

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.6 2017
2017年12月
December 2017

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

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 毛予锋
副主任: 王黎明 郭长城
编委:

王旭 关锡友 张志刚 龙兴元 马伟良 陈永开
曾 瑜 吴国兴 闫 宁 黄正华 张 波 李金泉
王煥卫 杜琢玉 李 屏 李保民 吴 日 何敏佳
张明智 陈吉红 罗 勇 姜 华 蔚 飞 魏华亮
冷志斌 杨 平

特邀编委:

刘宇凌 李先广 姜怀胜 李维谦 于德海 刘春时
李宪凯 魏而巍 范小会 张自凯 徐宁安 崔瑞奇
徐 刚 吴建民 孙兆达 李志宏 桂 林 汪爱清
王跃宏 张国斌 初福春 王明远 刘庆乐 王兴麟
边海燕 董华根 胡红兵 武 平 肖 明 钟 洪

总编辑: 李华翔

国际标准代号: ISSN 1015-4809

国内统一刊号: CN 11-5137/TH

国内发行: 北京报刊发行局

订阅处: 全国各地邮局

邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京博海升彩色印刷有限公司

零售价: 中国内地RMB10.-

中国香港HK\$70.-

其他地区US\$10.-



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

目 录 CONTENTS

2017年第6期(总第153期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

- 16 ISO/TC39/SC2第81次会议在西安召开等4则消息

The 81st ISO/TC39/SC2 meeting held in Xi'an etc.4 items

特别报道 Special Report

- 18 CCMT2018主题确立:“聚焦——数字·互联·智造”

Focus on Digital, interconnection and intelligent manufacturing are designated to be the theme of CCMT2018

- 20 CCMT2018境内展区展览预备会在无锡召开

Domestic preliminary meeting of CCMT2018 was held in Wuxi

企业报道 Enterprise Report

- 23 成都普瑞斯:70%订单来自老客户

张芳丽

Chengdu Precise CNC: more than 70 percent orders came from old customers

展品预览 Exhibits Preview

- 25 CCMT2018展品预览(1)

协会传媒部

Exhibits preview on CCMT2018

研发与应用 Research & Application

- 30 航空大型复杂结构件高效加工工艺应用试验研究

仇 健 刘春时

Application of high efficient technology for big complicated aviation parts

- 35 直驱式A/C轴双摆角铣头的研发与应用

高秀峰

Research and application of direct-drive A/C bi-rotary milling head

产销市场 Production & Marketing

- 40 2017年工具行业发展形势分析

工具分会秘书处

Analysis of development of tools industry in 2017

海外市场 Overseas Markets

- 43 EMO2017:互联理念在制造中的最新展示(上)

杜智强 姜晓钟

Technology show of interconnection in manufacturing industry on EMO2017

Competent Authority: China Machinery Industry
Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders
Association

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

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

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

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

President of E-C: MAO Yu-feng

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

Committeemen:

WANG Xu, GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG
Xing-yuan, MA Wei-liang, CHEN Yong-kai, ZENG
Yu, WU Guo-xing, YAN Ning, HUANG Zheng-hua,
ZHANG Bo, LI Jin-quan, WANG Huan-wei, DU Zhuo-
yu, LI Ping, LI Bao-min, WU Ri, HE Min-jia, ZHANG
Ming-zhi, CHEN Ji-hong, LUO Yong, JIANG Hua, YU
Fei, WEI Hua-liang, LENG Zhi-bin, YANG Ping

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, FAN Xiao-hui, ZHANG Zi-kai, XU Ning-
an, XU Gang, WU Jian-min, SUN Zhao-da, LI Zhi-
hong, GUI Lin, WANG Ai-qing, WANG Yue-hong,
ZHANG Guobin, CHU Fu-chun, WANG Ming-yuan,
BIAN Hai-yan, LIU Qing-le, WANG Xing-lin, DONG
Hua-gen, HU Hong-bing, Wu ping, XIAO Ming,
ZHONG Hong

Chief-Editor: Li Huaxiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO., LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

产品与技术 Products & Technology

- 53 模具自动化制造技术的应用 郭宏军等
Application of automatic manufacturing on die & mould
- 55 汽车高强度结构件热冲压生产线 曹玉等
Introduction of hot stamping line for automobile high strength structural parts
- 58 汽车转向节的改进型加工方案
Improved machining technology for automobile knuckle
- 60 用于直线滚动导轨垂直安装锁紧装置的设计分析 潘少平等
Design of locking device for the vertical installation of linear rolling guide
- 63 瓦尔特非标倒角铣刀:提升球阀加工效率全面的解决方案
Walter non-standard chamfer milling cutter: comprehensive solution to raise the
machining efficiency of ball valve
- 65 简析龙门镗铣床维修 李嵩松
Maintenance of plane milling and boring machine

展品评述 Exhibit Review

- 69 面向未来、勇于创新、满足市场需求
——CIMT2017磨床展品评述 张秀兰
Overview of grinding machine on CIMT2017
- 73 CIMT2017磨料磨具展品述评 磨具磨料分会
Overview of abrasives on CIMT2017

相关产业 Correlative Industries

- 78 揭秘呼吸的质量 卡尔蔡司
To check the breath quality with ZEISS0-INSPECT
消息 (62、64)
- 68 广告客户索引

编者的话

习近平总书记在党的十九大报告中指出，我国特色社会主义进入了新时代，这是我国发展新的历史方位。新时代最重要的特征之一是，经济发展已由高速发展转向高质量发展阶段。

12月12日，习近平总书记十九大后首次去徐工集团考察调研时再一次强调，经济高质量发展和“三个转变”的重要性；李克强总理在中央政治局会议上，围绕高质量发展部署工作、加强要求。高质量发展的重要性、迫切性前所未有，已成为我国经济发展的重中之重。

近几年在市场需求加速升级的客观形势倒逼下，国内机床工具企业加快转型升级步伐，努力向中高端迈进，以高质量、高性能的产品努力满足用户的需求，成效已初步显现。

随着中国制造2025的提出，明确了智能制造的发展方向。在信息互联引领新一轮工业革命日渐深入的今天，全球制造业正经历着从自动化、数字化制造向协同及智能制造的转变。作为智能制造的主战场，机床工具产业也迎来了全方位的深刻变革。

基于对国内外市场和产业发展趋势的研判，第十届中国数控机床展览会（CCMT2018），以“聚焦—数字·互联·智造”为主题，从国内外机床工具消费市场的最新变化，引发国内外对机床工具产业未来发展方向的关注与思考。

作为2018年度国内最具影响力的机床工具盛会，CCMT2018将吸引来自23个国家和地区的约1200家企业参展，充分展示先进的数控机床工具产品与技术，聚焦机床智能技术最新成果，引领观众亲身感受智能技术的无穷魅力。作为未来智能制造的主战场，机床行业将紧跟世界变化，扛鼎时代未来。

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

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



Motion Control and System Technology



仿冒品
请向合格经销商购买

荣获日经Business评选为「全球上市企业综合成长力百大」第5名
连续2年荣登福布斯(Forbes)全球创新成长百大企业
入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(ROBO-STOX)权重排名TOP 10

工业4.0 优质伙伴

INDUSTRIE 4.0 Best Partner



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



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



2001~2017连续17年荣获台湾精品金银质奖



滚珠丝杠
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
ablimotor

上银科技(中国)有限公司

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

HIWIN大陆专属经销商

天津隆创日盛科技有限公司
Tel: (022) 2742-0909
深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558
上海诺银机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303
上海玖钰机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980
昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918
河南广原精密机电有限公司
Tel: (0371) 8658-1632
乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809
上海台银机电科技有限公司
Tel: (021) 5480-7108
厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296
金太客传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6690-8988

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

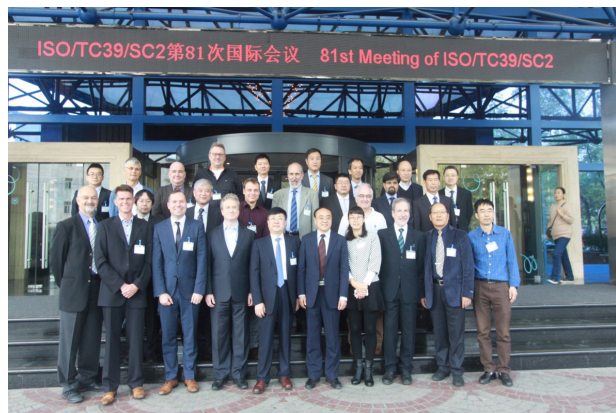
HIWIN海外厂

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

ISO/TC39/SC2第81次会议在西安召开

由国家标准化委员会主办，北京机床研究所、国家机床质量监督检验中心、全国金属切削机床标准化技术委员会承办，成都飞机工业（集团）有限责任公司、清华大学和秦川机床工具集团股份有限公司协办的ISO/TC39/SC2“金属切削机床检验条件”分技术委员会第81次会议于2017年10月23-27日在西安召开。参加本次会议的有ISO/TC39/SC2的11个P成员国（中国、美国、瑞士、荷兰、奥地利、英国、德国、瑞典、意大利、日本、伊朗）的27名代表，国内相关企业的代表列席了会议。

国家标准委工业一部赵晶晶女士代表国家标准化委员会出席了本次会议。北京机床研究所副所长、全国金属切削机床标准化技术委员会主任委员王晓林出席会议，并就中国代表团参会的重要细节及如何做好会务工作进行了部署和指导。



陕西省质量技术监督局宋艺光副巡视员代表陕西省相关部门和领域出席了开幕式。会议由ISO/TC39/SC2主席Guido Florussen和秘书长Jochen Fornather共同主持。

开幕式上，赵晶晶女士代表会议主办方对各成员国代表参会表示诚挚欢迎，对ISO/TC39/SC2技术委员会对中国标准化工作的支持表示感谢。

中国机床工具工业协会当值理事长、秦川机床工具集团股份有限公司董事长龙兴元先生在致辞中感谢各国嘉宾为世界机

床行业的进步与发展所做的努力，向代表们介绍了中国机床行业的整体运行形势，介绍了秦川机床工具集团股份有限公司的基本情况，并诚恳邀请与会代表到秦川机床考察指导。

为使会议达到预期效果，国家标准化委员会、会议承办及协办单位从各个方面和各个环节给予高度重视和认真充分准备。2017年7-9月，ISO/TC39/SC2秘书处组织其成员国对中方提出的ISO10791-7进行了投票表决，最终该提案晋升到DIS阶段。在本次西安会议上，中方代表再次接受了大会质询，DIS稿获得一致通过。

会议要求中方在会后根据各成员国代表提出的意见做进一步修改，并于2018年1月提出FDIS稿，供SC2下次会议讨论。通过本次会议，我国ISO10791-7修改稿向前推进了关键性一步。

会议还讨论了其他多项标准草案及五年复审结论。

会议决定，ISO/TC39/SC2第82次会议于2018年4月在瑞典山特维克召开。

之后，会议组织与会代表参观了秦川机床工具集团股份有限公司和宝鸡机床集团有限公司。（李祥文供稿）

团体标准第一批计划项目立项评审会在京召开

11月3日，中国机床工具工业协会举行了协会团体标准第一批计划项目立项评审会议，对相关分支机构申报的协会团体标准项目建议书进行了评议。

协会团体标准立项申报工作于今年4月正式启动，截至6月底，已有重型机床分会、涂附磨具分会、锻压机械分会和铸造机械分会等分支机构申报协会团体标准项目建议书24项，本次会议对其中17个项目进行评审。中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城、行业部主任娄晓钟，以及沈阳机床集团股份有限公司、北京北一机床股份有限公司、重庆机床（集团）有限责任公司、北京第二机床厂有限公司、北京机床研究所、四川普什宁江机床有限公司、苏州电加工机床研究所有限公司、济宁博特精密丝杠制造有限公司、武汉重型机床集团有限公司、济南铸锻所

有限公司等企业代表共17人参加了会议。

郭长城在会上指出，目前全国各地各行业都在积极开展团体标准的建设工作。中国机床工具工业协会的团体标准工作自2015年开始筹备，至今各项实质性的工作一直在有条不紊地推进中。据悉，机床协会以滚动功能部件行业为试点，开展“滚动功能部件专项产品评测”工作，并取得了一定成果。郭长城希望其他细分行业也能积极探索出一套符合自身发展规律的产品质量认证模式，并在此基础上形成机床行业的质量控制、行业自律等标准规范体系。娄晓钟介绍了协会分支机构申报协会团体标准项目的过程和协会标准化委员会秘书处工作会议对项目的初审情况。相关分会的专家代表分别介绍了重型机床关键共性技术、锻造棕刚玉和锻压铸造机械产品质量通用等级评定的标准草案。代表们对草案展开了讨论，并对各草案是否立项以及如何完善给出了初步意见。（机床协会行业部）

齐重25米数控重型立式铣车床通过验收

2017年11月25-26日，齐重数控装备股份有限公司牵头承担的04专项“数控立柱移动立式铣车床”课题，在用户现场通过了验收。

该课题由齐重数控装备有限公司承担，参加单位有清华大学和哈尔滨工业大学。课题开展了具有独立高精度分度功能的超重超大型工作台C轴结构、工作台静压导轨技术、闭环反馈技术、超重型大跨距高精度龙门架同步控制技术、刚度保证技术、超大型高精度横梁加工工艺技术等研究，并进行相关试验，提出了提高本类机床可靠性和精度稳定性的具体方法。机床主要技术参数指标达到：最大加工直径 $\Phi 25000\text{mm}$ ，最大加工高度 6000mm ，最大工件重量 550t ，工作台直径 $\Phi 10000\text{mm}$ ，工作台径向跳动 0.02mm ，圆柱度 $0.02/300\text{mm}$ ，C轴分度精度 $\pm 5''$ ，其可靠性和精度稳定性等技术指标达到国际先进水平。

该机已在重庆水轮机厂有限责任公司投入使用，主要用于大型水轮机转轮、下机架中心体等零件的加工，工件

一次装卡能够完成车、铣、钻、镗、攻丝等工序的加工。该机床可靠性和加工效率高，满足用户对大型零件的机械加工需求，为其带来了显著经济效益，并已成为该公司超大、超重型零件精密加工的重点把关设备。

特种加工机床分会2017年年在贵阳召开

中国机床工具工业协会特种加工机床分会2017年年会于12月1-2日在贵阳市顺利召开。共有62家会员单位的83位代表参加了会议，中国机床工具工业协会总会王黎明秘书长出席了会议。



大会选举产生了由28家理事单位组成的特种加工机床分会第八届理事会。在随后举行的八届一次理事会上，选举产生了苏州电加工机床研究所有限公司吴国兴总经理为理事长。

在专题报告环节，王黎明秘书长作了机床工具行业发展形势的报告。吴国兴理事长作了电加工行业经营情况分析报告。大族激光科技产业集团股份有限公司市场部总监张雷先生介绍了我国激光装备制造的发展历程、激光装备智能化进程、人工智能在激光加工行业的应用等。机械工业电加工机床产品监督检测中心徐明副主任作了电加工机床达标认定检测情况的分析报告。大会特邀上海交通大学赵万生教授主持了代表交流的沙龙环节，与会代表就创新研发、提质增效、人才培养、市场竞争、知识产权及行业发展等发表了意见，提出了产学研之间开展产品联合设计的设想和建议。（特种加工机床分会秘书处）

CCMT2018主题确立： “聚焦——数字·互联·智造”

中国机床工具工业协会



全球范围内以信息互联引领的新一轮工业革命日渐深入，制造业正经历从自动化和数字化制造向协同和智能制造的进化，给全球机床工

具产业带来全方位的深刻变革。从美国倡导的工业互联网到德国提出的工业4.0，以及中国制造2025等各具代表性的工业化与信息化融合发

展战略中，发展趋势和重点均指向智能制造。

在此背景下，第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）将于2018

年4月9~13日在上海举办。通过跟踪和总结国内外市场和产业发展趋势,展会主办方中国机床工具工业协会将展会主题确定为:“聚焦—数字·互联·智造”。这一主题响应了国内外机床工具消费市场的最新变化,凝练了国内外机床工具产业对未来发展方向的关注和思考。

聚焦数字化——智能制造的基础

数字化是未来工业的根基,互联制造的根本。面对数字化制造时代的到来,全球机床工具行业顺应时代发展的趋势,推出了一系列新技术与新产品。这些技术和产品具备鲜明的数字化生产装备的特点,具有完整先进的网络方案、强大的通信功能、灵活兼容的开放性和丰富的应用软件,实现了数控系统由“机床控制器”向“数字化制造管控器”转变,数控机床由“制造机器”向“数字化单元”转变。与此同时,一些著名企业利用长期从事数控技术积累的特有技术优势和经验,推出数字化工厂智能解决方案,协助客户从软硬两方面共同推动数字化工厂的建设和发展。

在此背景下,2015年,中国提出“中国制造2025”战略规划,重点推进数字化制造、智能制造,从数字化制造向智能制造转型升级,是制造业发展的必然趋势。CCMT2018作为观察展示巨大的中国机床市场和先进的国际技术装备窗口,将会带来世界前沿关于数字化制造的各种科技信息和体验,充分彰显机床工具产业关于数字化制造的先进技术特征。

聚焦互联(网络化)——智能制造的途径

实现协同制造,满足大规模个性化定制,需要各种资源的互联互通。以数字化为基础,贯通装备间的信息交互途径,加强历史数据的应用,引入智能化算法是数控装备向智能装备转变的主要方式和途径。由此可见,实现智能制造的重要前提之一就是设备的互联互通。国际上很早就高度关注数控机床的互联互通技术。早在2006年,美国机械制造技术协会(AMT)提出了MT-Connect协议,用于机床设备的互联互通。2006年标准国际组织OPC基金会在OPC(OLE Process Control)基础上重新发展了OPCUA工控互联协议。2013年,OPC基金会与AMT协商将两种互联协议进行兼容。2016年,德国工业4.0平台和美国工业互联网联盟之间签订合作协议,明确两者进行融合的方式和方法,其主要融合点在标准体系上。

近年来,国内在数控机床互联技术上也做出了有益的探索,但研究工作没有形成一个统一的国家标准,制约了我国数控产业向智能化转型升级。中国机床工具工业协会高度重视数控机床互联互通协议标准研究和应用工作,2016年,由中国机床工具工业协会牵头组织的“数控机床互联互通协议标准联盟”成立,旨在推动国内数控机床产业互联技术的进一步发展。CCMT2018将聚焦互联趋势在机床工具产业上的最新表现,为探索互联网技术对制造业的融合促进提供帮助。

聚焦智造——制造业的发展方向

在当今数字化和信息互联技术的支撑和推动下,实现智能制造的前景日渐清晰。即在提供高性能产品的基础上构建数字化资产,实现信息互联互通,提升制造业的智能化水平。机床智能技术将环境、加工对象、加工要求、加工过程、装备自身等随机变化的因素,通过传感和多信息融合技术进行加工处理,从而获得传统控制技术在质量、效率、效能、安全等方面不曾达到的高度。机床智能技术近年取得的众多成果及发展趋势将在CCMT2018展会得到充分展现,智能技术是现代自控技术的制高点,是构成产品竞争力的新的重要因素,它反映出未来市场的新需求和新变化,CCMT2018足以让我们深刻感受智能技术的无穷魅力和智能时代正在快速向我们走来。

中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋表示,“当前机床工具领域应在高品质产品的基础上,面向数字化(现实与虚拟)、自动化、物联与互联、工业大数据等重点方向开展研究,终极目标是实现数字化和智能化制造。关注市场变化和产业发展是中国机床工具工业协会的重要任务,也是机床协会主办的CIMT和CCMT两个品牌展会的办展方针。聚焦数字化、聚焦互联、聚焦智能化制造不仅是中国市场需求反映出的最新趋势,也代表着国际机床工具产业发展方向。CCMT2018以此作为主题将有利于展会聚焦市场变化和产业发展,为大家提供一个难得的展示和交流平台”。□

CCMT2018境内展区展览预备会在无锡召开

中国机床工具工业协会



第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）将于2018年4月9-13日在上海浦东新国际博览中心举办，为做好参展、组展工作，主办方中国机床工具工业协会于2017年11月21-23日在无锡召开了CCMT2018境内展区展览预备会。来自展会主承办方、各合作单位及相关展商负责展览、宣传工作的负责人共约200多人参加了预备会。

会议由全体大会和签约、咨询两个模块构成。中国机床工具工业协

会常务副理事长毛予锋、秘书长王黎明，共同承办方上海市国际展览有限公司副总裁卞国荣出席21日上午的全体大会，王黎明主持会议并做总结发言。

毛予锋做了题为“机床行业市场和运营形势”的报告，阐述了“市场与行业形势、对2017年的预测和对行业发展的思考”等三个方面的主要内容。展览部主任谢赞介绍了CCMT2018展会总体筹备和组织工作情况，卞国荣代表共同承办单位介

绍了配合展会组织工作情况，运输总代理代表上海国际展览运输有限公司助理总经理董婕介绍了展品运输、现场操作有关事项及服务保障，主场服务商代表上海雅诗建筑工程有限公司副总经理陆洋介绍了特装搭建、水电气供应等有关事项及服务保障。

当前市场分析及思考

毛予锋在报告中分析了当前中国总体经济形势、制造业市场环境和机

床工具消费市场情况，对于当前市场消费和行业运行情况，毛予锋认为呈现出几个主要特征：（1）总体趋势保持“消费需求总量下降，消费需求结构升级”；（2）国内市场新旧动能转换仍将持续，市场需求呈现一定的波动性；（3）消费需求升级促使具有高效、高精度、智能化、信息化和节能环保等技术特征的产品消费比重不断提升；（4）行业运行分化仍在持续，顺应市场需求变化、了解细分市场 and 用户、能够提供整体解决方案的企业正占据优势地位。

毛予锋表示，考虑到下半年经济环境和市场需求变化的不确定性，预计2017年机床工具消费额呈现同比小幅增长或持平的状态，全年产业运行和出口将趋稳回升，进口明显增长。

对于行业发展方向，毛予锋给出几点思考：数字化制造技术将在未来的生产制造体系中逐步实现；信息化、互联网和移动互联等技术与工业的全面融合将推动企业运营模式的全面升级；智能制造将成为全球解决可持续发展命题不可或缺的工具，智造之路将是一场持久战，要以长的时间周期、广的视野看待这一趋势；企业转型方向将以用户为中心，满足多样化消费需求，提供完整解决方案，构建和形成可持续发展的企业运营体系与核心竞争力。

展会筹备及组织情况

本届展会使用上海新国际博览中心N1-N5，W1-W5共10个室内展馆，展览会总面积达到12万平方米，预计将有来自23个国家和地区的约1200家展商参展。本届展会的主题确定为“聚焦——数字·互联·智造”。



据悉，境内机床工具行业重点骨干企业悉数报名参展，申报面积超过100平方米的共有153家，其中，申报面积超过500平方米的有9家，分别是北京北一机床股份有限公司、济南二机床集团有限公司、北京精雕科技股份有限公司、宁波海天精工股份有限公司、苏州迅镭激光科技有限公司、山东永华机械有限公司、大连科德数控有限公司、北京发那科机电有限公司、上海发那科机器人有限公司等；申请面积在300-500平方米的有23家，主要有秦川机床工具集团股份公司、武汉重型机床有限公司、深圳大族激光有限公司、江苏亚威机床有限公司、重庆机床集团有限责任公司、深圳迪能激光设备有限公司、济南邦德激光股份有限公司等。境内展区面积满足率约为78%。

据不完全统计，境外展区共有400多家机床工具制造商申报参展，德国、美国、瑞士、意大利、韩国、西班牙、日本、捷克、法国、台湾地

区等10个国家和地区的机床协会和贸促机构组织展团参展，其中法国是首次组团参展CCMT。全球知名企业如：德马吉森精机、山崎马扎克、大隈、牧野、友嘉、斗山、斯达拉格、库卡、ABB、西门子、海德汉、三菱、雄克、THK、上银、蔡司、伊斯卡等均已申报参展。

据介绍，CCMT2018展会的整体布局具有以下特点：（1）整体布局优化，更利于参展参观；（2）国际化程度有所提升，境外展商的展出面积达到40%；（3）专业化布展进一步加强，为专业观众和采购商参观选购提供方便。

境内展区布展原则有：（1）最大限度地按产品类别进行专业化布展；（2）对智能制造、机器人和自动化、激光加工、增材制造等新兴技术领域相对倾斜；（3）展位分配方面重视参展展品，对于新品、精品，体现结构调整、转型升级的展品予以优先；（4）对于新报名参展的企

业，坚持专家评审制度，从展品角度优选新展商。

展会配套活动及宣传、推介

围绕“聚焦——数字·互联·智造”的主题，本届展会将举办2018机床制造业CEO国际论坛、数控机床专项成果及应用展、国产数控机床应用座谈会、“春燕奖”评比颁奖、十佳企业表彰、亚洲各国（地区）机床协会协调会、产能合作暨国际化经营座谈会、院校之窗、滚动功能部件评测发布会、行业优秀企业表彰信息发布、开幕式、客户招待会、技术交流讲座等配套活动。在新形势下，以上这些看似每届都会举办的传统活动，都将被注入不同于往届的新的内涵。

中国机床工具工业协会作为CIMT和CCMT两大机床展的主办方，一向重视展会的宣传、推介和境内外专业观众组织工作，不仅与国内外知名报刊、工业权威杂志、网站微信等新媒体、地铁及户外媒体等密切合作，还充分发挥协会主办的《中国机床工具》报、《WMEM》杂志、中国机床工具工业协会官方网站、CCMT展览会官方网站、中国机床工具工业协会官方微信等媒体的作用，及时发布各类展商、展品及展会服务方面的宣传信息。同时，加大力度对汽车、航空航天、军工、能源、铁路、电力、模具等重点领域用户发放详细的展品清单，利用用户行业的年会等重要活动及出版物推介CCMT2018，在机床重点用户行业和机床消费重点区域组织贸联会，在世界各地知名的国际机床展会上召开新闻发布会。

值得特别关注的是，CCMT2018将在微信公众号（订阅号：中国机床

工具工业协会cmtba）菜单中新增展会微网页“展商展品”，展商和观众可以非常快捷地在手机等移动端查阅、浏览展商及展品等相关信息。

提升服务及展出水平

为了营造更好的参展和参观环境，主办方联合展馆和各合作单位、服务商等，努力提升和规范各项服务。主要措施有：规范主承办方及合作单位、服务单位工作人员的行为；增加展会的餐饮供应点、供应量和质量；加强展馆的安保服务；采用更便捷的观众登记（可通过CCMT网站和微信）和取证方式；强化展会交通组织，使观众能迅速到达展馆；加强功能导向和公共服务设施，为展商和观众提供宜人化服务。

同时，也建议展商提高展出水平：（1）精心挑选高水平、无知识产权争议的产品参展；（2）利用协会和展会平台，重视配套活动和媒体宣传，提升参展效果；（3）熟悉展览会文件，遵守展会各项规定，做到

有序参展；（4）增强安全意识，防患于未然。

会议还介绍了中国机床工具工业协会主办的CIMT2019展会及2018-2019年境外出展项目。

21日下午到23日上午，预备会进行了展商集中签约和各项服务咨询、洽谈。值得提及的是，本届展会的众多境内展商对配套活动和展品宣传等事项给予了更多关注，纷纷了解机床制造业CEO国际论坛、十佳和春燕奖评选、国产数控机床应用座谈会、重大专项展区、国际化经营座谈会等重要活动的相关情况和参与方式。有很多展商咨询、预定展会现场广告和平面广告，并特别针对在中国机床工具工业协会主办的报纸、杂志、展览快讯、网站、微信等媒体上进行宣传的细节进行咨询，表现出对参展同时的多种形式宣传更加重视，也不同程度反映出行业运行整体趋稳、众多企业通过转型升级积极应对市场的良好态势。

会议达到了预期效果。□



成都普瑞斯：70%订单来自老客户

机床协会传媒部 张芳丽

在这篇专访文章中，您不会看到豪言壮语和高端理念。前往成都普瑞斯数控机床有限公司采访之前，按照惯例，笔者想查询一些资料以便了解公司的大体情况，但是遍查互联网，也只能看到公司官网的企业简介，并没有任何针对老总的专访。

在跟莫春林总经理近两小时的交谈中，听到最多的是对产品和市场的讲述，语气舒缓，没有慷慨激昂，更没有高谈阔论。

好口碑来自老用户

普瑞斯及其高管团队觉得，真正做企业，做实业，就是从点点滴滴做起，“我们做的是产品，面对的是应用型的用户，光有华丽的辞藻和炫酷的包装不能解决问题。”同时，他们还认为，他们所做的既不是什么高大上、高精尖的炫酷产品，也不是特别要紧的基础理论研究，需要真正用心的是把握好产品定位，按照用户的要求，把产品质量做好，这才是最重要的。“实体企业就是这么在波澜不惊中一路走下来的。”莫总说。

不宣传不包装，甚至都不在专业杂志做广告，但我们怎么就知道了普



大型3D加工中心

瑞斯？

“我们70%的订单是老用户的再次签单。”在普瑞斯产品的主要用户中，汽车零部件制造是其重要支撑，其次是航空航天，而这两大领域用户对产品的需求是不一样的。汽车制造企业要求机床故障率低、可靠性高，航空航天用户却要求产品性能更好、精度更高。为此，普瑞斯必须认真研究不同用户的不同需求，对其主导产品和成熟产品不断进行改进和提升，同时以较快的响应速度满足用户提出

的最新需求。也正因如此，普瑞斯公司以其较高的产品性价比和及时周到的服务在用户中赢得了良好口碑，很多老用户会在更新设备时再次大量购买普瑞斯机床，同时也乐意给他们介绍新用户。

可以说，普瑞斯的销售和工艺人员具有相当的专业知识和技能，可以针对用户的产品加工需求，提出整套加工解决方案。于是，有越来越多的用户从他们的交钥匙工程中受益，有更多的用户因享受着他们及时高效的

售后服务而感觉心安。这些无疑都为他們良好的用户口碑加了分。

在高起点基础上经过多年积累，普瑞斯在产品设计和制造方面形成了技术优势，其技术人才和核心管理团队均有长期从事数控机床和立式加工中心设计制造的经历，具有丰富的理论知识和实践经验，大都曾赴国外著名公司接受过数控系统、数控机床、加工中心技术的专门培训和业务进修，掌握着欧美先进的设计技术和独有的装配调试工艺技术，成为数控技术和数控产品的高级专业人才。

多年质量十佳背后

就是这么一个低调的企业，却从2012年度起4次获得中国机床工具工业协会面向全行业评定的“产品质量十佳”称号，在2016年的CCMT2016展会，其参展产品PH400卧式加工中心获得“春燕奖”。这两个奖项的获奖难度和含金量是行业皆知的，类似的奖项及称号他们还有很多。

那么，在这些大大小小的荣誉背后，普瑞斯都做了些什么？

交谈中了解到，普瑞斯对产品质量的管控是全方位的。莫总表示，对产品质量的控制既复杂又简单。为什么这么说呢？莫总说，首先是工作质量，这是由一个个具体的人来把握的；其次是产品质量的体系保障，即严格执行国际通行的质量标准体系。

所有由人来把握的工作涉及到诸多细节，可谓点点滴滴、方方面面。比如在产品阶段，要尽量从源头上控制质量，以确保在后续环节不出错、少出错，这在产品整体成功中占据70%的份额。普瑞斯机床，除了对标欧洲高端产品确保结构先进性之外，还特别注重很多细节的改进和

提升，并提出了“防呆防傻”设计理念，就是说要在机床设计之初考虑到在装配及使用过程中可能出现的人为差错，并尽量避免。比如会将切屑液输送循环的前后过滤网设计成不同尺寸，避免在维护后放错位置。

良好的设计必须要有严格的工艺和贯穿全公司的诸多环节来保障。普瑞斯以“团结、创新、品质、服务”为企业精神，以“打造加工中心一流品牌”为目标，本着“用户至上”的宗旨，切实贯彻执行由公司董事长陈春提出的四个“一点”，即“走访用户勤快一点，听取意见虚心一点，产品改进再快一点，客户服务再好一点”。普瑞斯的员工表示，就是这么几句朴实无华、没有修辞的说法，如果要真正从方方面面落到实处也着实不易。通过多年的强调，这些概念已经渗透到几乎每一位员工的心里。莫总表示，目前大力倡导的所谓工匠精神，其实说到底就是踏踏实实做事，认认真真做好每一件小事。

为了检验自己产品的性能和稳定性，普瑞斯用自己的产品装备了一个完整的加工车间，以全资子公司的经营模式专门承接零部件加工业务，重点用户依然是航空航天和汽车零部件制造企业。在宽敞、整洁的加工车间中，安装着各种规格型号的普瑞斯自产机床，从龙门加工中心、立式加工中心、卧式加工中心到小型钻铣中心一应俱全。莫总说，通过这样的加工实践，能够及时发现产品存在的问题并随时改进，以确保发往客户的产品性能稳定，同时这也是普瑞斯产品的动态展示厅。

下一步怎么走

经过10几年的平稳发展，普瑞斯公司在收获了稳定的高管、中干及骨干团队的同时，也形成了企业经营的整体思

路。首先，他们认为在企业运营方面不能照搬别人的做法，不盲目扩张，一定要结合自身的实际情况，再借鉴国内外同行的成功经验，取长补短，确定自身的产品和发展定位。其次，在产品研发方面要紧密跟踪市场。他们充分发挥自身的技术优势，在航空发动机叶片类零件的制造装备上下功夫，同时在汽车部件装备方面狠抓质量和管理，目的是在这些重点用户领域进一步站住脚跟、替代进口。

经过不懈努力，年轻的普瑞斯在产品技术和研发方面形成了后发优势，并逐渐获得了更多的认可和关注。对于下一步的发展规划，普瑞斯提出以下几点想法：

(1) 关注细分市场：在已有产品五轴叶片加工中心的基础上，进一步对标高端产品，给高端市场供货。目前已经推出了针对细分市场的五轴立加和高架桥式龙门加工中心，并已部分在用户中使用。

(2) 践行智能制造：考虑到未来智能制造的发展趋势，普瑞斯正考虑在产品上添加各种智能化接口功能，便于用户将机床设备联通到智能生产线。

(3) 开拓3D打印领域：针对金属结构件3D打印在航空航天领域的应用及未来发展方向，普瑞斯正在与北京航空航天大学合作开发适用产品，并计划在未来形成与金切产品并行发展的态势。

最后，莫总也不无遗憾地谈到企业发展存在的一些现实困难，一是企业运营的成本压力较大（如税费较高、人力成本增加等），二是影响企业后续发展的年轻人缺乏等。但同时也表示，身处一个投入产出不对等的产业，需要靠情结来坚守……。

乘着十九大的春风，祝愿普瑞斯和更多这样的企业，越走越好。□

CCMT2018展品预览 (1)

机床协会市场部

2018年4月9-13日，第十届中国数控机床展览会（CCMT2018）将于在上海新国际博览中心隆重召开。作为2018年度最具影响力的机床盛会，CCMT2018将吸引全球23个国家和地区的约1200家展商参展，展出面积12万平方米。为方便广大读者更好观展，从本期开始，我们将征集的部分展商展品信息分期刊登，敬请关注。

济南二机床集团有限公司

展位号：W5-B101

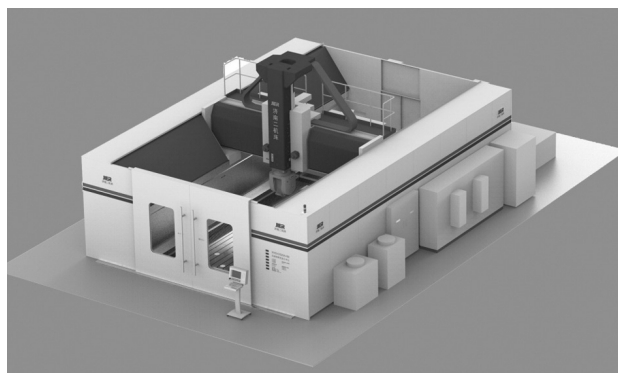
XHSV2525A × 40高架式五轴联动高速镗铣加工中心

随着国民经济的持续快速发展以及国防建设的需要，高档数控机床有很大的市场需求，尤其以航空航天、船舶、轨道交通、能源和模具等行业，以及“大型飞机”、“载人航天与探月工程”等科技重大专项的实施，高架式五轴联动高速数控机床呈现出旺盛的市场需求形势。

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

创新技术包括：①研发和优化设计了A/C轴力矩电机直接驱动的电主轴式双摆角数控万能铣头。②A/C轴直接驱动技术——力矩电机的应用，提高了高速性能和传动精度，并且可实现低转速、大扭矩。③A/C轴液压制动技术——抱刹式液压制动，实现A、C轴的液压锁紧功能，可

使主轴固定在某一角度加工。④采用了A/C轴电气安全保证和液/气防漏技术。⑤机床全封闭整体防护设计，保证了操作人员安全，有效的降低外界环境对机床精度的影响。⑥应用了蓄能器铣头平衡技术，提高了可靠性和稳定性，减少能耗，方便维护。



上海拓璞数控科技股份有限公司

展位号：W5-A001

双机器人自动钻铆系统

双机器人自动钻铆系统由2台高精度大负载机器人、1套高集成度制孔铆接末端执行器以及1套顶紧末端执行器

等三大部分组成，适用于航天运载火箭大型壁板、飞机壁板、机翼等空间开阔组件的大面积钻铆加工。工件一次装夹，可完成壁板零件的基准孔测量、法向测量、无毛刺钻孔、钻孔检测、智能点胶、自动送钉、铆接、自动除屑和集屑等，可完全取代人工操作实现全自动化作业，大大提高铆接质量和效率。



上海拓璞数控科技股份有限公司

展位号: W5-A001

镜像铣系统

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

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

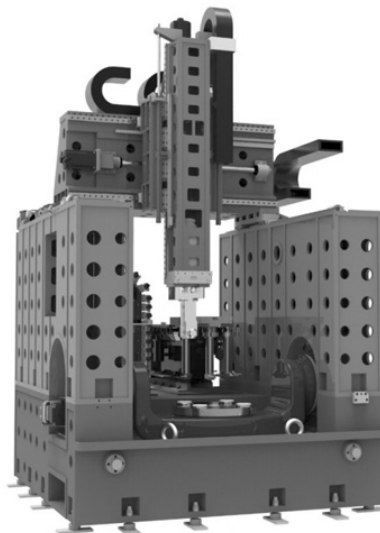


上海拓璞数控科技股份有限公司

展位号: W5-A001

高精密车铣复合五轴加工中心 (VMC-C100HMT)

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



宁夏银川大河数控机床有限公司

展位号: W1-B216

2MK2215X2双轴数控珩磨机床

2MK2215X2双轴数控珩磨机床是依托我公司承担“高档数控机床与基础装备”科技重大专项——“高档数控珩磨机”课题的基础上，开发出的针对汽车行业，汽车发动机气缸孔珩磨加工的专用设备。

该机床有2个加工主轴，通过主轴左右移动加工缸体上不同缸孔，可根据产品的具体要求，有针对性的配置不同珩磨工艺及主轴功能，以满足用户的生产节拍、网纹指标、加工精度的要求。该设备是汽车发动机气缸孔珩磨加工的专用设备，为了适应发动机缸体自动化生产的需求，设

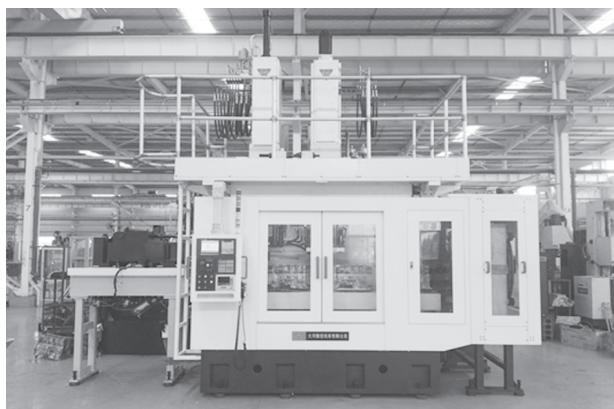
备可配套自动进出料线、珩前塞规检测、珩磨后自动测量、珩磨液翻转控油等。

主轴上下往复和旋转都采用数字式伺服控制。为了适应不同的工艺要求，上下往复有两种驱动方式（液压伺服式；机械丝杠螺母式）。液压伺服式驱动主轴，主轴驱动力大，可快速修正缸孔的几何精度，主要用于粗珩磨和半精珩磨。机械丝杠螺母式驱动主轴，位置与速度控制精度高，可与主轴伺服配合实现两轴精确插补，加工出的网纹形状清晰、均匀、无换向圆角。两种上下往复主轴都可与珩磨在线气动测量系统配合进行自动短行程修磨，用以提高加工孔的尺寸精度。

本机床采用我公司与广州数控联合开发的数控珩磨机CNC系统【GSK980HCD珩磨专用数控系统】。此CNC数控系统采用速度闭环主轴伺服控制，建立了珩磨过程中的主轴转速及转向的分别设定和执行功能，实现了拉网纹珩磨过程的往复速度与网纹夹角换算主轴转速的功能。并提供了“主轴奇偶换向”功能。

该设备每个主轴都配置双进给机构，第一级进给机构有液压+比例伺服压力控制和伺服电机+压力传感器控制两种方式，可根据不同的珩磨工艺和参数选配。第二级为液压+比例伺服压力控制。液压+比例伺服压力控制，可按照珩磨工艺的需要，实现多级压力的随意设定，可实现微小进给力控制，以达到珩磨表面质量的要求。

在线测量系统在珩磨过程中控制珩磨后孔的尺寸，测量仪器的精度直接影响孔的加工质量。在珩磨加工过程中，自动测量仪动态跟踪被加工工件孔的尺寸变化，达到设定加工尺寸后，自动终止珩磨加工。



沈阳高精数控技术有限公司

展位号：???

3D可视数字化车间智能管控系统

3D可视数字化车间智能管控系统打通从设备层到车间层、及到公司层的数据通道和信息通道，提升公司智能制造效率，满足“中国制造2025”需求。目前，该系统已成功在中航沈飞、中航发哈尔滨东安等航空航天、发动机制造重点领域，形成了良好的应用示范。

系统主要功能模块包括：

（1）设备互联互通平台：实现了机加设备，如蓝天数控、发那科、西门子、力士乐、三菱、海德汉、大隈等，机器人及控制器系统，PLC控制设备，传感器设备，物流设备，仓储设备，检测设备，清洗设备，真空设备，排屑设备，空调设备等车间设备的联网和实时数据采集。

（2）工业大数据平台：基于设备互联互通，开展工业大数据深度挖掘，实现车间效率、故障、有效工时、能耗、OEE、KPI等关键大数据分析，并提供基于知识、经验与专家库的决策分析，提升车间信息化管理效率。

（3）3D数字可视化平台：解决虚拟现实、数字双胞胎、视频流实时监控、实时互动3D引擎等核心关键技术，实现物理车间与3D数字可视化虚拟管控平台之间完全实时同步映射，以实时数据驱动3D数字化平台运行，管理直观，操作方便，进一步提升生产管控与智能制造效率。

哈尔滨创博科技有限公司

展位号：W1-A291

齿轮测量中心

CZ系列经济齿轮测量中心是哈尔滨创博科技有限公司在CN系列高端型齿轮测量中心成熟的技术基础上，进一步优化的具有最佳性价比的齿轮测量中心。设备采用分层控制和欧洲标准架构的全闭环控制系统，基于Win7软件系统电器硬件及测量软件全面升级，测量精度更高，速度更快。采用花岗岩基座、高精密丝杆传动、高精度轴系导轨、高精度光栅及数控系统，全自动完成齿轮、齿轮刀具及线性蜗轮蜗杆测量，并具备国际标准的误差评估系统。激光打印机输出测量结果报告单。可根据客户要求开放运动控制接口方便用户二次开发。

此产品用于渐开线齿轮、齿轮刀具、线性蜗轮蜗杆及锥形轮各误差项目的全面快速检测。可以选配内齿轮、滚齿刀，剃齿刀，插齿刀，蜗轮，蜗杆，弧（直）齿锥齿轮软件。



山东科力光电技术有限公司

展位号: N2-B505

KS06型光电保护装置

KS06型光电保护装置符合安全四级的要求。KS06型光电保护装置能够有效检测出进入光幕区域的任何超出检测精度的不透明物体。适用于机械压力机、液压机、剪板机、折弯机以及其他危险场合的安全防护。KS06型光电保护装置配套CPSII型控制器、CPSIII控制器、CQ2型控制器、CQ3型控制器、CSRMC型安全继电器模块或JKIII型安全接口，配合机床控制系统，实现危险情况时控制自动停机的功能。

自检功能完善，实现了包括输出信号在内的全自检；可实现浮动屏蔽功能，便于实现对长料的加工；提供两路继电器无源触电输出，安全性能更高；检测精度高，可达18mm，可保护手指；保护长度大，可达40m；保护高度大，可达2840mm；产品规格多，适用范围广；可提供分路指示功能，直观显示光束通断状态；减振性能好，适用于高速冲、大吨位压力机，使用寿命长；抗光干扰和电磁干扰能力强；工作更稳定；配置安全继电器模块时，可提供3常开1常闭输出和2常开1常闭输出两种形式。



山东科力光电技术有限公司

展位号: N2-B505

BLPS型激光安全保护装置

双独立OSSD输出；外部继电器触点监控（EDM）功能；提供双路PNP信号输出，安全性能更高；检测精度高，可达14mm，适用于保护手指；保护长度大，最高可达6m；减振性能好，适用于高速冲、大小吨位压力机，使用寿命长；输出过载保护和短路保护；红外光通讯和专用光学系统；抗光干扰和电磁干扰能力强，工作更稳定。

首款通过TUV认证的安全4级光栅产品，将控制器功能集成到传感器内部，是专为经过风险评估不需要配备控制器并需要有电平信号控制的设备（如：采用PLC、计算机控制的设备）提供的安全光栅，可输出两路安全的PNP信号。



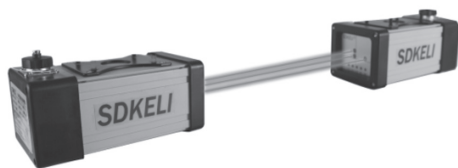
山东科力光电技术有限公司

展位号: N2-B505

T4型安全光栅

一类激光产品，对人眼安全；在折弯机上模模尖附近设置L型保护光束，光束与上模模尖保持平行移动；提供完善的功能设计，满足折弯机加工不同形状零件时的安全保护要求；独立的控制器系统，对自身无编辑能力的折弯机同样适用；抗电磁干扰、光干扰能力强。传感器可以单独配合折弯机系统使用。3束激光，对应6路OSSD输出，每束检测激光提供两路独立的安全输出，输出形式为PNP。通光时，为ON状态，输出高电平。遮光时，为OFF状态，输出低电平。遮光物体撤除后，OSSD自动进入ON状态。

BLPS型激光安全保护装置是针对液压折弯机人身安全保护而设计开发的一款安全四级光电保护装置。它采用的动态检测技术通过了TUV功能安全四级评估，并获得了国家发明专利。该产品完全达到了国际同类产品的先进技术水平。BLPS型激光安全保护装置在折弯机上模模尖附近设置保护区域，它为操作者在接近上模模尖区域的手臂和手指提供有效的安全保护。它兼顾了操作者的安全和机器的生产效率，是目前最有效的一个解决方案。



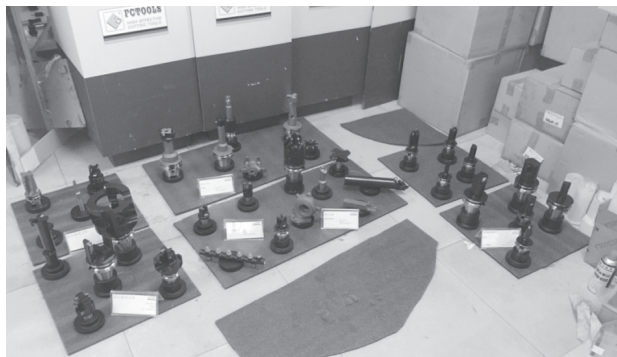
无锡方寸工具有限公司

展位号: N3-A413

非标刀具

公司引进德国整套刀具方案,核心加工设备,及严谨的质量控制体系,产品规格更是依据国内外客户实际需求,参照国际优势产品设计,所使用原材料、加工设备、工艺路线、检测标准等均与国际著名刀具企业同步,产品样本中包括铣削、孔加工、车削、及刀柄系统的上千种刀具,公司核心产品的技术领域专家更是为切削加工行业持续发展开发完整的解决方案。目前整套刀具解决方案主要包括:涡轮壳解决方案、刹车钳解决方案、共轨系统解决方案、制冷压缩机解决方案。

刀具规格:桥式粗精镗 ϕ 130-540mm,浅孔钻 ϕ 16-58mm,刀座式大孔径全孔钻 ϕ 59.5-120mm,模块式粗镗 ϕ 20-153mm,模块式精镗 ϕ 20-140mm,小孔径精镗 ϕ 4-28mm,各类面铣刀 ϕ 20-315mm。



宁波杭州湾新区翔驰机械有限公司

展位号: W1-B438

钨钢抗震刀杆、锁牙刀头

产品使用全碳化钨材质制成,刚性优异、吸震性佳、不会因横向靖力过大,而扭曲变形。

刀杆延长加工深度,提升加工面精度,实现超长、超深、超高精度加工之可行性。加工深度,没有焊接断裂之虞虑,强调刀头之多变化性。



大连元利流体技术有限公司

展位号: W2-B493

同轴阀

公司自主研发的同轴阀在零件加工及清洗设备上已有很多年的应用,其寿命可达千万次。其主要特点如下:

■ 同轴阀耐高压:平衡式结构设计,不同于传统的阀门,流体压力对阀门驱动力影响不大,同轴阀开关只需克服摩擦力。典型应用:高压清洗机(最高70MPa)、高压试验机、固井设备等

■ 防堵塞:非常适合有颗粒、粘稠易凝结的介质控制。防堵塞:非常适合有颗粒、粘稠易凝结的介质控制。

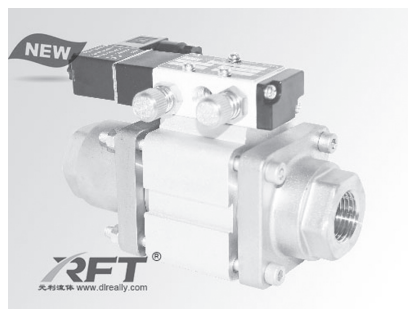
■ 高流量:独特的压力平衡设计可同时控制高压力和高流量。5MPa以上压力等级的同轴阀流量指标是传统电磁阀2倍以上,其中三通阀更为明显。

■ 寿命更长:即使在复杂、恶劣的应用中,同轴阀门使用寿命可至上千万次,为常规阀门的十倍以上。

■ 快速响应:压力平衡式设计,介质压力对阀杆作用力极低,加之阀杆行程很短,提供快速可重复操作。最高开启和关闭时间可至十毫秒级,适合于高速开关场合。典型应用:吹瓶机、灌装设备、钢厂热轧的层流冷却等

■ 免维护:由于只有一个移动部件(活塞杆),没有传统阀门中阀杆与执行器间的填料密封组件,以及额外的驱动执行器。

■ 尺寸小:没有庞大的执行器,同轴阀结构非常紧凑,适合密集安装。典型案例:多轴联动机床,LNG和LPG运输车,车载制氧机等。□



航空大型复杂结构件高效加工工艺应用试验研究

沈阳机床（集团）设计研究院有限公司 仇健 刘春时

一、概述

国家科技重大专项课题“航空大型复杂结构件高效加工工艺应用试验研究”，主要研究大型复杂飞机结构件多轴联动数控加工高效加工工艺及优化技术、基于三维模型的快速工艺规划及数控编程技术、数控程序质量控制技术、数控加工快速检测技术、多轴联动数控加工误差补偿及控制技术、切削参数优化及切削参数数据库构建技术，以及多轴联动数控机床改进等内容。

课题针对国产高档数控机床的现状，结合飞机结构件工艺特点，解决国产高档数控机床在生产使用过程中存在的实际问题，分别从国产机床针对航空结构件高效加工的功能完善、加工精度、机床故障率、工件加工质量和加工效率，以及应用国产机床改进航空结构件制造工艺等两个主要方面开展研究，并推进国产高档数控机床在航空航天领域的广泛应用，促进国产数控机床设计制造水平的快速提升。

课题多项技术成果处于同行业技术领域的先进应用前沿，代表国内同类研究领先水平，并在航空领域高端用户得到成

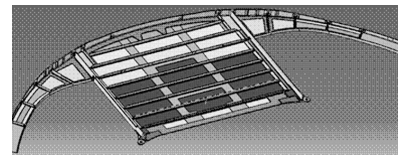
功应用。数控机床切削性能和能力检测技术已形成了技术规范，可作为航空制造机床的检测和评价依据，促进国产高档数控机床的研发水平提升。应用国产多轴联动机床实现数控程序的高效编程和程序质量控制，以及加工精度的快速检测，能够大幅提高机床的应用效率。S型试件加工和精度检测技术已由项目合作单位成飞公司申请了国际标准，其关键技术已由项目组掌握。国产机床切削状态检测技术集成了同步采集和分析方法，通过机床内置传感器可实时记录机床的运行信号，实现加工设备的运行状态监测。虚拟控制器仿真（VNCK）技术，真正实现了CAM系统和CNC系统的有效集成，达到世界先进水平。

二、关键技术及工艺特点

1. 航空大型复杂结构件多轴联动数控加工高效加工工艺及优化研究

开展飞机结构件加工工艺研究，对典型过程和加工特征分类，形成飞机结构件分类规范、快速定位装夹规范、设备优选原则、刀具及切削参数

优化、典型航空结构件高效加工工艺流程图和应用验证报告等（见图1），为国产多轴机床的高效应用奠定工艺基础。基于MBD的高效编程技术，研究加工特征定义，突破加工特征识别技术，开发基于特征的智能编程平台，在编程数据库的支持下实现高质量的五轴加工刀轨的快速自动生成，从而大幅提高编程效率，并达到编程质量不再依赖个人经验的目的。开展多轴联动通用后置处理技术研究，在成飞已有的五轴联动通用后置处理平台的基础上，针对国产五轴机床精度和加减速控制方面的问题，定制特殊的带头带尾，以较好匹配国产机床的动态响应特性，最大限度地发挥机床效率及提高加工质量。



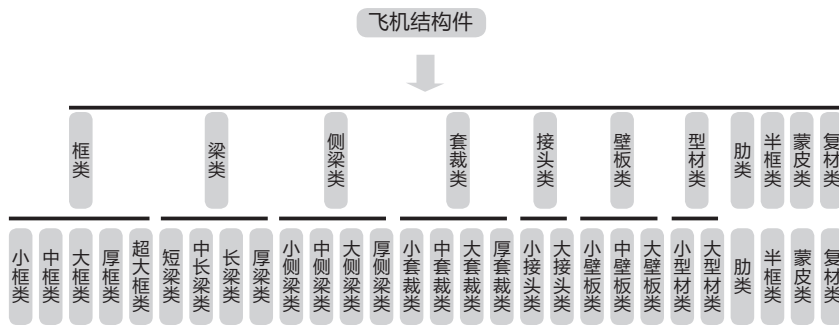


图1 多轴联动数控加工高效加工工艺及优化

2. 基于特征的工艺设计和高效工艺编程技术研究

结合数控工艺设计对特征和知识的要求，建立支持大型航空复杂结构件基于特征和知识的高效数控编程原型软件模型。软件模块包括零件特征和工艺知识管理、制造特征信息提取与识别、特征数控工艺决策和特征操作自动生成四个模块（见图2）。

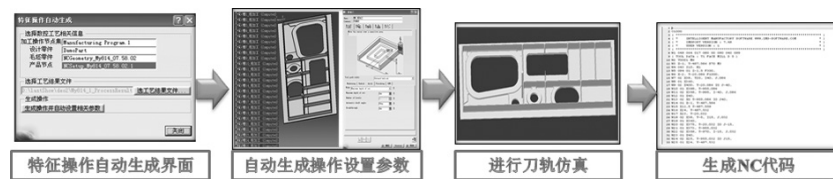


图2 零件特征和工艺知识提取与识别

建立了对数控加工参数即数控刀具等制造资源的管理模块，可实现对工艺数据和资源数据的添加、删除和修改等功能（见图3）。

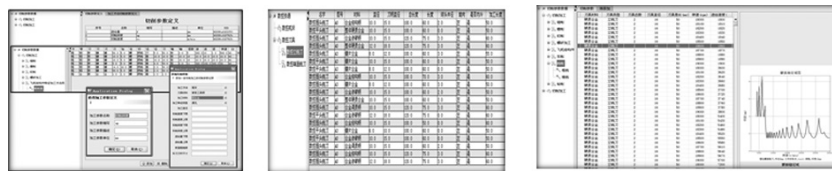
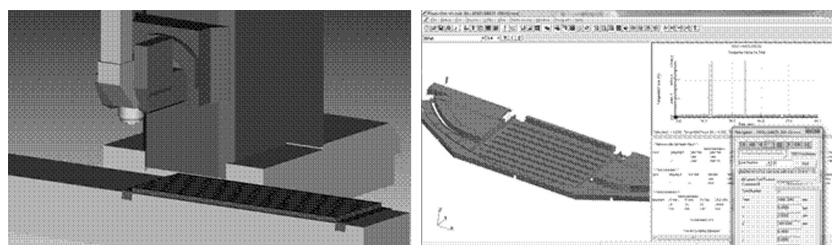


图3 刀具等制造资源的管理

3. 飞机结构件数控程序质量控制技术研究

开展几何仿真与物理仿真方面的应用研究（见图4），建立加工过程仿真技术规范，从而在程序下放现场前进行程序预警和优化，保证国产多轴数控机床得到合理、有效的应用，避免由于工艺编程缺陷导致的设备、零件故障。



(a) 几何仿真

(b) 物理仿真

图4 几何仿真与物理仿真相结合的应用研究

进行飞机结构件数控程序快速编制。相对于手工编程，程序编制的效率高，程序重复性好，易于形成标准模式；切削参数修改方便，设置较细致；能够建立机床-刀具切削参数库；转角处理程序作为必选功能提高了零件加工效率，如图5所示。

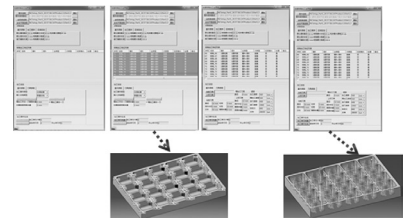


图5 数控程序快速编制

4. 飞机结构件数控加工快速检测误差控制

依据零件三维模型，基于不同的类型结构，对不同特征进行识别检测，建立测量坐标系，构建不同结构特征的检测要求及标准，自动生成不同类型零件所需要进行检测的部位及测量的点位数据，同时对测点的顺序及路径进行规划，生成最终的测量程序，提高测量的效率，如图6所示。

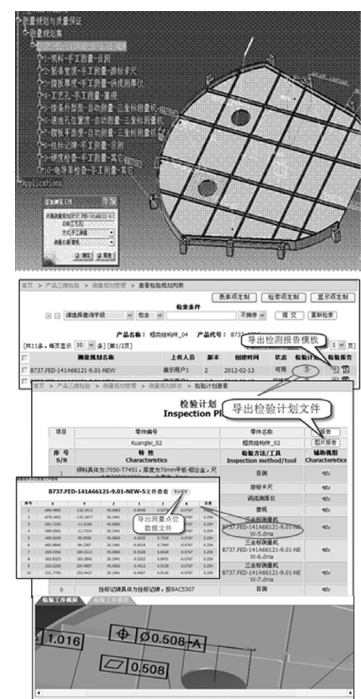
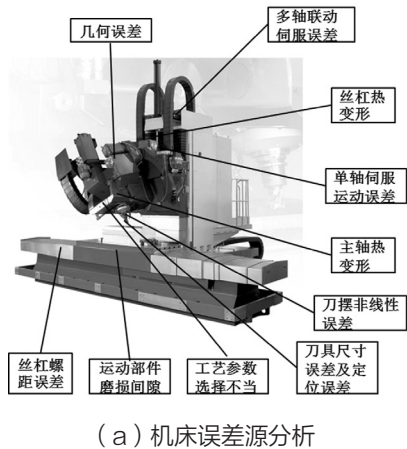


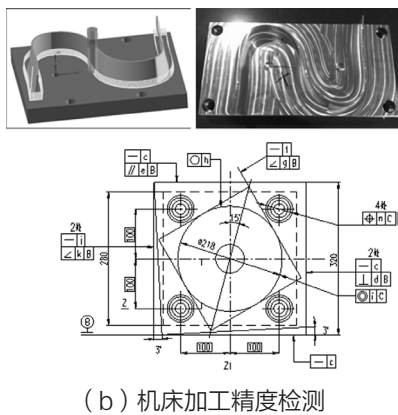
图6 飞机结构件数控加工快速检测误差控制

5. 多轴联动数控加工误差补偿及控制技术研究

开展国内外机床对比性能研究,完成6台4类国内外机床精度、性能测试对比试验;形成国内外机床性能对比分析报告。对飞机结构件多轴加工进行误差源分析,掌握多轴联动机床运动误差、热误差分析与补偿技术、加工变形,以及表面完整性。对国产典型结构数控机床切削性能进行测试和评价,分别开展了国内外机床针对典型铝合金材料的切削性能试验,建立机床切削性能测试和评价规范,并且多数内容课题研究期间进行试验验证。



(a) 机床误差源分析



(b) 机床加工精度检测

图7 多轴联动数控加工误差分析

6. 基于多轴联动工艺系统的飞机结构件数控加工切削参数优化及切削参数数据库构建技术研究

通过开展切削参数优化研究,相

比工艺人员根据自己的经验来选择切削参数,切削参数优化后的工艺参数可以充分发挥机床的加工效率,特别是高速机床,同时,切削参数搭配较合理,在获得足够切削用量的前提下,提高数控加工效率、减小废品率、降低加工成本,如图8所示。将切削试验获得的数据处理后编制数据手册,包括有机床信息、刀具信息、工件信息、工艺信息以及动力学信息等,如图9所示。

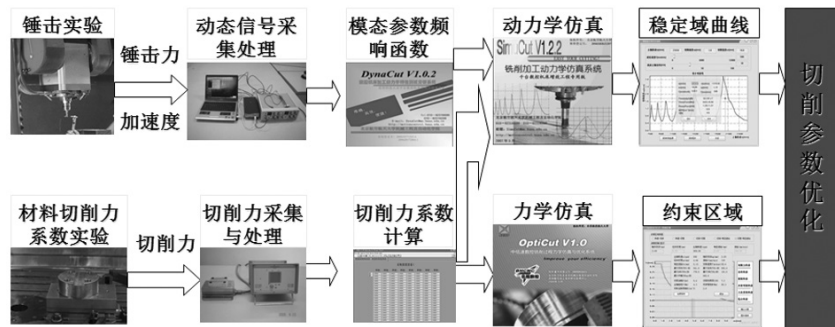


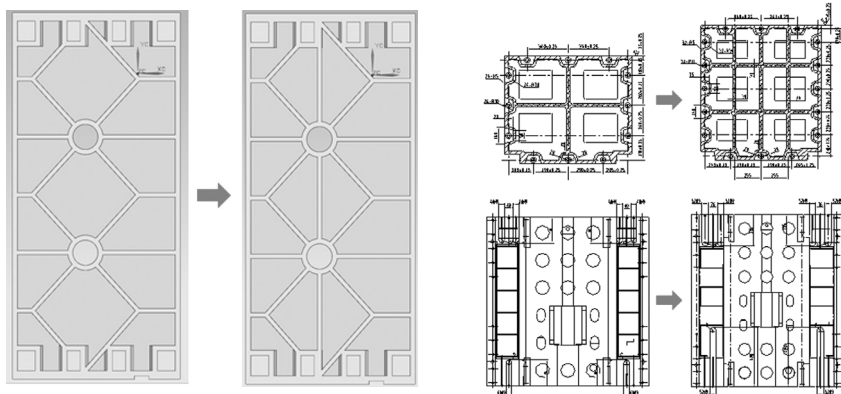
图8 飞机结构件数控加工切削参数优化

机床产地		机床生产厂家		CINCINNATI	机床型号		Lancer2000							
铁刀几何属性				刀具物理属性					其它					
铁刀类型	圆柱螺旋立铣刀		铁刀悬臂长度 (mm)		50	刀具材料	硬质合金		刀具型号					
铁刀齿数 (齿)	2		铁刀螺旋角 (°)		30	工件材料	铝合金		刀柄型号					
铁刀半径 (mm)	16		刀具R角半径 (mm)		刃磨方式	生产厂家		山高						
切削参数					切削过程仿真结果					数据状态				
序号	轴向切深 a_p [mm]	每齿进给量 f_z [mm/齿]	进给速度 f [mm/min]	轴向切速 v_a [m/min]	主轴转速 n [rpm]	切削线速度 v_c [m/min]	XY平面切削力峰值 $F_{xy,max}$ [N]	切向力峰值 $F_{t,max}$ [N]	最大转矩 T_{max} [Nm]	最大切削功率 P_{max} [kW]	材料去除速率 MRR [cm³/min]	主轴利用率	仿真	实验
1	0.6	0.1	2100	16	10500	527.788	212.012	215.872	205.937	1.6475	1.81152	20.16	✓	
2	0.9	0.1	2100	16	10500	527.788	314.412	320.208	305.471	2.44377	2.68707	30.24	✓	
3	1.2	0.1	2100	16	10500	527.788	423.795	431.695	411.826	3.29461	3.62261	40.32	✓	
4	0.6	0.1	2200	16	11000	552.92	212.012	215.872	205.937	1.6475	1.89778	21.12	✓	
5	0.9	0.1	2200	16	11000	552.92	314.412	320.208	305.471	2.44377	2.81502	31.68	✓	
6	1.2	0.1	2200	16	11000	552.92	423.795	431.695	411.826	3.29461	3.79512	42.24	✓	
7	0.6	0.1	2400	16	12000	603.186	212.012	215.872	205.937	1.6475	2.0703	26.8415	✓	
8	0.9	0.1	2400	16	12000	603.186	314.412	320.208	305.471	2.44377	3.07093	39.8146	✓	
9	1.2	0.1	2400	16	12000	603.186	423.795	431.695	411.826	3.29461	4.14013	53.6768	✓	
10	0.6	0.1	2600	16	13000	653.451	212.012	215.872	205.937	1.6475	2.24283	26.8415	✓	

图9 切削参数数据库构建

7. 面向大型复杂飞机结构件加工的多轴联动机床改进方案研究

开展国产多轴联动机床功能应用和设备维护。建立国产多轴联动机床功能应用技术规范,跟踪提供给航空制造企业的国产多轴联动数控机床应用状况,提出维护方案;提出国产多轴联动数控机床性能改进方案,尤其在国产机床精度、刚度等方面。图10为某些国产立式五轴加工中心结构改进实例。



(a) 机床立柱机构改进

(b) 滑板改进

图10 国产多轴联动机床结构改进

三、主要创新点

1. 国产数控机床切削性能和能力检测评估方法

提出一种通过铣削颤振理论检测机床切削能力的测试试件。试件可用测试机床不发生颤振的切深范围、转速范围。结合颤振理论,采用加工时在工件切削方向安装加速度传感器测试机床发生颤振时的振动状况,应用表面粗糙度仪或轮廓仪测试加工表面轮廓在相应颤振时的刀具、工件频率,进而识别出发生颤振时影响加工纹理分布的频率分布。另外,由切深-转速组合试验可在不借助外部设备时获得机床颤振稳定域曲线。由上述方法,综合评定机床适合切削的最大切削能力范围。

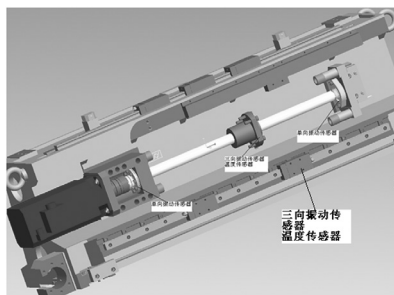
提出一种用于数控铣床加工热误差的检测试件和检测方法,通过机床的连续运转,间隔固定时间精加工小孔,同时应用温度传感器实时采集和记录温度变化信息,依据不同机床形式和热稳定时间确定加工孔数量。最后,将实际加工获得的零件进行检测,检测内容包括孔径尺寸、孔中心距X和Y轴向基准距离、孔深、孔底面粗糙度等,在有条件的场合还可同时记录加工孔时的切削力信号,进而结合加工状况进行加工热误差研究。

2. 机床切削状态同步监测和评估

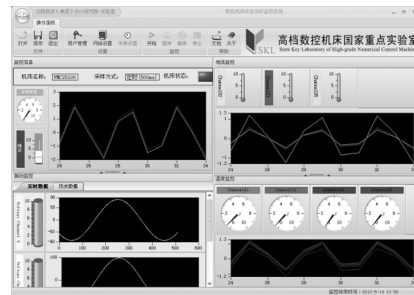
数控机床切削状态检测包括振动、温度、电流和切削力等多个物理量的采集和分析,实现各个状态量的同步采集是准确分析和评估机床切削性能的前提和难点。传感器的选择和优化布置是机床状态监控技术的关键技术,包括转速传感器、噪声传感器、振动加速度传感器、电流传感器和温度传感器。其中,转速传感器用来检测主轴转速变化;噪声传感器检

测加工时的噪声信息;振动加速度传感器测量关键部位和关键结合面位置的振动状态量;温度传感器测量主要热源和关键部位的温度变化量;电流传感器监控各轴电机的电流变化趋势,如图 11a所示。

建立采集系统不同通道数据的软件同步和硬件同步数据采集系统,可实现上述信号的同步采集,包括瞬变信号硬件同步采集和缓变信号软件同步采集。对采集信号的分析可以评价机床的切削性能、当前状态以及发展趋势等信息。具体可采用相关性分析、对比分析和统计分析等方法。涉及到的关键技术包括传感器的选择和优化布置是机床状态监控技术的关键技术、多传感器数据融合技术、关键部件的故障机理及信号获取技术、故障诊断与预警关键技术,以及状态监控平台分析和搭建技术等。运用多传感器数据融合技术在解决探测、跟踪和目标识别等问题方面,增强状态监控系统生存能力,解决多传感器、多数据源信息的处理方式等问题,增强数据的可信度,并提高精度,扩展整个系统的时间、空间覆盖率,增加系统的实时性和信息利用率等。根据对整个平台的分析,搭建一个基于WaveBook516E网络数采硬件体系的多传感器、多状态量、多数据源的数控机床状态监控平台,系统功能模块包括:可定制的多功能数控机床状态监控系统、内置多种实时分析功能、监控信息、采样数据和分析结果存储、硬件初始化、网络/数据库初始化、机床监控信息加载、实时监控、数据显示及分析等,如图 11b所示。



(a) 进给机构传感器布置示意图



(b) 状态监控软件主界面

图 11 国产机床加工状态监控

3. 国产数控机床高效编程及虚拟控制器仿真加工应用

虚拟控制器仿真(VNCK - Virtual NC Controller Kernel)技术。通过在计算机内安装控制系统内核软件,将与实际控制系统完全相同的虚拟NC控制器植入仿真系统及CAM系统与虚拟NC控制系统的通信,实现控制系统驱动的加工仿真。由于控制系统驱动的仿真是针对配备Siemens840D控制系统的特定机床,并将该机床控制系统的所有初始化设定导入至驱动该机床仿真的虚拟NC控制内核内,因此能够实现与真实加工完全相同的精确加工仿真:包括加工时间的精确预估,如非切削运动,各程循环及子程序,各种PLM运动的时间估算等。并可基于精确时间的模拟来进行加工计划的调整及成本核算等。另外,由于具备整个控制系统内核软件,因此能够识别所有控制系统语言和实现控制系统各种高级功能的仿真,如图 12所示。VNCK仿真技术,是目前该行业里最先

进的仿真技术。不但实现了完全NC代码的仿真，而且使用了目前先进的VNCK虚拟控制器仿真技术，实现CAM系统与CNC系统的集成，仿真界面与真实机床HMI界面完全一致，在PC机上像操作实际机床一样进行虚拟机床的操作和仿真。而且能精确地模拟加减速控制，仿真加工时间非常精确，可以做到分秒不差。通过使用该项技术可以完成准确的一次性制造，提高设备利用率，缩短生产周期，达到质量预期，并为零件加工最终用户带来效益。

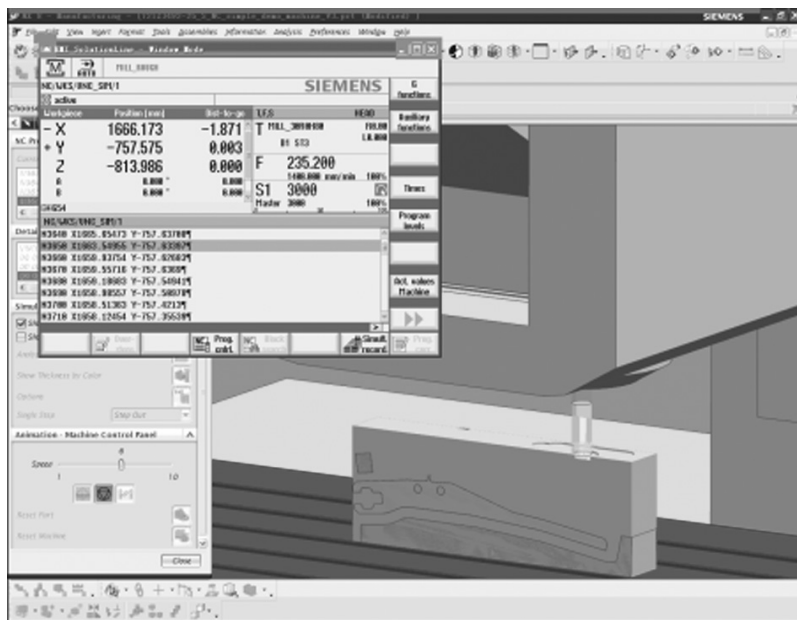


图 12 虚拟控制器仿真平台构建

4. 航空结构件工艺优化和国产数控机床应用效率提升

研究典型航空复杂结构件高效数控加工工艺过程，形成典型航空结构件高效加工工艺方案并得到应用验证。航空复杂结构数控加工工艺主要包括航空复杂结构定位装夹方法、刀具选型及应用、典型加工工艺方案等多个方面。课题组根据中航工业成飞及整个航空复杂结构加工行业现有基础和典型航空复杂结构特点，以及国产多轴联动数控机床特点，进行国产多轴联动加工工艺研究、零件快速装夹定位技术研究，目前这些技术都已经应用在航空复杂结构加工过程中，在中航工业成飞的多个国家重要机型飞机研制过程中发挥了重要作用。

通过国产数控机床和进口机床的对比切削试验，总结国产多轴联动数控机床在航空复杂结构件加工中存在的问题，提出国产多轴联动数控机床的改进方案，提高了国产机床可靠性，提升了国产数控机床应用效率。同时为国产多轴联动机床的后续开发提供宝贵经验，促进国产高档数控机床的研发水平和产业化水平的提高。

四、成果应用及推广情况

课题针对大型航空复杂结构件高效加工工艺进行了系列研究，研发了多项具有实际意义的研究成果，并对其中某些成果进行了产业化：开发的基于三维特征自动识别技术的编程系统及加工编程数据库成功应用于沈阳飞机工业(集团)有限公司和成都飞机工业(集团)有限责任公司的编程系统中；建立的基于

VNCK的国产五轴联动数控加工工艺系统三维仿真模型，初步实现了物理仿真与几何仿真相结合的多轴联动加工过程仿真，在沈阳机床(集团)有限公司和成都飞机工业(集团)有限责任公司得到应用；在工艺技术研究方面，建立了五轴联动机床加工工艺参数数据库，成功应用在钛合金、铝合金等材料的典型飞机结构零件的加工中，平均缩短加工工艺周期20%以上，使国产机床在加工效率、加工精度和质量以及工艺稳定性等方面达到同类进口机床水平。

建立的物理仿真与几何仿真相结合的三维仿真技术规范，能够实现全三维仿真，可有效防止碰撞，规范仿真质量控制模式；应用物理仿真与几何仿真相结合的三维仿真技术及规范，能降低零件超差报废损失率20%，减少机床碰撞率50%。该技术可在数控加工行业进行大范围推广，经济效益目前无法估量。

提出的国产多轴联动数控机床改进设计方案，在收集和分析问题国产机床应用上的各种问题基础上，对机床设计性能与实际性能进行对比分析和评价；对比进口典型多轴联动数控机床与国产同类型机床性能，掌握国产数控机床与进口设备的真实差距，为有针对性的改进和优化国产设备提供依据，有利于明确国产多轴联动数控机床性能改进方向，量化改进目标，可大幅缩短国产多轴联动数控机床的研发、试制、优化改进周期。在国产数控机床性能优化方面，针对航空结构件制造特点，结合飞机制造企业需求和国产数控机床应用情况反馈，有针对性地优化国产数控机床几何精度、运动精度和加工精度等指标，在机床稳定性、结构性能等方面进行改进，并提出国产数控机床应用维护方案，使国产数控机床综合性能达到进口同类产品水平。□

直驱式A/C轴双摆角铣头的研发与应用

沈阳机床(集团)设计研究院有限公司 高秀峰

一、概述

五轴联动加工中心是航空、航天、军工、发电设备等重要工业部门的关键设备，而A/C轴双摆角铣头又是中大规格五轴联动加工中心的**核心功能部件。由于A/C轴双摆角铣头结构紧凑，摆角范围大，A轴可达 $\pm 110^\circ$ ，C轴可达 $\pm 360^\circ$ 或 $n \times 360^\circ$ ，因此，常用于加工具有复杂曲面的大型精密零部件，例如飞机的机身结构件、风力发电机的叶轮、大型模具、螺旋桨等。正是由于A/C轴双摆角铣头在五轴联动加工中具有举足轻重的作用，A/C轴双摆角铣头通常占到主机价格的30%，因此，A/C轴双摆角铣头一直是中大规格五轴联动加工中心市场竞争的焦点。

国外于上世纪八十年代就已经开始进行A/C轴双摆角铣头的研发与生产，经过几十年的发展，国外关于该类产品的技术已经非常成熟，至今，已有多个机床或功能部件企业可以生产A/C轴双摆角铣头。如德国的Cytec、Zimmermann、Headtec、Tramec、Kessler，意大利的Asima、Fidia、Jobs、

Technai，日本的Mazak、Toshiba、Tsudakoma等。各个厂家生产的A/C轴双摆角铣头技术特点各不相同。Cytec生产的A/C轴双摆角铣头A、C轴均由外转子力矩电机直接驱动，现已形成了P12轻系列、M21中系列、G30重系列完整的型谱，并有多种配置可以选择，可以选择A轴为连体式或可自动交换式，C轴为 $\pm 360^\circ$ 或 $n \times 360^\circ$ ，主轴为固定式或可自动交换式。Fidia与Jobs生产的A/C轴双摆角铣头A、C轴均由斜齿圆柱齿轮驱动，并采用不同的消隙机构。Flidia均配置高速轻切削电主轴，而Jobs可以配置机械主轴或低速大扭矩电主轴。Zimmermann生产的A/C轴双摆角铣头A、C轴驱动则涵盖了蜗轮蜗杆传动、齿轮传动、力矩电机直接驱动、谐波齿轮传动、混合传动等多种方式，至今已形成了从VH1到VH6的完整系列。

近年来，Zimmermann依靠其独有的铣头技术开发出了消除极点问题的M3ABC铣头。Mazak生产的A/C轴双摆角铣头A、C轴均采用由日本三共制作所生产的凸轮机构驱动，凸轮机构由于具有自锁性及凸

轮与滚柱之间为滚动摩擦，因此，极大地简化了A/C轴双摆角铣头的内部结构，并使得精度保持性得到了很大提高。

近年来，国内虽有部分主机企业一直在进行A/C轴双摆角铣头的研发与生产，但多数均以模仿国外产品结构为主，在可靠性等性能指标与国际先进水平相比较而言还有较大差距，同时尚未真正掌握该类产品的核心技术以及向国内市场提供商品化批量产品的能力。因此，目前国内的A/C轴双摆角铣头依然主要依赖进口。

二、产品性能介绍

我公司研制的A/C轴双摆角铣头就是在上述的大背景下及依托国家“十一五”重大专项开发的，设计目标是即能为公司内部中大规格五轴联动加工中心配套，又能为国内其他主机企业配套，完全实现国产化，替代进口。

我公司A/C轴双摆角铣头研发团队在深入研究世界范围内主流铣头生产厂家A/C轴双摆角铣头的结构特点、性能参数、可靠性、适用场

合等方面的基础之上，再结合国内当前对A/C轴双摆角铣头的实际需求，提出了直驱式的解决方案。

直驱技术由于具有机械传动无法比拟的无磨损、精度保持性好、动态特性优异等优点，再配置高精度角度编码器与高速电主轴，因此，直驱式解决方案会使得A/C轴双摆角铣头具有高速、高精、高效、高可靠性、高动态特性的特点，将非常适合于国内航空航天行业、船舶行业、风力发电行业、大型模具行业等具有复杂曲面的大型零件加工，将会成为这些行业核心加工设备的关键功能部件。



图1 直驱式A/C轴双摆角数控万能铣头外观图

在产品研制过程中，我公司解决了如下关键问题：

- (1) 双摆角铣头结构尺寸和驱动、控制系统优化设计技术。
- (2) 双摆角铣头性能分析、测试与评价技术。
- (3) 双摆角铣头的设计技术。
- (4) 双摆角铣头与滑枕连接结构设计技术及防漏和电气控制技术。
- (5) 高精度自动分度技术。
- (6) 提高力矩电机的鲁棒性。

将该产品与同样采用直驱技术的两家德国公司生产的双摆角铣头进行参数对比，详情如表1所示。

表1 与国际同类产品技术指标对比情况

公司及产品型号 主要技术参数	沈阳机床 MH30fhc/MH30fh	德国Tramec AC11	德国Cytec M21
示意图			
主轴功率/kW	32	20	21
主轴扭矩/N·m	67	30	100
主轴最高转速 r/min	24000	22000	18000
A轴行程(°)	±110	±110	±95
A轴最高转速°/min	21600	18000	21600
A轴驱动扭矩/N·m	1350	250	1000
A轴夹紧扭矩/N·m	4000	456	4000
C轴行程(°)	±360	±225	±360
C轴最高转速°/min	21600	18000	21600
C轴驱动扭矩/N·m	2000	250	2000
C轴夹紧扭矩/N·m	4000	456	4000

由表1可以看出，该产品技术指标与产品性能均达到了国际同类产品的技术水平。

通过该产品的研发，我公司已成功突破了多项关键核心技术，如双电机串联技术、双电机并联技术、A轴自动交换技术等，并针对各项关键核心技术及产品及时申请了9项专利进行知识产权保护，现已获得7项专利授权，另2项专利国家知识产权局正在审批。

关于该产品的研发，我公司已形成企业标准2项，详情如表2所示。

表2 企业标准完成情况

序号	技术标准的名称	标准类型(国际/国家/行业)	阶段(研究制定和发布)	主要完成单位
1	直驱式A/C轴双摆角数控万能铣头精度检验	企业标准	发布	沈阳机床(集团)设计研究院有限公司
2	直驱式A/C轴双摆角数控万能铣头技术条件	企业标准	发布	沈阳机床(集团)设计研究院有限公司

三、新技术应用情况

直驱技术由于具有机械传动无法比拟的无磨损、精度保持性好、动态特性优良等优点，在A/C轴双摆角铣头中得到了日益广泛的应用。由于单台力矩电机扭矩较小，因此，在采用直驱技术的A/C轴双摆角铣头中多数采用了双电机驱动技术。双电机驱动技术就结构布局而言，包括并联驱动技术与串联驱动技术。

1.力矩电机并联驱动技术

以力矩电机定子的出线端为力矩电机的正方向，当采用两台力矩电机驱动一个旋转轴时，若两台力矩电机的正方向相反，则该种布置形式称为力矩电机

并联驱动。

力矩电机并联驱动技术在欧洲的一些铣头制造商中被广泛地应用于A轴的驱动中，如Cytec采用两台外转子力矩电机并联驱动A轴，Kessler与Tramec采用两台内转子力矩电机并联驱动A轴。

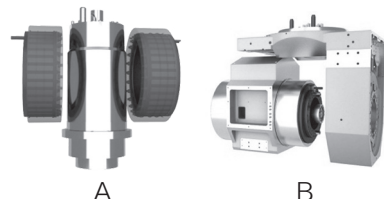


图2 双电机并联结构示意图

2.力矩电机串联驱动技术

当两台力矩电机正方向相同时，则该种布置形式称为力矩电机串联驱动，力矩电机串联驱动可以应用到双摆角铣头的C轴中。如我公司已研发的具有A轴自动交换功能的直驱式双摆角铣头MH30fhc的C轴便是采用两台标准外转子力矩电机进行串联驱动。

欧洲双摆角铣头制造商生产的双摆角铣头，C轴有的采用单台标准电机，但单台电机驱动扭矩较小，否则只能通过增加电机直径来增加电机的驱动扭矩，但这样将直接导致滑枕尺寸增加；有的C轴则采用非标标准电机，如Cytec将两个定子固联在一起，并做成一个转子，此方案直接导致了C轴的高成本。

而我公司设计的C轴采用两台标准电机，不仅解决了单台电机扭矩小的问题，还解决了两台非标电机固联的高成本问题。

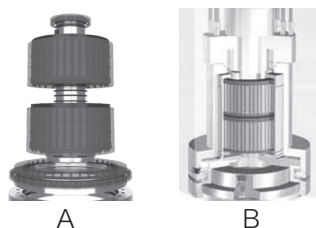


图3 双电机串联结构图（右图为国外非标电机结构示意图）

3.双电机同步驱动技术

双电机同步驱动技术包括双电机同步驱动控制技术与双电机相位差调整技术两部分。

双电机同步驱动技术是指将双电机分为主从电机，并将两台电机当做一台电机进行驱动的技术。

这里的从电机指的是装在同一根轴上的第二台电机，它与第一台电机（主电机）的U、V、W进行连接。若两台电机为串联驱动，则电机相可以进行一一对应连接；若两台电机为并联驱动，则电机相中的V、W需要进行对调连接。

表3 双电机同步驱动动力线连接方式

伺服驱动器	主电机	从电机 (双电机串联驱动)	从电机 (双电机并联驱动)
U	U	U	U
V	V	V	W
W	W	W	V

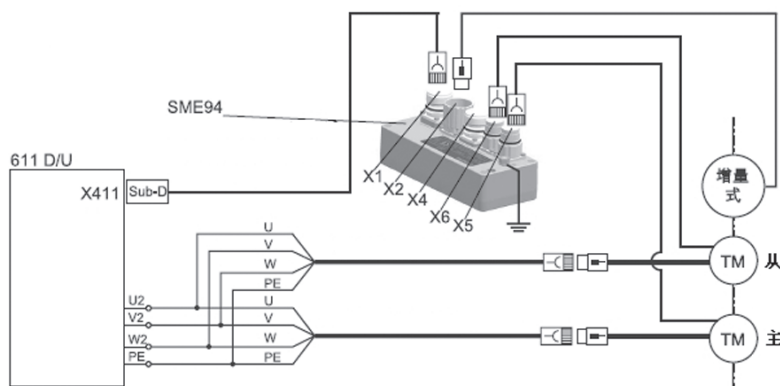


图4 双电机并联驱动与伺服驱动器连接示意图

双电机相位差调整技术包括相位差机械调整与相位差检测两部分。

我公司双电机相位机械调整采取力矩电机成组制造法进行，我们根据力矩电机定子与转子上的标记进行调整与安装，用来保证双电机的同步性。

相位角偏差值可以通过一个双通道的示波器来检测。按照下图中所示的连接方法将两个力矩电机的动力电缆和示波器相连接，然后用手匀速地同时转动两个力矩电机的转子，这时示波器上就会显示出两条相电压波形，根据电压波形就可以计算出相位角偏差值。

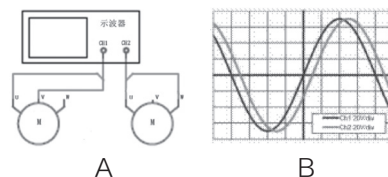


图5 相位角偏差值检测方法

4.A轴自动交换技术

A轴自动交换技术包括A轴自动交换标准接口设计技术与铣头库设计技术两部分。

A轴自动交换标准接口设计技术的难点是解决诸多对接元件的过定位问题，我公司已成功设计了A轴自动交换标准接口，有效地解决了A轴16

路液、气、油与C轴之间的连接，并成功解决了交换接口内部电气快换接头、液压快换接头、拉钉、齿盘、定位销等部件的轴向、径向及周向过定位等问题。此外，还解决了装配、调试、防漏等问题。

表4 A轴自动交换接口过定位问题

元件名称	粗定位			精确定位		
	径向定位允许误差	周向定位允许误差	轴向定位允许误差	径向定位允许误差	周向定位允许误差	轴向定位允许误差
定位销1	单边0.1	—	—	—	—	—
定位销2	单边0.1	单边0.1	—	—	—	—
端齿盘	—	—	—	√	√	√
拉钉	单边0.1	单边0.1	—	—	—	最大0.2
电气快接头	√	√	3~5	—	—	—
液压快接头	单边0.5	单边0.5	最大1	—	—	—



图6 A轴自动交换标准接口（A轴接口与C轴接口）

铣头库的主要作用在于存放未被交换的铣头，并保证铣头在存放过程中的准确定位与支撑，需要具有较高的刚性与定位精度，保证换头坐标点的准确。我公司已研制出两种铣头库的定位元件用于A轴的铣头库，一种为定位销方案，另一种为直角边方案，两种方案在样机验证过程中，均取得了非常好的效果。

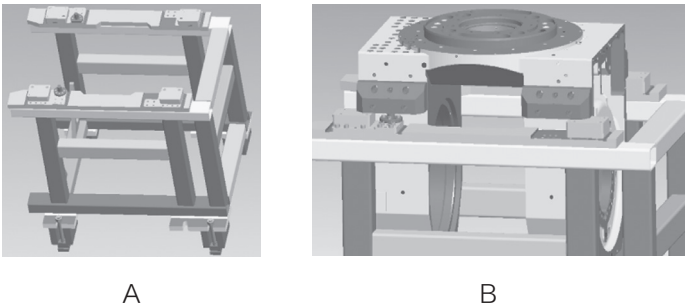


图7 铣头库定位方式示意图

5.RTCP精度检测与补偿技术

RTCP精度是五轴联动数控机床的重要关键精度，它直接影响机床的五轴联动加工精度和加工工件的质量，因此，对RTCP精度进行检测与补偿具有重要的意义。

而RTCP精度检测与补偿主要是指对双摆角铣头的四项精度进行检测与补偿，这四项精度包括：

- （1）主轴轴线与C轴轴线在X方向的偏差；
- （2）主轴轴线与C轴轴线在Y方向的偏差；
- （3）主轴轴线与A/B轴轴线之间的偏差；
- （4）主轴鼻端与A/B轴轴线之间的尺寸。

上述四项精度通过检棒与千分表即可以完成检测。

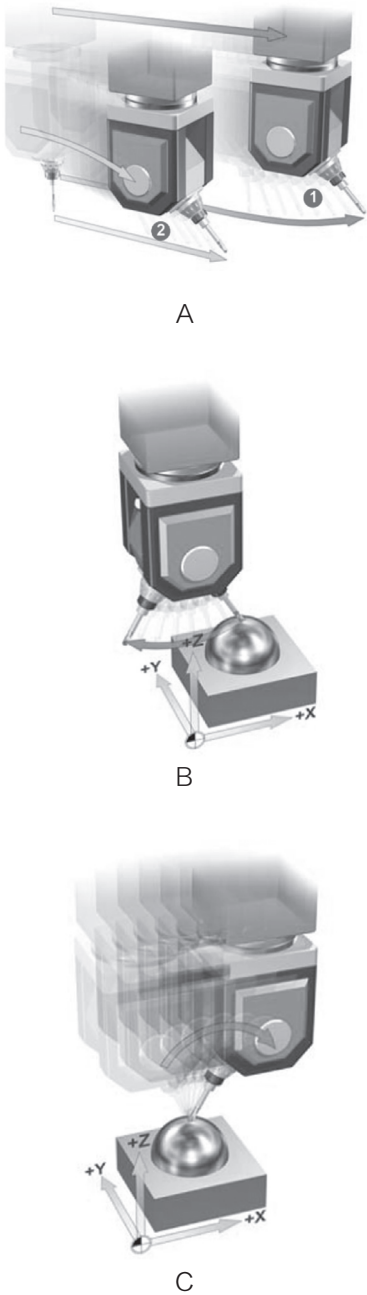


图8 是否具有RTCP功能刀具轨迹区别示意图

四、成果应用及推广情况

该产品在研制过程中,以沈阳机床(集团)设计研究院有限公司下属中试基地为基础,建立了双摆角铣头试验基地。目前,试验基地拥有三台双摆角铣头样机和相关性能检测试验平台及配套应用验证的数控机床。除此之外,沈阳机床(集团)设计研究院有限公司下属的实验室拥有众多的检测仪器,如激光干涉仪、热成像仪、球杆仪、测力仪、多通数控采集分析仪等,在本课题中研制的性能检测试验平台可搭置上述设备和本课题购置的多种仪器,完成用于测试铣头系统的铣头动力特性试验、铣头系统红外成像试验、温度补偿及测试、精度稳定性试验、结构刚度试验、可靠性试验等多种应用验证相关试验。

本课题研发的双摆角铣头样机及其配套机床,在沈阳机床股份有限公司进行了应用验证。

在应用验证过程中,采用验证实验与零件切削相结合的形式进行验证。验证实验包括精度与技术指标测试、动力特性试验、红外成像试验、温度补偿及测试、结构刚度试验、精度稳定性试验。零件切削采用标准的切削试件,包括轮廓加工试件与圆锥截体。应用验证结果表明,双摆角铣头工作稳定、性能可靠,完全符合设计要求,被加工试件精度满足标准要求。

国内目前的双摆角铣头主要依赖进口,价格非常昂贵,双摆角铣头价格甚至占到主机价格的30%,相对于国外此类产品而言,本课题研制的产品技术指标与产品性能均达到了国际同类产品的技术水平,同时,由于该产品的成本和价格低于国际同类产品,具有良好的性价比,因此,在与国外同类产品的市场竞争中具有一定的优势与竞争力。 □

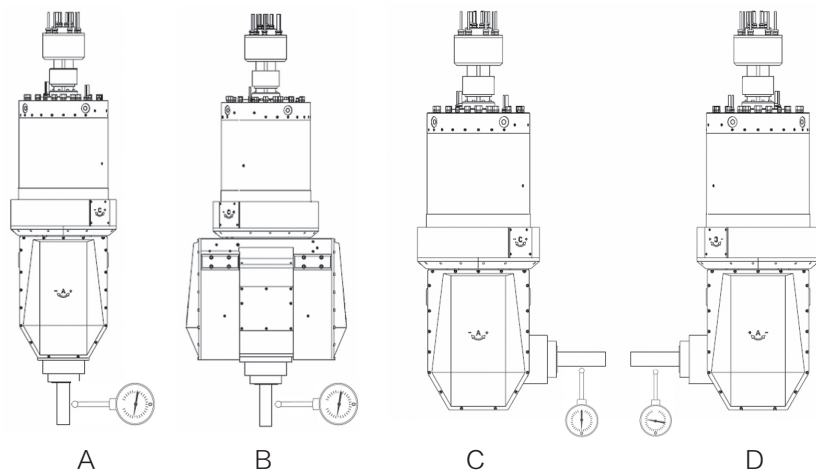


图9 RTCP精度检测示意图

6. 可靠性增长技术在双摆角铣头产品开发中的应用

双摆角铣头的工作可靠性极其重要,我公司在产品开发过程中,在如下四个方面运用可靠性增长技术用于提高双摆角铣头产品的可靠性。经过如下各项工作,在样机试制完成之后,双摆角铣头产品的可靠性得到了大幅提高。

(1) 零部件材料方面:严格控制零部件材料质量,特别是双摆角铣头的关键外购件。如力矩电机、轴承、电主轴、编码器、拉钉、液压抱闸、液压快接插头、电气快接插头等均选用世界上知名厂家生产的产品。

(2) 设计方面:在产品之前,对同类产品的使用情况进行了广泛的调研,并对常见的十类故障模式进行搜集与分析,对每一个故障都进行专门研究,并提出有针对性的解决方案。

(3) 制造方面:在样机生产制造过程中,严格控制零件加工质量与整机装配质量。所有关键零件加工完成之后均经过三坐标进行精度检验,在整机装配过程中严格根据装配规范进行装配。

(4) 使用方面:在样机使用与验证过程中,严格根据使用规范进行使用,并针对暴露出的四类问题进行了多次改进与优化,最终全部成功地解决了这些问题,大幅地提高了产品的可靠性。

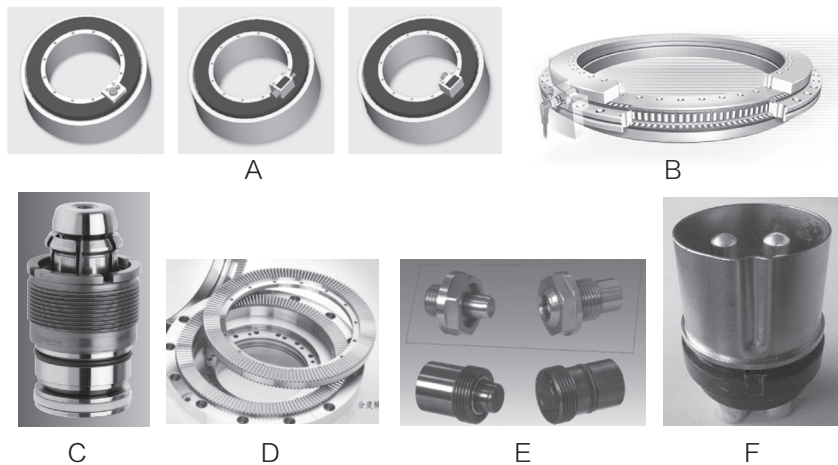


图9 RTCP精度检测示意图

2017年工具行业发展形势分析

中国机床工具工业协会工具分会秘书处

今年已经快近年末，我国宏观经济复苏势头良好，特别是下半年的表现，比多数人预期要好。所以目前经济学界对中国经济增速的预测，总体来说比年初要乐观一些。尤其值得一提的是，欧、美、日经济普遍复苏对中国经济走稳有很大影响。我国外贸出口在连续两年负增长以后，今年转为正增长。有人估计对GDP的增幅有0.5个百分点的贡献，不容小视。

目前经济学界的主要争论焦点集中在发展趋势方面：究竟我国经济是处于一个新的上升周期的开始，还是在L形的底部，维持相当长的一段平稳发展期。一些经济学家还认为，鉴于经济发展中还有众多不确定因素（例如外部经济环境的变化），这种平稳发展不会是L形底边那样的水平直线，而是波动前进的曲线（例如在GDP增速6%上下波动）。

我国主流经济学界对宏观经济形势的总体判断是：目前GDP下行趋势基本得到遏制，当前处于止跌回稳阶段，未来将在L形的底部维持相当长的一段平稳发展期。并明确指出，我国经济运行的发展趋势不可能是U形，更不可能是V形。

一、进入2017年，我国工具市场始终保持产需两旺的良好发展态势

在2016年止跌回稳的基础上，进

入2017年以后，工具市场的面貌焕然一新，外企和国内企业一样，销售收入普遍实现了高达20%以上的快速增长。纵观我国的工具市场，从2016年下半年开始止跌回稳，并出现了明显的复苏。迄今为止，从今年连续三个季度的发展趋势看，比2014年那次局部反弹显示了较大的稳定性。但从我国宏观经济大格局来看，不排除下半年出现一定波动的可能性。

当时对经济回稳前景做出一定的保留预测，是根据我国主流经济学界的分析：鉴于这次反弹，主要动力是政策性（扩大投资）和周期性（产能周期和库存周期）影响因素为主导，当然也包括广大企业近年在经营管理和结构调整方面取得进展的影响。总体判断是回稳势头较好，新动能开始出现，但基础还不够牢固，所以不排除下半年增长势头回落

的可能性。结果，一些宏观指标在年中果然出现了一些波动，但随后又逐渐趋稳，乐观派认为，这展现了我国经济的“韧性”。但也有相反看法，认为这是众多不确定因素作用下使经济回稳表现出相对的脆弱性。相比之下，今年我国工具市场的表现，要好于宏观经济的总体水平。

进入2017年，我国工具市场始终保持产需两旺的良好发展态势，没有出现明显的波动（见图1、图2）。图一根据行业月度统计快报制作（约40家会员企业参加，以传统工具企业为主），图二根据行业季度统计报表制作（约85家会员参加，包括近年入会的新型工具企业）。可以看出，两图的趋势一致。但图2显示的同比增长更高一些，代表了新型工具企业快速转型升级的市场效果。

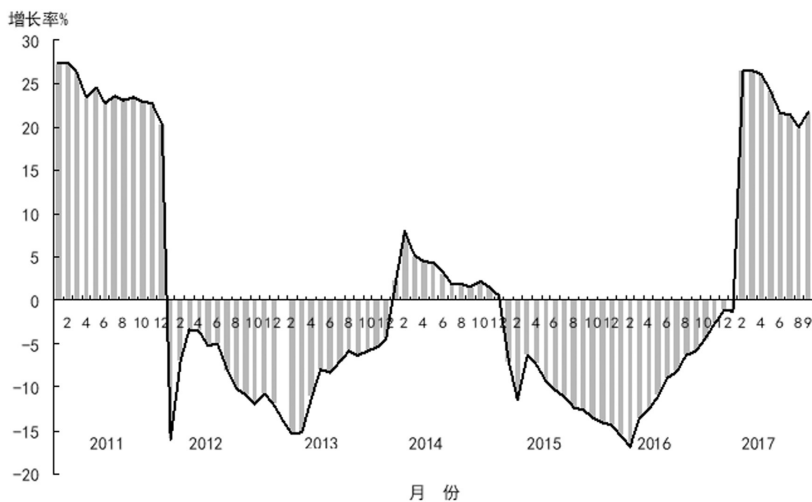


图1 2011年1月至2017年9月工具企业销售收入变化图（月度快报统计）

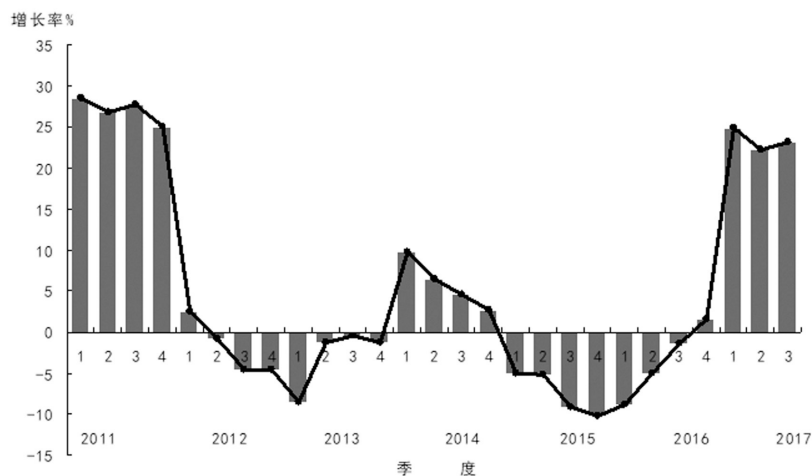


图2 2011年一季度至2017年三季度工具企业销售收入变化图（季度统计）

我国工具市场今年以来保持稳定高位增长的发展态势表明，我们的服务对象——机器制造业在本轮经济复苏中有不俗的表现。除了近年来保持稳定增长的乘用车、发电设备、航空航天、轨道交通、通信电子设备等热门板块以外，这几年在经济下行中销售严重遇冷的板块，今年也出现了戏剧性的转机。如商用车的重卡板块，2015-2016年上半年，销量遭遇大幅下滑，2015年陕汽重卡销量同比下跌近四成，福田中重型卡销量下跌超过三成。而今年1-9月，中国重卡销售量累计86.82万辆，同比大增76%。特别是7-9月，重卡市场已经连续三个月保持着80%以上的同比增幅。又如：挖掘机行业复苏起始于2016年2月，增速由负转正，由2016年8月走出低增速趋势，增速达到45%，并于9月份开始此轮的高增长行情。2017年1-9月纳入统计的25家主机制造企业，同比涨幅100.1%。

国际上，跨国工具企业对一年多来中国工具市场的积极变化，同样留下了深刻的印象。如：全球最大的跨国工具集团Sandvik的工具分部Machining Solution发布的财务统计公报显示，该公司从去年三季度开始在中国的销售就由负转正，四季度小幅增长，今年则连续三个季度销售高位增长。该公司三季度的公报指出：由于全球各主要经济体经济全面复苏，制造业对工具需求大幅增加。公司订单增长11%，销售收入增长10%。其中销售收入欧洲增长9%，北美洲增长9%，亚洲增长14%。并着重指出，亚洲销售增长远高于其他地区的原因，是由于中国制造业大多数板块需求旺盛的有力支持。

由此可见，在本轮经济复苏中，我国制造业的大多数板块恢复增长是稳定和持续的，有些板块反弹还十分强劲。

二、我国经济转向高质量发展阶段，工具行业转型升级紧迫感增加

1. 我国加快先进制造业的发展步伐，是工具行业最大的机遇和挑战

十九大报告指出，“建设现代化经济体系，必须把发展经济的着力点放在

实体经济上，把提高供给体系质量作为主攻方向，显著增强我国经济质量优势。加快建设制造强国，加快发展先进制造业。”

我们注意到，金融危机十年来，一个最大的看点是，各国都十分重视先进制造业的发展。虽然全球制造业有些板块也受到了危机的影响，如：采矿、基建、石油、造船、重型等等。但也有不少板块保持了稳定增长，如：航空航天、乘用车、发电设备、医疗器械、轨道交通等。而最近一年来，发达国家经济普遍复苏，使得多年遇冷的能源、矿山等板块的需求又大幅回升。由于工具行业是整个机械制造业中的服务业，这些起伏变动，传导到工具企业已经被部分熨平了，反正东方不亮西方亮。总体看来，最近十年尽管制造业各板块的需求存在较大波动。但全球切削刀具的销售收入呈平稳增长之势，年增长率在2% - 6%之间变化。总的看来，各国重视发展先进制造业，对工具行业是机遇大于挑战。从发展趋势看，工具企业将随着制造业现代化的步伐，与时俱进，开辟出更加辉煌的发展前景。

2. 我国经济转向高质量发展阶段，工具行业转型升级增加紧迫感，全行业缺乏强大领军企业的矛盾突现

今年以来，我国工具企业连续三个季度保持了产销两旺的良好发展势头，同比销售平均增长率达到20%以上，是历史上少有的好年景。这次产销两旺的出现，显然是国家稳增长措施发挥了作用。但除此以外，广大工具企业近年在经营管理、结构调整和产业升级方面取

得了长足进步，也是一个重要的因素。所以这次回升的基础比较扎实，有进一步稳定增长的希望。但与此同时，必须清醒地看到，当前，国内工具行业面临的主要挑战没有改变。那就是：对我国制造业转型升级急需的现代高效刀具，供应服务能力仍然严重不足；低端标准刀具产能过剩的现象，也没有完全扭转。进口刀具在制造业高端需求领域的统治地位，并未从根本上得到撼动。

工具行业应该做出什么样的努力才能改变这种落后现状呢？应该说在过去这五年，国内工具企业转型升级的步伐还是不小的。除了国有大中型企业继续进行升级改造以外，一大批以服务高端制造业为目标的民营企业，应运而生，获得蓬勃发展。加起来投资规模也很可观。产生的效果是：进口替代取得了明显的进步，但也出现了令人困惑的情况：第一，进口刀具在制造业高端需求领域的统治地位，并未从根本上得到撼动；第二，几年来新建和升级改造的工具企业，进口了大量先进设备，有的还聘请了外国专家，是花了力气的，但是出来的产品除了部分进口替代以外，没有真正在高端打出品牌、站稳脚跟、出现和跨国企业抗衡的局面，反而挤在中低端市场打价格战，日子还没有专做特色产品的小微企业好过。

问题究竟出在哪里？从国外的发展经验看，现代工具企业能够在剧烈的竞争中生存下来的有两种类型：一种是具备技术特色专长的小

微企业，数量很大，遍布各个领域，日子过的不错；另一种是领军型的大企业，其特点是“高起点、大投入、规模化、国际化”，所以企业的实力，对外足以和跨国集团抗衡，对内引领行业共同前进。这类企业全球只有十来家，分布在欧、美、日三大制造业基地，年销售收入下限在10亿美元以上。国外工具企业出现这种两极分化的原因是，制造业进入现代化发展阶段以后，更加强调突出主业和社会协作。工具企业对制造业的服务方式发生巨大变化——从简单提供刀具转向提供整体解决方案，促使工具企业出现大小两级分化。一些中不溜的企业，高不就、低不攀的，生存状态不好，多数被跨国集团兼并。国外的实践经验，应该对我国工具行业今后的发展有很好的借鉴意义。

话题再回到国内，我国作为全球制造业大国，工具行业理应与现代先进制造业同步发展，满足其新需求。但严峻的现实是，我们工具行业的发展，比制造业慢了半拍。造成的后果是进口刀具在制造业高端领域始终占据统治地位，对广大工具企业的生存和发展构成了严峻的挑战。从国际经验看，我国工具行业当前转型升级中面临的最大的瓶颈，是缺少1~2家强大的领军型工具企业，担当起对外抗衡跨国集团、对内引领行业企业共同前进的重任。我们工具行业必须补上这个短板，才能从根本上改变面貌，实现对制造业服务水平的跨越式

飞跃。

3. 影响我国工具行业出现强大领军型企业的原因，不是缺乏资金、技术和人才，而是体制性障碍，要在中央改革方针的指导下予以突破

工具行业目前一个十分突出的现状是，重点骨干企业，大多数是国有独资或控股企业。但要想在这些企业中建立起几家强大的领军型企业，就需要破除一些体制性的障碍，培养出一批真正的企业家，保持企业的可持续竞争力不断提升。

十八届三中全会通过了全面深化改革若干重大问题的决定，重申要使市场在资源配置中起决定性作用。这就是我们推进改变和改革的纲领和基础。同时关于国企改革，十八届三中全会重新提出积极发展混合所有制经济，指出了具体操作方向。同时这方面成功的例子也有很多。大家熟知的格力空调、万科地产都是销售过千亿的特大型企业，都做到了国资是大股东但不控股，去掉了行政管控，发挥了董事会的作用，造就了董明珠、王石这样的出色企业家成长和发挥才能的条件，取得的巨大效果有目共睹。这方面最新的进展是，中央电视台最近特别报道了中科院西安光机所搭建科技创新平台，吸引优秀人才，共建创新型企业的的事迹。其中特别强调光机所坚决做到参股不控股，为企业家留下发挥才能的广阔空间。

这些成功经验和舆论导向，是值得工具行业关注和借鉴的。 □

EMO2017: 互联理念在制造中的最新展示(上)

中国机床工具工业协会 杜智强 姜晓钟



要说EMO2017展会的最突出特点是什么,无疑是非“互联理念”的广泛应用莫属。从展会主题“Connecting Systems for intelligent production(用于智能制造的互联系统)”,到国际知名厂商展示各自的工业4.0研究成果,无处不在向参观者和用户传达互联技术对智能制造产生重要的影响。

下面从展会主要展品领域的代表性展商的标志性展品入手,为大家介绍本届EMO2017展会在制造技术发展方面的新理念、新进展和新产品。

一、展品的整体情况

本届EMO2017上共有来自44个国家和地区的超过2200家展商进行

了展品展示,展览面积超过18万m²,使用了17个展馆。整个展会布局大致按照产品技术领域进行布局,以方便专业观众参观,个别综合性较强的集团公司采用集中整体布展方式。本届展会涉及的展品类型主要有:

- 金属切削及金属成形机床、金属板材加工及线材加工机床;
- 电火花加工、电化学加工及其他加工用机床;
- 电子控制系统、工业电子、传感器及诊断技术、检验技术、测量技术、适用于金属加工的机械、液压、电子电气配件;
- CIM 和灵活的自动化组件、装配及处理技术、工业机器人、物流及仓储技术;
- CAD/CAM软件;
- 精密刀具、金刚石刀具、量具、研磨剂、冷却润滑剂;
- 焊接、切割、淬火、加热设备。

主办方对EMO2017上所展示展品和技术的发展趋势进行概括性总结,主要表现为:数字化和网络化成为制造业关注的焦点;更多的关于工业4.0和物联网(IoT)的理念和方案在孕育;智能制造将存在于信息网络化的可能中;构建包括用户、供应商和物

流系统在内的完整信息交互网络,实现即使是最小的订单也会被及时和紧急的制造,这将改变制造业目前的模式,拓展整个制造业的价值链。

在为期四天的展会参观和企业走访中,通过对典型展商和展品的了解和交流,大致归纳出如下的展会、展品和技术特点:

(1) 各具特点的工业4.0解决方案纷纷呈献,依托数字化和网络互联等核心技术的工业4.0方案更趋完善。

(2) 五轴加工机床和复合加工机床依托信息互联技术,构建功能强大的智能制造系统。

(3) 磨削制造技术在追求精度和效率的方向上持续前进。

(4) 特种加工技术进一步扩展应用范围。

(5) 重型机床借力多功能、复合化和智能化技术。

(6) 数控系统和测量仪器成为未来、智能制造技术的核心和发展助推器。

(7) 切削刀具加速融入制造互联世界,不断提升切削效率和质量。

(8) 功能部件日趋完备,注重功能细分和系统集成。

下面通过对照典型展品的情况，进一步介绍上述特点的具体表现。

二、典型技术领域的展品介绍

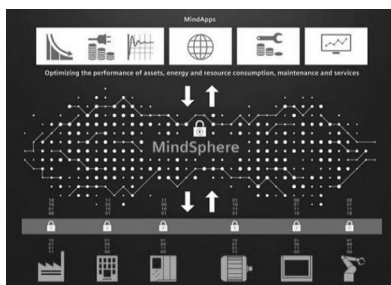
1. 各具特点的工业4.0解决方案纷纷呈献，依托数字化和网络互联等核心技术的工业4.0方案更趋完善

与四年前的EMO2013相比，最大的一个变化就是工业4.0不再是一个概念化的设想，更多的具有不同应用领域的具象的工业4.0方案如雨后天春笋般地出现在本届展会上，形成工业4.0战略的实施方案集合，犹如燎原之火之势。提出这些方案的既有专业数控系统制造商（如西门子和FANUC），也有机床主机、功能部件和刀具制造商。从机床工具产业链看，形成上下游联动和分工交叉共存的局面，工业4.0的目标更清晰，实现路径和技术更具体，效果自然也就更值得期待。在不同的工业4.0具体方案中，异曲同工之处就是紧密联系当前制造业需求变化趋势，依托数字化和网络互联等信息化技术手段，以整合制造系统、提升制造效率和降低制造成本为终极目标。下面通过几个典型展品来了解一下这方面的情况。

（1）西门子子公司为机床制造商开辟全新数字化业务模式。

西门子在本届展会上展示了MindSphere系统，通过连接MindSphere实现机床操作的数字化，能分析和利用大量的机床数据，提高了机床和制造系统的效率和产量。MindSphere系统中应用程序(MindApps)为机床应用提供了一系列功能服务，比如预防性维护、能源数据管理以及资源优化等方面。同时，机床制造商可借助这些基础功能，结合自身的机床和工艺知识，对客户

开发创新的、定制化的应用、解决方案和服务。这使得机床制造商可以监控分散在世界各地的机床，以缩短其停机时间。MindSphere系统的开放性体现在利用开放接口（API），生成针对具体OEM和客户的应用程序以及OPC UA这样的开放式连接标准。



西门子携手IT服务提供商源讯开发MindApp，针对MindSphere的应用理念和设计提供服务。源讯已经开发了6款MindApps，其中包括“Manufacturing Sustainability App”和“Production Confirmation App”。源讯利用MindApp将来自生产机床和不同管理系统的数据集成到MindSphere，数据在此进行收集和（采用大数据分析形式）。MindSphere用户因此可获得关于生产现状和预期状态的滚动信息，以及针对具体位置的信息。源讯提供的即插即用型应用程序以及全面的集成、基础设施和安全服务为打造针对具体客户的MindSphere应用奠定了基础。其重点是开发出使MindSphere客户能无缝连接至其现有IT系统的即插即用型应用程序。

从数控系统在工业4.0的技术发展轨迹看，随着对技术解决方案研究的深入，数控系统制造商都在加强与专业IT软硬件服务提供商的合作，从网络通讯、数据分析、安全等技术底层实现制造数据和信息的安全、及时互联互通要求。这一工作仅靠数控系统厂商单打独斗是很难实现的。

（2）FANUC公司联合思科

推出面向物联网应用需求的FIELD system。



FANUC在顺应工业4.0和物联网需求方面也是联合专业IT和互联网服务提供商思科开发出FANUC Intelligent Edge Link and Drivesystem（缩写为FIELD system），中文名为FANUC智能边界联接与驱动系统。该系统能实现自动化制造系统中的机床、机器人、周边设备及传感器的联接并可提供先进的数据分析。

FIELD system能提高生产过程中的生产质量、效率、灵活度以及设备的可靠性，从而提高设备综合效率（OEE）并促进生产利润的提升。同时，FIELD system还实现了先进的机器学习和深度学习的能力。通过与思科的合作，FANUC可以为用户提供全方位的自动化解决方案，包括网络和计算设备的架构、应用程序以及授权的中间件平台。基于这个开放平台，广大的应用开发者、传感器及周边设备制造商和系统集成商等可以打造不同的解决方案来提升设备效率、制造产出以及产品质量。

FIELD system延续了FANUC的ZDT功能（零停机功能）。ZDT功能有效结合了思科云端技术、IoT数据收集软件以及点对点的安全性。可以通过以太网交换机连接受控设备，再连接思科公司的UCS服务器，运行ZDT数据收集软件。汽车行业用户在使用了该系统后，能实现停机时间的

减少和费用的节省。

(3) DMG-MORI公司主导建立ADAMOS联盟，构建工业4.0产业生态圈。



本届EMO上，除了专业数控系统制造商持续推出面向工业4.0的技术解决方案以外，国际知名机床制造商也推出和升级专有的工业4.0技术解决方案。其中，DMG-MORI公司联合Dürr、Software AG、Carl Zeiss AG等公司以及ASM PT 宣布共同创立ADAMOS (ADaptiveManufacturing Open Solutions 自适应开放解决方案) 联盟，加强机械制造与信息技术的紧密合作。该联盟集成了上述公司在工业4.0和工业物联网 (IIoT) 领域的优势和专长，并成立了一家合资企业 (ADAMOS 有限公司)。制造企业和软件公司的联盟无疑为合作提供了一个极好的共同框架，以最大限度地发挥各自领域的专业知识，共同有效地开发面向机械制造的数字产品。这对进行工业物联网 (IIoT) 领域创新并想抢占先机的企业来说是不可或缺的。

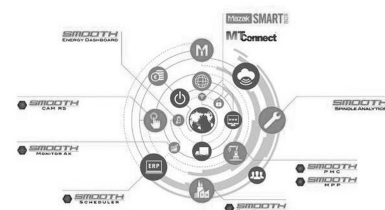
ADAMOS 旨在以开放和共享的IIoT平台形式建立数字化行业标准，以适应设备制造商、工厂及客户的特定需求。这对参与其中的人来说，将提供一个高效创新的环境，同时加强各环节技术标准的共享。ADAMOS 有限公司及联盟将在今年10月1日正式运作，届时将联合200位业界资深专家共同展开这场新变革，同时也将继续扩充合作伙伴。

(4) MAZAK公司的iSmart工厂解决方案4.0。

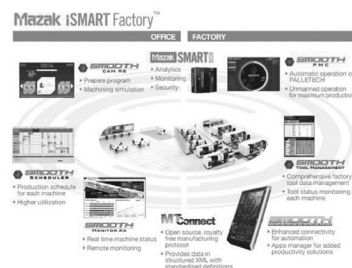


MAZAK公司也是一直专注于制造系统自动化和信息化技术的研究和应用。为了响应工业4.0和工业物联网 (IIoT) 的技术趋势，MAZAK公司推出基于长期研究和技术积累形成的特色技术解决方案iSMARTFactory。该技术解决方案基于MAZAK公司的SMOOTH技术和数控系统，在工程运营、计划生产、监控分析等方面发挥数据共享的优势，并提供安全的网络环境。在

展会现场，MAZAK公司通过遍布展位的SMART BOX将展示机床设备连接起来，并在展位中央的iSMARTFactory展示区显示运行情况，直观的展示了技术方案的结构和功能。



MAZAK的工业4.0技术解决方案是提供以SMOOTH技术为核心的数据收集和分析能力。这一能力可以使工厂的管理者更快和更好地得到想了解的信息，以提高生产效率。主要有几个主要部分组成：全球化通讯支持，依托MAZAK SMART BOX和MT Connect协议的安全互联云，主轴运行分析，自动化和机器人控制，APP应用服务，生产效率管理，能效控制，智能数控系统，性能监控，企业资源计划 (ERP)，工厂管理 (刀具管理) 等。



从MAZAK iSMART Factory的构成示意图可以看出，整个体系分成办公管理和工厂两个部分，这与参观者在展会现场和其应用工厂看到的一样。办公管理部分主要由CAM软件 (准备程序、加工模拟等)、工具管理软件、传感器监控软件 (实时监测机床状态) 等组成。工厂部分主要由自动化排产模块、无人化最大生产效率管理系统、机床生产时间表、

自动化控制系统和功能管理app软件等组成。两个部分的联接由MAZAK SMART BOX提供分析监控和安全保障,采用MT Connect协议实现数据交换。

(5) 不同类型的工业4.0解决方案纷纷推出。

在EMO2017上,众多的有实力、有特色的设备和技术提供商也根据自己技术领域和能力的情况,推出不同类型、不同思路的工业4.0解决方案,使得工业4.0在欧洲产业界呈现百花齐放和百家争鸣的局面。这对完善战略构想、丰富战略实施路径、降低风险和形成高性价比商品提供了产业层面的支撑。由于企业的积极介入,使得新技术的创新呈现活跃且有序的状态。下面摘要介绍几个特点的案例。



格里森公司推出的格里森全球服务4.0,其全球服务将推出最新的性能升级、现代化方案和工具服务,包括格里森在线产品,它采用增强现实技术对现场服务进行指导。另外格里森机床采用指纹来启动预知性维护数据收集和分析。

马波斯公司推出的智慧工厂技术Marposs 4.0用于连接相关测量仪器、机床设备以实时获取测量数据和设备状态,通过数据分析软件来掌握制造的状态和质量控制,最终提出优化措施实现制造效率提升。MARPOSS 4.0主要由数字化工厂、物联网(IoT)、信息物理系统(CPS)、人机交互界面、大数据挖掘与分析、系统集成等部分组成。该方案是依托MARPOSS公司在测量、

传感器和质量控制方面的技术和经验,从整合分析测量和传感器端数据的角度出发,实现从单机到整个制造系统状态监控、运行分析和生产优化。现场展示是可以将展位中不同类型的测量仪、传感器、测漏装置和机床连接起来,通过系统进行管理和监控。



国际刀具制造商WALTER公司也从切削刀具使用的方面提出Smart products和数字化制造解决方案。通过网络app软件和已有的工具管理系统,采集刀具加工参数、寿命等使用数据,结合数据库提出刀具使用优化方案,提升制造效率。



德国机床协会(VDW)在EMO2017中专门开设了工业4.0专区,集中展示涉及工业4.0的研究成果、技术等。不少展商也通过展位设计显示自己产品与工

业4.0的契合度。不过,在与一些机床领域(如重型机床、磨床等)的展商交流中也发现,并不是所有展商都以研究工业4.0整体解决方案作为公司研发的主要方向。他们表示在自己的产品技术领域关注更多的还是制造本身的精度、性能等要求,对于工业4.0只要保证自己的产品能融入主流工业4.0方案中即可。

2.五轴加工机床和复合加工机床依托信息互联技术,构建功能强大的智能制造系统

五轴加工机床和复合加工机床在当今金属切削技术领域无疑占据着重要的地位,随着用户对制造要求的不断提升,以及五轴加工和复合加工技术发展的日益成熟,五轴加工机床和复合加工机床的应用领域也逐步从高端的单件小批量的精密加工向多品种大批量的中端应用领域扩展。这一发展趋势带来的好处是加工能力更丰富、更集成,再依托信息互联技术,使构建自动化、智能化的制造系统成为可能,大大缩短了原有的制造链,节省投资和制造成本的同时,提升了制造效率、能力和质量。在本届展会上表现突出的有以下展商和展品。

(1) DMG MORI的数字化,机床越来越复杂,使用越来越简单。

五轴加工和复合加工机床应用门槛降低主要得益于数字和信息化技术的发展。DMGMORI公司展示的用于加工的数字助手技术,揭示了原本复杂的五轴加工和复合加工机床是如何被越来越多的不同类型的用户所掌握。其中,DMG MORI在机编程序可以使编程最快节省60%的时间,包括28个执行程序(涉及装夹、测量、监控等),车铣复合机床配备的全新3D快速设置车削,全新的自动换刀程序,全新的磨削和车削复合加工编程等。还有DMG MORI POWERTOOLS是加工编程辅

助/CAM,包括自动程序生成,全新的工艺技术库和CAM助理,虚拟机床,自适应加工,高分辨率的虚拟制造模拟等。

除了上述不断进步的数字化加工技术,DMG MORI还推出几款世界首发的机型。如,CLX 550车铣复合加工机床,最大车削直径480mm,最大车削长度1240mm,棒料直径80mm(选配102mm),主轴转速3250r/min,主轴功率33kW(扭矩630N·m),占地面积7.4m²。可进行重载切削,选配副主轴和120mm的Y轴可实现6面完全加工。采用西门子840D和FANUC i-serise系统具有3D编程功能。

CTX 2500/700高性能万能型车铣复合加工机床,车削最大直径430mm,车削最大长度734mm,卡盘夹持直径250mm,棒料直径76mm。C轴采用turnMASTER主轴,定位精度0.002°。可选配副主轴、高速或高扭矩的动力刀塔(扭矩85N·m,转速12000r/min)。

NTX 2500车铣复合加工机床,可实现六面完全加工,带有122Nm的compactMASTER车铣加工主轴。最大加工直径670mm,最大加工长度1540mm。工件主轴具有10"的卡盘,转速4000r/min(最大扭矩599N·m),还可以选配8或12的卡盘。具有多任务加工能力,直驱形式的B轴可实现五轴完全加工。

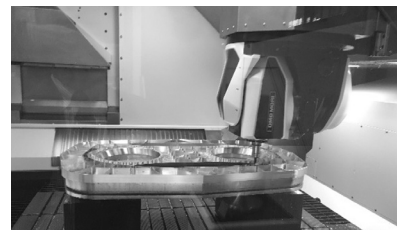
CTX 2500/700和NTX 2500具有共同的特性就是导轨的刚性很高,同时采用torqueDRIVE动力刀塔实现大扭矩的加工。比如,可对CK45高强度合金钢材料零件进行12mm宽度的车削加工,85N·m的扭矩可实现在CK45高强度合金钢材料上进行30mm直径的钻孔加工。

DMU 340 Gantry桥式五轴加工中心具有高功率、高动态响应、紧

凑和多用途的特点,X/Y/Z行程:3400/2800/1250mm,快移速度(X/Y/Z):70/70/60m/min(直驱时,90/90/60m/min),加速度(X/Y/Z):4/4/5 m/s²,工件最大重量:10000kg(选配30000kg)。由于采用直驱驱动和机床冷却系统,移动加速度可达0.5g。得益于BC摆角头使得加工范围扩大46%(相对于行程范围),加工范围可达4400×3160×1250mm,B轴摆动范围50°,C轴转动范围±300°。



DMU 200 Gantry大型高动态响应的高速精密五轴加工中心,机床配置30000r/min的电主轴,工作台最大承载可达10000kg。X/Y/Z轴行程:2000(选配4000)/2000/1200mm,快移速度(X/Y/Z)50m/min,加速度(X/Y/Z)5m/s²。



(2) MAZAK公司—都是关于工业4.0 (It's all about industry 4.0)。



MAZAK公司围绕工业4.0的主题布置整个展位, 展品选择上也基本是能纳入其智能工厂体系的最新或主打产品。在本届EMO上, 共展出了25台数控加工设备, 下面介绍几台典型展品以了解其在五轴加工和复合加工方面的新进展。

UD-400/5X高速高精度五轴加工中心, 主要用于微细结构的精密制造。高刚性和高阻尼特性的床身和立柱等结构件保证机床在高速运行中减少振动, 双立柱结构能够减少机床热变形, 采用高速直驱式电主轴在减少运转振动的同时响应速度也得到提升。通过对主轴和滚珠丝杠核心进行冷却, 在降低热变形的同时可以自动适应环境温度的变化。



最大工件直径400 mm, 最大工件高度 300 mm, 主轴锥孔 HSK-E40, 刀库装刀数量40把, B轴: 150°, C轴: 360°, X/Y/Z行程: 550/400/350 mm。

HCR-5000S高精度卧式加工中心, 主要用于航空工业。得益于高刚性的设计, 零件加工时间可以达

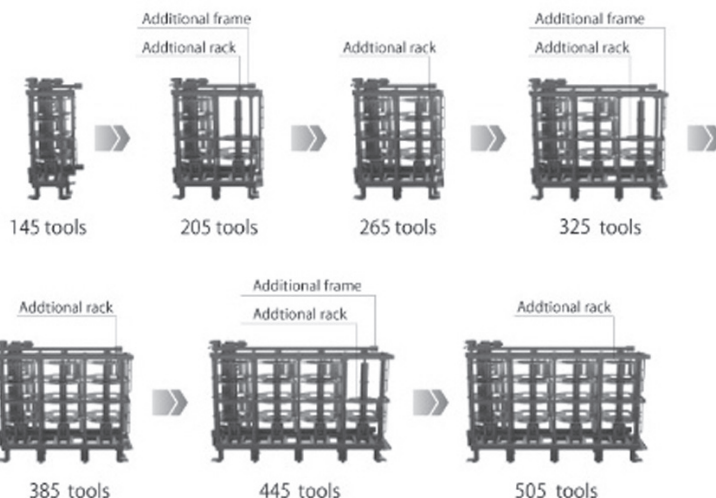
到很短的程度。主轴具有较宽的速度范围可以满足从标准加工到高速高产出的不同加工需求。连续稳定的加工精度是由滚珠丝杠冷却、主轴温度控制和床身基座防护等保证的。最大零件直径700 mm, 最大零件高度450 mm, 主轴锥孔 No.40, 主轴最高转速12000 r/min, 刀库装刀数量40把, A轴: 225°, C轴: 360°, X/Y/Z行程: 730/730/730 mm。



VARIAXIS i-300 AWC五轴加工中心, 适用于不同加工材料所要求的更宽的加工速度范围。全新开发了适合多任务加工的零件库和自动工件交换系统 (AWC) 和可扩展的多转筒式刀库。

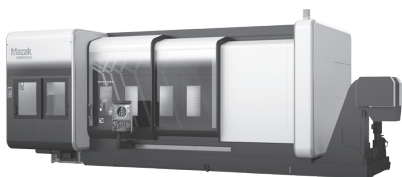


零件库具有很大的存储能力, 同时空间很紧凑, 标配32件, 选配可达40件。多转筒式刀库比同类刀库具有安装同样数量刀具时更小的占地面积的优势。上述两个系统配合MAZATROL SmoothX数控系统, 可实现机床的无人化运行。主轴锥孔BT-40, 主轴最高转速12000 r/min, 刀库装刀数量145把, A轴: 150°, C轴: 360°, X/Y/Z行程: 350/550/510mm。



INTEGREX i-500车铣复合加工机床是INTEGREX i系列中最大规格的产品, 加工直径达到700mm。配有一个高功率和高扭矩的主轴, 以及全新开发的

更紧凑的铣削主轴，以实现更广阔的加工适用范围。高精度的保证则得益于各个部件高刚性的设计和标配的更高进给精度的B、C轴。本系列分三个长度的产品，最大加工长度分别为1530、2594、3060mm，卡盘为10"，工件主轴最高转速：4000r/min，工件主轴功率30kW，铣削主轴B轴范围240°，刀库装刀数量36把，铣削主轴最高转速12000r/min，铣削主轴功率24kW，X/Y行程：845/430mm，Z行程：1596/2660/3126mm。



(3) OKUMA智能技术提升机床的性能和品质。

OKUMA在EMO2017上也是集中展示了智能工厂的概念、技术和产品，并提出将其智能技术直接贡献于用户的生产效率提升。展品上显著性标示就是其研发的几项核心的智能技术，分别是热变形控制技术，几何误差测量补偿技术，防碰撞保护技术，切削条件搜索技术，伺服优化技术。不同产品根据功能定位的需要可以配置不同的功能组合，实现机床的高精度和易操作性。



热变形控制技术 (Thermo-Friendly Concept) 本着“接受温度变化”的独特思路，使得用户不必

采取特殊措施，便能在普通的工厂环境中实现高精度加工。Thermo-Friendly Concept利用“热变形的单纯化构造”和“温度分布均匀化的设计技术”，允许机床产生规则的变形，抑制复杂的扭曲和倾斜的同时可预测热位移。通过自主研发的数控装置OSP的“高精度热位移控制技术”，使得能够准确控制室温变化的影响，以及主轴热位移以及切削液有无所产生的热变形变化都可以得到准确控制。



几何误差测量补偿技术主要用于五轴机床的误差测量和补偿过程，采用“5-Axis Auto Tuning System”功能，机床自动运行10min，可通过使用探测器和基准球测量“几何误差”，并按照测量结果实施补偿控制，进而调整五轴机床的运动精度，实现五轴机床加工精度的进一步提高。使用该功能可将表面误差从手工调整的12μm降到3μm。该功能与热变形控制技术结合使用，可保证机床精度的长期稳定保持。

防碰撞保护技术可以实现载有工件、刀具、卡盘、卡具、主轴台、刀塔、尾座等的机床3D模拟数据在NC装置 (OSP)中领先于机床实际动作前进行实时模拟，以检查是否存在干涉和撞击，并能在撞击前一瞬间停止机床动作，使得任何人都可“专心地进行加工”，大大缩短了变换工装和试件的加工时间。

切削条件搜索技术“Machining Navi”通过对加工状态的“可视化”，最大程度地发挥机床和工具的效能。主轴转速与振动之间有着一种周期性联系，刀具振动区域（不稳定区域）和刀具不振动区域（稳定区域）交互出现。Machining Navi就是运用这个原理，迅速地搜索出最佳的加工条件，并可通过改变主轴转速找到最优的加工条件。

伺服优化技术分为SERVONAVI AI和SERVONAVI SF两个功能。SERVONAVI AI可根据工件重量自动设定加速度的最佳伺服参数，在维持加工精度的前提下，缩短加工时间。还可以通过加速转矩测算夹具、工件的惯性，自动设定最佳伺服参数，可维持高精度和稳定运行。从而提高随动性，降低位置误差，防止C轴的振动。SERVONAVI SF可将加工运动反向突起自动调整与运行阻力的变化相对应，通过优化伺服参数，维持加工精度。运行SERVONAVI SF时，可消除反向产生的条纹。

在本届展会上新推出的展品上也可以看到上述核心技术应用的情况。

MU-6300V LASER EX和MULTUS U5000 LASER EX超级多任务机床是分别在立式车铣加工机床和卧式车铣复合加工机床的基础上复合激光增材制造技术，具备精密硬化、硬化涂层、高分辨率的3D打印、修复等功能。该机床集成了从车削、铣削（五轴加工）、热处理到磨削的全部加工制造能力，可极大地减少生产工艺环节。





MULTUS B250II智能车铣复合加工机床最大加工直径600mm, 最大加工长度750mm, 卡盘尺寸8", 主轴转速5000r/min, 刀具数量20把, 可实现经济的高效产出。



并联安装的MU-S600V五轴立式加工中心, 由于机床结构紧凑, 两台机床可以并排组线完成两个工序的工作, 两台机床之间可以自动进行工件传递, 而无需配置机械手等上下料装置。工作台尺寸为400×400mm, 主轴转速12000r/min, 刀具数量16把。

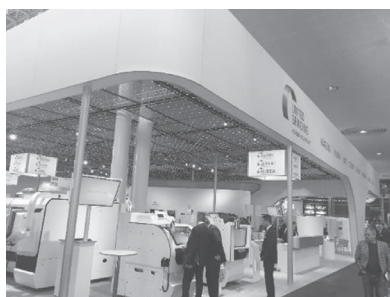


3. 磨削制造技术在追求精度和效率的方向上持续前进

磨削制造技术领域在展会上的表现可谓独树一帜, 由于其应用的特点, 追求精度和效率仍是该技术领域的聚焦方向。随着用户对制造品质的不断提升, 磨削技术已经逐渐成为越来越多产品和零件制造链上的关键一环和“临门一脚”, 其加工精度和效

率正在决定整个制造的精度和效率。另一方面, 随着对新切削刀具材料、技术和工艺的研究, 切削加工在一定范围内正在替代磨削加工在精度和表面质量方面的传统优势。这一挑战也迫使磨削技术向更高的效率、精度和特殊应用场合发展。

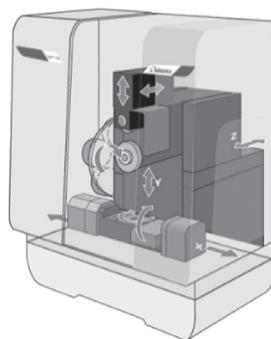
(1) 联合磨削集团 (UNITED GRINDING) 提出磨削加工数字化解决方案。



本届展会上, 联合磨削集团通过提供适合于磨削加工制造环节的数字化解决方案, 从应用角度解释工业4.0的实际意义和发展路径。展示的主要展品和技术有: VR虚拟现实技术, 工业4.0技术方案, BLOHM PLANOMAT 412, BLOHM PROKOS XT, MÄGERLE MFP 51, STUDER S33, STUDER S41, STUDER S22等展品, 同时推出3台世界首发的展品, 具体情况如下。

MaGERLE MFP 51是联合磨削集团旗下美盖勒公司推出的最新一款平面成型磨削中心, 采用最新的五轴联动磨削技术, 可实现对复杂零件的高效磨削加工。Mägerle MFP 系列是模块化设计, 其工作台长度和垂直

行程可与不同的附加轴和功能部件自由结合。这种灵活的模块化结构允许实现多种机床配置, 以满足客户的各种需求。MFP 51通过数控轴高速移动、最短化的非生产时间和快速刀具更换以实现最高生产效率。可通过一次装载完成各种工艺, 如磨削、铣削和钻孔。其效果是简单操作且达到高生产率。智能设计原理将生产质量、安全性和成本效益提升到新水平。由两数控轴控制的冷却剂喷嘴允许不受限的自由移动并实现冷却液喷射的精确定位。主轴转速高达10000r/min 确保加工达到最高精度。



S11 生产型外圆磨床是联合磨削集团STUDER公司原有的一款小型外圆磨床的现代化提升产品, 主要用于小规格轴类零件的批量磨削加工场合。该机床占地面积仅有1.8m², 中心矩200mm, 中心高125mm, 砂轮直径500mm。配置西门子840D SL或FANUC数控系统, 可以实现高速磨削 (砂轮线速度140m/s), 具有STUDER标准磨削功能, 可配置C轴功能, 并可实现与自动化系统的连接。



WALTER HELITRONIC VISION DIAMOND 400 L是联合磨削集团WALTER公司开发的最新一款数控刀具磨床。该机床最大加工长度可达420mm，最大加工直径可达315mm，最大零件重量可达50kg，并具有超高精度和动态性能，满足生产制造环节的批量加工需要。该机床的直线轴分辨率可达0.0001mm，回转轴分辨率0.0001°。砂轮最大直径254 mm，砂轮轴转速范围0~10500r/min。



(2) 勇克集团专注于细分领域。

勇克集团是高效磨削技术和机床产品提供商，本次EMO展会上集合了LTA（生产高效净化过滤装置）和Zema（生产传统刚玉砂轮磨床）两家公司，展示具有创新性和前瞻性的磨床GRINDSTAR，凸轮磨床JUCAM、内外圆磨床FLEXA，还有油雾过滤器AC 3002 CIP。

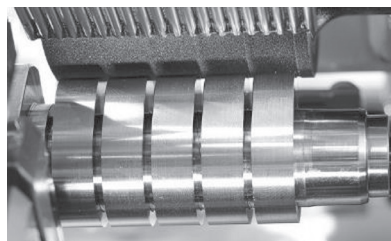


勇克集团不仅是在CBN高速磨削加工领域具有领先优势，现在也提供更多传统高效磨削加工的解决方案，如采用刚玉砂轮的组合磨床等。客户可以得到更多成熟的选择。

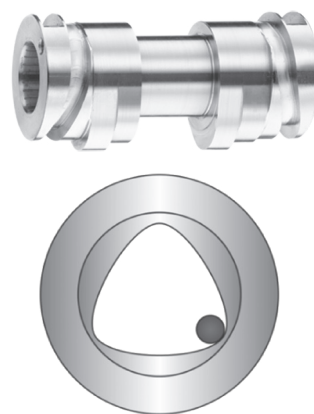
勇克集团也在跟随工业4.0的发展步伐和连接智能制造的系统。

勇克集团拥有多年在如何有效地确定、分析经验和文件数据，这可以为许多应用场合和各种不同的系统服务。为客户创造一个最佳的解决方案。这意味着几乎每一台机床都是量身定做。同时，数字化帮助客户做出决策，最大限度地减少错误，使他们能够快速响应问题，优化过程，同时提高生产率。

JUCAM非圆磨削机床，可实现一次装卡下内外凸轮（非圆）型面的精密高效磨削加工。这些得益于具有学习功能的控制系统，减少变化过程中振动，实现凸轮轴、凸轮工件和独立凸轮的完美加工。几十年的凸轮磨削经验使得JUCAM可以提供多种特殊的加工工艺解决方案。



JUCAM可用于加工凸轮、活塞环凸轮片、凸轮轴、凸轮轴衬套、泵凸轮、压电陶瓷致动器等零件。



4. 特种加工技术进一步扩展应用范围

随着制造技术应用领域不断拓展和应用水平不断提高，面向特殊材料和特种加工工艺的制造需求不断增加，以激光加工、电火花加工和水切割为代表的特种加工技术应用范围不断拓展。本届展会上，除了传统的电火花加工、线切割加工和激光板材加工机床展品展示以外，还专门开辟的增材制造技术展区就是特种加工技术最新技术成果展示之一，还有面向难加工材料、特殊工艺和精细加工领域的特种加工机床展品。从其加工精度、性能和效率上看，特种加工技术都在逐步适应不断扩展的新需求提出

的新要求。

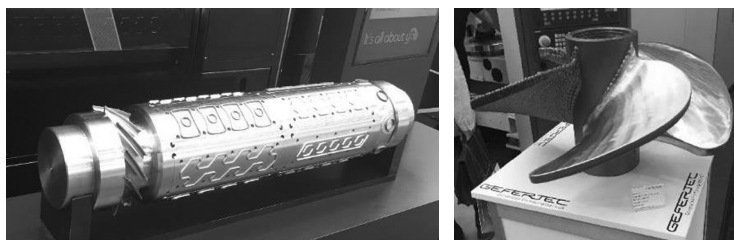
(1) 增材制造领域。

雷尼绍公司的RenAM 500M增材制造装置采用铺粉结构激光选区成型方式,专门为工厂车间的金属部件生产而设计的,首创具有自动化余粉回收、筛选和循环利用功能,提高了材料的使用效率、环保性。该系统标配500W光纤激光,并装备高精度Renishaw RESOLUTE™线形光栅编码器,保证加工精密性,加工体积为 $250 \times 250 \times 350$ (mm³)。



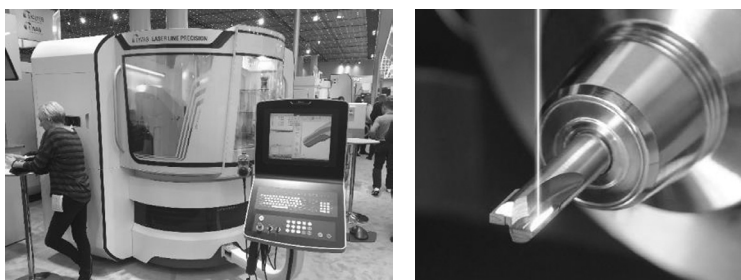
增材制造应用的领域更加广泛,如雷尼绍公司展示的采用增材制造技术制造的新型测杆,不仅可以适应特殊测量场合对测杆特殊形状的需要,测杆的形状、强度和重量都得到很好的优化。这是传统加工手段很难解决的。

增材制造除了在制作精密零件方面有独特用途以外,在提高制造效率和降低成本方面也有突破。比如,MAZAK公司采用金属丝激光融覆地方式在零件基体上产生特殊形状,然后再进行切削加工,提高了加工效率,也降低了制造成本。这种方式可弥补增材制造技术的短板,扩展应用范围。



(2) 微细结构精密加工领域。

激光加工在微细结构的精密加工中也得到更广泛和更成熟的应用。EWAG公司的LASER LINE PRECISION金刚石刀具激光加工机床,采用短脉冲绿光波段(532nm)的激光实现对金刚石切削材料的高表面质量加工,可加工的材料有CBN、PCD、MCD、CVD-D等。加工刀具夹持直径范围:3~50mm,刀具最大直径200mm,刀具长度250mm。机床具有5个数控联动轴和2个激光扫描轴,所有直线轴采用直线电机驱动,B、C轴为力矩电机驱动。工件轴锥孔可以安装HSK63刀柄。可安装FANUC六轴自动上下料机械手。光学轴扫描范围 50×50 mm,扫描速度10m/s。直线分辨率0.0001mm,旋转分辨率0.0001°。



DMG-MORI公司的LASERTEC 20精密刀具激光加工机床也属于此类机床的代表。该机床根据应用场合的不同可以配置100、200、300W的光纤激光器。

+GF+集团的全能型5轴激光纹理加工中心AgieCharmilles LASER P 400 U可确保高重复性加工效果。



(3) 电加工领域。



在电加工领域的展品主要是线切割和电火花加工机床。如,+GF+集团的全新AgieCharmilles CUT P精密数控慢走丝线切割系列机床,通过智能加工技术全面提升加工生产效率,适用于更多复杂加工条件。为了顺应工业4.0的要求,该系列解决方案进一步提高互联能力,延长模具寿命和减少手动操作,600余项专用工艺技术将加工速度提高20%,精度提高至 $2 \mu\text{m}$ 。还有,AgieCharmilles FORM E / S / P电火花成形机床系列,具有更高自动化程度、高效率、高工艺可靠性、高速性能和更完美的加工效果。 (未完待续) □

模具自动化制造技术的应用

成都普什汽车模具有限公司 郭宏军 陈平 尧军

摘要：本文介绍了成都普什汽车模具有限公司的公司概况，系统化地阐述了公司的典型设备和在自动化制造技术上的应用，并对其中的几个核心技术进行了较为详细的论述。

制造业水平是一个国家工业化水平和生产力水平的体现，因此制造业在各经济大国的国民经济中占据着重要地位。模具制造素有“工业之母”之称，它的发展水平是衡量一个国家制造业水平的重要标志之一。近年来，随着汽车工业的飞速发展，市场对汽车模具制造企业提出了更高的要求，对大型自动化、智能化、高速模具的需求迅速增长，更高、更精、更细、更全面的模具制造技术成为汽车模具制造企业的立企之本。

目前汽车模具数控加工方式已由单一的型面加工发展到型面和结构面的全数字化立体加工，由中低速加工发展到高速加工。在汽车模具制造领域中，以集成化、数字化、网络化为基础发展起来的自动化加工和智能化加工的先进制造技术正得到越来越广泛的应用，大大提高了模具的生产效率和加工精度，使模具制造水平迈入新的里程。

成都普什模具有限公司以高技术、大投入为基础，以现代管理和国际战略为着力点，利用新兴汽车制造业地域优势，厚积薄发、统筹兼顾、放眼全球，现已形成以汽车覆盖件冲压模具、检具、夹具以及冲压件为一体的现代化制造企业。

公司消化、吸收各主流车厂标准，形成了独具特色的“PWS”标准，培养了独立的研发团队，目前已经具备开发各类中高档模具的实力。为日本马自达、法国PSA、一汽大众、一汽轿车、神龙汽车、广汽三菱、长安马自达、长安PSA等客户设计和制造各类汽车覆盖件和结构件产品，覆盖件包括顶盖外板、引擎盖内/外板、门内/外板、翼子板、侧围内/外板、尾门内/外板，结构件包括前/后地板、轮罩、立柱、保险杠及各类加强件等。从结构件模具的技术研发，到高强板、外覆盖件模具的技术提升，公司已经形成具有自主知识产权的生产技术和特色产品，其中包括参数化装配设计、模面间隙设计等自主知识产权技术以及高速精密浮动落料模、多工位模具、自动化模具、高强板模具、顶盖模具等特色产品。

一、模具加工设备

根据汽车模具具有结构尺寸大、形状复杂、表面质量要求高的特点，公司配备了先进的生产设备以满足生产要求，其中五轴加工机床3台(SORALOCÉ机床、RAMBAUDI机床和MECOF机床)，五面加工中心20余台，三轴加工

中心、数铣、普加等20余台。

(1) 对于有些含有侧切、侧整形和侧翻边等结构的汽车模具，其摆角加工区域的孔、轮廓或整形精度要求高，这就需要主轴刚性好，精度高的五轴机床加工，SORALOCÉ机床(如图1所示)完全能满足加工的需要。该机床的主要参数如下：

固定工作台尺寸为：
7000mm × 2500mm；

旋转工作台尺寸为：
2500mm × 2500mm，前后移动量1500mm；

主轴：最大伸出量1025mm，上下移动量3000mm；左右移动量3000mm，转速最大3000r/min；A轴、B轴和旋转工作台范围为：0° ~ 360°；

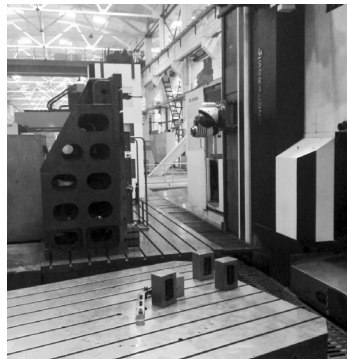


图1 SORALOCÉ机床

(2) 对于结构尺寸大、形状复杂、型面质量要求高的汽车模具,可采用五轴联动机床进行高速加工,如RAMBAUDI公司的RAM-speed-H45 PLUS型高速加工中心(如图2所示)。该机床的主要参数如下:

加工范围为:
4500mm×2700mm×1500mm;

定位精度为:X轴0.025mm、Y轴0.020mm、Z轴0.015mm, A/C轴 $P \leq 12''$;

重复精度为:X轴0.010mm、Y轴0.010mm、Z轴0.010mm, A/C轴 $P \leq 8''$;

主轴功率为30kW, 主轴转速24000r/min; 主轴用氮化硅(Si₃N₄)陶瓷球轴承;

刀库容量为: 30把;

立柱采用龙门式框架结构, 精度高, 特别适合大型汽车模具高速加工。



图2 RAMBAUDI公司的RAM-Speed-H45 PLUS型高速加工中心

二、模具产品目前采用的主要加工技术

模具自动化制造技术体现了企业整体制造的技术水平,是由许多技术环节串联而成的,公司在几年前就提出发展汽车模具自动化加工战略目标,并组建了相关的技术攻关团队,采用TRITOP扫描技术、模拟仿真和在线检测环节进行了一系列的优化和改进,在汽车模具自动化加工技术方面取得了良好的效果。

(1) TRITOP技术是利用特有的数码点和参考点来构建一个完整的坐标定位系统,利用光学拍照定位技术和光栅测量原理,可在极短的时间获得复杂工件表面的完整点云的一种技术。采用TRITOP技术对模具铸件毛坯进行扫描,从而获得加工前模具的真实状态,为汽车模具自动化制造的安全性提供了保障。

(2) 汽车模具的结构复杂,侧切、侧整形和侧翻边的模具比较多,为了保证汽车模具自动化制造的安全性,需对侧切、侧整形和侧翻边部分的程序进行机床加工模拟仿真。目前我们结合公司的机床设备参数,建立了相应的机床数据库,确保了汽车模具自动化制造的安全性。

(3) 汽车模具在自动化制造过程中,加工精度主要取决于加工刀具的测量与精度补偿。在机检测系统就是在机床上利用工件测头对工件进行检测的一种测量方式,对模具加工全过程的监测和补偿,防止人为误操作,保证了汽车模具自动化制造的精度。

1. 典型模具产品——顶盖的制造技术

汽车模具中顶盖是最大的冲压件之一,顶盖质量的好坏直接影响到汽车的外观品质,因此,顶盖除了分析、设计和调试环节外,制造环节也非常重要。公司在顶盖零件加工制造方面积累了丰富的技术经验,主要有以下几个方面:

(1) 型面加工时采用圆弧进退刀方式,提高顶盖的加工质量,如图3所示。

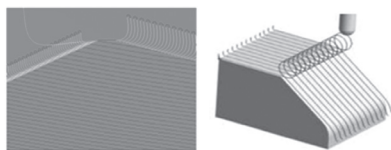


图3 采用圆弧进退刀方式

(2) 型面加工中采用点铣方式加工,减少刀片的磨损,提高了切削速度,精加工采用主轴倾斜10°的方式进行加工,如图4所示。

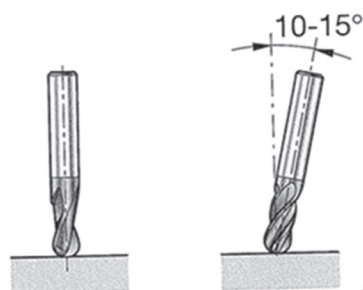


图4 点铣加工方式

(3) 为保证型面的加工精度、减少刀片磨损,型面精加工前先对淬火区域的R留0.05mm进行预精加工,最后再进行全面精加工,如图5所示。

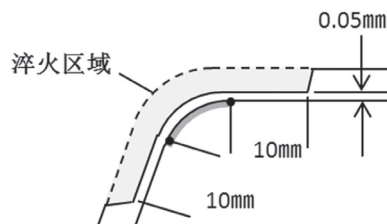


图5 淬火区域加工方式

(4) 顶盖后序模具加工中,为保证型面的进度和加工效率,优化了程序,保证了主轴Z向没抬刀,且避空区域的进给值设置为最大速度,如图6所示。

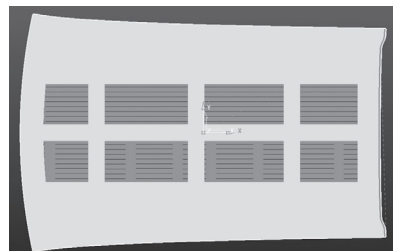


图6 加工区域和避空区域的加工方式

~~~~~ (下转第57页)

# 汽车高强度结构件热冲压生产线

合肥合锻机床股份有限公司 曹玉 时佩林 李贵闪 胡迪

**摘要：**介绍了国产汽车高强度结构件热冲压生产线，分析了生产线的构成，阐述了生产线的关键设备及性能指标。对生产线的性能与国外同类产品水平进行了比较，生产线的主要性能指标已达到发达国家先进产品的技术水平，甚至在某些指标上已超出国外产品。

当今全球的汽车制造业正推动汽车产品朝着绿色、低碳、节能、环保和安全的方向快速发展，汽车轻量化是实现这一发展方向的关键环节之一。据国际权威部门统计，汽车燃料约60%消耗于汽车自重，汽车质量每减轻10%，可降低油耗6%~8%。对空载而言，约70%的油耗是用在车身质量上的，而汽车车身覆盖件和结构件的重量居首位，约占汽车总重量的30%以上。故汽车车身的轻量化对降低汽车整备质量，提高燃油经济性从而实现节能环保具有至关重要的意义。

采用热冲压成形集成控制成套装备生产线生产的汽车结构件，具有超高强度、高硬度、轻量化（厚度比普通钢板减薄可达35%）、几乎无回弹（制造精度高）等诸多优点，技术优势十分明显。此外，冷冲压中需要多套模具多次成形的冲压件可用热成形工艺一次成形，从而减少模具数量和成形工序。由于该项技术需要在热成形的同时，给予足够的冷却速度进行淬火，因而对设备和模具方面都有特定的要求，而我国在热冲压成形生产线成套装备生产线尚属空白。

为此，在国家科技重大专项课题“超高强度汽车结构件热冲压技术和

装备生产线”的支持下，公司开展了超高强度汽车结构件热冲压技术和装备生产线的技术攻关，并采用国产关键设备自主开发了装备生产线，打破了国外技术垄断。

## 一、生产线构成

项目组对超高强度汽车结构件热冲压技术和装备生产线相关技术进行了创新性研究，解决了有关共性关键技术问题，研制出了具有自主知识产权的节能型环式转底防氧化加热炉、专用水冷模具和变速可调高速液压机的高速、高效、稳定可靠的中央控制的自动化生产线，如图1所示。整条生产线的开发，集成了液压机、工业炉、热处理、自动传送设备、冲压模具、汽车冲压工艺、系统自控等多领域的专家与技术，采用现场总线工业网络控制技术联调各个关键设备，可按照生产节拍和工艺参数，实现稳定、可靠的热成形件大批量生产，产量达60万件/年。生产线具有完全自主知识产权，并具有低成本优势，可替代进口热冲压生产线。与国外同类技术和生产线相比，节能近30%，可对预成形件进行模内淬火，解决了许

多在高温状态下不能成形的复杂结构件的成形疑难问题，从而扩大热冲压成形件的应用范围，可满足汽车及航空航天等行业的市场需求。



图1 超高强度汽车结构件热冲压技术和装备生产线

## 二、关键设备及性能指标

生产线由防氧化连续加热炉、高速传送装置、高速热冲压液压机、水冷热冲压模具等关键设备组成，其系统架构如图2所示。

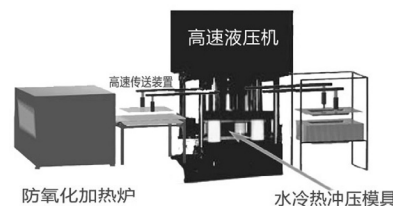


图2 中央控制的自动化生产线示意图



1. 带有抗氧化气体保护系统的节能型环式转底加热炉

加热炉为电气混合环式转底方式加热，采用膨胀率极低的耐高温特殊材料作为充有抗氧化气体高温加热炉的核心主轴。炉体设计过程利用红外温度测试、热电偶温度测试等技术，分析了加热炉内部的空载温度分布，确保满载温度分布达到最优。为了保证加热炉的可靠性，还针对炉内关键耐热部件的耐高温性能、热疲劳性能进行测试和验证，同时进行加热炉整体运行状态下可靠性试验，确保了加热炉在大批量生产线上的可靠性。加热炉内部结构如图3所示，其主要性能指标见表1。



图3 加热炉内部结构

表1 加热炉主要性能指标

| 指标     | 单位                  | 数值        | 备注     |
|--------|---------------------|-----------|--------|
| 最高加热温度 | /°C                 | 980       | 不小于此数值 |
| 最大料片重量 | (kg/批)              | 24        | 不小于此数值 |
| 加热能力   | /kg/h <sup>-1</sup> | 4700      | 不小于此数值 |
| 加热方式   | /                   | /         | 电气混合   |
| 最大料片尺寸 | /mm <sup>2</sup>    | 1500×2300 |        |

炉内料片抗氧化要求：有气体保护

2. 高速传送装置

高速传送装置采用直线往复的复合运动机构，简单，灵活，可靠，更便于不同产品的更换。夹持器的控制系统采用高可靠、稳定的PLC设备，对外关联设备均通过Modbus协议，使用通讯的方式进行控制与连锁。针对不同尺寸、形状和重量的汽车结构件，设计和制造了耐高温的端拾器。该端拾器与高速智能传送装置相配合，在满足工艺要求的前提下，完成高温钢板的抓取和传送工序。为实现可靠的大批量生产，在中央控制系统下，建立了高速智能传送装置的控制系統，以及附帶于传送装置上的温度监测装置。此温度监测装置与模具温度监控装置等综合在一起，形成生产线上的温度采集系统，用于在生产的同时记录温度工艺参数，从而便于根据实际生产数据进行工艺优化、钢板性能预测、模具疲劳性能预测等。

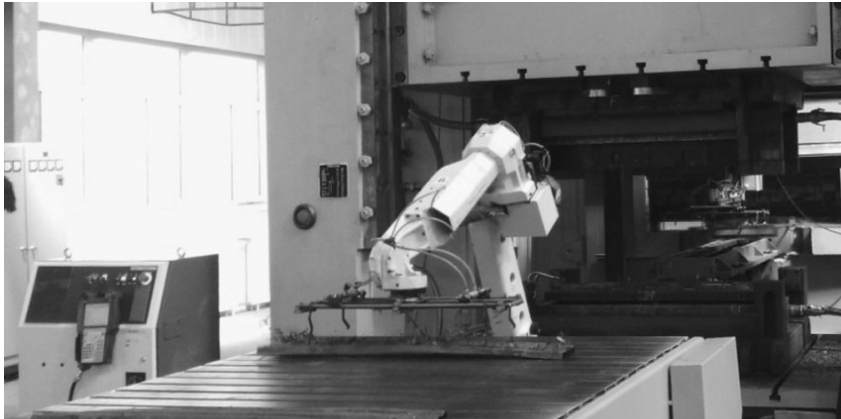


图4 高速传送装置

3. 高速热冲压液压机

高速热冲压液压机主机结构利用计算机模拟分析，对整机、模具和冲压件之间的耦合刚度进行分析，使主机能够在强度、刚性、寿命等方面充分满足要求。油缸密封设计采用“斯特封—Y型圈—导向环”密封组合方式，确保液压机在高速运转下密封效果，压力保持平稳。液压系统采用块位置的精确闭环控制、压力闭环比例控制等控制技术，实现了比例调压、四角比例调压、压边比例滑块四角调压、变压力控制等功能。利用速度比例控制技术，有效减少了速度转换时的冲击。高速热冲压液压机可实现滑块的运动压力、位移、速度可任意设定，具有数显、数控功能，滑块运行的重复控制精度达到±0.1mm。高速热冲压液压机如图5所示，其主要性能指标如表2所示。

表2 高速热冲压液压机主要性能指标

| 指标   | 单位                  | 数值        | 备注         |
|------|---------------------|-----------|------------|
| 最大压力 | /t                  | 800       |            |
| 滑块行程 | /mm                 | 1200      |            |
| 闭合速度 | /mm·s <sup>-1</sup> | 700       | 滑块下移速度，不小于 |
| 工作台面 | /mm <sup>2</sup>    | 3200×2200 | 不小于该尺寸     |
| 装模高度 | /mm                 | 1000~2200 |            |

特殊要求：能够与加热炉料片出炉节拍匹配的高速运动智能控制送料机构



图5 高速热冲压液压机

4. 热冲压成形专用水冷模具

对冷却速度与模面温度的关系特性、批量生产中模具表面在冷热交变条件下的疲劳破坏机制、提高模具使用寿命的制造工艺技术、水冷模具材料研制以及水冷管系成型新技术进行了研究，形成了具有内部冷却水道的热成形模具结构。对腔内壁的管路进行了优化设计，如沿热冲压件形状均匀分布的冷却水道管系等。开发出了冷却管系成型的新技术，可使管系制造成本降低，模具寿命提高，冷却水流通顺畅、温度场分布均匀，模内淬火马氏体化均匀。热冲压成形模具材料采用导热率高、热稳定性好的材料，模具型面冷却速度 $\geq 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ，寿命达20万次以上。热成形专用水冷模具如图6所示。



图 6 热成形专用水冷模具

三、结束语

所开发的设备已在长春伟孚汽车零部件有限公司进行了试用，效果好。与国外同类产品相比，开发生产线主要性能指标已达到发达国家先进产品的技术水平，甚至在某些指标上已超出国外产品。表3为本生产线与国外生产线的性能对比。

表2 高速热冲压液压机主要性能指标

| 涉及子类项目   | 本生产线水平                              | 国外同期产业化水平                           |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 加热炉：     |                                     |                                     |
| 炉体结构     | 环式转底炉                               | 箱式隧道炉                               |
| 加热最高温度   | $\geq 980^{\circ}\text{C}$          | $\geq 980^{\circ}\text{C}$          |
| 电能消耗     | 节能30%                               | 大                                   |
| 运动机构     | 耐高温变形碳化硅材料转轴                        | 耐高温辊道                               |
| 二次成形淬火   | 容易                                  | 难                                   |
| 成本       | 低                                   | 高                                   |
| 产品稳定性    | 好                                   | 好                                   |
| 高速液压机    |                                     |                                     |
| 整机刚度     | 好                                   | 较好                                  |
| 滑块位置精度   | $\pm 0.1\text{mm}$                  | $\pm 0.1\text{mm}$                  |
| 滑块压力控制   | 压力闭环调压                              | 压力闭环调压                              |
| 闭合速度     | $\geq 700\text{mm}/\text{s}$        | $\geq 700\text{mm}/\text{s}$        |
| 工作速度     | 70~250mm/s                          | 100~300mm/s                         |
| 水冷模具：    |                                     |                                     |
| 寿命       | 20万次                                | 20万次                                |
| 材料导热率    | 好                                   | 好                                   |
| 热稳定性     | 好                                   | 好                                   |
| 模具型面冷却速度 | $\geq 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ | $\geq 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ |

本生产线可以胜任高强度汽车结构件的热冲压，具有高效、安全、可靠、节能与环保的优点。生产线的研制打破了国外的技术垄断，对振兴民族汽车制造业和零部件加工业，替代进口，拉动机床和模具行业的生产技能提升有着重要的意义。 □

(上接第54页) .....

2. 新装备在模具加工制造中的应用

在汽车制造领域，大批量和高精度的生产要求决定了耐用性成为汽车模具的基本要素。为了提高汽车模具的使用寿命，汽车成型模具都要进行表面处理。汽车模具表面处理仍以火焰淬火为主，我国大部分厂家还处于人工淬火阶段，由于火焰淬火质量很大程度上取决于操作者的经验，经常出现模具表面淬火后硬度低或者开裂问题。因此，寻求一种淬火质量高，而且稳定的模具淬火方法非常重要。数控激光淬火机床可以通过程序的控制，不但能有效地保证模具表面淬火的要求，而且还提高了模具表面淬火

效率。目前，我公司使用激光淬火机床对模具进行淬火已进入实际应用阶段，已完成非深拉延和非深腔模具的淬火，模具型面使用激光淬火，淬火层均匀，淬火硬度和质量大大优于手工淬火，如图7所示。

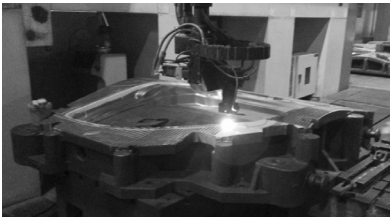


图 7 采用数控激光淬火机床对汽车模具淬火

三、结束语

随着汽车模具制造技术的日臻完

善，数字化、集成化、自动化是汽车模具制造领域发展的必然趋势。从加工技术、加工工艺的规范与创新，工装设备、加工设备的完善与革新，自动化技术都将全面覆盖、系统连接生产制造的各个环节，提升品质，降低成本，形成一套自动化、标准化、完整化的制造理论，打造一批高产、高效、高质的制造企业。立足高远，放眼未来，随着新兴科学技术的进步与发展，同时伴随着我国制造业产业升级的大潮，多种新理论、新技术将应用到汽车制造业中来，数字化、网络化、智能化逐步同自动化技术相互融合、优势互补，共同开拓汽车模具制造的新领域。 □

# 汽车转向节的改进型加工方案

**摘要：**转向节是汽车底盘系统中重要的安全件，同时也是极复杂的异形件，加工中存在工序分散、夹具设计困难、加工易变形等问题。本文介绍一种改进型加工方案，以解决加工工序分散的问题，同时降低加工成本、提升加工品质，为其他类似零件的加工提供一种可行且低成本的加工方案。

## 1. 汽车转向节介绍

转向节又称“羊角”，作为汽车底盘系统中重要的安全件，除了机械性能要求高、外形异型外，尺寸精度和位置精度也有一定要求。由于连接有汽车减震器、制动钳、横向拉杆、下臂等多个空间部件，其加工部位也要求多个空间角度，因此传统的加工方案存在工序分散、加工效率低等问题。如图1为我司生产的汽车转向节示意（黑色部分为毛坯面，银白色部分为加工面）。



图1 转向节加工成品

## 2. 国内常见转向节加工方案

常用转向节毛坯为锻造件、铸

造件或铝合金，锻造件材质一般采用40Cr、40MnB或42CrMo等合金，优点是强度、韧性都非常好，国内很多厂商选择。铸造件材质一般为球墨铸铁，优点是制造成本较低。铝合金由于材料成本较高，一般用在中高档汽车上。我司生产的就是球墨铸铁材质转向节，毛坯加工余量约2.5~3.5mm。国内常见的加工方法多为适应其结构特征，采用工序分散的加工方案，此方案所需作业人员较多，存在劳动力成本高、加工品质不稳定等问题，优点是使用设备多为普通加工中心，一次性投资较小，同时有一定的加工柔性，能方便地实现多品种兼容生产。如图2即是我司采用的工序分散的工艺流程。



图2 转向节加工工艺流程

近年，随着国内劳动力成本逐年上升，迫于成本压力，部分公司开始引进国外少人化、无人化的加工生产线：一种是通过整套引进国外全自动生产线（包括设备系统、机器人系统、刀具系统、夹具系统甚至在线检测系统）取代人的作业，但仍采用的是工序分散的加工方案，整线工序较多。另一种则是引进国外先进的多主轴综合加工中心系统，采用的是工序高度集成的加工方案（1道或2道工序加工全部内容），类似设备系统做的比较好的有德国SW、SAMAG、巨浪等。两种方案的优势都在于采用了少人化、无人化的加工方案，效率和品质都有大幅度的提升。但劣势也非常明显，其一次性投资金额非常大，以及后期维护成本都远高于传统加工方案，在汽车市场增速不断放缓的大背景下，也将是一个艰难的选择。

除上述一次性引进先进加工系统外，并不是没有其他道路可以选择。有些公司可以在自己现有生产线上导入机器人或机械手来代替人的作业，这样的改造投资并不会很高，同样可以达到提高效率、降低成本的目的。但这样的方案受到很多方面的限制，比如设备的状态是否适合与机器人联机、刀具寿命低同

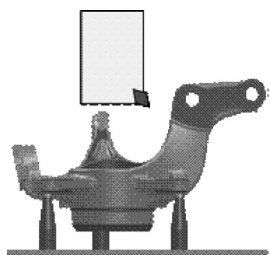


样影响开动率，最终达不到提高效率、降低成本的目的。

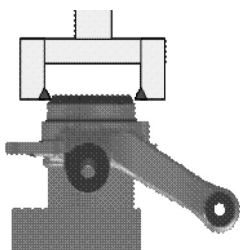
如何在以上方案均不奏效的情况下，用最小的投资解决成本和品质两方面的问题，成为接下来要继续探讨的课题。

### 3.改进型加工方案介绍

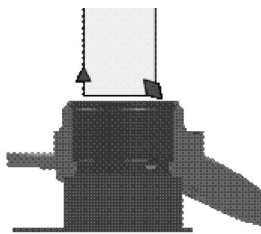
为解决逐年上升的加工成本和品质两方面的问题，同时结合不同汽车公司生产线实际，我们需要另辟蹊径寻找出一条切实可行的高效加工路径。本文所介绍改进型加工方案也就是在这样不断的生产实际中验证可行的解决方案，针对同类型的汽车转向节会有借鉴作用。我司转向节原有生产线采用工序分散的加工方案，全部7道工序，7个工序作业人员，7台立式加工中心，受设备状态的限制很难实现机器人或机械手的引进。



1序：镗轴承底端阶梯孔



2序：套车轴承孔外圆



3序：镗轴承孔

图3

如图3所示，前3工序的加工状态。

1序：以零件毛坯面作为加工基准，镗轴承底端阶梯孔。

2序：零件调转180°，以1序加工面作为加工基准，套车轴承孔外圆、钻铣支架面。

3序：仍然将零件调转180°以1序加工面作为加工基准，镗轴承孔。

由于夹具夹紧零件位置的限制，以及精镗轴承孔圆柱度要求高的原因限制，2序和3序并未能合并。本文改进型加工方案就是创新性地使用反铣刀代替镗刀加工轴承底端阶梯孔，最终实现在1个姿态中加工完原有1序、2序、3序的加工内容，具体实现方式如下：

夹具：以零件毛坯面作为定位基准，夹具夹紧选择在对位的定位点上方，相互抵消夹具夹紧力，同时减少零件加工变形，定位稳定可靠。如图4所示。

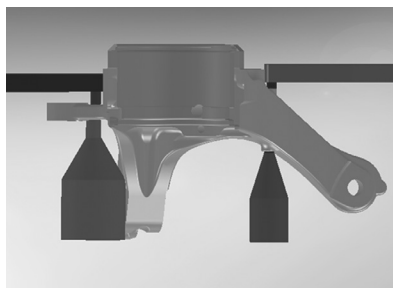


图4 改进后夹具结构

刀具：用盘铣刀代替镗刀，采用圆弧插补铣加工轴承底端阶梯孔，其他刀具保持不变。在盘铣刀设计时，刀盘直径选择非常重要：刀盘直径过小，会在加工孔中心留下一个芯，类似套料钻。刀盘直径过大，加工时由于同时参与切削的齿数增多，振动增大，同时产生波纹影响品质，解决的办法是减小刀盘直径，假定铣削孔直径 $D$ ，推荐铣刀盘直径 $d=0.6-0.75D$ ，另外一个办法是减少刀盘的齿数，密齿改为梳齿。如图5所示。

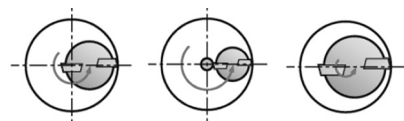
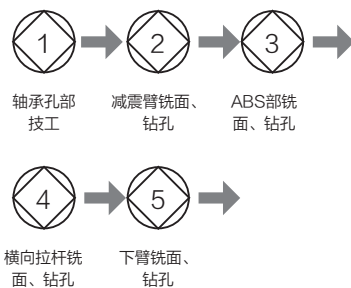


图5 刀盘直径选择

其他生产条件保持不变。解决以上问题后就可以顺利实现工序的集成：由7序合并为5序，如图6所示。



改进后，在保证加工节拍保持不变的情况下，可以取得很好的效果：

(1) 全线加工工序集成，整个轴承孔部一次装夹、一次定位，轴承孔的加工精度提高。

(2) 加工效率提高28.6%。

(3) 小投资大收益，可降低加工成本20%~30%。同时这样的改进是可复制的，对降低工厂的加工成本有很大的优势。

### 4.结语

本次改进的关键在于反铣轴承底端阶梯孔刀具的引进。我们将继续结合生成实际，通过不断的改进活动，逐步降低加工成本、提高加工品质。 □

# 用于直线滚动导轨垂直安装锁紧装置的设计分析

汉川数控机床股份公司 潘少平 童国荣 郭军 王雷

**提要：**为直线滚动导轨用于垂直导向运动设计一种锁紧装置，该装置避免了因锁紧状态而对导轨本体的损伤和运动精度的影响，对数控机床的定位精度起到了很好的保证作用。

在机床的运动系统中，垂直运动坐标的定位由于受到部件自身重力的影响而产生不可靠因素，故辅助的定位锁紧装置是保证坐标定位精度不可忽视的重要手段。细数一下通常的导轨锁紧机构，无论是利用凸轮、楔块、摩擦片等制动元件，还是选用手动或液压等不同方式来实现，对于传统的滑动导轨来说，可以将锁紧制动力直接作用于导轨之上实现稳定可靠的锁紧而又不会对导轨产生不利的影响，故锁紧机构的设计和配置相对容易一些。而对于现在更有利于运动系统精度实现的滚珠丝杠加直线滚动导轨配置的结构，锁紧机构不仅因滚动导轨的特殊性难于布置和设计，而且对实现锁紧的功能和可靠性提出了更高的要求。

本文就是针对这一难点，给出了一个解决大型机床在垂直运动方向使用直线滚动导轨时随机定位锁紧的设计应用方案。

## 1. 问题的提出

作为起承载和导向作用的导轨，在机床领域的使用过程中，其运动精度是最关键的指标。这就要求导轨不但具备运动的平稳性，而且要满足精

确的导向和定位，不合理的导轨定位锁紧往往会对它的运动精度产生不利影响。

传统的滑动导轨副垂直坐标锁紧是将夹紧力直接作用在导轨上，依靠静摩擦力使升降部件与固定部件相对静止。这种锁紧方式的前提是导轨不但能够承受足够的运动载荷，还要在外加锁紧力的状态下保持自身良好的几何精度不变。这两个基本要求对于直线滚动导轨副来说，由于其导轨截型面积相对于普通滑动导轨较小，而且截型复杂、几何精度很高，如果将锁紧力直接施加在导轨体上，将会产生既不能保证可靠的锁紧状态又会损伤导轨机体，造成几何精度和运动精度两败俱伤的严重后果。这是我们在应用直线滚动导轨中必须加以注意和避免的，也是在垂直安装方向更好地使用直线滚动导轨需要亟待解决的问题。

## 2. 锁紧机构的设计思路与结构

笔者所在的公司是专业从事研发生产大型龙门式加工中心的企业，为解决其中一款横梁升降式龙门机床的横梁部件在使用直线滚动导轨承载导

向的锁紧问题时，我们重点关注了直线滚动导轨锁紧机构设计中应该避免的核心要点，分析了直线滚动导轨安装使用时空间结构紧凑的特点，为其设计出相适应的锁紧机构。

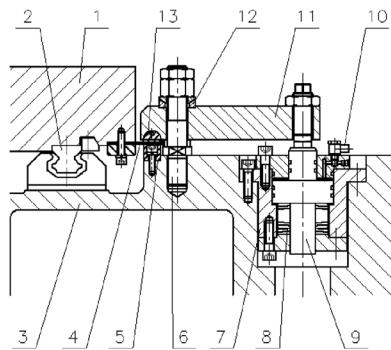


图1 锁紧机构结构图

1. 固定部件 2. 直线导轨 3. 运动部件 4. 锁紧板 5. 调整块 6. 支点螺杆 7. 液压缸体 8. 组合碟簧 9. 活塞杆 10. 液压油口 11. 杠杆臂 12. 球面垫圈 13. 摆动压块

这种用于直线滚动导轨的锁紧机构在方案确定和设计过程中，我们重点考虑了以下几个方面：

(1) 基于直线滚动导轨体不能直接受到夹紧外力的作用，把外加锁紧载荷进行了转移。

(2) 由于直线滚动导轨使用的空间所限，要满足结构紧凑且夹紧

力足够,取得“以小博大”的使用效果。

(3) 用于锁紧的输出力持续恒定,不会因外部的突变因素而出现大的波动或泄力。

(4) 易于数控设备的实时控制,以占用最少的系统资源达到控制准确可靠。

(5) 便于装配制造和批量化生产,达到独立成为部件,满足通用化、系列化的要求。

完成设计的锁紧机构如图1所示。整个机构主体是建立在杠杆机构的原理上,利用刚性极好的组合碟簧来提供锁紧力来源,由自适应的终端锁紧块完成锁紧动作。锁紧原理和过程如下:

当运动部件3需要与固定部件1相对静止处于定位状态时,控制系统发出指令,液压系统电磁阀执行动作使液压缸体7上部的油液通过液压油口10排出,此时组合碟簧8施加弹力推动活塞杆9向上移动,该力通过杠杆臂11和支点螺杆6所组成的杠杆机构按比例放大后形成夹紧力,借助摆动压块13和调整支块5作用于锁紧板4上,在这三者之间产生的静摩擦力来保持它们之间的相对静止,即保证了运动部件和固定部件之间的相对位置不再因受力作用而发生偏移,完成静态定位。

当垂直坐标得到运动指令时,控制系统首先给锁紧装置发出解除锁紧状态指令,液压系统电磁阀动作给液压缸体上部快速进油,液压力克服碟簧弹力推动活塞向下运动,活塞杆带动杠杆系统完成松开动作。

由于液压缸的进出油口为同一个,所以在设计液压系统时,需要有两种基本回路,即压力控制回路和方向控制回路。压力控制回路实现增压和卸荷,方向控制回路控制油路中液流的接通、切断或变向。有了液压系

统的支持,锁紧装置便能有效地进行控制和运行。

### 3. 细节设计分析

该锁紧装置在设计过程中,为了解决杠杆机构在受力发生微量偏转过程中,各施力点、受力点和支点位置不会因力的方向发生变化而受到刚性破坏,我们在细节上对这些位置采取了如下的“柔性化”处理,保证了机构的可靠性。

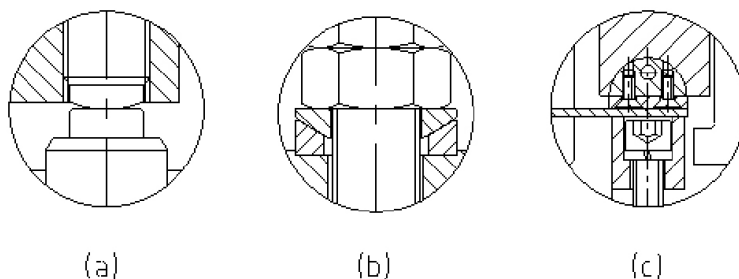


图2 受力点的细节设计

图2a为锁紧力输出作用到杠杆的细节设计。当碟簧输出的弹力顶起活塞杆向上作用于杠杆时,杠杆受力必然产生一个翻转力矩。将调整杠杆动力臂行程的调整螺钉端面设计为半球面形状,这样,即使杠杆不断改变受力方向也不会致使液压油缸因杠杆的翻转而影响其直线运动状态。

图2b为杠杆机构的理论支点使用了球面垫片来自动调整位置,使杠杆在支点的受力始终保持与其垂直并均匀分布。

图2c为夹紧端的细节设计。夹紧端要产生可靠的静摩擦力,夹紧块与夹紧片之间充分的贴合是产生最大静摩擦力的前提。固定式的夹紧块也会因杠杆机构的翻转运动影响与夹紧片的接触面积,故我们将夹紧块设计为图示中可摆动的形式,这样就使得在夹紧状态下,夹紧块与夹紧片之间始终保持一种自适应的最佳贴合状态,另外在摆动压块与锁紧板接触的面上固定了一层铜板,起到了耐磨损和保证锁紧时产生最大静摩擦力的有效接触面积。

### 4. 锁紧机构的力学分析

我们可以把杠杆锁紧机构的受力情况简化为如图3示:

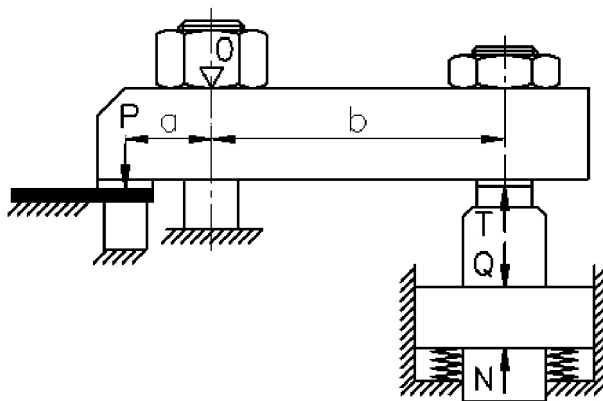


图3 受力简图

图示中:P为摆动压块作用于锁紧板上的压力;

T为杠杆所受的动力;

Q为液压油作用在活塞上的推力;



$N$ 为组合碟簧作用在活塞杆上的推力。

设计计算中我们用“倒推法”由所需夹紧力（即正压力 $P$ ），根据设计空间结构调整杠杆动力臂 $b$ 和阻力臂 $a$ 的分配，最终计算出碟簧输出力 $N$ 的大小及松开夹紧时液压系统所提供的推力 $Q$ 。

通常情况下，对大型机床垂直运动部件的锁紧方式都采用两组导轨多点式对称布置，而且这样既可保证锁紧的可靠，也可将锁紧力进行分解，使单个锁紧机构在紧凑的设计尺寸下同样满足强度要求。

（1）假设分解到单个锁紧机构上需要克服的垂直载荷力为 $F$ ，即单个机构所要产生的静摩擦力 $f$ 与 $F$ 为大小相等、方向相反。那么单个机构所要求产生的夹紧力为：

$$P = f / \mu = -F / \mu$$

（2）杠杆的受力计算：

假设杠杆机构所处的状态如图3所示，此时杠杆所受的动力为 $T$ ，所受的阻力 $W$ 与正压力 $P$ 大小相等，方

向相反，即 $W = -P$ 。根据杠杆的计算公式有：

$$T * b = W * a$$

$$\text{即：} T * b = -P * a$$

根据锁紧机构在部件使用中所具有的空间尺寸，合理调整动力臂 $b$ 和阻力臂 $a$ 的尺寸，计算出锁紧动力 $T$ 值，也就是需要碟形弹簧所提供的弹力 $N$ 值。

（3）碟形弹簧的计算说明：

由于碟形弹簧具有轴向尺寸小、承载能力大以及非线性的载荷与变形特性等特点，非常适合本机构紧凑、输出大载荷的设计要求，故选用组合式碟形弹簧为机构提供稳定可靠的动力来源。

首先明确组合碟形弹簧在达到自由高度时的总载荷 $F_z = N = T$ ，依据设计空间位置和运动行程来选用合适的碟簧尺寸，计算确定碟簧的组合方式、叠合片数和尺寸总变形成量 $f_z$ 及组合碟簧的自由高度 $H_z$ 。此计算过程是碟形弹簧设计最基本的计算，在此不再累述。

（4）液压系统的作用力。

液压系统所提供的液压力 $Q$ 与碟簧对活塞的压力 $N$ 相互作用，实现锁紧机构的松开与锁紧，所以液压系统提供的最大油压必须满足 $Q > N$ 。

## 5. 结语

高精度直线滚动导轨和大螺距精密滚珠丝杠组合，被称为数控设备在承载导向和运动驱动方面的“最佳拍档”。即使这种最佳组合在被大型数控机床用于垂直运动部件安装时，其不可自锁且必须依靠其它手段才能实现位置确定的“短板”显现出并不完美的缺憾。我们在分析问题明确目标后所设计出独立可靠的锁紧装置，可以说是小设计解决了大问题，使直线滚动导轨在垂直安装应用过程中实现了“扬长补短”的实际效果。□

文献参考

- ①机械设计手册编委会. 机械设计手册第2卷. 机械工业出版社, 2004.
- ②王积伟、章宏甲、黄谊. 液压与气压传动 第2版. 机械工业出版社, 2006.
- ③闻邦椿. 机械设计手册. 机械工业出版社, 2010.

## 资讯

# 车床分会七届二次理事（扩大）会议总结

2017年11月23日，中国机床工具工业协会车床分会在云南昆明召开了车床分会七届二次理事（扩大）会议。本次会议旨在更加清晰了解行业所面临的形势，增强企业间的相互了解，增强分会会员凝聚力。安阳鑫盛机床股份有限公司董事长吕安相主持会议，40余家会员企业参加会议。

中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城出席会议并介绍了机床行业运行和机床协会职能转换的相关情况，车床分会秘书长李宪凯与大家分享了车床行业与产品技术发展趋势，解读了国家相关的政策，剖析了2017年机床行业形势大好的几个潜在原

因；车床分会副秘书长陈洪军为大家做了车床分会工作报告及行业运行分析，用详实的数据，阐述了车床行业几年来的产销情况和进出口情况；宁波伟立机器人科技股份有限公司副总乔名扬做了智能制造的专题报告，用具体真实的案例，为大家阐述了客户的智能化需求和应用情况，使得与会代表更加明确了智能化的前进方向。

在参会代表交流过程中，云南CY集团董事长常宝强、安阳鑫盛机床股份有限公司董事长吕安相、天水星火机床党委书记蒋俊、宝鸡机床企业代表及部分与会代表与大家分享了企业近年来的发展经验以及对现阶段



行业发展的认识。

会议同期，车床分会还与钻镗床分会、数控机床技术创新战略联盟联合举办了“2017年数控机床产业智能制造技术创新与发展论坛”。

本次论坛中，安排了7个主旨报告。中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城等7位专家围绕着“智能制造”，从国家政策层面、学术研究层面、技术发展层面和实际应用层面等多个角度进行了论述。

# 瓦尔特非标倒角铣刀： 提升球阀加工效率全面的解决方案

位于图宾根的精密刀具专家瓦尔特，为客户设计了一款玉米铣刀，帮助这家位于莱瑙的RMA管道设备公司优化了高压球阀加工工艺，和之前相比工艺提速40%。位于阀门中心的通孔阀芯是其中的核心部件，其作用是根据需要中断供气/供油管路的介质流动。实心零件的顶部需要用瓦尔特的玉米铣刀铣一个倒角面，从而实现阀芯由“打开”到“关闭”的动作。

现代社会离不开石油和天然气。人们用管路将这些物质从生产厂输送给客户。其中数百万千米长的管道遍及全球。如果要中断介质流动（例如维护工作），“阀门龙头”必须关闭严实。使用高压球阀，就可以临时关闭管路，这种高压球阀正是RMA管道设备公司最重要的产品之一。

在20世纪六十年代末，该公司创立之初只是一家“作坊式”工厂，是其他公司的供应商。随着公司飞速成长，它在20世纪七十年代末开始研制自己的管件，包括球阀。现在，RMA管道设备是世界领先的系统供应商之一，其主营业务包括研制各种油气、水和地区制热用管件、家用供应技术、测量和控制技术，以及根据客户具体要求定制的零件。RMA在全球共有员工约500名，在德国有两家

工厂。莱瑙总厂和行政中心共有员工200名。他们在德国凯尔有一个配套工厂，并且在波兰、英国、法国、美国、巴林和俄罗斯分别有一个工厂。

## 打开龙头

每只球阀的核心部件是中通阀芯，中通阀芯装在一个阀体内，并可在其中转动。但是，用于管线中的这些阀芯尺寸比我们一般用的水龙头的阀芯尺寸大得多。截止球阀的尺寸范围为DN 25~DN 1400毫米。RMA制造车间项目主管Hans-Jürgen Mannßhardt说：“我们的莱瑙总厂制造DN 300以下的产品，凯尔厂制造更大尺寸的产品。”这不仅包括阀芯，还使用阀体生产的压床、总装、涂覆防腐聚氨酯（PU）塑料涂层和最终试漏。RMA的所有高压球阀在出厂后便可随时待命使用。



图1 阀芯在RMA磨削车间磨削处高亮表面。采用瓦尔特玉米铣刀，可沿槽加工倒角

## 阀芯必须配合良好

阀芯本身由粗加工过的锻钢制造而成，通过阀芯的流速已经得到认可。在RMA车间里，有30台全自动化的车床和5台加工中心，承担把毛坯件变成成品阀芯的全部任务。除了车削和磨削外，还要制作后续工艺所需要的切口，包括在阀芯上下方的配合。使用对装配很重要的凹槽，让阀芯在阀体内转动，可打开或关闭阀门。相互配合并与阀芯一起插入阀体的塑料件和金属座圈确保封闭严实，无泄漏。在压力高达40bar时，塑料还能起到密封作用，但是超过40巴后，需要使用金属密封件。



图2 DN 300流速的高压球阀视图

于是，在转动时阀芯不会与任何部分发生意外碰撞，在上述配合面的两侧另外铣制一道圆倒角，这就是需

要图宾根的瓦尔特刀具专家参与的地方。外径为484毫米的DN 300阀芯在卧式加工中心上的总加工时间为一小时。到现在为止，倒角需要10道工序，加工时间为10分30秒，每侧5分15秒。迄今，该工序采用其他品牌的倒角铣刀完成，该铣刀有三个刀片但只有一组齿。

## 速度提升，大受欢迎

“我们一直很满意所用刀具的加工性能，但是有一点是我想要更高的效率，也就是时间。我认为，一道工序超过十分钟确实太长，” Hans-Jürgen Mannßhardt说。“因此，我决定与瓦尔特现场服务人员讨论这个问题。”多年来，德国瓦尔特公司应用工程师Michael Benz一直为RMA提供支持。期间，他在现场提出并实施了多种刀具解决方案，并与客户通力合作。在紧急情况下，他甚至能通宵达旦的工作。讨论后，在下次拜访期间，他与车间主任Mannßhardt一起花了大量时间，对倒角的加工任务进行书面整理，并拟出了初始解决方案途径大纲：“目的非常明确，就是要达到更高的金属去除率。我们一起直接在机床上进行测量，以便考虑现有的刀杆、刀具尺寸和夹具，并避免轮廓干涉。”在与Hans-Jürgen Mannßhardt进行全面深入交谈后，瓦尔特顾问随后拟出了第一份大纲：

一种不采用任何附加接口的整体式刀具，结构尽量紧凑，性能尽可能稳定。Michael Benz说：旧的刀具太长，振动会对性能产生不利影响。”于是，该设计被送往位于法兰克福的瓦尔特本土技术部进行开发。在这里，协同生产部检查了刀具制造的可行性，并确定了刀片座的数量和结构。



图3 金属和塑料座圈能满足高压球阀密性要求

## 专用玉米铣刀

结果是，倒角铣刀的铣削角度45°，三组铣削刃口和四排刀片(型号为F2001-6515665)，作为定制刀具。“在我的脑海里已经有了玉米铣刀的想法，” Mannßhardt说。“但是，由于阀芯倒角要求的角度原因，这类刀具还不能作为标准型号，只能用作定制解决方案，例如瓦尔特公司目前为我们实施的方案一样。”其性能如何？结果很明显。现在倒角铣削只需4道加工工序，总时间6分30秒（以前是10分30秒），单侧所耗时间为3分15秒（以前是5分15秒）。这相当于时间节省将近40%。

一个最令人印象深刻但瓦尔特员工还不十分满意的结果是：“从我们最初的讨论，直到6周后当RMA开始测试时，起初会发生刀片断裂，令我们倍感头痛。主要问题是选择正确的切削刀具材料，” Benz说，“最后，我们决定采用我们“坚不可摧”的韧性极佳的材质 WSP45S，这种材质是我们解决问题的能手。它验证了瓦尔特团队作为RMA的一个成功案例：刀片断裂再也没有发生过。



图4 瓦尔特倒角玉米铣刀，45° 铣削角度定制版

## 长期合作伙伴关系

“我们与瓦尔特合作25年左右了，我们之间的关系是双赢的伙伴关系，” Hans-Jürgen Mannßhardt说。“我们在合作期间积累的宝贵经验不仅仅在于优质的刀具，而且很大程度上是因为瓦尔特提供的可靠而又以解决方案为导向的服务。如果刀具不好用，特别是卡刀时，瓦尔特总是能第一时间赶到现场帮助解决问题。只需一周半的时间，就能全部排除与新倒角玉米铣刀有关齿的问题。” □

## 资讯

## 重庆用户再与昆机签大单

日前，重庆某设备制造有限公司与昆明机床有限公司再度合作，追加订购了XK2850数控龙门镗铣床和XK6916S数控落地铣镗床各一台，这是继2016年年底订购XK2780后又一重大追加，标志着昆明机床在重

型龙门铣装备领域得到了用户的充分认可。

该重庆用户是典型的加工成长型企业，依靠较强的加工实力和优良质量，为国内大型企业提供优质加工服务，产品遍及航天、军工、船舶、冶

金等领域。自2007年起，该用户已先后从昆明机床购买了多台不同规格的机床，其中包括四台数控落地铣镗床、两台大型龙门以及多台卧式镗铣床。到目前为止，该公司使用的镗铣类机床大部分是昆机产品。



# 简析龙门镗铣床维修

北京金隅科技学校 李嵩松

**摘要：**分析介绍了龙门镗铣床的结构特点，对基于模块化设计的龙门镗铣床在实际使用和维修的过程中，关于滑枕镗铣头模块、套筒铣头模块、横梁模块、溜板模块、各向进给箱模块出现的一些问题提出了排查方案和解决问题的方法。

龙门铣是机床族的一个重要机型，是关键的热加工设备，它在机械制造业得到了广泛的应用。龙门铣的优势在于工件一次装夹，可对其五个面进行铣、镗、钻、铰、攻丝等多道工序的加工，保证加工件几何精度和位置精度。同时也是一种高效机床，如今，以铣代刨早已是一个不争的事实。

## 一、龙门铣分类及特点

### 1. 标准龙门型

标准龙门铣大多为20世纪六七十年代定型的产品，其特点是：有一个标准的龙门架，龙门架上配置横梁，横梁可沿立柱上下移动，横梁上配置两个垂直铣头，左右立柱上分别配置一个水平铣头，工作台移动。目前国内机械企业中拥有这类龙门铣的用户非常多。随着我国制造业水平的不断提高，这类龙门铣大多应用于零件粗加工。

### 2. 模块化龙门铣镗床

这类龙门铣是在标准龙门型基础上发展起来的产品。它的最大特点是机床配置不局限于标准龙门铣的

四个铣头，而是应用模块化设计的理念，将机床所有的部件按模块进行设计，根据不同用户的要求进行配置，例如：可以在横梁上配置一个垂直滑枕式的铣镗头，实现了长距离镗孔的功能。还可以在铣镗头端面配置角铣头等附件，可实现工作垂直四个面的加工。模块化设计简化了标准龙门型的设计和制造，拓展并提高了标准龙门型的性能。这种龙门铣以绝对的优势取代了传统的标准型龙门铣床。

## 二、龙门镗铣床维修

对于应用模块化设计的龙门镗铣床产品，以北京一机床出产的中段龙门镗铣床为例，这类机床的模块主要包括：床身模块、立柱模块、工作台模块、横梁模块、铣头(或铣镗头)模块、进给箱模块、液压装置模块、电气装置模块、附件铣头模块、数显装置模块、传动装置模块。

在这类模块化机床的维修过程中对机床模块故障的正确诊断和维修是机床维修的关键，本文归纳总结了一些北一机床出产的中段龙门镗铣床模块检修的重点。

### 1. 滑枕镗铣头变速不灵活顺畅

如果在机床运转过程中出现滑枕镗铣头模块变速不灵活顺畅的现象，可以对滑枕镗铣头进行如下的检修排查。

第一：检修拨叉三联齿轮，两联齿轮的变速齿轮是否到位。负责啮合的电磁阀是否正常。包括：①电磁阀的电磁铁是否吸合；②电磁阀滑杆是否卡住；③油液中的杂质是否超标。

第二：检查液压系统是否运转正常，各液压元件动作是否正常。

第三：检查三组滑移变速（二或三联轮）是否能正常啮合，啮合后定位销是否能定位，定位后是否能发出定位完成信号（三组行程开关），如果信号不正常就要检查插销定位的电磁阀工作是否正常。

第四：检查变速拨叉（两个三联齿轮，一个两联轮）的变速到位的三组行程开关是否有信号（如图1所示）。

第四：检修变速的电机-电磁离合器，变速运动是否正常。总之检修变速的电气-液压-机械的动作是否正常工作。

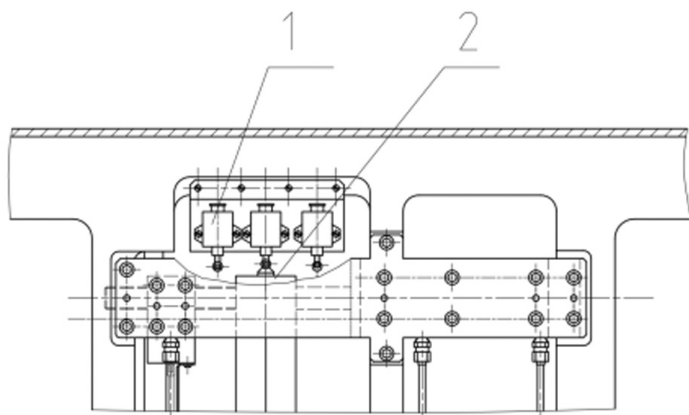


图1 变速拨叉到位检测

1. 行程开关 2. 触点

## 2. 滑枕镗铣头模块漏油

如果出现机床滑枕镗铣头漏油现象，可以对滑枕镗铣头进行一系列的检修排查。

首先可以检修滑枕镗铣头的液压润滑油池、油池的盖板、滑枕顶部的液压站各液压件、油管以及接头是否存在漏油、内渗、串腔等现象。其次滑枕导轨和溜板横向导轨润滑油供油的手动点动润滑泵减少供油，避免导轨润滑油过多产生漏油。最后检修滑枕顶部的液压站的接油盘内油液是否正常回到油池内。并可以根据实际情况改进接油盘结构。

## 3. 滑枕镗铣头、溜板及套筒铣头的夹紧失灵

如果在机床运转过程中出现滑枕镗铣头、溜板及套筒铣头的夹紧失灵的现象，可以对夹紧机构进行如下的检修排查。

首先检修排查为夹紧装置供油的液压系统是否正常（包括电磁阀、溢流阀等）。其次检修排查夹紧装置的增压油缸是否内泄，如有内泄更换密封元件。最后检查更换夹紧油缸内的塑料的增压件（如图2所示）。

## 4. 机床移动部件出现爬行现象

机床的爬行现象多发生在机床启动或低速运转时，表现形式为进给系统的移动部件（如工作台、溜板）开始时不能运动，尔后又突然加速运动，再停止，然后又重新运动，周而复始，在启动、停止、快速运动间反复转化。机床出现爬行现象属于机床进给系统和导轨系统故障的一种。机床出现爬行现象时，维修人员应先了解故障（爬行）发生前后机床运行的状况，然后分析引起爬行的原因。根据了解到的故障情况，多方面综合考虑，最后制定恰当的维修方案。维修

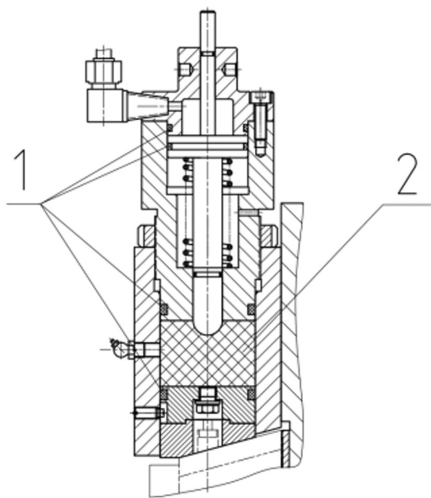


图2 夹紧机构

1. 密封件 2. 增压件

时，我们应从以下方面入手：

第一：排查电气系统如发现为题，及时更换新的调速系统。

第二：对于工作台部件需检修工作台静压导轨涂层是否存在脱落，如存在脱落需进行修补，避免静压油腔泄油失压，造成工作台局部浮不起来。

对于溜板、滑枕部件需要调整楔条、压板，使其接触均匀，保证移动轻快，灵活均匀不别劲。还要检修导轨，螺母润滑是否正常。

第三：检修静压导轨供油系统是否正常，多头泵是否正常，如多头泵等出现问题要及时更换。

第四：检修工作台浮起量是否正常，检测方法为：在工作台两侧顶面打表6-8点。使工作台静压导轨均匀浮起，如浮起不均匀时，可修调相应的毛细管。

第五：检修工作台各静压油腔供油管是否漏油。

第六：检修溜板四组卸荷装置，卸荷效果是否失效，其卸荷量每组为1200kg，四组4800kg卸荷量通过卸荷装置上的调整栓帽来调整，如果碟簧失效更换新碟簧（如图3所示）。

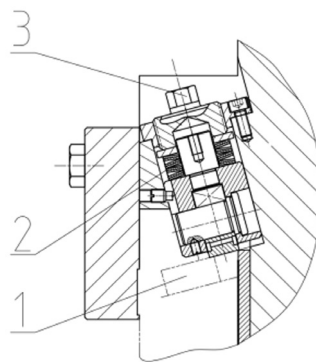


图3 溜板卸荷装置

1. 卸荷板 2. 碟簧 3. 调节螺母

## 5. 横梁对工作台台面平行度超差

如果在机床运转过程中横梁对工作台台面平行度超差出现的现象，可以对横梁部件进行如下的检修排查。

第一：在检修前，首先要检查横梁在立柱上的夹紧（6点）是否正常，有无夹紧机构漏油失压夹不紧的现象。

第二：横梁升降传动轴端有鼠牙联轴器，当横梁精度超差时（倾斜）用此联轴器可以调整横梁水平位置，每调整一个鼠牙可使横梁升降轴器轴向位移0.004mm。调整步骤如图4所示。

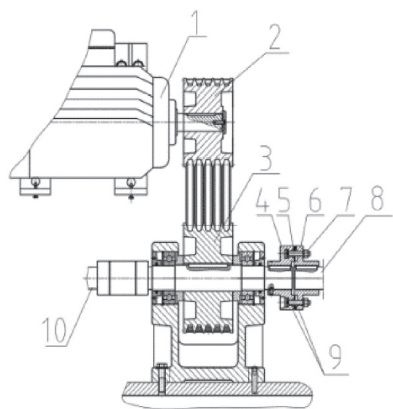


图4 横梁升降装置

1. 电机 2. 带轮 3. 带轮 4. 左离合片  
5. 螺栓 6. 右离合片 7. 螺母 8. 输出杆  
9. 鼠牙型离合器 10. 输出杆

（1）横梁夹紧松开。（横梁下面垫支承柱）（2）拧下鼠牙形联轴器上螺母7和螺栓5。（3）根据横梁倾斜的调整量利用4和6联轴器的鼠牙相对转动若干牙，调整使横梁处于水平位置。（4）测量调整后的横梁水平位置精度，合格后装配恢复螺栓5和螺母7并拧紧。

如上述方法调整不了，则刮修横梁导轨相关部件，例如：修调溜板横向导向的楔条和压板。

## 6. 滑枕铣头主轴轴线对工作台的垂直度超差

如果在机床运转过程中出现滑枕铣头主轴轴线对工作台的垂直度超差或水平铣头垂向移动对工作台面的垂直度超差的现象，可以对横梁部件进行如下的检修排查。

第一：检修溜板与横梁件和溜板与滑枕间两组导轨楔条，压板间隙是否过大，要求规格为0.04mm的塞尺不入。如出现问题，则需刮修楔条或导轨。

第二：检修溜板滑枕各导轨夹紧是否正常。

第三：如果滑枕铣头主轴轴承出现问题，主轴精度超差则需要更换轴承。

## 7. 套筒式铣头主轴温升过高，套筒有时转不动

如果在机床运转过程中出现水平铣头主轴温升过高，套筒有时转不动的现象，可以对套筒式铣头模块进行如下的检修排查。

第一：检修主轴轴承是否有润滑脂，填充润滑脂。

第二：检修主轴轴承精度，旋转是否良好无损，否则温升过高则更换新轴承。

第三：检修套筒移动机构，移动时是否有不正常现象，例如：移动机构的轴承是否有润滑；移动机构的丝杠螺母背紧的螺母是否松动造成移动时抗劲；丝杠螺母支座的螺钉是否松动造成移动抗劲（如图5所示）。

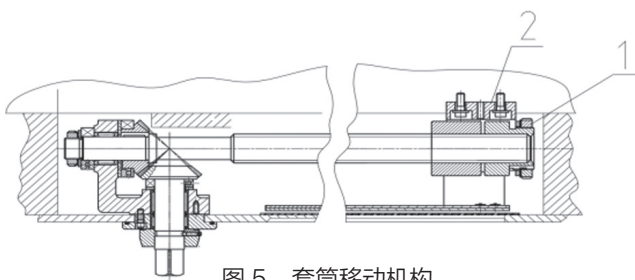


图5 套筒移动机构

1. 锁紧螺母 2. 螺母支座

## 8. 工作台蜗杆无法调整间隙

如果在机床运转过程中出现工作台蜗杆无法调整间隙的现象，可以对进给箱蜗杆进行如下的检修排查。

蜗杆箱的蜗杆是双蜗杆可调间隙结构，调整时防护罩从工作台脱开，工作台点动向前移到工作台前端，露出可调蜗杆外露蜗杆2~3齿距，但不允许蜗杆与蜗母条脱开，如图6所示，调整固定蜗杆用左端螺母锁紧，不允许其有轴向移动，具体调整步骤为：（1）松开紧固螺钉1（压块2即可松开）。（2）用拨杆转动可调螺母3，使可调蜗杆4轴向移动，调传动间隙为0.1mm左右。（3）调完间隙后旋紧螺钉1，防止螺母3松动。

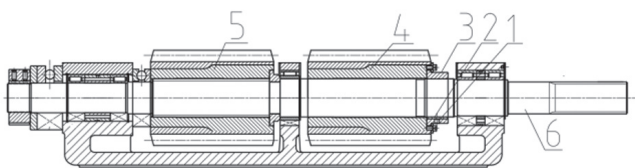


图6 工作台蜗杆箱

1. 紧固螺钉 2. 压块 3. 锁紧螺母 4. 活动蜗杆 5. 固定蜗杆

## 9. 横梁背后和床身后面的蓄能器失效

如果在机床运转过程中出现横梁背后和床身后面的蓄能器失效的现象，可以对蓄能器进行如下的检修排查：首先检修联接蓄能器油管和管接头是否漏，拧紧治漏；其次更换蓄能器内的充氮皮囊或更换蓄能器。



## 10. 机床漏油

机床漏油是机床使用过程中经常出现的问题,而且是一些机床久治不愈的顽疾,从理论上解决机床漏油的方法不外乎更换密封件,导引漏油不外流至油池或接油盘内,在满足润滑油、压力油有效应用的前提下,尽可能减少供油压力和流量。

对于北一机床出品的中段龙门铣床在整治机床漏油时可以排查以下方面。

(1) 检修更换或拧紧漏油的管接头和油管及密封元件。

(2) 检修更换漏油的各液压元件,提高结合处的光洁度、平面度及密封。

(3) 检修如滑枕溜板漏油的油池盖板,提高结合面的光洁度、平面度及密封。

(4) 检修总液压站油箱是否漏油修补治漏。

(5) 机床床身连接处密封条老化失效,渗漏油,可在其床身结合处内增加接油盘,并用油管引导油回到油箱内。

(6) 立柱导轨下面接油盘的铁屑应该清除干净,并清洁滤油网和回

油管道。

(7) 横梁下面的接油盘应修整平直不漏油,并在接油盘中央位置再增加一个放油油塞。

(8) 减小横梁,滑枕,溜板,导轨润滑的点动柱塞润滑泵的每次供油量(柱塞和活塞之间增加调整垫)。

(9) 重点关注滑枕溜板横梁液压站的漏油情况。

(10) 检修其他部位机构的漏油,如横梁夹紧油缸,如图7所示:检修步骤为:首先管接头处漏油,更换密封圈;其次法兰盘和活塞杆密封漏油,更换相应密封圈;再次油缸紧固螺钉可能松动,重新拧紧,并用乐泰细纹防松密封胶。

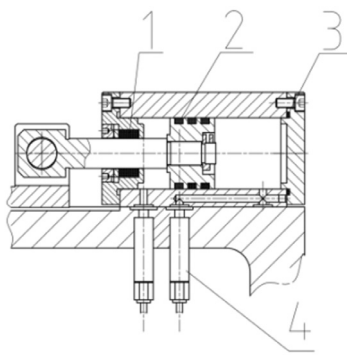


图7 横梁夹紧油缸

1. 油缸密封圈 2. 活塞密封圈  
3. 法兰盖密封圈 4. 管接头

## 三、结语

这种类型的龙门铣机床在生产中因其应用范围广、加工效率高等特点,已经成为加工业的中坚力量。在经济实用的同时机床的性能也正在经历时间的考验,所以机床的维护与保养就成为延长工作寿命的重要途径之一。以上这种对机床模块化的检修和问题排查,将会在一定程度上使机床的生命力得以重新焕发。机床加工出现问题时,从机床结构特点出发进行问题排查将使我们的工作更加事半功倍。了解机床的结构从源头分析问题原因,早预防勤维护,一台能够使生产能够平稳有序进行的机床同样也能使企业节约人工和时间成本,为企业做出更大的贡献。 □

参考文献:

- [1] 戴曙. 金属切削机床设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
  - [2] 机床设计编写组编. 机床设计手册, 第三册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1986.
  - [3] 吴宗泽. 机械结构设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- 作者: 李嵩松, 男, 1982年生, 工程硕士, 高级工程师, 主要研究方向为大型数控机床设计与制造, 发表论文6篇。

## 广告客户索引 Advertisers Index

南京工艺装备制造有限公司..... 广告号码70  
 第十届中国数控机床展览会..... 广告号码58  
 约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司..... 广告号码41  
 马波斯(上海)商贸有限公司..... 广告号码414  
 西门子(中国)有限公司数字化工厂集团..... 广告号码89  
 埃马克机床(太仓)有限公司..... 广告号码428  
 开天传动技术(上海)有限公司..... 广告号码450  
 斗山机床(烟台)有限公司..... 广告号码83  
 卡尔蔡司(上海)管理有限公司..... 广告号码488

武汉华中数控股份有限公司..... 广告号码 90  
 北京珊达兴业科技发展有限责任公司..... 广告号码 701  
 《世界制造技术与装备市场》..... 广告号码 703  
 北京北一机床股份有限公司..... 广告号码47  
 沈阳机床(集团)有限责任公司..... 广告号码36  
 上银科技有限公司..... 广告号码 398  
 神基电通公司..... 广告号码 705  
 联合磨削公司..... 广告号码 706

# 面向未来、勇于创新、满足市场需求

## ——CIMT2017磨床展品评述

北京第二机床厂有限公司规划发展部 张秀兰

第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）于2017年4月17日~22日在北京中国国际展览中心（新馆）成功举办。数控磨床作为机床工具中的精加工设备，品种繁多，服务于各行各业；并且一直秉承经典风格，同时不断创新，加速转型升级，为展会增添了亮丽的风景。此次磨床展品主要以高速、高精、复合、随动、智能等为主。产品包括外圆磨床、内圆磨床、螺纹磨床、平面磨床、工具磨床、珩磨、无心磨床、成型磨床等。从中我们可以看到在复杂多变的国内外环境形势和中国经济结构调整的影响下，磨床行业的发展变化。

### 一、技术不断创新以适应用户的不同需求

当前，机器人、数字化制造、3D打印、大数据、物联网等技术的重大突破和广泛应用正在重构制造业技术体系。全球制造业正面临制造技术体系、制造模式、产业形态和价值链的巨大变革。今年是“十三五”的开局之年，为了有效应对新一轮技术竞争，我国提出发展智能制造，中国制

造2025，通过提高生产制造过程的自动化、智能化、柔性化和绿色化水平，增强快速响应市场能力，促进制造业向产业价值链高端迈进的中国制造2025。从这次展会上我们也看到了各参展商都在已有的技术层面上不断创新，加强对用户需求的研究，真正以客户为中心，为用户提供具体的解决方案，把用户的体验做到极致。

哈挺中国有限公司（HARDINGE）这次按不同适用范围展出了4台磨床，分别是生产型万能磨床、多功能型内外圆磨床、高精度坐标磨床及高精度数控万能外圆磨床，彰显了公司的技术实力和市场应变能力。

HARDINGE HG-U1000高精度万能外圆磨床采用先进的结构设计，如图1所示。



图1 哈挺（HARDINGE）HG-U1000高精度万能外圆磨床

通过有限元分析而设计的高强度、高刚性整体铸铁床身结构，具有优秀的散热和吸振能力，最大限度提高机床的精度保持性，稳定可靠，特别适合大批量生产时的复杂环境要求。特殊的钣金隔热设计，将来自冷却液的热量隔离开来，让热量快速离开机床本体；床身加强筋设计有效抑制因室温变化、部件温升、加工热量等因素造成的热变形的影响。人工刮研精密工作台V-平导轨辅以特开贴塑层，让机床在获得极高的承载刚性同时，消除了低速爬行的可能；进给轴采用预紧的高精密导轨设计，能够承受各个方向的载荷，突出了低摩擦因数的特性并消除了运动间隙，为实现 $0.1\mu\text{m}$ 的编程精度提供了实际的保障。为了获得更高的加工刚性，砂轮架基座采用固定结构设计，根据应用可以将砂轮配置在左侧（直切）或者右侧（斜切）。根据应用的需要，可以配置固定或者活动顶尖功能的高精密工件主轴，头架外部设计有冷却液喷淋口，内部采用空气密封，为工作主轴进行降温以确保其热稳定性，从而获得更高的加工精度。主轴轴承采用混合设计的高精圆锥滚子轴承，不但具有极高的回转精度，并且

还获得了优秀的承载刚性。主轴电机通过同步皮带进行驱动，无极调速，对工件的转速可以编程已满足不同的应用需求。高刚性的尾座设计，可以有手动、气动、液压等多种选项，尾座上设计有锥度微调装置用以微量修正工件的圆柱度。而且机床拥有丰富多样的选项配置，以适应不同应用的需求，为用户提供更多的选择。

机床的主要技术规格和参数见表1。

**表1 HG-U1000高精度万能外圆磨床主要规格和技术参数**

| 项 目           | 单 位                  | 数 值           |
|---------------|----------------------|---------------|
| 中心高           | /mm                  | 190           |
| 最大回转直径        | /mm                  | Φ380          |
| 两顶之间距离        | /mm                  | 1000          |
| 工作台回转         | (°)                  | +7/-7         |
| 两顶之间最大承重      | /kg                  | 100           |
| 砂轮线速度，无极调速    | /m·s <sup>-1</sup>   | 63            |
| 主轴速度范围，无极调速   | /r·min <sup>-1</sup> | 0-1000        |
| 最大砂轮尺寸(Φ×W×B) | /mm                  | Φ500×80×203.2 |
| 砂轮电机功率        | /kW                  | 15            |
| 主轴转速范围，无极调速   | /r·min <sup>-1</sup> | 0-1000        |
| 工件头架回转范围      | (°)                  | -15/+90       |
| 尾座锥度          | #                    | MT4           |
| X轴最大行程        | /mm                  | 260           |
| X轴最大进给速度      | /m·min <sup>-1</sup> | 10            |
| Z轴行程          | /mm                  | 1150          |
| Z轴最高速度        | /m·min <sup>-1</sup> | 12            |
| 可编程最小进给量      | /mm                  | 0.0001        |
| 数控系统          |                      | FANUC CNC Oi  |

瑞士STUDER本次展出的S41是用于各种复杂磨削应用的数控万能内外圆磨床。S41代表了内圆及圆弧球面的磨削机床，而KC33代表了极具性价比、适用于各种需求的万能内外圆磨床。其中S41融合新技术的发展，确保了灵活性、高精度和短辅助时间。STUDER专有的导轨系统与高精度线性驱动相结合是S41的优势之一。它还拥有其他技术特点：用户可以在多款砂轮头架规格中进行选择。S41可装配多达四个磨削砂轮，几乎可满足全面完整加工的所有要求，如图2所示。

S41是一款新一代的数控万能内外圆磨床。在该款磨床上拥有多项值得引以为豪的技术优势，如具有专有革命性技术的斯图特导轨系统，配有直线电机的高精度轴驱动系统，超快速度的B-轴直接驱动，以及比以往更多选择的砂轮头架配置形式。

S41磨床可以满足每一种可能的需求。由于该款磨床的中心高为225 mm或275 mm，顶尖距为1 000 mm或1 600 mm，在这台磨床上可以高效地完成大部分日常的磨削加工。当然，S41也可以配置成专门应用的，大批量的生产性磨床。特别在对于辅助时间短，有严格要求的加工应用中，S41可以充分发挥其速度优势。



**图2 瑞士STUDER S41 数控万能内外圆磨床**

该款机床的高精度来自于大量的不同因素之间完美协调配合。其高精度的基础是拥有卓越的吸振性和优异的热稳定性的人造花岗岩床身。机床各个部分之间配合完美，相得益彰，共同打造出斯图特传统的高精度。大跨距导轨和刚性极高的滑板成为该款磨床高精度和高生产力的保障。所有与精度相关的部件都具有优秀的热稳定性。以StuderWIN作为用户界面并采用StuderGRIND软件模块，创造了一个稳定的编程环境，可以保证该款磨床的有效应用。机床数控系统中还内置了个人电脑。虽然类似的机床曾经参展，但这次参展机床在机床的控制系统中增加了内置加工监测和接触感应的在线测量和传感技术，自动平衡系统，这些细小的变化可以保证在不同系统中的标准化编程。参展机床的控制系统中还内置了内部自动上下料系统软件，其驱动元件能够优化地适配于机床控制系统。

此机床实现完整磨削加工最重要的部件是内置B轴砂轮头架。该砂轮架自动回转，可应用多达4个砂轮加工。这意味着工件可在一次装夹中进行完整磨削加工，可将辅助时间降至最低，同时具有超级加工精度。B轴配有直接驱动系统，其定位非常迅捷且定位精度极高。高精度直接测量系统可以保证B轴的高精度定位范围<1"。多达4个外圆磨削砂轮或3个内圆磨削主轴的组合可提供30多种基本配置选择。在S41上面配置自动旋转A轴，可以进行高效精确的螺纹磨削。机床采用模块化设计，不同的模块配置方案，可以满足不同的用户加工需要，如有些方案可实现高速磨削、有些方案可实现内圆磨削等，最多可配置两个A轴。另外此磨床可磨削与中心线平行的传统螺纹，也可进行高精度螺纹的磨削加工。采用高速非圆磨削功能HSM，能以优异的性能



价比实现低成本高效率，并且以最高的精度磨削多边型面，偏心型面，控制凸轮和其他凸轮等。

STUDER磨床采用模块化的设计理念，机床各个部分的完美设计、高精制造，以及各部件之间的完美配合，可实现多项灵活多样的选项配置，为用户提供了更多可能的选择。这款机床让我们对磨床有了新的理解。

## 二、机床的成线配套、智能化迅猛发展

在科技日新月异的今天，特别是互联网经济不断颠覆传统行业的时代背景下，制造技术领域确是一个难以实现弯道超车的领域，每一项关键技术从研发立项到被市场认可接受，最后成功产业化，都需要一步一个脚印的去完成。北二机床近年来先后得到了国家“863计划”、国家科技重大专项、北京市科委“精机工程”、京城机电战略新产品等项目的支持。这些为公司的技术创新和突破提供了有力的支撑和保障。

公司承担的“曲轴、柔性、精密、高效磨削加工关键技术和成套装备”项目荣获2014年度国家机械工业科学技术奖特等奖。此项目成功研发出非圆磨削原理的双砂轮架随动式磨削技术、六轴同步插补联动磨削技术、具有敏捷柔性特征的曲轴磨削生产线总体布局技术、智能化无编程专家系统、连杆颈相位数字化自动测量识别技术、曲轴随动同步切磨+纵磨技术、曲轴品种的智能识别和敏捷换型技术、超精密抛光、机床几何误差及磨削圆度与尺寸误差补偿、微进给传动与高响应驱动等关键技术。更可喜的是这一系列高端技术在工作中实现了技术的派生和延伸，把公司其他产品的技术研发都带动起来了。如：

项目创新的技术体系可以推广到汽车凸轮轴、机器人偏心轴等领域的非圆精密高效磨削加工。在此基础上，公司还成功开发了数控凸轮轴磨床、带有非圆磨削功能的数控柔性复合磨床和面向工业机器人RV减速器的数控偏心轴磨床，这次参展的高精度数控精密偶件外圆磨床也是其中之一，这些成果已经成功应用于汽车、内燃机车、空调冰箱压缩机、工业机器人等不同的行业。

B2-K2012 高精度数控精密偶件外圆磨床是“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项成果产品，如图3所示。主要用于汽车油嘴油泵行业精密偶件加工，实现一次装卡进行针阀密封外圆配磨、密封锥面的磨削加工。机床配置精密数控转台，实现不同砂轮的交换磨削，磨削精度达到国际同行先进水平。机床配置三轴数控系统，全部数控轴都实现绝对测量闭环控制。砂轮主轴采用北二自主开发的高精度动静压砂轮主轴系统，配置砂轮在线自动平衡系统。机床配置在线测量系统，可实现工件轴向和径向的在线自动测量，同时可实现工件——针阀外径对针阀体中孔的间隙配磨，配磨精度高，机床安全可靠。机床配置机内自动上下料系统，实现了小型工件的自动快速换装，砂轮的自动加工与砂轮修整自动循环切换。结合工件加工精度的自动测量，实现了在自动循环加工条件下无人值守的自动化加工。



图3 北二的B2-K2012 高精度数控精密偶件外圆磨床

上海机床厂有限公司本次共展出三台磨床，分别是H405-BE数控复合磨床、H367数控随动高精度偏心轴磨床及H405-AJ数控曲轴磨床，如图4所示。数控曲轴磨床是一台数控切点跟踪曲轴磨床，此机床采用卧式布局，砂轮架移动数控切点跟踪磨削方式，一次装夹可实现曲轴主轴颈和连杆颈的外圆磨削。床身采用一体式铸造结构；工作台位于操作位之前，固定于床身前部；头架（C轴）布置在工作台左侧，采用滚动轴承和内装式力矩电机结构；尾架布置在工作台右侧，采用固定式顶尖，由液压油缸驱动；尾架后侧为固定位置金刚滚轮修整器；工件支撑采用液压中心架。砂轮架X轴导轨采用闭式静压导轨，采用Hyprostatik公司的PM流量控制器，直线电机驱动。砂轮架主轴系统采用滚动轴承，内装式电机驱动。机床最大回转直径200 mm，最大磨削长度750 mm，最大砂轮线速度150 m/s，最大工件重量30 kg，中心架上最大可磨削直径60 mm。加工精度：圆度0.005 mm，直线度0.004 mm，表面粗糙度Ra 0.8 μm。

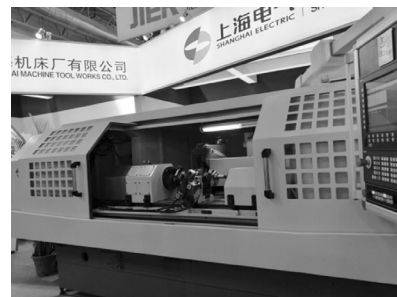


图4 上海机床厂的H405-AJ数控曲轴磨床

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

结构；头架由伺服电机驱动，带有C轴功能；尾架主轴由密集滚珠轴承支承、尾架套筒采用弹簧顶紧、液压后退；工作台采用双层结构，由伺服电机直接驱动高精度滚珠丝杠实现在纵向的移动；砂轮架采用直线电机驱动，配置高精度线性光栅尺保证进给精度；砂轮主轴系统采用高精度动静压轴承保证磨削时主轴的回转精度、刚度和工作稳定性。机床可完成工件的自动对刀，并且可根据用户需要配备高精度偏心轴磨削量仪。机床最大工件回转直径200 mm，最大工件安装长度500 mm，工件最大偏心距5mm，CBN砂轮线速度80 m/s，最大工件重量30 kg。加工精度：圆度： $\leq 0.002$  mm（偏心圆档）、 $\leq 0.0015$ （非偏心圆档），纵截面直径一致性（偏心圆档）： $\leq 0.0025$  mm，偏心距误差： $\pm 0.0025$  mm，表面粗糙度Ra0.32  $\mu$ m。

### 三、高效与自动化、专业化的融合

高效与自动化紧密相连，高效的机型设计与自动化机器人以及现代信息与自控技术的完美结合，成就了现代高性能装备的高速发展。而面对个性化和多变的市场需求，专业化定制产品与服务得到了快速发展。各企业在设计上优化结构，采用模块化设计的方式以达到快速响应客户需求的目的。

此次展会台湾大光长荣机械股份有限公司、上一工业股份有限公司、钜隆精机股份有限公司、荣光机械股份有限公司、程泰机械（吴江）有限公司、福裕事业有限公司等悉数参展，并纷纷亮出自己特长的产品。台湾机床的总体特点是规模偏中小型、结构紧凑、采用模块化设计，提供很

多模块供选择，以适应不同的用户需求，且性价比相对较高。

钜隆精机股份有限公司此次展出了数控复合式内外圆磨床，如图5所示。此机床设计有双砂轮轴，可以同时内/外圆、内/外端面、正/反斜度等一次性磨削加工，提高同心精度及生产效率。机床床身使用振动特性及热传导表现都非常优异的人造花岗岩材料，提高磨削精度的稳定性。除了定尺寸磨削之外，专利设计的自动测量装置，可进行内圆、外圆、外端面及内端面等快速微量的磨削加工，大幅度节省了加工时间，提高了工作效率。针对不同工件的加工需求，提供不同转速的皮带传动结构主轴，每个主轴都经过严格的动平衡校正及组装检测，以确保出厂后的高性能。主轴有防水气专利设计，可大大延长主轴的使用寿命。内孔圆度及外径圆度均达到0.001mm，表面粗糙度达到Ra0.2~0.3  $\mu$ m。



图5 台湾钜隆精机股份有限公司  
数控复合式内外圆磨床

另外，德国的威尔海姆巴米勒精密机械（北京）有限公司展出的高精度数控内外圆磨床、台州北平机床有限公司展出的五轴数控工具磨床、武汉机床有限公司展出的五轴数控工具磨床、天津第一机床总厂展出的数控高精度立式复合磨削中心、日本冈本工机（常州）有限

公司的CNC复合外圆磨床机成型磨床、丰田工机（大连）展出的CBN凸轮轴复合磨床，以及宇环数控机床股份有限公司展出三台设备：全数控精密双端面磨床、全自动曲面抛光机及高精度立式双面研磨抛光机。这些展品也各有特色，从不同侧面展示了公司的技术特点和实力，给展会增添了亮点。

### 四、结语

历时一周的CIMT2017展会结束了，通过展会我们看到了当今最新的数字化制造和解决方案。随着数字化时代的到来，全球机床工具行业顺应时代的发展，推出了一系列新技术和新产品。这些技术和产品具备鲜明的数字化生产装备的特点，磨床著名企业利用长期从事数控磨床技术研发的积淀和特有的技术优势，推出数字化工厂智能解决方案。机床的智能技术在此次展会上得到了充分的展现。

我们看到了高效与自动化产品具有极佳的性价比，众多各具特色的专业化展品，具有明确的市场定位和精深的专业特长，可应用服务于多行业、多领域的细分市场。很多展品还配有专业的应用软件，进一步提升了产品的技术底蕴并助推机床效能的充分发挥。我们看到了具有高精度、高柔性、高效率特点的随动磨削技术得到了广泛的应用。看到了我们产品的功能配置、外观设计和制造水平方面进步显著。

面向未来，在机遇与挑战并行中，磨床行业要不懈努力，不急功近利，一步一个脚印，踏踏实实的把创新当作使命，更好地满足市场需求，为打造制造强国、迈向创新强国做出我们的贡献。 □

# CIMT2017磨料磨具展品述评

中国机床工具工业协会磨料磨具分会

CIMT2017已经顺利闭幕，本届展会继续延续了以往的恢宏和精彩，一批具有智能、绿色、高效、精密、复合等技术特点的展品，成为关注热点。为机床配套的境内外磨料磨具企业也充分展示了各自领域的高档磨料、磨具和技术。

2017年是“十三五”规划的攻坚年，是供给侧结构性改革深化年，CIMT2017主题确定为“新需求、新供给、新动力”契合了这一主线。中国机床工具市场正在经历着全面而深刻的变化，可以明显地看到需求结构的快速升级、自动化成套、客户订制和普遍的换挡升级成为主要方向。为适应市场需求的新变化，磨料磨具行业必须从供给侧入手，加快产业转型升级、优化产品结构、清洁生产和去产能，提供满足客户新要求的产品技术和服务模式，从而通过转型调整获得自身发展的新动力。

在CIMT2017上，磨料磨具参展商们深深感受到新需求带来的新供给以及新的发展动力而带来

的共鸣。

国内磨料磨具参展企业展示出了陶瓷微晶磨料及高效精密磨削系列磨具、树脂双端面磨系列砂轮和高端轴承超精加工用高性能超精油石系列产品等高档磨料磨具，这些都是参展企业近些年不断研发新产品，摆脱低端产品，重视环保和现代化生产线建设的最新成果展示。

下面就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。

## 一、磨料磨具展商及展品

参加本届展会的磨料磨具国内企业包括：山东鲁信高新技术产业有限公司、苏州远东砂轮有限公司、江苏苏北砂轮厂有限公司、福清市融马砂轮有限公司、常熟市巨力砂轮有限责任公司、郑州宇峰研磨材料有限公司、河南捷利达超硬材料制品有限公司、日照经

济开发区威斯顿陶瓷材料科技有限公司。参展CIMT2017的国外磨料磨具企业有Saint-Gobain、3M、NORITAKE、TYROLIT、HERMES等国外知名品牌的磨料磨具企业。

### 1. 山东鲁信高新技术产业有限公司

山东鲁信高新技术产业有限公司（以下简称鲁信高新）是国内最早研制生产钢厂连轧生产线棒材切割大直径砂轮锯片的专业磨具生产厂家，生产的直径1250mm树脂高速（线速度100m/s）切割砂轮，质量达到了进口同类产品的质量水平。直径1500~1600mm树脂高速耐热切割砂轮，用于大规格热轧和锻钢钢胚温度在700~1000℃的热切割，质量达到国外先进水平，在国内长城特钢、北满特钢、西宁特钢、天工集团等钢厂广泛使用。近期在大连金牛特钢、抚顺特钢、南京钢厂等钢厂实验成功，而价格却低于国外同类产品的30%左右。

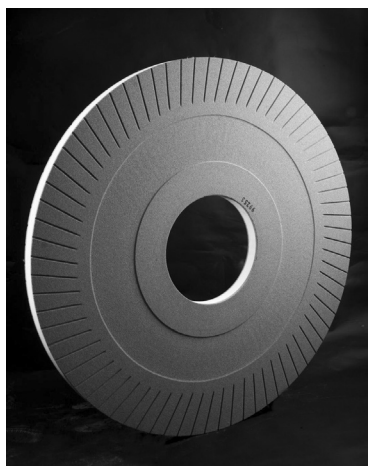




山东鲁信展品：1.6米树脂大切割片

## 2.江苏苏北砂轮厂有限公司

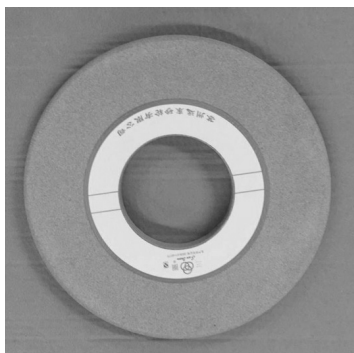
江苏苏北砂轮厂有限公司，创立于1964年，是一家集科研、生产、销售为一体的大型固结磨具制造企业。主要产品为外径（3~1600）mm、厚度（3~550）mm的陶瓷、树脂、橡胶结合剂固结磨具和CBN、金刚石等超硬磨具制品。产品覆盖汽车、冶金、机械、造船、环保等领域，是中国最大的磨具生产基地之一。先后采用新材料、新技术、新工艺、新装备制造出高速重负荷砂轮、特大直径砂轮和磨轧辊砂轮等可替代进口的新产品。该公司在展会上展出的磨曲轴砂轮受到参观者的关注。磨曲轴砂轮主要用于汽车、摩托车发动机及大型船用柴油机的高强度耐磨合金钢、锻钢、铸钢或球墨铁材质的曲轴磨削加工。产品销售遍及全球20多个国家和地区以及国内20多个省、市、自治区。



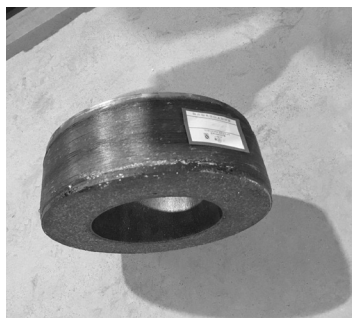
苏北砂轮厂展品：磨曲轴砂轮

## 3.苏州远东砂轮有限公司

苏州远东砂轮有限公司为中国500强之一创元投资发展(集团)有限公司旗下上市公司创元科技的全资子公司。该公司引进德国技术和设备，生产高品质涂附磨具产品。主要产品有“三圈”牌陶瓷、树脂结合剂磨具，涂附磨具，金刚石和CBN磨具及金刚石修整滚轮等，远销欧美、亚洲、非洲、中东等国家和地区。



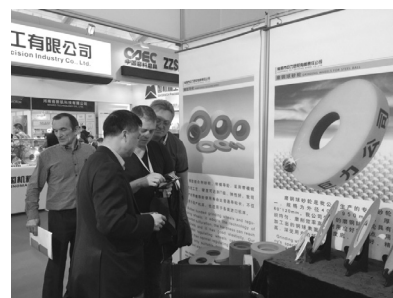
苏州远东公司的陶瓷微晶砂轮



苏州远东展品：磨铁轨砂轮

## 4.常熟市巨力砂轮有限责任公司

巨力公司为磨料磨具分会常务理事单位，在展会期间展示的橡胶结合剂砂轮、带模导轮，采用带模硫化先进工艺，硬度可达T级，弹性好，外径≤600mm，厚度≤400mm，粒度F80-W28，受到了参观者的青睐，在日常的生产销售中也是销售最好的。此外，生产的刀具专用陶瓷金刚石砂轮可替代进口产品，为广大用户降低30%-40%的成本。



常熟巨力砂轮有限公司邵总在展位上接待来访外商

## 5.河南捷利达研磨制品有限公司

捷利达是磨料磨具分会理事单位，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平面度、平行度及粗糙度Ra均达到国际先进水平。据了解，该公司本届展会上直接签单10份。



郑州捷利达展品：双面研磨机

## 6.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，一直以来公司以市场为导向，研发新品、升级，实现了常规产品向中高档产品的转化。此次他们带来了最新产品电晶圆抛光片，打破了以前都是需要从日本进口的格局，现在为国家电子芯片国产化进程设计生产，并且在CIMT2017上受到了来访参观和客户的关注。客户化定制的不断深化也给企业带来了生机和活力，公司在展会上直接签订单10份。



郑州宇峰展品：电晶圆抛光片

## 7. 福清市融马砂轮有限公司

福清市融马砂轮有限公司主要生产高端磨料SGEL、陶瓷微晶磨具。同时开发生产树脂与陶瓷CBN砂轮，以顺应研磨向更高端发展，向超硬制品延伸。该公司展出的纸浆无心抛光砂轮，用于减振器轴、精密轴的抛光，经过五年的研发，纸浆无心抛光砂轮可以和日本UB在亚太地区竞争的产品相媲美，并出口日本、韩国、泰国。BE筒形与双端面砂轮，用于不锈钢餐刀和轴承研磨，环保，高切削力，高光洁度。SGEL磨料目前已经出口多个国家。展会期间得到德国企业认同，达成了采购意向。



福清融马展品：无心抛光砂轮



福清融马展品：BE筒形与双端面砂轮



福清融马展品：SGEL磨料

## 8. 威斯顿陶瓷材料科技有限公司（山东义百度）

威斯顿陶瓷材料科技有限公司（山东义百度）是一家民营企业，一直以来自主研发专有磨具技术生产，产品品质已达到国际先进水平。除品种规格齐全外，并针对国内齿轮加工企业对砂轮特性的不同需求，研发了不同性能要求的特型产品。高速蜗杆磨砂轮目前在国内可以替代3M进口产品。自主研发生产的弧齿磨砂轮，据了解目前在国内总体质量品级与诺顿相当，而且个性化程度高、性价比更优。



威斯顿陶瓷材料科技有限公司（山东义百度）展品：弧齿磨砂轮



威斯顿陶瓷材料科技有限公司（山东义百度）展品：高速蜗杆磨砂轮

## 9. 日本 NORITAKE

则武的重负荷砂轮生产已有近50年的历史，具备年生产3万片常温--1000℃钢胚修磨用重负荷砂轮的能力。在生产工艺上除了选用普通烧结刚玉磨料及锆刚玉磨料等主流原材料以外，区分钢种优先选用高纯度烧结刚玉磨料，形成产品的加工效率及使用寿命优势。随着加工技术的不断进步，针对逐步增多的特钢及合金钢等难磨材料，NORITAKE CBN砂轮在航空、汽车、轴承等领域一直致力于高精度、高品质的产品加工。超精油石通过特殊工艺，扩大了产品粒度范围，通常粗、精两道工序可统一成一道工序，并达到镜面加工要求。



NORITAKE电镀CBN砂轮





NORITAKE 齿轮珩磨用砂轮和成型磨砂轮



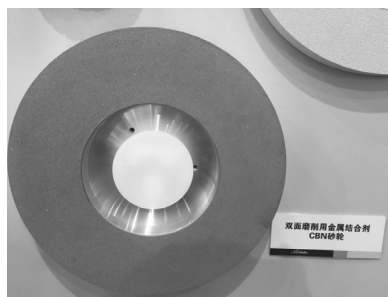
NORITAKE 曲轴研磨CBN砂轮



NORITAKE异形超高速砂轮



NORITAKE 重负荷磨削砂轮



NORITAKE 金属结合剂 CBN砂轮



NORITAKE无心磨砂轮

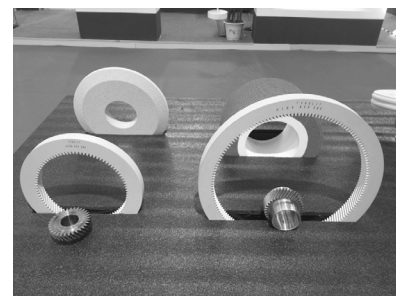


NORITAKE超精油石和镜面加工无结合剂超精油石

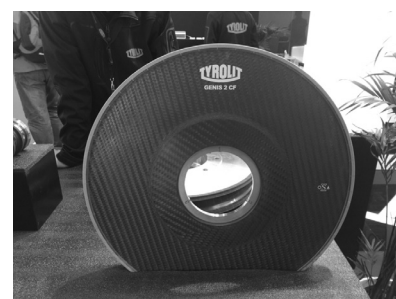
## 10. 泰利来 TYROLIT

奥地利TYROLIT新一代陶瓷结合剂珩磨砂轮比第一代修整周期延长了十倍, 磨曲轴、凸轮轴、万向结、丝锥螺纹、滚珠轴承内圆磨砂轮, 通过

CSSULTRA系统, 重新构建显微结构, 提高了砂轮的磨削性能, 线速度达到125m/s, 一直以来在高端磨具领域处于领先地位。



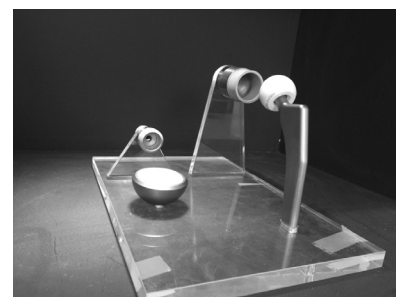
TYROLIT 珩磨砂轮



TYROLIT 碳纤维基体 CBN砂轮



TYROLIT 安装定位



TYROLIT 磨关节砂轮

## 11. 法国圣戈班

法国圣戈班也展出了丰富的产品, 代表了国际磨料磨具行业先进水平。





SAINT-GOBAIN TG砂轮



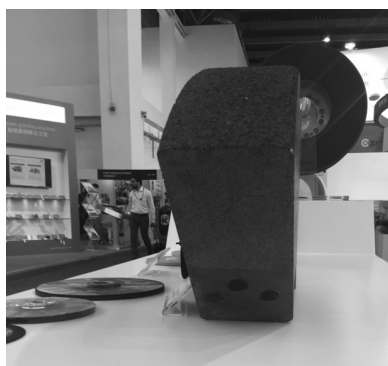
SAINT-GOBAIN碳纤维基体陶瓷  
CBN砂轮



SAINT-GOBAIN NQ砂轮



SAINT-GOBAIN新型蜗杆磨砂轮



SAINT-GOBAIN  $\phi 600\text{mm}$   
钢胚PCC砂轮

## 二、总体评述

走进CIMT2017,可以深切感受到具有智能、绿色、高效、精密、复合等技术特点的展品已成为大家关注的热点。创新、转型升级、开拓高端市场已成为大家交流的主题。从CIMT2017磨料磨具展品亮点中可以看到:普通磨具正向着精品化方向发展,以适应快速发展的机床行业的需要。

国外参展磨料磨具企业磨具展品依然保持着外形加工采用先进的数控车床加工,使得各种异型加工得以实现,确保了几何尺寸和形位公差达到机械加工行业的水平。例如圣戈班加大对航空发动机叶片、风电齿轮,以及能源行业打磨片、蜗杆磨等刚精密度砂轮的研制。创新型蜗杆磨砂轮采用独特的双层设计,每一层应用不同的工艺技术,可分别用于齿轮的磨削及抛光,能够在同一工位完成两道工序,极大地提高生产效率,抛光后的产品可以达到 $R_z < 1.5$ ,  $R_{pk} = 0.2 \mu\text{m}$ 。用陶瓷微晶磨料制造的TG砂轮气孔结构具有很强的渗透性和很高的气孔率,磨料和气孔分布均匀,能最大限度地使冷却液进入到磨削区域,有效减少磨削过程中产生的热损耗,非常适合高效率、高精度及特殊材料的加工,在齿轮成形磨、平面磨和强力磨上效果最好。特别值得一提的 $\phi 600\text{mm}$

钢胚PCC砂轮,速度达到 $80\text{m/s}$ ,内加三根圆钢,起到钢筋补强的特殊效果,为钢厂专用产品。碳纤维 $200\text{m/s}$ 高速磨削砂轮,以质量轻、抗震性能好的特点,已在汽车行业批量应用。

参展企业山东鲁信、苏州远东、福清融马企业的磨具展品都采用了本企业生产的陶瓷微晶磨料,产品切削水平有了较大提升,受到了参观者的好评,展会上订单量较往届增加。但从CIMT2017上,我们也发现了国内外高档磨料之间存在的差距,尤其是圣戈班的SG-NQ-TG-ACTOS四代陶瓷磨料已广泛使用在高档磨具的制造当中。目前国内以四砂泰益、福清融马为代表陶瓷微晶磨料的研发则处在二代、三代水平。

在CIMT2017上,分会组织磨料磨具参展企业上下游交流会,邀请德国专家到展位上面对面的进行技术交流,共同探讨、解决、突破磨料磨具技术发展的瓶颈问题,并取得了良好效果。 □



CIMT2017展会期间,分会组织多种形式的上下游企业进行技术交流



在展位上参展企业和德国专家进行技术交流

# 揭秘呼吸的质量

卡尔蔡司（上海）管理有限公司

TCPAP发生器是用来给新生儿提供稳定的空气输送，因此必须尽可能的密封。生产商whr Hossinger Kunststofftechnik 利用三种不同的测量方法确保CPAP的精密生产：接触测量、光学测量及白光测量。这家位于德国巴伐利亚州北部的塑料加工公司自从引进了最新一代的ZEISS O-INSPECT复合式测量机，不仅提高其内部测量的精确度，还缩短了测量时间，未来需要的外包测量服务也会减少。



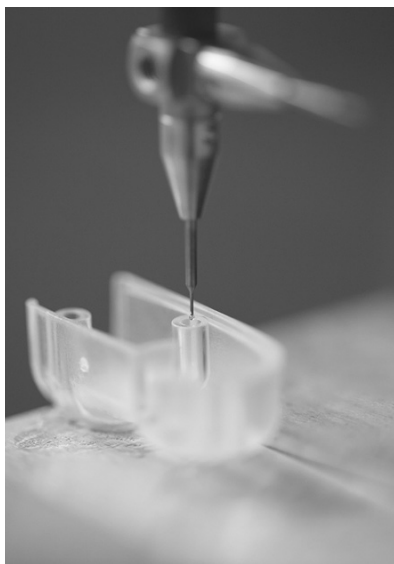
新生儿中十分之一早产，很多早产儿体重不足1千克。这些新生儿的生存几率和健康状况，很大程度上依靠完善的呼吸支持系统，在必要的情况下；必须提高氧气的水平。而这正是whr Hossinger Kunststofftechnik 股份公司的CPAP发生器大展身手的地方。“我们的发生器能拯救24孕周就出生，或体重仅有400克的生命，”质量总监Armin Hossinger说：“这是我们引以为豪的事。”CPAP缩写CPAP指的是“持续正压通气”（Continuous Positive Airway Pressure）。

CPAP发生器的原理为：把富含氧气的空气通过管道输送给各个婴儿，利用CPAP这样的微正压来管理CPAP有助于婴儿自己呼吸，并能促进肺的发育，这些都是在CPAP发生器的塑料外罩内部产生的。通过硅尖头或硅面罩，氧气必须毫无泄露地输送到患者的鼻咽区域。为了尽可能地减轻婴儿的负担，whr Hossinger Kunststofftechnik使用一种连接器系统，把各个塑料元件连在一起，而不是使用粘合剂。但只有采用高精度生产出来的零部件，才能保证CPAP发生器的气密性。质量检验的任务就是确保精确——每年CPAP 发生器的产量超过100,000 个，这是一项艰辛的任务。

## 测量实验室中的挑战

Christian Bindl, whr Hossinger 的质量管理主管列出了他在测量CPAP发生器的零部件时遇到的挑战：“壁的厚度只有十分之三毫米，允许的误差范围只有百分之几毫米、零部件形态自由、形状复杂、产品的颜色也不同……”因此测量可能会非

常费时间，比如说，要测量自由形态零部件的复杂几何元素就很费时间，因为必须得从不同角度来测量薄壁的厚度很难使用接触式测量，而且某些有颜色的产品、必须进行适当的调整光照，使之适合使用光学测量方法测量。此外，医学上的进步，对产品精度的要求也越来越高。过去这些年来，正因为这一切的需求，质量检测变得十分困难，这个中等大小的公司需要长期且昂贵的光学测量机，有时候测量任务必须外包。通过外部服务供应商，这种绕路而行的做法，不仅意味着额外的成本，而且对家族式企业的生产周期也有不利的影响。而且，在公司的光学测量机上，也没有空间测量别的医疗技术和汽车行业制造的产品。



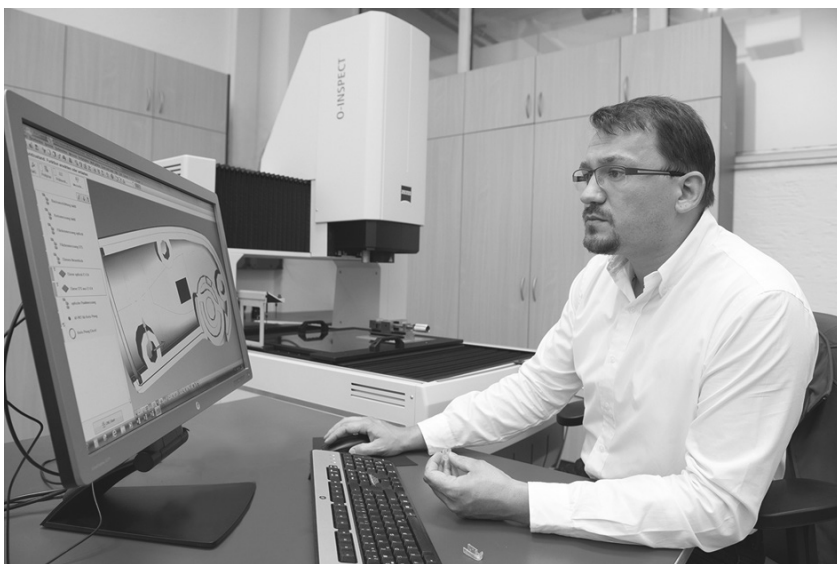
### 三合一

2014年，Hossinger 和Bindl开始寻找新的测量方法，同时也在想办法扩充已有的光学测量机的能力。将来他们计划在公司内部测量更多的产品——并且要更准确、更迅速的测量。他们经过一些调研，很快就对蔡司O-INSPECT复合式测量机产生了兴趣，主要因为其能在一台机器上结

合了三种不同的测量原理：

接触式测头、影像测头以及白光测头互为补充。除了更高的精度，这机器还带来了提高效率的机会。只有一个问题：机器的测量范围只有400 x 400 x 200 mm，这对whr Hossinger 所生产的大型工件来说太小了。

据Bindl说，不考虑其它厂商测量机的原因，是他们没有白光测头。现在呢？Hossinger和Bindl与蔡司取得了联系。很快他们就作为试点客户签署了合同。这家家族式的企业同意支持蔡司，同时获取即将投入市场的最新一代的复合式测量机。作为最早的市场参与者whr Hossinger可以从改进版的O-INSPECT 中获取好处，该机型不同于以往的蔡司O-INSPECT产品系列。其测量范围更大为500 x 400 x 300 mm。对whr Hossinger 来说，这正是他们需要的，这意味着公司对新机器的最终需求终于得到了满足。



### 选择的自由

几个月前，公司开始使用这台机器作业，运行的情况令Bindl很满意：“接触式、影像、白光传感器：这三种测量方法相互作用的方式真是无与伦比，这让我们的检测过程非常高效。”他通过CPAP发生器的一种半套管来演示这些新的特性。这些半套管之后形成中空的空间，其间形成CPAP的压力。whr Hossinger 在生产开始和结束时测量这些半套管，并进行随机抽样。其目的是在生产过程中鉴别出不牢固的组件，这样在理想状况下，在洁净室里生产的全部CPAP发生器在最终的功能测试时都能通过，保证没有次品。测量实验室中，在复合式测量机上进行半套管的随机抽样分为三个步骤。第一步，蔡司O-INSPECT对工件进行接触式扫描。该步骤大概要花上一分钟。这时候，接触测头获取将两个半套管连接在一起的定位销上孔的位置信息。密封壳上附加着的控制氧气管适配器的位置及直径，也是利用接触式来测量。要求公差范围控制在百分之一到百分之二毫米之间才能防止零部件漏气或破裂。第二步，测量机会自动从接触式测量切换到影像测量。在约1分30秒的时间里，影像测头测量氧气管适配器的轮廓。半透明的半外罩——这个版本是黄色的——使用蓝光照射，以突出其结构。蔡司O-INSPECT提供了不同的选择，操作人员可以根据工



件的颜色，选用蓝光或红光照明，不同的光会形成不同层度的对比度。该传感器能反映壁结构的变化，哪怕只是高了百分之二三毫米。之后用这些数据来修正CPAP发生器，以便对特定患者鼻子的形状进行匹配。影像的测量最适合这项任务，因为其能快速且灵活地呈现出几何学元素。之后这个测量过程就无缝切换到第三步，白光测头能以前所未有的速度获取工件的轮廓，其极高的精度，仅用15秒，就能获取一个包含3000个特征的点云。这些特征可鉴定半套管要匹配部分的密闭轮廓线。白光测头对这个任务来说是非常理想的，因为壁的厚度只有十分之三毫米，非常薄，测量时需要获取多种特征。

### 精度翻倍，测量时间缩短

Bindl很高兴：“复合式测量机给计量人员带来了很大自由，他们可以灵活决定用哪种测头。即使是已经设置好的程序，也能很方便地从一种方式转换到另一种，不会有任何的麻烦。”这里用的是CALYPSO软件，无论用的是三种中的哪一种测头，Bindl与其他同事使用CALYPSO编写了所有的测量程序，这让编程和切换测量方式更加便捷。

CALYPSO不仅能在不同的测头下使用，更能在不同的机器下使用。他们不仅有复合式测量机，还引进了蔡司CONTURA三坐标测量机，但公司只需要两名同事适应一种软件即可。一台机器的接触式测量程序也能用于另一台，反之亦然。它们甚至能把服务供应商所获取的电脑断层扫描的数据与来自其它测量机器的数据进行交换。“这让我们能非常灵活地选择测量方法。” Bindl说。

whr Hossinger购入的复合式测

量机已初显成效，因为其灵活性好，精度高、速度快。不仅公司外包的测量任务更少了，而且利用蔡司O-INSPECT，Bindl和同事现在还能以极高的精度与可重复性去处理大量的测量任务。否则，他们就需要有三台不同的测量机。质量经理说，“与之前的测量机相比，我们现在的检测精度翻了一倍。而且要是没有白光测头，我们花在测量上的时间，也要更长。”据Bindl说，蔡司O-INSPECT让whr Hossinger Kunststofftechnik的计量人员有了“喘息的空间”。

### 白光测头是怎样发挥作用的？

使用白光测头无需接触就能迅速获取工件的轮廓。在敏感的、反光的或低反差的表面使用接触式及影像遇到困难时，白光测头就成了首选的方式。一项精细的技术使其成为可能：使用白光照射工件带色差的特殊光学测头将光线分成光谱颜色。由于光的折射取决于颜色，每个光谱颜色都有不同的焦平面。光谱仪可分析反射光，并确定是哪种色光的强度最大。然后测量机能确定测头和表面的距离，并用这个信息得到零部件的准确形貌。□



whr Hossinger

whr Hossinger Kunststofftechnik股份公司位于德国罗丁市，拥有60名员工，主要为医疗技术和汽车行业开发、设计并制造工艺塑料系统。

这是一家由家族运营的公司，成立于1925年，如今他们的产品涵盖了整个塑料注塑成型加工链。

包括设计和工程管理、工具制造、塑料零件的生产和组装，以及客户定制包装、交付和物流策略。

作为雇主，whr Hossinger 因其个性化的工作时间而著称，比如说，组装区没有固定轮班制度。

这就让这家位于经济繁荣的巴伐利亚州卡姆地区的公司，吸引了那些原本在工作与家庭之间难以平衡时间的工作人员