

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.2 2014
2014年4月
April 2014

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

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 陈惠仁
副主任: 王黎明 毛予锋
编委:

王旭 关锡友 张志刚 龙兴元 马伟良 马俊庆
石光 叶军 朱峰 刘炳业 刘家旭 杜立群
杜琢玉 李屏 李保民 吴日 何敏佳 张明智
陈吉红 耿良志 李晶明

特邀编委:

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

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

承印: 北京博海升彩色印刷有限公司

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



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

目录 CONTENTS

2014年第2期(总第131期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

27 全国装备工业工作会议在南宁召开等8则消息

展会报道 Exhibition Report

30 重返上海, CCMT2014载誉落幕

——CCMT2014展后综合报道

机床协会

Regression Shanghai, CCMT2014 closed successfully

33 观行业发展之变 论企业生存之道

——“机床工具制造业CEO国际论坛”拉开CCMT2014帷幕

Report of international CEO Forum of Machine Tool manufacturing Industry 2014

35 总结过去 展望未来

——2014年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 机床协会

Sum up the past and looking ahead

36 CCMT2014技术交流活动精彩纷呈

机床协会

The report of technical exchange activities

37 “机床工具行业海外并购企业座谈会”为跨国经营指点迷津

机床协会

How to manage a multinational cooperation

38 创国产精品 展企业风采

——2013年度中国机床工具工业协会先进会员(十佳)暨CCMT2014春燕奖

颁奖仪式隆重举行

机床协会

Make domestic best products and show enterprise feature

41 聚焦部分CCMT2014“春燕奖”展品

Focus on some of products won “Chunyan Reward”

44 聚焦部分“十佳”产品

The “Top ten” products shown at CCMT2014

展品评述 Exhibits Review

46 CCMT2014国产五轴联动加工中心展品评述

杨转玲

Analysis on domestic made 5-axis machining center based on the exhibits shown at CCMT2014

49 从CCMT2014看柔性制造单元及自动生产线的发展方向

陈学东

MFC and automatic production line exhibiting at CCMT2014

53 CCMT2014金属成形(锻压)机床展品评述

徐刚

High level metalforming machines shown at CCMT2014

60 从CCMT2014看数控磨床的发展

张秀兰

Developing trends of CNC grinders reviewed from CCMT2014

Competent Authority: China Machinery Industry
Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders'
Association

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

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

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

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

President of E-C: CHEN Hui-ren

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

Committeemen:

WANG Xu, GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG
Xing-yuan, MA Wei-liang, MA Jun-qing, SHI Guang,
YE Jun, ZHU Feng, LIU Bing-ye, LIU Jia-xu, DU Li-
qun, DU Zhuo-yu, LI Ping, LI Bao-min, WU Ri, HE
Min-jia, ZHANG Ming-zhi, CHEN Ji-hong, GENG
Liang-zhi, LI Jing-ming

Specially Invited Committeemen:

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

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

专题综述 Topical Review

- 65 当今世界机床的技术发展趋势 陈循介
Technological trends of machine tool in the World
- 68 浅谈台湾机床行业的发展状况 陈洪军 盖立亚
The state-of-the-art of machine tool industry in Taiwan
- 73 液体静压、动静压技术在我国机床的发展历史及现状 丁振乾
The history and state-of-the art of Hydro-static/dynamic technologies
for machine tool in China

产品与技术 Products & Technology

- 77 L-SS: 大功率金属激光熔覆-融化-烧结成形制造平台 颜永年等
High power laser for metal melt coat, melt-out and sintering
- 82 数控机床热误差测试中的温度传感器研究 姚晓栋等
Research on temperature sensor for thermo-error testing of CNC machine tool
- 87 激光熔融金属快速成型技术 雷尼绍公司
New rapid metal forming technology by laser melting
- 89 新一代Sinumerik数控系统: 进一步提高刀具和模具制造效率 Wolfgang Reichart
New Sinumerik system: make further efficiency in cutter and mould manufacturing
- 92 在优化的刀具路径上运行粗加工策略 山高刀具
Roughing-cut tactics running in optimized cutter path
- 95 FANUC数控系统伺服驱动优化在数控机床上的应用 宋楠
Application of servo drive optimizing in FANUC CNC system on CNC machine tool
- 97 大型圆柱和滚筒类零件的内部加工技术和设备 沈福金
Inner machining technology and equipment for large cylindrical and tube components
- 99 自动化检测系统的崛起 海克斯康公司
——关于何时在生产线上整合自动化检测系统的要点
The usage points of automatic test system in production line
- 101 数控机床电机座装配工艺探讨 康保军
Assembly process of motor base in CNC machine
- 103 直线滚动导轨副楔块槽斜面尖点尺寸的测量 刘际民
Measuring of testing point on chamfer for wedge of linear rolling guide pair

海外市场 Overseas Market

- 105 2014年美国机床行业展望和行销 斯蒂夫·克莱茵
Looking ahead and marketing of machine tool industry in USA
- 72 广告客户索引
Advertisers' index
消息 (52、64、81、88、91、100、104)

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

2014年2月24~28日,第八届中国数控机床展览会(CCMT2014)在上海成功举办。展会规模再创新高,共有来自中国境内外20个国家和地区的910家机床工具企业参展,其中境外企业占1/3,展会国际化程度大幅提升。展出总面积达10万平方米。

本期我们用了较大篇幅对CCMT2014展会相关活动进行了集中报道,主要包括:展会综合报道,以及2014机床工具制造业CEO国际论坛、2014年军工行业与能源领域国产数控机床座谈会、机床工具行业海外并购企业座谈会、2013年度中国机床工具工业协会先进会员(十佳)暨CCMT2014春燕奖颁奖仪式等。

另外,通过各专业分会,我们邀请部分行业专家撰文,对五轴联动加工中心、柔性制造单元及自动生产线、金属成形(锻压)机床、数控磨床等展品进行评述。并邀请展会部分技术讲座的专家,撰写有关激光加工技术、数控机床热误差测试中的温度传感器、先进数控系统,以及自动化检测系统等方面的技术文章。

当前,随着市场需求结构的快速变化,机床产品的自动化、信息化、智能化等概念日益受到关注,也展示了这些方面市场需求的增加。这也是今后本刊重点挖掘的报道内容。下一期,我们还将继续关注和挖掘CCMT2014展会的展品和技术亮点。敬请广大读者关注!

本刊编辑部

版权所有,未经本刊书面许可,不得转载。

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



Motion Control and System Technology



仿冒品
请向合格经销商购买

荣获第一届(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

迎向 智能自动化时代





2001~2014连续14年荣获台湾精品金银质奖



关节式机器人臂
Articulated Robot



并联式机器人臂
Delta Robot



滚珠丝杠
Ball Screws



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single Axis Robot



直线电机
Linear Motor



直驱式定位平台
Torque Motor
Direct Drive Motor



线性致动器
Linear Actuator



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.tw
business@hiwin.tw

HIWIN大陆专属经销商

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)曦霞路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

金太客传动科技(苏州)有限公司
江苏省苏州高新区联港路255号
Tel: (0512) 6690-9815 邮编: 215400

关系企业

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

HIWIN海外厂

德国
www.hiwin.de

日本
www.hiwin.co.jp

美国
www.hiwin.com

捷克
www.hiwin.cz

瑞士
www.hiwin.ch

法国
www.hiwin.fr

意大利
www.hiwin.it

新加坡
www.hiwin.sg

韩国
www.hiwin.kr

以色列
www.mega-fabs.com

索取数据请将号码09填入读者服务卡

全国装备工业工作会议在南宁召开

2014年4月2~3日,全国装备工业工作会议在广西南宁召开。会议的主要任务是,深入贯彻党的十八大和十八届三中全会精神,认真落实全国工业和信息化工作会议部署,总结过去五年的工作,分析当前的形势,明确今后一个时期的重点任务和um作要求,动员全行业改革创新、开拓进取,加快推进产业转型升级,为全面建设装备制造业强国而奋斗。工业和信息化部党组副书记、副部长苏波出席会议并作了题为“改革创新 转型升级 加快建设装备制造业强国”的工作报告。



来自全国31个省区市及计划单列市、新疆建设兵团和副省级省会城市工业和信息化主管部门、有关行业协会、部属高校和相关直属单位,部分国家新型工业化产业示范基地和重点装备制造企业的代表近150人参加了会议。中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁应邀参会,并在大会交流中做题为“主动适应发展新要求,自觉加强协会自身建设”的发言。济南二机床集团有限公司董事长、总经理张志刚和北京北一机床股份有限公司董事长王旭作为装备工业重点企业代表参加了会议。

雷尼绍推出一款全新微型增量式光栅

近日,全球计量专家雷尼绍推出一款全新ATOM增量式光栅系统,包括直线光栅和圆光栅两种。这款非接触式光栅系统采用独特的创新设计,将微型化与优异的抗污能力、信号的稳定性和可靠



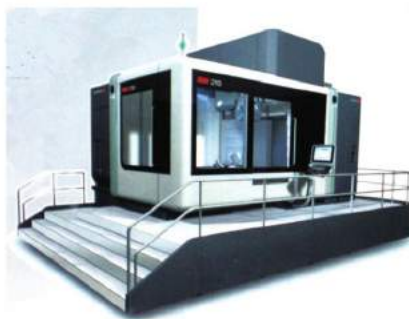
性完美结合。新光栅在设计上避免了一直以来制约微型光栅的诸多因素。

ATOM最小尺寸可达6.7mm×12.7mm×20.5mm,是世界上第一款采用光学滤波系统及自动增益控制(AGC)和自动偏置控制(AOC)的微型光栅。获得市场公认的雷尼绍TONiC增量式光栅系列就采用了这种先进技术,在信号稳定性和抗污能力方面均达到优异水平。

当今世界技术水平最高的大规格超精密机床DIXI 210

德国DMG公司和日本森精机(Mori Seiki)公司合作研发的产品中,大规格超精密机床DIXI 210当属目前世界上独有的最新、规格最大、技术水平最高的超精密加工机床。这是一台高档的龙门结构型机床,结合了瑞士的精密加工传统、手工技艺,以及德国工程技术人员认真的制造工艺。

为了达到尽可能高的刚性和稳定性,龙门结构采用3点支撑,即由3个由GGG60材料的铸件块来支撑。这样,为在强力铣削加工时达到最好的精密度和尽可能大的功率值奠定了基础。数据表示,用DIXI 210超精密机床,只要多于一点夹紧,就可以



大规格超精密机床DIXI 210

加工直径达2500mm、高1250mm以及最重8000kg的构件，既可以高效率进行粗加工，也可以高动态（0.6g）、快速进给（60mm/min）进行精整加工，能达到体积精度 $<35\mu\text{m}$ 。主轴采用不同的大功率电主轴，最大功率为114kW；同样也可以选用扭矩1550N·m和最高转速6300r/min的电机驱动主轴。机床是通过有经验的员工的手工刮研500多小时后，最终达到精密度规定的接触面平整度、直线度和垂直度的要求，在所有直线坐标和回转坐标的共同高精度作用下，最终在工件上达到最小的形状和位置误差。

海克斯康计量发布360° 智能在线测量解决方案

近日，海克斯康计量发布了360° 智能在线测量解决方案（360° SIMS - 360° Smart Inline Measurement Solutions），360° SIMS能够完全整合于汽车生产线，无论是在投产、试运营还是正式生产阶段，都能够满足制造商苛刻的测量要求。无论是车身、零部件还是分总成，360° SIMS能够完成100%的全曲面和关键特征检测。借助其可靠的测量方法、创新的软件和传感器技术，海克斯康计量为全面品质控制提供了先进的过程控制手段。

360° SIMS系统能够适合其相应的环境和目标行业应用。整套系统包括了海克斯康计量经过车间应用验证过的白光测量传感器和强大的、基于点云的软件工具，采用简化的触摸屏界面，经过基础培训的操作者就能够监控测量过程，轻松获得可视化的测量结果并识别问题的根源。



360° SIMS可兼容常用的工业机器人、PLC、自动化设备及安全设备。单元配置包括在线、邻线

和离线等选项，分别适用于不同类型用户的应用，如冲压、车身车间和总装分厂。其他选项包括了专利申请中的大型零件校准与测量设备、用于大数据可视化和分析的软件工具，以及用于配合测量任务的固定式光学传感器。360° SIMS单元可以布局于产品线和加工岛的任何位置，以支持客户的尺寸控制战略。

海德汉新一代机床用测头

海德汉推出了新一代无线测头：TS460（工件测头）和TT460（刀具测头），其具有复合技术—双信号传输：红外线和无线电。新测头将无线电（传输范围大，数据量大）、红外线（传输精度高，速度快）的优点相结合，使得它可以满足在许多不同的情况下的探测应用，因此能支持任何类型机床（铣床，车床，磨床）和任何规格机床（小型全封闭机床到大型开放式机床）。用户只需使用新的SE660发射器/接收器单元，即可与新测头相互通讯。

新开发的适配器，可避免测头壳轻微碰撞造成的损坏，也能够避免因主轴生热导致测头温度升高；非接触的光学传感器始终保持无磨损运行，即使经过大量的探测过程（5百万个开关循环），仍然保持指定的精度和重复性；新测头可使用标准充电或非充电电池，用户很容易更换。在新的待机模式下，电池电量的消耗也大大降低。



除了上述混合接测头，海德汉还推出了两种新型的带电缆式测头——TS260（工件测头）和（TT160）刀具测头。该测头可以直接连接到任何常用的数控系统，无需附加任何特殊接口。

新的测头比其前身更加紧凑，体积更小，因此在探测过程中允许更自由的旋转和倾斜。

五轴软件新功能提升内燃机 活塞加工质量

Cimatron集团,近日与马勒发动机零部件(营口)有限公司签订采购协议,马勒公司升级并新购了CimatronE五轴加工解决方案。而新的CimatronE五轴加工解决方案能解决马勒公司现有复杂5轴机床的所有问题,技术优于其他软件,能大幅度提升5轴加工效率。

通过使用CimatronE11五轴加工解决方案,马勒公司编程效率倍增。主要表现为:

(1) 软件的快速预览编程结果功能可以大大节约编程时间,尤其是对于复杂零件的编程效果非常明显,可以提高75%。



(2) 清根刀路中附加了二次开粗功能,避免过大的切削量,不必多层重复加工。

(3) 高速加工得到了明显改善,可以在垂直区域和水平区域轨迹进行圆角控制,进给速度也可以调整。

(4) 五轴刀路中的垂直加工自动由3轴转为5轴联动加工,特别适用于单向拔模类的模具,可节省大量编程时间,安全稳定。

(5) CimatronE通过GPP2编辑的后处理非常强大,可完整地调试出联动加工、定位加工和钻孔代码,并对程序间的连接做得很到位,以充分发挥机床性能。

AMF格式成为3D打印新标准

Cimatron集团,近日宣布将在今年年中发布的CimatronE12软件中提供对AMF文件格式的支持。AMF (Additive Manufacturing File) 是将3D模型转换为数字文件用于3D打印及增材制造的新文件标准。

3D打印领域资深专家Terry Wohlers表示:“自上世纪80年代末开始,STL文件格式一直是行业默认的将CAD数据转换成为适合3D打印文件的工业标准。然而,STL文件格式缺失颜色、纹理、材质、点阵等属性,对3D打印的发展造成了很大的制约。新的基于XML的AMF标准的开发是为了弥补CAD数据和现代的增材制造技术之间的差距。这种文件格式包含用于制作3D打印部件的所有相关信息,包括打印成品的材料、颜色和内部结构等。”

据介绍,AMF格式在去年已被ASTM国际组织和国际标准化组织(ISO)采纳为新的3D打印行业标准。而Cimatron公司旗下的软件新版本已经能够支持此功能(AMF文件格式)。

秦川集团牵头承担的“立式铣车复合 加工中心” 重大专项通过国家验收

日前,由陕西秦川机床工具集团牵头承担的“立式铣车复合加工中心”重大专项课题在用户现场西安三航动力科技有限公司通过验收。

铣车复合与车铣复合加工中心是近年来出现的集高精度、高效率于一体的先进加工工艺技术,是航空发动机机匣、整体叶盘、鼓风机叶轮、叶片等复杂曲面零件加工的关键设备。该课题完成了VMT80和VMT100两款4台样机的研制。其中一台采用国产数控系统及力矩电机,机床X/Y/Z轴快移速度60m/min,工作台承重1500kg/1200kg,转速500/600r/min,主轴转速12000r/min,实现了车铣复合、五轴联动加工功能;完成了整机试验台、高速进给试验台、车铣双功能转台试验台、摆头动力刀架试验台和高速电主轴试验台五个试验台的建设;开展了铣车复合加工中心整机设计、机床综合性能检测及补偿、机床热变形及热阻分析等技术研究;设计并研制了双功能车铣复合转台、摆头动力刀架、力矩电机等关键设备,具备了向用户提供典型零件成套工艺解决方案的能力。经国家机床质量监督检验中心检测,课题研发产品的几何精度、位置精度、工作精度等指标都达到任务合同书的要求,机床平均无故障时间(MTBF)超过900小时。



——CCMT2014展后综合报道

中国机床工具工业协会

由中国机床工具工业协会主办，并与上海市国际展览有限公司共同承办的第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）于2014年2月24~28日在上海成功举办。

本届展会规模又创历届CCMT展会新高，共使用了上海新国际博览中心7个展馆，并搭建了5个临时展馆，共有来自中国境内外20个国家和地区的910家机床工具企业参展（其中境外企业占到1/3），展出总面积达10万平方米。

在国际、国内经济环境复杂多变，以及中国机床工具行业连续几年低速发展的情况下，主承办方、展商和观众都克服了诸多不利因素，5天展期中到访的专业观众和参观团组达14.3万人次。

不仅仅是产品的展示

从以上几个简单的数据可以看出，经历了3地7届成功举办的CCMT展会，已真正成为机床工具业界广受关注的品牌展会。特别是在阔别8年后，CCMT2014重回上海，更是非曲直受到了境内外展商和社会各界的支持和关心，展会国际化程度大幅提升。本届展会的主题是：“新变化·新未来”，准确、鲜明地反映了机床工具产业发展和产业市场的时代特征，反映了CCMT2014的展会背景。

行业盛会，吸引了来自世界各地的各界人士、行业领导、业界知名企业代表和新闻媒体记者们。原机械工业部部长、中国机床工具工业协会名誉理

事长何光远先生，原机械工业部副部长陆燕荪先生，原发改委副主任、中国机床工具工业协会名誉理事长张国宝先生，中国机械工业联合会执行副会长杨学桐先生，中科院院士徐性初先生，辽宁省副省长谭作钧先生，国家发展改革委经济与国防协调发展司王树年司长等，以及多位省市领导和相关部委专家等都亲临现场参观、指导。美国、日本、德国、瑞士、韩国、中国台湾等境外10余家机床工具协会或社团组织首脑也都来到展会，对CCMT2014的成功举办表示了祝贺。沈阳机床、大连机床、济南二机床、秦川机床、DMG MORI、马扎克、EMAG、THK、发那科、西门子等境内外知名展商的老总及CEO们也都在展会现场参与相关活动。

机床业发展动态尽在CCMT2014 行业转型升级步伐加快

在这几年经济增速趋缓、市场总体收缩和需求结构快速变化的大背景下，市场倒逼机制加速了行业转型升级的步伐，在产品不断发展和创新的同时，企业经营理念和经营模式也在悄悄改变。本次沈阳机床集团崭新亮相的优尼斯工业服务有限公司给人留下了很深的印象，大家熟悉的“沈阳机床”不见了，代之以全新的“Unis”，标志着传统机床制造企业已经走上了转型之路，

在继续做好产品研发的同时，更注重以市场为导向、全心满足用户需求。同样体现经营模式转型的企业还有一个新成立的协志渠道公司，发挥渠道整合能力，全方位服务目标客户。

产品更加贴近市场需求

在经历了前些年的高速发展之后，本届展会展品表现出的更多的是务实和更加贴近市场。大量展品是以市场应用为导向，或在成熟产品基础上进行了升级换代或新的模块组合，满足不同领域和不同层面用户的个性需求。大连机床集团的自动化生产线就是完全针对汽车行业应用进行设计、制造的；日发集团的蜂窝铣是针对航空、航天领域应用进行自主研发的；北一机床的数控不落轮对车床是专门针对轨道交通行业的快速发展应运而生的；济南二机床的翻板式卧式加工中心，是针对航空制造业的制造特点而攻关研发的。境外展商也大多以本地化产品展出，DMG MORI、马扎克、大隈、埃玛克、克劳伯、西门子、发那科等大多展示了面向中国市场的产品。

机床自动化、智能化发展迅速

随着用户需求不断升级和现代科技手段的推广应用，机床产品的自动化、智能化程度也快速提升。在本届展会上，由发那科、库卡、埃斯顿、广数等公司的关节机器人与各类加工中心集成的加工单元，以及由桁架式机械手组成的自动生产线数量众多，可谓比比皆是，来势非同一般。世界著名机器人制造企业及代理商也首次独立参展。与此同时，国产机器人如雨后春笋般迅速萌生，大连机床、华中数控、日发集团、大连光洋等公司都有自产的机器人产品全新亮相，其中不乏定位准确、行动快速或动力强大者。“智能”、“云”等概念在本届展会也被多家涉足。沈阳机床在展前就发布了全球首台拥有自主知识产权的全智能机床i5，该机在本次展会高调亮相。相比较而言，已名噪多时的高端五轴五联动产品和专用成线装备等已不再那么抢眼。





活动不乏新意、宣传更具动感

围绕创新和“新变化 新未来”主题，主办方在各项相关活动中都注入了创新和务实的元素。“2014机床工具制造业CEO国际论坛”以一种前所未有的方式开启了CCMT2014大幕，来自全球业界的60余名CEO探讨行业面临的新变化、畅谈未来发展的新思路。由四部委主办、走过了10年历程的“军工行业与能源装备领域国产数控机床应用交流会”以“合作、创新”为主题，启动了未来发展之路。展会传统活动“海外并购会”和“国际联席活动”、技术交流讲座等也都被赋予了新的形式和新的内涵。与此同时，主办方在宣传方面也做出了重要创新，首次采用了微博、微信等新媒体，

结合现场编辑出版的《展览快讯》和官方网站宣传，使整个展会达到了全方位、立体化、动感十足的宣传态势。新媒体的应用在展商中也已风起云涌。

展商形象大为改观

几年前，无论在国外参观还是在国内看展，都可以明显区分出国内外展商形象和展品外观的差异。但如今在CCMT2014展会上，这种差异越来越小了。本次展会，国内很多展商都进行了形象设计，展台搭建更加简捷宽敞，展品外观更加精致时尚，视频、触摸屏等多媒体运用随处可见。在宣传片制作水平大大提升的同时，分贝却在减弱，充分体现了用心经营、注重细节的文明参展风尚。

未来可期，再会CCMT2016

CCMT2014虽已圆满落幕，但机床工具业发展和前进的脚步不会停歇。国内外大环境仍复杂多变，机床行业转型升级和创新务实的总体态势已渐形成。随着全国深化改革的步伐不断深入，在市场倒逼机制作用下，我们有理由期待，两年后中国机床又会呈现出一个全新的面貌，让我们共同见证于第九届中国数控机床展览会（CCMT2016）。

（执笔：张芳丽；技术指导：邵钦作、周敏森、郭长城、单希强、杜智强）□



2014机床工具制造业CEO国际论坛

International CEO Forum of Machine Tool Manufacturing Industry 2014

新变化·新未来
New Change · to Future

2014年2月23日·上海 Feb. 23, 2014 · Shanghai



访谈主持人：中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长 陈惠仁（左一）

访谈嘉宾：中国机床工具工业协会轮值理事长、济南二机床集团有限公司董事长 张志刚（右三）

中国机床工具工业协会轮值理事长、陕西秦川机床工具集团有限公司董事长兼党委书记 龙兴元（左三）

四川普什宁江机床有限公司总经理 姜华（右二）

北京发那科机电有限公司总经理 景喜瑞（右一）

武汉华中数控股份有限公司董事长 陈吉红（左二）

观行业发展之变 论企业生存之道

——“机床工具制造业CEO国际论坛”拉开CCMT2014帷幕

2012年以来，随着全球经济再平衡和中国经济增速的放缓，中国机床工具制造业赖以生存和发展的环境已经发生并正在发生着全面而深刻的变化。企业如何客观看待和分析这些变化，主动适应这种变化，并最终求得未来的生存和发展，是摆在每一个行业企业CEO们面前的大考题，也是当前行业的热点话题。

2014年2月23日，第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）开幕的前一天，“2014机床工具制造业CEO国际论坛”在上海浦东嘉里大酒店成功举行。近50余位行业和用户领域的掌门人齐聚一堂，围绕“新变化·新未来”这一论坛主题，交流行业变化的感受，讨论企业生存之道。全新的论坛形式，CEO们睿智的探讨，让与会者在耳目一新的同时，也收获了许多思想的启迪。

下面，本刊将论坛主持人和嘉宾们的部分精彩发言和观点整理出来，希望能对当前正处于艰难转型期中的广大行业企业的经营能有所借鉴。

新的变化孕育新的未来

作为本次论坛访谈板块的主持人，中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁一开始便直入主题。

他谈到：两年来，行业发展大环境的突出特征就是“变化”，这些变化是多方面的。首先，是来自于市场方面的最直接的变化，需求总量明显下滑、需求结构显著升级。其次，就是各种生产要素的变化。再次，也是最重要的，是产业发展的政策环境的变化，要靠全面的深化改革来为经济发展寻求新的动力，这是一个非常重要的改变。最后，就是转型升级，原来的转型升级，政府更习惯于用行政的手段加以推动，现在则主要依靠市场的倒逼机制。概括起来，这种变化的结果肯定是要推动和促进，或者说是孕育行业市场和产业本身要发生新的变化，要孕育新的未来。

在变化中保持多一份坚持

近两年，济二机床的在机床业界可谓声名显赫。该企业分别于2011年底和2013年中期连续两次获得福特汽车美国本土3家工厂的6条大型冲压线项目的订单，这些订单含金量十足，代表着中国机床工具产业走向全球市场的重大突破。

对此，张志刚董事长谈到：“国产装备出口到发达国家，并且是世界知名企业，的确不是一件容易事，需要我们企业多年的积累。这是一个“国际总承包交钥匙项目”，包括全过程的组织协调、安装指导等，历时两年多时间，其中的艰辛和困难，可以说“事非亲历不知难”，但我们坚持下来了，并最终成功了，为中国机床工具行业争了光。”

“今天的主题是‘新变化和新未来’。社会在变

事长何光远先生，原机械工业部副部长陆燕荪先生，原发改委副主任、中国机床工具工业协会名誉理事长张国宝先生，中国机械工业联合会执行副会长杨学桐先生，中科院院士徐性初先生，辽宁省副省长谭作钧先生，国家发展改革委经济与国防协调发展司王树年司长等，以及多位省市领导和相关部委专家等都亲临现场参观、指导。美国、日本、德国、瑞士、韩国、中国台湾等境外10余家机床工具协会或社团组织首脑也都来到展会，对CCMT2014的成功举办表示了祝贺。沈阳机床、大连机床、济南二机床、秦川机床、DMG MORI、马扎克、EMAG、THK、发那科、西门子等境内外知名展商的老总及CEO们也都在展会现场参与相关活动。

机床业发展动态尽在CCMT2014 行业转型升级步伐加快

在这几年经济增速趋缓、市场总体收缩和需求结构快速变化的大背景下，市场倒逼机制加速了行业转型升级的步伐，在产品不断发展和创新的同时，企业经营理念和经营模式也在悄悄改变。本次沈阳机床集团崭新亮相的优尼斯工业服务有限公司给人留下了很深的印象，大家熟悉的“沈阳机床”不见了，代之以全新的“Unis”，标志着传统机床制造企业已经走上了转型之路，

在继续做好产品研发的同时，更注重以市场为导向、全心满足用户需求。同样体现经营模式转型的企业还有一个新成立的协志渠道公司，发挥渠道整合能力，全方位服务目标客户。

产品更加贴近市场需求

在经历了前些年的高速发展之后，本届展会展品表现出的更多的是务实和更加贴近市场。大量展品是以市场应用为导向，或在成熟产品基础上进行了升级换代或新的模块组合，满足不同领域和不同层面用户的个性需求。大连机床集团的自动化生产线就是完全针对汽车行业应用进行设计、制造的；日发集团的蜂窝铣是针对航空、航天领域应用进行自主研发的；北一机床的数控不落轮对车床是专门针对轨道交通行业的快速发展应运而生的；济南二机床的翻板式卧式加工中心，是针对航空制造业的制造特点而攻关研发的。境外展商也大多以本地化产品展出，DMG MORI、马扎克、大隈、埃玛克、克劳伯、西门子、发那科等大多展示了面向中国市场的产品。

机床自动化、智能化发展迅速

随着用户需求不断升级和现代科技手段的推广应用，机床产品的自动化、智能化程度也快速提升。在本届展会上，由发那科、库卡、埃斯顿、广数等公司的关节机器人与各类加工中心集成的加工单元，以及由桁架式机械手组成的自动生产线数量众多，可谓比比皆是，来势非同一般。世界著名机器人制造企业及代理商也首次独立参展。与此同时，国产机器人如雨后春笋般迅速萌生，大连机床、华中数控、日发集团、大连光洋等公司都有自产的机器人产品全新亮相，其中不乏定位准确、行动快速或动力强大者。“智能”、“云”等概念在本届展会也被多家涉足。沈阳机床在展前就发布了全球首台拥有自主知识产权的全智能机床i5，该机在本次展会高调亮相。相比较而言，已名噪多时的高端五轴五联动产品和专用成线装备等已不再那么抢眼。



总结过去 展望未来

—— 2014年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

中国机床工具工业协会



2012年2月25日，作为CCMT2014展会期间的重要活动，由国家发展和改革委员会、工业和信息化部、国家能源局和国家国防科技工业局主办，中国机床工具工业协会和中国和平利用军工技术协会具体承办的“2014年军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会”在上海举行。

这是由国家四部委举办的第10次长效合作机制座谈会。会议以“合作、创新”为主题，分别对长效合作机制10年总结与未来工作方向、机床工具行业发展状况、军工行业需求与长效机制年度计划等进行了交流和探讨，并表彰了国产数控机床应用先进单位和个人。来自主管部门、军工、能源和机床工具行业的代表200余人出席了会议。

原国家发展和改革委员会副主任、能源局局长张国宝，国家发展和改革委员会经济与国防协调发展司王树年司长、吴一亮处长，工业和信息化部装备工业司王卫明副司长，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宋宝丽副司长，中国机床工具工业协会陈惠仁常务副理事长兼秘书长、于成廷名誉理事长，中国和平利用军工技术协会李东海理事长、张力秘书长等领导出席会议并在主席台就座。王树年司长主持

了会议。

张国宝、王卫明、宋宝丽、吴一亮、王书强分别做了讲话。几位领导的讲话都充分肯定了长效合作机制在过去10年里取得的成绩，并指出了不足，明确了今后的工作重点。作为长效合作机制的倡导者，张国宝动情地回忆起大型装备国产化的艰辛以及在国民经济建设中发挥的巨大作用，并提出关键装备国产化要依托重大工程和项目，国产数控机床要抓住机会。

陈惠仁指出，长效合作机制的10年也是我国数控机床快速发展的10年，长效合制机制对供需双方的快速发展和技术创新发挥了积极作用，是推动装备制造业转型升级的有效形式之一。国产数控机床三轴及三轴以下产品已基本满足用户需求，市场占有率稳步上升，部分五轴联动功能的高档机床也已进入军工能源行业，在关键工艺中实现从无到有、由少到多的发展。目前航空航天技术高速发展，能源行业转型升级，长效合作机制面临新形势、新变化和新要求，机床协会将站在长效合作机制的新起点上，在四部委的领导下，工作上更加创新和务实，活动上更加充分体现针对性和实效性，积极推动数控机床应用的国产化。

会议表彰了国产数控机床应用的先进个人和单



CCMT2014技术交流活动内容精彩纷呈

中国机床工具工业协会

技术交流作为展会的重要配套活动，历来受到广大观众和展商的欢迎和重视。在主办单位和主讲单位的高度重视和共同努力下，本届展会的技术交流活动取得了良好效果。共有来自境内外企业、院所、协会的20多家主讲单位，举办了30多场的技术研讨会、产品推介会、技术讲座。

从听众登记表和收取到的名片看，听众大部分是企业中负责设计、工艺等方面的负责人和工程技术人员。场均听众人数均高于上届，其中发那科、西门子、海德汉、雷尼绍、山善、美国数控软件、特种加工机床分会、上海交大等单位的讲座听众更是爆满。

从讲座内容和听众人数上不难发现，目前一些作为热点的新产品和新技术备受关注，听众人数远远超过了主讲单位的预测。如雷尼绍举办的激光金属3D打印应用讲座，原本容纳64人的会议室，听众达150人次；特种加工机床分会举办的激光加工及增材制造（3D打印）技术交流会，听众达140人次；海德汉举办的海德汉最新数控及测量产品介绍及应用

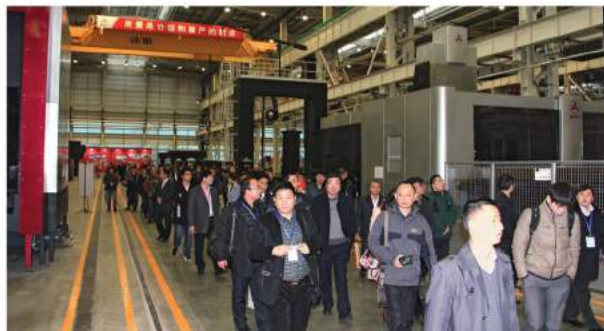


讲座，听众达150人次。

另外值得一提的是，参加本届技术交流讲座的数控系统企业共有7家，举办了8场讲座，远超往届。发那科、西门子、海德汉、华中数控、沈阳机床、沈阳高精、大连光洋等国内外知名企业都举办讲座宣传自己的最新产品。例如，华中数控推出云数控整体解决方案，发那科、西门子、海德汉也都推出自己的最新数控产品，这从一个侧面也反映出当前数控系统市场空前激烈的竞争态势。□

位，充分体现了对供需双方合作成果的肯定，同时鼓励和促进国产数控机床企业为军工和能源领域提供更好的服务。

王树年司长最后做总结发言，并对长效合作机制提出三点要求：一是要以战略全局的高度来推动重大装备的国产化，二要必须以更大的责任担当来



推动数控机床的协同创新，三是必须以深化改革来完善长效合作机制。

下午，代表们参观了上海三一精机有限公司。三一集团创始人之一的毛中吾先生接待了参观团。代表们参观了先进的机床装配车间和挖机装配生产流水线。

10年来，在长效合作机制的总体框架下开展的多种形式的国产化推动工作与活动，有效地促进了军工、能源与机床企业的交流和深入了解，逐步摆脱了关键、高端制造装备完全受制于人的被动局面，促进了军工、能源和机床等行业的和谐发展。相信在未来的装备制造领域，在促进数控机床应用国产化方面，长效合作机制必将作出越来越大的贡献！□

“机床工具行业海外并购企业座谈会” 为跨国经营指点迷津

中国机床工具工业协会

2月26日下午,“机床工具行业海外并购企业座谈会”在上海新国际博览中心如期举行。商务部对外投资与合作司陈林司长、曹亚伟副处长,产业损害调查局周华处长、机电和科技产业司出口处刘熠,原英国机床协会中国首席代表李虎城先生、美国GARDNER商业媒体集团市场预测与分析总监Steve Kline先生、德国法兰克福莱茵美茵经济区促进局中国代表Bertram Roth先生、EAC国际咨询公司邓俊先生等专家,中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明、名誉理事长于成廷,北京北一机床股份有限公司等20余家机床企业代表出席会议。

会议由王黎明执行副理事长主持,会议主题为“如何通过并购企业开拓海外市场”,各位演讲嘉宾围绕海外市场开拓、投资战略和策略,从政策、法律法规以及实战经历的多个角度提供了非常有价值的信息。

陈林司长就中国对外投资合作的现状、政策走势进行了介绍;其他专家从不同角度介绍海外经营战略和策略,展望国际机床市场前景。Steve Kline先生着重分析了全球机床市场消费;影响市场走势的主要因素;并预测2014年北美机床市场将以5.9%的速度反弹至58亿美元。此外,他还提供并分析了



美国不同用户领域的机床消费数据;以及中国企业如何通过美国经销商开拓市场的渠道。李虎城先生从不同视角对若干机床行业技术引进以及资产并购案例进行分析,提示中国企业:国际并购——机会和风险并存。Bertram Roth先生介绍了法兰克福莱茵美茵地区的工业基础以及投资环境,以及该机构能为投资者提供的服务领域。邓俊先生系统地分析了中国企业海外并购的驱动力和挑战;梳理了中国企业在德国成功和失败的并购案例,总结中外双方在并购时不同的关注点;提出帮助企业制定和实施业务发展战略、优化全球价值链的方案。

本次会议议程紧凑、内容丰富且具有权威性,对于国内企业实施海外并购及跨国经营、成长为国际化公司,具有很强的指导意义和参考价值。□

(上接第34页)

新变化，即：高档化、细分化、自动化、信息化。

围绕着四个变化，陈吉红在发言中谈了华中数控的一些想法和做法。他说：“围绕着高档化，04专项给了华中数控大的支持，目标就是瞄准国外先进的数控系统。2009年公司和主机厂一起启动一些项目，在这个过程中虽然出现一些问题，但我们最大的收获是我们进步了，比如说在航天领域，很多部件是我们国产的，这让我们

对未来更有信心。针对细分化，围绕着用户的需求，我们的主机厂、数控系统厂和用户如果能够结合成产学研团队，形成一个完整的工艺链，我们机床行业就会更加有希望。对于自动化，华中数控和重庆合作成立机器人公司，将机器人作为我们拓展的方向。在信息化方面，华中数控发布了云技术的概念。云系统有它的一些特殊内涵，把网络化、大数据技术放到数控系统，其目的就是让我们的最终用户能够提高加工效率、加工质量。” □



中国机床工具工业协会

2014年2月24日14时, 2013年度中国机床工具工业协会先进会员(十佳)暨CCMT2014春燕奖颁奖仪式在上海新国际博览中心3号入口厅隆重举行。中国机床工具工业协会执行副理事长毛予锋主持颁奖仪式并公布获奖名单。较之以往, 这些奖项的评判标准有了一些新的变化。

“十佳”评比突出产品应用效果

自2012年开始, 中国机床工具协会对行业“十佳”奖项设置和评定标准做了较大幅度的调整, 新评定办法突出强调产品的市场应用效果。按照新的“十佳”评定办法, 在2013年度中国机床工具工业协会先进会员(十佳)评选过程中, 协会组织相关人员, 在初审入围的申报企业所提供的161家用户企业中抽选出58家, 采取逐一现场核实的办法, 并深入设备应用现场, 与设备维护和操作人员见面。以用户对申报产品的质量稳定性、可靠性和技术创新的实际应用的满意度为主要依据, 确保了评比结果具有较强的公信力。2013年度共

有20家企业获得了先进会员(十佳)荣誉称号。

“春燕奖”评选坚持四个优先

开展CCMT春燕奖评比活动是为了开拓行业新产品市场, 鼓励企业促进行业技术创新, 不断提高展会参展产品水平, 为国产数控机床工具产品搭建了一个精品、名品、新品展示的平台。多年来, 该活动一直受到广大会员企业的高度重视。

CCMT2014春燕奖评选共有55家企业申报了92项展品参加评选。为提升参加春燕奖评比展品品质, 鼓励企业不断创新, 本次春燕奖评选坚持四个优先条件: ①获国家、省市奖的展品优先; ②当今市场主导的能代替进口的展品优先; ③专、精、特的展品优先; ④第一次出现的首创展品优先。

由中科院徐性初院士担当主任的12人评审专家组, 通过企业申报、专家评审、展品核对和专家复议等评审程序, 最终37家企业的41项展品获得CCMT2014春燕奖称号。

2013年度中国机床工具工业协会先进会员（十佳）名单

自主创新十佳

获奖企业	获奖产品型号、名称
重庆机床（集团）有限责任公司	YS3126CNC7 数控高速干切滚齿机
湖北三环锻压设备有限公司	PPEB-H3000/140 全闭环高精度伺服折弯机
齐齐哈尔二机床（集团）有限责任公司	XKL2427/L50 大型高速龙门铝锭复合加工自动生产线
陕西汉江机床有限公司	SK7032 数控螺杆转子磨床
陕西秦川机械发展股份有限公司	YK7230 数控蜗杆砂轮磨齿机
上海机床厂有限公司	H234 数控端面外圆磨床
沈阳机床（集团）有限责任公司	HTC3250 μ m 精密车削中心
四川长征机床集团有限公司	GMC2500H/2 五坐标横梁移动龙门加工中心
天水星火机床有限公司	CKW61100 超长型数控芯棒车床
武汉重型机床集团有限公司	DL250 超重型数控卧式镗车床

注：以企业名称汉语拼音首字母排序

产品质量十佳

获奖企业	获奖产品型号、名称
成都普瑞斯数控机床有限公司	PL700A 立式加工中心
广州数控设备有限公司	GSK218MC 加工中心数控系统
南京工艺装备制造有限公司	GGB45 精密滚动导轨副
山东普利森集团有限公司	T2120G 深孔钻镗床
深圳大族激光科技股份有限公司	G3015F 光纤激光切割机
沈机集团昆明机床股份有限公司	TK6920 数控落地铣镗床
宜昌长机科技有限责任公司	YK5150D 数控插齿机
宇环数控机床股份有限公司	YH2M8192 立式单面研磨（抛光）机
浙江海德曼机床制造有限公司	HCL300 数控车床
中南钻石股份有限公司	高品级金刚石聚晶复合片

注：以企业名称汉语拼音首字母排序

CCMT2014春燕奖获奖名单

序号	获奖企业	获奖展品型号、名称
1	北京北一机床股份有限公司	UGL15D-CN数控不落轮车床
2	北京第二机床厂有限公司	汽车发动机曲轴高效精密加工成套装备
3	重庆机床(集团)有限责任公司	YE3120CNC7 高速干切自动滚齿机
4	大连机床集团有限责任公司	DXZD-0002M 桁架机器人柔性制造单元
5	大连科德数控有限公司	VGW800-MT 五轴立式铣车复合加工中心
6	广州数控设备有限公司	25i 加工中心数控系统
7	汉川数控机床股份公司	HBMC1540F5 桥式五轴联动加工中心
8	济南第一机床有限公司	MAL700MC 数控多轴车铣复合中心
9	济南二机床集团有限公司	APM2040 翻板卧式加工中心
10	济南铸造锻压机械研究所有限公司	SPE21250 数控伺服转塔冲床
11	江苏扬力集团有限公司	YHB1032 电液伺服泵数控折弯机
12	江西杰克机床有限公司	JKM8340A-1000超高速CBN凸凹复合面随动数控磨床
13	南京埃斯顿自动化股份有限公司	EMT/EHD系列低速大扭矩直驱交流伺服系统
14	南京二机齿轮机床有限公司	Y7232CNC 数控蜗杆砂轮磨齿机
15	南京工艺装备制造有限公司	DKFb6340 中空强冷型高速精密滚珠丝杠副
16	宁波海天精工机械有限公司	HTM-V200L 数控立式车铣中心
17	宁夏巨能机器人系统有限公司	GS型门式工业机器人
18	青海华鼎重型机床有限公司	CHG61250×6/40 高精度卧式车铣复合车床
19	青海一机数控机床有限责任公司	HMC100S 高速卧式加工中心
20	山东博特精工股份有限公司	JSA-LZG35、KL2F11×4000滚柱直线导轨副
21	山东鲁南机床有限公司	TS40 车铣复合柔性制造单元项目
22	山东威达重工股份有限公司	XK2130S 数控龙门镗铣床
23	陕西汉江机床有限公司	SK7720B 数控蜗杆磨床
24	陕西秦川机床工具集团有限公司	YK7230A 数控蜗杆砂轮磨齿机
25	上海机床厂有限公司	SK7420×2000 数控丝杠磨床
26	上海三一精机有限公司	MBF1340 数控落地铣镗床
27	沈机集团昆明机床股份有限公司	KHC63/2 卧式加工中心
28	沈阳机床(集团)有限责任公司	CY-CTC4050 高刚度数控车床
29	沈阳机床(集团)有限责任公司	i5T5 卧式数控车床
30	四川普什宁江机床有限公司	FMS50 柔性制造系统
31	四川普什宁江机床有限公司	YK3610IV 数控卧式滚齿机
32	天水锻压机床(集团)有限公司	WS67K-100/3200 伺服泵控数控折弯机
33	武汉华中数控股份有限公司	HNC-818 华中818高档数控装置
34	宜昌长机科技有限责任公司	YK85200 数控齿条铣齿机
35	宇环数控机床股份有限公司	YHZD001 智能化双平面加工成套设备
36	浙江日发精密机械股份有限公司	RFCM80 车铣复合加工机床

聚焦部分 CCMT2014 “春燕奖” 展品

UGL15D—CNC 数控不落轮车床

北京北一机床股份有限公司

该产品自动化程度很高,工作人员只需把机车开到相应的位置,整套的提升、对中、驱动、测量、加工循环都由数控系统控制自动完成。研发过程中,科研人员在掌握了世界先进的不落轮镟修技术的背景下,摒弃了现有市场上此类产品不成熟或者落后的技术,使机床的可靠性得到了很好的保证。在生产制造环节,依托北京北一机床股份有限公司强大的生产能力和高水平的专业技术人员,形成了一系列先进的生产工艺路线,严格的检验检测标准,有效保证每个零部件高质量和高精度要求。在产品装配调试阶段,严格按照相关的标准要求,经过反复试车,确保每个功能部件和整个机床达到一个最优状态,保证机床的高稳定性和高可靠性,从而满足铁路行业对机车车轮对镟修的高标准要求。在国内铁路行业有着巨大的市场需求,市场前景良好。



FMS50 柔性制造系统

四川普什宁江机床有限公司

本产品是由1台或多台工作台宽度为500mm的精密卧式加工中心、1台RGV自动输送小车、8工位的双层托板库和1个配机器人的上下料工位组成,其中的精密卧式加工中心在2009年专项课

题的研究成果基础上,对托盘交换、刀库、液压管路进行了进一步的可靠性优化,配套的主轴和转台由普什宁江自制。本产品是基于重大专项产品THM6350为主机集成的柔性制造系统,它包括多个柔性制造单元,能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整,适用于多品种、变批量箱体类零件的加工,改变了以前加工此类零件困难的局面,大大地缩短产品生产周期,降低产品成本,并提高了零件的加工精度,提高了设备利用率,一人一班实现连续运转,加工工效有了显著的提高。该柔性制造系统的研制成功将为我国开辟柔性制造系统的服务领域,替代国外进口起到积极的促进作用。

YK7230A 数控蜗杆砂轮磨齿机

陕西秦川机床工具集团有限公司

YK7230A 高效、数控蜗杆砂轮磨齿机是一种全新结构的高精度齿轮磨床。该机床的核心是通过全新的结构布局,先进的传动技术和驱动技术,配以完善的自动对刀技术、自动上下料技术、高速磨削技术,使该机床的整机性能提升到一个新的水平,大幅度提高机床的磨削效率。

机床采用立式布局,简化了机床结构,提高了稳定性,降低了成本;砂轮主轴采用电主轴结构;工件主轴采用最新的直接驱动技术(Direct Drive);冷却喷嘴设计有位置自动调节装置;采用



自动对刀装置，自动上下料装置；机床控制采用西门子 840D 数控系统，自行研发控制软件。该机床的设计结构和诸多特点，保证了机床刚性高、稳定性高和工作效率高。该产品属自主开发、自主集成，技术达到了国际当代先进水平，价格为国外同类规格机床的三分之一到二分之一，优势明显，在国内外市场有较强的竞争力和生命力。



汽车发动机曲轴高效精密加工 成套装备

北京第二机床厂有限公司

该产品所采用的曲轴精加工工艺布局，可以有效地提高整个生产线的生产效率，满足汽车发动机曲轴高节拍、高效率的制造要求，提高生产线精加工的工艺能力和柔性，适合多品种、大批量的国内加工现状。基于此布局的汽车曲轴精加工生产线，具有高精度、高效率的加工特征，整体技术达到了国外同类产品的先进水平，填补了国内空白。



本产品研究的以“数控切点跟踪精密高效磨削”技术为核心的数控切点跟踪曲轴磨床，采用跟随摆动式磨削方式，其不同于传统常规曲轴连杆颈的磨削工艺，曲轴始终是以主轴颈的轴心线进行定心装夹，通过专用的磨削软件完成数学模型的建立和加工程序的生成，具有良好柔性特点和高精、高效的特征，能够实现曲轴在一次装夹

中完成主轴颈和连杆颈的高效、精密磨削。

DXZD—0002M 桁架机器人柔性 制造单元

大连机床集团有限责任公司

公司根据市场的需要，针对新兴产业小型铝制品零件特点（电脑硬盘体、手机壳体等消费电子类），设计制造出以小型加工中心和工业机器人组成的 DXZD—0002M 柔性制造单元，可实现毛坯上料、装夹、加工成品下线，全部实现自动化。该制造单元采用了刀具快速联动交换技术，并设计一种起动缓冲的同动型导轨防护结构，具有高效率、高可靠性、高速特点。开发产品既可作为单机产品应用于汽车零部件加工，也可用于组成高效、智能化生产线，以完成关键零件的大批量生产，能够满足国内汽车行业的需求，具有广阔的市场前景。

APM2040 翻板卧式加工中心

济南二机床集团有限公司

APM2040 翻板卧式加工中心是济南二机床集团有限公司根据国家数控专项的要求，同时结合市场需求而研制开发的高速、高效加工中心（重大专项编号：2013ZX0401011）。

翻板卧式加工中心属于国内航空制造企业急需的专用高效设备，国际上主要的生产企业有法国 Forest-Linè、美国 Ingersoll、德国 DST、日本 SNK 等。由于国外优势机床企业的垄断，导致此类机床的价格昂贵、售后服务繁琐困难、备件供应风险大，难以保证我国航空型号产品的正常生产。

该加工中心是国内首台此类设备，填补了国



内空白,形成自主知识产权的技术成果,为大型航空结构件提供整体解决方案。该机床主要应用于航空领域大型铝合金结构件的高速、高效加工。配备双摆角数控万能铣头可以实现零件复杂型面的精加工。



VGW800—MT 五轴立式铣车复合加工中心

大连科德数控有限公司

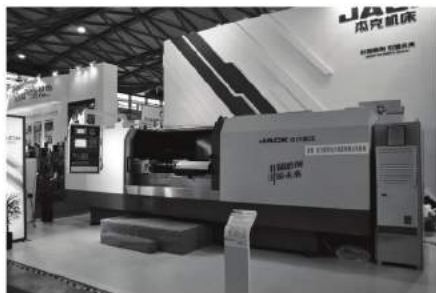
该机床具有更大的作业空间,更小的干涉,更强的切削刚度,更高的速度和精度。由于采用主轴移动模式,并且具备高达 60m/min、1g 加速度的性能指标,相比传统机型具有更高的材料去除率(约提高 83%)。VGW800—MT 的结构采用改良的龙门框架设计,床身采用矿物铸石材料,其阻尼系数是铸铁的 6~10 倍,线膨胀系数是铸铁的 1/20,用矿物铸石材料浇筑的高刚性龙门结构床身有着极佳的抑振性和抗热变形能力。Y 轴采用四导轨支撑和位于中心的主驱动,刀具在三个直线轴上,工件在两个回转轴上,具有最优的主轴支撑。数控回转摆动工作台实现双壁支撑和双驱动,A 轴摆动角度为 $\pm 130^\circ$,C 轴连续 360° 旋转。环形刀库与机床床身融为一体,结构简单,可靠性高。本机床适用于通用机械加工、模具制造、汽车、航空航天、船舶、石油化工、通讯、半导体及医疗器械等行业。



JKM8340A—1000 超高速 CBN 凸凹复合面随动数控磨床

江西杰克机床有限公司

该磨床主要适用于磨削各种异形复合面及凹面凸轮轴的高档数控机床,是满足国际欧 IV、欧 V 排放标准发动机所配用凹面凸轮轴的理想精加工设备;还可适用于纺织行业中盘形内、外凸轮的精密磨削。该机床采用现代计算机数字控制技术、多磨头技术、流体力学静动压技术、CBN 砂轮高速磨削技术、随动磨削技术、CBN 砂轮精密修整技术等多项高新技术,解决了高精度凸凹复合面随动数控凸轮轴磨床零件在一次装夹中完成全部精密加工,使零件达到图纸技术要求,这样使零件的制造精度大大提高,生产效率也大幅度提高。



超高速 CBN 凸凹复合面随动数控磨床的凸轮轴零件随着我国机械制造业的迅速发展,愈来愈多,在航空、航天、造船、汽车、民用机械等领域不少零件都是异形复合面。因此解决这类零件的精密加工具有普遍的意义。

JSA—LZG35KL2F11 x 4000 滚柱直线导轨副

山东博特精工股份有限公司

该产品在设计中,采用三维建模软件 UG 和有限元软件 MSC. MARC 软件,建立滚柱导轨副的三维模型,对滚柱导轨副的工作状态进行动力学仿真分析。通过计算机仿真得出法向截面接触角、滚柱在反向槽中的自旋速度及冲击情况等,更加准确地反映出滚柱导轨副的变形情况对动力学性能的影响。

通过对滑块反向器的结构优化设计,使得滚柱

聚焦部分“十佳”产品

一、自主创新十佳

YK7230 数控蜗杆砂轮磨齿机

陕西秦川机械发展股份有限公司

陕西秦川机械发展股份有限公司自主研发的高效数控蜗杆砂轮磨齿机 YK7230 是一款全新结构的高效高精度齿轮磨床,具有 11 轴五联动功能,在汽车、工程机械、减速机等行业有广泛的需求。该机床拥有的先进的传动技术、驱动技术、自动对刀技术、自动上下料技术、高速磨削技术等,使其整机性能大大提升。

该机床利用线速度达 63m/s 的多头蜗杆砂轮和连续位移磨削功能,可实现工件大进给量快速磨削;利用 SIEMENS 840D 控制系统提供的多通道控制平台,柔性控制十一个数控轴,即可实现从工件自动装夹、自动对刀、自动磨削到自动修整砂轮整个加工过程的全自动控制,做到真正意义上的无人操作。机床具有手动磨削方式、手动装夹自动磨削方式和全自动磨削方式选择。该机床加工外径 $\phi 20 \sim \phi 300\text{mm}$; 工件齿数 5 ~ 600; 工件模

数和 1 ~ 6mm; 最大齿宽 300mm; 最大螺旋角 $\pm 45^\circ$ 。



H234 数控端面外圆磨床

上海机床厂有限公司

机床床身采用低合金高强度孕育铸铁整体铸造成型,所以机床在耐磨性、抗振性方面性能良好。机床导轨采用引进美国兰迪斯公司技术的液压卸荷式滑动导轨,使工作台移动平稳且无爬行现象。机床的主要零部件选用了国际知名品牌。该机床有多种对刀、测量布置形式能满足各种零件加工。由于该机床具有上述优点,使该机床具有精度高、稳定性好的特点。机床的定位精度达 0.003mm,重复定位精度达 0.002mm,磨削圆度 $\leq 0.001\text{mm}$,圆柱度 $\leq 0.002\text{mm}$,磨削 IT5 级的工

件材料性能为变量,采用优化数值算法进行优化,改进滚柱导轨副的结构设计。

通过优化返回通道结构,使滑块在满足承载要求的前提下,结构更加紧凑,返回更加流畅。采用滚动体保持链,它不但隔离了滚动体之间的摩擦、碰撞和推挤,而且使滚动体处于油膜接触状态,从而降低了高速运动时的噪声,使运动更平稳。

以滚柱的接触特性、赫兹压力、整体质量为优化目标,以滚柱直径、滑块返回器等几何参数、



该产品的开发完成,可基本满足我国高档数控机床的基本需求,满足各类高档加工中心机床的功能部件国产化需要。□

件 CPK 值达 1.33 以上。



二、产品质量十佳

GSK218MC 加工中心数控系统

广州数控设备有限公司

GSK 218MC 加工中心数控系统配置为四轴四联动, 显示界面采用 8.4 寸彩色 LCD, 内置 PLC, 具有高速高精模块, 双通道功能及以太网功能, 可实现全闭环控制。驱动电机采用了我公司功率模块为三菱智能 IPM、拥有最新 DSP 信号处理器、大规模可编程门阵 CPLD 的 DA98A 全数字式伺服驱动单元及额定转速为 2500r/min、扭矩为 6N·m、2500 线增量式编码器的 SJT 系列交流伺服电机, 适用于铣床、雕铣机、加工中心、磨床、滚齿机及其他自动化领域机械的数控化应用。SK218MC 是 GSK218M 的升级产品, 支持四轴四联动, 采用高速样条插补算法, 控制精度和动态性能得到大幅提升; 安装结构分为横式和竖式两种, 分别采用 8.4/10.4 寸彩色 LCD; 人机界面更加友好美观, 操作更加简单易用。



GGB45 精密滚动导轨副

南京工艺装备制造有限公司

GGB 是南京工艺装备制造有限公司最早开发

研制的第一代滚动直线导轨副, 也是应用最为广泛的一种类型。由于 45°接触角的等分设计, 使其具有垂直向上、向下和左右水平四方向额定载荷相等, 且额定载荷大, 刚性好, 刚度高, 三个方向抗颠覆力矩能力强。该规格的产品又叫四方向等载荷型滚动导轨副。GGB 系列可分为非互换性和互换性型两类。两者的所有规格、尺寸参数、承载等都相同。最大的区别就是在不是特别高的精度要求下可以很方便地实现导轨与滑块的互换安装, 大大节省了滚动直线导轨副的储备和维修周期。GGB 四方向等载荷滚动直线导轨副可应用于机械加工中心、NC 车床、搬运装置、电火花加工机、木工机械、激光加工机械、精密测试仪器、包装机械、食品机械、医疗器械、工具磨床、平面磨床等领域。



G3015F 光纤激光切割机

深圳大族激光科技股份有限公司

G3015F 光纤激光切割机是大族激光一款成熟产品。该系列产品具备强大的切割能力、切割速度高、低运行成本、优异的稳定性、高质量的加工以及强大的适应能力等。其运行成本低, 光路免维护, 是第三代激光切割机。可以快速切割规格为 3 × 1.5m 以下的板材, X、Y、Z 单轴运动速度可达 140m/min, 联动速度可达 180m/min。数控系统是 PA8000, 0.5mm 不锈钢可达 70m/min, 1mm 不锈钢可达 38m/min。



CCMT2014 国产五轴联动加工中心 展品评述

北京机电院机床有限公司 杨转玲

2014年2月24日,为期5天的第八届中国数控机床展览会CCMT2014于在上海隆重开幕。“新变化·新未来”这一展会主题,准确、鲜明地反映了机床工具产业发展和产业市场的时代特征。本届展会展出了1200余台套展品,各种机床配套及工具量仪展品有数万件,并有众多新品首次亮相。

五轴联动数控机床是一种科技含量高、精密度高、专门用于加工复杂曲面的机床,对一个国家的航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业有着举足轻重的影响力。在本届展会上,共展出了五轴加工中心30余台套,主要是国内大陆和台湾参展商,也有部分境外厂商。此次展会展出的五轴联动加工中心有立式、卧式、龙门式、主轴摆动、工作台摆动及回转等多种结构形式;按机床规格可分为中小型五轴加工中心和龙门式五轴加工中心。

一、中小型五轴加工中心

1. 通用型五轴加工中心

此类机床不管采用那种结构形式,主要用于各种叶轮和中小型模具、特型箱体等形状复杂的零件的高效五轴加工。

(1) 北京机电院机床公司展出的新品XKR40(见图1)。整机采用桥式龙门框架结构;采用同步双驱动,运行平稳,动力足,具有刚性高、变形小、精度高等特点;双摆转台液压轴向锁紧扭矩大,定位精度高,稳定性好;机械式配重平衡倾覆力矩,经济性好,经过精确计算,平衡效果很好;A、C轴采用双导程蜗轮蜗杆,用蜗杆轴向移动来

调整啮合侧隙,调整准确,方便可靠,精度高;气动系统、润滑系统采用集成设计,所有元件分别集中在两块集成板上,便于安装、调试、检修。大罩采取双层设计,内层为防水层,外层大罩整体设计,美观紧凑,充分考虑安全性和维修性。机床主参数为:转台 $\phi 400\text{mm}$,三轴行程500/500/400mm,A轴: $-100^{\circ}\sim 10^{\circ}$,C轴: 360° ,主轴转速10000r/min,刀柄BT40。该机床核心部件A、C摆动轴全部自主研发设计,并采用了广数GSK25i五轴数控系统,整机成本相对降低。



图 1

(2) 大连科德展出的VGW400和VGW800系列(见图2),U型和MT型区别在于C轴选配的力矩电机,U型是低速力矩电机,属五轴加工中心;MT型是高速力矩电机,属车铣复合五轴加工中心。这两种系列机床结构类似,为改良的龙门框架结构,大理石床身,双驱和重心驱动。机床反馈采取的是其专利产品激光干涉尺,该技术将长度反馈系统提升至激光波长基准,自带环境温度气压补偿,可以控制精度达到激光干涉仪精度水准,满足用户超高精度要求。该公司机床从数控系统、伺服电机、力矩电机到大理石床身、反馈系

统均为自主研发制造,成本较进口要降低很多。据悉该类高档机床已出口到欧洲。



图 2

(3) 大连三垒 SL5VW80A 高速五轴加工中心 (见图 3、图 4), 结构也采取桥式。 X 、 Y 、 Z 轴采用伺服电机通过同步带驱动滚珠丝杠驱动, 其 Z 轴滑枕不同于以往的两条导轨, 而是采用圆滑枕结构及四条直线导轨布局, 有效避免了偏载力矩和变形, 保证了机床的高精度。该机床主参数: 转台 $\phi 800\text{mm}$, 三轴行程 $800/800/600\text{mm}$, A 轴: $\pm 125^\circ$, C 轴: 360° , 主轴转速 12000r/min , 刀柄 SK40, 三轴快移速度 $60/60/48\text{m/min}$, 定位精度 0.007mm 。转台是德国外购。据悉, 该公司也正在自主研发双摆转台。

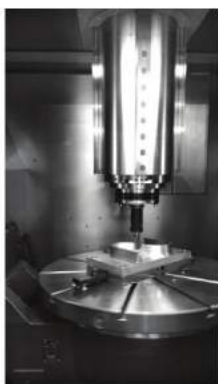


图 3



图 4

(4) 大连三垒 SHW100 立卧转换五轴加工中心 (见图 5)。该机床床身倒 T 型结构, 布局紧凑, X 向三导轨横向布置, C 轴转台前后移动为 Y 轴, 配备了 B 轴铣头, 德国进口 C 轴连续驱动转台。 C 轴采用 OTT 蜗轮蜗杆传动副, 双蜗杆结构既保证了较高的分度精度, 还可以在长时间使用磨损后快速调整恢复精度。 B 轴铣头采用双行星齿轮减速机构, 除可以实现反向消除功能, 还可以实现联动状态下的大扭矩切削。该机床主参数: 转台 $\phi 1100\text{mm}$, 三轴行程均为 1000mm , B 轴: $-10^\circ \sim$

180° , C 轴: 360° , 主轴转速 10000r/min , 可选配 24000r/min , 刀柄 SK50, 三轴快移速度 $60/60/60\text{m/min}$, 定位精度 0.007mm 。此类机床目前大多进口, 国内市场有很大需求, 如果能做好, 必有很大市场前景。



图 5

(5) 上海拓璞 VMC-C30H (见图 6)。机床整体布局是床身一体式铸造结构, 前部为 AC 双摆角数控转台, X 轴运动的滑板安装在后部底座上, Y 轴运动的滑座安装在 X 轴运动的滑板上, Z 向运动的主轴箱安装在 Y 轴运动的滑座上。该机床主参数: 转台 $\phi 210\text{mm}$, 三轴行程 $500/370/450\text{mm}$, A 轴: $\pm 125^\circ$, C 轴: 360° , 主轴转速 20000r/min , 刀柄 HSKA63。该机床双摆转台自主研发制造, C 轴采用日本高速滚动蜗轮蜗杆, 最高转速达到 60r/min 。系统采用广数 GSK25i 五轴数控系统。该机床提供从毛坯设计、装夹定位、加工工艺及质量控制的整套高效精密工艺及解决方案。



图 6

(6) 沈阳机床的 i5M8 (见图 7), 整机采用桥式龙门框架结构。机床主参数为: 转台 $\phi 400\text{mm}$, 三轴行程 $600/560/450\text{mm}$, 主轴转速 8000r/min , 刀柄 BT40。机床采用了自主研发的 i5 五轴数控系统。

2. 叶片五轴加工中心

(1) 北京机电院机床公司展出的 XKH400A (见图 8)。该机床针对航发叶片比较薄、自身刚性



图 7

差等特点，进行了优化设计。刀具摆动轴采用优化“刀心距”的布局，*B*轴采用克服偏摆力矩影响的自动平衡机构，*A*轴和*B*轴均采用力矩电机直接驱动技术；采用全新型的尾架机构，由*U*轴伺服电机控制尾架的位置，设有锁紧装置。该机床性能可满足用户需要，价格低于进口设备，已在航空企业得到批量应用。



图 8

(2) 四川长征的 LV900 (见图 9)，该机床采用动柱式结构，*B*轴增加了圆弧导轨，使*B*轴强度增加。机床主参数为：三轴行程 1250/400/450mm，*A*轴：360°，*B*轴：±40°，主轴转速 15000r/min。该机床主要适用于各种大中型叶片的加工。



图 9

本次机床展叶片类五轴加工中心展出较少，此类机床属专用机床类，对加工工艺和软件后处理等要求比较高。

二、龙门五轴加工中心

(1) 汉川桥式龙门高速五轴加工中心 HB-MC1540F5 (见图 10)，整体结构采用桥式龙门框架结构，三个直线轴布置在上方，*X*轴采用齿轮齿条驱动，并有专门消隙结构，*Y*、*Z*轴滚珠丝杠驱

动。工作台固定，刀库放置于工作台后侧，并带有防护。配自制的 AC 双摆头，AC 两轴采用伺服电机驱动，定位精度达到 6"。该机床直线导轨自带一体式磁栅行程测量系统，该系统在为机床提供导向和行程测量的同时，又使机床结构更加紧凑，无需其他测量系统，也节省了设计和生产及维修成本。机床的精度和过程可靠性因此得到提高。该机床主参数为：三轴行程 4200/1600/750mm，*A*轴摆角 -110°~95°，*C*轴摆角 ±200°，主轴功率 42kW，主轴转速 24000r/min，刀柄 HSKA63。该机床各项参数指标达到国内先进水平，适用于飞机结构件等高去除率零件的加工，已实现国内销售，被评为本届展会春燕奖。



图 10

(2) 浙江日发的蜂窝零件高速五轴加工中心 RFMP2060GM—5X (见图 11)。该机床结构与汉川的 HBMC1540F5 类似，采用德国 AC 双摆头。该机床主参数为：三轴行程 6200/2450/1000mm，*A*轴摆角 ±105°，*C*轴摆角 360°，主轴功率 37kW，主轴转速 20000r/min，XYZ 快移速度 30m/min，AC 轴快移速度 100r/min，刀柄 HSKA63。该机床是日发与浙江大学联合设计，采用了基于磁场和摩擦吸附原理的蜂窝零件固持方法，大大降低了加工成本，为蜂窝材料绿色环保、低成本、高效率、高质量加工提供了完美的解决方案。



图 11

(下转第 59 页)

从 CCMT2014 看柔性制造单元及自动生产线的发展方向

桂林机床股份有限公司 陈学东

中国第八届中国数控机床展览会 (CCMT2014) 于 2 月 24 日 ~ 28 日在上海盛大召开。在当前世界经济持续低迷、国内经济正处于结构调整和转变时期, 整体机床行业经营不太景气的大环境下, 国内外各机床及配套产品生产企业在此齐聚, 展示各自产品。这些产品是企业通过对用户和市场的了解和分析而推出的, 不仅是先进制造技术在机床工具行业的应用成果的展览, 更是对本企业的风采、信心和实力的突出展示。这里即有同行的竞争, 也有关联企业的携手共进, 正是这些竞争和合作, 促进了我国机床工具行业的发展。

当前, 国内需求结构快速变化, 不断升级。人们对美好生活的追求, 提高了对产品功能、品质和环保方面的要求。科技的发展, 改变了人们的观念。这些要求和改变, 对机械装备提出了多样性的要求。而随着数字控制技术和机械制造技术的结合, 形成的先进制造技术已经达到很高的水平。这就给柔性制造系统及柔性自动生产线提供了更广阔的发展和应用空间。我国自 20 世纪 80 年代柔性制造单元开始进入实际生产以来, 以其高效率的运行, 被广泛用于大批量生产的机电、军工等行业, 特别是汽车制造业。

一、柔性制造系统及柔性自动生产线的需求应用

柔性制造系统是由一台或多台配有一定容量的工件自动更换装置的加工中心组成。其包括机床、总控系统、运输小车、交换托盘库及配套辅助机构, 机床主机只是系统中的一个单元。工件自

动更换装置的运行能力决定其成败。柔性自动生产线则采用工业机器人进行工件自动运输、更换。其加工主机由工件工艺类型进行组合。

这几年虽然整体经济形势不乐观, 机床需求较以往有所减少, 但是我国在交通运输、消费类产品、数码电子等领域依然在稳步增长, 促长了对柔性制造系统及柔性自动生产线的需求, 各类机床企业仍看好中国市场。汽车制造行业一直是柔性制造系统及柔性自动生产线使用的重要领域, 目前的需求依然强劲; 而随着人们对消费类产品和数码电子产品需求的多样性, 产品更新速度加快也增强了对柔性制造系统及柔性自动生产线需求。

随着劳动力成本的不断提高, 柔性制造系统及柔性自动生产线在高效性、节省人力和质量稳定等方面的优势就凸显出来, 在本届展会上就有多套不同档次的自动生产线参展, 使用户可以根据自己的需求选择不同的组合。这正是本次展会在柔性制造系统及柔性自动生产线方面的一大特点。

二、柔性制造单元展品

在本届展会上展出的柔性制造单元有两套。

1. 杭州友佳精密机械有限公司展出的 FMH—500 卧式加工中心自动化单元 (见图 1)

该单元由一台 FMH—500 卧式加工中心配一套 6 工作托盘自动物流系统组成, 其自动物流计算机控制系统不仅与机床数控系统通讯进行托盘的及

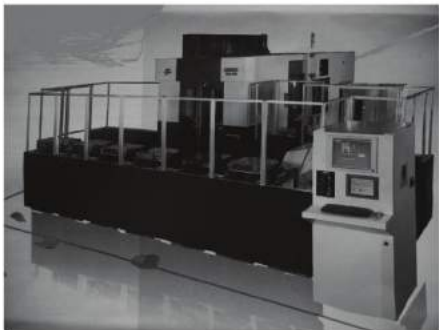


图 1

时交换、加工程序的调用，还可与工厂总控系统联机，可远程实时了解加工情况。多托盘系统可实现混线生产（同一工件的不同工序或不同工件的生产），减少了工装更换时间，特别适合少批量多品种的生产方式。

2. MAZAK（山崎马扎克机床有限公司）展出的 HCN6800—II PALLETECH SYSTEM（见图2）



图 2

该单元由一台带 630mm × 630mm 交换工作台的精密卧式加工中心、一条自动物流传输线、一层工作托盘系统（也可配置 3 层托盘系统），以及配有 6 个工作托盘（设上下料工位、总控系统及其辅助设施）组成，其特点是能实现 24 小时无人化操作。该系统既可用于多品种小批量生产，也适用于大批量的零件加工。网络接口可与用户的计算机网络联网，实现加工程序、加工信息相互传递，从而使整个系统能够数据共享，使数据处理高速化。系统配置控制软件能进行托盘的智能化调度运行，只要机床工件加工完成，总控计算机就会给出下一项新任务，以减少装夹零件的待机时间；系统还具有智能刀具寿命管理系统、智能生产管理与调度系统，以及智能监控系统等现代生产控制系统。系统内的各种单元、自动物流

传输线、托盘库、自动排屑系统等均由总控台控制，并可以独立运行。零件交换及转运是依靠托盘为载体，每个托盘设置特定的编码，零件的装夹按托盘编码和零件种类进行，加工零件程序的调用同样按托盘编码和零件种类进行。托盘搬运小车动作根据总控发出的指令，可自动识别搬运托盘的选择正确与否，从而保证整套系统的正常运行。

三、柔性自动生产线展品

在本届展会上，多家企业展出了不同类型的自动生产线产品。它们是根据不同的用户，不同的加工零件，有针对性地设计出的最优方案。下面介绍其中几条有代表性的自动线。

1. 大连机床集团（DMTG）的 HDL 系列汽车发动机缸体生产线（见图3）



图 3

该生产线由三台精密卧式加工中心（两台 HDL—63 和一台 HDL—50），一台桁架式机械手组成。生产线采用三菱多通道总线控制系统。可配合工件自动进出系统，实现 24 小时无人化操作。该自动线已经过两次重大改进，在高速高精度机床高刚度轻量化技术、高速高精度机床动态性能测试与评价技术、高速高精度机床误差检测补偿技术、伺服优化技术及自动线可靠性技术等方面取得较大突破。

2. 大连机床集团（DMTG）的活塞加工生产线（见图4）

该线由一台车削中心（DL—20MTP）、一台立加（VDL—600A）及一台工业机器人组成，具有简单、灵活、可靠的特点，市场竞争力较强。



图 4

3. 大连机床集团 (DMTG) 的钻铣生产线 (见图 5)



图 5

该线由一台钻削中心 (TD500A)、一台立加 (DX500J) 及一台轨道式工业机器人组成, 特别适合数码产品金属外壳的钻攻孔、倒角、抛光和雕铣加工。

4. 四川长征机床集团有限公司展出的 RX002 连杆自动加工生产线 (见图 6)



图 6

该生产线由三台 KVC850NA 立式加工中心通过一台 FANUC 的工业机器人将它们串联起来, 专门针对铣连杆结合面及钻铰螺孔, 并采用将多件工件一同安装在工装夹具上的方式, 多件加工, 提高了加工效率, 并可通过更换工装, 快速切换连杆类型。

5. 汉川机床股份有限公司展出的箱体类零件自动加工生产线 (见图 7)



图 7

该生产线由一台 XH716D 立式加工中心和一台 HMC500 卧式加工中心通过一套桁架式机械手将它们串联, 特别适合多品种、小批量方箱类零件的加工, 可分可合, 经济性好。

6. 南通科技展出的轮毂柔性自动加工单元 (见图 8)



图 8

该单元由两台数控轮毂专用斜床身车床、一台立式加工中心, 一台工业机器人及其辅助设备组成。其突出特点是具有定位可靠性判断、自动测量和识别功能。

浙江日发也展出了一条轮毂柔性自动加工线, 采用的是两台数控立车加一台立式加工中心, 也很有特点。

7. 台湾福裕技展出的刹车盘自动生产线 (见图 9)

该生产线由两台 FVL-12HT 数控立式车床、一台 QP640-L 立式加工中心, 一台工业机器人及其辅助设备组成, 具有巧妙的工件反转机构, 高效率的工件运输系统。



图 9

在本届展会上，还有多家企业展出了其他类型的自动生产线产品。如济南二机的大型快速高效数控全自动冲压生产线、北京二机的曲轴精加工生产线、重庆机床的齿轮加工生产线都有很高的技术含量，代表着我国在行业领域的最高水平。

展会上,还有多家企业展出了性价比很高的小微自动生产线产品。如上海三机床展出的 H3—ZX002 轴类零件车、磨自动线(见图 10)。该生产线由一台 CK6832W 数控车床、一台 MK135 数控磨床、一套 RB20 工业机器人及辅助设备组成,并采用全套广州数控产品,具有很高的性价比。浙江联强展出的盘类零件车削自动生产线和轴类零件车削自动生产线也都有很强的市场竞争力。



图 10

在本届展会上，国产的自动生产线辅件也有展出。如有广州数控和华中数控的工业机器人，还有国产的桁架式机械手（见图 11）。虽然我们的工业机器人在性能上与国外产品相比还有较大差距，在展会上看到的也大多是 FANUC、KUKA 等国际知名品牌，但只要我们不断努力，一定能制造出性能优越的产品。



图 11

五、结语

通过这次展会，我们可以看到，我国在柔性制造系统及柔性自动生产线方面已有长足进步，国内已有不少企业掌握了其关键技术，已从过去的简单拼凑发展到方向明确的专业化制造。

当前柔性制造系统及柔性自动生产线正在向各种加工领域延伸,其结构和相关技术特点已经日趋多样化,相关配套件更加完善,可靠性大幅提高,价格也越来亲民。现在的市场竞争已经不仅仅是人才、技术和产品的竞争,更增加了服务的竞争。过去我们经常会说用户不懂机床,人为地把机床生产企业和用户之间划了一条线,现在看来是不对的,用户可以不懂机床,他只需提出要求,由机床生产企业给出全套的解决方案。这个方案即要满足工艺要求,又要避免功能浪费;即要价格合理,又要使企业有利润空间,从而得到双赢的效果。这说起来简单,要做到是要下功夫的。只有转变观念,贴近用户,给用户提供的产品和服务,才是我们机床生产企业的生存发展之道。□

汉川机床多款转型升级产品
亮相 CCMT2014

在刚刚闭幕的第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）展会上，汉川机床以全新阵容展出了自己转型升级的新产品，主要包括：HBMC1540F5 龙门加工中心、HVMC500F5 五轴高速立式加工中心、自动生产线、HHDC400 工位卧式钻削中心、TK6411B 卧式铣镗床、TK611C/2 数控卧镗、功能铣头等。

CCMT2014 金属成形（锻压） 机床展品评述

中国机床工具工业协会锻压机械分会 徐 刚

一、CCMT2014 概况

由中国机床工具工业协会主办的 CCMT2014 第八届中国数控机床展览会，于 2014 年 2 月 24 ~ 28 日在上海新国际博览中心成功举办。

本届展会展品 1200 余台套。在近 1000 台套国内整机展品中，数控金切机床 600 余台，数控成形机床 100 余台套，数控特种加工机床近 100 台套，其他数控装备和数控检测设备约 150 台套，各种机床配套及工具量仪展品数万件。

金属成形（锻压）机床展品是 CCMT 展会的重要组成部分。本届展会来自海内外的金属成形机床参展商 60 余家，带来各类板材激光切割机、水切割机、板材数控冲剪折设备及其生产线/制造单元、机械压力机、液压机、卷板机、矫平机、开槽机、旋压机、管材成形加工机等百台展品或模型资料。另外，还有为金属成形装备配套的数控系统、液压系统、光电保护装置、剪折冲模具、机器人、上下料装置等展品，展品丰富，门类齐全。

二、金属成形展品

1. 数控激光切割机

数控激光切割机展品数量在本届展会的金属成形机床展品中仍然位居第一。济南铸锻所有限公司、江苏扬力、金方圆、亚威、湖北三环、团结普瑞玛、苏州领创、武汉华工、奔腾楚天、武汉华俄、大族、法利莱、埃锡尔（力丰集团）、华辉、南京光谷诺太、威克曼、济南锐捷、天田等业内知名厂商均携展品参展。

从本届展会的激光切割机展品看，展品中数控光纤激光切割机已成主流，CO₂ 激光切割机仍有展出但数量已越来越少。从实际市场销售情况看，有的厂商反映其所售激光切割机中光纤激光切割机已占到绝大多数。但不可否认的是，CO₂ 激光切割机在中厚板切割方面仍然更具性价比，依然有其特定优势和生命力。

济南铸锻所有限公司展出了一台 FL513i 数控光纤激光切割机。该设备采用全自动调焦，且调节精度高；国内独家采用电气比例控制高压切割气路，提高了对不锈钢、铝合金等难切材料的切割能力及稳定性；攻克了光纤激光切割机厚板穿孔技术，国内独家采用 3kW 大功率光纤激光器与自适应镜相结合，穿孔中自动调整焦点位置及穿孔参数，保证厚板快速穿孔的质量与速度；根据光纤激光的光谱特性采用了新型密封除尘技术，降低光纤激光对人体的伤害，解决了切割过程中的空气污染问题。该机 X、Y 轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ ，X、Y 轴重复定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ，切割速度 70m/min，技术指标处于先进水平。

金方圆展出了一台 HFC3015 数控光纤激光切割机。该机定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ，重复定位精度



0.03mm，切割精度为 $\pm 0.1\text{mm/m}$ 。采用 IPG 2kW 激光器，板料最大切割厚度碳钢 16mm，不锈钢 6mm。该公司还展出了一台 FC3015 数控光纤激光切割机，定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ，切割精度 $\pm 0.1\text{mm/m}$ 。激光器额定功率 SPI 500W，板料切割厚度碳钢 0.5~5mm，不锈钢 0.5~2.5mm。



上海团结普瑞玛展出了一台 SLCF—X1530F3/F 悬臂光纤激光切割机。该机定位精度 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ 。团结普瑞玛还展出了一台 SLCF—X2060F3 悬臂 CO₂ 激光切割机，定位精度 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ 。



苏州领创展出了一台 LEAD α F-4015 数控光纤激光切割机，其 X 轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，X 轴重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ ；Y 轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm/m}$ ，Y 轴重复定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ 。



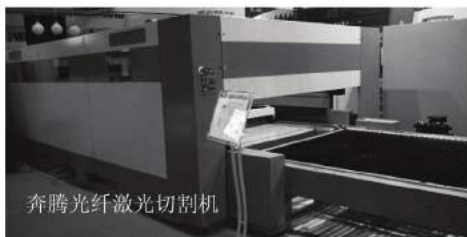
埃锡尔（力丰集团）展出了一台 LC3015 数控光纤激光切割机，X、Y 轴定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ ，X、Y 轴重复定位精度 0.01mm，激光器功率 3kW，最大切割板厚碳钢板 19mm、不锈钢 12mm、铝板 10mm、铜板 6mm。



江苏扬力展出了一台 ML-3015F 数控光纤激光切割机，定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ，重复定位精度 0.03mm。



奔腾楚天展出了一台 Fiber PLUS 3015 光纤激光切割机，X、Y 轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ ，X、Y 轴重复定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ，激光器功率 3kW，切割板厚 0.5~25mm。



亚威展出了一台 HLH-1530 数控激光切割机，定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ ，重复定位精度 0.02mm，切割加工精度 $\pm 0.1\text{mm/m}$ ，割缝宽度 0.15~0.3mm。大族展出了一台 G3015F 光纤激光切割机。华辉展出了 LCM-3015 CO₂ 激光切割机。



从本届展会展出的激光切割机展品来看，光纤激光切割机发展势头迅猛，替代趋势明显；但CO₂激光切割机作为性价比之选，仍有其特定优势和市场；在定位和切割精度方面，较先进的激光切割机其重复定位精度可达0.02mm~0.01mm，切割加工精度可达0.1mm/m；在厚板切割、有色切割、不锈钢切割等方面都有各自解决方案；激光发生器功率集中在2~3kW；设备更加注重环保，除尘、密封等防护措施比较到位等。

但另一方面，随着激光切割机竞争的不断加剧，诸如同质化严重、盲目、强行上马、低价恶性竞争、防护措施不到位等问题也不断暴露出来。这就需要用户在选购时多方比较，擦亮眼睛。行业协会也应适时加以规范，加强行业自律工作。

2. 数控转塔冲床及加工单元

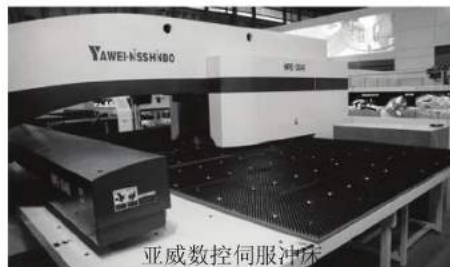
本届展会，数控转塔冲床展品仍然是成形机床展品中的重点，数量仅次于激光切割机展品数量。国内外知名企业均带来了数控冲床展品，如济南铸锻所有限公司、江苏扬力、金方圆、亚威、湖北三环、无锡锡锻、无锡金球、埃锡尔（力丰集团）、河北汉智、大同、华辉、天田等。

济南铸锻所有限公司展出了SPE21250型数控伺服转塔冲床。该机采用了发明专利技术（专利号ZL2011102191487）“单动式连杆长度可变曲柄连杆机构及伺服主传动机构”。该技术突破传统设计与工艺模式，实现了以小功率高速伺服电机取

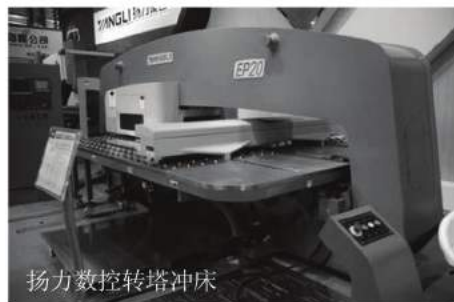
代大扭矩伺服电机达到高效率、低能耗的技术创新，成为新一代数控转塔冲床行业的关键领先技术，开创了高效、柔性、绿色伺服冲压技术发展的新途径。该发明技术具有显著的应用效果，其刻印速度1800hpm、步冲速度1000hpm，加工精度±0.1mm，技术指标达国际先进水平。而其主伺服电机功率仅为国外的1/3，节能效果显著。该产品以其先进的性能荣获CCMT2014“春燕奖”。



亚威展出了HPE-3048数控伺服转塔冲床，最大加工板厚碳钢板6.35mm，不锈钢板4mm，模位数36个，冲孔精度±0.1mm，具有数控5轴（X、Y、Z、T、C）。

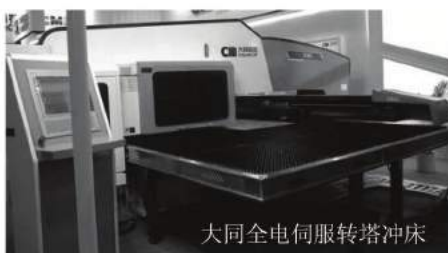
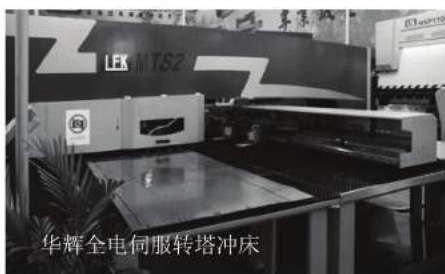


金方圆展出了DMT-300双电伺服数控转塔冲床，最大加工板材尺寸1250mm×5000mm，板厚3.2mm，模位数32个，最高冲头频次1500hpm。扬力展出了一台EP20数控转塔冲床。



河北汉智展出了一台NC2510数控转塔冲床。华辉数控展出了MTS2多子模全电伺服转塔冲床，比普通液压式冲床省电可达70%。大同数控展出

了 ESD330BD 全伺服电动数控转塔冲床, 5 轴全电动, 比传统液压冲可节电 30% 以上, 无液压油, 加工精度达 $\pm 0.1\text{mm}$ 。



亚威展出了一条 HPMS-30510-FMC 数控冲剪复合柔性生产线, 冲压由伺服电机驱动; 剪切由伺服电机 (M1 轴、M2 轴) 驱动, 控制轴数 12 (X、Y1、Y2、Z、T、C、M1、M2、N、L1、L2、L3)。天田展出了一台 LC2012C1NT 数控冲激复合加工机, 其加工范围数冲 2500×1270 , 激光 2000×1270 , 轴移动速度数冲 X80、Y60, 激光 X80、Y80, 加工板厚 6mm, 冲压能力 200kN, 模具工位 45 (4 攻丝)。



本届展会展出的数控转塔冲床, 总体处于较高水平, 代表了当前数控转塔冲床的发展方向。

在这方面, 济南铸锻所有限公司展出的 SPE21250 型数控伺服转塔冲床以其先进的结构、优秀的性能, 以及其节能环保理念, 成为转塔冲床展品的优秀代表, 也反映了国产厂商的技术实力和开发能力。亚威的冲剪复合线, 天田的冲激复合机, 也都是该类展品中的先进代表。河北汉智首次出现在 CCMT 展会中, 其展品体现了较好的工业设计, 令人刮目相看。

总体来看, 国产数控转塔冲床进步明显, 已完全具备了与外企同场较技的水平和实力, 但在产品细节、技术引领、产品开发能力等方面仍然存在差距。

3. 数控剪折设备及加工单元

数控剪折产品也是成形机床中的典型展品。从本届展会来看展品仍然为数不少。多数采用伺服控制, 在省油 (无油)、节电、低噪、环保等方面具有显著优越性。另外, 随着对自动化要求的不断提高, 以及机器人技术的不断发展, 剪折成形单元也越来越受到展商和用户的青睐。

亚威展出的 PBE-30/1250 数控伺服板料折弯机, 滑块重复定位精度 0.01mm , 后挡料重复定位精度 X 轴 0.03mm 。华辉展出了双电伺服液压混合动力折弯机, 比普通电液折弯机可节电 70% 以上。大同数控展出一台 FS1032 全伺服电液数控折弯机, 比传统液压式可节电 50% 以上, 滑块重复精度 $\pm 0.01\text{mm}$ 。扬州恒佳展出了一台 HB0420 型全伺服数控折弯机, 还展出一台 HS 系列闭式数控液压闸式剪板机。



加工单元方面, 亚威展出了 PBR-220/3100-7C 机器人折弯单元, 由折弯机、机器人、移动底座、对中台、翻面架、上下料台、吸盘抓手、安全围栏等组成, 折弯机数控 7 轴, 机器人为 KUKA6 轴。



扬州恒佳展出了一套板料自动化折弯单元，由折弯机、取料站、出料站、定位装置和折弯机器人等组成。天水锻压展出了 WS67K-100/3200 伺服泵控数控折弯机。该机采用先进的伺服泵控技术，节能 30% 以上；工作台具有机械自动挠度补偿机构；配有全自动机器人柔性加工单元；采用 DA66T 数控系统；节能、环保、高效率、高精度。



南京埃斯顿展出了多台自主制造的机器人，显示了该公司在机器人研发制造中的技术实力。该公司还展出了一台全伺服自动上下料机器人，尤其适合于压力机自动化连线。



此外，济南沃兹展出了其 ABK18-800 气动折弯机，以及一台角加工机。天水锻压展出了 Q34Y-110 多功能联合冲剪机，具有 6 个标准工位，可实现冲孔、折弯、棒料剪（圆钢/方钢）、板料剪、角钢剪、槽钢剪，以及开槽/切角、弯管等功能。



本届展会的剪折展品中，伺服技术的广泛应用，以及剪折单元的活跃展出，是剪折展品的两大亮点和看点，这也是与近年来节能环保理念以及自动化加工技术的迅猛应用相辅相成的，反映了当前市场对节能环保和自动化的需求处于快速上升阶段。一些具有前瞻性的公司，如南京埃斯顿，其在针对成形机床的自动化应用方面深耕多年，积累了丰富经验，在该领域可以说占得了一定先机。

4. 卷板、矫平加工设备

卷板、矫平加工设备是传统的金属成形加工设备，近年来随着造船等领域的快速需求发展较快。

泰安华鲁锻压展出了全自动板料坡口加工卷制成形中心，材料对中后双边坡口同步加工，之

后卷制、合口，自动化程度高，技术水平先进。华鲁还展出了一台数控板料矫平机，可四角独立调整加压，实现高精度矫平，矫平精度 $\leq 0.5\text{mm/m}^2$ 。长治锻压也展出了一台卷板机产品。



华鲁全自动板料坡口加工卷制成形中心

5. 机械压力机及其生产线

济南二机床用模型形式展示了其智能冲压车间设备最新高端配置方案。其中，大型快速高效数控全自动冲压生产线，由4~5台大型压力机和传送单元组成；伺服电机、变频电机驱动；多连杆传动、偏心传动；生产效率最高达18spm。多工位冲压生产线，伺服电机、变频电机驱动；多连杆传动、偏心传动；生产效率10~30spm；压机能力8000~50000kN。级进模冲压生产线，伺服电机驱动；多连杆传动、偏心传动；生产效率10~60spm，压机能力2000~16000kN。其他还有开卷落料线、开卷剪切线等。



济二生产线模型

江苏扬力展出了SDP-160F肘杆式伺服压力机，以及JM31G-125闭式单点高速精密压力机。

扬锻股份展出的J76闭式双点高速精密压力机冲压线：采用高强度铸铁分体结构机身；干式气动摩擦离合器，低噪声，离合扭矩大，制动角度小；设有动平衡系统，可降低振动和噪声，延长模具寿命；调节螺杆设有液压式锁紧装置，确保滑块下死



扬力肘杆式伺服压力机



扬锻闭式双点压力机、单曲轴高精度冲床

点精度；稀油自动循环润滑系统；可编程凸轮控制器（编码器）；变频器调速电机，行程次数可调；温度自控系统，使用热补偿技术；四点式曲轴支承结构；导柱导套结构等，采用多种技术手段保证机床精度。扬锻还展出了JB36系列闭式双点压力机，以及YC1单曲轴高精度冲床。



扬锻闭式双点高速精密冲压线

6. 其他装备

本届展会中的液压机展品数量较少。其中，扬力集团展出了液压机实物展品，合肥合锻展示了图文展板资料。

上海恒力展出了其金属板材开槽机展品，该公司的开槽机产品处于市场领先地位。首次参展的惠州博赛展出了其XY1250型数控旋压机及其旋压技术，各种旋压产品琳琅满目，吸引了不少参观者，该公司在旋压机床方面处于市场领先地位。张家港锋和展出了圆管双端倒角机等管材加工设备。



上海恒力开槽机



锋和圆管双端倒角机



惠州博赛旋压机及旋压件

控制系统方面，埃斯顿展出了其成形机床控制解决方案，包括伺服泵控液压系统，伺服电机等，以及为数控冲床开发的专用大功率直驱伺服系统。其系统性能达国外同类产品水平，而价格仅为国外产品的 1/3，极具性价比和竞争优势。



广州启泰展台

广州启泰携其冲床模具产品参加了展览。启泰模具以其优秀的性能、良好的性价比、快速的响应和优质的服务，使其迅速发展，稳居市场领先地位。

三、结语

尽管当前市场依旧难言乐观，但 CCMT2014 展会还是吸引了众多观众，让我们看到并感慨中外机床人的艰苦努力和不懈探索。

从 CCMT2014 可见，国内金属成形机床的技术水平、制造水平取得了显著进步，与国外间的差距已经越来越小。如产品外观、工业设计水平、内在的新技术应用、质量保证措施等。中国机床人不能妄自菲薄，我们完全有能力做出好机床。相信随着国产机床市场占有率的不断提高，国产机床崛起的日子已为时不远。

当然，国外产品依然具有领先优势。如加工质量，精度，噪声控制，环保节能理念及手段，柔性化、自动化配置及集成能力，高效的工艺集成能力，完善的检测手段，适用高效的控制系统等。在新产品研发、新技术创新应用等方面国外厂商依然居于引领地位。而在光纤激光器、伺服电机、控制系统等核心技术和功能部件领域，国内厂商依然受制于人。

总之，对于中国机床人来说，前途是光明的，但道路依然漫长。

限于水平，本文定多有谬误之处，恳请专家和业内人士批评指正。□

(上接第 48 页)

三、观后感

纵观本届机床展中的五轴联动加工中心展品，我觉得有以下几个新的变化：

(1) 很多国产五轴加工中心采用了国产数控系统。主要是大连科德、广数、沈阳、华中等自主研发的五轴数控系统，上海拓璞在教学机上也采用了自主研发的系统。

(2) 五轴加工中心的核心功能部件设计中更注重自主研发。各厂商初期产品都是采用转台、摆头整体进口，现在大多自主研发核心部件，这样能大大降低成本，提高市场竞争力。

(3) 五轴加工中心和工艺及软件的结合更紧密。北京机电院叶片机床能提供成熟工艺试切方

案，上海拓璞在叶轮加工工艺方面提供整套解决方案。这些举措都得到了市场的认可。

从今年展会来看，包括国外和台湾机床，五轴加工中心结构形式变化不是很大，但是各参展产品都在细节上、质量控制、工艺软件、包括外观等方面都下了功夫。有的产品虽然不是初次展出，但是都有了些许变化，都是在扎扎实实做改进。很多产品实现了首台销售，不再是能做，而是好用，得到用户认可。毕竟，一个好的机型从概念到产品要做的事很多。当前机床行业面临转型时期，笔者一直认为在国内五轴加工中心中端市场最有潜力，围绕用户需求，只要我们主机厂商、数控系统厂商和用户携手合作，形成完整的工艺链，我们的国产五轴加工中心一定能越做越好。□

从 CCMT2014 看数控磨床的发展

北京第二机床厂有限公司规划发展部 张秀兰

第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）于2014年2月24~28日在上海新国际博览中心成功举办。本届数控机床展览会规模创历届之最。展商带来近1200余台展品，其中在近1000台套国内整机展品中，数控金切机床600余台；数控成形机床100余台；数控特种加工机床近100台套；其他数控装备和数控检测设备约150台套；各种机床配套及工具量仪展品有数万件。

数控磨床作为机床工具中的精加工设备，其品种繁多，服务领域广泛，且一直秉承经典风格，同时不断创新，为展会增添了一道亮丽的风景。此次参展的磨床约120台，占参展整机产品的近13%，主要是以高速、高精、复合、智能等展品为主。如：上海机床厂有限公司展出的H234数控端面外圆磨床、SK7420×2000数控丝杠磨床；北京第二机床厂有限公司展出的汽车发动机曲轴高效精密加工成套装备；江西杰克机床有限公司展出的JKM8340A—1000超高速CBN凸凹复合面随动数控磨床；陕西汉江机床有限公司展出的SK7032数控螺杆转子磨床、SK7720B数控蜗杆磨床；陕西秦川机械发展股份有限公司展出的YK7230数控蜗杆砂轮磨齿机、YK7230A数控蜗杆砂轮磨齿机；宇环数控机床股份有限公司展出的YH2M8192立式单面研磨（抛光）机等，这些产品分别获得了中国机床工具工业协会组织评选的“自主创新十佳”、“产品质量十佳”或“春燕奖”（见图1），充分展现了磨床行业的发展水平。同时我们也可以看到，在复杂多变的国内外环境形势和中国经济结构调整的影响下，磨床行业发展的变化。现仅就这次展会中磨床企业产品的变化谈一些看法：



图1 获得“春燕奖”机床

一、机床的成线配套、智能化迅猛发展

随着用户需求不断升级和现代科技手段的推广应用，机床厂家为用户提供产品的成线配套能力及自动化、智能化程度也在快速提升。在本届展会上北京第二机床厂有限公司展出了汽车发动机曲轴高效精密加工成套装备（见图2）。这是由两台MKS1632数控端面外圆磨床和一台B2—6008砂带抛光机组成的生产线。MKS1632型数控端面外圆磨床是北二在多年数控磨床设计制造、使用经验和技术的基礎上开发的中、高档系列数控机床产品，具有通用化、模块化程度高、高刚性、高效率及高适应性的特点。B2—6008型曲轴砂带抛光机是在公司多年生产砂带抛光机的基础上，吸取国外先进技术开发的专用于曲轴零件外圆抛光加工的机床。该机床结构新颖、技术先进、性能完善。这样由2台分别加工左右两端面的数控磨床和1台砂带抛光机抛光曲轴零件外圆的组合，就是针对国内典型用户的典型曲轴零件开发的曲轴精加工敏捷生产线成套装备，配备桁架式机械手物流系统后，具有自动上下料、在线检测、敏捷、高效的特点，生产线整体技术水平达到国际先进水平。曲轴零件尺寸精度的 C_p 值 ≥ 1.33 ，生产节拍

3min。技术指标符合国内主流曲轴零件加工企业生产线加工要求。此生产线在 CCMT2014 上获得由中国机床工具工业协会组织评选的“春燕奖”。目前北二可根据不同用户对曲轴大小端面、主轴颈、连杆颈及止推面进行磨削、抛光的需求提供整线配套服务。这些配套产品目前已在天润曲轴、浙江太阳、上汽荣威、天津一汽、保定长城等厂家得到应用。



图2 汽车发动机曲轴高效精密加工成套设备

上海机床厂有限公司展出了2台 H234 数控端面外圆磨床系列产品（见图3）。该机床床身采用低合金高强度孕育铸铁整体铸造成型结构，所以机床的耐磨性、抗震性方面性能良好。机床导轨采用引进美国兰蒂斯公司技术的液压卸荷式滑动导轨，使工作台移动平稳且无爬行现象。机床的主要零部件选用了国际知名品牌。砂轮架主轴系统采用动静压轴承或静压轴承结构；机床采用 FANUC 或西门子数控系统；采用前置式修整器，利用数控两轴联动修整砂轮；可采用斜切或直切磨削方式，完成多档外圆磨削的自动循环磨削；主要适用于汽车等行业的大批量轴类零件加工；机床具有砂轮架（X 轴）自动进给，粗、精磨削、工作台（Z 轴）自动跳档、工件转速自动切换、自动修整砂轮及修整后自动补偿、自动测量工件及循环动作安全联锁等多种功能。现将两台分别左右切入进给的 H234 数控端面外圆磨床配备桁架式机械手物流系统后，零件不用掉头就可以完成左右端面的磨削，具有自动上下料、在线检测、敏捷、高效的特点，更显完美。

该机床具有精度高、稳定性好的特点。正是这些在技术上的创新和突破，H234 数控端面外圆磨床获得由中国机床工具工业协会组织评选的2013 年度自主创新十佳产品。



图3 H234 数控端面外圆磨床

另外济南四机数控机床有限公司展出了 MK1320A—3X500 数控外圆磨床集成工业机器人（见图4）。此系列集成采用广州数控或者三菱、发那科三轴联动数控系统，内装 PLC，液晶显示。机床采用全封闭结构。砂轮架进给和工作台进给均采用交流伺服电机通过滚珠丝杠驱动，进给灵敏。配置电子手轮，操作方便。砂轮主轴采用三片瓦结构的动压轴承，回转精度高、温升低；头架采用伺服电机控制，可实现工件的准停。尾架采用济四公司的专利技术—液压大行程结构。为机器人的上下料预留空间，并在尾架上加装位置开关，可检测工件是否装夹到位。机床还可配置径向量仪在线检测和轴向定位量仪检测，可实现磨削循环的闭环控制。机床配置专用工件自动拨杆，能实现工件的自动加紧、放松，机床还可根据用户要求加装广州数控、发那科等不同厂家的机器人，以实现工件的全自动加工。



图4 MK1320A—3X500 数控外圆磨床集成工业机器人

上海第三机床厂展出了 H3—ZX002 轴类零件车、磨自动线（见图5）。这条自动线是根据客户的零件—电主轴的特点，有针对性地编制加工工艺，采用一台数控车床 CK6382W、一台数控磨床 MK135、一台工业机器人 RB20 和外部辅助设施组合完成的一条车、磨、自动上下料生产线。这条自

动线中的 CK6382W 数控车床配 GSK988T 车床数控系统,可控制 5 个进给轴、2 个模拟主轴,通过 GSK Link 总线与伺服单元进行通信。如主轴电机配以高分辨率带绝对式编码器的伺服电机,可实现 0.1 μ m 级位置精度;如主轴上配以德国气动抱刹,可满足刚性攻丝及车铣复合加工的要求。MK135 数控磨床配 GSK928GEAa 三轴伺服数控系统,配套的主轴伺服电机能实现精准的主轴定位,保证工件上的桃子夹头顺利进入拨叉位置。配以径向量仪、端面测量仪,完成自动测量,保证零件尺寸的一致性。工业机器人 RB20 有效负载 20kg,采用 6 自由度多关节结构,每个关节的运动均由一台伺服电机和一台高刚度低侧隙精密减速机共同实现。每个伺服电机均带有失电控制器,具有最佳的重复定位精度 ($\pm 0.08\text{mm}$),并且在长时间工作状态下,机器人零件设计专用夹爪,可灵活地为机床的零件加工做上下料。同时配以先进的电器控制柜和示教盒,使操作更简单、方便。这样以高性能的数控机床和工业机器人组合使用可降低运营成本,提高生产效率、产品质量及一致性等。



图 5 H3—ZX002 轴类零件车、磨自动线

这四个厂家针对不同用户需求,用关节机器人与各自不同设备进行集成、或由桁架机械手组成自动生产线各具特色,大大提升了机床产品的自动化、智能化程度,满足了用户的需求。这些展品在展会上的高调亮相,格外抢眼。

二、在转型升级中谋求战略、管理、文化等领域的集成创新的企业

江西杰克机床有限公司是杰克控股集团投资建立的专业生产制造磨床的企业,具有灵活的管理机制、经营思维和健全的现代民营企业制度。

其主要产品应用于汽车、摩托、空调、发动机等制造业及飞机等军工制造业。杰克机床在升级中谋求战略、管理、文化等领域的集成创新。每次展会都有新品推出,给大家带来惊喜。这次展会他们展出了 3 台数控磨床,分别为 JKM8240A—1000 超高速 CBN 凸凹复合面随动数控磨床 (见图 6)、MK8240X500 数控曲轴磨床、MK1320 数控外圆磨床。这些机床技术含量高、创新性强,充分体现了公司实力。其中 JKM8240A—1000 超高速 CBN 凸凹复合面随动数控磨床是今年推出的新品,凭着可靠的质量,美观的外形,良好的市场前景,先进的技术水平,在众多新品之中脱颖而出,最终入选“春燕奖”行列。



图 6 JKM8240A—1000 超高速 CBN 凸凹复合面数控磨床

JKM8240A—1000 超高速 CBN 凸凹复合面数控磨床的主要特点为:

- (1) 机床采用德国西门子 840D SI 数控系统。
- (2) 采用具有自主知识产权的凸轮轴磨削软件。
- (3) 机床采用双磨头、双进给系统随动磨削,大砂轮 $\phi 500\text{mm}$,砂轮主轴最高转速可达 4500r/min;小砂轮主轴可安装 $\phi 125\text{mm}$ 砂轮,最高转速 15000r/min,可磨削异形复合面及凹面凸轮;小砂轮主轴还可安装 $\phi 4 (30 \sim 80) \text{mm}$ 的内磨砂轮,最高转速 15000r/min,可磨削异形复合面盘形内凸轮。
- (4) 砂轮进给采用具有自主知识产权的圆柱静压导轨及西门子直线电机。
- (5) 大、小磨头均采用具有自主知识产权的液体静动压轴承电主轴。
- (6) 采用意大利 Marposs 内置式在线砂轮平衡、消空程及防碰撞装置。
- (7) 该机床可配用机械手上下料,完全实现

全自动控制，可满足流水线自动化生产。

除以上特点外，我们可以看到此类机床将外凹凸轮和内凸轮表面的磨削加工复合在一起，适用于磨削各种异形复合面及凹面凸轮轴的磨削加工，是满足欧Ⅳ、欧Ⅴ排放标准发动机所配用的凹面凸轮轴的理想精加工设备，还可用于纺织行业盘形内、外凸轮的精密磨削。

JKM8340A—1000 主要规格和技术参数如下：

项 目	单位	数 值
加工零件最大直径	mm	φ400
加工零件最大长度	mm	1000
加工零件最大重量	kg	160
非圆零件最大偏心量	mm	30
CBN 砂轮规格（磨削外凸轮）	mm	φ500 × φ203 × φB（≤50）
CBN 砂轮规格（磨削外凹凸轮）	mm	φ125 × φB（≤50）
CBN 砂轮规格（磨削内凸轮）	mm	φA（30—80）× φB（≤50）
砂轮最高线速度（CBN 砂轮）	m/s	120
工件转速（恒线速）	r/min	0 ~ 300
基圆跳动误差	mm	0.02
非圆截面角误差	′	±10
非圆截面轮廓曲面误差	mm	±0.025
非圆截面相邻升程误差	mm/°	±0.004
非圆截面与母线平行度	mm	0.005
磨削表面粗糙度	μm	R _a ≤ 0.4
联动轴数		六轴 2 联动
数控系统		SIEMENS 840D SL
机床总功率	kW	120

这里我要特别谈一下江西杰克机床有限公司，这个公司是一家跨地域，跨产业的民营集团，凭借杰克这一强势品牌，以资本为纽带，以科技为先导，以人才为依托，在短短几年内，通过资本运作和文化整合，有效嫁接数十年技术沉淀，能够自行开发和制造各类磨床产品，具备独立研发和设计数控机床的能力，杰克机床已站在行业的前列。杰克机床拥有自主知识产权的核心技术，发展迅猛，正在由制造型服务向服务性制造转变，逐步构成“扁平化与平台化”的新型商业模式，正在努力打造成为具有一流资源整合能力，良好品牌形象，业内知名的机床“解决方案”的服务商。此次展会他们展出的产品研制起点高、创新性强，凸现了公司的技术实力和发展的迅猛。同时体现了公司在新形势下能够把准脉搏、适时调整、紧跟市场的能力。

三、境外厂家带来最新研发的产品和技术

本届展会不仅是境内产品异彩纷呈，境外的丹麦爱姆希（中国）机械制造有限公司，澳大利亚昂科机床（上海）有限公司，德国 EMAG 公司、德国埃马克机床（太仓）有限公司，台湾荣光机械股份有限公司、台湾陆联精密股份有限公司等磨床厂家也带来了最新研发的产品和技术。这些厂家的展品涉及平面磨床、凸轮磨床、立式磨床、数控万能圆周磨床、复合磨床、内外圆双主轴磨床和无心磨床等。



图 7 德国 EMAG 公司 SK204

德国 EMAG 公司展出了高性能磨削内外凸轮轮廓的新品。这个设备通过模块化机床系统 SK204（见图 7），可根据不同的生产任务对设备进行不同的配置；可以为内磨、外磨加工配置一个或多个不同规格的砂轮轴；具备带有机械手的上下料和自动门装置；具有独立内冷却机构，对关键部件进行温度控制，以保证机床精度的稳定性；具有 C 轴和 X 轴之间的插补、Z 轴轴向砂轮振荡，以及使用金刚石砂轮修整器等功能与装置，适用于包括叶片泵、空调压缩机和柴油喷射泵凸轮环类非圆截面零件的粗、精磨削，以及内外多边形轮廓的磨削，最终的目的就是加工出高质量的工件。这台设备的技术规格如下：

工件最大直径/mm	250
工件最大长度/mm	100
最大砂轮直径/mm	φ250
X 轴和 Z 轴运行速度/m · min ⁻¹	30/30
行程范围	
X 轴/mm	1000
Y 轴/mm	360
带电主轴的工件头架	
扭矩/N · m	95
转速范围/r · min ⁻¹	1 ~ 1000

台湾荣光机械股份有限公司此次展出了三台机床，分别是 GT—530 数控工具磨床、RC—18CNC 数控无心磨床和 Super BCU—35100CNC 数控万能外圆磨床（见图 8）。其中 Super BCU—35100CNC 数控万能外圆磨床的主要特色是：砂轮轴座的回转电机采用 DD 电机直接驱动，实现无间隙、高速、高精度的快速回转定位；砂轮轴座进给导轨采用优化的矩形导轨设计，封闭式的设计理念，最大限度地实现进给高刚性、高精度的加工能力。砂轮电机采用高效率、大扭矩电机，能够实现高效率的磨削。



图 8 Super BCU—35100CNC 数控万能外圆磨床

另外，台湾主新德科技股份有限公司展出了 MKA1620 数控端面外圆磨床、MK135 数控外圆磨床两台机床。从这些机床的设计我们可以看出，台湾公司生产的磨床系列产品的特点大都是以操控性及功能性为设计重点，全系列产品均能给用户提供完整的配套方案，能够充分地满足使用者的要求；产品采用模块化设计，提供多种不同中心距，中心高度等规格参数的机床，规格齐全；用户可以根据加工不同零件的需要选用不同规格的

机床。

四、结语

历时 5 天的 CCMT2014 展会结束了，通过展会我们看到中国的机床工具制造商为缩短与发达国家制造商的差距做出的努力和变化，看到了我们产品的功能配置、外观设计和制造水平方面的显著进步，看到了我们的产品与机器人的完美结合大大提高了磨床产品的自动化和智能化，看到了我们的企业在新形势下的新变化……

然而在机床工具全行业呈现出需求趋缓、产能过剩、成本上升、价格下滑等困难状况，且短期内难以有明显好转的大形势下，如何提升企业的综合实力，以创新驱动发展，加速推动企业从传统制造商转型成为现代工业服务商。这就需要我们解放思想、强化市场观念、清醒地认识到“市场在资源配置中起决定性作用”的内涵。要通过市场竞争形成激励先进、鞭策落后的优胜劣汰机制。要在国有企业的体制下引入非国有体制中所有好的机制，培育企业健康发展的“良性基因”。要学习和引进非国有企业好的机制，通过机制创新、制度创新、激活企业发展的活力。

企业作为装备制造和服务的供应商，“以客户为中心”不只是理念，重要的是企业全部的经营管理活动要围绕客户进行，在产业转型过程中要关注客户实实在在的需求，研发的新产品要为用户带来的价值，找准与竞争对手的差异和卖点。我们只有给客户带来价值，客户才会给我们带来利润。□

嘉力宝精机成功亮相 CCMT2014

CCMT2014，浙江嘉力宝精机股份有限公司在以往参展的基础上扩大展位面积，展出了丰富的展品。展品包括 YK7380CNC9 数控智能成形砂轮磨齿机、YS3116CNC5 高速复合功能数控滚齿机、YKX3132CNC5 高效滚齿机、KLB—VMC850 数控加工中心及 KLB—SL30 数控车床等新产品。所有的新产品均进行了全新的工业造型设计，外观大气，在展会上受到客户好评。

其中，YS3116CNC5 高速复合功能数控滚齿机，从

技术和性能上处于国内领先水平，该机床具有高速干切滚齿与去毛刺功能，工作台最高转速达到 500r/min，滚刀轴最高转速可达 3000r/min，现场演示加工 $m = 1.75\text{mm}$ 、 $Z = 20$ 、齿宽 $b = 20\text{mm}$ 的齿轮，在中速切削速度情况下，一次切削仅需 20s。良好的机床性能在展会期间吸引了不少客户，截至展会结束，共签订了意向订单 15 台，其中有不少客户来自海外。公司还先后与来自中东、南亚和南美的客户签订了数控车床、数控加工中心和数控滚齿机的采购合同。

当今世界机床的技术发展趋势

北京机床研究所 陈循介

世界机床技术经过了约 240 年的发展,通过不断改进、创新,从手动普通机床进入到了高效自动化机床、自动线大批量自动化生产阶段,以汽车生产的高效自动化为特征。1952 年美国为加工飞机复杂件而费时 4 年研制出全新控制原理、硬件、软件相结合的数字控制机床,标志着开始进入数控(NC)机床时代,并进入单个复杂件、小批生产的高效自动化阶段,以飞机、航空航天生产为特征。高速化后,也可用于汽车大批量自动化生产。目前,在全世界的民用、军工装备生产中,NC 机床已占主导地位。

在当今世界市场经济形势纷繁复杂、科技创新日新月异、市场竞争异常激烈之际,机床始终是工业化发展的基础和支柱。我们必须头脑清醒,看清当今世界机床的技术发展趋势,有针对性、切实解决好机床工业、制造业、工业化“由大变强”的纷纭矛盾。

一、世界机床的技术发展方向

1. 材料高性能化、基础技术坚实化

先进各类 NC 金切机床与刀具、成形机床与磨具,唇齿相依,密不可分。而机床由机、电、液、气、光元件、各种功能部件(如主轴轴承、主轴电机、伺服电机、直线导轨、滚珠丝杠、直线电机、精密刻线尺、激光器等)、NC 系统和主体组合而成。不同元部件、刀具、测量、功能部件、控制系统及机床主体,均需有针对性地采用不同性能的材料。而这些材料与各种元部件、功能部件、NC 系统,统称为机床工业、制造业、工业化发展中的“基础技术”。材料高性能化(如更高强度、硬度、韧性、耐高温、耐磨损、耐腐蚀、轻量化等),基础技术坚实化(如更高精度、效率、自动

化、微型化、更加可靠、稳定、耐用)水平的不断提高与创新,是当今世界 NC 机床技术发展的首要重大趋势。每一种新材料、新功能元部件的创新出现,都可能促使机床的精度、效率、自动化等提升一大步,也可能成为某一时期机床的重大发展趋势,甚至于成为一时机床技术的“发展浪潮”。例如,直线电机,比滚珠丝杠的移动速度可提高数倍,在某些机床上采用,可大大提高机床的效率;又如:最近新开发成功的“纳米多结晶金刚石”,用 CVD(化学气相淀积)制成,制出的超精密加工切削刀具,具有切削性能好、耐磨损、寿命长等优点,可用于复杂刀尖形状超精密、微细加工。

2. 高精度化,高质量化

机床的高精度化、高质量化,是机床技术发展的一个“永恒性趋势”。实质上讲,没有高精度、高质量(精度保持性、可靠性、稳定性、耐用性),就不可能发展高效率化、高自动化,更不可能实现智能化、网络化、集成化等。中国高档、先进 NC 机床之所以发展不上去,就是因为缺乏坚实的“技术基础”,缺乏“高精度”、“高质量”,不掌握 NC 机床发展中的关键核心技术,依赖进口。这是个十分关键的“致命伤”。

汽车需要实现“大批量”高精、高效、高自动化生产;飞机、航空航天飞行器需要“单个复杂件、小批量”高精、高效、高自动化生产,要求有大、中、小各种类型的先进高档 NC 金切、成形机床与所需配套的元部件、功能部件、NC 系统、刀具、测量、附件,有的还需与各种类型机器人组合成“线”,实现 24 小时、以至 72 小时自动化高效无人化生产,严格要求“高精度”、“高质量”。否则,出现废品、事故不断,其经济损失将

很大。长期以来,我国机床工业不能切实满足用户需求,重量轻质,忽视深入系统科研,不能狠抓基础技术,是本身问题。广大用户宁愿进口美、德、日先进高档优质 NC 机床、刀具等,以确保生产正常进行,这种做法可以理解。

高精度化、高质量化,是发展先进、高档 NC 机床,为未来实现网络化、集成化、智能化,最终实现计算机集成制造系统(CIMS)、自动化工厂(FA)等的重大趋势,也是机床工业、制造业、工业化国家由大变强的努力方向。如果没有高素质、高职业道德、高文化科技水平、高质量的人,缺乏各有关部门之间的紧密合作,技术链、生产链、供应链残缺松散,则高精度化、高质量化,也就不可能实现。

3. 高效率化

通过先进 NC 机床,加工、制造装备的高效率化,可实现提高生产率和劳动生产率。而“高效率化”的实现,是通过多种有效措施、先进技术来实现的(如:高速切削、强力切削、快速移动、缩短加工、辅助时间、5 轴联动控制、多工序的复合化、工件一次装夹完成全部加工、与机器人组合、完成自动换刀、工件自动上下料、自动搬运刀具、工件出入仓库、自动在线检测、以及科学的组织,管理等)。而先进高档 NC 机床之所以能实现高效率化,是建立在前述材料高性能、基础技术坚实化、高精度化、高质量化的基础之上的。不仅如此,更要求机床的理论基础科研过硬(如机床的刚性、振动、热变形、噪声等),应用技术科研过硬[如:机床的布局、结构配置、成组加工技术(GT)的合理应用,机床三化(通用化、标准化、系列化)的正确实现、个性化的切合实用等]。

4. 高自动化

先进 NC 机床的高自动化发展趋势,主要是进一步减少、消除手动、体力劳动。如进一步实现自动化更换刀具,工件自动上下料、搬运等,不需要人的参与而能实现 24 小时、以至 72 小时的高自动化、高精度、高效率无人化加工。高自动化,是建立在前述的材料高性能化、基础技术的坚实化、高精度化、高质量、高效率化的基础之上的。特别

是:刀具材料的高性能化,各种机、电、液、气、光元件、功能部件、NC 系统等的“可靠性”、“稳定性”、“耐用性”上。如果没有可靠性、稳定性、耐用性,也就不可能实现“高自动化”。

未来高自动化的进一步发展提高,对各类先进机器人需求将迅速增加,也将促使各类机器人迅速发展。

5. 智能化

智能化,是代替人的“脑力劳动”。在当今世界,先进高档 NC 机床实现的“智能化”,还只是一个“开端”,离完善的智能化,距离还很远。但它是当今世界及今后一个极其重大的技术发展趋势,也是人类发展生产、实现机床工业、制造业、工业化强国的远大奋斗目标。“智能化”完善实现之时,也可能是世界上期望的“无人化工厂”出现之日。它的实现或早或迟,将取决于人类的文化科技知识提高进程、科研的深入系统、各个环节的不断创新,以及材料高性能,基础技术的坚实完备。

从用户角度需要看,希望智能化能实现以下六大方面的目标,即:①确保自动实现加工的高精度;②进一步提高效率;③保护环境、节省能源;④确保安全、放心生产;⑤节省进而代替人力、脑力劳动;⑥降低各种制造费用、成本。

需要解决的技术有:①加工过程、加工条件的自动选择、优化、决定;②高精度加工功能的优化和自动实现;③自动确保制造安全、可靠;④自动实现节省能源;⑤自动监视开动停止状态、消除各种故障;⑥自动监视机床维护状态、进行检测、消除隐患等。

对于熟练生产技术人员来说,对机床智能化实现最迫切的期望实现的功能是:①自动监视整机、机床主要组成部件、NC 系统开动的状态;②自动确保机床的工作,维护安全性;③实现加工条件的优化与自动确定;④机床调整作业的智能优化、决定;⑤自动监视机床的维护状态,消除各种隐患;⑥自动实现智能化节省能源。

对于上述这些技术要求,实现智能化还需要进一步深入解决:各种精确、有效、可靠的传感器,如:温度传感器、变位传感器、环境变化传感

器、微型智能观测传感器等；更需要进一步提高 NC 系统的许多更高级的功能，如智能化精度补偿，自动消除各种误差、故障，并能准确事先预测、提前加以预防等。

“智能化”是代替人的“脑力劳动”，其复杂程度和难度，远高于前述的高“自动化”，对其可靠性、稳定性、耐用性技术水平要求，则更高、更严。

6. 复合化、多轴联动化、组合化、网络化、个性化、集成化、环保化

这些趋势，已经出现多年，在四大国际机床展览会上，已有一些高端 NC 机床展品展示，也已为人们所相对熟悉。复合化，主要是在加工中心（NC）的基础上，将更多工序复合进行加工，提高效率。如 MC + 磨削加工、MC + 激光加工等，并不断扩大到 NC 车床、NC 磨床等其他机床上。多轴联动化，主要是用来实现各种复杂不同曲线型面的加工。目前 5 轴联动发展迅速。组合化，主要是在 NC 机床的设计结构上，实现组合部件的通用化，进一步提高制造上的方便，供应用户的便捷、降低机床成本。网络化，主要是通过信息化构成不同网络，实现信息的自动传递，并可实现远距离诊断、维修、维护等。个性化，主要是针对不同用户需求，对难切削材料、特殊件进行高精、高效、高自动化加工。集成化，突出的是利用机器人、自动传送装置的组合、多台 NC 机床的集成“线”，成为加工单元、自动化工段、自动化车间等，实现更高自动化，提高生产效率，进一步减少人和体力劳动。环保化，主要是实现少油、自润滑、无油润滑、节能省地、绿化、保护环境等。所有这些趋势，对于 NC 机床技术的发展，将随着时间的推移，不断深化、完善，并进一步发展、创新和提高。

当今世界机床的技术发展趋势是多方面的，也是相互交叉、融合、影响。它将随着市场需求、不同工件大小、不同精度、不同批量产品的制造、各种科学发展、技术创新、基础技术科研、应用技术科研的步步深入、系统，而不断变化。今后，还将出现许多不同的新的技术发展趋势。

为实现这些技术发展趋势，必须切实做好以下三点：

（1）机床本身有其特点和发展规律，它是人类的先进“生产工具”，其科研、设计、制造、使用，是社会各有关方面的“群体活动”，与数学、物理、化学各类科学的发展有所不同。最最紧迫的，是需要各有关部门的紧密合作、互助。在“技术链”、“生产链”、“供应链”各个方面，周密完善。特别是在材料、元部件、功能部件、NC 系统、电子计算机的新技术、网络信息科技等方面，需要通力配合加速发展。机床发展靠“先进”、“实用”；企业发展靠“产品”；产品发展靠“人才”；加速发展则靠深入系统的“科研”。机床工业的发展则需靠“个体、集体”作用。先进机床发展必须正确解决好“市场需求、科技水平、人员素质”三者的关系，才能顺利发展。市场需求是“动力”、科技水平是“基础”、人员素质是“根本”。

（2）先进 NC 机床产品能否加速发展，占领国内外市场，必须正确解决好“质量、性能、品种、价格、交货期、服务”六大点。而企业、整个机床行业的发展，必须解决好“人才、科研、质量、创新、合作、信誉”六大方面的问题。

（3）机床的技术发展提高、技术趋势的不断实现，将取决于社会经济的盛衰、广大用户市场的需求、基础技术的坚实、创新，以及全民素质、文化科技、职业道德水平的自觉提高。最关键的是，需要整个国家、社会、人民的高度理性重视与紧密合作。

二、结语

冰冻三尺，非一日之寒。只有明确这些技术发展趋势，群策群力，万众一心。有信心、决心、恒心、有能力、毅力、魄力。实事求是、踏踏实实、稳定前进，坚韧不拔、坚持有恒。攻克各种技术关键，掌握世界尖端技术，才能取得最后胜利，国家也才能真正持久富强！

这也是今天我们认真深入分析当今世界机床技术发展趋势的真正重要目的。□

浅谈台湾机床行业的发展状况

沈阳机床（集团）有限责任公司 陈洪军

沈阳第一机床厂 盖立亚

中国台湾地区是世界中端数控机床及功能部件重要的生产和出口地，其产品性能稳定，具有较高的性价比。台湾陆地面积不及辽宁省的四分之一，岛内机床市场容量有限，机床产业发展定位在参与国际竞争。早在 1994 年，台湾就已进入世界十大机床出口地行列，并一直保持着良好发展态势。

一、台湾机床产业规模

1. 2013 年机床产值、消费情况

据美国盖特纳商业媒体集团统计，2013 年台湾地区的机床产值、出口均有所下降，具体如下：

(1) 机床产值 45.4 亿美元，同比减少 16%，其中金切与成形占比分别为 2%、8%，机床产值占全球的 7%，是全球第七大机床生产地区。

(2) 台湾机床出口 35.5 亿美元，同比减少 16.2%，机床产值出口率高达 78%，是全球第四大机床出口地。

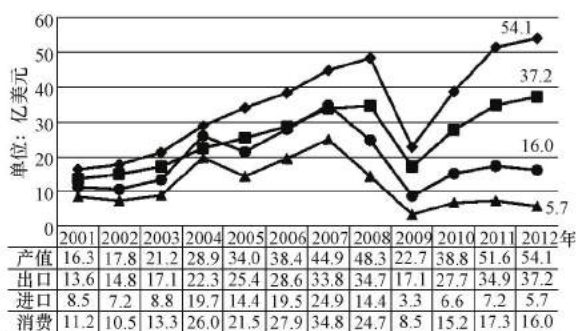
(3) 台湾机床进口 6.4 亿美元，同比减少 1%，全球机床进口排名第 16 位，机床贸易顺差 29.1 亿美元。

台湾机床消费为 16.3 亿美元，同比减少 11.5%，全球机床消费排名第 10 位。

根据台湾机器工业同业公会（TAMI）统计，近些年台湾机床产值与出口保持高速增长态势，2001~2013 年台湾机床产值、进出口和消费情况见附图。

2. 2013 年机床出口目的地情况

统计显示，在 2013 年台湾地区机床出口目的



地中，中国大陆排名第一位，占全部出口 31.9%，同比下降 22%；美国排名第二，占比 11.4%，同比下降 25.1%；泰国第三，占比 6.4%，同比下降 16.4%。其后依次是土耳其、德国、韩国、印尼、马来西亚、俄罗斯、荷兰、印度、日本、越南、巴西、英国。前 15 大出口市场合计占台湾机床出口总额的 83% 左右。

二、主导产品构成

台湾机床行业无论是主机厂、功能部件厂还是配套工厂，所生产的产品在技术上都比较成熟。

1. 机床主机产品经营情况

台湾机床学习日本发展机床工业的经验，从普通到精密，进而发展数控。特别在发展数控机床上，结合台湾技术条件，主攻量大面广的中档数控机床，首先是加工中心，其次是数控车床和数控磨床等机种，在机床规格上以中小规格为主，重大型机床较少。在机床设计上仿创结合，避开专利，制造上力求高效优质，处处讲求“实用、实效、实惠”。其数控机床性能上低于日本、德国，但价格上要比同类日本机床低得多，从而以

较高的性价比在世界机床市场上成为适销产品。2012 年台湾地区主要机床产品产值、产量情况如表 1 所示（TAMI 统计）。

表 1

产品	产值		产量	
	亿美元	同比（%）	数量	同比（%）
数控车床	11.34	18	15625	-8
普车	1.68	0	24097	10
数控钻床	1.12	-11	1935	-43
普通钻床	0.29	-16	15343	2
数控铣床	1.11	0	1566	-10
普通铣床	1.02	-31	12021	-28
砂轮机	1.86	255	71966	-22
数控磨床	0.92	12	1502	-4
普通磨床	0.98	-12	4285	-21
锯床	1.99	5	77111	-12
刨床	0.07	14	307	-5
镗床	0.74	49	785	8
加工中心	18.71	2	25373	-19
齿轮机床	0.06	40	130	-36
螺纹机械	0.34	66	3014	1
数控放电加工机	1.17	-8	3492	-3
其他金切机床	2.23	7	59805	-4
冲床、剪床	6.78	-1	40752	-32
其他成形机床	1.73	-14	220308	125
合计	54.14	6	579417	11

2. 功能部件经营情况

台湾滚动功能部件产业发展较快，已经形成了成熟的产业化生产规模，其产品技术水平仅比德国、日本、意大利等工业发达国家略低，因此目标市场定位在中档数控机床领域，具有较好的品牌影响，现已占据较大市场份额。

台湾机床产品大量出口，也带动机床功能部件的出口，先进国家如日本、德国、美国、韩国为求降低成本，已大量采用台湾功能部件，新兴工业化国家与发展中国家为提升机床竞争力，也大量采用台湾功能部件。因此台湾地区已成为全球除日本、德国以外，最主要的机床功能部件供货基地。

三、台湾机床产业特点

据初步分析，台湾机床产业具有以下特点：

1. 以出口为主，面向世界市场，跻身于国际竞争

TAMI 统计显示，台湾机床产业主机及功能部件产值约 80% 供出口，加工中心及数控车床是台湾机床出口的主力产品，2012 年主要机床产品出口情况如表 2 所示。

表 2

产品	出口额		台数	
	亿美元	同比（%）	数量	同比（%）
加工中心	14.03	1	19030	33.1
数控车床	7.94	17	10938	18.7
普车	1.63	-0.3	23375	3.8
钻床	1.18	-4	16585	2.8
铣床	1.86	-15.1	12673	4.4
磨床	1.53	1.1	4909	3.6
锯床	1.89	3.9	73256	4.5
放电加工机	0.86	-7.6	2659	2
其他金切机床	4.65	60.3	121997	11
冲床剪床	5.42	-1.3	32602	12.8
其他成形机床	1.38	-15.1	176247	3.3
合计	42.36	5.9	494271	100

台湾功能部件是大陆机床行业采用最多的产品。2012 年台湾机床功能部件出口额 8.75 亿美元，同比减少 12.9%。大陆为其出口第一市场，金额 3.74 亿美元，占出口 42.8%，同比减少 21.7%。美国第二，金额 8831 万美元，占出口 10%，同比减少 7.8%。日本第三，金额 7709 万美元，占出口 8.8%，同比减少 7.6%。第四至第十位依序是香港同比减少 40%，德国同比减少 11%，韩国同比减少 1.6%，泰国同比增加 4.1%，加拿大同比增加 29.2%，印度同比减少 13.5%，马来西亚同比减少 1.5%。前十大出口市场，合计占台湾机床功能部件出口 85%。

2. 以小企业为主，各有专长

台湾机床工具企业人数较少、规模较小，都是私人或股份制企业，十分精干，效率高；生产模式为专业化生产，企业间互相协作，形成纽带，形成了完整的产业配套链条。据台湾工业技术研究院统计，目前台湾地区机床工业有大小工厂约 1400 家，计 2.6 万人。每厂平均约 20 人，大都集

中在台中，合作体系比较完善。其中，金属切削机床较大生产厂约 220 余家，成形机床生产厂约 50 余家。

3. 专业分工，产业链配套完备

产业链分工协作、相互配套、共同发展是台湾机床产业的重要特色。专业分工、配套协作的生产模式促进了台湾地区机床产业高度集聚和高效发展。台湾的机床制造生产企业 90% 以上集中在台中，区域专业配套能力很强，大部分配套件在本地区都能采购到。

一个主机厂由几十个甚至更多配套厂提供配套，主机厂紧贴现代制造业技术发展趋势，集中精力于产品关键核心技术的研发、产品的装配调试和可靠性试验等；配套企业则根据产业发展前景和主机厂的技术需求，专攻功能部件的研发试验及精益生产，交给主机厂的是成组的部件成品，主机厂不需要再加工而直接进行装配。

台湾机床产业结构模式基本摒弃了机械行业传统的“大而全”和“小而全”的组织结构，将封闭的产业组织转化为开放的协作关系，各精专攻，提升了各自产品的技术附加值，形成了产业链各环节的小巨人企业，促进了整个机床行业的高速发展。

4. 现代化管理，经济效益好

台湾机床企业重视企业人才队伍的素质和企业管理的水平。台湾机床大部分企业以技术起家，

并学习发达国家，采取现代化管理方法，以产品为核心，实现了较好的经济效益，促使整个行业经济实现良性循环。

例如：生产导轨防护罩、机床罩壳和排屑器的引兴（KEYARROW）公司，生产线实施“一片流”，从投料到成品，零件不落地、不停留、不间断，工件在“流动”，人员不走动。导轨防护罩从投料到出成品 4 小时，做到零库存。生产刀库的吉辅（Gifu）公司生产现场实行颜色管理，每种颜色代表不同的问题，红色为最高优先权。全系列机床制造企业福裕事业股份有限公司，其每个生产环节都有具体的技术规范，工人严格按规范操作。先进的设备加上完善的管理，保证了生产各个环节的高效运行，从而保证能生产出符合质量的产品。

四、台湾骨干企业大陆投资情况

台湾岛内需求有限，其机床企业普遍重视大陆市场，受益于大陆市场对中高端机床及其功能部件的强力需求，台湾企业转移到大陆已经是一个明显的趋势，有些台湾机床企业已逐步把公司重心设在大陆。台湾功能部件企业近年来在内地快速发展。从普森的主轴，到 HIWIN 的丝杠、PMI 的导轨、再到佳贺的卡盘等，台湾功能部件已成为大陆机床行业采用最多的品牌。部分台湾机床企业在大陆的生产与销售点如表 3 所示。

表 3

序号	台湾企业	主导产品	大陆生产地	大陆销售点
1	杨铁工厂股份有限公司	加工中心、数控车床	上海	上海、德州、长春、重庆、长沙、梅州、湖南衡阳
2	台中精机厂股份有限公司	数控车床、电脑车床	天津、广州、上海、青浦	天津、重庆、东莞、广州、上海
3	友嘉实业集团	加工中心、车床	浙江萧山	上海、北京、成都
4	台湾永进机械工业股份有限公司	加工中心	上海	汕头、北京、成都
5	金丰机器工业股份有限公司	冲床、压力机	浙江、宁波	深圳、上海、龙华、沈阳
6	台湾亚威机电股份有限公司	龙门加工中心	上海	北京
7	群基精密工业有限公司	火花机、加工中心	苏州	东莞
8	台湾福裕机械有限公司	高精密平面磨床	上海、嘉定	北京
9	台湾匠泽机械股份有限公司	立式加工中心	上海、昆山	上海、北京
10	上一机械有限公司	平面磨床	上海嘉兴	深圳、上海
11	台湾盟立自动化股份有限公司	传感器、控制器	上海浦东	
12	台湾高峰工业股份有限公司	立、卧式加工中心	上海昆山	

(续)

序号	台湾企业	主导产品	大陆生产地	大陆销售点
13	力山工业股份有限公司	电动、气动工具	浙江萧山	
14	台湾东台精机股份有限公司	数控机床	东莞	
15	台湾庆鸿慢走丝有限公司	数控放电加工机, 线切割机	浙江萧山	
16	KENT 建德工业机床有限公司	磨床	浙江萧山	
17	协鸿工业股份有限公司	加工中心		上海、南海、黄岩、沈阳、成都、西安
18	台湾欧马科技股份有限公司	精密数控机床		辽宁、武昌
19	台湾丽伟电脑机械股份有限公司	加工中心、数控机床		上海、昆山、深圳
20	重庆全景机械制造有限公司	发动机		广州
21	台湾高明精机工业股份有限公司	加工中心, 门型机		上海、北京
22	东莞市钰晋机械设备有限公司	冲床、零配件		广州、上海
23	贸易机械工具			东莞、上海
24	大立机器工业股份有限公司	加工中心		广东、上海

(续)

五、其他相关资料

1. ECFA 情况

与台湾地区机床工具业相比, 大陆机床在功能部件和中档、中小型规格数控机床等产品方面竞争力还处于相对劣势。尤其是在 2011 年 1 月《海峡两岸经济合作框架协议》(ECFA) 实施以后, 中国台湾向大陆销售的部分机床产品享受减、免进口关税的待遇。根据“早收计划”, 有 37 种机床工具产品被列入其中, 包括金属切削机床、成形机床、机床工夹具及零附件三大类产品。ECFA 的实施进一步提升了台湾企业和产品竞争力, 有利于扩大台湾对大陆的机床出口, 部分早期收获产品清单如表 4 所示。

表 4

序号	2009 年 税则号列	产品名称 (简称)	2009 年 进口税率 (%)
398	84581100	切削金属的数控卧式车床	9.7
399	84589100	切削金属的其他数控车床	5
400	84592100	切削金属的数控钻床	9.7
401	84601100	数控平面磨床	9.7
402	84604020	研磨机床	13
403	84609010	砂轮机	15
404	84609020	抛光机床	15
405	84612020	插床	15
406	84613000	拉床	12
407	84615000	锯床或切断机	12
408	84619011	龙门刨床	15

序号	2009 年 税则号列	产品名称 (简称)	2009 年 进口税率 (%)
409	84619019	其他刨床	15
410	84621010	数控锻造或冲压机床及锻锤	9.7
411	84621090	非数控锻造或冲压机床及锻锤	12
412	84624900	非数控冲孔、开槽机、冲剪两用机	10

降税安排如表 5 所示。

表 5

型号	2009 年 进口税率 X (%)	协议税率		
		早期收获 计划实施 第 1 年	早期收获 计划实施 第 2 年	早期收获 计划实施 第 3 年
1	$0 < X \leq 5$	0		
2	$5 < X \leq 15$	5	0	
3	$X > 15$	10	5	0

2. 台湾多家机床大厂展开扩建计划

据台湾经济日报报道, 随着全球汽车及航空航天产业逐渐升温, 台湾机床大厂也在为景气复苏做准备, 包括上银、程泰、东台、高锋、主新德及台中精机等, 2014 年纷纷展开扩建新厂计划, 投资金额合计已逾 200 亿新台币。

据悉, 上银 2014 年两岸投资金额将超过 100 亿新台币。其中, 苏州工业园区大块土地, 初期拟投资 10 亿新台币规划兴建研发、物流及精密制造加工中心, 预计今年初动工, 2015 年完工投产。

广告客户索引 Advertisers' Index

约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司 广告号码 41
Heidenhain front Cover
重庆机床（集团）有限责任公司 广告号码 128
Chongqing Machine Tool (Group) Co., Ltd inside front cover
沈阳机床（集团）有限责任公司 广告号码 36
Shenyang Machine Tool (Group) Co. Ltd inside back cover
第十四届中国国际机床展览会 广告号码 20
The 14th China international Machine Tool Show back cover
哈斯自动数控机械（上海）有限公司 广告号码 19
HAAS Automation Asia Co., Ltd P1
北京凯恩帝数控技术有限责任公司 广告号码 138
Beijing KND CNC Technique Co., Ltd. P2
海克斯康测量技术（青岛）有限公司 广告号码 101
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
Zhengzhou Diamond Precision Manufacturing Co., Ltd. P4
德马吉·森精机 广告号码 113
DMG Mori P5
健椿工业股份有限公司 广告号码 459
KENTURN NANO. TEC. C., LTD P6
江苏新瑞重工科技有限公司 广告号码 264
Jiangsu Shinri heavy Industry Science & Technology Co., Ltd. P7
山特维克可乐满切削刀具（上海）有限公司 广告号码 488
Sandvik Coromant P8
南通斯维特精密机械有限公司 广告号码 10
Nantong Swift Precision Machinery Co., Ltd. P9
武汉华中数控股份有限公司 广告号码 90
Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd P10
马波斯（上海）商贸有限公司 广告号码 414
MARPOSS P11
北京凯奇数控设备成套有限公司 广告号码 460
Beijing CATCH CNC Equipment Co., Ltd. P12
洛阳鸿元轴承科技有限公司 广告号码 28

Laoyang Hongyuan Bearing Technology Co., . Ltd. P13
南京工艺装备制造有限公司 广告号码 70
Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd P14
涌镇液压机械（上海）有限公司 广告号码 485
Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co., Ltd P15
保定向阳航空精密机械有限公司 广告号码 34
Baoding Xiangyang Aviation Precision Machinery Co., Ltd. P16
河北博纳机床附件制造有限公司 广告号码 46
Hebei Bona Machine Tool Accessories Manufacturing Co., Ltd. P17
意大利成形机床展览会
China Famous Brands of Machine Tools & Tools P18
上海涂料有限公司
Shanghai Coatings Co., Ltd. P19
北京北一数控机床有限责任公司 广告号码 47
Beijing No.1 Machine Tool Co., Ltd P21
上银科技有限公司 广告号码 398
Hiwin Technologies Corp. P22
天津第一机床总厂 广告号码 88
Tianjin No.1 Machine Tool Works P23
济南二机床集团有限公司 广告号码 100
Jinan No.2 Machine Tool Group Co. Ltd. P25
北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司 广告号码 24
Agie Charmilles P26
立嘉展国际机床展览会 广告号码 331
Exhibition of LiJia International Machine Tool P109
第十五届中国国际模具技术和设备展览会 广告号码 12
China International Exhibition on Dia & Mould, Material
Processing and Forming Industry P110
第十三届中国国际装备制造业博览会 广告号码 284
The 13th China International Equipment manufacturing
Exposition P111
深圳市南护群山胶木有限责任公司 广告号码 422
NANHQUUNSHAN P112

程泰集团加快布局航空航天、能源等重工业，在嘉义大埔美园区 4.6 万平方米土地将分三期建厂，预计总投资金额约 50 亿新台币，未来年产值可达 50 亿新台币。大埔美园区第一期工程，程泰、亚崴各 3000m² 厂房，拟投入 6 亿新台币建厂，程泰将在此建置大型立式车床生产基地，亚崴则以 C 型机床量产机种为主。和大集团业绩高涨，中科三期建厂已订今年一季度动工，2015 年投产，其中，高锋使用 2000m² 厂房，规划生产五轴、五面加工机床；和大则使用 1000m² 生产电动车减速箱，新厂年产值合计可达 20 亿新台币。

东台承租总部对面约 2 万 m² 土地规划新厂，今年开始动工，初期投资金额约 12 亿新台币。主新德投资 2.5 亿新台币规划的中科二期新厂，完工后产能可扩充一倍。台中精机也启动新一波投资

计划，精密机械二期园区 3.1 公顷土地，拟投资 32 亿新台币分期建厂，将作为高阶、复合加工机床生产基地，规划年产值可达 100 亿新台币。

六、挑战与机遇

根据美国加德纳数据统计，2013 年全球 27 个主要生产国家和地区共消费机床 755 亿美元，同比减少 12%，其中中国消费 325 亿美元，同比减少 17%，中国机床消费占全球的 43%。可以预见在相当长的一段时间来，中国将继续保持世界第一的位置。

随着科技的进一步发展，经济全球一体化、市场竞争全球一体化的日趋加深，中国作为现阶段最大的机床消费市场，已经成为世界机床企业的必争之地。如此严峻的挑战，也是促使我国的机床工具行业转型升级的直接动力。□

液体静压、动静压技术在我国机床的发展历史及现况

上海原创精密机床主轴有限公司 丁振乾

静压支承具有高精度、高刚度、长寿命等一系列优点而得到人们的重视和广泛应用。最早的液体静压支承的雏形是在 1878 年巴黎国际博览会上展出的能灵活浮动的展品。1938 年美国加利福尼亚州的帕罗马尔山天文观测站在 200 英寸天文望远镜上，首次成功地应用液体静压推力轴承。该望远镜重量为 500t，转速为 1 转/天，但驱动功率仅需 70W。1945 年法国工程师 P. Gerard 发明了向心静压轴承，并于 1948 年成功地应用于 Gendron 磨床砂轮主轴上，在以后的几十年中，静压技术迅速发展，应用范围不断扩大，几乎遍及于整个机械制造行业，包括仪器、冷轧机、雷达天线座等民用与军工的设备上。

为制造精密磨床，国内上海机床厂于 1958 年首先开展该技术的研究。随后 1959 年广州热带机床研究所成立，1962 设立专业研究室。经过五十多年的发展目前该技术已达世界先进水平，不但给新产品设计提供性能良好的轴承，提高了机床及设备的精度和效率，也为旧设备的精化改造提供了技术保证。以下本文略述我国机床静压技术的发展过程及现况。

一、原理验证阶段（1958 ~ 1960）

当时毛细管节流及小孔节流静压轴承国外虽有理论公式，但在机床上的应用实例不多，对于轴承及节流器的具体结构参数甚至缺少资料。因此只能根据已有的资料对静压轴承进行原理验证，以探讨在磨床上应用的可能性。

第一套静压轴承是装在一台外圆磨床砂轮架

上，通过试验，初步验证了计算公式。以后在上述试验基础上又制造了小孔节流静压轴承砂轮架，供三台磨床（M7120 及 M7150 型卧轴矩台平面磨床、Y7520W 型万能螺纹磨床）生产试用。如：M7120 型平面磨床砂轮架轴承，以 0.05 ~ 0.10mm 的进给量磨削硬度为 48HRC 的 45 钢，一次走刀，光洁度即达 $\nabla 9$ 。以 0.01mm 的进给量磨削 HT200 铸铁件时，可磨出 $\nabla 10$ 光洁度，比原动压支承提高一大级。上述试验证明，静压轴承应用在磨床上是完全可行的，从而为静压支承的进一步试验及应用打下了基础。

二、生产性试验阶段（1961 ~ 1968）

由于当时没有精密滤油器，在这个阶段遇到的最大困难是节流器的阻塞而引起抱轴，使静压轴承无法正式用于商品，后来用 180# 细密铜丝外绕 6 层绒布及 2 层稠布制成的滤油器勉强解决阻塞问题，节流形式方面除小孔外又引入了圆截面毛细管及滑阀节流等。

1959 年广州热带机床研究所成立，由上海机床厂调往该所的工程师在 1962 年组建静压研究室，此项技术的研究与应用得到有力的推动。与此同时，国内无锡机床厂等其他磨床厂也开始对静压轴承进行试验，此项技术得到磨床制造业普遍重视。

1965 年上海机床厂在 H075 型轴承环磨床的头架上应用静压轴承，使被磨工件的内外圆的不圆度达 $0.5\mu\text{m}$ 、光洁度达 $\nabla 12$ 作为第一台商品跨出成功的一步。此时，广州机床研究所进行小孔节

流的研究,并将其用在机床改造上。1966年英国W. B. Rowe等发明了双面薄膜节流器,由于其刚度明显高于毛细管、小孔等节流器而得到重视,但当时理论公式未建立,只能用试凑法寻找最佳刚度,从而限制了生产上的应用。

这个阶段对理论的研究只限于消化国外的有关资料,因此只限于节流器结构形式的试验及磨床产品试验阶段,未能大量应用于生产。

三、重视理论研究和大量推广阶段 (1969~1984)

为了解决生产中存在的参数选择而推动对静压轴承可变节流器(薄膜、滑伐节流)的设计参数的理论研究,六十年代末原广州热带机床所推导出滑伐节流及薄膜节流的参数选择公式,与此同时上海机床厂提出薄膜节流的参数选择的简化公式和薄膜制造工艺,这些理论公式的建立给推广带来很大方便。

广州机床研究所在研究和推广的热潮中起到组织带头作用,帮助国内机械制造业(包括机床、工具等)许多企业推广静压技术并在许多工程项目上应用,取得良好成果。如:帮助武汉重型机床厂将滑阀节流静压轴承应用于重型车床,将小孔节流静压轴承应用于广州机床厂生产的外圆磨床等机床产品中,同时还在成都量具刃具厂和洛阳拖拉机厂大量进行技术改造,作为推广的样板。

上海机床厂用自己的研究成果陆续开发了六十余种应用静压技术的新产品,如MG1432A外圆磨床光洁度稳定达 $\nabla 14$,S7450丝杆磨床上应用了静压轴承,静压丝杆螺母、静压导轨,M82100大曲轴磨床在砂轮架及头架上应用静压轴承等产品,同时在磨床等行业中推广薄膜节流静压轴承。

1973年6月在广州召开的全国静压技术会议上,对于静压轴承的理论计算、推广及应用进行了交流,带动了全国静压轴承技术的研究及推广应用,使这项由当时一机部范围内的研究及应用成果推广到其他部门,全国形成静压轴承研究和推广的热潮。在其他行业的推广应用中,原三机

部利用一机部的经验,在北航组建了流体原理与应用研究室为静压技术推广的技术指导单位,在原三机部系统内改造旧设备取得良好成效。

这是一次影响深远的盛会,由于静压技术的推广应用使我国机床的水平有了明显的提高,会后制造出许多新产品。沈阳第一机床厂用薄膜节流静压轴承制造出高精度磁盘车床;航空部六二五所用薄膜节流静压轴承研制成功高精度球面车床;无锡机床厂制造出高精度无心磨床;上海仪表机床厂用小孔节流静压轴承制造出高精度车床;广州机床所的M8240曲轴磨床;上海机床厂的高精度轴承环磨床及珩鼓车床等产品,此后这种交流活动频繁开展。

在生产中的扩大应用给理论研究提出的新课题,使理论计算方面取得很大进展,如:广州所的大位移承载能力及刚度计算;上海机床厂建立任意油腔数各种节流器所通用的动静态普遍公式,此公式体现了静压轴承各种结构形式与节流形式的内在联系和规律性,并对W. B. Rowe的“液体静压轴承的设计步骤”中的计算公式的错误作了修改。当时对于动态特性问题的研究给予特别的重视,广州所与华师大合作对于阶跃载荷及频率特性、稳定性等进行研究;上海机床厂与上海师大合作对薄膜节流的动态特性进行研究,得到有用的结论,尤其是认识到油液中残留空气对轴承性能的严重影响,将原来装在油腔的压力表取消,大大提高动态性能。由于认识到以往研究静压支承的主要工作放在节流器上,将静压轴承与动压轴承人为地远远分开是不利于静压轴承发展的,因此开始重视对油腔结构的研究。电子计算机的发展使得在计算方法上从解析开始进入用差分法和有限元素法进行数值解,从而提高计算的精确度,并能较精确地解决以前用简化计算所难于解决的问题。

在结构方面,英国的沟槽节流首先由汉江机床厂应用,苏联的内部节流形式也曾引起注意。上海机床厂将其进行改进并应用于M84160轧辊磨床等产品。日本丰田工机的腔内回油也曾引起重视,对其回油孔的布局、动压效应等做深入的研究也应用于产品上。广州所和武重对静压技术的

另一分支定量供油式静压支承的研究也取得良好成效,并成功应用于重型机床上。另一方面作为静压支承应用的扩大,利用静压油腔在受力时的压力变化作为信号用于测量上也在进行试验,如:汉江机床厂在螺纹磨床对刀装置,陕西机床厂用于试验微进给装置。

这些研究的成果丰富了静压技术的理论:在70年代中期由部局组织编写的《机械工程手册》中的静压技术的有关章节由广州机床研究所主笔;《机床设计手册》的有关静压技术的章节,由上海机床厂主笔;广州机床研究所改版了《液体静压轴承原理及应用》;八十年代初北航编写了教材“液体静压支承原理与设计”。这期间在《机床与液压》、《润滑与密封》、《磨床与磨削》、《设备维修》等杂志上发表有许多静压技术文章。为了推广技术曾召开许多全国性的静压技术交流会,规模一次比一次大,水平一次比一次高。值得一提的有,1973年6月在广州召开的全国静压技术会议,其影响极为深远,对于静压轴承的理论计算、推广及应用进行了交流,带动了全国静压轴承技术的研究及推广应用;1980年由摩擦学会、设备维修学会联合在成都召开全国静压技术交流会,总结了七十年代静压技术推广应用的经验和教训,提出了动静压技术研究和专业化生产的方向。

四、动静压轴承、静压轴承应用的扩大和商品化(1985~)

随着静压轴承的应用和研究的深入,对静压轴承在高转速时的动压效应引起重视,如何更有效地利用动压力节省能源是个值得重视的问题。国外大型冷轧机及大型立车等重型设备上应用静压启动,动压工作的动静压混合轴承。七十年代中期起广州机床所研究动静压轴承用于球磨机、轧机、发电机等重型设备上。对磨床而言,高的转速所带来的动压效应不可忽视,并在动态特性的研究中得到的不同节流器,虽然静态油膜刚度不同,但在高频下具有几乎相同的动刚度,而油腔的结构却是决定动刚度的主要因素,于是在上海机床厂开展了磨床动静压轴承的研究。

1976年上海机床厂研制成功两类多油楔动静压轴承,即HSDB-R及HSDB-1,前者为带外节流的将原静压轴承的深油腔改进为阶梯或收敛曲线浅油楔的动静压轴承,后者为利用阶梯节流及阶梯油楔的无外节流的自节流动静压轴承。这两种轴承的性能明显超过静压轴承,并曾作为机密技术,大量在磨床新产品上应用,取得了良好成效。三十多年来得到越来越多的应用,迄今仍是性能最佳的应用于精密机床的动静压轴承。例如用于外圆磨床上达到镜面($\nabla 14$)所需的时间比静压轴承节省一半以上,用于头架上能磨出不圆度 $0.1\mu\text{m}$ 以下的工件。这项技术直到1980年在成都召开的全国静压技术交流会上才对外发表,引起同行的重视,其后国内转向动静压轴承的研究。

在此以后出现的动静压轴承几乎都类似于上述两种动静压轴承,动压油楔几乎都是阶梯油楔和静压的自节流形式,仅形成自节流形式有些改变,例如北航在八十年代中提出的孔式环面节流的机构,应用于磨床改造。北京第二机床厂在研究动压轴承过程中对于阶梯油楔的加工工艺的成果,对该类动静压轴承的推广起了积极的作用。

在单油楔动静压轴承方面也有新的发展,例如:WALDRICH的三油腔动静压轴承应用于轧辊磨床中效果良好。

八十年代中期,随着国家体制改革的深入和动静压技术的成熟,设备改造的需求促使我国液体动静压轴承主轴部件出现专业化生产:北航成立的北京中航设备改造研制厂,从对于航空系统的企业中的旧设备技术改造入手,逐步形成主轴单元商品化而进入小批生产;岳阳机床厂主轴功能部件研究所的双锥面静压轴承部件,作为专用部件增加机床的功能,加装在如龙门刨等普通机床上磨削机床导轨、大型平面、内孔、外圆,社会效益可观;上海机床厂在七十年代末期开始对各类磨床进行改造,效果显著;上海引进设备维修中心、得宝机床(北京)有限公司对轧辊磨床等各类磨床及多轴镗头等进口设备进行改造收效良好;广州机床研究所针对一些机床厂的需求也供应部分主轴部件商品。

随着大型机床的发展液体静压导轨的应用也

逐渐增多,尤其是国外商品化的定量供油装置给静压导轨的应用创造了条件。

1994年由以上几家发起,得到中国机床工具工业协会批准,成立了滑动轴承主轴单元专业委员会。2003年2月,为使主轴功能部件行业进一步发展,适应机床行业的需要,更名为主轴功能部件专业委员会,使此技术的交流日趋增多,使主轴功能部件行业逐步发展壮大。目前从事专门生产动静压混合油膜轴承及其主轴功能部件生产的主要厂家有:上海原创精密机床主轴有限公司、北京航空精研机电技术有限公司、北京北航精密机电有限公司,北京东方精益机械设备有限公司、岳阳科梦科技有限责任公司、湖南普来得机械技术有限公司、无锡市新风轴瓦厂等单位。

当前动静压轴承的商品化十分火热,但也存在着忽视技术开发的倾向,以致于技术水平长期停滞不前,使进一步的应用和推广受到影响。为此专业委员会多次呼吁重视技术开发并组织交流,通过技术培训等形式推广成熟的结构,使这项技术发展得更好。

五、世界领先的技术

我国对静压技术的研究及应用已有五十年历史,对基础理论的研究相当深入,应用也十分广泛,品种俱全,静压主轴、动静压主轴、静压丝杆、静压导轨都有成熟的产品,在技术上已打下了坚实的基础。如以下例子可以证明本领域的现状已达到世界先进水平:

(1) 国外机床厂规模小,开发能力有限,研究、设计多依靠大学,所用的静压轴承大都是毛细管或小孔节流的四油腔的结构,有些甚至于不符合基本理论,然而进口静压主轴的售价惊人,往往要几万甚至十几万美元1套,但在性能上也未见优越。作者长期从事进口机床主轴的国产化改造,几乎对世界各国名牌机床厂的静压主轴都用自主开发的HSDB动静压轴承进行国产化改造,其性能都能达到或超过原装新主轴水平。

(2) 我国开发的多油楔动静压轴承在1983年英国召开的“24届国际机床设计研究会”(24th、M、T、D、R、)上发表,虽然后来国外也有类似

的结构,但无论是日本的丰田、埼玉大学的结构及美国专利,从发表的时间上都比我们迟,结构布局上也有许多不到之处。笔者发表的动静压轴承,静压导轨的文章被译成外文在杂志上发表。

(3) 在应用方面,无论是从精度、承载能力上都能达到世界先进水平并具有相当的开发能力。例如:风电行业及轴承行业所需的大型立式内外圆磨床的转台是国内空白,进口价约为转台直径每厘米1万欧元(例如转台直径1600mm的售价为170万左右欧元),尤其是大尺寸(1.5m以上)转台(要求回转精度 $1\mu\text{m}$ 左右)用滚动轴承不能满足要求,自主开发的静压转台其精度及承载力均不低于进口设备,可满足这一类机床实现国产化大量生产的要求,替代进口。SKF现在也购买中国的该类机床产品。

(4) 闭式静压导轨功能部件在国外机床上也被作为新鲜的事说得非常神秘,国人也跟着宣传盲目崇拜,其实国内早已有应用,又如国外静压支承的节流器PM阀,其原理类似于单面薄膜节流器,这种技术国内在六十年代就有深入的研究与应用,而他们只有二十年的历史。

以上几例足以证明在本领域我们并不落后,因此笔者常在文章中强调:虽然从总体上来看我国的机床工业水平落后于发达国家,但在精密机床静压、动静压技术方面却占领先地位。

最近高档数控机床专项的技术要求中许多关于静压轴承、静压导轨的性能要求,有相当一部分在以往的研究及应用中已达到,还有一些尚待开发,由于我们有扎实基础,只要国外能达到的我们一定能达到,国外未达到的通过我们积极开发也能达到。

六、结语

本届专业委员会以“竞争、交流、共谋发展”的主题思想促进行业技术发展,加强技术推广和普及工作,将优质可靠的主轴功能部件产品供给主机厂,为我国机床产品的升级换代增强国际市场上的竞争力,提供有力的技术保障,为民族争光。

由于收集的资料有限,不到之处在所难免,敬请批评指正。□

L-SS：大功率金属激光熔覆-熔化-烧结成形制造平台

江苏永年激光技术有限公司 颜永年 张定军 陈振东 荆红 黄晓峰
清华大学老科协先进制造技术项目部 张人佶 汪复兴 卢清萍 程萌芽

在激光三维增材成形技术领域中，激光熔覆沉积成形——LCD*（Laser Cladding Deposition）和选择性激光熔化成形——SLM（Selective Laser Melting）是最为重要的无偏析和高柔性金属成形技术。LCD 可将金属熔滴沉积在任意界面，可完成尺寸大、重量重、高性能、高可靠性的金属结构件，因而受到航空等高端制造界的青睐。SLM 是三维打印家族中，在成形件的复杂程度方面，名列第一，可完成嵌套性、蜂窝性和三维曲线腔管性结构的成形。

LCD、SLM 两种成形工艺，根据 CIMS（计算机集成制造系统）的原理，在一个主控计算机管理和控制系统的管控下，可以采用同一种激光系统（同一个激光器件、冷水机、电源、控制器）以及同一套真空系统、惰性气氛系统等，通过光纤和光闸“全功率分时”或“分功率同时”，传输给 LCD 的熔覆头和 SLM 的振镜，分时或同时完成激光熔覆和激光熔化工艺。根据微粒融化与微滴沉积的先后关系，可分为：“之前熔化”、“同时熔化”和“之后熔化”三类。

“之前熔化”：合金粉末微粒从离开喷嘴孔至熔池的沉降路径上已被激光完全熔化（也有部分熔化），熔化的微滴进入熔池组装成形，粉末先熔化后沉积组装，属 LCD 范畴，常见于同轴送粉 LCD。

“同时熔化”：粉末微粒到达熔池的瞬间才即

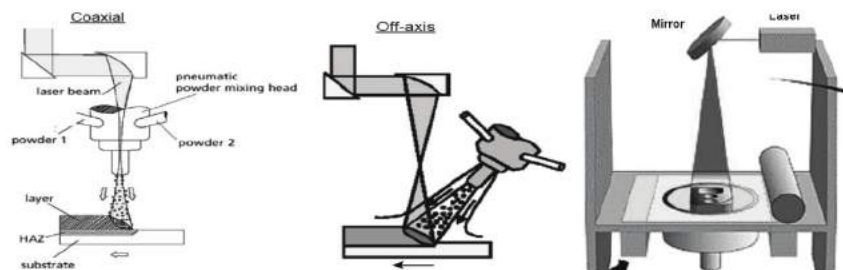
刻融化，也就是边熔化成液态微滴边沉积组装，常见偏轴送粉 LCD 等。

“之后熔化”：激光根据扫描路径对当前层粉末微粒——已铺在粉床上并被压实的粉末微粒（已先沉积）进行聚焦熔化（之后熔化），功率足够的激光束，完全熔化被聚焦的粉末微粒及已成形的上一层金属实体的表层，使其熔为一体，冶金结合而成形，即 SLM。“之后熔化”的另一种情况，被称为选择性激光烧结，即降低激光的功率，其仅能熔化被聚焦的金属粉末微粒的表层，并与已成形金属实体表层相冶金结合，类似粉末冶金烧结过程，从而得名选择性激光烧结，即 SLS——Selective Laser Sintering。

由于 SLS 与 SLM 具有相同的成形机理，仅激光功率大小不同。采用 SLS 与 SLM 一样，可完成复杂的，其他工艺难以完成的嵌套性、蜂窝性、三维曲线腔管性结构，SLS 适用于非金属，SLM 适用于金属。本平台将 SLS 也纳入集成平台系统，使其功能更强大，用途更广泛。集成 LCD、SLS、SLM 形成一个统一的平台，简称 L-SS 平台，属于国际首创（见图 1）。

大功率金属激光熔覆-熔化-烧结成形制造平台由“计算机集成管理-控制系统”（控制系统）、“成形-修复子平台”（简称子平台）和“部件”所组成。控制系统由总控计算机（总控 PC）、激光 PLC、SLM/SLS PLC（即熔化-烧结 PLC）、熔覆-机

* LCD 即激光工程净成形——LENS（Laser Engineering Net Shaping），该技术在 1999 年被评为世界最有活力的 25 项高新技术之一。



(a) LCD 同轴送粉图 (b) LCD 偏轴送粉图 (c) SLM/SLS 示意图

图1 LCD、SLM/SLS 示意图

器人 PLC、机床 PLC (包括三轴数控机床、卧式花盘车床、立式花盘台架的 PLC)、气体净化 PLC (包括真空系统 PLC) 和 LCD PLC (即激光熔覆沉积成形 PLC) 共七个控制子系统组成 (见图 2)。

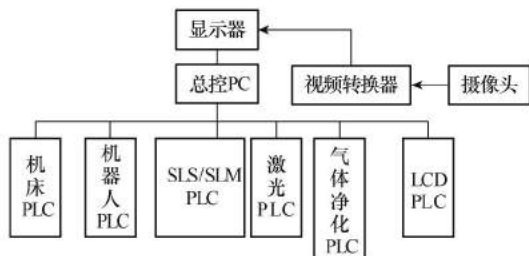


图2 计算机集成管理-控制系统框图

子平台有轴杆类子平台、盘类子平台、LCD 子平台、SLM 子平台和 SLS 子平台, LCD 和 SLM 子平台共用一个惰性气氛成形室以及相应的支持子系统。部件有激光器部件熔覆-机器人部件和气体净化 (包括真空系统) 部件。

本平台采用先进碟片式激光器, 保证了高质量、标准化、稳定的激光束, 恒定不变的发散角, 采用光纤传导外光路传导系统、管路 LCD 送粉系统和 SLM/SLS 铺粉系统, 为激光融覆-烧覆-烧结过程提供金属粉末。LCD 子平台和 SLM 子平台均安装在密封的惰性气氛加工室内, 分别执行 LCD 和 SLM 工艺, 通过充入氩气和氮气排除密封加工室内的空气, 利用净化系统去除加工室内的氧和水, 使整个激光融覆-熔化过程处于惰性气氛工作环境, 减少氧化, 保证质量。执行 SLM 和 LCD 工艺时, 激光束通过光导纤维分别传输给扫描振镜系统和 LCD 熔覆头, 激光聚焦在粉床的粉面上熔化粉末, 或聚焦已熔覆成形的界面上, 而逐层堆积成形。通过 CCD 云台摄像监视系统监视观察加工过程。

目前, 我公司正在研发、设计制造一台

4000W 和一台 10000W 的 L-SS 平台, 其中 4000W L-SS 平台为永年公司自己使用; 另一台 10000W L-SS 平台为某单位定制设备, 已签署订购合同。预计两台设备于 2014 年 8 月份运行 (见图 3)。本平台的可达到的技术指标为:

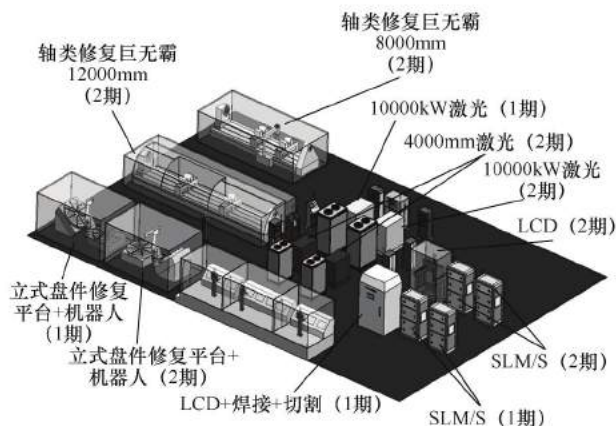


图3 大功率激光金属熔覆-熔化-烧结 3D 打印平台

系统三维示意图

(1) LCD: ①沉积速率 16 至 320 立方厘米/小时; ②沉积速度: 500 到 2400 毫米/分钟; ③光束直径 (光斑大小): 0.5 毫米到 6 毫米直径; ④层厚度: 0.1 毫米到 1.6 毫米; ⑤硬度: 完全硬化“淬火”; ⑥粉末效率: 40% ~ 80% (取决于产品); ⑦激光功率: 1000 ~ 4000W; ⑧材料: 不锈钢、高强钢、高温合金、钛合金、铝合金、高碳钢、结构钢等。

(2) SLM/SLM: ①成形空间: 400mm × 400mm × 450mm (或根据用户要求确定); ②光束直径 (光斑大小): 0.5 毫米到 2 毫米直径; ③成形精度: $\pm 0.1 \sim 0.2\text{mm}/100\text{mm}$; ④成形层厚: 0.1mm ~ 0.2mm; ⑤激光功率: 100 ~ 4000W; ⑥材料: 金属材料——不锈钢、高强钢、高温合金、钛合金、铝合金、高碳钢、结构钢等, 非金属

材料——陶瓷、覆膜砂、生物材料等。

本平台的应用范围很广，其中子平台 SLS/SLM 属“之后熔化”范畴，金属微滴受到未熔化金属微粒的支撑，从成形的角度分析，相当于熔化的金属受到砂型的支撑——铸造，这是复杂结构成形的前提；更为重要的是，这是一种微滴沉积过程中的实时的支撑，完全不需要预先制造砂型（芯），因而具有最大的制造柔性，可完成非常复杂的、精细的、表面粗糙度很低的（如 12.5 级）各种合金材料结构，可用于各高端制造领域；SLM/SLS 中间结构制造优点是随型冷却流道发模具和发动机成形制造的利器。LCD 属本平台将制造功能与修复功能统一起来，即通过金属微滴在支撑结构或磨损的零件上沉积组装，而完成成形制造和修复制造，适用的领域也很广，如航空、核电、石油、军工装备、模具以及矿山和钢铁企业。

目前中国模具产量逐年上升，已达世界第一（见图 4），全球超过 40% 的模具产品都是在中国制造。但模具平均寿命却只有欧美产品的 1/3，甚至更少。中国模具行业每年存在 10 亿元左右的贸易逆差，如图 5 所示，而且出口产品多为短寿命、低档次模具，高质量模具严重依赖进口。3D 打印技术是提高模具水平的核心和关键技术。国内外合金钢模具寿命对比图见图 6。硬质合金模具寿命对比图见图 7。性能差距见表 1。该表说明国外采用 3D 打印技术提升模具全面质量的情况。

从上述中国模具行业一般情况可看出，我国急需金属 3D 打印技术和装备，以提升模具水平。

表 1 采用 3D 打印技术提升模具质量对比表

	传统表面技术（渗透层）	3D 激光表面硬化（硬化层）	3D 激光表面熔覆（熔覆层）
表面加工层厚度	0.03 ~	≥	≥
表面加工层硬度	≤500HV	600 ~ 800HV	800 ~ 1500HV
表面加工层韧性	高硬度下难以满足要求	难以满足要求	高韧性（可保证硬化层高韧性）
耐热性与抗腐蚀性	难以同时满足	耐热性强，抗腐蚀性高	耐热性极强，抗腐蚀性极高
内部韧性	可以保持	可以保持	可以保持
表面开裂	必须完整镀层，易开裂	局部精密加工，不易开裂	局部精密加工，不易开裂
复杂表面适应性	低柔性，复杂结构处有应力，不千家万户应复杂表面	高柔性，适应复杂表面	高柔性，适应复杂表面
环保性能	需要介质，产生废渣、废液，易污染环境	常温、空冷，无须介质，无废渣、废液，不污染环境	高柔性，适应复杂表面
技术与人员要求	传统技术，体系完善，易于寻找专业人员	前沿技术，缺乏实验数据与专业人员	高尖端技术，极其缺乏实验数据与专业人员

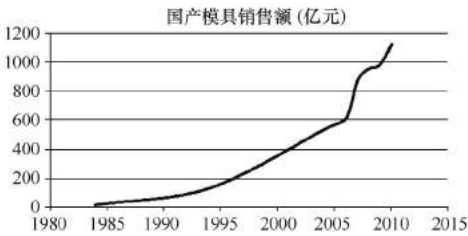


图 4 中国模具产量逐年上升图

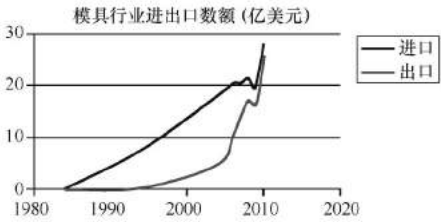


图 5 中国模具行业贸易逆差图

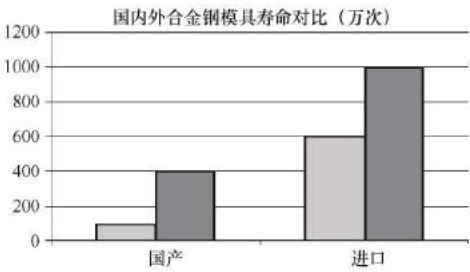


图 6 国内外合金钢模具寿命对比图

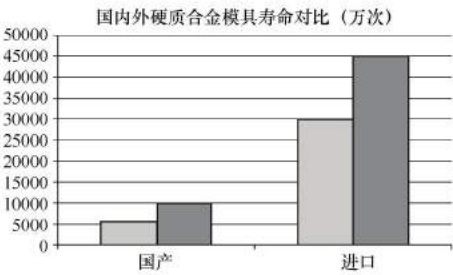


图 7 国内外硬质合金模具寿命对比

L-SS 平台的 LCD 技术在航空航天制造领域同样具有巨大的应用意义，航空航天高温合金涡轮盘和叶片是航空、航天发动机中最重要的零部件，高温合金涡轮盘、叶片属高端结构件，采用 LCD 技术修复可获得再制造的极佳效果。LCD 修复和直接制造技术，修复制造高温合金涡轮盘和叶片，具有最高的材料特性，最完整的修复性，最小的热影响区，最高的性能质量，最小的原件损伤和最小的材料消耗。图 8 是美国 Optomec 公司采用 LENS（即 LCD）技术修复的喷气发动机钛合金压气机涡轮盘。图 9 为高温合金涡轮盘。图 10 为钛合金整体涡轮盘的直接制造。图 11 为该公司公布的发动机叶片。



图 8 钛合金盘



图 9 高温合金盘



图 10 钛合金整体盘



图 11 叶片

采用 LENS 技术，完成航空合金结构件制造，可大量节省贵重合金材料，材料消耗减少 90% 左右，此外开发时间大幅缩短，特别是减少第一件制造时间，具有重大意义。LCD（LENS）技术经 14 年的发展，不但精度大大提高，达到直接制造的水平，而且钛合金件的尺寸已可达到 3 米水平。北京航空航天大学采用 LCD 技术完成 C919 大飞机翼肋，获国家一等奖，见图 12；美国 DM3D



图 12 C919 大飞机翼肋（中国）

公司（原名 POM 公司）采用 LENS 技术完成飞机翼肋，高度超过 2 米，见图 13；西北工业大学采用相同的 LCD 技术完成航天飞行器舵的一体化制造，图 14 为熔复过程的照片。



图 13 DM3D 大机肋（美国）

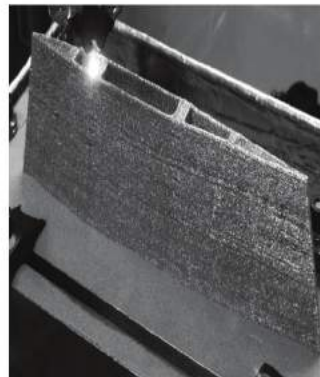


图 14 航天飞行器舵（中国）

由于 LCD 技术是基于金属的“微粒熔化-微滴组装”的直接制造原理，LCD 技术具有极其光明的应用前景，采用 LCD 技术还可完成材料梯度结构成分的快速筛选（Screening），包括快速合金组分确定（rapid alloy discovery），MMC 制造（局部金属或陶瓷制造）。LCD 技术与其他技术相比，是最节省合金材料的制造技术。

据调查，我国飞机制造企业，如沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司、江西洪都航空工业和集团有限责任公司、航宇救生装备有限公司、陕西飞机工业（集团）有限公司、江西洪都航空工业股份有限公司、江西昌河航空工业有限公司、庆安集团有限公司、贵州黎阳机械厂、深圳市中集天达空港设备有限公司、贵州新艺机械厂，均希望采用 LCD 技术。

同时，钢铁企业的炼钢、热轧、冷轧、镀锌等生产过程中使用着大量的高载荷、低转速、高合金的承载设备，其零部件在生产工况环境下服役，产生腐蚀、磨损和疲劳损伤或失效报废，为钢铁生产中形成了最大的备件消耗，占据着很大的生产成本。据初步估算，全国钢铁行业每年仅各种轧钢生产线上的重要零部件消耗达 100 亿元。传统办法主要是更换这些设备零部件，甚至因零部件无法使用报废或者更换整机，必须储备大量的备件，占用巨额的资金、仓储资源。同时，损伤失效

和报废的零部件或者整机基本上作为废品处理, 如此连锁损失, 造成了更大的浪费。本平台之 LCD 技术是一种激光熔覆仿形修复技术, 在钢铁行业用处极为广泛。

采用 LCD 激光熔覆沉积技术, 既能使失效或报废设备及零部件重新使用, 又可以使新品延长使用寿命, 甚至可以多次修复。据调查, 宝钢、鞍钢、本钢、首钢、武钢、唐钢、太钢、攀钢、包钢, 都对沉积技术非常感兴趣, 有的已从中受益。图 15、图 16 和图 17 分别为修复轧辊、表面硬化和辊件端部强化照片。从图 18 可看出表面熔覆的细节。



图 15 修复轧辊



图 16 表面硬化



图 17 辊件端部

同样本平台也在应用于医疗器械中, 钛合金 (Titanium Alloy) 是生物相容极性好的合金, 其蜂窝结构、轻量化结构、一体化结构, 被大量用于医疗器械:



图 18 表面熔覆的细节



图 19 钛合金髋关节图

支架置入体、蜂窝置入体, 修复损伤骨组织, 疏松骨组织, 组织工程支架等。本平台具有优良各类钛合金成形和修复能力。图 19 钛合金髋关节, 图 20 钛合金蜂窝颅骨支架, 图 21 钛合金蜂窝置入体, 图 22 钛合金蜂窝支架。



图 20 钛合金蜂窝颅骨支架



图 21 钛合金蜂窝置入



图 22 钛合金 (Titanium) 蜂窝支架

南京工大数控获中国产学研合作创新成果奖

日前, 由中国产学研合作促进会与重庆市政府主办的第七届中国产学研合作创新大会在重庆举行, 南京工大数控科技有限公司与南京工业大学申报的《回转支承新型制造装备及工业应用》成果获得中国产学研合作创新成果奖。

项目针对回转支承 (属轴承类基础件) 制造中存在的薄形齿圈及滚道的强力切削易颤、通用设备加工效率低、滚道精度不稳定、产品检测技术落后、综合性能实验设备空白等技术难点, 历经 12 年, 发明了用于回转支承制造的极坐标数控成形铣齿、磨齿机、综合性能实验台及基于数控化再制造技术的滚道车磨床等, 实现规

模化生产, 在 14 个省市 26 家回转支承企业推广应用, 累计新增经济效益 12.5 亿元, 其中近 3 年新增利税 2.6 亿元, 对推动我国回转支承行业的技术创新发挥了重要作用。产品获高新技术产品等荣誉 10 项, 拥有自主知识产权, 其中授权发明专利 9 项, 技术性能指标达到国内领先或国际先进水平。

据悉, 此次大会以“深化改革 协同创新 转型发展”为主题, 围绕“政产学研协同创新”、“产学研项目对接与成果转化”、“创新环境、创新基地与产业联盟发展”、“高新技术企业发展”、“职业教育与产学研结合”等问题展开研讨与交流。

数控机床热误差测试中的温度传感器研究

上海交通大学机械与动力工程学院 姚晓栋 杨建国 罗文君 薛 波

【摘要】 热误差是造成数控机床加工精度下降的主要原因之一，对机床温度敏感点的精确测量是进行热误差研究的前提条件。本文介绍了2种自行研制的温度传感器，并对各种传感器性能进行了分析和比较，最后给出了机床温度敏感点测量专用传感器的设计思路。

一、前言

机床热变形误差是影响机床加工精度的主要原因之一^[1,2]。大量研究表明，热误差是机床的最大误差源，占机床总误差的40%~70%^[3,4]。要提高加工精度，最为经济有效的方法是对机床热误差进行实时补偿^[5]，而进行热误差补偿的前提条件是要能够实时、精确、可靠地测试出机床热敏感点的温度数值，这就离不开高精度和高稳定性的测温元件。如何选择有效的测温元件，搭建测温系统，获取机床温度变化量，是实现机床热变形建模与补偿的重要因素^[6]。

数控机床上使用的温度传感器大致可分为两大类：模拟式温度传感器和数字式温度传感器。其中，前者主要以热电阻型和热电偶型为代表；后者则可分为普通型和高精度型。本文论述了进行数控机床温度敏感点测试时对温度传感器的设计要求，并对自行研制的几种温度传感器的性能进行了分析和比较，给出了适合于机床温度敏感点的实时测试的最优温度传感器设计的思路。

二、机床温度敏感点和温度传感器

1. 机床温度敏感点

数控机床表面及内部各点的温升对机床热误

差的影响程度不同，总存在这么一些点，它们的温升变化将引起机床热误差的明显变化，在热误差补偿系统中，只有将这些点作为模型的输入，才能在保证精度的情况下，使测温点数最少。这些点被称为影响数控机床热误差的温度敏感点^[7]。机床温度敏感点有的位于轴承、冷却液和电机等固定点，也有的位于丝杠螺母这样的移动部件上，因此温度传感器需要适应各种测试状况。

2. 温度传感器的比较

(1) 模拟式温度传感器

模拟式温度传感器一般以模拟量信号输出，需进行信号变送处理以及A/D转换，这就要求温度变送单元和模数转换单元都具有很高的精度，而实际上温度变送单元往往存在线性度和抗干扰能力较差的缺点，导致模拟式温度传感器的最终检测精度和稳定性下降。

①热电偶型温度传感器。热电偶型温度传感器是通过把温度信号转换成热电动势信号来测量出温度大小的，热电偶测量时，要求其冷端的温度保持不变。若冷端温度变化，将严重影响测量的准确性。因此必须在冷端采取一定的补偿措施来消除冷端温度变化的影响，但是精确的冷端补偿实现起来困难；此外，热电偶的测试温度范围较宽，一般在250℃以上，而机床温度敏感点

基金项目：高档数控机床与基础制造装备科技重大专项（2009ZX04014-022）。

的变化范围一般在 $0 \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，热电偶较宽的测试范围不适合用于机床温度检测。

②热电阻型温度传感器。该类传感器是基于金属导体的电阻随温度的增加而增加这一特性来进行温度测量的。通常工业测量时采用铂电阻作为热电阻传感器的感温元件，热电阻传感器测温范围同样较宽，如铂电阻测试范围在 $0 \sim 650^{\circ}\text{C}$ ，测试范围较宽会使得在机床温度的测试区存在非线性问题，因而也不适合进行机床温度测试；此外，热电阻型传感器有一定的衰减性，即随着时间的增加，其电阻-温度比例关系会逐步衰减变化，因而需要定期重新标定，具体实施起来较为繁琐，不利于工程应用。

(2) 数字式温度传感器

数字式温度传感器是一种新型的温度传感器，其结合了微电子技术、计算机技术和自动测量技术，在传感器芯片内部与包含了温度检测和变送单元、A/D 转换单元、信号处理单元和存储单元、电源调理单元等，具有抗干扰能力强、分辨力高、线性度好、成本低等优点。因此，在设计数控机床的测温系统时，优先考虑选择使用数字温度传感器作为温度测量元件^[8]。

①普通型数字温度传感器。普通型数字温度传感器通常以 DS1820、DS1822、DS18B20 等芯片作为核心部件，其内部集成了温度采集到模数转换的功能，采用“单总线”的双向数据传输协议，可实现温度数据的数字化直接输出。以本文中研究使用过的 DS18B20 型温度传感器为例，其温度监测与数字输出全集成在一个芯片之上，从而抗干扰力很强；DS18B20 测温范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ，但由于其线性度明显优于模拟式温度传感器，因而也可满足线性测试的要求；此外，该款传感器还具有价格低廉，性价比较高的优点。但是，DS18B20 型温度传感器最大的缺点在于测量精度较低，为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对于大型机床热误差的预测来说，其较大的精度偏差将引起误差补偿的严重偏差，因而 DS18B20 型的温度传感器比较适合于对机床温度场的趋势进行定性研究，而对于机床误差补偿实施时需要精确测量温度敏感点实时温度，其并不是最佳的选择。

②高精度型数字温度传感器。本文所研究的高精度型数字温度传感器采用了瑞士 IST 公司生产的 TS1C—506F 型温度传感集成芯片，其主要特点是精度高、响应速度快、成本低、抗干扰性强以及衰减率极低。该款芯片采用温度自动检测和数字滤波，内部集成了高精度的 A/D 转换模块，采用单根信号线传输数据信号，使用者无需进行额定校准；由于其衰减率很低，使用 5 年以上的精度偏差在 0.1°C 左右，因而无需进行定期标定。该传感器为功耗很低，也可设计为无线传输型传感装置，文中后面提到的无线温度传感器即是基于该芯片设计制作的。此外，该传感器最大的特点是精度很高，达到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，并且其测试范围在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，而线性度最高的测试区在 $5^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间，区内测试精度高达 0.0625° ，完全符合机床热敏感点温度的测试精度和测试范围要求。

3. 机床温度敏感点测试对传感器的设计要求

作为机床温度敏感点的测量用的温度传感器在设计中需要考虑多方面的因素，主要包括：①安装牢固可靠且快捷方便；②温度传感器热传导效果好；③温度传感器抗外界温度干扰；④温度传感器信号电缆抗电磁干扰；⑤温度传感器信号电缆压降对测量结果影响小。

为满足工业现场对温度实际测试的需求，本文作者自行研制了专用的机床热敏感点温度测试用温度传感器，包括有线型和无线型两种模式。

(1) 有线型温度传感器的设计

以高精度有线型数字温度传感器为例，该传感器在设计中主要采取了以下的设计思路和方法，达到了机床温度敏感点测试所需的要求：

①采用稀土材料（钕铁硼）制作整体式强磁性外壳，钕铁硼材料具有体积小、重量轻和磁性强的特点，是性价比极高的稀土类磁铁。钕铁硼材料的使用环境温度可达 80°C 以上，能够满足机床温度敏感点测试的要求。如图 1 所示，温度传感器采用了整体强磁结构，可以方便快捷地吸附在丝杠螺母这样的温度敏感点上，并且由于磁力很强，传感器安装牢固可靠。此外，如图 1 所示，传感器在封装时直接焊接在线路板上，信号电缆则焊接在线路板的另一面，并采用了特殊固定走线

方式,可防止外部信号电缆受力作用在焊接点上,增强了传感器芯片封装和信号线连接的可靠性;传感器的信号电缆采用了耐弯曲的加固橡胶电缆线和铠装结构,可有效避免电缆线在来回运动中的弯曲疲劳折损和橡胶层的磨损。



图1 温度传感器布置图

②采用钕铁硼材料加工的磁铁外壳具有均匀性、一致性好的特点,通过在烧结时调整其化学成分,可以制造出高导热性的传感器外壳,并且通过烧结工艺制作的外壳壁厚在0.2mm左右,整体尺寸只有 $\phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 大小,整个磁铁外壳热传导性能好。此外,如图2所示,温度传感器芯片的热感应面与磁铁外壳底部贴合,并涂覆高导热性胶体以增强热传导性,采用该设计结构的传感器能够达到优异的热传导效果。

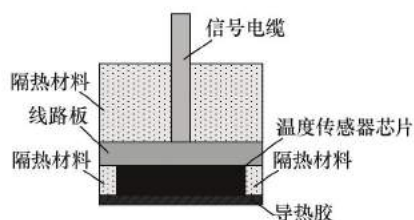


图2 有线温度传感器内部结构示意图

③该款温度传感器在对机床温度敏感点采样时,需要保证所采集的温度数据由待测热源位置所作用,因而就必须防止传感器受到外界温度的干扰。如图2所示,温度传感器在封装时,芯片周围以及磁铁外壳的空缺处全部填充了隔热树脂材料,使得所设计的温度传感器具有优良的抗外界温度干扰的性能。

④该款温度传感器在信号电缆的设计时,采用了特殊的抗电磁干扰的设计,采用双绞和双屏蔽导线,双绞电缆模式可防止长距离导线传输时的差分电压干扰;双屏蔽结构则具有良好抵抗外界电磁干扰的作用;此外,信号电缆线外层护套采用了内衬金属软管的铠装结构,相当于在双层

屏蔽保护结构外又增加了一层电磁隔离屏蔽层,在机床上布置温度传感器信号电缆时,有时信号电缆走线位置靠近动力电缆,而动力电缆流过的是大电流,容易对周围环境产生严重的电磁干扰,而本传感器采用的这种三层屏蔽防护结构可有效地防止动力电缆的电磁干扰,保证了温度信号传送的稳定性。

⑤温度传感器信号电缆压降对测量结果影响小。该型温度传感器采用的是高精度数字式温度芯片,其对于工作电压有严格的要求,在保证高精度工作条件时,工作电压要求稳定在4.5~5V之间。传感器在设计时对于电缆长度有严格规定,当电缆长度小于20m时,可保证工作电压在规定的范围内,而当电缆长度超过20m后,电缆线设计了专门的电压补偿中继模块,可补偿由于电缆过长导致的电压降低,以保证温度芯片端的电压处于规定范围。

(2) 无线型温度传感器的设计

无线温度传感器的设计目的主要是为了解决对温度敏感点的快捷测试,免去安装有线温度传感器时需要在机床排线的工作量,并且在有的测试位置(如丝杠上)无法布置有线温度传感器,而金属基红外温度传感器价格昂贵,并且测试精度较低,一般只能到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 左右,因此无线温度传感器则能够较好地解决这一问题,便于研究人员获得准确的连续测试温度数据信息。无线温度传感器测试主轴时的位置如图3所示;测试丝杠表面温度时的位置如图4所示。

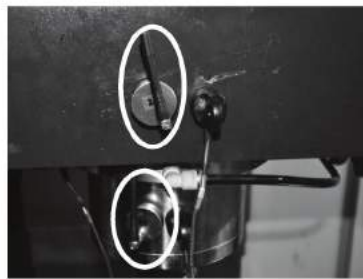


图3 无线温度传感器测试主轴布置图

无线温度传感器同样以TSic—506F芯片为核心,作者在其设计指标上也达到了机床温度敏感点测试所需的要求,具体设计思路和方法如下:

①无线温度传感器的设计需考虑到电池容量,



图4 无线温度传感器测试丝杠布置图

因而体积上比有线传感器大较多,如仍用稀土材料来制作整体式外壳,则由于壁厚的原因,会使得外壳的热容量相对较大,从而造成传感器敏感性的下降;因此,无线温度传感器的外壳采用了冲压模的方式来制作:选用延展性好的不锈钢材料,并通过连续冲压成型工艺,所制作出的外壳各处的壁厚仅为0.1mm,因而很好地保证了无线温度传感器的热敏感性,其内部结构示意图如图5所示。温度传感器芯片的热感应面同样通过高导热性胶体与外壳底部贴合,增强了传感器的热敏感效果。

②温度传感器芯片在封装时焊接在线路板1上,高能锂电池则焊接在线路板2上,线路板1和2通过插针焊接相连;绝缘垫用于隔离线路板2的元件和外壳;外壳上有天线孔,因而天线可通过该孔连接到线路板2的天线座上;温度芯片周围是强磁性的磁环,具有很强的磁力,使得传感器可以牢固地吸附在待测温度敏感点上。

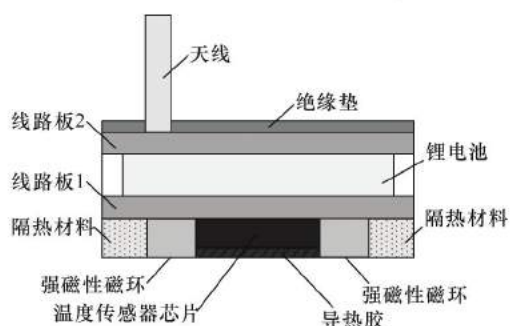


图5 无线温度传感器内部结构示意图

③芯片周围同样填充了隔热树脂材料,因而能够很好地抗外界温度的干扰。

④一般机床电器部件的电磁干扰频率为10~500MHz范围内,而无线温度传感器的采用了2.4GHz的射频频率,完全跳过了机床的电磁干扰区,所以无线温度传感器具有非常好的抗干扰能

力,并且由于无需电缆传送,因此适应于安装在机床的各个位置场合。

⑤采用了智能应答模式的数据访问协议,即只有当接收器向某一无线传感器提出访问请求时,该传感器才被激活,继而进入应答状态,并根据数据传送协议将实时温度值传送到接收器;而当接收器没有连续的访问信号时,传感器本身处于“休眠”状态,此时的功耗极低,采用这种设计有利于传感器的节能,延长了使用时间。此外,传感器的数据上报周期是可设置的,考虑到温度变化一般是缓慢进行的,因而一般上报周期设置为10s即能满足使用要求,在该种条件下传感器持续使用时间可达1年以上。

⑥无线温度传感器的多点访问采用了Zigbee协议模式,可将接收器作为网络节点,并同多个接收器实现组网,因而对于机床温度场研究中需要布置多个传感器的情况非常合适。

综上所述,有线型温度传感器主要用于在机床上的长期生产配套使用;而无线型温度传感器则主要用于机床温度敏感点的测温和误差建模研究。

三、高精度数字式温度传感器的效果

1. 与雷尼绍激光干涉仪温度传感器对比

有线型和无线型高精度型数字温度传感器采用了相同的内核温度芯片,因而具有相同的精度等级,以下用无线温度传感器与雷尼绍激光干涉仪自带的温度传感器的测试效果进行对比,传感器布置如图6所示。



图6 温度传感器对比实验布置图

雷尼绍自带的温度传感器的检测精度为0.1℃,对比实验中两种传感器放置在靠近位置,测试时间为450min,以雷尼绍的传感器作为标定温度,将测试出的两种温度传感器的数据进行统

计后如图7所示。从图7中可知,由雷尼绍温度传感器检测出额待测区温度从25.1℃上升到28℃,总的温升为2.9℃;而无线温度传感器测试结果为温升从24.9℃变化到27.8℃,总温升同样为2.9℃。

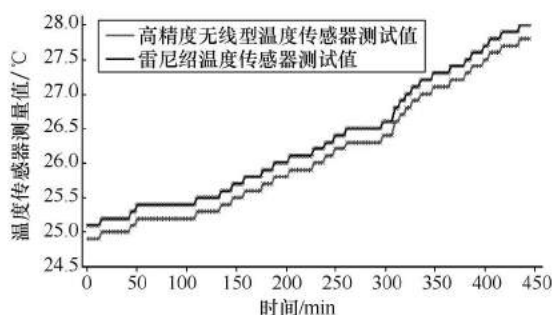


图7 两种温度传感器测试效果对比

从测试效果对比可见,无线温度传感器相对雷尼绍激光干涉仪的温度传感器的测试值在各个点上的偏差值都保持在0.2℃,由此可见无线温度传感器的稳定性很好,没有波动情况发生,其精度等级与雷尼绍激光干涉仪的温度传感器相同,而0.2℃的系统偏差可通过对传感器的标定来消除。

2. 与热电阻温度传感器的对比

在某立式加工中心上的X轴螺母上安装了热电阻传感器和有线型数字式传感器各一个,经一年使用后,采用安装一个标准温度传感器对上述两个传感器进行对比检测,通过X轴丝杠螺母副的往复运动对3个传感器进行升温,测试时间为120min,采样间隔为1min,测试结果如图8所示。

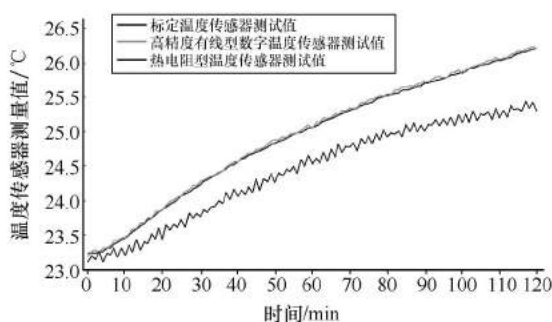


图8 两种温度传感器标定检测效果对比

图8中,蓝线为标定用的传感器测试曲线,红线为高精度有线型数字式温度传感器测试曲线,黑线为Pt100型热电阻温度传感器。从测试结果来看,有线型数字式温度传感器的精度保持不变,

与标准温度传感器对比,两者之前的偏差范围: $[-0.04^{\circ}\text{C}, 0.05^{\circ}\text{C}]$,测试最大偏差只有0.9℃;而热电阻传感器明显由于衰减特性而发生了精度偏差,并且测试数据波动相对较大,与标准温度传感器对比,两者之前的偏差范围: $[-0.94^{\circ}\text{C}, 0.03^{\circ}\text{C}]$,测试最大偏差接近1℃。

四、结语

对机床温度敏感点的精确测量是进行热误差测试的前提条件。本文对当前机床热变形测试中所用的温度传感器进行了归纳和比较,并给出了专用于机床温度敏感点测试的两种类型的数字式传感器,从测试对比效果来看,作者自行研制的数字式温度床传感器具有高精度和高可靠性的特点,今后可广泛应用到机床热误差中的温度在线检测领域中。□

参考文献:

- [1] 倪军. 数控机床误差补偿研究的回顾及展望[J]. 中国机械工程, 1997, 8(1): 29-32.
- [2] Bryan J B. International status of thermal error research [J]. Annals of CIRP, 1990, 39(2): 645-656.
- [3] Ranesh R, Mannan M A. Error compensation in machine Tools—A review. Part II. Thermal errors [J]. International Journal of Machine Tool & Manufacture, 2000, 40(9): 1257-1284.
- [4] 傅建中, 陈子辰. 精密机械热动态误差模糊神经网络建模研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2004, 38(6): 742-746.
- [5] 杨建国. 数控机床综合误差补偿技术及应用: [博士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 1998.
- [6] 钱华芳. 数控机床温度传感器优化布置及新型测温系统的研究[D]. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 2006.
- [7] 曹永洁. 基于激光测试技术的数控机床误差识别与补偿研究[D]. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 2006.
- [8] 林伟青, 傅建中. 数控机床热误差建模中的温度传感器优化研究[J]. 现代设计技术, 1006-3269(2007) 03-0005-04.

激光熔融金属快速成型技术

雷尼绍（上海）贸易有限公司

快速成型（Rapid Prototyping），又称增材制造（Additive Manufacturing）和 3D 打印（3D Printing）。其主要工艺流程是直接根据三维 CAD 模型转化成标准的 STL 数据格式，分层后层层叠加制作成实体模型或最终产品，无须编程或模具。

从快速成型（RP）整个行业来说，商业化始于 1987 年左右，第一台 SLA 技术面市，从而各类塑料、树脂和粉末成型技术相继出现，如后来的 FDM、3DP、Polyjet 等，都相继取得不错的应用和客户认可。

而金属快速成型始于 2002 - 2003 年时间段，技术才开始逐步发展的，

并随之商业化的推广和应用。目前全球市场上主要有激光和电子束两大类金属快速成型技术，都有自己独到的特点和应用。这两种技术的特点主要是：电子束速度快，大功率，适合大件加工，但表面粗糙需要后续处理，细节体现受到限制；而激光技术加工精密，成型件品质好，表面光洁，适合细节特征，内部流道结构等应用要求。根据全球金属快速成型技术的装机量来看，激光技术占据了大多数份额。

与传统塑料技术的快速成型在新品开发阶段应用于对外观、装配和功能测试等方面不同，金属成型更突出应用于小批量或定制化制造这个功能。其制造概念的定位主要是基于现有的激光或

电子束技术发展和进步，以及核心的金属粉末原材料的不断测试和成功应用。金属成型机械强度和成品精度等参数，一定程度上都接近于传统的机床加工，或部分优于金属铸造工艺（如机械强度、精度和表面光洁度）。当然在结构简单或者规则的金属零件批量加工上，机床加工还是在成本、精度和表面光洁度上具有传统的特点。但应用到结构复杂如蜂窝状、网状、内部型腔或管道等结构，无论从加工周期还是加工成本上考虑，金属快速成型都具备明显的优势。



图 1 复杂精密网状结构
部件 - 不锈钢 316L



图 2 超音速汽车头 - 钛合金

目前，金属快速成型技术主要应用在航空航天（或国防军工）、医疗、模具、汽车、教育和科研机构等领域。如在航空航天上是应用较多的 Titanium Al64V（钛合金），该材料具有轻质化和高强度特点，从而在绿色能源和经济性方面产生深远影响。目前 NASA、Boeing、GE Aviation 等快速成型部门不断测试和认证快速成型工艺和材料（主要是金属），以准备应用到其产品制造流程上。同时很多国外知名的医疗厂商在测试或应用金属快速成型平台制造部件作为植入物。英国雷尼绍公司目前在欧美与多个领域的知名公司或研究机构合作参与开发相关应用。

雷尼绍公司 (Renishaw) 的激光熔融技术是一种创新型快速成型制造工艺, 可使用高能光纤激光 (200W 和 400W), 直接根据三维 CAD 生产致密金属零件。工件由各种微细金属粉末在严格控制的空气环境中经过完全熔融后制成, 激光熔融制造时每层成型厚度从 20 微米到 100 微米不等。

主要成型材料包括: Stainless Steel (不锈钢); Cobalt Chrome (钴铬合金); Titanium (钛合金); Aluminium (铝合金); Inconel 718 (镍基合金)。



图 4

雷尼绍激光熔融快速成型系列产品 AM250 型号采用了真空辅助技术, 具有成型舱内氧气含量低 (50 ~ 100ppm) 和气体消耗量低 (典型值为氩气 30L/h) 的特点。凭借精心设计和独特的功能, 直接降低气体消耗量等, 这些都提高了系统的可靠性, 保证了产品品质 (特别是钛合金和铝合金), 同时降低了使用成本。

就在近期, 雷尼绍旗下的德国子公司, 收购了德国 LBC (Laser Bearbeitungs Center) 公司的商



图 3 飞行器冷却部件-钛合金



图 6 模具组件-不锈钢 (雷尼绍提供)

业资产, 并在此基础上成立了名为 LBC Engineering 的新业务实体。LBC 是应用快速成型制造 (又称“增材制造”或“3D 打印”) 工艺进行产品加工和模具制造的快速成型制造领域的先锋。其主要业务是用金属快速成型技术制作注塑模具和压铸等应用所需的随形冷却模具和模具嵌件。这项制造工艺赋予了设计师更大的自由度, 使其在设计诸如随形冷却水道这类结构和形状时, 能够突破传统的“削减式”工艺或刀具加工对批量生产的限制。此次收购使得雷尼绍集团获得了更多优秀的技术人才和经验, 保证雷尼绍在现有的激光熔融金属快速成型技术基础上进一步拓展各类工业应用范围。□

北二机床“双砂轮架随动式数控曲轴磨床”通过用户终验收

2014 年 3 月 21 日, 北京第二机床厂有限公司研发制造的 B2—K1018 “双砂轮架随动式数控曲轴磨床”在浙江太阳股份有限公司通过用户终验收。

该磨床是北京第二机床厂有限公司承担的国家 863 项目、“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项及北京市科技计划等课题重要成果产品之一。该产品是针对汽车发动机曲轴连杆颈、主轴颈精密磨削的高效精密磨削设备, 采用双砂轮架同步磨削技术、CBN 高速磨削技术、C 轴头尾架同步驱动技术等国际先进技术, 具有敏捷、柔性、高效、精密等特点, 能够一次装夹实现曲轴连杆颈、主轴颈的批量精密加工, 适合于曲轴生产线成线配套使用; 具有工件的在线测量装置与误差补偿功能; 具有完善可靠的连锁、安全保护、故障报警、故障自动诊断等功能。



图 5 牙冠和牙桥成型-钴铬合金 (雷尼绍提供)

新一代 Sinumerik 数控系统： 进一步提高刀具和模具制造效率

Siemens AG Industry Sector Wolfgang Reichart

机床生产率在很大程度上取决于控制系统的功能和效率。Sinumerik 数控系统早在引入 Sinumerik Operate 和“MDynamics”工艺包之初，就已经使机床生产率达到很高水平。在此基础上，新一代 Sinumerik 系统进一步提升机床在刀具制造和模具制造过程中的性能。例如：在三轴和五轴铣削中，经过改善的数控功能在保持高表面质量甚至改进表面质量的同时，能够明显地缩短加工时间。虽然新功能更加强大，但其操作和编程却变得更加简单，因此现在配备 Sinumerik 系统的机床及其操作人员都可以更加灵活地投入作业。



图1 新一代 Sinumerik 系统软件不仅支持面向车间的生产，也支持 CAD/CAM 生产链。机床和人员因此可以更加灵活地投入作业，而这正是刀具和模具制造业的趋势。

进一步改善了三轴铣削、“三轴 + 两轴”铣削和五轴铣削功能

在各项数控功能中，“精优表面”运动控制功能以及“MDynamics”工艺包中的一些核心功能已经过进一步改善。而“二代预读”功能不仅可以优化速度特性，还可以优化相邻铣削轨迹的加速度特性和急动度特性。因此，相邻铣削轨迹的加工更加均匀平稳，这一方面提高了工件表面质量；另一方面，由于更充分地利用了机床动态响应，因此同时提高了平均进给速度，缩短了切削时间。

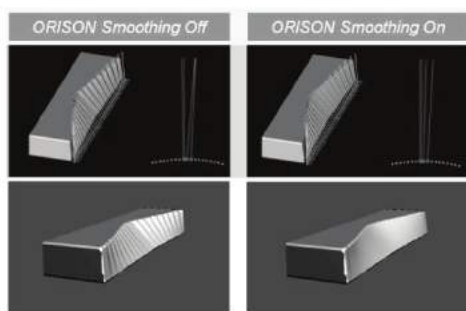


图2 更高的工件表面质量、更充分地利用机床动态响应；Sinumerik 数控系统的全新 Orison 功能可在五轴加工中确保稳定的刀具定向。

切削时间可缩短 10%

“预读”功能可以缩短切削时间，改善表面质量，主要用于加工任意形状的工件以及其他结构复杂的工件。老版本的“预读”功能已经非常强大，但与之相比，“二代预读”在实际应用中可使切削时间缩短 5% ~ 10%。

带连续刀具定向的五轴铣削

全新的用于五轴同步铣削的数控功能 Orison (Orientation Smoothing On) 既可以提升加工速度，也可以优化工件质量。

在对振动轮廓进行五轴铣削时，机床动态响应会因回转轴的定向运动（即将刀具对准当前的轮廓曲线）大大削弱。通常，补偿运动在程序段切换时进行，而急剧的补偿运动会引起机床振动，控制环振荡。另外，即使只有十分之几度的急剧刀具定向也会使刀尖的轨迹速度发生显著变化，原因是，由回转轴回转点、刀架和刀具得出的长度在定向运动和进给运动的叠加中会产生“杠杆”效应。在该过程中，如果刀具相对于工件轮廓移

动，会导致刀具短暂停止，在极端情况下刀具甚至会暂时反转方向。所有上述由急剧刀具定向引起的加工异常会在工件表面上留下明显的加工痕迹，同时也会大大延长加工时间。

为此，西门子为 Sinumerik 数控系统开发了 Orison 功能。该功能可对回转轴运动进行平滑，以实现刀具定向。在指定的加工公差范围内，Orison 对定向运动进行连续预插补，然后执行定向运动。该功能可以最大程度地消除引发异常振动的主要来源，使刀尖运动更加平稳，这样在改善工件表面质量的同时，也提高了加工速度。

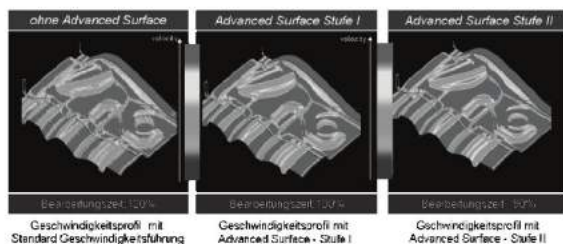


图3 现在，借助进一步优化的“二代预读”功能可以更简单的快速铣削出最优质的工件表面。通过协调速度特性、加速度特性和急动度特性，来提高平均轨迹速度缩短加工时间。

用于“三轴+两轴”加工和五轴加工的扩展退刀功能

使用新一代的 Sinumerik 数控软件，可以在按下急停按钮或掉电后退出“三轴+两轴”加工或五轴加工中插在钻孔或者螺纹中的刀具，迅速恢复生产。新退刀功能在原有退刀功能基础上进行了扩展，使所有参与加工的轴（攻丝中甚至包括主轴）在 JOG 模式下也可进行协调插补，退刀过程因此更简单。无论是“三轴+两轴”加工还是五轴加工，系统都通过 CYCLE800 或 TCP 功能 TRAOFI 考虑到了各种攻丝循环的特殊性。

在某些情况下，该功能不仅明显节约了加工时间，而且还提高了工件在退刀后继续加工成“成品”的几率。

操作和编程—更强大，更简便

Sinumerik Operate 系统的操作和编程界面持续不断地吸取最新系统版本中 NCK 的改进。因此，现在在五轴加工高速设置循环 CYCLE832 中，可以

直接给定精加工和粗加工时回转轴的定向公差。凡是熟悉该循环的操作编程人员，都可以直接通过循环界面和输入提示栏输入五轴加工 ORISION 的定向公差。

针对系统中的新扩展退刀功能，操作界面上也进一步简化了故障处理。现在，即使在按下急停按钮或掉电后，也可通过程序段搜索直接找出中断点，更快地恢复加工。



图2 高价值创新，界面操作可靠：经过优化的 NC 和 HMI 功能以及一系列性能强大的 CPU，提升了 HSC 加工的生产率。

“Manual Machine”功能现在也可投入铣削应用

借助“Manual Machine”功能数控机床可以进行一些简单的、无需数控编程的钻铣加工，这相当于操作一台纯手动机床，只是操作更加舒适。这是因为 Sinumerik Operate 中集成了车间软件，为用户提供高效的简单钻铣循环。

五轴仿真

新一代系统软件在仿真功能方面有诸多改进，其中增加了测量循环的仿真，主要是五轴程序的仿真。相比之前，现在的仿真更容易理解和验证。

另外，仿真视图可通过鼠标和软键加以控制。现在可以直接旋转 3D 视图并修改速度倍率，通过快捷键（Ctrl + M）可以切换当前仿真速度和最大仿真速度。

全新高速 CPU 使操作更舒适

全新高速 CPU 的最大受益者是配备 1B 型 Sinumerik 840D sl 系统的机床的操作员。该系统具有全新的高性能 NCU，采用多核处理器并可接入 Profinet。操作人员能够直接感受到性能的显著提升：操作更流畅，仿真速度更高，后者在复杂的模具程序仿真中更显优势。

模具加工快速视图可以快速显示复杂零件程序的加工画面，它的功能得到了进一步的扩展。现在可单独显示或隐藏 G0 和 G1 程序段对应的线和点，因此在实际应用中操作人员可查看工件的各种预视图（见图 5）。即使没有任何结构图或其他图纸，操作人员也可凭借这些视图在最短时间内了解待加工模具，这大大有助于模具加工的准备工作和机床设置。

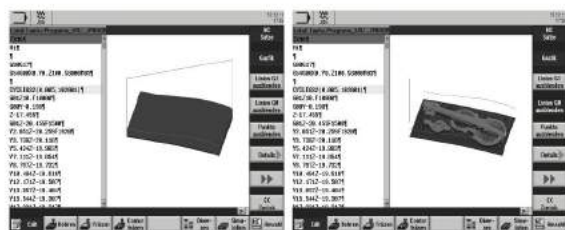


图 5 在模具生产的快速视图中，可通过选中和撤销不同的 NC 程序段类型在多个工件的预视图之间进行切换。

增加了 html 预览功能，可实现无纸化加工，方便交互式机床文档的创建

早在引入 HMI 软件 Sinumerik Operate 之初，西门子数控系统就可以直接在程序管理器中显示文本、数控程序、图形及 PDF 文件。新的系统版本如今增加了 html 文件的显示，不管文件是位于本地、USB 存储器还是网络驱动器中。该功能不仅有助于企业实现无纸化加工，还可以使机床制造商简单方便地在机床上直接创建交互式操作说明。

丰富多样的测量循环可以更好地测量机床的几何尺寸

新的系统软件大规模扩展了 Sinumerik 数控系统的测量循环。所有测量循环都配有动画图形元素，这些图形元素可在 programGuide 或工步式编程 ShopMill 中直观生动地显示循环的详细功能以及参数设置，方便用户掌握测量循环的一些复杂功能，如：在进行自动测量时如何考虑保护区、隔断或中间轮廓，以防止测头发生碰撞。此外，所有的测量循环都可进行仿真。因此，在仿真中可以全面检查零件程序以及过程测量。

另一项新功能是，通过切换式测头和测量球也可以测量机床本身的几何尺寸，比如：循环 CYCLE995 和 CYCLE996 可持续测量主轴和机床轴之间的角度差。根据测量结果可对误差进行校正。

CYCLE995 支持使用测球和测杆进行的测量，因此它可以代替目前常见的用塞规和测压计进行的手动测量，该过程非常费时费力。

简单的增值途径

西门子数控系统引入运动控制功能“精优表面”和涵盖了所有面向高要求铣削工艺的循环与功能的“Mynamics”智能工艺包后，就成为了刀具和模具制造商的首选。如今西门子推出的 1B 型 Sinumerik 840D sl 配有新一代的 Sinumerik Operate 软件系统以及性能强劲的 CPU，将为铣床制造商、刀具制造和模具制造商带来更大的竞争优势。

结束语

使用最新的 Sinumerik 数控系统软件，可以明显提高优质工件表面的加工速度，可以为客户带来更好的铣削工艺、更优质的工件表面、更高的计算效率及更智能的操控，全面提升了刀具制造和模具制造的效率。

Sinumerik 系列虽然已经在行业内树立标杆，但仍不断地优化其运动控制功能，改善操作与编程界面，使用更高性能的 CPU，为刀具和模具制造商带来切实的竞争优势。□

武重机床获得湖北省、武汉市科技进步奖项

3 月 18 日，中国兵器工业集团公司武重集团研制生产的 CKX5363X95/160 机床荣获武汉市科技进步一等奖。此前，2 月 25 日，该机床还荣获了湖北省科学技术进步二等奖。这两个奖项的获得，既是对武重持续推进技术创新的充分认可，也标志着武重在重型机床关键技术领域取得新的重大创新成果。

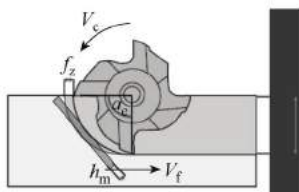
CKX5363×95/160 机床综合了超重型数控落地镗铣床和超重型数控立式车床的功能特点，为重型、复合、多功能加工设备。机床配有自主研发的双齿轮消除间隙传动技术的环形回转工作台及回转工作台中心内立柱，具有精密车、镗、铣、钻、磨复合加工的功能，提高了零件的加工效率和精度，节约了设备投资成本。

该机床是具有自主知识产权的创新型成果，整机技术水平达到国际先进水平，为我国核能发电等国家重点工程提供了关键设备，满足了核电行业核心关键零件的特殊加工需求。

在优化的刀具路径上运行粗加工策略

山高刀具（上海）有限公司

长期以来，使用 CAM 系统进行刀具路径优化已屡见不鲜，尤其是在模具行业中。然而，加工车间最近开始将这种能力与相对较新的加工策略和专门设计的整体旋转切削刀具配合使用，以优化粗加工操作。



这种基于 CAM 的粗加工（或称为动态铣削）策略将刀具的接触弧和平均切屑负荷作为关键因素。通过经由 CAM 生成的刀具路径来操纵刀具的接触弧，加工车间可以提升粗加工速度，有效地控制工艺温度，应用更高的每齿进给量，以及获得更大的切削深度，从而显著缩短工件的总加工周期。实现这一切并不会对机床主轴施加额外的应变。

接触弧和热负荷与切削速度之间的关系

刀具的接触弧是一个可影响刀具上产生的热负荷的独立变量，并且还是优化粗加工操作的关键。

任何刀具上的最大接触弧均为 180° ，或基本上等于其直径。因此，在处于最大接触弧时，径向切深（或切削宽度）与刀体直径相等，由 a_e （径向切深）= D_c （刀体直径）表示。

在操纵接触弧的过程中，加工车间可以降低粗加工期间产生的热量。刀具的接触弧会随着径向切深的减小而缩短。由于接触弧缩短会造成摩擦减小，因此刀具切削刃和工件间产生的热量也

会减少。这带来的结果就是刀具的切削刃在退出切削、旋转然后重新进入切削的过程中获得了更多的冷却时间。这种更低的加工温度进而提高了切削速度并缩短了加工周期。

平均切屑厚度和物理负荷

刀具的平均切屑厚度（ h_m ）取决于物理负荷，并通过调整每齿进给量和接触弧来维持。由于切屑厚度在切削过程中不断变化，因此行业采用了平均切屑厚度（ h_m ）一词。

完整的 180° 接触弧将在刀具宽度的中心产生最厚的切屑。因此，较小的接触弧，即小于 90° （ j_e ，啮合角），可以减少切屑厚度。作为补偿，这允许采用更大的每齿进给量（ f_z ）。

例如，假设使用一个直径为 10mm 的刀具以 $10\text{mm} a_e$ （完整接触弧）进行侧面粗加工。在该 a_e 下，刀具会产生最大的平均切屑厚度/最重的物理负荷。在第一个 90° 内，刀具进行逆铣，直到达到最大切屑厚度（ f_z ）。在进入第二个 90° 后即变为顺铣，此时切屑厚度再次降至零。但是，如果 a_e 下降（ $a_e < D_c$ ）至 1mm（10%），则平均切屑厚度将变小。此时，可通过提高每齿进给量（ f_z ）来实现更快的粗加工。虽然刀具切除的材料减少，但相比径向切削更深而进给率更慢的方式，这种方式的速率更快且刀具和机床的主轴应力更小。在槽粗加工应用中，更低的 a_e 甚至还允许更大的 a_p （切削深度），从而更快地切除材料。

用于优化粗加工的刀具设计

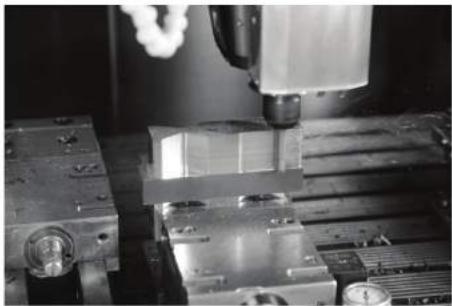
虽然大多数刀具供应商都提供用于特定材料的产品，但其他供应商，例如山高刀具公司，还开

发了用于高级加工方法的刀具槽型。就基于 CAM 的粗加工策略而言,这种刀具解决了切屑控制的关键问题,同时还满足了切削刃和长度要求。

举例来说,山高开发了 Jabro[®] - HPM (高性能加工) 刀具,专门用于以完整接触弧进行加工的粗加工机床,并可在极高的材料切除应用中采用较大的切深。这类刀具拥有专门设计的槽型,能够在特定材料加工中实现更出色的性能。

为了覆盖更大范围的工件材料,山高专门用于优化粗加工策略的 Jabro[®] - Solid2 550 系列刀具的槽型最近进行了修改。该刀具采用双芯设计,可提供额外的稳定性并减少刀具变形。

在 JS550 系列中,公司确定长度更长的刀具可在深型腔和 3D 形状粗加工/动态铣削中获得最佳效果。此类刀具长度通常介于直径的三倍和四倍之间。在保持稳定的接触弧时,这些刀具会经历持续且沿其切削刃均匀分布的磨损,并提供可预测的刀具寿命。然而,长刀具会产生相对较长的切屑,难以从切削区和机床中排出。为了获得更小、更易控制的切屑,山高通过添加分屑槽(刀具切削刃和排屑槽上的小槽)更改了 JS554L (加长型) 刀具的设计。改后的刀具,现在称为 JS554 3C (C 表示分屑槽),具有以 $1X_D$ (刀体直径) 为间距的分屑槽。因此,长度为 40mm、直径为 10mm 的刀具所产生的切屑不再长于 10mm,并可从切削区快速排出,从而消除了堵塞机床切屑传送带的风险。短一些的标准长度刀具也非常适用于优化的粗加工策略。山高使用它的一种标准 JS554 刀具 ($2 \times D_c + 2\text{mm}$ 的切削长度) 对常见的 SMG-3 钢质型腔进行粗加工,并获得了与使用长刀具时同样出色的加工效果。



山高以典型的 $10\% a_e : D_c$ 比率(这是使用长刀具时采用的比率)来运行短刀具,但只修改了

每齿进给量,可以产生相同的金属去除率。当应用小接触弧时,刀具的切削刃越多,其进给速度越快,生产率也就越高。进给速度 = 刀具刃数 $\times$ 每齿进给量 $\times$ 主轴速度。粗加工刀具通常最多有四个切削刃,不过山高目前正在研究五刃刀具的可行性。

复杂的工件形状

在直线加工路径(侧铣)中,接触弧会在设定后保持不变。然而,对于复杂的工件形状,例如包含内圆角和外圆角,就会出现与设定的接触弧不一致的情况。

当刀具完成直线切削并接合内圆角/角时,其接触弧将增大,而这意味着切削参数不再符合当前的接触弧。如果刀具路径未针对这些情况进行调整,则会导致颤振、振动甚至刀具断裂。

如今,CAM 软件包专门针对内/外圆角形状提供了刀具路径策略:沿着常规刀具路径更改接触弧。这些软件包自动应用不同的进给量,以控制接触弧并保持一致的切屑负荷。为了保持接触弧,CAM 软件包在进入圆角时会采用摆线加工和剥皮铣削技术。靠近所选的刀具路径时,CAM 软件包可显著降低 L 形运动,甚至进一步缩短加工周期。

使用优化的粗加工刀具路径并保持一致的接触弧时,刀具的圆角可以与所切的内圆角相匹配,而不会出现刀具过载、卡紧或过切的风险。借助这种能力,加工车间能够在粗加工走刀时去除更多的材料,从而减少精加工走刀时需要切削的材料量。所有这些都将转化为更短的加工周期。

优化的粗加工策略也适用于特定的工件材料。山高已经对钢、不锈钢、铸铁、钛合金、铝和硬度高达 48HRC 的钢件进行了广泛的测试。山高建议加工车间首先对钛合金、高温合金等难加工材料应用 $10\% \sim 5\%$ 的 a_e : 直径比率。山高已为这些特定的接触弧以及许多其他接触弧确定了优化的速度和进给参数。加工车间可以应用大于建议值的 a_e 量,但必须降低切削速度以及每齿进给量。

对于 a_p ,山高目前提供了专为最大 $2 \times D$ 的 a_p 而设计的 Jabro[®] - HPM 刀具,用于钢件(JHP951 和 JHP993)的满刃切槽。尽管这被认为是极其困

难的加工，但山高的通用型刀具 JS554 3C 在应用优化的粗加工策略后，可以轻松处理 $4 \times D$ 。此外，机床无法处理重型粗加工的车间只需减小接触弧并使用摆线加工路径即可。这种做法减小了切削力并降低了对高机床功率的需求，但仍然可以应用大切削深度来实现高生产效率。

当粗加工策略应用于不锈钢、钛合金等难切削材料时，可在刀具的整个长度（顶部、中部和底部）上应用冷却液。对整个切削刃进行冷却非常重要。在切削钢件和铸铁件时，加工车间应使用最大压力的压缩空气来吹除切屑。

需要注意的是，对机床编程时，加工车间无法采用基于 CAM 的粗加工策略，因为程序必须通过专门的刀具路径优化软件包在外部生成。尽管加工车间在对机床编程时可以手动输入山高确定的接触弧数据，但该数据仅能用于简单的直线粗加工或固定的摆线切削循环。



现场测试

尽管优化的粗加工策略是长刀具的理想选择，但山高还对标准长度的刀具进行了接触弧测试。在某一测试中，山高以 $300\text{m}/\text{min}$ 的切削速度、 20mm 的切削深度、 1mm 的 a_e 、 0.2mm 的每齿进给量运行标准 Jabra554 刀具，加工时间为 4 分 26 秒。随后，技术员将 a_e 改为 2mm ，并将每齿进给量降低至 0.1mm 。虽然金属切除率保持不变，但加工时间却降至 3 分 11 秒。造成加工时间缩短的原因是更高的 a_e 。虽不能提高加工速度，但确实减少了走刀次数。因此，能在更短的时间内对工件进行粗加工。

工况 1 测试结果

标准长度 JS554 f10 刀具，加工材料：SS2172 钢（SMG-3）					
	a_p /mm	a_e /mm	V_c /m · min ⁻¹	f_z /m	加工周期 /min
1	20	1	300	0.2	4.25
2	20	2	300	0.1	3.11
3	20	3	200	0.1	3.13
4	20	4	120	0.08	5.11

山高使用一家航空航天客户的 BT40 主轴机床和一个实际工件，向该客户展示了粗加工策略的

优势。该客户通常使用常规刀具路径和标准机床参数对这些工件进行粗加工，每个工件的粗加工周期为一个小时。

山高采用了直径最大的适当刀具 - 直径为 25mm 、具有分屑槽的 JS554 3C 长刀具。结合优化的粗加工策略和刀具路径，该刀具将之前的加工周期缩短为 8min ，结果非常令人惊异。此外，山高预计，如果使用功能更强大的机床，还可进一步实现时间节省（粗加工时间很有可能达到 6min ）。

山高的另一位客户也体验了优化的粗加工策略和刀具路径对汽车组件进行粗加工的优势。车间不仅将总体零件加工时间从 8.5min 缩短至仅仅 1.1min ，还将每个刀具的寿命从加工 80 个零件提高到加工 250 个零件。

而对于粗加工摩托车零件模具的山高客户来说，优化的粗加工和刀具路径可将加工周期从 900min 缩短至 400min 。该客户先前采用可转位高进给刀具进行第一次和第二次粗加工操作，之后改用 25mm 直径的 JS5543C 进行第一次粗加工操作，并在第二次粗加工操作时使用高进给参数。



结论

接触弧和平均切屑厚度是优化粗加工操作的关键。通过专用于刀具路径优化和动态铣削方法的特殊 CAM 软件包，当今的制造商可以操纵/控制刀具的接触弧并保持始终稳定的负荷。这样，制造商能够有效地控制工艺温度，应用更高的切削速度和每齿进给量，并获得更大的切削深度，从而显著缩短工件的总加工周期。

然而，制造商必须牢记：优化的粗加工需要使用正确的 CAM 软件包进行外部编程。尽管大多数刀具供应商可为特定材料提供刀具产品，但只有少数的供应商为特定的高级加工循环和刀具路径开发刀具槽型。与使用传统加工方法相比，采用合适的刀具和动态循环，制造商几乎可将金属切除率提高 500% 。□

FANUC 数控系统伺服驱动优化在数控机床上的应用

沈阳机床股份有限公司中捷立式加工中心事业部 宋楠

【摘要】 本文介绍了 FANUC 数控系统伺服驱动优化的原理及参数优化过程。并对比分析了机床在伺服驱动优化前后对零件加工质量的影响。

数控系统的主要功能是把编制的 NC 程序转变成相应的轴的机械位移。在轴位移的过程中，好的动态特性和稳定性是伺服驱动稳定高效运行的关键。伺服驱动优化的目的是在现有的基础上尽可能提高系统的动态性。

一、伺服驱动优化的原理

伺服驱动轴控制回路是由电流环，速度环和位置环组成，原理如图 1 所示。

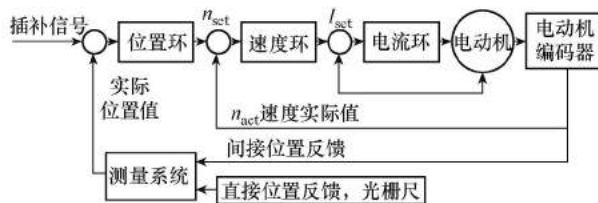


图 1 控制回路原理

位置环是一个简单的比例调节器，因而调节起来比较简单。速度环和电流环是由比例积分调节器组成，是驱动的核心部分，因而速度环又是驱动优化的调整重点。伺服驱动优化的关键是提高速度环的动态特性，而提高动态特性的关键又在于提高速度环比例环节的增益，降低积分环节的时间常数。

二、伺服驱动优化的步骤

在机床调试时系统会给定一组相应轴的默认参数，但这些参数一般是为了保证系统正常工作

的比较保守参数。立式加工中心的伺服驱动优化主要做各轴的频率响应和圆度的测试。

1. 频率响应

频率响应的原理是让电机端输出一个涵盖很宽频率的噪音信号，再检查输出端的应答信号，根据它们的关系绘制一个输入和输出的关系图。为了计算方便，一般用波特图的方式来表示。图的上半部分是表示输出和输入的幅值的比，下半部分是输出和输入信号的相位差。理想的情况是输出的幅值等于输入信号的幅值，并且没有相位差，但实际中图形都会有偏差。

利用 servo guide 软件的图形画面测定各轴的频率响应后，根据频率响应曲线可以分析出各轴的刚性余量、高频振动点、系统响应频宽等。如果是低频振动，利用 TCMD 滤波器来抑制振动。如果是高频振动，可以利用 HRV 滤波器来消除高频振动点。消除共振点后，就可以设定更高的速度增益。然后需要重新测量频率响应，如此反复进行，直到满足要求。

2. 圆度测试

利用 servo guide 软件的程序画面可以自动生成典型的测试程序，然后将相应的子程序和主程序发送到 NC，通过 NC 运行该程序，由图形画面采集相应的数据以对调试结果进行分析。如果圆弧显示变形，可能是由于背隙补偿造成的，可在测

试前修改参数；如果圆弧的半径误差比较大，可以设定前馈系数，利用前馈功能来缩短由于伺服系统的跟踪延迟导致的误差；如果象限有凸起或者过切，可以通过调整速度增益和背隙加速等参数来调整。

三、伺服驱动优化的案例

1. Y 轴共振问题

数控机床运行时，有尖叫声，一般来说是机床发生了共振。测试 Y 轴的静态频率响应曲线如图 2 所示。

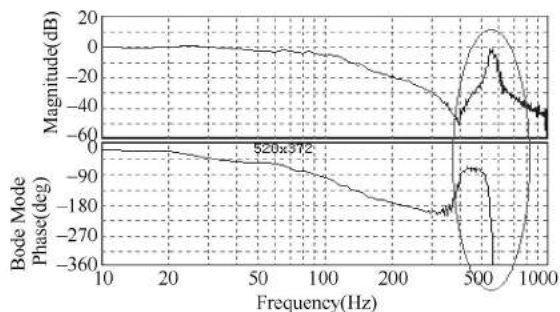


图2 Y轴的静态频率响应曲线

机床的共振可以使用滤波器参数来进行抑制，从而消除一般的尖叫声。经过对 Y 轴增加滤波器调整后，尖叫声消除，再次采集的图形如图 3 所示。

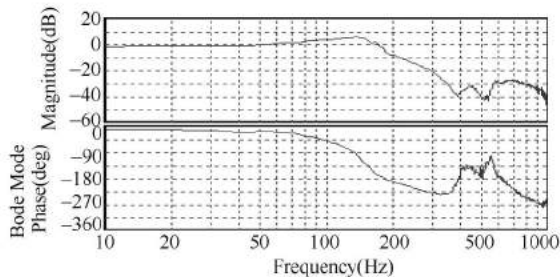


图3 调整后的静态频率响应曲线

2. 对加工曲面影响

使用数控机床试切曲面效果如图 4 所示，从图 4 可以看出圆弧表面的加工效果不理想，粗糙，有象限点，可能是参数设置引起震动造成，也有可能是机械原因造成。

使用 servo guide 软件进行伺服驱动优化，如图



图4 未优化原始试件

5、图 6 所示。

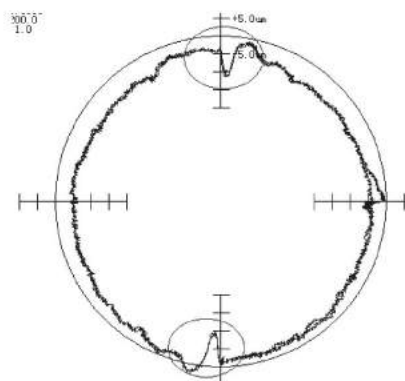


图5 XZ轴的圆弧原始图形

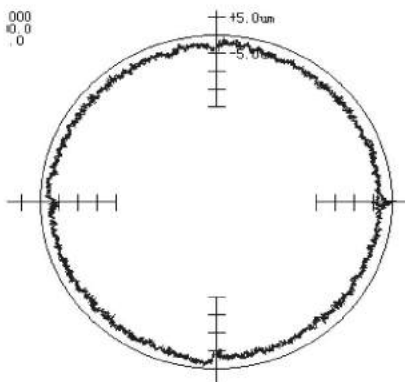


图6 调整之后的图形

再次进行加工，如图 7 所示，试件表面刀纹和光洁度变好，象限点消除。

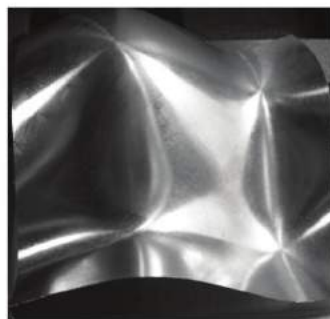


图7 优化后试件

四、总结

伺服驱动优化能够使数控机床的机械特性和数控系统更加匹配。但是在机床上，机械是主体，系统上的调整只是对机械性能造成的影响进行一些弥补，或者抑制，从而改善一些加工的性能。想从根本上解决切削缺陷问题，应该从提升机械性能、机械装配的工艺上着手。□

大型圆柱和滚筒类零件的内部加工技术和设备

沈福金

近几年，航空航天、采矿、火箭导弹及油气输送等国防军工和能源工业等部门的快速发展，对大型和超大型圆柱体和滚筒类零件的需求也日益增多。为满足这类零件的加工需要，我国机床企业开发了一批龙门式或桥式数控镗铣床和数控车铣复合加工中心等大、重型机床。其中，规格比较大的有齐齐哈尔一厂、二厂的立车，二厂的镗杆直径 220 ~ 320mm 数控镗铣中心和重型数控车床，上海机床厂的扎辊磨床等。

大家知道，大型和超大型工件的特点是体积大，尺寸从几米到几十米不等；重量很重，重量从几吨、几十吨到几百吨，这就要求机床具有足够的刚度和承载能力，还要有足够的驱动和切削功率，加工刀具也要有相应的切削能力和寿命。所以，必须具备这一整套的装备和技术才能完成这类零件的加工任务。

从德国《WB》杂志报道的相关信息中，可看出国外在研发用于加工大型圆柱和滚筒类零件的技术和设备方面的成果较多，进展也比我们快，特色机床不少，技术水平更高。

下面，本文将简介一些欧洲企业在加工这类零件的价格技术和设备方面的情况，仅供业界参考。

大家知道，在普通大重型车床上或镗铣床上可以用单边夹紧的镗杆加工内轮廓和内直径。若加装了振动阻尼结构后，也能实现大长径比(L/D)零件的有效加工。传统的加工方法表明，由于单边夹紧和大管道内部加工时刀具缺少支撑，是长径比(L/D)成了正常加工的重要制约因素。

德国的 Rottler 机床制造公司与用户和技术合

作伙伴一起，根据加工任务的要求和用户的具体生产条件来研究机床结构方案和加工可行性。20 多年来，应用新技术开发了各种用于圆柱孔和衬套轮廓及大型管件的内部加工和杆件材料的镗孔与扩孔的机床。

ABD 结构系列的孔加工机床（见图 1）是为在工件上复合加工直径 2000mm 和长度 15000mm 的圆柱孔而开发的。在机床上用刀具固定和工件转动的方式进行加工。在迄今为止的机床上，稳定性和孔加工能力受限于回转中心到床身间的距离，中心架与床身联接不稳定，进给力通过不利的杠杆比传递到孔加工刀具上也是不可忽视的因素。为克服这些缺点，Rottler 的 ABD 系列机床增加了一个上床身。这样，上床身部件可使中心架和回转支架的结构形式更紧凑，加工工件的外直径也大了，增加的成本可通过提高进给速度予以补偿。加工使用的新刀头装了新的可转位刀片，在加工内孔时，由专用的导板导引。由于能传递 300kN 的进给力 和 400kW 的驱动功率，使切屑厚度可达 70mm，并为可转位刀片的标准路径和钻孔长度设定切削参数，使之不用换刀就能完成一次切削加工。用乳化液作为刀具和导向板的冷却润滑剂。



图 1 用于内、外复合加工圆柱形孔的 ABD 系列孔加工机床

用临界阻尼的静压导轨和在基座上的一个由4个滑块滚柱支架组成的辅助支撑来解决钻孔时突出的稳定性问题（见图2）。由于刚度高，就不需要用加装了导向支撑的动力镗杆来加工导向孔或打中心孔了。在加工偏心孔

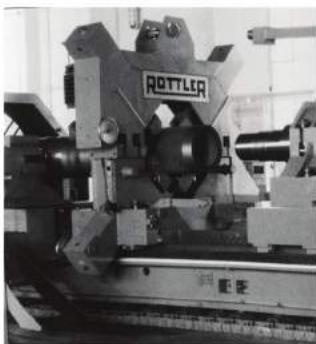


图2 固定连接在基座上的由4个滑块滚柱支架组成的能顶住各种力的工件支架

时，对支架稳定性的影响很大，导致支架在基座上的固定联接松动，并要通过在床身上移动主轴箱来适应不同长度的工件加工。由此产生了一种全新的Tabo重型机床结构系列，这个系列的机床可以加工直径5000mm、长度达25000mm的工件。

根据加工造纸机用的轧辊和滚筒复杂的内轮廓对机床提出的特殊要求，Rottler公司开发了一种便于携带的专用车削加工单元，也能适合现有的平床身车床，形成了Tabo结构系列钻镗床和便携式加工单元，加工范围覆盖内直径1200mm、长12000mm的轧辊、滚筒和圆柱体类工件，能按需要自由编程加工它们的内轮廓。

以后又在ABD结构系列部件基础上，开发了TFB结构系列深孔加工机床（见图3），用于加工直径150mm至1800mm和长度达15000mm的工件。



图3 在使用的TFB结构系列深孔加工机床

用TFB也能以工件和刀具都同时回转的方式进行镗孔加工，由此会获得尽可能高的镗孔同轴度。

后来，又因大型专用油缸制造商Hilfrich公司提出的要在短期内能用实体圆柱材料直接加工直径700mm的孔的要求，Rottler公司大约经过15个月研发制造后，世界上第一台用实体钻孔的方法钻削直径700mm的深孔加工机床在2012年已交付用户使用。按预先计划的加工任务要求，经过两个驱动单元后最大产生200kN的进给力，在4级主

轴箱上的驱动功率308kW，而在刀具上的2级驱动功率为130kW。用于直径700mm实体钻孔的深孔加工刀具如图4所示。



图4 用于实体直接钻孔700mm直径的Botek typ 43型深孔加工刀具

通过强力夹紧的主轴，经由4个夹爪的机床花盘，把最大132000N·m的扭矩传递到工件上，4个刀具支架和3个工件支架分别支撑着钻杆和工件。

必要的备件有钻孔供油装置、钻杆和钻头等。不同的钻孔直径需要相应直径的钻头和钻杆，用工件转动和刀具固定的方式实体钻削直径700mm的孔，需要290kW的驱动功率，每小时加工的切屑有1900kg，同时要用切削冷却油通过钻杆和钻头直接喷向切削刃，以冷却刀具和排除切屑。可见，加工的效率还是很高的，当然需要的机床功率也很大，其中，解决断屑和及时排除如此大量的切屑也非易事。因为，要直接加工这么大直径的孔，没有现成的经验数据可供参考。同样，确定冷却设备的大小和作为冷却润滑剂的切削油的供给特性也没有经验数据可用。除了功率和扭矩以外，为了得到所希望的表面加工质量、刀具和导向板的寿命，供油的压力和供油量是主要参数，所以，加工难度不小。

Rottler公司的长年合作伙伴DGS公司用一台大型供油设备解决了问题。每分钟向刀刃提供3000升12bar压力的油，并把切屑排出。通过不同等级的过滤器后，把含30μm剩余颗粒的过滤油冷却到25°C，再流入30m³的油箱存储。整个过滤系统由磁切刀、机械过滤器和离心机、回收泵站、切屑与油分离以及切屑传送器等组成。这些外围设备的可靠性能是保证机床能加工出表面质量和精度都合格的工件的重要组成部分。□

自动化检测系统的崛起

——关于何时在生产线上整合自动化检测系统的要点

海克斯康测量技术（青岛）有限公司

自动化的生产环境已经不再是什么新鲜事了。控制系统和信息技术降低了人工参与的需要，这个事实已经存在了几十年。而整合计量设备则是自动化范例中相对较新的概念。通过将质量检测整合进生产环节，企业可以受益于其检测过程中重复性的提升和提高的检测效率，从而获得更好的过程控制。

涉及到集成计量设备的自动化系统，其涵盖了广泛的潜在选择。自动式三坐标测量机（CMM），即那些直接应用电脑控制（DCC）的三坐标，已经得到广泛的应用，在很多情况下自动三坐标几乎完全替代了手动三坐标，它的测量过程完全由测头自动完成，所以自动三坐标测量机是过程测量、向导式装配加工等自动化系统的一个选择。采用这些集合技术的优点是：较低的操作成本、一致的效能和提升的产品质量。但是，采用这些自动化系统的风险多少还是有的。

计量自动化的障碍

虽然自动化系统越来越受欢迎，但自动化系统却有一些局限性。普通的自动化生产系统利用机器人设备方便工件的自动搬运。在某些情况下，如无人职守制造，整合计量工具的全自动化生产单元是效率最高的解决方案；但是在大多数情况下，一个整合了自动和手动进程的半自动解决方案却是效能最大化的解决方案。当企业评价这些系统的优势时，需仔细考虑这些系统何时是有益的，何时是没有意义的，相关的风险和收益是什么。

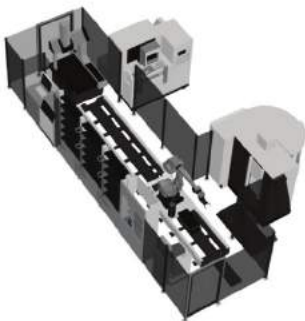


最具挑战性的方面当属实施这些自动化项目时技术上的限制。在车间集成一个高精度的三坐标测量机通常是不可行的，这是因为车间有振动和温度波动。另一个局限可能是生产单元的循环时间。周期较长的结果是采用半自动化解决方案。例如，一个工件搬运系统很难判断机器人在一个小时的时间里是否只移动四次。此外，如果一个车间单元生产工件的速度大于计量设备检测工件的速度，可能就要设置一个零件缓冲区，以用于容纳等待质检的零件。

制造商可能面临的更大问题还有工件的清洁——很多人还没有意识到这个问题。零件加工后，会在其表面上残余一些金属屑和油污。在这个状态下，零件不可能获得精确的计量结果，而且重复的测量会损坏三坐标测量机的精度。这个时候经济因素开始起作用。虽然许多人预期的初

始成本很高,但是他们却可能忽略所有潜在开支的因素,例如,可能会需要外罩和零件存放的缓冲区;由于机器人与三坐标测量机之间没有标准的通讯编码,而缺少交钥匙软件解决方案;缺乏有经验实施工程师;开发成本是必须认真加以考量的其他因素。

为了解决上述的问题，海克斯康计量正在积极改善可行方案。我们的工程师将为之定制程序中间软件。该中间软件可以管理三坐标测量机与生产环境之间的通讯，使得车间现场的活动能够同步。当机器人向三坐标测量机上装载和卸载工件、与三坐标上的外部设备（如零件夹具）接口时，中间软件会与工件搬运系统进行通讯以收集环境信息；它管理和显示所有测量系统状态，并能够告诉您测量是否正在进行、循环是否可控、循环是否终止，或者，工件属性是良好、临界还是不合格等。



半自动化系统

有些时候，半自动化系统甚至比全自动化系

统更具成本效益。任何制造商最终的目标并不是工厂的全自动化,而是在给定的条件参数下,获取最大的效能。一个更容易实现的目标,不是绝对聚焦于自动化,而是减小资本支出;例如,一个企业可以高效运行两台三坐标测量机,就不需要三台测量机。在自动化和半自动化工件搬运系统/检测系统之间作选择的另一个成本考量因素是劳动力。例如,企业可能认为最好消除 5 个低薪岗位,这样企业就可以聘请 3 个高薪人员,这 3 个人可分别负责编程、操作和维护这个高科技系统。

虽然半自动化的系统可能需要一个高技术水平人员的干预,但它可能是最好的应用解决方案。例如,一个传送带上有4个零件托盘,该传送带自动装在测量机上。虽然一个人必须向传送带上装夹零件,保证始终有一个零部件就位待检。当三坐标操作员因为其他任务走开时,这些零部件不会处于空闲状态。

哪个选择是正确的？

对那些正在考虑将检测系统和零件自动化装卸系统整合到一起的企业，最终的决定将基于应用的细节。初始的一些考量因素包括需求的精度、工件的复杂程度、工件检测前的清洁能力，以及首选技术——虽然大部分的应用规范强制限制了技术的采用。

咨询海克斯康计量专家，共同讨论所有涉及的因素，以及相关的风险和收益，我们将为企业实现期望提供更好的思路 and 方案。□

秦川集团“立式铣车复合加工中心”重大专项通过国家验收

日前，由陕西秦川机床工具集团牵头承担的“立式铣车复合加工中心”课题在用户现场西安三航动力科技有限公司通过了验收。

铣车复合与车铣复合加工中心是近年来出现的集高精度、高效率于一体的先进加工工艺技术方案,是航空发动机机匣、整体叶盘、鼓风机叶轮、叶片等复杂曲面零件加工的关键设备。该课题完成了 VMT80 和 VMT100 两款 4 台样机的研制,其中一台采用国产数控系统及力矩电机,机床 X/Y/Z 轴快移速度 60m/min,工作台承重 1500/1200kg,转速 500/600r/min,主轴转速 12000r/min,

实现了车铣复合、五轴联动加工功能。完成了整机试验台、高速进给试验台、车铣双功能转台试验台、摆头动力刀架试验台和高速电主轴试验台 5 个试验台的建设,开展了铣车复合加工中心整机设计、机床综合性能检测及补偿、机床热变形及热阻分析等技术研究和应用,设计并研制了双功能车铣复合转台、摆头动力刀架、力矩电机等关键设备,具备了向用户提供典型零件成套工艺解决方案的能力。经国家机床质量监督检验中心检测,课题研发产品的几何精度、位置精度、工作精度等指标都达到任务合同书的要求。

数控机床电机座装配工艺探讨

沈阳机床股份有限公司 康保军

近年来,随着制造业,尤其是数控机床的蓬勃发展,市场要求各机床制造商在满足产品质量的同时,还要不断提高装配效率,提高市场竞争力。

针对机床市场对产品质量、供货周期要求的不断提高,沈阳机床一直在积极面对市场变化,努力提高装配工艺的合理性,尽量突破传统工艺方法的束缚,并取得了不错的效果。

数控机床是一种复杂的机械设备,装配周期比较长,其中电机座、丝杠、导轨等关键部件的装配时间最长,直接影响整机的装配效率。本文重点介绍电机座装配工艺的改进。

一、电机座装配工艺现状

1. 结构图 (见图 1)

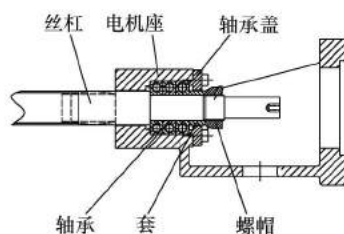


图 1

2. 传统工艺方法

①参照图纸、工艺文件分别根据装配图纸领取所需零件和工具,倒角去毛刺等。

②用6个螺钉安装电机座和调整垫,按对角方向,逐渐交替拧紧螺钉(见图2)。

③将检棒安装到电机座的轴承孔内,检棒在孔内用力可以轻微转动为宜。

④以X轴基准导轨为基准,将千分表吸附于基准导轨的工装滑块上。



图 2

⑤检验并调整检棒与导轨的正侧向平行,要求在0.01mm以下(见图3)。

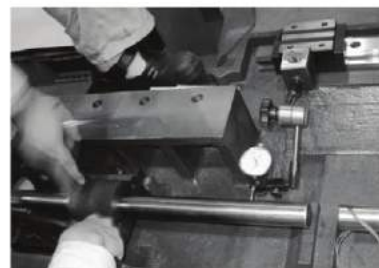


图 3

⑥调整正向主要是通过刮研电机座安装面完成,要求25mm×25mm的面积内接触点数不得少于6点,均布;调整侧向,可先将螺钉松开少许,轻轻敲击电机座,再拧紧螺钉即可,合格后拔出检棒。

⑦将轴承用汽油清洗干净,并风干。

⑧涂抹润滑脂,约占轴承内空间的1/3,涂抹均匀。

⑨将滚珠丝杠穿入电机座内。

⑩将3个滚珠丝杠支撑用推力角接触球轴承用打轴承具安装到丝杠上,再将轴承打入电机座轴承孔内,与电机座内侧端面完全贴和;注意将轴承径向跳动高点错开180°。

⑪配磨压盖。测量轴承端面到电机座端面距

离 L_1 ，配磨后压盖凸台距离为 $L_0 = L_1 + 0.03\text{mm}$ (如图 4)。

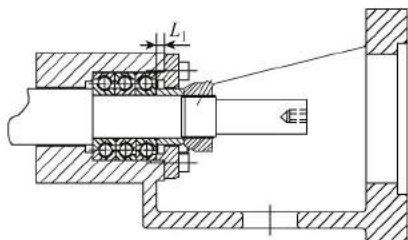


图 4

⑫将套和压盖安装到电机座内，再用 6 个内六角圆柱头螺钉拧到电机座上，螺钉顺序为按照对角线方向拧紧到位。

⑬将螺帽用单头叉形扳手将其拧紧，并拧紧其上的紧定螺钉。

⑭检测丝杠外圆的正侧向跳动，要求在 0.03mm 以下，否则视为不合格。



图 5

3. 缺点

①电机座、轴承、轴承盖等零部件都是分散供货，需要安装人员分散挑库，造成大量时间的浪费。

②由于轴承安装需要清洁的环境，目前的安装方法不能满足该要求，会带来产品的质量问題。

③安装人员在安装轴承前，需要进行清洁工作，会浪费大量时间。

二、如何改善装配工艺

1. 提高工艺方法的总体原则

对电机座、轴承、轴承盖等相关件进行专业化、模块化装配，提高装配质量和装配效率，实现电机座等相关分散件组合配送。

2. 改进后工艺

第一步：电机座单独进行装配，作为一个部装单元 (见图 6)，具体工艺如下：

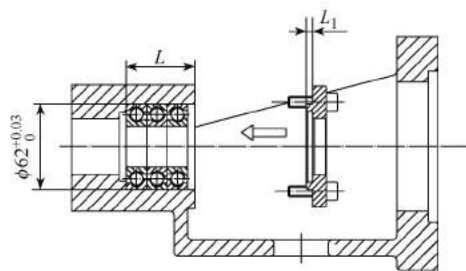


图 6

①参照图纸、工艺文件准备所需零件和工具。

②清理零件，倒角、去毛刺等。

③检测电机座孔公差、尺寸 L 、轴承盖尺寸 L_1 是否合格 (见图 6)，不合格的更换或加修。

④将轴承用汽油清洗干净，并风干。

⑤涂抹润滑脂，约占轴承内空间的 $1/3 \sim 1/2$ 之间，涂抹均匀。

⑥用打轴承具将轴承依次 (按图纸要求的组合方式) 装入电机座内。

⑦用 6 个内六角圆柱头螺钉按对角线顺序依次拧紧轴承盖。

第二步：电机座安装完成后，由专人配送至装配现场。

第三步：用 6 个螺钉安装电机座，按对角线方向，逐渐交替拧紧螺钉 (见图 2)。

第四步：将专用检棒穿入轴承内孔 (见图 7) 后进行正向、侧向精度调整，调整方法和传统工艺相同。



图 7

三、装配工艺改进点

(1) 电机座轴承实现了清洁安装。

(2) 分散挑库改为了集中供货，节省了物流时间。

(3) 提高了电机座装配质量。

四、结语

在中国装配工艺整体水平较低的大背景下，沈阳机床作为其中的一员，有责任也有义务为中国的装配工艺发展尽心尽力，希望中国的装配工艺能够扭转现在的落后局面，为此沈阳机床将不懈努力。□

直线滚动导轨副楔块槽斜面尖点尺寸的测量

沈阳机床（集团）有限责任公司 刘际民

【摘要】 适应现今机械对于高精度、高速度、节约能源以及缩短产品开发周期的要求，直线滚动导轨副正以其独有的特性，逐渐取代传统的滑动直线导轨副，在工业生产中得到了越来越广泛的应用。直线滚动导轨副的安装精度要求很高，尤其是楔块斜面尖点尺寸的测量，长期以来存在着较大的困难，难以准确测量或是虽能准确测量，但操作却很繁琐。本文介绍了一种利用专用检具测量楔块槽斜面尖点尺寸的方法，经验证，此方法操作简便、准确度高，且同时适用于粗精加工过程中的测量，是一种值得推广的测量方法。

1. 前言

直线滚动导轨副具有承载能力大、接触刚度高、可靠性高等特点，主要在机床的床身、工作台导轨和立柱上、下升降导轨上使用。我厂生产的数控车床，导轨多采用直线滚动导轨副形式。直线滚动导轨副的安装精度要求很高，其定位夹紧形式很多，而最常用的是楔块压紧导轨、滑块的结构。在这种结构中，难免有斜面尖点尺寸测量的问题存在。

如图1所示，为数控车床床身上使用的Z轴用直线滚动导轨（导轨一般成对使用，图1仅示出一处），为保证导轨与床身上的定位立面紧密贴合，需要用楔块进行压紧。楔块左侧面与导轨贴合，右侧面为 8° 斜面，在螺钉锁紧力的作用下，楔块沿斜面向下、向定位立面方面运动，压紧导轨。



图1 直线滚动导轨楔块槽尺寸测量

由于 8° 斜面需要在加工中心上使用成形铣刀进行铣削，而铣刀由于磨损，半径补偿很难做到准确控制，使得斜面到导轨定位立面尺寸（ $56 \pm$

0.05 ）mm难以保证。尺寸过小，则楔块向上凸起，将与安装在床鞍上的导轨滑块干涉；尺寸过大，则楔块直接掉落于槽内，无法起到压紧导轨的作用。经计算，对于 8° 斜面，斜面位置水平方向相差 0.01 mm，则楔块在垂直方向的位置将相差约 0.07 mm，故为保证楔块的合理高度，加工要求斜面距定位立面的尺寸精度为 ± 0.05 mm。

2. 以往采用的测量方法

最早，由于缺乏相应的测量工具，此尺寸只能用游标卡尺近似测量，故加工精度难以保证，因此，不得不采取按床身配楔块的方式。这样，就增加了制造成本，制造周期也长。

后来，我厂设计了测量样板。将样板 8° 斜面紧靠工件 8° 斜面，在另一端结合面用塞尺测量，通过一定的转换计算即可得到斜面尺寸实测值。这种方法在实际生产中得到验证，能保证测量精度。但是由于导轨规格和形式的多样，导致了测量样板的大量设计和制造。一方面增加了专用工装设计人员的设计任务，为企业带来了不可低估的经济负担；另一方面大量测量样板的制造，给企业带来了一定的制造成本。

3. 改进后的测量方法

为实现简便而准确的测量，并使测量工具能

同时适用于粗精加工并可读数,我厂设计了如图2所示的检具。

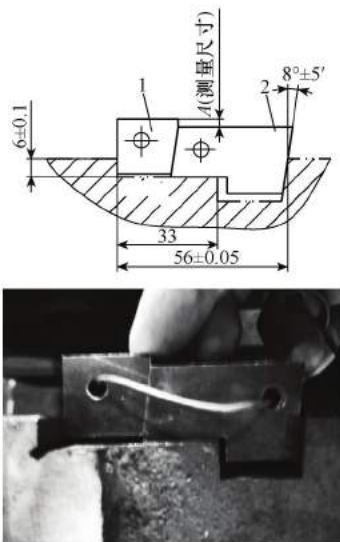


图2 直线滚动导轨楔块槽尺寸测量用检具

检具由件1、件2两部分配合使用,并借助深浅尺进行测量。操作步骤为:

(1) 将件2下面与导轨把合平面贴合,向右移动件2,使件2的8°面与床身上8°斜面贴合。

(2) 使件1的8°面与件2左侧的8°面贴合,并沿其下移,直至件1左侧立面与导轨定位立面贴合。

(3) 用深浅尺测量尺寸A,成品时,检具设计为 $A = 3 \pm 0.05\text{mm}$,当平面与立面有留量或斜面位置变动时,尺寸A会发生变化,根据测量尺寸与尺寸A的差别,即可推算出斜面到导轨立面的实际尺寸。

下面具体说明其在留量加工(以铣削为例)和成品加工(以磨削为例)中的应用。

铣削时,通过程序控制实现导轨把合平面和立面留量,其质量稳定并可测量,然后用立铣刀加工楔块槽至直槽,最后用成形角度铣刀加工斜面。斜面分粗精两次加工,第一次加工后用量具测量斜面尺寸,得到偏差值,录入系统,再进行精加工。

设铣序导轨把合平面留量为 α ,立面留量为 β ,斜面角度为 θ ,斜面留量为 γ ,实际测量尺寸为 B ,则经计算可得

$$B = A + \frac{\delta}{\tan\theta} + \frac{\gamma}{\tan\theta} \quad (1)$$

取 $\gamma=0$,并代入 $A=3$, $\alpha=\beta=0.3$, $\theta=8^\circ$,得到铣序的控制尺寸 $B=4.83\text{mm}$,实际中常用 $B=$

$4.83 \pm 0.1\text{mm}$ 。

当斜面有留量时, $\gamma \neq 0$,设测量尺寸为 B_1 ,公式(1)变形可得

$$\gamma = (B_1 - A + \alpha) \times \tan\theta - \delta \quad (2)$$

代入 $A=3$, $\alpha=\beta=0.3$, $\theta=8^\circ$ 得

$$\gamma = 0.14B_1 - 0.68 \quad (3)$$

即在铣序,通过测量 B_1 数值,并代入公式(3),即可得出斜面余量,进而进行下一步的加修处理。

磨削时,两处导轨定位立面均匀去余量,并在精磨前后分别校验斜面尺寸,进而保证导轨定位立面间尺寸及两处斜面尺寸都能符合图纸要求。

在磨序,精磨至尺寸时,各面余量为零,其控制尺寸为 $A = 3 \pm 0.05\text{mm}$ 。

4. 小结

通过巧妙构思设计专用检具,实现了楔块槽斜面尖点尺寸的测量,经验证,此方法操作简便、准确度高,且同时适用于粗精加工过程中的测量,是一种值得推广的测量方法。□

参考文献:

- [1] 杨艳国、王爱荣. 滚动直线导轨副的安装技术研究[J], 金属加工, 2010, (18): 57-59.
- [2] 徐启贺、陈静. 滚动直线导轨副的研究现状及发展动向[J], 河南机电高等专科学校学报, 2009, 17(2): 1-3.
- [3] 才旦扎西、杨锦斌. 如何测量斜面尖点尺寸[J], 机械工人, 2007, (4): 60.
- [4] 徐启贺、陈静. 斜面尺寸的测量方法[J], 中等职业教育, 2010(35): 46-48.

普利森集团再获全国机械工业质量奖

2月26日,中国机械工业质量管理协会第六届六次理事扩大会议暨全国机械工业质量奖表彰大会在北京铁道大厦隆重举行。会议对2013年获得全国机械工业质量奖的9家企业进行表彰,山东普利森集团荣获该奖项。会议还对在中国机械工业质量管理领域做出突出贡献的个人给予表彰,普利森集团重机事业部副总经理栾和风与其他12名来自全国机械工业企业的质量管理工作者获得全国机械工业优秀质量管理者银杯奖。

这是在2005年首次获得全国机械工业质量奖之后,普利森集团连续三次获此殊荣。



盖特纳商业媒体集团 斯蒂夫·克莱茵

一、2014年全球机床消费状况简述

图表1显示了以美元计的实际全球机床实际消费状况，即考虑通货膨胀影响，包括金属切削和成形机床。各年度数据来源于当年全球25个机床消费大国。在任何一个统计年中，该25个国机床消费总量至少占了全球消费95%。另一点需指出的是我几乎调低中国机床消费总量67%后计取。因为中国67%的机床消费量为非数控机床。这样计取才有更好的可比性。因为全球其他各国和地区所消费的非数控机床微乎其微。

2011年，全球机床消费总量约在630亿美元。正

如所见，全球机床消费在2012年和2013年分别下降了6.2%和7.6%。而同期的亚洲机床消费萎缩高于全球水平。而欧洲机床消费萎缩在2012年快于全球平均值，但在2013年与全球均值持平。当全球除北美外在2012年经历收缩时，北美机床消费却以高达18.4%增长。2013年，北美机床消费同全球其他市场一样也经历收缩，但程度低于其他国家和地区。我预测2014年全球机床消费将以5.9%速度增长反弹至580亿美元，而各国和地区都有增长，北美和欧洲则高于全球平均值增长。

图表2显示2013年前五名机床消费大国消费状况。五国机床消费总量几乎占全球消费量一半。不计入中国非数控机床消费量，自2009年以来，中国一直是全球最大数控机床消费国。即使中国是全球最大市场，2013年，其仅占全球总量的21%。由于中国在2013年出口仅占全球机床出口量的6%，就大多数中国机床制造商而言，其产品还未销往80%的全球市场。这极大限制了中国机床制造商潜能的发挥。

随着中国国内机床市场2012年和2013持续萎缩，加强对其他消费大国机床市场关注或许能使中国机床制造商减小市场周期的影响。而五大市场中，美国市场对中国制造商而言因数个理由具备独特吸引力。首先，在2014年，美国市场在25个消费大国中，增长速度将名列第五，而在前五个消费大

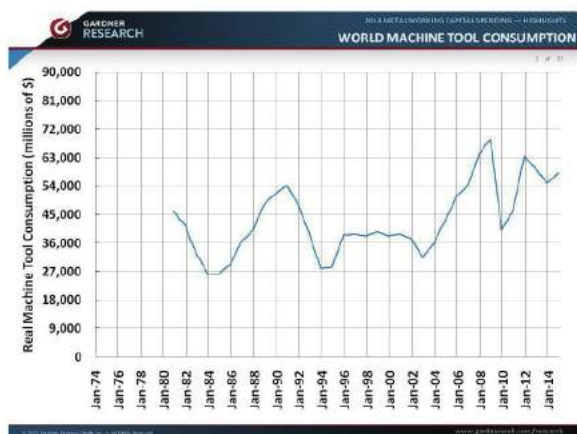


表 1

国中，可名列首位。其次，美国拥有全球最高机床进口与消费比市场。就2013年而言，66%的美国机床消费来自进口。而其余四国中，德国为41%，中国32%，韩国31%和日本19%。第三理由不仅美国市场严重依赖进口，而且美国制造商相对而言不太关注机床来自何处。美国制造商最关注的是机床的性能和提高其生产能力和盈利的能力。

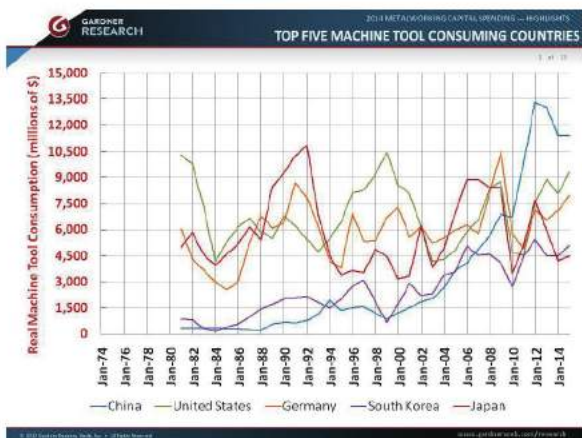


表 2

二、美国切削机床消费市场特点

从表3我们看到美国切削机床自1937年以来的消费状况。上面的曲线为以美元计的名义消费值，下面的曲线为美元计的实际消费值（扣除通胀对货币影响），而虚线为在1937年以来的实际消费平均值。美国市场自2000年以来始终强劲。基于我们对美国制造商调查所得趋势，我们预测2014年美国切削市场可达74亿美元之巨，比2013年同期增长

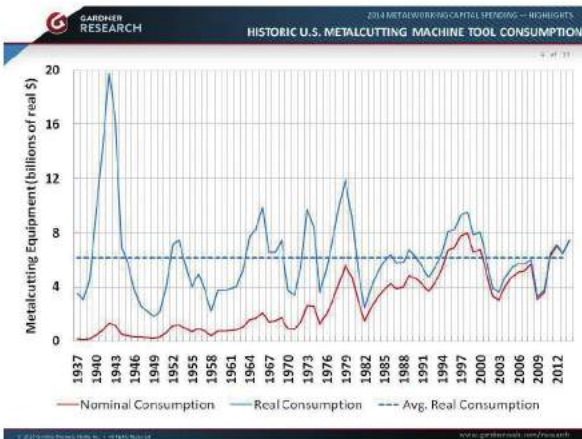


表 3

16%。同样，过去76年的市场平均值逾60亿美元，所以，可以预计，当今美国市场几乎高过历史平均值25%。其消费特点主要表现为以下几个方面：

1. 货币供应主导机床销售

我分析三个主要指标来预测美国及其他国家机床消费，即：货币供应量、产能利用率和工业产值。预测时，我特意比对三个指标中某个指标变化率与机床销售变化率。而当研究指标数值变化率而不仅仅观察原始单一数据时，两类指标关联性尤其明显。

图表4显示过去40年货币供应量变化率和单台机床销售额的变化。其揭示了货币供应量变化率在一至两年会主导机床销售量快慢。当货币供应量增长快速，其将促使利率下降。而当利率下降，融资则变得容易。对制造商而言，融资低成本可让机床用户更能或更愿采购。所以，货币供应量增加后，机床销售就会呈现增长趋势。根据图表显示趋势，我可以预言2014年全球单台机床销售额不会有大的增长，且美国机床销售随着货币供应量充足而有明显增长。

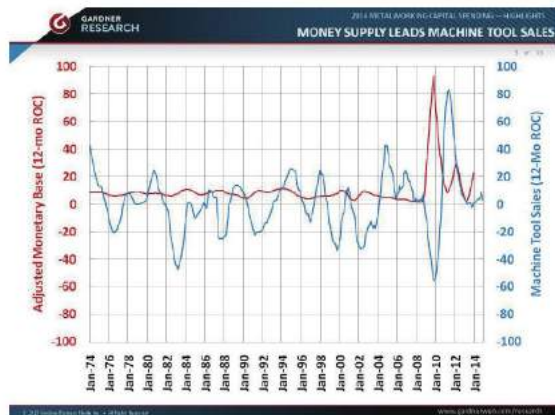


表 4

2. 产能利用率主导机床销售

货币供应量或许是主导机床销售最重要的指标之一。而同样重要的指标是制造商的产能利用率。是产能利用率，而非货币供应是制造商在决定购买新机床时的考虑因素。产能利用率与单台机床销售的关联关系显示：当产能利用率快速增长时，单台机床销售在其后6至18个月内必然增长迅速。

美国机床产能利用率持续升高，以达到2007年

来的新高，而近几个月利用率有所下降。但基于产能利用率重要指标判断，2014年美国产能利用率将会快速增长，极有可能达到80%，那将是2000年以来的新高。如同货币供应一样，产能利用率将会主导机床销售。

另一种观察产能利用率与机床销售关联关系得方法是我们的机床需求曲线。平轴为产能利用率和竖轴机床消费图表标出各数值点（见表5）。根据这些数值点我们可以画出一条均衡曲线，即图表上的红色曲线。此线代表最佳理论机床需求值。当然，实际销售数值点较难落在曲线上，因为制造商不可能完全按照需求分毫不差购买机床，他们大都超过需求超买产能，一般都会产能过剩。

制造商一般都超过当前实际需求超买机床产能，然后随着业务发展而消化过剩的产能。所以，制造商在5至7年一个周期中，围绕需求曲线上下“超买”或“低买”机床。2014年将是当前购买周期中的第五年。所以，可以预计2014年机床消费将处于需求曲线的上方。当然，处于过度消费的第五年也就意味着我们已在美国机床消费扩张期最后两年。

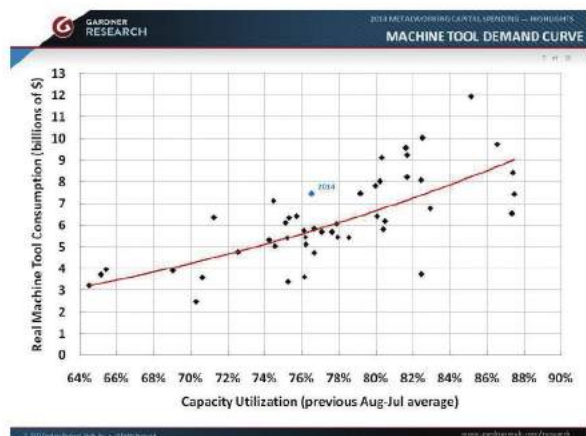


表 5

3. 耐用品生产总值主导机床销售

我的第三个机床销售重要指标是耐用品生产总值。

历史数值表明，耐用品生产总值变化可12个月至18个月后影响机床销售变化。耐用品生产总值现仍处于历史上最快的增长期，当然自2011年年初以来，耐用品生产总值增长率已持续变缓。这就表明

2014年单台机床销售将处于缓慢增长。但2014年年初，其他重要指标都表明耐用品生产总值将快速增长。所以，可以预计在下几个月内，耐用品生产总值增长而带动2014年机床销售增长。

4. 金属加工行业指数

我们每个月根据美国耐用品制造商的反馈编制发布行业指数。该指数与中国采购经理人指数、汇丰中国制造业采购经理人指数和 美国ISM制造业指数一样，50为荣枯线，高于50为发展而低于50和萎缩。我们指数优于美国ISM制造业指数之处在于我们指数采集集中在机床公司的制造商客户而不是所有的制造商。所以，我们的指数更专注于你们的潜在客户。

我们金属加工行业指数在过去的4个月中的三个月持续增高，美国金属加工行业一月份经历了自2012年4月份以来最快增长速率。金属加工行业指数中有若干细分指数。自2013年9月份以来新订单和生产状况均有极大改善。订单积压趋势或待履约订单数均肯定产能利用率将会有很大增长。自2012年11月份，未来行业预期急剧向好，达到自2012年三月份以来最高值。所有指标表明2014年美国机床销售将十分强劲。

5. 购买机床的动因

我们的数据来自我们每年7月所做的年度资本支出调查报告，调查报告询问美国金属加工厂家在未来一年中在各类机床技术改造中将做多大支出。同时，还询问各企业采购机床的原因。

居于企业采购机床前两位的原因是提高生产能力和降低成本。经济形势决定两者中何者居首。经济形势良好，首位动因是增加产能。而经济形势恶化，首位则让给降低成本。有趣现象是当采购机床增加产能是首要原因时，以此为动因的公司的百分比就会下降，在其后的一两年后，机床消费将达到周期的顶点。所以，这个数据表明2014年货2015年将是本次机床消费周期峰值年。

自2011年以来提高加工柔性一直是越来越重要的机床采购动因，尽管2013年以此为动因有所下降，这就提高了在一个自动化系统中机床的重要性。美国制造商要么雇不到熟练员工去操作设备要么因高昂人力成本不愿雇佣员工。所以，所有美国

制造商都愿意尽可能自动化他们生产加工线。

自2012年以来适应不断提高质量标准成为美国制造商采购重要动因。你们机床产品达到高质量那是必须的。

自2011年以来，因自制零件而代替采购零件采购机床已成越来越弱的动因。这表明替代加工而建立供应链而设加工工场的工作在不断的下降中。

6. 主要金属切削设备的种类

从2009年度至2013年度，根据实际金属加工消费和其当年资本支出调查报告的结果，我们估算了各年度各类金属加工设备的投资额。2014年各类设备的投资额则基于我们年度资本支出调查报告推算所得。

2014年美国制造商采购机床趋势除车床外各类机床可以归纳为卧式比立式好，大型的比小型的好。而2014年的车床是例外，无论其购买总量或增长量均与上述相反，即立式和小型为好。

加工中心在2014年需求依然强劲，或许能以最强增长。而2014年相比13年车床市场需求相对平缓，但比2009年获2010年相比可谓明显增长。2014年磨床增长显著。磨床占整个机床销售虽微小，但从2008年3.8%增长能在2014年跃居7.4%。同样，螺丝车床14年也有明显增长。

7. 金属切削投资——主要产（行）业

2009年至2013年各行业机床投资总量与前述均已调整以便可比。2014年数值则根据我们调查反馈而预测。加工工场在2014年是其他行业投资至少三倍以上。美国的加工工场在2014年投资几乎占了整个机床投资的三分之一。根据我们数据，60%加工工场为汽车产业而生产，52%为航空产业。所以，尽管为汽车和航空产业而配套机床投资可能会下降，但考虑巨大机床投资在加工工场，我们完全可以预计为这两产业而配套的机加工必然强劲。而从另一角度而言，代工生产将会进一步压缩。

装备制造业在2014年机床投资将有显著发展。增量来自于金属切削机床和刀具投资。本年度将是电子工业将是自2008年以来在机床投入最大一年。其是制造业回流美国所致。引用富士康总裁近日所言，美国是制造业必争之地。能源工业因增天然气输送需求，增加在泵、阀门和管道投入。而油气

田和矿产业随着居高不下油价推动生产必然投资大增。最后，医疗和仪表产业在2014年也会增加在机床投资。

三、在美国市场销售机床的几大要素

我们已讨论了美国制造商采购机床的理由。然而一旦美国制造商决策采购机床，他们如何选择何款机床则是另一个问题。所有的我所查阅的数据表明美国制造商均以品牌和服务为考量来选择。

1. 品牌的力量

品牌美誉度是美国制造商选择机床首要因素。所以塑造良好的企业形象，确立机床品牌地位以及提高品牌相应的档次十分关键。如果美国制造商对你品牌一无所知，那么你就不可能出现在拟采购清单上。建立品牌需要你通过广告、参展参会、客户推广和其他营销方法来致力在市场中具有持久全面影响。如果你不具有这样持久全面影响，美国制造商必将对企业或机床产品失去信任或信心。

2. 服务的重要性

美国制造商在选择机床时，服务仅次于品牌第二要素。所有制造商都明知无论何种品牌的机床总有故障不能运转而需修理。所以，美国制造商总是从那些能提供可靠服务企业采购从而最大可能减少故障停运的时间。

美国市场对中国机床企业而言较为陌生，所以美国制造商会对中国机床企业提供有质量的服务能力极为挑剔。如果你进入美国市场一刻起，仍无法提供有质量的服务，这将对你的日后销售努力大打折扣。低劣服务会引发反感。

3. 合格的分销商

由于服务在机床采购决策中如此重要，在美国建立一个良好的分销网络至关重要。畅达分销网络是确保提供有质量服务体系的关键环节。由于美国幅员辽阔，各分销商服务辐射面有限。所以，你需要数个遍布在全美的分销商。

盖特纳商业媒体集团编制分销商配对系统，这能帮助你建立起分销网络。我们调查了全美的所有分销商，并以其代理产品而归类。所以我们可以为你们和美国分销商建立初步对接洽谈。□