

行业资讯 News

- 33 协会组织召开机床工具行业“十二五”期间工作要点高层论证会等12则消息

展讯 Exhibition News

- 37 CCMT2012主题:紧跟需求升级,加速结构调整 中国机床工具工业协会
Theme of CCMT2012:following market demand upgrade, accelerating industry structure adjustment
- 38 CCMT2012境内展商招展工作结束,缺口达35% 机床协会信息传媒部
Introduction about the situation of domestic enterprises attending CCMT2012

产业论坛 Industry Forum

- 39 “十二五”开端之年,机床工具企业如何布局?
Strategic planning of some domestic enterprises for the Twelfth Five-year plan
- 43 以点带面 寻求突破
——“汽车产业发展论坛”企业一席谈
- (1) 济南二机床集团有限公司:转方式,调结构,促发展
- (2) 大连机床集团有限责任公司:发挥技术制造优势,研发汽车关键零部件柔性生产线及关键加工设备
- (3) 陕西秦川机床工具集团有限公司:瞄准典型零件,提供专用装备

产销市场 Production & Marketing

- 49 2011年1~6月机床工具行业经济运行情况分析 机床协会市场部
Analysis on the situation of economic operation of China machine tool industry in the first half of 2011

专题综述 Topical Review

- 54 中国机床工业综述:过去、现在与将来
A review of Chinese machine tool industry—Past, Present and Future 张曙等

展览会信息 Exhibition

- 63 从CMT2011看金切刀具的发展(上) 工具分会秘书处
Development situation of metal cutting tools reflected by CMT2011 (1)
- 67 从CMT2011探索立式加工中心的发展 肖红
Development situation of vertical machining center reflected by CMT2011
- 75 第十二届中国国际机床展览会(CMT2011)量具量仪展品述评 工具分会秘书处
Comment on exhibits of measuring tool & measuring instrument in CMT2011

产品与技术 Products & Technology

- 82 数控编程质量与数控加工效率的提高
—— 浅谈基于PowerMILL的多线程批处理编程方式 韩小寒等
Discussion on muti-thread batch process programming based on PowerMILL software
- 85 汽车模具工艺质量自动化方案探讨 翟万略
Study on the control of usability quality for automobile die
- 89 适用于车削高温合金的刀具 山特维克可乐满
Insert developments for improving turning of heat resistant super alloys
- 93 在同一台机床上进行铣削和激光加工 德马吉中国公司
Milling and laser machining carrying out on one machine
- 94 汽车生产现场在线测量系统解决方案 兰·弗雷泽等
The solution scheme of online measurement system for automobile production field
- 96 超声振动辅助磨削——脉冲放电复合加工磨削力模型研究 刘向东 闫 鹏
Grinding force of ultrasonic vibration assisted grinding combined with EDM

企业风云 Enterprises Features

- 101 成就一流高端模具车间的有力武器
——访南山模具加工中心负责人 德马吉中国区市场部
- 103 成功来自于正确决策
——访吉林赛德精密机械制造股份有限公司李立新 林庆祥

欧洲生产工程 EPE

- 106 细长车削工件的精密夹持 Makus Michelberger
Accurate support for long turning workpieces
- 108 轴类工件的全自动质量检测 Thomas Köhler
Fully automatic quality testing of shafts
- 110 飞机零件的装夹
Fixturing aircraft components
- 111 瑞士斯芬克司刀具公司推出新一代钻头
New generation of drill made by SPHINX Sphinx Werkzeuge AG

信息

- 48 机床附件分会召开第七届会员代表大会
- 112 广告客户索引

协会组织召开机床工具行业“十二五”期间工作要点高层论证会

日前,为了更好地落实机床工具行业“十二五”发展规划,中国机床工具工业协会组织召开了两次行业“十二五”期间工作要点高层论证会,分别邀请了国家有关部委相关司局的领导和机械行业的老领导、老专家进行研讨和论证。



在此之前,协会常设机构在深入调查、多次研讨的基础上,提出了“机床工具行业‘十二五’期间工作要点”(讨论稿),这两次论证会就是在更高层次上对其进行研讨和论证。

有关部委的论证会邀请了来自国家发改委、商务部、工业和信息化部、科技部、国家能源局、国防科工局和新华通讯社等部门及单位的十几位领导和专家出席。机械行业老领导、老专家论证会邀请了何光远、陈清泰、沈烈初、陆燕荪、徐性初、蔡惟慈等老部长、老专家和原发改委工业司程竹生同志出席。

与会领导和专家在会前都对机床协会拟定的“十二五”期间工作要点(讨论稿)进行了认真审读,并在会上听取了协会负责人所做的工作要点编制情况及内容说明。在政府部门各司局领导论证会上,国家能源局能源节约和科技装备司李冶司长、工业和信息化部产业政策司辛仁周副司

长、商务部机电和科技产业司周若军副司长、发改委产业调整司李钢处长、科技部高新司周平处长、国防科工局何世新处长、工信部装备工业司王建宇处长等领导先后发言。大家在充分肯定工作要点基本内容的基础上,也从不同角度、结合相关政策,对“工作要点”提出看法或意见建议。

何光远、陈清泰、沈烈初、徐性初、蔡惟慈等几位老领导、老专家也都在会上热烈发言。领导和专家们高度评价协会提出的工作要点,认为必要、及时,突出了行业的发展重点,同时也对工作要点及行业如何发展、实现由大变强等方面诚恳提出许多希望、要求和建议。

(协会信息传媒部)

《机床-安全-电火花加工机床》国际标准制定第三次工作组会议在瑞士召开

2011年4月19~21日,在瑞士温特图尔(Wintertur)召开了ISO/TC39/SC10/WG5《机床-安全-电火花加工机床》国际标准制定的第三次会议。

会议主要针对《机床-安全-电火花加工机床》国际标准草案(DIS)各国标准化组织反馈的意见进行讨论,并对该项标准草案进行修改。中国提出了9条意见,提请会议讨论。

这是中国电加工行业第一次参与国际标准制订工作。WG5召集人表示,今后此类工作还希望中国参加。

(陈德忠供稿)

机床协会组织的全国性行业企业与重点用户调研活动圆满结束

从2011年7月中旬开始,受工信部装备工业司的委托,机床协会4个调研小组,在协会领导的带领下,分赴东北、华东、华中和西部地区开展全国性的企业调研,前后历时半个多月,共走访了行业企业和重点用户企业近60家。



本次活动受到了调研企业的广泛重视和积极响应。调研企业普遍认为：行业“十二五”重点工作的措施，不仅从全局着眼，更注重软环境的建设，切入点准确，抓住了解决问题的根本途径；既注重当前，又顾及了长远；既有针对性，又有前瞻性。通过双方探讨和交流，调研企业普遍对行业“由大变强”的结构调整的必要性和迫切性有了进一步的理解；对影响企业发展的不利因素有了更清晰的认识。

调研组陆续回到协会后，协会领导立即召集各调研组进行了总结，并将总结成果在协会内部进行了探讨与交流。（协会信息传媒部）

全国高校制造技术及机床研究会 年会在宝鸡召开

2011年8月29~31日，由全国高校制造技术及机床研究会主办，西安交通大学机械工程学院、秦川机床工具集团承办的以“高档数控机床与基础装备研究共性技术”为主题的全国高校制造技术及机床研究会2011年年会在宝鸡召开。会议主题包括：我国高档数控机床重大专项进展情况、项目实施过程中出现的诸如共性技术的攻关、产学研用各方创新力量协同、密切关注下游产业新需求等方面问题。

在研讨交流中，与会专家们围绕机床的数字化设计、高速高精度磨床关键技术、数控机床发展战略思考、机床可靠性分析与应用、机床测试与传感技术、智能诊断数控系统、高效加工工艺与装备平台建设、高速滚动轴承与丝杆应用、高速主轴研究进展、数控机床多轴多误差综合动态实

时补偿器及应用、高效磨削技术、磨削工艺智能应用系统等17项内容进行了广泛而深入的研讨。

工具分会召开六届二次常务理事会议

8月28~29日，中国机床工具工业协会工具分会在青岛召开六届二次常务理事会议，分会14家常务理事单位的主要领导悉数到会。会议由分会轮值理事长、哈量魏华亮董事长主持。

会议听取了秘书处2011上半年的工作汇报，常务理事对于秘书处所做的各项工作，尤其是市场工作表示满意。会议代表讨论了分会组织发展工作，交流了“十二五”开局之年的生产经营情况，一致认为：在当前的发展顺境中要看到面临的挑战，抓紧时间苦练内功；国产数控刀具要继续倡导产品结构调整、发展现代高效刀具；“十二五”期间要继续努力进军高端工具市场，以满足现代制造业要求。（工具分会秘书处）

滚动功能部件分会第七届三次理事会成功召开

2011年8月15~19日，中国机床工具工业协会滚动功能部件分会第七届三次理事会在河北承德成功召开。分会三十四家会员单位的五十八名代表，以及部分媒体和企业的代表参加了会议。中国机床工具工业协会何德康高级顾问代表总会进行了发言。何德康肯定了分会所做的很多工作，并对近期总会的工作进行了通报。



分会李保民理事长做了七届三次理事会工作报告,汇报了分会一年来所做的工作和下一年分会的工作打算。朱继生秘书长做了财务工作报告,汇报了分会一年来的财务情况。会议交流过程中,6家新入会的会员单位代表分别介绍了各自的情况。北京机床研究所等十几家企业代表分别作了典型发言和自由发言,介绍本企业发展情况,分析行业的现状和前景,现场气氛热烈。

(滚动功能部件分会秘书处供稿)

星火公司四大系列名牌产品 通过复评

2011年8月23日,甘肃省名牌战略推进委员会(名牌评价办公室)专家一行5人,对星火公司四大系列名牌产品进行3年到期复评。

专家组依据名牌产品复评要求,从市场评价、质量评价、效益评价、发展评价、企业社会责任及同行企业比较评价等5个方面打分。最终,星火公司以平均分951.5的高分(满分为1000分)顺利通过了复评。

通过与星火公司领导及相关人员座谈、考查产品,以及技术资料核对、现场评价后,专家组给出了评审意见,认为天水星火机床有限责任公司作为全国机械工业500强企业,中国工具机床行业综合经济效益十佳企业,生产的四个系列产品的生产设备、工艺工装齐全、完善,能够满足以上产品的批量生产;产品质量管理体系完善,生产现场管理规范,检测手段齐全,能够保证产品质量稳定提高。同时希望企业继续加强对质量管理人员的培训。

(肖丽霞供稿)

合锻股份公司承担的省科技攻关 项目通过验收

9月6日下午,安徽省地方重大科技攻关项目——“大中型数控机械压力机的研制及产业化”项目验收会在合肥合锻机床股份有限公司顺

利召开。

专家组听取合锻副总经理王玉山对该项目技术攻关、项目实施、资金使用等情况的详细汇报,随后实地考察了项目实施现场并观看样机。经过认真质询和讨论,专家组对合锻在该项目上所取得的成绩表示了充分肯定,一致同意通过验收。

据了解,该项目成功研制开发了闭式单点、双点、四点及多连杆压力机等大中型数控机械压力机系列产品,实现了结构先进、功能配置齐全、高精度、高速度的要求,而且更加节能、环保、安全和符合人性化的要求,为我国汽车工业提供了关键设备。

(合锻供稿)

“2011磨床先进制造与技术创新技术 研讨会暨数控机床专项交流会” 在沪举行

2011年9月7日,由中国机床工具工业协会磨床分会主办,上海电气(集团)总公司、上海机床厂有限公司、国家高效磨削工程技术研究中心等单位承办的“2011磨床先进制造与技术创新技术研讨会暨数控机床专项交流会”在上海隆重召开。国家工业与信息化部装备工业司、国家重大专项办苏铮副处长、上海市经济和信息化委员会冯同健副处长、国家重大专项总体专家组组长卢秉恒院士、中国机械工业联合会副秘书长李冬茹、中国机床工具工业协会行业部副主任邵钦作、上海电气(集团)总公司副总裁徐子璞等出席会议,并分别致辞。

会议以“结构调整、替代进口、满足中高端



用户需求”为主题，重点围绕科技重大专项实施过程中精密磨床课题项目的实践及取得的成果，分别就“国产数控磨床技术现状及发展建议”，“国内磨床行业关键共性技术难点及下阶段工作目标”，“汽车、能源、轨道交通、航空航天、船舶运输、工具等领域对磨床需求新进展”，以及“数控磨床最新技术与发展趋势”等议题，以特邀专题报告、行业需求报告、高端论坛、数控机床专项交流等形式展开了研讨与交流。精彩的会议内容，博得了与会专家学者及用户代表的一致赞誉。

2011年山高刀具汽轮机行业刀具应用培训在沪举行

2011年8月25日，山高刀具（上海）有限公司在上海技术培训中心隆重举行了“汽轮机行业刀具应用培训”。来自国内多家著名的汽轮机及叶片加工企业的30多位客户参加了此次培训。

此次培训由山高中国行业发展部的技术专家担任主讲，辅以外国的技术专家进行配合。培训内容包括汽轮机叶片材料、方钢叶片加工、锻造叶片加工、高温合金叶片加工、转子槽加工、涡轮加工，以及久负盛名的圣诞树铣刀等内容。演示中心准备了汽轮机叶片的现场切削演示。山高还邀请了Makino机床公司介绍叶片加工的相关设备和加工工艺。



此次培训赢得了客户的一致好评和反馈。大家普遍觉得，这种针对性强、专业水平高的培训，不仅使供应商与客户之间能更多更好地交流，也能及时地探讨并解决加工生产中的技术难题，是一个双赢的沟通模式，应该大力推广。

涂附磨具制品企业走进玉立活动圆满结束

由涂附磨具分会制品委员会成立以来组织的首次活动——走进玉立，于8月24~26日举行。此次活动开启了涂附磨具上下游企业交流互动，相互促进，合作共赢的序幕。活动取得了圆满成功。

8月26日上午，“涂附磨具制品委员会与玉立集团交流会”在玉立国际大酒店正式开幕。分会及地方政府领导，以及玉立集团负责人率董事会成员及相关部门中层干部，与到会的30多位代表共同参加了交流会。

代表们围绕如何提升制品企业档次和盈利能力展开座谈，并就如何提升设备精度和自动化程度，制品企业间的合作互助，制品委员会怎样发挥作用，规避恶意竞价、规范制品市场，注重技术创新和差异化发展，注重打造品牌等问题进行了广泛而有成效的讨论。

杰克机床：MK8260数控曲轴磨床项目中期监理检查获好评

“经查看现场和产品，该项目执行情况良好；产品技术指标均达到或超过合同指标，经济指标全部超过合同指标。”这是8月22日，江西省科技厅组织专家组对江西杰克机床有限公司承担实施的“科技型中小企业技术创新基金”项目——《MK8260数控曲轴磨床项目》进行中期监理检查所得出的评价。

科技型中小企业技术创新基金是经国务院批准设立，用于支持科技型中小企业技术创新的政府专项基金。MK8260数控曲轴磨床是汽车和内燃机行业重要零部件曲轴的关键精加工设备。该产品的主要创新点有：两轴数控联动修整技术创新，圆柱静压导轨无密封环密封技术创新，尾架座与顶尖套筒零间隙结构创新，以及自动分度夹具结构创新。四项创新技术都已获得了专利。此外，产品还拿到军工订单，并实现了替代进口。□

CCMT2012 主题： 紧跟需求升级 加速结构调整

中国机床工具工业协会

第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）将于2012年4月16~20日在南京国际博览中心举办。本届CCMT展会的主题确立为：“紧跟需求升级，加速结构调整”。

多年来，伴随着中国经济的高速增长，机床市场的需求正在发生巨大变化，从最初的需要大量普通机床，到数控机床迅速普及，如今对高档数控机床、复合加工机床、组合机床、成套设备、加工生产线乃至成套解决方案的需求在不断升级，尤其是在航空航天、船舶、汽车和发电设备等重点行业核心制造领域，产品和技术都在发生着日新月异的变化，对机床装备不断提出新的更高的综合性要求。

为此，机床工具行业必须紧密跟踪用户市场不断变化和升级的需求，加速自身的结构调整和新产品研发，为用户提供先进适用装备，力争在关键用户领域的典型部件加工中有所突破，提高中高档数控机床的市场占有率，打造全球知名品牌，提升产业整体实力和核心竞争力。

结构调整本身应具有丰富的内涵，既要调整机床工具行业的产业结构，加强核心技术的研发

和核心竞争力的建设，又要调整产品结构，淘汰落后产能，研制更加适应市场需求的产品。不仅要加强行业自身与结构调整相关联的管理、服务等各个层面工作，还要注重深入研究用户的产品和工艺，转变服务方式，由单纯销售产品，向为用户提供全面解决方案、提高产品技术附加值转变，从而不断增强市场竞争力。

今后一段时期，正是行业落实“十二五”规划的关键时期，机床工具企业如何落实“十二五”规划要求，如何实实在在地进行深入、扎实的研发创新和工艺调整，如何解决深层次技术问题、提升产业化水平，如何以更加适用的优质产品和服务来满足快速升级和不断变化的市场需求，都将在CCMT2012有所呈现。届时，行业企业带来的最新技术成果、服务理念将展示在广大用户面前，接受市场的检验。

CCMT2012，期待您的参与！□



CCMT2010开幕式现场

CCMT2012 境内展商招展工作结束 缺口达35%

中国机床工具工业协会信息传媒部

由中国机床工具工业协会主办的第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）将于2012年4月16~20日在南京召开。按照招展工作计划，境内展商展位申报工作已于9月15日结束。截至目前，境内展区共收到展商申报表600多份，申报面积已超出可分配面积约35%，另有部分组团分会和企业的申请表也已寄出在途，表现了行业企业积极的参与热情。

根据CCMT2010首次在南京成功举办，以及考虑目前行业发展的需求，在确定本届CCMT展会之初，主办方就与共同承办方南京河西会议展览有限责任公司协商，在CCMT2012举办期间将增加一个展馆（A1馆），增加面积达5000多 m^2 。据机床协会主管展会工作的李晶明副秘书长介绍，本届展会将起用南京国际博览中心全部7馆3厅和连廊，总展出面积将达到86000 m^2 ，较CCMT2010增加10%。

从目前报展情况看，CCMT2012呈现出以下几个新的特点：

（1）新展商增长较多。在已经收到的600多份境内展商报名表中，有100多份是新展商，其中不乏新兴民企。

（2）展商参与热情高。在已报名的展商中，面积需求超过100 m^2 的有130多家，其中申报400 m^2 以上的20多家，申报1000 m^2 以上的5家。

（3）境外展商踊跃报名。尽管境外展商的招展工作将于10月15日结束，但目前已收到来自各国和地区的申请表100余家，其中不乏申报1000 m^2 以上大面积的展商。

（4）开辟重大专项展区。由工业和信息化部主办，机床协会的承办的“科技重大专项成果展示”将在CCMT2012开设图片专区，与实物展品相呼应。

（5）展品布置方面进行创新。将主机与相关附件、重型与非重型机床等进行相对均衡布置，以方便布展和撤展。同时，将同类或关联密切的展品进行相对集中布置，以便于参观。

（6）分配面积时参考展品情况。为有效缓解展出面积不足的矛盾，在展位和面积分配方面适当考虑展品的水平和市场前景，对于专项展品、获奖展品等给予适当放宽。

（7）开设媒体区。在EF连廊开设媒体区，便于企业宣传和参观。

在招展工作结束之际，面对乐观的招展形势，协会上下则更加注重各项工作的组织和落实。机床协会常务副理事长吴柏林特别强调，一定要把各项工作抓到细节、落到实处、提高质量，注重联系行业形势，突出创新思路和做法，要力争把CCMT2012办成高水平、高档次、高品位的机床工具展览会。

目前，展会各项活动都在紧张、有序进行中。本届展会还将继续举办开幕式、开幕晚宴、高层论坛、春燕奖、十佳颁奖、军工能源会、技术交流讲座等活动。各项活动的相关具体事宜请关注机床协会网站、CCMT展会网站、《中国机床工具》报和《世界制造技术与装备市场（WMEM）》杂志。□

“十二五” 开端之年， 机床工具企业如何布局？

2011年是落实“十二五”规划的开端之年，各行各业都根据国家总规划制订了行业规划，机床工具行业“十二五”规划已于近期正式对外发布。针对机床工具行业“十二五”规划的颁布，行业各企业将如何谋划企业的发展蓝图，各企业将有怎样的发展目标和重点？通过走访众多机床工具企业，本刊了解到，行业大多数企业都依据国家和行业“十二五”规划，并参照机床协会提出的“十二五”期间重点工作，制定了本公司的“十二五”发展规划。很多企业的规划与行业规划契合度很高，表现了对总体形势的把握和对国家政策的支持。

对于行业“十二五”规划，大多数企业能够紧跟国家政策导向，清醒地认识到行业规划的重要指导意义。共同感到，中国机床工具工业协会提出的行业由大变强的三个标志性目标（详见2011年8月5日出版的《中国机床工具》报）是行业落实“十二五”规划的重中之重，任务明确、发展方向清晰、措施得力，充分表达机床制造企业的心声，强化了行业做强的目标要求。

各企业经过认真研读“十二五”规划及相关文件，分析行业现状和发展方向，主动将企业规划与行业总体规划相协调，在制定企业规划中能够有意识地在调整产品结构、解决

深层次技术问题和为用户提供全面解决方案上下功夫,关注汽车、航空航天、船舶、发电设备等四大关键用户领域及其他众多机床用户领域的需求,表现出了对于民族工业振兴的使命感、紧迫感和自觉性。大多数企业能够在提升国产中高档数控装备市场占有率和提高国产数控系统及功能部件应用比率,提高服务重点用户领域关键部件加工制造装备能力,以及精心创建品牌等方面制定具体目标和措施,并呈现出持续的动力和良好的发展潜力。

依据国家和行业“十二五”发展规划,各企业都结合自身产品定位和市场情况制定了自己的目标和工作重点。

沈阳机床集团结合自身情况,制定了企业“十二五”的发展思路和目标:①以产品结构调整为主线,实现技术突破为核心,提升经营规模、提升盈利能力。②强化内部管理,以开展全面预算管理为核心,实现精细化管理,全面提升管理水平。③通过进一步并购扩张,实现产业拓展及技术突破,形成同心多元化产业格局。④全球范围内广纳人才,增强资本运营能力与国际经营能力。⑤总体目标达到:既大又强,世界第一;努力成为世界一流跨国公司。

大连机床集团有限公司将围绕“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项,来开展科研攻关体系的建设,完善在国内设立的自动化装备、加工中心等6个研究所的建设,以汽车动力总成高效自动化加工装备的技术和市场为主要工作方向。在此目标引领下,注重研究数控机床的基础与共性技术,应用最新科研成果,以高速加工中心为主体构建高速柔性生产线。此外,将加强硬、软环境建设,努力建成面向汽车动力总成制造装备的机械工业工程研究(技术)中心。

武汉重型机床集团有限公司将在“十二五”期间重点实现以下几个方面突破:①在服务重点用户领域方面,研制重点企业主导产品典型零件加工装备;加强用户工艺研究,为用户提供全面解决方案。②在提升高档数控机床国内市场占有率方面,加强共性技术研究,提高产品可靠性和

稳定性;加快信息化建设;由制造型企业向服务型企业转变;建设高档重型、超重型机床关键基础功能部件产业化基地。③在培育和创建品牌方面,加快企业为主体的技术创新体系建设;加快国内产业整合,优化产业布局;以创新的方式继续高端引进,加快消化吸收基础上自主创新的进程。

合肥合锻机床股份有限公司在今后一段时期内,将保持国内液压机行业主导地位,扩大机械压力机产品的影响力。到2015年,实现产值15亿元,使公司成为全国最大的高端压力机装备研发、制造基地,打造国际著名压力机品牌。

齐重数控装备股份有限公司将在“十二五”期间坚持实施四大战略,即技术领先战略、精品工程战略、增值服务战略、国际化发展战略;坚持“主导产品做精、专机做强、企业做优”的发展格局,力争用5年的时间,把企业发展成具有核心竞争力的可持续发展的世界级机床制造商和服务供应商。力争到2015年,实现工业总产值65亿,利税10亿元。

齐齐哈尔二机床(集团)有限责任公司“十二五”期间的指导思想是:以科学发展为主题,加快转变企业经济发展方式,促进企业科学发展上水平;以经济结构战略性调整为主攻方向,促进形成新的竞争优势和经济增长点;以科技进步和自主创新为重要支撑,加快形成自主技术、标准和品牌;以建设资源节约型和环境友好型企业为重要着力点,提质增效,以人为本,增强企业可持续发展能力;以深化企业改革为强大动力,推进“五个转变”和“五个转型”,体现企业核心价值,打造具有国际竞争力和国际知名品牌的重型装备制造世界知名公司。

济南铸造锻压机械研究所有限公司将在“十二五”期间实现“863计划”,即利润率达到8%以上、锁定6个产业方向、每个方向销售收入超过3亿元;完成“三个工程”,即用户满意工程、精品工程、人才工程;实现“三个领先”,即科学技术领先、管理水平领先、员工收入领先。

天水锻压机床有限公司将引进部分先进设备,建设数控加工车间、大型退火窑、常规产品总装车间等。同时,将建设高效、实用的机械模拟实验室、电气实验室和液压实验室,为新产品研发和前期技术储备提供实验基础,缩短研发周期,节约研发成本。力争将工程技术中心建设成为国家级工程技术中心。

秦川机床工具集团有限公司将在“十二五”期间,本着“效益优先、做精做强、高端发展、服务增值”的原则,明确发展重点,优化产品结构。以市场需求为导向,开发适销对路的产品。紧密结合国家重点项目和重点产业发展方向,开发重大战略产品,攻克若干关键、核心技术,增强企业技术创新能力。以企业为主体,建立“产、学、研、用”相结合的创新模式,加强基础、共性技术研究及应用。

天水星火机床有限责任公司决心在“十二五”期间把企业做强,立足机床主业,以欧美一流机床为目标,重点发展数控机床、重型机床、复合机床。

上海机床厂有限公司是目前为数不多的国有控股公司,2011年产值将达到10亿元。该公司主导产品有数控轧辊磨床、数控曲轴磨床、数控外圆磨床和数控精密磨床等四大类,技术方面处于国内领先地位。“十二五”期间,上机将以“调结构,上水平,做专做精做强”为发展战略,以发展“大型、精密、微型、数控”磨床为方向,转变增长方式,严格内部管理,提高经济运行质量。产品向高端化、数控化、大型化发展,逐步替代进口。近期还将进行大型数控精密磨床产品升级技术改造项目。

杭机股份有限公司于2011年上半年由东力控股集团有限公司收购并更改为现名,由此,杭机再次转制为民营企业。杭机“十二五”期间的发展目标是:将在未来几年内,努力缩小与国内外同行先进水平的差距,进一步确立“杭机”在行业中的排头兵地位;并将实现机床产量1万台、产值20亿元、利润总额2.5亿元的经营目标。

四川普什宁江机床有限公司表示,

“十二五”期间,将瞄准企业“做大做强”的目标,利用各种设计分析软件,强化技术源头支撑;掌握和进一步深入研究集成和自动化技术;进一步推动信息化、智能化技术在机床产品上的应用力度;开拓新兴产业市场,谋求新的经济增长点。并将根据以上思路开展两化融合,加强制造工艺技术研究,以及调整产品结构等具体措施。

威海华东数控股份有限公司是于2008年上市的民营企业,拥有威海华东重工、威海华东重型装备制造、威海华东电源、上海原创精密机床主轴、威海荣成弘久锻铸等五个控股子公司。公司的主导产品以磨、铣及镗削大类机床为主,“十二五”期间将达到的目标是:①数控龙门镗铣床、数控落地镗铣床及数控立式铣车床,向大型、重型、复合化方向发展。②数控龙门导轨磨床产品向大型、精密、复合、智能化方向发展,以期达到国内领先,世界先进的水平。③数控落地铣镗机床及数控立式(铣)车机床,向大型、重型、复合化方向发展。④平面磨床和外圆磨床产品在做大大的基础上,再将其做强,提升数控化程度、可靠性及精度保持性。

海天精工机械有限公司是数控机床专业制造厂,现已形成五大系列70多种数控产品,年产数控机床1000余台,年销售额15亿元。海天产品技术成熟,工艺精细,用户广泛。“十二五”期间,海天精工计划将实现35亿元的销售目标,立志创建长三角区域中国数控机床制造基地。

江苏新瑞重工科技有限公司确立了今后3年的发展目标,即针对内燃机及汽车装备制造业、航空航天制造业、船舶制造业、新能源制造业等主要服务领域规划新产品开发计划;提高国内市场占有率、主要功能部件国产化率;采取积极主动的措施完善和推进品牌建设;在意大利成立的MTI机械技术创新有限责任公司为依托,积极拓宽国际市场;拓展研发平台,加强校企合作。

宝鸡机床集团表示,“十二五”期间,将抓住国家振兴装备制造业的发展机遇,以市场需求为导向,以科学发展观为指导,以提高市场占有率

率为目标, 大力提高数控机床产业化水平。以改革、创新为动力, 以“精密、大型、高效、特种”设备需求为方向, 以“调整产品结构, 品质提升”为重点, 以延展产业链为突破, 以先进制造技术和管理技术引导企业规模化经营, 实现企业的快速和可持续发展。

浙江日发数码精密机械股份有限公司是于2010年末成功上市的民营企业。“十二五”期间公司的主要目标是: 在产品开发方面, 强化公司在细分市场提供针对性解决方案的能力, 开发针对铁路、工程机械、汽车、摩托车轮毂盘套类零件等细分领域的自动加工生产线, 不断完善公司轴承自动生产线的系列, 开发大型、重型、高档的龙门加工中心。

浙江凯达机床股份有限公司的“十二五”目标是: 大力发展中高档数控车床、数控立式车床、大型/重型数控铣床、立式加工中心、卧式加工中心及柔性制造系统, 把公司建成一个机床产品的科研、生产、合作、服务基地, 到2015年实现经济总量30亿元的目标。

浙江联强数控机床股份有限公司表示, “十二五”期间, 将大力推进各类龙门加工中心、数控落地镗等大型数控机床的系列化和产业化进程, 进一步研发NBC定梁定柱龙门加工中心、NCZ定梁定柱龙门加工中心、NFC数控落地镗床的系列产品, 继续密切与科研院校合作, 进入高档、大型、复合、高速、精密机床等附加值高的产品领域。

烟台环球机床附件集团有限公司将紧紧围绕公司“3年3个亿, 5年5个亿”的经营发展目标, 加快伺服刀架、动力刀架等中高档刀架以及大规格数控转台、落地镗铣工作台和交换工作台的市場开发步伐。

山东博特精工股份有限公司表示, “十二五”期间将建立滚珠丝杠中、小产品生产线、直线导轨生产线、主轴单元生产线, 并使其达到世界同行业先进水平, 建成国内一流水平的产品性能试验室。滚动功能部件方面, 提高主机配套能力和水平, 加强试验研究和工艺规范, 提

高产业化水平; 加工制造工艺水平方面, 加强技术研发, 研究新材料及热工工艺及其装备的开发。研究以车代磨的高效加工工艺及绿色制造技术。

南京工艺装备制造有限公司的“十二五”发展战略是, 以“提供优质功能部件的全面解决方案”为使命, 以“成为国内领先、国际知名的滚动功能部件全面解决方案提供者”为愿景, 以“为用户创造价值, 为员工创造机会, 为社会创造财富”为核心价值观, 重点开发“高精、高速、大型、重载”中高档系列产品, 实现中高端产品的规模化、产业化, 最终成为国内中高端滚动功能部件领先供应商。

华中数控股份有限公司的“十二五”发展规划是: ①建设国际一流的数控装置、伺服装置生产基地。②建设世界一流伺服电机产业基地。③建设先进的机械产品生产基地(数控系统测试验证中心)。④建设一流的数控研发和测试基地。⑤建设世界一流的中央研究院。

常州新墅机床数控装备有限公司将在“十二五”期间达到的目标是: 液压刀架提升产业化能力, 实现规模化生产, 扩大市场份额, 争取市场占有率达20%; 伺服转塔刀架研发完成并初步产业化、伺服动力刀架关键技术的开发与应用。

上海工具厂有限公司“十二五”的战略目标是, 要打造上工品牌的本地化世界级工具产业链, 建设国内领先、国际一流的现代化金属切削工具制造企业。力争在“十二五”期间, 销售收入突破12亿元。

哈尔滨第一工具制造有限公司确立了3个工作着立点: ①为行业主要服务领域重点企业的主导产品典型零件加工, 提供有突破性进展的高效精密复杂切削刀具。②发展高效刀具, 满足行业高端精密复杂刀具国产化需要, 明显提高高效精密复杂刀具的国产化率。③发展“专、精、特”, 使哈一工在高效精密复杂切削刀具研发制造领域成为强势企业, “一工”牌复杂刀具成为知名品牌。□

以点带面 寻求突破

“汽车产业发展论坛”企业一席谈

今年是“十二五”开局之年，全球经济复苏依然缓慢，国内汽车消费逐步放缓，加之来自环境、材料、人工成本等方面压力的日益加大，都给汽车制造企业带来巨大挑战。因此，作为向汽车工业提供装备支持的机床制造业，产品的高效、可靠、精密、环保等将始终是机床企业不断追求和超越的目标。

众所周知，汽车属于当今工业门类中科技含量较高的行业之一，对于汽车制造的装备要求很高。长期以来，国内龙头汽车企业的关键零部件生产线上的机床装备始终被国外所垄断。对于国内机床制造企业来说，要想短期内取代国外装备难度很大，也是不现实的。而应该重点放在几个重点核心产品的“点上”，形成突破，打造自己的拳头产品，让汽车企业逐步认可和接受国产机床产品，从而不断提高国产机床产品的市场竞争力。

本次论坛，我们邀请到了三家国内知名机床企业，请他们围绕汽车工业未来发展方向，谈谈本企业的发展思路 and 具体做法。



转方式 调结构 促发展

济南二机床集团有限公司

汽车工业是规模化要求比较高的行业，近年来得到了快速发展。中国汽车工业已经成为机床产业的消费主体，其消费量约占总量的40%。为适应汽车工业发展，济南二机床集团有限公司通过持续推进自主创新，提高成套、成线供应能力，在高效率、高精度等方面满足汽车工业发展需求，先后完成450种国家首台（套）关键设备的研制，技术水平保持国内领先，并在一些领域实现了与国外最新技术发展同步，不仅以“量体裁衣”式开发满足用户不同需求，而且以高新技术研发成果引领市场发展，素有“中国汽车工业装备部”的美誉，有效解决了国家难题。

一、持续推进自主创新，保持技术水平与国际同步。

核心技术是企业的核心竞争力。济南二机床

在原始创新、消化吸收再创新、集成创新、自主创新的过程中，形成了一套完整的技术管理体系，以持续的技术创新提升企业核心价值，增强核心竞争力。加强国家级企业技术中心建设，技术开发投入占到年销售收入的6%以上，每年开发七八十种新产品；探索、实施设计研发项目竞标承包制，评审设计质量奖，经常性地组织技术研



讨论和设计方案评审,激励设计人员学习新技术、应用新技术,创新工作,努力提高产品设计水平;推广应用三维设计,优化产品结构及电气控制系统,控制产品研发风险。掌握了数控冲压机床及其集成制造等关键技术,在数控锻压设备的设计、制造技术方面达到国际先进水平。

以机制创新激发员工创新活力,提高队伍战斗力。通过实施企业流程再造和干部岗位竞争上岗,构建了精简、高效的组织结构和中层领导班子,设置主任(副主任)工程师、营销师、管理师、技师等专业技术职务,完善各类人员的成长通道。建立、健全创新奖励体系,设立技术进步奖、管理创新奖、设计质量奖、技术革新奖、合理化建议奖、管理案例奖等覆盖全体员工的创新奖项,加大奖励力度,鼓励“创新多得”,激励员工不断创新、改进、提升,调动各层面员工的积极性。

通过持续不断的自主创新,企业研制出机械手送料自动冲压生产线、机器人全自动冲压生产线、大型快速送料自动冲压生产线、大型多工位压力机生产线、混合动力伺服压力机、矽钢片自动生产线等众多国内首台首套产品,为国内合资及自主品牌汽车企业提供了大批具有国际先进水平的冲压装备,并不断增强冲压装备的自动化水平,研发机械手上下料冲压自动化系统、机器人上下料冲压自动化系统、快速送料冲压自动化系统、多工位送料自动化系统、级进模自动送料装置等冲压自动化设备,及高档全自动开卷落料

线、开卷校平剪切自动线、清洗涂油机、垛料翻转机等金属板材处理自动化设备,显著提升汽车工业自动化水平。

二、加强技术改造,提升综合制造能力。

近年来,围绕市场导向,不断加大技术改造投入,提升制造能力,促进产品技术升级和结构调整。2008年以来,先后投入自有资金5亿余元,实施“提高大型数控机床制造能力的技改项目”、“数控机床铸件及机加工项目”等重点技改项目,增加关键设备、仪器400余台(套),扩展生产、装配面积近5万平方米,在有效解决发展瓶颈,增强市场适应能力的同时,保证了国有资产保值增值。

三、积极承担国家重大科技项目,引领国内产业升级。

2009年以来,企业连续承担了7项国家科技重大专项,通过实施科技重大专项,加快产品结构调整,自动冲压线、大型多工位压力机等高端产品订货所占比重由10%提高到50%,为烟台东岳汽车研制的双臂送料快速冲压生产线,每分钟可以冲压15件大型汽车覆盖件,是目前国内应用的最高水平的汽车冲压生产线,并在世界范围内与国外同行同台竞争,企业的品牌知名度大幅度提升,使中国制造得到了国际同行及用户的认可和尊重。

四、积极参与国际市场竞争,增强国际竞争力。

在保持国内竞争优势的基础上,与国外优势企业同台竞争,赢得了一个个充满挑战的“高难度”项目,通过项目的实施积累了经验,提升了水平,国际市场地位逐步提高。大型数控落地镗铣床、重型数控龙门镗铣床、重型多工位机械压力机、数控冲压生产线、重型全自动开卷落料线等高技术产品,成套出口美国、德国、巴西、泰国、印度等国外高端市场,被通用、大众、福特、本田、日产等世界汽车巨头列为合格供应



商。企业研发的大型多工位压力机首先出口到美国市场，并引领国内汽车逐步推广应用，在引导高端冲压设备市场方面发挥了重要作用。今年以来，先后拿到了国际两大汽车巨头的快速冲压线订单，在国际竞争中，展示了中国装备制造的实力与水平。

四、结束语

“十二五”期间，企业将遵循“以市场为导向，以效益为中心，以机制作保障”的工作思路，坚持国际化经营战略，继续加大技改投入，优化产权和产业结构，切实提高企业核心竞争力和持续发展能力。

发挥技术制造优势 研发汽车关键零部件柔性生产线及关键加工设备

大连机床集团有限责任公司

大连机床集团有限责任公司始建于1948年，是共和国建国初期全国机床行业十八罗汉之一。从20世纪90年代末至已经过去的“十一五”期间，集团公司走出了一条具有自身特点的集成创新之路，企业规模、技术水平、制造能力取得了突飞猛进的发展，经济实现了跨越式增长，成为全国大型的组合机床、柔性制造系统及自动化成套技术与装备的研发制造基地和中国机床行业的排头兵企业。

随着国家数控机床重大专项课题的实施，集团公司充分发挥企业自身技术制造优势，研发了一批汽车关键零部件柔性生产线及关键加工设备，同时开展了关键技术的研究。

一、缸体缸盖加工专用机床

1. 基于在机位置检测的缸体孔系高精、高效加工技术

缸体是发动机的核心，而缸孔就是与心脏相连的动脉。缸孔的尺寸精度和几何精度，直接影响到发动机的性能，因此，镗头是本机床的关键部件之一，并它包含了具有主轴浮动的精密镗头结构设计技术，带刀具补偿机构的镗杆设计及制造技术，缸孔止口深度车削和控制技术，在机测量技术，高速镗削技术。

2. 高精度缸体三轴孔的精镗保证技术

缸体三轴孔加工是缸体零件中最复杂、最关

键的零件。主轴是传动动力的，因此，主轴孔要求的精度较高，其精度要求如下：

主轴尺寸精度IT6；表面粗糙度 $Ra0.8 \sim 1.6 \mu m$ ；主轴孔圆柱度 $0.005 \sim 0.008 mm$ ；各主轴孔同轴度 $\phi 0.02 mm$ ；端面销孔与主轴孔位置度 $\phi 0.06 mm$ 。

为了达到这些指标的要求，首先攻克了关键难点技术，即夹具技术和导向技术。夹具要有高刚性，抗震性特点，导向套采用进口的导向套，并采用中间支撑和前支撑结构，减少镗杆的弯曲变形，从而保证机床加工精度的稳定性，其次解决缸体让刀技术、镗杆的导向与支撑技术、长刀杆的驱动技术，并试制成功一台高精度缸体三轴



孔精镗数控专用机床。

3. 缸体缸盖高速五轴柔性单元技术

柔性单元具有温度补偿功能，在机体的主要位置装有温度传感元件通过数控系统分析并补偿坐标的位置实现机床高精度；精加工机床配备X、Y、Z轴全闭环控制（光栅尺），提高机床的加工精度；高速立式、卧式加工中心应满足的主要技术指标：定位精度 $\leq 0.010\text{mm}$ ；重复定位精度 $\leq 0.005\text{mm}$ ；主轴最高转速 $\geq 18000\text{r/min}$ ；三轴快速移动速度（X/Y/Z）：不低于60/60/60m/min。

配备A/C轴转台，通过试制五轴加工单元，开展了以下技术的研究：

高速加工中心的特点就是主轴旋转的高速和驱动部件移动的高速，这就要求运动部件的质量在保证足够刚度的情况下应该最轻，这样才能使运动部件实现高的加速度和快速移动速度。目前，高速加工中心的结构有许多种，我们选定的目标为“箱中箱”结构进行优化设计，采用型材、结构件与钢板焊接成形，滑枕采用双层壁蜂房式结构设计，该三坐标单元的三个移动构件X、Y、Z滑架均作有限元分析，从而确定最佳的设计方案。

二、曲轴加工专用机床

1. 曲轴主轴颈车—车拉加工技术

随着汽车发动机曲轴的加工技术不断进步，与曲轴多刀车削、曲轴铣削相比，车—车拉加工技术无论在质量、生产效率和灵活性方面，还是在设备投资及生产成本方面都很有竞争力：加工精度高、工艺总投资少、生产效率高；为了满足汽车关键零件制造的高效、高精度的要求，开展了如下技术的研究：



（1）两个车拉圆盘刀架的车拉削一体化工艺技术。双圆盘刀架结构的设计可同时两个刀架的实现车削或拉削功能，极大地提高了曲轴加工效率和精度。工件曲轴的夹持方式采用两端夹紧，而不是一端夹紧一端顶紧的最优化设计，使工件的变形最小。

（2）自动动平衡技术。为了使主轴运转平稳，降低噪声，减小振动，对主轴采用两次动平衡，一次是主轴与转子热装后，第二次是所有回转零件装配好后且几何精度检验完毕后。另外，在主轴前后位置设计有平衡环以备在线动平衡用。刀库放在机床的左侧面，用单独地基，这样在刀库和机械手换刀时产生的振动和不平衡不会传到主机上，消除了一部分外加载荷，使机床精度更稳定。

（3）车拉削一体化加工性能检测技术。针对不同型号车—车拉机床的不同加工工况，进行车拉削一体化加工性能试验，在机床带载工作条件下进行机床动态性能试验。

2. 曲轴深油孔数控加工技术

（1）研究曲轴深油孔数控加工机床整机结构和主要部件结构优化设计技术。采用有限元分析计算和机构优化设计技术，对主要结构件进行结构优化，尽量减少移动部件重量。采用有限元动力分析方法，预测整机的固有频率。并提出解决和提高固有频率的方法，避免机床在工作时产生共振。

（2）研究多主轴自动刀具更换设计技术。从提高单机的生产效率及解决本设备与其他设备的加工节拍匹配需求入手，考虑将本设备的主轴（刀具主轴）设计成多个并列主轴的形式。因而要研究相应的多主轴自动刀具更换设计技术，以实现每个主轴的独立更换刀具。

（3）研究曲轴工件多工位夹持及快速换型技术。由于欲将本设备的主轴设计成多个并列主轴的形式，则相应的工件装夹也应该是并列多工位的。在保证多工位装夹的同时进一步研究曲轴零件多品种的快速换型技术。

瞄准典型零件 提供专用装备

陕西秦川机床工具集团有限公司

陕西秦川机床工具集团有限公司（以下简称“秦川集团”）以为汽车工业提供自主装备为己任，多年来服务于商用车领域，近年来又强势进入轿车领域，成为国内汽车制造商的工艺师。在这一过程中，秦川始终坚持以用户工艺为先导的思路，瞄准用户典型零件，研究工艺路线，研制适合的加工装备，从而形成不可替代的专用装备能力。

一、用于加工汽车变速箱齿轮的磨床系列产品

围绕汽车变速箱齿轮的加工要求，公司在传统的“滚-剃-绉”工艺路线之外，大力推广“滚-磨”工艺，开发了用于汽车行业的数控蜗杆砂轮系列，包括YK7220、YK7230、YK7232、YK7232A、YK7236、YK7236A、YK7236B、YK7250等，磨齿规格为 $\phi 10 \sim \phi 500\text{mm}$ ，模数 $0.4 \sim 8\text{mm}$ ，磨削精度达到GB/T10095-2001标准4级，优化级产品磨削精度达到3级，部分指标达到2级以上，国内市场占有率达90%以上，基本完全替代了进口。“适用于大批量精密齿轮磨削的数控蜗杆砂轮磨齿机技术和产品”获2009年度国家科技进步二等奖，YK7250、YK7236A数控磨齿机先后获陕西省科学技术奖一等奖，YK7220获陕西省科学技术奖二等奖。

YK7220数控蜗杆砂轮磨齿机是世界上首台针对 $0.4 \sim 0.8$ 模数齿轮可以直接开齿磨削的小模数磨齿机；YK7236系列产品批量进入轿车行业；达到世界当代先进水平的YK7230高效数控蜗杆砂轮磨齿机，具有十一轴五联动功能，先进的传动技术和驱动技术，配以完善的自动对刀技术、自动上下料技术、高速磨削技术，大幅度提高了机床的磨削效率，使该机床的整机性能提升到一个新水平。成为了陕汽、中国重汽、东风汽车、一汽、

北方奔驰、上汽大众、奇瑞、力帆、海马、吉利和华晨等公司变速箱齿轮的主要装备制造制造商。如株洲齿轮、洛阳冠华、淄博格尔等都是秦川的战略客户。2010年，比亚迪一次订购我公司YK7236型数控蜗杆砂轮磨齿机近2亿元。

二、用于加工汽车转向助力系统叶片、叶片槽的QCK005定子磨床和QCK040转子槽磨床

公司开发了用于汽车转向助力系统叶片、叶片槽磨削的专用磨床，包括，可实现砂轮磨削自动补偿、自动修整和高速、无级调速，总体达到国际先进水平。其中转子槽磨床国内市场占有率达到80%以上。浙江全兴精工集团、长治液压件厂等企业使用我公司QCK005定子磨床和QCK040转子槽磨床等产品生产的汽车转向助力泵年产超过500万套，成为一汽、二汽、北汽福田、北方奔驰、陕汽等公司重要供应商。

秦川集团利用自有的专用装备制造能力，提出“既卖鸡又卖蛋”的经营思路，通过“自己装备自己”，先后在行业里率先开发了以汽车动力转向油泵、燃油输送泵、双回路辅助动力转向系统恒流泵和控制阀为代表的重要功能部件，形成了年产26万套的生产能力，成为北汽福田、郑州宇通、陕汽、玉柴和东风汽车等战略客户的长期供应商，为中国汽车工业国产化作出了重要贡献。2011年，公司又通过沃尔沃公司的资格评审，进入该公司亚洲战略供应商体系。



三、用于加工汽车转向机用扇形齿工件、丝杠、螺母齿条的机床装备（研发中）

2010年，某外资商用车转向机制造公司出于进入中国市场的战略需求和投入成本考虑，决定将转向机关键零件制造装备国产化。由于国内以前并无此类装备制造能力，该公司带着零件样件走访了全国主要的机床制造商之后指出，“扇形齿工件、丝杠、螺母齿条等零件的加工要求十分复杂，对装备要求非常高，在中国，秦川具备制造这类装备的能力。”

公司分析认为，按照用户的典型零件要求制定经济、合理的用户工艺，是一项对企业系统集成能力要求极高的系统化工程，符合公司“为用户提供从图纸到产品、从装备到整套工艺技术”的定位，决定成立专门攻关小组，以工艺为先导，以工装、夹具、刀具为核心，以成套装备为支撑，为商用车转向机零件设计工艺、设备配套方案，进一步提升公司系统集成能力。目前该项工作已取得阶段性成果。

四、其他方面

开发的用于汽车车桥总成外径及圆弧、圆弧及端面成型磨削的专用磨床，包括GZ116数控车桥专用磨床、GZ126数控双砂轮架车桥磨床等，总体达到国际先进水平。已为中国重汽、陕汽、北方奔驰和杭州精工等国内知名汽车和零部件企业批量配套。

开发的用于汽车凸轮轴零件的凸轮及凸轮轴主轴颈磨削的数控高速凸轮轴磨床和数控高速凸轮轴主轴颈磨床等，总体达到国际先进水平。该产品被东风集团神龙汽车有限公司购买并用于批量加工。

开发的用于汽车轴类、盘类、转向节等零件外圆、端面、圆弧等表面加工的数控高速端面外圆磨床，总体达到国际先进水平。已给东风汽车、普什驱动、杭州齿轮箱、采埃孚、陕汽、法士特等企业批量配套。

开发的用于汽车发动机缸体（套）孔大批量精加工的数控珩磨机，总体达到国际先进水平，有着良好的市场表现。□

机床附件分会召开第七届会员代表大会

2011年9月1日，中国机床工具工业协会机床附件分会，在山东泰安召开了第七届会员代表大会，共有37家机床附件分会会员单位的40几名代表出席了本次大会。

大会由机床附件分会六届理事长——烟台环球集团董事长、总经理张万谋主持。中国机床工具工业协会高级顾问陈炎麟出席了会议。陈炎麟代表总会分会的工作给予了表扬和肯定，并

结合近几年机床工具的国内外发展、04重大专项进展情况和机床附件行业情况，做了精彩的发言，为附件行业以后的发展指明

了方向。

大会差额选出了第七届机床附件分会理事单位，由理事单位选出了常务理事单位。烟台环球集团为理事长单位，内蒙众环（集团）为副理事长单位，无锡建华机床附件集团、山东征宙和北京机床附件厂为常务理事单位。王兴麟被聘为七届机床附件分会秘书长。

开会期间，与会代表积极沟通交流，畅所欲言，会场气氛融洽和谐。大家普遍认为今年上半年市场火爆，下半年有走势趋缓的迹象。下一步的主要工作是清醒的认识形势，加快调整结构，创新发展，争取在“十二五”期间有较大的突破和发展。

开会期间，会议代表还参观了泰安海威机床和大力重工两家企业。

（机床附件分会张越东供稿）□



2011年1~6月机床工具行业经济运行情况分析

中国机床工具工业协会市场部

2011年上半年,我国机床工具行业在继2010年高速增长后,仍然保持了较高速度的增长,但其势头已逐步放缓,并开始呈现出缓慢回落的趋势。受到市场需求变化的影响,部分重型机床和低档机床市场出现下滑,中高档机床、专用设备市场依然旺盛,特别是进口继续维持在高位增长。企业月度在手合同同比仍保持一定增长,但呈逐月走低趋势。出口到国际新兴市场的大型及数控机床呈上升态势。

一、1~6月行业主要经济指标完成情况 & 进出口统计

自2011年起,国家统计局定义规模以上企业由年度产品销售收入500万元以上,调整为2000万元以上,统计范围发生了一些变化,因此2011年1~6月机床工具行业统计企业个数为4322家,比2010年年末减少2000多家。本文所涉及2011年数据均在4322家企业范围内。

1. 行业主要经济指标完成情况

1~6月机床工具行业累计完成工业总产值3000.2亿元,同比增长36.4%。

机床工具行业累计完成产品销售产值2912.9亿元,同比增长36.4%。

机床工具行业工业产品销售率达到97.1%,与上年同期持平。

机床工具行业实现利润154.8亿元,比去年同期增长45.8%;产值利润率为6.6%,同比提高0.5个百分点(1~5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52.3%。

2. 主要小行业经济指标完成情况

(1) 金切机床行业

1~6月金切机床行业工业总产值为712.0亿元,同比增长30.4%。

金切机床产量为420048台,其中数控机床产量达到127689台,分别比同期增长23.7%和45.0%。

金切机床行业实现利润34.2亿元,同比增长52.9%;产值利润率为6.2%(1~5月数据)。

(2) 成形机床行业

成形机床行业工业总产值269.2亿,同比增长40.1%。

成形机床产量为124844台,其中数控机床产量达到7516台,分别比同期增长7.0%和24.6%。

成形机床行业实现利润14.1亿元,同比增长57.7%;产值利润率为6.7%(1~5月数据)。

(3) 机床工具产品进出口情况

机床工具产品累计进口96.9亿美元,同比增长46.4%。其中金属加工机床进口61.4亿美元,同比增长57.8%。

机床工具产品出口41.3亿美元,同比增长32.9%;其中金属加工机床出口10.9亿美元,同比增长34.4%。

二、行业经济运行特点及分析

1. 产销增速开始放缓

今年1~6月,机床工具行业工业总产值和产品销售产值继续维持在较高增长水平,各月月度工业总产值同比增速较上年年末有所放缓。6月份单月产值达到634.9亿元,创历史月度产值最高记录。近期月度工业总产值完成情况见图1。

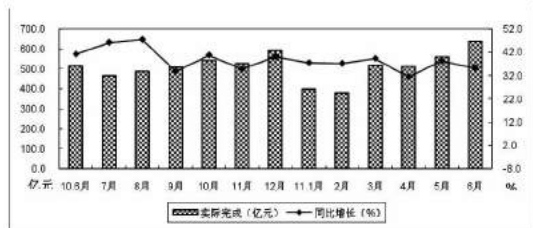


图1 2010年6月~2011年6月机床工具行业月度工业总产值完成情况及其增速

机床工具大行业中，机床附件小行业完成工业总产值155.6亿元，增速最高，达到49.6%。此外，磨料磨具、铸造机械、金属成形机床小行业工业总产值增速超过40%。尽管金属切削机床小行业工业总产值增速低于其他小行业，但依然保持较高速增长。具体情况见图2。

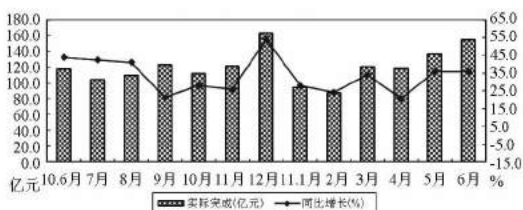


图2 2010年6月~2011年6月金切机床行业月度工业总产值完成情况及其增速

1~6月金属加工机床产值同比呈现高速增长的同时，不同类型机床的生产企业情况有所不同。以重点联系企业为例，有十几家以重型机床、普通金切机床以及少数主要生产普通压力机为主的企业，同比出现负增长。我协会七个小行业重点联系企业（部分）6月份新增订单37亿元，同比增长10.6%，但环比降低了29.4%。从协会最近对行业五十余家企业调研的结果看，大部分企业反映：市场需求信息减少；低档产品订单下降幅度较大；重型、大型机床产品订单有明显下滑趋势，其中大型机床产品尤为突出。而且一些企业已完成的订单，用户也不急于提货，甚至明确要求延迟交货。

2. 企业利润率向好

根据国统局数据，2011年1~5月机床工具行业产值利润率为6.6%，同比增长0.5个百分点，与机床工具行业长期以来较低的利润水平相比，今年1~5月经济效益水平相对较高。其中金切机床行业和成形机床行业产值利润率也分别达到了6.2%和

6.7%，也属于历史较高水平。

最近一段时期，尽管材料、零部件、燃料动力、劳动力、运费等各项价格持续增涨，企业成本不断增加，但是我行业仍保证了利润率的增长。企业获得较好经济效益的主要因素简析为：一是年初一些企业根据成本上升情况和市场需求适时调整价格，特别是中低端产品价格上调明显；二是产量增大，生产能力发挥更为充分，单台固定成本有所下降；三是企业加强管理，严格控制成本；四是企业产品结构有所调整（产品结构调整的具体分析见后）。

3. 进口增速迅猛

1~6月我国机床工具产品进口增速迅猛，同比增长46.4%，再创历史同期新高，月度进口额依然处于高位，但月度同比增速逐步趋缓。金属切削机床、金属成形机床、数控装置是机床工具三大进口产品，同比增长分别为58.3%、55.5%和26.1%。金属成形机床增长较快，超过数控装置进口额，上升到第二位。最近13个月的月度进口情况见图3。

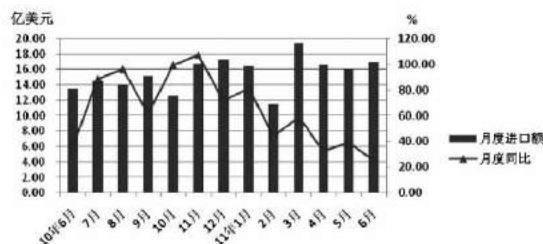


图3 2010年6月~2011年6月机床工具产品月度进口额及同比

1~6月金属加工机床进口额61.4亿美元，同比增长57.8%。其中数控机床51.1亿美元，同比增长56.5%。最近13个月金属加工机床月度进口情况见图4。

今年1~6月我国进口的金属加工机床平均价格同比上涨33.7%。主要原因是：在金属加工机床进口中占比相对较高的机床，如：卧式车床、其他磨床、工具磨床、超声波加工机床、冲床、锻造或冲压机床等单价上升幅度较高。此外，可能有税则号划分错误造成的原因，如：砂轮机进口平均单价由去年同期345美元猛增至1711美元，抛光机平均单价也涨了一倍以上。

1~6月台湾位列大陆进口数控车床来源地在数

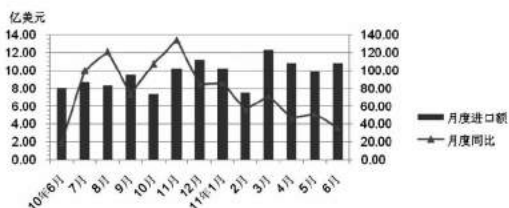


图4 2010年6月~2011年6月金属加工机床月度进口额及同比

量上为第一位，达到1487台，同比增长29.5%；以金额计算列第二位，总额达到1亿美元，同比增长45.5%，占大陆进口数控车床总额的25.4%。其平均单价仅为6.9万美元，约为中国大陆进口数控车床平均单价的二分之一强（12.5万美元）。

1~6月我国从日本进口机床继续迅猛增长，增幅高达83.3%，位居我国金属加工机床进口来源第一位，占我国进口的金属加工机床总额的41.0%。进口来源情况见图5。

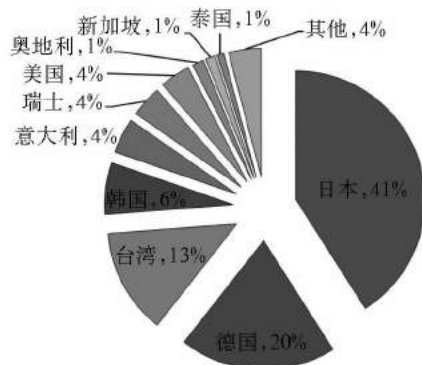


图5 2011年1~6月中国金属加工机床进口来源情况

进口机床大量进入国内市场，对我国发展数控机床产业将产生较大冲击。特别是一些大型、重型机床，如龙门铣、龙门加工中心、铣镗床、立式车床、数控齿轮加工机床等进口单价走低，对市场需求已开始下滑的大型、重型机床市场将造成更加严酷的竞争。此外，持续进口大量加工中心、数控车床等量大面广的机床产品，对我国机床企业进行结构调整、产业升级将造成长期的负面影响。我行业企业应密切跟踪进口产品品种，及时调整产品发展战略。

4. 出口保持稳定增长

上半年机床工具产品继续保持稳定增速，出口

额达到41.3亿美元，同比增长32.9%，出口额为多年以来同期最高水平。印度等新兴市场增长势头良好，欧美市场需求也逐渐增多。最近13个月的机床工具月度出口情况见图6。

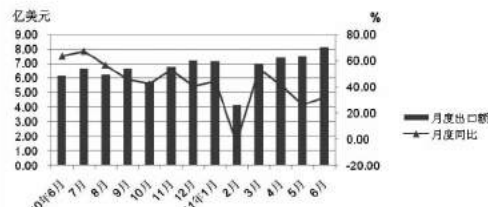


图6 2010年6月~2011年6月机床工具产品月度出口额及同比

切削刀具和磨料磨具出口额均超过9亿美元，列机床工具十类产品出口额前两位。各类产品出口占比情况见图7。

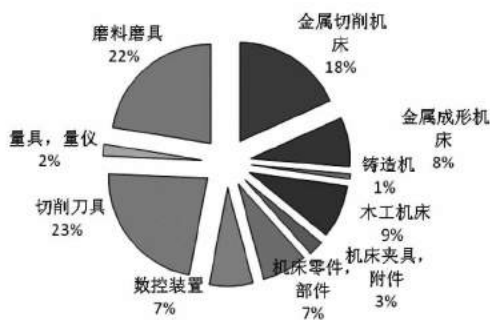


图7 2011年1~6月机床工具十类产品在出口总额中占比情况

从出口企业性质看，私人企业和外商独资企业的机床工具产品出口增幅大大高于国有企业增幅。机床附件、机床夹具的出口主力军是外商独资企业，其他产品，如金切和成形机床、刀具、磨料磨具等出口主力军均为私人企业。

1~6月金属加工机床出口额达到10.9亿美元，同比增长34.4%。其中数控机床4.1亿美元，同比增长53.5%。其中6月当月出口额达2.6亿美元，为历史最高点。最近13个月的月度出口情况见图8。

上半年，我国金属加工机床出口市场中，无论是美国、日本、德国等传统市场，还是印度、巴西、俄罗斯等新兴市场出口，均呈现快速增长态势。出口到美国和印度的机床金额均超过8千万美元，分列机床出口去向前两位；对俄罗斯出口增长

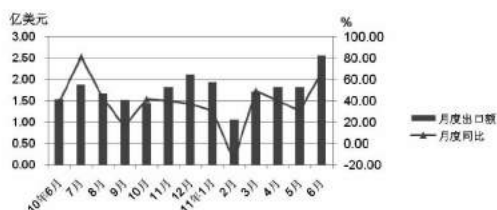


图8 2010年6月~2011年6月金属加工机床月度出口额及同比

超过100%，列出口去向第七位。金属切削机床出口目的地排名前三位是美国、日本和香港。成形机床出口目的地排名前三位分别是印度、巴西和俄罗斯。

三、对当前形势的几点看法

由于我国前期四万亿拉动内需产生的一定提前消费，国际市场发展趋势的不确定性，一些国家出现的政治动荡，美国为解决债务问题而采取的货币政策使全球通胀压力的增大，国家宏观经济调控的初见成效等诸因素影响，使得我国机床工具市场经过近两年的高速增长后，在今年五、六月份新增订单开始大幅回落，出现增速趋缓的迹象。对此，我们提出一些看法供行业内人士参考。

1. 密切关注市场形势发展

受国家为抑制通货膨胀采取紧缩货币政策，国内各主要用户领域发展形势发生变化等诸多因素影响，机床工具行业企业必须密切关注市场环境变化，找到保持自身发展的突破点。

(1) 国家已经严格控制信贷规模。今年上半年央行每月一度上调存款准备金率，大型商业银行存款准备金率升至21.5%的历史高位后，信贷增长受到强力约束。最近申银万国及交通银行发布的预测一致认为，6月份信贷新增约为5500亿元。而据此计算，今年上半年新增信贷规模为40962亿元，与去年同期相比减少约5000亿元。一些企业流动资金明显紧张。

(2) 机床行业的主要服务领域增速放缓。①汽车领域。汽车产销在持续了两年的高速增长后，今年上半年增速大幅回落，由上年高速增长转为平缓增长，且呈现逐月回落的走势。其中，4月份当月

首次出现同比负增长，5月份再次负增长，6月份略有好转。上半年我国汽车产销915.60万辆和932.52万辆，同比增长2.48%和3.35%，其销量比2010年同比增速的32%，回落了29个百分点。②发电设备领域。水电和太阳能光伏市场仍保持较强劲发展的势头。但在日本福岛核事故爆发后，核电项目尚未“解冻”；风电市场虽然在发展期，市场前景长期看好，但为了解决风电发展中重建设、重规模，轻质量、轻管理，以及风电标准建设相对滞后的问题，国家能源局已下发了特急通知，收紧了风电的审批权。③船舶领域。今年1~6月全国造船完工3092万载重吨，同比增长4.4%，新承接船舶订单2160万载重吨，同比下降9.2%，至6月底手持船舶订单18176万载重吨，比上年同期下降1.4%，比上年末下降7.2%。

在上述各领域均增长平缓的情况下，机床工具行业仍持续高速增长的市场动因何在？当前，不排除上述领域的投资惯性，仍然拉动了机床工具行业的高速发展，但随着市场形势的变化，其结果将是放缓下一步的投资力度和进度。企业应该正确认识当前的市场发展形势，只有保持一个平稳较快的发展态势，市场需求才能相对持久。

2. 需求结构变化迅速

(1) 进口增加引起的思考。一直高速发展的机床工具市场突然在二季度后期出现了订单下滑的情况，而此时机床工具进口却依然保持高速增长，其增速远高于国内机床工具企业工业总产值增速，至6月末累计进口金属加工机床同比增长57.8%，其中，金切机床同比增长58.3%。反映出市场需求结构不断变化，对中高端产品的需求明显增加，也反映出国产中高端产品在技术水平和产业化上都存在不足之处。所以加快调整产品结构，争取替代进口，特别是替代中档数控机床的进口，显然是当务之急，也是部分行业企业有能力在一定时间内可以达到的。

(2) 利润增长背后的思考。机床工具行业一直是利润率较低的行业。但今年上半年（1~5月）金切机床小行业实现利润比去年同期增长了52.9%，而且上半年金切机床产量同比增长23.7%（其中数控机床产量同比增长45%），产值同比增速达到

30.4%，产品结构似乎已经向好的方向发展。但我们用今年上半年金切机床平均单价与去年同期相比，觉得产品结构调整并不乐观。今年上半年金切机床平均单价为16.95万元/台，而去年同期也达到16.92万元/台。在产值增速大于产量增速6.7个百分点，且产量数控化率大幅增长的前提下，产品平均单价同比增长却不足0.2%，这反映出，在数控机床产量的增长中主要是以经济型数控机床为主，而中高档数控机床和大型、重型机床的产量则有所降低。业内皆知，我国大部分的中高档产品创新度不高，产业化水平普遍较低，因此利润水平并不高，而低档机床（包括经济型数控机床）由于固定资产折旧较低，工艺成熟，批量较大，生产效率高，利润也相对较高，因此，上半年（1~5月）金切机床利润的产生，与其低档产品规模扩大有一定关系。所以，目前金切机床的产品结构虽然有其存在的合理性，但并不是机床工具行业发展的方向，加速中高档金切机床的产业化，扩大中高档金切机床的市场占有率，才是获取企业更大利润的根本保证。

反观成形机床，其产品结构的变化则较为合理。实现利润同比增长57.7%（1~5月），产量同比增速为7%（其中数控机床产量增长24.65%），产值增速达到40.1%。首先，其产值增速远高于产量增速；其次，产品平均单价已由去年同期的13.64万元/台，提升至今年的21.6万元/台，增长率达到60.3%。单台价格的大幅上涨，反映出成形机床的产品结构已经发生很大变化，也为其利润的取得做出了贡献。

3. 积极应对ECFA的正式实施

ECFA已经实施半年，机床协会一直关注其对大陆机床行业的影响，我们对与ECFA开放产品的有关分会进行了跟踪，如：车床分会、插拉刨分会、锻压分会、磨床分会（仅开放了平面磨床）、锯床分会等，及时了解分会所属企业的动态。在与相关企业的交流中，一些企业对此表示担心。

面对ECFA的正式实施，大陆企业存在以下现象：

（1）需求旺盛，掩盖矛盾。今年以来，特别是一季度，市场需求仍然十分旺盛，企业订单饱满，

产品供不应求，大陆企业的精力大都忙于日常的生产经营，对台湾机床的冲击准备不足，机床市场对台湾机床的冲击反应也不强烈。实际上台湾进口大陆的机床已经大幅增长。1~6月，在金切机床中占比最大的数控车床，进口额比去年同期增长45.5%，其对大陆机床市场的冲击是不言而喻的。

（2）时间较短，难辨虚实。由于ECFA仅实施了半年，而更为复杂的机床产品具有生产周期相对较长的特点，依据产品规格的不同，产品从毛坯（包括配套件采购）到产品产出，少则半年，多则一年及以上，即上半年销售的大部分是上年末已经产出或投入的产品，所以很难在短时间内分辨出大陆市场对台湾产品需求的虚实和真伪。

由于上述原因，在ECFA正式实施以来，从表象上看，对大陆机床行业影响似乎不是很明显。但从长远看，其对大陆机床行业发展的影响决不能忽视。

首先，台湾机床的主要产品是中档数控机床，台湾机床的大量进入，将进一步压缩大陆中档数控机床的市场占有率；第二，ECFA实施后，使大陆仅存的产品价格优势不复存在；第三，如果在新一轮的ECFA谈判中，对机床行业现状不予考虑，将使原本发展困难的大陆中档数控机床产业化进程进一步放缓，高档数控机床由于缺少中档数控机床的基础支持，产业化进程更加艰难，产业安全受到威胁。

因此我们必须正视ECFA带来的影响，采取措施积极应对。

四、结束语

2011年上半年已经过去，从趋势上看，下半年机床市场的增长速度将明显放缓。企业在密切关注市场的同时，要做好积极应对的预案，要在企业的资金、产能等各种资源上统筹安排，合理应用；要在技术进步，调整产品结构上下更大的功夫；要充分发挥本企业的特长，形成具有差异化的核心竞争力，争取在日益变化的市场竞争中，求得生存和发展的机会。□

中国机床工业综述：过去、现在与将来

A Review of Chinese Machine Tool Industry--Past, Present and Future

同济大学 张 曙 朱志浩 樊留群

【摘 要】 本文分4个历史阶段回顾了中国机床工业的发展，描述了每个阶段取得的成绩和存在的问题，总结了当时的经验和教训。提出了值得今天继承和警示的问题。最后对“十二五”规划的实施提出了“蓄势、突破和发力”的观点，并探讨了今后的发展趋势。

一、十八罗汉的由来 (1949~1957)

1949年新中国成立时，没有机床工业，只有上海、沈阳、昆明等地的一些机器修配厂兼产少量皮带车床、牛头刨床等简易机床，如上海明精机器厂生产的D型6'车床等。当年金属切削机床产量仅1582台，不到10个品种。

回顾往事，政府接管有关工厂后，立即投入大量资金，购置设备，恢复和发展生产，开始从修配业向机床制造业转变，仿制英美和前苏联的机床。1952年，全国生产的金属切削机床品种达到30种，年产量1.37万台。建国初期上海生产的皮带车床和工具磨床（中国第一台近代机床设备）如图1所示。

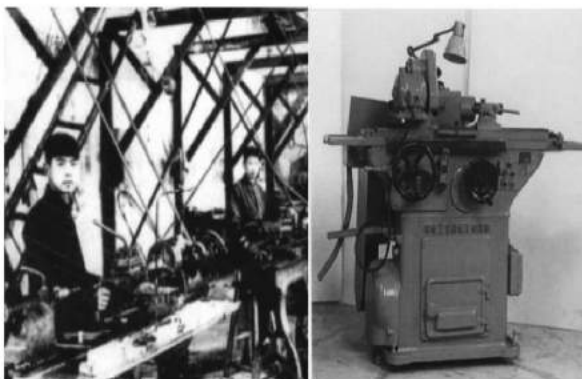


图1 建国初期生产的机床

1952年9月，原中央重工业部召开了全国工具机会议，对当时的机床产品发展方向和工厂布局作了初步规划。1953年又按照苏联专家建议，确定了全国18家机床厂的分工和发展方向，由于人们对18家机床厂寄予厚望，就称他们为“18罗汉厂”。

在“一五”156项重点建设项目中，机床工具工业有3项：沈阳第一机床厂、武汉重型机床厂和哈尔滨量具刃具厂。1955年按照前苏联红色无产者机床厂改建完成，建立了7条流水生产线，年生产1A62 普通车床2200台，堪称当时世界一流的机床厂。

1956年，机械工业部又开始对昆明机床厂等27家机床厂、工具厂、附件厂分期分批进行技术改造，初步建立了中国的现代机床工具工业，其中18罗汉机床厂的当时概况见表1。

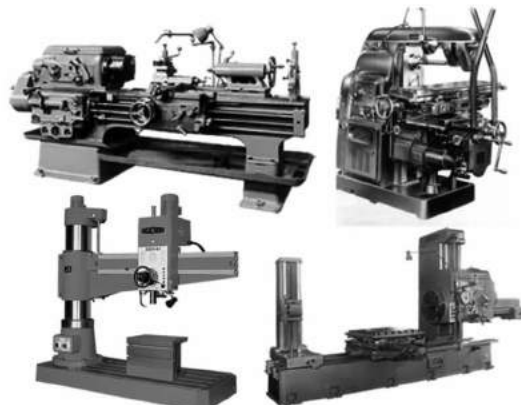


图2 “一五”期间仿制苏联的机床

表1 1957年十八罗汉机床厂的概况

厂名	职工人数	技术人员	主要产品
沈阳第一机床厂	5562	712	普通和专用车床
沈阳第二机床厂	2797	407	钻床、镗床
沈阳第三机床厂	3137	356	六角车床、多轴自动
大连机床厂	2209	377	普通车床、组合机床
齐齐哈尔第一机床厂	4375	589	立式车床
齐齐哈尔第二机床厂	2757	324	铣床
北京第一机床厂	2236	324	铣床
北京第二机床厂	1480	111	牛头刨床
天津第一机床厂	1327	124	插齿机
上海机床厂	3985	551	外圆磨床、平面磨床
无锡机床厂	2108	268	内圆磨床、无心磨床
南京机床厂	2175	236	六角车床、单轴自动
济南第一机床厂	1969	154	普通车床
济南第二机床厂	2380	355	龙门刨床、压力机
长沙机床厂	1638	240	牛头刨床、拉床
武汉机床厂	1389	200	工具磨床
重庆机床厂	2303	223	滚齿机
昆明机床厂	3309	452	镗床、铣床

“一五”期间通用机床发展很快，到1957年底，累计生产通用机床204种，年产量达到2.8万台，累计向全国提供了10.4万台机床，满足当时工业需要的80%以上。其中大多是按照苏联图纸生产和仿制苏联机床的产品，例如：1A62车床、255摇臂钻床、6H62万能铣床和3162A外圆磨床等，如图2所示。

这些按照苏联图纸生产的机床，技术相对先进、性能比较可靠。短短几年，从一无所有到掌握20世纪50年代的机床制造技术，使我国机床工业跨越了一个时代，也为以后的发展奠定了基础。时至今日，仍然能够在我国机床产品中找到这些机床的踪迹。

建立一个新的产业需要大量的人才。1952年国

家决定在校大学生提前一年毕业，以适应经济发展的需要。同时教育部批准哈尔滨工业大学按照苏联教育体制，学制5年，直接授予工程师学位，设立机床与工具专业。这个专业曾为我国机床工具工业输送了一大批高级技术人才和管理人才。

若从仿制过渡到自主开发，离不开科学研究。1956年机械工业部在沈阳设立第一专业设计处（后迁往大连，改名大连组合机床研究所），在北京成立机床研究所，在济南成立锻压机械设计研究处（后与铸造机械设计室合并为济南铸锻研究所）。1957年在苏州成立电加工研究所，在成都成立工具研究所。1958年在郑州成立磨料、磨具磨削研究所。1959年在广州成立热带机床研究所，引领我国机床和工具的实验研究和产品创新40年。

例如，在济南第一机床厂技术改造中如何借鉴沈阳第一机床厂的经验，第一专业设计处从大连机床厂、北京机床研究所、哈尔滨工业大学、清华大学借调工程师、教师和学生，开展组合机床的设计和研发，为济南第一机床厂设计了整条流水线装备。

我国第一台由大连机床厂自行设计和制造的加工C6132车床主轴箱体的组合机床（笔者是主要设计人员之一）如图3所示。时隔数十年，现在这台机床仍然在济南第一机床厂车间服役。



图3 在车间服役的UT-001组合机床

高等学校不仅要培养人才，还要积极开展科学研究，推动工业技术的进步。1957年，清华大学和哈尔滨工业大学先后研制成功数控铣床。哈工大研制的数控铣床，是电子管计算机编程，磁带记录，主轴采用电磁离合器齿轮变速，进给采用步进电动

机—液压马达扭矩放大器—滚珠丝杆驱动，光栅反馈，机械部分由齐齐哈尔第二机床厂制造。这与当时世界先进水平是同一档次，毫不逊色。事实上，我国数控机床的研究起步并不晚，但由于种种原因，未能坚持研究下去，致使今日我国与日本在高端数控技术领域差距甚远，实为终身遗憾。

二、从大跃进到十年动乱（1958~1978）

正值我国机床进入全面发展时，外部环境发生了变化。一方面，超英赶美，违背客观规律、浮夸成风，产量不断翻番，造成管理混乱、质量急剧下降，大部分机床产品不合格。另一方面，随着国家经济建设的发展，不仅需要普通中小型机床，还需要重型机床、精密机床和自动化机床。我国机床产业在各种外界的干扰下艰难地前进。

1958年156项的武汉重型机床厂建成，1959年自行设计和制造了C681重型卧式车床、B1025龙门刨铣床，开始扭转重型机床主要依靠进口的局面。

1958年，上海机床厂试制成功Y7131齿轮磨床和Y7520螺纹磨床，1959年昆明机床厂试制成功T4163坐标镗床。从此，我国机床制造业跨入了重型和精密加工领域。

当时我国还不能生产高精度精密机床，国外进口没有外汇支持，加以欧美技术封锁、原苏联也中止供货，只能自力更生。1960年，中央召开高精度精密机床会议，成立领导小组，在对重点用户需求调查的基础上，制定了1960~1970年开发56个品种，年产量700~800台高精度精密机床的规划。到1970年，发展了35种高精度精密机床，年产量达到1225台。其中T42100坐标镗床等产品达到当时世界先进水平，我国开始有了自己的高精度精密机床产业。

在研制高精度精密机床的过程中，北京机床研究所会同高等院校和工厂对若干国外样机进行了全面试验，并对精密机床零件用材、冷热加工工艺及其检测技术都进行了比较深入的研究，在保证规划

顺利实施上起到了极其重要的作用。

高精度精密机床发展规划的制定策略和具体实施过程都在我国机床发展史上可圈可点，特别是老实实在、脚踏实地有针对性地开展科学实验研究值得继承和借鉴。这一时期有代表性的精密机床产品如图4所示。

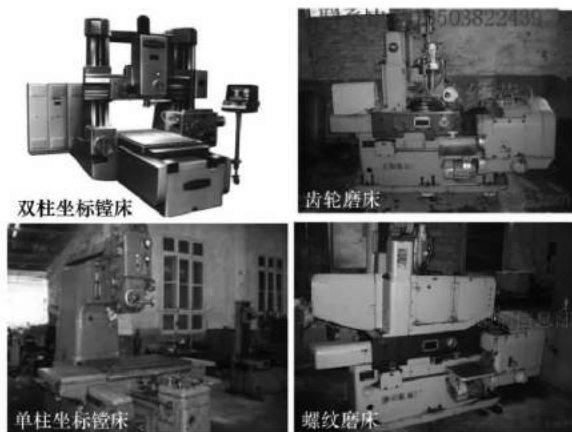


图4 高精度精密机床规划的代表性成果

1960年11月25日《光明日报》发表了哈工大机械系机床及自动化专业师生和哈尔滨机联机械厂职工共同署名的“论机床内部矛盾运动规律和机床积木化问题”的文章，该文在总结机联机械厂积木式机床经验的基础上，以自然辩证法的观点，讨论切削过程中工件与刀具的对抗形态对机床结构配置的影响，引起了毛主席的关注，并作了批示（批示原件见图5）。



图5 毛主席对光明日报发表的文章的批示

将工程实践进行研究总结,并且上升到哲学理念是一项有重大意义的创举和探索。它可以帮助人们从更高、更深的层次来理解工程现象,指导未来的发展趋势。这种思考问题的方法和理论探索今天仍然值得大力提倡。

尽管时代不同了,计划经济已经转变为市场经济,环境各异,体制和价值观发生了明显变化,但是回顾历史、总结过去的产学研经验对解决今天产学研存在的种种问题也许不无帮助。

由于中苏关系的变化,我国工业布局开始从沿海向内地转移。从1964年开始到1974年间,采用有沿海老厂包建、包投产的办法,先后在青海、宁夏、贵州等地建立了17家机床厂,从而改善了我国机床工业的布局,对发展西部工业起到了很大推动作用。

1966年,为了发展汽车工业,国家决定在湖北襄樊建立第二汽车制造厂。机械工业部成立了“二汽成套设备战役”办公室,制定规划,组织全国力量进行设备的设计与制造。参加的企业、科研单位和高等院校共138个单位,为建设二汽提供了369种7664台高效专用专门化机床,包括组合机床自动线34条、回转自动线6条,到1975年建成投产。尽管在为二汽提供的设备中有30%存在不同程度的质量缺陷,但它标志着中国机床工业有能力提供年产10万辆载重卡车的成套设备,完成从单机到成线、成套的飞跃,积累了许多宝贵的经验,为以后发展自动化成套装备奠定了基础。

1977年金属切削机床的产量达到19.87万台,是1957年的7倍,1979年机床拥有量达到278.4万台,居世界前列。但事后分析,质量好的充其量不过1/3,大多是废铁一堆。期间最突出的案例是1970年沈阳第一机床厂的CW6140A车床改型,不计算、不试验,42天完成设计和样机,投产后发现切槽振动、床头箱发热等严重缺陷,不到一年被迫停产。

大干快上、浮夸成风,无视科学规律、盲目追求速度和数量、不求产品质量的做法留下了极其深刻的教训和后患。前车之鉴,难道不足以为今日之

戒乎?

三、进入数控机床发展期(1980—2000)

1979年,济南第一机床厂与日本Mazak公司签订了来图来样加工、合作生产返销车床的协议。此闸一开,迎来80年代对外合作的高潮。

据不完全统计,1980年到1999年,我国机床工业先后从国外引进技术约150项,包括技术转让、许可证生产、合作生产等。借助国际力量,迅速提高了我国机床工业的产品水平、工艺制造水平和管理水平,特别是数控技术的应用。

随着改革开放,打开国门,引进技术,国家和机床企业都认识到数控技术的重要性。从“六五”开始进行投入,属于数控攻关和数控机床国产化的技改专项,“六五”期间有75项,“七五”期间有58项。从此,我国开始进入发展数控机床为主线的时期,这20年我国数控机床的发展概况见表2。

表2 1981—2000年我国数控机床概况

年代	特征	机床产量	数控产量	数控品种
1981~1985 年“六五”	数控机床的起步阶段	592300	7133	113
1986~1990 年“七五”	数控机床与国外的合作生产阶段	831900	12812	—
1991~1995 年“八五”	数控机床具有自主知识产权阶段	大波动时期,1991~1993年平年均增速20%,1994年负增长25%,1995年负增长14.2%,全行业出现全面亏损		
1996~2000 年“九五”	提高数控机床市场占有率阶段	801800	47300	1500

上世纪90年代我国机床工业生产的典型数控机床如图6所示。

在20余年间,国家投入大量人力物力发展数控机床和数控系统。一方面,在数控机床的设计和制

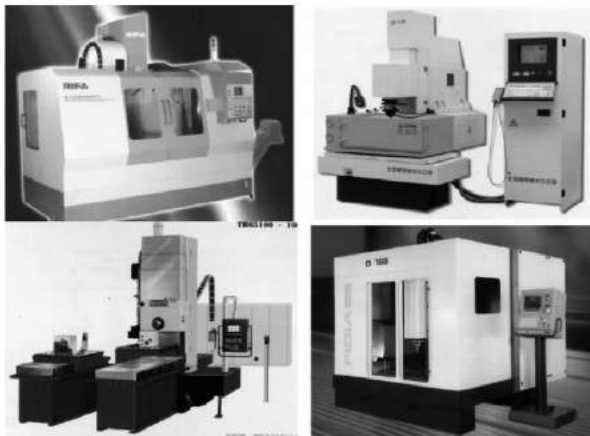


图6 上世纪90年代生产的数控机床

造技术方面有较大提高，培训出一批设计、制造、使用和维护的人才；通过合作生产先进数控机床，使设计、制造、使用水平大大提高，缩小了与世界先进技术的差距；通过利用国外的功能部件、数控系统配套，开始能自行设计及制造高速、高性能、五面或五轴联动加工的数控机床。但另一方面，对关键技术的试验、消化、掌握及创新却较差。许多重要功能部件、自动化刀具、数控系统依靠国外技术支撑，基本上处于从仿制走向自行开发阶段，与德国、日本数控机床的水平仍然差距很大。

特别是数控系统，从“六五”到“九五”屡战屡败。尽管出现了华中数控、广州数控、北京凯恩奇等数十家数控系统制造商，厂多人众，但基础理论研究缺失，把主要注意力放在跟踪国外数控系统方面，加之与机床主机制造厂家结合不紧密，没有形成合力，进展缓慢。时到今日，高端数控系统仍然依赖西门子Siemens和Fanuc这两家霸主。

在技术进步的同时，我国机床产业的结构发生了巨大变化。1980年以后，随着国家政策的放开和改革的深入，吸引了一批民营企业投资机床行业；部分国有机床工具企业国退民进，转为民营企业。机床工具行业打破了国有一统天下的局面，形成了国有企业、集体企业、民营企业、中外合资企业和外资独资企业多种所有制形式并存的新格局。机床企业的数量急剧增加，大型机床集团开始形成。

1995年沈阳第一、中捷（第二）和第三机床厂合并组建成沈阳机床股份有限公司，成为国营机床企业成功转制的范例，带动了国有机床企业的转制改造。1996年底，我国金属切削机床产业的概况详见表3。

表3 1996年我国机床工具产业概况

		企业数	产值 (亿元)	产量 (万台)	职工数	技术 人员数
全国	金切机床	705	101.49	17.737	385195	—
	锻压机床	408	47.70	9.03	113760	—
机械 系统	金切机床	229	69.918	95684	294027	25748
	锻压机床	102	25.038	32852	70811	5443

1999年底，我国机械系统共有机床工具企业611家，其中重点骨干企业183家，属于国营经济的有344家，集体经济的116家，联营经济的13家，股份制68家，中外合资合作经营的19家，港澳台合资合作经营的7家，其他54家。可以认为，到20世纪末，我国建成了比较完整的机床工业。

四、黄金发展和成熟期（2001–2010）

进入21世纪，国家实施振兴装备制造业的战略，将发展大型、精密、高速数控装备和数控系统及功能部件列为16项重点振兴领域之一。在国家的政策支持推动和市场需求的拉动下，特别是汽车工业的快速发展致使机床产品需求旺盛。使我国机床工业迅速走出低谷，迎来了前所未有的黄金机遇。

自2002年开始，我国连续8年成为世界机床消费第一大国、机床进口第一大国，国产机床所占比重逐年提升（如图7所示）。

我国沈阳、北一、大连等大型机床集团率先抓住机遇，迎接挑战，进入世界舞台。它们并购了若干世界著名的机床企业，如Schliss、Waldrich-Coburg、Zimmermann等，并搬离市区在郊区新建厂房，扩大生产基地，建立了世界一流的现代化的机床制造企业。这些大型机床企业在完成搬迁和技

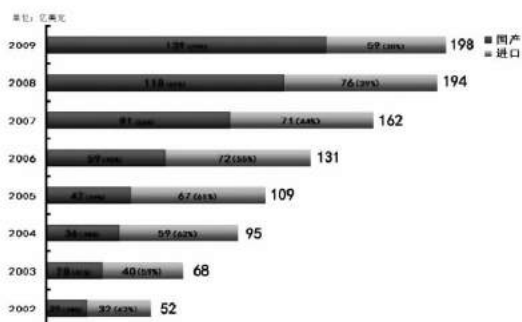


图7 我国机床的消费、生产和进口情况

术改造后,大力开展产品更新换代的工作,取得了显著的成果。例如,沈阳机床集团通过自主研发,数控机床已经成为主导产品。2010年推出了称为“新五代”的新产品,如图8所示。



图8 沈阳机床集团的新五代产品

为了探索新形势下的产学研模式,沈阳机床集团牵头组成“数控机床产业技术创新联盟”,有9家企业、6家大学和1家研究所参加,如图9所示。

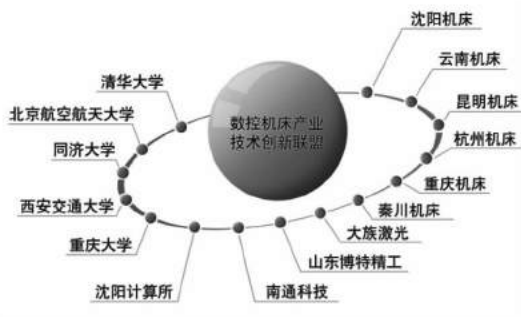


图9 数控机床产业技术创新联盟

处在机床产业这个黄金发展期,民营企业毫不示弱,积极参与,强势出击,有的还兼并了大型国有企业。例如,天马集团收购齐齐哈尔第一机床厂,成立了齐重数控装备股份有限公司,江苏新瑞收购了常州多棱机床厂和宁夏长城机床厂,组成江苏新瑞重工科技有限公司,隶属于新誉集团。这些新组建的公司既具有国营企业多年沉淀下来的技术实力,又具有民营企业的经营管理活力,是我国机床产业中不可忽视的力量。

例如,齐齐哈尔第一机床厂是我国最早的重型机床厂,在重型立车和卧车领域具有举足轻重的地位。新瑞重工汇集了新瑞机械、宁夏长城、江苏多棱3个品牌的10个系列的数控机床产品。它目前已成为我国数控机床产品门类较为齐全的大型机床制造企业之一,在常州和银川组建了两大研发、制造基地;以高新技术和前沿技术帮助客户提升传统产业,为客户提供最佳解决方案。齐重和新瑞重工的代表性机床产品如图10所示。

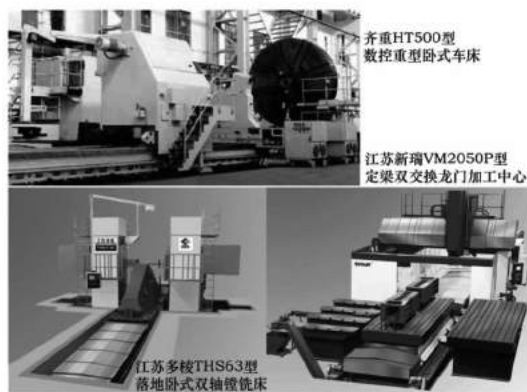


图10 齐重和新瑞重工的机床产品

中国的庞大机床市场使全球的机床企业向往不已,特别是进入黄金发展期以来。国外的著名机床企业,如DMG、GFAC、Mazak、Makino、HAAS等已经不满足于合资合作生产的模式,纷纷在华独资建厂,生产适合中国市场需要的机床。

例如,成立于2000年的小巨人(LGMazak)机床有限公司,是日本Mazak公司在中国的独资工厂,按照Mazak智能网络化工厂的构建理念,采

用 Mazak 的生产装备和软件管理系统，建立起智能网络化的生产环境，成为我国机床工业第一家智能网络化工厂。

该公司总人数 450 人，人均劳动生产率为 200 万人民币，居全国之首。该公司先后分三期扩建，到 2010 年底完成了年产 4000 台数控机床的规模，成为中国最大的、自动化程度最高的数控机床生产基地之一。

高效率的产生有赖于信息技术和制造技术的融合，先进的制造手段、自动化的生产设备确保了高效率的工厂运行和产品质量，技术、销售、生产、管理等各部门的数据在一个网络下流动，信息完全共享，实现缩短生产准备时间、缩短交货周期、提高生产效率、降低成本的目标。

数字化的发展进程要求企业实施组织机构改革，建立以顾客为核心的经营结构，使各部门与客户实现零距离，为顾客提供最佳的技术支持和服务。这就需要将各类信息准确传达和分配，实现高速和高效的信息流，其概念如图 11 所示。



图 11

外资独资企业不仅在国内生产先进的机床产品，而且带来了新的经营管理理念和模式，形成了国企、民营和外资三足鼎立，三分天下的竞争共赢局面。

2010 年我国金切机床产量为 755779 台，其中数控机床产量达到 223897 台，是 2005 年的 3.6 倍，这标志着我国机床产业进入了成熟发展期。

但是，我国机床工业大而不强。在诸多“大国的桂冠”前面，切勿沾沾自喜。我国是机床生产大国，但却是贸易弱国，从图 11 所示的机床世界贸易平衡图可见，在 28 个被统计的国家和地区中，中国屈居末位，是贸易逆差最大（高达 54 亿美元）的国家。我国是第一进口大国，意味高端数控机床不能自给，主要依靠进口，但事实上高价买来的机床利用率却很差，没有创造应有的价值。我国是机床企业和从业人员数最多的国家，但劳动生产率仅是日本的 1/10。图 11 还显示，日本、德国和意大利是机床的主要输出国，是贸易顺差的前 3 位，他们是机床制造的强国。我们要真正成为机床强国，还有很长的路要走，任重而道远。



图 12 世界机床贸易平衡图

五、“十二五”的悬念

随着我国从制造大国向制造强国迈进，战略性新兴产业的崛起，以及航空航天、军工等国家战略规划的规划实施，不仅要求机床产业整体转型升级，而且还要加快原始创新的步伐。如何抓住机遇、迎接挑战，答案是：蓄势、突破与发力。

蓄势就是以战略眼光确定目标，以科学态度进行规划，以足够的资源为后盾，组织精干团队有目的、有计划地向目的地前进。

蓄势一：国务院“高档数控机床与基础制造装备”重大专项的出台，是国家层面为促进我国机床

产业跨越式发展所做出的重大举措和部署,通过核心技术突破和资源集成,以完成重大战略产品、关键共性技术和重大工程。“专项”指出了当前制造技术的瓶颈,以及机床产品创新的主要方向。

蓄势二:我国许多机床集团都已经建立了研究院或技术中心,并在国内外设立了研究分支机构,积聚了一批科研人才,添置了必要的试验设备和测试手段,正在承担国家项目,开展有关研究。例如,沈阳机床集团除设计研究院外,在德国、北京和上海设立了分中心,分别从事高档数控机床开发、飞机零件加工技术和机床共性技术的研究。

蓄势三:不少高等院校建立了与机床有关的国家、部委和地方的重点实验室和工程中心。例如,湖南大学的国家高效磨削工程技术研究中心,上海理工大学的上海市高端机床测试中心等。

只要下决心、有投入就可以造势。“势”仅是发展的推动力,而并非结果。有势必求有所突破,突破才是初步成果。

突破一:2011年4月在北京举行的第12届中国国际机床展览会上有58项国家重大专项成果展出。例如,北京机床研究所展出的NANO-TM500超精密车铣复合加工机床,大连机床集团展出的VHT系列立式复合加工中心,秦川机床工具集团展出的QMK009数控圆弧锥齿轮磨齿机等。

值得指出的是,QMK009数控圆弧锥齿轮磨齿机弃用了传统的圆柱形砂轮展成磨削法,采用指状砂轮或小直径盘状砂轮,通过多轴联动沿齿廓来磨

削大型曲线齿锥齿轮,如图13所示。这台新产品颠覆了传统曲线锥齿轮加工的原理和机床设计的理念,以软制胜,有所突破,属于原始创新,不仅成为企业的核心竞争力之一,并使我国进入了大型硬齿面曲线锥齿轮加工的世界先进行列。

突破二:数控机床的功能部件一直是制约我国机床产业发展的瓶颈,特别是数控系统至今对国外产品依赖度很大。国外提供的数控系统是标准平台,并不包括许多重要的、特定用户需要的、加工关键零件的软件,也没有与机床制造商的产品相匹配。随着机床智能化的进展,越来越多的国外著名的机床制造商采用自己的数控系统,例如Mazak公司的MAZATROL, Mori Seiki公司的MAPPS等。

鉴于数控系统是高端数控机床进一步发展的瓶颈,沈阳机床集团现已组织力量开发为本企业产品配套的飞阳数控系统,以期与机床和用户更好地匹配,集成更多的功能,如图14所示。造势易,突破难。更加令人担心的是“突而不破”。过去许多攻关成果往往鉴定后就打入冷宫,并不为用户所接受。尽管国家出台了“首台补贴”政策,用户怎么敢拿停产来冒这个险呢?

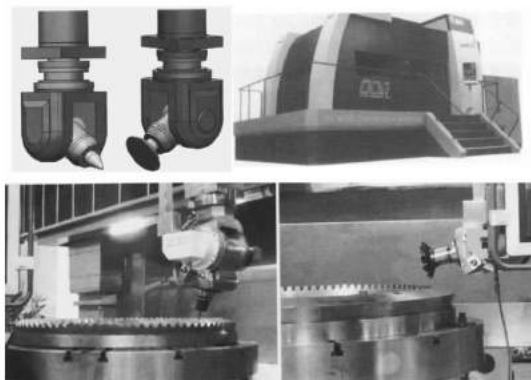


图13 QMK009 弧齿锥齿轮磨床

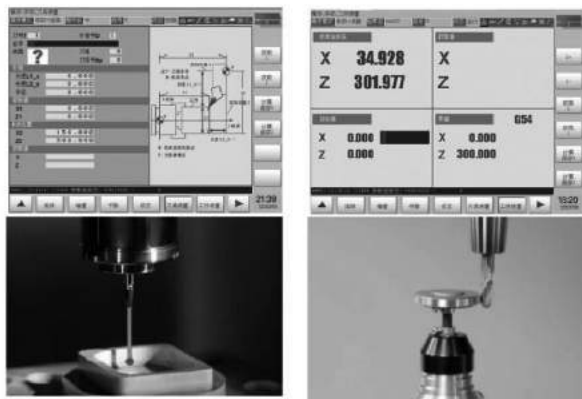


图14 飞阳数控人机界面和测量功能

发力就更加难。突破是点,发力是面。发力至少要有足够的市场占有率和能量,至少能够取得国内用户的认同,相信你的品牌,部分挡住高端数控机床的进口。进一步是走向世界市场,与著名机床品牌平起平坐,令人起敬。

衷心期望，到“十二五”末，在总结“十二五”规划时我们向这个目标跨近了一大步。

六、未来趋势和展望

我们要成为机床强国，还有一段很长的路要走。我们在探索未来趋势时，不要只认为国外的机床新产品就一定是趋势，知其然不知其所以然，应该多追问为什么。

例如，大约10年前Mori Seiki提出重心驱动，解决办法是双丝杆驱动（其实双丝杆也无法将驱动力完全合成到重心上），并把这一技术作为第一核心技术。可是2010年该公司推出的XClass新系列机床，放弃了双丝杆驱动，改用单丝杆驱动，但在机床配置上并没有放弃重心驱动原则。凡事不能够照葫芦画瓢，多想想有没有更好的办法来解决面临的问题。

最后，从社会、经济发展的大趋势来看，机床作为生产工具和用能产品，其产品创新今后若干年的焦点可以概括为以下4个方面：

（1）生态机床。绿色制造是可持续发展的前提。机床作为制造装备必须体现节能减排、以整体效益为本的评价标准。多年来，精度、速度、功率等测度的机床能力指标是机床产品的主要追求目标。当前在阻止环境恶化的压力下，工业生产需要全方位地降低对环境的负面影响，机床的发展方向也应该从提高能力指标转变为提高效益指标，以更少投入获得更多产出。例如，通过移动部件轻量化可以达到减少驱动功率的消耗，配合先进刀具、工艺过程和切削液可以减少废弃物排放。

（2）聪明机床。基于互联网和计算机技术的智能化是机床进一步延伸人的脑力的体现。智能化可以提高机床工作的稳定性和可靠性。聪明机床能借助各种传感器对自己的状态进行监控，自行分析与机床状态、加工过程以及周边环境有关的信息，然后自行采取应对措施来保证最优化的加工。换句话说，机床已经进化到可发出信息和自行进行思考及调节。例如，能减小振动的主动振动抑制，能控

制热位移的智能热屏障，能防止部件碰撞的智能安全屏障、语音提示和短信通知，以及按照加工要求帮助选择切削参数等。

（3）客户化。从大批量生产向大规模定制转变是制造业总趋势，机床产业也不例外。“当好用户的工艺师、为用户创造价值”不是一句空话，用户生产的产品是不同的，对机床设备的要求也当然各异。例如，复合加工机床的目标是一个复杂工件在一台机床上加工完毕，不同工件有不同的工艺过程和加工方法，复合机床的配置就应该有所不同。可以预见，相当一部分只专注生产和销售传统通用机床的企业将被为用户提供模块化、可重构、柔性化的全面解决方案的竞争者所逐步取代。

（4）软硬结合。已经是互联网+物流网时代的今天，机床越来越与信息化和软件有关。机床不仅是一台生产设备，更是工厂网络中的一个接点。在网络中，机床能够与生产管理系统、刀具和物料管理系统，甚至与机床制造商、刀具供应商建立联系，自动处理生产中出现的問題。

七、结束语

想用几页纸、片言只语概括我国机床工业的60年太难了。笔者只能从自身的经历和感受，从一个侧面描绘她的身影和寄予的期望。不妥之处，敬请指正。

参考文献

- [1] 李建 黄开亮. 中国机械工业发展史, 机械工业出版社, 北京, 2001
- [2] 中国机床工业年鉴, 机械工业出版社, 北京, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010,
- [3] 毛予峰. 中国机床产业的现状和发展趋势, 世界制造技术与装备市场, 2010 (6)
- [4] 龙兴元. 谋势, 布局, 突破, 靠科技创新推动转型升级, 世界制造技术与装备市场, 2011 (3)

从 CIMT2011 看金切刀具的发展 (上)

中国机床工具工业协会工具分会秘书处

现代金属切削刀具(以下简称金切刀具)追求的主题就是高效率、高精度、高可靠性和高寿命。而面对以航空航天行业为代表的机械加工中难加工材料的广泛应用,针对难加工材料的新技术也成为新的热点;随着常规材料加工的刀具技术日趋成熟,刀具研发特点更加注重经济性。从机械加工行业角度看,各品牌刀具技术日趋成熟,产品制造、研发水准日益接近,行业的整体解决方案成为新的竞争热点;从服务环节发展看,刀具服务已经从围绕刀具应用服务延伸到了刀具管理、加工工艺等领域。这些显著的特征令人印象深刻。

在CIMT2011上,国内外金切刀具厂商展出的刀具产品,可谓琳琅满目,品种繁多,充分展示了当代金切刀具的现状和发展。

一、围绕难加工材料的刀具新技术成为热点

现代工业中,特别在航空工业领域,难加工材料如复合材料、高温合金以及钛合金,以其独特的材料特性正得到越来越广泛的应用,同时也因其复杂的被加工特点,逐渐成为切削技术的重大挑战。而在本届展会中,针对一系列难加工材料的加工特点,各大刀具企业也展示了其在该类材料切削加工领域的最新成果。

1. 复合材料的加工

在现代工业中,复合材料正扮演着越来越重要的角色。复合材料具有极佳的强度重量比,能够形成复杂的零件形状。与铝合金相比,碳纤维增强塑

料(CFRP)的抗拉强度通常可高达14倍以上,而其热膨胀系数还不到铝材的1/19;此外,其刚度可高出5倍以上,重量仅为铝合金的一半。在某些部件的制造中,复合材料正逐渐成为航空工业中铝合金材料的重要替代品,在未来的汽车行业中也必将发挥极其重要的作用。

复合材料加工导热性差,使刀具承受大量的切削热,同时在加工过程中极易产生大量的毛刺。来自瑞典的山特维克可乐满(山特维克可乐满)公司针对复合材料的加工特点,开发出的适合高树脂或高纤维含量复合材料加工的CoroMill® R钻头系列(见图1)。该系列钻头的钻尖构形降低了起毛、分层和纤维碎裂的危险,保证了复合材料孔加工质量,能满足严格的孔公差及表面粗糙度的要求。



图1 CoroMill® R钻头系列

SECO（山高）公司也在本届展会中展示了其在复合材料加工上的不俗实力。SECO公司推出的最新应用于复合材料加工的Jabro™JMC800复合材料铣刀系列（见图2），在刀具结构上最大限度地消除了纤维断裂和脱层，改善了边缘的表面粗糙度。同时其涂覆的DURA金刚石涂层，具有极低的表面粗糙度和极高的基体粘着性，有出色的抗热耐磨性能，是复合材料加工的理想刀具。



图2 Jabro™JMC800复合材料铣刀系列

2. 钛合金、高温合金的加工

在航空结构材料上，钛合金、高温合金的应用也越来越广泛。钛合金比强度高、热强度高、有较好的抗腐蚀性能、导热系数低、低温性能好。钛合金的规模化生产量以每年8%的速度增长，其大规模替代铝合金材料的趋势已经呈现。而高温合金在600℃以上的高温条件下，仍能保持良好的强度、疲劳性能及断裂韧性，已成为航空发动机、燃气轮机耐热部件的首选材料。但钛合金、高温合金在被加工性能上表现为切削温度高、切削力大、冷硬现象严重，这些性能都给切削刀具带来了极大的挑战。

在高温合金、钛合金的加工方面，SECO公司适合加工高温合金的超硬刀具（牌号CBN170）是世界上首款陶瓷晶须强化的PCBN材质，可用以满足镍基高温合金零件精加工表面粗糙度、公差和切削长度的苛刻要求，大幅提升了高温合金加工的刀具寿命。

SECO公司的JHP780整体硬质合金立铣刀拥有

不等齿距的排屑空间，有效地避免了加工振动，同时采用了双重芯部技术（见图3），在增大容屑空间的同时可承受更强的切削力，增强了刀具的抗变形能力。

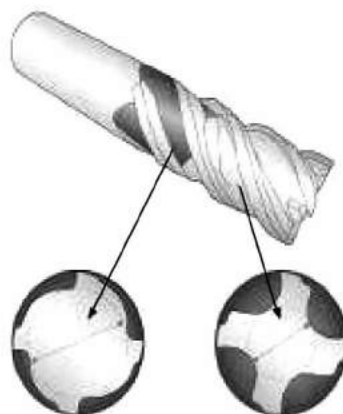


图3 JHP780双重芯部技术

山特维克可乐满（山特维克可乐满）公司的Coromill® R690钛铣削用新型螺旋铣刀（见图4），每一个刀座都有高压冷却（HPC）装置，相对于普通的冷却，HPC技术的应用能够使刀片寿命延长近一倍，有效地避免了切屑熔接。采用类似结构还有日本MITSUBISHI（三菱）公司的钛合金铣削新品



图4 Coromill® R690钛铣削用新型螺旋铣刀

VFX系列螺旋铣刀,粗加工钛合金的最大排屑率可达 $400\text{cm}^3/\text{min}$ 。

3. 常规材料加工刀具设计更注重经济性

在后经济危机时代,随着常规工业产品加工附加值的不断紧缩,降低耗材成本也成为了机械加工企业迫在眉睫的需求。从本届展会的刀具展品来看,增加单片刀片切削刃数量、开发可换头式刀具,已经成为减小刀库容量、降低加工成本的主流选择。

在刀具的结构设计上,各公司产品发展方向之一即是增加铣削刀片的可用切削刃,以达到降低单刃成本的目的。如SECO公司推出的DOUBLE OCTOMILL“双面王”铣削刀片(见图5),拥有16个可用于粗、精加工的切削刃,经济性极佳,特殊的定位销设计(见图6),在轴向和径向上极好地保证了重复定位精度。而同样旨在为客户提供高经济性铣削刀具的,来自国内的刀具企业株洲钻石切削刀具股份有限公司,也同时推出了拥有16刃的FMA07“飓风”系列面铣刀(见图7)。

异于传统的两刃、四刃的方肩铣削刀具,SECO公司的SECO AWUARE 6魔方刀具(见图8),



图5 SECO DOUBLE OCTOMILL “双面王”

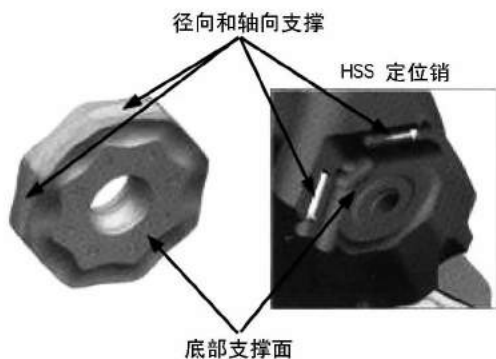


图6 DOUBLE OCTOMILL “双面王”定位销设计



图7 株洲钻石FMA07“飓风”系列铣削刀具



图8 SECO AWUARE 6魔方方肩铣刀

采用了一款三角形的数控刀片,双面共有6个可用切削刃。无独有偶,TaeguTec公司也展出了六刃经济型方肩铣刀。在高经济性铣刀的发展道路上,在保证加工效率与质量的前提下,多切削刃无疑将是一大发展亮点。

作为缩短线下换刀时间、节省企业刀具采购成本的重要技术,可换头式刀具的开发也在近几年成为刀具研发的热点。株洲钻石首次推出了应用于模具、汽车、能源、航空等多产业的“灵狐”系列可换头产品(见图9),通过高精度全螺纹曲线面接触,将重复装卸跳动控制在 0.02mm 之内,使用一个刀杆即可完成产品粗加工到精加工的全过程。



图9 株洲钻石“灵狐”系列可换头式铣刀

WALTER公司的模块式整体硬质合金刀具系统Con-eFit™,更是集合了整体硬质合金粗加工、精加工、三维轮廓和型面加工等多种功能。

车刀方面, MITSUBISHI的GY系列新型槽加工车削刀具,采用横向、前面、上面三个方向的TRI-LOCK锁紧机构(见图10),使模块式槽刀锁紧刚性大幅提高,通过多种刀柄与模块的组合,可以实现各种加工方式,实现了刀具的最大集约。

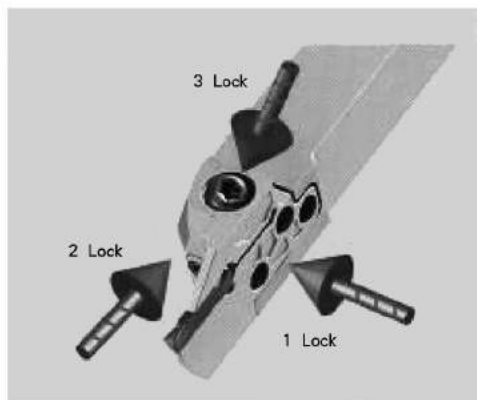


图10 采用三向锁紧的 TRI-LOCK锁紧机构

在孔加工领域, MAPAL公司推出了一款TTD可换头式钻头(见图11),通过更换带内冷孔的钻尖,可以重复使用昂贵的内冷钻杆,从而达到降低损耗、节约成本的目的。



图11 MAPAL公司TTD可换头式钻头

二、刀柄和接口技术向着可靠性、可调节性、高精度发展

作为机床与切削刀具的连接纽带,刀柄及接口技术一直是机械加工刀具最为重要的组成部分之一,刀柄的刚性、精度,也直接影响加工质量的好坏,以及切削刀具乃至机床的使用寿命。

美国Kennametal公司推出了最新的接口装置KM4X(见图12),能够提供最大的刚性,这种高过盈量+高夹紧力的联结方式,保证了从低到高的主轴转速下系统的稳定性。



图12 KM4X接口系统

德国的专业工具系统生产企业Schunk(雄克)公司的新一代TENDO E compact多功能液压刀柄,其扭矩高达900Nm($\phi 20\text{mm}$),回转精度可保持在0.003mm以内,在保证回转精度的同时,可以满足传统ER弹簧夹头刀柄、热缩刀柄所无法达到的大切削量加工,也可用于铰、钻、倒角、攻丝等多种工艺加工。

在减振刀柄的开发上,推出了一种独特的Steadyline减振系统。动态减振组件安装在Steady-line面铣刀柄前部。减振组件可以抑制由切削刀具传动至刀柄的振动,防止振动沿刀柄传播,从而减小刀具的弯曲。基于该项技术开发的刀柄,可执行典型的长悬伸加工,以获得更理想的表面粗糙度和生产效率。

SECO公司在刀柄技术上的另一个亮点,是其推出的AXIASETTM长度可调式面铣刀柄(见图13)。AXIASET是一种配有长度调节环的面铣刀柄,



图13 AXIASETTM 长度可调式面铣刀柄

可在 $\pm 1.5\text{mm}$ 范围内简捷、可靠地调节Z轴长度。该款刀柄的刚性与整体式面铣刀柄几乎不相上下,调节精度高达 $20\mu\text{m}$,相比于传统的主轴备选解决方案,具有高效率和经济性。(待续) □

从CIMT2011探索立式加工中心的发展

成都普瑞斯数控机床有限公司 肖 红

2011年4月11日至16日，CIMT2011第12届中国国际机床展览会在北京隆重举行。9个展览馆、12万平方米的展览面积均创造了CIMT的纪录，即便如此仍然有众多的展商无法参展。约有50%的国外展商参展，昭示着中国巨大的机床需求市场深深吸引着全世界机床制造商的重视。

这样的盛会，对我们这些从事机床制造的从业者来说，无疑是一次难得的观摩和学习的好机会，对我们今后的工作乃至中国机床的发展都具有相当积极的意义。

一、立式加工中心经典结构依旧却又风格各异、百花齐放

我们习惯将主轴垂直布置的加工中心称之为立式加工中心，其中十字滑台式的立式加工中心在中国现阶段的制造业中，仍然是应用最广、性价比最高的机型。虽然说中国已经是世界最大的数控机床消费国，但还不是最先进的数控机床的消费国和制造国。这就是为什么经济实用的十字滑台立加虽然在人们眼中已不是高端的数控产品，但却依然还有着旺盛的市场需求的主要原因。即便是像米克隆、牧野、马扎克和森精机这样世界知名的企业，面对中国这样的市场需求也不得不很“屈尊”地展出其HEM800、PS65、NEXUS515C-II L和NVX5080/40这类的传统十字滑台立加。

但是随着数控技术的发展、功能部件和机床结构的创新，立式加工中心的概念早已不再只是我们的熟悉的经典的十字滑台结构的加工中心。机床功

能复合化、结构设计模块化、转速进给高速化、易排屑、易接近、环保节能等，已给立式加工中心赋予了更为丰富的内涵，呈现出百花齐放的局面。

在本次展览会上，我们可以看到中国大陆、台湾地区、韩国和以哈斯为代表的众多美国企业的立加仍然坚守着十字滑台的结构，并使之成为各自的主导产品，而欧洲和日本的企业基本上已很少采用十字滑台式立加的结构。从展品上看，总体上感觉美国人在机床结构的创新上兴趣不是很大，倒是体现出对传统结构的固执和坚守，以及对实用的无比重视。即便如此，我们还是发现本届展览会很多的十字滑台立加都不约而同的配置上了提篮式的A、C轴转台，将普通的三轴立加变成了五轴联动加工中心，如哈挺的XR760ECO、赫克的VMX30U（见图1）以及台湾地区一些企业的机床。虽然还不知道这样的配置在市场上有多大的需求，但不可否认的是，这种有点“快速致富”味道的三轴变五轴的方式，还是大大地拓展了传统立加的加工范围。



图 1

另外，一种以牧野、安田、大隈等日本企业为代表的被称之为门壁式的立式加工中心，其结构特征是工作台横向布置，纵向Y轴移动；滑鞍上置X轴移动，其导轨面垂直布置，主轴箱只做上下直线移动。这种结构工件只做单轴移动，工作台全行程支撑，无翻转倾覆现象承载能力强，稳定性好；主轴悬伸短，热变形小，机床整体刚性强，而且工作台还可以模块化地设计成A-C轴提篮式工作台，特别适合精密的模具和精密零件的加工，在台湾地区的工具厂中产生了一大批的追随者。如展览会上的牧野的F3立式加工中心和友嘉的B800 A-5X五轴立式加工中心（见图2）。

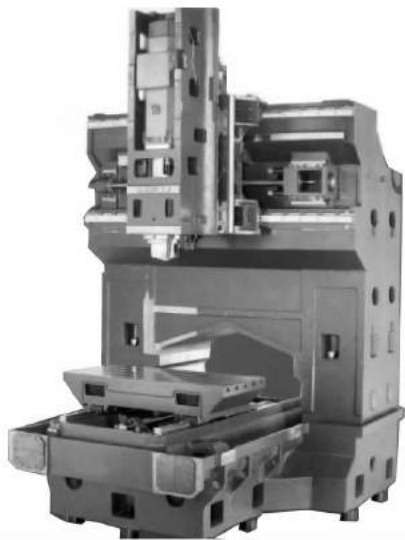


图 2

说到立式加工中心，我们不能不提到动柱式立式加工中心。动柱式立式加工中心在欧洲、日本以及美国都有着广泛的拥簇者，早在2007年的EMO展我们就曾经见识过欧洲的不少厂商推出的此类产品。固定的细长工作台带来更大的承载能力，特别适合细长类汽车及航太零件的加工。如果需要，特殊设计分隔装置，又可将细长的加工区分为两个区域，实现交替式加工，提高生产的效率。同时，在矩形工作台上内嵌DDR回转工作台，搭配偏摆铣头，又可很容易地将机床变成五轴联动加工中心。这种结构的机床导轨丝杠防护效果好，同时具有不受工件大小轻重影响的极稳定的动态响应特性。这种结构的立加在近2年的台湾地区出现了不少。如

本次展览会展出的MAG的FTV2500、DMG的DMF系列产品（见图3）。

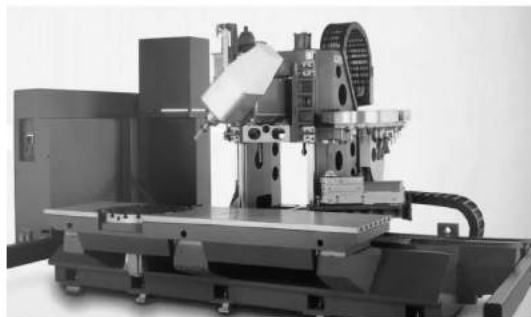


图 3

还有一种结构形式就是以欧洲的哈默、米克朗等为代表的龙门桥式（也有称之为天车式）的立式加工中心，这种机型最早出现在2007年的EMO展，现在越来越多的企业在采用这样的结构。与门壁式结构立加相比，其移动的三轴全部布置在加工区域的上方，下方的工作台部件高度模块化设计可搭配固定矩形工作台、B-C转台、A-C转台等。如参展的哈默C40U（见图4）、米克朗的HPM800U，以及森精机的NMV3000DCG、威力的UG800等机型。

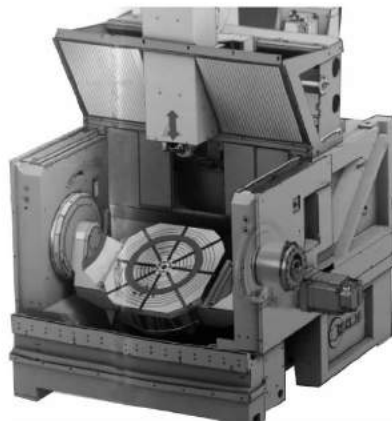


图 4

再有就是DMG的DMC 635 Veco系列C型滑枕式立式加工中心（见图5），工作台横向布置X向移动，滑枕纵向布置前后移动，这种结构的主轴适合采用电主轴型式，而其X向的进给竟然还在采用现在绝大多数厂家都已很少采用的同步皮带进给传动。虽然DMG称之为立式加工中心标杆，森精机称其为确立世界高性价比新标准的机床，但是我更

愿意将它看成是DMG为了适应低端市场而推出的经济型立式加工中心。



图 5

在近几年的展览会上，还有一个很特别的立式加工中心系列——钻铣加工中心，没有怎么引起人们过多的注意。实际上在IT、3C等产业的带动下，该系列机型迅猛迅速，以日本brother、国内普瑞斯（见图6）、沈阳机床以及台湾的企业为代表。该系列机床以X向行程300、500mm为主流，采用高速直结式主轴、联动的快速刀具交换和高速的快速移动速度等为主要特征，侧重于对汽车、3C、IT产业的小型有色金属零件进行高效精密的加工。其刀对刀的换刀速度最快达到了0.8s，也可以说是立式加工中心浓缩后的精华了。



图 6

二、亮点展商及展品评述

DMG依旧和以往的每次展览会一样，参展的各个产品真枪实弹，气场十足，成为整届展览会的明星。虽说其展出的加工中心中不乏过往的老面孔，但是展出的两款全球和中国首发的高水平五轴联动立式万能加工中心DMU 65 monoBLOCK和DMU 60 eVo也算是为展览会添彩不少。客观地说，每届展览会深谙概念之道的首当其冲的就当属DMG了。主轴还是那些主轴，转台还是那些转台，可是不断变化着的duoBLOCK、monoBLOCK、eco、eVo等概念，让人目不暇接，在这方面与之不相上下的就算后面要谈到的森精机了。当然，这些概念的诞生往往也是伴随着不断的技术创新，以及性能的提升。

以往DMG更多的是以其独到丰富的铣头如偏摆铣头、立卧转换万能铣头、叉形铣头等搭配回转工作合作为其看门绝技的，随后逐渐发展到立式主轴搭配B-C悬臂式工作台型式，再发展到今天的DMU 65 monoBLOCK。可以看到该公司也是在不断地学习和吸收一些好的技术，并不墨守成规地坚守自己的东西，这是创新所必须具备的素质。

全球首发的DMU 65 monoBLOCK（见图7）抛弃了DMG惯用的B-C轴悬臂式组合工作台设计，采用刚性更好、承载能力更强的A-C轴提篮式工作台，一体式铸造的底座立柱结构，搭配高达288Nm的大扭矩电主轴，实现高效精密的加工。同时采用优异的排屑结构设计，让切屑直接落在排屑器上排除。虽然同样是五轴立加，但是由于其采用了和前述的米克朗、哈默等五轴立加的龙门桥式结构不同的设计，其外形更加紧凑、占地面积也更小。由于其X向滑鞍为了确保Y向的行程而做的很长，有点类似于我们十字滑台的悬臂很长的主轴箱型式，所以其热变形及切削的刚性相对于龙门桥式结构的可能会差些，当然龙门桥式结构的占地面积也会大很多。因此有时候创新也是一柄双刃剑，利弊总是如影相随，一切全在产品的定位、对切削加工对象、切削加工性能等众多因素中权衡取舍之间。



图 7

向中国首发的DMU 60 eVo (见图8) 依然也是一体式铸造的底座立柱结构, 依然是DMG熟悉的B-C轴悬臂式组合工作台, 但由于B-C轴心连线采用与X轴45°夹角布置而非常用的90°的方式, 使得机床Y向的尺寸得以减小, 结构更为紧凑, 占地面积也更小。由于其上部三轴直线移动部分的结构类似于龙门桥式结构, 其主轴的刚性相对来说是比较好的了, 但是B-C轴的刚性又逊色一些了。我估计下次说不定DMG就会推出一款这两款机型的结合体型。



图 8

在以往各届的展览会上, 能与DMG在展台规模、展品数量以及新产品创新上一较高低的大概就

属森精机了。据说DMG和森精机已经彼此控股, 具体的佐证就是在展览会上, 以往DMG的DMC635V eco立式加工中心换了一件衣服就变成了森精机的DuraVertical635eco立式加工中心, 看来是彼此共享机型。在展览会上森精机推出了其研发的EOD机床在线学习系统, 提前对用户进行培训, 确保机床安装到位即可投入运行。展出的NMV3000DCG高精度五轴立式加工中心 (见图9), 依旧沿袭了森精机独有的重心驱动、正八角形滑枕和DDM以及Top Box in Box等技术, 搭配力矩电机B-C转台, 可实现航空航天等领域叶轮的精密加工。

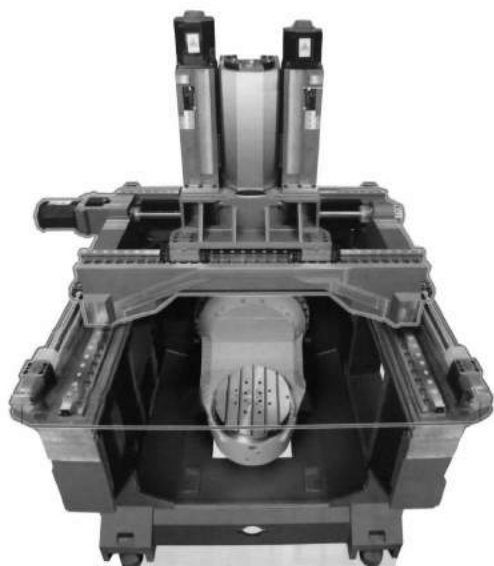


图 9

森精机展出的NVX5080/40高精度、高速立式加工中心 (见图10), 经典的十字滑台结构, 三向滑动导轨设计, 但是其Z轴主轴箱的导轨方式却和一般的立加的设计相反: 导轨设计在主轴箱上, 压板设计在立柱上并全程支撑。这样的方式在牧野的V33i门壁式精密立式加工中心上见过。按理说, 这样的结构对导轨的防护是不利的。这是为了更好地保证加工的精度? 为了增加主轴箱的导向长宽比, 提高主轴箱的导向精度? 为了减轻主轴箱的自重? 也许这些因素都有吧。

马扎克的FJV-35/60 II 小龙门立式加工中心 (见图11), 是其历史上的畅销机型, 在2009年的CMT上已露过其尊容, 但是本次展览会上的机型

却有闪亮之处，即：配备创新结构的角度头（见图12）和角度头固持机构，实现工件四面连续加工。其特点是：角度头上除了设计有标准的锥柄和拉钉以外，还在角度头的周边均匀设计有3颗小型锥柄和拉钉，配合主轴上设计的独特三点辅助夹持机构，大大提高了角度头的固持刚性，可以实现高达14kW的角度头的强力铣削，在这样规格的小龙门立加和直角铣头上可是不曾有过的铣削能力，大大地提高了小龙门的加工能力。可谓老酒换新瓶，依旧醇香。



图 12

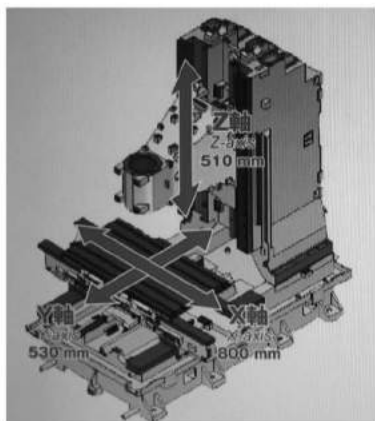


图 10



图 11

牧野在行业里一直是以含蓄和精密的形象出现的。虽然其产品的炫目程度不及DMG和森精机等，但是其产品一直给人精密可靠的感觉，尤其是在精密的模具、零件加工以及航空领域。牧野展出的D500五轴立式加工中心（见图13）在2009CIMT和2011的台北国际机床展上都曾展示过。其设计的总

体理念是：克服各轴本身精度误差的累积，实现重负荷下的顺畅加速。机床采用龙门框架式结构，与其他五轴机床的A-C转台的A轴与移动轴垂直布置的结构设计不同，其亮点是A-C提篮式转台的A轴轴心与移动轴（X轴）平行设计（见图14），这就有效克服了X轴高速移动时转台和工件的惯量沿A轴轴心线摆动产生的转角误差。另外，注意到机床还有应用到牧野的一项非常有特点的专利技术：贯穿主轴冷却液吸回功能。其原理是机床在冷却泵停止工作的同时，瞬间回吸出主轴和管路里的残余冷却液，即便是马上进行换刀，冷却液也不会从锥孔流出，始终保持主轴锥孔的清洁度。这是一个我们机床制造厂和用户感到头疼却又没有解决好的问题。技术创新有的是能让你很直观的一眼就能看见的，可我更钦佩的是那些你看不见但却能给你带来实在益处的技术创新，这样的企业也是值得尊敬的。



图 13

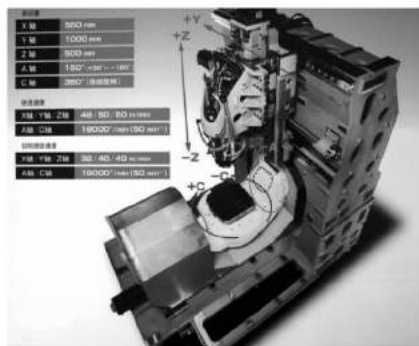


图 14

据说是首次在中国参展的美国品牌MILL-TRONICS (米超力), 其展示的系列立式加工中心, 在X向的丝杆导轨方面有些独特的地方。让人印象深刻的是, 其展出的TT24龙门式立式加工中心 (见图15), 三位两工作台直线交换方式, 采用独特的一体式X向导轨防护罩设计, 防护罩固定不动, 两个相互交换的工作台在防护罩上滑动, 实现了导轨和丝杠最佳的防护! 当然其不利的一面就是装卸工件的位置在机床的两端, 让操作者增加了更多的往返移动距离以及由此带来的坏件和零件的分散布置。



图 15

米克朗参展的HPM 800U精密五轴联动加工中心 (见图16), 采用和哈默C系列一样的龙门桥式结构设计, A-C轴大扭矩力矩电机驱动提篮式转台, 同时还采取了独特的后置内藏式的C轴托盘交换系统设计, 可实现不间断的高效加工。同时机床还搭配了APS智能加工模块, 其作用是可靠监测、显示铣削振动并及时优化调整机床切削的参数, 确保精密加工。在台湾的丽驰卧加等机型上也有类似功能

的智能主轴系统。



图 16

在巨浪的设计理念里, 高效一定是其重要的准则之一。其参展的FZ 12KW高精密切削立式加工中心, 采用人造大理石床身、动柱式结构设计, XYZ三向直线运动全部上置。为了实现高效加工, 机床采用双主轴 (15000r/m)、交换工作台、每个工作台为A-C轴转台、每个A-C转台集成双位C轴转台、高达0.6s的链式刀具交换机构等, 可以说是我们所见过的追求高效加工配置的极品。

在E5展馆一个不起眼的展位, 德国Licon mt公司展出的LiFlex 1 1277 2U 五轴回转加工中心非常有特色, 双卧式主轴和双刀具交换系统, 转台中间的转台再加双位回转结构, 可用于转向节等复杂零件空间尺寸的高效加工。展位明文要求不许照相, 这在中国参展的欧洲企业中倒是不多见的, 从中可以看出其结构技术的独特性, 以及担心被模仿的警惕性。

此外, 现在的立式加工中心已经非常注重节能和环保, 比如机台式油水分离结构设计, 减少油液混合, 延长冷却液使用寿命等; 减少待机时的耗气量、耗油量, 自动照明灯熄灭功能和程序结束自动停止排屑器等功能, 再加之上一些主轴智能化加工的功能, 让我们感觉以前天天见面的冷冰冰的机床仿佛也有了思考的能力一般。

三、中国机床还需努力

每次展览会尤其是CIMT闭幕后都会有很多的

感触。对比西方那些先进的机床结构设计、精美时尚的工业造型设计、精致的制造工艺，我觉得我们大陆的机床业同仁们还需要付出更多的努力。这样的展览会，对我们正在学习和进步过程中的中国机床行业来说，真的是非常重要的。

不可否认的是，欧洲和日本的机床企业依然扮演着技术创新引领者的角色，其产品的技术水平依然是处于绝对的领先地位。我觉得欧洲和日本的这些机床企业之所以能够取得这样的成就，很重要的一点就是因为他们始终坚持着创新的理念，并将创新和用户的需求紧紧地联系起来。我们应该感谢这些企业投入巨大的人力物力进行技术创新，引领着世界机床行业和加工制造业的技术进步。

从单纯的技术层面来看，我体会最深的是，这些年来欧洲和日本的控制系統、电主轴、多轴复合铣头、高速高扭矩力矩电机组组合转台、直线电机驱动等关键功能部件技术的发展和成熟应用，极大地拓展了机床设计的思路，让人觉得他们的研发人员好像可以随心所欲、天马行空般地释放他们的设计灵感。而这些关键的功能部件技术的滞后恰恰就是制约中国机床进一步提高的瓶颈。在这方面，我们可以看到隔海相望的台湾地区的机床同行们，无论是工具机厂还是功能配套件厂，做的就比我们好很多。

台湾机床企业是比较早就接触西方先进的技术、管理理念，以及开展密切的技术合作的。很多的机床厂、配套厂都曾为西方的先进国家OEM代工，虽然其技术当时不一定是最先进的，但这却大大改变了他们的理念、管理方法，缩短了与先进技术的差距，同时通过自身的努力也逐渐得到了西方国家的认可和进一步的更高水平的合作。

台湾机床企业有个很明显的特点：因为各种原因他们很多企业之间彼此都有些血脉渊源瓜葛，虽然彼此能和谐的共存，但是他们之间还是存在着激烈的竞争。在激烈的竞争环境中，他们所面临的生存危机感和紧迫感，带给他们旺盛的跟随创新能力，你有的我也要有，而且往往是青出于蓝而胜于蓝，比如丽驰、威力、罗翌、盛钰等这些新生力

量，这从另一个方面也促使了台湾机床的不断进步和发展。

同时，台湾机床企业对新技术极度的敏锐并善于吸收学习。以前台湾企业是一直比较跟随日本技术的，比如其卧加。但是随着其自身技术水平的提高和全球合作交往的密切，他们也在逐渐的学习借鉴和追随欧洲的技术。根据我的观察，欧洲最先进的一些机型和技术，3~5年左右就会在台湾的企业出现，如2007年EMO展上的偏摆铣头加镶嵌DD回转工作台式动轴立式加工中心和哈默的C系列等结构的五轴联动加工中心，这些都已经台湾的企业产品中能够看见。

这几年台湾的关键配套件也取得了长足的进步，如B-C轴转台、A-C轴转台、B轴摆动铣头、力矩电机转台等，加之其深厚的刀库、主轴、丝杠等关键功能部件的配备能力，为台湾的主机厂开发新结构的产品提供了有力的支持。

以上这些因素都使得台湾的机床行业现在处在一个水平较高的地位。从本次展览会上展出的丽驰的LU620（图17）、威力的UG800（见图18）五轴加工中心，其先进的结构设计、良好的工业造型设计、精致的制造工艺使我们已经能够依稀看见DMG、森精机等品牌的影子。而以往台湾企业少有涉及的大型落地镗铣床，我们从展览会上也看见不少，同时其大型落地镗铣床用主轴系统、刀库系统、转台系统等都发展很快，相信将会给国内的现有企业带来不小的冲击。



图 17



图 18

说了台湾机床这么多，是因为我觉得中国机床行业（不光是立式加工中心）现阶段要面临的主要竞争对手还不全是西方的机床行业，而应该是我们身边的台湾地区的机床同行。其实从第一阶段ECFA早收清单里，大陆方面没有立即放行立式加工中心等综合加工机，以及刀库、主轴、转台等功能部件，就可以看出其潜在的对我们机床行业的巨大冲击。

虽然中国的机床制造已经取得了长足的进步，但是我们要清醒地看到这些长足的进步是相对于我们之前很低的水平而言的，并不代表我们的水平就已经高到什么程度了。可能我们在一些技术精度指标方面已经和先进国家的水平差距很小了，我们在一些大型的关键的装备制造上也突破了难关，实现了自给自足。但是整体的中国机床的创新还是不够的，我们更多的还是处于跟随和模仿的阶段，鲜有首创和填补国际空白的创新，其实这样的问题也存在于台湾地区的机床行业。而且即便是有了形似的产品，在神似方面依然存在很大的差距，比如机床在高速状态下的稳定性、可靠性、精度保持性等方面。这是任何一个国家发展都必须经历的过程，关键是我们要有追赶上去的紧迫感。

客观地说，展览会上我们国产的立式加工中心少有很突出的创新亮点，特别是我们的一些重大专项项目不管产品的性能、外观的设计制造都还有很多不足之处。如果我们还一直抱着自大的心态（我们的企业规模大、我们的产品体积大、我们的

市场巨大）、沉溺于“井底之蛙式”的沾沾自喜中、奔波于项目圈钱的活动，那我们早晚会被我们的台湾同行抛得远远的，更不用说追赶西方先进的技术。国家的庇护不是永久之策，尤其是ECFA的签署并分阶段实施就是最好的例证。

中国机床的进步当然要有我们机床同仁们共同努力的问题，但是也需要我们国内一些高端的用户们能站在全局的观点，为我们中国的机床产品提供更多的平台进行验证和改进进步，即便付出一些代价也要这样去做。否则中国高端的市场永远会被西方的产品占领，机床制造厂也会逐渐丧失追求更高技术创新的积极性。

特别想要强调的一点是：中国的机床功能配套件进步太小，尤其是数控系统、电主轴、力矩电机驱动复合转台、丝杠、线轨、转台、刀库、轴承等等，和台湾的功能配套件的差距真的是全面的，这也不难理解为什么一些核心关键的功能部件几乎被台湾占领了大部分市场的原因，高端数控系统几乎被西方国家垄断。我们千万不要有“中国的市场巨大，大到什么样水平的产品照样都可以有市场”的想法，而放弃对更高水平的创新。不妨把我们隔海相望的台湾同行当作目标，学学他们那种紧迫的压力感，对新技术、对市场的极为敏锐性，对待工作的严谨性。

从2011年台北国际机床展览会上可以看出，ECFA的实施后很多的欧美日企业以及新兴的经济体国家已经纷纷加强和台湾地区机床企业的合作，谋求通过ECFA的优惠政策获取更大的利益，今后国内立式加工中心企业将会面临更加激烈的竞争。

四、结束语

展览会我们能够看到的展品更多的是外部的结构和一些文字性的表述，产品具体的性能应该是更多地需要我们的用户在实际的使用中加以体会和评价。以上评述和看法更多的是根据个人的体验和理解之词，不一定准确和客观。相信凭借我们中国人的聪明才智，中国迈入世界先进机床制造行列的日子是不会太远的。□

第十二届中国国际机床展览会 (CIMT 2011) 量具量仪展品述评

中国机床工具工业协会工具分会秘书处

量具量仪产品也统称为几何量测量器具。作为机械制造业的眼睛,测量技术已经成为制造业的核心技术,测量仪器已经从配套设备转变为制造业的核心组件。在近几年展会上,量具量仪产品均受到了参展方和观众的明显重视。据粗略统计,在CIMT 2011展会上亮相的中外量具量仪生产、贸易企业共有80余家,涵盖了国内外知名的公司、厂家,如海克斯康(HEXAGON)、瑞士丹青(Dantsin)、意大利马波斯(MARPOSS)、英国雷尼绍(RENISHAW)、德国海德汉(HEDIENHAIN)、日本三丰(Mitutoyo)、哈量、成量、青量、桂量、桂林广陆和成都工具研究所等。

一、CIMT 2011展会简述

本次展会的量具量仪展品主要集中分布在E1、E5、W3、W4四个展馆,参展的80余家中外量具量仪生产、贸易企业展出了当今最为先进的各类产品。展品从卡尺、指示表和千分尺等简单量具及相关部件、配件,到万能工具显微镜、影像仪和大型三坐标测量机、激光跟踪干涉仪等高精度数字化测量仪器;各类量具量仪新产品应有尽有,新技术层出不穷。

海克斯康(HEXAGON)计量产业集团作为当前世界最庞大的测量技术集团,在这次展会上占据了E1馆的显著位置。其展品集中了该集团旗下的Brown & Sharpe、DEA、LEITZ、Brown & Sharpe前哨、Romer、m&h、TESA,以及著名的测量软件

PC-DMIS专业开发商WILCOX等品牌的具有代表性的产品,如三坐标测量机、复合传感器影像测量系统、关节臂测量机、三维扫描测头和通用量具等。以生产多种高水平触发式坐标测头闻名的英国雷尼绍(RENISHAW)公司的展台在W3馆。该公司这次以其新开发的PH20机动测座和EQUATOR多功能比对仪作为重点推介产品,在其展台中占据了重要位置。瑞士丹青(Dantsin)公司代理了众多世界著名量具量仪生产厂家的产品,这次展会以“北京丹青瑞华科技有限公司”的名义出现在E1馆。该公司重点推介了瑞士TRIMOS公司新型的数显测高仪、荷兰IAC公司的螺纹综合测量机和德国WERTH公司复合式光学三坐标测量机。日本三丰(Mitutoyo)公司的展台位于E2馆,该公司展出的高速、高精度坐标测量机和非接触式线形激光测头很是显眼。另外,其他一些国外参展商的展品也很引人注目,日本尼康(Nikon)公司采用十字交叉非接触扫描专利技术的LK V系列坐标测量机,带激光扫描头的MCA II手动便携式关节臂测量机;意大利马波斯(MARPOSS)公司MIDA WRS无线电传输测头系统,提供79个频道,使用2.4GHz信号传输波段,在15m的距离中,自动搜寻最佳信号,让铣床、加工中心CNC控制器计算出工件坐标与尺寸,控制机床的切削加工;德国蔡司公司接触式测量与光学技术结合的O-INSPECT复合式光学测量仪;美国法如(FARO)公司具有多项独有技术的FaroArm Quantum测量臂;德国蒂雅泰斯(DIATEST)公司可测量小至 $\phi 0.47\text{mm}$ 孔径的测量仪,等等。

多数国内量具量仪生产厂家的展区安排在W4馆,其中,哈量的展区最大,CNC齿轮测量仪、三维表面粗糙度测量仪、桥式三坐标测量机,以及多款“凯狮”刀具预调仪占据了显著的位置;成量展区的新型MDG-31型电感式数字测微表、智能双啮仪、刀具预调仪显示了近年在量仪产品研发方面的进步,特别是MDG-31型电感式数字测微表,将笔式电感传感器与模拟及数显电感测微仪集成为一体,采用遥控操作和OLED显示技术,使指示表的技术含量和操作功能提升到了一个新的境界。

青量展区则突出了作为国内最大的千分尺生产厂家的实力,测量范围从0~25mm直至2800~3000mm;有机械的、电子的;有外径千分尺,有内径千分尺,还有变型千分尺;不少产品采用了IP65防护等级、2mm螺距丝杆、丝杆直进式等新专利、新技术。此外,桂量的测量范围达2m以上的大型卡尺、大型千分尺;广陆的防水数显量具;桂林安一公司的高精度步距规和带涂层的千分数显卡尺;哈尔滨先锋机电公司的新型无线电通讯测头系统;西安爱德华公司G100齿轮测量中心及多款坐标测量机、影像测量仪;天准公司的多款三维全自动影像测量仪;爱佩仪中测公司的CHXY系列单臂三维测量划线机等等,各具特色的展品丰富多彩,令人目不暇接。

雷尼绍、海德汉、马波斯、蔡司和哈量、西安爱德华几家企业还在本次展会组织的技术交流讲座上作了专题技术发言,介绍了各自产品的最新技术进展,赢得了好评。

二、新技术、新产品亮点

本次展会上,不少国内外的厂家都展示了自己瞄准制造业测量市场需求,采用新材料、新技术而研发出的新产品,给人留下了深刻印象。

1. 日本三丰高精度高速CNC三坐标测量机

三丰公司最新型的STRATO-Apex三坐标测量机采用了新的温度补偿和减震技术,实现了高速下的高精度扫描测量(见图1)。该测量机X、Y、Z轴



图1 日本三丰公司的STRATO-Apex三坐标测量机

测量范围分别达到905mm、1005mm、605mm,各轴采用空气轴承进行导向,仪器分辨率达到 $0.02\mu\text{m}$;在CNC模式下,各轴的驱动速度为 $8\sim 300\text{mm/s}$,最大合成速度为 519mm/s ,测量速度为 $1\sim 3\text{mm/s}$;其最大允许扫描探测误差 $\text{MPPE}=0.9+2.5\text{L}/1000\mu\text{m}$,最大允许扫描检查时间 $\text{MPETHP}=45\text{s}$ 。

2. 日本Nikon LK V三坐标测量机、XC65D交叉扫描系统

Nikon公司的LK V三坐标测量机是一种由工业陶瓷制造横梁和主轴采用独有的空气轴承导向、热稳定性和刚性极佳的桥式坐标测量机;而XC65D交叉扫描系统配备了3个呈十字分布的激光器,扫描一次便可以采集特征、边缘、凹陷、加强筋和任意形状表面的全部完整3D细节图,是一款适合钣金件、塑料和复合材料检测应用的扫描系统。展出的LK V 10.10.8SL测量机配备XC65D交叉扫描系统可



图2 日本尼康公司采用十字交叉非接触扫描专利技术的LK V 10.10.8SL坐标测量机

作为测量实验室的基准级三坐标测量机,其空间精度达 $1.1\mu\text{m}+L/400$ 以上,重复性 $0.7\mu\text{m}$ 以上,最高速度 $51\text{m}/\text{min}$,最高加速度 $8439\text{m}/\text{min}^2$ (见图2)。

3. 雷尼绍PH20机动测座和EQUATOR™多功能比对仪

PH20机动测座是一种动态测量测座,采用了REVO®测量系统的技术。PH20将TP20测头集成于一体,在保持极高的系统精度的同时,测量效率提高了3倍。PH20机动测座可根据工件坐标系自动快速找正,运用独特的“测座碰触”方法进行快速触发测量和快速五轴无级定位,最大限度地降低了传统的由坐标测量机高速运动所引起的动态误差,确保实现最佳工件测量。PH20测座既适用于新购的坐标测量机,也适用于大多数现有的用于触发测量的坐标测量机的改造。其技术参数为:重量 810g ,工作温度范围 $15\sim 35^\circ\text{C}$,最高运动速度 $3\text{r}/\text{s}$,最大测座触发速度 $50\text{mm}/\text{s}$,A轴旋转角度 $-115^\circ\sim 115^\circ$,B轴旋转角度 ∞ ,角度分辨率 0.4μ 弧度(见图3)。



图3 雷尼绍公司的PH20机动测座

EQUATOR™多功能比对仪是一款体积小、重量轻的在线测量仪器,该产品只有 25kg ,仅需要单相电源,而无需压缩气源,几分钟内完成安装,20min内完成设定并有效运行,适应于车间环境中自动化生产线和生产单元进行过程的自动监控(见

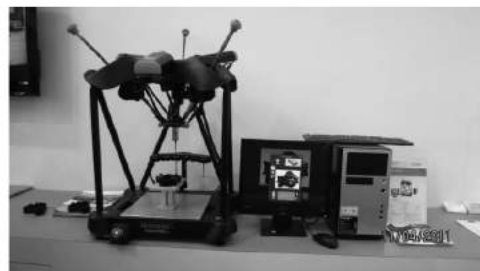


图4 雷尼绍公司的EQUATOR多功能比对仪

图4)。EQUATOR™多功能比对仪采用并行杆结构,使用雷尼绍公司最小型、多用途的SP25扫描测头系统,以生产件与标准件的比对方法为基础,在X、Y、Z三个坐标快速扫描,可采集多达数千个点的数据,还可以实现有效的轮廓测量,每一个数据点都能用于比对,并对机床、加工中心和生产线的切削加工数据进行更新,对刀具磨损和热漂移的影响进行补偿,还可与机器人的工件搬运结合,完成全自动在线过程控制。

4. 德国ETALON公司激光跟踪干涉仪

作为最新开发的最先进的激光跟踪干涉仪,德国ETALON公司激光跟踪干涉仪(见图5),填补了机床制造行业机床空间精度补偿和校正的空白,对机床设备定制了校正和监控及提高精度的系统解决方案,得到了德国国家物理技术研究院(PTB)和英国国家物理实验室(NPL)的认证和肯定。该仪器配合ETALON的TRAC-CAL和TRAC-CHECK软件,采用全球定位系统(GPS)的原理,通过使用激光干涉测量的方法,在不需要进行任何手动对齐的前提下,在30min内对三坐标测量机、机床和加工中心进行标准测试,确定其系统空间几何误差,以判定受测试的设备是否仍处在其可接受的精度范围内,或是需要进行维修和误差补偿。ETALON激光跟踪干涉仪大幅简化了对测量和生产设备所做的空间几何误差分析、校正,达到了亚微米级的精度,其系统的测量不确定度 $U95=0.2\mu\text{m}+0.3\mu\text{m}/\text{m}$ 。



图5 德国ETALON公司激光跟踪干涉仪

5. 桂林安一公司的高精度步距规

桂林安一量具有限公司是于2005年7月成立的一家民营量具生产企业,自成立以来一直坚持走高

端量具生产的路线。

步距规 (check master) 是由多个量块以一定间隔排列装夹在基座上, 组成具有系列尺寸的长度量规。作为长度实物标准器, 步距规用于检测数控机床和坐标测量机。多年来, 步距规一直依靠进口。桂林安一量具有限公司依靠自己多年经验的积累而开发生产出高精度步距规 (见图6), 填补了国内的空缺, 其中规格1000mm的高精度步距规, 先后经中国计量科学研究院和德国国家校准实验室 (DKD) 三次校准, 三台步距规的实测误差值分别为 $+0.8\mu\text{m}$ 、 $+0.6\mu\text{m}$ 和 $+0.46\mu\text{m}$, 全程误差均不超过企业00级指标 $\pm 1\mu\text{m}$, 与日本进口的同规格步距规的允许误差 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 相比, 技术指标更胜一筹。



图6 桂林安一量具有限公司高精度步距规

6. 哈量、西安爱德华和哈尔滨精达的新型齿轮测量中心

齿轮测量中心是一种集三坐标和圆转台于一体, 采用多轴联动的线位移、角位移传感器测量取值的高精度齿轮测量仪器。几年前, 国内的哈量、哈尔滨精达和成都工具研究所等先后开发出国产齿轮测量中心。经过几年的发展, 国产齿轮测量中心的技术水平得到了进一步的提升。哈量在本次展会上新推出了一款L45型齿轮测量中心 (见图7)。该齿轮测量中心采用四坐标测量系统、美国新型的CNC系统运动控制卡, 进行全闭环轨迹控制; 被测



图7 哈量L45数控齿轮测量中心

件一次装卡, 由计算机控制自动完成测量, 测量中间数据可存储便于分析; 可进行齿廓K形图、齿廓凸度和螺旋线轮齿鼓度等特殊项目的评定。

西安爱德华展出的G40齿轮测量中心 (见图8) 是其G系列高精度齿轮测量中心中的一款, 其享有专利的圆台加坐标立柱的独特外形结构和顶尖结构引人注目。该齿轮测量中心采用进口的高性能控制系统和测量软件, 以及独特的空气减震弹簧, 快速工件定位和测头防撞报警功能, 保证了测量精度的稳定。

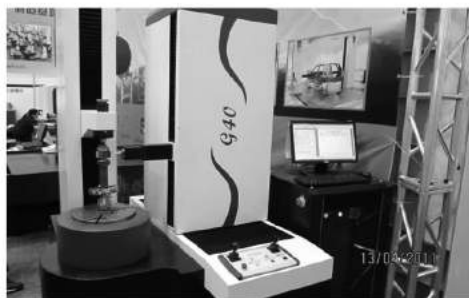


图8 西安爱德华G40齿轮测量中心

哈尔滨精达展出的2.5m大齿轮测量中心 (见图9), 在测量理念和结构设计上都有所创新。仪器采用了三个坐标 (X, Y, θ) 三轴联动的方式, 实现测头沿啮合线对齿轮端面齿廓 (渐开线齿形) 进行测量。其优点是: ①减少了大齿轮渐开线齿廓测量时测头切向移动距离; ②仪器切向测量拖板尺寸及重量相应减少, 仪器尺寸也相应减少; ③切向测量导轨减轻, 便于设计于Z轴拖板之上, 使切向测量导轨更接近被测齿面, 可减少阿贝误差, 利于提高测量精度。



图9 哈尔滨精达的2.5m齿轮测量中心

7. 成都工具研究所的MJS6A激光干涉仪

多年来,成都工具研究所一直是国内批量生产激光干涉仪产品的唯一单位。在多年科研、生产的基础上,成都工具研究所近年来先后承担了多项高性能激光测量系统的国家重大专项课题,取得了显著的成果。新型的MJS6系列激光干涉仪(见图10)就是其取得国家重大专项课题成果、拥有多项国家发明专利的转化产品。在本次展会上,成都工具所推出的针对高性能数控机床用户的MJS6A是其中的一款基本型号。MJS6A具有小型一体化的结构设计,方便携带,可在生产现场轻松完成数控机床位置精度的调试检测工作。该款激光干涉仪线性测量距离 $>20\text{m}$,测量移动速度 1m/s ,测量基本分辨率 $0.08\mu\text{m}$,最高可达 $0.005\mu\text{m}$,仪器测量不确定度 $<\pm 0.7\text{ppm}$,可完成高性能数控机床定位精度、角度、直线度、垂直度、平面度等多项形位误差参数的测量。MJS6A激光干涉仪配置新型波长补偿器,温度测量不确定度 $<\pm 0.1^\circ\text{C}$,气压测量不确定度 $<\pm 1\text{mbar}$,湿度测量不确定度 $<\pm 5\%\text{RH}$ 。



图10 成都工具研究所的MJS6A激光干涉仪

8. 哈尔滨先锋机电公司的RPS-10无线电通讯测头系统

哈尔滨先锋机电公司是一家专业从事数控机床在线测量测头的研发生产和销售服务的民营企业。自1995年创办以来,已经生产出了适应几乎所有数控机床实现在线测量的各类测头。其中,新近开发的RPS-10无线电通讯测头系统(见图11)是一款较为典型的测头产品。RPS-10测头系统包括RP600无线电通讯测头、RSI-10无线电信号发射-接收器、测头锥柄和SP-W10测量软件包四个部分;RP600测头全范围 360° 发射及接收无线电信号,其信号传输距离达 15m 以上;RSI-10无线电信号接收器集成了测头系统信号输出接口功能,它与RP600测头之间具有双向无线通讯功能,并具有主动节制跳频功能,抗干扰性能优异,防护等级达到了IPX8。该测头系统适用于大型加工中心、车削中心、数控镗、铣床。其主要技术参数:测针单向复位精度 $0.001\text{mm}/60\text{mm}$ (2σ),测针在XY平面摆动极限角度 15° ,X、Y平面触发力 $1.1\sim 1.4\text{N}$,Z向触发力 7.5N ,测头启动时间 $<1\text{s}$,测头发射信号距离 $>15\text{m}$ 。另外,该公司的OPS-10红外通讯测头系统则是一款适用于中小型加工中心、车削中心、数控镗、铣床的新型测头系统,其测针单向复位精度等主要技术参数与RPS-10一致。



图11 哈尔滨先锋机电公司的新型无线电通讯测头系统

9. 天准精密技术公司的VMU322三维影像测量仪

天准精密技术有限公司专注于精密测量领域,坚持自主创新和高品质,致力于推进中国精密制造业的质量提升。天准的三维影像测量仪是目前国

内产品中精度最高、测量速度最快、自动化程度最高的影像测量设备，多次通过中国计量院的检定，被中国计量院、江苏计量院、河北计量院、河南计量院等计量检测机构购买使用，获得好评。天准参与制定了《三坐标测量机校准规范》和《影像测量仪校准规范》等产品校准规范，并与中国计量院合作出版了我国第一本影像测量技术专著《影像测量仪技术基础》。

本次展会展出的VMU322产品（见图12），测量精度高达 $(2.0+L/300) \mu\text{m}$ ，机台运行速度达200mm/s，其6环8区表面光源达到世界先进水平，并可配备激光测头和接触式测头，形成复合式的测量中心，实现工件的全三维测量。其小模数齿轮测量、试验筛校准等专用测量软件解决或部分解决了多个行业长期存在的一些关键测量难题。



图12 天准精密展出的VMU322影像测量仪

三、展会特点

本次展会展出的量具量仪新技术、新产品，反映出的产业发展现状呈现出以下几个特点：

1. 高速、高精度、多功能、在线测量是三坐标测量机的发展方向

本次展会有海克斯康 (HEXAGON) 集团下的DEA、LEITZ、Brown & Sharpe前哨、日本三丰、Nikon、Zeiss、美国API和国内的北京航空精密机械

研究所 (303所)、西安爱德华、北京南航立科、深圳思瑞、智泰集团、哈量、上量、新天等多家企业均展出了各种类型的三坐标测量机。总的来看，其中的高端产品均为国外公司拥有，前面介绍的日本三丰公司的STRATO-Apex和Nikon公司的LK V两款产品就是比较典型的代表；而国内企业生产的都还是中、低端的产品，差距还比较大。但其中也不乏个别的佼佼者，如北京航空精密机械研究所 (303所) CENTURY755型的长度测量示值误差达到了 $0.9\mu\text{m}+L(\text{mm})/350$ ，重复精度为 $1.0\mu\text{m}$ 。

近年，三坐标测量机发展较快，特别是国外著名厂家的产品采用了不少的新材料、新技术，如高性能无应力陶瓷、高精度光栅、自洁式空气轴承、激光交叉扫描系统、X光断层扫描系统、空间误差修正和新的温度补偿和减震技术，提高了坐标测量机的刚性、热稳定性和测量精度，实现了高速、高精度的3D测量。从本届展会还反映出，三坐标测量机采用先进的触发式测头、光学影像测头、激光测头的复合传感器技术，将三坐标测量机与影像仪融为一体，成为高性能复合式三维影像测量机。而另一方面，三坐标测量机的使用环境条件却在逐步降低，出现了具有较高精度和良好操作性能的、可直接应用于车间和生产线的坐标测量机。高速、高精度、多功能和生产现场、在线测量成为三坐标测量机的发展方向。

2. 先进的激光、光学测量技术助推数字化几何量测量技术的提升

在本次展会上，国内外展商展出了很多应用激光、光学技术的几何量测量装置。从三丰、Nikon和蔡司的三坐标测量机，到美国法如公司、海克斯康集团Romer的柔性关节测量臂、马波斯的刀具检测激光对刀系统；从德国ETALON公司激光跟踪干涉仪、美国API公司的T3激光跟踪仪、成都工具所的激光干涉仪，到美国ZMIKE和Beta的激光测径仪，海克斯康集团Leicade、西安交大思源、深圳思瑞的激光扫描仪等，可以说是举不胜举。激光应用在几何量测量领域已有三十多年了，经过多年的探索、创新，其技术愈加成熟，应用范围愈加广

泛,所具有的高稳定性、高分辨率和高精度的优越性能愈加凸显。

激光、光学测量装置配以高性能的计算系统和多功能的数据处理软件,实现了小型化、集成化,测量方式从点扫描到线扫描,再到线交叉扫描(Nikon LK V 10.10.8SL),测量用途从微观的表面粗糙度(LasercheckTM),到大型工件的外观轮廓尺寸(FARO Laser ScanArm® V3),从360°全方位测量,到远至320m的长度测量,测量速度最高达到了1016727points/sec的高速“云”扫描测量(Leica HDS620);测量稳定性、分辨力和精度达到了纳米级。同时,操作简单、方便,实现了“傻瓜”化操作。

当前的各类激光几何量测量装置已能够快速、准确、便捷地实现各类在机、在线的一维、二维和三维几何点“云”数据的采集,完成各类几何参数的测量。可以预见,随着技术的进步,以激光为代表的光学测量技术,在几何量测量领域中将会得到更多的应用,必将推动数字化几何量测量技术的快速发展。

3.政策导向支持、重点项目拉动,国产高端量具量仪产品快速发展

近几年,我国量具量仪制造行业在经历金融危机的洗礼而复苏、振兴,得到了快速的发展。国家政策导向的支持,高新技术领域的投入,重点项目的拉动,加上企业重视技术创新,跟踪国外行业发展趋势,瞄准国家及市场需求,结合自身优势开发,我国量具量仪生产企业的发展进一步加快,自主创新能力进一步提高。从本次展会上,能够明显地感到国产量具量仪产品的进步,桂林广陆、桂林安一公司防水防尘性能达到IP67的数显卡尺,青量采用IP65防护等级、2mm螺距丝杆、丝杆直进式等新专利、新技术,上下左右读数的数显千分尺,显示出国产电子数显量具的技术水平和国外的差距正在缩小;桂林安一公司高精度陶瓷步距规的开发则证明国内企业已逐步具备与国外著名厂商竞技的能力和水平,我国企业已进入了高档量具批量生产的行列。而在数控量仪产品方面,北京航空精密机械

研究所(303所)CENTURY755型坐标测量机、哈量和西安爱德华公司新型齿轮测量中心、哈尔滨精达公司2.5m齿轮测量中心、哈尔滨先锋公司RPS-10无线电通讯测头系统、天准精密技术公司VMU322三维影像测量仪和成都工具研究所MJS6A激光干涉仪,以及部分数控量仪产品(如CNC齿轮测量仪器),不仅在国内市场重新占有了主要、重要份额,并且以良好的性价比走出国门,销往周边国家,并开始打入欧洲、南美市场等。

诚然,从整体水平来衡量,我国国产量具量仪产品,特别是量仪产品相比国外先进国家的先进企业还是存在着较大的差距。但是,只要国家的政策对路,随着制造业的快速发展,我们的企业瞄准方向,抓住经济全球化促进先进技术交流的机会,迎头追赶。可以相信,在不久的将来,我国量具量仪行业一定会出现在国际上领先的产品和企业行列中。

四、结语

第12届中国国际机床展览会(CIMT 2011)是一个先进制造技术展示、交流的平台,它汇聚了当今国内外同行的新技术、新产品,给了我们近距离耳闻目睹的机会,使我们能够直接感受到几何量测量领域的先进技术及其快速发展的方向。

从技术角度来看,在未来的发展阶段中,一方面,测量技术与数字化制造技术和信息、通讯技术的融合、集成;另一方面,在追求高分辨力、高精度的同时,力求小型化、便携化和具有良好的环境适应性,强化精密测量的过程质量监控和服务功能,实现“被动”检测到“主动”监控的转变;从“离线”到“在线”、从“事后”到“实时”的转变,正成为精密几何量测量器具技术发展的重要趋势。

我们深信,随着这个发展趋势,两年后的下一届中国国际机床展览会,即CIMT 2013,将会有更多、更新、更为先进的数字化几何量测量装置出现。

数控编程质量与数控加工效率的提高

——浅谈基于PowerMILL的多线程批处理编程方式

奇瑞瑞鹄汽车模具有限公司 韩小寒 刘玉明 江玉华

目前,我国汽车模具的制造,无论是主机厂,还是第三方,对模具制造商的制造周期要求都很严,并且制造周期也很短。在保证模具制造质量的前提下,如何提高模具制造的效率,缩短模具制造周期,是各模具制造商一直研究的课题之一。

一、高效的数控编程软件

智能化批处理编程、自动加工等有效措施,在很大程度上解决了上述问题。国内模具制造龙头企业,都有自己的数控编程、数控加工技术研发团队。这些企业将数控编程与数控机床加工效率与成本有效地结合起来,在保证生产计划的前提下,通过提高编程的质量,来提高数控加工效率和加工质量。

本文结合瑞鹄模具在智能化覆盖件编程方面的经验和技術积累进行探讨和分享。

数控的加工效率和质量,在很大程度上与数控程序的质量和操作人员的技术有直接关系。在短时间内提高数控操作人员的技术是件比较困难的事情,唯一的解决方式是提高程序的质量。即利用PowerMILL软件独特的刀路编辑功能进行细致的刀路编辑,尽可能地缩短程序走空刀时间,改变不利于数控加工的走刀方式,使程序加工时高效合理;同时有效地结合PowerMILL从新分布点功能,最大限度地减少数控机床的减速比,达到相对恒速切削的目的,从而综合提高机床运行效率和加工表面质量。

假设一个工件有30个NC程序,若每个程序节约2min的数控加工时间,则一个工件则可节约1h的时间;若程序走刀方式和刀路安排合理,数控加工时,每个程序节约5min是很容易的事情;若将每个NC程序都细化,那么数控节约的加工时间积累起来,则是一个可观的数字。在模具制造成本中,与数控机床加工成本相比较,数控编程的人工成本则占很少的份额。

在英国DEL CAM公司的PowerMILL数控编程软件中,许多功能都可以基于“批处理”的思想编程,并且其独特的后台多线程处理方式,使数控编程的效率有很大的提高。这样,程序员就可以把更多的时间用在编辑刀具路径,提高数控程序质量上。

如图1所示,刀具路径是从A区→B区→C区加工顺序,若更改为从B区→C区→A区,数控加

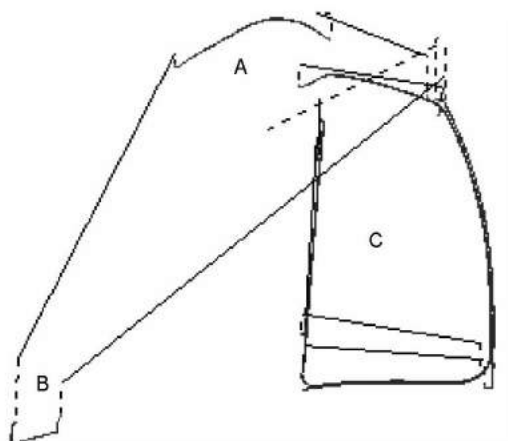


图 1

工时就会节约几秒的时间。对于一个NC程序，像这样的编辑后，数控加工节约的时间不仅仅是三五分钟的事情，一个工件的所有NC程序积累下来所节约的时间，对于数控加工效率的影响是很大的。一般的情况下，都可以将数控效率提高5%以上。

但是，在实际数控编程过程中，没有多少程序员能够做到如此细致。一方面工作态度是最重要的，另一方面程序员把更多的时间用到了程序计算、程序参数检查、程序排序、转速进给设置检查、刀具信息检查输出、程序单输出编写、现场问题处理等方面，在保证生产计划的前提下，没有更多的时间来将刀具路径进行更细致的编辑处理。如何将程序员从烦琐的、没有技术含量的、对数控加工无意义的工作中解脱出来，是各模具制造企业面临的亟待解决的问题。

PowerMILL在这方面考虑得比较全面。其多线程计算可以将计算时间比传统的计算时间缩短30%左右，其开放的二次开发接口又可以把如下的工作都放置到晚间或其他机器上自动计算完成，程序员的后续工作就是编辑刀具路径。PowerMILL 2010版本在支持64位系统运算、多核CPU、后台计算方面的更新，更适合汽车内饰件、外覆盖件模具大型模具的大数据量、高精度计算。仅就后台运算就可以把编程工程师等待程序计算的时间完全节约出来，以用于新的程序编制，8h编程等效传统模式的13.5h，对提高生产率有着非常积极的意义。

二、可实现的功能

在编制刀具路径之前，您只需要准备四项工作，即输入所需要的刀具库；定义加工坐标系；定义加工边界；若需要，定义参考线。

通过简单的加工方案、加工策略的选择，参数设置之后，即可以实现以下功能：

- (1) 自动产生并计算刀具路径。
- (2) 自动过切检查。
- (3) 自动遵循刀具选择原则进行刀具选择。

(4) 刀具路径碰撞检查过程中自动选择刀具。

(5) 根据刀具参数自动装载刀具路径的转速与进给。

(6) 若需要，可同时自动产生对称件刀路。

(7) 对单笔清角的刀具路径自动产生分层清角刀具路径。

(8) 自动产生轮廓刀具路径。

(9) 自动注释刀具路径的相关信息。

(10) 自动产生后处理程序。

(11) 自动对多个项目处理。

(12) 计算完成后自动关机。

(13) 可自动对“平行精加工策略”的刀具路径生成补刀刀具路径。

(14) 为了释放内存，提高运算速度，在计算

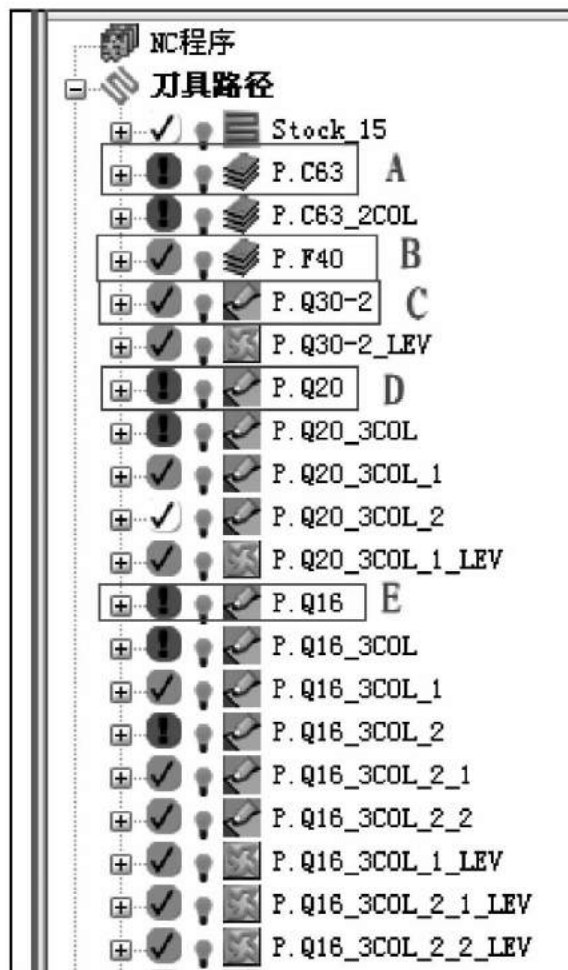


图2 自动批处理后产生的刀具路径列表

过程中可自动重新启动项目计算。

(15) 可对部件忽略加工设置 (压边凹筋填平前后编程加工)。

(16) 对部件不等余量设置加工 (不等料厚模具编程加工)。

(17) 自动产生随形残留模型作为初始毛坯。

(18) 可连续处理多个项目。

(19) 对不同的工件生成不同的加工方案。

(20) 记录加工方案的相关信息。

自动批处理后产生的刀具路径列表如图2所示:

一般CAM软件的批处理计算, 仅可以产生A、B、C、D、E刀具路径, 但在PowerMILL中, 还可以自动衍生出您所需要的刀具路径。如图2所示的第E个刀具路径P.Q16, 这是一个笔式清角刀具路径, 由其自动衍生出来的还有如下刀具路径:

P.Q16_3COL: 按照您选择的第三种方式, 使用原刀具路径的刀具进行碰撞检查的刀具路径。

P.Q16_3COL_1: 使用原刀具路径的刀具不发生碰撞的刀具路径部分。

P.Q16_3COL_2: 使用原刀具路径的刀具发生碰撞的刀具路径部分。

P.Q16_3COL_2_1: 自动替换下一把较长刀具不发生碰撞的刀具路径部分。

P.Q16_3COL_2_2: 以上计算后剩余的刀具路径部分, 自动替换为满足不发生碰撞的更长的刀具。

P.Q16_3COL_1_LEV: 由刀具路径 P.Q16_3COL_1为基础, 自动产生的分层清角刀具路径。

P.Q16_3COL_2_1_LEV: 由刀具路径 P.Q16_3COL_2_1为基础, 自动产生的分层清角刀具路径。

P.Q16_3COL_2_2_LEV: 由刀具路径 P.Q16_3COL_2_2为基础, 自动产生的分层清角刀具路径。

现在绝大部分企业编制清角刀路时, 不能根据

加工过的残留余量来自动分层清角。在PowerMILL中可自动判断至当前刀具路径加工后的残留, 进行分层工艺清角。如图3所示的自动分层清角刀路, 在A区域清角2层, 在B区域清角3层, 在C、D区域则清角层数最多。这样就避免了多走刀, 或者因加工时刀具切削量不均匀导致加工效率低、刀具报废等现象的发生。这种方式清角比传统的清角方式效

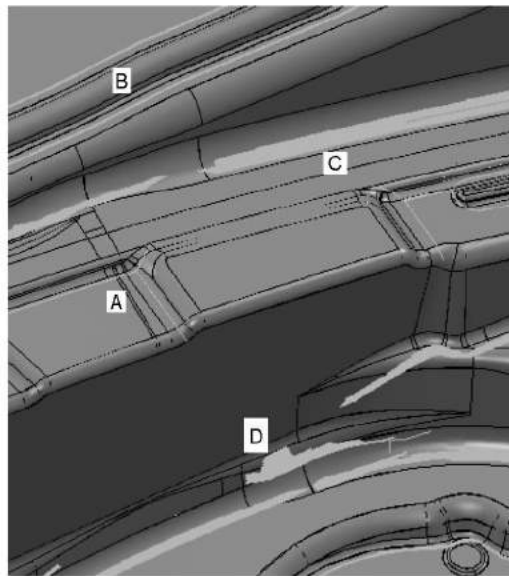


图3 自动分层清角刀路

率提高30%左右。

对于程序员来讲, 用传统的编程方式是要花费很多的时间才能够实现以上结果, 而有的无法实现的。但在PowerMILL中, 通过批处理和多线程的计算方式, 可轻松自动完成以上的工作。程序员后续的工作就是进行刀具路径的细化处理, 从而提高数控的加工效率和加工质量。

三、结束语

改变传统的编程思想和方式, 不仅是程序员的事情, 也是管理者所要做的工作。管理者只有了解细节的问题, 才能够找到问题的根本原因, 从而缩短模具的制造周期和生产成本。这样做除可给企业创造更多的利润外, 还可以为企业的发展增加技术积累。□

汽车模具工艺质量自动化方案探讨

Delcam (中国) 有限公司 翟万略

谈到汽车模具质量控制的自动化,对模具人来说是一种预期和理论上存在的可能性,现阶段软硬件技术、管理模式等的发展很难支持和做到。但对于汽车模具工艺稳定性提高、实现汽车模具制造的工艺自动化,则在一定程度上可以做到汽车模具质量控制自动化;利用软件足够的开放性、强大的功能和计算能力,实现一定的定量目标,让汽车模具的设计规范、制造规范、工艺过程能被复制。

本文针对汽车外覆盖件(内饰件限于篇幅在此不做论述),从三个方面进行探讨:汽车模具质量自动化快速覆盖件设计工具;覆盖件模具企业核心技术,无人职守加工工艺知识库积累;一汽模具成功应用无人职守案例分享。

一、汽车模具质量自动化快速覆盖件设计工具

我国汽车内外饰件的制造发展,从过去软件技术较低阶段的产品——棱角分明的老三样,到现在设计标新立异,极富创意的汽车设计理念,随着软件技术、设备技术的发展,制造理念也随之改变。汽车覆盖件设计建立在相应的功能模块上完成;设计质量和相应的设计规范有密切关系,专用设计工具软件、软件的客制化能力,决定设计自动化水平和效率。

模型准备是汽车覆盖件模具设计工艺的设计过程,关系着模具设计的成败。预先需要考虑的模型准备事项包括:去除模型尖角和小的圆角(见图

1)、模型质量检查、去除闭角区域、开放区域填充、压力中心确定、最小拉延深度、最优压力中心(见图2)、最少的弹性回变。

本文采用Delcam公司的设计系统Powershape Pro的Toolmaker专用功能进行设计覆盖件工艺补充面快速设计,如图3所示,通过专用功能对模型坏

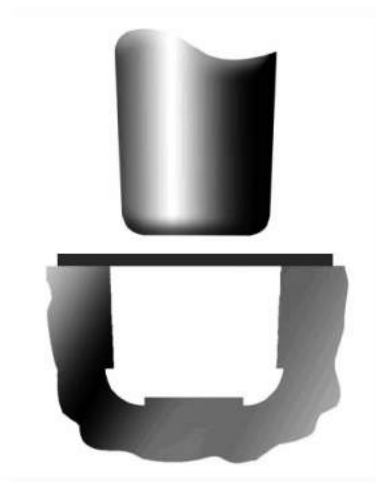


图1 去除模型尖角和小的圆角

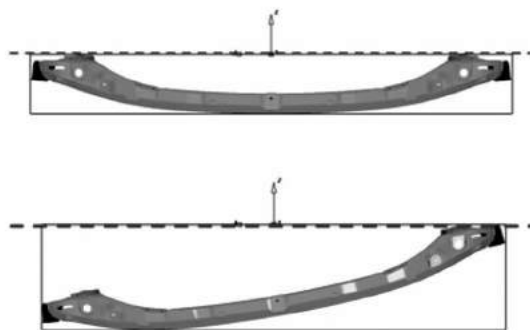


图2 最优压力中心确定

面修复、切边展开和生成切边线，快速工具有效地把数十步软件操作简化为几个基本按钮，实现模型工艺补充面设计的模型冲压工艺处理、孔洞的自动填充、模型关顺性处理，曲面缝隙智能功能，可以快速找到缝隙，并且由工程师确定填充、忽略或生成缝隙曲线。



图 3

如图4所示，对于工艺补充面设计，Powershape Pro的Toolmaker提供专门的汽车覆盖件工艺设计规范，同时也可以采用用户定义覆盖件工艺设计规范，不同工艺面之间的融合和连接，可以自动光顺，对于产品边界自动处理功能，客户无需对覆盖件工艺边界单个面进行工艺补充设计，可以对整个模型生成工艺补充面，然后根据需要进行调整；对覆盖件设计来说，冲压工艺往往会通过CAE软件进行分析，通过CAE分析数据和经验值对拉伸工艺进行调整和处理；Powershape Pro提供的模仿变形

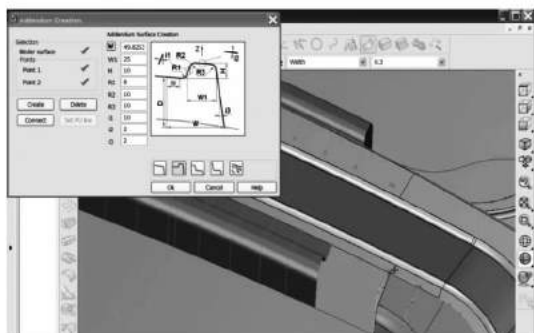


图 4

功能（全模型变形编辑功能），解决钣金回弹、断裂、翘起及其他回弹变形问题，需要加工之后进行补偿和修复，做补偿面的修改上也有很大局限（见图5）。高效、创新的三维CAD设计工具，独有的模仿变形功能，解决钣金回弹问题，快速修改覆盖件工艺面，节约加工、修模时间。该功能允许客户定义全局变形的影响区域。另外，该功能可以考虑使用在汽车模具企业的CAE部门，经CAE分析数据后，可根据分析缺陷在极短的时间内快速调整模型，进一步进行分析，从而避免CAE和CAD部分之间的反复，设计规范和智能化程度会进一步提高。笔者曾参观韩国某汽车覆盖件企业，当模具制作完成后，其根据制件扫描分析的翘曲变形情况，采用Powershape Pro提供的模仿变形功能进行模面修改，进一步加工获得能够冲压出精确制件的精准模具。

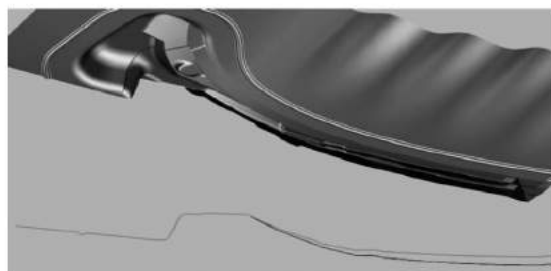


图 5

对于汽车覆盖件模具结构设计，简单而繁琐业界同仁颇有共识，基于企业知识库、标准件库，Powershape Pro的Toolmaker所包含的PowerFeature功能（见图6），为这些标准件添加不同的属性，和模具本体之间的布尔运算关系完美融合，在模具上设计某些装配特征的同时，自动产生相应的设计元素（包含在PowerFeature元素），部件的PowerFeature可以包含多组特征和设计思路，从而为模具设计知识库储备提供有效工具。这和传统的标准件库有本质的区别，通过定义组件库PowerFeatures，设计自动化将能够部分实现，同时库的形成即是规范形成，对汽车内外饰件模具设计有着非常积极的意义。

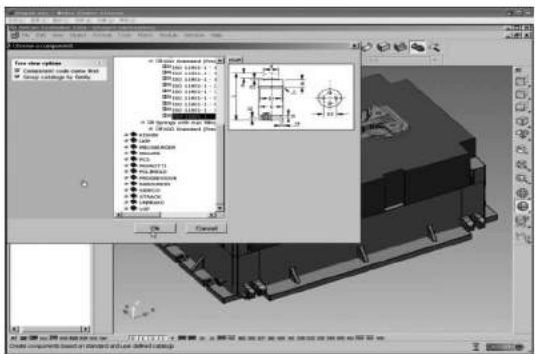


图 6

二、覆盖件模具企业核心技术，无人

汽车模具企业数控加工车间，是整个企业投资资本最为集中的区域，设备效率、加工效率、程序安全、刀具成本、维修成本、用人成本、管理成本都非常高。模具加工车间是覆盖件模具企业的产品和模具质量程度自动化及其他技术能力集中表现的场所。一定程度的模具质量自动化，需要靠严格的规范作为保障，主要包含以下几个方面：

- (1) 编程过程规范精细化。
- (2) 模具数控制造柔性化。
- (3) 产品质量自动化。
- (4) 制造管理数字化。
- (5) 优秀的软件支持合作伙伴。

1.作业过程标准化

作业过程标准化, 主要包含模型处理标准、刀库标准、制订安全的PowerMILL编程标准、安全保障标准、后处理管理、数控程序控制标准、备刀信息标准、程序标单标准。如图7所示, 某企业制定的作业过程处理标准, 通过该方式, 企业在对覆盖件模具进行制造的每个阶段都有相应的知识积累, 通过Delcam Powermill充分的开放性, 定制和完成覆盖件企业的数控加工制造知识工程。

2. 编程过程精细化

其主要的目标是实现汽车覆盖件模具3D的自动加工, 提高编程、数控加工效率, 降低加工成

本,快速产出,缩短模具的制造周期,以及数模的分析,程序的编制,程序加工状态分析,刀具的动态管理,针对数控加工车间不同数控设备安全规范的后处理,3D自动加工过程控制;精细化的标准根据企业知识积累不同阶段分别处理,首先对覆盖件模具加工细节分类,定制智能化的加工模式,并归类到Delcam Powermill模版、宏及二次开发库。

下面我们把3D自动加工的工艺细节进行罗列:

- (1) 3D自动加工。
- (2) 分层清角。
- (3) 摆角加工碰撞分析。
- (4) 刀具动态管理等。
- (5) 型面工艺清角程序加工效率低。
- (6) 无过切 (立轴程序转换为3+2轴程序), 无碰撞3D型面无人化加工。
- (7) 冲孔模具凹模孔, 凹模套 (窝座) 孔程序化加工。
- (8) 修边模具刃口轮廓的加工 (三维的刃口轮廓程序)。
- (9) 程序刀具信息的管理。
- (10) 编程数据库 (刀具库、机床库、编程模板) 的建立。
- (11) 加工程序的信息管理与传递。
- (12) 2D (模具的结构面) 程序化加工的实现。
- (13) 数控加工过程中现场问题的解决。
- (14) 编程过程中各种的批处理。
- (15) 3+2加工过程中的过切、碰撞分析。
- (16) 程序问题更改处理。



图 7

然后定制自动化“一键编程”操作按钮和功能,针对覆盖件特殊工艺进行快捷化处理,如针对平面加工的一键编程处理,通过基本的储备和积累,以达到模具编程完全建立在知识库的基础上,每次获得的结果都是相同的。

3. 模具数控制造柔性化

如果有安全可靠的程序,数控加工的无人化是能做到的,但往往企业拥有自动化程度非常的高速、五轴加工中心,却很难做到无人值守加工。

基于Delcam Powermill汽车覆盖件数控加工质量自动化,是建立在无过错工艺知识库积累、无过错刀具参数知识库积累、无过错碰撞干涉检查规程积累、无过错工艺表单自动生成、无过错备刀文件自动生成、无过错加工策略使用的基础上,Powermill软件的全程无过切、数控程序工艺完全由系统完成;关于柔性化管理,同样是建立在编程规范基础上,编程知识库入库模式和管理。

汽车覆盖件企业现阶段面临更换软件的难题。主要表现为:软件要真正支持64 bit计算、多线程、后台处理、多CPU计算等基本需求,对大模型的高精度、大数据量的需求,软件编程效率和机床运行效率需要双向提高;提高数控车间整体运行效率、砍掉落后产能是当期需要考虑的问题;同时软件先进的刀具库、机床库管理、总工时及机台工时统计和管理;达成提高设备运行性能和效率节约刀具成本的目标。另外,确保制造安全(例如:一块保杆凹模的材料成本36~80万之间),确保设备运行安全(碰撞干涉检查),确保知识能够积累,而非依赖编程“高手”等,也是企业选择软件所要关注的。

三、一汽模具成功应用无人值守案例

2002年,一汽模具中心携手Delcam公司,并合作在无人值守数控加工方面作出创举的技术,值得同仁借鉴。

Delcam PowerMILL是为汽车覆盖件制造领域立下汗马功劳的编程系统。汽车覆盖件从过去拼焊组

件,到现在的整体模具,如整体侧围,对CAM软件大数据处理能力提出了需求。Delcam PowerMILL充分发挥了在大模型计算能力、高精度计算方面的优势,在企业知识库积累、无人值守加工方面,一汽模具中心、二汽模具、成飞集成等企业最终都取得了骄人成绩。

一汽模具中心基于知识积累数控编程加工,主要目标是基于PowerMILL实现模具3D自动加工、2D自动加工,提高编程、数控加工效率,降低加工成本,快速产出,缩短模具的制造周期,适应市场经济的要求。

利用PowerMILL充分的开放性,软件技术、数控编程技术、数控加工技术、数控机床宏命令及模具制造经验,有机地把整个制造车间的不同单元相互组合和结合,确保制造体系的协调统一。生成智能化的程序中,包含了自动换刀、测刀、预热、自动换辅助头、换辅助头后W轴自动差值补偿、主轴功率限定、加工刀具伸出长度合法判断、刀具折断判断等功能信息,程序传输到数控机床之前,通过PowerMILL真实环境仿真技术,把所有可能存在的碰撞、过切都有效避免,让无人值守加工安全进行。

四、结束语

综上所述,提高数控的加工效率;提高模具的数控加工质量,减少钳工的工作量,缩短模具的制造周期;节约人力资源,降低劳动成本;作业过程标准化;编程过程规范精细化;产品质量自动化;制造管理数字化等,有利于模具制造过程中的技术与经验的积累,有助于企业的长远发展(丰田技术发展模式)。同时实现刀具的动态管理,降低刀具的使用成本与库存成本;有利于将制造经验转化为技术文件共享;提高企业的制造技术水平形象和行业地位。

以上探讨内容,有一定的片面性,不足之处请批评指正。□

适用于车削高温合金的刀片

Insert developments for improving turning of heat resistant super alloys

山特维克可乐满

车削高温合金的加工方法有多种，“加工方法”往往成为关键字。高温合金材料对机床的要求可能是最高的。切削刀具和应用知识的发展有助于改善高温合金工件的车削性能和加工结果。新研发的独特刀具材料与切削槽形的组合在这一方面有了新的发展。

一、挑战可加工性

高温合金 (HRSA) 在高温下有很高的强度，这种性能使其作为零件材料颇具优势，但是由于其机械负荷高，切削时刀刃上存在大量切削热，可加工性很差，因此对机床的要求很高。典型高温合金材料的实际切削力（是直接衡量切削材料难以加工程度的一种标准），几乎是典型钢材切削力的两倍。镍基、铁基或钴基合金都具有其独特的性能，可用于航空航天、能源和医疗行业，其性能只有接近其熔点温度时才有较大改变。但从可加工性方面来看，这也意味着：所需功率更高；需要超稳定的加工工况；对切削刃的要求很高；优化的冷却液应用；在应用中选择最适合的刀具。

切削刃受到高应力、高应变和高热量的组合影响时，很容易生成有害的磨损。很大的压缩力和剪切力会作用于切削刃上，使其容易受到破坏性的影响。更为糟糕的是，高温合金材料加工表层易于硬化，这可能会引起其他类型的磨损，导致在零件上形成过多毛刺，并使后续的工序变得更加困难。

在加工高温合金材料时，切削速度是有限的，因此，加工时必须保持远低于大多数工件材料的切削速度。在加工高温合金材料时，要综合考虑切削参数：速度、进给量和切削深度，这些切削参数直接决定一个工序是否能顺利完成。

在加工之前，需要认真规划高温合金材料的加工工艺，因为这是关键性的决定因素。首先要考虑到工件材料的状态，是铸件、锻件、还是棒材，是热处理件、固溶化热处理件、还是材料已经时效等，这些都会影响刀具和加工方法的选择。工件表面是变化的，影响加工的主要是硬度，硬度变化范围为30~50HRC。高温合金车削的加工策略还必须满足以下一些要求：组成形式、加工的不同阶段（粗加工、半精加工，还是精加工）。

二、切削刃的选择对加工效率的影响

影响高温合金材料切削作用的首要因素就是切削刃加工工件的方法。结合刀片槽形，切削刃的进入角是获得高刀具性能、长使用寿命、高安全性和理想加工结果的决定因素。通常会根据切削要求选择刀片形状，但事实上，采用小的进入角有助于提高刀具性能和寿命，这绝对是应用中很重要的组成部分。因此，刀片材质的选择部分与进入角的大小有关。除此之外，进入角还影响磨损类型，主要是沟槽磨损，其沟槽大小会影响到加工结果，导致刀具过早失效。了解了正确的应用方法，也意味着可

加工，在开始和中间阶段切削时可获得极高的生产率。赛阿龙陶瓷是氮化硅陶瓷和氧化铝陶瓷的混合体，在要求苛刻的工序中，可提供最佳的化学稳定性，以降低沟槽磨损。在正确应用时，陶瓷的切削速度是硬质合金材质的好几倍。陶瓷材质的高速和圆刀片的高强度组合可以提高生产率。

赛阿龙陶瓷材质CC6060适用于较长的切削长度，在编程中采用圆弧切入和圆弧切出的优化编程方式，所以它还适用于仿形加工和型腔加工。该材质具有较强的抗沟槽磨损性，且更适用于预加工的工件。对于粗加工而言，赛阿龙材质CC6065具有更好的整体韧性，在重型粗加工和插车（例如在凹窝、拐角以及沿着肩部）中具有较高的稳定性。在粗加工阶段，该材质可通过较高进给率提高生产效率，并适用于锻造黑皮、氧化皮和椭圆形的工件。

另一种陶瓷材质CC670是经过碳化硅晶须加强的刀片材质，其中碳化硅晶须在刀片主体材料内随机排列。这些刀片尤其适用于高温合金材料和硬材料的高速加工，其加工安全性高主要取决于其切削刃的高韧性。与传统的陶瓷材质相比，CC670主要具有较高的强度，适合对具有椭圆表面和圆形表面氧化皮的锻造工件进行车削，这在第一个加工阶段经常遇到。

五、刀片形状——刀片槽形的选择

新槽型系列适用于0.2~10mm的切削深度，其设计主要是为了控制切屑形成，使作用于切削刃上的压力降低。如图5所示，新型ISO-S刀片槽形系列主要应用于0.2~10mm的切削深度。在切屑形成可被控制且切削刃压力较低时，可以预测刀具寿命。除了圆形刀片的RO槽形之外，用于普通车削的新型S槽形双面刀片，使加工安全性上了一个新的台阶，并能满足对表面质量的高要求。

在半精车和中等车削中，SM槽形通常是首选。在中间加工阶段应用广泛，刃口锋利且切屑



图 5

控制好，对于长时间连续加工性能表现优异。在中等到轻载粗车中需要更好的刃口强度，主要原因是在连续加工中伴随断续、锻造或铸造黑皮，刃口韧度更高的SMR槽形可提供仅次于圆形刀片的最佳切削刃强度和进给能力。

在对高温合金工件进行精加工时，有两种S槽形可供选择。其中SGF用于半精加工至精加工，可提供最锋利的切削刃、圆滑过渡刃线和最低的切削力，因此具有较高精度和很高的表面质量；对于半精加工和精加工，SF槽形加工精度高，被加工表面质量好，且具有良好的切屑控制能力。由于该槽形刃口锋利，所以在切深较小、长时间的连续加工中表现良好。

六、高温合金材料车削时的几点建议

最后，对于这类材料的车削，工序的优化主要是使材料特殊性的影响和应用场合达到一个很好的平衡点。要成功车削高温合金，有几个主要的原则：

- (1) 提前认真计划，制定完善的加工策略。
- (2) 多注意规划加工方法。
- (3) 尽可能选择最佳的新型可转位刀片。
- (4) 认真确定最佳刀具路径、稳定的刀具夹持和最安全的切削参数。
- (5) 使用螺旋切削长度计算方法预测切削。
- (6) 正确使用冷却液——最好使用高压冷却(HPC)。□



图 2

于所有三个加工阶段，以及当进入角较大时（例如在必须使用 80° 或 55° 刀片，但进给量适中时）同样表现优异。

中间加工阶段、最终加工阶段及切槽工序，通常需要一个更加有力的备选方案。该方案可以为更苛刻和不稳定的工序提供高稳定性。GC1115和GC1125材质将有助于尽可能减少与切屑撞击和沟槽磨损相关的问题。当需要利用有关刀片整体韧性的其他方案来优化粗加工工序时，可以选择使用非涂层材质，例如H13A。

精加工期间需要有较高的热硬度和较好的热障。SO5F材质经过优化，适用于 45° 进入角，且是使用方形或圆形刀片的最终加工阶段的理想材质。该材质主要是为了优化精加工中的生产效率而开发，同样，与破损后的刀片加工进行对比，新刀片的加工能够提供非常一致的材料变形深度和残余应力轮廓。

如图3所示，有关高温合金材料切削方法的部分问题涉及刀具路径的编程。进刀、退刀、仿形加工、拐角车削、肩部和凹窝都是详细加工策略的一部分。

陶瓷刀片材质可以在高温合金的粗车工序中实现很高的生产效率。其应用与硬质合金材质的应用有很大的不同，较高的耐热磨损性允许其可使用较高的切削速度。但是，较低的韧性使其易于产生破坏性的磨损。陶瓷材质需要正确的刀具路径和进刀/退刀，且用于特定的切屑厚度范围内。它们也需要特定的切削刃，以利用适当的加工方法——理想情况下是使用圆形或方形刀片，以 45° 进入角加工。

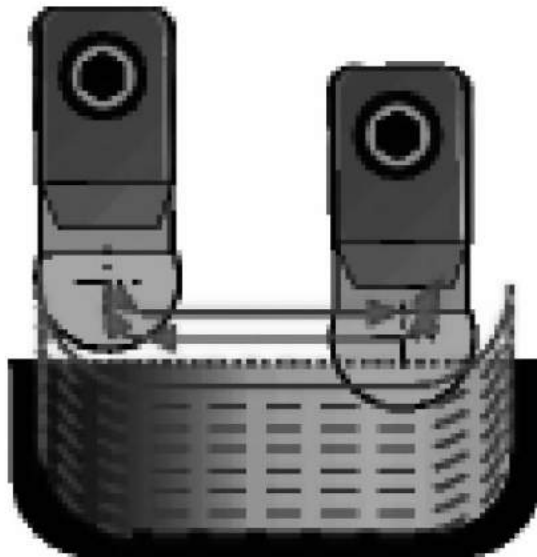


图 3

在正确应用中，陶瓷材质的切削速度是硬质合金的几倍。它与圆形刀片的强度形成了有效组合，可以提高生产率。赛阿龙陶瓷材质CC6060适用于长时间连续加工，以及采用优化编程技术进行的仿形加工和型腔加工，圆弧切入和圆弧切出拐角如图4所示。



图 4

两种新型赛阿龙陶瓷材质适用于半精加工到粗

以选择能实现更高生产效率的刀片材质。

圆形刀片具有最强壮的切削刃，通过改变切深，主偏角是变化的，当然，切深要合理，最大深度达刀片直径的四分之一。为达到更大切削深度，最好使用具有恒定的45°进入角的方形刀片。对于较小的切削深度，精加工时切削深度不是问题，可提高进给率，以获得足够厚的切屑，同时可提高生产效率。一般来说，对于精加工而言，刀尖半径应总是尽量要大些。为了尽可能减少沟槽磨损趋势，应该考虑到在进刀或转角处刀片的滚动动作的编程问题。此外，为进一步均匀分配切削刃上的载荷，坡走和多次走刀是非常有利的。

对于车削工序，如车削进入拐角，使用菱形80°刀片是很理想的，可通过使用带有特殊倒角拐角的刀片限定进入角。山特维克可乐满已经开发出了专用于高温合金车削的Xcel型刀片。与圆刀片相比，该类刀片在有限空间内具有较好的可达性和较大的进给量，其进入角可以尽可能减少沟槽磨损，同时提供均匀的切屑厚度和较低的径向力。如图1所示，通过这种方法，Xcel型刀片提供了具有93°刀具的可达性优势和45°进入角优势的解决方案，其切削深度适用于半粗加工工序。



图 1

三、专用刀具材料的必需性

根据高温合金材料的特定需求，刀片材质和槽

形需要搭配使用。切削刃必须具有较高的硬度、适当的韧性和充分的涂层粘合性。加工这种材料的可转位刀片要具有以下特性：正前角刀片槽形、锋利但强壮的切削刃，以及相对开放的断屑槽。

刀片材质的选择会受到车削工序类型——粗加工、半精加工或精加工的影响，同时受到工况和切削类型的影响。由于高温合金材料硬度的影响，在选择刀片材质时，必须始终考虑切削刃塑性变形这一主要风险（沟槽磨损主要受到进入角和切削深度的影响）。在刀片形状已确定，选择刀片材质时，应首先判断是连续切削还是间断切削，因为这涉及到刃口强度问题和切削负荷。

车削根据所处工艺阶段和工件类型（锻造件、铸造件或棒材）的不同而有所变化。三个工艺阶段包括：第一阶段的粗加工，中间阶段的半粗加工/半精加工，以及最终阶段的精加工。为满足工序和工件的不同需求，山特维克可乐满已经开发出了专用于高温合金材料的新型刀片材质系列。

四、刀片材质——优化后的正确选择

按照惯例，刀片材质的选择通常基于所涉及的是粗加工还是精加工工序，当然这只是高温合金车削考虑的其中一个方面。在高温合金车削中，塑性变形作为一种磨损形式，始终是一个存在的风险，需要改善刀片材质来避免或减小。另一方面，沟槽磨损作为另一种主要磨损形式，它主要由进入角的大小和所用刀片的形状来决定。因此，材质选择在很大程度上基于刀片形状。沟槽磨损可通过选择最适当的刀片形状得到极大的改善。如图2所示，切削刃上较高的压力和切削温度可导致塑性变形。选择正确的刀片材质，对于缩短刀具使用寿命和安全性所面临的威胁而言至关重要。

硬质合金材质的优点在于它可以实现耐磨性和韧性之间的平衡。因此，用于高温合金材料车削的硬质合金材质为具有较高热硬度和良好韧性的细晶粒涂层刀具。GC1105是首选的通用型材质，可用

在同一台机床上进行铣削和激光加工

Milling and laser machining carrying out on one machine

德马吉中国公司

DMG在表面激光纹理加工领域取得了重大进展。激光纹理加工是一项相对较新的加工工艺，对工具和模具制造业的客户颇具吸引力。这一技术与用途广泛的五轴联动加工技术相结合后，尤其适合加工复杂的3D模具。成功开发激光纹理加工技术后，现在DMG又在DMU加工中心上集成了这项技术。此外，吉特迈将在功能强大的DMU系列数控加工中心上，集成表面激光纹理加工技术，实现在同一台机床上进行铣削和激光加工。



图 1

“激光纹理加工是一种经济实用的加工技术，适合加工不规则的表面和复杂的3D模具，能达到最佳的加工效果，” SAUER LASERTEC销售经理Friedemann Lell如此总结这种纹理加工新技术的优点。经过多年研发后这种技术已能为用户提供多种用途。

Friedemann Lell在谈到不断变化的行业要求时表示：“汽车工业的趋势是，正在采用新的技术纹理替代皮革纹理。同样，PET聚酯瓶制造商也提出了诸如在瓶上制作3D徽标这样更复杂的需求。”就

这两种领域的应用而言，激光纹理加工比传统蚀刻技术显然向前迈进了一大步。

激光纹理加工一方面为产品设计师提供了更多自由，另一方面也能降低加工成本。蚀刻技术面对许多纹理无能为力。即使使用合适的光化学膜，皱痕也难以避免，必须进行精细的、昂贵的后续处理。

在激光加工前，所有表面结构数据必须转换为灰度位图。然后，用3D动画软件添加这些优点：“激光纹理加工不使用化学药剂。激光三维数字图形。一个被称为“Maya”的软件便是这类软件中的例子。该软件最早是为动画片的制作而开发的。SAUER LASERTEC开发的LaserSoft3D软件可以将表面结构数据转化成在加工时可以使用的数据。该软件可以在工件上定位，确保激光束以最理想的90°角到达目标区域。



图 2

(下转第 95 页)

汽车生产现场在线测量系统解决方案

福特汽车公司 兰·弗雷泽 克雷格·吉布森

卡尔蔡司公司 赖纳·德策尔 芝诺·歇马尔 热格·拜尔 安德鲁·汤普森

在为英格兰达格南的新柴油发动机生产设备选购测量仪器时，福特汽车公司选择了卡尔蔡司的在线坐标测量机（三坐标测量机）。目前，福特汽车公司拥有7台CenterMax测量机，其中的5台用于监测曲轴箱和缸盖，另外2台用于监测曲轴。

福特公司进行了大量的测试，才决定购买这种在线技术，具体方法是将在CenterMax的测量数据和受温度控制的实验室内的PRISMO 10测量机进行对比。

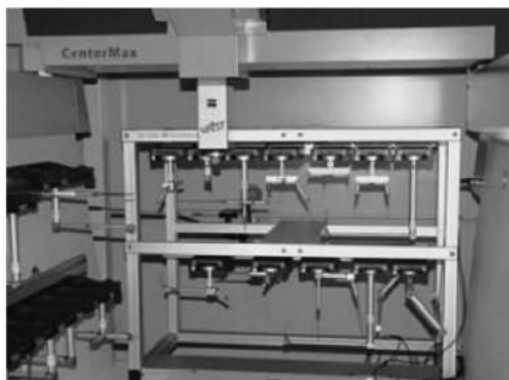
基于CenterMax专利的在线设计方案，其测量结果的一致性和重复性都令人非常满意。因此证明，在18~35℃的温度范围内，CenterMax在线测量机精确度可得到保证。

全方位服务

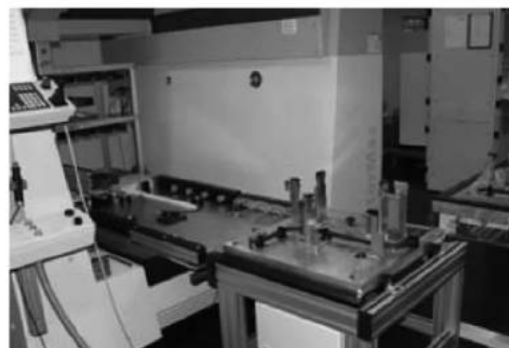
卡尔蔡司以交钥匙工程的方式交付该系统，其内容包括测量机、功能附件、测量程序编辑，以及项目启动阶段的工程师现场支持。

在三个月的同步工程阶段，工程师对现有工序进行了重新检验和调整，以实现最大优化。卡尔蔡司适合生产现场的集成化坐标测量机，能够满足客户对效率和技术的要求。

这类项目的难点之一在于如何提供优化的应用支持。系统必须同时满足严格苛刻的经济性和高度灵活性要求，而在编程过程中引入脱机编程就能很好地保证这两点。所有的测量程序在CALYPSO planner上准备。该阶段运用三维数模、虚拟设备、虚拟探针和虚拟测量机模拟测量过程，能够最大化地缩短启动时间。



(a) 更换架



(b) 上下料系统

ProMax探针系统

应用支持由卡尔蔡司IMT的全资子公司——卡尔蔡司3D 服务公司提供。该服务公司的全球应用网络能够满足灵活性和专业技术方面的要求。

测量程序的编辑期间，卡尔蔡司与福特共同合作以协调和优化程序。模拟运行需在项目启动和测量机安装之前进行，用来检测离线测试方案的质量。该方案由CALYPSO Planner制定。鉴于客户准备场地和测量机制造的过程同步，在客户零件交付

之前，几乎不可能再进行额外的质量检查。因此，卡尔蔡司和福特同意将验收程序和实际工作流程统一。

客户调试

卡尔蔡司在该项目的三坐标测量机MCC（主控制中心）内集成了一个额外控制功能。在日常生产测量中，三坐标测量机能够显示出需要继续测量的部件。除了测量记录数据库和测量程序版本管理外，通过记录操作时间，福特也采用三坐标测量机MCC优化CenterMax测量机的能力。

应用支持

另外，在方案启动和程序验收阶段，还提供现场应用支持，通常到最后的预生产测试结束。所有的方案变更都由卡尔蔡司应用技术人员完成。测量机生产厂家能提供专业安装人员，进行测试

和方案修改。

因此，过程更改能够快速而有效地集成至测量方案中。“福特计量工程师”负责对工作进行检查及程序的验收测试。福特运用这些测量程序对生产进行验收，操作员能通过特定用户接口来获取所有批准的测试方案，以确保半熟练操作员工能执行这些能力测试。安装测量程序时，要确保所有的测量结果能够保存到数据载体上，保证后续数据统计评估。

后续优化反馈

为促进两家公司之间的合作，福特和卡尔蔡司计划以“经验教训”事件的形式举行项目评估。无论是在项目结束，还是在项目进行过程中，所有积极反馈和消极反馈，都由两家公司如实地记录在案，以便将来合作使用。□



(上接第 93 页)

在机床要求方面, SAUER LASERTEC 可以利用德马吉丰富的专业经验。机床可以五轴联动, 因此激光束能到达极复杂表面的目标区域。

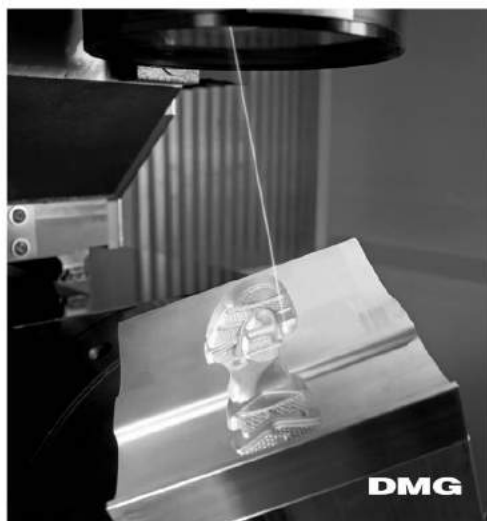


图 3

monoBLOCK6 为实心床身, 因此, 激光加工的定位精度和重复精度极高。重复精度尤其重要,

Friedemann Lell 这样解释道: “激光束在每一次加工行程中, 只切除了几微米的材料。根据不同的结构深度, 完成一处的加工可能需要 50 次或更多次行程。”

激光头通过 HSK 刀柄安装在机床上 (手工更换时间不到 10min), 一次装夹即可完成模具的纹理加工。DMU 160 新型机床是铣削和激光切削复合加工的入门级机床。其姊妹型号 DMU 210 和 DMU 340 是这一完整系列中更大型的高端产品。Friedemann Lell 在谈到目标客户群体时表示: “这些复合机床尤其适合不能完全使用激光切削机, 但又确实希望使用铣削和激光技术的客户。”

激光纹理加的第一步是生成表面结构数据灰度位图。第二步是绘制图形, 创建均匀、低失真的三维表面网格。这一步需要使用外部 3D 软件 (例如, 动画片制作软件), 将前面创建的表面结构图移植到绘制的 3D 表面上。然后用 SAUER 开发的 LaserSoft3D 编程系统计算激光轨迹。最后, LaserSoft3D 激光器在工件上正确定位, 并对表面进行加工。□

超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工磨削力模型研究

Grinding Force of Ultrasonic Vibration Assisted Grinding Combined with EDM

山东省机电设备中心 刘向东

山东轻工业学院 闫 鹏

【摘 要】 探讨超声振动、磨削和脉冲放电加工的交互作用，并从工件材料去除的体积入手，计算脉冲放电能量去除的材料体积，得出普通磨削去除的材料体积，建立轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工磨削力模型，探索各加工参数对磨削力的影响规律，对磨削力的检测和控制具有一定的指导作用。

磨削力是表征磨削过程的重要参数，是磨削过程中的主要研究对象之一，其影响因素和作用一直是人们所关注的问题。磨削力主要来源于工件与砂轮接触引起的弹性变形、塑性变形、切削变形，以及磨粒和结合剂与工件之间的摩擦作用。磨削力的大小影响磨削系统的变形，是产生磨削热及磨削振动的主要原因，直接影响加工工件的最终表面质量和精度。控制磨削力（主要是法向磨削力）是控制硬脆性材料加工裂纹产生及边界崩裂现象的有效手段之一。在磨削过程中，磨削力的大小不但可以反映出整个磨削过程中砂轮与工件之间的相互干涉过程、评价磨削效果的好坏，还可以在在一定程度上预测加工表面质量及加工变质层深度^[1,2]。因此，有必要对磨削过程中产生的磨削力进行系统研究，这是揭示磨削机理，合理解释磨削中的各种物理现象，以及选择适当磨削用量的前提条件。磨削力研究在硬脆性材料磨削加工中有着重要的理论价值和实际意义。

一、轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工

在超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工过程中，磨削加工与脉冲放电加工互为有利条件，可以明显提高加工效率，通过调整加工参数，可以获得高质量的加工表面。辅助的超声振动，可以强化磨削加工和脉冲放电加工效果，并改善脉冲放电加工过程的稳定性。将这三种加工方法复合，充分利用它们各自的优势，成为超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工技术。该复合加工技术是在导电体-金属基体砂轮和工件上分别连接脉冲电源的两极，通过砂轮与工件的相对运动，形成参数可控的脉冲放电与砂轮磨削加工，共同实现工件的加工。砂轮附加轴向超声频振动，有利于改善加工过程，提高加工效率，如图1所示。当工件和砂轮金属基体之间的间隙合适，工作液介质被击穿产生火花放电，进行火花放电加工，并在加工表面形成放电烧结层；当间隙超过最大放电间隙时，火花放电过程停止，砂轮磨粒对脉冲放电加工形成的烧结层产生磨削作用，形成新的加工表面，如此往复进行，实现对工件的加工。工件材料的去除可以看成是磨削、超声振动和脉冲放电共同作用的结果。

在复合加工过程中，超声振动的空化作用、泵

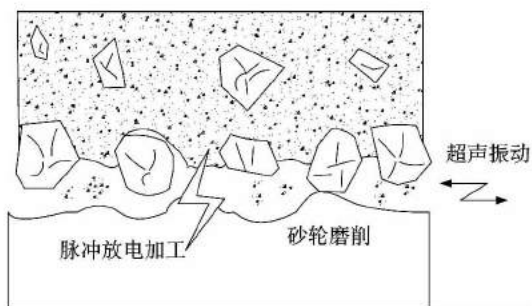


图1 超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工示意图

吸作用、涡流作用，以及超声振动产生的交变压力，为电火花加工和磨削加工的高效稳定进行提供了有利条件。超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工的加工机理，侧重于复合加工过程中三种加工方式的相互辅助和促进作用，扬长避短，减小加工缺陷，优化加工效果，如图2所示。

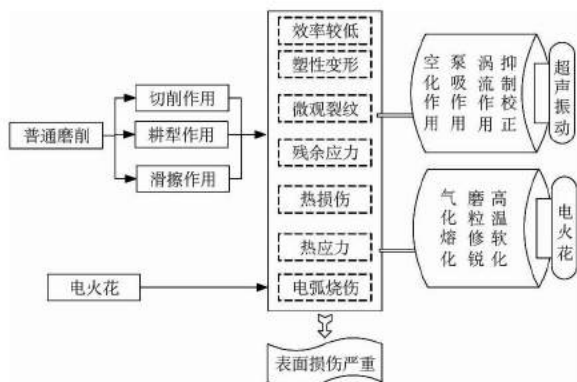


图2 复合加工相互作用示意图

二、复合加工磨削力

1. 普通磨削的磨削力计算

G.Werner、S.Malkin、N.H.Cook以及李力钧等，在建立磨削力数学模型时，把磨削力分成切削变形力和摩擦力两项。磨削力可写成如下形式：

$$\begin{cases} F_t = F_{tc} + F_{ts} \\ F_n = F_{nc} + F_{ns} \end{cases} \quad (1)$$

式中， F_t 、 F_n 为切向和法向磨削力； F_{tc} 、 F_{nc} 是由于切削变形引起的切向力和法向力； F_{ts} 、 F_{ns} 是由于滑擦引起的切向力和法向力。

下面从切削变形力和摩擦力两个方面对各种加工方式下的磨削力模型进行研究。

根据^[8,9]可知，磨削力的切屑变形力计算公式为：

$$\begin{cases} F_t = N_d \bar{F}_{gt} = \frac{\pi}{4} N_d F_u \left(\frac{av_w}{v_s} \right)^2 \frac{a_p}{d_s} \sin \delta \\ F_n = N_d \bar{F}_{gn} = N_d F_u \left(\frac{av_w}{v_s} \right)^2 \frac{a_p}{d_s} \sin \delta \tan \delta \end{cases} \quad (2)$$

式中， N_d 为磨削区内的动态有效磨刃数； v_w 为工件速度； v_s 为砂轮线速度； d_s 为砂轮直径； a_p 为磨削深度； a 为砂轮表面连续切削刃间距； F_u 为普通磨削单位磨削力； $\bar{F}_{gt}$ 为普通磨削单颗磨粒的切向平均磨削力； $\bar{F}_{gn}$ 为普通磨削单颗磨粒的法向平均磨削力； δ 为磨粒半顶角。

由式(2)可得单位磨削力的计算公式：

$$F_u = \frac{v_s d_s}{2 N_d (av_w)^2} \left(\frac{4 F_t}{\pi} + \frac{F_n}{\tan \delta} \right) \quad (3)$$

由式(2)和式(3)可知，如果实测得 $\bar{F}_t$ 和 $\bar{F}_n$ 的值，就可以求得一定磨削条件下的单位磨削力 F_u 的值；反之，如果知道一定磨削条件下的单位磨削力 F_u 的值，就可以推算出磨削力的估计值。

2. 脉冲放电能量计算

在脉冲放电加工过程中，工件表面因获得能量在放电点附近瞬时形成一个高温热源（ 10^4 ℃的数量级）和很大的压力（瞬时压力可达数十乃至上百个大气压）。工件放电点处的表层金属爆炸性熔化或汽化。脉冲放电所释放的能量取决于极间放电电压、放电电流和放电持续时间。一个加工周期内，电火花加工放电总能量为：

$$Q = \sum_{i=1}^N \int_0^{t_i} u(t) i(t) dt \quad (4)$$

式中， $u(t)$ —— t 时刻的间隙电压；

$i(t)$ —— t 时刻的间隙电流;

t_i ——脉冲宽度;

N ——放电次数。

单位时间内电火花加工的放电能量为:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{\sum_{i=1}^N \int_0^{t_i} u(t) i(t) dt}{t} \quad (5)$$

在磨削过程中,砂轮与工件之间的相互作用产生热量和电火花脉冲放电产生的热量,分别传入砂轮、工件、切屑和磨削液,设定一个用于去除材料的放电能量加工系数 K_d ,其值随着加工用量的变化而变化,与磨削深度、砂轮转速、进给速度、工作液等密切相关,通过大量的试验总结获得。

在电火花加工中,电极与工件材料的物理特性对放电蚀除量有重要的影响。工件材料耐蚀性愈低,蚀除量愈大,加工速度愈高。根据热过程理论,单位时间内放电痕熔化体积为:

$$V_c = \frac{W}{C\rho(T_r - T_0) + \rho q_r} = \frac{K_d P}{C\rho(T_r - T_0) + \rho q_r} \quad (6)$$

式中, W 为单位时间内,工件吸收的电火花放电能量; C 为热容量; ρ 为密度; T_r 为熔点; T_0 为原始温度; q_r 为熔化潜热。

由此可见,蚀除量与材料的热学物理常数有关^[10]。

3. 轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工磨削力计算

为了研究方便,对研究对象及加工过程作以下假设:

- (1) 砂轮表面各磨粒沿同一圆周等距分布。
- (2) 加工工件材料各向同性,加工过程中被切除材料全部以切屑方式去除。
- (3) 超声振动在加工过程中保持稳定状态,即振幅、频率保持不变。

图3给出了轴向超声振动辅助磨削模型,砂轮上单颗磨粒的运动是三种运动的合成:绕砂轮轴线以线速度 v_s 作等速圆周运动,相对工件以 v_w 等速平移,以振幅 A 和频率 f 沿砂轮轴向超声振动。

取坐标系 xoy 与工件固联, x 轴为普通磨削过程

中单颗磨粒运动轨迹, y 轴沿砂轮轴线方向,如图4所示。

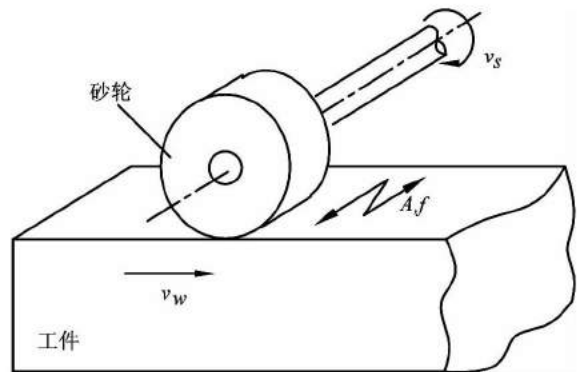


图3 轴向超声振动辅助磨削模型

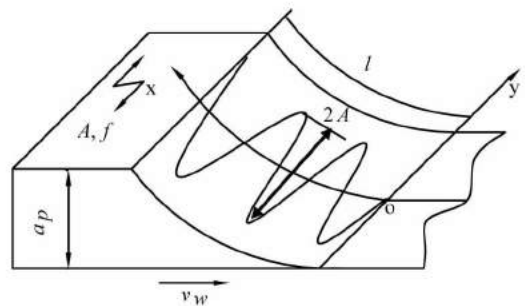


图4 轴向超声振动单颗磨粒运动轨迹

4. 单颗磨粒切削路径长度

根据简谐振动的运动特点,单颗磨粒在 xoy 坐标系的运动方程式为:

$$\begin{cases} x = (v_s + v_w)t \\ y = A \sin(\omega t + \phi_0) \end{cases} \quad (7)$$

整理得,

$$y = A \sin\left(\omega \frac{x}{v_s + v_w} + \phi_0\right) = A \sin\left(\frac{2\pi f x}{v_s + v_w} + \phi_0\right) \quad (8)$$

根据式(8),单颗磨粒的运动路线为三角函数曲线,如图4所示,其单边振幅为 A ,一个周期对应的 x 值为 $(v_s + v_w)/f$ 。图4中, l 为普通磨削接触弧长,其长度为 $l = (v_s + v_w) \Delta t$ 。轴向超声振动辅助磨

削过程中, 单颗磨粒在磨削区的运动路线长度为^[9]:

$$l_g = \int_0^t \sqrt{1 + (dy/dx)^2} dx = \int_0^t \sqrt{1 + \left(\frac{2A\pi f}{v_s + v_w} \cos\left(\frac{2\pi f}{v_s + v_w} x + \phi_0\right) \right)^2} dx \quad (9)$$

5. 平均切屑断面面积 A_m

在普通磨削过程中, 假定砂轮的磨削宽度为 b , 磨削深度 a_p , 工件进给速度 v_w 及砂轮圆周速度 v_s 与工件是否作超声振动无关。单位时间内去除材料的体积 V 为:

$$V = a_p b v_w \quad (10)$$

普通磨削去除材料体积减去电火花放电加工去除的工件材料体积。磨削加工去除的材料体积为:

$$V_c = V - V_e = a_p b v_w - \frac{K_d Q}{C_p (T_r - T_o) + \rho q_r} \quad (11)$$

假定砂轮表面动态磨粒分布密度为 N_{ds} , 单位时间内通过磨削区的动态磨粒数为 $N = N_{ds} b (v_s + v_w)$ 。则单位时间内单颗磨粒的材料去除量 V_g 为:

$$V_g = \frac{V_c}{N} = \frac{a_p b v_w}{N_{ds} (v_s + v_w)} \quad (12)$$

根据式 (9) 和 (12) 可得单颗磨粒平均切屑断面面积 A_m 为,

$$A_m = \frac{V_g}{l_g} = \frac{a_p b v_w - \frac{K_d P}{C_p (T_r - T_o) + \rho q_r}}{N_{ds} b (v_s + v_w)} \int_0^t \sqrt{1 + \left(\frac{2A\pi f}{v_s + v_w} \cos\left(\frac{2\pi f}{v_s + v_w} x\right) \right)^2} dx \quad (13)$$

普通磨削过程中, 单颗磨粒的平均切屑断面面积 A'_m 为:

$$A'_m = \frac{a_p v_w}{N_{ds} (v_s + v_w)} l \quad (14)$$

比较式 (13) 和 (14), 得出以下结论: 在普通磨削和轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电两种加工方式下, 当磨削用量、加工工具及加工条件完全一致时, $A'_m > A_m$ 。因此, 轴向超声振动和脉冲放电的引入, 使均切屑断面面积减小, 可以得到更细小的切屑。

6. 轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工切削变形力

由文献^[10]知, 单位磨削力 F_u 与单位截面磨削力 F'_u 的关系为:

$$F_u = \frac{6}{\pi \cos \theta} F'_u \quad (15)$$

单位截面上的磨削力与磨粒的断屑面积有关^[12]。如下式:

$$F'_u = k A_m \quad (16)$$

式中, k 为与材料有关的系数。

根据轴向超声振动辅助磨削几何参数分析及单颗磨粒切削轨迹, 以及电火花放电去除的工件材料, 分析轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工过程中, 单颗磨粒上所作用的磨削力为:

$$F'_u = k A_m = \frac{k \left(a_p b v_w - \frac{K_d P}{C_p (T_r - T_o) + \rho q_r} \right)}{N_{ds} b (v_s + v_w)} \int_0^t \sqrt{1 + \left(\frac{2A\pi f}{v_s + v_w} \cos\left(\frac{2\pi f}{v_s + v_w} x\right) \right)^2} dx \quad (17)$$

由式 (15) 和式 (17) 可以得出复合加工的单位磨削力:

$$F_u = \frac{6k \left(a_p b v_w - \frac{K_d P}{C_p (T_r - T_o) + \rho q_r} \right)}{N_{ds} b (v_s + v_w)} \int_0^t \sqrt{1 + \left(\frac{2A\pi f}{v_s + v_w} \cos\left(\frac{2\pi f}{v_s + v_w} x\right) \right)^2} dx \quad (18)$$

7. 摩擦力

磨削过程由许多不同的摩擦作用组成。磨削过程中, 磨削区内摩擦产生的热量会引起工件表面层的热损伤, 因而令人感兴趣的是磨削区内的摩擦^[13]。

K.Hokkirigawa 和 K.Kato 建立了考虑硬度的单颗磨粒的滑擦计算模型, 并针对切削、滑擦和耕犁的不同特点, 建立了摩擦系数计算模型。磨削区内未参与磨削的磨粒, 即参与滑擦的磨粒, 采用 K.Hokkirigawa 和 K.Kato 建立磨粒的滑擦计算模型进行计算。因此, 磨削区内单颗摩擦磨粒的磨削力为:

$$\begin{cases} F_{th} = \mu \cdot S \cdot H_V \\ F_{mi} = S \cdot H_V \end{cases} \quad (19)$$

式中, F_{th} 为摩擦粒子的切向力 (N); F_{mi} 为摩擦

粒子的法向力 (N); S 为接触面积 (m^2), $S=\pi r^2/2$; H_v 为材料的维氏硬度; μ 为摩擦系数, 可由下式求得:

$$\mu = \frac{A \sin \theta + \cos (\cos^{-1} f - \theta)}{A \cos \theta + \sin (\cos^{-1} f - \theta)} \quad (20)$$

其中: $A = 1 + \frac{\pi}{2} + \cos^{-1} f - 2\theta - 2\sin^{-1} \frac{\sin \theta}{(1-f)^{1/2}}$ 式中, f 为与材料剪切应力有关的无量纲的值。

$$\begin{cases} F_{nh} = \mu \sum_{i=1}^n S_i \cdot H_v \cdot N_{nhi} \\ F_{nhi} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot H_v \cdot N_{nhi} \end{cases} \quad (21)$$

N_{nhi} 为不同深度条件下的滑擦磨粒数目^[11]。

超声振动和电火花加工的放电能量对摩擦力也有一定的影响, 设影响系数为 k_h , 则摩擦力变为:

$$\begin{cases} F_{nh} = k_h \mu \sum_{i=1}^n S_i \cdot H_v \cdot N_{nhi} \\ F_{nhi} = k_h \sum_{i=1}^n S_i \cdot H_v \cdot N_{nhi} \end{cases} \quad (22)$$

8. 超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工磨削力理论模型

由式 (1)、式 (18) 和式 (22) 可得, 轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工的磨削力公式为:

$$\begin{cases} F_t = \frac{\pi}{4} N_d F_u \left(\frac{av_w}{v_s} \right)^2 \frac{a_p}{d_s} \sin \delta + k_h \mu \sum_{i=1}^n S_i \cdot H_v \cdot N_{nhi} \\ F_u = N_d F_u \left(\frac{av_w}{v_s} \right)^2 \frac{a_p}{d_s} \sin \delta \tan \delta + k_h \sum_{i=1}^n S_i \cdot H_v \cdot N_{nhi} \end{cases} \quad (23)$$

三、结论

对轴向超声振动辅助磨削过程中单颗磨粒的运动过程进行了分析, 根据单颗磨粒的运动方程, 绘制了单颗磨粒在磨削区内的运动轨迹, 通过坐标转化, 推导了单颗磨粒在磨削区内运动路径长度的计算公式。从工件材料去除的体积入手, 计算脉冲放电能量去除的材料体积, 得出普通磨削去除的材料体积, 建立轴向超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工磨削力模型, 探索各加工参数对磨削力的影响

规律, 对磨削力的检测和控制具有一定的指导作用。□

参考文献

- [1] 郑善良.磨削基础 [M].上海:上海科学技术出版社, 1988
- [2] 贺永, 董海, 马勇, 等.工程陶瓷磨削力的研究现状与进展 [J].金刚石与磨料磨具工程. 2002, 127 (1): 40-44
- [3] G.Werner. Influence of Work Material on Grinding Forces [C]. Annals of the CIRP. 1978, 27 (1): 20-24
- [4] 李力钧, 付杰才.磨削力的数学模型的研究 [J].机械工程学报. 1981, 17 (4): 31-41
- [5] L.C.Li, J.Z.Fu. A study of grinding force mathematical model [C]. Annals of the CIRP, 1980, 29 (1): 245-249
- [6] Kun Li, T.Warren Liao. Modeling of ceramic grinding processes-Part I: Number of cutting points and grinding forces per grit [J]. Journal of Materials Processing Technology. 1997, (65): 1-10
- [7] B.F.Feng, G.Q.Cai and X.L.Sun. Groove, Chip and Force Formation in Single Grain High-Speed Grinding [J]. Key Engineering Materials. 2006, 304-305: 196-200
- [8] 李波民, 赵波.现代磨削技术 [M].机械工业出版社, 2003
- [9] 张洪丽.超声振动辅助磨削技术及机理研究 [D].山东大学博士学位论文, 2007
- [10] 曹凤国.电火花加工技术 [M].北京:化学工业出版社, 2004
- [11] 张建华.单程平面磨削淬硬层预测及其摩擦磨损性能研究 [D].山东大学博士学位论文, 2008
- [12] 张幼楨.金属切削理论 [M].北京:航空工业出版社, 1988
- [13] E.Brinksmeier, C.Heinzel, M.Wittman. Friction, cooling and lubrication in grinding. Annals of the CIRP. 1999, 48 (2): 581-598

“加工的高效率、完善的服务甚至时尚的外观”就是南山模具最初选择德马吉机床的三个主要原因，同时也是南山模具成就一流高端模具车间的有力武器。

成就一流高端模具车间的有力武器

——访南山模具加工中心负责人

德马吉中国区市场部

“现在，我们只承接南山集团所属项目的模具加工任务，即便如此，春节期间我们也无法休假。”对于忙碌的工作安排，南山集团铝材总公司南山模具加工中心王仁选厂长向记者解释道：“南山集团今年承接了大量南车、北车集团的订单，这主要是由于近年来国内轨道交通的快速发展，动车、地铁等机车型号的不断更新，导致相应的型材也需要更新，而我们则是为南山集团提供加工新型材所需的模具。”

据悉，于2007年5月1日正式投产运营的南山模具加工中心，到2010年其产值已经达到了1.2亿元人民币。在成立之初，南山模具就将自己定位为国内一流的高端模具车间，经过了几年的不断打拼，南山模具已成为行业内响当当的名字。对于南山模具而言，德马吉机床则是其成就一流模具车间必不可少的有力武器。

“由于南山集团需要增加型材的产能，所以对模具的需求量也会大幅增加，因此我们计划将新建两个厂房，并于下半年正式投产。”在王仁选厂长眼中，新厂房的投产将是2011年工作的重中之重，“原有设备结构和工艺的调整是必不可少的，为此我们又订购了一台德马吉的5轴龙门加工中心——DMU210 P duoBLOCK®，另外还有两台新的挤压机。”

高效率的保障

“我们第一次采购德马吉机床是在2007年，这是我们第一次购置这么高端的设备。主要是用于为集团的铝合金项目制造模具。当时，设备的按时交

货对我们来说非常重要，要求厂房建好的同时设备一定要到位，时间的截点绝对不能延误，否则我们将无法按规划生产，铝合金项目也将整体拖延。”王仁选厂长回忆着初次采购德马吉机床时的情形，“令人欣慰的是，德马吉公司完全满足了我们生产紧迫的要求，在约定的时间内将设备发运，很信守承诺。”

“同其他企业一样，在购置设备前我们会进行现场试切，德马吉的表现非常理想。而这一结果在实际生产中也得到了验证。与我们以前所使用的旧设备相比，加工同样的工件原来需要1小时40分钟，现在仅需要40分钟就可以完成，效率上提高了很多。”德马吉机床在试切和生产实践中的表现，给南山集团铝材总公司南山模具加工中心车间总工艺师张志财留下了深刻的印象。“此外，德马吉机床的刚性好，精度高，加速度快，可以同时满足粗加工和精加工的要求，特别是加工经过预硬处理后硬度达到（50~52 HRC）的工件。”



德马吉机床给张志财总工艺师留下了深刻的印象

张志财总工艺师还列举了一些实例：在加工同一块 $\phi 220\text{mm} \times 115\text{mm}$ 、材质为H13退火工艺（30

HRC) 的模具时, 以前需要2个多小时的时间, 而使用德马吉的机床和工艺后只需要40多分钟; 再比如加工一块 $\phi 220\text{mm} \times 115\text{mm}$ 、材质为H13预硬工艺(50~52 HRC) 的模具, 南山模具加工中心以前需要8个多小时, 而现在则只需要4个多小时。由此可见德马吉机床对该车间效率的影响之大。

而对于为了扩建所订购的德马吉5轴龙门加工中心DMU210 P duoBLOCK®, 王仁选厂长和张志财总工艺师都充满了信心: “这款5轴加工中心非常符合未来我们的发展需求, 它在大型模具成批量加工中的优势将为我们提供有力的保证。” 据了解, DMU210 P duoBLOCK® 非常适合于模具的加工, 它具有将近 5m^3 的超大尺寸加工空间, 人体工程学设计优异, 因而工作台也能够装载最重达8t的工件, 数控进给驱动电机快移速度最高可达 60m/min , 加速度极高, 带双爪换刀机械手的刀具更换装置缩短了加工时间和辅助时间, 是一款全面高效、性能优越的加工中心。

人性化的服务

据了解, 目前南山模具加工中心采取三班倒的工作方式, 设备24小时不停机, 每台设备由一名工人值守。因此对于员工的培训, 南山模具一向非常重视。自设备购置后, 德马吉每年都会对南山模具加工中心进行至少两次的培训, 每次为期三天。

“初次购买德马吉设备时, 他们在机床到货前就在上海的培训中心为我们进行了一次培训, 并且协助我们做好了机床的后置处理。” 王仁选厂长对德马吉所提供的服务甚为满意, “而机床到货时正值‘五一’节假日, 德马吉当时放假七天, 但是考虑到我们的实际情况, 他们特意安排了调试工程师加班, 帮我们调试好机床, 并且还安排现场培训工程师加班为我们的人员进行现场培训, 这令我们非常感动。”

“此后, 德马吉又安排了专业的技术工程师, 为我们提供了技术上的支持, 提高和改善了我们的工艺水平和流程, 使机床的优势能够充分地发挥出来。他们从行动上真正地体现了德马吉的温馨服务。” 王厂长补充道。

而在德马吉设备初次进厂时, 还曾发生过一个小小的插曲。由于欧洲机床大都拥有十分完善的自我保护功能, 设备初次进驻车间后由于国内电源的供电不稳, 车间经常会出现跳闸的现象。针对这种情况, 德马吉专门为南山模具加工中心提供了解决方案, 在安装了隔离稳压电源后, 问题迎刃而解。

“我们的合作非常融洽, 在售后服务方面, 我们随时都可以和德马吉的服务人员进行电话沟通来解决问题。需要他们进行现场服务时, 他们也会及时到达, 为我们提供服务。” 张志财先生对德马吉所提供的服务同样十分认可, “其实由于德马吉设备的稳定性很好, 从2007年到现在设备基本上没有出过大问题。”

实用兼具时尚

众所周知, 与国内设备相比, 欧洲、日本等国的机床设备拥有更时尚漂亮的外观。在外行看来, 也许这算不上太大的优点, 因为再漂亮它毕竟还是一台加工设备而已。殊不知, 正是这种实用且不失时尚的外观, 成为南山模具加工中心选择德马吉设备的三大原因之一。

“在当初建厂时, 我们就计划要将这个模具加工中心建成国内一流的模具车间。我们考察了很多国内外的知名企业, 它们无不例外的都拥有着整洁干净、布局合理的特点, 这同样也是我们所追求的, 而德马吉机床正是我们成为一流模具车间所不可缺少的利器。” 对于模具加工中心的工作环境, 王仁选厂长自豪地表示: “除了效率和服务的保证, 德马吉机床的外观也完全符合我们的整体形象和战略要求。首先, 德马吉机床的外观很漂亮, 流线性设计, 看起来很舒服, 能够缓解枯燥的加工工作给工人们带来的压力。其次, 机床的操作面板很大, 视线好, 灵活性强, 机床装卸工件很方便, 降低了工人的操作疲劳度。”

“特别是第二批采购的这6台设备, 新增加的旋转视窗不仅使机床的外形更加美观, 更重要的是使工人能够更加清晰地观察工件的加工情况。” 张志财总工艺师特意对记者进行了演示。□

成功来自于正确决策

——访吉林赛德精密机械制造有限公司
董事长兼总经理 李立新

本刊特约记者 林庆祥

吉林赛德精密机械制造有限公司成立于2003年，位于长春市高新区，主要从事汽车配件、动车组配件及航空件的生产加工。目前，公司拥有国内外先进的数控加工设备和国外一流的检测设备，其中各种型号的美国哈斯数控机床就有24台。

选择哈斯 享受成功

当初，吉林赛德精密机械制造有限公司曾考虑过购买国产机床，毕竟国产机床和美国哈斯机床价格还是有差距，但董事长兼总经理李立新算了一笔帐：虽然一台进口机床的价格可以买1.5台国产机床，但一台进口机床只需要一套刀具和一份的用人成本，而耗电、场地等成本也跟着降低，再加上精度和效能、耐用、维修服务、客户信任度等的整体考虑，长期算下来哈斯机床可能还划算些。经过市场调研，并到北京机床展现场看过演示后，公司最终敲定购买哈斯机床。到2009年下半年，汽车制造行业的市场出现井喷现象，赛德开始享受其正确决策所带来的果实。

抓准时机 抢得先机

赛德过去主要从事摩托车变速箱相关部件的加工，2004年整个中国，特别是长春市，汽车业发展

蓬勃，汽车零部件的需求大增，但汽车零部件的精度加工要求远高于摩托车，赛德李总遂决定采购先进的数控机床来提升加工质量。

2008年，市调预测中国汽车需求将大幅提高，于是赛德开始筹备采购一批数控加工中心，但到了十月，世界经济危机爆发，当时许多同行都不敢再进一步投资，认为风险太大，但李总分析后认为，每次的经济危机过后，都是一次行业的重新整合，因此赛德决定按计划采购机床，以期在危机之后的复苏期内抢得先机。

这样的分析和决策事后证明完全正确，因为在经济危机前，赛德每天加工液压泵30件，2008年每天加工80件，随着经济的复苏和政策的扶持，需求也从每天100件增加到现在的每天450件液压泵、500件底座。

哈斯机床 物超所值

使用哈斯机床的一年多下来，李总归纳出哈斯机床的几项优势：首先是稳定性很好，基本上没有毛病，和过去使用国产机床经常出现小毛病的情况大为不同；再就是换刀速度很快，让整个工艺节拍都跟着加速，而且精度高出国产机床一截，国产机床的重复精度仍然与哈斯机有一段差距；此外用哈

斯机床除了提高工件的表面质感，还平添了加工机床的档次，也让客户对赛德的产品更有信心。李总特别提到，哈斯数控机床沈阳HFO（沈阳熙格机械公司）的佟总经理，对赛德提供的保修服务真的是尽心竭力，实时而热诚，佟总和赛德现在不再是供货商与客户的关系，而变成了好朋友。

“第一次购买的哈斯机床只花了三个月就赚回成本”李总表达了他对哈斯机床的满意并告诉记者，赛德一直加工一个发动机支架，过去用两台国产机一天可加工二百三四十个，换成两台哈斯机床加工，一天可以加工四百件。赛德的一位哈斯机床操作员在和其他工厂操作国产机床的同学谈起这样的加工效率时，大家都不相信，直到他们到赛德亲眼见到哈斯换刀如飞、切削自如以后，才相信哈斯机床真的是高科技的产品。

信赖哈斯 邀请进驻

出于对哈斯机床和熙格佟总的信赖，赛德从最早购入的4台展机开始，在一年半多时间内，陆续采购了各种型号的哈斯机床。现在车间里共有24台哈斯数控机床，从较大型的卧式加工中心EC-1600、EC-630、EC-500、EC-400；立式加工中心VF-3YT、VF-3、VF-2SS、VF-2，到数控车床SL-10、ST-30，现在赛德已是东北地区拥有哈斯机床系列产品最齐全的车间。鉴于双方愉快的合作，赛德在新厂房扩建时，甚至还特别为哈斯沈阳HFO预留了办公室和备品仓库，邀请哈斯进驻到赛德公司，显示对哈斯机床的信赖和对佟总的信任。对于哈斯的服务，李总告诉记者，在参观过哈斯的HFO后，他发现哈斯HFO的备品仓库随时储存了95%以上的各种机型的零备件，就算临时有什么维修需求，连电话都不必打，工程师和备件就在咫尺。

赛德的合作伙伴包括中国科学院吉林光学机械研究院、一汽大众、中德合资的天合富奥汽车、东方凯世曼、中韩合资的一东汽车、制造动车的北车

集团、生产发动机的哈尔滨东安动力集团、海南马自达、中华汽车等。赛德加工的轴承支架、发动机转向器、液压系统，以及一些航空件和无级变速器等精密产品的精度要求都非常高，在使用哈斯机床后，都能满足客户对工件的精度要求。

借鉴哈斯工厂管理 创设恒温车间

赛德李总常常有着独到的眼光和投资理念，在去美国加州哈斯总公司参观后，他发现美国哈斯的生产车间窗明几净、干净整洁，并且高度自动化，对于精度特别高的零部件生产，还设有恒温车间。于是在赛德新落成的厂房里，李总复制了这样的理念，车间内除了干净整齐之外，更开辟了一间420平米，可装置20台机床的恒温车间。李总认为，如果只是与其他的公司一样，采用相同的设备和工艺，则赛德将不会有竞争力，必须跑在同业前面，发展优于同业的技术与设备，这样才能让赛德做强做大。李总顺带表示，这20台肯定是哈斯机床。

赛德目前是东北地区拥有最完整哈斯机型的企业，因此许多东北的企业想了解哈斯机床的性能、精度和效率，都会到赛德公司参观。而赛德李总也很自豪于拥有众多的哈斯机床，认为哈斯机床就是做出好产品的保证。

披星戴月 满足客户生产需求

李总说，机器不可能不出现一点毛病，而哈斯机床最让赛德满意的，正是以客户为尊的服务态度。他告诉记者，曾有一次赛德的哈斯机床晚上报修，哈斯的维修工程师立刻在晚上9点从沈阳出发，到凌晨2、3点钟来到长春的赛德车间，没有休息就开始维修，等到上午开始工作时，机床早已恢复正常运作，保证了我们的生产进度，这样的精神让赛德很感动，也是赛德始终选择哈斯的一个重要原因。□

细长车削工件的精密夹持

Accurate support for long turning workpieces

Markus Michelberger

当深孔镗杆长达12m时，夹持装置特别重要。高精度手动Rota-S plu车床卡盘能保证加工出高质量的工件，而且工作可靠。

德国不锈钢产品制造商在细长产品制造和加工方面处于领先地位。Schmolz + Bickenbach 集团公司是一家拥有4000职工的企业，每年要加工上百万吨的不锈钢。集团在Witten、Siegen、Krefeld 和Hagen都设有工厂。该公司的客户主要是汽车、机械工程、航空航天、系统工程、能源等行业。公司所加工的材料包括：工具钢、耐酸耐热不锈钢、高强度结构钢、轴承钢以及钛铁粉末烧结金属等特殊材料。公司的业务范围包括金属加工技术咨询、成形、热处理及最终部件的加工等。

用于大型工件的大型卡盘

位于Krefeld 的Deutsche Edelstahlwerke公司采用Schunk公司的 Rota-S plus 1000型卡盘进行深孔镗削加工。这种大型卡盘是装在两台经过改装的Schurter 深孔镗床上，既能保证可靠，又可以保证达到最高加工精度。Deutsche Edelstahlwerke公司的加工与服务负责人Thomas Polkownik解释说：“即使是用标准型大直径车床卡盘，也能可靠地加工大直径孔。” Rota-S plus 1000卡盘的装夹直径为402mm（也可选用410mm），适用于多种工件的装夹。

Schurter机床采用静压支承拖板，可用于加工石油和天然气钻头部件，以及制造大型齿轮箱和风力涡轮机的冷轧钢件。主轴和刀具轴的功率分别达到75kW。带有转达塔的可回转拖泥板和集成的C轴功能，可使机床一次装夹完成多种加工。在加工

孔长达10m的长孔时，从其一端开始加工，Edelstahlwerke 可以保证在加工到另一端时，不同心度不超过2.39mm。

由于采用互换性极好的卡爪，高刚度卡盘体，卡爪快速更换系统，楔杆传动及各个面都经过淬硬和磨削的功能部件，Rota-S plus 系列大型标准卡盘与高质量机床相结合，是可靠并能降低加工成本的绝配。淬硬的主轴轴承和大面积支承成倍提高了卡盘的精度。由于工件在机床主轴上采用平面支承，卡爪不会使其产生径向应变。1000型的柔性动力总成可使卡盘产生270kN 的夹持力，卡爪行程为15mm。与同等规格的手动蜗杆卡盘相比，Rota-S plus 卡盘的夹持力和精度都提高了一倍。

卓越的机械装置保证加工可靠性

车床卡盘的楔杆原理证明是可行且有效的。采用楔杆传动，力矩通过一搬手和一个经过磨削和滚轧加工的螺杆作用于传动环。夹持力通过滑块和楔杆传递给卡爪。在加工中，所产生的夹持力和高效楔杆系统能保证可靠和精确地夹持工件，比之手动蜗杆卡盘，优点多多。与此同时，楔杆上的锁紧螺钉可将其牢牢地锁止，保证楔杆与卡爪的齿处于完全啮合状态。这就是为什么Rota-S plus卡盘优于普通手动卡盘的原因。

卡爪快换系统保证了最短的调整时间。全套卡爪的更换只需2min时间。在此情况下，搬手与卡盘处于断开状态，直到楔杆的齿与卡爪的齿完全分

离。在此位置，卡爪只用一个插销固定的卡盘体内。操作人员通过位于侧面的按钮拉出这个销子，更换卡爪。在随后的夹紧过程中，用一个指示销保证安全。如果可以看到这个销子，表示卡爪未完成到位。直到这个销子完全看不到了，才表示工件已安全夹紧。这样就可以杜绝操作的人为失误。卡爪的误差小于0.02mm具有很强的互换性，省去了重复去除软爪工作，因而节省了时间和成本。

大规格标准卡盘

用途广泛、夹紧力大及快速更换功能，使Rota-S plus 系列卡盘可以高效全方位地适用于各种中小批量生产之需。Schunk 公司以其装夹直径从160mm 到1400mm十种规格型号，可为用户提供多种标准化的手动卡盘。应用这些卡盘，用户可以高效、低成本地加工多种规格，以至大型工件。Thomas Polkownik 认为，交货期短和技术文件齐全是同等重要的，最重要的是，卡盘必须能正确安装并运行良好。他说：“Schunk提供的所有产品都能保证达到上述要求。”

XXL精密卡盘

用于大直径工件加工的Schunk大型卡盘必须可靠装夹才能实现精密加工。例如石油工业用管子的端面加工、金刚石钻具的切螺纹、石墨产品、铁路车轮、泵和阀的壳体或齿轮等。利用这些卡盘，无论是用在立式还是卧式机床上都能够可靠地满足精密加工的需要。以Rota NCO 三爪动力卡盘为例，它能可靠地提供45 kN的夹持力，重复误差小于0.003mm (1000mm)。

带有自定心装置的Rota NCR 6爪卡盘适用于加工易变形工件，例如轴承环齿轮箱部件或轮箍。利用这种卡盘可以明显提高工件的加工圆度，即使是加工坯件或非圆工件，这种卡盘也能非常精确地定心。

如有需要，还可以按用户要求提供所需的卡盘。最重要的是，制造商要能提供各种可能的周到服务。Schunk 不仅可以保证大型卡盘的安全使用，而且还提供定期维护和内容广泛的人员培训。

轴类件的全自动质量检测

Fully automatic quality testing of shafts

Thomas Köhler

在现代制造过程中，实施质量保证需要越来越精确的测量系统。Marshaft CNC 700利用其柔性测量系统检测回转零件，加快了成本的回收。

从内燃机制造转向电主轴制造，这是一种全新的工件，因而需要新的检测系统。例如利用传动装置将电机与轴联接。专业制造商Mahr公司提供了可用于轴的全自动检测的CNC测量中心：Marshaft CNC 700。该测量中心装在紧邻生产线的房子里。这样可以缩短工件的运送距离，以便在所加工的零件超差时，能及时调整生产工艺。该系统具有温度补偿功能，可根据典型温度变形量，对温升造成的3s，直径测量只要2s，对称度测量用4s。轴的各个性的检测位置全部编程并输入到系统中，系统自动定位并执行检测，因此不需要人为干预，也不会造成人为误差。检测结果，可利用“Q-DAS”过程监控软件进行分析，并可纳入用户定制文件中。

柔性 with 闭环选项

测量设备操作极为简便，具有可以完成全部检测任务的柔性，可适用于从软质材料的加工（车削），到淬硬材料加工（磨削）的所有加工，并具有严格的尺寸公差和形位公差。由于程序可以存放于分析计算机中，该系统具有足够的柔性，可以检测多种不同工件。因此，用户只需启动相应的程序，不必对设备进行任何调整。在测量之前需要进行相应的试测，以确保测量程序与工件的匹配。该系统备有闭环选装项目，可以装测量系统与加工中心联接。这样，当所加工的轴的尺寸超差时，机床可以立即进行修正。另一选项是实时在线测量，即利用移动式上料装置把工件装在机床上便可以自动

工件与测量设备的变形予以补偿。该系统还具有坚固耐用的特点：即使在工件很脏或动态加工过程中产生振动的情况下，依然能可靠地检测。

工件检测只用70s

生产中，对轴的检测通常是抽样检测或换刀之后检测。轴的常规检测项目包括：轴的长度、直径、径跳、圆度、对称度及轴上的槽。Mahr CNC测量中心是全自动的，能够加快质量检测的速度。操作人员将轴装夹到检测中心上之后，仅需70s时间便可完成25个变量的检测。例如长度测量仅需进行检测，在这种情况下，无需操作人员进行工件定位。

此外，Marshaft测量中心可以联接其他Mahr测量系统，例如利用一个表面测量中心联接。对用户的好处就是：在一个检测报告中可以包含这两台测量机的测量结果。

20个月收回投资

这种测量机的投资具有良好的经济性。通过降低物流成本，该设备可以提高生产效率，同时降低生产成本。与普通测量设备相比，成本降低约30%，同时减少了停机时间和降低了废品率。由于该测量设备完全没有磨损，故使用寿命长，维修成本低。除此之外，该测量设备还能节省人工成本：它无需校准，也不需要做任何重新调整，在测量自动进行过程中，操作人员可以专注于其他工作。

综上所述，这就是为什么能20个月收回Marshaft CNC 700测量中心全部投资的主要因素。

3s，直径测量只要2s，对称度测量用4s。轴的各个性的检测位置全部编程并输入到系统中，系统自动定位并执行检测，因此不需要人为干预，也不会造成人为误差。检测结果，可利用“Q-DAS”过程监控软件进行分析，并可纳入用户定制文件中。

柔性与闭环选项

测量设备操作极为简便，具有可以完成全部检测任务的柔性，可适用于从软质材料的加工（车削），到淬硬材料加工（磨削）的所有加工，并具有严格的尺寸公差和形位公差。由于程序可以存放于分析计算机中，该系统具有足够的柔性，可以检测多种不同工件。因此，用户只需启动相应的程序，不必对设备进行任何调整。在测量之前需要进行相应的试测，以确保测量程序与工件的匹配。该系统备有闭环选装项目，可以装测量系统与加工中心联接。这样，当所加工的轴的尺寸超差时，机床可以立即进行修正。另一选项是实时在线测量，即利用移动式上料装置把工件装在机床上便可以自动

进行检测，在这种情况下，无需操作人员进行工件定位。

此外，Marshaft测量中心可以联接其他Mahr测量系统，例如利用一个表面测量中心联接。对用户的好处就是：在一个检测报告中可以包含这两台测量机的测量结果。

20个月收回投资

这种测量机的投资具有良好的经济性。通过降低物流成本，该设备可以提高生产效率，同时降低生产成本。与普通测量设备相比，成本降低约30%，同时减少了停机时间和降低了废品率。由于该测量设备完全没有磨损，故使用寿命长，维修成本低。除此之外，该测量设备还能节省人工成本：它无需校准，也不需要做任何重新调整，在测量自动进行过程中，操作人员可以专注于其他工作。

综上所述，这就是为什么能20个月收回Marshaft CNC 700测量中心全部投资的主要因素。

飞机零件的装夹

Fixturing aircraft components

配置合理的薄壁非磁性工件真空夹紧技术也可用于大表面不规则工件的加工。

总部设在Bleckede的Witte公司是一家专门从事特别难加工工件真空装夹系统的制造商。该公司已经为航天工业设计制造了多种大型工件真空装夹系统。可以利用CNC设备精密装夹和加工不规则工件。这家制造商依靠的是作为飞机铝合金零件的承包制造商所积累的数十年之经验，在真空夹持技术方面拥有广泛的专门经验（know-how）。

利用孔板技术适应工件

Witte制造了一种用于飞机工业用的，可以装在龙门式机床上的夹具系统。它可以用于加工长达数米，而厚度在9mm到50mm之间变动的不规则铝板件。这种部件需要进行从圆柱面到平面的多种形状的加工，而且工件的两面都需要加工。为获得加工所需的夹持力，该公司开发了一种由真空压板（安装在机架上）、带液压装置的门架和控制器构成的夹持设备。由于铣削过程中，材料的切除量很大，该公司设计了一种应用真空孔板技术的夹具工作台。这种利用传统的真空夹紧方式的解决办法能够产生足够的夹持力，特别适用于几何形状简单且表面粗糙的工件。真空孔板可以做成任意形状和尺寸，所需选择的只是与工件尺寸相适应的网格大小。真空板的特点是：32个夹紧区和专门配置的密封软带槽。这个真空工作台尺寸整体为2000mm×7500mm，由8个部分组成，每个部分有4个可转换的自动监控的夹紧区组成，共有50个抽气孔。夹紧区由NC系统启动，并用总线系统控制真空电磁阀。夹紧板上的槽是为安放密封软带准备的，即使有很大的不规则表面的工件也能可靠地密封。抽气口配有滤网，可防止切屑落入。附加的螺纹孔可以使用机械式夹具和挡块。该夹具还可以同时装夹多个较

小型的工件，以提高加工效率。

用超重设备和真空抓取装置将铝合金板放到夹紧板上，利用门架上的液压装置不规则工件调至水平位置。在这种情况下，龙门架以15m/min的速度移动到铝合金板不同位置，活塞以2t的压力作用于真空夹板。这样就可以夹紧整个工件表面，随后，在螺孔中插入机械夹紧装置，将工件固定在所设定的位置。

可靠的三班运行

第一道工序是预加工，将工件加工到要求的表面质量，以便随后用于真空夹紧，如有必要，可一步步加工，直至将铝板加工到要求的形状。加工第二面时，液压装置也是将其放在水平位置，将工件压到夹紧板上，然后启动各个真空夹紧区。所夹紧的铝板现在已是很薄且对称的，此后需要铣削各个腔体。最终成形的工件壁厚只有1.2mm，长度达7.5m，并要达到很高的精度。

这种真空夹紧系统是Witte为三班生产研制的。在整个加工过程中，所有功能都是自动监控的。在加工不同尺寸的板料时，可由分成8段的真空板夹紧。夹紧和加工程序可根据所加工的工件形状自动启动。尺寸达7500mm×2000mm的铝合金板料的清洗、去毛刺和干燥是能保证加工顺利进行的先决条件。铣削加工的冷却液由一个集成的冷却液分离装置收集。该装置的冷却液处理能力为100/h。整个工厂共有三个真空站，有三台真空泵，每台泵的抽真空能力为160m³/h，配有一个1m³的真空罐及相应的真空泵控制装置。

由于采用了多个监控装置，基于真空技术的夹紧系统的可靠性明显优于常规机械夹具。

瑞士斯芬克司刀具公司推出新一代钻头

瑞士斯芬克司刀具公司通过新型Power-Phoenix 9xd、12xd、16xd、20xd、25xd以及30xd, 功能强大, 扩展了中深和深孔加工领域的Phoenix高性能钻头品种。

新型钻头的切削刃几何轮廓经过优化, 保证了在极为广泛的应用领域中具有最佳的切屑加工。4个钻头的设计可保证在钻孔过程中确保最佳的刀具导向, 防止可能会降低钻孔直线度和成型精度的轴向偏差。



瑞士斯芬克司刀具公司新型Power-Phoenix 9xd、12xd、16xd、20xd、25xd以及30xd钻头

钻头带有内冷孔, 适用于广泛的材料加工形状经过优化并经抛光处理的切屑槽确保了最佳的切屑流动, 从而可实现加工区的快速“冷却”, 就是在冷却剂压力低, 只有20bar的情况下刀具也能保持“冷态”。



经抛光处理的切屑槽

为适应多种材料的加工, 设计开发了一种新型整体硬质合金高性能钻头, 与传统的整体硬质合金钻头相比, 其生产效率能提高数倍。并可大幅度提升切削速度和进给量。

这些可能性是通过全新的几何形状和最现代化的涂层技术实现的 (瑞士斯芬克司刀具公司可以提供后道工序的磨削加工和涂层处理)。这种刀具适用于加工钢、不锈钢、铸铁类 (灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁) 等材料。

产品优势:

- 通过极高的切削速度和进给量达到最高生产效率。
- 特殊和经抛光处理的切削槽就是在冷却剂压力很低的情况下也能保证最佳的切屑流 (视材料而定)。
- 凭借优化的切割几何形状具有更高的寿命和更好的切屑, 带有为更好切屑准备的受控切割边缘。
- 从12xd和直径2mm起的4个导引斜切。
- 刀尖角可匹配多种钻头。
- 生产效率高、使用寿命长。
- 钻孔质量好。

整体硬质合金切割材料 (超精粒度硬质合金) 用于在韧性较高情况下提高耐磨强度; Helica涂层保证具有很高的耐磨性以及最佳的排屑; 刀具尺寸按瑞士斯芬克司刀具公司的标准, 但可根据用户要求提供特种尺寸的产品。

使用 Power-Phoenix® 高性能钻头实现经济性切削

瑞士斯芬克司刀具公司是您正确的合



作伙伴，可以提供切削领域创新的解决方案。当然，公司可针对各种不同应用提供正确的刀具以及良好的售后服务。

加工性能举例：

采用Power-Phoenix高性能钻头（产品编号：50916，直径6.00mm）加工不同材料时建议使用的切削参数（工件钻削深度均为96.0mm,使用乳化剂冷却）：

材 料 DIN 1.4104/X14CrMoS17
 切削数据：v=120m/min.=6' 400r/min.
 进 给：f=0.21mm/r=1' 344mm/min.

加工材料 DIN 1.4112/X90CrMoV18
 切削数据：v=65m/min.=3500r/min.
 进 给：f=0.20mm/U=700mm/min.
 加工材料：DIN 1.4034/X46Cr13
 切削数据：v=100m/min.=5300r/min.
 进 给：f=0.19mm/U=1007mm/min.
 加工材料：DIN 1.2343/X37CrMoV5-1
 切削数据：v=80m/min.=4200r/min.
 进 给：f=0.18mm/r=756mm/min.
 加工材料：DIN 1.2316/X38CrMo16
 切削数据：v=60m/min.=3200r/min.
 进 给：f=0.18mm/U=576