

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.3 2012
2012年6月
June 2012

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
督印人：郑光兴

顾问：梁训瑄 于成廷

主任：吴柏林

副主任：王黎明 耿良志

编委：

关锡友 张志刚 龙兴元 黄照 马伟良 元晋予
王陆洲 叶军 刘家旭 曲波 朱峰 石光
杜立群 杨京彦 陈江 陈永开 陈吉红 宓仲业
高荣森 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 翟巍 陈德忠
徐刚 刘贵宝 武衡 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

常务副总编辑：李华翔

副总编辑：杨春林

编辑：沈绍基 张芳丽

广告部主任：韩强

国际标准代号：ISSN 1015-4809

国内统一刊号：CN 11-5137/TH

国内发行：北京报刊发行局

订阅处：全国各地邮局

邮发代号：80-121

广告总代理：经贸广告有限公司

地址：香港湾仔轩尼诗道342号16楼

电话：(852) 2591 2802, 9472 6072

传真：(852) 2834 2985

电子邮箱：wmem_ad@yahoo.com

惠赐广告，请洽一沈绍基经理

承印：北京汇林印务有限公司

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



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

目录 CONTENTS

2012年第3期(总第120期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

29 张德江到重庆机床集团调研等9则消息

特别报道 Special Report

32 实现角色转变 提升服务能力

——“汽车发动机关键零部件制造工艺技术培训班”获得圆满成功

机床协会

Transfer the focus of work to improve service power

34 学员收获与体会

Gains and learns

35 与客户携手共创美好未来

——访授课教师美国通用汽车公司发动机公司前总经理唐纳德·格雷先生 李华翔
Cooperating with clients to open a bright future

展会报道 Exhibition Report

36 第七届中国数控机床展览会(CCMT2012)圆满落幕

机床协会

A great successful CCMT2012

39 精英齐聚 共话发展

——CCMT2012高层论坛拉开展会大幕

机床协会

Elites gather to discuss development

41 展示精品 收获希望

——来自CCMT2012部分展商的报道

Show high quality products and brought to fruition

46 搭建行业信息交流平台 促进企业国际合作步伐

——机床工具行业海外并购企业信息交流座谈会在展会期间召开

Build up a stage of information exchange promoting enterprises go international forward

47 深化供需交流机制 推动创新成果应用

——2012年军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会在展会期间召开

Closer cooperations between supplier and users to put forward application of innovations

49 从CCMT2012看我国重型机床行业自主创新能力的提高

翟巍

China's heavy-duty machine tool manufacturers have improved the power of autonomous innovation

54 CCMT2012五轴联动加工中心展品评述

杨转玲

5-axis machining center shown on CCMT2012

产销市场 Production & Market

58 2012年一季度机床工具行业经济运行情况分析

机床协会

Analysis on machine tool production and market in the 1st season in China

专题综述 Topical Review

60 直面前行的障碍 突破创新的瓶颈

——当前我国机械装备行业科技创新工作若干问题及思考

沈烈初

Step to the fore in face of difficulties and make a breakthrough on the innovative bottle neck

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

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

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Economic Information & Agency

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

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

E-mail: eiaet@pacific.net.hk

Supervisor: Zheng Guang Xing

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, ZHANG Guo-bin, CHU Fu-chun, WANG Ming-yuan, GAO Ge-chao, LIU Qing-le, WANG Xing-lin, DONG Hua-gen, HU Hong-bing, LI Zhen-xiong

Standing Deputy Chief-Editor: Li Huaxiang

Deputy Chief-Editor: Yang Chunlin

Editor: George Shen Zhang Fangli

Advertising Manager: Han Qiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising Agency:

E & T Advertising Ltd.

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

Tel: (852) 2591 2802, 9472 6072

Fax: (852) 2834 2985

E-mail: wmem_ad@yahoo.com

For advertising, please contact —

General Manager: George S.J. Shen

EPE European Production Engineering
欧洲生产工程

Publisher

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

Publishing Director: Michael Himmelstoss

E-Mail: epe@hanser.de

Advertising Director: Dietmar von der Au

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

E-Mail: au@hanser.de

EPE powered by

WB Werkstatt + Betrieb

目录 CONTENTS

2012年第3期 (总第120期)

- 64 数控机床误差补偿技术现状与展望 杨建国 姚晓栋
Present situation and prospect of error compensation technology for CNC machine tools
- 72 技术创新, 助推国产机床在高端领域的应用 汤立民
Innovation pushes on high end application of domestic machine tool
- 75 把握方向, 推进柴油机制造技术转型升级 雷 军等
Keep the direction to promote upgrading of diesel engine manufacturing technology

企业风采 Enterprise Features

- 81 紧跟需求升级 重构产业模式 龙兴元
Reconstructing the industrial mode to meet demands of the market
- 83 加快产业结构调整 打造世界一流公司 李宪凯
Speed up readjustment of industrial construction to build the first class company

产品与技术 Products & Technology

- 86 工业现场新型6D大尺寸自动化测量技术 刘 霜
6D automatic measuring technology for large components
- 88 新刀具提供了新可能 Christer Richt
New tips provide new possibilities
- 90 倒立式车削中心VL2P: 降低生产成本的好帮手
VL2P turning center: it is helpful to reduce production cost
- 92 大型精密数控直线滚动导轨磨床整体结构布局设计分析 徐慧芳等
Analysis on design of CNC guide way grinding machine
- 96 基于COSMOSWORKS与EXCEL的龙门导轨基面反变形加工 韩立光 孙科科
Inverse deforming machining for guide way of plane machine based on COSMOSWORKS and EXCEL
- 99 发格8070数控系统在多主轴平面钻床上的应用 樊宪宝 刘文清
Application of FAGOR 8070 CNC system on multi-spindle drilling machine

海外市场 Overseas Market

- 102 成形技术展现美好前景
——第十六届意大利博洛尼亚成形展 (LAMIERA2012) 观感 李华翔
- 104 加强交流 增进友谊
——韩国国际机床工具展览会 (SIMTOS2012) 观感 杨春林
- 106 尖端机床齐聚 买家反应热烈
——2012年台北国际数控设备暨制造技术展 (MTduo) 观感 沈绍基

相关产业 Correlative Industries

- 107 漫游天际 畅通无阻 梁朝军

欧洲生产工程 EPE

- 110 高性能理念——大正前角可分度刀片的多角度铣刀 Michael Hobohm
The high-performance concept
- 112 适用于多品种柔性生产的多工位加工中心 Michael Hobohm
Series production yes, but flexible please

108 广告客户索引 Advertisers' Index

信息 (40、48、91)

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

前不久召开的第七届中国数控机床展览会 (CCMT2012) 再次取得圆满成功。

“紧跟需求升级, 加速结构调整”的展会主题, 准确客观地反映出中国机床工具行业当前所面临的艰巨任务与严峻挑战。

从本期刊登的今年一季度机床工具行业经济运行情况看, 我国机床工具行业所面临的形势不容乐观。统计数据显示: 2012年一季度我国机床工具行业增速, 在继上年四季度之后, 继续大幅下滑, 重点联系企业产销、利润均呈负增长。高中低各档次产品订单均呈现不同程度的下滑。

然而, 让人眼前一亮的是, 在市场普遍低迷的情况下, 航空航天、国防军工、IT等一些国民经济重点领域的需求却没减少, 与工厂自动化相关的产品成为了新的增长点。一些行业企业抓住这些需求, 经营业绩继续保持稳定增长。这从一个侧面也印证了了解客户需求, 满足客户不断升级的需求是多么的重要。

本期从多角度对CCMT2012展会进行了报道, 既有对展会总体情况的介绍, 也有对高层论坛、海外并购会, 以及军工能源会等重要配套活动的报道, 更有来自部分参展企业的收获与体会。同时在“特别报道”栏目中, 对4月底协会承办的“汽车发动机关键零部件制造工艺技术培训班”活动进行了专门报道。

此外, 还刊登了CCMT2012高层论坛部分嘉宾的文章, 主要包括: 航空、船舶制造等重点用户领域的技术发展趋势及设备需求情况; 部分知名行业企业当前所采取的经营发展思路及具体做法等内容。

“千里之行始于足下。”总之, 希望这些内容能够有助于行业企业认清形势, 自觉地研究客户不断升级的需求变化, 脚踏实地地做好每一个细节, 从而最终满足客户的需求。

本刊编辑部

版权所有, 未经本刊书面许可, 不得转载。

HIWIN®

Motion Control and System Technology

绿能挂帅 环保领军

全球创新科技



高速静音化滚珠丝杠

Super S Ballscrews

- 低噪音 (与一般品比较下降5~7dB)
- 省空间轻量化设计
- Dm-N可达220,000 以上
- 高加减速速度达2g的操作环境
- 精密级精度JIS C0-C7, 转造级C6-C10。



滚珠丝杠
Ballscrews
'11 '05 '08 '09年台湾精品金质奖
'06 '01 '93年台湾精品银质奖



直线导轨
Linear Guideway
'08年台湾精品金质奖
'07 '02年台湾精品银质奖



工业机器人
Single Axis Robot
KK Robot
'10 '03年台湾精品金质奖



2001-2011连续11年荣获
台湾精品金质奖



直线电机
Linear Synchronous Motor
'04年台湾精品金质奖
'05年中小企业创新研究奖



直驱式定位平台
TMS Torque Motor
Rotary Table
'06年台湾精品银质奖
'07年中小企业创新研究奖



线性致动器
Linear Actuator
'02年台湾精品奖
'01年中小企业创新研究奖



位置量测系统
Positioning
Measurement System

全球营运总部



上銀科技股份有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES CORP.
台湾台中市40768台中工业区37路46号
www.hiwin.com.tw
business@mail.hiwin.com.tw

关系企业



大銀微系統股份有限公司
HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
台湾省台中市40852精密机械园区精科路7号
www.hiwinmikro.com.tw
business@mail.hiwinmikro.com.tw

中国大陆主要代理

天津隆创日盛科技有限公司
天津市南开区长江道众望大厦-1-405
Tel: (022) 2742-0909 邮编: 300193

海威机电有限公司
深圳市南山区龙珠大道龙珠三路
华强物流大厦7楼
Tel: 0755-82112118 邮编: 5180010308

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) 55882303 邮编: 201108

HIWIN海外厂

美国
www.hiwin.com

德国
www.hiwin.de

日本
www.hiwin.co.jp

瑞士
www.hiwin.ch

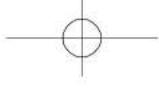
捷克
www.hiwin.cz

英国
www.matrix-machine.com

法国
www.hiwin.fr

以色列
www.mega-fabs.com

索取数据请将号码09填入读者服务卡



张德江到重庆机床集团调研

2012年4月25日，中共中央政治局委员、国务院副总理、重庆市委书记张德江在市委副书记、市长黄奇帆等陪同下，到重庆机床集团调研。

张德江一行重点视察了重庆机床齿轮分厂蜗轮副加工车间和装配分厂，着重了解了企业生产经营和改革发展情况，对重庆机床集团的自主研发实力，产品竞争力，以及企业坚持科学发展，为振兴装备制造业和重庆改革发展所做出的贡献给予肯定并寄予了期望。

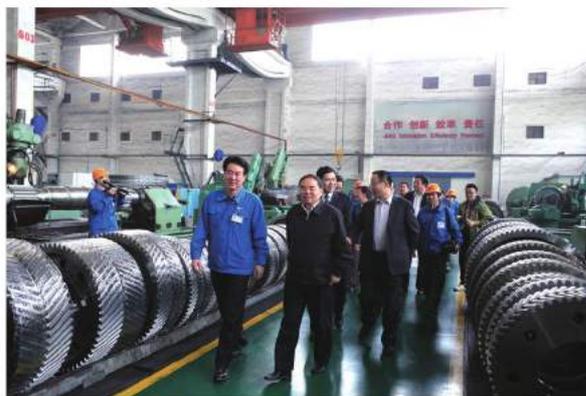


重庆机床集团党委书记、常务副总经理刘春梅向张德江书记汇报了企业规模、市场竞争力及未来发展等情况。
(王碧霞)

中国工程院院长周济称赞济二为“中国机械行业的骄傲”

2012年4月，中国工程院院长周济在山东省省委常委、副省长孙伟，济南市市委副书记、市长杨鲁豫，省委副秘书长张德宽，省科技厅厅长翟鲁宁，市委常委、副市长苏树伟，市政府秘书长李华贤，市经信委主任李会宝，市科技局局长徐群等省市领导陪同下，到济二考察指导工作。周院长对济二依靠科技创新和技术进步所取得的成绩给予充分肯定，对济二坚持不懈的研发攻关精神给予高度赞赏，称其为“中国机械行业的骄傲”。

济二董事长张志刚、副总经理任立伟在俱乐部二楼会议室接待了客人一行。在观看企业宣传片后，张志刚董事长向周院长汇报了企业近年来在自



主创新、机制建设、高端营销等方面取得的成果，并就当前面临的市场形势，以及数控机床下一步的技术发展趋势等问题与周院长进行了交流。

当听取了张志刚董事长关于“济二装备了国内几乎所有的汽车企业。汽车四大工艺中，唯有冲压装备实现了国产化”的介绍后，周院长说，汽车工业的装备要求非常高，济二能够多年坚持技术创新，专心致志地在冲压领域做精、做强，并一步步进入世界同行前列，很有水平，也很难能可贵。这也说明济二干部职工扎实进取，是一支战斗力很强的队伍。

周院长指示，当前国家正在研究深化科技体制改革的相关政策，科技工作和企业技术创新面临重大发展机遇。希望济二能够继续发扬坚持奋斗的作风，以加强科技创新和自主研发为手段，以科技成果转化和产业化为目标，进一步与大专院校、科研院所合作，与配套的国产数控系统企业交流沟通，共同推进中国装备制造业整体水平的提升。

随后，张志刚董事长、任立伟副总经理陪同领导们参观了生产现场。
(吴艳玲)

第四届中国制造业论坛在上海召开

2012年5月21日，第四届中国制造业论坛在上海召开，工业和信息化部副部长苏波出席论坛开幕式并做主题演讲，就如何促进高端设备制造业的发展发表了看法。来自有关部委、科研院所及国内外制造企业的共300余名代表参加论坛。

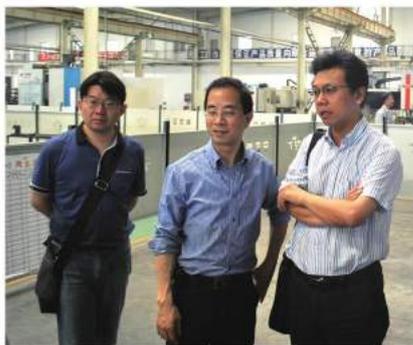
苏波在讲话中强调，高端装备制造业具有技术密集、附加值高、物质资源消耗少、带动作用强

等特点，包括智能制造装备、航空装备、卫星及应用、轨道交通装备、海洋工程装备五个重点领域。在促进高端装备制造业发展中，要着重做好三个方面。一是要强化和提升工业基础能力，着力提高“三基”产业（机械基础件、基础制造工艺及基础材料）的发展水平。二是要加强原始创新、集成创新及引进消化吸收再创新等三个创新的有机结合。三是要重视市场培育，加强与用户行业的结合，积极与终端用户开展全方位合作，不断完善首台套政策。
(信息来源：工信部网站)

工信部装备司杨拴昌一行 到宁江公司指导工作

2012年5月17日下午，工信部装备司重大装备处处长杨拴昌一行来到普什宁江公司，就《基于柔性制造系统的数字化车间研制及应用示范》项目进行了交流指导。公司总经理姜华、总工程师刘雁，重庆大学教授张根保及北京天地玛珂电液控制系统有限公司的领导等参加了交流会。

交流期间，公司研发院副院长高克超就数字化车间计划管理模式、智能加工系统及加工智能化的体现、网络化监控及公司柔性制造系统发展历程等向来宾们作了简介；研发院自控所副所长熊健洲就现场机床运行控制、数据追踪等进行了演示和说明。



姜华（中）陪同杨处长（右一）一行参观生产现场

交流中，杨处长希望公司突出亮点和特色，突出智能化，并就相关工作提出改进意见。随后，姜总、刘总工一行陪同杨处长等，参观了公司柔性制造生产线、专机生产线及装配车间生产现场。

(文/晓阳 图/肖宁)

秦川机床入围“陕西省高层次人才 创新创业基地”

2012年5月15日，陕西省委、省政府在陕西大会堂隆重举行全省高端人才表彰奖励大会。会上，秦川机床等10家单位被确定为陕西省第二批高层次人才创新创业基地。省委书记赵乐际、省长赵正永、省委副书记孙清云等领导为以上10家单位授牌。

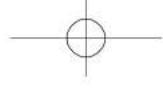
高层次人才是一个企业创新发展的关键因素和主导力量，是提升企业核心竞争力的引擎。作为中国机床工具行业排头兵的秦川机床正在致力于将企业打造成为全球顶尖级的高端装备系统集成商和关键零部件供应商。国际化的发展目标需要国际化人才。秦川机床注重以借智、引智、融智等方式，着力于高层次人才队伍机制建设和平台打造。

陕西省设立高层次人才创新创业基地，旨在满足全省重点区域、优势特色产业对紧缺人才的需求，深入实施人才强省战略，加快构建人才高地，率先实现人才引领经济社会又好又快发展。其目标是：用5~10年时间，重点培养和引进2000名掌握核心技术资源、具有较强创新创业能力的高层次人才，建成20个高层次人才创新创业基地。

天水锻压两产品、天水星火四产品获 甘肃省名牌产品光荣称号

2012年4月19日，天水市委、市政府表彰了一批甘肃名牌产品，天水锻压机床（集团）有限公司“数控板料折弯压力机”、“液压摆式剪板机”荣膺榜单；天水星火机床公司的CWE系列卧式车床、CKW系列数控车床、MK84系列数控轧辊磨床、C61系列重型车床等4种系列产品再次被评为甘肃省名牌产品，其标准化工作再次被评为国家4A级标准化良好行为企业，同时受到会议表彰。

甘肃名牌产品的评选，是甘肃省名牌战略推进委员会，对产品质量要求达到顾客十分满意，并符合国家、行业等法律法规要求的合格优质产品的高度肯定。
(白 峰、戴丽花、石广谋)



山高刀具Seco News Launch 2012春季 新产品发布会杭州站落下帷幕

2012年5月11日，山高刀具2012春季新产品发布会继华南区广州和海口站之后，继续转战华东城市杭州站，并获得圆满成功。

Seco News Launch作为山高刀具的新产品推广活动，在全球各主要市场同步举行。



在今年已经成功举办新产品发布会的南昌、德阳、重庆、南京、潍坊、广州、海口等几个工业城市中，山高得到了非常好的客户反应和支持。这次杭州新产品发布会是山高第一次在浙江地区举办的Seco News Launch活动。会议由山高刀具（上海）有限公司华东区销售经理汤利宁先生主持并致欢迎词。技术总监Claudio Ghielmetti先生作山高的公司介绍，这是他上任技术总监以来第一次参加中国的Seco News Launch活动。Seco News 2012#1新产品介绍部分由高级培训经理王玮先生和产品管理部经理相华峰先生进行交替演讲。

发布会期间，客户对Seco News 2012#1新产品表现出了浓厚兴趣。

天水星火机床公司入选全省纳税双百强

2012年4月11日，甘肃省新闻办举行2011年度甘肃省纳税企业百强排行情况新闻发布会，发布全省纳税百强企业名单。天水星火机床公司以纳税额6350万元位居全省百强企业之列。

此外，为了进一步激励广大非公有制经济纳税人，提升企业经济效益，依法诚信纳税，甘肃省国家税务局、甘肃省地方税务局首次联合发布2011年

度甘肃省非公有制经济纳税百强企业名单。天水星火机床公司以纳税额6350万元位居非公有制经济纳税企业百强第10位。（通讯员 石广谋）

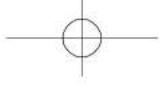
重庆机床集团成功亮相CCMT2012

在CCMT2012展会上，重庆机床集团参展面积近400平方米。集团本部首推与英国PTG合作研发的YW7232CNC数控高效精密万能磨齿机。YW7232CNC型磨齿机同时具有蜗杆砂轮磨和成形砂轮磨两种功能，此项技术填补了国内空白。该磨齿机加工精度可达GB/T10095.1-2008标准3-4级，与传统磨齿机相比，其加工效率是传统机型的5-10倍。同时展出的还有YS3126CNC7数控高速干切自动滚齿机、YZ4232CNC5数控自动高效剃齿机；二机公司展出了具有双主轴、双刀架，可自动上下料的CHS20高效车削中心；工具公司重点展出了具有国际先进水平的环保型干切滚齿刀和径向剃齿刀，并首次展出了双面倒棱刀及大模数齿轮刀具等重点新产品；神工公司YK8425数控挤齿机首次亮相数控机床展会。

同时，由工业和信息化部主办的“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项成果及应用展，首次在中国数控机床展览会亮相。重庆机床集团2009年承担的“模块化、高速、精密、大型数控滚齿机”和“模块化、精密数控回转工作台”项目成果在此展出。

展览会期间，重庆机床集团分别获得“精心创品牌活动十佳企业”和“自主创新十佳企业”表彰。本届展览会还在众多的参展产品中评出了60余项“CCMT2012春燕奖”，重庆机床集团“YW7232CNC数控高效精密万能磨齿机”和“YZ4232CNC5数控自动高效剃齿机”两项产品获此奖项；二机公司“CHS20双主轴双刀架高效车削中心”也首次获此殊荣，这标志着二机公司在产品上档升级、结构调整方面取得了明显成效。

展会期间，浙江双环、杭州前进、二汽东风、重庆齿轮箱、重庆蓝黛、杭州凤起等重点用户和经销商莅临重庆机床集团展台观看洽谈，并对参展产品表现出极大兴趣。（王碧霞）



特别报道

Special Report



实现角色转变 提升服务能力

——“汽车发动机关键零部件制造工艺技术培训班”获得圆满成功

中国机床工具工业协会

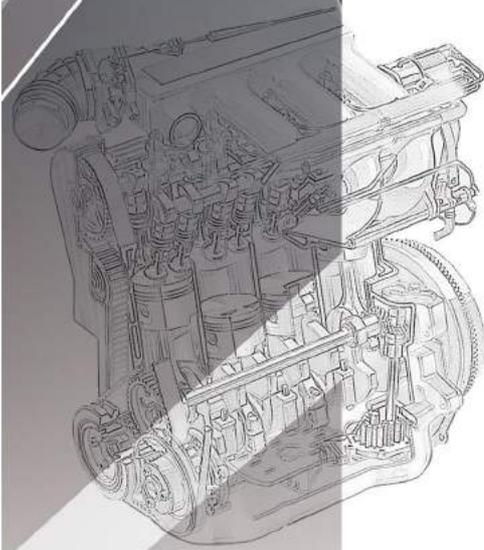
4月末的京城，春意盎然。在北京北内发动机零部件有限公司二车间的生产现场，“努力实现由‘商品提供者’到‘用户工艺师’的角色转变”的大幅标语格外醒目，为期4天的“汽车发动机关键零部件制造工艺技术培训班”正在这里举办。该培训班是计划中的重点领域用户工艺系列技术培训活动的首批试点培训班，由工信部装备工业司主办，中国机床工具工业协会承办，北京汽车动力总成有限公司、北京北内发动机零部件有限公司、北京北内制造业高新技术孵化基地有限公司协办。

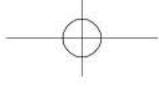
培训班于24日开班，于27日举行了隆重的结业式。工业和信息化部装备工业司王富昌巡视员、机械处王建宇处长、工业和信息化部人教司蒋红兵处长、科技部重大办杨军副处长、中国机床工具工业协会执行副理事长兼秘书长王黎明、副秘书长陈惠仁、北京汽车动力总成有限公司总经理马童立、北京北内发动机零部件有限公司总经理田安民、北京北内制造业高新技术孵化基地有限公司总经理朱士安等领导出席结业式。结业式由陈惠仁主持，王富昌做了重要讲话。与会领导为52位来自机床工具制造企业的培训学员颁发了结业证书，给其中考核成绩优异的10位学员颁发了奖状。

结业式后，王富昌、王黎明、陈惠仁、马童立等领导接受了新华社、经济日报、科技日报等10余家媒体的现场采访。

众所周知，我国汽车制造业和机床工具制造业经过连续10年的高速发展，均取得了令世人瞩目的成绩，行业自身也都发生了全面而深刻的变化。然而进入“十二五”期间以来，汽车业和机床工具业又相继遇到各自市场环境的显著变化，因此，也同时面临着调整结构、转型升级的新挑战。

对于机床工具制造业而言，缺乏对用户工艺的深入了解，缺乏为用户提供全面





王富昌在结业仪式上讲话

王黎明在结业仪式上讲话

陈惠仁主持结业仪式

马童立在结业仪式上讲话

王英代表优秀学员发言

解决方案的能力是长期存在的突出薄弱环节，是制约机床工具制造业进入包括汽车发动机制造在内的高端细分市场领域的主要障碍，从而导致国内这些市场长期处于依赖进口的被动局面。本次培训班的目的，就是引导我国机床工具制造企业更加重视用户工艺技术的深入研究，投入必要的资源，培养一批熟悉重点行业核心制造领域用户工艺的专家，提高为用户提供装备的针对性和适用性，并逐步培养为用户提供完整解决方案的能力，努力实现由简单的“商品提供者”向“用户工艺师”的角色转变，从而推动我国机床工具制造业和汽车制造业在关键零部件制造领域加深合作，共同发展，尤其是推动我国机床工具制造业提高整体素质，不断提升为重点领域提供装备和服务的综合能力，加快行业转型升级步伐。

据了解，本次培训班的学员构成主要是机床工具制造企业的技术、市场负责人和产品设计、制造、销售工程师。

为办好本次培训，中国机床工具工业协会牵头，协同有关各方经过5个月的紧张筹备，在授课专家的选聘、教学大纲的编制、授课教材的编写，

以及培训班的会务安排和组织等方面做了大量艰苦细致的工作。精心选聘了8位在汽车发动机制造领域具有丰富经验和扎实技术功底专家担任授课教师。

在紧张的培训中，培训班围绕汽车发动机关键零部件制造技术，具体选择了8个技术专题，结合现场参观，为学员们安排了10场专题技术讲座。丰富翔实的教学内容让学员们受益匪浅。学员们普遍表示，经过几天的培训，不但对国内汽车发动机研发、制造现状、主要发展趋势和解决途径有了比较清楚的了解，尤其对于汽车发动机主要零件的加工工艺特点、技术难点有了比较全面的认识，从而对该领域需求的机床工具装备的功能、性能特点有了更加深入准确的把握，所有这些对于提高我们为汽车发动机制造领域提供有效装备和服务是非常重要的。

工信部领导对本次培训工作提出了具体希望和要求，指出要以汽车行业的培训活动为试点，在取得经验后推广至航空航天、船舶制造和能源发电等重点服务领域。

学员收获与体会



北一：李佳

我是做售前方案的，由于讲师们讲得很细致，使得我们对汽车的整体有一个系统的认识，对典型零件的加工工艺是一个深入的学习，对于我们年轻人是一个提高，对我的工作帮助非常大。



宁波海天：曲绍杰

我是从事售前技术支持这方面工作的。这次培训最大的收获是了解了一些国外的先进理念，了解了一些客户的心里，对于汽车行业和机床行业的结合有很大的帮助。我希望这样的学习班要办成经常性的，不要局限于一个领域，航空航天、能源、船舶等都要涉及。



大连机床：曲广福

我是从事产品设计这方面工作的，很少接触到用户，对用户的心里了解得很少。这次培训能够让我们和客户面对面地进行交流，聆听他们的需求，对我们的工作帮助很大。这次培训组织得也很好，工作做得很细。我希望今后这样的培训能多给我们介绍一下客户自己所使用的国外先进的机床以及他们对机床的需求。



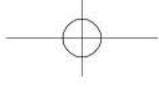
重庆机床：梅镇

这样的培训机会非常难得，教材准备得非常充分，信息量非常大。不仅有汽车行业业内专家，还有国际大师给我们上课，给我们梳理得很系统，把国产机床的切入点讲得很清楚。我认为这样的培训是急我们之所急，雪中送炭。



沈阳机床：田大伟

协办方北内人能够敞开心扉，与我们交流；敞开大门让我们参观，完全没有以客户是上帝来自居，是我们不能忘怀的。北汽人扎扎实实振兴民族工业，打造自主品牌的那种民族气节、民族责任感极大地感染了我们机床人。



在“汽车发动机关键零部件制造工艺技术培训班”上，来自美国通用汽车公司发动机公司前总经理唐纳德·格雷先生给学员们上了生动的第一课。格雷先生以国际化的视角，介绍了国际汽车产业，以及汽车发动机技术、汽车变速箱技术的现状与发展。精彩的内容给学员们留下了深刻印象。课后，本刊记者采访了格雷先生。

与客户携手共创美好未来

——访授课教师美国通用汽车公司发动机公司前总经理唐纳德·格雷先生

本刊记者 李华翔

找准方向，缩小差距

谈到国内汽车零部件制造企业的水平，格雷先生介绍，其实中国现在已有不少的汽车零部件产品出口到北美、欧洲市场。

“汽车零部件严格的质量标准，需要合格的机床制造装备来保证。”格雷先生认为，面对中国国内巨大的汽车零部件市场，中国的机床企业还是有机会的。

当提及对中国机床的整体印象时，格雷先生谈到，早在1998年他就曾考察评估过包括中国在内的亚洲机床行业，对中国机床有一定的认识。他认为，经过十多年的发展，中国机床行业取得了很大的进步，但目前总体感觉中国机床在可靠性以及某些技术的先进性等方面可能还存在一定的差距。

“当然差距是可以缩小的，关键是要找准方向。”格雷先生坦言。

目标明确，合作共赢

当谈到机床行业如何与汽车行业开展有效合作时，格雷先生告诉记者，机床行业企业首先要做到深入了解用户的具体需求，同时要明确竞争对手在哪里？找出与竞争对手的差距。

随后，格雷先生以过去美国通用发动机公司和柯马(COMAU)公司的成功合作为例，举出了机床企业在开拓汽车领域商机时所经常采取的七个步骤：

①选择一种你认为能够在未来的市场中有前途的机床产品。②与客户见面，了解他们的具体需求。③用创新性的方法来优化现有的设计，以满足客户的要求。④此外，提升现有的设计水平，包括采用最先进的技术和零部件，以提升你的市场竞争力。⑤设计制造出能够满足客户需求的样机。⑥提供样机给客户评价，并与用户一起来验证和完善设计。⑦最后，确立一个有合理的有竞争力的价格，来拓展产品的市场份额。

“当然，这样的合作不是一夜间就能完成的，需要逐步去建立彼此的信任。”格雷进一步解释说，机床企业的管理者及工程技术人员要主动去接触客户，了解客户个性化的需求，并让客户了解你能够为他们做什么，你愿意为他们做什么，从而逐步建立起客户的信心。

培训的成功举办意义重大

“本次培训班非常成功！”格雷先生认为，其意义主要体现在两个方面：一个是让学员们及时了解到发动机关键零部件制造技术最新的发展方向；另外，通过参观北内发动机零部件及总成生产线，了解了其中的关键制造装备及其运行方式。

格雷先生最后总结到：“总之，本次培训班让学员们开阔了眼界，拓展了视野，希望这样的培训班能够在不断总结经验的基础上继续办下去。”□

第七届中国数控机床展览会 CHINA CNC MACHINE TOOL FAIR 2012

开幕典礼 OPENING CEREMONY



第七届中国数控机床展览会 (CCMT2012) 圆满落幕

中国机床工具工业协会

在业内外热切关注下，第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）于2012年4月20日在南京成功落幕。本届展会于2012年4月16日开幕，历时5天，迎来观众近13万人次，给春光明媚的南京增添了浓重的热烈气氛。

一、各项指标又创新高，充分诠释展会主题

CCMT2012展会由中国机床工具工业协会主办，中国机床工具工业协会与南京河西会议展览有限公司共同承办。本届展会的主题是：紧跟需求升级，加速结构调整。在展会主、承办方共同努力下，本届展会展览规模、展品档次、观众人气、管理水平等方面均达到历届CCMT展会的新高度，

很好地诠释了展会主题。

1. 展会规模和展商数又创新高

本届展会布展面积达8.6万平方米，较上届扩大了10.3%。共有来自15个国家和地区的808家机床工具制造商踊跃参展，其中境内展商651家，知名机床工具企业悉数到场。并有157家境外知名厂商踊跃参展。

2. 展品品种和水平都超过往届CCMT展会

展出机床主机和大型量仪1100余台套，数控系统、功能部件、刀具、磨料磨具等配套精品数万件。共展出五轴联动机床91台、复合机床39台、高速机床136台、高精机床139台；五轴数控系统25套、高速数控系统37套、高精数控系统37套，充分展示了我国机床工具行业科技创新的新成果、新动向。

3. 展会成交额又创新纪录

本届展会成交额总计达10.83亿元，较上届增长42.4%。

4. 展会人气空前兴旺

随着CCMT展会在全球业界影响和地位不断提升，本届展会吸引了各界人士的高度关注和深入参与，有近百位来自国家部委、各省市政府的领导出席了开幕式或参观了展会，有10多个国家和地区机床行业组织的负责人参与了展期活动。据不完全统计，展会观众达到126672人次、103684人，比CCMT2010分别增长17%和25%。参展团组160个，是上届的6倍。专业观众多、观众质量高，充分体现主办方在行业中的凝聚力和影响力。

5. 境内外展商满意度显著提高

从本届展会发放的境内展商调查表来看，对展会11项服务内容满意度的算术平均值为83.58%，总体提高4个百分点。对境外展商调查的回复率达75%以上，且大部分满意度指标都有大幅上升。其中，对观众质量满意度提高了40个百分点，参观人数满意度提高了20个百分点。这充分表明，境内外展商对本届展会的满意度比上届有明显提高。

毋庸置疑，这是一届成功的盛会。在行业实施转方式、调结构的重要时期，打造了一个充分展示行业自主创新成果的大舞台，是在“十二五”承上启下的重要时期举办的一场具有重要意义的行业活动，为机床工具行业下一步尽快实现由大变强奠定了良好基础。

二、自主创新成果展现行业发展新动向

经过行业企业积极转方式、调结构，特别是近三年来行业实施重大专项，行业企业研发了一大批自主创新成果。本届展会展出了众多高速、高精数控机床、大重型数控机床、特种加工机床以及高水平的专用机床，说明我国机床工具行业整体发展水平正在迅速提升。

1. 生产线和成套设备成为行业发展新趋势

展出了多项加工生产线和专用成套设备，体现

了机床行业发展的新趋势。本届展会出现的30多台机器人成为了展会新的亮点。这些都反映了我国机床市场需求升级正在加速，也反映了行业企业主动调整结构，紧跟需求升级的进展情况。

2. 数控齿轮加工机床向多品种、大规格方向发展

本届展会展出了干式滚齿机、立式和卧式成形磨齿机、数控蜗杆砂轮磨齿机、剃齿机、拉齿机、齿轮倒角机等诸多品种的齿轮加工机床，并且在加工精度和规格方面都有提高和扩展，能生产磨齿机的企业显著增加。

3. 国产数控系统和功能部件有新发展

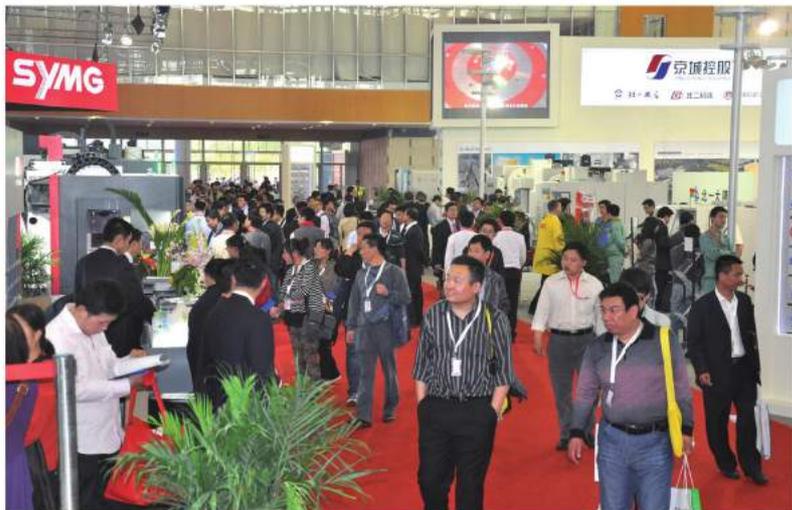
展品中数控系统、功能部件和机床配套件的品种有显著增加，技术水平有所提高，同时表现出成套供应服务能力逐步增强。

4. 国产机床外观质量有明显提高

造型设计已普遍受到企业重视，大量机床展品的外观和造型都有了很大进步，与国际主流造型已难分伯仲。

三、精彩活动为行业发展注入新活力

展期中的各项行业活动可谓精彩纷呈，且内容都与展会主题相互呼应，与行业形势紧密契合，充分体现主办方为促进行业平稳发展和转型升级，精心搭建展示和交流平台的务实风范。





1. 军工能源会和高层论坛促进与用户领域的有效互动

由国家发改委、工信部、国家能源局、国家国防科工局等四部委共同主办，中国机床工具工业协会、和平利用军工协会共同承办的“2012年军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会”，是机床与军工、能源长效合作机制的第八次年会，有来自88家军工单位、47家能源企业和70家机床工具企业的200多名代表参加了会议。座谈会通过总结、表彰、信息发布和企业交流等活动，进一步深化和推动了长效合作机制。

在展会开幕前一天举办的高层论坛，深入诠释

了展会“紧跟需求升级，加速结构调整”的主题。10余位来自航空航天、船舶、能源、汽车等重点领域和机床工具行业的企业家和专家，围绕主题发表了演讲。有200多位来自业内的中高级以上技术及管理人员出席了论坛。

活动均取得了圆满成功，提高了展会的品味和观众的质量，并有效促进了机床与用户领域的良好互动。

2. “展中展”和“春燕奖”评选颁奖提升了展会技术内涵和品位

由工业和信息化部主办、中国机床工具工业协会承办的“高档数控机床与基础制造装备科技重大专项成果展示”，以117块展板介绍了48家项目承担企业的84个专项项目，与38家参展企业的64项专项实物展品交相辉映，体现了国产数控机床的快速发展，提升了展会的技术内涵和品位。

伴随每届CCMT展会的“春燕奖”评选活动成为了展会的关注焦点。经过认真评审，本届展会从众多申报展品中精选61项展品获得“春燕奖”。评选结果得到参展企业和用户的重视和好评，为展会营造了技术创新引领行业发展的氛围。

3. 海外并购信息交流会促进企业国际化步伐

在总结前几届会议成功经验的基础上，本届展会举办的“机床工具行业海外并购企业信息交流座谈会”，扩大了交流范围，邀请了德国和意大利专家，介绍海外并购的法律法规、投资环境、企业状况及并购攻略。增加了互动环节，并扩大了参会人员范围，取得了良好效果。

展期其他各项活动，如“2011年度中国机床工具行业先进会员企业表彰颁奖活动”、开幕式及晚宴、境外协会负责人联谊和交流活动、技术交流讲座等，都在原有传统项目上增加了创新元素，提升了组织工作水平，受到了高度关注和广泛参与，共同为行业发展注入了新的活力。

乘着CCMT2012展会圆满成功的春风，中国机床工具业将在政府关心和政策引导下，积极调整产品和产业结构，更好地满足国民经济重点领域不断升级的需求，推动行业顺利完成“十二五”确立的三大标志性目标，并最终实现由大变强。□



精英齐聚 共话发展

——CCMT2012高层论坛拉开展会大幕

中国机床工具工业协会

近几年，机床用户需求不断升级的趋势加剧，正在成为拉动中国机床工具行业发展的强劲动力。如何顺应这一趋势，自然成为机床行业企业广泛关注的焦点。

2012年4月15日上午9点，由中国机床工具工业协会主办的CCMT2012高层论坛，在南京国际博览中心的金陵会议中心正式拉开序幕，揭开了CCMT2012展会的序幕。本次论坛与展会同主题，即：“紧跟需求升级，加速结构调整”。其主要目的是，进一步贯彻行业“十二五”发展规划精神，推进行业“十二五”重点任务的落实和完成。工业和信息化部装备工业司王富昌巡视员出席本次论坛并致辞。工业和信息化部装备工业司机械处苏铮副调研员，中国机床工具工业协会当值理事长龙兴元、执行副理事长兼秘书长王黎明、副秘书长毛予锋、副秘书长陈惠仁等领导，以及来自机床工具行业的企业家、专家和工程技术人员等200余名代表到会出席。

毛予锋副秘书长首先致欢迎辞。副秘书长陈惠仁就有关机床工具产业转型升级这一热点话题做主题发言。来自航空航天、船舶、能源、汽车等重点领域的5家用户企业代表就未来企业产品的需求特点和主要任务发表各自的看法，他们分别是西安航空动力股份有限公司总工艺师陈贵林、成都飞机工业（集团）有限责任公司数控厂厂长汤立民、陕西柴油机重工有限公司副总经理雷军、北京北内发动机零部件有限公司总经理田安民、东方汽轮机有限公司副总经理张绍先。来自机床行业的5家国内外知名企业代表分别介绍了本企业在提高自主创新能力、加快结构调整、提升市场竞争力等方面的措施和建议，他们分别是陕西秦川机床工具集团董事长龙兴元、沈阳机床(集团)有限责任公司副总工程师李宪凯、宁波海天精工机械有限公司副总经理赵万勇、山特维克可乐满高级应用工程师王金鑫、阿奇夏米尔机电（上海）有限公司总经理陈以祥。政府部门的讲话传达了国家宏观政策导向方面的信息，

有助于机床产业今后发展内生动力的形成。本次论坛由中国机床工具工业协会信息传媒部主任张芳丽主持。

嘉宾的演讲内容可简要归纳为以下几方面：

(1) 面对我国机床工具产业内外部发展环境全面而深刻的变化，通过对产业发展现状、转型升级的内部基础条件和外部环境特点的分析，总结出产业发展新阶段的主要特征，指出了转型升级的主要着力点。

(2) 展示航空发动机制造技术的最新发展趋势，通过探讨企业急需突破的关键工艺技术，指出国产机床的应用现状及存在问题，并对进一步扩大国产高档数控机床产品应用范围提出相关建议。

(3) 通过对中高速大功率柴油机关键零部件的结构特点、材料、加工要求、加工设备及刀具需求的分析，提出加快推进柴油机制造技术转型升级的思路和途径，并探讨国内外船用中高速大功率柴油机技术的发展现状与趋势。

(4) 通过探讨汽轮机行业制造设备特点和发展趋势，总结出针对汽轮机行业结构工艺特点的特殊性而开发相应专机方面的成功经验，并对从事能源制造领域产品开发的机床行业企业提出相关建议。

(5) 针对国产高档数控机床的需求分析，汽车零部件企业如何采用国际化视角来谋划企业未来，以市场需求作为加速器，通过科技创新手段引领企业发展。

(6) 通过对重点用户市场需求升级的相关分

析，总结出机床工具行业的变化新趋势，以及行业企业在产业调整与布局方面的具体做法和成功经验，并提出了企业未来的发展战略。

(7) 论述中国机床行业现状、存在的机遇和挑战，需要解决的主要问题，以及企业“十二五”产业调整的总体思路和举措。

(8) 复合材料加工领域的先进技术与理念，如何为广泛应用于航空航天领域的碳纤维增强复合材料(CFRP)的加工刀具产品解决方案提供理论支持。

(9) 通过技术创新，在飞机结构件数控机床加工方面的关键技术突破，为国产高档数控机床及数控系统在高端制造领域应用所提供的有益探索和经验。

(10) 行业企业在技术引进、消化、吸收、创新发展、合资合作的现代化经营理念，如何推进行业不断发展。

(11) 世界领先的工具、模具制造的设备供应商和精密零件制造商在如何贴近中国市场、满足用户需求等方面的成功经验。

11位演讲嘉宾均为常年工作在数控机床的使用、制造、管理等领域的资深专家。他们从不同角度，通过对我国数控机床产业要素分析和内涵的研究，提出了非常有价值的观点和意见，展示了“十二五”产业发展的市场需求导向、技术发展导向、结构调整导向及发展政策导向。本次论坛的成功召开无疑将对我国数控产业发展产生不可估量的影响。□

洛阳鸿元研制成功YRTM1200带角度测量系统轴承

近期，洛阳鸿元(LYZC)轴承科技有限公司成功研制出世界首创产品YRTM1200带角度测量系统轴承。此套轴承是该公司和欧洲某知名测控公司合作研制成功的，轴承的测量系统由该公司提供。该测量系统是目前世界上同类产品尺寸最大的角度测量系统，具有精度高、安装方便、环境适应性强、防护等级达到IP67、耐油污、不受磁场影响等特点，各方面性能均优于国内目前通常使用的编码

器、圆光栅等角度测量系统。同时，YRTM1200做到了全球尺寸最大(内径1200mm、外径1500mm)，国外同类产品中，只有INA做到YRTM460(内径460mm)。目前该产品已由国内某知名大机床厂购得，经检测：各项指标均达标，轴承轴向跳动和径向跳动均在0.01mm以内，角度测量系统精度可以达到弧长精度2.5 μ m，角度精度2.4角秒。

展示精品 收获希望

——来自CCMT2012部分展商的报道

沈阳机床：新技术、新设计赋予机床新内涵

第七届中国数控机床展览会于16日在南京国际博览中心拉开帷幕。沈阳机床集团推出了20台具有国际化水准的智能化、客户化产品，这是沈阳机床以市场为核心，立足产品技术创新，打造世界级产品，树立世界级品牌的成果展示。既有针对国家重点行业领域开发的高精密加工机床，也有展示加工单元能力的自动化生产线，还有全新打造的有极高市场美誉度和占有率的经典产品。

沈阳机床在本次展会以“新技术、新设计”为主题，隆重推出自主研发的RLS50自动化生产单元等多种智能化、自动化程度较高的机床产品，有效降低了劳动强度和人工成本，大幅提升了加工效率，同时有效地解决“用工荒”难题。在自动化生产单元中，沈阳机床还首次搭载了历时5年研发的飞阳G系统，一台机器人和3台机床组成的柔性自动加工单元可具备智能编程、加工仿真、工艺支持、图形诊断、机床实时监控、工件识别等功能，实现自动化、智能化、高速化加工，彻底改变了传统的工艺流程。除此之外，沈阳机床全新打造的Z系列摇臂钻床，在延续经典产品良好的操作性和稳定性的同



时，将艺术美学注入机械产品之中，完美传承了沈阳机床的设计理念。

据统计，沈阳机床共接待参展观众12万人次，在沈阳机床展位，统一的品牌形象，周到的服务，会心的交流，国际一流的时尚商务，一切只为用心倾听客户的心声。市场经理现场营销、商务工程师贴心讲解，观众在这里感知高新技术，享受高端服务。展会期间共有17个国家28个海外经销商来到沈阳机床的展位进行洽谈，自主研发的科技魅力吸引越来越多的国外客户关注我们的高端产品，在本次展会上沈阳机床签订合同6亿元，意向合同18亿元。

汉川机床：技术与市场结合，稳定与创新并举

汉川机床集团公司围绕CCMT2012展会“紧跟需求升级，加快结构调整”的主题，展示了既满足高端用户的高档动梁龙门式五面体加工中心产品，又提供给普通用户所需求的中档次立式加工中心产品，合理的展品需求搭配使此次展会在产品技术升级和市场拓展方面取得了良好的预期效果。

展品之一的动梁龙门式五面体加工中心HGMC2560TR，秉承汉川龙门系列产品高刚性、高可靠性、高精度的设计传统，自动交换头库系统第一次配置了自主研发的自动分度直角铣头、直铣头和加长直铣头，成为产品升级、掌握核心竞争力的又一亮点，标示着汉川在打破关键核心功能部件



对产品的制约，向着高端产品研制迈出了坚实的一步，得到了同行和用户的关注和肯定。

2011年机床行业的数据分析表明，国内拥有很大用户群的中档产品的产业化还亟待加强，以高

可靠性和高性价比的优势占据这部分的市场份额也是此次展会各制造厂商的目的。汉川公司为此展出了具有良好市场占有率和用户口碑的立式加工中心XH715D以及一款经济型立式加工中心DH950，既增加了现有用户群的信任度又增强了新用户的购买信心，促进了公司在成熟、稳定的立式加工中心系列产品上产业化的进程。

依据CCMT2012展会所获得的技术、产品和市场信息，汉川机床集团有限公司将把稳中求进、持续中档机床产品的技术改进和精细化制造作为保证市场占有率的基础，把高端产品的创新研发和新用户群的培养作为实现企业“由大到强”的战略目标。

烟台环球：CCMT让我们展示发展中的烟台环球

作为国内分度类机床附件品种规格最全、生产规模最大的企业——烟台环球集团也组织了强大的展品阵容参加了第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）展会。

近年来，烟台环球集团先后承担了5个“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项。公司以科技重大专项的实施为契机，“紧跟需求升级，加速结构调整”，依靠人才队伍建设为支撑，将提升企业自主创新能力和产品技术水平为核心，以营销服务理念转型升级为抓手，走出了一条“产、学、研、用”相结合的自主创新之路，全面提升数控转台、数控刀架等数控功能部件的可靠性和产业化技术水平，使企业的产品核心竞争力不断加强。

烟台环球集团的本次参展，是对企业实力和形象又一次展示，展品包括：数控转台、数控刀架、数控中心架、数控平旋盘等9大类33个品种规格。现场演示的有：AK33系列伺服动力刀架、AK26系列立式伺服刀架、AK36系列伺服转塔刀



架、TK64250数控双轴直驱转台、TK13400JS浸油式数控回转工作台、TK95系列数控交换回转工作台等，大部分展品是“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项产品。

本届展会，烟台环球的众多展品吸引了观众的眼球，也同样引起了广大用户的注意。同时，也得到了行业领导的认可与鼓励，大量国内外用户在展会期间到展台洽谈业务，签订合作协议，展览取得了令人满意的效果。

浙东机床附件：CCMT为我们导航

浙东机床附件有限公司利用展会的品牌优势充分展示了最新产品。展出产品K12系列、K13系列、K11（钢体）系列、KM31、KM33、K72等系列产品，重点推出K11-1250A（1250mm三爪钢体

自定心卡盘），该产品广泛应用于风力发电行业、高速列车行业、航天航空等行业。

通过展示一系列新产品，从最小的直径50mm的高精度高转速手紧卡盘到直径1250mm的重型钢

体自定心卡盘，树立了浙东机床附件有限公司手动卡盘的高刚性、高精度的产品形象，进一步提高了本公司在国内外机床工具行业的影响力。

尽管目前的市场形势并非景气，但来我公司展台的新客户很多，部分产品与新用户达成了合作意向，为公司下半年销售以及明年的经营工作打下了重要基础。来访的客户们被公司的产品所吸引，他们惊讶的感叹道，中国制造真的开始走向中国创造。CCMT2012给我们生产型企业与客户提供了一个低成本、面对面的交流平台，签单率提高，结识了大量的潜在客户。

通过CCMT展会，进一步了解到国内外卡盘的技术水平和发展趋势。另外，今年是“十二五”规划实施的重要阶段，可以通过本届展会分析近期的市场走势。对企业调整近期和中长期发展规划，明



确调整产品结构的重点方向和力度，起到了重要的导航作用。公司将根据CCMT2012了解到的信息，研讨企业发展战略，以“紧跟需求升级，加快结构调整”为工作重点，推进企业技术升级工作取得更大成绩。
(陈 晓)

武汉昌合：CCMT为我们搭建了很好的平台

武汉昌合阿美斯塔机械有限公司在此届展会中可谓是硕果累累。公司本着互利共赢、共同发展的理念来到南京，展示了我们最新技术成果，以CCMT展会宣传推介公司的产品，拓展销售渠道。

公司认真准备了CCMT2012的参展工作，从展台布置到客户接待，均取得了很好的效果。通过展会，我们发展了一些新客户，例如：西班牙一客户通过对展出的快换刀架详细询问，经双方友好磋



商，订购了产品，并希望今后逐步扩大采购力度。另外，有多家公司订购我司数控刀夹。上海三一精机等公司纷纷表示对我公司产品有强烈兴趣，希望有进一步的了解与合作。对于一些老客户，我们也进行了深入的沟通，有望进一步扩大合作范围。CCMT机床展会为我们拓展销售渠道，巩固新老客户，发展潜在客户搭建了很好的平台。

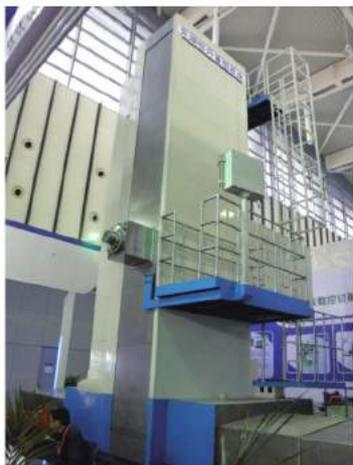
此届展会，有很多长期合作的客户前来参展，通过互访和参观交流，进一步巩固了长期合作的战略意向。在本届展会上，有多家机床厂主机展品配置了我公司的数控刀夹，例如：大连机床集团公司、南京数控机床有限公司、扬州欧普兄弟机械有限公司配套了公司的（VDI）数控刀夹，公司领导走访了这些客户。其次，共同开发销售网络，在展会期间，公司加强了和中国机床附件行业的骨干企业的战略合作，通过其在国内外的销售平台，让众多客户了解、经销本公司的产品。

展会期间，我们参观学习了同行业的先进技术，收获良多。

总之，通过参加CCMT展会，让更多的客户了解了“武汉昌合”。我们相信公司的明天会更加辉煌。
(王 霞)

恒升公司：携TK6920大型落地数控铣镗床亮相展会

4月16—20日，恒升公司携最新研发的，安徽省首台套最大的一台重型数控金属切削机床TK6920大型落地数控铣镗床，参加了第七届中国数控机床展览会。



展览会。

恒升公司参展的大型落地数控铣镗床TK6920是公司最新研发的产品，该产品是一种滑枕、镗轴均能水平移动的大型数控落地铣镗床，可实现多个侧面的铣削、轮廓铣削、镗孔、钻孔、扩孔、铰孔、铣平面、车螺纹以及多种曲面、多工序集中

加工，适用于大重型机架、托架、机体、箱体、缸体、基座等复杂零件的生产。产品具有高精度、高刚性、大扭矩、高效率、节能等特点。可广泛应用于工程机械行业、煤矿机械行业、电机行业、减速机行业、港机行业等大型工件的加工。

大型落地数控铣镗床TK6920在展会亮相，吸引了中国机床工具行业协会的领导，参加展会的机床生产厂家同行，以及很多用户和经销商的观看拍照、索取资料、洽谈合作事宜。

在展会期间，公司组织了技术中心研发人员、中层以上管理人员和生产、采购、质检等相关职能部门等40多人参观了展会。通过参观，他们开阔了眼界，对我国机床行业的发展水平和最新产品和技术成果有进一步的了解。

(许小云)

昆机展品：内在品质和外观双双赶超国际先进水平

“看到这么好的机床，就想拥有它。”在南京数控机床展上，沈机集团昆明机床股份有限公司展出的两台高端数控机床，以其靓丽的外观和完全可以与国际先进水平相比的内在高品质，获得了行业领导、业内专家和中外客商的一致称赞。

昆明机床的两台高档展品均以白黑红相间的亮丽色彩，以圆角、流线型的流畅外形闪亮登场，博得了众多的眼球，不仅在国内展品中格外抢眼，就是与国外最亮丽的展品相比也毫不逊色，被称之为“丑小鸭变成了白天鹅”。

可以与国际先进水平相比的不仅有漂亮的外观，更有其内在的高品质。以公司参展的TGK46100



高精度数控卧式坐标镗为例，由于采用了数字化设计、分析优化方法，进行了整机模态分析、整机谐响应分析及动态分析，采用了直线轴双丝杠驱动、双光栅定位、回转轴力矩电机直接驱动等一系列先进设计方法和技术，该机实现了高精、高速、高效、高可靠性、高刚度、高性能、大扭矩，各项精度均达到亚纳米，其中重复定位精度达0.0015mm；为了实现极高精度等级、长久的精度保持性，关键零部件均采用低应力制造，所有的重要结合面都经过手工刮研。更为先进的是该机不仅通过选配直驱式摆动回转工作台或者A轴摆动主轴头即可实现五轴联动控制，还可通过模块化变形、柔性化扩展，将其集成为加工中心和FMS产品，实现从单机向柔性成套生产线的发展，为客户的智能化、自动化、无人化制造工厂提供整体解决方案。公司参展的TH16920B落地铣镗加工中心也同样是采用众多先进技术自主研发的高档产品。

亮丽的外观，内在的高品质，使昆明机床的产品赢得了众多客户的青睐，仅在参展的几天时间里，就有三台大型高档数控铣镗床被客户确定订购，总价值达1000多万元。

(贺承明)

大河机床：百花齐放，百家争鸣

犹如和暖的春风，携带百花的馨香，满载春天的希望，“六朝胜地，十代都会”的南京奏响了以“紧跟需求升级，加速结构调整”为主题的第七届中国数控机床展览会的春天交响曲。

在这“百花齐放，百家争鸣”的机床盛会之时，宁夏中卫大河以简洁明了、鲜明独到、热忱大度、傲气雄风的展台布局，以自主创新，品质卓越的机床展品独树一帜，吸引了各界人士，为本次展览会再添一抹新绿！在本次展会中，其所参展的产品有：DVG850高速立式加工中心、VP1600回转工作台立式数控钻铣床、XK50/3数控三轴凸轮铣床、2MK2218Z立式数控珩磨机床。

已通过了国家重大专项办公室指定的第三方的性能及可靠性检测的DVG850，全过程采用有限元分析、对称机构设计，应用热补偿、集中维护和润滑油集中回收技术。更可贵之处在于它采用国内电主轴，在体现要振兴民族工业的同时降低了制造成本，并由公司和高校的携手合作，整机获得了很好的动、静态特性，提高了机床的固有频率，使机床在最高转速24000r/min运行时，机床无大幅度振动。正因如此，它在本次展会中的切削现场赢



得了众多粉丝的强烈赞誉，它注定会赢得更多需求者的青睐。2MK2218Z荣获本届“中国数控机床展览会春燕奖”，获此殊荣必有它的独到之处。该系列珩磨机床的主要性能参数已接近国际先进水平，自主研发的以比例减压阀数字设定进给压力的双进给结构，具有平顶珩磨功能，更有利于获得理想的微观表面质量。主轴移动及换向是通过自主研发的比例伺服阀为主的液压集成块来操纵。VP1600、XK50/3在原稳定可靠高效的技术基础之上再做新篇，以全新的面貌再次荣登本次盛会。

江苏新瑞：收获和体会

本次展会我公司共展出15台展品，分别是LMV600大型车铣复合加工中心（获春燕奖）、TH6916数控落地铣镗床、H80、H63、H50卧式加工中心，TC40立式加工中心，LCT15P、LS12、CK7150B数控车床等。

通过参加本届展会，感觉我公司的外观水平较历次展会有较大提高，基本上处于上游水平；而且我司展品品种、规格齐全，有大型机床，也有中小型产品，有立式、卧式、龙门式、落地式等，有加工中心、数控镗铣床和数控车床等，在国内大中型企业中为数不多；我司产品综合技术指标处中上游水平。



计划明年北京的国际展我公司将全部以全新开发的新品参展。□

搭建行业信息交流平台 促进企业国际合作步伐

——机床工具行业海外并购企业信息交流座谈会在展会期间召开

中国机床工具工业协会

随着世界经济一体化进程的逐步推进，国际间的交流与合作在提升中国机床企业的产品品质，促进企业参与全球化竞争等方面发挥了积极的推动作用。

2012年4月18日下午，在CCMT2012展会期间，由中国机床工具工业协会主办的机床工具行业海外并购企业信息交流座谈会在南京国展金陵会议中心召开，来自29家行业企业、用户企业、海外驻华机构等单位的50多名代表参加了本次座谈会。此前，机床协会曾利用展览会期间召开过四次海外并购企业座谈会。目前该并购座谈会已成为政府与企业、企业与企业之间交流情况、畅谈体会、互通信息的有效平台。

中国机床工具工业协会于成廷名誉理事长出席本次会议。王黎明执行副理事长兼秘书长主持会议并致欢迎词。商务部对外投资和经济合作司王沛处长介绍海外投资相关政策。秦川机床的毛丰副总裁、北一的邹春生总经理、重庆机床的刘春梅副总裁、星火机床的王宏总裁助理等4名企业高管分别介绍了各自企业在并购、参股海外企业，以及参与国际化竞争等方面的成功经验与体会。

此外，本次会议扩大了交流的范围，邀请到部分海外机构代表上台发言。德国联邦投资署Hempel先生、叶丽娟女士介绍了德国投资环境。CMS德和信律师事务所张宁律师介绍有关在德国企业并购交易的主要步骤和法律问题。德国中小企业联合会方朝霞女士介绍了在德国投资并购需注意的问题及相关案例。意大利引进外资及企业发展署MI RUI女士介绍了意大利的投资环境。

在致辞中，王黎明执行副理事长谈到，在过去的十多年里，我国机床工具行业实施走出去战略，在跨国经营方面进行了很多的探索，取得了一些经验，也有一些教训，先后有10多家企业并购或参股了海外企业，这些海外企业中通常都拥有较长历史，并拥有坚实的技术基础和品牌影响力，其产品覆盖了重型机床、加工中心、车床、磨床、拉削机床、精密量仪以及机床零部件和工具等各个领域。这对于我国机床工具行业的技术进步、海外销售渠道开拓，以及企业品牌建设等均起到了很大的支撑作用。

王黎明副理事长最后总结到：“实施走出去战略，不单是资金问题，文化的融合更加重要，对当地的政治、法律社会环境的了解和认知也非常重要，这些对于海外经营的成败有着重要的影响。”

会议现场始终保持了良好的气氛。为办好本次会议，机床协会市场部工作人员在总结前几次会议经验的基础上，特别强化了会议的互动环节，在每位嘉宾发言之后，都专门安排了提问和回答的时间，供大家自由交流。来自秦川、重机、远东、北一等机床企业的代表就关心的话题踊跃提问发言。会议取得了圆满成功。□





深化供需交流机制 推动创新成果应用

——2012年军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会在展会期间召开

中国机床工具工业协会

由国家发展和改革委员会、工业和信息化部、国家能源局、国家国防科工局四部委局主办，中国机床工具工业协会、中国和平利用军工技术协会承办的“2012年军工行业与能源装备领域国产数控机床应用座谈会”，于2012年4月16-17日，即第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）期间在南京召开。

本次会议的主题是：推动创新成果应用。主要探讨行业攻关成果在国防军工和能源制造领域的推广应用，总结前一段时期国防军工和能源与机床行业长效合作机制（以下简称长效合作机制）工作进展情况和取得的成功经验，并提出2012年长效合作机制工作安排。来自120多家军工行业、能源装备领域主要企业的主管计划、设备管理和采购的代表，以及来自70多家机床行业的企业代表共200多人出席了会议。

16日的会议由国家发改委动员办毕智勇副主任主持。工业和信息化部装备工业司王富昌巡视员、国家国防科工局发展计划司曲克波副司长、国家发改委国民经济动员办吴一亮处长、工业和信息化部

装备工业司王建宇处长、国家能源局能源节约与科技装备司王书强处长、中国和平利用军工技术协会李东海理事长、中国机床工具工业协会王黎明执行副理事长兼秘书长、中国机床工具工业协会陈惠仁副秘书长出席会议并在主席台就坐。来自四个主办部委和两个承办协会的多位领导和代表参加了会议。

工业和信息化部装备工业司王富昌巡视员、国





国防科工局发展计划司曲克波副司长、国家能源局科技装备司王书强处长分别作了重要讲话。几位领导的讲话都充分肯定了长效合作机制在过去一年中所取得的工作成绩，并指出当前存在的主要问题，明确了下一步的工作方向和今后工作的主要任务。

中国机床工具工业协会副秘书长陈惠仁做了机床工具行业运行和发展情况报告，介绍了机床工具行业正在积极进行的产业结构调整，正在着力提升为用户提供装备和服务的综合能力。和平利用军工技术协会李东海理事长做了军工行业应用与需求情况的报告，总结和分析了军工行业国产数控机床的应用现状，以及航空、船舶等领域未来的发展需求。

会议表彰了18项国产数控机床在军工和能源领域的优秀合作项目，体现了供需合作的重要意义，进一步提高了双方合作的积极性，将促进国内机床行业为军工和能源领域发展提供更好的服务。

会议交流主要围绕以下三个方面：机床企业介绍了近期的研发成果，军工、能源企业介绍了当前和今后的需求，充分体现了双方互动，加强了相互之间的了解；根据当前的任务需要，一批重点项目被列入科技重大专项，得到国家重点支持，以先进技术和装备武装国防能源工业，提高用户行业竞争能力；双方对今后工作做了设想，长效合作机制将转向长期合作，在政府的推动下，以产学研用合作推动长效合作机制发展成为未来合作的重要模式。本次会议突出了创新成果应用的主题，对于促进机床高端市场开拓、提高军工和能源装备水平、加快装备自主化能力将产生重要推动作用。

会议要求充分利用国家发展战略机遇期，以自主创新为动力，加速结构调整，迅速转变发展方式，做强中国数控机床产业，增强国防实力，提高军工、能源装备自主化水平，创新长效合作机制，为全面推动结构调整和工业转型升级做出应有贡献。□

Siemens PLM Software被评为中国最佳PLM解决方案供应商

近日，西门子工业自动化事业部旗下机构、全球领先的产品生命周期管理（PLM）软件及服务提供商Siemens PLM Software宣布，凭借2011年的骄人业绩，Siemens PLM Software被全球著名的独立PLM咨询与研究机构CIMdata评为中国最佳PLM解决方案供应商，并在PLM两大子领域——计算机辅助设计（CAD）和数字化制造分别位列第一名。同时，Siemens PLM Software还被评为中国汽车和工业装备行业市场最佳PLM解决方案供应商。目前，Siemens PLM Software在这两个行业市场中始终保持快速增长态势。

Siemens PLM Software已经连续两年被评为中国

CAD和数字化制造领域最佳PLM解决方案供应商。领先的计算机辅助设计、制造与工程（CAD/CAM/CAE）集成解决方案NX 软件主要用于高端、多学科的CAD领域，在数字化制造领域应用广泛的Tecnomatix 产品组合则主要用于数字制造自动化和仿真方面的解决方案。

根据CIMdata的研究，2011年全球PLM市场发展超出了该公司在2010年做出的预测，各相关行业都显示出投资增长势头。全年各行业PLM投资持续保持增长，其中软件增长远高于服务增长。主流PLM市场增长了12.8%，达到187亿美元。

从 CCMT 2012 看我国重型机床行业 自主创新能力的提高

中国机床工具工业协会重型机床分会 翟 巍

第七届中国数控机床展览会于 2012 年 4 月 16 日在南京国际博览中心隆重开幕，本届展会共有 800 多家机床工具制造厂家参展，国内知名企业悉数到场。

参展重型机床展品无论从品种、技术水平、外观造型等方面均超过往届，代表着我国机床业的发展潮流与方向。重型机床展品展台再次成为吸引观众的亮点，各类重型机床精品提升了品牌内涵。展会所展出的新品中，众多是国家重大专项攻关项目成果或是其派生产品。其中采用了一批曾制约我国机床发展的主要技术瓶颈和具有前瞻性的高速、高精、复合加工等高端技术，充分说明我国重型机床在掌握先进技术上已取得突破。

琳琅满目、精彩纷呈的创新产品为本届展览会增添了无限新意和生机，展现出重型机床行业在市场需求培育下，掌握新技术、开发新产品所取得的可喜成绩，其自主创新能力的提高在 CCMT2012 上得到充分的展示。

一、重型机床展品为本届展会增辉添彩 获得普遍认可

本届数控机床展会最大特点是，参展厂家都以重型机床展品作为展台布局中心，形成重型机床独具风流，凡有重型机床参展的展台最具有人气，展示出我国机床行业自主创新能力和开发新品智慧汇聚到重型机床产品上的巨大能量，也反映出国家经济建设对高档数控重型机床的需求得到整个机床行业的验证和落实。

展会所展示出的特点：一是，所有重型机床展品外观都是经过专心设计和精心施工装饰出的

精品，看上去，使人以耳目一新、眼前一亮，给人以欣赏艺术精品感觉。从造型、颜色搭配到精良的制作，都体现出我国重型机床已经完全进入世界先进行列，摆脱了陈旧几十年的傻大黑粗的外观形象。最为抢眼的是三一精机、沈阳机床、昆明机床、宁波海天精工等厂家的展品。

二是，有些厂家一改过去传统优势，而集中推出多台、多品种重型机床展品。沈阳机床集团、大连机床集团、北京一机床等形成新兴重型机床生产基地，其展出品种包含了数控龙门镗铣床、数控落地铣镗床、数控立式车床、数控大型加工中心、数控大型专用机床等重型类机床为主的展品群体，其技术水平居中高档数控重型机床产品前列。

三是，我国民营企业近年来发展迅速，三一精机、宁波海天精工、浙江日发精密机械、江苏新瑞等是其代表。三一精机不仅展出龙门镗铣加工中心、落地铣镗加工中心、大型卧式加工中心等重型机床展品，而且机床外观、技术水平、展台布局都给人留下深刻印象，受到同行和观众好评。宁波海天是以专业生产数控机床、加工中心为主的制造企业，现已形成龙门立式加工中心、卧式加工中心、数控落地铣镗床、数控立车等多品种大型、重型数控机床系列产品。日发精密机械参展的龙门式镗铣床、落地式铣镗床都达到了很高技术水准。可以预见，民营企业将在我国机床行业内起着自主创新、高速运转、一军突起的领军作用。

四是，有些厂家开始进入更广泛的产品开发领域，进入大规格、多品种生产厂家行列。如：昆

明机床改变过去以卧式坐标镗床产品为主，现在已开始生产龙门镗铣床、落地式镗铣床、立式车床、加工中心等多品种大规格的重型机床，今年展会推出落地式镗铣床和卧式镗铣加工中心参展；江苏新瑞机床今年推出 LMV600 龙门移动式车铣复合加工中心，车削直径 6300mm 工作台承重 80t，也可扩展为龙门移动式镗铣床，展品系该公司新近开发的重型机床类产品。同台还展出了 TK6916 数控落地镗铣床；普利森今年推出 CK62350F 最大回转直径 3500mm 超大型数控卧式车床。芜湖恒升重型机床今年推出 TK6920 超大规模的数控落地镗铣床，一改过去卧式镗床和立车系列产品而进入超重型机床生产行列。

五是，本届展会继承了近年来参展齿轮加工机床品种多、规格大的特点，而且在规格和品种上又有新的突破。

武重集团参展的 YKW31800 数控滚齿机，系我国自行开发的最大加工直径滚齿机。加工直径从 8000mm 可扩展到 12 500mm，该机床可加工大型圆柱直齿、斜齿、鼓型齿轮，也可加工蜗轮。X、Y、Z 采用高精密滚珠丝杠传动，X、Z 轴采用高精度光栅尺，全闭环控制，保证机床定位精度。工作台采用双螺距蜗轮蜗杆副传动。机床布局合理，具有良好的刚性和稳定性。本机床加工效率可达普通同类机床的 2~3 倍（见图 1）。

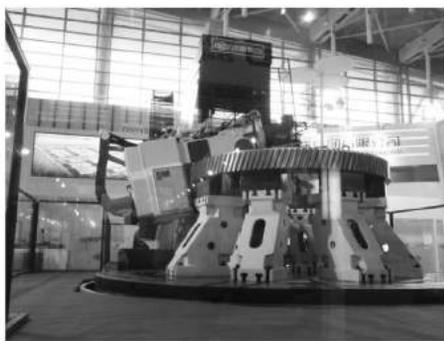


图 1

齐重数控参展的 YK36160L 数控卧式滚齿机，系加工大型轴齿轮专用设备。主要解决船用传递动力连接轴、矿山连接轴、重型汽车轴齿轮加工等，加工最大直径为 1600mm，最大加工长度 3000mm（见图 2）。

数控卧式滚齿机的研制成功填补了我国齿轮



图 2

加工机床系列空白，过去我国只生产普通卧式滚齿机产品，齿轮滚切全靠机械变速完成内联系，其加工装配非常困难。数控化后，机械传动变得简单而且可靠，大大提高加工效率。

随着国家装备制造业振兴带来前所未有的产业升级，对高档数控重型机床的要求相当迫切。新兴产业如核电、风电、大飞机制造、高速铁路、低能降耗产业等，对专机和成套加工设备要求的呼声很高，特殊材料、超薄零件、异形曲面零件都提出高速、高精、多轴复合加工要求。从所有参展产品的技术特点可以展现出，我国重型机床将向高档数控和更加满足用户工艺要求的多功能和成套技术的方向发展，并将带动为之配套的功能部件跃上新的台阶。

二、我国重型机床行业自主创新能力提升

随着高档数控机床成为市场需求主流，这一发展趋势带动了重型机床新品研发的强劲势头。随着用户行业技术水平的提升，产品规格不断扩大，加工零部件精度、难度不断提高，要求加工机床性能向更趋于大规格的高精、高速、复合化、智能化的方向发展。与此同时，我国机床制造企业近年来通过技术改造、基建投资、新产品开发，使企业创新能力得到迅速提高。在开发能力、技术水平以及工艺手段上都为承接重大项目，满足市场需求打下了坚实基础，也为自主创新积攒了经验和人才。

1. 大型、重型加工中心类产品迅速崛起

本届参展的展品中，大型、重型类加工中心所占比例最多，一是市场需求量增多，二是制造

企业在原有重型机床结构基础上, 经过模块化组合更容易扩展功能, 可实现一机多能要求。如: 卧式加工中心多是在刨台式铣镗床基础上扩大与之配套的回转台功能, 形成可交换的双工作台或是可回转工作台, 通过数控系统将主机、工作台、刀库联机后形成卧式加工中心。在立式车床或龙门式镗铣床基础上扩展成立式车铣床、立式车铣镗床、立式车磨床、立式车铣磨及淬火复合机床等。这些复合机床配备自动换刀系统, 实现加工中心过渡, 满足了工件加工的自动化, 完成一次装卡多工序加工任务。

本届展会上, 三一精机参展的 HMSD250P 卧式镗铣加工中心 (见图 3), 为目前我国开发的规格最大的卧式加工中心, 可交换的工作台尺寸 2000mm × 2500mm, 工作台承重 20t, 最大切削工件直径 $\phi 3500$ mm, 镗杆直径 $\phi 150$ mm (160mm), 主轴最大转速 3500r/m, 分度精度 0.001° , Z/Y/Z/W 轴快速速度 25/25/25/10m/min, X/Y/Z 轴定位精度/重复定位精度 15/10 μ m, B 轴定位精度/重复定位精度 9/6S。该机床是高速高精度四轴联动机床, 特别适合复杂箱体零件加工, 在结构设计和制造技术方面吸收了国内外众家之长, 是集现代机、电、光、液和信息技术于一体的高科技产品, 具有刚性好、精度高、扭矩大、可靠性强、操作方便、造型美观等优点, 能满足多种零件加工, 特别适合中、小批量多品种的加工方式, 可广泛用于国防、军工、造船、汽车、模具、纺织等多种行业的机械加工。



图 3

宁波海天精工参展的 HTM-160HA 型卧式加工中心, 该机床实现 X/Y/Z 轴光栅闭环控制确保高精度加工, 快速移动 20m/min。镗杆直径 160mm, 主轴

转速 10 ~ 2724r/min, 扭矩最大为 2261N · m, 机床配备 2000mm × 2000mm 的可交换双工作台, 工作台最大载荷 20 000kg。外观清新宜人 (见图 4)。



图 4

昆明 TOSPRES 卧式铣镗加工中心, 具备专利解决方案, 保证门式立柱的稳定性, 直线运动 X/Y/Z/W 轴均采用直线滚动导轨, 带预载驱动结构保证高加速达到 17 000mm/min。镗杆直径 160mm, 工作台承载 25t (见图 5)。



图 5

齐重数控参展的 HDVTM160 高精度立式铣车复合加工中心, 系在数控立式车铣床基础上增加了配套刀库和两坐标功能铣头, 可实现五轴联动并能完成小型螺旋桨叶面加工。该机床系国家高档数控机床与基础制造装备科技重大专项产品 (见图 6)。



图 6

2. 重型数控龙门镗铣床、落地式铣镗床趋向成熟

数控龙门镗铣床由于其加工工艺先进、扩展功能条件优越等优点得到国内外用户行业的广泛认可和使用，因此被机床制造企业所看中，纷纷上马开发和制造。近年来，国内重型机床行业对该类机床开发出多种系列产品，如加工宽度达10.5m的超重型龙门镗铣床，加工长度可达70m的双龙门移动超重型龙门镗铣床，配备回转工作台具备车、铣、镗功能的超重型龙门镗铣床，高架式高速移动龙门镗铣床，工作台可交换式的龙门加工中心等。国内龙门式镗铣床产品技术水平和制造工艺越来越高，快速移动、高精加工、五轴联动已在龙门类镗铣床产品上得到广泛应用。在本届展会上，重型龙门类镗铣床参展台数也属最多。

三一精机 GMM30100APT 型五轴龙门加工中心，机床具备柔性化加工功能，采用可交换工作台结构，配备五轴头体，可自动换头、自动换刀、自动刀具检测、自动工件检测、自动排屑。机床具备热补偿功能，可随时监测机床主要部件温度的变化并作出相应修正。工作台 3000mm × 10 000mm，承载重量 50t。主轴转速 20 ~ 3500r/m，机床可实现七轴五联动，适合复杂零件的多工序加工（见图7）。



图 7

济南二机床 HXV2730 × 60 五轴联动定梁龙门移动镗铣加工中心，整机具有良好的动态响应特性，可对复杂曲面零件实现大功率、大扭矩五轴联动强力切削加工。获得国家科技重大专项成果奖的 VXD40 电主轴式力矩电机驱动 A/C 双摆角数控万能铣头，电主轴功率 40kW 和 SVX60A 机械主轴式 A/C 双摆角数控万能铣头，主电机功率 60kW。两坐标铣头扩大了主机使用功能（见图8）。

大连机床 WX32-60 龙门加工中心，龙门静宽度 3700mm，双工作台 3000mm × 6000mm，可承重 30t（见图9）。



图 8



图 9

宁波海天参展的龙门式五轴联动镗铣加工中心，可对任意曲面和球体面进行加工（见图10）。



图 10

重型数控落地铣镗床类展品在本届展会上大放异彩，吸引了参展观众的特别注意，其特点是，普遍注重外观的改善，外观颜色在满足视觉享受的同时，加强人性化设计及安全防护设施，注重品牌形象的树立，外观及造型给人耳目一新的视觉享受。

三一精机展出的 MBF1660I 落地镗铣加工中心，机床采用双层壁大截面立柱、先进的液压平衡机构、重心随动补偿、附件重量补偿、滑枕绕度

补偿等多种补偿方式,确保机床具备精度高、效率高、精度保持性好等特点。主轴转速 3000r/m,主轴最大扭矩 4200Nm, X/Y/Z/W 快速移动 25/20/15/10m·min⁻¹ (见图 11)。



图 11

昆明机床的 TH6920B 落地铣镗加工中心 (见图 12),其机床技术水平高,性价比好,具有较强的市场竞争力。该机床配备独立铣头刀库,适合加工大型复杂箱体零件,配备两坐标铣头可进行五轴联动完成各种曲面加工。

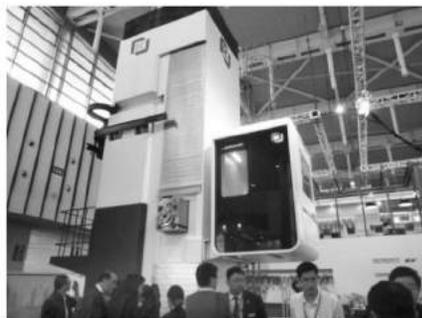


图 12

高速、高精、五轴联动已成为数控龙门式镗铣床和落地式镗铣床的特点,更有些数控机床具备了机械运动变形补偿、温度变形控制及补偿功能、智能故障诊断、智能防撞、智能刀具信息识别等高新技术并得到应用。我国重型机床行业自主创新能力的提高在数控龙门式镗铣床和落地式镗铣床类产品上得到了充分证明。

3. 重型卧车、立车类展品

重型卧车类产品参展展品很少,主要是因为占用面积和吨位过大,运输和起吊困难。一般厂家多用图片参展。

青海华鼎重型机床参展的 CK61350×16/260 型重型数控卧式车床 (见图 13),其床身上最大回转直径 3500mm,最大工件长度 16 000mm,顶尖间

最大承重 260t,花盘最大扭矩 250kN·m。该机床是历届机床展会中参展最大的基型卧式车床,主要用于加工大型和重型轴类和桶类零件,如发电机、汽轮机转子,船用连接轴以及军用长轴类零件。目前我国已经成功研制出床身上最大回转直径 6500mm,顶尖间最大承重 600t,世界最大重型卧式车床。



图 13

江苏新瑞机床 LMV600 龙门移动式车铣加工中心 (见图 14),车削直径 6300mm,工作台承重 80t,也可扩展为龙门式镗铣床,产品系该公司新近开发的重型机床类产品。



图 14

南京中传数控重机参展的 DVMT40 型数控双柱立式铣车床,加工直径 4600mm (见图 15)。其造型超出传统立式车床,具有别具一格的特点。



图 15

(下转第 85 页)

CCMT2012 五轴联动加工中心展品评述

北京机电院机床有限公司 杨转玲

五轴联动数控机床是一种技术含量高、精度高，专门用于加工复杂曲面的机床，是解决叶片、叶轮、船用螺旋桨、重型发电机转子、大型飞机结构件、汽轮机转子、大型柴油机曲轴等加工的重要手段。现在五轴数控机床不仅用于曲面加工，也充分展示其一次装卡，五面加工的特点。

在第七届中国数控机床展会（CCMT2012）上，五轴机床展品有50余台套，境外参展厂商有瑞士威力铭，台湾参展厂商有魔驰、友嘉、德马、盛方源等，国内参展厂商有大连、沈阳、北京机电院、四川长征、南通等。从本次展会看，国内设计制造五轴联动机床厂家有所增加，如上海拓璞数控、东莞环球等都属初次亮相，参展厂商均拿出本公司的优秀产品来展示。

此次展会展出的五轴联动机床结构、机型模式多种多样，可总结归结为以下几种：

一、三轴立式加工中心带可倾斜数控转台的五轴联动机床（即3+2五轴）

这类机床结构比较简单，一般是在三轴立加的工作台面上放置一个两轴摇篮式数控转台。如滕州机床厂展出的XH1270（见图1）、皖南机床的VMC850-5A、天瑞精工 VU400。其优点是价格比



图 1

较便宜，转台可以选配，拆卸比较方便；缺点是因为转台的高度，Z轴行程会变小，加工范围受到影响。此类机床一定程度上还是拓宽了传统立加的加工范围。

二、四轴立式加工中心带数控转台的五轴联动机床（即4+1五轴）

上海拓璞数控的VMC-B30（见图2），工作台横向布置，纵向移动，立柱不动，滑座在立柱上X向移动，主轴箱上下移动，主轴头可以沿Y向摆动（即B轴），工作台面上放置A轴头尾架。该机床主参数为：三轴行程1000/400/520mm，B轴摆动角 $-45^{\circ}/+100^{\circ}$ ，A轴回转，回转工作台直径320mm，主轴功率20.5kW，主轴转速2000r/min，刀柄HSK-A63。此类机床优点是转台可以选配，拆卸方便，B轴可以摆动对加工斜孔很有效，缺点是X轴行程会变小。机床主要用于中小型叶片、复杂曲面小型狭长零件的高速加工。

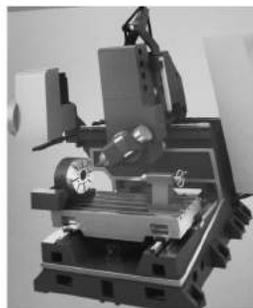


图 2

三、立式五轴联动加工中心

1. 双摆台式

工作台采用摇篮式结构的加工中心已经成为全球中小型五轴机床的主流设计，随着技术研发

的日趋完善和成熟，摇篮式机床的加工范围和加工能力都有了很大提高。此类机床有三种结构形式：

(1) 上海拓璞数控的 VMC-C50 (见图 3)，机床整体布局是床身一体式铸造结构，前部为 AC 双摆角数控转台，X 轴运动的滑板安装在后部底座上，Y 轴运动的滑座安装在 X 轴运动的滑板上，Z 向运动的主轴箱安装在 Y 轴运动的滑座上。该机床主参数为：三轴行程 1050/560/450mm，A 轴摆角 $-30^{\circ}/+100^{\circ}$ ，C 轴回转，主轴功率 11kW，主轴转速 7000r/min，回转工作台直径 500mm。适用于较大型航空整体叶轮及复杂曲面的凸轮、箱体等盘状零件的加工。这类机床外形紧凑、占地面积小，但是 Y 轴悬臂大，切削刚性略显不足。

北京机电院的 XKR25，大连的 VDW500 均采用类似结构。

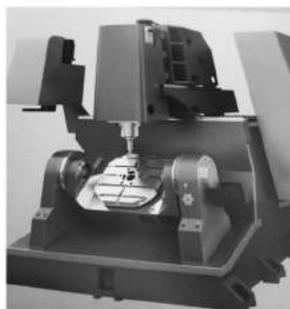


图 3

(2) 台湾德马的 DU650 (见图 4)，三轴结构与上述第一种相似，不同之处在于该结构不是 A、C 两轴联动回转，而是将摇篮旋转 90° 布置在绕横向 Y 轴摇摆，实现 B、C 轴联动。这种布局主轴在横梁上移动的空间距离较大，双摆转台的轴线与丝杠的轴线在一个垂直截面之中，按重心驱动原理，这种设计也比较合理，即使承载重型工件，转台也不致倾覆。该机床主参数为：行程 620/520/460mm，B 轴摆角 $+60^{\circ}/-110^{\circ}$ ，C 轴回转，主轴转速 12 000r/min (可选 20 000r/min)，快速进给 42m/min，工作台尺寸 $\phi 720\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，定位精度 X/Y/Z 轴 $\pm 0.005\text{mm}$ ，B/C 轴 10"。麋驰的 LU620、盛方源的 HA5AX3、友嘉的 U600 结构与此相同，只是增加了尾架支撑，因此刚性更好些。此次展会，台湾厂商的五轴均展出了此类结构的机床，而且没有采用力矩电机驱动，价格相比国

外直驱机床有优势。台湾机床厂商善于借鉴追赶国际新潮流，机床总体水平比国内略好一些。

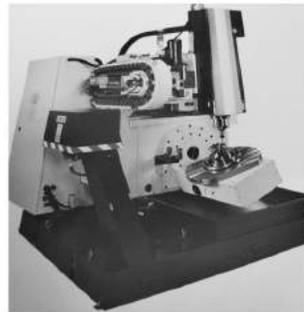


图 4

(3) 南通的 5DGBC50 (见图 5)，机床整体布局为桥式龙门框架结构，前部为力矩电机驱动的双摆角数控转台，即工件系统的 A、C 轴，机床的刀具运动系统 X、Y、Z 轴运动部件安装在机床床身的上部，Y 轴运动的横梁安装在桥式纵梁的上部，Y 轴运动采用同步双驱动方案。X 轴运动的纵向滑板安装在横梁的前部，Z 向运动的主轴箱安装在纵向滑板前部。这种结构因采用双驱，运行平稳，动力足，刚性好，龙门框架结构床身两侧是墙式结构，所以横梁在作 Y 向运动时，精度保持性非常好。该机床主参数为：行程 650/700/460mm，A 轴摆角 $+110^{\circ}/-110^{\circ}$ ，C 轴回转，主轴转速 18 000r/min，工作台直径 500mm，定位精度 X/Y/Z 轴 $\pm 0.008\text{mm}$ ，A/C 轴 8"。各轴全闭环，适用于涡轮、叶片、空间凸轮等零件的高速高精加工。

沈阳的 VMC0656e 也采用了上述类似结构。



图 5

2. 双摆头式

此类结构在重型五轴联动加工中心比较常见，现在也有一些中小型机床开始采用。如盛方圆的 5A \times 890 (见图 6)，整体结构采用桥式龙门框架结构，三个直线轴布置在上方，BC 轴双摆，工作台

固定，因为五个轴都在机床上部，工件重量的变化不会影响机床的切削，所以切削性能比较好。该机床主参数为：三轴行程 950/900/500mm，B 轴功率 12.5kW，主轴转速 24 000r/min，刀柄 HS-KA50，B 轴摆角 $\pm 110^\circ$ ，C 轴摆角 $\pm 225^\circ$ 。



图 6

3. 一摆头一摆台

此类机床有三种结构形式：

(1) 香港肯信的 VS5080 (见图 7)，采用动柱式结构，龙门式立柱，鞍座滑枕至于立柱中间，数控摆动主轴头 (B 轴) 与滑枕一固定在底座，工作台承载大，提高了机床的稳固性，该机床嵌入式回转工作台不动时，也可以作为四轴机床使用，加工范围不受影响。该机床结构紧凑刚性好的，加工范围广，空间宽敞。该机床主参数为：三轴行程 800/500/500mm，主轴功率 12kW，主轴转速 9000r/min，嵌入式回转工作台直径 250mm。



图 7

(2) 上海拓璞的 VMC-B50C，采用经典十字滑台设计，主轴头可以沿 Y 向摆动 (即 B 轴)，C 轴回转工作台可以 X 向移动。该机床主参数为：主轴功率 7.5kW，主轴转速 18 000r/min，回转工作台直径 500mm。机床主要适用盘状、箱体等复杂曲面结构零件的加工。

(3) 北京机电院的 XKH800F (见图 8)，机床

采用动柱式结构，立柱左右移动为 X 轴，工作台前后移动为 Y 轴，刀具主轴在立柱前面上下移动为 Z 轴。A 轴采用力矩电机驱动，B 轴采用英国进口的高质量的双导程蜗轮蜗杆副驱动。Z 轴应用双丝杠驱动，从而带来更高的切削刚性。机床做全闭环设计，进一步提高机床精度。床身的右上方安装有斗笠式刀库。整机有大罩密封，并配有自动冲屑、排屑和过滤装置。



图 8

四川长征的 LV900、北京胜为弘技的 TX5/700 结构与此类似。LV900 的 B 轴增加了圆弧导轨，使 B 轴强度增加。

此类机床主要适用于各种大中型叶片的加工。

(4) 北京机电院的 XKH400A，整体布局是工作台左右移动为 X 轴，立柱前后移动为 Y 轴，主轴在立柱前面上下移动为 Z 轴，Z 轴采用双丝杠双电机驱动。机床 A 轴、B 轴均采用力矩电机驱动。该机主要用于航发叶片的加工，由于加工的零件较小，所以 X 轴和 Y 轴方向的加工范围相近，行程较短，立柱作 Y 向运动的方式，机床的整体面积会大大缩小，床身尺寸减小，降低制造成本。机床的运动坐标轴分配均衡，刀具系统有 Y、Z、B 轴运动，工件系统有 X、A 轴运动，这样使刀具系统和工件系统的刚性都比较高。

四、卧式五轴联动加工中心

宁江的 THM6380IV (见图 9)，配备两轴数控可倾转台 A 轴/B 轴，回转轴全闭环，三轴行程 1300/1000/1100mm，A 轴摆角 $0/90^\circ$ ，B 轴回转，主轴转速 8000r/min，刀柄 NO50，回转工作台直径 1000mm，重复定位精度 X/Y/Z 轴 $\pm 0.003\text{mm}$ ，A 轴 6"，B 轴 4"，适用于加工大型叶轮的复杂曲面。



图 9

五、复合五轴机床

(1) 大连的 VHT800 立式五轴车铣复合机床 (见图 10), VHT 立式铣车复合加工中心是一台多轴 5 联动的车铣复合加工机床, 以车铣加工为主体, 可实现车、铣、钻及镗等多种工序, 适用于复杂零件的高精度 5 面完整加工。该机床三轴行程 1000/1060/740mm, A 轴摆角 $\pm 105^\circ$, C 轴回转, 工件最大直径 800mm, 铣削主轴转速 12 000r/min, 快速进给 50m/min, C 轴最高转速 100r/min, A 轴最高转速 50r/min。机床采用了多项先进技术, 如双边中心驱动、直驱技术转台、滚珠丝杠中空内冷。该产品在工艺、系统之间搭建起了桥梁, 将车削和铣削功能集成到一台高性能机床之中。该设备在结构组织形式上的设计和产品的某些技术参数在国内尚属空白, 为国际先进水平。



图 10

(2) 东莞环球的 CAMDERI.6 五轴钻铣复合机床 (见图 11), 工作台前后为 X 轴, 滑台上下为 Y 轴, 主轴箱左右为 Z 轴, 滑枕旋转为 A 轴, 工作台旋转为 C 轴, 行程 1000/1000/1200mm, A 轴摆角向上 15° , 向下 25° , B 轴回转, 主轴转速 6000r/min, 刀柄 BT40, 钻孔直径 3~30mm, 最大钻孔深度 1000mm。特别适合有复合角度的机加工工

件, 在铣削、钻孔 (深孔)、镗孔加工及螺纹方面均有卓越表现, 是复合角度加工的最好解决方案。



图 11

六、观后感

(1) 五轴联动加工中心结构形式多种多样, 风格各异, 各有其侧重点, 采用哪种形式的结构, 我觉得还是要和用户的工艺要求紧密相关, 因此应大力研究用户群体的需求, 开发出适合不同用户需要的机床。

(2) 在展览会上看到的五轴联动加工中心大多只能看到外在结构特点, 其实机床的内在品质应该更重要, 尤其是一些关键的核心技术, 如直线电机的应用、回转轴的锁紧技术、蜗轮蜗杆的加工制造技术、力矩电机的刹车技术、机床参数的优化技术等, 这些问题解决不好, 生产出来的五轴联动加工中心和国际先进产品就会形似神不似。今年展会, 采用直线电机和力矩电机驱动的机床数量明显减少, 因为国内配套的原因, 价格因素肯定存在, 但是对其中关键技术掌握不够也有很大关系。还有包括机床的密封防护、排屑、润滑、液压等附件的问题, 都直接影响到国产机床的可靠性、精度保持性。我们研究外国先进技术, 应深入其中的核心知识, 然后再进行创新。

(3) 五轴联动加工中心的发展方向是高速、高效、高可靠性、高精度、复合化、智能化、绿色化, 国内一些机床厂家生产的五轴数控机床已经达到了国际先进水平, 但不可否认我国装备制造业与欧美和日本还存在一定的差距。大力发展高端五轴联动, 固然不错, 但是中端五轴联动加工中心产品正处于转型期, 如能踏踏实实搞好现有产品, 在细节上下功夫, 提高内在质量做出精品, 也一样能满足市场需求。□

2012 年一季度机床工具行业 经济运行情况分析

中国机床工具工业协会

2012 年一季度，我国机床工具行业增速继上年四季度之后继续大幅下滑，重点联系企业产销、利润均呈负增长。这显示出我国机床工具行业连续十年的高速增长已结束。一季度机床工具产品进口在继 2009 年金融危机之后再度出现负增长。中高低各档次产品订单均呈现不同程度的下滑，然而，一些国民经济重点领域需求不减，与工厂自动化相关产品成为新的增长点。

一、1~3 月行业主要经济指标完成情况及进出口统计

1. 行业主要经济指标完成情况

国统局数据显示：1~3 月机床工具行业累计完成工业总产值 1509.8 亿元，同比增长 16.7%。

机床工具行业累计完成产品销售产值 1456.4 亿元，同比增长 16.1%。

机床工具行业工业产品销售率为 96.5%，比上年同期降低 0.5 个百分点。

机床工具行业实现利润 48.9 亿元，同比增长 5.1%；产品销售收入利润率为 5.7%，与上年同比降低 0.7 个百分点（1~2 月数据）。

机床工具行业本期累计固定资产投资完成额同比增长 25.5%。

2. 金属加工机床行业经济指标完成情况

(1) 金切机床行业

1~3 月金切机床行业工业总产值为 308.7 亿元，同比增长 1.6%。

金切机床产量为 108 153 台，其中数控机床产量达到 44 836 台，分别比同期降低 3.7% 和 15.5%。

金切机床行业实现利润 6.3 亿元，同比降低 28.5%；产品销售收入利润率为 3.7%，同比降低 1.5 个百分点（1~2 月数据）。

(2) 成形机床行业

成形机床行业工业总产值 126.9 亿，同比增长 9.7%。

成形机床产量为 49 252 台，其中数控机床产量达到 2997 台，分别比同期增长 0.9% 和降低 28.4%。

成形机床行业实现利润 4.3 亿元，同比增长 5.4%；产品销售收入利润率为 5.8%，同比降低 0.3 个百分点（1~2 月数据）。

3. 机床工具产品进出口情况

机床工具产品进口 47.0 亿美元，同比下降 0.6%；其中金属加工机床进口 31.7 亿美元，同比增长 6.0%。金属加工机床中，金切机床进口 25.5 亿美元，同比增长 4.5%；成形机床进口 6.2 亿美元，同比增长 12.3%。

机床工具产品累计出口 20.8 亿美元，同比增长 14.2%。其中金属加工机床出口 6.3 亿美元，同比增长 34.1%。金属加工机床中，金切机床出口 4.3 亿美元，同比增长 36.1%；成形机床出口 2.0 亿美元，同比增长 29.9%。

二、行业经济运行及市场特点

今年一季度我国机床工具生产、进口及出口的多数指标增速降至个位甚至负增长。行业经济运行主要有以下五个特点：

1. 产销增速继续下滑

一季度机床工具行业工业总产值和销售产值

逐月增加但处于低位运行状态，虽同比增速维持两位数，但比上年年末下滑 15 个百分点。

金切和成形机床两个主机小行业增速为个位数，明显显现出市场疲软之态。在国统局公布的数据中，一季度金切机床行业同比增速仅为 1.6%，几乎为零增长，成形机床行业稍好一些，其增速为 9.7%。而机床协会的重点联系企业的数据则显示下降幅度更大，一季度金切机床产值同比增速为 -9.5%，成形机床产值增速为 -11.1%。

金属加工机床增速的深度下滑，在机床工具行业影响深远。首先，对机床行业的总体走势影响明显，一季度金属加工机床行业产值占大行业总产值的 29%，权数较大；其次，机床工具很多小行业是直接为金属加工机床配套的，如：功能部件、数控系统等，也有一些小行业也是与金属加工机床密切相关，如：工量具等。金属加工机床的增速下滑，必将逐步引发相关小行业的下滑。

2. 中短期运行状况不容乐观

七个小行业重点联系企业（部分）的新增订单统计数走势更为严峻。重点联系企业本期新增订单和在手订单同比均为负增长，分别同比降低 31.7% 和 19.7%。

在今年中国数控机床展上，协会对 150 余家企业进行了运行趋势调查，显现的形势更加严峻。除工量具新增订单保持略有增长外，主机企业新增订单下滑明显，在被调查的 104 家企业中，有 25 家企业略有增幅；基本持平的有 24 家；同比增速降幅小于 10% 的有 13 家；同比降幅 10% ~ 20% 的约有 14 家；降幅 20% ~ 50% 的有 24 家；降幅 50% 以上的有 4 家；即：同比出现负增长的企业数量已达调查企业的 52.9%。

据了解，国内和国外品牌的数控系统订单下滑幅度高达 40% 左右，机床电器等配套产品也出现不同程度的下滑。这也从一个侧面反映出主机企业在中短期内所面临的严峻形势。

3. 市场需求结构加速升级

在市场普遍低迷的大形势下，从事特性化产品制造的企业合同却依然呈现增长趋势，显示出在细分市场的前提下，“专、精、特”产品还是大有作为。

例如，近年来航空航天、国防军工等产业对中高端和专业化产品的需求一直保持一定的增长速度。

又如，IT 行业中智能手机零件的加工设备成为新的市场增长点。不少企业已经专门为智能手机零件开发了专用的加工中心、研磨机、磨玻机等产品。

再如，受劳动力紧缺影响，自动化设备需求增加，成为市场亮点。

此外，市场需求继续带动产品结构升级。1~3 月我协会重点联系企业的数控金切机床产量和产值增速均呈负增长，但产量降幅低于产值降幅，单台价格同比上升。根据目前宏观经济和大型机床的市场形势判断，数控金切机床单价上升并非涨价或大规格机床产量增加形成的，而是由于产品结构提升，中高端机床比例增加的结果。企业针对用户需求开发的产品在市场上起到了重要作用。如上机开发出性价比更高的精密平磨、青重的不落轮对车床、大河机床的珩磨机、纳百川的拉刀磨等，都成为该企业新的经济增长点。

我协会近期对一百多家企业的调查也显示出这一趋势：一般普通机床下滑十分突出，是各类机床中下滑幅度最大的，而其中一些品牌产品、高质量产品所受影响相对较小；重型机床的市场需求减少显著，性价比成为用户更加关注的因素。在新的市场环境下，进一步加快产品结构调整，加速产品的升级换代，仍是摆在行业企业面前的迫切任务，以满足市场快速升级需求。

4. 进口再度负增长

1~3 月我国机床工具产品进口同比微跌，金属加工机床仅增长 6%。主要是由于市场需求不旺，同时机床行业对功能部件和零部件需求减少，如数控系统进口同比降低 31.7%、机床零部件进口同比降低 9.1%。目前采购进口机床工具产品的用户中三分之二为外资企业，本土企业进口产品购买力相对减弱。

进口的机床工具产品中，七成来自日本、德国和中国台湾，其中日本份额超过 38%。

5. 出口保持两位数增长

与进口不同的是，1~3 月我国（下转第 82 页）

直面前行的障碍 突破创新的瓶颈

——当前我国机械装备行业科技创新工作若干问题及思考

沈烈初

创新是一个民族发展的灵魂，也是社会经济发展的灵魂，当然也是科技发展的灵魂，更是包括电气工业在内的机械工业健康发展的灵魂。

中央已把创新作为重要的基本国策，尊重知识、尊重人才、尊重创新、尊重劳动，做了仔细的部署，并明确科技创新的三种方式，即原始创新、技术集成创新及引进消化吸收再创新。对中国目前情况来讲，主要是第二和第三种创新方式，原始创新还比较少。

近年来，我国在创新、特别是在科技创新方面取得了很大成就，充分利用改革开放的良好环境，比搞“两弹一星”受苏美两大超级大国的封锁时，具备了更好的物质基础，开放的国际环境也好得多了。

作为装备行业来说，电气工业与高速铁路行业，认真贯彻“以我为主、自力更生”的精神，实施了技术引进、消化吸收再创新的方式，中间也注意了技术集成创新及原始创新，取得了举世瞩目的成就，大大缩短了与世界先进水平的差距，有些方面达到或超过世界先进水平。如20世纪80年代引进美国西屋公司的30万、60万千瓦的火力发电机组，以后又以市场换技术与技贸结合等形式为三峡工程引进与合作生产，进一步发展到自行生产的70万千瓦水轮发电机组，500千伏的交流输变电成套设备也是如此。

在消化吸收再创新的基础上，目前已能生产更高容量、更高电压等级的电工装备，包括百万千瓦级的超临界、超超临界的火力发电机组，百万伏的交流输变电及±80万伏的直流输变电成套设备，投产及运营性能良好，可靠性较高，目前正

在试制80万千瓦以上的成套水轮发电机组。这些都标志着从容量等级、电压等级来讲已经超过世界先进水平，还具备了向更大容量、更高电压等级电工装备发展的基础，尽管还有不少核心技术与关键元器件、部件及材料还掌握在跨国公司手中。

又如高速铁路产业，它更是一个庞大的系统工程，不仅包括高速列车、桥梁工程、隧道工程、轨道工程、牵引供电工程，还包括通信信号、运营调度、客运服务等诸多方面。仅用了10年左右的时间，我国高速铁路行业取得了更为辉煌的成就。首条高速铁路出现在1964年的日本新干线，时速为210公里。但是我们后来居上，仍发扬了“两弹一星”的自力更生、艰苦奋斗的精神，采用了技术引进、消化吸收再创新，集成创新和原始创新相结合，系统掌握了时速250公里、350公里及以上的速度等级技术体系。

随着京津、武广、郑西、沪宁、沪杭及京沪高铁的相继开通，目前运行里程为7431公里，位居世界第一，成为世界高铁系统技术较全、集成能力较强、运行里程最长、试运行速度最高的国家。不久前，铁路部门新闻发言人铿锵有力地宣布，与任何外国公司没有发生过知识产权方面的纠纷，并请美国权威的专业律师事务所进行了全面评估。该律师事务所出具了评估报告，报告称“没有发现侵权情况”。当然我国高铁产业中还有不少核心技术与元器件、部件还掌握在外国公司中，安全性、可靠性尚需提高，我想经过努力这些也是可以解决的。

以上两个行业尽管还有不少核心技术需要攻克，在运营实践过程中出现这样、那样的问题，甚

至重大事故，需要及时解决。此外，我们更要具有超前开展研发的指导思想，更要加强原始创新，这样才能全面赶上或在某些方面能引领世界技术的发展，特别在标准上要有我们的话语权。这两个行业的发展道路值得总结，且经验教训更加宝贵，值得装备工业的其他行业借鉴、学习和思考。

目前对装备工业整体而言，科技创新还存在不少问题，有的还相当严重。

第一，观念、体制与导向制约着科技发展与科技创新

我国目前还处在社会主义初期阶段，是政府主导下、还没有完全规范、法制不很健全、诚信度不很高的市场经济。因此，政策与舆论导向对创新思维影响很大。在一些部门与地方政府还在强调 GDP 作为施政绩效的今天，加上地方官员任期短、急功近利，因此只考虑当前，不顾及长远，只考虑局部利益，忽视全局整体利益。这也影响到企业领导对企业发展的战略、战术思想与行动。

虽然我们拥有 3.2 万亿美元外汇储备，基础货币发行量大，前一段针对金融危机又实施宽松的货币政策，导致目前流动性过大。有些地方还在盲目引进外资，把好的企业馈送给外资进行兼并。这里面有很多教训值得总结，其后果造成一些行业“全军覆没”，如照相机行业、复印机等办公用品行业。另外，有的被兼并企业纯属是在为跨国企业打工。

温家宝总理于今年 7 月 16 日在《求是》杂志上发表的《关于科技工作的几个问题》一文中指出，“由于管理体制和评价导向的原因，许多科技人员还只求论文、样品，目的是评职称、晋级”，真是一针见血。有的企业领导也是如此。

温家宝总理在文章中指出，体制分割造成科技资源短缺与闲置浪费并存，资源利用和投入产出效率不高。由于部门之间在科技决策上协调不够，造成许多领域重复投入、分散投入，难以在国家整体目标上形成一致和分工合作，削弱了国家科技组织动员能力和协同集成能力，在一些战略方向性和关键共性领域，往往不能集中资金和研究力量实施重点突破。

由于体制情况，很多学校、研究机构和企业

形成所谓的“跑部钱进”、“跑部立项”，甚至利用“名人效应”来争取项目，导致一些“高水平、高端产品”重复建设。如 1 万吨、2 万吨以上的水压机，全国已经有十余台，生产 5 轴联动的数控龙门铣床企业达数十家，生产挖隧道的盾构机也有近 10 家。不仅装备行业在制造高端装备，而且用户行业也在制造高端装备。这种无序竞争、无序发展当然可以靠市场机制优胜劣汰来解决，但是已经造成社会资源的极大浪费。而且没有那个部门来协调，政府部门权责利不结合，造成下面更加混乱。

第二，“官产学研用相结合”进行创新不够

很多文章及文件只宣传产学研相结合进行创新，这对中国国情来说，远远不够。“用”是装备工业创新发展的出发点和归宿。现在一些装备工业企业不了解用户需求，就是了解也仅是目前的需求，更谈不上潜在需求。因此无法进行超前研发，只能跟在世界发展潮流后面亦步亦趋。电气工业创新发展好一些，其中一个重要原因就是与用户结合的比较良好。

另外，关于机床行业，数十年来中央领导同志们对发展数控机床非常重视，多次到有关的数控机床企业考察并具体指导，并在中央与国家的重要文件中，都把数控机床作为高端制造业及战略性新兴产业加以扶持，并给出一系列的优惠政策与财政支持。经过有关企业的努力，数控机床行业近几年来有了很大的发展。目前，我国的机床产业是世界第一生产、消费和进口大国。

但是机床行业也存在着一些问题，如不少数控机床企业不了解用户的需要，不懂用户使用工艺，又不懂刀具及切削理论，不能进行技术集成、成套地供应用户使用。机床工具行业要做机械工业的“总工艺师”的思路提了几十年，到如今还是实现不了。现在不仅提得少了，甚至出现倒退现象。因此大大阻碍了数控机床及刀具、功能部件的发展，只能占有中低端市场的份额，导致高端数控机床大量进口。看来目前这种情况很难改变。

据中机联张小虞副会长讲，主流汽车厂家的发动机四大件，即缸体、缸盖、曲轴、凸轮轴及变

速箱的零件加工用的数控机床生产线全部成套进口。其中，齿轮的粗加工可以立足国内。另外，汽车覆盖件冲压线可以由济南二机厂成套供应。

改革开放以来，汽车行业采取合资的方式引进先进技术与先进的管理，发展速度迅速，满足了人民日益增加的需求。由于汽车行业产业链长，对国家的税收贡献大，增加了大量就业机会，拉动各行各业的发展，因此受到国家及地方领导的重视。去年我国汽车生产及销售超过 1800 万辆，双双位居世界第一位。

前几天，我调查了我们小区，停在地面上的乘用车约有 80 余辆，只有 1 辆是国产夏利品牌，其他的都是日本丰田、马自达、本田、尼桑，韩国的现代、起亚，德国的大众、奔驰、宝马，法国的标致、雪铁龙，美国的福特、通用，甚至有英国的路虎等品牌。绝大部分是国内合资生产的。我为此深思了很长时间，从 1978 年我们与大众以 50% 对 50% 合资生产桑塔纳已经有 30 年了，我国走了一条与韩国发展汽车工业完全不同的道路。是悲？还是喜？还是悲喜兼有？好像合资这条路还要走下去（双方各投资 50% 对 50%）。

最近看到报纸报道，奔驰与比亚迪合资后，又扩大了与北汽的合资。

上海通用准备在江苏仪征建立第五个工厂，标致雪铁龙也即将与长安合资建厂等等。现在中国一些企业拥有自己的自主汽车品牌，主要面向中低端市场，并且可出口，其性价比适合中低端用户的需要。但是这些自主品牌能够生存的原因，就是因为这些跨国公司已经不生产了。作为战略性新兴产业之一的新能源汽车，特别是乘用车还要走上上述道路吗？这使人不得不担心。

“官”在中国更加重要，正确的决策可以推动技术进步和技术创新。如三峡成套发电设备和输变电成套设备是靠中央正确决策取得的。750 千伏特高压输变电成套设备及电力电子器件等是靠时任副总理的曾培炎同志力排众议，做了正确决策而取得的。如保变在研制 750 千伏变压器时，就已试制出 1000 千伏特高压变压器的原型样机了。反之，错误决策也就贻误了时机，有些后果要十年二十年以后才能显现出来，这些的例子也很多。

第三，科技创新要拒绝作秀与浮躁

“两弹一星”的研制成功大大缩短了我国与发达国家在国防装备上的差距，才使我们今天在世界格局的竞争中有自己的话语权。多少科技人员，特别是国内第一流的科技人员隐姓埋名，不计较个人得失，不少人即使受到了文化大革命的冲击，仍然坚持下来。这是多么厚重的爱国主义精神啊！正是在这些伟大精神的支撑下，再加上社会主义优越性，并通过实施全国大协作、军民大协作才取得了这些来之不易的成绩。

最近我看到一份杨振宁先生悼念“两弹一星”功臣邓稼先同志的文章，使我感动不已。他说邓稼先同志是中国的欧本海默（美国第一颗原子弹研制的组织者），甚至超过欧本海默。因为杨振宁熟悉邓稼先，也熟悉欧本海默，他最有发言权。

作为机械工业来说，发展科技要靠长期实践的积累。需要科技工作者在成功中总结经验、在失败中吸取教训的基础上，瞄准用户需要（包括潜在的需要）进行科技创新，这样可以少走弯路。而且要在广博的实践与理论知识基础上，多学科互相渗透的平台上才能有所发现、有所创新、有所前进。科研人员进行创新时要克服急功近利和浮躁思想，因为没有厚积薄发和十年磨一剑的精神，就进行不了科技创新。

如西安交大陈德桂教授从事低压电器科研教学数十年，默默无闻地在低压电器领域辛勤地耕耘着。他的科研工作紧密与企业相结合，大大促进了我国低压电器水平的提高。尤其是陈教授发明了“二维光纤阵列电弧快速摄像系统”，这个系统可以测出断路器开断电弧中的运动特性，包括光强分布、电弧的电压、电流、气压和机构转角等物理量的内在联系，为改进灭弧室提供了理论依据。这说明一个新的测试装置出现，往往可以带动新的发现与理论创新。

据我看来，这个测试系统还有发展空间，如二维到三维，低压到中高压断路器都值得考虑。陈教授的这些创新成果是与企业紧密合作而取得的，受益的企业多达数十家，其中包括 ABB、日本富士、施耐德电气等国际著名企业，并把这套系统出口到韩国。

现在，陈教授培养的研究生已分布到不少低压电器重点企业，人员流动带动了知识和技术的流动，这又是企业与陈教授继续创新的桥梁。因此，实践特别是企业实践和产业化是检验与评价技术创新的最终标准。

第四，打破科技创新的“神秘感”

现在一说创新，好像就是依靠高端人才，特别是海归人才，这当然是不可置疑的。但是这种舆论与观点绝对化，并不全面。因为机械装备工业产品的特点是使用寿命长、技术含量高、产业链长，需要优质的售前售后服务，不仅提供产品，更要提供服务。它是由千百种零件，经过千百道工序，由千百位工人的双手制造出来的。只要有一个关键工序、零部件及装置出错，就会造成不可弥补的损失。因此，提高全员的科技素质极为重要。而很多技术诀窍（know How）是工人长期在生产实践中不断改进、不断提高、不断创新得到的。

因此创新力量不但包括科技人员，还包括广大的一线生产人员，创新不能靠科技人员“单打独斗”。因此要“两条腿”走路进行创新，群众性的创新也很重要，小改小革到技术革新，乃至技术革命，通过聚沙成塔，实现技术集成，从量变到质变，形成不可估量的创新成果。这方面有些企业做得很好，历史上“郝建秀工作法”应该说是—种创新，用现在的词汇来讲，就是集成创新。

第五，要创新创造宽松的环境

促进创新工作，除了给予必要的物质支持，更需要舆论及领导的鼓励。“两弹—星”工程的直接组织者聂荣臻元帅和张爱萍将军为我们树立了榜样。创新进程是艰苦的，一定会遇到很多困难，甚至多次失败，特别是作为领导者更不能急功近利。

不要害怕在使用中出现问題，而是要勇于面对问题、分析问题和解决问题，这也是一种创新思路。最近新开通的京沪高铁在运行期间出现了一些故障，搞机电的同志都知道，这是不可避免的。因为还处于磨合期和故障多发期，不能过多指责。当然，制造方也要勇于承担责任，只有这样创新才能持续下去。

特别是“7.23”已开通近两年的甬温线特大

追尾事故，造成重大人员伤亡。国务院已成立了调查组，温家宝总理于2011年7月28日亲临温州，查看事故现场。据媒体报道，发生追尾事故的D301次列车是日本川崎重工、日立制作所、三菱电机等企业向南车集团提供技术，消化吸收后生产的CRH2型动车组。停在线路上的D3115次动车组是采用加拿大庞巴迪公司技术，消化吸收后生产出来的。这两种型号动车组最高时速为200公里与275公里之间。

目前，国外特别是日本有关企业十分关注这次重大事故，并想派员参加事故分析，得到第一手资料。7月28日在国务院调查组第一次会议上，上海铁路局新任局长报告了初步调查结果，是由于温州南站信号设备设计上存在严重缺陷，遭雷击后发生重大故障，加上值班调度员没有及时发出预警所致。7月28日信号设计单位，某央企下属子公司——北京全路通信信号研究设计院宣布承担责任，表示接受应得的处罚。

血的代价对我国高铁事业安全、可靠、健康、快速发展具有里程碑的意义，对其他装备行业、特别是电工行业汲取教训更有现实意义。这再次说明，在创新中、特别是一些高端制造业在快速发展过程中，一定要贯彻“质量第一”思想，要加强相应人员的培训，提高其素质，并加强创新管理，以适应先进生产力的发展。

最后，需要的强调的是，现在装备工业技术集成度高、技术含量高，特别是信息技术的高速发展、三网融合，以及物联网和传感网的兴起，我们需要抓紧这个战略机遇期，实施机电仪一体化更高层次的技术集成，使装备可以远程控制、远程采集数据、远程预警等。另外，在创新中建立数据库极为重要。要几十年如—日地积累数据、更新数据库，为建立数学模型提供依据，为研究和设计工作提供符合用户要求的数据，这是一个企业、一个科研单位最高的机密。这是利用PDCA的方法进行持续创新与不断改进提高的源泉，因为使用和实践是装备工业创新发展的基础。但可惜的是，现在很多企业并不重视，希望引起大家的注意。

（本文得到中国电工技术学会名誉理事长周鹤良同志指正，表示感谢。）□

数控机床误差补偿技术现状与展望

Present Situation and Prospect of Error Compensation Technology for CNC Machine Tools

上海睿涛信息科技有限公司 杨建国 姚晓栋

一、引言

机床的几何误差（由机床本身制造、装配缺陷造成的误差）、热误差（由机床温度变化而引起热变形造成的误差）及切削力误差（由机床切削力引起力变形造成的误差）是影响加工精度的关键因素，这三项误差可占总加工误差的80%左右。

提高机床加工精度有两种基本方法：误差预防法和误差补偿法。误差预防法是一种“硬技术”，通过设计和制造途径消除或减少可能的误差源，靠提高机床制作精度来满足加工精度要求。误差预防法有很大的局限性，即使能够实现，在经济上的代价往往是很高的。误差补偿法是使用软件技术，人为产生出一种新的误差去抵消当前成为问题的原始误差，是一种既有效又经济的提高机床加工精度的手段。通过误差补偿可在机床上加工出超过机床本身精度的工件，这是一种“精度进化”的概念。近年来，误差补偿技术以其强大的技术生命力迅速被各国学者、专家所认识，并使之得以迅速发展和推广，已成为现代精密工程的重要技术支柱之一。数控机床误差动态综合补偿已列入国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”，这表明了我国政府对数控机床误差动态综合补偿技术的高度重视。

二、国内外研究历史与现状

最早发现机床热变形现象并进行研究的国家是瑞士。1933年，瑞士通过对坐标镗床进行测量分析后发现，机床热变形是影响定位精度的主要

因素，由此开始了机床误差的检测、建模和补偿技术研究。从目前来看，在机床误差检测、建模和补偿技术研究和应用中比较有影响的有美国密西根大学，日本东京大学、日立精机，德国柏林工业大学等。其中，美国密西根大学在1996年成功地将热误差补偿技术实施于美国通用（GM）公司下属一家离合器制造厂的150多台车削中心上，使加工精度提高一倍以上，本人作为主要人员参与了这个项目。

我国对机床热变形及误差补偿技术的研究始于50年代，到70年代末，有关机床热变形及误差补偿技术研究工作在不少高校和研究单位先后展开。近年来，天津大学、西安交通大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、北京机床研究所、北京理工大学、清华大学、南京航空航天大学、国防科大、台湾国立台湾大学、台湾清华大学、上海交通大学等对机床误差补偿技术进行着研究。

纵观国内外，在有关人员的不懈努力下，数控机床误差补偿技术有了较快的发展，但从目前来看，在国外，数控机床误差实时补偿技术在大批量在工业中应用的例子并不多，还没达到成熟的商业化程度。在国内，误差实时补偿技术大部分还停留在实验室范围内，还未见在生产厂家批量数控机床应用误差实时补偿技术的报道。这说明误差补偿理论和技术还有很大的余地可开发。目前，数控机床误差补偿技术的主要不足和难点如下。

(1) 误差补偿运动控制的实现。误差补偿是

通过移动（对于四轴以上还需转动）机床的运动副以使刀具和工件在机床空间误差的逆方向上产生相对运动而实现。误差补偿运动控制的实现除了要满足补偿精度外，还要满足到实际应用的方便性和市场经济的经济性，再则，考虑到机床的动态误差，还需补偿的实时性，所以，对误差补偿运动控制实现的要求是精确性、实时性、经济性和方便性。从目前来看，补偿运动控制的实现可通过：**①修改G代码补偿法**，其不足：实时性差。**②压电陶瓷制动补偿法**，其不足：反应慢、刚度低。**③开放式数控系统补偿法**，其不足：绝大多数数控系统还未到开放程度。**④数控系统内部参数调整补偿法**，如螺距补偿、齿隙补偿、刀补等，其不足：仅静态补偿。**⑤原点偏移补偿法**，其不足：受限于数控系统。

(2) 数控机床误差的综合建模和补偿问题。目前，绝大多数的补偿将几何误差和热误差分开补偿，由于机床误差的复杂性，如定位误差等实质上既是几何误差（与机床坐标位置有关）又是热误差（与机床温度有关），一般将这些误差作为几何误差进行补偿，但实际上，这些误差在不同的温度下是变化的，故对这种既是几何误差又是热误差的复合误差（严格说机床上的误差都和温度有关）要进行几何误差和热误差的综合建模和补偿。

(3) 机床误差检测和辨识时间过长问题。由于机床误差特别是热误差取决于诸如室温、机床工况（主轴转速和进给速度等）、切削参数、冷却液、加工周期等多种因素，而且机床热误差呈现非线性及交互作用，因此，这种检测和辨识通常需要很长时间。另外，由于机床上的误差元素众多，一般的激光测量仪测量，一次调整仅测得一项误差元素，如何高效快速地测量，也是个必须解决的问题。

(4) 五轴数控机床多误差实时补偿问题。目前国内外五轴数控机床补偿主要局限于几何误差建模及补偿，而且在理论上讨论的比较多，真正实际的动态实时补偿的实施和应用的实例还是不多。而随着五轴数控机床的普遍使用，为获得更好的加工精度或补偿效果，五轴机床的多误差动态实时补偿及其应用必不可少。

三、补偿技术主要不足和难点的解决策略及其研究课题

1. 基于机床外部坐标系原点偏移的实时补偿器研制

利用机床数控系统具有的机床外部坐标系原点偏移功能，根据机床温度、位置坐标甚至切削力数值信号的反馈对数控机床误差进行实时补偿。机床外部坐标系原点偏移的方法不需要对NC指令作修改，也不影响各个加工坐标的功能，对原有数控系统工作不产生影响。补偿具有很好的实时性，通过对误差模型的优化和修改也使得补偿更加灵活、简便和有效。由于现在的发那科、海德汉、西门子等数控系统都有这种原点偏移功能，而且国内的数控系统中也正在嵌入这种功能，所以，这种补偿是今后发展和应用的方向。图1是这种补偿器的结构图示意，图2是具体实时补偿原理图。实时补偿原理或过程如下：首先通过布置在机床上的温度传感器实时采集机床的温度信号（与热误差有关），同时，实时采集机床工作台的运动坐标位置信号（与几何误差有关）并通过A/D板和输入输出接口把这两种信号送入实时补偿器，根据预先建模并放置在补偿器里的综合误差数

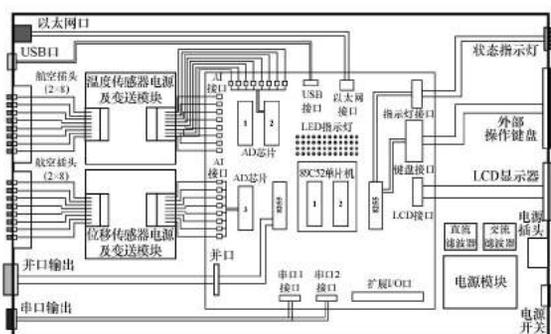


图1 实时补偿控制器结构图示意

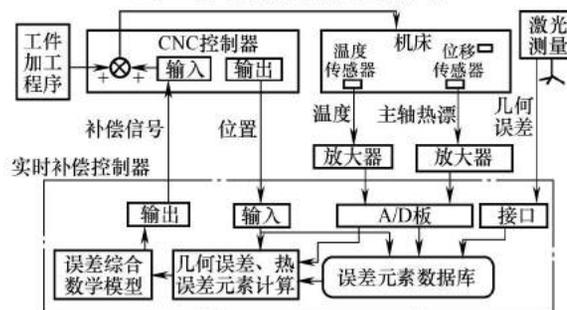


图2 实时补偿原理图

学模型,算出瞬时综合误差补偿值。然后,把误差补偿值送入机床数控系统,数控系统根据补偿值对刀架或工作台进行附加运动来修正误差以完成实时补偿。此系统还可结合激光测量仪和位移传感器及一些接口电路进行机床几何误差、热误差的测量。

2. 复合误差建模和补偿

图3为不同温度下的X轴定位误差测量结果图(建模试验共进行了18次测量,为显示清楚,图中仅给出第1、5、12、18次测量结果),从图中可见,随着机床受热后的温度变化,机床定位误差

也在变化。这就说明了为何在一般激光测量仪测得机床定位误差等进行补偿,但在实际的切削过程中这种补偿的效果并不令人十分满意,其实补偿的是机床冷态的定位误差,而实际上在加工过程中的定位误差是随着机床温度变化而有变化的,故这种既是与机床运动坐标有关的几何误差又与机床温度有关的热误差可称为复合误差。复合误差的建模和补偿怎么办?措施是应该在不同的温度下,进行不同的补偿,这里的关键是如何建立复合误差的数学模型。

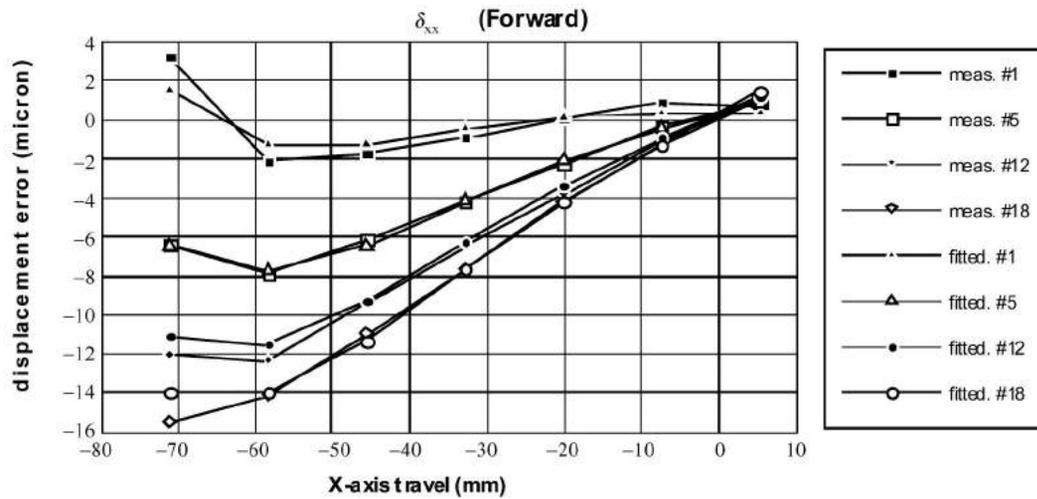


图3 不同温度下的(X轴)定位误差测量结果

再从图3中的误差变化的规律来看,各种温度下的轴定位误差曲线形状变化不大而整个曲线斜率有变化(这不是个例,大多数误差都有这种规律)。因此,这种误差元素可分离成如下二部分:

$$pp(p, T) = ppG(p) + ppT(T) * p \quad (1)$$

式中: p 为坐标轴 x 或 y 或 z;

(ppG(p) 为 p 轴误差元素的几何部分,它只与位置 p 有关;

(ppT(T) 为 p 轴误差元素的热部分,它只与机床的温度 T 有关。

几何部分和热部分的分离见图4,几何部分,在机床冷态时(或第1次)测得,用位置 p 的多项式拟合。热部分与机床上某些点温度有关,各数值为各误差曲线直线拟合线的斜率,每一次测得的一组误差数据可进行直线拟合得一斜率。式(2)是图3(X轴)定位误差的建模结果(其中

ΔT7、ΔT8 为 X 轴丝杆、螺母温度),拟合情况或建模精度可见图3。

$$\delta_{xx} = 1.1192 * 10^{-6} + 8.9455 * 10^{-5} x^3 + 9.0575 * 10^{-4} x^2 - 6.2218 * 10^{-3} + 2.9717 * 10^{-1} + (-2.7523 * 10^{-2} - 4.9600 * 10^{-3} \Delta T7 + 3.3601 * 10^{-2} \Delta T8) x \quad (2)$$

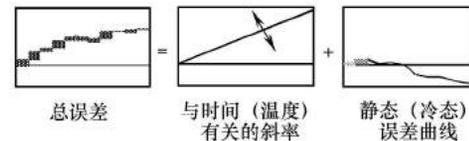


图4 几何误差和热误差的分离示意图

3. 考虑温度变化的机床误差高效测量

为了能够在进行体积测量的过程中获得更多的信息,在机床运动工作空间进行测量时,对角线上的斜直线运动转换为分别沿 X、Y、Z 轴的分步运动,也就是将常规的体对角线测量改进成如图5为每小步分步(3步)体对角线测量,这样可

获得常规体对角线测量 3 倍的数据, 通过一定的算法, 可分离误差元素, 即通过如图 6 所示机床工作空间 4 次体对角线测量, 可获得 3 项定位误差、6 项直线度误差、3 项垂直度误差共计 12 项移动误差元素。

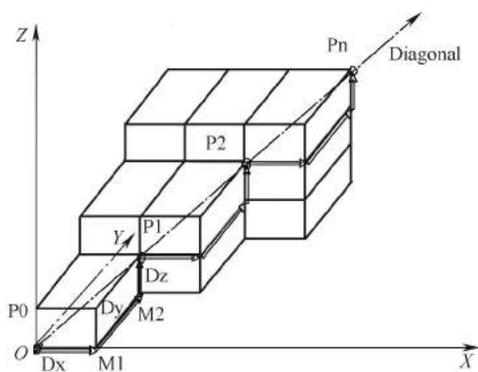


图 5 分步 (3 步) 测

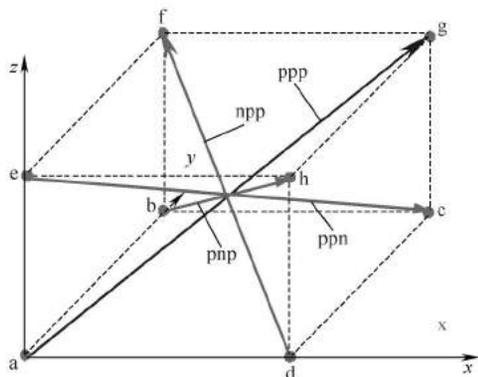


图 6 体对角线测量路线

目前正在研究的问题是如何考虑机床温度变化对体积测量的影响。主要采取的方法是在机床的各种不同工作温度下进行体积测量, 然后建立机床温度数据与体积测量结果数据的关系。数据采集的具体做法为: ①机床升温, 即先在机床冷态下测量, 然后运转机床包括主轴回转和工作台或刀具的进给运动等使机床温度升高后机床运转停下再测, 重复多次直至机床基本达到热平衡状态。②环境升温, 即控制机床环境温度, 分别在不同的环境温度下进行体积误差的测量。

4. 五轴数控机床误差解耦实时补偿

五轴机床补偿与三轴机床补偿不一样。三轴补偿依据误差综合数学模型算得三个方向的误差补偿值直接补偿即可, 但五轴运动中转动会引起移动即有运动耦合, 故在补偿过程中要解耦。为

此要采用使各运动副分别进行顺序运动的方式对机床空间综合误差进行补偿。具体补偿控制过程为: 第一步: 先通过机床二转动轴的附加旋转运动修正刀具和工件之间的空间姿态误差; 第二步: 再通过机床三移动轴, 对刀具和工件之间的原始相对位置误差以及之前空间姿态误差修正过程中产生的附加误差进行补偿。

五轴补偿的具体过程如图 7 所示。假理论条件下刀具切削点以及空间姿态为位置 1, 实际加工条件下切削刀具的位置及空间姿态为位置 2。首先机床两个转动轴产生附加转动, 将刀具空间姿态调整到理论条件下的空间姿态。在对刀具进行空间姿态调整过程中, 刀具在三个移动自由度方向上会产生耦合。调整刀具空间姿态后刀具的实际位置及姿态为位置 3。至此, 刀具的空间姿态误差得以补偿。为了补偿刀具在实际加工条件下产生的位置误差, 以及刀具空间姿态调整过程中产生的耦合误差, 还需要进一步调整机床三个方向的位置。在图中表现为将刀具从位置 3 处最终调整到位置 1 处。

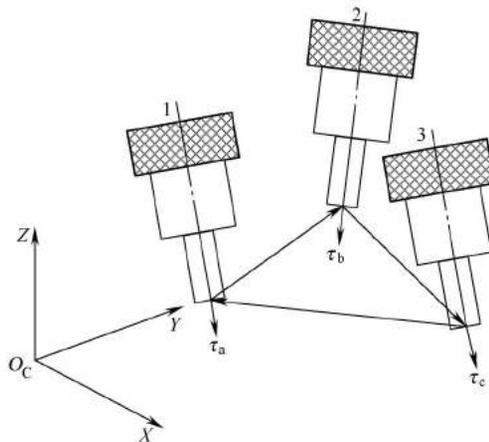


图 7 五轴补偿过程示意图

5. 机床上关键温度点的优化选择

关键温度点选择有关误差模型的建模精度和模型中所需温度元素的数量, 所以非常重要。温度关键点选择主要还是做相关分析, 有多种相关分析方法。这里介绍有一种灰色理论筛选分析法。灰色理论分析法在考虑各温度测点的温度数据序列同数控机床热误差序列的综合关联度之外, 还考虑了各温度数据序列之间的综合关联度。这就使得该方法除了具备定性分析法的各项优点之外,

还可以避免筛选得到的温度关键测点之间的相互耦合现象，提高了数控机床热误差模型的准确度。如图8（左面为温度测点在机床上布置，右面的上部分为各测点温度变化曲线，下部分为X、Y、Z三个方向的热误差变化曲线）所示，在机床上布置16个温度测点进行关键温度点的选择试验，试

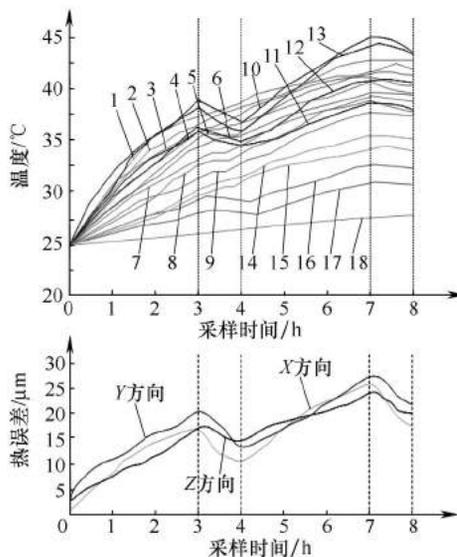
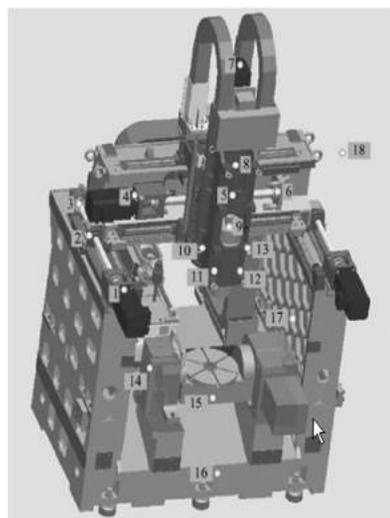


图8 温度测点在机床上布置试验及其温度和热误差变化

- (1) 计算每个温度序列相对其他所有温度序列的综合关联度值。
- (2) 形成综合关联度矩阵，并对超过显著性阈值的综合关联度值进行标注。
- (3) 通过行搜索的方式得到相关温度测点组。
- (4) 对相关温度测点组进行归并。
- (5) 在每个温度测点组当中选出相对机床热误差具有最大综合关联度的测点作为候选关键温度测点。
- (6) 对候选温度测点进行进一步筛选，得到关键温度测点。

最终通过对18组综合关联度数据进行定性研究和分析、推导和计算，选择：①2号（Y轴滚珠丝杠螺母温度）；②5号（X轴滚珠丝杠螺母温度）；③8号（Z轴滚珠丝杠螺母温度）；④12号（主轴箱右前侧温度）。这四个关键温度测点为机床温度场的关键温度测点而用于热误差建模。

6. 数控机床的切削力误差补偿

切削力误差是指加工过程中切削力导致机床、刀具和工件等发生变形，导致刀具和被切削工件

之间的相对位置误差，从而产生加工误差即切削力误差。从目前来看，在国内外有关切削力误差补偿研究的报道比较少。因为一般都假定，在传统的精密加工中，由于切削力很小，所导致的变形可以忽略，故切削力变化对加工精度影响很小。然而，强力或高效切削以及一些难加工材料切削加工应用日益广泛，在这些加工中产生的切削力比较大，所以切削力引起的加工误差变得重要起来。

数控机床上切削力大小变化时，主轴电机电枢电流也随着变化，故可通过检测主轴电机电流变化来辨识切削力大小，再根据切削力大小来估计切削力误差进而补偿。

数控机床主轴电机是切削加工动力源，当机床上切削力大小变化时，主轴电机电枢电流也随着变化，故可通过检测主轴电机电流变化来辨识切削力大小，再根据切削力大小来估计切削力误差进而补偿。

如图9所示，建模时温度信号和电流信号通过A/D板和输入输出接口等进入补偿控制系统计算单元，同时，机床主轴转速、Z轴进给电机转速信号后也进入补偿控制系统计算单元，在这里，将误差建立为温度、电流和转速的函数模型，然后将模型置入补偿控制系统，建模过程完成。

如图9所示，建模时温度信号和电流信号通过A/D板和输入输出接口等进入补偿控制系统计算单元，同时，机床主轴转速、Z轴进给电机转速信号后也进入补偿控制系统计算单元，在这里，将误差建立为温度、电流和转速的函数模型，然后将模型置入补偿控制系统，建模过程完成。

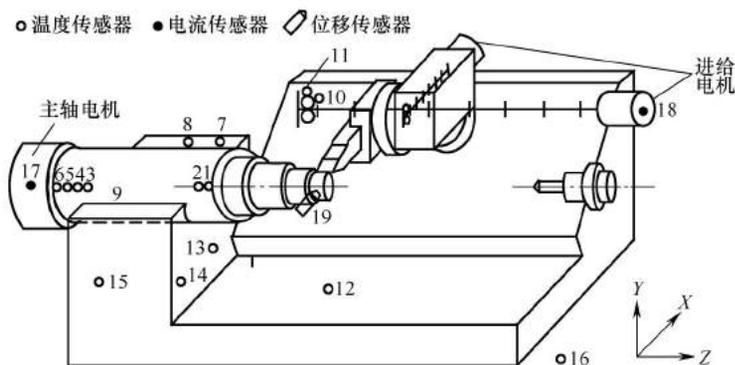


图9 误差建模试验示意图

误差补偿控制系统结构示意图如图10所示，实时补偿时，根据实时采集的温度（用来计算和补偿热误差）、电流信号和转速值（用来计算和补偿切削力误差），模型计算出瞬时热误差和切削力误差值，然后，把补偿值（误差值的相反数）送入机床数控系统，机床数控系统据此实施对机床的补偿运动以完成热误差和切削力误差的实时补偿。如把数控系统中的坐标位置数据采集进补偿器还可补偿几何误差。图10中虚线部分仅在建模时用到，实线部分是完成实时补偿的过程示意。

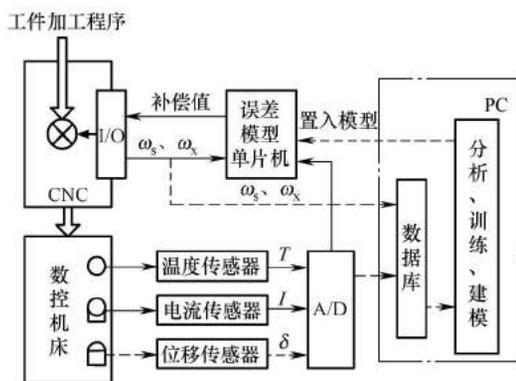


图10 补偿控制系统结构示意图

补偿试验加工用如表1所示的阶梯轴和圆锥轴2种零件及其切削力误差补偿前后加工零件的尺寸值和误差值，材料为模具钢。加工时采用大切深进给，1刀切深加工至零件设计尺寸。由于毛坯是阶梯轴和圆锥轴，切削时切削厚度有变化，故切削力和切削力误差也随之发生变化。从表1可得，经切削力误差补偿后，两种毛坯件加工产生的切削力误差分别减少了42%和38%，机床的加工精度得到了明显提高。

表1 切削力误差补偿前后零件加工误差对比表

试验 样件	未误差补偿时 加工尺寸 /mm	切削力误差补偿后 加工尺寸/mm			切削用量
		No. 1	No. 2	No. 3	
	12.4847	12.4936	12.4911	12.4897	n = 2500r/min f = 100mm/min
	12.4816	12.4913	12.4894	12.4923	
	12.4782	12.4898	12.4927	12.4931	
误差/mm	0.0065	0.0038	0.0033	0.0034	
	12.4887	12.4931	12.4895	12.4936	n = 2500r/min f = 100mm/min
	12.4853	12.4914	12.4921	12.4913	
	12.4826	12.4893	12.4934	12.4901	
误差/mm	0.0061	0.0038	0.0039	0.0035	

四、具体应用案例

机床误差补偿具体实施以上海睿涛信息科技有限公司在沈阳机床集团的VMC650立式加工中心的动态实时补偿为例。在理论分析的基础上，实施过程的步骤为：①温度传感器在机床上的布置及其接线。②动态实时补偿器与数控系统的连接。③温度测量和实时补偿功能调试。④通过补偿前后的测量对照比较，进行补偿效果的评判。⑤实时补偿切削加工应用。

动态实时补偿过程为：首先通过布置在机床上的温度传感器，实时采集机床的温度信号（和热误差有关），同时，通过机床数控系统，实时采集机床拖板的运动位置信号（和几何误差有关），并通过A/D板和输入输出接口把这两种信号送入动态实时补偿器，通过预先建模而设置在补偿器里的综合误差数学模型，算出瞬时综合误差补偿值，然后，把补偿值送入数控系统，数控系统再根

据补偿值对机床拖板进行附加运动来修正误差以完成实时补偿。

1. 温度传感器在机床上的布置

图 11 为机床主轴上布置的温度传感器，可在机床工作中动态实时地测量主轴温度。图 12、图 13、图 14 为在机床的 X、Y、Z 轴上分别布置在螺



(a) 主轴上端温度布点 (b) 主轴下端温度布点

图 11 主轴上温度布点



图 12 X 轴温度布点



图 13 Y 轴温度布点



图 14 Z 轴温度布点

母、丝杆和导轨上的温度传感器照片。

2. 动态实时补偿器与机床数控系统的连接及其功能调试

图 15 为补偿器与数控系统连接，由于剩余的输入输出接口不多，故增添使用了扩展板。误差补偿（器）系统通过与机床 PLC 的连接，实现补偿系统与数控系统之间的数据交互：①运用数控系统的窗口功能，在 PLC 中嵌入相应的程序，实时自动读取当前各坐标轴的绝对坐标，并将实时绝对坐标输入外置补偿系统。②温度传感器通过接头将实时温度值传送到补偿系统中。③补偿系统在一个 PLC 周期内，通过预建的误差模型自动完成各轴的实时误差补偿值计算，并通过补偿值输出接口将误差补偿值送到 PLC，并进一步通过嵌入的 PLC 程序传送到 CNC，再由机床 CNC 通过触发外部坐标原点偏移功能使相关坐标轴向误差反方向运动计算的补偿距离，达到自动误差补偿的效果。

补偿系统与机床的连接主要有以下几个方面：①补偿系统坐标输入接口与机床 PLC 实时绝对坐标输出地址连接。②补偿系统误差补偿值与机床 PLC 补偿值输入地址连接。③相关温度传感器通过温度采集卡与补偿系统温度输入接口连接。



图 15 补偿器与数控系统连接

3. 机床误差动态实时补偿对比测量（由有国家资质的国家级检测中心 - 机械工业机床产品质量检测中心检测并认定）

(1) 机床冷态定位误差补偿前后的测量对照比较。利用激光干涉仪，分别检测该机床三个移

动轴的定位误差。

①补偿前：三轴机床在补偿前测量各轴在冷态状态下的定位误差（曲线图略）。

②补偿后：开启补偿器的自动实时补偿功能，用同样的激光干涉仪测量经过实时补偿后的 X 轴冷态定位误差（曲线图略）。

X、Y、Z 轴冷态双向重复定位精度补偿前后对比如表 2 所示。

表 2

轴 向	补偿前/ μm	补偿后/ μm
X 轴冷态双向重复定位精度	5.21	5.42
Y 轴冷态双向重复定位精度	4.48	4.31
Z 轴冷态双向重复定位精度	7.41	4.75

X、Y、Z 轴冷态双向定位系统偏差补偿前后对比如表 3 所示。

表 3

轴 向	补偿前/ μm	补偿后/ μm	精度提高百分比 (%)
X 轴冷态双向定位系统偏差	37.20	6.83	81.64
Y 轴冷态双向定位系统偏差	45.27	6.30	86.08
Z 轴冷态双向定位系统偏差	35.63	9.83	72.41

由表格可以看出，补偿前后误差对比显示，机床精度都有大幅提高。

(2) 机床热态定位误差补偿前后的测量对照比较。为观察温度变化对定位误差的影响，编制了一个机床三移动轴往复运动的运动程序，使机床产生温升（实际测量过程中，机床三个移动轴在最大运动范围内快速联动，进给量设为 5000mm/m），机床运动 2h 后再用激光干涉仪测量温升后的定位误差。三轴机床在补偿前后的热态定位误差曲线省略。

X、Y、Z 轴热态双向重复定位精度补偿前后对比见表 4。

表 4

轴 向	补偿前/ μm	补偿后/ μm
X 轴热态双向重复定位精度	10.13	4.23
Y 轴热态双向重复定位精度	9.38	5.61
Z 轴热态双向重复定位精度	9.81	6.97

X、Y、Z 轴热态双向定位系统偏差补偿前后对比见表 5。

表 5

轴 向	补偿前/ μm	补偿后/ μm	提高百分比 (%)
X 轴热态双向定位系统偏差	35.90	4.60	87.19
Y 轴热态双向定位系统偏差	25.03	7.20	71.23
Z 轴热态双向定位系统偏差	22.03	7.30	66.86

由表 5 可得，补偿后机床精度有了大幅提高。

(3) 补偿前后对照比较实验的球杆仪测试。本实验采用 Renishaw 的 QC10 球杆仪对机床进行了测量分析，如图 16 所示。



图 16 补偿前后对照比较实验的球杆仪测量

在未补偿的情况下，对三轴机床进行球杆仪检测。

经实时补偿后，再用球杆仪测量。

补偿前后球杆仪测量结果对比见表 6，可见本实时补偿对于多轴联动时的误差补偿效果也同样非常有效。

表 6

方 向	补偿前最大圆度偏差/ μm	补偿后最大圆度偏差/ μm	精度提高百分比 (%)
顺时针方向	21.8	8.1	62.8
逆时针方向	21.1	8.4	60.2

(4) 补偿前后对照比较实验的主轴热漂移测试。机床中，除了丝杆的热变形（机床定位误差随着机床温度而变化的主要因素就是丝杆热变形），主轴热漂移也是一个影响机床加工精度的主要因素，为此，本课题还进行了机床主轴热漂移的补偿。由图 17 可见，主轴在 X、Y、Z 三个方向的热漂移分别从补偿前的 33 μm 、29 μm 、-26 μm 降低到补偿后的 12 μm 、10.5 μm 、-11 μm ，分别降低了 63.64%、63.79%、57.69%。

（下转第 95 页）

技术创新，助推国产机床 在高端领域的应用

中航工业成都飞机工业（集团）有限责任公司数控加工厂 汤立民

航空工业是高技术发展的重要领域，是世界高技术产业竞争的制高点，因此，各国争相把发展航空工业列为高技术发展的支柱产业。同样我国也把航空工业作为重点领域予以支持，这为我国的航空工业和航空制造技术带来了空前的发展机遇；同样，航空制造业的发展对装备制造业的发展也是一个重要的发展机遇。

在我国航空制造领域，尤其是飞机结构件加工等高端制造领域中，数控装备以国外进口设备为主，这种现状严重制约了我国航空工业的发展，也影响了我国装备行业的产业结构调整。因此，如何推进国产高档数控机床在飞机结构件领域的应用，对我国装备制造业的产业结构调整意义重大。

成飞公司一直以来对国内数控机床的发展非常关注，通过基础技术创新，形成了国产数控机床应用技术支持平台，实现了国产高档数控机床在典型飞机结构件加工中的小批生产。

一、高档数控机床发展现状及存在问题

在欧美发达国家，航空制造企业的高档数控机床基本上形成了由本国的一家或几家设备制造商供给，并在数控加工装备方面代表相应的发展方向。在美国的航空制造企业，主要的设备供应商是 CINCINNATI；在法宇航其制造设备以 FOREST-LINE 的机床为主；在德国以 DST 作为主要机床供货商。这些机床制造商密切关注航空工业的发展，根据航空工业的需要开发出新型的加工装备。国外机床企业在新产品研制中越来越注重与用户的沟通和交流，通常其产品都需要通过用户

的技术鉴定，并根据用户的需求再进行改进。美国 INGERSOLL 公司开发的用于钛合金飞机结构件 POWERMILL 机床，该机床首次采用了电主轴加工钛合金，该机床通过 Boeing 公司长达三周的技术鉴定后才完成设计定型，其第一批设备就在 Boeing 美国工厂应用。

国内机床企业在中档和经济型数控领域内发展非常迅速，市场占有率较高，但是在高档数控机床方面发展较为缓慢。近几年在国家高档数控机床国产化战略的指导下，国内机床厂家在这些方面都做了些尝试，也制造出来了用于航空结构件加工的五轴联动数控机床，但是这些产品工程化应用的难度非常大。究其原因，主要在于两个方面：首先在与设备研制过程中，机床企业与航空制造企业之间技术沟通欠缺，造成机床企业对航空结构件的需求不明确，用户对设备应用特点不清楚而造成设备针对性不强，不能满足用户生产需要；另一方面在于国内航空制造企业数控设备应用技术水平参差不齐，而国内机床企业又不能提供技术支持，造成国产高档数控机床在部分企业应用状况较差而影响其推广应用。

基于目前国产高档数控机床应用中存在的问题，结合国外先进国家的经验，机床用户企业需要通过基础技术研究，提升数控设备应用技术水平，加强与机床制造企业的技术融合，以推进数控机床的设计制造水平及服务能力，这对国产高档数控机床的发展意义重大。

二、成飞公司技术创新情况介绍

技术创新是推动数控技术发展的主要手段。结合目前国产高档数控机床应用中存在的实际问

稿件来源：CCMT2012 高层论坛

题, 依托国防基础科研开展了“P-4C”、“高效数控加工”、“千台增效”等基础技术研究, 以及数控专项支持的“多轴联动加工”、“故障预警与诊断”等技术研究, 在数控机床测试技术、数控机床实时监控技术、数控机床故障预警与诊断技术、五轴联动加工技术等方面取得了突破性的技术创新成果, 这些成果在成飞公司采购的国产高档数控机床上得到了应用, 为国产高档数控机床在成飞公司飞机结构件加工中的应用提供了技术保障。

1. 数控机床测试技术

针对飞机结构件的工艺特点及五轴联动加工运动机理, 成飞在进口设备上进行了大量的试验及技术攻关, 完成了航空结构件典型特征试切件和切削性能测试方案的设计及规范编制, 可以直观地对国产高档数控机床的加工性能进行测评。尤其是在五轴联动加工精度检测方面, 成飞公司发明的“S”形检测试件能够非常完善地进行五轴联动精度检测, 解决了目前国际通用的 NAS979 标准存在的问题, 该专利已经获得美国专利局授权。以该专利技术为核心的“数控机床动态精度调试与优化”技术在国产高档数控机床调试中得到应用, 对国内机床企业动态精度调整水平的提高都具有重要推进作用。成飞公司在数控机床测试技术研究方面的技术成果以国外进口机床为参照对象, 因此通过该技术测评合格的国产高档数控机床在加工性能方面将达到同类进口的水平, 为国产高档数控机床的设计和改进了提供了可量化的目标。

2. 数控机床实时监控技术

在国防基础科研的支持下, 成飞公司“MES”项目研究进展顺利, 尤其是以实时获取数控机床底层数据为核心的数控机床实时监控技术取得了突破性进展。该项技术可以直接获取数控系统的信息, 通过这些信息可以实现对数控机床的加工状态、故障信息、加工过程等进行分析, 为数控机床的改进提供最完整、最真实的数据。

3. 数控机床故障预警与诊断技术

在深入研究数控机床关键机械部件故障机理的基础上, 对关键部件的性能退化预测、寿命预测、机床健康状态评估等多项关键技术进行研究, 建立了基于设备状态实时监控的维修专家知识库, 开发

了数控机床智能保障系统, 实时给出设备保养计划、故障分析及维修方案、机床状态评估等, 建立了基于用户现场的设备运行保障体系, 提高设备完好率。

4. 基于特征的五轴联动自动编程技术及软件平台

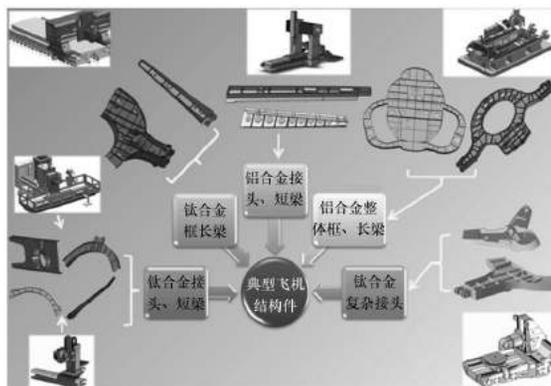
在国防基础科研成果的基础上, 进一步突破了大型飞机结构件的拓扑不固定的特征识别、套裁自动排样、基于知识和特征的工艺决策、快速工艺更改等多项技术难题, 完成基于特征的刀轨生成和刀轨的优化, 实现飞机结构件在 CAD/CAPP/CAM 集成环境下的自动编程, 为飞机结构件加工行业提供通用的五轴加工自动编程软件平台, 规范和提高机床用户的编程效率、编程质量, 解决了国内机床用户五轴编程技术参差不齐的问题。

5. 通用五轴联动后置处理平台

突破了 DNC 系统集成、后置图形仿真及分析、NC 代码优化及逆向处理等多项技术难题, 能快速生成适合目标机床当前性能的最优 NC 程序代码, 解决了国内机床制造厂后置处理技术研究滞后问题。

6. 基于设备的工艺参数数据库

突破了零件铣削变形及装夹系统有限元分析、基于工艺特征的铣削加工动力学分析、零件特征的切削过程级颤振定域预测等关键技术, 实现对装夹方案、工艺流程、刀具配置及切削参数等优化, 进而建立飞机结构件的工艺编程、工艺模板及工艺数据库, 为机床用户提供工艺数据管理工具和高效加工技术。



国产高档数控机床在典型飞机结构件加工中的示范应用生产线

以上述技术创新成果为技术保障, 成飞公司从 2010 年开始建设“国产高档数控机床在典型飞机结构件加工中的示范应用生产线”。该项目涵盖

了5种类型7台国产高档数控机床,涉及的机床类型有:AC摆角结构的高速龙门机床、AC摆角结构的高速立式加工中心、AB摆角结构的龙门铣床、AB摆角结构的立式加工中心、A摆角B转台结构精密卧式加工中心,涉及的加工材料有钛合金、铝合金,涉及的零件类型有整体框、长梁、短梁、接头类零件。

三、国产高档数控机床的应用情况

目前,“国产高档数控机床在典型飞机结构件加工中的示范应用生产线”建设基本完成,其中5台设备已经实现了10项典型零件的小批生产;一台设备在成飞公司完成安装验收,正在进行工艺验证试验和相关测试工作;一台设备还在机床制造厂进行调试工作。

针对每台国产五轴数控机床进行动态特性测试和切削实验、应用基于切削加工动力学的切削参数优化,取得了5000余条切削参数数据,在生产中得到应用验证的有2000多条。在优化的切削参数库的指导下,切削效率和零件整体加工效率为国外同等设备加工效率的80%~90%。应用机床精度检测规范,开发零件加工误差补偿软件,在国产高档数控机床上进行了误差辨识和补偿技术应用,并在“S”试件上进行了详细对比,产品质量、加工精度接近同类进口设备水平。在2011年共应用验证的零件计12个机型28项300余件零件,零件类型主要包括军用战斗机、民用客机等的钛合金、铝合金整体框、长梁、短梁、接头类零件。

2011年五台国产高档数控机床计划投入生产18792.5h,实际投入生产15321h,设备利用率为81.5%;共出现设备故障247次,故障停工时间1655.5h。设备利用率即设备实际投入生产的时间与计划投入生产时间的比值,通常按85%进行计算。在这五台国产高档数控机床设备中,有4台设备状态较好,设备利用率平均为85.7%,另一台状态较差,设备利用率为52.7%;同类进口机床的设备利用率平均为89.5%,基本接近国外同等设备水平。

四、突破数控系统测试技术,扩大应用技术成果

从“国产高档数控机床在典型飞机结构件加

工中的示范应用生产线”课题开展情况来看,自数控专项实施以来,我国机床制造企业在高档数控机床研制方面已经取得多项关键技术的突破,部分高档数控机床研发成果已在航空制造企业得到了初步应用,基本满足飞机结构件的加工需求。同时我们应该看到,尚有2两台国产高档数控机床还没有进行应用,投入应用的设备中还有1台设备利用率只有52.7%,这表明高档数控机床中尚有关键技术需要进一步研究,如何针对生产应用中发现的问题进行改进,将是提高我国高档数控机床水平的关键。另外虽然国产高档数控系统和驱动取得了阶段性成果,但在飞机结构件加工中还没有得到应用;以及共性技术课题研究成果,尤其是用户应用技术方面取得的关键技术突破还仅在成飞公司得到了应用。

因此,在数控专项取得较大进展的关键时期,我们重点需要思考以下几个问题:第一,如何推进国产数控系统和驱动在飞机结构件加工中的实际应用;第二,如何将主机研制产品进行技术升级并实现由试用到批量应用的跨越;第三,如何将共性技术成果规范和工具化,以提升机床行业的整体技术水平和服务能力,提升用户企业的应用技术水平。

基于上述需求,成飞公司拟通过用户生产环境的国产数控系统与驱动测试平台的建设,由用户根据飞机结构件实际生产需要对国产数控系统与驱动进行测试,并将测试合格的数控系统与驱动进行生产应用,解决国产数控系统在飞机结构件加工中缺乏实际生产应用的问题;采用测试通过的国产数控系统和示范工程已验证的主机产品,在多个飞机结构件加工厂建设歼击机、教练机、大型民用客机等多机型的飞机结构件数字化生产线,实现主机产品由试用到批量应用的跨越;在生产应用中对数控设备及数控系统进行改进并开发高端功能模块,将生产管理、设备管理、工艺与程编技术等方面的技术成果进行集成,形成面向设备应用的整体解决方案,并将该解决方案移植到成飞以外飞机结构件加工数字化生产线,以解决如何将共性技术成果规范和工具化,以提升机床行业的整体技术水平和服务能力的问题。□

把握方向，推进柴油机 制造技术转型升级

陕西柴油机重工有限公司 雷 军 袁凯东 曹利平

一、国内外船用中高速大功率柴油机技术发展现状与趋势

1. 国外技术发展现状与趋势

1897年，德国研制成功首台柴油机，经过百余年的发展，柴油机因其具有功率范围大、效率高、能耗低、使用维修方便等特点，被广泛应用于民用船舶和军用舰艇。柴油机按转速可分为低速柴油机、中速柴油机和高速柴油机。

低速柴油机作为主动力主要用于大型油船、干散货船、集装箱船等三大船型。目前市场被曼公司、瓦锡兰和日本三菱重工三大公司垄断，其市场份额（总功率）分别约为57%、33%和10%。

船用中高速柴油机大多为四冲程，作为主动力主要用于内河航运、近海航运、工程等船舶及军

用舰船。国外主要生产厂家有曼公司、瓦锡兰、马克、道依茨、MTU、大发、洋马等。其中曼公司和瓦锡兰主机产量占市场份额的75%以上。高速机则以MTU、道依茨、卡特彼勒等公司为主。

近几年，世界船用柴油机技术正在向智能化、大功率、低排放等趋势发展，在设计与制造领域主要表现为：高强度、模块化、高功率密度、直喷化、低油耗、高可靠性、长寿命、易维修保养等。

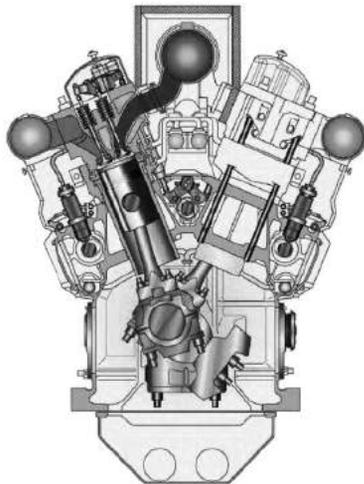
2. 世界船用柴油机制造业发展特征

(1) 集团联合，资本集中。自20世纪80年代以来，著名柴油机制造公司在全球范围内相继进行了收购、重组，如：MAN收购了Pielstick公司股份；Wartsila将法国SACM、荷兰Stork等柴油机公司纳入旗下，1996年，又与New Sulzer合并；同年美国Caterpillar与德国Mak公司联合。

(2) 研发独立集中，组织体系完整。目前除个别大集团企业设立研发中心外，柴油机研发主要集中在德国FEV发动机研究所、奥地利的AVL公司、英国的Ricardo公司；美国的SWRI（西南研究院）等。研发模式已从“试验设计”模式转为“预测设计”。

以大型研究机构或公司为核心，以主要柴油机零部件配套厂商为辅助，构成完整的配套、供应、生产、组织体系。如，德国MTU公司与Bosch公司（油泵）、MIBA（轴瓦）、MAHLER公司（活塞）等构成自己的柴油机研发组织体系。

(3) 转让及扩散生产。著名柴油机公司大多以许可证贸易方式转让生产。世界三大柴油机企业产量近80%是由许可证买方生产。



某型柴油机剖面图

稿件来源：CCMT2012 高层论坛

(4) 持续投入, 重视质量。柴油机发展, 一般性投入不能满足迅速发展的市场需求, 世界著名公司每年投入大量的资金用于研发与制造, 持续不断的投入换来高额的利润回报和稳定的发展。同时, 著名公司均建有完整的质量体系并通过 ISO 认证, 并把产品质量作为工作重点。

3. 国内的船用柴油机发展现状

我国船用大功率中速柴油机经历了引进、消化吸收和再提高的过程。近年来, 技术水平获得较大发展, 通过技术引进, 不但掌握了国外柴油机先进技术, 也研制了部分新一代船用柴油机, 同时制造企业经过不断的技术改进, 补充和更新了一批关键工艺装备, 积累了较为丰富的制造经验。设计研发和生产体系初具规模, 但总体水平不高, 关键零部件制造工艺相对落后。目前国内的船用柴油机主要靠引进许可证的方式生产, 以远洋船舶配套中速柴油机为例, 装船量的 50% 为国外进口, 其余 50% 多为国内企业通过引进许可证制造。

4. 国内船用柴油机发展瓶颈

一是自主品牌缺失, 具有能力生产大功率柴油机的规模企业为数不多且生产能力不足。

二是曲轴、增压器、燃油系统等船用柴油机核心零部件的制造技术, 目前仍掌握在国外企业手中。大功率柴油机曲轴配套最为缺乏, 尽管我国已有几家企业目前有制造曲轴的技术能力, 然而产能有限, 数量和交货期都得不到保证。此外, 关键零部件的大量进口也造成我国的船用柴油机迟迟做不到完全自主生产。这种产业链的不完整, 无形中增加了企业的生产成本, 在引进技术的成本(马力提成费、入门费、图纸费等)压力下, 关键零部件长期依赖进口, 使企业的利润空间更小。

三是国外企业对其保护的市場有限制, 国产柴油机销售面临诸多准入难题。

四是国外企业将同一技术以高价售予国内的多家制造企业, 重复购买, 降低了资金的使用效率, 从行业看, 企业恶性竞争加剧, 资源浪费。同时, 一旦国外技术封锁, 国内船用柴油机制造商将面临很大的困难, 形成行业潜在威胁。

五是服务网络覆盖不够, 体系不健全, 难以做到反应迅速、备件供应及时和周到服务。

5. 柴油机先进制造工艺技术特点

柴油机技术的发展及变化最终体现在生产制造中, 工艺加工技术是实现设计思想的重要技术手段。柴油机高强度、高功率密度技术的发展, 使得柴油机结构更加紧凑、几何要素密集、铸锻件比例增加、材料强度和结构刚度等进一步提高, 技术要求更高。强化后柴油机关键零部件的精度已由原来的 IT7 级提高到 IT5 级, 表面粗糙度由 $Ra = 3.2 \mu\text{m}$ 提高到 $Ra = 0.8 \mu\text{m}$ 。关键零部件结构的优化给加工制造带来了新的难题, 如: 活塞曲面由变椭圆变为非圆曲面; 活塞销孔由圆柱变为非圆曲面; 凸轮轴型线一般由基圆、二次曲线和圆弧组成, 并采用小凹弧设计; 大缸径缸套采用平顶网纹珩磨及刷珩技术; 连杆表面及连接面喷丸强化处理; 大量采用管道胀接和复合深孔加工技术等。同时, 生产集成制造对加工和检验设备及刀具也提出了新需求, 模块化装配、清洁度控制、智能控制技术的应用等对装配试验也提出更高要求。国内现有的工艺制造技术和管理水平已不能满足要求。

二、中高速大功率柴油机关键零部件工艺分析

1. 材料特点

柴油机零部件原材料主要分为铸件、锻件、焊件和型材。按零件种类分铸、锻、焊件约占整机的 15%, 按重量计算铸、锻、焊件占整机重量的 65% ~ 70%, 切削主要以黑色金属为主。

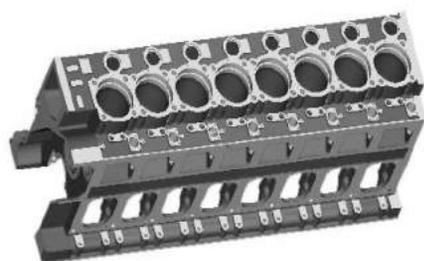
随着柴油机技术发展与提高, 机身材料由灰铁改为球铁, 已普遍采用 QT400、QT500 或更高牌号; 缸盖材料由灰铁改为球铁或蠕墨铸铁; 缸套材料已普遍采用高磷合金铸铁; 曲轴材料已由传统的碳素结构钢表面淬火改为中碳合金钢调质处理; 连杆材料也已由传统的碳素结构钢改为中碳合金钢 + 离子氮化和喷丸强化处理; 凸轮轴由传统的渗碳材料淬火处理改为低碳合金钢渗碳淬火处理。

2. 柴油机关键零部件工艺需求分析

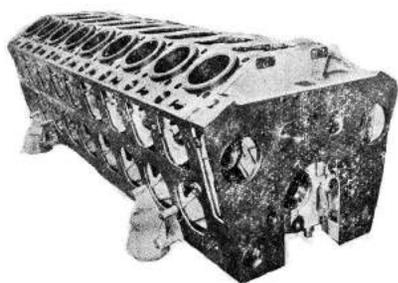
(1) 机身

机身是柴油机的关键零部件, 体积重量大、结构复杂、技术要求高, 约占整机成本的 10%,

一般分为直列和 V 型，毛坯为铸铁或焊接件。如图 1 所示为直列 L 型机身和 V 型机身。



(a) L型机身



(b) V型机身

图 1

随着柴油机技术的发展，机身结构更加紧凑、几何要素密集、面和孔繁多、技术要求更高。以某型机身 956 机身为例，约 40 多个加工面，辅助孔约 100 多种 3200 余个。三大孔系（缸孔、曲轴孔、凸轮轴）的精度为 IT5 级，主要表面粗糙度为 $Ra = 0.8 \mu\text{m}$ ，且相互间具有很高的位置精度要求。

新一代柴油机为提高可靠性和可维修性，结构设计向模块化方向发展，管系多采用内置方式，机身预铸钢管、钢管胀接、深孔加工（MAN 机身大量采用）等导致机身结构的进一步复杂化和结构要素的进一步密集化，使机身的加工更加困难。从而在工艺和生产组织上带来新的特点和难点。

国外柴油机制造企业通过持续的工艺研究和技术改造，机身加工技术已达到较高水平，如 MTU 公司在 20 世纪 90 年初已实现机身加工全部数控化，近年来又通过龙门镗铣床、数控导轨钻、数控翻转架、群钻动力头、组合刀具等实现了机身主辅要素分离、在线检测和集成制造，其关键加工技术属专利，不作转让。

机身工艺流程已由最初的专用机床转为通用机床 + 专用工装，进而变为龙门镗铣床 + 专用工装，实现了机身加工的高效化、柔性化。生产组织

由最初的单品种、大批量，变为以数控设备为主的多品种、变批量柔性加工。

需突破的关键技术：

①大规格、大行程、高稳定性、具有高压主轴中心内冷的龙门镗铣床及与之配套的小体积、大功率、大扭矩专用附件铣头。未来发展需要柔性更加强大的可交换工作台的大型龙门镗铣床。

②非传统的（如龙门三坐标、激光跟踪仪等）、可满足三维检测的大型在线检测装置。

③多要素孔系及复合深孔加工技术。主要解决同轴孔系和有规律布局孔系及复合深孔的加工方法及效率。

同轴孔系加工技术：主要解决复合钻头、组合粗精镗刀的设计、材料与切削参数匹配及数据库。

有规律布局孔系的加工技术：主要解决群钻动力头的设计、材料与切削参数匹配及数据库。

复合深孔的加工技术：主要解决直径 20 ~ 80mm，长径比 30 ~ 80 的国产设备和枪钻的设计、密封、材料与切削参数匹配及数据库。

④大缸径镗削技术及刀具。

⑤柔性化生产单元（FMC）和生产线（FMS）规划，设计和使能技术及变批量生产管理技术。

(2) 活塞

活塞是柴油机实现热能转变为机械能的主要零件，特点是在高温高压下作连续变负荷的高速往复运动。结构一般分为整体式和组合式两大类。

新型中高速大功率柴油机多采用钢顶铝裙或钢顶铁裙组合式活塞（见图 2）。



图 2 某型柴油机的组合式油冷活塞

近年来，外部型线加工技术已成为新一代柴油机研发的技术关键。活塞表面型线主要经历了圆柱、锥圆、锥椭圆、锥变椭圆、中凸变椭圆及与偏心圆的组合和非圆曲面等形式的演变，活塞销

孔经历了圆柱、锥圆、锥椭圆的演变，目的是补偿在热力状态下由于活塞质量分布不均的变形，使活塞在工作状态下外形和销孔呈圆柱状，以保证其具有良好的导向功能。

对非圆型线的加工，美国 CROSS 等公司开发的以直线电机和数控+机械运动合成为代表的先进加工技术，可适应大直径活塞非圆加工要求，但其专利技术不对中国转让。2011年，陕柴重工与长沙一派、华中数控和华中科技大学联合申报的国家数控机床重大专项课题“数控活塞变椭圆车床研发”已获批准立项。

需要突破的关键技术：

①活塞型线和销孔非圆化加工设备和工艺技术。

②活塞顶型面、环槽高效加工设备、刀具和工艺技术。

③控制建模技术。

④离散量数控编程技术。

⑤型线测量装置及技术。

⑥柔性化生产单元（FMC）和生产线（FMS）规划、设计和使能技术及变批量生产管理技术。

（3）连杆

连杆是柴油机关键零件之一，作用是连接曲轴与活塞，将活塞的往复直线运动转为曲轴的旋转运动。

随着技术发展，连杆对材料、结构、表面处理方式、加工精度及重量均提出了更高的要求。外形由原来的整体模锻成型演变为整体模锻后全形加工，以便精确控制重量。

需要突破的关键技术为：

①连杆高效全形加工技术。

②大孔径、多品种节拍珩磨技术及设备。

③基于GT的工艺、工装技术。

④柔性化生产单元（FMC）和生产线（FMS）规划、设计和使能技术及变批量生产管理技术。

（4）缸盖

缸盖与活塞和缸套组成燃烧室。受到高温、高压燃气及螺栓预紧力的作用。缸盖上通常安装有喷油器，进、排气阀、起动阀、示功阀、安全阀，以及进、排气阀的驱动机构等。内部设有进、

排气道、冷却水腔、螺栓孔道等。所有这些因素使得缸盖成为柴油机零部件中结构要素最为复杂的零件。图3为某型柴油机缸盖。

随着技术发展，对缸盖的喷油器孔、进排气阀孔的同轴度、垂直度要求越来越高。如某型柴油机缸盖喷油器孔、进排气阀孔同轴度为



图3 某型柴油机缸盖

$\phi 0.02\text{mm}$ ，垂直度为 0.02mm ，缸盖上下平面的平面度为 0.02mm 。各孔之间位置精度要求高。

国外已发展到了以带有旋转台、翻转台、立卧转换的数控机床为主的流水线加工。国内大功率柴油机缸盖加工与国外相比差距较大。2012年，陕柴重工与宁江机床、华中数控、西安交通大学联合申报的国家数控机床重大专项应用示范工程“船用柴油发动机缸盖精密加工柔性生产线研发及应用”已获批准立项。

需要突破的关键技术是：

①柔性化生产单元（FMC）和生产线（FMS）规划、设计和使能技术及变批量生产管理技术。

②多要素孔系加工技术。主要解决同轴复合孔系和规律布局孔系加工方法及效率。

同轴复合孔系加工技术：主要解决多级复合钻头 and 组合粗精镗刀的设计、材料与切削参数匹配及数据库。

规律布局孔系的加工技术：主要解决群钻动力头的设计、材料与切削参数匹配及数据库。

③在线快速检测装置。

（5）缸套

缸套是安装在柴油机缸体内的筒型零件（见图4）。与缸盖、活塞、活塞环共同组成了柴油机燃烧室。

随着技术进步，为增加缸套内孔储油性并确保一定的承载面积，内孔加工已由传统的镗削、磨削演变为平顶网



图4 某型柴油机缸套

纹珩磨加工。平顶网纹珩磨是缸套加工的一项关键技术,2011年,陕柴重工与中卫大河、银川大河、西安交大、华中数控、北京机械工业自动化研究所、兰州理工大学联合申报的国家数控机床重大专项课题“大功率船用柴油机加工用数控珩磨机”已获批准立项。

需要突破的关键技术是:

①大孔径数控高效、强力镗削设备及刀具。

②大孔径缸套内孔表面平顶网纹珩磨加工设备、在线检测及砂条制造。

③缸套柔性化生产单元(FMC)和生产线(FMS)规划、设计和使能技术及变批量生产管理技术。

(6) 曲轴、凸轮轴(见图5、图6)

曲轴、凸轮轴等柴油机关键运动件需要突破的主要关键技术是:

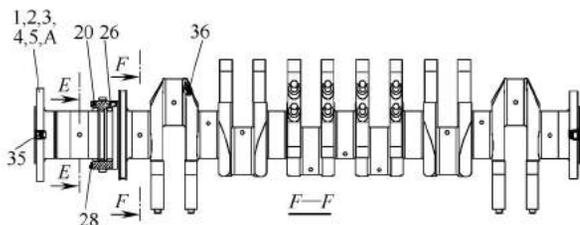


图5 某型柴油机曲轴



图6 某型柴油机凸轮轴

①高效、多刀数控凸轮轴车铣中心和大规格高精度数控磨床(可实现直径 $<100\text{mm}$ 小凹弧及摆动磨削)及工艺技术。

②大规格、高精度数控曲轴随动车铣复合中心和大规模高精度数控随动磨床及工艺技术。

③曲轴深孔加工装置、工艺及刀具。

④曲轴、凸轮轴在线检测设备及技术。

三、推进柴油机制造技术转型升级的思路和途径

1. 推进柴油机制造技术转型升级的必要性和可行性

(1) 国家战略需要

2009年国家提出的《船舶工业调整和振兴规

划细则》指出,2011年三大主流船型本土生产的船舶设备的装船率达到65%以上,船用低速柴油机、中速柴油机、甲板机械等设备的国内市场满足率达到80%以上。

2012年船舶工业十二五发展规划指出:与世界造船强国相比,我国船舶工业整体水平和实力仍有较大差距。“十二五”时期,船舶工业将进入由大到强转变的关键阶段。到2015年,国际造船市场份额稳居世界前列,成为世界造船强国;大中型企业资源计划(ERP)普及率达到80%,数字化设计工具普及率达到85%,关键工艺流程数控化率达70%。大力推进造船企业的技术创新和管理创新,是实现这一宏伟目标的根本保证。积极推行船用柴油机现代制造模式,也是新时期中国船舶工业技术创新和管理创新的新使命。

(2) 行业发展需要

船用柴油机是船舶中技术含量较高的部分,是高新技术融入船舶技术的主要载体,随着科学技术的飞速发展,船用柴油机在船舶工业中的地位将日益重要,船用柴油机技术已成为影响船舶工业未来竞争地位的决定性因素之一。

高性能船用中速柴油机及其关键零部件配套是否能立足国内是我国船舶工业进入世界先进造船国家行列的重要标志之一,直接关系到我国船舶工业的综合实力和国际竞争能力。

目前,我国船用柴油机产业发展还较为滞后,核心技术缺失,大部分整机及关键零部件仍依赖进口,严重影响了造船的进度、成本和竞争力。制造企业大多始建于20世纪50~60年代,整体布局一般为“大而全”,生产线大多采用“机群方式”布置,设备使用至今大多已老旧不堪,精度下降,虽然多年的技术改造,补充和更新了一批关键工艺装备,但配套体系分散且不完整,整体水平与发达国家相比仍有较大差距。要实现规划发展目标,柴油机制造技术必须进行转型升级。

(3) 国外柴油机行业发展经验

从国外造船行业发展的经验来看,一个造船强国必须是船舶配套强国,没有强大而有竞争力的配套产业作支撑,造船工业就会脆弱而不稳定,造船强国梦想将无从谈起。

以综合制造技术而论, 纵观世界五大知名中速柴油机制造企业, 无一不是走集团化、专业化、柔性化、规模化的模式, 如德国 MTU 公司通过 20 多年的持续技术改造, 在 20 世纪 90 年初期已拥有 300 多台数控机床, 建成了先进的物流及计算机管理系统, 近年来实现了机身、缸盖、凸轮轴等柴油机关键零部件的集成制造; 日本大发公司年产各型柴油机千台以上, 更是将专业化、柔性化、规模化制造和管理发挥到了极致。

2. 推进柴油机制造技术转型升级的思路及设想

(1) 技术转型升级的基础

目前国内的船用柴油机主要靠引进许可证的方式生产, 柴油机技术与发达国家技术基本同步。经过多年的技术改造, 补充和更新了一批关键工艺装备, 数控设备占有率明显上升。通过引进技术、消化吸收和国产化研制, 使得技术和技能人才队伍得到锻炼。装备制造业的快速发展和成果的应用均为技术转型升级奠定了基础。

(2) 成组技术是柴油机制造企业技术转型升级的重要途径

目前, 柴油机制造企业正面临严峻挑战, 市场竞争激烈。市场的个性化需求, 使得多品种、变批量生产已成为当前和今后柴油机制造行业发展的必然趋势, 传统的生产方式已不能适应当前的形势。为此, 制造技术的研究者提出了成组技术的科学理论及实践方法, 它能从根本上解决生产由于品种多, 产量小带来的矛盾, 巧妙地把品种“多”转化为“少”, 把生产量“小”转化为“大”, 为多品种、变批量柴油机生产提供了一种有效的解决途径。

(3) 成组技术是实现工艺流程优化和生产流程再造的基础

成组技术在制造工艺方面最先得到广泛应用。成组工序大大减少由于零件品种更换所需要的机床调整时间; 成组工艺成组工序的集合, 能保证按标准化的工艺路线在同一组机床上加工全族零件; 成组夹具可大大缩短专用夹具的设计与制造周期, 夹具转换与调整时间明显减少。因此, 成组技术是实现计算机辅助工艺设计与制造, 工艺流

程优化和生产流程再造的基础。

(4) 基于成组技术的柴油机制造应用实例

陕柴重工依据中高速大功率柴油机零部件结构相似程度高和工艺继承性好的特点, 开展了成组技术、基于 GT 的 CAPP 技术、基于 GT 的工装快速设计技术等研究, 突破了柴油机零部件分类编码、综合工艺优化与决策支持、基于 GT 的 CAPP 系统开发等关键技术, 建立了由零件编码系统、基于 GT 的 CAPP 系统、工装快速准备系统、工具管理系统、标准化综合管理系统等组成的工艺信息管理平台, 实现了工艺准备过程的计算机辅助设计与管理。

基于 GT 的 CAPP 系统覆盖了约占零件总数 70% 以上的关重件、一般件、结构件等工艺及工装设计。通过工艺、工装标准化设计, 使工艺工装重复设计与非标设计工作量降低约 40%, 工艺、工装标准化设计提高了 480%。工艺技术准备周期减少约 72%。项目成果指导企业完成了机身、连杆、缸套、凸轮轴、活塞、中小件及气门传动机构等生产线流程再造。企业综合生产能力得到大幅提升, 以某型连杆为例: 加工工序由原来的 60 余道, 缩短为 30 余道, 工艺流程由 3500 余米, 缩短为 500 余米, 生产能力由年产约 500 件提高到约 2500 件。

项目研究与应用, 创建了高效、快捷的中高速大功率柴油机新的工艺技术准备与生产技术准备模式, 提升了我国中高速大功率柴油机的制造工艺技术水平, 对舰船动力基础科研能力的提高和武器装备研制具有重要的意义, 其技术成果在行业内具有一定的推广价值。

(5) 成组技术是一种比较适合柴油机制造技术转型升级的先进制造模式

成组技术从 50 年代提出到如今已经历了近 60 年的发展和应用。我国早在 60 年代初就在纺织机械、飞机、机床及工程机械等机械制造业中推广应用成组技术, 并初见成效。近年来, 一些企业实践经验表明, 应用成组技术的经济效益是十分显著的。随着应用推广和科研工作的持续开展, 成组技术对提高我国柴油机制造技术和生产管理水平必将发挥其重要作用。□

紧跟需求升级 重构产业模式

陕西秦川机床工具集团有限公司 龙兴元

一、用户需求升级是机床工具行业转型升级的推动力

用户需求的不断升级，带动机床行业跟随用户需求而升级。这一升级浪潮对中国机床工具市场形成强劲的拉动力，其趋势在未来数年内都将是当仁不让的主流。

航空航天工业：对高速、高精、复合数控机床以及五轴加工中心等关键制造设备有刚性需求，主要用于加工发动机、机身（含机头、机翼、尾翼等）、机载设备（控制仪表、救生、通信、战术导弹等设备）等。

电力工业：对高可靠性、大规格、高性能数控机床将有大量需求，包括各种超重型数控机床和专机，以及五轴联动数控机床和复合加工机床。

汽车工业：对数控机床基本要求，可以归纳为高效柔性、精密可靠、环保成套等特点。

市场需求结构升级加速，用户对中高端产品的需求明显增加。

国产中高端产品在技术水平、整体服务等多方面，仍不能满足用户需求升级的要求，高端机床还是以进口为主，关键功能部件依赖国外进口的基本格局还未发生根本变化。

瞄准用户行业发展动向，以用户工艺为先导，紧跟用户工艺的变化，并努力引领用户工艺的发展方向，不断推出新规格、新品种产品和应用解决方案，是在激烈竞争中做强做大的必然选择。

二、机床工具行业的变化新趋势

机床工具行业出现了几个新趋势：

稿件来源：CCMT2012 高层论坛

第一，研究开发工作上升到企业核心地位，核心技术日渐成为决定市场份额的关键因素。

第二，自动化、智能化等高新技术深刻、广泛地影响机床工具行业的发展。

第三，不断提升成线、成套设计制造能力，成为重要发展方向。

三、秦川集团的产业调整与布局

公司的现有产品共同特点是复杂型面，具有相同的技术基础，如啮合原理、数学建模、基础结构、磨削工艺近似，加上我们已经拥有的车、铣以及滚、拉、插、剃装备能力和刀具、测量仪制造能力，使得公司能够形成完整的产业链条和跨企业的产业集群，从而在市场角力中获得“链条对点”、“集群作战”的竞争优势。

按照“技术领先、模式取胜”的思路，明确发展重点，优化产品结构。

新的产业布局为：三大产业链，一个产业群，加现代制造服务业。预计到2015年，公司实现产值达到200亿元。

1. 三大产业链

(1) 复杂型面加工装备产业链。代表性产品有：2009年获“国家科学技术进步奖二等奖”、2010年获得“中国工业大奖表彰奖”的磨齿机系列产品及技术；获得“第十二届中国国际工业博览会”金奖的大型数控圆锥齿轮磨齿机等。

(2) 高效数控加工机床产业链。

(3) 航空发动机关键部件加工装备产业链。

已经开发出适合发动机机匣、叶片、叶轮、榫

槽加工和后精整的专用装备，加上企业的检测能力，形成了“航空发动机关键零件加工装备产业链”。

重点产品有：以机匣为加工对象的国家科技重大专项攻关产品——立式铣车复合加工中心；

以叶片为加工对象的国家科技重大专项攻关产品——叶片磨床；

以叶轮为加工对象的轮盘刷床、毛刺修整机床；

以及以榫槽为加工对象的铣刀、拉床、拉刀和拉刀磨床等。

以立式铣车复合加工中心、精密拉刀数控成形磨床、航空发动机五轴联动叶片数控磨床为主体，组成的“航空发动机关键零件加工装备生产线重大装备”获得“2011 中国国际工业博览会银奖”。

2. 一个产业群

“十二五”期间，公司在以打造三大产业链为重点方向的同时，继续发展壮大功能部件产业群，包括滚珠丝杠、直线导轨、齿轮变速箱、复合转台、伺服系统和数控系统、工业机器人、精密铸件等，这些基于复杂型面加工装备技术溢出的关键功能部件，形成与主机产业相互支撑的“功能部件和关键零部件产业群”。

3. 积极培育现代制造服务业

向产品用户提供的以高附加值、知识密集为特征的集成服务。包括：产品设计、技术研发；整

体解决方案、设备成套、工程总承包（或交钥匙工程）；物料配送；备品备件供应；已有系统设备的现代化升级改造；已有系统设备的远程监测、维护与故障诊断；产品报废回收及再制造；设备租赁及其他金融服务；服务贸易等内容。

以再制造为例，自 2008 年组建秦川设备成套服务公司起，四年修复、改造升级机床及专用设备 400 多台，再制造转向助力泵等汽车零部件超过 4 万件；累计实现销售收入 1.3 亿元。

通过对石油钢管生产线大修、改造，为国内石油企业设计、生产了翻转卡盘，解决了石油输送装置的钢管管箍生产难题；公司还设计、开发出用于石化行业的管板生产用的“开平-矫平生产线”等。

重点关注用户典型零件加工带来的装备创新机会，为用户提供从图样到零件的成套加工装备和工艺技术。

有几个典型事例：

其一是为上海电气核电公司研制成功用于核电设备蒸发器零件孔加工的专用精密数控卧式深孔钻床。

其二是为济南某公司专门开发的商用车转向机典型零件加工装备也正在研发之中。

四、公司的奋斗目标

建成具有世界水平的高端装备制造领域的系统集成服务商和关键功能部件供应商。□



(上接第 59 页) 机床工具产品出口保持两位数增长。出口额达到 20.8 亿美元, 同比增长 14.2%。但是, 该增速较上年末总体回落 12 个百分点, 其主要原因是全行业出口额占比第二的磨料磨具出口大幅下滑, 增速从去年年末的 21% 陡然降至一季度末的 -17%。其他产品, 如金属加工机床、机床零部件、附件等出口势头都很强劲。我国传统出口市场美国、日本、德国三个国家占机床工具出口总额近三分之一。金属加工机床的主要出口市场为美国、印度和日本, 其中美国显现出强劲增长态势。

国内市场疲软, 企业转而重视出口市场是出口继续增长的原因之一。此外, 欧美市场对装备需求的强劲复苏与其重新制定的振兴制造业产业政策有关, 也可能与日本供电紧张, 导致工厂产能不足而将制造业转移至欧美有关。自从福岛核泄漏灾难之后, 日本关闭了所有核电站, 是否能恢复核供电还在争议中。因此, 很多原产于日本的汽车零部件、机械和电子产品开始转移至欧美生产。由于电力不足导致的开工不足, 多年雄踞世界汽车第一大生产厂的丰田汽车, 2011 年产量跌落在美国通用之后。□



加快产业结构调整 打造世界一流公司

沈阳机床（集团）有限责任公司 李宪凯

今年，受国家宏观政策调控及市场需求变化的影响，中国市场出现了前所未有的严峻形势。主要表现在：市场需求升级，普通机床萎缩，中高档数控机床快速增长；中国作为世界最大的机床消费国，市场总量继续增加，以德、日企业为代表的机床企业改变策略，以高技术、低成本的产品抢占中国市场，进口增长迅猛，国产所占比例严重下滑；人民币升值和能源、原材料价格持续上涨，严重削弱了国内企业竞争能力，盈利空间被进一步压缩，中国机床产业结构调整和产业升级迫在眉睫。

一、机遇与挑战

1. 中国机床行业现状

近年来，持续旺盛的国内中低端市场需求，在一定程度上延缓了行业的技术进步。就行业总体来看，我们仍然没有根本摆脱以规模扩张为主要特征的发展模式，我们的产业规模虽然很大，但产品结构水平偏低，仍然处于全球产业链的低端。我们一方面拥有世界第一的产业规模，另一方面则面临国内中高端市场尤其是高端市场仍然依赖进口的局面，特别是中高档数控系统和主要功能部件对进口的依赖程度更高。因此可以说，现阶段行业的基本特征是“大而不强”，现阶段行业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相适应的矛盾。

2. 机遇

机遇一：中国在保持连续8年世界机床消费及进口第一大国的同时，超过日本、德国成为世界机

床第一大生产国，并还有较强增长势头，份额将继续扩大。在未来，这种态势将不可逆转，这为中国机床业发展提供了巨大市场空间，中国机床企业的相对优势更加突出。

机遇二：市场格局发生根本性变化，新兴市场国家所占比重越来越大，并且已成为行业恢复的重要驱动力量；产业格局重心向东亚转移，东亚地区机床产值约占全球总产值的50%，未来东亚将会成为世界机床的主产地；中国作为全球最大的市场，欧洲机床企业必须通过投资及合资等方式增强在中国市场的开拓能力，产业转移速度加快，这为我们获得核心技术提供了机遇。

机遇三：从国家发展战略来看，国家高度重视装备制造业，“十一五”期间，把高端制造列为战略性新兴产业之一，设立高档数控机床与基础制造装备重大专项，推动企业技术创新，实现部分高档数控机床开始进入重点行业的核心制造领域。“十二五”期间，国家将持续投入，努力实现“为重点行业核心制造领域提供装备和服务方面取得突破性进展”等三方面的标志性目标。

3. 挑战

挑战一：国内市场国际化竞争加剧。受中国市场吸引，国外机床厂商纷纷调整自己的经营策略，加大对中国市场的投入力度，中国市场已成为世界机床厂商激烈争夺的重中之重。

挑战二：世界知名企业受金融危机所带来的深刻教训就是：客户才是企业生存与发展的根本，只有赢得客户，才能赢得自己的发展与未来。凭借技术先进而老大自居已无法适应当前的客观形势，因此纷纷调整经营策略，由过去以技

稿件来源：CCMT2012 高层论坛

术领先的策略向以客户为中心的策略转变，将陆续推出高性能、高品质、低成本的产品参与市场竞争，这更加剧了中低档市场的竞争。

挑战三：中国机床企业提供的产品与中国市场的需求反差较大，挡不住进口，产品结构亟待快速调整；中国机床要实现产业升级，从发达国家获得先进制造技术将遇到新的封锁。以沈阳机床为例，沈阳机床迅速的上升令世界同行侧目，将他们列为重要的竞争对手，导致他们在技术层面对我们实行严密的封锁，有些国家也对相关技术交流与合作进行了更严厉的限制，这一切都决定了沈阳机床不可能再从这些方面获得任何新的技术来源。

4. 需要解决的主要问题

突出表现“大而不强”。主要需要解决以下四个方面的问题：

(1) 产品结构与市场需求不匹配。低档产品所占比重仍很高，在中高档产品所占市场份额偏低，挡不住进口。

(2) 缺少核心技术，产品竞争力弱。主要体现在两大方面，一是中高档功能部件产业链基本空白，如数控系统、主轴、刀库、刀架等中高档功能部件几乎全部依靠进口；二是机电集成优化技术与用户工艺研究水平低，造成产品整机性能与可靠性差，对用户需求的针对性不强。

(3) 国际市场竞争能力弱，国际化经营水平低。目前，制约中国机床整体水平的瓶颈主要有四个方面：性能、可靠性水平、制造技术及质量管理体系，间接反映出中国机床行业缺少技术发展的环境、制造技术相对落后，以及质量管理体系不完善。

(4) 经营管理水平仍有较大差距。主要反映在产品平均单价及资产贡献率等方面与国外先进企业仍有较大的差距。

二、“十二五”产业调整的总体思路和举措

1. 快速推进产品结构战略性大调整，打造世界级产品，树立世界级品牌，形成独有的竞争优势

沈阳机床将本着“SMART”理念，即“结构

简洁、易维护、价格低廉、可靠、上市周期短收效快”等5个基本要求，快速推进产品结构调整，以满足市场对中高档数控机床的需求。

(1) 普通产品 OEM 转移。三年内实现普通机床以 OEM 方式转移。通过 OEM 方式打造一个全新的社会化制造体系，整体提升沈阳地区机床制造配套加工能力。实现品牌经营，腾出制造资源推进数控产品上量。

(2) 主导产品升级换代。为满足目前市场发展的需要，重新规划现有的普及型数控卧式车床、全机能车削中心、普及型卧式加工中心等11类主导数控产品线，实现现有主导数控产品的全面升级换代。并通过购置关键设备、增加检验测试等手段，实现对生产加工工艺和装配工艺流程的优化，提升产业化能力。

(3) 以客户为中心，实现三大协同。改变以往“供应商、外协厂—企业—客户”单向模式，与重点领域用户形成战略联盟，做到供应商、外协厂与企业共同以客户为中心，在研发、制造、服务三方面实现完全协同，深入开展用户工艺研究，快速、高效地全方位提升产品的质量与性能，为用户提供成套解决方案，提高客户满意度，提升产品市场竞争力。

2. 打破大而全的企业结构，重点突破核心单元技术，深入构建社会化制造体系，重新进行产业布局

当今世界想要取得伟大的成功，必须具备三个条件：开放的胸怀、合作分享的精神、全球化的眼光。要想成为一个国际一流的机床制造商必须有一个世界级的产业链作为支撑，而要想打造这样一个产业链，就必须以开放合作的心态，以协作共赢的方式寻求战略合作伙伴来推动。

(1) 全力突破11类功能部件的核心技术，为中高档数控机床产业化提供产业链支撑。加速实现核心功能部件自主化，全力突破数控系统、主轴、伺服刀架、双摆头等功能部件的核心技术，沈阳机床将通过多种渠道、多种合作方式开展功能部件技术攻关，为研发中高档数控机床提供支撑。

①通过打造功能部件国际化研发与制造模式，借助希斯公司技术力量，突破核心功能部件核心技术。

②通过打造“厂中厂”生产模式，借助外资技术能力，提升产能。

③通过打造功能部件社会化协作模式，注重标准化、模块化设计，掌握核心知识产权，利用社会化资源协作生产，满足产品产业化需求。

(2) 积极寻求合作，构建本地化世界级产业链。沈阳机床以自身的市场影响力和真诚的合作态度，赢得了众多战略伙伴的认可，已先后有安川、NSK 等多家配套企业到沈阳投资建厂，同时也有多家功能部件厂商与我们沟通洽谈深层次合作的事宜。

3. 利用信息化手段，进一步激发企业活力，彻底释放生产力，增强企业综合管控能力，全面提升中高档数控机床的可靠性

以实用、集成、高效为原则，以提高产品水平与质量、提高经济效益和市场竞争能力为效

益目标，以产品智能化、设计数字化、管理信息化、服务网络化为应用目标，采用先进的计算机设备、网络通讯系统和制造业信息化软件，在“两化”深度融合的基础上，建立一整套适合市场经济环境和机床集团生产、技术、管理特点的信息化系统，从而为公司的高速发展及战略目标服务。

(1) 产品智能化：在数控机床系统中开发与应用远程监测与维修系统、自动编程系统、智能化切削系统，生产过程数据采集系统等，实现产品的创新与智能化。

(2) 设计数字化：采用 CAD/CAE、CAPP/CAM、PDM/PLM 等辅助设计、产品数据管理等手段，实现产品开发过程的信息化、集成化、协同化。

(3) 管理信息化：采用 ERP、SCM、MES、BI、OA 等应用软件，实现管理过程的信息化。

(4) 服务网络化：采用呼叫中心、CRM、电子商务等计算机网络服务手段，实现营销及服务工作的信息化。□

(上接第 53 页)

重型数控立式车床类产品因单位面积重量大,起吊安装困难,给参展带来一定难度,所以参展厂家不多。

我国齐重数控已成功研制出加工直径 25 000mm 龙门移动式数控铣车床(照片参展)、武重集团已研制出加工直径 28 000mm 数控铣车床(参展照片),其加工规格都属于世界最大。武重已研制出七轴五联动高档数控铣车加工中心(参展照片),主要功能可进行船用螺旋桨叶面加工,该机床获得 2011 年度中国机械工业科技进步奖一等奖,现已服役用户加工现场并获得用户好评。

三、结束语

我国重型机床行业近年来发展很快,为国家重点工程项目提供了一批关键加工设备,自身技术改造和产品开发也取得重大成果。相信“十二

五”期间,重型机床行业将会自主创新出更多国家急需的重大关键加工设备。

值得注意的是,重型机床的市场需求受经济风险及社会发展影响很大,市场需求具有一定的局限性,用户行业面窄、台阶高,发展前景受国家政策因素影响很大,市场反应相对滞后。重型机床制造所需投入的资本相对较高,回款周期长,重型机床由于使用寿命役龄较长,导致更换周期延长,制约了投资力度。因此,如果对目前生产重型机床投资热度不加以深思和规范引导的话,将导致行业失调,企业投资风险增大,最后酝酿出产业和企业的后续危机。

随着我国重型机床行业逐步进入理性发展阶段,也为行业和各企业腾出空间来认真思考国产重型机床近几年所取得的成绩与不足。在“十二五”期间,理顺思绪、看准目标、夯实基础,为尽快缩小与世界先进水平的差距,做出更为扎实的工作。□

工业现场新型 6D 大尺寸 自动化测量技术

海克斯康测量技术有限公司 刘 霜

一、6D 测量的应用

随着工业现场测量和质量控制需求的增多，出现了多种应用于现场的测量工具，如激光跟踪仪、关节臂测量机、大型扫描仪等。这类设备相对于传统三坐标而言精度低，测量过程需要人手动操作，但是可以方便地移动到车间的测量工件附近，无需特殊的温度、湿度、气源等条件，在车间环境中也可以保证测量精度。因为其便携性和方便性，这类设备得到了广泛的应用，越来越多地出现在车间的测量现场。在大尺寸的现场测量过程中，以激光跟踪仪的应用最为广泛。

传统的激光跟踪仪测量以 3D 测量为主，即反射镜（靶镜）测量方式，测量的数值为球心坐标值 X 、 Y 、 Z （也可以其他坐标系方式显示），主要应用于航空航天、汽车中工装、型架等部件的测量、安装和调整。随着工业领域应用需求的增多，除了单一的通过反射镜进行测量和跟踪，使用者更希望将跟踪仪应用到加工工件的测量中，这类工件形状复杂，测量特征分布广泛，单纯依靠跟踪仪转站和隐藏点辅助测量工具已经很难满足精度和效率的测量要求。

在这种情况下，Leica 的 6D 测量产品——T 系列解决方案应运而生。T 系列测量工具的原理是通过在跟踪仪上增加了 T-Cam 相机，从而在测量和跟踪过程中，不仅可以监控跟踪目标的 X 、 Y 、 Z （中心值），同时还可以提取目标的 I 、 J 、 K （沿三个方向的扭转），用于体现目标的旋转姿态。通过这种方式，可以得到如图 1 所示的更多的计算

信息。

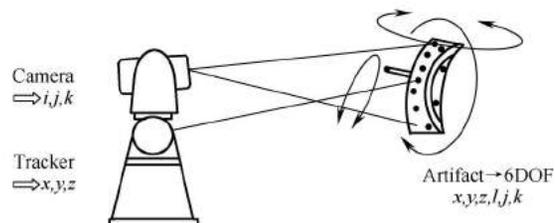


图 1 激光跟踪仪测量模式

通过在 T 系列目标上增加探针，激光跟踪仪扩展成为走动式的三坐标测量系统，测量范围可以达到直径 30m。既方便地利用了激光跟踪仪的现场适应能力、便携性能，又能够满足大尺寸工件的高精度测量需求，应用于机加工、汽车钣金、风电等大型工件的尺寸测量和分析。

T 系列产品也同时包括了可以满足大尺寸空间扫描需求的 T-Scan 系统，使用者可以通过手持 T-scan 测头，以点云、三角网格、曲面渲染等多种方式反映工件的表面形状信息，用于曲面形状比对分析、尺寸控制、逆向等（见图 2）。

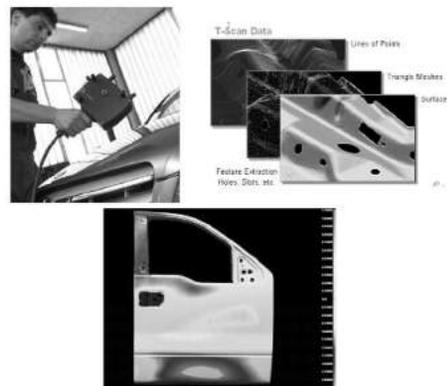


图 2 T-scan 工件表面扫描

二、6D 自动化测量

随着机器人、CNC 等自动化加工设备的发展，要求设备之间的兼容性和通讯技术也越来越成熟。在此基础上，Leica 激光跟踪仪也将应用领域再次扩展，通过和自动化系统的控制柜交互通讯，实现大尺寸空间的自动化测量（见图 3）。

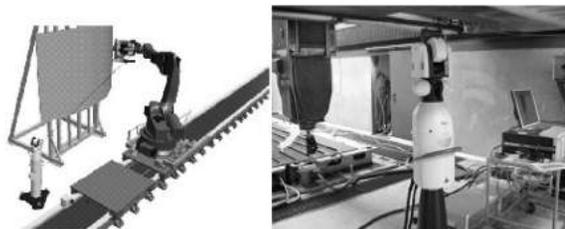


图 3 与机器人和 CNC 机床的联用案例

这种新的工作模式主要具备以下特点：

生产线上工件质量自动化监测：

- (1) 快速扫描工件外形或触发测量。
- (2) 以激光跟踪仪精度进行测量，不依赖于生产线机器人或 CNC 机床的精度。

充分利用已有的机器人系统和生产线进行系统升级：

- (1) 兼容导轨系统扩展测量量程。
- (2) 兼容通用机器人控制通讯标准协议，将生产系统升级扩展为在线检测系统。

“便携”测量设备：

(1) 激光跟踪仪位置相对于机器人系统独立，可实现完全的跟踪仪便携测量功能，根据需要变换位置。

(2) 设备及 T-系列测量附件随用随装，既可以自动测量，也可以用作手动测量。

1. 实现方式

按照测量方式分类，有两种自动化的检测方式：触发测量（通过触发测头进行单点触测生成特征）和激光测量（通过激光测头进行扫描点云构建曲面比对和特征）。可以根据实际的应用方式选择加载测头的类型（见图 4）。系统的连接及通信如图 5 所示。

客户在操作过程中通过在电脑中编制并运行程序实现工件的自动测量，程序中包括特征测量、坐标系对齐、GD&T 形位公差评价、SPC 统计分析、报告等功能（见图 6）。

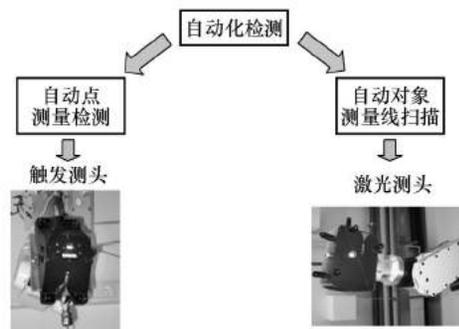


图 4



图 5 系统的连接及通信示意图

2. 系统精度

虽然在测量过程中应用了机器人和 CNC 机床，但是这些硬件仅仅是作为 T 系列产品的移动载体，其精度的好坏并不影响整个系统的精度，测量精度仍然取决于激光跟踪仪本身的精度。如 T-Scan 精度：

空间长度测量不确定度： $U_L = 60\mu\text{m} (< 8.5\text{m})$ ； $U_L = 60\mu\text{m} + 4\mu\text{m}/\text{m} (> 8.5\text{m})$ 。

综合测量不确定度 $U_R = 50\mu\text{m} (< 8.5\text{m})$ ； $U_R = 50\mu\text{m} + 4\mu\text{m}/\text{m} (> 8.5\text{m})$ 。

$U_S = 85\mu\text{m} + 1.5\mu\text{m}/\text{m}$ 。

平面测量不确定度 $U_P = 80\mu\text{m} + 3\mu\text{m}/\text{m}$ 。

3. 总结

综上所述，Leica 激光跟踪仪的 6D 测量附件除具有车间现场手动操作的便携性能和方便性之外，还能够很好地和自动化测量设备相结合，完成大尺寸工件的自动化测量任务，确保测量效率和精度，在工厂的大工件测量中具有很高的应用价值。□



图 6

新刀头提供了新可能性

New tips provide new possibilities

山特维克可乐满 Christer Richt

钻头具有不同的能力

不同类型的钻头，例如整体硬质合金钻头、可转位刀片钻头或是可换头钻头，它们都具有不同的应用能力。按照对孔的要求、对刀具的实际限制以及刀具的不断发展，不同钻头具有各自适用的应用范围。目前，这些类型的钻头主导了孔加工领域，该加工领域又由各种分子领域组成，分子领域不固定，而是随着钻头的发展和适用能力而有所变化。

孔的类型有很多，对于孔直径范围为 12 ~ 30mm，孔深为 3 ~ 5 倍直径的孔加工还具有很大的改进潜力，特别是在性能、安全性、刀具寿命和孔质量一致性都很出色的情况下。典型的孔是丝攻孔、为铰削的预孔、热交换器上的管板孔、高精密的工艺孔以及较深的孔。这些孔都具有一个共同点：通常公差范围为 IT9-10，这需要出色的钻头精度。

对于这种应用范围广泛但公差要求很严格的加工，对刀具的期望很高。在谈到可换头钻头的技术时，其型号和结构都有实践和能力方面的限制：例如可接受的刀头的最大型号和最小型号、刀具夹持以及可实现的加工性能等。对于中间区域，在孔直径、公差、孔深、质量以及应用场合方面，它是一种杰出的解决方案。

首先，可换头钻头需要保证孔在所要求的公差范围内、表面质量为 $Ra = 2.5\mu\text{m}$ 之内，具体要求要根据不同的应用场合而定。有些应用场合可能要求更大的孔深，更短的可达性以及中等长度。此外，还有可能需要更高的稳定性，以及更好的切削台阶和倒角的能力。更重要的是刀头需要更高的穿

透率、更长和更一致的使用寿命。从效率方面来看，刀头需要能在机床上更轻松便捷地进行更换。

可换头钻头

可换头钻头已应用多年，根据钻头结构的不同已取得了不同程度的成功。可换头钻头也存在一些潜在的弱点，为了获得更大的成功，新一代可换头钻头必须克服这些弱点，其中最主要的一点是要求接口具有更高的强度和稳定性，能进行更平稳的切削及采用更高的切削参数。钻头应用时以及进行刀头更换时更容易操作、排屑效率更高、孔质量的一致性和钻头的加工可靠性已成为必须优先考虑的要点。

为什么在市场上已有其他不错的钻头以及可换头钻头仍存在一些潜在弱点时，我们还需要可换头钻头呢？

可换头钻头特别是新一代可换头钻头具有以下优点：

(1) 通过更少的机床时间、更快的产出、更长的刀具寿命和更好的机床利用率等参数，可以获得更低的单孔成本。

(2) 通过缩短刀头更换时间可获得更高的生产效率，通过改进刀头更换方法可获得的更好的加工安全性。这里，新的接口设计是关键因素。

(3) 钻头的加工可靠性对于提高生产效率来说是非常重要的潜在因素。钻头的可靠性受到各种不同孔特性、装夹以及材料要求的影响。

(4) 安全性很大程度上是由刀具的结构确定的。刀具结构有可能导致废品的产生、不必要的机床停机时间和刀具破损。

(5) 无需重磨，重磨时会涉及磨削、涂层、装夹、管理和库存等问题。尽管刀头是一次性使用，但是还是降低了刀具成本。

(6) 可换头钻头的种类广泛，因此可以通过专用的或通用的解决方案，提供扩展的和更有针对性的方法，以满足或优化孔的钻削。

(7) 可以为后续的工序做准备，使最终工序可以更好地满足或提高质量。

新一代可换头钻头

现在已推出了新一代可换头钻头，例如山特维克可乐满公司的 CoroDrill 870 (图1) 可以大大提高孔加工的中间范围的加工经济性。该新型钻头可作为现代整体硬质合金钻头和可转位刀片钻头的优良替代选择。



图 1



图 2

与原来的可换头钻头相比，CoroDrill 870 可以大大提高穿透率。这主要是因为新一代可换头钻头可使用更高的每转进给量。一般来说，在 IT 9-10 的孔公差应用范围内，不需要任何单独的精加工工序。

CoroDrill 870 可换头钻头的切削刃的宏槽形和微槽形将加工能力和性能提高到一个新的水平。包括改进了切屑形成和排屑控制，以及切削刃热处理，从而提高了刀具寿命和安全性。切削刃也进行了改进，能更好地评估刀具的磨损程度，以及更精确地预测刀具寿命。

开发新一代可换头钻头的目标是为止仍未过时的可换头钻头、各种麻花钻、铲钻所主导的应用范围提供改进的钻削手段。新一代钻头在穿透率、表面质量能力、可靠性和刀具夹持方面都做出了许多的改进，还包括使用新的高韧性、微晶粒、PVD 涂层硬质合金刀头材质。新一代可换头钻头的一个重要优势在于，它不仅可订制而且已为各种应用场合进行了优化。这就可以

采用新的安全技术、钻体和刀头之间的高精度接口、独特的排屑槽结构、切削刃的发展，以及适用更广泛的直径范围和各种台阶、长度和接柄等。

CoroDrill 870 在可换头钻头的钻体与刀头之间有安全的全新接口(专利申请中)。这提高了刀头更换时的简单性和安全性，并使刀头可以精确地定位并获得很好的支撑。刀头只能以一种方式固定到钻头上，并用侧面的螺钉锁定住。没有可能松动的部件，锁定是牢固的。对中是通过刀头的导向销和刀头座内半圆柱接触表面之间的接触实现的(见图3)。



图 3

对任何类型的钻头来说，将切屑排出和清除到切削区域之外都是非常关键的因素。

CoroDrill 870 能方便地将切屑沿排屑槽流动，因此，发生切屑堵塞的可能性非常小。全新的排屑槽(专利申请中)具有各种不同的形状及尺寸，并在整个钻体上有变化的螺旋角，引导和排出切屑的结构都能保证刀头具有足够的接口强度以及稳定性(见图4)。

新一代可换头钻头可以适用于广泛的应用范围：各种应用场合、孔数、孔类型、机床、主轴速度以及不同装夹。当机床的转速

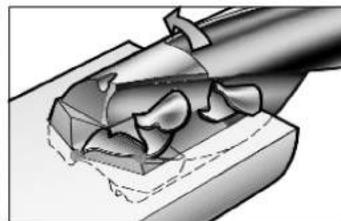


图 4

较低，可转位刀片钻头不能充分发挥作用时，使用可换头钻头可作为一种解决方案。同时，它也可以作为一个充分利用大功率机床的潜力的理想解决方案。钻头的开发标准就是要确保一开始就能顺利运行，具有平稳的切削作用。对于刀头来说，需在任何应用场合中都能轻松在机床上进行更换。

现在，新的可换头钻头必须具有通用性，不仅仅能钻简单孔，还应能进行堆钻、钻贯穿孔，进行凹/凸面的钻入和钻出，以及进入带有倾斜表面的工件等。总之，钻头必须能运用更大的切削参数，使其适用于非常广泛的应用范围。□

倒立式车削中心 VL 2 P： 降低生产成本的好帮手

一份针对各个汽车相关企业采购部门的调查问卷显示，对于汽车生产企业和汽车零部件供应商而言，2012年其生产成本压力将会继续增加。这些部门负责人认为，在新的一年里，原材料、能源成本都会相应上涨，当然这对于汽车和汽车零部件制造商而言也意味着成本压力的增加。为了应对这种成本上升带来的挑战，最重要的一个解决理念就是从生产本身入手：考虑如何才能让生产操作流程变得更为灵活和高效，这样一方面可以降低生产成本，另一方面也可以通过提高和确保汽车零部件的生产质量来提升企业在市场上的竞争力。在车削加工中心这个领域，埃马克的VL 2 P倒立式车削中心（卡盘直径160mm）就在如何降低生产成本、提高生产效率方面做出了榜样。

近几年，零部件供应商和汽车生产制造企业面临着相同的问题和类似的市场环境：在任何行业和应用领域，客户都要求企业最大限度地保证零部件的生产质量，同时要灵活操作批量规模，以满足其需求。现在飞速发展的汽车行业又提出了更高的要求，无论是小批量还是大批量生产，企业都必须能够实现准时制（JIT）生产（多半在单机上实现），即便是大规模生产线也必须随着市场环境的改变而快速作出调整。比如对订单突然减少，但又突然恢复的情况的应对。

倒立式车削中心带来的综合解决方案

在当前多变的市场形势和严峻的竞争压力下，制造企业应当采取哪些措施来应对挑战？埃马克公司位于德国萨拉赫的工厂经理古尔多·黑格纳博士给出了一个真正的“成本杀手”——埃马克

机床有限公司的VL 2 P倒立式车削中心。黑哥纳博士指出：“在生产加工零部件的过程中，有很多因素会影响到它的生产加工成本——从产量到刀具寿命，到成品质量都会对加工成本产生影响。我们在设计机床的过程中一直关注这些因素的影响。从这几方面看来，VL 2 P与其它类似产品相比具有明显的优势。对于车削加工领域而言，这是一个综合性解决方案，是建立在我们多年的长期发展经验基础上的、技术较为完备的产品。”

在这台机床上有两个装夹工位，最大加工工件的直径为100mm，采用以摆动方式同时运转两个工作主轴。这也就是说，当第一个主轴在加工工件的时候，第二个主轴会自动进行上下料，这样可以在第一个主轴加工完之后直接运行第二个主轴。在加工完第一个工件之后，刀塔会移动到第二个主轴位置，并继续进行加工。这样在加工工件时可以实现最短的“屑对屑时间”。



从一开始就注重品质

VL 2 P倒立式车削中心的设计理念为“从一开始就注重品质”：即使是机床的基座也应当根据客户要求定制，以适合不同客户的生产流程。大理石的床身在抗振动性上的特性比铸铁强八倍。

一旦该机床投入使用，用户很快就会感受到此设计的好处。正如古尔多·黑格纳博士解释的那样：“抗振性强的设备可以使得工件表面光洁度更高，同时刀具的使用寿命也会因此而得以延长。”



自动化系统

倒立式车削中心另外一个重要的特征是集成了高自动化。它是高度紧凑的整体化设计的一个组成部分。在机床上安装有一条传送链，配有料盘，然后作为工件的输送工具。通过这种方式可以直接将零件送至上料工位，然后依次进行加工。因为夹取工件的过程是在加工区域以外进行的，所以可以在机床前端的传送带上任意时间取下已经加工完成的零部件，然后放上新的待加工部件。这种自动化解决方案更为灵活，同时也更具有普遍应用性。通过这一设计可顺利实现装卸工件。

更短的输送距离——更短的空转时间

通常情况下，制造企业在谈到生产成本这个话题时，都会考虑到所谓的非加工时间——这里所讲的非加工时间是指主轴没有进行加工的时间，比如说上下料时间。古尔多·黑格纳博士对此的解释是：“我们在生产制造该车削中心时，当然会考虑如何减少不必要的非加工时间的问题。上料和下料的时间非常快速、高效，源于加工主轴一和加工主轴二之间的行程距离最小化设计。上料和下料的同时在加工，因此“屑对屑”时间非常短。

从盘类件到小的轴类工件

对于零部件供应商和车削件制造商而言，在做出投资决策时，或许还需要考虑到一个问题：埃马克机床有限公司的倒立式车削中心的理念和其自动化系统究竟有什么成功的经验可以借鉴？这个理念是否真的可以应用于现实生产制造领域，

并带来巨大的经济效益？“当然如此！”古尔多·黑格纳博士对此很有信心。“首先我们可以参考过去已经交付使用的 2500 台 VL 机器。我们一直是以用户的实际需要作为我们进一步研究完善产品的基本理念，通过这种方式我们可以更加地强化我们的优势。”埃马克机床有限公司成功地将这些理念应用于产品中，并不令人感到意外。古尔多·黑格纳博士对此还强调说：“VL 2 P 倒立式车削中心最适合加工时间短的工件，这样能保证最短的空转时间和加工节拍，并且同时可以确保加工出来的工件具有更高的品质。这些都是我们这款新型车床的优势所在。这些优势理念让我们更有信心，能够在未来生产出更多符合客户需求的产品。” □

CCMT2012 “春燕奖” 评选活动有力促进企业 自主创新与技术进步

评选 CCMT “春燕奖”是展示和评定企业科技创新、自主开发成果的一项重要活动。这项活动为国产数控机床行业搭建了一个精品、新品展示的平台，鼓励行业企业更加重视自主创新与技术进步，不断提高产品水平，积极研发和生产重点行业核心制造领域急需的各种数控机床及数控机床配套产品。“春燕奖”是机床工具行业评选的含金量最高的展品奖项，得到了行业的高度重视和社会的广泛认可。从这次申报“春燕奖”的展品中可以看到，中国机床工具行业向由大变强的进程中技术创新所取的丰硕成果。

“春燕奖”评审专家组由 13 名行业知名专家组成，徐性初院士为主任。通过企业申报、专家评审、展品核对和专家复议等程序，经过“春燕奖”评审组专家近一个月的认真工作，最终评出了 47 家企业的 61 项展品获得 CCMT2012 “春燕奖”称号。相信通过机床工具行业同仁的共同努力，中国的数控机床发展一定会像春天一样，生机盎然，蓬勃发展。

(协会行业发展部)

大型精密数控直线滚动导轨磨床 整体结构布局设计分析

杭州杭机股份有限公司 徐慧芳 阮志斌 孙益民

【摘要】 采用有限元对大型直线滚动导轨磨床的布局结构进行了研究，分析比较了两种典型布局形式机床（HZ-077CNC，HZ-088CNC）的动态特性和热态特性。分析结果显示 HZ-088CNC 的固有频率、卧磨头的变形均比 HZ-077CNC 小，而且整体温度场分布也较 HZ-077CNC 均匀，为大型直线滚动导轨磨床整体结构布局提供了重要依据。

精密直线滚动导轨作为机床关键功能部件，其加工质量对机床的整体性能有很大影响。而目前高精度、高性能的数控直线滚动导轨磨床基本依赖进口，比较著名的磨床厂商如德国的瓦德里希·科堡公司、德国的 ABA 公司、德国保宁公司、意大利 Favretto 等均生产大型、精密的直线滚动导轨磨床。

为推进我国机床功能部件核心制造能力的提升，在国家科技重大专项的支持下，杭州机床集团对大型精密直线滚动导轨磨床展开了技术攻关。研制目标是：可以磨削 6m 的直线滚动导轨，表面粗糙度 $Ra \leq 0.2 \mu\text{m}$ ，表面无振痕，机床定位精度 $\leq 0.003\text{mm}$ ，重复定位精度 $\leq 0.0015\text{mm}$ 。

机床的总体布局设计是直线滚动导轨磨床实现一次装夹完成导轨多型面磨削功能的关键，将直接影响机床静态、动态特性和热稳定性，需要进行深入分析。本文基于有限元模拟技术对两种大型直线滚动导轨磨床典型布局形式的动态特性和热态特性进行了分析比较。结果显示 HZ-088CNC 的固有频率、卧磨头的变形均比 HZ-077CNC 小，而且整体温度场分布也较 HZ-077CNC 均匀，为大型直线滚动导轨磨床整体结构布局提供了重要依据。

一、整体结构布局设计比较

HZ-077CNC 数控直线滚动导轨磨床是杭州机

床集团已经量产的一款直线滚动导轨磨床。该机床如图 1 所示，采用龙门式结构布局，由双立柱、横梁及床身组成一个封闭的刚性框架结构。横梁固定不作升降，二个立式磨头，一个卧式磨头分别安装在横梁的两侧。两立式磨头、卧式磨头既可作水平移动还可作垂直调整、升降。每个磨头都配有金刚滚轮砂轮成形修整装置，装在磨头拖板上，实现修整补偿和进给。

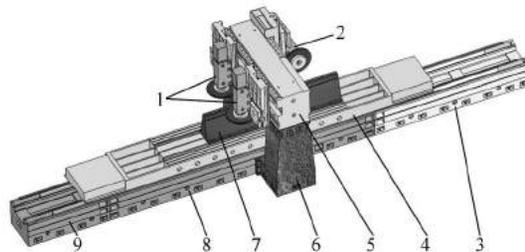


图 1 HZ-077CNC 总体结构

1. 立式磨头 2. 卧式磨头 3. 副床身 4. 工作台
5. 横梁 6. 立柱 7. 夹具 8. 主床身 9. 副床身

目前该整体结构布局的机床加工导轨磨削稳定，已有较多的量产经验。但仍然存在一些问题，如由于三个磨头都集中在一个横梁上，横梁的几何变形及主轴电机发热对横梁的变形有一定的影响；工作台纵向移动采用液压方式响应速度较慢；在超大磨削行程下（12m）丝杠的重力挠度对导轨的磨削精度也有一定的影响；三个磨头装在同一

横梁下，由于磨削时的振动互相耦合，振动耦合下磨削表面质量不易控制。因而在原先的总体布局基础上，较难达到国家科技重大专项的技术指标，需要对原有的整体结构布局设计方案做一定的调整优化。

为此，项目组在大量分析国内外大型磨削机床整体结构布局的基础上，提出了HZ-088CNC大型直线滚动导轨磨床的整体布局方式。立卧磨头在横梁同侧，尽量缩短卧式磨头与立式磨头的距离，以提高精度稳定性和控制磨削加工过程的振动。整个机床的结构布局如图2所示。

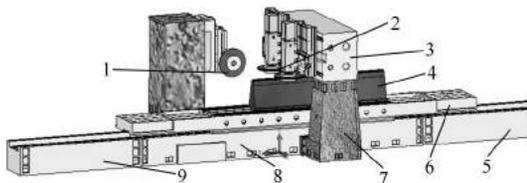


图2 HZ-088CNC 总体结构

1. 卧式磨头 2. 立式磨头 3. 横梁 4. 夹具 5. 副床身
6. 工作台 7. 立柱 8. 主床身 9. 副床身

HZ-088CNC采用龙门式结构布局，由立柱、横梁及床身组成一个封闭的刚性框架结构。横梁固定不作升降，两个立式磨头安装在横梁上，卧式磨头布置于后面的立柱上。立式磨头、卧式磨头既可作横向运动，还可作垂直运动。两立式磨头用于磨削导轨两侧平面、腰槽及圆弧截型，可以进行在线修整，卧式磨头用于磨削导轨基面及重载导轨上平面内的圆弧面。

与HZ-077CNC导轨磨床的结构设计整体布局方案相比，HZ-088CNC的特点是：

- (1) 把卧式磨头装在横梁前侧的另一立柱上，使立卧磨头距离拉近，缩短将近1m。
- (2) 缩短床身、纵向进给导轨及纵向丝杆将近1m。
- (3) 卧式磨头独立放置在横梁前侧后，减少了横梁的挠度。

为了论证HZ-088CNC与HZ-077CNC两种整体布局方案的优劣，我们对两种整体布局的结构设计形式进行了有限元数值模拟分析，比较了两种不同整体布局下机床的动态特性及热态性能的优劣。

二、有限元数值模拟

1. 动力学分析

动力学分析是基于SolidWorks与ANSYS有限元联合分析平台，使用SolidWorks进行机床实体造型，通过ANSYS进行有限元分析。除主轴箱材料为HT300外，其他材料都是HT250。有限单元选择Solid186与Solid187混合划分，接触单元选择CONTA174和TARGE170。HZ-077CNC分析模型的总节点数：359 373，接触单元数：18 620，实体单元：196 661。HZ-088CNC分析模型的总节点数：453 403，接触单元数：39 933，实体单元：244 651。

图3和图4分别是HZ-077CNC及HZ-088CNC的第一阶振型，附表是两种布局的前六阶固有频率与振型描述，其振型主要集中在横梁和两边副床身的摆动与扭转。

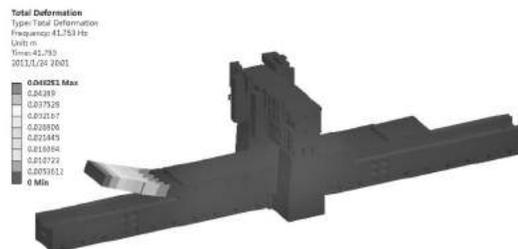


图3 HZ-077CNC 第一阶振型

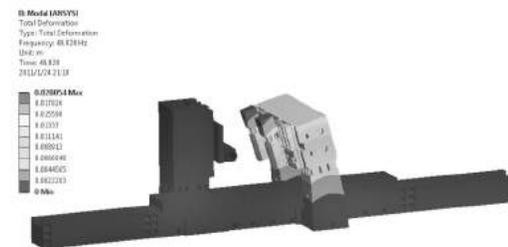


图4 HZ-088CNC 第二阶振型

固有频率与振型描述

模态	HZ-077CNC	
	固有频率/Hz	振型描述
1	41.4	工作台右端的上下摆动
2	41.8	工作台左端的上下摆动
3	46.2	竖直平面内的前后摆动
4	58.3	竖直平面内左右摆动
5	87.6	竖直方向上的扭曲转动
6	92.3	工作台右端远端处的扭曲

(续)

模态	HZ-088CNC	
	固有频率/Hz	振型描述
1	49.0	立柱与横梁的前后摆动
2	62.3	横梁在垂直平面内的左右摆动
3	81.1	单立柱前后且带侧向的摆动
4	83.6	单立柱的左右摇摆
5	98.9	双立柱与横梁的扭转
6	147.6	磨头的自身扭动变形

2. 热特性分析

环境初始温度设为 20℃，通过实验测定得到

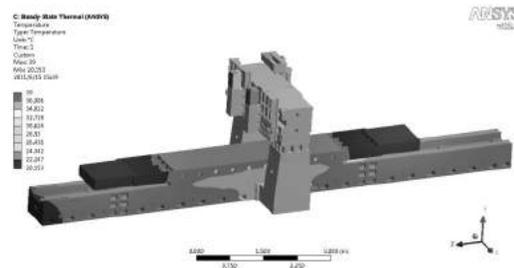


图5 HZ-077CNC 温度场

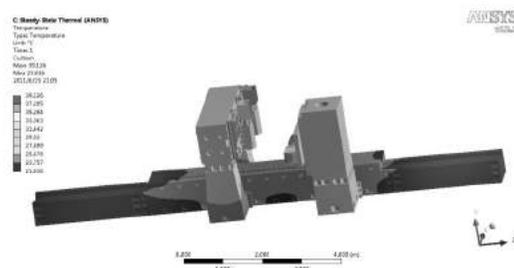


图6 HZ-088CNC 温度场

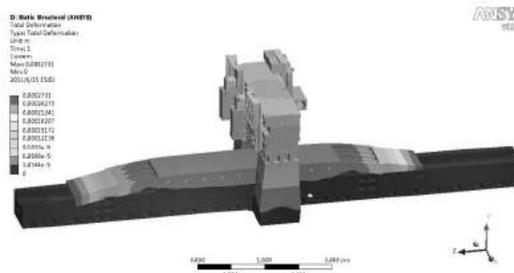


图7 HZ-077CNC 变形场

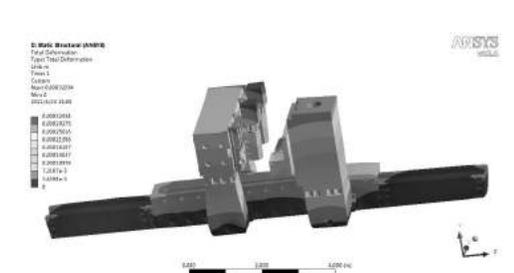


图8 HZ-088CNC 变形场

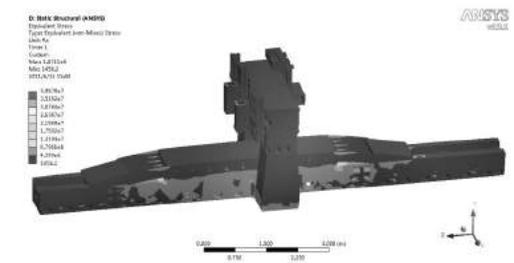


图9 HZ-077CNC 的等效应力场

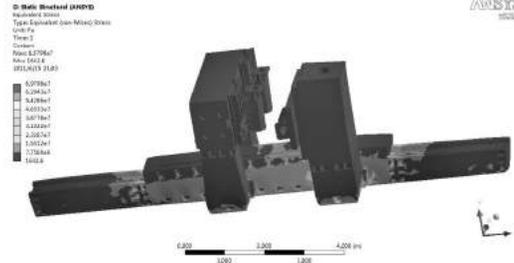


图10 HZ-088CNC 的等效应力场

HZ-077CNC 机型纵向拖板温度基本在 29℃ 左右，横梁温度为 28 ~ 29℃ 左右，立柱上的温度基本在 25 ~ 27℃ 左右。最大的变形出现在工作台两端，为 273μm，横梁上的变形为 140 ~ 170μm 左右，立柱上部与横梁结合处变形最大达到 1.21×10^{-4} m 左右。最大等效应力为 107MPa，横梁以及立柱等大型部件应力值数量级基本在 1 ~ 10MPa 的

三个主轴的稳态温度为 30℃，将其作为温度载荷施加于整个机床，根据电机功率，计算出电机热生成率为 7904.35W/m³，施加在 3 个电机的矩形块上。工作台上产生热量为 161.4cal/s，床身导轨面上的热流密度为 225.96W/m²，电机面上的系统黑度值为 0.91，辐射传热系数为 5.48W/m²k。图 5 及图 6 分别为 077CNC 及 088CNC 的温度场分布，图 7 及图 8 分别为 077CNC 及 088CNC 的变形场分布，图 9 及图 10 分别为 077CNC 及 088CNC 的等效应力场分布。

范围内。HZ-088CNC 机型最高温度出现在电机与主轴箱隔热套处，为 37.2℃ 左右。横梁温度大致为 27.6 ~ 29.5℃ 左右，单立柱顶面上的温度在 26.9 ~ 29.4℃，横梁温度由下而上逐步升高，双立柱温度在 24.5 ~ 28.3℃ 之间。最大变形点出现在单横梁顶面外侧角点上，为 286μm。3 个磨头的纵向拖板上角点处变形量为 250μm 左右。最大等效

应力为 69.8MPa，立柱与横梁等大型部件应力值基本上在 0.1MPa 左右。

三、分析结果讨论

(1) HZ-077CNC 结构布局的三个磨头都装在横梁上并同时工作，三个磨头的热源布置无法做到对称布局，而 HZ-088CNC 卧磨头与立磨头分离的布局方式，可以避免卧磨头与立磨头在磨削时频率上的相互影响，更容易抑制磨削导轨时振纹的产生；机床加工精度得以改善、提高精度稳定性。

(2) 动力学方面来看，HZ-077CNC 的前 2 阶频率都在 41Hz 左右，且比较接近，发生在工作台上，说明工作台两端动刚度不是很好，遇到较高激振频率会引起共振，导致工件加工两端不稳。HZ-088CNC 第一阶主频率为 49Hz 左右，发生在双立柱与横梁装配处，比 077CNC 的一阶频率增大了 19.5%，其他高阶频率类似，固有频率的提高意味着动态性能的改善。此外 HZ-077CNC 的 3 个主轴电机都安装在横梁上，容易互相耦合，激发共振。HZ-088CNC 采用单磨头立柱横置式结构，引起共振频率约为 81Hz，相当于主轴转速为 4860r/m，远

离了该机床主轴最大转速（1800r/m）。

(3) 从温度场分布来看，HZ-077CNC 的温度场分布与 HZ-088CNC 的分布相似，HZ-088CNC 温升稍高一些，但 HZ-088CNC 的温度场分布就整体性而言比 077CNC 的均匀，在同一个零部件上温差不大。

(4) 由于 HZ-088CNC 的卧式磨头单独安装在一个立柱上，其磨头结构变形量比 HZ-077CNC 约小 11.8%。

(5) 从受力方面来看，HZ-077CNC 的等效静态应力最大为 107MPa，出现在主床身处，其他部件的静态应力都较小。HZ-077CNC 的等效静态应力最大为 69.8MPa，出现在电机与主轴箱连接的隔热垫圈处，其他部件的静态应力都较小。

四、结语

通过对两种典型结构整体布局的对比分析，发现 HZ-088CNC 的整体结构布局方案明显优于 HZ-077CNC。目前 HZ-088CNC 已成功达到预定的各项技术目标，已交付用户使用，所磨削的导轨质量稳定，精度高，实现了大型精密数控直线滚动导轨磨床的国产化。□

(上接第 71 页)

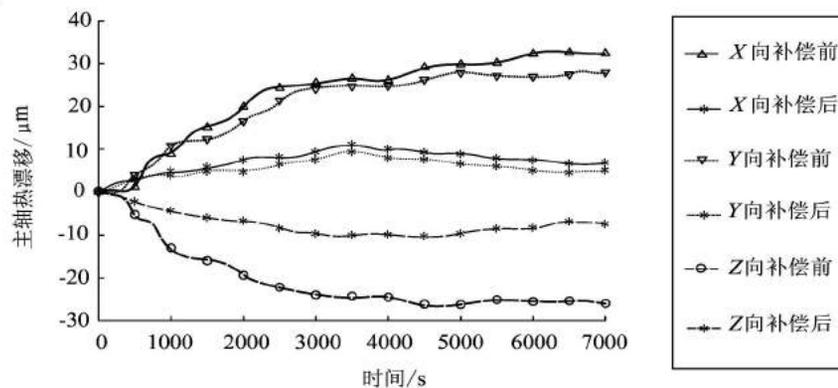


图 17 主轴热漂移补偿前后对照比较

五、结束语

误差补偿研究已经历了几十年的历史, 已达到了一定的成熟阶段, 但还有并还会产生问题, 特别是在我国数控机床的大规模实际应用时, 还有待于我们有关人员的进一步研究, 让我们共同努力, 以既有效又经济的高技术手段, 进一步提

高数控机床加工精度, 并向国内机床制造企业和机床使用单位推广和应用数控机床误差补偿技术, 提高我国的机床及制造装备技术水平, 增大国产机床在市场中的份额。在我们上海睿涛信息公司全体同仁共同努力下, 将我国的数控机床误差补偿技术发展国际先进乃至国际领先水平。□

基于 COSMOSWORKS 与 EXCEL 的 龙门导轨基面反变形加工

山东法因数控机械股份有限公司 韩立光 孙科科

1. 引言

龙门是卧式钻铣类机床一个极其重要的大件，它起着支撑动力头和连接工作台等关键零部件的作用。由于龙门自身重量以及动力头的重量，将导致龙门变形。龙门上连接动力头的导轨基面的变形直接反映到动力头上加工刀具的位置偏差。若能在此处矫正龙门导轨基面的变形，则可在很大程度上提高机床加工的精度。

龙门在精加工前采取预变形加工，使导轨基面加工后获得一定的曲线形状——弹性变形线的反变形线，从而来补偿横梁及其导轨因受钻削动力头重力所产生的弹性变形，以减少钻削动力头在横梁上移动时产生的不直度误差。故它是提高带有较重移动部件的大型机床的几何精度的一项有效措施。

本文首先建立起一个 7m 长的龙门 SOLIDWORKS 三维模型，针对三维模型利用 COSMOSWORKS 做了相关有限元分析，然后根据分析结果，采取最小二乘法，在 EXCEL 中获得反变形曲线方程，为最终实现对龙门横梁导轨基面的反变形加工提供加工依据。

2. 龙门 SOLIDWORKS 三维模型建立

建立准确而可靠的龙门有限元计算模型是一项极为重要的工作。该龙门横梁采用焊接件结构。龙门立柱与横梁焊接成一个整体。内部采用肋板与加强筋交错的封闭箱形结构。动力头与龙门横梁依靠安装在横梁上的导轨滑块连接。本文中所要分析的龙门共装有 4 个动力头。动力头最小间距 1m。当 4 个动力头间距最小，且关于中心面对称

布置时，龙门横梁变形量最大。此处，按最大变形量进行补偿。因此该三维模型中，动力头按 1m 间隔关于中心面对称布置。

有限元分析前，为了节省计算成本，缩短计算时间，同时保证结果的准确性，需要对模型中对结果影响甚微的结构特征予以简化。模型的简化需遵循一定的原则，模型简化正确与否直接关系到有限元计算结果的准确性。因此，建立的有限元模型必须具有足够的准确性，要能反映机床整体的实际结构，且结构简化、边界条件的设置需要对最后结果影响要很小。用 SOLIDWORKS 建立其起龙门的实体模型，并按下列原则进行模型简化。

(1) 简化功能件和非承载构件。有些构件仅为满足结构或使用上的要求而设置，并非根据强度的要求而设置，例如：轴承座、防护罩、丝杠等。这些构件对机床结构的内力分布和变形影响都较小，因此在建模时将其忽略。

(2) 为了提高计算速度，部件上的螺纹孔锥销孔等都不考虑。

(3) 对于一些结构上的孔、台肩、凹槽、翻边在截面形状特性等效的基础上尽量简化，对截面特性影响不大的特征予以忽略。

按照以上简化原则，运用 SOLIDWORKS 建立龙门的三维模型，简化后的模型如图 1 所示。

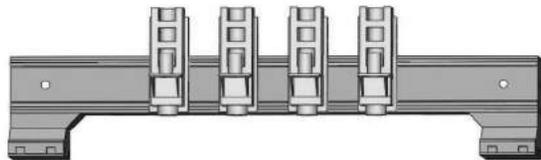


图1 龙门三维模型图

3. 龙门三维模型的有限元分析

(1) 模型网格化。有限元分析前需对模型进行网格划分。网格划分得越精细，即每个单元大小越小，模型的计算结果越精确；但是这样复杂的有限元模型将会花费大量的人力、物力在设计前的处理、数据准备、数据计算、数据整理和后处理上，考虑到计算的经济性，应适当选择网格大小。

采用 COSMOSWORKS 自动划分网格功能。采用实体网格四面体单元，单元大小 60.32mm，公差 3.25，共划分成 133 581 个单元，边角处自动过渡，以增加计算精确性。生成网格模型如图 2 所示。

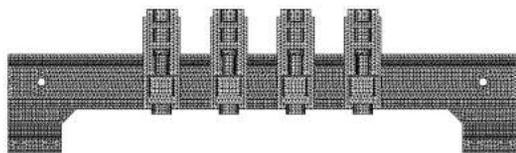


图2 模型网格化

(2) 施加约束载荷。建立了网格后，还要模拟龙门的实际约束情况。龙门是通过下底面的螺栓孔与床身连接。因此在这些螺纹孔施加固定约束，模拟螺栓连接。龙门变形的主要原因是各部件的重力作用，故给所有部件施加重力作用。施加约束载荷后，如图 3 所示。

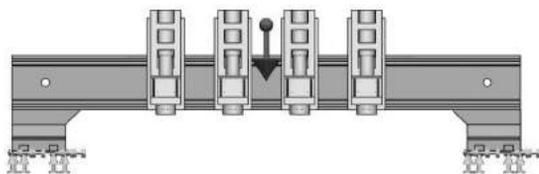


图3 模型施加约束

(3) 运行有限元分析。建立网格与施加约束载荷后，还需指定相关材料属性。上述三维模型中龙门为焊接件，材料采用 Q235-A，滑板及滑枕均采用灰铸铁 HT250，龙门横梁单元对应的弹性

模量 $E = 2.1e + 011$ ，泊松比 $\mu = 0.28$ ，密度 $\rho = 7800\text{kg/m}^3$ ，滑板及滑枕单元对应的弹性模量 $E = 0.66e + 011$ ，泊松比 $\mu = 0.27$ ，密度 $\rho = 7200\text{kg/m}^3$ 。指定材料后，运行分析。得到变形图（扩大 1000 倍）如图 4 所示。

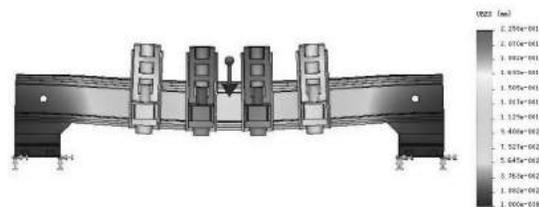


图4 模型有限元分析变形图

由图可知，最大位移出现在动力头前端，约 0.23mm。此处关注的是龙门横梁件导轨基面的变形情况。所以引用 COSMOS 里的数据探测工具，提取导轨基面边线变形数据，以绘制变形曲线。

4. 导轨基面边线的变形数据提取分析与应用

COSMOS 里的结果探测工具，用来检测提取某处或某一特征上的若干系列点的坐标数据值。用其探测结果图解，会显示节号或要素号、节或要素中心的全局坐标。例如，在位移图解中，将会显示节号、位移值和全局 X、Y、Z 坐标。

点击“探测工具”在对话框里选“在所选实体上”选项。用鼠标左键点击选取下导轨基面边线，点击“更新”，即可在下方表中得到该边线上系列节点代号及坐标值。因为龙门横梁的主要变形表现为 YZ 平面内的弯曲变形和绕 Z 轴的扭曲变形，所以表现位移的数据为 X 方向坐标值和 Y 方向坐标值，而 X 扭曲变形很微小（0.01mm 以内），可以忽略不计，故只关注数据的 Y 方向坐标值变化。将 Y 坐标值减去未变形前该边线 Y 坐标值，得到的差值便是该边线变形量，处理后部分数据如表 1 所示：

表1 下导轨面边线变形曲线点数据（部分）

节点	X/mm	Y/mm	Z/mm	节点	X/mm	Y/mm	Z/mm	节点	X/mm	Y/mm	Z/mm
93 280	0	-0.0033	-3800	94 215	0	-0.1455	-690.91	94 170	0	-0.0989	1758.7
94 642	0	-0.0075	-3580.1	94 207	0	-0.1539	-188.43	93 741	0	-0.0593	2355.4
94 256	0	-0.0136	-3266.1	94 204	0	-0.1545	0	93 750	0	-0.0224	2920.7
93 657	0	-0.0225	-2920.7	94 196	0	-0.1495	502.48	94 146	0	-0.0136	3266.1
94 237	0	-0.0785	-2072.7	94 182	0	-0.1351	1005.5	94 150	0	-0.0076	3580.2
94 229	0	-0.1091	-1570.2	94 175	0	-0.1153	1444.6	92 666	0	-0.0033	3800

重复上述步骤，得到上导轨基面边线变形量，

处理后部分数据如表 2 所示：

表 2 上导轨基面边线变形曲线点数据 (部分)

节点	X/mm	Y/mm	Z/mm	节点	X/mm	Y/mm	Z/mm	节点	X/mm	Y/mm	Z/mm
10 768	0	-0.0032	-3800	10 771	0	-0.146	-690.91	10 749	0	-0.0994	1758.7
10 754	0	-0.0077	-3580.2	10 751	0	-0.1538	188.43	10 774	0	-0.0594	2355.4
10 768	0	-0.0151	-3266.1	10 771	0	-0.155	0	10749	0	-0.0268	2920.7
10 754	0	-0.0281	-2920.7	10 751	0	-0.15	502.48	10 774	0	-0.0151	3266.1
10 768	0	-0.0783	-2072.7	10 772	0	-0.135	1005.5	10 748	0	-0.0078	3580.2
10 754	0	-0.1091	-1570.2	10 751	0	-0.115	1444.6	10 638	0	-0.0033	3800

5. 变形数据的 EXCEL 处理及分析应用

将上述步骤中得到的上、下导轨基面边线的两组数据分别导入 EXCEL 中。利用图表工具，以沿龙门长度方向的 Z 坐标值为 X 轴，以龙门高度方向的变形量 Y 值为图表的 Y 轴，即可得到上、下边线变形曲线。将该两曲线反向即可得到反变形加工所需的刀具轨迹曲线。经反向处理后的曲线如图 5、图 6 所示。

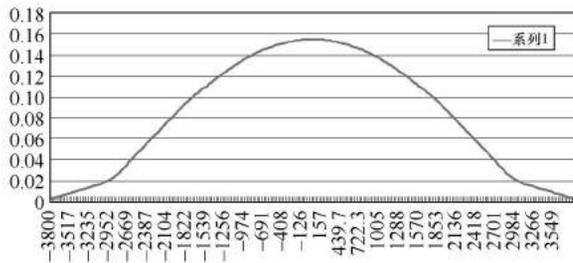


图 5 下导轨基面反变形曲线图

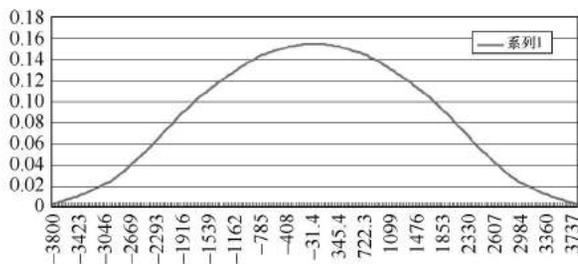


图 6 上导轨基面反变形曲线图

此时得到的曲线只是系列点的连线，并不遵循一定的规律。为了得到反变形曲线方程，需要对该曲线进行拟合，此处以最小二乘法对图中曲线进行拟合。经过试验，以 4 阶多项式拟合效果最好，得到拟合曲线图如图 7、图 8 所示。

由图表中可知，下导轨基面边线反变形拟合曲线方程为：

$$y = 8E - 10x^4 - 4E - 07x^3 + 5E - 05x^2 - 0.0003x + 0.0054, \text{ 拟合度 } 0.9987.$$

下导轨基面边线反变形拟合曲线方程为 $y = 8E - 10x^4 - 4E - 07x^3 + 5E -$

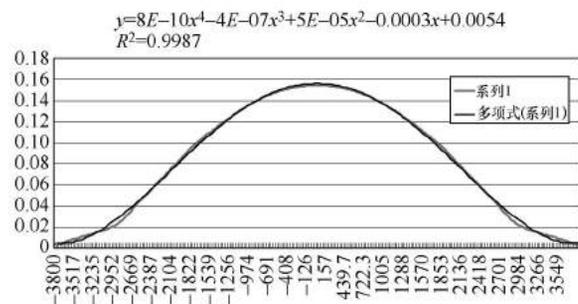


图 7 下导轨基面反变形曲线及拟合曲线图

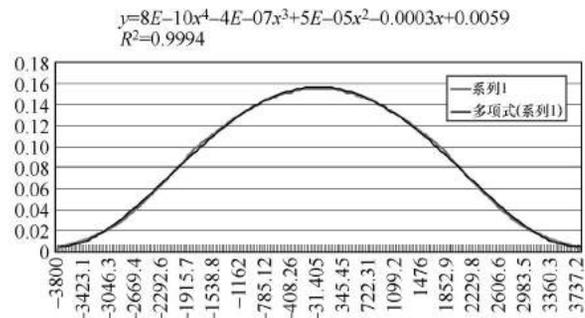


图 8 上导轨基面反变形曲线及拟合曲线图

$05x^2 - 0.0003x + 0.0059$ ，拟合度 0.9994。可以看出，两条拟合曲线拟合度都特别高，拟合成功。在实际生产中，将该两拟合曲线方程输入软件程序，驱动刀具轨迹，即可加工出上、下导轨基面反变形形状。

6. 结论

利用 COSMOSWORKS 对龙门进行有限元分析，可以快速、准确地分析出龙门导轨基面变形情况。利用相关工具提取数据，再结合 EXCEL 工具，对数据进行分析加工，便可得到反变形加工的路线曲线方程。利用此方法加工出的导轨基面，由于有了预变形，可以补偿各重要部件因重力而产生的弹性变形。矫正了龙门的变形，使得动力头在导轨上的运动轨迹达到了理想情况，其几何精度和加工精度都得到了很大的提高，使得整个机床的精度水平上了一个新的台阶。□

发格 8070 数控系统在多主轴平面钻床上的应用

Application of FAGOR 8070 CNC on Multi-Spindle Plane Drilling Machine

山东法因数控机械股份有限公司 樊宪宝 刘文清

数控机床能够快速、高效地加工工件。发格 8070 CNC 是基于工业 PC 的硬件和以 WINDOWS 作为操作平台，运算速度快（程序段处理时间 < 1ms），可以控制 28 个进给轴、功能强大、界面友好。适用于大型机床多轴控制，作为开放式数控系统，具有较大的程序和数据存储能力（硬盘）及较强的通讯能力，可集成第三方软件，具有丰富的用户定制功能。

一、问题的提出

制造大型化工丙烯酸设备，需要大型管板。管板尺寸直径 7000mm 左右，厚度 140mm，钻孔直径 31.95mm，总计 25 440 孔，相邻孔精度误差在 0.2mm 以内，孔粗糙度达到 6.3 μ m。由于管板尺寸大，孔较多，一般机床不能满足要求。国内加工主要通过人工划线或者制作大型模板进行点孔，然后利用摇臂钻进行人工加工，工人工作量大，效率低，光洁度差，精度低。国外有大型的多主轴钻床，但价格昂贵。

二、多主轴平面钻床的规划设计

1. 结构特点

PLD8080A/12 型龙门移动式数控钻床采用龙门移动、工作台固定式结构，主要用于大型管板的钻孔和扩孔。床身左右侧面上，各布置两条高承载力的直线滚动导轨副，并安装有高精度斜齿条，配合消隙斜齿轮进行双侧同步驱动，保证龙门精度，形成机床的 X 轴及同步轴 X_1 。龙门采用钢板组焊而成，经人工时效处理；在龙门前侧安装高承载能力的直线滚动导轨副，其上安装横向滑板；横向滑板的运动采用伺服电机、滚珠丝杠副进行驱动，采用螺母旋转的方式，构成机床的 Y1、Y2、Y3、Y4 轴。进给轴采用比例方向阀控制液压滑套式自控行程动力头，分为 4 个钻削动力头组，每组包含 3 个钻削动力头，构成机床的 Z1、Z2、Z3、Z4、Z5、Z6、Z7、Z8、Z9、Z10、Z11 和 Z12 轴。机床结构见图 1 和图 2。

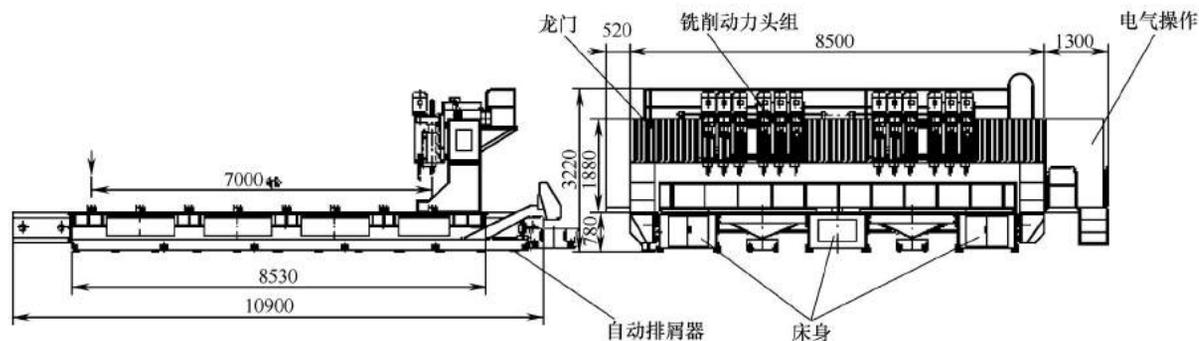


图1 机床结构

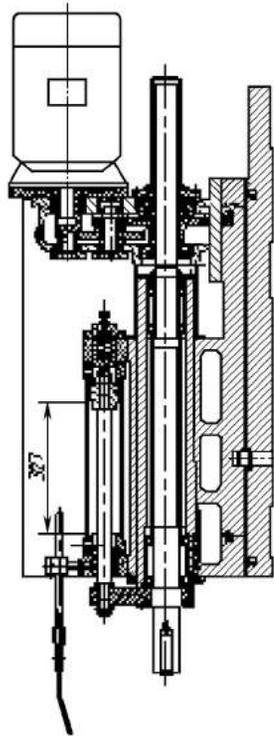


图2 机床结构

2. 数控系统的组建和上位机软件的设计

(1) 数控系统的配置。机床需要 18 个进给轴，12 个变频主轴。对数控系统的主要功能、报价、产品可靠性、技术服务等方面分析。发格 8070 CNC 系统是西班牙发格公司开发的高档数控系统，能进行 NC 程序和 PLC 程序双向的实时读写修改，有利于各种功能的实现。选择发格 8070 CNC 系统，根据转矩、惯量和速度的要求，配置 6 个 FXM55.20A.E1.000 交流伺服电机和 AXD1.25-S0-0 驱动模块，采用 SERCOS 通讯标准；进给轴控制采用方向比例阀和编码器组合，选择远程模块，4 路反馈输入 3 个，8 路模拟量输出 2 个；根据 PLC 所需 I/O 点数量，配置 144/48 点，采用 CAN 通讯标准。

(2) 数控系统的硬件连接。系统主要包括以发格 8070 CNC 为核心、各坐标轴的伺服驱动系统、进给轴的方向比例阀、外置编码器、变频主轴等。控制系统的硬件组成及连接如图 3 所示。

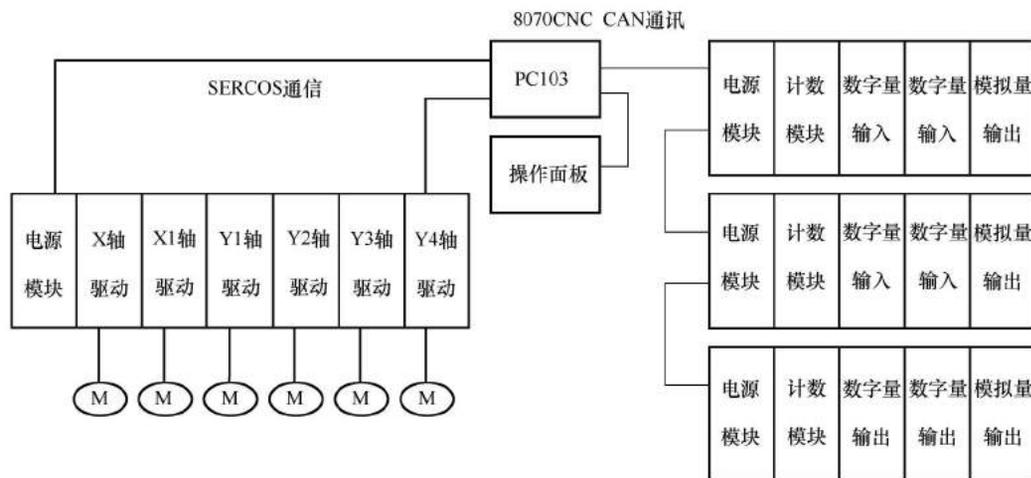


图3 发格 8070 CNC 系统硬件组成及连接示意图

(3) 上位机软件设计。开发出上位机软件，使产品实现了 CAD/CAM 直接转换，从而省去了编程和输入的繁琐，真正做到了 CNC 设备的无图纸化加工，能够使 12 个主轴的工作效率达到 80% 以上。

三、控制过程的原理

发格 8070 CNC 系统组成分两部分，通过 CAN

通讯连接远程模块和通过 SERCOS 通讯连接伺服驱动。系统中 X、X1、Y1、Y2、Y3、Y4 轴采用半闭环控制，通过 SERCOS 通讯连接伺服驱动；Z1-Z12 轴采用比例方向阀控制，比例方向阀驱动电压和阀芯反馈与电子放大器连接，编码器与远程模块的计数模块相连接。数控系统通过模拟输出模块控制放大器，根据编码器可以读取当前坐标值，可以进行 PLC 编程。

Z1-Z12 轴的电气控制过程, 根据进给轴要求满足两组功能, 通过分析做成开环控制。第一组, 可以不用设定孔的初始进给位置, 采用高速钢麻花钻头钻孔, 包括钻孔功能、倒角功能和点孔功能。钻孔功能分析: 液压进给设计自控行程结构, 根据比例方向阀模拟电压和速度的关系, 开始给定快进速度 v_1 , 编码器通过反馈输入模块开始计数, 当主轴顶到工件时, 通过反作用力, 把油缸顶起, 感应接近开关 SQ1, 给定工进速度 v_2 , 进给轴显示的位置 Z1, 根据板厚 140mm, 设定开始转换二次工进速度 v_3 的坐标 Z2, 二次工进速度应该比一次工进速度小, 防止孔快要钻穿时, 钻头受力大, 损坏钻头和影响孔的粗糙度, 当主轴钻透后, 脱离接近开关 SQ1, 给定返回速度 v_4 , 钻孔结束, 里面还包括断屑部分。倒角功能和点孔功能分析: 开始给定快进速度 v_1 , 当主轴顶到工件时, 通过反作用力, 把油缸顶起, 感应接近开关 SQ1, 给定工进速度 v_2 , 进给轴显示的位置 Z1, 设定进给深度 Z3, 当到达 Z3 位置, 给定返回速度 v_4 。第二组, 可以设定孔的初始进给位置 Z0, 等同定位轴功能, 采用扩孔钻, 底孔钻孔直径 28mm, 扩孔直径 31.95mm (公差在 +0.05mm ~ 0.1mm)。钻孔示意图见图 4。

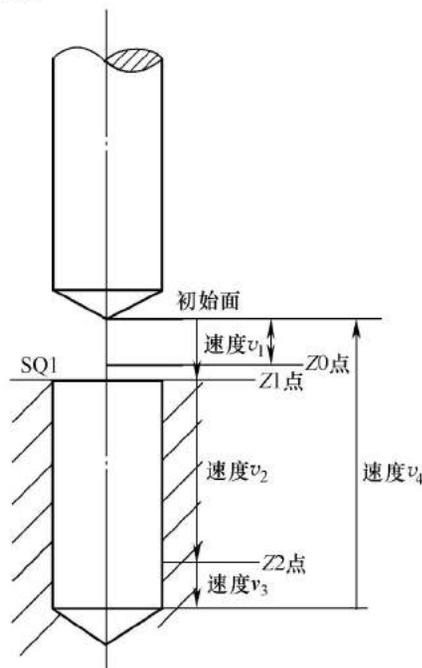


图4 钻孔示意图

四、PLC 程序开发和上位机软件开发

1. PLC 程序开发

PLC 程序是模块式结构, 包括主模块、第一循环模块和周期性模块。第一循环模块将所有 PLC 资源初始化为低电平。主模块包括两个方面内容, 第一部分: 数控系统准备完成编程, 伺服能准备完成编程, 各轴原点和限位信号编程, 各报警信号处理编程, 液压和冷却控制编程。第二部分: 液压进给控制编程。快进速度、工进速度、回退速度、工进开始点、断屑时间、模式转换等通过全局参数 P100-P160 方便用户进行设置。

2. 上位机软件的开发

利用 VB 语言开发上位机软件, 第一部分, 用户的 CAD 图形保存成 dxf 格式文件, 通过 VB 语言读取图形信息, 分析需要 25 440 个坐标值, 通过希尔排序把这些孔坐标排成有规律值, 进行 12 个主轴安排钻孔, 通过每组动力头箱分区的思想优化分配, 提高多主轴的工作效率。第二部分, 根据西门子变频器的串行接口协议 (USS), 串行接口采用 RS485 双绞线连接, 直接通过上位机界面修改速度。生成的数控程序如下:

```
N00001 X439.218; 龙门纵向的坐标
N00002 Y1 = 355.500 Y2 = 3241.170 Y3 =
4811.170 Y4 = 7371.000; 龙门横向的坐标
N00003 P1 = 0 P2 = 0 P3 = 0 P4 = 0 P5 = 1
P6 = 1 P7 = 0 P8 = 0 P9 = 0 P10 = 0 P11 = 0 P12
= 0; 12 主轴钻孔安排
N00004 M55; 调用子程序
:
:
N11329 M30; 程序结束
```

五、结语

目前, 该机床已在上海华谊装备公司正常使用一年, 加工工件直径可达 8000mm, 效率高, 刀具价格低, 加工成本低, 相邻孔公差在 0.2mm 以内, 操作简便, 功能丰富, 控制系统运行稳定可靠, 满足了客户要求, 具有广泛的推广价值。□

成形技术展现美好前景

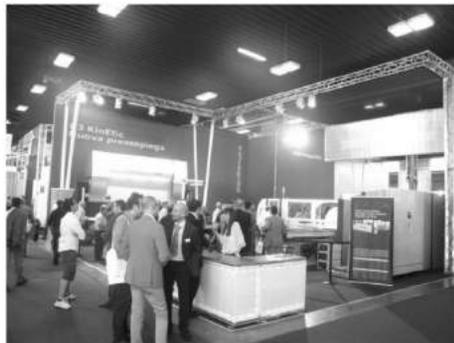
——第十六届意大利博洛尼亚金属成形展 (LAMIERA2012) 观感

本刊记者 李华翔

受意大利机床、机器人与自动化制造商协会 (UCIMU) 的邀请, 2012年5月7日, 本刊记者随中国用户代表团一同飞往意大利中部城市博洛尼亚, 参观了于5月9~12日在博洛尼亚展览中心召开的第十六届 LAMIERA2012 展会。该展会是金属板材、管材成形领域的重要国际性展会。

国际化水平高, 全球名企悉数到场

该展会两年举办一次, 由意大利经济发展部主办, 意大利机床、机器人与自动化制造商协会承办。本届展会共分4个展馆, 展出面积达40 000m², 参展企业451家, 其中42%是来自德国、瑞士、英国、美国、法国、荷兰、日本、土耳其、比利时、西班牙、捷克、奥地利、以色列、瑞典、埃及、芬兰等国外企业。展品主要包括板材、管材、线材的加工机床和系统, 零部件, 附件, 模具、工具, 测量, 表面处理和精整处理, 焊接与切割设备, CAD\ CAM\ CAE\ PLM 系统, 自动化生产线、工业机器人、材料等。意大利的萨瓦尼尼、德国通快、日本 AMADA 和 MAZAK 等国际知名企



展会现场

业悉数到场, 展示了当今世界先进的金属板材、管材成形技术和装备。据主办方统计, 4天的展会, 吸引了约25 000名观众。

专精特的展品展现行业发展大趋势

展会上, 展商们向观众展示了内高压成形、辊弯成形、数控冲裁折、弯曲成形、数控激光切割、汽车高强度热冲压成形、板材数控渐进成形等先进成形技术, 以及各类管材、型材专用加工装备的最新应用成果。

有二十多家展商展示了机器人柔性制造单元, 一些国际知名企业展示了最先进的自动化精密钣金成形设备。这些展品向观众展示了更高的生产效率、更稳定的重复精度、更加柔性化的生产方式、较低的劳动强度、更快的市场响应速度等智能化的产品发展趋势。



钣金加工机器人柔性制造单元

此外, 节省能源、减少碳排放、节省材料、减少粉尘和废弃物、降低噪声、促进劳动保护与健康等绿色制造的设计理念也在许多展品中得到了体现。例如, 为适应航空、航天、汽车工业轻量化

的要求，高强钢、内高压成形技术等材料和工艺已逐步得到应用，从而促进了相关设备的开发和升级，展会上不少企业展示的光纤激光切割设备就是很好的例证，展示了光纤激光切割设备良好的市场前景。据展商介绍，较之以往的二氧化碳激光切割机，光纤激光切割机在柔性加工的适应性、切割速度、运行维护成本、能耗和环境污染等方面有着更优的表现。

总的感觉，本届展会的展品丰富、配套齐全，覆盖了工艺流程方方面面，体现出了明显的专精特新特点。这也从一个侧面印衬出了我们国内企业在材料、工艺和装备一体化发展方面所存在的较大差距。

意大利展示了很强的整体实力

展会上，对于意大利本土企业，除了可以看到意大利萨瓦尼尼等世界知名的企业外，更多的是一些小企业，这些企业的产品涉及板材、管材加工的方方面面，其设备种类之齐全，配套工具之完备，展示了意大利成形装备行业的整体实力。

据主办方介绍，在经历了2009年困难的一年后，意大利机床行业经营形式开始好转，2011年，意大利成形机床部分成为整个机床复苏的主体，其产值达到了21亿欧元，同比增长11.6%，其中出口产值约14亿欧元，同比增长26.6%。

今年一季度，意大利成形机床领域依然延续着良好的发展态势。来自意大利机床协会对有关企业订单数量的最新数据表明，一季度意大利国内市场订单数量增加了15%~20%，出口订单数量增长更加明显，同比增长25%。这再次显示了意大利成形机床在世界市场上的竞争实力，以及在成形机床领域的发展活力。

两个国家的用户代表团应邀参观展会

本届展会主承办方特别邀请了土耳其和中国两个国家的用户代表团参观展会，并与意大利机床协会的部分会员企业进行面对面的交流沟通会，充分显示了意大利成形机床企业对于这两个国家市场的高度重视。据意大利机床协会发布的2011

年意大利成形机床出口统计数据显示：中国市场占比达8.4%，居第二位，金额为11630万欧元，同比基本持平；土耳其市场表现出色，居第六位，金额为6600万欧元，同比增长65.6%，显示了其良好的市场潜力。



中国用户代表团与意大利厂商见面交流会

为保证交流的效果，意大利方面做了比较细致的前期准备工作，展会头一天，协会工作人员先让用户企业代表填写相关问卷表格，内容主要涉及客户的产品信息、购买意向、服务需求、市场判断等内容，随后再进行一对一的确认交流，最后整理成文字反馈给会员企业，从而保证了第二天见面正式交流的效果。

配套活动注重产学研对接

作为展会的传统配套活动——系列得到学术交流会议，其议题主要集中在产业可持续和创新性的发展方向、中小企业如何提高加工效率，以及激光、焊接技术的最新发展动态等内容上。其中的RTD-IN-FORMING展会工作室最值得一提。

RTD-IN-FORMING是欧洲知名的科研机构汇聚一起研讨最新成形技术研究成果的盛会。它提供了一个让科研机构和企业见面，来寻求在科研计划的协作的机会，以促进科研成果最终付诸于实际应用。这对于设备制造企业，尤其是广大的欧洲中小设备制造企业的技术进步起到了良好的推动作用，有效发挥了科研对于技术进步和生产系统升级所起到的关键作用。

本届RTD-IN-FORMING展会工作室主要邀请了10家欧洲知名的科研机构参与活动，并在展馆开辟了专门的区域设立展位，以方便洽谈交流。□

加强交流 增进友谊

——韩国国际机床工具展览会 (SIMTOS 2012) 观感

本刊记者 杨春林

2012年4月16日,由中国机床工具工业协会副理事长耿良志等一行组团赴韩参加了韩国国际机床工具展览会 (SIMTOS 2012)。SIMTOS 展会是韩国生产资料产业的代表性展会,也是韩国唯一的国际机床展。



开幕式现场

SIMTOS 2012 于2012年4月17~22日在韩国国际展览中心 (KINTEX) 举办。该展由韩国机床工业协会主办,得到了韩国科学技术部、京畿道、中小企业中央会、大韩贸易投资振兴公社、大韩商工会议所、韩国贸易协会等机构的支持。根据主办方的统计数据, SIMTOS 2012 年共有来自31个国家和地区的700多家企业参展,其中境外展商62家,展出总面积108 165m²,专业观众达到10万人次,其中约5000人来自境外,如印度、日本、瑞士、东南亚等。韩国本土的著名机床企业几乎悉数参展,如现代旗下的WIA、斗山等。国外展商多为在韩设有工厂和代理商的企业由当地代理商代表参展,由境外直接参展的展商凤毛麟角。中国企业则由CMEC组团,约20家企业参展,其

中有北一和秦川。中国台湾则由台湾机器同业公会组团参展。



展会现场 (1)

本届展会共分9个展厅展出,其中1~5号是本届展会的重点展区,主要展出了金属切削机床和成型机床主机,7~10号展厅主要展出金切刀具、机床功能部件与零部件、辅助设备、数控系统、各种测量机具。除展出了多种类型的机床外,还展出了多种工业机器人系统,配套器材、机器人的工具和夹持器等。

在制造系统及自动化设备方面则展出了制造单元 (FMC) /系统 (FMS)、自动托盘交换装置、自动刀具交换/刀库、传送带和可编程传送装置、自动上/下料装置、自动引导车、工业机器人及机械手、其他自动化设备,以及CAD/CAE/CAM软件、CNC控制软件、PLC软件等。此外本届展会上还举办了一系列技术交流活动。

本届SIMTOS展会上,多家世界著名的机床及相关设备企业展出了先进的金属加工装备,例如:在金切机床方面有德国DMG、日本马扎克、美国

哈斯等；成型机床参展的有日本 AMADA、瑞士百超；特种加工机床有通快、沙迪克、福禄等；刀具企业有山特维克、肯纳；数据控系统有 FANUC、FAGOR、SIEMENS；测量机有海克斯康等。总之，本届 SIMTOS 展出的展品主要是属于市场主流的实用生产装备及配套产品。

展出期间，中国机床工具工业协会代表团参加了 SIMTOS 开幕式与国际协会的联谊会等到活动，并先后会见了韩国机床制造商协会（KOMMA）会长孙钟铉、中国台湾机器同业公会徐秀沧、总干事王正清、台湾区工具机暨零组件工业同业公会（TMBA）理事长和上银科技有限公司理事长卓永财、TMBA 总干事黄建中等。此外，副理事长耿良志还接受了韩国媒体的采访，接待了对中国机床工具产品感兴趣的客户，回答了他们提出的问题，并介绍了中国机床工具行业概况以及 CCMT 与 CIMT 展会。

在韩期间，我们还访问了位于韩国大邱市的特固克刀具公司。

在会见 KOMMA 会长时，孙钟铉会长首先介绍了 SIMTOS 2012 展会的概况，并就双方共同关心的问题 and 进一步加强两国机床行业间的交流与合作进行了探讨。孙会长提出由中国机床工具工业协会组团参加 2014 年 SIMTOS 展会的建议。耿副理事长首先祝贺 SIMTOS 2012 展会取得圆满成功，随后通报了将于 2013 年 CIMT 展会的筹备情况。此外，双方就专业观众的邀请经验进行了交流。会见时在座的有 KOMMA 专务理事金进铉、先任本部长理事朴熙哲等。

上银科技有限公司董事长卓永财、TMBA 总干事黄建中等人先后来中国机床协会展台拜会中国机床协会代表团。卓永财理事长首先与耿良志副理事长交流了对本届韩国展的看法和印象，随后概要介绍了台湾区工具机暨零组件同业公会（TMBA）的组成及历史，以及筹备中的 2012 年台中工具机展，并热情邀请中国机床工具工业协会派员参展。随后，TMBA 总干事黄建中进一步比较详细地介绍了 TMBA 的组成，以及 2012 年台中工具机展的筹备情况，并介绍了创办台中工具机展的主要原因，以及台中地区举办机床展的优势和

环境。

从中国企业的参展情况来看，尽管也有如北京第一机床厂和秦川机床公司等重点企业参展，但多数为小企业，参展的大型企业展出的也多为图片。

通过与多国展商尤其是中国展商（包括台湾展商）的交流，大家普遍认为：韩国的市场容量有限，且韩国本身的机床工业相对发达，中低档机床质量相对较高，完全能满足其国内需求，因而对韩出口不太容易。这也是国外展商很少直接参展韩国机床展及中国大中型企业不太感兴趣的主要原因。

韩国进口的机床多为德国、日本、瑞士等国的高档数控机床及韩国没有的产品，如数控系统、大重型机床和磨齿机等产品，因此如中国企业参展需在对韩国机床市场深入调研的基础上，慎重选择相应产品。



展会现场（2）

从本届 SIMTOS 展会的总体情况看，KINTEX 展馆的条件很好，展览的组织和服务工作也不错，有很多地方值得借鉴。

在韩期间，我们还在 JES MEDIA 公司的陈永瑞先生的陪同下访问了 CIM 集团设在韩国大邱市的 TaeguTec（特固克刀具公司），受到热情接待并参观了工厂。特固克刚刚于韩国展会前夕，举行了新厂房的开工仪式。据介绍，新厂房的建成将使该公司的生产能力扩大一倍。我们参观时，新厂房正处于设备安装阶段，大部分尚未投产。□

尖端机床齐聚 买家反应热烈

——2012年台北国际数控设备暨制造技术展 (MTduo) 观感

沈绍基

由台北外贸协会 (TAITRA) 及台湾区机器工业同业公会 (TAMI) 共同主办的 2012 年台北国际数控设备暨制造技术展 (MTduo), 于 5 月 3 ~ 6 日在台北南港展览馆的展出。总计有 252 家台湾及海外的厂商参展, 使用展位为 967 个, 较上届增长 37.5%。参观人数为 10 445 人, 其中海外买家达 741 人, 较上届增长 38.8%, 主要来自大陆、日本、泰国、美国及马来西亚。展会现场参观人潮不断, 洽谈气氛热烈。

台湾地区的一流大厂包括友嘉、京传、德马吉森精机、庆鸿、大立、高明、三锋、荣富、银泰、富格兰、威士顿、正河源、逢吉等携手展出先进尖端机床设备, 更有瑞士国家馆共襄盛举, 展出了一系列高效能尖端制造技术设备。在台北外贸协会的安排下, 笔者重点参观了部分展台的展品, 包括友嘉展出的 U600 五轴加工中心, EH500-5AX 卧式五轴加工中心, HT-30SY 车铣组合 CNC 机床, 庆鸿的 P3020SL 高精度低摩擦微进线切割机床, 杨铁的 YHM-630 卧式加工中心, 三锋的重型卧式 CNC 车床, 徕通的 AU 系列数控六轴线切割机床, 中龙的全伺服电动数控转塔冲床, 建暉的坐标测量机, 威士顿的工业冷却系统, 逢吉的切屑输送机。笔者看到的这些产品几乎 100% 是由台湾厂商自行开发、设计和制造, 产品的 50% ~ 70% 以上供出口, 而大陆是他们最重要的出口市场, 他们在大陆均设有工厂、公司或销售服务点, 均参加过或打算参加北京的 CIMT 或南京的 CCMT 展, 对大陆市场十分熟悉。

目前台湾和大陆签订的 ECFA 协议已包括了 107 项机械产品。由于几乎所有的台湾机械厂商均有产品出口大陆市场, 笔者接触到的台湾厂商都期望 ECFA

协议涵盖的零关税, 低关税机械产品能够越来越多, 从而提高台湾产品在大陆的竞争力与市场占有率。

展会期间, 台北外贸协会针对大陆买家及其他海外买家特别组织了两次洽谈会, 其中针对大陆买家的洽谈会邀请了 35



家年营业额逾 5000 万美元的大陆公司来台采购, 与台湾 82 家机床供应厂商进行了洽谈, 其中营业额超过 10 亿美元的一汽吉林汽车有限公司也参加了此会; 而另一场洽谈会则有来自德国、马来西亚、乌克兰等国家的重量级买家参加。在这两场洽谈会期间, 总共举办了 204 次一对一的会谈, 为台湾的机床供应厂商带来了 1 亿 6298 万美元的商机。

此外, 更有台湾厂商在现场接获海外订单, 销售业绩良好, 展出效果令人鼓舞。

展览期间主办单位举办了“台北国际数控设备暨制造技术研讨会”, 邀请了台湾精密机械研究中心等单位的多位专家分享产业相关主题, 涉及“精益求精的铲切技术”、“机械产业 ICT 应用-机床智能化技术”、“电磁干扰与电压骤降问题与解决对策”等内容, 另外, “产业机械控制系统研讨会”也邀请到台湾工研院分享两岸机床发展现况与机械市场最新发展等议题, 吸引了大批听众参与, 现场座无虚席。

一连 4 天的展览再度展现台湾机械产业的技术与实力。据悉下届展会将于 2014 年 5 月再度登场。主办单位表示将继续秉持为厂商提供优质服务的理念, 期盼展会再创高峰, 为台湾地区机床工业缔造无限商机。□

漫游天际 畅通无阻

摩比天线技术（深圳）有限公司机加事业部 梁朝军

摩比天线技术（深圳）有限公司是一家从事移动通信射频产品研发、生产和销售的国家级高新技术企业，为全球一流的移动通信射频前端供应商，成立于1999年，公司母公司于2009年在香港联交所主板上市。总部位于深圳市高新科技产业园，在陕西西安、江西吉安分别设有研发生产基地。为全球客户提供了优质的天线、射频模块、延伸覆盖解决方案和射频馈线等设备与服务，年营业额逾10亿元，员工约3500人，产品内、外销各半。

代工产品 营销全球

摩比公司主要产品包括移动通信基站及直放站天线、微波通信天线、无线扩频天线、MMDS天线、卫星通信天线、合路器和分路器等，以及CDMA/GSM/DCS/PHS/3G基站天线、智能天线、无线局域网天线、GPS天线、微波天线、室内分布天线、直放站天线等；在射频模块方面，研发了包括移动通信系统各频段（含3G）的双工器、双双工器、滤波器、延时滤波器、多网合一合路器、功分器、耦合器、避雷器、低噪声放大器、塔顶放大器、干线放大器、功率放大器、宽带无线接入室外单元（ODU）及其他集成化系列产品。以及板状垂直极化定向天线、板状双极化定向天线、移动通信用RF电缆，美化天线解决方案、小区覆盖解决方案，广泛应用于CDMA、GSM、WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA、PHS等系统。主要客户包括诺基亚-西门子、阿尔卡特-朗讯、UTStarcom、ZTE、Nortel、ITI等。

技术创新 掌握核心

摩比非常重视技术创新，建有全封闭微波测试系统、半开放式远场测试系统、交调测试系统和大功率

测试系统，以及淋雨、盐雾、高低温、振动等各种自然环境模拟试验室；拥有一支由三百多人的高级工程师和海外归国专家组成的研发队伍，先后发明创建了2G/3G/LTE等领域1600多项新产品的开发、百余项专利技术。自主开发的各类仿真软件以及自动化工装设备在摩比天线、射频产品研发和生产过程中起到了关键作用。当前，在基站天线、智能天线、Wi-Fi/Wimax天线、滤波器、双工器、放大器等微波产品领域，掌握了核心关键技术。由于产品品种多，定货要求质量较高和同时交货时间较紧，因而需要高效、高可靠性机床。为此，公司购置了哈斯机床。

哈斯机床 日夜赶工

在摩比深圳的金属加工车间里，11台哈斯VF-2SS正日夜赶工，而西安摩比还有8台VF-2SS机床也毫不停歇地工作，每年摩比需供应数十万套大小不同型号的通信设施，包括长度超过50cm、宽度超过30cm的铝合金腔体，正是由哈斯机床精准加工出来的，定位精度要求5 μ ，重复定位精度2.5 μ ，深圳机加事业部总经理梁朝军表示，使用哈斯机床一年多以来完全没出现故障，而且哈斯深圳HFO还经常派人了解使用状况，说明了哈斯售后服务很到位，梁总表示，如果全球景气和公司发展持续保持利好，未来公司计划将哈斯机床增加到总共100台的数量，实现所有腔体完全自行加工的目标。

产品技术 普获认证

摩比的产品和技术服务先后通过几十家国内外顶尖客户的供应商资格认证，产品广销全国各省市及全球数十个国家和地区。并获得ISO9001质量管理体系和ISO14001环境管理体系认证，摩比还将开展TL9000认证。□

广告客户索引 Advertiser's Index

南京工艺装备制造有限公司	广告号码 70	深圳大族彼岸数字控制软件技术有限公司	广告号码 476
Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd	front Cover	HAN SPA	P15
西门子(中国)有限公司	广告号码 89	洛阳鸿元轴承	广告号码 28
Siemens Ltd., China	inside front cover	Luoyang Hongyuan Bearing Technology Co., Ltd.	P16
沈阳机床(集团)有限责任公司	广告号码 36	江苏新瑞重工科技有限公司	广告号码 264
Shenyang Machine Tool (Group) Co. Ltd.	inside back cover	Shinri	P17
约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	广告号码 41	郑州市钻石精密制造有限公司	广告号码 486
Heidenhain	back cover	Zhengzhou Diamond Precision Manufacturing Co., Ltd.	P18
哈斯自动数控机械(上海)有限公司	广告号码 19	武汉华中数控股份有限公司	广告号码 90
HAAS Automation Asia Co., Ltd.	P1	Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd.	P19
武汉重型机床集团有限公司	广告号码 336	河北博纳机床附件制造有限公司	广告号码 46
WUHAN HEAVY DUTY MACHINE TOOL GROUP CORPORATION	P2	Hebei Bona Machine Tool Accessories Manufacturing Co., Ltd.	P20
北京京城机电控股有限责任公司	广告号码 426	哈尔滨量具刃具集团有限责任公司	广告号码 25
Beijing Jingcheng Mechanical & Electrical Holding Co., Ltd.	P3	Harbin Measuring & Cutting Tool Group Co., Ltd.	P21
海克斯康测量技术(青岛)有限公司	广告号码 101	北京北一数控机床有限公司	广告号码 47
Hexagon Metrology - Brown & Sharpe Qingdao, China	P4	Beijing Beiyi CNC Machine Tool Co., Ltd.	P23
北京凯恩帝数控技术有限责任公司	广告号码 138	上银科技有限公司	广告号码 9
Beijing KND CNC Technique Co., Ltd.	P5	Hiwin Technologies Corp.	P24
北京凯奇数控设备成套有限公司	广告号码 460	重庆机床(集团)有限责任公司	广告号码 128
CATCH	P6	Chongqing Machine Tool (Group) Co., Ltd.	P25
无锡机床股份有限公司(无锡机床厂)	广告号码 466	天津第一机床厂	广告号码 88
WUXI MACHINE TOOLS CO., LTD.	P7	Tianjin No.1 Machine Tool Works	P27
广州数控设备有限公司	广告号码 260	四川长征机床集团有限公司	广告号码 337
GSK CNC Equipment Co., Ltd.	P8	SICHUAN CHANGZHENG MACHINE TOOL GROUP Co. Ltd	P28
济南二机床集团有限公司	广告号码 100	EPE 封面	广告号码 10
Jinan No.2 Machine Tool Group Co. Ltd.	P9	EPE Cover	
山东法因数控机械有限公司	广告号码 38	意大利 BI-MU 展会	广告号码 57
Shandong Fin CNC Machine	P10	28 BI-MU	P111
北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司	广告号码 24	品牌整版	广告号码 29
Agie Charmilles	P11	China Famous Brands of Machine Tools & Tools	P113
南通斯维特精密机械有限公司	广告号码 10	品牌半版+WMEM	广告号码 29
Nantong Swift Precision Machinery Co., Ltd.	P12/13	China Famous Brands of Machine Tools & Tools	P114
保定向阳航空精密机械有限公司	广告号码 34	第十一届中国国际装备制造业博览会	广告号码 284
Baoding Xiangyang Avitation Precision Machinery Co., Ltd.	P14	China International Equipment Manufacturing Exhibition	P115
		深圳市南护群山胶木有限责任公司	广告号码 422
		NANHUQUNSHAN	P116

《世界制造技术与装备市场》(WMEM) 读者服务卡、申请杂志赠阅登记卡

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

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

请在以下您确认的项目后□内划“√”

1. 您是本刊的:

老读者□ 新读者□

2. 本刊对您的工作:

十分需要□ 一般参考□

3. 您对本刊中的哪些栏目感兴趣?

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

您希望增加哪些新栏目? _____

4. 您是通过何种途径读到本刊的?

订阅□ 赠阅□
社会图书馆□ 单位资料室□
专业人士推荐□ 展览会赠阅□
其他□

5. 贵单位所属行业类别:

汽车、摩托车及其零部件工业□
航空航天□ 机床工具□
国防□ 石化□
铁道□ 冶金□
船舶□ 建设□
电力□ 工程机械□

矿 山□

轻 工□

林 业□

仪器仪表□

模 具□

医疗器械及设备□

板材加工□

通用机械及零部件□

其他行业(请具体说明) □ _____

农业机械□

水 利□

纺 织□

化 工□

院 校□

电子电信□

塑料机械设备□

焊接与切割□

6. 贵单位的所有制性质:

国有□ 集体□
民营□ 中外合资、合作□
外商独资□ 其他□

7. 贵单位的业务类别:

生产企业□ 科研院所□
贸易公司□ 政府部门□
大专院校□ 协会、学会□
信息服务□ 其他□

8. 贵单位员工总人数:

1~50□ 1001~3000□
51~200□ 3001~5000□
201~500□ <5000□
501~1000□

9. 贵单位对下列哪些设备/技术感兴趣,或近三年有采购意向:

车床□ 铣床□

高性能理念



以最小的扭矩要求实现小切削力高性能切削，新一族铣刀可以扩大机床的应用范围。

——大正前角可分度刀片的多角度铣刀

The high-performance concept

MICHAEL HOB OHM

近年来，现代铣削加工中心一直在不断精化，特别是在机床轻量化、提高动态性能和通用性等方面，例如一次装夹完成五面加工。在加工过程中，当首推高性能控制系统，它成就了高速成五轴联动加工。

与此同时，宽调速范围的通用主轴几乎可以涵盖所有材料的加工。另一方面，老式输出功率为12~25kW的三坐标机床通常都是稳定性和抗振性能较差，扭矩和主轴刚度较低。此外，这种机床一般在使用可转位刀片的刀具时很难达到要求的性能。对于五面加工，现代机床上使用的刀具种类越来越多及悬伸量越来越大。

高性能加工的刀具理念

由于大悬伸量刀具只能允许径向力，所以新的刀具理念必须满足以下各项条件：

- (1) 如果可能的话切削力需轴向切入。
- (2) 采用正前角切削刃，切削力最小。
- (3) 低扭矩下有优良的加工性能。
- (4) 多种材料，长寿命。

Alesa高速铣刀系列就是能满足这些要求的其中一种刀具。

在研发过程中，瑞士Alesa公司决定研制属于大进给HPC（高性能切削）系统类的宽角度铣刀。

这里，作为HPC（高性能切削）系统的主要特征比理论上的效率评价更有说服力。为了对加工过程中的效率和经济性进行有效对比，必须考虑该产品的切深 a_p 、啮合宽度 a_e 和进给率 v_f 。如果将这种除经营系数1000，其结果则为单位时间的切削量 Q 。如果单位时间切削量也是与功耗相关联，则可获得所

谓性能值：功耗相同时， Q 值越高则表明该刀具的效率就越高。反之，如果 Q 值不变，而功耗减少则对机床更有好处。所用切削力越小，在机床上的加工过程就越平稳。使用大进给率刀具，通常会引发动，切削力越大，摩擦力也越大，温升就越高。

多年来，大家都知道， K 角度对切削厚度有很大影响。与 45° 角的面铣刀头相比， K 角为 15° 的刀具的每齿进给量最少能提高2.75倍。

即便是在如此大的进给率下，作用于刀刃上直接负荷也可保持在可控范围内。Alesa 决定在开发Alesa 高速刀具时采用 15° 的 K 角，与 45° 角的刀具相比，这种刀具具有如下优点：

- (1) 切削力逐步地轴向作用于铣削主轴，减小了径向力，扩展了加工范围。
- (2) 其结果，切削刃就如同“剥皮”一样切入，从而使加工过程更加稳定。
- (3) 减小了切削刃的应变。
- (4) 大幅度延长了刀具寿命。高速铣刀还能充分利用机床的性能。

除了上述优点外，平面铣刀的大正前角可转位刀片在加工过程中表现出了优良的特性。这种新型刀具可能使用SD09和SD12可转位刀片。SD09的切削深度为1.5mm，SD12的切削深度可达到2.5mm。该系列刀具全部为可转位刀片配置了内冷却液供给，用于中心冲洗。这就获得了很好的冷却效果，在进行沉切时能排屑顺畅。

多年来，Alesa公司一直在从事高速钢（HSS）和硬质合金转位刀片的制造工作。这种新型产品将宽角铣削技术与可转位刀片有机地结合在一起。该公司可提供带最新一代PVD涂层的多种几何形状的切削刃。此外，SD09和SD12刀片的应

用扩展了可转位刀片的功能和应用范围。可加工从不锈钢、超大级双合金 (SuperDuplex alloys) 到球墨铸铁等多种金属材料。如图所示, 这是瑞士 Martin Müller 公司一个应用的实例。这家分包加工公司需要加中中小批量零件, 材料为 1.4404 不锈钢。该公司使用的是主轴输出功率为 13.5kW, 并配有 SK40 装置的 Hurco VMX30 机床, 产能已达机床的极限, 最大的问题是刀具寿命极短, 因而生产成本居高不下。2010 年 8 月, 应用 Alesa 高速铣刀 ($D=63\text{mm}$, $Z=6$) 加工了 280 个零件, 尺寸要从 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 加工到 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 。加工参数为: 转速 $765\text{r}/\text{min}$ ($v_c=180\text{m}/\text{min}$), 进给速度 $3215\text{mm}/\text{min}$ ($0.7\text{mm}/Z$), 切深 1.6mm , 每个零件的粗加工时间为 1min 。加工时间比以前缩短了一半。在主轴负载为 $9\sim 10\text{kW}$ 时, SDF12-223 AlCrN 可转位刀片的使用寿命为 120min 。对此, Martin Müller 说: “这样的结果让我们非常满意, 同时, 我们还可用这种刀具加工其它难加工材料。”

降低了加工中的切削压力

在瑞士 Altishofen 的 Hans Meier 公司采用这种刀具进行加工也取得了成功。这是一家工程与环境技术装备和泵的供应商。他们需要在尺寸为 $120\text{mm} \times 280\text{mm}$ (材料: CK45 锻件) 的工件进行钻孔作业。他们遇到主要问题是: 在使用悬伸量较大的刀具时, HSK63 机床很快就会产生振动。市售的大进给量可转位刀片刀具在切削过程中会产生很大的压力, 可能导致所加工的工件发生偏移。使用直径为 50mm 的 Alesa 高速刀具 ($Z=6$, 刀片牌号: SDF109-223) 可以解决这类问题。在切削速度为 $1300\text{r}/\text{min}$ ($v_c=265\text{m}/\text{min}$)、进给速度为 $3000\text{mm}/\text{min}$ 时, 加工过程十分平稳, 刀具寿命达到 60min , 充分体现了这种刀具的效能。Hans Meier 说: “这大大地减轻了我们的加工压力。这就是为什么我们将订购更多的 Alesa 高速成刀具, 用于加工其他工件。” □

金属成型与切割机械、机器人、自动化与辅助技术

最先进的设计、采购、制造和控制解决方案。

28.BI-MU 展示机械工具行业的所有技术, 致力于打造一个能够为制造活动所有方面提供解决方案的展会: 设计、采购、生产、控制。在展览行业各项技术的同时, 28.BI-MU 还将为该行业提供多种服务, 例如技术二级供应、焊接、组装、塑膜、表面处理 and 精加工, 将自身定位为综合的最终用户领域的运营商不容错过的行业盛会。有 1200 家公司参加了 2010 年展会, 其中有 44% 来自国外, 整个展览面积达到 90000 平米。来自 75 个国家的最终用户访问量达到 60000 次, 主要感兴趣的方面是提升自身公司的质量标准。



组织方:
EFIM-ENTE FIERE ITALIANE MACCHINE SPA

推广方:
UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE

如需更多信息:
28.BI-MU c/o CEU-CENTRO ESPOSIZIONI UCIMU SPA
viale Fulvio Testi 128, 20092 Cinisello Balsamo MI (Italy)
tel. +39 02 262 551, telefax +39 0226 255 214/349
bimu.vista@ucimu.it www.bimu-sfortec.com



若要获取展会的免费入场券

- 在线注册 (www.bimu-sfortec.com)
- 使用 QR 代码



地点: **fieramilano**, 东、西和南入口。
时间: 2012 年 10 月 2 日 (周二) 至 6 日 (周六)
开始时间: 9:30 至 18:00

适用于多品种柔性生产的



多工位加工中心

Series production yes, but flexible please

MICHAEL HOBOHM

利用8个可变布局的加工模块，Icon 6-250
加工中心可同时对四个工件进行五面加工。

汽车工业中，零部件的定货量，如ABS壳体和转向杆等，动辄百万件。他们向供应商的定货批量通常高达250,000至500000件，而且还可能有多批次的后续订单。而在其它行业则是批量小，但品种多。不能适应这种环境就不能成为一个好的供应商，不能迅速响应这种产新需求的机床制造厂商，就不是一家优秀的机床制造商。

以柔性响应市场需求

瑞士Icon工业公司推出的Icon 6-250多工位加工中心，使他们向柔性化前进了一大步。该机床本身预留多个可扩展的平台，可以根据所要加工的工件和要求进行配置。而且机床的调整很容易。

Icon 6-250配有4个基本工位，每个工位均可安装卧式或立式加工模块。这些结构几乎完全相同的模块是一种三轴加工装置，由伺服电机驱动，经滚珠丝杠传动实现直线运动。利用叉式铣头或角度头，可实现4轴或5轴加工。机床标配36kW电主轴，最大转速可达12000r/min，可配用HSK A63刀柄。此外，机床也可配用多种输出功率。

Icon公司经营主管Dietmar Baeurer 说多工位BAZ机床的主要特点在于：“我们配备了多种加工模块，无论立式还是卧式都可安装，配合机床本身自带一个12位的换刀系统，该机床可以实现柔性和安全加工。”该机床可用最大刀具尺寸为直径125mm，长度250mm，换刀时间一般情况下为1.3s。

Icon刀库的刀位具有如下特点：特定刀具利用一组弹簧机械式夹紧。保证加工中心柔性的上料工

位可以配置在二个加工位之间。在上料工位，可对工件进行测量或作为后序加工的输出工位。

加工过程中，上料作业可选手动、半自动或配备交换工作台库或机器人的全自动解决方案。此外，二个对置安放的上料工位还可以将机床一分为二，以同时在一台机床上加工二个同类或完全不同的工件。

机床总共有6个加工工位，呈环形配置。交换工作台将直径2.2 m托盘送入加工区。伺服电机提起带有交换工作台的托盘，通过力矩电机驱动从一个工位移送到另一个工位。由于采用直接驱动，传送速度快且精确，从而使节拍加快，而且能避免损坏高精度零位夹紧系统。交换工作台传送托盘还对切屑处理有重要作用。由于Icon 在这方面采用了一种特别的解决方案，为了避免不切实际的从加工厂中心中部处理冷却液和切屑的方法，开发人员决定配用二套切屑传送装置。两个切屑传送装置平行配置，分别从两个加工工位接收切屑。这样，就可以使交换工作台传送托盘盖滑落，并用切屑传送器的刮屑板将其送出机床。冷却液系统的容量为8,000L，用真空过滤器过滤。

购买、使用和维修成本引人注目

这种多工位加工中心不仅在技术上是一种创新，而且具有很好的经济生产优势。

Icon 6-250加工中心采用Fanuc 300i-ACNC系统控制，用户也可选取用Siemens 840D sl 系统。为简化调试，二个上料工位都配有操作装置，一次就可完成工件上料。□