

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.4 2016
2016年8月
August 2016

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

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 陈惠仁
副主任: 王黎明 毛予锋
编委:

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

特邀编委:

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

总编辑: 李华翔

国际标准代号: ISSN 1015-4809

国内统一刊号: CN 11-5137/TH

国内发行: 北京报刊发行局

订阅处: 全国各地邮局

邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京博海升彩色印刷有限公司

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

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

目录 CONTENTS

2016年第4期(总第145期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

- 20 我国第一项机床行业国际标准正式颁布
依靠“品质+创新”济二完成福特史上最大冲压工程
2016年理事长工作会议在济南召开
- 21 经销商分会成立技术委员会
国内首个智能制造装备项目通过验收
- 22 北二机床实现出口单笔订单的历史突破
机床行业多个项目获准“首台套重大技术装备保险”
2016年全国智能制造试点示范经验交流会在广东召开
- 23 哈量自主研发完成三维齿轮检测软件
机床协会组织召开重点用户国产数控机床应用交流座谈会

研发与应用 Research & Application

- 24 小口径非球面光学玻璃透镜模具超精密数控复合机床的研发与应用 尹韶辉等
Research and application of the ultra-precision CNC compound machine tool for small-caliber aspherical glass lens mold
- 30 精密数控内圆复合磨床的研发与应用
Research and application of the precision CNC internal round compound grinding machine
- 33 ECK2150A数控活塞变椭圆车床的研发与应用 杨坚
Research and application of ECK2150A NC piston oval lathe
- 38 BM63150C精密数控车床及BM63150X车削中心的研发和应用 高利强
Research and application of BM63150C precision CNC lathe and BM63150X turning center

展品评述 Exhibits Review

- 43 CCMT2016工业机器人展品回顾 工业机器人应用分会
CCMT2016 exhibits review about the industry robot
- 47 CCMT2016磨料磨具展品评述 磨料磨具分会
CCMT2016 exhibits review about the grinding material and tool
- 54 CCMT2016数控可转位刀片周边磨床展品评述 姚博世
CCMT2016 exhibits review about NC indexable blade peripheral grinder
- 57 感受机床产品的几大变化——CCMT2016 展会观感 黄玉明
Several big changes of the machine tool products——Impression of CCMT2016 exhibition



Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders Association

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

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

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

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

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

President of E-C: CHEN Hui-ren

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

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

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

Chief-Editor: Li Huaxiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:
WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD
Add: 11F-B, No.540, Sec.1, Wen Hsin Rd., Taichung,
Taiwan
Tel: +886 4 23251784
Fax: +886 4 23252967
E-mail: Jessie@acw.com.tw
Contact: Jessie



WMEM官方微信

- 62 加速行业结构调整 探索新的发展道路——CCMT2016 展会观感 柴艳华
Accelerating industry structure adjustment to explore new development path
——Impression of CCMT2016 exhibition

产销市场 Production & Marketing

- 67 2016年1-5月中国机床工具行业经济运行和市场情况 机床协会
Economic operation and market situation of China machine tool industry, 2016.1-5

海外市场 Overseas Market

- 69 聚焦第17届俄罗斯国际机床展览会 符祚钢 执笔
Focus on Metalloobrabotka2016

产品与技术 Products & Technology

- 78 叉形叶根可转位精铣刀结构设计 赵 毅等
Design of the fork blade end indexable finishing cutter structure
- 82 浅议车床类刀具综合可调功能各方面的关联性分析与挖掘技术 范亚炯等
Discussion about the correlation analysis and technology in all aspects of the lathe tool comprehensive adjustable function
- 87 全部数据, 一款软件 卡尔蔡司
All data and one software

消息 (37、42、61、66)

- 66 广告客户索引
Advertisers Index

编者的话

今年是“十三五”开局之年,也是机床工具行业转型升级的关键之年。当前,受经济大环境的影响,需求总量不足,需求快速升级的市场特征愈加明显。瞄准中高端产品定位,努力摆脱低端困局,走转型升级之路,成为了众多行业企业的不二选择。

长期以来,国家对于机床工具行业的发展也给予了大力的支持,以04专项为代表的国家产业政策就是一明证。多年来,04专项对于促进国产机床产品向中高端迈进起到了积极的促进作用,每年都有一批04专项成果通过验收,发挥了很好的示范引领作用。本期我们特设立“研发与应用”栏目,刊登部分通过验收的04专项成果,主要包括精密数控内圆磨床、磨具超精密数控复合机床、数控活塞变椭圆车床,以及精密数控车床、车削中心的研发与应用等内容,以期促进这些成果在市场上的进一步推广应用。

另外,我们在“展品评述”栏目中,刊登了5篇CCMT2016展会的展品评述文章,展品涉及工业机器人、磨料磨具、专用磨床、以及部分智能装备。这些评述文章,在一定程度上探讨了相关产品和技术未来的发展方向,为正处于转型升级中的行业企业的产品结构调整与转型工作提供了很好的参考。

思路决定出路。当前,国内企业,特别是一些民营企业,发挥自身优势,走专精特的道路,内引外联,在逆境中取得不错的成绩,让我们看到了未来中国机床工具行业的希望,也禁不住由衷地为他们点赞!

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

荣获日本经济新闻评选为「全球上市企业综合成长力」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



直驱电机CNC回转工作台
Direct Drive CNC Tilting Rotary Table



直驱电机立式回转工作台
Direct Drive Vertical Rotary Table



2001~2016连续16年荣获台湾精品金银质奖



滚珠丝杠
Ball Screws



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single Axis Robot



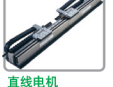
关节式机器人手臂
Articulated Robot



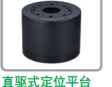
晶圆机器人
Wafer Robot



下肢康复训练机
Robotic Gait Training System



直线电机
Linear Motor



直驱式定位平台
Torque Motor
Direct Drive Motor



伺服驱动器
Servo Drive



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

中国大陆子公司

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

全球营运总部

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

关系企业

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

金太客传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6690-8988

上海玖钰机械设备有限公司
Tel: (021) 3471-8911

昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

河南广原精密机电有限公司
Tel: (0371) 8658-1632

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (022) 2339-3860

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

青岛鹏诚达机电设备有限公司
Tel: (0532) 8602-5666

我国第一项机床行业国际标准正式颁布

根据国际电工委员会（IEC）的最新消息，由北京机床研究所牵头、全国工业机械电气系统标准化技术委员会（SAC/TC231）组织行业骨干企业制定的机床行业第一项国际标准——IEC /TS 60204-34:2016《Safety of machinery-Electrical equipment of machines-Part 34: Requirements for machine tools》已于2016年8月9日正式颁布成为国际标准。

这标志着机床行业第一项由中国主导制定的国际标准正式诞生，打破了一直以来由欧美等发达国家主导机床行业国际标准制定的局面。

IEC/TS 60204-34:2016标准规定了“机床的电气、电子、数控、可编程序电子设备及系统等的安全要求”，是机床行业核心的安全标准之一，直接关系到我国机床产品的安全和进出口贸易。

IEC/TS 60204-34:2016 的制定备受德国、日本、美国等国家的关注，美国、德国、西班牙、韩国、日本等国均派出多名专家参加标准制定工作组，从质疑到认可，该标准的完成经历了艰辛的历程。

依靠“品质+创新” 济二完成福特史上最大冲压工程

经过一场中德制造的激烈博弈，近日，济南二机床集团有限公司（以下简称济二）最终拿下了福特汽车美国伍德黑文（Woodhaven）工厂的大型高速冲压线订单。这是他们为福特提供的第9条大型冲压线，也是中国制造凭借自身实力，在国际高端市场取得的又一个胜利战果。

济二为福特伍德黑文工厂提供的7100吨大型冲压线，是一条代表当今世界最先进水平的大型高速、智能冲压生产线，是完全按照福特工厂的标准需求进行全新设计和个性定制的。之前提供的8条生产线均是安装在新建车间或改造后的新车间，而这一条将安装在上世纪六十年代的工厂。老厂房高度受限，冲压设备也要相应地降低高度，必须进行全新设计。



面对国际市场需求的急剧变化，济二快速响应市场，发挥多年积淀的技术优势，在短时间内拿出了多套定制化解决方案，强大的创新能力赢得用户认可，满足了福特汽车在老厂房进行设备现代化改造的迫切需求。

自2011年以来，济二连续赢得福特汽车美国本土4个工厂、9条冲压线、共计44台不同规格的冲压设备订单，囊括了福特美国本土工厂的全部新增冲压设备。目前，已有6条冲压线投入使用。

福特汽车相关负责人说：“这些投入改造是福特历史上最大的冲压工程，JIER能够全部按期完成，并且质量不断提升，真是奇迹！”（吴艳玲）

2016年理事长工作会议在济南召开

7月22日，中国机床工具工业协会在济南二机床集团有限公司（以下简称济二）召开了2016年度理事长工作会议，会议邀请了工信部装备司副调研员苏铮到会指导并讲话。来自中国机床工具工业协会23家理事长和副理事长单位的27位老总及代表、常设机构领导班子成员及各部室负责人等共约50人参加了会议。

会上，执行副理事长毛予锋作了“关于促进行业转型升级财税政策建议”和“拟设立行业卓越贡献奖建议方案”的汇报。副秘书长郭长城作了“关于行业技术创新中心设立方案研究工作”的汇报。副秘书长杨青作了“关于拟启动编写‘中国机床工具工业发展史’工作建议”的汇报。常务副理事长兼秘书长陈惠仁作协会有关工作的情况汇报和说明。

来自行业企业的参会理事长和副理事长们，在讨论中站在行业角度、结合本企业的实际情况谈了各自的看法和观点，焦点集中在财税政策建议、创新中心设立和行业企业转型升级等几个方面。大家普遍认为若能促成财税政策改革将对行业后续发展产生巨大而深远的积极影响。代表们对于协会的职能定位、行业企业的需求、行业有序竞争、企业增强信心、自主创新等，也都提出了可供参考和借鉴的意见和建议。

会后，代表们参观了济二的部分生产车间，张志刚董事长亲自给大家做了部分讲解。（张芳丽）



经销商分会成立技术委员会

2016年8月6日，中国机床工具工业协会经销商分会在成都召开了分会技术委员会和市场委员会成立大会。分会理事长、常务副理事长、部分副理事长、秘书长，技术委员会和市场委员会主任、副主任，技术委员会聘请的第一批专家，以及总会执行副理事长王黎明、市场部主任屠景先及相关人员共20余人参加了会议。



会上，分会常务副理事长张锦芳首先宣布了“关于成立中国机床工具工业协会经销商分会技术委员会和市场委员会的决定”。总会执行副理事长王黎明、分会理事长刘宗毅向技术委员会首批受聘的9位专家颁发了聘书。

刘宗毅介绍了经销商分会成立的初衷、组织结构、使命和愿景。阐述了成立分会技术委员会的目的，即帮助经销商提升技术水平，更好地服务于客户；立足用户行业需求，客观评价机床工具产品的质量和和服务；对比国外机床工具产品技术水平，促进机床工具行业供给侧结构调整；为客户提供产品选型和工艺咨询，推动中国高端制造业的发展。并提出了2016年技术委员会面对经销商要完成的两大任务：对机床、工夹具、检测、智能化设备等优质资源的推荐；利用网络征求经销商意见，完成高峰论坛的技术资源整合。（经销商分会）

国内首个智能制造装备项目通过验收

近日，受工信部委托，由云南省发改委组织并主持，对云南CY集团有限公司（以下简称CY集团）承担的首个国家智能制造装备发展项目“高档数控车床制造数字化车间的研制与应用示范”（以下简称“项目”）进行验收并最终通过。

该项目是国家智能制造专项在机床行业首个布局的项目，其目的是在机床行业建立智能制造的示范企业，为机床全行业率先实现智能制造起到引领作用。项目建设期3年，总投资3.5亿元，由生产线内加工和生产线外加工两部分组成。生产线内加工主要承担零件的深加工，生产线外加工主要承担零件的部分半精加工及上线前工艺验证。项目共投入91台/套设备，实现混流柔性制造、自动上下料、产品自动识别和跟踪、在线自动检测、产品流向智能控制、智能故障诊断、加工参数优化、生产过程实时监控和生产管理信息化。

该项目关键设备数控化率达到100%，生产效率由月生产100台套提高到300台套，生产线人员减少57.5%，能耗减低38.4%，零件关键工序一次交验合格率由64%提高至96%，产品制造精度和稳定性显著提高。（云南CY集团）

北二机床实现出口单笔订单的历史突破

日前，北京第二机床厂有限公司签下了出口肯尼亚的铁路车轴专用数控磨床订单，打破了北二机床2013年缅甸项目单笔合同金额的记录，成为北二历史上最大的单笔出口订单。

2016年3月，北二机床获得项目信息。这是中国援助的标准轨距铁路项目，首段工程将从肯尼亚蒙巴萨连接至内罗毕，是中国“一带一路”战略中在非洲具有里程碑式意义的重点项目。该项目由中方负责实施，进行整线招标。北二机床国际业务部项目团队积极主动与用户沟通，了解详细需求信息，制定了全面详实的技术方案，在工作作风、工作态度、工作效率以及技术方案的完整性方面，给用户留下了深刻印象，最终成功中标。

此项目是北二机床在国内铁路、轨道交通领域车轴磨床市场成功拓展之后的国外首秀，具有重大的战略意义，通过对铁路这一国家重要战略行业的拓展，扩大了北二机床产品在海外市场的行业领域，为北二机床在海外项目的运作积累了宝贵经验。（张秀兰）

机床行业多个项目获准“首台套重大技术装备保险”

自2015年工信部发布《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录》以来，历时15个月，全国已有120家企业提出266个项目申请重大技术装备保险，涉及装备合同额500多亿元，国家给出保险补助额9.74亿元。实施保险业务主要由“中国人民财产保险股份有限公司”和“中国平安财产保险股份有限公司”两家保险公司承担。

据了解，机床工具行业申请获准“首台套重大技术装备保险”的主要项目有：(1)齐重数控装备股份有限公司“DMVTM2500×60/550L-NC数控龙门移动双柱立式车铣床”和“2×CWT100×120/120L-MC数控重型曲轴车铣复合加工机床”；(2)广州数控设备有限公司“搬运机器人、冲压自动化生产线工装”；(3)湖南中大创远数控装备有限公司“全数控螺旋锥齿轮磨齿机”；(4)四

川普什宁江机床有限公司“精密卧式加工中心”；(5)秦川机床工具集团股份公司“数控蜗杆砂轮磨齿机”。

工信部下一步将根据实施情况，组织专家对《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录》2015年第二版进行修订，提出2016年修订版；组织编制《首台（套）重大技术装备保险补偿案例集》，扩大宣传“首台套重大技术装备保险”推广效果；组织专家对2016年企业申请首台套重大技术装备保险项目进行咨询，确定其是否符合目录要求。（邵钦作）

2016年全国智能制造试点示范经验交流会在广东召开

7月24日，全国智能制造试点示范经验交流会在广东东莞召开。工业和信息化部党组书记、部长苗圩出席会议并作重要讲话。工业和信息化部相关司局负责同志，各省（自治区、直辖市）、计划单列市工业和信息化主管部门负责同志，2016年63个智能制造试点示范项目代表，相关行业协会、院士、专家共计150余名代表参加了会议。



会上，唐山冀东水泥股份有限公司等5家试点示范企业分别就实施智能制造的具体做法和体会作了交流发言。

在下午的智能制造装备应用现场经验交流会上，工信部副部长辛国斌作了重要讲话，广东省省长朱小丹、中国工程院院长周济出席会议并讲话，工信部装备司李东司长主持会议。

会议期间，全体与会代表还参观了东莞劲胜精密组件股份有限公司数字化车间和广东智能机器人研究院。劲胜项目源于2015年，华中数控股份有限公司携手东莞劲

胜构建了集国产高端数控机床、国产机器人、自动化设备、国产系统软件于一体的3C产品智能工厂，形成智能制造工厂在3C行业的示范。该项目具有“三国”、“六化”、“一核心”的特点。“三国”是指智能工厂全部使用国产智能装备、国产数控系统、国产工业软件。“六化”是指：装备自动化、工艺数字化、生产柔性化、过程可视化、信息集成化、决策自主化。“一核心”是指智能工厂大数据，包括工厂的人员数据、物料数据、设备数据、工艺数据、质量数据等等，通过对这些数据的集成、统计分析和应用，最终实现工厂的数字化和智能化。

该项目基于国产高档数控系统的良好开放性，建立了智能工厂设备大数据平台，通过对设备实时大数据的采集、分析，实现了机床健康保障、G代码智能优化、断刀监测等智能化功能。华中数控的陈吉红董事长介绍说，由于智能化技术和高动态特性伺服电机的应用，配置华中数控系统的钻攻中心加工效率高出了20%。在高速高精技术上的突破，使华中数控在3C制造领域成功占据了一席之地。截止到今年6月份，已为钻攻中心市场配套了7000多套华中数控系统。（张芳丽）

哈量自主研发完成三维齿轮检测软件

随着数控加工精度和加工能力的不断提高，用户对复杂工件的检测能力和检测精度的要求也越来越高，传统的一维齿轮检测技术无论在功能上还是精度上已经越来越不能满足要求。目前国产齿轮测量中心在三维高端产品市场仍处于空白状态。为了满足市场对先进的三维齿轮测量技术的迫切要求，哈量集团重新钻研三维测量模型，开发完成了国内首个适配先进空间三维测头的LinksGear齿轮测量中心检测软件。

该三维软件为哈量集团自主研发设计，在高精度L65G型齿轮测量中心及L30A型齿轮测量中心产品上已经得到了验证，并可适配哈量3DS型、雷尼绍SP600型和SP80H型等多个型号的三维测头传感器，能对圆柱齿轮、直齿锥齿轮、弧齿锥齿轮、圆弧圆柱齿轮、摆线齿轮等14类工件进行测量及误差评定，其测量项目更丰富，测量方式更灵活，测量效率更高，功能设计也更为人性化。

三维齿轮测量技术在高精度CNC齿轮测量中心产品上的成功应用，填补了国内空白，有力地增强了我国CNC齿轮测量中心在高端市场的竞争力，为公司新技术的自主创新发展做出了突出贡献，也为推动和提升我国齿轮量仪的技术水平做出了重要贡献。（哈量集团）

机床协会组织召开重点用户国产数控机床应用交流座谈会

根据国产数控机床应用长效合作机制工作安排，中国机床工具工业协会与中国和平利用军工技术协会于2016年7月19日在济南联合组织了国产数控机床应用交流座谈会，邀请了重点用户代表访问济南二机床集团有限公司。参加本次活动的30多位用户代表分别来自19家航天、航空、船舶、兵器等重点企业。



举办本次长效机制活动旨在推动重点用户深入了解国产高档数控机床发展状况，交流机床选型及应用经验，促进国内机床行业与军工用户的相互了解和沟通。

济南二机床介绍了JIER数控机床的应用情况，从发展历程、产品系列及关键技术、军工应用案例等方面展示了发展成果。特别是其自主研发的双摆角铣头，成功替代了进口，目前已先后交付用户20余台。与会代表们参观了济南二机床主要制造和装配车间。

16位来自重点用户企业的代表介绍了各自使用国产机床的体会和经验，并围绕济二发展和机床行业发展畅所欲言，深入探讨了如何推动国产装备用得更好、用得更多。用户对济南二机床多年来致力于大型数控镗铣床和机械压力机的坚持和努力表示肯定，对济二取得的成果表示赞赏，对尚未交付的机床充满期待，部分用户针对济二机床提出了后续需求和要求。（娄晓钟）

小口径非球面光学玻璃透镜模具超精密数控复合机床的研发与应用

湖南大学
国防科学技术大学
北京工研精机股份有限公司
陕西秦川机床工具集团有限公司

尹韶辉 陈逢军 龚 胜 余剑武
尹自强 关朝亮
曹成国
曹晓红

一、概述

传统的非球面光学玻璃透镜制造一般采用材料去除的机械加工法,通过粗磨、精磨、抛光、磨边等十几道工序加工而成,制造周期长,加工精度不稳定,生产效率和工艺稳定性无法满足迅速发展的行业需求。因此,近年发展起来一种新型的玻璃光学元件模压成型技术,采用高精度的光学模具,通过加温加压直接压制成型超精密玻璃光学元件,从而开创了大批量、高效率制造玻璃光学元器件的新时代。光学玻璃透镜模压成型技术,与传统的材料去除加工方法相比,模压成型的光学元件面形精度高,而且精度稳定,容易实现精密非球面光学零件的批量生产,降低生产成本。这项技术的普及推广应用是光学行业在光学玻璃零件加工方面的重大革命。日本HOYA,德国蔡司,荷兰飞利浦,美国康宁等均已进入生产实用阶段。目前国内很多光学企业急需开发这一技术。湖南大学、北京理工大学、苏州大学、中国科技大学等单位正在研发这一技术。

在热压成型工艺中,模具形状精度及表面质量直接决定着透镜的形状精度及表面质量。因此超精密模具的制造是热压成型的关键技术之一。超精密光学模具,要求具有很高的抗压强度与硬度、极高的弹性模量、良好的热强性能与导热性能、较低的热膨胀系数等。常采用WC硬质合金模具。但由于它具有高硬度、高耐磨性,并且加工空间狭小,实现其高精度、高效率加工较为困难。如何实现小口径非球面光学透镜成型加工所用模具的高精度化、高效率化的加工一直是困扰业界的难题。

为满足光电通讯、光学、信息等产业中小口径非球

面光学玻璃透镜模具产业化的需求,我们研制了小口径非球面光学玻璃透镜模具超精密数控复合机床。该机床具备纳米级精度斜轴镜面纳米磨削、斜轴磁流变研抛、在线测量补偿加工、砂轮在机整形和在线修锐等功能,为小口径非球面光学透镜模具的产业化制造提供可靠的装备支撑。

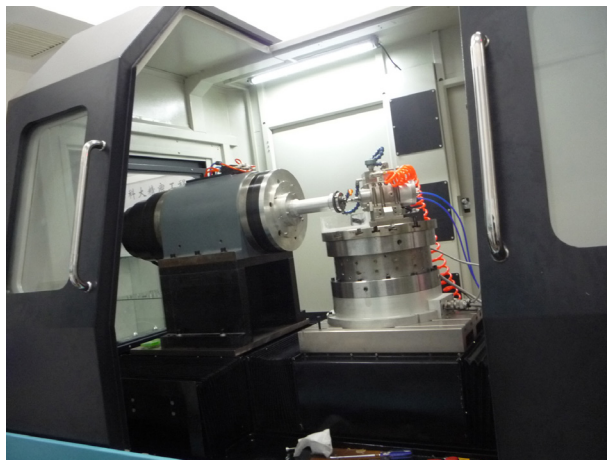


图1 小口径非球面超精密数控复合机床外观图

二、产品性能介绍

该机床的主要关键技术包括非球面的超精密镜面磨削、磁流变抛光、超精密机床结构设计、超精密回转工作台设计制造、各轴系驱动系统设计及制造、高速空气主轴设计制造及应用、测量和补偿加工、砂轮在线修整

技术和修锐、控制系统及检测等。技术指标达到了国际上同类超精密机床水平,突破了小非球面的高精度超光滑表面的纳米镜面磨削技术、小非球面的斜轴磁性复合

流体抛光技术,高精度、高平稳、高刚度进给驱动系统研制技术,高精度B轴回转工作台研制的技术,高刚度空气静压主轴研制技术。其主要技术参数如下:

机床功能	机床可进行纳米磨削和抛光复合加工,具有在线测量和补偿加工、砂轮在机整形和修锐、固定点磨削功能
控制轴数	X轴、Z轴直线轴, B轴旋转轴
油静压导轨直线度	Z轴: $0.05 \mu\text{m}/200\text{mm}$ (水平面), $0.10 \mu\text{m}/200\text{mm}$ (垂直面) X轴: $0.04 \mu\text{m}/200\text{mm}$ (水平面), $0.13 \mu\text{m}/200\text{mm}$ (垂直面)
行程	$310\text{mm} \times 360\text{mm}$
砂轮最高转速	50000 r/min
驱动电机	X、Z 轴直线电机
B 轴转台	油静压, 轴向误差 $0.09 \mu\text{m}$, 径向误差 $0.1 \mu\text{m}$, 定位精度不大于 0.2arc/sec (补偿后)
主轴	空气轴承, 最高转速 1724r/min , 回转精度小于 35nm
刚度	垂直方向: X轴 $740\text{N}/\mu\text{m}$; Z轴 $369\text{N}/\mu\text{m}$ 水平方向: X轴 $369\text{N}/\mu\text{m}$; Z轴 $493\text{N}/\mu\text{m}$
	B轴轴向: $369\text{N}/\mu\text{m}$
	B轴径向: $60\text{N}/\mu\text{m}$
数控系统分辨率	X轴, Z轴 (10nm), B轴 (0.036arc/sec)
加工材料	超硬合金、模具钢
加工模具非球面口径	非球面口径 $\leq \phi 40\text{mm}$
磨削后表面粗糙度	表面粗糙度 $R_a: 3.9\text{nm}$
磁流变抛光后表面粗糙度	$R_a 0.72\text{nm}$

以下是美国Precitech公司Nanoform 系列超精密机床的部分技术指标与本产品研究指标对比表:

类别	美国Precitech公司 Nanoform 系列	本产品
线性导轨	① 类型: 液压油轴承导轨 ② 行程: X轴 350mm , Z轴 300mm ③ 驱动系统: 交流直线电机 ④ 位置反馈分辨率: 1nm ⑤ X轴直线度(水平): $0.3\mu\text{m}$ 全程 ⑥ Z轴直线度(水平): $0.4\mu\text{m}$ 全程	① 类型: 油静压导轨 ② 行程: X轴 310mm , Z轴 360mm ③ 驱动系统: 交流直线电机 ④ 位置反馈分辨率: 10nm ⑤ X轴直线度(水平): $0.04\mu\text{m}/200\text{mm}$ ⑥ Z轴直线度(水平): $0.05 \mu\text{m}/200\text{mm}$
回转B 轴	① 类型: 油压轴承、直流无刷直接驱动电机 ② 最大转速: 10r/min ③ 位置反馈分辨率: 0.004arc/sec ④ 径向运动误差: $0.10\mu\text{m}$ (补偿后) ⑤ 轴向运动误差: $0.10\mu\text{m}$ ⑥ 径向刚度: $225\text{N}/\mu\text{m}$ ⑦ 轴向刚度: $600\text{N}/\mu\text{m}$	① 类型: 油压轴承、直流无刷直接驱动电机 ② 最大转速: 10r/min ③ 位置反馈分辨率: 0.036arc/sec ④ 径向运动误差: $0.09\mu\text{m}$ (补偿后) ⑤ 轴向运动误差: $0.10\mu\text{m}$ ⑥ 径向刚度: $60\text{N}/\mu\text{m}$ ⑦ 轴向刚度: $369\text{N}/\mu\text{m}$

三、新技术应用情况

1. 小非球面的高精度超光滑斜轴镜面磨削技术

(1) 概要

本产品采用斜轴磨削技术，具有利用圆弧截面的金刚石砂轮，磨削时砂轮轴与工件抛光表面成一定角度，避免了磨削点在砂轮截面一点集中的现象。

(2) 创新点

本产品在进行非球面磨削过程中砂轮轴采用斜轴放置，将砂轮轴与工件轴倾斜 45° 安装。采用固定点磨削方式，通过B轴控制，使砂轮旋转角度，保证砂轮的加工点不变。这样保证磨削点的磨削性能稳定，实现稳定的材料去除，对加工小非球面时比较合适，可以提高非球面形状精度。

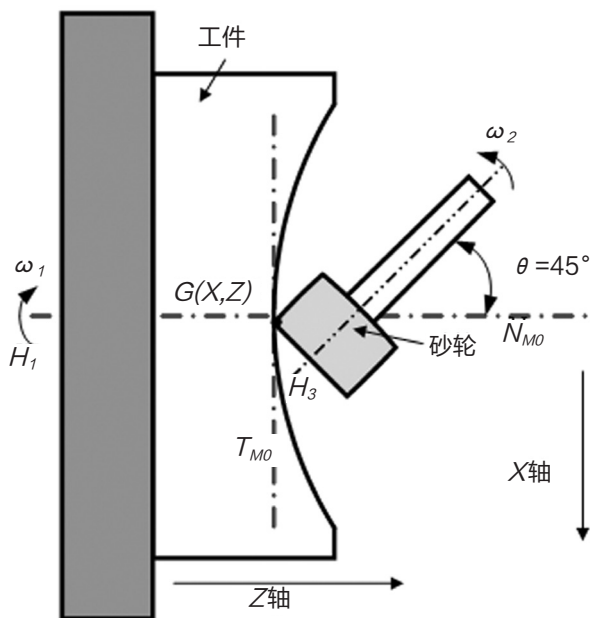


图2 斜轴磨削原理及磨削装置外观图

(3) 工艺特点

将砂轮轴与工件轴倾斜 45° 斜轴方式配置，增加一个旋转轴（B轴），使磨削时砂轮能围绕B轴工作台转动，实现磨削点固定，提高表面质量的均匀性，改善面型精度。加工时砂轮轴线与工件轴线同时位于一平面内并呈一定的角度，利用两轴联动数控机床控制砂轮沿非球面路径移动，同时使砂轮绕砂轮轴线高速旋转，工件绕机床主轴以角速度旋转，便可以加工出任意面形的非球面光学零件。开发的斜轴镜面磨削技术有效地避免了砂轮轴与工件发生干涉；磨削加工后工件表面要好于传统磨削加工得到的工件表面的粗糙度；砂轮的磨损得到了一定的改善，砂轮的使用寿命得到了提高。

2. 小非球面的斜轴磁性复合流体抛光技术

(1) 概要

微小非球面透镜模具的抛光，目前国内外都仍依赖于手工抛光，加工质量不稳定，而且加工效率低下。传统的抛光轮旋转的磁流变抛光方式难以抛光口径10mm以下的凹非球面；传统的单一的磁流变流体存在寿命短等问题。本产品开发了一种新型的斜轴磁流变抛光方式和小型磁性复合流体斜轴抛光工具，配制了以铁基颗粒强磁性材料与磨料等组成的磁性复合流体，采用CNC复合运动轨迹的控制，利用磁场作用，形成磁性复合流体抛光工具来抛光微小口径非球面。在同一台设备上镜面磨削后进行磁场辅助抛光加工，消除了传统的多台机床加工带来的工件装夹误差，进一步提高了形状精度，改善了表面质量，大大降低了亚表面损伤和提高加工效率。

(2) 创新点

开发的新型磁性复合流体由羟基铁粉，磁流体，煤油基，磨料， α -纤维等成分按一定比例组成。将它们与其他添加剂按比例混合，配制成磁性复合流体，以发挥磁流体和磁流变液各自的优势。如图3所示，复合型磁性流体中由凝聚的磁性粒子形成针状的磁团簇。

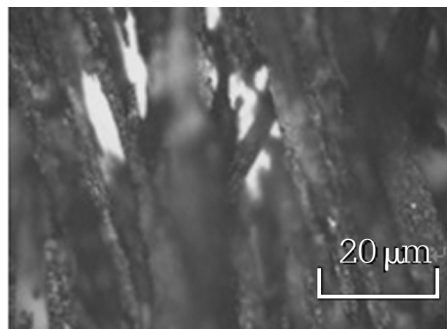
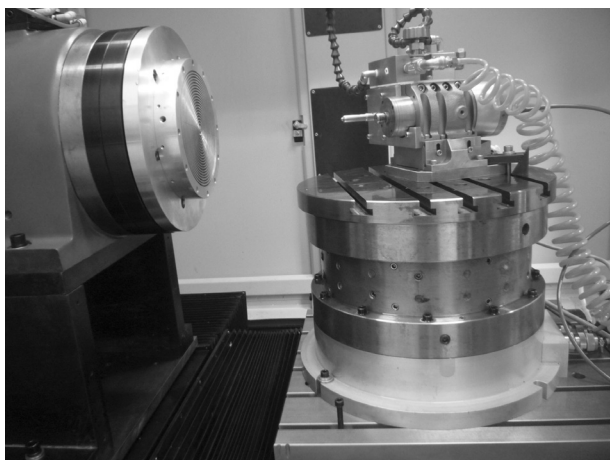


图3 硅油基MCF加磁场后显微镜图

研发的斜轴磁流变抛光装置如图4所示。通过配制以铁基颗粒强磁性材料与磨料等组成的磁性复合流体，研制特殊的小型磁力抛光头，设计磁场辅助抛光加工装置，采用CNC复合运动轨迹的控制，利用磁场作用，形成磁性复合流体抛光工具来抛光工件表面。



(3) 工艺特点

开发的新型磁性复合流与磁流变液相比，更微细、更稳定、寿命更长，与磁流体相比，流变特性更强，加工效率更高。

新的微小非球面斜轴磁流变抛光工艺利用磁场作用形成磁性复合流体抛光工具来抛光工件表面。当磁流变抛光液随抛光头运动到抛光区域时，受梯度磁场作用形成级带凸起，即“柔性抛光模”与工件法线方向表面接触并产生相对运动，在工件表面产生剪切力，从而实现零件表面抛光加工，而在非抛光区域，由于无磁场或较弱的磁场，磁流变抛光液运动到此处时就会自动脱离抛光头外壳，这样可以实现磁流变抛光液的循环更新。

3. 高精度高刚度进给驱动系统

(1) 概要

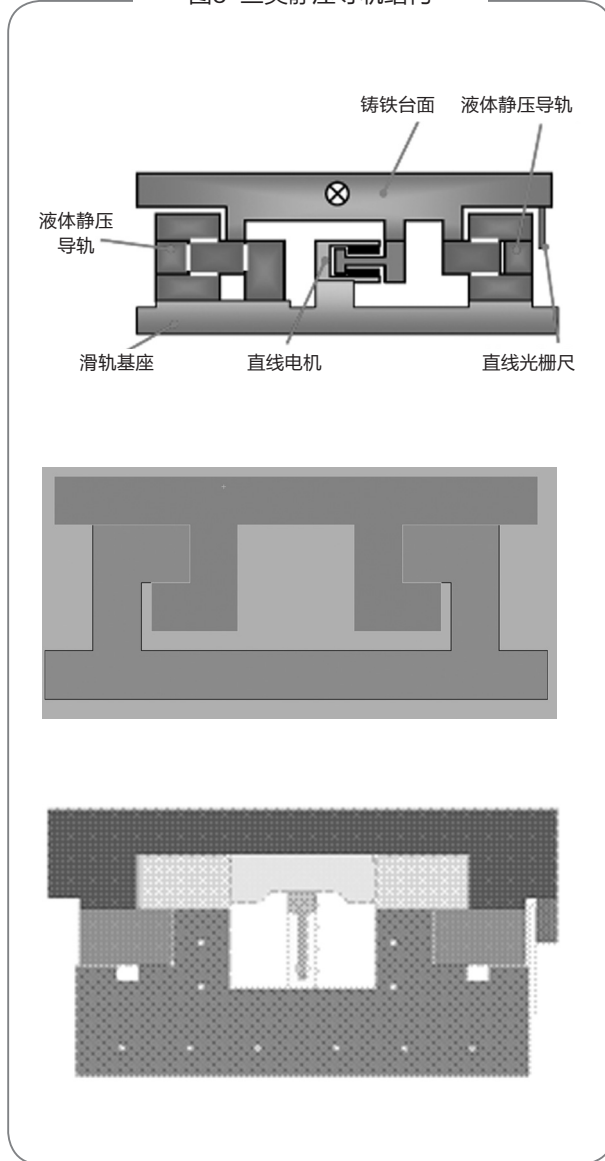
直线运动进给轴具有纳米级分辨率，并在高动态往复运动下保证较高的跟踪精度，是保证纳米磨床精度的关键因素。超精密加工中，传统进给驱动系统是旋转伺服电机加丝杠的形式。由于丝杠传动环节摩擦、间隙死区、微反冲、螺距误差和弹性效应等非线性因素无法消除，低速运动性能的改善非常困难；并且传动系统柔性限制了伺服控制的带宽，高精度高动态的往复运动受到极大限制。后续发展了滚珠丝杠、静压丝杠、摩擦驱动、粗精二级混合驱动进给机构等等。但是，这些系统的可靠性以及制造的难易迥然不同，并且有些缺点目前

仍难以克服。采用直线电机驱动可使机床驱动系统摆脱丝杠驱动系统存在的一系列不利因素。直线电机初级和次级彼此互不接触，电机运动部件直接与导轨滑块相联，无需中间传动环节，提高了传动刚度。定子定子不接触的无框架设计也取消了机械传动系统对速度的限制，调速范围大幅提高。另外，直线电机驱动还具有加减速性能好、进给行程不受限、简化设计和清洁免维护等优点。

(2) 创新点

本产品的X、Z轴导轨均采用液体静压导轨，主要是因为超精密磨削加工中更需要导轨具有高刚度和高阻尼特性。根据液体静压支撑设计的经验，设计了三种液体静压导轨结构进行分析计算，最右边的导轨结构抗变形的能力最好。

图5 三类静压导轨结构



建立了直线电机驱动控制系统模型,超精密机床进给驱动系统使用无铁芯永磁直线同步电机。伺服控制器使用位置环、速度环、电流环三闭环控制方案。对PDF控制器做了进一步的改进,增加速度前馈项即得到带前馈的伪微分反馈控制器,改善了系统对速度指令的响应速度。使用MatLab/Simulink对位置反馈的量化效应进行建模和仿真,精确分析量化对控制性能的各种影响。利用有限元分析方法计算出推力波动曲线,对电流进行补偿可用来抑制电机推力波动。为了提高抗干扰能力,在控制器中引入零点可增加系统阻尼,以弥补机械阻尼的不足。采用 H_∞ 的方法可获得兼顾刚度和阻尼的最佳设计。

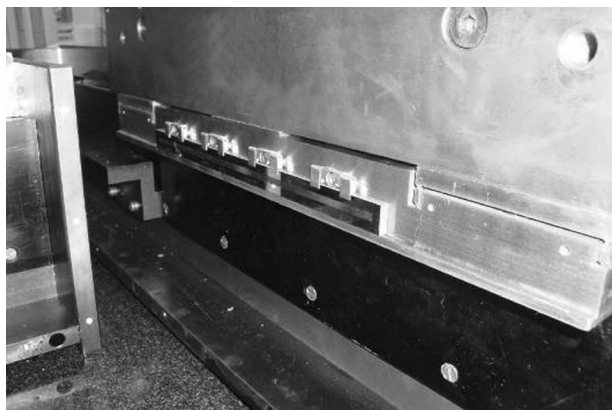
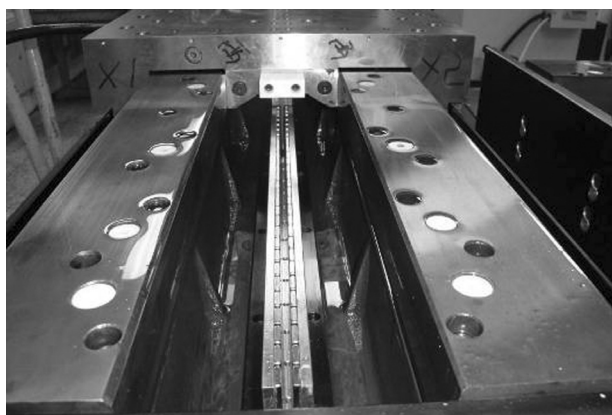


图6 进给驱动系统安装调试

(3) 技术特点

本产品采用高精度直线电机直接驱动工作台运动,并对直线电机其中的部分关键技术进行了控制,包括:直线电机进给刹车安全机构、直线电机的行程极限缓冲缸、直线电机间隙调整机构、直线电机装配技术、纳米级精度光栅反馈定位控制技术等,实现了纳米级定位精度的要求。

4.高精度B轴回转工作台研制

(1) 概要

采用液体静压精密运动轴系是超精密机床发展的必然趋势,液体静压轴承是利用外部压力供油产生承载力的轴承。精密回转工作台要求具有好的静、动态特性与运动特性。随着对刚度、运动精度和减振降噪能力要求的进一步提高,静压转台显示出巨大的优势,其核心部件是液体静压轴承。以节流特性为基础,设计自补偿液体静压轴承结构形式,其基本设计思想是用加工于轴承内表面上的特征结构代替外部的节流器,节流结构在轴承制造过程中一起完成,不再额外设计与加工,而且由于其尺寸与轴承间隙相当,节流比不受轴承间隙大小的影响。设计具有较大理论承载力与刚度的液体静压轴承,在现有的加工水平上制造出结构简单却具有更高性能的转台系统。

(2) 创新点

开发了双锥面自补偿油静压轴承的油静压B轴转台。双锥面自补偿油静压轴承不采用外部节流器,制造难度降低,但要得到预期的流阻比,对于轴承间隙、锥角公差还是有较高要求。由于只需加工若干零件,因而制造工艺相对简单。双锥面自补偿液体静压轴承,主要特征为在节流面与承载锥面呈一锐角,使得节流间隙和承载间隙变化趋势相反,节流表面上加工了带有凹腔的节流单元,从而使得经过节流的润滑油全部进入节流凹腔中,然后通过轴承内部的通道进入承载油腔。

设计了新型的自补偿液体静压轴承结构,建立了其理论模型并研究了基于有限元方的数值算法。根据迦辽金理论将润滑方程的微分形式转化为弱积分形式,并采用四边形等参数单元离散圆锥油膜流场,计算轴承的油膜力;采用小扰动理论推导了动态条件下自补偿圆锥液体静压轴承的扰动雷诺方程,并以此求解了轴承的动态特性参数。

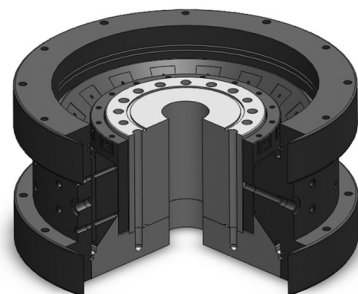
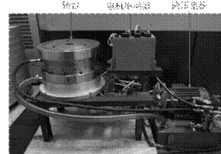


图14 自补偿液体静压轴承三维模型与静压转台系统

(3) 技术特点

高性能液体静压转台研制对于提高超精密机床加工能力具有非常重要的意义。传统的固定节流轴承刚度与精度的进一步提高受到节流器制造精度的限制,而可变节流器本身结构复杂、制造成本较高。自补偿液体静压轴承由于不需要外部节流器,成本较低且在性能提升方面具有很大的潜力。新型的自补偿液体静压轴承结构选用 50° 锥角,可以使轴承在径向和轴向的刚度比较均衡。在供油压力1MPa条件下,其初始状态的轴向刚度约为 $220\text{N}/\mu\text{m}$,径向刚度约为 $120\text{N}/\mu\text{m}$,运动精度达到 $0.1\mu\text{m}$,回转定位精度 $0.5''$ 。

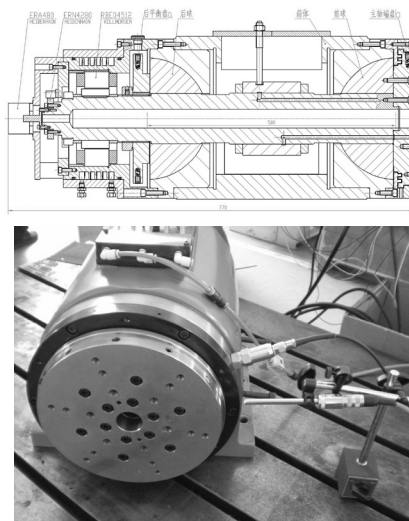


图15 主轴结构及主轴实物图

5. 高刚性高精度的工件主轴单元制造技术

(1) 概要

空气静压主轴单元是超精密加工中重要单元部件,具有很高的回转精度。在高速转动时,由于空气的粘度很小,故空气静压轴承在运动中所受的粘滞阻力很小,阻力产生的热量也较少。空气静压轴承的工作原理和液体静压轴承类似,主轴由压缩空气浮在轴套内,主轴的中心位置由相对面的静压空气压力差维持。本项目的主轴采用双半球结构,以保证足够的轴向和径向刚度和精度。通过一体式高精度、高刚度空气静压主轴的设计、研究、制造,将内装电机的电主轴结构形式应用于超精密主轴中。采用这种结构形式,减少了皮带传动、联轴器联结结构的传动环节。同时,主轴轴承部分与电机转子联结部分在一次装卡下加工完成,保证了两部分的同轴度,从而降低驱动轴与主轴的偏心误差,使驱动不影响超精密主轴的回转精度。

(2) 创新点

通过一体式高精度、高刚度空气静压主轴的设计、研究、制造,将内装电机的电主轴结构形式应用于超精密主轴中。采用这种结构形式,减少了皮带传动、联轴器联结结构的传动环节。同时,主轴轴承部分与电机转子联结部分在一次装夹下加工完成,保证了两部分的同轴度,从而降低驱动轴与主轴轴的偏心误差,使驱动不影响超精密主轴的回转精度。将全闭环控制技术应用于高精度、高刚度的超精密主轴中,从而将超精密主轴的应用范围进一步扩大。通过对高速、高精主轴精度动态检测技术的研究,实现了高速主轴的精度、振动的在线测量及平衡。

(3) 技术特点

选择了规格SR120mm轴球,使用专用研具对精加工后的外球面与球瓦进行了研磨,使轴球、球瓦的达到 $<0.5\mu\text{m}$ 球面球度。气浮主轴中气隙的均化比约为1:10左右,保证了主轴的回转精度 $<50\text{nm}$ 。箱体底面要求平面度在 0.01mm 以内,并采用刮研面,获得了最高转速1500r/min、回转精度 $<50\text{nm}$ 超精密工件主轴。

四、成果应用及推广情况

本产品提交给用户超精密加工技术湖南省重点实验室使用。建成了湖南大学小口径非球面模具制造基地,国防科技大学超精密加工制造基地,北京工研精机股份有限公司高精度主轴设计制造基地;陕西秦川机床工具集团有限公司的超精密复合机床示范应用及产业化中试准备基地。产品研发成果在超精密加工装备、光学制造等领域得到广泛应用。产品多项关键技术填补了国内空白。产品的研究成果产生了较大的社会效益,除支持04重大专项任务外,成果应用在国防科技大学的超精密加工技术湖南省重点实验室,与上海技物所、上海803所等单位开展技术合作和关键光学零件技术攻关研究,有力支持了相关单位产品的开发。

本产品开发的小口径非球面光学玻璃透镜模具超精密数控复合机床微小非球及相关技术,填补该领域国内空白,性能达到国际先进水平;具备纳米级精度斜轴镜面纳米磨削、斜轴磁流变研抛、在线测量补偿加工、砂轮在机整形和在线修锐等功能,可实现亚微米级的形状精度、纳米级的表面粗糙度和极低的表面损伤的小非球面光学透镜模具加工。□

精密数控内圆复合磨床的研发与应用

无锡机床股份公司

一、概述

内圆磨床是一种十分重要的内孔加工精密机床。长期以来,由于国内技术相对落后,导致了高端内圆磨床大部分依赖于进口的被动局面。随着机械、航空航天、汽车、军工等工业的大力发展,我国对高端数控内圆磨床的需求量近两年以30%~40%的速度增长。近年来工业界对机械零部件的制造精度要求越来越苛刻,这样就迫切需要高性能先进适用性的数控内圆磨床投放市场。

大尺寸规格、高精度的主轴、轴承套、套筒以及数控工具系统刀柄等零部件的内锥孔、内圆孔精密磨削是技术难度较大的一类新型内圆磨床。为满足重点用户的磨削加工需求,本公司突破了该类机床功能部件、制造工艺、数控技术、磨削工艺和相关核心技术,研制了精密数控内外圆复合磨床,能够实现工件在一次装夹中完成零件的内圆、外圆、端面、锥面和非圆等的复合磨削加工,从而达到减少机床和夹具,免去工序间的搬运和储存,提高工件加工精度,缩短加工周期和节约作业面积的目的。其技术参数和工艺性能满足机床主轴、轴承套、套筒,以及数控工具系统刀柄等规模化生产要求,性能指标达到同类产品国际先进水平,填补了国内大规格高精度数控内圆复合磨床的空白。

该机床是大型主轴类、套筒类等零部件高效精密加工的必备装置,能广泛应用于机床行业、航空航天、汽车工业、工程机械、航空航天、船舶、军工和通用机械等领域。研制的大规格精密内圆磨床,不仅能大幅度提高机械加工工艺水平,在国际上逐步形成竞争能力,促进机床行业发展,而且可替代进口,满足国内用户之急需。

项目开发了3种规格的内圆复合磨床,申请国内发明专利6项,获得专利授权4项,制定企业标准1项。课题研制的定型磨床已有2台在客户处得到应用,主要客户有齐二机床(集团)有限责任公司、无锡博华机电公司、北京南口轨道交通有限公司等。



WX-2015数控内圆复合磨床整机实物图

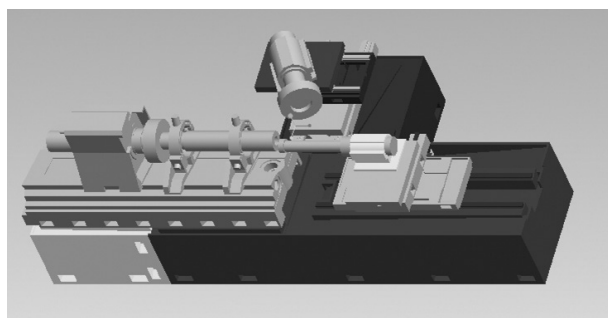
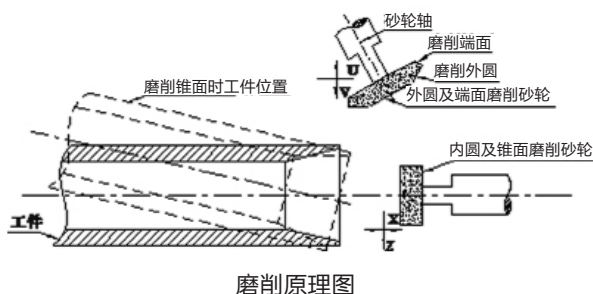
二、课题技术创新点

1.精密内圆复合磨床结构总体方案创新设计

以WX-2015数控内圆复合磨床为例,该机床为适

应用户在加工大尺寸机床主轴工件时,完成一次装夹、多次磨削的要求而开发。通过X轴与Z轴联动实现内圆磨

削, V轴与U轴联动实现外圆及端面磨削。尽管该磨床为实现内外圆磨削功能所采用的结构布局, 跟国外产品比较看似有些繁复, 但从设计理念上看, 是一种既经济快捷又巧妙的方案。该产品在原有机型、传统设计与制造工艺的基础上稍作改动, 便可实现内外圆复合磨削。机床采用卧式结构, 由工件主轴系统、床头主轴箱、外圆磨架、内圆磨架、砂轮修正器、直线进给系统、驱动电机与数控系统、床身和附件等组成。机床为5轴全数控, 其中工件回转轴与内圆砂轮X轴、外圆砂轮W轴联动, 便于实现非圆磨削功能。



数控精密内外圆复合磨床三维总体方案图

2. 机床整机结构动热态特性分析与优化设计

(1) 借助Pro/E软件建立磨床整机三维模型, 利用ANSYS软件进行网格划分, 建立整机有限元模型。

(2) 基于赫兹接触理论及材料力学知识, 计算带滚珠丝杠的滚动直线导轨结合部的轴向、垂向和横向刚度。将滚动直线导轨结合部刚度利用自定义单元施加到整机有限元模型中, 完善有限元模型; 基于传热学理论, 计算热源产热散热边界条件, 为热态特性分析提供条件。

(3) 对整机进行模态分析与谐响应分析, 根据分析结果, 判断对磨床动态特性影响较大的振型; 利用灵敏度分析、拓扑优化等手段, 对磨床结构进行改进。

(4) 探讨筋板类型和布局对单个部件动态性能的影响, 以及单个部件动态性能的提高对整机动态特性的影响。

(5) 对单个热源以及整机进行热态特性分析, 根据分析结果, 确定对整机加工精度影响较大的热源, 并针对该问题提出相应的改进措施。

3. 高速高精度工件主轴与高刚性砂轮轴系设计

(1) 高速工件主轴与内外圆磨削砂轮主轴结构创新设计。

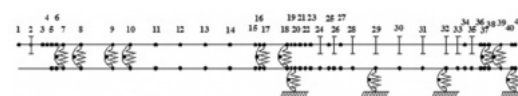
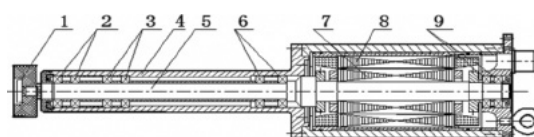
(2) 滚动轴承动态特性参数建模分析。

(3) 轴系转子动力学特性分析与结构优化设计。

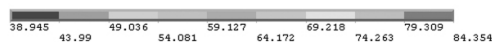
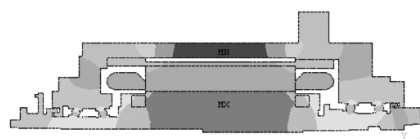
(4) 高速主轴热态特性分析与高效冷却系统研制。

(5) 高速砂轮轴滚动轴承油气润滑试验研究。

磨削电主轴结构图、稳态温度场分布、动态设计方法及软件界面



SDM = 38.945
SDC = 84.354



滚动轴承分析理论
-Harris拟动力学

转子动力学
-整体传递矩阵法

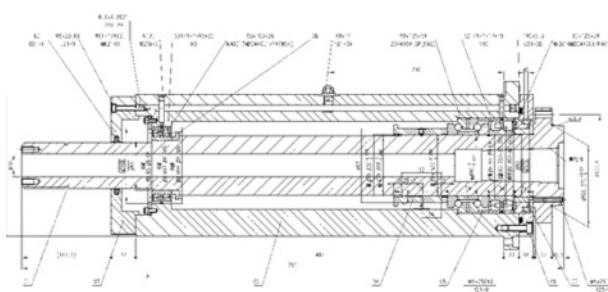
建立

“转子-轴承-外壳”
双转子耦合动力学模型

开发

深孔磨削电主轴动态设计软件

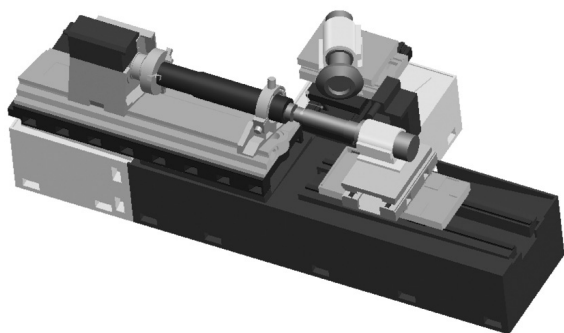




高精度高刚性工件主轴结构图

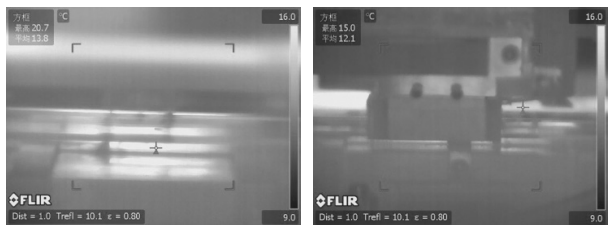
4. 复合磨床数控技术与直线电机驱动技术

(1) 机床为5轴全数控，系统采用西门子840D，可完成机床的手动调整、修整补偿、四轴联动双通道自动工作循环等控制。进给机构采用伺服电机传动，由SINUMERIK 840D数控系统控制，完成进给和砂轮修整、补偿运动。内圆砂轮电主轴X轴、Z轴、工件轴联动可实现非圆磨削功能。

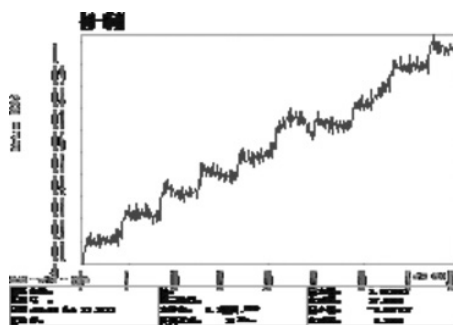


具有高可靠性及故障自诊断功能，电动机主回路采用断路器保护电动机或短路。短路时，断路器自动跳闸，切断主回路，同时辅助触点动作，令控制系统停止循环动作，并且在西门子屏幕上显示报警内容。

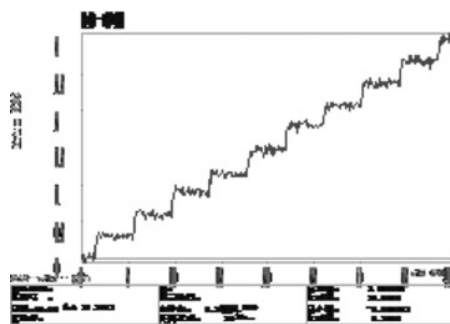
(2) 在试验台架上进行了直线电机与直线导轨的驱动应用技术研究，对导轨往复震荡灵敏度、导轨摩擦磨损、温升进行了详细的试验研究。



10000mm/min即540次/min时，导轨、滑块测温



0.1 μm微量进给



0.3 μm微量进给

三、项目成果和应用情况

课题研发的高精度数控内圆复合磨床可广泛应用于机床、主轴、刀具、齿轮等厂家的零部件精密制造，满足客户产品升级换代的需要，将为机床、主轴等行业高精度、高质量和高效率的规模化生产提供先进技术和装备支持，打破国外的技术垄断，提高我国机械制造业的技术水平和竞争能力。WX-2015型精密数控内圆磨床达到的技术指标：加工直径 $\leq \Phi 200\text{mm}$ ；加工长度 $\leq 500\text{mm}$ ；加工内圆圆度 $0.35\mu\text{m}$ ；纵截面直径一致性 $0.6\mu\text{m}/150\text{mm}$ ；加工表面粗糙度 $0.1\mu\text{m}$ ；工件最大重量 300kg 。

项目延伸开发了MK2710型、WX2019型多工位数控内外圆复合磨床，机床采用六轴布置的型式，有用于内孔、内凹端面等表面磨削进给和往复的X轴和Z轴；有用于外锥、外圆、外端面等表面磨削进给和往复的W轴和U轴；有控制工件主轴转动或分度用的C轴；有用于大小砂轮轴切换用的B轴。机床采用复合磨削的形式，一次装夹同时对内孔或阶梯内孔及外锥、外圆或外端面进行磨削加工，可提高加工面之间的形位公差，且可节约大量的辅助加工时间。此类磨床已在齿轮、主轴、刀具等行业得到应用。□

ECK2150A数控活塞变椭圆车床的研发与应用

长沙一派数控股份有限公司

杨 坚

一、概述

大功率船用柴油机是船舶的关键设备，此领域基本上由MAN B&W 和Wartsila两大国外巨头垄断。虽然我国造船量约占世界市场份额的40%，但大功率船用柴油机有70%依赖国外进口。特别是受进口限制，我国海军舰艇的发动机必须国产化。如果发动机的功率达不到先进水平，舰艇速度就难以与敌舰抗衡，就会在局部战争中处于被动挨打的地位。

活塞是对发动机性能有决定性影响的关键零件。大功率船用柴油机对活塞提出了更高的技术要求：活塞的缸径大大增加；活塞的变椭圆型面更加复杂、精度更高；活塞的环槽精度以及关键型面之间的位置精度大大提高；活塞的材料需要更高的强度。这种大规格、高性能的活塞需要高精度、高可靠性的专用设备来加工。目前，国内中小功率柴油发动机活塞的变椭圆数控加工设备已基本实现国产化。其中，长沙一派数控股份有限公司的产品占据80%以

上的国内市场， $\phi 320\text{mm}$ 及以下船用柴油机活塞变椭圆数控车床有少量进口，但 $\phi 500\text{mm}$ 及以上的大缸径活塞加工设备则受到发达国家的封锁限制。

因此，研制具有自主知识产权、满足船用大功率柴油机变椭圆活塞(活塞外径 $\phi 500\text{mm}$ ，加工长度 1000mm ，满足 $X^2/a+Y^2/b=1$ 等复杂变椭圆型面)加工要求的专用数控车床，对于提高柴油机关键零部件的国产化，发展我国PC系列大功率船用柴油机，提高我国船舶柴油机国内自主配套能力，提高我国海军系列战舰及补给船的作战供给能力均有显著的经济效益和社会效益，对加强我国的国防安全具有十分重要的战略意义。

目前国内数控活塞变椭圆车床的研发和生产单位主要包括长沙一派数控、清华大学、国防科大，国内进口产品主要包括日本TAKISAWA、日本KIRIU、意大利IMT、德国DMG等。其主要加工范围如下表：

厂家名称	设备名称	加工最大直径	加工最大长度
日本TAKISAWA	TPS-5000H	$\phi 320\text{mm}$	370mm
日本KIRIU	KFT-15C	$\phi 120\text{mm}$	120mm
德国DMG	VSC250	$\phi 200\text{mm}$	300mm
意大利IMT	SR10/3-T2	$\phi 300\text{mm}$	350mm
台湾安加	B型	$\phi 200\text{mm}$	300mm
清华大学		$\phi 200\text{mm}$	320mm
国防科大		$\phi 200\text{mm}$	300mm

变椭圆数控车床的技术关键是直线伺服技术和实时数据处理。一派数控从成立之初起就从事直线伺服技术的研究, 我司自主研发的数控活塞异形销孔镗床、数控活塞异形外圆车床、数控活塞销孔组合镗床、数控活塞环内外圆车床等已在国内大多数内燃机零部件企业应用。ECK2150A数控活塞变椭圆车床, 是本公司为满足国内大功率船用发动机的发展需求, 在我公司已开发的数控活塞异形外圆车床机床上, 持续进行多项技术创新, 自主研发制造的新成果。该成果应用了多项发明专利和两项软件著作权。其主要技术指标保持国内领先、国际先进水平。该项目的研制成功, 不仅提升了我国此类数控高端装备的水平, 也打破了国外对该机床的垄断和封锁, 为企业开拓了新的产品市场, 同时取得了良好的经济和社会效益。



图1 ECK2150A数控活塞变椭圆车床外观图

二、产品性能介绍

ECK2150A数控活塞变椭圆车床具有高精度、高刚性、高频响、多轴联动、高效率等特点, 并且还需要直线伺服控制技术、精密测量技术、计算机软件技术、复杂刀具设计技术等多学科多种技术的支撑, 是一种典型的高档数控机床:

(1) 精度高: PC2-5、PC2-6活塞(活塞直径400mm)原采用机械凸轮加工, 外圆加工尺寸精度 $\pm 0.02\text{mm}$; 采用本项目开发的ECK2150A数控活塞变椭圆车床进行加工, 外圆加工尺寸精度 $\pm 0.012\text{mm}$, 椭圆轮廓度 $\pm 0.008\text{mm}$ 。

(2) 频响高: 采用一派数控最新开发的直线伺服刀架系统, 其最高频响可达到400Hz以上, 可满足一次标准椭圆、二次标准椭圆、偏心圆、偏心椭圆、 $X^2/a+Y^2/b=1$ 等复杂椭圆截面的加工。

(3) 提高效率: 配置公司自主研发的数据处理软件, 编程速度快, 参数修改方便; PC2-5活塞加工时间也由原来的2小时提高到目前的30min。

(4) 优化工艺: 通过整体布局设计, 在机床床鞍上设计布置两个直线进给的X轴, 在一次装夹中可完成活塞异形外圆、活塞环槽粗精加工、活塞顶面精加工等多工序, 提高了相互之间的位置精度。

该产品采用了“直驱电机的磁极结构”(201110354801.4)、“一种用于异形面加工的直线伺服刀架”(201510312082.8)等发明专利技术和“一派活塞曲面数据处理软件”(2010SR046130)、“一派伺服驱动器控制软件V1.0”(湘RC-2016-0252)等软件著作权产品。该产品突破传统设计与工艺模式, 实现了数字靠模取代原有固体靠模的技术创新, 成为新一代数控活塞变椭圆加工的关键领先技术, 开创了高效、高精度、多工序组合的技术发展的新途径。

该发明技术实现了显著的应用效果, 其加工精度、加工效率等均达到了国际先进水平。该产品主要技术参数如下:

主要技术指标	单位	项目要求	实际检测结果
加工活塞直径范围	/mm	$\phi 160 \sim \phi 500$	$\phi 160 \sim \phi 520$
加工活塞长度范围	/mm	200~750	200~750
加工最大长度	/mm	1000	1200
加工最大椭圆度	/mm	3.5	6.0
主轴转速	/r·min ⁻¹	10~800	10~1000
加工截面形式		包括 $X^2/a+Y^2/b=1$ 、二次椭圆、标准椭圆叠加偏心圆、偏心椭圆和梅花椭圆等	包括 $X^2/a+Y^2/b=1$ 、二次椭圆、标准椭圆叠加偏心圆、偏心椭圆、梅花椭圆和离散数据等
直线伺服系统频响	Hz/-3dB	400	400
直线伺服电机定位精度	/mm	0.002	0.0005
加工尺寸精度	/mm	0.02	0.012

三、新技术应用情况

1. 高精度高频响直线伺服技术开发与应用

(1) 永磁平板式直线伺服刀架系统

目前国内外主流的解决方案是采用“专属运动控制

卡 + 伺服驱动器 + 直线电机 + 专用刀架”的方法解决活塞仿形刀架的需求，所采用的直线电机主要以音圈直线电机和U型无铁芯直线电机为主，它们的优势主要是惯量小出力平稳；但是这两种电机的出力较小，加工活塞时有时由于切削力大的原因有些“吃力”，主要体现在加工带“窗口”部位时精度超差。活塞的“窗口”结构，使切削过程为断续切削，对刀具产生冲击载荷，如果直线伺服刀架系统刚性不足，会严重影响工件的加工精度。针对上述问题，本公司开发了全新一代活塞异形外圆直线伺服刀架系统。该刀架的主要特点如下：

①采用带铁芯平板直线伺服同步电机对称双电机驱动结构，刀夹与永磁体可动部分一体化设计，这种结构设计大大地提高了电机的出力，极大地减小了可动部分质量，使得电机额定出力达到1000N，峰值出力1600N，与上一代音圈电机刀架相比，出力提高约3倍，较大的出力保证直线伺服刀架在加工钢活塞时能够有较好的刚性，并配合小惯量设计保证了伺服刀架系统拥有满足活塞加工的频率响应特性。

②其支撑采用高刚性导轨支撑，使电机在输出较大出力的同时，兼顾较好的刚性。

③采用海德汉高精度直线光栅尺直接检测刀架位置信号，分辨率达到 $0.1\mu\text{m}$ ，全数字式反馈提高了位置反馈的精度，降低了位置信号受温升和电磁等干扰的可能（经测试系统的定位精度为 $0.5\mu\text{m}$ ，重复定位精度 $0.3\mu\text{m}$ ）。

④直线伺服刀架工作行程达到 $\pm 3\text{mm}$ ，此范围已经完全满足活塞加工的椭圆和型线的需求，不需要刀架拖板跟随运动，大大简化了机床的控制设计要求。

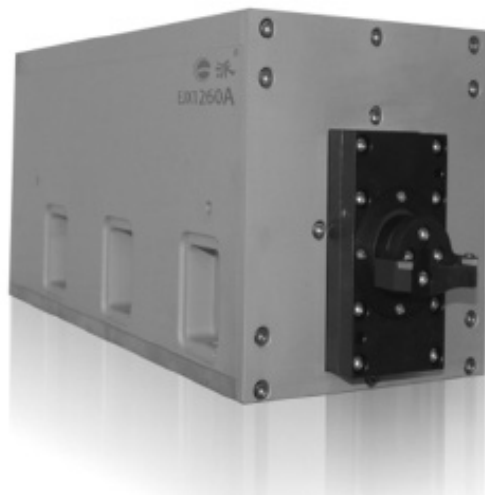


图2 EJX1260A永磁同步平板直线伺服刀架系统外观图

(2) 专用直线伺服刀架控制器的研制

由于活塞外圆截面的特殊形状，我们建立活塞截面数据模型时，一般最少将一个截面分成720个点，使用数字编码器反馈主轴的位置信号，控制器则根据主轴位置信号与数据模型对直线电机发出位置命令信号，直线电机则带动刀头运动，从而实现了活塞外圆截面的加工。以截面点数为720点的活塞数据为例，加工转速为1500r/min时，要求控制系统完成一次数据交换处理的周期约为0.05 ms（加工截面点数更高的活塞时，时间更短），而通用标准数控系统一般处理能力在1ms左右，远无法满足活塞加工中对加工精度与加工效率的需求。

由于活塞外圆加工的特殊截面形式，导致对加工轴控制系统的适时要求特别高。常用的“数控系统 + 伺服驱动器”的方案由于数控系统的运算周期和数据传输速度等的限制，使常用的伺服轴的控制方式很难满足活塞外圆的加工要求。针对这种需求，开发出专用于快速直线伺服控制的EHA3020TOS型数字式伺服控制器。该控制器采用“双DSP的构架”，将“位置规划 + 数据通讯 + 电机控制”等功能全部结合到一个控制器当中，其中一个DSP根据主轴与Z轴编码器的位置信号进行位置规划运算与数据通讯等方面的工作，另外一个DSP则作电机控制运算，两个DSP之间每 $30\mu\text{s}$ 实现一次全数字式数据传递，这种频率的通讯完全能够满足活塞加工对适时性的要求。该控制器将数据传输、运动规划、电机控制等全都集成在一个控制器当中，相当于对直线电机这个轴构建了一套独立于数控系统的单轴控制系统，与数控系统只进行IO通讯，对数控系统要求极低，具体控制结构图如图3所示。

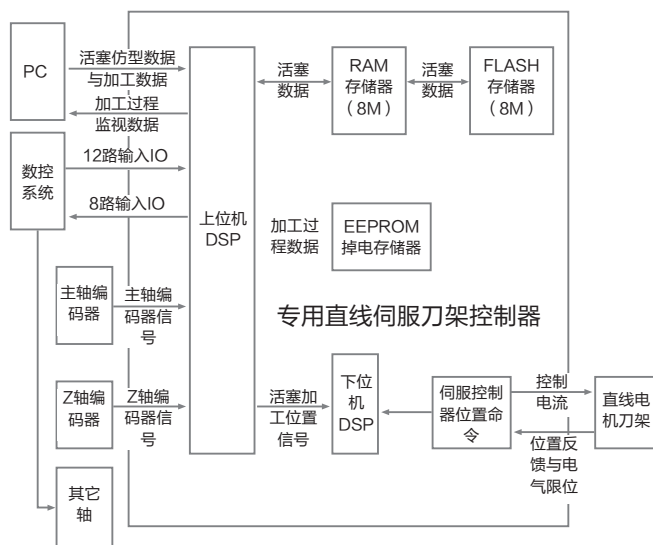


图3 专用直线伺服刀架控制器的控制框图



图4 专用直线伺服刀架控制器

2. 变椭圆型面活塞数控加工数学模型及数据生成软件模块的研发

(1) 建立活塞异形曲面数学模型

活塞外圆截面形式复杂多样,包括标准的一次椭圆($x^2/a^2+y^2/b^2=1$)、二次椭圆、偏心椭圆、组合椭圆、椭圆叠加偏心圆、梅花椭圆等。首先把各种复杂的活塞外圆曲面建立成三维空间数学模型,再结合活塞加工工艺特点把三维模型经过网格化(如图5所示),则这些数字化了的网格点就代表活塞外圆曲面,最后把这些网格化数据形成一张二维数表,其横坐标为活塞高度,纵坐标为角度,对应点即为活塞曲面数据。在车削过程中,只要刀尖的轨迹能够准确地通过这些网格结点,就能加工出理想的活塞外圆型面。

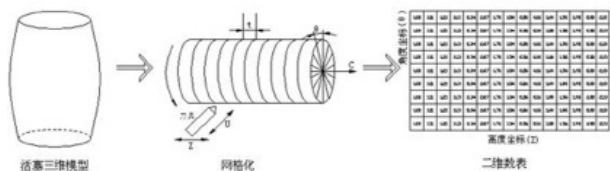


图5 活塞变椭圆型面数学模型的建立方法

对于大功率船用柴油机活塞(直径 $\phi 500\text{mm}$,长 1000mm),每一横截面数据需按4096线的标准进行细分(小活塞仅需360线),其中,1000mm长的活塞,其纵截面按0.01mm细分则需要100000个数据截面。因此一个超大活塞的型面数据量约为390M,比一个中小

活塞的数据量大100倍。同时,模型应能够处理一次椭圆 $X^2/a+Y^2/b=1$ 、二次椭圆、偏心椭圆、组合椭圆、椭圆叠加偏心圆、梅花椭圆和离散数据等复杂的活塞横截面数据及纵截面形线离散数据。

为解决400M左右的活塞变椭圆型面数据,并以小于0.03ms的节拍完成每个数据的实时交换,本项目将400M的活塞数据压缩到数控系统8M的SRAM中。在活塞加工过程中,数控系统根据采样反馈的加工位置,实时进行二次细分插补,从而保证活塞的轮廓精度。

(2) 活塞曲面数据处理软件开发

根据当今最先进的“数字靠模”技术,根据大直径变椭圆活塞加工建立的数学模型开发的活塞数据处理软件,为中凸变椭圆活塞外圆加工提供了三维曲面数据的计算公式、方法及编辑平台,满足了已有活塞品种所出现的各种复杂图形设计要求。其主要功能为:

- ①输入活塞基本参数(高度、形线和椭圆度等),程序即可对数据进行自动插值计算。
- ②显示活塞任一纵向截面或横截面的曲线效果并进行分析,包括任一截面形状和任一角度的形线。
- ③自动分析非圆截面车削加工时的动态响应特性,并实施数据补偿。
- ④为活塞的数控加工直接提供加工数据。

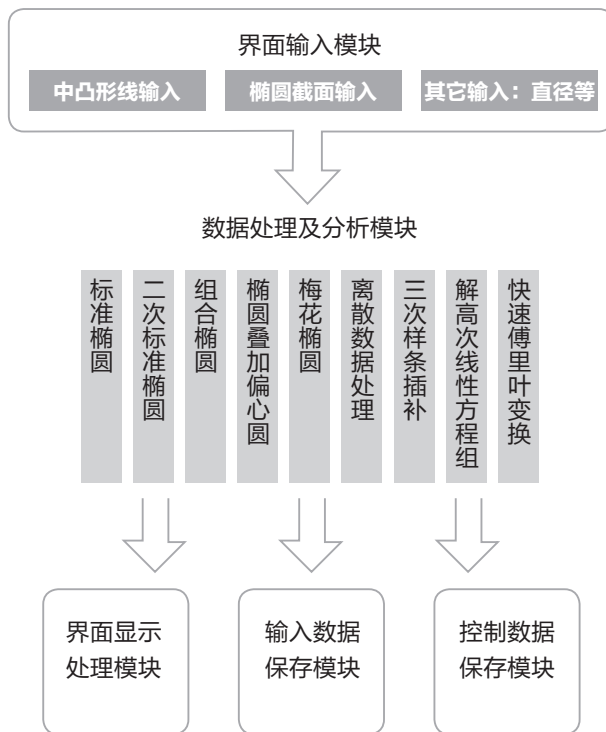


图6 数据处理软件建模框图

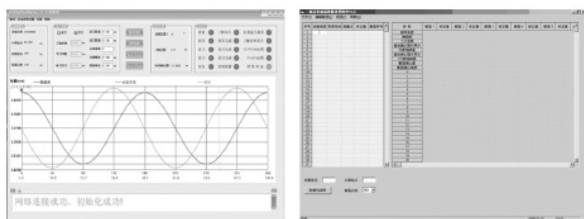


图7 数据处理软件数据输入界面

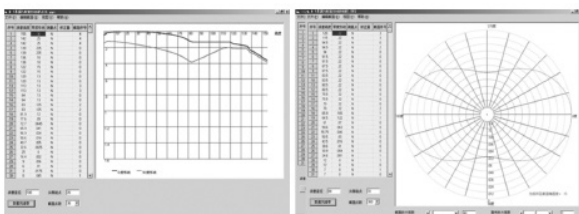


图8 数据处理软件数据显示界面

3. 机床结构设计

ECK2150A数控活塞变椭圆车床根据活塞工艺要求,设计上主要从机床受力、精度保持性、装夹方便来考虑,决定采用卧式斜床身结构,机床部分主要包含床身、主轴、拖板、尾架、工装等部分(见图9)。

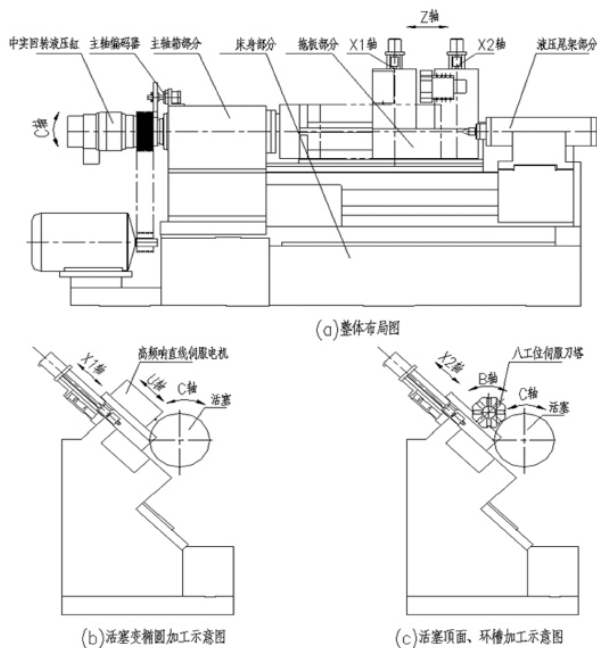


图9 机床结构示意图

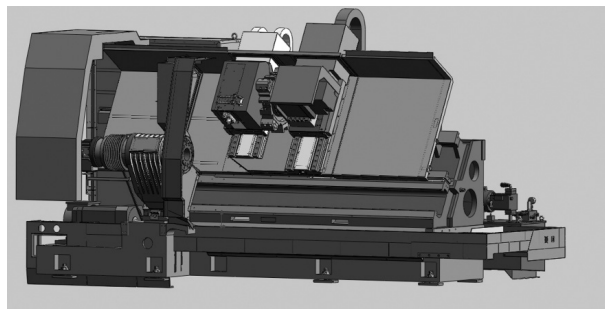


图10 ECK2150A光机3D图

四、成果应用及推广情况

ECK2150A数控活塞变椭圆车床在陕西柴油机重工有限公司、常州南车零部件有限公司等单位得到应用,其加工产品精度、加工效率均超过英国等同类进口机床,已完全替代进口。

ECK2150A数控活塞变椭圆车床的研制成功,提升了我国船用大功率发动机活塞的加工水平,打破了国外对该项目的垄断和封锁。对于提高船用柴油机关键零部件的国产化、发展我国PC系列大功率船用柴油机、提高我国船舶柴油机国内自主配套能力、提高我国海军系列战舰及补给船的作战供给能力均有显著的经济效益和社会效益,对加强我国的国防安全也具有十分重要的战略意义。□

行业资讯

国际新能源汽车高端论坛在广州成功举办

2016年7月14~15日,中国国际新能源汽车产业高端论坛暨第二届中国国际汽车动力总成技术、工艺与装备研讨会在广州召开。来自国内新能源汽车的主要生产厂家及相关配套企业、机床企业100多人出席了会议。

该研讨会由中国汽车工业国际合作有限公司主办,中国机床工具工业协会作为支持单位已连续三届做主题发言。研讨会涉及面较宽,内容主要涉及新能源汽车和车联网的发展趋势、汽车新技术发展与应用、汽车装备技术、数字化智能工厂等四个方面。

会议期间,代表们参观了广州传祺汽车公司装配车间,并参观了中国(广州)国际新能源节能及智能汽车展览会。

(屠景先 周敏森 李卫青)

BM63150C精密数控车床及BM63150X车削中心的研发和应用

宝鸡机床集团有限公司

高利强

一、概述

随着汽车、航空航天工业的发展，新型材料的应用日益广泛，对高速、精密加工的需求越来越广泛，具有高速、精密加工的特性正逐渐成为当代数控机床发展的主要方向之一。数控车床和车削中心作为数控机床的主要组成部分也不例外，其精密高效等特性正成为其发展方向。同时，随着普通数控车床应用普及和市场竞争加剧，探索研发精密数控车床和车削中心成为满足市场更高要求及企业发展的必然选择。

BM63150C 精密数控车床及BM63150X 车削中心是在国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”2010年度课题“BM63150C 精密数控车床及BM63150X 车削中心”（课题编号2010ZX04001-051）的支撑下研发的产品，其中BM63150X精密车削中心荣获“CCMT2012中国数控机床展览会‘春燕奖’”，BM63150X精密车削中心荣获“2015年陕西省装备制造业首台（套）重大装备产品项目投资计划”国内首台（套）重大装备产品奖励。

BM63150C 精密数控车床及BM63150X 车削中心床身上最大回转直径 $\phi 800\text{mm}$ ，最大车削直径 $\phi 630\text{mm}$ ，最大车削长度1500mm；车削主轴最高转速5000 r/min，主轴径向跳动 $\leq 0.0005\text{ mm}$ ，轴向跳动 $\leq 0.001\text{ mm}$ ；X/Z轴快速进给速度 $\geq 36\text{ m/min}$ ；X/Z轴重复定位精度 $\leq 0.002/0.003\text{ mm}$ 。此种大规格的数控车床及车削中心需要达到的主轴最高转速及其精度，整机快速进给速度及其重复定位精度等性能指标是该机床研发的关键技术。

针对以上指标要求及性能特点，研发小组对机床主

体、结构和关键部件设计方案进行了多次全面的分析研究和论证。通过自主创新和联合研发，对人造花岗岩整体式床身设计制造技术，精密动静压主轴与电主轴的配套设计制造技术，宏/微量进给技术，进给系统伺服参数优化技术，整机减振隔振技术、热变形分析及控制技术、综合误差补偿技术等重大关键技术的研究及探索，成功开发了BM63150C 精密数控车床及BM63150X 车削中心，机床的各项指标达到了设计要求。公司掌握了精密数控车床和车削中心的核心技术，形成具有自主知识产权的高附加值产品及多项国家发明专利。

二、产品性能介绍

BM63150C精密数控车床及BM63150X 车削中心（见图1）是具有国内先进水平的多功能精密数控车床和精密车削中心，机床主轴转速高、功率大、噪音低，整机热变形小、进给速度快、精度高、稳定性好。该机床主要用于汽车、航空等领域精密零件的高效率、高精度加工。



BM63150X 精密车削中心

该产品具有以下特点：

(1) 人造花岗岩整体式斜床身，综合刚性及热稳定性好。

(2) 大规格精密直驱式动静压主轴，配套超高速中空液压卡盘及回转油缸，主轴转速高、功率大、精度高、噪音低。

(3) 采用双向宏/微结合的进给系统，光栅尺闭环控制，机床进给轴的宏/微进给联动提高了机床X/Z轴的重复定位精度。

(4) 高刚性精密直线滚动导轨，确保机床的动态响应性能良好。

(5) 采用SINUMERIK 840D sl系统或华中HNC-818B系统，系统功能多，分辨率高，可操作性强。

(6) 数控车床用高性能电机直连驱动伺服刀架，车削中心用径向装刀式高性能电机直连驱动伺服动力刀架。

(7) 中心冷却精密滚珠丝杠和滚珠丝杠专用轴承，机床的进给系统热变形小，进给速度快、精度高、稳定性好。

产品主要规格参数

	项 目	单位	BM63150C	BM63150X
加工范围	床身上最大回转直径	/mm	Φ800	
	床鞍上最大回转直径	/mm	Φ600	
	最大车削长度	/mm	1500	
	最大车削直径	/mm	Φ630	
主轴	液压卡盘直径	/mm	Φ250 (10")	
	主轴头型式		A2-8 (GB/T5900.1)	
	主轴通孔直径	/mm	φ 105	
	主轴轴承直径 (前/后)	/mm	φ 160/φ 140	
	主轴转速	r/min	50-5000	
	主电机功率(连续/30分钟)	/kW	67.4/80	
	主轴最大输出扭矩	/N·m	585	
尾座	套筒直径/行程	/mm	φ 130/150	
	顶尖锥度	MT No.	6	
床鞍	倾斜角度	DEG	45°	
	快速移动速度 X/Z	m/min	36/36	
	伺服电机扭矩 X/Z	/N·m	37/37	
	滚珠丝杠直径 X/Z	/mm	φ 40/φ 50	
刀架	刀位数		12	
	刀具尺寸 (车削/镗孔)	/mm	32 × 32/φ 50	25 × 25/φ 50
C 轴	最小控制角度	DEG	/	0.001
	回转刀具电机功率	/kW	/	9.7
	回转刀具速度	/r·min ⁻¹	/	10000
	最大端铣直径/攻丝尺寸	/mm	/	φ 25/M18

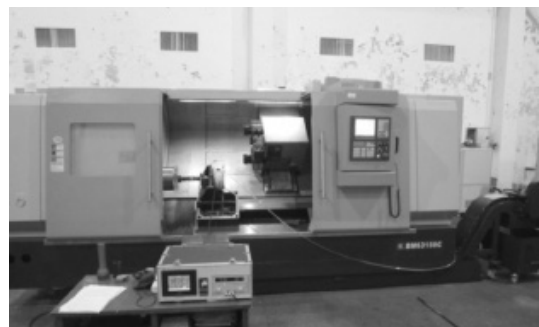
至目前，国内外暂无同类规格的产品达到BM63150C精密数控车床及BM63150X 车削中心主轴转速及其精度、机床进给轴重复定位精度等性能指标。

根据课题任务合同书、测评协议书、相关金属切削机床标准及检测方案，国家机床质量监督检验中心对该机床进行了

全面的测评（主要包括机床安全，机械电气安全、机械电气设备，在无负荷或精加工条件下机床的几何精度，机床工作精度，机床的可靠性检测与评估等各方面）。所检测机床的各项功能及性能指标均达到课题任务合同书、测评协议书及相关金属切削机床标准的要求。下图为机床可靠性检测照片。



BM63150X 车削中心Z轴可靠性测试



BM63150C 数控车床主轴可靠性测试

三、产品主要技术创新点及其应用情况

1. 精密动静压主轴与电主轴的配套设计制造技术

(1) 概述

数控车床及车削中心主轴的主要驱动形式为皮带传动,这种方案结构简单、成本低,但对于本课题要求的大规格、高转速、高精度主轴很难实现。先进的主轴驱动方式为电主轴,将主轴和电机连为一体,它可以无级变速、驱动平稳、结构紧凑。电主轴又分为内置式和外置式两种,内置式是将转子置于两轴承之间,结构复杂,冷却或密封不易设计及制造,散热条件差,容易造成电主轴的温升过高,亦不利于提高回转速度,优点是主轴系统受力情况好。外置式是将电机转子置于两径向轴承的外端,也称悬臂式,其结构简单,但是轴向尺寸大,容易造成负荷偏载,导致主轴受力情况差、产生振动的概率增加,不利于提高回转速度和精度,并且应用于数控车床其液压卡盘旋转油缸的安装结构不太合理。动静压轴承是静压轴承的一种新发展,在静压轴承的油腔中设置动压油楔,使之在主轴旋转时产生附加的动压力,具有高精度、高承载力和抗振性。目前,在国内外数控车床及车削中心中,高速精密主轴单元中主要应用的是滚动轴承,但滚动轴承与动静压轴承相比承载能力小,精度低,使用寿命短。

本项关键技术将液体动静压轴承技术与电主轴技术两者有机结合,创新设计制作了大功率、高速精密直驱数控车床主轴单元,实现了机床大规格、高转速、高精度主轴的指标要求。通过该关键技术的研究与实现,申请了4项国家专利,分别为“大规格精密直驱主轴结构”(授权专利号为ZL201120356009.8,实用新型)、“数控车床大规格精密直驱主轴结构”(授权专利号为ZL201320445643.8,实用新型)、“数控车床大规格精密直驱主轴结构”(授权专利号为ZL201310314909.X,发明)、“一种用于高效高速精密机床的多功能内置式动静压电主轴”(授权专利号为201320297129.4,实用新型)。

(2) 创新点

①将液体动静压轴承技术与电主轴技术两者有机结合,实现了数控车床较大规格高速精密主轴结构,确保主轴的回转精度、刚度和转速。

②开发了内置式动静压电主轴,精度高、刚度大、噪音低、寿命长、吸振性能好,工作稳定性和可靠性

高,无论从转速、精度、功率等各方面均是国内首创,至目前也未见国外同类型规格的数控车床及车削中心上有类似的应用。

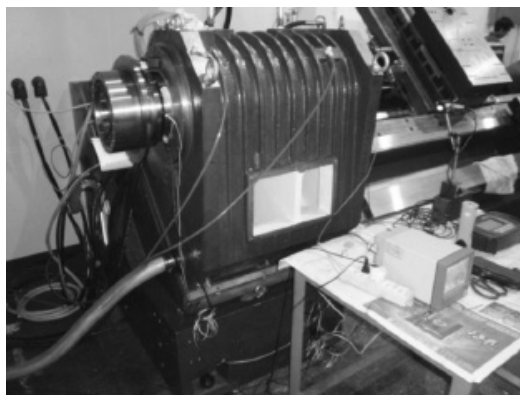
③实现了大规格高速精密直驱主轴单元的设计及制造,其液体静压轴承直径 $\phi 160$ mm、内装电机功率67.4 kW,最高转速5000 r/min,主轴径向跳动0.0005 mm、轴向跳动0.001 mm。

(3) 技术特点

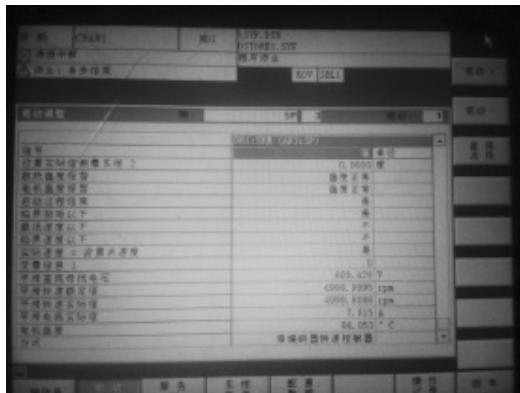
①将液体动静压轴承技术与电主轴技术两者有机结合,将止推轴承结构设置于主轴前部,解决了动静压轴承电机内装式主轴技术上的不足。

②开发了内置式动静压电主轴,电主轴装于前、后静压轴承之间,结构紧凑、布局合理,实现了数控车床较大规格高速精密主轴结构。

③高速精密直驱主轴单元结构中,放射型多点出气式气密封结构在圆周上有均匀的气压力,有效防止外界杂质进入轴承油腔,对润滑油流入外界或电机中起到良好的密封作用。



精密直驱式主轴单元温升试验



机床主轴最高速度运转

2. 宏/微量进给技术

(1) 概述

宏微驱动控制系统包括宏、微操作系统两个子系统，微动定位部件附着在宏动定位部件的末端，宏动部件以地面为参照物，实现大行程；微动定位部件以宏动定位部件为参照物实现高精度定位，与采用单一驱动相比，宏微驱动系统具有低惯量、高精度、冗余自由度等特点。

目前，一般微进给机构不能承受全载荷、大载荷，不能同时实现微进给和大尺度精密进给。本技术采用宏/微进给的双重驱动的控制技术和微进给复合导向机构，机床进给系统能实现微量进给和宏量进给快速移动，能承受全载荷、大载荷进给，解决了精度与工作效率相互矛盾的实际应用问题。由于宏/微驱动系统同时具备了大行程、定位时间短、定位精度高以及驱动力大等优点，在诸如精密定位系统、电路检测、超精密加工设备等领域，有十分广阔的应用前景。

通过机床宏/微进给系统的设计与制造技术的研究与实现，机床进给系统的重复定位精度达到了指标要求，并申请了2项国家发明专利，分别为“双轴直线移动微驱动装置”（授权专利号为ZL201010559119.4）、“滚珠丝杠副压电致动器串联宏微驱动及导轨装置”（授权专利号为ZL201110047305.4）。

(2) 创新点

①采用双向宏/微结合的进给系统，机床进给轴的宏/微联动提高了机床X/Z轴的重复定位精度。

②双向宏/微结合的进给系统，使机床能承受全行程、大载荷进给，解决了精度与工作效率相互矛盾的问题。

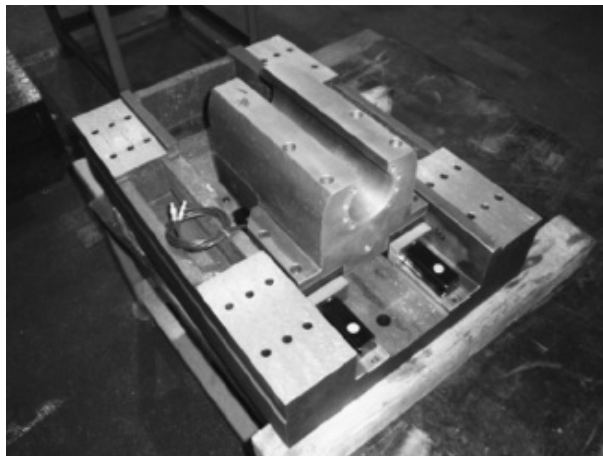
(3) 技术特点

①微进给结构由柔性铰链和德国PI公司的压电陶瓷组成，压电陶瓷为驱动器，柔性铰链作为导向机构，动力经柔性铰链驱动机床滑板产生微位移。柔性铰链采用双平行四边形结构，不仅保证了微动台在压电陶瓷的驱动下保持平动特性，而且从原理上克服了柔性铰链四杆机构产生交叉耦合位移的缺陷，具有良好的导向性，提高了运动的方向精度。

②微动进给系统是利用光栅尺反馈微动台和目标点的位置关系，进行闭环控制，宏/微双重驱动机构使得机床进给系统在大行程工作范围内具有很高的定位精度。



直线导轨宏/微进给BM63000X试验台



机床宏/微进给机构

3. 人造花岗岩整体式床身设计制造技术

(1) 概述

目前在机床上应用的床身绝大多数为铸铁材料。铸铁材料床身虽具有足够的静刚度，但其最大的缺点是其热变形特性和精度保持性较差，从而使整机的热变形较大和精度保持性差，影响机床的加工精度。人造花岗岩材料床身具有良好的吸振性、很好的阻尼特性和热稳定性，能很大提高机床的精度稳定性、改善加工动态特性和提高加工精度，并能节约金属材料、能源和减少铸造污染。该材料床身目前在国内外主要应用在高精度磨床或检测仪器上，在数控机床上特别是在数控车床上应用很少。

为了保证机床的精度稳定性，采用人造花岗岩整体式床身做为精密数控车床和车削中心的基础构件，根据此项设计与制造技术的研究与实现，申请了国家专利，“新型数控车床人造花岗岩床身”（授权专利号为ZL201220611020.9）。

（2）创新点

①人造花岗岩斜床身结构，达到了数控车床床鞍导轨、尾座镶装导轨的结构优化及相应功能的实现，机床整体结构布局合理、紧凑。

②应用人造花岗岩床身技术，其床鞍导轨采用直线滚动导轨，动态响应好；尾座导轨采用镶装滑动导轨，支撑刚度大、稳定性好、成本低、易维修。

③采用人造花岗岩床身技术，能很大提高机床的精度稳定性、改善加工动态特性和提高加工精度，并能节约金属材料、能源和减少铸铁材料床身的铸造污染。

（3）技术特点

①人造花岗岩整体式床身采用斜床身结构，其床鞍导轨采用直线滚动导轨，尾座导轨采用镶装滑动导轨。

②根据数控车床斜床身结构特点，设计了相应的床鞍导轨、尾座镶装导轨、主轴箱、Z向进给系统及外防护的安装结构，各种管件和电缆线穿通床身主体的管路结构，各种不同功能的预埋螺纹插件和加工装配吊运等结构。

③对床身的计算机结构模型进行了有限元分析。根据其分析数据及结果可以得出，该人造花岗岩材质的整体式床身具有足够的强度，在整机工作过程中，床身不会发生破坏或变形，达到了机床的静刚度及结构布局等的技术要求。

④床身精加工采用精密磨削的工艺方案，制定了精密磨削人造花岗岩整体式床身的工艺参数，设计制作了床身加工的专用夹具及检测用量具，完成了床身的精密加工和整机装配。



人造花岗岩整体式斜床身毛坯



人造花岗岩整体式床身精密磨削

四、成果应用及推广情况

BM63150C 精密数控车床及BM63150X 精密车削中心技术先进、性能优越，在国内尚属领先，在国际属同类先进水平，与国外进口机床相比有很高的性价比。该机床主要用于汽车、航空等领域精密零件的高效率、高精度加工，在满足国内高端用户需求方面有着广阔的市场前景。

目前，一台BM63150X 精密车削中心已销售给山东博特精工股份有限公司（济宁），至目前该机床使用情况正常，用户评价良好。□

行业资讯

普什宁江FMS专项课题通过验收

日前，由四川普什宁江机床有限公司牵头承担的“机床箱体类精密柔性制造系统研发及示范应用”课题通过了任务终验收。普什宁江总工程师刘雁对课题任务完成情况进行了汇报，华中数控、四川大学、重庆大学等课题参与单位分别做了汇报，示范应用用户介绍了产品应用和试验验证情况。

验收专家组成员对该课题项目进行了现场检查和专家质询。经过充分讨论认证，专家组成员认为：“机床箱体类零件精密柔性制造系统研发及示范应用”课题成功研制了两条精密柔性制造系统（FMS），实现了8种以上机床箱体类零件混流加工、四种工艺路线并行生产；自主开发了FMS关键技术、初步实现了MES系统的集成，已有多条柔性制造系统广泛应用到多个重要行业领域，产业化成果显著，同意通过终验收。

CCMT2016工业机器人展品回顾

中国机床工具工业协会工业机器人应用分会

以“新环境·新格局·新作为”为主题的第九届中国数控机床展览会（CCMT2016）已在全球业界万众瞩目中落下帷幕，作为中国机床工具行业成长的见证者，CCMT展会至今已连续成功举办了九届。

在普遍不景气的行业氛围笼罩下，本届CCMT展会又向我们释放了什么信号呢？或许从工业机器人应用的角度可以窥探一二。

随着自动化技术日新月异的发展，自动化产品已然成为展会中活跃的因素，单机自动化、柔性制造单元、自动生产线、工业机器人、自动化元器件等展品，代表了这方面的最新发展成果。亲临现场的观众都能从中感受到中国机床工具市场的冷暖行情，如果您没有亲临现场，不用遗憾，下面笔者将带您回顾一下本次展会上闪亮的主角之一、展会上最忙碌的“人”——机器人所呈现的几大亮点。

机器人助力实现无人化工厂

智能机器人配合数控机床、数字化立体仓库、自动检测单元、自动搬运等设备组成的自动化作业线，不但能显著提升机床、机械加工设备的生产力，节省人工成本，减少工伤事故，同时也能确保工件符合日趋严格的品质要求和小批量个性化的需求。

1.FANUC：超越工业4.0的定制化柔性化装配生产线

FANUC展区最吸引人眼球的当属智能机器人模型装备生产线——用机器人来生产“机器人”。他们用全电动注塑机ROBOSHOT以及加工中心ROBODRILL打造了所有的机器人模型部件，而所有的装备动作都由这条产线上的劳动主力——20台LR Mate 200Id/7L 机器人来完成，通过监控系统实时了解生产线各环节生产状态和数据，真实地模拟无人化工厂生产模式。



2. 华中数控：利用云数控服务平台打造工业物联网

在工业物联网概念下，数控机床以及工业机器人都不再只是一个独立的自动化设备，利用网络化的云服务平台，将机床联在一起，通过大数据、云计算、接口技术和智能应用来实现智能设计、智能计划、智能物流、智能加工、智能检验，操作者可在PC端、手机端方便地实现远程监控，最大程度挖掘数控设备的潜能，达到工业4.0的目标。

华中数控展出的自动化产线包含1拖4 CNC加工单元、数字化立体仓库、基于RFID的数字化自动流水线、超声波清洗机、自动检测单元、AGV自动搬运小车，机器人应用到其中的各个环节，主要实现自动上下料。



产线总控系统是智能产线“大数据”的核心层，主要负责产线设备数据采集（各个设备状态、IO状态、生产数据等）、状态显示、产线监控、RFID读写控制、NC文件及作业指导书传输、三坐标检测控制等，将数据上传至云数控系统，可实时获知每台机床的当前状态、加工产品信息、生产数量等，可作为MES/ERP等系统提供准确、及时的生产完工信息，实现数字化、信息化管理。

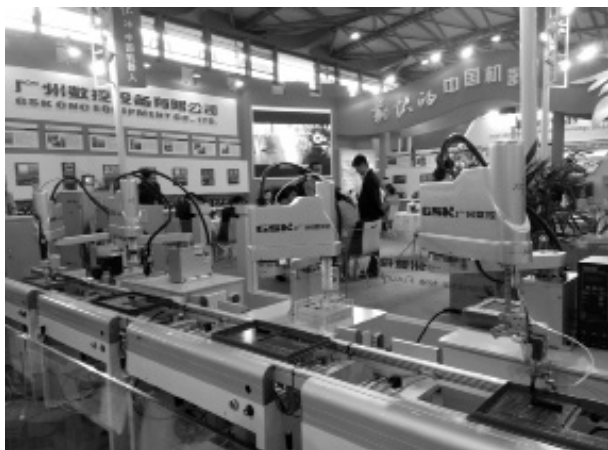
3. 埃斯顿：钣金柔性智能制造生产线

埃斯顿首次在展会亮相的钣金柔性制造生产线，由智能仓储、激光切割、折弯、打磨、装配、激光打标、视觉检测和抓取等机器人自动化工作单元组成，实现产品的多品种、小批量、无人化生产，通过智能机器人、物联网技术、远程网络监控功能，提高生产效率，降低废品率，减少生产环节、用工量，节约成本，并从根源上解决整个生产系统的安全可靠性问题。



4. 广州数控：水平机器人组线实现CNC面板自动生产工艺

4台RSP600A15水平机器人配合定位接驳台进行组线，实现CNC键盘板打螺丝、涂胶、显示屏有机玻璃模装配和部分焊锡工装的自动生产，其生产效率比人工产线提升50%以上，生产节拍缩短到原来的1/2以下，节约生产人员2~3人。



机器人应用技术突飞猛进

1. 广州数控：基于磁悬浮技术的恒压力控制自动打磨机器人

采用磁悬浮技术加入特制的软件算法和模数控制电路突破性地实现了压力自感和实时自适应，巧妙的结构设计实现了高科技与民用产品生产的结合。该系统实现了模拟现实人工打磨时的相对压力感应和实时调整，充分避免了传统打磨方法对于工件的过磨或是研磨不足而导致的品质不良问题。砂带与工件的接触压力可以在控制面板上方便地进行调节，范围在0.1~30kg。



2. 安川首钢：视觉系统扩展机器人应用领域

安川首钢在其铸造件生产系统中展示了自带视觉系统的新型通用机器人Motoman-MH24, MotoEye-2D 机器人视觉系统可以根据机器人视觉传感器对输送线上的工件进行位置与姿态检测，机器人根据视觉位姿信息动作，精确定位工件，实现准确抓取。该机器人还具有伺服浮动功能，专用于工件上下料，防止从模具卸下铸造件时卡死现象的出现。此外，其自动换手装置ATC可实现机器人对抓手的自动更换，实现多种用途的自动切换。



各具优势的机器人单机新品

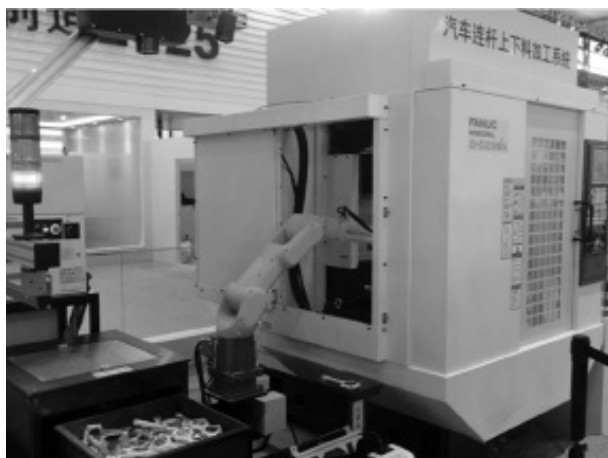
1. KUKA：轻型灵敏机器人LBR iiwa7 R800

齿轮箱装配应用工作站中展示的轻型灵敏机器人LBR iiwa7 R800是KUKA的一款明星产品，采用7轴仿人手设计，负载7kg，最大工作范围800mm，重复精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 。采用全铝外壳，大幅减轻了重量并提高了安全性，有很好的灵敏性和响应性。无边缘流线型设计，消除了挤压和剪切危险，降低了人机协作时的风险。在所有7个轴上都配置了扭矩传感器，组装过程中，可施加力量，利用内置传感器，通过力量和位置来监测安装是否正确。利用所集成的校正传感器，能自动自我校正，无需使用电子校正装置，节约调试时间。



2.FANUC：新品协作机器人CR-7iA小身材大作用

在FANUC展台的“黄色海洋”中，有一抹绿色显得格外与众不同，它就是FANUC 2016年全新推出的可搬运质量为7kg的协作机器人CR-7iA。相较于之前推出的CR-35iA，CR-7iA更为小巧、紧凑和灵活，适用于机床上下料、电子产品装配等领域的人机协作。完善的安全功能使CR-7iA能在没有安全围栏的情况下与人一起并肩工作。

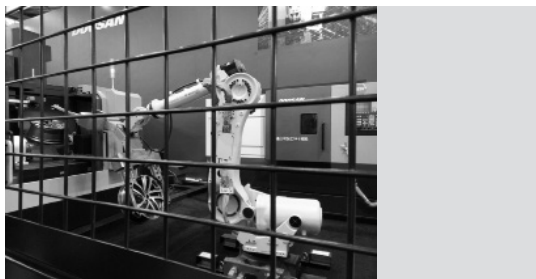


3.大连机床：小巧玲珑的DRV-F系列工业机器人

以“大连机床、智造明天”为主题的展区前，一排智能机器人精彩的舞蹈表演成为参展者关注的焦点，四个DRV-F系列工业机器人动作整齐划一，踏着音乐节拍翩翩起舞。DRV-F系列6轴关节机器人，可应对复杂的组装、加工动作，小体积、细长手臂，更轻便、更大的动作范围，设置环境不限，用途多样。



三菱：用于机床上下料的桁架机器人



FANUC：用于汽车轮毂上下料的大负载机器人



ABB：IRB系列机器人



台湾上银：SCARA水平机器人

结语

回顾本次展会，我们发现，工业机器人与数控机床的关系越来越密切，已然成为自动化成套不可或缺的一部分，一方面，机床本身正在变得越来越聪明，另一方面，机器人的配套应用让我们一步步迈入智能工厂时代，与信息、网络的深度融合，进一步促进智能化工业时代的到来。自动化、无人化技术日新月异的进步让我们不禁期待下届展会将会给我们带来怎样的惊喜。□

CCMT2016磨料磨具展品评述

中国机床工具工业协会磨料磨具分会

透过本届展会可以明显地看到CCMT2016展品数量众多，不乏新品、精品，展品种类和数量远超历届展会，展示了全球机床工具制造业最新技术和产品成果。国内外磨料磨具企业积极参展，磨料磨具参展企业普遍展示出了高档磨料——陶瓷微晶刚玉、立方氮化硼磨料、金刚石磨料为原材料的精密磨具，特别是陶瓷微晶磨具适合中高档数控机床、磨床和自动化生产线，特别在曲轴磨、轴承磨及平面磨床中广泛应用。另外国外磨料磨具企业除了正常展出的高档磨具以外，此次特别展出了普通氧化铝磨料和绿碳化硅为原料的白刚玉和绿碳化硅平形、碗形、杯形细粒度号500[#]以细的普通磨料磨具及1000[#]以细的油石条，让国内磨料磨具企业的参观者眼前一亮，普通磨料磨具外观精美、组织密度均匀，突破了国内生产普通磨料磨具320[#]以细的极限，令大家叹为观止！

当前国内磨料磨具企业面对中低端产能过剩、高端产品供不应求的严峻挑战。CCMT2016的圆满举办是我国实现装备制造业转型升级的一次积极行动。随着2011年下半年起我国磨料磨具行业步入下行通道以来，在多年发展中存在的问题进一步凸显出来，低价、不公平竞争归根结底还是产能严重过剩、企业研发能力不足、市场竞争乏力。这充分说明我国磨料磨具企业在应对整体市场下行调整与转型升级的双重压力之下，必须伴随我国经济调整转型的继续深化而变化，以《中国制造2025》的实施对中国机械工业带来发展的时机，紧紧抓住“供给侧结构性改革”这个全新主题，在坚守品质的前提下，诚信经营，在产品研发中求变，变中不断突破，以可信赖的品质赢得多层次客户的需求；在市场新环境、新格局下，走出一条质

量高、效益好、结构优的发展新路，展现企业新作为，提升国内外市场核心竞争力。

2016年磨料磨具整体市场仍将处于下行调整区间，但下行幅度较之去年有一定程度收窄，市场需求结构升级将更趋于明显。作为工业发展的基础材料和工具，磨料磨具企业如何突破传统工艺，在最擅长的领域做最专业的产品制造者，为机床、磨床、自动化成套、客户个性化订制共同创新、升级、发展，对于进入国内外市场竞争的中国磨料磨具企业来说，这是需要注意、思考、分析和积极应对的一个课题。在此，对本届展会的有关磨料磨具方面的情况进行简单的介绍和评述。

磨料磨具展商及展品

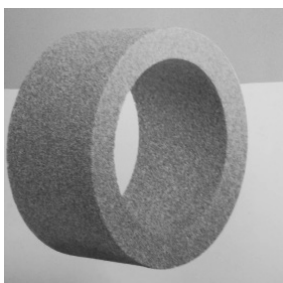
参加本届展会的磨料磨具国内厂家有江西冠亿研磨股份有限公司、常熟巨力砂轮有限责任公司、郑州捷利达研磨制品有限公司、福清市融马砂轮有限公司、宁波万福磨料磨具厂、日照经济开发区威斯顿陶瓷材料科技有限公司、淄博锐捷研磨科技有限公司、淄博泰川磨具有限公司、郑州宇峰研磨材料有限公司等。

CCMT是CIMT的姊妹展，自CCMT2014在国际化和专业化等方面进行了里程碑式的升级后，今年的CCMT2016更上一层楼，在规模上再创历史新纪录。参展CCMT2016的国外磨料磨具企业有：HERMES、NORITAKE、EFFGEN LAPPORT、日本株式会社金刚砥石制作所等。

1. 江西冠亿研磨股份有限公司

江西冠亿研磨股份有限公司是磨料磨具分会副理事长单位，CCMT2016是第一次参展，公司配备有国内一流的自动化陶瓷和树脂砂轮成型设备；建有一座98米长目前亚洲最长、最为先进的全自动化控制隧道窑炉；产品加工采用金刚石数控车磨等加工设备。通过技术创新和改造升级，由单一生产普通陶瓷砂轮发展成为生产高精密磨削陶瓷砂轮、树脂砂轮和金刚石砂轮，企业生产能力每年8000吨，转型升级给企业发展带来了很大的提升和进步，产品远销欧洲、南美、中东、东南亚、非洲和台湾等国家和地区。

江西冠亿展品



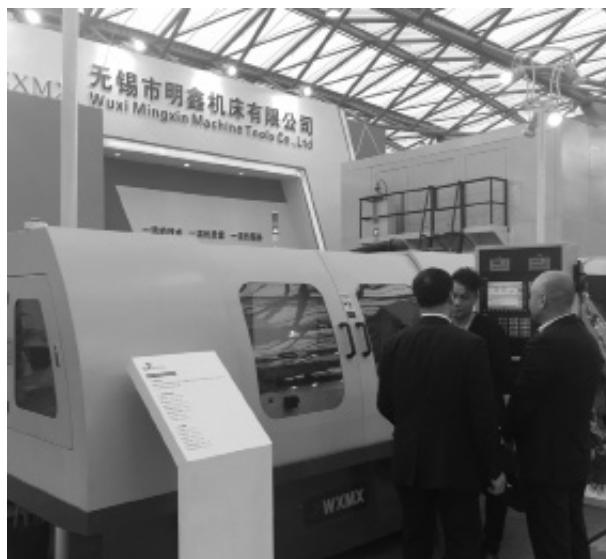
外圆磨砂轮



蜗杆磨砂轮



特种异型 粘盘砂轮

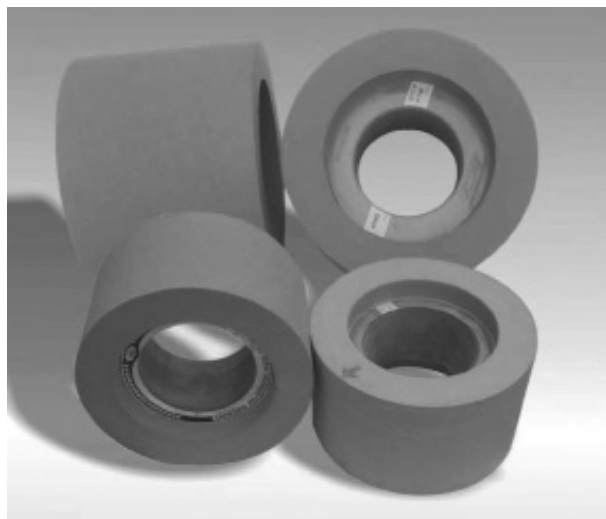


分会在CCMT2016展会上对磨料磨具的下游企业进行了走访，了解到无锡、广东、浙江、昆山等机床厂都在使用冠亿的配套磨具。

2. 常熟巨力砂轮有限责任公司

常熟市巨力砂轮有限责任公司是分会常务理事单位，作为一家民营企业。2016年，巨力加大了科技创新投入比重，引进先进工艺和自动控制设备，研制开发采用SG磨料生产的低温陶瓷结合剂砂轮。SG磨料是革命性新一代氧化铝磨料，硬度高、韧性好、锋利度强、使用范围广，代表了磨具行业发展的主流方向，能满足客户对高性能产品的需求。

常熟巨力展品



无心磨砂轮、无心磨导轮



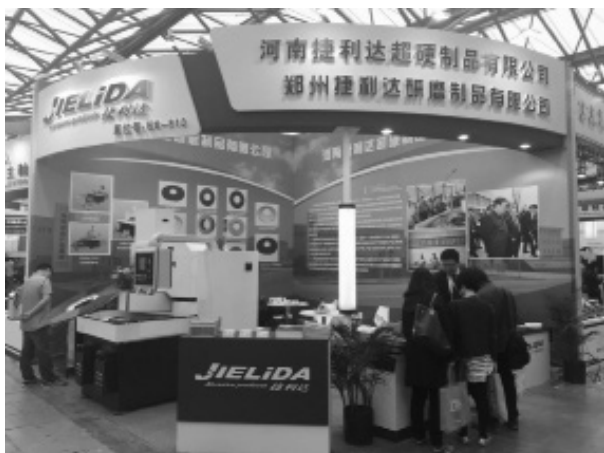
三角牌磨具

巨力的无心磨砂轮和无心磨导轮不仅在CCMT2016上受到了参观者的青睐，在日常的生产销售中也是产量最高和销售最好的，目前国内的多个机床厂在配套使用。

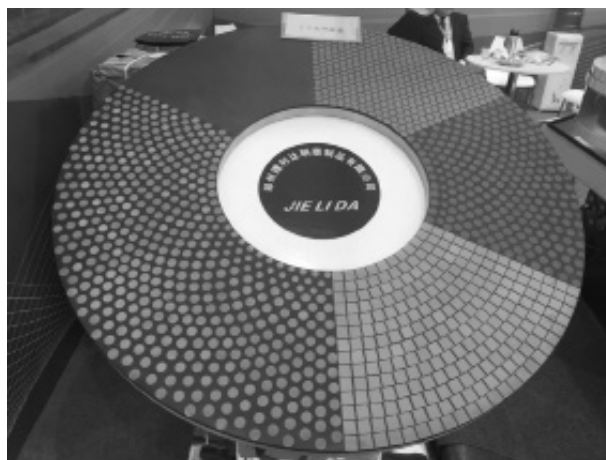
3. 郑州捷利达研磨制品有限公司

捷利达是磨料磨具分会会员企业，是一家专业研发、生产、销售服务于一体的双端面精密研磨高新技术企业。公司自主研发生产的双面磨研磨机主要技术指标如平面度、平行度及粗糙度 Ra 均达到或超过国际先进水平。CCMT2016也给他们带来了很大收获，展会期间来自台湾的参观者对他们的展品——双面研磨机非常感兴趣，与公司技术人员进行了两个多小时的深入探讨。

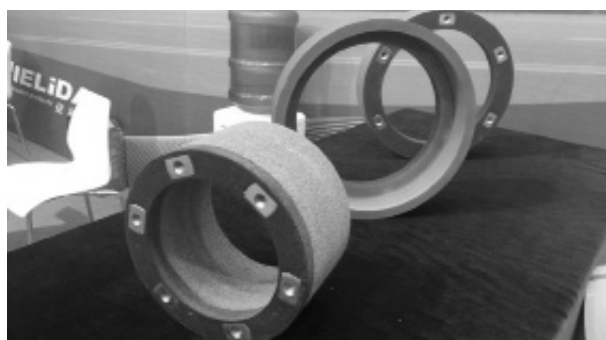
捷利达展品



双面磨研磨机



1.2米CBN研磨盘



螺栓紧固树脂砂轮



CBN修整砂轮

4. 福清市融马砂轮有限公司

福清市融马砂轮有限公司是连续四届的CCMT参展商，他们认为每一次参展中国数控机床展CCMT都是对他们品牌与市场的一次累积，是对于高端砂轮的一个重要宣传渠道，能面对面的和参观者交流，让客户很好地感观到砂轮，进一步了解产品。这次在CCMT2016上有许多合作意向的客户，要求样品测试，其中有一家跨国轴承企业就有意开展国产化高端磨具项目合作，从而代替进口砂轮。

福清融马展品



RIHON蜂窝气孔砂



RIHON树脂强力磨和螺纹磨



RIHON成型磨和蜗杆磨



RIHON磨滑雪板砂轮

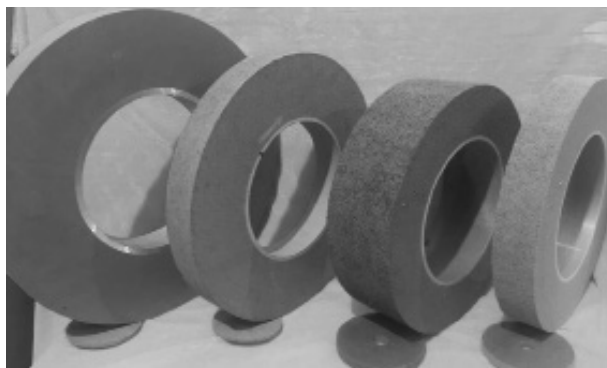


RIHON工具磨

5. 郑州宇峰研磨材料有限公司

郑州宇峰研磨材料有限公司成立于1995年，是专业生产磨削、研磨、抛光磨具，主要产品有：PVA海绵抛光轮、海绵陶瓷轮、可弯曲磨片、强力纤维轮、玻璃除膜轮、网布基体磨片等。一直以来公司注重产品研发、升级，实现产品从低档向中高档转化。特别是在注重培养精品客户方面，郑州宇峰从中受益匪浅，客户化定制不断给他们带来了生机和活力，CCMT2016上更是显现出这个营销优势，直接和客户签合同1家，有意向合作的企业3家。

郑州宇峰展品



卷紧轮和PVA轮



卷紧轮

6. 宁波万福磨料磨具厂

宁波万福磨料磨具厂是CIMT和CCMT的连续5届的参展商，每届展会上都有不少收获，专业从事小砂轮、带柄小磨头研发和生产的股份制企业。并引进德国NABERHRM炉具，主要生产陶瓷结合剂CBN系列、陶瓷结合剂金刚石系列、SG系列、刚玉系列、碳化硅系列的各种形状、粒度的小砂轮、带磨杆、带柄小磨头及精磨超珩磨油石。万福的小磨头以它独特的配方和同轴度好的优势，在CCMT2016上与13家潜在客户见面，有意向的客户3家。

宁波万福展品



CA磨头



CBN超精油石



CBN内圆磨系列

总体评述

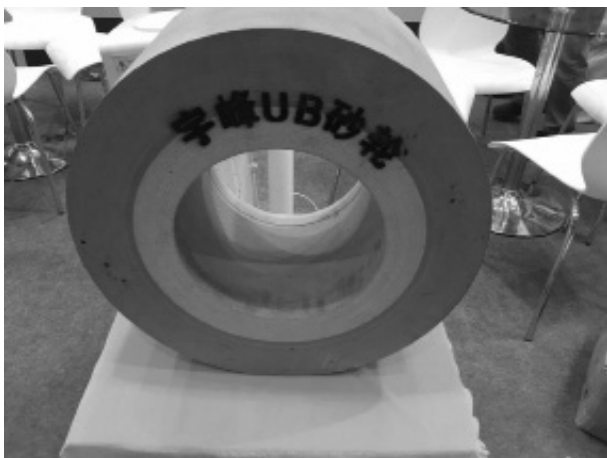
走进CCMT2016,可以深切感受到展品数量众多,不乏新品、精品,范围涵盖了金属切削机床、金属成形机床、特种加工机床、柔性加工单元、自动化生产线、工业机器人、工量具等,展品种类和数量远超历届展会,展示了全球机床工具制造业最新技术和产品成果,这些从CCMT2016磨料磨具展品新产品数量增加的亮点中可以看到:

(1) 作为传统磨料,陶瓷刚玉磨料(国内外也称作SG磨料、微晶陶瓷磨料)和陶瓷微晶磨具、CBN、金刚石磨料磨具得到了普遍应用。从各类磨具展品可以明显感觉到外观都有进一步的改进,从原材料、尺寸精度、内在性能的提升、形状的保持性、磨削力等方面都比CCMT2014有了较大提升;在CCMT2016磨料磨具企业展位上基本上都可以看到陶瓷刚玉磨料,它作为一类性能优异的新型刚玉磨料产品,以其优越的磨削性能和

较长的使用寿命,在韧性不锈钢、耐热合金、滚刀拉刀等难磨削材料加工方面显示出明显的优势,成为近二十年来普通磨料磨具领域的重大技术突破。目前此类新型磨料已在国内山东鲁信高新技术产业有限公司、福清市融马砂轮有限公司等单位生产。同时山东鲁信高新技术产业有限公司、江西冠亿研磨股份有限公司、常熟巨力砂轮有限责任公司、福清市融马砂轮有限公司、山东义百度磨料磨具有限公司、日照经济开发区威斯顿陶瓷材料科技有限公司、淄博锐捷研磨科技有限公司等多家企业生产,并且在刀具、齿轮、轴承、汽车配件等领域成功应用。但在陶瓷刚玉磨料产品系列细分方面,国内企业和法国圣戈班集团、美国3M公司还有一段差距。这就需要企业必须清醒的认识到要创新、要有像样的产品,还停留在原来的发展模式上,很难实现转型升级,在新常态下创新升级将成为企业唯一出路。

(2) 国外磨具产品继续在外形加工上采用了先进的数控车床加工设备及金刚石工具,使得各种异型加工得以实现,并确保几何尺寸和形位公差达到机械加工行业的水平。国际磨料磨具行业新技术、新产品发展速度之快,我们深感与国际先进水平依然存在着一定的差距,磨料磨具企业需要做好长期调整转型的准备,以市场为导向,满足客户的不断升级、变化的需求。CCMT2016上特别值得一提的是日本株式会社金刚砥石制作研究所的500#以细的普通磨料磨具和HERMES的CBN外圆磨,在国内使用普通氧化铝和碳化硅磨料制作320#以细的磨具产品都是极限,生产出来的废品率达到了50%。而金刚的500#、800#的平形、碗形砂轮,和1000#、1200#的油石条确实令人惊叹。HERMES的CBN外圆磨,机体采用的碳纤维材料,转速达到了120m/s,目前国内企业中还未见到此类产品,这些也正说明了国内磨料磨具企业与国外企业还有一段差距,需要加大研发投入,引进国外技术人才、新技术、新材料,突破这个技术发展瓶颈。

(3) 无心树脂抛光轮发展很快,加工工件的精密度的有所提高。2015年下半年到目前,国内企业在寻找可以替代日本进口的无心磨,降低成本无疑也是一个突出的亮点,在进口磨具和国产磨具转换过程中,国内企业要把握住发展机遇。参展企业郑州宇峰就是从中找准了自身的产业链定位,无心树脂抛光轮已经替代了日本进口,2016年上半年无心树脂抛光轮的订单大幅增加,实现了客户个性化定制的换挡升级,以新的作为开发适销对路的产品来积极应对市场的变化。

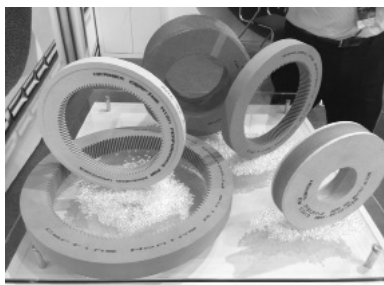


CCMT2016参展展品：无心树脂抛光轮

(4) 在金刚石磨料磨具发展势头强劲的同时，国外各种低温陶瓷结合剂及低温烧成工艺制造的高速磨具几乎全部

用于数控机床。但值得一提的是在展会上可以清晰的看到在加工工件过程中超硬材料并不能全部替代传统磨料磨具，例如成形磨砂轮，因为机床对砂轮转速要求不能过高，一般情况下不超过 45m/s ，否则砂轮会在机床运转中破裂，例如在展会上看到的MX3001数控内外圆万能磨床就是使用的国产传统无心磨砂轮和导轮，在磨床内部可以看到厂家提示：砂轮转速不能超过 45m/s ，而且是用两片砂轮叠加来提高磨削效率。据展会上对中高档机床厂家进行了调查，分会组团的参展企业江西冠亿、常熟巨力、福清融马、日照经济开发区威斯顿等企业生产的磨具产品正在被国内多个机床厂在使用，这个现象可喜可贺。记得分会在CCMT2012的展会上对众多机床厂家进行调查，不少机床厂使用的都是进口的磨具产品，国内生产的高档磨具并未大批量进入国内机床厂。这也充分说明了磨料磨具行业的企业们在转型升级、创新引领发展、新品新技术方面的一个进步和提升。

HERMES展品



珩磨环



成形磨



CBN外圆磨

EFFGEN LAPPORT展品



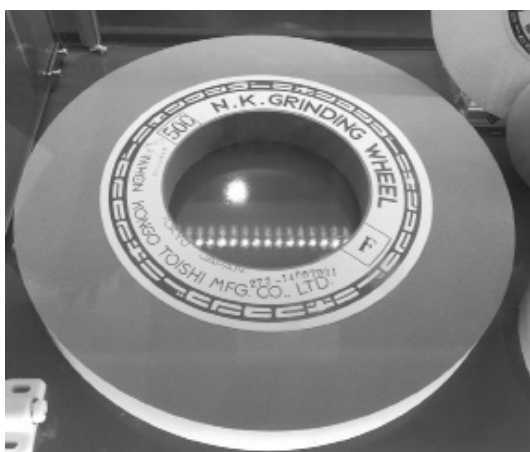
齿轮磨、CBN、金刚石砂轮

日本株式会社金刚砥石制作研究所展品



普通磨料500#、800#、1000#平形、碗形、杯形砂轮

金刚展品



500#平形砂轮



800#普通砂轮

NORITAKER展品



齿轮磨和陶瓷CBN砂轮

相关建议

目前中国经济步入了新的发展阶段，增速放缓、结构调整和动力转换成为新阶段的主要变化特征。“需求总量明显减少，需求结构加速升级”的市场特征正日益凸显。市场需求结构升级的主要方向为自动化成套，客户化定制和普遍的换挡升级。这恰恰也是当前磨料磨具行业企业的短板，如何引领行业企业随着需求结构升级的不断加速的事实，而能积极投入到供需双方的紧密连接中，从中受益并得到换挡升级！创新引领发展，行业协会在经济新常态下找准定位，积极为行业提供服务和交流平台，可以通过和国家级磨料磨具研究所、机床研究所、大专院校等合作方式建立磨料磨具行业磨削实验基地，有针对性的运用机床、磨床等磨削设备，为磨料、磨具企业提供准确、真实的磨削实验依据。取代磨料磨具企业盲目凭经验推销产品的方式，更好地找准突破口，有效地过渡到用优质的产品和科学、真实的实验数据说话，理性的和下游客户进行交流、合作！也将为行业研发、标准制定、规范行业行为起到积极的促进作用！另外当前经济下行压力仍在加大的新常态时期，行业间的合作、共求发展在显得尤为重要，通过协会的这个服务平台的作用，积极组织机床、工具行业与磨料磨具行业对接会，国内外磨料磨具企业新产品、新技术、新装备交流会、磨料磨具行业技工培训等等形式，对创新科技成果在上下游行业、国内外企业中进行宣传和推广，通过提高生产操作技工的等级水平，提升磨料磨具产品的品质水平，进一步促成供需双方的深入交流和合作，行业协会在“提供服务、反映诉求、规范行为”方面助推国内企业产业结构向中高端提升。

2016年是“十三五”规划的开局之年，中国经济局面已经出现了止跌企稳的局面，这需要依靠高端制造业和现代服务业等新的经济增长点，需要在国家、政策支持下以及行业专家和企业家的共同努力下，打造磨料磨具行业升级版。□

CCMT2016数控可转位刀片周边磨床 展品评述

陕西汉江机床有限公司

姚博世

众所周知，我国已成为世界上装备制造大国，不言而喻，我国也是世界上刀具消费大国，硬质合金、CBN和陶瓷刀片可转位刀片的需求量也快速长，从而孕育了数控可转位刀片周边磨床的巨大市场，目前国内高档数控可转位刀片周边磨床主要依靠进口，据悉我国骨干企业的进口量接近百台左右，中等刀片生产企业进口量也在十几到几十台不等。进口设备价格昂贵，以阿格顿（AGATHON）的400 Combi Plus型机床为例，该机床根据配置不同每台售价约600~800万元人民币。

主要展品介绍

CCMT2016展会上有陕西汉江机床有限公司、天通吉成机器技术有限公司、济南博特威精密机械有限公司、瑞士阿格顿（AGATHON）等四家公司展出了数控可转位刀片周边磨床实物，还有几家公司展出了手动周边磨床实物。

陕西汉江机床有限公司此前承担了国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项项目并研发成功2MZK7150全自动数控可转位刀片周边磨床，供高端用户使用。该公司根据我国实际情况及用户需求，研发了这次展出的2MK7130数控周边磨床（见图1）。考虑到机床性能和价格，优化了机床功能，以高精度和较为经济的价格推向用户。

机床采用西班牙发格（Fagor）数控系统和交流伺服系统，选用高精度进口位置检测和反馈元件。主要用于磨削典型可转位刀片周边曲线的精密加工，可磨削的刀片形状：三角形、四方形、正方形、长菱形、多边形及

圆形等符合国家标准GB/T2078-2007（带圆角圆孔硬质合金可转位刀片）、GB/T2079-2007（无孔硬质合金可转位刀片）、GB/T2080-2007（带圆角沉孔硬质合金可转位刀片）规定的硬质合金可转位刀片，也可用于磨削陶瓷可转位刀片及形状复杂的非标准刀片的周边磨削加工。非标准刀片周边磨削时，可根据需要配备特殊夹具。

机床由床身、十字工作台、回转工作台、砂轮主轴、头尾架（工件主轴）、砂轮修整器、数控系统、自动测量装置、自动上下料机构、液压系统、润滑系统、冷却系统、机床防护等组成。主要结构特点：

（1）机床床身为高强度铸铁，经人工时效处理，性能稳定，机床的所有运动部件都装在上面。

（2）直线运动轴(X)：砂轮横向进给运动，由交流伺服电机驱动，经高精度减速机通过滚珠丝杠副驱动磨头横向进给，采用全闭环系统控制；选用进口滚珠丝杠副和丝杆专用轴承。

（3）回转轴：工件主轴回转（B轴）、转台旋转摆动（C轴）二轴均为回转轴，采用消除蜗杆蜗轮精密传动；由伺服电机和进口高精度圆光栅实现全闭环控制。

（4）主运动：砂轮主轴的旋转运动，由外置主轴电机驱动，选用进口高精度主轴轴承。

（5）夹紧机构：由液压驱动尾架顶尖，实现刀片夹紧，夹紧力大小可调。

（6）自动测量装置：检测工件装夹误差和完工零件精度检测，根据检测结果，对加工工艺参数进行微调。

（7）自动上下料机构：由两坐标电缸驱动，辅以旋转料台、机械手协调完成上料。工件定位安装在上料电缸上，定位中心调节方便快捷。下料由传输带将工件运

送至集料盒。

(8) 砂轮修整器：砂轮修整器固定在床身右侧，可实现自动修整、自动补偿。

(9) 机床导轨：选用进口精密滚柱式直线导轨。

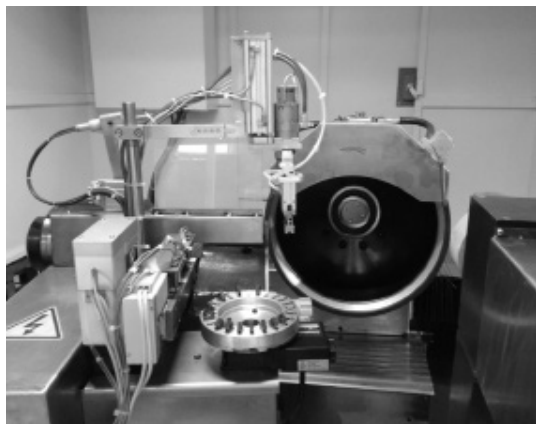
(10) 冷却分离系统：工件冷却选用专用磨削油冷却，自然沉降分离利于磨屑的回收利用。可根据用户要求选用其他分离方式。

(11) 防护系统：全封闭安全防护罩壳，配备进口高效油雾分离装置。

机床主要工作精度

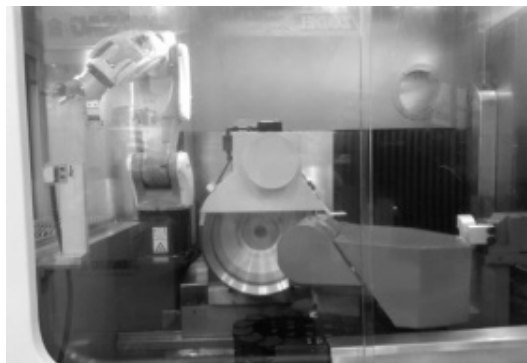
工件尺寸精度	优于0.005mm
轮廓误差	0.01mm
切削角度误差	< 5'
表面粗糙度	Ra0.2 μm

图1 2MK7130数控周边磨床



天通吉成机器技术有限公司是上市公司股份旗下的专用高档装备研发、制造、销售和服务的子公司，近年来也瞄准可转位刀片市场，针对硬质合金、陶瓷以及CBN等材料的刀片磨削，研发了系列刀片数控周边磨床，展会上展出了公司最新研发的CPG360可转位刀片磨削中心（见图2）。机床采用力士乐MTXmicro数控系统和交流伺服系统，选用FANUC六轴机械手上下料，有两个料盘供上下料。机床可配备一个离线和一个在线两个砂轮修整器，在线砂轮修整器对砂轮进行清理，保证砂轮磨削时的锋利。机床主要结构基本和瑞士阿格顿机床相似。机床旋转轴的定位精度为0.005°，X轴（砂轮进给轴）定位精度0.005mm，Y轴（工件摆动轴）定位精度0.01mm，砂轮电机功率7.5kW。

图2 CPG360可转位刀片磨削中心



济南博特威精密机械有限公司主要从事刃磨设备的开发研制，本届展会展出了一台250PA-CNC PLUS数控可转位刀片周边磨床（见图3）。机床控制系统为西门子SINUMERIK 828D数控系统，配备有AE声纳系统、自动测量系统、砂轮自动修正系统、自动上下料系统。从该机床的功能、结构来看，基本上是测绘阿格顿（AGATHON）250PA-CNC PLUS机床，数控系统做了重新配置，机床机械结构复杂，略显落后。机床加工精度0.005mm。

图3 250PA-CNC PLUS数控可转位刀片周边磨床

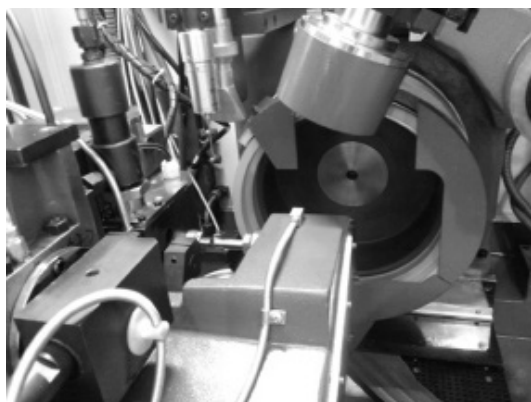


图4 250Leo Peri全自动数控可转位刀片周边磨床



阿格顿 (AGATHON) 是生产机床和标准部件的公司, 生产的数控可转位刀片周边磨床取得了巨大的成功, 其磨床已销售到国内许多公司, 代表产品有250Leo Peri、350Dom Semi、400Combi Plus等系列的成熟机床, 整体水平应该可以代表国际先进水平。此次展会展出了250Leo Peri全自动数控可转位刀片周边磨床 (见图4)。该机床采用力士乐MTX数控控制系统, 可用于磨削硬质合金、金属陶瓷、CBN、PCD等材料。X、Y、C轴用直线电机和力矩电机直驱; 配备有完全集成的三轴机械手, 支持4到6个料盘; 磨削区域全封闭, 湿磨区域独立, 与上下料系统分开, 从根本上降低了设备故障率。砂轮在线修整适用于磨削各种材料; 图形化的用户界面方便操作, 图像识别系统可识别和校正工件; 机床还配备有2D压力测量系统检测磨削是的方向和切向力, 用于优化和控制加工过程。具了解加工工件尺寸一致性可达0.002mm。该款机床的售价约50万美元。

结语

随着我国由制造大国向制造强国的转变, 中高档可转位刀片的需求将会增大, 倒逼以手动方式生产低端可转位刀片的公司转型升级, 对数控可转位刀片周边磨床的需求也将会增加。通过对CCMT2016展会展出的国内外几家公司生产的数控可转位刀片周边磨床的对比可以看出, 国内可转位刀片周边磨生产还处在借鉴国外先进机床阶段, 机床的精度、自动化程度、可靠性等方面与国外还有很大差距, 希望国内的生产厂家相互学习、沟通, 共同提高为我国工具行业提供高品质的装备。国外机床价格昂贵, 阿格顿公司的250Leo Peri、350Dom Semi、400Combi Plus售价大约为300、350~380、600~800万元人民币, 这也为国内机床生产厂家提供了一定的机会。□

感受机床产品的几大变化

—— CCMT2016 展会观感

天水星火机床有限责任公司

黄玉明

以“新环境、新格局、新作为”为主题，4月11日~15日，由中国机床工具工业协会主办的第九届中国数控机床展览会（CCMT2016）在上海新国际博览中心举办。在本届展会上，汇聚了当代机床工具的最新制作技术，展品类型多，精彩纷呈，展品范围涵盖了金切机床、金属成形机床、特种加工机床、柔性加工单元、自动化生产线、工业机器人、控制系统与自动化元器件、功能部件、量具刃具工卡具、计量与检测仪器等相关产品。

作为一名机床行业专业观众，我本人从始至终参观了整个展会，对机床产品的一些变化感受很深。

一、制造在向“智造”转变

《中国制造2025》和德国工业4.0提出的智能制造是面向产品全生命周期，实现泛在感知条件下的数字化制造。此次展会上，沈阳机床集团首次推出世界首创平台型i5智能机床M8系列成为亮点。从这个方面来看，沈阳机床无疑成为了行业的领头羊，给全球机床行业带来一个新的亮点，同时也为同行业提供了一个发展方向。沈阳集团最大的优势在于拥有自己开发的控制系统，不会受到传统系统开发习惯的约束。例如：“分步编程”、“切削参数查询”或者“图形诊断”这些特殊的，用户化特殊定制功能将会不断满足实际加工需要。总之，我个人认为，从今年展会整体来看，机床制造行业已经和互联网紧密结合起来了，作为机床从业者，我们要深刻认识到这一点，积极促进机床的制造和操作向智能化、自动化、集成一体模式发展。

二、从单机向整体加工解决方案转变

从制造机床向整体加工解决方案转变，作为一名机床制造从业者，我深感机床制造必须以解决用户“痛点”为目标，应该与信息、网络深度融合，数字化制造技术取得新进展。参展的众多数控机床，利用现代网络、通讯、信息、物流以及云计算、移动通讯等新技术，将设备、产品、物流、设计与工艺技术和人之间进行深度融合、无缝连接。自动化技术日新月异，无人化生产技术深入发展。自动化的技术与产品是本次展会最活跃的因素，人工智能让机床变得越来越聪明，单机自动化、柔性制造单元、自动生产线、工业机器人、自动化元器件等展品成为展厅里的焦点。





桁架结构自动生产线

总体来说集成度高，自动化程度高，质量可靠，无故障运行时间、工序能力指数水平平均很高，重庆机床（集团）有限责任公司的国产生产线很具代表性，值得关注，ZDX200汽车变速箱齿轮加工自动生产线。最大零件加工直径260mm，最大加工模数6mm，机械手夹持重量12kg，工序能力指数 $Cpk \geq 1.67$ ，齿轮精度国标6级，整线无故障运行时间MTBF $\geq 900h$ ，机械手水平轴/垂直轴运行速度100/65 m/min，机械手重复定位精度 $\pm 0.1 mm$ 。

宁波海天精工股份有限公司HPC650-FMS柔性线。由HPC650高速卧加、三层立体库、全新自主研发的堆垛机以及信息处理控制系统组成。主机数量与库位可根据客户需求拓展，行架式刀库容量171把，最大可扩大将近300把，设有损坏刀具区域，主机配备激光对刀仪。

该结构使用厂家还有：日发精机、纽威数控、台湾油机为代表，都展示了先进的技术，和应用配置的合理性。

从我个人角度认为，尤其是结合我们公司实际加工情况，虽然可实现批量生产和加工，但是在各个展位尤

其咨询专业柔性单元供应商后，可能会受到单个工件重量的制约，抓取、转送工件不超过50kg，所以只适合于批量化、单个零件轻量化的加工制造行业。

三、制造“芯”的转变

MAZAK公司做到了极致，本届展会展现了最新的数控系统SMOOTH,具有更顺畅的操作，更高的生产效率，强大的工厂管理支持、客户化功能扩展。智能机械加工工厂对于机床的要求，能够接入互联网络，能够实时向网络提供自身的相关信息，比如：运行状态、工作内容、工艺数据、工作进度等，并且能够接受所需的各种数据，通过智能化的功能最大程度减少生产准备工作内容，具有一定的自适应功能和自我诊断的能力。

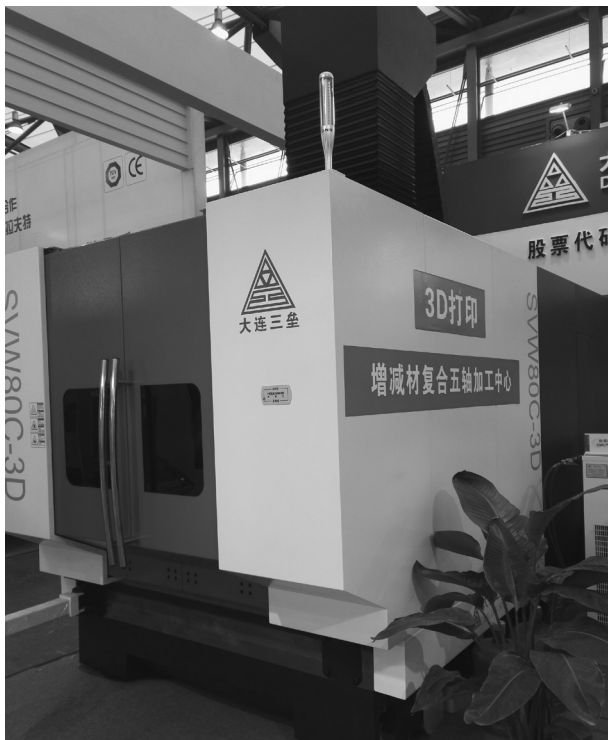
展示的最新第七代SMOOTH系统，具备了数字制造环境下数控系统和数控机床的基本功能和特点。SMOOTH的多种接口以及支持MTCONNECT（美国AMT推出的开源、免费的机床通讯标准），使之具备数控系统、设备、应用软件之间强大的连接、交互操作、信息交换与分析功能，实现对生产系统和数据信息的集中管理与共享，胜任智能化生产管理和服务的各项任务。SMOOTH还有可用于车间级管理的PC版本。MAZAK还将在展会期间介绍公司内部目前正在大力推进的“iSMART Factory”新一代智能工厂方案。



四、传统加工减材向3D增材转变

在本届展会上，展出了以3D打印技术的复合机床，该类机床以上海山善、青海华鼎、大连三垒为代表参展商，混合增材制造的原理是将增材制造和CNC加工结合在一起。通过粉末激光融化、粉末激光烧结等工艺，不断添加材料而形成零件毛坯，通过CNC切削加工从毛坯上切除多余的材料而形成最终零件。混合增材制造的优势在于结合了增材制造构建复杂结构和形状的零件的能力，和传统切削加工高效率、高精度和高表面质量的优点。极为适合零件的修复和复杂金属零件的制作。

大连三垒机器股份有限公司SVW80C-3D增减复合五轴加工中心。属金属喷粉激光熔融与立式加工中心复合机床，光纤二极管激光器，激光器功率2kW，工件最大回转直径1000mm，工作台最大承载850kg，主电机最大功率36kW，主轴最高转速12000r/min，X/Y/Z轴行程800/800/600mm，X/Y/Z快速度48m/min，A/C轴转动范围 $\pm 120^\circ / 360^\circ$ 。



青海华鼎装备制造有限公司的XF1200激光增材五轴复合加工中心，属金属喷粉激光熔融与立式加工中心复合机床，激光器功率1200W，最高送粉速率15g/min，工件壁厚1~5mm，转速20000r/min，刀柄HSK-A63，X/Y/Z行程600/450/450mm，B/C轴回转范围 $-115^\circ \sim +30^\circ / 360^\circ$ ，矿物铸造床身。



对于颠覆传统减材加工向增材模式的转变，我个人认为从很大程度上有着很重要的意义，尤其对于我们传统加工诸如：毛坯铸造、锻造环节出现的缺陷，往往在精加工阶段出现的“缺肉”或误操作而出现的废品，可以通过这种方法补救，挽回损失，具有可观的价值。

五、国内机床行业的最新研发成果

对于我本人来说，最为关注的侧重点是国内机床行业的最新研发成果，以下是我在展会期间所重点了解的机床产品情况。

(1) 沈阳机床展示多款智能卧式车削中心、五轴加工中心，其中i5T3.3智能卧式车削中心是盘类切削专家，可车削各种螺纹、圆弧、圆锥及回转体的内外曲面，专注于高硬材料的最优加工解决方案，并提供丰富的自动化接口，具备高刚性、大扭矩、节拍快、易维护等特点，加工尺寸精度可达IT6级，能够满足轴承、齿轮毛坯、法兰等盘类行业的高效、大批量、高精度的加工要求。床身上最大回转直径560 mm，拖板上最大回转直径360 mm，最大车削直径350 mm，最大切削长度500 mm，主轴最高转速4500r/min。进口套筒式主轴单元和进口线性导轨丝杠，整体液压驱动式尾台结构，高速伺服刀架，集成车间生产管理系统平台，实现产品的高精、高效加工以及车间的信息化管理。数控系统为沈阳机床自主研发的i5智能化数控系统。



(2) 济南二机床参展的XH2416×30五轴定梁龙门镗铣加工中心，主要用于航空航天行业高温钢、钛合金等大型复杂曲面零件的加工，可完全替代进口产品，A、C双摆角机械传动主轴，最大扭矩1322N·m，最高转速3000r/min，一次装夹可完成粗、精铣削加工，镗孔、钻孔、铰孔、攻丝等多种加工。该机床工作台尺寸1600×3000mm，主电机最大功率55kW，主轴最大输出扭矩1322N·m，主轴转速范围5~3000r/min，滑枕截面尺寸550×550mm，X/Y/Z轴行程3500/2900/950mm，X/Y/Z轴快速10m/min，C轴（水平摆角）±360°，链式刀库容量40把。大扭矩高转速机械五轴联动定梁龙门加工中心，固定式床身，移动工作台，固定龙门框架，机械式双摆角数控万能铣头，主轴随铣头叉形体在垂直面内绕X轴摆动（A轴），主轴随铣头摆动体在水平面内绕Z轴回转（C轴），数控系统采用SIEMENS840D-SL，用于各种铝合金、钛合金、耐高温合金和复合材料等高强度轻质材料复杂零件的高速精加工。



(3) 武汉重型机床集团有限公司CK5116B数控单柱立式车床。最大车削直径1600mm，最大车削工件高度1600mm，最大车削工件重量8t，卡盘转速范围3.15~315r/min，最大切削力40kN，滑枕行程1400mm，X/Z轴快速10m/min。动梁单柱结构，双导轨立柱整体铸造，预载恒流闭式静压导轨，大截面滑枕，海德汉光栅尺全闭环反馈，全封闭防护，主变速箱两档行星减速，X轴定位精度0.015/1000mm，Z轴定位精度0.015/1000mm。该机床从整体参数、外观防护各个方面，都集中展现了武重的制造水平。



(4) 在大型卧式回转类机床展品中，虽然不多，但展出的都是精品，尤其是沈阳集团ASCA公司展出的HoriTurn125F堪称精品机床，该机床以大气的外观和精益求精的内在品质都给观众留下很深的印象。该机床承重：12000kg，主轴最大转速：700r/min，主轴通孔直径：165mm，车削直径：1250mm，行程X/Z:800/8500，工件长度：6800mm，快移速度X/Z:15m/min，加工力矩：16537N·m。该机床最大的亮点在于机床床身导轨布局合理，排屑方便。随刀架整体移动式防护，托板防碰撞限位装置，双排屑器，其中一套安装在刀架床身档内，这种结构很值得我们同行借鉴和学习。



(5) 山东永华机械有限公司YHMC-VB63F5五轴联动立式加工中心。工作台尺寸 $\phi 660\text{mm}$, XY轴快速60m/min, Z轴快速55m/min主轴最高转速18000r/min, 主轴最大输出扭矩344N·m, A/C轴转动范围 $\pm 135^\circ / 360^\circ$ 。高速、高精、高刚性、高可靠性, 适用于汽车、航空、航天、电力等行业大型模具、三维曲面类零件的精密加工。从今年永华公司展出展品来看, 每个都是精品, 尤其是吸收国外先进设计元素, 从机床加工精度、参数范围、外观防护各个方面都是无可挑剔的。尤其是各个轴系的快移速度, 从而能够看出机械水平的先进性。



(6) 齐重数控在本届展会上参展的产品为HDFVT400 $\times 8/40\text{P}$ -MC高精度双柱定梁立式车削加工中心。该机床主要用于风电轴承内外环的全工序、高精度的硬车切削。机床配备左、右垂直刀架, 采用西门子828D数控系统, 实现X、Z两轴联动。主传动采用两档无级变速箱, 最高转速100r/min, 性能稳定可靠; 工作台采用闭式全滚动导轨, 工作台端径跳0.005mm, 刀架快速进给速度10000mm/min, 具有高速、高稳定性、高精度保持性、免维护的特点; 刀架水平、垂直移动采用闭式静压导轨, 实现高速、高精度、大切削力及微量进给; 配有8工位刀库, 右刀架采用CBN刀具圆弧差补, 桃型沟的硬车精密加工; 左刀架通过八工位刀库及刀具测量装置进行快速换刀、快速对刀, 实现挡边、越程槽、密封槽的加工。该机床以车代磨, 效率提高三倍, 真正实现了智能制造。



六、结束语

作为一名技术人员, 我深感责任重大, 要不断地学习、创新设计理念, 不断研发新产品, 以适应市场的发展需要。市场是有的、机遇也是有的, 关键是如何抓住, 只有满足用户实际需要, 解决用户的“痛点”, 才会有出路。技术实力才是企业唯一的核心竞争力, 针对目前行业低迷的市场大环境下, 唯有保持积极的态度, 提升技术实力, 不能停留在模仿、改造的阶段。我们要走自己的路, 潜心钻研, 将现有核心产品做精、做强, 从而以过硬的产品赢得市场, 赢得用户, 这样, 才能渡过难关, 迎接春天的到来。□

行业资讯

经销商分会举行第一次理事长工作会议

6月25日, 中国机床工具工业协会经销商分会在青岛召开了第一次理事长工作会议, 来自各个理事长单位的20多名代表参加了会议, 总会市场部屠景先主任出席会议。

会议首先报告了分会成立两个月以来所做的几项工作; 讨论了会费管理制度和年度预算计划; 推荐拟组建的资深专家委员会候选人; 为有效开展分会全体会员日常工作, 决定成立以大区划分的八大区域工作组, 并确定相关负责人。

会议期间, 理事长们理顺思路、聚焦任务、明确方向、工作落地。会议决定, 下半年重点抓好三项工作: ①组织部分会员单位参加9月在美国芝加哥举办的IMTS 2016国际机床展览会; 向美国机械制造技术协会(AMT)学习和交流同行经营模式和理念; 选择1-2家美国知名机床制造企业和机床经销商进行参观访问。②11月份举行经销商分会高端论坛。交流及展示分会成员转型升级成功经验和成果; 邀请国外协会交流业界战略合作; 研讨和搭载部分国内机床、工具附件、刀具夹具、控制驱动等领域供应商的合作平台和前沿科技成果。③逐步探索建立中国机床经销商信息统计方案, 尽可能在条件成熟区域开展试点工作。

会议动员广大会员单位面对行业下行压力和严峻经营形势, 要振奋精神, 继续抓好自身经营模式, 调结构促转型。要不断巩固和发展与国内机床制造企业的深度合作, 为国产机床工具行业的供给侧改革继续承担经销商的责任, 并做出应有的贡献。(屠景先提供)

加速行业结构调整 探索新的发展道路

—— CCMT2016 展会观感

北京第二机床厂有限公司技术部

柴艳华

作为机床工具中的精加工设备，数控磨床成为CCMT2016展会上一道亮丽的风景线。此次展会有境内外49个磨床厂家共展出了近110台磨床产品。主要是非圆、精密、复合、超高速、智能化、柔性化、专用型等展品。其中包括了随动式数控偏心轴磨床、六轴数控工具磨床、高精度数控无心磨床、平面磨床、数控内、外圆复合磨床等系列机床。如：北京第二机床厂有限公司的B2-K1026随动式数控偏心轴磨床，上海机床厂有限公司的H367数控随动高精度偏心轴磨床和H202/1数控开槽磨床，柯尔柏斯来福临机械（上海）有限公司的STUDER S11万能磨床，STUDER RS15工具磨床，ORBIT 48CNC平面磨床。江西杰克机床有限公司的JKM8320A CNC/CBN数控凹面凸轮轴磨床。无锡市明鑫机床有限公司的MX-2001数控深孔内圆磨床、MX3001数控内外圆万能磨床。台湾荣光机械股份有限公司的GT-520G工具磨床等等充分展现了磨床行业的发展水平。

一、非圆、随动磨削、智能化技术发展迅猛

随着工业化和信息化相融合的发展，我国汽车、能源、船舶、航空航天等行业对机械零件的加工精度要求越来越高，对专用高档数控磨床的需求也日益提高。此次展会涌现出了一批制作精良、专用性强的针对凸轮轴、凹面的随动高精度偏心轴磨床，针对油泵油嘴行业的针阀磨削技术的专用数控磨床，不论在机床数量上、还是机床磨削性能、精度、智能化方面都较往年有大幅提高。

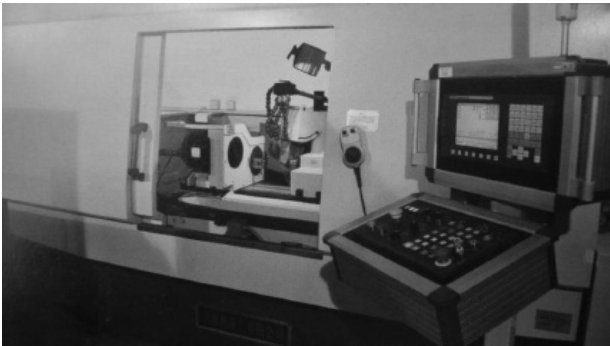
北京第二机床厂有限公司此次展出的是一台自主研



B2-K1026随动式RV减速器偏心轴磨床

发的B2-K1026随动式RV减速器偏心轴磨床，采用随动式（切点跟踪）磨削技术，3轴数控，通过砂轮架（X轴）与工件回转轴（C轴）进行数控联动的全闭环控制，可以实现一次装夹，完成对偏心径和主轴径的一次性磨削。主要适用于偏心轴生产线成线配套使用和批量精密加工。对比传统的采用偏心夹具的磨削方式，其加工柔性化好、调整简单，又提高了加工精度和工作效率。该机床主要应用于工业机器人、压缩机、减速机、通用机械等行业的精密偏心轴零件的加工领域，是集复合加工技术，数控多轴联动控制技术，以及精密磨削技术于一体的专用设备。机床采用工作台固定、砂轮架十字滑台后置移动的形式，有效减少占用面积；砂轮架进给（X轴）采用直线电机驱动，闭式静压导轨结构，动态响应好，最快进给速度可达40m/s，满足了随动加工的要求；工件回转轴采用高精度滚动轴承支撑结构，配置角度编码器实现闭环控制，回转精度高，定位精准。此次展出的B2-K1026随动式RV减速器偏心轴磨床在CCMT2016数控机床展览会上获得“春燕奖”。

针对偏心轴类的大批量精密磨削，上海机床厂有限公司也展出了一台H367数控随动高精度偏心轴磨床，与北京第二机床厂有限公司的B2-K1026磨床有异曲同工之妙。B2-K1026机床采用工作台固定，砂轮架后移动的形式，相对更节省空间。这些研发成果充分体现了公司在自主创新、开发新品方面的实力，同时代表了国内高精度随动偏心轴磨床的先进水平和领先地位。两台产品均获得了“春燕奖”。

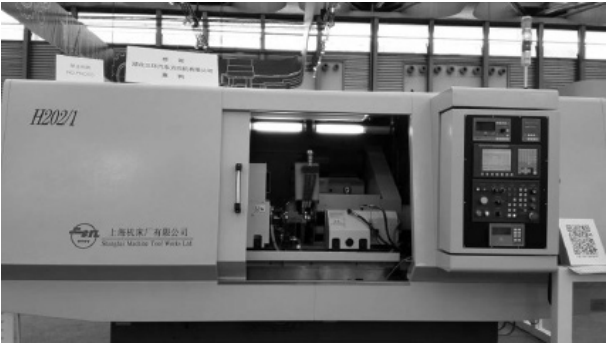


H367数控随动高精度偏心轴磨床

B2-K1026与H367规格参数对照表

项 目	单位	北京第二机床厂有限公司B2-K1026	上海机床厂有限公司H367
最大回转直径	/mm	φ 360	φ 200
最大磨削直径	/mm	φ 200	200
工件最大重量	/kg	100	30
中心高	/mm	180	125
顶尖距	/mm	320/500	500
砂轮线速度	/m·s ⁻¹	80~120	80
工件最大偏心量（冲程）	/mm	40	5
偏心相位误差	/mm	±0.005（180°）	±0.002
偏心轴径圆度	/mm	0.002	0.002
主轴轴径圆度	/mm	0.001	0.001
圆柱度	/mm	0.003	
表面粗糙度（外圆）	/μm	Ra≤0.2	Ra≤0.32

此外上海机床厂有限公司还展出了高效磨削智能加工单元和H202/1数控开槽磨床，其中高效磨削智能加工单元以MK1620为基础综合系统集成，将高精度数控磨床、自主研发设计的轴类零件测量仪、自动上下料机械手进行了智能化的系统集成，形成一套新型智能化生产线用的轴类零件磨削加工检测一体化单元，从不同方面彰显了公司在磨削领域的技术实力。



H202/1 数控开槽磨床

H202/1数控开槽磨床是用于大批量磨削轴类零件成型环槽的设备。该机床采用FANUC数控系统分别控制砂

轮进给和修正器的进给，能在一次装夹的条件下完成轴类零件的成型环槽自动循环磨削。具有砂轮快速进给，粗、精、微磨削，自动顶紧工件，工件转速自动切换，自动补偿及循环动作安全联锁等多种功能。机床采用后置式成型金刚滚轮完成砂轮的修整，极端情况下可实现边磨边修，保证机床的磨削效率和磨削精度。此机床最大磨削长度500mm，最大磨削直径φ320mm，中心高200mm，砂轮规格φ750X50X305mm，砂轮线速度50m/s。工件圆度可达0.002mm，圆柱度可达到0.004mm。

济南四机数控机床有限公司此次展示了MKS1620B/500数控高速端面外圆磨床和J4K-073全自动数控油针尾杆专用磨床。J4K-073全自动数控油针尾杆专用磨床主要适用于军工、航天航空、量具、油嘴油泵等小型精密零件的加工领域，并配置机械手实现自动上下料。其机床主要特点有：

- (1)采用了进口五轴数控系统，内装PLC液晶显示。
- (2)砂轮架进给和工作台移动均采用交流伺服电机通过滚珠丝杠驱动，砂轮架进给均采用进口直线导轨，工作台采用液压油强制润滑平-V导轨，保证进给精确、灵敏。

(3)机床采用桁架式机械手为机床上下料,实现工件的全自动磨削。

(4)砂轮主轴轴承采用大锥度、多油楔动压轴承,回转精度高、刚性好、可实现成型磨削加工。

(5)头架电机采用交流变频调速装置、实现无极调速。

(6)机床配置顶料机构。

(7)机床配置全防护罩壳,操作安全可靠。

(8)机床配置自动量仪在线测量,实现闭环自动磨削工件循环。



J4K-073全自动数控油针尾杆专用磨床

主要规格参数

项 目	单 位	数 值
最大磨削长度	/mm	350
最大磨削直径	/mm	φ 200
工件最大重量	/kg	30
中心高	/mm	125
砂轮规格	/mm	φ 500X50X203
砂轮线速度	m/s	45
轴向升程	/mm	0.02
跳动	/mm	≤0.02
表面粗糙度	/μm	Ra≤0.4

近年国内针对油泵油嘴行业的针阀磨削而研发的专用机床层出不穷,研发技术日趋成熟,包括北京第二机床厂有限公司的B2-K2012高精度专用数控磨床,柯尔柏斯莱福临机械(上海)有限公司的S11高效机床(国外机床部分有详细介绍),都可磨削针阀类似工件。

目前国内经济正处于深刻转型之中,国内机床厂家需要立足于高端定位,转型升级,以积极主动的精神,探索寻求发展之路。最近几年国内几大磨床厂家都相继开发新的数控磨床产品以对应市场需求。比如江西杰克机床有限公司此次参展的JKM8320E CNC/CBN数控高速凹面凸轮轴磨床,定位高端高效磨削、复合加工,还有这次没有参展的JKM8240A随动数控曲轴磨床,

JKM8320D超高速CBN随动数控磨床,以及北京第二机床厂有限公司的B2-K1018双砂轮架随动式数控曲轴磨床,上海机床厂有限公司的MK8220/SD数控切点跟踪曲轴磨床,北京广宇大成数控机床有限公司的YGK7740数控立式端面齿磨床等等机床都代表了当前国内先进水平。这些产品技术含量高、创新性强、自动化程度高。

境外厂家展示最新技术和产品

本届展会不仅境内产品异彩纷呈,境外的德国柯尔柏斯莱福临机械(上海)有限公司,美国哈挺机床(上海)有限公司,台湾六联精密股份有限公司、荣光机械股份有限公司、键和机械股份有限公司(昆山嘉尼赫机械有限公司)等磨床厂家也为展会带来了最新研发的产品和技术。展出的产品涉及工具磨床、中心孔磨床、数控万能磨床、平面磨床和无心磨床等。



RC-18CNC无心磨床



GT-520G 工具磨床

荣光机械股份有限公司此次展出了RC-18CNC无心磨床、GU-35100CNC万能外圆磨床和GT-520G工具磨床。这个公司生产的外圆磨床系列产品是以操控性及功能性为设计重点，全系列产品均能给用户提供完整的配套方案，能够充分地满足使用者的要求，产品采用模块化设计，提供多种不同中心距、中心高度等规格参数的机床，规格齐全。用户可以根据加工不同零件的需要选用不同规格的机床。台湾键和机械股份有限公司(昆山嘉尼赫机械有限公司)展出了JHD-150310数控双主轴内外圆磨床。此机床主要用于汽车行业，能源行业，工具机械精密零部件、气/液元件，精密测量仪器等高精度零件的磨削加工。

德国柯尔柏斯莱福临机械(上海)有限公司代表着精密圆磨机床研发与生产领域100多年来的深厚沉淀，代表着顶尖精度与品质，不仅提供标准磨床以及适合加工小型和中型工件的高精度圆磨的复杂解决方案。还提供软件、系统集成以及一些列其他服务。此次展会带来了共5台磨床。STUDER S11万能磨床、RS15工具磨床、HELITRONIC MICRO 工具磨床、ORBIT 48CNC平面磨床、STUDER KC33万能磨床。

STUDER S11适用于小型工件的高效磨床，是针对磨削加工工艺需求所定制的生产型精密机床。强劲进给轴驱动、优质斯图特导轨系统、快速响应和行程优化是其根本性能所在。占地面积不到1.8平方米，体积紧凑，适合任何空间。依靠直径 ϕ 500mm的砂轮能够高效可靠的进行磨削，最重要的功能StuderWINfocus软件，简捷实用，集成自动上下料装置。其主要结构特点如下：

(1)采用Granitan S103人造花岗岩床身 具有良好的吸震性和热稳定性。

(2)X轴和Z轴设计为十字滑台，工作台始终固定在磨床上，配置滚动轴承直线导轨。导轨全封闭防护。进给系统光栅尺的分辨率为0.00001mm.，具有高几何行程精度。

(3)砂轮架采用0或者20度转角位置，砂轮磨削电主轴完全斯图特生产，配置集成式接触检测和砂轮平衡装置。切削速度达63m/s (高速磨削HSG140m/s)。

(4)高精度死活两用头架配有高精度滚动轴承支撑，当安装或重新设置工件头架时，气浮功能使其变得轻松简便，在卡盘装卡活主轴磨削时，锥度精密微调可使磨削锥度保持在微米范围内。

(5)配置大尺寸套筒尾架，锥度精密微调使尾架可以在低于1微米的范围内进行校正。循环水冷却保持热稳定性。

(6)配置西门子Sinumerik 840D SL 系统。控制柜可根据用户要求以正对或者成角度安装在机床后面。

(7)StuderWINfocus 操作界面提供了稳定的编程环境，用于工艺控制的在线测量与传感测量技术，以及声控接触检测与砂轮自动平衡系统完全集成于操作界面。

(8)磨床可以从两侧装载，尤其适合将数台磨床连在一起。



S11万能磨床

S11万能磨床也可以应用于油泵油嘴行业的针阀磨削。相比较国内济南四机数控机床有限公司的J4K-073全自动数控油针尾杆专用磨床，其应用范围更广泛。占地面积非常小(不到1.8平方米)，加工精度更高。国家04重大专项二期项目的北京第二机床厂有限公司承担的B2-K2012数控机床也是针对油泵油嘴行业小型精密零件磨削的专用高精度磨床。

机械手和机器人全面成熟应用

AlphaGo与李世石的“人机大战”引人关注，也传递了一种信号，新一轮科技革命的智能化浪潮已经汹涌而来。借助现代科技，全球机床制造业在产品智能化方面取得快速发展，机床正变得越来越聪明，对操作技能的依赖也日趋减少，装载自动化得到广泛的应用，工业机器人和机械手与机床的结合是继自动换台（APC）之后更具普遍意义的一种自动装载方式。本次展会中具有“一次装夹，全部完成”功能的高自动化展品占有较大比例。多家多种用途的机器人显示其在现代工业中的地位和作用在不断提升。”智能制造“将是中国机床行业的重要标志，也将是机床企业共同的努力方向。此次参展中机器人制造商如上海FANUC机器人有限公司、上海ABB工程有限公司、浙江金石机器人制造有限公司、宁夏巨能机器人有限公司等都带来最新产品与先进技术。

此次展会中工业机器人和机械手的应用更加广泛。比如北京第二机床厂有限公司的B2-K1026随动式RV减速机偏心轴磨床，济南四机数控机床有限公司的J4K-073全自动数控油针尾杆专用磨床，江西杰克机床有限公司的MK1320数控外圆磨床，键和机械股份有限公司(昆山嘉尼赫机械有限公司)的JHP-2003CNC直进式外圆磨床等等磨床都配置了机器人，实现机床的智能化、自动化。

行业资讯

工具分会召开七届五次常务理事会议

中国机床工具工业协会工具分会七届五次常务理事会议于2016年7月8~9日在哈尔滨市召开。本次会议的主要议题是研究当前工具行业面临的经济运行形势和企业关注的热点问题，交流当前形势下各企业改革发展的经验和转型升级的思路。

总会王黎明执行副理事长通过机床工具行业今年1~5月的销售、订单、产品进出口的具体数据通报了全行业面临的严峻形势，认为目前还是延续下行走势，需求持续疲软。他就当前形势下协会为会员企业做好服务、分会如何更好开展工作等问题和会议代表进行了交流。

大会交流中，恒锋工具、上工、株洲钻石、汉江工具和四平博尔特的领导作了重点发言。与会常务理事通过充分交流，形成以下共识：当前的形势既是挑战也是机遇：尽管传统工量具产品的销售不断下滑，但我国现代制造业的转型升级为工具行业的转型升级提供了很好的机会和广

结束语

CCMT2016参观结束，感慨良多，此次参展的很多数控磨床产品不论是从机床的结构、性能、实用性、柔性化、自动化等多方面都给我们留下了深刻的印象。在展会上，出现了一批市场定位明确、设计精湛、软硬件配置专业、高效、性价比优越的专用化、定制化产品，与产业转型升级急需装备紧密对接，为众多用户提供多项选择。非圆磨削原理的双砂轮架随动式（切点跟踪）磨削技术，多轴同步插补联动磨削技术，超高速磨削技术，曲轴随动同步切磨、纵磨技术，凸轮磨削技术都得到迅猛发展；同时我们也看到了我们的不足，真正意义的创新少，竞争力薄弱，看到了我们的机床产品低价格换市场的现象仍在继续蔓延，高端磨床的配套核心部件进口居多，主轴、导轨、丝杆、控制系统、液压系统等核心部件仍然依赖进口；也看到了海外展商的优势及产品适应市场的应变能力。这是挑战更是机遇，在这样的市场背景下，CCMT2016的意义已经超出了单纯的产品展示作用，而是将提高企业竞争力和产业结构调整的紧迫感摆在了整个行业面前。因此我们要“紧跟需求升级，加速行业结构调整，探索新的发展道路”，必须继续加强自主创新能力的提升，在高精尖技术研发方面加强产、学、研及最终用户的紧密结合，积极开发新品，走技术创新之路，努力掌握核心技术，积聚资源优势，才能缩小与世界先进水平的差距。□

阔的市场，在发展现代高效刀具的过程中，行业内一些企业面对当前形势能做到扬长避短、准确定位、走上了适合自身的转型升级之路，在进口替代方面取得了明显进展，非常可喜，为行业企业的转型升级树立了标杆，提振了信心；在为重点领域用户提供中高端产品的同时，要看到进口替代如果没有整体服务能力作支撑，就无法真正形成和进口刀具抗衡的能力，服务意识和水平的提高已成为转型升级的重要内容；对于还有不小市场的传统工量具，应当提高质量控制标准，把低端产品做出高附加值，通过高品质产品来提高竞争力，淘汰落后产能。会议认为，转型升级是全行业一个长期持续的战略，不可能“一蹴而就”，要有打持久战的决心，要建设一支有“工匠精神”的员工队伍，同时要进一步规范行为，不打价格战。

会议期间，全体与会代表还参观了哈尔滨量具刃具集团有限责任公司。（工具分会秘书处提供）

2016年1-5月中国机床工具行业经济运行和市场情况

中国机床工具工业协会

2016年1-5月中国机床工具市场需求暂现回暖迹象,行业运行降幅收窄。根据中国机床工具行业重点联系网络和海关的统计数据,对中国机床工具行业 and 市场的运行和发展趋势进行分析。

一、行业运行概况

受近期国内投资回升的影响,2016年1-5月行业主要经济指标有所回调,但总体仍处于低位承压运行的状态。行业重点联系网络的统计数据显示,主营业务收入和工业总产值呈现同比下降的企业占比微降至55%和66.5%;利润和税金呈现同比下降企业占比均为53%。行业运行情况突出反映在以下几个方面。

1. 需求微弱回升,销售仍呈小幅下降

2016年1-5月,金属加工机床新增订单同比下降1.2%,在手订单同比增长2.1%。其中,金属切削机床新增订单同比增长0.2%,在手订单同比增长10.6%;金属成形机床新增订单同比下降8%,在手订单同比下降20.6%。

2016年1-5月,全行业主营业务收入同比下降3.9%。金属加工机床主营业务收入同比下降5.8%。其中,金属切削机床主营业务收入同比下降6%;金属成形机床主营业务收入同比下降4.5%。工量具主营业务收入同比下降10%。增幅最大是磨料磨具,同比增长12.2%;降幅最大的是数控装置,同比下降25.6%。

2. 生产大幅下降,持续消化库存

2016年1-5月,金属加工机床产量同比下降16.8%。其中,金切机床的产量同比下降16.9%,金属成形机床的产量同比下降16.6%。

2016年1-5月,全行业产成品存货同比下降6.6%。金属加工机床产成品存货同比下降5.1%。其中,金切机床同比下降5.7%,金属成形机床同比下降1.2%。工量具产成品存货同比下降8.5%。

3. 利润大幅下降,亏损面处于高位

2016年1-5月,全行业利润总额同比下降35.8%,金属加工机床利润总额同比下降127.9%。其中,金切机床同比下降321%,金属成形机床同比增长1.7%。工量具利润总额同比下降4.5%。

2016年1-5月,全行业亏损企业占比为44%,金属加工机床亏损企业占比为51.6%。其中,金切机床为54.2%,金属成形机床为38.1%。工量具亏损企业占比为28.6%。与2016年1-4月相比分别变化了-2.5、-2.3、-4.7、9.5和-14.3个百分点。

4. 出口下降幅度收窄

2016年1-5月,机床工具商品出口延续同比下降趋势,但降幅持续收窄。机床工具商品出口额41.8亿美元,同比下降7.1%。其中,金属加工机床出口额12.1亿美元,同比下降7.8%;金属切削机床出口额7.9亿美元,同比下降9.9%;金属成形机床出口额4.2亿美元,同比下降3.4%。切削刀具出口额9.5亿美元,同比下降4.1%;磨料磨具8.7亿美元,同比下降2.4%。

广告客户索引 | Advertisers Index

第十五届中国国际机床展览会

CIMT2017 front cover

沈阳机床(集团)有限责任公司..... 广告号码36

Shenyang Machine Tool (Group) Co., Ltd.....inside front cover

《世界制造技术与装备市场》

World Manufacturing Engineering & Market Inside Back Cover

约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司..... 广告号码41

Heidenhain..... back cover

西门子(中国)有限公司数字化工厂集团..... 广告号码89

Siemens Co. Ltd..... P1

埃马克机床(太仓)有限公司

EMAG Machine Tools (Taicang) Co., Ltd..... P2

开天传动技术(上海)有限公司

KTR Co., Ltd..... P3

山东法因数控机械股份有限公司..... 广告号码38

Shandong FIN CNC Machine Co., Ltd..... P4

卡尔蔡司(上海)管理有限公司..... 广告号码488

ZEISS Co. Ltd..... P5

武汉华中数控股份有限公司..... 广告号码 90

Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd..... P6

健椿工业股份有限公司..... 广告号码 459

KENTURN NANO TEC Co., Ltd..... P7

哈尔滨量具刃具集团有限公司

Harbin Measuring & Cutting Tool Co., Ltd..... P8

涌镇液压机械(上海)有限公司..... 广告号码486

Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co., Ltd. P9

埃克森美孚(中国)投资有限公司..... 广告号码489

Exxon Mobil (China) Investment Co., Ltd. P10

南京工艺装备制造有限公司..... 广告号码70

Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd..... P11

北京北一机床股份有限公司..... 广告号码47

Beijing No1 Machine Tool Co., Ltd..... P13

重庆机床(集团)有限责任公司..... 广告号码39

Chongqing Machine Tool Froup Co., Ltd..... P15

马波斯(上海)商贸有限公司 广告号码414

MARPOSS P17

山特维克可乐满切削刀具(上海)有限公司 广告号码40

Sandvik Cutting Tools (Shanghai) Co.Ltd P96

二、进口贸易情况

2016年1-5月,机床工具商品进口整体延续同比下降趋势,但降幅持续收窄。机床工具商品进口额54.3亿美元,同比下降10%;贸易逆差12.5亿美元,同比下降21.9%。

在各主要细分领域中,金属加工机床进口额33.2亿美元,同比下降4.2%;金属切削机床进口额27亿美元,同比下降2.2%;金属成形机床进口额6.1亿美元,同比下降12%。数控装置进口额5.4亿美元,同比下降10.8%;机床功能部件进口额5.5亿美元,同比下降35.1%;切削刀具进口额5.2亿美元,同比下降5.6%。由数据可以看出,近期功能部件和数控装置等配套件的进

口降幅仍然很大,其间接反映了国内采用相关进口配套件的机床产品制造和销售呈现持续下降。

三、对2016年的估计

综合国内外市场需求的变化情况和今年国家宏观经济调控的主要任务,预计全年行业运行将呈现底部运行状态。其中,金属切削机床分行业规模指标的降幅将收窄,但质量效益指标仍不乐观;金属成形机床分行业的运行企稳,但结构性问题突出;工量具分行业运行进入下行通道,结构亟待升级。由于经营持续不见好转,分行业间和企业间的运行分化进一步加剧,行业内“洗牌”现象逐步显现。□

聚焦第17届俄罗斯国际机床展览会

中国机床工具工业协会

符祚钢 执笔

一、展会基本情况

俄罗斯国际机床展览会 (Metalloobrabotka) 由俄罗斯机床工具协会以及Expocentre展览中心共同主办。该展会得到俄罗斯工业贸易部、俄罗斯工业家和企业家联盟的支持, 并获得国际展览联盟UFI及俄罗斯展览联盟RUEF的认证, 是俄罗斯境内规模最大的专业机床展览会。该展会于1984年创办, 原来每2年举办一届, 自2008年后, 每年举办一届。

第17届俄罗斯国际金属加工设备及工具展览会 (Metalloobrabotka 2016, 17th International Exhibition for Equipment, Instruments and Tools for the Metalworking Industry; 简称俄罗斯国际机床展览会) 于2016年5月23至27日在莫斯科Expocentre展览中心举办。中国机床工具工业协会派出工作团队赴展会, 在较短时间内分别开展了考察调研、同业交流、展出组团等多项工作。

27日在莫斯科展览中心举办的Metalloobrabotka 2016是其第17届展览会。

Metalloobrabotka 2016展览会启用了展览中心1、2、3、4、7、8和Forum馆, 共7个馆, 其中7号馆地下层有近半个展馆空闲, 本届展会没有启用馆高度较低的5号展馆, 而部分展商则在室外搭建了临时展馆, 主要是临时馆自建, 展出设备不受馆高的操作限制, 而且搭建在展馆的观众进馆主要通道上。展会净展出面积38519平方米。来自32个国家和地区的981家企业参展。世界几个主要的机床制造大国, 如德国、瑞士、意大利、中国、捷克、白俄罗斯等, 以国家展团方式参加了展会。



开幕式现场

此外中国台湾地区也组团参加了展出。

世界知名的机床工具制造商都直接或者通过俄罗斯代理商、经销商参加了展出。如德国DMG MORI、巨浪 (Chiron)、哈默 (Hermle)、联合磨削集团 (United Grinding Group)、瓦德里希科堡 (Waldrich Coburg)、通快 (Trumpf)、格劳博 (Grob)、海德曼 (Handtmann), 奈尔斯西蒙斯 (Niles-Simmons)、库卡 (Kuka) 机器人, 美国哈斯 (Hass)、格里森 (Gleason), 日本马扎克 (Mazak)、大隈 (Okuma)、天田 (Amada)、三菱 (Mitsubishi), 瑞士+GF+阿奇夏米尔、百超 (Bystronic)、威力铭-马科黛尔 (Willemin-Macodel)、肖布林 (Schaublin)、托纳斯 (Tornos)、ABB公司, 意大利帕玛 (Pama)、萨瓦尼尼 (Salvagnini)、普瑞玛 (Prima Power),

奥地利WFL公司, 西班牙达诺巴特 (Danobat), 韩国现代威亚 (Hyundai WIA)、斗山 (Doosan), 中国沈阳机床集团、大连机床集团, 中国台湾地区友嘉集团等; Fanuc、Siemens、Fagor等世界知名的数控系统制造商, 肯纳金属 (Kennametal)、山特维克 (Sandvik)、山高 (Seco)、伊斯卡 (Is-car) 等世界知名刀具制造商均悉数参加了展出; 滚动功能部件制造商只有上银科技参展。其中, 德国瓦德里希科堡、海德曼、奈尔斯西蒙斯, 美国格里森、意大利帕玛、西班牙达诺巴特等企业无实物展出。

展品以立/卧加工中心、车削中心 (数控车)、车铣 (铣车) 复合机床、磨床、激光加工机床、折弯机、转塔冲、数控装置、切削刀具为主, 还有机床附件、测量设备和仪器、工业机器人、铸造焊接设备、软件等。

机床展品以中小规格为主, 规格较大的展品只看到WFL公司的M65铣车复合机床。展品中虽然没有世界机床4大名展上经常看到的世界首展那样的新品, 但也都是各个展商的主流产品。五轴联动机床、复合加工机床、高精度加工机床等产品数量不少, 柔性制造单元、生产线、工业机器人等自动化程度高的展品比较少见。另外, 金属成形机床及激光切割机的占比明显要比EMO、IMTS、CIMT、CCMT展览会要高, 也从一个侧面反映其市场需求。

总体上看, 俄罗斯国际机床展览会 (Metalloobrabotka 2016) 的金属切削机床、金属成形机床、切削刀具、数控系统等展品, 基本展现了当前机床制造技术的精华与成就, 特别在成熟性和市场适用性方面, 具有较强的市场针对性。另外, 从参展企业来看, 尽管欧美等国在政治、经济各方面对俄罗斯实行制裁, 但是这些国家的机床制造商并不愿意就此放弃俄罗斯市场。

在当地时间5月23日上午10时, 在室内举行了简短的开幕式。开幕式讲话全部使用俄语。展会的所有材料也全部使用俄语, 不提供英文资料。这对于非俄语地区的展商和观众来说很不方便。

二、重点展商及其展品

1、金属切削机床

(1) 德国DMG MORI

DMG MORI公司展出了15台机床, 有五轴联动加工中心DMU 50 ecoline、DMU 50、DMU 60 evo、DMU 75 monoblock, 立式加工中心DMC 1035 V ecoline、DMC

635 V ecoline, 卧式加工中心NHX 4000, 车削中心CTX 510 ecoline、NLX2500/700、CTX alpha 500, 铣车 (车铣) 复合加工机床CTX beta 800 TC、NTX 1000, 排刀车SPRINT 20/5, 激光加工机床LaserTec 65 3D和超声波加工机床UltraSonic 20 linear。这些机型都是大家熟知的DMG MORI成熟产品, 就不做详细介绍了。

(2) 德国巨浪 (CHIRON)

德国巨浪公司展出了其mill系列的两台加工中心, Mill 2000和Mill FX 800。巨浪公司的MILL系列机床主要用于快速高效加工以及精密加工。床身结构简洁、坚实、易损件少, 床身刚性好, 确保机床强大的切削能力以及高可靠性。

Mill 2000立式加工中心, X、Y、Z轴行程分别为2000mm、500mm、550mm, 固定工作台尺寸为2600mm×550mm, 工作台上配置了一个C轴转台。直线轴快移速度为40m/min, 加速度为5m/s²。主轴最高转速9000r/min, 主轴功率22kW, 主轴最大扭矩140N·m, 刀库容量24把, SK40刀柄, 刀到刀换刀时间1.5s, 屑到屑换刀时间4.2s。



Mill 2000 加工范例

Mill FX 800是在Mill 800机床的基础上增加了一个2轴数控转台, 形成一台五轴联动立式加工中心, 数控转台配置了闭环测量系统。该机床X、Y、Z轴行程分别为800mm、500mm、550mm, 快移速度为40m/min, 加速度为5m/s²。主轴最高转速9000r/min, 主轴功率22kW, 主轴最大扭矩140N·m。工作台面直径280mm, 最大承重320kg, A、C轴转速分别为30r/min、100r/min, A轴转动范围±120°。刀库容量24把, SK40刀柄, 刀到刀换刀时间1.5s, 屑到屑换刀时间4.2s。

(3) 德国哈默 (HEREMLE)

德国哈默公司展出的C 42 U五轴立式加工中心, 采用人造大理石床身, 龙门结构, 拾取式刀库与基础床身融为一体, 节省了空间。该机床可实现五轴五面加工, 适用于航空航天、汽车制造、模具等行业加工叶片、轮毂等高精度、复杂形状的零件。机床X、Y、Z轴行程分别为800mm、800mm、550mm, 快移速度为60m/min, 加速度为10m/s², A轴转动范围±130°, 转速25r/min, C轴转速800r/min。主轴最高转速18000r/min, 主轴功率20kW, 扭矩180N·m, 刀库容量42把, 屑到屑换刀时间4.5s, 数控工作台尺寸φ800mm, 工作台最大承重700kg (双驱动车削)/1400kg (单驱动铣削)。



德国哈默的C 42 U五轴立式加工中心

(4) 德国埃马克 (EMAG)

德国EMAG公司展出的机床有倒立车VL2, 还有KOEPPER K160卧式滚齿机, 展现其在提供齿轮加工解决方案所具有的独特优势。

VL 2倒立车刀塔可配置12把动力刀具, 带自动化工件输送系统, 可加工最大直径100mm、长度150mm的盘类工件。该机床卡盘直径160mm, X轴行程700mm, Z轴行程375mm。可选配Y轴行程±50mm; 主轴转速6000r/min, 功率12.5kW, 扭矩48N·m; 动力刀具转速6000r/min。



EMAG公司的倒立车VL2

KOEPPER K160滚齿机床身由 MINERALIT®高级矿物料浇铸而成, 具有良好的减震性能, 强度高, 刚性好, 从而确保稳定的加工质量。采用倾斜床身导轨, 落屑理想, 切削液极易排出。机床配置8轴控制系统, 主轴和滚刀转速高, 从而实现齿轮和齿轮轴的高速切削加工。KOEPPER K160滚齿机的最大加工模数2.5mm, 工件最大直径90mm, 加工最大齿宽200mm, 工件最大长度300mm, 最高转速4000r/min, 滚刀最高转速5000r/min。

(5) 德国斯宾纳 (SPINNER)

德国SPINNER公司展出的机床高精度高硬度数控车床PD-CNC, 万能数控车床TC-300, 立式加工中心VC-1150, 以及五轴立式加工中心U5-620。PD-CNC数控车床配置正副双主轴, 上下双刀塔, X、Z轴行程分别为400mm、400mm, 正主轴转速5000r/min, 棒料最大回转直径42mm, 副主轴转速8000r/min, 棒料最大回转直径32mm, 刀塔工位16把, 其中动力刀工位8把。SPINNER公司的PD系列数控车床主轴的圆度小于0.1 μm, 重复定位精度小于0.4 μm, 加工精度可达微米级, 可高精度加工硬度60HRC以上的材料, 实现以车代磨, 主要应用于精密机械、光学、电子技术、钟表和珠宝等行业。

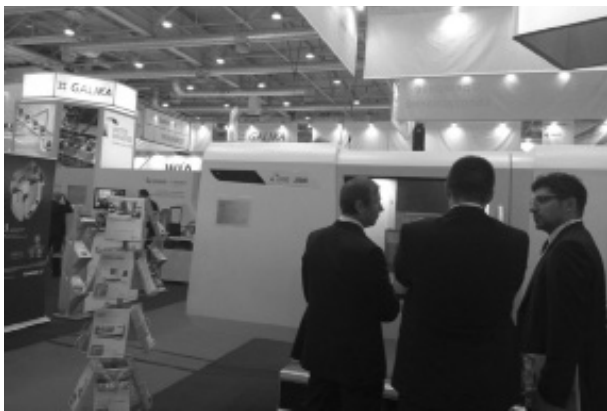
(6) 德国联合磨削 (UNITED GRINDING GROUP)

联合磨削公司的展品有STUDER的S33内外圆磨床、JUNG的JE600平面和成形磨床、Walter的HeliTronic Minipower工具磨床。

STUDER的S33内外圆磨床适用于中小工件的单件、小批和大批量生产, 机床可实现自动化上下料。该机型是使用广泛的万能磨床机型。主要技术特点: 用于0°或30°定位的进行外圆磨削的砂轮头架或者用于内外圆磨削的转塔式砂轮头架; 变频控制电动主轴, 用于内外圆磨削; 变频控制砂轮电主轴, 用于成型和螺纹磨削;

工作台摆动磨削锥度；人造花岗岩床身，标准化接口，用于自动上下料和外围设备连接等。主要技术参数：顶尖距650/1000mm，磨削长度650/1000mm，中心高175mm，驱动功率11kW。

JUNG的JE600平面和成形磨床既可以通过手轮控制进行普通的平面磨削，也可以借助其EasyProfile控制系统进行自动成形磨削，加工精度高，加工表面质量好。该机床X、Y、Z轴行程分别为700mm、450mm、345mm，磨削区域为300mm×600mm，磨削主轴转速15000r/min，主轴功率8.5kW。机床配置的EasyProfile控制系统操作简单直观，不需要操作人员具有专业的数控知识。



德国联合磨削集团展示的平面磨床JE 600

Walter的HeliTronic Minipower工具磨床能够一次装夹完成中小直径回转类刀具的整个磨削和修磨加工。该机床结构紧凑，重量轻巧，主要用于中小直径回转类刀具的磨削和重磨，加工直径范围1~100mm，最大加工长度255mm，刀具重量可达30kg；X、Y、Z轴行程分别为350mm、200mm、470mm，C轴转动范围 $\pm 200^\circ$ ，A轴 360° 旋转，直线轴快移速度15m/min，线性分辨率 $0.1\mu\text{m}$ ，角度分辨率 0.0001° ；磨削主轴转速10500r/min，最大砂轮直径150mm。

(7) 瑞士+GF+

+GF+公司的展品有高性能加工中心HPM 600 HD、五轴高效立式加工中心HEM 500U，以及电火花成形机床Form 200，慢走丝线切割机床CUT e350以及电火花小孔加工机床Drill 300。

MIKRON HEM 500U是+GF+公司专为单一或小批量精密零件的标准化生产而设计的五轴高效立式加工中心，采用落地床身滑枕式结构，三个线性轴都是由刀具移动从而确保高动态性能和加工精度。该机床X、

Y、Z轴行程分别为500mm、450mm、400mm，快移速度30m/min；B轴转动范围 $-65^\circ \sim +110^\circ$ ，转速17r/min，C轴可 360° 旋转，转速28r/min；工作台尺寸 $\phi 500\text{mm}$ ，承重200kg。



+GF+公司的MIKRON HEM 500U

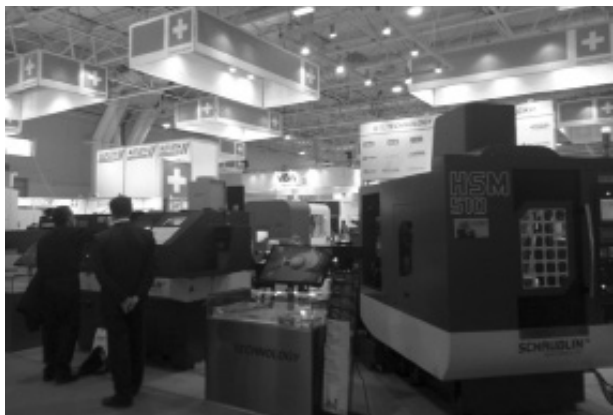
HPM 600 HD高性能加工中心可以中低速高性能地加工形状复杂工件，也可以采用高速进行精加工，非常适合工模具行业单件或小批量加工。该机床采用工作台移动加主轴滑枕移动的结构方式。床身采用人造大理石整体压铸，工作台、主轴溜板和纵向溜板则采用重量和结构刚性都进行优化的带筋格结构的铸铁件机床结构，保证了在加工过程中和承载大应力时实现可靠的控制，从而获得更高的几何精度和工件表面质量。滚珠丝杠通过联轴器直接与驱动电机相连，保证机床更高的定位精度。该机床X、Y、Z轴行程分别为600mm、600mm、500mm，快移速度分别为40m/min、40m/min、30m/min，工作台尺寸为800mm×600mm，主轴转速15000r/min，主轴功率39kW，主轴扭矩84N·m，主轴锥柄SK40，刀库容量30把。

CUT e350是一台面向资金有限的小型加工工厂和模具制造商的紧凑型高效电火花线切割机床。该机床拥有简单易用的操作界面，集成了防碰撞保护系统，功能强大的任务管理器，专家系统能够根据加工路径自动旋转最佳的切割工艺，拐角策略自动调整切割参数，从而获得尖锐的角和完美的品质细节。该机床X、Y、Z三轴行程分别为350mm、250mm、250mm，U、V行程 $\pm 45\text{mm}$ ，最大工件尺寸820mm×680mm×250mm，最大工件重量400kg。

(8) 瑞士肖布林 (SCHAUBLIN)

瑞士肖布林公司的加工中心HSM 510，X、Y、Z轴行程分别为510mm、410mm、330mm，快移速度60m/min，定位精度 $5\mu\text{m}$ ，重复定位精度 $4\mu\text{m}$ 。主轴锥孔BT30/HSK440，主轴转速15000r/min，

主轴功率15kW，主轴扭矩49.7N·m。工作台尺寸650mm×410mm，最大承重300kg。刀库容量20把，屑到屑换刀时间1.6s。



瑞士肖布林公司展示的加工中心HSM 510

瑞士肖布林公司还展出了1台高精度车床125CCN。该机床最大回转直径270mm，主轴功率5.5kW（连续），主轴转速50~5000r/min。

（9）瑞士威力铭马科黛尔（WILLEMIN-MACODEL）

WILLEMIN-MACODEL公司展出了308S五轴联动加工中心和203S三轴高精度正面车床。308S紧凑型五轴联动加工中心适用于加工各种材质的复杂零件，如钛合金、钴铬合金、锆合金等贵金属材料。该机床X、Y、Z轴行程分别为160mm、120mm、150mm，快移速度20m/min，光栅分辨率1μm；B轴行程-35°~+115°，光栅分辨率0.001°，最高转速40r/min，最大扭矩575N·m；C轴可360°旋转，光栅分辨率0.001°，最高转速39r/min，最大扭矩575N·m，回转工作台直径103mm。主轴锥孔HSK-E32，主轴功率5kW，扭矩3N·m。刀库容量28把。该机床适用于钟表、珠宝、医疗、牙科、航空航天等行业高精度零件的加工。



308S

203S高精度车床X、Z轴行程分别为690mm、200mm，C轴分辨率为0.0001° mm (0.1μm)，主轴转速6000r/min，主轴功率3.7kW，主轴扭矩36N·m，最大棒料直径22mm。该机床适用于钟表行业等高精度零件的加工。

（10）奥地利铣车技术公司（WFL）

WFL公司专业致力于生产铣车复合加工机床的机床制造商，展示的机床有M65铣车复合加工机床。

M65中心距长度为1000~4500mm，最大旋转直径为690mm，过下滑板最大旋转直径480mm；车削主轴最高转速3300r/min，主轴功率40kW，最大扭矩1830N·m；铣主轴最高转速6000r/min，最大输出功率30kW，最大输出扭矩315N·m，X、Y轴行程分别为300（-125~+175）mm、700（-30~+670）mm；B轴旋转范围-110°~+90°，主轴最大冷却压力80巴；刀库容量40把，机床配置西门子840D控制系统。

WFL公司的铣车复合加工机床广泛应用于航空航天、轨道交通、船舶、能源等领域的一些大型复杂难加工零件的加工。

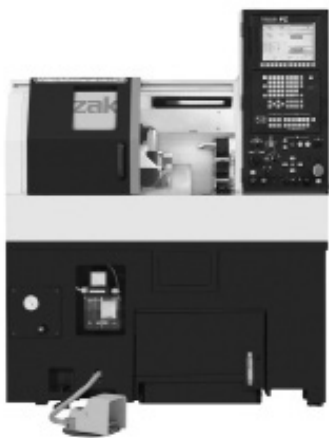


WFL公司M65铣车复合加工机床

（12）日本马扎克（MAZAK）

日本MAZAK公司展出的机床有立式加工中心SMART 430AL、Primos 400S，车削中心QUICK TURN Primos 100S、QUICK TURN SMART 200 ML，车铣复合机床INTEGREX i-630V/6S，铣车复合机床INTEGREX i-300，还展出了一台激光切割机床Optiplex Nexus 3015 Fiber。除了其新推出的Primos系列外，其他的机型都是大家熟知的机床。MAZAK公司最新推出的Primos系列机床采用了FANUC公司的数控系统，据介绍是为了降低成本，其他的与原型号没有任何区别。但对比发现，Primos系列机床与原机型还是有差别的。比如QUICK TURN Primos 100S，中心距为200英寸，最大加工直径180mm，最大加工长度200mm，棒料加工直径36mm，主轴转速5000r/min，X、Z轴行程分别

为110mm、240mm。而原机型QUICK TURN SMART 100S, 中心距为300英寸, 最大加工直径280mm, 最大加工长度310mm, 棒料加工直径52mm, 主轴转速6000r/min, X、Z轴行程分别为200mm、340mm。对比发现其Primos系列的规格比原机型都有大幅度的缩减, 而不是如企业介绍的那样, 仅仅用FANUC系统替代MAZATROL数控系统。



MAZAK展出的QUICK TURN Primos 100S

MAZAK公司展出的另外一台Primos系列产品Primos 400S立式加工中心, X、Y、Z轴行程分别为500mm、400mm、350mm, 工作台尺寸600mm×400mm, 主轴最高转速12000r/min, 刀库容量14把。

(12) 日本大隈 (OKUMA)

日本OKUMA公司的展品有铣车复合机床Multus U3000, 五轴立式加工中心MU-5000V, 卧式加工中心MB 4000H, 立式加工中心M460 R-VE。Multus U3000铣车复合机床X、Y、Z轴行程分别为645 (-120~520) mm、1100mm、250 (± 125) mm, W轴行程1100mm, B轴转动范围 $-30^{\circ} \sim 210^{\circ}$, C轴旋转范围 360° , B、C轴最小分度 0.001° 。拖板上回转直径650mm, 最大加工直径650mm, 最大加工长度1100mm。正副车削主轴转速5000r/min, 内置主轴电机功率15kW, 扭矩280N·m, 配置A2-8主轴头, 通孔直径80mm。铣削主轴转速12000r/min, 主轴功率11kW, 主轴扭矩60N·m, 刀库容量40把。X、Y、Z快移速度50m/min, 40m/min、50m/min (正主轴) /25m/min、40m/min、40m/min (副主轴), B、C轴快移速度30r/min、200r/min。该机床采用灵活的高刚性立柱移动式结构, 可实现Y轴全程高精度强力切削, 适用于铣削较多的复杂形状零件的加工。



日本OKUMA公司的铣车复合机床Multus U3000

MU-5000V五轴立式加工中心X、Y、Z轴行程分别为800mm、1050mm、600mm, A、C轴行程范围为 $-120^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 、 360° 。工作台直径500mm、最大工件尺寸 $\phi 700\text{mm} \times H500\text{mm}$, 工作台最大承重500kg。主轴转速10000r/min, 主轴功率7.5kW。X、Y、Z轴快移速度50m/min, A、C轴转速为50r/min。刀库容量32把。

(13) 韩国现代威亚 (HYUNDAI WIA)

现代威亚公司的展品有车削中心L 2600 SY、LM1800TTSY, 数控车床HD 2200、L230LMSA, 钻攻中心i-cut 400T。其中L 2600 SY配置正副主轴, 最大回转直径420mm, 最大加工长度750mm; 正主轴卡盘10英寸, 副主轴卡盘6英寸, 主轴转速4000r/min, 主轴功率22/15kW, 主轴扭矩599/409N·m; X、Y、Z (ZB) 轴行程分别为265mm、120mm、830mm, 快移速度分别为30m/min、10m/min、30m/min, 刀塔工位12, 动力刀具转速6000m/min。该机床正副主轴旋转同步控制, 减少非切削时间, 提高了生产效率。

LM1800TTSY车削中心为双主轴、双刀塔配置, 最大回转直径290mm, 最大加工直径230mm; 正副主轴卡盘8英寸, 主轴转速5000r/min, 主轴功率22/11kW, 主轴扭矩599/409N·m; X1、Z1、X2、Z2轴行程分别为165mm、700mm、195mm、720mm, X、Z轴快移速度分别为20m/min、24m/min, 刀塔工位12, 动力刀具转速6000m/min。该机床正副主轴旋转同步控制, 下刀塔附有Y轴, 可进行复合加工。

(14) 台湾地区友嘉集团 (FFG)

友嘉集团旗下的德国惠乐喜公司展出的四轴卧式加工中心NBH6, X、Y、Z轴行程分别为800mm、800mm、800mm, 快移速度50m/min, 加速度 5m/s^2 , B轴旋转速度80r/min。主轴最高转速8000r/min, 主轴功率66kW, 扭矩370N·m, 锥柄SK50。双工位交换工作台, 工作台尺寸630mm×630mm, 最大承重1000kg。工作台交换时间12s。刀库容量60把, 屑到屑换刀时间3.5s。该机床直线轴定位误差 $7\mu\text{m}$, B轴定位误差 0.0028° 。该机床适合于箱体类零件的高精度加工。



惠乐喜公司的四轴卧式加工中心NBH6

友嘉集团旗下的德国格林格尔公司的平床身卧式车削中心VDF 560 DUS, 床身上回转直径570mm, 主轴孔直径62mm, 主轴转速5~2500r/min, 主轴功率25kW, 最大扭矩1800N·m, 动力刀架刀位12把。

2. 金属成形机床

(1) 德国通快 (TRUMPF)

德国通快公司展出的产品有TruLaser 3030激光切割机, TruBend 3100折弯机, 还有TruPunch 2000转塔冲。通快公司的TruLaser 3030激光切割机, X、Y、Z三轴行程3000mm、1500mm、115mm, 最大工件重量900kg, 最高联动速度140m/min, 定位精度0.05mm, 重复定位精度0.03mm, 可加工板材最大厚度20mm (碳钢)、12mm (不锈钢)、8mm (铝)。该机床使用了全新设计方案及最佳的操作面板, 将创新技术和高功率激光器完美地结合在一起, 具有很高的性价比; 采用直线驱动技术, 提高了机床的速度; 集成式托盘交换装置, 大大降低附加时间; 单切割头方案和喷嘴自动交换装置, 使生产辅助时间最小化; 通过纵向传送带迅速移开加工残渣和小型零件, 大幅降低停机时间。



德国通快公司的TruLaser 3030激光切割机

经济型折弯机TruBend 3100精度高, 操作简单, 具有很高的性价比。该机床压应力1000kN, 折弯长度3060mm, 可使用安装高度430mm, 最高速度200mm/s, 最大工作速度25mm/s。

TruPunch 2000是一台入门级的自动化转塔冲, 具有高效、灵活、动态性能好、性价比高的特点。其工作区域2500 mm × 1250 mm, 最大可加工板材厚度6.4mm, 最大冲压力165kN, 冲压速度900冲程/分, 最大刀具数量18, 换刀时间2.2s (MultiTool多子模模式下)。

(2) 瑞士百超 (BYSTRONIC)

百超公司展出的光纤激光切割机BySprint Fiber 3015 extended, 可加工板材尺寸3000mm × 1500mm, X-Y轴联动最大定位速度140m/s, 最大轴向加速度12 m/s², 配置了料库。根据配置不同功率的激光器, 能够高质量地快速切割较薄和中等厚度的板材, 如配置fiber 2000激光器, 可切割碳钢、不锈钢、铝、黄铜、紫铜板材的最大厚度分别为12mm、6mm、8mm、4mm、3mm。

百超公司的Xpert 40折弯机, 是一台低成本加工小工件的紧凑型快速折弯成形加工机床, 特别适用于空间小且生产能力不稳定的情况。该机床压力吨位40吨, 折弯长度1030mm, 开口高度570mm, 标准冲程200mm, 最大快速横动速度300mm/s, 最大工作速度25mm/s。配置了FAST BEND E快速折弯安全系统。



Xpert40 安全系统

(3) 意大利萨瓦尼尼 (SALVAGNINI)

意大利萨瓦尼尼公司的多边折弯中心P2 lean, 最大可加工板料长度2495mm, 最大宽度1600mm, 最大可旋转对角线2500mm, 最大折弯长度2180mm, 最大折弯高度165mm, 板料最小厚度0.4mm, 最大折弯厚度与折弯角度3.2mm/±90°、2.5mm/±120°、2.1mm/±135° (低碳钢), 2.5mm/±90°、

2.1mm/±120°、1.6mm/±135°（不锈钢），4.0mm/±120°、3.5mm/±135°（铝合金），噪声68dB。该机床搭载了通用折弯刀具，无需换模就可生产各种零件，提高了加工效率。在生产过程中，操作人员只需完成手工上下料，其余操作均有机械手完成。

（4）日本天田（AMADA）

日本AMADA公司的光纤激光切割机ENSIS-3015AJ，搭载了AMADA自主研发的光纤激光发振器以及独有的最新光束控制技术，可最大限度地省能源效果，同时有效提高变种变量生产的生产效率。该机床最大加工范围（X×Y×Z）为3070mm×1550mm×100mm，X、Y轴最高移动速度120m/min，Z轴最高移动速度80m/min，配置额定功率2kW的ENSIS-2000激光器。该设备采用AMADA独有的光束可变技术，控制激光光束的形状，可以用2kW的功率加工软钢厚板，同时还不需要原先技术所需要的更换镜头，实现全镜头对应。使用光纤激光可以减少加工时的耗电量和待机时的电量，还可以大幅度减少CO2的排放量。该设备还可以用户工厂的整体布局来选择材料进出的方向（右出/左出）。



日本AMADA公司的光纤激光切割机ENSIS-3015AJ

AMADA公司还展出了AC伺服驱动数控冲床AE2510NT。该机床最大加工范围2500mm×1270mm，冲压能力200kN，转塔工位58，加工精度0.1mm。该机床的特点是转塔容量大，加工速度快，加工品质高，自动化程度高，可以按照预先设定好的程序进行自动化加工生产。

三、中国展商情况

参加2016年俄罗斯国际机床展览会的中国展商近60家。这些展商大部分是通过各个机构组团参加展出，沈阳机床、大连机床则是通过俄罗斯的经销商参展，株洲钻石、天津锻压则是自己独立报名参展。

大连机床的经销商喀米（KAMI）经销多家公司的机床产品，从其展位布置来看，大连机床应该是最重要的合作伙伴。在其展位中，大连机床有自己的标识、独立的展台，以及自己独立的咨询台，展品通过过道与该公司经销的其他产品分开，展出面积最大，目测超过500平米，展出了近10台机床。大连机床的展位位于中心位置的1号馆。



大连机床的展台

沈阳机床也是通过其代理商AEROTECH公司参展，展出了一台数控车VIVA Turn 2和一台立式加工中心VMC1100 B，展出面积约50平米，位置在3号馆的边缘部位。

株洲钻石每次都是独立报展，展出面积100多平米，与肯纳金属、山特维克、山高等刀具制造商同位于7号馆。

其他中国展商主要是通过机构组团参展，大部分展商位于位置偏远的7号馆地下层。紧靠空置不用的展位。位于7号馆的中国展商主要是通过CMEC、贸促会机械分会、毅拓和毅博恩两家展览公司组团参展的企业。



7号馆地下层中国展商展位

机床协会组团参展的企业，展位位置相对较好，在3号馆和8号馆。而机床总公司则在室外搭建了一个临时展馆。机床总公司组团参展的企业都安排在这个临时馆中。



位于8号馆的中国展商展位



中国机床总公司搭建的临时馆



台湾机器同业公会展团展位

总体来看，由于多家机构组织参展，中国参展商数量虽然不少，但并没有形成一个整体。各组团机构的展位搭建风格不同，显得很零散。与其他国家和地区展团整体风格一致，标识一致相比，中国的参展商都不能称为国家展团。甚至与中国台湾地区同业公会组织的展团相比，在展台位置、整体形象、受关注程度各方面，都存在相当大的差距。

四、俄罗斯机床市场和政策新动向

根据美国GARDNER的报告，2014年俄罗斯机床市场消费20.30亿美元，居全球机床消费市场第7为，进口18.69亿美元，为全球第4大机床进口国，而机床生产仅2.34亿美元，在全球27个主要机床生产国中，排名第20，自给率只有10%。

俄罗斯机床工业薄弱，市场消费量大，主要依赖进口。为了改变状态，俄罗斯联邦出台了一系列政策，集中资金，扩大机床设备生产能力，增加现代技术设备的能力，加强国防工业企业的现代化。

展会期间，考察团与KAMI、Balt-System等多家俄罗斯参展商进行了深入交流，了解到，俄罗斯联邦政府2015年提出要求，政府采购以及国防工业企业采购的机床设备，必须有10%以上的部分是在俄罗斯本土生产中增值的。往后这个比例每年再增加10%的原产地要求。以目前俄罗斯机床工业的现有基础，要满足这个要求存在很多困难。合资在俄罗斯建厂，通过进口零部件在俄罗斯境内进行组装成为一种可行的选择。



考察团与Balt-System进行深入交流

Balt-System公司是俄罗斯境内的一家数控系统制造商，与凯奇数控有多年的合作关系，双方信任度很高，合作基础牢固。在交流中，王黎明副会长提出，利用Balt-System公司现有的客户渠道，将合作领域扩到到数控机床功能部件，Balt-System公司对此建议表现出了很高的热情。□

叉形叶根可转位精铣刀结构设计

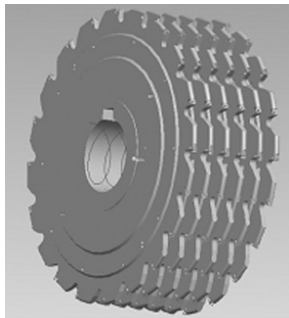
东方汽轮机有限公司制造技术处

赵毅 刘光耀 吴波 向志杨 邓亚弟

本文分析了叉形叶根设计难点和影响精度因素，并以工作中实际设计实例，介绍了叉形叶根可转位精铣刀刀体、刀片设计方法和刀具精度控制方法。

我公司汽轮机叶片与转子连接方式有多种，不同连接方式的叶片叶根类型不同。“叉形”叶根是我厂大量使用的一种叶根形式。其中“五叉”叉形叶根具有较高加工难度，具体体现在，该类叶根加工的一个共同特点：一是为提高加工效率，按照叶根叉数量，多把刀具串联在一起同时使用，同时参加切削的刃口多，功率消耗大；刀具直径大，切削产生的扭矩很大。因此该类刀具要求工艺系统有足够的刚性，机床主轴有很高的扭矩输出能力。二是在控制好单把铣刀制造精度的基础上，还要严格控制好成组刀具的安装精度，以保证整只叶片各叉型线的尺寸与形位公差要求（见图1）。除此之外，该型线是目前叉形叶根中，槽宽度尺寸最小，各槽深度尺寸较大，尺寸精度要求较高的型线。这些要素对加工刀具提出更高的要求。

目前，我公司加工“五叉”叶片叉形叶根刀具为整体高速钢刀具。在加工过程中，刀具磨损快，切削效率低，加工单件成本高。为了提高叉形叶根加工效率，降低单件加工成本，提出硬质合金可转位结构的三面刃铣刀设计思路。



多柄叉形叶根刀具串联

本文下面以“五叉”叶片叉形叶根铣刀为代表，对该类刀具设计方法进行阐述。

一、刀具设计与制造难点分析

1. 铣刀刀体厚度尺寸小，制造困难

以“五叉”叉形叶根槽为例，叉形槽最小宽度尺寸为 $W=7.66\text{mm}$ ，槽深约为 $h=35\text{mm}$ 。可见，槽宽度尺寸小，深度尺寸大；使用可转位三面刃铣刀加工时，铣刀刀体厚度薄，要保持高精度加工刀体，对加工工艺、刀体材料等提出了非常高的要求，并且加工难度大。

2. 提升铣刀刀体强度

因为铣刀体薄，同时因铣削过程中不可避免受循环冲击载荷作用，导致切削过程中易产生振动，刀体在使用中易变形。因此，需提高刀具强度设计，以保证刀具使用寿命和使用效果。还有一点必须注意的是，通过合理排布刀片的位置，以减少刚性较弱的刀具轴向方向的切削分力。

3. 刀具精度高

（1）型线精度高：叉型槽宽度方向尺寸最小公差为 0.05mm ，径向尺寸公差为 0.076mm ，考虑到刀具制造误差，铣刀刀体允许误差必须更小。对于薄型刀体，制造难度大，刀体强度要求高。

（2）串联精度高：因槽精度高，且多把刀具串联使用，因此，刀体制造精度高的同时，对刀具使用时的串联精度也提出很高的要求。

二、铣刀设计

所有刀片均先使用标准硬质合金刀片毛坯, 采用Proe三维设计, 生成Autocad三个方向的2D图形; 以精确保证刀具各尺寸。

1. 刀具整体相关参数设计与选取

“五叉”叶片叶根的铣削采用专用机床, 主轴功率大; 采用冷却油进行冷却和润滑; 主轴尺寸 $\phi 100\text{mm}$; 加工中采用专用工装夹具装夹, 进行批量加工。根据以上实际生产情况, 确定以下因素:

(1) 刀具为硬质合金机夹组合型线铣刀, 通过几组刀片型线的搭接, 铣削后达到“五叉”型线的要求。

(2) 刀具设计直径。叶片分厂叉型叶根采用专用机床进行铣削, 机床主轴直径尺寸 $\Phi 100\text{mm}$, 加工零件的槽深度 135mm , 为了保证整个铣刀的强度, 需要设计直径 $\Phi 150\text{mm}$ 适当厚度的基体加强部分, 并保持与叶片一定有效的距离。根据这些因素与限制条件, 铣刀最小直径设计为 $\Phi 400\text{mm}$ 。

(3) 刀具工作角度设计。顶齿的工作角度: 经过多次的方案论证, 综合刀体加工, 刀片受力, 安装使用等因素, 采用水平方向 45° 斜向安装方式。根据刀具的直径尺寸, 顶齿径向需要倾斜 $3^\circ \sim 5^\circ$ 才能充分避免与零件的干涉。在轴向两侧刃口法向后角, 则根据加工材料特性刀片刃口需要一定的强度和较大的工作前角以及刀片的磨制前角等因素, 并结合不锈钢材料实际切削力试验, 最终确定为 4° 左右。

侧齿的工作角度: 与顶齿类似, 在刀具径向与轴向后角分别确定为 $3^\circ \sim 5^\circ$ 与 4° 。为了避免侧齿刃口整体参与切削, 还需沿第三轴方向旋转。

倒角铣刀片工作角度: 倒角铣刀根据零件的结构特征进行排布。与前类似, 为了增加刀片的强度与避免加工过程中的干涉, 刃口法向后角设计为 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。

根据不锈钢材料的加工特性与生产所需效率等, 并结合实际切削力试验, 确定实际工作前角为 $5^\circ \sim 9^\circ$ 时切削力适中。

2. 刀体设计

(1) 刀体材料及热处理要求。材质采用42CrMoA锻料。该材料在机夹刀具的刀体设计中较常用, 但在精度要求高、结构刚性较差的刀具结构设计时要慎重, 需要稳定控制刀体的尺寸与形状精度, 通常要求在制造过程中通过多次的热处理工艺来控制变形和消除残余应力。

刀体毛坯调质后进行粗加工; 并在淬火后进行半精加工和精加工后加工, 加工中需要进行了多次应力释放, 并对称加工各刀片槽。刀体要求最终硬度45HRC。

(2) 不等齿距设计, 减小切削振动。切削力是使加工工艺系统振动的主要原因, 切削力是每个刀齿切削时产生的, 欲使刀具相对工件产生的相对振幅减小, 优化选择合理齿间角达到激振力的频谱在所有频率下尽可能小。不等齿距设计方案的评价指标是: 获得尽量平坦的铣削力幅值谱。

设 $F_i(t)$ 表示不等齿距三面刃槽铣刀任意方向上的分力, $i = x, y, z$ 。由于铣削力是周期函数, 其周期等于不等齿距铣刀的旋转周期 T , 角频率为 ω ($\omega = 2\pi/T$), 可以将铣削力展成如下的傅里叶级数:

$$F_i(t) = \alpha_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [\alpha_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)] \quad (1)$$

$$\text{式中: } \alpha_0 = \frac{1}{T} \int_0^T F_i(t) dt$$

$$\alpha_n = \frac{2}{T} \int_0^T F_i(t) \cos(n\omega t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T F_i(t) \sin(n\omega t) dt$$

$$n=1, 2, 3, \dots$$

其幅值谱的第 n 次谐波的幅值为: $c_n = \sqrt{\alpha_n^2 + b_n^2}$, 以铣削力各谐波幅值和最小作为优选不等齿距齿间角目标函数, 即:

$$\min(\sum_{n=1}^N c_n^2) \quad (2)$$

目标函数中 N 为所取的谐波总数, 其余的高次谐波幅值可小到不计, 用该目标函数计算出的齿间角记为 θ_n 。记齿间角下、上限值分别为 $\theta_{\min}$ 、 $\theta_{\max}$, 表示刀体上取该值即齿距最小时, 有足够容屑空间, 刀体强度满足要求, 刀片夹紧可靠, $\theta_{\max}$ 值主要是考虑大规格三面刃槽铣刀的动平衡和刀片每齿进给变化成都等条件确定, 一般 $\theta_{\min} \geq 2\theta_{\max}/3$ 。

由式2计算出来的 θ_n 应满足: $\theta_{\min} \leq \theta_n \leq \theta_{\max}$, 若不满足该式, 应将不满足该式的 θ_n 值调入该范围, 代入式2中, 再计算, 直到满足为止, 这样计算出来的 θ_n 再经过数据标准化后, 即为刀体上不等齿距间夹角。

三、刀片设计

(1) 刀片材质选择。刀片材质采用加工不锈钢类的M类硬质合金材质或PM高速钢。不锈钢加工要用M类合金, 但在这种大的冲击载荷下的切削, 系统刚性稍有不足将导致合金刀片崩刃, 因此所选择的M类硬质合金材料要有足够的抗冲击韧性和抗弯强度。

粉末冶金高速钢材料可以弥补硬质合金在强度方面的不足, 虽然其耐磨性有所下降, 但通过涂层处理后刀具的寿命和切削效率仍然比传统的刀具会有较大提高。因此PM类高速钢材料可以作为次选刀具材料。最终根据刀片的试验结果选择涂层牌号;

(2) 刀片与刀体高度。两侧刀片刃口高出刀体0.5mm; 顶齿因受结构和强度影响, 设计高出刀体0.3mm。该款刀具作为叶片加工的精铣刀, 前述尺寸可以满足正常切削的结构要求。

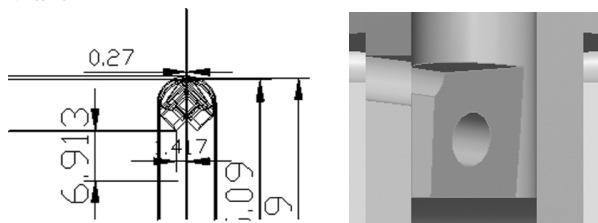
(3) 刀片压紧螺钉选取。根据非标刀片大小, 选取刀片压紧螺钉为M4和M3两种规格, 以保证尤其是顶齿刀片的拉紧力与可靠性。

(4) 刀片刃口强度设计。该刀具为叶片叶根最终精加工工序用, 刀片采用全磨制结构, 为消除刀片切削刃在磨削过程中的微缺陷, 保证刀片切削刃足够强度, 要求刀片刃口进行钝化处理R0.1。

(5) 精度要求。因刀片制造的难度与误差因素, 通过刀片搭接, 实际切削圆弧与理论曲线有一定的误差, 需要通过精磨刀片, 保证与理论误差在5 μ m以内, 以此保证整套刀具 ± 0.02 mm的轴向尺寸精度, 从而保证叉形槽的加工精度。

(6) 顶齿刀片设计。顶齿刀片直接影响叶根槽底的加工, 通过左右两组顶齿非标刀片搭接, $2.65 \times 45^\circ$ 倒角及倒圆角处、直槽非标刀片均至少可转两次安装位使用, 以增加性价比。

刀具顶齿投影到水平切削位置时, 左右两组刀片在投影方向形成R3.80半圆, 因投影为椭圆图形, 刀片轮廓与理论轮廓相差5 μ m以内。左右两组顶齿槽底搭接处, 形成0.27mm重合, 棱角处倒圆R0.5mm, 避免形成明显切痕。



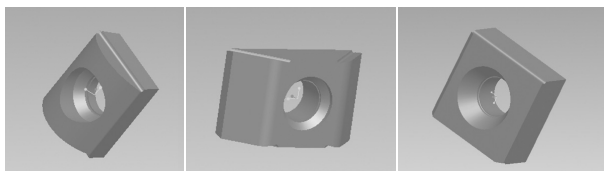
顶齿刀片设计

为最大限度增大刀体厚度, 提高刀体强度, 顶齿刀片与刀体中分面成 45° 夹角, 螺钉孔深约4mm, 以保证M3螺钉拉紧刀片, 增加该处刀片的可靠性。

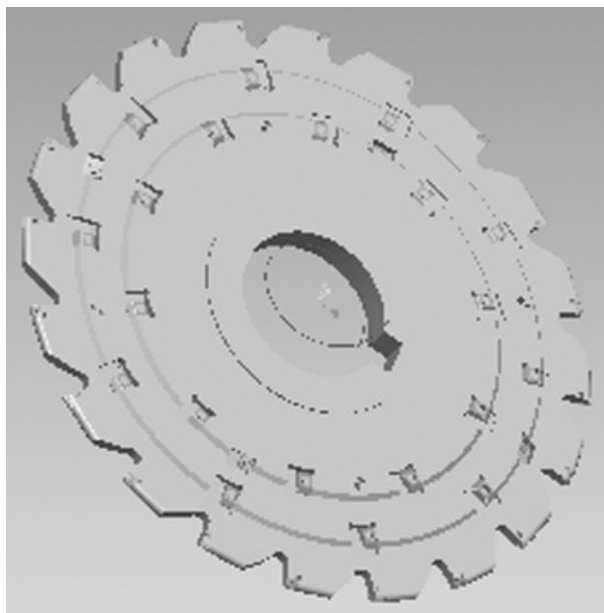
(7) 侧齿。采用与顶齿相同方式, 根据Autocad图形确定铣削轮廓型线, 及刀片各方向位置尺寸。

(8) 刀具精度检测。根据装配后3D图生成2D图, 检测各方向尺寸; 需要则调整各方向尺寸, 使刀具满足要求。

设计后的刀片和刀具外形结构如下图:



顶齿刀片侧齿刀片倒角刀片 非标刀片设计



刀具设计效果图

四、设计铣刀切削参数计算

根据选定叶片的不锈钢材料, 通过厂内金属材料技术手册和其它资料, 以及相关切削计算公式可计算出各刀片相关参数(见下表)。

各刀片相关参数计算表

变量名	顶齿	侧齿1	侧齿2	单位	说明	附计算公式
D_{cap}	400	330	268	/mm	刀具有效直径	$v_c = \frac{D_{\text{cap}} \times \pi \times n}{1000}$
N	50	50	50	/r·min ⁻¹	转速	
V_c	62.831	51.836	42.097	/m·min ⁻¹	线速度	
F	50	50	50	/mm·min ⁻¹	进给速度 (vf)	$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$
A_p	0.5	0.5	0.5	/mm	切深	
A_e	106	70	30	/mm	切宽	
Z_c	10	10	10	/N	有效齿数	$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$
F_z	0.1	0.1	0.1	/mm·min ⁻¹	每齿进给	
Q	2.65	1.75	0.75	/cm ³ ·min ⁻¹	金属去除率	
K_c	5000	5000	5000	/N·mm ⁻²	切削力系数	$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$
P_c	0.2208	0.145	0.0625	/kW	净功率	
M_c	42.176	27.852	11.936	/N·m	扭矩	
附加:						$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$
R_{11}	3.8	1.9	1.9		刀尖圆弧半径	
R_z	0.328	0.657	0.657		理论粗糙度Rz	
						$R_z = 1000 \times f_2 / (8 \times Re)$

通过以上各刀片参数以及整套刀具刀片设计和数量,可以计算整套刀具加工各相关理论参数。

五、切削试验

因刀具为多把刀具串联使用,需要进行确保制造精度和细节完善,故进行中间铣刀的首件制造和试验。

1. 精度检测

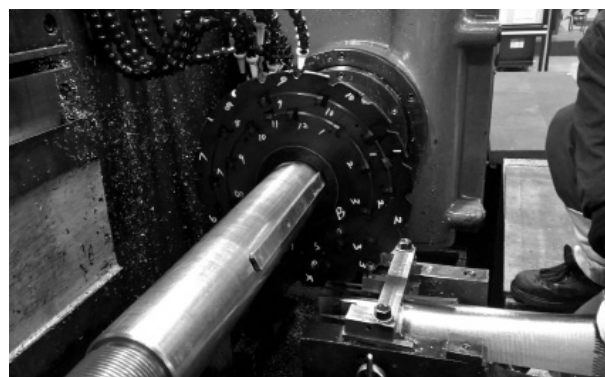
刀体在进行外协制造,并严格控制精度尺寸。顶齿轴向跳动0.03mm,径向跳动0.04mm;侧齿轴向跳动0.03mm。



检测中间铣刀各

2. 首件切削试验

为了确保该款叶根机夹铣刀的加工,还需要安装在机床进行各尺寸的检测,并进行切削试验验证叶根加工各尺寸精度。因叶片分厂叶根铣削专机为非数控或数显,不能准确进行参数记录,通过目测计时方式估算。根据估算,机床转速 $S \approx 60\text{r/min}$,进给 $f \approx 60\text{mm/min}$, $f_z \approx 0.1\text{mm/min}$ 。共试加工中间和右侧各一槽。



中间铣刀进行切削试验

(下转第50页)

浅议车床类刀具综合可调功能各方面的关联性分析与挖掘技术

上海敖智信息科技有限公司
南京能新电力高科实业有限公司
兰州电务段

范亚炯
杨芸
于帆

【摘要】从不可调刀具延续刀具使用寿命和延伸刀具工艺加工性能的单维事务功能内部参数的关联，扩展到刀具综合可调功能各方面事物间的多维关联，表示了刀具使用寿命多方面的有效延续与加工工艺的集成与拓展。以刀具综合可调功能模块为挖掘工具，能开拓刀具设计与应用的开放创新平台，保证了制造业集约化、绿色化环保的时代需求，无疑将是我国现代制造业的核心技术。

随着生产加工过程数控化和自动化的发展需要，为保证现代制造业“优质、高效、节能、低耗和环保”的新需求，对金属切削刀具也提出了“高可靠度、高精度、长寿命、快速转位更换、断屑良好”等集约化、绿色化的更高标准，使刀具技术不断创新发展。而车床类刀具的综合可调功能，使刀具可转位刀片多方位不重复转位、几何参数（包括修光刃、断屑槽参数）可调、刃部重磨预留尺度可调（侧重精磨）、刀片不拘几何形状（内接圆半径额定在一定范围内）多品种调换等使用功能，能在刀具全生命周期内发生关联。即：一个功能事件发生后，在相应值域内能引起另外一些功能事件的发生。挖掘这几个变量在相应值域内的相互关系与规则，能有效掌控综合可调性能在刀具全生命周期的不同功能的优化数据流。

一、刀具全生命周期管理平台与挖掘关联技术

这种新需求与新标准，要求我们必须解决刀具应用工程系统各方面与加工参数多目标优化的关联问题。由于“对高速切削技术的基础问题缺乏系统全面的认识，在高速切削参数的优化选择方面，国内诸多用户企业仍停留在以切削速度、进给量、背吃刀量三个主要切削参

数为变量来进行优化选择的层面，从而造成许多高档数控机床、先进刀具无法发挥其潜力，严重制约了加工效率的提高、质量的有效保证。因此，从深入推广高速切削技术的角度出发，应突破传统意义上的切削参数（切削用量）优化理念，综合考虑机床、刀具、切削用量、数控编程、冷却润滑等关键技术问题的影响，系统考虑高速切削参数的优化问题”。这样建立刀具全生命周期管理平台（Product Lifecycle Management）并挖掘刀具综合可调功能各方面关联技术，延长并扩展刀具的使用寿命与工艺加工性能，就能在大量各种工件材料和各种加工特征的基础上，挖掘出有使用价值的管理与操作规则，并围绕由刀具和切削参数所确定的切削工艺规划的核心步骤，为客户提供有针对性的工艺方案并解决技术服务问题。

1. 加工系统多目标优化与刀具综合可调功能各方面事物的关联性

确定刀具和切削参数一般多从零件材料角度出发考虑，但不考虑加工系统多目标优化的系统性，则可能导致工件与刀具不完全匹配。因而结合自动化生产线的各自特征，以及流程关键节点关联规则与兴趣度的不同，及时挖掘刀具综合可调功能各方面与参数的关联技术，实际就表达了不同工艺过程的有效关联，并能在工艺决策

的最高层面,以最经济、直接的方法,改变不可调焊接刀具的低效、盲目和粗浅的工艺理念和操作程序,以及可转位刀具仅适应少品种、大批量生产的局限性。

可转位不重磨技术的推广应用,并未完全改变不可调刀具品种与类型繁多的结构状态,给刀具CAD/CAM技术的应用和发展以及机械加工和刀具设计人员合理选择刀具仍带来一定困难。同时,刀片型号的增加也给刀片采购和销售带来不便,为用户快速、高效及正确选择刀具增加困难。因而,要求在切削加工中,能根据不同加工特征和综合可调功能各方面的关联规则简便、快捷地选择所需刀具和切削参数,对实现高度自动化切削加工有着十分重要的意义。

2. 现切削数据库的缺陷与挖掘技术

目前,不可调刀具切削数据库系统可以高效地实现数据的录入、查询、统计等功能,但其作用仅是面向工艺事务处理的联机系统应用,无法发现数据中存在的动态关系和规则,无法根据现有的数据来分析并预测未来工艺决策与核心工艺技术的发展趋势。缺乏挖掘数据关联规则的技术手段,导致了不可调刀具“数据爆炸但关联知识贫乏”的现象。而刀具综合可调功能的挖掘技术,可以较好地解决这个问题。

该数据挖掘(Data Mining)就是从不可调刀具大量的、局部的、有噪声的、模糊的数据中,提取隐含在其中具有可调动态优化信息与知识的过程。因为,现加工参数优化模型多数是对切削速度、切削深度、进给量等工艺参数进行优化,其研究背景主要针对一台机床与一种工件材料,使得优化模型的实用功能受到很大限制。这主要受制于不可调刀具几何参数优化静态保守性与局限性。刀具综合可调性能实际表达了刀具面向产品族的模块化设计和制造工艺的聚类分析,将刀具各种使用性能进行相应归类、综合与有效合作就成为工艺集成的动态优化特征。

3. 现代制造业集约化综合需求与刀具功能的关联特征

切削参数优化空间的进一步拓展,不管是单向目标向多目标延伸、优化算法由离线调整向在线自适应控制拓展、优化目标由定参数向变参数拓展,还是由确定型向模糊化拓展,都说明了应对可调式刀具的综合可调功能各方面的关联性,即延续刀具使用寿命与提高其工序能力指数、拓展其工艺加工性能的各功能事务的相关兴趣度做系统的深入调研与推广、应用。不可调刀具技术使延续刀具使用寿命、拓展其工艺加工深度与宽度的性

能关联度很小或为零,完全割离了转位与重磨功能的关联,使得重磨与转位的技术均得不到提高,也使刀片的调换只能局限在同一型号(内接圆半径不变)、不同材质的一维性能参数范围内。说明其功能只是参数静态优化功能的延伸,需要向变参数的动态优化功能拓展。

4. 工艺集成的有序功能规则

这种拓展表示了刀具综合可调功能随加工条件的变化状态,为方便、准确地查询本企业的制造资源,而建立的一种有序功能规则,能将IT系统各个方面所生成的数据不在受限于各自系统内,并在刀具生命周期平台上,让有效一致的合作成为可能。因而,挖掘其各方面功能的关联数据并与CAPP、CAD/CAM和CIMS等联机,实际是对加工过程中的规律、规则、数据和技术进行采集、评价、存储、处理及应用的过程。例如:刀片多方位不重复转位功能近表示了工艺性能的拓展与延伸,可调与重磨表示了工艺加工能力的有效完善与延续、刀片的多品种调换则进一步表示了不同车削加工特征的集中加工能力,因而,其综合功能对切削过程的优化,以及缩短制造企业75%的无效时间(Downtime),整个自动化生产的效率、集约化、绿色化的提高都有积极的意义。缺乏刀具综合可调功能,不扩展其功能事物间关联技术,就不能适应工艺加工系统深度与宽度进一步综合与优化的要求,所造成大量资源的积压与浪费是不容忽视的。

二、刀具综合可调功能各方面事物的关联技术分析

现不可调刀具品种、类型庞杂,品种与类型的相关性具均不强,各数据分散在不同类型与不同层次的各类文件与操作过程中,具有相当程度的分散性。应进行相关的关联分析与技术创新。

1. 刀具几何参数选择的优先项

一把完整刀具的形状与结构,是由一套系统的刀具几何参数决定的,刃口各参数之间不可能相互独立地存在,有着相互依赖、相互制约的作用。但其属性各不相同,例如:主偏角与刃倾角决定了主切削刃的空间位置,不管加工条件如何变化,主切削刃的这种属性是不会改不安的,是其绝对属性、关联规则的前项。这不仅因是工件的材料性质而定,也与工件的工艺特征相关联。而主前角与主后角决定了前面与后面的空间位置,副偏角与副后面决定了副后面的位置,其参数的变化只

有在与主切削刃定位后作相关性分析时，才能表现出来，只是主切削刃的关系属性。切削加工系统是一个十分复杂的动态过程，采用模糊方法建立的监测模型，及时调整主偏角及其后项参数的关联规则，才能适应刀具工艺参数的变化，突出其系统几何参数的侧面并满足优化目标，适应处理非线性工况，具有较好鲁棒性。

2. 聚类分析与调整功能

同一加工特征因主偏角不同，需设置2-4种不同类型的刀具，不同加工特征的工件所需刀具组合的总数，将非常繁杂。因而，发现相近之间数据间的关联规则，并进行分组与适时调整，就能为不可调刀具类型与品种的精简，工序操作程序的集成，提供简便、快捷的高效原则。如下表所示：

车削加工特征及与刀具主偏角的对应表

序号	车削加工特征	刀片形状代号	刀具主偏角	刀具后角代号
1	车外圆（粗切或半精切，刚度高）	C, T, F, W	30°、45°，75°，90°	N, C, P
2	车外圆（粗切或半精切，刚度低）	T,	45°，75°，90°	N, C
3	车外圆（半精切或精切，刚度低）	T, S, F	75°，90°	N, C
4	车外圆（半精切或精切，刚度高）	T, F	45°，75°，90°，90.5°	N, C
5	车直通端面	T, S, F	75°、90°、95°	N, C
6	车台肩端面	T, F, D, C	45°，45°，75°，90°	N, C
7	车削台肩	S, F	90°，90.5°	N, C
8	镗内孔	C, D, A, T, R	45°，60°，75°，90°	N, C

因而，根据不同加工特征，可调刀具主偏角参数在其初相角的正负相近参数值域内的可调设计、是关系到刀具使用寿命有效延续问题与工艺性能拓展核心技术的首要问题。

3. 重磨关联技术分析

焊接刀具刃磨成形后，重磨后刀面是其延续使用寿命的主要技术措施，也可在刀片与刀头连接强度与尺寸允许的范围内适当改变主偏角与前后角数值，使刀具具有一定的适应加工条件变化的柔性工艺加工性能。但技术的经验性与粗糙性强，且不可靠。可转位刀具刀片的转位与调换功能，改变了焊接刀具的诸多缺陷，是延续刀具使用寿命的一种有效技术措施，诸多技术特点主要适应少品种大批量生产类型，缺点却以牺牲产品的多样性为代价，刀具的品种、类型并未完全适应多品种、小批量的生产类型，浪费也严重。

20世纪六七十年代，硬质合金可转位刀具技术已在我国推广应用，为降低刀具费用，不久便在各地兴起对刀片正常磨损后的重磨，支持度较高的是刀台主副后刀面，给刀片重磨刀片主副后刀面让出0.8mm宽的预留空间，如刀片每边一次的刃磨量为0.15—0.25mm，可刃磨3次。如果让出1—1.5mm宽的预留空间，重磨4—5次也可行，但现可转位刀具的夹紧机构无此二维可调夹紧功

能，加之断屑槽参数的减少量并超过边界值，断屑状况恶劣无相应的调整机构，只能报废。可转位刀具不可调结构功能的约束，使其重磨技术含量得不到提高，兴趣度不强，工艺加工性能只是静态的延伸。

这不符合大批量生产的同时也要求高效（flexibility）和敏捷性（Agility），实现柔性化的要求。因而，有效延长刀具的使用寿命，增添其工艺加工性能，挖掘刀具综合可调功能各方面事务关联性技术就显得必要与迫切，例如：重磨预留可调功能的扩展，必使其与不同品种刀片的调换（内接圆半径额定在一定范围内）相关联，从而使其具有不同的主偏角初相角，并能在其相近参数范围内正负变化，进而使刀具主偏角能在较大范围内变化，可调式刀具综合工具系统（发明专利号：20130171116.7）所描述刀具刀头压板可配合装卸80°菱形、55°菱形、35°菱形各种形状刀片，主偏角能在45°范围内调整、变化，能根据精加工要求调整修光刃前角与刃倾角，进一步了提高加工精度与超精密工艺能力，也能调整刃部的断屑宽度，增强了刀具有效控断屑、流泄的功能。这体现了5种不同类型的（车床类刀具的主偏角分别为30°、45°、60°、75°、90°）的刀具，4类加工材料加工参数特性，就表示了20余种工步的集成。由于刀片调整与调换的可得性强，显著优化了刀具几何参数与工艺参数的管理。

4. 刀具新需求案例分析

大批量生产仍然是现如今取得经济效益的一个重要模式，但需要提高生产过程的集约化、绿色化内涵。在切削加工领域，主要是通过提高刀具寿命、选用新型刀具材料、降低刀具组成材料的消耗、降低切削功率消耗、减少或取消切削液的使用、简化工艺系统的组成要素等形成。刀具综合可调功能的模块化及所挖掘的新关联知识，为解决这一系列问题提供了有效途径，例如：

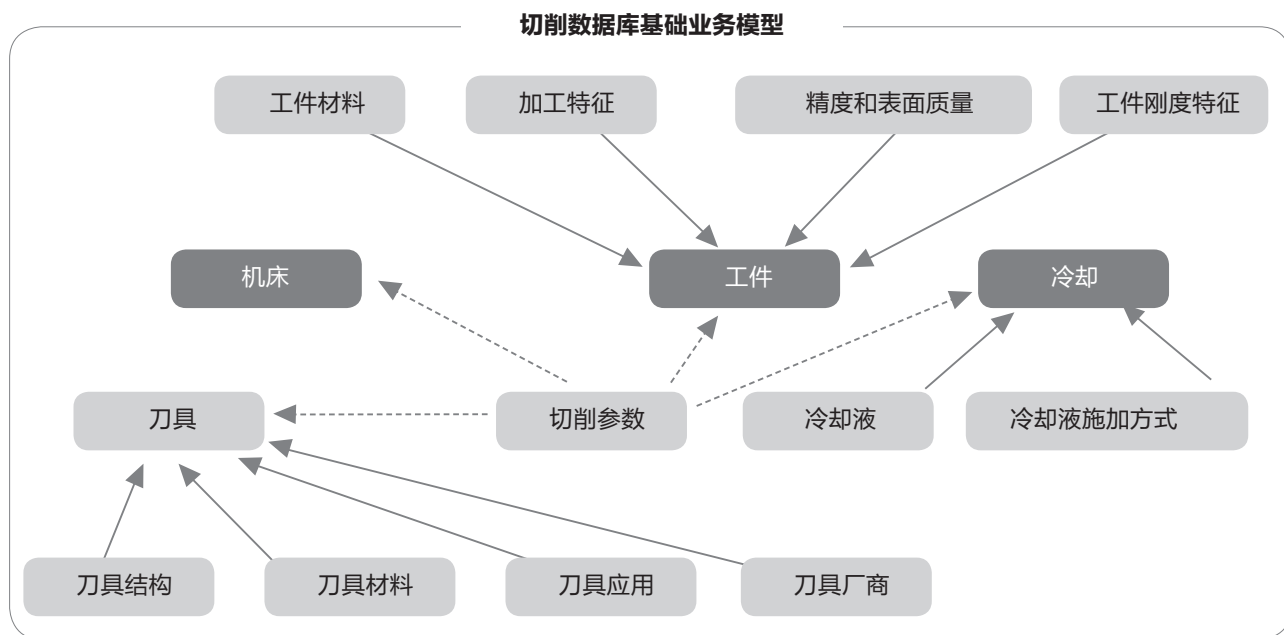
新型可调重型车刀的加工与工具系统的设计，就综合考虑了降低刀具材料消耗、使用能耗、涂层、环保等新需求，通过该系统刀具的综合可调功能各方的有机配合，解决了银白屑切削粗加工与半精加工，半精加工与超精密加工的工艺集成，以及干湿、半干湿加工等绿色加工的具体问题。

车床类带修光刃的大进给精加工可调式刀具通过刀具综合可调功能各方面的关联性，进行刀具修光刃的可调设计，对修光刃包括相关几何参数（刀尖圆弧半径及其修正主偏角、排屑角、刃口前后角、斜角、有效长度）进行了调整与优化，达到精密和超精密加工的高质量要求，也是具体的案例。

5. 切削数据库发展与模块化设计的驱动力

企业制造资源数据库一般包括工艺基本定义和分类、机床设备、刀具、工艺装备、毛坯种类、材料牌号、材料规格、工艺规则库、工艺简图库、工艺参数库（切削参数、设备参数、工时定额表）和典型工艺库等。而切削数据库中刀具综合可调功能各方面的关联规则，与CAPP、CAD/CAM和CIMS等联机，表示了综合可调功能根据企业制造资源变化状态为自动化制造系统提供合理的动态切削加工数据，是切削数据中心向加工信息中心乃至生产信息中心发展的一设计驱动力。

“组成刀具可调功能构件模块化并结合为统一模块的归类过程”，映射了制造资源与刀具工艺集成技术的关联规则，表现在综合可调各方面功能对加工过程中的动态适应特征与技术要求所进行切削数据的采集、评价、存储、处理及应用过程。没有这种模块化综合可调功能的驱动力，就不可能脱离不可调刀具所形成的静态工艺决策，进入高层动态决策的工艺分析系统。关联原则表示某方面功能事件的发生而引起另外一些事件的发生，在工艺决策系统、专家系统和智能信息等方面能起到重要的作用。所以，取之航空制造网的切削数据库基础业务模型实是切削参数可调变化的映射初始模型（见下图）。



6. 开放创新的模式

刀具综合可调功能实际是车床类刀具在其应用工程系统内，从大量经验与实验数据中，有效提取出来的延长刀具使用寿命、提高工序能力指数，集成工艺性能等模块的分类与综合。因而，产品的研发与创新是开放式的，能根

据制造企业的新需求与建议，挖掘新的关联规则，设计新型可调式刀具，其最高目标不是基于不可调刀具数据挖掘的切削参数的静态优化，而是基于综合可调功能各方面事务关联规则的挖掘，突出其综合功能所侧重的切削参数的动态优化，其服务明确具体、可靠性强。

这种模式必使切削数据库结构优化,将尽可能减少计算机执行的进程,更改工作模式,删除不必要的中断,让机器运行更有效,优化文件位置使数据读写更快,空出更多的系统资源供用户支配,以及减少不必要的系统加载项及自启动项。当然优化到一定程度可能略微影响系统稳定性,但基本对硬件无害。因而是刀具技术提高的一个重要内容。

由于综合可调功能填充了不可调刀具切削参数不能连续的空隙区域(主偏角与刃倾角空缺),联系与识别了切削参数的孤点(大前角与大刃倾角),能使传统不可调刀具单一工艺性能内部相近独立参数集成而相互关联,也突破其壁垒使数据库不同工艺性能参数进一步集成而有最小支持度(Support)与最小可信度(Confidence),再引入不同制造企业的不同兴趣度(Life)就使得规则更符合实际需求,刀具的创新进

入新的开放平台。这里包含了可调刀具数据发现、特征描述与集成三个阶段的挖掘过程,能形成具有独特动态优化加工数据集的新式可调刀具,能在各种不同工况下使刀具的耐用度与工艺加工能力指数,加工质量与效益显著提高,具有较大的推广价值。

三、结论

从不可调刀具延续刀具使用寿命和延伸工艺加工性能的事务功能参数的单维关联,扩展到刀具综合可调功能各方面事物间的多维关联,表示了刀具使用寿命在多方面的有效延续与加工工艺的集成与拓展。它以刀具综合可调功能模块化为挖掘工具,开拓了刀具研制开发的创新平台,保证了制造业集约化、绿色化环保的时代需求。无疑将是我国现代制造业的核心技术。□

参考文献

- 1.高亮 扬扬 李新宇《数控加工参数优化的研究现状与进展》航空制造技术 2010年第22期
- 2.仇启源 庞思勤《金属切削技术》
- 3.范亚炯《浅析新型可调重型车刀的加工与工具系统》世界制造技术与装配市场 2010年 第5期 P93
- 4.范亚炯《车床类待修光刀的大进给精加工可调式刀具简式工具系统》世界制造技术与装配市场 2012年 第5期 P95
- 5.于随然 陶璟《产品全生命周期设计与评价》科学出版社 2012年6月
- 6.张兴灰《数据仓库与数据挖掘技术》清华大学出版社2011年6
- 7.范亚炯《刀具几何参数可调不重磨的归类分析机》机械研究与应用2000(3) P7-10;
- 8.范亚炯《对现车削工具系统的功能分析与设计思想建议》世界制造技术与装备市场2013(6)
- 9.郭晓科《大数据》清华大学出版社 2013年1月 P48 25-28

上接第81页

3.试验结果

在铣削过程中,刀具切削轻快,无明显振动和异响,排屑流畅。叶根加工表面粗糙度,底部槽约Ra1.6um,中部槽、上部槽约Ra3.2um,倒角表面光滑。

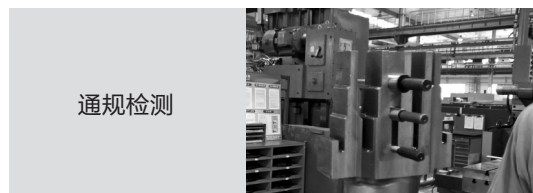
叶片下机床上综合量具进行检查,单槽各部宽度通规检查满足要求,底部槽槽底R过渡圆滑;深度方向尺寸也均进行通止规的检测,均满足要求。

六、结语

本文主要以公司“五叉”叶片叉形叶根可转位铣刀设计为例,介绍了叉形叶根可转位精铣刀设计难点、刀体、刀片和刀具精度影响因素,其设计方法和结果。针对该类机夹可转位刀具的设计思路是切实可行的。□



止规检测



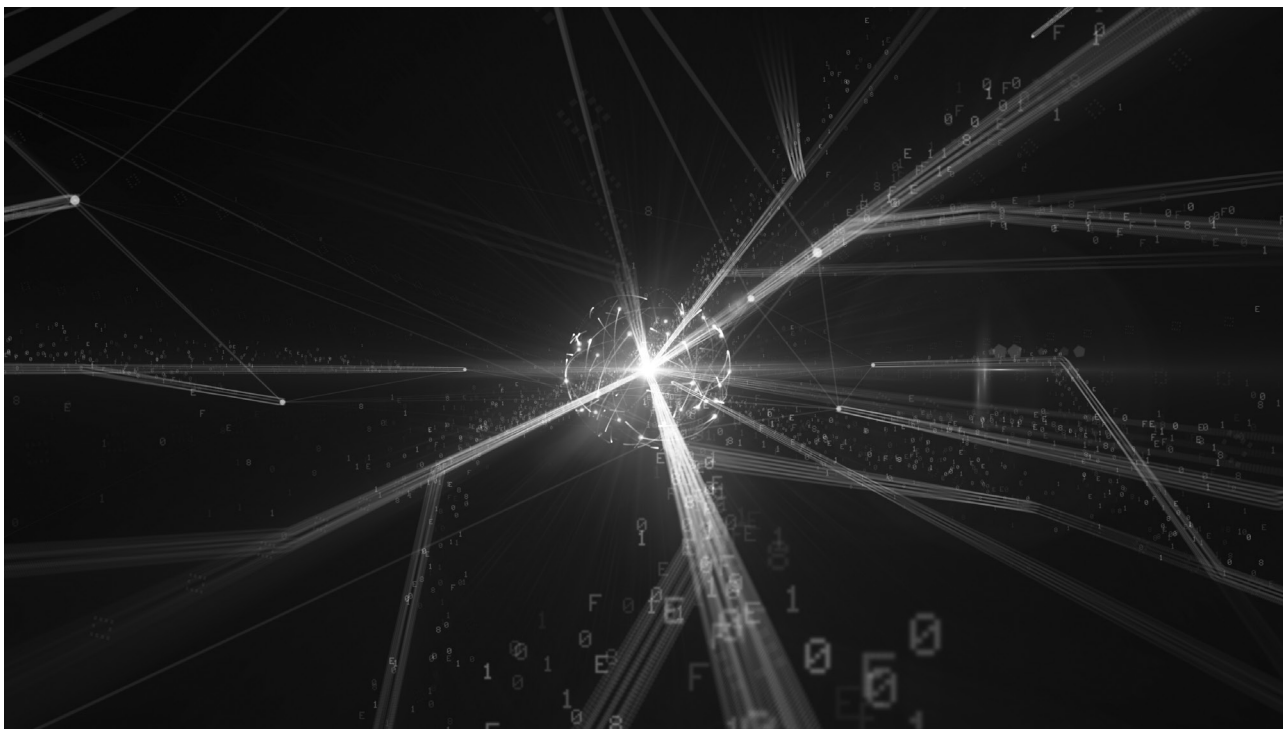
通规检测



节距通止规检测

全部数据，一款软件

卡尔蔡司（上海）管理有限公司



ZEISS PiWeb过程分析工具现已成为所有测量机的标准配置。

在当今现代化的加工业中，产品的质量和工艺流程越来越需要更高的精确测量来保障。因此测量结果的分析 and 文件显示出极其重要的地位。

“为了保持竞争力，今天的企业必须能够生产出更好的产品，甚至必须更快地生产出更好的产品。他们只有通过持续不断地监测重要的关键工艺流程和影响因素才能做到这一点。因此采用我们的ZEISS PiWeb过

程分析工具，我们就可以帮助他们实现他们期望的目标，” Christoph Grieser说。

根据他的解释，ZEISS PiWeb能够完成这项工作有三个关键要素：首先，过程分析工具从不同的来源收集大量的数据，并在短时间内可以完成分析。另外，该工具能够很容易地适应各种公司或用户的具体要求。它以定制化程度极高的方式去生成各种需要量身定制的报告。最后，在ZEISS PiWeb的研发和发展过程中，工程师们还将操作性能的简单、直观作为设计重点。所有的

努力其目的就是尽可能地为提供一种强大的快速图形分析手段。

智能链接

焊接电流如何影响工件的几何形状？在哪种加工中心上，孔的位置会发生规律性的偏离？在哪台机器上会出现明显的磨损？这些都是一个公司为了有效地控制生产经营状况必须要回答的问题。通过来自生产车间和实验室的各种相关测量和检测数据来看，ZEISS PiWeb可以快速识别类似问题的具体根源。该工具可以采集来自游标卡尺、坐标测量机，再到生产线上的测量机器人等各种来源的数据。如果增加了新的数值，程序将立即进行实时更新分析。“最后我们并没有忘记数据通信的安全性，”Grieser强调说。“我们在汽车和航空行业的客户通过对ZEISS PiWeb进行的各种测试已经证实了它的通信安全性。”

个别分析与可扩展解决方案包

根据具体所需测量的不同，导致所需的计算能力和分析工具也会有非常巨大的差异：比如作为中型企业在单个坐标测量机上分析一系列的测量，将和拥有众多工厂的集团企业收集来自测量实验室和数以千计系统中的数据以及生产线的检查数据的情况将会大大不同。因此，ZEISS PiWeb的功能范围可以根据不同的公司规模及其要求进行最佳的按需缩放。用户可以从四个不同的解决方案包中进行自由选择：ZEISS PiWeb reporting、ZEISS PiWeb reporting plus、ZEISS PiWeb sbs和ZEISS PiWeb enterprise。

现在，购买一台ZEISS测量机之后，都会自动配备ZEISS PiWeb reporting基础版本，其作为ZEISS测量软件包的一部分对测量结果进行分析和记录。与仅在一台测量机上的独立测量系列数据相比，ZEISS PiWeb reporting plus选项适用于想要进行更多统计分析和工艺流程分析的需求。ZEISS PiWeb sbs是一个新应用包。它是专为那些希望收集和分析来自多个测量系统、仪表或三坐标测量机以及表面测量机，包括非ZEISS设备的数据和工艺数据的中、小型公司推出的应用包。ZEISS PiWeb Enterprise是应用最为广泛的方案包，适用于拥有多个工厂的跨国公司，比如多家汽车制造商已经全线开始使用。与适用于中、小型企业的版本相比，它拥有一

个强大的数据库结构和一系列附加的数据库功能，包括通过有效目录进行的用户身份验证和各种数据库工作。

然而，不只是按照公司规模不同而需要不同的工艺分析工具。就是在一个公司内，不同的人员也需要适合自己的数据分析来帮助他们专注于完成自己的工作。此外，用户还必须遵照特定的工厂内部标准，以及客户对文档的具体需求进行具体应用。为此，ZEISS PiWeb还为您向具体的目标群体提供具体分析的报告模板。另外，不同于机器操作员，管理人员通常不需要单一的测量值。相反，更多时候他们对测量的重复性和公差的关键偏差需要进行审查。如果他们想要对某一特性的某些方面了解更多内容，此时 ZEISS PiWeb就是最佳的实时助手。使用它绝对不会让您走任何弯路，却可以帮助您将细节的要求上升到更高的层面。“有点像谷歌地图，在单台测量机的一定层面上，用户可以从纵览的状态将数据放大到某个特定的特性，”Grieser解释说。达到这样的程度的同时，所有的用户却始终仅使用同一个数据库。

用户不仅可以自定义数据和分析的选择，也可以定义显示方式。这样，他们可以获得带有信息化的图形专业文档，用以提供给不同的同事、上司及客户，无需任何额外的编辑。

ZEISS PiWeb 个性化的另外一个好处：文件的生成过程并不是静态的，用户可以直观进行文件内容的修改并为其添加更多信息。生产的文件也可以以各种格式被导出。如果需要，新版本包括标准接口，可以直接将数据传输到CQA或客户指定的系统。

ZEISS PiWeb - 简述

ZEISS PiWeb可以收集来自游标卡尺、三坐标测量机，以及生产线上测量机器人等各种来源的数据，并能够进行快速分析。该软件可根据公司或用户组的要求进行特殊定制。功能范围可以根据不同公司具体的要求进行缩放，使用的版本包括从入门级的软件包到适用于应用广泛的拥有多个工厂的集团公司的软件包。仅需轻松按下按钮，它还可以生成目标群体的具体分析报告。□