

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.5 2013
2013年10月
October 2013

主管: 中国机械工业联合会
主办: 中国机床工具工业协会
地址: 北京市西城区莲花池东路102号
天莲大厦16层

邮政编码: 100055
电话: (010) 63345259 传真: (010) 63345699
电子邮箱: wmem@cmtba.org.cn

出版: 中国机床工具工业协会
经济导报社
地址: 香港湾仔轩尼诗道342号十六楼
电话: (852) 2572 2289 传真: (852) 2834 2985
电子邮箱: eiaet@pacific.net.hk

顾问: 梁训庭 于成廷
主任: 吴柏林
副主任: 王黎明 耿良志

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

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

总编辑: 李华翔
副总编辑: 杨春林
编辑: 沈绍基 张芳丽
广告部主任: 韩 强
国际标准代号: ISSN 1015-4809
国内统一刊号: CN 11-5137/TH
国内发行: 北京报刊发行局
订阅处: 全国各地邮局
邮发代号: 80-121

广告总代理: 经贸广告有限公司
地址: 香港湾仔轩尼诗道342号16楼
电话: (852) 2591 2802, 9472 6072
传真: (852) 2834 2985
电子邮箱: wmem_ad@yahoo.com
惠赐广告, 请洽一沈绍基经理

承印: 北京博海升彩色印刷有限公司

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



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

目 录 CONTENTS

2013年第5期(总第128期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

- 31 CCMT2014展览预备会即将召开等6则消息

行业论坛 Industrial Forum

- 33 行业论坛: 我们的核心竞争力
德马吉 / 森精机: 从市场需求出发, 不断创新 汉 诺
DMG / MORI SEIKI: What is our competitive power?
马扎克: 世界领先的机床制造商 董庆福
Mazak: A leading machine tool manufacturer in the world
MAG公司: 在竞争中发展壮大 韩 海
MAG: Developing and growing in competition
友嘉集团: 塑造国际形象, 为用户创造价值 朱志洋
Create international character to create value for users
FANUC公司: 创新是实现服务价值的源泉 于颖先
FANUC: Innovation is the source to realize the service value
海德汉公司: 百年铸就的海德汉 贾江扬
Hundreds' Heidenhain
山高刀具: 有仙则名, 有龙则灵 蒋文德
The core power of an enterprise

展会信息 Exhibition

- 40 CCMT2014展会开局良好, 各项筹备工作创新升级 机床协会传媒部
CCMT2014 will offer even better services
41 CCMT2014展品预览
What will be shown at CCMT2014?

产销市场 Production & Market

- 46 2013年1~6月机床工具行业经济运行情况 机床协会
The situation of the machine tool industry in the first half of 2013 in China

展品评述 Review of Exhibition

- 49 第十三届中国国际机床展览会特种加工机床评述 叶 军 陈德忠等
Special machine tools shown at CMT 2013
59 CMT2013数控工具磨床展品评述 卢玉成
The feature of CNC tool grinders shown at CMT2013
63 CMT2013车铣复合类加工中心展品评述 杨荷妹
More turn-mill centers shown at CMT2013
68 CMT2013国产数控系统展品综述 张幼龙 肖 明
The development and level of domestic CNC system

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

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

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Economic Information & Agency

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

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

E-mail: eiaet@pacific.net.hk

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

President of E-C: WU Bai-lin

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

Committeemen:

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

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, LI Bao-ming, WANG
Ai-qing, WANG Yue-hong, ZHSNG Guo-bin, CHU
Fu-chun, WANG Ming-yuan, GAO Ge-chao, LIU
Qing-le, WANG Xing-lin, DONG Hua-gen, HU Hong-
bing, LI Zhen-xiong

Chief-Editor: Li Huaxiang

Deputy Chief-Editor: Yang Chunlin

Editor: George Shen Zhang Fangli

Advertising Manager: Han Qiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising Agency:

E & T Advertising Ltd.

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

Tel: (852) 2591 2802, 9472 6072

Fax: (852) 2834 2985

E-mail: wmem_ad@yahoo.com

For advertising, please contact —

General Manager: George S.J. Shen



Publisher

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Kolbergerstrasse 22, D-81679 Muenchen,

Phone +49 89 99830-254 Fax +49 89 99830-6 23,

http://www.hanser.de

Publishing Director: Michael Himmelstoss

E-Mail: epe@hanser.de

Advertising Director: Dietmar von der Au

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

E-Mail: au@hanser.de

EPE powered by

WB Werkstatt + Betrieb

专题综述 Topical Review

- 77 精密加工发展与供需合作新理念 马志云
Development of precision machining and new concept for cooperation
between the users and suppliers
- 84 加速发展个性化需求的成套装备 恩宝贵
Complete set of equipment must be supplied based on the special applications

产品与技术 Production & Technology

- 87 基于人机工程学研发的加工机床HMI 伍端阳
Design of HMI machine based on the man-machine system
- 92 汽车齿轮高速精密磨削新技术 王子磊
New technology for high speed precision grinding of gears for automobile
- 94 电机转子轴以车代磨工艺的研究 倪帆 宫浩博
Study on the process of machining motor rotor by substituting turning
for grinding with high-rigidity precision CNC lathe
- 98 刀具的高压冷却液直喷系统 Tommy Pit.nen
High pressure coolant system of cutting tools
- 101 齿轮铣削的发展 Aaron Habeck
——山特维克可乐满提供最新的刀具技术
The development of gear milling
- 105 数控机床滚珠丝杠用蝶形弹簧压缩量的计算 王雷等
Compression ratio calculation of butterfly spring for ball screw

海外市场 Overseas Market

- 109 2013年澳大利亚国际机床展览会参观考察简报(下) 刘森执笔

相关产业 Correlative Industry

- 112 美国哈斯举办全国开放日活动
——新一代哈斯数控切削中心登场亮相

欧洲生产工程 EPE

- 114 用于经济型使用的多轴加工中心 Von Helmut Damm
Multi-spindle machining center for economic operation
- 48 广告客户索引 Advertisers' Index
- 81 广告客户索引
Advertisers' index
消息 (40、76、108)

编者的话

当前,中国机床工具产业正面临和经受着调整转型的严峻考验。2013年上半年的机床工具行业经济运行情况(见P46)显示:受中国经济增速放缓的影响,2013年上半年,中国机床工具产业延续了2012年全年的下行趋势,目前仍处于下行区间,但下行幅度明显收窄,运行渐趋平稳。事实上,产业已经开始步入一个新的发展阶段,一个以调整转型为主要特征的发展阶段。

在这种严峻的形势下,如何打造企业的核心竞争力,最终实现企业的调整与转型升级是每个企业都需要认真面对的课题。本期的“行业论坛”栏目中(见P33-P39),来自7家知名外企代表,围绕如何打造企业核心竞争力发表了各自的观点,相信他们的经验对于正处于转型升级中的行业企业定会有所启发。

此外,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),将于2014年2月24-28日在上海新国际博览中心举办。重回上海的CCMT2014,将使用上海新国际博览中心7个展馆,并将搭建部分临时展馆,总展出面积达10万平方米。展会期间,主办方仍将举办高层论坛、国际交流、技术讲座等多种活动,且各项活动都将有所创新或升级。本届CCMT的突出特点是国际化水平大幅提高,境外展商的展览面积将超过展览总面积的四分之一。目前已有18个国家和地区的近200家展商申请了展位,其中不乏众多知名企业。

从本期开始,我们将密切关注CCMT2014展会的最新动态,并对其及时加以报道。本期有关展会的相关内容详见P40~P45。

在“专题综述”、“产品与技术”栏目中,我们还邀请了国内外知名企业的专家,就精密加工的发展、如何开发满足个性化需求的成套装备、高速精密磨削新技术,以及以车代磨工艺等热点技术话题展开探讨。

本刊编辑部

版权所有,未经本刊书面许可,不得转载。

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



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

交叉滚柱轴承CRB系列 荣获2013年台湾精品金质奖

迎向 机器人世代





2001~2013连续13年荣获台湾精品金质奖



滚珠丝杠
Ballscrews



直线导轨
Linear Guideway



工业机器人
Industrial Robot



直线电机
Linear Motor



交叉滚柱轴承
Crossed Roller Bearings



直驱式定位平台
Torque Motor Direct drive Motor



线性致动器
Linear Actuator



位置量测系统
Positioning Measurement System



AC伺服马达
伺服马达驱动器
AC servo Motor & Drive

全球营运总部

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

关系企业

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

HIWIN中国大陆专属经销商

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

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

HIWIN海外厂

德国
www.hiwin.de

瑞士
www.hiwin.ch

日本
www.hiwin.co.jp

法国
www.hiwin.fr

美国
www.hiwin.com

意大利
www.hiwin.it

捷克
www.hiwin.cz

以色列
www.mega-fabs.com

CCMT2014展览预备会即将召开

第八届中国数控机床展览会(CCMT2014)将于2014年2月24~28日在上海新国际博览中心举办,其境内展区招展工作已于8月15日结束。目前,展会主办方——中国机床工具工业协会正在制订面积分配及布展方案。CCMT2014展览会境内展区展览预备会将于10月15~17日在上海举行,届时将邀请参展面积较大的展商到会签订参展合同。

自招展启动以来,该展会受到了业界企业积极响应,共有近800家境内企业申请参展,申请展出净面积约6万多平方米,行业重点骨干企业悉数报名参展。其中单独报展面积较大的企业有:沈阳机床集团有限公司、大连机床集团有限公司、上海三一精机有限公司、北京北一数控机床有限公司等,其中申报参展面积均超过1000~2000平方米。申报参展面积超过100~1000平方米的企业多达180余家。根据可分配面积情况,本届展会境内展区在考虑搭建部分大棚的情况下,满足率也仅为68%,仍不能完全满足展商的需求。

此外,境外展商招展工作将于10月15日结束,目前招展工作进展也十分顺利,DMG、天田、发那科、海克斯康、阿奇夏米尔等都已申报展位,另有多个国家和地区机床工具协会将组团参展。

(机床协会传媒部)

我协会在EMO2013展会成功召开 新闻发布会

2013年9月17日(德国当地时间),即EMO2013汉诺威欧洲机床展开展的第二天,中国机床工具工业协会在汉诺威展览馆的会议中心召开了新闻发布会。来自各国机床协会的主要负责人和参展商代表、媒体记者等近百人参加了发布会。中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁、德国机床协会会长Wilfried Schafer、中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明,以及中国国际展览中心集团公司副总裁郑世钧出席发布会并在主席台就坐。王黎明执行副理事长主持发布会。



会议首先由德国机床协会会长Wilfried Schafer致辞,他对在汉诺威举办新闻发布会表示热诚的欢迎。他说,近年来中德间的双边机床业务非常令人满意,对中国来说,德国目前是仅次于日本的第二个最重要的工业供应商,未来中国仍是德国机床制造商重要的成长型市场,德国机床制造商们渴望为中国提供最好的服务。接着,陈惠仁常务副理事长兼秘书长进行新闻发布,他介绍了中国经济的总体形势、中国机床工具产业的运行和发展情况、中国机床工具市场现阶段特征和发展预测,以及第八届中国数控机床展览会(CCMT2014)的筹备情况等信息。

记者们对2014年将在上海举办的CCMT2014展会表示了浓厚兴趣,并提出了相关问题,陈惠仁逐一做了回答,并欢迎大家届时参加CCMT2014展。

(机床协会传媒部)

可用于不锈钢加工的 CoroDrill® 870可换头钻头

近日,山特维克可乐满推出的CoroDrill 870钻头,除了已经用于钢件和铸铁件钻削外,现在可用于不锈钢加工。新一代可换头CoroDrill 870钻头节约了加工时间,降低了每孔加工成本。

CoroDrill 870可针对具体应用,对钻头的直径、长度和台阶进行优化订制,从而使钻削变得更加高效,更加贴近客户的要求,并为下一个工序做好更充分的准



备。钻体与刀头之间的可靠接口，可确保极高的稳定性和精度，并且快速、简单地更换刀头可使有效加工时间最大化。

新的刀头槽型和材质保证了高进给率，提供了更长的刀具寿命和可靠性，同时也优化了切屑控制，使切削过程更加安全。材质GC2234包含细晶粒高铬基体和新PVD涂层，其成分针对ISO M钻削（不锈钢）进行了优化。薄AlTiN PVD涂层经过粘结性增强处理，可实现更长的刀具寿命并提高了抗崩刃性。钻头有效直径范围：10.00~26.65mm（0.394~1.049in），标准长度系列为8倍径。每把钻头刀体都有相应的接口型号与刀头匹配，可满足H9~H10的孔加工公差要求。

山高新型Turbo玉米铣刀推动了 难加工材料铣削加工的发展

最近山高扩展了其Turbo产品系列，推出专为主要要求严苛的金属切削加工（例如航空航天领域的方肩铣削应用）而设计的新型玉米铣刀，可为客户提供更高的加工灵活性、稳定性和生产率。

新型Turbo玉米铣刀直径为32~80mm，切深范围为 $0.8 \times D \sim 2.0 \times D$ ，并且包括Seco-Capto™安装



选项。这些玉米铣刀提供宽范围的先进Turbo刀片（包括新型材质等级和槽型），在应对具有独特加工挑战的金属材料时（如钛

合金、铝合金和不锈钢），能够实现出色的金属切除性能。此外，该系列玉米铣刀还拥有较高的通用性，无论制造商的加工工况的刚性好还是差，都能助其优化现有的加工应用。

大型数控强力旋压机技术应用推介会 在西安成功举办

日前，中国航天科技集团公司西安航天动力

机械厂举办了“大型数控强力旋压机技术应用推介会”。会议由“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项实施管理办公室主办，中航工业北京航空制造工程研究所和西安航天动力机械厂承办。

大型数控强力旋压机是航空航天领域大型薄壁回转体金属结构制造的必备装备，具备数控机床的高精度、重型机床的高刚度和重载荷等特点。该设备部件尺寸超大，总高度达18米，总重500吨，结构复杂，研制过程历时10年，浙江大学、武汉重型机床、中信重工、济南二机床等都参与了设计研制。2011年被列为“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项。经过半年的旋压工艺试验，旋压出的零件各项性能指标符合用户要求，其旋轮推力和可旋压零件尺寸为亚洲之最，标志着我国在大型薄壁回转体金属结构件制造技术领域的研制水平达到新的高度。

数控强力旋压设备及技术在航空发动机、航天运载工具、船舶的壳体、铁路车厢类零件的制造方面具有广泛的应用前景，在核反应堆的回转件、化工行业大型高压容器、汽车行业铝合金轮毂，以及其他民用领域压力容器的制造方面也具有很高的推广价值。（郭长城供稿）

意大利国内机床市场仍处低迷

据意大利UCIMU发布的数据预测，2013年意大利机床工具产值将达到48.26亿欧元，同比下降0.1%，出口额将达到36.85亿欧元（+1.8%）。但从总体经济情况看，机床消费水平将进一步下滑，只有20.05亿欧元（-4%）。意大利国内市场将继续下滑（-5.8%），预计只有11.35亿欧元。

另据UCIMU发布的最新订货数据，第二季度意大利机床总体订货指数增长了0.7%，这主要归功于出口的增长，同比指数为72（2005年=100）。

意大利国内订货指数比2012同期下降了21.2%，其绝对指数只有41.3，达到创记录的低水平，这表明意大利国内市场相当不景气。

在出口方面，订货指数增长了6.2%，绝对指数为83.4，低于历年平均水平。

我们的 核心竞争力

编者按：行业转型升级，企业要着力提升核心竞争力。那么，核心竞争力到底是什么？不同行业、不同企业，甚至不同的企业家和专家学者都有各自不同的观点。在市场需求持续低迷的当下，如何打造并保持企业的核心竞争力已成为大家关注和思考的焦点。本期我们特设专栏，开展一次题为“我们的核心竞争力”的书面论坛，邀请在中国境内经营较好的几家知名的外资或合资企业负责人参与讨论，希望能给广大的业界同仁带来一些有益的启示。

德马吉 / 森精机：从市场需求出发，不断创新

核心竞争力是公司在经营过程中形成的不易被同行竞争对手效仿的一种优势能力，是我们获得持续发展的动力源、生命力。从市场需求出发，不断推出创新产品和服务是DMG / MORI SEIKI的核心竞争力，是我们处于行业领先地位的关键。

创新技术是由那些有远见的人推动和实现的。DMG / MORI SEIKI（德马吉 / 森精机）的员工在一起共同努力创造创新趋势。我们的企业文化就是：在一起、创新、全球化。

在一起，开放式的沟通使我们获取日益增长的竞争优势。车削、铣削、先进加工技术是我们的核心产品，DMG / MORI SEIKI 在持续性的、有建设性意见的沟通方式方面做了很多努力，包括跟我们的客户、合作伙伴以及供应商之间的沟通。目前来说Gildemeister（吉特迈）集团50%的订单来自于近3年内的创新产品，这些创新产品中的一半来自DMG和MORI SEIKI的共同研发。我们在一起不断地鼓励那些有才华、敢于



DMG / MORI SEIKI亚洲区CEO
兼中国区总裁汉诺

我们的 核心竞争力

编者按：行业转型升级，企业要着力提升核心竞争力。那么，核心竞争力到底是什么？不同行业、不同企业，甚至不同的企业家和专家学者都有各自不同的观点。在市场需求持续低迷的当下，如何打造并保持企业的核心竞争力已成为大家关注和思考的焦点。本期我们特设专栏，开展一次题为“我们的核心竞争力”的书面论坛，邀请在中国境内经营较好的几家知名的外资或合资企业负责人参与讨论，希望能给广大的业界同仁带来一些有益的启示。

德马吉 / 森精机：从市场需求出发，不断创新

核心竞争力是公司在经营过程中形成的不易被同行竞争对手效仿的一种优势能力，是我们获得持续发展的动力源、生命力。从市场需求出发，不断推出创新产品和服务是DMG / MORI SEIKI的核心竞争力，是我们处于行业领先地位的关键。

创新技术是由那些有远见的人推动和实现的。DMG / MORI SEIKI（德马吉 / 森精机）的员工在一起共同努力创造创新趋势。我们的企业文化就是：在一起、创新、全球化。

在一起，开放式的沟通使我们获取日益增长的竞争优势。车削、铣削、先进加工技术是我们的核心产品，DMG / MORI SEIKI 在持续性的、有建设性意见的沟通方式方面做了很多努力，包括跟我们的客户、合作伙伴以及供应商之间的沟通。目前来说Gildemeister（吉特迈）集团50%的订单来自于近3年内的创新产品，这些创新产品中的一半来自DMG和MORI SEIKI的共同研发。我们在一起不断地鼓励那些有才华、敢于



DMG / MORI SEIKI亚洲区CEO
兼中国区总裁汉诺

创新的员工，通过知识分享体系来增强创新实力。我们建立了有效的建议体系，在2012年人均提建议6.5条，每个建议创造的平均财富在3百多万欧元。

创新，富有灵感并敢于追逐和实现想法。只有那些新的、操作性强的、带有明显竞争优势的解决方案才能在当今高度竞争的市场上获得一席之地。我们寻求新的途径，甚至进行跨文化合作，引发了强大的协同效应，带来尖端的解决方案，我们的客户得以从中长期获益。创新带来更高的柔性，在当今动态变化的世界，随着人们生活质量需求的提升，变化是唯一不变的真理，高柔性的生产工艺已成为重要的市场趋势。我们的创新还有利于生产制造的可持续发展。DMG/MORI SEIKI是Blue Competence（蓝色效能）的共同发起人，旨在关注生态和经济可持续发展。

在用户服务方面，DMG / MORI SEIKI将负责机床完整生命周期，从工程准备、培训、创新软件的应用，到现场的快速服务。还提供二手机床服务，提供配套的自动化上下料装备、对刀仪设备、机床节能包、备品备件等。以这些独特的服务系列产品来使用户生产效率最大化。

除了在产品和服务创新方面所做的不懈努力，DMG / MORI SEIKI 还重视细分市场和行业的

发展。为此，我们建立了多个卓越技术中心，为客户提供量身定制的加工方案和服务。例如，德国Pfronten 工厂的航空航天卓越技术中心，德国Sauer工厂的牙科卓越中心，位于德国Geretsried 的高速切削技术（HSC）应用中心和位于日本奈良的模具实验室，专为客户提供模具加工的解决方案，针对于汽车行业、商用车行业、航空航天行业以及教育行业。此外，DMG / MORI SEIKI还设立了大客户管理制度，更有效地为关键客户提供及时的技术服务，对市场的需求和发展趋势反应更灵敏。

针对快速发展的中国市场，本地化生产也是我们的的重要举措。MORI SEIKI位于天津的工厂将在2013年第四季度投产，Gildemeister位于上海的工厂也将进一步扩大产能。两家公司在中国的战略合作，体现出DMG / MORI SEIKI 对于迅速成长的市场的高度重视。新兴市场带来更多市场机会的同时，也带来更多的竞争压力，我们的目标是获得更多的客户资源，获取更大的市场份额。

以市场需求的产品和服务创新为核心驱动力，配合行业细分的专业化系统解决方案，针对新兴市场的全方位战略举措，加上强大的品牌运营管理和文化渗透能力，DMG / MORI SEIKI致力于成为客户最好的合作伙伴，为客户的发展提供全方位的支持。

马扎克：世界领先的机床制造商



山崎马扎克机床（上海）有限公司
总经理董庆富

山崎马扎克株式会社成立于1919年，主要生产多任务复合加工机、五轴联动加工中心、立/卧式加工中心、激光切割机、FMS柔性制造系统、CNC装置和生产支持软件，在金属加工领域为众多行业用户做出贡献。

经过近百年的发展，马扎克在世界范围内赢得了客户的充分信赖和认可，以独创性的产品开发、高质量全方位的服务成为了世界机床行业的翘楚企业。

独创性的产品开发：复合化、智能化、自动化

马扎克今天所做的一切，从复合化、智能化单机产品，到自动化、无人化FMS柔性制造，再到智能网络化机床制造工厂，马扎克带给装备制造业的不仅仅是工业母机，而是一种对传统制造和工厂管理的革新。

诸如，自上世纪80年代初，马扎克就开始致力于以多品种、中小批量生产为前提的机械加工生产率的提高，立足复合加工中心和自动化、省人化系统的开发。1981年在日本大口建成了FMS工厂，2000年在中国银川建设了中国首座智能网络化机床制造工厂。马扎克成为全球最早将IT技术与

制造技术相结合并实现智能网络化制造的机床制造商。

马扎克的创新，源自于马扎克人对机床的无限热爱。“应当开发世界上没有的独创机床并在自己的生产现场配备使用”，这是已故的山崎马扎克公司山崎照幸会长的名言。在马扎克，所有产品都自主研发，并通过马扎克工厂进行生产实践，进而改进升级，之后才能销往客户。所以，马扎克的复合化、智能化、无人化、自动化，并不是通过单纯的数据计算、模拟制造来实现的，而是通过近百年来不断的自我实践创造出来的。

马扎克的产品开发改变了马扎克，创新了马扎克，还让马扎克保持着蓬勃的生机。

全方位的支持服务体制是客户安心使用机床的可靠保障

马扎克以贴近客户为宗旨，为客户提供生产加工相关的技术服务支持。

以中国市场为例，山崎马扎克已在银川建有小巨人机床有限公司，在大连建有山崎马扎克机床（辽宁）有限公司两座智能网络化工厂，分别面向中国和全球提供产品；在上海、广州、大连分别设立了集产品展示、备件支持、售前、售后服务、培训于一体的技术中心，加上北京、重庆等遍及全国的13个办事处，形成了全方位销售服务网络。

借此，马扎克通过产品和服务，将其制造哲学进行推广，从根本上为客户提升生产效率、降低生产成本，帮助客户持续获取创造高效益的能力。所

以，马扎克带给用户的不仅是机床技术的进步，更是理念上的提升，带给业界的也不仅是智能化技术的进步，更是未来制造业的方向。

马扎克为向客户、员工和社会发展做贡献而存在

马扎克能取得今天的成功，除了先进的制造技术和高质量的服务外，企业理念也是马扎克的成功之本。

马扎克致力于为客户、员工和社会发展做贡献。马扎克通过优质的机床和服务，为全球客户的生产制造做贡献。马扎克通过有益的工作环境，为员工及其家庭的幸福做贡献。马扎克通过诚信负责的企业活动，为社会发展做贡献。正是这样对客户、对员工、对社会负责任的企业理念，影响着每一位马扎克人，形成强大的凝聚力，推动马扎克发展。

山崎马扎克独创性的产品正在支持着全世界的物品制造，推进着制造产业的革新。为了客户用得更安心，山崎马扎克在全球建设了10座生产工厂和80余处支持服务机构。通过运用当地的生产工厂和完备的服务体制，为客户的生产提供了强有力的保障，与客户之间建立了良好的合作关系，并将客户的需求及时反馈给设计、生产部门，进而物化出最受欢迎的产品。产品的不断革新，以及为客户提供的全方位服务支持，成就了山崎马扎克今天的领先地位。不仅仅是机床产品，为客户提供全方位的解决方案和支持服务是马扎克继续不懈努力的方向。

MAG公司：在竞争中发展壮大



长春美格专用设备有限公司
总裁韩海

MAG作为技术领先的机床公司，生产的机加设备应用范围广、质量优秀，而且在广大用户中享有美誉。MAG公司的产品不仅用于汽车五大关键件的加工，而且还适用于汽车其他零部件、高铁关键件、航空航天、船舶、液压件及泵壳体等高精和复杂零件的中小批量柔性和大批量加工，并且占有绝对优势。

说起核心竞争力，MAG公司具有三个较为突出的特点：

第一是产品配套齐全

MAG公司产品系列齐全，不仅有卧式、立式加工中心，卧式、立式车削中心，有铣车复合、车铣复合和铣珩复合加工中心，还有铣车磨齿复合加工中心以及滚齿机和搓齿机等，可以满足广大用户的不同生产需求。

第二是优秀团队

MAG公司拥有一支非常优秀的、具有丰富经验的工艺技术研发和现代工程技术规划设计团队。MAG的专业工程技术可以追溯到1789年，MAG集团有着独特而丰富的专业技术资源。我们可以根据不同用户的特性和需求，本着以用户为本，为用户创造价值的理念，设计小中批量多品种的单机自动化或柔性制造岛、柔性制造单元直至用于大批量生产需求的柔性制造系统和敏捷制造系统。

第三是完善的服务

今天的客户寻求的已不仅仅是单一的机床设备，而是更加注重工艺方案，看重产品的自动化程度，并会需要完整的交钥匙工程。所以，我们在客户新产品初期设计结束后，可以同步为客户设计新产品生产方案，模拟效益。为了进一步满足客户需

求，MAG公司在中国以长春工厂为基础创建了中国工厂和德国工厂联手互助模式，为客户设计合理、实用、柔性更强的进口及国产仪器设备自动联接整体方案。这样，既保证客户新产品对生产线的加工工艺需求，又满足了大批量要求，为客户创造了最佳的经济效益。

在以用户为本、为用户着想，与用户保持密切沟通的同时，MAG公司建立了强大的售后服务网、经验丰富的服务团队以及保税和完税的备品备件库。

这就是我们在竞争中取胜的优势，也是我们为用户创造效益，助力用户发展壮大，从而取信于用户，受益于用户，并立足于不败之地的基础。正是我们MAG团队为之付出的不懈努力，才使MAG公司在竞争激烈的今日仍不断发展壮大。

友嘉集团：塑造国际形象，为用户创造价值



友嘉集团总裁朱志洋

作为台湾最大的企业，台湾机床业唯一拥有超过16家国际合资企业的集团，也是台湾机床业唯一一家实行海外收购的企业，友嘉多年稳扎稳打，始终保持着稳步增长的态势，朝着具有国际竞争力的企业集团迈进。友嘉持久快速发展的核心竞争力可以从以下几个方面阐释。

完整的产品系列

友嘉拥有完整系列的机型组合，从立式/卧式加工中心、CNC车床，到高端五轴联动加工中心、大型龙门磨床，以及柔性制造单元（FMC）和柔性制造系统（FMS）等自动化系统，能够满足不同客户

钻、削、磨、铣、自动化各种加工制造需求。

将来，友嘉不以产品数量来取胜，而是以为用户创新价值为经营方针。同时，为适应修筑铁路、跨海大桥及能源工程等重大项目，增加了大型卧加的市场比重；还引进欧洲、美国、日本的高端机型，在大陆投产，增加高端产品的投入；伴随高端产品的引进，除了汽车零部件、工程机械、农用机械、精密加工等传统行业，友嘉还会在新能源、航空航天、医疗等行业逐步提高市场占有率。

健全的协作体系

友嘉机床事业部拥有全球27个数控机床生产基地，遍布亚、欧、美洲，整合利用各地供应链优势和采购资源，建立低成本、高效率的全球采购和生产制造机制。同时各生产基地在研发、生产销售、管理经验，及人才培养等方面优势互补，形成全球协力体系。未来会以市场为导向，将并购、合资或策略联盟厂商销售通路、客户群与服务据点等，都一并纳入作整体布局。

全球行销及售后网络

集团拥有全球行销网络，在大陆拥有73家分公司，全球200多家代理商，随时掌握市场的脉动，提

供客户最快最亲切的服务品质。通过友嘉的庞大销售和售后服务网络及强大的配件库支持，给客户提供最及时的技术和服务支持。其中，仅杭州友佳机床事业部就全国分布37个分公司，40个服务点和备件分库，销售和服务人员超过300人。原则上，通用

件更换的等待时间是一天，最长不超过3天，这在业界是罕见的服务速度和品质。友嘉致力于与用户建立长期战略合作伙伴关系，能做到的都会尽力想办法。友嘉的核心价值是“我们永远为用户多想一点儿！”

FANUC公司：创新是实现服务价值的源泉



北京发那科机电有限公司
市场部副部长于颖先

FANUC公司创建于1956年，是当今世界上最大的数控系统专业厂商，北京FANUC机电有限公司是FANUC在中国CNC业务的代表。作为世界CNC领域的领导者，FANUC在世界的CNC领域持续不断地创新，始终保持产品的先进性、研发的前瞻性、技术的标准化，是FANUC所有竞争力的源泉。

产品和技术创新植根于客户需求

FANUC凭借CNC领域世界第一的市场份额，和直接销售、直接服务的客户应对模式，总是能最及时地抓取客户的最新需求和行业技术发展的尖端。每年，FANUC会通过内部研究会、社内客户展示会等活动，集中研讨全世界的产品需求趋势和技术发展前沿，并探讨通过何种开发和制造手段去实现这些需求。随着中国连续多年成为世界第一大机床消费国和第一大机床生产国，以及中国机床客户技术开发和应用水平的不断提升，FANUC正在将中国机床客户的需求纳入产品和技术改良的最重要输入因素。FANUC相信，产品和技术的发展创新，只有切实地植根于客户需求，严谨贴切地满足

用户的需求，创造性地为客户带来增值体验，才能使所有研发活动和产品真正站在“科技的尖端”，也站在“市场的尖端”。

创造丰富的解决方案和应用体验

中国工业经济发展处在一个极其特别的历史阶段，机床行业和客户具有机型机种丰富全面、高中低档产品共存、技术升级交叉渐进、多档次机床需求长期共存、整个市场规模体量异常庞大等特点。北京FANUC机电有限公司作为FANUC在中国CNC业务的代表，在深耕、扩展、延伸FANUC CNC产品和技术应用、满足于中国广大客户的多领域多层次需求方面，始终践行并发展着FANUC“不断创造”的业务价值观，提出“CNC解决方案”的概念，从最经济的简机型到高精高速机型和复合加工机型，从控制要求简单的车铣床机型到功能应用复杂的各类磨床、齿轮机床、复合型机床、大型机床等机型，推出了从硬件选型到功能选型、从CNC控制方案到加工工艺方案辅助研究、从机床基本控制方案到客户个性化开发方案在内的产品套件和服务套件，全面响应客户不同类型的需求，并帮助客户挖掘技术开发和产品表现的潜力，实现CNC的最佳应用以及CNC同机床的最佳配合，实现从FANUC自身的“不断创造”，到FANUC同客户的“共同创造”。

创新和可靠是为用户带来增值的两极

用CNC产品的不断创新更新，以及同客户之间进行的联合应用创新，能为机床OEM客户带来占据技术前沿的机床产品并实现持续增值的市场价值。同时，FANUC相信，其最为重视的另一因素“可靠性”，能够使OEM客户和最终客户在CNC使用的全生命周期内实现最佳的设备使用和运营维护效

率、最低的故障发生频率，并最终实现最低的全周期使用成本和管理成本。可靠性包括4个内涵：产品的可靠、应用的可靠、维护的可靠、服务的可靠。通过专门的可靠性设计和测试环节使产品本身能够适应恶劣复杂的环境和高强度的使用，通过强化可靠应用方法和防护设施使设备得到可靠的微观应用环境，通过合理的维护方法使设备长期保持弥新

若初的状态，通过永续的零部件储备、服务技术储备和服务资源储备对用户达成可长久信赖的服务承诺。FANUC相信，“可靠”是工业设备和应用领域最为重要的技术因素和创新因素之一，“创造”和“可靠”是为CNC工业科技的两极，也是为用户提供持续增值使用价值的两极。

海德汉公司：百年铸就的海德汉



海德汉(中国) 总经理贾江扬

一个多世纪以来，海德汉公司扎根光刻制造和测量控制领域，以生产高精度、高质量的产品而著称于世。

一流的生产环境和设备

一流的产品出自一流的生产环境和设备。在海德汉德国总部，有世界一流的制造光栅和编码器母版的实验室和车间，其设计汇集了海德汉多年的专业经验，采用了大量世界水平的工艺和技术，为生产和研发世界一流产品提供了必不可少的先决条件。海德汉可根据各种不同应用场合提供相应的光栅尺，海德汉的光栅尺在国内外的机床制造行业是家喻户晓的。海德汉的数控系统由于其友好的人机操作界面、超强的高速、高精、高表面质量和五轴加工控制功能在高精密加工领域得到了充分的应用。

丰厚的技术底蕴

谈起海德汉公司的核心竞争力，我们不得不

想到海德汉公司的历史。生于1857年的Wilhelm Heidenhain（威廉·海德汉）先生早年就从事科学仪器和精密测量尺的制造，亲自参与过世界标准来定义尺的复制工作，早在1885年发表了第一个专利，并于1889年成立了威廉·海德汉公司。作为儿子的Johannes Heidenhain（约翰内斯·海德汉）先生是个化学博士，于1923年加入海德汉公司，一生拥有120多项发明，在全球范围内享有230多项专利权。1970年，在当地市政府的帮助下，约翰内斯·海德汉博士成立了非盈利性质的公益基金会——海德汉基金会，并给其下属的海德汉公司定下追求技术和市场领先的永久目标。

核心竞争力关键词——专注、创新、品质

海德汉成功发展的奥秘中，“专注”可以说是最大的法宝。海德汉公司是世界上最早制造光刻产品和机床数控系统的公司之一。在光刻和数控系统制造领域，海德汉拥有多项技术专利，其创新和研发推动了世界光刻和数控系统制造技术不断向前发展。一百多年来，海德汉公司坚持不懈，最终奠定了其在光刻制造、数控系统领域的世界领先地位。

从海德汉走过的历程可见，创新和发明早就融化在海德汉人的血液中，其研发的世界领先产品比比皆是。凭借实力，海德汉公司源源不断地为用户提供技术领先、性能可靠的产品，从而确保了制造设备所需的高精度。

追求高可靠性是海德汉公司独特的价值观。从始至终，海德汉对产品高可靠性的要求可以用“苛刻”二字来形容。所有新产品均要通过海德汉企业内部的可靠性试验及相应的海德汉企业标准。正是高可靠性才为海德汉赢得了众多客户。



山高刀具（上海）
有限公司董事总经理
蒋文德

山高刀具：有仙则名，有龙则灵

什么是“核心竞争力”，搞学问的自有定义。在现实中，核心竞争力似乎是能感觉，但又看不清、摸不着、道不明，这大概就是“核心”的玄妙之处吧。

笔者的理解：“核心竞争力是企业的发展变化过程中积累起来的并为其带来竞争优势的主要能力的总和。”它有以下的特点：（1）它是能力的体现。能力是综合性的，涉及企业生产经营各个方面，如研发、创新、品牌建设、市场营销、生产、采购供应、服务、融资和财务管理、人才培养和使用、执行等等各种能力。（2）它是变化发展的。企业的核心竞争力随企业发展而不断变化。（3）它是一个积累过程。即使某些竞争力是企业与生俱来的，但其竞争优势也是在激烈的市场竞争中逐步积累而壮大起来的。积累是企业核心竞争力发展的必经之路。（4）它必须是具有优势的。如何才能建立起企业的竞争优势，“创新”是个法宝。（5）它非单一存在。“善集大成者，赢”，善于整合各种力量是建立竞争优势的智慧。（6）人才是核心。在众多的企业经营能力中，人才是最核心的。打造企业的核心竞争力首先必须打造一支有梦想、善创新、能协同、精专业、能担当的人才队伍。离开了人才，离开了团队，企业必败无疑。

山高刀具集团是一家跨越了三个世纪的百年老店，但在硬质合金刀具领域始终处于领先地位，其核心竞争力主要体现在以下几个方面：

技术和产品优势

山高是世界上最早生产硬质合金刀具的两家公司之一，最早掌握了硬质合金刀具的生产技术。在长期积累中，其产品范围和品种规格不断得以扩大和发展。其材质等级从早年的单一品种逐步发展到如今能适合不同工件材料和不同应用加工的需求；产品范围也从早年专注的铣削发展到涵盖铣、车、钻、镗、铰以及刀柄系统等完整的系列。这些不断

完善和发展的高性能产品，是山高百年不衰的有形竞争力。

创新能力

创新是山高的无形竞争力的代表。创新始终贯穿于山高的发展历程中。盘点山高的创新成果，如山高首创的“45度主偏角面铣刀”、“八面刃面铣刀”、“双面王铣刀”等是面铣加工的典范产品。山高的“小魔王”铣刀在世界范围首次成功解决了小直径刀杆和刀头的连接问题，成为低成本加工型腔的利器；“SECOLOR”又是山高的一大发明，它使刀具的选择更加简易；“Duratomic”材质等级更是把硬质合金涂层技术发展到了原子级，极大地提高了刀具的使用寿命。随着难加工材料和新材料的出现，山高又及时推出了新的产品，以满足高温材料和复合材料的加工。山高的创新还体现在贴近市场，倾听理解客户需求，为客户提供度身定制的机加工制胜解决方案。山高还是首家在中国建立分拨中心的进口刀具供应商，为客户提供48小时的快捷交货服务。这种创新能力，是山高在差异化竞争中取胜的无形力量。

人才

山高在长期的发展过程中，形成了强大的人才优势，涵盖研发、生产、营销、管理等各个方面，而凝聚这些人才的正是山高的价值力量。山高的价值观有三句话：“热诚待客，家庭归属感和个人责任。”热诚是动力的源泉，正是热诚待客的理念驱动着山高人不断倾听理解客户的需求，不断创新，超先推出满足市场需求的产品和服务；凝聚员工的是山高“家一样”的文化。在山高这个大家庭里，我们相互信任，共担责任，共享成果；公司的责任基于每个员工的责任。山高的个人责任，为山高对市场对客户承担责任打下了坚实基础。

山不在高，有仙则名；水不在深，有龙则灵。“仙”、“龙”，乃核心竞争力也。□

创新的员工，通过知识分享体系来增强创新实力。我们建立了有效的建议体系，在2012年人均提建议6.5条，每个建议创造的平均财富在3百多万欧元。

创新，富有灵感并敢于追逐和实现想法。只有那些新的、操作性强的、带有明显竞争优势的解决方案才能在当今高度竞争的市场上获得一席之地。我们寻求新的途径，甚至进行跨文化合作，引发了强大的协同效应，带来尖端的解决方案，我们的客户得以从中长期获益。创新带来更高的柔性，在当今动态变化的世界，随着人们生活质量需求的提升，变化是唯一不变的真理，高柔性的生产工艺已成为重要的市场趋势。我们的创新还有利于生产制造的可持续发展。DMG/MORI SEIKI是Blue Competence（蓝色效能）的共同发起人，旨在关注生态和经济可持续发展。

在用户服务方面，DMG / MORI SEIKI将负责机床完整生命周期，从工程准备、培训、创新软件的应用，到现场的快速服务。还提供二手机床服务，提供配套的自动化上下料装备、对刀仪设备、机床节能包、备品备件等。以这些独特的服务系列产品来使用户生产效率最大化。

除了在产品和服务创新方面所做的不懈努力，DMG / MORI SEIKI 还重视细分市场和行业的

发展。为此，我们建立了多个卓越技术中心，为客户提供量身定制的加工方案和服务。例如，德国Pfronten 工厂的航空航天卓越技术中心，德国Sauer工厂的牙科卓越中心，位于德国Geretsried 的高速切削技术（HSC）应用中心和位于日本奈良的模具实验室，专为客户提供模具加工的解决方案，针对于汽车行业、商用车行业、航空航天行业以及教育行业。此外，DMG / MORI SEIKI还设立大客户管理制度，更有效地为关键客户提供及时的技术服务，对市场的需求和发展趋势反应更灵敏。

针对快速发展的中国市场，本地化生产也是我们的的重要举措。MORI SEIKI位于天津的工厂将在2013年第四季度投产，Gildemeister位于上海的工厂也将进一步扩大产能。两家公司在中国的战略合作，体现出DMG / MORI SEIKI 对于迅速成长的市场重视。新兴市场带来更多市场机会的同时，也带来更多的竞争压力，我们的目标是获得更多的客户资源，获取更大的市场份额。

以市场需求的产品和服务创新为核心驱动力，配合行业细分的专业化系统解决方案，针对新兴市场的全方位战略举措，加上强大的品牌运营管理和文化渗透能力，DMG / MORI SEIKI致力于成为客户最好的合作伙伴，为客户的发展提供全方位的支持。

马扎克：世界领先的机床制造商



山崎马扎克机床（上海）有限公司
总经理董庆富

山崎马扎克株式会社成立于1919年，主要生产多任务复合加工机、五轴联动加工中心、立/卧式加工中心、激光切割机、FMS柔性制造系统、CNC装置和生产支持软件，在金属加工领域为众多行业用户做出贡献。

经过近百年的发展，马扎克在世界范围内赢得了客户的充分信赖和认可，以独创性的产品开发、高质量全方位的服务成为了世界机床行业的翘楚企业。

独创性的产品开发：复合化、智能化、自动化

马扎克今天所做的一切，从复合化、智能化单机产品，到自动化、无人化FMS柔性制造，再到智能网络化机床制造工厂，马扎克带给装备制造业的不仅仅是工业母机，而是一种对传统制造和工厂管理的革新。

诸如，自上世纪80年代初，马扎克就开始致力于以多品种、中小批量生产为前提的机械加工生产率的提高，立足复合加工中心和自动化、省人化系统的开发。1981年在日本大口建成了FMS工厂，2000年在中国银川建设了中国首座智能网络化机床制造工厂。马扎克成为全球最早将IT技术与

制造技术相结合并实现智能网络化制造的机床制造商。

马扎克的创新，源自于马扎克人对机床的无限热爱。“应当开发世界上没有的独创机床并在自己的生产现场配备使用”，这是已故的山崎马扎克公司山崎照幸会长的名言。在马扎克，所有产品都自主研发，并通过马扎克工厂进行生产实践，进而改进升级，之后才能销往客户。所以，马扎克的复合化、智能化、无人化、自动化，并不是通过单纯的数据计算、模拟制造来实现的，而是通过近百年来不断的自我实践创造出来的。

马扎克的产品开发改变了马扎克，创新了马扎克，还让马扎克保持着蓬勃的生机。

全方位的支持服务体制是客户安心使用机床的可靠保障

马扎克以贴近客户为宗旨，为客户提供生产加工相关的技术服务支持。

以中国市场为例，山崎马扎克已在银川建有小巨人机床有限公司，在大连建有山崎马扎克机床（辽宁）有限公司两座智能网络化工厂，分别面向中国和全球提供产品；在上海、广州、大连分别设立了集产品展示、备件支持、售前、售后服务、培训于一体的技术中心，加上北京、重庆等遍及全国的13个办事处，形成了全方位销售服务网络。

借此，马扎克通过产品和服务，将其制造哲学进行推广，从根本上为客户提升生产效率、降低生产成本，帮助客户持续获取创造高效益的能力。所

以，马扎克带给用户的不仅是机床技术的进步，更是理念上的提升，带给业界的也不仅是智能化技术的进步，更是未来制造业的方向。

马扎克为向客户、员工和社会发展做贡献而存在

马扎克能取得今天的成功，除了先进的制造技术和高质量的服务外，企业理念也是马扎克的成功之本。

马扎克致力于为客户、员工和社会发展做贡献。马扎克通过优质的机床和服务，为全球客户的生产制造做贡献。马扎克通过有益的工作环境，为员工及其家庭的幸福做贡献。马扎克通过诚信负责的企业活动，为社会发展做贡献。正是这样对客户、对员工、对社会负责任的企业理念，影响着每一位马扎克人，形成强大的凝聚力，推动马扎克发展。

山崎马扎克独创性的产品正在支持着全世界的物品制造，推进着制造产业的革新。为了客户用得更安心，山崎马扎克在全球建设了10座生产工厂和80余处支持服务机构。通过运用当地的生产工厂和完备的服务体制，为客户的生产提供了强有力的保障，与客户之间建立了良好的合作关系，并将客户的需求及时反馈给设计、生产部门，进而物化出最受欢迎的产品。产品的不断革新，以及为客户提供的全方位服务支持，成就了山崎马扎克今天的领先地位。不仅仅是机床产品，为客户提供全方位的解决方案和支持服务是马扎克继续不懈努力的方向。

MAG公司：在竞争中发展壮大



长春美格专用设备有限公司
总裁韩海

MAG作为技术领先的机床公司，生产的机加设备应用范围广、质量优秀，而且在广大用户中享有美誉。MAG公司的产品不仅用于汽车五大关键件的加工，而且还适用于汽车其他零部件、高铁关键件、航空航天、船舶、液压件及泵壳体等高精和复杂零件的中小批量柔性和大批量加工，并且占有绝对优势。

说起核心竞争力，MAG公司具有三个较为突出的特点：

第一是产品配套齐全

MAG公司产品系列齐全，不仅有卧式、立式加工中心，卧式、立式车削中心，有铣车复合、车铣复合和铣珩复合加工中心，还有铣车磨齿复合加工中心以及滚齿机和搓齿机等，可以满足广大用户的不同生产需求。

第二是优秀团队

MAG公司拥有一支非常优秀的、具有丰富经验的工艺技术研发和现代工程技术规划设计团队。MAG的专业工程技术可以追溯到1789年，MAG集团有着独特而丰富的专业技术资源。我们可以根据不同用户的特性和需求，本着以用户为本，为用户创造价值的理念，设计小中批量多品种的单机自动化或柔性制造岛、柔性制造单元直至用于大批量生产需求的柔性制造系统和敏捷制造系统。

第三是完善的服务

今天的客户寻求的已不仅仅是单一的机床设备，而是更加注重工艺方案，看重产品的自动化程度，并会需要完整的交钥匙工程。所以，我们在客户新产品初期设计结束后，可以同步为客户设计新产品生产方案，模拟效益。为了进一步满足客户需

求，MAG公司在中国以长春工厂为基础创建了中国工厂和德国工厂联手互助模式，为客户设计合理、实用、柔性更强的进口及国产仪器设备自动联接整体方案。这样，既保证客户新产品对生产线的加工工艺需求，又满足了大批量要求，为客户创造了最佳的经济效益。

在以用户为本、为用户着想，与用户保持密切沟通的同时，MAG公司建立了强大的售后服务网、经验丰富的服务团队以及保税和完税的备品备件库。

这就是我们在竞争中取胜的优势，也是我们为用户创造效益，助力用户发展壮大，从而取信于用户，受益于用户，并立足于不败之地的基础。正是我们MAG团队为之付出的不懈努力，才使MAG公司在竞争激烈的今日仍不断发展壮大。

友嘉集团：塑造国际形象，为用户创造价值



友嘉集团总裁朱志洋

作为台湾最大的企业，台湾机床业唯一拥有超过16家国际合资企业的集团，也是台湾机床业唯一一家实行海外收购的企业，友嘉多年稳扎稳打，始终保持着稳步增长的态势，朝着具有国际竞争力的企业集团迈进。友嘉持久快速发展的核心竞争力可以从以下几个方面阐释。

完整的产品系列

友嘉拥有完整系列的机型组合，从立式/卧式加工中心、CNC车床，到高端五轴联动加工中心、大型龙门磨床，以及柔性制造单元（FMC）和柔性制造系统（FMS）等自动化系统，能够满足不同客户

钻、削、磨、铣、自动化各种加工制造需求。

将来，友嘉不以产品数量来取胜，而是以为用户创新价值为经营方针。同时，为适应修筑铁路、跨海大桥及能源工程等重大项目，增加了大型卧加的市场比重；还引进欧洲、美国、日本的高端机型，在大陆投产，增加高端产品的投入；伴随高端产品的引进，除了汽车零部件、工程机械、农用机械、精密加工等传统行业，友嘉还会在新能源、航空航天、医疗等行业逐步提高市场占有率。

健全的协作体系

友嘉机床事业部拥有全球27个数控机床生产基地，遍布亚、欧、美洲，整合利用各地供应链优势和采购资源，建立低成本、高效率的全球采购和生产制造机制。同时各生产基地在研发、生产销售、管理经验，及人才培养等方面优势互补，形成全球协力体系。未来会以市场为导向，将并购、合资或策略联盟厂商销售通路、客户群与服务据点等，都一并纳入作整体布局。

全球行销及售后网络

集团拥有全球行销网络，在大陆拥有73家分公司，全球200多家代理商，随时掌握市场的脉动，提

供客户最快最亲切的服务品质。通过友嘉的庞大销售和售后服务网络及强大的配件库支持，给客户提供最及时的技术和服务支持。其中，仅杭州友佳机床事业部就全国分布37个分公司，40个服务点和备件分库，销售和服务人员超过300人。原则上，通用

件更换的等待时间是一天，最长不超过3天，这在业界是罕见的服务速度和品质。友嘉致力于与用户建立长期战略合作伙伴关系，能做到的都会尽力想办法。友嘉的核心价值是“我们永远为用户多想一点儿！”

FANUC公司：创新是实现服务价值的源泉



北京发那科机电有限公司
市场部副部长于颖先

FANUC公司创建于1956年，是当今世界上最大的数控系统专业厂商，北京FANUC机电有限公司是FANUC在中国CNC业务的代表。作为世界CNC领域的领导者，FANUC在世界的CNC领域持续不断地创新，始终保持产品的先进性、研发的前瞻性、技术的标准化，是FANUC所有竞争力的源泉。

产品和技术创新植根于客户需求

FANUC凭借CNC领域世界第一的市场份额，和直接销售、直接服务的客户应对模式，总是能及时地抓取客户的最新需求和行业技术发展的尖端。每年，FANUC会通过内部研究会、社内客户展示会等活动，集中研讨全世界的产品需求趋势和技术发展前沿，并探讨通过何种开发和制造手段去实现这些需求。随着中国连续多年成为世界第一大机床消费国和第一大机床生产国，以及中国机床客户技术开发和应用水平的不断提升，FANUC正在将中国机床客户的需求纳入产品和技术改良的最重要输入因素。FANUC相信，产品和技术的发展创新，只有切实地植根于客户需求，严谨贴切地满足

用户的需求，创造性地为客户需求带来增值体验，才能使所有研发活动和产品真正站在“科技的尖端”，也站在“市场的尖端”。

创造丰富的解决方案和应用体验

中国工业经济发展处在一个极其特别的历史阶段，机床行业和客户具有机型机种丰富全面、高中低档产品共存、技术升级交叉渐进、多档次机床需求长期共存、整个市场规模体量异常庞大等特点。北京FANUC机电有限公司作为FANUC在中国CNC业务的代表，在深耕、扩展、延伸FANUC CNC产品和技术应用、满足于中国广大客户的多领域多层次需求方面，始终践行并发展着FANUC“不断创造”的业务价值观，提出“CNC解决方案”的概念，从最经济的简机型到高精高速机型和复合加工机型，从控制要求简单的车铣床机型到功能应用复杂的各类磨床、齿轮机床、复合型机床、大型机床等机型，推出了从硬件选型到功能选型、从CNC控制方案到加工工艺方案辅助研究、从机床基本控制方案到客户个性化开发方案在内的产品套件和服务套件，全面响应客户不同类型的需求，并帮助客户挖掘技术开发和产品表现的潜力，实现CNC的最佳应用以及CNC同机床的最佳配合，实现从FANUC自身的“不断创造”，到FANUC同客户的“共同创造”。

创新和可靠是为用户带来增值的两极

用CNC产品的不断创新更新，以及同客户之间进行的联合应用创新，能为机床OEM客户带来占据技术前沿的机床产品并实现持续增值的市场价值。同时，FANUC相信，其最为重视的另一因素“可靠性”，能够使OEM客户和最终客户在CNC使用的全生命周期内实现最佳的设备使用和运营维护效

率、最低的故障发生频率，并最终实现最低的全周期使用成本和管理成本。可靠性包括4个内涵：产品的可靠、应用的可靠、维护的可靠、服务的可靠。通过专门的可靠性设计和测试环节使产品本身能够适应恶劣复杂的环境和高强度的使用，通过强化可靠应用方法和防护设施使设备得到可靠的微观应用环境，通过合理的维护方法使设备长期保持弥新

若初的状态，通过永续的零部件储备、服务技术储备和服务资源储备对用户达成可长久信赖的服务承诺。FANUC相信，“可靠”是工业设备和应用领域最为重要的技术因素和创新因素之一，“创造”和“可靠”是为CNC工业科技的两极，也是为用户提供持续增值使用价值的两极。

海德汉公司：百年铸就的海德汉



海德汉(中国) 总经理贾江扬

一个多世纪以来，海德汉公司扎根光刻制造和测量控制领域，以生产高精度、高质量的产品而著称于世。

一流的生产环境和设备

一流的产品出自一流的生产环境和设备。在海德汉德国总部，有世界一流的制造光栅和编码器母版的实验室和车间，其设计汇集了海德汉多年的专业经验，采用了大量世界水平的工艺和技术，为生产和研发世界一流产品提供了必不可少的先决条件。海德汉可根据各种不同应用场合提供相应的光栅尺，海德汉的光栅尺在国内外的机床制造行业是家喻户晓的。海德汉的数控系统由于其友好的人机操作界面、超强的高速、高精、高表面质量和五轴加工控制功能在精密加工领域得到了充分的应用。

丰厚的技术底蕴

谈起海德汉公司的核心竞争力，我们不得不

想到海德汉公司的历史。生于1857年的Wilhelm Heidenhain（威廉·海德汉）先生早年就从事科学仪器和精密测量尺的制造，亲自参与过世界标准来定义尺的复制工作，早在1885年发表了第一个专利，并于1889年成立了威廉·海德汉公司。作为儿子的Johannes Heidenhain（约翰内斯·海德汉）先生是个化学博士，于1923年加入海德汉公司，一生拥有120多项发明，在全球范围内享有230多项专利权。1970年，在当地市政府的帮助下，约翰内斯·海德汉博士成立了非盈利性质的公益基金会——海德汉基金会，并给其下属的海德汉公司定下追求技术和市场领先的永久目标。

核心竞争力关键词——专注、创新、品质

海德汉成功发展的奥秘中，“专注”可以说是最大的法宝。海德汉公司是世界上最早制造光刻产品和机床数控系统的公司之一。在光刻和数控系统制造领域，海德汉拥有多项技术专利，其创新和研发推动了世界光刻和数控系统制造技术不断向前发展。一百多年来，海德汉公司坚持不懈，最终奠定了其在光刻制造、数控系统领域的世界领先地位。

从海德汉走过的历程可见，创新和发明早就融化在海德汉人的血液中，其研发的世界领先产品比比皆是。凭借实力，海德汉公司源源不断地为用户提供技术领先、性能可靠的产品，从而确保了制造设备所需的高精度。

追求高可靠性是海德汉公司独特的价值观。从始至终，海德汉对产品高可靠性的要求可以用“苛刻”二字来形容。所有新产品均要通过海德汉企业内部的可靠性试验及相应的海德汉企业标准。正是高可靠性才为海德汉赢得了众多客户。



山高刀具（上海）
有限公司董事总经理
蒋文德

山高刀具：有仙则名，有龙则灵

什么是“核心竞争力”，搞学问的自有定义。在现实中，核心竞争力似乎是能感觉，但又看不清、摸不着、道不明，这大概就是“核心”的玄妙之处吧。

笔者的理解：“核心竞争力是企业的发展变化过程中积累起来的并为其带来竞争优势的主要能力的总和。”它有以下的特点：（1）它是能力的体现。能力是综合性的，涉及企业生产经营各个方面，如研发、创新、品牌建设、市场营销、生产、采购供应、服务、融资和财务管理、人才培养和使用、执行等等各种能力。（2）它是变化发展的。企业的核心竞争力随企业发展而不断变化。（3）它是一个积累过程。即使某些竞争力是企业与生俱来的，但其竞争优势也是在激烈的市场竞争中逐步积累而壮大起来的。积累是企业核心竞争力发展的必经之路。（4）它必须具有优势的。如何才能建立起企业的竞争优势，“创新”是个法宝。（5）它非单一存在。“善集大成者，赢”，善于整合各种力量是建立竞争优势的智慧。（6）人才是核心。在众多的企业经营能力中，人才是最核心的。打造企业的核心竞争力首先必须打造一支有梦想、善创新、能协同、精专业、能担当的人才队伍。离开了人才，离开了团队，企业必败无疑。

山高刀具集团是一家跨越了三个世纪的百年老店，但在硬质合金刀具领域始终处于领先地位，其核心竞争力主要体现在以下几个方面：

技术和产品优势

山高是世界上最早生产硬质合金刀具的两家公司之一，最早掌握了硬质合金刀具的生产技术。在长期积累中，其产品范围和品种规格不断得以扩大和发展。其材质等级从早年的单一品种逐步发展到如今能适合不同工件材料和不同应用加工的需求；产品范围也从早年专注的铣削发展到涵盖铣、车、钻、镗、铰以及刀柄系统等完整的系列。这些不断

完善和发展的高性能产品，是山高百年不衰的有形竞争力。

创新能力

创新是山高的无形竞争力的代表。创新始终贯穿于山高的发展历程中。盘点山高的创新成果，如山高首创的“45度主偏角面铣刀”、“八面刃面铣刀”、“双面王铣刀”等是面铣加工的典范产品。山高的“小魔王”铣刀在世界范围首次成功解决了小直径刀杆和刀头的连接问题，成为低成本加工型腔的利器；“SECOLOR”又是山高的一大发明，它使刀具的选择更加简易；“Duratomic”材质等级更是把硬质合金涂层技术发展到了原子级，极大地提高了刀具的使用寿命。随着难加工材料和新材料的出现，山高又及时推出了新的产品，以满足高温材料和复合材料的加工。山高的创新还体现在贴近市场，倾听理解客户需求，为客户提供度身定制的机加工制胜解决方案。山高还是首家在中国建立分拨中心的进口刀具供应商，为客户提供48小时的快捷交货服务。这种创新能力，是山高在差异化竞争中取胜的无形力量。

人才

山高在长期的发展过程中，形成了强大的人才优势，涵盖研发、生产、营销、管理等各个方面，而凝聚这些人才的正是山高的价值力量。山高的价值观有三句话：“热诚待客，家庭归属感和个人责任。”热诚是动力的源泉，正是热诚待客的理念驱动着山高人不断倾听理解客户的需求，不断创新，超先推出满足市场需求的产品和服务；凝聚员工的是山高“家一样”的文化。在山高这个大家庭里，我们相互信任，共担责任，共享成果；公司的责任基于每个员工的责任。山高的个人责任，为山高对市场对客户承担责任打下了坚实基础。

山不在高，有仙则名；水不在深，有龙则灵。“仙”、“龙”，乃核心竞争力也。□

CCMT2014展会开局良好，各项筹备工作创新升级

中国机床工具工业协会信息传媒部

第八届中国数控机床展览会（CCMT2014），继境内展区招展工作告一段落后，目前筹备工作已经进入新的阶段，各项工作全面展开，各项活动紧张筹备。在目前发展环境显著变化、行业面临和经受调整转型严峻考验的大背景下，CCMT2014的招展工作开局良好，令人满意。

中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁表示，CCMT2014展会的筹备工作呈现以下四个主要特点：

第一、境内主要展商悉数参展，面积仍然供不应求：本届展会报名的境内展商已超过800家，其中新报名展商达160多家。报展面积超过1000m²的有4家，超过500m²的有12家，目前面积满足率仅有60%多。

第二、国际化水平显著提升，努力打造世界名展：本届展会境外展区面积首次超过总面积的1/4，除多个国家和地区机床协会组团参展外，Mazak、DMG、MAG、Haas、三菱等国际知名展商都以300m²以上的较大面积参展。

第三、采用专业化布局方式，展会层次明显提升：本届展会首次大范围推行按小行业分类布展，同时兼顾主机与配件交叉、均衡布置，有利于各馆展品进出。其中，E6馆主要集中了加工中心和主轴等部件展品；E7馆主要是成型机床、特种加工机床及锯床等展品；N2馆主要是齿轮机床、组合机床、自动化设备、机器人及滚动部件展品等；N3馆主要涉及车、铣机床及数显、电器等展品；N5馆主要是磨床、钻镗及磨料磨具等。

第四、展会各项同期活动充分体现创新和升级：本届展会拟在部分业务中启动网络平台，将大大提升展会管理水平和工作效率；高层论坛、军工能源用户对接会议、十佳和春燕奖评选、海外并购会议、境外代表联席会等，不论在形式还是在内容方面，都将有不同程度创新。

基于以上几点，CCMT2014展会将实现全面提升，进一步缩小与世界一流名展的差距，以新的创意、新的进步和新的变化，努力打造升级版国际化展会。□

关于CCMT2014展会期间举办技术交流讲座的通知

第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）将于2014年2月24日至28日在上海新国际博览中心举办。中国数控机床展览会（CCMT）由中国机床工具工业协会（以下简称“协会”）主办，是中国机床工具行业的品牌展会之一，在国内外业界具有广泛影响。本届展会将汇集国际和国内众多机床工具行业知名企业的高水平产品参展。为方便参展商利用展会机会充分宣传、展示企业产品和技术，展会期间协会将提供平台，协助国内外参展商举办“技术交流讲座”。讲座内容包括：1.介绍企业概况及产品；2.先进制造技术及设备；3.机械加工的高新技术、新工艺、新材料等；4.成套设备及经贸合作意向；5.市场及经济信息等。

协会将通过《中国机床工具》报、《世界制造技术与装备市场》（WMEM）杂志、中国机床工具工业协会网站、CCMT展会网站、《CCMT2014会刊》、协会重点用户联络网以及各种会议等多种途径对技术交流讲座的情况进行宣传。请参加讲座的主讲单位做好“技术交流讲座”的前期准备工作。

举办讲座的时间地点、收费标准、听众组织、申报办法、联系方式可到中国机床工具工业协会网站和CCMT展会网站查询或向中国机床工具工业协会行业部咨询。

联系人：宋齐婴

电话：010-63345261 传真：010-63345272 E-mail: hangye@cmtba.org.cn □

CCMT2014 展品预览

【编者按】 第八届中国数控机床展览会（CCMT2014）将于2014年2月24~28日在上海新国际博览中心举办。目前，在主办方积极进行展会各项筹备工作的同时，境内外展商也都在认真准备展品。从本期开始，本刊将陆续刊登部分参展企业的典型展品，以飨广大读者。

上海机床厂有限公司

H234/DM 数控端面外圆磨床

该机床是公司独立设计、制造的数控端面外圆磨床，以新技术代替原有的普通端面外圆磨削技术，同时配备自动化流水线，通过桁架式机械手衔接，加工大批量汽车配套轴类零件的外圆、端面的设备。本机床是适用于大批量加工轴类件的外圆、端面的设备。它采用FANUC-0i数控系统分别控制砂轮架的进给和工作台的移动；能在一次安装工件条件下，完成多档外圆、端面磨削的自动循环磨削；具有砂轮架自动进给，粗、精磨削、工作台自动跳档、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、工件的自动轴向定位及循环动作安全联锁等多种功能。

两台机床采用一台右置砂轮、一台左置砂轮串联，配置一套自动机械手为一个单元，右侧为上料带，采用铲车将整个上料盘放置在上料带的方式，左侧为下料带。

床身为整体式结构，内部筋板呈箱型布置。采用低合金高强度孕育铸铁，具有很高的整体刚度和表面耐磨性及抗震能力，以满足高效、高精度设备对基础件的要求。砂轮架主轴系统采用高精度动静压轴承。主轴系统配有独立的主轴温控油箱供油，使砂轮主轴在每个磨削循环过程中，始终保持很高的回转精度、刚度和工作稳定性。砂轮架电机由进口交流变频器控制转速并与数控系统相连，

通过数控系统对砂轮直径的监测，从而实现砂轮分段恒线速。砂轮架进给系统采用带内置高精度编码器的大惯量交流伺服电机驱动滚珠丝杆副并带动砂轮架进给。砂轮架导轨采用直线滚柱钢导轨，具有良好的定位精度、耐磨性、刚性、低速运动平稳性及抗震性，以保证砂轮架进给的灵敏度和稳定性。配置HEIDENHAIN光栅尺实现闭环磨削。头架主轴为回转与不可回转相结合结构。尾架套筒的进与退均由液压控制，液压顶紧压力可调。配有密集滚珠直线轴承，使尾架套筒进出灵活，增加支承刚度。

MK8280/SD-H 数控切点跟踪曲轴磨床

该机床是公司独立设计、制造的大型数控切点跟踪曲轴磨床，是国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”课题项目的研发成果。该机床是目前世界上最大规格的数控切点跟踪曲轴磨床，产品整机处于国际先进水平，其中机床的最大工件长度、重量等处于国际领先地位。该产品填补了国内大型数控切点跟踪曲轴磨削加工设备的空白，节省了国内企业的生产成本，大大提高了我国大型曲轴加工的效率和加工精度，促进了我国船舶、压缩机以及石油勘探等行业的快速发展，最终实现大型精密曲轴的国产化和曲轴随动磨床的国产化。

MK8280/SD-H数控切点跟踪曲轴磨床以新技术代替传统曲轴磨削技术，在加工曲轴时砂轮架与头、尾架随动跟踪磨削曲轴连杆颈，并实现一次

装夹，同时完成曲轴曲轴主轴颈和连杆颈的磨削加工，加工效率可以提高数倍以上。本机床主要适用于磨削中速、低速的船用柴油机、机车的内燃机，以及各种大型动力机械的曲轴的主轴颈和连杆颈外圆，即可满足单件生产也可实现批量曲轴磨削加工。

机床采用前后床身分体式的布局，其中头、尾架安装在前床身上，采用内装式高精度大扭矩力矩电机同步带动工件作回转及分度运动；拖板安装在后床身上，通过高响应直线电机驱动作纵向移动；砂轮架在拖板上，采用闭式静压导轨支撑，高响应直线电机驱动作横向移动，同时砂轮架与头、尾架联动控制，实现一次装夹，完成曲轴主轴颈和连杆颈的磨削加工。

机床数控系统可以实现工件的自动校正、自动进给、自动补偿、自动修整砂轮、自动测量及自动数据处理等自动循环。

MK8432 数控轧辊磨床

该机床是公司独立设计、制造的数控轧辊磨床。该数控轧辊磨床主要为配合宝钢硅钢后续项目（二期）轧辊磨削制造的高精度磨床，主要用于20 辊轧机工作辊、1 中间辊和2 中间辊的磨削。机床可代替进口机床，节省国内企业的生产成本，大大提高加工效率和加工精度。

MK8432 数控轧辊磨床以新技术代替传统轧辊磨削技术，采用高精度动静压轴承，支承砂轮主轴高速、稳定旋转；采用高响应直线电机驱动系统，控制砂轮架高精度进给，通过X 轴和Z 轴的联动控制，实现辊面复杂曲线的高精度磨削；采用双点式自动在线测量装置，实现工件辊面及支承颈的直径、圆度和辊形的精确测量，实现闭环补偿磨削。本机床能够满足钢铁企业硅钢板轧制的需求。

目前，磨削20 辊轧机轧辊的机床多为国外进口机床，20 辊轧机工作辊多为直径 $\phi 65 \sim \phi 85\text{mm}$ ，长度1677mm 的轧辊，属于细长轴磨削，对加工设备提出了很高的要求。实现此种加工机床的国产化，对民族制造业的发展，有着深远的意义。本机床的研制成功，使我国在极端制造技术方面获得突破，将对提高我国的制造水平起到重要的推动作用。

本机床为工作台移动式数控轧辊磨床，采用整体式床身结构，其中头、尾架安装在工作台上，工件只作旋转运动，工作台（Z 轴）在床身上作纵向往复运动，砂轮架（X 轴）在垫板上作横向进给运动，操作位置在床身的前侧。头架传动由交流主轴电机经皮带带动拨盘回转；采用高响应直线电机驱动系统，控制砂轮架高精度进给，通过X 轴和Z 轴的联动控制，实现轧辊圆柱形曲线、中凸中凹曲线、锥度、辊面倒角和经验曲线的高精度磨削加工；砂轮架导轨为静压导轨，满足高精度、高负荷磨削要求。

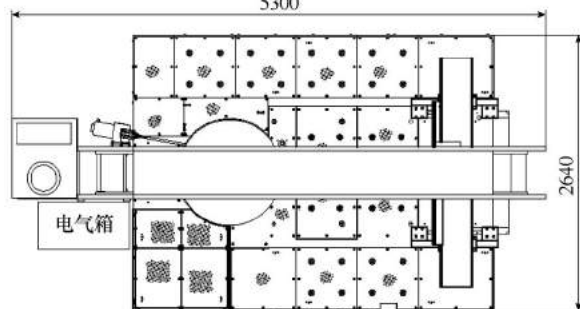
SHP-3025 数控回转头冲床

该机床是公司独立设计、制造的一种先进、高效的板材冲压机床；机床主要结构包括机身、送料工作台、转盘、冲头（上滑块）等；在其上滑块与工作台之间，有一对可以存放若干套模具的转盘（即回转头），把待加工的板材夹持在夹钳上，使板材在上、下转盘之间相对于滑块中心沿X 轴和Y 轴方向移动定位，按规定的程序选择所需要的模具，并由滑块冲击模具，从而冲出所需尺寸和形状的孔。机床在数控系统控制下，可一次上料按照设定的程序在不同的位置完成多个相同或不同的冲孔、成形等加工工艺，适应高精度、大尺寸、多孔或凹槽类钣金件的加工，所加工的产品质量好、生产效率高、生产成本低，产品的改型对机床要求几乎没有影响。

机身采用闭式框型钢板焊接，经二次时效处理，应力去除较彻底；由大型数控落地镗铣加工，精度高，保持性好。

整体式横梁和拖板结构，刚性高，X 轴和Y 轴高速运动时平稳准确，且无动态偏移。

SHP3025数控回转头冲床平面图



装模转盘为厚转塔型式,适合长导向模具;转盘材料为优质铸件,由高精度加工中心成对加工,确保上下模具的同轴度,转盘和模具的使用寿命长。

采用3圈式布置的46个模位,配合可移动冲头,更具加工柔性;2个独立可调的自转模位,分度精度高,保证直线步冲切割精度。

采用优质毛刷和可控钢球混合工作台面,噪声低,振动小,且对材料表面起到较好保护作用。

配置德国原装哈雷液压冲头系统,全闭环控制,动静态响应特性好,行程和速度可调,精确控制下死点位置,适合各种特殊冲压工艺。

数控采用FANUC Oi-PD回转冲专用系统,X/Y/T/C四轴联动控制,国际通用G代码编程,使用方便。

主要气动,液压和电气元件采用高性价比的国际品牌,保证了整机的可靠性。

山东永华机械有限公司

YHMC-G10540MB 数控动梁工作台移动式镗铣床

该机床是在成熟设计开发龙门式加工中心的基础上开发的产品,采用西门子 SINAMICS S120 全数字驱动系统,可控制X、Y、Z、W运动轴,拥有10000mm×4700mm×1250mm×2400mm (X×Y×Z×W)的加工范围,采用Siemens 840DL全数字控制系统控制,可实现任意三轴联动。X、Y、Z、W轴采用HEIDENHAIN精密光栅尺实现全闭环位置反馈,W轴两边各采用一套伺服电机驱动装置,实现双边光栅尺检测同步驱动。工作台进给X轴、镗铣头水平进给、Y轴进给驱动为双伺服电机予紧消除间隙的双齿轮齿条传动结构。镗铣头方滑枕垂直进给Z轴,横梁垂直进给W轴为双伺服电机同步驱动。

机床的主要基础件均采用HT300高强度孕育铸铁,垂直滑枕采用高强度球墨铸铁,树脂砂造型,合理的筋板布局,保证了基础件具有良好的减震性、热稳定性及刚性。经热处理释放内应力提高机床框架抗扭能力与床身、左右立柱形成整体框架结构,整机结构强度与刚性高。

滑枕主轴为快换头型式设计,机床可应用户要求配备各种附件铣头扩大机床的使用范围,使机床具有广泛的工艺适应性,其附件铣头可实现自动更换,镗铣头主轴通内冷却,带有外部冷却。主轴可通空气吹净主轴锥孔。镗铣头主轴有自动定向功能,可实现主轴自动定位、自动让刀。

该机床是高精度多功能的重型数控龙门镗铣床,适用于零件本身重量大,工件长度较长的黑色金属和有色金属的各种平面、曲面、空间曲面和孔的数控加工,并进行复杂零件的粗、精加工,并可对复杂型面进行三坐标或多坐标数控加工和仿形加工,具有高效率、高稳定性的特点。可根据客户加工工艺要求增加附件铣头,针对工件的加工工艺,一次装夹实现五面体加工,机床可实现CNC控制多坐标联动,粗加工可进行高效强力切削,精加工可获得高的工件加工精度。该机床是国防军工、航空航天,冶金机械、重型机械制造,船舶重工,汽轮机、核电力,工程机械、轧钢机制造等行业用于加工的理想技术装备。



日本天田公司

日本天田公司将在CCMT2014展会上推出2款全球首发产品,同时还将展示其面向中国市场的自动化解决方案。天田的2款首发产品分别是天田旗舰折弯设备HG及HS中型折弯机。



HG8025 折弯机可实现高精度、智能折弯加工，操作简便，无需试折弯，属于环保机型，并配置天田公司特有的针对板金加工的虚拟模拟试作系统 VPSS 运用。HS2204 折弯机，适于对建材产品等长工件进行高精度加工，通过配备 BIJ 角度传感器，可提供完美的角度解决方案，该机同样具有环保特性。



天田公司将展出的自动化解方案属于高速无人化系统，可实现 16 小时稳定加工，满足高端折弯市场的需求。其中，EGAR 用于对精密小型工件进行高速、高效、无人、稳定加工生产。LC2012C1 + MPC1 适于对大尺寸及大型板类工件进行无人化高速、高效、稳定加工，还可以通过复合加工机，实现更高的附加价值。TP200LX 结合上料的生产线，成为高附加价值的压力机加工生产线，可实现自动上料的大批量生产。

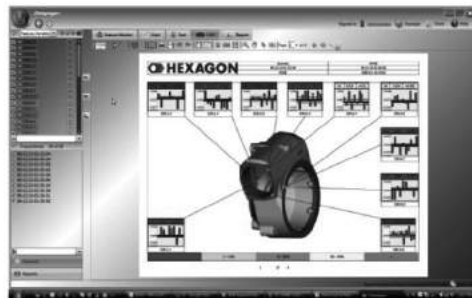
海克斯康计量

GLOBAL Silver SF 车间型测量机

该测量机为在任何环境下操作提供了灵活性。无论现场温度、振动还是油污，都不能影响其测量可靠性。采用最新 DC 控制器技术，支持更强大的温度补偿模型和高速运算，结合领先而成熟的测量机热变性均衡设计，能够在当今最为宽广的温度范围内保持高精度的工作。



通过在测量机核心位置和工件上放置的一组温度传感器，精确地探测相应的温度数据。先进的结构温度补偿系统，通过精确的算法实时补偿温度所引发的机器和工件的变形。即使是在 15 ~ 30℃ 环境温度变化的情况下，GLOBAL Silver SF 也能够提供精确的测量结果。



GLOBAL Silver SF 通过在 X 轴与 Y 轴增加额外的防尘罩与安全防护而对于现场的灰尘与油污提供了额外的防护。丰富的选项配置，确保测量机在条件最苛刻的车间环境下正常工作。这包括了避免振动影响的主动式减振系统；保护电脑及其外设免受环境影响的工业级机罩等。

ROMER 绝对臂测量机

除了将精密的测量任务移动到车间现场进行，现场的测量还存在着大量的大尺寸、被测零部件不便于移动或者移动成本高昂的测量任务，这使得便携式测量系统应运而生。



便携式关节臂测量机让三维测量变得更加方便快捷。目前，超过 100 个国家的制造商依靠 ROMER 关节臂保证其产品质量，完成包括 3D 数字化、点云检测、逆向工程、快速成型或仿制品制造等多种任务，解决了车间现场各种测量难题。ROMER 关节臂为工业计量提供了最大程度的便携性：碳纤维臂身在保证稳定性的同时，重量最轻。整合激光扫描头，使得 ROMER 绝对关节臂为各种计量

任务提供高性能。采用绝对编码器，无需初始化，开机即可测量。

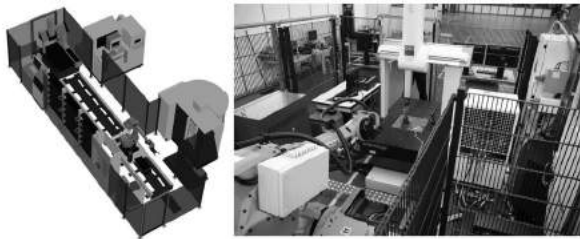
为满足不同用户的需求，ROMER 绝对臂可提供触发、扫描以及管件测头等多种配置，测量范围从 2.0~4.5m，空间长度精度可达 0.023mm，并为大尺寸的测量提供更多选项和方案。

自动化：实现与加工制造的整合

大批量的生产与制造，不仅仅需要在第一时间反映测量的结果，而且需要融入到自动化的生产线，根据生产的节奏开展检测工作，对加工过程进行监控。

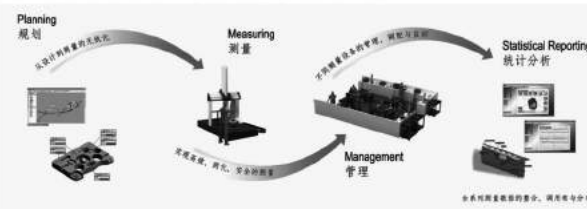
在自动现场，通过机器人辅助以手动与自动上下料系统、相关的夹具与托盘乃至读码系统，测量机能够整合于加工制造的流水线，同机床一起，成为柔性制造单元的一部分，提升制造效率，并确保了产品的品质。

下图左所示，是测量机与两台机床构成了自动化的柔性加工线，通过机器人和上下料系统，按照生产管理系统所下达的指令进行加工、检测以及设备调整工作。下图右，是一台 GLOBAL 测量机整合于 EDM 生产线的实例。



数字化：把测量信息转化为可操作的智能

从产品设计、工艺装配、加工制造、质量控制乃至品质分析，不同类型的测量设备得到了广泛应用，如何实现不同类型测量设备的协同，以达到资源共享、效率更高的目标，成为企业管理人员和专业技术人员日渐关注的新课题。



海克斯康企业级数字化检测平台力求通过软件与网络技术，打破测量的“孤岛”，通过与企业先进的设计、制造和生产管理系统的整合，实现不同环节、不同类型测量系统的数据信息整合。

数字化检测平台包括了智能程序编制、智能测量操作、智能设备监控和智能数据管理四个环节，力求实现企业全过程编程、检测、数据反馈与调整的无纸化操作。

日本发那科集团

CNC FANUC 31i-MODEL A 系列系统

采用最新 CNC 技术，特别是纳米插补、AI 轮廓控制 II、AI 热位移补偿等使其性能大幅度领先同级别机床。同时，搭载了 FANUC 自行开发的附加轴 DDR、DDR-T 系统，其采用同步内装伺服电机，可进行基于直接驱动的反向间隙的高速、高精度加工，分度速度可达 200 转/min⁻¹。

RoboDrill 小型加工中心和 FANUC RoboDrill

两种机床广泛服务于机械、汽车零部件、IT 精密零件、精密模具、模型等各个行业，其加工领域也可根据客户的要求而不断扩大。



其中，RoboDrill BT30 小型加工中心的销量成为世界冠军，单在中国就有突破 50000 台服务于机械、汽车零部件、IT 精密零件、精密模具、模型等各个行业，加工领域也根据客户的要求不断扩大。其与智能机器人融合的机床上下料系统，集高效生产、稳定运行、节约空间等优势于一体，更是发那科强大系统集成实力的体现。RoboDrill 小型加工中心和机器人相辅相成的竞争优势，设备的精密性、稳定性好，节能性，故障率低，因此广泛得到了客户的好评。□

2013 年 1~6 月机床工具行业经济运行情况

中国机床工具工业协会

2013 年上半年,全球经济增长缺乏动力。我国新一届政府采取的坚持稳中求进,坚持以提高经济发展质量和效益为中心,坚持宏观经济政策连续性、稳定性,提高针对性、协调性,根据经济形势变化,适时适度进行预调和微调,稳中有为的宏观经济政策,将使中国经济由投资拉动向消费拉动转型,同时这也意味着经济将持续稳中有进、匀速增长。世界银行预计将 2013 年全球经济增长率预期从之前的 2.4% 下调至 2.2%,将发展中国家 2013 年经济增长预期调降至 5.1%,为近十年来最低。

据我协会重点联系企业和调查的部分企业结果显示:上半年,我国机床工具市场延续了 2012 年底的增速低位徘徊状态,预计下半年大幅反弹的可能性不大。机床工具行业产业结构、产品结构与市场需求矛盾尚未有效缓解。上半年企业利润明显下降,库存呈两位数增长,在手订单持续负增长,需求总体萎缩,市场竞争日益激烈。产品出口也由一度高速增长走入下行通道。国内市场规模总体萎缩,使进口继金融危机后首次出现两位数负增长。可以说,当前市场形势下的机床工具行业企业面临着巨大挑战。

一、1~6 月行业主要经济指标完成情况 及进出口统计

1. 国统局统计口径行业主要经济指标

首先需要说明的是:自 2013 年一季度开始,国统局不再提供机床工具行业工业总产值、销售产值、产销率及数控成形机床产量等指标。

(1) 机床工具行业

机床工具行业累计实现产品销售收入 3644.6

亿元,同比增长 13.3%。

机床工具行业实现利润 198.8 亿元,同比增长 4.1%,较一季度有所好转。产品销售收入利润率为 5.5%,同比减少 0.5 个百分点。

机床工具行业本期累计固定资产投资完成额同比增长 17%,比上年同期增速减少 5.5 个百分点。

(2) 金切机床行业

金切机床行业实现产品销售收入 712.3 亿元,同比增长 4.3%。

金切机床行业实现利润 22.4 亿元,同比减少 7.2 亿元。产品销售收入利润率为 3.1%,同比降低 1.1 个百分点。

金切机床产量为 359653 台,其中数控机床产量达到 105902 台,分别比同期增长 -12.5% 和 -1.8%。

(3) 成形机床行业

成形机床行业实现产品销售收入 280.9 亿元,同比增长 16.3%。

成形机床行业实现利润 15.6 亿元,同比增加 2.1 亿元,同比增长 15.6%。产品销售收入利润率为 5.6%,与去年同期持平。

成形机床产量为 90638 台,同比增长 -2.3%。

2. 重点联系企业统计口径主要经济指标完成情况

我协会重点联系企业总计 216 家,涉及八个小行业,重点反映机床工具行业主业的情况,其统计结果与国统局统计的八个小行业 5169 家企业的行业数据反映的行业走势有较大差异。

重点联系企业完成工业总产值同比增长 -4.9%;产品销售收入同比增长 -4.2%,其中 6 月当月实现销售收入同比增长 -29.2%,环比降低 4.3%。

金切机床产值同比增长 -10.9%,其中数控金

切机床产值同比增长-9.2%。金切机床产量同比增长-17.2%，其中数控金切产量同比持平。金切机床小行业产品销售收入增长-8.6%。利润总额同比增长-66.1%。

成形机床产值同比增长3.1%，其中数控成形机床产值同比增长11.2%。产量同比增长-20.0%，其中数控成形机床产量同比增长3.4%。成形机床小行业产品销售收入同比增长1.3%。利润总额同比增长0.3%。

滚动功能部件和机床附件两个小行业工业总产值下滑幅度最大，同比增长分别为-15.4%和-14.2%，其销售收入分别同比增长-11.1%和-11.8%；机床电器和量刃具小行业产值分别同比增长-3.9%和0.6%，其产品销售收入分别同比增长-3.8%和-0.5%；超硬材料小行业产值增长8.9%，产品销售收入同比增长10.3%；数控系统行业在近几个月增长较快，产值同比增速为7.7%，但产品销售收入同比下降了5.5%。

3. 机床工具产品进出口情况

机床工具产品累计进口81.8亿美元，同比增长-14.5%。其中金属加工机床进口52.6亿美元，同比增长-16.9%。金属加工机床中，金切机床进口41.7亿美元，同比增长-18.3%；成形机床进口11.0亿美元，同比增长-11.6%。

机床工具产品出口44.6亿美元，同比增长-1.5%；其中金属加工机床出口13.8亿美元，同比增长1.7%。金属加工机床中，金切机床出口8.8亿美元，同比增长-4.3%；成形机床出口5.0亿美元，同比增长14.0%。

二、行业经济运行特点

1. 持续低位波动，后市仍不明朗

据统计数据和我协会对一些企业的调查显示，大多数主机厂产销量呈锯齿型波动。从产品角度看：中档机床有所好转，低档产品开工严重不足，重型机床下滑严重。

我协会重点联系企业（部分）的新增订单显示：除5月份累计新增订单增速为正增长外，其他各月均为负增长，至本月末累计新增订单同比降低6.0%；在手订单同比降低13.6%，环比降幅又

增加了0.9个百分点。由此可以初步判断市场触底企稳的基础仍不牢固，还存在着继续波动的可能性。

2. 应对市场需求变化，重在调整结构矛盾

近年来，制造业产业升级步伐明显加快，各类通用机械的零部件加工则提出了自动化成套解决方案的要求；与此同时，大量的低端通用型机床需求却明显减少。面对市场需求结构的变化，我行业的产业和产品结构性矛盾更加突出。

3. 进口大幅下跌，反应市场变化

我国机床工具进口在金融危机后再度出现负增长，且下降幅度达到14.5%。进口增速的变化，也可以看出国内市场需求的变化。用户产业升级，带动需求向高端产品发展，使在进口中占比大的中档机床进口减少。金属加工机床进口来源显示：1~6月我国从德国和美国机床进口额同比增长分别达到17.5%和13.9%；生产中档机床的韩国、台湾地区进口额下降，分别减少31.3%和14.1%。

4. 出口仍在下行，降速有所放缓

我国机床工具出口曾长期保持高速增长，但从2012年开始增速迅速下滑，明显处于下行通道，今年上半年增速处于小幅逐步回落态势，进入二季度以来，机床工具累计出口额同比跌至负数。机床工具各类产品中除成形机床为正增长外，其他均为负增长。

5. ECFA 的实施加剧了中档产品的竞争

ECFA“早收清单”实施两年以来，降税产品，如数控车床和数控平面磨床对大陆企业造成较大冲击，市场份额快速萎缩。由于税率、人工成本和采购环境等诸多因素影响，目前台湾中端产品与大陆同类产品相比，价格优势日益明显。

6. 企业流动资金明显不足

无论统计数据还是调研结果均显示出企业的盈利能力在降低，导致流动资金紧张，影响企业再投入的活力。

今年CMT2013展会上的调研结果也显示出企业资金困难的局面。由于大多数企业由于主营业务收入主要依赖低端产品，所以中档产品市场的稍有好转不足以使企业运行面发生根本改观。

总之，由于企业产能的放空、利润减少，以及

广告客户索引 Advertisers' Index

南京工艺装备制造有限公司	广告号码 70
Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd.	front Cover
西门子(中国)有限公司	广告号码 89
Siemens Ltd., China	inside front cover
北京北一数控机床股份有限公司	广告号码 47
Beijing No.1 Machine Tool Co., Ltd.	inside back cover
约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	广告号码 41
Heidenhain	back cover
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
江苏新瑞重工科技有限公司	广告号码 264
Jiangsu Shinri heavy Industry Science & Techology Co., Ltd.	P4
武汉重型机床集团有限公司	广告号码 336
WUHAN HEAVY DUTY MACHINE TOOL GROUP CORPORATION ...	P5
健椿工业股份有限公司	
KENTURN NANO. TEC. Co., Ltd.	P6
北京天田机床模具有限公司	广告号码 454
AMADA (China) Co., Ltd.	P7
南通斯维特精密机械有限公司	广告号码 10
Nantong Swift Precision Machinery Co., Ltd.	P8/P9
蔡司光学仪器(上海)国际贸易有限公司	
Carl Zeiss (Shanghai) Co., Ltd.	P10
济南二机床集团有限公司	广告号码 100
Jinan No.2 Machine Tool Group Co. Ltd.	P11
郑州市钻石精密制造有限公司	广告号码 486
Zhengzhou Diamond Precision Manufacturing Co., Ltd.	P12
北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司	广告号码 24
Agie Charmilles	P13
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.	P14
四川长征机床集团有限公司	广告号码 337
Sichuang Changzheng Machine Tool Group Co., Ltd.	P15

涌镇液压机械(上海)有限公司	广告号码 485
Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co., Ltd.	P16
深圳大族彼岸数字控制软件技术有限公司	广告号码 476
Han's PA Automation Technology Co., Ltd.	P17
中国科学院长春光学精密机械与物理研究所	广告号码 492
Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences	P18
广州数控设备有限公司	广告号码 260
GSK CNC Equipment Co., Ltd.	P19
武汉华中数控股份有限公司	广告号码 90
Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd.	P20
保定向阳航空精密机械有限公司	广告号码 34
Baoding Xiangyang Avitation Precision Machinery Co., Ltd.	P21
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.	P22
马波斯(上海)商贸有限公司	广告号码 414
MARPOSS	P23
沈阳机床(集团)有限责任公司	广告号码 36
Shenyang Machine Tool (Group) Co., Ltd.	P25
上银科技有限公司	广告号码 398
Hiwin Technologies Corp	P26
重庆机床(集团)有限责任公司	广告号码 128
Chongqing Machine Tool (Group) Co., Ltd.	P27
天津第一机床总厂	广告号码 88
Tianjin No.1 Machine Tool Works	P29
山特维克可乐满	
Sandvik Coromant	P30
第八届中国数控机床展览会(CCMT2014)	广告号码 1
China CNC Machine Tool Fair 2014	P117
立嘉国际机床展览会	
Exhibition of LiJia International Machine tool	P118
汽车制造中国峰会	
Automobile Production China Congress	P119
洛阳鸿元轴承科技有限公司	广告号码 28
Luoyang Hongyuan Bearing Technology Co., Ltd.	P120

国内承兑汇票的泛滥,行业企业流动资金紧张状态愈演愈烈。

三、小结

上半年宏观经济数据显示我国经济运营下行压力仍然较大,月度出口增速大幅下滑;投资增速继续小幅回落;6月份消费与4、5月份基本持平。此外,用电量同比增速也低于5月份。总之,各项经济指标均未体现出经济回暖的积极因素,全年形势依然不乐观。

从1~6月机床工具行业走势与市场需求情况

可以看出,中高端产品需求对市场有一定拉动,行业低端产品的产能过剩仍较为严重。CIMT2013期间累计成交额比CIMT2011降低61.9%,累计合同意向额24.3亿元,比CIMT2011增长23.2%。成交额降低是预料中的现象,市场萎缩必然带来购置欲望的下降;合同意向额上升,说明潜在市场依然存在,同时说明用户采购更加慎重。

在此宏观和微观经济环境下,我们预计机床工具行业全年经济运行走势都可能维持在低位徘徊状态。由于去年下半年已处于下滑通道,重点联系企业的降幅会进一步收窄。□

第十三届中国国际机床展览会 特种加工机床评述

CIMT 2013 特种加工机床评述专家组

【摘要】 通过对第十三届中国国际机床展览会（CIMT 2013）展出的各类特种加工机床的现场调研、资料收集及与参展厂商的座谈交流，对国内外电加工机床、激光加工机床、快速成形机床等新产品、新技术、新工艺及其发展趋势进行了比较深入和系统的评述，并对市场需求进行了分析。

第十三届中国国际机床展览会（CIMT 2013）于2013年4月22日至27日在北京举办，本届展会的展出面积达12.6万平方米，创历届规模之最。参展商为1500余家，来自28个国家和地区，其中境内参展商800多家，境外参展商700多家。6天的展期共迎来了28.4万人次的观众。

特种加工机床国内外参展商共55家，其中国内35家，国外20家，共展出机床112台。其中，国内参展机床75台，包括：数控电火花成形机床12台、单向走丝电火花线切割机床7台、往复走丝电火花线切割机床24台、电火花微小孔加工机床4台、激光切割机床19台、水切割机床4台及电加工专用机床5台；国外参展机床37台，包括：数控电火花成形机床5台、电火花小孔加工机床1台、单向走丝电火花线切割机床12台、激光加工机床11台、快速成形机床4台、等离子切割机1台、水切割机床3台。可以看出，特种加工机床参展的主体仍是各类电加工机床和激光加工机床。

一、数控电火花成形机床

1. 面向航空航天市场是国内外参展数控电火花成形机床的新亮点

从本届展会上看，航空航天发动机加工制造需求受到业内人士的重点关注。航空航天发动机的制造特点主要有两个方面：一是难加工材料，

如钛合金、钛铝合金、高温合金、碳化硅基复合材料等；二是难加工结构件，如复杂曲面结构（叶轮、叶片等）、弱刚性结构（如叶片、细长轴等）、低刚性工艺系统结构件（如小孔、深孔、窄槽等）、复杂整体结构件（如机匣、整体叶盘等）。因此，在航空航天领域目前要重点解决的加工技术难点较多，成为电火花加工（包括电火花成形加工）需进一步开发的重要市场。

本届展会上展出的加工涡轮叶片的国内外数控电火花成形机床不少，还有在空心透平叶片上打冷却孔的专用机床，同时也展出了加工的涡轮叶片样品。据介绍，过去此类零件禁止采用电火花加工，因为有变质层及微观裂纹，但随着技术的进步，通过严格控制集中放电，加工后采用平动精修，使变质层变得很薄，再经后续抛光后完全可以满足要求。

瑞士阿奇夏米尔公司推出了叶轮加工整体解决方案，展出了FO350SP电火花成形机床（见图1），并现场演示了叶轮加工过程。日本牧野公



图1 FO350SP电火花成形机床

司展出了用于涡轮叶片加工的 EDBV3 高精度五轴数控电火花机床（见图 2），该机床具有“贯通感知功能”，在贯通 1mm 内自动停止，具有管状电极回转跳动抑制装置，减少了管状电极旋转带来的跳动误差，使电极较长时加工变得稳定，电极变短后自动避让。例如，用 EDBV3 机床加工喷气式发动机涡轮叶片（见图 3）上的扩散口，扩散口的形状如图 4 所示，材料为 Inconel718 镍基合金。



图 2 EDBV3 电火花成形机床

其加工方法为：采用直径 0.45mm 的黄铜管状电极，水压 7MPa，在叶片光滑的叶缘上斜角进入，先用数控电火花铣削工艺加工出 1mm 深的扩散口（俗称簸箕口），用时 24s，随后仅用 6s 贯穿 4mm 壁厚，而且“贯通感知功能”确保不会触碰中空叶片的对壁，达到零件加工质量的可靠性和高效率。西班牙欧纳公司也展出了用于航空领域中前缘、后缘、密封槽关键件加工的机床。



图 3 喷气式发动机涡轮叶片

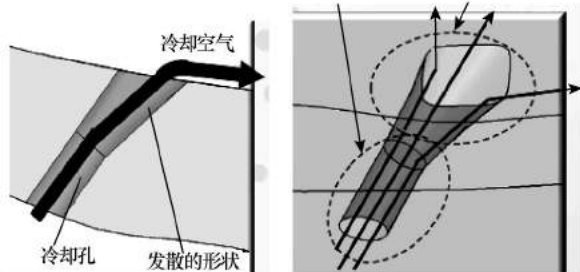


图 4 簸箕口的形状

国内参展的高档数控电火花成形机床，同样体现了为航空航天工业服务的特点。

北京迪蒙卡特机电设备有限公司展出了 CTM450 - ABC 六轴数控电火花成形机床（见图

5），该机床是为了满足各种复杂空间曲面的零件加工而研制的，具有多轴联动及在线检测功能，可实现空间任意角度的点位、沟槽及复杂曲线组成的空间位置加工，适用于航空航天工业中有关零部件加工以及稀土、陶瓷材料等机械难以加工的零件加工。



图 5 CTM450 - ABC 六轴数控电火花成形机床

北京安德建奇数字设备有限公司展出了 AF1300 四轴全功能数控电火花成形机床（见图 6），X、Y、Z、C 四轴 8 个方向都可以伺服加工，配备四工位电极自动交换装置，设有安全防护装置。具有坐标旋转功能，配合 C 轴旋转功能可以实现任意方向圆形和方形平动，实现空间扩孔加工，同时有球形和三维平动功能。脉冲电源工艺参数完备，可提供铜、石墨加工钢及高温合金，铜加工硬质合金及铝，石墨加工钛合金等工艺参数。



图 6 AF1300 四轴数控电火花成形机床

北京迪蒙数控技术有限责任公司首次展出了带四工位电极自动交换装置的 AA50 四轴联动精密数控电火花成形机床（见图 7），同时带来了为航天加工的钛合金材质的双极带冠整体式涡轮盘样



图7 AA50 四轴联动数控电火花成形机床

件(见图8)和 $\phi 40\text{mm}$ 镜面加工样件,表面粗糙度 $Ra \leq 0.1\mu\text{m}$,并实现了批量的稳定加工。该数控系统采用自主研发的DMNC数控系统,电源搭载智能专家库,自动生成加工代码,用户可以按具体要求自己修改优化加工参数,脉冲电源配置0.1A微细加工回路与大面积低损耗回路,全部加工条件可在线直接修改菜单。



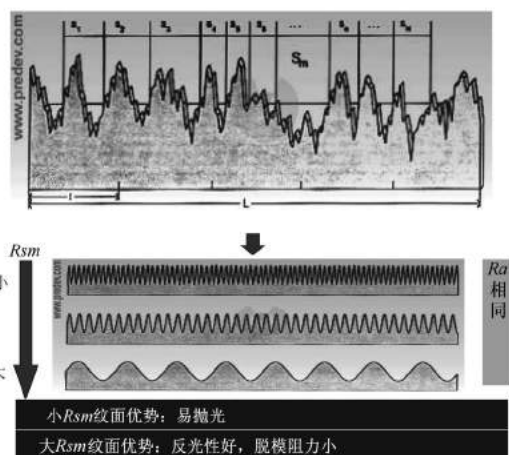
图8 双极带冠整体式涡轮盘样件

2. 电火花成形加工表面质量的新概念—— Rsm

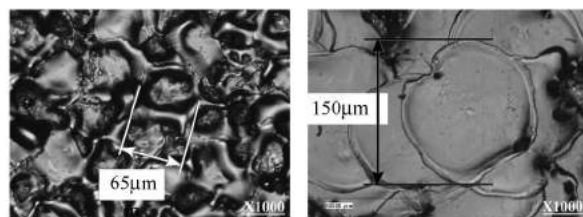
电火花成形加工的优势是可实现精密复杂型腔加工,并能达到少抛光或不抛光的目标,所以高质量的表面是前提。但目前对型腔模还有二项重要要求:一是易脱模、少粘接;二是要获得塑压件外观的时尚纹理,使外观变得时尚美艳。这就涉及到表面粗糙度以外的表面纹理结构新概念的研究。现在用高速铣或激光加工都可以得到各具特色的树皮纹、皮革纹、拉丝纹等,但在IC塑封模具上所要求的表面纹理,目前只有电火花成形加工能解决。本届展会上瑞士阿奇夏米尔公司、日本牧野公司推出了专用的IC模具电火花成形加工工艺,解决了采用绿色环保塑封材料后造成的大量粘接、严重影响注塑效率和模具寿命的大问题,也使塑压件外观变得时尚美观。

瑞士阿奇夏米尔公司、日本牧野公司对表面质量进行了进一步的研究,认为仅靠 Ra 指标不足以体现表面质量的全部特征和用户对象塑压件的外观要求,于是引入了一个 Rsm 新概念, Rsm 为

“粗糙度的波峰与波谷宽度的算术平均值”(Rsm is the arithmetic mean value of the widths of the profile elements of the roughness profile, where a profile element is a peak and valley in the roughness profile)。 Rsm 的大小决定了表面的反光效果, Rsm 越大,说明峰谷密度低,反光效果越好,表面越亮,在光线照射下犹如点点繁星,时尚美观,而且脱模阻力小; Rsm 小,说明峰谷密度高,则反光差,表面发乌,但容易抛光。也就是说,在 Ra 相同的条件下, Rsm 的大小表明了表面粗糙度的波峰与波谷的起伏密度, Rsm 大则密度低, Rsm 小则密度高。而 Rsm 大的型面,不但在IC模具上需要,对那些品牌手机模具也很受欢迎。图9给出了 Ra 相同, Rsm 不同引起的反光效果不同的情况。

图9 Ra 相同、 Rsm 不同引起的反光效果不同

为了满足市场对产品个性化的需求, Rsm 值应有不同的需求,如有时需要反暗光的梨皮面,有时需要 Rsm 值较大的、高亮度的喇叭花面。日本牧野公司加工的梨皮面如图10a ($Ra1.7\mu\text{m}$ 、 $Rsm76\mu\text{m}$)所示,加工的高亮度喇叭花面如图10b ($Ra1.6\mu\text{m}$ 、 $Rsm158\mu\text{m}$)所示;瑞士阿奇夏米尔公司加工的两种纹理表面形貌如图11a ($Ra2.44\mu\text{m}$ 、

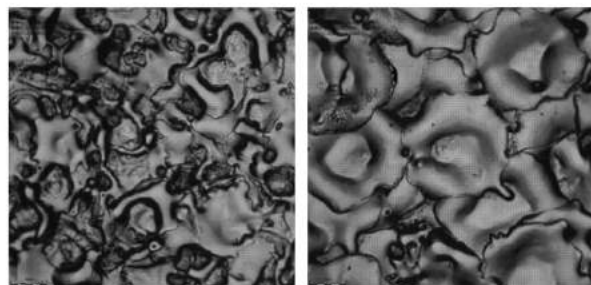


(a) 梨皮面

(b) 高亮度喇叭花面

图10 梨皮面与高亮度喇叭花面表面形貌对比照片

$Rsm133\mu m$) 和图 11b ($Ra2.56\mu m$ 、 $Rsm159\mu m$) 所示。



(a) 照片 1

(b) 照片 2

图 11 两种纹理表面形貌对比照片

现在的问题是如何控制 Rsm 值, 而且达到一定的控制精度, 这确实给电火花成形加工提出了新的挑战, 也是电火花成形加工工艺新的发展方向。

大的 Rsm 值曾在混粉加工中见过, 在 1000 倍的显微镜下放电坑呈现似一朵朵喇叭花的样子, 十分好看。但混粉加工一直没有得普通应用, 主要原因是混粉工作液不好处理, 涉及重要的环保问题, 混粉加工也不适宜于精密轮廓的模具加工, 而且混粉在间隙中的浓度也不好控制。但混粉加工给 Rsm 值的研究带来重要的启示作用, 即如何利用放电自身产生的蚀除物, 并如何控制间隙中蚀除物的浓度, 以达到没有混粉, 但可达到与混粉加工同样的 Rsm 值。可以推测, 从加工工艺上说是充分利用了抬刀技术, 在设定的微抬刀期间, 将放电产生的蚀除物在间隙中不断均匀分布, 而微抬刀的周期控制了蚀除物浓度, 如浓度达到可控的范围, 不会形成集中放电, 放电点转移也比较容易, 加工就会稳定, 也能获得较大的 Rsm 值。当然抬刀还需要高抬刀和微抬刀的有机结合。这种加工工艺还会使工件和电极表面附着一层有益薄膜。当然这涉及电源参数、抬刀参数、间隙蚀除物浓度控制等系统加工技术, 要追求大的 Rsm 值, 并达到能控制 Rsm 值的目的, 还需要下一番功夫, 要做更多的试验研究工作。

3. 石墨电极的零损耗技术

目前石墨电极在电火花成形加工中的应用越来越多, 其主要原因是:

(1) 石墨电极的制造过程具有以下优势:

①可以高速干式铣削, 切削力低, 没有毛刺; ②没有内应力; ③比制造铜电极的速度快 5 倍。

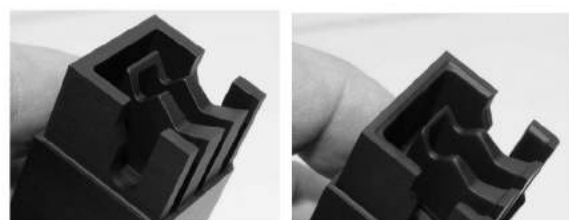
(2) 在电火花成形加工过程中, 其材料去除率比铜电极高 40% 以上, 加工过程稳定; 成本比铜电极低 20% ~ 30% (中等颗粒的石墨材料), 热稳定性好, 比铜轻 (铜密度 $8.9kg/m^3$; 石墨密度 $1.88kg/m^3$), 这在大电极加工时显得很重要。

(3) 石墨电极还具有突出的电极低损耗特性: ①石墨不会熔化, 但在 $3470^\circ C$ 时气化, 而铜在 $1083^\circ C$ 时熔化; ②石墨电极的损耗是由颗粒从粘接剂上分离, 是焦油和沥青材料, 同样条件下, 损耗比铜电极小。

根据石墨电极的低损耗特性, 进行了进一步的试验研究, 发现石墨电极在 $3100^\circ F$ ($1700^\circ C$) 时, 表面会产生一层热解石墨层, 该层的密度是标准石墨密度的 2.2 倍, 这一层被发现后, 曾称为“增压石墨层”, 这对石墨电极的“零损耗”起到关键的作用。

当含碳元素的钢工件在加工时, 产生的蚀除物和工作液在高温下产生的分解物 (含碳), 在“极性效应”的作用下移向电极表面, 在石墨电极表面形成“增压石墨层”, 因此, 放电产生的电极损耗发生在“增压石墨层”, 而不是电极本身, 从而使石墨电极本身变为“零损耗”。这一加工技术的关键是如何有效控制“增压石墨层”的厚度, 使其与电极损耗之间形成平衡, 从而达到“零损耗”的目的, 这也是一项综合性的试验研究工作。

瑞士阿奇夏米尔公司为采用石墨电极研制的新的 iQ 零损耗模块加工的结果, 与当前加工技术的石墨电极损耗比较如图 12 所示。



(a) 新 iQ 技术加工的结果

(b) 当前技术加工的结果

图 12 电极损耗加工结果对比照片

4. 节能技术的进步

电火花成形机床的无限流电阻脉冲电源, 国内一直没有很好地开发生产。本届展会上, 北京

机床所精密机电有限公司展出了 AUTOFORM 402 三轴联动数控电火花成形机床, 采用了无限流电阻技术, 减少了电柜的能耗和发热量。但国内无限流电阻脉冲电源的机床能稳定生产使用, 还需要下一番功夫, 这也是我国电火花成形机床发展的重点之一。

本届展会上, 国外知名品牌的数控电火花成形机床都采用了无电阻脉冲电源, 使电柜的体积大为减小, 电能利用率从过去的 30% 提高到 70% ~ 80%, 发热量减小, 并大多采用间接风冷, 电柜为全封闭, 这种结构对机床在高温、潮湿地区和粉尘车间能起到有效的防护作用, 使机床在不同的环境下都能长期安全运行。而且这种封闭结构对不久要贯彻执行的《电火花加工机床 安全防护技术要求》国际标准也有重要意义。

二、电火花线切割机床

1. 单向走丝电火花线切割机床

单向走丝电火花线切割机床参展数量由上届展会的 16 台提高到 19 台, 其中国外品牌有 12 台, 国内品牌 7 台。从本届展会的单向走丝电火花线切割机床数量多于电火花成形机来看, 说明电加工机床生产企业更加重视单向走丝线切割机床的研发与推广, 也说明单向走丝线切割机床的市场需求量在进一步扩大。特别是国内品牌由上届展会的 3 台提高到本届展会的 7 台, 也说明国内单向走丝线切割技术在这两年内取得了长足进步。参加展会的数控单向走丝线切割机床技术水平有以下特点:

(1) 日本和欧洲的著名电加工机床生产厂商 (如日本沙迪克公司、日本牧野公司、日本三菱电机公司、瑞士阿奇夏米尔公司) 都已经完成高、中价位和技术水平不同档次的数控单向走丝线切割机床产品布局, 使其产品能满足不同层次客户的需求。目前, 在中国销售数量较大的公司有日本沙迪克公司、瑞士阿奇夏米尔公司、日本三菱电机公司及我国台湾地区的电加工机床生产厂商。

(2) 各生产厂商不再片面强调最高效率、最佳表面粗糙度等实验室水平的宣传, 而是强化如何更好地满足用户“切一修一”或“切一修二”

的综合加工效率、零件加工精度和加工表面粗糙度等实用性能指标方面的推介。如日本牧野公司 U32J 机床通过高能量应用技术, 实现上下喷水嘴与工件表面分离状态, 实用的加工效率达到 $120\text{mm}^2/\text{min}$; 日本沙迪克公司参展的 SL 系列机床 (见图 13), 切割 150mm 高度零件, 一次切割能够做到上中下尺寸精度 $\pm 2\mu\text{m}$, 表面粗糙度 $Rz1.6\mu\text{m}$ 。



图 13 SL400G 电火花线切割机床

(3) 国外参展的数控单向走丝线切割机床性能与上届展会相比, 差别不大。展出机床的最佳表面粗糙度从 $Ra0.6\mu\text{m}$ 到 $Ra0.05\mu\text{m}$, 最大切割效率从 $200\text{mm}^2/\text{min}$ 到 $500\text{mm}^2/\text{min}$, 产品销售价格从 30 多万元/台到 300 多万元/台, 各层次技术性能指标的单向走丝线切割机床都有展出。

(4) 瑞士阿奇夏米尔公司仍然引领单向走丝线切割机床的先进技术水平, 其 CUT2000 高精度单向走丝线切割机床第三代双丝自动切换系统, 丝径使用范围为 $\phi 0.03 \sim 0.30\text{mm}$, 独特设计的开放式导嘴, 一套导嘴就能安装任何直径的电极丝, 极大方便了用户使用, 并能够保证 $\phi 0.03\text{mm}$ 电极丝成功穿丝。IPG 智能放电电源, 可实现最佳加工表面粗糙度 $Ra < 0.05\mu\text{m}$ 的高表面质量, 满足微细加工和高表面质量零件的加工要求。同样, 日本沙迪克公司的 AP250L 和日本牧野公司的 UPV—3 油工作液高精度单向走丝线切割机床, 其坐标定位精度达到 $\pm 1\mu\text{m}$, 最佳表面粗糙度 $Rz0.2\mu\text{m}$, 适合高精度细小模具加工使用。

(5) 为了控制生产成本, 节约能源已成为很多用户考虑的问题。为此, 国外生产厂商在机床的节能和生态保护方面做了很多工作。如瑞士阿奇夏米尔公司 CUT200 机床的 Econwatt 电力使用管理模块, 当机床加工完成或中断时, 机床电源损耗会降低到最小; 日本三菱电机公司的 WARK

UP 模式是合理安排工作时间段的新节能控制模式,大幅削减了电力消耗;西班牙 ONA 公司 AF 系列单向走丝线切割机床使用 100% 免维护生态环保过滤器,精细矿物作过滤,不用更换。

(6) 随着云端控制技术的不断发展,国外企业已将部分成熟的云端控制技术引入到单向走丝线切割机床上,可以实现机床远程诊断、远程控制、远程加工信息传送功能等;3D 图形的直接导入与处理,使得变高度零件加工更顺畅,减少加工中的断丝,减轻变截面加工条纹的产生。

(7) 单向走丝线切割机床的应用也在向一些细分市场 and 大型模具加工方向转移,如日本发那克公司的展机 α -C400iA, 安装了英国 Renishaw 测头和德国高精度分度轴,实现棍状刀具的自动找正、自动加工,特别是硬质合金及人造金刚石刀具的切割,替代传统机械磨削的方式,降低了加工成本,提高了刀具精度。北京安德建奇数字设备有限公司展出了一台 AW1100 大型单向走丝线切割机床 (见图 14), X、Y、Z 轴行程为 $1100\text{mm} \times 700\text{mm} \times 350\text{mm}$, 最佳加工表面粗糙度 $Ra < 0.4\mu\text{m}$, 最大切割效率 $250\text{mm}^2/\text{min}$, 满足了大型汽车模具的高精度加工。



图 14 AW1100 大型单向走丝线切割机床

(8) 国内单向走丝线切割机床的主要研发和生产厂家有苏州电加工机床研究所有限公司、苏州三光科技股份有限公司、北京安德建奇数字设备有限公司。通过国家科技重大专项和 863 计划的实施,国内在单向走丝线切割加工技术上也取得了很大进步。三家公司的单向走丝电火花线切割机床都完成了项目技术指标的要求,加工精度达 $\pm 2\mu\text{m}$ 、最佳加工表面粗糙度为 $Ra < 0.2\mu\text{m}$, 最高加工效率达到 $350\text{mm}^2/\text{min}$ 。部分企业已经掌握了自动穿丝系统技术,并逐步形成具有自身技术特

点的自动穿丝系统,提升了国内品牌数控单向走丝线切割机床的自动化技术水平。国内单向走丝线切割机床综合技术水平已达到国外著名电加工厂家中档技术水平,但与国外先进技术水平相比还有较大的差距。

苏州电加工机床研究所有限公司展出的浸液式单向走丝电火花线切割机床 (见图 15), 采用直线伺服电机作为 X-Y 轴驱动,可避免传统旋转式电机-丝杠-螺母传动链所带来的迟滞,响应速度和定位精度大大提高,可配置高精度数控转盘 (直驱电机),实现了 A 轴与直线轴的联动控制,可实现诸如端面凸轮等特殊零件的加工。此外,对微细丝线切割技术的研究也有新的突破,已可实现最细电极丝直径 0.05mm 的微细加工。



图 15 浸液式单向走丝电火花线切割机床

苏州三光科技股份有限公司展出的 LA 系列数控高精度单向走丝线切割机床 (见图 16), 外观全部改进,给人耳目一新的感觉。其加工零件精度达 $\pm 2\mu\text{m}$, 最佳加工表面粗糙度 $Ra < 0.2\mu\text{m}$, 最高加工效率达 $350\text{mm}^2/\text{min}$ 的先进水平。



图 16 LA500 数控高精度单向走丝线切割机床

北京安德建奇数字设备有限公司参展的 AW310T 带自动穿丝系统的高精度单向走丝线切割机床,配有坐标运动轴全闭环控制系统,除了达到加工零件精度 $\pm 2\mu\text{m}$ 、最佳加工表面粗糙度 $Ra < 0.2\mu\text{m}$ 的性能指标外,还可以选配第六数控轴,并可实现第六数控 A 轴和 X、Y、U、V 轴的从动功

能,满足零件复杂轨迹加工需要。机床配置高速无电解电源,实现从粗加工到精加工的无电解加工。

2. 往复走丝电火花线切割机床

国内往复走丝线切割机床总体格局没有大的改变,线切割机床主要生产厂商的产品依旧十分抢眼,机床的外观、色彩都比较协调,一些中小企业的机床外观布局略显凌乱,缺乏简洁美感。机床外观风格多样化,多家公司的机床外观变成了圆角过渡,如江苏冬庆数控机床有限公司、上海特略精密数控机床有限公司等;也有些厂家维持了原来的棱角过渡,体现稳重厚实的感觉,如北京阿奇夏米尔工业电子有限公司、苏州三光科技股份有限公司等。

江苏三星机械制造有限公司的往复走丝线切割机床很有特点,机床整体结构为一体机。机床最突出的一个特点是在同一丝筒上分3个工作区域:粗加工区、半精加工区、精加工区。进行多次切割加工时,分别使用不同区域的电极丝进行切割,即用同一根丝的不同部位进行不同精度要求加工,减少粗加工丝的损耗对精加工的影响。丝筒独特的排丝机构专利技术又有新的改进,一改传统的丝筒排丝方式,采取贮丝筒不移动,由排丝架移动排丝的方式。从样本所列的加工指标上看,加工精度、表面粗糙度、加工效率和其他主流产品的加工指标没有太大的差异。从实用角度分析,此项创新技术在使用上有多少优越性还有待验证。图17为江苏三星机械制造有限公司展出的DK7750CB电火花线切割机床。

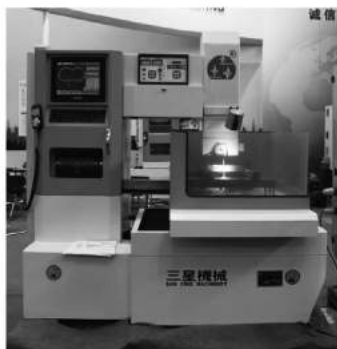


图17 DK7750CB电火花线切割机床

江苏冬庆数控机床有限公司展出的DK7732—ZG全伺服数控中速走丝电火花线切割机床(见图

18),从外观看非常出众,机床外形圆角过渡,色彩搭配协调;在机床整体结构方面,电柜与主机分开,机床布局简洁明快,表面没有过多的控制开关,控制集成度高;Z轴电动升降;自动集中润滑,推拉式丝筒盖防护罩;双向自动恒张力装置,无噪音抽屉式滑轨防护罩;液槽整体防护罩壳。加工技术指标为:表面粗糙度 $Ra1.2 \sim 1.4\mu m$ (切一修二),最大切割效率 $\geq 140mm^2/min$ 。机床做工较细致,主机上的门扶手、工作液槽泄放加工液的铜接头、机床表面的警示标志等,都能显示出做工的细致和讲究。

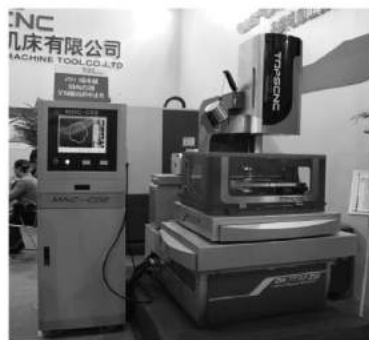


图18 DK7732—ZG中速走丝电火花线切割机床

杭州华方数控机床有限公司的HF320D提出8A连续切割,表明大电流切割不断丝的优势。其他公司虽然没有特别突出的性能指标,但机床品牌和外观依然给人稳定踏实的感觉。如苏州三光科技股份有限公司、北京阿奇夏米尔工业电子有限公司、北京安德建奇数字设备有限公司及苏州宝玛数控设备有限公司等。

从线切割机床整体加工性能上讲,除个别厂家的加工性能比较突出,大多数厂家加工精度在 $10\mu m$ 左右,最大加工效率为 $140 \sim 200mm^2/min$,最佳加工表面粗糙度在 $Ra0.8 \sim 1.2\mu m$ 。这种加工性能指标说明技术上已经发展到一个相对稳定的阶段,受外在因素限制,短期很难有较大突破。机床从加工性能为主的竞争转变为机床性能可靠、操作简单、维修方便的竞争,即机床综合实力的竞争。

影响中走丝线切割机床精度的主要环节在运丝系统。从本届展会中可以看到,现在大多数机床的主导轮均采用宝石材料的双支撑结构,只有北京阿奇夏米尔公司与北京安德建奇公司等少数

公司采用宝石材料单支撑导轮。宝石材料比较耐磨，可以起到较好的绝缘作用，双支撑导轮结构比较稳定，这些可能是市场发展的一个趋势。现在机床用于稳丝的结构主要有圆孔导丝嘴结构、开槽式导丝嘴结构、丝自动张紧结构，其中开槽式导丝嘴结构在穿丝的方便性和丝的稳定方面综合来看是比较好的。

三、专用数控电加工机床

随着聚晶金刚石（PCD）、立方氮化硼（PCBN）刀具市场从简单的车刀、直刃铣刀、铰刀向高精度、复杂刃口方向的快速发展，以及这种超硬材料机械磨削的难点，电火花加工必将是超硬刀具的常用加工手段之一，电火花加工技术必将获得更广泛的应用。本届展会有多家制造商展出了适用于 PCD 多齿片形刀具、螺旋线多齿柱形刀具、复杂形状刃口刀具、木工刀具以及精密复杂超硬刀具的电火花刀具磨削机床。

北京凝华科技有限公司展出了 MD25H 电火花刀具磨削机床（见图 19），北京迪蒙特佳工模具技术有限公司展出了 BDM-903 精密数控电火花超硬刀具磨床（见图 20）。MD25H 型刀具磨削机床使



图 19 MD25H 电火花刀具磨削机床



图 20 BDM—903 数控电火花超硬刀具磨床

用简单可靠的单片机系统，采用多模块协作的先进结构，实现低成本、高性能设计，为客户提供高性价比的刀具电火花磨削；该机床可依据用户不同的加工要求，提供各种智能加工模式，广泛用于传统方法难以加工的超硬、脆性等特殊材料和复杂形状的刀具的加工。BDM - 903 型超硬刀具磨床配备 7 个传动轴，可实现三轴数控三轴联动功能，满足多刃超硬刀具电火花加工的各项要求；变频调速主轴，配以 X、Y 数控轴及车刀架，可完成直径 50 ~ 200mm 盘状紫铜（或石墨）电极的在线车削；专用 CNC 数控系统，内含放电参数专家数据库，并提供程序、手动等多种加工方式，方便用户使用，保证高效稳定的放电加工过程；专用脉冲电源内置超精加工回路，可实现表面粗糙度 $Ra \leq 0.2 \mu m$ 的 PCD、PCBN 刀具的刃磨；全封闭式结构，排烟装置，多级绝缘，多层防护，保证磨床长久使用。

德国斯来福临集团展出了 Helitronic Power Diamond 电火花磨削和机械磨削复合加工机床（见图 21），用于加工硬质合金、PCD 和 PCBN 等超硬材料的刀具。机床具有双端磨轴（见图 22），一端可安装 3 片电极轮，另一端安装砂轮，相当于具有多个工位的电火花磨削和机械磨削功能，使几何形状更复杂的刀具加工简单化；机床具有在线测量功能，能自动测量刀具在运动和补偿缺失时最重要的 5 个参数：直径、锥度、槽深、槽角度、螺旋角或螺旋导程。



图 21 电火花和磨削加工二合一机床

苏州电加工机床研究所有限公司展出了一台 DJK 6032 电化学去毛刺机床，机床的主机部分采用了全防腐钢板焊接结构，工作区域为全不锈钢制成，主轴部件同样采用防腐结构，用气动驱动，

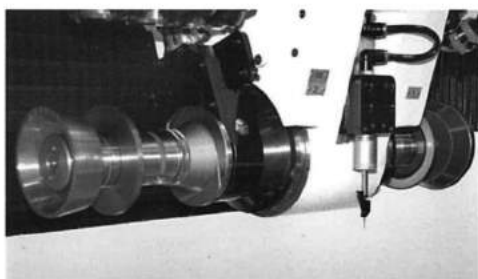


图 22 双端磨轴

工作液系统由优质不锈钢制造，工作液泵为丹麦格兰富不锈钢泵。机床具有短路检测、过电流保护等功能，能进行手动和自动循环操作，去毛刺加工的最小圆角为 $R0.1\text{mm}$ ，表面粗糙度 $Ra0.2 \sim 0.4\mu\text{m}$ ，可广泛用于不同金属材质的泵、阀、缸体、齿轮、连杆等零件交叉孔或棱边的去毛刺加工。

四、激光加工机床

在激光设备展示方面，世界上著名的激光设备制造商德国通快（Trumpf）、瑞士百超（Bystronic）、美国 PRC 激光公司以及国内大族激光、奔腾楚天等 20 余家激光企业参加了展览。从数量看，与上届展会基本持平，但展示内容上有所不同。如德国通快公司第一次展出了光网技术，该技术早在五六年前就被提出了，它是将高能激光利用光纤网络传输到各个工位；就像使用电力一样，在工位上插上开关就能使用。在本届展会上，德国通快公司展示了该技术的应用，它用一台 4000 W Disk 激光器产生激光，通过地下光缆，将激光分别传输到 3 个不同的工位进行切割、焊接和表面处理，系统根据每个工位的需求进行自动切换和能量的调度，为充分利用现有的激光设备提供了一个新的解决方案。图 23 为通快（中国）有限公司展出的 TruLaser1030 光纤激光切割机床。德国耶拿（Jenoptik）首次展示了一款三维激光切割系统，从外观看，与传统的光纤激光 + 机器人没有区别，仔细看才发现，该系统外围没有光纤缠绕在机器人手臂上，他们使用的机器人手臂为空心结构，在每个手臂的关节处都安装了反射镜，光纤激光就是靠这些反射镜传输到激光头的。这种结构最大的好处就是避免了光纤激光进行三维加工时，光纤反复被缠绕损坏光纤。



图 23 TruLaser1030 光纤激光切割机床

本届展会上，还出现不少激光生产企业的的面孔。如瑞士阿奇夏米尔公司，该公司是一家生产高档电火花加工设备的著名企业，在电火花加工领域享有崇高的声誉。在本届展会上，首次展出了公司最新开发的激光三维雕刻设备。据介绍，2009 年该公司开始进行激光设备的研发，本次展示的是公司新开发的适用于五轴应用的可编程摆动激光头，利用该技术能制造出具有纹理图案、雕刻、微细结构、标志和标记的从 2D 到 3D 的复杂几何形状。另一家切割行业的领导者——德国梅塞尔公司，也在展会上展出了激光切割设备，虽然配备的是 IPG 公司的光纤激光器，但他们的激光切割机基于 Microsoft .net 技术，真正做到了“一键式”操作，从焦点到切割参数，都能在“一键”下完成。这些产品虽然价格昂贵，但由于能满足用户的需求，因此在国内外很受欢迎。图 24 为梅塞尔切割焊接（中国）有限公司展出的 FiberBlade 3015 光纤激光切割机床。



图 24 FiberBlade 3015 光纤激光切割机床

反观国内激光设备制造企业，展出的大幅面激光切割机主流基本上都是采用 IPG 公司的高功率光纤激光器，或采用德国 Rofin 公司的大功率 CO_2 激光器，配备交换工作台。三维激光加工设备还是光纤激光器 + 机器人。总体来说，产品的附加值不高，仍停留在价格战阶段。从侧面反映出企业只有不断创新，掌握自己的核心技术，才能在市场中不断发展壮大。

总之，本届展览会展出的激光加工机床呈现以下特点：

(1) CO₂ 激光加工机床仍然以老面孔为主，如德国通快公司、瑞士百超公司、美国 PRC 公司等。但老牌公司也都新推出了基于 1.064nm 波长的光纤激光或光纤耦合输出的激光加工系统，以提高加工设备的柔性。

(2) 国内新出现的激光加工制造企业主要以光纤激光切割机为主。反映出光纤激光在切割市场中的地位越来越重要，而大功率光纤激光器基本被 IPG 公司垄断。面对庞大的用户群，今年 IPG 光纤激光公司首次参加了本届展览会，展示了新型的千瓦级光纤激光器，以更好地为客户提供全面解决方案。

(3) 尽管本届展会上半导体激光的应用设备还不多见，但通过今年 3 月在上海举办的光博会，专家预测半导体激光加工将是未来的发展方向。半导体激光又称 LD (laser diode)，是以半导体材料为工作物质的一类激光器件，它诞生于 1962 年，除了具有激光器的共同特点外，还具有以下优点：①体积小，重量轻；②驱动功率和电流较低；③效率高、工作寿命长；④可直接电调制；⑤易与各种光电子器件实现光电子集成；⑥与半导体制造技术兼容，可大批量生产。正是由于这些特点，半导体激光器自问世以来得到了世界各国的广泛关注与研究，成为世界上发展最快、应用最广泛的一类激光器。然而，目前大功率半导体激光器的光束质量还不够好，主要用于熔覆和激光修复等领域，相信随着光束质量的不断改善，它将会在焊接、切割等领域占领一席之地。

五、快速成形 (3D 打印) 机床

目前，快速成形技术被称为 3D 打印 (广义) 技术，作为“一项将要改变世界的技术”，已引起全球关注。英国《经济学人》杂志 2012 年发表文章认为，3D 打印技术将“与其他数字化生产模式一起推动实现第三次工业革命”，它正在快速改变我们传统的生产方式和生活方式，作为战略性新兴产业，欧美等发达国家纷纷制定了相关的国家战略。

本届展览会上，快速成形机床的参展商并不

多，这是由于制造商和用户并没有普遍把 3D 打印设备作为机床来看待。我国自从制定快速成形机床标准而走在世界各国前面起，在设备上处于急起直追的态势，也使得国外参展商有所减少。

英国雷尼绍 (Renishaw) 公司主要从事 3D 扫描与测量设备的研发，近年来开发了多项快速成形制造技术，包括激光熔化、真空铸造及注塑成形技术。雷尼绍的激光熔化工艺利用激光聚焦能量将金属粉末熔化制成三维实体，主要用于医疗 (整形外科) 行业和航空航天、高科技工程及电子领域。相关设备包括 AM250 和 AM125。AM250 具有真空室抽空系统，内部充有高纯度氩气，用于产生高质量空气环境。特别是在用钛等活性材料制造时，氧气含量必须尽可能低。使用全密闭焊接真空室可以最大程度地降低气体消耗量，而且坚固耐用。该系统也可以在氮气环境中制造非活性材料。它的外部送粉器带有阀联锁装置，可以允许在操作时再向系统中添加材料。它的粉末溢出收集容器位于真空室外侧，具有隔离阀，在系统运行时，能过滤没有使用的材料，通过送粉器将其重新送入系统。它可通过手套式操作箱进行安全更换过滤系统和对粉末进行处理，最大程度地避免用户与材料或辐射物接触。它能够生产高达 360mm 的零件。

香港宝力公司多年来一直代理许多外国公司的快速成形机床。本次参展的有美国 Stratasys 公司的 FDM 系列设备和以色列 Objet 公司的 Polyjet 系列设备等。前者在展会上强调其材料是成系列的，如热塑性塑料包括：ABS - M30 (多用途)、ABS - M30i (有生物相容性，通过 ISO - 10993 认证)、ABSi (半透明)、ABS - ESD7 (防静电)、PC - ABS (高强度抗冲击)、Polycarbonate (高强度抗拉伸)、PC - ISO (有生物相容性，通过 ISO - 10993 认证)、ULTEM9085 (高机械强度，通过 FST 认证) 和 PPSF (抗高温和耐化学腐蚀)。Objet 公司的设备包括：Objet260 Connex、Objet24、Objet30、Objet Eden250 等。

国内许多研究单位将注意力集中于金属快速成形机床的研发。北京航空航天大学开发的类似于

(下转第 67 页)

CIMT 2013 数控工具磨床展品评述

武汉机床厂 卢玉成

2013年4月22~27日举办的第十三届中国国际机床展览会(CIMT 2013),是世界机床工具制造业最新、最高技术成果的一次集中展示,又是中国机床制造业在面对世界经济结构新形势,努力转变发展方式、大力推进产业和产品结构调整成果的整体亮相。参加这次展览会的国内外工具磨床制造商共27个,展品30余台,其中数控工具磨床17台。

一、关于国外典型工具磨床

国际知名的工具磨床制造厂家都参加了展览会并展出了磨床。例如:德国Walter公司的Helitronic power、Saacke公司的UWIF、Schutte公司的305Linear、瑞士Rollomatic公司的NP5、Schneeberger公司的NORMA、美国Star公司的NGT等。

从展览会中搜集的资料可以看到:

(1) 直线电动机已经用于机床的直线轴驱动,使得磨床运动迅速、动态和准确。

(2) 砂轮借助激光光束测量并可在机内自动进行修整。

(3) 磨床加工灵活,软件可以支持不同直径的工件修磨,也支持不同加工工艺的过程,甚至可以同时支持不同的刀具、不同的直径以及不同的加工过程。

(4) 除了全自动砂轮交换库外,大多数数控工具磨床都配有(或可选配)刀具自动上、下料系统,实现了磨床的全自动加工。

下面介绍几台典型数控工具磨床。

1. Helitronic power 数控工具磨床

德国Walter公司展出的机床是Helitronic power 数控工具磨床,这是一台多次参展的磨床(见图

1),这里主要介绍它的升级产品—Helitronic Vision 强力生产型数控工具磨床。它的各个数控轴都采用了直接驱动方式,X、Y、Z直线轴均采用了直线电动机和光栅尺,回转的A轴和C轴是无齿轮的直驱电动机,变速主轴电动机配置了油冷交流伺服驱动器;自适应控制使磨床能根据实际切削量动态调整所需的进给速度,节省了加工时间;它还可以配备“装载机”实现自动上、下料,双机械手可以在同一位置上快速转换坯件和成品件,托盘被编入加工过程后,可以装3层托盘的棒料或刀具。



图1 德国Walter公司Helitronic Mini Power (HMP型)

Helitronic Mini Power 的特点:

(1) 具有很高的灵活性和生产较小几何尺寸刀具的能力。

(2) 五轴联动可以实现一次装夹,完成整个几何尺寸复杂的刀具的加工。

(3) 在各直线轴上配置了光栅尺,最大限度地保证了位置的精度。

(4) 自动探测系统可以精确地探测刀具位置。

(5) 具有获专利认证设计的、有很好稳定性的床、身结构。

(6) 占地面积小。

(7) 磨削行程短。

(8) 基于 Windows 操作系统的用户界面使操作更加便捷。

(9) 安装在床身上的可移动式控制台配置了灵敏的触摸屏, 具有优越的可操作性。

(10) 可支持远程诊断及应用的 Modem。

Helitronic Mini Power 5 轴联动数控磨床提供的功能和 Helitronic Power 一致, 只是加工范围比它小。Helitronic Mini Power 无疑是在选择加工小型刀具方面最佳的选择。使用获专利的床身结构设计和光栅尺之后, 确保了在加工小型刀具时的尺寸精度。

2. UWIF 刀具磨削中心

德国 SAACKE 公司的 UWIF 刀具磨削中心, 如图 2 所示。



图 2 德国萨克 SAACKE UW I F 型数控磨削中心

德国 SAACKE 公司始建于 1892 年, 具有 100 多年生产高精度刀具和数控工具磨床的历史, 德国 SAACKE 公司于 2000 年成立了萨克 (北京) 公司。

萨克 (北京) 公司多年来旨在培训和服务中国市场的广大用户, 如今 SAACKE 机床和刀具在国内各个行业中不仅赢得了良好的市场声誉, 尤其对萨克公司的技术服务和培训普遍反映很好。

(1) 技术的先进性。任何产品在市场上保持生命力的根本是有技术的领先性。萨克机床不仅在设计理念上一直保持世界领先, 而且在机械部分、数控及软件部分、测量精确性以及砂轮修整等各个方面都有其独到之处。萨克机床不仅用于各类标准刀具的制造和修磨, 对于复杂型面和一些高精度刀具, 萨克的机床和软件具有独特优势。近年来, 德国萨克公司先后推出了数控磨削中心理念, 研发出数控滚刀铲磨床、汽轮机叶根刀专用机床等世界领先的系列产品, 填补了中国市场

上高精度磨削领域中专用机床的空白, 深受用户好评。

(2) 完善的培训体系。萨克公司在北京有售后服务中心, 将提供完善的售后服务和优质的售前售后培训, 并在萨克 (北京) 工程师的努力下, 机床操作手册已经汉化。萨克 (北京) 公司现有 2 台世界一流的带全自动砂轮交换库的五轴数控磨削中心 UWID 和 UWIF。主要用于 SAACKE 中国用户的培训服务、机床演示、刀具修磨等。

(3) 优化的工艺方案。萨克公司工具磨床主要有: UWID/UWIF 磨削中心、UWIE 五轴数控工具磨床以及 UWIC 双轴数控万能工具磨床。UWID/UWIF 磨削中心功率为 26kW/16kW, 用于制造、修磨高速钢和硬质合金刀具及非标刀具的制造; 生产型 UWIE 功率为 15kW, 用于刀具制造和修磨; UWIC 型功率为 1.1kW, 用于小批量、多品种刀具的修磨。SAACKE HGI4 轴大模数滚刀磨床用于直切槽齿轮滚刀的磨削; HGI5 轴大模数滚刀磨床用于直槽、螺旋槽齿轮滚刀和蜗轮滚刀的磨削; UWID 型五轴滚刀磨床用于小模数直槽、螺旋槽滚刀的磨削; HGIH 数控铲磨床用于铲磨高速钢和硬质合金滚刀的后角。

萨克刀具主要有齿轮滚刀、蜗轮滚刀、重型粗滚刀、齿条铣刀、锯条铣刀、枞树型铣刀、成型挤压刀、插齿刀、倒棱刀及各种成型刀具等。

萨克高精度紧凑型机床的主要性能特征:

①采用数字式驱动保证了各轴最高效的动态控制。②采用砂轮库自动交换砂轮更快更灵活。③通过三维测头精确地测量定位刀具。④可以自动更换砂轮, 直径达 150mm。

刀具参数: ①最大直径为 200mm。②全磨制最大切削刃长为 270mm (从工件头架前端刃口开始测量)。

技术特点: ①砂轮磨削位置与磨轴回转中心一致。②磨轴功率为 16kW (可选 5kW)。③磨轴转速为 2000 ~ 12000r/min。④直接驱动工件头架, 转速 600r/min (可选 1000r/min)。⑤具有 3 工位砂轮芯轴 (可选 4 工位)。⑥盘式上下料系统的最大容量为 40 把刀具。⑦链式上下料系统的最大容量为 160 把刀具。

3. 305Linear 机床

德国 Schutte 公司的 305Linear 机床如图 3 所示。

Schutte 公司生产的 305 系列数控工具磨床包括：305Linear（动态驱动技术）和 305micro（专业生产小零件）。305 系列中的一个重要的特点是：主轴向内倾斜 30° 的结构



图3 德国 Schutte 公司的
305Linear 机床

设计，使得机床刚性好、结构紧凑、加工空间大、占地面积小、操作者易于操作和观察；磨床的底座和冷却箱做成一个整体，磨头主轴，工件轴及砂轮摆动轴均有专门的油冷却系统，保证整个机床有稳定且相同的温度场；所有的旋转轴均采用数字式直接驱动，并带有高分辨率直接测量系统。

305 系列作为舒特刀具磨床的代表是 1999 年开始研发生产的，不管是从机床设计还是机床制造来看，305 系列都秉承了德国传统机械制造的高质量，是世界一流的。305 系列运用的最新技术有单磨头技术、砂轮库技术（冷却液和同砂轮同时更换）、内倾 30° 的 C 轴设计（应用人体学原理精心设计）、各旋转轴都使用电主轴等。305 刀具磨床系列包括：305 基本型、305trend（改进型）、305linear（精密型）、305micro（微精密型）。其中 305micro（微精密型）带有一个由舒特公司自主研发并拥有专利的工件导向系统 WFS，该系统为微型刀具的生产提供了一个高精度、无间隙且稳定的工件夹持。该系列机床在欧美已畅销 6 年多，经过了市场的检验，在欧洲各国用户中甚至自发成立了 305 俱乐部。由于产品部件的功能变得越来越多，结构越来越复杂，因此市场对刀具的要求也有显著的提高。

舒特公司 305 系列机床主要优势有：

（1）精度高。由于是最新的设计，运用的都是世界最新的机床技术，所以不管从静态还是动态来考察，磨床都保持很高的精度。

（2）柔性高。舒特的软件是舒特公司自己开发的。

HSK 砂轮主轴接口确保了极高的重复精度并提供了砂轮套件的快速手动或自动更换；冷却液分配器连同砂轮一起更换，使冷却效果最佳；可以提供多种工件夹持、导向和支撑方式，如：钳式夹紧装置、自动多范围卡盘或高精度液压延展卡盘；可以通过所夹紧工件的机械偏心轮补偿来提高精度，可以通过尾座顶尖或支撑进行辅助定位，工件支撑可选择定点或随动支撑，并可在工序中定义支撑自动支起或收起；可以配备激光光束测量装置和机内砂轮修整装置；305Linear 的 5 个数控轴都设计为无间隙的 AC 直接驱动，X、Y 和 Z 轴通过直线电动机驱动。这种驱动技术特别适合于加工某些特殊要求的工件，如具有回转轮廓或非对称轮廓的刀具，所有轴都采用恒温、微米级过滤的冷却液冷却，以保证最佳的磨削质量。自主研发的刀具磨削软件 S1Gspro 可以自由编程，可与 CAD/CAM 连接，进行三维模拟；它还可以实现在 1 台机床上加工同一个产品时，采用不同的加工工艺（如：磨削、铣削、砂带和抛光等），即通过对加工工艺的整合和应用，完成一次性复杂工件的加工。

二、关于国外数控刀片磨床

随着数控机床和可转位刀具的普遍应用，市场上对数控刀片磨床需求有所增加。而国内仅有两、三家企业能生产刀片磨床，且产品的档次较低，精度和可靠性较差，不能满足国内用户的需要。高档精密数控刀片磨床在国内仍是空白。这次展出了数控刀片磨床（磨削中心）的国外厂家有：德国 Ewag 公司、Wendt 公司和瑞士 AGATHON 公司。他们都是世界著名的刀片磨床制造厂家。

瑞士 Ewag 公司的 CompactLine 数控刀片磨削中心是专门用来生产或修磨各种刀片的高精密机床，它可以加工不同材料的刀片，如硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、CBN 及聚晶金刚石等，也可以完成各种复杂几何形状刀片的加工。它采用了磨头主轴直接驱动、线性技术和数控主轴等技术；可选配 FANUC 6 轴机械手，实现多班制自动化生产；砂轮修整、清理、挤压成形的三合一系统，可保证砂轮处于完好的工作状态；3D 测量；工装夹具安

装在 B 轴上,并具有工装夹具自动识别功能;刀片固定在带有拉紧销杆的装夹系统,保证砂轮能在各个方向上切入工件;HSK 砂轮轴接口保证砂轮更换迅速,每个砂轮轴可装 2 片砂轮。

三、关于国内相关企业

1. 台州北平机床有限公司

这是一家生产工具磨床的民营企业,起步较晚,早期生产小型便携式钻头、铣刀、丝锥刃磨床、台式磨刀机等,但发展较快。在近几届的国际机床展览会上都能看到该公司新推出的机床。该企业利用曾为欧洲企业 OEM 制造工具磨床的经历,学习国际先进技术以及人员管理经验,迅速地进入了国内高档五轴数控工具磨床的领域。从 2008 年开始研发生产了五轴数控工具磨床,2010 年开始调研国际市场,学习德国、美国、瑞士等国家的先进工艺、高新技术。同时在引进、消化吸收国外技术的基础上进行自主创新,开发了全自动数控丝锥沟槽磨床并于 2011 年投产。使用该企业生产的数控工具磨床的客户有日本 OSG、株洲钻石切削工具有限公司、上海申利螺纹、成都工具有限公司、杭州工具厂、昆山祥瑞达刀具有限公司和贵阳西南工具有限公司等国内外知名工具厂家。

该企业还在 2010 年整合了上海和大连进出口公司,以更专业的经营理念对产品进行国际化的市场推广。通过与德国 Deckel、美国 Star 等公司的紧密交流合作,进行了资本、人才、技术、营销、管理等全方位的整合。该企业每年可生产各种规格数控、万能工(刀)具磨床及关联机器 10000 多台套,行销美国、欧洲、东南亚、中东等地区,2012 年销售额达到 2 亿元。

2. 关于武汉机床厂

武汉机床厂创建于 1951 年,是一家具有 50 多年历史的专业生产工、刃具磨床的制造厂。在中国工具磨床制造领域一直占据领先地位,为中国制造工具刃具磨床规模最大、品种最齐全的骨干企业和出口基地,其展品如图 4 所示。

四、结束语

参加这次展览会的国内外企业,基本上都拿



图 4 高性能的五轴万能工具磨床

出了最先进的设备参展,和往年相比都有比较明显的进步。国外机床相互之间技术差距不大,每家企业都有自己独创和新颖的地方。比如:德克,立式设计;舒特工作台 30° 倾斜等;昂科、WALTER、萨克 SAACKE 等也都开发了自己的刀具软件。3D 软件用的是 Vericut 等产品。数控系统方面,国外厂商主要使用西门子 840D、发那科 310i、力士乐及 NUM1050 等系统,也有自主开发的如澳大利亚昂科 ANCA 系统。

国内机床和国外相比较,国内机床在外观、性能、人性化及可操作性等方面考虑不足。数控系统使用种类比较多,有华中数控的 8 型、大连光洋 GGNC61、西安高商、西门子 840D 及 NUM1060 等。

在本届展览会,复合加工刀具和微刀已成为工具磨床行业的一个重要方向。斯来福临瓦尔特独创的用电腐蚀磨轮加工 PCD 和 CBN 等超硬刀具,是一个集普通磨削和电腐蚀磨削为一体的二合一机床。

从这次展览会来分析国内工具磨床行业后发现:生产工具磨的厂家很多,大多走低端路线(30~40 万 1 台),主要磨钻头和铣刀。而走高端路线又面临着两个问题,一是核心部件受制于人,主要是数控系统、电主轴及直驱工件头等;二是刀具软件不专业,使用不方便、不直观,复杂刀具难以加工。如果国内厂家不解决这两个问题,将很难与国外(如西班牙 ANCA)的厂家竞争。

因此,国内磨床制造企业要埋头苦干,奋起直追。不仅要在机床结构、刀具软件上有大幅度的提高,同时还要注重外观,从细节处把机床做好,期待来年国内厂商有较好的表现。□

CIMT 2013 车铣复合类加工中心 展品评述

芜湖恒升重型机床股份有限公司 杨荷妹

2013年4月22~27日第13届中国国际机床展览会在北京国际展览中心隆重举行。展会集中展示了代表当代机床工具技术发展方向以及数控机床产品高度发展的最新产品和技术。车铣复合类加工中心在本届展会上（包括卧式和立式），规格繁多，各具特色，是展会一道靓丽的风景线。下面就部分展品进行介绍。

1. CHD32/2000 九轴五联动卧式车铣复合中心

大连机床集团展出的 CHD32/2000 九轴五联动卧式车铣复合中心，吸引了众多眼球，本机床为水平、倾斜床身布局机床配置有双主轴和上刀架，上刀架带 Y 轴、B 轴、带刀库。与第一主轴同步回转的第二主轴使工件在没有人员参预的情况下，可实现重新装夹并完成全部表面的加工。该机床适用于形状复杂、加工精度要求较高的零件的加工。



2. VHT800 立式五轴车铣复合加工中心

大连机床集团展出的另外一台 VHT800 立式五轴车铣复合加工中心是“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项中的研究和开发课题之一，是一台多轴五联动的车铣复合加工机床，以车铣加工为主体，可实现车、铣、钻、镗等多种工序，适用于复杂零件的高精度五面完整加工，是航天、

航空、军工、能源、汽车、工程机械、模具、高精密度仪器等民用工业和军工部门中，精密复杂零部件加工迫切需要的关键加工设备。



3. VGW800-MT 高精度五轴立式铣车复合加工中心

大连科德数控有限公司展出的 VGW800-MT 高精度五轴立式铣车复合加工中心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 加速度等性能指标，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，用矿物铸石材料浇铸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。VGW800-MT 在 VGW800-U 通用五轴立式铣削加工中心的基础上，增加车削功能，具有铣削和车削两种模式，车削模式下回转

工作台的 C 轴具有最高 800r/min 的转速。这种车铣复合的设计，减少因传统工序多次装夹造成的时间损耗和精度损失，提高加工效率和加工精度。

VGW800-MT 机床的 X/Y/Z 轴支持半闭环/全闭环控制，对于用户对机床精度的极致要求，还可以提供激光测量与反馈超高精度包，多种机床配置形式可满足不同用户的加工要求。平均加工效率明显高于其它结构的五轴立式加工中心。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。

4. KDW-4600FH 五轴卧式车铣复合加工中心

大连科德数控有限公司展出的另一台 KDW-4600FH 五轴卧式车铣复合加工中心采用对称结构、框中框结构、重心双驱动方式，可有效提升机床刚性，抑制振动，提高加工精度，提高机床可靠性。具有工件推拉力可编程在线控制，充分提高工件内部的预应力，从而提高工件的刚性，提高大型薄壁及细长零件的加工精度和提高加工成品率。配备直驱式摆角式铣头，扭矩更大、加工范围更广，效率更高。KDW-4600FH 适用于各种回转类大型、复杂、精密零部件车、铣等多工序的复合加工，满足航空航天、石油化工、军工等产业需求。

5. XCM1600 五轴联动立式铣车复合加工中心

青海一机数控机床有限公司展出的 XCM1600 五轴联动立式铣车复合加工中心是集机、电、液等多种系统有机结合于一体的复合机床，铣车复合加工中心以五面或五轴联动的铣削加工中心为基础，并将旋转工作台换成转速比普通转台高得多的力矩电机驱动的转台，同时具有加工中心和数控车床的功能，满足既具有回转体特征，又具有棱柱体特征的复杂形状零件的加工需要。由于是多轴控制、五轴联动的铣车加工中心，所以既能完成各种车削工序，又能完成各种钻、铣、镗、攻丝等工序。其主轴采用电主轴直接式驱动，最高转速 12000r/min；A 轴采用力矩电机直接驱动，可在 $-30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间任意分度及主轴定位功能，工件在一次装夹下可完成各侧面、顶面及曲面的铣、镗、钻、扩、攻丝及车削加工；C 轴采用力矩电机直接驱动，最大扭矩 10000N·m。

6. RFCM80 车铣复合加工中心

浙江日发精密机械股份公司展出的 RFCM80 车铣复合加工中心是一款五轴联动车铣复合加工中



心。采用 FANUC3iB 控制系统，配置 $\pm 120^{\circ}$ 摆动铣头、副主轴、下切伺服动力刀架及 ATC 刀库等功能部件，可实现航空航天等领域复杂零件的一次装夹完成车、铣、钻、攻、绞、扩、掉头等成型加工。设备采用模块化配置设计理念，通过主轴、刀架、摆头、刀库等不同功能模块的组合，快速响应客户的不同需求。



7. RFCF20 平行双主轴车铣复合中心

浙江日发精密机械股份公司展出的另一台 RFCF20 平行双主轴车铣复合中心，适合形状复杂的回转类零件，能进行柱面、曲面、锥面、阶梯面、螺旋等的车、铣加工。

本机床主轴采用 FANUC 电主轴结构，可实现任意分度。主轴轴承采用 NSK 高档主轴轴承，主轴带刹车功能。配置左右平行布置的两个主轴部件及桁架机械手、上下料装置，所以特别适合需要掉头加工的回转零件，可一次性将毛坯加工为成品。配备 12 工位刀具，刀台



具备动力刀具功能并带 Y 轴, 可一次性完成工件的车、铣、钻孔及攻丝等加工, 可广泛用于汽车零部件的一次性成型加工。

8. VCM500 × 31/32L-MC 双柱立式铣车加工中心

齐重数控装备股份有限公司展出的 VCM500 × 31/32L-MC 双柱立式铣车加工中心, 适用于航天、航空、能源、军工、船舶等行业中的大型、复杂型零件的精密加工, 一次装夹可完成车、铣、钻、镗、磨、攻丝等工序。本机床工作台采用交流伺服双驱结构, 结构简单, 性能稳定可靠; 工作台导轨采用恒流静压导轨, 具有承载高、高速、高精度的特点, 工作台转速同规格达到世界领先水平; 滑枕垂直移动也采用静压导轨, 采用双平衡油缸、电机直联结构, 实现高速、高精度、大切削力; 铣车刀架水平移动采用交流伺服双驱结构, 实现高速、高精度; 配置铣刀库、车刀库, 实现自动更换铣头及刀具; 具有工件及刀具自动测量装置。

9. CKW1480S/2000 数控机床

南京数控机床有限公司展出的 CKW1480S/2000 数控机床具有双主轴、双刀架、双 C 轴、W 轴, 七轴控制, 2 组三轴联动、全闭环控制, 是“高档数控机床与基础制造设备”科技重大专项成果产品。该机床配置 SIEMENS 数控系统, 双刀架均为带有钻铣动力刀具的车铣复合动力刀架, 双主轴均为内藏式电主轴, 并通过高精度反馈元件闭环控制, 实现两个 C 轴的高精度分度, 两个主轴的分辨率为 0.001°; 双主轴能够连续分度和任意分度定位, 能够实现零件加工过程中的飞车接送料, 完成复杂回转体零件的一次上料的车削、分度偏心钻削, 定位铣削的全部加工工序, 实现零件完整意义上的全工序加工。

该机床的第一主轴和第二主轴可以同时进行加工, 一台机床相当于完成两台机床的加工工序, 加工精度高, 效率高。在设计该机床时运用有限元分析技术, 进行机床模态、温度场分析及优化设计。采用减振隔振技术, 结合面安装弹性阻尼元件, 起到隔振作用; 关键件部件经测试后内部增加填充物, 实现减振目的, 这样使机床整机具有足够的刚性及防振性。主轴箱采用热对称结构,

主轴受热时轴线不会发生偏移; 电主轴温度控制在 $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。主轴轴承采用成组预加负荷高速球轴承, 精密主轴组经精确动平衡, 能实现主轴高速回转、高精度及高刚性。主轴采用阻尼制动技术, 保证 C 轴定位和连续铣削的平稳性。副主轴与主轴实现同步高速, 不停车接料及全工序加工, 大大提高生产效率及加工精度。工艺路线采用动态仿真设计, 针对特定零件, 形成特定的刀具轨迹路线, 防止相互干涉。该机床可广泛应用于航空航天、船舶、汽车、发电设备、精密模具、军工等行业。

10. CKH1440-WY 数控机床

南京数控机床有限公司展出的另一台 CKH1440-WY 数控机床为双主轴、单刀架、带 y 轴的七轴控制、四轴联动的全功能数控车铣复合加工机床。双主轴均为内藏式电主轴, 并由高精度的速度和位置反馈装置闭环控制, 实现高精度主轴分度, 能够实现零件的一次装夹全工序加工, 具有良好的性价比, 能够满足汽车、油泵、油嘴、气动元件等行业的复杂零件的加工要求。该机床的主要特点是具有高复合性, 高精度保持性, 整机具有优良的刚性及良好的动态响应性, 良好的操作宜人性。

11. CXK400 数控双柱立式车铣复合加工中心

大连意美机械有限公司展出的 CXK400 数控双柱立式车铣复合加工中心, 是该公司自主设计研发的集当代先进自动控制与机、电、液一体化的高效智能加工设备, 借鉴了国内外同类产品最先进应用技术。本机床具有车、铣、镗、钻、磨等功能, 一次装夹工件可完成除底面外其余各面的加工工序。



其产品特点如下:

(1) 门 W 轴采用光栅闭环, 伺服驱动滚珠丝杠。

(2) 采用双层刀库设计, 上层为 6 把车刀, 下层为 24 把铣刀。车刀采用液压油缸拉刀、齿盘定位方式, 刚性极强。

(3) 铣轴扭矩达 $2300\text{N} \cdot \text{m}$, 适应重载车削及大直径孔径镗孔及攻丝。

(4) 铣轴变速采用德国 ZF 减速机地档机械变速。

(5) X、Z 轴光栅闭环, 定位精度 0.01mm , X 轴采用静压导轨。

(6) 采用雷尼绍自动对刀仪器。

(7) 采用雷尼绍工件自动在线检测功能, 高度智能化。

(8) 可选装外防护及自动排屑机。

(9) 最多可增至 3 件的附件库, 90° 角铣头为标配, 可选配延长铣头等附件。

(10) 海德汉圆光栅, C 轴定位精度为 $\pm 6''$ 。

(11) 标配西门子 840DSL 或发那科 3li 系统。

(12) 此系列产品, 从直径 1 米到直径 16 米均可生产。

12. TNC65 DGY 数控车铣中心

大连因代克斯机床有限公司展出的 TNC65 DGY 数控车铣中心带有 8 个数控轴, 具有 2 个工作主轴, 双刀塔, 2 个 C 轴与 Y 轴, 每个刀塔配置 10 个工位。该机床采用整体 40° 倾斜床身, 有极好的抗扭转和抗弯曲的机械特性。上面安装有热对称设计的主轴箱和支撑刀塔及副主轴平稳移动的减磨直线导轨。伸缩式防护罩能够有效地防止铁屑和脏物进入导轨。



下面分别介绍该机床的关键部件:

①主轴与副主轴: 主轴前端配备角接触球轴

承, 后端配备高精度圆柱滚子轴承, 终身免润滑。副主轴的设计与主轴非常相似, 性能与主轴相匹配, 带 Z 方向移动, 由 NC 直线电机驱动。两个刀塔的刀具都可朝向主轴或副主轴。任一刀塔均可用来加工主轴或副主轴上的工件。在副主轴加工工件的同时, 主轴上也可加工新工件。

②主轴与副主轴的 C 轴: 大大地拓宽了机床的应用范围, 中空编码器确保它的高精度定位。通过液压制动器定位, 确保用户可在其所需角度位置进行加工。在铣削操作过程中主轴旋转, 刀塔以 X 向、Y 向及 Z 向移动, 从而对复杂的轮廓进行铣削加工。

③刀塔: 只需极短的分度换刀时间, 方向逻辑与超快速的 64 位 TRAUB TX8i-p 控制系统大大缩短了刀具切屑到切屑的时间。TRAUB 研发了定位刀座, 以及提高刀座定位精度的方法, 其在安装刀座时节省相当多的时间。再也没有必要去校对, 重新调整刀具中心位置。将上面刀塔设置为朝右和下面刀塔朝左, 可使加工过程中的自由移动空间最大化。另外, 刀塔 2 配备工件夹持装置, 能够自动卸料。一个全封装的夹爪可夹起已加工完的工件, 然后将之转移到输送带上。由副主轴向刀具工件区方向顶出动作由一个液压顶出装置来完成, 包括可选的通过主轴的冲淡功能。长的工件可以通过副主轴移出到右边。

④动力刀具: 可调整所有刀具位置均可配备动力刀座, 以便进行钻孔、铣削及攻丝加工, 可以有效地以最大切削力进行加工。

13. NZX1500/800SY2 车铣复合加工机

DMG/MORI SEIKI 公司展出的 NZX1500/800SY2 车铣复合加工机具备双刀塔、双主轴结构, 解决了对于形状复杂零件的高精度、高效率加工。该机床在第一主轴和第二主轴之间安装了中心挡板, 中心挡板把加工领域分成两个独立的加工区域。在两个独立的加工区域内, 第 1、第 2 主轴可同时进行加工; 也可在一方加工中, 另一方的主轴进行准备作业; 还可通过第 1、第 2 主轴的交替, 进行双面加工; 或在一方主轴加载、卸载工件时, 另一方主轴可以进行加工。

与传统机型比较, 该机床刀塔采用将电机组



装到转塔内部的内置结构，不仅将发热和振动控制在最低限度，而且可提高传动效率。铣削切削能力、速度、表面质量、加工精度都可大幅提高，并能削减能量损耗。该机床采用正交型 y 轴机构，利用其直进特性和高速进给，可实现高效加工。另外，利用其具有优异刚性的构造，可实现与加工中心相同甚至更高的加工精度。过去的车加工中心进行槽加工或轮廓加工时，一般利用极坐标轨迹进行加工，随着在工件的中心线与加工线的交点出现 X 轴移动方向的反转，切削条件会发生变化，从而会影响形状精度。另一方面，若利用 Y 轴控制进行加工，不会导致切削条件的变化，因此可获得很高的形状精度。

14. 结束语

随着航空航天、汽车工业、模具、造船等行业

的迅速发展，各种形状复杂高精密的零件加工需求量越来越多，适用于加工这些零件的车铣复合类加工中心有着广阔的市场前景。

与前几届展会相比，本届展会车铣复合类加工中心不管是从生产厂家数量上看，还是从技术含量上看，都有了迅猛发展。

其特点主要表现为：

(1) 卧式车铣复合类加工中心一改传统车床单一功能，克服操作复杂的困难，多为双主轴、双刀塔或三刀塔、多工位带动力刀具，一次装夹完成全工序加工，主轴与副主轴可同时加工，不仅节约空间，节约成本，而且加工精度高，效率高；

(2) 立式车铣复合类加工中心采用多项新技术，工作台中心采用平面十字交叉滚柱轴承，承载高，定位精度高，工作台驱动采用伺服双驱动，实现无间隙传动，一次装夹工件可完成除底面外其余各面的加工工序。

从展会展品看，国产车铣复合机床不论从外观还是从精度上都有了很大地提升，但与国外机床相比，仍然有一定的差距，在新的历史发展阶段，还需要我们为推动中、高档车铣复合机床产品的升级而更加努力。□

(上接第 58 页)

激光近净成形制造 (Laser Engineered Net Shaping, LENS) 设备, 完成了多项航空航天关键部件的制造, 获得了国家技术发明一等奖。华中科技大学开发了金属粉末材料快速成形机床, 形成了系列产品, 可以提供自主研制的系列商品化装备及其成形材料, 工作面 (长 × 宽) 为: 0.32m × 0.32m、0.4m × 0.4m、0.5m × 0.5m、1.0m × 1.0m、1.2m × 1.2m、1.4m × 0.7m、2.2m × 2.2m。清华大学开发了电子束选区熔化 (EBSM) 快速成形机床: 电子束功率为 4kW, 加速电压为 0 ~ 70kV, 电子束流为 0 ~ 60mA, 成形零件最大尺寸 (长 × 宽 × 高) 为 200mm × 200mm × 200mm, 电子束斑定位精度为 ±0.2mm, 成形室工作最低真空度为 $<1 \times 10^{-2}$ Pa。由于它属于真空制造, 适用的金属材料有钛合金、铝合金、镍基合金、高强钢及其他性能活泼的金

属与合金等。

我国现在对快速成形制造 (3D 打印) 非常重视, 成立了中国 3D 打印产业联盟, 各地也有 3D 打印产业联盟或类似组织, 力图促使国内的研发力量通过整合、重组、协作等方式, 达到资源配置合理化, 发挥正能量, 国家和各地政府部门进行统筹安排。我国的 3D 打印将在 4 个方面有长足发展: 一是关键金属零部件制造; 二是传统快速成形制造; 三是结合个人消费的桌面型原型制造; 四是与生命科学的结合。这 4 个方面各有不同, 但若能真正的商业化, 将来很可能看到奇迹。□

注: CIMI2013 特种加工机床评述专家组: 叶军 (组长)、陈德忠 (副组长)、肖荣诗、朱宁、张人佑、沈洪、山昌祝、张宝华、翟力军、伏金娟、徐均良、于志三。

CIMT 2013 国产数控系统展品综述

中国机床工具工业协会数控系统分会 张幼龙 肖明

2013年4月22日~27日,第十三届中国国际机床展览会(CIMT2013)在北京举行,国产数控系统企业积极参加本次展会,取得了很好的参展效果。国内外知名的机床制造企业和数控企业积极参展,许多企业展出了配置国产数控系统的中高档机床。

参加本次展会数控系统展团的国产数控系统企业非常踊跃,国内知名数控系统企业,如华中数控、广州数控、航天数控、大连光洋、大连大森、沈阳高精、南京华兴、北京凯奇等企业都积极参展,参展数控系统企业约30家。

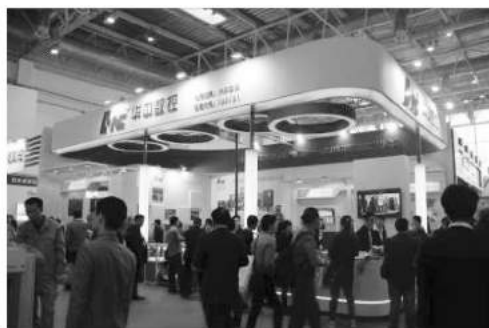
在本届CIMT2013上,参展数控系统企业充分利用展会平台,充分展示创新成果,广泛交流企业自主研发的最新技术和产品,深入探讨行业发展的趋势和方向,细致了解并尽量满足用户行业的最新需求,取得了很好的参展效果。

一、数控系统参展企业主要展品简述

根据中国机床工具工业协会数控系统分会与参展数控系统企业工作人员现场统计,数控系统主要参展企业展品情况如下:

1. 华中数控

(1) 华中8型产品展示区。“华中8型”全数字高档数控系统是国家科技重大专项成果,突破了一批关键核心技术,已在航空航天、电力、军工等重点行业成功应用,其中HNC-848C瞄准国外高档数控系统,具有五轴加工、高速高精度、车铣复合、同步控制等高档数控系统的功能,系统最大可实现8通道、64轴控制,具备先进的多轴联动加工功能。



华中数控展位

公司于2013年3月推出的HNC-808TEA系统主要适用于数控车床控制,具有“高性能、结构紧凑、易于使用、可靠性高、性价比高”的特点。其主要特点有:①集成波段开关,手摇脉冲发生器,具备USB程序读取功能,带来更方便的操作。②支持双螺距补偿,能使整个机床的精度提高一个等级。③在车削加工的型线连接上明显优于国内同类产品。

(2) 拳头产品展示区。主要展出210B、18iii、180XP、21M3系统,160、180驱动,伺服电机等,展示了强大的成套化能力。其中180XP/T3是针对市场需求推出的一款普及经济型数控系统,采用的开放式体系结构,内置嵌入式工业PC机,高性能32位中央处理器,配置7寸彩页液晶显示屏和标准机床工程面板,集成进给轴接口、主轴接口、手持单元接口、内嵌式PLC接口于一体,USB程序读取功能,主要用于数控车床控制。具有高性能、结构紧凑、易于使用、可靠性高、价格低的特点。

(3) 数控一代展示区。主要展出Imotion、立体仓库运动控制系统、注塑机系统、专机系统

DNC, 展示华中数控在数控一代领域的成果。iMotion 运动控制系统以平板电脑、手机等科技时尚产品为操作终端, 将运动控制及 PLC 相结合为一体的自动化控制产品, 通过选配 NCUC 通信协议的伺服驱动和伺服电机等, 组成一个开放的模块化的运动控制解决方案。

(4) 消除设备展示区。华中 8 型总线式高档数控系统通过先进的电气控制技术代替传统的机械消除方法, 在主、从电机之间增加伺服张力来消除齿轮间隙, 以“多电机预载消除功能”间接地实现了机床控制的零间隙传动。该功能的应用, 有效消除了重型机床在传动过程中产生的间隙, 大大提高了重型机床的加工精度, 提高了机床整体的制造水平。目前该系统已与武汉重型机床集团等单位成功配套使用。



8 型多轴多通道展示装置

消除设备演示装置



拳头产品展示

数控一代展示区

2. 广州数控

(1) 数控系统展示区。



广州数控展位

展出了 GSK27 全数字总线式高档数控系统、GSK25i 铣床加工中心数控系统、GSK218MC 加工

中心数控系统、GSK988T 斜床身车床数控系统、GSK 980MDc 钻铣床数控系统、GSK208D 雕铣数控系统、GSK980TTC 双通道数控系统、GSK980TDc 车床数控系统、GSK928Gea 磨床数控系统、ZJY265A-11BM-B3 主轴电机、DZY180-5.5BM-T 电主轴、DZY240-11AM-T 电主轴等数十款数控产品。

①GSK27 全数字总线式高档数控系统: 采用多处理器实现 nm 级控制; 人性化人机交互界面, 菜单可配置, 根据人体工程学设计, 更符合操作人员的加工习惯; 采用开放式软件平台, 可以轻松与第三方软件连接; 高性能硬件支持最大 8 通道, 64 轴控制。



GSK27 全数字总线式高档数控系统

②GSK25i 铣床加工中心数控系统: 总线式系统实现 5 轴联动加工, 拥有五轴 RTCP、倾斜面加工、五轴手动进给、同步轴和 PLC 轴控制功能; 基于嵌入式 linux 的开放体系, 多 CPU 架构满足中高档数控系统要求; 高分辨率图形化操作界面, PLC 在线编辑诊断功能, 操作界面友好; 使用实时工业以太网作为数据控制通信通道, 安装使用及维护方便; 上位 PC 机软件实现远程监控、远程诊断、远程维护、G 代码运行三维仿真及网络 DNC 功能。接口开放, 可进行二次开发, 能拓展到其他领域应用。

③GSK988T 车床数控系统: 是针对斜床身数控车床和车削中心而开发的 CNC 产品。技术特点: 5 轴 3 联动, 2 路模拟主轴控制, 最小指令单位 $0.1\mu\text{m}$; 适配 GS3000Y-C 系列主轴伺服驱动单元, 可实现 Cs 轴和刚性攻丝控制; 适配 GS2000T-C 系列伺服驱动单元、绝对式编码器的伺服电机, 可满足高精度车铣复合加工的要求; 可扩展 GSK-CAN 串行进给轴和主轴, 可实现伺服驱动参数的

在线配置和状态的实时监控；内置多 PLC 程序，PLC 梯形图在线编辑、实时监控。



K25i 铣床加工中心数控系统

GSK988T 车床数控系统

(2) 机器人展示区。

广州数控已经开发出 RB 系列搬运机器人、RH 系列焊接机器人、MD 系列码垛机器人、RD 系列打磨机器人、高速并联机器人等多个品种和型号，并已经小批量在客户的生产线上辛勤的工作。此次展会，广州数控展示了由一台 RB08 和一台 RB50 搬运机器人组成的移动对接装配生产单元，两台勤快的中国机器人在岗位上努力、认真、矫健的工作。



RB08 和 RB50 搬运机器人移动装配对接

3. 航天数控

(1) CASNUC 3000H 滚齿机控制系统：是一款 6 轴专用于齿轮加工的闭环数控系统，本产品硬件采用 1G 主频 PC104 嵌入式主板，低功耗无风扇，10.4 英寸 LED 真彩液晶，板载 256M 容量 CF 卡。该系统软件采用蜗杆连续展成工作原理，结合齿轮机床加工工艺特点，通过简单的参数设置，即能完成对各种齿数和模数的直、斜齿轮滚削工作，完全能够满足用户中小模数齿轮加工要求，系统技术水平达到国内先进水平。

(2) CASNUC 2000TA1 车床闭环数控系统：采



航天数控展位

用 PC104 嵌入式主板，低功耗无风扇，8 英寸 LED 真彩液晶，并搭配全新设计的高分辨率人机界面；2 轴联动，插补精度 $1\mu\text{m}$ ，支持 U 盘接口。开放式 PLC，梯形图编程，支持 IO 状态监测、故障报警中文提示等自诊断功能。支持刀具偏置补偿、半径补偿、间隙补偿、螺距补偿等补偿功能。完善的 G 代码，满足多种加工需求。



CASNUC 3000H 滚齿机

CASNUC 2000TA1 车床闭环

控制系统

数控系统

4. 沈阳高精数控

沈阳高精数控技术有限公司展出的蓝天系列高档数控系统：

(1) GJ400 总线式全数字数控系统：国家科技重大专项成果，8 通道 8 轴联动，最多控制 64 轴，最小指令单位 $0.001\mu\text{m}$ ，I/O 点数可扩展至 2048 输入/2048 输出，适用于高速高精机床、复合加工中心、柔性生产线。

(2) GJ301W 木工机床专用型数控系统：3 轴联动，可选配第 4 轴，采用脉冲式轴控制方式，最小指令单位 $0.1\mu\text{m}$ ，I/O 点数 32 输入/32 输出，可扩展至 192 输入/192 输出，适用于家具图案加工、木质或其他材质工艺品加工。

(3) TRC100 桁架机器人控制系统：标配 4 轴联动，可扩展至 6 轴联动，I/O 点最大 512 输入/512 输出，适用于搬运、焊接、涂胶、喷漆、物流、车间柔性线等桁架式机器人。



沈阳高精展位

(4) GJS115BDA 伺服驱动器：采用 DSP 全数字电机控制模式，具有脉冲串、模拟电压、数字设定等多种控制模式，三种位置脉冲输入方式，与用户上位机接口方便灵活，适用于数控机床、工业机械、工业机器人和自动化生产线等。



CJ400 总线式全数字数控系统

5. 大连光洋

(1) 大连光洋数控系统展示区：GNC61 新一代高性能全功能型高档数控系统继承了 GNC60 的软硬件体系结构，继承了 GNC60 的多轴多通道控制能力，重点提升了数控系统的五轴控制技术，提升了数控系统及伺服驱动的动态响应能力，提升了数控系统的几何误差补偿能力，增加了系统 3 维在线切削仿真和 GMDL 会话式编程引擎，拓展了系统的人机交互能力，提供了更为方便的对刀方式和刀尖点坐标显示，提供了更便于数控程序调试运行的手轮速度功能，进一步增强了数控系统的开放性。

大连光洋还展示了 GNC61 数控系统二次开发平台，该平台有三大功能：功能一是培训用户，用户可以像操作机床一样去操作；功能二是模拟仿真，用户为了避免碰坏昂贵零件，可以先在平台上进行首件的模拟仿真加工，安全不占机时；功能三是系统的二次开发，用户可以根据自身需要在平台上边开发边验证，验证之后可以形成用户



大连光洋展位

自己特色的数控系统，从界面到功能都可以进行二次开发。

GNC09 光纤总线开放式高档数控系统集 NC、PLC、HMI、机床键盘、系统键盘于一体，系统与伺服之间采用以光纤为介质的 GLINK 全数字总线方式进行连接，配合模块化伺服驱动结构，实现了安全、可靠、最少化的布线。

GNC09 光纤总线开放式高档数控系统的核心部件 NCU，它集成了数控系统和 PLC 的控制，包括相应的数控软件和 PLC 控制软件，并带有手轮及测量接口、IO 扩展接口、USB、以太网等设备总线接口，通过设备总线接口可实现工厂集成控制。



GNC09 光纤总线开放式高档数控系统

(2) 大连科德数控机床展示区：科德数控参展的高档数控机床全部应用全自主知识产权、可实现亚微米级数控系统与伺服驱动、亚微米级测量与反馈补偿、高速高精度轨迹控制、高刚度高动态驱动、高刚度低惯量结构设计、高精度主轴、抑震、温控等先进技术，采用矿物铸石材料铸造成型机床床身，具有良好的抑振性和抗热变形能力。

6. 南京华兴

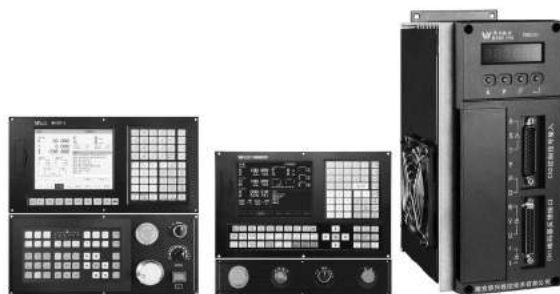
南京华兴数控展出了公司自主研发的 7 系列数控系统、9 系列数控系统、3 系列数控系统，以及伺服电机和伺服驱动。

(1) WA720T-3 是南京华兴数控在原有代成



南京华兴展位

熟产品的基础上,推出的新一代高性能车床数控加工中心。系统采用超大规模可编程逻辑电路方案,具有更高的加工控制品质和系统升级空间,系统可控制数字式交流伺服驱动器及三相细分步进驱动器。



9 系列数控系统

7 系列数控系统

伺服驱动

(2) WA-901XT 是华兴数控根据国内行情推出的新一代高性价比、经济型数控系统,配置华兴数控高精度 DM500 系列伺服和 SJT 伺服电机,可显著提高机械加工的精度和光洁度,性价比高。系统采用 8.4 寸真彩色 TFT 液晶屏,分辨率为 800×600 ,实现刀具形状图形仿真加工,支持各种直、锥螺纹、定点切入、梯形螺纹循环及变距螺纹,针对两轴车床配置各种输入输出,标配铝合金立体副面板,双 USB 接口,支持 USB 密码锁,可存贮 200 个加工程序,并附带中文说明。

(3) DM520-DM550 全数字交流伺服电机单元:①全数字交流伺服单元,20A 30A 50A。②采用 DSP 及大规模 FPGA 作为核心控制器。③三相步进驱动器,最大电流 10A,进给当量 $1\mu\text{m}$ 。

7. 北京超同步科技有限公司

(1) CTB 系列主轴驱动器, Gs 系列驱动器可以与多种数控系统良好接口,实现刚性攻丝,使数控钻、数控铣、数控车床、数控镗、加工中心等

设备的功能得以充分发挥。适用于数控铣床、数控车床加工中心、数控镗床龙门铣床、数控立车等数控设备主轴(电主轴)的驱动。其技术特点:6000 转以上的精密加工,低速强力重切削加工,40 转以下的铰孔,低速螺纹加工, c 轴功能。



北京超同步展位

(2) CTB 系列主轴电机。功率范围:1.1 ~ 315kW;额定电压:380/330/310V;防护等级:IP55;环境温度: $-15 \sim 45^{\circ}\text{C}$;结构型式: b3/b5/ b35;最高转速:15000r/min;额定频率:16.7/25/33.3/50/66.7/100Hz;工作制:连续(S1);绝缘耐压:AC1800V;噪声: $\leq 70\text{dB(A)}$;环境湿度:95% RH 以下(不结露);散热方式:强制风冷。

8. 大连大森

大连大森数控技术发展有限公司系统主要展出:

(1) DASEN16i-L 以车代磨纳米级数控系统:①64Bit + 32Bit CPU 搭载的高性能 C. C。②实现四轴控制。③优越的操作性(多重选择性窗口、多重编辑)。④高性能伺服系统:世界最高速电流控制($5\mu\text{sec}$)。⑤高性能内藏 PLC 系统(基本命令执行时间: $0.025\mu\text{sec}$)。⑥纳米(nm)插补、能实现高平滑加工表面。⑦高速、高精度模具加工专用 ESHAPE 功能(M 型可选择)。⑧可使用 PC 卡进行运转和输入输出。⑨在 CNC 装置直接进行伺服调整,PLC 用 Ladder 回路编辑。⑩伺服在线自动调整功能。⑪加工零件粗糙度可达到 $Ra0.025 \sim 0.1\mu\text{m}$ 的“亮面”或“镜面”效果。

(2) DASEN16i-M 亮面铣/加工中心纳米级系统:①64Bit + 32Bit CPU 搭载的高性能 C. C。②实现四轴控制。③优越的操作性(多重选择性窗口、

多重编辑)。④高性能伺服系统：世界最高速电流控制 ($5\mu\text{sec}$)。⑤高性能内藏 PLC 系统 (基本命令执行时间： $0.025\mu\text{sec}$)。⑥纳米 (nm) 插补、能实现高平滑加工表面。⑦高速、高精度模具加工专用 ESHAPE 功能 (M 型可选择)。⑧可使用 PC 卡进行运转和输入输出。⑨在 CNC 装置直接进行伺服调整, PLC 用 Ladder 回路编辑。⑩伺服在线自动调整功能。⑪适合于高精度模具加工, 加工零件粗糙度可达到 $Ra0.025 \sim 0.1\mu\text{m}$ 的“亮面”或“镜面”效果。



DASEN-3i 数控系统

DASEN16i 数控系统

9. 北京凯奇数控

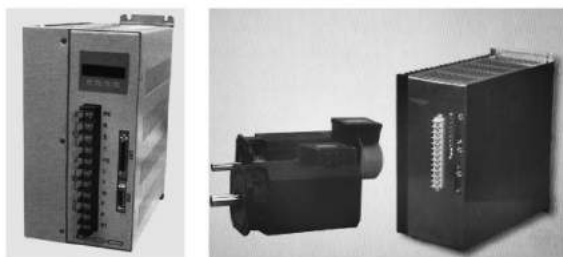
(1) 数控系统展示区：闭环控制、高精度、带立体图形显示、多过程、多种图形编程方式。



NC-110 数控系统

NC-310 数控系统

(2) 全数字交流伺服展示区：16D/A。多种控制方式； $\pm 10\text{V}$ 模拟量输入，脉冲 + 方向灯多种故障保护方式。



SA 系列伺服电机

YBS 系列交流伺服控制器

(3) 数控教具展示区：自动教学机、PLC 实训台、模拟仿真软件等，使学生更清晰了解数控，

掌握数控技术。

10. 滕州山森创发数控设备有限公司

主要展出：数控系统 (单轴控制器、车床系统、铣床系统、加工中心系统)；机床操作面板、中间继电器模组、分线器模块、通信接口模块；安全门开关、交流电机电子制动器、警示灯、工作灯等。



滕州山森展位

11. 南京瑞普德

(1) 数控系统展示区：①R8090MA 精锐级铣床数控系统，四轴联动，可扩展到六轴联动， $0.1\mu\text{m}$ 插补精度，前加减速内嵌 PLC 模块，支持斗笠式、圆盘式刀库控制，8 寸彩色宽屏 LED，32MB 程序存储容量。②R8090TA 精锐级车床数控系统，四轴联动， $0.1\mu\text{m}$ 插补精度，51 中 G 指令，多种精度补偿功能，内嵌 PLC 模块，支持梯形图实时监控，8 寸彩色宽屏 LED，32MB 程序存储容量，可存储 1000 个零件程序。③全数字双轴交流伺服驱动单元 RST2，集成度更高，可靠性更好，采用 1 片 DSP 控制，加减速更快，减速热损耗小，安装方便，性价比高。④R8002P 可编程控制器，集成运动控制与 PLC 控制于一体，灵活应用于各种工业自动化控制领域。



南京瑞普德展位



R8090 精锐级车床数控系统



RST 系列私服单元

12. 上海维宏

(1) NK300A/B, 基于工业级主板一体机控制系统, 应用于高端雕铣机、数控机床加工中心、光纤切割机领域的控制, 基于 PC 平台研发、操作简单, 采用智能前瞻, 运用先进的运动控制算法, 具有断点继续、丝杆误差补偿等功能。

(2) NK260, 应用于雕铣机、雕刻机的控制, 运用高效插补算法, 标准支持 16 路 I/O 端口, 最高可扩展至 64 路, 具有断点继续, 方向间隙补偿、丝杆误差补偿等功能。

(3) RC300, 维宏自主研发的嵌入式工控平台一体机, 目前可应用于二轴至五轴直角坐标机械手, 可配置多种伺服马达, 实现产品快速取出, 精确定位。



NK300A 系列集成数控系统 NK260 系列集成数控系统

(4) CCD 定位软件。维宏机器视觉辅助系统是采用 CCD 摄像头在线拍摄图案, 通过识别标记点或模拟特征, 再与理论轨迹相比对, 计算差别, 从而修正实际加工轨迹偏差的高端运动系统。

13. 武汉迈信

武汉迈信电气技术有限公司展出的产品有:

(1) EP3 系列伺服驱动器: ①新增 3USB 接口, 支持 modbus 协议, 内置简易 PLC 功能。②三相 220V 和三相 380V。③反馈方式为 2500 线增量式编码器和 17 位绝对式编码器。

(2) EPIC 系列伺服驱动器: ①新增了可外接制动电阻和直流电抗器接线端子。②增加了 USB 通讯接口功能。③功率范围从 500W 到 5.5kW。



武汉迈信展位



EP3 系列伺服驱动器



EPIC 系列伺服驱动器

14. 北京宝伦数控

北京宝伦数控技术有限公司展出的展品有: PNC2000PC 等离子/火焰切割数控系统。控制轴



北京宝伦数控展位

数: 2 ~ 8 轴; 插补速度: 120m/min (A 系列), 500m/min (C 系列) 快速进给速率: 180m/min (A 系列), 720m/min (C 系列); 最小设定单位: 0.001mm 或 0.0001mm。具有拐角过渡、参数化编程、自定义 I/O、识别标准 G 代码文件、工艺参数数据库、丰富图形库、在线 CAD、内置式 PLC、多种方式的切割能量控制等功能。适合于高精密板材类高效切割加工, 应用于金属



PNC2000PC 等离子/火焰切割数控系统

加工行业。

15. 浙江永力达

浙江永力达数控机床有限公司展出的机床：

(1) VM850L 加工中心，整体结构经 FEA 分析及采用高级铸铁材质，刚性好，精度高，持久性。

(2) MVC600 加工中心，刚性好、精度高、性价比高。



VM850L 加工中心

16. 上海美事科机电

主要展出：DSM 系列主轴伺服电机（过载大扭矩，低速平稳），运用多维电磁场分析技术而开发的伺服主轴电机，根据负载设备的机械融合特性细分为 2 大系列，A 系列为瞬态响应型，B 系列为强转矩过载型，采用全数字交流伺服控制技术，精确实现对 DSM 系列三相异步交流伺服电机的位置、速度、加速和转矩的高精度控制，成功应用于数控机床、注塑等工业自动化行业。

17. 上海森力玛电机

(1) SCNC 系列数控车床高效直驱伺服电主轴，是将机床主轴与伺服主轴电机融合为一体的直驱新技术。



上海森力玛展位

(2) SMF 系列交流运动控制伺服电机及驱动系统是森力玛电机推出的新一代交流永磁同步伺

服电机。

(3) YP、YPNC 系列变频电机系列，广泛应用于机床行业。



SCNC 系列电主轴

SMF 系列伺服电机

二、配置国产高档系统机床展出情况

本次展会上，许多机床企业展出了配置国产高档数控系统参展的高档机床。

1. 配置华中数控系统的机床

配置华中 HNC-848 的汉川机床公司定梁龙门五面体加工中心，是在汉川公司第二代定梁龙门式机床基础上设计研制的新产品。机床可实现立卧加工自动转换、C 轴自动分度，零件一次装夹后可完成五面体加工，很大程度上提高了加工效率和加工精度，具有同类机床先进水平，是高效率、高精度、高可靠性的先进设备。



华中数控与昆明机床公司合作开发的 KHB110 自动卧式铣镗床，配置华中 8 型数控系统。该机床是新一代铣镗床产品，是现代电子产品与传统产品完美结合的产物，它同时具备了普通数显铣镗床的低成本和数控铣镗床的方便快捷功能。自动卧式镗铣床实现众多客户的梦想：以普通机床的价格购买具备数控功能的机床。

2. 配置广州数控系统的机床

配置广州数控系统的大连机床 DLL-36 车削中心，该设备是两轴联动数控车床，主机床身采用铸造成形，床身导轨 45° 倾斜布局，具备较高的刚



性，高效率、低噪声，高速、高刚性的主轴，快速的排刀架。



配置广州数控系统的重庆机床齿轮自动加工线，整条线由高效精密双主轴数控车削中心、数控高速干切滚齿机、数控倒棱机、精密数控剃齿机及桁架自动物流线等组成，可完成轿车变速箱齿轮从毛坯到成品包括精车、滚齿、倒棱、剃齿等加工工序在内的全部粗精加工内容。



3. 配置大连光洋系统的高档机床

大连科德数控公司展出了配置大连光洋系统的 VGW800-MT 五轴立式车铣复合加工中心，采用龙门框架结构，人造花岗岩床身，回转摆动工作



台双壁支撑和单/双驱动，C 轴连续 360° 支持高速车铣，A 轴 $\pm 130^\circ$ 摆动，Y 轴采用四导轨支撑和重心驱动方式，环形刀库与床身融为一体，换刀屑对屑 4.5s。适用于航空航天整体叶盘、涡轮转子、复杂箱体、螺旋伞齿轮类零件的高效精密加工。□

大众汽车德国引擎生产厂首次使用能够与员工直接协作的机器人

近日，丹麦创新工业机器人制造商 Universal Robots（优傲机器人）公司宣布，汽车制造集团大众汽车（Volkswagen）已将 Universal Robots（优傲机器人）的工业机器人整合投入其萨尔茨吉特引擎生产工厂的大规模生产线中。轻巧的 UR5 机器人被部署在汽缸盖装配线上，负责处理精细的电热塞工序。这是大众汽车在全球首次使用的合作型机器人。该款六轴工业机器人具有集成安全模式，能够在没有任何安全围栏的情况下，直接与人协同工作，优化健康工作流程。

位于德国萨尔茨吉特（Salzgitter）的大众汽车制造厂近期部署了丹麦制造商 Universal Robots（优傲机器人）的合作型工业机器人，让其在汽缸盖装配线上与员工一同完成把电热塞插入汽缸盖的操作。此前，他们必须弯着腰，把电热塞插进几乎看不见的缸盖的孔中。现

在，将电热塞插入缸盖钻孔的任务被 Universal Robots（优傲机器人）的六轴 UR5 轻型机器人接管了。凭借一套特殊设计的分离系统，UR5 能够小心翼翼地抓取小巧的电热塞，并将其放入难以达到的钻孔中。然后，一名员工负责固定电热塞并对缸盖进行隔热处理，为下一道工序做好准备。通过与充当助手的机器人直接紧密合作，员工现在能够以直立、健康的姿势完成这些工作。同时，他能够始终观察这一过程，并在必要时可以迅速进行干预。

UR5 机器人具备集成安全模式（符合 EN ISO 10218 标准），使其能够近距离地与人共同工作。它配备了一个由系统集成商 Faude Automatisierungstechnik 专门为大众汽车独家开发的、满足合作型机器人规范标准 ISO/TS 15066 安全要求的协作夹具。因此，该机器人无需额外保护罩，即可整合到生产线中。

精密加工发展与供需合作新理念

陕西秦川机床工具集团有限公司 马志云

一、关于精密加工的认识

我们知道,加工技术伴随着机械制造方面的发明、创造和设计技术的进步,其所能达到的精度也在不断进步,在这样的进步过程中,呈现出一些鲜明的特征。

1. “精度”是伴随精密制造发展的永恒主题

通常,人们按加工精度不同,把机械加工分为一般加工、精密加工、超精密加工等三个阶段。但随着新技术、新工艺、新设备,以及新的测试技术和仪器的采用,使加工工件时材料的分割水平呈现不断由宏观进入微观世界的发展趋势,其加工精度都在不断提高。随着时间的推移,原来认为是难以达到的加工精度会变得相对容易。而从世界机床的发展历史来看,不论是最初的一刀一序或多刀多序加工的单机,还是一次装夹,完成多次多序加工,以及多轴联动,完成复杂型面加工,在线测量的加工中心、复合机床,无不体现着对机床运动精度、控制精度、加工精度、检测精度越来越高的追求,“精度”成为伴随精密制造发展的永恒主题。因此,一般加工、精密加工和超精密加工只是一个相对概念,其间的界限随着时间的推移不断变化。

从毫米级到的微米级,经历了漫长的过程。此后,微米级、亚微米级统治机械制造业也达一个半个世纪之久。到上世纪末,纳米级正式发端。1993年,诺贝尔奖获得者 Heino Rømer (罗雷尔)在给江泽民主席的一封信里说:“许多人认为纳米科技仅仅是遥远的未来基础科学的事情,而没有什

么实际意义,但我确信纳米科技现在已具有与150年前微米科技所具有的希望和重要意义。150年前,微米成为新的精度标准,并成为工业革命的技术基础,最早和最好学会并使用微米技术的国家,都在工业发展中占据了巨大的优势。同样,未来的技术,将属于那些明智接受纳米作为新标准,并首先学习和使用它的国家。我们应当记住,微米技术曾同样被认为对使用牛耕地的农民无关紧要。”

经过近年来的发展,普通级数控机床的加工精度已由 $10\mu\text{m}$ 提高到 $5\mu\text{m}$;精密级加工中心则从 $3\sim 5\mu\text{m}$, 提高到 $1\sim 1.5\mu\text{m}$;并且超精密加工精度已开始进入纳米 ($0.001\mu\text{m}$) 级,微细切削和磨削加工精度可稳定达 $0.05\mu\text{m}$ 左右,形状精度可达 $0.01\mu\text{m}$ 左右,也就是数十个纳米;而采用光、电、化学等能源的特种加工则已经能够达到纳米级的加工精度。

“精密”作为机床区别于其他机械的主要特征,一直是机床业不懈追求的目标。纳米级数控系统与伺服驱动、纳米级测量与反馈补偿、高速高精度轨迹控制、高刚度动态驱动、高刚度低惯量结构设计、高精度主轴、抑震、温控等先进技术愈发广泛的应用,已经将现代机床制造技术推进到了微纳时代。这在本次 CIMT2013 已有体现。

2. 如何得到精度

总体来看,在对精度的追求上,曾经有两种截然不同的观点和认知,即 MAP 与 LAP 之争(即用计算机修正与依靠自身努力提高精度之争)。其一是认为依靠工程技术人员与技工的努力,可以使精密加工与测量达到很高的精度,是一种“硬

功夫”、“硬做”的方法；另一种观点认为，依赖电子技术的发展，通过运动补偿、刀具补偿、加工补偿等手段，可以实现“误差补偿”、“预报控制”以提高精度。

我们回过头来看，最初的精度是怎样得来的。以平面基准为例，最初始、最高精度的平板完全是通过手工得到的。其方法就是通过三块平板的反复互研，最终得到所要求的平面精度，成为传递基准。这个方法对于培养工程技术人员对工程的感觉很管用，也是我们当年在本科教育阶段的必修课。现在的学校好象已经不进行这方面训练。我们发现很多学生，进了我们公司以后，缺少对工程的基本感觉，甚至分不清车床、铣床。为此，我们一直呼吁工科教育要回归工科基础，重点培养学生对工程的感觉，对工科的兴趣，其中重要一条措施就是对学生进行刮研平板训练。在秦川集团和西安交大共建的工程坊里，刮研平板的训练就是重要内容之一。刮研技术是当年上海机床厂总工雷天觉为解决精密机床精度问题从欧洲引进的。由此，中国机床制造业知道了三项技术：一是刮研，二是研磨，三是齿轮磨、螺纹磨。在中国，齿轮磨的代表无疑是秦川集团本部，螺纹磨的代表则是秦川集团汉江机床公司。

但我们知道，机床的精度受整个工程尺寸计量精度的控制。我们从不拒绝采用“误差补偿”技术来提高机床精度，但更致力于对工程尺寸计量精度的追求。在我们看来，无论通过何种流派，通过何种方法追求精度，最终都要靠人的脑和手来实现，要依靠工程师的理论和工人的手艺来支撑。在秦川，最优秀的研磨技师，能够凭借手上的功夫将量块、块规的平面度、孔的锥度及圆度控制在微米级甚至亚微米级，这就是一种“硬做”的功力。这种“硬做”的功力，就是要通过不断提高零件的加工精度、配合精度达到机床整体的精度提高和性能稳定。我们也绝不排斥误差补偿技术，在我们的设备维修再制造工作中，通过使用这一技术使我们完成了对磨齿机、滚齿机、轧辊车床、卧式镗床等多种老旧进口机床的数控化改造，形成了产值数亿元的现代制造服务业。

3. 精度是具有确定性的

秦川集团在精密制造方面的深厚积累使我们

形成了对精密工程的独特认识。我们认为，机床精度服从的因果规律是我们能够理解和控制的，它们的运动规律不是随机的或概率性的，影响精度的每件事情的发生都是有原因的，而这些原因再小也是可以控制的，这在统计学上被称为确定性情况。

举例来说。一个由预紧过的球轴承支承的主轴，如果每一整转后，轴的位置被逐一记录，由于滚珠相对滚道运动的不完善，所以出现非重复的现象。这在表面上是完全随机和不确定的，一个统计学家肯定会假定它是具备高斯分布的随机过程，着手计算平均值、方差和概率。然而假如轴倒转，轴的位置将与正转时形成镜像，说明该系统根本不是随机性的，而是完全确定性的。按确定性思想，即“硬上”的方法，只要使用更好的滚珠和滚圈就能提高精度。也就是说，良好的测量仪器和正确的基本指导思想是发现问题的关键。假如我们使用的是表头不灵活、触头间隙大、支架刚性差的仪器，没有很好地控制温度，没有每次转一整周，轴的表面粗糙或有杂物粘着，没有按次序记录轴的位置，或轻易地相信一些不真实的东西，就很难发现问题。

在一定程度上说，随机结果就是随机过程的产物，可以认为不存在完全随机的事。就像掷骰子一样，它也是有其运动的规律，它的初始位置、抛掷时作用力的大小和方向、反弹时的情况都决定着它最终的某个确定的结果。由于众多的变量和消极地对待测量和控制，所以整个运动过程就会显出随机性。

有这么一个例子，某工厂制造一个复杂的组件，它需要经过一系列工序、工步，但最终只有6%的组件能合格生产出来，这使得整个生产过程代价非常高，这当然是不行的。但是，没有人能找出生产过程中有什么严重的错误。工程师们来到现场，主持了整个生产过程以期找出差错，但是他们没有发现什么错处，因为只要严格操作，生产同样的组件就可以得到大约60%合格的产品。问题终于搞清楚了，原因是那些从事精加工的人，没有受过足够的精加工训练，有时他们将螺丝刀放在一个后道工序用作精密定位的孔中，或在递送工件过程

中在工件上弄上小的缺口或划痕,或者用手去抓握,使得其他配件无法在这些被抓握过的表面上有效结合,这些就造成了6%与60%的差别。

在精度控制方面,秦川集团翻译出版了日本京都大学垣野义昭教授所著的《基于球杆仪的数控机床精度评价方法》,介绍了DBB装置的使用方法、原理、精度评价、误差诊断等内容,还阐述了通过用DBB法对六种机床动态状况下误差数据的测量以及相应的误差矢量的转换,建立模型,提炼出误差轨迹,进而找到误差原因,为国内精密加工提供了新的测量方法。

4. 精度的提高,是一个逐步积累的渐变过程

技术的发展,包括精度的提高,是一个逐步积累的渐变过程。每次一系列技术渐变的步子加在一起总会构成一个重大的进步,而这就相当于一次革命或是突变,这就是技术发展通常的途径。工程技术人员不能幻想有一天奇迹突然在自己的身上发生,通过自己偶然的灵感,就完成了一次技术的革命或突破。真正的突破是有的,但它是极其少有的事。通常更多的是逐步的、年复一年的改进,如果它能保持持久快速的发展,其结果就会取得象革命一样的效果,实现突破。这里有两个例子可以说明。

第一个例子是蒸汽机的发明和发展。荷兰物理学家 Christian Huggens 和 Denis Papin 在 1680 年产生了蒸汽机的想法,并在 1690 年造出了第一台工作模型。英国工匠 Thomas Newcomen 造出了第一台得到广泛使用、性能可靠的蒸汽机,它首先是用于煤矿矿井的排水。Newcomen 机的效率是 4 (单位:百万尺磅/1 蒲式耳煤),一匹马的效率是 20。1767 年机械师 John Smeaton 用镗床加工汽缸以达到较为精密的配套,使效率提高到 12。最终是在 1775 年 James Watta,这位仪器制造者,千分表的发明者,靠增加一个冷凝器和双向推动使得效率达到了 30。以后靠多重膨胀汽缸和高压蒸汽使得效率达到现在 120 这样的水平。花了三个世纪使得效率提高 30 倍。

第二个逐步发展的例子是计算机。在一百年前英国人 Charles Babbage 产生了程序式计算机的思想。第一代电子计算机是使用真空管,价格十分

昂贵。晶体管的发明使这个领域发生了革命性的转变。晶体管是真正的突破,这是固体物理长期积累的结果,是把这种知识突然移植到先前由真空管享有盛誉的领域。一旦它进入了这个领域,它的发展就象蒸汽机一样,在实际工作人员的掌握之中,就象前面提到的蒸汽机的发展由工匠、技师等控制一样,晶体管产生于基础科学领域,但是它的继续发展依靠半导体工程师。

在精密工程领域,过去的一百年中只有两次突破,第一次是 1899 年量块的发明,量块间每平方英寸 480 磅的吸力迫使科学家们去给出解释,由此而进行的科学努力的结果,成了今天精密工程的基础。第二个突破是激光和激光干涉仪,激光技术极大地促进了机床技术的进步。

在新的历史时期,随着自动化、集成化、信息化、智能化的进一步深入发展,精密加工技术在尺寸精度、仿形精度、表面质量等方面的实现能力正快速提高,超精密切削、超精密磨削、超精密研磨和超精密特种加工手段已成为提升制造精度新的主攻方向。

二、关于对供需合作的认识

秦川集团作为国内机床工具行业的龙头企业之一,在机床制造方面,一直秉持“以客户为中心、以服务为第一”的经营理念,以“三精优势”为基础,依托集团原始创新能力,始终坚持研究用户工艺,针对用户典型零件开发专用加工装备。公司努力为用户提供四个层面的产品和服务,即关键工艺和关键装备、全面技术解决方案和系统集成、流程布局和数字化工厂建设、产品全生命周期管理和工厂服务。

依托原始创新能力及“三精优势”的保证,秦川针对用户典型零件开发的装备有:适用于大型舰船关键零件的加工装备 QJK002、QMK009;适用于航空发动机关键零件的系列加工装备如 VMT80、QMK50A、轮盘刷床等;以及适用于能源领域的加工装备,包括:风电领域的 VTM180/260、核电领域的 ZSZK2500 数控卧式深孔钻床、光伏领域的 MK8940 数控线锯导轮开槽磨床和 GK4620 数控多线硅片切割机,还形成了对齿轮箱

的设计、校核能力。

1. 加工原理创新的例证：QMK009 代表的大型弧锥齿轮加工工艺设备成套解决方案

大型弧锥齿轮是制造大型舰船的关键零件之一，世界上只有少数企业具备制造该零件加工装备的能力，如克林贝格等。国外公司对中国一向采取“只卖蛋、不卖鸡”的策略，制约了中国大型舰船的发展。秦川集团成功将一种全球首创的“数字产形轮展成加工原理”应用在新研发的 QMK009 锥齿轮磨齿机、QJK002 锥齿轮铣齿机上面，填补了国内外市场上大型螺旋伞齿轮的铣、磨加工的空白，解决了锥齿轮加工中大型和精密的世界性难题，开创了我国机床工具行业原始性技术创新的先河。该系列产品最大的创新点在于其“数字产形轮加工原理”和首创的机床“墙式结构”。上世纪 90 年代，我们在既有技术上，探索性地研制出了弧齿锥齿轮铣齿机，但加工效果不甚理想。为了达到复杂型面的加工精度要求，公司从 2008 年开始立项，另辟蹊径实践成功了一种全新的齿轮机床加工技术——共轭曲面的铣削和磨削加工。“数字产形轮展成加工理论”的应用，实现了我国对现有的国际传统锥齿轮加工工艺和锥齿轮加工装备设计思想的一次革命性“颠覆”。

(1) 数字产形轮。根本点：产形轮齿面由砂轮回转面在数控运动下包络形成（见图 1），不是刀刃的相对运动轨迹。优越性：①彻底摆脱了传统加工方式的局限性，产形轮齿面数字化，既可磨 Gleason 制、Klingelnberg 制，还可磨其他创新齿制。②不需大直径的桶形砂轮。刀具/砂轮尺寸与被加工齿轮直径和齿宽无关。

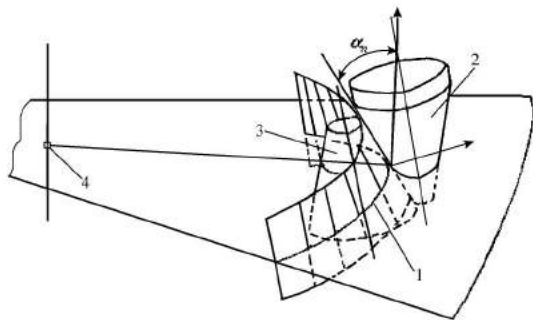
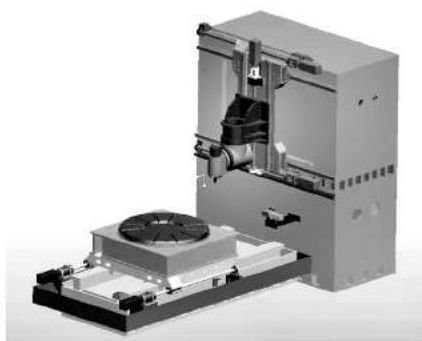


图 1

(2) 展成磨削法。①形成产形轮齿面的运动和产形轮包络齿轮的运动都由数控运动实现，与现代六轴联动锥齿轮机床相同。②无论等高齿，还是收缩齿，都可用完全重合的产形轮加工齿轮副中的大小轮，故可以加工出完全共轭的曲线齿锥齿轮副，也可以方便地实现各种“修形”，得到局部共轭齿轮副。

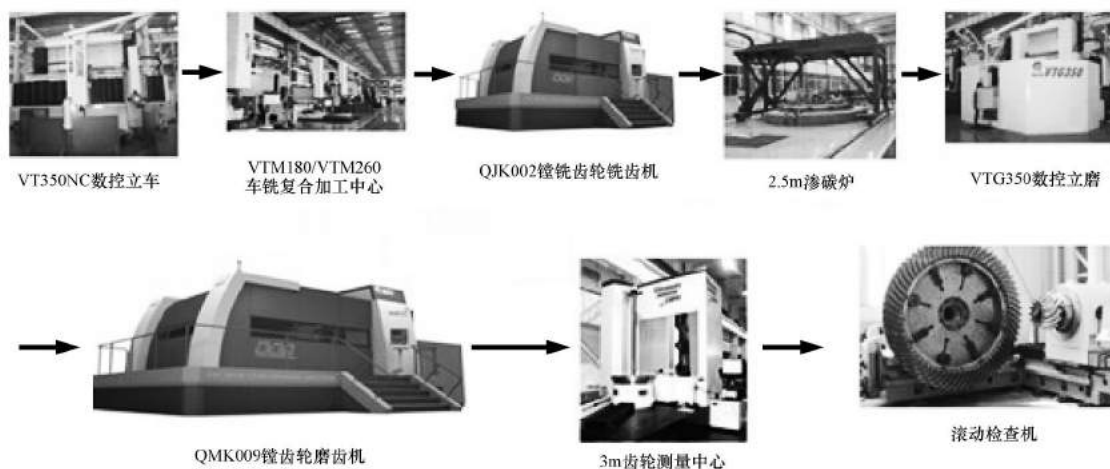
(3) 机床“墙式结构”。其新技术、新特点主要表现在：①实现“小刀具”加工“大工件”的创新技术工艺。②使用通用刀具，进行最大工件分度圆直径 2.8m 以下的硬、软齿面弧锥齿轮铣削和磨削加工（4 级/DIN），国外机床一般使用专用刀具，加工 2.2m 的齿轮工件，刀具直径达到 1.6m。③不仅能实现大型格里森制弧齿锥齿轮的磨削和铣削加工，还能够磨削和铣削克林贝格制延伸外摆线齿线锥齿轮。④设备结构简化，重量减轻，空间减小。



依托自主开发的 QMK009 锥齿轮磨齿机、QJK002 锥齿轮铣齿机，以及 VT350、VTG350、VTM260、3 米齿轮测量仪等系列新装备，秦川集团形成了螺旋伞齿轮副成套加工检测装备。

2. 航空发动机关键零件的系列加工装备

(1) 适用于航空发动机机匣加工的 VMT80 立式铣车复合机床。航空发动机机匣是一种典型的薄壁、结构复杂的环型件，而且精度和强度要求高，加工周期长，加工难度大。秦川集团依托国家重大专项自主研发了 VMT80 立式铣车复合机床，该机床具有立卧转换功能，并可实现五轴联动加工。机床采用了模块化设计思路，可配置交换工作台，完成零件车、铣、钻、镗的复合加工、减少装夹次数，提高加工精度；同时带有的刀具自动交换功能，可以实现对零件的完整加工。该机床



还可以满足海工、船舶、军工、印刷、医疗机械等行业的高精度、形状复杂零件的切削加工（如叶轮、叶片、螺旋伞齿轮、模具、汽车零部件等）。



外腔加工图片



内腔加工图片



VMT80 加工螺旋伞齿轮

(2) QMK50A 五轴数控叶片磨床。公司于2006年和北航及410厂先是在发动机叶片磨削加工方面进行合作，后又在数控机床重大专项（2009ZX04001-141）的支持下，完成了QMK50A叶片数控磨床样机的研制。该机床为7轴（5+2）

数控，运动轴全部采用闭环控制，对叶片的磨削采用了宽行的加工原理；工件主轴采用力矩电机，保证了叶片高加速度精确旋转；磨头转台是自行设计的直驱方式，具有较高的加速度和精度；立柱和砂轮架采用了共面驱动技术，使垂直运动的砂轮主轴具有较高的动态性能。

通过对叶片不同材料、全型面的磨削试验，我们认识到，采用高性能的数控叶片磨床和磨削技术，可以实现对叶片高精度、高质量的加工，不但叶片的形廓精度有了极大的提高、粗糙度也有了很好的改善，并且对韧性材料的磨削还会获得较好的表面压应力状态，这些对于叶片的工作状况来说都将会是一个极大的改善。

采用宽行加工原理对叶片进行磨削的效果：宽行加工原理是指在精度保证的前提下，使加工的行宽达到最大化，可实现叶片的高效加工。



(3) 精密拉刀数控成形磨床 QMK008

由秦川集团自主研发的“高档数控机床与基础制造装备重大专项”产品—精密拉刀数控成形磨床（QMK008），机床采用分体式床身，前床身用于支撑工作台、头架、尾架、修整器；后床身支撑立柱作径向运动，立柱上设置滑板（砂轮架）上下运动轴、砂轮架旋转轴、磨具，以及在机测量

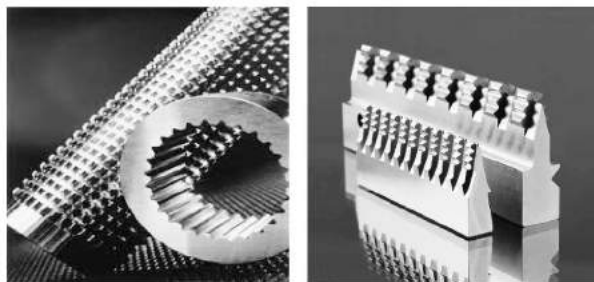
装置，可以在磨削过程中实现6轴3联动。能够用于磨削航空发动机榫槽拉刀（包括圆拉刀和方拉刀），可加工最大工件直径 $\phi 300\text{mm}$ 、最大工件宽度 300mm 、最大工件长度 2000mm ，一次装夹可以完成拉刀廓形、前角、齿背的磨削。目前公司下属的美国拉削系统公司（ABM）正在与英国罗罗公司合作核潜艇冷却系统部件拉削设备项目。



精密拉刀数控成形磨床 QMK008



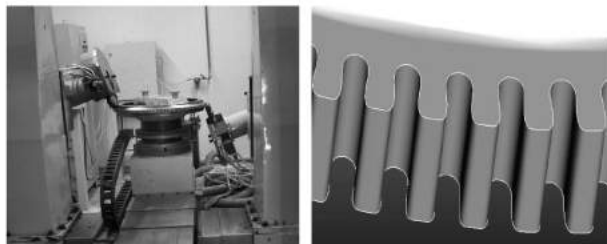
加工过程



典型零件

（4）涡轮盘榫槽抛光机。传统上，大多公司对蜗轮盘的榫槽边缘棱角的倒圆均采用人工手工抛光。由于一个涡轮盘上的榫槽数量很多，一个工人一个班次（八小时）只能完成一件，效率低，零件的不合格率、返修率较高。2007年，秦川集团应西安航空发动机（集团）有限公司的要求，自主设计开发了涡轮盘榫槽抛光机，用于飞机发动机涡轮盘榫槽位置棱角倒圆和抛光。涡轮盘最大加工直径 1200mm 、最大加工厚度 200mm 。若使用该机床对一个涡轮盘的榫槽边缘棱角抛光倒圆

仅需要 15min ，加上装夹、拆卸和清洗零件，总共不超过 30min 。极大地提升了加工效率，而且涡轮盘榫槽边缘棱角的圆弧 R 的一致性较好，表面光洁度极佳。如果形成了一定的成熟工艺参数（抛光时间、研磨剂喷涂时间、角度等），在本道工序产生零件报废的现象几乎为零。



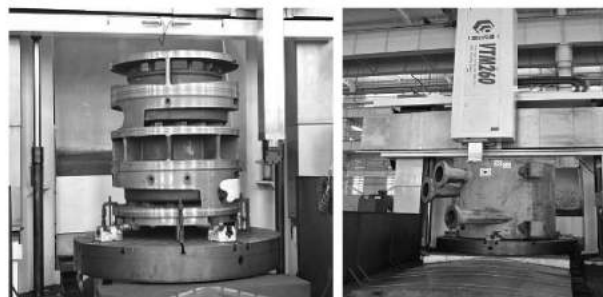
涡轮盘榫槽抛光机加工图

3. 能源领域加工装备

（1）风电领域：VTM180/260 龙门式车铣镗复合加工中心。VTM180 是国内开发最早的龙门式车铣镗复合加工中心，曾经在2004年北京机床展会上获得“镇馆之宝”的称号，它和后续开发的VTM260等系列机床，以其所具有的一次装夹，完成车、铣、镗多道工序加工的能力成为加工风电齿轮箱行星架的典型装备。此外，该系列机床还可以高效加工透平机械的关键零件。我公司目前已有10余台机床在国内市场上服务，是该类机床在国内市场占有率最高的。



VTM180 加工风电齿轮箱行星架



VTM260 加工透平机械零件

(2) 光伏领域: MK8940 数控线锯导轮开槽磨床、GK4620 数控多线硅片切割机。秦川集团针对我国太阳能光伏产业需求,研发出具有自主知识产权的 MK8940 数控线锯导轮开槽磨床和 GK4620 数控多线硅片切割机专用设备。其中 MK8940 数控线锯导轮开槽磨床主要用于太阳能光伏行业硅棒切片线锯聚铵酯导轮的磨削开槽,该机床可覆盖国际几大硅棒切片线锯的聚铵酯导轮开槽,其性能指标达到了国际先进水平,打破了国外企业在光伏行业高档加工设备对我国市场的长期垄断。



(MK8940)

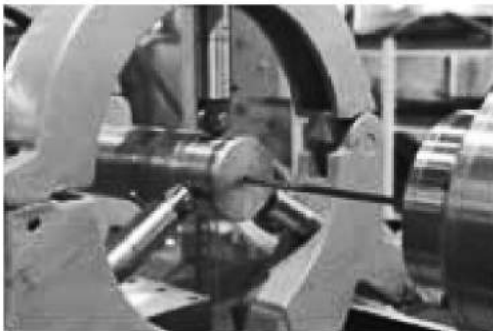


(GK4620)

(3) 核电领域: ZSZK2500 数控卧式深孔钻床。秦川集团基于机床在精密轴系、精密直线运动副加工、装配等方面的优势,成功研发了核岛关键零件加工设备——ZSZK2500 专用精密数控卧式深孔钻床。公司自主突破并掌握了高端深孔加工设备的核心技术,创新设计出了独有的精密导向机构及主导轨进给、副导轨支撑导向的过定位精密导轨副,而机床的排屑机构采用高压变压、变量自动控制系统,实现了排屑顺畅,确保了加工质量及安全。

该深孔钻床最大钻孔长度 2500mm,最大钻孔直径 40mm,最小钻孔直径 1.6mm。试切直径 25mm,长度为 2000mm 的孔,两端同轴误差为 0.3mm,直线度为 0.05mm,达到国际先进水平;试切直径 3mm,长 500mm 的孔,两端位置差为 0.4mm,远远超过了用户的要求精度。孔径精度为

IT6,比用户要求的 IT9 高出三个等级。而该核电深孔加工专用机床的交验合格,填补了国内空白,达到世界先进技术水平,破解了制约我国核电核岛深孔加工领域的难题。



(4) 齿轮传动设计能力。在风电增速箱设计领域,秦川集团通过与全球著名的齿轮传动设计专家英国 Romax 公司进行开发合作,联合设计完成的 1.5MW 样机已全部通过德国劳氏船级社的各项试验考核,指标达到了同类产品的世界一流水平。同时以提升自身技术实力为实现路径,培养并锻炼了自己的设计队伍,掌握了齿轮传动产品的正向设计、校核能力,使秦川的齿轮传动设计水平实现了快速跃升,站在了世界顶级设计队伍的平台之上。

三、结束语

精密和超精密加工,是现代装备制造业最主要的发展方向,在提高机电产品的性能、质量和发展高新技术等方面起着至关重要的作用。机床企业只有更深入研究和持续发展精密制造能力,才能更好地满足军工、能源等重点领域对重大关键装备的需求。□

加速发展个性化需求的成套装备

恩宝贵

一、国外专用机床的发展历程

18 世纪人类从封建社会走向资本主义，用机器代替手工作业，开始了工业革命。1712 年英国纽柯门研制成功第一台可实用的蒸汽机，到 1769 年英国人斯米顿制成汽缸铣床。1797 年英国人莫兹利制成第一台带刀架的车床，直到 20 世纪中，通用机床门类齐全，专用机床也得到发展，那时通用万能机床占据着机械制造的主力位置。如万能车床、万能铣床、万能磨床等，随着科学技术的发展，以及生产方式的转变，个性化需求增多，专用机床迅速发展。1853 年美国普尔制成第一台轧辊磨床，1903 年美国诺顿研制成功曲轴磨床，1910 年美国兰迪斯研制成功凸轮轴磨床，1928 年美国福特汽车公司开始应用组合机床加工自动线。

到了 20 世纪中期，美国空军为解决直升机桨叶轮廓检查样板时，帕森斯飞机公司与麻省理工学院研制成功用脉冲乘法器原理带直线插补的三座标数控铣床。1958 年美国 KT 公司研制成功带自动换刀装置的复合加工中心，到了 60 年代又出现了用计算机控制多台机床的制造系统。从 1981 年起到 2010 年底，日本 MAZAK 先后推出 2000 多套网络化无人化自动加工管理系统，设在中国的“小巨人”无人化车间就是其中之一。2006 年 MAZAK 新型 Mazatrol Matrix CNC 系统在自动化加工中实现防碰撞、温度补偿、语音提示、防震等智能化功能，机械制造由数字化、网络化、向智能化迈进。

二、国内专用机床的发展

进入新世纪，中国机床工业在发展通用品种

的同时，为满足越来越多的个性化需求，加快发展专用专门化机床。如沈阳机床集团为用户提供轮毂自动化智能化加工单元，具有型号识别、轮毂气门孔加工前视觉识别、自动加工、检测、清洗、打号、搬运，实现全过程无人化操作。大连机床集团为汽车工业先后提供数百条缸体、缸盖、变速箱等加工自动线，既有刚性的，也有柔性的。南通科技为上海通用汽车公司研制以 SGM 50A 卧式加工中心组成的汽车动力制造单元，到 2012 年底已提供 6 台（套）。浙江双雕数控技术公司，应用数学镜象原理，研制成功一台机床控制左右两只建模的数控系统，创造出独特的数控雕刻机床，效率提高一倍，价格是两台机床的 60%，占地面积减少 40%，节省人工 50%。天锻公司为高铁 AT 型尖轨提供 50AT/50、60AT/60 成套专用液压机，为大型舰艇提供万吨以上专用液压机、为核电提供 CV 封头专用液压机等。

21 世纪初，国家号召制造业转方式、调结构、稳发展。中国机床工具工业协会在“十二五”规划中提出的四项是：一是产品进入重点用户，为汽车、航空航天、船舶发电设备重点制造提供装备；二是到 2015 年数控机床市场占有率达到 20%；三是到 2015 年中高档数控系统国产化率从 20% 上升到 50%，中高档功能部件国产化率由 5% 上升到 50%。

近几年中国机床工业围绕上述目标取得了可喜的成绩。如大连机床集团为用户提供由 8 台加工中心、6 个桁架机械手组成的活塞加工自动线。安阳鑫盛也研制成功 XSHS-01 活塞自动加工单元，由铣中心孔车床 AD15Z、立式数控活塞车床 ADG15P、关节机器人、物料系统组成。“武重”

研制成功 CKX5680 螺旋桨铣床, 加工直径 8.5m, 可扩展到 12.5m, 具有 7 轴 5 联动、在线测量等功能, 可实现叶面重叠和非重叠部轮廓以及桨毂中孔等精密铣削, 车铣复合, 一次装夹多平面加工, 用户使用三年获得好评。“天锻”研制成功 2400 吨复合材料制品数控液压机, 为渤海钢铁集团提供 10 000 吨快速锻造液压机, 含 80 吨操作机 1 台、50 吨装出料机, 能完成拔长、镦粗、冲扩孔、扭转、弯曲、错移、剥切等。“济二”不仅为国内汽车覆盖体提供成套装备, 2011 年还为美国福特提供的 5 条冲压自动线, 由 1 台 2500 吨多连杆压力机和 4~5 台小吨位的机械压力机及双臂送料、拆卸机、清洗机、涂油机等组成。“齐二”承担了运载火箭 CK×5463×50/150 龙门式封头车铣床, 为西南铝业大飞机铝板带项目提供 XKL 2477/150 数控铝钻铣床, 为运载火箭环缝总装提供焊接专机, 用于大飞机叶片自动辅带大型筒段铺缠一体机, 为火箭导弹外壳提供缠绕机。“合锻”为汽车覆盖体提供冲压自动线, 应用电液控制、液压垫四角调压、模具参数数据库、快速换模、全吨位冲裁缓冲等关键技术。秦川机床集团历时两年研制成功 QJK002 锥齿轮铣齿机、QMK009 锥齿轮磨齿机及与之配套的测量仪。该集团还研制成功核电核岛深孔加工钻床 ZSZK 2520 精密数控深孔钻床, 孔深 2500mm、最大钻孔直径 40mm、最小钻孔直径 1.6mm, 试切两端同轴度为 0.3mm, 直线度 0.05mm, 达到先进水平; 该集团还为铁路机车、客货车、地铁车轴提供高速磨床, 可磨轴承座、防尘板座、轮座、齿轮座、刹车盘座等磨床; 另外, 该集团发挥自身优势, 开发了汽车转向泵、燃油输送泵、双路辅助动车转向系统恒流泵和控制阀等产品。

但我们也要清醒地看到中国机床工业存在的不足。对机床的未来, 近期日本大隈提出: SPACE, 即 S-Speed 高速、P-Power 高效、A-Accuracy 高精度、C-Communication 远程通讯、E-Ecology 生态与环保。上海同济大学张曙教授提出未来机床发展是生态机床、聪明机床、客户化。北京机床研究所的总工程师盛伯浩认为: “未来制造系统发展方向是: 增强制造系统的智能化和自治管理

功能; 发展可按零件加工工艺重构的制造装备 (RMT); 构建能兼顾柔性、高效、低成本和高品质且便于可重构的新型制造系统 (RMS)”; 现实和未来机床不仅要保证客户对性能的需要, 还要保证产品的质量, C_p 值要大于 1.33, 对大批量生产的行业还要保证尺寸公差度达到互换的要求, MTBF 可靠性指标, 要达到 800 小时以后继续向先进水平进发。

三、几个重要行业的发展特点

1. 汽车工业

(1) 满足个性化发展需要。有预言今后汽车制造将打破大批量生产模式。随着新技术发展增速, 新产品诞生周期缩短, 要求装备随之调整, 同时一条生产线兼容几个品种增多, 要求装备既有高精高效又有柔性。如用一台复合型的智能加工中心可在 10min 内仅两次装夹便可完成一台 3.0 升 V6 发动机铝质缸体几乎全部的加工任务。

(2) 应用新技术增多。国内同步器换挡寿命虽已达 10~20 万次, 但与国外先进水平 30 万次相距甚远。为此要求齿轮表面硬化, 提供抗疲劳机械加工技术装备, 自动变速器薄壁壳体的加工、CVT 锥轮盘的加工、CVT 金属带的制造、电磁阀细长孔的加工、AT 离合器毂的加工, 以及自动变速柔性自动装配、检测等急需相应的装备。为节约材料、提高效率, 应用净成形工艺, 要求提供精锻机等。由黑色金属转用轻金属; 如君威 D50 用铝合金发动机缸体、缸盖, 自重减轻 40%, 效率提高 20%。中华 1.8T 采用铝机身降重心和降噪。汽车将逐步实现“两化”高度融合、发动、变速、停车、路况变化等均由信息系统自动控制, 终极可能实现计算机控制下的四个轮子的汽车。壳体类零件柔性自动智能化, 轴盘类零件高精、高速、铣、磨、锻造精化, 覆盖体从 10 件/min 向 15 件/min、25 件/min 多工位压力机自动线发展。

2. 发电设备及造船行业

到 2012 年全国发电装机将超过 10 亿千瓦, 具备了可提供一亿千瓦发电装备的能力, 参照工业先进国家的经历, 当人均拥有一千瓦以上发电装机容量后, 发电量年增长将下降, 我国到“十二

五”末发电设备和制造能力将减缓,对机床的需求更多是技术改造的需要,以及应用新技术对老旧设备的再制造。

到2010年我国造船完工量、新接订单、手持订单均位居世界第一。目前低端产能过剩,高新技术产品开发、制造能力不足,特别是配套设备能力不足。2011年韩国重夺世界造船量的榜首。如今船舶向大型化发展,我国已开发出23万吨、32万吨、38万吨和40万吨矿山船,万吨以上系列集装箱船。大连船舶集团造出VLCC超大型油轮载重量30万吨。大连重工为40万吨矿山船提供曲轴,是目前国内规格最大的,年产曲轴150只,此外还要建造3000~4000m深水铺管起重船,需要缸体、缸盖、螺旋桨及板材冲压设备。

3. 航空航天及其他制造业

航空重体向大型化、复合化,材质向碳纤维方向发展,需要五坐标数控高速加工中心。世界著名飞机制造企业所需加工中心的50%以上为五轴控制,叶轮加工要五轴联动、壁板加工需龙门式加工中心,要水平安装翻转90°后加工。碳纤维和蜂窝零件中工要真空吸尘。某些零件用来铺放和自动铺带,导弹外壳要数控缠绕机。装配自动化要自动铆接生产线等。

四、国内机床制造业的竞争策略

这几年,机床制造业十分重视重型和超重型机床的发展,但对小型精密机床的需求注意不够。以手机、平板电脑、电视机为代表的IT业,是中国工业的第一大产业,直接和间接需要高精高效小型和大型加工机床。如硅片的加工,传统工艺为切割—侧角—研磨—腐蚀—清洗—抛光。硅片加工在25mm×40mm,内平整度<0.07μm,粗糙度达亚微米。手机外壳需模具和小型钻孔设备。我国医保覆盖已超过总人口的95%,全国人均期望寿命已达74岁,今后医保覆盖率和内涵会继续提高,医疗器械需求增加。医疗器械现约有万种产品、34个门类,如保健机械、高压氧气、心脏起搏器等。医疗器械中大到塑料体、冲压件、铝合

金件批量生产需要模具和加工机床。

我国摩托车2010年产2669万辆,自行车2011年产8345万辆、电动自行车年产量3096万辆。机床行业要像改革开放初期为“老三大件”提供车轴、飞轮、轮盘、螺母、车把、瓦圈等加工提供专用专门化机床热潮那样,更好地为绿色环保产品提供更高新技术装备。

国际知名企业非常重视用个性化产品满足用户的需要。如日本大隈新品MP-16V立式加工中心及MULTUR-B400主要针对模具加工。美国MAG长春厂其产品主要针对汽车缸体、缸盖提供立式、卧式加工中心和各种专机。MIKRON HPM800U五轴联动铣削中心,适合对高温钛合金材料加工。法国HELLER恒轮机床(常州)有限公司精密卧式加工中心四轴或五轴联动,主要用于曲轴和凸轮轴加工。

现阶段的主要矛盾是国内市场需求结构的加速升级与行业供给能力不适应,通用性的低档产品供给能力过剩,而中端尤其是面向高端细分市场的供给能力不足。因此建议中国机床行业在调结构、转方式、稳增长中,加快发展中高端具有鲜明特色的产品,提高专用产品在产量结构中的比重。今后即使发展通用产品也要有明确的应用范围,早日形成由各具特色的企业组成的中国机床工业。品种发展不仅满足金属切削的需要,还要注意开辟非金属切削加工的需要。江苏晨光机床为炭素加工提供数控电极双端面削平镗孔机床、双端螺纹梳铣床、数控接头双端铣钻孔机床以及全数控炭素接头柔性加工自动线等产品的做法,值得学习。

另外,用品牌差异化去竞争,让产品具有稀缺性是获得市场占有率的基础,与其在通用产品中竞争,莫如不争,去做他人莫能与其争的事,专注于有特色产品的发展,用户得实惠,机床制造业也会得到更好、更快的发展。

今后机床企业要加大自主创新力度,将更多的机床提供给我们的用户。愿中国机床工业早日实现由大变强。□

基于人机工程学研发的电火花加工机床 HMI

北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司 伍端阳

目前，模具工业的迅速发展，推动了模具制造技术的进步。电火花加工作为模具制造技术的一个重要分支，被赋予越来越高的加工要求。瑞士 GF 阿奇夏米尔公司（GF AgieCharmilles）作为电加工机床制造行业的先驱，在脉冲电源、伺服单元等核心技术方面的研发创新，一直引领电加工行业的探索步伐。

近年来，GF 阿奇夏米尔公司通过调查全球一批技术领先的模具制造厂家的电火花加工工艺与需求后，充分认识到机床的人机界面对发挥电火花加工机床的性能起着至关重要的作用。友好的人机界面（“人机界面”英文为“Human Machine Interface”，以下简称“HMI”）能够使技术人员更容易驾驭机床，提高生产效率，获得高品质的加工结果。为此，阿奇夏米尔公司首次提出了基于人机工程学设计电火花加工机床 HMI 的概念。通过对现有产品 HMI 的技术资源整合，研发出了全新的“AC FORM HMI”。这款 HMI 从 2013 年起应用于阿奇夏米尔的电火花加工机床，图 1 是使用了 AC FORM HMI 的 FORM2 和 FORM20 机床。以下将介绍 AC FORM HMI 的界面风格与特点。



图 1 使用 AC FORM HMI 的 FORM2 与 FORM20

一、概述

HMI 是系统和用户之间进行信息交换的媒介，实现信息的内部形式与用户可以接受形式之间的转换。对于电火花加工机床而言，HMI 功能的强大与否和友好性决定了机床应用范畴的大小，决定了机床脉冲电源等硬件性能能否得到有效发挥，因此它也是数控电火花加工机床的一个重要组成部分。基于人机工程学研发电火花加工机床 HMI 的目的，就是为了帮助用户顺利实现高品质、高效率的 EDM 加工。

基于研发目的，瑞士阿奇夏米尔公司设计了“AC FORM HMI”，其涵盖了电火花加工方面的强大功能，并在功能组织和版面设计等方面都进行了创新，使得软件的可操作性及软件操作的舒适性大大提高，以此确立了电火花加工机床 HMI 的人机工程学标准。图 2 是 AC FORM HMI 的主页面。



图 2 AC FORM HMI 主页面

二、AC FORM HMI 工作模式

模具零件所需的一系列放电加工，通常包括

多个不同形状的电极，多个加工位置，甚至是不同的加工要求。AC FORM HMI 将模具零件的这些放电加工信息称之为“任务”，其定义了形状、电极、工件、型腔、EDM 专家系统、加工序列管理共六个要素。图 3 是“任务”概念的示意图。

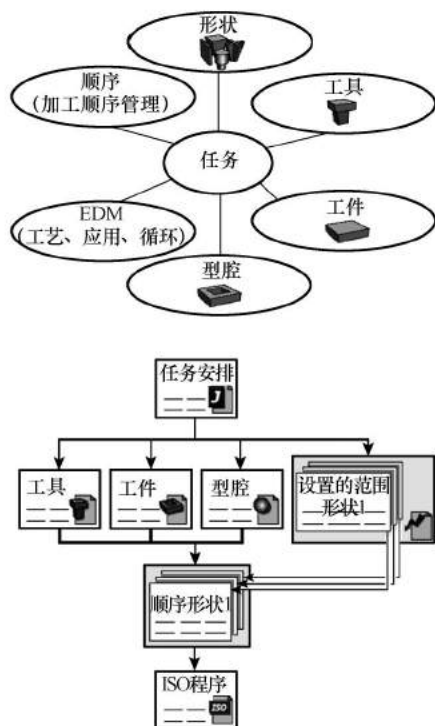


图 3 “任务”概念示意图

图 4 是 AC FORM HMI 创建任务的“准备屏”，安排任务时，首先要定义一个任务的总清单 (Job)，然后分别描述“任务”的要素：电极清单 (Tools)、工件清单 (Parts)、型腔清单 (Cavities)、工艺清单 (EDM)、加工顺序管理清单 (Sequence)，机床最终根据这些“任务”要素生成 ISO 程序。

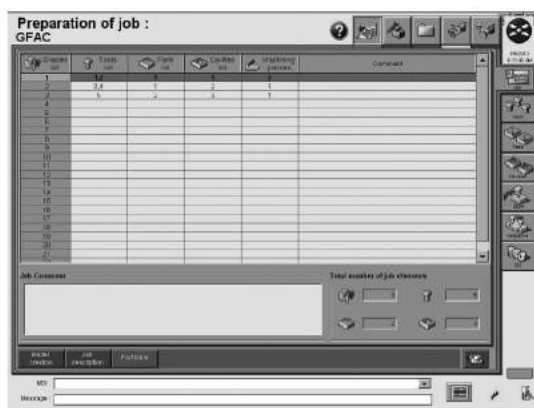


图 4 AC FORM HMI 准备屏

总清单 (Job) 表格用于定义任务的概括信息。我们可以看看如何定义总清单的信息：在图 4 总清单里定义了 3 组形状，第 1 组形状是使用 1、2 号电极，用两组不同的工艺参数去加工 1 号工件的 1 号型腔；第 2 组形状是使用 3、4 号电极，用一组工艺参数去加工 1 号工件的 2 号型腔；第 3 组形状是使用 5 号电极，用一组工艺参数去加工 2 号工件的 3 号型腔。这种定义任务的工作模式，便于系统性地管理一个零件所需要的放电加工。

电极清单 (Tools) 用于定义每个电极的偏心值 (电极基准与测头基准的相对值)，其在电极库的位置。电极偏心值可以通过三坐标机器进行测量，将偏心数值输入 AC FORM HMI 即可，也可以在线使用基准球进行测量，Tool 模块的功能栏里提供了丰富的电极偏心测量模式，测量后系统会将电极偏心值记忆在此清单。

工件清单 (Parts) 用于定义每个工件的零点，工件的编号及所在托盘的编号。工件零点记忆的是此位置的机械坐标值。可以在线使用测头进行测量，Parts 模块的功能栏里提供了丰富的测量模式，测量后系统会将机械坐标值记忆在此清单。

型腔清单 (Cavities) 用于定义型腔的坐标位置与加工矢量。对于规则的多型腔，可以通过界面提供的矩阵、环形阵列等功能快速生成坐标值，也可以直接读入数据文件。

工艺清单 (EDM) 用于定义每组形状的工艺参数。它可以是不同的加工深度、加工面积及加工要求。输入这些加工要素，专家系统就可以生成工艺参数表。

加工顺序管理清单 (Sequence) 用于对加工顺序进行定义。系统会自动产生序列，也可以根据需要进行排序调整与删减加工要素。

根据以上信息，机床即可产生一个相关联的 ISO 程序文件。在绝大多数情况下，ISO 程序无需修改即可执行。同时，机床支持手动编程，支持宏程序，便于高级用户发挥其创造性，拓展了任务的应用范畴。

三、基于人机工程学的电火花加工机床 HMI 的标准

1. 引导

AC FORM HMI 的右上角设计有五个模块（准备模块、执行模块、文件模块、手动模块、配置模块），它用清晰的图标进行引导，并用绿、红、蓝、黄、紫色线框对应每一种模式。在对应模块下的右侧有自上而下的操作步骤，在每个操作步骤的界面底部提供了需要的功能，所有功能的操作都使用形象化和具体化的图符作引导，给操作者直观提示。即使是不熟悉此软件的操作人员，也能很清楚地明白下一步应该做什么，可以做什么。就人类思考问题的方式来说，只要用户能基本明

白操作步骤，实现轻松上手，他就可以在以后的操作中慢慢拓宽思路去熟悉一些高级的功能。

2. 最小负载

AC FORM HMI 高度使用对话式的图形帮助，使用户容易理解与操作，并可将在操作中可能发生的错误减少到最低限度，能广泛地适应于不同层次的用户。图6是AC FORM HMI“最小负载”的示例：找正定位的功能使用图标清晰地显示，功能中需要输入的数据有形象的指示；对于复杂多样的平动类型，则用红色的线条描述其运动轨迹，一目了然，即使是初学者也能做出正确的选择；放电优化页面辅助的参数用加减符号提示这些参数可供修改，而显示的主参数通常是不能被修改的，这是为了防止意外修改而影响加工效果，同时加工过程中能动态显示放电状态的稳定性。

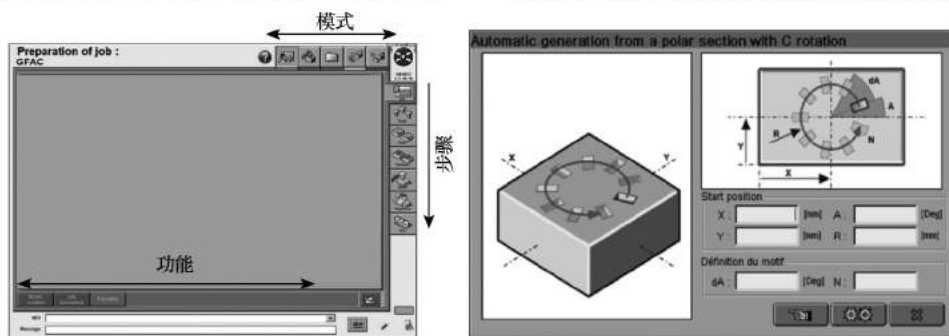


图5 AC FORM HMI“引导”示例

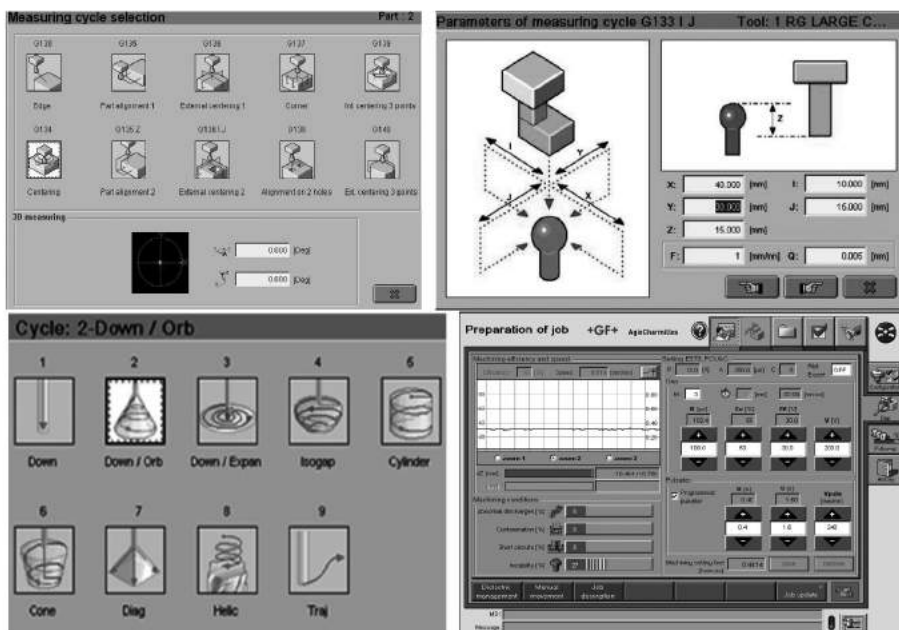


图6 AC FORM HMI“最小负载”示例

3. 专家系统

电火花加工复杂多样的类型, 需要根据其加工特性使用合适的电参数。先进的数控电火花加工机床, 针对不同的加工类型内置有丰富的电参数, 经过长期的实践验证形成了一个完善的加工参数库。编程过程中只需要简单地输入相关信息, 即可自动生成电参数, 极大地降低了电火花加工对人为经验的依赖程度, 这就是电火花加工机床的专家系统。

AC FORM HMI 专家系统 (如图 7 所示) 提供了三个页面用来输入加工信息。通常只需要在第一个页面输入加工信息即可满足大多数加工, 对于特殊的应用类型, 可在另外两个界面中设定特殊应用信息与特殊的平动要求。

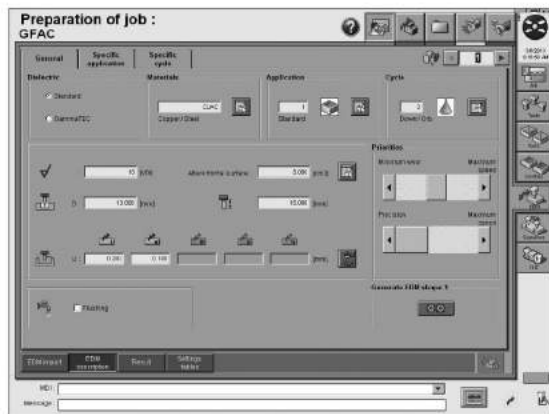


图 7 AC FORM HMI “专家系统” 页面

AC FORM HMI 专家系统需要输入以下主要信息:

“电介质液” 可选择标准和 GammaTEC (混粉)。GammaTEC 工作液适用于大面积的精细表面或者镜面加工。

“材料组合” 定义加工使用的电极材料和工件材料, 机床提供了多达 23 种电极/工件材料组合, 可以广泛地适用于各种加工领域。

“应用类型” 涵盖了标准、大面积、大型腔、深槽、浇口、微细、轮廓、冲头、通孔、微孔, 共 10 种类型。针对不同的应用类型, 系统都内置有优化的参数库。

“平动类型” 包括空间平动、扩孔平动、自由平动、梯形平动、插补平动、球形平动、螺旋平动、路径 8 种轨迹模式。每种平动轨迹可设定任意

形状, 可扩展出超过 50 种的平动方式。还可以在平动模式里设定一些特殊功能, 比如在方形平动下, 可以设定 X、Y 轴不相同的平动半径, 在扩孔平动模式下可以设定精修顶部与底部的循环等等。

“表面粗糙度” 处定义加工要求的表面粗糙度。系统按照 VDI3400 标准提供了各级表面效果, 包括镜面、各级亚光表面、各级纹面, 只需选择即可。阿奇夏米尔开发的“表面” 技术能满足苛刻的表面质量一致性的标准。

“加工面积” 处输入实际放电加工的面积大小, 对于简单的方形和圆形, 输入边长或者半径系统即可计算面积。

“电极长度” 处输入数值, 系统即可根据长度值与加工深度, 来计算并补偿放电中热膨胀导致电极变长的距离。

“优先权” 提供了最小损耗、均衡、追求加工速度三种策略。另外表面的优先权提供了追求精度和追求速度的策略。

对于特殊的应用, 还可以定义其他的内容。如追求加工表面最小白层, 型腔预铣的数据, 锥孔等等。

在 AC FORM HMI 专家系统中, 通过输入以上主要信息, 系统即可生成工艺参数表。不同的应用类型, 参数表中的电流、脉宽、脉间、电压、电容、波形模式、放电时间、抬刀高度、抬刀速度、留量等参数的配置都不相同, 并且系统会根据定义的加工策略进行优化。相比其他数控电火花加工机床, 这些配置好的工艺参数依赖人为优化的空间大为减少, 其加工的适应性就更强, 面向复杂加工多变的类型, 整体的加工效率就会体现出明显的优势。

4. 在线帮助

一般情况下, 数控电火花加工机床 HMI 中包括较多的功能, 往往随机携带大量的使用说明资料和操作规范, 用户不得不接受大量的应用培训, 花费时间查阅资料。

AC FORM HMI 提供了在线帮助和在线学习的多种工具。清晰的导向式界面组成的在线学习模块, 只需要选择想要了解的部分进行学习即可, 也可以使用关键词搜索和定义搜索, 使用户不再

需要依赖厚厚的用户手册。在操作过程中对屏幕当前某个功能有疑问时,直接按 F1 键进行在线帮助,系统即可弹出对应功能的详细介绍,帮助操作者快速找到有关的信息。除此之外,在线学习还可以向操作者传递加工经验,主动帮助用户获取系统的新概念、新功能,增加用户的知识和能力。

5. 自动化接口

AC FORM HMI 提供的自动化软件功能与接口,可以使用线外测量电极偏心,然后将电极偏心值输入机外的 AC FORM HMI 进行文件管理,再将机外编好的程序输入机床。操作者能够在配备有自动扫描装置的 EDM 机器内随意地放置刀具,使用芯片读卡机识别出零件和刀具。当关闭电极库门时,电极被自动扫描装置自动地识别出来。电极库的监控,可以知道当前哪个电极和零件已经完成或正在被加工。这些自动化支持功能使得 AC FORM HMI 可以胜任连续的 EDM 自动加工。在阿奇夏米尔高端的电火花加工机床上,AC FORM HMI 可以配合机外版的生产协同软件,实现使用机器人的全自动化车间生产。

6. 全面的信息

AC FORM HMI 创建的程序文件,包括工作描述、测量报告、工艺文件、ISO 文件、加工报告共 5 个子文件程序(可进行存档或传送给另一台机床)。一个程序涵盖了所有加工方面的信息:工作描述记录了任务清单,电极、工件、型腔、位置的详细信息;测量报告记录了在线找正、定位的过程及获得的测量精度;工艺文件是由专家系统生成的工艺参数表;加工报告记录了程序执行的信息,比如每个程序段、型腔、工件的加工时间。程序文件包括的这些子文件能使用户对整个加工过程了如指掌。有了这些全面的信息,对于生产管理、生成成本的计算、自动化生产都有重要的意义。

四、结束语

在当今讲求操作人性化、智能化的时代,人们对电火花加工机床 HMI 的要求也会越来越高。将人机工程学应用于电火花加工机床 HMI 的研发,势必会对电加工机床 HMI 的研发产生重要意义和积极影响。□

A Bimonthly Opened Door to Metalforming & Manufacturing Industry in Chinese
开启行业之门的钥匙

CMET

原《锻压机械》杂志

since 1958

CHINA METALFORMING EQUIPMENT & MANUFACTURING TECHNOLOGY

锻压装备与制造技术

创立于1958年,是我国最早科技期刊之一,双月刊。由中国机床工具工业协会与济南铸造锻压机械研究所有限公司共同主办,中央级期刊,是我国锻压行业科技成果、产品信息交流的重要园地,中国锻压装备与制造技术领域知名权威期刊。1981年以来曾多次荣获机械工业部优秀科技成果奖;1992年荣获机械电子工业部优秀科技期刊一等奖;国家科技期刊二等奖;历届山东省优秀期刊;历届华东地区优秀期刊。

主要栏目:

CMET 视点、锻压情报网、综述、专题报道、装备、工业炉、数控、锻造、冲压、特种成形、试验研究、模具、材料、制造业信息化、企业风采等

邮发代号: 24-7

定价: 12.00元/本 全年价: 72.00元

全国各地邮政局、所均可订阅,漏订请联系编辑部

地址: 济南市二环南路8060号 邮政编码: 250022 电话: 0531-87979298 传真: 0531-87979298/87972242
http://www.cmet.org.cn E-mail: cmet2003@163.com(编辑部) cmet_ad@163.com(广告部/发行部)

汽车齿轮高速精密磨削新技术

圣戈班磨料磨具中国 王子磊

齿轮是汽车动力转换和转向系统中的核心部件，随着各种汽车先进制造技术的不断应用，各大汽车厂商对齿轮磨削效率、精度以及加工成本都提出了更高的要求。齿轮上的每个部位都需要经过各种复杂的磨削加工，如齿面、齿根等。精确的齿轮几何形状及表面质量，保证了汽车完美的动力性能和行驶平稳性。

1. 蜗杆磨削的基本原理

随着各种汽车变速箱技术的推广以及变速箱寿命的不断提高，对于齿轮的精度与强度的要求也越来越高。齿轮的蜗杆磨削因其生产效率高、适合大批量加工等特点而被大范围应用，尤其是在变速箱齿轮的加工上。

蜗杆磨作为一种连续的展成磨削，其基本原理如下（如图1所示）：

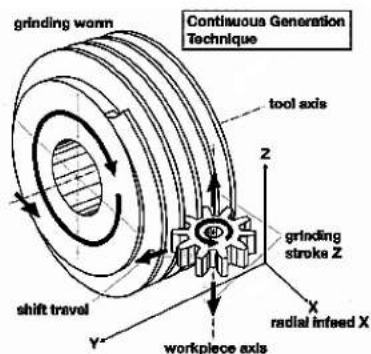


图1 蜗杆磨削原理图

（1）砂轮在齿宽的上下折返点做一定量的磨削进给，这种进给方式一直到砂轮丧失切削能力或达到齿型要求才会停止。

（2）根据不同的磨削余量和进给量来决定砂轮的修整次数，这样的往复磨削一直持续整个磨削加工过程。

2. 蜗杆磨削的加工要求

蜗杆磨削所用的砂轮一般质量和体积较大，为了避免磨削误差对加工精度和工件表面质量产生影响，蜗杆磨砂轮对平衡有着很严的要求，一般在精磨工序要进行两次修整与两次平衡，以防止砂轮的不平衡造成齿面光洁度和精度的误差。

蜗杆磨除了对砂轮的平衡度要求极高以外，另外对砂轮结构以及机床条件等其他因素也有严格要求：

（1）为了提高磨齿加工效率，磨床厂家通过改进制造工艺，不断提高砂轮的运行速度。在高速运转下，任何振动都有可能产生磨削振纹甚至裂纹和烧伤。因此，无论是工件装夹系统，还是砂轮主轴系统，整个磨床都需具备很好的刚性。

（2）由于高速磨削时产生的温度很高，因此需要有足够大的冷却液流量，同时流速尽可能与砂轮的速度和方向保持一致，以保证充分的冷却；冷却系统同时还需要很高的压力，通常需要配置高压冲洗喷嘴，以防止砂轮表面被切屑堵塞，造成砂轮负载过大。

（3）由于蜗杆磨的加工速度通常在线速50m/s以上，部分进口机床甚至达到了80m/s的高线速，这种高线速的运行对砂轮提出了更高的强度要求。

（4）为了保证高精度的齿形，磨削时砂轮的形状保持性就显得尤为重要。良好的形状保持性能够有效提高齿轮的精度以及砂轮的寿命。

（5）由于蜗杆磨属于连续式磨削，在磨削过程中对砂轮切削力的要求也相当高。当砂轮的切削力不够时，就需要停下来进行修整，这样不仅会降低砂轮的寿命，同时也降低了客户的加工效

率，所以蜗杆磨对砂轮磨粒的锋利度也有较高的要求。

3. 蜗杆磨砂轮的关键技术

(1) 磨削过程中需要砂轮提供优异的散热性，从而有效提高工件表面质量：①更有效地降低烧伤。②更有效地降低残余应力。③拥有更高的磨削效率。④更有效地提高冷却液的流动性，从而达到散热和减少砂轮表面堵塞的目的。⑤更有效地提高去除金属屑的能力。

(2) 磨削过程中砂轮需要具有很高的形状保持能力：①更有效地提高尺寸精度。②更有效地提高砂轮寿命。③更有效地提高生产力。④更有效地降低砂轮的修整频率。⑤更有效地降低磨削周期。

(3) 为了适应高性能机床的使用，砂轮必须能在高线速、高进给量和高压力的条件下运行，从而有效提高生产能力：①能有效利用现有设备，扩大生产能力。②能有效优化机床的加工效率。

4. 蜗杆磨削创新解决方案

为了更好地满足当今“超精密、高效率”的磨削发展需求，圣戈班磨料磨具最新研发的诺顿 Vitrium3 结合剂已于六月在全球同步推出。作为一种新型的结合剂技术，Vitrium3 采用了先进的颗粒粘附技术，使砂轮具有高散热性、高形状保持性和高线速度的特点，能有效降低烧伤及显著改善工件表面磨削质量，提高加工效率。它可广泛应用于从传统氧化铝到 Quantum/TG 等新型陶瓷磨料的各种砂轮制造，为蜗杆磨应用提供最佳解决方案，同时为客户带来更高的经济效益（见图2）。



图2 诺顿 Vitrium3 陶瓷结合剂砂轮

5. 蜗杆磨削典型应用案例

应用：汽车齿轮磨削（见图3）

机床：Kapp KX300P

砂轮尺寸：320 × 125 × 115_ 63m/s

砂轮形状：01 平形

原来使用：普通结合剂砂轮

磨料：诺顿 Quantum

型号：NQ80HVQN

现在使用：Vitrium 3 结合剂砂轮

磨料：诺顿 Quantum

型号：NQ80HVS3

工件参数：

材料：合金钢 58 ~ 62HRC

尺寸：外径 210mm，宽度 25mm，齿数 86，模数 2.5

磨削结果分析：

(1) 单个磨削周期中加工的次数：由原来的 3 次降低到 2 次。

(2) 单次修整间隔中加工的工件数：由原来的 25 件提高到了 45 件。

(3) 磨削周期：比原来减少了 16%。



图3 齿轮的蜗杆磨加工

6. 结束语

高速、高效、高精磨削是汽车零部件加工的热点，它可以大幅度提高磨削效率，减少工件变形，提高工件加工精度和表面质量，同时减少修整，延长砂轮的使用寿命。Vitrium 3 结合剂的冷切削、高线速、高形状保持性的特点，有效满足了以上诸多要求，是汽车零部件磨削的不二之选。□

电机转子轴以车代磨工艺的研究

云南 CY 集团沈阳技术中心 倪 帆

沈阳机床集团有限公司 官浩博

【摘要】 应用传统工艺加工电机轴，费时费力，经济效益低下，应用高刚性精密数控车床使用以车代磨工艺，效率得到大大提高，是革命性的工艺变革，并迎合国家倡导的节能、环保的主题，值得大力推广。

国内电机加工行业一直以来受到工艺的限制，只能通过增加设备和人员来提升产能，随着设备的投入量增大，厂房的面积的增加，人员也在急剧增加，成本大幅提高，回报周期加长，企业的竞争能力减弱。以车代磨工艺的出现，为电机行业带来了革命性的变化，但国外设备价格昂贵，也阻碍了这一技术的推广，国产以车代磨设备的出现，使得国内电机企业应用这一技术的可能性大大增强，从而为这一工艺在电机企业内推广铺平了道路。

一、国内电机轴加工的特点及工艺

(1) 常用规格的电机为大批量生产，其他规格的为批量生产，特殊规格的为单件生产，因此，批量生产是电机加工的主要特点。

(2) 加工的部位的材料

加工的部位为电机轴及转子硅钢片部位，电机轴通常为 45 钢，硬度 170~241HBW 左右，材质较软；硅钢片部位材料软硬交错，比较费刀。

(3) 加工的精度要求

电机轴的安装轴承处尺寸公差要求：IT4~IT6；粗糙度要求： $Ra=0.8\mu m$ 。

其他部位的要求： $\geq IT6$ ；粗糙度要求： $Ra=1.6\sim 6.3\mu m$ 。

(4) 传统加工的工艺要求：

①平端面，打中心孔。

②电机轴粗加工。

③穿硅钢片转子。

④半精车轴部一端。

⑤半精车轴部另一端。

⑥粗、精车硅钢片转子表面。

⑦磨削电机轴外表面。

⑧动平衡配重。

⑨清洗入库等待装配。

电机轴由于转速高，要求转子的精度也比较高，尤其是安装轴承处。一般车床加工精度达不到，粗糙度也很难满足要求，因此，最终需要磨削处理。

二、电机轴加工的传统工艺的缺点

电机轴加工严格意义上并不是精密加工，只是安装轴承处的精度相对要求较高，一般数控车床很难达到，因此，在粗加工后还必须要磨削来达到规定的要求。磨削工序的增加降低了电机轴加工的效率，增加了成本。

汇总传统加工工艺的缺点如下：

(1) 磨削的量比较小，需要多次磨削，费工费时。

(2) 磨削的部位多，需要配置多台磨床，占地面积大，设备维护费用高，耗能巨大。需要人员多，工资成本压力大。

(3) 砂轮修整费用大，时间长。

- (4) 磨削工人技术要求高，培训时间长，技术掌握困难。
- (5) 磨削的冷却液处理消耗人力，影响环境。

三、以车代磨电机轴新工艺的优势

(1) 仅仅需要两台设备就可以完成传统工艺从第4序到第7序的加工，设备需要少，节省厂房面积，设备维修数量大大减少。电机轴以车代磨装卡示意图如图1所示。



图 1

(2) 车床可以实现较高的机床转速，刀具安装多，换刀快，一次装卡可以完成多种表面的加工，

辅助时间短，因此，车削比磨削具有更高的加工效率，加工效率提高5~7倍。

- (3) 车削加工对人员的技术要求比磨削要求低，工人的来源相对容易找。
- (4) 操作人员数量少，节约人员开支，费用低。
- (5) 刀具磨损后，直接换刀片，时间短。
- (6) 干式加工，不需要冷却液，环保效果好，减少冷却液处理的费用。
- (7) 设备数量减少，配合机械手更容易实现自动化加工。
- (8) 设备投入成本与传统工艺类似。

四、以车代磨工艺描述

电机轴（见图2）以车代磨工序分为两序，第一序使用硬爪夹持电机轴一端，粗车转子外圆，并半精和精加工加工另一端（见图3）。第二序，将加工好的部位用软爪卡持，精加工转子外圆，半精和精加工两端（见图4）。

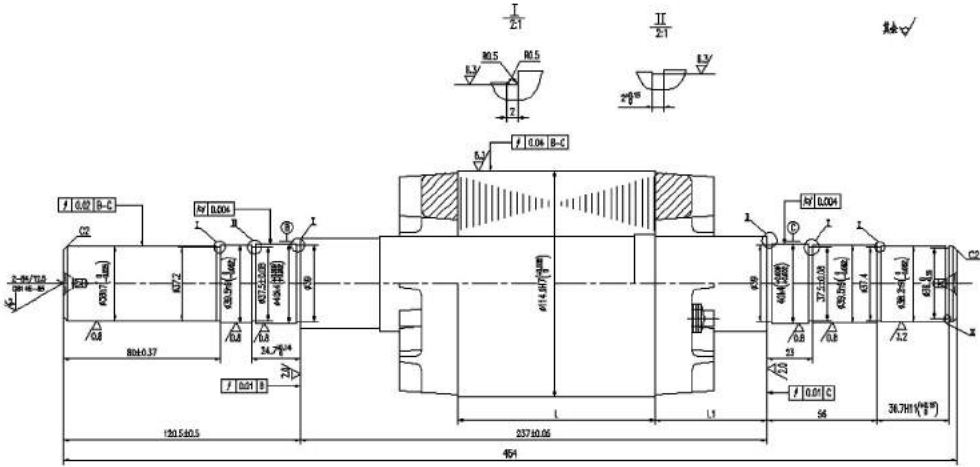


图 2 电机轴成品图

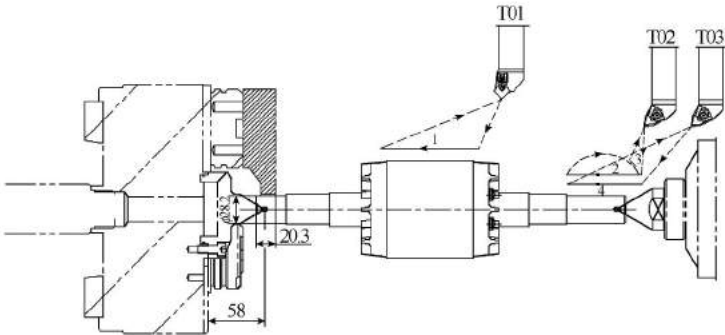


图 3 电机轴加工第一工序示意图

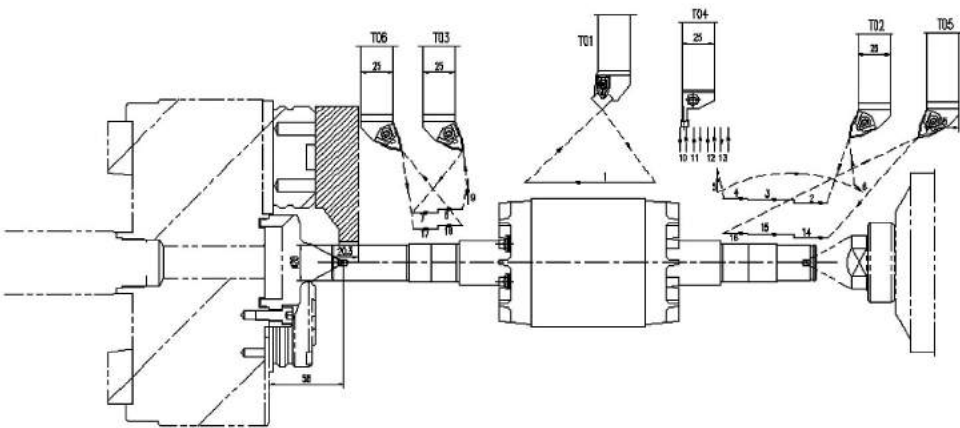


图4 电机轴加工第二道工序示意图

- 电机轴加工对以车代磨的工艺有如下要求：
- (1) 电机轴的中心孔加工的尺寸要一致，轴的长短要控制在 0.05mm 内。
 - (2) 电机轴在以车代磨加工前，需要粗加工，最后留量 0.3mm，和转子配合的部位，要加工到尺寸，不许有没加工到的毛坯。
 - (3) 原来磨削需要的退刀槽，可以改为清根处理。
 - (4) 要求使用正前角的刀具。
 - (5) 卡具要求带中心孔定位的浮动卡盘。
 - (6) 第一序卡爪要求刚性爪，第二序要求柔性爪。
 - (7) 卡具中心中心顶尖使用前，需要自车处理。
 - (8) 尾座的顶紧压力根据工件的直径变化进行调节。使用刀具及加工节拍汇总如表 1 所示。

表 1

工序	使用刀具数量	加工时间/s	辅助时间/s	节拍/s
第一序	三把	90	20	110
第二序	五把	140	35	175

以车代磨工艺，使用的刀具第一序为三把，第二序为五把，加工节拍控制在 3min 之内。

五、以车代磨机床的结构特点和优势

可以实现以车代磨的机床，首先通常都是精密机床外，还要保证机床有足够的刚性和合理的结构，其中刚性主要是在抗变形的能力上保证；合理的结构是指各部件、关键零件在布局上，形

式上要减少中间过渡环节，避免尺寸链中形位公差的影响；缩短悬臂量，目的是从结构本身消除重力、力矩等引起的变形趋势。因此，能够加工出很好的尺寸精度和高粗糙度要求的零件。

云南 CY 集团推出的适合以车代磨电机轴的数控机床 CY-CTC40 系列，在设计结构上与传统数控车床有着相当大的区别，充分考虑了机床对刚性和精度的要求来规划关键部件的结构和配置。关键部件配置表如表 2 所示。

表 2

序号	部件描述	特点	补充说明
1	床头	配置进口 P4S 级高精度球轴承	—
2	尾座	整体精密回转套筒，不伸缩	油缸推进，带位置检测，精确定位移动
3	X 轴导轨	配置滚针导轨	配置进口精密光栅尺
4	Z 轴导轨	配置静压导轨	配置进口精密光栅尺
5	X/Z 轴丝杠	配置进口 1 级精密滚珠丝杠	带吹风冷却
6	冷却系统	配置低温冷风装置进行冷却	—
7	油箱	采用回路冷却装置，配备冷风机冷却接口，可以外接强制冷却，降低油温	—

CY-CTC40 系列数控机床是一款采用静压技术来满足以车代磨的通用型数控车床，静压原件采用自制，主轴的最高转数可达为 4000r/min，两轴

速度 22m/min，最大扭矩为 750N·m，X/Z 轴加速度可达 1.5g，加工零件的精度可以达到 IT3 ~ IT5 级，粗糙度达到 $Ra = 0.2\mu\text{m}$ ，加工零件的硬度可达到 65HRC，是一款性能卓越的数控车床，为国内独创。CY - CTC40 系列数控机床开发的成功，

填补了国内在这一领域的空白，为国内以车代磨电机轴等零部件提供了价廉物美的高效设备。

CY - CTC 40 系列和国内同规格数控机床相比，精度要求大幅提升，实际检验精度远远高于国内标准。精度对比如表 3 所示。

表 3 (单位：mm)

检验项目	国家标准 (GB/T 16462—1996)	国内同类产品 HTC 标准	CY - CTC40 标准	CY - CTC40 实测值
旋转式尾座顶尖的跳动	0.015	0.015	0.005	0.002
主轴的径向跳动	0.010	0.010	0.003	0.002
主轴锥孔轴线的径向跳动：				
近端	0.010	0.015	0.003	0.002
远端	0.020	0.025	0.006	0.004
回转刀架移动对主轴轴线的平行度 (每 300 测量长度上)：				
主平面	0.015	0.015	0.006	0.004
次平面	0.025	0.025	0.01	0.005
定位精度：				
X 轴	0.016	0.011	0.005	0.0032
Z 轴	0.020	0.012	0.007	0.0035
重复定位精度：				
X 轴	0.007	0.006	0.003	0.0026
Z 轴	0.008	0.007	0.004	0.003

通过表 3 数据可以看出，CY - CTC 40 系列机床的精度在通用型数控车床中，处于绝对领先地位。

六、加工电机轴的精度检验结果

通过零件数据检测，使用 CY - CTC40 系列数控车床车削电机轴完全能达到图样规定的要求，可以替代磨削。电机轴的精度检验单如表 4 所示。

表 4

测试项目	允许偏差/mm	实测结果/mm
左侧 $\phi 40k4$ 圆柱度：	0.004	0.0028
对 B - C 公共基准		
同轴度：	0.0035	0.0019
跳动：	0.004	0.0030
右侧 $\phi 40k4$ 圆柱度：	0.004	0.0020
对 B - C 公共基准		
同轴度：	0.0035	0.0016
跳动：	0.004	0.0020
C 基准		
圆度：	0.0035	0.0012
圆柱度：	0.004	0.0020

(续)

测试项目	允许偏差/mm	实测结果/mm
B 基准		
圆度：	0.0035	0.0025
圆柱度：	0.004	0.0028
表面粗糙度	0.8	0.56
结论		合格

七、结束语

电机轴加工以车代磨是一个方向，也是个革命性的工艺变革。云南 CY 集团的 CY - CTC40 系列数控车床的开发也为国内电机轴加工企业开辟了新的方向，目前在福建、广东、浙江已经有多家电机企业与云南 CY 集团合作开始使用这种新工艺来尝试电机轴加工的意向，取得了良好的经济效益。纵观国内国际，以车代磨工艺以其独到的加工效率和质量保证，已经在国内外得到了印证，在机械加工行业将得到广泛的应用，前景广阔。□

刀具的高压冷却液直喷系统

山高刀具（上海）有限公司车削产品经理 Tommy Pitk. nen

人们希望刀具冷却液输送系统不仅仅用于金属切削过程的冷却。当您选择或甚至被迫使用冷却液时，考虑重点应该是它的功效以及它能否释放潜在生产力。同样重要的是，先进的刀具冷却液输送系统必须提供有效的切屑控制，尤其是在车削加工应用中。

众所周知，使用冷却液是为了散热和增加润滑（减少摩擦）；一般情况下，冷却液只是简单地浇注到加工区域。为了真正发挥效用，冷却液需要快速带走切削区的热量，但是精确地将高压冷却液流直接喷向所需的区域会变得更有效。

金属切削过程冷却的挑战

在加工过程中，冷却液应用和生产率要求之间存在交汇点，其中一个最突出的例子来自航空航天材料，如钛合金 Ti6Al-4V。Ti6Al-4V 拥有较低的热传导性和较小的弹性模量，特别适于制造喷气发动机上高强度、耐热且轻质的部件。然而，它的加工成本极其高昂，因为能采用的切削速度通常很低，切屑难以控制，且切削刀具的寿命相对较短。无法折断的长切屑会导致切屑堵塞、以至刀具失效。最糟糕的是，甚至会损坏昂贵的部件。此外，切屑还会影响表面粗糙度，导致昂贵的零件报废。

金属切削过程所产生的如同鸟巢般盘根错节的切屑会造成严重的生产率下降，使机床几乎不可能在熄灯操作中无看管的运行。当使用刀杆或刀架进行加工时，若传统的冷却液喷嘴不靠近切削刃，这个缺点尤为明显。

尽管目前高压系统已有显著改善，但多数制造商仍然使用浇注冷却系统，将大量的冷却液浇

在切削刀具和所加工的零件上以达到散热目的。此外，由于灵活的冷却液喷嘴经常移动，导致冷却液不能精确地喷向切削区。此类系统还缺乏适当的压力控制。

由于冷却液只是冲洗切削区，某个区域会因局部加热而形成一道蒸气隔离层。事实上，该蒸气层随后会隔离切削区并阻止其散热。高压冷却系统则不同，它可迅速散热，且有足够压力阻止此类蒸气隔离层的形成，因此能够轻松应对这种情况。

刀具的高压冷却液输送系统之间也存在差异。其中一个最常见的差异是系统与切削区的距离，或系统冷却液喷嘴与工件/切削刀具接触面的距离。有些系统喷嘴与切削区的距离太远，因此冷却液无法有效、准确地到达切削区的最佳位置，导致无法获得最大效益。如果装有冷却液喷嘴的系统与切削区的距离较远，则必须使用更大的压力以弥补距离的不足。

如果系统的冷却液喷嘴离切削区太远，可能需要增加泵的数量。与喷嘴更靠近切削区的系统相比，若要达到相同的效果，增加泵数量的成本显然更高。当冷却液流入刀杆然后穿过导流器时，若使用山高刀具的 Jetstream Tooling 飞流系统，冷却液喷嘴将非常贴近切削区，可在机床标准冷却液泵产生的压力下获得更好的效果，无需使用更多高压泵。

高压直喷冷却液的优点

为克服现有冷却液输送系统的缺点，刀具冷却液输送系统的开发商（例如山高）一直致力于优化系统性能，主要通过提高冷却液流喷向切削

区的压力和精确度来实现系统优化目的。有些系统（如山高 Jetstream Tooling 飞流刀具系统）非常巧妙地在刀夹的旋转顶部压块（导流器）中放置了冷却通道。冷却液压力、流量和通道的小孔径均可促使猛烈的高速冷却液流轻松穿透并润滑紧靠切削刃后方的主要发热区域。



山高 Jetstream Tooling 飞流刀具系统

在非常靠近切削刃的位置放置一个冷却液“楔块”，可以获得最佳效果。这意味着系统喷嘴将冷却液喷流置于刀片前刀面切削区和切屑之间，有助于提升并折断切屑。

最新一代 Jetstream Tooling 飞流刀具系统非常适合车削、割槽和切断加工，它为刀杆提供两个冷却液出口，一个直接朝向前刀面，另一个朝向刀片后刀面（即第二发热区）。位于下方的冷却液出口可为切削刃下方区域提供最佳冷却。直接朝向刀片后刀面的冷却液出口是额外提供的，可使刀具寿命延长 10%，并改善表面粗糙度。

当刀具冷却液输送系统提供出色的冷却和优化的切屑控制时，制造商可以实现持续运营，并实现无故障、无人值守的加工。同样有益的是，它们还能提高车削速度和进给量，延长切削刀具寿命并改善零件的表面粗糙度，这些优势都要归功于先进的切屑控制。在某些情况下，车削速度和进给量可以提升一倍甚至两倍，刀具寿命也可延长一倍。这样，制造商能够以更快的速度加工更多部件，从而提高生产率和盈利水平。

山高在实验室对一个钛合金工件进行了测试，采用一般冷却液冷却时，切削速度为 40m/min (130ft/min)，进给量为 0.25mm/r (0.01ipr)，切削深度为 2mm (0.08in)，加工节拍为 5min。研究人员随后将一个高压冷却液输送系统应用于该加工中，测试结果发现切削速度提高至 80m/min

(260ft/min)，加工节拍减半，且刀具寿命延长一倍。



使用普通加压冷却液输送系统产生的长切屑与
使用山高 Jetstream Tooling 飞流高压直喷系统
产生可控的短切屑

当今的机床冷却液泵通常可提供 20bar (290psi) 至 70bar (1000psi) 的压力，此压力范围足够用于刀具的高压冷却液输送系统，如山高 Jetstream Tooling 飞流刀具系统。举例来说，山高的系统兼具多功能性，在同一系统内操作压力既可低至 5bar (70psi)（可能会影响生产率），也可高达 70bar (1000psi)，甚至达到 350bar (5000psi) 的超高压。

当压力处于 20bar (290psi) 至 40bar (580psi) 之间时，使用山高 Jetstream Tooling 流刀具可显著提高生产率，并可改善多种应用和不同工件材料的切屑控制。其性能随着压力和流量 (L/min) 的增大而增强。此外，70bar (1000psi) 的压力已足够折断长切屑型粘性材料最难处理的切屑。

应用与行业

高压冷却液可为车削、切断和割槽加工带来众多益处。在此类加工中，切削刃与零件的接触时间通常只有几秒种或稍长时间，且被定义为“连续切削”。连续切削会在切削区产生高温，因此，切削参数必须进行适当调整，以防止发生快速的后刀面磨损和塑性变形。若对较粘的延展性材料进行连续切削加工，会产生较长且无法控制的切屑，这是非常糟糕的情况。

众多行业可受益于高压冷却液，而传统的发电、航空航天及医疗行业早已顺应潮流，率先使用高压冷却液，因为它们的特殊材料需要严格控制切屑的形成。例如，通常用于航空航天和医疗应用的钛合金是一种导热性极差的材料，它会使切削区持续保持高温，这可能导致冷焊、擦伤和污损现象，进而快速破坏刀具的切削刃。更糟糕的是，加工钛合金会产生纤薄的高速切屑，它们

不但难以折断成合适的长度，还会带走切削区重要的冷却液，使零件表面受到热损伤。具有较大正前角和锋利切削刃的传统刀具可以最大程度降低钛合金加工产生的不良影响，但必须使用高压冷却液输送系统来控制切屑，并优化整体加工操作。多项大学实验和研究已证实，切屑通过切削刃时会迅速降温，这将产生一种硬化作用，类似于对一块金属热工件进行快速淬火操作，从而增加钛合金切屑的硬度。在直喷射流、楔效应、冷却液对切屑的压力以及增加硬度的共同作用下，切屑会断开成为细小、易控的碎片。

总之，若要切削任何富于挑战性的工件材料，使用冷却液会达到更好的效果。另外，得益于高压冷却液输送系统的最佳加工改进方案已运用到当今的许多特殊材料应用中，例如钛合金以及镍基和钴基合金，包括 Nimonic C263、Inconel 718、Udimet 720 和 Waspaloy。这些材料具有极强的粘性和延展性，因此需要使用高压冷却液输送系统来获得高水平的切屑控制。

然而，在刀具的高压冷却液输送系统使用方面，难加工合金并非是唯一显示出成效的材料。汽车、造船、核能、食品和饮料行业通常需要使用可加工性相当低的粘性长切屑材料。通过使用高压冷却液输送系统，奥氏体不锈钢、双相不锈钢、低碳钢及铝合金的加工过程均实现了金属切除率的显著提高，切削参数、切屑控制和表面粗糙度的改善，以及生产时间的减少。

由于山高 Jetstream Tooling 飞流刀具系统解决了排屑问题，因此无需操作员干预就可实现持续无中断的生产过程。排屑时间不再纳入工序时间的计算。此外，山高系统的冷却液导流器枢轴允许机床操作员快速更换新的切削刃，确保冷却液始终处于准确位置。

冷却的选择

值得注意的是，有些车削加工可能更适合使用干式切削，而不适合使用浇注或高压直喷冷却液。例如，需要进行间歇或断续切削的应用通常会产生热冲击，由于冷却液会进一步扩大热冲击的负面影响，因此使用干式切削的效果更佳。在

此类情况下，高压冷却液解决方案或许可以避免冷却液应用的负面影响。

一般而言，连续切削应用使用冷却液的效果更佳。但是，若涉及环境问题、开放式结构车床或某些类型的钢材，车削加工可以采用干式切削来获得良好的效果。山高的 Duratomic CVD 双面王镀层刀片具有出色的耐热性能，是此类应用的理想选择。然而，若使用干式切削，割槽和切断等加工将难以进行，这主要因为切屑的积聚。在此类加工中，冷却液（确切而言是高压直喷冷却液）可显著改善其性能。

精加工通常也需要使用冷却液。否则，车间可能会出现部件精度和表面粗糙度质量问题。尽管在大多数车间中，高达 80% 的加工采用冷却液，而有些车间可能出于环保考虑，其所有加工均采用干式切削。为此，他们需要密切监控并调整机床产生的热量，并保持控制以确保部件尺寸的精度和表面粗糙度。这无疑是极大的挑战，因此需要考虑其他在当前条件下完全可行的解决方案。与使用冷却液加工相比，干式切削加工的生产率明显较低，且刀具寿命较短。

理想的系统

在考虑购买刀具的高压冷却液输送系统时，制造商不仅应评估其性能，还应考虑其多功能性和简易性，确保高压冷却液输送系统适用于机床的整个冷却液压力范围。此外，系统应当便于装配，且易于安装至车床。

理想的系统应该可以为车削或割槽刀杆提供内冷和外冷两种选择。对于外部冷却方式，此类系统（如山高的刀柄系统）可以使用位于刀杆侧面或底部的软管。制造商可以获得多种软管组件，以将冷却液供给管轻松地连接至机床转台或刀架的任意位置。如果用户不再需要使用该系统，可轻松移除，机床将恢复到原来的冷却液设置。对于内冷却方式，该系统的刀柄设有内冷通道，例如山高 Capto 刀柄就配有锥形接口以供应冷却液。

制造商可以获得不同长度的软管，以将冷却液供给管轻松地连接至机床转台或刀架的任意位置。

如果用户不再需要使用该系统，可轻松移除，机床将恢复原来的冷却液设置。

结论

无论使用何种类型的冷却液系统，要想实现有效的切屑控制、刀具寿命延长和产量提高，关键在于以下两点：首先，使冷却液流尽可能靠近

切削区；其次，使其直接喷射到切削区的正确位置。Jetstream Tooling 飞流刀杆可以有效地降低每个零件的成本，与其节约的资金相比，其购买成本仅占机床整体投入的极小部分。尽管低压冷却液系统和刀具的价格略低，但考虑到切屑积聚导致机床停机，进而造成刀具使用寿命缩短和生产损失，其节约的资金无疑是微不足道的。□

齿轮铣削的发展

——山特维克可乐满提供最新的刀具技术

山特维克可乐满美国公司营销项目经理 Aaron Habeck

除了在专用机床上大批量生产齿轮外，越来越多的带有齿的零件正在非齿轮加工机床上加工，也包括小批量齿轮加工。金属切削技术已经有相当大的进步，无论何种应用，其他金属切削技术都会运用在齿轮铣削工序中。常规意义上的齿轮加工，也就是使用高速钢滚刀，以中等速度并使用油冷中铣削齿轮的齿轮专门化生产正在发生着改变。这就是竞争的压力所致。

在这种意义上，加工中心和多任务机床越来越多地被使用，它们在提供新功能的同时，还可以在各种零件上加工齿型。就像其他传统的专用齿轮切削机床一样，这些齿轮业的新加工功能使加工效率倍增。现在，新开发的可转位刀片技术为提升加工工序中的齿轮加工提供了新方法。

刀具技术的进步。制造齿轮，无论是单纯齿轮还是具有齿型的零件，都是可以加工的，这取决于不同的加工形式。

可转位刀片刀具已经在齿轮切削中使用一段时间了。但是，总的来说，这种技术并未提供性能方面的优势，也未满足今日可能需要的精度要求。齿轮制造商倾向于坚持使用整体高速钢刀具，因

为它可保证加工过程的安全性、精确性及可靠性。但是，高速钢已经使用了 100 多年了，它的发展空间已经很有限了。尽管它作为一种切削材料已经有了相当大的发展，然而，在承受现代刀具会遇到的切削温度和磨削负荷方面，它先天地受到限制。现在，刀具毫无疑问地成为齿轮生产中提高生产效率和降低加工成本的限制因素。一般来说，在超过高速钢使用的切削速度 2.5 倍的切削速度的情况下，现代硬质合金刀片的刀具寿命是高速钢刀具的 5 倍。

精度是最后一个障碍。可转位刀片的最新进展克服了高速钢刀具使用者曾经提出的精度和公差保持问题。直到现在，这方面一直是磨削的高速钢刀具领先和保持自己地位的领域，而使用现代专用可转位刀片刀具的齿轮铣削，正在达到甚至更小的 DIN 公差等级。

新的可转位刀片滚刀为 B 级，大部分指标达到 A 级，甚至 AA 级。加工的齿轮精度是 9 级，但常常可以达到 8 级，极小的刀具跳动有利于获得更长的刀具寿命，这也消除了加工表面产生接痕的可能。加工后的齿轮型线非常接近所要求的成品形

状,从而使得后续工序的加工余量小并均匀。通过刀具上的磨削的基准面,使刀具在机床上安装调整很方便,也很容易掌握。

切削速度是造成这种差别的原因。这种专门开发的可转位刀片技术主要优点是,在齿轮齿槽粗加工和精加工中大幅度提高金属去除率,以及使得小到中批量零件加工更经济、更灵活。由于需转位的刀片有一定数量,所以齿轮铣削中刀片装夹的高效性和简易性很重要。一些刀片夹紧使用了压板,而不是螺钉,这就可以在 10~15s 内精确地更换刀片。安全、可靠的刀片槽提供了可靠的性能,并且非常易于操作。

最近推出的用于齿轮铣削的刀片技术部分基于其他切削领域的发展。与众多领域专用(专门用于齿轮铣削领域)的发展一起,对新一代齿轮铣削刀具做出了贡献。这就创建了全面的用于模数 3~30 的盘铣刀和滚刀的产品范围以及新的加工方法。

新型切削刃。齿轮铣削使用高刚性的盘型铣刀,工艺的特性是断续的切削。除了切削刃上的热变化外,机械间断要求在硬度与韧性之间适当平衡,以提供高切削参数所需的耐用性与强度。除了切入和切出外,刀具材料提供的韧性程度是由形状和槽型确定的。但是,在齿轮铣削中,确定切削刃韧性的要求时,还需将相对小的径向切削深度与大的刀具直径两个因素结合起来考虑。

不使用冷却液的干式加工是可转位刀片铣削刀具和现在的高切削率时优先采用的方法。即使是使用大量冷却液,也难以对切削刃有很大的作用,大部分冷却液蒸发了。剩余的冷却液仅能够在刀片切入和切出切削时稍冷却。因此,热变化就被放大了,对刀片的负面影响比热量更大。在很大程度上,齿轮铣削中使用冷却液是继承使用高速钢刀具时的做法,或者是为了减少零件上的热量的需要。但是,采用硬质合金的齿轮铣削可以承受高温,因而不需要冷却液。在正确使用干式加工时,只有很少的热量传到零件上。

但是,对齿轮滚削,工艺则不同,一把刀具上常常会有超过 100 个切削刃参与切削。这是一种相对平稳的使用连续切削的切削工艺,切削厚度和

切削力方向是变化的。滚刀提供了高精度。高速钢滚刀通常采用 50~100m/min (165~330 SFM) 的切削速度,必须使用冷却液。与高速钢滚刀不同,硬质合金滚刀在 250~300m/min (820~985 SFM) 的切削速度时工作也十分优良,可以使用或不使用冷却液。

刀具材料造成性能的差别。现代涂层刀片材质具有提供高安全性的能力,这种高安全性是在高切削速度和高进给生成的温度条件下产生的。许多材质在干/湿条件下都工作良好。为了排屑或为了将尺寸保持在公差内要求保持零件温度,要使用冷却液,这就需要在湿条件下切削了。在讨论到铣削正常化表面硬化钢时,硬质合金刀片在高生产效率方面的优点就特别突出了。对于回火钢,主要优点是在高切削参数下显著地延长了刀具寿命。

对于硬度在 300HBW 以上的材料,使用可转位硬质合金刀具时,可采用的切削速度通常可以是传统的高速钢的 5 倍。可转位刀片在齿轮铣削中取得成功的重要因素是槽型和制造因素。切削刃的槽型、倒棱,以及刀片材质结合在一起,是获得最佳解决方案的重要组合因素。正确的刃带形状的微槽型、倒角和切削刃钝化决定性地影响切削刃的强度和耐用性。这对切削参数能力、安全性,都有直接的影响,并且对质量的一致性的可预测性尤其有非常重要的直接影响。刀片槽型也提供了良好的切屑形成性能,这对切屑的排出和处理都很重要。最后,宏观槽型和微观槽型以及切削刃在刀具上的位置不会像高速钢刀具重磨时那样发生改变。

良好的定位起到决定性作用。齿轮铣削刀具上有大量的刀片。在切削时,一个切削刃的位置影响其他切削刃。如果这些位置变化太大,它们就会对切削性能(切削力)和达到正确的精度水平的能力产生负面影响。从这个意义上讲,刀片定位、刀具制造技术和刀片的精确公差,对获得不断提高精度要求的市场所需的解决方案而言是至关重要的。

机床和刀柄对取得成功也很关键。像 Höfler 公司先进的和特别稳定的机床,与可乐满 Capto 心轴

接口结合,就提供了充分利用新的齿轮铣削的可转位刀片技术的基础。

新的可转位刀片技术越来越多地用于盘铣刀和滚刀。它也可以通过像 uP - Gear 技术和 InvoMilling 工艺等新方法,在专用机床系统上使用。除了在专用机床系统,齿轮铣削也可以在多任务机床和五轴加工中心上高效地进行。这种新技术得到当地和全球的专门致力于齿轮铣削(包括设计、应用和商业支持)的专业团队的支持。

重点一直是开发新一代刀具、切削方法和在全面控制所有相关技术和支持。结果是齿轮铣削再一次被广泛应用,这在一年多以前是无法想像的,但是,现在已经变成了现实。

新方法开启了新的可能性。除了新一代刀具外,新的铣削方法也获得了用于锥齿轮加工的 up-Gear 技术。这种技术已经用于 Gleason Heller 五轴机床。这些机床配备了对用户友好的软件和适用的刀具包,它提供了全新的、柔性的、高效率的和性价比的解决方案。与立铣工艺相比,加工时间缩短了。此外,由于刀具成本比使用专用的锥齿轮刀具低许多,因此,实际机床成本不高于传统的五轴机床。由于工艺的通用性,采用这种方法的刀具种类减少了。

另一个独特的新方法是用于加工中心和多任务机床的 InvoMilling 方法:一种槽铣和车铣的组合。采用这种方法可以加工任何模数和螺旋角的,渐开线的和非渐开线的齿廓。通过与机床制造商 DMG/Mori Seiki 的合作,在机床的数控界面上轻松操作,就可以在大量应用中执行齿轮铣削。而在以前,大部分齿轮铣削只能在专用机床上执行。

很多齿轮都是按照客户的具体要求生产的,客户可以只加工一个有特定要求的齿轮,或一批齿轮,也可要求提供一套传动解决方案。我们最经常处理的是小批量生产,即加工 1~100 个零件,但是也有全年生产几千个齿轮的订单。按照行业规范,一些产品(特别是涉及到用于汽车齿轮箱的零件)需要准时交货。我们是专业生产斜齿轮和直齿轮的制造商,为各种不同行业提供齿轮加工产品。

这是一家齿轮制造公司对自己的定位。他们

使用为各种行业的应用场合专门订制的、独特的齿轮加工刀具。利用工艺制造反推法,可以精确地确定磨损了的未知齿轮是怎样设计的,然后快速地制造出来。灵活性是商业理念的一部分。但是,生产中的通用性一直很难与高生产效率结合起来。必要的灵活性意味着每次根据需要加工不同齿轮都需要使用新刀具,并且每次都需要根据新齿轮对齿轮加工机床进行编程。

新方法

齿轮加工的灵活性基于多轴车铣机床的创新铣削方法: InvoMilling 加工方法。并且与 Mori Seiki 公司一起合作投入应用。Mori Seiki 公司需要一种替换当前市场上主要应用的、专门化的、相对慢的柔性齿轮制造工艺方法。这种创新的多轴解决方案基于先进但操作简单的切削策略。该策略是在标准的多功能机床上,利用现成的加工直齿轮和斜齿轮的切削刀具直接加工,而不是采用滚齿的方法。

新的 InvoMilling 多轴加工方法是通过使用标准的盘形铣刀和标准的专用面铣刀,制造直齿轮和斜齿轮的柔性生产方法。通过 X 轴与 B 轴或者 Y 轴与 B 轴联动,切削刀具就能沿着渐开线路径进行加工。因此,齿型变化会与刀具路径(而不是刀具形状)相一致。就这个用途而言,车-铣型机床是理想的机床。

在 DMG Mori Seiki NT 型机床上就可以采用这一新方法。这种多轴铣车中心能够同时进行铣削和车削。柔性的 B 轴的旋转范围为 $\pm 120^\circ$,直驱电机的采用可以获得高速度和高精度,分度能力为 0.0001° ,这一方法已经证明能显著地缩短加工时间,尤其是使用 5 轴加工复杂零件时效果更佳。滚齿是机床上执行的一种加工工序,也可加工与传动件有关的零件。但是,当生产许多不同类型和小批量齿轮时,滚齿并不是最佳解决方案。

目前,如果一个加工车间正在或打算投资购买数控机床,那么 InvoMilling 软件是一种很方便的选择方案。车-铣机床可以直接用于加工齿轮。

我们为各种模数范围提供了齿轮加工包,每个包内都有用于几个不同模数的三把刀具。有了

这些刀具包，就可以很容易在一个大模数范围内生产齿轮，灵活性极高，同时能满足特别严格的精度标准要求。

InvoMilling 方法

采用 InvoMilling 方法可同时将槽铣和车铣工序组合到一起。采用相同的刀具能够加工任意螺旋角的齿轮，包括渐开线和非渐开线轮廓。切削次数取决于齿轮尺寸和所使用刀具的尺寸。InvoMilling 可以发挥现代机床控制和数控机床的高精度作用，以及切削刀具的精度作用，从而可以加工精密齿轮，以及精磨削所需要的半成品齿轮。采用最新开发的刀片材质还可获得更高的切削参数，从而获得最优化效率。

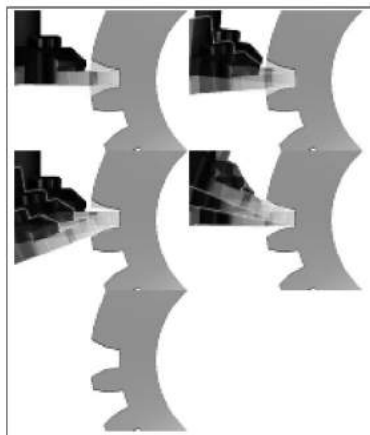
采用这种方法，还可对轮齿外径倒角，以及在齿根加工不同的凸角、齿廓和半径。每一次切削产生的切屑横截面小，没有所说的侧压力，因而可将振动倾向降低到最低程度。

例如，加工外直齿轮的齿槽时，首先应沿工件的轴方向铣削槽。为了进行随后的切削，齿轮需稍微旋转，与刀具的同步径向插铣相互协调。其结果是通过车铣获得渐开线曲线形状。



对于较大的模数，可能需要多次的切削。对于较宽的齿轮，刀具是在轴向方向偏置的，切削步骤被不断重复。

由于每个 InvoMilling 刀具覆盖了几个模数尺寸，所以，在小到中批量生产中，InvoMilling 降低了加工成本。例如，加工模数 2 到 4 的齿轮使用相同的刀具，三把刀具就可覆盖模数为 2~12 的所有齿轮。迄今，采用 InvoMilling 法铣出的最大齿轮模数是 18、直径为 800mm。它拥有缩短齿轮加工交货期、降低成本的明显优势。



现代可转位刀片技术

现代可转位刀片技术使新方法获得了成功。采用 InvoMilling 方法，齿轮齿的质量可达到 DIN 3962 6 级或以上。此外，在有足够刚性的机床上，正确使用刀具，可以达到比 $R_a 3\mu\text{m}$ 更好的表面精度。采用精确的刀具路径和精密刀具的 InvoMilling 方法可以生产出很有竞争力的高质量齿轮。依靠这种方法，可以生成各种齿轮磨削余量。这种方法的低切削力可以在切削时运用更高的切削参数，同时保证小公差所需的精确齿廓。这些优点与这种齿轮加工方法的灵活性相结合，成为齿轮加工的成功因素。

所谈到的铣削刀具使用的标准的硬质合金刀片在机床外很容易转动位置，也很容易保存在刀盒内。加工模数为 4~10 的，齿数小于 30 的齿轮的 InvoMilling 用时可以与使用单头高速钢滚齿相比。由于许多工序可以纳入到多任务中，齿轮可以在一次机床装夹内完成加工，其结果是缩短了交货时间和更换产品时间，具有可在生产过程中临时插入产品的优势，有利于单件、小中批量齿轮的柔性生产。

因此，即使制造齿轮本身的周期时间长于使用滚齿的时间，但缩短了总体制造时间。最后，由于无需等待制造专用刀具，一次新的装夹后就可以开始生产了。通过推出 InvoMilling，山特维克可乐满进行了技术升级，采用标准用途机床制造出高质量齿轮，显著地降低了加工成本，提高了灵活性并大大缩短了交货时间。□

数控机床滚珠丝杠用碟形弹簧 压缩量的计算

汉川机床集团有限公司 王 雷 陈立强 秦 岭 杨振辉
浙江工业大学理学院 杨鸿博

【摘要】 滚珠丝杠作为数控机床传动系统的重要零件，因制造厂家的加工误差、安装调试的位置误差、环境冷热变化的热胀冷缩变形、自身重量的下垂变形等综合作用，严重影响着滚珠丝杠的传动精度。如何减少这些影响？实践证明，在滚珠丝杠轴系中用压缩碟形弹簧来实现向丝杠轴施加预拉力，以减少和消除丝杠和螺母座间轴向间隙，减少丝杠轴自身重量的下垂变形是简单有效的方法。通过分析碟形弹簧的特点和组合方式，经计算和校验，求解出合理的碟形弹簧组合方式和压缩量，以达到理想的丝杠轴向预拉力。

1. 引言

滚珠丝杠是现代数控机床的关键零部件，它的精度直接影响着机床的整体精度。由于滚珠丝杠是由滚珠当中间滚动体（如图1所示）丝杠与螺母座相对运动，滚珠与滚道面接触点的弹性变形引起的螺母座位移量，丝杠与螺母座轴向有间隙。轴向间隙虽然不是影响往一个方向进给时定位精度的主要因素，但在进给方向转换或轴向负载逆转情况下会产生齿隙。轴向精度主要因导程精度，丝杠轴刚度，热变形，运动过程的姿势变化等。为了减少或消除螺母座与丝杠间的轴向间隙，为了补偿因工作温升高而引起的丝杠伸长，保证滚珠丝杠在正常使用时的定位精度如滚珠丝杠的系统刚性，对有快速驱动并有定位精度要求的精密滚珠丝杠副，其丝杠轴在安装时需要进行预拉伸负载。预拉就是预先使丝杠产生一定的应力，滚珠丝杠在受拉力后会产生变形，简单的说是受拉力伸长，这样在运动时受拉力后滚柱丝杠轴向变形的量会

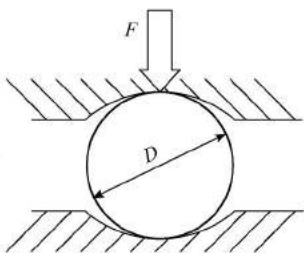


图1 滚珠滚道截面

小很多。滚珠丝杠轴本身自重，产生的下垂变形也不可忽视。为了提高滚珠丝杠的精度，减小轴向间隙，经常采用压缩碟形弹簧来实现向滚珠丝杠轴施加轴向预拉力。因此，根据滚珠丝杠的尺寸和需要的轴向预拉力，选择合适的碟形弹簧和计算准确的压缩量是设计中不可忽视的环节。

2. 碟形弹簧的特点

碟形弹簧是用钢板冲压成形的截锥形弹簧，如图2、图3所示。国标 GB/T 1972—2005 规定了它的技术要求。

按厚度分为三类：1、2、3，见表1。按其外径 D 、压平时变形量 h_0 和厚度 t 的比值 D/t 、 h_0/t 分成 A、B、C 三个系列，见表2。

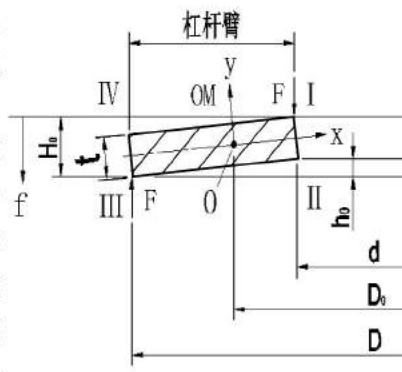


图2 无支承面的单片碟簧截面

同时也给出了碟形弹簧的尺寸以及相对应的参数。它有以下几点特点：①体积小，刚度大。能以小变形承载大载荷，非常适合轴向空间小的场合。②

可变刚度，稳定性强。变形量和厚度的比值不同，其特征曲线不同。当压缩量不变化时，其承载不变，适合于载荷不确定的场合。③缓冲吸振能力强，能以小变形承受大载荷。④组合方式多变，使用寿命长，维修更换容易^[1]。



图3 碟簧实物

表1 碟簧的类别

类别	厚度 t/mm	支承面
1	<1.25	无
2	$1.25 \sim 6.0$	无
3	$>6.0 \sim 14.0$	有

表2 碟簧的系列

系列	D/t	h_0/t
A	≈ 18	≈ 0.4
B	≈ 28	≈ 0.75
C	≈ 40	≈ 1.3

表3 碟簧参数

系列	类别	外径 D /mm	内径 d /mm	厚度 t /mm	压平时的 变形量 h_0 /mm	自由 高度 H_0 /mm	$f \approx 0.75h_0$			
							F/N	f/mm	$H_0 - f$ /mm	σ_{0M} /MPa
A	2	100	51	6	2.2	8.2	48000	1.65	6.55	-1250
B	2	100	51	3.5	2.8	6.3	13100	2.1	4.2	-926
C	2	100	51	2.7	3.5	6.2	8610	2.63	3.57	-895

表4 计算系数 K_1 、 K_2 、 K_3 的值

$C = D/d$	1.96
K_1	0.686
K_2	1.211
K_3	1.362

(续)

3. 碟形弹簧的组合形式^[1]

常见碟簧的组合形式

型式	简图及特性	载荷及变形的计算公式
叠合组合		$F = n \times f$ $f_s = f$ $H_s = H_0 + (n + 1) \times t$
对合组合		$F_s = F$ $f_s = i \times f$ $H_s = i \times H_0$
复合组合		$F_s = n \times F$ $f_s = i \times f$ $H_s = i \times [H_0 + (n - 1) \times t]$

型式	简图及特性	载荷及变形的计算公式
由不同厚度组合片数相同组合		$F_s = n \times F$ $f_s = 2 \times (f_1 + f_2 + f_3)$ $H_s = 2 \times (H_1 + H_2 + H_3)$
由厚度相同片数递增组合		$F_s = F$ $f_s = 6 \times f$ $H_s = 6 \times (H_0 + f)$

说明： F_s —总载荷（N）； f_s —总变形量（mm）； H_s —组合碟簧的总自由高度（mm）； i —对合片数（片）； n —叠合层数（层）。

4. 碟形弹簧压缩量计算

预拉就是在滚珠丝杠副装配时，旋转丝杠轴两端的锁紧螺母，以压缩碟形弹簧，在丝杠轴的长度方向上产生一定的拉力。原因是丝杠轴在运动中温升时，热应力效应会使丝杠轴伸长，使丝杠轴的长度变的不稳定，目的是为了有效消除该

部件的弹性变形,以期获得平稳的运动精度。但要注意,过大的预拉力会烧坏轴承。一般预拉力的大小根据丝杠最大轴向载荷的1/3计算,但当最大轴向载荷 $F_{\max}$ 难于或无法计算时可近似取轴向额定动载荷 C_a 的1/20~1/10。通常,在实际设计工作中,预拉力的大小可根据公式(1)来确定:

$$F_{\text{pr}} = \frac{\Delta l \times E \times A^{[2]}}{L} \quad (1)$$

式中 F_{pr} ——丝杠轴预拉力, N;

Δl ——丝杠轴热伸长量, mm; $\Delta l = \alpha \times \Delta t \times L$, α ——材料的热膨胀系数, 对于钢 $\alpha = 11.7 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$; Δt ——丝杠轴的温升, $^\circ\text{C}$;

L ——丝杠轴螺纹部有效长度, mm;

E ——材料的弹性系数, 对于钢 $E = 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$;

A ——丝杠轴螺纹部断面面积, mm^2 ; $A = \pi d_1^2/4$, d_1 ——丝杠轴螺纹小径, mm。

计算出丝杠轴预拉力后, 碟形弹簧压缩量可以下面公式来确定:

$$F = \frac{4E}{1-\mu^2} \times \frac{t^4}{K_1 D^2} \times \frac{f}{t} \times \left[K_4^2 \times \left(\frac{h_0}{t} - \frac{f}{t} \right) \times \left(\frac{h_0}{t} - \frac{f}{2t} \right) + 1 \right]^{[1]} \quad (2)$$

式中 F ——碟形弹簧载荷, N;

μ ——泊松比, 对于弹簧钢 $\mu = 0.3$;

h_0 ——无支撑面碟簧压平时变形量, mm;

t ——碟簧厚度, mm;

D ——碟簧外径, mm。

K_1 、 K_4 ——计算系数。

当无支撑面碟簧压平时, $f = h_0$, $K_4 = 1$, 上式简化为:

$$F_c = \frac{4E}{1-\mu^2} \times \frac{t^3 h_0^{[1]}}{K_1 D^2} \quad (3)$$

举例: 某品牌滚珠丝杠轴径为63mm, 丝杠轴螺纹小径为55.9mm, 丝杠轴端直径为50mm^[3], 丝杠轴螺纹部有效长度为3000mm, 轴承支撑形式为“固定—固定”, 丝杠轴温升约为2 $^\circ\text{C}$ ^[5]。弹簧预选无支撑面的, 材料为60Si2MnA的碟簧, 为方便碟簧安装和测量, 一般采用1组或2组对合组合型式^[2]。

第一步, 应用公式(1)计算丝杠轴预拉力为:

$$\begin{aligned} F &= \frac{\Delta l \times E \times A}{L} = \frac{\alpha \times \Delta t \times L \times E \times A}{L} = \alpha \times E \times A \\ &= 11.7 \times 10^{-6} \times 2 \times 2.06 \times 10^5 \times 3.14 \times \frac{55.9^2}{4} \\ &= 11824(\text{N}) \end{aligned}$$

第二步, 根据计算得到的丝杠轴预拉力数据, 即碟簧载荷 F , 查表3的碟簧参数, 初选碟簧为: B系列的100×51×3.5×6.3。已知 $D/t = 100/3.5 = 1.96$, 查表4, 得 $K_1 = 0.656$ 。应用公式(3)计算碟簧压平时的载荷 F_c :

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{4E}{1-\mu^2} \times \frac{t^3 h_0}{K_1 D^2} \\ &= \frac{4 \times 2.06 \times 10^5}{1-0.3^2} \times \frac{3.5^3 \times 2.8}{0.686 \times 100^2} \\ &= 15500(\text{N}) \end{aligned}$$

第三步, 根据碟簧载荷 F 和碟簧压平时的载荷 F_c 计算: $F/F_c = 11824/15500 = 0.76$ 。

第四步, 根据 $F/F_c = 0.76$, 查图4, 得 $f/h_0 = 0.68$, 那么计算得 $f = 0.68h_0 = 0.68 \times 2.8 = 1.9(\text{mm})$ 。

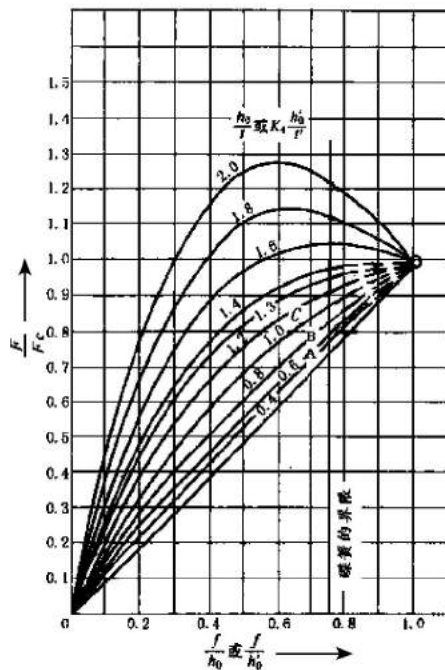


图4 单片碟簧特征曲线^[1]

第五步, 根据图5、6碟簧安装形式, 应用表1的载荷及变形的计算公式: $f_z = if$, 给出碟簧压缩后的高度为 $H = H_0 - f_z = if = 4 \times 6.3 - 4 \times 1.9 =$

17.9 (mm)。

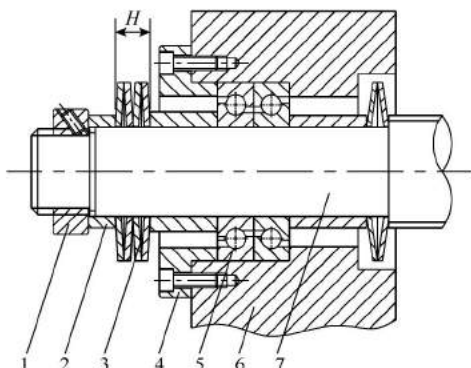


图5 碟簧的应用简图

1. 锁紧螺母 2. 挡套 3. 碟簧 4. 法兰盖
5. 轴承 6. 床身 7. 滚柱丝杠轴



图6 碟簧的安装实况

5. 碟形弹簧校验

静载荷作用下的碟簧，通过校验 OM 点的应力 σ_{OM} 来验证碟簧的安全。在压平时的 σ_{OM} 应接近碟簧材料的屈服点 σ_s ，对于材料 60Si2MnA 的碟簧，其屈服点的 $\sigma_s = 1400 \sim 1600$ (MPa)。

$$\begin{aligned}\sigma_{OM} &= \frac{4E}{1-\mu^2} \times \frac{t^2}{K_1 D^2} \times K_4 \times \frac{f}{t} \times \frac{3}{\pi} \\ &= \frac{4 \times 2.06 \times 10^5}{1-0.3^2} \times \frac{3.5^2}{0.686 \times 100^2} \times 1 \times \\ &\quad \frac{2.1}{3.5} \times \frac{3}{3.14} \\ &= 927 \text{ (MPa)} < \sigma_s\end{aligned}\quad (4)$$

符合要求，初选碟簧合适。

6. 结语

滚珠丝杠轴热伸长对数控机床定位精度和重复定位精度的影响不可避免，经统计分析，在数控机床的所有误差中，滚珠丝杠轴发热所导致的丝杠伸缩是机床定位误差的主要来源^[6]。用压缩碟形弹簧来实现滚珠丝杠轴预拉伸是生产实际常用的方法^[7]。□

参考文献：

- [1] 徐灏主编. 机械设计手册 (第2版第3卷). 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 汉江机床厂. 滚珠丝杠产品目录. 2005.
- [3] THK 公司. 精密滚珠丝杠产品目录. 2006.
- [4] 丁旭光. 用于浮动精锻模中的碟形弹簧设计. 锻压技术, 1999. 01.
- [5] 宋现春. 高速滚珠丝杠副综合性能实验台的机械加工与机床. 2008. 01.
- [6] 王兆坦. 影响滚珠丝杠副热伸长的因素及解决对策. 机械制造与机床. 2007. 10.
- [7] 杨振辉. 影响超长行程龙门式数控机床滚珠丝杠精度的因素与对策. 机械工程师. 2009. 10.

2013 AUTOMOBIL PRODUKTION 汽车制造中国峰会将于广州召开

中国市场需要什么样的汽车？未来汽车蕴含怎样的技术？如何制造高品质的汽车和建立全球化供应体系？世界汽车界翘楚将于 11 月 21 ~ 22 日广州车展期间齐聚广州香格里拉大酒店“2013 AUTOMOBIL PRODUKTION 汽车制造中国峰会”，回答上述问题。

自 1986 年 5 月德国 AUTOMOBIL PRODUKTION《汽车制造》杂志在斯图加特首次举办 AUTOMOBIL FORUM Stuttgart 以来，已经成为欧洲汽车企业高管们的春季盛会。各大欧洲汽车企业在会上纷纷给出行业发展分析和精彩见解。2013 年 11 月 21 ~ 22 日，由《汽车制造》主办的“汽车制造中国峰会”首次在广州车展期间召开，邀请来自欧洲、亚洲和北美的行业领导者分析中国汽车市场的发展，介绍从零部件采购到整车营销之间诸多环

节的管理经验和先进技术。

本活动以“全球汽车市场未来发展趋势——生产与品质”为题，聚焦中国市场需要什么样的汽车，未来汽车蕴含怎样的技术，如何制造高品质的汽车和建立全球化供应体系等议题。大众汽车集团中国执行副总裁戴诗林、宝马中国总裁安格、北京奔驰总裁戴斯、奥迪中国总裁冯德睿以及美国、日本和中国本土汽车品牌的高层都将在峰会上做精彩的演讲，博世、大陆、李尔等汽车零部件领军企业的中国区负责人也将分享最新的生产制造技术。

“汽车制造中国峰会”得到了中国贸促会汽车行业分会、德国汽车行业协会、德国璞锐咨询公司的大力支持，峰会将被指定为 2013 年广州车展官方高峰论坛。
www.china-automotive-congress.com。

2013 年澳大利亚国际机床展览会 参观考察简报（下）

中国机床工具工业协会 刘森执笔

2. 金属成形机床展品

该展会展出的金属成型机床的数量、面积和档次均不低于金属切削机床。国际知名钣金设备制造企业均有数控钣金机床展出。多数企业展出的冲压、切割类机床配置了自动输料装置和料库。



在某代理商展台上，展示的全是著名品牌产品，其中包括 3 台德国通快公司（TRUMPF）的产品。Tru Punch 3000 数控冲床的冲头采用了双伺服电机进行控制，20 余个冲压模具呈“一”字排列安装在机床中间的模具横梁库架上，可实现快速交换冲压模具，加工时模具根据冲压工件工艺的需求可实现自动旋转。该机还可以对中小工件实现螺纹加工、浅拉伸和握弯成形，并可实现中小件的自动出料和码垛。该机床特点是可以不间断地完成生产工件，板材使用率平均提高 10%，可降低材料成本，并具备智能化功能。展出的 Tru laser 1030 光纤激光切割机，属于二维激光切割机，加工范围 3000 mm × 1500mm，最大加工板厚：钢 15mm、不锈钢 6mm、铝 5mm、黄铜 3mm，最大速度 85m/min；光纤激光发生器功率 2000 ~ 2500W。该激光切割机采用了单切割头技术，不用更换切



割头就能切割不同厚度板材，可有效地提高工作效率。该机配置自动输料装置和料库。另外，通快公司还展出了 Tru Bend 7036 小规格的数控折弯机。

该展区还有 1 台 KUKA 公司的数控焊接机床。该机床配置绕垂直轴转位的交换工作台，工件在加工区外装卸，由 KUKA 多轴焊接机器人在密封区对工件进行焊接。

意大利萨瓦尼尼公司（Salvagnini）展出了 L3 数控光纤激光切割机。该机采用飞行光路光束传输稳定，可快速准确定位和加工工件。激光切割头采用单一聚焦透镜，安装于可插入式的透镜盒内，可高速完成不等厚的钢、铝、黄铜、紫铜等不同高反光材料的切割。使用光纤电源，激光束微小，提高了工件切割加工的质量，同时降低能耗 70%，且无须光源预热和气体保护，无待机时间能直接开机运行，待机时的能耗减少了 8 倍。由于激光束密度极高，确保了较高的切割和穿孔速度。

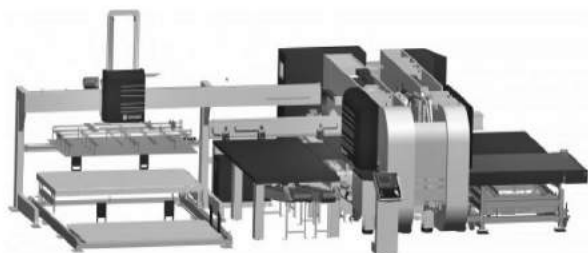


瑞士百超公司（Bystronic）展出了 Bytrans 3015 Extended 数控光纤激光切割机。该机配置了

输料装置和储料库。百超的 ByTrans Extended 智能化自动上下料系统,较一般输送系统提高了两倍储存能力,能识别被保护工件和废料,并将它们分别存放到不同托架中,提高了设备的效率。激光光束不经由反光镜直接通过光纤传输到切割头,激光光路传输简捷,运行和服务成本大大降低。百超公司是国际上能够全面掌握数控光纤切割机从数控系统、驱动单元到光纤激光发生器、专用切割头及机床整机完整技术链全部核心技术的少数公司之一。此外,该公司还展出了 1 台数控折弯机。



西班牙丹诺巴特公司 (DANOBAT) 展出的型号 CUPRA electric punch + shear combination 数控冲床 + 数控剪切机 + 物料输送储存装置构成的联合生产线,全部采用伺服驱动。机床工作台 1500 mm × 3000mm。数控冲床冲裁力为 300 kN,数控剪切机剪切力 150kN; X 轴的运动速度 120m/min, Y 轴的运动速度 80m/min,可以加工厚度 0.5 ~ 4mm 的板材。本机配置 DANOBAT 公司自行开发的能源系统能够节省 60% 电能消耗; CUPRA 模拟排料系统使材料应用做到更合理,提高了材料的利用率;同时可实现成品工件、废品分别码放堆叠。这条 CUPRA 生产线为实现加工矩形钣金件大批量生产提供了良好的解决方案。



日本天田公司展出的 FO 3015 NT 数控光纤激光切割机,应用飞行光路切割头,配置安田公司

自己开发的 AMADA AJ4000 光纤激光发生器,功率可在 2000 ~ 4000W 进行选择。X/Y/Z 轴行程为 3070 × 1550 × 200mm, X/Y/Z 轴快速进给为 80/80/60m/min, XY 轴合成快进速度为 115m/min,机床定位精度 ± 0.01mm。机架上运动的部件采用双伺服电机驱动,具有快速、高刚性并保障稳定的加工精度。该机还具有加工检测功能和补偿功能。



3. 澳大利亚企业展品情况

澳大利亚机床制造业不发达,但也有几家机床制造企业展出了不错的产品。

澳大利亚安卡 (ANCA) 集团公司展出 MX5 数控刀具磨床,应用公司自己的数控系统可实现 6 轴联动,主轴电机功率 26kW,加工刀具范围 $\phi 2 \sim \phi 32 \times 260\text{mm}$ 。该机床的工作台与工具主轴为一体结构可实现 4 轴联动,垂直安装在龙门架下的双摆角磨头对刀具进行磨削。该机主要用于回转刀具的精密磨削加工,具备自动上下料功能。数控系统配置专门针对磨削刀具而设计的软件,能实现在圆棒料上直接磨出螺旋槽并实现刃部磨削。可磨削端铣刀、钻头、丝锥、球形铣刀、枞树棒铣刀、汽轮机和飞机发动机叶片及磨削人造关节等。该机床的最大卖点是机械部分、数控系统、驱动单元和操作系统,都是专门为刀具磨削而开发,其不同于其他数控系统,特别适用于刀具的磨



削,可大幅提高加工效率。数控系统的专用软件具有自主知识产权,多项技术具有国际发明专利。

美国麦迪克 (Multicam) 澳大利亚子公司展出了 MULTICAM SR2412vi 龙门数控加工中心。该机床主要用于非金属 (木材、玻璃、塑料、陶瓷、

石料等)各种重型板材的雕刻、镂空、切断等工序,也可以对金属板材进行加工。



在龙门架一侧有刀库,采用主轴移动到位换刀方式。龙门架上有工件吸附装置可实现对板材的搬运。该机可配置吸尘装置。

另一家澳大利亚企业展出了 PCS 6500BHB 简易型龙门复合加工机床。该机床的特点是在龙门立式加工中心的主轴箱右侧加装了一个等离子切割头。等离子切割头借助于加工中心的数控系统对板材进行形状切割。加工中心对工件进行机械加工。此台机床很适合小型企业,机床采用简易导轨,采用大跨度龙门,能够对大型板状工件进行加工。



4. 中国企业机床参展情况

我国仅有几家机床制造企业参加了该展会的机床展览。在代理商的展台上,我国江苏亚威公司展出了两台数控成形机床。其中 HPE-3058 高速数控砖塔冲床具有速度更快、能耗更省、噪音更低的特点。采用先进的机械伺服冲头,每分钟冲压频次达到 1500 次。该机采用加厚转塔镶套结构,导向好、精度高、模具寿命长,可实现四轴联动功能,同时支持滚轮、攻丝、多子模功能。

亚威公司还展出 PBHS-110-3100 CNCT 数控折弯机,具有高速度、高精度;滑块运行通过滚珠丝杠传动,光栅尺反馈位置信号,可实现全闭环控制。机床具有节能、噪音小、定位精确等特点。工



作台具有机械挠度补偿和喉口变形补偿机构,可即时实施补偿,以确保加工件的折弯精度。



我国杭州先临科技股份有限公司展出了三维扫描仪。该仪器采用白光技术原理,仪器体积小。扫描速度 4 万~5 万点/秒,精度 0.020~0.04mm,扫描距离 1.5m。扫描采用自定位技术,无须其他辅助装置。多台扫描仪可同时工作扫描,所有的数据都在同一个坐标系中。如飞机驾驶舱,汽车内外部等。该仪器适用于逆向工程外观造型、设计和分析。

该公司还展出 3D 打印机,体积约 400mm × 400mm × 500mm,在现场演示打印由白塑料材料构成的模特头像。该机销售价格为 6000 元。

三、对展会及澳大利亚机床工具市场印象

1. 展会印象

“澳大利亚国际机床展览会 (AUSTECH)”,每年举办一次,规模不大,展品基本齐全,除了重型机床外几乎涵盖了机床制造领域主要产品,数控机床以中小规格的中档数控机床为主,辅以少量的高端数控机床,普通机床为数不少,量刃具、磨料磨具及组合夹具等展品都定位于本地市场,能够满足现今大洋洲制造业不同层次的需求。

2. 澳大利亚机床工具市场

澳大利亚被世人誉为是骑在羊背上、躺在矿物资源上的国家,服务业占到 50% 以上,上述三大

行业构成澳大利亚的主要经济产业。澳大利亚制造业不发达，机床制造业更是寥寥无几。展出的机床金属成形机床数量几乎与金属切削机床相同，可能是矿业、建筑业和轨道交通等领域需求更多的金属成形设备。澳大利亚汽车和汽车零部件制造比其他制造业发达，已经生产了各种澳洲品牌

的各类汽车，对机床工具有一定需求，机床需求以中高端数控机床为主，辅以普通机床，金属成形机床使用有较高的比例，同样需求较多的易耗品，如：量刃具、磨料磨具等产品。中国企业若打算进入该市场时，应该注意寻求在当地有一定规模和商业信誉的代理商。（全文完）□

美国哈斯举办全国开放日活动

——新一代哈斯数控切削中心登场亮相

2013年8月28日，美国哈斯数控机械公司（HAAS）在其位于中国的多家 HFO 及上海外高桥展示中心，举办了别开生面的中国客户开放日活动。这是继今年4月哈斯在美国总部举办 HaasTec 开放日后的又一场盛会。来自全国汽车、模具、电子、医疗、航空航天等行业的用户代表们齐聚一堂，在分享了哈斯成功之道的同时，感受了哈斯新一代数控车削中心 ST 系列方阵带来的强势革新震撼。

拥有着30年历史的哈斯一直以独特的经营理念受到业界关注，其特有的 HFO 模式、业内价值最高的机床、面向市场上80%客户的丰富产品线、极为简便和人性化设计的哈斯操控系统、持续的技术变革和改进等，成就了哈斯的每一次成功，也助力广大加工制造企业和工程师实现梦想。这些特质完全契合了公司创始人 Gene Haas 先生最初创立哈斯的目标——制造价格合理的机床，实现机床的最大价值，操作简便，便于快速维修。“在产品设计初期，这些因素就会被优先考虑，并充分考虑到了操作人员日常操作的便捷性”。哈斯中国区产品经理张杰介绍说。

本次开放日活动上的耀眼明星——新一代的 ST 系列哈斯数控车床，无论在设计还是功能方面都极具创新。譬如：ST 系列的冷却液水箱容量比 SL 系列增加一倍；尾座铸件被整合到底座中，加

工方式同 SL 系列；尾座头部分为两部分，校准更方便；刀塔则采用与 ST 系列相同的一体式联结器；保留了 SL 系列的蜗杆驱动系统。这个系列的车床是为满足现代新型工厂当下及将来的各种需求而设计。其功能全面，在不改变机床尺寸的情况下增加了切削力度和功能都更为强大的大孔径机型。

开放日现场，哈斯 ST-10、ST-20、ST-20Y、VF-3SS 还纷纷拿出看家本领，向前来的客户们展示了小零件精密加工、中等棒料加工、Y 轴动力刀铣削、铝材料大切削等加工试切，出色的加工表现令人叹为观止。



自2010年以来，哈斯将工程设计方面的重点聚焦在简化机床和生产线方面，2012年开始对于简单、可靠的关注度胜过新产品。这些转变都令哈斯在往稳健发展的道路上走得更好更远。一组数据显示，近两年中，保修期内的哈斯机床维修的百分比下降明显。不少用户也对哈斯品牌的信任度与日俱增。□

用于经济型使用的多轴加工中心

Multi-spindle machining center for economic operation

Von Helmut Damm

作为世界最大的汽车供应厂商之一的大陆公司（Continental）要按照他们全球顾客的需求生产，将来的生产设备也同样必须灵活地适应客户需求的变化。从这个意义来说，SW公司已经为大陆公司开发了一种“世界机床”。

作为全球汽车供应的重要厂商，大陆公司远远超出了车辆构件的制造和按时交货的能力。这里，专有的组件和标准部件的OEM方式（来件组装）摆脱了开发和生产各种成套汽车部件的困境。

这样，在46个国家约有173000员工的情况下，处于世界各地的制造厂，其中还包括各分支机构特有的开发部门和工业工程部门，其业务流程的组织 and 协调运行，得到中央指挥部门的支持。这些战略

规划部门，从实现需求规划和投资规划直至生产日程，都得到了地方专家团队的支持，除了必要的技术和生产专有知识外，还获得非常有价值的当地知识。

确实停止了吗？——向Gifhorn致谢

Herbert Schmidt先生是大陆公司在Gifhorn生产点的分中心专家团队的领导，他是液压制动系统方面所有规划和工业工程问题的发言人。其中，在这里为全世界知名的汽车制造商生产的制动座、组件、双联主动活塞和其它系统部件等，零件的数量有百万件之多。所以，由于功能卓越的制动而使运动部件可靠地处于静止状态，多半得益于Gifhorn的高质量标准。

除了已经被证明了的和标准化的过程以外，这些质量标准还有许多生产设备的操作规程作为保证。最后还有一个重要方面，就是为什么一个持久的供应商关系不是口头承诺。Schmidt先生认为，

“在具体项目中，与有选择的供应商合作，确保了我们最大可能的成功率。我们的合作伙伴了解我们的关键工艺流程，并知道我们为此付出的特殊价值。过去，我们已经与来自维修和质保界的有经验且有资质的同事们一起消除了很多薄弱环节。由于双方的知识状况较好，所以我们能够保障安全。至于在后续的规划项目中，我们的合作伙伴能够为我们提供经济的和制造技术适宜的解决方案，并在生产运行中，生产启动时间和停机时间明显减少。因



图1 材料为 GGG 50的尚未加工的制动座毛坯，大陆公司在BA 600 型 SW 双主轴双工位机床上进行大批量加工和在新的BX621型双主轴单工位机床上进行小批量生产

用于经济型使用的多轴加工中心

Multi-spindle machining center for economic operation

Von Helmut Damm

作为世界最大的汽车供应厂商之一的大陆公司（Continental）要按照他们全球顾客的需求生产，将来的生产设备也同样必须灵活地适应客户需求的变化。从这个意义来说，SW公司已经为大陆公司开发了一种“世界机床”。

作为全球汽车供应的重要厂商，大陆公司远远超出了车辆构件的制造和按时交货的能力。这里，专有的组件和标准部件的OEM方式（来件组装）摆脱了开发和生产各种成套汽车部件的困境。

这样，在46个国家约有173000员工的情况下，处于世界各地的制造厂，其中还包括各分支机构特有的开发部门和工业工程部门，其业务流程的组织协调运行，得到中央指挥部门的支持。这些战略

规划部门，从实现需求规划和投资规划直至生产日程，都得到了地方专家团队的支持，除了必要的技术和生产专有知识外，还获得非常有价值的当地知识。

确实停止了吗？——向Gifhorn致谢

Herbert Schmidt先生是大陆公司在Gifhorn生产点的分中心专家团队的领导，他是液压制动系统方面所有规划和工业工程问题的发言人。其中，在这里为全世界知名的汽车制造商生产的制动座、组件、双联主动活塞和其它系统部件等，零件的数量有百万件之多。所以，由于功能卓越的制动而使运动部件可靠地处于静止状态，多半得益于Gifhorn的高质量标准。

除了已经被证明了的和标准化的过程以外，这些质量标准还有许多生产设备的操作规程作为保证。最后还有一个重要方面，就是为什么一个持久的供应商关系不是口头承诺。Schmidt先生认为，“在具体项目中，与有选择的供应商合作，确保了我们最大可能的成功率。我们的合作伙伴了解我们的关键工艺流程，并知道我们为此付出的特殊价值。过去，我们已经与来自维修和质保界的有经验且有资质的同事们一起消除了很多薄弱环节。由于双方的知识状况较好，所以我们能够保障安全。至于在后续的规划项目中，我们的合作伙伴能够为我们提供经济的和制造技术适宜的解决方案，并在生产运行中，生产启动时间和停机时间明显减少。因



图1 材料为 GGG 50的尚未加工的制动座毛坯，大陆公司在BA 600 型 SW 双主轴双工位机床上进行大批量加工和在新的BX621型双主轴单工位机床上进行小批量生产

而保证了长期的竞争力。”

在Gifhorn驻地的52 SW机床

多年来，这样一个为大陆公司的大批量生产进行合作的技术合作伙伴是SW机床有限公司的多轴加工中心的专家Waldmössinger先生。据主管经理Horst Meinhold先生说，仅在Gifhorn就有52台机床，大陆公司在世界各地甚至有170台各种各样的机床。“从已经选定的多工位圆转台机床到各种用户特定配置的2轴和4轴大功率加工中心，全都是加工时间与工件交换时间并行和补充了自动化功能的双工作台加工中心机床。而且大陆公司应用了线性驱动和滚珠丝杆驱动等两种型号的机床。”他补充说：“在Gifhorn，甚至有一个只生产SW机床的车间被大陆公司的员工亲切地称为Schwabben（施瓦本人）车间。”



图2 从Gifhorn开始到全世界，不仅用于加工制动座，将来大陆公司还能灵活地改造发展BX621机床。IE和规划主管Herbert Schmidt、技术员Dirk Peters，财务经理Horst Meinhold (SW) 和调试员Manfred Schadofske (左起) 都为Gifhorn生产点的机床成果感到高兴



图3 紧凑的带工件X坐标的 BX 621机床

就大批量生产来说，SW公司以他们坚固耐用和高生产率的多轴机床在进行自动化的、过程可靠的重切削加工以及轻切削加工时，可能居于优势地位。

然而，如果零件数量不总是那么大呢？当构件的节拍时间允许工件连续交换时，因为不需要两个工作空间用来配备使加工时间并行的技术装置，也不需要整体自动化，就应对措施而言，购买机床明显更有利，如何考虑？还有，如果工件交换不采用自动化，而在成本很低的国家配备一名员工站在机床旁不是更好吗？

因为大陆公司在世界各地，一方面要以完全不同的当地成本结构进行生产，而另一方面又要根据情况限时放弃大批量生产，偶尔进行小批量加工。2011年秋，SW公司主要考虑的正是这个问题。其背景是还在以大批量生产方式，加速生产现有的中等批量的新型制动座。其主要状况如下：

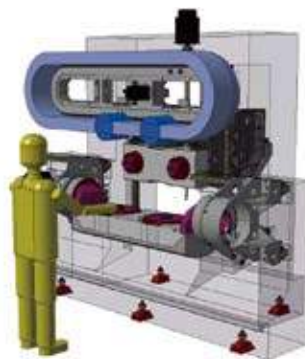


图4 BX 621机床的结构原理

- (1) 主轴间距600mm的单工位2主轴和4主轴机床并任选了可自动化。
- (2) 到目前为止，BA600型的2工位机床约占投资量的50%；
- (3) 现有刀具的可使用性和用BA机床批量生产的夹紧装置；
- (4) 供货期：9个月。

9个月后再在美国从零开始

事实证明，SW公司的机床品种在迄今为止的大批量生产领域是能够满足应用需要的，因为仅就有关2工位机床而言，人们还没有准备就绪的解决方案。Horst Meinhold先生说：“由于我们很快就领悟了价格目标的瓶颈所在，我们知道，把一台标准

机床修改为单工位机床是不可能达到预期目标的。所以，剩下的只有退回来独自进行全新的开发。研发期间，需要与在Gifhorn和法兰克福的大陆公司的专家们频繁地进行短线联系，仅仅9个月以后，我们就把新的BX621型的成熟机床推向了市场，并在2012年中，这种型号的第一台机床就提供给了大陆公司在美国的销售点，这是我们设计和开发人员的一个了不起的成就。新机床更非凡的工作能力让更多人领略了新机床的创新程度。”

首先，由获得专利的单壁技术替代SW—机床典型的整体床身，考虑了受力流的封闭和BX621机床的高刚性。此外，进给轴的分配是新的。刀具沿Y和Z方向运动，工件沿X方向移动。力矩驱动的回转坐标轴承箱与紧固夹一起作为封闭的推力联合体，在驱动边通过滚珠丝杠驱动，沿X—方向移动。这样，可以取消一个X滑座，非但没有技术损失，还降低了成本。此外，这种A—轴和X—轴组合的悬臂式结构使切屑下落很顺畅。

在实践中令人信服

在Gifhorn，大陆公司应用编号为9和10的机床加工世界各地的制动鞍座。主要的加工工作OP10是在2台BX—621加工中心上用直径为250mm的大型盘铣刀加工主要竖孔和矿井衬垫，为此，机床还配备有足够的回转力矩和稳定性。因为可以选择从右边或左边排屑，有利于2台BX621机床的相对就位，而且



图5 BX 621机床上面和前面敞开的工作空间可借助于机器人或门式机械手，灵活地实现自动化生产

一个员工可以覆盖在一台BA322型五轴机床上进行的OP20 操作。

Herbert Schmidts先生说：“SW公司用BX621机床重新做了一项艰巨的工作。我们已经得到了一台用于全世界中等批量生产的紧凑而高质量的单工位机床。由于购置价格合适和辅助时间短，在低成本国家不搞自动化也是合算的；而由于可以很好的自动化，对于一台配有加工时间并行的装置的多轴机床来说，各个领域的零件数量都是微不足道的。再者，作为龙门悬臂式机床，它要快速地到每个新地点应用，由于冷却技术和很好的排屑，机床不需要散热阶段。总之，就可靠性和尺寸稳定性来说是很大的成功。” □

德国将超越美国成为第二大出口国

德国工商大会在其最新的世界经济报告中预测，德国今年将超越美国成为第二大出口国，出口增长将达到2%。预计明年将翻一倍，增长至4%。工业生产的增长是推动德国经济和出口增长的动力。在9月5日广州举行的“针对中国企业的睿智解决方案”中，德国联邦外贸与投资署的专家将为中国投资者介绍如何利用德国，尤其是德国东部地区的工业优势而获利。

“德国在各个不同的生产领域拥有强大的技术

基础和高科技的产品，这是德国能在危机中继续保持增长的原因。尤其是德国东部地区，拥有杰出的研发条件、活跃的市场和灵活且高素质人才，对于投资者来说尤其具有吸引力。”Jürgen Friedrich博士，德国联邦外贸与投资署的总经理评论道。

今年第二季度，德国的经济增长仍保持0.7%，外国直接投资的增长也在增加。Friedrich说“我们期待更多的投资者利用德国尤其是德国东部目前的经济优势，投资在此。”

而保证了长期的竞争力。”

在Gifhorn驻地的52 SW机床

多年来，这样一个为大陆公司的大批量生产进行合作的技术合作伙伴是SW机床有限公司的多轴加工中心的专家Waldmössinger先生。据主管经理Horst Meinhold先生说，仅在Gifhorn就有52台机床，大陆公司在世界各地甚至有170台各种各样的机床。“从已经选定的多工位圆转台机床到各种用户特定配置的2轴和4轴大功率加工中心，全都是加工时间与工件交换时间并行和补充了自动化功能的双工作台加工中心机床。而且大陆公司应用了线性驱动和滚珠丝杆驱动等两种型号的机床。”他补充说：“在Gifhorn，甚至有一个只生产SW机床的车间被大陆公司的员工亲切地称为Schwabben（施瓦本人）车间。”



图2 从Gifhorn开始到全世界，不仅用于加工制动座，将来大陆公司还能灵活地改造发展BX621机床。IE和规划主管Herbert Schmidt、技术员Dirk Peters，财务经理Horst Meinhold (SW) 和调试员Manfred Schadofske (左起) 都为Gifhorn生产点的机床成果感到高兴



图3 紧凑的带工件X坐标的 BX 621机床

就大批量生产来说，SW公司以他们坚固耐用和高生产率的多轴机床在进行自动化的、过程可靠的重切削加工以及轻切削加工时，可能居于优势地位。

然而，如果零件数量不总是那么大呢？当构件的节拍时间允许工件连续交换时，因为不需要两个工作空间用来配备使加工时间并行的技术装置，也不需要整体自动化，就应对措施而言，购买机床明显更有利，如何考虑？还有，如果工件交换不采用自动化，而在成本很低的国家配备一名员工站在机床旁不是更好吗？

因为大陆公司在世界各地，一方面要以完全不同的当地成本结构进行生产，而另一方面又要根据情况限时放弃大批量生产，偶尔进行小批量加工。2011年秋，SW公司主要考虑的正是这个问题。其背景是还在以大批量生产方式，加速生产现有的中等批量的新型制动座。其主要状况如下：

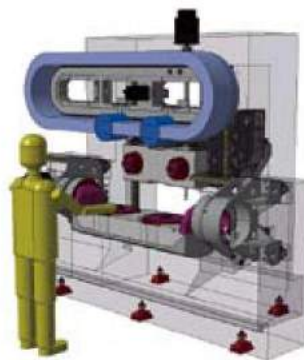


图4 BX 621机床的结构原理

(1) 主轴间距600mm的单工位2主轴和4主轴机床并任选了可自动化。

(2) 到目前为止，BA600型的2工位机床约占投资量的50%；

(3) 现有刀具的可使用性和用BA机床批量生产的夹紧装置；

(4) 供货期：9个月。

9个月后再在美国从零开始

事实证明，SW公司的机床品种在迄今为止的大批量生产领域是能够满足应用需要的，因为仅就有关2工位机床而言，人们还没有准备就绪的解决方案。Horst Meinhold先生说：“由于我们很快就领悟了价格目标的瓶颈所在，我们知道，把一台标准

机床修改为单工位机床是不可能达到预期目标的。所以,剩下的只有退回来独自进行全新的开发。研发期间,需要与在Gifhorn和法兰克福的大陆公司的专家们频繁地进行短线联系,仅仅9个月以后,我们就把新的BX621型的成熟机床推向了市场,并在2012年中,这种型号的第一台机床就提供给了大陆公司在美国的销售点,这是我们设计和开发人员的一个了不起的成就。新机床更非凡的工作能力让更多人领略了新机床的创新程度。”

首先,由获得专利的单壁技术替代SW-机床典型的整体床身,考虑了受力流的封闭和BX621机床的高刚性。此外,进给轴的分配是新的。刀具沿Y和Z方向运动,工件沿X方向移动。力矩驱动的回转坐标轴承箱与紧固夹一起作为封闭的推力联合体,在驱动边通过滚珠丝杠驱动,沿X-方向移动。这样,可以取消一个X滑座,非但没有技术损失,还降低了成本。此外,这种A-轴和X-轴组合的悬臂式结构使切屑下落很顺畅。

在实践中令人信服

在Gifhorn,大陆公司应用编号为9和10的机床加工世界各地的制动鞍座。主要的加工工作OP10是在2台BX-621加工中心上用直径为250mm的大型盘铣刀加工主要竖孔和矿井衬垫,为此,机床还配备有足够的回转力矩和稳定性。因为可以选择从右边或左边排屑,有利于2台BX621机床的相对就位,而且



图5 BX 621机床上面和前面敞开的工作空间可借助于机器人或门式机械手,灵活地实现自动化生产

一个员工可以覆盖在一台BA322型五轴机床上进行的OP20 操作。

Herbert Schmidts先生说:“SW公司用BX621机床重新做了一项艰巨的工作。我们已经得到了一台用于全世界中等批量生产的紧凑而高质量的单工位机床。由于购置价格合适和辅助时间短,在低成本国家不搞自动化也是合算的;而由于可以很好的自动化,对于一台配有加工时间并行的装置的多轴机床来说,各个领域的零件数量都是微不足道的。再者,作为龙门悬臂式机床,它要快速地到每个新地点应用,由于冷却技术和很好的排屑,机床不需要散热阶段。总之,就可靠性和尺寸稳定性来说是很大的成功。” □

德国将超越美国成为第二大出口国

德国工商大会在其最新的世界经济报告中预测,德国今年将超越美国成为第二大出口国,出口增长将达到2%。预计明年将翻一倍,增长至4%。工业生产的增长是推动德国经济和出口增长的动力。在9月5日广州举行的“针对中国企业的睿智解决方案”中,德国联邦外贸与投资署的专家将为中国投资者介绍如何利用德国,尤其是德国东部地区的工业优势而获利。

“德国在各个不同的生产领域拥有强大的技术

基础和高科技的产品,这是德国能在危机中继续保持增长的原因。尤其是德国东部地区,拥有杰出的研发条件、活跃的市场和灵活且高素质人才,对于投资者来说尤其具有吸引力。”Jürgen Friedrich博士,德国联邦外贸与投资署的总经理评论道。

今年第二季度,德国的经济增长仍保持0.7%,外国直接投资的增长也在增加。Friedrich说“我们期待更多的投资者利用德国尤其是德国东部目前的经济优势,投资在此。”