

# WMEM

## 世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.2 2017  
2017年4月  
April 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 毛子锋

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2期(总第149期)

# WMEM世界制造技术与装备市场

## 展会致辞 Show Congratulations

- 26 龙兴元: 努力当好新需求的供给者  
Long Xingyuan: Efforts to become a new provider of demand
- 27 关锡友: 新需求·新供给·新动力  
Guan Xiyou: New demand. New supply. New momentum
- 28 王旭: 面向未来 变革创新  
Wang Xu: Facing the future reform and Innovation
- 29 张志刚: 转型升级靠实干与创新  
Zhang Zhigang: Transformation and upgrading requires hard work and innovation
- 30 陈惠仁: 关注新需求 发现新供给 提供新动力  
Chen Huiren: Attention new demand, find new supply and provide new impetus

## 展会信息 Exhibition

- 32 新需求·新供给·新动力——CIMT2017新闻发布会在京举办  
CIMT2017 press conference held in Beijing
- 36 第十五届中国国际机床展览会(CIMT2017)部分展品综述 周敏森  
Part of the exhibits overview of CIMT2017
- 54 CIMT2017部分技术交流讲座日程表  
Technical exchange lecture schedule of CIMT2017
- 56 CIMT2017展品预览(3)  
CIMT2017 exhibits preview

## 资讯 News

- 67 2017年1-2月机械工业经济运行情况等10则  
Economic operation of machinery industry in January - February 2017

## 用户之声 User Voices

- 71 大数据时代的智能检测技术 朱正德等  
Intelligent detection technology in big data age

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders Association

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

Tel: (010) 63345259 Fax: (010) 63345699  
E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: **CMTBA**  
**Modular Machine Tool & Automatic  
Manufacturing Technique**

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

President of E-C: CHEN Hui-ren

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

Committeemen:

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

Specially Invited Committeemen:

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

Chief-Editor: Li Huaxiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方微信

- 76 航空制造用机床工具发展趋势分析 杨金发等  
Analysis on development trend of machine tools for aviation manufacturing
- 80 曲轴连杆颈磨床分度装置改进 朱万奇  
Improvement of indexing device of crankshaft connecting rod neck grinder

### 产品与技术 Products & Technology

- 82 西门子3D打印技术在发电装备制造中的应用 西门子供稿  
Application of Siemens 3D printing technology  
in power generation equipment manufacturing
- 85 3D打印技术在船舶制造中的应用 李雪峰等  
The application of 3D printing technology in shipbuilding
- 88 3D打印在汽车制造中主应用 崔厚学等  
3D printing is used in automotive manufacturing
- 93 整条生产线仅有两工位需要人工 SW供稿  
——SW自动化解决方案助力施洛特拓展中国市场  
Only two units need manual in entire production line
- 97 如何选择五轴数控机床 陈虎  
How to choose five - axis CNC machine tools
- 103 Schaeffler Technologies 与DMG MORI强强联合共同开发智能生产系统 DMG MORI  
Powerful joint development of intelligent production system
- 106 程序, 改变未来 蔡司供稿  
Program change the future
- 108 发动机深孔加工技术 史胜祥等  
Deep hole machining technology of engine

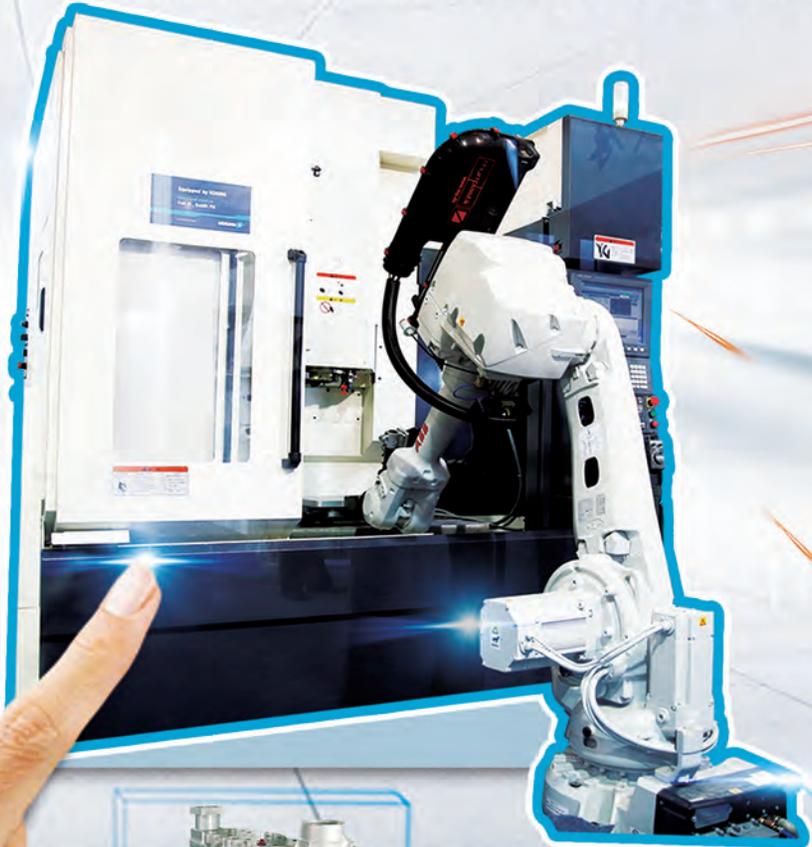
### 广告目次 Advertisers' Index

- 112 《世界制造技术与装备市场》2017年第2期广告目次  
WMEM advertisers' Index in 2nd 2017  
消息 (84、102)



# 北一机床

与共和国同龄，北一机床从变革到超越、追先进至领先，秉承着“制造精良，追求卓越”的核心理念，一步一个脚印，致力于成为具有全球竞争力的机床制造与服务供应商，在“做高端智能制造的工艺师，为用户创造价值的使命”之路上竭诚与您合作、为您服务。



**北京北一机床股份有限公司**

BEIJING NO.1 MACHINE TOOL CO.,LTD

地址：北京市顺义区林河工业开发区双河大街16号

邮编：101300 电话：010-89496161

网址：www.byjc.com.cn



# WMEM

## 世界制造技术与装备市场

### World Manufacturing Engineering & Market

### 编者的话

一场盛大的工业晚宴即将拉开帷幕。

当你收到这本杂志时，也许你正在第十五届中国国际机床展览会现场，也许正在和合作伙伴交谈。不错，你来对了，这是世界机床工具行业的一次顶级盛会，是世界制造技术与装备表演的最豪华的舞台。

本次展会有四大看点，一是数字化解决方案，二是智能制造技术，三是高效与自动化解决方案，四是专业化设备。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。同时，机床的智能功能越来越多，包括温度、速度、加速度、负载、功率、质量、惯性、位置、振动、图形、语音和加工要求等多种因素的智能控制技术，极具智慧。提高效率，降低成本是企业永恒的主题，自动化和专业化设备也会越来越有市场。另外，一些新技术新产品也希望引起读者的关注，比如增材制造技术。增材制造技术虽然不适合大规模生产，但在一些个性化的需求领域应用越来越多，比如手机壳模具的开发、汽车零部件模具的开发、航空航天以及大型船舶维修方面，打印件的力学性能检测也会越来越完善。

当前，中国机床工具市场的需求发生了显著变化，需求总量明显减少、需求结构加速升级的市场新特征愈加明显。需求结构升级的主要方向可以概括为三个方面，即自动化成套、客户化定制和普遍的换挡升级。观众也可从展会中初见端倪。

展会也会延续往届的辉煌，让我们去饕餮吧。

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(ROBO-STOX)权重排名TOP 10

## 工业4.0 优质伙伴

### INDUSTRIE 4.0 Best Partner



直驱马达双轴双臂回转工作台  
Direct Drive CNC Tilting Rotary Table



直驱马达单轴立式回转工作台  
Direct Drive Vertical Rotary Table



2001~2017连续17年荣获台湾精品金银质奖



滚珠丝杠  
Ballscrews



直线导轨  
Linear Guideway



单轴机器人  
Single Axis Robot



关节式机器人手臂  
Articulated Robot



晶圆机器人  
Wafer Robot



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  
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

上海诺银机电科技有限公司  
Tel: (021) 5588-2303

上海玖证机械设备有限公司  
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

# Czech Republic



MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE  
OF THE CZECH REPUBLIC

The Ministry of Industry and Trade  
of the Czech Republic and the Association  
of Engineering Technology invite you to visit

捷克共和国工业与贸易部  
捷克机械设备制造商联盟  
邀请您参观捷克展馆

## CZECH BUSINESS DAY

18 April 2017 at 10.00 a.m.

## 捷克商务日

2017年4月18日上午10点

the CZECH PAVILION  
hall E4, booths No. 221–233

E4展厅, 221–233号展台

CIMT 2017  
Beijing, China  
April 17–22, 2017

2017第十五届中国  
国际机床展览会  
2017年4月17日–22日

CZECH EXHIBITORS / 捷克参展商

FERMAT CZ • GEARSPECT GROUP • PILANA METAL • ŠKODA MACHINE TOOL  
• ŠMERAL BRNO • STROJÍRNA TYC • TOS KUŘIM — OS / ČKD BLANSKO — OS •  
TOS OLOMOUC • TOS VARNSDORF • TOSHULIN • ŽDAS



地址：南京市江宁区滨江开发区飞鹰路79号 邮编：211178

电话：86-25-86561707 86586220

传真：86-25-86519408 86513814

<http://www.njyigong.cn>

E-mail: [jm@njyigong.com](mailto:jm@njyigong.com)

ISO9001:2008质量体系认证

中国滚动  
功能部件  
研发制造基地

滚动科技专家



南京工藝裝備製造有限公司  
CHINA NANJING TECHNICAL EQUIPMENT MANUFACTURE CO., LTD.





## 努力当好新需求的供给者

中国机床工具工业协会理事长 龙兴元  
秦川机床工具集团股份有限公司董事长



值此CIMT2017开幕之际，我谨代表中国机床工具工业协会和秦川机床工具集团股份有限公司对本次机床制造业国际盛会的召开表示诚挚的祝贺！向出席展会的海内外各界朋友及同行表示热烈的欢迎！

CIMT2017以“新需求、新供给、新动力”为主题，是要在行业缓中趋稳，亟需找到新的增长动力源的转型升级关键时段；是引领行业企业准确把握消费需求持续增长、消费结构加快升级、消费拉动经济作用明显增强的重要特征；深入贯彻落实国务院关于积极发挥新消费引领作用，加快培育形成新供给、新动力的指导意见，积极顺应和把握消费升级大趋势，以消费升级引领产业升级，以制度创新、技术创新、产品创新满足并创造消费需求，努力提高发展质量和服务质量，推动产品技术升级和产业结构优化升级，增强企业发展内生动力，为行业持续健康高效协调发展创造条件。

一方面我们要努力向存量要效益。市场萎缩对所有企业的影响是一致的，但市场对高端产品、技术和服务的新需求，并不是所有企业都能提供新的供给。满足现有市场的新需求，如技术升级、机床改造等，以及新市场的新需求，如新能源汽车、机器人、3C机床、三航/两机等领域，将会使我们成为新需求的供给者。另一方面我们要为用户赚钱而努力奋斗，提升自身发展质量和服务质量，针对相关行业典型零件打造制造工艺装备链，重点发展智能制造、数字化车间、系统集成能力，扎实工业强基工程，努力把整个机床工具行业推向国际分工的高端。

谢谢！

# 新需求·新供给·新动力

中国机床工具工业协会轮值理事长 关锡友  
沈阳机床集团董事长



值此第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）隆重开幕之际，我谨代表沈阳机床集团表示最衷心的祝贺！

2016年，全球机床行业依旧面临着严峻的市场形势，总量持续减少，需求快速升级，新消费模式不断涌现，行业发展面临新一轮的挑战。可喜的是，尽管市场总量在减少，但仍处于高位，需求结构发生了显著变化，低档机床市场呈断崖式下滑，中高档机床市场持续增长，行业企业普遍处于新旧产能转换的关键时期。

特别是当前，ICT技术正在广泛进入工业全过程，不仅是引发一场工业革命，更是工业领域内的商业模式变革，它将彻底颠覆企业传统的经营与商业模式，重塑整个工业生态。为此，行业企业必须由传统以产品为核心的单一维度向聚焦“四个维度”转变。

一是产品维度，企业通过自主技术创新，赋予产品独特性；二是资本市场维度，企业必须独立面向资本市场，满足投资人的要求；三是消费市场维度，企业必须从过去产品的单一买卖转变成为客户提供产品全生命周期服务；四是经营管理维度，企业经营管理不仅仅是面向企业内部，更要构建战略联盟体系，从而形成企业生态链系统。

2017年，是供给侧结构性改革的深化之年，我相信全体机床同仁一定能够在新的发展阶段，通过自身的结构调整与转型升级，探寻客户新需求，促进企业新发展，为机床行业乃至工业发展提供新动力！



展会  
贺词

## 面向未来 变革创新

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



值此第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）即将隆重开幕之际，我谨代表中国机床工具协会理事会和北京北一机床股份有限公司，对本次盛会表示最诚挚地祝贺！向来自国内外的同行和各界朋友表示最热烈地欢迎！

近几年转型升级已经成为行业发展的主流与关键。在新一轮结构升级的大潮中，只有切中“需求总量减少、产品转型升级”机床消费市场的主脉，瞄准“数字化”与“智能化”，谋时而动、顺势而为的企业，才能在漫漫严冬中率先感受到春天的气息。

2017年是全力推进《中国制造2025》，深化供给侧结构性改革，落实中央“坚持以提高质量和核心竞争力为中心、坚持创新驱动发展、扩大高质量产品和服务供给、着力振兴实体经济”部署要求的关键一年。而本次展会“新需求·新供给·新动力”的主题，准确、鲜明地反映了当前我国机床工具产业发展和产业市场的时代特征。在提高国内机床产品的技术水平和质量水平的基础上推动“数字化制造与智能制造”将是中国机床行业“转型升级”的重要标志，也将是机床企业共同努力方向。

面向未来，在机遇与挑战并行中，北一机床愿与行业同仁、社会各界一道，为实现装备强国梦的目标不懈努力，变革创新、共创共赢！同时，也感谢一直以来所有关心、支持协会与北一机床发展的各级领导和社会各界人士！

最后，预祝本次展会圆满成功！

# 转型升级，靠实干与创新

中国机床工具工业协会轮值理事长 张志刚  
济南二机床集团有限公司董事长



随着十二届全国人大五次会议的胜利闭幕，机床行业的盛会——第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）隆重拉开帷幕。我代表济南二机床集团有限公司表示热烈的祝贺！

“十三五”开局之年，机床工具行业呈现连续下行六年后的首度回稳，但仍处于低位运行，对许多企业带来巨大生存压力。作为国家重要战略性产业，中国机床装备的发展一直备受党中央的关心。今年是实施“十三五”规划的重要一年，是供给侧结构性改革的深化之年，也是《中国制造2025》进入具体实施阶段的一年。李克强总理在政府工作报告中提出深入实施《中国制造2025》，明确把发展“智能制造”作为主攻方向，实施工业强基、重大装备专项工程，大力发展先进制造业，推动中国制造向中高端迈进。

承载着新的使命，本届展会以“新需求·新供给·新动力”为主题，是在以两化融合为特点的第四次工业革命大背景下，应对需求升级与竞争加剧、国内产能过剩与进口居高不下的严峻挑战，实现装备制造转型升级的积极行动。

从供给侧不断满足市场的新需求，是推动企业发展的必然条件。面临严峻的形势和挑战，创新是永恒的动力，不变的是企业的实干精神。多年来，济南二机床坚持创新驱动，以实实在在的行动参与国际竞争，促进智能转型，为用户提供系统的解决方案，实现企业持续、健康发展。金属成形机床始终保持竞争优势，赢得国内外用户信任；金属切削机床批量装备航空航天等重点领域，为关键设备国产化做出贡献。

本届展会，上千家企业汇聚北京，凸显数字化制造与解决方案、智能技术、高效与自动化和专业化的新看点，展示转型升级的新成果。济南二机床携XHV2420×40五轴联动定梁龙门加工中心参展，代表了济南二机床在金属切削产品领域取得的最新自主研发成果，可完全替代进口，满足航空航天、轨道交通、能源、船舶和模具等重点行业的加工需求。欢迎各界朋友到济南二机床展位参观交流。

最后，预祝第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）取得圆满成功！



Greetings for CCMT2016

展会  
贺词

# 关注**新需求** 发现**新供给** 提供**新动力**

春深时节，姹紫嫣红。由中国机床工具工业协会主办，并与中国国际展览中心集团公司共同承办的第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017），2017年4月17-22日在北京中国国际展览中心（新馆）举办。届时，作为国际机床界四大名展之一，CIMT2017将再次搭起盛大的舞台，荟萃世界机床产业之精华，诠释国际制造技术发展之趋势，彰显中外市场需求之动向，在千余家中外机床工具行业展商的热切期待和精彩呈现中，迎来成千上万国内外专业观众。

中国国际机床展览会（CIMT）自1989年创办以来，在中国机床工具工业协会的精心培育、及相关合作伙伴与业界同仁的共同努力下，影响力不断扩大，品牌地位持续提升，服务质量追求卓越，不仅是展示世界先进制造技术和机床工具产品的空前盛会，也是推动中外技术交流和我国机床工业技术进步的重要平台，更是观察中国这个世界最大机床工具市场需求变化的极佳窗口。

当前，全球经济正处于全面深刻的再平衡过程中，中国与世界的关系也在发生深刻变化，国际社会间的互联互通也已变得空前紧密，中国和世界各国在经济上进一步良性互动、高度融合、共同发展。因此，“CIMT”不仅是中国的，也是世界的。

中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长 陈惠仁



本届展会的主题确定为“新需求•新供给•新动力”。这一主题诠释了当前环境下世界机床工具产业面临的全新挑战与机遇，CIMT2017也将与您共同见证世界机床工具产业的新征程。新需求带来新供给，产生新的发展动力。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。

面对近几年市场需求变化的形势，众多境内外优秀企业以积极主动的心态，加快转型升级步伐，一批企业主动贴近和适应市场，努力倾听客户的声音，积极调整自身产品结构、组织架构，在转型的道路上取得长足进步和发展，其成果也将在本届展会上得到集中展示。

本届展会将延续以往的恢宏和精彩。在13.1万平方米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，其中德国、美国、英国、瑞士、意大利、西班牙、捷克、日本、韩国、印度等10个国家和以及中国台湾地区的机床协会和贸促机构组团参展。参展展品中，数字化制造与解决方案、智能技术、高效与自动化及专业化定制与服务等特征十分鲜明，自动化生产线、工业机器人、激光加工企业的展商数量和参展面积比上届都有提升。一批具有智能、绿色、高效、精密、复合等技术特点的展品，将成为关注热点。

同时，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。一系列精彩活动包括：2017机床制造业CEO国际论坛、国际先进制造技术报告会、国产数控机床应用座谈会、数控机床重大专项成果展、行业十佳颁奖和30强发布、国际化经营座谈会、“院校之窗”、展览信息发布会等活动。其中，首次由中国机床工具工业协会主办的国际先进制造技术报告会，将邀请国内外业界专家，围绕物联网应用技术、智能制造等先进制造技术热点，深入探讨前沿技术趋势和先进制造理念。

在CIMT2017即将召开之际，我代表展会主办方中国机床工具工业协会，向来自全球业界的制造商、采购商、经销商、行业组织、专业机构和专业媒体等代表表示热烈欢迎，向长期关注和支持展会发展的中国政府有关部门、兄弟协会及海内外的朋友们表示衷心的感谢！感谢和欢迎光临，预祝获得成功！

# 新需求·新供给·新动力

——CIMT2017新闻发布会在京举办

中国机床工具工业协会传媒部



2017年3月20日上午，第15届中国国际机床展览会(CIMT2017)新闻发布会在京召开。来自全国各大电台、报纸、知名门户网站、专业杂志等新闻单位的近70名记者出席发布会。中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁、执行副理事长毛予锋、副秘书长杨青，以及中国国际展览中心集团公司郑世钧副总裁等主办方领导出席会议。发布会由杨青副秘书长主持。

陈惠仁首先介绍了展会概况，他说，由中国机床工具工业协会主办，并与中国国际展览中心集团公司共同承办的第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017），将于2017年4月17至22日在北京中国国际展览中心（新馆）举办。届时，作为本年度最重要的世界机床工具盛会，CIMT2017将再次吸引全球目光。

中国国际机床展览会 (CIMT) 自1989年创办以来,在主办方的精心培育、全球范围内展商的热情支持和积极参与、相关合作方与业界同仁的共同努力下,规模不断扩大,品牌地位和行业影响力不断提升,现已成为当今世界机床工具行业最具影响力的四大国际名展之一。该展会不仅是展示世界先进制造技术和机床工具产品的盛会,也是推动中外技术交流、进步与合作的重要平台,更是贴近了解中国这一最大机床工具消费市场需求变化的最佳窗口。

经历了行业市场需求持续下行之后, CIMT2017展会招展依旧火爆,全球知名机床工具企业均悉数参展,展位面积紧张,一位难求,这从一个侧面也再次印证了CIMT展会强大的品牌地位和行业影响力,特别是中国机床工具消费市场的巨大吸引力。

本届展会的主题是“新需求·新供给·新动力”。这一主题准确、鲜明地反映了我国机床工具产业市场和产业发展的时代特征,反映了CIMT2017的行业发展背景。

陈惠仁说,2017年是我国供给侧结构性改革不断深化的关键一年,在国际经济复苏乏力和国内经济动能转换的背景下,中国机床工具行业正面临着前所未有的新环境、新挑战和新机遇。

当前,中国机床工具市场的需求发生了显著变化,需求总量明显减少、需求结构加速升级的市场新特征愈加明显。需求结构升级的主要方向可以概括为三个方面,即自动化成套,客户化订制和普遍的换挡升级。

中国市场用户需求的快速升级,也为全球机床工具企业提出了新挑



战,带来了新机遇。面对新的市场需求变化,行业企业把握技术发展趋势,及时调整经营策略,从供给端入手,深挖客户需求,研发相关产品,从而获得了新的发展动力。即将召开的CIMT2017展会,将通过最新的技术产品展示,体现机床工具产业的崭新面貌,生动诠释展会主题——“新需求·新供给·新动力”的丰富内涵。

在新闻发布会上,陈惠仁介绍了以下三个方面的情况,一是展馆、展商和展品情况;二是展会期间的国际交流和行业活动情况;三是展会各项保障和服务工作。

## 展馆、展商和展品情况

CIMT2017将使用北京·中国国际展览中心(新馆)全部8个室内展馆(E1、E2、E3、E4、W1、W2、W3、W4馆),并于展馆东侧搭建8个临时展馆(E5、E6、E7、E8、E9、E10、E11、E12),展出总面积达13.1万平方米(与上届持平)。截至目前,共有来自28个国家和地区的1600多家机床工具行业制造商报名参展,其中境外展商839家,国内展商800家,展出面积各占50%左右。全球范围内的知名机床工具制造商将携其最新技术和产品悉数到场。其中,德国、美国等12个国家和地区将组团参展。

为最大程度地确保广大展商和观众的参展和观展效果,集中展示行业热点产品技术,在上届展会基础上,展会主办方在设计规划方面做了进一步的优化:坚持专业化布局;采取国家展团与展品分类布展相结合;部分小行业,实行境内外混合布展。设立了工业机器人与自动化设备展区、金属成形机床和激光加工机床展区,以及刀具、工夹具、工具磨展区。同时以市场为导向,调整展品结构,适当增加激光加工与工业机器人的展出面积。

根据最新统计,本届展会的展品水平和品种、规格的覆盖面均创新的水平。数万件展品中囊括了主机、功能部件、数控系统、量仪量具、机床电器以及刀具、附件等产业链主要产品范畴。其中主机产品包括金属切削、金属成形、齿轮加工、特种加工等多种设备。

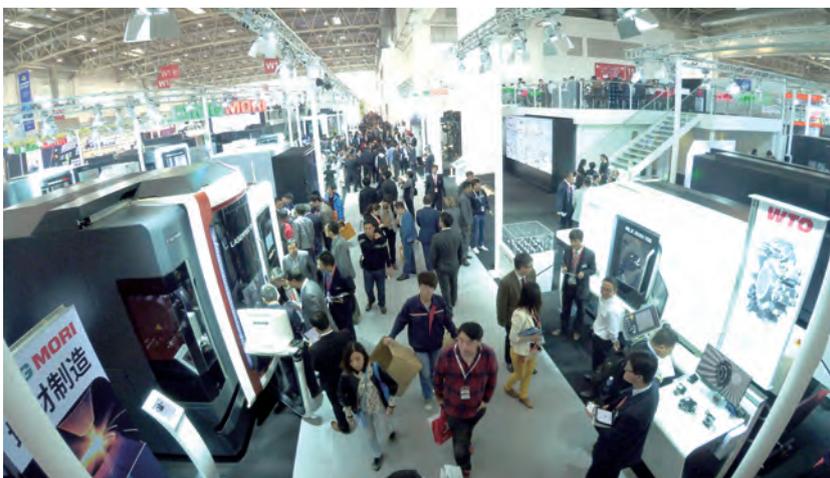
展品看点可主要概括为以下四个方面：

(1) 数字化制造与解决方案。面对数字化制造时代的到来，全球机床工具行业推出一系列新技术与新产品，将在本届展会上得到集中展示。这些技术和产品实现了数控系统由“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。

(2) 智能技术。机床智能技术达到了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，近年来机床智能技术所取得的众多进步和成果将在本届展会得到充分展现。

(3) 高效与自动化。高效与自动化是机床性能的重要标志。本届展会汇集的众多高效与自动化精品，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，具有极佳的性价比，充分展现了全球机床制造业杰出的创新与制造能力。

(4) 专业化。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深的专业特长，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。



## 展会期间的国际交流和行业活动情况

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

### 1. CEO国际论坛

4月16日上午，展会主办方——中国机床工具工业协会将在北京举办“2017机床制造业CEO国际论坛”。论坛将邀请多名全球业界知名企业CEO发表演讲，百余位全球业界企业家、用户领域企业家和部分专家、学者、媒体记者将出席论坛。

### 2. 国际先进制造技术报告会

4月16日下午，展会主办方——中国机床工具工业协会将在北京组织召开“国际先进制造技术报告会”，这是协会首次在展会期间举办此类报告会。届时，将有国内外知名企业及相关组织专家介绍部分热点先进制造技术的最新发展情况。

### 3. 军工行业国产数控机床应用座谈会

由国家发展改革委、工业和信息化部、国家国防科技工业局联合主办，中国机床工具工业协会、中国和平利用军工技术协会具体承办的2017年军工行业国产数控机床应用座谈会

将于4月17~18日在京召开。会议将发布推荐产品、专项成果、需求指南，并通过参观中国国际机床展览会（CIMT2017）和数控机床重大专项展示活动，考察国内外数控机床产业最新发展。

### 4. “院校之窗”专题展区

为促进企业与科研院所的技术交流与合作，推动行业转型升级，本届展会将继续设置“院校之窗”专项展区。展区设在展馆东连廊北部。国内部分院校如清华大学、北京航空航天大学、天津大学等将各自展示其前沿和实用的机床、工具及制造工艺技术。

### 5. 国际化经营座谈会

中国机床工具工业协会将于4月19日上午举办“国际化经营座谈会”。会议旨在使行业内企业通过实施跨国经营战略，推进转型升级和提升品牌影响力，并为企业搭建专门进行海外并购交流的平台。本次会议内容在以往介绍并购企业有关并购经验、相关法律政策的基础上，增加了产能转移、国际化经营等多项内容。届时，将邀请国际专家、政府主管部门介绍相关情况。

### 6. 年度“行业十佳”和行业30强评价结果发布

2016年度机床工具行业“自主创新十佳”和“产品质量十佳”评定工作在去年8月初正式启动，经过企业申报、基本条件审查、用户现场核实调研、专家评审打分、媒体公示等评定程序，最终结果将在CIMT2017展会举行的颁奖仪式上公布。届时，还将公布2016年度机床工具行业30强评价结果。

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

4月19日在北京“德云会馆”举

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

### 8. 数控机床专项成果展示

受工业和信息化部装备工业司委托，中国机床工具工业协会将在展会同期举办第7届数控机床专项成果及应用展。该展示展区设在展馆东连廊南侧。本次专项展主要以图文方式，宣传和展示专项实施以来，行业在基础研究以及高新产品研发方面取得的成果，以及在重点领域的应用案例，以此促进专项成果产品在更多重点领域的推广应用。

### 9. 技术交流讲座

截止目前，主办方已经收到57家企业申报的97场技术交流讲座，其中境外企业申报59场，境内企业28场。

## 展会各项保障和服务工作情况

### 1. 信息化服务

经过主办单位的不懈努力，本届展会的信息化服务工作水平有了新的提升。展商可以通过网络进行展商手册填报；观众可以通过网上、微信、短信多种方式进行预登记，实现高效入场；同时完成了对协会官网的重新改版设计。同时，对展馆通信设施进行了改造升级，对手机通话和上网信号进行了扩容，在登录厅和连廊设有付费的WIFI连接。

### 2. 媒体服务

我们在展馆设有“新闻中心”。新闻中心将设置必要的上网、传真等

硬件设备，并提供最新的宣传信息，为媒体朋友的宣传报道工作提供便利。新闻中心还将接受展商投稿，在中国机床工具工业协会主办的网站、微信、《展览快讯》等媒体发布展会和展品最新资讯。

### 3. 治安、消防、安监工作

为保证展会治安消防安全，主承办方在北京市公安、消防、安监部门的指导监督下，根据有关规定部署进行布展施工和进馆、撤馆等各项工作。

### 4. 交通

主承办方将安排1条免费班车线路到新国展，起点为“天通苑北站”。观众可乘5号线在“天通苑北站”下车，从B口出站，左转约30米即到班车起点。

### 5. 餐饮和生活接待

经过多方协调和努力，目前展馆周边的住宿和餐饮等条件已陆续得到改善，同时展馆内还将增设部分餐饮点，为大家提供更加便利的生活接待服务。

陈惠仁说，CIMT展会自创办以来，与中国机床工具行业一起发展壮大，对于促进中国机床工具行业的进步与发展起到了积极的推动作用。

当前，国家把发展智能制造作为主攻方向，推进国家智能制造示范区、制造业创新中心建设，深入实施工业强基、重大装备专项工程，大力发展先进制造业，推动中国制造向中高端迈进。中国机床工具产业也正处在转型升级的关键攻坚阶段，机遇和挑战并存。我们有理由相信，在有关政府部门的关心、指导和支持下，在广大中外展商的热情参与下，以及合作伙伴的紧密配合下，CIMT将继续见证中国机床工具产业由大到强的历史进程。CIMT2017将以全新的面貌迎接世界宾朋的到来。

发布会最后，陈惠仁回答了记者提问。当有记者问到企业的换挡升级表现在哪些方面时，陈惠仁说，企业的换挡升级首先是技术与产品的升级，这个不用赘述；其次是发展战略的升级，企业要以质量和效率为目标，而不是追求经济规模；三是企业自身能力的升级，大批量生产单一通用性的机床已经没了出路，必须针对客户的要求提高自己的研发能力和工艺能力，制造能力必须重构。

谈到汽车装备时，陈会长深有感触。他说，汽车领域是机床工具的最大用户，可占到40%的市场份额，国产装备为中国汽车工业的发展作出了很大贡献，一些汽车装备还走向了世界，比如济南二机床的冲压设备，技术水平已达到国际先进水平，可与国际一流企业相竞争。然而，汽车关键零部件尤其是发动机变速箱等领域，鲜有国产机床的影子。由于历史的原因和中外装备的技术差距，国产装备很难进入这个核心领域。我们国家有04专项的支持，推动了一些项目的发展，但实施效果需要进一步验证。我们希望国产中高档机床能快速成长起来。

陈惠仁说，计划经济年代，中国机床企业曾经是产品专业化的布局，比如北一是大型龙门机床，中捷是钻镗床，北二是磨床。但缺少市场专一化的机床企业，比如在发动机生产领域也只有那几家专业机床企业，中国没有一家这样的机床企业。市场专一化也是企业转型的方向之一。

陈惠仁最后对2017中国机床工具行业形势进行了补充，他说，由于房地产调控、汽车消费政策调整以及国际贸易的不确定性，一开始并没有看好今年的机床工具行业形势，但一季度的订单和机床贸易额大幅增长改变了原先的看法。尽管如此，他对行业形势仍然谨慎乐观。□

# 第十五届中国国际机床展览会 (CIMT2017)

## 部分展品综述

中国机床工具工业协会 周敏森

两年一届的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弘和精彩。13.1万m<sup>2</sup>展示面积吸引了全球28个国家和地区的1 600余家境内外企业踊跃参展, 其中德、美、英、瑞士、意大利、西班牙、捷克、日本、韩国、印度、中国台湾地区等12个国家和地区的机床协会和贸促机构组团参展。展商群星璀璨, 国内外著名机床工具企业悉数到场, 更为展会的国际性、先进性和专业性增添了浓重一笔。丰富多彩的配套活动, 也将从多层次多角度扩展和推进展会的内涵与深度。

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。可以相信, CIMT2017将再次成为全球制造业的盛典。

### 展品四大看点

从展商将展出的展品来看, 具备四大看点:

**看点一:** 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的特点, 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。

**看点二:** 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、预测和报警, 从而获得传统控制技术在质量、效率、效能及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、语音和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。

**看点三：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

化部件和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，将成为企业获得更多财富和效益的有力工具。

**看点四：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深的专业特长，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、服务理念方面发生的深刻变化，同时现代科技也从中发挥了巨大作用。

## 部分展品综述

### 镗铣类机床

#### 1. 综述

据现有报展资料，镗铣类机床展商近80家，展品120余台。主要展商有安田亚司达、牧野机床、大隈机械、新日本工机、沙迪克、哈挺、尼古拉斯克雷亚、北京一机床、武汉重型、沈阳机床、格劳博机床、济南二机床、北京机床研究所、萨玛格萨尔费尔尔德等。展品多样，有卧加、立加、多轴加工中心、刨台式加工中心、工作台式龙门加工中心、高架桥式龙门加工中心、精密加工中心、雕铣式、钻铣式、专用铣等。展品水平普遍较高，多台新机属中国首展，五轴联动加工中心30余台。由于自身结构与工艺特点，此类凝聚了机床制造技术中诸多先进的技术与经验，是整个展会中最精彩的部分之一。

镗铣类展品主要特点：

(1) 普遍重视机床刚度设计。由于此类机床运动轴较一般机床多，机械结构层次也多，加上不同切削模式（低速重载、高速轻载、粗精加工）宽适应性要求及复杂零件、难度加工材料的影响，机床的动、静刚度显得非常重要。展品在整体布局、局部结构、驱动方式、控制方式等多方面，都体现了这一特点。

(2) 智能技术被广泛引用。无论是运动的高速高精度平滑控制、加工过程的自适应控制、热变形应对、安全运行、简化操作、方便调整与维护保养等方面，涌现出多

种智能技术，将机床的智能控制技术提升到前所未有的高度。

(3) 工作精度稳定性进一步增长。在热稳定性方面，保证机床在常温环境下长时间工作精度的一致性技术得到越来越多企业的关注，新技术不断涌现。此外，机床几何精度，特别是五轴机床几何精度的快速校准与补偿技术，为客户带来极大便利。

(4) 直接式主轴、电主轴、直线电动机、高精度光栅、高速高精滚珠丝杠、绝对式编码器等的应用日趋广泛。

(5) 最新高档数控系统得到普遍应用，强大的控制与网络功能、丰富的APP、宜人便利的人机界面、多种方便的操作功能，机床顺应数字化生产模式的特征越发强劲。

(6) 自动化水平普遍很高，工件交换、刀具交换、刀具管理与检测、机内测量、机床状态监测等自动化功能，极大减少了人工参与程度。

#### 2. 典型机床简介

(1) 安田亚司达（上海）机床贸易有限公司YMC650微细加工中心。工作台尺寸700mm×550mm，工作台最大承载重量200kg，X/Y/Z轴快速20m/min，最小移动单位0.01μm，直线轴光栅尺反馈0.001μm。中国首展，继承畅销机床YMC430全部特征，兼具高精度和高面品质，全



轴线性电动机驱动，高刚性结构，完善的热变形对策，实现长时间稳定高精度加工，搭载新OpeNe，提供简明易懂的直观操作、自我诊断及分析等功能。

(2) 牧野机床(中国)有限公司F3(Pro.6)立式加工中心。中国首展，工作台尺寸850mm×500mm，X/Y/Z轴行程650/500/450mm，主轴最高转速20000r/min(30000r/min可选)，主轴最大功率11kW，X/Y/Z轴快速20m/min，刀库容量20把(30把可选)，定位精度： $\pm 0.0015\text{mm}$ ，重复定位精度： $\pm 0.0010\text{mm}$ 。对称式设计，8mm螺距滚珠丝杠、0.05 $\mu\text{m}$ 光栅尺，无悬臂结构的X和Y轴设计，专利的主轴核心冷却技术，双速主轴，CNC控制专家和专门针对高速、小公差复杂三维模型中微小程序段的加工SGI.4智能软件。



(3) 牧野机床(中国)有限公司D800Z五轴立式加工中心。中国首展，X/Y/Z轴行程1200/1100/650mm，X/Y/Z轴快速36m/min，B轴摆动角范围0~93°，C轴360°连续，最大工件尺寸 $\phi 1000 \times 550\text{mm}$ ，工作台最大承重1200kg，主轴最高转速14000r/min(20000r/min可选)。2个旋转轴马达直驱，中心冷却滚珠丝杠。独特的“Z”形摇篮式可倾转工作台(非传统悬臂梁设计)，确保工作台和工件的重心总是落在B轴和C轴的旋转中心，而不受倾斜角度的任何影响。配有新一代超级几何智能控制专利(SGI.4)软件，专门用于高速、小公差复杂三维模型中微小程序段的处理加工，有助于复杂型腔、型芯和航空航天零件的高速高精高效加工。机床具有可基于刀尖编程及路径优化的TCP控制功能。机床特别适用于模具和航空航天领域精密零件的加工。



(4) 新日本工机株式会社NeoV-5M龙门式加工中心。中国首展，工作台尺寸5000mm×2500mm，立柱间有效距离3100mm，X/Y/Z/W轴行程5250/3700/800/1200mm，工作台表面到主轴端面距离范围50~2050mm最大容许工件重量25t，主轴最高转速5000r/min，CNC系统Fanuc 31i。高刚性、高精度、高效率龙门式加工中心，横梁可参与切削，连续切削扭矩1200N·m。

(5) 牧野机床(中国)有限公司L2小型高性能立式加工中心。X/Y/Z轴行程300/200/1500mm(400/300/300mm可选)，X/Y/Z轴加速度2.0/1.7/1.5g，X/Y/Z轴快速48m/min，主轴转速范围200~20000r/min，最大工件尺寸 $\phi 230 \times 363\text{mm}$ ( $\phi 300 \times 463\text{mm}$ 可选)，工作台最大承重60kg。公司最新产品，CAE分析，运动部件轻量化设计，

有效控制变形和振动，实现高速高加速度，结构紧凑，高刚性设计保证长时间工作精度稳定性。



(6) 大隈机械(上海)有限公司MCR-A5CII龙门式五面体加工中心。工作台尺寸2 500mm × 5 000mm，有效门宽3 150mm，工作台最大承重33t，X/Y/Z/W轴行程5 200/3 600/800/1 200mm，动梁式，融合优良的机械设计和控制技术，自创智能化高精度的热亲和技术保证加工尺寸的稳定性，长时间加工精度是原机型的1/4，具有ATC和AAC(自动附件交换)功能。



(7) 大隈机械(上海)有限公司MU-4000V五轴立式加工中心。X/Y/Z轴行程740/460/460mm，B轴+90°~120°，C轴360°，工作台尺寸φ400mm，最大加工

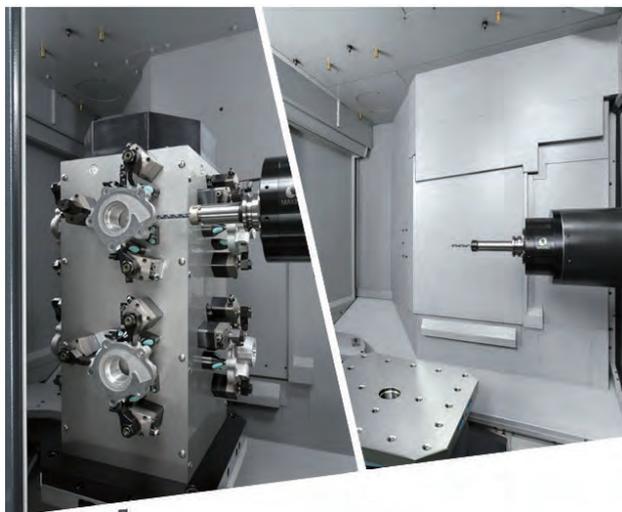
尺寸φ500×400mm。稳定高刚性的耳轴工作台，可选配5轴智能几何精度快速校准系统，配有智能热亲和认定系统，可将环境温度变化及主轴发热等引起的精度变化控制到最小限度。



(8) 大隈机械(上海)有限公司MA-600HII卧式加工中心。工作台尺寸630mm × 630mm，工作台最大承重1 200kg，X/Y/Z轴行程1 000/900/1 000mm，主轴最高转速6000r/min，主轴最大功率22kW，刀库容量40把。机床获2002年度日本机械学会奖，三点式高刚性支承床身可承受重切削，轻量化阶梯式布置线性导轨立柱，内冷却滚珠丝杆，“热亲和”智能技术在常温环境温度波动8℃条件下，仍可将加工精度控制在8μm之内。



(9) 牧野机床(中国)有限公司a40卧式加工中心。X/Y/Z轴行程560/640/640mm，工作台尺寸400mm × 400mm，最大工件尺寸φ630 × 900mm，最大工件质量400 kg，主轴功率2/15/11kw (25%ED/10 min/连



续),  $B$ 轴 $360^\circ$  (0.001°分度),  $X/Y/Z$ 轴快速60m/min。一款专为铝及铝合金压铸加工而设计的卧式加工中心,旨在减少加工中非切削时间的R.O.I.设计,主轴从静止加速到12 000r/min只需0.45s,刚性攻丝转速6 000r/min,刀具破损检测、刀库门开合宽度智能调整,惯量智能控制(IAC),专家控制系统及GI.5控制。

(10) 沙迪克机电(上海)有限公司S50L立式加工中心。工作台尺寸450mm×715mm,工作台最大载重200kg,  $X/Y/Z$ 轴行程500/400/350mm,主轴最高转速18 000r/min (20 000r/min可选),  $X/Y/Z$ 轴快速60m/min。三直线轴精密线轨,直线电动机驱动,直联主轴,德国海德汉0.000 1mm分辨率光学尺反馈全闭环控制,高精度LYNUC沙迪克数控系统,拥有最为先进的算法和控制技术,实现了高度高精度加工。

(11) 哈挺中国有限公司Bridgeport GX 510立式加工中心。工作台尺寸600mm×400mm,  $X/Y/Z$ 轴行程510/400/430 mm,主轴最高转速7 083r/min (10 000r/min可选),主轴功率15kW,刀库容量20把,数控系统Fanuc i Series GX。机床设计与制造出发点源于适应零件的大批量生产的需求,独特的仅在机床的前面和后面提供服务 and 操作空间的设计可使机床彼此之间紧密排列,实现单元化制造,能为航空航天、医疗、汽车等行业提供难加工材料和

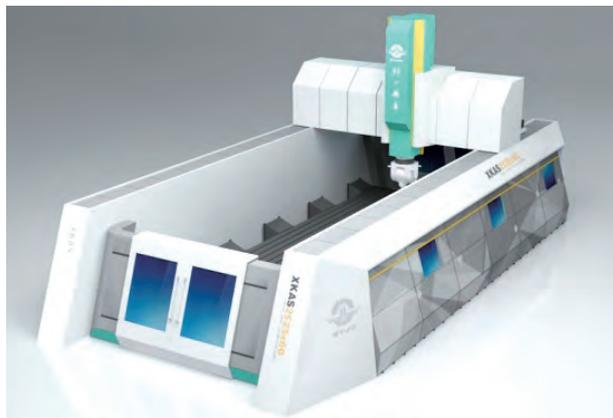
复杂零件加工解决方案。

(12) 友盛(上海)精密机械有限公司HURON KXG45-23高架桥式龙门5轴加工中心。工作台尺寸4 700 mm×2 480mm,  $X/Y/Z$ 轴行程4 500/2 300/800mm,  $B$ 轴摆角范围 $\pm 95^\circ$ ,  $B$ 轴摆角范围 $\pm 190^\circ$ ,主轴最高转速20 000r/min,主电动机最大功率75kW,工作台最大承载25t。5轴联动,高动静刚度的高架桥式龙门结构,力矩电动机驱动的高速高加速度叉形铣头,双直线电动机驱动的高动态特性的 $X$ 轴。

(13) 西班牙尼古拉斯克雷亚集团公司FOX-30数控定梁龙门式五轴五联动加工中心。中国首展,工作台尺寸3 500mm×2 000mm,龙门通过宽3 250mm,  $X/Y/Z$ 轴行程3 000/3 750/1 500mm,同时配备两个铣头及自动换头系统,万能回转式自动微分度铣头37kW,转速6 000r/min,电主轴式五轴联动铣头功率60kW,转速20 000r/min,刀库容量40把。设计采用不同技术方案提高结构刚度和精度,框架结构尺寸具有良好的刚度和阻尼性能,驱动系统及运动机构保证了高精度和良好的动态性能,可选配多种附件和铣头,具有广泛的通用性,满足各领域粗精加工需求。



(14) 北京北一机床股份有限公司XKAS2525×60五轴联动高速高架横梁移动龙门加工中心。中国首展,工作台尺寸2 500mm×6 000mm,龙门通过宽度



3 180mm, 工作台单位承重2 500kg/m<sup>2</sup>, X/Y/Z轴行程6 200/2 500/1 000mm, A/C轴摆角范围±105° / ±360°, 滑枕截面尺寸500mm × 500mm, X/Y/Z轴快速45m/min, 电主轴最高转速18 000r/min, 直线轴定位精度0.012mm, 重复定位精度0.006mm。轻量化高刚度龙门框架设计, 静压导轨和静压蜗母牙条传动, 平面地基安装, 无需考虑地坑, 结构紧凑, 占地面积小。

(15) 武汉重型机床集团有限公司XHG2420X40/15X12 数控龙门加工中心。工作台尺寸4 000mm × 2 000mm, 工作台单位承重4t/m<sup>2</sup>, 主电动机功率30kW, 主轴最高转速4 000r/min。动梁门式, 3轴联动, 直线轴均为滚珠丝杠传动, 机床具有刀具内外冷却、自动刀库、机内对刀、工件测量、数控摆角头等多项选配功能, 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。



(16) 沈阳机床股份有限公司i5M8 智能多轴立式加工中心。工作台尺寸700mm × 500mm, X/Y/Z轴行程600/750/450mm, X/Y/Z快速30m/min, 主轴最高转速12 000r/min, 主电动机最大功率15kW, 刀库容量20把。



为平台智能型机床, 数控系统i5, 具有网络、智能校正、智能诊断、智能控制、智能管理等功能, 是企业智能制造的标志性产品。模块化设计, 具有单轴转台、双轴转台、车削主轴、车铣主轴、伺服刀塔、动力头等多种模块, 可根据客户要求快速衍生出四轴、五轴联动立加, 卧式车铣、立式车铣、倒立车等多种加工中心。机床整体为门式结构, 各轴采用直驱技术。

(17) 沈阳机床股份有限公司CY-Smill5040 立式加工中心。中国首展, 工作台尺寸550mm × 400mm, X/Y/Z轴行程500/400/350mm, 工作台最大承重300kg, 主轴最高转速24 000r/min, X/Y/Z快速56m/min, 刀库容量24把。采用德国希斯技术设计, 遵照欧洲精度、环境和安全相关标准。一体式小型对称定梁龙门结构, 先进的排屑方式, 有利于提高性价比和拓展性的模块化设计。

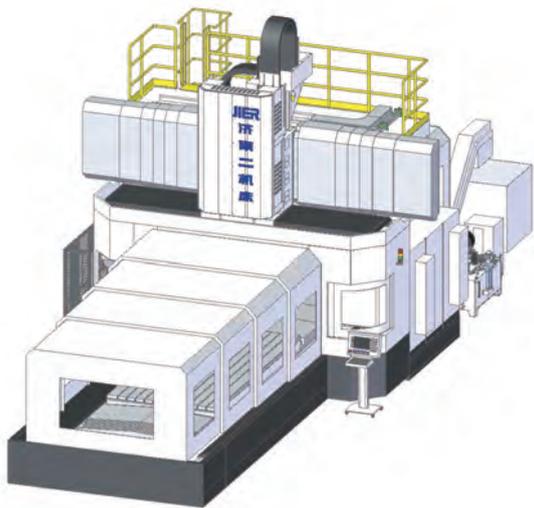
(18) 沈阳机床股份有限公司Vertiflex70300动柱式立式加工中心。中国首展, 工作台尺寸3600mm × 700mm, 工作台最大承重3t, X/Y/Z快速40m/min, B轴摆角范围±120°, 主轴最高转速10 000r/min, 刀库容量31把。德国Schless Tech研发团队全新设计的新一代四轴立式加工中心, 搭载Siemens数控系统, 配备标准铣削电主轴和自主研发的随动式刀库, 齿轮齿条传动的X轴, 适合长条形零件的加工。整机刚度经有限元优化。

(19) 格劳博机床(大连)有限公司GA550 + PSS-R10五轴通用带回转托盘存储系统的卧式加工中心。X/Y/Z轴行程800/950/1 020mm, X/Y/Z快速65/50/80m/min, 主电动机最大功率26kW, 主轴最高转速10 000r/min, A/B轴可倾转台, 双面接触式刀柄, 刀库容量60把, 集成的冷却润滑系统和切屑输送系统, 数控系统SINUMERIK 840D sl。



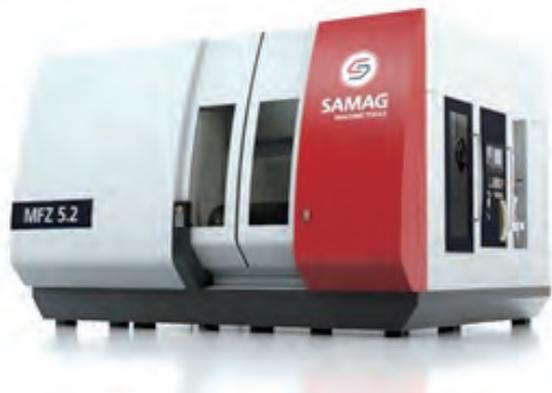
(20) 武汉重型机床集团有限公司XHG2420X40/15 × 12 数控龙门立式加工中心。工作台尺寸2 000mm ×

4 000mm, 立柱间距离2 700mm, 工作台单位承重4t/m<sup>2</sup>, 主电动机功率30kW, 主轴最高转速4 000r/min, 主轴最大扭矩1 100 N·m。整机动梁龙门布局, X轴为重载滚柱直线导轨, Y、Z轴为软带滑动导轨或重载滚柱直线导轨, 三个直线轴为预载滚珠丝杆驱动并可选配HEIDENHAIN光栅尺用于全闭环控制, 机床还具刀具内外冷却、自动刀库、机内对刀、工件测量、数控摆角头等多种选项功能。



(21) 济南二机床集团有限公司XHV2420×40五轴联动定梁龙门镗铣加工中心。工作台尺寸2 000×4 000mm, X/Y/Z轴行程4 500/2 900/950mm, X/Y/Z快速10m/min, 刀库容量40把, 主电动机最大功率70kW, 主轴最大输出扭矩1 590N·m, 主轴最高转速4 000r/min, C轴摆角范围±360°, A轴摆角范围±100°, 数控系统SIEMENS 840Dsl。工作台移动式, A/C轴双摆角齿消隙轮传动数控万能铣头, 高/低二挡主传动变速。适用于钛合金、高强度合金钢等航空类零件如盘环、接头、壁板、框梁和摇臂等的切削加工, 也适用于轨道交通、船舶、能源等各行业铸铁、铸钢、高温钢等材质复杂零件的强力高效加工。

(22) 德国萨玛格萨尔费尔德机床有限公司MFZ 5.2双主轴卧式加工中心。中国首展, 主轴间距180~840mm,



X/Y/Z快速100m/min, 刀库容量72把, 换刀时间2.4s。模块化多主轴设计理念, 整体大理石床身, 门式垂直Y轴双驱动机构(双进给驱动), 三直线轴绝对测量系统, 扭矩电动机直接驱动B轴, 切屑自由掉落。适用于中、大尺寸铝合金、铸铁和钢质材质零件批量生产。

(23) 北京机床研究所M/800H卧式加工中心。中国首展, 工作台尺寸800mm×800mm, 工作台最大承重1 200 kg, X/Y/Z轴行程1 200/950/1 100mm, X/Y/Z快速40m/min, 主轴最高转速8 000r/min (12 000r/min可选), 直线轴定位精度/重复定位精度0.004/0.002mm, B轴分度定位精度/重复分度定位精度6"/3"。采用优质高刚度基础铸件, 三点主支承加多点辅助支承设计, 龙门框架式立柱, 高刚度总体结构, 双丝杠对称驱动, 低惯量移动部件, 内装电动机驱动后置式分体主轴单元, 静压导轨力矩电动机驱动转台, 双工位交换工作台, 热平衡设计等。

(24) 北京机床研究所UPM430超精密铣床。X/Z轴行程分别为600 mm和55mm, X/Z轴运动控制分辨率10nm, 主轴回转精度0.05 μm, 主轴最高转速1 000r/min。主要用于大平面尺寸光学元件的超精密铣削加工, T形天然花岗岩床身, X、Z轴全约束超精密液体静压导轨, 内装高性能静压电主轴, 直线电动机进给驱动, 超精密线性光栅尺位置反馈。

(25) 青海第二机床制造有限责任公司YK6012五轴数控花键轴铣床。最大工件加工直径125mm, 最大工件加工长度600mm, 最大加工模数4mm, 顶尖距750mm, 加工齿数范围4~100齿。滚铣切削方式, 用于各种齿形的直/斜齿花键轴、直/斜齿圆柱齿轮类工件, 也可滚铣直/斜齿的联轴齿轮和花键以及锥度花键和台阶齿轮的加工, 可在一次装夹中完成齿数不同或模数相同的两个及以上齿部加工, 适用于汽车传动零部件、拖拉机、齿轮加工等相关行业的批量生产。



## 车削类机床

### 1. 综述

车削类机床展商近90家，展品150余台。主要展商有沈阳机床、哈挺、浙江海德曼、宝鸡西力、西铁城、Star、津上、马扎克、埃马克、齐重数控、山东普利森、东风设备制造有限公司、济南第一机床、青海华鼎等。展品种类齐全，有卧式、立式、倒立式、自动车床、专用车床。按主轴和刀塔数量分，有单主轴/单刀塔、单主轴/双刀塔双、多主轴/多刀塔。按多主轴的布置方式分，有平行式和对置式。按刀架类型分，有刀塔式、排刀式。按控制轴数分，有2、3、4轴（Y轴）。按规格分，多为中小规格，少数为大重型。按卡持类型分，有卡盘式、筒夹式、卡盘筒/夹式。自动车床又可分为主轴箱移动式 and 主轴箱固定式。按精度分，多为标准精度，也有部分高精度展品。

车削类展品主要特点如下：

- (1) 高刚、高精、高效、自动化、智能、柔性。
- (2) OKUMA、MAZAK、HARDINGE、日本津上等相关展品具有的加工导航、防碰撞、异常负荷检出、热变形补偿、程序模拟、自动编程等智能技术以及沈阳机床（集团）的i5系列智能车削中心，显著提升了机床的控制水平。
- (3) 多主轴/多刀车床在高效、高自动化方面表现出色，发展较快。
- (4) 日本Star、Sitizen、津上（TSUGAMI）等公司的自动车床在解决不同生产批量矛盾中有新的思路和措施，主轴箱移动或固定、卡盘和筒夹、B轴功能、背面加工单元以及灵活多样的刀具布置方式，使机床在自动化、高效、柔性方面具有杰出的表现。
- (5) 以EMAG为代表的倒立式车削中心，在实现自动化以及排屑方面具有独到的优势，性能优异，是传统机型的有力挑战者。
- (6) 专用车床均具有很强的针对性和专业性，值得关注。

### 2. 典型机床简介

(1) 沈阳机床股份有限公司i-Cube T1.3智能数控车床。中国首展，卡盘直径6in，最大车削直径300mm，最大车削长度750mm，主轴转速范围50~3500r/min。采用欧洲技术设计，遵照欧洲精度、环境和安全相关标准，符合

CE认证，具有自动识别图样、自动编程、自动选择和优化加工参数、智能故障自诊断等智能功能，人性化人机交互界面，全新开发的具有更强加工能力和更高效率的先进刀架，新颖独特的尾座锁紧机构。

(2) 哈挺中国有限公司H51超精密车削中心。卡盘规格8in，最大棒料通过能力2in（51mm），最大加工直径12.347in，最大加工长度25.53in，主轴功率15kW，主轴最高转速5 000r/min，12刀位刀塔，数控系统Fanuc OiD / Mitsubishi M720V。刀塔具有任意相邻1/2刀位分度功能（相当于15°/分），提供广泛的标准配置，如中心出水、棒料机接口和排屑器接口、PCMCIA存储卡、USB接口、刚性攻丝以及世界领先的机床防撞击保护装置。

(3) 哈挺中国有限公司T42超精密车削中心。卡盘规格6in，最大棒料通过能力1.625in，最大加工直径8.91in，加工长度14.49in，主轴功率11kW，主轴最高转速6 000r/min，12 / 16刀位刀塔，数控系统FANUC 31i。为实现最高的车削性能而设计和制造，适用于淬硬和具有严格公差零件的工件，优异的切削性能可免除二次加工，大幅降低成本和减少工时。



(4) 浙江海德曼智能装备股份有限公司T35B-AUTO自动加工单元。最大加工直径330mm，功率最大功率15kW，主轴转速范围（同步电主轴）35~5 000r/min，主轴通孔直径62mm，机械手单手抓取重量5kg。主机内置自动化物流系统，具有在线自动测量、刀具自动补偿、高压水断屑功能，伺服刀塔具有姊妹刀功能，适用于各类中等

规格的盘类、轴类零件的自动化车削加工。

(5) 宝鸡西力精密机械有限公司FTN50自动化加工单元。最大加工直径330mm，主电动机最大功率11kW，主轴转速范围45~4 500r/min，12刀塔，机械手快速120m/min，6工位料库。由两台全功能对列主轴数控车床和一组桁架机器人（带单料库）组成，主机为平床身斜床鞍全防护结构，冷却液集中收集。适用于汽车等行业中小规格盘套类零件的高精高效批量加工。

(6) 宝鸡西力精密机械有限公司B35数控车削中心。最大加工直径300mm，最大加工长度550mm，最大棒材直径32mm，主/背主轴轴转速范围30~6 000r/min，动力刀电动机功率2.5kW，动力刀转速30~4 000r/min，数控系统FANUC 31iB。对置双主轴、X/Y/Z三个直线轴，带B轴的12刀位动力转塔刀架，适用于汽车产业等行业小规格复杂零件一次装夹全部加工，亦可用于棒材直径32mm以下零件的自动化高效加工。

(7) 西铁城（中国）精密机械有限公司BNJ51SY6主轴箱固定型双主轴数控自动车床。中国首次展出，6"/5"气动中空卡盘，最大加工直径51mm，最大加工长度100mm，主轴转速范围50~5 000r/min，主电动机最大功率15kW，12刀位动力刀塔，动力刀具最高转速6 000r/min。对置双主轴，除左右同时加工外还能通过特殊设计的主刀塔进行重叠加工（主刀塔同时对主/背主轴上的两个工件进行加工），通过偏心夹具，可实现偏心零件的复合加工。

(8) Star精密株式会社SR-20RIV type B瑞士型自动车。最大加工直径20mm，主/背主轴最高转速10 000r/min，主/背主轴分度C轴控制，主电动机功率2.2kW。对置双主轴，27个刀架最多可配置41把刀具，标准配置用于背面加工的具有B轴功能的动力刀架，有/无导套选项功能适用于长/短工件的加工，并产生最小的余料。



(9) 津上精密机床（浙江）有限公司（TSUGAMI）M08JL5-II精密自动车床。最大加工棒材直径280/65mm，最大加工长500mm，主轴最高转速4 000r/min，X/Z轴快速24/27m/min，主电动机最大功率11kW。具有异常负荷检出退刀功能、防碰撞功能和热位补偿功能。



(10) 马扎克（MAZAK）MULTIPLEX W-200Y车削中心。最大加工直径320mm，最大棒料直径65mm，卡盘规格8in，主轴最高转速6 000r/min，主电动机最大功率15kW，24刀位刀塔。双主轴、双刀塔对称设计，能够对工件的正背面进行连续/同时加工，楔形床身设计有利于切屑的排除，门式装载机械手满足批量自动化生产需求，控制系统MAZATROL Smooth G。

(11) 埃马克（中国）机械有限公司太仓分公司VL 3 DUO模块化双主轴倒立车。最大直径工件150mm，工件最大长度110mm，卡盘直径210mm，主轴数量2，刀塔数量2，主电动机最大功率40kW，12刀位刀塔，X/Y/Z轴快速60/30/30m/min。机床由上下料工件输送系统、TrackMotion自动化系统以及两个倒立式车削模块组成，整机分为两个加工区，每个加工区配备有独立工件临时存储器和自取能力的主轴，实现同时连续加工，工件存储器容量400件，适用于盘类件的批量生产。



(12) 埃马克(中国)机械有限公司太仓分公司VT 2-4倒立式四轴车床。卡盘直径210mm, 工件最大直径100mm, 工件夹持器最大直径63mm, 工件最大长度400mm, 主电动机最大功率34kW, 12刀位刀塔刀位(含1个夹持器), X/Y/Z轴快速60/15/30m/min。双刀塔位于主轴两侧, 可对同一零件不同部位同时加工, 集成有自动化上下料系统。



(13) 欧安睦(上海)商贸有限公司Neo $\alpha$ -20EX数控立式车削中心。工作台直径2000mm, 最大切削外径2500mm, 最大回转直径2500mm, 最大切削高度2000mm, 最大工件重量15t, 滑枕上下移动量1250mm, 滑枕截面尺寸210mm $\times$ 210mm, 刀库容量24把, 工作台转速范围1~200r/min, 数控系统FANUC 0i T。日本OM制作所生产, 关键零部件均为国际知名品牌提供, 机床设计合理、制造精度高、静态动态刚度强, 适于进行高速重切削高精度加工和大批量生产, 机床稳定性好, 可以适应长时间的连续作业。机床使用、操作、维修方便, 运行维护费用低, 造型美观。

(14) 沈阳机床股份有限公司SVTURN32数控立式车床。中国首展, 卡盘直径12", 最大车削直径320mm, 最大车削长度400mm, 主轴转速范围50~1800r/min主电动机最大功率22kW, X/Z轴快速20m/min, 8工位排式刀架。结构紧凑, X轴三导轨过定位结构, 双排屑通道, 高刚性大扭矩主轴, 模块化设计, 缩短供货周期, 适用于高效率批量加工。

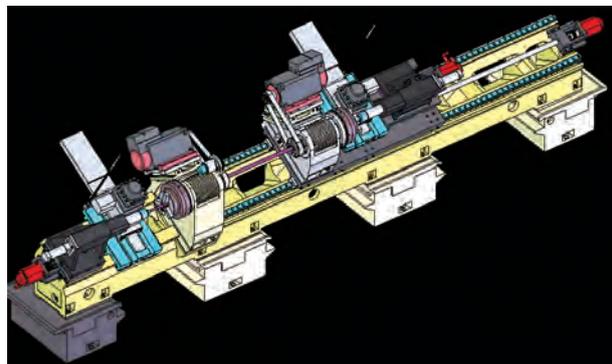
(15) 齐重数控装备股份有限公司SVT160 $\times$ 10/8P-MC单柱立式车削加工中心。中国首展, 最大车削直径

1600mm, 最大工件高度1000mm, 最大工件重量8t, 工作台转速范围3.15~400r/min, 刀架滑枕截面尺寸220mm $\times$ 220mm, 主电动机最大功率51kW, X/Z轴快速10m/min, 数控系统西门子828D。工作台滚动导轨轴向支承, 高精度双列圆柱滚子轴承径向定心, X/Z轴减磨导轨, 主传动1PH8交流主轴电驱动加两档变速, 滑枕内镶主轴式八工位车削刀库。



(16) 齐重数控装备股份有限公司HT II P250 $\times$ 60/32P-NC数控重型卧式车床。卡盘直径2500mm, 最大回转直径2500mm, 过刀架直径2250mm, 最大工件重量32t, 花盘直径2500mm, 主轴转速范围0.8~160r/min, 主电动机功率75kW, 数控系统西门子828D。整体三导轨床身结构, 穿轴式最佳跨距高精度滚动轴承支承主轴, 左右刀板式刀架, 减摩滑动导轨, 纵横向滚珠丝杠传动, 整体机动尾座, 带防护门走台, 开式中心架。

(17) 山东普利森集团有限公司CK9943汽车稳定杆数控车床。工件长度范围1800~2100mm, 工件外圆夹持位置直径范围20~40mm, 工件两端外圆加工最大长度120mm, 主轴最高转速1400r/min, 主轴内孔通孔直径42mm, 主电动机功率5.5kW, 4工位立式刀架, 数控系统KND1000TTC。气动自定心卡盘, 液压尾座, 工件中间夹持并驱动, 两端刀架同时切削。



(18) 济南第一机床有限公司J1VWL-900DT数控轮毂立式车床。最大工件回转直径900mm, 最大工件车削

直径700mm，最大工件车削高度350mm，主轴转速范围1 800r/min，主电动机最大功率75kW，6工位刀塔。双立柱、双刀架同时加工。



(19) 东风设备制造有限公司DVT1645立式车削中心。最大车削直径160mm，最大车削长度450mm，电主轴最高转速12 000r/min，C轴功能，主轴最大功率15kW，12工位动力带夹钳刀塔，数控系统MITSUBISHI M80 TypeA。床身、立柱、双刀塔相对主轴对称布置，伺服驱动尾座，自定心跟刀架，适用于细长轴特别是曲轴、凸轮轴的批量自动化高效加工。

(20) 青海华鼎实业股份有限公司MCK8011数控摩擦传动车轮车床。加工踏面直径范围600~1 100mm，加工制动盘直径范围350~680mm，轮对轴长范围2 000~2 610mm，轮箍宽度范围100~150mm，工件最大重量3 000kg，主轴转速范5~375r/min。机床门式贯通对称布置，工件由左右摩擦轮驱动，左右刀架置于机床横梁，机床具有工件纵横向自动定位、轮对自动滚入和滚出功能。

## 复合机床

### 1. 综述

复合类机床展商约20家，展品近30台。主要展商有马扎克、大隈、哈默、埃马克、新日本工机、天田、大连光洋、青海华鼎等。展示内容较丰富，除主流的车铣或铣车复合机型外，还有新的复合机型与观众见面，如焊铣复合、镗铣珩磨复合、车磨复合等。展品水平普遍较高，不但体现了加工工艺的高度集成，也体现了先进制造技术的高度集成。

复合类机床展品主要特点：

(1) 复合工艺、复合机型与应用领域进一步丰富和扩展，如焊铣复合、镗铣珩磨复合、车磨复合。

(2) 广泛采用智能技术。

(3) 复合机床与上下料系统结合，实现复合机型下的批量生产，如埃马克的VLC 100 GT倒立式车磨加工中心。

(4) 主轴功率、转速、扭矩、运动速度、刀库容量等得到进一步提升，机床性能得到进一步加强。

### 2. 典型机床简介

(1) 山崎马扎克(中国)有限公司VTC-530/20 FSW焊铣复合加工中心。这是一台马扎克欲奉献给观众意外惊喜的的展品，网上有限的资料表明，这是一台在VTC-530/20动柱式立式加工中心基础上复合摩擦搅拌焊功能的焊铣复合加工中心，特殊配置的两个适应不同厚度材料的

搅拌摩擦焊头能够通过ATC进行自动交换，实现两个不同材质零件在同台机床上加工和焊接，适用于飞机机身增强件、汽车车身面板以及半导体冷却板等零家的制造。

(2) 山崎马扎克(中国)有限公司INTEGREX e-500HS铣车复合加工中心。具有多项智能功能，最大加工直径820mm，最大加工长度1 524mm(3048mm可选)，车主轴/车背主轴最高转速3 300r/min，车主电动机功率30kW，铣主轴最高转速10 000r/min，铣主电动机功率37kW，X/Y/Z/W轴行程870/500/1 598/1 529mm，B轴摆角范围240°，刀库容量40把。对置主轴、带Y-A轴功能(可偏心加工)的B-A铣削主轴，可选配下刀塔。

(3) 山崎马扎克(中国)有限公司INTEGREX i-630V铣车复合加工中心。具有多项智能功能，最大工件尺寸 $\phi 1 050 \times 1 000$ mm，工作台尺寸630 mm  $\times$  630mm( $\phi 800$ mm可选)，X/Y/Z轴行程1 425/1 050/1 050mm，B轴摆角范围150°，C轴360°，X/Y/Z轴快速52m/min，铣主轴最高转速550r/min，铣主轴功率37kW，铣主轴最高转速10 000r/min，铣主轴功率37kW，大库容量43把，数控系统SmoothX CNC。

(4) 大隈机械(上海)有限公司MULTUS-U3000智能化复合加工机床。拖板上回转直径650mm，最大加工直径650mm，最大加工长度1 000mm，X/Y/Z/W轴行程645/250/1 100/1 325mm，B轴摆角范围-30~210°，C轴360°，主电动机最大功率(包括对面主轴)22kW，主轴

最高转速5 000r/min（包括对面主轴），铣主轴电动机最大功率22kW，铣主轴最高转速12 000r/min，下刀塔旋转刀具电动机最大功率5.5kW，下刀架旋转刀具主轴最高转速6000r/min，XA/Y/ZA轴快速50/40/50m/min，XB/ZB轴快速25/40m/min，刀库容量40把。动柱（Y轴，可全程强力切削）、对置车主轴、B轴功能铣头、下置12工位刀塔，具有热亲和、防碰撞、加工导航智能功能，具有机床制造商专业技术的OSP-P300S数控系统，操作舒适简便，按键次数叫传统机型减少1/2。



(5) 新日本工机株式会社HM4镗铣研磨复合加工中心。加工直径范围10~60mm，主轴最高转速8 000r/min，工作台尺寸420 mm×700mm，工作台最大承重300kg，X/Y/Z轴行程560/410/400mm，最大研磨速度（Z轴）20m/min，刀库容量16把，主电动机最大功率5.5kW。该机床在立式加工中心基础上运用公司旗下池贝工厂（IKEGAI）特有的U轴技术（镗刀头在工作过程中沿径向运动），不



仅可大幅减少镗刀数量，还可用于台阶、圆弧、锥度、曲面、内外退刀槽、螺纹、仿形以至珩磨加工。

(6) 德国贝托特·哈默机械制造股份公司C42UMT五轴铣车复合加工中心。X/Y/Z轴行程800/800/550mm，主轴最高转速18 000r/min，可倾转台直径750mm，HSK-T63刀柄，C轴力矩马达驱动，C轴铣/车最高转速65/800r/min，8Mpa中心内冷，波龙LaserControl NT-H 3D A2红外探头，刀库容量42把，海德汉TNC640数控系统。改良龙门式结构，矿物铸石床身，一次装夹实现铣车复合加工。

(7) 埃马克（中国）机械有限公司太仓分公司VLC 100 GT倒立式车磨加工中心。卡盘最大直径160mm，最大回转直径210mm，最大工件直径100mm，X/Z轴行程900/375mm，主轴最大功率19.5kW，主轴最高转速6 000r/min。倒立式布局，自由落屑，刀塔、内圆磨削主轴、外圆磨削主轴可在加工区自由配置，一次装夹完成硬车削、磨削复合加工，配有自动上下料系统，适用于小型盘类件，如轿车行业的传动齿轮、行星齿轮、链轮、凸轮环、泵环、凸轮类零件的大批量生产。



(8) 北京天田机床模具有限公司LC2512C1AJ激光切割冲切复合加工机。最大切割和冲切加工范围2 500mm×1 270mm，激光器功率2kW，加压能力200kN，最大加工板厚6mm。光纤激光器，机罩和移动门封闭加工区，不打开移动门也可以上料，最多可搭载4种攻丝模具，实现集约型攻丝加工，通过与ID信息对照，可以防止模具安装失误。



(9) 大连光洋科技集团有限公司KMC800 UMT五轴立式复合加工中心。工作台直径1100mm，工件最大重量1400kg，X/Y/Z轴行程800/800/540mm，X/Y/Z轴快速60m/min，A轴摆角范围 $\pm 130^\circ$ ，C轴 $360^\circ$ ，主轴最高转速12000r/min，主电动机功率30kW，三直线轴定位精度/重复定位精度 $5/3\ \mu\text{m}$ ，A/C轴定位精度/重复定位精度 $5/3''$ 。改良的龙门框架及整机结构设计，人造大理石床身，A/C轴直驱，重心驱动、高动态响应技术，拾取式刀库，节电20%的智能电源。



## 磨削类机床

### 1. 综述

磨削类机床展商近50家，展品70余台。主要展商有丰田工机、Matrix、津上、大隈机械、台湾大光长荣、无锡机床、新日本工机、哈挺-HAUSER、哈挺-TSCHUDIN、哈挺-KELLENBERGER、哈挺-VOUMARD、冈本工机、上海机床、北京广宇大成、青海二机床等。展品种类丰富，涉及领域很广，包括外圆磨、内圆磨、万能磨、平磨、成形磨、立磨、珩磨、复合磨、切入磨以及多种专用磨床。展品技术水平很高，代表了目前全球磨削类机床的最高水平和最新的技术发展趋势。

磨削类机床展品主要特点如下：

(1) 首次中国展示的展品较多，凸显国际机床制造业对中国市场的重视及寄予的厚望，由此也给参观者带来更多的看点和关注。

(2) 专用展品多，涉及众多细分市场和领域，其精湛的专业技术与水准为众多领域提供了最有效最专业的装备与服务。

(3) 专利的动压、动静压技术在轴承、导轨上广泛应用，提升主轴刚度、运动轴刚度是各制造企业共同关注的重点。

(4) 工作台和砂轮头架导轨多采用V平组合滑动导轨并经人工刮研。以提高导轨的导向精度，抗震性和自补偿性。

(5) 直接驱动、直线电动机驱动应用广泛，用以缩短传动链、减少传动误差、提高传动刚度。

(6) 制造商普遍重视在提供优异的硬件的同时提供优秀的应用软件，以助推装备效能的充分发挥以及双赢策略的实现。

(7) 高精、高效有新的进展。采用高精度光栅等技术措施，机床的定位精度、重复定位精度大幅提升，高线速砂轮、高进给速度大幅提升了磨削效率。

### 2. 典型机床简介

(1) 丰田工机（大连）有限公司e500GP/A数控外圆磨床。中国首展，最适合于量产的外圆磨床。最大磨



削直径80mm，工作台上最大回转直径200mm，顶尖距280mm，砂轮线速度45m/s，砂轮架/工作台快速40/30m/min，数控系统（JTEKT）TOYOPUC-GC70（Fanuc 0i可选）。全段磨削的两顶尖间工件装卡模式，砂轮架和工作台V平导轨，滚珠丝杆传动，高刚性低振动床身，专利的动静压轴承，普通砂轮和CBN砂轮可选，高精度过滤冷却液装置可选，紧凑的结构尺寸。

(2) 丰田工机（大连）有限公司GC20Ri-63 CBN凸轮轴复合磨床。中国首展，工作台上最大回转直径320mm，最大磨削直径300mm，顶尖距630mm，砂轮线速度160m/s，砂轮架快速40m/min，砂轮架定位精度 $\pm 0.001^\circ$ ，数控系统（JTEKT）TOYOPUC-GC70。砂轮架回转DD驱动，砂轮架进给直线电动机驱动，工作台V平导轨，滚珠丝杆传动，专利的动静压轴承，砂轮架3种砂轮组态构成方式（小直径+小直径、大直径+大直径、大直径+小直径）与回转变换实现全段加工并满足不同工艺要求。



(4) 津上精密机床（浙江）有限公司G300A-500精密外圆磨床。回转直径300mm，中心距500mm，砂轮线速度2700m/min，X/Z轴快速16/20m/min，砂轮轴电动机功率7.5 kW。V平导轨，砂轮主轴动压轴承支承，标配加工类型输入功能。



(5) 西安北村精密机械有限公司NOG200X精密内外圆磨床。回转直径80mm，顶尖距220mm，砂轮架行程150mm，外圆砂轮主轴最高转速1 000r/min，内圆砂轮主轴最高转速3 000r/min，磨削内孔直径范围6~25mm，磨削内孔最大深度40mm，工作台行程360mm，工作台角度调整范围 $10^\circ$ （逆向） $-10^\circ$ （顺向），砂轮架角度调整范围 $0^\circ \sim 60^\circ$ （逆向），砂轮电动机功率1.5kW。工件采用两顶尖固定或三爪卡盘夹持，双V六面滑动人工刮研导轨，两个运动轴标配电子手轮，在自动加工的同时也可转为手动加工。用于精密零件、精密工量具单元弧型面、台阶轴、等深和不等深槽的加工。

(3) 英国马屈克斯机床（考文垂）有限公司（Matrix Machine Tool Coventry）0550高精度外圆磨床。最大工件直径150mm，磨削直径范围5~100mm，最大工件长度500mm，最大螺纹磨削长度400mm。砂轮自动平衡，所有轴配绝对值编码器，金刚石砂轮修整器自动修正，配有ProfileMatrix软件，适用于螺纹塞规、EPS蜗杆、仪表零件、千分尺螺丝的高精度磨削。



(6) 大隈机械（上海）有限公司GA-26W 切入式精密外圆磨床。中国首展，中心距400mm，工作台回转直径330mm，最大磨削直径200mm，最大砂轮直径610mm，



最大工件长度400mm，最大工件重量50kg。大隈独自开发的动压砂轮轴胜任强力磨削和高精度磨削，高刚度V形导轨，适用于汽车等行业不同批量零件的高效高精生产。

(7) 台湾大光长荣机械股份有限公司OCD-3265M3高精度万能外圆磨床。工作台上最大回转直径320mm，最大磨削直径300mm，最大顶尖距650mm，两顶尖间最大工件重量150kg，外/内圆砂轮线速度2700mm/min，B轴回转角度范围 $-40^{\circ} \sim +220^{\circ}$ ，B轴重复定位精度 $<1''$ ，B轴最小设定角度 $0.0003^{\circ}$ ，X/Z轴快速6m/min，工件头架角度调整范围 $-30^{\circ} \sim +90^{\circ}$ ，外磨头功率4kW，内磨头主轴功率15kW。砂轮架最多可安装3个砂轮，一次装卡可完成内外圆和端面的磨削，机床全防护。

(8) 无锡机床股份有限公司WX-6013数控高精度内凹端面磨床。中国首展，填补国内空白展品。内凹端面深度 $\leq 50\text{mm}$ ，砂轮主轴转速10000r/min，工件转速3000r/min，数控系统西门子840D控制系统，四轴两两联动。工作精度（以磨削喷油器体为例）：端面平面度 $0.0009\text{mm}$ （带内凹），表面粗糙度 $R_a 0.05\mu\text{m}$ ，长度尺寸分散 $\leq \pm 0.01\text{mm}$ ，平面对夹紧轴线的垂直度 $\leq 0.015\text{mm}$ 。机床专用于电控共轨柴油喷射系统关键零部件喷油器体、油泵柱塞套内凹密封端面的精密磨削，立式布局，光栅控制定位的转台将工件分别带入上下料、预测量、粗磨、精磨等四个工位，每个工位均有一套工件主轴带动工件旋转，在粗磨位和精磨位上方各有一套电主轴带动砂轮旋转，对工件进行磨削，配机械手可一键完成上下料、预测量、粗磨、精磨等环节。机床在高精度高刚性主轴系统、主轴位置微调装置、在线测量与位置控制、重复装夹定位精度、微量进给等方面有技术突破。

(9) 无锡机床股份有限公司MK1050A/1数控全自动气门杆部无心磨床。磨削直径范围5~50mm，切入磨削长度145mm，砂轮恒线速度45m/s（最大50m/s），砂轮/导轮径向与轴向最小进给值0.001mm，导轮转速范围5~300r/min（无级），数控系统三菱Q01数控系统，三轴两两联动，工作节拍3s/p。工作精度（GB/T4681-2007，以磨削进气门为例）：杆部直径尺寸分散 $\pm 0.005\text{mm}$ 、 $Cpk \geq 1.67$ ，杆部圆度 $\leq 0.002\text{mm}$ 、直线度 $\leq 0.002\text{mm}$ 、锥度 $\leq 0.004\text{mm}$ 、表面粗糙度 $R_a 0.2\mu\text{m}$ 。机床专用于发动机零件进气门、排气门杆部位的全自动大批量磨削加工，具有自动进给、自动修整、自动补偿等功能，并配有自动上下料机构。机床现已在国内全面实现进口替代，有些跨国公司还用其进行全球配置，如美国伊顿公司除在中国大陆工厂大量装备该机床外，在印度、德国、美国、意大利、波兰的工厂也开始批量使用，日本日锻公司继广州日锻使

用后，印度日锻也开始采用。



(10) 新日本工机株式会社HM4数控镗珩磨复合加工机床。工作台面尺寸 $420\text{mm} \times 700\text{mm}$ ，加工直径范围10~60mm，主轴转速范围1000~8000r/min，工作台最大承重300kg，主轴锥孔：BT40，X/Y/Z轴行程560/410/400mm，X/Y/Z轴快速5000mm/min，Z轴最大珩磨速度20m/min，刀库容量16把。可在一台机床上通过一次装卡实现高精度镗铣和珩磨复合加工，配有珩磨软件，可广泛用于RV减速机、液压泵阀和发动机等行业。

(11) 哈挺中国有限公司HAUSER H35-400高精度坐标磨床。X/Y/W轴行程500/300/450mm，磨头安装面距工作台最大距离700mm，主轴中心到立柱距离365mm，工作台最大承载300kg，直线轴快速2000m/min。是市场上精度最高的坐标磨床，静压导轨，静压主轴轴承，数控系统Fanuc 30i，多种磨头选项，50mm超大行程U轴，磨削精度小于 $0.5\mu\text{m}$ 。



(12) 哈挺中国有限公司TSCHUDIN T25生产型万能磨床。顶尖距400/600mm，Z轴行程500/750mm，X轴行程

365mm, Z轴快进速度20m/min, 砂轮线速度45 (63) m/s, 砂轮电动机功率10kW。机床以外圆直切或者角向切入磨方式为主, 适应于各种高精度批量生产的中小规格零件的加工, 结构紧凑, 集成了自动上下料系统。



(13) 哈挺中国有限公司KELLENBERGER VARIA 高精度数控万能外圆磨床。中国首展, 顶尖距1 000/1 600mm, 磨削长度1 000/1 600mm, 中心高200/250/300mm, Z轴行程1 170/ 1 670mm, X轴行程365mm, X/Z轴快速10/20m/min, 数控系统海德汉GRINDplus 640 (FANUC 31i Model B可选)。X/Z/B的三轴联动(需配备KELLENBERGER专利技术的砂轮自动测量系统KEL-SET), 分离式结构设计阻断了震动和热量的传递, X、Z轴采用静压导轨实现0.1 μm微进给, 高扭矩直驱B轴及预紧静压导轨及高精度绝对值圆光栅实现0.000 1°进给, 并在锁紧与非锁紧两种状态下都能正常工作。

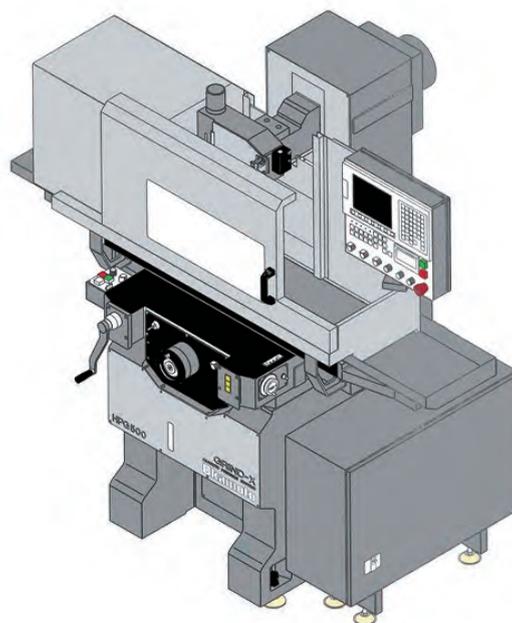


(14) 哈挺中国有限公司VOUMARD VM150多功能型内外圆磨床。最大磨削内孔直径200mm +砂轮直径, 最大磨削外圆直径260mm, 最大建议磨削长度250mm, 工件头架可编程最大回转速度850r/min, 最大承重能力200 或250 daN/100mm, X/Z轴行程230/500mm, X/Z轴快速10/20m/min。为中、大规格工件万能型内圆磨床, 即可磨削内孔还可以磨削外径, 且有多种的卡盘和修整器选项可供选配, 手工

刮研导轨始, 实现亚微米的加工精度。



(15) 冈本工机(常州)有限公司HPG500高精度数控平面磨床。中国首展, 工作台尺寸500mm × 150mm, 工作台上表面到砂轮下面距离390mm, 砂轮尺寸(外径 × 宽 × 内径)180mm × 32mm × 31.75mm, 砂轮主轴变频电动机功率2.2kW。以追求精度和环保为目标的明面磨床, 上下前后最小进给量0.1 μm, 左右前后采用V-V刮研导轨面, 1.45倍传统机型主轴刚度, 高刚度体框架, 排除了发热变形的低油压构造, 无需处理废油, 上下前后配标准数显光栅尺。



(16) 冈本工机(常州)有限公司UGM3100NC精密复合外圆磨床。工作台左右移动量1 250mm, 外圆砂轮主轴功率11kW, 内圆砂轮主轴功率3.7kW。回转砂轮头架搭载外径、斜面和内孔加工的砂轮轴, 一次装夹自动连续完成外圆、端面、内孔磨削等复合加工, 具有在线测量及自动补偿功能, 可进行高精度自动循环加工, T形一体式机床框架, 无悬垂, 磨削稳定, 主轴DD电动机驱动。



(17) 冈本工机(常州)有限公司PSG52CANC数控精密成形磨床。工作台尺寸550mm×200mm, 工作台上表面到砂轮下面距离395mm, 砂轮尺寸(外径×宽×内径)180mm×13mm×31.75mm, 砂轮主轴功率2.2kW。高刚性低悬垂直柱结构, 2轴闭环控制, 对话式编程软件含有凹槽磨削、复合磨削、轮廓磨削等常年积累的工艺经验, 所附附件进一步提升凹槽加工精度。



(18) 上海机床厂有限公司H405-AJ数控曲轴磨床。最大回转直径200mm, 最大磨削长度750mm, 最大砂轮线速度150m/s, 最大工件重量30kg, 中心架上最大可磨削直径60mm。加工精度: 圆度0.005mm, 直线度0.004mm, 表



面粗糙度 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 。卧式布局, 砂轮架移动数控切点跟踪磨削方式, 一次装夹完成曲轴主轴颈和连杆颈的外圆磨削, 滚动轴承支承内装式力矩电动机工件主轴, 滚动轴承支承砂轮主轴, X轴闭式静压导轨直线电动机驱动, 固定式顶尖, 金刚滚轮修整器, 液压中心架。

(19) 上海机床厂有限公司H367数控随动高精度偏心轴磨床。中心高125mm, 最大工件回转直径200mm, 最大工件安装长度500mm, 工件最大偏心距5mm, 最大工件重量30kg, FANUC数控系统。加工精度: 圆度0.0015(非偏心圆挡)/圆度0.002mm(偏心圆挡), 直径纵截面一致性(偏心圆挡)0.0025mm, 偏心距误差 $\pm 0.0025\text{mm}$ , 表面粗糙度 $R_a 0.32\mu\text{m}$ 。用于偏心轴类零件的批量加工, 一次装卡完成多档偏心轴外圆表面的自动循环磨削。整体式床身结构, 带有C轴的伺服电动机驱动的工作头架, 动静压轴承砂轮主轴, 直线电动机驱动及高精度光栅反馈的X轴, 伺服电动机直驱Z轴, 具有自动对刀功能, 并且可以根据用户需要配备高精度偏心轴磨削量仪。



(20) 上海机床厂有限公司H405-BE数控复合磨床。中心高200mm, 最大磨削直径320mm, 最大磨削长度1000mm, 磨削孔径范围25~150mm, 最大磨削深度100mm, 最大工件质量150kg, SIEMENS数控系统。一次装卡完成外圆、内孔、端面复合加工, 还可用于非圆磨



削，配有动平衡装置的滚动轴承砂轮主轴，滚动轴承支承的具有C轴功能的直驱工件主轴。

(21) 杭州杭机股份有限公司 MGKF600/C高精度摆线轮针齿壳立式复合磨床。工作台直径400mm，最大磨削高度400mm，磨削孔径范围100~400mm，X/Y/Z轴行程500/1300/600mm，砂轮主轴转速18000r/min，砂轮线速度60m/min，专用砂轮主轴转速18000r/min。一次安装完成RV减速器摆线轮针齿壳的内齿、内外圆以及端面的复合磨削加工。



(22) 北京广宇大成数控机床有限公司MK1320G 数控外圆磨床。中心高125mm，磨削直径范围15/200mm，最大磨削长度500mm，工件最大重量80kg，X/Z轴行程600/300mm，X/Z轴快速10/5m/min，上台摆动角范围顺时针5°，逆时针5°，砂轮线速度60m/s，砂轮电动机功率7.5kW，进口中文界面西门子数控系统。专利的中间止推动静压轴承砂轮主轴，双层平V贴塑导轨工作台，锥度调整方便，固定工件头架，交流变频电动机驱动工件主轴，液压尾架，单点金刚石修整砂轮，轴向定位器可选。



(23) 北京广宇大成数控机床有限公司MGK2850数控立式万能磨床。工作台直径（带磁盘）500mm，最大

工件高度400mm，最大工件重量1500kg，X/Z轴行程1086/460mm，工作台回转精度（轴向和径向）0.0015mm，直线轴重复定位精度0.004mm；主轴回转精度（轴向和径向）0.001mm，西门子数控系统。加工精度：圆度0.002mm，圆柱度0.004mm，平面度0.002mm，表面粗糙度0.2μm。机床立式布局，五轴控制，两两联动，专利静压回转工作台，力矩电动机直驱，径向跳动和轴向窜动≤1μm，工作台外沿直径500mm处端面跳动≤1μm，并可配装C轴功能，可配备德国海德汉精密圆光栅，专利的砂轮动静压主轴，主轴的径向跳动和轴向窜动≤1μm。



(24) 青海第二机床制造有限责任公司SK721全自动数控丝锥磨床。加工直径范围1~10mm，最大加工长度80mm，最大工件长度100mm，加工导程范围0~999mm，磨头角度调整范围±10°，砂轮轴功率5.5kW。适用于小规格丝锥、螺杆、螺纹环规、蜗杆、航空紧固件、医用外科接骨螺丝等直螺纹、锥螺纹及公、英制螺纹及小规格挤压丝锥的螺纹的磨削加工。



# CIMT2017部分技术交流讲座日程表

日期时间	举办组织	讲座题目	会议室
4月17日 13:30-16:00	北京鲲鹏翔工具有限公司	第一届金刚石刀具行业高峰论坛	西会议楼一层W-105
	北京东方德兴科技有限公司	分离式霍普金森压杆及高温硬度计在刀具测试中的应用	东会议楼二层E-210
	西安纳诺精密测量设备有限责任公司	新产品发布	东会议楼二层E-201
	卡尔蔡司(上海)管理有限公司	蔡司测量解决方案(中国制造2025, 航空航天精密测量, 光学测量)	东会议楼二层E-203
	瓦尔特(无锡)有限公司	瓦尔特金虎技术 & 瓦尔特战略零部件解决方案	西会议楼一层W-103
	高迈特精密刀具(太仓)有限公司	基于工业4.0的ToolScope加工过程监控系统	东会议楼三层E-305
	日本黛杰工业株式会社上海代表处	最新高效率高精度模具加工技术及刀具方案	西会议楼一层W-104
4月18日 9:30-12:00	湖南中大创远数控装备有限公司	螺旋锥齿轮设计制造前沿技术	东会议楼三层E-311
	中航国际航空发展有限公司	打造航空智能制造服务平台	西会议楼二层W-201
	中国航空航天工具协会	航空航天刀具自主保障能力提升研讨会	东会议楼二层E-203
	西门子(中国)有限公司	西门子数控产品介绍	西会议楼一层W-102
	肯纳飞硕金属(上海)有限公司	难加工材料的解决方案	西会议楼一层W-101
	株洲欧科亿硬质合金有限公司	2017欧科亿新品发布会	东会议楼二层E-210
	长春禹衡光学有限公司	绝对式多圈总线协议在伺服运动控制系统中的应用	东会议楼二层E-209
	莱诺德包尔自动化技术(上海)有限公司	GEL 2449-专为亚洲市场定制传感器解决方案, 集多重兼容性和高精度于一身	西会议楼一层W-103
苏州赛琅泰克高技术陶瓷有限公司	SPK 陶瓷刀具用于铸铁的高效加工	西会议楼一层W-104	
4月18日 13:30-16:00	湖南中大创远数控装备有限公司	螺旋锥齿轮设计制造前沿技术	东会议楼三层E-311
	法世机床技术(上海)有限公司	Fives集团法孚机床新技术亮点推介会	东会议楼二层E-209
	台湾友嘉实业集团	专注“工匠精神”, 助力友嘉智慧制造	西会议楼一层W-101
	株洲钻石切削刀具股份有限公司	株洲钻石可转位铣削产品全面提升成果发布	东会议楼二层E-203
	山特维克可乐满	Prime Turning-山特维克可乐满最新车削技术	东会议楼二层E-206

4月18日 13:30-16:00	株洲华锐硬质合金工具有限责任公司	新品发布会	东会议楼三层E-306	
	高迈特精密刀具(太仓)有限公司	基于工业4.0的 ToolScope加工过程监控系统	东会议楼三层E-305	
	铁姆肯(中国)投资有限公司	轴承在机床设备上的应用——铁姆肯公司技术交流	东会议楼二层E-201	
	南京科润工业介质股份有限公司	铝合金加工绿色润滑技术	东会议楼二层E-210	
	日本工作机械工业会	JMTBA记者会见	东会议楼三层E-303	
4月19日 9:30-12:00	武汉华中数控股份有限公司	华中8型高性能数控系统关键技术及应用	东会议楼二层E-209	
	长沙哈量凯帅精密机械有限公司	螺旋锥齿轮制造技术及成套准备	东会议楼三层E-303	
	约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	智能制造-海德汉最新产品及技术应用介绍	西会议楼一层W-105	
	圣戈班磨料磨具(上海)有限公司	磨齿行业的磨削应用分享及发展趋势	西会议楼一层W-102	
	欧瑞康巴尔查斯涂层(苏州)有限公司	BALINIT新涂层助力齿轮加工	东会议楼二层E-210	
	台湾区工具机暨零组件工业同业公会(TMBA)	台湾机床行业发展趋势与TMTS 2018台湾国际机床展记者会	西会议楼一层W-104	
4月19日 13:30-16:00	《制造技术与机床》杂志社 北京机床研究所	第七届“机床产品创新与设计高峰论坛”——教育方向	西会议楼一层W-105	
	山崎马扎克(中国)有限公司	新产品、新技术讲座	西会议楼二层W-202	
	柯尔柏斯来福临机械(上海)有限公司	“聚焦磨削”——高精度磨削技术交流会	东会议楼三层E-301	
	西门子(中国)有限公司	机床制造数字化	西会议楼一层W-102	
	株洲钻石切削刀具股份有限公司	株洲钻石刀具全面解决方案成果发布	东会议楼二层E-203	
	山特维克可乐满	山特维克可乐满最新圆柄刀具产品介绍	东会议楼二层E-206	
	肯纳飞硕金属(上海)有限公司	汽车行业解决方案	西会议楼一层W-101	
	北京麦格纳材料科技有限公司 北京科技大学	高精度磁编码技术及其在机械装备中的应用	东会议楼二层E-210	
	马波斯(上海)商贸有限公司	马波斯新产品新技术推介会	东会议楼二层E-209	
	高迈特精密刀具(太仓)有限公司	基于工业4.0的 ToolScope加工过程监控系统	东会议楼三层E-305	
	玫瑰塑胶(昆山)有限公司	新产品发布会	东会议楼三层E-310	
	4月20日 13:30-16:00	格里森销售(中国)	格里森最新产品技术推介会:强力车齿机床和蜗杆砂轮磨床	东会议楼二层E-201
		山特维克可乐满	CoroPlus-山特维克可乐满数字加工解决方案	东会议楼二层E-206
高迈特精密刀具(太仓)有限公司		基于工业4.0的 ToolScop 加工过程监控系统	东会议楼三层E-305	
4月21日 13:30-16:00	山特维克可乐满	山特维克可乐满最新铣削产品介绍	东会议楼二层E-206	

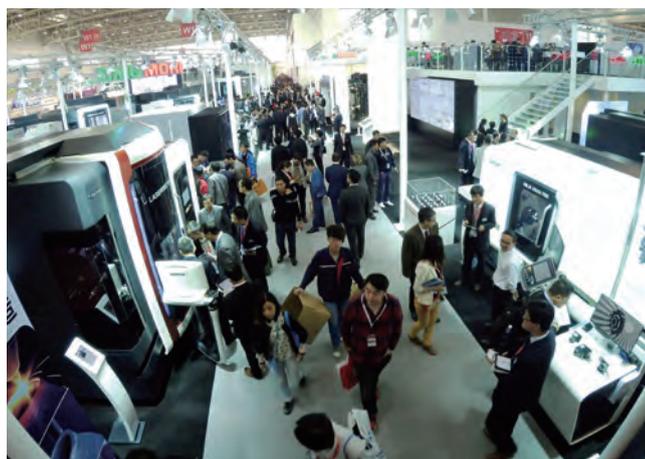
# CIMT2017

## 展品预览 (3)

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<sup>2</sup>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、韩国和印度等12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。

本次展品预览摘取有代表性的知名企业的产品，虽管中窥豹，却也了解一二。想要了解详情，还请到现场观展。



### 柯尔柏斯来福临

展台号：W3-604/601

STUDER斯图特S131内孔圆弧及球面高精磨床：S131机床具有不同系列的规格和配置，但它是高精度内援磨削专家，能够实现对圆弧、球体、椎体、内孔、外径及端面的高精度磨削，其中最大回转直径为400mm，最大工件重量为100kg。Granitan<sup>®</sup>人造花岗岩床身和StuderGruide<sup>®</sup>专利导轨为无以伦比的精度奠定了基础。机床在设计上充分地考虑了机床的操作，设定以及机床维护方面的人机工程学需求。



MIKROSA米克罗莎KRONOS S250；KRONOS S250机床为中、小型工件加工提供了最佳精度。其广泛的应用领域涵盖了小型喷油嘴、油泵活塞以及重型轴类零件的加工。此机床的特点包括可大批量生产，多工件同步磨削，砂轮偏置。砂轮和导轨侧的十字滑台系统给磨削操作带来了巨大的柔性。KRONOS S的设置方案是专门为刚玉和CBN磨削技术的应用而设计的。

**友嘉集团**

展台号：W3-410

Pfiffner品牌的Hydromat系列多工位数控旋转机床：采用最先进的控制及驱动技术，以实现最高柔性，广泛服务于汽车、电子、气压/液压等行业，以节拍时间短、工件换型便捷、初始设置简单，深受业界青睐。

可车磨加工棒料、盘料及坯件，适用于大批量生产需求。采用模块化设计，标配10/12个工作站，可扩展为10/12 + 16个工作站。每个工作站均可独立调整。加工快速且高效能，以低成本实现最佳效能的加工需求。



详情请扫描二维码

**勇克集团**

展台号：W3-507

勇克将现场展示用于单片凸轮或可变相位凸轮元件加工的JUCAM 1S磨床。同时，勇克也将与观众分享集团公司完整的产品线解决方案，包括来自刚玉磨削专家ZEMA以及空气净化技术专家LTA的技术。JUCAM系列非圆磨床可实现杰出的磨削精度，仅需一次装夹。控制系统带学习功能——所有干扰因素都被补偿——磨削凸轮轴，单片凸轮以及可变相位凸轮元件都至善至美。多年积累的凸轮磨削经验，各类非标方案的制定，造就了勇克的技术实力和专业性，赢得全球用户的垂青。

**郑州市钻石精密制造有限公司**

展台号：E1-515

郑钻一直致力于对汽车发动机关键部件和要求严苛的部位提供成熟的加工解决方案。同时面对汽车零部件多样性和高要求，郑钻从客户角度出发，根据加工特点和需求提供更灵活、更高效和高附加值的刀具解决方案。这类刀具在汽车领域成熟应用到缸体、缸盖、连杆、阀体、油底壳、变速箱壳、转向齿条壳、水、油泵壳、活塞、ABS阀体、制动盘以及正时系统凸轮座等部位的加工。



## 沙迪克机电（上海）有限公司

展台号：W1-301

无螺杆驱动系统采用直线电动机和线性标尺，是实现高速和快速响应半永久性需求的理想驱动方法。初始定位精度可保持数年；加工机操作者将可持久享受非常可靠的加工性能。

新的电源单元采用“完美的主动控制”技术。它可同步实现放电控制和运动控制的高速处理。标准安装的自动编程系统“Heart-NC”让即使没有经验的用户也可轻松完成加工程序。

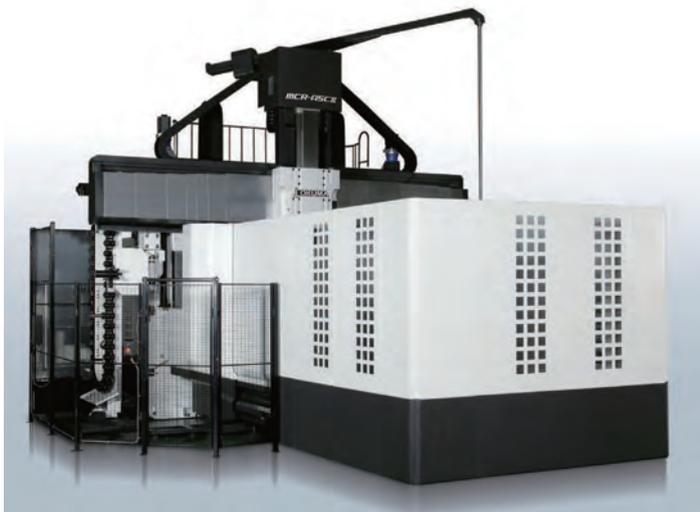
多功能 VL系列标准配备了多项便利的功能；如高级边角控制系统、自动浮动控制、新的高质量表面加工电路等。此外，它还标准使用了Sodick内部制造的高级陶瓷以实现精密加工。



## 大隈机械（上海）有限公司

展台号：E4-602

机床的床身、立柱、顶梁构成封闭式龙门结构，横梁采用双伺服电动机双滚珠丝杆在立柱上升降，主轴头挂在横梁上，350mm×350mm滑枕作Z向进给，行程为800mm，工作台、横梁导轨均采用滚、滑复合结构，并采用装入式电动机。机床采用铸铁，刚性高，抗扭特性好，经时变化小。适用于大、中工件（包括汽车模具）的强力切削和高速精密加工，是大隈公司的畅销产品。



## 3D Systems中国

展台号：W2-304

ProJet MJP 2500 Plus最大构件成型尺寸295mm×211mm×142mm。

价格经济：不花高价便可拥有MJP的上佳质量。无需因为价格而再次妥协零件保真度，如此经济的3D打印机唾手可得。

高级塑料和弹性材料：具有工业性能设计的VisiJet M2材料可制作耐用的白色、黑色或透明塑料件，弹性体零件具有卓越的拉伸性能和完全的弹性回复。

专业级质量：确保原型外观、触感和性能如真正的成品一样。



## 埃斯维机床（苏州）有限公司

展台号：W3-151

机床床身采用SW公司享有专利的整体框架结构，双主轴，框中框结构设计的三个直线数控轴，Y轴采用门架式双驱动机构，双主轴时具有2个相互独立的Z轴，电主轴转速达17 500r/min，转矩达200Nm，集中中心冷却系统，集成的并可扩展的液压系统，4轴或5轴联动加工，可安装2个或4个子工作台（力矩电动机），横梁式工作台两端支承并可液压锁紧，每个工作台有10个液压接口和5个压力气体接口，刀库可从72个刀位模块式地扩展到232个刀位，安装有SW公司的断刀检测功能（<0.15s），可方便地对机床的各部分进行维护。



## 翰默（上海）贸易有限责任公司 展台号：E4-282

平衡过的刀具系统可以减少加工振动，保护机床主轴，延长刀具寿命且提升加工质量，提高切削效率。翰默的动平衡机广泛适用于刀柄/刀具系统平衡、木工刀具制造、砂轮及整体刀具制造、非标及PCD刀具制造、高速旋转件平衡等。翰默的动平衡机提供各种高精度的主轴夹持系统，精细检测被测物的单、双面不平衡，提供加重和去重多种平衡方式选择，精度高，使用简单高效。针对不同的客户需求，有桌上型、经济型、舒适型、对刀一体型等多种机型选择，选配功能可由客户自由搭配。其中自动平衡机能快速检测不平衡并自动去除，效率极高。



## 瓦尔特（无锡）有限公司

展台号：E2-611

刀片采用半对称结构设计，避免了操作时装错刀片；刀片采用立装结构，且加大定位面，保证整体刚性；刀体为精密内冷设计，最大化利用内冷压力；刀体上采用定位销，实现刀片的安装精度及重复定位精度最佳化，同时保护了刀体的定位面。



## 沈阳机床集团

展台号:

i5M4智能立式加工中心是沈阳机床研发的具有完全自主知识产权的新一代产品，具有合理的结构设计，可靠的精度稳定性及保持性，涉及汽车、卫浴、航空航天、模具加工等多个领域，尤其在汽车发动机缸体、缸盖、变速器壳体、新能源电机壳、转向器等零部件的加工上有广泛应用。其可在一次装夹中连续完成铣、钻、扩、铰、镗、攻丝及二维三维曲面、斜面的精确加工，加工实现程序化，缩短生产周期，使用户获得良好的经济效益。



i5M1.4机床是针对消费电子行业开发的智能高速钻攻中心，主要用于手机、平板电脑等消费电子类产品的外壳、中框、按键等小型金属零部件的铣削，该产品将先进的机械设备同数控系统完美融合，在满足高效、高精、高表面粗糙度加工要求的同时，还搭载了智能操作、智能编辑、智能诊断、智能管理（车间信息系统/手机i平台）等一系列独有的智能化功能。

i5M8是世界首创的集机械平台、功能平台、控制平台、应用平台于一体的平台型智能机床，产品定位于复杂零件的多工序集成专家，五轴五面加工中心。i5M8前部设计有模块化的功能平台，针对客户不同的零件，可及时快速地响应，进行重组与更替，衍生出四轴、五轴联动立加，卧式车铣、立式车铣、倒立车等多种加工中心，产品定位于航空航天、汽车多面体零件、医疗、模具等行业。



HoriTurn4080MY是一款最新与德国工程师合作开发的数控车床。机床主要功能部件选用了大量在世界范围内处于领先地位的优质供应商。在整机设计过程中，利用有限元计算等手段确保机床在大扭矩切削的情况下仍保持很好的精度。尾座及中心架的定位锁紧机构简单、成本低，其特点是采用通用化策略，灵活、模块化且便于维护。机床卧式车削操作，斜床身保证排屑顺畅。与竞争对手相比占地面积小，利于工厂规划。

机床主要用于回转体零件加工，可以车削各种螺纹、圆弧、圆锥及回转体的内外曲面，铣削平面，开槽等，并选配高压系统，保证深钻孔功能，特别适合汽车、电子、机械、航天、军工、有色金属加工等行业对回转体类零件进行高效、大批量、高精度的加工要求。



## 昆山波英特精密制冷机械有限公司

展台号: W2-155

威士顿/波英特在工业用发展、创新、应用提升的高精密加工产品已经超过20余年经验，并在2010-2013年投入智能手机制造设备相关行业，高精度变频冷却机达到年出货量更达1万台，在2013-2017年的精密机床制造应用及航天、航宇业相关加工趋势也不遑多让，逐步赶上智能化脚步，稳定高阶温控需求市场。



在高精度加工过程，左右加工精度的冷却设备，更是精密产业迈向高质量与高价值的关键配件。冷却机的温控精度因为热变形而导致的热变位、热伸长，影响精度的状况更趋严重，因此，特别需要能够有效“维持温度精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ”的恒温冷却机，而非“让温度很低且温度不稳定”的冷却机。尤其应用于激光加工设备的加工过程中，精密的温控技术更是影响激光机加工设备“蚀刻率”的重要因素，并且直接影响加工件的质量。经过有效证实，惟有温控精度在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的精度下，才能达到客户的精密加工要求，并有效降低不良率及耗损率。

## 雷尼绍（上海）贸易有限公司

展台号: W1-401

### 雷尼绍机床测头OMP400

OMP400超小型测头采用获得专利的RENGAGE™应变片技术，适用于中小型加工中心。当测量复杂的3D形状和轮廓时，它具有无与伦比的亚微米级测量性能。高级功能包括机床性能监控和在线测量。与所有雷尼绍光学接收器兼容，因此用户可升级现有装置。



### 新型REVO®多传感器五轴测量系统

REVO系统是雷尼绍推出用于坐标测量机(CMM)的革命性多传感器五轴测座，采用同步运动和五轴测量技术。其具有高性能扫描、非接触式测量和表面粗糙度分析功能，可极大降低坐标测量机在超高测量速度下的动态误差。REVO系统适用于航天航空、船舶、机车、汽车等大型及超大型尺寸的测量任务，可快速、高精度完成各种复杂工件的测量。展会现场两台三坐标将配备REVO系统，分别对汽车缸体以及航空整体叶盘进行演示测量。



### 全新Equator™多功能比对仪

Equator比对仪通过向车间提供高重复性、对热效应不灵敏、多用途并且可重新编程的比对测量方案，实现制造过程控制。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。



### RenAM 500M工业增材制造系统

RenAM 500M是利用雷尼绍自行设计制造的光学系统和控制平台制成，这也将成为我们未来增材制造系统产品系列的基础。其专为批量生产而研制，可采用金属粉末床熔化技术直接根据CAD数据制造多种金属材质的复杂组件。

它具有自动化的粉末和废物处理系统，可实现工艺品质的一致性、减少操作人员与粉末或废物的接触并确保高标准的系统安全性。

## 浙江日发精密机械股份有限公司

展台号：W4-301

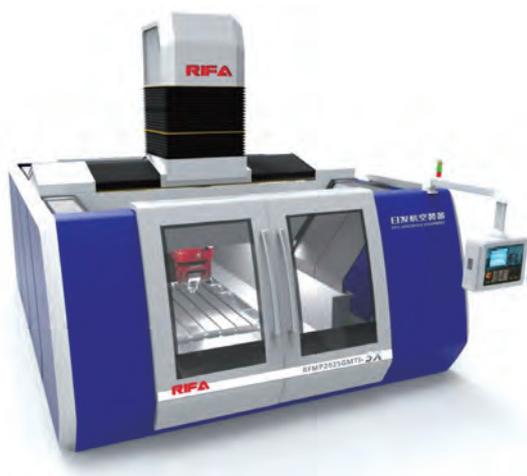
### 展品简要描述：

RFMP2025GMTI-5X是浙江日发航空数字装备有限责任公司引进、吸收国外先进技术而开发的高架桥式五轴联动钛合金加工专用设备，是通过优化设计传动结构、匹配机床的刚度与质量参数、使其获得快速响应的高端产品。

该产品结构紧凑、造型美观、功能丰富、配置完善、性能优良、质量可靠，具备高精度、高刚性、高效率等显著优点。功能部件系列化和模块化，多种机床功能供客户选择，满足客户个性化需求。

### 展品适用范围：

适用于航空航天、工程机械、船舶军工等行业对于零件精度要求高，形状复杂零件的加工需求，尤其满足对于机床提出高扭矩，高刚性要求的航空钛合金、镍基高温合金、超高强度钢等其他硬质合金的切削加工。





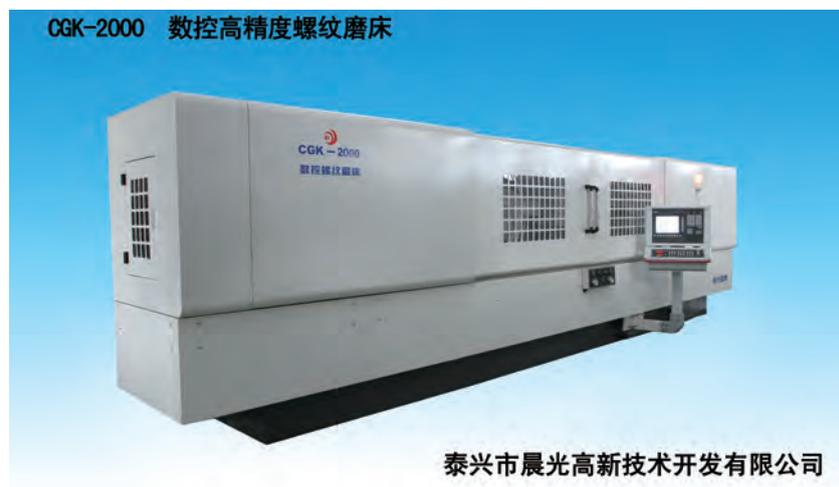
日发精机联合旗下MCM共同展出由一台四轴卧式加工中心、一台五轴卧式加工中心以及轨道穿梭车组成的，通过MCM自主研发的JFMX控制系统集成的柔性生产线。未来伴随杭州日发智能化系统工程有限公司软件不断开发升级，日发精机将把自动化产品、智能设备、IT技术完美结合，实现智能工厂和智能应用。让整个体

系中不同角色的人分层利用数据、信息进行有效、及时的决策和执行，打造符合现代制造业发展的生产运营模式。

## 江苏晨光数控机床有限公司

展台号 E11-203

CGK-800/1500/2000/3000数控高精度螺纹磨：本系列机床是为滚动功能部件行业专门研制的高精密丝杠研磨机床，适用于磨削高精度圆弧滚珠丝杠、高精度梯形丝杠以及其他螺纹齿形。



CGK-2000 数控高精度螺纹磨床

泰兴市晨光高新技术开发有限公司

(1) 采用SIEMENS 828D/840D数控系统，并配备HEIDENHAIN精密光栅尺，Renishaw编码器，实现全闭环控制。操作界面采用中文人机对话界面，菜单式输入，操作简单。

(2) 采用半封闭或全封闭防护，标配全长喷淋装置、恒温强制冷却装置、空气净化器、磁性过滤器等，工作环境良好。

(3) 配置灵活。本机床可选配金刚滚轮成形修整器、电动金刚笔修整器，数控仿型修整器等多种砂轮修整装置，并可加装砂轮自动平衡装置、自动对刀装置、螺旋角自动调整装置、离心式分离器等。

## 约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司

展台号：W3-302

## 1. 数控系统

数控系统方面，海德汉将展示最新的触摸屏技术在TNC 640/TNC 620系统上的应用，为实现数字化管理和



无纸化办公提供最新的智能制造功能，以及提高机床效率的动态高效和精度的动态高精功能。

触摸屏技术。为了进一步简化用户的操作，海德汉最新推出了TNC 640/TNC 620的全新触摸屏。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。

智能制造。小批量生产尤其需要极高的灵活性。如果生产中出现意外，需要在最短的时间内重新安排任务单的执行。其中决定性的因素是在正确的地点和正确的时间提供正确的数据。

海德汉TNC数控系统的智能制造功能提供全数字的生产任务单管理功能。“智能制造”丰富的功能可在生产中调用公司内各部门的相关数据。

动态高效。粗加工及难切削材料加工存在巨大改善加工效率的潜力。重切加工主要是指在尽可能短的时间内切除掉尽可能多的材料。

动态高精。海德汉TNC数控系统的创新功能是高动态性能、高精度加工的最先进技术。TNC数控系统的这些功能确保用户的加工过程更快、更稳定及更可控——总之，更高效。

## 2. 测量产品

测量产品方面，海德汉进一步完善了直线和角度测量的产品系列，绝对式光栅尺增加了Panasonic绝对式接口，角度方面增加了大孔径至 $\phi 180\text{mm}$ 的封闭式角度编码器以及绝对式敞开式角度编码器。

LC 200大测量长度封闭式绝对值光栅尺：用于大长度测量的绝对式封闭直线光栅尺，主要应用于超大型机床的直线轴定位。该产品在多段式拼接处通过改进设计，



提高光栅的防护特性，并同时简化了安装难度。具有单体钢带光栅尺的METALLUR光栅、安装尺寸兼容LB 382(C)和安装方便等特点。需要指出，LC系列产品均能开机即获得当前位置值，无需执行回零操作，节省加工时间。

LCx95P封闭式绝对值光栅尺——松下接口：新型绝对式光栅尺LC x95P系列光栅尺，是在继承了新型的双密封结构设计等优势后，进一步开发出的适用于Panasonic接口的新型光栅尺。开机即能获得当前位置值，无需执行回零操作，节省加工时间。



RCN 6000角度编码器。鉴于当前机床加工的精度要求不断提高，特别是带有转台并参与联动加工的机床越来越多的应用于复杂零件的生产，因此对转台高精度控制的要求也不断增大。考虑到机床行业中转台高精度编码器的应用环境以及精度应用特点，需要开发出在较大加工区域内控制精度更好的产品，以及同时降低用户的安装难度。因此在本产品开发中，兼顾了以往封闭式角度编码器的高精度，高防护，易安装，精度保持性好的特点，并且增大了安装孔径至180mm。



### 3. AMO直线感应尺LMT410/LMK1010及角度编码器WMRA1010/WMKA2010

AMO产品由于其基于电磁感应工作原理，防护等级可达到IP67，因此能够在恶劣环境中正常工作，如粉尘、油雾、潮湿等工作环境中。并且由于在刻尺和读数头中并无磁性元件，因此拥有很强的抗磁场干扰能力，无磁滞误差。在使用新一代处理原件后，产品信号质量进一步提高，产品适用于对环境要求较低的应用，如水切割，激光切割机等。



### 4. 力矩电机 TMB+

为配合机床用户在数控转台方面的应用，今年ETEL又推出了一款新产品TMB+，其目的就是给机床用户提供一个相对经济适用的力矩电机解决方案，它最显著特点就是低速大转矩，更适用于数控机床旋转轴的应用。



## DMG MORI

展台号：W3-101

DMG MORI将于2017年4月17日至22日借今年CIMT北京机床展之际在重要的中国市场展示创新的技术和新品的首秀。本届展会上，作为领先的机床制造商，DMG MORI仍将围绕工业4.0和相应的数字化解决方案以及全套自动化系统和先进的生产方式的主题，例如增材制造。DMG MORI在中国市场首秀的新品是配机器人的CMX 1100 Vc立式铣削加工中心、SPRINT 32-8自动车削中心和具有铣/车/磨复合加工能力的DMC 80 FD duoBLOCK®加工中心。

### 数字化工厂：通向工业4.0时代的互连和数字化生产之路

“工业4.0”是当之无愧的未来热点。作为全球领先的机床制造商，DMG MORI为用户提供以APP应用程序为基础的控制和操作系统CELOS®及智能化软件解决方案与大量数字化产品和服务，帮助客户持续地进行数字化转型。截止目前，每四台机床中就有一台机床搭载CELOS®，而且全部适应未来的需要。

随着面向未来应用程序的不断发展，CELOS®能确保无缝地衔接工业4.0时代

的软件解决方案。例如，CELOS®的“状态分析器”采集机床的状态数据。结合车削和铣削加工中心中的工业4.0传感器包，用户通过软件工具可以严密监测机床状态和加工过程，在机床数控系统上或用PC版CELOS®在



机床外实时分析工作情况和状态。用户也能在APP应用程序上长时间地积累数据，从中获得可靠的“预防性维护”解决方案的重要信息。这意味着客户可以降低维护成本和拥有最大限度避免计划外停机的有效工具，提升整个生产系统的工作

### LASERTEC 65 3D: 复杂工件成品质量的增材制造

产品生命周期在不断缩短，零件也日趋复杂，生产的批量不断地减小，增材制造技术帮助企业更快地生产创新的新品。在铣削加工中心中巧妙地集成激光堆焊技术为用户提供全新应用领域和复杂形状的全新加工方式。DMG MORI的LASERTEC 65 3D是集增材制造与5轴铣削于一身的复合加工中心。激光堆焊中，使用同轴的粉末喷嘴进行增材加工。对于大型工件，该工艺的加工速度比粉床机床的成形速度快10倍以上。



### CMX 1100 Vc: 重切削应用的基本型立式铣削加工中心

作为DMG MORI集团内产品升级战略的一部分，DMG MORI现在提供面向客户的基础型机床，拥有更全面的解决方案（更多的生产方式、更高的技术水平和更高的性价比）以及全新的品牌。其中的CMX 1100 Vc加工中心以C形铸铁立柱和床身为基础，确保该机的高刚性和高减振性能。因此，该立式铣削加工中心能满足重切削的应用要求。高质量的滚珠

丝杠及12 000r/min转速的主轴确保高生产力。优化设计的机床结构还提高加工的稳定性，标配30位刀库为用户提供极高的生产灵活性。

结构紧凑的CMX 1100 Vc操作舒适，大开度的机床门，工作台高度为850 mm，机床正面到工作台的距离仅323 mm。此外，该机的Y轴行程为560 mm，为工件提供足够的空间。承重达1 000kg。选配4轴和5轴的回转工作台确保更高的灵活性。DMG MORI将在中国展出该机配机器人的自动化版，包括托盘库、刀库和测量位。装夹位和装刀位的配置使机床操作人员可从机外装件和装刀。



### SPRINT 32|8: 高生产力的自动车削中心降低用户的单件生产成本

作为自动车削中心产品线最新的创新产品，DMG MORI的SWISSTYPEkit使SPRINT 32|8可加工的棒料直径达 $\phi 32$  mm。不仅能加工短件，也能加工长件，且拥有同样优越的加工性能，因此吉特迈意大利公司开发的配SWISSTYPEkit的SPRINT 32|8是用户自动车削中心的理想选择。

继推出较小型号的SPRINT 20|5



之后，SPRINT 32|8新品在通用性和高性能方面使吉特迈意大利公司的自动车削产品线更趋完善。占地面积仅 $2.8 \text{ m}^2$ ，在中国首秀的该机在同类机床中最紧凑，但该机拥有大型加工区，支持尺寸达 $\phi 32 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ 的工件。SPRINT 32|8继承成熟可靠的SWISSTYPEkit的通用性，一台机床可车削短件，也能车削长件——转换时间不足30分钟。为此，主轴行程从100加大到250 mm。如果选配刀具快换系统，转换时间将再缩短20%。

### 带磨削套件的DMC 80 FD duoBLOCK®: 集成磨削技术，确保高表面质量

在铣/车复合加工技术领域领先近20年后，DMG MORI最近在复合加工领域再推新技术，新款机床可进行铣削、车削和磨削加工。集成磨削技术的加工中心包括DMC 80 FD duoBLOCK®，该机可达到极高的表面质量， $R_a < 0.3 \mu\text{m}$ 。一次装夹完成铣削、车削和磨削加工，二次装夹导致的偏差已成为过去。



DMG MORI的DMC 80 FDS duoBLOCK®支持磨削技术，配DMG MORI内圆和外圆及端面磨削的加工循环。修磨循环进一步扩展功能范围。新的AE传感器(发声传感器)能检测砂轮与修磨机间的接触瞬间，确保高可靠性和高精度。此外，通过主轴负载还能检测到砂轮与工件接触的瞬间。磨削套件包括1 300升冷却单元，它带离心式过滤器，能有效过滤磨削加工中的细小颗粒( $> 10 \mu\text{m}$ )。

## 2017年1—2月机械工业经济运行情况

### 1. 开局总体平稳，增速有所加快

2016年以来机械工业主要经济指标在上年历史低点上出现回升，并且回升趋势超出预期，2017年开局延续了这一趋势，增速继续加快。

工业增加值：1—2月机械工业增加值同比增长11.6%，分别高于全国工业（6.3%）及制造业（6.9%）5.3、4.7个百分点；高于上年同期机械工业增速（6.4%）5.2个百分点，比上年1—12月加快2个百分点。

在主要大类行业中，汽车行业继续引领全行业增长，汽车制造业在上年同期增长8.1%的基础上，1—2月工业增加值同比增长17%，高于行业平均水平5.4个百分点；通用设备制造业、专用设备制造业上年同期基数较低（同比分别增长3.9%、3.5%），2017年1—2月回升明显，同比分别增长10.6%、11.5%，比上年同期增速分别加快6.7、8个百分点，仪器仪表行业1—2月同比增长11.4%，比上年同期增速加快6个百分点。

电气机械及器材制造业总体平稳略有回落。1—2月同比增长7.5%，比上年同期增速8.2%回落0.7个百分点。

### 2. 机械工业部分行业出现一些新的变化

工程机械行业：据工程机械工业协会统计，2月份10

种重点监测的产品全部实现同比增长，并且都在两位数增长。2月份国内挖掘机销售总量为14530台，同比增长297.65%，创近年来单月最高纪录。大大超出市场预期。

主要原因：一是工程机械经历的5年去库存基本告一段落；二是房地产拉动作用回暖；三是基数影响，由于去年1、2月市场形势不景气，加之春节放假，许多企业都将放假时间放长，工作时间少，产销量很低。四是设备更新期影响。设备生命周期根据工况不同大致是在6—10年左右，目前已经进入更新周期，据测算更新需求已经超过新增需求；五是标准转换影响，国Ⅲ标准实施，国Ⅱ退出腾出部分市场空间。

机床工具行业：自2011年以来，无论是市场还是行业产出都呈现连续下降态势，2016年市场开始恢复性增长。2016年中国机床工具行业景气度指数为53.9%，反映出行业近期的运行呈现回升态势。近三年来机床工业行业景气度指数分别为43.3%、34.5%、53.9%，2016年较上一年同期回升19.4个百分点，实现了大幅度的回升。

汽车行业：汽车中的商用车产销高速增长。1—2月受货车拉动，商用车产销分别完成61.0万辆和60.8万辆，比上年同期分别增长19.4%和28.3%，高于汽车总体8.3和19.5个百分点。

## 2017年2月我国汽车工业产销综述

2017年2月，受假期因素影响，我国汽车产销整体水平较低，但同比保持较快增长。1—2月，汽车产销均呈增长，增幅比上年同期有所提升。

2月，汽车生产215.96万辆，环比下降8.84%，同比增长33.77%；销售193.92万辆，环比下降23.03%，同比增长22.37%。其中：乘用车生产环比下降10.82%，同比增长31.50%；销售环比下降26.39%，同比增长18.29%。商用

车生产环比增长4.95%，同比增长49.04%；销售环比增长1.72%，同比增长49.90%。

1—2月，汽车产销同比增长11.07%和8.84%。其中乘用车产销同比增长9.89%和6.29%；商用车产销同比增长19.35%和28.28%。

1—2月，基本型乘用车（轿车）产销同比增长6.41%和3.82%；运动型多用途乘用车（SUV）产销同比增长

28.70%和21.63%；多功能乘用车（MPV）产销同比下降15.74%和18.74%；交叉型乘用车产销同比下降35.63%和26.93%。

1—2月，客车产销同比下降28.46%和23.46%。其中：大型客车产销同比下降51.91%和47.91%；中型客车产销同比下降48.04%和47.45%。货车产销同比增长27.40%和37.39%。其中：重型货车产销同比增长1.1倍和1.4倍；中型货车产量同比下降9.13%，销量增长13.52%。

2月，汽车销量排名前10位的企业依次是：上汽、东风、一汽、长安、北汽、广汽、吉利、长城、华晨和奇瑞。这10家企业共销售171.13万辆，占汽车销售总量的88.24%。

1—2月，汽车销量排名前10位的企业依次是：上汽、东风、一汽、长安、北汽、广汽、吉利、长城、华晨和奇瑞。1—2月，上述10家企业共销售398.08万辆，占汽车销售总量的89.27%。

## 2016年我国自行车制造业经济运行情况

**生产：**2016年1—12月，我国自行车制造业主要产品中，两轮脚踏自行车累计完成产量5303.3万辆，累计同比下降5%；其中12月份当月完成产量519万辆，同比增长8.4%；电动自行车累计完成产量3215万辆，累计同比增长4.4%，其中12月份当月完成产量318.4万辆，同比增长7.6%。

**销售：**2016年1—12月，我国自行车制造业累计完成出口交货值为262.9亿元，同比增长1.1%，累计产销率达97.6%，同比下降0.2%；其中12月份当月出口交货值为

25亿元，同比增长5.9%，当月产销率95.8%，同比下降0.9%。

**效益：**在效益方面，1—12月，全国规模以上自行车制造企业累计主营业务收入1639.7亿元，同比增长5.6%，实现利润总额88.1亿元，同比增长2.8%。其中两轮脚踏自行车主营业务收入638亿元，同比增长0.3%，实现利润总额31.8亿元，同比增长1%；电动自行车主营业务收入1001.7亿元，同比增长9.2%，实现利润总额56.3亿元，同比增长3.9%。

## 2016年我国钟表制造业经济运行情况

**生产：**2016年1—12月，我国钟表制造业主要产品中，钟表累计完成产量1.35亿只，累计同比增长7.7%；其中12月份当月完成产量1117.2万只，同比下降4.1%；表累计完成产量1.79亿只，累计同比下降9.6%，其中12月份当月完成产量1625.7万只，同比下降5.1%。

**销售：**2016年1—12月，我国钟表制造业累计完成出

口交货值为231.6亿元，同比增长5.3%，累计产销率达97.6%，同比增长0.5%；其中12月份当月出口交货值为19.8亿元，同比下降0.5%，当月产销率95%，同比下降4.2%。

**效益：**在效益方面，1—12月，全国规模以上钟表制造企业累计主营业务收入406.5亿元，同比增长6%，实现利润总额21.3亿元，同比下降10.9%。

## 智能制造产教融合联盟成立大会隆重召开

2017年3月8日，智能制造产教融合联盟成立大会于合肥皇冠假日酒店隆重召开，来自全国多家行业协会代表、装备制造业顶尖企业代表以及全国中高职院校、技工类院

校代表将近300人参加会议。

智能制造产教融合联盟由行业组织、装备制造业工业领域企业、加工制造企业及学校四类机构组成，是非盈

利、非法人性质的开放型联合体。联盟以国家制造业升级战略为引导，围绕制造业典型行业（如航空航天，汽车制造，精密模具制造，IT等行业）由制造向智造的跨越式发展对高端智能型人才的迫切需求这一突出现状，中国职业技术教育学会职业教育装备专业委员会、全国机械职业教育产教合作促进与指导委员会、德国工商大会上海代表处（AHK）、高等教育出版社、机械工业出版社、德马吉森精机机床贸易有限公司、西门子（中国）有限公司、山特维克可乐满切削刀具（上海）有限公司、库卡机器人（上海）有限公司、罗克韦尔（中国）有限公司、卡尔蔡司（上海）有限公司等多家行业协会、装备制造业国际顶尖企业，以及多家国内、国际著名制造业企业，联合100多所优秀中高职院校、技工类院校，共同成立“智能制造产教融合联盟”。

联盟的成立，旨在通过整合行业、企业及学校等对方资源，发挥合力作用，聚焦机械加工制造企业在复杂、精

密零件加工技术、自动化制造技术、信息化制造技术等新型制造技术与职业院校在数控、机械制造、模具制造、机电等相关专业的协同发展，使行业新技术更好的促进专业发展，共同打造校企人才培养合作平台、技术和专业发展协同平台、生产和实训融合平台、打通产教融合在人才、技术、生产三个核心要素的通道，建立产教融合生态链。

联盟主要有四方面的职能：一是培养师资（教师培训中心），加强专业师资培养，开展认证培训体系建设和运行；二是推动专业发展（专业发展中心），以行业技术和专业聚焦为原则，开展相关品牌专业建设和课程建设，指导校企合作共建智能制造相关专业生产型实训基地；三是促进产教合作（产教融合服务中心），组织行业企业与院校对接；四是深度产学研用合作（大赛合作中心），发挥联盟资源开展世界技能大赛相关赛项研究，助力中国世赛团队，开展世赛在中国的推广。

## Igus拖链装配革新：独一无二的分隔系统

易格斯新的供能拖链可节约80%的装配时间，快速装配可以节约时间和成本，而这可以通过优化供能拖链的装配来实现。E4.1L拖链是市场上最轻的供能拖链，采用了新型的分隔系统，拖链内部的独立分区让客户更便于装配。此分隔系统将在2017年汉诺威博览会上向大家展示。

在2017年汉诺威博览会上的17号展厅，igus将在展台

上为E4.1L拖链展示一个创新性的分隔系统。这意味着客户可以根据自己的需求更便捷地进行多层次的内部分隔。拖链打开后：电缆和分隔片可以快速便捷地被填充进去。这样，客户就可以通过分隔拖链的内部空间来对移动应用进行优化。

## 西门子携手国机集团深耕全球装备制造市场

西门子近日与中国机械工业集团有限公司（国机集团）旗下子公司签署战略合作伙伴协议，双方将在技术研发、装备制造以及中国和全球工程项目总承包（EPC）项目等领域展开充分合作，助力国机集团及其旗下企业抓住“中国制造2025”与“一带一路”战略的机遇，加快产业转型升级并拓展本地和海外业务。本协议由国机集团的二级子公司中国轴承进出口联营公司发起，并作为西门子与国机集团旗下各级企业深入合作的桥梁。

根据协议，西门子将向国机集团所属企业所承接的工程项目及服务项目提供最新的电气化、自动化和数字化解决方案，涵盖自动化、驱动和高、低压电气方面的产品和设备维修维护服务、融资租赁服务等，以及相关的技术支持、产品与应用培训。未来，双方的合作将从机械装备制造向发电、输配电、金融等领域深入拓展，助力国机集团持续引领中国机械工业的发展。

## 我国钢轨铣磨车关键核心部件研制成功打破国外垄断

近日，由秦皇岛齐二数控机床有限公司自主研发的钢轨铣磨车关键核心部件——钢轨铣削装置及控制系统开始应用于北京地铁轨道。该技术填补了国内空白，打破了国外垄断，对我国城市轨道交通维护、确保交通安全运行具有重大意义。

据了解，由于中国各城市轨道交通运量大、运营密度高，钢轨运用工况恶劣，容易产生波浪型磨耗、肥边等缺陷，对安全性、舒适性、噪声等带来重大影响。因此，需要对钢轨进行定期的修复，一是改善其平稳性、舒适性和运输安全性；二是延长钢轨的寿命及提高维护经济性。

钢轨铣磨车是一种清洁、高效、高精度、市场前景广

阔的新型钢轨修复设备，在欧洲应用普遍。对于钢轨铣磨车的关键核心部件——钢轨铣削装置及控制系统，此前我国不能自主生产，基本上全部依赖进口，而进口车型价格极其昂贵。

2013年，秦皇岛齐二数控机床有限公司开始对钢轨铣削装置及控制系统技术展开攻关，经过3年努力，先后攻克了高精度主轴制造、检测装置与跟踪算法，控制系统等多项核心技术指标达到了国际先进水平，并在2016年完成了装置的研制，经在轨道上进行试切，各项指标完全满足用户要求，为我国城市轨道交通维护提供了高能、高效、环保的高端产品。

## 中车时代电动揽下海口150台新能源汽车订单

中车时代电动“撸起袖子加油干”，延续良好势头赢得开门红。近日，中车时代电动凭借高铁级的技术实力，从众多竞标者中脱颖而出，获得海口150台新能源汽车订

单，成为海口2017年首个单笔最大订单。目前，中车时代电动近20000台新能源汽车行驶在全国各地及部分海外国家。

## 中国3D打印产业规模年增长率超40%、2021年将达691亿万元

中投顾问产业研究中心对2017—2021年我国3D打印市场规模进行预测，2017年我国3D打印产业规模将达到173亿元，未来五年（2017—2021）年均复合增长率约为41.36%，2021年产业规模将达到691亿元。

据悉，目前我国在3D打印已有部分技术处于世界先进水平。其中，激光直接加工金属技术发展较快，已基本满足特种零部件的力学性能要求。在这方面，西北工业大学的黄卫东团队采用这类技术直接制造金属零件，并已成功对航空发动机叶片进行了再制造修复。与此同时，北京航空航天大学教授王华明领衔的“飞机钛合金大型复杂整体构件激光成形技术”，让我国在高性能金属材料3D打印上，跻身世界领先行列，如今已广泛应用于我国的航空航天领域。

2016年8月23日，住建部发布《2016—2020年建筑业信息化发展纲要》，其中提出积极开展建筑业3D打印设备及材料的研究，探索3D打印技术运用于建筑部品、构件生产，开展示范应用。这意味着在国家层面对3D打印建筑技术的认可和推广应用的鼓励。

采用3D打印技术，对房地产来说将是一次颠覆性的革命。今后顾客不但可以定制家居，还可以定制个性化的房子，打印各种异形构件，做到一套房一张设计图。小区内的建筑，在保持风格协调的基础上，也不必千篇一律等。

在大部分人心中，3D打印只存在于高新科技领域。但随着3D打印建筑技术的日益完善，特别是3D打印建筑技术在建筑行业的成功应用，3D打印建筑技术引领的产业变革有望成为建筑业和房地产业未来的方向。

# 大数据时代的智能检测技术

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

在传统概念里，测量仅仅被认为是一种判断产品合格与否的手段，但随着现今制造业向智能化转型，处于大数据时代背景下的测量功能已发生了演化和拓展。

众所周知，在“十二五”期间，我国制造业信息化工程得到了快速发展，而近年来大数据的出现更有力地助推了国内制造业水平的提高。2015春，随着“中国制造2025”的推出，通过利用互联网激活传统工业过程，明确了需要同时实现：降低企业对劳动力的依赖，满足用户个性化需求，并降低流通成本的三项目标。而所采取的战略主要为“智慧工厂”、“智能化生产”和“智能化物流”等三个方面，而其核心为第二点。事实上，无论是德国“工业4.0”或是“中国制造2025”，都是以智能化制造为主导的一次生产方式的大革命，旨在通过充分利用信息通信技术和网络空间虚拟系统的手段，将制造业向智能化转型。而实现、完成这个过程的基础就是信息技术与工业技术的高度融合，网络、计算机技术、软件等与自动化技术的深度交织。显然，这一切



都离不开海量数据的支持。因此，当现代制造业在走向智能化制造的过程中，必然是处于大数据制造背景下。

## 传统测量功能的拓展提升了产品质量的监控水平

对于那些主要以数据样式呈现的信息，实际情况是，长期以来人们已习惯性会把“数据”只与测量联系在一起，至于对那些传统性的数据则认为仅仅与工厂的计划、销售、物流等部门相关，即与生产运行关系不大。显然，今天看来，此类观念是很片面

和狭隘的。因为随着智能化制造理念在当代企业中的加速推进，这些数据无论从“数量”还是“形态”上，在处于大数据制造背景时，其实都已发生了演化，并且有了很大的拓展。就以测量数据来讲，为了能满足产品质量不断提高的要求、更有效地降低制造成本、应对日益激烈的市场竞争和适应对汽车节能减排的越来越严酷的强制性规定，这半个多世纪以来就已发生了翻天覆地的变化。从早期的只设置最终检验、以对产品的实物质量进行评介，扩展到以下几个方面：

(1) 20世纪50年代出现的随机

量仪可在加工过程中控制零件质量，称为in-process。

(2) 而那离线设置在工序间的检测器具（一般称为post-process），则进一步为保证产品的制造质量提供了有效手段。

这些被统称“在线检测设备”的计量器具，在过去的几十年里，虽然它们的职能未变，但就其个体而言在技术上发展需速。以随机量仪为例，多年来的单一控制线性尺寸参数（如外径、厚度等）的模式已突破，在融入了多种数字控制技术后，还进一步具备了如前节所述的边加工、边对工件形状误差进行实时监测的功能。而工序间检测设备也同样有很大的进展，从最早很简单的通用手动量具，经气动量仪后又进入电子量仪普及的时代。图1中，上图为自20世纪80年代起就风行业界的电子柱量仪，迄今还广泛地应用于国内外汽车厂的生产线工序间。但它客观上只适合那些单一的简单参数、柔性差，对测得数据的数据处理能力也低。而作为鲜明对比的是下图中的一个实例，它来自某发动机厂的车间现场。乃是位于加工



图1 工序间检测设备的演变

中心旁的一个测量单元，包括一台通用机器人和一台高效车间型坐标测量机。图中虽然只显示一台加工中心，若有需要也可同时为多台设备服务。

但以上所述，还只是涉及到检测“作业”层面上的变化和发展，而自20世纪80年代起，基于休哈特理论的统计过程控制（SPC），逐渐在以汽车制造业为代表的批量生产工厂获得了越来越普遍的应用。但随着市场、特别是类似汽车消费市场发生的变化，及随之对产品制造工艺的影响，那单一的、传统的统计过程控制模式已很难再满足企业对生产过程实时监控的需求了。由于企业为了最大程度地适应消费市场的需求，往往需要采取多品种混线的柔性生产方式，显然，这与长期沿用的单一品种、大批量生产方式有着很大的不同。这里拿缸体、缸盖等箱体类零件的加工为例，近年来，以传统的组合机床、专机为主的生产（自动）线已逐渐被由多轴加工中心组成的柔性生产（自动）线所取代。由此带来的是形成产品方式的转变，譬如，生产线布置就由原来的“串行”而改变成为“并行”。

以某厂一条建成不久的缸盖生产线为例，其中一道以铣、镗为主的工序，就是由7台完全相同的双轴加工中心同时承担的。这就意味着，由这道工序流出，经抽样后送到生产线旁检具进行测量的任何一个工件都可能存在14种不同的加工状态。事实上在这时候，如果工序间检具不加区分仍然“一如既往”地进行测量，仍是按前面谈到的方式对它们进行数据处理，那就完全失去了SPC的意义了。因为面对这种情况，若要达到对制造过程是否处于稳定的受控状态、有否异常性状出现进行分析、判断，就必须把抽样、测量细化到上述14种工况中的具体一种，只有在识别了确切的

某一工况后才进行有针对性的数据处理。而这类情况在曲轴、凸轮轴、连杆等其他零件的生产中也同样存在，即同一道工序往往布置了多台相同的机床加工，或者是某一道工序的设备上带有多个动力头（夹具）服务于流过的零件。因此这时若执行SPC，就必须事先通过对那些相关的检测设备进行统一的数据格式的设置，并且使得用于评价的质量数据中除了测量值以外，还包括工件批次号、机床、动力头（夹具）、检具及生产线等相关信息。

当然，根据不同的情况，所设置的内容会有所差别，但数据格式的形态是相同的，然后我们就将会得到如图2那样的反映某道工序过程运行状况的分析图。不同于传统的SPC控制图，该图由多条曲线组成，其中每条曲线对应的是一种情况，如一台机床或更细化到一台机床的某个动力头。当然，也只是在有了细化了的过程监控系统后，才能确切地、有针对性地记录，并清晰地识别的一些异常现象，进而可根据分析、判断的结果及时采取相应的措施。如前面提到的那个缸盖的镗、铣工序，若在镗刀加工气门导管孔时出现刀具磨损，事实上也只有具体到某台机床的某个动力头，才能实施有针对性的分析、处理（见图3）。从图中可清楚地看出，即使批量方式生产的工件均还处于合格的范围，但是其变化的趋势表明，为了确保产品的质量，急需提前发出更换刀具的预警。而若不采用数据格

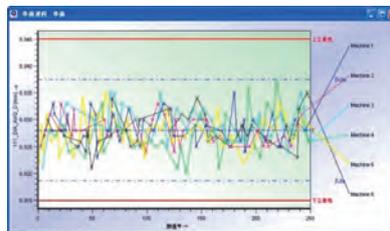


图2 经数据格式设置后显示的与SPC相关的细化信息

式设置的方式就无法有针对性地予以执行。然而，也只有在溶入了q-DAS公司性能优异、丰富的统计分析软件后，利用所采集的大量数据，通过挖掘其背后隐藏的信息才能有效地实现这些目标。

鉴于传统的统计过程控制是建立在抽样的基础上，因此以下两种情况一般被排除在外：

(1) 100%的检测单元，如那些重要零件的最终测量设备。

(2) 诸如测量室、实验室那类独立的检测机构，其产生的数据也不纳入采集、分析的范畴。

只从SPC的原理和实施的出发点来讲，可以理解为什么会这样做；但若从质量信息的利用角度则又是很可惜的。事实上，藉助这两种手段获得的测量数据中包含着重要的质量信息。随着当代企业实施的生产方式趋于柔性化，位于车间现场的生产测量室的作用日益强化，抽检的范围、频次也越来越规范。由于通过测量室、实验室产生的数据的可靠性大大高于来自工序间在线检测器具的测得结果，因此对前者的分析和利用是很有价值的。图4是经拓展后的过程监控系统的一个实例示意图，左侧是现场质量信息的来源，上方为一台位于

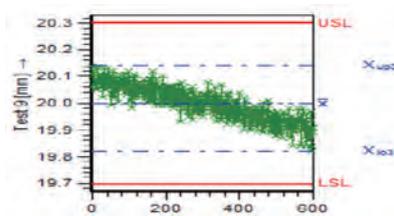


图3 对工件在加工过程中刀具磨损的监控  
曲轴线末端的进行100%测量的终检机，下面是车间生产测量室里的一台三坐标测量机，其他来自工序间在线检测众多单元均被略去。从图中可见，所有的输出信息通过数据上传软件经服务器进入数据库，而利用企业版的q-STAT统计分析软件，各职能部门就可方便地按自身需求对生产过程的各个环节进行观察、监控，必要时及时做相应处理。

### 数据内涵的演变为提高企业信息化水平做出重要贡献

一般来说，生产型企业中涉及到的数据包括两大块，其一是那些被称为传统性的数据，如与企业基本状况相关的信息和类似于生产计划，及销售、原料（半成品）、产品库存等企业管理方面的数据；其二则是由传感器采集的信息，包含各种测量数

据，以及用于实时反映制造过程状态的信息，其中既有与工序相关的、又有即时反映设备运行状态等。而如前所述，如果人们还是持着原来那种只是把信息理解为测量数据，不包含有细化的、诸如加工信息（设备、夹具、动力头等，以及工件自身）在内的其他信息，那显然完全无法适应现今企业在柔性化工作环境下，对生产过程实施有效的产品制造质量实时监控的目的。因此，为了能在以汽车为代表的批量生产行业继续有效地运行SPC，还必须在信息采集、处理等方面做不少作业。此外，这也是实现真正意义上的精确追溯的前提条件，因为自本世纪初以来，随着汽车召回制度在国内的实行，企业对产品质量的跟踪和追溯越来越重视，并采取包括上述相关信息采集、处理在内的不少有针对性的措施。但客观地说，企业如果要达到这些目标，还得通过“软硬兼施”来拓展功能，以提高自身的生产过程信息化水平。这样即使在当今汽车发动机普遍执行的工艺更加稳定、抽检频次日趋降低的大趋势下，照样不受影响。所采取的“软硬兼施”的方案包括以下两个方面：

(1) 基于前面所介绍的那种经过完善和细化了的过程监控系统，如q-STAT一类统计分析软件，再予以进一步的拓展。

(2) 作为实施自动识别、信息采集和数据载体的基础，生产线上产品的编码技术经历了条形码、二维码和近几年获得快速发展的电子芯片技术，从而大大地提升了企业的生产现场的信息化水平。

例如，现今在不少发动机生产企业，都已给关键零件打上了二维码（见图5），当产品万一出现问题时，其中所包含的信息将使企业能迅速获知它的批次、型号、毛坯厂、模具号等情况。

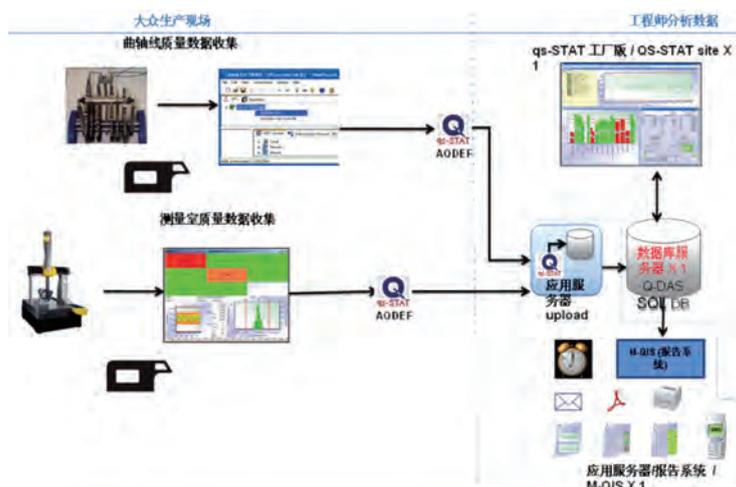


图4 经拓展后的过程监控系统



图5 曲轴和缸盖的二维码示例



图6 工件在上料时安装电子芯片

但若要进一步了解相关的加工信息，则还必须具备经细化、可识别的处理系统。而基于FRID射频技术的电子数据芯片系统，作为一种非接触式自动识别装置，主要由数据芯片、读写装置及控制软件组成：芯片通常以螺纹紧固方式安装在被加工的工件上（见图6），读写装置乃是将信息读取、写入电子数据芯片中的一种装置，当后者进入到工作磁场后，便能接受到读写装置发出的射频信号，凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的信息。同样，由读写装置发出的射频信号中带有载波，能够将信息写入数据芯片中。读写装置有手持式和固定式之分，后者一般安装在基体上并与机床的数控系统相连，在被加工零件的进出口处分别实现读写功能。控制软件的功能是将数据芯片、读写装置、机床设备及服务器等连接成一个系统，实现生产过程中的数据读写、传输、控制和统计分析等各项功能。

近年来，作为迈入工业4.0的第一步，制造的方式已逐渐从产品零部件规模化生产，经历了按市场的实际需求转为中、小批量的生产方式，并最后会发展成基于社会上个人需求的定制化生产模式。无疑，据此在生产之

前就务必要预先确定（ERP系统），并将包括部件生产所需的全部信息事先存于虚拟现实（PLM或PDM系统），至于所有其他相关的部件也要在虚拟环境中进行规划，这些部件均有自己的“名称”和“地址”，具备各自的身份信息。因此，这些部件“知道”什么时候，哪条生产线或那个工艺工程需要它们，通过这种方式，它们才得以协商确定各自在数字化工厂中的运动路径。然后再认真地解决在制造过程中和作业完成后，工件的识别问题。期间，控制系统还会

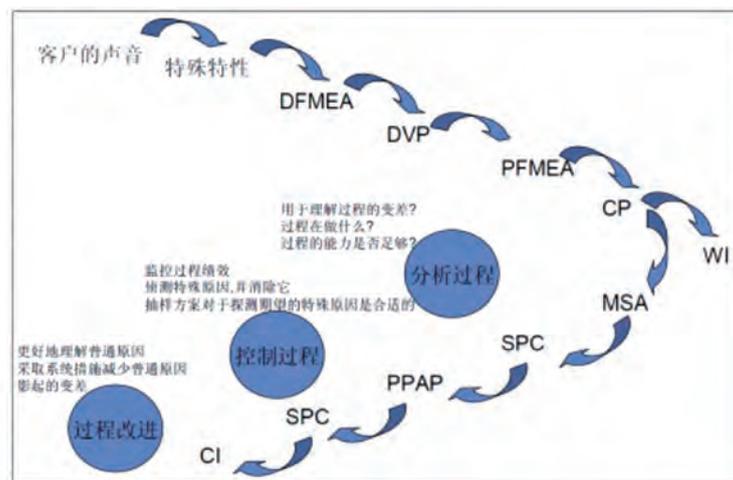
实时调用生产设备自身和相应的加工信息（MES系统）。此外，在生产过程中以及在该零部件完成后，还设置了用于拮取、采集与产品制造质量相关信息的数量、种类众多的检测、传感器件。

由此可知，实际上，现今的数据采集、数据性状，及其它们的职能已远远超出了传统意义上测量数据用于评判产品的“窄义”目的，在当今的企业中，“广义”数据已成为智能化工厂现代管理体系的基础。

### 数据内涵的演变对测量功能拓展的影响

下面基于工业4.0的特点以及汽车制造业在迈向智能化制造的过程中，对于与现代企业相匹配的质量体系需具备的核心应用流程，包括质量体系的数字化和测量器具与传感器网络及大数据统计分析之间的关联性做个说明。

首先，汽车制造企业都需遵循汽车行业质量体系标准，即“ISO16496”或“TS16949”质量体系，在TS16949中，APQP、FMEA、



备注：  
上图为去掉DVP具体工作流程的图片；  
本文讨论的重点强调的是质量体系及其核心工具数字化后对未来企业的影响，  
因此DVP流程可以去掉；

图7 在“TS16949”质量体系五大核心工具

MSA、PPAP、SPC并称为五大核心工具（见图7），贯穿整个产品自研发起、至批量生产直到最终产品交付的全过程。而之前，5大核心工具的使用流程和表格太多，以至于企业在贯穿整个质量体系流程时，花费了巨大的人力、物力，可是在FMEA分析环节所获得的反馈信息却远远不够。为此，知名的测量技术公司海克斯康及其合作伙伴IQS公司将质量体系转化为数字化体系平台，见图8。籍助这一数字化平台，就可清晰并轻松的完成质量体系中各种流程的跟踪执行，并将上百种质量系统的管理图表，变成数字化格式来管理、执行。

另外，质量体系中的FMEA、MSA、SPC都离不开数据作为支撑，从基于工业4.0特点来规划，那未来的质量系统应该包含以下关键技术：

- (1) 体系流程自动化与系统管理。
- (2) 测量与传感器网络。
- (3) 网络化通信基础构架。
- (4) 自动化或在线测量系统。
- (5) 嵌入式大数据和数据实时逻辑软件。
- (6) 统计监控。

基于以上这些特点，海克斯康将该系统定义为MMS系统，即测量管理系统。乃是从企业未来发展的构架出发，通过MMS系统将用户的ERP、PLM、MES系统进行对接，形成完成的PLM链条，以及符合产品质



图8 组成MMS系统的八个模块单元

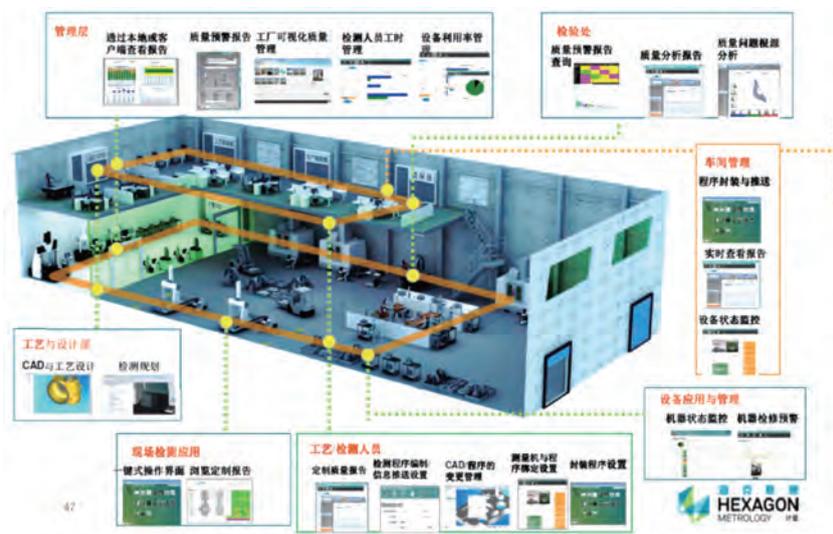


图9 未来制造型企业质量管理系统的构想

量体系流程的PACD数字化软件管理平台。

目前，MMS系统大致可分为八个模块单元（如图8）。通过这样配置，用户可以实现：

- (1) 进行定时、实时的数据监控，即可获取丰富的质量信息对周期数据的汇总。
- (2) 通过全面的数据分析，可完成对SPC的过程能力分析，完成动态问题点的导入，以及质量成本的监控记录和FMEA动态改善等。
- (3) 建立完整的尺寸制造链监控管理。打破了供应的黑匣子生产，使供应商的管理透明、可控、高效。
- (4) 实现了对设备状态/资源状态运行状态、周期维护管理提醒、检验周期及系统配置和应用功能配置等要素的远程监控。

图9是一张关于未来制造型企业质量管理系统的设想图，通过网络化的连接，使不同层次的管理人员都能在网络上应用、查看、监控、执行检测设备、以及相应的数据信息，真正意义上实现了使质量系统进入工业4.0时代。所以，能适应未来制造型企业质量管理系统的需要，为此而打造数据链质量监管与智慧数据服务平

台，是极其重要的。鉴于该系统乃是以检测设备及其传感器所采集的产品质量的数据为基础，故必须打通不同设备和不同软件之间的各个环节，通过统计分析等众多专业的数据处理方式、快速反馈加工、以实现企业运转过程中的高效决策，同时，也为未来的创新提供了真实而强有力的依据。

## 六、结语

由上可见，在“智能化制造”已逐渐为企业接受并推行的趋势下，在汽车制造业中广泛应用的测量技术，特别是用于生产现场的在线检测技术，正发生着深刻的变化。其一是更加突出了企业在用坐标测量类检测设备的通用性、多功能、低成本和操作的便捷，而不再是片面强调高精度等传统指标。而另一方面，不断发展和推出的先进测量技术，诸如激光、白光等先进的非接触式计量设备，正是它们所具有的高效、环保、可持续利用等诸多特性，才是它们拥有了强大的生命力。此外，以新颖随机量仪和相应的数字控制系统为代表的主动测量技术在先进的磨削加工工艺中的应用，则从另一个角度反映了对实现智能化生产过程的推动作用。□

# 航空制造用机床工具发展趋势分析

沈阳黎明航空发动机有限责任公司 杨金发 庞继有 兰影铎 王志忠  
沈阳黎明航空零部件制造有限公司 刘 陟  
沈阳发动机研究所 梁宏坤

高性能的新型难加工材料，轻量化整体薄壁结构设计，精密化的加工要求，高效化的加工速度与效率，可靠性和经济性的工艺质量和成本，这些航空业的技术指标将对我国的机床工具提出哪些要求？



随着发动机性能的不断提高，复杂结构零件愈来愈多，对高端设备的使用逐渐增多，怎样正确、更好地发挥设备的各项功能，开发更深层次的功能，提高高端设备的利用率，扭转高投入、低产出的局面，设备满足生产及科研的需求，值得我们研究。

航空产品的主要特点：高性能，广泛应用新型难加工材料。轻量化，大量采用整体薄壁结构。精密化，加工精度不断提高。高效化，加工速度与效率。可靠性和经济性，工艺、加

工质量和成本要求较高。

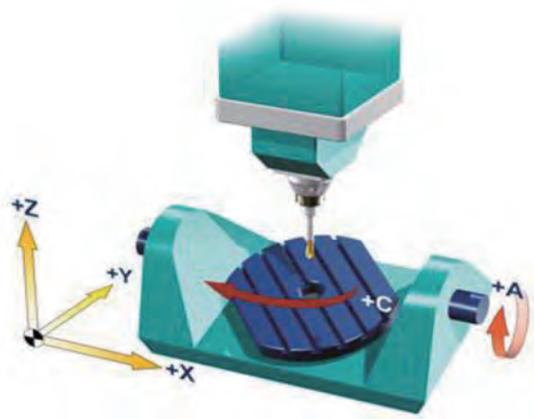
数控机床是现代制造业的关键设备，一个国家数控机床的产量和技术水平在某种程度上就代表着这个国家制造业水平和竞争力。未来大飞机发动机先进的材料和工艺也是减轻大飞机发动机质量、提高性能、改善经济性的关键技术之一，目前它正在向性能高效化和环境无害化方向发展。性能高效化材料和工艺包括：外涵机匣、风扇转子/静子叶片、包容环等冷端部件的树脂基复合材料及工艺；

压气机转子/静子叶片、整体叶环、轴等中温部件的钛基和镍基复合材料及工艺；燃烧室火焰筒、涡轮转子/导向叶片、排气喷管等高温部件的陶瓷基复合材料和碳碳复合材料及工艺。

数控加工技术应用的主要趋势：高速数控机床与高速切削技术成为主流；多轴联动与复合化数控加工需求增多；加工仿真从数值仿真向动力学仿真发展；数控装备与加工工艺及切削数据库结合。



美国GENx发动机



国外五坐标加工中心

## 数控机床发展现状

机床是由各种功能部件（主轴单元及主轴头、滚珠丝杠副、回转工作台和数控伺服系统等）在床身、立柱等基础机架上集装而成的，功能部件是数控机床的重要组成部分。数控机床整体技术与数控机床功能部件的发展是相互依赖、共同发展的，所以功能部件的创新也深深地影响着数控机床的发展。

国外航空产品主要高端设备有：五坐标铣削加工中心，车削加工中心，精密镗加工中心，五轴铣车/车铣复合加工中心及计量型三坐标测量机。

我国机床行业近年来取得了长足的发展，数控化率稳步提高，但机床消费和生产的结构性矛盾仍然比较突出。目前，国内对中高档机床的需求量逐渐超过低档机床。

国产数控机床制造商通过技术引进、海内外并购重组以及自主创新开发了一些先进数控技术，在基础共性技术的研究方面取得了长足的进步。

## 高性能数控机床的各项高端功能

先进性：即要求设备具有数字化

和前沿性的特征，软件功能强大，自动化程度高。集成性：减少附加设备，设备高度集成，简化工序。柔性：设备通用程度高，生产适用性强。精度：设备需具备精度高，精度保持时间长，技术成熟度高等特点。

稳定性：故障率低。高的动态特性：瞬间达到高速和在高速运行中瞬间准停；高的控制精度高的定位精度和重复定位精度以及较长的服役精度。

机床主轴转速方面，主轴转速与进给速度需要高速切削或超低速切削时，应关注主轴的转速范围。特别是高速切削时，既要有高的主轴转速，还要具备与主轴转速相匹配的进给速度。

目前加工中心高速化趋势发展很快，主轴从每分钟几千转到几万转，直线坐标快速移动速度从10~20m/min上升到80m/min以上，用户必须根据自身的技術能力和配套能力合理作出选择。

国外及国内航空产品，如机匣等的铣加工需要的主轴偏转五坐标铣加工中心一般要求：工作台尺寸：1 000mm以上；定位精度：0.008mm；重复定位精度：0.004mm；主轴最大转速不低于

20 000r/min；工作台承重≥3000Kg；具有自动换刀功能，刀库容量≥60把；系统配置：西门子840D控制系统6.0或以上，可进行高级语言编程，具备框架TRANS、AROT、刀尖跟踪TRAORI、高级测量循环、计数循环FOR及子程序调用功能，具备3维刀具补偿功能；USB端口，DNC网络接收数据端口；其他功能：配置高压内冷，机载自动对刀功能，机载工件测量功能，温度自动补偿功能；第五轴带上仰角；另外机床具有足够刚性和可靠性。

## 先进刀具技术

刀具作为切削加工的主体之一，在解决航空材料的加工难题中起着至关重要的作用。先进的航空产品要求航空零件具有更优异的性能、更低的成本和更高的环保性，而加工工艺要求具有更快的加工速度、更高的可靠性、高重复精度和可再现性。

航空钛合金、高温合金零件难切削的工件材料，复杂而薄壁的形状，高精度的尺寸和表面粗糙度要求，同时大的金属去除量等特点，对切削刀具的高效、精密、安全性等提出更高的要求，传统的刀具已不能满足现代



高性能车刀

先进高效加工的要求，刀具行业进入了“高精度、高效率、高可靠性和专用化”的现代刀具生产新格局。

从航空刀具市场调查来看，国内航空制造业的蓬勃发展，出现的只是航空领域先进刀具国外采购量呈逐年上升的趋势，平均每年以18%的复合增长速度在提升。国内的高端数控刀具的增长速度逐步加大。国外高端数控刀具在国内航空领域占有重要地位。

可以看出，蓬勃发展的航空行业对高品质刀具要求与国内相对滞后的国产刀具水平的矛盾日益突出，开展高性能刀具的研发对于提高国产刀具在难加工领域的应用水平有着重要的意义。

刀具结构创新是实现高效加工的有效途径之一。在航空领域，随着钛合金、高温合金以及复合材料的广泛应用，飞机零部件的性能（如强度、硬度、耐磨性、耐热性等）不断提高，这也给加工制造带来了更大的挑战。从物理性能来看，上述材料都属于难加工材料的范畴，而普通工程材料在重要的航空结构件中已经不被采用。在现代飞机主承力结构中，整体结构件通常采用切削加工，零件成品的质量只占毛坯质量的10%~20%，甚至更低，其余材料都变成了切屑。切削加工过程中，刀具与被加工材料

是相互对立又相互联系的，新的材料需要有更新的刀具和更新的方法来实现其高效加工。对难加工材料，通常采用的方法是：根据该材料的特点，列出适合的备选刀具，并在不同切削参数下使用备选刀具进行试切，通过测量加工过程中的切削力、刀具磨损和加工表面质量选取最优刀具。难加工材料切削加工中最突出的问题是刀具磨损过快导致加工效率偏低和工件质量差。从加工的角度讲，影响刀具寿命的关键因素在于刀具材料、刀具几何参数以及切削参数的选取和优化。

航空发动机零件切削加工中，刀具材料一般分为工具钢（碳素工具钢、合金工具钢、高速钢）、硬质合金、陶瓷、和超硬刀具材料。这几种刀具材料中，硬质合金刀具所占比重最大。这里重点对陶瓷刀具在航空业的应用予以阐述。目前我国陶瓷刀具的应用还处于起步阶段，虽然我国陶瓷刀具的研究水平与国外相当，但实际应用发展较慢。陶瓷刀具主要用于硬质合金刀具难以切削的工件粗加工。航空制造业推广使用陶瓷刀具的时间不长，在陶瓷刀具的几何参数、切削用量以及使用技术方面需要积累经验。陶瓷材料与硬质合金相比，陶瓷材料具有更高的硬度、热硬性和耐磨性。陶瓷刀具化学稳定性、抗氧化能力等均优于硬质合金，非常适合干

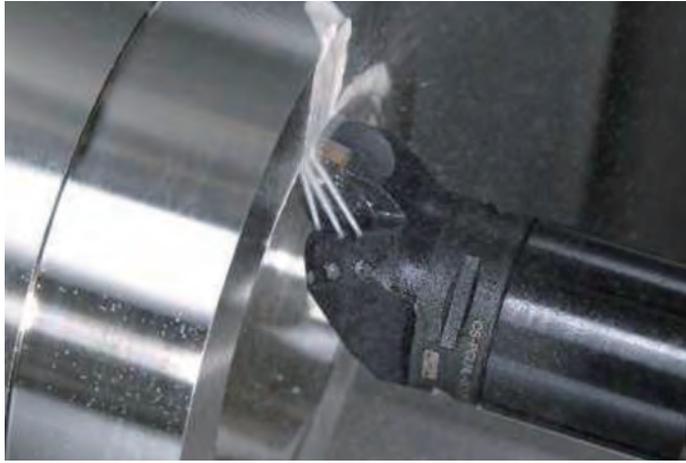
式连续高速切削高温合金、淬硬刚、轴承钢、高强度钢等难加工材料。航空发动机中高温合金应用很多，盘轴类零件较多，正是陶瓷刀具发挥其优势的地方。实现高效加工，以陶瓷刀具替代部分硬质合金刀具，是完全可行的。陶瓷刀具不是万能刀具，只有正确使用才能充分发挥其优越性。鉴于陶瓷刀具的特性，选用时必须注意以下几方面的问题：首先要选择良好的系统刚性；其次要防止工件对刀具的冲击；还要合理选择刀具几何参数和切削用量。

模块式刀具系统是多功能复合刀具一个重要方面，通过不同模块的组合，用尽可能少的模块组成一个功能全、柔性好的多功能复合刀具，采用高精度、高刚性并能快换的联接结构，可以显著提高数控机床的利用率。

## 智能机床迅速发展

发动机行业对数控设备的要求是：具有先进性，即要求设备具有数字化和前沿性的特征，软件功能强大，自动化程度高。具有集成性，减少附加设备，设备高度集成，简化工序。具备高度柔性，设备通用程度高，生产适用性强。具备高精度与加工稳定性、设备需具备精度高、精度保持时间长、技术成熟度高及故障率低等特点。未来机床的发展趋势逐步向自动化、智能化、绿色方向发展。机床，作为目前工业设备加工制造上最重要的设备之一，正在不断向智能化迈进。数控机床，便开创了集成精密制造技术及相关技术，计算机软、硬件技术，并兼容网络技术的先河，启动了智能型生产工具的发展步伐。

智能技术深入发展。机器人技术正在走向更为广阔的应用领域，机床正在向无人操作目标前进。一批具有视觉、力觉、全角度、高速、大重



高压内冷却刀具

量抓取的机器人或机械臂集成的机床产品，充分显现了二者融合带来的巨大进步和发展前景。智能技术是数控技术的前沿技术，智能技术的开发与应用，使机床具备有感知、会分析思考、能主动应对处理加工过程中出现的变化、能够主动对复杂问题进行处理等智能技术。使得人机关系更加融洽和友好，并推动机床自动化水平进入到更高的阶段。

智能机床是对制造过程能够做出判断和决定的机床。智能机床了解到制造的整个过程后，能够监控、诊断和修正在生产过程中出现的各类偏差，并且能为生产的最优化提供方案。此外，还能计算出所使用的切削

刀具、主轴、轴承和导轨的剩余寿命，让使用者清楚其剩余使用时间和替换时间。能够收容大量信息，对各种信息进行储存、分析、处理、判断、调节、优化、控制。智能机床还具有重要功能，如：工夹具数据库、对话型编程、刀具路径检验、工序加工时间分析、开工时间状况解析、实际加工负荷监视、加工导航、调节、优化，以及适应控制。换句话说，机床进化到可发出信息和自行进行思考，可自行适应柔性和高效生产系统的要求。信息技术的发展及其与传统机床的相融合，使机床朝着数字化、集成化和智能化的方向不断发展。

数字化制造装备、数字化生产



柔性化生产线

线、数字化工厂的应用空间越来越大，将大大提升成形和加工精度，提高生产效率。机床的智能控制对数控系统提出了更高的要求，这需要数控系统具有开放性、包容性和一定的二次开发特性。目前，国内自动化成套生产线等为代表的智能制造装备产业体系初步形成，一批具有自主知识产权的重大智能制造装备在制造领域发挥着重大的作用。

## 结语

更加自动化、智能化、系统化的加工设备将会是未来工业发展的主流方向。一代材料、一代制造技术、一代工艺装备，促进航空制造水平逐步提升。随着航空制造技术的不断发展，其对航空制造设备的依赖程度越来越高，需要工业研究与设备的高度结合，机床设备的发展水平，直接影响制造技术的应用效果和航空产品的制造质量和效率。同时，自主创新是我们非常重要的选择。□



作者简介：杨金发，中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司技术中心，高级工程师。主要从事高性能数控加工技术、整体叶盘加工技术、切削数据库开发等研究工作。发表科技论文20余篇。

# 曲轴连杆颈磨床分度装置改进

中国中车资阳机车有限公司 朱万奇

用于曲轴连杆颈磨削时分度的原分度联接装置如图1所示，一端套在曲轴工艺颈上，靠3颗压紧螺栓与曲轴联接，一端联接在机床分度盘上。分度操作时先松开曲轴，然后将分度盘定位插销拔出，用棘轮扳手旋转分度装置，如图2所示，曲轴会随着分度盘一起旋转，至所需角度，插上分度盘定位插销、压紧曲轴，即完成曲轴分度。

该分度装置在使用中主要存在以下问题。



图1 原机床分度联接装置



图2 分度操作

(1) 分度不准确。其原因为：  
①3颗压紧螺栓只能压紧2颗，第3颗在下方没有空间，分度时靠该联接装置给曲轴传递动力使曲轴转动，这样在分度过程中曲轴与联接装置产生微量位移，导致磨削出的连杆颈角度出现误差。  
②手动分度对操作者的经验、力度要求高，一支曲轴由两个不同的操作人员或同一个操作人员分度加工后，会出现连杆颈角度误差。

(2) 分度方向局限。该装置只能完成 $30^\circ$ 的整数倍角度的分度，5拐、7拐、9拐曲轴无法分度。

(3) 操作空间小、操作困难。  
(4) 分度效率低。

## 1. 改进方案

为了解决原分度装置分度不准、操作性差和分度效率低的问题，设计了一套简单高效的分度装置。该装置由装在曲轴上的多面体分度盘、装在机床上的基准面和百分表找正装置构成，分度时旋转曲轴，用百分表监控分度面与基准面，直到分度盘上的分度面与机床上的基准面方向一致即可。

(1) 多面体分度盘及安装。多

面体分度盘的面数可根据加工曲轴连杆颈的空间分布方向确定，如磨削加工连杆颈空间分布3个方向的3拐或6拐曲轴，使用图3所示的多面体分度盘。

3个分度面均布于圆周上，相互的角度偏差可按需要进行设计，制作完成后进行计量，精磨分度盘角度误差可控制在 $(120^\circ \pm 1')$ 内；4个压紧螺栓孔均布在与安装定位孔同心的 $\phi 110\text{mm}$ 圆上，为了便于安装，制成长孔，与曲轴端面已有的工艺孔联接，无需重新制作工艺孔。安装定位孔的直径与曲轴工艺外径配合设计，如图4所示，分度盘安装时直接套装在曲轴的工艺轴颈上，避免歪斜引起误差。

(2) 基准面及安装。基准面为

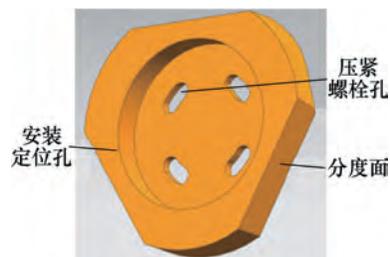


图3 多面体分度盘

装配在机床上的一个平面，如图5所示，该基准体的形状及联接孔的位置、大小可根据连杆颈磨床托架内的位置、形状等设计制作，不去改变磨床原有的结构，越简单越好，只需保证有一定长度和宽度的找正基准平面即可。基准面装配如图6所示。

(3) 百分表找正装置。由于找正时需要用百分表检查分度盘的分度面与基准面是否平行，因此设计了图7所示的过渡平板，吸附在百分表座上，阻挡百分表座的磁力，便于百分表座在基准体上来回移动。过渡平板与百分表及磁力表座的联接如图8所示。

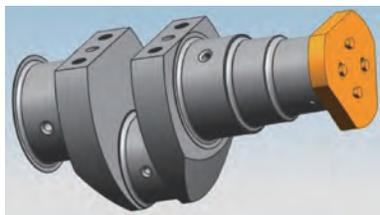


图4 分度盘安装

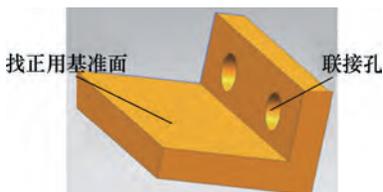


图5 基准面



图6 基准面装配

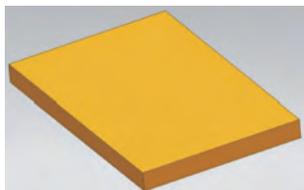


图7 过渡平板



图8 过渡平板与百分表的联接

## 2. 新分度装置的使用

(1) 分度盘的装配及找正。将曲轴装夹在磨床上，找正第一个连杆颈并压紧曲轴后，再装配分度盘。如图9所示，轻轻压紧分度盘锁紧螺栓，将百分表放在分度体上。前后移动百分表座，观察第一点和第二点的百分表差值，当差值大于0.02mm时，用木槌敲击分度盘高点，再用百分表找第一和第二点的差值，重复进行，直到这两点的差值小于0.02mm。然后，用扳手轻轻压紧锁紧螺栓，再用百分表检查分度盘第一点和第二点的位置是否变化。如有变化，重复找正分度盘位置，保证两点的差值在0.02mm内；如无变化，可压紧锁紧螺栓。锁紧后，再次用百分表确认分度盘第一点与第二点的差值，如有变化，重复找正分度盘位置。

(2) 分度使用。分度盘按基准连杆颈安装找正后，加工或检查其他连杆颈的余量时，就需要翻转曲轴，使待加工或检查的另外一个方向上的连杆颈处于机床回转中心，将百分表

放在分度体上，前后移动百分表座，观察第一点和第二点的百分表差值，当差值大于0.02mm时，调整曲轴，再用百分表找第一和第二点的差值，重复进行，直到这两点的差值小于0.02mm，然后压紧曲轴，再用百分表检查分度盘第一和第二点的位置是否变化。如有变化，重复调整曲轴，保证两点的差值在0.02mm内。

(3) 使用注意事项：①百分表座前后移动轨迹尽量保持在一个垂直截面内。②第一次找正分度盘时，曲轴在磨床上处于压紧状态，在第二次及以后的曲轴分度时，分度盘与曲轴处于联接固定状态，而曲轴处于松开状态。

## 3. 效果验证

采用新设计的分度装置与原有磨床分度装置加工曲轴，对比有以下优点：①分度盘不承担曲轴分度的扭力，不会发生曲轴位移，避免了位移误差对曲轴连杆颈角度精度的影响。②操作直观、简单，排除了人的技能因素对曲轴连杆颈角度精度的影响。③提高了生产效率。④加工出的曲轴未出现角度超差，在该磨床上也试用了四面体和五面体，加工效果同样好。

通过一年多的磨削应用，采用该分度装置磨削的曲轴连杆颈角度误差能保证控制在 $\pm 5'$ 以内，满足了高精度船用曲轴的精度要求。目前，本工艺已编入曲轴的磨削工艺，推广到作业区所有的连杆颈磨床上。□

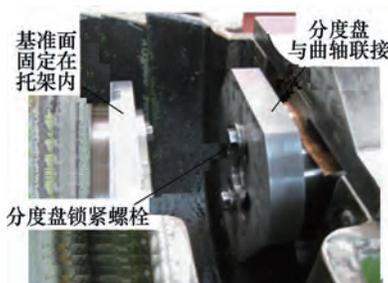


图9 基准面与分度盘装配示意图

# 西门子3D打印技术在发电装备制造中的应用

西门子供稿

西门子广泛利用增材制造技术实现快速原型制作，并且已经推出面向燃气轮机压气机和燃烧系统部件的批量生产解决方案。2016年2月，西门子在瑞典芬斯蓬建设了一家新的3D打印部件生产工厂，西门子重型燃气轮机的首款3D打印部件，已于2016年7月商业运行。



## 西门子在3D打印燃气轮机叶片领域实现突破

近日，西门子成功完成对完全采用增材制造（AM）技术生产的燃气轮机叶片的首次满负荷核心机试验，实现技术上的重大突破。西门子在发动机满负荷状态下成功验证了多个采用传统设计的增材制造涡轮机叶片。这意味着该叶片的测试

转速达到13 000r/min，测试温度超过1250℃。此外，西门子还测试了利用增材制造技术制造的经全面改良内部冷却结构的新叶片。项目组使用的叶片是由Materials Solutions的3D打印设施制造的。西门子新收购的Materials Solutions公司位于英国伍斯特地区，专门生产透平机械高温应用的高性能部件。对透平机械设备来说，精度、表面粗糙度和材料质量对确保部件的

运行性能至关重要。上述试验在位于英国林肯的西门子工业燃气轮机厂的测试装置上进行。

“这是增材制造在发电领域应用的重大突破，对增材制造技术来说也是最具挑战性的应用之一。”西门子发电与天然气集团首席执行官Willi Meixner表示，“增材制造技术是我们数字化战略的重要支柱之一。试验的成功离不开我们国际项目组兢兢业



业的努力，项目组成员包括来自芬斯蓬、林肯和柏林的西门子工程师以及来自Materials Solutions的专家。他们在短短18个月时间内完成了从部件设计、增材制造材料开发以及模拟和质量控制新方法等一系列工作。结合我们在3D打印领域的专业知识，我们将继续推动该领域的技术开发和应用。”

这些叶片安装在13兆瓦（MW）的西门子SGT-400工业燃气轮机上。该增材制造轮机叶片利用多晶镍超合金粉末制造，能够耐受高压、高温和燃气轮机的高速运转所产生的离心力。在满负荷核心机试验中，这些燃气轮机叶片运行速度超过1 600km/h，受力高达11t（相当于伦敦一辆满载公交车的重量）。这些叶片被1 250℃的气体包围，然后利用超过400℃的空气冷却。在林肯工厂测试的先进叶片设计改进了冷却性能，可以提高西门子燃气轮机的总体效率。

增材制造是在分层CAD模型中逐层构建部件以形成3D物质的过程。增材制造也称为“3D打印”，在快速建模方面尤其具有优势。Meixner

表示：“这项激动人心的技术正在改变我们的制造方式，将原型研发周期时间缩短90%。西门子是增材制造领域的引领者。我们可以通过提高效率 and 可用性加速新型燃气轮机的设计，而且可以让这些技术进步更快地惠及客户。这种制造的灵活性也使西门子的研发更符合客户需求，并按需提供备件。”

西门子在材料科学、自动化、制造等关键领域拥有广博的知识和工艺专长，因此西门子在塑造3D打印行业的未来方面拥有巨大优势。下一步将是成功完成高级叶片设计测试，以充分挖掘增材制造的潜力。西门子正在研发仅能借助增材制造技术实现的独特燃气轮机设计，扩大增材制造轮机设备的批量生产。

### 3D打印轮机部件

西门子在其位于瑞典Finspong的工厂内利用3D打印技术生产燃气轮机部件。3D打印技术为在现场生产中实现过去被视为不可能的设计打开了一扇大门，从而让新的业务模式，特别是服务模式，成为了可能。

从老工业港口城市Norrköping向东行驶半个小时便可到达Finspong。尽管Östergötland地区地势平坦，在Finspong附近却有一座山丘。由于山体为花岗岩，山顶平台为生产重型工业设备提供了理想场所。20世纪80年代，一座生产燃气轮机和蒸汽轮机的工厂在这里拔地而起。10多年前，西门子在收购阿尔斯通旗下一个业务部门时，接手了Finspong的工厂和办公楼。自2003年起，西门子工业透平机械公司就一直在这里制造中型工业燃气轮机。不过，“中型”这个术语是相对而言。这里生产的最大型燃气轮机SGT-800重达290t，装机容量高达54MW，足以满足大型工业设施的



图为Finspong工厂内的3D打印车间。在这里，几台选择性激光熔化（SLM）机器利用金属粉末，逐层制造出新燃烧器。

用电需求。

参观工厂时，访客可以看到装配工人打开一台SGT-800燃气轮机的盖子去安装30个用于驱动轮机叶片的燃烧器。这些哑光灰的燃烧器被存放在手推车上，静静等待安装。尽管设计复杂，它们几乎没有任何可见的焊缝。Andreas Graichen是西门子在Finspong的增材制造小组负责人。他说：“3D打印装置很快就可以生产出这些燃烧器的整个上半部分。”

#### 1. 可在天然气中混入60%的氢气

Graichen是焊接工程师出身，他为Finspong效力已有20多年。但是，在他的职业生涯中，他从未经历过在过去几个月、几年中所发生的天翻地覆的变化。很快，在新的燃气轮机中，焊接燃烧器头将被采用3D打印技术生产的部件取而代之。Graichen办公室的隔壁是一个车间，在这里，几台激光机器利用金属粉末逐层制造出新燃烧器。这是因为利用3D打印技术，只要轻触按钮即可生产出部件，仅需轻点鼠标就能变更设计。此外，过去不可能的设计现在也已能实现，如交织缠绕的空心部件或采用蜂窝状填充的无缝双层结构。

借助3D制造技术生产出的燃烧器头部件外壁有许多开口，而内部则是可用于测试替代燃料（主要是氢气或合成气体）的框架式结构。这些替代



图为采用3D打印技术制造的燃气轮机旋流器

燃料气体通常是工业生产过程中产生的废气。尽管工厂经营者很想对这些废气加以利用，但却无法遂愿，因为这要求燃烧器均匀地混合这些气体。然而现在，借助这种框架式结构，这一过程将被实现。这种结构允许新的燃烧器在天然气中混入最多60%的氢气。这是一个革命性数字。在过去，由于诸如熔铸和焊接等传统重工业工艺不能生产出可实现高混合比例的结构，氢气混合比例只能达到几个百分点。

同所有其他地方一样，Finspong采用的3D打印技术也是逐层打印出物体的。

## 2. 焕然新生的再制造零件

得益于其灵活性，3D打印技术正渗透进越来越多的领域。Vladimir Navrotsky是Finspong工厂分布式发电服务业务的技术总监。2008年，当他开始利用增材制造技术进行实验时，这项技术的成本还十分高昂，仅可用于制作测试用的原型。但Navrotsky想利用这项技术来修复磨损部件，并最终制造出完整组件。现在，这两个



维修过程中，增强现实眼镜可支持远程指导

目标均已实现，而相关工艺也已被整合到Finspong工厂的生产过程中了。

自2013年起，Navrotsky的团队就一直在再制造旧燃烧器头。检修技术人员将已持续工作约三万小时的燃烧器头从燃气轮机上拆卸下来并送往西门子Finspong工厂。在这里，技术人员将磨损燃烧器头顶部的两厘米去掉，再在上面重新打印出这个部分。在3D打印装置里待了不到20个小时之后，旧燃烧器便完好如新，可以重新安装使用了。由于停工会造成巨大损失，技术人员会立即用再制造部件替代旧燃烧器。

除现场翻新等优点之外，再制造部件通常有助于电厂经营者提高发电量。“效率可以提高最多1%。”Navrotsky指出。另一个进步是使用新型打印材料。实际上，如今粉末制造商可以供应几乎任何想象所及的材料成分，包括能够耐受燃烧器尖端部位1500℃高温的极为耐用的镍基材料。

## 3. 储存在云端的备件

Graichen指出，增材制造技术开



Vladimir Navrotsky是Finspong工厂分布式发电服务业务的技术总监

启了通往全数字化价值链的大门。他解释说，尽管许多制造工序已经实现数字化，但它们只是彼此隔绝的数字孤岛，我们仍需将这些孤岛自动联系起来，创造出全面的数字化价值链。一旦在若干传统车间内成功实现了数字化生产控制过程，企业就有望在靠近客户的地方进行生产。在未来的全数字化生产链中，客户与制造商之间的距离将不再是障碍。这是因为成品部件的运输将被数据传送所取代。数据能够又快又安全地发送至任何地方，甚至世界上最偏远的角落。

但如果无法获取数据呢？举例来讲，有些有着几十年历史的老工厂既没有备件，也没有数字化设计数据。为了生成这些数据，相关人员可以对原部件进行3D X光扫描，就像医院的CAT扫描成像那样。然后，这些新生成的数据集就可以用来控制采用增材制造技术的新部件的生产过程。这将为服务领域开创全新业务模式创造条件。Graichen表示：“当金属部件的打印变得像如今的纸张打印一样普遍时，数字化几何数据和制造数据将会变得比硬件更有价值。”

## 工业机器人职业技能标准发布会在华中科技大学举行

2017年3月14-15日，由机械工业职业技能鉴定指导中心主办，武汉华中数控股份有限公司承办的“工业机器人产业职业技能标准发布暨工业机

器人竞赛启动大会”于华中科技大学国际交流中心举办，来自全国各地的行业专家、教师、一线技术人员等300余人参加了大会，会议发布了

《工业机器人装修维修工》、《工业机器人操作调整工》职业技能操作规范，并针对工业机器人大赛方案进行了深度交流研讨。

# 3D打印技术在船舶制造中的应用

中国船舶重工集团公司第七二五研究所 李雪峰 夏申琳 杨 晓

美国海军人士称，掌握增材制造技术将是海军的优势之一，如果能在船的航行状态下使用3D打印技术，将是一件里程碑式的事件。



增材制造技术是20世纪80年代末期由美国科学家发明的一种实体零件制造技术，是一种采用CAD设计数据使材料逐层累加的加工制造方法。20多年来，增材制造技术发展迅速，根据其技术特点的不同又被称为“3D打印”、“实体自由制造”、“快速原型”、“分层制造”及“材料累加制造”等，其中“3D打印”是应用最广的一种叫法。

源于美国材料与试验协会的定

义，增材制造是依据三维CAD数据将材料连接制作物体的过程，是一种逐层累加的加工过程；3D打印是指采用打印头、喷嘴或其他打印技术沉积材料来制造物体的技术，3D打印也常用来表示增材制造技术。增材制造技术有别于传统的切削加工方式，是利用三维设计数据在一台设备上快速成型的加工方法，解决了许多结构复杂的零件成型问题，并有效缩短了加工周期。到目前为止，增材制造技术

已成功应用于食品、艺术品、时装、航空航天、汽车、医疗、建筑及教育等行业，被美国《时代》周刊列为“美国十大增长最快的工业”，英国《经济学人》则将其推崇为“第三次工业革命”。由此可见增材制造技术的优势与发展前景。

## 1. 增材制造技术的发展

增材制造技术如果从1986年美国科学家开发的第一台商业3D印刷机

开始算起的话，到2016年为止整整30年了，在此期间，市场上首个高清晰彩色3D打印机于2005年问世，到2014年，世界上已有3D打印建筑投入使用、3D打印汽车横穿美国、3D打印火箭发动机通过测试……，增材制造技术（3D打印）的发展速度令人惊叹。

在政策方面，许多国家将增材制造技术列为国家战略技术发展的重要方向，例如美国早在2012年就将增材制造技术列为国家制造业的首要战略任务，我国也在2015年8月由李克强总理组织召开国务院座谈会，专门讨论3D打印技术的发展与振兴中国制造业的关系，将发展增材制造技术推向了前所未有的高度。

科学家们相信，在许许多多科研机构的努力下和相关政策的支持下，增材制造技术将会有广阔的发展空间。

## 2. 增材制造技术在船舶制造业的应用现状

增材制造是一门新兴的科学技术，虽然近几年来在众多领域取得了突破性进展，但是在各个行业还未见商业化广泛推广，离走进寻常百姓家还有很长的路要走，在船舶领域也不例外，近期也有学者撰文说增材制造技术短期内在船舶制造业中很难广泛应用。尽管如此，增材制造的技术优势和经济性还是吸引了国内外不少公司和科学家都在尝试将该技术应用到船舶领域，并也取得了初步成果。

(1) 船舶备件供应领域。对于船舶来说，尤其是远洋油轮和远海航行或作战的军船，设备故障的修理是很常见的事情，为了应付一些突发情况所需的零部件，要么随船带足事先预想的各种可能需要的零件；要么想办法靠岸修理，这两种选择无论哪种都会带来较高的修理成本和风险。将

3D打印技术应用到船舶备件的供应链中，不失为一种很好的解决方法。

在民船方面，马士基油轮公司率先将这一设想在实践中进行尝试，虽然到现在为止未见成功案例的报道，但是可以预见的是一旦将3D打印技术应用成功的话，将会取得莫大的经济效益和社会效益。据马士基公司称，由于油船是被禁止进入港口主要区域的，所以传统的修船方法是首先确定油轮上所需更换的零部件，然后通知公司将零件运往船舶经过的下一个港口，最后租一艘小艇将零件送到船上，还得加上仓储、包装及清关等运营成本，更换一个零件的总费用就

高达5 000美元。如果采用3D打印技术，只需在船上配备一台打印机和一些打印材料，用时将零件打印出来就可以了。采用3D打印技术不但可以缩短零件的交付周期、节约成本，还可以减少因能源的消耗而产生的环保问题。

除此之外，早在2014年美国海军就提出了“打印舰艇”的概念，将增材制造及3D打印技术应用到零部件的供应链中。美国海军人士称，掌握增材制造技术将是海军的优势之一，如果能在船的航行状态下使用3D打印技术，将是一件里程碑式的事件，必将大量减少备品备件的携带



英军舰试飞3D打印无人机



3D打印钛合金零件

量,增加武器、燃料及补给的携带量,从而显著提高海军的远洋作战能力。

(2) 3D打印船模。美国卡德洛海军水面作战中心采用3D打印技术成功打印出美军医疗船模型,用于测试船上风力气流的情况,该中心科学家称3D打印可以提供更快、更精准及更低成本的舰船模型。如果将该技术推广应用,在相同和相似领域必将产生深远的影响。

(3) 3D打印螺旋桨。2016年初,国外两位发烧友尝试采用3D打印技术制造螺旋桨,他们同时选用了4种材料进行对比,取得了丰富的试验数据。

(4) 3D打印无人机。英国早在五年前就应用3D打印技术打印了世界上第一台无人机SULSA。经过多次改进后,于2015年进行海上试飞试验,尽管它只能飞行40min,但其低廉的成本和完成任务的表现,足以使人们产生浓厚的兴趣和继续研究的决心。2016年SULSA正式服役,为英国皇家海军破冰船的南极之旅侦查路线。

美国海军研究院启动3D打印无人机项目,该项目将现代通信技术和装备技术完美结合,为海军执行不同任务时打印出相应的无人机,2015年12月打印出一架反恐无人机,可搭载反恐所需的通信设备。与英国不同的是,美国的3D打印无人机是在船上完成的,将3D打印技术又向前推进了一大步。

(5) 其他方面。增材制造除以上应用外,还在发动机铸造模具、涡轮增压部件及小艇模型等得到应用,增材制造(3D打印)技术正在船舶领域的各个方面大显身手。2016年1月7日,劳氏船级社颁布3D打印全球认证标准,旨在指导规范增材制造技术的推广应用。

### 3. 增材制造技术在船舶领域广泛应用的技术瓶颈

目前,增材制造3D打印技术在船舶行业的应用相对于整个造船领域来说只是冰山一角,远未达到广泛应用的程度,究其原因增材制造技术还是一门新兴的科学技术,还有很多技术瓶颈未能突破,比如以下几个方面:

(1) 增材制造材料的相对匮乏。传统造船业所使用的材料主要为金属材料,金属材料的发展已有几千年的历史了,在这漫长的历史长河中金属材料的种类多种多样,性能各异,制造工艺也日益成熟,可以满足船舶制造的不同需求。而增材制造所使用的材料相比之下少之又少,制造的产品也远不能满足使用要求。因此,原材料的种类性能不能有大的进展,将直接影响增材制造技术的推广使用。

(2) 测试与评价技术的相对滞后。传统工业在发展过程中,形成了一整套成熟的测试、评判、失效分析、安全评价和寿命评估技术,为产品的安全使用保驾护航,从而减少生命与经济的损失。增材制造技术的发展仅有30年的历史,科学家们所关注的重点大多集中在工艺与产品的研发上,而对测试与评价技术却鲜有报道。由于增材制造技术是一门相对于传统技术完全不同的加工制造方法,所以其测试与评价技术也必将不同。在各国造船系统中都有严格的检测与验收标准,增材制造技术在没有形成成熟的测试与评价标准之前,是很难让人接受的。

(3) 知识结构的需求。增材制造技术的应用对劳动者提出了更高的要求,需要掌握机械设计、软件编程、动力学及电气工程等各个门类的知识,复合型人才的培养必将影响教育系统的改革,是一个漫长的过程。

(4) 其他方面。劳动对象和劳



动习惯的改变必将影响人类的生存习惯,增材制造技术的发展将是一个长期的过程。

### 4. 增材制造技术应用展望

增材制造技术虽然是刚刚发展起来的一门新技术,但其发展日新月异,科技工作者们一致认为增材制造技术必将广泛应用于船舶制造业,对造船业产生深远的影响。

### 5. 结语

我国是一个造船大国,但并不是造船强国,目前的船舶制造业是一个劳动密集型产业,较适合我国人口红利时期的发展。随着世界现代科技与军事技术的发展,我国必将完成由造船大国向造船强国的蜕变。增材制造技术在船舶领域的应用有可能对造船业产生革命性的影响,占领增材制造技术的制高点,必将推动我国造船业的快速发展,成为世界造船强国。□

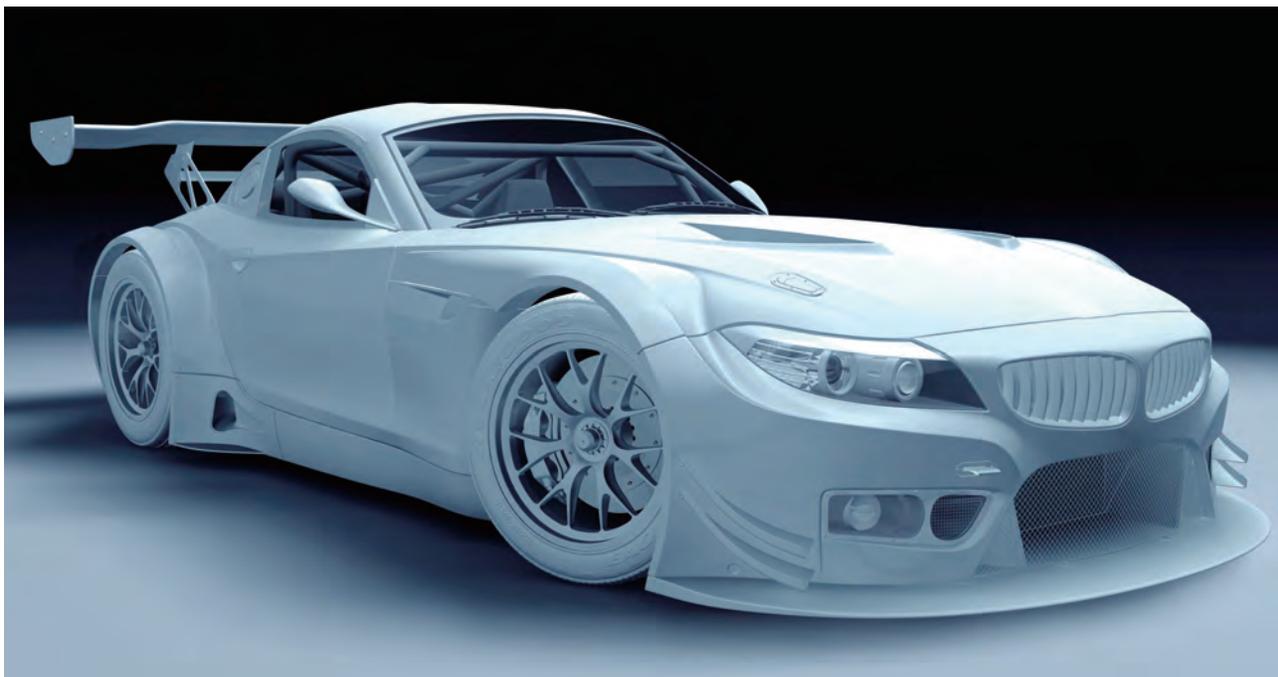


作者简介:李雪峰,男,高级工程师,主要从事金相分析、失效分析方面的工作。

# 3D打印在汽车制造中的应用

东风汽车公司 崔厚学 高方勇  
华中科技大学 魏青松

“中国制造2025-节能与新能源汽车”，从车身制造更优质、高效、柔性化、低成本和安全、节能、环保等方面对连接技术提出了更高要求。本文结合这一新形势，对3D打印技术在中国汽车工业中的应用现状做了详细阐述，对其前景进行了简要分析和展望。



3D打印技术是基于分层迭加的快速成型，又名增材制造，是利用三维设计数据在一台设备上由程序控制快速、精准地制造出任意复杂形状的零件，从而实现设计和制造的数字化及“自由制造”（原理见图1）。3D打印可解决复杂结构零件的成形问题，大大减少加工工序，缩短加工周期，被认为是制造领域的一次重大突破，也被誉为“第三次工业革命”的重要生产工具。

据《Wohlers Report 2015》显

示，自1988年以来，全球3D打印技术产值一直保持着25%以上的年均增长率，而2014年这一数字更是高达35.2%，达到41亿美元。其中汽车及运输行业的份额高达31.7%，几乎占据了3D打印市场的三分之一。

目前在汽车行业应用最为广泛成熟的3D打印技术有选择性激光烧结（SLS）、立体平板印刷（SLA）、无模铸型（PCM）、熔融沉积（FDM）、喷墨式粉末粘接（IPB）等。

## 1. 3D打印技术在汽车研发和制造领域大有可为

(1) 3D打印技术辅助新车型的快速开发，大大缩短开发周期和降低成本。3D打印技术无需制造模具、工具和夹具，省去零件图形转换、模具设计与制造以及切屑、锻造和铸造等繁琐加工工序，极大减少了人力和物力的投入，并显著缩短周期。在汽车新车型研发阶段，运用3D打印技术可快速验证和优化零部件结构，特别是快速验证和定型复杂功能部件

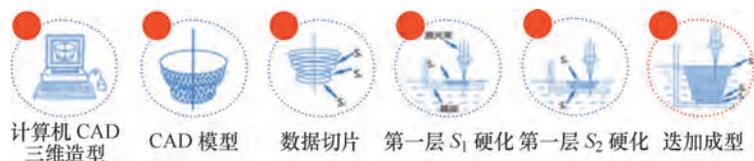


图1 3D打印技术基本原理

(如发动机、变速器、底盘等)。

(2) 3D打印突破了制造局限,可促使产品设计由面向制造工艺的设计转向面向零件性能的最优化设计,从设计源头改善汽车性能。随着汽车轻量化、低排放、节能和新能源等需求的不断提升,汽车零件结构(如自由曲面、内流道、多层嵌套结构、多部件组合等)越来越复杂,尺寸极限要求(如薄壁、变壁厚等)越来越突出,新材料不断涌现,导致传统模具、刀具以及铸锻焊等制造工艺难度越来越大。为了适应加工工艺要求,汽车某些结构、尺寸和材料只能采取一定程度的让步设计或次优设计,从而降低了零部件甚至是整车性能。应用3D打印技术可以制造出高比表面积多孔栅格、复杂内流道甚至是内空结构、复杂自由型面和变壁厚、多组件免组装、以及多材料、梯度材料和梯度结构等难成形的零件结构,应用于汽车发动机、变速器、底盘、三元催化器陶瓷体等功能性零部件。3D打印技术应用在新型电动汽车车身及其零部件的研发和制造中,不但可以解决复杂零件的制造难题,还可以从设计源头优化零件和汽车整体性能。

(3) 3D打印可实现多品种车型的快速开发以及个性化车型的快速低成本订制。随着社会经济和人们生活水平的不断提升,个性化消费需求越来越显著。汽车作为个人和家庭消费品表现得尤为突出,如个性突出的车灯、形状和结构异类的车身、变化多端的内饰等等。3D打印技术可以很方便地满足这些制造需求。例如,利用3D打印可以在车胎表面刻上客户

名字或人像,从而在雪地或沙漠里行驶中留下自己的“足迹”。3D打印技术还可以灵活制造适应不同气候和地理条件的轮胎花纹,从而提高轮胎安全系数、耐磨程度以及滚动效率,在彰显个性的同时还赋予特殊的服役性能。

(4) 3D打印技术在汽车制造的深度应用可促进汽车低能耗、低排放和绿色化的发展。3D打印技术可以实现最优性能设计的结构制造,从结构上实现最大程度的轻量化。同时,基于3D打印技术,可以设计和制造最优工作性能的发动机缸体、燃油喷嘴、燃烧室、变速传动机构以及底盘等功能性零部件,制造具有最优空气动力学特性的车身等。从零部件的结构和功能优化上提升整车性能,降低燃油消耗,减少排放,实现绿色制造,满足使用需求。

## 2. 3D打印技术国外研究现状

国外汽车工业发达国家已利用3D打印技术辅助汽车造型和新功能验证以及复杂结构零件、多材料零件、轻量化结构的快速制造。国际汽车知名生产商如奥迪、宝马、奔驰、美洲豹、通用、大众、丰田和保时捷等已经在汽车的研发阶段大量使用3D打印技术。

3D打印在汽车领域中的应用主要集中在设计验证和零件制造上。设计验证包括快速原型、概念模型和功能部件设计。

(1) 设计验证。快速原型方面,美国Stratasys公司为宾利定制了汽车轮胎原型,轮胎与轮毂一次性制造完成,与原车的轮胎大小为

1:1;采用Vero Grey材料24 995g,制造时间为188h 28min,支撑材料消耗了27 413g;另外,还制造了具有支撑结构的车垫,汽车垫子下方采用硬的塑料Vero Clear,上面是可以折叠的Tango Black Plus橡胶材料,以1:1制造原型的尺寸为1 000mm×800mm×500mm,制造时间为11h49min,消耗Tango Black Plus材料4 882g、Vero Clear材料848g,支撑材料消耗了12 936g。

概念模型方面,Local Motors率先将直接数字制造(DDM)的概念用于3D打印汽车Strati,由美国橡树岭国家实验室领头研发的BAAM(大尺寸增材制造)设备用于实际生产。Strati的车身主体是一体的,采用碳纤维增强ABS塑料以每小时40磅(1磅=0.454kg)的沉积速率打印,可拆卸的座椅可以让客户方便选择自己喜欢的内饰颜色和材质来打印。与上述的Local Motors的塑料车身不同,超级轿跑Blade的车身及主体部件由铝合金和碳纤维组成,主体部件重量只有1 400磅。汽车底盘由大约70个3D打印的铝节点组成,本身的质量只有61磅。它的加速度比迈凯轮P1更大,功率质量比是布加迪威龙的2倍。它能够在短短2.2s内从0加速至60英里/h(迈凯轮P1的这个数字是2.8s)。

功能部件方面,丰田汽车与Materialise共同设计的汽车座椅质量更轻,舒适感更强。汽车座椅低重力密度区域的镂空处理,创造了更大的散热能力,节省大量的材料。汽车座椅的质量减少了高达72%,比原来轻了18kg。欧洲赛车通过3D打印技术制造发动机气缸盖,显著提高了气缸盖的表面散热面积,减少振动和质量。结果显示,质量减少了66%,体积减少了65%,表面积增加了86%,冷却效果更显著。此外,通过3D打印生产热交换器,与传统减材制造方

法相比,不但减少了质量,同时提高了热交换接触效率,提升了热交换器的整体性能。

(2) 零件制造。汽车零件的制造包括间接制造和直接制造两种方法。间接制造主要是与铸造、注塑等传统工艺相结合,辅助发动机缸体缸盖以及车灯罩等零部件的快速开发。美国福特公司采用3D打印与铸造结合的方式完成了Eco Boost引擎的气缸盖的制造,省去了对缸盖砂芯模具加工的过程,将制造周期缩短了25%~40%。

直接制造方面,宝马赛车动力系统采用了金属3D打印水泵轮,实现水泵轮的快速迭代和个性化定制,且无需生产模具,零部件修改的成本接近零;丰田22RE发动机采用PLA材料进行打印,消耗约1kg,发动机被分解为80个零件,打印时间为34h,其中引擎顶部的部分就花了20h;宾利在Speed 6概念车上大胆尝试3D打印技术,车门铰链用金属3D打印,其镂空的结构看起来就像是一面抽象的英国国旗;德国独立汽车设计公司EDAG从叶子中汲取灵感,利用3D打印汽车外壳仿生“骨架”,经拓扑仿生学优化的车骨骼结构在承载力低的地方减少材料密度,在承载力高的地方提高材料密度,从而成为一种轻质、高效的汽车;北美车展上由加州设计团队完成的起亚Telluride,其部分配件采用3D打印技术生产,包括车门、方向盘以及仪表盘等位置的零部件;别克Avista概念车车身采用部分3D打印材料,质量更轻;奥迪采用铝和钛金属材料制造了第一辆3D打印月球车Audi Lunar Quattro,计划最早于2017年发射。

### 3. 3D打印技术国内研究现状

我国很早就开始应用3D技术辅助新车型的开发,包括快速原型、与

铸造等传统工艺结合、金属直接制造等,实现快速定型,辅助发动机缸体缸盖以及车灯罩等零部件的快速开发。

非金属样件方面,东风汽车公司采用选择性激光烧结SLS技术制造了中冷器进气管(塑料管),该样件为中空异形管件,且一端有四个凸起的盲管。若采用CNC工艺,无法整体制作,必须拆分为若干片,再粘接为总成,产品强度差;采用选择性激光固化SLA技术制造进气歧管,样件结构复杂。用其他方式制作原型加工困难且成本高,采用SLA工艺一方面精度完全满足要求,另一方面成本相对较低。结合硅胶模真空浇注工艺,既可以满足设计变更的要求,又能较好地节约试制成本。

金属样件方面,东风汽车公司采用选择性激光烧结SLS工艺和铸造结合制造分动箱壳体,采用选择性激光熔化SLM 3D打印制造了加油管、盖、锁芯和锁套部件。华中科技大学、西安交通大学以及北京隆源自动成型系统有限公司在2000年左右就开始利用3D打印技术辅助发动机缸体缸盖铸造用砂型和蜡模的快速制造,在缩短关键零部件开发周期和成本方面作用明显。

我国3D打印技术从20世纪90年代起步,经过了二十多年的发展,形成了一批具有一定研究规模和实力的科研单位及基地,并且各单位都发展出各具特色的3D打印技术或装备。华中科技大学在激光烧结/熔化(SLS/SLM)、三维打印(3DP)装备方面,西安交通大学在光固化(SLA)技术与装备、激光近成型(LENS)方面,清华大学在熔融沉积(FDM)、电子束制造(EBM)技术与装备方面,华南理工大学在激光熔化(SLM),北京航空航天大学在激光近成型(LENS)技术与装备,西

北工业大学在激光近成型(LENS)技术与装备方面,中航工业航空制造研究所在电子束制造(EBM)技术与装备方面都进行了多年潜心探索,取得了不俗的研究成果。此外,西北有色金属研究院、沈阳自动化研究所、南京航空航天大学、上海交通大学等一批科研院所都在开展3D打印制造理论、工艺及应用研究。

在3D打印高端装备方面,面向国家需求,适应我国应用特点,研发的增材制造技术与装备形成了鲜明特色,部分指标达到了世界领先水平。例如华中科技大学最早研制了0.4m×0.4m工作面的SLS装备,2002年将工作台面升至0.5m×0.5m,已超过当时国外SLS装备的最大成形范围(美国DTM公司,现已并入美国3D Systems公司,研制的SLS设备最大工作台面为0.375m×0.33m)。在2005年,该单位通过对高强度成形材料、大台面预热技术以及多激光高效扫描等关键技术的研究,陆续推出了1m×1m、1.2m×1.2m、1.4m×0.7m等系列大台面SLS装备,在成形尺寸方面远超国外同类技术,在成形大尺寸零件方面具有世界领先水平,形成了一定的产品特色。北京航空航天大学、西北工业大学研发的激光近成型(LENS)装备,其成形效率超过了国外同类水平,在制造飞机、发动机、燃气轮机等重大工业装备大型金属构件方面具有世界领先水平。

目前3D打印在航空航天、生物医疗等具有高附加值的领域有大量的应用案例,例如北京航空航天大学、西北工业大学研发的LENS技术在航空航天获得应用,解决了一批重大问题;西交大3D打印在生物医疗方面获得广泛应用。在汽车领域,一些科研机构及有实力的公司企业也进行了一些探索。例如大型砂型的制造一直是困扰汽车开发的瓶颈。但砂

型由于材料的原因实现牢靠拼装都十分困难。图3即为华中科技大学为某柴油发动机企业整体制造的六缸发动机缸盖水套砂芯（外形尺寸约1100mm×400mm×283mm，壁厚最薄5mm）。采用传统的砂型铸造试制方法，仅工装模具的设计制造周期通常需要5个月左右，不仅周期长，而且费用高达150~200万元；加上其他开发过程，整个试制过程周期漫长、严重制约了发动机的开发进程。采用了SLS技术，一个星期左右即成形出了整套砂芯，砂芯强度高、精度满足要求，组装装箱后进行浇注，获得合格缸盖铸件。

我国在相关科技计划的持续支持下，研发出一批3D打印装备，形成了华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室、西安交通大学制造系统工程国家重点实验室和快速制造国家工程研究中心以及北京航空航天大学大型金属构件增材制造国家工程实验室等一批国家级研究基地。研究成果已在航空航天产品直接制造、汽车模具和人体植入体个性化制造等方面得到了应用，具备良好研发基础。

在巨大市场的培育下，我国已形成了多个3D打印制造基地，一批专业化的3D打印企业发展迅速，如武汉华科三维、陕西恒通、西安铂力特、中航天地激光等。金属高性能3D打印结构件已经在多种型号的先进军用飞机上获得小批量装机应用，航空发动机新型空心涡轮叶片设计已普遍采用金属激光3D打印技术来显著缩短开发周期（一次技术迭代周期从一年缩短到不足一个月），3D打印铸造砂型已应用于汽车和柴油机行业的复杂发动机缸体缸盖的快速制造和研发设计。但与世界先进水平相比，我国的原始创新不多，技术链不够完整，产业发展（包括3D打印技术本身及工业应用两方面的产业）与



图2 装配后整套六缸发动机缸盖砂芯和铸铁六缸发动机缸盖

美国和德国相比差距十分显著，特别是3D打印在汽车制造中的应用差距尤为明显。

#### 4. 3D打印技术在汽车制造的应用发展趋势和研究课题

汽车行业包含产品研发和工业化生产两个方面。研发阶段就是将先进概念、设计转化为产品的阶段，对制造的要求是在最短的时间里制造出最能满足设计意图的多种方案的产品，并尽可能地减少制造成本。而工业化生产需要满足批量的需求，更加关注生产效率、节拍、单件成本及产品一致性。

(1) 基于3D打印技术的汽车快速研发。

汽车研发有其研发流程和体系。在商品概念阶段主要进行样车的设计和外观零部件造型的设计，需要制作模型进行造型评审。在工程设计阶段主要进行人机布置设计和零部件的结构尺寸设计，需要制作样件进行人机工程验证和尺寸验证。这两个阶段一

般对产品的外观有较高的要求，但对零件的性能基本没有要求，且零件制造数量较少，一般仅需1~2件即可。而在原型车制造阶段主要进行零部件的试制和原型车的装配。由于该阶段的原型车需要完成各种试验和标定，因此，无论对整车还是零部件都有较高的性能要求，部分零部件亦有较高的外观要求，并且此阶段需要制造的产品数量一般从十几件到几十件不等，属于小批量制造。

基于3D打印技术的特点和目前发展水平，在商品概念阶段和工程设计阶段较适于采用3D打印直接获得产品的方式；而在原型车制造阶段较适于采用3D打印间接获得产品的方式。

仪表板属大型复杂薄壁件，是汽车主要非金属零件之一。由于其尺寸和结构的限制，CNC加工很难一次成型，需要分块加工后粘接打磨成型，其尺寸精度和强度都会受到影响。同时由于结构复杂，加工成本高、周期

长,投入简易注塑模具虽然可以一体成型,但由于尺寸较大,模具成本接近百万,在研发阶段产品存在较大设变可能的情况下,风险较高。而采用3D打印工艺制作样件既可以一体成型,确保零件尺寸精度和强度,又可显著降低试制费用。

仪表板可采用SLA和SLS技术。SLA技术制作的样件表面质量更好,但强度相对较低,且光敏材料存放后易出现老化变形问题,因此适合造型验证阶段使用;而SLS技术制作的样件表面质量相对较差,但强度高且不易变形,可以满足装车和部分整车实验要求。

3D打印技术在汽车快速研发阶段的主要任务有:结构验证,功能验证,新材料/设计验证,制订检测与标准等。

3D打印汽车零部件快速研发课题主要有:汽车发动机缸体高效随形冷却水道设计方法,高效燃油效率一体化喷嘴结构设计方法,汽车传动机构免组设计方法,汽车车身、底盘最优性能设计方法,汽车承重结构轻量化设计方法,汽车内饰人体工程学优化设计方法,3D打印工艺的汽车复杂零部件快速定型工艺,汽车发动机缸体缸盖铸造熔模/砂型3D打印技术,汽车复杂锻件、铸件、塑料件模具3D打印技术等。

(2) 汽车零部件3D打印间接制造技术。

3D打印技术无需任何模具或金属加工,省去了模具开发、锻造和铸造等繁琐的工序,也减少了中间环节大量的人员、资金和设备的投入。目前,汽车零件生产所需的模具开发周期通常在45天以上,而3D打印技术根据所加工零部件的复杂程度,一般只需1~7天即可完成零件的生产工作。随着汽车朝着轻量化与功能化的发展,很多汽车零部件形状越来越复

杂,导致模具制造难度越来越高,传统模具方法无法整体加工型芯和型腔,采用3D打印技术,不仅可以实现整体加工,且缩短加工时间、降低成本、提高寿命。

3D打印技术在汽车零部件间接制造方面的主要任务有:复杂熔模高效3D打印技术,如发动机缸体/缸盖(一般铸造铝合金)、分动箱等大总成壳体(一般铸造铝合金)、悬架安装支架、铰链等(铸钢);复杂砂型高效3D打印技术,如三角臂/转向节/制动盘(铸铁)、发动机缸体/缸盖(铸铁/一般铸造铝合金)、分动箱等大总成壳体(一般铸造铝合金);复杂金属模具3D打印技术如:A/B柱/前防撞梁热冲压成型模具(H13等热作模具钢)等。

(3) 汽车零部件3D打印直接制造技术。

利用3D打印技术在保证零件性能的同时,可加工镂空结构,降低汽车自重,是提高汽车燃油经济性的一个重要措施;同时利用3D打印的优势,根据空气动力学的各项特性指标优化车身设计,降低汽车的燃油消耗,减少排放,满足绿色化的需求。

3D打印技术在汽车零部件直接制造方面的主要任务有:非金属件制造,如保险杠蒙皮(增韧聚丙烯:PP+EPDM-TD15)、进气歧管(玻纤增强尼龙:PA6-GF30)、灯具(亚克力:PMMA;聚碳酸酯:PC;丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物:ABS;聚对苯二甲酸丁二醇:PBT;块状模塑料:BMC)等;金属零件制造如锁芯锁套、喷油器(45#钢、锌合金等)、悬架安装支架、铰链等(铸钢)等;个性化制造;整体制造如电动汽车轻质高强复合材料零部件以及整车外壳的3D打印,新能源汽车用复合材料整体构件的集约式、高效率3D打印制造等;轻量化制造;高端

车、概念车应用示范。

汽车功能零部件3D打印直接制造技术研究课题有:如汽车塑料、金属及复合材料零件3D打印直接制造技术,多路管、内流道、自由曲面、多组件等复杂功能零部件3D打印整体制造技术,汽车承重件栅格轻量化结构3D打印技术,汽车梯度材料/结构零件3D打印技术,汽车高性能动力/传动/承重等功能部件直接3D打印技术等。

## 5. 结语

随着新车型更新换代加快和智能化、绿色化制造的要求,3D打印技术在汽车行业的应用不断加快。

目前3D打印技术在汽车行业的应用存在一定的局限性,主要体现为原材料及设备成本相对较高、打印产品的性能与传统制造工艺产品相比存在一定差距、对于结构相对简单产品竞争力不足等,需要从产学研用系统协同攻关。□



崔厚学,男,1964年10月出生,湖北武汉人,焊接专业工学博士,研高,专业首席师。长期在国家大型整车及合资企业从事商用车、乘用车焊装技术、焊装质量、外协件质量和焊装工艺规划等工作。



从铸件到最后的可视化检测，共有7个生产步骤，已经实现了高度自动化，整条生产线上目前仅有两个工位需要人工

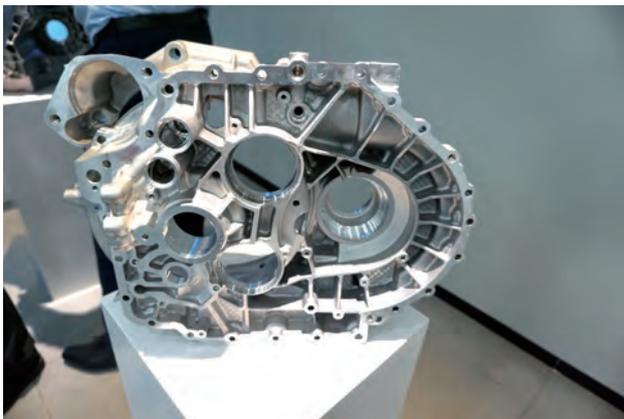
## 整条生产线仅有**两工位** 需要人工

——SW自动化解决方案助力施洛特拓展中国市场

SW供稿

自2009年开始，中国已连续七年成为全球第一大汽车产销国。来自中汽协的统计数据显示，2016年，我国汽车产销量双双突破2800万辆大关，再次创下历史新高；而在2017年前两个月，汽车产销分别完成452.9万辆和445.9万辆，比2016年同期分别增长11.1%和8.8%，总体表现良好。这一全球最大的汽车市场早已吸引了各大整车厂及零部件供应商纷至沓来。随之而来的是越发激烈的市场竞争。群雄逐鹿，要胜出，必定要有杀手锏！

来自德国的知名汽车零部件企业施洛特集团（SCHLOTE）采取了这样一种策略：选择最优秀的加工设备，高度自动化，在更短的时间内生产出高质量的产品——效率意味着更多的利润。



施洛特集团是一家专业致力于汽车领域复杂发动机、底盘及传动组件机械加工的汽车零部件供应企业。



施洛特天津工厂采用了SW公司的两款机床产品——BAW06-22和BAOne6, 共48台。

### 黄金搭档

成立于1969年的施洛特集团是一家专业致力于汽车领域复杂发动机、底盘及传动组件机械加工的汽车零部件供应企业，主要生产排气歧管、传动装置箱体、摇摆轴承等产品。在公司成立的四十余年时间里，施洛特凭借优异的技术水准和绝佳的产品质量赢得了包括大众、宝马、奥迪、保时捷等在内的众多知名汽车企业的信任，并成为他们的一级供货商。为了与客户形成更紧密的联系，同时为了拓展中国这一全球最大的汽车市场，2013年，施洛特正式在天津成立了生产工厂。尽管正式落户中国的时间并不长，但施洛特甫一亮相就快速崭露头角：其不仅成功完成了既有客户的庞大订单，而且开始赢得一批中国新客户的信赖。施洛特加工能力之强大，某种程度上跟它使用的那把



施洛特天津工厂厂长 Heiko Thuene先生



SW公司大客户专员

“利剑”不无关系——这把“利剑”就是德国埃斯维机床有限公司（简称SW公司）所提供的高度自动化、高性能加工生产线。

事实上，施洛特集团很早便与SW展开了密切的合作。以施洛特的一位重要客户——大众汽车为例，大众每年要生产900万辆汽车，而施洛特要为其供应大约90万个齿轮箱。面对如此庞大的生产量，要想高质、高效地完成生产任务，必须要采用性能强大的加工设备，必须提升自动化水平和生产效率。“施洛特最拿手的是生产汽车零部件中最难的部分，例如变速箱。而我们最强大的竞争力就是能够保证在更短的时间内生产出更高质量的产品。”施洛特天津工厂厂长Heiko Thuene先生不无自豪地说道。因此，当施洛特落户天津时，他们毫不犹豫地再次选择了SW的解决方案——这对早已默契配合的搭档再次珠联璧合，以势不可挡之姿“杀入”了竞争已呈白热化的中国汽车市场。

那么话说回来，SW的设备究竟有何突出的性能？其与施洛特又是怎样配合的呢？

在回答这个问题之前，我们先来回看一下这家近年来发展异常迅猛的企业：SW公司成立于1981年，其前身是以生产高精度武器而享誉世界的Heckler & Koch公司。1984年，SW开始生产多主轴机床，并将其作为自己的核心产品。从彼时起，SW进行了密集的研发与创新，逐渐形成了一系列独有的核心技术，如整体框架式专利设计、矩形横梁式工作台设计、摇篮式双横梁工作台设计等等。这些优势技术融合精益生产打磨所诞生的机床产品具备强大的性能，尤为适用于复杂工件的大批量生产，在提升工件加工效率、降低单件成本方面更是具备极强的竞争优势。踏着汽车业大发展的节拍，SW仅用几十年时间就与



施洛特天津生产经理 Christian Hirche（左）  
生产经理助理 Martin Hausmann（右）

那些百年企业并驾齐驱，跻身全球优秀设备供应商前列。迄今，SW的业务已遍及全球35个国家和地区。

## 工艺专家

Thomas Maentele先生是SW公司大客户专员，他告诉我们，施洛特天津工厂采用了SW公司的两款机床产品——BAW06-22和BAOne6，共48台。SW以其多主轴机床闻名于世，而BAW06-22正是一款“双主轴+双工作台”产品，其快速移动速度达120m/min，加速度可达3g，是目前市场上同等尺寸机床产品中最快的。相比市场上的单主轴产品，它可以在两个装夹位置完成一个工件所有面的加工；工装夹具可直接安装在横梁式工作台上，每个子工作台由力矩电动机驱动，并带有自身的直接位移测量系统，而且可在任何时候扩展。

BAW06-22不仅具备极高的加工精度和动态特性，还能避免多次装夹，节省了人员操作，由此降低了成本。

“通常机床只有一个主轴，加工起来很耗时；而SW的双主轴机床极大地提升了效率，例如普通机床生产一个零件需要5min的话，SW仅需要2.5min。对于我们来说，效率就意味着更多的利润。”施洛特天津生产经理 Christian Hirche先生和生产经理助理 Martin Hausmann先生对细节了如指掌。同时，因其节约了占地面积和能耗，降低了使用维护费和劳动力成本，综合流程和盈利性计算，平均到工件的单件制造成本也实现了极其可观的下降幅度。

BAOne6是SW少数的单主轴机床之一，主要用来配合BAW06-22，某种程度上可以说是专门针对施洛特设计的。其主轴转速可达17 500 r/min，加速到最高转速所需时间低于



SW的双主轴机床极大地提升了效率，同时，节约了占地面积和能耗，降低了使用维护费和劳动力成本，平均到工件的单件制造成本大幅下降。

0.7s。这款产品也融入了SW另一项重要技术——摇篮式横梁工作台。摇篮式双工作台的设计理念可实现在加工的同时，在另外一个工作台进行工件的装卸，同时可避免在装卸毛坯和已经加工工件时停机，还可以直接操作自动装卸装置。这样既做到了稳定可靠，又提升了加工效率。

“自动化零件制造行业的竞争极为激烈，利用生产周期来赢得大项目变得越来越重要。不过，更重要的是降低每个零件的成本。SW还跟施洛特在计算零件成本方面进行了紧密合作。”Thuene先生说道。

Christian Hirche先生补充道，客户告诉施洛特一年所需的零件数量后，他们就开始计算生产时间。这种计算十分精细，甚至确定到了每天、每分钟——举例来说，如果一年要生产的零件数量是1万件，施洛特与SW会计算好生产总共需要花费多少天，

而每天又需要花费多少分钟。为了完成这种精细计算后的加工任务，加工生产节拍必须与自动生产节拍高度融合在一起。对于一般的设备供应商来说，这无疑是一项巨大的挑战；但SW不仅能提供高性能的加工中心，还能提供自动化整体解决方案！

2015年初，SW并购了自动化专家Bartsch公司。Bartsch专门从事生产自动化设备的研发、制造及其跟踪服务，其内容包括了从配备执行加工任务的机器人单元到装配设备，到提供装配中心、生产中心及加工中心的配套组合链等独立的自动化设备。SW与Bartsch通力合作，可为客户制定从原料到成品的全套生产程序计划。

具体来说，通过在加工中心前封闭式装载门上方配备工作台毛坯件输送线，可用于加工中心加的直接装卸，而双轴龙门起重机也对组件直接进行装卸；内置真空夹具可将组件自

动堆垛，自动码放至塑材中间夹层位置；通过加装精调机器人可进行毛刺排除、装配、气密检验、清洗检查等等。不仅如此，SW还跟Bartsch紧密合作，在工业4.0方面进行了大力拓展，现已能向用户提供整体智能解决方案，而且打通了生产数据与MES的接口，走在了工业4.0发展的最前端。

SW的加工设备与自动化系统为施洛特带来怎样的效果呢？Thuene先生告诉我们，SW的机床在保证高精度加工的同时带来了极高的加工效率，加工一个极其复杂的零件仅需50min；而从铸件到最后的可视化检测，共有7个生产步骤，但已经实现了高度自动化，整条生产线上目前仅有两个工位需要人工。

SW与施洛特这对“黄金搭档”的合作还体现在其他诸多方面。SW的德国工程师经常会来到天津工厂为员工进行培训，对编程进行更新完善、对设备进行及时维护……这些周到的服务充分保障了施洛特的安全、高效生产。此外，SW与施洛特还密切配合，持续致力于提升生产效率。施洛特的目标是在下一个项目中将生产周期缩短15%。“我们有远大的目标，要在中国这个不断上升的市场中成为集团中最大的工厂。所以我们要和我们的‘好搭档’齐头并进。”Thuene先生笑了笑，充满信心地说道。

SW苏州工厂投入使用，标志着这位“工艺专家”在中国市场上的发展进入了崭新阶段；而在未来5年内，施洛特位于天津的工厂也将进行二期建设，占地6万m<sup>2</sup>。这对“黄金搭档”在中国市场上的根正越扎越深，他们将携手并进，迎来更广阔的天空。□

# 如何选择五轴数控机床

科德数控股份有限公司 陈 虎

五轴机床布局完整的排列组合据说有2 160种之多，即使排除绝大多数天马行空的设计，常见的也有三大类、数十种。如何选择适合零件加工的五轴机床呢？本文总结了科德数控股份有限公司五轴数控系统研发和五轴数控机床研发中的一点经验体会，供读者参考。



数控机床在数字化控制下实现工件与刀具间任意轨迹的相对运动，从而实现各种型面的加工。在实际应用中，由于零件复杂程度越来越高，许多零件加工需求能够在一次装卡下尽可能多地完成尽可能多的表面加工，甚至完成复杂凹曲面和异形腔体的加工，于是诞生了五轴机床，即

在传统三坐标基础上加入回转坐标，以完成特殊工件和刀具间姿态调整的要求。

五轴机床实现了工件和刀具间便利的姿态调整，除了可以避免干涉，还可以充分实现刀具更好的切削条件，包括规避刀尖点极低的实际切削线速度，还可以使用更短的刀具进行加工，提升系

统刚性，减少刀具的数量，减少专用刀具的应用。

由于五轴机床的控制和制造技术的复杂性，此类设备率先用于军工制造领域，包括航空发动机、飞机结构件、舰船引擎，乃至五轴机床作为国家战略物资被严格监管和限制，由此还演绎出著名的“东芝事件”。

依据笛卡尔坐标XYZABC的排列组合，以及回转坐标与直线坐标谁位于谁之上，主轴和工件工作台谁占用回转坐标，五轴机床布局完整的排列组合据说有2 160种之多，即使排除绝大多数天马行空的设计，常见的也有数十种。最常见的五轴类型概括起来分为三大类：①工件工作台不参与回坐标，以龙门加摆角铣头为典型代表。②工件工作台位于一个回转坐标，以单摆铣头的五轴卧加和五轴铣车中心外代表。③工件工作台位于组合双回转坐标，以各类型“摇篮”机床为代表。三种最常用的五轴结构如图1所示。

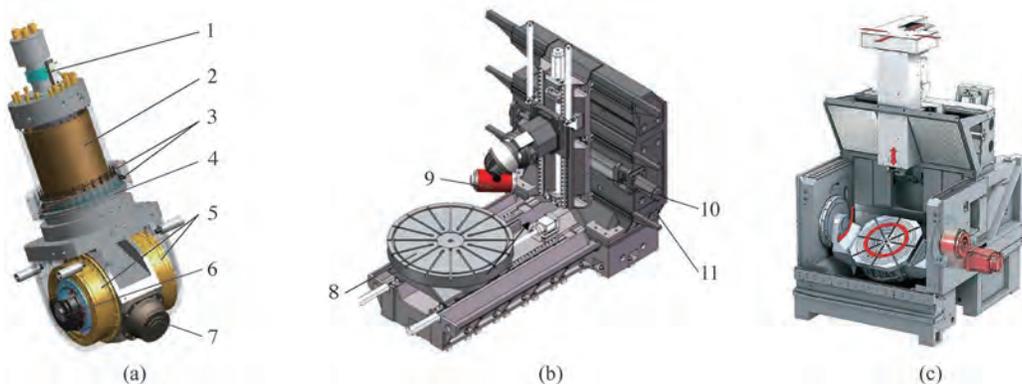


图1 三种最常用的五轴结构示意图

1.C轴：旋转限位装置 2.带液压制动的力矩电动机 3.增量或绝对值编码器 4.高精度转台轴承 5.A轴：带液压制动的力矩电动机 6.绝对值编码器 7.主轴单元（刀柄HSK A63） 8.回转工作台 9.摆头 10.横向滑台 11.立柱

有当用户面对这些各种类型昂贵的五轴加工设备时，常常因繁多的技术炫技造成选择上的困惑。什么结构的五轴数控机床最好？这其实是很难回答的问题，因为不同结构的机床都有其适用的工艺能力和加工范围。如何选择适合零件加工的五轴机床呢？笔者总结出科德数控股份有限公司五轴数控系统研发和五轴数控机床研发中的一点体会，供读者参考。

### 运动组件轻量化

运动组建轻量化趋势是当今高速切削理论和实践成功对机床设计的重要影响趋势，也符合绿色节能的社会发展趋势。高速切削率先在航空制造业中有色金属加工中广泛应用，近年来随着刀具材料及涂层技术的进步以及液氮冷却切削等新切削技术的实践，开始推广到黑色金属、钛合金及难加工材料的切削加工领域。运动组件轻量化的技术原则同样适用于五轴机床，以谋求更高的加工速度、加速度带来的效能，高动态特性带来的更高的轮廓精度，以及更低的能耗。上述设计

理念甚至被大型龙门机床制造厂商接受，这也是轻量化的天车式五轴龙门机床被市场认可的主要原因。

五轴机床结构选型中也应考虑零件及工装的重量及运动部件合理分配。对于小型零件、轻量化零件，或者重载型主轴传动应该考虑工件直接回转和移动的选型；而对于重型零件，大型零件应该考虑主轴参与回转和移动的选型。正确的部署运动部件的质量分配是高效能机床的基因，是实现高效能加工决定性因素。

需要提醒的是机床工作台的稳定性判断是需要结合零件夹具一起考虑的。以双轴摇篮为例，大多数情况下摇篮C轴的质心在A轴轴线之下，对于A轴属于偏载状

态；而装载工件后，反而起到配重的作用，使质心更接近A轴，整体更趋于稳定。

### 回转中心应当尽可能接近切削区域

这一点是五轴机床设计者最煞费苦心设计的关键。因为回转带来的附加直线运动不仅占用空间和行程，影响加工效率，而且刀尖点距离回转中心越远，回转坐标在同等切削力下付出的转矩就越大。

以双轴摇篮结构为例，主要加工区域集中在双回转轴中心（见图2），在轻量化复杂零件加工中效能优势明显，而且占地面积还更加紧凑。

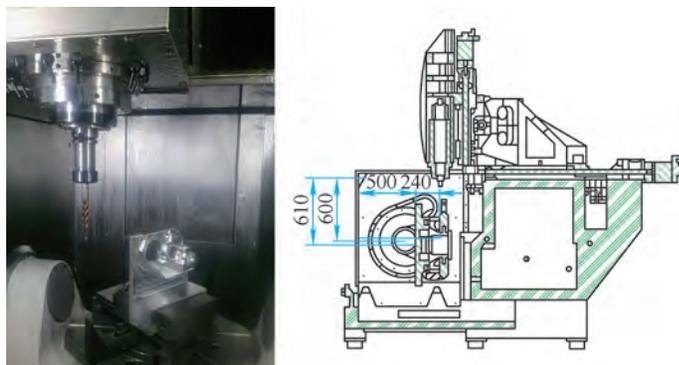


图2 摇篮结构加工区域更集中在回转中心附近

在叶片加工中，许多厂商采用经典的“弯脖”设计（见图3），将主轴提升，使刀尖点尽量接近回转中心。

在摆角铣头中，45°的摆角头设计也很受青睐（见图4），也是因为刀尖点距离回转坐标中心更近。尽管此设计不能实现负角度加工，也不善于内表面加工。

传动复杂而价格昂贵的AB摆在航空结构件加工中仍然比AC摆受欢迎（见图5），很重要的原因也是因为AB摆的切削点距离回转中心更近，更易于实现高材料去除效率，尽管扇形传动精度和弧形导轨的导向精度和刚度难于与闭合的整圆比较。

当回转工作台半径超过一定的尺度，理想的加工方案中，大直径的转台在大多数情况下就没有

参与五轴联动的必要，因为重型转台谈不上动态性能。这种情况下往往配置转台加双轴摆头效能更高（见图6）。

### 高精度的空间孔系加工应回避摆角铣头

五轴加工零件中有很大部分为空间斜面上的孔系加工，例如传动箱体、机匣等。依靠摆角铣头在找正空间姿态后，沿刀具轴线方向的钻孔、镗削及螺纹加工等动作，必须依靠多直线轴插补完成，无论机器的几何精度如何好，插补控制的精度如何高，此类插补直线运动精度与单一直线轴导轨约束下，直线运动从精度到刚度上都是无法比较的。

在面向大型、重型零件，不

得不选择摆头的情况下，主轴上附加W轴运动可能是昂贵的弥补措施。

当然有很多情况下，零件的特殊性导致只能选择摆头，例如回转体类零件在车铣复合上的加工，由于零件长回转体特点，只能将车床结构作为首选，也很难配置带W轴运动的摆头（见图7）。

### 正确选择机床的行程

五轴机床因为在回转过程中，机床要能够补偿切削点与回转中心的距离造成的附加直线运动，与三轴机床相比往往要多付出直线坐标的行程，因此选型中要考虑这部分多付出的行程造成的规格放大。此外，五轴加工中更容易遇到主轴与工装及其他机床组成部分的干涉，因此也要考虑为避免干涉，不得已采用长刀具或者加高工装，使切削点更加远离回转中心所多付出附加直线运动，这也是有经验的五轴用户偏爱小工作台和细瘦主轴鼻端的主要原因。

而另一方面，机床的行程也不是越大越好。过于冗余的行程选择，将造成机床价格升高，运动

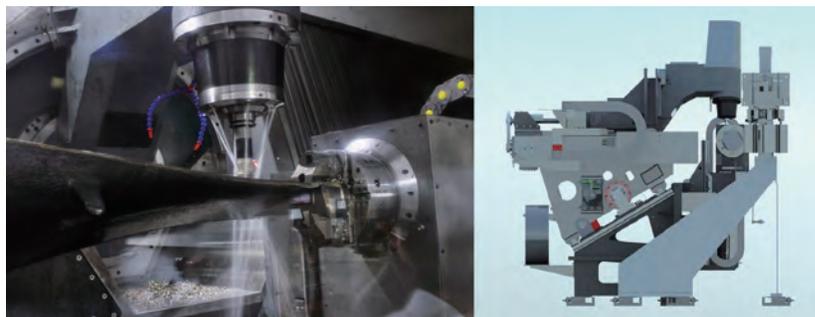


图3 科德KTurbomill3000叶片专用五轴加工中心的“弯脖”设计

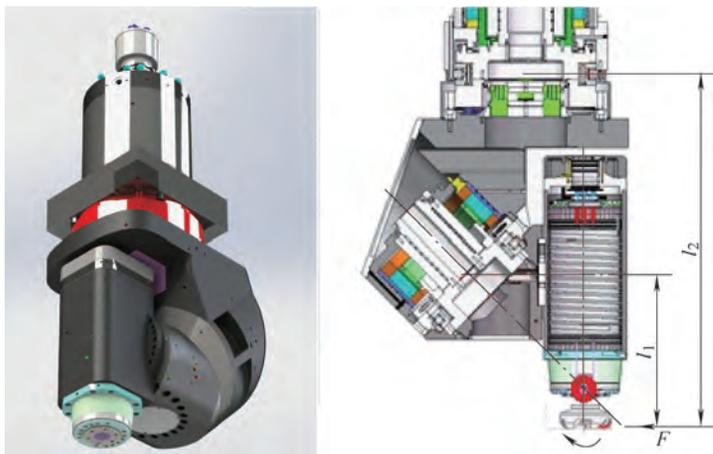


图4 科德的45°双摆角铣头实现刀尖点接近回转中心

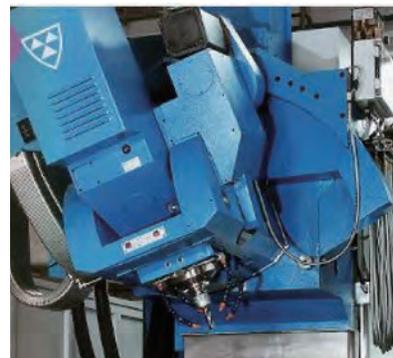


图5 AB摆角铣头的刀尖点接近回转中心



图6 加工螺旋桨的五轴龙门铣的双摆头加转台的配置

部件质量加大，动态性能不易保证，以及更大的阿贝误差（全闭环反馈器件不在刀尖点，直线坐标直线度上的误差造成刀尖点误差与全闭环反馈器件与刀尖点距离等比放大）。

### 优先选择直驱技术实现回转坐标的技术方案

力矩电动机直驱技术应用在回转工作台和摆角铣头上已经日趋成熟，国际上包括先驱Cytec，和现在主流的转台摆头功能部件供应商德国Kessler、德国Peiseler、大量应用直驱的世界上最大的五轴制造商DMG MORI、德国的ALZMETALL以及中国的科德数控等数控机床厂商。目前，科德数控提供五轴加工中心回转坐标

均采用自制的力矩电动机（见图8）。

直驱技术的优点是传动无磨损，高动态，易于实现车铣复合转台，易于实现双驱，无须消间隙。特别是力矩电动机先天大通孔径的优势，特别利于中心部署油、水、电和气，为功能结构设计提供了更多可能性。直驱的受力状态为整周气隙出力，使转台或摆头轴系的受力状态非常理想，因此具有非常好的精度保持性。直驱的不足主要是功率密度尚低于机械传动，因此多用于高速高精加工。随着电动机设计技术制造工艺技术，目前水冷直驱电动机的功率密度已经能做到3.5kW/kg以上；而且随着材料技术的进步，直驱的功率密度还有很大的进一步提升的空间。

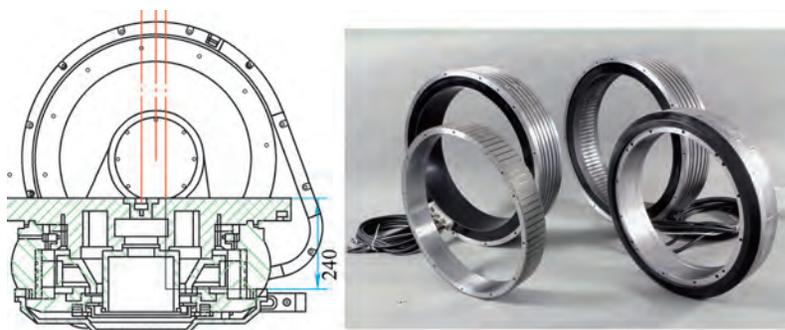


图8 科德数控直驱结构转台与力矩电动机

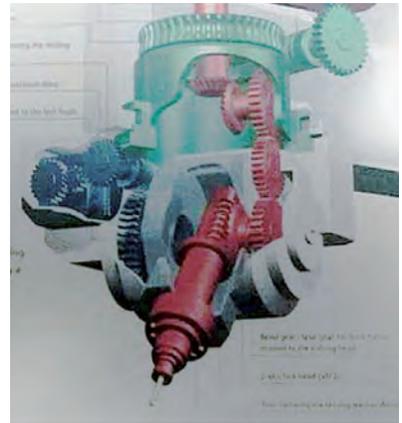


图7 带W轴的摆角头

### 五轴机床的控制功能和性能

五轴机床的基本结构奠定了五轴机床的工艺能力的基础，完整实现其功能和性能与其配套的五轴数控系统也发挥至关重要的作用。现将几个主要的需要被重点关注的功能介绍如下：

(1) RTCP功能。说到五轴数控功能，最常被提及的就是RTCP功能。RTCP是“Rotational Tool Center Point”的缩写，字面意思是“旋转刀具中心”，业内往往会稍加转义为“围绕刀具中心转”，也有一些人直译为“旋转刀具中心编程”，其实这只是RTCP的结果。海德汉则将类似的所谓升级技术称为TCPM，即“Tool Centre Point Management”的缩写，刀具中心点管理。还有的厂家则称类似技术为TCPC，即“Tool Center Point Control”的缩写，刀具中心点控制。

科德的GNC60系列数控系统支持自动加工方式和手动方式定点执行RTCP功能，刀具中心点和刀具与工件表面的实际接触点将维持不变，此时刀具中心点落在刀具与工件表面实际接触点处的

法线上，而刀柄将围绕刀具中心点旋转，对于球头刀而言，刀具中心点就是数控代码的目标轨迹点。为了达到让刀柄在执行RTCP功能时能够单纯地围绕目标轨迹点（即刀具中心点）旋转的目的，就必须实时补偿由于刀柄转动所造成的刀具中心点各直线坐标的偏移，这样才能够在保持刀具中心点以及刀具和工件表面实际接触点不变的情况，改变刀柄与刀具和工件表面实际接触点处的法线之间的夹角，起到发挥球头刀的最佳切削效率，并有效避免干涉等作用。

RTCP技术也是五轴机床刀具长度补偿的基础，既可以设定不同的刀具中心点位置，用同一把刀和同样的加工程序实现曲面的粗精加工。

而且RTCP功能也实现了基于工件坐标系编程，即用户仅需在零件程序中表达了零件坐标系下刀尖点与工件间相对位置与姿态，由数控系统自动完成回转运动产生的附加运动的补偿。

因此，不具备RTCP的五轴机床和数控系统必须依靠CAM编程和后处理，事先规划好刀路，同样一个零件，机床换了，或者刀具换了，就必须重新进行CAM编程和后处理，极大地增加五轴编程和应用的难度。

(2) 各种曲线拟合在五轴加工中效率的比拼。目前，各数控系统厂商技术竞争的重要方向就是比拼五轴加工模式下的效能和加工质量，即比拼插补算法的几何光顺性和速度光顺性。在五轴加工中常规基于超前预读、微小直线段速度规划算法在RTCP的模

式下，因附加补偿运动的介入，使插补算法的复杂性成倍增加。因此采用曲线拟合技术实现轨迹光顺成为各数控系统厂商“殊途同归”的选择。

以西门子为例，840D支持五轴光顺的功能主要包括：①过渡功能。G642，使用曲线过渡直线段。②拟合功能。定向压缩功能，包括COMPON；刀具定向恒速样条压缩，COMPCURV；刀具定向恒加速样条压缩，COMPCAD；刀具定向光滑样条压缩。③CYCLE832，类似于海德汉CYCLE32的综合功能包，包含参数调整，得到偏向于效率/质量/速度，不同倾向的效果。

海德汉的TNC530、TNC640支持的光顺功能主要是CYCLE32，只需指定刀尖点曲线的弓高误差和旋转轴的偏离误差即可。其内在的拟合模型并未见披露。

国产五轴数控系统的代表光洋GNC60系列数控系统光顺功能主要包含三个功能指令：①G239在两段NC程序段之间，构建一条样条进行过渡。②G642使用C样条技术，对大量的数据点进行拟合，构建出多段二阶连续的三次C样条。再对C样条进行实时插补。③G643使用NURBS样条拟合，对大量数据点进行处理，得到多段二阶连续的三次NURBS样条，再对NURBS样条进行实时插补。

从实际应用效果上看，在诸多叶轮叶盘类零件五轴曲面加工中，光洋GNC60系列数控系统能达到与西门子840D相当的效能和表面质量。

(3) 在线测量功能。通常三

轴加工设备中，在线工件测头检出的机床坐标系下数值通过坐标系平移加减运算即可得到工件坐标系下被测点的坐标。但在五轴机床上，由于旋转轴的接入以及RTCP动作，工件测头直接捕获的被测点的机床坐标系下的坐标转化为工件坐标系下就需要复杂运算支持。西门子和海德汉还未见报道开放五轴下工件坐标系下的被测点坐标。

国产五轴数控系统的代表光洋GNC60系列数控系统通过用户宏语言中的变量向用户开放五轴下工件坐标系下的被测点坐标，该测量结果不仅可以直接参与宏语言的计算，而且可以通过GNC60宏语言的文件操作指令进行文件保存，以供在线的第三方误差分析工具进行误差计算分析。

(4) 五轴参数在线矫正。由于机床在工作态由于存在热变形、工件重量不同导致的受力变形等很多误差因素，会导致五轴布局几何参数特别是回转轴线间的位置关系产生微小的变化，这些参数中有很多是直接参与五轴控制运算的，因此这些微小的变化也会影响高精度要求的加工过程。为此，五轴机床在线测量五轴结构参数，并适时修整这些参数就成为五轴机床实现高精度加工的重要功能。

在西门子840D中，该功能通过CYCLE996实现，在MAZAK和OKUMA机床自配数控系统中也支持类似的功能。在光洋GNC60中该功能通过PRB\_WRCs宏程序调用。在海德汉TNC530系统中该功能被固化为功能按键直接调用（见图9）。



图9 在一摆一转结构的五轴机床上矫正五轴参数

上述功能实现的基本原理都是类似的，通常要求主轴上安装一个接触式工件测头，在工作台上安装一个已知球心高度和直径的标准球，分别在回转轴不同姿态，用测头测量球心的坐标，分别计算得到两个回转轴各自的回转中心坐标，计算得到两个回转轴的几何位置关系，写入数控系统五轴相关参数，参数生效即该功能完成。

## 结语

本文仅概要粗略地介绍了笔

者在科德数控五轴数控机床和数控系统相关研发工作中的一些体会，希望能够对用户选择适用的五轴机床有帮助。

近年来，国产五轴数控机床和数控系统在“04国家科技重大专项”的支持下取得了显著的进步，包括科德数控、沈阳机床、秦川机床、北京机电院、航空625、昆明机床、宁江机床及普锐斯机床等单位研制出高国产化率的五轴数控机床，并在航空、航天和能源装备等制造领域成了诸多成功应用的案例。相信随着国产五轴

机床技术研发的深化，性能和品质的提升，成本的降低，五轴数控机床必将从“神坛”走向普及，会有越来越多的国产五轴装备服务于各工业领域。□



陈虎，大连光洋总工程师兼任科德数控股份有限公司总经理，清华大学本硕博，长期致力于高档数控系统及各类五轴机床研究，主持研制的五轴数控机床出口德国，开创我国向发达国家出口五轴机床的先河。

## GF加工方案北京分公司乔迁新址

2017年3月10日，GF加工方案举行了北京分公司迁址庆典仪式，来自行业协会、合作伙伴以及相关媒体的80余位嘉宾参加了庆典活动。中国机床工具工业协会王黎明执行副理事长为庆典致辞。

“全新整合之后的GF加工方案北京分公司与应用技术中心和生产基地合址办公，将致力于GF加工方案北方地区的解决方案以及客户服务，并且为全中国的涡轮制造领域提供完整解决方案。”GF加工方案中国区总裁陈以祥强调，“除了日常的支持

工作以外，GF加工方案还在这里定期举行一些专题性的技术交流活动，与北方区域各行业的专业客户保持紧密的沟通，促进彼此的发展。”

据了解，今年是GF加工方案中国营销组织成立的第20个年头，选择此时正式将原北京分公司从国门大厦搬迁至顺义区马坡镇坤安路一号，与GF加工方案北京应用技术中心一起共同入驻阿奇夏米尔工业电子有限公司内，这不仅仅在于简单的办公地点变更，而是与未来GF加工方案中国区的整体营销策略有着紧密联系。

位于北京顺义的北京阿奇夏米尔电子工业有限公司是GF加工方案瑞士之外唯一的精密数控电火花成型机床和精密数控电火花线切割机床制造基地，随着当下智能制造解决方案实施过程中客户需求的不断提高，GF加工方案集团在2016年末决定将北京分公司迁入该制造基地。陈以祥表示：“此次乔迁能够帮助GF加工方案更好地将核心制造技术整合成完整的加工解决方案，并在各区域为客户提供全方位的综合应用支持服务，服务于中国的广大用户。”



# Schaeffler Technologies与DMG MORI 强强联合共同开发智能型生产系统

DMG MORI 供稿

预测性维护是网络化生产的众多潜在应用之一。相比其他许多设想的“工业4.0”解决方案，已有首批解决方案投入实际应用。两家全球领先的高科技公司DMG MORI和Schaeffler Technologies，在2015年的EMO展会上合作展出了两台以上“机床4.0”的原型机。其中一台自2015年10月以来一直在Schaeffler的霍斯塔特工厂实际进行工业生产。因此，现在有必要跟进这一着眼未来的合作项目的最新状况。

DMC 80 FD duoBLOCK®铣/车复合加工中心是DMG MORI在EMO米兰展会上最耀眼的展品之一。其至少有两大看点：第一，该展品重点展现了全功

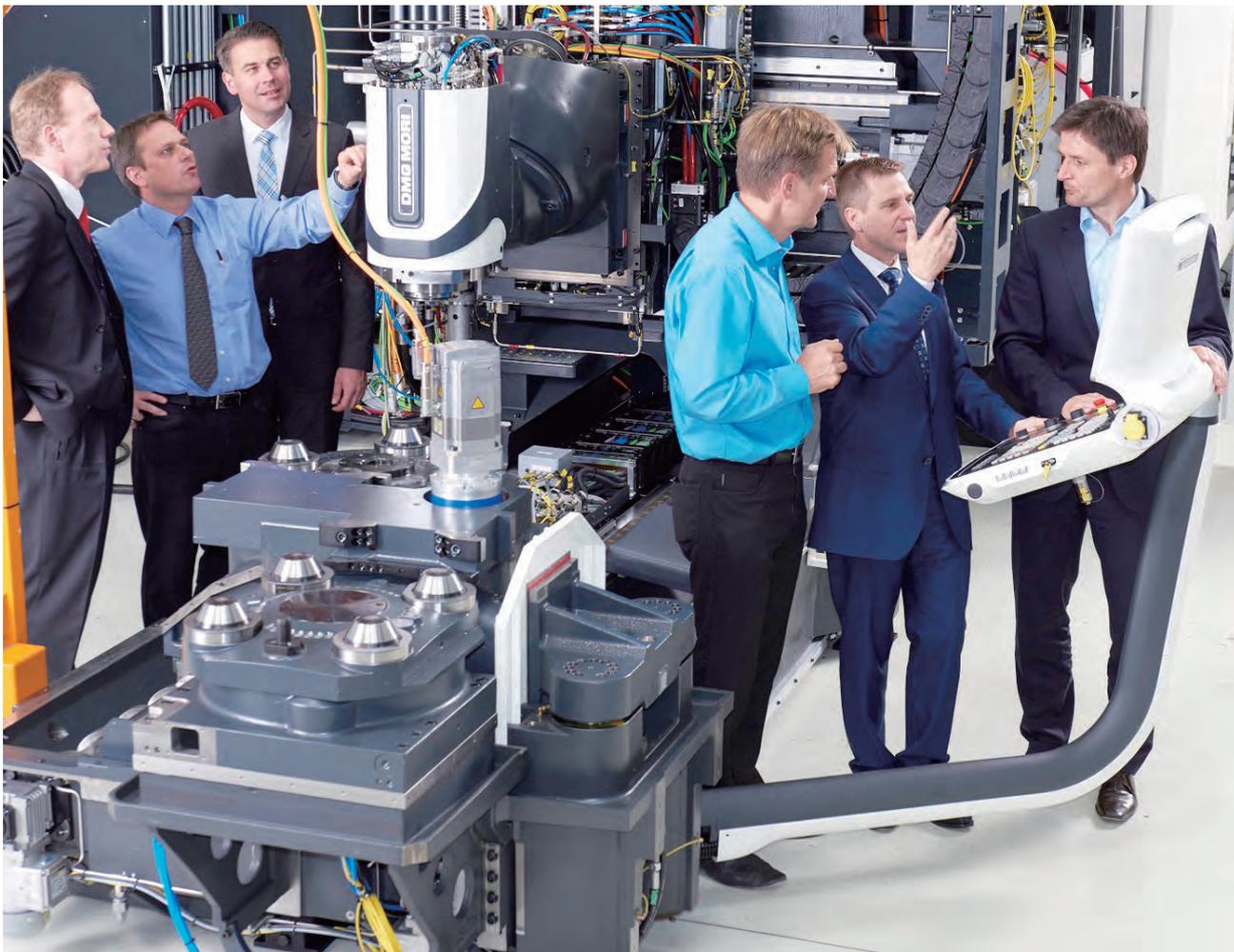
能加工中心的卓越加工能力；第二，它具有特有的外观设计（高科技机床配ERGOLine®控制面板和CELOS®）。在DMC 80 FD duoBLOCK®加工中心的众多核心特色中还隐藏着一个开创性特点——安装在该加工中心内的大量机械电子部件。

大约16个月前，这个“开创性特点”最初来自DMG MORI集团和该集团内负责该机生产的德克尔马豪弗朗顿工厂与Schaeffler Technologies之间的一次交流会。在准备EMO米兰全球金属加工展时，双方讨论未来机床的要求，例如机床本身需具有足够的智能，在上端的云系统支持下具有“预测性维护”、“更高可用性”及“更低成本”，并具有实际使用价值。

这个想法激发了双方共同的兴趣，双方很快签订协议。值得一提的是实际上Schaeffler Technologies公司已经订购了为了给霍斯塔特工厂生产高精度轴承至关重要的两

套计划中的一套原型系列产品。其背后的想法是：通过将机床接入数字增值链的网络中，Schaeffler集团能根据实际数据测试工业化应用的可行性，并希望得出双方未来合作开发的重要结果。

结果现已揭晓：共60多个附加传感器安装在这台铣/车复合加工中心的重要部位处，以监测加工过程中的振动、负载及温度。所有这些报告机床状态的附加（必备）传感器数据都被导入到DMG MORI的ERGOLine®控制面板内的CELOS®系统中，由CELOS®的“状态分析器”应用程序，以设计的方式和图形显示工艺参数，让机床能立即分析工作性能和状态。同时，还会将这些数据导入到一个特殊的云端软件平台中，它在位于黑措根奥拉赫的Schaeffler集团的计算机中心运行，通过一定算法对长期收集、处理及存储的数据进行分析。



两家工程师在现场讨论技术问题



DMC 80 FD duoBLOCK® 铣/车复合加工中心



DMC 80 FD duoBLOCK® 铣/车复合加工中心安装附加传感器的关键部位

EMO全球首秀后，项目又取得了许多进展。特别是自2015年10月起，位于霍斯塔特的Schaeffler工厂的原型机在生产高质量工件的同时不断向计算机中心发送数据。同时，位于霍斯塔特的铣/车复合加工中心能生产大型及定制滚动轴承的轴承圈，对其进行高精度的软加工。

根据目前的研究成果，预计效果相当可观。例如，世界经济论坛和埃森哲咨询公司的最新研究表明，预测性维护将减少全部维修计划的12%。维护成本预计将降低近30%。研究还发现，意外停机状况甚至将有可能降低70%。

眼下，对于Schaeffler工厂位于霍斯塔特的“智能”DMC 80 FD duoBLOCK®加工中心所能达到的效果尚无法得出最终结论。Schaeffler Technologies公司的高精度轴承部经理Roberto Henkel详细解释说：“当前的重点是未来的数字化工厂将如何提高生产力、质量、交货可靠性及用户便捷性。所有这些都与机床的轴承和导轨存在密切的关系，因为轴承和导轨不仅关系到机床工作，也关系到工件质量。当前的状态数据，以及零件的未来性能数据，对于机床操作人员来说十分重要。然而，预测率取决于可用的数据量以及一定时间内的工作性能状况。在得出任何可靠结论前，还有很多准备工作需要完成。”

对于这类探索性项目，用户十分关键，也可从终端用户角度调查实现的结果与目标结果之间的接近程度。毕竟，大数据就意味着这个，预测性维护的方法就需要在相当长时间内获取海量数据，以得出确定的事实进行改进。

其中，可靠性极为重要，Schaeffler产品销售经理Martin Schreiber强调：“客户需要系统具有100%的可靠

性。毕竟，这些是最智能的高科技机床，不能仅仅因为云计算分析能力不足将公差范围设置过小，而造成机床经常关机或数控系统频繁报告给操作人员难以理解的警告信息。”

Martin Schreiber承认，这个难度很大，需要随时保持和公司内用户——生产经理Roberto Henkel以及公司内大数据分析人员的联系，来交流数字化工艺链的智能化。他确信2016年内可向公众展示第一批量化的结果。

Roberto Henkel表示届时的结果将“相当积极”，预计将最大限度的降低停机风险和维修成本。“例如，通过直线导轨的振动传感器，我们能确定振动的变化，因此能按需润滑。根据这些数据还可能确定部件的剩余寿命或根据负载情况，优化加工工艺或根据任务优先级管理加工工艺。”Roberto Henkel说道。

“接入网络的机床越多，未来控制全部生产设备的可能性就越高，制定的机床维护计划就可以以更低的成本和更恰当的时间执行机床维护。”Martin Schreiber继续说道，并另外用电能管理为例来解释，“未来，可以根据机床特定部件测量的实际能耗数据并将能耗数据发给ERP系统，在制定生产计划时就能确定生产所需的用电量并据此购电。未来甚至还能在制定整个生产计划时，避开用电高峰进行高效生产。”

因此，DMG MORI与Schaeffler Technologies合作开发的创新项目——“机床4.0”具有突出的长期效果和巨大潜力。“智能”DMC 80 FD duoBLOCK®加工中心迄今独此一机，它综合了机械、电子和信息技术，为用户建立了可量化和可增值的典范□

# 程序，改变未来

蔡司供稿

工业4.0是否能够成功，取决于制造业公司是否能持续获取并分析源自质量、机械加工以及生产过程中的所有数据。并且通过这些数据来改进整个制造流程。蔡司坚持不断地优化计算软件方面的解决方案，并在测量过程中充分考虑此类形式转换所带来的影响。从测量软件到评价软件：自动化测评的发展趋势日渐明显。



“测量工序正逐渐成为制造业发展的基础。”蔡司工业测量软件开发部门负责人Hubert Lettenbauer博士说。对于任何一种工业4.0方案而言，首先要解决的问题，不再只是硬件方面，而软件问题的解决办法也正日趋重要。自三坐标测量技术创始至今，蔡司一直致力于开发软件程序。

因此，蔡司拥有丰富的IT领域经验，并且坚持大力发展。至今为止，蔡司工业测量部拥有大规模的计算机领域的科学家，他们坚持大力发展创新测量技术，其团队规模空前强大。这就是蔡司测量和评价软件不断推陈出新，越来越智能化的关键原因。Lettenbauer博士解释说：“以前只有测量工程师才懂的专业知识，我们将它进行融合再造，精益求精，并全面应用到蔡司软件解决方案之中。”目标明确：尽可能实现整个测量过程环节的自动化。Lettenbauer博士强调：“这并不是我们的最终目标。如何为客户提高工作效率，进一步强化可重复性的测量，并将各个环节操作中人为影响的因素降至最低，这才是蔡司的目标。”

## 经典造就光明的未来

早在10年之前，还没有任何一位政治家或者公司涉足工业4.0这个话题时，蔡司早已推出了ZEISS PiWeb处理分析软件工具。它支持公司将各种不同来源的测量和检测数据合并到一起，通过对各种可行性进行综合评分，以此更快地发现问题所在。自此，ZEISS PiWeb成为了高效生产中不可或缺的部分。正是如此，自2015年初夏起，所有的蔡司测量仪器的标准配置中，都收录了ZEISS PiWeb的测量报告功能。

蔡司比其他测量机生产商都更早地意识到了质量评估数据的潜能。如今蔡司仍然致力于维护并强化这种竞争优势。软件开发人员在未来取得里程碑的那天已经指日可待：而如何做到智能化地精简数据将是下一个里程碑。软件也应对大量共用的测量和测试数据进行自动梳理，寻找实质相关的数据，并以便于用户操作的方式呈现出来。这才是大数据时代下最急需解决的根本挑战“虽然要解决这个问题，并不那么容易。如果成功，这将意味着ZEISS PiWeb一跃成为能够整合评估和控制的智能化软件。” Lettenbauer说。

## 导入源数据，提高效率

以蔡司的高识远见，当然不会止步于开发PiWeb评估统计软件。ZEISS CALYPSO，一款适用于标准几何学的参考测量软件，早在十年前就实现了更高层面的技术跨越，已做到能够读取储存在CAD模型中的产品制造信息（PMI）的功能。凭借此功能，当时ZEISS CALYPSO曾是炙手可热，由此在导入3D CAD模型的源数据工作中扮演了极为重要的角色。依靠过硬的技术背景，ZEISS CALYPSO为之后提高工效打下了坚实的基础。正是因此，蔡司决定在夯



实基础的同时，大力开发新的功能，而当时的市场对此类技术所带来的益处还完全没有任何意识，甚至得不到认可。“但现在业内各家公司发现自己身处在工业4.0的世界之中，而每个人都开始谈论PMI数据的读取功能。”软件开发部门的负责人说。当然，这些都是意料之中的。举例来说：通过使用模块，CAD源数据（即PMI数据）能被轻松转存，主要是通过尺寸和公差的形式自动进行，因此也能依此进行智能化评估。而这就意味着利用3D模型，直接生成测试计划的速度会明显增快。利用已在Control 2016上推出的版本——ZEISS CALYPSO 2016，蔡司设置了新的标准，如此一来，测试工程师们现在就能在理想的环境下，将耗费在生成测量方案上的时间减少80%。

## 自动化成为焦点

使用ZEISS CALYPSO意味着更便捷的用户指南，对PMI数据也是如此。在过去，测量工程师需要借助大量用户界面来导航，将相应的PMI数据转存到测试计划中。而现在，通过分组和设置特征，就能轻松地对数据进行筛选分类，只需点击鼠标，就能一键转存相关数据至测试计划中。即便节省这么多时间，但蔡司已经在考虑在软件开发上再进一步，将来，只需提取已保存在现有CAD模型中的源

数据，软件将全自动生成测试计划。虽然实现这个目标目前看来还有点距离，但正如Lettenbauer说的“随着发展趋势日渐明确，需要自动化的程度将越来越高，由此在转存过程中人为出错几率也将越来越低”。

## 后台操作

ZEISS CALIGO新版的推出，又一次验证了全面自动化已然成为趋势。ZEISS CALIGO适用于高端需求的车身测量技术和不规则曲面测量，可针对不同的接触式测量及光学式测头的数值做出分析，并清晰地呈现出来。为了给缺乏经验的操作人员提供支持，得出可靠的测量结果，蔡司采用预设功能辅助操作人员进行测头参数设定。设置后，操作人员即使没有专业光学经验一样可以进行操作。在此之前，测量工程师通常需要预先设立行程路径规划和相关参数设定，以此采集每个单独的表面信息。现在，操作人员只需在待检测的CAD模型上，轻击鼠标，软件将会自行选择最优的测头参数，并自动生成路径。之后被选定的表面将自动进行准确评估。这个功能的实现，将自动化测量向前迈出了一大步，Lettenbauer还强调：“这只是开始而已，蔡司会不断开拓进取。在不久的将来，我们将会见到更优异的闭合控制环。由此，未来的测量过程将更快实现自动化。” □

# 发动机深孔加工技术

一汽解放无锡柴油机厂/史胜祥 丁胜明

深孔加工向来是金属切削加工难点，传统工艺会造成枪钻崩刃、折断问题。通过改进枪钻结构形式——可转位刀片+带导条式高强度刀杆，采用带断屑槽刀片，使得排屑更顺畅，彻底解决折断及崩刃类异常，提升加工质量。



近年，我国东部某厂自主研发了一款油耗低、动力强、可靠性高的重型柴油机，深得用户青睐，其气缸体上有诸多用于冷却水道或润滑油道深孔需要加工，其中底面 $\phi 26\text{mm} \times 275\text{mm}$ 就是其中之一。为提升设备利用率，减少投资成本，在设计方案时放弃了传统的专用机床方案，而采用德国进口GROB高速加工

中心加工，但经常会出现修磨枪钻寿命低、断刀率高问题。

## 加工方案分析

### 1. 加工条件

加工设备：德国GROB G700加工中心。

枪钻：单刃焊接枪钻 $\phi 26\text{mm} \times 546\text{mm}$ 。

刀柄：GUHRING HSK100-A 侧固锁紧。

切削液：FUCHS水溶性乳化液 ECOCOOL 68CF2W，乳化液浓度：8%~10%。

内冷流量压力：75L/min，4MPa。

切削参数：见表1。

工艺要求如图1所示。

表1 切削参数情况

加工部位	孔直径/mm	孔深/mm	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	线速度/ $m \cdot \min^{-1}$	进给量/ $mm \cdot \min^{-1}$	每齿进给量/mm
底面油孔	26	275	1041	85	240	0.23

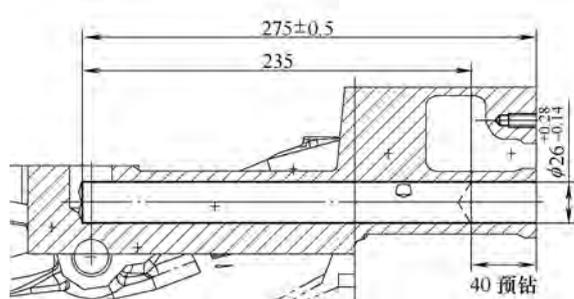


图1 底面深油孔加工工艺要求

## 2. 实际使用中存在问题

该生产线投入使用后, 为保证此类深孔加工质量稳定性, 枪钻刀具为德国生产。但在实际使用中经常出现崩刃和断刀(见图2)等问题, 造成刀具损耗和零件报废。



图2 枪钻断刀

通过统计该工序近半年时间内刀具使用情况: 累计使用该枪钻230次, 其中断刀15次, 断刀率达到6.4%, 刀具异常损耗达数万元。此外, 为了减少发动机自重, 缸体采用精密薄壁铸造工艺, 实测该深油孔加工完后其厚度不足5mm, 故在断刀发生后, 由于铁屑和硬质合金刀头挤压, 很容易造成孔壁破坏(见图3), 从而造成整个气缸体报废, 近半年造成工废6件。

## 3. 原因分析

通过组织技术人员分析排查刀具寿命情况和异常断刀状态, 同时通过机床自带的主轴监控系统, 分析其加工过程情况, 进一步分析排查该深油孔加工断刀原因, 主要为:

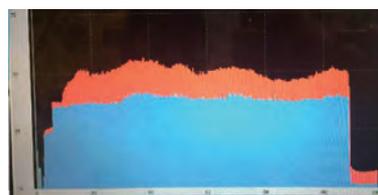
(1) 枪钻刃口磨损严重。通过对

换下的枪钻进行观察, 发现枪钻主切削刃、侧刃和后刀面磨损情况比较严重, 轴向磨损量超过2mm, 增大了枪钻钻削过程中的切削阻力, 增加断刀风险。

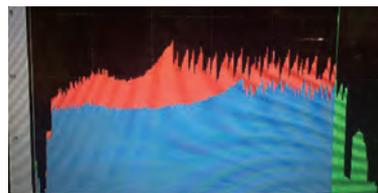
枪钻刀头磨损严重, 与枪钻没有涂层有很大关系, 缺少涂层对刀头硬质合金基体隔热和润滑保护, 其磨损会急剧加快。而枪钻由于刀头和枪身需要焊接, 加之两种材料高温变形量不同, 决定了其无法在精磨后实施涂层工艺。

(2) 排屑不畅。在对机床设备监控系统数据进行分析排查时发现, 按照刀具布置图要求机床内冷流量/压力: 75L/min 4MPa, 但近半年出现多达20次以上的内冷高压报警, 伴随该报警信息之后就会出现主轴负载报警以及断刀的发生。

之后, 进一步对机床主轴负载曲线分析, 并比较正常加工和断刀件的负载监控曲线后, 发现正常加工是主轴负载从新刀35%~55%之间, 整个加工过程是一个线性均匀变化曲线, 前后两个工件间的波动幅度小于5%; 而断刀件负载监控图形, 则会在内冷堵塞的时候不断升高, 一般达到70%时, 枪钻刀头焊接部位会扭断, 该过程中其负载其上下波动范围在45%~



(a) 正常加工



(a) 断刀时

图4 主轴负载监控图形

70%, 幅度达到25%; 从断刀工件孔内大量铁屑也证实, 排屑不畅, 存在铁屑堵塞现象是该枪钻断刀的主要原因之一。

## 4. 优化改进方案

针对上述排查到刃口没有涂层保护、加工过程中存在堵屑问题这两个主要原因, 确定后续改进优化方向和措施:

(1) 提升排屑性能。通过增大内冷压力或流量方式, 提升排屑性能。

(2) 增加刀具耐磨性。在刀具材质不能改善的情况下, 实施涂层工艺。

(3) 加强刀杆强度。采用强度等级更高的刀杆, 提高枪钻刚性, 防止加工时刀杆断裂。

(4) 改善断屑效果。优化切削刃口形式, 改变铁屑形状, 使其更利于排屑。

其中提升排屑性能方案, 若提升内冷压力至6MPa, 需要更换螺杆泵解决, 成本较高, 故考虑通过改善刀具结构来提升排屑效果。

在和德国技术专家讨论后, 结合其实际应用案例, 决定采用可转位刀片+带导条机夹式刀杆的刀具方案来进行刀具优化, 具体结构如图5所示。

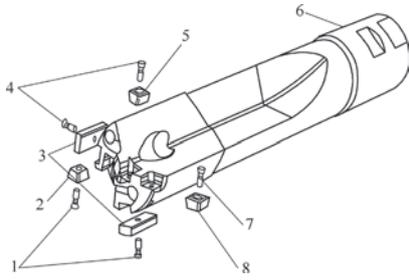


图 5

1、4、7.螺钉 2、5、8.转位刀片 3.导条 6.刀杆

#### 4. 刀具试验过程

在试验刀具完成到位后，立即组织刀具试验，在第一次按照原参数和寿命试验，正常达到原强制换刀寿命后，为进一步挖掘刀具潜力，尝试开展极限寿命试验，从试验结果来看，刀具寿命有一定程度提升。

具体试验情况见表2。

新转位刀具特点如下：

(1) 刀杆采用高强度合金钢代替普通钢管精制而成，强度提升50%，刀杆成为可反复使用的耐用品。

(2) 采用2段30mm磨制高精度硬质合金导条，保持加工过程中刀具支撑和平衡，利用导条自导向后续加工，保证深孔具有较好的孔径和直线度。

(3) 采用3片带有复合TiAlN涂层、断屑槽可转位刀片组成主切削刃，耐磨性更好，错齿式布置，将26mm内铁屑分为6段，相比原枪钻4段，铁屑更短，加之刀片前有压制断屑槽，更有利于排屑。

具体刀具及切削部位如图6所示。

#### 5. 持续改进

在试验取得初步成功后，继续对刀片存在微崩的异常情况进行分析，排查发现，该深孔在中间部位有一个 $\phi 10\text{mm}$ 相贯孔和底部贯穿孔，加工至该部位时存在破孔和单边切削冲击，通过对NC程序优化，采取分段式进

表2 新刀具试验情况

试验次数	线速度 / $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	进给 $\text{mm}/\text{min}$	实际寿命孔	换刀原因	最大磨损/ $\text{mm}$
试验1	85	240	100	强制换刀	0.42
试验2	85	240	125	刀片磨损严重	0.55
试验3	85	240	131	刀片轻微崩刃	0.76
试验4	85	240	124	刀片磨损严重	0.50
试验5	85	240	123	刀片磨损严重	0.52



图6 优化后转位刀具及切削部位

给。通过对使用后刀片观察发现，刀片失效形式正常。

### 结语

新可转位刀片式枪钻，经过半年时间合计201次的换刀验证，平均寿命达到118孔，未出现过断刀，杜绝

了因断刀问题造成的工件报废。同时可转位刀片装调方便快捷，省去修磨环节；加工节拍也由之前的69.5s降至59.5s，单台刀具消耗成本节省约1.05元，提效降本明显。详见表3。

后续将进一步推广应用可转位刀片式枪钻成果。□

表3 改进前后效果对比

项目	改进前	改进后	改善效果
刀具方案	焊接枪钻	可转位刀片+机夹刀杆	调整方便快捷 库存占用空间少
使用后刀具处理	修磨重复使用	刀片转位或更换	不需要修磨成本
线速度/ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	85	85	相同
进给/ $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	240	160/240/260	提升14%
加工时长/s	69.5	59.5	节省10秒钟
刀具寿命/孔	95	118	提升24%

聚焦重庆 辐射西部



# CCIMT 2017

## 中国重庆国际机床展览会

CHINA CHONGQING INTERNATIONAL MACHINE TOOL SHOW

2017年11月13日至11月16日  
中国重庆·重庆国际博览中心

[www.CCIMTshow.com](http://www.CCIMTshow.com)

### 展品范围

金属切削机床 · 金属成形机床 · 锻压机械 · 激光加工及板材加工设备 · 电加工机床 · 增材制造技术及设备 · 工业机器人、柔性制造单元及制造系统、自动化设备 · 数控系统及伺服驱动装置 · 应用软件 · 机床附件、功能部件 · 刀具、工夹具 · 量具量仪、检测设备 · 磨料磨具、超硬材料及制品 · 铸造、焊接及热处理设备 · 其它相关制造技术与设备

### 参展咨询

#### 中国大陆企业：

中国机床工具工业协会 展览部  
电话：(010) 63345053, 63345659  
传真：(010) 63345271  
电子邮箱：cmtbaex@cmtba.org.cn

#### 台湾地区企业：

中国机床工具工业协会 国际合作部  
电话：+8610 63345696, 63345268  
传真：+8610 63345700  
电子邮箱：cmtbagj@cmtba.org.cn

#### 其他国家和地区企业：

美国机械制造技术协会 展览部  
电话：+1 703 8275282  
电子邮箱：bherman@AMTonline.org

### 主办机构



中国机床工具工业协会



美国机械制造技术协会



CCIMT 官网



CMTBA 订阅号

## 广告客户索引 Advertisers Index

阿奇夏米尔国际贸易(天津)有限公司(GF加工方案)	广告号码1710
GF Machining Solutions	front cover
CIMT2017 意大利国家展团	广告号码1711
Italian Pavilion at CIMT 2017	inside front cover
昆山波英特精密制冷机械有限公司	广告号码1712
Kunshan Point Precision Cooling Machinery Co., Ltd	inside back cover
斗山机床(烟台)有限公司	广告号码83
Doosan Machine Tools (Yantai) Co.,Ltd	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
约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	广告号码41
Heidenhain	P4
卡尔蔡司(上海)管理有限公司	广告编码38
ZEISS Co.,Ltd	P5
沈阳机床(集团)有限责任公司	广告号码36
Shenyang Machine Tool (Group) Co.,Ltd	P6
莱斯豪尔公司	广告号码171
Reishauer	P7
哈尔滨量具刃具集团有限责任公司	广告号码1713
Harbin Measuring & Cutting Tool Group Co., Ltd	P8
巴索国际贸易(上海)有限公司	广告号码172
Blaser International Trading (Shanghai) Co., Ltd	P9
博恩斯坦电子(太仓)有限公司	广告号码173
Bernstein	P10
马波斯(上海)商贸有限公司	广告号码414
MARPOSS	P11
江苏科瑞斯机件有限公司	广告号码174
Jiangsu Krius Machine Partsanp Accessorise Co.,Ltd	P12
河北科瑞斯机床附件股份有限公司	广告号码175
Hebei Krius Machine Partsanp Accessorise Co.,Ltd	P13
德国波龙	广告号码1714
Blum-novotest	P14
瑞士米克朗	广告号码176
Mikron Tool SA Agno	P15
汉诺威米兰展览(上海)有限公司	广告号码177
EMO 2017	P15
武汉华中数控股份有限公司	广告号码90
Wuhan Huazhong Numerical Control Co.,Ltd	P16
北京珊达兴业科技发展有限责任公司	广告号码178
Sundar Laser Technology (Beijing) Co., Ltd	P17
第十届中国数控机床展览会	广告号码179
CCMT 2018	P18
苏州帝瀚环保科技股份有限公司	广告号码1715
Suzhou Dihillgreen Technology Co., Ltd	P19
北京北一机床股份有限公司	广告号码47
Beijing No1 Machine Tool Co.,Ltd	P21
上银科技	广告号码1716
HIWIN	P22
捷克商务日	广告号码1717
CVECH Business Day	P23
南京工艺装备制造有限公司	广告号码70
Nanjing Technical Equipment Manufacture Co.,Ltd	P25
CCIMT 2017 中国重庆国际机床展览会	广告号码88
CCIMT2017	P111