

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.1 2018
2018年2月
February 2018

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：毛予锋
副主任：王黎明 郭长城
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 邹春生 张自凯 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 陈长江

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

2018年第1期(总第154期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

17 2017年中国机床工具行业十大新闻

Top ten news of China machine tool industry in 2017

20 ARJ21涡扇支线飞机产业化发展初见成效共6则

ARJ21 turbopfan regional aircraft industry initial success

企业报道 Enterprise Report

22 匠心智造 合作共赢

——“2017年宝鸡机床厂开放日”活动成功举办

李华翔

The open days of Baoji Machine Tool Plant was held successfully

展会信息 Exhibition

25 CCMT2018展品预览

The exhibits preview of CCMT2018

36 CCMT2018展品四大特点

周敏森

Four major characteristics of CCMT2018 exhibits

产销市场 Production & Marketing

43 国内磨床消费数据分析与趋势研判

杜智强

The data analysis and trend judgment of domestic grinding machine consumption

48 2017年中国机床工具消费市场形势分析

Analysis of China machine tool consumption market situation in 2017

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

2018年4月9日，第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）将在上海新国际博览中心拉开帷幕。本届展会是在2017年机床工具供给侧和需求侧发生新变化的背景下举办的。

2017年需求侧反映出的新变化是，需求总量下降趋缓、趋稳，呈现进入底部运行的趋势；需求结构快速升级，数控化、自动化、智能化和高精高效加工制造技术快速占据消费主导地位。从2017年机床工具供给侧的情况看，“总量趋稳、结构升级”的变化特征也十分明显。2017年年初以来，机床工具进出口呈现明显反弹式增长，其中进口的增长更加显著，反映出国内中高端需求对供给产生巨大的拉动，也反映出国内机床工具产业的中高端产品供给能力仍显不足。机床工具出口增长反映国际市场逐步回暖，新兴制造需求正在增加。机床类商品出口比重的提升反映出国内机床工具产业供给能力和竞争力正在提升。

从企业反映出来的情况来看，机床企业呈现出强者恒强的现象，一些国内外知名机床工具品牌营销收入均大幅增长，高质量的机床功能部件供不应求。而那些机床产品没有特点、不思进取的企业则逐渐被市场淘汰。

在新时代中国特色社会主义时期，实体经济比以前得到更大的重视，机床工具行业将普遍进入到恢复性增长阶段。2018年以及更长一段时间，大飞机、高铁、汽车和城镇化建设带动的工程机械将成为拉动机床工具行业发展的强劲动力。为此，本期特意策划了“航空航天制造技术”专题，对难加工材料工艺和五轴加工技术进行了探讨。

同时，CCMT2018将展会主题定义为“聚焦——数字·互联·智造”，这既是当前世界工业变革的主流与大势，又是我们面临的机遇和挑战，CCMT2018将以其广博的内涵全面诠释这一主题。

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
连续2年荣登福布斯(Forbes)全球创新成长百大企业
入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(ROBO-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



2001~2018 HIWIN连续18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



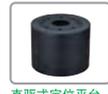
直驱马达回转工作台
Direct Drive Rotary Table



下肢康复训练机
Robotic Gait Training System



直线电机
Linear Motor



直驱式定位平台
Direct Drive Motor



伺服驱动器
Servo Drive



AC伺服电机
智能型电机
AC Servo Motor
ablymotor

上银科技(中国)有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES (CHINA) CORP.
江苏省苏州市苏州工业园区夏庄路2号
Tel: (0512) 8068-5599
Fax: (0512) 6579-4105
www.hiwin.cn

全球营运总部

上银科技股份有限公司
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

大银微系统股份有限公司
HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科路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

上海诺银机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

上海玖钰机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980

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

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: MAO Yu-feng

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
GUO Chang-cheng

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, ZOU
Chun-shen, ZHANG Zi-kai, CUI Rui-qi, 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, CHEN Chang-jiang

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

海外市场 Overseas Market

- 50 EMO2017: 互联理念在制造中的最新展示 (下) 杜智强等

The latest showing of the connected concept of manufacturing in EMO2017

特别策划 Special Planing

- 59 航空航天制造技术特别策划

Special planning of aerospace manufacturing technology

- 60 航空发动机五轴数控加工技术探索 杨金发等

Five axes NC machining technology used in aeroengine

- 63 山特维克可乐满推出专门用于航空航天难加工材料的丝锥

Sandvik Coromant offers taps that are specifically designed

for difficult aerospace materials

- 65 车削铣削航空用金属难加工材料的新刀片 章宗城

Turning milling and selling new blades for aeronautic metals

in difficult-to-machine materials

- 68 3D打印在航空航天领域的六大切入点 王晓燕

six entry points of 3D printing in the field of aerospace

- 75 航空航天难加工材料的高速铣削 张智秋

High-speed milling of difficult materials in aerospace

相关产业 Correlative Industries

- 77 质量决定一切 新大众生产工厂使用ZEISS ALMax进行在线检测

The new Volkswagen production plant uses ZEISS ALMAX for online testing

2017年中国机床工具行业十大新闻

中国机床工具工业协会



一、行业回暖，需求结构升级，企业运营分化加剧

2017年中国机床工具行业运行延续2016年底的回暖趋势，机床工具进口同比两位数增长，部分分行业和企业获得恢复性增长。以工具分行业为例，根据中国机床工具工业协会重点联系企业统计，工具行业前三季度销售收入同比增长20%以上。行业企业运营分化加剧，一部分企业转型升级效果明显，在一些重点细分市场领域表现突出；有些企业则经营困难，债台高筑，持续亏损，甚至难以为继，如大连机床等企业进入破产重整等程序。

二、李克强总理关心机床工具产业发展

2017年7月10日，国务院总理李克强到秦川机床工具集团股份有限公司考察，重点考察了精密磨齿机恒温装配车间和机器人减速器数字化车间。中国机床工具工业协会当值理事长、秦川机床董事长龙兴元全程陪同总理参观。

总理非常关注装备制造业，并提出希望，要把中国的制造业，特别是基础装备制造业做好，同时鼓励全行业，要以《中国制造2025》为契机，努力创新，为中国制造业振兴贡献力量。2017年8月，济南二机床董事长张志刚受邀参加总理座谈会，讨论“推动制造强国建设、持续推进经济结构转型升级”。

三、苗圩出席国产数控系统重点应用领域推广现场会，“国产数控系统应用示范工程”全面启动

2017年3月28日，国产数控系统重点应用领域推广现场会，暨高档数控机床与基础制造装备科技重大专项（04专项）成果应用推广现场会在京召开，工业和信息化部党组书记、部长苗圩出席会议并讲话。04专项实施八年多来，取得了一批可喜成果。一是提升创新能力，共性技术研究和创新平台建设稳步推进。重型锻压装备、部分机床主机性能达到或接近国际先进水平；二是数控系统等核心零部件取得明显突破。国产数控系统在功能、性能方面与国际先进水平的差距已大幅缩小，滚珠丝杠、导轨、动力刀架等关键功能部件在精度、可靠性等关键指标上已接近国际先进水平；三是坚持需求导向，重点领域装备保障能力不断提升。比如航空航天领域典型产品所需关键制造装备的“有无问题”正逐步得到解决。同时，2017年“国产数控系统应用示范工程”已经全面启动，服务十一大军工企业集团的数控装备将逐步用上“中国脑”。国产数控系统应用示范工程是由工信部牵头组织的国产设备和国产数控系统替代进口的一个重大专项，重点支持华中数控、广州数控、大连光洋、沈阳高精和航天数控等企业自主研发高档数控系统关键技术 in 军工领域应用，实现高端装备国产化。

四、工信部第一批智能制造解决方案供应商目录出台

工业和信息化部装备工业司于2017年组织开展了首批智能制造系统解决方案供应商的推荐工作。11月13日，工信部对首批推荐目录进行了公示，华中数控、重庆华数机器人等相关行业企业入选。2017年智能制造无论在政策层面还是在市场层面都在不断深化，智能制造标准化建设也在稳步推进中，中德智能制造工业4.0标准化会议、国家智能制造标准体系建设指南修订工作启动会议等，都表明智能制造正在走向深入。

五、“机床协会团体标准”制订工作正式展开，行业标准建设深入发展

2017年10月，由国家标准委主办，北京机床研究所和秦川集团承办的“ISO/TC 39/SC 2第81次会议”在西安召开。会议讨论了包括中国牵头制定的“高档数控机床S试件国际标准草案”以及ISO 13041-2《数控车床和加工中心检验条件—第2部分：垂直工件轴机床的几何精度检验》等11个标准提案。ISO国际标准制定程序由NP（工作项目提案）、WD（工作组草案）、CD（委员会草案）、DIS（国际标准草案）、FDIS（国际标准最终草案）5个阶段组成。“S试件”从提出至今，历经4年6次国际会议的艰辛历程，目前已形成CD（委员会草案），本次会议对S试件标准CD（委员会草案）讨论、修改完善后，最终通过标准草案，由CD阶段进入DIS阶段。在行业团体标准建设方面，中国机床工具工业协会于2017年5月正式启动了协会团体标准立项申报工作。目前，确定了11项标准列入2017年第一批协会团体标准制定计划项目。

六、机床行业四项目获得2017年度机械工业科学技术进步奖一等奖

(1) 济南二机床集团有限公司、清华大学、上汽通用汽车有限公司联合研发成功“大型伺服压力机及

伺服冲压生产线关键技术与装备”。2017年1月，由济南二机床集团有限公司自主研发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，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。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。

(2) 大连理工大学、秦川机床工具集团股份有限公司联合研发的“1级精度基准级标准齿轮加工设备精化与工艺技术”。(3) 武汉理工大学、湖北三环锻压设备有限公司、武汉泛舟机械制造有限公司联合研发的“中厚板结构件复合精冲技术与装备”。(4) 国家机床质量监督检验中心等10家单位联合研发的“高档数控系统标准体系框架研究及关键技术标准制定与应用”。以上4项目同时获得2017年度机械工业科学技术进步奖一等奖。

七、CIMT2017打造智能制造盛典

第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）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。在13.1万m²展示面积内汇聚全球28个国家或地区的1600余家境内外企业以及覆盖全行业的上万件展品与技术。机床智能技术近年取得的众多成果在本届展会得到充分展现，涵盖温度、速度、加速度、负载、功率、质量、惯性、位置、振动、图形、语音、加工要求等多种要素的智能控制技术。此外，展品还充分彰显了高效与专业化的特性，本届展会展出的五轴机床数量创历史新高。

八、首届中意机床论坛举办

2017年11月30日，中国机床工具工业协会与意大利机床、机器人及自动化系统制造商协会在意大利驻中华人民共和国大使馆、意大利对外贸易委员会、中华人民共和国工业和信息化部指导下，举办“意大利工业4.0助力中国制造2025”首届中意机床工业论坛。借助本次论坛，两国机床协会之间的合作又迈上了一个新台阶，两国协会将为中意两国机床界融入“一带一路”各项务实合作搭建国际交流合作平台，发挥国际间的桥梁纽带作用。

九、沈阳机床综合改革方案获八部委支持

2017年12月1日接国资委、发改委、工信部、财政部、人社部、中国人民银行、银监会及证监会八部委联合印发通知指出，《沈阳机床厂综合改革方案》（简称《方案》）已经国务院国有企业改革领导小组第二十二次会议审议通过。《方案》确定了10项具体改革措施、4项组织保障和9项支持政策，并由国务院国资委将沈阳机床厂纳入东北地区国有企业综合改革试点。

十、中国机床工具工业协会理事会成功换届

2017年8月21日，中国机床工具工业协会召开了第八届会员代表大会暨八届一次理事会议，进行了换届。会议经民主选举产生了第八届理事会理事、常务理事、副理事长、轮值理事长及秘书长，选举了监事和监事长。秦川机床工具集团股份有限公司董事长龙兴元、济南二机床集团有限公司董事长张志刚、武汉重型机床集团有限公司董事长杜琢玉、广州数控设备有限公司董事长何敏佳当选为轮值理事长；北京北一机床股份有限公司董事长王旭当选为监事长；毛予锋、王黎明、郭长城分别当选为中国机床工具工业协会常务副理事长、秘书长和执行副理事长。新一届领导班子将站在新的历史起点，正确把握行业和协会工作的方向和重心，为落实制造强国战略做出新的更大的贡献。□

ARJ21涡扇支线飞机产业化发展初见成效

ARJ21是中国商飞公司研制的70-90座级中短程涡扇支线飞机，最大航程3700km。2017年，ARJ21取得中国民航局颁发的生产许可证，生产提速、运行保障、客户服务、市场开拓等工作全面推进，产业化发展初见成效。

生产提速方面，2017年ARJ21生产速率较前一年提升了12倍，工人工时效率提高近3.2倍；产品质量稳步提升，故障率逐架次下降15%。运行保障方面，完成起飞/复飞模

式导引方式（FD）优化、改善夜航照明优化、溅水优化等20项设计优化项目；运行支持体系、持续适航体系、问题调查体系高效运转，107架机交付7天即投入航线运行；截至2017年底，ARJ21飞机累计交付4架，安全飞行1679小时，载客3.7万人次。截至2017年底，ARJ21飞机共获得20家客户433架订单。（工信部装备工业司）

高性能数控系统项目获国家科技进步二等奖

2018年1月8日上午，中共中央、国务院在北京人民大会堂隆重举行国家科学技术奖励大会。党和国家领导人出席大会并为获奖代表颁奖。武汉华中数控股份有限公司等机床工具企业及用户企业共同完成的《高性能数控系统关键技术及产业化》课题获得国家科技进步二等奖，华中数控董事长陈吉红出席大会并领奖。该项目主要参与单位有：华中科技大学、广州数控设备有限公司、武汉华中数

控股份有限公司、大连机床集团有限责任公司、沈阳飞机工业（集团）有限公司、上海航天设备制造总厂、四川普什宁江机床有限公司、宝鸡机床集团有限公司、东莞劲胜精密组件股份有限公司以及武汉登奇机电技术有限公司。

据了解，国家科学技术奖励每年评审一次，包括国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖，即大家习惯说的“国家三大奖”。（华中数控）

齐重数控11台产品通过省级新产品鉴定

2017年12月19日，齐重数控装备股份有限公司举行2017年黑龙江省省级新产品及科技成果鉴定会，评审专家评定其11台新产品通过省级鉴定，并认为DVT1600X80/600P-NC数控双柱立式车床、HT200X160/40L-NC数控重型卧式车床、SVTM160X14/8P-MC单柱立式车铣加工中心等四台产品达到国际水平，DDBI30X30/5G-NC数控深孔钻镗床等四台产品达到国内领先水平。

齐重数控坚持以技术创新、智能转型、绿色发展为驱动，整体经营向“四大业务模式”目标迈进（即国内机床市场、国际高端机床市场、机床智能再制造业务、智能服务业务），改变传统制造业模式，向智能化和服务化转型升级。（齐重数控 杨佐秋）

宝鸡机床数字化车间投入试用

日前，历经近半年时间，宝鸡机床6号车间数字化改造项目一期工程（设备物联网系统建设）如期完工并投入试用，可通过大显示屏实时观测生产管理进程，实现生产过程透明化、可视化、无纸化管理。

一期工程通过DNC（计算机与具有数控装置的机床群使用计算机网络技术组成的分布在车间中的数控系统）实

施、MDC（通过数控机床以太网口或串口加硬件的方式，采集数控设备的实时状态，并通过采集数据的处理，将各类信息以图表的形式直观地显示出来）实施和刀具管理、生产管理实施四项内容，可有效解决数控机床操作工占用机床编程的突出问题，以及加工现场因等待刀具而造成的长时间待机等。同时，通过车间的11台交互机可

以满足操作者实时进行派工、完工、报工等操作，实现操作者与管理者的直接交互、车间现场工位实时完工汇报、突发问题及加工工艺问题及时反馈等功能，并可及时通知相关人员进行处理。同时，质量管理及质量反馈可记录质检存在的加工问题。通过分析，可对工艺、工序、加工方法等进行优化，提高生产效率，不断优化管理机制。

据悉，按照规划，在完成6号车间一期工程后，后续还将建设本车间和其他车间的数字化制造执行系统

(MES)。完成的数字化车间建设将充分集合MES、CAPP、ERP等系统功能，以“车间生产管理”为主线，利用信息技术和网络技术，以“产品设计—工艺设计—产品装配制造”为主线，在生产车间建立信息透明化、工艺可视化的具有决策支持的生产制造执行系统，实现计划快速下达、灵活作业调度控制、质量全面追溯、制造资源共享、生产信息协同等功能。(宝鸡机床)

合锻智能主导参与收购德国Lauffer公司

合锻智能参与设立的合肥水木信保智能制造产业基金与上市公司控股股东严建文、安徽中德创新发展基金有限公司三家联合发起并购德国压力机制造商Lauffer公司100%股权，股权收购协议于12月12日在德国签署，为安徽省装备制造业做强做大再添动力。

Lauffer公司是层压和复合技术、塑料和包装技术、成形技术和粉末技术领域的液压机和设备的领先制造商，拥有多项国际先进的核心技术。产品和服务范围覆盖层压机、塑料加工和封装、金属锻压、粉末成型等，主要应用于汽车、电路板、芯片行业。客户包括宝马、奔驰、大众等知名汽车生产厂商，以及苹果、IBM、贝尔、博世、西门子、德州仪器等芯片和电路板生产企业。

合肥合锻智能制造股份有限公司自1985年引进德国

Lauffer公司技术以来，双方一直保持着良好的战略合作关系，此次成功合并将创造全球协同效应，在各大洲建立更密集的销售和服务网络。收购完成后，Lauffer公司经营地点和组织架构保持不变，同时与合锻智能的合作将帮助公司扩大海外市场，以进一步提高产品的市场占有率和企业营收水平。

随着中国经济的快速发展，尤其是制造业向智能化的战略转移，传统的机械设备制造商均在全力加快自身的产业升级。通过此次海外并购，即能推动我国相关产品在技术升级、产业升级等领域的发展，又能通过不断的引进吸收，形成新的出口增长点，从而推进智能制造产业迈上新台阶。(合肥合锻智能制造股份有限公司 汪海明)

高档数控国家科技重大专项“与工艺融合的高端多轴加工工艺与编程方法研究”课题通过技术终验收

2017年12月21日，由武汉华中数控股份有限公司牵头承担的“与工艺融合的高端多轴加工工艺与编程方法研究”课题在用户现场东方电气集团东方汽轮机有限公司顺利通过了工信部组织的技术终验收。

课题验收专家组组长由工业和信息化部装备司原副司长王富昌担任，沈阳高精数控智能技术股份有限公司董事长林许为副组长。工信部装备司机械处处长余伟珍、工信部产业发展促进中心副处长王峰丽参加会议，专家组成员包括成都飞机工业(集团)有限责任公司副总工程师汤立民、沈阳机床股份有限公司路远达研究员、中国机床工具工业协会行业发展主任娄晓钟高工、大连光洋科技工程有

限公司总经理陈虎、中国航空制造技术研究院副总工程师孙年俊、西北工业大学姚倡峰教授、南京航空航天大学李迎光教授。

专家组一致认为拥有自主CAM软件对推广国产高档数控机床具有重要意义，目前大部分先进的机床都是与先进的CAM软件配套，建议进一步加大平台成果的推广应用，加快软件的商业化进程，将软件加入到华中数控系统的选用模块中。华中数控董事长陈吉红指出，华中848型数控系统推出后，与这款软件结合的条件成熟度得到提高，能够填补上CAM软件与数控系统之间的鸿沟。

匠心智造 合作共赢

——“2017年宝鸡机床工厂开放日”活动成功举办

中国机床工具工业协会传媒部 李华翔



中国机床工具工业协会当值理事长、秦川机床工具集团股份公司党委书记、董事长龙兴元



中国机床工具工业协会秘书长王黎明



宝鸡机床集团党委书记、董事长李强

近几年，面对市场需求快速升级的严峻形势，一批国内机床工具行业企业顺势而为，调整产品定位，瞄准中高端市场，加快转型升级步伐，取得了良好的市场表现。宝鸡机床集团有限公司在这方面有着突出表现，取得了优异成绩。

2017年12月26-28日，借中高档数控机床研发生产基地全面投入使用之际，宝鸡机床集团有限公司在宝鸡市高新十四路厂区成功举办“宝鸡机床工厂开放日活动”。来自全国各地的供应商、经销商、重点用户代表近

300人应邀参加活动。

本次活动的主题是：“匠心智造，合作共赢”。宝鸡市委常委、常务副市长马赞，中国机床工具工业协会当值理事长、秦川机床工具集团股份公司党委书记、董事长龙兴元，中国机床工具工业协会秘书长王黎明等领导出席活动并讲话。围绕着活动主题，主办方举办了产品推介、工厂参观、设备演示、技术交流、发展论坛等一系列主题活动。

此外，活动期间，宝鸡市委常委、常务副市长马赞专门与中国机床

工具工业协会龙兴元、王黎明，以及宝鸡机床集团党委书记、董事长李强，秦川集团副总裁田沙等行业专家进行了座谈。座谈会上，王黎明秘书长介绍了协会情况和市场形势，深入分析了行业面临的现状、形势、问题和努力方向。马赞副市长对宝鸡机床取得的进步与发展也给予了充分的肯定。

积极转型，再创佳绩

据了解，宝鸡机床始终坚持“高

速、高精、高效、自动化”的研发方向，同时借助04国家科技重大专项，加速推进中高端产品研发和成熟产品持续改进步伐。公司先后承担和参与04国家科技重大专项20多项，平均每年有15~20项新产品推向市场，形成以数控车床为核心的产品群，包括柔性加工单元、中高档数控机床、加工中心、专用数控机床和自动化在内的14大类、200多个品种规格，主导产品由单机向成套、成线和自动化、智能化逐步转型，在汽车、航空、航天、军工、农机、核电等高端领域市场占有率逐年稳步提升。

2016年下半年以来，机床行业市场需求虽有所回升，但整体运行压力依然较大，市场竞争加剧。相对于成形机床、工量具领域等而言，金属切削机床生产企业的压力更大。

面对严峻的市场形势，宝鸡机床积极适应新常态，紧紧抓住国家供给侧结构性改革和“一带一路”历史性发展机遇，通过实施积极的营销政策，外抓市场，内抓管理，奋力追赶超越，在实现主营业务增长、推动智能制造发展、拓展进出口业务、提高职工收入等方面，取得了新的成绩。

宝鸡机床李强董事长在发言中谈到：公司生产经营继续保持“快速增长”的态势，主要经济指标均比2016年实现大幅度增长，提前一个月完成了全年主要经济计划指标，被陕西省商务厅认定为“陕西省机床出口基地”，陕西省工信厅授予“陕西省智能制造示范试点企业”。

品质坚守，匠心传承

宝鸡机床这些佳绩和口碑的取得，主要得益于过硬的产品品质。据了解，宝鸡机床秉持“干优等品零件，装精密级机床，做高素质员工，创世界级品牌”的目标愿景，开展6S管理、精益生产、品牌管理目标三大基础管理活动和“铁拳行动”，对标国际先进机床制造企业，导入卓越绩效管理，下大力气提高机床实物质量，构建全员、全方位、全过程质量管控体系。围绕品质提升，组建标准化“恒温净化箱体操作间”，设立“机床综合性能试验室”和新产品装配及试验区等5大试验装配展示区，机床各项精度在执行国家标准基础上平均压缩30%~50%，新产品各项性能全部在厂内试验后才能推向市场，有效保证了机床精度。

高品质产品需要“匠心”来打造。据李强董事长介绍，宝鸡机床始终坚持“以人为本”，不断完善员工职业生涯规划，建立干部员工成长成才的上升通道，培育出一大批素质过硬、技术精湛、用户评价优秀的“双创”团队和“宝机工匠”队伍，对加快结构调整、转型升级、提升品牌知名度、扩大市场占有率起到重要作用。现在，宝鸡机床拥有主管工程师以上的技术研发骨干上百人，生产一线高技能人才达200多人，拥有田浩荣（国家级）和杨忠洲（省级）两个技能大师工作室。

以客户为中心，以市场为导向，实现合作共赢

多年来，针对客户对于成套解决方案需求的不断增加，宝鸡机床坚持客户为中心，建立了迅速、快捷、高效的售前、售中、售后服务体系，经营模式从以产品为中心向以用户为中心转变，从单纯提供单机向提供个性化定制、系统解决方案和工程总承包转变，建立机床全生命周期全方位服务。一批应用柔性加工单元制造技术的生产线陆续服务用户现场，成为自动化领域的示范工程项目。

在销售渠道建设方面，近几年宝鸡机床不断改进营销模式，加强区域整合，通过出台一系列调政策、抓销售、促回款的激励政策，加大全功能数控机床和新产品的销售推广，加大新产品当地首台套销售奖励力度，调动各方面的积极性和主动性，带动全年销售由中低档向中高档和自动化方向转型，实现了公司产品在高端市场的突破。

同时，为了最大限度地维护市场秩序，保护广大经销商利益，从2016年开始，宝鸡机床制定取消易货贸易、实施跨地区销售管理办法、执行最低限价的市场规范“三原则”，不断规范价格、规范市场。运行两年多来，市场销售秩序明显好转，用户反映良好。

目前，宝鸡机床已经逐渐形成以代理公司为主营销渠道，品牌专卖店和业务招标直销为辅的营销体制，拥有一、二级代理公司100多家，全国重点区域拥有5家“宝鸡机床专卖店”，建立了一大批信誉良好、业绩优良的合作伙伴。

“交得其道，千里同好，固于胶漆，坚于金石”。龙兴元理事长在致辞中表示：希望机床制造厂与经销商

能够主动联手，与行业用户共同努力，营造机床工具行业发展的“新生态”，建立制造厂与经销商新秩序，共同寻求合作共赢的发展之道。

开放日活动现场，宝鸡机床表彰了部分优秀代理商代表，并向他们颁发了“合作共赢奖”、“合作进步奖”和用户“典型样件优秀奖”等奖项。

顺势而为，稳步 推进智能制造进程

当前，随着技术的进步和国内外企业的实践，智能制造的发展之路已日渐清晰。在日趋激烈的市场打拼中，宝鸡机床领导层也清醒地认识到，秉承工匠精神，对产品精益求精自然重要，但是洞悉智能制造对市场和客户需求造成的变化而动，也是企业在竞争中取得胜利的关键因素。为此，公司制定了稳步推进智能制造的发展战略。

李强董事长表示：公司将按照“两步走”的发展思路，依托数控机床研发、制造的技术优势，努力提升智能制造水平，建设高档数控机床生产数字化车间，打造一流的智能制造示范基地。宝鸡机床与武汉华中数控强强联合，成立了“国家数控系统工程研究中心陕西分中心”，进行中高端数控系统的研发。目前自主研发的宝机B80系统已成功投放市场，B81第二代宝机数控系统完成新品试验。零件智能生产线实现小批量生产，数字化车间DNC工程投入运行，宝



优秀代理商颁奖现场



汽车零部件智能制造生产线展示区

鸡机床云服务平台开始运行。

展望未来，机床行业作为智能制造的主战场，机遇和挑战并存。出席开放日活动的马赞副市长在讲话中表示：希望宝鸡机床集团以此次“工厂开放日”活动为契机，以深化供给侧结构性改革为主线，创新发展理念，

加快转型升级，强化科学管理，加快中高档数控机床和智能制造产业化、规模化，不断提升“宝鸡机床”品牌影响力和综合实力，在高质量发展阶段做出高质量机床，真正制造出能替代进口的高档数控机床。□

CCMT2018 展品预览

第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）将于2018年4月9-13日在上海新国际博览中心举办。CCMT2018规模宏大，展品技术先进，精彩纷呈，配套活动丰富多样。现摘录部分产品，读者一睹为快。预了解详情，还请到上海观展。

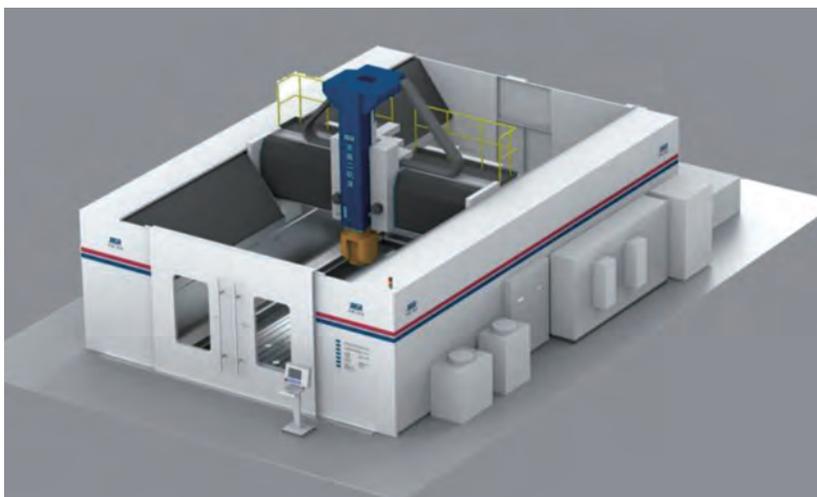
济南二机床集团有限公司

展台号：W5-B101

XHSV2525A×40高架式五轴联动高速镗铣加工中心

此机床主要用于各种铝合金、复合材料等复杂曲面零件的五轴加工，典型的加工件有航空航天大型复杂曲面薄壁类结构件、机车机架、汽车模具等，能够满足高精度、高效率、高可靠性等要求。核心部件应用了具有自主知识产权的AC轴双摆角数控铣头，替代昂贵的进口部件，加快了国产数控机床向高档产品迈进的步伐，满足国内航空航天、轨道交通、能源、船舶和模具等领域对国产高档多轴联动数控机床的大量需求。

主要参数有：工作台尺寸（宽×长）2500mm×4000 mm；铣头端面至工作台面距离200~1450 mm；转速范围10~24000 r/min；刀库容量32把。



西安中科微精光子制造科技有限公司

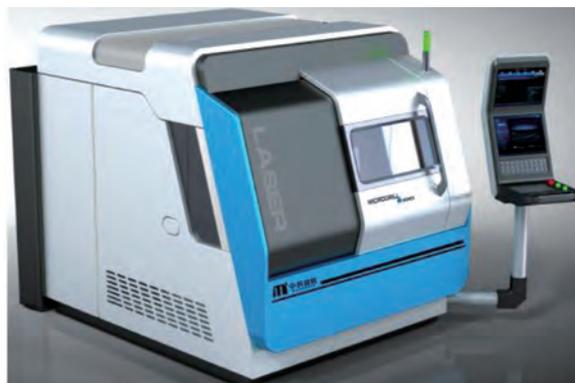
展位号：N2-A302

MicroDrill 100五轴激光微孔加工设备

该设备采用超快激光器作为加工能源，主要针对航空航天领域曲面、复杂型面高精度小型零部件的超精细冷加工，可实现各类高温合金、金属、非金属、特别是复合材料表面各类微结构的加工，主要包括圆孔、异型孔加工。

设备具有以下功能特点：

- (1) 可实现的最小孔径0.2mm、表面粗糙度



约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司

展位号 N1-A001

LC2X1单段光栅尺

随着单段式绝对式光栅尺LC 201的推出，使得在同一根光栅尺上的可选择热性能成为可能，用户可以基于自身应用需求进行自由选择。设计中此光栅尺直接集成了空气节流阀，增大客户选型配置的便利性，同时提高光栅尺的使用安全性。此外，光栅尺上的张紧装置进一步得到优化设计，使得读数头可以从任意一端移除，便于客户在后续维护和修理中更容易操作。该尺主要适用于中大型机床设备的直线轴定位。



EnDat接口的新一代测头TS 460, TT 460 and SE 661

海德汉最新一代测头通过EnDat接口进一步增强测头设置的用户友好性，仅需在系统的用户界面即可完成测头设置和检查测头工作状态，无需进入机床参数界面。此外，测头安装更加简便，尤其对于无线电模式下的信道选择更加方面直观，支持手动选择。并可支持连接无限个测头（无线电模式下）。对于大型机床而言其传输距离足够满足探测要求；而对于中小型机床，这可以进一步缩小机床间距，同时可避免干扰，增大厂房利用率。此外，具有EnDat接口测头的探测精度和速度没有关系，不受速度影响。

用户可以在测头界面中读到：电量信息，碰撞保护信息，信号传输质量，测头的电子标签，测头工作状态信息，以及服务信息等。



数控系统TNC640

海德汉公司的TNC系列数控系统适应于所有应用领域：从简单的紧凑型3轴简易数控系统TNC 128到高端数控系统TNC 640（多达20轴和主轴），几乎能满足任何应用要求。无论是高速切削——特别是平滑路径控制——还是用回转工作台和摆动铣头进行5轴加工，数控加工都同样可靠。

TNC640是海德汉新一代数控系统，适用于高性能铣削类机床和铣车复合机床。TNC 640是多用途数控系统，这已得到大量复杂应用的验证。特别适合以下应用领域：万能铣床和镗铣床，铣车复合加工机床，高速铣削，用摆动铣头和回转工作台的五轴加工，加工中心和自动加工。

配TNC 640的铣车复合加工机床可在一台机床上加工整个工件：铣削，车削，铣削，用任何顺序加工。此外，还能在NC程序控制下随时切换车削与铣削模式。对于任何加工模式和任何机床轴配置都能来回切换，TNC 640自动执行全部所需的调整。

TNC 640的全新触摸屏进一步简化用户的操作。在触摸屏上用手势直接移动3-D测试图形，对触摸屏的软键直接点触操作，更快地浏览表和NC程序。



波龙诺孚特贸易（上海）有限公司

展位号：W3-A113

TC64-RG/TC63-RG表面粗糙度测头

该测头在机内原始装夹位置检验工件表面粗糙度，及时识别加工问题，将废品率降到最低，内置 shark360测量机构，精度更高无磨损的光电式测量机构。

主要参数有：防护等级 IP68；最大压触量 XY向 $\pm 15^\circ$ 、Z向5mm；重复性精度 $0.4 \mu\text{m}$ ； 2σ 最大测量速度2m/min；可测量粗糙度参数 R_a 、 R_q 、 R_t 、 R_z 、 R_{max} 、 W_t ；可测粗糙度范围 $R_z > 2 \mu\text{m}$ 。

上海拓璞数控科技股份有限公司

展台号：W5-A001

双机器人自动钻铆系统

双机器人自动钻铆系统由2台高精度大负载机器人、1套高集成度制孔铆接末端执行器以及1套顶紧末端执行器等三大部分组成，适用于航天运载火箭大型壁板、飞机壁板、机翼等空间开阔组件的大面积钻铆加工。工件一次装夹，可完成壁板零件的基准孔测量、法向测量、无毛刺钻孔、钻孔检测、智能点胶、自动送钉、铆接、自动除屑和集屑等，可完全取代人工操作实现全自动化作业，大大提高铆接质量和效率。



镜像铣系统

镜像铣系统是航空航天大型薄壁件精密加工的先进加工装备，是淘汰高污染、低精度化学腐蚀加工的新一代精确、绿色制造技术。可将大型飞机蒙皮与运载火箭燃料贮箱制造中的壁厚精度提升5倍，实现飞行器大型结构件的精确减重，并每年减少数千吨污染物排放。

镜像铣系统是集成变形曲面在线定位、高速双五轴自动化加工、多传感融合实时测量、工件质量闭环控制、制造过程自主决策、设备精度自诊断特点的智能化工制造装备。

镜像铣系统获得荣誉:2015年上海市科技进步一等奖；2016年国家科学技术进步奖二等奖；2017年中国国际工业博览会创新金奖。



高精精密车铣复合五轴加工中心 (VMC-C100HMT)

高精精密车铣复合五轴加工中心具有五轴联动铣削和车削两种模式，这种车铣复合的特殊化设计，减少因传统工序多次装夹造成的时间损耗和精度损失，提高加工效率和加工精度。整机采用高刚性桥式结构设计，直驱大扭矩高精度摇篮式双回转工作台，行程大（可定制），速度高，机床稳定好，动态精度高，并提供定制化加工CAM软件和工艺服务，全面提高加工效率和质量。具备自动换刀、自动换头功能，机床RTCP动态精度可达0.02mm(检验标准ISO 10791-6-2014)。该机床适用于航空航天复杂回转体、机匣类零件、汽车零部件模具、叶轮的精密加工。



因代克斯贸易（上海）有限公司

展位号：N1-B201

TNC65车铣复合中心

该机床采用柔性位置控制，防止棒材碰撞刀塔，伺服电动机控制技术提供精确的棒材控制，棒材直径尺寸由简单的参数设定，设备自动调整，可适用六方或四方棒材换料，循环时间极短，所有动作都由电动机驱动，运转安静顺畅，无需任何气压单元自我报警诊断及报警显示近乎苛求的设计，让日常保养降至最低搭配X轴或Z轴移动式脚座（选配），方便调整。

主要参数：棒料通过能力65mm，加工长度450mm，主轴最高转速4000r/min，主轴/副主轴功率18.5/11 kW，主轴/副主轴扭矩230/210 N·m。



MS22C多轴棒料数控多功能机床

该设备为前开式机床，用于棒料加工通行畅通，操作方便高动力溜板采用滑动导轨（X轴）由于套筒采用静液轴承支承，Z轴无磨损同步主轴运行异常迅速最多配备6把刀具，用于背面加工。

主要参数：棒料直径 22 mm，最高转速10000r/min，最大功率15 kW，最大扭矩 18N·m。

C200生产型自动车床

快速生产棒料车削件具有巨大的加工区，满足工件所有加工作业所需INDEX SingleSlide导轨系统，为获得更高的动力提供了保证具有很高的加速度（1g）和快挡速度（60 m/min），2根动力强劲且结构相同的电动主轴，包含操作系统为 Xpanel - i4.0 ready 连同18.5in触摸屏和基于Siemens S840D sl的INDEXC200-4D。

主要参数：主轴通孔直径 65 (90) mm，卡盘直径 160 mm，车削长度 710 mm。



东莞金研精密研磨机械制造有限公司

展台号：W1-B416

KD24QX高精度单面研磨机

该展品特点如下：

- (1) 人机界面PLC程控系统，确保操作稳定性、便捷性。
- (2) 精密气动加压提升装置，减少工作负荷，提高生产效率。
- (3) 独特安全锁机构，防止意外断气、断电而掉盘伤人的意外发生。
- (4) 变频控制，实现软启动、刚性冲击小。
- (5) 工作台、升降调整机构，取件方便。
- (6) 自动加液装置、更节省耗材成本及符合环保要求。
- (7) 选用高精度机械部件及电器元件，确保机床稳定性、精密性、耐用性。



KS25B高精度双面研磨机

人机界面控制系统，确保机床稳定性、安全性；分段精密加压控制，适合粗、中、精等研磨抛光工艺；采用高精度轴系，确保机床的精密性和耐用性；独特的安全锁机构，防止意外断气、断电“掉盘”伤人的意外；外齿圈及挡水盘半自动升降系统，方便取放工件；整机运行采用独立电机拖动，使上、下盘及中心齿轮速度达到最佳配比，游轮实现正反转，满足修盘工艺要求。



广州数控设备有限公司

展位号：N5-B211

GSK系列数控系统——全方位的数字控制解决方案

2017年产销量超过10万套；连续18年数控系统产销量独占行业鳌头；累计销售超过90万套数控系统。

广州数控设备有限公司二十多年来专注于机床数控系统、伺服驱动装置与伺服电动机的研发及产业化，坚持自主创新，实现数控系统、伺服驱动、伺服电动机等关键技术和零部件的自主研发生产。是国内最具规模的数控系统研发生产基地，被誉为“中国南方数控产业基地”。

GSK已成为数控机床行业用户的优选品牌，产品批量配套沈阳机床、宝鸡机床、大连机床等国内100多家主流机床企业，并远销巴西、阿根廷、新加坡、马来西亚等二十多个国家和地区，占国产数控系统市场份额的50%以上。



翰默（上海）贸易有限责任公司

展位号：N3-B401

翰默动平衡机

该平衡机防止主轴的振动, 减少机床主轴轴承的磨损, 能发挥机床最大的加工能力HSC / HPC, 延长刀具寿命并提高切削能力, 提高表面加工质量, 并保证尺寸的稳定性。重量450kg, 测量精度0.5gmm, 最大可测刀柄长度400mm, 最大可测刀柄直径380mm, 最大可测刀柄重量30kg。



NG舒适型热缩机

可装拆3~50mm刀具整硬和高速钢刀具, 都适合手动控制, 可减少刀柄和刀具的损坏, 不会加热刀柄的锥部和刀具。迷你型热缩刀柄, 有专用程序和保护套, 最大化延长热缩刀柄寿命。



UNO半自动对刀仪

最大可测的刀具直径为400mm, 最大可测刀具长度为700mm, 最大可测刀具重量为 30 kg, 测量直径100mm的卡规 (X轴 -50 mm), 对刀仪自重 255 kg (20 | 70)。能自动聚焦被测量刀具, 刀尖非常适用于多刃刀具圆周测量, ISS自动聚焦, 主轴可选, 亦可手动操作, 手动X和Z轴精确到微米。FEM 优化和耐热铸铁结构, 高品质的配件如Bosch Rexroth导轨、SMC气动元件、精确至微米的驱动器。使用模块化概念的独特设计, 配置观察刀刃的反射光源。



强力型热缩刀柄

该产品给直径3~50mm的刀具提供高精度稳定的夹持方式, 稳定的高跳动精度, 不需要另外的附件(例如筒夹、螺钉、等), 延长刀具寿命并提供更高的切削能力, 更好的表面质量。由于跳动精度高模块化系统扩展成为可能, 快速且稳定的换刀, 更好的刚性和更大的夹持力。直径范围3~50mm, 跳动精度 $<3\mu\text{m}$ 。



浙江畅尔智能装备股份有限公司

展位号：W2-A408

汽车制动器支架生产线

汽车制动器支架生产线由直角双立柱立式外拉床和四工位十二主轴复合机床及关节机器人和智能物流系统组成。集精密拉削成形、平面铣削、钻孔攻丝、在线检测、激光打码等工艺于一体，加工节拍只要6s。同时还可根据不同的客户需求提供定制化解决方案。

作为汽车制动系统中的核心部件，支架卡钳的加工精度和尺寸稳定性就尤为关键。因此，汽车支架卡钳生产加工产线不但需要高精度而且还需要高效率，以及拥有加工过程的实时监控以及具备产品加工完成后的跟踪追溯以外，同时还要结合智能制造具备高度自动化生产能力。这样的生产线以前中国只能依赖进口，而现在畅尔装备研发制造的“汽车制动器支架高速精密加工全自动化生产线”实现了进口替代，且部分指标已经具有国际先进水平，返销到欧美多个国家



山崎马扎克（中国）有限公司

展位号：N4-A301

Mazak豪门经典卧式加工中心HCN6800 L

创新需要找到原点，HCN系列经历了H系列、FH系列、PFH系列卧加的迭代而来，不是凭空开发出来的产品，在机械构造方面吸取了前面3代系列的磨砺。

HCN系列最伟大的创意：为机械制造和这个变革时代提供了新的链接器，经典被赋予了新能量，搭载的第七代Smooth科技就是最好的证明，将机械制造的过程中的重要组成部分机床的表现，形成数据化，变为可以交互的智慧尘埃，并链接到管理层，链接到分析层，形成新一代力量，这就是HCN系列的最大创意和前世今生。

主要参数:主轴标配最高转速10000r/min；主轴输出功率：AC 37kW（50 HP）（30min额定），AC 30kW（40 HP）（连续额定）；最大扭矩：586 N·m（1min额定），无论低速还是高速，主轴扭矩都很稳定，使用与从铁到铝等材质的广泛加工。



威士精密工具（上海）有限公司

展位号：N1-B105-1

PCD/CBN刀片、非标刀具

PCD（聚晶金刚石）的组成部分中95%~99%是碳的同位素C12，其导热性能比天然金刚石好50%，比铜快8.5倍，其物理特性也是目前最好的。

金刚石是最硬的材料，采用特殊的高温高压工艺，可以在硬质合金基体上粘贴一层紧密的聚晶金刚石层。PCD刀片可用于切削加工非铁的其他金属如铝合金以及非金属如纤维增强塑料（GFK和CFK）、硬质橡胶、木材、纤维板、三聚氰胺树脂聚合材料和纤维增强金属（MMC）。使用带金刚石镀层的切削刀具，可以获得更快的切削速度和更长的刀具使用寿命，被加工材料表面的质量和加工精度也会更高。

威士主要生产以PCD、CBN及ND（MCD）为材料的标准刀片、非标准刀片和成型刀具。100%进口的原材料，配合瑞士、德国国际先进机床设备及制造工艺，为客户提供值得信赖的产品。



苏州哈勒数控磨床有限公司

展位号：N1-A416

五轴数控工具磨床

床身本体采用了优秀的新材料“矿物铸件”。吸振性强，阻尼特性是铸铁的10倍以上，且对于高、中、低频的震动都能吸收。随着主轴转速的提高，磨床镜面加工更易实现。热传导慢，是金属材料的1/24，从而大大提高了机床的稳定性。

天然花岗岩框架结构的CNC数控磨床，力学性能指标优秀，特别是硬度和线胀系数吸水率。

热机时间短，中途停机不影响加工精度。

双列轴承，滚柱式导轨，高精度，高刚性。

恒定14.5kW的电主轴，可选配独立冷却系统，动力强劲稳定。

直线轴配有直线光栅尺，分辨率可达到0.0001mm。

工件轴直驱电动机带圆光栅，采用BT50的装夹方式。

加工行程短，优化的运行节拍，可节约加工时间，降低生产成本。

工件、砂轮双自动在线测量系统高效准确，保证了加工刀具的稳定性。

全球最顶级的NUM-Flexium+68控制系统及NUMROTPlus磨削软件，操作灵活易学。

是非标、成形刀具和医疗刀具及零部件最理想的精密磨削加工中心，优秀表现于加工细长深孔钻、螺纹铣刀等，加工直径范围3~20mm。



巨浪凯龙机床(太仓)有限公司

展位号： N1-B301

五轴联动双主轴高精密加工中心

巨浪五轴联动双主轴加工中心DZ08FX Precision+将首次在中国亮相。Precision+技术赋予了该机床超高产能的加工优势。DZ08FX Precision+最大扭矩为7N·m，主轴功率14kW，最高转速40000r/min，启动时间仅需1.9s。X轴加速度为10m/s²，Y轴加速度为17m/s²，Z轴加速度为20m/s²。X轴和Y轴快移速度可达75m/min，Z轴快移速度可达100m/min。屑-屑时间为3.0s，换刀时间约为0.8s。Precision+技术在X、Y和Z轴使用非接触式直线驱动，可产生更大的拉力，从而使进给速度更快；还可获得更快的运行速度，提高表面加工质量。直接测量系统确保所有轴的精度最高。



FZ15W 双工作台高效立式加工中心

巨浪FZ15W high speed立式加工中心以高速度、高动态性能、紧凑结构、高稳定性和可靠性著称。该机床配置巨浪专利“篮式刀库”，屑对屑换刀时间仅1.9s。自动交换工作台可在加工的同时装卸零件。配合第四轴转台，可胜任复杂的大批量加工任务。

北京市电加工研究所

展位号：W2-A401

UT300A油槽自动升降式精密数控电火花成形机床

机床油槽自动升降装置包括折叠式起落架和驱动组件，折叠式起落架包括交叉铰接的连杆，连杆的上端可滑动地设于升降槽的外侧壁，且其下端可滑动地设于固定槽的外侧壁；驱动组件在连杆的交叉处与连杆连接，用于驱动连杆运动以使折叠式起落架伸展或收缩，以实现带动升降槽上升或下降。该装置有效解决了油槽的高度调节问题，并获得实用新型专利2项。与传统的开门式油槽结构不同，自动升降油槽对液位调整的要求更为严格。油槽下降前，加工液必须首先排出。通过在升降槽上设置液位感应装置及设计相应的自适应控制系统，有效解决了液位的调整问题。升降槽设置成与内侧壁匹配的环形槽壁，置于环形空间内，匹配地设于内侧壁的外侧面且可沿内侧壁上下移动。油液循环系统在电火花加工系统中主要起两个作用：一是通过过滤向加工区循环输送干净的工作液，满足加工需要；二是根据电火花加工工艺要求，实现冲抽液的供液功能。普通电火花加工机床的油槽不需要上下运动，进油装置和回油装置都可以设置在油槽上。升降油槽上下压缩变形，对进油路设计及回油路设计都提出了挑战。升降油槽上下运动，油路设计要以减轻升降油槽负载为主。通过在上滑座上设计进油口和出油口，并通过上滑座与油槽的匹配，完成了油液的供给要求。油槽自动升降式电火花加工机床的定位精度 $\leq 5\mu\text{m}$ ，重复定位精度 $\leq 2\mu\text{m}$ ，具有自动化程度高、操作便捷、可靠性高等优点；可实现四轴数控四轴联动，脉冲电源可实现最佳表面粗糙度 $Ra0.1\mu\text{m}$ 、最小电极损耗0.1%的精密加工。



MH10微孔电火花加工机床

MH10微孔电火花加工机床是北京电加工研究所依托2011年国家重大专项研发的六轴联动微孔加工倒锥孔的专用机床。采用液晶显示器，六轴六联动数控系统，该机床结构紧凑，整体外形精巧，大大节省客户的使用空间。

该机床具有高几何精度和定位精度，具备加工不同球心喷孔的功能；具备加工倒锥型“K”因素喷孔的功能；可编程加工不同孔数、不同位置喷孔、锥度可调，是柴油发动机喷嘴加工的专用设备。

工作台尺寸（长/宽） $310\text{mm} \times 342\text{mm}$ ；工作台最大承受重量 50kg ，主机外型尺寸（宽/深/高） $1177\text{mm} \times 1441\text{mm} \times 1690\text{mm}$ ，整机质量 800kg ，总输入功率(10A) 5kW ，最大加工电流 25A ，系统的坐标数60PCS，系统显示器 15in LCD 。



CCMT2018展品四大看点

中国机床工具工业协会市场部 周敏森



第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）将于2018年4月9-13日在上海新国际博览中心举办。

CCMT2018规模宏大、展品技术先进、精彩纷呈、配套活动丰富多样。全部展示面积达12万m²，来自全球机床工具产业最发达国家和地区的1200余家境内外企业踊跃参展，将成为广大业内外人士一次共享当代世界机床产业最新发展成果的盛会。

工业4.0第四次工业革命大潮、中国制造2025制造强国战略和国民经

济进入高质量发展新阶段是本届展会的三大背景。CCMT2018将紧密贴合服务于国内外经济与技术发展大局，汇集全球精华技术和产品，通过展示、贸易、论坛、技术交流等多种方式，助力基础制造装备与技术的提升和社会经济活力的增长。

本届展会的主题是“聚焦——数字·互联·智造”，这既是当前世界工业变革的主流与大势，又是我们面临的机遇和挑战。CCMT2018将以其广博的内涵全面诠释这一主题，并通过

展会的举办帮助我们开阔视野，增长新知识新理念，启迪引导工作思路和方向，开拓工业革命的新征程新纪元。

为满足广大新老观众的热情期盼，根据展商提供的展品信息，总结以下四个看点，供参考。

数字化、互联互通— 助推制造模式转型

数字化制造是全球制造业面对未来的必然选择，制造模式的变革与转折迫切需要得到新的解决方案、技术和产品的支持。机床制造业在过去近70年中将数字与传统机床完美结合，为全球制造业提供了最先进的制造装备-数控机床，也必将在新一轮工业革命中利用这种优势，继续成为引领未来制造的重要因素。

本届展会我们可以继续参观学习经典著名的数字化制造解决方案，如Siemens公司的PLM生命周期管理软件、MAZAK公司的SPS智能化工厂管理系统、OKUMA公司的“Okuma Smart Factory”智能工厂、MITSUBISHI ELECTRIC公司的

“e-F@ctory” FA整合解决方案、GF公司的WSM车间管理解决方案等。与此同时，我们还可看到一批新推出的数字化解决方案，特别是国产方案的闪亮登场，展现出《中国制造2025》强国战略取得的初步成果和强劲的发展势头。

已经正式入选工信部《第一批智能制造系统解决方案供应商推荐目录》的武汉华中数控股份有限公司，在本届展会将展示两套全部基于国产数控系统的智能车间数字化制造方案，一套用于模具制造，另一套用于移动终端制造，这两套方案是目前中国版工业4.0的优秀典型代表。移动终端加工方案载有全国产化的工业软件系统，包括云数控系统平台、CAPP、APS高级排程系统、MES生产管理系统和三维虚拟仿真系统。模具制造方案载有智能化排程系统、智能化执行系统、智能化控制系统和智能化决策系统，能够对包括电极加工、钢料加工、电火花加工以及检测系统和智能物流系统在内的生产车间实现现实虚拟一体化、设计制造一体化、过程管控一体化、生产协同一体

化的数字化集成管控。

沈阳高精将展示的3D可视数字化车间智能管控系统，具有三个主要功能平台。设备互联互通平台可实现国内外多种主流数控系统及设备的互联互通和实时数据采集。工业大数据平台能够对获得的大数据，如效率、故障、有效工时、能耗、OEE、KPI等关键数据进行深度分析和挖掘，并提供基于知识、经验与专家库的决策支持。3D数字可视化平台采用虚拟现实、数字双胞胎、视频流实时监控、实时互动3D引擎等核心关键技术，实现物理车间与数字平台之间完全的实时同步映射。该系统已经在我国某航空航天企业得到成功应用，并发挥了良好的示范作用。

格劳博机床（大连）有限公司将展出GROB-NET4Industry数字化工厂解决方案。该软件是GROB公司数十年的机床制造经验与IT技术高度融合的产物，其模块化应用程序能够将企业各要素进行优化整合，

以最优产能为目标进行高质量运作，提供从生产规划、设备监控与分析、加工过程可视化到维修保养的全

方位数字化解决方案。

北京北一机床股份有限公司、大连工业大学、南京工业大学在院校之窗展区也展出了他们的数字化制造解决方案及相关研究成果。

控制系统是实现数字化制造的关键，本届展会将有多款与时俱进的控制系统，以独立或与主机一起的方式呈现给观众，它们既有强大先进的机床控制能力，又具备支持数字化制造结局方案的多种功能。国内外主流控制系统，如SIEMENS公司Sinumerik 840D sl 数控系统、FANUC公司的i系列数控系统、HEIDENHAIN公司的TNC640 数控系统、MAZAK公司的SMOOTH系列数控系统、OKUMA公司的OSP Suite系列数控系统、DMG公司的CELOS系统、华中8型数控系统等，众星汇聚，齐整亮相。全球自行车著名制造商INDEX，在本届展会上将展示旗下两大品牌INDEX和TRAUB的C200 sl控制系统和TX8i-s V7控制系统及装备了它们的两款高端机床，彰显出INDEX公司产品卓越的性能及对工业4.0的认知和把控能力，很值得关注。

可以预见，工业4.0新一轮工业革命将开创新的发展机遇和市场，具有时代特色的新产品和新技术也将获得相应的发展空间。本届展会上与此相关的一些很有特色和创意的产品和服务，也印证了这一点。

上海纽酷信息科技有限公司的“新核云-企业智能工厂”解决方案，实质是以SaaS模式（Software-as-a-Service—软件即服务）为企业提供的移动ERP系统。最大特点和优势在于相关业务可通过手机完成，包括销售与生产、采购与排产、质检与库存等系统业务的协同与管控。



还有上海双湖信息科技有限公司的“时视-设备数据采集与生产管理系统”，由“时视BOX”硬件与“时视数据平台”软件组成，采用独创的数据智能采集、交互、传输以及手机APP技术，实现设备与生产数据的采集、集成与应用，为企业设备与生产的智能化管理，提供基于移动互联网及大数据云平台技术的整体解决方案。

集成一功能、效率

将工艺、工序、机床结构与功能、工作方式按照某一目标进行融合与集成，从而获得高性能和高效率的产品，既是技术创新发展的一个趋势，也是市场发展的必然需求。随着技术与市场的发展，集成的内涵也在不断延伸和深化。本届展会众多展品将从多层次多角度展现集成理念下的最新发展成果，并为广大客户带来更多新的选择。

复合机床卓越的跨工艺能力和“一次装卡全部完成”的工作方式得到市场的持续热捧与关注。日本大隈展出的MULTUS U 3000铣车复合加工中心，宣称是“将所有需求凝聚为一台的终极复合机床”，机床设有对置车主轴、铣主轴、动力刀塔以及B轴、C轴，能够在一次装卡中完成复杂零件的多种加工，包括齿轮加工和倾斜车削能力。科德数控股份有限公司展出的KHMC125UMT车铣复合加工中心，其车铣工作台、铣车主轴及包括A轴、B轴的五轴联动功能，使其具备强劲的复合加工能力，适用于中大型复杂精密机匣类零件、箱体类零件以及复杂回转体零件的复合加工。INDEX公司展出的RatioLine

G220和TNX65 铣车复合加工中心均设有对置车削双主轴、可摆动的铣削主轴和多个动力刀塔，同样具有很强的复合加工能力。此外，埃马克（中国）的VLC 200 GT车磨复合加工中心、DMG MORI的第二代NTX 1000 铣车复合加工中心、联合磨削集团旗下WALTER的具有磨削和电解磨削二合一功能的HELITRONIC DIAMOND EVOLUTION刀具磨床等也将参加展出。

加工单元是以工艺近似原则集成的成套加工装备，以其对同类零件的适用性、柔性 and 高效而被广泛采用。四川普什宁江展出的FMC50箱体类

零件柔性制造单元，由精密卧式加工中心、立体托盘库、搬运小车、工件装卸站、总控装置及其他辅助设备组成，具有完备的自动化解决方案和信息化解决方案，可24h连续进行多品种自动混流生产。瑞士精机公司展出的Cyberpolish 920T抛光机，将2~4个工位和最多6个机器人（5个工作机器人，一个装载机器人）集成在一起，能够完成带磨、砂磨、拉丝、表面处理、抛光及镜面等所有与抛光相关的专业加工。此外，北一大隈的由两台立式加工中心、关节机器人和自动物流线组成的智能节能风机电机壳体自动加工单元，也将参加展出。



生产线是按批量生产原则集成的装备，以其规模化生产、连续、快节奏、自动高效的特点而成为现代制造的标志性装备。埃马克（中国）展出的VL 3 DUO + VL 4 H紧凑型齿轮生产线，由双工作区双主轴组成的高效盘类零件倒立车、立式滚齿机及全套自动化装置组成，并全部是EMAG自己提供，适用于模数4和直径200mm规格内的齿轮，特别是汽车变速齿轮的高效高精批量生产。大连三垒展出的五轴加工中心智能化示范生产线，由三种三台立式五轴联动加工中心、具有视觉功能的传输机器人、自动上下料装置、夹具快换装置等组成，还可配置工件检测、刀具检测监测、工件去毛刺等其它功能，并具备信息采集以及与车间管理系统的互联功能，适用于多品种、小批量复杂金属材料零件的高效自动加工。济南第一机床展出的J1RAL—P 铝合金轮毂自动化生产线，具有气门孔定位检测、自动上下料、工件移位翻转、工件及夹具清洁、工件检测及尺寸补偿、良品/不良品检测、工件转序等多种功能。吉林省金沙展出的制动盘自动生产

线，由双倒立式车削单元、全自动物流装置、双倒立式车钻复合加工单元、在线测量系统和基于以太网和云服务的监控系统等组成，具有广泛的适用性和柔性，涵盖市场多种汽车刹车盘的制造需求，且换线速度仅需15~40min。

多主轴机床将工序加以集成，利用多主轴多刀架优势，对同一工件的正面、背面或相同零件同时进行加工，因而功能和效率得到大幅提高，是目前发展较快的一类机床。多主轴机床有多种类型和形式，平行主轴展品有村田的MW120EX和MW200、友嘉的TW-8、斗山的PUMA TW2600、程泰机械的GTH-2000等卧式车削中心；巨浪凯龙的舍勒（SCHERER）VDZ100DS以及埃马克（中国）的VLC 50 TWIN双主轴双刀塔同步数控倒立式车削中心。对置主轴展品有程泰机械GTW-1500Y、湖北斯基维亚的TLX-42SMCY、TZX-42SMCY等卧式车削中心；INDEX的C200、宝鸡西力的XKC-T20B、四川普什宁江的CK1104VI、南京建克的WR25-8 自行车。将多主轴优势发挥到极致

的例子为INDEX展出的MS22C自动车，具有环形布置的6个平行主轴和2个角度布置的对置主轴，满足包括铣齿、滚齿在内的多种加工需求。此外，多主轴机床在其他类机床中也得到广泛应用，如北京机电院展出的BV100S双主轴立式加工中心、德州冠鲁精密的双轴深孔枪钻机床、宁夏银川大河的DHK039双主轴钻铣中心、武汉重型机床集团有限公司的ZH5480*2/60*10双主轴龙门铣钻加工中心、沈阳海克机床的GDC1520h双主轴龙门式高速钻床等。

自动线单机是近些年发展起来的一种用于集成制造的单元式机床，能够灵活应对生产变化要求，机床最大的结构特点是两侧不设操作和服务空间，因而可以彼此紧靠在一起，实现单元化、批量化制造。本届展会参加展示的有哈挺中国的GX510 高性能立式加工中心、纽威数控装备（苏州）的NL161H单机自动线等。

智能技术——人机融合、提供卓越作业支撑

当代计算机和信息技术促进了智能技术的快速发展，智能技术已经成为高档产品的象征和标志。本届展会是一次智能技术的盛会，多种智能技术以软件、功能的形式，贯穿于工艺制定、编程、模拟与检查、设置与操作、过程控制与检测、维护与保养等各环节各要素中，为作业提供了强有力的支持，展现了现代机床最具魅力的一面。

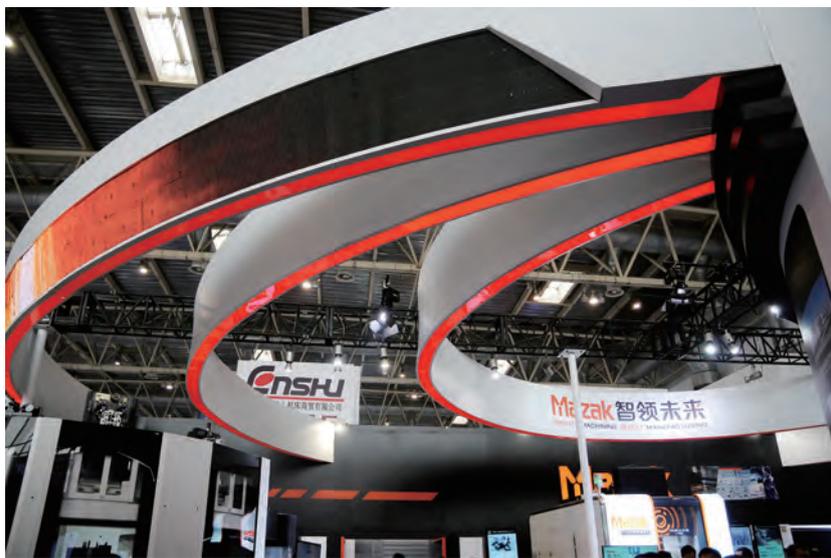
展示的智能技术可归纳为以下几个方面。

富含专业技能的工艺软件。如



DMG MORI展品配置的车削/车铣复合加工循环和铣削/铣车复合加工循环软件，汇集了公司几十年专有的应用技术，能够以最有效的方式发挥出机床的最大潜能。OKUMA复合加工中心的齿轮加工软件包，只需通过三步编程，即可在五轴加工中心上完成过去只能在齿轮机床上完成的工作。INDEX公司的VirtualPro编程辅助工具及旗下TRAUB品牌的铣削软件包，可方便快速创建多种加工程序数控，优化的路径和刀具应用策略可显著提高切削率，减少刀具负荷，提高刀具寿命。联合磨削集团展示的STUDER、WALTER、EWAG等品牌机床，均配有适用于各自专业领域的磨削应用软件，营造了一个稳定的编程环境，支持机床的有效应用。我国机床企业在这方面也取得积极进展，大连科德的五轴卧式复合加工中心、台州北平和东莞市千岛机械的数控工具磨、南京二机的数控内齿珩轮强力珩齿机、大族激光的数控切管机、哈量的对刀仪和齿轮测量仪、西安澳玛的旋压机等也都配有专业的工艺与生产支持软件。上海拓璞可为其五轴车铣复合立式加工中心提供定制化加工的CAM软件和工艺服务。

与人的沟通能力。友好的操作界面、简洁专业的编程方式和拟人化的操作方法是建立良好人机关系的重要一环。能够不需借助代码，不需富有经验的用户，利用结构清晰且图形化的编程方式，顺序次第引导操作者完成程序的编制，这是展会上高档数控机床、国际主流数控系统、高技术含量应用软件及智能功能所具有的共同特点。



虚拟与仿真。INDEX公司的VirtualLine虚拟机床（VM）软件，含有INDEX机床的全部功能，可在机床和CAM系统中进行与物理机床行为一致的模拟，包括程序检查、碰撞检测、切削仿真。软件使用方便简单，具有所有INDEX机床刀架、主轴和刀具的3D设计模型，按需调用。南京工程学院的工业机器人作业仿真与离线编程系统，采用复杂曲面参数自动识别技术，能够实现任意给定轨迹曲线焊接和复杂曲面打磨与喷涂的仿真与离线编程。GF加工方案的CUT E 350数控慢走丝线切割机床，配有最新的AC CUT HMI操作系统，简单易用并具有集成的三轴碰撞保护（ICP）。

加工导航。OKUMA的“加工导航（MACHINE NAVI）”功能，当切削振动发生时，能够将主轴转速自动改变至最佳，或提出备选方案并模拟效果供操作者选择。“伺服导航（SERVO NAVI）功能”，当工件和卡具的质量变化，加速转矩变化、机械磨损变化、振动发生时可自动调整相关伺服参数，保持加工精度和表面

质量，缩短加工时间。

工作环境感知与补偿。如对“热”的感知，如OKUMA的“热亲和（THERMO-FRIENDLY CONCEPT）”功能、RENISHAW的Equator比对仪的热补偿功能、MAZAK的“智能热变位屏蔽”等，降低了设备对使用环境的要求，并保证了前后加工品质的一致性。

对“力”的感知与控制。如武汉重型机床的ZH5480龙门铣钻加工中心、宁波天瑞精工的VF1290A龙门高速高精加工中心等，均具有对切削力变化的感知和自适应控制功能。雄克精密展出的Co-act 协作机械手，具有人机接触感知功能，一旦检测到不必要的人机接触，能够自动限制其抓取力。类似的还有FANUC的协作机器人，人机可以相安共处，密切共事。

对加工对象的感知与补偿。上海拓璞的整体筒段镜像铣削系统，为保证加工对象的等壁厚要求，具有对加工对象初始壁厚和加工过程中随机变形的剩余壁厚的感知和自适应控制。

预测。数控系统通过对程序的预读预判，对运动方向和速度突变点进

行提前平顺化处理，以获取高品质的控制与加工质量。许多展品具有的“平滑控制功能”、“可变加速度控制功能”、“拐角控制功能”等高速高品质，都与此类技术密不可分。

视觉与听觉。美国ABB的机器人、安川首钢的机器人铸造件生产系统、吉林省金沙数控的制动盘生产线、上海普睿玛的皇家系列7系龙门光纤激光切割机、大连三垒公司的五轴加工中心生产线、江苏金方圆的ABM自动化折弯单元，均具备视觉功能，能够对工件的尺寸、形状、位置做出准确的识别和抓取。南京工程学院的高精度焊缝视觉智能技术，可实现焊缝自动实时跟踪和焊接参数的在线调整。联合磨削集团的MIKROSA KRONOS无心外圆磨具有听觉功能，可大幅缩短修整笔与砂轮、砂轮与工件之间空程运动时间。

智能维护。OKUMA的“五轴自动协调（5-AXIS AUTO TUNING SYSTEM）”功能，利用传感器和公司机电一体技术，用户在10min内通过三步简单地操作，即可完成五个联动轴的综合几何误差检测，并自动

确定误差补偿值，彻底改变了传统的费时费力调校方式，方便容易的获得了常用常新的效果。类似的技术还有MAZAK公司的“五轴高精度调准”等。

智能技术在激光机床领域也得到越来越多的应用，如上海普睿玛，武汉高能激光，奔腾激光(温州)，济南邦德激光，信宜华辉的图形排样、自动寻边、共边切割、表面跟随切割，防碰撞、跳蛙、连割、尖角绕割等智能功能。

专用设备——量身定做、匠心制造

机床是最具个性化服务特征的产品，本届展会有多种多台量身定做、匠心制造的专用设备参加展示，呈现机型众多、涉猎面广、技术精专、贴近市场四个特点。机床制造企业与市场用户的紧密契合，在专用机床方面表现的更为充分，本届展会对于那些需要高效高性能专用设备的客户提供了一次非常难得的了解机会。

在航空航天应用领域，面对弱

刚性薄壁大型复杂零件的加工难题，上海拓璞将推出三种基于镜像加工原理研发的利器。大型蒙皮卧式双五轴镜像铣系统由铣削侧、支撑侧（镜像支撑系统）卧式加工中心和柔性装夹系统组成，用于飞机蒙皮零件或运载火箭壁板正反面下陷区及蒙皮零件内外轮廓及孔的镜像高精高效铣削加工。整体筒段镜像铣削系统用于运载火箭整体筒段加工，双曲箱底镜像铣系统用于运载火箭燃料贮箱曲面箱底加工。三套加工系统均配有相应的加工软件，支持用户便捷使用。与此同时，该公司还将展出航空领域不可或缺的机器人自动钻铆系统。系统由工件一侧的高度集成的制孔铆接末端执行器和工件另一侧的顶紧末端执行器组成。制孔铆接末端执行器集成有基准孔位置识别与位置偏差补偿、法向测量与调整、夹层夹紧、断刀检测、自动对刀、微量润滑、除屑、自动送钉和装钉、气动锤铆、孔径/沉孔检测、视频监控等功能，适用于航空器机身、机翼、舱门、尾翼等部件高自动化、高效、高质量的铆接组装作业。西安中科微精光子的五轴激光微孔加工设备，用于曲面、复杂型面小型零部件微孔（圆孔、异形孔）的超精细加工。设备采用超快激光器，加工表面完整、无重铸层、无微裂纹、热影响区小，且对多种材料，如高温合金、金属、非金属、特别是复合材料具有广泛的适应性。设备还具有差异化工艺参数的群孔自动连续加工、激光功率等指标实时监测、加工状态实时显示等功能，局部光路净化封装适应非超净工作环境。此外，北京迪蒙卡特机床有





限公司的CTM450-ABC数控电火花成型机也将参加展示，主要用于镍基高温合金材料的发动机叶片簸箕口的加工。

在车削类机床领域，埃马克（中国）的VT2车床是一款专为高效批量生产轴类零件研发的设备，双刀架零件两侧同时切削、短行程、主轴动力强劲构成了机床的适应性优势，机床倒立式布局，排屑流畅，工件上下料由安装在两个刀塔上的夹持器完成，整个过程仅需6s。此外，宝鸡机床集团和台中精机的数控轮毂专用车床、山东沂水机床的数控管螺纹车床、无锡泰诺工具的用于模数6~20mm各类滚刀的数控铲齿车床等，也将参加展示。

在加工中心领域，科德的KTurboM3000五轴叶片铣削加工中心，针对零件加工特点采用先进设计方法和多种先进技术，如多线轨大跨距支撑的（Z轴）重心驱动、对置转台的（A轴）同步直驱、B轴的直驱等，保证了机床的高刚度高效高动态特性。此外，南京彩云机械电子的小

模数数控蜗杆旋风铣床和山西风源机械的XKW系列数控旋风铣床、广东科杰机械自动化有限公司和宁波迈拓斯的石墨加工中心等也将参加展示。

在磨削类机床领域，联合磨削集团的KRONOS S250无心外圆磨床，是专为刚玉和CBN砂轮磨削油针、喷嘴和油泵活塞类小型零件的高效超精密设备，具有切入磨削、单工件或多工件切入磨削、多工序同时或先后切入磨削、振荡切入磨削、穿越磨削多种工艺能力，轴系分辨率 $0.01\mu\text{m}$ ，磨削精度小于 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 。陆联精密股份有限公司LWT-2080 CNC蜗杆磨床，用于汽车电子助力转向（EPS）系统蜗杆零件的高效批零生产，采用金刚石成形修整轮，具有自动夹持、自动对齿功能，并配有上下料机器人和料仓物流系统。荣光机械的Ultra GU-3550CNC数控非圆磨床，是针对非圆工件磨削而研发的专用设备，适用于偏心圆、多边形、曲柄轴、凸轮轴等工件的高精高效磨削。此外，台州北平机床的螺杆转子磨床和螺纹磨床、纽威数控装备（苏州）的数控球

面磨床、新乡日升的轴类零件数控中心孔磨床、南京南特精密机械用于直线导轨的两侧平面、腰槽及圆弧截型磨削的导轨磨床等，也将参加展示。

在超硬刀具刃部精加工机床领域，DMG MORI公司的LASERTEC 20 PrecisionTool激光精密刀具加工机床，利用脉冲光纤激光对PCD/CVD/CBN刀具切削刃部进行5轴完整加工以及PCD圆刀板分割及断屑槽的加工，切削刃半径达 $3\sim 8\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $Ra=0.3\mu\text{m}$ ，且无需再精加工。类似的设备还有来自联合磨削集团旗下EWAG公司的LASER LINE ULTRA“一站式”光纤激光磨床，是全球最紧凑的金刚石刀具激光生产中心之一，直线轴全部为直线电动机驱动，B/C轴为力矩电动机驱动，并集成有6轴机器人自动上下料和物流系统。

此外激光加工领域的济南邦德激光的T6激光切管机，成形机床领域的南通麦斯铁汽车横/纵梁板数控冲孔柔性加工生产线，拉削机床领域的山阳机械株式会社的小型CNC螺旋拉床，也将参加展示。

结语

由于提前掌握展品的资料有限，视角局限，此文只能算作管窥之见。事实上，每次展会后，都会对自己的此类文章深感不安，原因只有一个——与展会庞大精深的展示内容相比，先前文章过于肤浅，我相信，这次结果仍会如此。但我还是愿意接受这样的结果，因为这恰恰是展会的魅力所在，CCMT2018期待您的光临。

□

国内磨床消费数据分析与趋势研判

中国机床工具工业协会 信息统计部 杜智强



近几年，国内磨床消费市场正在经历显著的调整变化。随着市场需求和环境的不断变化，磨床消费市场总体呈现需求层次不断升级的趋势。磨削技术与磨床产品是制造技术和金属切削机床产品领域中的重要组成部分，对制造业的制造品质和最终产品的质量具有举足轻重的作用，所以分析和研究磨床产品消费情况变化对掌握国内机床消费市场结构性和趋势性变化有重要和直接的作用。下面根据近几年来磨床产品领域的行业运行数据和海关发布的相关产品进

出口贸易数据，综合分析和研判磨床消费情况和下一步的走势。

一、磨床进出口情况分析

1. 磨床进口情况

2017年1-12月，磨床进口额约为10.2亿美元，同比增长0.4%；数控磨床进口额约为7.9亿美元，同比增长13.4%。磨床进口产品的数控化率为77.5%。图1是2014年以来磨床产品进口额、增速及数控化率的趋势变化情况。近几年受国内经济动能转换和需求升级的共同影响，磨床进口呈现总额小幅下降和结构波动提升的趋势。特别是经历2015年磨床进口额显著下降后，近两年虽然进口额仍呈现小幅下降状态，但数控化率持续升高，反映磨床消费向中高端提升。

从磨床细分产品看（见图2），2017年1-12月进口额排在前五位的磨床产品分别是：工具磨床（2.5亿美元，同比增长54.6%），外圆磨床及轧辊磨床（2.2亿美元，同比增长12.6%），其他磨床（1.3亿美元，同比下降24.0%），珩磨机及研磨机（1.2亿美元，同比下降10.2%），平面磨床（0.9亿美元，同比增长21.1%）。细分磨床产品的进口增速情况也反映出近期国内磨床消费结构正在升级，进口额最大工具磨床和外圆磨床（含轧辊磨床）呈现显著同比增长，两者合计占全部磨床进口额的49%。

2014年以来主要磨床产品进口走势如图3所示，作为磨床进口额中占比居前的细分产品，工具磨床和外圆磨床（含轧辊磨床）的进口额增速呈现大致相同的变化趋势。经历2016年下降后，2017年再次呈现明显增长的趋势。由此可见，2017年磨床及主要细分产品领域的进口回升幅度十分明显。

从进口来源情况分析（见图4），位居前四位的国家或地区比较稳定，是磨床进口的主要来源，2017年分别为：德国（2.6亿美元，同比增长2.6%），日本（1.8亿美元，同比增长10.6%），瑞士（1.2亿美元，同比增长15.8%），中国台湾地区（1.0亿美元，同比增长31.9%）。从2017年的数据看，各主要进口



图1 2014年以来磨床进口数据

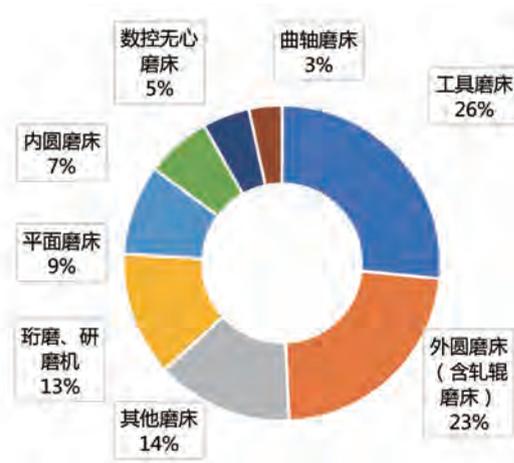


图2 2017年进口磨床结构

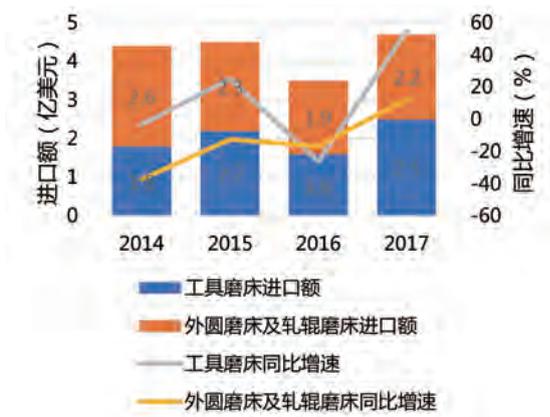


图3 磨床进口趋势

来源中，除德国进口额呈现小幅增长以外，其他主要进口来源均呈现明显增长。



图4 磨床主要进口来源

2. 磨床出口情况

2017年1-12月，磨床出口额约为2.2亿美元，同比下降0.4%；其中数控磨床出口额0.4亿美元，同比下降20.8%，磨床产品出口额的数控化率17.3%。从图5磨床出口情况看，近期磨床出口额降幅进一步收窄，但非数控磨床仍是出口的主体。这反映出目前国内制造业需求升级促使低端产能向周边国家和地区转移。未来随着周边国家和地区制造业的发展，将会拉动更多的磨床产品出口，出口结构也会不断提升。



图5 磨床出口情况

从磨床细分产品看（见图6），2017年1-12月出口额排在前五位的磨床产品分别是：外圆磨床及轧辊磨床（0.2亿美元，同比下降9.1%），平面磨床（0.17亿美元，同比下降19.1%），数控工具磨床（0.12亿美元，同比增长1.4%），其他磨床（0.1亿美元，同比下降25.0%），内圆磨床（0.05亿美元，同比下降21.8%）。从磨床细分产品构成不难看出，与进口磨床相比，磨床出口结构上还有很大的提升空间。

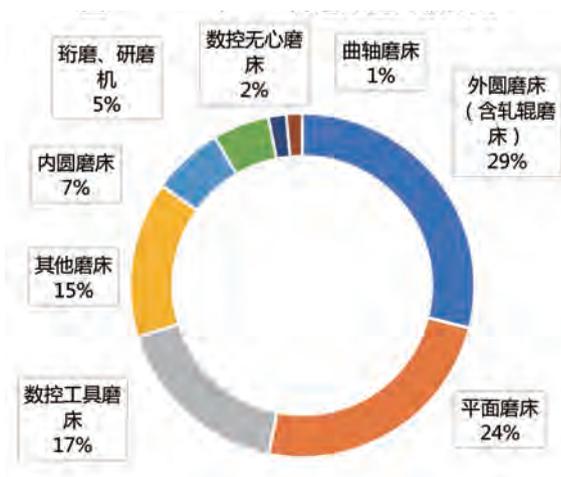


图6 2017年磨床出口构成

从出口去向情况分析（不考虑砂轮机和抛光机等低值机床），2017年1-12月出口去向前五位的国家分别为：越南（8.9百万美元，同比增长66.3%），印度（6.9百万美元，同比下降22.0%），德国（6.7百万美元，同比增长13.2%），美国（5.4百万美元，同比增长14.9%），韩国（5.2百万美元，同比增长51.7%）。从出口去向变化趋势看，东南亚的工业化和美欧的再工业化对我国磨床出口增长具有刺激作用（见图7）。

综上所述，磨床进口变化反映出国内消费层次的升级，近期中高端磨



图7 磨床出口地区

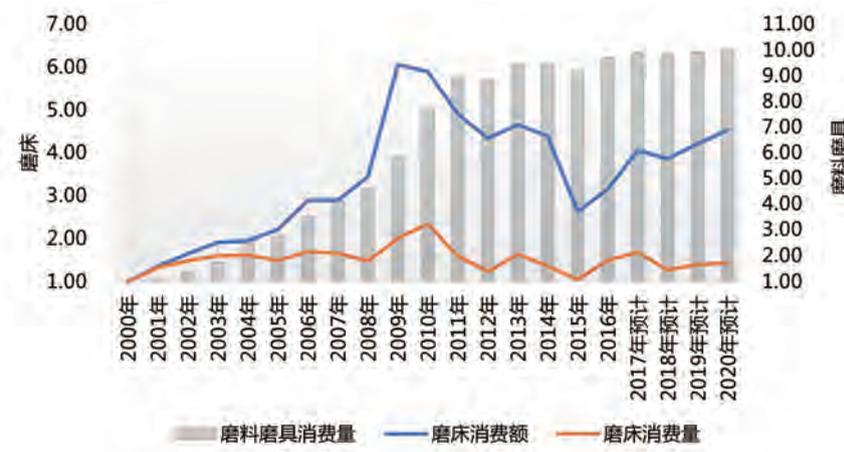


图8 消费指数模型

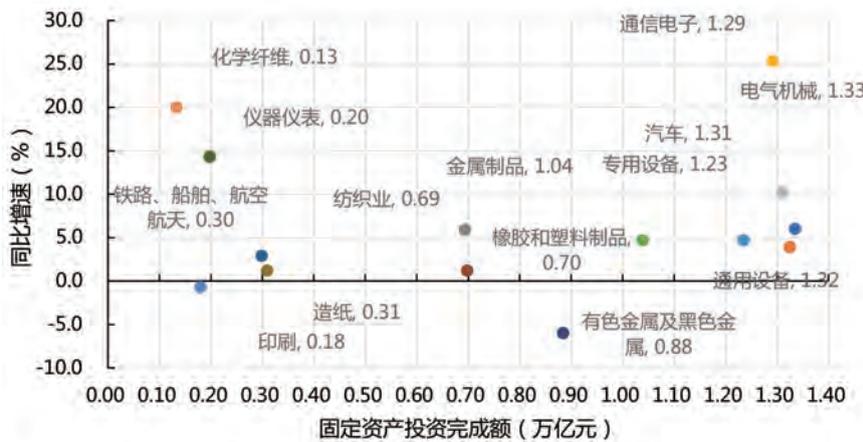


图9 与磨床相关的制造领域投资情况

床消费市场呈现回暖趋势；磨床出口情况反映出目前磨床出口层次较低，提升空间较大，国际相关市场呈现回暖趋势。

二、磨床消费趋势预测

根据国家统计局发布的主要工业品产量数据，以2000年为基期，构建磨床消费量和消费额预测指数模型（见图8）。从磨床消费需求数量和金额指数变化趋势看，2010年前磨床消费需求主要表现为数量增长推动消费额增长；2010-2015年磨床需求的数量下降幅度大于消费额下降幅度，反映低端磨床是需求下降的主体；2015年以后磨床消费额回升的幅度要大于数量回升的幅度，反映磨床消费需求结构在快速升级。因此，未来五年国内磨床消费将呈现消费数量总体稳定，消费金额持续增长的变化趋势，中高端磨床（主要指具有高精度、高效、复合加工、智能化特征，及具备极限制造能力的磨床产品）消费需求更将呈现高于平均水平的增长趋势。

由于磨床消费需求和实际消费存在一年左右的滞后，根据上述磨床消费指数预测，2018-2021年磨床消费量年平均增速在6%左右，磨床消费额年平均增速在10%左右。其中，中高端磨床消费增速将高于磨床整体的增长速度，低端磨床产品需求加速收缩。对照磨料磨具的消费量变化趋势，也可以侧面印证磨床消费需求的变化趋势。虽然2010年以后磨床消费量呈现下降，但磨料磨具的消费量并未下降，这反映出磨削加工的需求并未消退，磨床保有量和开工率都还不错，同时中高端磨床对磨料磨具的消耗量要大于低端磨床，中高端磨床正在成为磨削加工的主要装备。

未来磨床消费需求增长的实现将主要依赖磨床供给能力的升级和支撑，即“新供给创造新需求，新需求拉动新供给”。因此，提升磨床供给能力是促进未来磨床消费需求增长的必要条件之一。比如，国内正在酝酿的新型手机3D玻璃的高效高精磨削加工技术与设备；节能减排中对传动零件加工精度的更高要求带来的磨削需求；钢铁和有色金属产业去低端产能和产品结构升级产生的技改需求拉动中高端数控轧辊磨床的消费；汽车、铁路、航空航天等产业发展对高精、高效、复合化、智能化磨床（内外圆磨床、平面成型磨床等）的需求等。而国内磨床供给能力主要取决于

两个方面：一是进口磨床品牌方面，新技术和新产品的投入、更高的性价比、市场开拓和服务能力等；二是国产磨床品牌方面，新技术和新产品的研发投入、可靠性和产业化能力的提升、细分市场研究、客户工艺研究和掌握等。上述两个方面供给能力的提升将会使得不断升级的国内制造业对磨床消费的潜在需求得到充分释放。从这个角度看，未来磨床市场发展的主动权还是掌握在磨床产业的手里。

从2017年国内主要制造业领域的投资情况看，与磨床相关的制造业领域的投资变化情况表明（见图9），通信电子、汽车、电气机械、通用设备、专用设备和金属制品领域处于投

资最活跃的地位，与之相关的高精度内外圆磨床、平面及成型磨床、数控坐标磨床、凸轮轴磨床和曲轴磨床等会有较大的增长空间；纺织业、橡胶和塑料制品、有色和黑色金属领域处于中等水平，与之相关的高精度外圆磨床、平面及成型磨床、轧辊磨床和数控坐标磨床等会保持稳定增长的趋势；化学纤维、仪器仪表、铁路、船舶、航空航天、造纸等领域虽然投资比重不高但增速存在较大空间，与之相关的高精度内外圆磨床、平面及成型磨床、数控坐标磨床、轧辊磨床等具有一定的增长机会。□

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 Equipments Manufacture Co., LTD.	front cover
约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司	广告号码41
Heidenhain	inside front cover
马波斯	广告号码414
Marposs	inside back cover
第十届中国数控机床展览会	
CCMT2018	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（中国）机械有限公司	广告号码69
EMAG 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	广告号码83
Doosan Machine tools CO.Ltd	P4
蔡司-TCT&光博会	广告号码38
Doosan Machine tools CO.Ltd	P5
博恩斯坦电子（太仓）有限公司	广告号码173
Bernstein-safesolutions CO.Ltd	P6
健椿工业股份有限公司	广告号码13
KENTURN CO.Ltd	P7
哈尔滨量具刀具有限责任公司	广告号码48
Links-china CO.Ltd	P8
神基电通	广告号码21
Getac CO.Ltd	P9
2018汽车工艺师论文大赛	广告号码100
2018 Automotive Engineers thesis contest	P10
珊达激光	广告号码178
Sunlaser CO.Ltd	P11
北京北一机床股份有限公司	广告号码47
Beijing NO.1 Machine tool CO.Ltd	P13
上银科技（中国）有限公司	广告号码48
HIWIN TECHNOLOGIES(CHINA) CORP	P14
武汉华中数控股份有限公司	广告号码90
Wuhan HuaZhong Numerical Control CO., LTD	P15
《世界制造技术与装备市场》	广告号码56
WMEM	P49

2017年中国机床工具消费市场形势分析

中国机床工具工业协会 信息统计部

2017年中国经济保持稳中向好的趋势，结构调整不断深化。受此影响，中国机床工具消费市场呈现明显的恢复性增长态势，同时市场的结构性调整与分化日益明显和突出。随着中国经济供给侧结构性改革工作的深化，需求侧与供给侧都在发生新的变化、形成新的关系。下面根据国家统计局、海关进出口和行业统计等数据综合分析，概述2017年中国机床工具消费市场形势。

中国金属加工机床消费、生产和外贸情况

2017年中国金属加工机床消费总额299.7亿美元，同比增长7.5%。其中，金属切削机床消费额184.0亿美元，同比增长7.8%；金属成形机床消费额115.7亿美元，同比增长7.0%。金属加工机床消费总体呈现明显的恢复性增长，同比增速较2016年同期回升了6.1个百分点。

从生产看，2017年金属加工机床生产总额245.2亿美元，同比增长5.1%。其中，金属切削机床133.5亿美元，同比增长3.6%；金属成形机床111.7亿美元，同比增长7.1%。金属加工机床生产小幅回升，金属成形机床

增速仍高于金属切削机床。从增速变化看，金属加工机床同比增速较2016年同期下降0.4个百分点，其中金属切削机床和金属成形机床呈现分化趋势，前者下降2.1个百分点，后者上升1.7个百分点。

从进出口方面看，2017年金属加工机床出口总额32.9亿美元，同比增长11.4%。其中，金属切削机床21.8亿美元，同比增长13.2%；金属成形机床11.1亿美元，同比增长8.0%。2017年金属加工机床进口总额87.4亿美元，同比增长16.3%。其中，金属切削机床72.3亿美元，同比增长18.4%；金属成形机床15.1亿美元，同比增长7.3%。进出口逆差35.9亿美元，同比增长33.5%，增速较2016年同期上升了64.2个百分点。从今年全年贸易逆差的增速变化可以很明显地看出进口强劲回升的势头。

综合上述消费、生产和进出口的数据，中国金属加工机床消费市场呈现“总量趋稳、结构升级”的新特征。2017年国内金属加工机床产量增长回稳，同比增长5.3%。国产机床的消费额占比为70.8%，较2016年同期上升2.7个百分点。国产数控机床消费额占比为74.9%，较2016年同期上升1.7个百分点。未来中国金属加

工机床消费市场将呈现温和增长的趋势。

中国工量具消费、生产和外贸情况

2017年中国工量具消费总额48.2亿美元，同比增长20.2%，较2016年同期上升31.1个百分点。中国工量具生产58亿美元，同比增长13.7%，较2016年同期上升22.7个百分点。中国工量具出口总额27.9亿美元，同比增长8.1%，较2016年同期上升8.9个百分点。中国工量具进口总额18.1亿美元，同比增长21.5%，较2016年同期上升22.1个百分点。

从上述数据看，2017年中国工量具消费结构呈现明显变化。工量具消费市场呈现显著的反弹式增长，特别是以消费进口工量具为主的中高端需求增长明显。进口回升强劲导致贸易顺差缩小，2017年工量具贸易顺差9.8亿美元，同比下降10.1%。国产工量具的消费额占比为62.4%，较2016年同期下降0.4个百分点。基于中国制造业稳定成长和工量具消费市场将持续向中高端升级的预期，未来中国工量具消费额仍将呈现持续增长趋势。□

ISSN 1015-4809
CN11-5137/TH

A Bimonthly Highlighting Worldwide Advances In Manufacturing Engineering In Chinese

WMEM

World Manufacturing Engineering & Market

世界制造技术与装备市场

主办：中国机床工具工业协会

一本集技术、经济、市场于一体的 国际化专业期刊

- ◇ 传递市场资讯
- ◇ 报道经济动态
- ◇ 助力技术发展
- ◇ 提供决策参考



诚信享誉国际
精益服务国人

WMEM网页

地址：北京市西城区莲花池东路102号天莲大厦16层（100055）

电话：(010) 63345259 传真：(010) 63345699 E-mail: wmem@cmtba.org.cn

EMO2017: 互联理念在制造中的最新展示 (下)

中国机床工具工业协会 杜智强 娄晓钟

5. 重型机床借力多功能、复合化和智能化技术

重型机床是一个国家基础制造实力的体现之一。虽然重型机床市场需求自2012年以来持续遇冷，但在欧美“再工业化”和中国倡导的“一带一路”的共同影响下，受有关国家或地区的基本建设兴起的作用，重型机床市场需求或逐渐回暖。本届展会重型机床企业和展品主要集中在13号馆，27号馆、26号馆、14号馆等，与EMO2013展会布置基本相当。

由于大型摆角铣头技术的日渐成熟，其品种增加，功率和转速也不断提高。传统的重型机床及大型机床配备了各种不同形式的铣头等部件后，使得其复合功能得以增强，高速切削得以实现，提高了切削效率和加工质量。各种传感器的应用，对各种机床状态的监控，使重型机床具备了智能化元素。如希斯（SCHIESS）公司为重型机床提供的“Intelligent Accessories(智能附件)”，具有采用机器人自动更换链

式刀库、盘式刀库、机架式刀库铣头的换刀系统，可定制冷却液和滤芯的处置管理及扩展的保护装置等功能。而“The SCHIESS Life Cycle Service

Management guarantees (生命周期服务管理保证)”的出现，使机床具有了快速工件编程、快速程序优化、安全快速远程维护、振动分析、诊断系统的评价、错误消息和错误历史的评估、预防性维护建议等功能。

在本届展会上，一些老牌重型机床企业，如已在Herkules集团旗下的德国济根（Waldrich Siegen），以及北一机床旗下的科堡（COBURG）和沈阳机床集团的希斯（SCHIESS）都设有展台，但科堡和希斯都继续保持各自品牌的独立运行及影响力。和历届展会一样，重型机床由于其重量重、体积大，一般鲜有整机实物展出。像德国济根、意大利帕玛（PAMA）、菲迪亚（FIDIA）等往往都展出重型机床的一部分，如横梁刀架部件、滑枕铣头部件等。但本届展会上，大型机床（如加工直径1250mm左右的立式车铣复合机床，加工直径1000mm左右的卧式车床、卧式车铣复合机床等）实物展品不少。下面重点介绍几台典型展品来了





解一下重型机床及大型机床的发展。

(1) PAMA 意大利PAMA (帕玛)公司成立于1926年,目前在罗韦雷托和布雷西亚设有制造工厂。产品的主要零部件均由PAMA自行生产,凭借其悠久的历史和技术领先的产品,PAMA在全球享有盛名。目前其主流产品包括六大类:

- SPEEDMAT HP - 多任务加工中心
- SPEEDMILL - 卧式落地铣床
- SPEEDRAM HP - 落地式镗铣床
- SPEEDRAM - 落地式镗铣床
- VERTIRAM - 龙门加工中心
- SPEEDMAT - 镗铣加工中心



在展会上展出的是PAMA SPEEDMILL 卧式落地铣床,它是由立柱刀架部件和刀库组成的产品模型。PAMA SPEEDMILL卧式落地铣床系列包括三种基本型号,既SPEEDMILL 1000、SPEEDMILL 2000、SPEEDMILL 3000。该机床采用主轴直接驱动,用于高速加工,垂直行程可达4000 mm,滑枕行程可达1600 mm。主要参数

为:Y轴行程1800~4000mm,Z轴行程1300~1600mm,滑枕截面440mm×480mm。主轴转速5000~8000r/min,主轴功率(S1-100%)37~73kW,主轴转矩(S1-100%)600~1210N·m。X/Y/Z轴快速移动40 m/min,线性轴加速度1~3m/s,刀库容量40把刀。

(2) PIETROCHARANGHI 意大利PIETROCHARANGHI (皮特卡纳基)公司成立于1922年,皮特卡纳基公司专注于高性能的机床,产品的出口率占总值的90%左右,主要的用户分布在欧洲、美国、中国、俄罗斯、中东和南美。主要产品有:立式车床、龙门移动式铣床(龙门型)、FMS柔性制造系统及单元。

本届展会展出的产品是FLEXTURN 25立式车铣复合加工中心,该机床的设计结合了皮特卡纳基立式车床的典型特点:高刚度和高精度及最先进的铣削特性,具有立式铣削和车削复合加工工件的能力。在保留了皮特卡纳基立式车床的所有特性的同时,具有结构紧凑(与标准加工中心相比)、易于装运、占地面积小、模块化、配置灵活性、易于维修



以及符合人体工程学的设计等特点。该机床可安装任何坚实的车间地面上,降低基础成本。FLEXTURN 25有2种结构形式:固定式横梁和移动式横梁(W轴)。主要参数为:车削工作台直径1600/1800/2000 mm,工件回转直径2500mm。转动功率60(120) kW,转动速度400/350 r/min,转动转矩21kN·m,车削高度1100(1400) mm。横梁移动1400(1700/2000) mm,(横梁-连续夹紧位置)W轴400(700/1000) mm。铣削功率30kW,铣削速度6000~10000r/min,铣削转矩939N·m。

(3) FIVES 法国FIVES (法浮)集团旗下的机床制造公司囊括了如下著名品牌Cincinnati (辛辛纳提)、Giddings & Lewis (吉丁斯&刘易斯)、Forest-Liné (弗雷斯特-里内)、Liné Machines (里内机器)、Rouchaud (鲁绍)等,其产品覆盖了航空、汽车、航天、能源机械、铁路等领域,主要产品包括:立式加工中心、卧式加工中心及加工单元、卧式翻板加工中心、龙门式车铣加工中心、大型落地镗铣中心、复合材料加工设备及专机等。在本届展会上展示了一台Forest-Liné (弗雷斯特-里内)的flexiax V立式五轴加工中心。产品结构为定梁龙门形式,立式主轴滑枕,具备高刚度和



高精度、大转矩和高转速主轴、大流量高压冷却液系统，主要用于飞机结构的复杂零件的粗加工或精加工。主要参数为：工作台(托盘):直径1600mm，承重：5000kg。行程(X/Y/Z): 1950/2000/1000mm。铣头摆角(C/A): $N \times 360^\circ \pm 110^\circ$ ；主轴：电主轴HS5；最大功率(S1): 105kW；最大转矩(S1): 1000 N·m；速度:10000r/min。

(4) ZIMMERMANN 德国ZIMMERMANN(兹默曼)公司自1933年创办以来一直致力于特殊型面的铣削加工，主要涉及不同材料外部轮廓的切削及修正。FZ系列产品具有通用性、高精度和高可靠性，主轴、铣头、机械设计和驱动技术的完美匹配使其适合于广泛的应用场合，如航空航天、轨道交通、汽车及模具行业的钢件、铸件的精加工，铝合金件的高性能加工，复合材料的高精度加工等。据兹默曼介绍其产品中的一半供向航空航天业，40%供向汽车和模具业。

在本届展会上展出的产品是其FZ系列中的FZ40紧凑型五轴龙门加工中心，该产品是专为加工硬质材料和铝合金材料设计的。机床固有的刚性结构允许进行五轴联动高速加工。这种紧凑型结构的机床，其坚实的铸造基座不需要地基，可以安装在任何坚实的车间地面上。机床工作台集成在铸造的基座中，允许的最大



载荷为16t。F40紧凑型龙门工中心的8个底座元件减少了振动，这是工件高精度和最佳表面质量的基本要求。此外，侧壁填充特殊阻尼混凝土混合物进一步提高了机床性能。机床工作区域是完全封闭的，工作台为固定式。机床移动部分由增强型Z轴滑枕和结构优化的高架桥式龙门组成。配备新研发的叉型动态两轴铣头VH60，由于其整体铸造设计，具有非常高的温度稳定性。此外，振动和振动阻尼也减少到最小，保证了更精确的加工结果。高达102kW的功率和575N·m的转矩以及HSK-A100刀柄提供了最佳性能。A轴和C轴的无间隙驱动实现了精确的定位精度和重复定位精度。主要技术参数为：工作行程(X/Y/Z): 2400/2900/1250mm，工作台尺寸(长×宽×高): 2500mm×3250mm×600mm，工作台承载800kg/m(最大16000kg/m)，进给速度(X/Y/Z)60 m/min，加速度(X/Y/Z)5m/S。

VH60铣头：旋转轴扭矩，联动时A/C轴：最小3000N·m；夹紧时A轴：5600N·m，C轴：6000N·m。旋转范围A轴+125°/-95°；C轴±300°。旋转轴驱动：进给速度A/C轴360°/s；加速度A/C轴700°/s；分辨率A/C轴0.0001°。精度：定位精度A/C轴10"；重复定位精度A/C轴6"。主轴：主轴功率S1(100%)93 kW，S6(40%/2 min)102kW；主轴转速8000 r/min；主轴转矩S1(100%)444N·m、S6(40%/2 min)575N·m。

(5) FFG FFG(友嘉集团)成立于1979年，集团总部位于台北市，近年来以并购世界诸多机床制造企业而著称，2017年号称为全球前三



大数控机床集团之一，全功能数控机床全球用户达6万台，旗下共有37个品牌。生产基地达50个，分布在全球10个国家。设有三大事业群，分别是工具机事业群、产业设备事业群、绿能事业群。在工具机事业群部分，主要从事各式立/卧式车床和铣床、五轴加工中心等机床的设计、开发、生产及销售。

本届展会上FFG展出旗下SNK(新日本工机)的HPS120A 5AXIS TITANIUM 卧式5轴轮廓加工机床(钛)，该产品可用在航空等行业中，加工钛等难加工材料上，具有能够经受住强大切削力的高刚性构造和卧式构造防止难削材料的切屑干扰。采用了能够使重加工时产生的低周波振动迅速衰减的导轨，高刚性的主轴头搭载了高转矩的主轴。装备了在钛加工中必不可少的大容量冷却油箱与高效率清除切屑的冷却水喷头。翻转工作台可以在水平状态下固定工件后，使工作台和工件直立起来后进行加工。由于切削处的铁屑可以立刻排出，能够防止因铁屑淤积而损伤刀具。主要技术

参数为：工作台尺寸（长×宽）3048×1220mm（4300×1220mm），工作台最大承载重量4000kg，工作台行程3150（4460）mm。主轴头上下移动行程1400mm，立柱前后移动行程1000mm。主轴旋转角度±90°，主轴头座旋转角度±360°，主轴转速40~5000r/min，主轴用电动机功率37/30kW。

6. 数控系统和测量仪器成为未来智能制造技术的核心和发展助推器

虽然现在对未来制造技术的内容还有不同的解读，但高性能、全功能和智能化的制造需求满足度一直是衡量制造技术的基本标准。作为未来制造系统控制核心的数控系统和测量仪器就像人的大脑、神经和感知器官一样，是未来制造技术的核心。数控系统和测量仪器的发展也是助力制造技术向智能化和未来发展的助推器。本届展会上，数控系统和测量仪器展品成系统地展示了业界对未来制造技术的最新研究成果和理解。

(1) 数控系统 在EMO2017上西门子展示新的和扩展的数字化、经典服务与识别和利用机床附加生产潜力的新功能。机床公司使用新的数字化检查服务，可通过制造信息技术服务了解制造园区的数字化能力情况。以虚拟调试作为服务，机床制造商（OEM）加快调试和上市时间。新的数字化检查作为一种服务，利用此项服务对园区内控制设备的数据进行现场记录和分析，对实现数字化的最佳连接策略提出建议。

对于机器制造商来说，真正的调试可以加速到70%。此外，机械开发和电气设计部门通过并行合作，而不是之前按先后顺序进行，这样节省了



时间。

新的西门子和SINAMICS驱动控制技术，面向车间使用shopmill和ShopTurn编程软件。客户将受益于减少停机时间，缩短加工周期，更可靠的备件供应，提高加工精度和质量，以及简化编程与操作。

西门子与源讯合作开发的“Manage MyMachines”应用程序，将成为进入数字化业务的敲门砖。该程序提供了一个插件“Manage MyMachines/WorkingOrdering”，通过该插件可将“Manage MyMachines”应用程序与OEM具体的SAP ERP业务流程相连，“Manage MyMachines”也可以采集计划内的机床维护以及计划外的停机等信息。“Manage MyMachines/WorkingOrdering”可自动将这些事件与SAP ERP进行同步，将相关任务分配给服务人员。“Manage MyMachines”能轻松快速地将Sinumerik 840D这样的机床数控系统与MindSphere相连，为用户提供来自互联网机床的信息。该应用程序能采集、分析和显示相关机床数据，使用

户能清晰地了解机床的当前及历史状况，从而缩短机床停机时间，优化服务和维修流程，提高生产力。

西门子公司还联合机床制造商HELLER开发应用程序“HELLER4Services”。Heller公司将生产系统与云平台相连，使该公司在工业4.0进程中迈出了一大步。“HELLER4Services”是“HELLER4Industry”理念的一部分，该理念要求将业务活动与价值链数字化相结合。作为在MindSphere中MindApp的模块，它涵盖了数字化服务，可降低机床生命周期中的维护和服务成本。这产生了预防性维护项目，可确保及时预防业务中断和代价高昂的停机等情况。“HELLER4Services”是通过“HELLER服务界面”对机床数据和相关图形进行评估的。该应用程序从而可提供全方位的机床状况视图，针对每一个时间段进行数据分析，并同步生产阶段的流程数据与发生的错误信息。

FANUC公司继续展示其面向物联网应用需求的FIELD system，这在前面已经详细叙述了，这里就不重复了。

FANUC公司的展示侧重于解决方案、性能和能力的展示。现场展出了不少机床解决方案简化结构，使参观者形象的了解FANUC数控系统的应用情况。另外，FANUC公司一如





既往地展示其全系列的数控系统、伺服装置和电机等，显示其在软硬件方面的实力。

(2) 测量仪器 测量仪器是EMO上需要特别关注的领域，未来的智能化制造离不开数字化、智能化的测量仪器和系统，更少不了与其进行数据和信息的交换。在工业4.0背景下的测量技术，已经涵盖从深入机床部件的测量、监控传感器，到在线测量仪器，到制造系统层次的测量信息管理系统，有如神经网络一样实时监控着智能制造系统的运行。

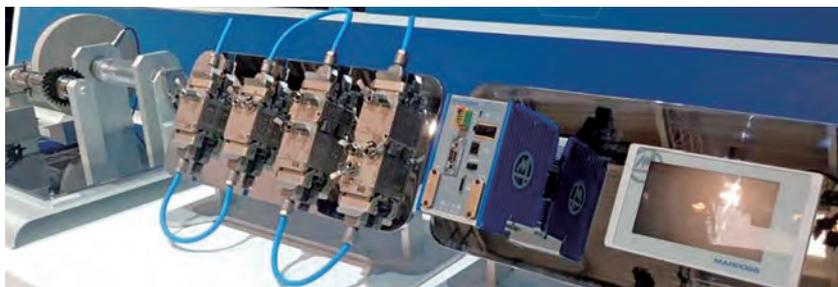
2008年至2012年，马波斯公司先后收购了刀具监控领域的ARTIS公司，冲压及冷成形监控领域的BRANKAMP公司及磨削过程监控领域的DITTEL公司，加上马波斯原有的机床振动、温度、主轴热伸长等传感器技术，使得马波斯在机床状态及加工过程监控领域具有全面的产品线。

在磨削领域，除了磨削在线量仪、砂轮在线平衡系统、AE磨削过程监控系统以外，马波斯展出了最新



的产品BLU。BLU由一系列功能节点组成。通过由主控节点控制的单一总线，所有节点互相连接，从而形成一个独立网络。系统主控节点通常放置在机床电控柜里。按照不同的控制功能要求，单独的功能节点被设定为辅助节点，用来控制以下功能：附加的物理I/O，测量头测杆收张，用于定位的马达，更换不同的控制系统(测量头或平衡头)，读取数字传感器信号等。

在车削、铣削领域，马波斯此次发布了TMU RO刀柄跳动监测模块(适用于加工中心)，跳动检测系统可检测出最小 $10\mu\text{m}$ ，重复精度可以达到 $\pm 2\mu\text{m}$ ，检测范围 0.7mm ，检测时间 600ms ，检测转速最高为 700r/min ；机床保护产品-TP-02功率过载模块/VM-02碰撞保护模块/CMS-02碰



撞保护模块(适用于所有机床)；VM-03模块同样采用了振动传感器，与VM-02不同的是，除了可以监测过载和碰撞以外，还可以实现X/Y/Z三轴的重力加速度 g 值，用于监控转动部件内的冲击能量(此传感器内置了一组温度传感器)；可以实现简单的过程监控，优化加工过程；产品加入了频谱分析的功能，分析数据可用于机床的预测性维护。

GEM过程监控(刀具监控)系统(适用于车铣类机床)结合了ARTIS产品30多年的用户体验，使得该系统具备了非常高的自动化。硬件连接及软件连通后，几乎不需要人为干涉即可以完成自动学习，自动设定调整各报警界限等等，使得监控复杂的加工过程变得简单，对于操作者的技术要求大大的降低。

在智能工厂及工业4.0方面，ARTIS的过程监控系统通过网络将车间的200多台机器和数据服务器连接起来。监控系统对机器加工状态进行实时监控，并且将监控的实时数据传输到服务器上。通过C-Thru4.0软件生成各类型报告，如刀具数据报告，报警数据报告，工艺分析报告等。通过对这些数据的分析，可以优化加工过程，提高工件的加工质量，延长刀具的使用寿命，科学计划设备维护。在提高车间管理效率的同时，大大降低车间的运营费用。

在冲压及冷成形领域，展出了

BRANKAMP公司产品及FACTORY NET 4.0。冷成形生产在线监控应用于紧固件行业以及冲压行业，可以起到保护机器和模具，保证产品质量和辅助调机的作用。专利的双包络曲线功能，systemetic功能和zoom功能可以监测到微小的产品缺陷，模具的微小裂纹以及磨损的趋势。结合最先进的FACTORY NET 4.0，使工厂真正实现智能化和网络化。

雷尼绍公司在测量系统方面也展示了不少技术解决方案。重点展示的产品包括用于数控机床的全新接触式扫描系统、用于Equator™比对仪的全新软件（用户可利用该软件将比对仪全面集成到数控机床中）、可简化机床测头测量应用的全新机内和移动应用程序、用于加工中心的非接触式增强型对刀仪、全新多测头光学接口



系统、用于坐标测量机 (CMM) 的全新表面粗糙度检测测头，以及可增强雷尼绍XM-60多光束激光干涉仪功能的全新软件。

采用SupaScan技术的全新SPRINT系统可轻松集成到需要快速完成工件找正且重视总体循环时间的机床应用中，将扫描技术的诸多优势带入大众市场。该系统还能够执行进一步的扫描功能，例如检测工件表面的最终状况。SupaScan技术提供的工件找正循环即使在高速进给率(G0)的情况下，也能对工件进行精确测量，是用于工件找正的最快速的机床测头解决方案。与标准高速触发式循环相比，SupaScan在典型的工件上进行测试时的循环时间缩短达70%以上。

专为雷尼绍Equator™比对仪开发的全新IPC（智能化制程控制）软件，可实现CNC加工过程中刀补更新的全自动化操作。可提高精密工件的加工能力，缩短设定和制程调整时间，以及与自动化系统集成。全新IPC软件可持续监控和调整加工操作，确保工件尺寸接近标称值且在控制范围内。能够快速修正任何加工尺寸的漂移，提高工件质量和制造能力，并降低废品率。Equator比对仪安装在数控机床附近，允许在生产期间进行快速测量和制程调整，避免时间延迟或过多依赖成品（完工）检验。

雷尼绍还推出适用于加工中心的NC4非接触式对刀解决方案。基于现有NC4系统的高度成功和成熟可靠的设计，该增强型解决方案引入了一系列附加功能和选项，以满足快速发展的生产环境的需求。增强型NC4系统由NC4非接触式对刀仪和NCi-6接口组成，提供了一种高速、高精度解决

方案，用于在一系列三轴和五轴加工中心上确定刀具几何尺寸、检查刀具状况以及跟踪刀具热变形。

用于机床测量系统的全新OMM-2C多测头光学接口系统也在展会上亮相。这款主轴安装式接收器提供了一种紧凑、便利的解决方案，可安装多达3个雷尼绍机床用触发式测头，通过单一接口传输光学信号，确保在任何工作环境下都能可靠运行。OMM-2C接收器采用雷尼绍“调制”光学传输技术，具有很强的抗光干扰能力，而可选配的集成吹气系统确保了接收器窗口清洁、无切屑，从而实现不间断的系统通信。

雷尼绍还在EMO2017上发布全新改进的SFP2表面粗糙度检测测头；该测头适合在CMM上与雷尼绍REVO五轴测量系统配套使用。全新SFP2测头允许多类型传感器REVO系统的用户在单台坐标测量机上将表面粗糙度测量和尺寸检测功能完全结合在一起，相较于需要单独进行操作的传统检测方法而言，具有不可比拟的优势。SFP2系统由测头和一系列模块组成，能够与REVO的其他测头自动交换，提供触发式、高速接触式扫描和非接触式影像测量。由多个传感器采集的数据自动参照同一基准。

全新CARTO 2.1软件是基于雷尼绍XM-60多光束激光干涉仪开发的，具有重要的“自由运行模式”新功



能。XM-60校准系统的用户可利用全新“自由运行模式”，在无需定义目标位置甚至目标数量的情况下立即采集数据。该软件显示相对于直线位置的直线度（水平和垂直）、俯仰、扭摆和滚摆误差。用户可以通过手动（使用键盘按键）、自动（基于位置稳定性）或持续（按用户定义的步长在连续运动中采集）模式进行数据采集。

7. 切削刀具加速融入制造互联世界, 不断提升切削效率和质量

切削刀具在传统意义上一直不像机床与数字化和信息化联动那么频繁, 但随着制造系统的进步, 特别是制造需求的不断提升, 切削刀具制造领域对融入制造互联世界的动作不断, 开始从切削刀具的角度思考和实践提升制造效率和质量的技术升级方向。在促进切削刀具及工具系统整体提升的同时, 也反作用在制造系统演进过程中, 丰富和完善对未来制造技术的研究。

(1) 山特维克可乐满 Let's connect now! 是本届EMO展会上, 山特维克可乐满公司提出的口号。其寓意不言而喻, 无论从技术层面的信息互联, 还是在商业层面的联系合作, 切削刀具制造商与用户的联系和结合日益紧密。从其产品和技术展示的情况看, 以应用需求为导向的形式成为历届展会的主体。

PrimeTurning™是一种新的车削方法, 允许用户从所有方向上进行车削, 相比传统车削方式允许使用更高的车削速度和进给, 最高金属去除率可达1260cm³/min, 具有更有效的生产效率(生产效率提高50%)。PrimeTurning™车削方式采用新的CoroTurn® Prime车削刀具和加工代码



生成器。

CoroTurn® Prime车削刀具允许加工过程中更大的灵活性, 并可以提高生产力和提供更长的刀具寿命。CoroTurn Prime A型刀具具有三个35°的刀尖角, 用于粗加工、精加工和光整加工。CoroTurn Prime B型刀具具有两个强壮的刀尖角, 可用于粗加工。CoroTurn® Prime刀具适合短小紧凑的环境, 可用于车削中心、立车和复合车削机床等大批量、频繁换刀的场所。

另一个值得关注的是进一步改进的CoroPlus®解决方案, 该解决方案可应对整个制造过程中的互联问题, 最大的优势在于可以使流程优化和提高盈利能力。CoroPlus®平台提供的解决方案可以使用户提高制造互联的安全性和节省时间。工具向导功能可集成到CAM软件中, 还可方便使用工具库软件选择合适的刀具, 自动生成加工路径代码。可以将刀具和物联网连接的装置使用户能够监控机床加工性能, 并就如何优化加工过程作出明智的决定。基于云分析和现场系统, 允许用户在加工操作中使用所有收集到的数据。

(2) WALTER WALTER公司将本次展会作为向参观者展示未来工厂的一个机会, 通过技术专家和使用者的现场交流分享WALTER公司在刀

具创新、工业4.0和数字化革命方面的经验, 可以拓展关于切削刀具、加工工艺、解决方案和新技术方面的知识。因此, 展会现场以产品和技术为看点, 布置了许多交流讲解区, 并有相应的专业技术人员进行交流和讲解。

除了刀具和切削技术等传统领域, 在工业4.0的推动下, WALTER公司也开始进行数字化解决方案的研究。现场的技术人员表示, 传统业务的发展空间已经很小, 进入数字化、智能化制造领域可进一步提升与市场的结合紧密度, 增加客户粘性。WALTER公司的数字化解决方案主要是: WALTERappCom可为机床制造商提供专门的数据使用环境, 实时数据分析、计算、监控和报告等; iCut切削数据优化软件可每秒500次的监测主轴功率变化, 根据切削条件自动设置进给速度, 与固定进给速度方式相比加工时间节省10%左右; WALTERGPS和WALTEReLibrary是应用导航系统, 用来检索产品和解决方案的数字化媒体; WALTERTOOLSHOP & EDI是电子商务系统, 实现用户在线咨询、购买和下单等操作, 兼容不同的ERP系统; WALTERXpress提供最短的交货运输, 接到订单后2~3周内可以交货。

8. 功能部件日趋完备, 注重功能细分和系统集成

功能部件在整个制造系统中一直占有重要地位, 就像人的肌肉、骨骼和器官一样, 支撑制造系统的运行和实现相应的功能。在数字化、互联和智能化代表未来制造技术研究的带动下, 功能部件也在适应和跟随技术发展趋势, 从满足应用需求的角度功能

部件更加细分，从应用效果的角度，功能部件进一步集成。无论是哪种变化和发展，功能部件的研究一直紧密围绕满足制造需求的主线展开。

(1) 传动系统功能部件 数控机床应用量最大的传动系统功能部件主要是丝杠和导轨，本届EMO展上，日本THK公司以最丰富的产品线显示了在该领域的产业和技术实力。在提高进给精度方面，THK公司展示了螺母具有冷却功能的新型滚珠丝杠，通过热成像画面可以直观的发现与传统滚珠丝杠相比带冷却功能的丝杠螺母温度更低，对丝杠温升影响更小。演示的相同运动条件下，螺母差在10℃左右，丝杠温差在5℃左右，定位精度减小30%左右。

(2) 装卡系统功能部件 在数字化和智能化制造趋势大行其道的背景下，装卡系统功能部件也凸显出相应的特质。为了适应智能制造柔性化和自适应要求，装卡系统的柔性化、自适应，以及方便重复安装且重复安装精度高都成为必要选项。本届EMO展会上，展示了不同种类的数控卡盘、中心架、数控转台等功能部件。其中，SCHUNK公司和SMW AUTOBLOK公司的展品最为丰富，应用性很强。其中，SCHUNK公司的快换卡盘ROTA-S plus2.0和ROTA

THW plus换爪时间60秒。SMW AUTOBLOK公司的曲轴驱动和支撑演示装置显示曲轴法兰端的径向跳动不大于0.01mm。

(3) 自动化领域功能部件 工业4.0和智能制造带动的自动化领域所需的功能部件也是展会上一大看点，不仅有利用仿生学原理开发的机械手执行器，还有面向智能制造系统的自动化加工检测、装配系统等。通过上述产品的开发，推动了工业机器人进入原来靠工人才能进行的工作环节，提升了整个制造系统的自动化和智能化水平。



SCHUNK公司的五指机械手，模仿人手结构（分左右手），由9个电机驱动20个关节运动，可用于模仿人手的服务型机器人应用环节。目前有4种使用模式：握手模式、握钥匙模式、精密握持模式（如拿针），强力模式（使用手电钻打孔）。亲测握

手模式能够自动感知握手者的大小，保持一定的握紧力，并能随握手者移动并保持定位。还有另外一款用于工业场合的三指机械手，指面带有传感器（每指两个），可以自适应夹持球形、圆盘形、圆柱形和方形物体。

整体上看，EMO2017上反映出功能部件正向高度的机电信息一体化方向发展，精密可靠的机械结构、分辨率高的数控驱动和丰富的传感器感知能力，构成了未来智能化制造所需功能部件的必备要素。

9. 其他

由于EMO展规模大、展品丰富，同时观展的时间有限，还有一些领域的展品未能逐一介绍，但从展会的整体看，上述几个展示特点也不不同程度概括了本届EMO想展示的核心。比如，奥地利的WFL公司是制造重型卧式车铣复合加工机床的国际知名品牌，在大多数重型机床展商鲜有实物设备参展的背景下，WFL公司展出了最新的和具代表性的M30 MILLTURN/1800mm车铣复合加工机床（具有20kW铣削主轴）和M120 MILLTURN/3000mm车铣复合加工机床（可安装18×D智能镗杆的刀具），也提出应对互联和智能制造的技术设想和方案，这与整个展会反映的趋势性特点基本一致。

再有，像齿轮加工领域的，其全生态、全流程的服务体系可谓是对工业4.0的又一种解读。还有，众多的机床工具制造商虽然没有提出一个自己的整体的工业4.0方案或技术，但一直钻研自己的产品和技术，提升技术水平以融入整个制造体系中，就像路基中的石子一样，虽不如国际大公司那样为常人所知、所见，但作用依然不可小觑。这样的例子还有很多，



就不一一赘述了。

二、观展心得

随着西方发达国家再工业化和发展中国家工业化发展周期的叠加，近几年来世界范围内，从稳定和复苏经济的角度，各国都对工业和装备制造业的发展格外重视。欧美提出的物联网和工业4.0等发展战略，是在其已经完成工业化进入信息化后再实现信息化背景下，工业化提升形成的战略发展考量。而这次再工业化既要适应人口老龄化对消费总量和模式影响带来的需求侧变化（追求品质、数量少、多样化、节能、环保等），又要面对和解决人口老龄化对劳动力供给和生产方式影响带来的供给侧变化（工作能力下降、知识短缺、工作条件提高、工作时间缩短等）。因此，物联网和工业4.0等西方再工业化发展战略的重点是，利用互联网等信息技术实现知识和信息的最大程度共享来减少个人对知识占有的不利影响，同时提升制造系统的自动化、智能化水平，弥补劳动力数量缺失和质量下降对生产效率和成本的不利影响，巩固和提升竞争力。EMO2017呈现出的以工业4.0为代表的解决方案大爆发正是顺应近一段时期欧美地区社会经济环境的变化，以及响应上述消费市场需求变化趋势而形成的。随着中国装备制造业走出去步伐的加快，对于想进入欧美市场的中国机床工具产业来说，也必须了解、适应和响应这一市场环境变化趋势。

对于发展中国家，特别是中国和中国机床工具产业来说，欧美正在开展的再工业化进程对我们也是有利和利弊两方面的影响。利好的方面，新知识的形成都要经历积累、借鉴、

提炼和发展的过程，无疑欧美的再工业化对还未完成工业化的我们是个很好的参考，我们可以在借鉴其工业化和再工业化经验教训的同时，与其同步开展工业化与信息化的深度融合研究，提升我们完成工业化的水平，降低推进工业化的难度，也避免了从工业化进入信息化再进行工业化提升的这一漫长过程。弊的方面是我们和欧美发达国家在基础制造能力、技术储备和产业环境等方面存在明显的差距。我们的工业化与欧美的再工业化属于隔代竞争，在我们取得追赶优势的同时，也应该注意到对方存在的先发优势和比较优势。需要引起我们十分关注的是，在没有完成工业化的时候，如果完全采取照单全收的跟踪模仿策略不仅不利于解决当前中国经济、市场和产业所面临的问题，还会形成多要素依赖模式，损害核心竞争力的形成，不利于建立公平合理的经济和贸易关系。如前所述，欧美再工业化战略是为了解决欧美面临的现实问题，有它产生的背景和条件。我们与欧美面临的问题有一定相似之处，但差异也很明显。比如，我们虽然面临人口老龄化和劳动力成本上升等问题，但我们全社会生产效率远低于欧美，劳动力成本上升的问题可以由提高效率 and 产出质量弥补；职业教育发展滞后，劳动力的结构性过剩和短缺同时存在。这些问题和环境因素都不是工业4.0等欧美再工业化战略所考虑和对症的，盲目照搬不仅会水土不服，任其发展还会产生“上了别人的机器，下了我们的人”的问题。因此，我们的工业化发展战略首先要从中国国情出发，以形成自主可控的核心竞争力出发，走有利于持续健康发展的工业化发展道路。

从本届EMO围绕互联、数字化和智能化制造等主题展示的欧洲地区制造技术创新趋势看，实现我国制造业和机床工具产业创新驱动战略的几点启示如下。

1. 明确创新目标，开阔创新路径，坚持长线创新

从应用技术创新层面看，创新要有战略目标，不能太分散，要有前瞻性。如，德国几年前根据区域发展情况提出工业4.0战略，在此大方向下，这几年不同层面开展了不同形式的实践性研究，以致现在产生了初步成果。确定目标后要开阔创新路径，允许条条大路通罗马，允许不同技术路线的竞争比较，加大市场配置资源对创新的引导和激励作用。创新不是个短期行为，要有长期迭代式创新的准备，特别是在考核、评估和市场监管中要给予关注，保障长期的真创新行为，遏制短期的假创新行为。

2. 培育适合产业发展的创新氛围

企业是经济运行中最活跃的个体，机床工具产业创新要坚持企业为主体的创新模式，从分析制约和阻碍企业创新的问题入手，改革和调整这些不利于企业创新的短板和问题。对比中外企业在创新上的表现，同样属性的企业对创新的态度和结果都大不相同，造成这些差异的深层次问题是应该进行改革和调整的问题点。这样才有利于培育适合企业和产业创新的氛围，实现创新驱动战略。□



航空航天制造技术 特别策划

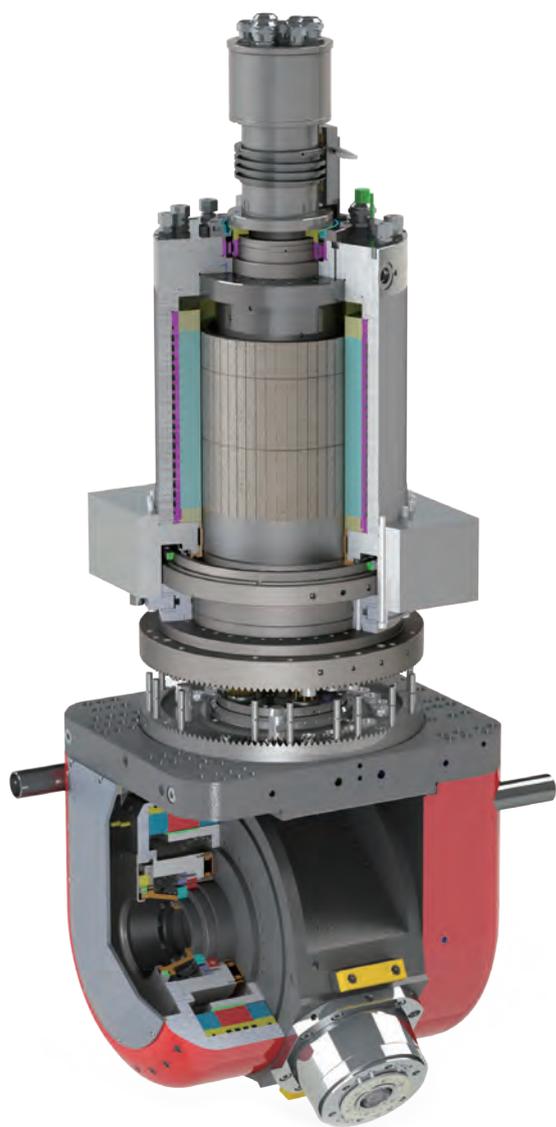
我国航空市场正迎来蓬勃的发展。比如我国自行研制的两架大飞机C919成功试飞；国产最大水陆两栖飞机“鲲龙”AG600成功试飞；中国首台国产大型客机发动机验证机（CJ-1000AX）在上海装配完成。而据相关数据统计，2017年中国国内民航运输机队全年引进飞机424架，可想而知中国的航空市场有多大。

在飞机制造领域有许多关键制造技术，对装备的精度和可靠性提出极高要求。本期对航空航天业难加工材料的刀具以及3D打印技术进行了探讨，以期引起读者关注。

策划人：李华翔

航空发动机五轴数控加工技术探索

中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司 杨金发 张积瑜 朱静宇 赵天杨
中国航发沈阳发动机研究所 梁宏坤



目前，国外航空发动机数控加工广泛使用五轴数控加工中心，技术成熟。国内的精密加工中心，集成了整机设计、可靠性、热变形补偿等技术，基本达到国际先进水平。我们在五轴数控加工技术方面，需要不断研究并完善相关的工艺，提高五轴数控机床加工效率确保零件加工质量。在实际加工之前，迫切需要对选定的加工工艺进行零件精度预测和控制。五轴数控加工中心在低速区要有较大的转矩，以利于快速去除材料，提高加工效率；在高速区要有良好的五轴动态性能，也就是说要有较高的加速度，尤其是回转轴，防止出现五轴不同步造成的过切。五坐标加工中心最好采用电主轴，以利于精铣过程提高加工效率。

五轴数控加工中心大量应用在机匣、叶片、整体叶轮等



国外先进航空发动机

零件及难加工材料的加工中。其中整体叶轮是航空发动机关键零件，其结构特点是：叶片薄而相对较长，扭曲大而极易变形，相邻叶片空间极小。整体叶轮加工时，加工槽道逐渐变窄，刚度低，加工轨迹的约束条件较多，零件容易产生变形，极易产生碰撞干涉，刀具容易折断，加工出合格的零件十分困难。

五轴数控加工刀具优化研究

整体叶轮精铣刀具的选择，仅局限在对刀具直径、齿数、锥度及总长四方面的要求，缺乏对刀具螺旋角、前角等影响加工质量和效率的参数考虑，成为制约叶轮制造能力提升的因素之一。

通过统计整体叶轮加工刀具在现场加工中经验数据，对反映的问题系统地分析，与刀具制造商紧密协作分析查找影响加工质量、效率和刀具使用寿命的问题原因，通过优化刀具几何参数和涂层等方法，实现提高产品质量和加工效率的目标。

针对加工整体叶轮装夹刀具的刀柄进行优化，采用小长径比、热胀刀



带内冷却结构的新型高性能刀具

柄和小直径整体硬质合金铣刀相结合的方案，进行整体叶轮的精铣加工，以期提高加工刀具系统地整体刚性，减少因采用大直径铣刀精铣叶身型面带来的让刀，提高叶片表面质量，降低零件的制造成本。

优化后的加工刀具与完善后的叶片铣削策略相结合，以实现加工效率和表面质量两项指标的综合最优为目标，对现用非标锥度球头铣刀的螺旋角、前角、刀具齿数等刀具结构参数与加工过程中所采用的每齿进给量、主轴转速、切削线速度等切削参数进行正交试验，以确定优异的叶型精铣加工刀具，并形成整体叶轮刀具选择指导说明书。

同时，针对密齿刀具加工的高效性以及有效缓解加工振动的作用，开展新型刀具的切削试验，以减小叶片表面振纹的产生。

复杂曲面五轴数控加工过程控制

五轴数控加工存在的误差因素有：机床几何误差，机床各部件存在制造安装误差，刀具几何误差，刀具的长度及半径较理论值存在偏差，夹具几何误差，夹具定位面、定位销等存在几何误差，工件的定位误差，工件装夹中由于基准不重合或基准偏移造成的工件在加工坐标系中的位置误



五坐标加工中心

差。

五轴联动机床铣削叶片时，机床主轴的摆角功能满足了叶片型面曲率变化所对应的切削受力一致的要求，同时利用A轴可实现刀具相对工件进行环绕加工，这对控制叶片受力变形十分有利。

五轴数控加工中心在加工整体叶轮时，其切削加工过程是一项复杂的系统工程。对数控刀具、刀柄、冷却系统等硬件及零件在线检测、数控程序后置处理、加工过程自适应调整等过程控制手段有严格地要求。针对叶身型面成形的关键因素，需要从刀具的加工前精度控制、加工中的磨损反馈、机床主轴功率监控、技术防错措施的应用等方面开展数控加工过程质量控制研究。

需要针对数控程序后置处理与机床控制系统加工参数匹配的一致性开展工作。由于整体叶轮叶片为复杂曲面形状，因此采用MAX-PAC等专用软件编制完成的数控程序，需要通过专用的机床后处理文件翻译成每台机床能够识别的G代码数控程序。这项工作非常重要，需要对每台数控机床控制系统非常了解，在数控程序中匹配加工复杂型面的五轴控制指令，发挥机床的控制系统最大潜能，通过针对性的工作进一步开发完善加工整体叶轮五轴机床的后置处理器，提高零件的加工质量和加工效率。



整体叶轮

为了保证程序的正确性、可加工性，减少实际试制时间，在VERICUT软件上进行仿真加工。通过仿真可对程序进行分析，发现在加工中是否过切、欠切。特别是刀具轴变化有特殊要求，旋转角度有限的程序，可通过仿真确保刀轴变化平稳过渡。还可以通过仿真，了解机床在真正加工时所处的状态。应用VERICUT软件还可以对数控程序进行优化，最大限度保证数控程序的正确性和合理性。对于仿真结果不理想的程序，则要重新修改，直至仿真结果符合加工要求。

整体叶轮叶身型面数据预处理技术

数据的预处理包括对截面线的光顺处理和制造模型重构两方面工作。通过在UG计理论数据进行截面数据的光顺处理，并进一步开展对三维曲面的总体表面优化，以得到更有利于实现表面优质成型的基础模型。通过对进排气边缘形状的调整，以保证光饰处理后前后缘形状满足设计要求；通过构建非均匀余量模型，提高铣削系统刚性，保证铣削加工质量。

五坐标整体叶轮铣削振动抑制

运用CAM软件在自动生成典型零件刀具轨迹时，只考虑到几何特性，没有过多考虑机床的动态特性，生成的数控程序在VERICUT等仿真软件上结果很正确，但往往在实际加工时，由于受到切削系统受力变形及机床振动的影响，数控加工效果不很理想。工件表面质量较差，甚至会产生过切和欠切等现象。这就需要以典

型零件试验件为载体，进行加工过程的颤振稳定域建模分析，实现零件的颤振抑制；优化切削参数，提高加工效率和加工表面质量、抑制加工振纹；对整体叶轮加工振动检测，获取振动的特征幅值与对应的频率；对刀具在加工过程中进行可靠性评估，对加工过程刀具的状态进行有效监测，根据刀具的使用寿命，及时更换刀具，保证加工质量。消除或减少零件表面产生的颤纹，提高零件表面质量。

提高五轴数控加工技术应用水平基本策略

(1) 整体叶轮类零件加工时对刀具的选择比较严格。选择刀具时应综合考虑毛坯的材料、机床类型、允许的切削用量、刀具刚性和耐用度、精度要求采用热胀刀柄减少装夹次数，缩短加工准备时间；整体叶轮类零件粗铣加工采用层铣+变位插铣，同时提高铣加工线速度。精铣加工采用齿齿铣刀可大幅提高加工效率。五轴数控铣削精度高、可重复性强，铣刀采用国产化刀具可大幅降低生产成本。因此要大力推广先进国产数控加工刀具。

(2) 在数控编程前，要熟悉机床设备的性能及其技术参数。数控编程时，编程人员要分析零件的材料、几何形状、尺寸大小、加工内容、加工精度、技术要求、热处理等。在分析的基础上确定加工方案、加工路线、工装夹具、定位夹紧方法对刀点、换刀点等，并合理选定机床、刀具和切削用量（铣削用量）等。

(3) 高效加工技术方面，小切深、大进给面铣高效加工技术；该技术在机匣、整体叶轮粗铣加工应用成

熟，不仅提高了加工效率，而且减少了对数控加工设备的损耗，延长了设备使用寿命。采用五轴联动变位插铣技术：该技术在整体叶轮、部分机匣上的应用，保证刀具长径比在大于5的情况下，仍然可以保持高效加工。

(4) 强化五轴数控加工过程质量控制，研究动态误差因素对加工质量的综合影响，如五轴机床伺服误差和热误差、工艺系统受力/热变形误差、刀具磨损产生的误差等，形成标准的工艺流程。研究采用国际上成熟的数控加工自适应控制软件。整体叶轮数控加工程序量非常大，由于采用五轴加工，加工过程中刀具切削参数始终在动态变化，在转接圆角等位置切削力变化剧烈，因此有必要采用专业切削力分析软件对加工过程中切削系统受力情况进行仿真分析，获得优化的切削参数。

结语

五轴数控加工主要通过控制刀轴矢量、投影方向和驱动方法来生成加工轨迹。加工关键就是通过控制刀具轴矢量在空间位置的不断变化或使刀具轴的矢量与机床原始坐标系构成空间某个角度，利用铣刀的侧刃或底刃进行切削加工。航空发动机典型零件如机匣、整体叶轮等的加工质量和加工效率是提高制造技术水平的关键，在实际加工过程中需要针对典型零件加工误差和加工效率的关系，建立误差与效率的综合评估模型，使得在加工误差允许范围内，不断提高加工质量和加工效率。需要对典型零件加工过程中动力学和热力学引起的刀具和工件变形进行预测和计算分析，并研究工件变形的控制及其补偿技术，形成完善的加工工艺。□

山特维克可乐满推出专门用于 航空航天难加工材料的丝锥

山特维克可乐满 供稿



为了应对航天航空业对可靠加工解决方案的强劲需求，山特维克可乐满针对ISO S材料（钛合金和镍基合金）推出了用于钛合金和镍基合金等ISO S材料的新攻丝工具CoroTap® 200 SM、300 SM 和 300 SD。

山特维克可乐满螺纹加工全球产品经理Steve Shotbolt解释道：“在对镍合金进行攻丝时，最重要的因素就是为所需的螺纹尺寸创建正确的底孔尺寸。减少螺纹啮合量可降低驱动丝锥所需的转矩，同时有助于消除任何潜在的丝锥断裂。研究发现，75%的传统螺纹啮合量对于高强度材料来说是不必要的；一般来说50~60%的啮合量可满足大多数需求。”

为了应对航天航空业对可靠加工解决方案的强劲需求，山特维克可乐满针对ISO S材料（钛合金和镍基合金）推出了新的攻丝和螺纹铣削刀具。这些产品为高价值零件的加工（如发动机外壳）提供卓越的安全性、降低报废率以及减少停机时间。

针对新型钛攻丝而优化的槽型旨在提供始终如一和可重复的结果，其中包括适用于难切削材料的小的正前

角和有助于防止材料黏连形成的创新、耐磨ACN（氮化铝铬）涂层。为了防止加工难切削材料时出现堵屑，丝锥也有较大侧面避空间隙，以此减小摩擦。为了实现真正稳定的攻丝，用于镍基合金的丝锥具有减小的10°螺旋角。

螺纹铣刀在生产时采用MJ螺纹型式，具有27°的螺旋角，是特殊材料螺纹加工的最佳角度。MJ螺纹



型式在航天航空业中很普遍，因为它们有助于减少零件螺纹根部的应力。

诸如Ti6Al4V等钛合金的攻丝比大多数合金材料更具挑战性。钛不是热的良导体，这意味着切削刀具表面和边缘的温度往往会上升，同时无法通过零件和机床结构消散。这种热量积累会导致切削刀具破损和缩短丝锥寿命。此外，钛的弹性模量相当低、抗拉强度高、“弹性”大，从而在丝锥上产生了一种“闭合”效果，这可能会是导致螺纹破损和撕裂的因素。此外，它还会提高丝锥上的扭矩，缩短使用寿命。

山特维克可乐满的新型丝锥包括用于对钛通孔进行攻丝的CoroTap® 200 SM，以及CoroTap 300 SM（盲孔，钛）和CoroTap 300 SD（盲孔，镍基合金），以及针对螺纹铣削MJ螺纹型式的R217。

这些新型丝锥的推出有助于推动航天航空发动机

零件的制造，如外壳、轴和盘，和任何由ISO S材料制成、带有凸台和/或法兰的发动机零件。经证实，该刀具还可用于钛合金和镍基合金较为普遍的其他领域，如石油和天然气、泵和阀以及医疗行业。

在性能测试中，某客户使用山特维克可乐满的CoroTap 300 SM，其中工件为Inconel 718。加工条件是使用带8%外部冷却液的DMG DMU 60数控加工中心，主轴转速251 rpm，切削速度6 m/min (19.685 ft/min)，进给率0.907 mm/min (28 TPI)。使用山特维克可乐满的CoroTap 300 SM可以达到17，生产数量几乎比其他常规刀具多了两倍。□



车削铣削航空用 金属难加工材料的新刀片

尚亚国际贸易公司 章宗城

航空关键用零部件的材料要求在高温和低温条件下，比强度高、综合性能好、化学稳定性好而且质量轻。当代作为航空用金属材料有铝合金、钛合金、超耐热合金等。其中属难于加工材料的钛合金和超耐热合金，主要用于喷气发动机。低温低压部分一般用钛合金，高温高压部分多用的是镍基超耐热合金，如Inconel718、Hastelly、Waspaloy、Rene41等和钴基的Trilbaloy，司太立合金等。

钛合金和超耐热合金的难切削程度，若以含硫易削钢的易削指数为100。奥氏体不锈钢为45，钛合金中的Ti-6Al-4V为26，Inconel718为12，Rene41则在5以下，可知难削性依次以2的幂指数增加。

钛合金及其加工特性

(1) 切削过程中生成的切削热高，且导热性差（约为钢的1/7，铝的1/16），从而使温度集中在刀尖刃口，常高达1000℃以上，易使刀具因高热性能下降而损伤。

(2) 钛合金弹性模量小，切削后钛材弹性恢复压向刀具，会加剧与刀具的摩擦，进一步增加切削温度，加速刀具磨损。还易引起振动。

(3) 易加工硬化，且自身化学活性大，易与空气中氧等反应，使表面变硬，加剧刀具的磨损。特别是造成刀具的边界沟状磨损(Grooving wear)。

(4) 钛合金的切屑易黏结在刀具上，在加工中黏结物被持续的后加工强制除去时，刀具表面部分材料会随切屑带走，从而造成粘结损伤，降低刀具寿命。最广泛使用的钛合金是 α - β 相的Ti-6Al-4V。波音787型多用的钛合金是 β 相的Ti-5Al-5V-5Mo-3Cr，更难加工。

镍基超耐热合金及其加工特性

镍基超耐热合金含合金成分比率多，合金元素与碳构成各种碳化物和复杂碳化物，这些碳化物不溶于合金，而是以极细颗粒形式弥散分布在

晶界，强化晶界，阻止在外力作用下晶面滑移，使得合金显示超强硬的性质，比强度大。

要加工它们，必须用更大的力，作更多的功，这必然同时产生更高的热。这些材料本身导热性又差，切削中生成的热量不易排出，使温度非常高、磨损加剧，一般刀片材料无法持续加工。钛合金的难加工特点许多在超耐热合金中显示得更剧烈，其机械、粘结、扩散和氧化磨损更严重，因此它们比钛合金更难以加工。

为开发钛合金与超耐热合金加工用的优秀车、铣刀具，应该采用最先进的刀片材料和涂层，提高其高温硬度，综合机械性能。同时要研究设计新型刀片的几何形状，合理的断屑槽，使切削热下降，使热量加快导出，加速排屑，减少各类损伤。

车削新涂层的开发

三菱公司在这方面作出许多努力，有不少成果。多年前他们在硬质合金中改善了碳化物的分布，开发了

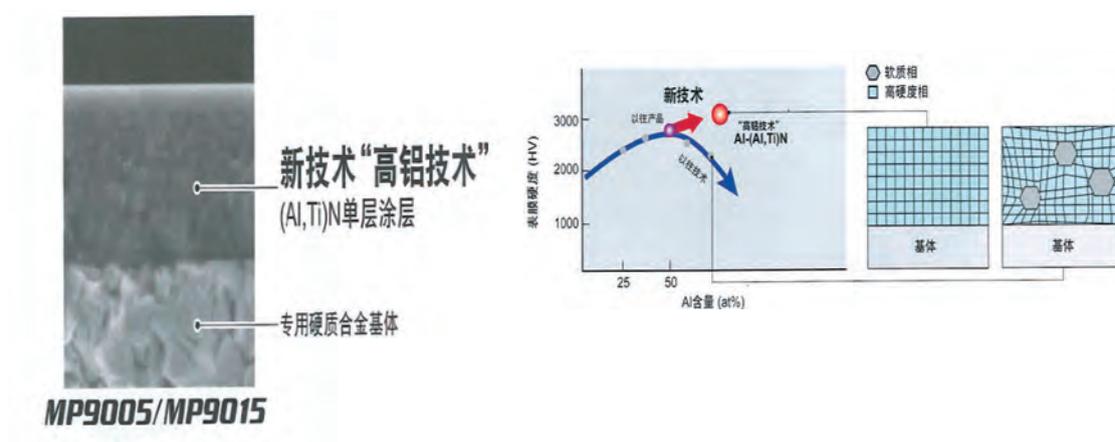


图1 新高铝PVD涂层及其性能提高原理

易导热以R打头基体硬质合金材料系列。如RT9005, RT9010等。在此基础上以他们独特的MIRACLE物理涂层技术, 涂覆 (Al、Ti) N又取得了较好的加工效果。一般来说; 涂层中Al含量增多, 高温中形成优秀的抗粘附、硬度又高的非晶质铝氧化物层, 加工中会不断地自行更新, 防止涂层和涂层下基体材料发生氧化损失、Al含量增多, 尚可促使组织微结构化, 合金化进一步提高涂层的机械、物理、化学性能。Al增多, 铝氮化物的优良的性能也可得以更大发挥。但是Al含量增多也可如图1所示, 超过一定的量后, 膜层中形成软质相, 反使表面硬度下降, 性能变坏。三菱最近开发了能使铝含量大幅增加、形成高铝单层均质涂层的PVD新技术。它不生成软质相, 硬度反可提高到HV3000, 而且热稳定性好。使耐后刀面机械磨损、耐前刀面月牙洼磨损和耐粘结损伤性能均得以大幅提高。其涂层牌号有适合精车到半精

车用的MP9005和适合粗车到半精车的MP9015。前者耐磨性更高, 适合在切削超耐热合金时, 切削速度高至100M/min左右的加工, 后者综合性能优异, 适合有一定冲击负荷的加工。

断屑槽的形状结构设计

断屑槽的形状结构设计直接影响刀具的切削性能, 非常重要。各个加工阶段切削用量不同, 这就需要不同结构的断屑槽。为顺利切削航空金属难加工材料。三菱分别为精, 半精, 粗三阶段加工, 设计造出LS、MS、RS三种断屑槽。它们适合这些材料在以上三阶段的连续切削和轻微断续切削。涂层和断屑槽MP9005+LS的CNMG型刀片, 以 $V=100\text{m/min}$, $f=0.15\text{mm/r}$, $a_p=0.25\text{mm}$ 的切削用量, 精车发动机零件Inconel718, 外圆、端面、内孔连续切削, 比起过去的刀片材料, 寿命提高2~5倍。在

半精车中, 采用MP9015+MS涂层和断屑槽的CNMG型刀片。以 $V=40\text{m/min}$, $f=0.2$, $a_p=2\text{mm}$ 比以往刀片材料, 寿命提高2倍。

车削注意事项

在切削难加工材料时, 还要注意的是一它们易加工硬化, 前道工序留下的表面硬度很高, 易形成切深边界的沟状磨损。为此需要正确地选择刀尖圆弧半径 R , 三菱推荐的经验是——应使 R 大于切削深度 $a_p \times 1.5$ 。如 $a_p=0.6\text{mm}$, $0.6 \times 1.5\text{mm}=0.9\text{mm}$, 那么可以选用 $R=1.2\text{mm}$, 的标准刀尖圆弧半径的刀片。适当地增大 R 的实质是; 可减小主偏角如图2所示。可见 R 增大, 主偏角减小, 使切深边界

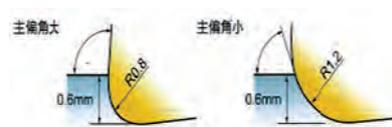


图2 减少主偏角改善边界磨损

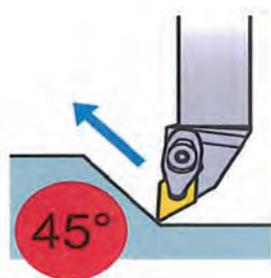


图3 提拉加工图

处切削力分散，减小，缓和了该处的磨损。另外，为减少切屑缠绕可多采用提拉式加工，（见图3）。

钛合金车削特点

钛合金一般涂层中多含钛，车削钛合金时，往往由于车刀与工件持续接触加工，切削区域温度特别高，再加二者同含钛，亲和力大，互相黏附力强，持续加工强使它们分离时造成黏结磨损大、涂层剥落、崩刃以及加工表面质量差等问题。故车削钛合金时，采用无涂层优质硬质合金材料为好。三菱公司为此开发了耐热耐磨性耐破损性均高，切削刃可磨制锋利，专适于钛合金从粗车到精车的MT9015材料。再结合上述三种断屑槽LS、MS、RS，可在粗、半精、精三加工阶段得到满意的结果。

铣削新涂层的开发

三菱在新的铣削超耐热合金刀片涂层开发上也有作为。铣削是断续切削，不断地承受冲击载荷。他们开发了特别耐冲击、韧性高的AL-Ti-Cr-N

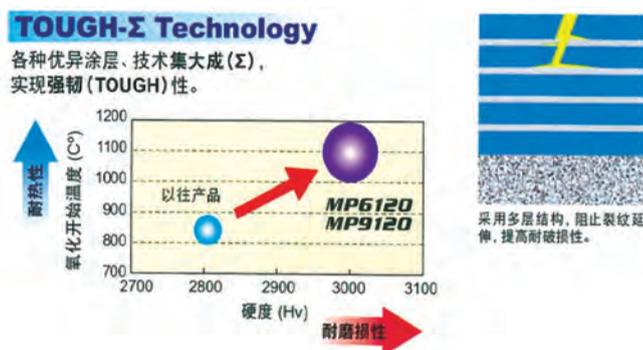
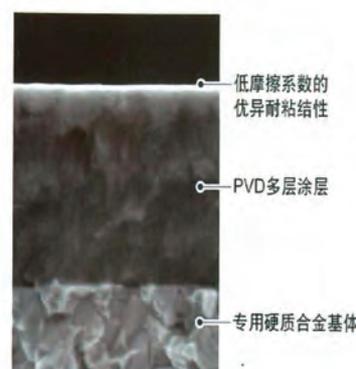


图4 铣削超耐热合金新PVD多层涂层

类,超强韧PVD多层涂层MP9120（见图4），由图可知膜层中加含了Cr，形成优秀铝铬复合氮化物，加入铬、钇、硅等元素弥补，不能过多增加铝，以提高性能的不足。MP9120涂层加入Cr后，硬度也达到3000HV，开始氧化温度提高到1100℃。它既适合铣削超耐热合金不适合铣削钛合金。图4中还可可见，因新涂层是多层结构，尚可阻止裂纹的延伸和扩展，提高耐破损性。（图中的MP6120是适合切削碳钢和合金钢的涂层品种）。MP9120涂层最外表有摩擦系数低的抗粘附膜层。以往一般刀片涂层和钛合金间的摩擦系数是0.7，MP9120降为0.3。同样依据不同的切

削阶段和切削用量。三菱也设计准备了由精加工到准重切削的JL和JM两种断屑槽。通过许多试验和比较，与以往同条件的各情况相比，MP9120比以往的涂层提高寿命约1.2到2.5倍。以后又在此基础上开发了硬度比它稍低韧性高于它的MP9130涂层，涂敷在APX型立铣刀的带二段前角强韧凸形刀片上加工发动机Inconel 718零件 $V=30\text{m/min}$ ， $f_z=0.03\text{mm}$ ， $v_f=40\text{mm/min}$ ，刀片的寿命提高了2倍以上。

针对为提高对难加工材料的切削效率及刀具寿命经济性。从涂层，基体材料和断屑槽等几何结构上，进行不断地改进是我们的方向。□

3D打印在航空航天领域的 六大切入点

3D科学谷 王晓燕



航空工业在20世纪80年代就开始使用增材制造技术，之前增材制造在航空制造业只扮演了快速原型的小角色。最近的发展趋势是，在航空领域，3D打印正在进入产业化生产。通过3D打印（粉末床熔融技术）一体化高度复杂零件以及通过3D打印

（定向能量沉积技术）替代锻造，成为航空企业新一轮的技术竞赛。而在航天领域，通过3D打印低成本可重复利用的下一代火箭发动机，已经引发新一轮的NASA与ESA竞赛。航空航天企业已经不再浪费时间去思考是否该采用3D打印技术，而是集中精

力探索如何通过3D打印技术保持航空航天制造技术的领先性。

最典型的应用要属GE用增材制造的方法来生产燃油嘴，燃油嘴的设计可以避免“开锅”，或者是燃油嘴部位积碳。GE声明该结构的燃油嘴几何形状只能通过增材制造的



(图片来源: GE)

方法来生产。2010年空客将GE生产的LEAP-1A发动机作为A320neo飞机的选配, LEAP发动机中带有3D打印的燃油喷嘴。2015年5月19日, A320neo飞机首飞成功。装有LEAP发动机的A320neo获得欧洲航空安全局(EASA)的认证和美国联邦航空管理局(FAA)的认证。

2017年10月初, GE航空宣布成功完成了T901-GE-900 涡轮轴发动机原型的测试。这款发动机属于美国陆军改进型涡轮发动机项目(Improved Turbine Engine Program, ITEP)的一部分。测试结果表明, GE T901发动机的性能达到甚至超过ITEP项目的要求, 已为发动机的制造做好准备。

应用在航空制造领域中的金属增材制造技术, 除了像GE的燃油喷嘴所采用的粉末床熔融3D打印技术, 还有其他的3D打印技术, 以激光、电子束、等离子束或电弧为聚焦热能的定向能量沉积(Directed Energy

Deposition, DED) 3D打印技术在一定程度上替代了锻造技术。

早在2003年, 波音就通过美国空军研究实验室来验证一个3D打印的金属零件。这个零件是用于F-15战斗机上的备品备件。当需要更换部件时, 3D打印的作用显现出来, 因为通过传统加工的时间太长了, 并且通过3D打印加工钛合金, 替代了原先的铝锻件, 而钛合金的抗腐蚀疲劳更高, 反而更加满足这个零部件所需要达到的性能。当时这个零件是通过激光能量沉积的工艺, 加工金属粉末来获得的, 这种DED工艺被首次应用到军事飞机上。同时也打开了波音公司的3D打印应用之路。14年后, 波音公司现在已有超过50 000件3D打印的各种类型的飞机零件。

波音公司开始通过DED技术为其787梦幻客机生产结构部件。通过挪威钛(Norsk Titanium)公司的快速等离子沉积技术, 在结构件研发的过

程中, 双方共同改进工艺, 并进行了一系列严格地测试, 最终在2017年2月获得了首个3D打印钛合金结构件的FAA认证。

热塑性塑料以及基于材料挤出工艺的熔融沉积成形(Fused Deposition Modeling, FDM) 3D打印技术, 也被应用于飞机零件或备品备件的制造中, 这方面的典型3D打印技术是Stratasys公司的ULTEM材料及其FDM 3D打印设备, 这款材料以及用该材料3D打印飞机通风道的工艺在2015年通过了FAA标准。

无论是DED金属3D打印技术还是FDM这样的塑料3D打印技术, 在航空制造中的应用都涉及到了备品备件的生产。商用飞机的使用寿命是30年, 而维护和保养飞机的原制造设备是非常昂贵的。通过增材制造技术, 测试和替换零部件可以在2周内完成, 这些零件可以被快速运到需要维修的飞机所在地, 省时省力地帮助

飞机重新起飞。将来增材制造方式可以显著改变目前航空零部件的库存状态。把设计图纸输入到打印机，就可以快速制造出零部件，将大大降低航空零部件的库存。

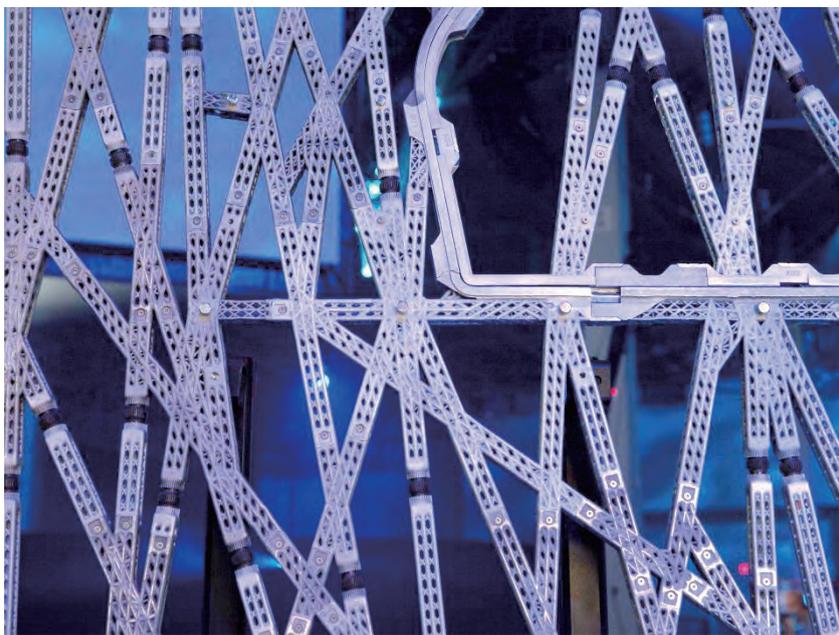
在这方面，中国东方航空成为国内第一家将3D打印的客舱内饰件应用到商用客机中的航空公司。通过3D小批量打印，中国东方航空解决了过去易损零件订货周期长、成本高的问题，同时保障了公司机队的安全飞行，提高了旅客的乘坐体验。

此外，不再需要保有大量的零部件以备飞机维修需求，这些大量的零部件生产也是十分昂贵和浪费资源的。当然，对于旧机型，尤其是数据丢失的型号，保有原来的零部件还是需要的。

切入点1：性能更好的零件

仿生结构带来了材料使用率和力学性能的良好结合，这正是增材制造的价值所在，也是3D打印技术会走进航空制造业的重要原因。在空客（Airbus）机舱设计师的设想中，未来飞机的仿生结构将创造力量与材料分布的完美结合，光线充满整个空间，旅客可以全景观看舱外景色。设计师在最近几年打造的一款概念飞机中将这些仿生设计理念体现了出来，并且提出，在未来这款飞机的机舱将完全由一台有飞机库那样大的巨型3D打印机来打造。

虽然空客仿生机舱3D打印距离现实还比较遥远，但在现实中，有着类似设计理念和制造方式的机舱隔离结构已经进入了生产阶段。空客的子公司APworks与欧特克公司的The Living设计工作室合作，为空客A320



（图片来源：空客）

飞机开发了一个大尺寸的“仿生”机舱隔离结构。由选区激光熔融金属3D打印设备和新型超强、轻质合金材料制造而成。这些3D打印隔离结构已在2016年进行测试，计划安装在新的空客A320上，用于分隔客舱后部的食品准备区域。

“仿生”机舱隔离结构的亮点在于其仿生学设计，设计灵感来源于细胞结构，这种结构特别适合应用于有着高强度、低质量要求的航空零件。整个隔离结构是模块化的设计，其122个3D打印部件像“拼图”一样连接在一起。这样的设计不仅最大限度地减少材料的使用，而且具有高韧性的特点，其中一个或多个节点断裂的时候，并不影响整个网络的稳固性。

3D打印的仿生隔离结构比原来的结构轻了大约25kg，这一看似微不足道数字，如果从每架飞机的整个服役周期来计算的话，将累计减少的二氧化碳排放量将高达9.6万t。而如果未来将这样的3D打印仿生结构应用到整个机舱的制造，带来的二氧化碳

排放量节省则更为惊人，相当于每年减少46.5万t的CO₂排放量，相当于陆地上减少了9.6万辆汽车对大气的污染。可见，3D打印仿生结构的价值不仅仅在于自身对材料的节约，更在于对飞机能源的节约和环保的影响。

切入点2：轻量化

飞机上的小零件每减轻一点质量就会使飞机节省大量的燃油消耗。以一架起飞重量达65t的波音737飞机为例，如果机身减轻一磅（45g）的质量，每年将节省数十万美元燃油成本。实现飞机减重的常见方式是使用质量更轻、性能更强的先进材料来替代现有材料。

强度质量比优于铸造铝，高性能碳纤维部件的下一个目标是发动机性能结构件与高性能机翼部件。2017年，牛津性能材料与劳伦斯·利弗莫尔国家实验室（LLNL）在碳纤维复合材料实现应用领域新突破。牛津性能材料将其OXFAB 3D材料打印成



(图片来源：牛津性能材料)

飞机导向叶片。由于其惰性特点，OXFAB具有高度耐化学性和耐热性，既可以抵抗高速运转时的高温，同时抵抗火焰和辐射，这对于高性能的航空航天和工业零部件十分关键。通过镀镍工艺，牛津性能材料发现新材料可以达到介于钛合金与高性能航空铝的性能。

另一种减重方式是对现有飞机零

部件进行轻量化设计，3D打印通过结构设计层面实现轻量化的主要途径有四种：中空夹层/薄壁加筋结构、镂空点阵结构、一体化结构以及异形拓扑优化结构。

无论是3D打印的发动机零部件，还是飞机机舱中的大型零部件，在航空制造业所进行的大量3D打印探索当中，相比上一代设计更加轻量化，几乎是这些零部件的共同特点。3D打印技术通过实现零部件结构设计层面上的突破而实现轻量化，以最少的材料满足零部件的性能要求。

GE公司就曾通过拓扑优化设计和金属3D打印技术设计了一个轻量化的钛合金飞机发动机支架。负责零件拓扑优化设计与制造的3D Systems公司QuickParts团队，通过Frustum拓扑优化软件对零件的材料分布进行了优化，最终在实现零部件功能的前提下保留尽可能少的材料，并通过光滑和混合表面的处理降低应力。GE航空对3D打印的零部件进行了力学测

试，在实现零件减重70%的前提下，3D打印的钛合金支架满足GE的零件负载要求。

对飞机发动机中的精密零部件进行设计优化，也是3D打印轻量化结构大有可为的领域。西安铂力特增材技术股份有限公司3D打印的航空发动机中空叶片原型，叶片总高度为933mm，横截面最大弦长183mm，内部中空，以21排成45的薄肋进行加固处理。铂力特采用金属3D打印技术一次成形制造，内部致密，整个叶片中空设计使得叶片质量减轻75%。

不仅仅是航空领域，在航天领域，中国航天科技集团五院总体部在通过3D打印实现轻量化方面已经拥有多年的经验，并且形成了面向增材制造技术的设计方法。在点阵结构胞元性能研究方面，中国航天科技集团五院总体部根据三维点阵的胞元形式的特点，结合三维点阵在航天器结构中应用的实际情况，提出了三维点阵结构胞元的表达规范，即通过胞元占



(图片来源：铂力特-Bright Laser)



(图片：铂力特为中国航天科技集团五院总体部3D打印的微小卫星结构内部)

据的空间并结合胞元杆件的直径来表达三维点阵结构胞元的设计信息。

基于增材制造及点阵结构的典型微小卫星主结构：

尺寸包络：400mm × 400mm × 400mm；

承载能力：104kg；

结构重量：<9kg；

制造周期：15天内。

切入点3：解决传统工艺无法加工的难题或在经济性方面替代铸造和锻造

在传统铸造工艺中，大尺寸和薄壁结构铸件的制造一直存在难以突破的技术壁垒。由于冷却速度不同，在铸造薄壁结构金属零件时，会出现难以完成铸造或者铸造后应力过大、零件变形的情况。这类零件可以转而使用选区激光熔融3D打印技术进行制造，通过激光光斑对金属粉末逐点熔化，在局部结构的得到良好控制的情况下保证零件整体性能。

铂力特通过选区激光熔融设备制造的多层薄壁圆柱体，材料为镍基高温合金粉末，零件尺寸为 $\phi 576\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，质量为15kg，壁厚最薄处仅2.5mm，



(图片来源：铂力特-Bright Laser)

$\phi 576\text{mm} \times 200\text{mm}$ 。该零件体现了选区激光熔融技术在制备大幅面薄壁零件方面的能力。与铸造工艺相比，采用金属3D打印技术直接制造零件，不需要提前制备砂铸造型，这使得制造周期大大缩短。铂力特制造的这款多层薄壁圆柱体时所花费的打印时间约为72h。

锻造生产是机械制造业中提供机械零件毛坯的主要加工方法之一，飞机上锻件制成的零件质量约占飞机机体结构质量的20%~35%和发动机结构质量的30%~45%，是决定飞机和发动机的性能、可靠性、寿命和经济性的重要因素之一，锻造技术的发展对航空制造业有着举足轻重的作用。

随着航空产业不断的发展，对航空装备极端轻量化与可靠化的追求越来越急迫，锻造技术的瓶颈已逐渐显现，尤其在大型复杂整体结构件、精密复杂构件的制造，以及制造材料的节省方面。定向能量沉积（DED）3D打印工艺在航空航天制造业中的应用恰好弥补了传统锻造技术的不足，在飞机结构件一体化制造（翼身一体）、重大装备大型锻件制造（核电锻件）、难加工材料及零件的成形、高端零部件的修复（叶片、机匣的修复）等传统锻造技术无法做到的领域发挥出独特的价值。甚至有人认为3D打印技术可以替代锻造技术用于航空制造领域。

以电子束和等离子束为热能的定向能量沉积技术在近年来受到了航空航天制造企业的重视，这些技术被用于制造大型复杂整体零件的毛坯。波音通过Norsk Titanium公司的快速等离子沉积设备3D打印的钛合金结构件已经进入了生产阶段。美国航空

制造企业洛克希德·马丁空间系统公司（Lockheed Martin Space Systems Company）曾投资400万美元从Sciaky公司购买了一台基于电子束熔化焊接（EBAM）技术的3D打印机，并用这台设备制造出直径近1500mm的燃料箱，削减了燃料箱的制造成本。

通过电子束熔化焊接技术的特点，可以了解到定向能量沉积3D打印工艺与锻造工艺的区别。电子束熔化焊接技术的3D打印材料为金属丝，并使用一种功率强大的电子束在真空环境中通过高达1000℃的高温来融化打印金属零部件。这种电子束枪的金属沉积速率达9.07kg/h。电子束定向能量沉积、逐层增加的方法创建出来的任何金属部件都近乎纯净。该技术也可以用于修复受损的部件或者增加模块化部件，并且不会产生传统焊接或金属连接技术中常见的接缝或者其他弱点。

在模锻工艺中需要用到模具，金属坯料在具有一定形状的锻模腔内受压变形而获得锻件。加上制造模具的时间，锻造的交货期与电子束融化焊接技术的交货期的差距就十分明显。这使得电子束融化焊接技术在航空航天行业关于小批量生产需求的零件制造方面独具交货期短的优势。

锻造和电子束融化焊接都是近净成形工艺，但电子束融化焊接更接近净型，加工过程中需要去除的材料更少。航空航天制造材料往往是昂贵的，而电子束融化焊接技术比锻造技术减少约50%的材料去除需求。而在后期的机械加工中，需要去除的材料少意味着切削刀具和切削液消耗量的降低，以及获得更少的加工时间。增材制造技术为材料节省所创造的价值，在制造钛金属等昂贵飞机零件

制造材料时显得尤为突出。

电子束融化焊接技术在加工的过程中能够实现实时质量控制，闭环控制系统通过监测构建参数保证质量达到要求，并可以通过调整能量的大小，保持一致的零件几何形状、化学和微观结构。

EBAM 设备还有一项具有潜力的配置——双丝。具有双丝配置的设备，从两个独立控制的送丝装置上料，实现同时加工两种不同的金属丝材。该配置使EBAM技术在制造梯度合金材料方面具有应用潜力。

也许，不仅仅航空航天行业需要定向能量沉积3D打印技术提供锻造

服务的公司也可以考虑引入这类3D打印技术，将其与传统锻造工艺放在同一屋檐下，提供更优化的制造组合。

切入点4：零件修复

激光熔覆技术对飞机的修复产生了直接的影响。涡轮发动机叶片、叶轮和转动空气密封垫等零部件可以通过表面激光熔覆强化得到修复。关于激光熔覆技术（LENS技术）用于再制造，目前国内以西安铂力特以及北京王华明院士的团队为主要的3D打印服务提供方。

而激光熔覆技术本身也在获得不断的发展，2017年，德国Fraunhofer研究机构还开发出超高速激光材料沉积-EHLA技术，这项技术使得定向能量沉积技术所实现的表面质量更高，甚至达到涂层的效果。目前EHLA技术已经迅速的被德国通快商业化。

除了激光熔覆技术，冷喷增材制造技术正在引起再制造领域的注意。其中，GE就通过向飞机发动机叶片表面以超音速的速度从喷嘴中喷射微小的金属颗粒，为叶片受损部位添加新材料而不改变其性能。除了不需要焊接或机加工就能制造全新零件，冷喷技术，令人兴奋之处在于它能够



(来源：Fraunhofer)

修复材料与零件融为一体，恢复零件原有的功能和属性。

切入点5：高性能材料及梯度合金

1. 高性能材料

3D打印不仅仅在碳纤维增强塑料以及玻璃纤维增强塑料方面大有可为，在金属材料的制备方面也颇具潜力。例如南京航空航天大学提供一种基于粉末床激光熔融3D打印技术成型的铝基纳米复合材料，用于激光增材技术领域，有效地解决铝基纳米复合材料在激光增材过程中工艺性能与力学性能不匹配、增强颗粒分布不均匀以及陶瓷相与基材相之间润湿性较差的问题，使得所获得的产品具备良好的界面结合以及优异的力学性能。

2. 替代钎焊

在由多种合金制成的航天零件中，通常需要用钎焊的工艺。钎焊主要是通过加热到一定温度使焊料熔化，从而把几种一样材质或不同材质的金属连接在一起。钎焊时一般都发生母材向液体钎料的溶解过程，可使钎料成份合金化，有利于提高接头强度。钎焊时也出现钎料组份向母材的扩散，扩散以两种方式进行：一种是钎料组元向整个母材晶粒内部扩散，在母材毗邻钎缝处的一边形成固溶体层，对接头不会产生不良影响；另一种是钎料组元扩散到母材的晶粒边界，常常使晶界发脆，尤其是在薄件钎焊时比较明显。

所以说两种金属材料的接头强度是一大加工难点。2017年，美国宇航局NASA成功测试了由两种不同金属合金制成的3D打印火箭发动机点火

器。测试是在阿拉巴马州的马歇尔太空飞行中心完成的，这揭示了3D打印的另一大应用潜力：解决钎焊加工所面临的挑战。

传统上，关键的发动机部件是使用钎焊的复杂且费力的工艺制成的，钎焊是一种缓慢而昂贵的工艺，并且需要体力劳动和各种不同的步骤来配合完成。通过3D打印将两种金属材料打印成一个单一部件，NASA开辟了一种更高效、更经济有效的制造火箭发动机点火器的方法。

通过3D打印过程将两种材料分散熔合在一起，两种材料内部晶粒产生粘结，使得任何硬质过渡都被消除，从而零件不会在巨大的压力和温度梯度变化下发生断裂情况。

该零部件由铜合金和Inconel合金制成，通过DMG MORI（德马吉森精机）开发的混合3D打印工艺生产出来，点火器部件的高度为254mm、宽为177mm。

此外，DMG MORI的系统提供了一个独特的功能：用户可以选择在打印过程中对零件的内部进行CNC机加工。换句话说，3D打印机可以在增材制造和减材制造加工之间进行转换，从而在其组件的整个轮廓完成之前进行完善组件内部结构的精加工作业。

切入点6：4D打印

4D打印是指在第四维度形状或功能发生改变，换句话说，4D打印是指3D打印结构在打印完成后其形状和材料特性暴露在一个预先确定的刺激中的时候将发生功能或形状的改变。常见的刺激包括：水的浸没，暴露于热、压力、电流、紫外线等环境

中。

国际上4D打印的研究集中在一些顶级的科研机构中——麻省理工的研究人员使用了模拟软件，通过建模模拟出颗粒结构增强的复合材料零件。经过仿真可以展示出对象究竟会对表面压力如何反应。而一旦仿真结果满足要求，零件将通过多材料3D打印机打印出来。这些产品具有间歇性和随机性的丰富多样的表面特征变化，包括可变波、折皱状的特征、平顶、谷底等，可以通过改变颗粒的无因次几何参数（例如：相对的颗粒大小、形状、间距和分布等）来获得。这些表面特征可以通过颗粒定位来实现变量可控。这项技术具有潜力的应用方向包括：伪装的制造；可以推进、吸引或引导液体流动的材料；可以应用到限制海洋生物在轮船底部堆积的反光材料或每隔一段时间移位材料。

来自德国Freiberg的研发团队研发出面向未来的高性能材料：记忆性材料，可以自行愈合裂隙或回复原状。研究中心的设备是Arcam公司的电子束熔融3D打印技术制造产带记忆功能的零件。这些零件就像弹力回形针，在发生歪曲时，只要把它们放到热水中，就能够恢复原来的形状。这个项目可以满足航空航天制造业的特殊需求，例如用来制造可调整的机翼结构，以适应不同的飞行情况。此外，液压传动系统中的大量复杂管道系统也是这一技术具有潜力的应用领域。

本文参考来源：航空制造网、GE、铂力特、空客、Fraunhofer。□

航空航天难加工材料的高速铣削

哈尔滨东安实业发展有限公司 张智秋



山特维克可乐满新推出的CoroMill®Plura HFS ISO S刀具是加工钛合金和镍基合金航天航空零件的理想之选。

为了提高ISO S材料的铣削性能，切削刀具和刀具系统专家山特维克可乐满推出了一系列具有独特槽型和材质的立铣刀。CoroMill®Plura HFS (高进给侧铣) ISO S刀具可确保钛合金和镍基合金工件的加工可靠且富有成效，在航空发动机和结构件应用中均有不俗的表现。

为了应对未来几年航天航空业务的增长预期，CoroMillPlura HFS产品包含两个针对钛合金优化的立铣刀系列，以及一个针对镍基合金优化的立铣刀系列。由于排屑和发热是对钛合金加工的特定挑战，山特维克可乐满开发了一款硬质合金立铣刀以应对普通排屑工况，以及一款采用内冷却液

和全新内冷增强器(专利申请中)的立铣刀以确保最佳切屑和温度控制。

加工钛合金的立铣刀采用GC1745材质，拥有坚固的细晶粒(亚微米)烧结硬质合金基体，其锋利且可控的切削刃可应对非常苛刻的铣削工况。此外，全新含硅涂层具有出色的耐磨性和低热传导性。刀具为6齿



产品，端刃不过中心，具有不等齿距设计。此外，芯部尺寸经过优化，在钛合金加工中具有更高的刚性，而刀尖圆弧半径、前角和后角均专门针对这些苛刻材料的加工而设计。

加工镍基合金的立铣刀采用GC1710材质，也具有锋利且可控的切削刃。坚硬耐磨的细粒度基体，经优化可用于在加工具有硬质点、高粘性、工作硬化材料（比如时效处理的Inconel 718）时承受高工作负荷。此处，采用创新HIPIMS（高功率脉冲磁控溅射）技术制作的新涂层也具有降低表面粘脱附特性，能够避免形成BUE（积屑瘤）并延长刀具寿命。

正如山特维克可乐满硬质合金立铣刀全球产品经理Tiziana Pro所说，

新刀具的设计可确保大轴向切深（ap）和小径向切深（ae）以及可控最大切屑厚度的高进给侧铣，能够有效控制切

削力并实现流畅切削。生产效率的提升带来了更高产量，而刀具寿命的延长和可靠性的增强又降低了高价值零件的报废率。客户得到的进一步好处包括降低了刀具单个零件成本以及提高了安全水平。”

目标航空航天零件包括钛合金机翼和挂架零件，以及由Inconel 718制作的发动机机匣。石油和天然气、医疗和赛车运动等领域（其中钛和镍合金变得越来越普遍）的应用也将从中受益。

为了突出所能提供的潜在收益，刀具可先行试用，涉及由时效处理的Waspaloy 420镍基合金制作的LPT（低压涡轮）机匣。采用卧式加工中心，增大了轴向切深并减小了径向切深（径向力较大会产生挠曲问题）。将12 mm直径CoroMill® Plura HFS立铣刀与相同尺寸的竞争对手刀具进行比较，金属去除率显著提高，生产效率提升幅度可达198%之多。（资料由山特维克可乐满提供）□



质量决定一切 新大众生产工厂 使用ZEISS AIMAX进行在线检测

蔡司供稿



位于波兰弗热希尼亚的大众商用车生产工厂于2016年开工，在几个不同的方面具有特殊性：不仅完工时间创了记录——仅仅23个月，而且它还是波兰迄今为止最大的外国投资也是整个大众家族最先进的工厂。质量经

理Werner Steinert的任务是为该生产工厂获取卓越的测量技术，他决定为波兰公司的测量技术选择具有远见的方法。

一旦生产于2018年全面启动，每年将有10万辆Crafter和MAN TGE货

车总装下线，这一数量是大众商用车（VWCV）目前年销售量的两倍。第121家大众工厂标志着大众公司的战略发生了转变。多年来，大众一直委托戴姆勒为其生产小型货车，但与这家总部位于斯图加特的公司的合作

协议到期时，VWCV选择自己生产Crafter货车，之所以采取这一举措，是由于在线商业出现了快速增长，由此带来了更多的运输选择需求。根据2013年的工厂选址分析，大众汽车管理层决定在波兰新建一个工厂来组装货车。这个1000m长、400m宽的巨大工厂的建造速度证明了大众对这个项目的积极性。建设仅用了23个月，比计划提前了6个多月。这一切在进行的同时，VWCV正在开发新型Crafter。该公司总部位于德国沃尔夫斯堡，最终在弗热希尼亚的工厂投资8亿欧元，预计这笔投资将很快收回。Werner Steinert，弗热希尼亚PWQ-3/1 QS-分析/测量部门负责人对此充满信心：“我相信这家工厂有一个光明的未来。”

Crafter货车一旨在满足每一个需求

Steinert的乐观有很多原因。对他来说，除了汽车的质量，Crafter获得市场成功的一个重要因素是它拥有多种车型。VWCV利用与戴姆勒合作

伙伴关系的结束，为客户提供更多的选择。目前，Crafter有29种不同的型号，未来将会有60个基础版本。除了三种不同的驱动器和四个可供选择的引擎，客户还可以挑选三种不同的长度和高度。这种多样性将确保这款货车适合各种不同的用途 - 从救护车到送货车。开发人员正在确保所提供的各种型号不会影响车辆的设计。这就解释了为什么Crafter看上去不像普通的货车。事实上恰恰相反。对质量保证部门主管来说，这款商用车具有“顶尖设计”。为了展示他的意思，Steinert走过新生产工厂的测量实验室，用右手指向车辆引擎罩金属板的“设计线”。其他设计细节，例如Crafter的前部，让Steinert觉得相较于货车，它更像是一辆汽车。设计师想把每一个细节都变得恰到好处的愿望使他们不受尺寸的限制，给这辆车带来了流线型的设计。而且，当然，间隙“就像我们的普通汽车一样”，Steinert说道。为确保不会对设计和功能有任何影响，大众在弗热希尼亚的工厂使用领先的制造和质量控制系统，用Steinert的话说就是“全球独一

无二”。

可实现最佳质量的光学测量方法

这位波兰的质量经理确信：“没有其他的汽车制造商像我们在弗热希尼亚的测量实验室一样，使用如此多的光学测量方法。”即便是用测量实验室这个术语也不能详尽地描述这个进行测量的大厅：面积达1550m²，高14m，在这个恒温的空间里温度始终为20℃。测量实验室除了拥有多个设置位置，还有一个带四个悬臂的三坐标测量机的测量站以及六个用光学测头进行测量的测量站。Steinert自己帮助开发了这种创新方法：“它的工作性能非常好。”精心设计的一部分是测量实验室中的一个离线工作站，它配备了来自Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH的四个ZEISS AIMAX测头，这些测头经设置后可以像在线工位一样完全独立进行编程。这种独立性对Steinert来说非常重要，因为如果我们需要优化机器人程序或图像处理参数，他和他的团队可以快速付诸行动。

100% 检测

为了让Crafter每3.5min下线生产一次，需要采用在线测量技术与生产中规定的时间同步。除ZEISS AIMAX测头非常高的基本精度，Steinert还对Carl ZEISS Industrielle Messtechnik GmbH提供的系统速度印象较为深刻。“我们需要市场上最好的基于机器人的三维在线测量技术，”已经在大众工作了25年的质量经理说道。大众于2015年决定





采用蔡司系统。除此之外，还有其他原因让蔡司成为了正确的选择：Steinert说：“我们想要拥有熟练员工的合作伙伴，他们也能够极端的在时间压力下工作。在生产的前几个星期后就已经清楚了，在线方法是最好的选择。所有五个工作站都完美地工作。我肯定会再次选择蔡司。”

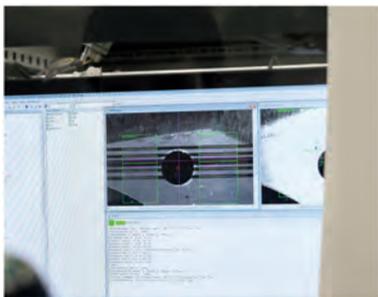
在波兰进行100%的检测。这意味着每个车身部件——从底盘到侧面板——都要通过相应的在线测量站进行检测。不同车型的底盘差异最大，对82~122个测量点进行检测以确保达到规定的公差规格。为了帮助整个测量过程顺利进行，底盘上的RFID芯片将选择正确测量程序所需的信息传输到在线工作站。一旦底盘就位，软件已经知道应该运行哪个子程序来

控制四个测量机器人，无需任何人为干预。程序员已经定义了什么时候需要检查一个特定的特性，以及应该使用哪个ZEISS AIMAX测头。一旦测量程序启动，所有四个机器人手臂都从安全位置“醒来”。发出嗡嗡声，它们沿着长达8m的车身平板行驶3min。在工件传输的时间内，安装在机器人前段的测头对在线工作站六个温度补偿杆中的一个进行温度补偿。碳纤维球安装于温度补偿杆上。测头定期从三个不同的位置进行测量。采集到的数据用于不断重新校准测量系统。这个过程必不可少，以确保在测量过程中获得高测量精度。如果软件没有考虑机器人手臂电动机发出的热量，整个系统将受到不利影响。

一个系统—三种测量方法

为了确保对车身零件难以触及的特性进行完美的检测，使用了运动范围较大的六轴机器人。得益于AIMax测头的紧凑设计（高度155mm，宽度134mm，长度125mm），即便是车身上狭窄区域或难以触及区域的特性，也可以轻松进行检测。“这使得ZEISS AIMAX非常适合在线检测。” Steinert说。单一测头中结合





了三种测量原理（多线三角测量、灰度图像处理以及阴影分析），对车身制造来说是又一大优势。这三种测量原理使得蔡司系统可以测量复杂的几何特征，如特殊的钻孔、孔、螺纹、焊接螺母、间隙和面差。“焊接的螺母，我们有很多，但只能用ZEISS AIMax进行在线测量。数字摄像技术具有高分辨率和灵活的照明控制，可在各种情况下实现最佳照明，确保所评估的特征获得理想的对比度。例如：钣金下的螺母清晰可见。”已经熟悉俄罗斯大众工厂的蔡司系统的Steinert说，“得益于采用了适应性照明技术，可以测量不同的材料。这是一个重要的优势。”最重要的是，能够以闪电般的速度进行测量。ZEISS AIMAX的典型测量时间（包

括机器人运动）在每个测量位置为1.8~3.0s。“凭借这样的速度，我们可以在规定的周期时间内检查我们车身部件的许多特性，极大地帮助我们优化了流程。”Steinert说。

密切关注整条生产线

所有车身部件都经过检查。Steinert说：“这样我们就能立即知道我们需要修改流程的地方。”在调来波兰之前，他在俄罗斯工作，负责确保在那里生产的汽车符合公司的要求。对于质量保证员工来说，监测在线工作站非常简单。每个工作站的显示器可以向他们展示具体特性接近超过公差的程度。Steinert说：“一旦容差利用率达到75%，我们就开始密

切关注。”员工每天或是在每个班次之后检查数值的变化情况。不惜一切代价避免因超出容差而停止生产线的情况。通常，质量保证部门的工程师可以通过检查蔡司测头上相机拍摄的照片，了解特定的特性，并根据需要进行保存，从而确定公差偏差的原因。Steinert说：“因此，我们很容易确定钻孔中是否有胶水。”这只是一个简单的例子，说明从在线工作站获取的数据如何帮助大众的质量管理人员改进工厂的制造工艺。Steinert说：“我们只是把照片发给负责的员工，他们优化了胶水的应用，这样一来就无需对零件进行返工。”而追求最高品质不仅仅局限于工厂场地。由于Crafter的所有部件都已经提供，Steinert还认为他的工作还包括优化供应商工厂的流程。为此，为人温和的质量经理建立了第二个测量实验室。他经常邀请他的供应商来看这个测量实验室。在这里，他们就如何保持质量规格进行了热烈的讨论，这一切与Steinert的格言完全吻合，即：“质量决定一切。”Steinert使用实际部件向供应商展示和解释问题，以及如何解决问题。这就是目前的工作方式。未来，他打算利用测量厅内的35m²的屏幕、高分辨率的体育场投影仪和智能眼镜等设备，以便于他和他的供应商能够近距离和以三维方式检查他们制造的部件。“由于我们进行光学测量，我们有一个逼真的工件三维模型。我们将采用这个方法虚拟地显示缺陷，这种方法会让供应商印象更深刻。”这位质量经理说道。Steinert对于未来的发展感到非常兴奋，相信这种方法“将进一步提高所有相关人员的质量意识”。□