轴使得加工节拍缩短，主轴可在1.5秒内达到20000rpm；转台AC轴采用直驱电机，响应速度和精度更高。

▼EDNC17大型电加工机床，可以承载大尺寸工件，最大工件重量：10000kg，用于更深尺寸的加工。电极头快跳速度20m/min，可缩短加工时间。

▼iQ500精密微纳加工机床，主要用于大型光学零件模具和大型车灯透镜的精密加工。工作台尺寸：800×500mm，最大工件重量：300kg，主轴最高转速：45000r/min，采用超硬涂层PCD刀具，电火花修整，表面精加工的精度更高。刀具R角的圆弧度小于1μm。

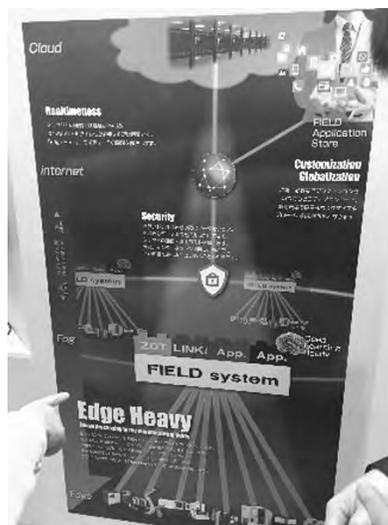
6.FANUC

FANUC公司作为世界知名的数控系统、工业机器人和专用加工机床制造商在本届展会上的表现非常抢眼。除了规模超前的展台和传统领域展品外，为契合本届展会技术主题-IoT应用，FANUC公司通过最新推出的FIELD system连接起JIMTOF会场中所有采用FANUC系统的各公司机床，这也就直观的展示了FANUC的IoT解决方案。FANUC运动控制产品以提高制造水平为目标，突出特点在于提高加工性能、使用方便性和减少停机时间。整个展区

分为以下几个部分：运动控制、工业机器人、智能制造机械、全球服务和FIELD system。



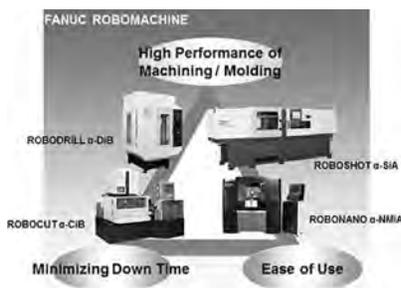
▼FIELD system，是最新推出为了实现工厂自动化的物联网平台。主要有几个特点：定位于边界的高效数据处理平台，不采取一切上传云端的做法，制造环节产生的数据大部分在制造层和信息共享层（云端）的边界（雾层）处理；基于深度学习的人工智能，支持边缘数据分析；应用程序的开放平台，可以在现场系统中直接下载并使用应用程序。



▼工业机器人，FANUC公司在工业机器人领域继续提出“高可靠性”、“高效”和“高柔性”的口号，目标是提高生产力的优势，工作的可靠性，产品质量和降低成本。其中，CR-35iA是今年新推出的第一款35kg载荷的协作机器人。另外，还新增加了3种小规格的协作机器人。这些协作机器人可以与人类一起安全的工作，降低操作者的劳动强度并提高生产效率。



▼ **智能制造机械**，FANUC公司凭借在数控系统和伺服驱动的优势，在智能制造机械细分市场推出自己的ROBOMACHINE系列产品，主要用于高性能加工或成型制造。主要产品有：ROBODRILL立式钻攻中心，ROBOCUT电加工机床，ROBOSHOT数控注塑机，ROBONANO精密微纳加工机床。

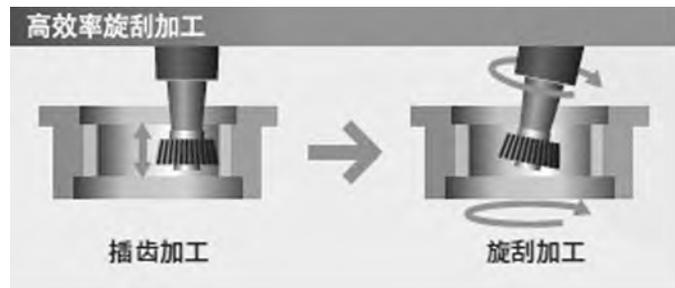


7.NACHI

不二越公司是以切削工具制造发展而成的综合性制造商,主要业务领域涉及工具、机床、机器人、轴承、液压元件、特种钢和工业锅炉等。2016年预计销售额为2250亿日元，其中海外销售额接近50%。本次展会上主要展示的展品有齿轮加工机床、工业机器人和高效切削刀具。下面选择几个典型展品进行介绍。



▼ **GMS450齿轮复合加工机床**，具有高效率齿轮刮削功能，硬式刮削加工，可对淬硬齿轮齿面进行高精度加工，与插齿加工相比效率可提高5倍。在齿轮刮削加工基础上，复合了车削和钻孔功能。不仅可用于多品种小批量生产，还支持大批量加工。最大加工直径 ϕ 450mm，模数4.5mm，最大齿宽120mm。



▼ **世界最快、轻量紧凑型多用途机器人 (MZ系列)**，拥有世界最快的动作性能，轻量紧凑，防尘防滴，且适应各种安装条件的全能小型高性能工业机器人。使用中空结构的手腕构造，抓手配线路径简洁，可在狭窄区域进行作业。最大搬运载荷4kg，最快移动能力0.31秒（当载荷为1kg，水平移动距离为300mm的条件下）。MZ04型进一步追求紧凑性，安装占地面积仅为A5纸大小。



▼ **新一代创新型丝锥 (Hyper Z 系列ZSP/ZPO)**，该系列丝锥是在综合材料、热处理和精密加工技术的基础上最新推出的产品，可在中低速加工中发挥优异的性能，在无涂层丝锥2倍切削速度上，寿命是无涂层丝锥的2-3倍。ZSP用于不通孔螺纹加工，ZPO用于通孔螺纹加工。

工件材质 Working material	Cutting Speed(m/min)									
	结构钢 Structural steel	低碳素钢 Low carbon steel	中碳素钢 Medium carbon steel	高碳素钢 High carbon steel	合金钢 Alloy steel	高硬度钢 High hardness steel	不锈钢 Stainless steel	铸铁 Cast iron	铸钢 Cast steel	铝合金 Aluminum alloy
	SS	S15C	S40C	S50C	SCM, SCr	20-30HRC	SUS	FC	FCD	AC, ADC
	~200HB	~200HB	~200HB	~200HB	~200HB	20-30HRC	30-40HRC			
ZSP	5~20	5~20	5~20	5~20	5~20	5~10	-	-	-	5~20 10~25
ZPO	8~25	10~25	8~25	6~25	6~25	5~10	-	-	8~20	6~25 10~30
建议切削油剂 Recommended cutting oil	极压活性型非水溶性 水溶性 Extreme pressure & activity of oil - water-soluble cutting oil							水溶性 Water-soluble cutting oil		

(未完待续)