

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.1 2017
2017年2月
February 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 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 范小会 张自凯 徐宁安 崔瑞奇
徐刚 吴建民 赵博 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
边海燕 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1期(总第148期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

- 18 2016年中国机床工具行业十大新闻
Top 10 news of China machine tool industry
- 21 济二成功交付国内首条大型全伺服高速自动冲压线共8条
JIER successful delivery of the first large-scale full-servo high-speed automatic punching line etc. 8 items

特别报道 Special Report

- 20 总结2016 展望2017——机床协会七届六次理事会议成功召开
The 6th sessions of the CMTBA held successfully
- 23 夯实基础 扎实推进——2017年机床协会秘书长工作会议在京召开
Working meeting of secretary-general of CMTBA held in Beijing

产销市场 Production & Marketing

- 28 中国机床工具市场和产业发展形势分析 毛予锋
Situation analysis of China machine tool industry and market
- 35 短期趋稳 压力犹存——2016中国机床工具市场与产业运行分析
Analysis on market and Industrial operation of China Machine Tool in 2016

展会信息 Exhibition

- 37 智能制造的盛典
——第15届中国国际机床展览会(CIMT2017)展品看点 周敏森
A grand ceremony for intelligent manufacturing
- 43 CIMT2017展品预览(2)
Exhibits preview of CIMT2017

海外市场 Overseas Market

- 57 聚集展会(下)——IMTS2016展品情况介绍 杜智强
Introduction of exhibits on IMTS2016

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

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, GAO Ge-chao, 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官方微信

目录 CONTENTS

2016年第3期 (总第148期)

专题策划 Special Plan

- 70 智能制造与装备
Intelligent Manufacturing and Equipment
- 71 中国汽车智能制造技术路线图
Roadmap of China automotive intelligent manufacturing technology
- 75 DMG MORI的增材制造与减材制造技术
Additive and reduction manufacturing of DMG MORI
DMG MORI
- 77 昌飞智能制造启动 实现动部件高效生产
Intelligent manufacturing realize high-efficiency production
in Changhe Aircraft Industry (Group) Co., Ltd.
山高
- 79 自动与智能磨削
Development of automatic and intelligent grinding technology
虞行国
- 83 智能制造检测技术与装备
Detection technology and equipment for intelligent manufacturing
朱正德等

产品与技术 Products & Technology

- 92 产品上的光线——蔡司推出可调色阶的白光测头
ZEISS launch color gradation-adjustable test head for white light
蔡司
- 94 浅析数控机床试验中传感器的应用
Application of sensors in NC machine tool test
李嵩松
- 98 一种道岔尖轨自动夹具的设计
The design of automatic fixture for rails
陈小光等
- 100 广告客户索引
Advertiser index
消息 (25、27、91、97)

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

智能制造装备业的盛典——第15届中国国际机床展览会（CIMT2017）将于2017年4月17-22日在北京中国国际展览中心（新馆）隆重举办。

作为国际四大机床名展之一，本届展会将延续以往历届的恢宏和精彩。在13.1万平方米面积内汇聚全球28个国家和地区的1600余家境内外企业以及覆盖全行业的上万件展品与技术。国内外著名机床工具企业悉数到场，其中德国、美国、英国、瑞士、意大利、西班牙、捷克、日本、韩国、印度等11个国家以及中国台湾地区的机床协会和贸促机构组团参展。本届展会宏大的规模、精彩纷呈的展示以及丰富多彩的配套活动，将再次成为全球制造业的盛典。

本届展会的主题是“新需求·新供给·新动力”，意在探索两化融合为特点的第四次工业革命大背景下，新需求、新供给、新动力三者间的互动与关联，寻求新形势下的发展道路，推动新工业革命的快速发展。展会主题紧扣了时代特点和发展需求，将在业内外引起巨大的兴趣和共鸣。

2016年年底，工信部发布了《智能制造发展规划（2016-2020）》，首要任务就是加快智能制造装备的发展，攻克关键技术装备，提高质量和可靠性，推进在重点领域的集成应用。智能制造是企业转型升级的重要手段，是我国供给侧改革的重点。CIMT2017也将展现一大批智能机床和数字化工厂技术和解决方案。

我国机床工具产业经过六十多年的发展，特别是近十多年的高速发展，在政府的关注和产业内外共同努力下，不断积累出有利于产业发展的基础、政策和市场环境等因素。但专家估计2017机床行业仍在低位徘徊，而智能制造将带动装备和应用市场的探底回升。本期的重点就是探讨CIMT2017上的智能装备及应用。

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

本刊已许可中国学术期刊（光盘版）电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明。



Motion Control and System Technology



仿冒品
请向合格经销商购买

荣获日经Business评选为「全球上市企业综合成长力百大」第5名
荣登福布斯(Forbes)2015全球创新成长百大企业第37名
入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(IROBO-STOX)权重排名TOP 10

工业4.0 优质伙伴

INDUSTRIE 4.0 Best Partner



关节式机器人手臂
Articulated Robot



并联式机器人手臂
Delta Robot



史卡拉机器人手臂
SCARA Robot



2001~2017连续17年荣获台湾精品金银质奖



滚珠丝杠
Ball Screws



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single Axis Robot



晶圆机器人
Wafer Robot



直驱马达回转工作台
Direct Drive Rotary Table



下肢康复训练机
Robot Gait Training System



直线电机
Linear Motor



直驱式定位平台
Torque Motor
Direct Drive Motor



伺服驱动器
Servo Drive



AC伺服电机
智能型电机
AC Servo Motor
abilymotor

中国大陆子公司

上銀科技(中国)有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES (CHINA) CORP.
江苏省苏州市苏州工业园区唯新路59号
Tel: (0512) 8068-5599
Fax: (0512) 6579-4105
www.hiwin.cn

全球营运总部

上銀科技股份有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科路7号
Tel: +886-4-23594510
Fax: +886-4-23594420
www.hiwin.tw
business@hiwin.tw

关系企业

大銀微系統股份有限公司
HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科中路6号
Tel: +886-4-23550110
Fax: +886-4-23550123
www.hiwinmikro.tw
business@hiwinmikro.tw

HIWIN海外厂

德国 www.hiwin.de	日本 www.hiwin.co.jp	美国 www.hiwin.com	意大利 www.hiwin.it	瑞士 www.hiwin.ch
法国 www.hiwin.fr	捷克 www.hiwin.cz	新加坡 www.hiwin.sg	韩国 www.hiwin.kr	以色列 www.mega-fabs.com

HIWIN大陆专属经销商

天津隆创日盛科技有限公司
Tel: (022) 2742-0909

深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558

上海诺锐机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

上海玖钰机械设备有限公司
Tel: (021) 3471-8911

昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

河南广原精密机电有限公司
Tel: (0371) 8658-1632

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809

上海台银机电科技有限公司
Tel: (021) 5480-7108

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296

金太客传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6690-8988

2016年中国机床工具行业十大新闻

中国机床工具工业协会传媒部



NO.1 “数控机床互联互通协议标准联盟”成立

2016年5月17日，中国机床工具工业协会牵头组织的“数控机床互联互通协议标准联盟”成立大会在武汉华中数控股份有限公司召开。国外很早就高度关注数控机床的互联互通技术。早在2006年，美国机械制造技术协会（AMT）提出了MT-Connect协议，用于机床设备的互联互通。2006年标准国际组织OPC基金会在OPC（OLE for Process Control）基础上重新发展了OPCUA工控互联协议。2013年，OPC基金会与AMT协商将两种互联协议进行兼容。虽然国内在数控机床互联互通技术研究和应用方面已经起步，但各单位的研究工作目前没有形成一个统一的国家标准，给数控机床和相关装备的整体协调、优化及数据跟踪造成了困难，智能机床车间的系统整合和后期维护十分不便，严重制约了我国数控产业向智能化转型升级。建立此联盟意味着制定我国统一的数控机床互联互通协议标准工作迈出了重要一步。

NO.2 国际竞争力进一步彰显，济二赢得福特第9条冲压线订单

2016年6月，济南二机床集团有限公司再次赢得了福特汽车美国伍德黑文（Woodhaven）工厂的大型高速冲压线订单。这是济二为美国福特提供的第9条大型冲压线，也是中国制造凭借自身实力，在国际高端市场取得的又一个胜利战果。与前期福特项目相比，第9条线竞争更加激烈，济二遭遇了国外强手的激烈竞争。济二为福特伍德黑文工厂提供的是一条7100t大型冲压线，也是代表当今世界最先进水平的大型高速、智能冲压生产线。

NO.3 机床工具企业积极开展资本运作，海天精工等挂牌上市

近年来，高端装备制造业在资本市场受到欢迎，资本市场对装备制造业的追捧也在吸引更多的机床工具企业纷纷踏上筹备上市之路。2016年，陆续又有一些机床工具企业顺利登陆资本市场。比如宁波海天精工股份有限公司成功在上交所主板上市，上海维宏科技电子股份有限公司和广州昊志机电股份有限公司成功在深交所创业板上市等。借助资本市场的力量正在成为更多行业企业的选择。无论是有着悠久历史的大型国有企业，还是近年来迅速崛起的民营企业，在机床工具行业日益激烈的竞争中，单凭企业自身积累，力量难免薄弱，而资本市场强大的资金支持将为企业赢得更为广阔的市场前景。

NO.4 三家机床行业企业喜获2016年度“中国机械工业科学技术奖”一等奖

2016年11月8~9日，2016年度“中国机械工业科学技术奖”颁布，奖励项目共344项，特等奖1项、一等奖35项、二等奖119项、三等奖189项。其中，机床工具行业推荐奖项：华中科技大学等15家单位的“高性能数控系统关键技术及应用”，北京北一机床股份有限公司和北京工业大学的“面向新能源行业的数控超重型桥式龙门五轴联动车铣复合系列机床”，重庆大学、国家机床质量监督检验中心和四川普什宁江机床有限公司的“高档数控机床可靠性工程关键技术及应用”3个项目获得一等奖。另外，齐重数控装备股份有限公司的“HT630×120/120L-NC数控重型卧式车床”等5个项目获得二等奖；济南铸造锻压机械研究所有限公司的“CLR0418超大幅面地轨式激光切割机”等7个项目获得三等奖。

NO.5 智能制造“十三五”规划发布，机床工具企业承担相关项目

2016年12月7日，工信部发布“十三五”《智能制造发展规划（2016-2020年）》，明确了“十三五”期间我国智能制造发展的指导思想、目标和重点任务。目前，机床行业有沈阳机床集团、济南二机床集团有限公司、秦川机床工具集团、大连机床集团公司、华中数控股份有限公司、大连光洋科技工程有限公司、四川普什宁江机床有限公司、宁波海天精工有限公司等20多家企业承担国家智能制造新模式示范项目和智能制造标准制订项目。其中，济南二机床与德国博世集团联合承担中德智能制造示范项目——智能生产排产系统，借鉴德国先进的工业自动化技术，对提升国内机床行业乃至离散型制造行业的智能制造水平具有示范带动作用。

NO.6 CCMT2016彰显专业化特质 CCIMT聚焦西部制造业产业升级

在全球业界特别是中国机床工具市场多年低迷的形势下，于2016年4月召开的第九届中国数控机床展

览会（CCMT2016）规模再创历史新高。展会专业化特质进一步提升，整体布局不断优化，最大限度地按照展品类别进行集中布展；国际化程度进一步提升，境外展商参展面积近40%；展品结构进一步优化，扩大了智能技术、工业机器人、成形和激光加工机床等展品的展示面积。展会集萃了当代机床工具最新制造技术水平之大成，展品种类和数量远超历届CCMT。展会期间，中国机床工具工业协会与美国机械制造技术协会宣布，将携手举办“中国重庆国际机床展览会（CCIMT）”，聚焦以重庆为中心的西部制造业产业升级，首届展会将于2017年11月13~16日举办。

NO.7 加强组织建设，中国机床工具工业协会成立经销商分会

2016年4月10日，中国机床工具工业协会经销商分会正式成立。目前，我国经济处于转型升级的关键时期，机床工具经销商群体是市场的最前端，可以敏锐感触市场变化。充分发挥经销商的市场作用，建立有序、规范的机床工具市场行为，正是机床协会加强组织建设、更好服务会员企业的基本出发点。青岛青机电设备有限公司当选为首届理事会理事长单位，上海爱姆意机床成套设备有限公司当选为常务副理事长单位，太原市信丰通机电贸易有限公司等17家企业当选为副理事长单位。

NO.8 04科技专项“十三五”加大投资，聚焦航空航天、汽车制造领域

2016年12月20日，工信部04专项办在北京召开国家04科技专项总体组专家扩大会议，国家发改委、财政部和科技部已经同意增加04专项国拨资金，并已经上报国务院待批准。三部委总体要求04专项增加资金要聚焦标志性成果产业化，聚焦航空航天和汽车制造领域的高档数控机床应用。三部委初步确定04科技专项“十三五”增加国拨资金，相对额度较大，其主要资金2017~2018年大部分要实施，以便在2020年取得效果，因此2018年可能会出现集中大上项目的高潮。

NO.9 行业分化明显，机床工具企业开拓重点领域成果初显

面对机床工具市场持续多年下行，2016年行业企业发展分化更趋明显。有部分企业出现经营困难、破产重组等现象，但有不少企业则逆势而上，转型升级成果显著，并且在汽车、航空航天等重点领域取得了不俗的业绩，在一定程度上实现了进口替代。比如，大连科德在航天领域获得20多台五轴加工中心组线订单；普什宁江的自动线产品也在航天领域有所斩获。此外，国产机床的质量也在不断提升，南京工艺和宜昌长机连续3年荣获中国机床工具工业协会评选的“质量十佳”荣誉称号，产品可靠性得到用户认可。

NO.10 《中国机床工具工业史》编纂工作启动

2016年，中国机床工具工业协会启动编纂出版《中国机床工具工业史》工作。中国机床工业的萌芽，自19世纪前后在江南一带工商业较为活跃地区发轫，经连年战乱、数度劫难，几回生死存亡，尚未有像样的成长，几乎被扼杀于摇篮之中。直到新中国成立之后，现代机床工业才得以在全国范围内进行大规模建设，如今已建成具有完整工业体系和全产业链覆盖的现代机床工业产业。编纂出版《中国机床工具工业史》，目的就是记述这一波澜壮阔的发展过程，总结创业经验，阐述改革开放以来工业发展历程，弘扬取得的辉煌成就，为后人了解历史、研究探索我国机床工业的强国之路留下重要史料。□

济二成功交付国内首条大型全伺服高速自动冲压线

1月20日，由济南二机床集团有限公司自主研制的国内首条全伺服高速自动冲压线在上汽通用武汉基地全线贯通，正式交付使用。济南二机床再次打破国外技术垄断，冲压技术比肩世界先进水平。

该伺服冲压线由一台2000t多连杆伺服压力机、三台1000t多连杆伺

服压力机以及线首自动上料、双臂送料装置、线尾自动出料等组成，应用了伺服驱动、数控液压、同步控制等多项核心技术。与传统全自动冲压线相比，全伺服线生产节拍达到每分钟18次，效率提高20%，生产柔性也更加优越，可实现“绿色、智能、融合”的全伺服高速冲压生产。

济南二机床与上汽通用在高端领域的合作不断深入，武汉基地全伺服高速冲压线的贯通，是继2009年上汽通用烟台基地的国内首条大型全自动机械冲压生产线之后，又一个推动济二与世界最先进的冲压技术同步发展的合作成果。

武重中标中船重工五轴加工中心项目

近日，从中船重工武汉船用机械厂传来消息，由中国兵器工业集团武汉重型机床集团有限公司研发的舰船燃气轮机机匣用五轴立式铣车加工中心成功中标。

该加工中心属于高档数控机床，具备高转速、高精度的特点和车铣复

合加工能力，具备工作台移动、工作台交换功能，能在一次装夹中实现车、铣、钻、镗等多工序高精度加工，大大提高机匣加工精度和效率，有助于提高舰船用燃气轮机的可靠性和使用寿命。目前，该类高档加工设备在世界上只有德国、意大利、日

本、西班牙等少数国家能够制造。该设备的研制，将打破发达国家对我国装备的制约和技术垄断，为我国船舶工业特别是舰船制造领域的转型发展提供有力的高端装备支撑，对我国舰船工业的产业安全和国防安全具有重大战略意义。

秦川集团机床远程诊断服务正式运行

日前，秦川机床工具集团汉江机床有限公司的数控机床远程诊断服务正式投入运行。购买汉江机床产品的用户，无论身处何地，都可以接受到汉江机床技术人员为其提供的远程服务，服务内容包括故障诊断、设备维护调试以及软件升级优化等，其效果如同在车间现场用电脑调试机床一样。通过这种方式，在有效降低产品

售后服务成本的同时，也大幅提升了服务响应速度，解决了用户的后顾之忧。

该技术方式的实现，一方面得益于汉江机床产品已大部分实现数控化，具备远程诊断的“硬件”功能；另一方面，公司适时抓住了“互联网+”的发展大潮，在产品、销售渠道、服务方式和品牌概念等方面，

将互联网元素植入传统制造业，实现互联网与制造业的融合，从而彻底改变了以往远程诊断设置繁琐、运行成本高、受多种条件制约难以推广普及的难题，使多年来仅停留在概念上的远程设备诊断服务真正落地，数控机床远程诊断服务的推广应用也因此迈出了重要一步。

KUKA机器人中国二期厂房奠基仪式隆重举行

2017年1月11日，KUKA公司隆重举行中国二期厂房奠基仪式，宣布再次加大对中国的投资，以期更好地满足中国市场对工业自动化的需求。KUKA公司以引领世界工业机器人技术发展潮流的先进产品及技术，履行对中国市场的长期承诺，为工业客户提供优秀的智能产品及解决方案。

KUKA公司自2000年进入中国市场，至今已有16年坚实的发展历史，并凭借在生产自动化和机器人领域110多年的专业知识和丰富经验，不断拓展在中国的业务范围。KUKA机器人中国一期厂房于2013年顺利投产，3年内即实现了年产5000台的目标，成为KUKA全球第二大的机器人

组装工厂。KUKA机器人中国的二期厂房项目将同样落户上海松江，以求继续扩大产能，满足中国市场以及亚洲市场对自动化解决方案日益增长的需求。KUKA机器人中国二期厂房建立后，将极大地缩短KUKA产品的生产与运输时间，同时加快售后响应速度，提高客户服务质量。

普什宁江精密卧加项目通过检测

日前，四川普什宁江机床有限公司“800mm精密卧式加工中心研发与国产功能部件配套应用”重大专项通过了国检中心的严格检测。

精密卧式加工中心作为一类重要的数控机床产品，是我国汽车、航空航天、精密模具等领域急需的关键设备，但目前国内开发的卧加产品与国

外同类产品相比，在设计技术、制造技术和产品性能方面都还存在较大差距，在基础理论和关键技术研究方面还显落后。

沈阳机床i5机床已签1.8万台订单

近期，沈阳机床集团自主研发的i5智能机床开始在汽车传动轴等行业进行示范应用，如今已经签订1.8万台订单，发货量达到8400台。大连机床集团也不甘示弱，其在东莞市建设的国内首个3C行业无人化智能制造

工厂基本完工，全部采用国产机器的智能生产线正在等待着第一批产品的到来。

从辽宁省工信委获悉，在辽宁省首批50户智能制造及智能服务试点示范企业中，已有15个项目初步建成并

投入运行。除上述两个项目以外，还包括沈阳黎明航发集团转包机匣柔性生产线、辽宁曙光汽车集团全自动智能车桥装配线、东方测控远程云服务平台、辽宁华丰基础雷管智能化装配生产车间等。

海克斯康并购美国CAE软件公司MSC

2017年2月2日，海克斯康集团宣布并购MSC软件公司，MSC是一家领先的计算机辅助工程CAE解决方案公司，提供虚拟产品和制造过程仿真系统的软件开发。此次并购为无现金无负债（DFCF）并购方式，并购价格为

8.34亿美元。

MSC公司成立于1963年，在总部美国洛杉矶，全球拥有超过1200名员工，分布在22个国家和地区。MSC为产品制造的设计和工程阶段提供了多个软件方案。其仿真工具使客户能够

优化产品设计，确保下游的生产力、产品质量和耐用性。作为虚拟产品开发技术提供商，50年来，MSC的虚拟产品开发软件和服务帮助企业在产品开发过程中改善产品的设计、测试、制造和服务流程。

HAIMER和DMG MORI签署合作协议，成为高级合作伙伴

2017年1月26日，在伊根豪森，HAIMER翰默和DMG MORI德马吉森精机的合作伙伴关系进一步加强。两家公司签署了一份合作协议，为高级合作伙伴——翰默的产品设立了标准。翰默在2017年1月1日收购了DMG MORI Microset GmbH（原德马吉森精机对刀仪股份有限公司），现在

该公司已经更名为HAIMER Microset GmbH翰默对刀仪股份有限公司。

成功的金属切削加工需要大功率的机床和高精度的刀柄夹持技术，才能将精度和扭矩从主轴传递到刀刀。这就是为什么在高精度刀具夹持领域的国际领导者翰默集团和全球机床行业的领头羊德马吉森精机的商业合作

关系在过去很多年都非常成功和值得信赖。

在收购了原德马吉森精机对刀仪产品后，有600名员工的家族企业翰默集团的原有产品获得了补充。翰默原有的产品范围包括各种常用接口和长度的高精度刀柄和多种热缩机及动平衡机。

青海一机“高速立、卧加”课题通过验收

日前，中国机床工具工业协会行业部娄晓钟主任参加了由“04专项办”在兰州星火机床厂组织召开的“高速立、卧式加工中心”专项课题的技术终验收评审会议。

该课题责任单位是青海一机数控

机床有限责任公司，参与单位有兰州理工大学和武汉天喻软件股份有限公司。课题任务是高速立、卧式加工中心的研制开发，研制630、800、1000三种规格的高速立、卧式加工中心，并达到6台套的应用，其中两台采用国产数

控系统 and 功能部件。并开展高速立、卧式加工中心关键技术的研发和应用。

验收组听取了课题研究汇报，对研制高速立、卧式加工中心的兰州星火机床厂进行了现场考察。经过专家评议，课题通过了终验收。

总结2016 展望2017

——机床协会七届六次理事会议成功召开

中国机床工具工业协会传媒部



2017年1月7日，中国机床工具工业协会第七届六次理事会议在北京召开。出席本次会议的有国家国防科技工业局龙红山总工程师、于继科处长；工信部装备工业司瞿国春副司长、苏铮调研员；国务院发展研究中

心宏观经济部陈昌盛副部长；中国和平利用军工技术协会陈晶晶秘书长、陈振华主任；协会各位轮值理事长、副理事长、常务理事和理事单位负责人或代表。常设机构中层以上干部和各分会秘书长列席会议。

会议为期一天，上午的议程由协会当值理事长、秦川机床工具集团董事长龙兴元主持，下午的议程由中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明主持。

上午的议程由三个报告构成，第

一项议程是工信部装备工业司瞿国春副司长讲话。瞿副司长介绍了我国装备制造业相关政策方针。对于机床行业，瞿副司长谈到：机床行业虽然规模不大，但其重要性、基础性作用不亚于其他任何重要领域，并指出目前机床行业的发展已步入新的重要阶段。他还跟大家分享了世界机床市场发展情况，同时指出，中国机床经过高速增长后，目前的转型意味着机会。瞿副司长对中国机床行业下一步发展提出五个建议：一是要强化创新驱动战略；二是要着力夯实两个基础，即制造基础和人才基础；三是要着力完成04专项、“十三五”等重点项目工作，建议大家集中力量，对相关项目给予高度重视和关注，保证重大项目顺利实施；四是要积极推进智能制造工程，推进机床的智能化；五是要放眼全球、开放合作，在扩大开放中加强自主创新。最后，瞿副司长对于机床协会与和平利用军工协会开展的供需长效合作机制对接活动表示赞赏，并表示在今后的工作中将大力支持相关工作。

第二项议程是国防科工局龙红山总工程师讲话。龙总工首先简要介绍了中国机床工具工业协会与中国和平利用军工协会开展多年的国产机床与军工行业供需合作长效机制方面的相关情况，称这种机制有利于两个行业更好的发展，两个协会一直在此进行积极努力，并取得了很好的成效。龙总工还介绍了重点领域的发展现状和需求，并指出，面对新的形势和任务，我们要加强民族装备的研制和创新发展。龙总工建议机床行业要抓住国防科技工业的发展主线，紧紧把握军民深度融合与创新驱动，保障国防高端制造装备的安全可控。龙总工希

望两协会更好地开展相关合作，促进国防科技工业和机床行业的持续健康发展。

会议的第三项议程是，请国务院发展研究中心宏观经济部陈昌盛副部长作宏观经济形势报告。

陈昌盛副部长首先分析了2016年中国经济发展情况，强调在目前经济转型期不再追求高速增长，但要平稳下降，避免短期大幅下降。2016年出现一些回稳向好的特征，主要原因有以下几点：总需求保持了扩张，供给侧结构性改革，国际环境因素出现短期积极变化，经济发展的趋势性因素导致下降空间收窄。对于2016年经济的总体判断，陈昌盛指出，2016年以来，我国经济运行总体平稳，结构调整取得积极进展，物价整体涨幅温和，企业效益有所改善，预计第四季度经济增速保持基本平稳，全年有望实现6.7%左右的增长。这既有供给侧结构性改革促进新动力、新体制、新机制形成方面发挥的重要作用，也有需求政策适当扩张，避免了总需求大起大落的作用。但必须看到，结构调整和动力重塑的任务仍然艰巨，经济动力转换进程尚未根本完成。从长期视角看，新常态下的中国经济，经过5年来的持续调整，已经出现了由降转稳的积极迹象，确立中高速增长新平台的条件逐步增多。同时经济企稳仍面临多重风险和挑战，进入新增长轨道需要加强风险管控，启动战略性重组，提升资源配置效率，有效引导市场预期，进一步释放改革红利。

对于中国经济的当前特征，陈昌盛认为，从新旧动力关系看，新动力快速成长，但对旧动力的依赖依然十分严重；从金融与实体关系看，实体经济短期利润有所改善，但高杠杆下

资金“脱实向虚”的状况没有改变；从防风险与促改革的关系看，风险呈现集中化、显性化特点，但通过改革落地化解风险的作用发挥不够；从宏观调控与预期管理看，市场预期的管理重要性明显上升，但管理能力和经验总体不足问题比较突出；从地区与产业分化看，分化是结构调整和产业升级的必要过程，但产业与体制叠加效应下部分地区困难明显加大。

陈昌盛还向代表们分享了2008年后全球经济特征与新变数，分析了2017年的主要变数与风险。

关于2017年的政策展望有以下几方面内容。重要背景是：十九大召开，新一届地方党委施政，美国新政府施政；工作总基调是：稳中求进，突出抓“十三五”项目推进，抓风险防控，抓改革落地，抓国际机遇。

宏观政策方面：财政政策配合稳投资和调结构，还会保持相当力度；货币政策配合去杠杆，货币信贷将保持基本适度并略有调整，突出抑制泡沫和防风险。

会议下午时段的第一项议程是：机床协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁作中国机床工具工业协会2016年工作报告。陈惠仁的工作汇报分三个方面的主要内容：过去一年的主要工作、存在的主要问题和2017年工作的基本考虑。

过去一年的主要工作有：①创新协会工作决策机制，切实发挥理事会对协会工作的领导作用。②积极反映行业诉求，启动“促进机床工具行业转型升级财税政策建议”工作。③顺应智能制造的发展趋势，牵头组织“数控机床互联互通协议标准”的制订工作。④拓展会员覆盖范围，成功筹建经销商分会。⑤着眼于行业技术

创新体系建设，积极组织行业国家技术创新中心组建方案的研究论证工作。⑥发挥协会优势，正式启动中国机床工具工业发展史的编撰工作。⑦持续推进协会展览业务升级，努力以为协会会员为主体的展商提供优质服务。⑧克服困难，坚持不懈地推进协会信息化建设工程。

存在的主要问题有：市场意识、会员意识、服务意识有待强化；部分工作计划有待深入；制度建设亟待加强；信息化建设项目拖期，以及“规范行为”方面有待积极探索。

2017年工作的基本考虑有以下几点：①深入推进长效合作机制。②全力推进换脑工程项目。③着力推进和完善三大服务平台建设。④持续推进几项重点工作。⑤继续探索履行规范行为职能、加强行业自律的途径。⑥

按期完成协会理事会换届。

第二项议程是：机床协会执行副理事长毛予锋作中国机床工具市场和产业发展形势分析报告。报告分五个方面内容，分别是产业发展环境，产业运行状况，产业发展的有利因素，产业发展的突出问题、应对与展望。关于产业发展环境，讲述了中国宏观经济、工业形势、国际机床工具消费市场情况、国内机床工具消费市场情况。关于产业运行状况，发布了中国机床工具行业景气度指数，介绍了产业主要细分领域的相关情况。对于产业发展的有利因素，毛予锋从以下三个方面进行了梳理：国家经济和产业政策、国际市场的新变化、国内市场中的积极因素。对于产业发展的突出问题，毛予锋归纳了以下几个方面：市场需求低迷；运行质量下降、债务

风险高企；需关注的瓶颈环节和发展短板，以及当前企业关注的焦点问题。最后，对未来的应对与展望，毛予锋介绍了行业企业不同程度开展的主动作为和转型升级措施，表示协会也将主动担当，为政府和行业企业提供更好的服务。对于2017年，预计中国机床工具消费市场和产业运行中期趋势仍将处于下行区间，降幅会有所收窄，但存在反复挑战底部的可能。

第三项议程：将“关于协会换届筹备工作的建议”和“关于协会换届筹备工作领导小组组成人员的建议”提交理事会审议。经举手表决，两个建议均获得全体通过。

此次理事会议内容丰富、务实，与会代表反映收获很大，收到了预期效果，开得很成功。□

机床协会2017新春媒体高层座谈会日前召开

2017年春节刚过，2月10日下午，来自《经济日报》、《中国汽车报》、《中国工业报》、《金属加工》杂志社、《中国机电工业》杂志社、《机电商报》、《中国航空报》、人民网财经频道等媒体的主要负责人与中国机床工具工业协会的主要领导常务副理事长兼秘书长陈惠仁，执行副理事长王黎明、毛予锋，副秘书长杨青、郭长城，以及相关部门负责人及传媒部全体人员进行了座谈。

中国机床工具行业自2011年下半年进入下行通道以来，至今已进入第6个年头。到2016年年底有三个方面的变化值得注意：一是机床市场出

现趋稳迹象，特别是4季度较明显。国内市场2016年机床消费总额275亿美元，同比持平；工具消费总额40亿美元，同比下降11个百分点。二是行业产出呈现恢复性增长。2016年机床产出229亿美元，同比增长3.6%。其中出口实现29亿美元，同比下降且下降幅度扩大，出口依赖度12.7%。2016年工具产出51亿美元，同比下降8.9%，降幅收窄，其中出口实现26亿美元，同比持平。出口依赖度51%。三是行业景气度指数大幅回升。从2014年开始，连续3年机床协会在行业内做了景气度指数的调查工作，三年的指数分别是43.3%、34.5%和53.9%。2016年出现大幅回升，行业

呈现出积极态势。按不同所有制企业分类看，国有企业回升17.6%，私人企业回升19.9%，外资及港澳台企业回升32.4%，其他所有制企业回升18.6%。

座谈会上，协会的其他主要领导和媒体代表根据各自所熟悉的机床和机床用户领域的一些情况做了深入的交流。王黎明着重介绍了国家科技重大专项所取得的成就；毛予锋介绍了机床协会在为行业企业减轻税负方面所做的一些努力。媒体代表在肯定机床行业这些年进步的基础上，更多的是对未来机床行业发展的建议和用户行业的一些诉求，希望中国机床越来越强。

夯实基础 扎实推进

——2017年机床协会秘书长工作会议在京召开

中国机床工具工业协会传媒部



2017年1月8日上午，中国机床工具工业协会秘书长工作会议在北京召开。各分会秘书长、副秘书长，常设机构领导、各部门负责人及相关人员共50多人参加了会议。会议由中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁主持。

会上，行业部主任娄晓钟重点通报了2016年协会标准工作进展情况

及相关后续工作；介绍了CIMT2017展会期间行业部组织的相关重要会议等内容。信息统计部主任杜智强针对2016年行业信息统计工作开展情况，联系政府有关部门的情况，以及信息统计下一步的主要工作安排进行了说明。综合办公室（组织联络部）张彦君主任通报2016年会员组织建设并征求下一步有关工作的意见。

2017年，标准、统计等基础性工作的开展将被摆在突出重要的位置。

积极推进“协会标准”组织体系建设工作

标准化工作是保证行业健康发展的重要基础性工作。2015年3月国务院印发了关于深化标准化改革方案的

13号文件，鼓励培育发展团体标准。在标准制定主体上，鼓励具备相应能力的学会、协会、商会、联合会等社会组织和产业技术联盟协调相关市场主体，共同制定满足市场和创新需要的标准，供市场自愿选用，增加标准的有效供给。该工作得到了中国机床工具工业协会的积极响应。

从2016年开始，机床协会开始着手提出协会标准化委员会建设方案。目前已组建了标准化委员会，建立了标准化专家库，并初步编写了“协会标准制定工作细则”，秘书处成员组成正在进一步落实。下一步将在部分分会率先开展“协会标准”试点工作。

“数控机床互联互通协议标准联盟”助力行业智能制造

在“中国制造2025”战略的推进中，数控机床的智能化升级起到至关重要的基础性作用。要实现机床的智能化，首先要解决好数控机床之间的

互联互通及保障信息安全前提下的信息协同共享。当前，国内在数控机床互联互通技术研究和应用方面虽已起步，但各单位的研究工作各自独立，各种型号的数控机床和数控系统之间信息沟通不畅，给数控机床和相关装备的整体协调、优化及数据跟踪造成困难，严重制约了我国数控机床产业向智能化方向转型升级。

为此，中国机床工具工业协会在2016年4月组织召开了“智能制造相关数控机床通讯协议标准”研讨会，并于5月牵头组织成立了“数控机床互联互通协议标准联盟”。首批14家联盟成员单位签约了联盟协议。联盟成员之间形成“相互促进，合作共赢”的关系。

2017年，机床协会将站在行业共同利益的基础上，继续推动联盟工作取得更大的成效。

转型期做好行业统计工作的意义更加重大

统计工作是行业的基础工作，也

是行业组织的核心竞争力。在当前行业下行和企业经营较为困难的背景下，做好统计工作的难度加大，但其作用和意义更大。

2016年，行业统计工作通过加大对行业典型产品领域的支持力度，平衡各细分行业的政策获得感，进一步推进了行业统计业务全面协调开展。

2017年，协会统计工作将继续完善行业统计制度和机制。根据国统局行业分类和产品分类修订的情况，持续推进行业统计制度及文件的完善工作。根据国家在行业协会脱钩中开展信息共享工作的情况，提前进行本行业统计工作运行机制的调研工作，为后续开展相关工作做好准备。继续充实和优化协会重点联系网络，通过完善结构、优化升级，进一步提升行业统计重点联系网络运行效果。

会上，秘书长、副秘书长及相关分会代表还就总会相关活动及各自日常工作进行了广泛深入的交流和沟通。□

军民融合工作座谈会在京召开

日前，军民融合工作座谈会在北京召开，中国机床工具工业协会执行副理事长毛予锋参加会议。来自国防科技工业发展战略委员会、国防大学国防经济研究中心、空军司令部信息化工作站、武警总队北京总队三师、中国拥军优属基金会、中国网信军民融合促进会筹备组、中国稀土行业协会、中国雷达行业协会、中国循环经济协会、中国技术监督情报协会、中国开发区协会、中国职工保险互助协会、中国标准化研究院、中国社科院研究生部、北京公益服务发展促进

会、北京德翔律师事务所和中关村军民融合产业联盟等单位的23人参加了会议。

会议主要内容有：解读中发12号文件《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》，简要介绍军队财产险项目、军民融合产业园区标准项目、全军被装拆解项目、军民融合高级研修班项目、军民融合创新示范区青岛古镇口等项目，引导非公经济和社会组织参与“军民融合”工作。

“军民融合”是党中央、国务院和军委的一项重大战略决策部署，是

军队建设改革的一项重要内容，2017年1月22日政治局会议通过设立中央军民融合发展委员会，更加凸显此项工作的重要性和复杂性。同时，也调动起社会各界参与的积极性。

“军民融合”题材宏大，内容广泛，《意见》中提出了加强几个方面的统筹，涉及基础领域、产业领域、科技领域、教育资源领域、社会服务、应急和公共安全、海洋开发和海上维权与国家海外利益。与会学者指出，应避免对“军民融合”理解出现泛化、虚化和概念化倾向，防止过热苗头。

中国机床工具市场和产业发展形势分析

中国机床工具工业协会 毛予锋

2016年是“十三五”的开局之年，也是中国经济进入新常态以来的第三个年头。在国际经济复苏乏力和国内经济动能转换的背景下，中国经济、工业和机床工具消费市场的转型升级步伐正在日益加快，中国机床工具产业正在面临前所未有的新环境和新问题。如何研判当前经济趋势、市场形势、产业环境、产业发展状况和方向是产业界一直普遍关心的问题。协会从考量产业发展战略的角度出发，根据经济、工业和进出口等方面的统计信息，特别是深入分析近几

年行业统计运行数据的基础上，形成《中国机床工具市场和产业发展形势分析》报告，供各位业界同仁参考。本报告分为五个部分的内容，分别是产业发展环境、产业运行状况、产业发展的有利因素、产业发展的突出问题、应对与展望，下面将逐一向大家汇报。

一、产业发展环境

中国机床工具产业发展所面临的环境有两个方面，即经济环境和市场环境。这两个方面的环境又可以细分

为中国宏观经济环境、中国工业形势、国际市场环境和国内市场环境四个部分。

1. 中国宏观经济

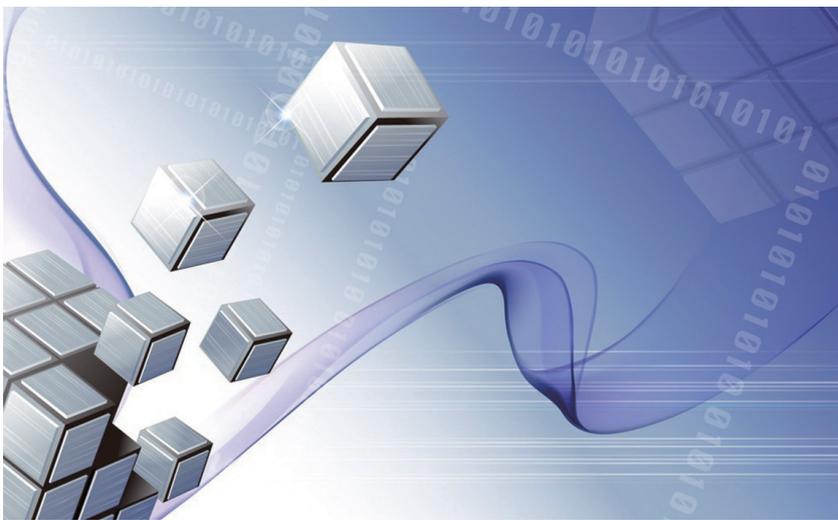
首先介绍下中国宏观经济与机床工具产业相关的情况。2006—2016年这十多年的中国国内生产总值（GDP）和货币供应量关系总体呈现三个明显的变化特征。即：

经济增速减缓，GDP增速由2007年14.2%的高速增长降到2016年前三季度6.7%的中速增长。

通胀压力持续增大，2016年前三季度货币供应量（M2）是2006年全年的4.3倍，达到152万亿元人民币。

投资对GDP拉动的边际效应正在减弱，2006年货币供应量与GDP的比率是1.6：1，2016年前三季度这一比率已经激增至2.9：1。

由于经济运行潜在风险仍然存在，投资对GDP拉动的边际效应大幅减弱，今后一段时期供给侧结构性改革重点任务将会加大推进力度，特别是“去产能”和“去杠杆”重点任务地推进预示着未来宏观经济或将处于



一个紧缩调整的大周期中，作为投资拉动型的机床工具产业运行和发展将继续面临市场下行压力增大的局面。

从最终消费、资本形成和净出口这三个“支出法国内生产总值[详见名词解释]”的构成变化情况看也能印证上述判断。从整体趋势上看，这十年来三大构成的增速总体呈现回落趋势，资本形成增速由2007年的24.7%下降到2015年的2.4%；最终消费增速由2007年的18.7%下降到2015年的9.7%；净出口增速则由2006年最高峰时的63.1%下降到2015年的4.4%。由于在GDP中的比重和受经济影响不同，三大构成近期的变化趋势出现分化，最终消费的占比不断提高，增速变化趋稳；资本形成的占比随增速显著回落而逐步下降；净出口的占比不大，增速呈现大幅波动下行。

分析最终消费和资本形成的构成又可以发现近期中国经济呈现的新变化。首先，2006—2015年最终消费的构成情况显示，城镇居民和政府是消费的主体，2015年两者的占比分别达到57.2%和26.4%；另一方面，2013年开始，政府消费增速与城镇居民和农村居民消费增速变化趋势明显分化，前者呈现“先降后升”的明显变化过程。其次，全社会固定资产投资增速从2009年的30.5%下降到2016年1—11月的8.3%。但特别需要注意的是，2016年1—11月，虽然全社会固定资产投资增速回落势头趋缓，但制造业与设备工具购置两个细分领域的投资增速仍然呈现显著回落趋势，分别仅为3.6%和1.4%。上述数据预示着机床工具产品方面的市场采购力度

仍在大幅减弱。

2. 工业形势

从近三年主要工业细分领域的工业增加值增速变化情况看，大致可分为三个阶段。即：

缓慢回落阶段（2014年），除钢铁外的主要细分领域工业增加值增速均高于工业平均水平（大致在8.3~8.8%之间），呈现缓慢回落趋势；

陡降阶段（2015年1—9月），全国工业增加值增速跌入6.3%左右的区间，其中机床工具产业所处的通用设备制造业的增速更是从2014年的10%左右跌到4%以下。

状态分化阶段（2015年10月—2016年11月），虽然全国工业增加值增速稳定在6.0%左右，但主要细分领域增速呈现明显分化。汽车在购置税优惠政策的支持下逆势上行；钢铁和铁路由于投资周期已过而持续下行；通用设备、电气机械和金属制品在房地产增长的带动下小幅回升；前期火爆的通信电子制造业由于产能趋于饱和而呈现明显回落。

综合上述情况看，目前经济传统动能正在大幅消退，新动能体量不大且不稳定，新旧动能转换还未完成。经济刺激政策带来短期需求激增的同时，也会透支未来市场，不利于市场的长期可持续性发展。

3. 国际机床工具消费市场情况

根据英国牛津经济研究院的调查和预测数据，国际机床消费额在2016年达到近期低点后将温和回升。2015年国际机床消费市场按国家排名的前八位分别是中国、美国、德国、日本、意大利、印度、巴西和法国（分别为37%、10%、9%、8%、4%、2%、1%和1%）。从地区看，

亚洲、欧洲和北美洲的份额占前三名（分别为59%、25%和15%）。

与国际机床消费额相似，国际主要工业领域投资额也将自2016年后温和回升。2015年国际主要工业领域投资中，电气工程、汽车、金属材料、通用机械、金属制品、特殊用途机械、精密和光学仪器、航空航天投资额比例分别为24%、17%、16%、12%、12%、12%、5%和2%。

4. 国内机床工具消费市场情况

2016年1—11月，中国制造业主要细分领域固定资产投资额排在前十位的分别是：非金属矿物制品、化学原料、通用设备、电气机械、汽车、专用设备、农副食品加工、计算机/通信电子、金属制品、橡胶和塑料制品，与2015年1—12月的排名没有变化。对比投资金额和增速的分布可以看出，一是传统领域仍然是投资的主体，新兴制造业的投资力度与传统领域还是有较大的差距；二是传统领域投资增速普遍下降，甚至负增长。

2016年中国机床工具市场主要细分领域的消费额变化趋势仍是下行，但降幅收窄。

金属切削机床消费额预计小幅下降，约为162亿美元，同比下降5.3%；进口商品前三位分别是加工中心（25.1亿美元、同比下降17.6%）、磨床（9.5亿美元、同比下降2.7%）和特种加工机床（7.6亿美元、同比下降14.1%）。

金属成形机床消费额预计小幅下降，约为101亿美元，同比下降2.9%；进口商品前三位分别是锻造或冲压机床（4亿美元、同比下降2.4%）、其他成形折弯机（1.9亿美元、同比下降5.3%）和冲床（1.9亿美元、同比下降15.7%）。

工量具消费额预计仍明显下降,约为41亿美元,同比下降8.9%;进口商品前三位分别是硬质合金刀片(5.2亿美元、同比增长7.9%)、铣刀(1.8亿美元、同比下降0.4%)和普通钻头(1.5亿美元、同比下降2.8%)。

国际技术发展趋势也是市场发展趋势研究的重要部分,顺应国际产业发展趋势和跟踪前沿技术发展动态才能实现机床工具产业转型升级和开拓新市场的战略目标。从近期举办的EMO、IMTS、CIMT和JIMTOF等国际知名机床工具展览会上反映出的技术发展潮流和最新研究成果应用情况看,可以总结出以下几个方面的技术发展趋势。

(1) 优化资源配置、提高效率是国际技术发展的核心目标。

国际主要经济体人口老龄化来袭,劳动力缺口扩大;国际经济复苏乏力,要素价格和供需关系变化促使全球产业链出现重构;核心竞争力体现在实现效率上。

(2) 加工中心和复合机床更加智能、高效,核心技术实现模块化和功能化。

五轴联动加工技术和复合加工技术已经成熟,通过模块化和功能化实现在产品线上自由的组合和拓展。不仅降低了五轴和复合加工技术的应用门槛和成本,而且大大提升了面向制造需求快速形成最优解决方案的能力。

(3) 齿轮加工技术向制造系统方向深入发展,制造生态更趋完备。

齿轮加工技术正在向涵盖机床、测量仪、制造控制软件、工装及切削刀具的系统化制造体系发展,实现一

体化解决方案;制造系统内的上下游衔接更加紧密和集成,实现以追求齿轮极限制造精度目标下的最优配置,类似一个生态系统。

(4) 磨削技术在追求极致的同时,融入更多智能、高效和复合加工新技术。

近几年,国际磨削技术研究和工程应用领域在不断追求最大、最小和最精等极限制造的同时,也在向智能、高效和复合加工等方向拓展。既是应用领域提出的新需求,也是新兴技术间融合引起的制造技术全新变革。

(5) 重型和超重型机床的极限制造能力仍是工业重器。

重型和超重型机床所具备的极限制造能力在航空航天、国防工业和能源装备等高端应用领域依然是工业发达国家的“镇宅之宝”和工业重器。没有这些制造装备和手段就造不出核心零件,就要受制于人,体现出这项技术和产品的不可替代性。

(6) 特种加工制造技术随新兴制造需求兴起而快速拓展。

特种加工技术和机床一直是制造技术领域的前沿技术的代表和风向

标。在新兴制造需求的拉动下,以激光增材制造为代表的技术成为近期的新热点,拓展了特种加工技术发展的新方向。

(7) 金属成形机床跟踪市场需求变化,不断突破效率和精度极限。

普遍提高自动化水平,自动补偿、自动托扶、自动夹紧、自动更换安装模具、自动上下料等功能开始广泛应用。在不断提高加工精度的同时,实现节能环保。

(8) 数控控制和测量技术发展力拥抱“工业4.0”。

与“工业4.0”关系最紧密的技术和产品领域当数是数控控制和测量技术,是“工业4.0”研究的前沿和先导性领域。近几年来,明显感觉到数控控制和测量技术领域在加大“工业4.0”方面的研究力度,相关应用成果也在不断丰富、成熟和渐成体系。

(9) 工业机器人与先进制造系统深度融合。

先进制造系统在自动化、柔性化和智能化等方面的特征不断凸现,少人化和无人化制造需求不断增加,以替代人工劳动而诞生的工业机器人自



然在先进制造系统中的应用更加普遍和深入，形式也更加丰富。

(10) 切削刀具和机床功能部件适应自动化、柔性化和智能化背景下的先进制造要求。

切削刀具和机床功能部件作为机床和制造系统实现功能和性能的最基本单元技术，其自身的发展与自动化、柔性化和智能化制造需求的发展形成互相影响、互相支撑、互相推动的关系，且越来越密不可分。没有成熟的、适应先进制造需求的切削刀具和机床功能部件，就不可能实现机床工具产业从“工业2.0”和“工业3.0”向“工业4.0”的跨越。

(11) 辅助软件成为制造系统性能提升的变速器。

设计制造辅助软件是当今制造系统中不可或缺的一环。从设计制造辅助软件(CAD、CAE、CAM)的发展历程看，常常是伴随着新工艺、新方法和新模式的不断提升。从CAD设计到CAM的集成，从二维到三维建模再到三维仿真和CAM，从五轴加工、复合加工到3D打印。可以说，现在中高端机床如果离开设计制造辅助软件几乎寸步难移。

产业运行状况

1. 中国机床工具行业景气度指数

从2014年开始，协会在行业重点联系企业中开展行业景气度方面的企业负责人问卷调查工作，得到行业企业的大力支持。通过对反馈问卷的梳理、统计和分析，形成中国机床工具行业景气度指数及相关分析结果供企业参考，收到了积极的效果。2016年协会再次面向历年行业30强企业、典

型领域的排头兵企业、行业统计重点联系企业发放调查问卷，调查样本构成更趋优化。调查问卷返回93份，样本企业在产业分布和结构上具有一定的代表性（详见样本企业分布结构）。

样本企业分布结构 按地区分类，东部企业63家（企业规模479亿元），占67.7%；中部企业18家（企业规模87亿元），占19.4%；西部企业12家（企业规模86亿元），占12.9%。

按所有制性质分类，国有（含集体）控股企业33家（企业规模311亿元），占35.5%；私人控股企业39家（企业规模146亿元），占41.9%；外资（含港澳台）控股企业7家（企业规模59亿元），占7.5%；其他企业14家（企业规模136亿元），占15.1%。

按产品领域分类，金属切削机床企业49家（企业规模431亿元），占52.7%；金属成形机床企业13家（企业规模117亿元），占14%；工量具/磨料磨具企业16家（企业规模54亿元），占17.2%；数控装置和功能部件企业15家（企业规模50亿元），占16.1%。

2016年中国机床工具行业景气度指数为53.9%，较上一年同期回升19.4个百分点，处于荣枯线以上，反映出行业近期的运行呈现回升态势。

从不同所有制性质企业看，外资（含港澳台）控股企业指数最高，为56.3%，私人控股和国有（含集体）控股分别为54.4%和54.3%，其他性质企业最低，为51.4%。这与2016年市场中上述类型企业的运行状态基本相符。

从不同产品领域看，运行分化比较明显。数控装置和功能部件的景气

度最高，为68.4%；金属成形机床排在第二，为61.8%；金属切削机床为51.3%，排在第三；工量具和磨料磨具处于荣枯线之下，仅为43.9%。在市场需求复苏拉动下，主机呈现回暖态势，但工量具和磨料磨具仍陷于结构调整的困境之中，呈现运行乏力的状态。

从景气度要素看，企业预期随订单和经营的回升而回升，处于荣枯线以上，分别为56.5%、60.6%和55.1%；但环境和成本仍处于荣枯线以下，分别为48%和43%，且从近三年的变化趋势上看没有向好迹象。

景气度指数分析方法是基于调查的定性分析方法，反映的是调查期内的景气度情况和变化趋势，由于行业景气度调查目前是按照年度周期进行，所以行业年度景气度指数反映的是上一个周期的平均运行情况和未来短期的变化趋势，大家在使用该景气度指数是应予以注意。

2. 产业主要细分领域

2016年11月，机床工具行业规模以上企业总数略有增加，为5752家，同比增长1.6%。其中，金属加工机床（同比下降1.2%）和机床功能部件及附件（同比下降4.3%）分行业的企业数略有下降，磨料磨具（同比增长5.4%）和工量具（同比增长1.7%）分行业的企业数小幅增加。

2016年机床工具产业主要细分领域的总产出和出口将呈现小幅下降的态势。

金属切削机床产出预计小幅下降，约为119亿美元，同比下降2.5%。

金属成形机床产出预计小幅下降，约为97亿美元，同比下降2.0%。

工量具产出预计明显下降，约为52亿美元，同比下降7.1%。

出口方面，2016年机床工具出口总额预计呈现小幅下降，降幅在6%以内。

产业发展的有利因素

机床工具产业经过六十多年的发展，特别是近十多年的高速发展，在政府的关注和产业内外共同努力下，不断积累出有利于产业发展的基础、政策和市场环境等因素。下面从三个方面进行梳理。

1. 国家经济和产业政策

近几年国家为了“稳增长、调结构”，实现供给侧结构性改革，促进经济从要素驱动向创新驱动转换，出台了一系列的经济和产业政策。这些政策中均有涉及机床工具的内容，如宏观经济政策方面，供给侧结构性改革的“三去一降一补”，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，一带一路和走出去战略等；工业发展战略方面，《中国制造2025》和智能制造；产业政策措施方面，技改计划、首台套政策、04专项和智能制造专项等。上述战略和政策措施对机床工具产业的发展起到战略引领和支撑的作用。

2. 国际市场的新变化

根据英国牛津经济研究院的预测，2016-2020年国际机床工具消费市场将总体趋于平稳，并呈现温和回升的态势。在新一轮产业链重构和国际产业转移的带动下，未来国际市场中将出现新的增量。如，德国的再工业化战略，在航空、电气设备和汽车领域会有新的增长；印度市场得益于国际产业转移、快速增长的基础建设

投入和汽车工业的发展；美国市场在贸易保护主义反弹和重返制造业的带动下提升中高端机床工具消费需求；墨西哥将面向美国市场，依托汽车制造业实现快速增长。从航空、电气设备、精密和光学仪器、汽车等国际主要消费领域的投资预测看，未来消费量也将呈现温和增长的趋势。

3. 国内市场中的积极因素

国内市场也存在一些积极的因素。如，我国的工业化进程正在提速，两化融合和产业升级存在巨大的上升空间。国内人口、要素和发展战略条件的变化决定了未来低效率生产模式将加速退出，高效率的生产模式将成为主体，这一变化将牵引产业转型升级。从近几年GDP增速、劳动力和数控化率关系上可以显而易见看出这一变化趋势，经济增速减弱和人口老龄化上升将倒逼机床数控化率的提升。最后，中国成为世界第二大经济体后的刚性需求（或需补齐的短板）增多，如安全领域、经济领域、可持续发展领域和国际责任等方面。

产业发展的突出问题

在看到产业发展诸多有利因素的同时，我们还应冷静的关注当前和未来一段时期产业发展中存在的突出问题。因为有利因素固然能助推产业成长（锦上添花），但如何解决产业突出问题将决定产业的生存（雪中送炭），因此需要特别给予关注。

1. 市场需求低迷

市场需求低迷是近几年行业内反复提及的一个“老生常谈”的话题。由于一直缺乏必要的支撑，只能在历史数据趋势分析的基础上进行定性判断和评述，但对未来市场走势的

可参考性较弱。协会2016年从梳理机床工具产品与典型用户领域的供需关系入手，在分析主要机床工具用户行业主要产品产量数据（如，汽车、船舶、发动机、钢材和手机等）的基础上，通过形成标准指数和加权处理的方法建立分析模型，初步得到2000-2015年的供需关系曲线（无量纲的指数曲线）。另外，根据对未来五年（2016-2020年）相关用户行业产量变化的预测，通过上述供需关系模型推导出未来五年的中国机床工具消费量变化趋势。下面分别介绍机床和工具的供需曲线所反映出的趋势性变化。

（1）金属加工机床。通过分析结果可以看出，金属加工机床的供给（消费量，包括国内生产和进口）变化与用户领域需求（产量）增量正相关，并大致滞后1个年度周期，用户领域需求增量与该领域各年度产量变化和更新情况成正比。2000-2020年中国机床供需关系曲线大致可分为四个时期。即：

供需平衡期（2000-2003年）。这一时期市场需求增长缓慢，供需关系基本平衡，各年度间的供需波动很小。

快速扩张期（2004-2010年）。受市场需求快速增长拉动，特别是在市场连续爆发式增长的刺激下，基于增长预期，2004年开始机床供给曲线跳空运行，但供给增长趋势仍和需求增长趋势基本一致。虽然在此期间，受2004年宏观经济调控和2008年国际金融危机影响，用户需求曲线有所波动，但在国内投资和机床产业政策（如2005年开始启动04专项，2008年的四万

亿刺激政策等)不断利好地支撑下,仍完成了2009至10年的急速增长。在2010年需求指数达到历史最高值,供给指数随后(2011年)也达到历史峰值。

观望坚持期(2011-2015年)。2011年后,用户领域产能过剩情况不断扩大,需求指数连续下降,特别是在2012年需求呈现负增长。但机床行业内在反弹预期的支撑下,机床供给曲线未随需求曲线下降而大幅下行,仍与需求曲线呈现跳空运行的状态。从现在看,连续的供给与需求脱节运行状况导致机床产成品库存持续大幅增长,且形成数量可观的难以变现的“死库存”。总是“期待底部反弹的预期”使得很多企业错失了调整应对的时机,占用和空耗了宝贵的资源,成为导致当前企业运行困难局面的一个主要原因。

理性回归期(2016-2020年)。由于用户领域“去产能”的推进力度将会进一步加大,同时快速扩张期形成的机床保有量一直处于较高水平,考虑技术升级和机床更新周期的因素,预计用户需求将呈现“先下降,再温和回升”的趋势。其中,2017和2018年将是需求十分低迷的年份。基于市场需求减少和需求升级的趋势,未来机床供给将进入理性回归期。

前三期相信每一位经历过这些年发展的企业家都会有不同程度的感受,第四期也基本反映了当前的市场氛围和大多数机床制造企业负责人的基本判断。因此,未来四年对机床产业和企业来说可能是一个充满激烈竞争、不断退出和整合的过程。

(2)工具。通过分析结果可以看出,工具的供给(消费量,包括国内生产和进口)变化与用户领域需求(产量)变化正相关。由于工具产品制造和供货周期较短,滞后期一般不超过1个年度周期。随着用户需求指数的不断增长,工具的供给也不断攀升,直到2014年达到最高值。2014年以后,随着用户产能过剩,需求进入平台期,工具供给也逐年回落。根据中央经济工作会对于大力推进供给侧结构性改革及五项重点任务的精神,以及对主要用户领域运行趋势的判断和预测,预计2016-2020年机床工具产业所面向的用户领域产量指数平均下降13.5%,至2020年或将回归至2009-2010年间的水平,同时需求结构进一步提升。因此,预计未来四年工具供给将会随用户需求下降而继续下降。

通过分析中国机床工具市场供需关系曲线的变化,可以得到以下几点启示。

在未来用户“去产能”压力持续存在的背景下,仅考虑加速折旧政策是远远不够的。在用户企业利润下降的预期下,加速折旧政策对增加设备采购的作用也会打折扣。

从用户的存量产能结构看,国家采取标准升级、强制退出、控制和做优增量等方式加速淘汰落后产能和促进产能结构升级将提升设备采购的“含金量”,对支撑机床工具产业健康发展有利。

对于具备转型条件的机床工具企业来说,“看清趋势、分清取舍”,加强技术升级、国内外市场开拓和内部管理等方面投入和关注度,才有可能在这一轮洗牌过程中立于不败之地。

2. 运行质量下降,债务风险高企

近期机床工具行业内集中反映的另一个突出问题就是企业运行质量下降,债务风险高企。年度行业重点联系企业统计数据显示,2011-2015年全行业主营业务收入和利润总额增速一直呈现波动下行的趋势,2015年分别为-11.6%和-65.9%,较2011年下降25和74.3个百分点;负债和应收账款增速则连续明显增长,2015年分别为2.5%和11%。

另一方面,全行业债务风险激增。以负债除以主营业务收入得到的比率间接反映出行业经营杠杆的变化情况,这个比率值从2011年的69.1%激增至2015年的130%。与之相对的是,全行业利润率从2011年的6.5%跌至2015年的1.6%;应收账款周转率也从2011年的7.3次跌到2015年的3.0次。

上述两类指标的恶化,再加之市场需求持续低迷,未来几年企业的运行风险或将增大。

3. 瓶颈环节和发展短板

未来产业发展过程中还有一些需要从产业发展战略和顶层构建方面予以关注的瓶颈环节和发展短板。

产业集中不高,需要建立适合“专精特新”型隐形冠军企业发展的体制、机制和发展环境。

企业的现实能力(市场开发、科研条件、制造能力和人才队伍)与现实市场需求和未来发展需要间存在落差和短板需要补齐。

国家战略、产业战略和企业战略需要更紧密地联系和互动,形成合力推进产业良性和可持续发展。

4. 当前企业关注的焦点

通过行业企业负责人调查问卷反映出当前企业集中关注的一些突出问题和政策诉求。

(1) 反映的突出问题。通过对所有意见的重要性分析,可以得到当前企业最主要关注的问题分别是:市场需求不足(23.2%)、资金链紧张(12.8%)、内部成本过高(11.8%)、国外同类产品竞争(11.1%)、人才缺失(10.4%)、市场秩序混乱/不公平竞争严重(9.1%)。

(2) 反映的政策诉求。通过对所有意见的重要性分析,可以得到当前企业最主要关注的政策诉求分别是:国家对企业减税降负(37.5%)、国家增加对行业的专项支持(27.5%)。

关注上述企业反映的突出问题和政策诉求应成为协会未来开展工作、服务政府和企业的方向和主要内容。

五、应对与展望

1. 应对

(1) 当前行业内企业都已不同程度的开展主动作为和转型升级,以应对市场变化。

通过对行业企业负责人调查问卷中的应对措施内容梳理,可以发现行业企业已经根据市场变化和自身实际情况开展有针对性的工作。通过重要性分析,企业的主要应对措施有:控制成本(17.8%)、加强细分市场开拓(13.3%)、加强企业管理(11.5%)、加强产品质量控制(9.8%)、加大研发投入(8.8%)、减员增效(7.8%)、加强人才队伍建设(6.8%)、消化库存(6%)。

上述主要应对措施是行业主要企

业在实践中获得的宝贵经验和行业智慧,反映出当前行业中具有普遍性、有效性的经营思路和方法,对于机床工具全行业具有借鉴意义。

(2) 协会将主动担当,凝聚行业诉求,加强行业发展战略研究工作,为政府和会员企业服务。

(3) 协会已先期开展了产业税收优惠政策研究和行业技术创新中心组建方案筹划等工作。

税收优惠政策和技术创新平台是多年来全行业比较关注的两项政策措施。在近期市场需求低迷、企业经营普遍困难和转型升级压力增大的背景下,协会常设机构及时跟踪政策导向,顺应行业企业的迫切诉求,于2016年开展了产业税收优惠政策研究和行业技术创新中心组建方案筹划等工作,在充分听取行业企业意见和建议的基础上,形成相应的可行性研究报告和筹划方案,并向政府有关部门进行了汇报。由于这两项工作都属于涉及面广、牵涉利益多、主管机关跨部门、政策创新性强,所以未来落实的过程一定是长期、复杂和曲折的。协会常设机构将紧密依靠行业企业,持续做好对行业发展有利的各项工作。

2. 展望

基于上述情况和分析,2017年中国机床工具消费市场和产业运行趋势预计仍将处于下行区间,降幅会有所收窄,但存在反复挑战底部的可能。

附:名词解释

1、支出法国内生产总值是从最终使用的角度反映一个国家一定时期内生产活动最终成果的一种方法。最终使用包括最终消费、资本形成总额及净出口三部分,计算公式为:支出

法国内生产总值=最终消费+资本形成总额+净出口

2、最终消费指常住单位为满足物质、文化和精神生活的需要,从本国经济领土和国外购买的货物和服务的支出。它不包括非常住单位在本国经济领土内的消费支出。最终消费分为居民消费和政府消费。

3、居民消费指常住住户在一定时期内对于货物和服务的全部最终消费支出。

4、政府消费指政府部门为全社会提供的公共服务的消费支出和免费或以较低的价格向居民住户提供的货物和服务的净支出,前者等于政府服务的产出价值减去政府单位所获得的经营收入的价值,后者等于政府部门免费或以较低价格向居民住户提供的货物和服务的市场价值减去向住户收取的价值。

5、资本形成总额指常住单位在一定时期内获得减去处置的固定资产和存货的净额,包括固定资本形成总额和存货增加两部分。

固定资本形成总额指生产者在一定时期内获得的固定资产减处置的固定资产的价值总额。其计算公式为:

固定资本形成总额=住宅+非住宅建筑物+机器和设备+土地改良支出+矿藏勘探费+计算机软件+其他

存货增加指常住单位在一定时期内存货实物量变动的市场价值,即期末价值减期初价值的差额,再扣除当期由于价格变动而产生的持有收益。

6、货物和服务净出口指货物和服务出口减货物和服务进口的差额。

出口包括常住单位向非常住单位出售或无偿转让的各种货物和服务的价值;进口包括常住单位从非常住单位购买或无偿得到的各种货物和服务的价值。□

短期趋稳 压力犹存

——2016年中国机床工具市场与产业运行分析

中国机床工具工业协会 信息统计部



2016年是进入“十三五”的第一年，为适应中国经济“新常态”，应对经济发展中出现的问题和困难，中国政府采取以供给侧结构性改革为主线的发展思路，并根据当前中国经济特点与实际，提出“三去一降一补”的供给侧结构性改革重点任务。未来一段时期，“改革为主线，稳定是底线”或将成为中国经济运行的主旋律。2016年中国经济在稳增长政策，特别是稳健的货币政策和积极的财政政策的作用下，房地产、汽车、服务业和科技消费型新业态等领域的运行呈现爆发式的增长，带动经济运行逐步趋稳。受此影响，中国机床工具市场与产业也呈现连续下行六年来（自2011年开始）的首度回稳。下面根据国家统计局、海关和协会行业统计重点联系网络的信息和数据，综合分析近期中国机床工具市场与产业的运行状态和趋势。

一、市场与产业运行短期趋稳

1. 机床工具市场总体趋稳

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%。与上述指标的2015年同期增速相比较，分别回升了13.5、10.3、19.0和1.0个百分点。因此，2016年中国机床工具消费市场呈现趋稳迹象。

2. 机床工具产业小幅回升

2016年中国机床产业产出总额约为229亿美元，同比增长3.6%。其中，金属切削机床产出约为122亿美元，同比持平；金属成形机床产出约

为107亿美元，同比增长8.1%。机床产量约为81万台，同比下降1.1%。其中，金属切削机床产量约为61万台，同比下降1.9%；金属成形机床产量约为20万台，同比增长1.5%。2016年中国机床工具产出约为51亿美元，同比下降8.9%。与上述指标的2015年同期增速相比较，分别回升了13.0、9.0、18.1、11.7、11.3、11.9和2.4个百分点。因此，2016年中国机床工具产业总体呈现小幅回升的状态。

3. 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总额约为232.6亿美元，同比下降8.8%。其中，出口102.9亿美元，同比下降4.9%；进口129.7亿美元，同比下降11.7%；贸易逆差26.8亿美元，同比下降30.7%。

(1) 出口方面-继续呈现下降趋势
2016年中国机床和工具的出口依

赖度分别为12.7%和51.0%，与去年同期比较分别变化了-1.8和4.6个百分点。

2016年中国机床出口总额约为29亿美元，同比下降9.4%。其中，金属切削机床出口约为19亿美元，同比下降9.5%；金属成形机床出口约为10亿美元，同比下降9.1%。2016年中国机床工具出口总额约为26亿美元，同比持平。与上述指标的2015年同期增速相比较，分别变化了-3.5、-2.0、-6.4和7.1个百分点。虽然2016年人民币汇率快速贬值和稳定出口措施对出口有一定的促进作用，但出口下降反映出近期国际经济和主要消费市场仍呈现低迷和运行乏力的状态。

(2) 进口方面-仍在显著下降

2016年中国机床和工具的进口依赖度分别为27.3%和37.5%，与去年同期比较分别变化了-2.7和4.2个百分点。

2016年中国机床进口总额约为75亿美元，同比下降12.8%。其中，金属切削机床进口约为61亿美元，同比下降12.9%；金属成形机床进口约为14亿美元，同比下降12.5%。2016年中国工具进口总额约为15亿美元，同比持平。与上述指标的2015年同期增速相比较，分别回升了7.6、7.9、3.7和6.8个百分点。由于机床工具进口商品多为中高端机床主机、切削刀具和机床核心功能部件，进口持续显著下降反映机床工具消费市场仍处于动力转换过程中，缺乏长期稳定的需求支撑。

二、市场与产业运行压力犹存

深入分析2016年中国机床工具市场与产业运行主要经济指标不难发现，2016年的市场趋稳和产业回升主要得益于内需拉动，面向国际市场的

出口和反映外商投资活动的进口仍乏善可陈。而内需拉动主要靠的是政府投资（增速8.1%），2016年民间投资增速仅为3.2%（年中一度降至2.1%），比2015年下降6.9个百分点。因此，对2016年机床工具市场与产业运行趋稳的情况需要冷静判断，对运行中显现的潜在问题和风险更应关注和深入分析。

1. 需求低迷，传统用户产能过剩

对2000至2015年中国工业91种主要产品产量数据分析，考虑其对机床工具消费影响因素，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15年来，金属加工机床需求在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，但整体趋势仍呈现下降趋势；切削刀具需求在2011年之前均呈现快速增长的趋势，从2011年之后则呈现顶部运行的状态，2014年开始呈现下降态势。

由于机床消费受货币供应量和供需关系的综合影响，机床产品领域在经历十多年快速增长后，传统用户领域的机床保有量巨大，机床在役时间短。在传统用户产能普遍过剩和货币供应由积极转向中性的大环境下，机床消费需求将呈现下行压力持续增大的可能。

切削刀具消费需求与用户开工率成正比，随着用户产业转型升级，新技术应用带来的生产效率提升，切削刀具的消费水平（性能或单价）将会不断提升，消费规模（数量或总金额）会有所下降。

2. 运行质量下降，运行风险仍未化解

根据国家统计局相关数据，2016年金属加工机床主营业务利润率约为4.9%，与2011年相比下降1.6个百分

点。工具主营业务利润率约为7.5%，与2011年相比持平。2016年金属加工机床和工具产业产成品存货与2011年相比分别增长162.2%和24.4%。2016年金属加工机床和工具产业应收帐款与2011年相比分别增长64.3%和71.7%。

从协会行业统计重点联系网络数据反映的情况看，运行质量下降的趋势更加明显。2016年金属加工机床主营业务收入增速和利润率分别为-3.4%和-0.6%，与2011年同期相比分别下降18.3和6.5个百分点。2016年工具主营业务收入增速和利润率分别为-2.4%和5.4%，与2011年同期相比分别下降21.3和2.4个百分点。

三、对2017年影响因素的分析

从近期公布的宏观经济政策和措施信息看，2017年将继续推进供给侧结构性改革，加大“三去一降一补”重点任务的落实力度；保持稳健的货币政策，但将中性偏紧，货币供应量增幅趋缓；国际环境不确定性因素增多，外贸环境趋紧；人民币仍承受较大的贬值压力，外汇储备流出压力增大；深化统计管理体制改革，着力提高统计数据真实性，等等。以上宏观因素将对中国机床工具市场产生相应影响，如传统用户领域需求继续低迷，去产能逐步落实；新兴领域和传统领域的新需求对机床工具的要求会进一步升级；进口带来的外部竞争和出口引发的贸易摩擦将同时呈现增加的趋势；企业运行进一步分化，随着市场出清，部分企业面临退出的境地。

综合上述因素，2017年中国机床工具消费市场与产业将维持低位运行的态势，存在反复挑战底部的可能。

□

智能制造的盛典

——第15届中国国际机床展览会（CIMT2017）展品看点

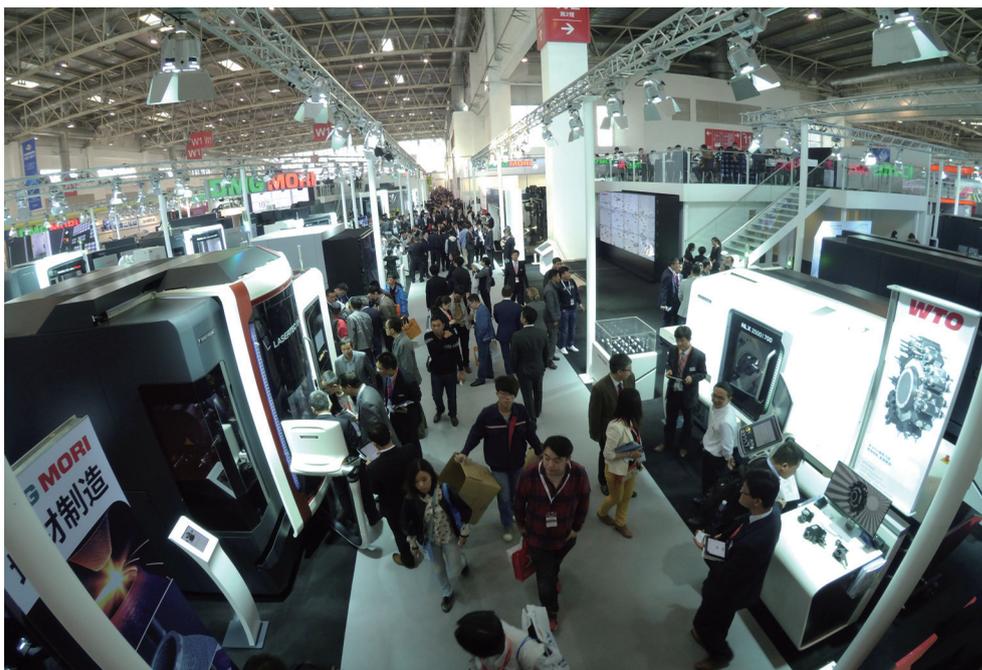
中国机床工具工业协会 周敏森

第15届中国国际机床展览会（CIMT2017）将于2017年4月17-22日在北京中国国际展览中心（新馆）隆重举办。

作为国际四大机床名展之一，本届展会将延续以往历届的恢宏和精彩。在13.1万m²展示面积内汇聚全球28个国家和地区的1600余家境内外企业以及覆盖全行业的上万件展品与技术。国内外著名机床工具企业悉数到场，其中德、美、英、瑞士、意大利、西班牙、捷克、日本、韩国、印度等11个国家和中国台湾地区的机床协会和贸促机构组团参展。本届展会宏大的规模、精彩纷呈的展示以及丰富多彩的配套活动，将再次成为全球制造业的盛典。

本届展会的主题是“新需求·新供给·新动力”，意在探索两化融合为特点的第四次工业革命大背景下，新需求、新供给、新动力三者间的互动与关联，寻求新形势下的发展道路，推动新工业革命的快速发展。展会主题紧扣了时代特点和发展需求，将在业内外引起巨大的兴趣和共鸣。

根据部分展商提供的资料，现将本届展会看点归纳如下，以飨观众。



数字化制造与解决方案

面对数字化制造时代的到来，全球机床工具行业顺应时代发展的趋势，推出了一系列新技术与新产品。这些技术和产品具备鲜明的数字化生产装备特点，具有完整先进的网络方案、强大的通信功能、灵活兼容的开放性和丰富的应用软件，实现了数控系统由“机床控制器”向“数字化制

造管控器”转变，数控机床由“制造机器”向“数字化单元”转变。与此同时，一些著名企业利用长期从事数控技术积累的特有技术优势和经验，推出数字化工厂智能解决方案，协助客户从软硬两方面共同推动数字化工厂的建设和发展。

德国西门子公司（SIEMENS）的SINUMERIK 840D SL数控系统和PLM（生命周期管理）软件，其

卓越的功能和丰厚的内涵展示了西门子作为德国工业4.0 建议和推动者之一的风采和实力。PLM作为数字化企业平台，将虚拟生产和与真实生产环境紧密融合，将计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、产品数据管理（PDM）和制造过程无缝地集成在一起，帮助企业以经济高效的方式对产品整个生命周期，包括创意、设计和制造到维修及处理的信息进行管理。PLM既可作为信息战略，也可作为企业战略。作为信息战略时，它可通过整合系统构建一致的数据结构。作为企业战略时，它使企业可以像一个团队那样进行产品设计、生产、支持和淘汰，并在这一过程中不断得到总结和提高，在产品生命周期的每个阶段做出由信息驱动的统一决策。该公司同时展出的SINUMERIK 840D SL高档数控系统，提供完整的网络方案和强大的PLC/PLC 通讯功能，能够实现互联网（如ERP）、局域网（如MES）、工业现场总线（如PCS）的互联，实现设备与设备、设备与管理人员的互联。其人机界面（HMI）和实时数控系统（NCK）具有很高的开放性，各种图像、软件、工艺功能都可轻松融入，客户个性化需求都将得到满足。

日本发那科（FANUC）展示的最新数控系统，内置PC可通用市面上的多种软件，并支持机床厂商和终端用户对机床个性化、智能化的制造开发要求。系统所具备的丰富网络功能，支持各种工业网络和现场网络，可以将数控机床与PC互联，进行NC程序的传输和现场监控，亦可在CNC上操作办公室的PC，还可以搭配载有通讯专用处理器的快速以太网电路板，同时与多台计算机进行高速数据传输，构建与生产线和工厂主机进行信息交换的生产系统。FANUC MT-LINK 运转管理软件通过以太网连接企业内部

机床，利用FOCAS程序对机床各类信息进行收集和运转管理。

日本马扎克（MAZAK）第七代SMOOTH数控系统内置Windows 8系统，网络功能强劲，具有多种接口，包括支持MTCONNECT—美国AMT推出的开源、免费的机床通讯标准接口，实现数控系统、设备、应用软件、PC、手机之间通畅的连接、交互操作、信息交换与分析功能，实现对生产系统和数据信息的集中管理与共享，能够胜任智能化生产管理和服务的各项任务。系统新增的多款应用软件，将控制品质提升到前所未有的高度。该公司的SMOOTH PROCESS SUPPORT（SPS）软件是一款与SMOOTH技术高度融合，致力于为客户构建高度智能化工厂的管理系统。此系统包括编程管理（CAM RS）、日程管理（SCHEDULER）、刀具管理（TOOL MANAGEMENT）、监控管理（MONITOR）、生产及物料控制（PMC）五个分系统，囊括了产品设计、制造以及管理的生命周期全过程，是工业工程与信息技术完美融合的典范。

德马吉森精机（DMG MORI）的CELOS系统是该公司目前所有高档机床搭载的数字化制造平台和统一的人机界面，CELOS顺应未来工业变革需求，将系统和机器整合在一起并相互进行数据交换，能够简化和加速理念到成品的过程，为企业建立更高级的生产与组织形态。CELOS兼容现有ERP（企业资源计划）/PPS（生产计划与控制系统）/PDM（产品数据管理）/MES制造执行系统和CAD/CAM软件和控制系统的技术，以独特的技术将机床与公司组织连接为一体，构成完整持续的数字化、无纸化生产的支撑和基础。其PC版本具有CELOS所有功能，让用户在加工准备阶段就能对生产与制造流程进行最佳规划

与控制。CELOS从2013年推出至今，其APP不断得到增强，从最初的12项发展到2015年的16项和2016年的24项，范围涉及生产、实用工具、支持、配置和监控五个领域，相信在CIMT2017上，CELOS将给广大观众带来新的惊喜。

日本大隈（OKUMA）的OSP suite是一款与Windows融为一体，能够满足和胜任数字化解决方案的性能优异的数控系统，曾荣获日刊工业新闻社2014年十大新产品奖。OSP suite汇聚融合了公司的智能技术和30多种应用于各制造环节优秀的软件，将智能化技术与“数字制造”所需要的信息、数据、智能应用程序融为一体，通过易于使用的新操作系统“suite触摸屏”，实现了将数控系统由“机床控制器”向“数字化制造管控器”的转变。

本届展会，华中数控股份有限公司将重点推出模具制造智能工厂整体解决方案。该方案利用公司自产华中8型数控系统的优势，紧扣“中国制造2025”主攻方向，以模具制造智能工厂为载体，将国产数控系统、金属加工和电火花加工设备、机器人、物流系统、检测系统等硬件集成方案和智能化排程系统、智能化执行系统、智能化控制系统和智能化决策系统等软件集成方案紧密融合在一起，从而构建具有完全自主知识产权的模具生产整体解决方案。

类似的例子还有德国海德汉公司（HEIDENHAIN）的TNC640数控系统、日本三菱电机（MITSUBISHI ELECTRIC）的M700V数控系统、西班牙发格自动化公司（FAGOR）的数控系统等。国产数控系统在数字化转型方面也取了长足进步，沈阳机床股份有限公司的I5数控系统、广州数控设备有限公司的GSK系列数控系统、沈阳高精数控智能技术股份有限



公司的“蓝天数控”系统、北京凯恩帝数控技术有限责任公司的KND系列数控系统、大连光洋科技集团有限公司的GNC数控系统等，在不同方面不同层次上都具有数字制造时代的特点，因篇幅所限，不能一一介绍，有待大家莅临展会发掘。

智能技术

机床智能技术将环境、加工对象、加工要求、加工过程、装备自身等随机变化等因素，通过传感和多信息融合技术进行识别、判断、控制、调整、优化、补偿、提示、建议、预测、报警，从而获得传统控制技术在质量、效率、效能、安全等方面不曾达到的高度。智能技术是现代自控技术的制高点，是构成产品竞争力的新的重要因素。机床智能技术近年取得的众多成果将在本届展会得到充分展现。包括温度、速度、加速度、负载、功率、质量、惯性、位置、振动、图形、语音、加工要求等多种因素的智能控制技术，极具智慧，精细奇巧，令人惊叹，足以让我们深刻感受智能技术的无穷魅力和智能时代正在快速向我们走来。

在对加工过程实施监控、反馈、再控制方面，意大利萨瓦尼尼（SALVAGNINI）的P2 Lean新一代

数控折弯机借助于传感器系统，精确测量加工过程中厚度、张力强度的变化，利用含有40余年丰富经验积累的Mac 2.0.a专利软件，计算回弹量并自动进行调整控制，在大幅提升首件产品合格率的同时也保证了批量产品质量的一致性。马扎克在激光切割机上的智能监测功能，能够对穿透、等离子、燃烧、镜头污染情况进行不间断的监测，并在必要时自动停机保护。德国通快（TRUMPF）激光切割机的焦距自适应技术和冲床的下死点自适应控制技术能够对不平整和厚度不均的板材进行自动调整，激光透镜清洁度自适应技术能够敏锐监测到镜头污染后的闪烁，并在千分之一秒的时间内关闭激光。无锡贝斯特精机股份有限公司展出的智能夹具，具有工件身份识别、夹紧及加工变形状况感知、压板安全状态检测、断（定位）销检测、工件定位精度监控和自我纠正、夹紧力自适应调整、定位销自动位移切换、自身寿命维护管理等多项智能功能。

在应对机床热变形方面，大隈的热亲和、马扎克的智能热盾（ITS）、日本三菱重工（Mitsubishi Heavy Industries）的热位移抑制技术（ATDS）等智能技术的研发与应用，实现了普通工厂环境下的高精度加工。大隈的热亲和智能技术由热适

应性结构（热对称结构、均匀的结构材料分布）、热适应性总体布局（发热部位的均衡布局）和热位移自动补偿三部分组成，是规则热位移的机械结构设计技术和智能化的自动补偿技术三位一体的有机结合。其中的热位移自动补偿，又可细分为主轴热位移控制（TAS-S）和结构热位移控制两部分，利用传感器和热变形模型进行准确的补偿。浙江海德曼智能装备股份有限公司也将展出专有的热补偿技术。

在对机床实施高品质“顺滑”的动态控制方面，智能技术发挥了重要作用。如海德汉TNC 640数控系统的加速度位置误差补偿（CTC）、动态减振（AVD）、控制参数的位置自适应调节（PAC）、控制参数的负载自适应调节（LAC）、控制参数的运动自适应调节（MAC）技术；马扎克SMOOTH数控系统的新型智能型腔铣削控制（IPM）、无缝拐角控制（SCC）、变加速控制（VAC）、加工参数精细调整（SMC）技术；西门子840D SL数控系统的动态伺服控制（DSC）和精优曲面技术；三菱电机M700V数控系统的超级平滑表面控制（SSS）技术；牧野（MAKINO）的SGI.4专利软件；发那科的高响应矢量（HRV）技术；大隈的伺服控制优化（SERVO NAVI）技术等，在不同层面表现出了对多种动态因素强大的控制和适应能力，特别在高精度复杂曲面加工领域表现尤为突出。此外，线切割和激光加工中对零件拐点（包括象限点）、脉冲频率、输出能量、切削液压力等进行精确控制方面，MAKINO、MITSUBISHI ELECTRIC、GF、SODICK以及北京安德建奇数字设备有限公司、苏州三光科技股份有限公司等都具有自己独到的技术。

在保障机床安全工作方面，

大隈的防撞击功能（COLLISION AVOIDANCE SYSTEM）、海德汉的动态碰撞检测（DCM）、马扎克的防止干涉功能（ISS）等智能技术，在保障机床和人员安全、节省辅助时间和专注操作者注意力上发挥了重要作用。这些技术可在线或通过与脱线的3D虚拟监视器数据联动，领先模拟预测干涉碰撞危险，并在碰撞发生前及时停车。该功能可应用于自动和手动两种工作方式下，还可通过多种方式读取或生成零部件的外形信息而简单方便地建立干涉模型。

在机床加工和方便简化操作方面，智能技术发挥了重要作用。大隈的加工条件搜索技术（MACHINING NAVI），通过传感器对加工振动状态的检测分析和预演，既可自动导航至最佳的主轴转速，也可将多种优选方案显示在屏幕上供操作者自由选择。该技术应用在车削和螺纹加工模式时，能够将主轴导航至最优的转速变化幅度和周期，实现无振动切削和最佳的加工效果。三菱电机的数控电火花机床具有高效、低损耗、镜面和硬质合金精加工四种套装加工模式，由操作者方便选择。日本沙迪克公司（SODICK）的Q3vic智能软件，通过直接导入3D模型，可对具有复杂形状和高度差别的零件在秒级时间内自动提取加工要素轮廓，然后自动生成包括全部切削参数在内的程序，该项智能功能还能自动计算出工件的重心位置，提出最佳夹持位置。日本牧野（MAKINO）电火花机床的MPG导航软件，存有上百种加工条件和数十个模型工艺，可根据客户的实际使用要求，通过左右移动导航条简单操作即可在加工效率和精度之间作出抉择。英国雷尼绍公司（RENISHAW）的Inspection plus智能软件，能够实现机床测头测量速度的智能控制，在保证同样测量精度条件下，自动确定和选

择机床可达到的最高进给率，并且还可以运用智能程序中决策，针对每种测量程序选择一次碰触或二次碰触测量方法。

在机床维护保养方面，马扎克的保养监控智能技术（IMS），能够时刻监控各功能单元的工作状况和消耗品，预防机床发生意外故障。大隈的五轴智能调校技术，能够在10分钟之内对五个联动轴的11项几何精度进行快速高精度的调校。马扎克的五轴高精度调准功能（IMC-INTELLIGENT MAZA-CHECK）也具有异曲同工之妙。

高效与自动化

高效与自动化是机床性能的重要标志。现代机床以减少和降低生产过程人工参与、缩短加工时间、实现长时间少人或无人连续高效生产为目标，不断取得新成果新进展。高效与自动化紧密相连，高效的机型设计与工业机器人以及现代信息与自控技术的完美结合，成就了现代高性能装备的高速发展。本届展会汇集的众多精品，包括单机、生产单元、生产线、各类自动化部件、自动化仪器仪表元器件等，充分展现了全球机床制造业杰出的创新与制造能力，这些高效与自动化产品具有极佳的性价比，将成为您获得更多财富和效益的有力工具。

具有多主轴、多刀、多工位同时加工能力的机床，无疑是效率与自动化的完美结合。这类机床发展很快，品种样式多且组态各异。埃马克（中国）机械有限公司（EMAG）的VT 2-4倒立式单主轴双刀塔车削中心，主轴左右各设置一个具有X、Z轴运动的回转刀塔，能够对同一工件的不同部位进行同时切削，机床两侧分别设置回转式毛坯库和成品库，可通过回转刀塔上的机械爪上下料，机床配有自动尾座，适用于轴类零件的高效

加工。该公司同时展出的VL 3 DUO倒立式双主轴双刀塔车削中心，分设两个工作区域，每个工作区域各有一个自取（工件）式倒立主轴和相应的回转刀塔，两工作区域分工负责同时加工，各自完成工件正面和背面的加工，机床配有工件传送、区域共用检测装置和垛式回转工件库，适用于盘套类零件的高效加工。

马扎克的MULTIPLX W-200Y卧式对置主轴双刀塔车削中心，在中国首次展出。机床配置主/背两个主轴和两个回转刀塔，可实现工件正/背面同时连续加工，加之配置的门式上下料装置，进一步改善了机床的工作效率。

富士机械制造株式会社（FUJI）展出的卧式平行双主轴双刀塔车削中心，通过桁架式机械手将工件进行运输和反转，实现正背面的同时加工。

日本Star公司的SV-38R双主轴自动车床，利用正面刀具系统、背面8工位动力刀具系统以及对面刀具系统实现工件正面、背面和对面（称为平衡车削）3路同时加工。该公司同时展出的SR-38 type B也具有同样的加工能力。

日本西铁城（CITIZEN）将展出9种9台自动车床，其中7种7台具有双主轴多刀同时加工的能力，既有主轴箱移动式也有主轴箱固定型数控自动车床，其中BNJ-51SY6主轴箱固定型数控自动车床将同时加工的能力发挥到极致，不但有一般意义上的“同时加工”功能，而且还有他们称之为“重叠加工”的功能，即利用特殊设计的主刀塔可以同时加工主/背主轴上的两个工件。

德国萨玛格萨尔夫德机床有限公司（SANAG Saalfelder）是多主轴加工中心的著名厂家，公司始终秉持“1+1>2”产品开发理念，这次在中国首展的MFZ 5.2双主轴卧式加工中

心，配有可倾式交换工作台和72刀位的刀库，能够同时加工2个五面体零件，床身采用具有最佳的吸热和减振特性的大理石材料，X/Y/Z轴采用绝对测量系统，换刀时间2.4秒，其模块化设计结构允许用户在2、3、4个主轴间任意选择。

工具磨的高效高自动化水平一直处于行业前茅，本届展会将继续带给观众新的惊喜。瑞士路劳曼郎有限公司（ROLLOMATIC）的GrindSmart 629XW工具磨，具有6个加工轴、2轴机内集成上下料机械手、料盘和结构紧凑的6工位自动砂轮库，用于直径0.1-20mm端铣刀、钻头、成形刀具、刀片的高效、高精自动磨削。同时展出的ShapeSmart NP5工具磨，具有5个加工轴、3轴机内集成上下料机械手，用于直径0.025~25mm刀柄坯料及大长径比类零件的高效、高精自动磨削。瑞士阿格顿（AGATHON）的Leo Peri工具磨，具有4个轴联动，3轴机内集成上下料机械手、4~6个料盘，适用于硬质合金、超硬材料可转位刀片7天24小时高效、高精连续自动生产。国产工具磨近年进步较快，台州北平机床有限公司的BPX5数控5轴工具磨，内置上下料机械手、料盘、3D刀具自动量测系统、3D磨削模拟软件、自主研发的磨削软件等，是国产高性能工具磨的优秀代表。

此外，德国哈斯马格磨床有限公司（HAAS）的Multigrind CU工具磨床、苏州哈勒数控磨床有限公司的H2001 Granite五轴数控工具磨等也将参加展示。

成形机床高效高自动化展品精彩纷呈。通快的TruBend Cell 7000折弯单元是同类产品目前全球最具效率、自动化程度高的产品，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。

自动线和柔性制造单元一直被视为高效与自动化的代表。富士机械制造株式会社将展示两条生产线，分别是DLFN DT3车削模组生产线和DLFN DM3钻铣模组生产线，每条线都由不同的基本模块和多轴式机械手组成，并由独自开发的UNICORN控制器集成控制，能够在最短的时间内为客户提供最适宜的装备，且所需空间比该公司传统生产线减少一半。

瑞士米克朗（MIKRON）的Mikron Multistep XT-200生产线，基于同样的模块化设计理念，由1个装载模块和4个加工模块（最多）、传送臂等组成，每个模块配置2个交替工作的主轴和2个盘式刀库，每个模块均5轴联动，能够用4个主轴（最多）对200×200×200mm尺寸范围的零件进行51/2面同时高效加工，主轴最高转速下屑~屑换刀时间小于1秒，更换工件调整时间仅需10分钟。其装载模块可与主加工循环平行工作，执行额外的工作，如对6面加工工件的全自动定位、坯料检查、去毛刺、清洁等。

此外，济南第一机床有限公司的汽车轮毂智能加工单元、无锡贝斯特精机股份有限公司的汽车增压涡轮壳体智能生产线、吉林省金沙数控机床股份有限公司的DDC350汽车制动盘生产线、宝鸡西力精密机械有限公司的FTN50盘套类零件自动化加工单元、广州市敏嘉制造技术有限公司多联车铣复合一体机等也将参加展示。

专业化

面对多元、个性化和多变的市场需求，专业化定制产品与服务得到快速发展。展会上众多各具特色的专业

化展品，具有明确的市场定位和精湛的专业特长，可应用服务于多行业多领域的细分市场。很多展品还配有专业应用软件，进一步提升了产品的技术底蕴并助推机床效能的充分发挥。这些专业产品贴近市场和客户，最大程度满足了个性化生产的需求，成为广大客户的最优选择。专业化机床的快速发展反映了全球机床业在市场定位、服务理念方面所发生的深刻变化，同时现代科技也从中发挥了巨大作用。

在加工中心和铣削领域，日本安田亚司达（上海）机床贸易有限公司（YASDA）的YMC 650加工中心，在国内首次展出，是公司“不求最大只求最好”理念的又一杰作。机床具备畅销的YMC 430所有特征和品质，3个直线轴由直线电机驱动，立柱和主轴分别采用高刚度的热稳定对称式框架结构和圆筒形结构，整机具有完备的机体温度控制系统，所有轴的定位精度均小于1.0μm，是超小型精密微细加工领域不可替代的新锐利器。

北京北一机床股份有限公司的XKAS2525x60五轴联动高速高架横梁移动龙门铣床，是最新研发首次参展的新品，用于铝合金、镁铝合金等轻金属、非金属复杂零件以及模具的高速高精加工，工作台尺寸6000×2500mm，滑枕截面尺寸500×500mm，电主轴转速18000r/min，各直线轴快移速度45m/min。南京彩云机械电子制造集团有限公司的CY-126CNC数控蜗杆旋风铣床，属国家重大专项成果，专用于汽车工业EPS转向系统、雨刮器、电动车窗、后视镜以及仪器仪表、电动工具、各类微电机马达等任意头数小模数蜗杆的精密高效加工，机床配置全自动机械手，可无人值守，加工精度可达6级。

在车削领域，南京肯迈得机床制

造有限公司的SDMT50B-100双端同时加工数控车床，主轴箱筒夹卡持工件中部并驱动旋转，位于主轴箱两端外侧的回转刀塔可同时加工两端部，机床配有上下料装置，无需人工干预，即可高效加工两端有同轴度要求的轴类零件。

在磨削领域，哈挺中国有限公司(HARDINGE)的HAUSER H35-400坐标磨床，是目前世界上精度最高的坐标磨床，多种磨头选项适应不同需求，新研发的静压主轴系统以及超大行程U轴进一步提升了机床性能，优异的刚性和强度保证机床轻松达到0.5 μ m的加工精度。

上海机床厂有限公司的H405-AJ数控曲轴磨床，可在一次装夹中以切点跟踪方式实现曲轴主轴颈和连杆颈的外圆磨削，滚动轴承内装式砂轮主轴，砂轮头架采用静压导轨并由直线电机驱动。该公司还将同时展出H367数控高精度偏心轴磨床，采用同样的随动跟踪磨削方式。

在齿轮加工领域，宜昌长机科技有限责任公司YK5612D数控扇形齿插齿机，专用于各类汽车转向器鼓型扇形齿轮的加工，可选配工件辅助夹紧尾座，具备工件自动粗精找正和立柱自动锁紧功能，还能够根据客户要求，设计开发非线性变比鼓形和非标准齿形摇臂轴的加工程序。

在钻削领域，山东普利森集团有限公司的ZK2102A \times 4四轴数控深孔钻床，是汽车变速器齿轮轴油孔专用加工机床，加工效率是同类产品的1.5~2倍，进给速度达60-80mm/min。机床配置专利的耐用性强和维修方便的高速大流量回转接头，还具有主轴切削扭矩保护、液压油缸压力检测保护、冷却供油压力高低限保护等多重保护功能。该公司还将同时展出CK9943数控专用车床，双轴箱，双刀架，专用于汽车稳定杆类细长轴零



件两端的同时高效加工。

在激光加工领域，路劳曼邸有限公司的LaserSmart 500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。

在电加工领域，沙迪克机电(上海)有限公司的K3HS超高速小孔加工机，系在中国首次展出，适用于多种金属、超硬导电体材料初始孔、喷嘴孔、滤孔、气孔、群孔等细微小孔、超深孔的连续自动加工。该机搭载的K-SMC沙迪克运动控制器能够真实再现微细步进的最佳进给控制，因而具有2倍于传统产品的效率 and 更稳定可靠的工作，机床还配有深度自动计测以及LN Assist自动编程系统，简化了工作。

在功能部件领域，日本北川铁工所以“多样把握技术、丰富的加工提案”作为本届展会主题，将展出多种适用于不同加工领域的定制化产品，包括卡盘、NC转台、回转气/油缸、可倾转台、多联虎钳等夹持类功能部件，其中的新型卡盘具有为不同工件

和不同加工阶段提供相适宜夹持力的能力。

在检测仪器领域，美国埃帝科(Adcole)作为全球唯一一家专业从事曲轴凸轮轴测量仪设计制造的公司，将展出1200-26°曲轴凸轮轴综合测量仪，采用激光或双光栅测量技术，对曲轴及凸轮轴的直径、圆柱度、圆度、跳动、止推面跳动、止推面平面度/垂直度/直线度、连杆颈偏心距、同轴度、半径、凸轮轮廓、升程速率和加速度、凸轮夹角、平行度和锥度等参数进行自动测量。直线电机驱动的测头、一体化设计的主轴电机转台可使径向测量和转台跳动误差降到最低，其测量结果可与曲轴磨共享，实现自动修正。

CIMT2017丰富多彩、博大精深，非仅凭一文能够说深说全说透，加之本文的依据仅是部分企业的申报材料及寻踪觅迹，管中窥豹，远非展会实境下的亲历实感，且不同视角也会有各自的聚焦。衷心欢迎业内外广大关注和关心机床制造业发展的观众莅临参观，机会不容错过。我们相信，在您浏览全球精华凝聚成果的同时，也一定能够从中获取很多有益于我国制造业发展的宝贵营养与财富，从而推动产业转型升级取得不断进步。□

CIMT2017展品预览 (2)

第15届中国国际机床展览会 (CIMT2017) 将于2017年4月17-22日在北京中国国际展览中心 (新馆) 隆重举办。

作为国际四大机床名展之一, 本届展会将在13.1万 m^2 面积内汇聚全球28个国家和地区的1600余家境内外企业以及覆盖全行业的上万件展品与技术。国内外著名机床工具企业悉数到场, 其中德国、美国、英国、瑞士、意大利、西班牙、捷克、日本、韩国、印度等11个国家以及中国台湾地区的机床协会和贸促机构组团参展。

本次展品预览摘取装备行业知名企业, 虽管中窥豹, 却也了解一二。想要了解详情, 还请到现场观展。

牧野机床

展台号: E4-306

a40卧式加工中心

牧野重磅推出的a40, 是第一款也是目前唯一一款专为铝及铝合金压铸加工而设计的卧式加工中心。a40秉承牧野成熟稳定的1系列设计理念, 400mm \times 400mm的托盘, 最大可加工 ϕ 630mm \times 900mm的工件, 是汽车、工业部件、电子、家电、五金工具、医疗器械等领域加工通用压铸件的理想平台。

a40拥有牧野智能R.O.I.设计, R.O.I.意为“减少惯性”, 也意为“投资回报”, 这双重含义的创新



智能技术, 旨在减少加工中的非生产性的非切削时间。通过这种独特的设计, 使a40在实际切削效率方面提升了25%。40号主轴0.45s即可加速到12000r/min; 刚性攻丝速度提高到6000 r/min; 可视化B.T.S. (申请专利) 刀具破损检测—长度、半径、重量; 刀库门开合宽度智能调整; 惯量智能控制 (IAC) B轴、Z轴及刀库; 专家5控制系统及G1.5控制。

D800Z五轴立式加工中心

牧野D系列大家庭 (D300和D500) 的D800Z五轴立式加工中心, 是在D500获得市场认可的成功基础上研发并推出的, 重点追求精度、刚度和速度优异的性能, 专为精密零件、模具和航空航天领域应用。同D300和D500一样, D800Z也可轻松接近主轴和工作台操作; 具有高刚性的结构, 快速响应切削, 高质量的加工表面及可选配自动化装置。然而, D800Z绝对是D家族的“大哥大”, 可加工直径达1m, 重达1.2t的大型工件, 提高装夹效率, 减少操作工序, 缩短生产时间, 快速平稳的移动, 切实实现高精度、高效率加工。

D800Z可以从容应对五轴加工大

型零件所面临的工件尺寸、重量和加工范围等诸多挑战。始终提供持久稳定的动态精度, 高质量的加工表面及加工精度, 降低加工成本, 满足客户生产需求。



小型高性能立式中心L2

L2是高性能加工中心, 适用于小型零件加工, 可降低小型零件加工生产线的成本。其特点如下:

(1) 紧凑性: 设计避开两侧维修点, 机床间距最小100mm, 占地空间最小化。

(2) 高刚性: 同类型机床里刚性最佳。高刚性的结构为重切削和高效生产的实现提供了保证。使加工工件 (工作台侧) 至 (主轴侧) 之间的力回路 (力的传输路径) 达到最短, 实现高刚性。A轴规格同样采用高刚性设计, 不易受温度变化的影响,

减少室温或切削液温度的变化对床身变形的影响,维持高精度

(3) 高速度、高效率:通过CAE模拟分析,使鞍座、滑枕、滑枕底座等运动部件轻量化,并采用高一等级的滚珠丝杠,有效控制变形和振动,实现高速、高加速度。



上海维宏电子科技股份有限公司

展台号: E3-802

NK500集成数控系统

NK500集成数控系统是维宏公司最新研制开发的新一代数控产品,定位于高端智能数控应用,速度超凡、外观出众,性能卓越,满足客户的定制化需求。系统支持多项综合补偿功能,补偿文件直接导入;支持Mechatrolink五轴联动总线协议,性能高效;大屏幕显示,15in液晶显示屏一屏显示多项信息,加工更安全便捷;响应速度更快,功能更强大,采用双核CPU处理器,文件极速加载,稳定性高;多按钮布局,常用操作一键完成。

系统广泛应用于模具加工、零件加工、金属加工、广告等行业,成功案例有精雕机等。



NK300集成数控系统

NK300CX集成控制系统是一款经典的数控系统,速度不凡、性能可靠、操作便捷。系统支持丝杆误差补偿等综合补偿功能,补偿文件直接导入;支持Mechatrolink四轴联动总线协议;界面操作更简便,采用经典的等屏宽对话框,清晰的操作示意图,简洁统一的界面风格;响应速度快,功能全面,采用双核CPU处理器,加工文件加载迅速稳定,ENG文件装载速度大幅提高。

系统广泛应用于模具加工、高端木工、3C、零件加工、广告等行业。成功案例有高端模具机、四轴木工加工机、双Z双刀库雕铣机、钻攻中心等。



NC65C集成数控系统

NC65C集成数控系统是工业级主板的多轴集成数控系统,配置高端,CPU双核处理速度更快;串行通信,I/O可扩展,集成度高,稳定性强;支持对数据盘进行自检和修复功能;可实现一键备份与还原;具有强大的写保护功能,防护无懈可击,杜绝病毒感染;支持五轴联动、支持双Z轴独立控制,具有同时对刀和换刀



等功能。

系统广泛应用于玻璃磨边、玻璃切割、雕铣雕刻和切割行业,成功应用于五轴水切割机床、模具雕刻机、五轴联动义齿加工机、玻璃磨边机、玻璃切割机等产品。

RC300机械手控制系统

维宏RC系列机械手控制系统提供单轴至五轴运动解决方案。系统采用教导式编程,操作更简便;同时满足不同结构需求,比如直角坐标,圆柱坐标,球坐标等;自动侦查故障,安全更安心;拥有人性化可定制界面和加密时间管理;具有简单易懂的PLC逻辑控制,机器人运动和PLC的一体化的精密结合,使应用开发更加灵活,让二次加工周边自动化设备的联动控制更高效;人性化设计,更轻便,操作手柄结构符合人体工学设计,操作无负担;有强大的分支功能,可支持5个可嵌套的程序并行操作;主臂取出、副臂取出、加料装置上升、送料台前进、成品计次等,性能卓越。

RC300机械手控制系统行业应用广泛,涉足注塑机行业、车床机械手、冲压行业、码垛行业等行业领域,成功应用于注塑机取件,车床上下料,玻璃精雕机上下料,陶瓷搬运,磨刀机上下料等。



WISE(维智)Mechatrolink-II总线型伺服驱动器

维宏WISE(维智) Mechatrolink-II总线型交流伺服驱动器集成WISE(维智)脉冲型交流伺服驱动器的卓越优势,同时在性能方面进行了优化升

级。在硬件方面,继承了足以匹敌国外同类产品的维宏WISE(维智)脉冲型交流伺服驱动器,具有极高的稳定性及可靠性;在通信速率方面,速度更快、效率更高,驱动器各轴间时钟同步精度高,刷新周期极短,适用于多轴、高精度的运动控制场合,特别是多轴间保持高速运动、高速插补的应用场合。

总线型伺服驱动器能有效降低通信干扰,提高运动控制性能,降低控制系统接线复杂度,减少对控制单元接口数量的要求,降低成本,更能满足木工雕刻、3C、水切割、金属模具制造等各个行业的加工需求,提供更精度的加工效果。



中安重工

展台号: W2-805

闭式四点机器人冲压线

生产线是由1台八连杆1400t和4台800t压力机组成的4600t闭式四点机器人冲压线,其应用范围广、精度高、通用性好,满足汽车中型冲压件高精度、高效、高质量的生产要求。

该生产线的主要特点为:首序压力机八连杆传动机构的提高了拉伸质量;一级精度保证了后续压力机的成型要求;12SPM满足了汽车整车厂的高节拍要求,全线3min自动换模大大缩短了生产辅助时间,提高了生产效率;传动齿轮全部磨齿降低了设备的噪声;压力机结构件采用热时效去应力,1/8000的整机刚度提高了产品的品质;可开关式贯通平台起吊通道

维修检查方便;滑块锁紧、吨位仪、整线光幕、自走式夹紧器,气液元器件、泵、减速机外购件均为进口品牌,提高了产品的可靠性。该产品已经通过用户最终验收,得到了汽车整车厂的充分认可。



金晟贸易(大连)有限公司

展台号: E1-727

CBN PCD立方氮化硼和金刚石刀片

CBN PCD 立方氮化硼和金刚石刀片,主要用于数控加工机床,用于加工高硬产品和非铁系材料,加工表面光泽度要比普通数控刀片高很多。硬质合金数控刀片,是目前数控行业最常用的产品,主要是模具加工和汽车发动机和木质材料的加工应用,覆盖的行业很广,我们的产品能有效的为客户降低成本,达到了国际先进水平。



BTA钻头

BTA 钻头 用于专用BTA设备,一般用于石化和核电设备压力容器以及锅炉的加工,打破了被国外品牌垄断的市场,能有效地给客户降低成本,很好地完成高难度加工。



整体硬质合金铣刀

整体硬质合金铣刀,主要应用于模具行业,电子领域的高速加工与汽车制造等领域都有着优异的表现。



孚尔默(太仓)机械有限公司

展位号: W1-503

数控电火花线切割机床

该机床具有度身定制的五轴运动学机构,用于加工PCD旋转刀具。提供最大的成型精度,高性能控制系统完美结合新型放电发生器Vpulse EDM,降低单件成本。创新性操作理念、成熟的软件、深入开发的人机交互功能实现快速、精准的操作。其主要参数:工件外径最大320 mm,工件长度最大500 mm,质量最大25 kg,夹紧系统SK50,连接负荷5 kVA,净重约4100 kg。



数控机床

该机床拥有更加友好的操作界面，易于操作，符合人体工程学，操作台界面直观，系统软件成熟完善。高效加工直径达100 mm的硬质合金刀具，可实现高精度加工。技术参数：工件外径最大100 mm；工件长度最大360 mm；砂轮砂轮直径最大150 mm。

**北京伊斯来福机电设备有限公司**

展位号：E2-182

塞规式测量检测系统

通过根据VDA标准5完成的DIATEST检测报告，您可以获知您测量系统的能力。不仅仅是各个组分的不确定性，整个测量单元的测量不确定性都被检测。从检测报告中你除了可以获得量具的测量不确定性，您还可以获得所有有关测量确定性的答案。

高分辨率DIATRON 1000



(0.2μm)和高精密的成熟的BMD的组合在市场上独树一帜。新的更精准的DIATEST BMD XQ大幅度改进了线性，使得测量确定性更为提高。

湖北巨浪机器人有限公司

展位号：E1-232

交叉臂式无线桁架机器人

(1) 结构特点：本桁架自动线由交叉臂式无线桁架机械手、曲轴抓手、模拟机床主轴组成。包括X、Z1、Z2三个轴，整体结构采用龙门式结构，稳定性较高。

(2) 技术特点：无线传输技术，避免长行程信号易衰弱及拖链、线缆易磨损的情况发生；新型空气自给系统，满足无线系统使用，无需使用工厂气源；新型定点润滑系统，满足长行程润滑给油，易维护，省油环保；交叉臂式双Z轴设计，可以实现轴类零件上下料节拍5s，提高生产效率；适合应用领域：汽车行业、壳体类、轴类产品的零部件加工自动线。

(3) 主要参数：最大加工零件质量20kg；位移速度X轴180m/min；Z1轴120m/min；Z2轴120m/min；重复定位精度±0.1mm；上下料节拍5s。

**津田驹工业株式会社**

展位号：E4-591

津田驹数控转台

津田驹工业是同时生产蜗轮蜗杆驱动、直驱驱动、滚珠驱动的唯一转台厂家。CIMT2017将展出三种产品代表，蜗轮蜗杆产品RWA/RWE系列，TWA系列，RCV系列；直驱

驱动的RTV系列；滚珠驱动的RBS、TBS系列。面板大小从直径100mm到1000mm。广泛应用于BT30、40、50以及更大的加工中心。除了在航空航天、汽车发动机和变速箱、精密电子、医疗零件等加工领域，同时在检测领域都有非凡的表现和大量被采用的实绩。

津田驹工业从事生产研发转台产品已有80年，一直贯彻高精度、高刚性、使用寿命长的传统，以质量第一为客户服务的方针，从事产品制造和服务至今。在美日等国家的飞机发动机、热电蒸汽轮机等高难度高精度加工行业中被标准采用；在24h循环作业的发动机、变速箱生产线中大量采用，得到了客户最高评价，被很多有名国际品牌指定使用。

**南通麦斯铁数控机床有限公司**

展位号：W2-712

数控液压立式刨槽机

麦斯铁数控刨槽机为加拿大原厂设计，采用有限元受力分析，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。制造过程聘请台湾资深工程师编制工艺文件进行质量控制，产品具备优良的品质和卓越的刨槽加工性能：结构为工作台固定，工件由液压夹料装置夹持并由伺服电动机驱动相对工作台前后移动，进行开槽位置的定位。当移动到开槽位置后，工件由液压压料装置压在工作台上。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

服电动机驱动，且由于开槽时工作台、横梁都固定不动，而驱动刀架作长向往复运动的动力远比驱动工作台或横梁的动力小，能完美实现刨槽速度快，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。

**汽车横/纵梁板数控冲孔柔性加工生产线**

麦斯铁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12000mm×800mm×2.5~10mm ($\sigma_b=510\sim 800\text{N/mm}^2$)，冲孔最大直径 $\phi 60\text{mm}$ ，X、Y轴速度50m/min，定位精度±0.10mm/m，重复定位精度±0.1mm。

MPFMS系列汽车横/纵梁板数控冲孔柔性加工生产线是麦斯铁专门为汽车的纵/横梁平板梁或U型梁而设计的一种高效、高精度的自动化孔加工设备，是各种规格的汽车的纵/横梁平板梁或U型梁冲孔专用设备。上料、下料、板料的定位及送进、模具的选择、冲压过程的实现以及故障报警等均能够通过数控系统控制自动完成。附带的等离子切割，板料冲孔生产时采用分段加工方式，如果所分区域中有边需要切割，则该段冲孔后，板料回退完成切割，没有切割的部分，板料只前进不后退，完成复杂形状的汽车梁的冲孔和异性切割。

**扬力集团股份有限公司**

展位号：W2-221

激光切割机

(1) 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。

(2) 运动部件以精密滚珠丝杠、直线导轨、高精度减速机、齿轮齿条传动运行，速度快、定位精度高。

(3) 电器柜、操作台与机身一体化设计，外观简洁优美。

(4) 配有激光切割专用CAD/CAM自动编程软件，操作方便。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 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。

**上海三上国际贸易有限公司**

展位号：E9-114

小型精密CNC车床J24附带多关节机械手

(1) 高精度、低价格、结构紧凑、长行程。

(2) 铸件床身，整体稳定性、减震性好。

(3) 主轴制造采用高精度的研磨技术，主轴台支撑点与主轴中心成理想的正三角结构，机床精度更高，刚性好，高速回转稳定。

(4) X、Z轴采用FANUC α 伺服电动机，精度高。

(5) 工作台超长行程，移动量X轴240mm，Z轴240mm，是同类型精密数控车床中行程最大的。

(6) 主轴最大可加工直径25mm的棒料，切削力大，稳定加工高硬度材质的工件，如碳钢、不锈钢、铸铁及铜、铝件。

(7) 高精度：加工真圆度 $0.3\mu\text{m}$ ，重复定位精度 $2\mu\text{m}$ 。

(8) 采用了电主轴以后，大大提高了起动停止的响应速度，也降低了高速回转时的振动，从而得到了极高的回转精度。

**埃克林机械(上海)有限公司**

展位号：E8-303

多功能清洗机

EcoCVario是一种模块化的腔体式清洗系统，通过配置多种不同的清洗功能模块来满足用户的清洗需求。例如可以通过配置最多三个相互独立的储液模块，得到3道清洗的功能，实现精细清洗。更简便的运输方式，高度仅2m，可直接将设备装入标准集装箱运输。更个性化的配置方案，延长槽液的更换周期。更强的清洗能

力,得益于清洗腔的优化设计,清洗能力得到了进一步提高。同时配合新的干燥模块,可以有效避免干燥时对零件的二次污染,保证优秀的清洗效果和稳定的清洗质量。更少的槽液损耗,得益于新型油水分离器,大大降低废油中的含水量,减少槽液的损耗。更便利的维护,所需维护部件全部面向维护门侧安装,提高了日常维护的便利性。



台在机械设备(青岛)有限公司

展台号: W2-311

ES23 FL2000 自动送料机

ES23是台励福新推出的冲床机,采用全电系列AC伺服数控系统,具有高速、节能、高精度与低噪音的特色,加上过载自动保护设计,是冲压高精薄板件的利器。它的集成式组装方式,有效减少地面安装空间。因具有冲孔、成型、滚切与攻牙等多任务性能,可减少无效率工时的等待,大大提升加工效率。

另外节能方面,平均耗电显著降低,无液压油消耗,是环境保护需求的绿色产品,这也是台励福在研发上全方位思考的重要里程碑。

激光切割加工是用不可见的光束代替了传统的机械刀,具有精度高,切割快速,不局限于切割图案限制,自动排版节省材料,切口平滑,加工成本低等特点,将逐渐改进或取代于传统的金属切割工艺设备。激光刀头的机械部分与工件无接触,在工作中不会对工件表面造成划伤;激光切割

速度快,切口光滑平整,一般无需后续加工;切割热影响区小,板材变形小,切缝窄(0.1~0.3mm);切口没有机械应力,无剪切毛刺;加工精度高,重复性好,不损伤材料表面;数控编程,可加工任意的平面图,可以对幅面很大的整板切割,无需开模具,经济省时。



普雷茨特精密技术(上海)有限公司

展台号: E10-409

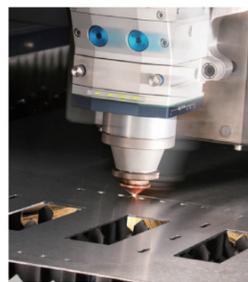
ProCutter激光切割头

该激光头最大功率8kW。其主要特点为:

(1) 高效。轻量化及纤细的设计,使其活动快速的加速度性能和切割速度;自动对焦系统是用于自动的换装和切槽;无漂移,快速反应的距离检测装置;永久的监控防护镜;通过蓝牙读取数据。

(2) 灵活。可选的光学配置,优秀的应用范围;按机床所需设计的直线型或折转型镜头;自动调整对焦直径;自动或手动对焦系统。

(3) 便捷。防护镜防尘;LED显示运行状态;蓝牙连接显示设备数据和机床界面控制;监控碰嘴(切割气体)及切割头气压;监控切槽过程并通过CutMonitor侦测切割断裂。



美国赫克中国公司

展台号: W1-110

TMM通用型车削中心

赫克TMM系列具有动力刀座、高品质部件、高效设计、经久耐用。其主要特点为:

(1) 超宽滑鞍和超长Z轴导轨增强刚性。

(2) 配有12把刀位的迪普马伺服刀塔提供更快速更准确的刀具转位功能,刀塔上的内、外径刀具可以任意组合。

(3) 整体铸铁床身提供绝佳的阻尼特性,可以抑制热变形和扭曲变形。

(4) 全面的排屑管理系统包括伸缩式防护罩,内门轨道,冲洗和气枪,可调式铜制冷却液喷嘴。

(5) 30°真正倾斜式铸造床身设计除了能有效去除碎屑,还可以提升更大的车削能力。

(6) 配有多条V型传动带的先进主轴技术提供更高动力传递且降低噪声。

(7) 顶尖自动伸缩的尾座,可通过刀塔挂钩拖动。

(8) 部件散热系统能够抑制热扩散和主轴热变形。

(9) 用于X和Z轴的经过热处理和手工研磨的大规格双螺母滚珠丝杠,居中放置在导轨之间,丝杠两端采用预加载,消除反向间隙,由此可保证出色的定位精度和重复定位精度,且几乎没有热变形。



VM通用型立式加工中心

通过高效设计造就了一台紧凑型加工中心,具有超大加工区间而占地面积较小。

赫克VM系列的优点:

(1) 侧库式结构,20把刀位的自动换刀机构远离有效加工区域,使机床拥有超大的加工空间。

(2) 超宽工作台延伸至整个Y轴,可灵活加工品种多样的各类零件。

(3) 超大规格的前开门,给您更多上下料的空间,也便于工件吊装。大规模铰链式侧向门便于打开也便于移除。

(4) 装配在设备上的超大线性导轨及楔形锁紧使机床刚性更强,减少震动。

(5) 无刷交流主轴电动机输出大功率和大转矩。

(6) 整体铸铁床身提供绝佳的阻尼特性,可以抑制热变形和扭曲变形。



Hurco 5-Axis Machining Center 赫克5轴联动加工中心

(1) C轴±360°全角度移动的优点可减少加工周期时间,而同类竞争产品无法达到这一点,这将使工作台需在周期时间内重复定位而增加加工时间。

(2) 坚固的工作台,能够很好地适应重型工件,比许多同类型机床多承重340~363kg。

(3) 多功能,超大工作台,支持第二工序或3轴操作。

(4) 油气主轴润滑系统能均匀分布润滑油并预防轴承缺油。

(5) 改进的切屑控制,可以使机床不间断工作。

(6) 最大限度的刀具进给,5轴SR加工中心的配置使其在复杂轮廓加工上具有超强的性能。

(7) 超大线性导轨,装配在设备上的线性导轨及楔形锁紧使机床的刚性更强。

(8) 整体式主轴,配置高精度陶瓷轴承。

株式会社美得龙

展台号: E4-392

高精度MT-接触式传感器

该传感器重复精度:0.5μm;保护构造:IP67;接点精度寿命:300万次。无需放大器,重复精度高达0.5μm,适用于恶劣环境。采用IP67的保护结构,适用于水、冷却液、切屑飞散的恶劣环境。可实现在CNC机床和汽车生产线等恶劣环境下的精密定位。



对刀仪

美得龙对刀仪具有世界第一的销售业绩,拥有最高0.5μm的重复定位精度。安装在CNC加工中心,用



于进行刀具预设、检测磨损和折损、补偿热位移。销售数量达50万台,拥有全球顶级的市场份额。其动作点的重复精度:ON/OFF均为0.001mm(范围);保护构造:IP67;接点精度寿命:300万次。

超小型高精度三维无线测头

单一方向重复精度:1.0μm(进给速度150mm/min);信号传送方式:FSK(DSSS)无线信号传送方式;通道数量/无线电频率:37/2400M~2480MHz;保护构造:IP67。

抗干扰性强的新型无线通信方式。与传统的红外线通信相比,抗电波干扰性能强,不受遮蔽物和冷却剂的影响。采用四点支撑的独创机械结构,可实现1μm的重复精度。



雷尼绍(上海)贸易有限公司

展台号: W1-401

Equator比对仪

Equator比对仪是一套灵活的比对测量系统,能够为手动或自动测量应用提供高速、可重复和易用的测量解决方案,因此全球数以百计的制造商正在逐步用Equator比对仪替换其目前的测量方案。

实施正确的制程控制后,工件报废的成本通常会减少。无论是作为自动化内嵌制程控制方法实施,还是作为独立制程控制方法实施,Equator比对仪的速度均可使客户从样品检测转到100%工件检测,从而显著提高制程能力。

利用Equator比对仪的进程监控功

能, 操作人员可以查看条形图和实时比对测量数据图表, 从而可以在出现废品之前校正进程。在“智能工厂”和全自动制造需求的推动下, 许多Equator比对仪的应用均涉及与自动化单元的集成。

Equator EZ-IO组件可随Equator比对仪一同提供, 它专门为自动化系统集成商而设计, 使其能够轻松配置自动化工作单元内Equator比对仪与各种设备之间的通信。通常, Equator比对仪上的工件装载由机器人或上下料系统完成。



坐标测量机测头

雷尼绍的五轴测量技术基于先进的测座、传感器和控制技术, 测量速度和灵活性无与伦比, 同时避免了传统技术自身速度和精确性不可兼得的内在缺点。它不仅提高测量效率, 最大程度上缩短生产前置时间, 还可以让制造商更全面地评估自己产品的质量。

与基于可重复定位测座或固定测头的系统不同, 五轴运动技术可以使测针沿着环绕复杂工件的连续路径测量, 无需离开测量表面以更换测针组件或者定位测座。同步坐标测量机和测座运动的控制器算法还可生成最佳测尖运动路径, 最大程度上减少坐标测量机的动态误差。

在需要位置和尺寸的测量特征上, 可以通过REVO驱动系统的性能或与坐标测量机(CMM)的XYZ轴结合, 采集离散点。REVO/坐标测量机

系统, 其独特的测座碰触功能不仅保留需要最少点的特性, 还兼具了测量速度较高的要求。圆扫描是定义的程序, 每秒最多采集6000个数据点来扫描圆形特征。REVO通过定义预期路径, 利用其两轴驱动系统跟踪表面, 并最大限度降低对坐标测量机三个轴移动精度的影响。圆扫描非常适用于内孔, 例如形状很重要的发动机缸体。



大连光洋科技集团有限公司

展台号: W4-311

GNC61五轴数控系统

采用100Mbps的高速光纤介质, 将数控系统的控制指令送达每个伺服驱动装置, 并保证严格同步运行; 并将包括机床各坐标位置、负载率、温度等物理量传回数控系统。

精密的位置/角度感知——传感细分技术, 将来自直线/角度传感器的信号进一步进行细分处理, 进一步提取1Vpp信号中包含有效精度的位置/角度信息, 最高提升物理分辨率达16384倍, 细分处理过程在1/5000000s内瞬间完成。

选配激光干涉反馈系统。在长度反馈系统支持下的全闭环控制可以将长度反馈系统提升至激光波长基准, 自带环境(温度、气压)补偿, 可以控制工作台定位精度达到0.5um, 满足用户特殊的超高精度的要求。

GRTK实时内核, 支持多核CPU, 实现每秒数千次的精确控制任务调度, 使运动控制运算、逻辑控制运算、人机交互高效有序运行, 对实

时时钟响应延迟1/100000s, 最大限度的利用高性能数控系统处理器运算资源。



吉林省金沙数控机床股份有限公司

展台号: E3-827

制动盘自动生产线

DDC350双倒立式数控车床是根据汽车制动盘工艺而设计的一款全自动化加工设备。机床采用双主轴、双刀架结构, 对应德国制造标准, 机床具有高刚性、高精度特点, 采用世界一流品质的功能部件和性能部件。根据工艺要求进行车、钻复合加工, 伺服主轴进行角向定位, 定位精度高, 对孔位进行正、反倒角。还解决了加工过程中热变形、热位移和工件热膨胀引起的变形等问题。机床Y轴采用伺服控制, 排刀式结构, 对工件进行三次双面精车, 工件表面粗糙度达到 $R_a=0.4\mu\text{m}$, DTV达到0.002mm。

刀具采用模块化设计, 采用组合式刀具, 有效提高加工节拍, 缩短换刀时间, 提高刀具使用寿命, 还根据工艺要求集成姊妹刀功能, 减少换刀频次; 夹具也是模块化设计, 分为主、副卡爪, 更换工件时只更换副卡爪, 节省换型时间, 提高设备的利用率。

自动化部分, 分为机外物流和机内物流部分。机外物流采用桁架式机械手和关节式机械手, 配置视觉识别系统和定位系统, 对工件位置识别, 正反面识别, 批次型号识别, 机械手对工件进行抓取, 还集成消磁装置。

机内物流部分, 物流装置内置于机床中间, 自动取料、自动翻转和置放, 物流机构配置旋转机构对工件进行旋转定位, 工件加工完毕自动取料下料。中转物流部分设有抽检台, 定时对工件进行检测。在线测量系统, 对被加工的工件进行检测, 可对尺寸误差、刀具磨损自动补偿, 产品的稳定性和一致性有效提高。



欧洲工业清洗机联盟上海办事处

展台号: W1-691

热能去毛刺机

该设备可高效去除加工工件内部复杂腔体和孔中难以手工去除的毛刺, 适用于为液压件(灰铁, 球墨铸铁, 蠕墨铸铁和钢件等)以及其他零部件及材质去毛刺。

在一定温度下将工作气体(甲烷和氧气的混合气体或天然气和氧气的混合气体)以一定压力充入到去毛刺腔体内, 将混合气体控制点火, 在较短的时间内, 点火产生的热量烧掉去毛刺腔体内所有工件的毛刺。充气压力高达16bar; 爆炸腔体尺寸: 400mm×600mm(直径×高度); 2个处理工位; 闭合力高达570吨。



捷米机器人(上海)有限公司

展台号: E3-893

工业机器人及机械手

采用关节机器人实现上下料的一种

形式, 充分利用关节机器人的柔性来实现对工作的传递、输送、装夹。属于六轴关节机器人, 拥有六个旋转轴, 类似于人类的手臂。有很高的自由度, 5~6轴, 适合于几乎任何轨迹或角度的工作可以自动编程, 完成全自动的工作提高生产效率, 可控制的错误率代替很多不适合人力完成、有害身体健康的复杂工作。



北京北一机床股份有限公司

展台号: W4-201

MXR-460V立式加工中心

该机床广泛应用于汽车零部件, 医疗器械及铁路等机械加工行业的应用, 高速可靠的完成中小型箱体、阀体及各种复杂零件加工中的钻、铣、镗、攻丝等工作。机床可以根据加工的需要在工作台上配置数控转台构成第四轴, 实现四周四联动的加工。机床的各项性能及技术指标已达到国际一流水平。



法如中国

展台号: E2-212

FARO Design ScanArm扫描测量臂

FARO Design ScanArm是一款便携式三维扫描解决方案, 专为整个产

品生命周期管理(PLM)过程中的三维建模、逆向工程及CAD设计等应用量身打造。

FARO Design ScanArm采用光学领域中领先的蓝色激光技术, 具有极高的扫描速度, 可生成高分辨率点云数据, 且无需涂层或靶标即可无缝地扫描有挑战性的材料。这款设备重量轻, 可轻松地安装在设计室或工程设计实验室的桌面上。Design ScanArm用户界面简洁, 便于操作, 无论是否具有熟练技术或三维扫描经验均可操作。

对于任何需要在没有CAD模型的情况下制造部件、需要开发与现有产品紧密对接的售后产品、对老旧部件进行逆向以实现设计变更或替换、创建数字资料库以降低库存及仓储成本、设计极具艺术美感的自由形状表面, 或使用快速成型功能的公司而言, FARO Design ScanArm都是理想的三维扫描解决方案。



FARO Prime 测量臂

球面测量范围: 1.2 ~ 3.7m(4~12ft); 测量精度: 0.016(0.0006in)~0.060mm(0.0024in); 温度传感器: 允许测量臂根据温度变化作出响应, 以实现最大的便携性和精确度; 内部平衡装置: 使用时非常轻松、无应力。

5款测量范围, 6轴测量臂FARO Prime具有惊人的测量精度, 配置蓝牙, 无需连接电脑。超强电池及复合

型材质确保了车间环境中经久耐用。集所有特点于一身的FARO Prime, 完美解决了所有的基础测量。



苏州迅镭激光科技有限公司

展台号: W2-222

自动上下料交换平台激光切割机

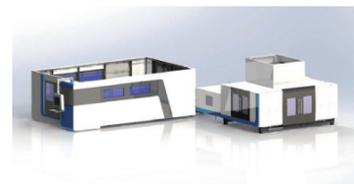
自动上下料交换平台激光切割机, 功率8000W, 加工幅面3015/4015/4020/6015/6020/7015/7020mm等, 可根据客户需求定制。

其特点及优势:

(1) 配置高功率8000W激光器, 厚板切割更具优势, 是全新一代激光切割技术变革典型代表。

(2) 自动上下料装置与交换平台, 配合高功率激光切割, 最大限度为企业节约人力, 提升切割效率。

(3) 设备关键部件采用国际知名品牌, 可无限制切割所有金属材料。



德国萨玛格萨尔费尔德机床有限公司

展台号: W1-601

双主轴卧式加工中心

两种刀柄形式HSK A 63/ HSK A 100, 可采用滚珠丝杠或直线电动机

驱动。主轴间距 180~840 mm; X、Y、Z轴采用绝对测量系统; 刀库容量可达72把; 可选用2、3、4主轴; 换刀时间2.4s; B轴转台采用力矩电动机直接驱动。

卧式多主轴加工中心 (MFZ), 适用于中、大尺寸工件批量生产。可实现5面加工; 切屑自由掉落; 快速旋转轴, 尽可能缩短非加工时间; 最高精度及柔性, 生产效率高; 模块化多主轴设计理念; 整体式Hydropol大理石床身, 具有最佳的吸热和减震特性; 龙门式垂直Y轴驱动机构 (双进给驱动, 双直接绝对测量系统); 尤其适用于加工铝合金、铸铁和钢质材料。



上海机床厂有限公司

展台号: E3-202

数控曲轴磨床

本机床为数控切点跟踪曲轴磨床, 可在一次装夹下实现曲轴主轴颈和连杆颈的外圆磨削。

机床采用卧式布局, 砂轮架移动形式。床身采用一体式铸造结构; 工作台位于操作位之前, 固定于床身前部; 头架 (C轴) 布置在工作台左侧, 采用滚动轴承和内装式力矩电动机结构; 尾架布置在工作台右侧, 采用固定式顶尖, 由液压油缸驱动; 尾架后侧为固定位置金刚滚轮修整器; 工件支撑采用液压中心架。砂轮架X轴导轨采用闭式静压导轨, 采用Hyprostatik公司的PM流量控制器, 直线电动机驱动。砂轮架主轴系统采用滚动轴承, 内装式电动机驱动。

主要参数: 最大回转直径 200 mm; 最大磨削长度 750 mm; 最大砂轮线速度 150 m/s; 最大工件重量 30 kg; 中心架上最大可磨削直径 60 mm; 圆度 0.005 mm; 直线度 0.004mm; 表面粗糙度 0.8μm。



数控随动高精度偏心轴磨床

H367数控随动高精度偏心轴磨床主要用于偏心轴类零件的大批量加工。机床采用FANUC数控系统, 控制砂轮架的横向进给、工作台的纵向移动以及头架的回转。能在一次安装工件的情况下, 完成多档偏心轴外圆表面的自动循环磨削。

机床床身为整体式结构; 头架由伺服电动机驱动, 带有C轴功能; 尾架主轴由密集滚珠轴承支承、尾架套筒采用弹簧顶紧、液压后退; 工作台采用双层结构, 由伺服电动机直接驱动高精度滚珠丝杠实现在纵向的移动; 砂轮架采用直线电动机驱动, 配置高精度线性光栅尺保证进给精度; 砂轮主轴系统采用高精度动静压轴承保证磨削时主轴的回转精度、刚度和工作稳定性。机床可完成工件的自动对刀, 并且可以根据用户需要配备高精度偏心轴磨削量仪。

主要参数: 最大工件回转直径 200 mm; 最大工件安装长度 500mm; 工件最大偏心距 5mm。



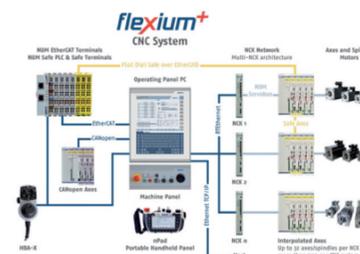
最大工件重量 30 kg; 中心高 125 mm; 圆度 (非偏心圆档) 0.0015 mm; 圆度 (偏心圆档) 0.002 mm; 直径纵截面一致性 (偏心圆档) 0.0025 mm; 偏心距误差 ±0.0025 mm; 表面粗糙度 $R_a = 0.32 \mu m$ 。

瑞力盟数控技术 (北京) 有限公司

展台号: E3-713

数控系统

多达200个CNC轴和主轴; 每个通道最大9轴插补; 多达40个加工通道; 多NCK功能; 多种方式轻松创建HMI; 或自定义标准HMI; 多主轴和编程选项; 支持沿刀具中心点旋转功能的五轴加工 (RTCP); 实时用户应用; 用户专用G和M功能; 亚微米插补; VECComp (体积误差补偿); 3D工件位置补偿; 3D半径补偿; 龙门轴; 12in到19in HMI面板 (触摸屏/非触摸屏); 机床面板; 手持终端 (有线/无线); 3D模拟及碰撞检测; 安全PLC和安全运动的功能安全性; 40 Mbyte内部CNC存储区; > 20 Gbyte的用于零件程序的硬盘存储区; > 1 Gbyte的PLC存储区; 远程软件升级和诊断; 使用EtherCat和CAN现场总线的集成PLC; (符合IEC 61131-3标准); 可扩展PLC轴; 非常强大的调试工具。单电缆电动机, 节省了成本且安装简洁方便。



北京精雕科技集团有限公司

展台号: W4-101

铣车复合加工中心

该机床采用动梁龙门式机床结构, 转台固定安装, 连接刚性好。采用铣削轴和车削轴双机头配置, 一次装夹可完成铣削和车削加工。车削轴为直线电动机驱动, 最大加速度可达4g。C轴为高速转台, 与车削轴配合可进行曲面车削加工。采用全闭环控制技术, 可有效提高零件的加工精度和机床的精度稳定性。使用了丝杠冷却技术, 有效抑制温升对精度影响。

工作台尺寸 $\phi 290 \text{ mm}$; C轴最高转速 2000 r/min; 主轴最高转速 24 000 r/min; 刀柄规格 BT30; 刀库容量 16; 最高运动速度 18 m/min; 最高切削进给速度 10 m/min; 进料高度 200 mm; 机床外形尺寸 3320 × 3085 × 2500 mm; 床体重量 8000 kg。



精雕高速雕刻中心

配备北京精雕JD50数控系统, 适合加工精密模具和精密零件类产品。采用全闭环控制技术, 可有效地提高零件的加工精度和机床的精度稳定性。

横梁采用三导轨支撑结构, 提升



了机床的刚性和运动的平稳性。

三轴丝杠全部采用了冷却技术, 降低了温度对机床运动精度的影响。

采用北京精雕 $\phi 130$ 高速同步电主轴, 可进行高速刚性攻丝。

上海普睿玛智能科技有限公司

展台号: W2-413

高速激光切割机

第八代VII系智能激光切割机采用欧洲高性能智能激光切割控制系统、轻量化航空材料横梁和高精度高刚性高稳定性机床, 可实现运行速度 280 m/min; 切割速度 100 m/min, 切割效率 500 个孔/分钟, 国内领先。具有自动变焦技术、快速精确寻边、快速蛙跳等功能, 为您高效加工生产提供保障。可搭配全自动上下料系统, 构成FMC/FMS, 实现自动化智能化生产, 提高效率, 降低成本投入, 让您在竞争中遥遥领先。欧盟标准级别的安全防护措施让您使用安心。



鸿思棣机电设备 (上海) 有限公司

展台号: W1-261

电主轴和五轴头

ES510 HSK A63 42 kW 24000 r/min 高性能电主轴专注于模具加工, 航空合金铝加工等领域。经验丰富的国内工程师为机床制造商和最终可提供优良解决方案, 售后服务 100% 国内解决。

ES334 HSK E40 3.6 kW 30 000 r/min 高速电主轴专注于3C行业, 提供高水平的品质和服务, 是欧洲制造应用于中国制造的完美体现。

HST610 五轴头为高铁和轨道交通行业提供了完美的五轴解决方案。该五轴头为A, C轴直接力矩电动机驱动, 配合强有力的电主轴ES505 HSK A63 25kW 20 000 r/min, 针对高强度铝合金车厢体, 以及各种异型件, 给大尺寸龙门五轴机床提供了性能优越的方案。

ES510 HSK A63 42KW 24 000 r/min 高性能电主轴专注于模具加工, 航空合金铝加工等领域, 提供优良解决方案。

ES334 HSK E40 3.6KW 30, 000 r/min 高速电主轴, 适合3C行业升级换代。

ES793 HSK A63 15KW 18, 000r/min 高速电主轴是机械主轴升级电主轴的理想选择。

HST610 + ES505 力矩电动机直驱五轴头, 五轴机床的极佳配合。

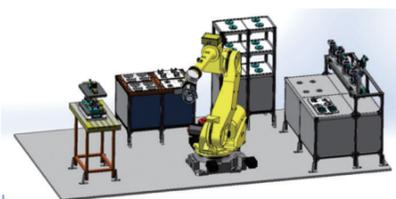


青岛力鼎自动化设备有限公司

展台号: E3-315

机器人柔性制造单元

机器人柔性制造单元由关节机器人、上料仓库、夹具仓库、快换手爪库、机床工作台组成, 能够完成多种零件的柔性生产, 实现了工件快换、



夹具快换、手腕快换。柔性强、机床利用率高; 一台机床生产不同的工件; 解决复杂零件快速机床上下料; 夹具自动换型, 节省人力和生产准备时间; 智能控制系统, 方便生产管理。

固瑞特模具(太仓)有限公司

展台号: E8-202

5轴加工中心整机、高光机矿物铸件床身、矿物铸件恒温系统

复合材料矿物铸件也叫树脂混凝土, 是由无机矿物材料与高性能热固性树脂体系复合而成的一种新型复合材料制品, 无机与有机材料的结合使这种材料具备了优秀的阻尼性能、高尺寸精度、低热导率及较高的比热容、优秀的耐腐蚀性和低吸水性, 同时复合材料矿物铸件成型工艺吸收了树脂复合材料成型的优点, 室温固化内应力小, 可以设计复杂的嵌入件, 成型周期短。

复合材料矿物铸件材料的高精度、高阻尼性、热稳定性、设计灵活性等特性使其可以被应用在多个领域, 目前高精高速机床的床身应用复合材料矿物铸件已经成为一种主流和趋势, 传统的铸铁和钢结构制件在部分机械结构领域正被矿物铸件所取代。

具体应用有: 机床结构件, 电子设备基座, 测量设备基座, 电动机基座, 医疗设备和包装物流设备基座等等。



开天传动技术(上海)有限公司

展台号: E9-425

钢膜片式高性能联轴器

钢膜片联轴器的核心部件是把轴套和中间轴连接在一起的膜片组。膜片组使用特制的有台肩的高强度螺栓, 使轴套和中间体实行了可靠连接, 安全锁紧。这样膜片传递扭矩时即保证了很强的纠偏能力, 又确保了很低的回复力。不锈钢弹簧膜片采用有限元分析法设计。膜片外圆上特殊的形状是优化计算的结果, 避免了联轴器在纠偏时膜片产生的应力集中, 延长了工作寿命。



埃马克(中国)机械有限公司太仓分公司

展台号: W3-602

倒立式车磨加工中心

VLC 100 GT型机床可为大批量自动精加工直径达100 mm的盘类件提供最佳条件, 该机床还可出色地与EMAG VL 2/VLC 100车床进行组合, 以组成机构紧凑的生产系统, 灵活地与您的各种加工需求相匹配。其主要特点:

- (1) 加工区可自由配置, 可装夹多把车刀的刀塔、内圆磨削主轴、外圆磨削主轴。
- (2) 一次装夹完成加工=最高精度。
- (3) 复合加工工艺=在一台机床上进行硬车和磨削。
- (4) 集成自动化系统, 短行程=屑到屑时间短。

(5) 倒立式加工=落屑向下, 非常理想。

(6) 占地面积小=在最小的空间内实现多机床操作。

(7) 可接近性佳=调试快速。

(8) 针对不同的加工任务, 采用相同的基本机床=标准化的机床操作和工件编程。



苏州哈勒数控磨床有限公司

展台号: E6-112

5轴CNC数控工具磨床

全球第一台全床身天然花岗岩制造的5轴CNC数控工具磨床。适用于加工医疗刀具、3C刀具等精密微小刀具, 加工刀具直径范围: $\phi 0.2 \sim \phi 10\text{mm}$ 。所有运动轴都建立在花岗岩基座上, 包括X、Y、Z轴直线光栅尺、高精度导轨以及直驱旋转轴。配合双磨削立柱支撑的机械结构使得该磨床拥有最高的强度和最低的热传导性。

产品特点:

- (1) C轴和B轴全部为伺服直驱并带有高分辨率的直接测量系统, 代表世界顶尖的精密切削技术。
- (2) 符合最佳人体工程学的整机式花岗岩床身设计, 保证最强的刚度和精度。
- (3) 独特的弧形机罩设计可以大角度自由转动, 提供全方位的使用。同时, 这一设计使得维修方便并

提供全方位的可视度。

(4) 搭载世界级最先进的NUM控制系统和软件使得编程及操作非常的简便。

(5) 针对制造不同大小的刀具装配有不同的上下料系统从而提高生产效率。



无锡贝斯特精机股份有限公司

展台号: E3-311

智能生产线

桁架特点:

(1) 桁架机器人采用V型导轨与齿轮一体式方式, 模块化设计, 将电动机、减速机、滚轮、齿条集成在铝质滑板上, 减轻运动部件的重量, 使桁架机器人载荷增大, 速度更快。滑板内设通道, 减少管线外露, 整体结构简洁美观, 简单可靠, 维修方便。

(2) 设备布局采用“一”字排开, 简单美观。桁架机器人在空中进行工件的输送, 方便了员工出入, 同时切屑的收集直接排入机床, 地面干净整洁。

(3) 设备之间设计了储料工位, 设备在短时间调整时, 其他设备可正常工作, 充分提高了设备开动率。

数据采集系统特点:

(1) 车间的自动化控制PLC、机床设备和辅助设备以及综合量具, 通过工业以太网将每个生产单元的状态实时采集。

(2) 运用数字建模的方式在中控大屏上进行工厂的数字化重建, 在

实现自动化无人化少人化的基础上, 进一步提高管理人员的响应能力, 提高管理水平。

(3) 优化管理人员的结构, 通过预警、警示、警告多种模式, 更好地协调组织生产, 进一步提高生产效率和资源利用率, 确保生产的稳定性和延续性。



智能夹具

具有“感知”和“自适应”功能的智能夹具, 并与自动加工生产线融为一体, 实现数据共享和互联互通;

(1) 身份识别系统: 对不同被加工工件扫码, 进行身份识别、采集, 并自动采用对应的定位、压紧方式和选取相应加工程序。

(2) 感知系统: 实时采集被加工工件在压紧和加工过程中的变形量数据, 为控制中心提供分析和判断依据。

(3) 压板状态检测系统: 全面直接监测压板压紧、放松、断裂三种状态, 保证压紧的高可靠性。

(4) 断销检测设计: 防止意外情况下的定位销断裂造成被加工工件批量报废, 确保被加工工件质量更加安全、稳定、可靠。

(5) 定位精度监控和自我纠正装置: 在被加工工件安装夹紧过程中, 由于不能使工件一次安装到位, 可实现被加工工件二次自动安装和定位。

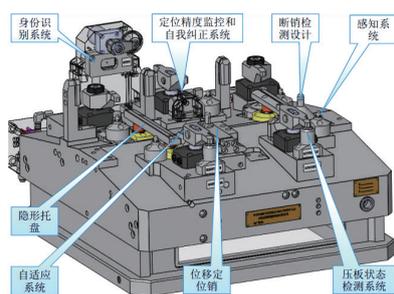
(6) 自适应系统: 跟踪被加工工件在压紧和加工过程中采集的变形量数据, 自我调节压紧力大小, 并

协同机床修正切削参数，提升产品质量，提高加工效率。

(7) 位移定位销：突破以往不同的被加工工件兼容时，人工切换定位销的烦恼，实现定位销共存的难题。

(8) 托盘隐形设计：简洁美观，有利于夹具功能的施展和切屑的排放和清理。

(9) 可实现夹具自身寿命维护管理功能。



湖南中大创远数控装备有限公司

展台号：E3-136

全数控螺旋锥齿轮铣齿机

YKA2260是六轴六联动全数控螺旋锥齿轮干切机床，主要加工延伸外摆线等高齿和圆弧收缩齿的螺旋锥齿轮及准双曲面齿轮功能。是我国首台拥有自主知识产权的螺旋锥齿轮干切机床。获得2016年机床工具工业协会主办的机床行业“自主创新奖”。

该机床也是干、湿两用的新型机床，主要加工直径为600mm以下的螺旋锥齿轮，具有高精度和高稳定性的特点，特别适用于大批量的螺旋锥齿轮加工，且机床加工调整极其方便。铣齿精度达到《GB11365-1989锥齿轮和准双曲面齿轮精度标准》规定的5级以内，齿面表面粗糙度可达到 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 。该机床的性能与稳定性达到国际先进水平。

其主要特点如下：

(1) 整体式高刚性卧式床身结构。

(2) 配有独立自主开发的基于西门子840D sl数控系统的加工控制软件。

(3) 提高各数控轴的速度、良好的人机工程设计、自动清洁与检测等功能的实现大副度降低了辅助加工时间。

(4) 具备在机自动测量功能，可在机进行加工工件的精度检测或齿貌测量，并通过加工控制软件实现齿貌形状的调整控制，实现产品的一致性保证。

(5) 电主轴结构，主轴及水平运动直线轴采用直驱技术。

(6) 全面的安全保护（电流监控、防碰撞功能、断电回退）。

(7) 集成化辅机布局。



武汉重型机床集团有限公司

展台号：E1-231

数控龙门立式加工中心

本产品是一种高效、高精度、高动态响应、高刚度的先进设备。可广泛应用于机械制造行业各种大、中型基础件、汽车零部件、飞机结构件等现代大型模具、复杂零件的粗精加工，可对各种钢铁和有色金属零件的平面、孔系、斜面、斜孔、曲面及零件型腔内部的孔和窄小空间内的平面进行加工，机床在工件一次装卡下能完成内外五个面的铣、镗、钻、铰、

攻丝等加工工序。可实现三轴联动，实现轮廓铣削。

机床采用龙门布局，X轴采用高精度高刚性、重载滚柱直线导轨，Y、Z轴导轨采用软带滑动导轨或重载滚柱直线导轨。X、Y、Z轴采用预载滚珠丝杆驱动。

机床具有刀具内外冷却、自动刀库、机内对刀、工件测量、数控摆角头等选配功能。



泰勒霍普森有限公司

展台号：E2-207

Form Talysurf PGI 系列表面和形状测量仪

Form Talysurf PGI 系列仪器设置简单、易于使用，专为有着苛刻分析要求的高精密应用测量而设计。拥有全套的专用软件分析包，为客户的应用提供强大的软件解决方案。测针针尖几何形状 - 可信赖的测量结果。转为客户的应用需求而设计，满足下一代日益增长的科技发展需求。可用于医疗、汽车、喷油器、航空航天和科学研究等行业。□



聚焦展会(下)

——IMTS2016展品情况介绍

中国机床工具工业协会 杜智强

5. 特种加工制造技术随新兴制造需求兴起而快速拓展

特种加工技术和机床一直是先进制造技术领域的一个重要分支，其加工原理完全不同于金属切削和金属成形加工技术，在机床结构、控制和切削载体上也独树一帜。由于特种加工技术和机床的诞生与特殊材料和特殊加工要求密不可分，所以特种加工技术和机床一直是制造技术领域中前沿技术的代表和风向标。本届展会上，除了传统的激光切割机床、水切割机床、线切割机床和电火花加工机床以外，在新兴制造需求的拉动下，以激光增材制造为代表的技术和展品成为近期的新热点，引领特种加工技术发

展的新方向。同时，特种加工技术领域也由原来精度高但效率低的表现向高精高效发展，拓展了该技术的应用面，使其更容易从航空航天等尖端领域向民用消费品制造领域扩展。

通快 (TRUMPF) 公司，是激光加工领域的国际知名品牌，随着新兴需求的不断涌现，其凭借在激光加工技术方面的长期积累，也推出激光增材制造产品TruPrint 1000。通快公司此次新推出的产品被称为TruPrint系列，包括TruPrint 1000 LMF系统和TruPrint 3000 LMF系统。其LMF系统主要通过一个200W的激光器照射粉末层，与此同时构建室下沉，将多余的粉末倒入一个溢出粉末接

受器中，每次下沉的最小距离是20 μm，激光扫描速度最大6m/s。加工区是一个氧含量仅有0.1%的封闭空间，以防止氧化和可能出现的火灾。TruPrint 1000是一款比较紧凑的机器，其最大3D打印尺寸 ($\phi \times H$) 为100mm × 100mm。具有一个内置的触摸屏，并可以选配用于工业制造、珠宝、实验室等领域的软件包。TruPrint 1000可以处理高达1.4L的不锈钢、模具钢、铝或其他可焊接材料。其生成区域的供应缸、构建室和溢出接收器被设置在一个单独的机柜中。

+GF+集团作为国际市场上少数高精度、功能性及艺术效果表面纹理方案供应商，+GF+加工方案的最新激光加工机LASER P 400 U代表着纹理发展的未来。这款机床结构紧凑，仅需一次加工就能轻松获得所期待的高精密功能性、艺术美感的均匀性纹理。GF加工方案与注塑件快速成型设计开发领域的专家Roctool合作，有力地展示了激光加工的无限可能，即，借助高效的温控成型技术对高质

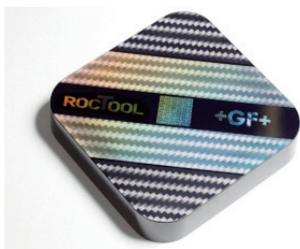




量模具表面进行加热或冷却，对纹理进行精确复制。这种全成型工艺应用于带有精密纹理的模具上，GF加工方案的LASER P 400 U加工出的最精细的全息纹理都能高质量的复制出来，例如获得全息“涟漪”表面，从而可将时尚的艺术纹理需求与批量工业生产有机结合起来。

全息纹理的形成原理是，利用飞秒激光技术加工出极浅的高质量高精度纹理，通过设计促使其产生光衍射效果，目前只有最新款的LASER P 400 U具备这种加工能力。对于纹理加工，用户已不再需要去毛刺工序，蚀刻用户也不需要传统的后续处理工艺，就能达到清晰、清洁及精细的纹理效果。借助飞秒激光技术对制造工艺水平的提升，用户可以随心所欲优化设计和生产。

飞秒激光用于表面加工时，其脉冲能加工出投影和凹槽组成的、以光波形式展现的纳米纹理结构。当凹槽间距跟可见光波长相等时，这种纹理结构会发生光衍射现象，能创造出色彩斑斓的着色效果。采用RocTool的冷热控制成型技术，能将这种纹理结构复制到高光泽度塑料制品表面，从



而使塑料制品展现出令人难忘的、惊艳的彩色效果。

LASER P 400 U的突出特性是拥有始终如一的完美性能及高加工质量。无论是三轴或五轴加工，都可针对微细零件的批量生产提供绝佳的解决方案。依托全数字化加工，用户可在极短交货期内轻松完成复杂形状的零件或模具型腔加工；手表元件、珠宝、小插件、切削刀具、微细零件的加工也更易于实现。全数字化加工方式消除了传统工艺的不确定性，在加工复杂三维零件纹理、蚀刻和制作标志或徽记等加工领域，既可以缩短交货周期，又能快速提高加工企业的盈利能力。



LASER P 400 U结构紧凑，工作区域600mm×400mm×250mm。模块化概念包括一个拥有专利的一体化

激光头，该激光头将两种激光源组合成一体。激光头设计独特，通过在内部设置激光源自动切换开关，确保在一次装夹中能分别或同时完成同一表面的纹理加工，大大增强了加工灵活性。将两种激光加工技术集于一台机床的精巧设计，意味着用户不但减少设备投资、缩短机床运行时间，而且可以获得无与伦比的加工效果。

Sodick公司展示的金属3D打印机OPM250L是采用金属铺粉后激光选区熔融凝固，再利用高速铣削刀具进行高速铣削的高精度复合加工机床。激光器采用500W的大功率Yb光纤激光，实现了高速的金属3D打印。另外，OPM250L搭载45 000r/min的主轴，可与具备高速、高精度的直线电动机驱动发挥叠加效应，实现更高速和更精准的加工。另一个特点是专为OPM250L开发的数控装置“LN2RP”，可以顺利地与CAM配合。以设计三维散热管内置模具为例，运用水管设计辅助CAD建模，在此基础上运用CAE进行树脂温度模拟，最后使用专用CAM生成数控程序。OPM250L在制造塑料成型品的模具时，只需一台本设备即可制造三维散热管和深肋条等复杂形状。OPM250L采用了自主开发制造的高性能直线电动机，实现无需滚珠螺杆的直接驱动方式。直线电动机具有



“高响应、高随动性”的特点，使高速和高精度加工可以并存。该机床具有以下功能和特点：45 000r/min的高速铣削主轴和用于对激光位置进行补偿的CCD摄像头；自动刀具交换装置（ATC），刀库中最多可设置16把刀具；可进行自动刀具测量；氮气发生装置，向激光烧结加工区域内供给氮气；粉末供给量调整机构，可调整造型区的普粉面积；配置废料收集桶，可用于收集加工后加工台上所残留的材料等。

Rofin公司在工业激光加工领域居于国际领导地位，在工业应用上包含激光切割、激光焊接、激光打标以及表面处理等应用领域。在全球销售超过38 000多台激光系统，并且提供最广泛的激光器选择，包括CO₂气体激光器、光纤激光器、固体激光器、二极管激光器与多种Q-switch 激光器。

在本届展会除了展示各种激光器和激光打标机，还展示了UW1200五轴激光加工机。该机床面向多种任



务环节，可以切割、焊接、融覆等。机床可以实现五轴运动控制，具有2D/3D的CAM软件包。可以安装适用于不同加工场合的工件夹持系统，支持Rofin的光纤激光器、固体激光器和CO₂气体激光器。

其他特种加工机床展品中，Makino公司的EDAF3 sinker EDM电加工机床配制Hyper-i控制系统，实现多轴快速伺服驱动和Alicona在机测量系统；U6 H.E.A.T.线切割机床安装有在线的CAM软件，简单快速的离线工件设置和手工操作功能；EDBV8电火花打孔机将用于叶片的快速制孔环节。Sodick公司的UH650L HSM高速加工中心、AG60L电火花机床和机器人上下料单元组成的制造单元可以实现精密电加工和高速铣削工艺的复合加工。

6. 金属成形机床侧重市场实际需求

金属成形机床展品在本届展会上出现的不是很多，技术水平也一般，主要是面向美国市场实际的展品，其中不乏用于下料的各种机床。下面选取几个有代表性的展品介绍一下。

Trulaser robot 5020是通快公司高度集成的交钥匙系统，可以很好地集成在激光制造系统中实现最小的投入和最大化的激光源利用率。其模块化的结构设计可以方便用户进行个性化的定制。可以进行普通激光焊接、激光切割、高能涂敷焊



接和扫描焊接等。配制6轴机械手，定位精度±0.05mm，最大夹持重量30kg。加工范围（宽/高/深）：1400/800/1200mm。该机床可以用于叶轮零件的焊接加工和薄壁板材控制柜的激光热导焊等。

Trulaser cell 3000是通快公司展示的另一台紧凑型、高精度5轴激光加工机床，可以进行三维切割、焊接和激光金属沉积。该系列机床适合从原型制造到大批量生产的全面环节。该机床特别适用于中小规格的高质量要求的零件加工场合。二维工件加工尺寸：800mm×600mm，三维工件加工尺寸：600mm×420mm×520mm。激光器最大功率8kW。各轴定位精度（X/Y/Z/B/C）：0.015mm/0.015mm





/0.015 mm /0.02° /0.02°。

AMADA公司，在IMTS2016上主要是展示其在北美的AMADA机床公司的产品，主要是锯床、铣床和磨床，没有钣金加工机床等金属成形机床展品。这与北美市场的实际需求有关。

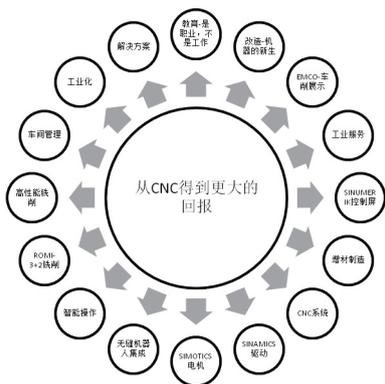
7. 数控控制和测量技术发力拥抱“工业4.0”

当今机床工具领域一个最热的话题就是“工业4.0”，而与“工业4.0”关系最紧密的技术和产品领域当数数控控制和测量技术。可以毫不夸张地说，数控控制和测量技术是向“工业4.0”发展的核心技术，好比人体的大脑和感知器官，是本轮研究的前沿和先导性领域。近几年来，特别是在本届展会上，明显感觉到数控控制和测量技术领域在加大“工业4.0”方面的研究力度，相关应用成果也在不断丰富、成熟和渐成体系。下面通过几个典型公司在上述领域的展品介绍，来了解当前技术发展趋势和研究成果应用情况。

西门子公司作为“工业4.0”的倡导者，其在如何界定和实现“工业4.0”的探索方面从未停止。本次展



会上，西门子提出的理念是“来自CNC的回报将使产品的商业性能超越产品的技术特性和功能”，通过展品展示如何采用西门子技术实现数字化制造车间所形成的改变游戏竞争优势的能力。展品共分16个子部分，详见下图。



展示主要涉及六个方面的内容：如何实现从图样到成品，西门子的全面数字化制造解决方案；如何使机床性能更好，现场编程演示如何发挥CNC的性能；用新技术提高你的生产效率，体验我们的增材制造解决方案；新的CNC创新；西门子工业云技术；机床改造和现代化服务。

西门子还展示了Sinumerik 828系统，其可以将工业机器人和机床整合形成自动化制造单元。系统中集成的MyRobot/EasyConnect界面可以使机床方便的控制不同类型的工业机器人用于不同的制造用途。远程诊断功能可以提供通过系统集成的Access MyMchine功能实现从局域网或互联网连接机床的功能。最基本的Access



MyMchine/P2P功能可以实现Windows PC端和机床之间的数据交换。Access MyMchine/Ethernet (ASP) 功能实现机床控制总览，使系统可以上传和下载数据、文件、移动记录和PLC数据，还可提供短信息和邮件提醒功能。

FANUC公司展示新的数控系统、工业机器人和工厂自动化技术，旨在帮助客户解决生产难题，提高生产效率，克服技能差距，保持竞争力。本次展会上的亮点有：为适应新一代机床操作者开发的新的直观数控系统 HMI操作界面用于FANUC 30 -B数控系统，具有更有效的编程，设置和加工功能；为面向物联网技术新领域的系统，为FANUC数控系统、工业机器人、外围设备和用于自动化



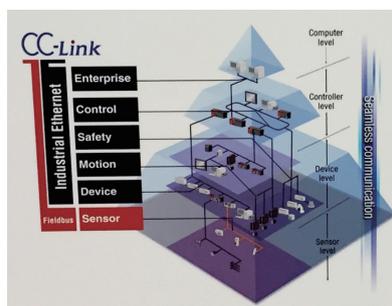
系统传感器等提供先进的分析和深入的学习能力；扩大协作机器人（协作机器人可以和人类在一个空间一起工作）的产品线，有效载荷能力4~35kg。为了给遍布世界各地客户提供全面贴身服务，在美洲设立了25个销售和服务地点，在全球46个国家设立了250多个服务地点。目前，数控系统主要功能包括：复杂零件的多轴加工；高速加工处理；超光滑曲线和轮廓处理；机床安全保护。另外，在展会上还展示了FANUC全系列的钻攻中心产品，更紧凑、更自动化、更高效的完成铣削和钻削任务。

三菱公司除了展示其数控系统、伺服装置和电动机等产品，在展位的显著位置展示了其为工业物联网信息化条件下的制造工厂开发的e-F^{ctory}系统理念和软件产品。这也是三菱作为主流系统厂商为应对“工业4.0”



需求提出的信息互联互通解决方案。e-F^{ctory}系统旨在为客户提供更多的附加价值，目前已经在全世界130个用户应用了超过5000多套e-F^{ctory}系统。根据对应用情况的分析，平均来看采用e-F^{ctory}系统可以提高30%的生产效率和降低55%的制造过程，提升用户的整体竞争力。e-F^{ctory}系统的架构分为三个层次：底层是连接机床和传感器的CC-LinkIE工业总线；中间层是边界计算机，信息交换界面；顶层是信息系统，用于对生产信息的分析、深度挖掘和展示。其中，CC-LinkIE工业总线是实现e-F^{ctory}系统互联互通和数据实时交换的核心。

CC-LinkIE工业总线是用于连接制造装置和信息系统的工业物联网解决方案的产物。三菱选择CC-LinkIE工业总线作为e-F^{ctory}系统的基础是因为这种开放式总线比其他总线具有更高的性能、坚固性和流量带宽。CC-LinkIE工业总线是具有1GB带宽的工业总线网络，适合于控制、安全和监控等实时通信场合。另外，该总线巨大的带宽还可用于非关键信息的交换。同时，三菱使用开放工业标准的方式与MTConnect和OPC等实现数据交换，以保证不同分析和商业系统间数据的共享和使用。



DMG MORI公司作为国际知名的机床制造商也提出了“工业4.0”下的系统解决方案—基于CELOS®系



统的app程序。CELOS®系统是三年前开发出来的，不断根据需要在丰富和完善。从整体界面操作上看，使用CELOS®系统就像使用智能手机一样简单。由于其开放性的结构，不仅可以用于车间级的数据交换，还可以与更高的层级进行交换。因此，其可以为未来物联网管理系统提供一个全面的金属切削制造系统管理界面。根据日常统计，可以在工程计算和检索信息资料方面节省30%的计算时间和50%左右的精力。用户可以无限地使用CELOS®系统现有16个APP应用程序，同时还可以使用未来新开发的APP应用程序，这得益于CELOS®系统是可以向上兼容的。CELOS®系统可以执行多种层面的加工程序，这使用户机床的功能更加强大，实现加工能力的集成。比如，新开发的用于内外圆和平面的磨削功能，以及为了校准和修整砂轮的修整器。开发了固体声波传感器用于监控砂轮磨削，并通过测量探头控制磨削质量等。

MAZAK公司也长年立足研究用于生产自动化加工场合的数控系统和管理软件，并成功地进行了应用。本次展会上除了继续展示其专门开发的系列化数控系统





SMOOTH TECHNOLOGY平台，如MAZATROL SmoothX、SmoothG和新的MAZATROL SmoothC。本届展会上推出更多基于SMOOTH TECHNOLOGY平台的新功能和新的解决方案，并打出“采用SMOOTH TECHNOLOGY可减少30%循环时间”的诱人口号。MAZATROL SmoothX或者SmoothG系统的SMOOTH设置和测量软件简化了刀具设置和零件测量编程，这对需要在机测量编程的需求十分有帮助。

本次展会上，MAZAK公司在生产系统信息管理和智能控制方面推出的一个重头戏就是基于MTConnect通信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。从该方案的示意图看，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



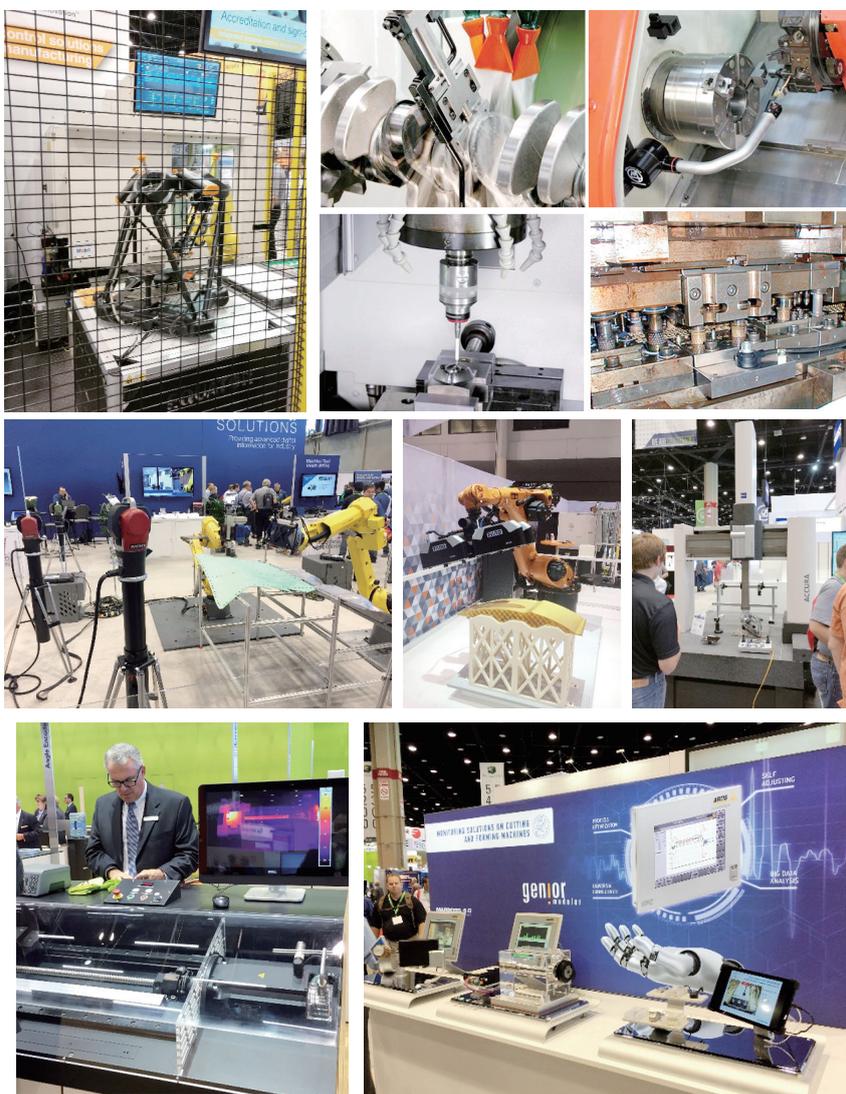
使用情况而定（从大多数用户反馈的情况看是3%~15%），毕竟数据本身不会产生任何作用。

测量仪器在“工业4.0”背景下面向提升制造自动化方面的需求也是各显其能，主要表现在以下几个阶段：

原型设计阶段，除了传统工业设计阶段经常用到的，由于增材制造技术在原型设计过程中的应用越来越广泛，相应的各种三维模型测量或扫描仪器也随之得到快速发展。其中，最具代表性的就是非接触式白光三维测量仪，如来自海克斯康的WLS qFLASH 测量系统，可进行非接触测量，能够快速完成三维测量任

务，在制造现场完成数字化扫描。采用3×4.2百万像素数码相机，坚固与高稳定性碳纤维外壳保护，重量轻、便于把持、坚固耐用。整合2D与3D技术，实现快速、精确的曲面和特征测量。视场（在特定工作距离情况下）350mm×350mm，景深160mm，最佳工作距离550mm，点云距离0.19mm起。探测误差0.040mm，空间误差0.035mm，平面度误差0.035mm。采用外部mapping平面测量精度(单点): 0.035mm，点云精度(3m×2m×1m尺寸的物体): 0.1mm。WLS qFLASH可以采用三脚架、机械臂和手持模式，在零部件上进行超便携的测量或者直接完成溯源分析。

制造精度保证是自动化制造系统中应用先进测量仪器最多的环节，除了遍布机床各部件的温度、振动、超声波、位置、速度/加速度等传感器或测量仪，还有就是用于刀具调整和工件尺寸精度测量的各种在机或在线测量仪。本届展会上最突出的表现有两个：系统集成能力、信息化和网络化更强，不少测量仪器制造商都推出以总线为基础的测量仪器系统解决方案以适应工业物联网对设备接入和信息共享的要求。如本次展会



上，意大利MARPOSS公司展示了网络信号总线概念和相应产品-BLÚ。BLÚ由一系列相互连接的功能节点组成，形成一个由主节点管理的专属网络。通过应用该技术可以实现数控系统和测量头、动平衡、防碰撞装置更简便连接起来。由于每个装置都有一个独立的IP地址，通过网络可以方便的实现车间级的连接和控制，有利于测量系统集成和数据的实时共享。另一个就是为适应多品种规模化的高精度加工制造需求，测量仪器从离线检测向在线/在机检测发展，在生产现场的使用更频繁，与自动化制造系统的结合和数据共享更加紧密，如雷

尼绍Equator比对仪是一套灵活的比对测量系统，能够为手动或自动测量应用提供高速、可重复和易用的测量解决方案。利用雷尼绍Equator比对仪实现灵活的车间制造过程控制，工件检测达到100%并实现零废品率，零件生产成本下降了27%。工作空间XYφ300mm，Z150mm，比对不确定度±0.002mm，扫描速率为1000点/s。

质量控制和检测。随着数字化制造技术应用更加广泛，零件数字模型及加工信息通过工业互联网串连起整个制造链，成为各个制造环节的制造依据。制造环节的最后也是最重要的



一环-质量控制和检测，自然也在不断适应数字化制造提出的新需求。

8. 工业机器人与先进制造系统深度融合

工业机器人一直伴随着先进制造需求的发展而不断丰富和提高。随着“工业4.0”的到来，先进制造系统在自动化、柔性化和智能化等方面的特征不断凸现，少人化和无人化制造需求不断增加，以替代人工劳动而诞生的工业机器人自然在先进制造系统中的应用更加普遍和深入，形式也更加丰富。工业机器人在自动化制造领域替代普通操作者已经不是一个话题，而是一个毋庸置疑的事实。下面从本届展会展示的工业机器人应用案例来大致归纳当前工业机器人应用的情况。

多用途工业机器人在本次展会上的主要展品是关节式机械手，由于其具有多自由度和适用面广泛的特点，



通过安装不同的功能头可实现夹持、搬运、焊接、喷涂、制造等多种功能，因此多用途工业机器人是其他特定用途功能型机器人的核心载体，根据实际使用需要演化出多规格的系列化产品。比较有代表性的国际品牌有FANUC、KUKA、NACHI等。目前，国际多用途工业机器人的承载能力范围：0.5~1350kg，可达范围：0~5m，轴数：2~7个。

搬运机器人是工业机器人应用最大、起步最早的领域，由于人力成本的不断上升和人口老龄化，未来搬运机器人的使用场合也将持续增加。特别是在与人协作方面的需求也在增加。本次展会上FANUC公司推出了新一代协作机器人CR-35iA，最大承重：35kg。还有KUKA公司的LBR iiwa创新型协作机器人敏感度高，确保高度安全性，学习速度快，因此更容易操作。在人机合作方面开辟全新应用领域，突破机器人以往无法跨越的界限。这些工业机器人将把人类从低端的体力劳动中解放出来，应对社会变化带来的新要求。高速搬运、分拣机器人也是展示和应用比较广的

产品，如YASKAWA的高速搬运机器人，FANUC的M-1iA高速分拣机器人（0.3s内完成25mm-200mm-25mm往返的搬运动作）。

焊接机器人是在汽车车身自动化焊接线上应用最多的工业机器人，也是在工业机器人应用领域中最具代表性的产品。由于汽车车身焊接对系统效率、精度、焊接质量、开动率和环境兼容性的要求都十分高，所以焊接机器人也是验证工业机器人制造商技术实力和产品水平的“试金石”，当然其中的利润回报也是非常可观的。因此，国际主流工业机器人制造商都有焊接机器人产品和系统集成能力。比如，KUKA公司在本届展会上展示的FlexGun UL，可带焊枪的最大重量是70kg（仅作为机械手是负载可达80kg），最大焊接夹紧力8330N（5mm厚）/7210N（10mm厚），末端快移速度341mm/s（扭转模式）、584mm/s（X&C模式）。

功能型工业机器人（系统）是近年来随着先进制造技术的发展，集成工业机器人、传感器、特种加工、模式识别等前沿技术成果形成的为高端



装配/检测线上的工业机器人



问询接待机器人

非接触式测量工业机器人



激光增材制造中的工业机器人

制造领域提供服务的工业机器人单机或系统。由于工业机器人本身特有的灵活性、通用型和仿生学特征，通过嫁接新兴技术成果就可以很快构建验证平台或柔性化制造系统，所以功能型工业机器人（系统）在原型技术实验、小批量试制等领域的应用需求快速增长。下面简单介绍几类典型的功能型工业机器人（系统）。

随着工业机器人控制精度、承载能力和智能化水平的进一步提高，在“工业4.0”先进制造需求的牵引下，工业机器人及系统将在高效率、重复性劳动、极端环境制造和智能化制造系统中发挥重要的作用。同时，工业机器人技术的发展趋势和重心也将向需求服务能力、系统集成能力、模式识别与传感器应用和智能化等方向发展。

9. 切削刀具和机床功能部件适应自动化、柔性化和智能化背景下的先进制造要求

切削刀具和机床功能部件作为机床和制造系统实现功能和性能的最基本单元技术，其自身的发展与自动化、柔性化和智能化制造需求的发展形成互相影响、互相支撑、互相推动

的关系，且越来越密不可分。可以毫不夸张地说，如果没有成熟的、适应先进制造需求发展的切削刀具和机床功能部件研发与制造体系，就不可能实现机床工具产业从“工业2.0”和“工业3.0”向“工业4.0”的跨越。在这些领域需要人才、技术和制造体系的长期积淀和迭代式发展，属于资本密集型、人才密集型和技术（工艺）密集型产业，同时需要涉及材料、电子、制造、信息和应用服务等全产业链和社会化配套体系的健全和完善，因此也就很难像某些轻资产和面向消费的产业那样实现“弯道超车”式的跨越发展。

切削刀具方面，国际主流切削刀具制造商在展示各自典型应用领域的产品同时，也增加了不少适应“工业4.0”和先进制造需求发展的新技术和新产品展示。

SANDVIK公司在其一面巨大的背景墙上展示新推出的CoroPlus™平台，将带来相互关联的一系列解决方案，提高设计和规划环节的安全性并节省时间。联网刀具和物联网（IoT）能够把控机床加工状态，获得必要信息，从而做出优化加工工艺的明智决策。基于云端的分析计算和现场设备相结合能够充分利用从加工过程中采集的所有数据。





在工艺和规划环节中节省时间，提高质量

- 刀具和切削参数建议可以集成到你的CAD/CAM环境中
- 基于ISO 13399标准开发的刀具数据库向所有切削刀具供应商开放

通过互联硬件深入了解切削过程

- 植入传感器的智能刀具，遥遥领先的前沿技术
- 机床监控物联网 (IoT) 系统有助于提高加工安全性
- 简便易行的远程刀具调试

学习并运用先进的加工分析技术

- 从微观到宏观的智能化进程 - 加工、工厂、企业
- 联入网络的刀具和机床可实时监控并使加工过程得以优化

目前的CoroPlus™ 平台覆盖范围广泛，包括联网刀具、软件解决方案以及各种物联网 (IoT) 设备。

通过CoroBore®+远程调试刀具：

快速、简单地远程调节精镗刀具的切削直径。嵌入刀具的系统允许通过数字接口以无线形式自动调节切削直径，这使得可以容易地在机床上实现精确调整镗刀尺寸，或者为精镗工序预设置镗刀尺寸。



通过Silent Tools™+了解切削过程：

联网的减振接杆有助于提高长悬伸内圆车削加工的过程控制 and 安全性。联网的仪表为切削过程监控，了解并为优化加工工艺提供了更多机



会。基于传感器的解决方案使你能够直接获得机床和加工件内部的信息，从而轻松地采取预防和改进措施。

Promos 3+数据收集系统：

实时监控你的刀具和加工过程，提高加工安全性。由Promotec开发的Promos 3+提供现场或基于云端的解决方案，使你无论身在何处，都可以立刻了解微观或宏观的最新信息。在干涉发生前采取预防措施，确保机床的安全和工厂的准时交货。



CAM 中的 CoroPlus™ ToolGuide：

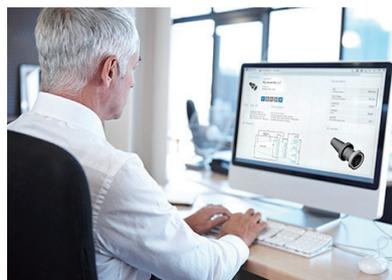
点击按钮即可获得整套刀具的切削速度和进给，无需使用CAM软件之外的其他资源。这一功能强大的解决方案使用开放式应用程序编程接口 (API) 连接CAM软件。目前，可以通



过Mastercam使用这一解决方案。

Adveon™ 刀具数据库设立了新标准：

从满足ISO 13399标准的任何供应商的刀具样本中选取刀具，创建刀具组装并导出至CAM。Adveon有助于提升加工的效率和安全性，并能节省机床调试时间。工作站甚至无需连接互联网，Adveon可提供在线和离线支持。



带来价值倍增的数字生态系统：

开发能真正创造价值的数字加工平台绝非一己之力可以实现。互联性建立在你所处行业中互联互通的基础上，这意味着开放式应用程序编程接口 (API)、标准与合作。

SANDVIK构建的网络包括与CAD/CAM、机床制造商、物流、网络和云端的合作。这些互联互通会创造更高的价值。

KENNAMETAL和HAIMER公司在展会上推出Duo-Lock更高水准的模块化立铣刀系统，主要体现了新材料需要先进的加工技术这一新需求特点。航空航天、军工、能源和交通运



输等行业对高强度、轻质材料的需求与日俱增。例如，钛合金、镍基合金和新型铝合金等，这些材料的加工也给全球的加工业带来了巨大挑战，找到先进的切削加工解决方案已成为当务之急。

Duo-Lock采用开创性的技术，坚固无比：

模块化铣刀系统第一次达到了类似于最新一代整体硬质合金立铣刀的高性能。为了开发这种开创性的联接技术，Duo-Lock 结合了HAIMER和 Kennametal的创新经验。Duo-Lock™ (Duo-λ ock®; D-λ ®) 将硬质合金刀具在粗加工和精加工的生产率潜力发挥最大。在高效能切削时它提供更高的负荷能力和刚性。在普通铣切时 Duo-Lock 比高性能铣刀高出双倍的金属去除率。



Duo-Lock 技术：

Duo-Lock 技术通过模块化刀头解决了硬质合金刀具使用成本问题。Duo-Lock 采用带双锥面的专利螺纹设计使稳定性和载荷能力最大。这种连接带来了无与伦比的精度和生产率，在各种应用场合也坚不可破。

Duo-Lock 铣刀头：

HAIMER 的 Duo-Lock 包含各种



新开发的铣切角度系统。Duo-Lock高精度并且极其稳固的接口允许在最大切深时满刃切削。刀柄在主轴上时也可更换刀头，保证最高的重复精度。



Duo-Lock 延长杆：

新的 Duo-Lock 延长杆系列，一个适合所有应用场合的通用解决方案，您可以任意搭配使用：完全真实的运转精度；特殊方案的最佳性价比方式；不同的锥柄结构和长度适应普遍需求；安全锁防拔刀系统适合强力切削。



Duo-Lock 刀柄：

新的 Duo-Lock 刀柄，结合了 HAIMER 刀柄和高品质和最新的 Duo-Lock 技术。真实的运转精度、高刚性、低振动结构使加工更加平



顺，得到更好的加工效果并保护刀具，主轴和机床，更高的切削速度，更多的进给和更大的切深提高了切削能力，缩短了加工时间，得到更好的尺寸精度，可以用螺钉精细平衡。

本届展会上，WALTER、ISCAR、Ingersoll、SECO等切削刀具公司也展示了各自的切削刀具、工具系统和典型行业解决方案，技术针对性和全面解决能力已成为一流制造商的不二之选。

机床功能部件方面，由于机床门类众多，不同种类机床所需要的功能部件也不尽相同，无法一一详述。下面结合本届展会机床和技术发展的特点，特别是“工业4.0”及自动化制造背景下对机床功能部件提出的新要求 and 取得的新成果，介绍一些具有启发性和趋势性的新展品和新技术。

机床功能部件应用特殊材料提高性能：

随着机床加工精度和效率要求的不断提高，对功能部件相应的性能和功能要求也在快速提升。传统的钢合金、铸铁和有色金属等材料已经日渐不适应上述要求的不断提高，新材料应用日渐端倪。比如，为适应高效加工需求，电主轴、滑枕、主轴箱等移动部件的动态响应和刚性要求就显得日益重要，结构件的轻量化设计和材料选择是一个新兴领域。本次展会上，+GF+集团Step Tec公司展出了用





在高速加工中心上的碳纤维基体的轻量化高速电主轴HPC190 HSK-A63, 主轴最高转速20000r/min (加速时间4s或2.5s); 最大功率: 23kW (S1) /36 kW (S6); 最大转矩: , 77Nm (S1) /120Nm (S6); 主轴重量: 89kg; 主轴的锁紧扭矩最大500Nm, 可选择ISO/BT-40、HSK-A63、HSK-A80、Capto-C6的刀柄锥孔。该主轴应用在Mikron MILL P 800 U ST高速立式车铣加工中心上, 实现对模具等精密零件的高速加工。

在应用特殊材料提高机床性能的尝试方面, 还有Sodick公司的陶瓷组件。由于环境温度每1℃的变化会引起钢铁材料产生10 μm的变形, 在加工和机床运行过程中机床几何关系会发生不确定的变化。因此, 在精密、超精密机床使用中温度控制是精度控制和稳定性的基础因素之一。Sodick

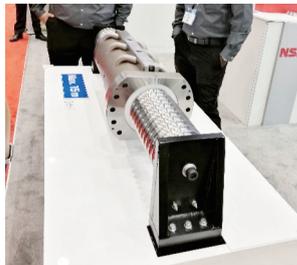
公司开创性的在其电加工机床上使用陶瓷材料。由于这些Sodick公司定制的陶瓷组件的热膨胀系数只有3.3, 其热变形量不到钢材的1/3。而且, 这些陶瓷组件相对于钢材具有更好的刚性、电绝缘性和耐化学与物理磨损的能力。换言之, 陶瓷是电火花加工的理想材料, 可用于工作台座、工作台、上、下臂等部位。由于Sodick可以实现自己烧结这些陶瓷组件, 使得其可以在全系列机床产品上应用陶瓷组件, 同时使这一高科技技术具有很好的经济性。

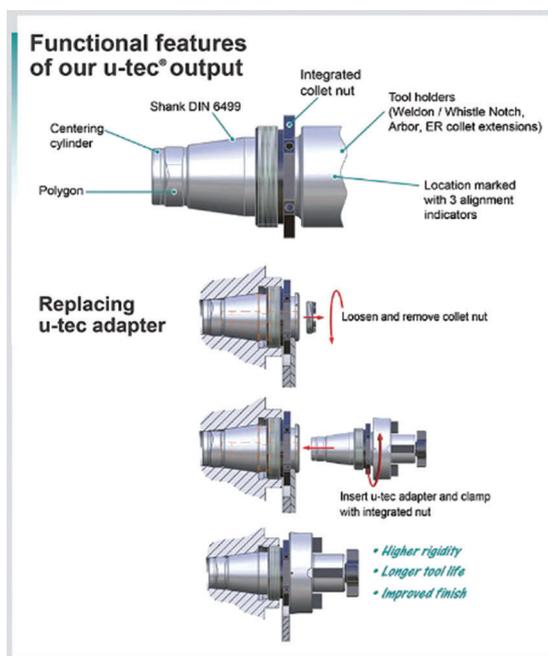
当然, 机床功能部件在新材料的尝试方面不仅仅只有陶瓷材料和碳纤维材料, 还包括泡沫金属、高强度轻量化合金、耐磨合金、高分子材料等。随着机床性能的不断提高, 机床制造与材料研究的关系将更加紧密。

功能部件不断响应数控化、自动化加工需求发展:

功能部件(如: 卡盘、中心架、刀架、直线导轨和滚动丝杠等)展品反映的另一个突出特点是适应数控机床和自动化加工的需要, 在自动交换和多用途适用性上进一步提升。例如, 本届展会上的数控车床卡盘都在

强调精密的快换性。Hainbuch美国工件装夹技术公司展示的系列化车床用快换卡盘, 通过一个定位面和6个锁紧点实现6分钟以内的快速更换, 同时重复定位精度不超过2 μm。TOPlus CFK combi 止动卡盘由碳纤维制成, 重量差不多比标准版轻了70%; 夹持力比 SPANNTOP 提高了25%; 更好的刚性得益于夹紧段的全表面接触; 夹头与卡盘本体之间没有径向位移, 因此耐污染。Schunk公司也展示了类似的展品Rota NCX带有快换卡爪系统的强力车床卡盘, 实现减少调整和更换时间。卡持直径范围165~315mm, 卡爪更换时间减少到原来的80%, 重复精度0.02mm。另外, Heimatec公司的U-tec柔性自适应系统在动力头上的应用, 使得用于车铣复合机床的直角铣头、深孔钻头的刚性和快换能力得到提高。由于是标准的动力头结构, 可以适用于不同类型的数控车床和加工中心。标准内切削液压力14MPa。





除了总结IMTS2016上展品所反映出的国际机床工具制造业技术发展趋势和亮点以外，参观的主要感受还有如下几点。

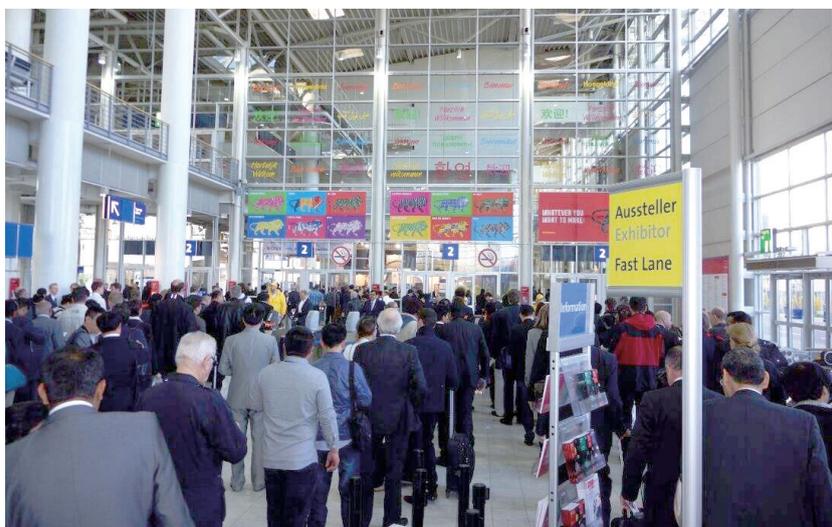
(1) 欧美制造业回流是其经济复苏的需要，这值得我们深思，利用当前世界制造大国的基础条件避免“脱实向虚”，这样才能保持经济稳定和健康发展。美国是国际技术创新强国，其根源在于其经历了充分的工业化发展，形成全民动手能力很强的社会氛围和雄厚的经济基础，使得创新有了比较高的技术起点和发展基础。这应引起我们的注意，并加强工业化发展，切不可因噎废食的搞跨越式发展。否则，我们的创新会局限于开网店和低层次资源共享的狭窄空间。

(2) 以“工业4.0”为代表的新一轮工业革命的核心和重点还是聚焦于效率提升，而不是表象上的个别技术领域的创新。本轮效率提升的潜在推动力是资源总量减少（包括能源、资源、人口结构、环保等）和消费-供给模式的转变（单极化国际市场向多元化国际市场消费模式转变，链条

型产业分工向网络化布局转变），后者的主要推手是以中国为代表的新兴经济体的快速崛起对世界经济格局和产业结构产生的冲击。因此，以欧美经济发达国家和工业国为首提出了“工业4.0”为蓝本的效率提升计划，应对其经济体内人口老龄化、资源利用率低和经济结构失衡等不利因素影响，提高效率也就是提高了经济体的竞争力。所以，在EMO、IMTS和JIMTOF上的制造技术发展趋势均集中在高效加工技术（提高生产效

率）、高精加工技术（提高资源利用效率）、低能耗加工技术（提高资源利用效率）、自动化和智能化技术（提高人力资源使用效率）等等。

(3) 作为经济的基础，制造业不可荒废；作为制造业的核心，机床工具产业更需加强。从国际主要经济体和机床工具制造业近几年的表现看，经济周期波动对大家都有影响，但影响程度和恢复状态却不尽相同。机床工具制造业本质上是以解决问题而出现的，因此解决问题的能力强弱也就间接反映在应对经济周期影响和结构调整的效果上。IMTS2016上，展商和展品表现出的模块化技术可重构能力、新材料交叉应用、协同制造和协同创新、全面解决方案提供能力都体现了国际先进机床工具制造技术发展趋势已向着解决未知领域新需求方向发展，也就是说在技术发展方向上不可“墨守成规”。正是有了上述基础和能，欧美发达国家才可以推动“工业4.0”革命和制造业回流。反思我们，如果经济领域公平与效率的深层次问题得不到彻底解决，包括机床工具制造业在内的实体经济企业发展将会步履维艰。(全文完) □





智能制造 与装备

2016年底，工信部发布了《智能制造发展规划（2016—2020年）》（下称《规划》）。

《规划》提出2025年前，推进智能制造实施“两步走”战略：第一步，到2020年，智能制造发展基础和支撑能力明显增强，传统制造业重点领域基本实现数字化制造，有条件、有基础的重点产业智能转型取得明显进展；第二步，到2025年，智能制造支撑体系基本建立，重点产业初步实现智能转型。

《规划》提出了十个重点任务：

一是加快智能制造装备发展，攻克关键技术装备，提高质量和可靠性，推进在重点领域的集成应用。

二是加强关键共性技术创新，突破一批关键共性技术，布局和积累一批核心知识产权。

三是建设智能制造标准体系，开展标准研究与实验验证，加快标准制修订和推广应用。

四是构筑工业互联网基础，研发新型工业网络设备与系统、信息安全软硬件产品，构建试验验证平台，建立健全风险评估、检查和信息共享机制。

五是加大智能制造试点示范推广力度，开展智能制造新模式试点示范，遴选智能制造标杆企业，不断总结经验和模式，在相关行业移植、推广。

六是推动重点领域智能转型，在《中国制造2025》十大重点领域试点建设数字化车间/智能工厂，在传统制造业推广应用数字化技术、系统集成技术、智能制造装备。

七是促进中小企业智能化改造，

引导中小企业推进自动化改造，建设云制造平台和服务平台。

八是培育智能制造生态体系，加快培育一批系统解决方案供应商，大力发展龙头企业集团，做优做强一批“专精特”配套企业。

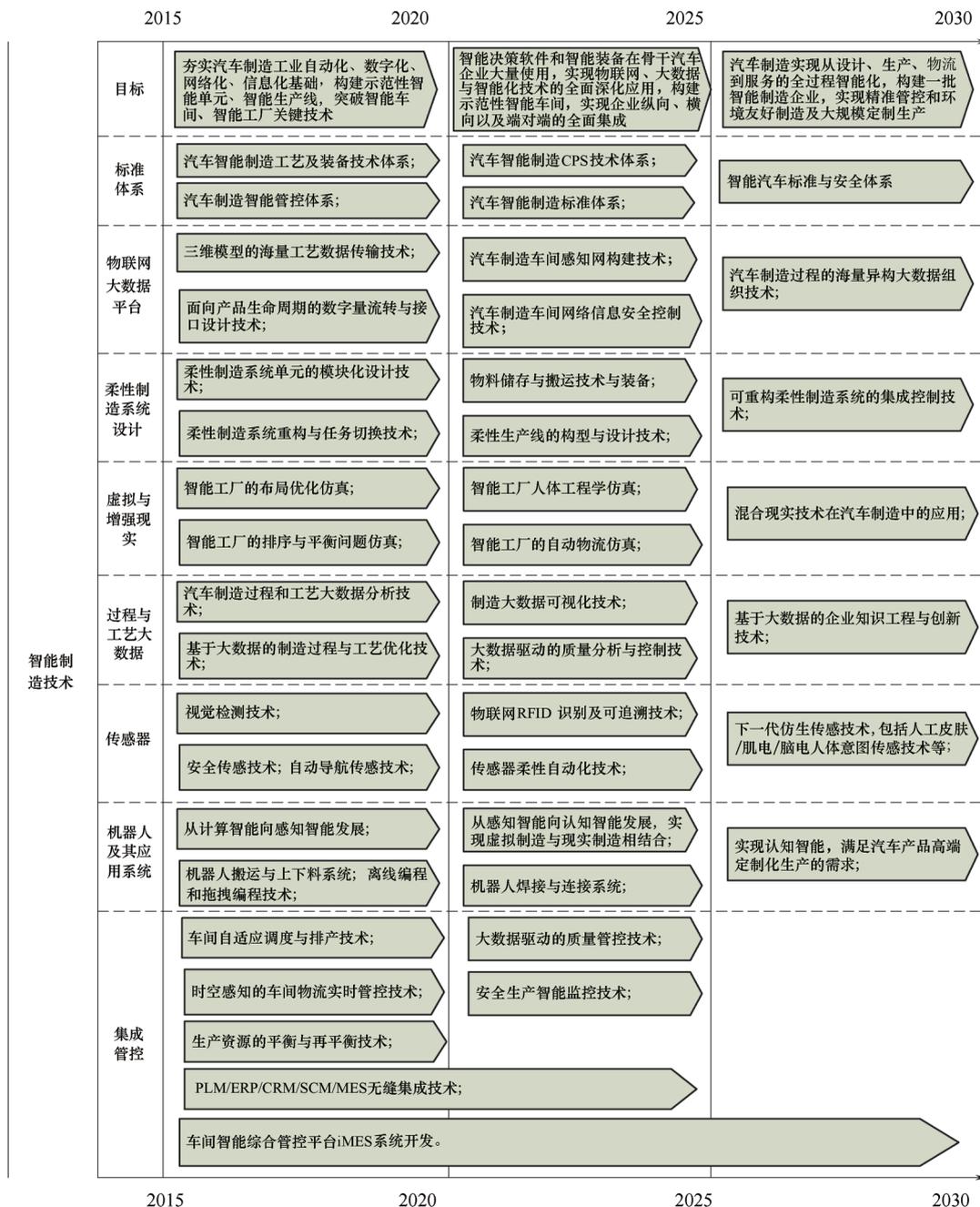
九是推进区域智能制造协同发展，推进智能制造装备产业集群建设，加强基于互联网的区域间智能制造资源协同。

十是打造智能制造人才队伍，健全人才培养计划，加强智能制造人才培养，建设智能制造实训基地，构建多层次的人才队伍。

本期推出有关智能制造的技术和装备，这些装备也肯定会在CIMT2017上出现，到时候请读者留心观看。□

中国汽车智能制造技术路线图

2016年10月26日，历时一年研究编制的《节能与新能源汽车技术路线图》正式发布，此次研究工作集合了500多位行业专家，历时一年时间，做出了此次路线图的总体框架。本文节选于此路线图。



智能制造技术路线图

一、预期目标

智能制造是《中国制造2025》的主攻方向，是落实制造强国战略的重要举措。智能制造是基于新一代信息技术，贯穿设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，具有信息深度自感知、智慧优化自决策、精准控制自执行等功能的先进制造过程、系统与模式的总称。具有以智能工厂为载体，以关键制造环节智能化为核心，以端到端数据流为基础、以网络互联为支撑等特征，可有效缩短产品研制周期、降低运营成本、提高生产效率、提升产品质量、降低资源能源消耗。

汽车工业是汽车发达国家智能制造重要的应用实施领域和突破口。主要表现在：

(1) 以无人驾驶汽车为代表的智能汽车产品研制。如美国Google的智能汽车联盟计划，技术上重点突破支撑汽车无人驾驶的新型传感器、物联网、智能导航等。

(2) 着力推进智能工厂和智能生产，支持以用户为中心的个性化汽车产品生产模式。技术上重点突破企业内部制造与信息系统之间的纵向集成、汽车产品生命周期上制造与信息系统端到端的集成、以价值链为导向的企业发展战略层面的横向集成。

(3) 着力提升汽车生产过程和工艺环节的自动化和智能化水平。技术上以信息与物理系统融合为核心，推进机器人、3D打印、物联网、大数据等智能制造支撑技术的深化应用。

汽车智能制造需要立足我国汽车工业发展规划和当前实际，以智能制造模式和技术体系为指导，通过十年

的努力和持续改进，使我国汽车制造的自动化和信息化水平达到国际汽车制造发达国家的同等水平，通过汽车制造过程与先进信息控制技术的深度融合，形成若干个具有行业影响力的汽车智能制造示范工厂，行业的智能制造水平得到大幅度提升。

目标如下：

(1) 到2020年，全面夯实汽车制造工业自动化、数字化、网络化、信息化基础，构建示范性智能单元、智能生产线，突破智能车间、智能工厂关键技术；显著提升设计、制造、管理一体化信息集成，制造过程自动化，实时管控水平；骨干汽车企业厂域感知设备和网络空间覆盖率达80%以上，单位工业增加值能耗下降20%，管理信息化普及率达到85%，数字化设计工具普及率达到90%。以工业机器人为代表的智能装备完成从计算智能向感知智能发展，实现冲压、焊装、涂装工位无人化生产。

(2) 到2025年，智能决策软件和智能装备在骨干汽车企业大量使用，实现物联网、大数据与智能化技术的全面深化应用，构建示范性智能车间，实现企业纵向、横向以及端对端的全面集成。以机器人为代表的智能装备完成从感知智能向认知智能发展，具有良好的语音识别等多模式人机交互功能，协作智能机器人实现广泛应用，机器人集群作业具备机器人补位功能。

(3) 到2030年，在全面数字化、网络化的基础上，汽车制造实现从设计、生产、物流到服务的全过程智能化，构建一批智能制造企业，使汽车制造过程能动态适应环境的变化，从而实现精准管控和环境友好制造及大规模定制生产。以机器人为代

表的智能装备实现认知智能，具备自我学习功能，机器人代替体力劳动向机器人局部代替脑力劳动转变。

二、重点任务

智能制造通过制造自动化的概念更新，扩展到柔性化、智能化和高度集成化，是打造汽车企业未来核心竞争力的关键环节。在新的产业竞争环境下，决定竞争成败的关键不再是设施规模、低劳动力成本等因素，技术、管理等软实力和科技创新能力对竞争力的贡献更为突出。竞争要素的变化直接导致我国汽车工业原有比较优势在削弱，对于总体处于“工业2.0”补课、“工业3.0”局部应用的国内骨干汽车企业提出了严峻挑战，实施智能制造已是我国汽车工业建设世界强国、实现由大到强的重要途径。智能制造最显著的特点体现在生产纵向整合及网络化、价值链横向整合、全生命周期数字化、技术应用指数式增长等四个方面。我国发展汽车智能制造的重点研究任务：

1. 汽车智能制造标准与技术体系

面向智能汽车和智能制造过程，从顶层规划角度出发，研究构建汽车智能制造技术体系，为我国汽车工业推进智能制造提供框架体系支撑。

主要研究内容包括：

(1) 汽车智能制造标准体系研究。

(2) 汽车智能制造工艺及装备技术体系研究。

(3) 汽车制造CPS技术体系研究。

(4) 汽车制造智能管控体系研究。

(5) 智能汽车标准与安全体

系。

2. 汽车智能制造车间传感物联网络与大数据平台技术

以汽车制造车间为对象，研究网络覆盖制造过程全要素的实时感知与传输的关键共性技术，实现车间运行实际过程数字化，支撑车间实际运行过程的仿真、优化、实时控制，为车间综合智能管控提供支撑平台。

主要研究内容包括：

- (1) 汽车制造车间感知网构建技术。
- (2) 汽车制造车间网络信息安全控制技术。
- (3) 面向产品生命周期的数字量流转与接口设计技术。
- (4) 三维模型的海量工艺数据传输技术。
- (5) 汽车制造过程的海量异构大数据组织技术。

3. 面向个性化定制的柔性制造系统规划与集成技术

智能制造的一个重要目标是能够根据用户需求实现产品的个性化定制生产，这在未来的汽车生产中体现尤为突出。研究面向汽车个性化定制的柔性制造系统规划、设计与集成技术，为汽车生产模式的变革提供技术支撑。

主要研究内容包括：

- (1) 柔性制造系统单元的模块化设计技术。
- (2) 物料储存与搬运技术与装备。
- (3) 柔性制造系统重构与任务切换技术。
- (4) 柔性生产线的构型与设计技术。
- (5) 可重构柔性制造系统的集成控制技术。

4. 虚拟现实与增强现实及其混合现实技术（VR/AR/MR）

重点研究虚拟现实、增强现实及其混合现实技术在汽车智能制造工厂过程与操作仿真、运行监控中的应用。支撑汽车制造车间/工厂虚拟与物理系统的融合。

主要研究内容包括：

- (1) 智能工厂的布局优化仿真。
- (2) 智能工厂人体工程学仿真。
- (3) 智能工厂的排序与平衡问题仿真。
- (4) 智能工厂的自动物流仿真。
- (5) 增强现实技术在汽车装配操作中的应用。
- (6) 混合现实技术在汽车制造中的应用。

5. 汽车制造过程与工艺大数据技术及其应用

大数据在未来汽车设计、制造、服务和回收等全生命周期过程中将发挥愈来愈重要的作用。数据和智能决策是智能制造透明化生产的核心，研究汽车产业链上大数据技术及其应用成为汽车企业核心竞争力的关键。

主要研究内容包括：

- (1) 汽车制造过程和工艺大数据分析技术。
- (2) 大数据可视化技术。
- (3) 基于大数据的企业知识工程与创新技术。
- (4) 基于大数据的制造过程与工艺优化技术。
- (5) 大数据驱动的质量分析与控制技术。

6. 汽车制造智能综合管控技术

以汽车零部件制造和总装为对象，研究突破车间计划、质量、物流、安全等业务领域智能化管控的关键共性技术，支撑制造过程数据实时

采集、分析、决策及反馈执行的闭环管理机制，实现由数据驱动的制造过程智能化管控，解决车间管控精细化程度低、数字化智能化水平弱、效率低等行业共性难题。

主要研究内容包括：

- (1) 车间自适应调度与排产技术。
- (2) 大数据驱动的质量管控技术。
- (3) 时空感知的车间物流实时管控技术。
- (4) 安全生产智能监控技术。
- (5) 生产资源的平衡与再平衡技术。
- (6) PLM/ERP/CRM/SCM/MES无缝集成技术。
- (7) 车间智能综合管控平台iMES系统开发。

7. 工业机器人技术及其在汽车智能制造中的应用

智能装备技术的发展将由部件发展模式向系统发展模式转变，机器人的设计和开发必须考虑和其他设备互联和协调工作的能力。汽车行业机器人的设计和应用集中在方法、工具和步骤上，机器人技术的不断发展与应用让工厂降低成本，同时加强了质量管控以及提高了生产效率。未来工业机器人将发展以下关键技术：

- (1) 轻量化、低能耗技术：随着碳纤维等新材料的出现以及关于弹性臂的研究，机器人臂轻量化将不断突破，有可能实现长期以来人们所追求的负载/自重比为1：2的轻型机器人。
- (2) 精密驱动技术：开发耐高温及具有高效矫顽力的磁性材料，把力及力矩传感器、加速度传感器等和电机及驱动单元组合成新传感驱动单元，使机器人更加灵活、精确地完成

各种复杂的工作。

(3) 移动性能技术：目前的汽车行业机器人多为固定式六轴机械手，对机器人的应用局限于它本身的位置定位和工作半径，开发基于AGV与机器人结合等机器人移动技术，未来移动式机器人将使机器人具有“补位”意识，真正实现高效多能。

(4) 嵌入式立体感知与安全技术：机器人在很长一段时间内存在着人机交互操作的危险性，所以在一定范围内布局和路径都受到一定约束。随着立体视觉传感感知技术的逐步成熟，将视觉传感系统嵌入机器人手臂中，通过对光源、相机、微处理器的整合，对图像进行滤波降噪处理、特征提取并将处理结果反馈至机器人抓手，可以实现机器人的3D自动抓取作业。

(5) 通用标准研究：未来机器人发展做到同等负载水平机器人在不同应用硬件配置和软件应用具备很强通用性。软件上实现数据导入后即可实现机器人的更换应用，完成设备快速对接。编程语言和通信接口在内的各项技术都将在行业中得到统一标准。

(6) 基于深度学习的双臂协作机器人技术：机器人通过头部摄像头、手部摄像头、力传感器等传感器获取工况信息，对数据进行预处理并进行融合后输入神经网络，通过不断尝试最终获取模型参数，完成复杂作业。在汽车制造装配工位具有很好的应用前景。

(7) 基于人工智能的智能管理机器人：随着虚拟现实技术、室内地图自动重构技术、导航技术以及移动机器人技术的发展，智能服务机器人

将走进工厂，替代人类从事部分脑力活动，包括生产车间巡检、机器人工作班组管理、产品品质管理等。

(8) 机器人仿生控制技术：在机器人技术和仿生学技术发展一定程度后，人工肌肉驱动技术，新仿生材料、智能驱动材料，复杂物体抓持的仿生灵巧手的构型设计与操作技术将在机器人的汽车生产工艺中出现。

面向汽车零部件制造、装配、质量控制等环节，还需研发基于工业机器人的智能制造应用系统：

(1) 机器人搬运与上下料系统：围绕汽车车身冲压、总装、以及汽车发动机加工的制造过程，研制机器人末端柔性抓取、位置及操作列感知单元，组建机器人搬运与上下料系统。

(2) 机器人焊接与连接系统：重点突破机器人焊接力-位-电等参数综合检测、机器人涂胶路径和质量跟踪检测等关键技术，集成开发机器人焊接与连接应用系统。

(3) 多机器人协同的在线检测系统：集成视觉传感检测、协同控制技术，开发多机器人协同的汽车零部件制造和总装质量的在线检测系统。

(4) 编程技术：离线编程和拖拽编程。目前的编程语言仍然是供应商独立开发，各式各样。在今后的发展中，随着机器人控制器采用通用计算机已成为一个主流，机器人语言完全可以像计算机语言一样规范化，这将大大有利于系统集成，便于系统的编程、仿真及监控。

8. 传感器技术

要实现汽车生产过程的自动化、定制化作业，需要各种高精度数据传感器智能感知传感技术。在未来的发展方向中，需赋予传感器“智慧”

职能，传感器不仅能完成识别、检测功能，还能对品质、安全、自动化等信息进行采集分析，这样需要开发具有数据存储和处理、自动补偿、通信功能的低功耗、高精度、高可靠性的智能型光电传感器、智能型接近传感器、高分辨率视觉传感器、高精度流量传感器等。

主要研究以下技术：

(1) 视觉检测技术：智能相机、三维激光等技术已经开始在汽车生产制造过程中逐步应用，将通过3D激光技术对车身三坐标检测、自动焊装孔位检测等实现在线检测。

(2) 物联网RFID识别及可追溯技术：将汽车产品赋予“身份”，可实现全柔性生产及全生命周期的可追溯。

(3) 安全传感技术：人机协作存在人机安全问题。光电传感器等在工作区域内划定安全范围，检测人机干涉的问题，确保人和设备的安全。

(4) 传感器柔性自动化技术：汽车生产逐步走向多品种、小批量、定制化制造，传感器的识别功能能够很好的实现柔性化生产，对工件进行识别，对生产系统的数据进行感知，从而控制整个生产过程。

(5) 自动导航传感技术：能对移动机器人的工作提供路径规划和引导作用。

(6) 下一代仿生传感技术：传感器的进一步技术突破，将模拟人类视觉、听觉、触觉、味觉等传感技术，包括人工皮肤传感技术，肌电/脑电人体意图传感技术等。□

DMG MORI的增材制造 与减材制造技术

DMG MORI供稿



David Curtis博士

谢菲尔德大学与波音公司合作建立的先进制造研究中心（AMRC）用DMG MORI的LASERTEC 65 3D进行增材制造与减材制造应用的研究。AMRC的David Curtis博士介绍说：

“这对于用3D打印技术生产许多行业的零件起到巨大推动作用。已有大量零件用3D打印方式制造，但我们研究的重点在于突破现在部分成熟工艺的限制，扩大应用范围。毫无疑问，随着这项技术的发展，我们将能看到越来越多的应用。”

这项研究由需要增材制造和减材制造的业内合作伙伴共同开发。他们将这项技术视为重大的颠覆性技术，将彻底改变许多产品的生产的面貌。David Curtis博士介绍说，“英国的制造商对这项技术越来越感兴趣，我们与英国的其他研究中心合作研究颠覆性技术和冶金技术。”

“目标是搞清楚该工艺的能力和提升该技术的应用水平。我们将研究更多的可能，例如在基础件上形成多种几何元素或从零开始形成几何元

素，增材与减材的顺序制造以及其制造能力。也将研究堆焊与激光热处理的可能。还将研究所生产的零件的致密性，包括微观组织，以及重复性能否充分地满足关键工件的要求。” David Curtis博士补充说，

“十分清楚的是增材制造和减材制造对于非关键零件是非常合适的生产方式。将零件焊在结构件上，就像LASERTEC 65 3D机床进行的加工一样，这将是一种十分不同于锻造或粉末冶金的制造方法。我们将研究后处理方法，例如堆焊高硬度材料层，确保功能所需的强度。还包括增材制造过程中改变材质成份的可能性。”

作为AMRC的一级成员，DMG MORI非常高兴地参与这些研究项目，AMRC也已选择LASERTEC 65 3D开展他们的研究活动。DMG MORI已参与多个AMRC项目，包括提供DMG MORI的ULTRASONIC 10超声加工机床，用于PCD刀具对碳纤维材质的加工。现在正在研究深冷加工，它具有加工区干净的优点，可用于加工高强度的材质，例如钛，现在通常都是用湿法加工。为支持该研究



扫描二维码看视频



项目，DMG MORI有一名工程师常住谢菲尔德现场，AMRC也与德克尔马豪弗朗顿的工程师保持良好的合作关系，在弗朗顿研究人员召开技术讨论会和接受更多培训。

LASERTEC 65 3D用激光堆焊方式形成工件，在5轴加工中将两种不同的粉末材质结合在一起，其速度比粉床方式快10倍。该机可形成的最大工件直径达500mm，工件可带底切，也不需要支撑结构。这项技术还能加

工带内冷道的零件，在生产中能持续监测和测量激光堆焊过程。铣削加工期间，激光头移到加工区外，确保激光头的安全，因此可以交替进行铣削与激光堆焊，否则难以或无法一次完成加工。该机的特别亮点是配备超声加工技术。因此用增材制造法堆焊的耐磨层可在堆焊后用超声技术进行加工。DMG MORI在全球设有四家增材制造技术中心，拥有材质数据库以及增材制造参数设置数据并能与客

户合作开发针对用户具体材质的加工工艺。

该项研究的第一个应用是用增材制造和减材制造技术生产齿轮。现在的齿轮生产技术都已成熟，这项颠覆性的技术可能彻底改变未来的生产方式。其他研究项目还包括与航空航天领域密切相关的应用，研究将该技术应用到先进材质的可能性及应用方法。David Curtis博士介绍说：

“AMRC与波音公司合作伙伴一道正在研究接近最终形状的方法，这些研究成果将在英国及海外通过学术文献和会议发表。增材和减材制造也将成为AMRC工厂2050计划的重要组成部分，将在可配置、数据驱动的制造环境中创建新一代的人机界面。”

AMRC执行院长Keith Ridgway CBE教授补充说：“我们的目标是使工厂2050项目发展成为全球最先进的工厂，在这里开展合作研究，确保为英国的先进制造供应链提供他们所需的专业技术，满足大部分新挑战的要求和创造新机遇，以及确保我们所在地在全球高附加值制造中保持国际领先水平。” □



昌飞智能制造启动 实现动部件高效生产

山高刀具供稿

发展通用航空产业，一直是中航工业的既定目标之一。在这其中，直升机以无需场地垂直起降的独特飞行方式，在抢险救灾、护林巡防等领域发挥了重要作用。作为完全依靠巨大的旋翼提供升力及操纵的飞行器，以桨毂为主体的动部件制造被称作“直升机制造皇冠上的明珠”。为了攻克这一难题，解决动部件加工瓶颈并提升产能，中航工业昌飞搭乘“中国制造2025”的顺风车，以智能制造和智慧制造为最终目标，进行了生产布局的调整，兴建了现代化的数控加工中心、复合材料生产线以及现代化的直升机生产线，形成本部和吕蒙两大生产区，为中国直升机产业发展添砖加瓦。

直升机动部件需承担桨叶旋转产生的离心力、操纵力以及各种交变力矩，自身需要过硬的刚性以及良好的装配动平衡性。因此，作为连接各动部件的孔系，需要保证极高的孔径精度（H7及以上）、较好的表面粗糙度（钛合金一般需要达到 $R_a=1.6\mu\text{m}$ ），以及相对较高的位置精度（见图1）。因此，孔系的精加

工一般作为动部件加工的最后一道工序，由精密机床配合高性能刀具来完成。在孔系的精加工中如稍有不慎就会导致零件超差报废，前功尽弃，功亏一篑。



图1 动部件精度孔的加工需保证严格的孔径和表面粗糙度

高效刀具解决方案缔造卓越品质

受限于钛合金材质，动部件的精度孔无法采用磨削加工。在孔加工中，镗铰为最常见的加工方式，昌飞在动部件精度孔的加工中也大量采用了镗削加工。在现有的生产条件下，昌飞通过不断的实践，总结出了一套钛合金精加工刀具解决方案，实现了动部件的高效生产。

刀具的选择。镗刀是精密孔加工中不可缺少的重要刀具，精密镗孔能

够达到很高的尺寸精度和良好的表面粗糙度。目前使用的主流镗头均采用丝杠原理调整刀具直径，结构大同小异，因此镗头在加工过程中反复进退的定位精度十分重要。经过多次实践，昌飞最终选用了山高的A76002镗头，其微调精度（在直径方向上）可达 $2.5\mu\text{m}$ ，径精度最高可以实现IT5，是用于孔的几何形状和表面粗糙度全面控制的高刚性刀具（可以达到 $R_a=0.6\mu\text{m}$ ）。为了确保刀具的刚度，A76002采用“圆柱和法兰”的刀具夹持设计，可以实现更高的速度、更高的生产率、更高的精度和更好的表面粗糙度。可精密动平衡的A76002允许采用更高的速度，改善孔的几何形状和减小机床主轴的应力。



图2 A76002镗头配合镗杆具有2~20mm的镗削覆盖以及较大的刻度盘

刀片的选择对于钛合金孔加工有着直接影响。优秀的镗削刀片可以在较广的切削参数范围内保持良好的表面粗糙度和圆度，并能有效减少深孔镗削产生的让刀现象。为此，昌飞在试切过程中针对刀片圆角、涂层及不同断屑槽进行对比试验后，结合操作工的使用感受，选择了几款刀片进行工艺优化（见表1）。其中，拥有PVD镀层的CP500在不锈钢精加工和半精加工中具有极佳的韧性。

表1 试切刀片

镗刀参数	刀片	品牌
D12H50	WBGTO30102L CP500	山高
D12H50	WBGTO30102 03G3	山高
D12H50	CCGT060202 26G6	山高

镗削参数（FS值）。钛合金导热性能较差且材质偏黏，故镗削线速度无法达到钢材或铝合金材质，一般维持在30~35m/min可保证表面粗糙度在 $R_a=1.6\mu\text{m}$ 以上。测试使用的山高刀片在试件上均表现出良好的加工精度，带有镀层的CP500系列刀片拥有更好的耐磨性和寿命，而传统的26G6无镀层刀片经济性更好。表2所示为CP500刀片的测试结果。

表2 CP500刀片的测试结果

额定参数	转速 /r·min ⁻¹	进给 /mm·min ⁻¹	表面粗糙度值 $R_a/\mu\text{m}$
内孔：D12H50 刀片：WBGTO30102L CP500 进刀量：0.1mm	320	25	1.404
	400	25	1.397
	460	25	1.422

进刀量的确定。合适的进刀量选择可以更快地将零件加工到位，小直径、大长径比精度孔的加工则需要注意让刀现象的发生，并在稳定镗削参数的前提下摸清刀具变形量及表面粗糙度成形的规律。以某型机连接件为例，双叉耳孔（见图3）要求两孔直径 $18+0.021\text{mm}$ 、同轴度0.05mm，需要悬长至少92mm的镗刀一次完成连孔加工。山高的A76002镗头（见图4）配合悬长95mm硬质合金镗杆，在粗镗至单侧留量0.2mm左右的前提下，按照0.1mm进给镗刀，让刀量稳定在0.002~0.004mm之间，操作工可按此规律在3~4次进刀之后将该连孔加工到位，并保证了孔径和表面粗糙度要求。

大直径连孔的加工则需要相对更慢的转速和进给，配合R0.4mm的刀片完成精加工。图5所示的桨叶配合连孔 $\phi 48+0.027\text{mm}$ ，同轴度0.1mm，空间局182mm，采用山高的46~50mm镗刀仍可在3次进刀后加工到位。若使用三把镗刀按定镗方式加工，效率更高。



图3 双叉耳孔



图4 加工双叉耳孔使用的刀具



图5 连孔数模

效率提升

作为智能制造的试点单位，“稳产”和“成线”是昌飞动部件制造的第一步，也是打造智能工厂的先决条件。为顺应飞机产品质量和精度越来越高的要求，以及生产节点的进一步压缩，节拍化成为批生产主流。为此，昌飞机加部门不断寻找高效且优质的加工方式。就动部件来说，刀具的正确选用和使用尤为重要，其质量、加工效率经常成为制约零部件加工品质和交货周期的首要因素。

通过不断实践总结，昌飞机加车间针对产品材质范围广的特点，形成了针对不同材料的高效加工解决方案。在昌飞吕蒙机加片区，山高刀具基本覆盖了70%以上的零件的精密孔加工，材质涵盖铝合金、钛合金、不锈钢和淬硬钢等材料。基于深厚的刀具研发及制造实力，山高为昌飞机加提供的各种非标刀具也在各条生产线上大显身手。此外，其每年组织的交流与发布会也给昌飞数控加工带来了先进的切削理念，高效、高质的加工刀具使得数控加工由难变易，加工技术水平逐步得到提升。



图6 山高刀具基本覆盖了其70%以上的零件的精密孔加工 □

自动与智能磨削

中车戚墅堰机车有限公司 虞行国

数控磨床是航空航天、轨道交通、海洋工程等行业关键零件实现高效精密加工的核心装备，是高端技术最密集的产品之一，磨削机理复杂，控制困难，其关键技术和制造工艺难以复制。磨削加工的整个过程会直接影响到工件的精度、质量、效率与成本，工件磨削后的产品质量好坏又直接反映到最终产品的寿命与可靠性，这就要求数控磨床具有很高的技术含量，并且要具备有位移、振动、温度等多种传感器构成的生产系统才构成智能磨削。

2011年在上海召开的04专项“高档数控机床与基础装备”磨削领域技术研讨会上，国内装备制造企业的专家们为提高国产数控机床竞争力，提出了机床精度及稳定性是提高机床技术含量的核心，国内需要解决高端磨床发展的深层次的技术问题，至今已经取得了一些成效。但是，我国在研制和生产制造复合磨削机床的构型技术、高可靠的砂轮自动更换系统设计、多工艺要求下的磨削过程的控制方法等方面还没有达到真正的突破，核心技术、软件应用、功能部件等几

个关键领域都在科研摸索和提高中。

一、自动磨削先进工艺与精良的装备

在轨道交通内燃机车柴油机和汽车发动机的生产制造过程中，曲轴和凸轮轴这两种不规则的细长轴都属于难加工的零件。曲轴主轴颈和连杆颈表面粗糙度要达到 $R_a=0.4\sim 0.6\mu\text{m}$ ，主轴颈、连杆颈直径公差为 0.008mm ，主轴颈和连杆颈直线度 $0.01\text{mm}/200\text{mm}$ ，连杆颈圆柱度 0.015mm ，连杆颈分度 $\pm 15''$ ，并且要求能磨削不同角度和不同偏心量，这对大型曲轴磨床要求极高。普通方法磨削主轴颈和连杆颈采用两台磨床，成本高。磨削时砂轮架也会有自动控制，即通过意大利MARPOSS公司生产的在线电感测量跟踪仪进行检测控制，磨削程序分为半精磨、精磨和无火花磨削，直至退出磨削循环程序，如图1所示。

曲轴在经过两台机床磨削加工时，二次定位对精度的一致性会产生影响。在磨削连杆颈时，曲轴工装要对连杆颈中心线与磨床主轴中心线的

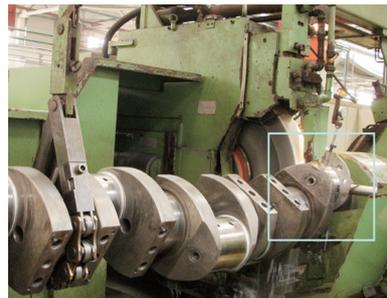


图1 在线测量仪

偏心进行调整，并且还要进行偏载的配置，如图2所示。

这样的调整过程需要很长的时间与实际经验，但是也很难保证头尾架在 360° 旋转运动时没有误差。造成的结果就是几何精度及表面粗糙度有缺陷和超差。

1. 随动磨削技术

数控磨床出现后，位置尺寸精度有全闭环反馈进行自动磨削控制。当今曲轴最先进的磨削工艺方案是随动磨削，即： $C-X$ 随动磨削，又叫切点跟踪磨削、跟随式磨削等。工件一次夹装定位，主轴颈和连杆颈在同一台设备完成，这个磨削工艺是针对曲轴类复杂回转零件的磨削方法，在磨削连杆颈时，工件以主轴颈中心定



图2 曲轴工装与偏载的配置

位(C轴),以连杆颈的偏心量为半径并绕其回转,砂轮沿水平方向(X轴)前后做往复运动,保证砂轮与连杆颈始终相切,从而完成磨削连杆颈对主轴颈中心有偏心的过程。偏心量越大精度越难保证,如图3所示。

在磨削主轴颈时的运动轨迹就是采用普通的磨削方法进行。该磨削方法是能加工圆形工件又能加工非圆工件,如各种凸轮、凸轮轴、偏心轴、曲轴和各种曲面及多边形零件的数控磨削技术。尤其是在曲轴的磨削中,提高了加工精度,解决了依靠传统夹具柔性差、调整周期长、精度低的问题。这种磨削加工方法对随动磨的设备电气机械的要求很高。目前国内外汽车领域的的数控随动磨削机床,无论是加工曲轴连杆颈还是凸轮,大都采用C-X曲轴随动磨削的结构原理。在驱动线性轴上直驱技术的发展及静压技术的成熟应用,解决了随动机构的高动态响应特性,在砂轮磨具

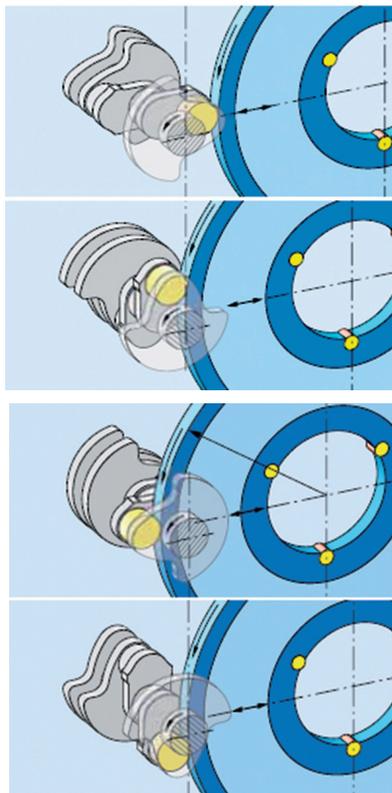


图3 显示磨削连杆颈的4个位置图

上大量采用高速CBN砂轮的磨削应用技术,降低了砂轮的磨损,提高了磨削效率,大大降低了生产成本,同时提高了磨削精度。

北京二机厂研制开发的B2-K1018双砂轮架随动曲轴磨床(见图4),通过重大专项课题实现最大限度掌握核心技术,不断改进完善满足曲轴零件加工的高精度、高效率、低成本、低能耗的需求。二个砂轮架进给轴与工件回转轴采用先进的随动磨削技术,也可以实现一次装夹完成对汽车发动机曲轴主轴颈、连杆颈和止推面的精密加工,工件精度可达到:圆度0.003mm,圆柱度0.004mm,表面粗糙度值 $R_a=0.32\mu\text{m}$ 。这种机型的出现打破了国外进口设备在汽车制造领域的垄断。

2012年,上海机床厂消化吸收国外先进的技术,成功研制了MK8280数控随动曲轴磨床(见图5),可以

磨削工件质量达10t,磨削回转直径1000mm,砂轮线速度达125m/s,磨削轴颈圆度精度达到0.005mm的大型船用曲轴。



图4 北京二机厂双砂轮架随动曲轴磨床

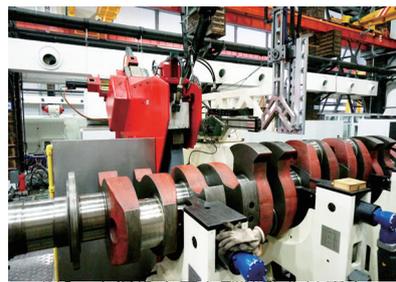


图5 上海机床厂大型随动曲轴磨床

2. 随动磨削机床的特点

在大型随动曲轴磨的设备上具备自动磨削的先进工艺,必然要有精良的设备做技术支持和保证。国内外机床厂家都采用了先进的设计理念及制造工艺,新技术和新功能部件。

(1) 由于不需要将连杆颈中心线调整到机床回转轴线上进行磨削,从而减小了机床回转直径,使得头架和尾架的中心高可以尽可能降低,大大提高了回转支承的刚性和稳定性。

(2) 砂轮架双向运动导轨采用静压导轨,确保随动磨削所需要的快速前后运动的响应动作。

(3) 砂轮架运动的驱动采用直驱电动机直接刚性传动,消除机械部件传动间隙误差,可以实现快速驱动响应,与采用了Heidenhain线性光栅进行的全闭环位置测量和控制相配

合，从而达到精确定位，保证圆度，减小误差。

(4) 砂轮主轴内置了意大利 Marposs 自动平衡机构，除了对大型砂轮进行平衡外还负责砂轮防碰撞保护和恒线速控制。

(5) 砂轮架上配备了后置式、三轴数控控制、金刚滚轮型砂轮修整器，可以按照程序设定进行各种形状砂轮轮廓的修整。

(6) 砂轮罩上配备了可以数控控制喷嘴方向（角度）的磨削液喷嘴，可以自动跟踪调节最佳喷射方向（特别是在对连杆颈进行随动磨削时），达到良好的冷却作用，提高工件的表面质量。

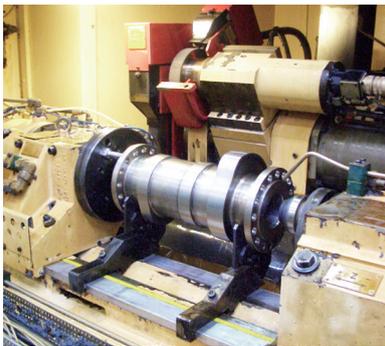
(7) 头架和尾架采用西门子内置式扭矩电动机直接刚性驱动，消除了齿轮传动的正反程误差和传动上下死点的惯性误差，双侧同步驱动配合每侧配置的 Heidenhain 圆光栅闭环测量控制，提供了首尾端的同步运动，消除了驱动不同步而产生的工件扭曲误差。

正因为采用了新技术并配合新的磨削工艺，所以能使曲轴加工达到以下的磨削精度：

主轴径和连杆轴径的直径公差 h_6 ，端头锥面尺寸公差 ± 0.015 mm，主轴颈和连杆轴颈的圆度、圆柱度公差 0.01 mm，主轴颈和连杆轴颈表面母线直线度公差 0.01 mm，主轴颈、连杆轴颈和端头锥面的表面粗糙度 $R_s=0.4$ μm ，主轴颈对两端 A-B 基准轴线的径向圆跳动公差 0.05 mm，相邻主轴颈的径向圆跳动公差 0.02 mm，端头锥面的径向圆跳动公差 0.01 mm，主轴颈内侧端面的端面跳动公差 0.015 mm，飞轮法兰端面的端面圆跳动公差 0.02 mm，连杆轴颈对主

轴颈的平行度公差 0.025 mm，连杆轴颈中心线偏距（冲程）误差 ± 0.10 mm，各连杆轴颈中心线的相对角向公差 $\pm 20'$ 。

同样在没有数控出现之前，在加工凸轮轴时是采用仿形或靠模磨削，如图6所示。



在对轨道交通内燃机车柴油机和汽车发动机产品的加工中，同样是曲轴和凸轮轴，因为产品质量的大小、设备制造的难易，在表面粗糙度达到工艺要求下，特别是大曲轴还存在一些缺陷。笔者认为，在调整机床时，为了使刀具或砂轮磨具有良好的切削工况条件，符合切削加工的机理，针

对车削加工的设备，最好是使刀具中心高于工件中心线 0.15 mm 左右；针对磨削加工的设备，最好是使砂轮磨具中心低于工件中心线 0.15 mm 左右。如此大型随动磨磨削后的产品，表面有看的出而摸不到的细小波纹，这是因为大型随动磨磨削时切点是时时刻刻在变化的，而不是在同一个水平中心线上，会造成无法避免的振动而引起的。不过经过抛光处理就能解决这个问题。

高端智能磨削机床

目前，装备制造业正在转型升级，发展的趋势一定是：量身定制，制造厂家携手用户企业共同开发和制造。中低端设备制造商注重产品质量，以质得市场，不以量为荣，提高自动化程度和精度稳定性。高端设备制造商注重创新复合，完善智能功能。用户购机的欲望是：要有一定的品牌，不买最贵的，少买多余功能的，满足和适合工艺要求的配置。

在机床的大家庭里高端复合智能数控机床的应用，已经体现出其优势。例如瑞士美盖勒生产的磨削中心 MFP50，如图7所示。

从图片上可以看到它是一台 X 轴工作台配有 B、C 摇摆转台，顶置式和工作台设置双砂轮修整器和配置装有砂轮及各种专用刀柄的刀库。是集齿形磨削、成形圆弧磨削、非规则形状磨削、螺纹磨削、端齿磨削、铣削工序、钻，铰，测量为一体的复合磨削中心。在工作台配置有 B、C 摇摆转台后，极大地扩大了零件的加工工艺性。这种复合机软件会配置智能磨削编程系统、轮廓模拟并检查碰撞等系统，在硬件上配置有在线检测仪实现自动控制、误差自动补偿技术、多

品种与状态的智能识别，对机床主轴的各种形状的砂轮以通过拾取、分析砂轮修整时的声发射信号，建立不同修整用量下的特征，实现砂轮在线修整的自动监控等。

MFP50磨削中心还具有进给轴移

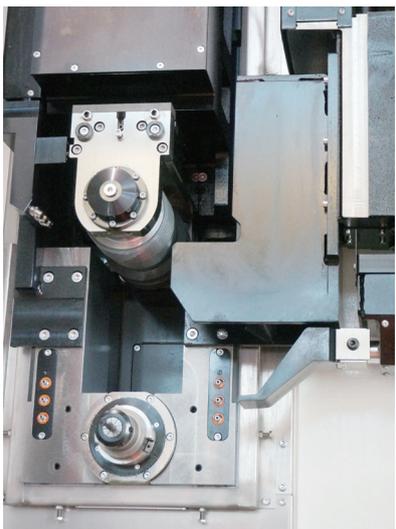


图7 瑞士MFP50磨削中心

动速度快、辅助时间短和刀具换装迅速的特点（见图8）。诸如磨削、铣削和钻削等工艺可在单次装夹下完美地完成。操作过程简便，极大地提高了生产效率。

另外还可为磨削流程增加钻削操作，这样就能灵活地对复杂工件进行加工。接下来还能借助测量探针进行尺寸检查，这使全自动加工流程得到进一步完善。测量值会在后续的加工中根据公差设定值自动进行补偿。

MFP50磨削中心非常理想地适用于自动装卸，带机器人或线性机器人系统使柔性且高效的自动化方案成为可能，用机器人装卸工件快速可靠的提升了MFP50的应用和产能，集成多台磨床、刀库及附加工序如清洗、测量成为可能。美盖勒在实施自动化方案上非常专业且经验丰富，确保了最高的产能及在行业中的竞争力。

采用MFP50磨削静止和转子叶片具有最少的停工时间，结合24工位全自动换刀装置和顶置式连续修整可在一次装夹下完成工件多个表面轮廓的加工且加工尺寸极其稳定（见图9）。

采用定制的系统配置可磨削不易加工的内齿轮，优化的磨削液供应系统确保机床可采用大余量进给且实现



图 8



图 9

质量极其稳定（见图10）。



图 10

一次装夹完成直齿鼠牙盘的齿形内/外圆的加工,MFP50还可配置一特殊设计的附加主轴，磨削对轴向和径向圆跳动有极高要求的小孔（见图11）。



图 11

航空发动机压气机叶片采用高温合金经锻造而成，在MFP50上一次装夹即可完成叶根榫齿的加工，配备3轴数控分度头还可完成叶根内径向和背径向的加工。这是MFP50高效加工的又一例证（见图12）。



图 12

结语

我们期待能看到更多的国内设备制造企业和更多形式的智能复合功能的磨床，以高品质和高端个性化定制为核心，以成套装备解决方案和售前售后联动服务的市场化运行模式，从而解决在生产过程中难以加工和达不到工艺要求的难题。在设备全生命周期管理体系的第一阶段即设计制造环节中体现出中国智造。□

智能制造检测技术与装备

上海大众动力总成有限公司 朱正德
北京奔驰汽车有限公司 刘攀

自21世纪初以来，融入了众多先进技术的“智能化制造”已逐渐为越来越多的企业所接受并予以践行。相比已为人们耳熟能详的“机械化、自动化”，智能化制造所追求的目标并非仅是减轻劳动强度、提高生产效率等较单一的考虑，而是出于最大程度地适应、满足不断变化的市场和消费者的需求，通过转变企业的运行模式（如采取多品种混线的柔性化生产方式等），并尽量地符合可持续发展和绿色制造的基本原则，而测量技术这一要素占据了其中的重要位置。现今，测量技术，尤其是配置于生产现场的在线检测技术，已经成为汽车制造业中众多企业里一种重要的质量监控手段。在“智能化制造”逐渐为企业接受并推行的大背景下，导致其发展走向发生了更为深刻的变化。

一、适应汽车柔性化生产方式的检测技术

智能化生产的鲜明特征之一就是把监控产品质量的重点转移到生产过程中的制造质量，以及提高对柔性化生产方式的适应程度。这就决定了坐

标测量机必须作为一种工序检测手段进入车间现场。为了迎合这一趋势，一些富有远见和前瞻性的仪器供应厂商在主流汽车企业的配合下，藉助不断开发、推出的新产品，以及新的检测理念，为提升智能化制造的应用做出了重要贡献。如不久前（德）蔡司（ZEISS）公司推出的一款全新悬臂式机型CARMET（见图1），就是个典型例子。



图1 新机型CARMET正在工作
众所周知，“悬臂式”是一种技

术上相当成熟的坐标测量机，已在汽车车身和覆盖件等类零件的测量中得到了广泛的应用，但被称为测量多面手的新机型CARMET仍然在多方面有所创新和突破：

(1) 更强的通用性。整车加工链涉及到的覆盖面有车身分总成、车身骨架、整车、以及夹具、主模型等，尽管均选取“悬臂式”，但一般得采用几种机型才能胜任。而CARMET的新颖结构，尤其是其很有特色的测头和探针，使它能灵活地应对上述汽车企业加工链中的各种检测之需。

(2) 严密的安全保护措施。在车间相对恶劣的工作环境下，测量机较之专用检具，结构显得脆弱和易损，为此采取了多项有效措施，如将光栅尺安装于线性导轨之间，而导轨安装在Y轴下方，从而降低了碰撞危险，即使在Y轴经受碰撞时也能提供可靠防护。而且，不同于大多数测量机所选用的齿轮驱动方式，新机型CARMET采取了摩擦驱动，不但降低了噪声的齿轮驱动方式，在保护测量机自身和机器操作员的安全方面也发挥了积极的作用。

(3) “集成控制系统” (见图2) 的应用。通过集成可移动的显示、控制单元, 使操作者能更方便地进行分析测量, 并在编制测量程序时更靠近测量点, 在节省体力的同时提高了效率。



图2 二种型式集成控制系统

(4) 软件的兼容性。所采用的车身和覆盖件测量及脱机编程的专用软件IDA具有很好的兼容性, 通过DMIS接口可以兼容不同的测量软件。

(5) 在采取了不少创新技术和简洁、实用的措施后, 降低了制造成本, 且该机器经久耐用、便于维护。对于以汽车厂为主的用户来讲, 不但降低了初次采购时的投入, 因日常维护和更换易损件很容易, 至使整个维修时间非常短, 使这台设备的生命周期成本大大降低。

此外, 通过配备了灵活多变、适应性很强的夹具系统 (见图3), 特点如下:

一是检测中的测量点将更容易触及。

二是采用模块化设计, 整体组成和布局合理, 可以更快、更有效地配合主机完成不同的测量任务。

三是该套夹具系统中还包含了所有的紧固件和用于紧锢的工具, 故装备一套夹具后即可实现所有拆装、重组功能。

四是由于系统的很多组件能在不使用工具的前提下灵活调整, 更易于自由搭配以实现个性化的测量需求, 使这套新夹具系统拥有更好的扩展性。



图3 ZEISS的模块化夹具系统

虽然各种类型的高性能光学测量仪器已越来越多地进入了以汽车行业为代表的现代制造业, 但客观地说, 迄今在广大企业担当着主体检测责任的仍然是三坐标测量机这些设备。然而, 为了能更好的发挥它们的作用, 除了通过上述技术途径外, 还借助在更核心的检测装置方面采取的措施, 有效地提升其功能。温泽公司推出的五轴联动扫描测量系统就是一个很好的案例。

系统通过采用以革命性的测头REVOTM为基础的扫描技术Renscan5TM, 如图4所示, 从而具有了将三坐标测量机移动时因结构重量所导致的动态误差降至最小, 从而显著地提高扫描速度的优势。众所周知, 为确保精确度, 在大多数情况下, 传统坐标测量机的扫描速度均限制在10mm/s左右, 这就极大地限制了生产率。然而当采用五轴测量系统时, 因为测头REVOTM不但更轻巧而且动态性能更好, 其频率响应特性很出色, 故能快速跟随工件几何形状的变化, 就不会引起动态误差, 使测量机可按最佳的原设计方式进行, 即可匀速移动。而之所以具备如此的功能, 主要是测头REVOTM所采用

的一系列新技术: 譬如, 为了使测头机构在高速运动状态下的动态效应降至最低, 利用激光来精确测定探针端部的确切位置。一束激光从REVOTM测头一直射到探针端部的反射镜上。



图4 革命性测头REVOTM

此外, REVOTM探针采取不同于传统探针的弯曲设计, 意在偏转激光束的返回路径, 它将由同样安装在测头体内部的PSD (位置传感器) 接收。射在PSD上激光点的移动将与测头座和测头几何运动变化, 以及三坐标测量机每轴光学尺的输出值结合在一起, 并被转换成测量值输出。从而可推算出探针端部在空间中的确切位置。正是这一新颖的原理在降低测量中运动误差和动态误差的同时, 进而提高了测量效率 (最高速可达500mm/s)。此外还有诸多优点, 如由于扫描作用力极小, 探针几乎不会磨损; 由于采用了无级定位方式和五轴联动, 因此可以测量更复杂的工件; 以及减少辅助时间, 简化工件之程序编制过程等。以下通过一个汽缸盖测量 (见图5) 来感受该系统的优越性。



图5 五轴联动扫描用于缸盖测量任务: 12个进排气阀门座, 含36

个扫描段 (每个阀门座3段)。

效率: 采用传统的三坐标扫描测量方式: 3轴扫描速度15 mm/s, 扫描耗时为29分13秒; 当采用扫描耗时为29分13秒; 当采用三坐标联动扫描测量方式: 扫描速度400mm/s, 耗时为3分42秒。从而使零件的测量效率提升了近7倍。

测头校准: 之前采用传统的方式时为: 32min, 而改为联动扫描方式后: 25min, 校准效率提升28%。

二、高效、环保光学测量技术

1. 智能制造对尺寸测量的要求

随着智能化制造的理念逐步为国内主流汽车企业所接受并推行, 原来的一些用于质量监控的传统方式的不足也越来越多地反映了出来。在车身和覆盖件这类总成和零部件测量方面, 为进一步满足现代汽车厂随着智能化制造水平的提升而对尺寸测量提出的要求, 在检测方面还做了如下的提升, 如:

(1) 在保证足够精度前提下提高测量效率。

(2) 从之前的只对部分特征点的检测扩展到通过图像色差分析实现对整个被测区域的监控。

(3) 立足于为车间现场的产品制造质量服务的宗旨, 快速提供清晰、直观的检测结果 (报告)。

(4) 为迎合汽车厂用户越来越短的生产准备时间、投放周期, 必须缩短设备的安装、调整周期。

(5) 出于当前社会上技能型工人欠缺的现状, 希望整个测量过程中尽量减少对操作人员的依赖。

在动力总成和零部件领域, 越来越多的新工艺、新技术在企业的实际生产中获得了应用, 如: 以桁架机械手替代滚道式传递零件 (见图6),

由加工中心替代专机、组合机床, 采用多型号零件公用托盘 (Adapter Plate) 来取代传统的工装夹具定位 (见图7) 等。从而使多品种、多型号产品共线生产、以及真正意义上的无人化生产模式的实现成为可能。



图6 利用桁架机械手传送零件

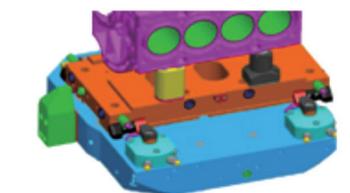


图7 多型号零件公用托盘的应用

但问题是这一智能化的工艺配置也在尺寸检测方面提出了诸多要求, 必须得以妥善、有效地解决。它们包括:

(1) 测量系统必须融入智能化加工生产线, 且无需人工参与。

(2) 在保证足够精度的前提下提高测量效率。

(3) 测量系统需要具备多功能多用途, 它将不仅仅是位置尺寸测量, 最好能涵盖轮廓及表面粗糙度等微观形状尺寸测量。

(4) 测量系统需要更加柔性化, 尽量降低投资成本并追求绿色、环保。

2. 激光测量、白光测量的应用

正是这一切来自企业实际生产的需求, 促使了光学测量——激光测量、白光测量和白光测量 (WLS) 等方式, 也渐渐地成为现代汽车制造企业的主流检测手段之一。

光学测量有多种形式, 就媒介物

质而言可分为激光、白光、蓝光等几类, 而检测方法则既有利用便携式仪器进行的手动测量, 又有设置在生产线中 (旁) 的拱门 (固定) 式和机器人的通用式自动化测量等几种。虽然国内光学测量、特别是其中的激光传感器已在车身、冲压件检测中有所应用, 但由于其优越性尚未真正显露, 故而范围相当有限。现今, 象知名的海克斯康公司生产的各类以光学测量为基础的检测设备, 已被广泛地配置在国内众多的合资、国营和民营企业。尤其需指出的一点是, 海克斯康往往还会根据不同用户的具体情况和需求, 帮助制定检测规划乃至测量方案, 使该企业所购置的设备在产品质量的监控中能最大程度地发挥出积极的作用。

(1) 案例1, WLS白光测量。图8为两台带有白光测量头的机器人用于车身生产在线检测的实况, 右侧为清晰、直观的测量报告。据此不仅可对生产过程进行有效的监控, 而且系统在快速生成测量报告的同时, 还能对一段时间以来众多工件的测量结果做统计分析, 及时地提供标准差、极差和平均值等直接反映加工质量的数据, 一旦发现偏差异常, 将马上通知车间或工艺部门做相应的调整。

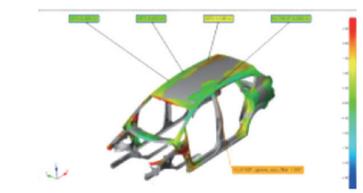


图8 带有白光测量头的机器人用于车身生产线的在线检测

而以WLS的测量结果为依据，海克斯康公司还推出了功能更强的“点云分析”，通过“表面色差分析+边界线+2D截面线”，就能获得更多的有用信息，这对以后通过数据分析，进而再查找制造过程中的误差源是有积极意义的。当然白光测量在车厂被用于很多不同场合，除了工件、即产品外，还可用来检测或验证工位器具，如夹具、检具、测量支架和模具等。

(2) 案例2，激光测量。图9为一个手动检测夹具的实例。



图9 采取手持方式检测夹具

(3) 案例3。在Romer关节臂测量机上加载CMS可变焦激光测头后，再借助于关节臂测量机的便携性，可以实现现场对各种复盖件的快速测量。而CMS可变焦激光测头，由于采用了最新的变焦技术，其测量范围、焦距均可以调节，在检测过程中可以根据零件表面的曲率变化而调节，在曲率变化比较大的位置会自动增加采点的密度，而在曲率变化比较平缓的位置则会降低采点的密度，这样的好处既保证测量精度又提高效率，见图10。同时因减少了点云数据量，也提高了计算机的使用效率。

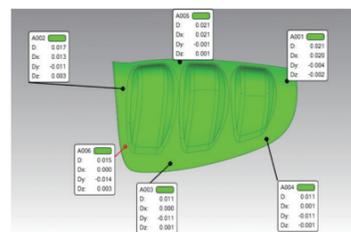


图10 对复盖件进行快速测量

(4) 案例4。这种激光测量技术不仅仅可以在关节臂测量机上使用，同样可以用于桥式测量机和悬臂式测量机。图11是在桥式测量机上快速测量一个焊接件（即车身分总成）的曲面，包括其边界等各种特征。另外，通过在悬臂测量机上加载CMS可变焦激光测头，还能进行螺柱测量。



图11 焊接件的快速检测

众所周知，长期以来，检测车身或焊接件上的螺柱特征参数一直是个难题，通常要借助于特制的辅助器具才能进行。然而当加载了CMS可变焦的激光测头后，就可以通过对其直接进行扫描，随即就能输出测量结果，其精度和原来的传统方式相比，大约提高了一个数量级，而工作效率则提高了60%，参见图12。



图12 测量螺柱的实例

(5) 案例5。在以切削加工为主的动力总成和汽车零部件制造领域，近年来随着光学检测技术的不断完善和提升，已使测量从过去采用的接触方式转变为非接触方式成为了现实。

与此同时，这种新技术的应用领域也从传统的主要以检测位置、尺寸测量为主，发展到可同时反映微观变化量的表面粗糙度测量领域。把光学测量方法应用于切削机加工范畴，彻底改变了传统的以机加工为主的制造业中的实验室检测设备的规划。一些经过精密加工的、高精度的表面，以及某些内部结构复杂的，或者那些软性的零部件，从此以后就有了更为便捷的检测手段。同时，非接触式的光学测量方法再配合在高精度仪器上的使用，使检测效率也有了明显提高。

图13是海克斯康旗下的Leitz于近年来推出的纤维光学探头（FOP）和光学粗糙度测量头（TEL），该探针可以配置在LeitzPMM高精度坐标测量机上，通过配合自动更换架装置，即能自动完成对机加工切削型零部件

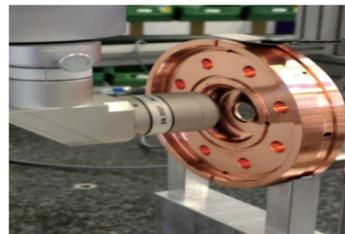


图13 带有白光测量头的机器人用于车身生产线的在线检测

的高速、高精度扫描方式检测。它的配置方式是采取了将接触与非接触（光学）进行集成，根据需要又可方便地自由切换。而对工件的整个测量过程，用户可根据实际的需求实行自动编程执行，并不需要人工的参与。不难想象，对一个过去必须通过多个步骤或多种检测设备才能完成的测量，如今只需要一个步骤或一台设备就能完成，这无疑大大地提高了工作效率，而且为用户企业显著地节约了采购成本。进一步地从生产规划的角度来看，则是极大地提升了智能化制造的应用水平。

3. 高性能光学测量系统的推出及实际应用

当然，在国内制造业，尤其是汽车行业中，应用光学测量、包括配有光学测头的坐标测量机在内的检测系统正在不断扩大。但在显示出众多优点的同时，一些局限性也渐渐地暴露出来，其中，与接触型的测量方式相比，其检测精度较差则是主要的一项。不过近年来，这种情况已发生了相当大的变化。

图14所示的O-INSPECT复合式扫描测量机就是一个范例。该机配备了蔡司Discovery V12光学变焦镜头系统，可实现高倍率快速影像测量，其独到的远心技术则可满足其中高精度尺寸要求。通过提供独到的整体解决方案，具有对复杂工件及其中微细结构尺寸进行全面分析评价的能力。



图14 O-INSPECT测量机

安全带锁扣（见图15）即是一例，事实上，对其的测量是十分复杂的，原因是它由多种材料构成，且装配要求复杂、微米级的公差、近百个尺寸需监控，尤其不仅涉及常规间距和角度测量，还有形位公差中的轮廓度及微细结构测量等。鉴于安全带锁扣组件中所涉及到的几种软塑料关键件具有材质偏软、有明显的弹性等特点，O-INSPECT则以其强化的微测力设计，出色的连续扫描精度（优于传统扫描30%起），可对上述那些软材质实施高精度的三维连续扫描测量。O-INSPECT作为一种高精度复合式扫描测量机，具有测量效率高，多种检测仪器功能一体化的核心竞争力，可有效地缩短测量环节，目前包括天合汽车（TRW）在内的多家国内外厂家已选择了此方案。图15左即为蔡司高精度微测力连续扫描测头系统VAST XXT实现对软塑料结构高精度扫描测量。



图15 安全带锁扣的测量

另一种有代表性的高性能光学测量系统是由海克斯康公司研发的“HP-O探测系统”。该光学测量装置利用位于红外区间(1550nm)的不可见光为工作光束，而以可见的红色激光作为瞄准和编程中辅助观察之用。基本的测量原理是：通过反射光和低频的调制原始光进行干涉，其频率差异和原始光之间成一定的比例。图16为工作示意。

它成功地解决了长期以来困扰测量用户的“检测精度偏低”的短处，上述非接触式的高精度干涉法距离测头（传感器）可达到亚微米级的分辨

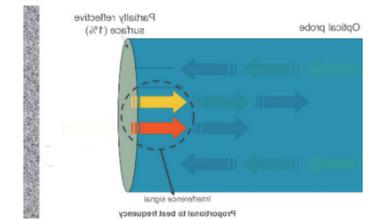


图16 高精度干涉法测量原理图

率，几乎与PMM-C或SIRIO-688等高精度坐标测量机上的电感型接触式测头处于同一水平。事实上，这个系统的特点之一也就是上面两种传感器可用于同一测量程序中，根据需要测头随时实现自动更换。总之，其使用方法与接触测头接近，但又具有众多的优势：

(1) 探针小(直径3~5mm、长度100mm)，测量效率高、扫描速度达到350mm/s，接收角度高达30°（漫反射），厘米级的测量工作距离。

(2) 对环境光没有限制要求，可以使用特制的漫反射球进行校验，被测面为敏感表面（例如铜，铅等金属表面、抛光面或镜面等）时无需喷涂，可在标准的三坐标测量机工作环境中使用。因此，很适合测量哑光和高亮的叶片一类工件（见图17）；对于一些有特别测量要求的零部件，象整体叶盘，其结构并非很复杂，被测参数的精度指标也没有定得过高。

但众所周知，对整体叶盘（见图18右）上那么多叶片的叶尖跳动，以及它的内腔空间（见图18左）的测量，是一件非常困难的任务。即使借

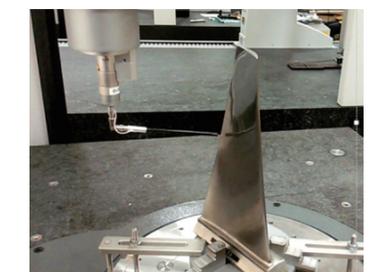


图17 HP-O系统测量哑光叶片

助高性能坐标测量机也很不容易，不仅效率低，而且难以测准。可若一旦拥有了HP-O探测系统，情况就发生了根本的变化，利用其非接触式光学探头进行叶尖的连续扫描，不仅测得准，且相比传统方法，耗用的时间减少了90%。至于在测量内腔空间尺寸时，接触探针基本上无法达到内腔要求的位置，而配备了上述新颖检测手段后，这些难题均迎刃而解。

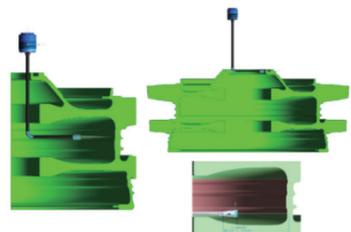


图18 HP-O系统测量整体叶盘

三丰公司近年也推出了几款新的仪器产品，体现了他们在提升光学检测技术水平领域的作为和取得的业绩。以下是有代表性的两项：

(1) 用于坐标测量机的非接触式线性激光测头系列SurfaceMeasure，见图19。



图19 SurfaceMeasure激光测头

(2) 用于坐标测量机的自动测量程序生成软件MiCAT Planner。前者已是一款系列化的成熟产品，借助于它，就能方便地完成对各种材质零件的高精度、高效率的测量。尤其是

以往的激光测头需要调节激光强度和相机的感光度，以适应不同的工件材质和符合工作环境的要求，而SurfaceMeasure系列具有自动调节功能，能更加简便、快捷地完成对被测物的激光扫描，测量过程中也无需考虑工件表面的色调和光泽度。

该系列产品包括四组类型的测头，其中三种为单向线性激光测头606/610/1010，另一种则为交叉型线性激光测头606T，见图20。



图20 不同类型的线性激光测头

事实上，每种型号即反映了扫描范围这一基本参数，如606代表扫描宽度60mm、扫描深度60mm，而606T则为扫描宽度3mm×65mm、扫描深度65mm。三种单向线性测头分别对应了由较小到较大的工作范围，精度则从12 μm到18 μm稍有下降，探测距离则处于240~280mm。检测不同工件应选用不同的测头，这样才能取得最好的效果。当进行车身内、外覆盖件的测量时，就可选1010型，因为相比606，其探测范围大很多，故效率会更高（见图21）。

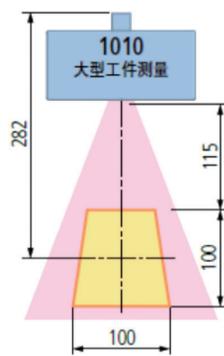


图21 测头测量范围示意

至于图20右所示的交叉型线性激光测头606T，由于采用3道激光束同时扫描，因此，即使被检工件的形状很复杂，也能进行有效的测量。而且由于明显地减少了（在坐标测量机上）改变测头姿态的频次，因此提高了工作效率。当然，采用606T的主要还是为了提升检测能力。鉴于该测头可同时向三个方向发出扫描激光束，这就具备了对被检工件的顶部和侧面同时进行测量的条件。图22a就是这个过程的简释，激光束甚至可投射到中心部位，图22b是用于检测变速器壳体时的实景图。

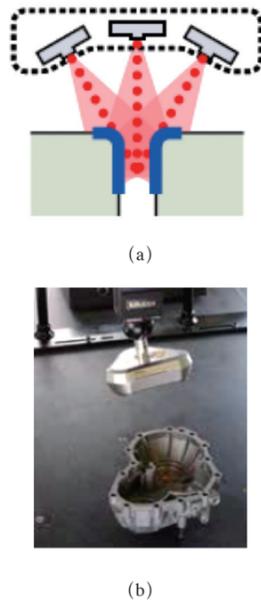


图22 606T激光测头的应用

众所周知，为了应对被测工件的多样性，仅仅拥有适应能力很强的（以直角坐标为基础的）三坐标测量机是不够的。必须有不同类型、用途的激光扫描测头，包括上述那些用于坐标测量机（CMM）的激光线性扫描测头、配在手持式检测装置上的激光测头，以及适于超大尺寸非接触测量的激光雷达。其中，尼康公司的新产品系列最为齐全，包括了单线性扫描的LC15Dx / LC60Dx / LC50Cx，

以及“十字”线性扫描的XC65Dx型等多款。尤其是手持式激光扫描测头ModelMaker MMDx / MMCx，虽然相比前面介绍的用于CMM的“三丰”激光线性扫描测头系列，在技术指标上差别并不大，可手持式激光扫描测头就完全不同。由于MMDx / MMCx采用了多项先进的技术，如它具有高帧速率和200mm的光带宽度，故可实现超高效率扫描。此外，该系列激光扫描测头因为具备了第三代增强传感器（EPS3）的优良性能，不仅检测精度高，且几乎可以扫描任何材料。ModelMaker测头主要用于便携式（也称“关节式”）测量机，见图23，或直接以手持式检测装置的形式出现。



图23 尼康手持式激光扫描测头的两种应用

态出现。

表1以下一些性能指标较充分地表明了该产品系列的技术水平。

三、随机测量技术和在线检测技术

前面已谈到，“智能化制造”的特征之一就是生产模式的变化，期间所融入的众多先进制造工艺，包含了与生产模式的演变相适应的在线检测体系的完善和实施。关于这一点，可以从汽车发动机那些主要零部件的制造过程中得到印证。现今，高柔性、高效能的加工手段已渐渐占据主流地位，如对于缸体、缸盖、罩壳等箱体类零部件，广泛采用了加工中心；而对于曲轴、凸轮轴、驱动轴等轴类零件，则越来越多地应用了先进的CBN砂轮跟踪磨削技术。值得注意的一点是，在那些充分体现了所采用的先进制造工艺的新机床设备上，往往还同时配备了新颖的随机测量仪器和相应的数据处理及控制系统，以及与所执行先进制造工艺的机床设备的有机结合，才能有效地推动智能化生产过程的实现。通过曲轴这一发动机中的至关键零件在现代汽车动力总成工厂的生产过程，即可清楚地认识到这一点。此时，在曲轴生产线的磨削工序，主轴颈和连杆颈的精加工采取了高速高效随动/跟踪磨削技术，只需经过一道装夹就可完成对主轴颈和连杆颈的

磨削加工。采用了砂轮能实现随动、跟踪的CNC磨床是曲轴精加工技术一次很大的提升。一方面通过对CNC控制程序的调整，可以灵活地应用于不同类型工件的加工，即具有很好的柔性，而由于执行一次装夹即能完成全部主轴颈、连杆颈的磨削，有效地降低了由此引起的制造误差，提高了精度。另外，因为采用了CBN砂轮后，大大地增加了砂轮的耐用度，提升了生产率，并结合先进的随机测量和数据处理系统进一步改善、提高了工件的尺寸和形状精度。

一般可采用以下这二种方式：

(1) 借助设置于车间现场的在生产测量室中的Adcole1200仪器对工件轴颈的圆度测得的数据，在输出磨床的控制系统之后，通过修正、补偿，即能有效地改善轴颈的制造质量。

(2) 但是，无论是国外的知名的专业磨床生产商（象德国的Junker公司）、还是国内如上海机床厂这样的历史悠久的国内著名品牌企业，更多的还是采取了利用挂钩式外径主动测量仪来完成对被磨削轴颈轮廓的随机测量（见图24左），并根据自动检测的结果，进而通过即时的数据反馈修正，以实现对被加工轴颈轮廓的控制（见图24右）。其过程大致如下：构建了以专用的曲轴在线测量装置为核心的测量系统，满足对曲轴连杆颈和主轴颈的随机检测，测量过程由机床自动控制，以实时高速采集到的数据，

表1 典型激光扫描测头产品的技术指标

	MMD × 50	MMD × 100	MMD × 200	MMC × 80	MMC × 160
光带宽度/mm	50	100	200	80	160
工作距离（与近侧FOV的距离）/mm	95	100	110	100	110
测量范围/mm	50	100	150	100	150
精度（1σ）/μm	7	10	16	23	35
全FOV下的数据率/Hz	50		60	30	
最高数据率/Hz	150			30	
每条光带的点数	1000			800	

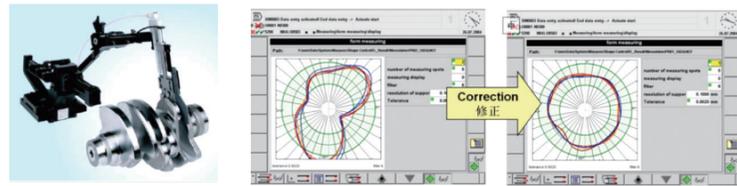


图24 通过修正、补偿方法来提升轴颈圆度的加工质量

为误差补偿提供最新的样本；建立轴颈误差补偿模型和补偿规则。需要强调的是，不仅要进行对尺寸的实测值予以修正、补偿，更需对圆度进行动态修正、补偿。据此来确定高效的自动在线补偿策略及工艺方法，从而保证了工件加工的高效率和高精度，见图25。

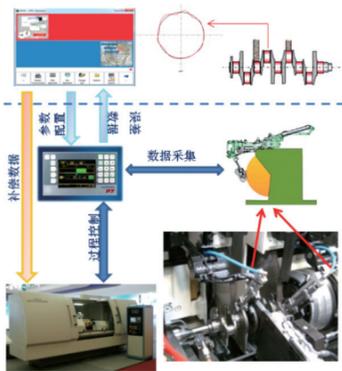


图25 数字式随机测量控制系统

作为执行这一先进制造工艺的直接效果，曲轴的轴颈圆度由原先的磨削工艺只能控制在 $4\sim 4.5\mu\text{m}$ ，提高到可以控制在 $2\mu\text{m}$ 以内。正因为如此，不仅提高了整个曲轴磨削加工工序的柔性，与此同时还减少了生产线上设备的配置数量，包括那些必不可少的在线检测器具的配备数量。也正因为如此，在采用了柔性化的曲轴加工方式后，整条生产线的在线检测的规划理念、即在工序间配备检测器具的方式和思路也发生了显著的变化，呈现出智能化、简约化和柔性化趋势。原来在整个磨削工段共配置了三台不同检具，分别对应于三台磨床

(一台用于主轴颈，而另两台用于连杆轴颈)，且均为多参数半自动综合性检具，采用动态（回转）测量方式，不但能测出尺寸参数，还能检查圆度、凸度、锥度、跳动等形位公差。

而在采取了新的磨削技术后，由于精度、特别是形位公差基本上都可以由工艺来保证。在这种的状况下，新线配置的检具由原来的动态改为静态，所有的形位公差都不再检测，对轴颈也只需要测量一个截面，而不再是原来的三个。故整个工序仅配置了一台由多个单参数手持式检测装置组成的简单检具（见图26）。两者相比，无论是从前期投入、其后的维修成本，还是在占有工作场地上，都有大幅度的降低。在这种基本上可以由工艺保证的状况下，新线的在线检具由原来的动态改为静态，类似原因，其他所有形位公差都不再检测，对轴颈则只需要测量一个截面，而不再是原来的三个。表2显示了两条曲轴生产线的磨削工段所配检测手段的差

线别	老线 (2004)	新线 (2011)
工序	主轴颈、连杆轴颈 (1~4档) 精磨	
加工设备	分别磨主轴颈、连杆轴颈共三台	共有4台完全相同的、采用跟踪磨削的机床
生产节拍	58s	46s
检具	分别对应三台机床，共有三台不同检具	共用一台检具
检具特点	均为动态多参数半自动综合性检具；可以测量尺寸参数和形位公差	由多个单参数手持式检具组成，采用静态测量。只测关键的尺寸参数

别。至于对箱体类零件，在工序间检测装置的规划上则出现了越来越多地将三坐标测量机作为在线检具，配备在车间现场的情况。事实上，随着坐标测量机用于生产现场的技术日臻成熟，已有越来越多的测量机被置于生产现场作为工序间在线检测的重要手段，甚至串接于生产线中成为一个工位。不过国内外的企业多数还是采取更简单的半开放形式，图27即是一种有代表性的配置方案。配备在一条不久前才建成的缸盖罩壳生产线旁的测量机的实况，选用的机型是海克斯康公司的一款量大面广的通用型产品Global。而在几年前在生产同一类零部件的一条老线旁边，则是以一台多参数综合检具为主体的检测工位。

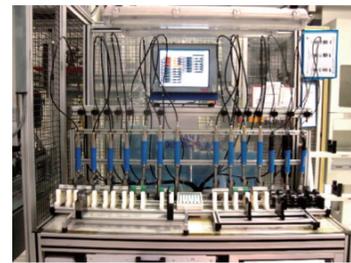


图26 由多个手持式单参数检具组成的智能化检测工位

若将两者的使用效果相比较，前者的优势主要是由坐标测量机的通用化、柔性化程度远高于多参数综合检具而带来的，因此它们无疑更适应于当代汽车工业的多品种混线生产方

式。那么，两者比较，前者的优势主要体现在：

(1) 由于坐标测量机的柔性化程度远高于一般的多参数综合检具，因此它们无疑更适应于当代汽车工业的多品种混线生产方式。以图26为例，相比老线仅三种被测件，它应对的将多达八九种。

(2) 检具一般只适用某道工序，在上例中那以综合检具为主体的检测工位是用于终检的。但对类似缸盖罩壳那样的复杂零件，往往还需监控某几道中间工序，而图中的测量机能同时为三道工序服务。

(3) 坐标测量机进入车间现场的意义还在于：它将“生产测量



图27 适合车间环境的半开放式坐标测量机的应用实例

室”——现代汽车发动机厂质量监控体系的另一个重要组成——相配合，为企业提供更有可靠、高效、经济的检测手段。

当然，采用图27的方案的前提条件是需有较好的生产现场环境。否则，生产厂就需要选用一些坐标测量机供应商近年来专门为此研发的、适于一般车间现场条件下正常工作的新颖机型。其中，由Zeiss（蔡司）公司开发的DuraMax（见图28上），即是一种适用于生产现场环境的机器，并已在不少企业获得了成功应用。其特点如下：

- (1) 结构紧凑，占用空间小。
- (2) 能够适应生产现场条件下温度变化较大的工作环境。
- (3) 从图可见，装载被测工件能从上、左、中、右四个方向进入测量机，十分便捷。
- (4) 无论是从操作者的角度还是从与生产工序的配合，都十分适合。
- (5) 具有相当高的测量精度，对于一台中等规格的机器，其MPE

$\text{max}=2.4\mu\text{m}+L/300$ 。而图28下则是不久前由海克斯康推出的一款功能相似的名为Tigo的产品。无疑，相比于前述图26中所选择的通用型的Global机器，这类适用性更好的设备的价位更高些。



图28 适合于在车间使用条件下正常工作的两种坐标测量机 □

俄罗斯披露新型杀手机器人

俄罗斯近日开发出两台新型机器人，可以在四英里外监测并攻击人类。设计用于俄罗斯边境，声称可以在领土上受到侵犯前准确检测并攻击地面和空中威胁。机器人使用了包括雷达、高清及热成像设备和多用途远距离榴弹发射器等关键技术和先进设备。机器人装备了一系列侦察攻击以监视潜在入侵者，如低空飞行的无人机和其他地面车辆，侦察距离超过六英里，可准确识别并为远程爆炸性武器提供打击目标。该机器人不仅可以

用于准确定位入侵无人机，也可以获取其飞行路径甚至是预测空中飞行轨迹。机器人将与远距离导弹或火炮系统联合，由机器人在数英里外锁定攻击目标，使攻击获得前所未有的精度。研究项目负责人德米特里·佩尔米夫表示，该设备正在做进一步完善和升级，未来将实现全自主行动，无需人的干预。武器专家则正致力于将高技术爆炸系统与该机器人结合。目前，俄罗斯工程师已开发出一款叫做“阿尔法设备”的远程遥控榴弹发射



扫描二维码看视频

器，具有400m的超远射程，将被安装在边境守护塔上，一名后台操控员可以控制其一次同时发射最多16枚榴弹。

产品上的光线

——蔡司推出可调色阶的白光测头

蔡司供稿

色阶白光测头可以通过非接触的方式捕捉工件形状。色阶白光测头一般用于测量表面敏感、反光、对比度差且很难用其他光学测头测量的工件。现在蔡司推出拥有DotScan色阶白光测头的ZEISS ACCURA 多测头测量机，这是市场上首次推出的装在旋转测座上的白光测头。进行测量时，可换成其他的接触测头或光学测头。

“蔡司DotScan是世界首创的新产品，使用这款产品可以使企业对自己的工件做全面的扫描。”蔡司工业测量部桥式机系统产品经理Andreas Bucher 先生说道。这一产品的推出将带来极大的便利，因为到目前为止，只能从一个侧面对工件进行白光扫描。以前，为了测量工件的不同侧面，测量工程师不得不一次次旋转工件，之后必须在测量机上重新对齐每一个侧面。整个测量过程要求非常复杂且精细，产品经理表示：“现在可以彻底省去这些繁琐的步骤，再也不必这么麻烦了。”当然，DotScan的优势不仅仅只是节省了时间而已。通过可旋转的测头，现在能一次测量更多的工件。以前，由于测

头无法旋转，经常会出现工件超出测头测量范围的现象。也就是说，在此之前是不可能用白光测头来扫描工件的。

无限扫描

首次给ACCURA机型配备白光测头，除可旋转功能所带来的种种好处之外，Bucher先生发现了另一个对客户有利的优势。举个例子：利用DotScan，无需注射对比剂就能对强烈反光的表面进行扫描，例如膝关节植入物里的金属件。注射对比剂是使用激光扫描器的标准规定。然而，

这个步骤需要花费很长的时间，因此，医疗科技行业很少使用此类方法。Bucher先生也相信，汽车制造商也将得益于DotScan的应用：“使用



DotScan，可以分开检测表面和内层金属微粒，互不干扰。因此不用接触就能扫描金属涂漆层的表面了。”

开辟新领域在Bucher先生看来，把紧凑的色阶型白光测头嵌入到旋转测座是一个复杂的任务。将这个想法转换成现实，耗费了近一年多的时间。为了保证扫描的质量，不管测头在任何方位，光线照射必需始终如一，因此在攻克任务期间主要的挑战在于要让光线无损偏斜。ZEISS DotScan是通过位于罩子外部的导光缆发送发光信号，标准适配器确保能毫无困难地改变测头。此外，蔡司已经将这一测头整合到了整个蔡司测量系统。Bucher先生解释说：“这让操作人员把DotScan像其他任何测头一样并入软件，然后利用熟悉的ZEISS CALYPSO用户界面捕捉所测量工件上的测量点。这一切因此变得非常简单。”

色阶白光测头的好处

ZEISS DotScan的操作模式与其他色阶白光测头的操作没有什么不同。这就是说，利用透镜把白光分成不同的光波，这就把光分成了不同的光谱色，光照到工件上，然后在表面发生反射，光谱上各个波长相应的测头距离也各有不同，这是由工厂校准确定的。特定的、点状的波长，精确地聚焦在所测量物件的表面，传到光谱测头上，产生最大的信号强度。利用确定好的色谱，可测定测头与表面之间的距离，最终完成组件的形貌测定，这使ZEISS DotScan成为捕捉不规则表面，乃至微细结构的出众之选。色阶白光测头——ZEISS DotScan——宜为测量的首选之法，尤其是在探针或图像测头不能胜任测量敏感的、柔软的、反光或对比度低的表面时。由于测头的操作模式简



便，所以可毫不费力地对不同的材料进行。

全方位扫描聚焦 ZEISS DotScan

蔡司已上市的DotScan有三种不同的规格，适用于三种不同的测量范围：10mm、3mm和1mm。目前，测头可用在模块化设计的多测头测量机ZEISS ACCURA上，其预先接入了接触及光学测头。和用在多测头测量机上的套装一样，ZEISS DotScan

可在CNC运行期间自动转换。A轴上的倾斜-旋转范围是 $\pm 180^\circ$ ；B轴上倾斜-旋转范围是 $+105^\circ \sim -90^\circ$ 。在2.5°的步宽上，关节轴可以对准ZEISS DotScan，这样就能与所扫描的组件表面垂直。由于1mm规格的DotScan最大测量角度是 $\pm 30^\circ$ ，那么即便是弯曲度更大的组件，也能进行扫描。如果这还不够，还可以把白光测头与旋转台结合起来。通过延伸第四个轴，可以对旋转对称的工件进行360°全方位扫描。□

浅析数控机床试验中传感器的应用

北京金隅科技学校 李嵩松

摘要: 机床试验在数控机床设计制造过程中是重要的一部分。因通用机床类型及想要达到的目的不同,其需要进行的试验项目也不尽相同。本文介绍数控机床试验的分类和项目及试验目的,典型试验项目的检测方法和在机床试验中利用传感器等仪器的使用,这些检测装置能够达到显示、记录和控制机床试验过程的要求。

传感器能够探测、感受外界的信号、物理条件(如光、热、湿度)或化学组成(如烟雾),并将探知的信息传递给其他装置。在机床试验中利用传感器这种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

一、机床试验在数控机床设计制造过程中的重要性

1. 机床试验的类型和项目

机床试验不仅是机床新产品开发阶段的重要组成部分,也是定型产品制造过程中不可缺少的一个部分,机床试验中传感器的使用是非常广泛的。通过传感器的使用在机床试验中能够获得稳定可靠的实验数据,为进一步研究提供依据和保障。

新产品通过机床试验能够全面评定机床的性能和技术水平,提出产品的结构和性能存在的问题,为完善产

品提供有力的保障。对于定型产品,通过机床试验可以检验机床是否符合国家有关标准和技术条件,并且检验机床的可靠性和工作能力。

(1) 机床试验的类型和目的

机床试验类型主要分为机床验收试验,新产品样机试验和机床研究试验三个类型。在三类机床试验中都有传感器的应用,通过传感器的应用能够获得准确的试验数据,保障试验顺利进行。

机床验收试验:主要目的是检验制造出的或修理过的机床是否符合所规定的技术要求,并检验各机构和部件协调动作的正确性以及机床的工作能力。

机床验收试验一般包括机床空运转试验、噪声试验、几何精度试验以及载荷试验。

新产品样机试验:主要目的是对新试制的机床进行样机试验,全面评价机床结构设计和制造工艺的技术水平,提出需要深入研究的课题和改进设计的措施。因此新产品样机试验是发展机床新产品不可或缺的一步。

新产品样机试验一般包括噪声试验、空运转振动试验、热变形试验、

静刚度试验、主传动系统的功率和效率试验、切削抗振性试验、激振试验、定位精度试验、主轴回转精度试验、爬行试验、传动精度试验、加工精度试验、可靠性试验。

机床研究试验:机床研究试验是在研制新型机床过程中,常涉及到一些基础理论问题,对拟采用的新方案、新系统、新工艺、新材料等进行研究试验。

(2) 各类通用机床试验的项目

各类通用机床所应进行的样机试验项目是根据机床的不同而不同,如附表所示。但也可根据各类机床样机试验规范细则和具体条件酌情调整。

2. 数控机床样机试验项目及其分类

根据数控机床的特点和机械结构特点决定了数控机床的试验项目及其分类。

数控机床的主要特点:自动化程度高,加工精度高,加工质量稳定,可靠加工生产效率高,对零件的加工适应性强。

数控机床机械结构的主要特点:高刚度和高抗振性,减少机床热变形

的影响,驱动系统机械结构稳定,高传动效率和无间隙传动装置,低摩擦因数的导轨。

根据数控机床的上述特点决定了数控机床的样机试验,除传动精度试验外,其余所有试验都需要进行。

机床试验可以分为三类:机床验收及空运转试验、抗振性切削试验、机床激振试验。

(1) 机床验收及空运转试验

机床验收及空运转试验包括:机床的验收、空运转试验、机床几何精度检查、温升及热变形试验,静刚度试验、位置精度试验、加工精度及加工表面粗糙度试验、回转精度试验。

机床验收及空运转试验是机床样机和成型产品的关键步骤,项目较多,实施较为复杂。在项目中温升及热变形试验和静刚度试验是较为重要的试验。

(2) 抗振性切削试验

一般选定一二种典型加工条件(刀具、切削范围、加工零件材料等均应固定),逐步改变切深、切宽或走刀量进行切削,用测振仪在各主要部件各方向测定其振动幅度。有条件时应进行频谱分析,以比较不同机床的振幅大小、起振条件、起振点等。

(3) 机床激振试验

激振试验一般分为绝对激振和相对激振两类。相对激振用于对整机进行分析。绝对激振用来寻找机床的薄弱环节,一般用来对部件激振。

通过激振试验,确定机床的振动模式(振型)、固有频率、阻尼以及动刚度(或动柔度),找出薄弱环节。

二、数控机床样机试验项目的检测方法

1. 典型试验项目的检测方法和仪器

数控机床的典型试验项目主要包括:机床热变形试验、机床噪声试验、机床静刚度试验、机床振动和动刚度试验。

机床热变形试验的主要检测方法可以分为直接试验法和间接试验法。主要应用的试验仪器:温度传感器、涡流传感器和信号放大器等。

机床噪声试验的主要检测方法可以采用声功率试验方法,也可以采用声压法。主要应用的试验仪器:传声器和信号放大器

机床静刚度试验的主要检测方法

机床试验类型

机床类型	试验项目												
	噪声试验	空运转振动试验	热变形试验	静刚度试验	功率和效率试验	切削抗振性试验	激振试验	定位精度试验	回转精度试验	爬行试验	传动精度试验	加工精度试验	可靠性试验
车床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铣床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
镗床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
钻床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
磨床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
齿轮加工机床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
螺纹加工机床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
数控机床	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

通过弹性加载检测着力点位移。主要应用的试验仪器:位移传感器,力传感器和信号放大器。

机床振动和动刚度试验的主要检测方法是可以采用激振试验法测定机床的动态特性。主要应用的试验传感器为:压电式加速度传感器、电荷放大器。

(1) 机床热变形试验

机床因受热变形而引起的几何精度与定位精度的变化,往往超过规定公差的若干倍,因此测量机床热变形是机床试验的重要项目。

热变形试验可以分为直接试验法和间接试验法:直接试验法是通过在典型加工工艺条件下加工一批典型零件,直接测定机床受热引起的综合变形。所用试验仪器为常规检验工具即可。

间接试验法是通过在机床运动或模拟状态下,精密测量机床的几何精度变化,主要检测机床主轴和定位元件的位移。所使用的传感器包括热电偶,热敏电阻类及半导体点温计等。

测量主轴单元的热变形是机床热变形试验的重要一项,主要试验方法为采用非接触式涡流传感器和适配的放大器测量主轴单元由于温升引起的轴向伸长测量。

试验中用到的电涡流传感器能实现静态和动态地非接触、高线性度、高分辨力地测量,准确地测量出被测金属导体距探头表面的距离。它是一种非接触的线性化计量工具。电涡流传感器能准确测量被测体(必须是金属导体)与探头端面之间静态和动态的相对位移变化。在高速旋转机械和往复运动机械的状态分析,振动研究和分析测量中,对非接触的高精度振动和位移信号能连续准确地采集到转子振动状态的多种参数。如轴的径向振动、振幅以及轴向位置。从转子动力学、轴承学的理论上分析,大型

旋转机械的运动状态，主要取决于其核心——转轴，而电涡流传感器，能直接非接触测量转轴的状态，对诸如转子的不平衡、不对中、轴承磨损、轴裂纹及发生摩擦等机械问题的早期判定，可提供关键的信息。电涡流传感器以其长期工作可靠性好、测量范围宽、灵敏度高、分辨率高、响应速度快、抗干扰力强、不受油污等介质的影响及结构简单等优点，在大型旋转机械状态的在线监测与故障诊断中得到广泛应用。

(2) 机床噪声试验

机床噪声试验的内容，包括测定机床的总噪声水平和寻找机床的主要噪声源两项主要内容。为测定总噪声水平，推荐采用声功率试验的工程师法。在试验条件不具备的情况下，允许测量声压级。

机床主轴单元噪声试验作为机床试验中的重要环节，是决定机床性能的主要试验。试验中所用的传感器为传声器，具体试验布置如图1所示，机床噪声试验中要避免空气流动对传声器的影响，背景噪声符合测量要求。在测试前传声器要进行校准，并符合要求才能保证试验准确。

(3) 机床静刚度试验

机床静刚度是指机床在静载荷作用下抵抗变形的能力，所谓静载荷是指不随时间变化而变化的或变化极其缓慢的力。重力、夹紧力和热应力属于静载荷。

机床静刚度试验的方法为：在常用切削位置和行程处，进行弹性加载或重力加载，记录着力点的位移及各主要部件位移，然后进行数据整理和计算。

机床静刚度试验可以针对整机机床也可针对一些重要部件，机床主轴单元作为机床的核心部件测量主轴单元的静刚度试验是非常重要的机床试验。

通过试验既能考察主轴单元的结构和轴承类型及其配置方式的适用性，还可以了解轴承的顶紧状态、主轴部件的制造及装配质量。

试验方法为主轴单元应紧固在试验台上，选择套筒作为测量基准，测量主轴端部相对套筒的位移；加载所用测力计要有良好的线性特性，试验前先校准；径向加载时，因条件限制无法在靠近主轴前端截面处加载，故分别在距主轴前端截面不同距离处径向加载，线性回归出相当于在靠近主轴前端截面处加载对应测点的位移值。试验仪器和测点布置如图2所示。试验主要仪器为测力计和电感测微仪，在测试前试验仪器要进行校准，并符合要求，才能保证试验准确。

(4) 机床振动和动刚度试验

机床振动和动刚度试验是机床试验中极其重要的环节，主要试验目的为：减少和消除振动，以使机床达到正常的工作状态，保证加工精度和表面粗糙度。找出机床振动的振源及机床的薄弱环节，提出改进措施。

目前应用最为广泛的机床振动试验方法为激振法，因为以机床的切削过程作为试验条件不易控制，重复性差，以仿真激振的方法来模拟切削过程是比较稳定和准确的一种方法。

机床振动测试系统由以下部分组成：①激振部分：包括激振器，信号源，功率放大器，常用的激励信号有正弦、随机、瞬态和周期等。由于信号源提供的信号相当弱小，当激励一个结构，往往还需把激励信号放大，以至于能推动激振器，这就是功率放大器的作用。功率放大器必须和激振器相匹配。②信号测量与采集部分：包括力传感器，响应传感器，适调放大器。③数据采集、处理部分：包括记录并处理测试数据，例如确定频率响应函数；从测试得到的频响函数中导出并确定模态参数(共振频率，阻尼系数，模态振型向量)。

试验仪器配置如图3所示。

试验仪器配置如图3所示。

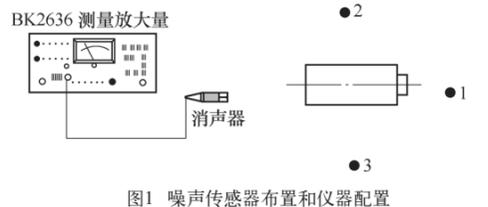


图1 噪声传感器布置和仪器配置

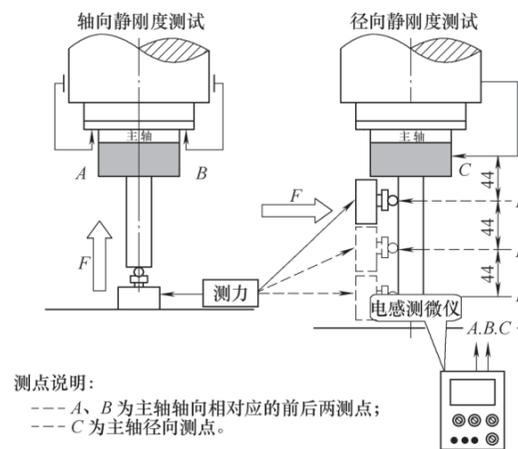


图2 测点分布和仪器配置

测点说明：
--- A、B 为主轴轴向相对应的前后两测点；
--- C 为主轴径向测点。

床试验中的优势。

三、结语

传感器的应用是实现自动检测和自动控制的首要环节。在工业生产和试验过程中，经常会遇到各种转速的测量和控制问题。近年来，随着电子技术的迅速发展，工业测控设备不断更新，频率测量的方法和设备也有新的进展。在实际应用中，选择不同的技术设计方案，效果可能相差甚远。这就要求在工作中我们要根据需要选用适当的传感器，发挥传感器本身的优势，从而得到我们所需的真实可靠的试验数据，为我们工作提供更便捷的帮助。□

作者简介：李嵩松，高级工程师，工程硕士，主要研究方向：重型超重型机床设计与制造

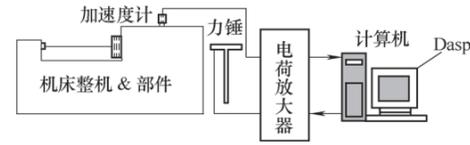


图3 试验仪器配置

2. 利用压电传感器检测技术的优势

机床振动和动刚度试验是为了全面了解机床特性，较准确地找到该机床的薄弱环节，同时也有利于更准确地建立机床动力学模型，从而为动态优化设计提供依据和目标。激振试验则是进行机床试验模态分析的重要手段，目的是通过人为的外部激励方法，比较全面地测到机床结构的固有特性参数，为全面分析和改进机床的动态特性提供依据。激振试验所用的传感器为压电传感器。

压电传感器是以压电晶体为敏感

元件的加速度传感器。当晶体变形时，它的两个极面上会产生与其变形成正比的电荷，而变形是与晶体受到的力成正比的。加速度计的好处是：质量越小，把它粘在结构上时对结构的影响就越小，测量也就越精确。另外，在做常规的振动分析时，加速度信号可以通过积分电路正确地积分，从而得到速度和位移。而将速度传感器和位移传感器跟微分电路一起使用是不适合的，因为它会放大高频噪声。基于以上考虑，使加速度计在模态分析试验中成为应用最广泛的运动传感器，充分体现了压电传感器在机

国产数控系统应用推广会在宝鸡召开

2017年1月18日，军工行业国产数控系统应用推广会在宝鸡市召开。会议由工信部装备工业司、国防科工局发展计划司、国家发改委经济与国防协调司主办，中国和平利用军工技术协会、中国机床工具工业协会、宝鸡机床集团有限公司共同承办。科技部重大专项办、高新司，数控机床专项总体组有关专家应邀出席会议。会议旨在宣传总结数控机床专项实施成果，进一步推动国产中高档数控系统在国防军工、汽车、机床制造领域的应用。中国机床工具工业协会相关人员策划并参加了本次会议。

来自十大军工集团及重点企业、中国工程物理研究院、机床主机企业、数控系统及维修服务企业、部分

高校的100余家单位的近300人参加了本次会议。

会议的主要内容是：介绍04专项总体进展、成果和“换脑工程”计划安排，04专项数控系统任务的总体安排和取得成果，国产数控系统在数控机床制造企业以及军工等用户领域的应用进展情况。

宝鸡机床、威达重工介绍了国产数控机床配套国产数控系统的情况。其中，宝鸡机床实施的“万台数控机床配套国产数控系统应用工程”引起了与会代表的极大兴趣。宝鸡机床在销售的一万多台数控机床，配套了华中、广数、高精以及凯恩帝等国产数控系统，极大地提高了国产数控的装机率和市场占有率。

华中数控、广州数控、沈阳高

精、大连光洋介绍了国产数控系统近几年取得的成就以及在04重大专项的支持下取得的成果。国产数控系统在对标、取代国外数控系统中，取得了可喜的成绩，平均无故障时间大幅攀升，主要功能和性能已经与国外知名品牌相当，市场份额也有明显扩大。

沈飞、江苏沃得集团与参会代表分享了国产数控系统和国产数控机床的使用体验，04专项支持的国产系统和机床大幅降低了用户设备采购成本，对用户的设备升级与信息安全起到了支撑与保障作用。

会议得到了宝鸡机床及秦川机床的大力支持与协助，并组织代表参观了宝鸡机床与秦川机床主要装配车间。

一种道岔尖轨自动夹具的设计

宁波海天精工股份有限公司 陈小光
沈阳中辰钢结构工程有限公司 赵芳

针对道岔尖轨机加生产过程中, 装夹时间过长、夹具种类繁多等影响效率的问题, 设计了电控永磁盘夹紧、自动上下料夹具。本设计一次装夹能同时进行铣下腭、刨头铣削、轨腰钻孔等机加作业。

随着高铁、地铁等轨道交通技术的发展, 轨道交通枢纽增多, 星罗密布的铁道网带来道岔尖轨的需求量增大。由于市场竞争越来越激烈, 供货周期越来越短, 如何快速加工出合格的道岔尖轨成为生产企业面临的技术难题。

道岔所用的尖轨是以钢轨50AT、60AT等为坯料, 在龙门铣床上用专用夹具装夹后, 经半精加工铣削出来。传统的手工夹紧、手工卸料效率低, 难以满足当今的市场需求。本设计采用自动送料入位, 电控永磁夹紧, 加工完毕自动卸料。整个过程操作者只进行监督, 操控按钮等低强度作业。

1. 尖轨的铣削工艺要求和普通夹具原理分析

道岔尖轨的铣削工艺最主要的是铣下腭和刨头铣削。如图1所示, A为钢轨毛坯, B为铣下腭后半成品,

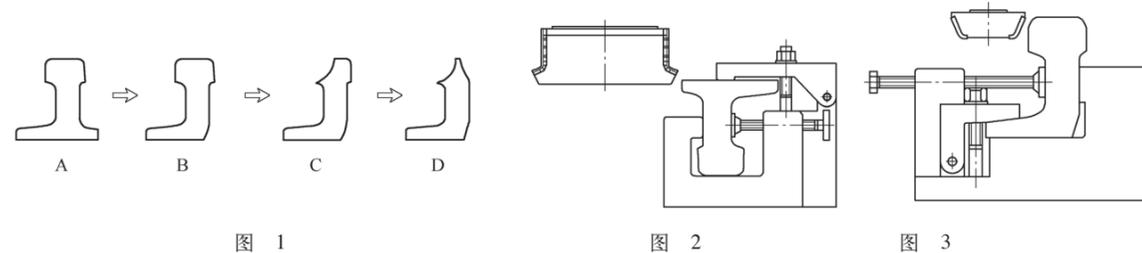


图 1

C为第一次刨头铣削后的半成品, D为成尖轨成品。

铣削加工一般分两道工序: ①铣下腭; ②刨头铣削。

铣下腭时如图2所示, 此时先将钢轨反向夹在夹具上, 此时需夹紧零件的四个面。待铣下腭作业完毕, 再转到下一工序刨头铣削。如图3所示, 此时将铣完下腭的钢轨正放在夹具上, 此时需夹紧零件的三个平面及一个斜面。

可见传统夹具无论是机械夹紧还是自动夹紧, 由于夹持面过多, 夹具不能统一, 导致生产工序增加效率低下, 夹具管理成本增加。

分析可知整个加工过程中, 轨腰两立面和轨底面有大部分未经铣削, 是夹具夹紧的理想表面。本设计正是运用轨腰立面和轨底未铣面来夹持坯料, 配合液压上料下料机构保证一次装夹, 完成铣下腭和刨头铣削所有加

工工序。

2. 原理分析与结构设计

本自动夹具采用电控永磁盘来实现导磁材质工件的夹紧, 用托料辊、上料液压缸、下料液压缸完成工件的自动上下料动作。

本设计中所用的电控永磁盘夹紧工件过程中不需要供电, 磁力线只穿透工件与夹盘接触的表层, 意外断电不松装夹, 安全可靠。当需要卸料时, 电控系统将磁力线屏蔽在夹盘内部, 磁盘外部磁力线消失, 工件从夹紧状态恢复到自由状态。

该自动夹具系统安装在龙门铣床的工作台上。如图4所示, 在工作台一侧沿机床X轴方向纵向安装多组电控永磁盘, 每隔两三组磁盘安装一个托料辊。每个托料辊正对面安装一个下料液压缸。在工作台最外侧靠近托料辊的位置安装上料液压缸。

上料时如图5所示, 油压推动活

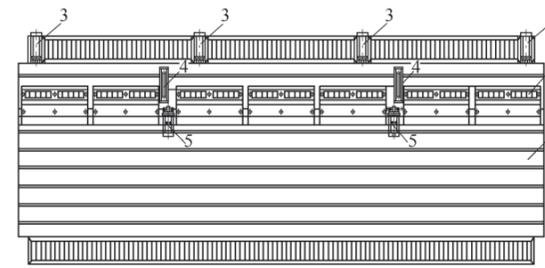


图 4

1.工作台 2.电控永磁盘 3.上料液压缸 4.托料辊 5.下料液压缸

塞杆, 托料辊在两个导向轴的导向和活塞杆的升力作用下, 升起到位。吊车将工件放在托料辊上, 上料液压缸伸出上料, 如图6a所示。

上料完毕后, 上料液压缸和托料辊缩回, 电控永磁盘开始充磁夹紧, 如图6b所示。进行尖轨铣下腭, 刨头等铣削作业。

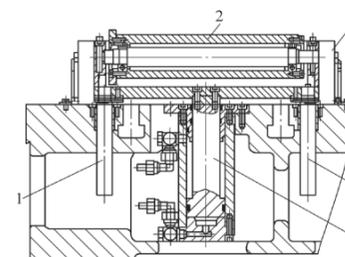


图 5

1、4.导向轴 2.托料辊 3.防护罩 5.活塞杆

工件加工完毕后, 电控永磁盘开始退磁, 退磁完毕后托料辊升起到位, 下料液压缸伸出到位将工件推到托料辊上如图6c所示。待下料液压缸缩回吊车将工件运离工作台。

3. 夹紧力的计算

电控永磁盘下模块为5个磁极, 每个下磁极的吸力为1000kgf, 侧磁极吸力为350kgf。

仅以60AT钢轨刨头铣削最上端时为例。如图7以电控永磁盘联系图粗略计算以O点为零力矩点, 向下磁吸力 F_1 距零力矩点37mm, 侧向磁吸力 F_2 距零力矩点60mm, 摩擦力 f_1 通过O

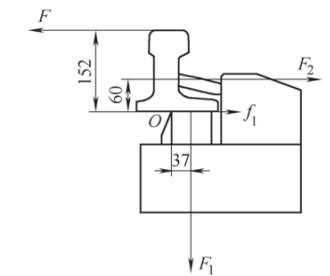


图 7

时工件不会发生翻转; 由式2得出此时的切削力远小于24500N, 工件不会发生移动, 实际切削工艺中按切削力10000N选定的刀具及切削参数, 所以夹具提供的夹紧力是足够的。后经电控永磁盘供应商精确核算, 满足该切削所需抗力。当铣下腭时, 该夹具系统能提供40000N抗力, 有利于选择大直径铣刀切削提高效率。

4. 维护与保养

电控永磁盘为成套组件, 免维护。托料辊组件如图5所示, 带有上下伸缩的不锈钢防护罩, 耐腐蚀防碎屑。上、下料液压缸均装有防尘圈, 所以整套夹具系统只需进行日常的清扫保养即可。

5. 结语

本设计为一次装夹, 同时铣削下腭、刨头铣削、螺栓槽加工、轨腰钻孔等, 避免了夹具种类多的缺点。并辅以自动上下料功能, 大大地提高了生产效率, 减轻了劳动强度。

本设计对于龙门铣床适应性强, 能直接装配到动柱式龙门铣床, 可加工的钢轨长度范围广。也可以配备X向托链, 装配在普通龙门铣床上, 铣削长度较短的钢轨。

另外, 作为本品核心部件的大磁力电控永磁盘大多依赖进口, 成本较高, 并且只能配给大型的龙门机床, 前期投入成本较高, 不适宜中小型加工企业, 为本品的普及带来一定影响。□

点与 F_2 方向相同, 轨高152mm, 则该组夹具所能提供的抗力 F :

(1) 以O点取矩:

$$152F = 37F_1 + 60F_2$$

$$F_1 = 5 \times 1000 \text{kgf} = 49000 \text{N}$$

$$F_2 = 5 \times 350 \text{kgf} = 17150 \text{N}$$

$$F = 18697.37 \text{N}$$

(2) 以O点为零点分析力系:

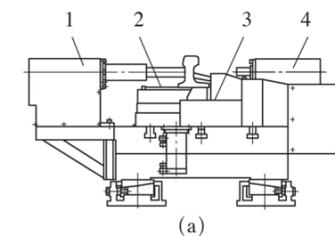
$$F' = f_1 + F_2$$

$$\mu = 0.15$$

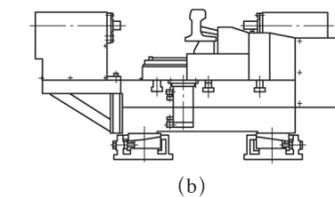
$$f_1 = \mu F_1 = 0.15 \times 49000 \text{N} = 7350 \text{N}$$

$$F' = 7350 \text{N} + 17150 \text{N} = 24500 \text{N}$$

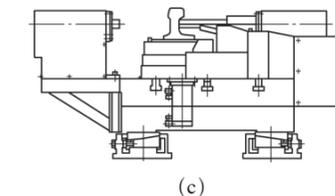
由式1得出当切削力小于18697N



(a)



(b)



(c)

图 6

1.上料液压缸 2.托料辊 3.电控永磁盘 4.下料液压缸

广告客户索引 Advertisers Index

南京工艺装备制造有限公司.....	广告号码70
Nanjing Technical Equipment Manufacture Co.,Ltd	front cover
CCIMT2017 中国重庆国际机床展览会	广告号码88
China Chongqing International Machine Tools Show	inside front cover
《世界制造技术与装备市场》	广告号码68
World Manufacturing Engineering & Market	inside back cover
约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	广告号码41
Heidenhain	back cover
西门子(中国)有限公司数字化工厂集团	广告号码89
Siemens Co.,Ltd	P1
埃马克机床(太仓)有限公司.....	广告号码69
EMAG Machine Tools (Taicang) Co.,Ltd	P2
开天传动技术(上海)有限公司.....	广告号码77
KTR Co.,Ltd	P3
斗山机床(烟台)有限公司.....	广告号码83
Doosan Machine Tools (Yantai) Co.,Ltd	P4
卡尔蔡司(上海)管理有限公司.....	广告编码38
ZEISS Co.,Ltd	P5
武汉华中数控股份有限公司.....	广告号码90
Wuhan Huazhong Numerical Control Co.,Ltd	P6
涌镇液压机械(上海)有限公司.....	广告号码P80
Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co.,Ltd	P7
第26届台北国际机床展	广告号码45
No 26 TIMTOS	P8
马波斯(上海)商贸有限公司.....	广告号码414
MARPOSS.....	P9
沈阳机床(集团)有限责任公司.....	广告号码36
Shenyang Machine Tool (Group) Co.,Ltd.....	P10
第26届台北国际机床展	广告号码45
No 26 TIMTOS	P11
《汽车工艺师》微信	广告号码66
Auto Manufacturing Engineer	P11
埃克森美孚(中国)投资有限公司.....	广告号码489
Exxon Mobil (China) Investment Co.,Ltd	P13
北京北一机床股份有限公司.....	广告号码47
Beijing No1 Machine Tool Co.,Ltd	P15
上银科技(中国)有限公司.....	广告号码48
HIWIN Technologies (China) Corp	P16
第十届中国数控机床展览会	广告号码58
CCMT2018	P17