

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.3 2013
2013年6月
June 2013

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
经济导报社

地址：香港湾仔轩尼诗道342号十六楼
电话：(852) 2572 2289 传真：(852) 2834 2985
电子邮箱：eiaet@pacific.net.hk

顾问：梁训瑄 于成廷
主任：吴柏林
副主任：王黎明 耿良志
编委：

关锡友 张志刚 龙兴元 黄 照 马伟良 元晋予
王陆洲 叶 军 刘家旭 周 辉 朱 峰 石 光
杜立群 刘炳业 陈 江 陈永开 陈吉红 宓仲业
赵甲宝 王 旭 张明智 魏华亮 毛予锋 李晶明
陈惠仁

特邀编委：

刘宇凌 李先广 姜怀胜 李维谦 于德海 刘春时
李宪凯 魏而巍 夏 萍 范小会 徐安宁 陈德忠
徐 刚 吴建民 伍 衡 朱继生 李志宏 桂 林
李保民 汪爱清 王跃宏 张国斌 初福春 王明远
高克超 刘庆乐 王兴麟 董华根 胡红兵 李振雄

总编辑：李华翔

副总编辑：杨春林

编辑：沈绍基 张芳丽

广告部主任：韩 强

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

广告总代理：经贸广告有限公司

地址：香港湾仔轩尼诗道342号16楼

电话：(852) 2591 2802, 9472 6072

传真：(852) 2834 2985

电子邮箱：wmem_ad@yahoo.com

惠赐广告，请洽一沈绍基经理

承印：北京汇林印务有限公司

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

2013年第3期（总第126期）

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

37 秦川机床在CMT2013订单逾亿等7则消息

展会报道 Exhibition

39 CMT2013圆满落幕，展会品味不断提升 机床协会传媒部
CMT2013 is continues a successful event

42 “创新•可持续发展”高层论坛揭开CMT2013帷幕 机床协会传媒部
The Forum of “Innovation and sustainable development”
successfully opened the curtain of CMT2013

45 2013军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会 机床协会传媒部
在京成功召开
Application of domestic CNC machine tools in military and energy industries

46 加强信息交流 促进跨国并购 机床协会传媒部
——机床工具行业海外并购企业座谈会成功召开
Enhance information exchange and promote overseas operation

47 CMT2013专用磨床展品评述 刘传金
Grinding machines shown during CMT2013

54 从CMT2013看位移传感器的新发展 卢国纲
New development of displacement transducer based on CMT2013

59 凝聚创新共识 汇集发展动力 沈福金
——CMT2013观感
Innovation and sustainable development

行业论坛 Forum

63 面向可持续生产的机床工具业 恩里科•安那康迪亚
Machine tools for a sustainable manufacturing

65 借助创新促进经济发展 道格拉斯•武德
Leveraging innovation to drive the economy

67 机床工具业如何为创造可持续发展未来做出贡献 安琼•洛佩斯•乌索斯
How the machine tool industry plays its part in creating a sustainable future

专题综述 Special Report

69 机床高速主轴（电主轴）性能测试技术进展 冯 明等
Progress of performance testing technique for high speed spindle
(motor spindle) of machine tools

74 应用于数控机床的绝对式光栅尺 吴宏圣
Application of absolute gratings on CNC machines

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

4月27日，为期6天的第十三届中国国际机床展览会（CIMT2013）圆满落下帷幕。展会上，全球知名机床工具制造商们带来的新技术、新产品，很好地诠释了“创新·可持续发展”这一展会主题，既展示科技的魅力，又凸显了创新的力量。

本期，我们将对CIMT2013展会的整体举办情况，以及丰富多彩的配套活动进行深入报道；刊登各行业分会组织的展品评述内容。另外，邀请行业专家，在“专题综述”栏目中，对机床高速主轴（电主轴）性能测试技术、绝对式光栅尺的最新应用和发展情况进行重点论述；在“产品与技术”栏目中，对最新PVD涂层技术、超高速陶瓷CBN砂轮、高质量编码器等展会所展示的最新的技术和产品进行了详细介绍。

当前，国内机床工具行业整体正处于艰难的“转型升级”阶段，外贸进出口情况也能从一个侧面及时反映出行业经营情况。本期刊登的“2012年我国机床工具行业外贸总体情况”一文，从机床工具产品进出口概况、我国机床产品进出口特点、世界机床进出口情况等几方面进行了详细解读，并对2013年的进出口形势进行了预判。这对于全行业企业经营策略的制定和调整有着积极的借鉴意义。

今后，我们还将持续关注CIMT2013展会技术与产品亮点，深入挖掘相关题材，及时刊登相关内容，为推动行业技术进步，加快行业“转型升级”步伐，尽期刊的一份力量。

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。



荣获第一届(2013)台湾经济部门卓越中坚企业奖
荣获第一届(2011)台湾经济部门卓越创新企业奖
荣登福布斯杂志(Forbes) 2012亚洲企业200强

关键技术 整合服务

引领全球创新科技



荣获2013年台湾精品金质奖

交叉滚柱轴承

Crossed Roller Bearings

- 专利之高负荷承载能力设计
- 高刚性
- 尺寸及精度精度高于国际标准
- 同时承受任何方向之负荷
- 旋转顺畅度佳
- 体积小，节省空间
- 容易安装与调整
- 多种轴承型式与尺寸以供最佳选择
- 可以提供客制化设计



2001~2013连续13年荣获台湾精品金质奖



滚珠丝杠
Ball Screws



直线导轨
Linear Guideway



工业机器人
Industrial Robot



直线电机
Linear Motor



交叉滚柱轴承
Crossed Roller Bearing



直驱式定位平台
Torque Motor Direct drive Motor



线性致动器
Linear Actuator



位置量测系统
Positioning Measurement System



AC伺服马达
伺服马达驱动器
AC servo Motor & Drive

全球营运总部

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

关系企业

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

HIWIN中国大陆直属经销商：

天津隆创日盛科技有限公司
天津市西青区中北工业园(北园)曦露路3号
Tel: (022) 2742-0909 邮编: 300380

上海诺银机电科技有限公司
上海市闵行区金都路1338号1幢108室
Tel: (021) 5588-2303 邮编: 201108

深圳海威机电有限公司
深圳市坂田坂雪岗大道象角塘沿河路1号
Tel: (0755) 8211-2058 邮编: 518000

金太客研磨科技有限公司
江苏省苏州市吴中区胥口镇孙武路1026号
Tel: (021) 5877-6836 邮编: 215164

HIWIN海外厂

德国
www.hiwin.de

捷克
www.hiwin.cz

日本
www.hiwin.co.jp

瑞士
www.hiwin.ch

美国
www.hiwin.com

法国
www.hiwin.fr

以色列
www.mega-fabs.com

索取数据请将号码09填入读者服务卡

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

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

Publisher: CMTBA

Economic Information & Agency

Add: 16/F., 342, Hennessy Rd., H.K.

Tel: (852) 2572 2289 Fax: (852) 2834 2985

E-mail: eiaet@pacific.net.hk

Edit-Committee Consultants: LIANG Xun-xuan, YU Cheng-ting

President of E-C: WU Bai-lin

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
GENG Liang-zhi

Committeemen:

GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG Xing-yuan,
HUANG Zhao, MA Wei-liang, YUAN Jin-yu, WANG
Lu-zhou, YE Jun, LIU Jia-xu, QU Bo, ZHU Feng, SHI
Guang, DU Li-qun, YANG Jing-yan, CHEN Jiang,
CHEN Yong-kai, CHEN Ji-hong, MI Zhong-ye, GAO
Rong-sen, WANG Xu, ZHANG Ming-zhi, WEI Hua-
liang, MAO Yu-feng, LI Jing-ming, CHEN Hui-ren

Specialy Invited Committeemen:

LIU Yu-ling, LI Xian-guang, JIANG Huan-sheng, LI
Wei-qian, YU De-hai, LIU Chun-shi, LI Xian-kai, WEI
Er-wei, XIA Ping, FAN Xiao-hui, ZHAI Wei, CHEN
De-zhong, XU Gang, LIU Gui-bao, WU Heng, ZHU
Ji-sheng, LI Zhi-hong, GUI Lin, LI Bao-ming, WANG
Ai-qing, WANG Yue-hong, ZHANG Guo-bin, CHU
Fu-chun, WANG Ming-yuan, GAO Ge-chao, LIU
Qing-le, WANG Xing-lin, DONG Hua-gen, HU Hong-
bing, LI Zhen-xiong

Chief-Editor: Li Huaxiang

Deputy Chief-Editor: Yang Chunlin

Editor: George Shen Zhang Fangli

Advertising Manager: Han Qiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising Agency:

E & T Advertising Ltd.

Add: 16/F., 342, Hennessy Rd., Hong Kong.

Tel: (852) 2591 2802, 9472 6072

Fax: (852) 2834 2985

E-mail: wmem_ad@yahoo.com

For advertising, please contact —

General Manager: George S.J. Shen

EPE European Production Engineering
欧洲生产工程

Publisher

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG,
Kolbergerstrasse 22, D-81679 Muenchen,
Phone +49 89 99830-254 Fax +49 89 99830-6 23,
http://www.hanser.de

Publishing Director: Michael Himmelstoss

E-Mail: epe@hanser.de

Advertising Director: Dietmar von der Au

Tel. +49 89 99830-214 Fax +49 89 99830-623

E-Mail: au@hanser.de

EPE powered by

WB Werkstatt + Betrieb

目录 CONTENTS

2013年第3期 (总第126期)

- 78 北京高端装备制造领域科技创新基地发展情况初探 孙 颖 杜智强
Development of science & technology innovative basis for
high grade manufacturing equipment

产销市场 Production and Marketing

- 81 2012年我国机床工具行业外贸总体情况 机床协会市场部
Import & export of machine tool products of China in 2012

产品与技术 products & technology

- 86 浅析H13三重高离化混合PVD涂层技术 黄 烈
On H13 PVD coating process
- 90 超高速陶瓷CBN砂轮: 汽车零部件磨削的二次革命 潘名军
Superspeed CBN wheel for grinding of parts of automobile
- 93 通过考虑多项因素, 推动铸铁加工的发展 Mikael Linholm & Michael Karlkvist
More factors considered to promote the development of cast iron
- 95 苛刻要求的位移测量系统所需的高质量编码器 Helmut Kugel
- 97 NBH1000: 性能优异、持久耐用的产品典范 MAG公司
- 100 基于CAD/CAE技术的新型立卧转换五轴加工机的研制 江 平
Development of new V/H machining center based on CAD/CAE
- 103 试论车床类筒式工具系统的刀套技术含量 范亚炯
- 105 浅析机械加工中的振动产生原因及预防措施 刘际民 李 欣

海外市场 Overseas market

- 109 2013年台北国际工具机展 (TIMTOS) 考察报告 机床协会
Review on TIMTOS 2013

相关产业 Correlative Industry

被逼出来的完美加工
Perfect machining performed by force

EPE 欧洲生产工程

- 118 2013德国机床工业迈上新台阶 Sylke Becker
German machine tool industry optimistic for 2013 & EMO 2013
- 119 续写成功故事 Carl Martin Welcker
The success story continues at the EMO Hannover 2013
- 80 广告客户索引
Advertisers' index
消息 (53)

镗床 ☐	钻床 ☐
磨床 ☐	加工中心 ☐
齿轮加工机床 ☐	锯床 ☐
FMS/FMC ☐	电加工机床 ☐
专用机床 ☐	自动化生产线 ☐
板材加工设备 ☐	测量机 ☐
机器人 ☐	工具 ☐
附件 ☐	刀具 ☐
控制装置 ☐	
其他特种加工机（如激光、水切削、等离子加工机等） ☐	
其他设备（请具体说明） ☐	

10. 上述设备中贵单位拟选择的类别为：

数控型 ☐	普通型 ☐
国产 ☐	进口 ☐

11. 您计划参加 CCMT2014（第八届中国数控机床展览会）的下列活动：

寻找代理 ☐	参加论坛 ☐
参展 ☐	参观 ☐
采购 ☐	

12. 您对本刊哪些文章中的技术、新产品感兴趣？
（填首页目录中的页码）

13. 请附名片或填写您的通讯地址：
（如欲索取本期广告的详细资料，请同时填清英文部分，本刊将转请有关制造商免费寄给您所需资料。）

WMEM

June 2013
读者服务卡 Reader Service Card

Name:

Organization:

Title:

Address:

Tel. : Fax:

E-mail:

（可装订名片）

邮政编码:

地址:

单位:

姓名（职务）:

电话: 传真:

电子邮件:

请在下面方框内填写您对本刊广告中所感兴趣的广告服务项目的号码，这个号码应与广告下方或附近所注的号码一致

----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

14. 请您对本刊提出改进意见和建议：

秦川机床在CIMT2013订单逾亿

4月27日,为期6天的第十三届中国国际机床展览会(CIMT2013)落下帷幕,秦川机床在这次展会期间签订合同及销售意向金额达到12000万元,其中签订合同10500万元。

展会上,秦川发展共成交齿轮机床46台,汉江机床成交螺纹、螺杆磨床31台,宝鸡机床出口及内销订单(除两条自动生产线)达115台,格兰德机床签订合同15台,汉江工具承接复杂刀具合同100万元。

机床工具营销商座谈会圆满召开

4月25日,中国机床工具工业协会市场部邀请了国内各地区的知名机床工具营销商,召开机床工具营销商座谈会,商讨将营销商行业组织起来的相关事宜。

与会营销商一致表示,将营销商组织起来的工作非常必要,十分及时。营销商作为机床工具行业的一个重要环节,应该组织起来,在更好地为用户服务,为制造商服务的同时,提高自身的素质,更快、更好地发展营销行业,为我国机床工具的发展做出应有的贡献。



国内首次攻关点线啮合成形磨削难题 取得突破

近日,南京工大数控科技有限公司采用自主研发的数控成形磨齿机,完成硬齿面点线啮合齿轮的成形磨削加工,经检测精度达到5级。

点线啮合齿轮传动技术糅合了渐开线与圆弧啮合传动的优点,是由正变位的短齿小齿轮和上部为

渐开线而下部为过渡曲线的大齿轮组成,传动过程利用了过渡曲线,增大了重合度,提高了承载能力与传动寿命,解决了少齿数齿轮根切的现象。由于采用凹凸接触方式,综合曲率半径变大,接触强度提高,齿高小,弯曲强度增大。该种传动的齿轮副可节省材料,降低噪声,可代替渐开线齿轮,已广泛应用于冶金、矿山、起重运输等行业中的通用齿轮减速器,应用效果良好,社会效益明显。

重庆机床携新品亮相CIMT2013

4月22日,重庆机床集团携领先技术与新产品亮相CIMT2013展会。

集团本部展出了自主研发设计生产的集CHS20高效精密双主轴车床、YE3120CNC7数控高速干切滚齿机、GDV300数控倒棱机、YZ4232CNC5精密数控剃齿机及桁架自动物流线为一体的智能化ZDX轿车变速箱齿轮加工自动生成线,以及达到国内领先、国际先进水平的YW7232CNC数控万能精密磨齿机,Y3140CNC5数控高效滚齿机。

所属工具公司展出环保型干切滚刀、倒棱刀等重点新产品,以及重荷双切滚刀、挤压轮、径向剃齿刀、大螺旋角蜗轮滚刀、为客户定制的高精度小径定心拉刀、铣刀等复杂刀具产品五大类。此外,新PTG集团还展出了1台世界顶级产品FSW摩擦焊接搅拌机。



山高刀具2013春季新闻发布会在京召开

4月24日,借CIMT2013开展之际,山高刀具(上海)有限公司在京召开了2013春季新闻发布会。来自北京、上海、成都等地的多家媒体单

位记者出席了这次新闻发布会。会上，山高刀具（上海）有限公司市场总监王魄先生详细介绍了公司最新推出的六款产品，包括：Turbo 10 玉米铣刀；新理念割槽刀具 X4；新型铣削材质等级 MK2050；新型PCBN材质等级 CBN010；用于加工复合材料的整硬铣刀 JC845；新型 M6 断屑槽。这六款新产品特点鲜明，均是满足客户特定需求而研制的，主要用于解决车削铣削等加工领域所遇到的切削难题。

会上，董事总经理蒋文德先生还结合当前经济和行业发展形势，与记者们围绕“山高如何创新、以取得竞争优势”这一话题进行了热烈的讨论。



“智能锻压装备技术安徽省重点实验室”建设方案通过专家论证

5月13日，安徽省科技厅在合锻公司主持召开了“智能锻压装备技术安徽省重点实验室”建设方案论证会。与会专家在听取依托单位合肥合锻机床股份有限公司和共建单位合肥工业大学的汇报，并进行了实地考察后，一致认为该建设方案切实可行，通过论证。

专家委员会认为，“智能锻压装备技术安徽



省重点实验室”是基于安徽省装备制造行业发展需求，重在研究锻压装备乃至整个装备制造行业中的工艺、设计和制造等共性关键基础问题，为锻压装备的智能化、精密化、柔性化提供技术基础；依托单位合肥合锻机床股份有限公司与共建单位合肥工业大学，长期从事数控锻压装备技术的研究开发，拥有一批具有国际先进和国内领先水平的技术成果；具有雄厚的技术开发和产业化能力，配套设施齐全，具备承担国家、省级重大科技任务的能力。

（汪海明 供稿）

汉川新型卧加、龙门产品亮相CMT2013

借第十三届中国国际机床展览会（CMT2013）成功召开之际，汉川数控机床股份公司展出了自己的全新产品，即更加贴近用户需求的通用卧式加工中心HMC500、HMC630和定梁龙门五面体加工中心HGM1630R。

HMC500和HMC630是汉川公司融合最新设计理念，为用户量身定制的两款卧式加工中心。机床具有高精度、高速度、高效率、高刚性的特点，工件在一次

装夹后，可对四个面连续完成铣、钻、镗、铰、攻丝等多种工序的精密加工。



HGM1630R定梁龙门五面体加工中心是在汉川公司第二代定梁龙门式机床基础上设计研制的新产品。机床采用横梁固定、工作台移动、龙门框架式结构。机床主轴配备汉川公司自主研发的立卧双输出五面体铣头，可实现立卧加工自动转换、C轴自动分度，零件一次装夹后可完成五面体加工，在很大程度上提高了加工效率和加工精度，居同类机床先进水平，是高效率、高精度、高可靠性的先进设备。

（张建恒 供稿）



中国机床工具工业协会信息传媒部

第十三届中国国际机床展览会（CIMT2013）于4月22日在北京中国国际展览中心（新馆）如期开幕，并于27日成功落下帷幕。在主办方中国机床工具工业协会和共同承办方中国国际展览中心集团公司的精心组织下，在相关合作伙伴与业界同仁的共同努力下，本届展会取得了圆满成功，在经济运行持续平缓的背景下，给业界带来了新的动力和希望。

在全球经济进行深度再平衡，中国机床工具行业进入转型升级新阶段的时代背景下，主办方将CIMT2013展会的主题确定为：“创新·可持续发展”，意在强调和突出“创新”在推动机床工具产品技术进步和企业可持续发展中的重要地位和作用。

本届展会展出面积达12.6万平方米，创历届规模之最。在中国国际展览中心原有8个展馆之外，又搭建6个临时展馆。6天的展期迎来了28.4万人次的高质量专业观众，大大超出主办方和大多数展商的预期。

本届展会总展商数为1500余家，来自全球28个国家和地区，其中，境内展商800多家，境外展商700多家。山崎马扎克、DMG/森精机、大隈、牧野、发那科、西门子、山特维克、肯纳金属、山高

等国际知名机床工具企业悉数参展。在主办方进行的展商调查中，受访境外展商中，认为达到预期参展目的占84%；对观众数量和质量满意度为80%；认为展会总体管理好的占84%；有近一半的受访展商在展会上签到了新订单；有75%的展商表达了参加第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）的愿望。

本届展会展品水平普遍有较大程度提升，大多数展品体现了高精、高效、复合、智能、环保等几个要素，复合机床逐渐成为主机发展趋势，复合化程度越来越高。机器人的应用正日渐广泛，为今后的产业化发展形成市场基础。电子科技产品及无线通讯和控制技术在很多机床展品上得到应用。

一、满足市场需求结构升级，新品、精品琳琅满目

从本届展会的展品结构上可以明显看出，市场需求结构正在发生变化，大型、重型装备减少了，中低档产品市场在极度萎缩，中高档产品成为了市场需求的主体。

1. 全球首发展品满足中国市场需求

本届展会呈现出一个新的特点，即山崎马扎

克、天田等多家国际知名企业将全球首发产品放到CIMT展会来发布；同时，有多家展商展出了亚洲首台套产品，充分体现中国机床工具市场对高端产品的持续需求现状和国际知名展商对中国市场的重视。这些首发产品未必都是集中运用了当今最先进的技术，但却都充分体现了满足特定市场的针对性和实用性。

2. 大量高端展品适应需求结构升级

本届展会出现的另一大突出特点是，中高端产



品成为展品主流，自动化生产线也形成一定规模。据初步统计，在本次展会中，共展出组合柔性线17条，五轴联动机床208台，复合机床155台。从机床性能方面看，高速机床展品达453台，属于高精范围的机床为568台。

3. 机器人广泛应用预示更大发展空间

在本届展会中，能够明显看到机器人和机械手的应用已经相当普遍，几乎所有生产线和中高端机床都配备有机器人或机械手用于上下料或更换刀具，且所用的机器人性能也都有所提升，速度更快、定位更准确或抓取质量更大。市场对智能制造和工业自动化产品愈发广泛和深入的需求，无疑将为机器人等设备的后续发展提供广阔空间。



二、彰显展会品位，展期活动精彩纷呈

展会期间举办了一系列丰富多彩的行业活动和国际交流活动。这些活动都经过了精心组织和筹备，在总结原有成功经验基础上注入了创新元素，不仅使参与者深刻感受展会的品位和精髓，更能带给观众最新的信息和全新的理念。

1. 高层论坛拉开展会大幕

连续多年以来，CIMT展会都以高层论坛拉开大幕。本届展会高层国际论坛以“创新·可持续发展”为主题，邀请全球知名机床协会负责人、重要用户领域高管、研究创新的学者和业界知名企业高管深入诠释该主题，为踊跃参会的200多位业界和用户领域中高层人士带来全新的理念和启发。本届论坛在嘉宾构成、演讲内容和水平、听众质量和会议组织等各方面都有较大提升。

2. 机床与军工、能源用户长效合作机制年会成功召开

展会期间，由国家发改委、工信部、能源局、国防科工局共同主办，由中国机床工具工业协会和中国和平利用军工技术协会承办的机床与军工、能源用户长效合作机制年会，即“2013军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会”成功召开，相关行业近200名代表参加了会议，工信部装备工业司有关领导到会并讲话。会议为供需各方搭建了交流、沟通和合作的平台，明确了长效合作机制下一步工作方向和今后的主要任务。



3. 各国和地区机床协会首脑联席会，加强了信息沟通

在各国家和地区机床协会首脑联席会上，美国、

日本、德国、意大利、英国、瑞士、西班牙、韩国、土耳其、印度、阿根廷、中国台湾等10余个国家和地区机床协会的主要领导人或重要代表出席了会议。通过介绍，与会代表加深了对中国机床工具市场现状和发展趋势的了解，并分别介绍了各自的行业运行和市场情况。

4. 海外并购座谈会加强信息交流

展会期间，中国机床工具工业协会组织召开了“机床工具行业海外并购企业座谈会”，来自国内机床工具行业30多家企业的代表出席了会议，商务部有关领导到会并讲话。嘉宾们围绕海外并购，从政策、法律法规、实战体会等多角度出发的讨论内容，受到了与会代表的普遍赞誉。今后，随着中国机床企业实力不断增强、参与海外并购的热情日益高涨，座谈会定将发挥越来越重要的平台和纽带作用。

5. 公布了全新改版的先进会员四项十佳评选结果

展会开幕当日，中国机床工具工业协会发布了全新改版后的先进会员“十佳”评选结果，并对获奖企业和产品进行了表彰。2012年度十佳奖项分别是“产品质量十佳”、“自主创新十佳”、“数控产品销售收入十佳”和“综合经济效益十佳”等四个奖项，突出了产品创新和应用。这些获奖展品和相关企业在CIMT2013展会上呈现出一道亮丽的风景。

6. 重大专项展示吸引关注

由工业和信息化部主办、中国机床工具工业协会承办的“高档数控机床专项成果展”吸引了很多观众驻足观看和拍照。100块图文并茂的展板涵盖了40多家企业的70多个专项课题，以技术进步为主线，集中宣传、展示数控机床专项成果。与之相呼应的是展台上的实物展示，突出了成果在重点领域的应用，体现了“专项”在推动行业技术进步方面所发挥的重要作用。

7. 举办了90多场技术交流讲座

展会上来自境内外各国政府、协会、企业、院所的61家主讲单位，共举办技术交流讲座91场，其中境外企业举办60场，占讲座总数的65.9%，国内企业举办31场，占讲座总数的34.1%。参加技术讲座的听众达4850人次。

三、高端展示平台，吸引社会各界广泛关注

高质量的平台、高品位的展示吸引了社会各界对机床工具行业的高度关注。短短6天展期内，接待了数十位专程前来参观的领导、专家和驻华使节，有来自商务部、工业和信息化部、发展和改革委员会、能源局、国防科工局等国家各部委的，有来自黑龙江、辽宁、山东等省市的，有来自航空航天、军工、能源等各重点用户行业的，有来自瑞士、意大利、韩国等各驻华使领馆的，有来自新华社、中央电视台、经济日报、科技日报等各大媒体和众多专业媒体的，更有来自机械和机床工具行业的老领导和老专家们，他们都兴致勃勃地参观了展品，认真了解了最新的技术和行业发展动态，并对行业未来发展寄予了热切期望。

展会期间，主办方还接待了数十个专程前来参观、采购的用户团组，为其参观、采购提供了很多便利。



CIMT展会素有机床工具行业技术发展和经济运行晴雨表之称。我们甚至可以将CIMT2013展会的展品构成和技术水平，作为判断机床工具行业发展现状和趋势的重要参考依据。CIMT2013展会的成功召开，加之中国机床工具市场暂时呈现的一些回暖迹象，期望能给行业企业增添一些发展信心。

CIMT2013展会已圆满落幕，但其巨大潜能正在逐步发酵。创新的科技和实用的技术将给机床工具行业 and 用户领域的可持续发展，带来更广泛、更深远的影响。□

“创新·可持续发展”高层论坛 揭开CIMT2013帷幕

中国机床工具工业协会传媒部

当前，全球经济正在经历深刻的再平衡，制造业格局重塑进程不断加快，作为传统基础产业，机床行业在受到广泛关注的同时，也面临着一系列挑战。在此背景下，如何提升创新能力，满足客户不断快速升级的需求，需要广大机床业界同仁认真加以思考。

2013年4月21日，由中国机床工具工业协会主办的“创新·可持续发展”高层国际论坛在北京中国国际展览中心W201会议室隆重召开，正式揭开第十三届中国国际机床展览会帷幕。



中国机床工具工业协会
常务副理事长吴柏林致辞

有来自国内外机床工具行业的领导、企业家、专家及媒体代表等200余人到会出席。中国机床工具工业协会常务副理事长吴柏林致辞。来自美国机械制造技术协会，日本机床制造商协会，意大利机床、机器人和

自动化制造商协会，中国机床工具工业协会等行业组织领导，以及沈阳飞机工业（集团）有限公司、中国科学院大学、吉特迈集团、中国通用技术（集团）、西班牙达诺巴特集团等全球业界知名企业和科研机构代表，阐述了对创新和可持续发展的想法和做法。论坛由中国机床工具工业协会信息传媒部主任张芳丽主持。



中国机床工具工业协会信息传媒部
主任张芳丽主持

全球机床工具协会领导深度解读行业发展规划

2012年是全球整体经济不景气的一年，欧债危机蔓延，美国处于经济恢复期，中国宏观经济增速放缓，世界经济形势存在着很多不确定性。2013年，世界经济进入深度调整期，全球制造业格局重塑进程不断加快，全球各个制造业强国将会如何规划机床工具行业发展？

来自美国机械制造技术协会，日本机床制造商协会，意大利机床、机器人和自动化制造商协会的代表，分别就本国机床工具行业发展的前途和规划发表了精彩的演讲。



美国机械制造技术协会(AMT)会长
武德 (Douglas K. Woods)

演讲题目：借助创新促进经济发展

主要内容：美国机械制造技术协会(AMT) 武德会长就创新和可持续发展之间的重要性和联系阐述自己的看法，探讨中美两国在这一领域所面临的挑战，相互借鉴以促进各自行业的发展。武德先生从三个方面论述自己的观点：①竞争以及在促进增长中的作用；②中国清晰的发展方向和专注的通向成功的五年规划；③美国机械制造技术协会如何看待创新的未来。当中国机械制造业进入下一阶段时，将会面临可持续性

和劳动成本提高的挑战。同样，美国正在寻求应对劳动力短缺的良方，需要行业、政府和学术界的合作来共同应对。然而，所有有关应对这些挑战的解决方案的讨论，其核心都是围绕着对创新的需求。为了促进美国制造业的发展，美国机械制造技术协会(AMT)制订了“国家制造业发展战略”。与此同时，中国机床工具工业协会和会员一起，一直致力于推动可持续发展的创新努力。中美双方共同的目标是为了打造一个成功的、可持续发展的机械制造业。



日本机床制造商协会 (JMTBA) 会长
石丸雍二 (Yoji Ishimaru)

演讲题目：日本机床工业如何面对未来的挑战

主要内容：日本机床工业享有世界第二大机床生产总值，仅次于中国。目前，日本机床产值中的70%出口到世界各地。随着市场的全球化进程，用户的需求越来越多样化，在功能、性能和成本方面都有不同要求。为满足这些需求，同时实现机床的创新，我们未来将面临更加严峻的挑战。为了应对这些多样化的需求，并在未来更好地发展自己的用户，我们必须持续提供优质的机床。为此，我们必须了解自己在全球市场的地位，并明确未来的发展目标。



意大利机床、机器人和自动化制造商协会
(UCIMU) 技术部RTDI咨询师恩里科·安娜
康迪亚 (Enrico Annacondia)

演讲题目：意大利机床行业的可持续发展和生态兼容性角色

主要内容：目前，机床行业正面临着一系列的挑战。并使机床产品的设计及其在生产系统中的应用走向不同的可持续发展方向。由此，对机床性能方面的要求也越来越高，由于最终用户的要求和来自标准/法律等方面的要求不断提升，机床在安全性、可靠性、重复精度、可行性等方面的指标变得愈发重要。意大利机床行业正在快速步入一个更可持续的发展阶段，生产、开发新的技术解决方案，采用新的和现有的标准以及UCIMU推出的“BLUE哲学”，目的是希望看到业内企业能够实现不同的可持续发展方向。

中国机床工具行业如何实现创新与转型升级

面对当前形势和经营困境，中国机床工具行业的转型升级已经成为全行业的迫切需求，中国机床工具行业将如何进行转型升级？转型升级的重点是什么？国产机床该如何提升市场竞争力？

中国机床工具工业协会副秘书长陈惠仁、中国通用技术（集团）控股有限责任公司副总经理王斌、中国科学院研究生院技术创新与战略管理研究中心主任柳卸林，分别从创新变革、国际合作、创新模式三个方面，详细探讨中国机床工具业如何实现创新与转型升级。



中国机床工具工业协会副秘书长
陈惠仁

演讲题目：创新变革与转型升级

主要内容：在全球政治经济“再平衡”的大背景下，中国经济正在经历艰难转型。这一转型过程对中国机床工具制造行业已经产生了深刻的影响。由于市场环境和其他发展要素的深刻变化，过去10余年行业沿用的发展模式和商业策略已经不能为继，行业不仅急需走出当前的困境，更需要找到可持续发展的新道路，这条道路就是创新驱动、转型升级的道路。



中国通用技术（集团）控股有限责任公司副总经理王斌

演讲题目：以创新的国际合作助力行业可持续发展

主要内容：中国机床工具行业正在实践从“制造”到“质造”再到“智造”的转折和跨越。在这个调整和转型过程中，企业必须实现包括技术进步、管理升级和劳动者素质提高在内的综合素质提升。在经济全球化的大背景下，以创新的理念开展国际合作，学习发达国家的成熟技术与管理经验，在全球市场配置资源，将有力推动企业转型升级目标的实现。现在的关键是我们要做好顶层设计，做好什么可以“拿来”，什么必须靠“自主”的战略规划，在引进吸收与自主创新间寻找平衡点。



中国科学院研究生院技术创新与战略管理研究中心主任柳卸林

演讲题目：中国制造业创新模式的思考

主要内容：近20年中国经济一直快速增长，但是中国企业主流的创新模式是渐进创新，二次创新，许多核心技术没有解决。中国制造企业要实现突破性创新，需要从加强基础研究、具备足够的创新耐心、打造坚实的创新平台、营造鼓励创新的组织环境、观念的突破、充分利用突破性创新的机会、重塑中国人才教育体系、营造突破性创新的生态系统等8个方面着手，真正实现产业升级，催生新兴产业。

面临挑战，企业如何实现可持续发展

机床企业直接面对市场和用户需求，在新形势下，吉特迈集团董事会副主席托斯滕·施密特博士（Dr. Thorsten Schmidt）、西班牙达诺巴特集团创新主管安琼·洛佩斯·乌索斯（ANTXON LÓPEZ USOZ）等国内外机床企业代表，根据市场需求，结合企业自身实际，探讨如何实现企业层面的创新与可持续发展。



吉特迈集团董事会副主席托斯滕·施密特博士（Dr. Thorsten Schmidt）

演讲题目：如何满足国际制造标准和趋势

主要内容：首先，从宏观经济学的角度去看待中德两国经济关系的重要性以及中国在全球机床市场上的重要地位。其次，阐述DMG / MORI SEIKI在欧洲就如何满足市场需求和应对市场趋势方面的优秀表现以及成功经验，而其又将如何应用这些经验，来帮助DMG / MORI SEIKI在中国市场上取得成功。再次，强调DMG / MORI SEIKI在产品以及销售、服务领域的全球化战略。最后，Schmidt博士将对2013年的挑战作一个总体性概述。



西班牙达诺巴特集团创新主管安琼·洛佩斯·乌索斯（ANTXON LÓPEZ USOZ）

演讲题目：机床行业如何在未来可持续发展中发挥重要作用

主要内容：可持续的制造业意味着该行业将越来越多地关注其生产活动与环境和社会之间的协调。机床行业最近采取了一些具体措施，在其业务模式中负责任和有效地利用现有资源。对了一个解决方案提供商来说，目前的挑战是，如何设计正确的策略，以确保制造业的增长和可持续发展与全球发展相协调。□



2013军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会在京成功召开

中国机床工具工业协会传媒部

2013年4月22~24日,在第十三届中国国际机床展览会(CIMT2013)期间,由国家发展和改革委员会、工业和信息化部、国家能源局、国家国防科技工业局联合主办,中国机床工具工业协会、中国和平利用军工技术协会承办的“2013 军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会”在北京召开。

这是由四部委局在机床展会期间举办的第九次长效合作机制年会。会议以“创新合作”为主题进行了四项议程,分别为2012年长效合作机制工作总结、机床工具行业发展与十佳产品推荐、介绍军工行业需求与长效机制2013年工作计划和表彰供需合作优秀项目。来自军工、能源装备和机床制造企业近200名代表出席了会议。

23日上午的会议由国家发展和改革委员会国民经济动员办公室王树年主任主持。国家能源局李治总经济师、工业和信息化部装备工业司王卫明副

司长、国家国防科技工业局发展计划司宋宝丽副司长、国家发展和改革委员会国民经济动员办公室吴一亮处长、工业和信息化部装备工业司王建宇处长、国家能源局能源节约和科技装备司王书强处长、国家国防科技工业局发展计划司胡宜槐处长、中国机床工具工业协会陈惠仁副秘书长出席会议并在主席台就坐。来自四个主办部委局和两个承办协会的多位领导和代表参加了会议。

王卫明副司长、宋宝丽副司长、吴一亮处长、王书强处长分别做了重要讲话。几位领导的讲话都充分肯定了长效合作机制在过去一年中所取得的工作成绩,并指出当前存在的主要问题,明确了下一步的工作方向和今后工作的主要任务。

陈惠仁副秘书长分别从经济规模、结构调整和企业综合素质三个方面说明我国机床工具行业在新世纪取得的巨大成就,并向军工和能源用户代表推介了2012年度自主创新和十佳产品。和平利用军工技术协会李东海理事长分析了军工行业国产数控机床的应用现状,提出航空、船舶等领域的设备需求。指出了使用国产数控机床目前存在的问题,以及2013年供需长效机制的工作设想。

会议表彰了国产数控机床在军工和能源领域的优秀合作项目,体现了供需合作的重要意义,这将促进国内机床行业为军工和能源领域发展提供更好



加强信息交流 促进跨国并购

——机床工具行业海外并购企业座谈会成功召开

中国机床工具工业协会传媒部

2013年4月25日，利用CIMT2013展会举办之际，中国机床工具工业协会组织召开了“机床工具行业海外并购企业座谈会”。商务部产业损害调查局副局长吴岩，预警处处长朱小娟、对外投资与合作司投资处一秘李健、机电和科技产业司出口处副处长付英晟等有关领导，以及来自国内机床工具行业的30多家企业代表共同出席会议。会议由中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明主持。

李健一秘首先介绍了当前中国企业境外投资现状及政策；同时建议企业在海外并购过程中要注意防范并购风险，要注意树立战略、守法、合作、责任、秩序、安全等意识。

星火机床集团公司王宏总裁助理介绍了2012年11月公司并购意大利高嘉公司一些具体情况。苏州信能精密机械有限公司张旭先生结合企业并购德国DAGEN

公司的实践，交流了企业如何通过并购海外企业，打造自身在珩磨机产品领域优势地位的一些体会。

参与跨国界的并购交易，中国企业自然离不开金融、法律、咨询等国际化的专业中介服务。为此，主办方邀请建勤集团董事总经理王玮女士结合成功案例，介绍了中国机床企业在欧洲的跨国并购与整合情况；从事国际性并购咨询业务的立石公司合伙人Jochen Hense先生，交流了对于中国企业在德国的战略并购的有关经验与思考；凯明迪律师事务所Marco Micolini先生从法律角度对中国企业在欧洲战略投资发表了自己的看法。

演讲嘉宾们围绕海外并购，从政策、法律法规、实战体会等多角度的讨论内容，受到了与会代表的普遍赞誉。截至目前，利用展会时机，协会已成功召开了六次这样的座谈会。

据了解，近十几年来，随着世界经济一体化进程的逐步深入，我国机床工具行业跨国经营迈出了很大的步伐，特别是近两年来，海外并购十分活跃，累计已有十多家行业企业并购及参股了海外企业。今后，随着中国机床企业实力的不断增强，参与海外并购热情的日益高涨，座谈会必将发挥越来越重要的平台和纽带作用。□



的服务。

王树年主任最后作总结发言，并对长效合作机制提出了三条希望。一是机床工具企业要正视问题，找出差距；二是机床工具和用户之间要协同创新，促进转型升级；三是深化合作，讲求实效。

下午，代表们参观了北京北一机床股份有限公司和北一大隈（北京）机床有限公司，并举办了交流会。中国机床工具工业协会研究室邵钦作主任、陕西秦川机械发展股份有限公司马志云副总裁、北一机床刘宇凌总工程师分别就“数控机床的发展趋

势与我国发展概况”、“精密加工发展与供需合作新理念”、“重型机床发展、技术趋势与应用”做主题报告。

眼下，国产机床在军工和能源行业的应用还有很多实际的困难，长效合作机制年会的召开为供需双方搭建了交流、了解和合作的平台。“空谈误国，实干兴邦”，供需双方的合作需要创新，更要讲求实效。在重点用户的拉动下，在装备制造业同仁的共同努力下，中国机床工具的“中国梦”一定能实现！□

CIMT2013专用磨床展品评述

威海华东数控股份有限公司 刘传金

第十三届中国国际机床展览会(CIMT2013)于2013年4月22~27日,在北京中国国际展览中心隆重举行。本届展览会展出面积达12.6万平方米,有28个国家和地区1500余家机床工具厂商参加,其规模之大创历届展会之最。本届展会的主题为“创新·可持续发展”,其主题内涵深刻,彰显了在当前经济形势下,中国机床工具行业的发展方向。

当前,中国机床工具行业正处于艰难的转型时期,国内制造业对机床工具市场的需求也产生了变化,主要表现在汽车、航天、航空及军工等重点领域,对高刚性、高精度、高效率、复合化、智能化的机床及高效生产线的需求旺盛,同时制造业用户对机床工具企业提出了更高的综合能力要求,主要体现在需具备提供整体解决方案的能力、高的产品质量及高可靠性、高自动化程度、高的生产效率、快速的交货期、交钥匙工程等方面。由此可见,目前我国机床工具企业的产品结构、技术水平及产业布局等,已与市场需求不相适应的矛盾日益突出。若要转变目前的不利局面,需加快企业的转型升级工作,加大企业技术创新的力度,发挥企业的主观能动性,紧跟市场需求来调整企业的产品结构及布局,全方位提升企业的产品市场竞争能力,以达到企业可持续发展的目的。

从本届展览会展品构成不难看出,国内许多企业在以市场需求为导向,以技术创新为手段,将产品结构转型升级等方面取得了一定的成果。本文主

要围绕本届展览会中的专用磨床展品及展出的技术资料,评述国内外专用磨床技术的发展情况。

一、用于轨道交通零件的数控专用磨床展品

1. 数控车轴磨床

北京第二机床厂有限公司展出一台B2-K089型双砂轮架数控车轴磨床。该机床能够在一次装夹下,通过两个砂轮架的顺序、独立进给,完成对车轴两端的所有外圆、端面和过渡圆弧面的高精度、高效率成型磨削。加工工件范围 $\phi 630\text{mm} \times 3000\text{mm}$;加工工件圆度 $\leq 0.004\text{mm}$,圆柱度 $\leq 0.005/300\text{mm}$,粗糙度 $Ra \leq 0.32 \mu\text{m}$;采用西门子840D数控系统控制,实现四轴两联动;X轴重复定位精度 $\leq 0.006\text{mm}$;Z轴重复定位精度 $\leq 0.013\text{mm}$ 。采用液体动静压砂轮主轴适应高速、大承载砂轮成形磨削;高刚性尾架实现对大型工件的高刚性支承;数控系统具有人机对话功能及形象化、图形化汉字操作及控制软件。



图1 B2-K089型双砂轮架数控车轴磨床外观

CIMT2013 专用磨床展品评述

威海华东数控股份有限公司 刘传金

第十三届中国国际机床展览会（CIMT2013）于2013年4月22~27日，在北京中国国际展览中心隆重举行。本届展览会展出面积达12.6万平方米，有28个国家和地区1500余家机床工具厂商参加，其规模之大创历届展会之最。本届展会的主题为“创新·可持续发展”，其主体内涵深刻，彰显了在当前经济形势下，中国机床工具行业的发展方向。

当前，中国机床工具行业处于艰难的转型时期，国内制造业对机床工具市场的需求也产生了变化，主要表现在汽车、航天、航空及军工等重点领域，对高刚性、高精度、高效率、复合化、智能化的机床及高效生产线的需求旺盛，同时制造业用户对机床工具企业提出了更高的综合能力要求，主要体现在需具备提供整体解决方案的能力、高的产品质量及高可靠性、高自动化程度、高的生产效率、快速的交货期、交钥匙工程等方面。由此可见，目前我国机床工具企业的产品结构、技术水平及产业布局等，已与市场需求不相适应的矛盾正日益突出。若要转变目前的不利局面，需加快企业的转型升级工作，加大企业技术创新的力度，发挥企业的主观能动性，紧跟市场需求来调整企业的产品结构及布局，全方位提升企业的产品市场竞争能力，以达到企业可持续发展的目的。

从本届展览会展品构成不难看出，国内许多企业在以市场需求为导向，以技术创新为手段，将产品结构转型升级等方面取得了一定的成果。本文主要围绕本届展览会中的专用磨床展品及展出的技术资料，评述国内外专用磨床技术的发展情况。

一、用于轨道交通零件的数控专用磨床展品

1. 数控车轴磨床

北京第二机床厂有限公司展出一台B2-K089型双砂轮架数控车轴磨床。该机床能够在一次装夹下，通过两个砂轮架的顺序、独立进给，完成对车轴两端的所有外圆、端面和过渡圆弧面的高精度、高效率成型磨削。加工工件范围 $\phi 630 \times 3000\text{mm}$ ；加工工件圆度 $\leq 0.004\text{mm}$ ，圆柱度 $\leq 0.005/300\text{mm}$ ，粗糙度 $Ra \leq 0.32\mu\text{m}$ ；采用西门子840D数控系统控制，实现四轴两联动；X轴重复定位精度 $\leq 0.006\text{mm}$ ；Z轴重复定位精度 $\leq 0.013\text{mm}$ 。采用液体动静压砂轮主轴适应高速、大承载砂轮成形磨削；高刚性尾架实现对大型工件的高刚性支承；数控系统具有人机对话功能及形象化、图形化汉字操作及控制软件。



图1 B2-K089型双砂轮架数控车轴磨床外观

西班牙达诺巴特集团（DANOBAT）展出一台HG-91-2A2R型数控车轴磨床。其中心高1100mm，顶尖距3000mm，顶尖承重1500kg。采用双砂轮架磨削车轴两端所有外圆、端面和过渡圆弧面；采用适应不同直径的MDM 300 & MDN 500在线绝对测量系统，对加工工件进行在线自动测量。

意大利IMT机床股份有限公司于2010年合并了MORARA公司、FAVRETTO公司、TACHELLA公司及MECCANODORA公司，其旗下的MORARA



图2 HG-91-2A2R 型数控车轴磨床外观

公司通过样本展示其生产的 MH 型系列数控铁路车轴磨床。据介绍,该机床中心高 255 ~ 330mm,顶尖距 1600 ~ 3050mm,机床最大工件承载能力 1500kg。机床采用两个 20°切入角的砂轮架(左右各一套),一次装夹可以完成车轴两端轴颈成型面的磨削;采用扭矩电机直接驱动转塔砂轮架进行定位及进给,保证机床具有最佳的重复定位精度、稳定性和加工效率;采用可移动式测量系统可以在车轴的不同位置处进行测量,然后对数据进行统计、反馈及后置处理。

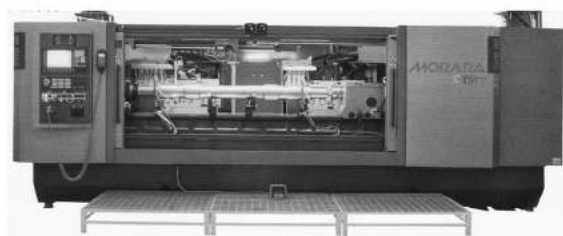


图3 HM 型系列数控车轴磨床外观

2. 数控钢轨专用磨床

贵阳险峰机床有限责任公司通过展板形式,展出一台 XFGT001 型数控钢轨轨腰焊缝磨床。该机床主要用于磨削钢轨两侧腰部、两侧轨角斜面及两侧轨脚边缘焊缝。近年来,随着我国高速铁路技术的发展,对钢轨焊接质量提出了更高的技术要求,尤其是在焊接接头外观质量方面。长期以来,由于钢轨轨腰部分焊缝截面形状复杂,加工难度大,一直是该行业加工工艺技术上的难点和瓶颈。该公司与昆明铁路局合作开发该机床,在国内属尚首创。机床具有 6 个磨头,每个磨头的进给均采用数控控制。其磨削工艺为:首先采用与钢轨轨腰形状相似的成型砂轮,对焊缝段 1 进行磨削;再用与轨脚斜面一致的成型砂轮,对焊缝

段 2 轨脚斜面进行磨削;最后采用与轨脚边形状相似的成型砂轮,对轨脚边进行磨削。

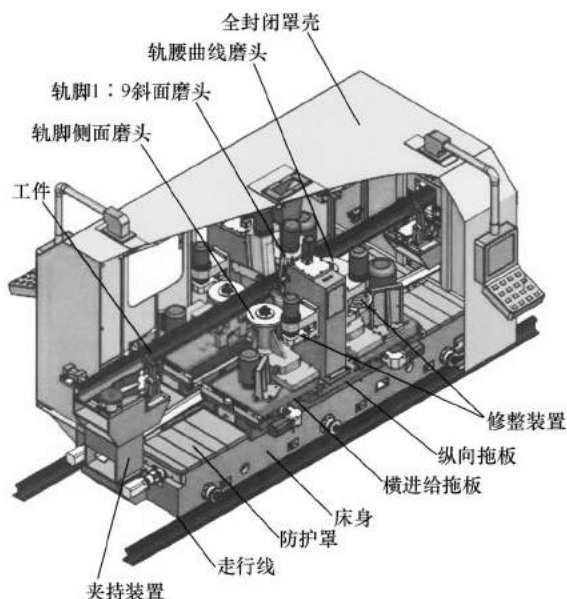


图4 XFGT001 型数控钢轨轨腰焊缝磨床结构示意图



图5 XFGT001 型数控钢轨轨腰焊缝磨床加工工艺

3. 轨道板专用数控磨床

威海华东数控股份有限公司通过样本资料形式,展示其生产的 GRTS II 650 型轨道板专用数控磨床。该机床适用于高速铁路 GRTS II 型无砟轨道板承轨台的精密磨削加工,可以对铁路轨道线路中的标准板、小半径板及补偿板进行全自动磨削加



图6 GRTS II 650 型轨道板专用数控磨床外观

西班牙达诺巴特集团 (DANOBAT) 展出一台 HG-91-2A2R 型数控车轴磨床。其中心高 1100mm, 顶尖距 3000mm, 顶尖承重 1500kg。采用双砂轮架磨削车轴两端所有外圆、端面 and 过渡圆弧面; 采用适应不同直径的 MDM 300 & MDN 500 在线绝对测量系统, 对加工工件进行在线自动测量。

意大利 IMT 机床股份有限公司于 2010 年合并了 MORARA 公司、FAVRETTO 公司、TACHELLA 公司及 MECCANODORA 公司, 其旗下的 MORARA 公司通过样本展示其生产的 MH 型系列数控铁路车轴磨床。据介绍, 该机床中心高 255~330mm, 顶尖距 1600~3050mm, 机床最大工件承载能力 1500kg。机床采用两个 20° 切入角的砂轮架 (左右各一套), 一次装夹可以完成车轴两端轴颈成型面的磨削; 采用扭矩电机直接驱动转塔砂轮架进行定位及进给, 保证机床具有最佳的重复定位精度、稳定性和加工效率; 采用可移动式测量系统, 可以在车轴的不同位置处进行测量, 然后对数据进行统计、反馈及后置处理。



图2 HG-91-2A2R型数控车轴磨床外观



图3 HM型系列数控车轴磨床外观

2. 数控钢轨专用磨床

贵阳险峰机床有限责任公司通过展板形式, 展出一台 XFGT001 型数控钢轨轨腰焊缝磨床。该机床主要用于磨削钢轨两侧腰部、两侧轨角斜面及两侧轨脚边缘焊缝。近年来, 随着我国高速铁路技术的发展, 对钢轨焊接质量提出了更高的技术要求, 尤其是在

焊接接头外观质量方面。长期以来, 由于钢轨轨腰部分焊缝截面形状复杂, 加工难度大, 一直是该行业加工工艺技术上的难点和瓶颈。该公司与昆明铁路局合作开发该机床, 在国内属尚首创。机床具有 6 个磨头, 每个磨头的进给均采用数控控制。其磨削工艺为: 首先采用与钢轨轨腰形状相似的成型砂轮, 对焊缝段 1 进行磨削; 再用与轨脚斜面一致的成型砂轮, 对焊缝段 2 轨脚斜面进行磨削; 最后采用与轨脚边形状相似的成型砂轮, 对轨脚边进行磨削。

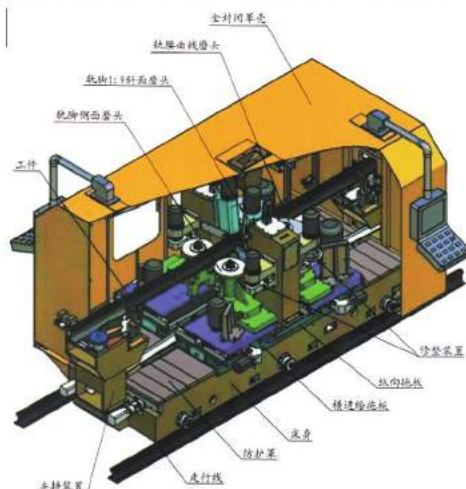


图4 XFGT001型数控钢轨轨腰焊缝磨床结构示意图



图5 XFGT001型数控钢轨轨腰焊缝磨床加工工艺

3. 轨道板专用数控磨床

威海华东数控股份有限公司通过样本资料形式, 展示其生产的 GRTS II 650 型轨道板专用数控磨床。该机床适用于高速铁路 GRTS II 型无砟轨道板承轨台的精密磨削加工, 可以对铁路轨道线路中的标准板、小半径板及补偿板进行全自动磨削加



图6 GRTS II 650型轨道板专用数控磨床外观

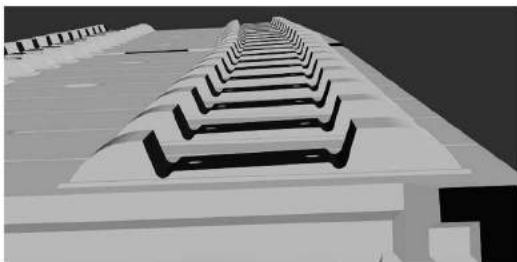


图7 GRTS II 650 型轨道板专用数控磨床加工工件

工。该机床采用高架桥式龙门结构，在纵向移动的横梁组件上设置两套可以左右及上下运动的磨头机构。磨头主轴采用 103kW 大功率电主轴结构，磨头本体可以进行 AC 轴数控摆动控制。磨头主轴砂轮采用金刚石成型砂轮，对混凝土预制板上的承轨台表面进行自动深切缓进给成型磨削。机床采用激光在线线形扫描测量技术，对加工前后工件尺寸精度进行快速自动检测，其检测数据自动传输到具有自主知识产权的磨削软件，自动生成磨削加工程序并驱动数控装置自动完成轨道板工件的加工。本机床工件采用自动输送线传输方式，工件定位装夹工作采用专用的液压伺服装置自动完成。

二、用于石油机械零件的数控专用磨床展品

天水星火机床有限责任公司展出一台 MKY13110 油田工具磨床，是专门为石油工具的生产制造而设计的新产品。其床身采用组合结构，两顶尖距为 2 ~ 10m，主轴箱采用大孔径双卡盘结构，砂轮架作纵向及横向进给运动，工件通过头架驱动作旋转运动。该机床可以独立加工油田工具类零件：例如各种类型的稳定器、各种钻杆、重型硬带钻杆、碎物打捞器、铰刀、铣刀等。机床可以磨削高硬度材料的工件，例如磨削硬度为 3500HV 的硬质合金材料等。



图8 MKY13110 油田工具磨床外观

SAFOP 公司是世界著名的数控重型机床生产制造企业。公司的产品和服务领域可以分为两大类：一是用于能源工业、石油工业、造纸业、钢铁工业、重工、航空航天工业、造船领域的机床。二是用于铁路轮对加工的机床，以及提供轮对加工领域交钥匙成套承包工程。SAFOP 公司在专用机床市场领域具有较强的整机设计能力、技术和丰富的机床制造经验。本届展览会只展出数控球体车磨复合加工中心用砂轮及其磨削的球阀体工件。该机床主要对石油输送管道球阀体表面进行磨削加工。机床加工原理采用杯状砂轮盘对工件中心进行回转运动，并与工件回转运动复合成型磨削球阀体外表面。该系列机床磨削球体直径范围 915 ~ 2400mm，最大工件重量 6 ~ 20t。



图9 SAFOP 公司数控球体车磨复合加工中心外观

三、汽车及摩托车零件的数控专用磨床展品

1. 挺杆体端面磨床

成都机床厂展出一台 CD-75B/1 挺杆体端面磨床，主要用于汽车挺杆体或类似零件的外球端面的磨削加工，适用于大批量生产工艺。机床采用三滚珠夹持工件，完成工件的旋转及磨削进给。采



图10 CD-75B/1 挺杆体端面磨床外观

用 PLC 控制完成工件的自动计数和缺料报警工作，可以实现单机自动化，也可以和其他磨床联线组成磨削生产线。其加工精度高，磨削部位的端面跳动 $\leq 0.005\text{mm}$ ，球体弓高精度控制在 $0.012 \pm 0.008\text{mm}$ ，表面粗糙度 $\leq 0.016\mu\text{m}$ 。其加工效率高，加工节拍为 $7 \sim 20\text{s/件}$ 。机床加工工件直径范围 $16 \sim 40\text{mm}$ ，加工工件长度 $26 \sim 70\text{mm}$ 。



图 11 3MK247 数控轴承套圈端面磨床外观

成都机床厂同时展出一台 3MK247 数控轴承套圈端面磨床，主要用于汽车挺杆体内端面的磨削加工，也可以磨削滚针轴承套圈底面，适用于大批量生产工艺。机床采用单极式电磁无心夹具对工件进行夹持；砂轮主轴采用高刚性、高精度的电主轴形式；其磨削进给运动导轨采用十字交叉滚珠导轨副；机床进给采用伺服电机直连滚珠丝杠。机床具有仪表测量及定程控制磨削方式。机床性能稳定，加工零件的尺寸误差分散度小。机床采用前置进出油缸的自动上下料方式，动作可



图 12 3MK247 数控轴承套圈端面磨床加工工位图

靠、时间短、方便。机床加工范围：工件外径 $\leq 70\text{mm}$ ；工件加工深度 $20 \sim 50\text{mm}$ 。机床加工精度：端面对外圆垂直度 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ；端面平面度 $\leq 0.01\text{mm}$ ；端面尺寸误差分散度当使用仪表控制时 $\leq 0.015\text{mm}$ ，当采用定程控制时 $\leq 0.04\text{mm}$ ；粗糙度 $\leq 0.4\mu\text{m}$ 。机床加工节拍：当加工余量在 $0.03 \sim 0.15\text{mm}$ 时， $\leq 12\text{s/件}$ 。

2. 汽车空调驱动轴无心磨床

无锡光洋机床有限公司展出一台 KC200 型汽车空调驱动轴无心磨床，用于汽车空调驱动轴的大批量生产作业。机床是在原 KC200 型无心磨床基础上，加装高速自动上下料装置而形成的。该自动上料机构采用在机床前端左右设置传送链板，工件被传动链板输送。机床在加工工位处设置专用机械手臂，机械手臂自动将输送线上的工件抓送到加工工位。现场演示加工的汽车空调轴是多台阶轴。该机床加工范围：磨削直径 $1.6 \sim 120\text{mm}$ ，切入磨削长度最大达 200mm 。该机床采用 CBN 砂轮磨削及修整技术，大大提高了机床生产效率，其加工节拍为 $7 \sim 8\text{s/件}$ 。机床加工工件圆度达 $1.5\mu\text{m}$ ，圆柱度 $2\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $3\mu\text{m}$ ，尺寸公差 $5\mu\text{m}$ 。机床加工精度的 CPK 值大于 1.33 。

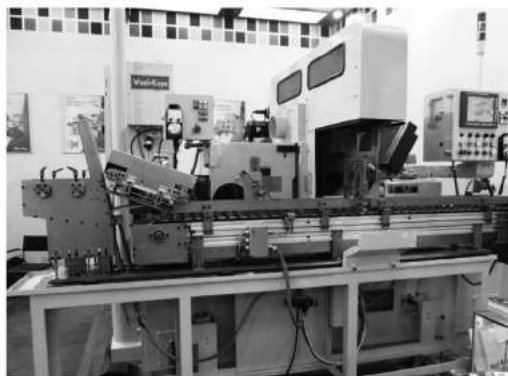


图 13 KC200 型汽车空调驱动轴无心磨床外观



图 14 智能化齿轮加工生产线外观

3. 齿轮精密加工制造执行系统 (MES)

秦川机床集团展出国内首套智能化齿轮加工生产线,是针对精密齿轮高效加工工艺成套的解决方案,分热处理前单元和热处理后单元两大部分。该生产线以先进的数控机床为核心单元,配置自动上下料、桁架输送、在线测量、智能传感决策等机构和系统,是国内首套齿轮精密加工制造执行系统 (MES)。其中热处理后生产线由两台 MKE1620A 型数控端面外圆磨床、一台 YK3132 数控磨齿机、一台珩齿机、抽检系统、码垛系统组成。其中两台数控端面外圆磨床构成磨削桁架系统。

该单元由秦川格兰德机床有限公司制造。机床是该公司引进日本三菱公司的机型,采用西门子 802dsl 数控系统控制机床三轴两联动动作。工件回转由交流伺服电机控制无级调速,工件采用专用液压夹紧装置,自动夹紧时间短、节拍快。采用意大利 MARPOSS 公司的主动测量系统及工件轴线定位装置对工件实施在线检测,并配置美国产的砂轮在线动平衡仪、AE 装置,保证机床磨削精度及加工的安全性。机床磨削精度:圆度 0.0015mm;纵向截面内直径一致性 0.003mm;垂直度 0.005mm;表面粗糙度 0.4 μ m。

该磨削生产线是齿轮制造生产线的组成部分之一,主要是对汽车、摩托车的齿轮轴的轴颈及其端面磨削加工。智能化齿轮加工生产线是数字化工厂的物理层,精度稳定在 4 级,MTBF 值 >900h,其生产效率比常规生产形式提高 50% 以上,节能 30% 以上。



图 15 MKE1620A 型数控端面外圆磨床外观

4. 凸轮轴精加工生产线

北京第二机床厂有限公司展出的凸轮轴精加工生产线,由 1 台 B2-K1016 数控凸轮轴磨床、1 台 B2-K6006 数控凸轮轴砂带超精机和一套桁架机械手组成,可以完成凸轮轴自动装夹、精加工和抛光等工序。该生产线可实现整个加工过程无人化操作,满足现代化的需求。



图 16 凸轮轴精加工生产线外观

B2-K1016 型数控凸轮轴磨床采用 CBN 砂轮高速磨削技术,砂轮线速度达 120m/s,并由静压电主轴直接驱动,具有回转精度高、精度保持性好及刚性大的特点。CBN 砂轮采用金刚石滚轮进行修整,配备声纳探测器可保证微量精确修整动作,延长 CBN 砂轮的使用寿命。头架回转 (C 轴) 由力矩电机直接驱动,其定位精度可达 0.002mm。砂轮架进给 (X 轴) 由直线电机直接驱动,动态响应好,其最高运动速度可达 40m/min。工作台运动 (Z 轴) 由伺服电机驱动,其最高运动速度可达 20m/min。

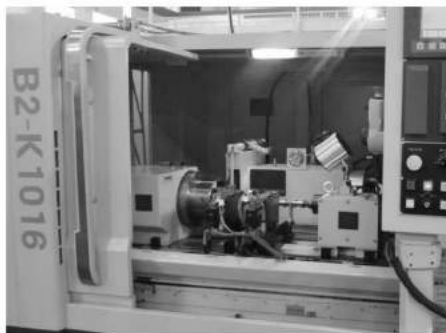


图 17 B2-K1016 型数控凸轮轴磨床外

B2-K6006 数控凸轮轴砂带超精机采用独特的抛光块随行结构,能很好地保证凸轮型线以及均匀的去除量。采用独特的砂带走带机构,能保证在对工件抛光过程中,砂带始终处于绷紧状态。采用独特的卷带机构,保证砂带走带平稳,走带量能够按毫米单位进行控制,可大大减少砂带的消耗。



图 18 B2-K6006 数控凸轮轴砂带超精机外

凸轮轴是汽车发动机中关键零件，国内每年的需求量达上千万件。其中凸轮轴主轴颈、凸轮型面和轴端的精密磨削是凸轮轴加工中的关键工序，它直接影响汽车发动机的性能和效率。过去国内一般采用普通外圆磨床分多工序加工，加工效率低、加工精度不高，不能满足现代汽车工业快速发展需要。国外先进国家已广泛采用高速 CBN 砂轮外圆磨床，实现凸轮轴主轴颈的高速、高效、高精度加工。北京第二机床厂有限公司本次展出的凸轮轴精加工生产线，已达到国际先进水平，可替代进口。

四、航空航天零件的数控专用磨床展品

1. 专用六轴联动数控砂带磨床

北京胜为弘技数控装备有限公司展出一台 TX6/1000HV 航空叶片进排气边加工专用六轴联动数控砂带磨床。该机床专门针对航空发动机叶片进排气边磨削加工，能够满足叶片排气边最小厚度 0.15mm 圆弧的磨削加工，加工叶片长度 20 ~ 630mm。适用于航空发动机钛合金精锻叶片、超塑成型 - 扩散连接空心叶片、燃气轮机高温叶片排气边和叶身的成型磨削。



图 19 TX6/1000HV 专用六轴联动数控砂带磨床外观

钛合金精锻叶片是航空发动机叶片中的一种，其厚度很薄，大约仅 1.5mm 厚，三维曲面的叶片叶身锻成型后，其进排气弦边是用线切割法或铣削加工成型的，由于切割后为棱状边，会产生气流扰动，必须加工成 $Ra = 0.2\text{mm}$ 鱼头状的圆弧面。另外钛合金是典型的难加工材料，对磨削表面的温度控制要求极为严格，不允许产生磨削灼伤现象。针对该工艺要求，机床结构采用水平布置的砂带机构，使其不受运动惯性力的影响，配合气浮导向和施力机构，精确控制最小磨削接触力 $\leq 20\text{g}$ ，可磨削最小进排气边厚度达 0.15mm。



图 20 TX6/1000HV 专用磨床加工工位外观

由于发动机叶片的结构特性，使其无法使用刀具进行切削，工艺上只能靠磨削抛光。原传统制造采用手工打磨叶片，其效率低、动平衡不好、精度低，影响气流等，严重影响发动机性能及效率。该机床的强力型面磨削和随型抛光两种功能结合填补了国内空白，打破了国外的技术垄断，为国产航空发动机的技术发展做出了贡献。

2. 轴联动叶片磨削机床

德国保宁（BLOHM）机床制造股份有限公司展出一台 PROFIMAT MC607 型 5 轴联动叶片磨削机床。该机床采用立柱移动式设计方式，砂轮主轴头可以水平、倾斜及上下移动；砂轮主轴采用 45kW 的水冷电主轴；采用顶置式成型砂轮修整器对砂轮进行成型修整；采用高精度双轴数控分度工作台安装工件，通过数控控制实现工件空间曲面的成型磨削加工。机床配置砂轮自动交换系统，该系统配置 24 个砂轮位，可安装 400mm 的砂轮，砂轮交换刀柄采用 HSK80 形式，其交换砂轮时间 15s。机床磨削可以使用常规砂轮、陶瓷结合剂的 CBN 砂轮、电镀 CBN 砂轮，并可以使用铣削及钻

削刀具进行切削加工。机床配置用于导向叶片磨削的专用软件及夹具。该机床主要用于航空发动机的压气叶片、涡轮叶片和导向叶片等的成型磨削加工。机床磨削区域尺寸 700mm × 600mm，磨削主轴驱动功率：45kW，主轴转速范围 50 ~ 8000r/min。



图 21 PROFIMAT MC607 型 5 轴联动叶片磨削机床外观

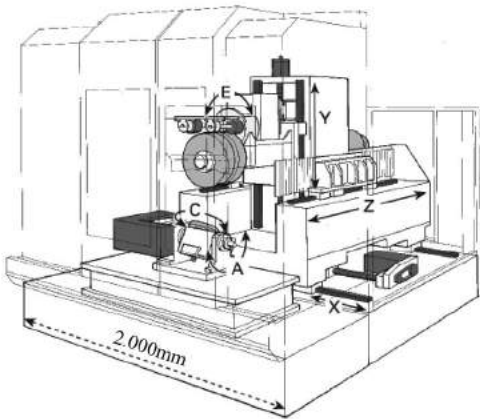


图 22 PROFIMAT MC607 型机床结构布局示意图

五、结语

专用机床是专门用于特定零件和特定加工工序的设备，是组成自动生产线的重要机床之一，由于专用机床是一种量体裁衣的设备，具有高效自动化的优点，是大批量生产企业的理想设备。随着制造技术的进步，数控技术在机床上的普及应用，专用机床向数控化发展的脚步加快，柔性专用机床或柔性生产线等在汽车、摩托车等大批量生产作业中被广泛应用。由于数控专用机床及柔性生产线对产品品种的变化适应性强，加快了批量生产企业产品的更新换代及技术进步的步伐。

近几年来，中国数控机床发展虽然较快，但相对国外先进国家和地区的机床制造厂商，在代

表国家制造装备能力和知识水平的集成化、成套装备方面，尤其是专用机床及其生产线方面，已显落后。但从本届展览会的展品看，国产专用机床及专用生产线比往届多。在专用磨床方面，展会期间各展商围绕轨道交通、能源、汽车、航空航天等领域的市场需求，积极开展技术创新工作，开发出一大批高效、高精、复合化、智能化的专用磨床及其专用磨床生产线，凸显出国内磨床制造企业已充分认识到“创新”在企业生产经营方面的重要性，正积极根据市场需求变化来进行企业的产品转型升级工作，为企业可持续发展带来新的动力。□

合锻公司被授予
“安全生产标准化二级企业”
荣誉称号

近日，合肥合锻机床股份有限公司顺利完成安全生产标准化达标创建工作，并得到国家安全生产监督管理总局批复，正式被授予“安全生产标准化二级企业”荣誉称号。

开展安全生产标准化工作，是加强安全生产的基础工作，是建立安全生产长效机制的一种有效办法。合锻公司按照国务院 2004 年颁发的《国务院关于进一步加强安全生产工作的决定》，认真开展安全生产标准化创建工作。成立标准化达标领导小组，深入公司各部门积极开展了安全生产标准化达标活动。同时，通过外送自评员培训取证，邀请外部专家现场评审指导，自评员内部自查等方式，对公司安全生产工作进行全面核查，发现问题及时现场整改，于 2012 年 11 月顺利完成达标创建工作。

安全生产标准化达标二级评审的顺利通过，是对合锻公司多年来安全管理工作的肯定。合锻公司将以此为契机，运用安全标准化管理手段不断丰富安全生产管理经验，不断提高安全生产管理水平，提高员工识别危害、控制风险能力，继续夯实安全管理工作基础，为企业持续健康发展添力。

从 CIMT2013 看位移传感器的新发展

中国科学院自动化研究所 卢国纲

一、序言

2013 年 4 月在北京举办的第十三届中国国际机床工具展览会，汇集了 2011 年以来世界各国高新技术精华的机床工具产品，展示了当代机床精密测量技术和数字化制造技术的新发展。本文是对本届展会展出的用于机床和测量仪器的位移传感器产品进行评述，并对其产业的发展方向进行讨论。

本届展会上参展外企有光栅位移传感器制造商德国的 HEIDENHAIN（海德汉）、西班牙的 FAGOR（发格）、日本的 MITUTOYO（三丰）、英国的 RNISHAW（雷尼绍）、奥地利的 RSF 和英国的球栅尺制造商 NENWALL（钮沃尔），此外，还有制造容栅传感器的瑞士 SYLVAC 和德国的 MAHR（马尔），虽然制造磁栅尺日本 MSGNESCALE 公司没有来，但在 DMG /MORI SEIKI（德马吉/森精机）1800m² 的展位空间的展台上展出的高档数控机床全部安装了 MAGNESCALE 的绝对式磁栅尺，引起了行业的关注。参加展会的大陆中国企业有光栅传感器制造商广州诺信、长春光机、长春禹衡、苏州怡信、东莞万濠、贵阳新天、廊坊莱格、无锡科瑞特、长春三峰；磁栅尺制造商上海平信、深圳博望；球栅尺制造商上海球栅、深圳威勤；容栅传感器制造商桂林广陆等。国内外几乎全部制造商的老总和用户都云集这届展览会。

机械加工精度的提高是伴随着机床位移传感器的发展而发展。现代位移传感器主要是光栅、磁栅、球栅和容栅位移传感器，在当今控制系统中主要使用的位移传感器是光栅，测量长度用直线光栅尺，测量角度用圆光栅编码器（测量速度

的是旋转编码器和测量角度的是角度编码器）。国外的位移传感器从增量式跨入绝对式，绝对式全闭环高档数控机床是显著的特点。国内的光栅传感器从数显尺进入数控尺，并向绝对式发展。

在这届展览会上，绝对式直线光栅尺和绝对式圆光栅编码器是功能部件的亮点。目前线位移和角位移传感器构成的测量系统从增量式测量方法逐步发展为绝对式测量方法。1999 年德国 HEIDENHAIN 推出了二个码道的新型绝对式线位移传感器，一个码道是绝对码道，将不同宽度和不同间距的栅线，以绝对位置数据用编码形式，直接制作到标尺上用来确定绝对位置；另外一个码道是增量码道，通过信号细分提供高分辨力的位置值，确定光栅的精度和分辨力。安装有绝对式光栅位移传感器的机床或生产线在重新开机后无需执行参考点回零操作，就立刻重新获得各个轴的当前绝对位置值以及刀具的空间指向，因此可以马上从中断处开始继续原来的加工程序，大大提高数控机床的有效加工时间；并对重要部件的状态进行实时监控，提高机床的可靠性；另外，还可以在任何时间确定机床运动部件所处的位置，通过在数控系统中作相应的设置可以省去行程开关，提高了机床使用时的安全性。在全闭环的高档数控系统中已经普遍使用绝对式直线光栅尺和绝对式圆光栅编码器。2007 年德国 HEIDENHAIN 推出绝对式位移传感器采用的有“功能安全”特性和 EnDat 2.2 双向数字接口得到广泛的应用，这种接口可以传输绝对式编码器的位置值，也可以传输增量式编码器的位置值，还能读取和更新保存在编码器中的信息。由于采用串行数据传输方式，它只需要四条信号线。数据传输与后续电子设备

的时钟信号保持同步（时钟频率可达 16 MHz，只需 8 μ s 的时间，后续电子设备就能得到位置值，信号传输距离达到 150m），实现绝对式传感器和增量式传感器的位置值高效、可靠、具有诊断功能的传输，这对于高档数控机床是必须的，促进了绝对式光栅位移传感器的推广应用。

二、参展的境外位移传感器生产企业

1. 德国 HEIDENHAIN（海德汉）

德国 Dr. Johannes Heidenhain GmbH（海德汉）公司扎根光刻制造领域，以生产高精度、高质量的光栅位移传感器而著称世界，一直是引导光栅测量技术的发展。他们全面采用光栅的单场扫描原理，提高了光栅传感器的抗污染能力和信号的质量；直线光栅尺和圆光栅编码器也全面采用先进的绝对式编码技术，将多码道的位移传感器革新为增量码和绝对码两个码道，确保获得高精度的绝对位；他们还广泛采用 EnDat 2.2 双向数字接口，实现绝对式传感器和增量式传感器的位置值高效、可靠、具有诊断功能的传输。2011 年在全球金融危机冲击下，他们仍然创造了海德汉公司销售的历史新高（超过 17 亿美元），其销售量：①旋转编码器和角度编码器 200 万个；②光栅尺 50 万支；③位置显示器（数显表）1 万台；④数控系统 TNC1.5 万套。2012 年的市场情况也相当不错，也创造了海德汉历史的第二新高。本届展览会海德汉展出的产品主要围绕着绝对式光栅位移传感器。

HEIDENHAIN 本届展会展出的产品：

(1) LC200 系列大测量长度的绝对式封闭直线光栅尺。这项产品解决了大型数控机床的绝对式测量。

(2) LC100 系列标准外壳绝对式封闭直线光栅尺，LC4X5 系列紧凑型绝对式封闭直线光栅尺。这两款光栅尺是广泛用于数控机床的绝对式光栅尺。

(3) RCN 8000 系列内置轴承 29 位绝对式角度编码器。RCN 绝对式角度编码器在机床的回转工作台、摆动铣头和车床的 C 轴等方面得到广泛的应用是位置控制和速度控制的佳选择。

(4) LF 100 增量式封闭直线光栅尺。该尺的温度特性接近钢材和铸铁，单信号周期位置误差基本小于 0.04 μ m，相当于不到一个信号周期的 1%，该尺精度高，重复性好，由于采用了单场扫描方法抗污染能力强，多用于高精度机床、坐标镗床、磨床和直线电机。

(5) LIC4015、LIC4017 敞开式大测量长度绝对式光栅尺，测量步距可达 1nm。该尺适用于超精密机床、高精度机床、测量机和比较仪、半导体工业的测量和生产设备，以及直接驱动直线电机等。

2. 西班牙 FAGOR（发格）

西班牙发格自动化有限公司（Fagor Automation S. Coop）是一家专门从事生产数控产品的公司。该公司的产品有光栅尺/编码器、机床数控系统（CNC）、伺服驱动系统和数显表（DRO）。这次展览会上该公司配合高档数控机床的发展，展出了新型的绝对式光栅尺和绝对式编码器。FAGOR 公司用于数控机床的增量光栅尺在市场上有竞争力，用于数控系统的反馈光栅尺成为该企业的主导产品。该公司在光栅尺的光学设计上已采用了单场扫描技术，绝对式编码器也采用两个码道。该公司展出的产品有封闭式绝对式光栅尺和封闭式增量式光栅尺两个完整系列，以及敞开式系列增量光栅尺。其主要产品包括：

(1) 封闭式钢带绝对式光栅尺。绝对式光栅尺的型号为 LA，其测量长度从 440mm 到 30m，该产品的，是采用栅距为 40 μ m 的不锈钢带。FAGOR 还有采用栅距为 20 μ m 的玻璃刻线的绝对式光栅尺，其型号 GA、SA、SVA，测量长度从 140mm 到 3040mm。FAGOR 绝对式光栅尺可以通过通信协议和机床的控制器相连，例如 FANUC、SIEMENS、MITSUBISHI、PANASONIC 等。

(2) 增量光栅尺。FAGOR 有钢带和玻璃两种，不锈钢钢带的栅距是 40 μ m，最大测量长度达到 60m；玻璃尺的栅距是 20 μ m，测量长度为 4040mm。它们的准确度有： $\pm 3\mu$ m、 $\pm 5\mu$ m、 $\pm 10\mu$ m。分辨力有从 0.05 μ m 到 10 μ m。测量速度为 120m/min 的增量尺用于数控系统，测量速度 60m/min 的用于数显系统。

(3) 敞开式钢带光栅尺。FAGOR 有型号为

EXA、EXG 和 EXT 三种钢带光栅尺，栅距为 $20\mu\text{m}$ ，最大测量长度为 30m ，准确度 $\pm 5\mu\text{m}$ ，分辨力 $0.1\mu\text{m}$ ，测量速度 $480\text{m}/\text{min}$ ，输出信号为 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ 和 TTL 信号。

此外，FAGOR 还生产增量式和绝对式的圆光栅编码器，展会展出的 HA-D200 系列绝对式角度编码器分辨力为 27 位，准确度达到 $\pm 1''$ 。

3. 日本 MITUTOYO (三丰)

三丰公司 (Mitutoyo Corporation) 是著名精密测量仪器的制造公司，主要产品是各种测量工具以及坐标测量机、形状测量仪、图象及光学测量仪等，现共有从业人员 5 千人，2012 年的销售额为 4.8 亿美元。光栅和容栅测量系统是该公司精密测量的基础。1994 年三丰开发了自己的“ABSOLUTE” (绝对) 系统，该尺联合应用了容栅的静电电容技术和光栅的光电技术。2003 年该公司推出用于反馈系统的绝对式光栅尺 AT500 系列。在本届展会上，该公司展出了和数控机床配套的高刚性、高精度的紧凑封闭式绝对式光栅尺，AT500-S/H 系列。

(1) 高刚性 AT500-SC/HC 封闭式绝对式光栅尺。该产品最适用于线性发动机的高速控制，伺服系统控制、数控车床和电加工机床。

(2) 绝对式光栅尺 ABS AT715。这是在展会上展出了应用于容栅卡尺的三丰专利 ABSOLUTE 电磁感应系统制造的绝对式容栅尺 AT715，其外形尺寸和光栅尺一样。AT715 尺和光栅数显表相配组成绝对式数显系统，非常适用于数显机床，提高了机床的使用性能。

4. 英国 RENISHAW (雷尼绍)

RENISHAW 公司是专门从事高精度检测仪器与设备的制造企业，其位移传感器为非接触直线光栅及圆光栅测量系统，主要的产品是直线光栅尺、角度光栅编码器、以及磁旋转编码器和直线磁栅尺，它们广泛应用于各种精密位置反馈系统中。RENISHAW 的光栅测量系统是金属反射光栅，它采用了开放式、非接触、小型紧凑结构的光学测量系统，能在高速、高分辨力的工作性能的同时，有抗光栅表面被污染的能力。

RENISHAW 1994 年推出直到现在还不断改进

的 RGS 光栅尺是镀金的 6mm 宽钢带，光栅尺的栅距有 $20\mu\text{m}$ 和 $40\mu\text{m}$ 两种，其表面采用保护膜或聚酯涂层，光栅尺可按设备的具体需要剪切至合适的长度，其背面有自粘的特别设计，能快速安装 (栅尺的最大长度 50m)，镀金光栅尺的线性度为 $3\mu\text{m}/\text{m}$ ，分辨力从 $5\mu\text{m}$ 到 10nm ，新版的 RGSZ20-S 尺上有光学参考零位，最高速度 $600\text{m}/\text{min}$ 。RENISHAW 的读数头由内置 LED 安装指示灯监控，提高了安装速度，而且无需示波器及其他复杂的安装监控装置。读数头中有内置细分电路，提供分辨率从 $10\mu\text{m}$ 到 1nm 的数字反馈信号，以及 $\sim 12\text{A}$ 电流和 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ 电压的模拟输出信号。最大测量速 $600\text{m}/\text{min}$ ，分辨率 1nm 时相应的速度为 $100\text{mm}/\text{s}$ 。展会上还展出了 RELM 光栅尺，其材质为 ZeroMet 钢，它具有性能稳定的膨胀系数，最大长度 1130mm ，综合误差达到 $1\mu\text{m}$ 。下面是 RENISHAW 展出的部分产品：

(1) RESOLUTE 绝对式光栅。由 RESOLUTE 读数头和 $30\mu\text{m}$ 栅距的 RSLA 不锈钢栅尺组成，具有独特的单通道绝对刻度，将绝对位置数据和移相信息整合为一个代码 (即将增量式相位信息直接嵌入绝对位置代码)，这种设计的内在功能就是在任何扭摆都不会造成光栅读数错误，分辨力可达 1nm ，测量长度到 5m ，热膨胀系数为 $10.8\mu\text{m}/\text{m}/^\circ\text{C}$ ，RELA 光栅尺在 5m 的精度可达 $4\mu\text{m}$ 。读数头上有一个内置安装状态 LED 指示灯，用于进一步协助安装和诊断，直线光栅最大工作速度为 $100\text{m}/\text{s}$ 。RESOLUTE 绝对式光栅尺提供的标准分辨力为 1nm 、 5nm 及 50nm 。RENISHAW 绝对式光栅尺采用的通信协议是 IC-HAUS 的 BiSS-C 接口，BiSS C 模式 (单向) 是一种用于从光栅采集位置数据的快速同步串行接口。它是一种主-从接口。主接口控制位置获取时序和数据传输速度，而光栅为从接口，数据采集率为 10MHz 。接口由两个单向差分线耦组成。该产品还配有 DRIVE-CLIO、FANUC 和 MITSUBISHI 通信接口。

(2) RENISHAW 的圆光栅 (即角度光栅编码) 有增量式和绝对式，都是采用不锈钢圆光栅。增量式圆光栅基本数据：栅距为 $20\mu\text{m}$ ；圆光栅外径为 52mm 至 550mm ；最高速度 $2938\text{r}/\text{min}$ (在

52mm); 分辨力 $5\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$; 刻线数 7192 至 86400。绝对式圆光栅基本数据: 栅距 30mm; 外径 52mm 至 550mm; 最高速度 18 000r/min (在 52mm); 通讯协议: BISS-C、DRIVE-CLIO、FANUC 和 MITSUBISHI; 分辨力: BISS-C 18 位、26 位、26 位, DRIVE-CLIO、FANUC 和 MITSUBISHI 23 位、27 位。

5. 奥地利 RSF 公司

奥地利 RSF 电子有限公司 (RSF Elektronik) 1973 年成立于奥地利 Salzburg (萨尔兹堡) 附近的 St. Georgen。该公司主要目标是研发光栅测量系统和生产增量式光栅尺、增量式圆光栅编码器以及配套的光栅数显表, 其产品和德国海德汉公司相近。现在 RSF 公司也属于海德汉集团。该公司现有的工作人员超过 100 人。现在 RSF 公司主要的产品是封闭式直线光栅尺、敞开式直线光栅尺、圆光栅编码器、光栅长度计和数显表。RSF 光栅尺采用的是透射式单场扫描成像测量原理, 提高了光栅信号的质量和抗污染性能; 其读数头内可以内置到 100 细分电路。RSF 产品的质量较好, 有相当的竞争力。

6. 日本磁尺公司

日本的磁栅尺过去是由 SONY 生产, 在 2010 年该公司生产磁栅尺和激光尺的伊势原 (Isehara) 事业部被日本森精机 (MORI SEIKI) 公司收购, 改名为“株式会社磁尺” (Magnescale Co. Ltd), 仍旧生产 SONY 公司原有型号的磁栅尺和激光尺, 并加强了磁栅尺在数控机床上的配套应用。虽然制造磁栅尺 MSGNESCALE 公司在本届展会上没设展台, 但在 DMG/MORI SEIKI (德马吉/森精机) 1800m^2 的展位空间的展台上展出的 33 台机床中, 高档全闭环数控机床全部安装了 MAGNESCALE 的 SR87 绝对式磁栅尺。该型号绝对磁栅尺用的是两个码道, 一个是增量码道, 通过信号细分提供位置值, 确定磁栅测量系统的精度和分辨力; 另一个是绝对位置码道, 用来确定绝对位置。

展会上 DMG/MORI SEIKI 介绍他们全闭环的数控机床配置的高精度 MAGNESCALE SR87 绝对式磁栅尺时的评价是: 高精度、高分辨率; 优于

光学式的高精度; 耐结露和油污; 耐振动、耐撞击性。

例如, 在展出高精度高速卧式加工中心 NHX8000 中, 其 X/Y/Z 轴是使用 SR87 绝对式磁栅尺作为全闭环系统, X/Y/Z 轴的行程分别为 $1400\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 1350\text{mm}$, 在切削进给速度 50mm/min 下, 实测各轴的位移量为 $8\mu\text{m}$ 。

DMG 与 MORI SEIKI 同为国际化的领先的机床设备制造商, 而且同样拥有全球化的资源以及竞争实力。他们合作领域包括联合销售和技术服务, DMG/MORI SEIKI 将为客户提供更多和统一标识。因此, 他们在展会上的数控机床全部采用 MAGNESCALE 的绝对式磁栅尺, 引起了机床工具行业 and 用户的关注。

7. 英国 NEWALL (纽沃尔)

英国 NEWALL 公司 (Newall Measurement Systems, Ltd.) 是球栅传感器及其数显系统的制造商, 现在隶属于施耐德集团的 Custom Sensors & Technologies 事业部。球栅传感器是利用交流电磁感应技术, 采用非接触式测量, 读数头是全密封设计的, 能防尘、防铁屑、防水, 达到了 IP67 保护等级。球栅尺体是由一根不锈钢管 (称为球栅尺 Spherosyn) 或碳纤维管 (称为微球栅尺 Microsyn), 内装精密的镍镉合金球构成, 但绝对式和单参考点球栅尺, 是在尺身内部嵌入编码环。读数头内的霍尔传感器能识别内嵌编码环自带的磁信号, 绝对式球栅内部的高速 DSP (数字信号处理器) 负责处理数据以及和外部的通信。这两种球栅传感器有两种球距, 一是 Spherosyn (球距半英寸); 二是 Microsyn (球距 5mm)。最近几年来, 球栅数显系统已由模拟信号提高到数字信号, 也就是球栅的读数头的输出信号由模拟信号转化为数字信号, 球栅传感器可以单独使用, 可以和光栅数显表和数控系统相配, 现在输出信号不但有增量式而且还有绝对式, 这就扩大了球栅传感器应用范围。球栅尺从过去单纯用于手动数显机床的位置坐标显示发展到今天可以用于数控机床。

三、参展的境内位移传感器生产企业

境内生产光栅、磁栅、球栅和容栅位移传感

器的企业参展的接近 20 家，其中主要是光栅厂家。2012 年大陆的金切机床产量为 80 万台，其中数控机床产量达到 20 万台，2012 年大陆光栅尺销售量大约为 40 万支，旋转编码器大约为 150 万个。现在数显光栅尺已经开始进入数控光栅尺领域，光栅旋转编码器已进入数控机床领域。下面介绍参展的几家企业。

1. 长春光机所

长春光机所在展台上展出了他们研制的绝对式光栅尺，他们攻克了①单码道绝对式编码技术；②集成化光电探测技术；③单场扫描技术；④多窗口空间滤波技术等方面的难题，成功研制出 JC09 型绝对式光栅尺。

在展会上，大连科德数控机床公司展出的五轴立式铣床复合加工中心（VGW800-MT）装配了长春光机所的 JC09 型绝对式光栅尺，机床的 XYZ 轴的行程分别为 X800mm/Y800mm/Z550mm，定位精度达到 0.5 μ m。

2. 长春禹衡公司

长春禹衡光学有限公司是光电编码器专业制造商，其主导产品光栅编码器及相关部件，2012 年销售量为 60 万个，广泛用于数控机床、交流伺服电机、电梯和自动化设备。

3. 广州诺信公司

广州诺信数字测控设备公司专门生产光栅尺、数显表和数控系统、数控机床的企业。诺信的光栅尺的发展是配合了数控系统和数控机床的应用，他们从用于手动数显机床的数显光栅尺发展成为用于数控闭环系统的数控光栅尺。该公司的展台不但展出了光栅尺、角度编码器，而且展出了数控系统和数控机床。据了解，诺信 2012 年光栅尺的销售量达到 17 万支。

4. 苏州怡信公司

怡信以光栅测量系统为基础，生产的仪器包括光学投影仪、影象测量仪，3D 激光扫描仪、三坐标测量机、光学对刀仪等。在展会上，该公司展出了 AS-30 系列绝对式光栅尺，分辨力为 0.1 μ m、精度为 $\pm 3\mu$ m、运动速度可达 120mm/min，符合在数控机床床上作为位置反馈元件。AS-30 输出接口为 CPE-Bus 双向串行通讯接口（RS-485）。

5. 廊坊莱格公司

廊坊莱格公司在展会上展出了密封式增量式钢带光栅尺，主要技术性能指标如下：

单尺壳最大量程：6040mm；多尺壳最大量程：20 040mm；光栅基体：不锈钢带；光栅刻线密度：10 对线/mm、25 对线/mm；准确度等级： $\pm 10\mu$ m/m、 $\pm 5\mu$ m/m；（量程 ≤ 2040 mm， $\pm 5\mu$ m/m）；输出信号：TTL 矩形波和 $\sim 1V_{pp}$ ；工作速度： ≤ 60 m/min；抗振动 ≤ 150 m/S²；抗冲击 ≤ 150 m/S²；防护等级：IP53、IP64（外加压缩空气）。

四、展会的启示

在 CMT2013 国际机床展览会上，全世界优秀的位移传感器、数控机床和数控系统的制造商都来到参展，他们展示了各个企业最新的和得到广泛应用的产品，以及世界各国的发展情况，也让我们可以从中获得很多有益的启示。

（1）光栅传感器向高可靠性、高稳定性、数字化和绝对式发展。现今机床的用光栅尺主要的高指标：最大测量长度从玻璃光栅 4m 到钢带光栅 30m；精度： $\pm 3\mu$ m、 $\pm 5\mu$ m；分辨力：1nm、10nm；最大速度：180m/min；信号传输：双向数字接口和 $\sim 1V_{pp}$ ，完全可以满足现代数控机床的要求。而在本届展会上看到的是光栅位移传感器全面采用光单场扫描技术，提高了光栅传感器的抗污染能力和信号质量；全面采用先进的绝对式编码技术，将多码道的位移传感器革新为增量码和绝对码两个码道，确保获得高精度的绝对位；广泛采用双向数字接口，实现绝对式传感器和增量式传感器的位置值高效、可靠、具有诊断功能的传输。本届展会展出的全闭环数控机床都是采用绝对式位移传感器。

（2）光栅、磁栅、球栅、容栅位移传感器，已经逐步实现了数字化。光栅、磁栅、球栅、容栅各种传感器输出信号都逐渐统一为 TTL 矩形波和标准的数字接口，输出的模拟信号都统一为 $\sim 1V_{pp}$ 正/余弦波。光栅、磁栅、球栅、容栅的各种读数头都可以作为传感器单独分离出来，与普遍使用的光栅数显表以及数控系统相连。各种传感器的数显表都改变为单一的光栅数显表，传感器

凝聚创新共识 汇集发展动力

——CIMT 2013 观感

沈福金

为期6天的第13届中国国际机床展览会（CIMT 2013）已于2013年4月22~27日在北京中国国际展览中心（新馆）成功举办。尽管世界经济复苏乏力，国际政治环境也比较复杂，中国经济发展增速有所放缓，但基本向好的中国经济和巨大的中国机床市场，仍吸引了28个国家和地区的1500多家厂商积极参展，展览面积达12.6万m²。

为满足中国机床市场需求结构快速升级的要求，许多展商精心准备，展示了性能优异、特色鲜明的产品。纵观CIMT 2013展会的展品，不仅新产品、首次亮相的产品多，而且生产线、机器人成套呈现的展品也不少，体现了当代机床技术发展的最高水平。

若大的展会，琳琅满目的展品，让人目不暇接，笔者只能有重点地浏览。现把自己看到和感受到的一些有代表性的特色展品和技术亮点简介如下，肯定会挂一漏万，仅供业界参考。

一、应用新技术的首发产品之多，十分抢眼

CIMT 2013展会上，代表当今机械制造技术发

展水平的首发产品很多。雷尼绍（RENISHAW）公司展出了多项技术水平高、竞争力强的产品。如在CIMT 2011刚刚亮相的、采用了专利设计的新样机Equator多功能比对仪，这次已有多台Equator300比对仪产品亮相CIMT 2013，并与机器人连接，现场进行无人化比对测量演示。整台比对仪结构独特、轻盈，集操作简便、测量快捷、热稳定性好，以及多功能和高重复性于一体，有望引起测量领域的新变革。雷尼绍展台另一大亮点是，3D打印机AM250快速成型制造系统和激光熔融3D打印增材制造技术，连同打印制造的零件一起亮相CIMT 2013，属首发。去年，美国芝加哥国际制造技术展上提出了叠加制造的概念，未见有展品报道。这次在北京展出的AM250 3D打印机具有独特的成型系统，采用创新型真空式成型舱和添加式制造技术，成型舱内充有惰性氩气，并严格控制空气环境，这样就能使用钛或钛合金等超高活性材料制造零件，避免发生氧化反应；还可以在氮气环境中使用非活性材料制作工件。3D打印增材制造技术应用潜力巨大。据说清华大学已购买了一台AM 250 3D打印制造系统，用于金属材料

输出信号的数字化改变了数显表行业。

（3）光栅位移传感器应用最广泛，磁栅位移传感器明显增加。展会上众多企业都是生产封闭式光栅和敞开式光栅尤其是敞开式钢带光栅更多用于机床、测量仪器和直线电机。绝对式磁栅尺大量用于数控机床是本届展会的一大亮点，表明磁栅尺在机床行业还大有前途，尤

其是敞开式磁栅尺和磁栅编码器在机床中应用发展很快。

（4）找差距，提升大陆位移传感器产业。从展会上看到大陆的光栅尺从主要用于手动的数显机床开始向用于数控机床迈进。从玻璃光栅向钢带光栅和磁栅发展，位移传感器需要全面向数字化发展。□

输出信号的数字化改变了数显表行业。

(3) 光栅位移传感器应用最广泛，磁栅位移传感器明显增加。展会上众多企业都是生产封闭式光栅和敞开式光栅尤其是敞开式钢带光栅更多用于机床、测量仪器和直线电机。绝对式磁栅尺大量用于数控机床是本届展会的一大亮点，表明磁栅尺在机床行业还大有前途，尤

其是敞开式磁栅尺和磁栅编码器在机床中应用发展很快。

(4) 找差距，提升大陆位移传感器产业。从展会上看到大陆的光栅尺从主要用于手动的数显机床开始向用于数控机床迈进。从玻璃光栅向钢带光栅和磁栅发展，位移传感器需要全面向数字化发展。□



料和特定领域的前沿研究。雷尼绍的球杆仪和用于五轴机床的回转轴校准测量的全新 XR20-W 测量装置都装有“蓝牙”，实现了测量数据的无线传输，使用更加方便。

DMG/森精机以展会最大的展位面积，首次合作亮相 CIMA 2013，在超过 1800 多平米的展览空间中，展示了 33 台高科技展品，其中 8 台为亚洲首发，6 台中国首发机床。这些机床展品从外观质量到内在性能都属于世界先进水平之列。这里仅举几例：

这次在中国首发的 DMG 和森精机合作开发的新机床 DMC 60 H linear 精密卧式加工中心特点鲜明：一方面精度高和精度保持性长；另一方面，所有轴采用直线电机驱动，运动速度快和动力学特性好，快移速度 80m/min，加速度 0.8g；同时在批量生产时可靠性非常高，而且可模块化分级扩建，并可构建智能自动化方案，以适合独特的过程链和加工流程的需要。DMC 60 H linear 可按需要配置 1~5 个轮式刀库，可配备 30~303 把刀具（见图 1），生产时间和辅助时间 100% 并行，切屑-切屑换刀时间 2.6s，生产效率提高 25%，可很好地满足卧式加工领域的各种苛刻要求。

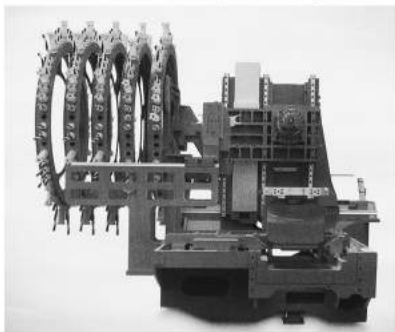


图1 DMC 60/80 H linear 卧式加工中心的轮式刀库

又如，在亚洲首发的新型超精密加工机床 DIXI 210，是 DMG 和森精机在产品开发方面进行面向未来合作的标志。瑞士的精密制造工艺与德国工程技术结合，在机床装配中运用手工刮研技巧，每台精细刮研 500h 以上，使所有结合面和轴都达到完美的平整度、直线度和垂直度。GGG60 材质 3 点支撑的龙门结构保证了最高的刚性和稳定性，这样在 X/Y/Z 行程分别为 1800/2100/1450mm 的加工空间，对应的空间精度 $<35\mu\text{m}$ ，且所有轴的定位精度 $4\mu\text{m}$ ，这是全世界独一无二的精密机

床。还有为宇航工业加工钛合金件开发的 duoBLOCK 系列 5 轴/5 面车-铣复合加工机床（如 DMC125 FDduoBLOCK），集车、铣、磨削、超声加工和激光加工技术于一体，再加上 duoBLOCK 结构（见图 2）和快捷而省空间的托盘交换装置，一次装卡可完成全套加工，大大提高了生产率。此外，还有亚洲首发的带 3 个刀塔和 B 轴的 SPRINT 50 自动车床，可进行 6 面全套加工，具有较高的生产率和灵活性。



图2 duoBlock 系列机床的床身、立柱结构

山崎马扎克公司的各个系列的复合加工中心为实现更高速度、更高精度的加工，采用直驱电机驱动、全轴滚柱导轨等先进技术，实现更大程度的工序集约，复合加工机床的功能升级。5 轴联动多面加工、3D 曲面加工的高速立式加工中心 VARIAXIS 系列和 HYPER VARIAXIS 630 等生产率飞跃式提高。首次展出的超高精、高速卧式加工中心 μ -8800，完全克服了热变形影响并保持高刚性，可同时满足高速和高精度加工要求；配备了高扭矩、超大功率主轴的 MEGA 8800 高速高精度卧式加工中心，依靠高刚性结构，反馈迅速的进给机构以及最新控制系统，可加工钛合金和镍基合金等难切削材料，并提供稳定的加工精度。机床控制系统与互联网相联，使机床的加工程序、生产计划、刀具、工卡量具等信息共享，保证生产安全运行，提高了工作效率，停机时间大为减少。采用了人机工学设计，机床操作方便舒适。

海克斯康测量技术公司展出的 GLOBAL Silver 测量机是首发的新一代测量机，拥有测量效率高、操作简便、环境适应能力强等特点，无需恒温环境，测量速度显著提高；海克斯康的照相式测量

系统能在苛刻的工业环境中工作，具有独特的高速处理数据的能力，在毫秒之间就可获取大量数据；应用绝对式编码器确定各坐标轴位置的轻便而灵活的关节臂测量系统等都是首次亮相展会的高科技的特色产品。

瑞斯豪尔公司的 RZ260 磨齿机，其成功的重要标志归结为模块化结构和磨齿工艺创新。无论是用于大批量生产，还是单件生产，用户都会感到完全像用专机一样。所以，莱斯豪尔公司的模块化结构创新给用户获得可感觉到的竞争优势。

总之，在展会上首次亮相的其他科技含量高的产品还有很多，这里不再一一列举。

二、能效管理受重视，节能环保技术应用、发展迅速

绿色制造和节能环保的理念越来越受到人们的重视，尤其是在能源费用不断增长的今天，如何管理和降低生产中的能耗问题，已经得到企业的关注。我们知道，机床作为生产装备的主要组成部分，生产中机床的能耗不可忽视。现在机床行业企业都在积极研究节能技术，开发节能产品。

DMG/森精机在最新一代机床上采用先进技术和合理的功能选配，可降低多达 30% 的能耗；在控制和驱动部件上引入创新的 400 V 高压电机技术，可降低 19% 的热能和无功损耗，更小的电缆截面还减少了材料消耗；机床用 LED 照明，可节省 90% 的照明能耗；驱动轴和主轴制动能回馈电网，又可节能 10%。

山崎马扎克公司不仅在产品上积极应用节能环保技术，而且还在机床制造过程中，积极推进采用节省能源、资源技术，推进节能环保型工厂和研发中心的建设。如在机床上用人体感应装置，使机床 LED 照明和数控画面有自动关闭功能，降低能耗；利用电源再生系统，将主轴电机和伺服电机减速释放的热能，有效地转化为电能；依靠待机状态下排屑器自动停止和液压单元的节能清洁功能，减低电力消耗，可节省能耗 22%；在滚柱导轨和主轴轴承部位使用润滑脂润滑；也采用 400V 高压电机，减少铜线使用量等。

日本三菱电机认为，在制造业中，生产设备的能耗占工厂总能耗的比例较大，因此提出新的

FA 能源解决方案，即 e&eco-Factory® 理念，在工厂实现“生产高效化和能量效率化”，以帮助工厂节能增效。三菱电机将 FA 事业部研发的控制技术、网络技术与节能供电部研发的测量技术相结合，开发了一套能源计量、能耗信息可视化和提高能效等设备。在这届 CIMA 2013 展会上，展示了可直接插入可编程序控制器；轻松计量能源信息的高速数据记录模块-MELSEC-Q 系列电力计量模块；能源信息可视化的 GOT1000 显示器；MR-J3W-B 系列 2 轴一体伺服放大器（见图 3）；可编程序控制器 MELSEC-Q MES 接口（见图 4）；FREQROL-F 700 节能顶级变频器；能活用再生能源，发挥强大节能效果的 MR-J3-DU 系列伺服放大器（见图 5）；多合一电源再生功能内置变频器 FR-A701；能够同时取得提高能效和提高生产率的 CNC 控制系统和驱动系统；力矩增强了的三菱伺服电机，使驱动电流明显降低等众多产品。损耗小、结构紧凑的高技术部件，又使驱动控制中的损耗减至最小。通过能耗计量、可视化，配合生产现场信息，为作业人员实时监控能耗，实现管理能耗，最终达到节能增效的目的。



图3 MR-J3W-B 系列 2 轴一体伺服放大器



图4 MELSEC-Q MES 接口



图5 MR-J3-DU 系列伺服放大器;

可见,研究和应用节能降耗技术乃大势所趋,绿色制造发展迅速。

三、工业机器人融入生产,助力自动化生产单元和生产线发展

本届展会上,数量众多、规格各异的工业机器人,以及与机床结合的生产线或生产单元应用实例之多,无不体现了自动化生产技术的最新进展。尤其是我国机床制造厂家能展示这么多生产线和生产单元而且水平不低,意义更大。如,重庆机床集团的 ZDX 轿车变速箱齿轮加工生产线,由高效精密双主轴数控车削中心、数控高速干切滚齿机、数控倒棱机、精密数控剃齿机和高架式机械手物流系统组成。整条生产线紧凑、美观,配有自主研发的网络化现场管理和智能监控系统,生产节拍 $\leq 60s$,平均无故障时间 (MTBF) 900h 以上,可完成从毛坯到成品的全套加工,技术水平不低。大连机床集团展出了由 3 台加工中心和双桁架机械手物流系统组成的 DKX093 轿车汽油机缸体柔性生产线;由 TD500A 钻铣中心与三菱电机 F 系列机器人组成的加工岛自动线,以及一个由 2 台数控车、1 台机器人和一套独立控制单元及相应辅机组成的 DXZD0003 机器人加工单元。北京一机床股份公司展出了凸轮轴精加工生产线及叶片生产线。上海三一精机的汽车缸体生产线和刹车盘生产线。山东普利森集团的液压油缸智能化生产线。四川长征机床集团的用于加工法兰盘类零件的 RXC001 自动生产线等。中国机床制造企业展出的这些生产线或生产单元,都由工业机器人或机械手组成物流系统,可实现自动化和无人化生产。自动生产线和生产单元的大量涌现和应用,标志着我国机械制造业在生产设备、加工工艺、物流、信息获取

和控制等方面的技术综合集成能力方面,有了长足的进步。

四、观感

参观 CIMT2013,琳琅满目的展品,给我留下的主要感受有两点:

(1) 世界机床技术在继续快速发展;中国机床工业的发展成果骄人,技术进步很大,自我装备的能力全面提高,我国国民经济的发展基础更加牢固,令人振奋。

(2) 国内外机床技术的发展差距依然明显,值得我国机床业界重视和思考。

近十几年来,我国机床工业发展很快,成果显著,但机床产品的质量,用户服务和新技术的应用、产品创新发展的速度等都跟不上市场发展的需要。高端机床至今仍未摆脱依赖进口的局面。只要在展会上看一看,和参展商们聊一聊,就不难发现差距所在。如,DMG/森精机在产品样本和口头保证中,都明确 24 小时服务热线,60 个月质量保证,这是对质量自信的表现,但没有看到我国机床企业,谁敢承诺质量保证 5 年。还有一个更明显差距是节能环保意识远不如欧、美、日知名机床企业强。展会上没听到我国机床企业介绍具体的节能环保措施,给人的感觉是,与国外一些知名企业相比,我们在节能环保方面,似乎存在着发展阶段性的差距,这必须要引起我们的重视,否则,我国机床的出口总有一天会受到他们技术壁垒的限制。

在展会上,我感受到一股国外机床工具快速发展的无形压力正悄然向我们袭来,这预示着我们将会面临更加激烈的市场竞争,必须早做准备。客观形势表明,我们机床行业调整产业结构、转变发展方式已刻不容缓。

现在是我国机床工业转型升级的关键时期,举办的 CIMT 2013 国际机床展给我们提供了一个很好的交流学习机会。企业通过参观、交流,了解世界机床技术的发展水平和主要趋势,再结合自己的企业,找出差距所在,制定企业切实可行的创新发展计划,必定受益匪浅。□

面向可持续生产的机床工具业

意大利机床、机器人和自动化制造商协会 (UCIMU) 恩里科·安那康迪亚

如何能保证满足子孙后代的生存发展需求，如何进行以促进社会进步和经济增长为目标的资源有效利用，减小由其引发的环境影响，则是世界面临的共同挑战。

以新的发展模式将各种需求相结合的能力通常称为“可持续性”或“可持续发展”。为实现目标，可持续性必须使经济、环境和社会因素相协调，并保证生活质量的持续提升。因此，可持续性具有重要的政治意义，促使各国在全球及国家层面上采取行动。

在欧洲，一些可持续发展项目已经开展起来，其中包含直接或间接影响公司活动的强制性措施，主要涉及以下方面：

(1) 能源效率（如：产品标签上的指令、耗能产品的相关法规）。

(2) 人身安全和健康（如：工作环境安全指令、产品安全指令）。

(3) 废弃物处理，与制剂和危险物质使用和处理记录和规则相关的限量和义务（如：《废弃物框架指令》、《化学药品登记、评价、许可及限制规则》（REACH）、《电子和电气废弃物指令》（RAEE）、《有害物质限用指令》（ROHS））。

(4) 水、大气、土壤污染，以及其他与环境影响相关的因素（如：排放权交易指令、综合污染预防与控制（IPPC）、工业排放指令及其环境综合认证（EIA））。

所需的工具也促成了新政策，旨在促进可持续发展，支持低环境影响和低能耗体系的建立。

在此环境下，生产体系，尤其是机床制造，必须在新发展模式定义和应用中起主导作用，并将问题和挑战转化为增长机遇。这一目标的实现取决于生产系统创造产品和“生态创新”工艺流程的能力。

制造工艺流程在最终产品塑造中居于中心地位，因此，除传统的成本效率、生产力、灵活性、可靠性和安全性外，所选择的生产方式还必须符合可持续性需求。因此，需要特别考虑：环境影响；垃圾和废弃物；能源效率等因素。

考虑到生产对可持续性的重要意义，欧盟于旨在优化产品环境影响和能源效率的指令框架（参见 2009/125/EC 关于产品生态设计的框架指令）内，寻求建立适用于机床工具的特定措施，从而使目前与设备相关的措施适用于机床，如电发动机和电扇。

就生产体系可持续性而言，意大利机床工具制造商已为改进生产体系效能做出了重要贡献，这有利于实现环境和能源利用优化的相关目标，并被制造公司采用作为管理政策。然而，对生产体系的评估十分复杂，需要共享参照模式以保证结果的客观性。

可持续产品和体系开发有诸多参照模式，但目前并没有哪一个模式专注于机床工具。欧洲以及国际层面的标准和法律法规正在建设中，但实际通过要在数年以后。将现有模式应用于机床工具的困难在于该领域具有极强的专业性，而正是这样的专业性使该领域能够满足市场需求。

注：本文摘自 CIMIT2013 “创新·可持续发展” 高层国际论坛发言。

我们希望特别指出的是：

(1) 机床工具不是消费品，而是该工业领域内专业操作者使用的资本货物。

(2) 机床类型多样和异质化；客户对客制化需求强烈。

(3) 应用领域高度差异化，能源消耗很大程度上取决于用户的生产需求和选择。

(4) 生产手段的选择很大程度上取决于质量和产品制造因素。

(5) 机床工具质量取决于多重因素，必须在设计和制造过程中予以合理考虑。

(6) 机床工具技术复杂，但结果取决于各部件的演进和用户需求。

具体考虑到机床工具（与环境影响相关）的技术细节，使用阶段的重要性超过了生命周期的其他阶段，即：规划；购买原材料；制造；运输；拆卸。此外，用于机床工具制造的材料易于回收再利用。

简化机床工具评估的另一重要因素是电能相比较其他“消费品”在使用阶段的重要角色。因此，与能源效率相关的因素具有基础性地位。这些简化因素乍看上去似乎对开展评估活动；然而由于机床工具无法建立适用于所有应用并保证结果一致的标准解决方案，因此存在复杂性和局限性。

制造商必须为其产品和应用选择最优措施。通常，最佳解决方案包含一系列措施，其中每项措施均能带来有限的改进。

例如，满足能效需求的适当措施主要包括：①提升整体机床性能。②优化机械系统。③优化液动和气动系统。④优化冷却/润滑系统。⑤优化电力系统。⑥降低控制系统能耗。⑦优化周围系统。⑧优化机床使用，从而减少由使用效率低下造成的浪费和资源消耗过度。

因此，最基本的是制造商确立最佳措施，将能效及机床其他性能协调结合的能力。

许多制造商应用面向可持续性的解决方案，这得益于标注“绿色”或“蓝色”公司的支持，但如果对改进作出认证的法律法规缺位，用户将无法作出有意识的选择。

一些国际标准化组织（ISO）标准正在确立过程中。与我们讨论的主题关联度极高的是 ISO

14955 标准，详列如下：

(1) ISO 14955-1 机床工具生态设计方法。第一部分定义了考虑到环境影响和节能的机床工具设计方法。

(2) ISO 14955-2 机床工具和功能模块能耗测试方法。第二部分定义了机床及功能模块能耗计量方法。

(3) ISO 14955-3 金属切割机床工具耗能试样/测试步骤和参数。第三部分规定了金属切割机床的测试和通过步骤。

(4) ISO 14955-4 金属锻压机床工具耗能试样/测试步骤和参数。第四部分规定了金属锻压机床的测试和通过步骤。

上述活动始于 2010 年。目前只有第一和第二部分在建立之中，因为其他部分的定义取决于以上两者。

作为结论，机床工具产业很大程度上取决于如何设计和实施全系列产品，并且需要开发环境友好的生产体系，使用户得以合理使用资源，并将能源、原材料和生产资料的消耗降至最低。因此，意大利机床工具制造商决定确立保证生产的环境可持续性的制造方法和体系。

由于没有共同的模式和标准以客观表述能力和取得的结果，提升市场意识并保证业内公司作出承诺的行动便尤为重要。在国家层面，意大利机床和自动化制造厂商协会对品牌进行了重新设计，结合了“蓝色哲学”——旨在促进机床业发展的可持续性项目。

“蓝色哲学”行动由意大利机床和自动化制造厂商协会发起，旨在明确显示意大利机床工具制造商对可持续性，尤其是与环境影响，能效和人类福祉/人身安全相关方面的责任和承诺。

“蓝色哲学”已成为代表意大利机床产业最高质量的意大利机床和自动化制造厂商协会（UCIMU）标志之有机组成部分，在已有的要素——性能可靠，财务稳健，产品安全，消费者关注的基础上增添了新的意义。

符合 UCIMU 规定的 UCIMU 成员公司获准使用该标志。程序规定了对公司组织的（文件和/或现场）审查，旨在评估其有效管理（下转第 102 页）

借助创新促进经济发展

美国机械制造技术协会（AMT）会长 道格拉斯·武德

2008年北京奥运会时，参赛的美国国家女子体操队实力很强，被认为是夺冠的热门。作为一项最受关注的奥运会项目之一，众多媒体一直在预测谁将夺冠，近距离观察体操运动员，几乎所有媒体都看好美国队会在1996年夺冠后再次捧杯。

然而，比赛一开始，中国队展示了他们对平衡木、双杠、跳马以及自由体操的主导。最后，中国队靠他们完美的表演拿走团体金牌，而美国队仅获得银牌。然而，四年之后，我们看到竞争并没有结束。人们没有料到的是，美国队站到2012年伦敦奥运会女子体操团体的最高领奖台上。

在中美之间，你可以找到许多类似的例子。从竞技体育到技术，再到机械制造领域，我们两国相互推动、良性竞争、共同提高。我们对成功的推动，使我们变得更好。因此，我们之间的竞争使双方相互收益。

作为竞争者，我们的相互推动使我们在质量和生产率方面获得更多。共同寻找做生意的方法、提高伙伴意识，在未来若干年，可以使我们双方取得更大成就。

美国和中国是全球最大的两个经济体。两国GDP的总量达24万亿美元（占全世界GDP的三分之一或34%）。中国的GDP在过去10年间加速增长，其总量已超过了德国和日本。除此之外，美国的机械制造业在GDP中的比重大约占10%，而中国的机械制造业在GDP中的比重约占30%。我们是最大的两个制造业国家，我们都努力做到最好。

由于多种因素的集合，美国正在处于制造业

的复兴之中——低的能源成本、稳定的工资、良好的创业环境和工业技术创新，例如较好地利用云计算技术。随着生产率的不断增加，美国的就业总量相对平稳。

中国由于劳动力成本和总生产成本的上涨，正在面临挑战。波士顿咨询公司的Hal Sirkin先生曾经说过：到2015年，某些零部件在中国生产的成本 and 在美国生产的成本将会相同。如计算机和电子零部件的生产。

目前中国正在寻求依靠技术和创新来赢得竞争，而较少依靠价格的优势。创新的能力是经济增长和竞争力的最大驱动力，因为用户将会不断地寻求最新的、最具创新的产品，用于解决他们的挑战。中国的这种转变对确保今后若干年保持制造业实力至关重要。中国在研发方面的投入在今后10年内或将超过美国。

借助于良好的教育体制、创新文化和企业家精神，美国是制造商做买卖的好地方。然而，某些时候，由于复杂的网络和繁冗的规章制度，政府在不经意间妨碍了行业的最佳发展。我们也希望美国政府能更多地关注制造业，将更多的资源投入制造业，形成更多有凝聚力的行业政策。

一个全身心投入的战略，各方通力合作，以及提供最具经济回报的迅速的产业创新是制造业可持续的关键。中国的“十二五”规划就是一个很好的例子。

借助于“五年”规划，中国很好地选择最具发展潜质的行业，包括机械制造业。中国的方式是

注：本文摘自CIMIT2013“创新·可持续发展”高层国际论坛发言。

全面协调的至上而下的方式。它包括在国内与制造业合作的供货商和工业集中的地理位置。也包括把一些大学的毕业生定向输送到某些工业部门。除此之外，还包括把一些高中的学生定向输送到某些大学。这种协调的方法确保了工业在中国优先发展的地位。

而美国采用另一种不同方法。它是利用各种研究所来研究不同的技术。橡树山（Oak Ridge）和罗思阿拉莫斯（Los Alamos）国家实验室是由联邦政府资助的研究机构，主要集中于清洁能源的研究。西南研究所是一家私营的独立应用研发机构，进行各种技术的研究，特别是可替代能源的研究。另外，众多的知名教育机构也参与其中。在南加州大学伯克利分校，AMT的一个会员公司在学校的边上开了一间工厂，使学生有机会在课堂上学习机械制造技术，然后将学到的知识应用到实际工作中。

去年秋天，美国在俄亥俄州的杨斯顿市建立了一个制造中心，命名为“国家叠加制造创新研究所”。AMT在筹划这个中心的工程中扮演了关键作用，并将继续参与今后的发展工作。最近，奥巴马总统在他的国情咨文讲演中强调了叠加制造研究所；同时也宣布，计划在美国其他城市再开设三个新技术研究中心。这些研究中心将和美国国防部、能源部合作，创造大量的高技术工作岗位；同时，确保美国高技术领导者的定位。

在这些计划中，每个国家都有改进的余地。中国应专注于扩大内需、发展技术，而不仅仅限于“出口经济”。同时，美国应努力降低公司所得税和重组各种政策制度，使美国公司更容易在国内外开展业务。美国也应继续推进一种协调的全面解决方案，加强制造业的实力。

制造业技术工人的短缺使我们两个国家面临挑战。在美国，目前有5%的技术工人岗位空缺——大约需要30万个技术工人来满足当前制造业的需求。同样，中国制造业日益减少的工人数量也造成了类似的短缺。因此，只有通过创新，我们才能克服这些挑战；只有通过找到生产率更高

的方法和创造新的技术，我们才能更好地利用我们现有的资源。

AMT已经为协调专注的全面解决方案制订了一个计划——制造业行动计划。该计划是一个国家机械制造业战略的计划，其目的是帮助重建和加强美国机械制造业。规划中列出了三点，我们认为是最重要的，它可以确保在未来美国有一个强大的机械制造业。

制造业行动计划中提到的三个关键是：①鼓励新产品和新技术的研发和创新；②增加全球竞争力；③建立一个良好的人才教育和培训体系。

如何定义创新？非常清楚的是应专注最新的和最伟大的技术，或许用古人的智慧来描述最为贴切。古罗马哲学家塞内卡说过：“如果你不知道从那个港口启航，就不能判断什么风对你有利”。创新是为你确定一个可靠的方向，以制造和研发出新东西。中国做得很好，准确知道它们要发展的方向。在AMT，我们正在为美国绘制一幅清楚的航线图。

人才非常重要，因为他们推动创新。这就意味着，我们要尽可能培养出最好的人才。我们必须确保培养出必要的技术工人，来确保我们未来行业和经济的发展。人才是可以把想象力和创造性应用于生活、设计和车间。重要的创新和技术，可推动制造业的可持续发展。

我们必须尽全力提高我们的全球竞争力。我们已经讨论了中美之间的竞争如何使对方变得更好。我们两国坚信，公开和公平贸易可使双方受益。两国的制造业互视对方为伙伴，我们都为进一步建立一个互利互惠的关系而努力。

最后，我们两国必须培育一个有助于迅速创新和企业家成长的贸易环境。美国具有企业家精神和创新精神，但必须使创业容易和易于成长。中国对研发非常重视，对继续培育企业家的能力，如“小米”手机产品的发明人雷军，以及对培养一批具有想象力和有远见卓识的人才不遗余力。

AMT期待着促进建立中美两国之间的合作关系。□

机床工具业如何为创造 可持续未来做出贡献

西班牙达诺巴特集团创新主管 安琼·洛佩斯·乌索斯

可持续制造业意味着其产业活动与环境社会需求契合度越来越高。机床工具领域最近采取实际行动，在商业模式中结合了负责任和高效率的能源利用。作为解决方案的提供者，该产业在推行更具可持续性的生产模式中居于有利地位。而面临的挑战是：如何设计合理策略，以保证可持续性与制造业增长在全球范围内协同发展。

一、可持续性 & 机床工具

对于机床工具产业而言，可持续性意味着：

(1) 更加注重低能耗，高产出型生产机械的设计、开发和制造。

(2) 为用户提供信息、服务和培训，从而在使用阶段实现产品环境效益最大化。

(3) 确保机床严格保证使用者及工厂其他人员安全。

(4) 与当地社区建立紧密联系，并参与旨在提升能力的活动。

如果机床工具业能够通过采取以上行动，在全球领域提升竞争力并实现良好的财务业绩，则该产业将运行于可持续发展的轨道。

向更高能效发展的趋势代表了该产业开始转变模式。长期以来，机床工具产业的发展由为客户提供具有最高生产力、精密度和可靠性的机器而驱动。竞争性取决于卓越的制造。

近年来，机床工具产业开始投资于可持续机床，旨在为全球协力回应社会挑战而做出贡献。

随着近来原材料和能源价格飞涨，用户也逐渐开始在购买时考虑到能源效率。

设计、能耗优化及减少材料浪费对机床工具生命周期成本起到良好作用，为用户企业和制造企业创造了双赢局面，也为制造业中人的因素带来积极影响。然而，市场需求并没有自动回应可持续机床的供应。

可持续性将是影响未来二三十年制造业的大趋势之一，其真正意义上的可持续发展策略则是以“在全世界范围持续提升生活质量，并保证子孙后代的福祉”为总体目标。

在能源及原材料价格高企的局势下，制造商对生命周期内总体成本十分关注。人们期望制造业积极参与应对能源效率及气候变化的挑战，而这直接影响着机床工具产业。

如今，要制造复杂程度与日俱增的工件，需要越来越复杂的机械。除对生产力和质量的要求不断提高外，提升产品和加工过程的能源和资源利用效率，也使机床工具制造商倍感压力。然而生产力的提升和可持续性并不矛盾。

二、提升可持续性：机床工具业大有可为

过去几年中，机床工具制造商已越来越重视产品的能效。面临的挑战是：设计工艺优化，部件高效的节能机床概念，同时提升机床性能。

制造业的可持续性包含三个层面：经济、社会和环境。

注：本文摘自 CIMENT2013 “创新·可持续发展” 高层国际论坛发言。

目前为提升机床工具的能源/环境效率做出的努力,与社会和环境可持续性目标具有直接的联系。与此同时,机床工具的环境效率也有助于降低其生命周期总成本,从而提升用户企业的经济效益。

更加强调生态效率并不意味着传统竞争力要素——如精度、速度、可靠性、安全性或人体工学等发生了转移,而是在这些竞争力中加入了一个新的核心要素:“可持续性”,作为一种全新的竞争力模式而浮出水面。

环境效率高的机床工具对制造商和用户均有利:用户因生产加工过程优化而节约原材料和能源成本,而机床工具制造商则通过提供高附加值产品而获得竞争优势。

CECIMO(欧洲机床工具产业协会)竞争力研究确立了一个综合框架,确定了机床工具产业面临的挑战及可能的市场反应。该研究认为,通过技术实现创新和差异化是机床工具制造商在全球竞争中保持竞争力的关键因素。研究显示:机床工具公司必须利用自身的工程知识,经验丰富的合格人才以及创新能力,开发新的加工过程和产品;需要通过性能、质量,以及面对市场对新产品和加工技术的需求所显示出的反应能力,来创造价值。

机床工具业内对创新的需求是创造新的知识型机床工具及相关服务,以满足终端用户对更复杂的加工流程和更高的客制化及灵活性需求的有效途径。如今,用户除对更高性能和更经济的生产过程的强劲需求外,也对低能耗和资源节约型生产提出了要求。

以上研究结果促使制造厂商在满足日益复杂的需求的机床设计中,要结合使客户提高生产效率的解决方案。提高生产效率意味着消耗更少的原材料和能源,以及产出更少的废弃物。这些挑战促使制造业降低对能源的依赖,以更高效的方式利用原材料,并尽量降低消极的环境影响。

将对机床工具未来的性能产生影响的研究领域包括:

- (1) 机床能效。
- (2) 低能耗制造策略。

(3) 先进的超高精度机床。

(4) 虚拟测试和加工。

(5) 金属加工新技术的开发。

前两个研究领域直接关系到环境效率,然而其他领域也有助于降低机床工具的环境影响。例如建模和模拟建造可以节省冷却剂和润滑剂的使用,减少废屑并降低能耗。

未来的机床设计将基于可移动机床部件重量最小化,通过高动态轴控制保证架构的坚固性。

可持续理念在机床工具投入生产模式,开始生产零件后仍然不可或缺。而此前在设备生命周期的开始,机床工具设计者便确定了机床的制造方法,例如使用矿铸件制造的机床。

除以上优先领域外,还有一些因素促进了可持续竞争力的提升。工具和压铸(包括原材料和涂层)领域的发展有助于提升加工过程的可靠性和质量。由于机床故障及其他不良结果可提前预测并解决,机床工具的可用性将显著提高。更优越的工具性能减少了废弃物,降低了能耗,从而也促进了加工过程可持续性的提升,对生产成本、环境和操作者人身安全起到积极作用。

对于机床工具产业而言,另外一个重要机遇在于工件质量和规格精度的提升。机床工具机械学和控制学很大程度上决定了制造商能否得到满意的结果,而这使机床工具制造商占得先机,因为他们必须在竞争日趋激烈、全球化程度日益加深的市场环境下,在质量、精度和客制化方面满足严苛的客户要求。通过在机床工具的不同层面结合机械和信息通信技术解决方案,达到这些要求并非难事。

制造过程包含一系列复杂的行动和部件,而这些均可通过创新得以改进。在接下来的几年中,随着工业领域对复杂和客制化产品的需求日益增加,研发活动将占据越来越重要的地位。此外,工业用户致力于生产过程的改良,不仅在技术层面,更包括经济和环境层面。通过更先进的技术支持而优化加工周期(例如运用研磨专家系统),从而提升效率,这样将缩短加工时间。

在未来数年中,单机以及整套生产系统性能和环境影响的显著提升将是大势所趋。在多步骤

(下转第73页)

机床高速主轴（电主轴） 性能测试技术进展

北京科技大学机械工程学院 冯 明 杨 威 李 辰

【摘要】 针对机床高速主轴的精度和刚度两项性能指标，结合相关标准和作者在这一研究领域的最新科研成果，介绍了主轴精度测试的两个评价体系与测试技术，分析比较了刚度测试中常用的加载方法的优缺点，提出了非接触气膜加载技术，并将其应用于机床主轴的静动刚度测试。

机床高速主轴（电主轴）技术的发展和推广应用促进了数控机床技术、高速切削和高速加工等现代先进制造技术的发展，目前超高速电主轴的转速可以达到每分钟几十万转，有的甚至高达数十万转，DN 值可以达到 $2 \sim 3 \text{ km} \cdot \text{r/min}^{[1-2]}$ ，其性能将直接影响到机床的加工精度。高速主轴的主要性能测试指标包括精度、刚性、温升-热变形、振动、噪声和运转可靠性等。本文将针对主轴精度和刚性两项指标简要介绍目前主轴测试技术的发展现状，以及作者在这一技术领域的研究进展。

一、主轴精度测试

在传统的加工方法中，机床主轴的回转精度是影响机床加工精度的重要因素之一，它直接影响到加工零件的形状精度、表面质量及粗糙度。随着对机械制造精度和效率的不断提高，现代机械制造已向精密和超精密的方向发展，相应的检测技术也向更高精度迈进。

1. 评价体系

目前，国内有关主轴运动几何精度的标准（[JB/T 10801.2—2007] [GB/T 17421]）只规定了静态精度检测方法，而国际机床主轴运动几何精度检验标准（[ISO 230-7:2006E]）和美国机械工程师学会回转轴测试标准（[ASME B89.3.4—2010]）中都定义了动态精度（运动误差）并规定

了检测方法。综合国内外标准，主轴精度测试可概括为以下两种评价体系。

（1）轴心轨迹（RunOut）评价体系

轴心轨迹评价体系是以主轴的轴心轨迹为研究对象。主要的评价参数为重复精度（RRO = Repeatable RunOut）和非重复精度（NRRO = Non-Repeatable RunOut），如图 1 所示。

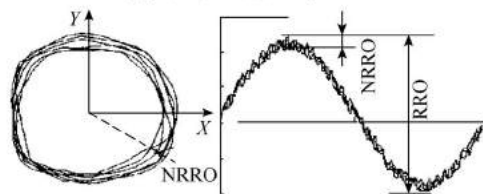


图 1 RO 评价体系

RRO 反应了主轴轴心轨迹周期性的误差，NRRO 反应了主轴轴心轨迹的随机性误差。在理论上，通常用信号的功率谱密度（PSD）来描述 NRRO，即信号 PSD 中除去周期性成分的面积的平方根 σ 评价 NRRO 的大小。在实际工程应用中，也常用在一段时间记录的轨迹的带宽来评价。根据相关国内外标准 [JB/T 10801.2—2007]、[GB/T 17421]、[ISO 230-7:2006E] 和 [ASME B89.3.4—2010]，RunOut 体系主要用于主轴静态精度的评价。采用该评价体系时，测试结果中包含了刀具等的安装误差，在评价主轴动态精度时需要进行误差分离。

（2）运动误差（Error Motion）评价体系

运动误差评价体系是用来评价主轴的动态精

度，反映了轨迹在敏感方向上的运动误差，一般在极坐标下表示。通常在主轴最高转速的 10% 或最低转速（取大者）、50% 和 100% 三个不同转速下进行测试。主要的评价参数为同步运动误差（SEM = Synchronous Error Motion）和非同步运动误差（ASEM = Asynchronous Error Motion），如图 2 所示。

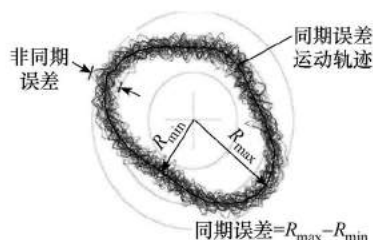


图 2 EM 评价体系

SEM 是在极坐标系下将各个角度上所测数据平均，并将这些平均值连接起来组成一个同期误差运动轨迹，同期运动轨迹的外切圆与内切圆半径之差，即为同期运动误差。同期误差反应了主轴动态误差中转频及转频整数倍上的误差成分。体现了主轴加工的形状误差。

ASEM 表示在极坐标系下各个角度上所测得所有数据最大的带宽的大小，反应了非同期运动误差。非同期误差反应了主轴动态误差中非周期的、除转频及转频整数倍上的误差成分。体现了主轴加工的表面粗糙度等。

根据标准 [ISO 230-7:2006E] 和 [ASME B89.3.4—2010]，Error Motion 评价体系用于主轴动态精度的评价。

2. 误差分类

主轴精度测试的主要内容包括径向误差、轴线摆动误差及轴向误差的测试，如图 3 所示。

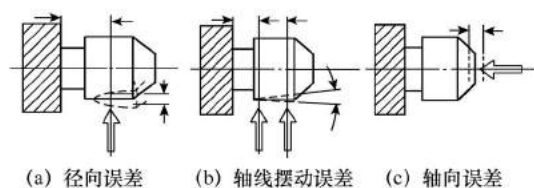


图 3 三种误差

径向误差：主轴径向跳动量的大小。主轴径向跳动的大小，直接影响了被加工零件的尺寸精度，表面质量和粗糙度等。

轴线摆动误差：主轴轴线在空间与理论轴心线的夹角的大小。通过对主轴轴线的摆动误差的

测量，可预测沿主轴任意位置的主轴的性能水平。

轴向误差：主轴轴向跳动量的大小。主轴的轴向误差，影响了被加工零件的尺寸和表面光洁度等。

通过以上三项内容的测试，可以掌握主轴在空间的整体运动姿态，为更好地使用主轴或改善主轴性能提供依据。

二、装置与仪器

1. 测试装置结构

为测得主轴在空间的整体运动姿态，主轴静态精度测试装置主要包括具有两个标准球的测试棒，以及 5 个电容位移传感器。具体测试结构如图 4 所示。通过两对安装在标准球处的相互垂直的位移传感器，测得主轴不同截面处的径向误差。通过一个轴向位移传感器，测得主轴的轴向误差。综合 5 个位移传感器测试，可以得到主轴的三种误差。

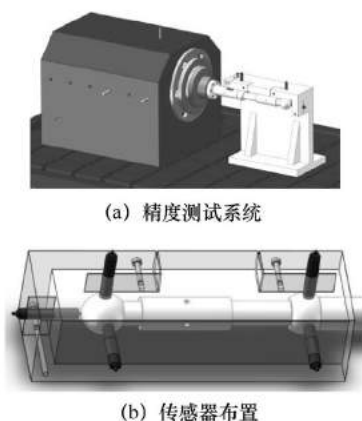


图 4 主轴精度测试系统

2. 传感器与采集卡的选择

传感器的选择在主轴测试中至关重要。主轴测试中由于需要使用主轴电机驱动器（变频器），传感器工作在强电磁干扰环境中。同时，温度—热变形试验中需要测试主轴空间位置漂移，对位移传感器的热稳定性和时间稳定性提出非常高的要求。需综合考虑传感器的分辨率、线性度、偏置距离和量程、抗电磁干扰以及温度时间漂移等指标，选择传感器。电容传感器具有高精度、高稳定性及高频响等特点，在机床主轴测试中，主要应用电容位移传感器。

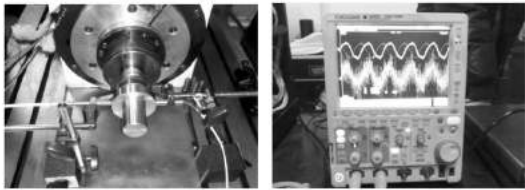


图5 不同电容传感器抗干扰实验

除了传感器的选择外，高精度的数据采集卡也是测试系统不可或缺的部分。对于高速主轴的测试，应综合考虑采集卡的分辨率、采样速率、同步性等关键参数。

三、测试结果的应用

通过分析测得的主轴运动误差，既可以指导主轴的正确使用，也可以提出改进主轴性能的措施。根据运动误差和敏感方向的特点，合理安装使用主轴是十分必要的。对于图6(a)所示的运动误差，由于具有各向异性的特点，应将最小误差的方向对准固定敏感方向安装使用主轴。同时，通过对主轴运动误差的分析，可以找出并解决主轴轴系的结构缺陷，改善主轴性能。图6(b)所示的动静压主轴运动误差，反映了4个浅腔的影响，提示应该改善浅腔结构。

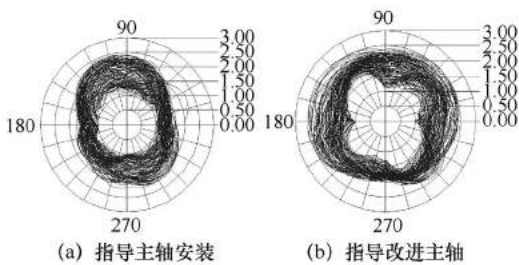


图6 运动误差

四、主轴刚性测试

随着高速切削过程中对主轴刚度稳定性要求的提高，研究高速旋转下主轴的动态刚度成为研究主轴性能的一项主要内容^[3-4]。国外学者和作者的研究都表明，主轴高速旋转条件下的径向和轴向刚度会发生不同程度的下降。例如，与静刚度相比，24 000r/min时的径向和轴向动刚度会分别下降15%和45%左右^[5]。因此，如何准确地测量并评价主轴系统的刚度，对提高机床加工性能具有十分重要的意义。

1. 主轴刚度的评价

主轴系统可以近似看作是由弹簧支撑的弹性梁，如图7所示。主轴受载时，支撑轴承（弹簧）处会产生位移，同时主轴本身也会产生形变。主轴的形变可以通过弹性力学求解，而轴承处的位移则反映了轴承的刚性特征，如图8所示。使用主轴刚度测量结果，计算主轴不同点处的刚度及各轴承的刚度特性是建立主轴刚度测评体系的主要内容。

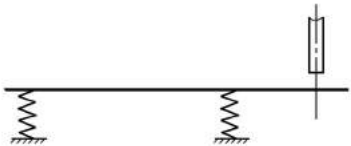


图7 主轴刚度系统模型

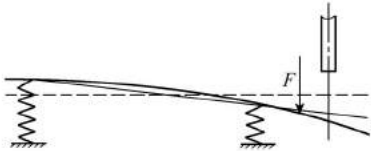


图8 轴系受载变形

目前，国内对于轴系刚度的测试方法尚没有统一的标准，对于不同类型主轴，其刚度测试时加载点及测量点的位置，以及主轴刚度、轴承刚度对主轴性能的影响仍有待研究。

2. 主轴刚度测试的方法

主轴刚度测试的关键在于如何对主轴进行加载。常用的加载方式有接触式加载和非接触式加载两种。接触式加载通常利用砝码或液（气）压缸，通过套在被测主轴上的滚动轴承进行加载，如图9(a)所示。这种加载方式可控性较低，且会对回转精度造成干扰，只适用于主轴静止或转速较低情况下的测试。对高速主轴进行非接触加载方面的研究报道较少，且主要采用电磁加载的方式，即通过电磁铁产生的电磁引力实现对手轴加载^[6-7]，如图9(b)所示。由于高速主轴的转速可达每分钟几万

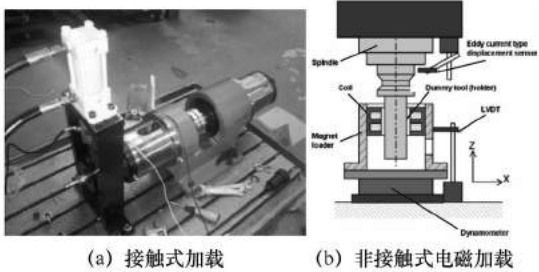


图9 传统加载方式

甚至十几万，电磁场在被测主轴表面上诱发的电涡流损耗会产生大量热量，造成主轴温度升高。同时，随着转速升高，电涡流产生的磁场逐渐变强，由于其方向与电磁场方向相反而相互抵消，导致转速越高，电磁加载效率越低^[6]。此外，电磁加载设备容易对主轴测试系统中传感器产生电磁干扰，从而降低测试精度。

因此，针对高速主轴（含电主轴），提出对转速和加载时间都没有限制的非接触加载原理，研制非接触加载装置，实现从静止到高速旋转下的连续可调非接触加载和位移测量，计算分析主轴单元的静动刚度特性，特别是动刚度与运转条件（转速、温升、预紧力等）之间的关系，建立主轴静动刚度测试实验方法和分析评价体系，是主轴刚度测试的主要研究内容。

针对高速主轴加载过程中存在的问题，作者提出了利用静压气膜对高速旋转的主轴施加载荷的方法，并设计制造了具有通用性的主轴刚度测试实验台（如图 10 所示），实现了在高速旋转条件下对一般常用机床主轴的静动态刚度测试。

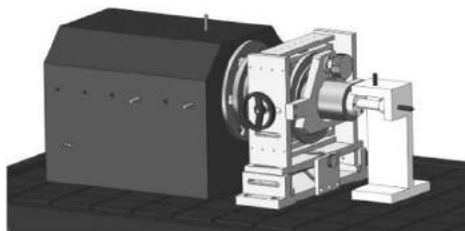


图 10 非接触气膜加载刚度测试系统

3. 气膜加载系统

(1) 气膜加载原理

加载分为径向和轴向两个部分。径向气膜加载的原理如图 11 所示。气体径向轴瓦和被加载主轴构成轴承副，在加载过程中，利用小于 180° 的静压气膜作用在主轴上的力，实现对被测主轴的径向

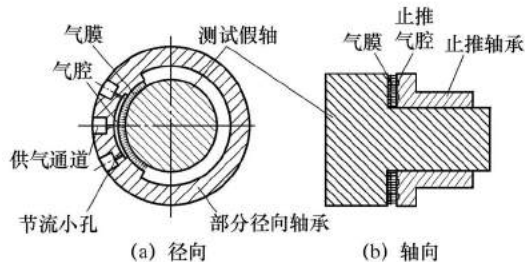


图 11 气膜加载原理

非接触加载。轴向加载则采用单向气体静压止推轴承的方式实现。在测试台设计中，针对被测主轴伸出端的不同尺寸和连接方式设计相应的测试假轴，从而使气膜加载装置可适用于不同规格尺寸的主轴的测试。

(2) 加载装置

主轴的静动刚度测试利用非接触气膜加载装置进行加载，如图 12 所示。非接触气膜加载装置可以实现径向和轴向的非接触加载，并具有空间五自由度的自适应调节功能，使其在加载过程中可以自适应被测主轴的位置，保证气膜间隙均匀，提高加载能力。

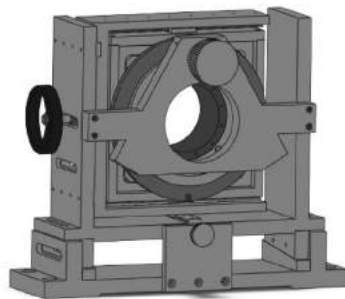


图 12 五自由度自适应非接触气膜加载器

为了适应不同轴径及不同类型主轴的加载要求，加载器轴承可以根据被测轴尺寸进行更换。同时，根据不同的主轴前端接口和加载要求设计测试假轴以便于加载。

4. 主轴刚度测试实验

作者利用所研制的非接触气膜加载装置对几款商业电主轴产品进行了径向刚度和轴向刚度的测试实验。图 13 所示为某电主轴在静止和旋转状态下的径向力与位移关系曲线。其中图 13 (a) 为静止状态下的测试结果，图 13 (b) 为旋转状态下的测试结果。可以看出，主轴转动状态下的力与位移的关系由静止时的直线变为带状，而带的宽度

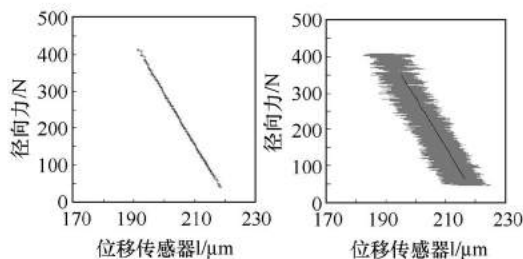


图 13 径向力 - 位移关系

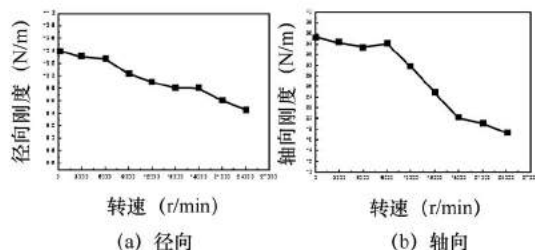


图 14 刚度-转速关系

则表示了主轴的跳动量。图 14 所示为电主轴径向与轴向刚度与转速之间的关系。由图 14 可知，随着转速的增加，电主轴的径向刚度和轴向刚度均有下降的趋势，其中轴向刚度下降尤为明显。

四、结束语

高速主轴及电主轴是目前国内外机床行业的前沿技术，其发展将极大地影响到机械制造的加工精度与效率。因此，高速主轴性能的测试及评价技术正为世界工业发达国家所重视，并已经制定了相关的标准。然而，目前国内在此方面尚没有统一的标准和规范。本文根据国内外标准和文献资料，简要介绍了主轴测试技术的发展现状，总结了主轴精度测试的两个评价体系。同时，针对主轴动刚度测试的技术难题，提出了利用非接触气膜加载装置对高速旋转主轴进行静动刚度测试的新方法。□

(上接第 68 页) 生产加工链中，生产机械通常处于互动状态以生产产品。这些生产系统通过生产管理计划和控制并嵌入特定的生产环境，即工厂中。机床工具研究的重点将不再是单机，从而采用面向一体化生产系统的全局方式。

三、制造业中的人力因素

技能鸿沟将成为未来数年中制造业可持续发展的重要挑战。有一流的工人，才能成就一流的工业。

目前，世界范围内的制造业面临合格劳动力匮乏的局面。技能鸿沟——市场上现有的技能和公司要求的技能间的差距——正在扩大，原因在于教育系统对新的技术领域适应缓慢，教育政策效能低下，以及年轻人对制造业缺乏兴趣。

参考文献：

- [1] 陈燕林, 段志善, 熊万里. 高速电主轴技术的研究现状与发展 [J]. 机械研究与应用, 2004. 17 (4): 10-11.
- [2] 李松生, 杨柳欣, 吴梅英. 数控机床用高速电主轴技术的现状与发展趋势 [J]. 世界制造技术与装备市场, 2003. (5): 13-15.
- [3] 黄洪武, 熊万里, 路名彰. 高速大功率精密电主轴中的关键技术 [J]. 湖南大学学报, 2002. 29 (5): 50-54.
- [4] 李松生, 陈晓阳, 张钢. 超高速时电主轴轴承的动态支承刚度分析 [J]. 机械工程学报, 2006. 42 (11): 60-64.
- [5] 冯明, 赵玉龙, 杨威, 邓艳昭. 高速主轴非接触气膜加载刚度测试台的研制 [J]. 机械设计与制造, 2013 (已接收).
- [6] 邱荣华, 刘宏昭. 一种高速电主轴动力学实验中非接触加载方法 [J]. 西安工程大学学报, 2011. 25 (5): 708-711.
- [7] Taku Yamazaki, Atsushi Matsubara, Tomoya Fujita, Toshiyuki Muraki, Kohei Asano and Kazuyuki Kawashima. Measurement of Spindle Rigidity by using a Magnet Loader [J]. Journal of Advanced Mechanical Design, System, and Manufacturing. Vol. 4, No. 5, 2010, pp. 985-994.

机床工具厂商能够促进并支持劳动力培训以及年轻人的技能发展，而这将使工作更加安全，质量更高。

高质量的机床或许操作复杂，需要经验丰富的操作人员。为此，机床工具制造商正在开发更高级的智能和属性，以降低使用难度。

只要制造业的发展直接惠及社区，包括创造工作机会，提高收入，其发展便有利于社会。制造业也依赖社区提供具有熟练技能、设计未来技术和产品的劳动力。因此，在设计可持续工业生产战略时，必须考虑到人力因素和制造业增长的相互依存关系。

技能熟练的劳动力是保证生产水平，保持创新和可持续生产方式的领先地位，从而区别于竞争者的关键因素。□

应用于数控机床的绝对式光栅尺

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 吴宏圣

随着现代加工业的迅速发展,数控机床的应用越来越广,同时对数控机床定位精度也日益提高,精密滚珠丝杠加角度编码器式的半闭环控制系统已很难满足用户的需求。基于半闭环控制系统的数控机床具有明显的缺点:无法控制机床传动机构所产生的传动误差、高速运转时传动机构所产生热变形误差,以及加工过程中因传动系统磨损而产生的误差,而这些误差已经严重影响到数控机床的加工精度及其稳定性。直线光栅尺对数控机床各线性坐标轴进行全闭环控制,消除上述误差,提高机床的定位精度、重复定位精度以及精度可靠性,作为提高数控机床位置精度的关键部件正日益受到用户的青睐。

直线光栅尺分为增量式和绝对式:增量式光栅尺的测量原理是将光通过两个相对运动的光栅调制成摩尔条纹,通过对摩尔条纹进行计数、细分后得到位移变化量,并通过在标尺光栅上设定一个或是多个参考点来确定绝对位置;绝对式光栅尺的测量原理是在标尺光栅上刻划一条带有绝对位置编码的码道,读数头通过读取当前位置的编码可以得到绝对位置。

绝对式光栅尺的优点是开电后直接得到当前位置信息,无需“归零”操作,简化控制系统设计;绝对位置计算在读数头中完成,无需后续细分电路;采用双向串行通信技术,通信可靠。因此,绝对式光栅尺在数控行业得到越来越广泛的应用。

一、国内外技术发展现状

1. 国外技术发展现状

国外具备绝对式光栅尺研制和生产能力的

主要厂家有:德国 HEIDENHAIN (海德汉) 公司、日本 MITUTOYO (三丰) 公司、西班牙 FAGOR (发格) 公司、英国 RENISHAW (雷尼绍) 公司。

(1) 德国 HEIDENHAIN (海德汉) 公司

德国 HEIDENHAIN (海德汉) 公司以生产高精度、高质量的光栅位移传感器而著称世界,一直引领光栅测量技术的发展。该公司的绝对式光栅尺型号比较齐全,有敞开式和封闭式的,还有玻璃透射式和玻璃反射式的,分别用于不同用途的位置反馈型设备。其绝对式光栅尺系列产品如下:

① 标准型 LC100 系列封闭式绝对式光栅尺。

- 测量基准: DIADUR 玻璃光栅;
- 信号周期: $20\mu\text{m}$;
- 精度等级: $\pm 5\mu\text{m}$ 和 $\pm 3\mu\text{m}$;
- 分辨率: $0.01\mu\text{m}$;
- 最大运动速度: 180m/min ;
- 测量长度: 4240mm 。

② 标准型 LC200 系列封闭式绝对式光栅尺

- 测量基准: METALLUR 钢带光栅尺;
- 信号周期: $40\mu\text{m}$;
- 精度等级: $\pm 5\mu\text{m}$;
- 分辨率: $0.01\mu\text{m}$;
- 最大运动速度: 180m/min ;
- 测量长度: $28\ 040\text{mm}$ 。

③ 紧凑型 LC400 系列封闭式绝对式光栅尺

- 测量基准: METALLUR 钢带光栅尺;
- 信号周期: $40\mu\text{m}$;
- 精度等级: $\pm 5\mu\text{m}$;
- 分辨率: $0.01\mu\text{m}$;
- 最大运动速度: 120m/min ;

- 测量长度：28 040mm。

④ LIC4000 系列敞开式绝对式光栅尺

- 测量基准：METALLUR 钢带光栅尺；
- 精度等级： $\pm 15\mu\text{m}$ 或信号处理电路中进行线性长度误差补；
- 补偿后： $5\mu\text{m}$ ；
- 分辨率： $0.01\mu\text{m}$ ；
- 最大运动速度： $120\text{m}/\text{min}$ ；
- 测量长度：6040mm。

(2) 西班牙 FAGOR（发格）公司

发格公司是全球范围有影响的光栅尺、圆光栅编码器、数显表、数控系统和伺服驱动系统制造公司，主要制造中高档产品，在通用、普及型和高性价比上很有特点。发格公司用于普通机床的光栅数显及数控机床专用的光栅尺在市场上有竞争力，特别在中国市场近年来销售一直保持增长态势，用于数控系统的反馈光栅尺成为该企业的主导产品。

其绝对式光栅尺系列产品如下：

① GA 系列封闭式绝对式光栅尺

- 测量基准：玻璃光栅；
- 信号周期： $20\mu\text{m}$ ；
- 精度等级： $\pm 5\mu\text{m}$ 和 $\pm 3\mu\text{m}$ ；
- 分辨率： $0.05\mu\text{m}$ ；
- 最大运动速度： $120\text{m}/\text{min}$ ；
- 测量长度：3040mm。

② LA 系列封闭式绝对式光栅尺

- 测量基准：钢带光栅；
- 信号周期： $20\mu\text{m}$ ；
- 精度等级： $\pm 5\mu\text{m}$ ；
- 分辨率： $0.1\mu\text{m}$ ；
- 最大运动速度： $120\text{m}/\text{min}$ ；
- 测量长度：4040mm，超过 4040mm 以上的直线光栅尺可以由多个模块合成。

③ 紧凑型 SA 系列封闭式绝对式光栅尺

- 测量基准：玻璃光栅；
- 信号周期： $20\mu\text{m}$ ；
- 精度等级： $\pm 5\mu\text{m}$ 和 $\pm 3\mu\text{m}$ ；
- 分辨率： $0.05\mu\text{m}$ ；
- 最大运动速度： $120\text{m}/\text{min}$ ；

- 测量长度：1240mm。

(3) 日本 Mitutoyo（三丰）

Mitutoyo（三丰）公司光栅尺主要是用于测量仪器，部分用于数控系统和伺服驱动系统。该公司推出用于数控机床反馈系统的绝对式光栅尺，它们是 AT300 和 AT500 系列绝对式光栅尺，最大测量长度为 1500mm 和 3000mm，准确度 $\pm 3\mu\text{m}$ 、 $\pm 5\mu\text{m}$ ，分辨率 $0.05\mu\text{m}$ ，最大移动速度 $120\text{m}/\text{min}$ 。

(4) 英国 RENISHAW（雷尼绍）公司

雷尼绍公司是专门从事高精度检测仪器与设备的制造企业，主要产品为非接触直线光栅尺及圆光栅测量系统、激光干涉仪、三坐标测量机及数控机床侧头、球杆仪和模具扫描系统等。

雷尼绍公司最新推出了 RELA 型钢带反射型绝对式光栅尺。其光栅尺的材质采用了低膨胀系数的镍/钢合金，膨胀系数为 $0.6\mu\text{m}/\text{m}/^\circ\text{C}$ ，最大长度 1130mm，栅距 $30\mu\text{m}$ ，精度等级 $\pm 1\mu\text{m}$ ，最大速度 $100\text{m}/\text{s}$ 。

以上 4 家公司中，海德汉公司的市场占有率最大，目前 90% 以上的高档数控机床采用了海德汉的绝对式光栅尺。

2. 国内技术发展现状

在国内，许多高校、研究所、企业也一直致力于绝对式光栅尺的研究，但是，到目前为止，均未见有国内相关产品的展出。

从 2009 年开始，中科院长春光机所成立了绝对式光栅尺项目组，历经了 4 年的时间，经受了許多困难、挫折、考验，凭借自己的研发实力，突破了单轨绝对位置编码、单场扫描等关键技术，创造了自己的专用光电信号接收芯片，方研发成功了高性价比的、具有自主知识产权的 JC09 型和 JC12 型绝对式光栅尺，目前的产品已进入试生产阶段。附表是国内外绝对式光栅尺性能指标对比表。

中科院长春光机所生产的 JC09 型绝对式光栅尺，已装配于大连科德数控机床有限公司的国家高档数控机床—五轴立式铣床复合加工中心（VGW800-MT），从而实现了国产绝对式光栅尺在高档数控机床上的首配，并在今年在北京举办的第十三届中国国际机床展览会（CIMT2013）上展出，引起业内轰动，见图 1 所示。

国内外封闭式绝对式光栅尺性能指标对比

性能指标	HEIDENHAIN	Mitutoyo	FAGOR	长光所已开发的 JC09 型样尺
精度等级	$\pm 3\mu\text{m}$	$\pm 3\mu\text{m}$	$\pm 3\mu\text{m}$	$\pm 3\mu\text{m}$
	$\pm 5\mu\text{m}$	$\pm 5\mu\text{m}$	$\pm 5\mu\text{m}$	$\pm 5\mu\text{m}$
运动速度	180m/min	150m/min	120m/min	180m/min
分辨率	0.001 μm	0.05 μm	0.05 μm	0.05 μm
最大测量长度	4240mm	3000mm	3040mm	3040mm
数据接口	EnDat2.2	Mitutoyo; Mitisubishi; Fanuc	SSI	BISS

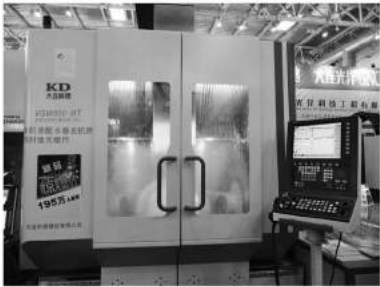


图1 配有 JC09 型绝对式光栅尺的五轴立式铣车复合加工中心

二、绝对式光栅尺的工作原理

绝对式光栅尺由标尺光栅（也称作主光栅）和读数头组成，如图2所示。标尺光栅位置测量的基准，标尺光栅上刻有两条码道图案：绝对码道和增量码道。读数头是光栅尺中的核心部件，用来实现对标尺光栅的位置扫描。读数头中集成了光源、透镜、指示光栅、集成化光探测器、信号处理电路等部件，读数头的光电扫描原理见图3。光源发出的光经准直透镜形成平行光，经标尺光栅及指示光栅后，将标尺光栅的编码投影于集成化



图2 绝对式光栅尺实物图

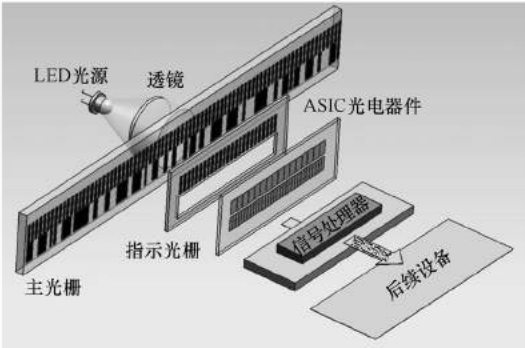


图3 绝对式光栅尺工作原理图

光探测器。集成化光探测器获得两个码道的光电编码信号，送入信号处理器，并算出读数头所在标尺光栅的绝对位置值，通过高速通讯接口将位置值输出至后续电子设备。

三、绝对式光栅尺主要技术难点

1. 单轨绝对编码技术

单轨绝对编码需要在1m范围内排列百万个无重复位置编码，并要考虑编码可扩展、易处理、容错、冗余等多方面因素。此外，由于国外绝对式光栅尺生产厂家对其使用的单轨绝对编码技术实施严格专利保护，国产绝对式光栅尺所要采用的编码技术必须完全自主创新，以规避绝对式光栅尺产业化后的知识产权纠纷。

2. 集成化光电探测技术

绝对式光栅尺需要同时采集绝对码道和增量码道的信息，集成化光电探测技术将两个码道的传感器集成在一个芯片上，并在芯片上集成处理电路，是目前国际上最先进的绝对式光栅尺信号采集手段。由于国外绝对式光栅尺生产厂家对其使用的集成化光电探测技术对我国进行严格的技术封锁，因此我国必须自行攻克集成化光电探测技术。其主要技术难点是：两种不同类型的光传感器的集成；弱信号、高速度、高性能片上处理电路设计；数字、模拟混合电路设计；光电探测器单元的一致性校正及工艺可靠性设计等。

3. 单场扫描技术

单场扫描技术是国际上最先进的光栅尺增量码道莫尔条纹提取技术，海德汉公司在其产品中普遍采用这项技术。通过使用单场扫描技术可以显著提高光栅尺莫尔信号质量，并增强其抗污染能力，为光栅位移传感器的高精度、高分辨率测

量提供保证。其主要技术难点是：专用光电传感器阵列设计；光电扫描方案设计等。

4. 多窗口空间滤波技术

高质量莫尔条纹是光栅尺高分辨率的前提条件，而莫尔条纹的高次谐波直接影响了增量信号的正弦性和正交性。多窗口空间滤波技术可以有效降低莫尔条纹高次谐波分量，提高增量信号的正弦性和正交性，保证光栅尺的高分辨率。其主要技术难点是：多窗口空间滤波方案设计。

四、绝对式光栅尺选型

绝对式光栅尺在选用时，需注意以下几个问题：

(1) 精度的选择。不要一味追求光栅尺的精度，要根据数控机床的精度要求进行适当的选择，因为精度高低与光栅尺的成本及售价息息相关。

(2) 玻璃光栅尺还是钢带光栅尺的选择。玻璃光栅尺通常的制作长度不超过 4m，价格比钢带光栅尺贵，精度要比钢带光栅尺要高，但玻璃光栅尺安装、调试方便。在运动机构测量长度超过 4m 时，可选钢带光栅尺。

(3) 考虑到空间结构时的选择。如果空间结构比较宽松，尽可能选择封闭式玻璃光栅尺；如果空间结构非常紧凑，则选择紧凑型玻璃光栅尺或钢带光栅尺。

(4) 通讯协议的考虑。绝对式光栅尺的位置值的输出接口形式是串行数据接口，不同的厂家提供了不同的数据通讯协议，用户可根据数控系统的要求来选择不同通讯协议的绝对式光栅尺。比如德国海德汉公司的绝对式光栅尺采用的是 EN-DATA2.2 协议；发格公司选用的是 SSI 协议；雷尼绍公司和中科院长春光机所选用的是 BISS 协议等。

五、绝对式光栅尺安装注意事项

光栅尺安装的好坏，直接影响机床测量的精度，在安装时，应注意下列事项：

1. 安装方式的考虑

通常将主尺安装在机床的工作台（滑板）上，随机床走刀而动，读数头固定在床身上，尽可能使读数头安装在主尺的下方。其安装方式的选择必须注意切屑、切削液及油液的溅落方向，考虑到污染环境非常恶劣时或者由于安装位置限制必须采用读

数头朝上的方式安装时，则必须安装光栅尺防护罩。一般情况下，读数头应尽量安装在相对机床静止部件上，这样可以保证输出导线不移动易固定，而主尺则应安装在相对机床运动的部件上。

大多数机床的运动系统一般都是运用精密滚珠丝杠副，理论上要求光栅尺安装在进给丝杠副的轴线上。但由于实际受结构的限制以及空间的影响，光栅尺都安装在导轨外侧，如果光栅尺装配不当，特别是导轨误差，对位置测量有巨大影响。为了将由此产生的阿贝误差降到很小，定尺和定尺外壳应尽可能地固定于机床的固定结合面上，安装面一定要与机床导轨平行。

2. 光栅尺安装工作基准面

安装光栅尺传感器时，不能直接将传感器安装在粗糙不平的工作基准面上。光栅主尺及读数头分别安装在机床相对运动的两个部件上。用千分表检查机床工作台的主尺安装面与导轨运动的方向平行度。千分表固定在床身上，移动工作台，要求达到平行度为 0.1mm/1000mm 以内。如果不能达到这个要求，则需设计加工一件光栅尺基座。另外，还需加工一件与尺身基座等高的读数头基座，读数头基座与尺身基座总误差不得大于 $\pm 0.2\text{mm}$ 。安装时，调整读数头位置，达到读数头与光栅尺尺身的平行度为 0.1mm 左右，读数头与光栅尺尺身之间的间距为 1~1.5mm。读数头离光栅尺尺身太近或太远，在机床的直线轴运行中，会把读数头蹭坏，使读数头报废，光栅尺尺身内的刻度线被破坏，有可能报废。

3. 光栅尺限位装置

在光栅尺行程末端要安装限位装置，防止光栅尺移动过程中冲撞到标尺光栅两端，这就要求设计安装时，要为光栅尺留出一定的安全行程。

六、结束语

绝对式光栅尺由于其具备上电即可读取当前绝对位置值以及可实现数控系统的全闭环控制，提高机床的加工精度等优点，目前已成为高精度、高效率数控机床的首选位置测量部件。合理地选择、安装和使用可以使绝对式光栅尺更好地发挥其性能优势。随着科技的发展，绝对式光栅尺必将应用到更多领域，发挥更大作用。□

北京高端装备制造领域科技创新 基地发展情况初探

北京技术交易促进中心 孙 颖

中国机床工具工业协会 杜智强

科技创新基地是以基础研究、应用研究、行业共性技术和关键核心技术研究、科技成果的工程化开发、产业化工艺装备技术开发为主体业务的科研实体。北京地区科技创新基地数量众多，目前有高校办科研机构 647 个，科研院所 512 个。其中，已经认定的国家重点实验室 105 个，国家工程技术研究中心 62 个；北京市重点实验室 196 个，北京市工程技术研究中心 143 个，企业研发机构 301 个。

从产业分布上看，70% 左右的北京市重点实验室、工程技术研究中心，以及企业研发机构分布在战略性新兴产业领域。高端装备制造业是战略性新兴产业中的重要组成部分，也是实现工业转型升级的主要支柱产业。因此，对北京高端装备制造领域科技创新基地发展情况进行梳理和分析，将有助于如何引导相关企业增强创新能力，实现创新驱动。

截至 2012 年，北京市在高端装备制造业领域已累计认定 7 个重点实验室、17 个工程技术研究中心。通过对相关实验室和工程中心的梳理和分析，梳理了高端装备制造业领域北京市重点实验室和工程技术研究中心的建设进展、存在的问题，并思考未来的布局和发展。

一、高端装备制造领域实验室和工程中心的现状和作用

1. 布局基本合理，但基础研究薄弱，产业研究深度和广度不足

从范围上看，基本涵盖北京高端装备制造业领域的优势行业、骨干企业和科研院所等研究力量。比如，清华大学、北京市北一数控机床有限责

任公司、中国航空工业集团公司北京航空制造工程研究所、机械科学研究总院、北京工业大学等。

从所处的研究阶段看，主要集中在应用技术研究阶段，从事原型技术研究的也不到四分之一，从事基础理论研究的更是寥寥无几。虽然不能简单从数量上进行衡量，但也能基本看出在高端装备制造业领域的原始创新能力不足，缺乏基础理论和原型技术创新对产业发展的突破性推动作用等问题。而这些恰恰是与德国、日本等装备制造业强国相比差距比较大的方面。

装备制造业是国家的战略产业，装备制造业的转型升级是“调结构、促发展”的重要举措，高端装备制造业是对整个行业发展具有重要影响的部分，发展好高端装备制造业是保证整个经济向“又快又好”发展的重要工作。但从分析的情况看，高端装备制造领域的认定数量和质量与其未来的发展目标和产业地位极不相称。

2. 科研成果和知识产权丰富，但重磅产品和国际专利不多

已认定实验室和工程中心取得的科研成果和知识产权情况累计取得 200 余项。北一机床的龙门数控、北工大的激光技术等成果在国内乃至国际知名。实验室的成果数量较多，工程中心成果的产业化转换效果较好，但从成果的数量和质量上看，都存在很大的提升空间。

3. 人才队伍基本完善，但高水平素质人才严重匮乏

截至 2012 年，在相关研究机构从事科研活动

的工程技术人员共有 1945 名,其中高级职称以上占 27.7%,博士以上占 20.6%,初步形成支撑高端装备制造业科研工作的人才和科研团队。

但从整体人员的水平,高层次技术人员比例还很低,特别是对科研活动具有战略引领作用的,懂技术、会管理的复合型人才和领军型人才还是比较匮乏,尤其是国家“千人计划”人才完全空白。人才培养和研究团队建设亟待加强。高端装备制造领域科研活动的特点,决定了对应用技术研究类人才需求巨大,对实际动手能力和工程研究能力的要求很高,因此相关人才的培养和引进方式还需要贴近实际。

4. 社会和经济效益明显,但未形成创新驱动发展局面

从部分实验室和工程中心成果分析来看,2011 年研究成果通过产业化应用推广创造经济效益 13.8 亿元,累计投入科研经费 8.5 亿元。从投入产出比看,与国内外高端装备制造领域的实际发展需求还存在差距,研究成果的转化和产业化应用需要进一步加快,创新驱动发展的格局远未形成。

5. 发挥科研平台作用,辐射全国,引领高端装备制造领域的技术发展

借助首都的优势资源和辐射作用,已认定的实验室和工程中心充分发挥科研平台作用,对北京和全国的高端装备制造领域的技术发展起到引领和辐射作用。比如,北一数控机床有限责任公司的北京市数控机床工程技术工程中心,聚焦重型机床与中高档数控机床,发挥企业的国际技术资源优势,加强与北京数控装备创新联盟、国内知名高校和用户的合作,形成产学研用的紧密结合,通过对引进德国、日本、法国等先进技术的消化吸收再创新,对接北京市科技计划和国家科技重大专项课题,持续推进研究成果在国内轨道交通、航空等领域的应用,打造高水平的技术创新平台和技术创新团队,实现提升企业技术水平与核心竞争力,成为国内外在重型机床和高档数控机床制造领域的领先品牌。

6. 体现了科技创新和服务的载体作用,促进装备制造业的转型升级

科技创新是促进传统装备制造业向高端装备

制造业转型升级的重要举措之一。北京市实验室和工程中心作为创新和服务的载体,发挥了重要作用。比如,北京控股磁悬浮技术发展有限公司的北京市中低速磁浮交通系统工程技术工程中心以技术发展和集成创新为先导,通过开展“中低速磁浮交通新型悬浮结构和受流系统研制”、“中低速磁浮交通系统测试条件和检测研究”、“中低速磁浮交通应用开发及集成示范研究”、“磁悬浮控制器及车辆转向架产业化”等基础性课题研究,取得了阶段性成果。

7. 发挥了科研成果产业化的促进作用

已认定的实验室和工程中心,特别是以行业骨干企业为依托建设的工程中心在科研成果转化和产业化方面发挥了明显的推动作用,提高了科研经费的使用效率,也逐步建立起成果交易和市场化推广反哺科研的良性循环,丰富了科研投入的组成,提高了技术研究的针对性和实用性。比如,北京工业大学的北京市激光应用技术工程技术工程中心虽然成立不久,以激光应用技术为重点,与蓝星(北京)化工机械有限公司合作开展离子膜电解槽极网激光焊接技术研究,解决了一系列技术难题,开发出具有自主知识产权的成套技术装备,并成功实现产业化应用。

三、下一步的设想

已认定的北京市高端装备制造领域科技创新基地为北京乃至全国装备制造业的发展起到重要的支撑和推动作用,但也存在一些局限性,在未来的工作中值得深入思考。

1. 完善产业布局,支持的广度和深度进一步加强

从整体布局看,在认定范围的方向选择上还要向广度和深度进一步扩展。首先,从广度方向看,对于未来高端装备制造业中可能快速发展的智能制造和工业机器人等领域还未涉及到,这将制约在未来装备制造业转型升级和科研创新方面工作的开展。其次,从深度方向上看,虽然基本都涉及到,但在国外发展比较快,我们差距较大且十分急需的研究领域还是空白,缺乏相应研究平台的系统化、持续性支持,主要有汽车制造组线

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	马波斯(上海)商贸有限公司	广告号码 414
Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd.	front Cover	MARPOSS	P21
西门子(中国)有限公司	广告号码 89	河北博纳机床附件制造有限公司	广告号码 46
Siemens Ltd., China	inside front cover	Hebei Bona Machine Tool Accessories Manufacturing Co., Ltd.	P22
约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	广告号码 41	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所	广告号码 492
Heidenhain	inside back cover	Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,	
第八届中国数控机床展览会	广告号码 1	Chinese Academy of Sciences	P23
CCMT2014	back cover	品牌整版	广告号码 29
哈斯自动数控机械(上海)有限公司	广告号码 19	China Famous Brands of Machine Tools & Tools	P24
HAAS Automation Asia Co., Ltd.	P1	北京北一机床股份有限公司	广告号码 47
北京凯恩帝数控技术有限责任公司	广告号码 138	Beijing No. 1 Machine Tool Co., Ltd.	P25
Beijing KND CNC Technique Co., Ltd.	P2	品牌整版+WMEM	广告号码 29
海克斯康测量技术(青岛)有限公司	广告号码 101	China Famous Brands of Machine Tools & Tools	P26
Hexagon Metrology-Brown & Sharpe Qingdao, China	P3	郑州市钻石精密制造有限公司	广告号码 486
北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司	广告号码 24	Zhengzhou Diamond Precision Manufacturing Co., Ltd.	P25
Agie Charmilles	P4	《世界制造技术与装备市场》杂志 2013 年期报道重点	
江苏新瑞重工科技有限公司	广告号码 264	Focus of 2013 WMEM Issues	P26/28
Jiangsu Shinri heavy Industry Science & Technology Co., Ltd.	P5	北京北一数控机床股份有限公司	广告号码 47
捷椿工业股份有限公司		Beijing No. 1 Machine Tool Co., Ltd.	P27
KENTURN NANO. TEC. C., LTD	P6	哈尔滨量具刃具集团有限责任公司	广告号码 27
蔡司光学仪器(上海)国际贸易有限公司		Harbin Measuring & Cutting Tool Group Ltd., Co.,	P29
Carl Zeiss (Shanghai) Co., Ltd.	P7	重庆机床(集团)有限责任公司	广告号码 128
北京天田机床模具有限公	广告号码 454	Chongqing Machine Tool (Group) Co., Ltd.	P31
AMADA (China) Co., Ltd.	P8	上银科技有限公司	广告号码 398
南通斯维特精密机械有限公司	广告号码 10	Hiwin Technologies Corp.	P32
Nantong Swift Precision Machinery Co., Ltd.	P9/10	武汉重型机床集团有限公司	广告号码 336
济南二机床集团有限公司	广告号码 100	WUHAN HEAVY DUTY MACHINE TOOL GROUP	
Jinan No. 2 Machine Tool Group Co. Ltd.	P11	CORPORATION	P33
北京凯奇数控设备成套有限公司	广告号码 460	沈阳机床(集团)有限责任公司	广告号码 36
Beijing CATCH CNC Equipment Co., Ltd.	P12	Shenyang Machine Tool (Group) Co., Ltd.	P35
四川长征机床集团有限公司	广告号码 337	天津第一机床总厂	广告号码 88
Sichuang Changzheng Machine Tool Group C., Ltd.	P13	Tianjin No. 1 Machine Tool Works	P36
武汉华中数控股份有限公司	广告号码 90	斯达拉格机床(上海)有限公司	广告号码 149
Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd.	P14	Starrag Group	P119
深圳大族激光数控控制软件技术有限公司	广告号码 476	品牌整版	广告号码 29
Han's PA Automation Technology Co., Ltd.	P15	China Famous Brands of Machine Tools & Tools	P121
涌镇液压机械(上海)有限公司	广告号码 485	第十五届中国国际模具技术和设备展览会	广告号码 12
Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co., Ltd.	P16	China International Exhibition on Dia & Mould, Material Processing and	
南京南特精密机械有限公司	广告号码 465	Forming Industry	P122
Nanjing Grind-Tec Precision Co., Ltd.	P17	第十二届中国国际装备制造业博览会	广告号码 284
广州数控设备有限公司	广告号码 260	The 12 th China International Equipment	
GSK CNC Equipment Co., Ltd.	P18	manufacturing Exposition	P123
洛阳鸿元轴承科技有限公司	广告号码 28	保定向阳航空精密机械有限公司	广告号码 34
Luoyang Hongyuan Bearing Technology Co., Ltd.	P19	Baoding Xiangyang Aviation Precision Machinery Co., Ltd.	P124
山东法因数控机械股份有限公司	广告号码 38	美国许密特工业公司	
Shangdong Fin CNC Machine	P20	Schmitt Industries, Inc	P119

成套技术、高效电加工技术、数控系统和精密、高效磨削技术、增材制造技术等研究领域。加强这些方面的研究平台建设将促进北京装备制造业从生产型服务业向服务型制造业转变,由产品提供商向技术和服务提供者转变。

2. 重视多层次人才的培养和加强人才队伍建设

人才和研究团队是制约高端装备制造业下一步快速发展的短板,从数据上看,不仅数量略显不足,构成上也不尽合理。突出表现为具有高学历的缺乏产业应用经验和具有丰富产业经验的技

术理论水平不高这两个方面。国家“千人计划”、中关村“人才特区”等政策的作用还没体现。建议下一步在实验室和研究机构建设过程中要支持多层次人才的培养,也特别是人才的交叉培养,为高校的研究人员提供应用研究的机会,为企业的业务骨干提供理论进修和学历教育的机会,结合产业实际,注重不同层次人才的培养。加强人才培养配套措施和条件的落实,从教育进修、科研支持和成果奖励等方面投入资金,形成人才的汇聚。□

2012 年我国机床工具行业外贸总体情况

中国机床工具工业协会市场部

2012 年，各主要经济体难以抵挡欧洲债务危机的负面影响，世界经济特别是欧美经济复苏未达到预期水平，致使全球制造业发展步伐放缓。我国机床工具产品进出口在 2012 年延续了上年中后期增速缓慢回落的趋势，出口增长呈现继续减缓态势，但出口总额再创新高；进口额各月累计值与上年基本持平，同期比较值在 0 点上下略微波动。全年行业进出口总体保持稳定。

据海关统计资料，2012 年 1 ~ 12 月我国机床工具产品进出口总额 294.3 亿美元，同比增长 0.9%。其中，出口总额 92.4 亿美元，同比增长 3.8%；进口总额 202.0 亿美元，同比下降 0.4%。进出口逆差 109.6 亿美元，比上年减少 4.3 亿美元。由于数控装置、机床零部件进口明显减少，全行业进口总额略低于上年，而出口总额继续增加，故进出口逆差有所缩小。

纵观我国金属加工机床出口市场，对美国、东盟等地出口显著上升，而巴西市场明显下降。另外，美国加德纳公司（Gardner）最新数据显示，我国金属加工机床在全球机床出口、进口、消费额中所占比重，均略有提升。

一、我国机床工具产品进出口概况

1. 出口

我国机床工具产品出口额在全球金融危机后的 2010 年，以近 50% 的增长速度，迅速回升至危机前水平。由于世界经济在复苏进程中艰难曲折，不确定性与脆弱性凸显，此后的两年间，每年增幅回落均在 20 个百分点以上。2012 年全行业出口表现为前 5 个月呈两位数快速增长，之后一直保持个位数增长，且逐月下降。但相比前几年，机床主

机产品出口比重的上升，显示了出口结构在好转。

2012 年，我国机床工具产品累计出口总额 92.4 亿美元，同比增长 3.8%。其中金属切削机床、金属成形机床都有良好表现，出口额同比增长分别为 11.8% 和 16.9%，均远高于全行业产品出口增速。在 2010 年出口成倍增长的磨料磨具，2012 年已呈现出较大幅度的负增长。2011 ~ 2012 年我国机床工具产品出口情况详见图 1、表 1。

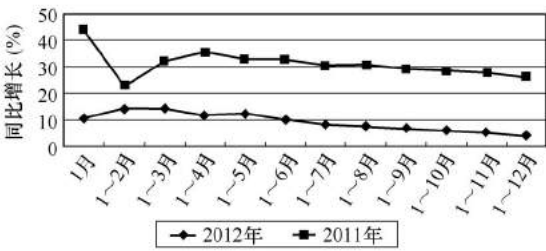


图 1 2011 ~ 2012 年我国机床工具产品累计出口额同比情况 (单位: %)

表 1 2012 年我国机床工具产品分类出口情况

产 品 类 别	金额 (千美元)	同比 (%)	占比 (%)
机床工具	9 235 697	3. 81	100.00
金属加工机床	2 741 563	13. 39	
其中：金属切削机床	1 858 900	11. 82	20. 13
金属成形机床	882 663	16. 85	9. 56
铸造机	90 000	18. 32	0. 97
木工机床	743 936	- 4. 75	8. 06
机床夹具，附件	267 986	14. 74	2. 90
机床零件，部件	737 846	8. 02	7. 99
数控装置	577 619	- 0. 20	6. 25
切削刀具	2 239 959	6. 45	24. 25
量具，量仪	187 862	8. 60	2. 03
磨料磨具	1 648 926	- 10. 84	17. 85

(1) 金属加工机床出口

2012 年我国金属加工机床出口额 27.4 亿美元，同比增长 13.4%，较前两年均为 30% 以上增速时期有明显的回落。数控金属加工机床出口额以同比增长近 20% 的速度，首次突破十亿大关，达到 10.7 亿美元，占金属加工机床出口额 39.2%，比上年提高 2.1 个百分点。其中，数控金属切削机床 8.9 亿美元，同比增长 23.5%；数控金属成形机床 1.8 亿美元，同比增长 4.4%。

(2) 金属加工机床主要出口去向和出口地域

美国仍然是我国金属加工机床出口第一大市场，2012 年以近 60% 的增速，出口额跨进 3 亿美元；列机床出口第二位的印度首超 2 亿美元；对以泰国为代表的东盟地区，出口也可圈可点。但对金砖国家中的巴西出口明显下降，在出口排名中，由前两年的第三位降至现在的第八位（详见表 2）。

表 2 2012 年我国金属加工机床出口去向前十位

序号	国家或地区	金额 (千美元)	同比 (%)	占比 (%)
	出口总额	2 741 563	13.39	100.00
	前十名小计	1 464 317		53.41
1	美国	319 531	59.19	11.66
2	印度	200 593	13.54	7.32
3	日本	157 599	16.00	5.75
4	德国	139 794	7.15	5.10
5	俄罗斯联邦	126 833	4.79	4.63
6	泰国	121 873	61.70	4.45
7	印度尼西亚	111 028	10.10	4.05
8	巴西	108 867	-33.37	3.97
9	香港	99 703	24.24	3.64
10	越南	78 496	25.80	2.86

数控金属加工机床出口企业主要集中在江苏、辽宁、广东、上海、北京等省市，上述五地出口额合计占数控金属加工机床出口额比重为 68.5%。其中江苏、广东出口额增长均在 35% 以上。

(3) 数控机床出口贸易方式和企业性质

2012 年我国数控金属加工机床主要贸易方式以一般贸易方式为主，占比 74.3%，高于上年 5.5 个百分点，同比增长 29.5%，还与外商独资企业出口增长较快有密切关系；其次是进料加工贸易方式，占比 19.2%，同比增长 9.6%。

外商独资企业数控金属加工机床出口额以

33.4% 的增速，超过私人企业上升到第一位，占比 38.0%，是自金融危机后外商独资企业重新回到首位，且平均单价是我国数控金属加工机床出口均价的 2.6 倍。私人企业和国有企业出口额也以两位数的速度增长，私人企业的出口比重达到 1/3 强。

2. 进口

2012 年我国机床工具产品进口总额 202.0 亿美元，同比下降 0.4%。各月累计进口额与上年相比基本持平。而占进口额近七成的金属加工机床，在国内整体经济普遍下滑时，仍处于高位。2011 ~ 2012 年我国机床工具产品进口情况详见图 2、表 3。

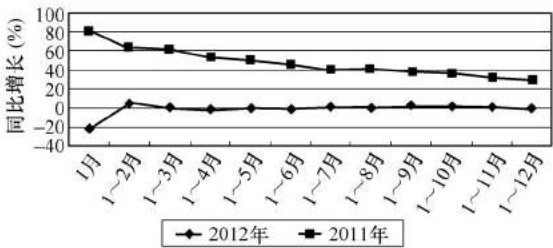


图 2 2011 ~ 2012 年我国机床工具产品累计进口额同比情况 (单位: %)

表 3 2012 年我国机床工具产品进口情况

产 品 类 别	金额 (千美元)	同比 (%)	占比 (%)
机床工具	20 198 096	-0.38	100.00
金属加工机床	13 661 240	3.26	
其中：金属切削机床	11 171 156	6.03	55.31
金属成形机床	2 490 084	-7.57	12.33
铸造机	413 283	31.86	2.05
木工机床	466 343	-26.19	2.31
机床夹具，附件	805 206	19.83	3.99
机床零件，部件	1 223 791	-12.14	6.06
数控装置	1 518 828	-18.07	7.52
切削刀具	1 259 508	-8.33	6.24
量具，量仪	216 147	9.80	1.07
磨料磨具	633 748	3.75	3.14

(1) 金属加工机床进口

近两年我国金属加工机床进口一直呈现高速增长态势，机床进口总额已高于全球各国和地区进口排名中第三位到第十位之和。2012 年全球需求疲软，加之内需减少，我国机床进口由上年 40% 的增速下降到 3.3%。虽然增幅大大回落，但由于基数大，机床进口额再次达到历史高点 136.6

亿美元。同比增长 6.0% 的金属切削机床，是拉动机床进口上升的主要因素。

(2) 金属加工机床主要进口来源和进口地域

日本和德国仍是我国机床进口最重要的来源地，列第三位的是台湾地区。由美国、西班牙进口机床增长较快，排名位次也在提升。来自欧洲的数控金属加工机床，其平均单价远高于数控机床进口整体价格（详见表 4）。

表 4 2012 年我国金属加工机床进口来源前 10 位

序号	国家或地区	金额 (千美元)	同比 (%)	占比 (%)
	进口总额	13 661 240	3.26	100.00
	前十名小计	12 952 154		94.81
1	日本	5 593 799	4.13	40.95
2	德国	2 852 661	0.55	20.88
3	台澎金马关税区	1 458 403	-5.76	10.68
4	韩国	821 255	6.23	6.01
5	美国	634 282	32.26	4.64
6	意大利	630 928	11.36	4.62
7	瑞士	469 977	-17.24	3.44
8	西班牙	171 207	71.12	1.25
9	新加坡	165 999	7.67	1.22
10	法国	153 643	167.04	1.12

在进口数控金属加工机床中，河南以成倍的增长速度由上年的第七位一跃跨入前三名，但其进口以中小型数控机床为主，数量较大但平均单价并不高。同样以翻倍速度增长的重庆，已进入前十名，列数控机床进口第八位，机床进口平均价格较高，其中加工中心、数控车床占其数控机床进口额 50% 以上。机床进口重心由沿海向内地转移的迹象进一步显现。

(3) 数控机床进口贸易方式和企业性质

2012 年以一般贸易方式进口数控金属加工机床达到 67.0 亿美元，同比增长 14.9%，占进口额比重较上年增加 7.4 个百分点。外商投资企业以设备投资方式进口数控金属加工机床下降 13.5%。

外商独资企业进口数控金属加工机床同比减少 21.5%，所占比重下降 10.2 个百分点，主要是占比最大的以设备投资方式进口机床大幅下降；合资企业以 80.9% 的增速上升到进口第二位，其原因是我国中西部某些合资企业由日本进口大量加工中心，从而拉高了进口额；国有企业进口额

20.7 亿美元，虽然增幅下降，但进口机床平均单价是数控金属加工机床均价的 2 倍多。

二、我国机床工具产品进出口特点

1. 出口增长减速，产品结构趋好

全球市场需求普遍疲软，出口贸易增长明显放缓。我国机床工具产品出口增速近两年急剧下降，2010 年 48.4%，2011 年 26.4%，2012 年只有 3.8%。从行业主要出口产品看，2012 年金属切削机床出口额同比增长 11.8%，在全行业产品出口总额中的比重提高了 1.4 个百分点，平均单价比上年增长 14.8%。其中数控金属切削机床出口增长达到 23.5%，低值机床（台钻、砂轮机、抛光机、锯床）出口额占金属切削机床出口比重较上年减少近 3 个百分点。切削刀具出口增幅比上年降低 20 多个百分点，仅为 6.5%。磨料磨具出口额同比下降 10% 以上，其中个别资源性产品出口下降达 40%。出口到日本、美国两大市场的磨料磨具产品同比分别下降 34.2% 和 20.7%。以上数据表明，受国际大环境影响，2012 年我国机床工具产品出口增速虽然明显下滑，但高附加值产品在增加，数控机床占比在提升，低值产品在减少，整体出口产品结构继续向好的方向发展。

2. 机床出口地区，市场有增有减

由于美国制造业回归政策的实施，美国机床市场在 2012 年非常活跃。全年机床进口增长 29%，消费增长近 20%，在当前经济普遍不振之时，其增幅之高在全球各国和地区中鲜见。美国是我国金属加工机床出口最主要的市场，全年从中国采购机床 3.2 亿美元，继上年同比增长 40% 后，再增长 59.2%，占我国机床出口额之比为 11.7%，比上年提高 3.4 个百分点。同时，在美国进口机床份额中提升了 0.2 个百分点。

新兴经济体对发达经济体有一定的依赖性，当欧美经济下滑时，其经济增长普遍受到抑制。在“金砖国家”中，我国对印度机床出口已达到 2 亿美元，仍列出口第二位，但增长势头与前几年相比明显回落，与第一位的差距进一步拉大。对俄罗斯出口由上年接近 100% 的增速，一下子跌落到个位数增长。巴西国内经济陷入困境，通胀严

重，为此出台了提高进口关税等政策，我国对其机床出口下降 30% 以上。

东盟是新兴市场中的亮点，2012 年我国对东盟出口机床 4.8 亿美元，同比增长 22.5%，在出口总额中占比提高 1.3 个百分点。其中泰国、印尼和越南均列入机床出口前十名之列，出口额分别增长 61.7%、10.1% 和 25.8%。在东盟市场的带动下，我国对亚洲地区出口机床在出口总额的占比达到 47.0%。亚洲机床市场近年发展较快，一方面发达国家制造业正在向该地区转移，另一方面我国与东盟地区自贸区的实施促进了贸易往来。

3. 进口呈负增长，金切仍处高位

国内市场需求不旺，机床产销增速下滑，各类产品库存增加，对数控装置和机床零部件等直接为金属加工机床配套的产品需求明显减少，进口额分别下降 18.1% 和 12.1%。金属成形机床和切削刀具进口也有不同程度的减少。多种产品进口下降，拉低了全行业进口增速，2012 年我国机床工具产品进口额增长为 -0.4%，这是继金融危机影响最严重的 2009 年之后，再度出现负增长。

在机床工具 10 大类产品中，列进口额前五位的唯有金属切削机床仍以 6% 的速度正增长。主要是占进口额 50% 以上的加工中心进口增长较快，拉动了金属切削机床高位继续增长。特别是由德国进口的卧式加工中心和龙门式加工中心，进口额同比增长分别达到 46.9% 和 17.6%，且量价齐增。

4. 进口单价提高，需求结构升级

金属加工机床进口不仅处于高位运行，且平均单价增长 7.2%。其中数控机床中电加工机床、车床、镗床、铣床、磨床、齿轮加工机床和剪切机床的价格均为两位数增长。从收集到的国际招标信息显示，机床主要用户汽车、能源、航空等行业，中标产品多以高精、高速、高效，高稳定性、高可靠性的高档机床为主，其中不乏复合机床和大型加工生产线。

国内企业普遍感到市场下滑，而进口机床依然增长。日本机床占据着我国机床进口四成的份额；德国机床进口份额占二成，且平均单价是整体价格的 2 倍多。从工业发达国家进口机床持续上升，反映出国内市场需求结构在不断升级。

三、世界机床进出口情况

据美国加德纳公司（Gardner）公布的 2012 年世界 28 个主要机床生产和消费国家或地区统计数据，中国继续保持世界机床生产第一、进口第一、消费第一和出口第六的位置。虽然出口排名与上年相同，但与第五位的数值已极为接近。

1. 世界机床进出口

2012 年全球共计出口机床 479.0 亿美元，同比增长 4.6%。日本是世界机床最大的出口国，出口额 115.7 亿美元，占全球出口总额近 1/4。以下排名依次为：德国、意大利、中国台湾和瑞士，其中德国出口 104.1 亿美元，所占比重 1/5 强。中国机床出口以较快的速度在增长，与第五位之距仅 0.3 亿美元，保持 5 年的排序在 2013 年极有可能被改变。

28 个国家或地区共计进口机床 400.9 亿美元，同比增长 2.7%。中国机床进口额 136.6 亿美元，仍为世界第一大机床进口国。其进口额占世界机床进口额之比从去年的 33.9% 上升到 34.1%；进口额占其消费额的比重上升了 1.8 个百分点，表明中国机床市场对海外产品的依赖程度仍在增加。排在第二位到第五位依次是：美国、德国、印度和韩国，前五名进口额之和占世界机床进口额的 64.3%。

2. 德日美机床行业均呈现增长态势

德国机床在出口的拉动下，整体运行逐步上升。机床生产增长 10%，好于预期；进口、出口分别增长 16% 和 19%；新增订单保持并稳定在较高水平上，在手订单平均 8 个月。

日本以采购本国机床为主，其机床进口额仅占消费额的 10%。2012 年机床生产和出口与上年持平，由于进口增长 19%，使得消费增长 1%。

2012 年是美国机床的增长年，机床产值在上年增长 25% 的基础上再增长 7%；出口提高 11%；进口、消费均列世界第二位，分别增长 29% 和 19%。

3. 中国在世界机床领域的位置

作为全球最大的机床消费国的中国，近年来随着国内需求的不断增长，不仅是本土企业得到了快速发展，同时也吸引了世界一些主要机床生产企业纷纷在华投资建厂，使中国逐步成为世界最大机床生产国。2012 年中国机床产值达到 273.6

亿美元，占世界机床总产值近30%，是自2009年以来连续第4年位于世界机床产值首位。

中国已持续十余年列世界机床进口第一位、消费第一位。2012年，其进口额在全球机床进口总额中的比重为34.1%，其消费额在世界机床消费总额占比为45.1%，且份额在逐年增加。中国机床出口额也有明显的提高，但其出口仅是生产的1/10，而列世界出口前五位的国家和地区，这一指标均在60%以上，瑞士更是高达87%。与世界机床强国相比，我们的产品在全球机床市场的竞争力，差距依然很大。

四、面对全球复杂多变的经济形势，挑战与机遇并存

综观全球经济大环境，欧债危机仍是当前世界经济最主要的不稳定之源，重债国的债务压力和核心国的衰退压力尚未缓解，深度蔓延的可能性依然存在。美国经济在缓慢复苏，可否进入更快的增长轨道，房地产市场改善、失业率下降和居民消费需求增长能否持续仍难以确定。日本经济在震灾后重建的刺激下，曾一度呈现较好的增长，但终未改变长期以来的低迷状态。发达国家的低增长和不确定性对发展中国家产生显著影响，受欧债危机和通货膨胀的“双重夹击”，主要新兴经济体的经济增速大大低于往年水平。从我国外贸形势看，外需不振，一些国家和地区提高进口关税、实施技术贸易壁垒、对本国产业补贴等贸易保护主义有所抬头。国内劳动力成本、环境保护成本提高和人民币升值引起的生产成本上升，导致我国出口产品竞争力在减弱。

为促进经济增长，无论是发达国家还是新兴经济体，纷纷把增加需求作为经济政策的着力点，调整货币政策，以提振市场信心。身处欧债危机重灾区的德国，受美国和亚洲新兴经济体贸易往来的支撑，制造业继续保持优势，主要汽车品牌业绩良好，机床生产增长显著。美国奥巴马政府实施的“再工业化”战略、“制造业回归”推动了经济复苏，取得了一定成效，汽车快速增长、航空订单充裕，机床需求明显增加。印度、东盟国家基础设施建设需求量大、项目多，对全球资金极具吸引力，同时也是机床最具潜力的消费市场。我

国更是把扩大内需作为经济工作重点之一，固定资产投资保持相对高的增长速度，在一定程度上拉动机床工具行业增长。

经过十多年高速发展，我国已成为世界机床工具大国，但还不是强国。迅速崛起的中国机床工具工业，与其规模相比，结构调整明显滞后，仍处于国际分工的产业链的中低端。面对装备制造业向高端转型，市场需求结构发生显著变化，行业企业充分认识到，机床工具工业要实现由量的增长向质的提高转化，创新驱动、转型升级和可持续发展是根本性出路。近年来，以济二集团、沈阳机床集团、武重集团等为代表的行业企业通过不断开拓创新、提高技术实力、加强管理水平，在一些重要领域取得了不俗的成绩。

但总的来看，我国机床工具行业中高端产品生产能力及技术水平，与日益增长的高端市场需求仍存在较大的差距，强国之路还很漫长。

种种迹象表明，2013年全球经济发展环境将有所改善，但低增长的态势难以有根本改变。我国机床工具行业企业要想保住已有的、并开拓更广阔的市场，不能只在中低端产品做文章，既要努力提高产品质量、稳定性和可靠性，提升提供全面解决方案能力，提高企业综合竞争力，采用先进制造手段，进入和扩大中高端市场，还要密切关注外贸动态，如：中日韩自贸区谈判已重启；中瑞自贸区谈判进入尾声；ECFA第二轮磋商正在进行中；为促进我国外贸增长，有关部门出台的进出口相关政策等。要关注市场动态，并做好应对，如工业发达国家的产业链在向下延伸，抢占中低端市场份额；俄罗斯经济继续呈现增长，其进口机床占消费额比重达85%，市场潜力很大；东南亚地区制造业迅速发展，劳动力成本低正吸引着发达国家投资，机床需求市场在扩大；全球最大的代工企业富士康公司加紧在我国中西部布局，进口大量中小型数控机床，为降低不断上涨的人工成本，开始启动机器人项目，机床消费市场正在发生变化。

综上所述，在宏观经济向好的基础上，我国机床工具产品进出口在2013年将均呈现先低后高的增长态势，其中出口增幅有可能达到10%；因基数较大，进口增长应保持在个位数。□

浅析 HI3 三重高离化混合 PVD 涂层技术

苏尔寿美科表面技术（上海）有限公司 黄 烈

面对越来越具挑战性的难加工材料、高速高效切削趋势、干式切削要求等机加工难题，涂层技术专家们采用各种创新的沉积技术，为刀具提供独特的和量身定制的涂层解决方案，以提升刀具整体性能和寿命。本文将介绍一种新颖全面的途径，以之能够为刀具量身定制所需的涂层方案，这就是 PVD 混合涂层工艺技术。

所谓 PVD 混合涂层工艺技术，就是将多种不同涂层工艺的膜层形成过程整合在一台单一的涂层设备中生成。苏尔寿独特的高离化溅射技术 HIPAC 技术（高离化等离子体辅助涂层技术），是 AEGD 蚀刻和预离化以及 HiPIMS（高能脉冲磁控溅射）技术的先进组合技术。再将 HIPAC 与 APA-Arc（先进等离子辅助电弧）技术组合在一起，形成苏尔寿全新独特的 HI3（三重高离化）混合涂层技术。该技术将引领当今和未来高性能精密工具的涂层发展潮流。

一、电弧蒸发技术的发展趋势：苏尔寿 APA（先进等离子辅助）电弧技术

不断改进的电弧蒸发技术是用于改善创新的高精密刀具和零部件表面性能的最主要的 PVD 技术。据我们分析，85% 的 PVD 涂层刀具采用的是电弧蒸发技术。相比之下，直流溅射在刀具涂层中仅占据非常小的份额。这不难理解，因为直流溅射涂层的特性很难与电弧涂层的优势竞争。对传统的直流溅射工艺来说，只要在靶上不产生电弧现象，涂层内部就不会产生液滴。尽管如此，这种优势无法掩盖其低离化率的缺点。涂层表面的粗糙度并没有影响电弧技术的市场占有率，因为一定数量的液滴对于大多数的应用来说是可以接

受的。一个令人印象深刻的例子是 PVD 装饰涂层的应用，膜层除了耐磨损性外，薄膜的外观起着决定性的作用，但是电弧蒸发技术始终是装饰涂层的第一选择，镀膜完成后可不做任何的精整处理。装饰涂层业务也一直是电弧低温沉积的一个很好的例子。

图 1 给出了当今世界范围内 PVD 技术的应用，以及各种 PVD 技术在切削刀具和零部件市场上的应用份额。在图 1 的右侧，专家们也给出了未来各种 PVD 技术的市场应用趋势。据分析，HiPIMS 作为单一的沉积技术不会在未来的工具涂层领域发挥显著作用，从科学和经济的角度考虑，HiPIMS 结合 DC 溅射的方式受到了质疑，因为相对电弧和 HI3 技术而言，其膜层沉积成本将显著增加（单位能量的沉积率低、靶材利用率低、维护成本高等）。还必须考虑到，不管采用什么 PVD 沉积技术，其实在对高性能刀具进行涂层的工序中，都要对刀具做涂前预处理和涂后的后处理。为了保证刀具的最佳性能，采用 HiPIMS 沉积技术不能免

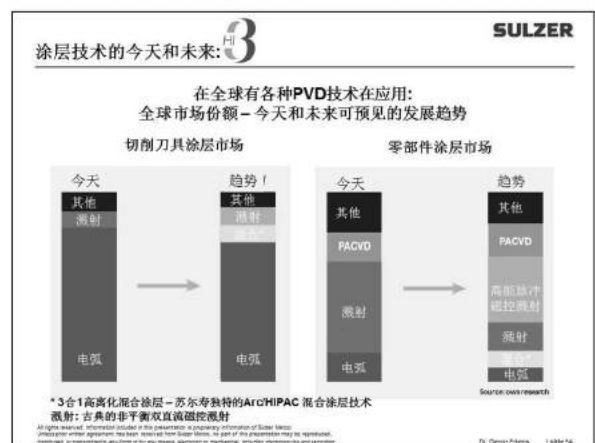
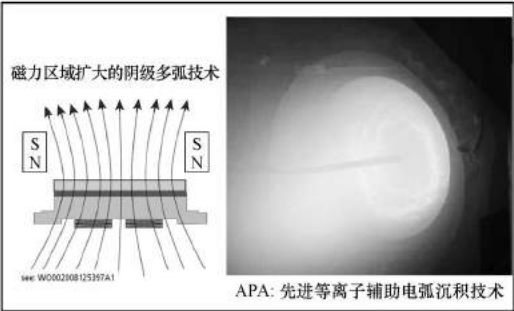


图 1 全球 PVD 技术使用状况，不包括装饰涂层

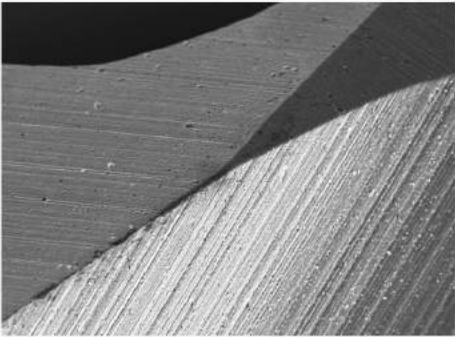
除任何必要的工序，与其他 PVD 沉积技术一样，也需要对涂层后的刀具表面的涂层进行后处理。当然，如果将整个工艺过程控制在无尘室条件下并使用一次性的炉子生产，后处理可以省略，但这仅仅只是理想状态。

传统的直流磁控溅射主要用于 a-C: H: Me 涂层的掺杂或用来生成此类涂层的过渡层。考虑到各种技术因素，将直流溅射和电弧混合在一起并不是一个好想法，因为这并不能真正地改善涂层的性能并使之变得更加有竞争力。在这种混合中，直流溅射会损害电弧技术所有的优点和良好特性，如同直流溅射与 HiPIMS 混合一样。

电弧技术在过去 25 年中不断提升，也正在进一步得到发展，例如 APA（先进等离子辅助）电弧技术，改进的磁场系统，HPPArc（高能脉冲电弧）等。APA-Arc 技术标定了电弧蒸发技术的发展趋势，其优点是电弧运动速度更快、蒸发的粒子尺寸更小、液滴更少、蒸发效率更高、靶材利用率更高、进一步提高了附着力和涂层性能、涂层表面更光滑（如图 2 所示）。



(a) 创新的APA电弧蒸发技术



(b) 采用磁力区域扩大APA技术蒸发器生成的硬涂层沉积表面

图 2

目前，依据电离的种类，使用 HiPIMS（高能脉冲磁控溅射）的溅射技术已达到了 25 年前的电

弧技术水平。声称 HiPIMS 沉积不可能产生液滴是非常大胆的，因为遗憾的是在靶材表面放电的风险会随着 HiPIMS 过程的进行而加大。更强的灭弧和强大的电弧的控制是必要的。在有些情况下，HiPIMS 可能成为电弧技术补充，在某些领域它将取代传统的直流磁控溅射技术。

从微观结构上来看，采用直流溅射、中频溅射或 HiPIMS 沉积的膜层的表面粗糙度一直优于电弧沉积膜层。但在对涂层表面进行处理后（如喷砂、抛光），溅射和电弧涂层的表面粗糙度没有明显的差异。另一方面，在 PVD 涂层生产中，随着生产炉次的增加，也没有任何一种 PVD 涂层技术像溅射技术这样容易发生涂层的批次表面质量变得越来越差的现象。真正的事实是，后处理总是能够提高涂层的表面质量，并且这也是影响涂层刀具和零部件使用性能的一个关键因素。

二、唯一真正的混合工艺技术：苏尔寿 HI3（三重高离化）PVD 技术

高离化等离子体辅助涂层技术（HIPAC）是苏尔寿在 HiPIMS 技术基础上开发的特别适宜工业应用的涂层技术。在低频率（<1kHz）和低占空比（<10%）情况下通过给靶材施加脉冲电压，利用 HIPAC 溅射金属和其化合物。“极短的”脉冲产生了相当高的脉冲能量给磁控管（在兆瓦级），同时保持了低平均功率，其结果是在等离子状态下产生了高密度的电荷（电子和离子）。在等离子体中金属的离化程度能达到与电弧工艺相同的值。离化率很大程度上取决于所溅射的材料，以及工艺是否运行在金属的或电抗性的模式中。得到改进的溅射离化率可以更好地控制沉积工艺过程。通过设置正确的参数，HIPAC 为沉积形态致密的涂层提供了巨大潜力。在需要的时候，HIPAC 也可与 MF（中频）技术组合。

HI3（三重高离化），新的行业标准，创新的混合技术，体现了独特的组合方法：

- (1) AEGD（电弧增强辉光放电技术）：等离子刻蚀工艺保证了优异的涂层结合力。
- (2) HIPAC（高离化等离子体辅助涂层技术）：高离化溅射工艺。
- (3) APA-Arc（先进的等离子辅助电弧技术）：

高离化电弧工艺。

HI3（三重高离化）技术可以实现过去无法实现的特定的复杂的膜结构。到目前为止，通过电弧工艺许多合金只能部分的沉积。HI3（三重高离化）技术优势明显，该技术极大地拓展了可作为蒸发材料的范围，如 SiB（硼化硅）、B4C（碳化硼）和其他材料。在这方面，该工艺能够打开一个完整的全新应用领域。

伴随 HI3（三重高离化）技术，未来已经开始迈入了高能效的、可以针对应用环境定制精细多样结构的，以及可蒸发更大范围的组合材料的进程。

三、苏尔寿多米诺 PVD 涂层设备：配备了 HI3 技术的一流 PVD 设备

该平台配置了多种引领技术潮流的高性能涂层工艺技术 APA-Arc、HIPAC、HI3 和其他组合技术（如 AEGD 离子软氮化，PACVD），是一个模块化的苏尔寿多米诺平台（见图 3）。该系统可根据工艺需要采用不同的模块配置。

多米诺平台的模块化和柔性化设计，代表了涂层设备领域最高的水准。由于采用了模块化设计，使系统的进一步扩展和升级成为可能，从当初的基本功能开始，用户就完全可以为将来的发展做好准备，使之能够适应自己未来的需要。

APA（先进等离子辅助）电弧和溅射技术（DC，MF，HIPAC，RF）模块在同一个设备中工作的理念为实现不同的涂层提供了手段。此外，DLC 涂层模块和组合处理模块（离子软氮化加 PVD 或 PACVD 的组合）也成为了现实。最新的 HIPAC 和 HI3 技术模块已经极好地展示了其适合



图 3

工业生产需求的能力。

所有苏尔寿多米诺系统都配备了苏尔寿独家专利的高效等离子蚀刻工艺 AEGD。这种额外的精细清洗可保证极其优异的涂层附着力。AEGD 预离化工艺中产生的极高离化率的工艺气体，也为 HIPAC 和 HI3 技术的高离化率做出极大贡献。

为了适应不同的应用，苏尔寿多米诺系统本身的技术特点是能快速地、可靠地和全自动化地在金属、陶瓷和塑料表面上生成种类繁多的个性化涂层。在苏尔寿多米诺平台上最早开发的里程碑涂层是微合金涂层（MAC）。如：M. POWER，M. FORCE，M. FLEX，F. FUSION 等在全球市场被公认，具有无可匹敌的优势。微合金涂层不同的内部结构（见图 4），是为了满足不同的工业加工需求而定制的具有个性化的特性和厚度。客户反馈纳米结构的 M. POWER 涂层非常适合杆状类刀具和刀片；而测试结果表明多层结构的 M. POWER 在对成形加工领域具有无可比拟的优势。新颖的 HI3 涂层，例如基于 APA 电弧技术的微合金涂层：M. POWER，M. FORCE，M. FLEX，F. FUSION 或其他混合膜层呈现了独特的特性。在显微成像下可以清晰看到混合相的美丽结构（见图 5）。

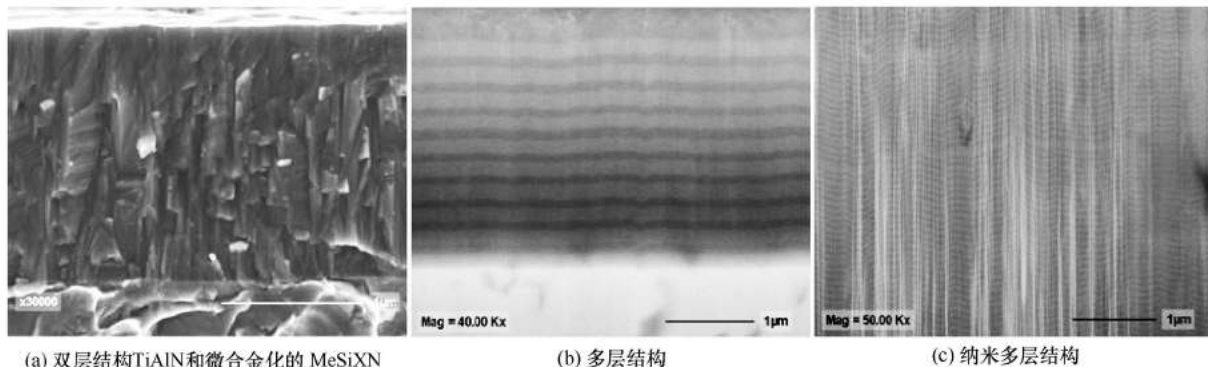


图 4 根据不同应用，M. POWER 有三种不同的膜层设计

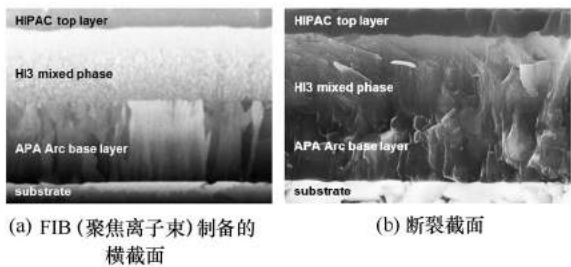


图5 通过 HI3 技术设计的表面是 SiB 微合金涂层有着更好的高温抗氧化性。

模块化的设备可以实现由不同技术模块组成的混合工艺技术。两种有效的高离化工艺 HIPAC 和 APA-Arc，可以有机地组合在一起，实现混合工艺并达到工业化生产的标准，即我们的 HI3（三重高离化）混合工艺技术。

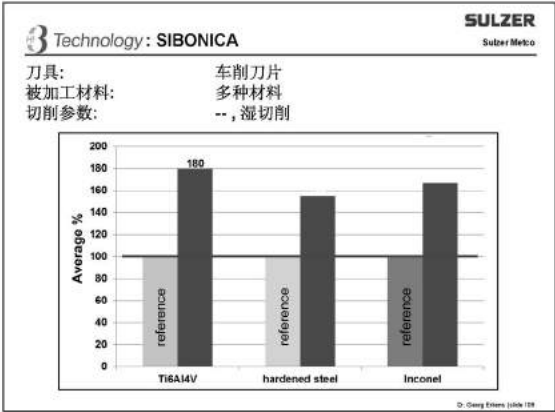
目前，通过模块化配置，HI3（三重高离化）

混合技术已经可以在苏尔寿的多米诺设备系列中实现。基于 HI3（三重高离化）混合技术平台开发的首款涂层在钛合金、不锈钢和其他难加工材料中表现出卓越的性能。例如我们最新的混合涂层 SiBX 基的涂层，极大地提高了涂层的抗氧化性能（见图 5）和最新的钒基涂层，膜层在温度升高时摩擦系数却可以降低。

图 6 令人印象深刻地展示了采用 HI3 混合涂层技术开发出来的最新混合涂层 SIBONICA 的外观和切削测试结果。这是科学界已知的具有最高抗氧化性的 PVD 涂层。当应用在车削刀片上时，加工钛合金、高温镍基合金和高硬度模具钢的寿命提高了 55% ~ 80%，其结果远远优于现有的各种 PVD 涂层，应用前景非常广阔。



(a) HI3 技术新涂层 SIBONICA 微合金涂层的外观非常独特



(b) SIBONICA 微合金涂层可以显著增加车削钛合金、高硬度模具钢和高温镍基合金的刀片的寿命

图 6

混合技术是表面技术中最具创新性的发明，这也为那些在电弧和溅射两种技术领域均有着丰富经验的真正专家开启了一扇崭新的涂层设计大门。工艺和材料的组合多样性，使我们能够开发出用于加工、成形领域的诸多创新性高性能涂层。据专家分析，涂层市场将来会被不断创新的电弧技术所主导，尤其在高端应用领域，混合技术的重要性将不断提升。PVD 电弧技术的局限性已被苏尔寿 HIPAC 技术填补。HI3（三重高离化）混合技术创造了新的涂层材料，而这些材料以前无法通过纯的电弧技术来沉积，比如 TiB₂ 或 Si。现在根据相应的应用可以通过微合金、掺杂、结构设计等工艺手段来设计涂层。首批开发的 HI3 涂层为未来不同的应用提供了广阔的市场前景。

使用多米诺混合涂层设备系统，客户不仅能够及时跟上技术发展而且能够引领技术潮流，模块化设备的开发设计理念已经为未来的涂层需求和应用升级留下了充分的准备空间。

四、总结

苏尔寿 HI3 技术和模块化的多米诺平台，以最有效的、有益的、可用于生产的和节能的方式组合在一起，综合了 HIPAC、APA 和 AEGD 三者的优点。

HI3 是三重高电离的、唯一真正的混合技术。创新的混合技术建立了新的行业标准，打开了全新应用领域之门。这是一种高能效的工艺，可以带来精细多样的涂层结构，具有范围广泛的蒸发材料，可应用于量身定制的高性能涂层。□

超高速陶瓷 CBN 砂轮：汽车零部件磨削的二次革命

圣戈班磨料磨具中国 潘名军

诞生于 20 世纪 80 年代的陶瓷结合剂 CBN 砂轮为汽车零部件的磨削带来了革命性的变化。相对于传统磨具，陶瓷 CBN 大大提升了磨削效率，具有耐磨性好、磨削精度高、切削性能好、易于修整等特点，特别适合汽车零部件的大批量精密生产。近些年来，随着 CBN 磨料成本的进一步降低，陶瓷 CBN 砂轮在汽车零部件尤其是曲轴、凸轮轴等外圆磨上更是全面取代传统氧化铝、碳化硅磨料砂轮。因此陶瓷 CBN 砂轮被业界公认为是汽车零部件高速磨削最理想的工具。

随着中国汽车工业的迅猛发展，各大汽车厂商对磨削效率、精度以及加工成本提出了更高的要求。基于此，陶瓷 CBN 的磨削速度在不断攀升，200 m/s 的磨削速度已经被引入到批量生产。超高速陶瓷 CBN 砂轮，将为汽车零部件的磨削带来第二次革命。

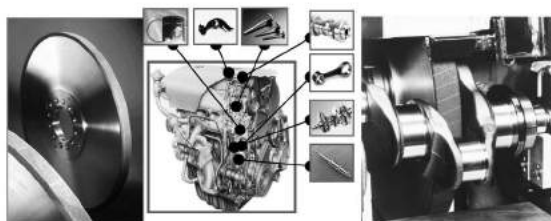


图1 陶瓷 CBN 砂轮及常见汽车零部件的外圆磨削

一、高速磨削的发展历程

过去的十年间，陶瓷 CBN 砂轮的磨削速度发生了巨大的变化，磨削速度不断提升。20 世纪 80 年代也就是陶瓷 CBN 砂轮诞生以前，60m/s 的磨削速度被认为是高速磨削；到了 1990 年，也就是陶瓷 CBN 诞生之后的数年间，80m/s 的磨削速度

已经非常普遍并应用于规模化生产；1995 年，陶瓷 CBN 砂轮让 120m/s 的高速磨削成为现实；2000 年，160m/s 的陶瓷 CBN 开始应用于汽车零部件的磨削加工；如今，200m/s 及以上的磨削速度被看成超高速磨削，200m/s 超高速陶瓷 CBN 砂轮已经被用于凸轮轴和曲轴等汽车零部件的批量加工。

二、为什么要进行超高速磨削

材料去除率即 Q'_w 反映的是砂轮的磨削效率。 $Q'_w = \pi \times D_w \times V_p$ [mm³/s/mm]，其中： D_w [mm] - 工件直径； V_p [mm/s] - 磨削进给速度。

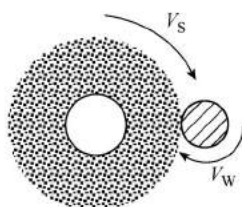
Q'_w 与砂轮的磨削进给速度成正比，即通过加大进给速度来提高磨削效率。但是，加大进给速度会导致切屑厚度增大、粗糙度变差、磨削负载和磨削温度上升，以及工件变形等不良后果。

磨屑厚度的计算公式：

$$h_{cu} = \sqrt{\frac{V_w}{V_s} \cdot \frac{1}{C \cdot r} \sqrt{\frac{a_e}{d_e}}} \quad h_{cu} \ll a_e$$

V_s = 砂轮速度， V_w = 工件转速， a_e = 切深， d_e = 砂轮当量直径， C = 有效磨粒浓度， r = 磨粒切削点形状因子。

磨屑厚度与砂轮的线速度成反比，与进给速度（切深）成正比。提高砂轮的磨削线速度，单位时间内参与磨削的磨粒数量显著增加，磨屑厚度变小，由此产生的磨削力也必将大大降低，工件变形减少，精度提高，工件的表面粗糙度得到改善。由此可见，进行



超高速磨削,其主要优点是:①大幅度提高磨削效率,减少设备数量;②减少工件变形,提高零件加工精度;③改善加工工件表面质量;④砂轮的使用寿命延长。

三、使用陶瓷 CBN 进行超高速磨削的关键技术

1. 超高速主轴

(1) 超高速磨削由于回转速度极高,要求砂轮主轴及主轴电机系统运行极其精确,回转精度高。

(2) 无论是工件夹持系统还是砂轮主轴系统,整个磨削系统都需要很好的刚性。

(3) 超高速磨削时,砂轮启动、加速、减速、停止等速度的改变对电机主轴影响巨大,因此,主轴需要足够大功率和扭矩。

2. 自动平衡装置

超高速磨削陶瓷 CBN 砂轮的动平衡非常关键,砂轮通常要做两次平衡:一次是砂轮生产过程时需要做动平衡,要求控制在 ISO G0.4 以内;一次是安装到机床上后,机床通过自身的传感系统调整重心偏心距,实现自动校准动平衡。

3. 冷却系统

高速磨削会产生很高的磨削热,工件的表面质量、工件精度和砂轮的磨损在很大程度上受磨削产生的热量影响。因此冷却液的流量需要足够大,同时流速尽可能与砂轮的速度和方向保持一致,以保证充分的冷却;冷却系统同时还需要很高的压力,通常需要配置高压冲洗喷嘴,以防止砂轮表面被切屑堵塞,造成砂轮负载过大。

4. 超高速陶瓷 CBN 砂轮

要实现超高速磨削,必须要了解砂轮是如何失效的?陶瓷结合剂属于硬脆材料,当局部应力超过材料的极限时,砂轮会发生灾难性的后果,比如破碎,甚至爆裂。应力可以来自砂轮的装夹,磨削力,砂轮启动、加速、减速、停止等速度的变化,砂轮的动平衡,以及热应力等。但是,在正常操作和正确使用砂轮的前提下,砂轮的失效主要是由于“离心”作用而导致局部应力和变形超过砂轮所能承受的极限而造成的。

四、超高速陶瓷 CBN 砂轮的关键技术

超高速陶瓷 CBN 砂轮要考虑以下几个方面:砂轮的回转速度和爆裂速度,磨料层的设计,砂轮的基体设计和材料选择,以及适合超高速磨削的陶瓷结合剂系统。

1. 砂轮回转速度和爆裂速度

(1) 最高工作速度 V_{max} (MOS): 由生产厂商提供,并约定使用方在使用砂轮时不能超过最高工作速度。

(2) 最高回转速度 V_{pr} : 砂轮出厂之前,以高于砂轮的最高工作速度进行回转测试,确保砂轮在回转速度下不会爆裂。($V_{pr} = K \times V_s$, $K = 1.5$ (欧洲 $K = 1.1$))。

(3) 爆裂速度 V_{br} : 砂轮的极限速度。($V_{br} = V_s \times (S)^{1/2}$, $S > 3$)。

2. 磨料层的设计

超高速陶瓷 CBN 砂轮必须采用分段式的磨料层,又称之为刀头 (segments),主要是因为:

(1) 分段式刀头压制和烧结后一致性更好,因此产品更稳定。

(2) 其次,刀头破损后,可以返修,用新刀头代替破损的刀头,可以节省成本。

(3) 最重要的一点,砂轮高速旋转时由于“离心”作用造成基体“膨胀”变形,采用分段式 CBN 刀头可以减少磨料层的应力,因此可以承受更高的磨削速度。

(4) 磨料层的有效厚度应设计为 3 ~ 5mm,如果太厚,强度降低,高速旋转时应力和变形超过强度极限,刀头会破裂。

3. 砂轮的基体设计和材料选择

目前能承受 200m/s 磨削速度的陶瓷 CBN 砂轮的基体材料为钢基体,碳纤维基体,钛合金基体。

(1) 钢基体。优点是,刚性好,转动惯性大;缺点是:重量大,需要很大的启动和制动功率;由于基体膨胀造成磨料层承受的应力过大,因此 200m/s 被认为是极限。

(2) 航空铝合金。通常不高于 140m/s;主要优点是轻,热传导性好;主要缺点是热膨胀系数大,强度相对较低,高速磨削时会引起工件尺寸

不稳定的现象。

(3) 碳纤维 (CFRP)。可以承受大于 200m/s 的线速度；热膨胀系数非常小，重量轻，同时吸振效果很好，非常适合超高速磨削；缺点是价格昂贵，不容易安装。

(4) 钛合金。重量轻；非常难加工。

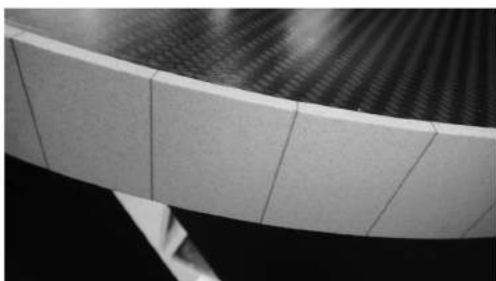


图2 新型陶瓷 CBN 砂轮：采用碳纤维基体和分段式 CBN 刀头设计

五、适合超高速磨削的陶瓷结合剂系统

(1) 相对于传统的陶瓷结合剂工艺砂轮，圣戈班磨料磨具旗下的 WINTER 创新陶瓷结合剂砂轮具有更开放的组织结构，有效提高了气孔率；同时采用创新技术使结合剂得到了更好的改进，增强了粘接桥的强度，从而使砂轮具有更大的磨粒把持力，更高的硬度和耐磨特性等优点。

(2) 增加了修整间隔，减少了砂轮本身的磨损，增加了每片砂轮所能加工的工件总数，从而提高了砂轮的使用寿命，非常适合大规模批量生产加工。

(3) 更高的材料去除率和加工效率。

(4) 更好更一致的工件表面加工质量，适合超高精度磨削。

六、圣戈班超高速陶瓷 CBN 砂轮磨削应用案例

应用参数：

工件 凸轮轴

材料 冷激铸铁，HRC 48-52

磨床 Landis LT1

磨削部位 凸轮

磨削方式 切入磨削

冷却液 乳化液

砂轮 WINTER N7 1VG 3A1 346-18-5 90 B151



图3 陶瓷 CBN 砂轮的凸轮轴磨削

金刚石滚轮 碟形电镀滚轮 SG 71P-140-0.6

磨削参数：

砂轮线速度 $v_c = 200\text{m/s}$

磨削余量 $a_e P = \phi 3\text{mm}$

修整参数：

砂轮线速度 $v_{cd} = 120\text{m/s}$

滚轮线速度 $v_R = 78\text{m/s}$

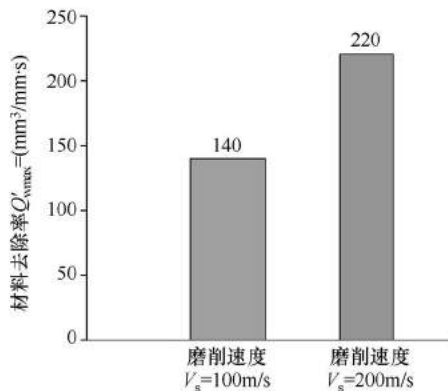
修整量 $a_{cd} = 12\mu\text{m}$

修整速度比 $q_d = +0.65$

磨削性能：

最大材料去除率 $Q'_{wmax} = 220\text{mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$

粗糙度 $R_z < 0.4\mu\text{m}$



磨削速度 $V_s = 100\text{m/s}$ 磨削速度 $V_s = 200\text{m/s}$

磨削时间 $t_g = 53\text{s}$

相对于磨削速度 $V_s = 100\text{m/s}$ ， $V_s = 200\text{m/s}$ 的最大比材料去除率可以提升 60%。

七、总结

超高速磨削，是汽车零部件磨削的热点。它可以大幅度提高磨削效率，减少工件变形，提高工件加工精度和表面质量，同时减少修整，延长砂轮的使用寿命。超高速陶瓷 CBN 砂轮将为汽车零部件的磨削带来二次革命。□

通过考虑多项因素推动 铸铁加工的发展

山高刀具 ISO 车削产品经理 Mikael Lindholm

山高刀具面铣和大规模应用产品经理 Michael Karlkvist

为了保持铸铁加工方面的竞争力，制造商在选配合适的刀具时面临着诸多因素和挑战。不仅是铸铁类型多种多样，而且材料本身也因铸造方法而不同。因此，要为刀具刀片选择合适的几何形状和材质等级，制造商必须了解所有的相关因素，并考虑其整个生产链，以便成功获得质量、成本与生产率的最佳组合。

尽管铸铁广泛用在各行各业中，但汽车和重型设备行业通常是该材料的主要最终用户，比如批量生产制动盘、在较短的周期内生产大型泵等。巧合的是，这两种部件还说明了许多制造商青睐铸铁的原因——对于大批量生产或十分复杂的零件设计，目前没有切实可行的替代生产方法。

因此，本文将从铸铁材料的角度，以及车削和铣削的角度介绍铸铁的加工。另外，在制动盘或大型泵等部件的实际生产中应用这些概念时，还应注意考虑其他方面。

如今的铸铁性能远比 20 年前更先进、也更为人们所熟悉。在某些情况下，如果一直面临降低价格、提高生产率的压力，则使用铸铁替代钢材不失为一种绝佳的策略。一般来说，铸铁质量更轻、强度更高、价格更低，而且现在具有更高的耐磨性。此外，这种材料还能快速切削加工，易于生产复杂形状且具有更高的可加工性。但是，要注意其强度级别、成本及可加工性会因铸铁类型而异，比如灰铸铁、蠕墨铸铁、硅合金铁素体球墨铸铁、球墨铸铁及等温淬火球墨铸铁。对于每种类型的铸铁，都有多种等级，其机械属性也差别极大。这主要是石墨周围金属基体微观结构的差异

所致。

除了需要选择不同类型的铸铁外，制造商还必须考虑到铸铁的冶炼技术十分复杂。铸造过程本身产生的微观结构会使零件的表面与内部基体具有不同的机械属性。因此可以说有两种不同的微观结构共存于同一个铸件中。此外，铸铁的质量还因铸造厂而不同，这意味着即使铸铁的类型“相同”，铸造过程的变化也会使不同工件的可加工性存在显著差异。

以灰铸铁为例，其可加工性受表面因素及其他近表面状况的影响，比如模具残留物或游离铁素体（最纯铁形态）会以不同形式干扰加工过程。前者会产生硬度更高且随机分布的区域，后者会使工件存在更软的区域。这些因素会使可预测性降低，从而影响可加工性。因此从铸造、存储到加工，制造商都必须谨慎地安排物流工作，确保拥有质量一致且数量足以满足其应用要求的工件批次。

使工件的属性一直处于最佳可控状态十分重要。毕竟任何差异都会直接或间接地对总生产率产生不利影响。工件的属性不明确时，制造商可以利用刀具系统和切削策略来弥补材料质量的不足。但关键是知道什么刀具和策略适合特定应用。

刀具公司源源不断地开发新的车削和铣削产品，以帮助制造商解决在加工铸铁材料时所面临的不利因素和挑战。但其本身很灵活，因为全球每种材料、每个制造商及每个应用都是独一无二的。刀具公司可以提供对铸铁具有较宽加工范围的产品解决方案，但主要取决于具体的客户需求

和所选的加工策略或方法。

尽管有些制造商愿意花钱购买各种刀片类型和材质等级，以使每种应用达到最高生产率，但其他制造商则会选择有限的、具有“综合特性”的刀片和材质等级，以使加工过程更易管理，但会遇到生产率降低的情况。

考虑一下用于车削的材质等级（这是该类加工过程重点关注的方面）。在过去，刀具公司会提供多种刀片材质等级以供用户选择。如今，它们的目标是推出性能最佳且能同时处理更多铸铁材料和规格的解决方案，从而减少所需材质等级的数量，同时也进一步简化了选择过程。

有些刀具公司正在采用先进的镀层工艺为其客户提供两材质或三材质等级策略。比如，山高刀具公司凭借其专有的 Duratomic® 金刚甲镀层技术材质等级，推出了一种两材质等级车削策略，其中铝和氧在原子级别上进行处理，以使铸铁加工刀片兼具优异的韧度和耐磨性。



对于实际的铸铁车削工序，一切均取决于制造商的特定应用。制造商必须准确确定完成车削目标所需的工序数。如果工件的属性未知，制造商可以选择包含一道额外的精密切削工序，这会影响产品的交货时间。但是，通过根据部件的状况和要求采用合适的刀具，制造商可以减少工序数。

更特殊的车削加工方案可能涉及到制造商在之前所述的准时化供应链中加工部件。在此类情况下，某些批次的铸态工件的近表面状况有时不会合格，但仍必须进行加工，尽管会因刀具寿命的缩短和生产率的降低而导致每个工件成本上升。此时制造商必须在不同类型和材质等级的刀片之间仔细选择，可能包括选择硬质合金刀具和多晶立方氮化硼（PCBN）刀具。但是，如果铸造厂供应的灰铸铁质量保持一致，制造商可以利用 PCBN 刀具获得无与伦比的生产率。

与车削材料相比，铣削铸铁更为复杂。尽管制造商所用刀片材质等级的类型很重要，但整个切削解决方案更关键。除了刀片的几何形状和材质等级外，制造商还必须根据所加工的工件考虑刀体的类型和切削刃的数量。这样做对于降低每个工件的加工成本至关重要。

当今的刀具公司正在努力为客户打造易于使用，并能有效处理尽可能多的材料和应用的解决方案，从而满足客户的需求，简化铸铁的加工。比如，太热和冷却液对铸铁加工的效果不太理想，尤其是铸铁铣削，所以刀具公司正在开发既适用于干式铣削，又适用于湿式铣削的高性能材质等级，这些公司还致力于开发能在一个行程内高效粗加工和精加工的切削解决方案，从而帮助制造商缩短加工时间。



为铸铁选择最佳铣削刀具类型时，没有一种“万能”的实际方案。但总的来说，如今的铣刀类型似乎正在取得长足进步，所选铣刀应该是负角刀具，其刀片具有正前角且采用可以处理干湿加工条件的材质等级。

通过在负角刀具中采用正切削前角，制造商将会受益匪浅——既能加快切削操作，又能降低功耗和发热，这都有助于延长刀具寿命、增加可用切削刃的数量。以面铣多腔体发动机缸体为例，用铣刀加工每个腔体的圆角时，目标是避免切去腔体的边缘。如果制造商使用磨损的刀具并采用高切削力，成片削去工件材料的风险将会增大，而具有正前角的负角刀具则可以避免这种情况。



（下转第 108 页）

苛刻要求的位移测量系统 所需的高质量编码器

海德汉公司德国总部机床编码器产品经理 Helmut Kügel

持续的研发投入、全新的生产过程和产能的扩充，使海德汉公司不断推出新一代产品。这些产品适用于众多应用领域的任何长度和角度类型的测量任务。今天，海德汉产品依然代表着当今高技术水准。海德汉计划将在今年 EMO 展会上展出其最新产品。



1. NC 数控机床的直线光栅尺和编码器

机床和成套设备的发展对精度和生产力提出了更高的要求，国家标准和国际标准对安全性要求的不断提高，需要编码器提供更多新特性。秉承专注于核心业务和永续发展理念，海德汉公司不仅是今天，也是未来应对国际化竞争挑战的最佳合作伙伴。

在成功为 28m 行程的机床推出 LC 201 系列绝对式封闭直线光栅尺后不久，现在又为其增加了多种重要接口。这些光栅尺已获得发那科和三菱公司的认可。

该系列产品的特点是：绝对式 METALLUR® 钢带测量基准，光栅尺装入尺壳中后组成一个光栅尺整体。下一步还将陆续推出 56m 或 84m 测量长度的产品。届时将可取代现有的最大测量长度 72m 的增量式光栅尺 (LB 382)。当然多段式光栅尺在安装时所需的时间和工作量比单段光栅尺多。为此，LC 100 系列的测量长度早已扩展到 4040mm。对更大测量长度，不建议选用该产品，因为物流问题使得对任何一方都不现实。

LC 201 系列的研发重点是测量长度和安装方式的简单。LC 105/405 系列采用了新接口和安全技术，特别是该产品对西门子数控系统接口特别有利。一月份，TÜ SÜ 已确认该系列产品符合“功

能安全”性能要求。

虽然西门子接口 (DRIVE-CLiQ®) 需要更多电子系统，例如 EnDat2.2 或发那科接口，但海德汉已为所有相关产品提供相同的尺寸，因此大大简化了机床设计。海德汉与西门子公司合作开发的 ASIC 接口使该电子系统的微型化成为现实。海德汉与西门子间的紧密和广泛合作已保持很长时间，而且也已体现在其他产品线中。

近年来，直接驱动技术的回转工作台已从小众产品逐渐成长为标准化产品。高动态性能和无磨损特点是这种发展趋势的决定性原因。这两个特点对 5 轴加工特别重要，同时对生产设备也同样重要。RCN 角度编码器的高精度、高分辨率和允许的高轴速，使它成为这类应用的首选测量系统。不同于驱动的电机编码器和高精度轴的角度编码器常规技术，该系列产品是提供机床安全的单编码器系统。串行接口在高动态性能方面具有突出优势，因为模拟数据传输有其固有限制。单编码器系统、串行接口和高安全性技术的新标准的综合使用需要对编码器进行认证，例如 TÜ 的认证。预计今年将完成该认证。由于高安全性单编码器系统需要符合 SIL-2 (EN 61 508) 或 PL d (EN ISO 13 849) 要求，因此计划在 2013 年年底对 RCN 系列角度编码器进行 TuSüd 认证。

对海德汉已获得认证的编码器，只要正确安装就能排除机械误差因素。

在满足机床高安全性技术的新标准 (EN 61 508 和 EN ISO 13 849) 要求方面，有两大原因使海德汉具有强大竞争优势：一个是自己开发和已认证的串行接口 (EnDat 2.2) 以及相应编码器产品；

型 号	EnDat 2. 2	西门子 DRIVE-CLiQ *	发那科	三菱	安川
绝对式直线光栅尺	LC 105/LC 405	+	+	+	+
LC 201	+	Via EIB	+	+	
LIC 4000 LIC 2000	+	Via EIB	+	+	LIC 4100 + EIB * *
绝对式角度编码器	RCN 2000RCN 5000RCN 8000	+	Via EIB		
绝对式封闭旋转编码器	ROQ 400	+	+		

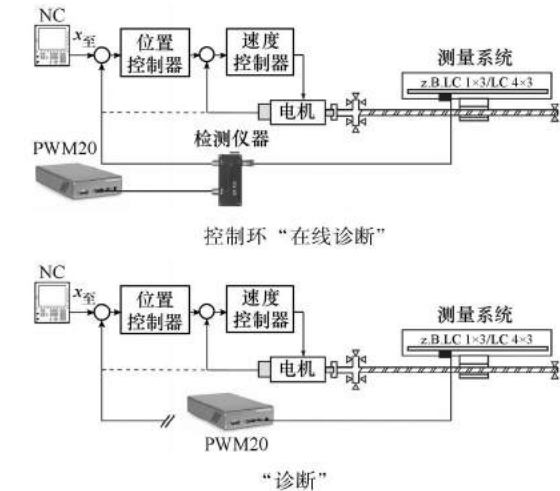
注：DRIVE-CLiQ 是 SIEMENSAG 的注册商标；EIB 为外部连接盒。

另一个是海德汉数控系统硬件和软件的认证以及
与多家公司的紧密合作。

不仅高安全性的要求需要新产品必须采用串
行接口，设备诊断功能也正在发生着重大变化。
就像可“监听”1 Vpp 这类模拟接口工作情况并能
进行在线诊断一样，数字（串行）接口的相应编
码器早已“板载”这些智能化特性。与以前相同，
需要在协议中增加并使用相应的可用区。

描述编码器基本性能的有效数字概念大大简
化了诊断操作，因此不再需要操作人员具有评估
模拟信号质量知识。这些产品配 EnDat 接口后，也
能用于发那科、西门子和三菱编码器。

海德汉的 PWM 20 调试
和测试仪和 ATS 软件，使海
德汉成为唯一一家适用于全
部海德汉绝对式和增量式接
口的光栅尺和编码器诊断的
公司。它不仅能在工作时（在线诊断），也能
在安装/修理时（离线诊断），检查光栅尺和编
码器状态。



2. 超高精度在电子行业中的应用

除传统机床应用外，近几年来电子行业也成
为创新的驱动力量。考虑到该行业的快速发展，

这一点毫不奇怪。该行业要求编码器系统必须具
有高精度和高质量。EnDat 接口的 LIP 200 的分
辨率达到 31.25 pm。重复精度由电气噪音决定，典
型值为 150 pm（RMS）。然而，海德汉可提供许多
满足这些高端应用要求的产品。最新开发钢带光
栅的 LIC 2000 绝对式单轨扫描技术将这类产品扩
展至“入门级测量技术”。虽然精度低于 LIP
2000，但可靠性无任何牺牲。扫描场大小、扫描方
式和高度自动化的生产系统，确保了该系列产品的
耐用性和功能可靠性。



LIP 2000 光栅尺

3. 自动化系统中的通用测量技术

在开发感应式旋转编码器和封闭式旋转编码
器中，耐用性也是设计重点。如果精度/分辨率要
求较为宽松，感应式测量技术对某些需要极高耐
用性的应用具有吸引力。光学旋转编码器质量和
可靠性非常高，但如果工作条件过于恶劣就难以
应用。这时可用感应式测量技术。最新的 ECI 1300
系列产品适用于 SIL3 的应用。对无轴承磁栅或感
应式编码器，扫描间隙和工作中扫描间隙的变化
非常关键，因此诊断中应使用上面介绍的有效数
字方法评估工作时的信号质量（在线诊断）。

4. 结论

海德汉公司的编码器是任何测量应用的理想
选择。接口种类多且安装尺寸相同，因此机床制
造商可将设计标准化，使其与高一级的电子系统
无关。需要重视数字接口的诊断功能。它能帮助
最终用户和机床制造商在系统发生工作异常时对
复杂机床进行分析。

当然，每一种应用各有不同，编码器设计同
样如此，但编码器有一个共同点：系统设计不牺
牲精度、质量和可靠性。对于应用在生产系统中的
编码器，这是确保市场成功的关键特性。□

NBH 1000：性能优异、持久耐用的产品典范

MAG 公司

自四十多年前首台惠乐喜乐数控加工中心 NBH 70 问世以来，MAG 公司相继推出 NBH 90 到 NBH260 系列产品，如今已可提供托盘尺寸从 500mm × 500mm 到 1000mm × 1250mm 的全系列卧式加工中心。在设计、性能及控制方面，这全部八种 NBH 机型及其众多定制选项已经处于世界尖端技术水平。经过四十多年的市场考验，NBH 已经成为强大的机床设计、高性能的生产加工及持久耐用的产品典范。

该新产品在 MAG 位于德国 Mosbach 的工厂生产，现代化及创新的生产模式，是该厂成功在两个平台上生产 NBH 系列机床的关键。从 NBH 500 到 NBH 630，机床均在一条流水线上组装，生产高效且经济。因尺寸不同，大的 NBH 机型则采用精益生产模式，即所有材料只在需要的时候，按需要的量进行提供，按次序组装机床（见图 1）。所有 NBH 机型均基于坐标镗床原理设计，这意味着工件在 Z 轴方向运动，这与精密镗床方式相同。



图 1 在顺序箱中完成 NBH 1000 装配

1. 铸铁床身及强壮的导轨系统，确保长期精度高加强筋肋，带高阻尼减震性的一体式铸造

床身，成为可靠加工的基础。强壮的导轨系统强化了这一优势，进一步提高了 MAG 惠乐喜乐产品的加工质量。所有线性轴均配有大间距导轨，这些预紧的、无反向间隙线性导轨单元，导轨间距宽，无反向间隙（见图 2），确保了高刚性及高承载力。同时可提供高动态快移速度及避免爬行现象，从而确保高定位精度及圆周度。这些重要部件均采用稳定、可靠的产品，使用寿命长，这将会有助于降低 NBH 机床的生命周期成本，而在做投资决定时，生命周期成本具有非常重要的意义。所有 NBH 机床均在导轨上集成了空间编码直接定位测量系统，当然也可选配绝对光栅尺。另一值得一提的优势是快速、可靠的排屑，我们为 NBH 800/NBH 1000 系列机床设计了 4 个集成在床身上的切屑槽，优化了切屑处理，从而使得在大切削量加工时，排屑也变得轻而易举。为了优化用户的安装条件，可采用前端和后端排屑，实现了车间规划的最大灵活性。



图 2 超大导轨间距

（NBH 1000，X 轴导轨间距 1000mm，Z 轴间距）

2. 智能驱动

如今，现代化高性能机床均配有数字轴驱动。完全位置控制结合辅助支撑及故障诊断功能，从

CNC 传送到驱动。在 NBH 系列里，免维护、无刷、数字控制三相伺服电机已经采用完全封闭式设计。总之，动力通过星形耦合器直接传导至精密滚珠丝杠主轴上。这些星形耦合器采用特殊的塑料材料制成，从而更好地实现减震及降噪功能。

谈到加速度这一方面，NBH 系列加工中心始终是最优秀的。结合专用选项包及滚珠丝杠驱动反应结构，最大加速度可达 10 m/s^2 。

3. 扭矩驱动转台，实现更好的动态性

最先进的技术已经被应用到 NBH 系列转台上，过去通过蜗杆驱动 Hirth 及转台的日子已经一去不复返，未来属于具有高加速度及动态性的扭矩直接驱动转台（见图 3）。绝对编码器确保精密定位及更好的重复定位精度。因为引用的参考位置始终是已知的，在生产开始或急停后，不再需要任何的耗时参考。可维护性也成为这一新兴转台驱动的一大优势，与传统的蜗杆或锥形齿轮驱动相比，这种驱动模式可以省去油润滑。直接驱动可绝对消除反向间隙，这意味着无磨损。因磨损导致的油润滑及重复调整已经不再需要。全系列产品尽量采用相同零部件，这使得备件供应变得始终可控。



图3 安装在 NBH 1000 上的新兴
转台配直接驱动（扭矩电机）

由于夹持力高且显著减少了定位时间，与传统驱动模式相比，扭矩转台的优势显而易见，从 MAG 使用的扭矩转台数量即可见一斑。

通过两个位于转台上的导引螺栓预定位托盘。在夹紧托盘时，采用 4 锥销定位托盘，确保定位精度及高重复定位精度。托盘提起后，锥销被吹出并进行冲洗。

4. 快速 180°托盘交换器

最大托盘尺寸可达 $1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 的快速 180°回摆托盘交换器被广泛应用，这可显著减少托盘交换时间，甚至在更大的机床上亦可确保这一优势。例如，与其前身 NBH 290（配有线性托盘交换器）进行直观的比较，NBH 800 托盘交换几乎要快一倍，NBH 290 需用时 39s，而 NBH 800 用时 20s。

托盘安装站可进行 360°平稳旋转，这也使得采用复杂夹具完成加工变得可行。气动安装站可在每个 90°方向上进行锁死从而完成夹具安装工作。

安装站及工作台可配置 2 线或 6 线液压夹紧系统，以实现自动驱动夹紧设备。可根据需要选择气动进给或液压进给。

5. 由自己工厂生产的电主轴及齿轮主轴

作为通用多面手，NBH 系列可提供丰富的电主轴和齿轮主轴选择，具有多种主轴速度和扭矩选项，这使得任一 NBH 机床均可最佳地适用所需的加工任务。电主轴采用主轴箱设计，齿轮主轴采用管式结构，可以快捷方便地进行维修。

对于轻型金属材料，电主轴运行 - 停止时间短，转速可高达 $16\,000\text{r/min}$ ，因而加工效率最高，这已得到充分证实。对于重型切削，采用二级齿轮主轴。另外，对于经济加工钢及铸铁材料，齿轮主轴转速可达 $10\,000\text{r/min}$ ，与加工铝材操作相结合同样可行。主轴采用 4 位双“O”形主轴承。这些极高刚性主轴结合直径高达 100mm 的主轴承（亦可选择齿轮主轴配直径 130mm 的主轴承），可确保高加工精度。

迷宫式密封设计，结合额外的空气净化装置，可有效避免冷却液及灰尘侵入，从而确保长期、稳定的加工可靠性及长使用寿命。另一强大的竞争优势由非常纤细的可伸缩的主轴管实现。这种纤细设计使得复杂零件内部加工变得轻而易举（见图 4）。

6. 轴联动加工

针对采用一次装夹完成复杂零件加工、多面加工、钻削或不同角度的平面加工，以及其他要求很高的加工操作，如模具加工或航空航天业内的自由轮廓和复杂几何形状加工，NBH 630 以上的

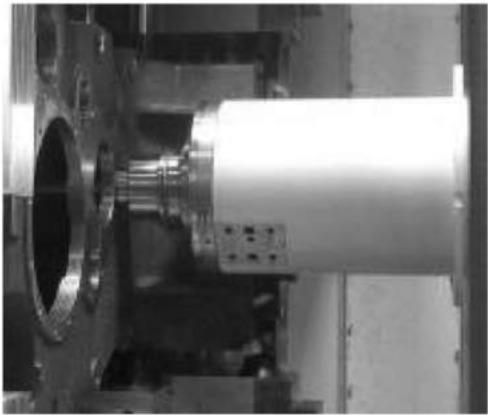


图4 纤细主轴管套在多数情况下均可深入夹具装置内，或进入工件内部加工

机床均可配备摆动头。摆动范围从 0° （卧式主轴位置）到 225° （ 180° = 立式主轴位置），NC 转台可以通过无反向间隙的齿轮驱动。这种设计方式可以最大限度地提供定位扭矩及同步操作。另一重要因素是五轴精度。为此，热稳定机床成为必需。另外，还采用了冷却伺服电机、滚珠装配及冷却液温度控制等技术。

除了摆动头，NBH 800 及以上机型均可提供可替换的摆动/旋转工作台（见图5）。Z 轴龙门架式结构完善了这一强大的理念。摆动/旋转工作台可与强大的 HSK-A 100 电主轴及齿轮主轴，根据工件频谱选择最合适的五轴原理。



图5 所有 NBH 主轴均可毫无限制的与任意摆动/旋转工作台进行组合

7. 模块化刀库满足任一生产需求

无论 NBH 加工中心是用于小批量加工需求，还是用于大批量生产，始终有一款最合适的刀库以优化适应机床加工工艺。在此，这种解决方案从带有 40 个刀位的简单经济的拾取式盘式刀库，到盘式、链式及线性刀库，再到可一次换刀 400 把

的惠乐喜乐匣式刀库。如果通过拾取模式未能直接将刀换到盘式刀库，可以通过由 NC 驱动的线性刀具处理装置完成快速并联刀具进给。实际刀具交换工艺由快速 180° 电机刀具交换器处理，在摆动过程中刀具被机械锁死。

对于匣式刀库，前部刀匣可以通过一个合适的支架完成交换。在改型过程中，例如一个完全不同的工件系列，可以在几分钟内完成全部对应刀具与预置刀匣的完全替换。对于相应的较长的刀具操作时间情况，换刀可以在加工时同时完成。

通过刀具加载站，在加工过程中，单个刀具可以分别置于刀库，对于磨损的刀具，也可将相应的坏刀单独卸下。可伸缩的刀具抽屉也可作为选项用于刀具加载站。因此，在机床运行中，最多 4 把刀可以进行交换。实际刀具参数，长度可达 600mm（大的机型可达 800mm），刀具重量可达 40kg，针对广泛的工件范围可提供最大的柔性，同时为未来的生产需求提供必要的储备。

8. 托盘存储系统显著提高生产率

大容量匣式刀库同样是高效利用托盘存储系统的先决条件。通过与托盘存储系统相结合，NBH 用户可以显著提高机床运行时间，降低单件成本，提高竞争优势，至少部分消除了人 - 机工作流程（见图6）。



图6 两级多托盘存储系统

机床可以在下班后、周末或无人值机的情况下正常运行。针对多机床分配、中断过程中的生产连续、以及无人值守生产，所有的 NBH 加工中心可配备多托盘存储系统、线性托盘容器、线性和多层托盘存储系统、机器人和龙门架上料，以组建柔性加工单元或柔性制造系统，甚至与其他工艺技术机床相组合。□

基于 CAD/CAE 技术的新型立卧转换五轴加工机的研制

福建省机械科学研究院 江 平

一、引言

随着机械加工这个行业的越来越繁荣，竞争也是越来越激烈，生产效率高、柔性好、一机多用以及加工复杂的曲线、曲面零件等各个方面的要求也越高。而加工中心就是一种综合加工能力较强的加工设备，其能够实现对工件一次装夹后完成多种工序高度集中加工，具有极强的柔性制造能力，是企业零件中小批量的高效率生产的重要手段^[1]。

传统的立式和卧式加工中心只能加工限定的加工面，对于复杂的曲线和曲面（例如叶轮、叶片等）却加工困难。

二、新型立卧转换五轴加工机

立卧转换五轴加工中心兼具有立、卧加工中心的特点，可实现多坐标联动、一次装夹完成五面加工，自动化程度高，能够加工各种复杂曲线、曲面。

由于机械结构复杂，在产品的整个开发过程中运用了 CAD/CAE 技术。首先应用高端三维设计软件 PRO/Engineer 建立整机产品模型，实现对产品的整体方案设计以及一些主要技术参数的确定，其次对主要部件进行设计。

运用 Ansys 先进分析软件对整机结构进行动、静刚度以及主轴的强度分析，使得机床结构布局合理、整机总体性能最优，最终缩短开发周期。

三、基于 CAD 技术的产品外形设计与结构设计

立卧转换五轴加工机总体方案为（见图 1）。布局采用三点支撑的正 T 型底座结构和具有高低导轨

的半封闭框架的副底座结构相结合的方式，减小了加工过程中因切削力产生的颠覆力矩，保证了机床运行稳定性和综合刚度，保证了产品的加工精度。

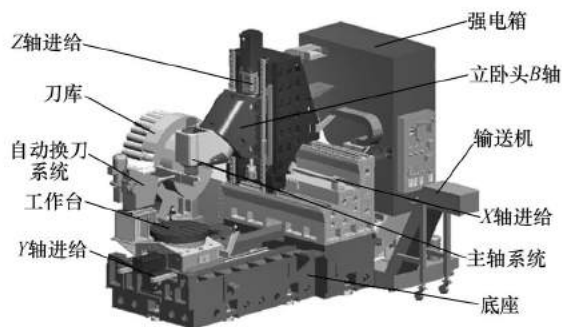


图 1 立卧转换五轴加工机 Pro/e 模型

动柱式结构，使进给运动轻巧；高精度直驱数控回转工作台结构，通过力矩电机驱动及应用液压微量变形技术，实施工作台回转轴任意位置的夹紧，实现零件空间位置的高速高精度定点加工，确保加工精度的稳定性。

立卧转换主轴系统的传动利用变频回转轴电机直接驱动，使主轴摆动机构能进行精密回转，并具有传动闭锁装置，达到高动态响应、零背隙、高精度，从而取消了通用产品的主轴转动机械传动链，实现了五轴联动加工所需的高速高精度的轨迹运动（见图 2）。同时，主轴系统在性能上必须达到旋转精度高、刚度、耐磨性和抗震性能好，主轴必须在承受一定的载荷的情况下精确、稳定地加工。

为了保证旋转机构中心接近回转中心，根据优化设计原理设定目标要求：一方面，要求旋转机构质心位于转轴的旋转轴线；另一方面，要求材料成本最小。运用 Pro/e 优化设计模块，实现结构的优化。

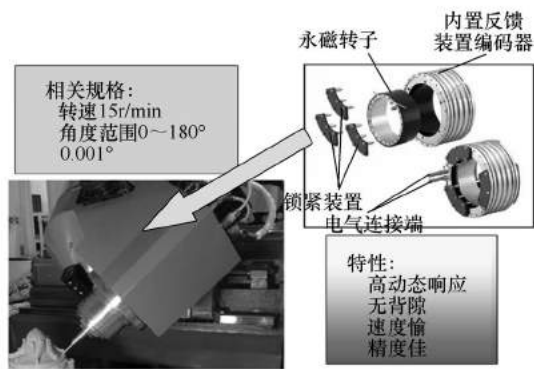


图2 主轴内部结构

通过优化设计，实现主轴立卧转换机构的重心驱动技术优化其结构设计，使旋转机构重心接近回转轴中心，减小了主轴回转过程中的振动幅度，提高了驱动稳定性和机床的动态性能，保证了零件轮廓的加工精度。

四、基于 CAE 技术的结构设计合理性验证

1. CAE 技术在大型结构研发中应用的必要性

大型五轴加工机结构的静态与动态稳定性直接影响机床的加工精度。因此，无论是在改善现有机床结构的各种特性或重新进行新产品的设计，都必须对机床零部件结构特性进行全面的设计计算与仿真，这对于保证机床产品的加工运行精度都具有极其重要的意义。

在确定机床刚度、抗振性以及验证移动部件结构性能方面，主要的方法有实物试验法、模型试验法和有限元算法（分析算法）。实物试验法比较直观和精确，但必须有实物，对机床设计而言，就是必须在样机制造后，而且对机床的大型构件加载比较困难，因此在此采用先进的 CAE 技术对结构设计的合理性进行验证。

（1）连续体离散化。首先，应根据连续体的形状选择最能完满地描述连续体形状的单元。其次，进行单元划分，每个单元所受的荷载均按静力等效原理移植到结点上，并在位移受约束的结点上根据实际情况设置约束条件。

（2）单元分析。所谓单元分析，就是建立各个单元的结点位移和结点力之间的关系式。

（3）整体分析。整体分析是对各个单元组成

的整体进行分析。它的目的是要建立起一个线性方程组，来揭示结点外荷载与结点位移的关系，从而用来求解结点位移。

2. 有限元法在验证设计合理性

（1）有限元模型的建立、参数设置

将前面运用 Pro/e 建立的三维模型、零件模型与 CAE 软件连接，在 ANSYS 软件下把建好的三维模型很方便快捷的导入，进行材料设置、网格划分，形成有限元模型，对模型进行合理的简化后分析。

（2）约束及载荷条件

整机的自由度约束情况为：机底全约束。采用 Solid92 号单元对整机进行网格划分，划分网格后的单元总数为 263990，节点总数为 151860。

（3）模态分析和瞬态动力分析和计算结果

模态分析用于确定整机的振动特性（固有频率和振型），是用于确定立柱拖板承受任意的随时间变化载荷的结构的动力学响应的一种方法。可以用瞬态动力学分析确定结构，在静载荷，瞬态载荷和简谐载荷的随意组合作用下的随时间变化的位移，应变，应力及力。载荷和时间的相关性使得惯性力和阻尼作用比较重要。对整机进行了模态分析和瞬态动力分析。

3. 主轴系统强度校核

由于主轴系统在工作过程中承受了大部分载荷，其结构强度是否满足工作要求是影响整机性能的重要一部分，为保证机床在样机试制前具有可靠理论依据，对主轴系统进行静强度分析是十分重要的。

利用前面所建立的整机模型，在主轴位置施加相应的载荷，主轴扭矩 115N·m，通过分析计算得出，主轴最大应力为 27.241MPa，出现在主轴与立柱的连接位置，而材料的屈服极限为 180MPa，因此是安全可靠的。如图 3 所示。

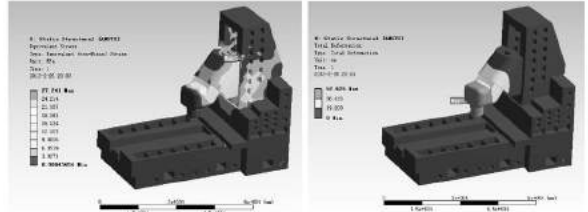


图3 主轴静强度分析 Mises 应力以及位移云图

五、可靠性试验验证

1. 试验测试目的

加工中心可靠性试验有以下目的：

- (1) 找出加工中心设计、制造与装配等方面的缺陷，采取相应措施尽可能排除故障，以提高该产品的可靠性。
- (2) 采集加工中心的故障基础数据，采用适当的方法进行统计处理。求得产品的可靠性指标数值。从而对加工中心的可靠性进行评估和考核。
- (3) 对加工中心的故障现象进行统计分析和故障分析，发现加工中心的可靠性薄弱环节，找出故障原因，提出可靠性改进建议，并建立相应的可靠性保证措施。
- (4) 验证有限元分析的结论。

2. 主轴系统应力应变测试

测试过程严格按照五轴加工机试验规范进行，为保证数据采集的精度，贴片部位按电测应变技术处理。为消除温度变化等因素对测量精度的影响，分组对测量点进行了相应的补偿。测试位置以及有限元分析对比图如图 4 所示。

测试设备为 UT7010 高速静态应变测试系统。结果如附表所示。

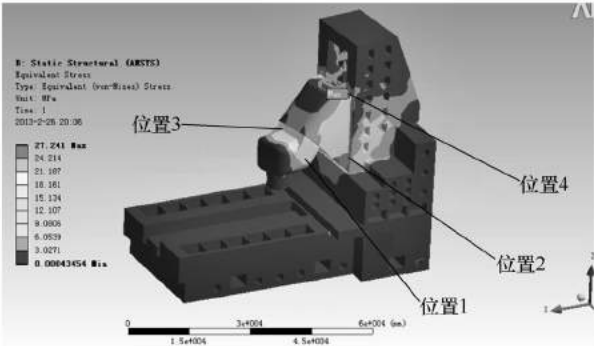


图 4

工况 1 测试结果

测点号	实测最大应力/MPa	有限元计算值/MPa
位置 1	17.52	18.75
位置 2	19.46	24.32
位置 3	20.75	25.51
位置 4	22.38	27.24

位置 1-4 为主轴与立柱连接的测点，位置 4 处受到沿 Z 轴负向载荷的作用。由于此几处测点位于连接处附近，测点不可能完全在连接点上，所以测试值略小于有限元分析值，属于正常，证明实测值与有限元分析值是一致的。

通过实验与有限元分析的对比，理论分析与实验验证说明，主轴系统应力较大位置出现在主轴与立柱连接位置，应力都小于材料的许用应力，证明结构能够满足此种工况载荷作用的强度要求。

六、总结

立卧转换五轴加工机是国内外加工中心的发展方向，是国家重点扶植项目，结合国内加工中心应用情况以及未来加工机的发展趋势，积极运用先进机床设计结构和设计分析手段，采用设计和试验相结合的方法，系统地对精密高速立卧转换五轴加工机的总体布局、主要功能部件的设计、机床精度保持性的研究和机床的动态性能分析等内容和关键技术进行了深入研究。这些研究成果成功地应用在公司某型号加工机上，并完成了样机的试制。从样机制造情况看，机床结构设计合理，性能指标达到国内先进水平。□

参考文献：

[1] 宋超；杨代华；罗志建，小型立_卧自动转换式加工中心机械装置的研制，煤矿机械 2007 年第 10 期。

(上接第 64 页) 产品和服务开发以满足机床工具使用者需求, 同时遵守法规及可持续性标准相关问题的能力。

制造业通过组织活动并为公司提供指南和自我评估工具, 用于评估自身可持续性和能源效率的进展情况, 从而开展重要的意识教育和信息宣

传, 为“蓝色哲学”行动提供支持。由此, 协会将理论与实际相联系, 目的在于为成员公司解决复杂问题提供支持, 因为相关文献十分缺乏。

考虑到制造业的生产和增长需求以及社区要求, “蓝色哲学”旨在促进产品和工艺创新, 从而使环境遗产得以存续, 保证子孙后代享有自然资源。□



试论车床类筒式工具系统的刀套技术含量

兰州教智商务与机械加工电子信息咨询服务有限公司 范亚炯

数控工具系统是镗铣类数控机床加工零件所需的辅助工具,是机床主轴与刀具之间各种连接刀柄的总称,主要用于机床与刀具的连接。对于车床类可调式刀具来说,刀柄与刀套必须分离且以小过盈配合的有效加持状态,才符合切削过程精确运动的动态特征,才能协助刀头切削部分完成前后角的相应调整并扩大切削工艺范围内的适应能力,其配合精度与可靠性就与镗铣类刀具刀柄与机床主轴连接的有类似性质。由于设有专用的刀柄装卸螺纹分装小刀套,使车床类可调式刀具筒式工具系统的刀柄及刀套的安装与操作过程,较不可调刀具工具系统简单且技术含量有进一步的提高。对车床类可调式刀具工具系统而言,功能局限仅在刀柄的精度及可靠性,不重视解决其应用工程系统中与刀套相关的系列问题,刀柄技术含量的提高总是有限。

一、车床类刀具刀柄技术的特点

对车床类不可调刀具来说,刀柄呈长方体是被夹持在刀架上的部分,其技术参数只简单地保证刀尖高度的稳定性以及刀头伸出刀台有效长度的抗振可靠性,刀头的跳动精度也由刀杆的尺寸直接决定。由于刀柄与刀套固连并综合为一体,致使结构简单、操作复杂,技术含量既落后又造成刀具资源的浪费严重,不适应现代小批量多品种的集约化经济生产模式。

对于车床类可调式刀具来说,刀柄与刀套必须分离且要以小过盈尺寸适当配合,再有效夹持状态下,才能符合切削过程的精确运动特征,才能在卸载状态下使刀柄具有圆周有限往返运动的

可能,从而协助刀头切削部分完成前后角的相应调整,以扩大刀具在相应切削工艺范围内的适应能力,其配合精度与可靠性与镗铣类刀具刀柄与机床主轴连接的有类似性质。但镗铣类刀具在高速旋转时,无论从保证加工精度方面考虑,还是从操作安全方面考虑,对其夹持技术的较高要求是多方面的,原工具系统的弹性夹头螺钉等传统刀具装夹方法已不能满足高速加工的需要。

刀柄功能性的不足,说明了夹持应力应得到适时的调整。德国 Schunk 等公司就开发了高精度液压夹头。通过使用内六角螺栓扳手拧紧加压螺栓,提高刀柄油腔内的油压,促使油压内壁均匀径向膨胀,起到夹紧刀具的作用。车床类可调式刀具刀柄与刀套的可调,与可靠夹持也应有类似的机构与动力学原理。因此,只要提高车床刀架紧固螺栓的技术含量,刀柄弹性径向微量膨胀的定向弹性压缩是可控并且是可能的。另外,还应有相应的退刀柄的装置,这样就增加了刀套的功能,其结构因此就要分解,当然受压状态的稳定可靠,是其主要功能。刀柄、刀套工具系统的此类功能应该在可调技术的范畴内得到广泛的运用,才能进一步提高其科含量认识和应用价值。

其结构也应如,美国油压夹头制造商海德勒·洛克公司生产的油压夹头具有良好的动平衡性、良好的同心度及 21N/mm^2 的夹紧力等优点,也必须操作方便并具备较广泛的适应性:用户只要旋转螺钉,活塞即开始工作加压,压力油压缩内置薄壁套筒而将刀柄夹紧。这就要求车床类工具系统的技术应包括刀柄与刀套的连接技术有类似的性能,所以,刀套与车床刀架的联接与保持

有效夹持状态就非常重要。必须通过相应装置保证刀套的有效弹性压缩变形和刀杆的有效夹紧力。这样,刀套与车床刀架的科技含量都能相应提高,工具系统对金属切削加工条件的适应性就能相应提高,并进一步满足加工过程“三高一专”的现代化要求。

因而,要保证车床类可调式刀具刀套与刀柄小过盈配合的配合与精度。刀柄内腔也可充填压力为 6.9MPa 的内冷却液,以及时有效地保持刀头切削部分的冷却状态;还能通过刀架的压力装置控制刀杆与刀套的弹性过盈配合量,以达到控制刀头径向跳动。刀杆的夹紧力以及消振等技术指标都应限制在相应的基数范围的标准范围内。由此,刀柄刀头部分就具有径向跳动小、抗震性强、夹持部分夹紧力大,以及稳定可靠及刚性好等优点。

二、可调刀具刀套的切削动力学问题

世界上各著名刀具制造厂商都有自己的车削工具系统,如瑞典 Seco 公司及 Sandvik 公司的 Capto 车削工具系统、sandvik 公司的 BTS 车削工具系统、美国 Kennametal 公司的 KV、KM、KM25 及 A4 车削工具系统等,其主要特点之一是:一般只有主柄模块和工作模块,以适应车削中心较小的切削区空间,并提高工具的刚性。较少使用并说明刀套模块的作用与性能。

1. 保证稳定且有效过程的充要条件

刀柄与刀套同心度或径向跳动应优先考虑,还必须考虑其切削合力与夹持力作用下的弹性变形与稳定夹持后的弹性问题。两者的配合面就如 Capto 工具系统的多面体形状,提高扭转刚度。因而,在进行高精度或高速切削加工时,其配合强度与可靠性的提高会造成刀头的震动,这对切削加工精度的提高极其不利。因而,确保两者配合的孔径和锥面相对同心度,重复精度与过盈量达到 0.005mm 是金属切削加工稳定的必要条件,还应通过相应装置与机构即时调整其应力强度才能有可靠的充分条件。这种刀具前后角可调的配合要求与同心度重复精度都应控制在 0.005mm 左右,而应力强度的调整量应在 0.01mm 左右。

2. 夹紧力与弹性变形

为了保持与控制刀套弹性微小压缩变形量的有效性,应借鉴 CGZ 车削工具系统与数控车床刀架连接的柄部机构原理,在刀套受压面上方的数控车床的刀架上,应设有一个有螺栓带动的可垂直带动的可水平移动的压条,接触点面应包含刀套不产生塑性变形所允许的一条最大过盈突出部的范围。所以,螺栓应有测力与微进装置,以能保证刀套的弹性回复量。因而,也必须保证刀柄内腔压缩空气的有效弹力,这都给相应的操作过程提高了科技含量。

3. 现车床类工具系统的特点

我国大多数数控车床所使用的车刀除采用的可转位车刀的刀体、刀片的精度与质量略高外,与卧式车床所使用的车刀区别不大,因而我国至今未形成车床类工具系统。目前较为普及的 CZG 车削工具系统,是在国际上被广泛运用的整体式车削工具系统,他等同于德国标准 DIN69880,但只是一种刀柄工具系统。其特点是,机床刀架形式不同,系统与机床刀架之间的刀架刀座的形式也不同。

整体式刀柄其装卡刀具的工作部分与它在机床上安装定位的柄部是一体的,因而对机床与零件的变换能力差,为提高适应能力,用户必须储备各种规格刀柄,刀柄的利用率较低。而模块式工具系统将工具的柄部和工作部分分割开来,制成各种系统化的模块,然后经过不同规格的中间模块,组成各种不同用途、不同规格的工具。模块式刀具系统的每种刀柄是通过各种系列化的模块组装而成,因而采取不同的组装方案,可获得多种刀柄系列,从而提高刀柄的适应能力和利用率。但仅是一种与刀头一体化的刀柄,例如:Sandvik 模块式车削数控工具系统,就是一种只更换到头模块的车削工具系统。刀头通过拉杆上轴肩的后拉与前推,使涨环的外缘嵌入到头模块内沟槽,将刀头锁在刀柄上;或向前推轴肩底部直径渐小,从而使涨环外缘周边和刀头模块内沟槽,拉杆将刀头模块推出。因为,拉杆可以通过液压装置自动驱动,也可通过螺纹或凸轮手动启动。一般而论,对车削加工工具系统模块连接结构的设计要求与对加工中心工具系统模块连接结构的要求是相同的,

浅析机械加工中的振动产生原因及预防措施

沈阳机床（集团）有限责任公司 刘际民 李 欣

一、机械振动的理论基础

按机械振动产生的机理和特点不同，可分为以下三类。

1. 自由振动

自由振动是振动系统对初始位移、速度的响应。系统在初始外力的作用下离开平衡位置以后就能自行按其固有特性（固有周期、固有频率）振动，而不再需要外力的作用。

自由振动是瞬态振动，振动系统阻尼的存在将消耗振动系统的能量，使自由振动不能维持等幅而很快衰减，对加工持续影响不大，本文不作更多分析。例如，由于大型工件翻转时对地面造成较大冲击而引起的周边设备的瞬时振动就是自由振动。

2. 强迫振动

振动系统在周期性的外力作用下，其所发生的振动称为强迫振动。其特点是：①强迫振动由外部的周期激振力引起。激振力消除，振动停止。

所以，这种技术嫁接在车床类可调式刀具筒式工具系统是完全可能与必要的，但必须借鉴国内外工具系统先进的技术。刀套是车床类可调刀具筒式工具系统的重要构件与子系统，它与刀杆的配合与减压状态能使刀具前后角有调整可能，而在受力状态中还能使切削精度、刀具耐用、刚度以及刃口的断屑、卷屑和排屑功能得到进步提高。

三、结束语

由于，车床类可调刀具系统的刀套能根据刀

②频率特征：强迫振动的频率与外界周期激振力的频率相同，或是它的整倍数。③幅值特征：强迫振动的振幅与激振力幅值、频率比及工艺系统自身特性（刚度及阻尼比）有关。激振力越大、工艺系统刚度及阻尼比越小，则振幅越大。激振力的频率与系统的固有频率的比值等于或接近于1时，产生共振，振幅达到最大值。此时对机床加工过程的影响最大。

3. 自激振动

自激振动是在没有周期性外力作用下，由振动系统内部激发反馈产生的周期性振动。自激振动的再生机理为：切削过程中，由于偶然干扰，使加工系统产生振动并在加工表面上留下振纹。第二次走刀时，刀具将在有振纹的表面上切削，使切削厚度发生变化，导致切削力周期性地变化，产生自激振动。

自激振动的特点是：①由于持续自激振动的驱动力是由振动过程本身激发的，故自激振动是一种不衰减振动。②自激振动的频率等于或接近

具应用工程的具体问题形成集约化子系统，从而能进一步降低刀柄制造成本，减少刀具数量，扩展刀具的适用范围，有利于数控编程和工具管理。所以，车床类可调式刀具筒式工具系统的刀套不妨碍工具系统的标准化、系列化和通用化，而且为系统的集约化提供可能，进一步便于刀具在转塔及刀库上的安装，简化机械手的结构和动作的简化。对于车床类不可调刀具工具系统来说，刀套是其重要的子系统，其科技含量的提高应该引起足够的重视与推广应用。□

所以，这种技术嫁接在车床类可调式刀具简式工具系统是完全可能与必要的，但必须借鉴国内外工具系统先进的技术。刀套是车床类可调刀具简式工具系统的重要构件与子系统，它与刀杆的配合与减压状态能使刀具前后角有调整可能，而在受力状态中还能使切削精度、刀具耐用、刚度以及刃口的断屑、卷屑和排屑功能得到进步提高。

三、结束语

由于，车床类可调刀具系统的刀套能根据刀

具应用工程的具体问题形成集约化子系统，从而能进一步降低刀柄制造成本，减少刀具数量，扩展刀具的适用范围，有利于数控编程和工具管理。所以，车床类可调式刀具简式工具系统的刀套不妨碍工具系统的标准化、系列化和通用化，而且为系统的集约化提供可能，进一步便于刀具在转塔及刀库上的安装，简化机械手的结构和动作的简化。对于车床类不可调刀具工具系统来说，刀套是其重要的子系统，其科技含量的提高应该引起足够的重视与推广应用。□



于系统的固有频率。③自激振动能否产生及振幅的大小取决于振动系统在每一个周期内获得和消耗的能量对比情况。

二、机械加工中的振动的危害

机械加工中的振动的危害是巨大且多方面的，主要包括以下几个方面。

1. 对工件质量的危害

加工过程中的振动降低了加工表面的质量，引起加工表面的振动波纹，表面粗糙度值增大（见图1）。它还会使工件和刀具之间产生相对位移，影响正常的运动轨迹。这样，就降低了工件的尺寸和形位精度。

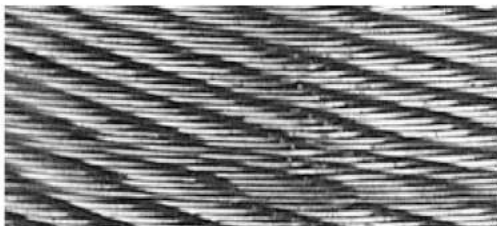


图1 切削振动产生的鱼鳞状振纹

2. 对机床及工装夹具的危害

振动使机床及夹具的运动元件之间松动，间隙增大，加快了机床及夹具零件的磨损，造成机床及夹具精度下降，影响切削质量，降低机床及夹具的使用寿命。严重时甚至造成重大安全事故。

3. 对切削刀具的危害

由于振动的产生，影响刀具的正常切削条件，使刀具承受交变切削力的作用，切削热增加，进而加快了刀具的磨损，甚至会引起切削刃的崩裂，大大降低了刀具的使用寿命。

4. 对生产效率的影响

为了避免工艺系统剧烈的振动，不得不降低切削用量，如采用较低的转速和切深等。同时，由于降低了刀具的使用寿命，频繁换刀、磨刀，使生产效率下降。

5. 对操作环境的危害

因振动会产生刺耳的噪声，使操作者的身心健康受到损害，降低了工作效率。

三、振动产生的原因

由于整个工艺系统由机床、夹具、刀具、工件

以及加工环境及操作人员等复杂因素组成，因而，产生振动的原因复杂多变，实际振动往往是多种振动因素的叠加组合。根据机加工行业出现的振动现象及两种不同类型振动的表现形式，分析原因，大致如下。

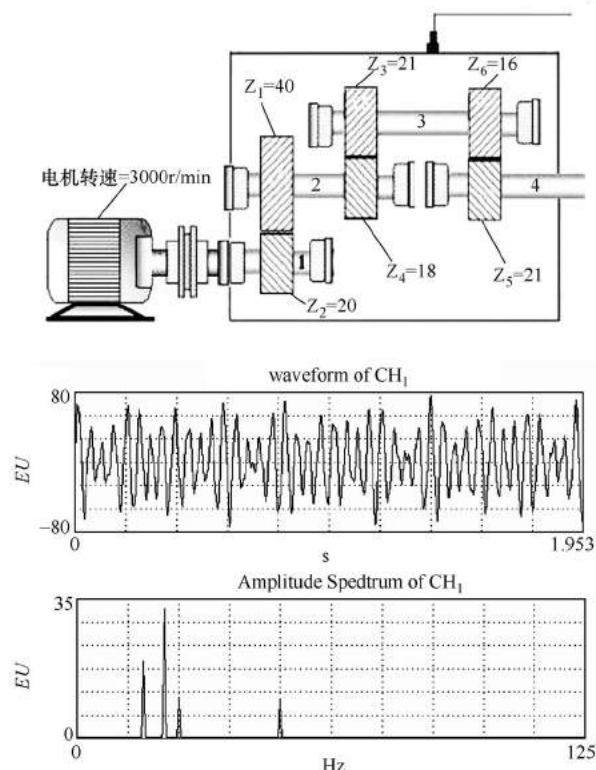


图2 传动装置简图及时域、频域分析图

1. 强迫振动产生的原因

(1) 机床上高速回转零部件不平衡。机床上高速回转的零件，如电动机转子、带轮、主轴部件、工件、磨床的砂轮等，由于不平衡而产生激振力。

(2) 机床传动系统中的误差。机床传动系统中的齿轮，由于制造和装配误差而产生周期性的激振力。此外，皮带接缝、轴承滚动体尺寸差、刀架或镶条等机床部件松动等各种因素均可能引起工艺系统受迫振动。

(3) 往复运动部件运动方向改变时产生的惯性冲击。如平面磨削、刨削过程的工作台方向改变或瞬时改变机床主轴的回转方向引起的惯性冲击。

(4) 切削过程本身不均匀性所引起的周期性变化的切削力。如车削多边形或表面不平整的工

件及在车床上加工外形不规则的毛坯工件。

(5) 由外界其他振源传来的激振力。附近有产生振动的大型设备(如冲压设备、龙门刨等),或有重型车辆在行驶,引起地基振动,并传递到床身,使工艺系统产生振动。

2. 自激振动产生的原因

(1) 工件装夹不牢固。工件外形不规则,没有好的基准面,不方便装夹,工件夹不紧,容易在加工时产生松动,随着切削力的变化而发生相应振动。

(2) 工件组织不均匀造成的切削振动。如铸造毛坯件局部有气孔、砂眼、疏松、硬度不均匀等缺陷,晶粒粗大或者夹有杂质等情况,切削时刀具受力不均匀,使得切削力不稳定,易使机床产生振动,有时还会造成打刀,工件的加工质量也很难保证。

(3) 工艺系统刚性差。系工艺系统的固有频率随着系统刚度增加而增加,当系统刚性不足时,固有频率降低,容易产生共振。①工件刚性差。如加工细长轴、薄壁套筒等刚性较差工件时,会导致工件表面出现波纹或锥度。②刀具刚性差。如刀具安装不可靠或悬伸过长,会引起刀杆颤动。

(4) 积屑瘤的时生时灭,使切削过程中刀具前角及切削层横截面积不时改变,使得切削力不稳定。

(5) 切削用量不合适引起的振动。切削要素(切削速度、切削深度、进给量)选择不合理,造成工件或刀具的不平衡量加大或径向切削力过大,容易引起振动。

三、预防和减小振动的措施

1. 减小强迫振动的措施

强迫振动的振动频率等于激振力的频率(或为激振力频率的整数倍),可通过振动系统的时域及频谱分析找出振源,并采取适当的纠正措施加以消除。如图3所示是一大型空气压缩机传动装置简图和在减速箱上测得的振动信号波形和频谱,从频谱上可读出信号的特征参数,并判断出哪一根传动轴是主要的振动源。

减小强迫振动的主要途径包括:

(1) 减小振源的激振力。①对高速运转的机床主轴部件、砂轮、卡盘、电动机转子等作静平衡和动平衡试验,对于新换的砂轮必须进行修整前和修整后的两次平衡。②提高机床传动的制造精度。如将变速操纵机构中齿轮的制造精度和装配精度提高,特别是提高齿轮的工作平稳性精度,从而减少因周期性的冲击而引起的振动,并可减少噪声;提高滚动轴承的制造和装配精度,以减少因滚动轴承的缺陷而引起的振动。

(2) 调整振源频率。避免激振力的频率与系统的固有频率接近,以防止共振。一般要求频率比 $\lambda \leq 0.8$ 或 $\lambda \geq 1.3$ 。可采取改变电动机的转速或改变主轴的转速来避开共振区。

(3) 提高工艺系统的刚度及阻尼。振动系统刚度及阻尼增加,对振动的抵抗能力提高。可用提高接触面精度(如刮研)、提高接触刚度(如轴承预紧)等方法,以提高工艺系统的抗振性能。

(4) 采用隔振、减振措施。机床的电机与床身采用柔性联接以隔离电机本身的振动;把液压部分与机床分开;采用液压缓冲装置以减少部件换向时的冲击;将机床安置在防振地基上,采用厚橡皮垫、木材将机床地基隔离,用防振沟隔开设备的基础和地面的联系,以防止周围的振源通过地面和基础传给机床等。

(5) 工作环境的选择。精密机床要尽量同粗加工机床分开布置,远离锻造等工序的工作场地,远离有重型车辆行驶的公路等,尽量减少环境对机床的影响。

(6) 采用减振器和阻尼器。减振装置通常都是附加在工艺系统中,用来吸收或消耗振动时的能量,达到减振的目的。它对抑制强迫振动和颤振同样有效,是提高工艺系统抗振性的一个重要途径,但它并不能提高工艺系统的刚度。

2. 控制自激振动的途径

(1) 工件要正确装夹。工件夹紧时,夹紧点要选在工件刚性好,且变形小的部位,以减小接触变形,并且距工件承受切削力的位置越近越好,以减小工件受到力矩作用引起变形而产生振动。

(2) 提高毛坯材料的质量。避免气孔、砂眼、疏松、硬度不均等缺陷,同时外观形状规则、均

匀，可以减小工件在切削加工过程中的振动。

(3) 合理选用刀具的几何参数。刀具在切削过程中，对产生振动影响最大的几何角度是主偏角 K_r 和前角 γ_0 。选择刀具的几何角度时，一般应注意以下几个方面。①无论是外圆车刀车削细长轴，还是细长刀杆的镗刀镗孔，总是 90° 主偏角的刀具产生的径向切削力最小，同时刀片刃口产生的轴向力最大； 45° 主偏角的车镗刀易发生切削振动，因为产生振动的径向切削力与轴向力相等，而使用圆刀片时径向切削力大于轴向力，最易发生振动。铣刀与镗刀相反，主偏角越接近 90° 径向切削力越大，刀杆振动越大。②适当增大前角，使切削刃光滑锐利，降低表面粗糙度值，减小切削和刀具前面的摩擦力，可同时抑制和排除切削瘤产生，降低径向切削分力。尽量不采用负前角。③尽量选用较小的刀尖圆弧半径。如图 3 所示，因为径向切削力 F_{CN} 在 $a_p = r$ 时最大， a_p 再增加只会增加轴向抗力，而轴向抗力不是细长刀杆产生振动弹变的原因，反过来还会使刀杆保持稳定。

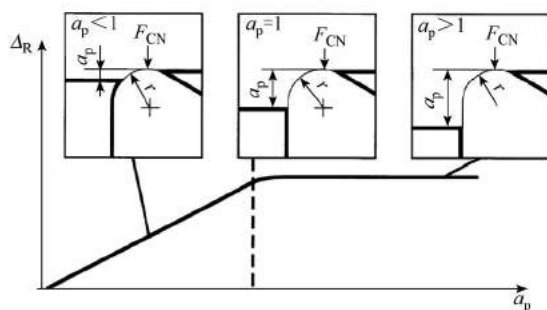


图3 镗杆的弹性变形 ΔR 与刀尖圆弧半径 r 及切深 a_p 的关系

(4) 提高工艺系统刚度。如加工细长轴时，使用中心架或跟刀架，用死顶尖代活顶尖，尽量缩短镗杆和刀具的悬伸量，采用整体硬质合金刀杆和防振刀杆等都能收到较好的减振效果。

(5) 合理选用切削用量。调整切削参数只对切削振动不严重的刀具可能有效，一般的调整方法如下：降低刀具或者工件的回转速度，减小切深并提高刀具每转或者铣刀每齿走刀量。

5. 结语

机械加工过程产生的振动非常复杂，需要根据不同情况综合分析原因，采取措施加以消除和

控制，以保证加工工件的质量要求，提高生产率，提高机床的使用寿命并创造良好工作环境。□

(上接第 94 页)

但请注意，尽管一种刀具类型可能会成功切削所有不同类型的铸铁，但这并不意味着它能有效加工各种工件形状。因此，刀具公司会提供不同形状的刀具，既有方肩铣刀，又有面铣刀，以及介于二者之间的任何铣刀。制造商必须考虑需要切削的表面，应该自问：是方形还是长形表面？壁厚如何？脆弱还是稳定？以及如何牢固地夹持工件？

此外，制造商还需要考虑在操作中所用的机床类型。加工铸铁材料时，动态负载更高，所以机床必须十分坚固，并且具有高功率和高稳定性。所有这一切都对机床提出了高要求。但在这些情况下，具有正前角的负角刀具可帮助降低机床的功率要求，并能减少机床主轴承受的作用力。

总而言之，由于需要考虑许多因素，因此如果制造商希望提高铸铁加工的生产率和可预测性，最佳做法是与刀具供应商密切合作。

为了利用这种宝贵的资源，当今的制造商必须将其广泛的制造技术知识与刀具供应商的专业加工知识结合起来。采取这种合作之后，制造商将在制造方面保持领先，并会了解创新的加工技术在优化制造工艺过程中所起的作用。最终结果是加工厂在竞争日益激烈的全球市场中继续提升其竞争优势，并脱颖而出，成为行业的技术领导者。□

SCHMITT

INDUSTRIES

Productivity through Precision.

美国许密特工业公司
Schmitt Industries, Inc.

2765 NW Nicolai Street, Portland, OR 97210, USA
Tel: +1 503 227 7908 Fax: +1 503 2231258
<http://www.schmitt-ind.com>

专业制造SBS磨床平衡系统，
AE信号磨削加工控制系统。

2013 年台北国际工具机展 (TIMTOS) 考察报告

中国机床工具工业协会

由台湾对外贸易发展协会和台湾区机器工业同业公会主办的 2013 年台北国际工具机展 (TIMTOS)，于 2013 年 3 月 5 日~10 日在台北举行，展期六天。中国机床工具工业协会执行副理事长耿良志等一行五人参观考察了展会，并参加了开幕式、新闻发布会以及由台湾工具机发展基金会 (TMTF) 和两家展会主办单位召开的“创新产品研发竞赛”颁奖会等活动，对展会展品进行了深入调研，收集了技术信息和展品资料。

展会期间，耿良志副会长一行拜会了展会主办方之一的台湾区机器工业同业公会以及印度 IMTMA、日本 JMTBA、韩国 KOMMA、意大利 UCI-MU、阿根廷机床进口商协会 CARMAHE，以及土耳其机床进口商协会 TIAD。

展会后，还参观考察了大光长荣机械股份有限公司和工业技术研究院。

通过此次参观考察活动，增进了我们对台湾地区机床制造行业的认知和了解，起到了知己知彼、促进交流与合作的目的。

一、展会概况

台北国际工具机展始于 1975 年的“第一届台湾机械外销推广展售会”，至今已有 39 年历史，今年是第 24 届。展会总面积 10 万平方米，参展厂商 1009 家，近 5400 个摊位，为台湾历史上规模最大的展会。

据展会主办方统计，20% 的展位来自 17 个国家和地区。日本发那克、马扎克、牧野、沙迪克；德国和日本的德玛吉/森精机；美国的哈挺以及瑞士和德国筹组国家馆参加了展示。中国大陆地区

的“海峡两岸经贸交流协会”也首次组织了 10 省市 19 家厂商参加了展会，如天津第一机床总厂、哈尔滨工具厂、安阳锻压数控设备有限公司等。

因受限于主馆面积，展会分设两个展区，一个设在南港展览馆，主要展出金属切削机床；一个设在世贸中心（又分为 3 个分区），主要展出金属成形机床、功能部件和工具、刀具和量具、量仪等。

展会开幕的第一天，举行了规模不大、简洁有效的开幕仪式。中国台湾当局对展会给予了高度重视和评价，国民党主席马英九等政要出席讲话并参观了展会。

展会配套活动内容丰富，展会期间举办了“工具机智慧制造技术交流会”、“工控智慧化关键技术论坛”、“国际高效能工具机与应用研讨会”等 30 多场技术研讨交流会。展会的第二天还举办了“创新产品研发竞赛”颁奖会。此外，为展示台湾地区机床工具产业发展历史，缅怀前人创业之辛苦，激励年轻一代传承与飞跃，展会在南港展览馆开设了老工具机特别展示区，搜集了上世纪 60~70 年代生产的 12 台老式机床，包括皮带机床参加了展示。历史与现状、新与旧在同一展会交汇，反差对比强烈，可见展会主办方用心之良苦。

本次展会前来参观的境外人士约有 5500 人，来自 108 个国家和地区，包括 2013 年作为重点开拓市场的印度、巴西、俄罗斯以及中国大陆地区，还有日本、马来西亚、泰国，以及第一次组团参观采购的土耳其等。整个展会参观人数预计将达到四万五千人，创历届展会之最。

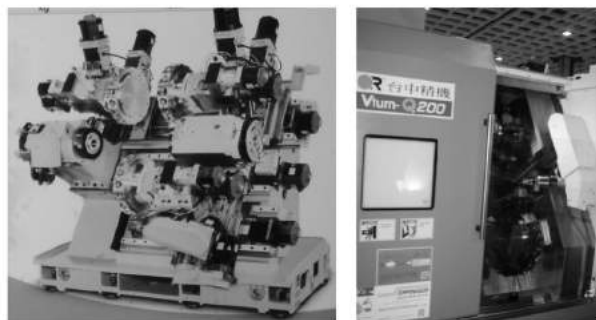
二、展品特点

台湾机床是本次展会的主体也基本代表了整个展会的水平，因此以下仅重点介绍台湾机床情况。

1. 多轴、复合机床发展迅速

在两年前的第 23 届台北国际工具机展的考察报告中，曾对台湾机床工具业“开始全面冲向高档机床，首先表现为向复合化和多轴化方面发展”留下深刻印象。两年后的本届展会，这一印象感觉更为强烈，台湾的多轴、复合机床发展迅速，步伐很快。

在以卧式车削中心为基础的多轴、复合化方面，展出了多台具有第二主轴、双多回转刀塔的多轴车削中心或具有 Y 轴功能并配置动力刀塔的铣车复合加工中心。台中精机的 Vturn-q200 多轴车床，配置平行双电主轴和三个刀塔，总计 16 个控制轴，三套独立系统模组化设计，可根据加工需求任意选用。



Vturn-q200 多轴车床

丽伟电脑机械股份有限公司的 LTC-25T2SMY 铣车复合加工中心，配置平行双主轴和上下两个动力回转刀塔，并具有 $\pm 80\text{mm}$ 形成的 Y 轴功能，适用于 $\phi 300 \sim 380\text{mm}$ 多工序零件的重切削和曲面切削加工。东台精机的 TMT2000-T3Y2 铣车复合加工中心，与前述台东精机的 Vturn-q200 多轴车床一样具有平行双主轴和三个刀塔，区别在于增加了 Y 轴和采用动力刀塔，因而具有更多的控制轴和进行复合加工的能力。洽群机械股份有限公司推出的 CT3-65Y2M 铣车复合加工中心，与东台精机的 TMT2000-T3Y2 大体类似。

在以立式车床为基础的多轴、复合化方面，



LTC-25T2SMY 铣车复合加工中心



MT2000-T3Y2 铣车复合加工中心

典型的展品有荣田精机股份有限公司的 VL-160CM 铣车复合加工中心，配有 C 轴、滑枕中的动力铣主轴和 16 位刀库，因而具有车、铣、镗、磨复合加工能力。同类的展品还有崑山机电股份有限公司的 VTC1612 铣车复合加工中心，但多了一个 W 轴，对不同高度的工件具有更好的适应性。远东机械也展示了类似的展品。

崑山机电股份有限公司的 MT-16 是具有 Y 轴、C 轴和 32 位刀库的门式铣车复合加工中心，因而具有更强劲的复合加工能力。



MT-16 铣车复合加工中心

在立卧加工中心和龙门加工中心为基础的多轴、复合化方面，展出了多台五轴联动、五面加工和车铣复合加工中心。崑山机电股份有限公司展出了 UG800 小龙门高档五轴联动加工中心，该机

配置了自行研发制造的具有两项独特专利技术的 A、C 轴摇篮式转台和最高转速 22 000r/min 的电主轴。友嘉实业集团展出的 U600A, 同样属于配置了 A、C 轴摇篮式转台的 3+2 式立式五轴联动加工中心, 因其结构与外观设计符合人机工程学, 底座与立柱一体化设计的专利技术以及具有的一些智能化功能, 而获得工具机研究发展创新特等奖。协鸿工业展出的 5VM-60RT 立式五轴联动加工中心, 采用动柱式结构并配置 A、C 轴摇篮式转台, 主轴为电主轴, 最高转速 15 000r/min。协鸿工业还展出了 DBC3260H 龙门五轴加工中心, 配有 A、C 机械式双摆角铣头, 最高转速 4000r/min。



5VM-60RT 立式五轴联动加工中心

此外, 丽驰科技股份有限公司的 LU-800、LU-620 立式五轴联动加工中心、亚崴机电股份有限公司的 FMV-99 立式摇篮工作台五轴联动加工中心、奔达精机的具有 B、C、W 轴和高速淬火功能的 MT-540 Plus 车铣复合加工中心、嵩富的 BX700 立式主轴头摆动 (B 轴) 五轴联动加工中心等也参加了展示。

值得关注的是, 台湾对五轴机床的发展给予了高度重视, 在台湾当局经济部技术处与工研院机械所、台大、成大等部门和单位的促成与参与下, 联合亚崴、程泰、台中精机、永进、百德和大力六家企业, 成立了“智慧五轴工具机联盟”, 合计斥资 2.7 亿台币, 在本届展会上推出了六款先进的五轴机床, 取得了显著成果。有关部门和企业雄心勃勃, 计划五轴机床在目前每年不足 100 台和产值不超过 3 亿台币的基础上, 3 年后提高到每年 370 台和 30 亿台币的规模。

2. 软硬并重, 注重产品功能、性能和全面解决方案能力的提高

台湾机床产业软硬并重, 不但在“硬”的方

面, 例如机床规格参数、精度、联动轴数等方面寻求提升和突破, 而且在产品的功能、性能和实用性等“软”的方面, 通过现代电子技术、计算机技术、传感技术、网络技术以及专家智能等, 赋予机床及产品更多更高的技术内涵和优良品质, 推动产品和服务向更高层次发展。展会期间, 台湾区机器工业同业公会主要负责人王正清在解释去年台湾机床工具出口量减额增的原因时指出, 机床技术含量的提升起到了主要作用, 从另一个角度印证了这一观点。

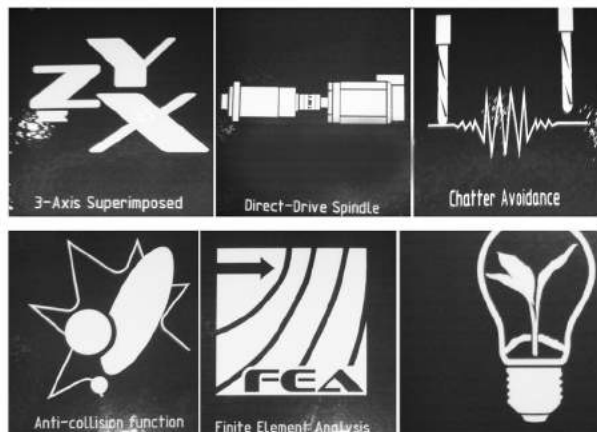
东台集团是较为典型的例子, 似乎已经形成了内涵较为丰富的模式或体系。东台集团参加本届展会的主题, 就是要通过新品展示与技术整合展示, 完整呈现集团在全面解决方案所取得的成果, 让用户了解“可以用”和“很好用”的差别。这些差别可用“3E4A”来概括, 3E 是指绝佳的操作性 (easy to set up)、卓越的开动率 (easy to keep productivity) 和便利的维护保养 (easy to maintain); 4A 是指 4 大类应用技术, 包括加工应用 (machining applications)、操作应用 (operational applications)、智能化应用 (intelligence applications) 和自动化 (automation)。4 大类应用技术中每一项都包括若干项具体技术。加工应用类技术包括超声波加工、摇摆式磨削、直线电机驱动、五轴加工。辅助操作类技术包括快速首件产出技术 (车铣加工软件, 仅需输入图形和材质便可快速完成程序编制)、刀具寿命管理 (包括刀具负载监控)、刀具库管理 (包括寿命设定、刀具补偿)、异常情况说明及故障排除导航。智能化技术包括实况防撞模拟、智能化启制动 (根据工作台载荷大小简单设定加减速)、智能化 APC (根据旋转式交换工作台载荷大小简单设定加减速)、主轴热变形控制补偿、自适应切削。自动化类技术是指智能自动的生产作业管理, 还包括弹性制造系统和整厂监控系统。且不论台东集团的“3E4A”归纳总结是否确切, 但东台集团的每种展品都在不同程度上采用了这一理念和相关技术。下面的三张图片显示了集团所属东台精机不同展品所具有的不同功能和采用相关技术的情况。

友嘉集团在这方面也同样取得不少成果。下



5VM-60RT 立式五轴联动加工中心

面的图片是友嘉集团粘贴在展品上的相关功能、性能的标识，从左到右从上到下分别是三直线轴在主轴的同侧（机床的一种结构布局形式，通常这样的机床结构布局具有良好的刚性和动态特性）、主电机与主轴直连（介于电主轴和机械变速式之间的一种传动方式，具有二者的优势）、振动抑制、防碰撞和绿色环保。



友嘉集团展品功能标识符

台中精机在本届展会上推出了“制造业服务化新典范——云端数位工厂”管理模式，将具有独创技术的黑盒子配置到机床上，通过 ICT 云端平台和网络，用户和制造商便可对机床实施无国界、零时差的监控、维护与排障、数据提取、作业调度安排和操控。具备这种功能的机床，是建立数字化工厂的基础。台中精机推出的这项技术，即是机床新增的一项功能，又是向客户提供的一种高档次的服务。

上面所举实例并非个案，实际上在整个展会中处处可以感受到台湾机床工具企业并非仅仅把自己当作制造场所，也并非单纯推销自制的机器，而是融入市场，融入客户的需求，提供具有优良品质、好使好用的机器和优质的服务，将单纯的买卖提升为共创共荣的行动。

3. 大型、重型化已具规模

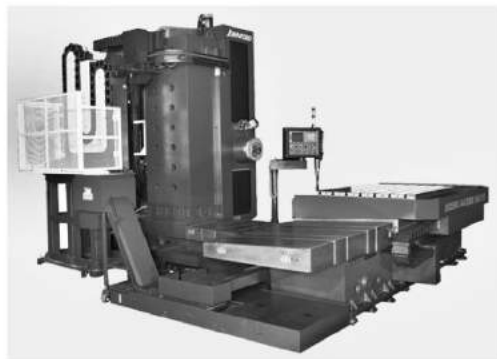
一般认为台湾只是中小规格机床的产地，竞争也只局限于此范围，但本届展会上展示的大重型产品却让人耳目一新，多台技术先进的大型、重型展品显示了台湾机床业研发大规格机床的能力和水平。因此，从台湾机床产业的市场定位看，今后市场开拓的趋向已有明显变化。

台湾高明机械有限公司展出的 KMC-1337EPG 动梁桥式龙门 5 轴加工中心，配置了机械式双摆角铣头 $X/Y/Z$ 轴行程 13 500/4400/1100mm， W 轴行程 1100mm， B 轴摆动范围 $\pm 115^\circ$ ， C 轴转动范围 $\pm 360^\circ$ ，方滑枕截面尺寸 400mm $\times$ 400mm。



KMC-1337EPG 动梁桥式龙门 5 轴加工中心

乔福机械工业股份有限公司展出了 BMC-130 数控卧式镗铣加工中心，主轴直径 $\phi 130$ mm，工作台尺寸 1800mm $\times$ 1600mm， $X/Y/Z/W$ 轴行程为 3000/2300/1600/700mm，工作台最大载荷 15t，整机重量 33t。



BMC-130 数控卧式镗铣加工中心

协鸿工业展出的 DBC3260H 龙门五轴加工中心， $X/Y/Z$ 轴行程 3050/3400/1000mm，加工面积为 3150mm $\times$ 2040mm，主轴转速 4000r/min。



DBC3260H 龙门五轴加工中心

松颖机械工业股份有限公司展出的 SHM11025 数控卧式镗铣床，工作台尺寸 1400mm × 1600mm，工作台最大承载 7t，镗轴直径 $\phi 110\text{mm}$ ，主轴最高转速 2500r/min。



SHM11025 数控卧式镗铣床

松颖机械工业股份有限公司还展出了两台大型的龙门加工中心，分别是工作台尺寸为 3000mm × 3225mm 的 SDM-3226 定梁龙门加工中心和工作台尺寸为 4000mm × 2900mm 的 SDM-4232W 动梁龙门加工中心。SDM-4232W 动梁龙门加工中心 X/Y/Z/W 轴行程为 4200/4100/750/1100mm，工作台最大承重 14t，主电机功率 26kW，机床净重 45t。



SDM-4232W 动梁龙门加工中心

张俊雄企业股份有限公司展出了 CBA-135TR3 刨台式加工中心，工作台尺寸 1600mm × 1800mm，最大承载 10t，镗轴直径 $\phi 135\text{mm}$ ，滑枕直径 $\phi 380\text{mm}$ ，主电机功率 45kW，机床重量 54t。



CBA-135TR3 刨台式加工中心

亚崴机电股份有限公司展出的 MB-1512 APC 高精度卧式镗铣加工中心，具有工作台自动交换功能，工作台尺寸 1250mm × 1150mm，最大承重 4t，镗轴直径 $\phi 110\text{mm}$ ，主轴功率 26kW，主轴最高转速 3200r/min，整机重量 32t。



MB-1512 APC 高精度卧式镗铣加工中心

崴立机电股份有限公司展出的 VTC1612 是本届展会上规格较大的一台立式铣车复合加工中心，卡盘直径 $\phi 1600\text{mm}$ ，最大工件回转直径 $\phi 2000\text{mm}$ ，最大切削高度 1200mm，卡盘最大载重 14t，主电机最大功率 45kW，机床重量 30t。



VTC1612 立式铣车复合加工中心

油机工业股份有限公司展出的 VTL2000 型立式铣车复合加工中心，是本届展会上同类机床中

规格最大的，卡盘直径 $\phi 2000\text{mm}$ ，最大工件回转直径 $\phi 2500\text{mm}$ ，最大加工直径 $\phi 2300\text{mm}$ ，最大切削高度 1600mm ，卡盘最大载重 10t 。



VTL2000 立式铣车复合加工中心

以上所举几例，可见台湾地区大型、精密机床的发展现状。从展商提供的产品样本中，更能看到台湾机床产业的发展势头。例如油机工业股份有限公司 VTL 系列立式铣车复合加工中心，最大规格为卡盘直径 $\phi 4500\text{mm}$ ，而双立柱加高型的 VTH 系列，最大规格可做到 $\phi 8000\text{mm}$ 。荣田精机股份有限公司的 VL 铣车复合加工中心，其最大规格也比展品大出许多，为 250 规格，最大工件回转直径 $\phi 3000\text{mm}$ ，最大加工高度 1600mm ，卡盘最大载荷 15t 。威立机电股份有限公司的 MT 系列铣车复合加工中心，最大规格也比展品大，为 MT-20 规格，最大车削直径 $\phi 2500\text{mm}$ ，卡盘最大载荷 15t 。协鸿工业龙门系列加工中心，最大规格可做到工作台宽度 3000mm 。程泰集团 GV 系列立式车铣复合机床最大规格可以做到卡盘直径 $\phi 5000\text{mm}$ 。亚崴机电股份有限公司 VTC 系列立式车铣复合加工中心，最大规格可以做到卡盘直径 $\phi 4000\text{mm}$ ，最大工件回转直径 $\phi 4800\text{mm}$ ，最大切削高度 3200mm ，主轴功率 100kW ，整机重量达 73t 。

4. 功能部件丰富多彩，撑起台湾机床产业半边天

台湾机床产业能够在几十年的时间内发展成为世界第三大机床出口国，是与其功能部件产业快速发展分不开的。本届展会功能部件展商之多、展品之丰富、覆盖面之广、分工之细、专业之精，颇令人赞赏。

台湾银泰科技股份有限公司和上银科技股份有限公司的滚动组件已被国内企业广泛采用。本

届展会上，这两个企业的展台又有不少新品推出，如银泰的滚珠丝杠“冷却系统”，采用中空丝杠结构，能有效控制单/双锁紧螺母丝杠端的发热。上银则主打静音滚动组件、工业机器人（指将滚珠丝杠和直线滚动导轨整合的功能部件）和交叉式滚柱轴承。

主轴功能部件展品品种齐全。从品种说，有电主轴，直（连）结式主轴（静压轴承、滚动轴承）、气动主轴、超声波主轴、加工中心主轴、车削中心主轴、内圆磨头主轴、外圆磨头主轴、平面磨床主轴、工具磨床主轴、钻孔机高速主轴、伸缩式镗铣床主轴、雕铣机床主轴、特殊专用磨头、皮带式主轴等。生产厂商众多，如健椿工业股份有限公司、钜将科技公司、普森精密主轴工业公司、钆达精密公司、罗翌科技公司、旭泰精密机械股份有限公司、睿莹精密机械股份有限公司、惟隆科技公司等。

在转台、分度台方面，宝嘉诚工业股份有限公司、北川铁工所、旭阳国际精机股份有限公司、潭兴精工企业有限公司、晟昌机电股份有限公司等展出了分度台（电、液）、NC 转台、APC 交换台、摇篮式双轴转台、齿式定位交换工作台等多种产品。

在铣头、摆角头方面，功阳精机股份有限公司、北川铁工所等展出了单摆角、双摆角铣头、镗铣头、万向铣头、落地镗铣万向头、角度头、自动转动直角铣头、立/卧延伸头、全自动五面铣头、 90° 铣头等多种产品。

在刀库方面，臻赏工业股份有限公司、北钜精机、吉辅企业有限公司、圣洁国际股份有限公司展出了圆盘式刀库、链条式刀库、斗笠式刀库、伞式刀库、导轨式刀库、龙门式刀库、车铣复合式刀库等多种展品。

在车床卡盘方面，亿川铁工所股份有限公司展台较具代表性，展出了二、三、四爪卡盘、套爪卡盘、气动卡盘、液动卡盘等产品。

在机床防护方面，添鼎兴业股份有限公司、逢吉工业股份有限公司、引兴股份有限公司等展出了伸缩式防护罩、高速伸缩罩、剪刀平面式防护门、风琴式防护罩、鳞片式防护罩等展品。

在排屑器方面，比较典型的有倓广股份有限公司、逢吉工业股份有限公司、炬将科技股份有限公司等展出的刮板式、刮板滚筒复合式、磁吸式；螺旋式、传送带式、密封管路式等多种产品。

给人印象深刻的是，即便是在一些不被广为关注但又不可或缺的领域，台湾的一些公司也开垦出了一片天地。例如主轴后面上水、上气、上电的回转连接器、打刀缸、专用于主轴和滚珠丝杠上锁紧的高精度螺母等。

三、几点体会

1. 台湾机床工具企业是展会的主角

台北国际工具机展虽冠有“国际”头衔，但由于台湾地区机床产品产量不小而自身消费量不大，国外企业也没有看好这个市场，因此境外的展商不多，展位面积小，展品不多，且不少由代理商参展。真正撑起10万平方米场地空间的主角是台湾的机床工具企业。

台湾机床工业不仅能够满足自身发展的需求，而且已经成为世界第三大机床出口基地。值得关注的是，展会主办方在开幕式上宣称，还有2500家以上的企业因受制于场馆面积而不能参加本届展会，可见由于台湾当局对机床产业的高度重视并将其作为支柱产业给予巨大支持，台湾机床业者的从业热情和参展积极空前之高，进而会促进台湾机床更快发展。

2. 商业气氛浓郁，出口导向明显

台湾机床产业80%的市场在境外，展会成功与否的关键在于成交额的多少，因此展会主办方和台湾当局对此给予了高度重视，为把展会做成最重要的采购平台，做足了文章。台湾外贸协会动员了全球57个驻外单位，邀请了境外17个国家地区46家采购商参加“一对一采购洽谈会”。台湾区机器工业同业公会组团出国参加国际专业机床展，每年平均20余场，并利用各种媒体，大力宣传TIMTOS展会。“经济日报”在开幕式的当天出版了总计达64版的展会专刊，“工商时报”也出版了总计16版的展会专刊。浓郁的商业气氛显现在展会的所有活动中，如开幕式、招待晚宴、创新产品颁奖会、协会间的交流拜访等无处不在。

3. 创新之风拂面

台湾机床产业内部和外部的竞争非常激烈，忧患意识普遍强烈，唯有以创新的手段将自己的产品做好做精，出奇制胜，才能立于不败之地，这是台湾地区机床业界从上到下的普遍共识。创新的成果凝聚在每一件展品中，这些新品并非惊世的“世界首创”，也没有多少是“××领先”，更多的是以市场和用户的需求为引领，充分利用先进技术把自己的产品做得更加完美。展会第二天晚间召开的创新展品颁奖会，是台湾机床产业创新成就的集中展现。这项由台湾工具机发展基金会(TMTF)创办的“创新产品研发竞赛”，今年有58家展商的62件产品参赛，比2011年的31件参赛产品多出了一倍。我们曾走访了此次6个获奖产品中的5家展商，询问考察了获奖产品的亮点到底是什么，结论和上面的分析是一致的。

4. 向集团化方向发展

台湾机床工具企业众多，其中不乏大型集团企业，在展会上格外引人注目。典型的有友嘉集团，本次展会携旗下友嘉实业、台湾丽伟、松颖机械、众程科技、胜杰工业、杭州友嘉、杭州丽伟、杭州友佳、杭州友华、杭州友达等19家公司组成“友嘉集团”展团。东台集团也携东台精机、譚泰、荣田、亚太菁英四个公司参展。这种集团化的发展有一个明显的特点，即旗下的企业仍保留原有的专业特色和产品品牌，同时通过企业重组，提升了企业的整体实力和市场竞争力。

5. 对进一步推进ECFA抱有强烈希望

ECFA的实施无疑对台湾机床产业以至台湾经济的发展具有重要的作用和意义。台湾机床业界，包括台湾当局对ECFA实施以来取得的成果普遍持肯定的态度，台湾当局负责人在开幕式上的讲话也对ECFA给予了高度肯定，认为促使2012年机床工具产品出口增长了14%。进一步推进ECFA进程，让更多的台湾机床工具产品进入大陆市场，已成为台湾当局和台湾机床业界的热切希望。无论是台湾当局，还是机器工业同业公会，以至各个企业，众口一词是希望大陆把门进一步敞开。今后进展虽难以预料，但大陆的机床业界应该及早做好应对的准备，正所谓有备无患，百战不殆。□

被逼出来的完美加工

哈斯数控机床（上海）有限公司 林庆祥

七剑国际公司总经理熊胤铭原本从事国际贸易，帮国外的客户找国内的供货商提供五金零件，这原本是国际贸易很正常的操作模式，但熊胤铭却不能像一般的贸易商单纯地接单出货，并最终走上机加工行业，熊总说，都是被逼的。

原因是七剑国际公司接的国外订单，品种多样，材质也是五花八门，基本上以五金产品居多，他都必须找到合适的厂商去加工，有的还要经过电镀、涂层、镀锌、喷涂、氧化处理等后期处理才能出货。但由于附近的机械加工厂素质参差不齐，要求的质量、交货期等往往无法保证，每个环节的延误，都会影响到下一个环节的进行，这是个严重的问题。

哈斯机床 成为七剑招商利器

面对这种质量老是不过关，交货期一拖再拖的情形，熊胤铭实在忍无可忍，担心长此以往，客户还不跑光了。最后他决定自己生产，于是买了几台国产机床，找了两个师傅，就开始加工客户订的零件。2011年参观机床展时，他现场订了一台镗铣加工中心 DT-1。

采购 DT-1 之后，哈斯的维修和应用工程师知道这是熊总买的第一台进口机床，担心熊总使用上不能得心应手，经常上门关切了解使用的情况，并且随时提供一些加工的意见和建议。熊总觉得哈斯不单纯是销售机床，而是像朋友一般对他的事业提供帮助。2012 年作坊的运作完全进入状况，熊总再将部分原本发包的零件自行加工，原有的国产车床和一台 DT-1 已无法满足加工需求，听取了哈斯工程师的建议，他又添购了一台 VF-2SS 立式高速加工中心。隔了几个月，他发现 VF-2SS 效能高、精度好，操作人性化，便再追加了一台 VF-2SS。2012 年中，一个朋友有四台中古的日本机床想转手，熊总也一起拿下，于是，车间里就有了七台数控车床和三台

加工中心，整个车间已经有了一定的规模。不但加工能量达到相当水平，加工质量更是获得保障。

狠抓质检 零退货完美加工

车间刚开始运作时他就狠抓质检，把产品合格率与奖金制度结合，从此，所有产品的合格率完全符合要求，达到零退货的标准。为了使七剑国际更符合国外客户的要求，目前公司正努力争取 ISO 系统的认证。

在加工方面，由于过去向加工厂订货时，经常出现成品还有毛刺而被客户要求修改或重做的情况，而今自己加工，对于加工的细节，总是特别关注，要求在工艺中直接加入倒角修边的程序，宁可多花一点时间，也不要再在出货时被客户挑剔；而且在加工排程上，现在可以完全按照客户的要求去安排，也不再拖延交货。现在一位英国客户已将七剑国际列为 A 级供货商。

以自动化为发展目标

在自己从事机加工之后，七剑国际将未来的发展方向，加进了一个“自动化”的目标，一方面是熊总自己本科钻研的就是机电一体化，在自动控制方面，比一般加工业者有更深入的认识；再一方面，则是国内工资不断提高，自动化必然是未来工厂不能回避的方向。因此，未来在加工的接单方面，公司将以自动化部件的加工为首选，让七剑国际和自动化挂钩，而后再逐步升级生产自动化部件。

对于哈斯机床和服务，从七剑国际一而再的买哈斯机床，就可知道哈斯不但机床本身的性价比高，服务也到位，而且，在保质期内，只要不是因为操作问题造成的故障，哈斯完全自行吸收，不收取任何费用，说明哈斯是一家负责任且讲信用的公司，值得信赖。□

《世界制造技术与装备市场》(WMEM)
读者服务卡、申请杂志赠阅登记卡

为了加强本刊与读者的信息沟通,及时了解读者的需求,使本刊能快捷地随读者的需求变化,更好地为读者服务。我们特为那些渴望通过本刊了解有关装备和技术信息,并对本刊的文章、广告内容等有反馈意见(填写第13项广告号码)的读者,提供免费寄赠服务,赠送一期杂志。

本刊编辑部:北京市西城区莲花池东路102号天莲大厦1608号
中国机床工具工业协会《WMEM》编辑部 邮编:100055

请在以下您确认的项目后□内划“√”

1. 您是本刊的:

老读者□ 新读者□

2. 本刊对您的工作:

十分需要□ 一般参考□

3. 您对本刊中的哪些栏目感兴趣?

1. 专题报道□
2. 本刊专访□
3. 专题综述□
4. 论坛□
5. 展览会信息□
6. 相关产业□
7. 行业资讯□
8. 产销市场□
9. 产品与技术□
10. 技术讲座□
11. 产品信息□
12. 企业风云□

您希望增加哪些新栏目? _____

4. 您是通过何种途径读到本刊的?

订阅□ 赠阅□

社会图书馆□ 单位资料室□

专业人士推荐□ 展览会赠阅□

其他□

5. 贵单位所属行业类别:

汽车、摩托车及其零部件工业□

航空航天□ 机床工具□

国防□ 石化□

铁道□ 冶金□

船舶□ 建设□

电力□ 工程机械□

矿 山□

轻 工□

林 业□

仪器仪表□

模 具□

医疗器械及设备□

板材加工□

通用机械及零部件□ 焊接与切割□

其他行业(请具体说明) □ _____

农业机械□

水 利□

纺 织□

化 工□

院 校□

电子电信□

塑料机械设备□

6. 贵单位的所有制性质:

国有□ 集体□

民营□ 中外合资、合作□

外商独资□ 其他□

7. 贵单位的业务类别:

生产企业□ 科研院所□

贸易公司□ 政府部门□

大专院校□ 协会、学会□

信息服务□ 其他□

8. 贵单位员工总人数:

1 ~ 50□ 1001 ~ 3000□

51 ~ 200□ 3001 ~ 5000□

201 ~ 500□ < 5000□

501 ~ 1000□

9. 贵单位对下列哪些设备/技术感兴趣,或近三年有采购意向:

车床□ 铣床□

2013德国机床工业迈上新台阶

VDW新闻与公共关系主管 Sylke Becker

年底收官产出激增

德国机床工业经过连续二年增长之后，预计2013年将再增1%。德国机床协会主席Martin Kapp在法兰克福召开的VDW新闻发布会上说：“这表明这一行业已全面回复，达到2008年以来的最高点。”

上年情况好于预期。Kapp说：“以充足的订单和很高的设备开工率为起点，整个2012年运行情况良好。”2012年德国机床工业产值达到141亿欧元，同比增长9%。

出口创新高

出口情况：机床出口额达到创记录的95亿欧元，增长了20%。

德国最大的出口市场是中国，达到约24亿欧元，增长14%。对中国的出口额几乎比德国第二大出口市场美国多出一倍。美国工业部门在需要更新其生产线时也愿选用德国机床。截止到2012年11月，出口额已相当于2008年全年的三倍，即使是对倍受危机困扰的西班牙的出口也比上年有所增长。德国国内市场的销售额达到68亿欧元，比危机前稍低。

2013年1月，设备利用率达到92.4%，稍低于上年平均水平。至2012年12月，未交付订单为8.3个月，也是稍低于上年平均值。

预测2013年订单总量将会比上年减少10%左右。订单主要来自欧洲和美国，主要需求为成型技术。德国和国际汽车工业所需的冲压技术是德国机床市场中最大一块，所占比最高的这一块对周期性的商业变化不太敏感，因而波动较小。截止到2012年底，机床工业总雇佣人数为71,000人，比上年增加5%。

国际竞争力强

从产出结果来看，2012年德国是赢家，超过了主要竞争对手。排除汇率因素，中国的机床生产下滑，日本踌躇不前，美国机床工业尽管国内市场增长了7%，但仍落后于德国。泛欧洲机床工业总产值也只有德国的一半左右。在机床出口方面，德国已

经超过日本。

2013年的最好情况

据Oxford经济研究所预测，2013世界范围内的固定资产投资将再次出现较大增长，主要表现在亚洲和美洲，其次是欧洲。

对德国机床工业来说，这是非常稳定的订单来源，主要冲击还是来自亚洲。当前，虽然来自中国订单减少了30%，但很快就会再来。与2012年8月相比，2013年1月的采购经理指数提高了52个点。工业品输出也会出现成倍增长。

Martin Kapp很有信心地说：“总之，宏观经济环境，将为2013年经济运行提供强有力的支撑。上述迹象，例如采购经理指数和商务趋势指数，都预示德国机床工业在近几个月将呈上升趋势。”

VDW主席认为，德国国内市场需求仍然低迷。这主要涉及高税收、摇摆不定的能源转向问题、高昂的能源价格和尚无法确定的欧洲金融环境，以及难以预测的市场变化，此外还有提高工资的要求和举棋不定的德国投资商。

德国机床厂商海外生产增加

2012年仅在中国生产的机床就占了全世界机床总产量的五分之二，达到660亿欧元。尽管当前的增速在放缓，但亚洲地区的机床需求仍将保持旺盛态势，而传统的西欧市场在很长的一段时间内处于低迷状态。因此，德国机床业界应在销售策略和产品结构方面做出相应的应对。

据VDW统计，2011年德国装备制造厂商在国外的产值增长了60%，达到17亿欧元。这样，在国内领工资的人数增加了15%，即增加了7,750名员工。德国的传统投资地区仍集中在瑞士、美国和巴西。与之相比，对中国的投资正在加速，2011年增长了55%。

集聚力量提高效率

Martin Kapp说：“我不认为一个人需要做所有事情。”他认为德国机床厂商之间更紧密的合作将

续写成功故事

Carl Martin Welcker

需求旺盛使EMO汉诺威2013成为全球金属加工业最重要贸易盛会。

2013年的欧洲机床工业展览会（EMO）将于2013年9月16到21日在汉诺威举办。届时来自世界各地金属加工厂商和专业人员齐聚一堂。本届EMO将以“智能生产”（Intelligence in Production）为主题，展示什么才是现代生产技术及其供应商。

EMO汉诺威2013总管Carl Martin Welcker说：“EMO汉诺威2013是每个人的想往之地，这就是汉诺威EMO再次取得成功的原因。”今年年初已有来自46个国家和地区的1600家公司注册参展，净展面积就已达到145,000m²。从目前招展情况看，本届展会大大超过往届。

生产技术供应商旺盛的需求表明，EMO汉诺威在国际金属加工业中的重要性，这同时也是一个展示创新的超级大舞台。对参与者来说，“见识世界”是其中一项最重要的主题。本届展会，德国不仅国内制造商预定了大量展位，亚洲企业也都积极参展，日本、中国与台湾地区和韩国的企业在国际市场上所发挥的作用越来越大。这些企业也都在扩大EMO汉诺威上的展出面积，这已成为近

几年的一种趋势。亚洲展商已占到EMO展商的五分之一。

EMO面向全球市场展示创新：在全球范围内，生产技术用户正面临巨大挑战。日益增大的成本压力、更严格的效能和经济可调性要求，迫使他们要以最高的成本-效益组织生产。为此，他们不得不投资购置新型机床。经济学家预测，2013年对机床的需求将出现进一步增长。

客户在广泛的、以完全不同的先决条件寻求高效生产新点子和解决方案。何为创新，这不仅仅体现在机床上，而且涉及部件、生产工艺和相关服务；机床与生产线之间的网络互联、新材料、柔性、质量、创新的生产理念等所起的作用越来越重要。国际机床供应商将在EMO汉诺威展会上展示他们是如何对待这些问题并积极解决问题的，是如何将其转换成智能高效工程。这样他们就能在激烈竞争的环境中使自己立于不败之地。

Carl Martin Welcker 说：“来自世界各地的观众注册每日不断，我们确信，这有可能会超过2011年的记录。我们已做好准备，为来自世界各地的观众提供最好和全面的展览服务。” □

有助于提高机床工业的效率。这种联盟不一定是手拉手的直接的经济层面上的合作，而是维修服务、备件存贮一类的合作，也可以是地域市场共享。

EMO2013展示“生产中的智能”

全世界的机床用户都面临巨大挑战，即在巨大的成本压力下，必须以最高的效率组织生产过程，同时要满足极为严格的经济效益要求和最大限度地降低对环境的破坏。智能制造是解决这一问题的一把钥匙，能向全世界提供智能生产解决方案的厂商将表现出强大的竞争优势。将于9月16日到21日在汉诺威举办的EMO 2013的主题就是“智能生产”（Intelligence in Production）。

作为世界金属加工业最重要的展会，除了展示产品和制造商的能力外，还将举办一系列的重要活动，例如VDMA论坛上将围绕“Producing more intelligently”（促进智能制造）展开交流。此处将围绕“技术的启发”（Inspired by Technology）这一主题，对敏捷制造和柔性制造价值链的应用、基于持续发展和资源经济性的经济生产，以及基于网络化和工业4.0的智能制造等展开论述。

此外，一系列很有特点的配套活动也会吸引观众前来参观EMO，例如为期两天的“新的航天制造技术”论坛及其配套展出；“印度研讨会”以及“Blue Competence”有关节能的解决方案。□