

展览会信息 Exhibition

- 31 交流广泛,成果丰硕——CMTBA 参访团在 IMTS 展览会
- 36 汇集世界最新技术精华满足装备制造发展需求
Gathering essence of the world wide latest manufacturing technology,
Meeting the needs of developing manufacturing equipment
- 38 第24届日本国际机床展览会(JIMTOF2008)及新消息
- 39 CIMT2009展会招展火热进行
- 40 引领行业发展的前瞻性技术国际论坛正在筹备中
In preparation is the Forum on the frontier technology leading the industry development
- 41 从CCMT2008看国产加工中心的技术进步
Great progress extended in domestic MC technology
- 44 透过数控机床展看激光切割机的快速发展
Advancing laser cutting machine

重大科技专项 Priority Project of Scien-Tech

- 47 飞机制造业对机床等设备的市场需求

论坛 Forum

- 50 坚持“双高”原则,推进自主创新
Persisting in "duo-high" principle to carry out independent innovation

专访专论 Special interview & report

- 53 我国机床产品安全质量状况分析
- 55 自主创新——我们该向国际机床企业学些什么?
- 58 在精益生产环境中多功能加工技术的新发展
New development of multitasking in the lean production enviroment.
- 60 可重构机床模块化设计技术研究
Research on modularization design of reconfigurable machine tool

精品推介 High Quality Products

- 64 数控机床精品推介(二)

产销市场 Production & Marketing

- 68 机床工具行业应密切关注进出口政策的变化
- 70 2008年上半年机床工具行业经济运行分析
- 73 今年上半年中国对主要贸易伴进出口总额表
- 73 2008年6月份美国制造技术消费

经贸要闻 Economics & Trade Focus

- 74 中国与发达国家签订第一个自由贸易协定
China signs first FTA
- 74 2007年中国年度进出口额首次超过2万亿元
China's total import and export exceed US\$ 2 trillion in 2007
- 74 2007年中国进出口贸易主要特点
The main features of China's import and export trade in 2007
- 77 空客与哈飞将共建飞机零部件制造中心
Airbus, Hafei to jointly construct aircraft spare parts Production center
- 78 中国风电产业将持续快速发展
Wind power industry to see sustainable fast development
- 78 上海第三产业引进外资加速
Overseas investments flow faster into tertiary industry in Shanghai
- 79 意大利在华最大投资项目签约
Largest Italian-invested project in China signed

企业风云 Enterprise Feature

- 80 中大创远—自主创新开创中国数控机床领域新天地

数控与软件 CNC & Software

- 81 高精度数控机床伺服系统控制原理研究
The study of controlling principle for servo system of high precision CNC machine
- 83 TNC620——海德汉新一代数控系统

制造业信息化 IT in manufacture

- 84 基于TCP/IP制造自动化网络安全隐患的研究
The research on the safety risk for TCP/IP-based net in automatic production

业界动态

- 80 全数控折弯机
- 86 意大利技术推介会在京举办
- 100 第七届中国国际制造博览会在沈阳举办

产品与技术 Production & Technology

- 87 数控快速点磨削技术及其应用研究
Study on the application and technology of quick-point grinding
- 94 工作过程稳定的自消振电主轴
Working stable and self-absorbing motor spindle
- 94 中外陶瓷磨具技术比较分析
Comparative analysis on ceramic abrasive technology in home and abroad
- 98 XL-80激光校准系统
XL-80 Laser calibration

讲座 Seminar

- 101 精益生产与管理(九):精益供应同样可制造设计
Lean production and management(Part 9): Lean supply and design for manufacturability

欧洲生产工程 European Production Engineering

- 110 最佳的腐蚀与磨削复合加工
Optimized eroding and grinding
- 115 Kel-Vita CNC 万能磨床
Set up for diversity
- 112 向模块化发展的铰刀
A further step towards modularity
- 116 用途广泛的五轴加工机床
Flexibility for demanding applications

交流广泛，成果丰硕

——CMTBA参访团在IMTS2008展览会

《WMEM》编辑部 符祚钢

第27届美国国际机床展览会（IMTS2008）于2008年9月8-13日在美国芝加哥McCormick展览中心举行。中国机床工具工业协会组织了阵容强大的参观访问团赴芝加哥IMTS展览会开展了内容丰富的交流考察活动，取得了丰硕的成果。

1 成功CIMT2009新闻发布会

中国机床工具工业协会与北京国际展览中心集团于芝加哥时间9月9日上午在McCormick展览中心联合召开了CIMT2009新闻发布会。中国机床工具工业协会副总干事王黎明在新闻发布会上作主题发言，介绍了中国机床工具行业的发展和现状和中国机床市场的需求情况，以及CIMT2009的筹备和招展情况。



新闻发布会主席台（左起：张菁，王黎明，李锴，李星斌，PETER R. EELMAN）



新闻发布会会场座无虚席

CIMT2009新闻发布会吸引了世界各国/地区机床协会和专业媒体以及机床制造厂商的极大兴趣。新闻发布会会场座无虚席，有超过70名各国/地区机床协会代表、机床制造厂商代表和媒体记者出席了CIMT2009新闻发布会。AMT对于CIMT2009新闻发布会非常重视，协会董事会现任主席和下任主席、现任会长和下任会长以及各业务主管副会长均到会祝贺。AMT主管展览业务的副会长Peter R. EELMAN出席新闻发布会并致以热情洋溢的贺词。

2 广泛交流，加深了解

在展会期间，中国机床工具工业协会领导与各国/地区机床协会进行了广泛的交流活动，先后正式会见了美国制造技术协会AMT、欧洲机床协会CECEIMO、瑞士机床协会SWISSMEM、韩国机床协会KOMMA、英国机床协会MTTA、阿根廷机床商会CARMAHE以及台湾地区机器工业同业公会TAMI等国家/地区机床协会的领导，出席了有22个国家和地区机床协会主要领导参加的总干事长会议（GM Meeting）。在展会期间，还与美国制造技术协会AMT、英国机床协会MTTA、瑞士机床协会SWISSMEM、西班牙机床协会AFM签署了CIMT2009参展协议，并与台湾地区机器工业同业公会TAMI就参展CIMT2009达成了共识，双方将于2008年10月在北京正式签署CIMT2009参展协议。此外，还参加了美国



会见AMT领导层

机床分销商协会举办的会议。在IMTS2008展会期间，协会领导及参访团成员活动紧凑，通过会见与交流，加深了相互了解，获得了大量信息，达到了广交朋友、增进了解、促进更广泛交流与合作的目的。通过参加这些活动，也使我们深切地感受到我国国际地位的提高和中国经济快速发展的影响力，在中国



现场签署AMT展团参展CMT2009协议



会见CECEIMO官员

经济快速发展和国家日益强盛的形势下，中国机床工具工业协会也备受友好国家和地区同行的尊重，更促进了我们做好协会工作的信念和责任。

3 IMTS2008概况

IMTS是世界最大的机床展览会之一，IMTS2008是自2000年以后规模最大的IMTS展览会，共吸引了来自世界119个国家和地区的展商和观众，展出面积超过11万m²，有1803家展商参展，登记观众92450人，其中预登记观众77146人，展会期间现场登记观众15304人，展出了各种机床、控制系统、软件、功能部件、切削刀具等15000多件。

本届展会围绕“连接全球技术”这一展会主题，进行了精心的组织和布置，展品按照行业、技术和解决方案进行分类展出。南馆（A馆）展出的全部是金属切削机床；北馆（B馆）展出的有磨床、齿轮加工机床、锯床、激光加工机床等，新技术中心布置在北馆的入口处；东馆（D馆）展出的有控制系统、CAD/CAM产品、EDM、功能部件、清洗设备，新设立的创新中心布置在东馆的最北边；新建成的西馆（F馆）展出的主要有刀具和刀具系统、工装夹具，各国/地区的协会信息台布置在西馆。这种按产品分类布展，非常方便观众参观。

新技术中心自IMTS2006开始设立，本届展会新技术中心的主题是MTConnect。这是AMT投资研究的项目，旨在开发出一个自由开放的标准，以促进不同控制系统、设备和应用软件之间在互联网上基于互联网协议的可互通性。AMT在本届IMTS展会上，力推这项新技术，可以看出，AMT确定的本届展会主题“连接全球技术”也是紧紧地围绕着MTConnect这项技术的。从在展会期间了解的情况看，这项技术还只处于开始阶段，目前只能收集连接在网上的机床设备的运行参数等信息，下一步的工作是要解决其安全性，以及通过MTConnect修改设备参数，控制设备运行等，看来MTConnect要进入实用还有大量的工作要做。在展会现场，共有25台机床连接了MTConnect，参加的厂商有Hass、Mazak、MAG、AgieCharmile等知名厂商，但德国的DMG并没有加入。

创新中心是IMTS2008的新内容，采用讲座和影院效果向结合的形式，向观众展示在制造技术和工艺革新方面的研究成果。在展会期间每天设一个主



题，分别是汽车日（星期一）、质量日（星期二）、航空航天日（星期三）、电力/环保日（星期四）、医

疗设备日（星期五）、车间日（星期六）。

在展会期间还举办了以“连接技术与商务”为主题的80多场机床业务和技术交流活动，来自不同行业的专家们给广大听众带来最实用和最新的技术信息。这一系列的技术交流活动是由美国机床协会、美国制造工程师协会、美国汽车研究中心、美国精密工程中心、MTConnect、Tooling U以及全国刀具及加工协会共同举办的。

在IMTS2008展览会上，有近60家中国机床工具企参展，如沈阳机床集团、大连机床集团、齐重数控、江苏新瑞机床集团、秦川机床集团、杭州机床集团、哈量、哈一工、上工、广州数控、坎门机床厂等，总展出面积约3000m²，其中以大连机床集团和沈阳机床集团最为突出，大连机床集团一家的展出面积就将近1400m²，沈阳机床集团的展出面积也超过500m²，秦川机床、杭州机床、江苏新瑞机床、齐重数控等企业也都有不小的展位，展品档次也有所提高。但多头组团的现象依然存在，各个展团散落在不同的地方，影响了对外展示中国机床工具行



业的效果。

在本次展会上，日本企业非常抢眼。日本的几家大机床制造商，MAZAK、OKUMA、MORI SEIKI、MAKINO不仅展位面积大，而且展位都在最显眼的第一排。这几家日本机床制造商在最显眼的位置，和位于第2排的FANUC公司连成一片，集体展出，气势强盛。

4 IMTS2008技术动向

IMTS2008展览会吸引了世界上各大著名机床制造商，像世界机床制造前20强中参展的企业MAZAK、DMG、OKUMA、MAG、MORI SEIKI、沈阳机床、大连机床、DOOSAN、AGIECHARMILLES、MAKINO、HASS等，因而从这些企业展出的产品来看，可以反映出世界机床行业的技术发展和市场变化趋势。

(1) 产品向大重型化方向发展趋势非常明显

本届展会的大型和重型机床展品非常多。这些著名机床制造商差不多都有大型机床展品展出。如MAZAK公司展出 μ 8800-II，X、Y、Z三轴行程达1400mm、1200mm、1325mm，800mm的方托盘可承



重2200kg, 最大可加工1450mm见方的工件。MORI SEIKI公司展出的其子公司DIXI的DHP80/5Axis, X、Y、Z三轴行程为1200mm、1100mm、1150mm。其他像MAG、DMG、沈阳机床、大连机床等公司也都有大型机床展品展出。

(2) 各种成熟技术的综合应用日趋成熟

在谈及数控机床时, 经常会将他们分类为高速、高效、精密、大型重载机床。但在这届展会上, 已经有将这些性能集于一身的机床展品展出, 或许这将打破我们固有的机床分类思维。像上面提到的MAZAK的 μ 8800-II和MORI SEIKI的DHP80/5Axis都属于这种类型。如MAZAK的 μ 8800-II除了规格大、



承载重外, 主轴转速可达10000r/min, 采用50号刀柄, 屑到屑换刀时间为5s, 加工精度 $4\mu\text{m}$ 重复定位精度 $2\mu\text{m}$ 。

(3) 机器人应用普遍, 自动化程度提高

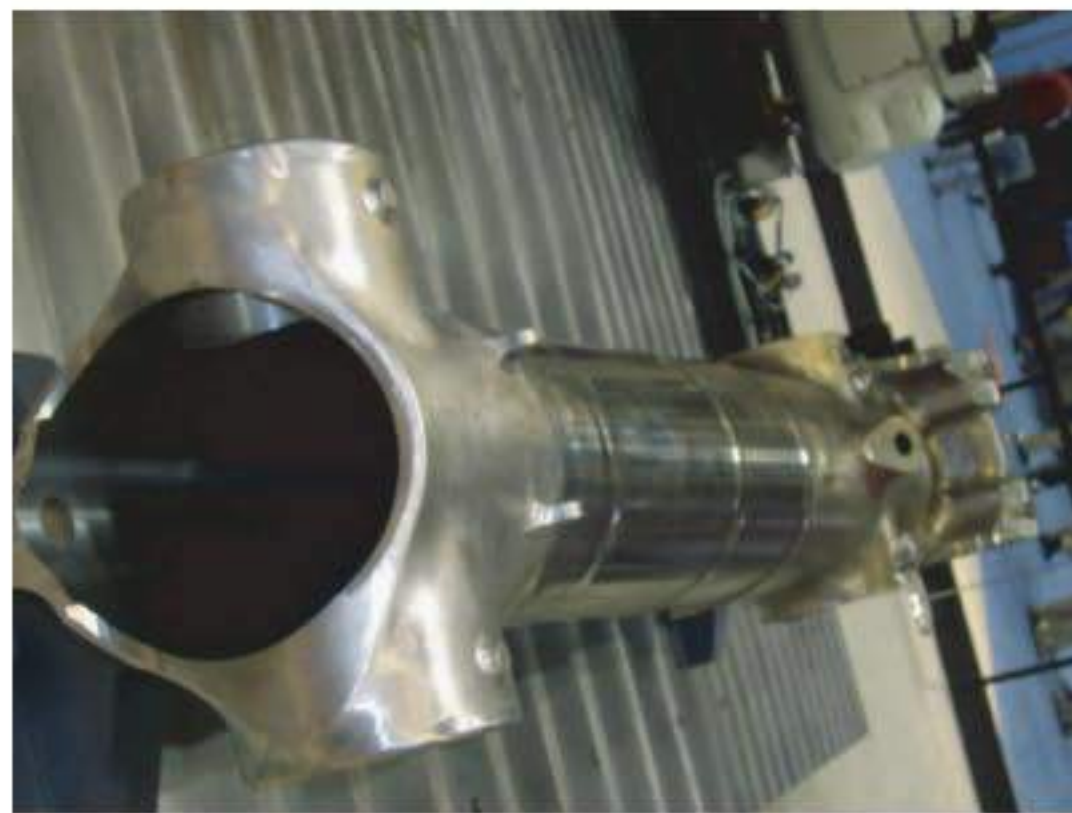
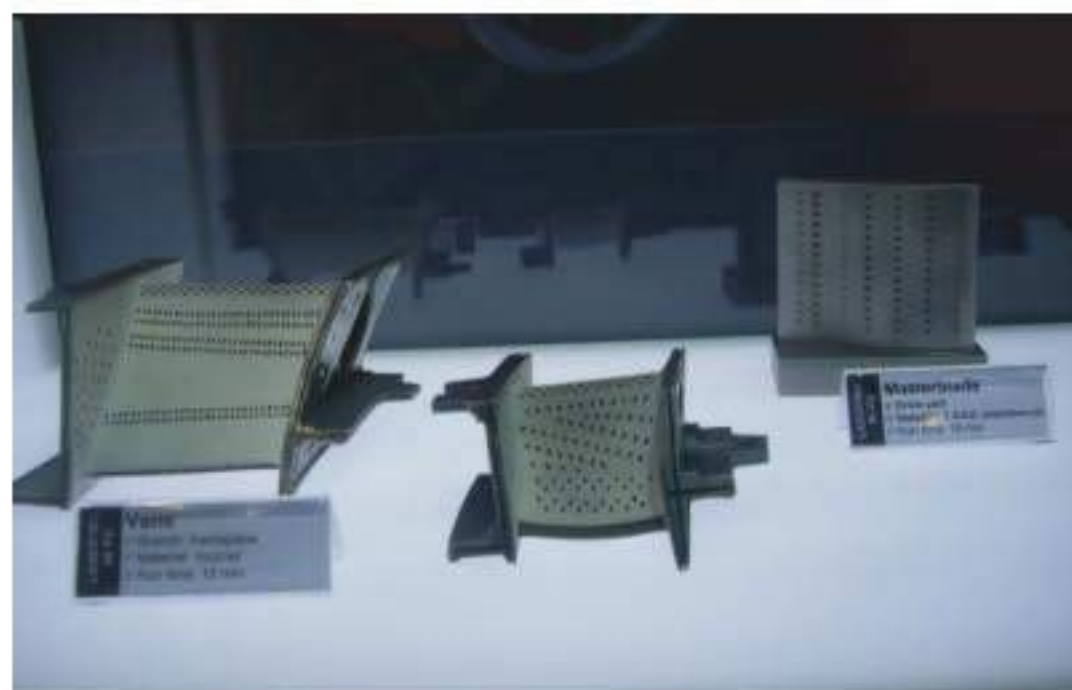
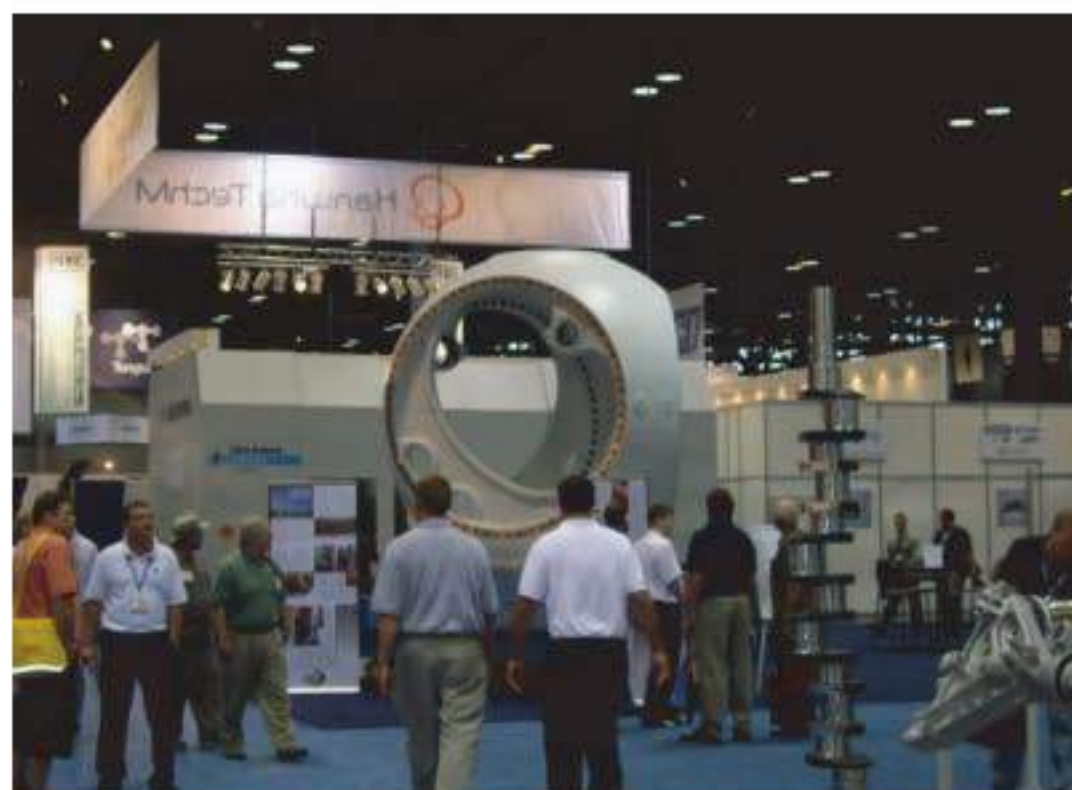
从本届IMTS展会上可以看出, 机器人的应用非常普遍, 很多展商都有机器人应用的现场展示。另外, 展会上除了有加工单元展品展出外, 像MAKINO等不少展商都展出了托盘库, 有数十个托盘组成的托盘库在加工程序的控制下, 按照预先设定好的顺



序进行托盘交换, 就如加工中心的换刀一样。这样, 除了可实现夜间无人化生产外, 还可实现周末的无人化生产。这些技术的应用, 可以大幅度提高工厂的自动化程度, 而且降低企业的劳动力成本, 提高企业的竞争力。

(4) 重点市场发生明显转变

本届展会上, 针对汽车的机床展品以及解决方案展示很少, 针对航空工业和风力发电设备加工的展品比比皆是。在金切机床展馆, 看到的大都是都





是模具样件、航空器加工样件和风力发电样件。这充分说明世界机床行业的主服务对象除了传统的模具制造业外，开始向航空和电力工业方向发展。

(5) 复合机床多样化

复合机床是机床发展的主要方向之一。一般的车铣复合、铣车复合机床已经不能吸引观众的更多关注了，多样化的复合机床在IMTS2008展会上得到了充分的展示。如MAZAK公司的VARIAXIS 630-5X II T，就是一台五轴立式加工中心和车床的复合机床其旋转工作台的最高转速可达1000r/min，集成了五轴立加和车床的全部功能。斯来福临集团在美国的

子公司UNITED GRINDING公司展出了一台复合了铣磨功能的磨削中心KFP-TC。日本SODIK公司则展出了一台复合了水切割功能和线切割功能的复合机床HYBRID WIRE EDM，水切割采用了美国FLOW公司的技术，三菱公司也推出了复合水切割和线切割功能的复合机床。

(6) 超精密、微细加工取得进展

IMTS2008展会上有多台超精密微细加工机床展



出，但大多为日本公司。这说明日本在这个领域保持着全球领先的地位。日本SODIK公司展出的AZ150纳米高速加工中心，采用主轴空气静压轴承，最高转速达120000r/min，三轴行程分别为150mm、150mm、100mm，配置3nm分辨率的光栅尺，反向平衡式双直线电机驱动。主轴采用热套装刀柄，双BLUM对刀仪，表面加工精度可达0.6rms，最小编成分辨率0.01μm。微细加工中心展品还有YASDA的YCM325微细加工中心、NTC的Zμ3500微细加工中心、MITSUI SEIKI的VLD300激光微孔加工中心。



本刊在下期将刊登有关IMTS2008更加详细的技术分析，敬请关注。□

汇集世界最新技术精华，满足装备制造发展需求

——CIMIT2009 展览会主题敲定

**Gathering essence of the world latest manufacturing technology,
meeting the needs of developing manufacturing equipment**

中国机床工具工业协会《WMEM》编辑部 符祚钢

中国机床工具工业协会主办的第 11 届中国国际机床展览会（CIMIT2009）将于 2009 年 4 月 6-11 日在位于北京顺义天竺空港商务区裕翔路 1 号的北京新中国国际展览中心举行。展出面积将达到 10 万 m²。

中国机床工具工业协会主办的中国国际机床展览会（CIMIT）是国际机床行业公认的世界 4 大国际机床名展之一，与美国的芝加哥机床展览会（IMTS）、欧洲机床展览会（EMO）以及日本东京展览会（JIMTOF）齐名。从过去成功举办的 10 届中国国际机床展览会（CIMIT）来看，CIMIT 展览会的规模一届比一届大，展品水平一届比一届高，参展商和观众一届比一届多，影响力一届比一届大，是世界各知名机床制造商们视为不可缺席的国际机床展览会。尤其是中国机床市场消费和进口连续 6 年位居世界第一，极大地提高了国内外机床制造商参加 CIMIT 展览会的积极性。从目前报名参展的情况来看，尽管 CIMIT2009 展览会移师到新中国国际展览中心举办，展出面积扩大到 10 万 m²，面积比 CIMIT2007 展览会增加了 30%，但还是不能完全满足所有参展商的展出面积需求。

中国国际机床展览会（CIMIT）作为一个完全由中国机床工具工业协会独立自主举办的国际性机床展览会，自创办以来，就以“集结世界机械制造技术与装备之精华，展示机械制造领域技术发展的新高度，汇合世界机床市场多方位信息的大潮流，推动中国机械制造业和机床工具工业的技术进步与生产力发展”为目的，在每届展览会上，通过不同的展会主题来诠释中国机床工具工业协会这一办展目的，并体现“交流技术、加强合作、扩大贸易、共同繁荣”的办展宗旨。结合中国国民经济的发展需求，第 11 届中国国际机床展览会（CIMIT2009）的展会主题确

定为“汇聚世界最新技术精华，满足装备制造发展需求”。

CIMIT2009 展览会的主题，反映了中国机床工具工业协会对保持 CIMIT 展览会高水平、高品位和广泛国际参与性的不懈追求。

CIMIT 展览会是在中国境内举办的国际参与最广泛、技术水平最高的机床专业展览会。尤其是近年来举办的 CIMIT 展览会都有近 30 多个国家和地区的 1000 多家知名厂商参展，展出他们的最新技术和产品，境外参展商和参展产品均超过 50%。像 Mazak、DMG、森精机、大隈、哈挺、哈斯、沈阳机床、大连机床等这些引领世界机床技术发展趋势的著名机床制造商每届 CIMIT 展览会都悉数参展，展出他们最新研制的机床工具产品。CIMIT 也被国内机床行业人士认为是不用出国的技术考察会而名闻遐迩。不仅激烈的市场竞争要求展商展出最好的产品，而且随着我国经济发展方式的转变，机床市场的需求也从原来的普及型数控机床向高档数控机床转变。中国是世界第一大机床消费市场，是世界机床制造商们参与市场竞争的必争之地。而要在竞争激烈的中国机床市场取得优势，就必须适应中国机床市场的需求化。而中国机床工具工业协会主办的 CIMIT 展览会，是最能反映中国机床市场需求状况的最好平台。大家知道，2009 年是国家实施“十一五”规划最关键之年，我国振兴装备制造业的 16 个重点领域的振兴计划已经陆续启动，根据中国机床工具工业协会结合重大专项实施规划对部分重点机床用户和机床企业的调研，表明用户的需求大都集中在高性能数控机床上，而机床行业企业这几年也有长足的进步，开发了一批高档机床，以满足市场需求的变化。CIMIT2009 为机床制造厂商和用户提供了相互了解的

机会,都希望在展览会上看到更多更好的高档数控机床。CMT2009 的主办单位中国机床工具工业协会据此要求境内外参展商在有限的面积内,尽可能展出其最新技术和产品,使 CMT2009 展览会体现出汇聚世界最新技术精华的主题内涵。

CMT2009 展览会的主题,反映了中国国民经济发展持续稳定发展以及中国机床工具行业的快速发展。

全球经济经过 5 年较为快速的增长之后,2008 年受到全球性金融动荡和油价飙升的影响,发展势头有所放缓。中国国民经济近年来一直保持稳定快速发展,是新中国成立以来国民经济增长较快、运行稳定、效益较好的时期之一。2008 年虽然受到严峻的挑战和考验,但中国人民团结奋斗,有效应对历史罕见的低温雨水冰冻灾害和特大地震灾害,保持了经济发展的好势头。2008 年 1-6 月份的数据显示,中国国内生产总值 130619 亿元,同比增长 10.4%。

中国国民经济的稳定快速发展,拉动了中国机床市场消费,促进了中国机床工具行业的快速发展,吸引了世界众多的知名机床制造商。自 2002 年以来,中国已经连续 6 年保持了世界机床消费第一和进口第一的地位。2007 年中国机床工具工业的产品销售收入 2747.7 亿元,其中金属加工机床销售 817.4 亿元,金属加工机床消费 161.71 亿美元,进口 70.72 亿美元。2008 年 1-6 月份,机床工具行业企业完成工业总产值 1614.4 亿元,同比增长 34.8%;产品销售产值 1558.7 亿元,同比增长 34.3%。1-6 月份机床工具行业进口总额为 59.3 亿美元,其中金属加工机床进口 35.6 亿美元,同比增长 7.0%;出口 9.8 亿美元,同比增长 34.5%。中国机床工具行业的发展不只体现在规模上,更主要的是体现在行业企业的自主创新能力的提高上。从机床协会所组织的用户调研情况来看,我们行业企业已经能够向航空航天、船舶工业、发电设备行业、汽车工业提供五轴联动超重型数控龙门铣、五轴联动超重型数控镗铣床等高档数控设备,甚至成套加工设备。

CMT2009 的展会主题,还反应了我国转变经济发展方式的要求。

我国政府在 2007 年提出了加快转变经济发展方式,推动产业结构优化升级,走中国特色的新型工

业化道路,促进经济增长由主要靠依靠投资、出口拉动向依靠消费、投资、出口协调拉动转变,由主要增加物质资源消耗向主要依靠科学技术进步、劳动者素质提高、管理创新转变。发展现代工业体系,大力推进信息化和工业化的融合,振兴装备制造业,淘汰落后生产力,提升高新技术产业。促进中国经济又好又快发展,走科学发展的道路。

国民经济发展方式的转变,对社会生产力主要构成成分的加工设备必然要提出更高的要求。中国国际机床展览会是展示世界最新加工技术和装备发展方向最重要的平台,是我国机床工具行业发展的晴雨表,也是我国装备制造业采购加工设备的重要平台,当然要求参展商展出其最新技术和最新产品,符合我国转变国民经济发展方式的需求。

CMT2009 的展会主题,也是我国装备制造业重点振兴领域需求的反映。

随着国民经济稳定发展,随着经济结构调整和发展方式转变,重点领域和重点项目对加工设备的需求向高档数控机床、高效刀具、精密量仪方向转变,对普通机床、经济型数控机床的需求将逐步减少。

航空航天工业:这些年来,中国航空工业取得了快速发展,技术进步明显。ARJ21 支线客机和新舟 600 支线客机都将相继投产,中国商用飞机有限责任公司已于 2008 年 5 月正式成立,大飞机项目开始启动,还有中国的神舟载人飞船工程、登月计划的逐步实施,将需要购置大批的高速、精密、高效、复合数控机床以及五轴加工中心等关键制造装备。

船舶工业:造船工业是中国重点发展的产业,目前,中国的造船能力已居世界前 3 位。2007 年造船完工量 1893 万载重吨,占全球船舶市场份额的 23%。到 2010 年,中国的年造船能力要达到 2300 万载重吨,占世界市场份额 25%以上;到 2015 年,中国造船产量占世界份额将达到 35%以上。中国船舶工业的快速发展,为世界机床工业发展带来了新的机遇。需要大量的高档大重型数控机床以及船体板材加工设备。

汽车工业:汽车工业一直是机床工具行业最重要的用户,目前中国机床市场的 35%以上来自汽车工业。中国汽车市场持续保持快速发展,2007 年,产销量接近 900 万辆,2008 年 1-6 月,中国汽车产销量均超过 500 万辆。从中国汽车产业投资发展规

划来看,生产规模还将进一步扩大。另外,中国汽车市场上新车型不断涌现,2008年将投放市场的新车型将超过100种,仅2008年上半年就有80多款新车上市。汽车制造具有大批量生产的特点,需要大量的高速、高效、高可靠性的数控机床。

电力工业:为了保持中国经济的可持续发展,转变经济发展方式,中国电力工业将实施多元化能源供应战略,将高效、清洁能源,如核电、风电等列为重点发展的对象,以改变过度依赖煤炭的单一能源的局面。2007年,我国正式投入运行的核电站装机容量900万千瓦,年发电量达到2600~2800亿千瓦时。根据中国政府制定的《核电中长期发展规划》,到2010年在运行核电装机容量1200万千瓦,到2020年新建31座核电站,在运行装机容量4000万千瓦。也就是说,中国今后每年至少要新开工建设2个百万千瓦级核电机组,累计总共需要投资5000多亿元。2007年中国风电累计装机容量590.6万千瓦。按照规划,到2015年,风电装机容量将达

到1500万千瓦,2020年装机容量将达到4000~6000万千瓦。电力工业快速发展,需要大量高可靠性、大规格、高刚度的数控机床,如各种超重型数控机床和专机,还有五轴联动数控机床以及复合加工机床。

这些用户领域是中国机床市场的重点用户,对机床的需求量大,而且这些用户对新技术、新材料、新工艺的应用比较广泛、零件尺寸比较大,对加工精度要求高,因此要求机床设备、刀具和加工工艺等都要与之相适应。

总之,每届CIMT展览会,其主办单位中国机床工具工业协会都要根据国家的政策导向、用户的需要、时代和市场的变化以及行业的发展需要来确定相应的展会主题。CIMT2009展览会的主题“汇集世界最新技术精华,满足装备制造发展需求”充分反映了我国当前经济发展的要求,尤其是反映了我国装备制造业重点振兴的16个重点领域的迫切需要,反映了我国机床工具行业发展的方向。□

第24届日本国际机床展览会(JIMTOF2008)最新消息

中国机床工具工业协会 谭保东

为促进机床工具行业的发展、扩大机床产品的国际贸易和加强机床与相关设备的技术交流,日本机床协会将于2008年10月30日至11月4日在东京Big Sight国际展览中心举办为期6天的第24届日本国际机床展览会。

展品包括:机床(金属切削、金属成型)、机床附件、高速钢刀具、硬质合金刀具、金刚石和CBN刀具、磨料磨具、齿轮与齿轮器械、油压、水压和气压机械、精密测量仪器、光学测量仪器、测试机械、控制器与相关软件及其它相关的机械设备、原材料、技术与出版物。

此届展览会的展览面积为85,520平米,共有591家展商参展,和以往一样,参展商以日本国内的展商为主,此外,还有一些来自德国、美国和意大利的公司参展,中国的沈阳机床、株洲硬质合金和郑州中南磨料等数家公司也将参展。参展商都是从事以上展品设计、制造和销售的公司,以及行业协会和其它有关组织。

10月31日和11月1日将举办《国际机床工程

师会议》,这是自1984年以来历届展会都举办的展览会配套活动。主办方邀请世界各国机床业界的工程技术人员聚会进行技术交流,今年会议的主题是:“促进高效加工的多轴多功能机械的创新发展”。会议将着重讨论四点:

- 如何提升机床用户对多轴多功能机床的需求;
- 如何使多功能机床多样化以满足各种用户的需求;
- 促进多轴多功能机床发展的先进的数控、CAM和零部件技术;
- 更广泛运用多轴多功能机床的先进加工技术。

届时,将有来自各国机床业界与学术界的专家登台讲演。□

CIMT2009 展会招展火热进行

中国机床工具工业协会 信息传媒部 符祚钢

中国机床工具工业协会主办的第十一届中国国际机床展览会 (CIMT2009) 将于 2009 年 4 月 6-11 日首次在北京新中国国际展览中心 (位于北京顺义天竺空港商务区裕翔路 1 号) 举行。展会将使用新馆的 E1~E4, W1~W4 全部 8 个展馆, 展出面积将达到 10 万 m^2 。其中境内外展商各占 50% 的面积, 比 CIMT2007 展览会增加约 30%。

CIMT2009 展会的外招展工作已于 2008 年 5 月份全面开始, 境内、外参展商报名踊跃, 从中国机床工具工业协会展览部和国际部统计的报展情况来看, 启用新展馆所增加的展出面积还是不能全面满足所有参展商的报展面积需求。

近年来, 中国国民经济持续保持快速协调发展, 对机床设备的需求不断扩大, 促进了中国机床工具行业的快速发展, 也使得中国机床消费和机床进口连续 6 年保持世界第一。世界各知名的机床制造商纷纷加大开拓中国市场的力度。中国国际机床展览会 (CIMT) 作为展示企业形象和产品水平以及和用户进行深入全面交流的最好平台, 国、内外参展商一直非常重视参加 CIMT 展览会, 将它视为在中国举办的机床展览会中不可缺席的展览会。

历届中国国际机床展览会 (CIMT) 都得到了国内外知名机床供应商以及海内外业观众和用户的积极支持和热情参与。展出面积的供求缺口也一直困扰着 CIMT 展览会的主办方——中国机床工具工业协会。业界期盼已久的新中国国际展览中心的正式启用, 可供应展出面积的增加, 部分缓解了 CIMT 展览会十分棘手的供求缺口。国内外参展商也纷纷要求扩大展出面积, 第十一届中国国际机床展览会 (CIMT2009) 展出面积缺口仍将非常突出, 不能完全满足所有参展商的面积需求, 希望广大参展商予以谅解。

CIMT2009 的招展工作从 2008 年 5 月开始启动, 本刊从中国机床工具工业协会相关部门获悉, 招展工作进行得非常顺利。

中国机床工具工业协会展览部负责境内企业的

招展工作, 据悉, 展览部已向境内机床制造企业发出招展通知 700 多份, 目前已经收到的企业和展团返回的参展申请表统计数据, 参展企业报名参展面积已经超出了实际的可布展面积。其中, 沈阳机床 (集团) 申请 3000 m^2 , 大连机床 (集团) 申请 3000 m^2 , 齐重数控申请 1500 m^2 , 宁波海天精工申请 1000 m^2 , 秦川机床 (集团) 申请 800 m^2 , 重庆机床 (集团)、江苏新瑞机床 (集团)、宁江机床集团都申请了 1000 m^2 , 机床附件分会展团申请了 1800 m^2 。

展览部负责人员介绍说, 境内机床制造企业参展积极, 从已收到的企业参展申请面积统计都比第十届中国国际机床展览会 (CIMT2007) 的面积成倍地增加。预计到 9 月 30 日参展申请截止时, 境内将安排 600 余家企业申请参展, 申请展出面积将会超过 50000 m^2 。积极与申请参展企业进行深入沟通, 统筹协调安排好各参展商的展出位置和面积, 仍将是 中国机床工具工业协会要面临的难题之一。

据悉, 由机床协会国际部负责的海外企业的招展工作也进行得非常顺利。截止至目前, 已有来自 20 个国家和地区的单独参展商申请参展, 申请的参展面积已超 5000 m^2 。同时, 各国家展团也纷纷预报需求面积, 比如德国、日本在自我压缩后仍要求不少于 8000 m^2 , 美国、意大利要求 4000 m^2 , 瑞士、韩国申请 3000 m^2 等。虽然离报名截止日还有两个月, 但申请的参展面积已远远超出了实际布展面积。

对此, 国际部负责人分析说, 由于多年来, 限于中国国际展览中心展馆条件, 中国国际机床展览会的展出面积一直不能完全满足所有参展商的面积需求, CIMT2009 改在新中国国际展览中心举行, 各参展商都对新展馆给予了很大的期望。有的境外展商, 早在报名参展前就自行到新馆了解情况, 并加大了扩大面积的宣传攻势, 纷纷表示不仅需要大面积展出, 还承诺一定展出最好的产品。如 DMG 公司希望至少 1500 m^2 的展位, 计划展示 28 台机床。森精机、斗山, 起亚等公司申请展出的面积均超过 1000 m^2 。

引领行业发展的前瞻性技术论坛正在筹备中

The Forum on the frontier technology leading
the industry development is in perparation

——配合CIMT2009国际机床展主题举办的国际论坛

中国机床工具工业协会 信息传媒部 沈福金

数控机床产业是集电子技术、信息技术和机械制造技术于一体的高技术基础性产业。数控机床的服务领域十分广泛，涉及国民经济发展的各个装备制造业，且服务对象千差万别。所以，作为数控机床服务对象的各个装备制造业的技术发展也必将影响作为基础装备的机床技术本身的发展。目前，世界科技进步日新月异，各项新技术、新工艺不断应用于装备制造业，推动了机床技术快速发展。随着我国经济多年来的快速、平稳发展，促使我国的机床制造业近年来也取得了突飞猛进的发展，数控机床更是以30%以上的年均增长率高速发展。可是，这仍不能完全满足我国装备制造业振兴发展的需要，尤其是不能完全满足对高档数控机床的旺盛需求，不得不大量进口高档数控机床。这就是说，在中国的机床市场上，高性能的数控机床备受青睐。为此，中国机床工具工业协会为其举办的第十一届中国国际机床展览会（CIMT2009）确定的展会主题为“汇集最新技术精华，满足装备发展需求”，要求各参展

商展示自己最新、最高水平的产品，以适应市场需求，达到双赢。为配合这届展会主题，协会还决定，在展会前一天，仍举办国际论坛。论坛内容紧紧围绕机械制造和装备发展需要的前沿技术，特别是发展高档数控机床和高效加工相关的前瞻性技术。论坛题目定为：“机械制造前瞻性技术国际论坛”。

2009年中国国际机床展览会（CIMT2009）举办的时间和地点是2009年4月6-11日，在北京新国际展览中心。为节省时间，并便于广大的论坛听众参观展览，和以往一样，论坛安排在展会开幕前一天，即2009年4月5日在北京举行，时间一天，规模200人左右，具体地点另告知。

论坛将邀请机床制造业界和机床用户领域的国内外专家、学者到论坛作讲演。听众为机床工具制造企业、用户企业及相关科研院所等的科技开发人员、主管技术和设备的领导以及机械制造专业的师生。和以往一样，协会举办的论坛是免费的。

论坛正在筹备之中，具体情况我们会陆续告知。

CIMT 在北京已经成功举办了 10 届，每一届的展览元论从展品水平，展商数量及管理水平都在不断提高。20 余年来。每届 CIMT 都有超过 50% 的参展商和展品来自海外，有近 30 个国家和地区的厂商参展。CIMT 已经成为中国知名度最高、影响力最大的机床专业展览会；是被国际公认的与欧洲 EM0、美国 IMTS、日本 JIMTOF 齐名，不可错过的四大国际机床名展之一。

在新的历史时期，继续展示 CIMT 世界一流的展

会风采，是主办方中国机床工具工业协会的目标。当前中国机床工业发展迅猛。对进口产品的需求也从普及型数控机床向高端高性能数控机床转变口中国振兴装备制造业的 16 个重点领域陆续启动，更对高档数控机床需求强烈。基于这种情况，特别是在展出面积供求缺日依然较大的情况下，我们希望参展商拿出最精、最好，最高端的产品，在有限的空间展示出自己无限的精彩.以不负用户对 CIMT2009 的期望，满足中国用户的需求，共创双赢。□

从CCMT2008看国产加工中心的技术进步

Great progress extended in domestic MC technology

徐正平

(上海机床工具集团有限公司市场部)

第5届中国数控机床展览会(CCMT2008)于4月21-25日在北京中国国际展览中心举行。这是一次令国人扬眉吐气的高水平机床展。

1. 展出规模今非昔比

作为主角的加工中心,在CCMT2008上共展出各种加工中心161台,其中立式89台,卧式29台,龙门23台,五轴联动及复合加工中心20台。而于2000年8月在上海光大会展中心举办的第1届中国数控机床展览会(CCMT2000)上,总共只展出加工中心46台,其中立式36台、卧式7台、龙门仅3台,其中1台还是台湾震雄的TM-130,工作台面积仅620mm×1400mm。

展出规模的巨大反差,从一个侧面上反映出这8年来中国机床制造业所取得的神速进步。没有量变就没有质变,如果中国机床工业在设计和制造上不上台阶的话,是不可能取得如此辉煌成就的。

2. 自主创新渐入佳境

这次展出的加工中心类产品,具有先进技术优势,许多乃是自主开发。如当属先进水平的立式五轴联动叶片加工中心,国产机床已崭露头角。一贯致力于研发叶片加工中心的北京机电院,这次又推出最新制造的XKH1600叶片加工中心,机床主轴转速10000r/min,铣头绕B轴可摆 $\pm 40^\circ$,置于工作台上的A轴分度头可作360°回转,由于其X、Y、Z三向行程可达2200mm、400mm、400mm,能满足大型汽轮机叶片的加工需求。

江苏新瑞生产的V5X-1800叶片加工中心,机床结构不采用瑞士Starrag公司那样的铣头倾斜形式,也不是采用加垫回转台向立柱倾斜那种形式,而是采用整个立柱向工作台前倾结构,以扩大刀具与工件的加工接触面。

山东鲁南机床厂展出的V5X800-5AX叶片加工中心,其铣头B轴摆转可达 $\pm 90^\circ$,加工范围宽,是电力、航空、军工等行业理想的加工装备。

来宾驻足观看的沈阳HS664RT立式高速加工中心,现场正在加工奥运体育中心的鸟巢模型,这除了显示机床的多轴联动性能以外,更表达了我国的软件编程水平已经达到了新的高度。

值得指出的是,许多国产加工中心,都配上了国产的数控系统,不少还是五轴联动的,就华中数控来说,其系统配备国产中高档加工中心展品的就有10多台,新瑞V5X-1800配置的是国产南京四开数控系统,光栅尺全闭环控制。

当然,复合加工机床也是本展会中的一大亮点,沈阳HTM63150五轴车铣复合中心,采用60°斜床身布局,配备前后双主轴,机床带有54/64kW的大功率的铣头,以及可绕B轴回转的可换刀铣头,能加工叶片螺旋面、偏心类零件及斜面铣削等,是航天航空、军工等制造行业复杂异形件理想的加工设备。

此外,青海一机床的XHA766五坐标铣磨加工中心也非常有特色,机床卧式T型立柱移动式布局,除具有通常的铣、钻、镗、铰等功能以外,配置砂轮后,还可对工件进行磨削。

尤为可喜的是,江苏新瑞这次展出了柔性制造单元及柔性制造系统H100P5及FMS63,均双双荣获2008年度春燕奖,这也是我国机床展览史中从未有过的大事。FMS63由3台H63卧加与两个安装工作站组成,交换托盘60个,可配置3个立体托盘库;而H100P5则是在卧加基础上配置6个1000mm×1000mm交换工作台,由工业机器人实行工件搬运。中国民营企业的机床能取得如此大的技术进步,实在令人赞叹。

3. 机床结构百花争艳

我国加工中心机床结构,现已从品种单一逐步走向齐全,这次展品可谓琳琅满目,给用户带来了很大的选择余地。

国产立加结构原来很单一,大多是主轴箱升降加工作台十字滑台传动,而今许多立加已采用双柱

小龙门横梁移动式了，渐近于德国的高速立加那种型式，为高速高精度加工奠定了基础。江苏新瑞的VM小龙门立加，还设计成斜横梁结构，刚性及抗震均比较好。

长征机床的AVCP1200H（图1）则在此基础上又有了新的改进与创新，他们将机床总体布局为两个箱体模块，即底座体与立柱体，而立柱既和顶部横梁联在一起，且双柱之间又有筋板相联接，故机床的抗振、抗热变形比较好，德国DMG公司的duoBLOCK加工中心结构，也是采用类似这种双箱体模块总体布局的。该机床还采用丝杠中空油冷补偿技术，根据三向丝杠的发热情况来调节进油量大小，以控制丝杠发热范围；先进的机床进给传动热补偿技术，能根据进给传动中关键的电机座、轴承座和丝杠座的发热情况，采集数据，找到最佳测温点，建立数学模型，经过模糊聚类分析，计算出热变形规律，然而进行补偿。

卧加是结构最易变化的机种，目前我国的卧加，采用T型及反T型的，展会中到处可见，均按加工需求不同而配置。

上海第三机床厂的XH765A卧加（图2），其采用的方式是立柱安放在十字滑台上作纵横双向运动，这种方式能使工作台任意柔性变换，也容易为FMS柔性制造系统作配套。

南通科技制造的MCH63精密卧式加工中心（图3），其布局采取箱中箱结构，即运动箱沿立柱框架

的上下导轨作纵向运动，而主轴箱则沿运动箱的左右导轨作垂向运动，而且采用双驱动，这种结构是精密型卧加通常采用的，如瑞士的DAXI、德国的B+W、日本的牧野等。MCH63的工作台面积为630mm×630mm，主轴转速20000r/min，X、Y、Z定位精度为0.005mm、0.004mm、0.004mm，三向的重复定位精度为0.002mm。



图2 XH765A卧式加工中心

龙门五面体加工中心及龙门五轴联动加工中心的展品也是多种多样，目前我国龙门加工中心的动梁移动技术已很成熟，国产有些龙门加工中心已能

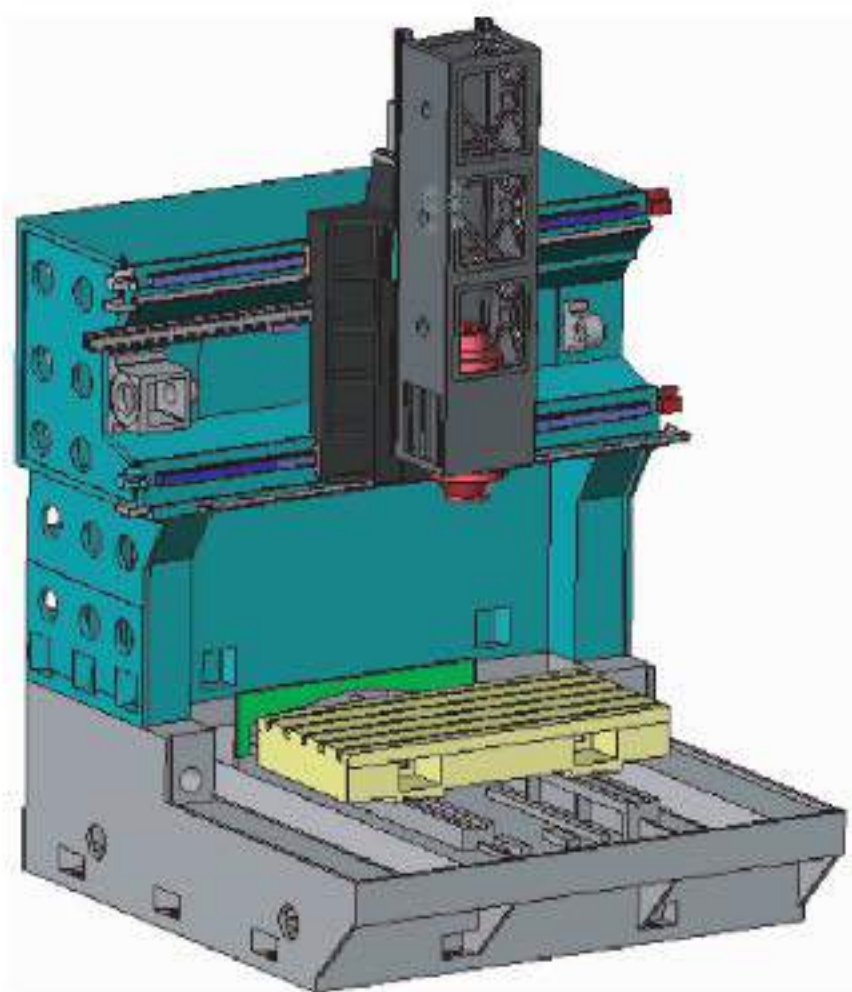


图1 AVCP1200H结构图

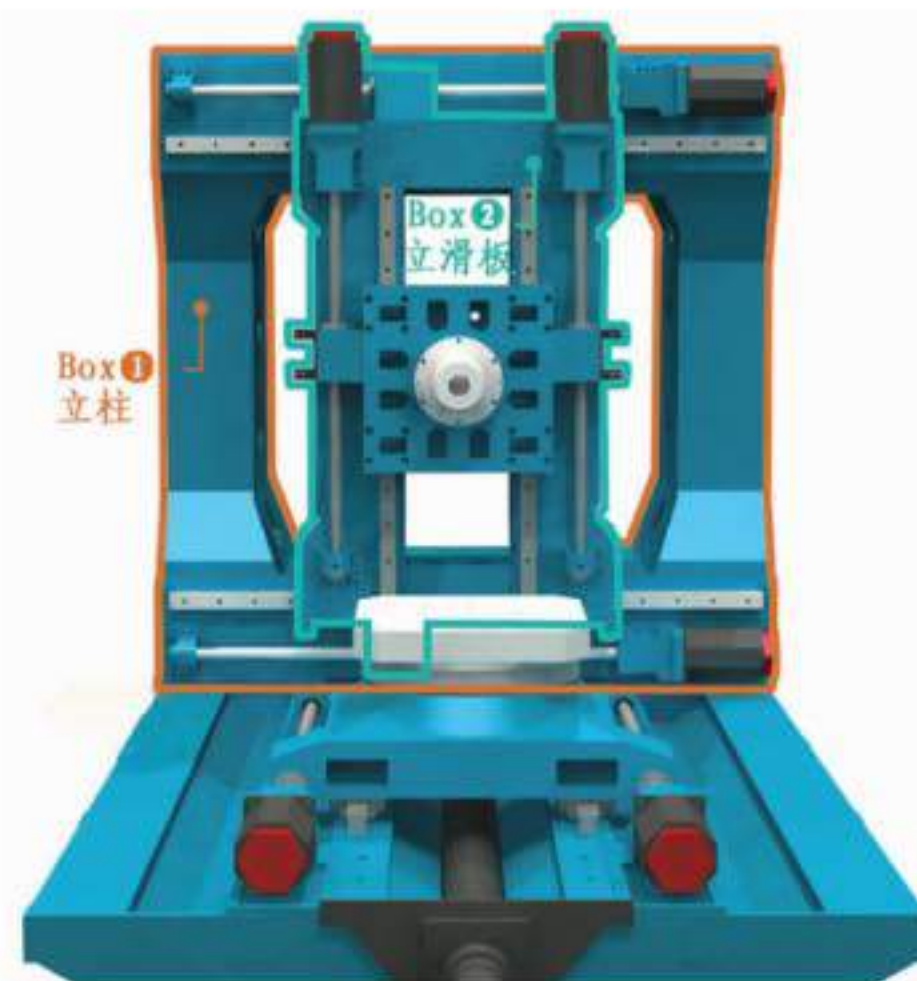


图3 MCH63精密卧式加工中心箱中箱结构

实现自动换头技术，如大连机床集团的VX32-60动梁五面体龙门加工中心等。

4. 引进技术初奏成效

近年来，随着国力的不断增强，中国机床企业从引进技术与中外合资开始，已做到走出国门去收购国外企业。通过这几年的实践，事实证明收购对推动国产机床的技术进步是有好处的，其效果已在这次展会上初露端倪；而通过合资合作致使产品档次迅速攀升的例子更是不胜枚举。

譬如大连机床集团采用德国Zimmermann技术开发的桥式龙门加工中心BK40以及他们利用日本大阪机工OKK技术所开发的MDH加工中心系列，其技术档次当属国际先进水平。

昆明机床和捷克TOS公司合作，使我国大型落地镗铣床的档次，明显上了一个新的台阶，这次至昆明道斯展台前洽谈业务的用户也络绎不绝。

沈阳机床沿用德国希斯公司与B+W等公司的技术，所展出的多台加工中心均达到了国际先进水平，上面所提到的现场加工鸟巢模型的HS664RT立式高速加工中心，是他们和意大利FIDIA合作的成果。

北京第一机床厂自2002年与日本大隈合资及2005年全资收购德国阿道夫·瓦特里希-科堡两家公司后，使其技术能级有了质的飞越，这次展品也达到国际先进水平，证明了试水国际化已获成功。

5. 大型设备目不暇接

当今制造业内有句时髦话，叫做极端制造。实际上就是说，世界上的加工件，极大与极小最难制造。极大与极小，当然是立足于保证精度而言的。我国当前虽有个别企业在研制纳米加工中心，但效果不像磨床，尚未达到展品程度；然而在极大领域里，我们的加工中心已初具规模，上了一定层次，这次展会中已成为一大亮点。

在以往的CCMT或CMT展会中，国产龙门五面体加工中心可谓凤毛麟角，屈指可数只有北一、济二乃至多棱、桂林等几家企业，台湾的亚威、高明、协鸿等展品出尽风头，可如今国产龙门加工中心展出了21台，而且品质大有提高，且基本上都在现场作切削演示，故而为机械、军工、航空航天等行业提供了大型零件所必需的加工装备。

荣获春燕奖的沈阳机床GMB3080wm动龙门动梁

式镗铣加工中心，称得上是展会中的巨无霸，Z向动梁采用双伺服驱动形式，故动态响应性好，加工精度高；滑枕导轨采用对角线过重心布置，能承受各个方向的切削力并具有较强的抗扭能力；机床可配置各种铣头，包括两轴联动铣头，以适用各类加工需要。机床工作台面积3000mm×8000mm，三向行程分别为9000mm、5000mm、1600mm（滑枕），横梁行程2000mm，工作台承重240t。

四川长征机床集团有限公司展出的GMC2002H/2龙门加工中心（图4），机床结构为工作台固定，由装有铣头的高架横梁沿X向运动、滑座沿横梁Y向运动、铣头滑枕则沿Z向运动；机床选用德国进口能A、C坐标联动的CyTec双摆铣头，并配置特殊开发的力矩电机，以获更高的动态性能。这种直接驱动技术在加工过程中几乎没有磨损，精度不发生变化。这种设计的优点是占地面积小，仅有普通数控龙门铣床的3/5，而且承载能力大，是普通数控龙门铣床的2~3倍。

当今我国的龙门加工中心，归纳起来无非两大特点，一是规格大，纵向行程大于8000mm~10000mm的制造已不成难题，如北一、江苏新瑞、沈阳机床、大连机床等，机型的行程均很大；二是五轴联动的多，铣头两联动的五面体加工中心，不再是稀罕之物了。

值此还需强调一下的是，国产大型数控落地镗铣床在这次展会上也是鹤立鸡群，镗杆直径160mm的有济南二机床TK6916落地镗铣床、沈阳机床的TK6916和TK6516、江苏新端的TH6916/100、齐齐哈尔二机床的FA160等，这些均是振兴中国制造业的关键装备。



图4 GMC2002H/2龙门加工中心

透过数控机床展看激光切割机的快速发展

Advancing laser cutting machine

王春生

(中国机床工具工业协会锻压机械分会)

数控激光切割机是近10年来发展迅速的金属成型设备,与数控转塔冲床相比,具有更好的加工柔性和适应性,既可加工金属板材也可以加工非金属板材。仅就加工金属板材而言,采用激光切割工艺不仅可以节省昂贵的模具费用,而且能使加工周期大为缩短,因此特别适用于单件小批生产和大型板材类零件的切割。此外,数控激光切割机可通过编程方便地实现复杂零件的切割和多种零件的优化排料,在这一领域所显现的优势也是其他金属加工设备难以替代的。

我国数控激光切割机与其它数控金属成型机床的发展有着相似的历程。起步较早,经历了近10年的艰苦探索,近10年的快速发展,终于形成了有自主知识产权的成熟产品及其生产企业群体。高端产品标志着我国数控激光切割机在国际主流产品中的地位,生产企业群体的形成代表了我国在该领域的整体实力。

20世纪80年代中期,机械工业部济南铸造锻压机械研究所研制成功了国内第一台数控激光切割机,实现了我国在激光切割领域零的突破。与此同时,我国对激光发生器、光路系统、数控系统的研制相可喜局面。

应该承认,我国数控激光切割机问世的第一个

10年,进步与发展是缓慢的、艰难的。有两点可以证明,一是研制开发数控激光切割机的企业不多;二是数控激光切割机技术性能的突破不大。进入20世纪90年代后期,随着企业体制的多样化、技术来源的多元化,我国数控激光切割机进入了快速发展的阶段。同样有两点可以说明,一是我国数控激光切割机的技术水平已经达到国际先进水平;二是我国生产数控激光切割机的企业已经形成了一个梯队。成熟的国产数控激光切割机很快便出现在中国国际机床展和中国数控机床展上,并成为展会的一大亮点。

历届展会展出数控激光切割机的国内企业主要有济南铸造锻压机械研究所、济南铸锻所捷迈机械有限公司、江苏金方圆数控机床有限公司、上海团结普瑞玛激光设备有限公司、江苏扬力集团、深圳市大族激光科技股份有限公司、上海冲剪机床厂等。

历届展会展出数控激光切割机的国外企业主要有瑞士百超公司(BYSTRONIC)、德国通快公司(TRUMPF)、日本天田公司(AMADA)、意大利普瑞玛工业公司(PRIMA INDUSTRIE)以及日本三菱电气公司(MITSUBISHI ELECTRIC)、日本马扎克

目前国产数控激光切割机的主流技术是全飞行光路技术,更加强调动态加速性能,并通过高性能

6. 再攀高峰任重道远

这次展会上国产加工中心展品所反映出的技术进步是毋庸置疑的,这是国内机床制造精英们一段时期内拼搏的成果显示,也可看作是我国机床工业新腾飞的一个起点。但是,我们和发达国家的机床工业相比,还是有不少差距的,我们在技术创新上步履还迈得不大,譬如人家的加工中心,个别卧加已无X轴向运动了,是靠Y轴与C轴的合成来完成纵向运动的;而门式加工中心也由传统的双柱设计成

为四柱了。我们对新工艺、新材料的应用还是太少,国外一直没有放弃对钢板焊接件取代铸件的研发,对抗振、抗热变形材料的试验也一刻没有停止过。迄今,国产机床的质量和寿命基本上尚无重大突破,等等。这些问题如果不解决,要圆我们机床强国之梦还是很困难的。

任重而道远,我们既要看到所取得的进步,也要认识到再攀高峰之艰险,然而已经新一轮崛起的中国机床业不存在退路,只有披荆斩棘才能去征服新的高度。□

数控系统和内置激光切割专用工艺软件,使机床自动处于最佳运行状态。大多产品配置有封闭式防护舱,以避免辐射泄露,提高机床的安全性能;同时,在宜人化造型设计和人性化用户界面方面进步显著;网络连接控制技术也得到应用。

济南铸造锻压机械研究所研制的LC2-15×30型交换台式数控激光切割机,在原组合式光路基础上开发出飞行光路,使该机动态特性大大提高,快速定位速度达到70m/min,定位精度达到了0.03mm。由于装备了上下料装置,减少了生产准备时间,提高了设备的利用率。该设备性能指标与国外参展设备技术水平同等,个别指标还高于国外产品。这说明我国在激光加工设备的技术力量上已经接近或达到了国外先进技术水平。

济南铸锻所捷迈机械有限公司研制的LCM-1212型数控激光切割机是动光路形式数控激光切割机的系列产品。由于动光路的特点,运动部件重量更轻,惯量更小,切割机动态特性大大提高。激光切割机床采用全封闭式结构,龙门式移动横梁。运动机构采用精密滚珠直线导轨、精密滚珠丝杠及成对精密滚珠轴承组成,保证机床运动精度高,速度快。激光切割头配有反应灵敏的电感式自动寻找焦点检测系统,以适应板面不平整的有效切割。机床配有除尘装置,切割的气体、灰尘可有效排出,使得工作环境优良。激光切割机配置了南京东方激光公司新开发的NEL 2000A型2kW开关电源的CO₂激光器。机床运动控制系统采用了德国PA8000数控系统,并内置激光切割专用工艺软件,针对激光切割的特殊工艺要求,根据所需切割的材料及厚度,自动设定激光切割时所需的激光功率、切割速度、打孔时间、辅助气体的选择、辅助气体压力、激光焦点位置等最佳切割参数,而无须人工参与,保证最佳切割工艺。该机可加工板材的最大尺寸为1250mm×1250mm,X、Y轴快速移动速度15m/min,最大插补速度10m/min,定位精度±0.03mm/m,重复定位精度0.003mm。

江苏金方圆数控机床有限公司的LC6-3015型数控激光切割机,采用日本FANUC激光发生器,射频(RF)激励方式,开机即可工作;采用日本FANUC18i-LB激光切割机专用系统,内置激光工艺参数软件;采用飞行光路等光程,保证切割质量稳定;悬挂式龙门梁飞行光路结构,高阻尼床身,提高了机床的稳定性;双交换工作台,有效地提高了工作效率;CAD/CAM一体化自动编程软件,支持全

过程的CNC操作,可实现单个零件编程、多个零件自动排样,完成整套切割方案。

此外,上海团结普瑞玛激光设备有限公司、江苏扬力集团、深圳市大族激光科技股份有限公司、上海冲剪机床厂等企业生产的数控激光切割机,也有着各自的特点。

虽然国产数控激光切割机的技术水平与国际主流产品大体相当,但国际知名品牌和高端产品的整体优势还是可圈可点的。

瑞士百超公司(BYSTRONIC)生产的BYSPRINT3015/3型数控激光切割机,采用飞行光路技术、配备板材边界自动检测装置、可选择自动交换工作台、带电磁分离装置的自动上下料机构以及大功率的激光器等。该机的控制系统具有多任务、多处理连续轨迹控制功能,可根据机床动态状况和切割零件轮廓等参数,自动计算出最佳切割速度和激光功率;图形交互式自动编程系统可实现零件的自动编程和自动套裁。

瑞士百超激光有限公司(BYSTRONIC LASER AG)的Byspeed 3015型数控激光切割机,采用了全飞行光路技术及先进的直启螺旋马达驱动系统(DHM),动态加速度达3g。该机床采用涡轮泵式激光发生器,其精确的温度控制和动态减振设计可保证光束长时间优质稳定;通过光纤高速传递数据,实现切割速度与激光功率同步控制,可高速精确地加工尖角和小圆角。切割头的所有管道和电路优化内置,无需借助任何工具,几秒钟之内可更换切割头;切割头通过非接触传感器精确测量板料位置,确定切割零点;实现非接触测边,无需Z轴编程。该机可加工板材的最大尺寸为3048mm×1525mm,可切割的板材厚度分别为0.5mm~20mm(碳钢)、0.5mm~12mm(不锈钢)和0.5mm~8mm(铝);加工精度为±0.05mm/m,重复精度0.025mm;激光器功率高达5.2kW;每分钟可连续切割板材厚度1mm、孔径2mm、间距3mm的孔型600个以上。

德国通快公司(TRUMPF)生产的L3050-6型数控激光切割机,配备功率为6kW的激光器,直线电机驱动技术,实现高速定位,可获得高速流畅切割的最佳效果;该机特有的Flycut高速飞行切割技术,具有良好的动态加速性能;全封闭式防护舱有效地避免了辐射泄露;人性化的用户界面不仅体现在先进的控制设计,而且体现在机床宜人化的总体设计上。该机可加工板材的最大尺寸为3000mm×1500mm,可

切割的板材厚度分别为25mm（低碳钢）、25mm（不锈钢）和15mm（铝合金）；编程精度0.001mm，定位精度 ± 0.1 mm，重复精度0.03mm。该机床切割不锈钢的厚度达到25mm是数控激光切割机前所未有的，切割速度比采用5kW的激光器时也提高了约20%。

日本天田公司（AMADA）展出的FO-3015NT型数控激光切割机，采用双直线伺服电机驱动和高速飞行光路技术，突出体现出快速的特点。该机激光发生器功率为2kW/4kW，最大加速度可达5g；最大合成速度最高115m/min，最大加工进给速度20m/min；X、Y、Z轴行程分别为3070mm、1550mm、200mm；最大装夹板材重量850kg。此外，该机床可实现网络连接控制，为数控激光切割机的新趋势。

意大利普瑞玛工业公司（PRIMA INDUSTRIE）展出的RAPIDO 5型数控激光切割机，是真正意义上的三维五轴激光切割机。该机床是专门针对大型三维零件切割设计的，采用飞行光路技术，龙门框架式机身，配置自动双门防护，结构紧凑操作简便，工件上下料时间大为节省。作为五轴激光切割机，利用模块化设计的便利，专门设计了第六数控随动轴，配合电容式传感器，以满足加工要求苛刻的工件，保证了复杂零件的加工精度和重复精度。RAPIDO 5型数控激光切割机X轴行程3200mm、Y轴1525mm、Z轴600mm，A轴旋转角度360°、B轴旋转角度 $\pm 120^\circ$ ，C轴（随动轴）行程 ± 7.5 mm，切割零件的最大尺寸为3440mm $\times$ 1765mm $\times$ 800mm；最大轴向进给速度30m/s，最大合成速度52m/s，最大旋转速度180°/s；零件加工精度0.1mm。数控激光切割机的主角是三轴控制的平面切割机型，虽然不少厂商声称可以用于立体切割，但只有意大利普瑞玛工业公司（PRIMA INDUSTRIE）的RAPIDO 5型数控激光切割机，在现场演示了大型覆盖件的切割。

意大利普瑞玛工业公司（PRIMA INDUSTRIE）的SYNCRONO数控激光切割机，堪称是最具特色的激光切割机。切割过程中的加速度超过6g，是目前市场上加工速度最快的激光切割机。该机床的运动由两部分组成，一是三轴（X、Y、Z）联动的主轴，在整个加工范围内移动；二是两轴（U、V）联动的局部轴，带动切割头在局部范围内移动。主轴的惯量较大，运动速度相对较慢，仅执行大尺寸外形加工或粗略轮廓的定位等“宏观”移动；局部轴采用并联机床运动形式，直线电机驱动，惯量小、速度快，

即使执行最复杂的运动轨迹，也保证了优异的动态特性和优秀的切割之质量。该机光路采用恒定步长设计，可确保在加工区域内的任意位置都有相同的高精度；同时，激光焦点位置采用可编程的独立数控方式直接控制。SYNCRONO数控激光切割机激光器功率为4~5kW，主轴X轴行程3000mm、Y轴行程1500mm、Z轴行程130mm，局部轴U轴行程100mm、V轴行程100mm。单轴速度X轴、Y轴100m/min，U轴、V轴150m/min，主轴加速度0.8g，局部轴加速度6g。定位精度主轴为0.03mm，局部轴为0.02mm。该机数控系统采用普瑞玛公司自行开发的PRIMACH-20L系统，带15"触摸屏，内置网卡、光驱和USB接口。该机床展出时现场切割的样件为直径650mm、厚1mm的碳钢锯片，加工时间为365s。其上共有2mm圆孔2000个、103种外形轮廓的孔和槽494个，此外还有两个普瑞玛公司标志和两个SYNCRONO标志的打标。

此外，日本三菱电气公司（MITSUBISHI ELECTRIC）的ML3015LVP型数控激光切割机、日本马扎克（MAZAK）公司展出的SUPER TURBO-X优胜者型激光切割机以及韩国韩光公司（HAN-KWANG）的FS3015型和FC3015型数控激光切割机，均采用了全飞行光路系统、高精度和高动态双驱动系统、数控焦点控制系统、数控气压控制系统、封闭式防护舱等项技术，控制轴数为3轴或3轴以上，保证了机床良好的动态特性和优异的加工精度。然而，日本马扎克（MAZAK）公司的激光切割机，结构上采用了混合式控制轴，其X轴为工作台移动，Y轴为切割头移动。使工作台作X、Y方向移动的老机型难以加工的形状和部位，在新机型上可以加工了。此外，采用了定长光路系统，使工作台上任意位置均可得到完全一致的优质光束，从而实现了切割质量和切割效率的完美统一。

中国数控机床展览会是一个检阅各类数控机床的大舞台，既能看到国际数控机床的发展趋势，也能看到我国数控机床的技术进步。近年来，我国金属成型机床的进步与发展令世人瞩目，而数控激光切割机的快速发展历程更令人欣慰。当然，必须承认，毕竟我国在该领域的起步较晚，在核心技术、制造水平、软件开发、功能部件以及产品精细程度等诸多方面与国际一流产品比较还有相当差距，这也正是我们今后的努力方向。□

飞机制造业对机床等设备的市场需求

中国机床工具工业协会 行业部 宋齐婴

今年2月，国务院原则上批准大型飞机科技重大专项正式立项。温家宝总理说：自主研发大飞机是中共中央、国务院做出的重大战略决策，这意味着中国人要用自己的双手和智慧制造出在世界上有竞争力的大飞机。什么叫有竞争力？就是要实现批量生产，并且达到安全、经济、舒适这三项重要目标，在国内、国际市场上有竞争力。制造大飞机不容易，要突破许多关键技术，特别是发动机、材料和电子设备。

5月11日，中国商用飞机有限责任公司在上海正式成立，标志着中国大型客机研制项目正式启动。中国商飞公司主要从事民用飞机的设计、研制、生产、制造和承接飞机零部件的加工生产等业务。

我国通过研制支线客机在人才、技术、材料、制造、项目管理等方面积累了一定的经验，为下一步研制大飞机奠定了坚实的基础。目前我国一些飞机制造企业在为波音、空客等生产关键零部件，在一定程度上具备了制造大飞机的生产能力。

研制大飞机重点要加强飞机研发、关键部件制造及总装、市场营销等方面的能力，要突破飞机发动机、机载设备、材料等关键核心技术。典型零件和难加工材料的加工也是其中的一个关键环节。

机床工业如何为航空工业服务，首先要了解飞机等航空零部件的结构和工艺特点。

1、飞机零件的结构特点

典型的飞机零件的结构特点是薄壁结构，形状复杂，外形变斜角变化大，外形多为双曲面，要求成形精确。为了减轻飞机重量，增加飞机的机动性和增加有效载荷和航程，进行轻量化设计，广泛采用新型轻质材料。为了提高零件强度和工作可靠性，主要采用整体毛坯件和整体薄壁结构。现在大量采用铝合金、钛合金、耐高温合金、高强度钢、复合材料等。结构复杂的薄壁件、蜂窝件不仅形状复杂，而且孔、空穴、沟槽、加强筋等多，工艺刚性较差。

2、飞机制造中需要用机床加工的典型零件，主要有飞机机身结构件和发动机的关键零件两部分：

2.1、飞机机身结构件的典型零件有梁、筋、肋

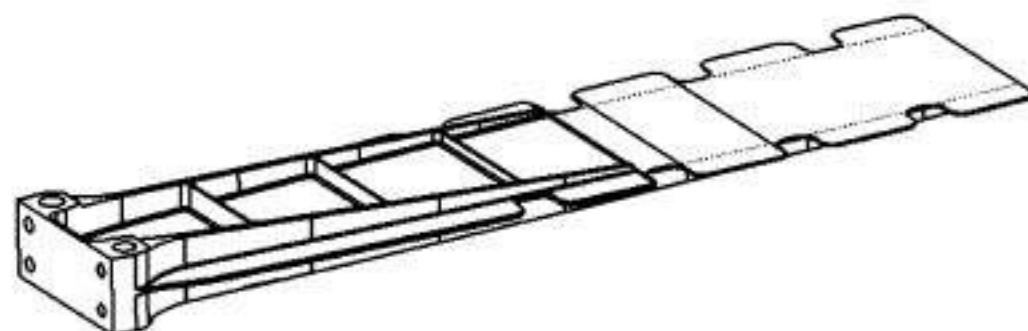


图1：ARJ21-700飞机肋腹板

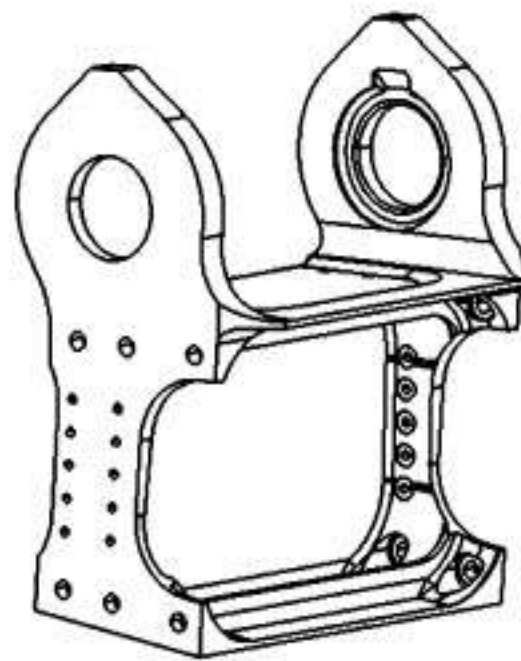


图2：ARJ21-700飞机后梁转轴接头

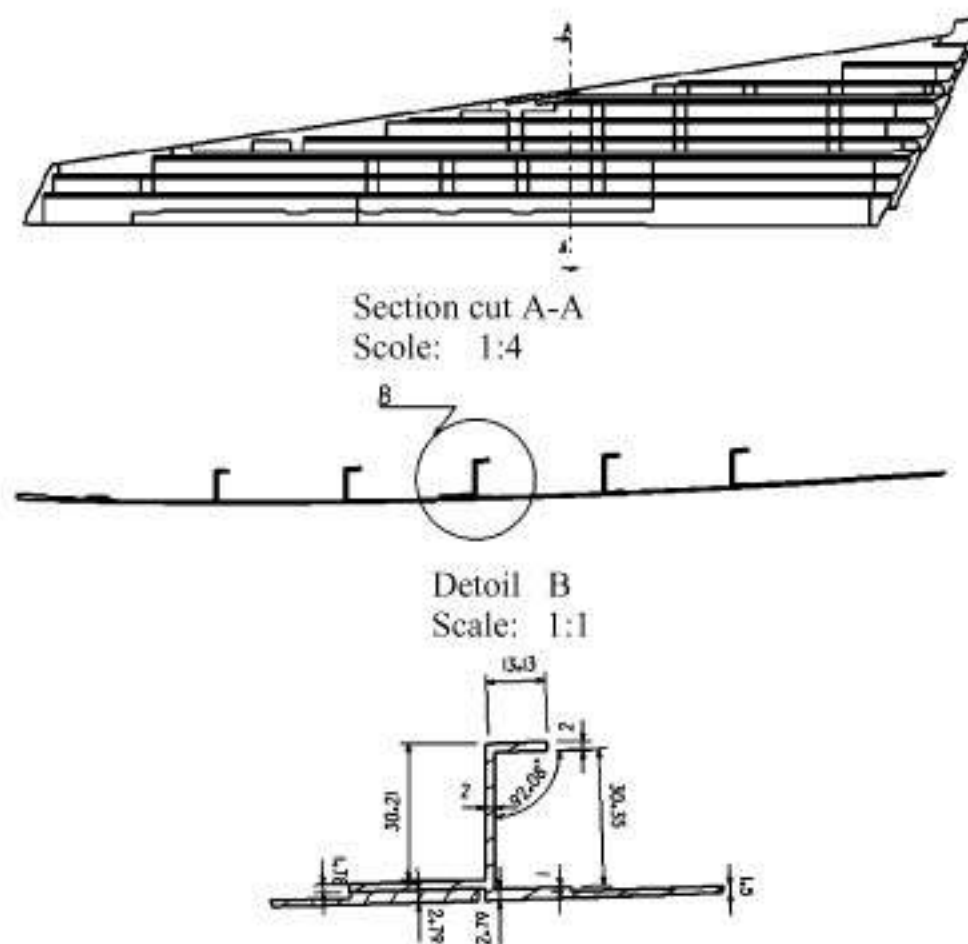


图3：机翼整体壁板

板、框、壁板、接头、滑轨等类零件。且以扁平件、细长件、多腔件和超薄壁隔框结构件为主,如图1,图2,图3所示。毛坯为板材、锻件和铝合金挤压型材。材料利用率仅为5%~10%左右,原材料去除量大。目前,国内飞机零件,90%以上为铝合金件,少量为不锈钢和钛合金钢,且整体结构件越来越多,应用复合材料是今后的发展方向。

2.1.1、典型零件的结构特点

(1)、零件的轮廓尺寸越来越大。如有的梁类零件的长度已达到13m。

(2)、零件的变斜角角度变化大,超薄壁等。最薄处尺寸只有0.76mm左右,所以,加工工艺刚性差。

(3)、零件的结构越来越复杂,很多零件采用整体结构。

(4)、零件的尺寸精度和表面质量要求越来越高,如有些零件加工后出现的毛刺等缺陷,不允许用人工去除。

2.1.2、加工飞机机身典型零件所需主要设备

(1) 三坐标加工中心,如大型龙门立式加工中心;

(2) 五轴联动加工中心,如大型龙门立式加工中心,应配备A/B摆角铣头或A/C摆角铣头,五轴联动时摆角达到 $\pm 25^\circ$ 即可,要求主轴转速达到6000r/min左右,机床定位精度0.02mm;

(3) 从发展考虑,需要大型龙门式双主轴五坐标加工中心,工作台尺寸5m $\times$ 20m,用于加工梁类零件;

(4) 加工铝合金件需要大功率高速加工中心,功率 $\geq 40\text{KW}$,主轴转速20000r/min以上,带两坐标摆角铣头。定位精度,全长 $X \leq 0.04\text{mm}$, $Y/Z: \leq 0.02\text{mm}$,A/B或A/C摆角 $\leq 0.004^\circ$;

(5) 由于整体铝合金件切削加工去除量大,为便于排屑,最好需要工作台可以翻转 90° 的卧式加工中心,目前,国内尚无这种卧式加工中心;

(6) 飞机机身结构件品种多,形状各异,且工艺刚性差,需用大量卡具。为降低成本,缩短生产准备周期,还需要各种柔性卡具;

(7) 钣金成形件主要涉及蒙皮、型材、导管等曲面成形,要求成形精准。为保证制造精度,需要大规格蒙皮拉伸机,拉伸机规格为最大拉力1000t,下工作台外廓尺寸:4000mm $\times$ 610mm,上工作台行程:

2000mm;蒙皮滚弯成形机,加工板料最大尺寸:12000mm $\times$ 12mm,板料最小弯曲半径120mm;还有三轴滚校平机、型材拉弯机、导管成形机等。飞机部件装配还需自动钻铆设备;

(8) 为减轻飞机重量,复合材料的应用越来越多,制作复合材料构件需要铺带机,这在国内还是空白。等等。

2.2、飞机发动机的关键件有机匣、各类叶片和整体叶盘。

2.2.1、机匣加工

航空发动机机匣有三类,一类是对开环形结构,一类是整体环形结构,还有一种是异形壳体。机匣材料是一种难加工的耐高温的高强度钛合金材料。机匣又是薄壁、弱刚性结构,型面复杂,精度要求高,加工难度大。机匣是大型零件,一台推力为15000公斤航空发动机机匣直径 $\varphi 800\text{mm}$ 。大飞机的大型风扇机匣外形尺寸 $\varphi 1823.5\text{mm} \times 546\text{mm}$,最薄处壁厚3mm。所以,机匣加工需要中、大型多功能、高精度数控机床。如加工直径为 $\varphi 2000\text{mm}$ 的数控立车和精密数控立车;工作台尺寸为2400mm $\times$ 5000mm的龙门式五轴联动加工中心,需具备双工位、在线测量和仿真功能,刀库容量60把刀左右,数控系统具有高级编程功能。机床定位精度 $X/Y/Z$ 分别为 $8\mu\text{m}/8\mu\text{m}/5\mu\text{m}$,高速加工时,主轴转速10000 r/min以上,主轴功率15千瓦~30千瓦,带回转工作台,定位精度 $\leq 8''$;工作台3000mm $\times$ 5000mm龙门式镗铣床,带回转工作台,主轴转速6000r/min。

2.2.2 叶片加工

航空发动机的叶片材料为耐高温的钛合金材料,需用五轴联动加工中心,五轴高速龙门铣等加工叶片形面。叶根榫头的加工需用拉床和缓进给强力磨床,并希望缓进给强力磨床具有换砂轮功能和滚轮修砂轮装置,还需要有在线测量、程序调整和自动补偿功能。

叶片形面用电解加工可大大提高加工效率,还需用数控六轴砂带抛光设备抛光。希望有叶片形面检测设备。

大型宽弦空心风扇叶片采用宽弦、空心、带阻

尼凸台结构, 直径 $\phi 1600\text{mm}$ 以上, 风扇叶尖速度高达 457m/s , 选用重量更轻的钛合金或树脂基材料, 制造这类叶片需要 $1000\text{mm}\times 400\text{mm}\times 570\text{mm}$ 的五坐标叶片铣床; 精度 0.025mm 的自动抛光机; 组合封焊和扩散连接及超塑成形设备等。

叶片有很多冷却用的小孔, 用电脉冲打孔, 比用激光打孔好 (激光打孔有硬化层), 但现在, 电加工打孔机床没有打孔深浅的显示, 操作困难。希望能解决这个问题, 能显示打孔的深浅。而耐 1100°C 高温的镍基单晶涡轮叶片具有很好的高温强度和综合性能, 叶片上有许多直径为 $\phi 0.3\text{mm}\sim\phi 0.4\text{mm}$ 的冷却气膜孔, 制作这类叶片, 需要定向/单晶熔铸炉、陶瓷型芯焙烧炉、制芯机、磨削中心、数控缓进给磨床以及叶片制孔的电液束流设备和小孔加工单元等装置。

2.2.3、整体叶盘加工

整体叶盘是薄壁盘类零件, 叶盘圆周上有装叶片的榫槽。直槽可用拉削加工和磨削加工。圆弧形榫槽可用铣削和成形磨加工, 但圆弧形榫槽的检测困难。叶环和叶盘的加工需要数控卧车、精密数控立车。要求加工机床的刚性好, 定位精度高, 定位精度约为 $2\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ 。整体叶盘的叶片部分, 可用五轴高速加工中心加工, 还可以用电火花成形加工。重型燃机叶盘直径可达 $2000\text{mm}\sim 3000\text{mm}$, 需要用砂轮线速度 100m/s 以上的高速磨床加工。

总之, 加工发动机关键零件所需的主要设备有:

- (1) 带 A/B 摆角铣头或 A/C 摆角铣头的五轴联动加工中心;
- (2) 三轴行程为 $1020\text{mm}\times 400\text{mm}\times 570\text{mm}$ 的五坐标叶片铣床;
- (3) 工作台 $1000\text{mm}\times 800\text{mm}$ 的整体叶盘高效加工中心;
- (4) 工作台 $3000\text{mm}\times 5000\text{mm}$ 数控龙门镗铣床, 主轴转速 6000r/min 左右;
- (5) $\phi 2300\text{mm}$ 的精密数控立式车削中心;
- (6) $\phi 3200\text{mm}$ 数控立式车床;
- (7) $\phi 2000\text{mm}$ 的精密数控车床;
- (8) 车铣复合加工中心;
- (9) 工作台 $1000\text{mm}\times 1000\text{mm}$ 榫齿倒圆专用加工中心;
- (10) $2000\text{mm}\times 1500\text{mm}\times 1500\text{mm}$ 左右的激光熔覆加工机床;

- (11) $800\text{mm}\times 600\text{mm}$ 的电火花铣削加工机床;
- (12) $\phi 1000\text{mm}\times 1000\text{mm}$ 的数控卧式车床;
- (13) $\phi 1250\text{mm}$ 数控立式磨床;
- (14) $1000\text{mm}\times 800\text{mm}$ 的数控缓进给磨床;
- (15) $\phi 1200\text{mm}\times 1000\text{mm}$ 端面弧齿磨床;
- (16) $\phi 1200\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 高速转子叶尖磨床;
- (17) 700t 电动螺旋压力机;
- (18) 板类件无模多点成形压力机;
- (19) 定向/单晶熔铸炉;

(20) 用于叶片制孔的电液束流设备、小孔加工单元以及真空热处理炉等等。

要求机床具有足够的刚性, 操作简单, 人机界面清楚, 具备样条插补 (NURBS) 功能, 过程均匀控制, 以减少对拐角处加工精度的影响, 还具有在线测量和仿真功能。

目前, 飞机制造企业所使用的机床大部分是进口的, 国产机床很少, 而且大部分用于粗加工, 主要原因是: 现在国产机床的精度保持性、质量稳定性、服务及时性等方面与航空用户的要求还有差距, 有些机床国内还是空白。

为了改变这种状况, 国外机床制造企业在与航空制造企业合作方面有一些好的做法值得借鉴。如, 国外一些机床制造企业设立了对应航空应用的开发部门, 该部门的职责是收集航空制造企业的需求, 向产品设计部门转达这些需求, 研究开发用于航空零件加工的工艺和程序。机床制造企业还设置航空客户销售经理, 专门负责航空制造市场的销售, 加强与航空制造企业的联系, 反馈航空制造市场的需求信息。国内机床制造企业也可借鉴国外的这种先进做法, 首先要了解航空制造企业的需求和飞机零件的制造工艺, 据此制定机床设计方案, 研究相适应的工艺路线, 提供能够满足航空企业要求的机床。大部分航空制造企业都表示, 如果国产机床能够满足要求, 还是愿意使用国产机床的, 因为国产机床的成本低。另外, 购买国外的高档数控机床, 国外设定了很多限制, 甚至不卖给我们。

所以, 发展大飞机, 必须立足国内, 开发上述急需的加工设备, 才能不受制于人。我国机床工业企业应勇挑重担, 为国分忧。航空发动机制造企业和飞机制造企业也要为振兴我国装备制造业出力, 积极应用国产设备, 帮助改进国产设备, 尽早形成产学研用的互动创新机制。□



坚持“双高”原则 推进自主创新

Persisting in " duo-high" to carry out independent innovation

德州普利森机械制造有限公司

董事长 总经理 陈声环

各位领导、各位专家：

大家好！

感谢机床工具工业协会，给了我这个机会。下面，我把我们德隆集团近几年在产品研发方面的情况做以下介绍。

一、企业基本情况

我们德州德隆（集团）机床有限责任公司，前身是德州机床厂，始建于1945年，最早可追溯到1939年。2001年，有效资产重组德州机床厂控股的德隆集团。2002年，国有资产全部退出，德州机床厂改制为德州普利森机械制造有限公司，德州德隆相应成为普利森的子公司。

我公司主导产品有大中型卧式车床、深孔加工机床、加工中心以及其它各类专用机床，共70多个品种，200多个规格，产品广泛应用于航空航天、汽车、模具、冶金矿山、工程机械等行业。

公司近几年实现了持续快速发展，各项经营指标逐年稳步增长，2007年，全年销售收入7.7亿元，实现利税1.3亿元，其中实交税7500多万元，人均纳税达到3.5万元。

我们公司的快速发展，主要得益于自主创新，就是在适应市场的基础上，在产品研发过程中，始终坚持“一个原则”，着力做好“两件事”。

二、坚持“高门槛、高科技含量”的产品研发原则

在座的各位都是机床行业的领导和专家，对机床市场的发展都有独到的见解。我们知道，需求决定市场，市场决定企业的生存和发展。近几年，我国政府已将机床工业发展提高到了战略性的位置，

“十一五”期间，国家确定加快振兴装备制造业，重点支持、大力发展16项重大技术装备项目，这必然会对高档机床产生巨大需求。

我们德隆集团在国内机床行业算不上大，也谈不上强，根据企业的实际情况，几年来，我们在产品研发上始终坚持“双高”原则。

1. 坚持高门槛的原则。高门槛就是做市场准入门槛高、投资比较大，短时间内不容易达产见效的产品。这需要有市场前景性、有预见性，一般要向前多看几年，厂房、设备建好了，正好赶上市场机会也来了。别人意识到时，再开始建厂房、购设备，等到正式投产，我们就已经形成规模了。

我公司生产卧式车床已有50多年的历史，从2002年开始，我们预测到，回转直径1m以上的卧式车床，需求量将持续增长，应提前应对。于是，我们减少了短规格产品产量，专注做长规格产品。同时，老厂区改造和规模扩张两条腿走路，努力提高产能。在老厂区进行了厂房翻建、作业线调整、设备购置改造等7项工程；在陵县开发区新建德州卓尔铸造公司和大型机床生产基地，也就是德州普利森机械制造有限公司新厂区。从厂房和设备上为满足大型机床的市场需求打下了基础。

坚持高门槛，重点是在发挥传统技术和先进工艺装备的基础上，保持自己的优势，并使这种优势不断扩展。深孔技术是我们多年来的优势，我们把长规格深孔加工机床的技术优势，应用到大型车床上，产品由轻型向重型发展，回转直径1米到2.5米，承重从5吨到32吨不断增长，加工长度也不断增加，现在已能达到18米。除了用于通用机械加工之外，逐步向造纸业胶辊、钢铁业的轧辊、大型管模及大

型油缸等加工领域扩张。这种优势技术的拓展,起到了事半功倍的效果,提高了产品的市场准入门槛。现在,我们正在开发32吨重型大车,下一步,陆续开发63吨、80吨、100吨等超重型大车,主要面向机车、船舶、航天、发电以及核工业等领域,用于大型传动轴、转子的车削加工。这些行业是整个国家经济发展的支柱产业,也是国家重点扶持和重点培育的产业,产业范围宽,发展速度快,预示了重型机床广阔的市场前景。

随着国家机械工业的迅猛发展,数控导轨磨床等大型加工设备,市场需求越来越大。目前看,单靠国内几个重点厂家已不能满足市场需求,从国外进口价格又非常高,一台德国瓦德利希导轨磨价格是国产同等产品的8-10倍,而且售后服务相当麻烦。为解决这一矛盾,我公司开始自主研发生产数控导轨磨床,既满足了自我装备的需要,同时也掌握了导轨磨床的生产工艺,我公司生产的导轨磨配备西门子810、840系统,从性能上完全可以替代进口产品,价格却要便宜很多。

像导轨磨、卧式加工中心这些设备,生产难度大、技术含量高,相应的市场准入门槛也比较高。在研制这些产品过程中,我们一方面发挥自己优势,另一方面是走产学研结合的路子,我公司与山东省机械设计院合作开发的立式加工中心已经成功销往无锡、成都、章丘等地。我们的研发思路是先开发出首台样机自己试用,试用的过程中解决出现的问题,然后不断完善,最后推向市场,确保用户正常使用。

2. 坚持高科技含量的原则,就是紧跟市场形势,不断提高数控机床的档次,努力实现从生产经济型数控机床向生产中、高档数控机床的转变。近几年,我公司采用世界先进技术,使全功能数控车床实现了高转速、高精度和高刚性,实现了以车代磨。在此基础上,先后开发出了四轴车削中心、八轴五联动车削中心,实现了数控机床系列化。

2006年,潍柴重庆公司需要数控曲轴连杆颈车床,由于曲轴连杆颈加工的相位角和偏心距难以控制,在国内没有找到生产厂家。我们公司充分挖掘技术和设备潜力,在没有任何参考资料的情况下,组织技术人员攻关,使用了星形式中心架和偏心夹具,解决了曲轴支承与装夹难题,在短时间内研制开发成功,这一技术也获得了国家专利。产品已交付使用,运转正常,得到用户好评。

三、做好“替代进口”和“加快部件国产化进程”两件事

在双高原则指导下,我们着力做好“两件事”,一件是替代进口,一件是与功能部件厂家建立战略合作伙伴关系,加快部件国产化进程。

1. 替代进口。自2002年起,我国就已经成为全球第一机床消费大国,但是,如此巨大的市场需求,大部分高速、精密机床主要依靠进口。目前,国内机床市场的半壁江山仍被进口机床占领。所以,坚持自主创新,大力发展替代产品,是我们国内机床厂家义不容辞的责任,我们德隆集团主要做了三个方面的工作。

一是发挥传统技术优势。深孔加工技术是我们德隆集团的优势技术,我公司自1965年第一台深孔钻镗床下线到现在已经有40多年的历史,目前我们拥有的产品最大加工孔径可达 $\phi 800\text{mm}$,最大加工长度可达到15m。深孔钻镗床主要用于军工、航天、钢铁、工程机械、石油钻探、冶金、水利等行业的深孔加工,例如:各种炮管、飞机起落架和弹射椅油缸、钢铁业特种钢管、工程油缸等产品的深孔加工。近年来,汽车、模具、军工等多个领域对深孔加工的需求不断增加,要求不断提高。高硬度、高韧性材料越来越多,给深孔加工带来了相当大的难题,例如:冶金行业的热交换板是一种高韧性的紫铜板材料,紫铜板高韧性决定了深孔加工过程中难以断屑,这是一个共性问题,我们组织技术人员攻关,经过无数次试验,最终采用了断续间歇进给技术,配合特殊钻头角度,有效解决了这一难题。

再例如:石油探矿业大量应用的传输管道——钻铤,钻铤的材料多数为35CrMo、40CrMo,还有一些美国进口材料,这些材料不但韧性大,而且硬度高,针对这一难题,我公司研发了深孔钻铤专机,有效的解决了这一难题,这些产品都成为很好的替代进口产品。

二是瞄准市场需求。过去,汽车零件的深孔加工设备主要靠进口,市场需求量较大。上海大众使用的是德国TBT公司和德国捷高公司的产品,湖南衡阳和山东龙口油嘴公司使用的是德国TBT的双轴深孔钻床。我们经过市场调研,瞄准了这一领域,研制开发了单轴、双轴、四轴等系列深孔钻床,不但满足了汽车业油泵油嘴、传动轴、半轴等零件的深孔加工精度要求,

而且满足了汽车行业高效率、大批量的生产要求。目前,上海大众汽齿总厂、长春一汽、江西江铃、杭州依维克等公司已大量使用我们的设备,部分产品还出口法国、缅甸、泰国、越南等国家。

家电塑料模具加工对深孔机床也有一个较大的市场需求。家电的各种外形都是塑料件,是由各种塑料模具注塑而成,注塑就有注塑水道,这些水道孔的加工属于小深孔加工范畴,我们开发的坐标枪钻是根据塑料模具的外形特点和孔的分布形式研发而成的,目前广泛应用于模具加工行业,如美的、厦华、康佳等厂家。枪钻系列产品在汽车、模具行业已成为很好的替代进口产品。

最近,我们又开发出了曲轴深孔钻床,用于加工曲轴上的润滑油孔。在国内,曲轴润滑油孔传统的加工方法是采用专用夹具,用麻花钻加工,人工操作,劳动强度大、效率低、精度差。我们的曲轴深孔钻床把深孔钻床加工的原理应用到曲轴油孔的加工上,有了重大突破,实现了高精度、高效率 and 自动化。后期我们还要面向冶金、发电等行业开发管板枪钻、钻铣复合型深孔枪钻等,这些产品的科技含量都很高,国家冶炼、发电以及核工业发展对这些产品都有较大的需求。

三是培育敢于吃螃蟹的用户。这些年,我们一直强调自主创新,专注技术攻关,在替代进口方面做了大量的工作,目前已有多种成熟产品实现了替代进口。但是,把新产品推向市场、被国内用户认可,也是一个非常艰难的过程。2003年,我们在黄岩召开了“德隆集团深孔加工技术推介会”,在会上,用户代表在演示现场说:“过去,我们对国产机床不放心,一直买国外的产品,一年前,德隆集团市场调研人员找到我们,鼓励我们购买德隆的ZXK2103数控钻镗床,我当时回答是不敢买,后来经过考察了解,本着试一试的态度,买了一台,用过之后才感觉到,和国外的也没什么区别,价格才是国外的三分之一,省了钱,又办了事,我就是第一个吃螃蟹的用户,并且吃得很有滋味!”。

2. 加快部件国产化进程。我国功能部件发展严重滞后,已成为数控机床发展的瓶颈,所以,从主机生产为主,向主机和功能部件协调发展转变;从单机供应市场,向提供完整的解决方案转变,已成为当务之急。目前,国产中高档数控机床仍大量采用进口功能部件,我国作为机床生产大国,过分依赖功能部件的进口,无疑会制约我们数控机床产业

的健康发展。因此,提高功能部件研发能力和技术制造水平,加快功能部件的产业化进程,已成为当前迫切需要解决的重要问题,也是行业产业结构调整的重中之重。我们机床整机生产厂家,对加快功能部件国产化进程责无旁贷。

2005年,我们参加了上海数控机床展,在国内大部分厂家还大力强调部件原装进口时,我们展出了全部采用国产部件的机床,打出了全部国产化的旗号,得到用户的认可。

我们开发TGK数控深孔钻镗床时,在自动排屑机的选用上,一方面是意大利和日本的知名品牌,一方面是国内品牌,我们果断做出了立足国内,好中选优,替代进口的决定,选用了烟台重阳机械有限公司生产的自动排屑机。由于深孔钻镗床的排屑原理和车床不同,在试车过程中,出现了铁屑卡死现象,针对这一问题,我们和排屑机生产厂家共同组织技术攻关,对排屑机的结构进行改进和完善,经试用后,改进的自动排屑机达到了要求,不但满足了TGK数控钻镗床配套的需要,而且,烟台重阳机械有限公司也开发了一个新产品,在国际自动排屑机市场占有了一席之地,双方实现了共赢。

近年来,我们先后与烟台二附件、大连凯特乐、无锡建华、成都广泰等功能部件生产厂家建立了战略同盟关系,实现了互通有无、取长补短,达到了共同提高的目的。另外,我们还分别与德国西门子和北京KND公司合作研发深孔机床专用数控系统,一方面使深孔加工机床提高了自动化程度,提高了产品档次,另一方面,使数控系统能够根据深孔加工的技术特点进行适宜性控制,去掉了系统的富余功能,提高了系统的实用性。

四、结束语

我们德州德隆集团至今已有60多年的发展历史,最近,我们提出了“打造百年企业”的长远目标,根据目标要求,我们企业将进一步适应市场需求,增强自主创新能力,继续发挥深孔加工技术的优势,开发国家急需的高精产品,为加快国家装备制造业的振兴做出新的贡献!

最后,我真诚地邀请各位领导、各位专家到我们德隆集团指导工作!

谢谢大家! □

我国机床产品安全质量状况分析

赵钦志

国家机床质量监督检验中心

摘要：阐述了机床产品存在的安全隐患以及通过国家监督抽查、产品认证、安全认证等制度和措施的实施，促进了机床安全标准的贯彻，有效的提升了机床产品安全水平。

一、机床行业的重要性

装备制造业是国民经济的基础产业，是支撑整个工业和国民经济发展的基石。机床是制造机器的机器，是工作母机，作为装备制造业的基本装备，是基础的基础。随着科学技术的进步，机床技术水平也在高速发展，尤其是数控技术和数控机床的应用，使得机械制造业发生了根本性的变化。数控技术是机械制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，是降低劳动强度和提高劳动生产率的重要手段。数控机床水平的高低和拥有量是衡量一个国家工业现代化水平的重要标志，对国民经济的发展和增强国防实力起着举足轻重的作用。因此，机床产品的质量好坏，安全与否，将直接影响国民经济的发展。

二、机床产品存在的安全隐患及分析

机床是集机、电、液、气于一体的机械设备，其危险因素多，产生的伤害程度大。通过这些年的产品检验，我们发现机床产品存在的安全隐患和问题如下：

隐患一：工件、刀具飞出危险暗藏杀机

机床是属于高速运转的机械。机床主轴旋转速度低则每分钟几百转，高则每分钟上万转至几十万转，高速旋转的工件和/或刀具存在飞出危险，可造成人身伤害甚至死亡。具体表现在，一是工件或刀具的装夹装置装夹不牢固，造成工件或刀具飞出；二是无防护装置或防护装置不符合要求，对飞出的工件或刀具防护不住；三是在产品上或技术文件里缺少对用户必要的警告内容。

隐患二：产品存在触电危险

触电分为直接接触和间接触电两种：人体直接接触危险电压的带电体为直接接触；人体触及本来不带电，因电器件绝缘失效而带电的带电体为间接触电。产品存在的直接接触危险，通常是电源带端子无防护，即带电端子裸露，用户在使用或维修中极有可能出现触电事故；产品存在的间接触电危险，通常是机床电气接地系统不完善，缺少保护接地线。保护接地线被称为“生命线”，对操作者至关重要，一旦电器元器件绝缘失效而漏电，可以有效保护人员的安全，其重要程度是不言而喻的。

隐患三：急停操作件和电源开关存在安全隐患

急停操作件对机床产品极为重要，它是为了在机床出现意外时减少人员伤亡或设备损坏而专门设置的电气器件。标准要求急停器件用途专一，无附加危险，易于操作，机构自锁，颜色为专用红色。产品没有急停器件或急停器件不符合标准要求，在紧急或意外情况下，就不能起到防止人员受到伤害或防止设备损坏的作用。目前，一些企业的产品存在不安装急停器件或急停器件不符合标准要求的状况。

电源开关是连通机床与外部电源的重要器件，机床上电源开关与一般的电源开关有所不同，除了容量（包括额定电压、电流、短路电流等）要满足使用要求外，还要求对机床设备和人员的安全起到良好的保护作用，标准规定“电源开关在断开位置应能提供锁住机构”就是这一目的。一些企业为降低成本，往往使用在断开位置无锁住机构的电源开关，为机床留下安全隐患。

隐患四：静止危险不容忽视

静止危险主要是指产品外露部件的结构、外形对人的危害。如外露零部件的尖棱、尖角、毛刺等对人可能造成划伤。产品上出现尖棱、尖角和毛刺现象，不仅仅给人一种“产品粗糙”的印象，更重要的是对人员（如操作者）可能造成不同程度的划伤或刺伤。比如工作台周边象刀口一样锋利，一旦

操作者不注意碰到，就会被划伤手。又如操作者附近的切屑挡板，尖角四起，随时都有可能被划伤。

隐患五：产品使用说明书不规范

产品使用说明书是产品的重要组成部分，是指导用户正确、安全操作机床的指导性文件。但机床的产品说明书却存在诸多问题，主要表现在：一是缺少安全注意事项或安全注意事项内容不全，不能指导用户安全使用，给用户带来安全隐患。如带快速定位的移动工作台，对人员有冲撞的危险，在结构设计时属于无法避免的中度危险，除了在危险部件附近加贴永久的警告标牌外，在产品说明书中还必须要有类似文字警告；二是产品使用说明书中的内容与产品不一致，给用户正确使用和维修造成不便。如产品电路图与实物不符，一旦机床发生故障需要维修，用户将没有办法处理，只得求助生产厂，这无疑给用户带来不便；三是没有企业联系方式或不使用法定计量单位等，对用户不负责任。

隐患六：产品警告标志不全

警告标志也是产品的重要组成部分，其目的也是为了使用户能正确、安全的操作机床，将警告标志加贴在产品上，可以更直观地起到时时提醒用户的作用。目前，一些企业的产品存在警告标志不全的问题，尤其是缺少对用户的安全提示，造成产品存在安全隐患。

三、近年来机床行业质量变化分析

为了提高机床产品的质量和安全，确保安全标准的贯彻实施，国家先后出台了许多制度和措施，如国家监督抽查、出口质量许可制度、产品认证和安全认证等。通过这些制度和措施的实施对规范企业质量行为、贯彻产品质量和安全标准、提高我国的产品质量整体水平、促进我国的经济建设和社会发展发挥了重要作用。

首先，这些制度的实施规范了企业的质量行为，督促企业严格执行国家和行业相关标准。

实施抽查制度以前，企业的质量行为主要靠的是企业的自律，在计划经济时代靠企业的自律是可以的，但随着改革开放和市场经济的发展，加上市场竞争的日趋激烈，在经济利益的驱动下，企业对产品质量的控制单靠企业的自律显然是不够的，进行国家监督抽查，由政府对企业的质量行为进行规

范和控制是非常必要的。通过实际工作，我们深深地体会到，抽查制度的实施对规范企业质量行为起到了非常重要的作用。国家监督抽查制度对企业具有相当的震慑作用，若企业在抽查中产品不合格，会对企业的质量声誉造成严重影响，影响企业的销售，甚至影响到企业的生存和发展，加上一定的经济处罚手段，使企业意识到，企业要生存，要发展，必须提高产品质量。当然，抽查制度是企业提高产品质量的外在推动力之一，加上用户对企业质量的要求，在各种合力下企业必须走提高产品质量之路。如：某机床生产企业，属于国内机床行业的骨干企业之一，在2000年的数控机床国家监督抽查中产品质量不合格。在行业内公布后，对其产品的销售造成了很大影响，地方技术监督部门并对其处以十几万元的处罚。这件事情对企业触动很大，使得企业从根本上注重了产品质量。在随后的2002年和2003年的国家监督抽查（跟踪抽查）中产品全部合格。

其次，这些制度的实施提高了机床产品的整体质量水平，“抽查一种产品，整顿一个行业”，通过抽查帮助并促进企业提高产品质量，提高我国产品的质量整体水平，这是国家实施这些制度目的。通过对机床产品的抽查，真正体现出了抽查制度的实施确实起到了提高机床产品的质量整体水平的作用。

锯床是机床的一种，作为金属材料锯切下料的必备装备，属于量大面广的机床产品之一，1998年原国家技术监督局第1号公告，公布了我国第一批实施安全认证的机械产品目录，锯床名列其中。对于这样的产品，自然是国家监督抽查的重点产品。可令人吃惊的是，1998年4季度首次抽查合格率仅为16.7%。随后在2001年第2季度，2002年第3季度，2004年第2季度和2007年第2季度，又分别对锯床进行了抽查，合格率分别为36.8%，50.0%，60.0%和65.4%。可见，抽查合格率在逐步上升，锯床产品的整体质量水平在逐步提高。

数控系统是数控机床上一个重要的独立部件。数控机床是集机械制造、计算、光电子、传感、伺服驱动技术等于一体的光机电一体化产品。随着国民经济的发展，数控机床已成为现代化制造的主力军，而数控机床的核心是数控系统，其对促进现代制造业的发展，提高劳动生产率，提高加工精度和降低生产成本均具有重大意义。数控系统不合格，尤其是产品的电磁兼容性不合格，会对机床的可靠性产生严重影响。近几年，对数控系统的抽查情况

自主创新——

我们该向国际机床企业学些什么

赵丽军

机床被喻为装备制造业的工作母机，机床工业中的集大成者——数控机床则是实现制造业现代化的关键设备，其拥有量及技术水平已成为衡量一个国家综合实力的重要标志。

在国际机床产业的舞台上，“跨国机床企业”和“中国本土机床企业”分别代表跨国公司和中国本土机床企业，同台演绎着一场激烈的竞争。近年来，“中国本土机床企业”以崛起之势，一路狂飙突进，让“跨国机床企业”深感危机和压力，但不得不承认的是，强大的“跨国机床企业”凭借其技术等方面的绝对优势，目前依然统占着全球的高端市场。

2007年4月，借北京中国国际机床展之机，记者走近了这些跨国机床企业，探讨和解析其令人称道的创新之道，总结他们的优势究竟在哪里。

如下：1998年抽样合格率为38.4%；1999年抽样合格率为25%；2000年抽样合格率为41.7%；2001年抽样合格率为88.9%；2003年抽样合格率为78.6%；2004年抽样合格率为80.0%；2005年抽样合格率为80.0%；2006年和2007年数控系统未进行抽查。可见，通过抽查，数控系统的合格率从最初的38.4%提高并稳定在现在的80.0%左右，数控系统的整体质量水平有了很大提高。

最后，这些制度的实施有利于行业区域性质量问题治理整顿，对提高区域性质量问题起到了积极推动作用。

国家对机床产品质量一直非常重视，对区域性产品质量问题非常关注，机床行业区域性质量问题治理整顿取得了非常明显的效果，对提高机床行业产品质量起到了重要作用。

四、机床行业发展展望

进入21世纪，全球经济一体化进程加快，中国

“他山之石，可以攻玉”，愿“跨国机床企业”今天的创新经验成为我国本土机床企业的借鉴，促进我国数控机床产业的快速发展。我们坚信，中国本土机床企业也终将做大做强，那时，我国的装备制造业必将得以振兴，为“中国制造”真正构筑起强健的根基！

☆ 日本MAZAK（马扎克）机床公司

让创新的种子在良好的土壤中开花结果

“这是MAZAK的激光切割机，1.3千瓦就可以切割12毫米的中碳钢板。”从事国内代理MAZAK业务的辰礼国际集团董事长刘纯礼指着面前的一款机床向记者介绍道，“采用了激光高科技的数控机床，用

经济持续保持快速增长，投资环境不断改善，市场潜力巨大，促使世界制造业不断向中国转移，中国逐步成为全球制造中心。

制造业现已成为我国最大的产业和国民经济主要的组成部分，成为就业的重要市场和出口的主力军。增加值占国民生产总值近40%，工业生产总值占全国工业生产总值约77%，上缴税金占国家税收总额的30%和财政收入的27%，全部从业人员约占全国工业从业人员90%，约占全国从业人员总数11%，出口创汇占全国外贸出口总额90%。目前，我国制造业和装备制造业的工业增加值已居世界第4位。但总体规模只相当于美国的1/5和日本的1/4强。

机床行业是为制造业提供装备的产业，中国制造业的崛起，必然给机床行业带来巨大商机，给行业带来新的发展空间。为此，机床行业必须抓住这个大好机会，从贯彻机械安全标准，提高产品质量、安全、可靠性等方面入手，尽快缩短与世界先进水平的差距，提升我国机床行业整体水平，创品牌、扩市场、挡进口、争出口，争取国产机床国内市场占有率有较大提高。□

于金属板材的切割，在同样的输出功率下，MAZAK机床可以切割更厚的板材。”

记者仔细端详着这款体积虽小，但被刘总称为“输出功率大，精确度高，切割效果好”的数控机床，它广泛用于航空、造船、兵器等领域，却被日本政府对中国的军工严格实行禁运。

有着多年代理经历，曾担任过国内一家国有企业负责人的刘纯礼对内资和外资机床品牌的差异有着极为深刻的认识。当记者问及他对MAZAK公司的感受时，他说自己到MAZAK日本本部考察过，日本在技术创新方面的做法很值得国内企业学习。

他说最让MAZAK感到骄傲的，也是最终决定他选择这家公司合作的理由，在于其技术创新上的优势。为了促进技术创新，公司把有创新才能的员工提拔为设计师，给与很好的后勤保障条件，当他们在加班时，公司提供优质的用车、休息和餐饮条件，目的是保障其创新思维不中断。他说，MAZAK的技术储备非常丰富，它能做到两年之内把100多种机型全部更换掉，而国内很多技术竟然几年甚至十年保持不变。他认为造成国内此种情形的根源最终在于创新体制，我国的国企厂长不知道自己任期几年，技术创新经费投入下去，不知多久能见效，所以更多地考虑短期而非长期效果。这样的企业自然就无法和国外企业竞争。

作为一个有着80多年历史的家族企业，MAZAK公司当今已赫然成为一家国际机床专业厂商，连年销量排行世界第一（据美国《机械杂志》排名）。

在这傲人业绩的背后，秘笈是什么？答案为“专注”。相比之下，我们国内的一些企业，当发展到一定阶段时，就积极运作上市，上市后公司的主业往往丢掉或不再重视了。但MAZAK则不以上市为目的，多年来不上市的理由，正是为了持续地专业化发展，不希望仅凭借资金而不懂技术的外行来掌控公司。

“我们的技术要引导顾客的消费”

山崎马扎克科技（上海）有限公司的副总经理王学军对MAZAK的评价是：一个有活力的公司。

MAZAK机床的技术好在哪儿？——王学军回答：“数控系统好”。MAZAK上一代数控系统实现了NC和PC的融合，该技术设计于1994年，1998年推向市场。这项技术的推出旨在实现各种生产信息在网上的流

通。MAZAK拥有自己的制造工厂，工厂的技术人员发现，制造业信息化的瓶颈在于制造终端无法获取数据。他们认为要让制造技术和信息技术结合起来，这样才能让制造业上台阶。这项具有高瞻远瞩眼光的实施方案，最终解决了制造业信息化的瓶颈问题。这样MAZAK机床就不再是传统意义的加工机床了，而称之为“信息化的加工终端”更为合适。王学军对此总结道：“MAZAK根据自身的经验创造了市场，而不是跟随市场。”而这一创造性的理念归结为MAZAK公司的创新文化：“我们的技术要引导顾客的消费”。

对于一个公司的发展来说，最根本的在于理念。王学军说：“我国很多内资企业对创新存在一定的认识误区，即为了创新而创新，但MAZAK不是。同时MAZAK还认为，有的创新并不需要很多的技术含量。”

他举例说，激光加工机，原来只有固定的一个切割头，当板材厚度改变时，需更换镜片或切割头，过程很麻烦，但MAZAK创新了一下，参考加工中心，给激光切割机安装了一个自动换切割头的装置，这不是什么高新技术，并没有太高的技术含量，设计简单而实用。这项小小的改革为那些经常加工不同品种板材的用户大幅度提高了效率。

所以对于MAZAK来说，创新不一定是高新技术，但创新需要有明确的目的，这正是MAZAK企业文化的核心。

☆ 德国DMG（德马吉）机床公司

如此自信的背后

DMG公司亚洲区CEO汉诺先生说：“我相信我们在技术方面始终是第一的”。

汉诺先生的话有其充分的理由。首先，DMG是一个有130多年历史的集团企业，尽管现在数控机床在中国和日本都得到快速的发展，但真正专业的技术水准是很难突破的。

二是集团总部一直从事核心技术开发，经验丰富，技术当仁不让地成为其在全球领域中最大的竞争优势。公司每年投入到新品开发的投资达到5000万欧元，约占全年销售额的5%；公司有400个员工专门从事开发工作，充足的人才力量为公司提供了不断的创新源泉。此外公司还有强大的市场分析和竞

竞争对手分析系统，从而了解客户明年、后年需要什么样的设备，这样公司就能根据市场的需求做开发。

三是公司的文化是以客户为导向的，这种文化选择了它能够最大程度地保证客户的竞争优势和长期发展，为客户提供最好的技术与支持。

四是作为一个具有全球化战略的公司，它在全球共布局了10个工厂，其中3个在意大利，5个在德国，1个在波兰，1个在中国上海。每个工厂都有各自的重点和专业，如Pfronten工厂是专门做P系列铣床和五轴铣床的，该系列中有200P，80P，60P等；再一个工厂专门做车床；另一个专门做新技术，包括激光机和超声波，每个工厂各有优点和缺点，公司把每个工厂的优点和研发能力集中起来，提供给为其他各个工厂服务。

还有，DMG的产品在技术方面是最现代的，DMG公司专门为机床配套而开发了很多软件，目的是为了提 高机床的效率和程序精度，并减少机床的故障率。在发生故障时，通过该软件可以得到迅速的解决。如DMG Power Tools安装在机床内，它能随时提醒你该做怎样的保养。而Netservice软件可以按客户的要求，进入机床控制器，分析故障情况，再通过电话进行售后服务，解决问题。

汉诺先生说，DMG与中国国内机床企业的区别主要在技术，产品的外观大致相似，中国也有企业能够做五轴联动的，但效率、稳定性以及加工复杂零件的能力却有很大区别。而与国外其他公司的区别是，DMG非常重视售后服务，在广东、北京、上海各有一个展厅、技术中心、培训中心，保障每个本地的商品都能得到良好的售后服务与技术支持。

正因为以上理由，这个跨国巨头每年以15-20个新品的速度不断出新。在伴随全球机床行业一百多年的发展历程中，DMG公司130多年来始终如一地专注于创新，凭借其技术优势傲视群雄。

让创新成就国际化

人才已经成为DMG这个创新型跨国企业的基础和保障。DMG把人才分为两种——老员工和年轻员工，公司一方面把老员工留下来，使他们的丰富经验得到充分发挥；一方面让年轻的加入进来，一步步地培养他们。全球发展战略的高速推进，迫切需

要尽快把人才转到中国，公司把德国工厂富有经验的工程师派往上海工作2-5年，让他们把经验传授给中国员工。在中国，一支来自瑞士、德国、新加坡、意大利等国的人才队伍云集于此，因此造就出了上海这个亚洲地区的技术中心和服务中心。

黄种明是在这个国际型企业工作的新加坡人，在DMG上海公司担任技术总监。他说公司在人才激励方面尤其值得称道的是培训。“公司不定时地派员工到德国、意大利培训学习，以适应技术的日新月异和不断提升的服务水平。”他说，“公司给了我们很多机会，不仅在技术方面，在人际关系处理上也会有额外的课程，如怎样与客户沟通等等，这样的提升机会让我学到了很多，使我有一种职业骄傲感和安全感。”

DMG在某些技术上保持着相当高的国际优势，黄种明介绍说，DMG的代表技术是先进Linear motor——直线电机，DMG的机床用的就是这个技术。它只有两个零部件，最大程度减少了接触性磨损，使产品获得了速度快、精度高、维修故障率低等优势，因减少了非生产时间，而有助于提高生产力。当前许多国家的机床都没有采用这项技术。

在台湾三年，在中国大陆两年，在DMG工作将近20年的黄种明，深谙本公司和日本公司的技术差异。他说：“如果说日本机床的创新更注重在转速上下功夫，那么我们开发的五轴联动机床则在灵活性和柔性上更显出优势。”他说，有一种软件3D Quick Set在加工时，马达和滚珠丝杠会自动测量机床的精度来做补偿。举例说，如果一个小时前后有精度差距，软件系统则会自动把温差补偿回来。”

一个国际化的创新型企业，无时无刻不尽显国际化的优势。黄种明讲了一个例子，DMG在2005年参加德国汉诺威国际机床展时，有个美国客户拿出一份非常复杂的技术图纸，这是一个要在中国生产的美国产品，他说：“当时我们安排了负责美国市场的技术人员与德国工厂的专家，集中探讨并解决了这个难题。同样，在2007年今天北京的展会上，我们有来自印度、德国和中国的员工参加，我们能够在最短的时间给客户拿出最满意的解决方案。”

对于公司国际化发展与中国的关系，公司亚洲区CEO汉诺先生阐释为：“我们要实现的是，以德国的质量、效率和进度在中国制造。”□

在精益生产环境中多功能加工技术的新发展

New development of multitasking in the lean production environment

从美国Mazak公司的成功案例说明, 多功能机床加工技术能使精益生产达到高额利润生产的目的, 精益生产环境, 能使多功能加工技术的优势得以充分发挥, 使其得到迅速发展。两者相辅相成, 其发展前途将不可估量。

精益生产势在必行

美国制造业多年来经历了一个非常艰难的时期。在这一时期内各大中型制造企业都在通过采取改善管理、紧缩资金、解雇现有工人和寻找廉价工人, 以及减少整个制造供应链加工费用, 以降低给企业造成的很大压力等措施渡过难关。单件、特小批量生产、价格低廉和生产周期短成为这一时期的主要供货方式。另一方面, 由于数控、硬车技术的迅猛发展与技术进步, 使从清洁剂瓶子模具到航空航天零件的几何形状, 变得越来越复杂, 而对产品质量, 要求的加工精度越来越高。加之越来越多的上一代机床在市场上供过于求, 使较大规模的机床生产厂和小型小批量生产车间在激烈的市场竞争面前变得几乎完全相同, 再没有了大企业的优势, 正常的营业方式已再无法选择。面临如此严峻的形势, 一个机床制造企业将需采取什么样的策略, 才能使一个制造企业在全世界激烈的市场竞争中, 保持自己的已有地位? 答案是精益生产势在必行。

多功能加工

美国Mazak公司对以上经济形势和国内外精益生产的使用情况进行了认真分析研究后认识到, 准时制造, 消灭故障, 消灭一切浪费, 向零缺陷、零库存进军的精益生产, 已经是目前包括汽车制造业在内的所有制造企业生产方式的最好选择。当然选择采取合适的生产方式不是目的, 获得高额利润和获得企业发展的巨大驱动力, 才是精益生产的最终目标。同时认识到, 熟练使用多功能加工技术是使企业获得高额利润最关键的生产手段。通过多功能加

工装备能够对形状复杂的零件进行复合加工、减少装夹和工件、刀具的更换时间, 并且减少或消除后工序加工, 使公司减少库存量, 总产量成本, 减少占地空间, 提高效率, 减少和消除废品并加快生产资金周转。而其规律是多功能加工技术越先进, 功能发挥得越好, 获得的利润越高, 才能使企业的发展获得巨大驱动力。所以说是多功能加工技术, 使精益生产达到高额利润生产的目的, 是精益生产环境, 使多功能加工技术的优势得以充分发挥, 使其得到迅速发展。两者相辅相成, 其发展的前途将不可估量。

拉式生产系统

美国Mazak公司为提高自身企业的市场竞争力, 在提高认识的基础上, 重新策划、设计了新型的企业组织机构。并在他们自己制造过程中, 将精益生产确立为法定的生产方式, 将最大限度地减少废品和减少库存列为检查精益生产方式执行效果的两项重要指标。他们对制造过程进行了大胆彻底的改革是一个非常典型的案例。以前, 他们建立的一个需预先设计的生产规划和主要用于进行小批量生产的推式生产系统(push-production system), 是通过许多各自独立的机床进行零件加工, 导致零件在生产现场到处可见。随着要求公开的库存量必须减少到最小, 他们改进成了使用先进的拉式生产系统(pull system), 这是目前能真正实现准时制生产的最好生产方式。为在肯塔基州的Florence工厂实现这一生产方式, 他们曾经在4年内投资大约2000万美元, 按预期要求达到以下4项基本要求:

- (1) 建立一个能跨越整个生产现场, 实行快速通信的通用软件平台。
- (2) 建成一个高水平的工作人员交替培训中心。
- (3) 开发出一个具有多台多功能加工机床和材料搬运设备的新型制造单元。

(4) 开发出模块式的装配系统。

多功能模块技术生产单元

最具特色并使企业获得高额利润的新型Integrex多功能模块技术生产单元 (Multitasking Palletech Cell), 是该公司为适应精益生产环境进行组织机构改革后, 新研制成功的一项科研成果, 它主要用于新开发的Nexus生产线上加工公司新推出的Nexus系列CNC车削中心和加工中心中的轴类和非轴类零件, 共80多种。

Integrex多功能模块技术生产单元组成结构是, 主要由4台Integrex机床代替原来的11台机床 (包括3台HMC, 两台VMC, 两台车削中心和4台多功能加工机床)。这4台Integrex机床有两台Integrex300IIY通用1500型和两台Integrex300IISY型。它们能够在一次装夹中对多平面、多孔和复杂外形零件进行车削、铣削加工。4台机床的每一台机床都配备有一个可存贮120把刀具自动换刀系统和一个可安放15个卡盘位的自动卡盘交换器。而且每一台机床都配备有一个305mm卡盘 (由功率为26kW, 最高转速达3500r/min的主轴驱动) 和一个能使最高转速达10,000r/min, 功率为22kW的自旋刀具轴。Integrex300IISY型机床的第二主轴 (30hp, 3500r/min) 还配备有一个305mm卡盘。

据介绍, Integrex多功能模块技术制造单元还能自动地将加工零件在每台机床和装载台之间按预定计划进行自动调度。制造单元还装备有31个托盘站、两个零件装卸站、一台用于进行往复运动的机器人、一台龙门起重机式的装载机、4个卡盘/夹具贮存站, 每个贮存站能安放10个夹具。

这一为给用户提供更先进的机床技术和更合理的成本效率而开发的新的Nexus生产线的使用, 制造出一批新Nexus系列的车削中心和加工中心, 具有更高的产品质量和更高生产效率, 但价格更低。极大地提高了Mazak公司在全世界的市场竞争能力。它与用其生产的Nexus机床一样, 都大大地减少了整个的研制周期和在Mazak公司加工现场的库存。对于轴类零件, 新的制造和以前的方法相比, 可减少加工时间的39.4%和整个生产时间54.7%。对于非轴类零件, 使用新的制造单元, 可减少加工时间46.1%和整个生产时间49.4%。此外, 对于Nexus系列的立式加工中心的装配技术, 也让人耳目一新, 只要机床立柱被

定位至床身的要求位置, 一个工人即可在8小时工作日内完成一台机床的装配任务。从订货到出厂, 对于Nexus系列的立式加工中心, 一般需用时3个星期; 对于Quick Turn Nexus型车削中心只需两个星期。使机床利用率和劳动力利润率以及产品质量都得到提高。成功的最好的测定是招来源源不绝的顾客和得到用户对Nexus系列机床加工产品质量和交货期限的满意评价。

为了得到进一步的更大发展, 公司已经迅速把目标转向未来。在1998年举行公司成立80周年的纪念大会上, 他们宣布了今后20年的奋斗目标, 其中的一个重要科研项目, 就是设计制造出一个能复合许多甚至人们现在还没有听说过的功能的“超级多功能” (Ultratasking) 机床。以达到一个新的高切削速度、高功率和高生产效率指标。决心为开发出超高效率多功能机床的这一目标作出更大的努力。

分形制造

然而, 最近几年他们研究更多的是正在设计开发一种使用一个内含一台或几台“分形多功能机床” (Grouping Multitasking Equipment) 的网络制造单元, 进行高效生产的加工方案。在这一加工方案中, 由一个操作者独立地进行制造、检验、装配和抽样对复杂产品进行综合试验。要实现这样一个加工方案, 需首先完成的一个基础科研项目, 是基于对加工零件几何形状按几何要素的细分, 细分后的每一部分都是与整体零件的 (在几何意义上) 相似复制, 这样将会给几何形状复杂零件的高效加工带来了天然的优势, 而且它又起源于数学的几何学术语, 所以命名为“分形制造” (Fractal Manufacturing) 或称碎形制造。而他们接受又付诸于实践的, 采用这种主要使用“分形多功能机床”进行“分形制造”的被命名“超精益生产” (Beyond Lean) 的崭新理念, 将是带动该公司制造技术走向未来的一个关键性的重要步骤。

美国Mazak公司的成功案例充分证明了他们对精益生产以及精益生产环境和多功能加工技术关系认识的正确性。即多功能加工技术使精益生产达到高额利润生产的目的, 是精益生产环境, 使多功能加工技术的优势得以充分发挥, 使其得到迅速发展。两者相辅相成, 其发展的前途将不可估量。(薛 儒)

可重构机床模块化设计技术研究

Research on Modularization Design of reconfigurable Machine Tool

赵中敏

(淮海工学院东港学院实验中心 江苏连云港 222069)

摘要: 可重构模块化机床是可重构制造系统的主要组成部分, 其设计方法是实现制造过程可重构的关键。本文对可重构机床的模块化设计方法进行了探讨, 系统分析了可重构机床区别于传统机床的模块化设计特点。阐述了实现可重构机床模块化设计的关键技术难点, 间接勾画了可重构机床的模块化设计理念, 接着论述了可重构机床应着重加强研究的内容。

关键词: 可重构制造系统; 可重构机床; 模块化设计; 技术要求

ZHAO Zhong-min

(Donggang College, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang, 222069, China)

Abstract: Reconfigurable machine tools (RMT) are a promising technology for future machining systems, since they can not only provide customized solutions to the operation requirements but also are cost-effective and very responsive to the changes of operation requirements. Modularized design of machine tools is a key enabling technology to the modular design methodology of RMT. Discussed difficult point of the key technology of realization of the modularization designs of reconstructed machine tool. Draft the modularization design conception of reconstructed machine tool indirectly, and finally several suggestions for developing re-configurable machine tool in China are presented.

Keywords: reconfigurable manufacturing system; reconstructed machine tool; modularization design; requirement of technology

0 引言

可重构制造系统 (Reconfigurable Manufacturing System, RCMS) 是为了快速而准确地提供响应新的市场需求所需的生产能力和生产同一零件族内的新零件所需的制造功能, 从一开始就设计成可面向系统级和生产资源级快速而又有竞争力的重构的制造系统。生产资源级的重构主要包括对可重构机床 (Reconfigurable Manufacturing System, RCMT)、可重构机器人、可重构传送带等的重构, 而其中最重要、最基本的可重构生产资源是可重构模块化机床。现有的制造系统主要有二类: 一是主要使用专用机床 (Dedicated machine Tool, DMT) 的专用制造线 (Dedicated Manufacturing Line, DML), 生产线 TL 是 DML 的主要形式; 二是主要设备是 CNC 机床的柔性制造系统 (Flexible Manufacturing Systems, FMS)。因此, 在现代制造业中, 承担车削、铣削、钻削、磨削、切断等操作的典型机器是 DMT 机床和 CNC 机床。

在生产线上, 零件从原材料开始依次经过一系

列 DMT 被加工。在 DMT 中, 多把切削刀具在零件上沿着固定的方向进行不同的操作, 然后零件被送到下一 DMT 加工, 直至加工过程完成为止。因此, 在生产线上, DMT 是面向专门的操作需求定制设计的, 虽然它所需的资源少, 成本低, 而且其性能好; 但一旦所加工的零件变化, DMT 不能以有竞争力的成本转换机床本身的功能以适应加工新零件的需求。这是生产线不适合于生产多种零件的主要原因。

在 FMS 中, 主要加工设备是 CNC 机床。CNC 机床控制一把可沿着几个运动轴运动的刀具, 因而它可加工多种零件; 但由于 CNC 机床是在明确机床的操作需求之前就设计好的, 因此在加工每一个零件的过程中, 并非其所有的运动轴都被利用, 这就使它包括了一些对某一操作需求是多余的功能, 从而浪费了资源。这是 FMS 让用户承担了某些他本身并不需要的制造能力的费用的重要原因之一。

DML 和 FMS 的固有缺点都与其加工机床有关。正如可重构制造系统综合了 DML 和 FMS 的优点一样, 可重构机床必须具备 DMT 和 CNC 机床二者优

点。因此,利用模块化的概念,采用 DMT 的方法、围绕零件族设计机床并使用 CNC 技术驱动机床是设计可重构模块化机床 (Reconfigurable Modular-Machine Tool, RMMT) 的可行方案。

一、可重构机床的模块化设计特点

可重构机床与普通机床的主要区别在于其具有模块化结构和可重构能力,即能够通过对机床组成部件或模块的重组与更替,调整其加工功能和某些性能,及时、高效地满足被加工零件的各种变化需求。同时这也为机床部件在其寿命周期内反复重用,最大限度地实现设备改造、更新的节约化、高效化提供了一条有效途径。可重构机床的特点决定了它必须采用模块化设计。模块化机床的概念早已提出,并在组合机床等系列化通用机床的设计中得到应用。但与传统的机床模块化设计相比,可重构机床的模块化从设计概念、设计原理到具体设计方法都有所区别、有所发展,具体体现在以下几个方面:

1、模块化概念更广

传统的机床模块化设计主要是针对机械部件的模块化,而可重构机床的模块化除了机械零部件以外,还包括控制系统的硬件模块化,控制软件的模块化以及各种辅助工具的模块化。

2、设计原理有所拓展

传统机床模块化的本质是基于几何相似性、物理相似性的成组性,模块间的组合性表现为相对固定的拓扑结构;而可重构机床的可重构性是对传统成组性的进一步拓展,不仅考虑了几何、物理的相似性,而且考虑了几何/物理相似性的拓扑性,以及基于组合拓扑概念的广义相似性,而且引入了极为重要的模块特性-接口(界面)整合,以实现模块集成的“相乘效果”。

3、模块化设计的目标定位不同

传统的模块化机床设计面向的对象是机床设备制造厂,目标是机床设计、制造中的系列化、组合化,以实现机床产品对市场的快速响应;而可重构机床模块化设计服务的对象是机床的最终用户,目标是使机床作为一种制造资源在其整个寿命周期内的使用功能与性能的组合化、柔性化,以实现整个制造过程对产品市场的快速响应和制造成本的节约化。

4、模块化设计的方法不同,具体表现为:

(1) 模块的划分与功能设计方面 传统机床的模块设计追求机床产品的系列化、通用化,往往模块化级别很低,造成模块组装复杂,这不利于可重构机床的重构操作性。通常,可重构机床模块的划分与功能设计应遵循“特性原则、典型部件原则和独立性原则”,即设计的模块在功能上能反映机床的加工特性,如功率、行程、精度等级等,范围应包括机床的典型结构部件,在此前提下,尽量减少模块的功能分级,提高模块的独立性、自治性,以减少模块之间的功能交叉,改善现场重构的操作性。

(2) 模块的结构设计与接口设计方面 模块结构设计的一个重要内容是接口设计,它直接关系到模块组合集成的操作性和可靠性。传统的机床模块化设计,由于其固定的拓扑结构,模块间的接口往往是专用的、固定的,制约了模块间的组合性。可重构机床的模块化要求机床结构的拓扑性和模块全寿命周期的重用性,因此特别强调模块集成的接口“相乘效应”,注重模块接口的规范化设计与研究,包括各种接口形式(机械接口、动力接口、控制接口)的标准化,机械接口界面的静、动力学特性的分析与评价,以及基于接口的模块装配精度保证手段与方法等。

(3) 模块的综合与集成方面 为提供客户化的功能柔性,突出通过模块的重构迅速满足零件加工的某些变化需求,因此可重构机床的模块重构与集成不仅包括基于传统组合性的模块集成方法,如通过调整运动模块的大小规格以适应加工零件尺寸的变化;通过采用具有不同加工速度和加工能力的主轴模块提高零件的生产率;还进一步拓展了基于组合拓扑性的模块集成方法,特别是通过对机床运动模块的重构调整机床的联动轴数,以适应加工零件在几何复杂性方面的变化需求。

5 控制系统的模块化与开放化

与机床结构的模块化、可重构相适应,可重构机床的控制系统也应采用模块化硬、软件并具备控制功能的可重构。控制系统的模块化设计必须基于开放式系统体系结构,以标准化的操作系统为支持平台,将系统的控制软件组织成相应功能模块,存放在模块库中。当系统控制功能需随机床重构发生变更时,针对不同的要求,由系统集成工具选用相应的控制模块,通过开放式控制系统平台的通讯系统进行集成,形成具有特定功能的机床控制系统。这也是实现机床重构的关键技术之一。

二、可重构机床模块化设计的关键技术

实现制造系统可重构性的关键技术,应从以下几个方面考虑:

1、硬件模块化与界面标准化

硬件模块化设计包括功能模块的合理划分和模块之间机械界面的通用化和标准化设计。正确合理的模块划分可简化设备结构,降低设备重构频率,提高模块之间的精度匹配,减少重构操作的工作量,美化设备的外观。另外,可重构功能模块的标准化也极其重要,只有实现标准化,才便于组织专业化的大规模生产,实现不同厂家模块的互换。

可重构制造系统要真正得到广泛的应用,设计时必须考虑各种模块的界面标准化。界面的标准化研究主要包括以下内容:界面结合精度、稳定性和可靠性、界面的标准化、模块更换的快速性和方便性,现存标准并不是建立在重构的基础之上,因此,它们只能在界面标准化设计时提供一些基本的原则和策略,以供参考。

2、信息平台重构集成技术

制造系统的可重构性需要信息平台可重构的支持。如果信息平台是僵化的结构,制造系统的可重构性是不能实现的。制造系统重构不但要求信息平台本身能根据需要进行快速的重组,而且为了最大限度地利用已有的生产资源,还需要用科学的方法全面描述生产资源信息。

(1) 基于软构件的信息平台

整个信息平台应当用模块化设计方法,并应用软构件的思想支持软件重构,允许应用模块方便地在信息系统内插入和拔出软构件。软构件是可重用的软件单元,可以用来构造其它软件,软构件相当于硬件系统中的零件或元器件,可以被灵活地重用。采用软构件思想进行信息平台的设计时,应严格按照 CORBA 规范和 COM DCOM 标准,并采用科学的软件系统设计方法和软件系统集成封装方法。

(2) 遗留系统的构件化封装

企业在不同历史时期积累的大量信息和现有应用系统,通常称为遗留系统 (legacysystem); 信息系统重构的一个重要问题就是集成。遗留系统、遗留系统的对象化封装是实现企业可重构的信息集成的关键之一。其核心内容就是将遗留系统根据功能划分,封装为可重用重构的软构件对象如组件、构件、

功能体、自主体、智能代理等。当选用 CORBA 规范标准以及 ORB 对象总线,作为信息重构集成的规范标准时,基于 CORBA 的遗留系统的封装能满足任意现有的和将来的客户要求,方便地进行系统的重构。

(3) 层次资源信息模型

制造系统的重构,可以看成是任务的分解、资源的选取、任务的分配和资源的调度等问题的解决过程。因此,在制造系统的重构过程中,制造资源信息的表达是十分关键的。制造资源的分布、资源的拓扑结构、生产能力和状态等信息都是系统进行重构的重要依据,资源信息模型的建立是实现制造系统快速重构的基础;对此,可采用支持可重构的,基于面向对象方法 OOM 和 STEP 标准的制造资源信息模型表达方法。

3、过程诊断技术

可重构制造系统运行性能保障,比传统的制造系统要求更高,由于系统运行中的斜升效应、劣化效应和其他因素与效应的影响,使可重构系统的运行性能在寿命期内呈现复杂的状况。为了保证可重构制造系统的可行性和效率,缩短斜升期和劣化期,必须研究系统运行性能的测度和评价,实施科学的过程诊断技术,即过程中的可诊断性问题。过程可诊断性定义为:对制造系统运行性能的跟踪和为原因查找、诊断和控制提供有效信息的能力。过程诊断技术是实现系统重构的关键技术,它保证系统在运行过程中具有良好的缺陷和故障诊断能力;可重构制造系统的过程诊断技术,必须适应具体的制造活动。

三、可重构机床的关键技术研究

可重构机床的研究和应用与一般金属切削机床和模块化设计之间有相同之处,但在研究内容和研究方法上也有很多差异。可重构机床的研究应集中在以下几个方面:

1、机械界面研究及其标准化

模块化设计主要包括两项内容:模块的划分、设计和综合;模块之间机械界面的通用化和标准化设计。模块化设计理论已经出现了几十年,但一直没有得到广泛的实际应用。究其原因,主要是机械界面部分研究得很不够,人们往往将注意力集中在模块的划分、设计和综合方面。事实上,模块化设计能否得到广泛应用,与机械界面的设计和标准化

关系极大。如果不同厂家生产的功能模块不能快速互换,模块化设计就只能局限在某一特定企业的产品上。对于可重构机床,由于重构的频率极高,如果不能实现模块之间的快速高精度互换,可重构机床就没有任何实际意义。可重构机床的机械界面主要分为两大类:界面之间没有相对运动,界面之间存在相对运动。界面的研究主要包括以下内容:界面结合的精度、稳定性和可靠性;界面的标准化、模块更换的快速性和方便性。此外,作为可重构制造系统的一个功能单元,还应研究可重构机床与可重构制造系统其他部分的界面及其快速互换性。

2、重构策略研究

虽然可重构机床的设计应该满足频繁重构的需求,但重构毕竟是个相当费时费力的过程,重构的精度和可靠性也或多或少会受到一些影响。因此,应采取一定的策略尽量减少重构次数,同时还应尽量避免对主要结构的重构。可重构策略的研究可以从以下几个方面去着手:从可重构机床加工对象的设计和成族方面(基于可重构机床的产品设计)、从功能模块的划分和综合方面、从功能模块的结构设计方面、从可重构制造系统的调度方面。

3、模块的划分、综合及标准化

如何正确划分功能模块是可重构机床的主要研究内容之一。正确合理的模块划分可以简化机床的结构,降低机床的重构频率,提高模块之间的精度匹配,减少重构操作的工作量,美化机床的外观。另外,可重构机床功能模块的标准化也极其重要,只有实现标准化,才便于组织专业化的大规模生产,实现不同厂家模块的互换。

4、可重构机床的功能研究

可重构机床的主要特征之一是结构简化并无冗余功能。因此应对其功能展开研究。目前的数控机床被设计成“万能型”,它的硬件和控制软件功能非常齐全,造成大量的功能冗余,增加了系统的复杂性。对功能开展研究的目的是通过模块的合理划分,使得机床只拥有必需的功能,这样可以大大简化机床的结构,提高系统的精度、可靠性和工作效率。在控制系统和软件方面,需要突破目前数控系统大而全的概念,采用模块化的结构,在重构时只配置必要的控制模块。

5、可重构数控系统研究

与组合机床不同,可重构机床必须能够适应不同的加工对象。为了提高机床的自动调整水平,可

重构机床必须应用数控系统。在传统的数控系统中,为了广泛适应不同的加工对象,它必须提供所有的功能,尽管有些功能可能从来没有被使用过。相反,可重构机床在其工作状态下不允许出现冗余功能。因此,必须对可重构数控系统进行研究,当机床被重组时,仅仅选择必需的控制模块即可。这样的数控系统具有结构简单、可靠性高、使用方便等特点。需要说明的是,可重构数控系统与传统的模块化数控系统并不是相同的概念,尽管可重构数控系统在系统结构上也是模块化的。

6、新技术在可重构机床中的应用

在可重构机床中,必须引进各种新技术,例如直线电动机技术、滚动导轨技术等。这里需要特别强调直线电动机技术在可重构机床中的应用。利用直线电动机技术,取消了一切传递环节(即所谓的零传动),可以极大地简化机床的结构,便于模块的重新组合和调整,非常适合于可重构的特点。

7、可重构机床的计算机信息管理

与一般的模块化机床不同,可重构机床在出厂时必须伴随重构技术说明和一定数量的备用功能模块,这些信息应该由计算机管理起来。另外,为了减少用户的技术投入和资金占用,应该成立地区性的可重构机床功能模块存储中心,具体负责本地区所有可重构机床的管理工作,并协助企业完成机床的重构。因此,必须开发相应的计算机管理系统(包括模块的仓储管理、重构信息管理、用户管理、重构过程中的仿真、可重构数控系统的管理等),为制造企业提供周到的服务。

参考文献

- [1] 齐继阳,竺长安等.可重构制造系统及其关键技术[J].组合机床与自动化加工技术,2005(6).
- [2] 罗振壁,盛伯浩等.快速重组制造系统[J].中国机械工程,2000,11(3).
- [3] Y. Koren et al. Reconfigurable Manufacturing System[J]. Annals of the CIRP, 1999, 48(2).
- [4] 罗振壁,于学军等.可重构性和可重构设计理论[J].清华大学学报,2004(5):577-580.
- [5] 张晓峰.可重构智能制造系统的基础研究[D].南京航空航天大学,2001(5):60-65.
- [6] 赵中敏.模块化设计在现代机床中的作用[J].精密制造与自动化,2006(1):23-25.

数控机床精品推介 (二)

2MK2218数控珩磨机

制造厂商：宝鸡机床集团有限公司

产品特点：2MK2218数控珩磨机为高精度、全闭环的数控立式珩磨机，其性能、技术水平等与国外产品相当。用户使用后认为2MK2218数控珩磨机性能稳定可靠，加工效率高，具有国际先进水平，在国内处于领先地位，能够替代进口产品。

该产品主轴旋转运动采用变频电机变频器控制，可实现无级变速，通过电机编码器检测，实现闭环控制。往复运动采用液压伺服控制，往复速度可无极调速，往复位置由绝对编码器检测，实现闭环控制。珩磨头进给采用液压双进给模块，可实现平台网纹珩磨，珩磨尺寸控制采用在线自动测量系统。珩磨头进给压力采用伺服阀调节，实现闭环控制。机床设计有二工位电动回转工作台，换位速度快，转动平稳，在加工的同时可进行上下料操作，使加工辅助时间缩小到几乎为零。

主要用于汽车、摩托车发动机缸套孔的大批量精加工。



主要技术参数

最大珩孔直径	80~180 mm
最大珩孔深度	400 mm
主轴最大行程	800 mm
主轴转速范围	20~200 r/min
主轴往复速度	25 m/min
工作台分度精度	±30"mm

THM63100Ⅳ精密五轴联动加工中心

制造厂商：四川普什宁江机床有限公司

产品特点：机床采用精密卧式加工中心配可倾式回转工作台的结构形式，实现五轴联动加工。机床采用立柱移动式结构，底座为低应力铸铁、T型布局，导轨为高精度直线滚动导轨，工作台直径1000mm，主轴最高转速12000r/min，机床定位精度：X/Y/Z移动轴0.006mm，重复定位精度0.003mm；B轴分度精度8"，重复分度精度5"；A轴分度精度15"，重复分度精度7"。



主机结构和手工精密刮研的结合，确保各移动轴定位精度高和热稳定性好，各轴最高定位精度可达0.005mm，在国内处于领先水平，与国际水平相当；自主开发的高精度数控可倾回转工作台，分度精度达到6"，重复分度精度3"；低应力铸造技术确保底座加工和高精度和精度保持性；机床可配刀具检测技术、工件检测系统，可实现混流加工。

该机床主要适用于汽车、工程机械、模具、泵

体阀门、轻纺机械、工业缝纫机、五金工具、航空工业和船舶工业等各种类型的机械加工中的复杂零件加工，能满足中、小型箱体零件和空间曲面多品种加工的需要。如飞机发动机的燃汽轮机中的各类机匣、盘、环零件，柴油发动机缸体零件等。

YK7236B数控蜗杆砂轮磨齿机

制造厂商：秦川机械发展股份有限公司

产品特点：YK7236B数控蜗杆砂轮磨齿机采用连续展成磨削原理，软件电子齿轮箱（EGB）传动缩短了机床的内传动链，使机床具备了高效率和高精度的特征。软件电子齿轮箱，能连续位移磨削，可根据用户要求采用金刚石滚轮修形，齿向修形可通过CNC控制工件径向进给和工件轴向进给联动，修成所需形状，可实现多种修形要求。自动磨削和砂轮自动修整，适合大批量齿轮的磨削加工。



主要参数：

工件最大外径	360mm
工件最小外径	20mm
模数	1~6mm
齿数	12~260
工件压力角	15°~23°
螺旋角	±45°
工件齿宽度	190mm

Y31125CNC6六轴数控高效滚齿机

制造厂商：重庆机床（集团）有限责任公司

产品特点：Y31125CNC6六轴数控高效滚齿机是高档大型数控滚齿机，最大加工工件直径为1250mm，最大加工模数为14mm，主轴最高转速为275r/min，是国内目前唯一的高档大型数控高效滚齿机新产品。该机床的成功开发与应用，填补了国内空白，技术

性能达到世界先进水平，打破国外对精密大型数控滚齿机的垄断，满足了国内风力发电、工程机械、载重汽车、矿山机械、高速齿轮箱、船舶工业、电梯制造业等行业的迅猛发展的用户需求，将加速以上行业的设备升级换代，提升其技术创新能力，并使国产大型数控滚齿机达到国际先进水平。作为中国首台开发成功的大型精密高档数控高效滚齿机，采用了多项自主研发的关键技术。

Y31125CNC6六轴数控高效滚齿机的主要特点：六轴四联动，采用电子齿轮箱功能实现加工各种形式的滚齿加工；可进行大走刀强力滚齿，实现高效滚齿加工；应用模块化设计原理，和传统的制造相比，使设计、装配和安装更快、更经济；机床大件和驱动元件均采用模块化设计原理，确保重复定位精度高，刚性好及速度高；各移动导轨采用大平面滑动导轨和带滚柱组件的窄导轨，保证在整个行程上机床的重复定位精度高；采用静压工作台轴承和可靠的双蜗杆分度驱动，刀架为无间隙传动。

该系列滚齿机特别适于精滚操作并使用硬质合金切片滚刀。

在整个加工循环过程中，润滑油和冷却液的循环确保机床最佳的热稳定性。

配备高档CNC控制系统，达到最快的计算速度，短时间内的快速响应。

采用先进的数控滚齿机零编程对话软件缩短机床的调整时间，使用简单，用户界面友好，菜单驱动提示和适当的检查，使操作者在任何加工过程中能快速、精确、可靠地调整机床。



主要技术参数

最大加工直径1250mm

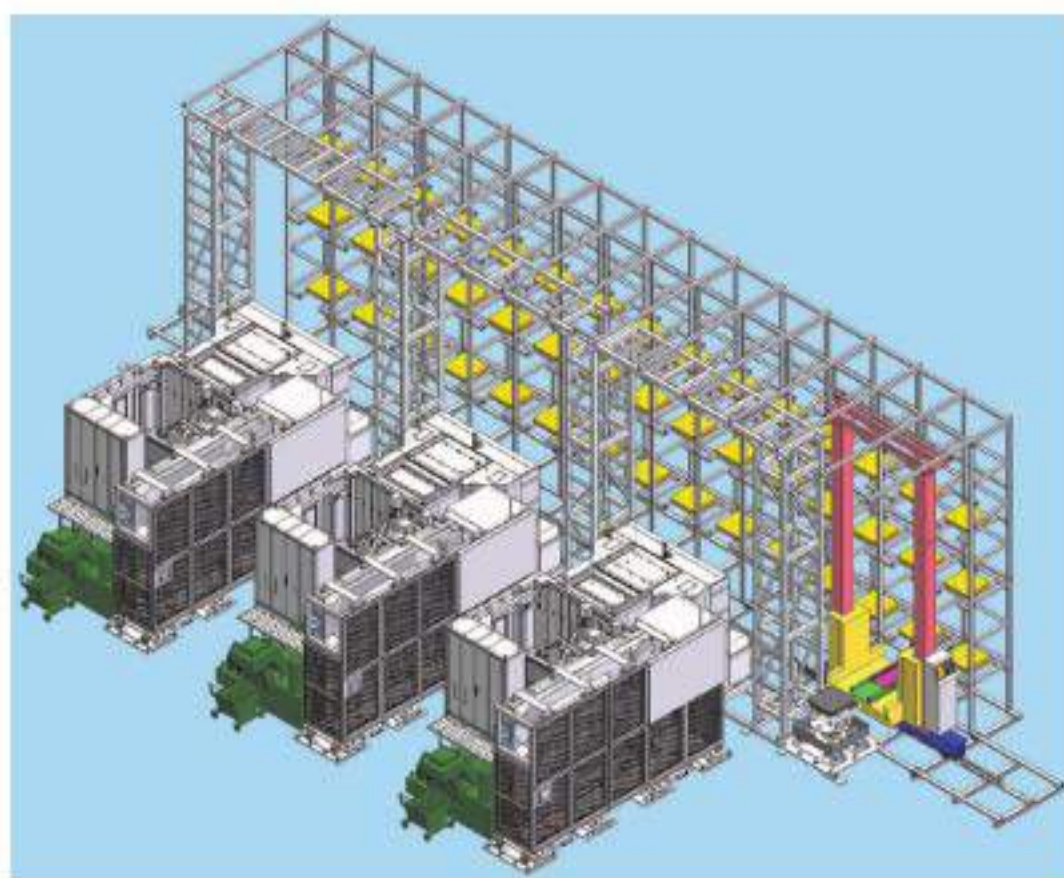
最大加工模数	14mm
主轴最高转速	275r/min
工作台最高转速	22r/min
最大安装刀具尺寸	D220×260mm
切齿精度7级	GB/T10095.1-2001
控制轴数	X、Y、Z、A、B、C
联动轴数	B、C、X、Z或B、C、Y、Z

FMS63柔性制造系统

制造厂商：江苏新瑞机械有限公司

产品特点：FMS63柔性集成制造系统由3台H63卧式加工中心和两个工件装夹站组成。物流系统可处理多达60个托盘，配置3层的立体仓库，用于安放零件与夹具。

控制软件能帮助监控和控制实时生产要求。可满足广泛的零件加工，同时可提高柔性化的生产管理。基于PC的软件可帮助实现产品最大的产出，同时有效监测所有多加工多功能生产活动。加工程序可通过以太网下载到加工中心，所有的NC程序可以存储到中央控制系统的硬盘并由总控系统进行管理。它支持西门子数据服务器选项或PC数据服务模拟功能以执行大量的程序文件，也可选配DNC功能，允许直接传输数据给机床控制器以实现对加工的控制。



在刀具管理方面，当所需刀具不存在或已经超过它的设定寿命，总控系统会提醒操作者，同时它也可以通过PC进行访问及修改。它也会提醒操作者何时自动换刀库（ATC）满库，并安排相关的工作给具有合适刀具配置的加工中心。总控系统还备有刀

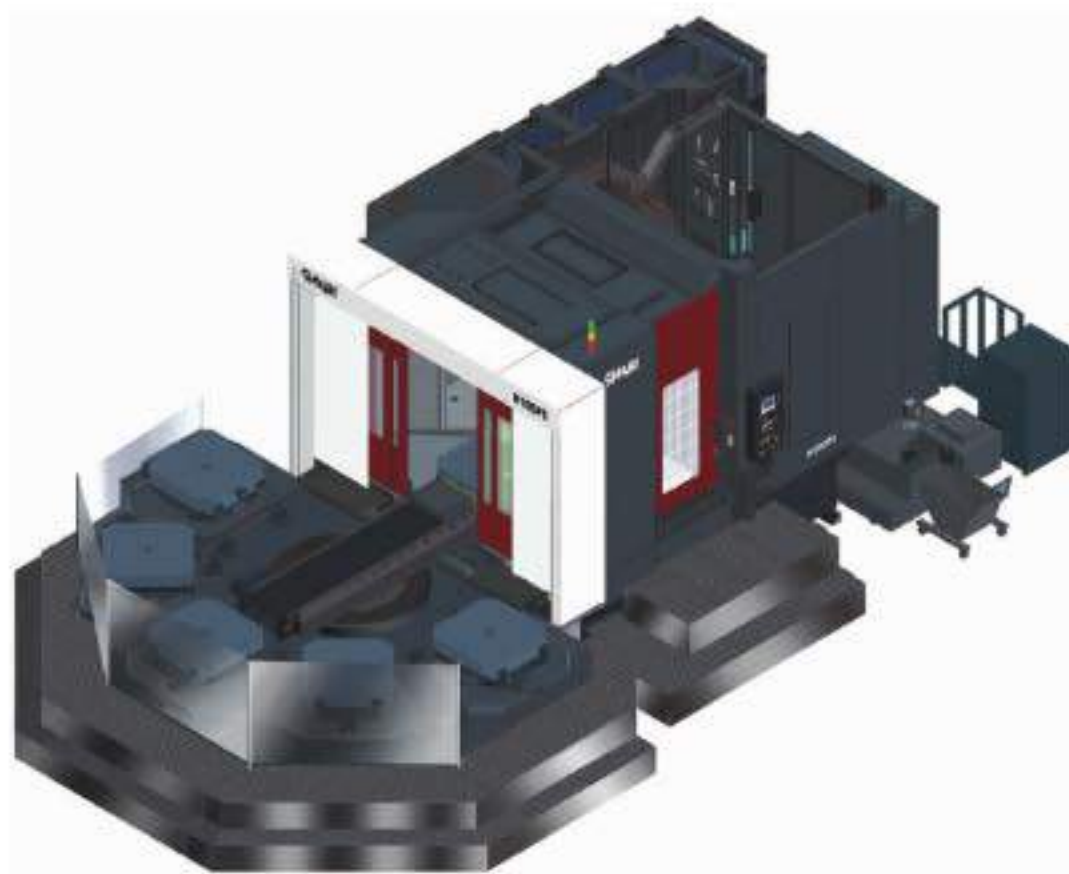
具和工件的信息文件，系统动态进度表，外部交换工作台和刀具库管理以及远程机床状况监测等功能。控制系统同时也允许对通用夹具，零件数据和生产订单进行管理。

H100P5柔性制造单元

制造厂商：江苏新瑞机械有限公司

产品特点：H100P5柔性制造单元具备自动贮运工件和控制管理功能，能够在既定的生产能力范围内按照规定的作业计划独立进行多种零件的贮存和运送，并可实现单班无人管理。可大幅度提高机械制造企业的劳动生产率，保证产品质量，增强企业的应变能力。

H100P5柔性制造单元采用FANUC-18iMC数控系统，X、Y、Z、B四轴联动，交流伺服电主轴。链式刀库可安装160把刀具，五个装卸台，一个旋转搬运机械手。刀库、旋转搬运机械手采用PLC控制，融合了计算机技术、电气、机械、液压、气动系统，机械结构强度高，功能完善，定位精度高。



H100P5柔性制造单元既可以作为独立使用的加工生产设备，又可作为更大、更复杂的柔性制造系统和柔性自动线的基本组成模块。H100P5可实现多品种小批量生产自动化，降低生产成本，提高机床利用率，缩短生产周期。

主要技术参数

X/Y/Z行程	1700/1400/1400mm
快移速度	45 m/min
X/Y/Z轴定位精度（全程）	0.01mm

复定位精度 (全程)	0.006 mm
工作台连续回转定位精度 (B)	8"
重复定位精度	5"
工作台尺寸 (直径×高度)	1000×1000mm
工作台最大承重	5000 kg
主轴转速范围	50–10000r/min
刀具最大长度	600 mm
刀具最大直径 (满刀/临空)	130/250mm
刀具最大重量	20kg
换刀时间 (刀-刀)	3.45s
刀库容量	60
工件托盘数	6
托盘交换时间	30 s

LM50型车削中心

制造厂商：宁夏新瑞长城机床有限公司

产品特点：LM50型车铣复合中心，系9轴控制、5轴联动数控机床。机床配置德国SIEMENS840D数控系统；配有B轴、Y轴；同轴对置的主、副主轴；置于机床上方的大功率、高性能数控铣削主轴和置于机床下方的12工位双向动力伺服驱动刀塔；可同时容纳36把刀的链式刀库。机床铣削主轴和下刀塔可与任一主轴配合实现复杂零件的复合加工和完整加工。零件加工的效率和精度。

机床采用模块化设计技术，可配置为双刀架双主轴、单刀架双主轴、双刀架单主轴等车削中心、并可根据用户的不同加工要求选配可编程尾架装置、中心架装置。

用机、电、液一体化设计，全封闭防护，操作维修方便；采用卧式整体床身结构、60°倾斜导轨与水平导轨相组合，具有刚性强、排屑易、结构合理之特点；

主轴采用皮带传动方式，具有低速特性好、输出扭矩大之特点。副主轴可快速轴向移动，从而实现了正副主轴的工件交接；

具有Y向进给和B轴的大功率铣削主轴，使车削和铣削加工技术得到完美结合，其多功能性和所具备的大切削量加工能力，更保证了机床所具备的对复杂零件的完整加工；机床配置了36把刀刀库，可很好满足复杂零件完整加工所需刀具多的要求；

机床可选配能同时安装4个粗车、精车、螺纹、切槽等刀片并具备铣削功能的Capto多头组合刀柄，并可选配能同时安装3把标准车削类刀具的Capto组合

刀座，以节省换刀时间和刀库装刀容量；

机床可选配棒料输送装置或横梁式上下料机械手，实现复杂零件的全自动完整加工。

3MK2332数控轴承外圈滚道磨床

制造厂商：无锡开源机床集团有限公司

产品特点：本机床主要是针对高速铁路客车轴承、汽车圆锥及圆柱滚子轴承的生产要求设计研发的。机床采用四轴数控伺服系统，可储存多个工件工艺参数，可实现无间隙、高灵敏度运动，采用二轴插补修整砂轮，能修出任意形状凸度曲线，完全满足



了轴承行业对轴承滚道的凸度轮廓要求。

砂轮主轴采用优化设计的5SD系列电主轴，调速范围大，能满足大规格段高刚性、恒功率、高速磨削。

进给机构采用伺服驱动，由滚柱丝杆直接驱动磨架进给，独有的结构形式保证了丝杆磨损率小，进给灵敏度高，磨削稳定，定程精度高。

采用0.1μm微动高分辨率砂轮修整机构，可实现任意形状凸度曲线的修整。

具有故障诊断能力，可实现自适应控制，具有快速趋近功能，生产效率高。本机床主要用于磨削中大型轴承外圈滚道，适用于轴承的大批量生产。

磨削范围：轴承外径：150~320mm，轴承最大宽度：125mm。**工作精度：**圆度：基圆+0.002mm，尺寸分散：0.025mm，角度差：±0.002mm/10mm，滚道对底面垂直度：0.0027mm/10mm，粗糙度：Ra0.32μm，能满足P5级精度以上中大型轴承的批量稳定生产要求。□

机床工具行业应密切关注进出口政策的变化

中国机床工具工业协会市场部 李卫青

为贯彻落实科学发展观,积极转变经济增长方式,同时进一步协调国际经贸关系,推动对外贸易协调发展,国家近期出台了一系列进出口贸易政策,如加工贸易禁止类商品目录、鼓励进口技术和产品目录、政府采购进口产品管理办法等。同时,海关总署为加快推进征管制改革,进一步增强征管能力,提高海关管理效能,制定了海关企业分类管理办法,公布海关进出口商品归类决定等。根据机床工具行业情况,有选择地向大家介绍以下几个近期实施的,与行业相关的进出口政策。

一、节能减排,促进环保,禁止部分加工贸易商品出口

为了优化我国出口商品结构,抑制高污染、高环境风险商品出口,推进加工贸易转型升级,2008年4月5日商务部、海关总署联合发布了2008年第22号公告,公布了《2008年加工贸易禁止类商品目录》。机床工具行业共有5个商品继续被列在禁止出口商品目录中,即刚玉岩、天然刚玉砂等天然磨料(税号25132000),棕刚玉(税号28181010),其他人造刚玉(税号28181090),碳化硅(税号28492000),碳化硼(税号28499010)。

目前国际社会要求中国承担节能减排义务的呼声日益高涨,禁止类和限制类目录仍将动态调整,加工贸易的门槛会越来越高。行业企业应加大技改投入,淘汰技术水平较低、生产工艺落后、容易引起贸易摩擦的低端产品,发展高技术含量、高附加值、高科技含量的产品。并且将环保理念贯穿于整个生产加工过程中。

二、国家对鼓励进口的技术和产品实行贴息政策

为积极扩大国内短缺的资源类产品、技术类产品进口,国家发改委、财政部和商务部联合下发了《关于发布鼓励进口技术和产品目录的通知》(发改工业[2007]2515号)。对于我国企业引进先进技术、进口重要装备、发展重点行业和进口资源性产品、原材料予以鼓励,国家对其给予贴息支持。

《鼓励进口技术和产品目录》中涉及机床工具行业重要设备有:

(1) 鼓励引进的先进技术。高档数控机床及功能部件的设计制造技术。

(2) 鼓励进口的重要装备。镗铣加工中心、柔性加工单元、车削中心、数控磨床、龙门数控铣床、金属珩磨机床、万能液压机、金刚石液压机、数控切割机等。(详见附表一)

(3) 鼓励发展的重点行业。数控机床关键零部件及刀具制造;三轴以上联动的高速、精密数控机床,数控系统及交流伺服装置、直线电机制造。

为了做好贸易平衡促进工作,规范和加强进口贴息资金的管理,提高财政资金的使用效益,配合《鼓励进口技术和产品目录》的具体实施,财政部、商务部还制定了《进口贴息资金管理暂行办法》(财企业[2007]205号)。

三、海关进出口商品归类

为便于进出口货物的收发货人及其代理人正确确定进出口货物的商品归类,减少商品归类争议,保障海关商品归类执法的统一,根据《中华人民共和国海关进出口货物商品归类管理规定》(海关总署令第158号)有关规定,海关总署于2007年12月5日发布了《关于公布2007年商品归类决定》(2007年第71号),并于即日起生效。

该决定对112种商品根据商品描述等项进行了明确归类,其中涉及到机床工具行业商品税号的有4个。CNC PBC成形机属于印刷电路板切割成形机,归入税则号列8465.9200;滚动滑轨(直线导轨)属机床零件,应归入84.66项下相关子目;CNC刀库圆盘式为加工中心的附件,应将其归入税则号列8466.3000;旧铣头属镗铣床(品目84.59项下商品)的专用附件,应将其按“税号84.56至84.61所列机器用专用附件”归入税则子目8466.9300。

2007年商品归类决定公布以后,海关总署又陆续发布了一些商品的归类决定,现将近日涉及机床工具行业税号的商品归类汇总,详见附表二。

附表一：鼓励进口的重要装备（机床工具行业部分）

序号	税号	商品名称	技术参数
1	845710	镗铣加工中心 (含立式、卧式、 立卧式)	定位精度高于 0.01mm 重复定位精度高于 0.005mm 快速进给速度高于 60m/min 工作台大于 1250mm 5 轴联动
2	845710	柔性加工单元	5 轴联动
3	84581100 84589100	车削中心	重复定位精度高于 0.004mm 主轴端径向圆跳动≤0.001mm 加工件圆度高于 0.001mm
4	84601100 84602190	数控平面磨床(含 成形、龙门、导轨、 双端面等)	定位精度高于 0.006mm(全程) 重复定位精度高于 0.003mm(全程) 平面度高于 0.002mm / 1000mm 龙门宽大于 3500mm
5	84602110 84602120 84602190 84603100	数控磨床(含内圆、 外圆、端面外圆、 万能、无心、轴承、 刃磨、专用等)	定位精度高于 0.006mm 重复定位精度高于 0.003mm 加工件圆度高于 0.0005mm 砂轮线速度高于 60m/s 坐标磨床四轴四联动、七轴四联动
6	84596110	龙门数控铣床	工作台宽度≥5000mm 重复定位精度<0.006mm / 2000mm >3 轴联动
7	84604010	金属珩磨机床	
8	84629110	单柱、双柱、四柱 万能液压机	公称压力>4000t
9	84629190	金刚石液压机	公称压力>9000t
10	84569010 90318020	数控切割机 三坐标测量机	板厚>40mm X×Y×Z>3000×3000×2000mm 单轴精度<(1+L/400)mm 空向精度<(1.2+L/300)mm 探测精度<1mm

附表二：2007 年 12 月~2008 年 5 月商品归类决定
(机床工具行业部分)

税则号列	商品名称	规格型号	生效日期
84613000	旧数控车拉机床	DH45、DP45	2008 年 5 月 27 日
84602120	多工位高精度网纹 加工设备	Z2/H-ESS	2008 年 5 月 9 日
84669300	立式车床用弧形齿盘	24180-120v	2008 年 4 月 9 日
84669300	回转工作台	S60C 型	2008 年 3 月 20 日
84581100	旧数控车挤压车床	型号 7794	2008 年 2 月 5 日
84589100	全自动五轴联动数控 加工生产线	RQQ	2008 年 2 月 5 日
84624119	高速冲床线 FIX-100	FIX-100	2007 年 12 月 29 日
84594010	刮削滚光设备	2007 Sierra USA	2007 年 12 月 12 日
8466	滚动滑轨	无	2007 年 12 月 5 日
84659200	CNC PBC 成型机	无	2007 年 12 月 5 日
84663000	CNC 刀库圆盘式	无	2007 年 12 月 5 日
84669300	旧铣头	无	2007 年 12 月 5 日

四、国家对政府采购进口产品进行规范

为了贯彻落实《国务院关于实施〈国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020 年）〉若干配

套政策的通知》，推动和促进自主创新政府采购政策的实施，规范进口产品政府采购行为，根据《中华人民共和国政府采购法》和有关法律法规，财政部制定了《政府采购进口产品管理办法》，并于 2007 年 12 月 27 日起实施。

该办法规定，政府采购应当优先采购本国产品，确需采购进口产品的，将实行审核管理。采购进口产品时，应当坚持有利于本国企业自主创新或消化吸收核心技术的原则，优先购买向我方转让技术、提供培训服务及其他补偿贸易措施的产品。

利用政府采购支持本国工业发展和自主创新是政府义不容辞的职责，也是当今世界各国通行的做法。目前，外国政府保护本国政府采购市场和扶持自主创新的方式主要有：

1.规定国际采购中本地的产品和劳动含量，保护本国的企业，如以色列政府要求国际采购必须至少有 35%在国内购买。美国则要求国际采购至少必须购买 50%国内原材料和产品。

2.给予国内投标人优惠价格，如波兰给国内投标者 20%的价格优惠，美国则给予国内投标商 10%-30%的价格优惠。

3.公共采购单位要充分考虑本国的国内工业发展的要求，尽量采购国内商品等，如《美国购买法》规定要优先购买国内的商品。

4.以国家安全、保护环境等正当理由，禁止或限制外国供应商进入本国政府采购市场，如澳大利亚在环境产品方面的严格限制。

五、进出口企业须按类别分别管理

为了鼓励企业守法自律，提高海关管理效能，保障进出口贸易的安全与便利，根据《中华人民共和国海关法》及其他有关法律、行政法规的规定，2008 年 1 月 30 日海关总署发布了《海关企业分类管理办法》。该办法只适用于在海关注册登记的进出口货物收发货人、报关企业。海关根据企业遵守法律、行政法规、海关规章、相关廉政规定和经营管理状况，以及海关监管、统计记录等，设置 AA、A、B、C、D 五个管理类别。对不同管理类别的企业制订相应的差别管理措施。本办法自 2008 年 4 月 1 日起施行。□

2008年上半年机床工具行业经济运行分析

中国机床工具工业协会 市场部 李雷

国际、国内经济的不确定因素，引发我国国民经济运行形势不断发生变化，值得我行业密切关注。2008年上半年机床工具行业库存增加较为明显，工业产品销售率逐月降低，如情况继续加剧，恐引起流动资金紧张等问题，应得到企业特别关注。进口出现反弹，出口继续保持高速增长；制造成本不断上升，企业经营面临巨大压力；行业投资增长较快，全行业需关注投资重点。

一、产值增速放缓、库存增加明显。

(一) 今年1-6月份，机床工具行业产值继续保持较高增长态势，但是增速有所放缓。磨料磨具小行业产值仅次于金切机床小行业列第二位。机床产值增速继续高于产量增速，产品结构不断得到优化，产值数控化率逐步提高，但库存明显增加应该引起高度重视。

按国家统计局机床工具大行业数据，2008年1-6月份4635家企业合计完成工业总产值1614.4亿元，同比增长34.8%；产品销售产值1558.7亿元，同比增长34.3%。产品销售率96.5%，同比减少0.3个百分点。各制造业完成情况详见表1。

表1. 2008年1-6月大行业中各小行业经济指标

制造业	企业个数	现价工业总产值		产品销售产值		工业产品销售率	
		完成 (亿元)	同比增长 (%)	完成 (亿元)	同比增长 (%)	完成 (%)	同比增减 (百分点)
金切机床	617	424.6	28.1	402.5	26.0	94.8	-1.6
成形机床	469	152.3	31.0	146.5	31.3	96.2	0.2
铸造机械	455	124.9	40.8	121.5	42.0	97.2	0.8
木工机械	164	49.2	23.9	47.8	23.7	97.1	-0.1
机床附件	312	66.2	46.9	63.8	46.3	96.4	-0.4
工具量具量仪	750	262.4	27.6	252.7	26.5	96.3	-1.1
磨料磨具	1298	390.0	46.7	382.8	47.2	98.2	0.4
其他机械	570	144.8	37.8	141.1	38.4	97.4	0.4

注：表中金切机床和成形机床行业的“现价工业总产值”和“产品销售产值”中含金属加工机床以外的产品产值数据。

按机床工具行业部分重点联系企业1-6月份统计月报资料，178个企业共完成工业总产值407.2亿元，同比增长25.4%，增幅比上年同期低3.3个百分点。产品销售收入388.9亿元，同比增长22.8%，增幅比上年同期低1.7个百分点。

1-6月份金切机床产量162124台（同比增长0.9%），产值239.9亿元（同比增长30.0%），其中数控金切机床产量37210台（同比增长9.2%），产值131.6亿元（同比增长29.8%）；成形机床产量29188台（同比降低8.7%），产值38.3亿元（同比增长18.9%），其中数控成形机床产量2323台（同比增长36.5%），产值18.6亿元（同比增长31.1%）。

根据重点联系企业统计数据，按照国家统计局的现行算法，金切机床产值数控化率为45.3%，比上年同期增加1.8个百分点。成形机床产值数控化率44.4%，比上年同期增加5.1个百分点。

重点联系企业金切机床和成形机床产量、产值增速逐月减慢，成形机床产量出现了负增长。这个现象值得特别关注。由于我国生产的数控机床多为经济型数控机床，部分普及型和高档数控机床或供不应求或不能满足需求，因此，产量增幅大幅回落说明市场对中小型的普通机床和经济型数控机床需求已开始减少。国内几个数控系统厂家的经济型数控系统产量出现了和机床同样的情况，这也从另外一个角度说明市场的变化。

(二) 重点联系企业1-6月份销售率有所下降，往年春节后销售率会逐月上升，然而今年并无回暖迹象，并且有28%的企业产品销售率下降幅度超过5个百分点。

按重点联系企业1-6月份统计月报资料，重点联系企业的工业产品销售率为95.0%，同比降低1.2个百分点。金切机床、成形机床、机床电器、机床附件和量刃具五个小行业的销售率均不同程度下降。金切机床小行业产销率为95.3%，同比下降0.6个百分点；成形机床小行业的产销率为93.2%，同比降低2.1个百分点；机床电器和机床附件小行业的产销率同比分别下降1.9和3.8个百分点；量刃具小行业产销率下降3.6个百分点。

当前，根据对个别企业的调研，中小型机床厂的在手合同基本维持在2.5个月的产量，重型机床企业在手合同基本维持在半年的产量。在已完成合同中出现了用户不提货的现象。

重点联系企业累计产成品库存增长较快，2-6月

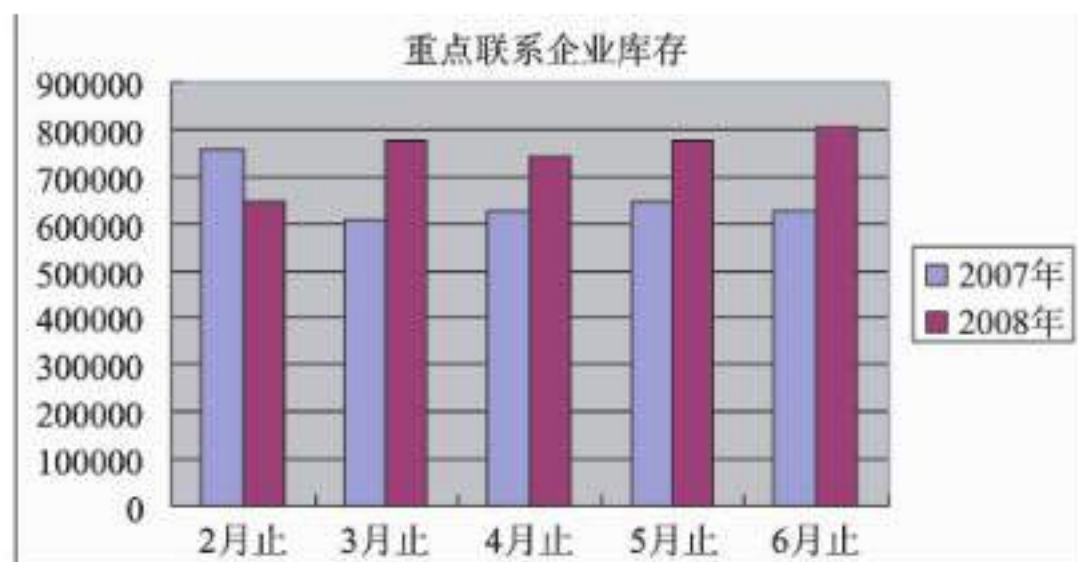
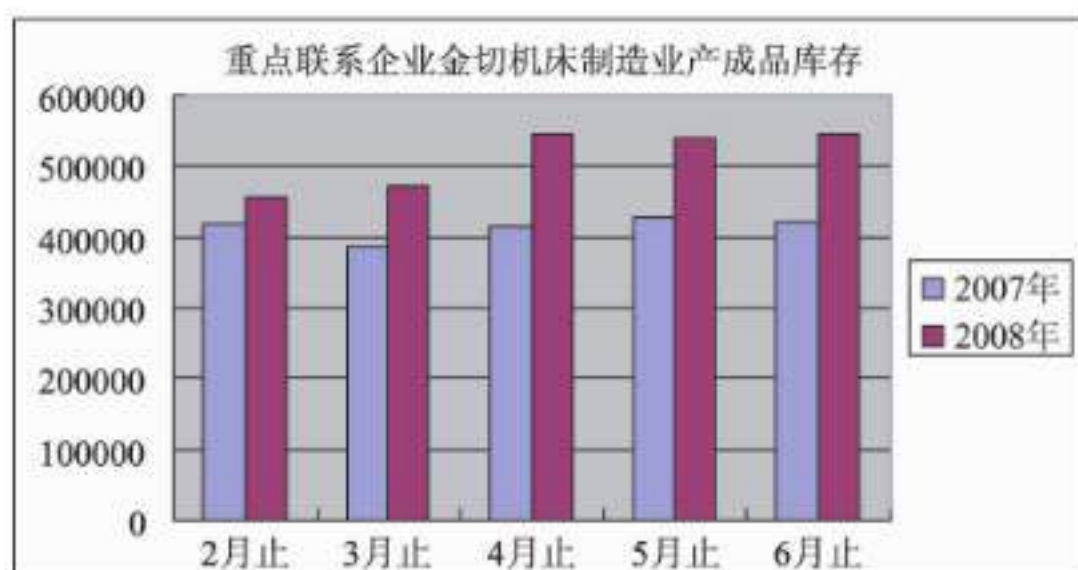


图 1. 重点联系企业累计产成品库存变化 (单位: 万元)



的同比变化情况如图 1 和图 2。

截止到六月，成形机床和机床附件小行业的产成品库存增量比较稳定，其它三个小行业增量突出，均超过 20%。金切机床产成品库存同比增加了 24.6%，去年年底仅为 3.5%；机床电器增加 23.9%，去年年底是 20.3%；量刃具增加 25.1%，去年年底是 -13%。

产成品库存增加值得警惕。从金切机床小行业中增加量大的企业看，既有重型机床生产厂，也有中小型机床生产厂，库存产品主要包含普通机床和低档数控机床等。我们分析，市场需求减少可能是造成库存增加的最直接原因。近几年，大批小企业的发展成为促进了机床市场的繁荣的重要力量，促进我行业不断扩大投资，加大生产规模。而今，在原材料上涨和宏观调控下，这些企业经营极为艰难，或者关门或者减少投资，是造成低档机床产品市场下滑的重要因素。有企业反映，南方小用户需求明显下降，大用户企业订单情况还比较好；还有企业反映，虽然目前订单饱满，但已出现用户暂缓提货的现象。因此我行业要密切关注市场，合理安排生产，谨慎扩大生产规模。

二、进口出现反弹、出口结构不断优化。

前六个月我国机床工具外贸逆差为 25.9 亿美元，去年同期为 31.6 亿美元，其中金属加工机床外贸逆差为 25.8 亿美元，去年同期为 26 亿美元。在木工机床、机床零部件、切削刀具、工具和磨料磨具小行业存在贸易顺差的情况下，我国机床工具外贸逆差基本来自金属加工机床。

(一) 去年金属加工机床进口出现了负增长，今年前六个月的机床工具进口出现反弹，是否是由于国家实施一系列促进贸易平衡措施，鼓励先进技术和设备进口政策的效果还有待进一步观察。但是有一点是肯定的，进口机床的持续增长说明国内市场对中高端机床依然有较大需求。

今年一月份机床工具产品进口增长达到 20%，二月份以后逐渐稳定在 10%，但至六月，增幅依然比去年同期高出 5.7 个百分点。1-6 月机床工具行业进口总额 59.3 亿美元，其中金属加工机床进口 35.6 亿美元，同比增长 7.0%。

金切机床、成形机床、数控装置三类产品占我

表 2. 2008 年 1-6 月各小行业进口情况

	进口金额 (万美元)	进口变化 %	在总量中占比 %
金属切削机床	264584	10.3	44.6
金属成形机床	91754	-0.4	15.5
数控装置	82392	66.6	13.9
机床零部件	36226	14.1	6.1
木工机床	31407	-11.4	5.3
切削刀具工具	25451	-40.5	4.3
磨料磨具	22496	20.5	3.8
机床夹具附件	19571	32.4	3.3
铸造机	11801	-9.6	2
量具量仪	7342	347.9	1.2

金切机床中，加工中心、磨床、特种加工和车床依然是进口最多的产品，其金额约占金切机床进口额的 80%。成形机床中，锻造或冲压机床、其他成形机床（机械压力机和其他压力机）、冲床、成形折弯机进口金额约占成形机床进口额的 79%。

在进口机床中，钻床、镗床、刨床和拉床的进口单价下降较为明显，锻造或冲压机床、齿轮加工机床和锯床的平均进口单价大幅上升。

虽然国内数控机床产量增速减缓，出现了市场

需求减少的苗头，但是功能部件等产品的进口量仍保持在高位，说明国内在中高端机床产品的生产上增长还是很快。上半年我国数控装置进口增长66.6%，机床夹具、磨料磨具、机床部件进口均保持两位数增长。今年去除了对“冲压刀具”税号的统计，因此切削刀具出现了40.5%的负增长。由于在量具类中增加了“三坐标测量机”税号统计，因此造成量具量仪进口暴涨2.5倍。去除不可比因素，量具量仪进口同比增长38.9%。

(二) 出口市场多元化开拓使机床工具产品出口保持高速增长。

数控机床在机床出口总量中占比增加，低值机床占比减少，结构进一步优化。机床附件、零件、数控系统、工量具出口迅猛增长，成为新的出口增长点。汇率对出口企业造成了一定压力，是迫使企业提高出口产品附加值的一个因素。

上半年机床工具出口总额达到33.5亿美元，同比增长49.1%。金属加工机床出口9.8亿美元，同比增长34.5%，增幅同比减少7.7个百分点。数控金属加工机床出口3.1亿美元，同比增长47.7%（去年同期为45.0%），占金属加工机床出口金额31.1%。

金切机床出口中，数控金切机床占35.2%（去年同期为30.8%），台钻、锯床、抛光机和砂轮机 etc 低值机床占25.3%（去年同期为37.5%）；成形机床出口继续保持高速增长，达到48.8%，其中数控成形机床出口占比21.1%，与去年同期持平。

对我国机床工具行业出口影响最大的四个小行业分别是金切机床、磨料磨具、切削刀具和机床零部件，其出口额占机床工具出口总额的三分之二。具体情况见表3除木工机床外，其他各小行业出口产品单价都有所上升。

表3. 2008年1-6月各小行业出口情况

	出口金额 (万美元)	同比变化%	在总量中占比%
金属切削机床	69756	29.5	20.9
切削刀具工具	56920	40	17
机床零件部件	39282	98.5	11.7
木工机床	32271	40.1	9.6
数控装置	29202	71.4	8.7
金属成形机床	28610	48.8	8.6
机床夹具附件	7955	85.2	2.4
量具量仪	6138	61.1	1.8
铸造机	3120	66.7	0.9

受到国际市场增长乏力、人民币兑美元升值、原材料涨价、劳动力成本增加等因素的影响，企业面临的压力增加。我国机床出口市场反映出两个特点：一方面美国市场迅速萎缩，美国是我国机床出口的第一大市场，但上半年我对美机床出口已出现14.5%的负增长，其市场份额与处于第二位的印度仅差1个百分点。而在2007年之前，美国一直高于第二大市场4个百分点以上。另一方面，出口市场多元化开拓保证了我国机床出口持续增长，同时形成了我出口新的市场格局。印度、巴西、俄罗斯等市场快速增长，这三个市场的上半年增速均接近或超过100%，是我国机床出口持续增长的重要保证。目前我国出口市场前十位依次为美国、印度、日本、德国、香港、巴西、俄罗斯联邦、韩国、越南、土耳其，约占我机床出口一半份额。

三、制造成本上升、利润增幅减缓。

今年上半年的盈利情况虽然保持较高增速，但是增幅逐月回落。大行业利润同比增长49.1%（为1-5月数据），其中磨料磨具和铸造机械小行业的利润增速超过行业平均水平。五个小行业的178家重点联系企业实现利润25.9亿元，同比增长40.3%。其中机床电器小行业盈利同比降低24.8%，机床附件小行业利润同比增长幅度最高，为52.7%，金切机床行业利润同比增长43.2%。五个小行业合计产值利润率为6.4%。

机床行业企业面临原材料价格上涨、劳动力成本增加、贷款利率抬升、汇率变化等众多困难，实现了企业利润的增长，这是全行业努力的结果，得之不易。从当前的发展趋势看，市场对中低端产品需求减少可能成为影响行业利润增长的另外一个困难，行业企业只有采取有效措施，通过减少库存、快速结汇、调整结构、强化管理才能提高利润率水平。

四、投资持续增长、关注投资重点。

上半年，中国GDP增长达到10.4%，比上年同期回落1.8个百分点，全社会固定资产投资同比增长26.3%，比上年同期加快0.4个百分点。机床工具行业投资非常活跃，已完成固定资产投资323.9亿元，同比增长45.8%；新增固定资产80.8亿元，同比增长48.3%。行业投资增速依然很快，远高于全国平均

数字,同时,负债率超过60%的企业数量增长也很快。但是我们也看到,本年新开工项目总投资增速出现了微小回落,不同行业间差异较大,如:磨料磨具和其它金属加工机械行业的新开工项目计划总投资出现负增长。这是否是人们对未来市场缺少信心的表现?又如:金切机床和木工机械行业的新开工项目计划投资增速超过100%。这要引起企业的高度重视,一方面要严防低水平重复建设,一方面要谨慎上马大型机床项目,以免形成新的价格战焦点,要把有效的投资用于发展自身优势产品和技术,找准市场定位,发展壮大。目前市场对中低端产品需求减少已初见端倪,但是上半年30亿美元的机床进口说明市场对中高端产品的需求依然存在,因此,盲目扩大生产能力十分危险,把更多的精力用于替代进口产品的研发上才会有发展。

总之,从1-6月份的数据看,机床工具行业继续保持高位增长,但是增速有所回落,特别是数控机床产量增速大幅减缓,出现了销售率下降、库存增加过多的情况。市场已经显现出对中低端产品需求的减少。然而行业投资增速依然很快,应引起行业高度重视。金属加工机床出口市场变化较大,美国一直是我出口的第一大市场,但出口量开始出现萎缩,而印度等新兴场所占比重逐渐加大,行业

出口产品结构不断优化,出口市场形成了多元化的新格局。全球经济增速放缓以及国内宏观调控的力度在不断释放,都将对我行业产生影响,对外贸出口的影响更大。因此,我行业企业要做好应对困难的措施准备,要通过自主创新和科学管理决策加快优化产品结构,加大开拓新兴市场的力度,保持又好又快的持续发展。□

今年上半年中国对主要贸易伙伴进出口总值表

国家(地区)	金额(亿美元)			比去年同期增减(%)		
	进出口	出口	进口	进出口	出口	进口
EU 欧盟	2,021.4	1,370.2	651.2	27.7	27.0	29.2
USA 美国	1,583.4	1,168.2	145.2	12.6	8.9	24.5
Japan 日本	1,296.6	552.1	744.5	17.8	15.1	19.8
ASEAN 东盟	1,157.9	553.4	604.5	25.8	30.3	21.9
HK 香港	970.0	906.5	63.5	8.0	7.8	9.8
South Korea 韩国	925.2	357.8	567.4	25.7	36.0	20.0
Taiwan 台湾省	680.1	130.8	549.3	23.0	18.9	24.0
India 印度	290.1	156.4	133.7	69.0	52.9	92.6
Australia 澳大利亚	272.3	101.6	170.7	39.2	35.2	41.7
Russia 俄罗斯	268.6	142.5	126.1	31.1	32.5	29.5

2008年6月份 美国制造技术消费

据美国制造技术协会和美国机床销售商协会统计,美国2008年6月份制造技术消费总额为3.60亿美元,与5月份持平,比2007年6月的3.53亿增长了2%。2008年上半年消费总计23.18亿美元,与上年同期相比增长了15.3%。行业分析人士预计第三季度的消费额还将会继续增长。

各地区的统计:

东北部地区,6月份消费5308万美元,略高于5月份的5268万美元,但是比上年同期降低了24.0%。2008年上半年总计3.28亿美元,同比降低3.5%。

南部地区,6月份消费6134万美元,比5月份的4541万美元高35.1%,但同比增长23.6%。上半

年消费总额达3.78亿美元,同比增长43.6%。

中西部地区,6月份消费1.21亿美元,比5月份的1.24亿美元低2.5%,与上年同期相比增长了21.0%,上半年消费总计7.88亿美元,同比增长了39.5%。

中部地区,6月份消费7655万美元,比5月份的9689万美元低21.0%,与上年同期减少5.5%。上半年消费总计5.37亿美元,同比降低了0.8%。

西部地区,6月份消费额达4839万美元,比5月份的4115万美元高17.6%,但是同比却降低了8.6%,上半年总计2.87亿美元,同比减少4.7%。

(谭保东摘译)

China signs first FTA **中国与发达国家签订第** **一个自由贸易协定**

China and New Zealand recently signed a "Free Trade Agreement" (FTA); the first FTA China has ever signed with a developed country.

The agreement will become effective as of October 1, 2008. In the agreement, New Zealand promises to abolish tariff on all products imported from China before January 1, 2016 in terms of goods trade, of which, some 63.6% of China-made products will begin to enjoy zero tariffs from the day the agreement takes effect; while China promises to abolish tariffs on 97.2% of the products imported from New Zealand before January 1, 2019, of which 24.3% will enjoy zero tariff from the day the agreement takes effect.

For service trade, New Zealand has made promises higher than the WTO commitment to China in 16 sub-sectors of the four sectors of commerce, construction, education and environment; while China has made promises higher than the WTO commitment to New Zealand in 15 sub-sectors of the four sectors of commerce, environment, sports and recreation and transportation.

The two sides promise to further facilitate exchange of personnel: New Zealand will offer 800 work permits for traditional Chinese medicine doctors, Chinese cuisine chefs, Chinese teachers, Wusu teachers and Chinese tourist guides, and will grant work licenses to at least 1,000 Chinese of 20 professions including lathe operator, welder, computer engineer, and auditor in New Zealand.

The agreement has made clear stipulations on promotion and protection of investment, and has established an effective mechanism for resolving disputes concerning investment. Moreover, the agreement has made systematic arrangement for Sino-New Zealand cooperation in the fields of Customs, Customs examination and quarantine, and intellectual property rights.

It is learned that the bilateral trade volume of goods between China and New Zealand was about US

\$3.7 billion in 2007, up 26% year on year. China is the third largest trading partner, the fourth largest export destination and the second largest import source of New Zealand. Major products China exports to New Zealand include electronic apparatus and equipment, machinery and equipment, garments, furniture, toys, and steel products. While major products New Zealand exports to China include dairy products, timber, paper pulp and other paper products and wool. □

China's total import and export **exceed US\$2 trillion in 2007** **2007年中国年度进出口额** **首次超过2万亿美元**

Since its entry into the World Trade Organisation (WTO) in 2002, China's foreign trade has entered a period of rapid development, with the growth maintaining a level of more than 20% for six years running. Both the import and export quadrupled in the period. According to statistics from the customs, China's total import and export reached US\$ 2.1738 trillion in 2007, rising 23.5% year on year, exceeding US\$2 trillion for the first time, and achieving a US\$1 trillion increase in three years. Of this, the export was US\$1.218 trillion, an increase of 25.7%, and 1.5 percentage points lower than the growth in the previous year; and the import was US\$955.8 billion, up 20.8%, and 0.9 percentage points higher than 2006. The combined trade surplus was US\$262.2 billion last year, rising 47.7%, and presenting a net increase of US\$84.7 billion. □

The main features of China's import and **export trade in 2007** **2007年中国进出口贸易主要特点**

1. Monthly import maintained more than 25% growth for three months running, while growth of trade surplus slowed down.

Since July last year, China's monthly export made year on year slowdown, while import sped up. Although the absolute scale of trade surplus

continued expanding, growth of the surplus slowed down. Especially in the fourth quarter of last year, the monthly growth of import exceeded 25% for the three months running, pulling up the growth by 1.7 percentage points over the growth at the end of the third quarter. Under the impact, the growth of combined surplus slowed down from 69.4% in the third quarter to 47.7% in the fourth quarter, dropping 21.7 percentage points. Of this, China's monthly import and export was US \$206.15 billion in December of 2007, rising 23.4% year on year, including US\$114.42 billion of export, up 21.7%, and maintaining more than US \$100 billion of monthly export for seven successive months; and US\$ 91.73 billion of import, up 25.7%, and maintaining more than US\$90 billion of monthly import for two months running. The trade surplus in December was US \$22.69 billion, up 8% over the same period of the previous year, but down 14.2% from the previous month.

2. Trade structure was optimised, while proportion of general trade increased to the level of processing trade.

China's import and export in general trade reached US\$967.22 billion in 2007, rising 29.1%, 5.6 percentage points higher than the growth of the total trade, accounting for 44.5% of the total import and export of the country, up 1.9 percentage points over the previous year. Of this, the export was US\$538.57 billion, up 29.4%, and accounting for 44.2% of the total export; and the import was US \$428.65 billion, up 28.7%, and accounting for 44.8 percent of the total, posing a trade surplus of US \$109.92 billion under the general trade, up US\$26.78 billion year on year.

With the country's efforts made in adjustment of the processing trade policy, the growth of processing trade has slowed down remarkably. China's total import and export in processing trade reached US \$986.05 billion, up 18.5%, five percentage points lower than the growth of that of the total, accounting for 45.4% of the total import and export of the country, down 1.8 percentage points year on year. Of this, the export under processing trade was US \$617.66 billion, up 21%, and accounting for 50.7%

of the total export of the country; and the import was US\$368.39 billion, up 14.6%, and 38.5% of the total import. The surplus under processing trade amounted to US\$49.26 billion, increasing US\$60.4 billion year on year.

3. Foreign-funded companies held a main position in China's total import and export, while non-government enterprises demonstrated stronger growth than that of state-owned enterprises.

Total import and export of foreign-funded enterprises reached US\$ 1,254.93 billion, up 21.1%, and accounting for 57.7% of the total import and export of the country. This included US \$695.52 billion, up 23.4%, and making up 57.1% of the country's export; and US\$559.41 billion, up 18.4%, and 58.5% of the total import.

State-owned enterprises made a total import and export amounting to US \$494.53 billion in 2007, jumping 18.7%, including US \$224.81 billion of export, up 17.5%; and US\$269.72 billion of import, up 19.8%. Non-governmental enterprises (including collective, private and other types of companies) generated US\$424.37 billion of import and export, up 38%, including export of US \$297.68 billion, up 39.2%, and import of US\$126.69 billion, up 35.1%, presenting higher growth and bigger scale of export than that of State-owned enterprises.

4. The EU further consolidated its position as China's biggest trading partner.

The EU continued occupying the position as China's biggest trading partner and the largest export market in 2007, with the leading position further strengthened.

The bilateral trade between China and the EU reached US\$356.15 billion, up 27%, 12 and 13.1 percentage points higher than the growth of two-way trade with the United States and Japan in the period. Of this, China's export to the EU hit US \$245.19 billion, up 29.2%; and import from the EU, US \$110.96 billion, up 22.4%, posing a trade surplus of US\$134.23 billion.

The United States was still the second largest trading partner of China in 2007 with the bilateral trade of US\$302.08 billion, up 15%, including export to the United States of US\$232.7 billion, up 14.4%;

and import from the United States, US\$ 69.38 billion, up 17.2%, with the trade surplus of US\$ 163.32 billion.

Japan continued to be the third largest trading partner of China and the biggest source of import for China, with the bilateral trade reaching US\$236.02 billion, up 13.9%, including US\$102.07 billion of export to Japan, up 11.4%; and US\$133.95 billion of import from Japan, up 15.8%, presenting a trade deficit of US\$31.88 billion.

At the same time, China's mainland's trade with ASEAN, Hong Kong, South Korea and Taiwan exceeded US\$100 billion in 2007 to reach US\$202.55 billion, US\$197.25 billion, US\$159.9 billion and US\$124.48 billion, up 25.9%, 18.8%, 19.1% and 15.4%, respectively. (See the following table)

China's import and export with main trading partners in 2007:

Country/Region	Value (US\$100 million)			Y-o-y growth (%)		
	Imp&Exp	Export	Import	Imp&Exp	Export	Import
EU	3,561.5	2,451.9	1,109.6	27.0	29.2	22.4
USA	3,020.8	2,327.0	693.8	15.0	14.4	17.2
Japan	2,360.2	1,020.7	1,339.5	13.9	11.4	15.8
ASEAN	2,025.5	941.8	1,083.7	25.9	32.1	21.0
HK	1,972.5	1,844.3	128.2	18.8	18.8	18.9
South Korea	1,599.0	561.4	1,037.6	19.1	26.1	15.6
Taiwan China	1,244.8	234.6	1,010.2	15.4	13.1	16.0
Russia	481.7	284.9	196.8	44.3	79.9	12.1
Australia	438.5	179.9	258.5	33.1	32.1	33.8
India	386.5	240.2	146.3	55.5	64.7	42.4

5. Major foreign trade provinces such as Guangdong, Jiangsu and Shanghai reported rapid increases in both import and export.

Guangdong, Jiangsu and Shanghai recorded more than 20% growth in foreign trade, of which Guangdong made US\$634.07 billion of total import and export last year, up 20.3%, accounting for 29.2% of the total import and export of the country, and ranking first in the whole country. The import and export of Jiangsu and Shanghai reached US\$349.56 billion and US\$282.91 billion, jumping 23.1% and 24.3%, and accounting for 16.1% and 13% of the national total, respectively. The two placed second and third in import and export value in the country. Total im-

port and export of the three regions reached US\$1,266.54 billion last year, which accounted for 58.3% of the total of the country.

6. Export of mechanical and electronic products took the lion's share in export, while export of traditional bulk commodities maintained the momentum of sound growth.

In 2007, the export of mechanical and electronic products hit US\$701.17 billion, up 27.6% year on year, and accounting for 57.6% of the country's total export, up 0.9 percentage points over the previous year. Of this, the export of electric appliances and electronic products was US\$300.34 billion, up 32%; and export of machinery and equipment was US\$228.6 billion, up 22.5%. Export of high-tech products (mixed with mechanical and electronic products) was US\$ 347.83 billion, up 23.6%.

For traditional bulk commodities, export of garments and appendix reached US\$115.07 billion, up 20.9%, and down eight percentage points from the growth of the previous year; that of textile yarn, fabrics and products, US\$56.1 billion, up 15%, and down 3.7 percentage points; that of shoes, US\$25.31 billion, up 16%, up 1.5 percentage points; that of furniture and its parts, US\$ 22.15 billion, up 29.3%; that of plastic products, US\$14.48 billion, up 8.8%; and suitcase and handbag, US\$10.82 billion, up 24.3%.

At the same time, China's export of steel products reached 62.65 million tons in 2007, up 45.8%, but down 63.8 percentage points from the previous year, including 4.78 million tons export in December, down 13.9% year on year. The export of oil products was 15.51 million tons, up 25.6%; and export of crude oil 3.89 million tons, down 38.7%.

7. Import of primary goods increased swiftly and import of mechanical and electronic products was in steady growth.

In 2007, China's import of primary goods was US\$242.98 billion, up 29.8%, accounting for 25.4% of the total import of the country, and up 1.8 percentage points year on year. Of this, import of crude oil was 160 million tons, up 12.4%; import of oil products, 33.80 million tons, down 7.1%; and import of soybean, 30.82 million tons, up 9.2%. Import of

iron ore was 383 million tons, up 71.4%; that of copper ore and ore concentrate, 4.52 million tons, up 25%; and coal, 51.02 million tons, up 33.9%.

China's import of industrial products reached US \$712.84 billion in 2007, up 18%, and accounting for 74.6% of the total import of the country. Included was US \$498.98 billion of mechanic and electronic products, up 16.7%, down 5.4 percentage points year on year. Of this, import of motor vehicles was 313,000, up 37.9%. Meanwhile, import of primary-formed plastics was 18.97 million tons, up 5%; import of unforged copper and copper materials reached 2.78 million tons, up 34.8%; that of steel products, 16.87 million tons, down 8.8%; and that of alumina, 5.12 million tons, down 25.9%.

In 2007, China maintained a sound momentum of growth in foreign trade. The state adopted a series of measures including export tariff levies, and export rebate reduction to tighten control over exports of products which are energy guzzlers, pollution makers and resource based in order to further optimise the export commodity structure, and reduce trade friction, prevent excess imbalance of foreign trade, and make rational protection and utilisation of domestic environment and resources. At the same time, it took measures to encourage import including lowering temporary import duties rate, and abolishing automatic import license management. All this helped slowed down the growth of export, and speed up import. The expansion trend of the trade surplus was put under effective control, and the regulatory policies achieved effects.

Looking forward to the foreign trade situation in 2008, China's import and export will face more uncertainties, mainly including: Firstly, the impact of the subprime mortgage crisis in the United States, which will exert direct impact on the consumer's confidence, likely to trigger a slowdown in the global economic growth, and the insufficient demand from outside the country will put certain pressure on growth of export by Chinese enterprises. Secondly, the regulatory measures on foreign trade taken by China will start paying off. China raised the export duties on products which are energy guzzlers, pollution makers and resource based by a big margin on

June 1, 2007, and abolished and lowered export rebates on 2,831 commodities as of July 1 last year. The implementation of these measures will still exert an impact on exports in the future. Thirdly, appreciation of RMB will be stepped up. The exchange rate of RMB against US dollar hit one record after another in 2007. The persistent appreciation of RMB has made fundamental changes in the external environment for enterprise operation, and the impact is big especially for enterprises with exports as the main operation, a high proportion of foreign exchange assets or product prices largely decided by the international market. The operation environment for labour-intensive and low-profit sectors such as electronics, textiles and machinery will turn and start to deteriorate. Fourthly, the pressure from costs is growing. Stimulated by the price rises of energy and resource-based products including petroleum and iron ore, the operation costs of export enterprises is rising, which has affected the competitiveness of products. Based on the abovementioned factors, the growing momentum in import and export in 2008 will continue, with the total import and export expected to reach US\$2.5 trillion, rising about 15%.□

Airbus, Hafei to jointly construct aircraft spare parts production centre

空客与哈飞将共建飞机零部件制造中心

Airbus China and Hafei Group recently signed at the Farnborough International Aviation Exhibition in Britain a framework contract on establishing a joint venture in Harbin, capital of Northeast China's Heilongjiang Province to produce compound materials aircraft spare parts.

According to the contract, the JV compound materials aircraft spare parts production centre will complete construction in early 2009, and Hafei Group will hold an 80% share of the joint venture; and Airbus China, 20%.

The centre will produce spare parts for Airbus A320 series aircraft, and will participate in the industrialisation and batch production of the work package for the Airbus A350XWB aircraft. Production

at the centre will be according to the standards and technical requirements set by Airbus Company.

It is learned that six Chinese aviation enterprises have been directly involved in the cooperation for the production of spare parts for Airbus aircraft, including wing parts, emergency door and maintenance kit. The cooperation value between Airbus and China's aviation industry will reach US\$200million by 2010; and US\$450 million by 2015.□

Wind power industry to see sustainable fast development

中国风电产业将持续快速发展

At the 5th Asian Wind Energy Conference and International Wind Energy Equipment Expo held recently in Beijing, 67% of the 270 participating enterprises came from abroad, and the exhibits cover the whole wind power industrial chain including wind power generators, power transmission equipment, parts and components, and lubricants.

Global wind power enterprises are well grounded to pay importance to the Chinese market as wind power as a clean recyclable energy is becoming a topic of great concern all over the world. China boasts rich wind power resources. According to results of the third nationwide survey of wind energy resources organised by China Meteorological Bureau, China has total exploitable wind energy reserve of about 4.35 billion kW, of which, 600 million to one billion kW are onland, and 100million to 200 million kW are offshore adding up to a total of 700 million to 1.2 billion kW. According to estimation by the Chinese government, if properly developed, the total wind power output capacity could reach 250 billion watts in China's coastal areas and 750 billion watts on its offshore islands.

For investors, China's wind power market is a very lucrative market, for which, more and more investors, for example, such international wind power giants as Vestas of Denmark, GE Energy of the U.S. and Gamesa of Spain, are stepping in. Vestas, as the world's largest wind power producer, has so far installed 1,121 wind turbogenerators in China with a

total installed capacity of 843MW. It is the foreign wind power company taking the largest market share in China.

While international wind power giants are expanding rapidly in China, some local wind power enterprises are emerging quickly. Among the local leaders is Xinjiang-based Jinfeng Technology, which takes a share of 33% in the domestic market, compared with Vestas with a 24% share, Gamesa with 17% and GE Energy with 13%.

Wind power is still an emerging industry with strong policy orientation in China, in which low localisation degree and backwardness of related technology are the main restraints. However, with the support of state policy and establishment of foreign-funded factories, the R&D capacity of the local wind power enterprises is expanding quickly, the localisation rate of equipment is rising and the local competitiveness is improving.

China's wind power industry has been developing at an amazing speed in recent years, topping 50% since 2004 and exceeding 100% in 2006 and 2007, the highest growth globally. In August last year, China released its mid-to long term development programme for renewable energy, under which the nation's wind power capacity will reach 5 million kW by 2010 and 30 million kW by 2020. In fact, China's wind power capacity already hit 5.9 million kW by the end of 2007, ranking the fifth in the world and over fulfilling its goal by 2010 by nearly 20%. According to an official from the State Energy Leading Group, the nation's wind power capacity will exceed 10 million kW by the end of this year and 20 million kW two years later. Accordingly, China will soon rise to the world's top wind power producer. International studies organisation World Observation Institute also predicted in a recent report that China will become a leader of the global renewable energy field in the coming few years.□

Overseas investments flow faster into tertiary industry in Shanghai

上海第三产业引进外资加速

According to Shanghai Municipal Commission of Economic Relations and Trade, in the first quarter of this year, the city, for the first time, witnessed a scenario where overseas investment in the tertiary industry exceeded 70% of the total investment in the sectors. Overseas investment in modern service sectors like finance and logistics surged 9 times over that of the same period last year. Shanghai has achieved a giant step forward in transforming itself from a heavy industry powerhouse to a city that serves as an international economic, finance, trade and Shipping centre.

In the first three months of the year, Shanghai approved 861 overseas-funded projects, attracting US \$3.772 billion in contractual overseas investment, a jump of 18.8% year-on-year; overseas investment actually put in place, at more than US\$2.2 billion, rose over 10% year-on-year. Overseas investments concentrate in financial services, wholesale and retail services, and newly approved major projects mainly involve transport, warehousing, postal services, leasing, commercial services and real estate. Overseas investments accounted for as high as 71.2% of total investment in Shanghai's tertiary industry. Many overseas-funded projects cater to service-oriented urban functions.

At the same time, overseas investment in Shanghai's manufacturing sectors has shown a downturn trend line: in 2000, overseas funding in the manufacturing sectors accounted for 76% of total investment, but the rate dropped to 74.4% in 2001 and 64.8% in 2002. In 2003, the number of overseas funded projects in the tertiary sectors exceeded 50% of total overseas-invested ones for the first time. In 2005, the amount of overseas investment in the tertiary sectors surpassed 50% of the total for the first time.

In the first quarter of the year, total overseas contractual investment project approved by Shanghai's financial services stood at US \$200 million. Among them, Nissin Leasing (China) Co., Ltd. increased its investment to US \$103 million; International Far Eastern Leasing, US \$66.561 million; Longgong (Shanghai) Machinery Co., Ltd., US\$13 million. In addition, investment firms that act as the "brains" of

regional headquarters have also sped up their pace of entering Shanghai. In the first quarter, the number of such headquarters established in Shanghai stood at 13. At the end of March, 612 overseas firms' headquarters had opened shop in Shanghai, including 191 regional headquarters, 170 investment firms and 251 research and development centres.

At the end of March, the number of overseas-funded projects in Shanghai reached 49,614, posting US\$133.176 billion in overseas contractual investment and US\$76.8 billion in actual investment. Cumulatively, the number of overseas-funded projects in Shanghai accounted for 7.7% of China's total; overseas funding in Shanghai, about 10%, a rate way higher than the national average. □

Largest Italian-invested project in China signed

意大利在华最大投资项目签约

A high-precision steel product base built by the Italian company Marcegaglia Group with Euros 142.8 million has officially settled in Guangling Industry Park of Yangzhou City, East China's Jiangsu Province. It is the largest foreign-funded project registered in Yangzhou City so far and also the largest project invested in by Italy in China.

Marcegaglia Group is a family industrial enterprise group specialised in high-precision welded tubes and cold-drawn tubes. With steel product output exceeding five million ton and output value reaching Euros 4 billion last year, it has occupied more than 55 percent of the European market. The new production base in Yangzhou Guangling Industry Park is its 48~ production base.

The project that has been signed at present has a registered capital of Euros 142.8 million and covers an area of 714,000 square metres. It will mainly produce 250,000 tons of welded tubes, 120,000 tons of cold-drawn tubes, 60,000 tons of stainless steel tubes and 16,000 tons of cold traps annually, and it is predicted to generate sales revenue of Euros 450 million a year. □

中大创远——自主创新开创中国数控机床领域新天地

中大创远 李仁强

4月22日，在中国数控机床展览会(CCMT2008)上，南京金鑫传动设备有限公司与湖南中大创远数控装备有限公司正式签约，购买中大创远1000mm系列全数控螺旋锥齿轮生产线，合同总价值1500多万元。此举标志着中大创远自主创新再结硕果，从单一的数控螺旋锥齿轮机床提供者一跃为螺旋锥齿轮数字化精密加工单元成套设备提供者。

中大创远，自成立以来，就一直以实际行动注解着如何通过自主创新开创中国数控机床领域新天地。2004年4月30日，为了打破国外技术垄断，抢占齿轮装备技术制高点，振兴中国装备制造业，湖南创远投资集团、中南大学和长沙市科技风险投资管理有限公司共同组建了湖南中大创远数控装备有限公司。中大创远通过与中南大学联合成立研究实验室，自主研发，迅速掌握了数控锥齿轮机床制造核心技术，成为继美国、德国之后全球第三家能够制造数控锥齿轮机床的公司，一举打破国外技术垄断。

当然，每个企业在成长的道路上都不会一帆风顺。中大创远作为后起的高新技术企业要想赶超国际水平，就需要付出更多的艰辛。当中大创远推出全数控锥齿轮磨齿机YK2050之后，国外同类机床带有偏心瓦古里机构，能加工磨削成型法大轮，效率是现有机床加工方法的1-2倍。中大创远既为了紧跟国外的领先技术，更为了创建自主品牌，在国人闻所未闻，许多专家都认为不可能实现的情况下，大胆投入，组成了由专家、学者、工程师、一线技师等参加的专门课题攻关班子，在很短的时间内推出了全数控锥齿轮磨齿机YK2050A，不仅实现了偏心瓦古里机构在公司机床上的应用，使产品具备了国外同类机床的性能，且被同行评价：工况使用效果更好。

能做到人所做之事，虽属不易，然而能做到人所未做之事则更显可贵。在中大创远之前，虽然市场潜力很大，限于技术难度，工件大于800mm的锥齿轮精密磨削加工世界上还没有人涉足，中大创远在2006年率先制造出了两台世界上最大的能磨削加工工件达1米的磨齿机YK20100，使800mm-1000mm锥齿轮精密加工首次实现了磨削工艺，精度

稳定达到了国家标准5级，赢得了市场的追捧，一时产品供不应求，极大的带动了中国大规格精密齿轮加工市场的发展。

勇攀高峰，永创第一，中大创远正是以不断的自主创新造就自己更加卓越。

中大创远在中国机床行业首家成立了数控锥齿轮机床研究院，先后承担了“数字化制造基础研究”国家973项目等重点专项；有4项成果被鉴定为国内首创、达到国际先进水平，批准了5项软件著作权登记，申报了30多项发明专利、实用新型专利，获得了50多项独有技术。公司四大系列产品：全数控锥齿轮铣齿机、磨齿机、研齿机、检查机全部获得国家重点新产品证书。

取得上述成就，中大创远只用了短短不到四年的时间。作为中国目前少数从事于高档数控锥齿轮机床等的研发、生产、销售并提供相应技术服务的高新技术企业之一，我们有理由相信，通过自主创新，中大创远在今后还将会给中国数控机床领域带来更多的惊喜。□

• 业界动态 •

全数控折弯机 Xcel

百超于2008年5月推出了名为Xcel的新型全数控折弯机。Xcel采用液压挠度补偿系统，具有高速定位、折弯，快速返回等特点。快速下降速度：140mm/s，恒压下降速度：10mm/s；上升速度：115mm/s。



该折弯机命名为Xcel，源于英文excellent，全面概括了该款折弯机的特质：品质卓越、操作简捷、设计完善、效率更高。

高精度数控机床伺服系统控制原理研究

The study of controlling principle for servo system of high precision CNC machine

赵中敏 朱 伟

(淮海工学院东港学院实验中心 江苏连云港222069)

摘 要: 讨论和分析了数控机床伺服系统的闭环和半闭环控制; 并讨论数控伺服系统所采用的先进双闭环控制理论, 弥补了单一控制方式的不足, 表明了其不仅具有高精度的位置控制功能, 而且还有极高的稳定性和易调试性; 另外, 采用了先进的光栅反馈补偿装置, 使机床具备了超精密的定位和轨迹跟踪功能, 能实现大型光学零件的超精密加工。

关键词: 数控机床; 伺服控制; 双闭环; 高精度

引言

数控机床的伺服系统是数控系统与机床本体的联系环节, 它是以机床运动部件的位置(或角度)和速度(或转速)为控制量的系统。数控机床的伺服系统, 包括主运动伺服系统和进给伺服系统。鉴于主运动伺服系统通常不如进给伺服系统要求高, 所以, 本文着重讨论如何提高进给伺服系统的性能。

伺服系统作为数控机床的重要组成部分, 是一种精密的位置跟踪与定位系统。其动态响应和伺服精度是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的主要因素。如果说数控系统决定了数控机床的功能与可靠性, 那么伺服系统则决定了数控机床的加工精度与质量。

PID控制是根据偏差的比例(P)、积分(I)和微分(D)进行控制的一种规律。它是实现伺服系统控制的有效手段。由于它具有原理简单、易于实现和适用较宽等优点, 所以多年来一直是广泛应用的一种控制规律。在计算机广泛应用的今天, 虽然出现了许多只能用计算机才能实现的先进控制策略, 但有关资料表明, 采用PID的计算机控制回路(包括DDC控制回路)仍占85%以上。本文结合数控伺服系统的特点, 提出了利用双闭环控制来实现高精度伺服控制, 使PID更加灵活多样, 既提高了系统的伺服性能, 又更好地满足了生产过程的需要。

1、高精度数控机床控制方案

1.1. 伺服系统的闭环和半闭环控制

伺服系统通常由伺服驱动单元、进给伺服电动机、电动机与移动部件之间的机械装置和位移测量元件等组成。伺服系统的主要功用是, 接受来自数控系统的指令信息, 驱动移动部件以指令规定的速度和位移量运动, 以加工出符合图纸要求的零件。高精度伺服系统往往采用闭环控制。

在数控系统的实际应用中, 伺服系统既有测量元件安装在电机轴上组成的半闭环, 又有安装在工作台上组成的全闭环。

采用半闭环控制, 其反馈信号来自于安装在电机轴上的编码器。由于这种系统抛开了一些诸如传动系统刚度和摩擦阻尼等非线性因素, 所以调试比较容易, 其稳定性也好。然而, 这种系统不能反映反馈回路之外的误差(传动误差), 故对于精度要求较高的系统则不能满足需要。

采用全闭环控制, 其反馈信号来自于安装在工作台上的测量装置(如光栅尺)。由于闭环伺服系统是直接以工作台最终位移为目标, 从而消除了进给传动系统的全部误差, 所以, 精度很高(从理论上讲, 其精度取决于检测装置的测量精度)。但是, 闭环伺服系统由于检测的是机床末端件的位移量,

各个环节都包括在反馈回路内，其影响因素较多而复杂。极易造成系统不稳定。所以，闭环伺服系统的结构复杂，其调试和维护都有较大的技术难度，价格也较贵。

2. 伺服系统的双闭环控制

为了克服以上两种控制的不足，超精密数控机床的伺服控制系统采用双闭环控制的策略，来兼顾伺服控制系统的精度和稳定性，如图1所示。外环为全闭环控制回路，主要实现补偿传动系统误差，保证伺服精度。内环为半闭环控制回路，主要实现提高伺服控制系统的稳定性。双闭环控制不仅具有全闭环控制系统的位置控制精度，而且还具有半闭环控制系统的稳定性。

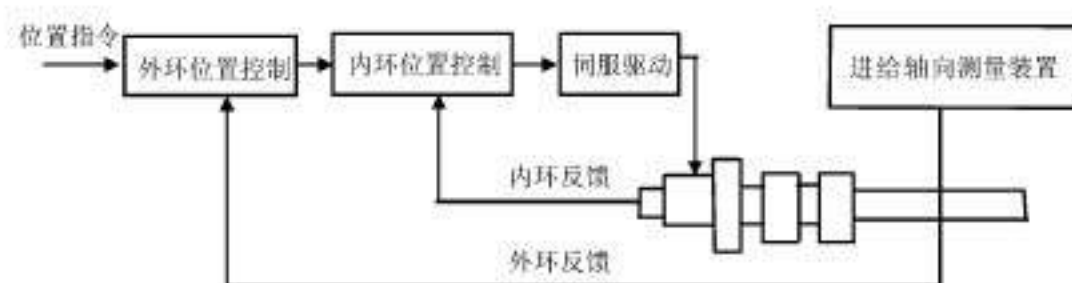


图1 精密数控机床数控伺服系统的双闭环控制系统

2、精密数控机床位置控制机理

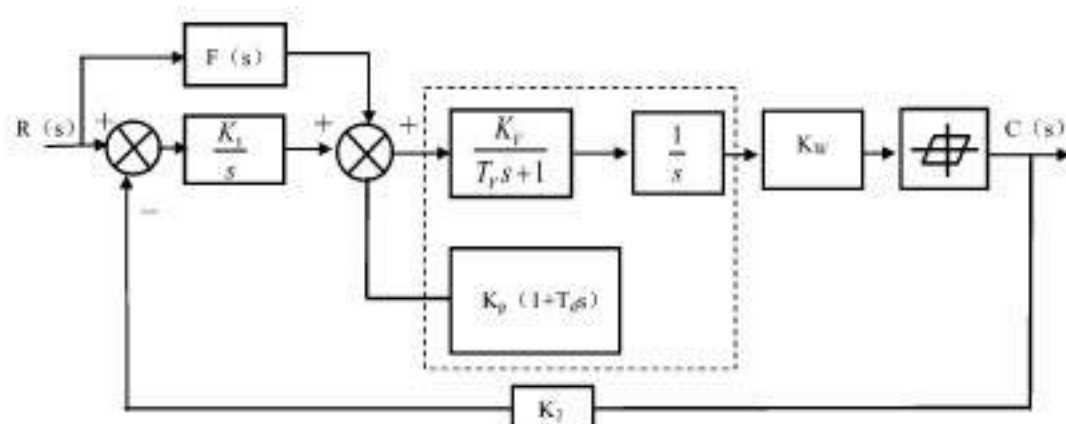


图2 精密数控机床伺服系统的控制机理

精密数控机床伺服系统的控制机理如图2所示。为改善控制系统性能，减小系统的跟随误差，在数控伺服系统中加入了前置补偿控制 $F(s)$ 。其中虚线框内为半闭环内环控制回路，其调速单元可以等效为一个惯性环节，传递函数为 $\frac{K_v}{T_v s + 1}$ ，则交流伺服单元的传递函数为

$$G_v(s) = \frac{K_v}{s(T_v s + 1)}$$

内环控制采用PD型控制器，可得到半闭环控制回路的传递函数为

$$G_1(s) = \frac{1/K_p}{\frac{T_v}{K_v K_p} s^2 + (T_d + \frac{1}{K_v K_p}) s + 1}$$

合理设计该内环控制系统的各参数，可使其成为一个传递函数为 K 的理想角度随动系统。

外环全闭环控制回路采用I型控制器，则双闭环控制系统的总传递函数为

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{K_1 K K_w}{s} + F(s) K K_w}{1 + \frac{K_2 K_1 K K_w}{s}}$$

合理设计前馈控制 $F(s)$ ，则可有效消除系统的动、稳态误差，从而实现机床精密位置控制。

3、结束语

从控制原理的角度看，双闭环控制系统较单回路控制系统有更好的控制性能：1、用于克服控制对象的纯滞后。当控制对象的纯滞后比较大，主参数的控制质量较差。采用双闭环控制后，由于副调节器的作用，可以减少等效时间常数，提高工作频率，有效克服纯滞后的影响，改善系统的控制性能。2、用于减少控制对象的非线性影响。对于具有非线性的控制对象，设计时将非线性尽可能地包含在副回路中。由于副回路是随动系统，能够适应操作条件和负荷的变化，自动改变副调节器的给定值，因此具有一定的自适应能力，能很好地满足我们对于伺服系统需要。

参考文献

- [1] 韩曾晋. 自适应控制 [M]. 清华大学出版社, 1995
- [2] 周凯, 陆启建. 精密数控机床的转角—线位移双闭环位置控制系统. 中国机械工程, 1998 (8) 12—15
- [3] 王先逵等. 精密加工和超精密加工技术综述 [J]. 中国机械工程, 1999 (5): 570—575
- [4] 赵中敏. 数控机床进给伺服系统典型故障原因分析 [J]. 机床电器, 2006 (3)

作者简介:

赵中敏 (1974. 12—), 男, 汉族, 江苏连云港人, 淮海工学院东港学院讲师, 主要从事机电一体化技术与系统、数控技术方面的研究与教学工作。发表专业论文37篇。

TNC 620-海德汉新一代数控系统

TNC 620是海德汉最新开发的紧凑型数字伺服驱动的数控系统，采用面向全新的软件架构，适用于镗铣类机床，支持3+1个控制轴（可选加2个控制轴）。



简化编程的丰富循环

TNC 620的编程方式面向车间，大量的对话和图形支持易于初学者快速掌握，软键结构安排合理，操作人员可以方便获取必要功能的整体信息，可以快速确定所需功能的位置。TNC 620键盘上有典型的功能按键，操作人员可以快速地访问TNC功能。此外，机床制造商可以在垂直软键行中定义与机床相关的功能键。

TNC 620针对车间中常见的加工任务提供了大量具有针对性的循环。除钻孔、攻丝、螺纹切削、铰孔和镗孔加工循环外，TNC 620还提供了阵列孔（圆弧或直线）循环。其中，铣削循环包括平面的端面铣、粗铣和精铣型腔、槽和凸台。

探测循环可被轻松地内置到加工程序中，进行工件自动测量和检验。操作人员输入加工或探测循环信息时，系统可提供强大的图形支持和大量对话信息。

用成熟可靠的对话格式编程语言编写面向车间的加工程序时，系统的编程图形辅助功能可以分步骤地显示正在编程序的对应图形。对不按照NC编程方式进行尺寸标注的零件进行编程时，TNC 620的自由轮廓编程功能非常方便。

图形化仿真加工程序

图形化的测试运行功能可在加工开始前真实地仿真最终加工完成的零件。TNC 620可进行内部测试运行，在工件加工前检查NC程序是否存在逻辑错误，由此可以轻松避免机床停机。此外，TNC 620提供的错误原因说明和可能的故障排除方法大大缩短了故障解决时间。

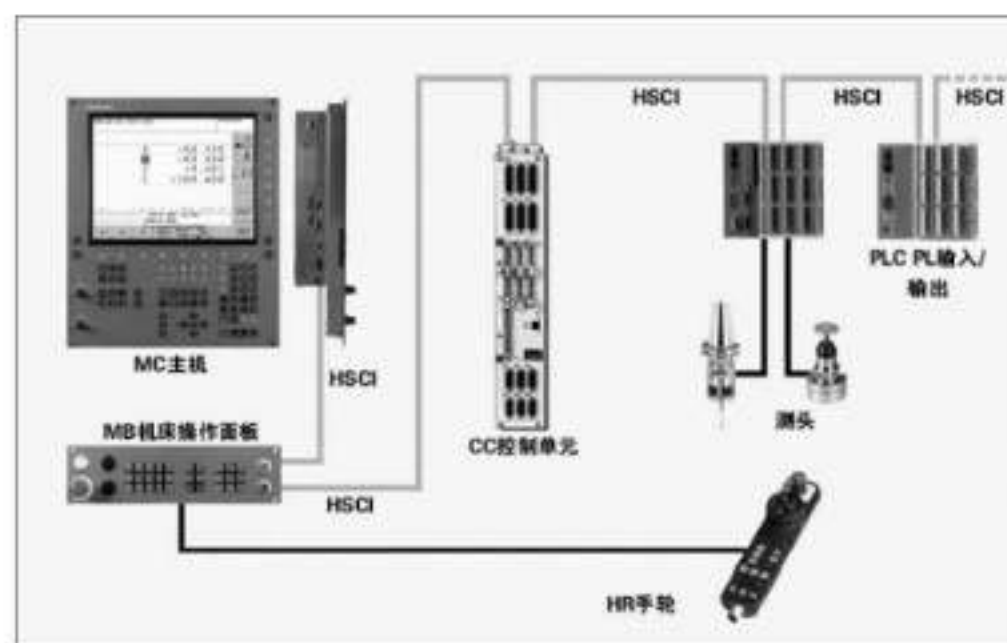
TNC 620可以处理非常复杂的加工任务，如带有摆动轴和回转轴的多轴加工。当加工面围绕一个或多个回转轴倾斜时，加工程序只需要按照在主平面（通常是X/Y）情况进行编写。TNC 620提供的特殊加工循环还可进行圆柱体上的轮廓、槽和凸台的加工。

TNC 620有丰富的5轴联动加工功能：轮廓的动态预计算、加加速控制算法和智能路径控制功能可满足高工件表面质量要求。

全新模块化硬件设计- HSCI

TNC 620 MC主机、CC控制单元和其他控制部件通过海德汉最新纯数字串行控制接口HSCI（海德汉串行控制接口）连接，光栅尺或编码器通过海德汉公司开发的EnDat 2.2双向接口连接。TNC 620配备15英寸的TFT平板显示器，分辨率达1024 x 768 像素，显示效果优秀。

数控系统的MC主机和CC控制单元通过符合实时HSCI协议的100以太网电缆连接，MC主机被安装在操作面板内、TNC键盘的后面，大大简化了接线工作。TNC 620有丰富的诊断功能和优异的抗噪性能，



由此保证整个控制系统有极高的可靠性，并能实现更高的加工精度和表面质量。

TNC 620采用功能强劲的Intel处理器，主频高达400 MHz。此外，配备512 MB内存，确保快速完成图形仿真。CompactFlash存储卡良好的抗振性保障数据安全，既可用于NC程序也可用于PLC程序。TNC 620提供快速以太网接口应用于车间级的数据传输，支持USB闪存和外置硬盘进行输入输出。熟练使用以往TNC系统的编程人员可以快速熟悉TNC 620系统。□

基于TCP/IP制造自动化网络安全隐患的研究

济宁职业技术学院机电工程系 宗存元

摘要: TCP/IP是制造自动化环境中主机之间传输数据和控制信息的一种最有效、可靠方法。采用一些对制造自动化网络安全问题有影响的方法就可以使网路安全得到最大的优化。

关键词: TCP/IP、自动化网络、CIMS、系统集成、

The research on the safety risk of TCP/IP-based net in automatic production

(Jining Vocational And Technical College, Shandong Jining, 272037)

ZONG Cun-yuan

Abstract: TCP/IP is the most efficient and reliable method to transfer data and controlling information between host computers in automatic production environment. Some ways affecting the safety problem in TCP/IP-based network production automation is discussed in this article and the ways can be adopted to optimize the net safety.

Key words: TCP/IP, automatic network, CIMS, system integration

自从TCP/IP产生以来,经过不断改进,应用范围日益广泛。利用TCP/IP协议,DCS、PLG以及过程信息软件已成为制造系统环境中采集和分发信息的一种通用的方法。

然而,TCP/IP并不是没有缺点的,TCP/IP和基于TCP/IP的服务就存在着一些重大的安全隐患。当TCP/IP用于制造自动化环境时,安全易损性问题显得格外突出。端对端可靠性和服务质量是大多数制造自动化环境的最重要需求。TCP/IP协议的可靠性受到多方面因素的影响,这对于网络完整性来说是重要的潜在危险。

一、安全策略的制定

制造自动化网络的安全策略应该以用法研究的结果为基础。安全策略首先应该包括利用制造信息资源所涉及到的所有的基本原理,

这是网络安全的关键,在安全策略上应该形成两种概念中的一个,或是保守的(即任何访问都被禁止除非明确允许)或是自由的(即任何访问都允许除非明确禁止)。另外在制造自动化网络内、外部

的信息资源的类型和方法应该是特许的,而且应该特许使用来自制造自动化网络内的外部地址的类型和方法。

制定安全策略似乎是一种墨守成规的形式,然而,在实际中,安全策略可以为许多网络设计决策提供很多必要的正当理由。相反,在没有安全策略的情况下,网络设计变得苛刻。

二、对TCP/IP制造自动化网络的威胁

对制造自动化网络安全和完整性的威胁一般可以归纳成下列几类。

1. 对特许用户的服务的否定

对制造自动化网络的最大威胁是对适时服务的否定,这可能是由设备的不利组态或故障、网络加载或主动破坏造成的。在制造自动化环境中,服务被否定的危险明显存在着:数据连接被拒绝,控制传输被拒绝,以及由于操作人员界面的存在,妨碍了对制造过程的积极管理。

2. 对非特许用户的服务的实现

对制造自动化网络的另一个潜在威胁就是存在着

非特许的个人或计算机可能获得对网络资源的非法访问的可能性。这种服务的实现就存在着一些反面的影响，包括商业机密的可能泄露和网络内数据流和控制流的恶化。结果是合法的请求不能得到响应。

证明系统的存在是破坏者成功（即实现了对任何特定服务的非许可访问）的概率中的一个关键因素。证明系统存在，破坏就不易成功。在制造自动化环境中广泛使用的服务当中，几乎没有人使用以保证仅为合法用户服务的强有力的证明机制。

基于TCP和UDP这两者之上的较高层应用协议对缺少证明机制是敏感的。应用协议如果不实现某种类型的证明机制，了解该协议的任何主机都能够提出服务请求，包括把数据写进过程控制设备的请求。这种情况可能发生在反映生产系统结构的开发系统的环境中。在这种环境中，非特许的东西就能够插入控制信号和指定点，直接进入制造系统。结果，操作人员的安全和生产质量就面临严重的危险。

3. 通信的改变或截断

一个潜在的有更大危害的威胁是制造自动化网络的对话被第三者窃听或修改。这种威胁的主要危险是专有信息（例如：方案、生产率、制造过程技术）的泄露。或许，来自该威胁的最可怕的危险是合法通信被修改的可能性，而被修改的信息后来用作工作决策或规划决策的基础，大大地影响着生产质量、工厂效率或操作人员的安全。

通信截断可能在许多方面被执行。如更改信息的方向，引起网络上的主机在网络对话期间改变它们发送公文包的地址。

三、通过网络设计对抗威胁

在制造自动化环境中，对抗上述威胁最有用的技术包括以下几方面。

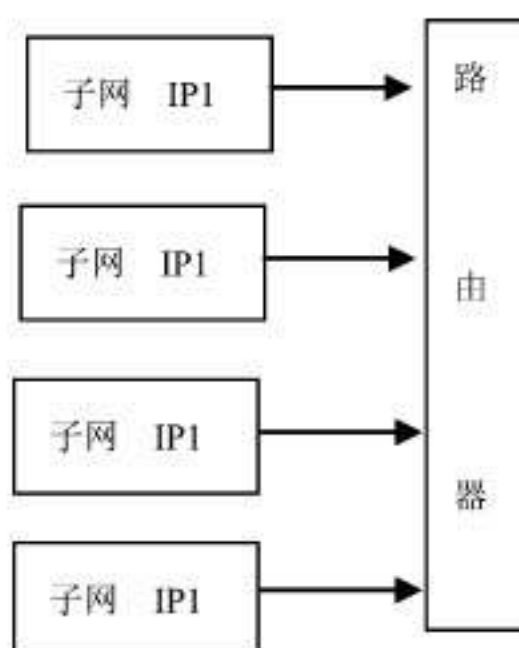


图1 子网路由器网络分段

1. 通过简单的IP路由选择实现网络分段

分段就是把一些网络主机分隔成实现独立网络通讯的功能上的子群，然后通过使用简单的路由器把它们互联起来。在一个分段的结构中，网络的每一个分段部分处于不同的IP子网中，如图1所示。而且子网中的通信永远不会离开该分段部分。

分段的设计是简单的，对于网络上的主机基本上是透明的。

分段在对抗由于网络加载或结构错误而造成的整个网络范围内的服务否定问题是一种普通意义上的方法。网络的实际分段可以有助于限制包取样器被成功配置的位置的数量。

虽然独立分段确实排除了大部分基于广播的破坏，但是，它不能防御通过直接方法获得服务的非法活动。确保在分段设计中使用的IP路由器的正确结构是非常重要的。

2. 采用路由器访问控制实现分段

对上面描述的分段结构技术增加路由器访问控制技术，以增加维护与潜在的用户使用不便为代价增强了整个网络的安全性。“访问控制”是一种方法，借助这个方法通过路由选择设备的通信就被限制于特定的主机。采用访问控制，网络管理人员就可以实现一种更谨慎的安全策略，即允许主机在自己所在分段的外面进行或响应网络对话。

大多数IP路由器支持访问控制的概念，而且能够把它应用到独立的主机或整个子网。当访问控制被加到子网层，则路由器被连接，从IP地址的特定范围到另一段都允许通信。使用访问控制的路由器必须精心连接。

这种控制能够保护制造自动化网络免于获得非特许服务的企图，因为这种控制有意识地限制能够产生服务请求的区域。如果访问控制仅仅被应用在子网，它就不能防止来自特定子网中的主机的随机服务请求，那么，上面描述的数据恶化的危险仍然会出现。如果访问控制被扩大到具体的主机，那么，数据意外恶化的危险就可以进一步减少。若访问控制层和分段都使用的话，就可以把危险降低到更小。这样就对过程数据通信提供了一种高层保护。

如果访问控制应用到整个网络，它就会减少通过远距离基于中继的破坏使分段之间对话被截断的危险。

3. 包过滤

包过滤扩展了访问控制的概念。对于一个网络附加包过滤性能，进一步增加了管理的工作量，但是增

意大利技术推介会在京举办



由意大利奥委会主办的“意大利之家”伴随着北京 2008 奥运会的盛大举行向公众正式开放, 以此表明, 意大利不仅在体育方面支持中国, 也要在广阔的领域包括机械工业方面给中国更好的支持。作为“意大利之家”活动的一部分, 意大利对外贸易委员会 (ICE) 北京办事处以“意大利技术与中国竞争力”为主题, 于 2008 年 8 月 14 日下午在北京市海淀区展览馆举办了“意大利技术推介会”活动。意大利对外贸易委员会 (ICE) 北京办事处副代表孔德明 (Enrico Condemi) 先生, 意大利机械工业联合会 (FEDERAMACCHINE) 理事长 Ambrogio Delachi

先生和中国国际贸易促进委员会纺织分会副会长徐迎新先生出席了本次活动。诸多媒体记者也应邀参加。

意大利机械工业联合会理事长 Ambrogio Delachi 先生介绍了意大利工业设备制造领域的技术特点以及近年来的发展情况, 以详细的数据和实例表明意大利制造商与中国消费者有着良好的关系, “意大利制造”理解并把握了中国的市场需求, 而且意大利也有能力向中国市场提供高技术含量和水准的个性化产品和服务。

中国贸易促进委员会纺织分会副会长徐迎新先生介绍了多年来中国与意大利在纺织工业领域的良好合作经历, 并认为在中国纺织工业不断迈进世界强国的征程中, 意大利先进的纺织机械生产制造技术将大有可为。

最后, 意大利对外贸易委员会北京办事处副代表孔德明 (Enrico Condemi) 先生说, “意大利制造”所取得的巨大成功, 意大利的创造力和制造设备的高超技术水平功不可没。中国是意大利重要的战略合作伙伴, 意大利机械行业非常愿意用自己的技术和创意来帮助中国提升产业竞争力, 并期待中意双方在未来在更多领域开展更加深入的合作。(符祚钢)

强了管理人员精确控制信息通过制造自动化网络传输的能力。

当路由器增加了过滤性能以后, 准确地知道网络操作中所使用的协议类型和通道数目是重要的。

4. 防火墙

防火墙是把分段、访问控制、包过滤应用到一个网络的设计技术, 是防止一个或多个网络免受其它网络影响的协调的方法。防火墙是谨慎安全策略的主要表示。因为在任何网络通信被允许之前, 管理人员必须采取特定的行动。防火墙的典型应用是把整个工厂或机构的联网系统与“外界”隔离, “外界”可以定义为企业范围网络的余部, 也可以是全球 Internet。

四、结束语

通过分析基于 TCP/IP 制造自动化网络中期待的通信, 考虑机构的安全策略, 就有可能设计出一个使数据恶化和被窃取的危险降至最低程度的网络拓扑结构。在制造工厂和外部世界之间设置防火墙, 在工厂内部实现分段网络、访问控制网络就能够提供网络管理者, 防御无意的或有敌意的破坏。

作者简介: 宗存元, 男, 汉族, 现为济宁职业技术学院机电系副教授, 主要从事机电一体化教学和研究。

地址: 山东省济宁职业技术学院机电系 (山东省济宁市中区 327 国道 115 号)

邮编: 272037

电话: 0537-2238135

数控快速点磨削技术及其应用研究*

Study on the application and technology of quick-point grinding

修世超 蔡光起 巩亚东 李长河

(东北大学机械工程与自动化学院, 沈阳, 110004)

Xiu Shichao Cai Guangqi Gong Yadong Li Changhe

School of Mechanical Engineering & Automation, Northeastern University, Shenyang 110004, China.

摘要: 快速点磨削 (Quick-point Grinding) 是一种先进的超高速磨削技术, 它集成了超高速磨削、CBN超硬磨料及CNC技术, 在加工轴类零件场合具有优良的性能。本文介绍了快速点磨削技术的发展现状及工艺特征, 分析和研究了快速点磨削机理和材料去除机制。结果表明: 砂轮的磨损机制不同于一般外圆磨削, 磨削过程具有较高的绿色加工性能; 通过合理控制磨削参数和磨削条件, 该项技术可应用于对一些难加工材料和复杂回转表面的高质量磨削加工, 由此提出了在这些领域开展应用研究的重点内容, 以及推广和开发此项技术的意义。

关键词: 快速点磨削; 超高速磨削; 难加工材料; CBN

Abstract: Quick-point grinding is a new type of ultra-high speed grinding technology that has integrated ultra-high speed grinding, thin super abrasive wheel and CNC turning technologies, and has many excellent performances in grinding shafts process. The technical characteristic and the machining mechanism of the technique were analyzed deeply. It is shown that the point grinding zone and wear mechanism of the grinding wheel are different from conventional cylindrical grinding. Based on the study on the ultra-high strain rate in the contact layer, the process can be used to machine some difficult-to-grinding materials with high machining quality. Some kinds of complex round surfaces can be machined by controlling the point-grinding angle in CNC quick-point grinding. In addition, the green manufacturing property of the process was discussed. Furthermore, the key research issues on quick-point grinding and its importance were presented.

Key words: quick-point grinding; ultra-high speed grinding; difficult-to-grinding materials; CBN

快速点磨削工艺 (Quick-point Grinding) 是由德国Junker公司于1994年开发的, 快速点磨削是集CNC技术、CBN超硬磨料、超高速磨削三大先进技术于一身的高效率、高柔性先进加工工艺, 主要用于轴类零件的加工。它采用薄层CBN或人造金刚石超硬磨料砂轮, 是新一代数控车削和超高速磨削的极佳结合, 是目前超高速磨削最先进的技术形式之一^[1]。目前已在海外汽车工业、工具制造业中得到应用, 尤其是在汽车零件加工领域, 如凸轮轴或齿轮轴等。我国部分汽车制造企业目前也针对特定零件引进了这一

工艺和设备, 并取得了明显的效益。但由于国外对此项技术的垄断, 国内企业并没有真正掌握其关键工艺技术, 不能作到新工艺的开发, 应用领域很小。国内目前还不能配套生产砂轮及相关附件, 全部设备依赖于进口。而国外对快速点磨削机理、规律、磨削质量控制及点磨削工艺等深入系统的理论与实验研究及相关技术信息也鲜见报道。因此该项新工艺的许多关键技术及理论、新的应用领域有待于进一步开发和研究。

1 快速点磨削的技术特征

快速点磨削的磨削过程不同于一般意义上的超

*教育部科学技术研究重点项目 (104190), 联系人修世超 024-83687620

高速磨削，其技术特征如下：

(1) 在磨削工件外圆时，砂轮与工件轴线并不是始终处于平行状态，而是在水平方向旋转一定角度，以实现砂轮和工件在理论上的点接触，如图1所示。Junker公司的数控快速点磨削机床，根据工作台进给方向及台肩方位，在垂直方向砂轮轴线与工件轴线的点磨变量角 α 为 $\pm 0.5^\circ$ ^[2]，通过数控系统控制点磨变量角大小以及在X、Y方向的联动速度。(2) 快速点磨削砂轮采用超硬磨料CBN或人造金刚石超薄砂轮，厚度为4~6mm，安装采用“三点定位安装系统”快速完成，重复定位精度高，并可在机床上自动完成砂轮的动平衡。(3) 砂轮速度可达100~160m/s。为获得高磨除率，同时不使砂轮产生过大的离心力，工件也以高速相对旋转（Junker公司点磨机床最高可达12000r/min）。因此实际磨削速度是砂轮和工件两者速度的叠加，可超过200m/s。(4) 与一般磨削方式不同，由于砂轮倾斜，故形成“后角”，在磨削外圆时，材料去除主要是靠砂轮侧边完成，而周边起光磨作用。(5) Junker公司数控快速点磨削机床采用了多项专利技术^[3]，如砂轮三点定位安装系统、砂轮主轴动平衡自动控制系统、精密导轨系统及砂轮在线修整技术等，以保证机床的加工性能。

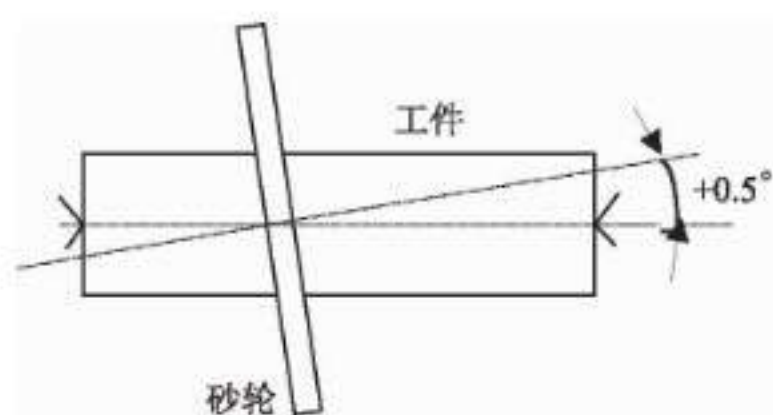


图1 快速点磨削原理图

2 快速点磨削工艺特点

与一般的高速和超高速磨削方法相比较，快速点磨削砂轮与工件处于点接触状态（接触面积最小），实际磨削速度更高，磨削力大大降低，比磨削能小，磨削热少，同时切屑可带走大部分热量，冷却效果好，因此磨削温度大为降低，甚至可以实现“冷态”加工，提高了加工精度和表面质量，能够达到高精度磨削的表面加工质量和形状精度。由于磨削力极小，工件安装夹紧方便，特别适合刚性较差的细长轴加工，因无需使用工件夹头，可进行包括工件两端在内的整体加工。砂轮使用寿命长，最高

磨削比达到60000。砂轮修整率低。采用CNC两坐标联动进给，一次安装后可完成外圆、锥面、螺纹、台肩和沟槽等所有外形的加工，实现车磨合并，柔性大，加工精度高。机床利用率高达88%~95%，比传统的磨削方法高出3%~8%，生产效率比普通磨削提高6倍。大批量生产时加工成本低。数控快速点磨削技术也是数控车削技术发展进化的方向。由于磨削温度低、磨料及磨削液消耗少，该项技术符合绿色制造的发展趋势。

3 快速点磨削机理及应用研究

超高速磨削过程中，磨粒相对工件的速度已经接近于压应力在材料中的传播速度量级，使材料变形区域明显变小，消耗的切削能量更集中于磨屑的形成，使切除单位体积材料需要的能量更小；磨削热量也主要集中在磨屑，传入工件的热量比例减小^[4]。在超高速条件下，变形区材料应变率极高，相当于在高速绝热冲击条件下完成切削，使材料更易于磨除，并使难磨材料的磨削性能改善。因此超高速磨削具有如下突出的特点：(1) 当单颗磨粒未变形磨屑尺寸大小不变时，可以使用更高的磨削工艺参数，材料磨除率大大提高；(2) 切深相同时，磨削力和比磨削能小，工件受力变形小。(3) 超高速条件使单颗磨粒受力小，磨损少，能极大地延长砂轮寿命。(4) 磨削表面粗糙度值会随砂轮速度提高而降低，加之工件表面温度低，受力受热变质层很薄，表面加工质量高；(5) 可以高效率地对硬脆材料实现延性域磨削，对高塑性和难磨材料也有良好的磨削表现。因此，使用CBN磨料磨具的超高速磨削技术是先进制造的前沿技术^[5,6,7]。快速点磨削则是超高速磨削技术的进一步发展，除了具有上述一些特点外，还有点磨削、薄砂轮、数控成型、磨削温度及磨削力更低等特点。因此在某些领域会有更好的应用。

3.1 难加工材料的快速点磨削性能分析

超高速外圆磨削加工中，接触层材料的变形速度取决于磨削速度。单个磨粒加工的特征时间（s）为

$$t = \frac{l}{v} = \frac{(l \pm \frac{v_w}{v_s}) \sqrt{\frac{d_s d_w a_p}{d_s + d_w}}}{v_s \pm v_w} \quad (1)$$

式中： l 为磨削区动态接触弧长， v 为实际磨削速度，

a_p 为磨削深度, d_s 和 v_s 分别为砂轮直径和速度, d_w 和 v_w 分别为工件直径和速度, 逆磨时取正号, 顺磨时取负号。上式表明磨粒在整个接触弧长上磨削过程是极瞬时的。对快速点磨削来说, 由于磨削深度和轴向进给量极小(磨削深度一般在0.02~0.2mm), 单颗磨粒的切削厚度及接触弧长更小, 考虑速度的合成, 实际磨削速度可高达200m/s, 因此磨粒和切削层材料碰撞的特征时间更短, 一般为 10^{-5} ~ 10^{-6} s。磨削区接触层某点的应变率可表示成该点应变 ε 对时间 t 的导数, 由于点磨削接触弧长极小, 接触层平均应变率等于磨削速度除以结构的变形区域尺寸, 即可用作用特征时间的倒数进行计算

$$\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{dt} \cdot \frac{dl}{l} \approx \frac{v}{l} \quad (2)$$

根据上式, 接触区平均应变率可高于 10^5s^{-1} , 如果忽略接触弧的曲率效应而仅考虑磨粒与材料碰撞点附近的局部变形区域, 则磨粒与切削层的作用特征时间更为短瞬, 应变率可达 10^7s^{-1} ~ 10^8s^{-1} 。根据表1^[8], 超高速磨削过程已属冲击或超速冲击载荷的力学行为。因此材料去除机制将发生很大变化。

表1 载荷性质划分

特征时间 (s)	$10^4 \sim 10^6$	$10^3 \sim 10^2$	10^{-2}	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	$10^{-6} \sim 10^{-8}$
应变率 (s^{-1})	$10^{-9} \sim 10^{-5}$	$10^{-4} \sim 10^{-1}$	$10^{-1} \sim 10^1$	$10^2 \sim 10^4$	$10^4 \sim 10^8$
载荷性质	蠕变	准静态	动态	冲击	超速冲击

一些高性能硬脆材料在工程中的应用日趋广泛, 但改善这类材料的机械加工性能始终是一项技术难题。研究表明, 脆性材料在超高速磨削条件下可以实现延性域磨削。由于快速点磨削过程中材料极高的应变率, 材料变形层将产生的高度局部化的绝热剪切和动态微损伤, 应变率弱化效应对磨削过程, 特别是对磨削力及材料去除机理的影响会更为显著, 脆性材料不再完全以脆性断裂的形式产生磨屑, 因此可实现对硬脆性材料的“延性”加工, 从而大大提高硬脆性材料的磨削质量和加工效率。此外, 由于金属活性高、导热率低等因素影响, 镍基耐热合金、钛合金、铝合金等一些难磨材料在普通磨削条件下磨削加工性很差。快速点磨削的磨屑形成时间极短, 切屑变形速度以接近静态塑性变形应力波的传播速度, 由于塑性变形的滞后而使耕犁变形减小, 材料变形区动态微损伤密度增加, 这相当于材料塑性减小, 切屑在弹性状态下去除, 从而可实现延性材料的“脆性”加工, 并可减小加工硬化倾

向, 降低表面粗糙度数值和残余应力。根据单向应力波的波动方程, 材料静态塑性应力波速度可表示为

$$v_p = \sqrt{\frac{1}{\rho} \frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}} \quad (3)$$

式中: ρ 为材料密度, σ 表示材料变形层应力。根据纯铝材料在静态条件下应力和应变关系(σ - ε)曲线, 由上式可求得纯铝材料的静态塑性应力波速约为200m/s。图2和图3为超高速磨削纯铝的实验结果^[9], 当磨削速度超过200m/s时, 表面硬化程度和表面粗糙度开始减小, 工件表面完整性得到改善, 因为加载速度提高使得塑性应变点后移, 增加了材料在弹性小变形阶段被去除的机率, 从而一定程度上实现了塑性材料的“脆性”加工。因此塑性材料静态应力波速是实现“脆性”加工的临界点。快速点磨削可以实现更高的磨削速度, 如果优化选择其它磨削工艺参数, 对高韧性难磨材料也可获得良好的磨削加工性能。

基于以上分析, 通过优化磨削工艺参数, 快速点磨削可实现对脆、韧性难磨材料的高质量磨削加工。因此应开展快速点磨削工艺磨削这类难加工材料的理论和实验研究, 发挥其技术特点, 扩大快速点磨削加工材料的范围。

3.2 复杂回转表面点磨削加工

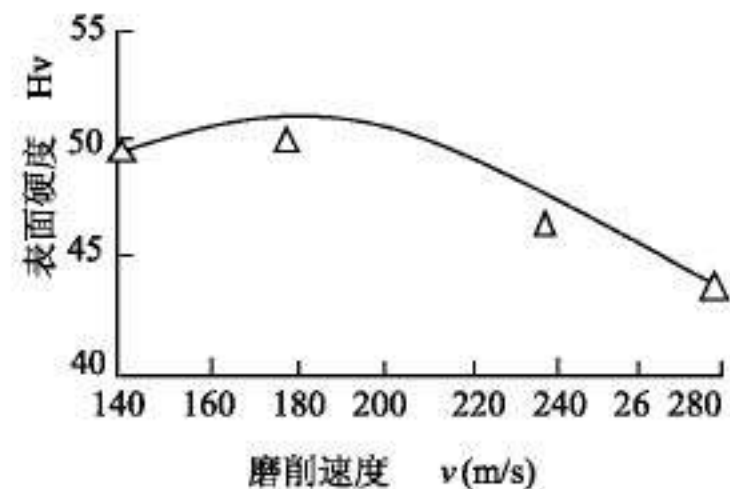


图2 磨削表面硬度

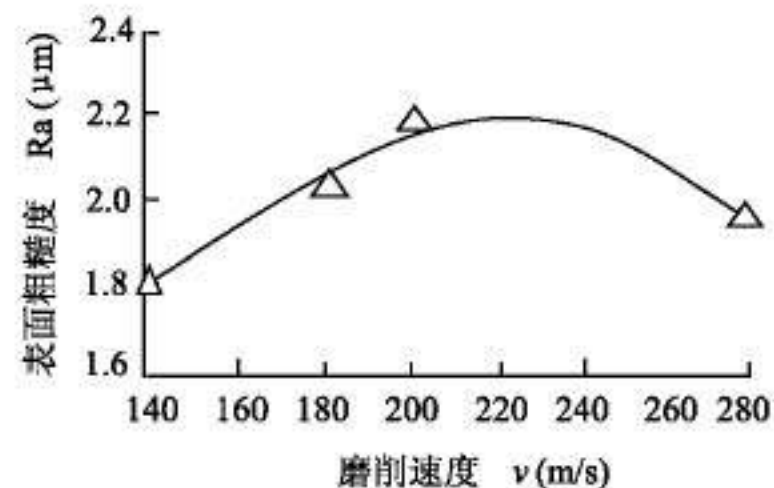


图3 磨削表面粗糙度

快速点磨削目前主要用于轴类零件圆柱表面及沟槽的磨削加工。如一汽大众汽车有限公司采用该工艺磨削EA113五气门系列发动机凸轮轴轴颈, 大大提高了生产率及加工质量, 效益显著。大批量生产中, 复

杂回转曲面精密加工的主要方法是砂轮成型磨削, 但这对砂轮形状精度要求较高, 磨削发热量大, 加工质量不够稳定, 砂轮修整过程复杂, 工艺成本较高。根据快速点磨削的技术特点, 通过合理控制超薄砂轮轴线相对于工件轴线在水平方向的点磨变量角度 β 结合X、Y轴的CNC联动、利用超薄砂轮能够进入普通砂轮所不能进入的磨削区域, 可以实现对这类复杂回转曲面零件的点磨削加工(图4), 而使加工这类形状表面的零件工艺得到简化, 取得良好的经济效益。因此需要进一步开发在这一领域点磨削工艺, 充分发挥快速点磨削技术性能, 扩大快速点磨削加工几何形面的适用范围。

3.3 砂轮磨损机制

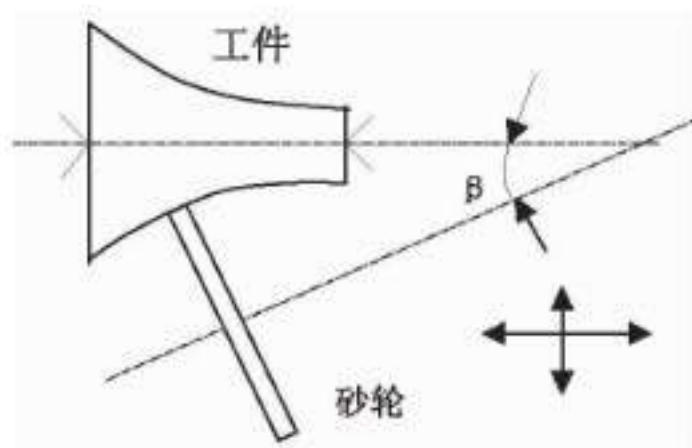


图4 复杂回转曲面点磨削原理

快速点磨削砂轮直径一般为350~400mm, 金属基体周边上径向磨料层厚度以及砂轮宽度仅有4~6mm, 磨削外圆表面时, 由于点磨变量角的存在, 根据磨削几何学关系, 砂轮与工件母线理论上为点接触, 接触区主要分布在靠近砂轮边缘并与砂轮侧边相重合的近似半椭圆区域。由于形成“后角”, 材料的去除主要是由砂轮的侧边完成, 砂轮周边仅起类似车刀副切削刃的光磨作用, 由于磨削区不同半径处砂轮侧边磨削速度、接触弧长和单颗磨粒切削厚度不同, 如图5所示。因此砂轮沿横向的磨损表现及砂轮修整方法与常规磨削存在一定区别。根据对我国汽车制造企业应用快速点磨削工艺的调查结果, 由于缺乏对超薄超硬磨料砂轮在快速点磨削条件下磨损机理的认识, 砂轮的修整都是根据规定的加工工件数量、按一定的生产周期进行。因此存在砂轮修整过早而使超硬磨料损耗严重、超薄砂轮寿命降低, 或修整过晚而影响加工质量的现象。这是快速点磨削工艺目前存在的一项技术难题。与普通外圆磨削

不同, 砂轮主要是沿侧边磨损, 为减小超硬磨料消耗、保证加工精度及工件尺寸的一致性, 应进行合理地砂轮修整。因此需要研究和建立相应的砂轮磨损模型及砂轮侧边磨损量对磨削性能的影响规律; 科学地评价砂轮磨损状态与磨钝标准, 并以此为基础研究CBN点磨削超薄砂轮的修理论和技术方法。

3.4 面向绿色制造的快速点磨削技术

在机械制造领域, 磨削是对环境影响最大的一种

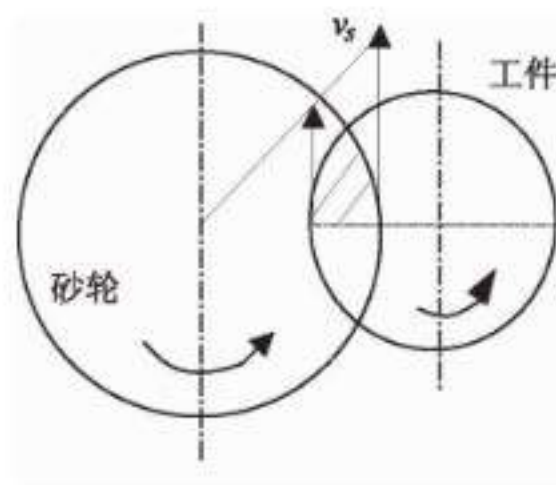


图5 磨削区砂轮速度的变化

加工工艺。磨料磨具本身的制造、磨削加工中的微粉污染、磨削加工所造成能源及材料消耗、以及加工中大量使用的磨削液等都对环境和资源产生了严重影响。我国是世界上磨料、磨具产量及消耗的第一大国, 超硬磨料制造成本较高, 价格昂贵, 因此大幅度提高磨削加工的绿色度意义重大^[10]。快速点磨削区域小、磨削力小、砂轮使用寿命长, 磨削温度低, 冷却方式简便, 可实现少、无磨削液的干式或准干式加工的特点, 通过对点磨削热、比磨削能、磨削比、砂轮寿命及新型冷却系统等理论和实验研究, 开展面向绿色制造的快速点磨削技术的基础研究具有重要现实意义。

4 结论

数控快速点磨削具有超高速磨削、超薄砂轮数控成型的技术特点, 具有优良的加工性能。其磨削机理不同于一般的高速和超高速磨削, 在对复杂回转表面磨削、硬脆及韧性材料高质量磨削加工及实现较高绿色度的磨削加工方面应具有广泛的应用领域。根据此项技术的发展现状, 应加快吸收国外的先进技术, 加强这项新技术的加工机理和应用研究, 建立数控快速点磨削的技术和理论体系, 促进该项工艺技术及其设备在我国的应用和发展。

工作过程稳定的自消振电主轴

Working stable and self-absorbing motor spindle

对于不稳定的高速高效铣削过程来说, 高频颤振是典型的自激振动的结果。试验证明, 在主轴里装一种有源的机电元件就可以消除这种振动。因为, 只要在切削位置附近, 用质量很小且可以移动的执行机构激振主轴就能有效应对这种高频振动。

现在的高速铣床主要不是受驱动功率的限制, 而是受制于工作过程的动态稳定性, 特别是在重载高效切削时, 加工稳定性的界限就表示为是否发生颤振。例如, 在加工飞机整体铝结构件时, 加工过程的经济性主要取决于切削时间, 也就是说, 主要取决于单位时间内所能达到的切除量。在高效切削中, 调整轴向可移动的刀具以调节单位时间切除量, 受自激振动限制的转速通常为20000~30000r/min。

用自适应部件消除干扰影响

为了使给定的机床、主轴和刀具组合系统能达到最大的单位时间切除率, 必须对转速和切深等工艺参数进行优化选择。此外, 还可以采取一些主动措施扩大切削过程的稳定范围。

主轴-刀具系统的刚度一般比机床本身的刚度小得多, 因此, 对于加工过程来说, 只要说明主轴-刀具系统的刚度就足够了。通过改变刀具-刀夹-主轴系统的固有频率的位置或过高的振幅来影响稳定加

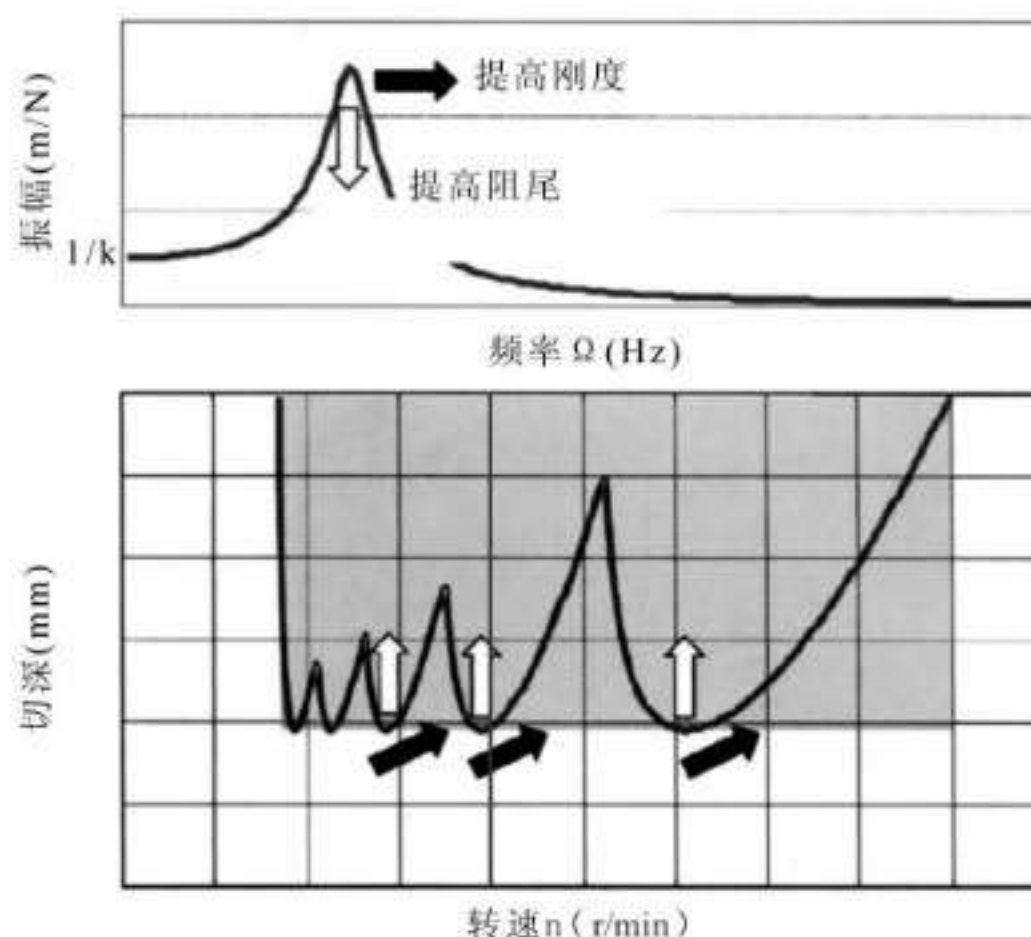


图1 提高刚度和阻尼对主轴-刀具系统的柔度频率特性的影响和对稳定图的影响(下图)

工区域的位置和参数, 如图1所示。提高刚度, 则固有频率向高频段移动, 稳定加工区向更高的主轴转速和更大的切深方向移动。增加阻尼、减小共振区过高的振幅, 也可使达到的切深更大。因此, 将来有自适应能力的机床部件成为切削技术进一步发展的基础, 用这种系统来消除影响机床加工精度和生产率的各种干扰。也就是说, 可采用主动措施把稳定的加工界限移向更高的切削效率。德国达姆斯塔特(Darmstadt)

参考文献

- 1 蔡光起, 冯宝富, 赵恒华. 磨削技术的最新进展. 世界制造技术与装备市场, 2003 (1): 16~19
- 2 赵长明, 刘万菊. 数控快速点磨工艺及在一汽大众的应用. 制造技术与机床, 2004 (7): 67~68
- 3 中国机床工具工业协会磨料磨具分会. CMT2001磨料磨具评述. 世界制造技术与装备市场, 2001 (4): 24~27
- 4 W.B.Rowe, T.Jin. Temperatures in High Efficiency Deep Grinding (HEDG). Annals of the CIRP, 2001, 50 (1): 205~208
- 5 周志雄, 邓朝晖, 陈根余等. 磨削技术的发展及关键技术. 中国机械工程, 2000, 11 (1-2): 186~189
- 6 T.W.Hwang, C.J.Evans, S.Malkin. An Investigation of High Speed Grinding with Electroplated Diamond Wheels. Annals of the CIRP, 2000, 49 (1): 245~248
- 7 Yui A, Lee H S. Surface Grinding with Ultra High Speed CBN Wheel. Journal of Materials Processing Technology, 1996, 62 (9): 393~396
- 8 王礼立, 余同希, 李永池. 冲击动力学进展. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1992.8, 379~408
- 9 Libo Zhou, Jun Shimizu, Akihito Muroya, et al. Material Removal Mechanism beyond Plastic Wave Propagation Rate. Precision Engineering, 2003 (27): 109~116
- 10 Shichao Xiu, Guangqi Cai, Changhe Li. Investigation on Natures of quick-point grinding for Green Manufacturing. Proceedings of the 11th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Beijing: China Machine Press, 2005. 481~483.

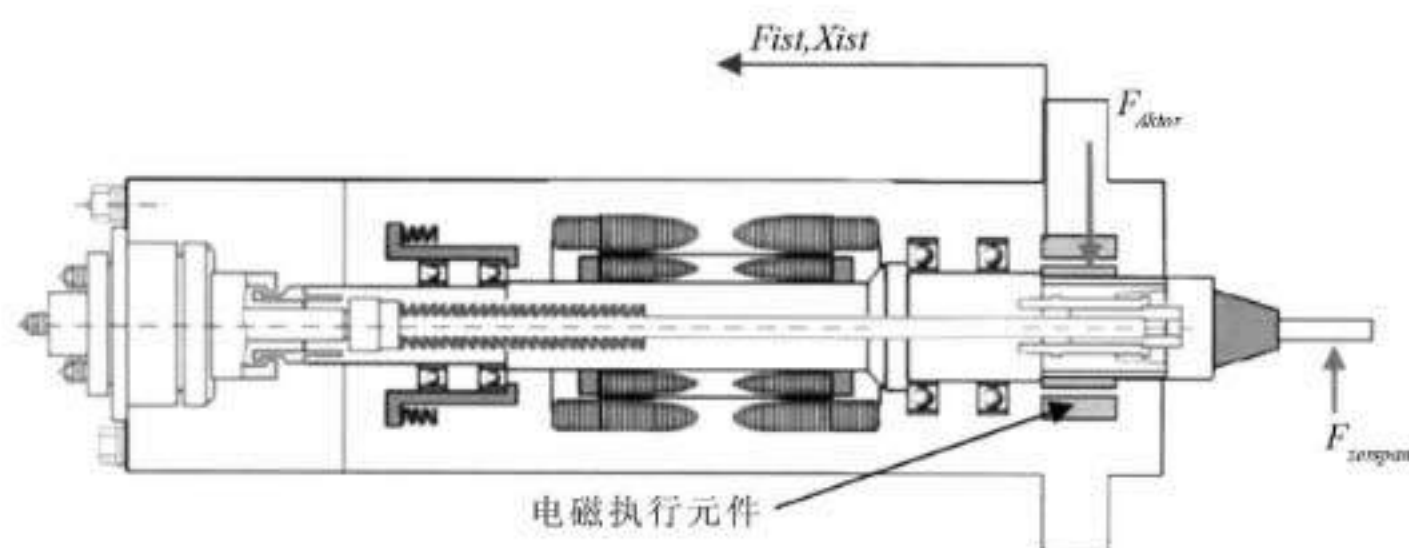


图2 自适应的混合电主轴方案（过程可靠、无颤振高速铣削）

大学在研究生产管理、工艺、机床以及机电学和机床声学的项目“AdHyMo”范围内研制了一种具有自适应能力的混合支承的电主轴，在其前支承处安装一个结构相符合的执行系统来作为普通的滚动轴承，这样，使高速铣削过程可靠，并消除了颤振，这个电主轴的结构方案如图2所示。“AdHyMo”研发项目得到了德国科研协会（DFG）资助。根据电磁作用原理，这个整体的高动态性能的执行元件通过一个空隙，无接触地把力直接传到主轴上。借助于相应的调节器，有目的地补充刚度和阻尼，就能有力地影响主轴—刀具系统的固有模态，而且在切削过程中确定系统的实际状态，因而能预测并智能地自动调节到最佳的工艺参数范围。

在主轴里集成了执行元件功能和传感器功能

科研计划的主要目标有：①研制一根混合支承的自适应电主轴，在这根电主轴里集成了执行元件

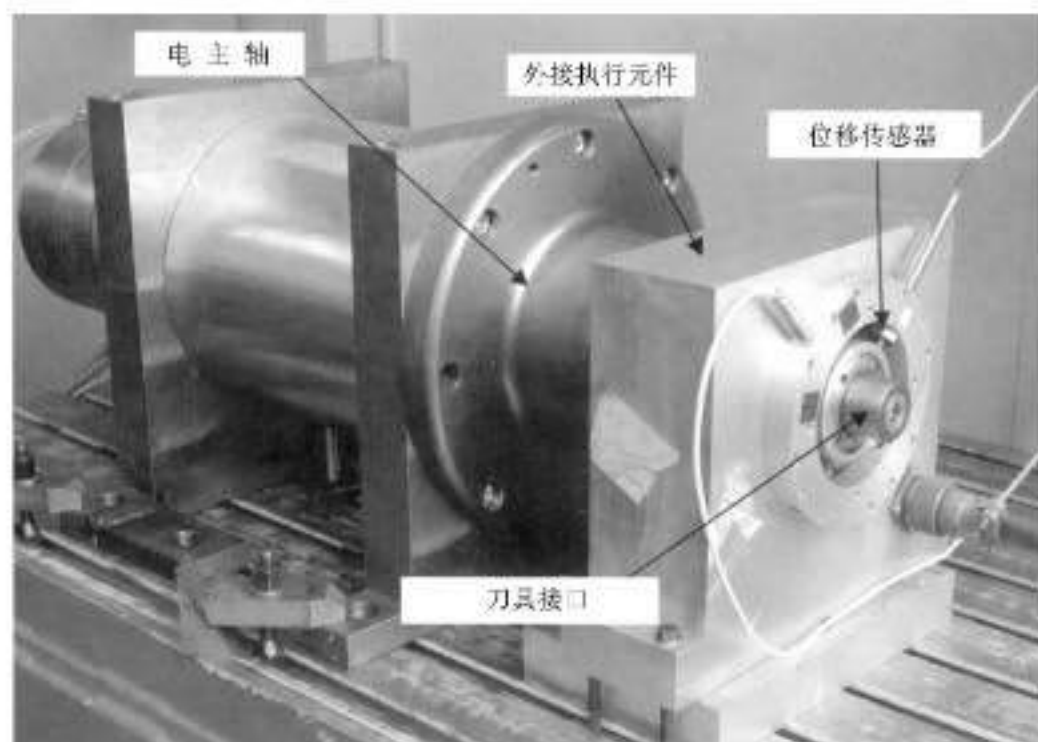


图3 带有电主轴、电磁执行元件和传感器的测量试验台结构

功能和传感器功能；②在运行期间，在线确定系统的柔度频率特性；③通过CNC控制的干预，自动调节最佳的工艺参数；④高速铣削过程的有效阻尼，以扩大稳定作业的范围。

电主轴的接头部分，用滚动轴承完成支承功能的可靠的传统结构保持不变，在主轴前轴承的前面，尽可能靠近切削位置处集成一个执行元件。与迄今所用的

普通主轴接头相比，主要优点是通过不同结构的部件有目的地实现轴的支承和工作力的接收。而滚动轴承主要实现轴的刚性支承功能，电磁执行元件的任务是尽可能完整地接收高速铣削过程中产生的动态力。在这种受力分布的基础上重新设计前滚动轴承的结构形状，以至活动磁轴承的集成不会使主轴加长。混合接头的优点在于：

①应用滚动轴承比用完全活动的磁轴承的主轴结构紧凑，实现支承功能的控制费用小，成本低；

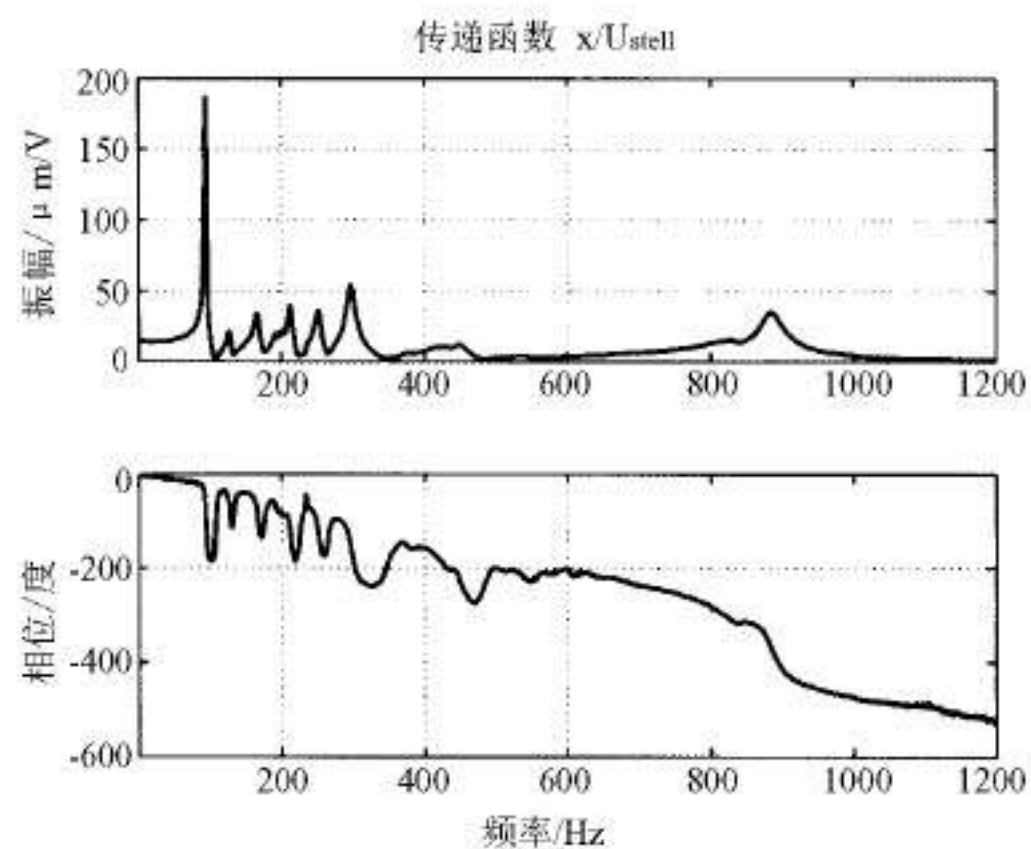


图4 测量激振和主轴运动确定的传递函数

②可以在主轴前轴承的前面安置承受负载的执行元件，这样，一部分有影响的动态切削力在滚动轴承前就被接收了，起了卸荷作用，从而提高了轴承的寿命；③由于执行元件尽可能布置得靠近切削位置，且其运动质量微小，充分利用了执行元件的高动力学性能，执行元件的带宽不受机床机械结构的低通特性的影响。

在主轴里应用磁轴承比完全用滚动轴承的成本高,然而,一台装备了有源电主轴的高速切削机床,由于缩短了停机时间会给用户创造更多的价值,使其更快的收回投入有源电主轴的成本。为了检验这种方案的可行性和求出集成了执行元件的电主轴所达到的初步测量结果,建立了一个由高速切削电主轴、一个外接电磁执行元件和两个测距传感器组成的试验台(图3)。这个试验台的目的是确定主轴的动态特性,并初步试验活动阻尼的主要固有模式。

初步试验结果表明,混合支承方案可行

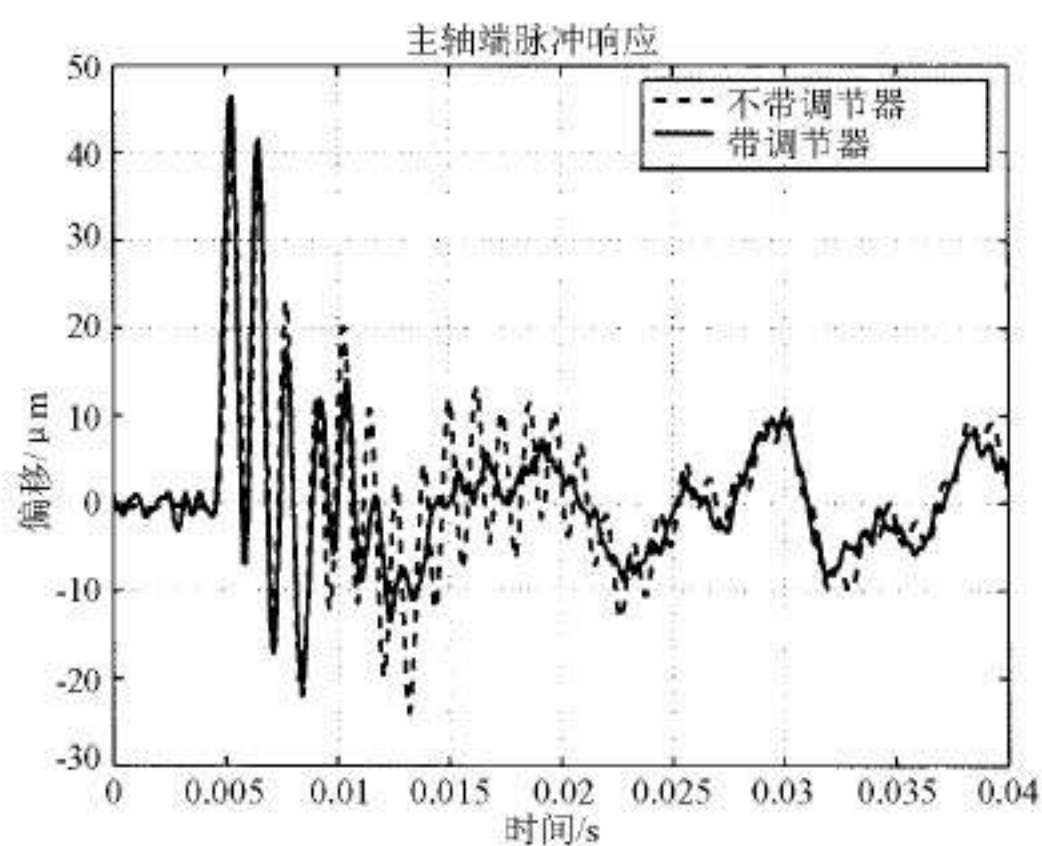


图5 带和不带调节器所测得的主轴端偏移在时域的脉冲响应

为了检验电主轴,用一个干扰信号通过执行元件激励主轴,求出激励干扰信号值和用非接触传感器测得电主轴的相应位移量,据此确定图4所示的传递函数。同理也能确定电主轴在运行过程中的固有动态特性。图4所示的传递函数表明,在400Hz以下有几个固有振型,这些振型可不必考虑。因为高速铣削时,齿啮合频率高不会激起振动。在大多数加工情况下,颤振出现在800Hz左右,所以感兴趣的是高于800Hz固有频率和相应的轴的弯曲特性。为了扩大稳定加工区,抑制这些振动是有效的。所以,执行元件必须抑制800Hz以上的固有振动。为此,需要一个强有力的调节器,使实际铣削过程中出现的参数波动也能得到所希望的调节质量。在这种情况下,简单的D型调节器是不够的,因为900Hz范围内的相

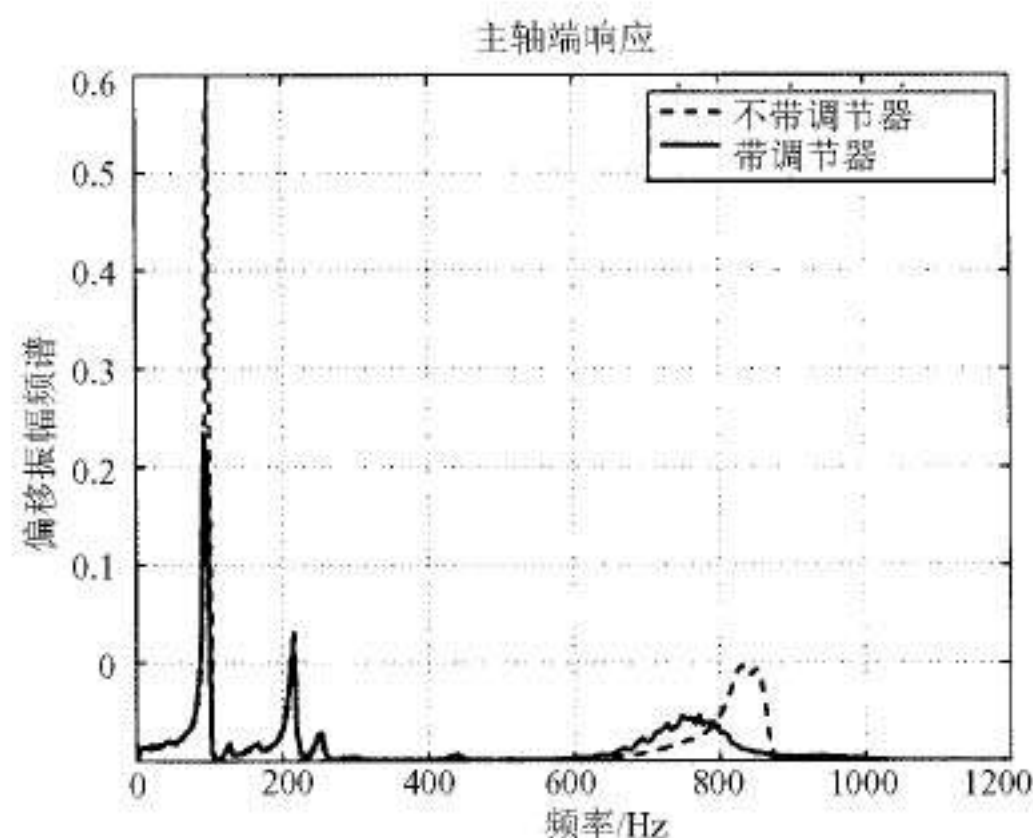


图6 带和不带调节器测得的主轴端偏移在频域的脉冲响应

位丢失太大(图4),会导致闭环控制不稳定。因此借助于 μ 合成,设计一种基于模型的强力调节器,实现计算机实时控制。为了研究活动阻尼对系统的影响,在电主轴装刀具的悬伸端用一个脉冲锤激振,测量用调节器和不用调节器时主轴的响应情况,测得的位置信号在时域的如图5所示,在频域的如图6所示。图5表明,带闭环控制的系统一方面保持了稳定,同时高频振动受到明显的抑制。在图6中800Hz范围内振幅很小就很好地说明,信号被抑制的部分对应于电主轴的弯曲振动模式。图5中,随时间变化的信号没有被抑制的部分是由电主轴固有的低频振动引起的,这与图6所示相符。按要求,400Hz以下的固有振动模式不用调节器抑制,因为,实际高速切削时,不会引起这种振动。

初步试验结果表明,普通支承的主轴用混合支承方案并在刀具附近安入执行元件是可行的。因此,高速加工电主轴的下一步工作是把外部执行元件直接连接在主轴上。用这样的结构,进一步研究这个方案在实际铣削过程中的消振能力。然后设计一个实用的由滚珠轴承和电磁执行元件混合支承的高度集成的电主轴总体方案。

总之,电主轴是数控机床的关键部件,我国也有多家企业和高校在研制,德国Darmstadt大学的研究思路值得参考。

沈福金编译

中外陶瓷磨具技术比较分析

Comparative analysis on ceramic abrasive technology in home and abroad

中国磨料磨具进出口公司 孙金阶 王伟

摘要: 当前, 世界上磨削和磨床技术发展迅速, 对磨具产品性能和质量的要求大大提高, 国外的磨具生产技术的发展很快, 我国为满足国内制造业发展的需求, 不得不依靠进口高档陶瓷磨具, 以满足汽车、航空航天、机床工具等行业高效、高精加工的需求。虽然我国的陶瓷磨具技术发展迅速, 取得了喜人的成绩, 超硬陶瓷磨具、特种陶瓷磨具也达到了新的技术水平, 但是应该看到, 与国外先进的技术水平还是有一定的差距。陶瓷磨具产品仍然面临着产品创新、改进生产工艺、提高产品质量、降低能耗和环境污染的重要任务。

本文采用对比分析的比较方法, 从国际标准、国内标准、行业标准、国内外企业的生产水平, 陶瓷磨具的制造水平、陶瓷磨具的种类及应用等方面, 对国内外陶瓷磨具技术水平进行比较分析, 找出我国陶瓷磨具技术水平与国外先进水平的差距。

关键词 陶瓷磨具 技术水平 平衡度 回转强度 比较分析

1 引言

改革开放以来, 特别是最近十几年, 我国整个磨料磨具行业得到了长足发展, 可称得上是突飞猛进, 各主要产品产量均居世界前列。据统计, 普通磨料磨具产量已分别达到约 100 万吨和 200 万吨。陶瓷磨具技术发展迅速, 取得了喜人的成绩, 超硬陶瓷磨具、特种陶瓷磨具也达到了新的技术水平。但是应该看到, 与国外先进的技术水平相比还是有一定的差距。

国内磨具总量中, 陶瓷磨具的产量一直占大半部分。近 10-15 年来, 陶瓷结合剂磨具的产量在欧洲国家增长了 2-4 倍。陶瓷结合剂金刚石和立方氮化硼磨具需求在增加, 并被看作大规模生产中最具前景的磨加工工艺之一。就超硬材料磨具生产中确定的术语来说, 文献中常见的烧结结合剂、玻璃结合剂、玻璃陶瓷结合剂、微晶玻璃结合剂、硅酸盐结合剂等称谓也属于陶瓷结合剂。用陶瓷结合剂制作的磨具称为陶瓷结合剂磨具, 简称陶瓷磨具。目前国内这类磨具产品质量比国外同类产品有较大差距, 国内用户还主要依赖进口。高速陶瓷砂轮目前国内只能达到 65m/s, 国外则已达到 80-100m/s, 国内砂轮不能满足 80-100m/s 高速磨床使用要求。目前国内树脂结合剂磨具生产使用的树脂基本还是以酚醛和环氧树脂为主, 制造重负荷磨削砂轮在质量性能方面还与国外产

品有一定差距, 需要开发应用新型高强度树脂结合剂, 提高此类砂轮质量性能。陶瓷结合剂磨钢球砂轮, 目前国内采用烧成收缩达到超硬级硬度, 产品质量不易控制, 废品率较高, 需要采用不收缩的生产工艺技术来提高质量。树脂磨钢球砂轮, 目前采用粉状树脂热压成型工艺生产, 产品质量与国外同类产品有较大差距, 而且生产效率低, 需要采用新型生产工艺技术, 达到国外产品水平。超硬材料陶瓷磨具, 低温陶瓷结合剂磨具等成为陶瓷磨具发展的主要趋势。陶瓷磨具的发展要适应高速、高效、高精加工的要求, 发展适合数控磨床, 自动化生产线生产要求的高速砂轮、高精度磨具。

2. 陶瓷磨具的发展

1877 年, 美国用黏土做结合剂制成陶瓷砂轮, 标志着陶瓷磨具的诞生, 1930 年, 陶瓷磨具开始了组织编号的选择, 1970 年陶瓷结合剂立方氮化硼砂轮出现, 20 世纪 80 年代以后, 国外陶瓷磨具发展迅速, 技术水平高。而我国的陶瓷磨具从 20 世纪 50 年代开始发展起来, 但是陶瓷磨具产量比较大, 从过去到现在, 陶瓷磨具在磨具总的构成中一直占主要地位, 尽管随着结合剂材料种类的不断发展和磨具种类的扩大, 陶瓷磨具产量在磨具总产量中呈下降趋势, 但仍占有较大比例。表 (1)。

表 1 我国陶瓷磨具在磨具总量中所占比例

年度	磨具总产量/t	陶瓷磨具产量/t	所占比例/%
2000	94899	57877	61
2001	115210	70046	60.8
2002	115358	68855	59.7
2003	123012	69975	56.9
2004	129675	71227	54.9
2005	140961	79220	56.2
2006	145555	76427	52.5
2007	147168	79763	54.2

近年来,磨料行业企业,例如河南洛阳、湖北丹江口等地,通过搬迁、改造和产品升级改造,积极提高产品档次,确实取得明显成绩。截至目前,完成搬迁改造,淘汰落后设备、提高工艺装备水平的中型以上的磨具生产企业为数不少,技术水平有了很大的提高。但是总体来看与国外先进技术还存在相当大的差距。在这里,主要就陶瓷磨具的制造和应用与国外相近水平做一些分析和比较,以找出存在的差距。

3. 国内外陶瓷磨具技术水平比较分析

为了了解国内外陶瓷磨具技术水平方面的差距,我们采用分析比较的方法,从国际标准、国内标准、行业标准、国内、外企业的生产水平,陶瓷磨具的制造水平、陶瓷磨具的种类及应用等方面,对国内、外陶瓷磨具技术水平进行比较分析。我们选择了国内外一些大公司的陶瓷磨具与我国的相应的有代表性的陶瓷磨具进行比较分析。而为了能进行比较分析,必须有一个共同的基准,这个基准就是陶瓷磨具的利用率。对于不同的国家和不同的陶瓷磨具产品,这个基准是不同的。所以在比较陶瓷磨具技术水平时,应当考虑到应用强度的差别。

3.1 国内、外主要陶瓷磨具生产企业及产品

国外具有代表性的磨具生产厂商有美国的诺顿(NORTON)、奥地利的泰利莱(TAROLIT)、德国的温特(WINTER)、英国的尤尼康(UNICON)、意大利的文森特(VINCENT)、美国的贝斯登(BAY STATE)、瑞士的温特苏尔(WINTERTHUR)等,总部设在法国的圣戈班集团在全世界拥有 1000 多个子公司,在 45 个国家有生产企业,雇员总数达 17.1 万名。圣戈班磨料磨具(上海)有限公司是法国圣戈班集团在中国的独资企业,生产和销售精密陶瓷砂轮。圣戈班磨料磨具产品有固结磨具、砂轮、油石和磨头涂附磨具,用于打磨和抛光的砂带、砂盘、

砂碟、砂卷和砂纸。超硬材料磨具,金刚石和 CBN 砂轮,金刚石锯片和金刚石修整笔,以及专门为切割、磨削和抛光碳化硅、混凝土、砖石、金属和其他超硬材料设计的切削和钻孔工具。

圣戈班磨料磨具分支拥有 NORTON、FLEX-OVIT、CORA、WINTER、UNICON 等全球知名磨料磨具品牌。该公司针对轿车工业加工的需求,开发了系列普通陶瓷结合剂磨具和超硬材料(CBN、金刚石)磨具及其它工具。圣戈班磨料磨具(上海)有限公司,开发并拥有专利的超微晶烧结刚玉磨料,采用引晶凝胶烧结工艺生产,具有比普通白刚玉小几千倍的晶粒尺寸,磨粒强度高,有微破碎性能。在磨削难磨材料和要求高磨削效率及高精度的场合,具有优异的特性,同时可以大大减少砂轮的修整量,延长砂轮的使用寿命。由于 SG 磨料价格较贵,使用时根据不同要求按比例与刚玉磨料混合,形成不同牌号。为充分发挥其性能,开发了专用的陶瓷结合剂砂轮,一种是高效低温结合剂,还有一种是大气孔高效低温剂的陶瓷 CBN 砂轮,使用速度 125m/s。公司还根据不同工件和不同磨削要求,推荐用于粗磨、精磨的各种价位的砂轮,给出了它们磨削效果的比较,以利于用户选用。用于轿车发动机、变速箱零件磨削的普通磨料砂轮使用速度通常为 45~63m/s。

奥地利的泰利莱(TYROLIT)公司于 1919 年建厂,1952 年开创了第一批使用玻璃纤维加筋的切割片和精整砂轮,1974 年生产出第一批陶瓷结合剂 CBN 砂轮,进入二十世纪九十年代以来,与美国的 DIAMOND PRODUCTS 公司和瑞士的 HYDROSTRESS 公司合伙,相继接管了意大利的 VINCENT、美国的 BAY STATE 等一批国际著名磨具生产企业,成为当前国际上颇具实力和影响的磨具生产供应商,18 个分厂分布于世界各地,销售网络覆盖 60 多个国家和地区。

瑞士的温特苏尔(WINTERTHUR)公司是生产精密磨削砂轮的著名企业,主要生产陶瓷结合剂大气孔缓进给砂轮、微晶烧结陶瓷磨料砂轮和陶瓷结合剂 CBN 砂轮。其陶瓷结合剂大气孔缓进给磨削砂轮用于涡轮叶片的磨削,用滚磨法、部分滚磨法及成型磨削方法加工精密齿轮,据称是少数几家能够生产这种砂轮的厂家。其陶瓷结合剂单线或复线螺纹成型磨砂轮,可以用切入式或切向进给式磨削方法,磨削精密滚珠丝杠、螺纹及蜗杆。这个公司拥

有成型加工砂轮复杂形面的 CNC 机床,可供应型面的预成型砂轮,保证各种砂轮形面的几何尺寸精度,减少用户现场安装修整时间和修整工具消耗。

国内磨具生产厂商有白鸽集团、上海砂轮厂、苏州砂轮厂、第六砂轮厂、苏北砂轮厂、山东鲁信高新技术产业股份有限公司、郑州磨料磨具磨削研究所等。

这些国内企业积极提高磨具的制造水平,重视技术创新和新产品的开发。山东鲁信 05 年投资上亿元在新园区内建设耐磨砂、高档磨具系列生产厂,认真研究和采用新工艺、新设备、新技术和新材料,而且这方面处于国内同行前列,泰山牌砂轮静平衡性能优于国内同类产品 30% 以上。

白鸽集团采用独特工艺制造的普通磨料、带槽、夹层、多种形式组合磨曲轴和凸轮轴的陶瓷砂轮,最高使用速度可达 60m/s;磨螺纹陶瓷平型和双斜边砂轮最大直径 500mm,最高使用速度可达 60m/s;最新研制的铁路钢轨修磨砂轮,使用速度达 50m/s,成组安装在修磨机车上,在铁路线上进行钢轨型面修磨,每次磨除量不低于 0.16mm。

郑州磨料磨具磨削研究所展出的使用速度 120m/s 陶瓷结合剂 CBN 砂轮,已在进口的德国绍特(SCHAUDT MIKROSA)公司制造的数控磨床上,成功地应用于轿车凸轮轴凸轮的磨削生产中,磨削效率和磨削效果均达到国外同类产品水平。

从以上的比较可以看出,近年来,虽然为适应我国加入 WTO 和扩大内需所带来的机遇和挑战,我国陶瓷磨具的生产企业加快了重组、改制、改革、改造和产品结构调整步伐,外资和民营企业也逐步崛起壮大,使我国陶瓷磨具企业的整体水平有了很大的提高,但是和国外先进企业相比还是有明显差距的。

3.2 国内外陶瓷磨具烧成窑炉技术水平比较

目前,我国的大中型陶瓷磨具生产骨干企业,以采用第一层次的窑炉为主,或正逐步改造第一层次的窑炉,这些企业包括原来的国有大中型骨干企业,由此改制的股份制企业,外资企业及合资企业,及今年发展起来的一些民营企业,企业数量十余家。主要位于沿海、江浙和国内大中城市。其年生产能力一般在 1000-3000 吨以上,其产品品种具有一定的特色,能生产高中档产品,某些产品质量达到国外同类优质产品水平。这类企业是我国陶瓷磨具生产的主流企业。其余中小型企业,多采用第三层次

的窑炉,其中一部分企业有或正逐步改造为第二层次的窑炉。其中以采用小型引射式直燃抽屉窑为多。这些企业数量较多,分布在全国各地。

我国陶瓷磨具烧成窑炉近十年来,尤其是近三到五年发展较快,这主要得力于企业整体素质的提升,市场竞争的日益加剧,国家环保力度加强。我国的现代陶瓷磨具烧成窑炉与国外先进水平比较,在抽屉窑方面,我国自行设计建造的现代大中型高速调温烧嘴新型节能环保型计算机全自动控制抽屉窑,采用了与国际领先水平同步发展的国内外陷阱计算机系统、控制阀门、控制元器件、耐火材料等,加之具时代气息的优化设计,窑炉营建整体水平已达到国外先进水平,某些主要性能优于国外新近水平。如机械工业第六设计研究院在国内设计建造了十余座大中型高速调温烧嘴新型节能环保型抽屉窑,其运行指标多优于从国外进口的同类窑炉,其中现场总线技术控制抽屉窑和计算机集散控制系统抽屉窑还获得国家机械部的科技进步奖和优秀工程设计奖。在隧道窑方面,我国与国外水平差距近三十年,目前除一家外资企业采用先进隧道窑外,我国的陶瓷磨具烧成隧道窑基本上是二十世纪六十到八十年代的技术,在窑炉技术、窑炉材料、窑炉结构及对陶瓷磨具的针对性和适应性方面,与现代陶瓷磨具烧成隧道窑差别及差距甚大。虽然,机械工业第六设计研究院在 1994 年就完成了原机械部的新型陶瓷磨具烧成隧道窑的科研课题,但各企业为适应陶瓷磨具市场多品种、小批量、快节奏的需求,多采用灵活性和适应性较强的抽屉窑,加之各企业产量也不够大,故新型陶瓷磨具烧成隧道窑一直未能在企业中实施。

另外,在优化产品烧成工艺制度、装烧制度方面,我国与国外先进技术水平还有一定差距。总体上讲就是,我国的烧成工艺制度较粗,在对不同种类、规格、粒度、硬度、使用范围磨具的优化烧成制度方面,做的工作还尚需深化。

3.3 国内外陶瓷磨具产品技术水平比较

以世界生产特殊砂轮著名的德国 Krebs & Riedel 公司为例,其超硬磨料-CBN/金刚石陶瓷砂轮近年来,每年以 20% 的速度、特别是 2005 年以 40% 速度增长,足以说明,磨料磨具的发展趋势是向超硬磨料-CBN/金刚石陶瓷砂轮的方向发展。其原因 CBN 磨料的热稳定性、不亲铁性好、硬度高和耐磨性好,用它来生产的砂轮,磨削效率高,加工表面质量好,

特别是加工较硬的工件,将会有更广泛的应用。

国内超硬磨料磨具企业引进国外先进的生产技术,产品性能和质量也有了迅速提升,陶瓷结合剂金刚石和 CBN 砂轮生产技术得到很大提高。CBN 的陶瓷结合剂的砂轮,将会比树脂砂轮更广泛的应用。陶瓷 CBN 砂轮可按需要进行修正,同时,工作时不易发热,这是大批量、高精度生产必不可少的条件,也可按加工工件的要求,生产硬度不同的砂轮,来适应加工的需要。

对结合剂和填充剂的研究和正确选择,生产大气孔的砂轮,同时要有较好的耐磨性。对深磨削和强力磨削来说过程,多孔以及大气孔是必不可少的,它携走切屑,输送切削液到接触区,避免烧伤工件。特别对成形磨削和精密磨削以及保证砂轮的成形性意义更大。

对 CBN 砂轮而言其工作速度大于 100m/s 在欧洲已用得较多了,特别是一些专用磨床,如 Junker 的曲轴和凸轮轴磨床用 Krebs & Riedel 的砂轮,其工作速度达到 125m/s,其特点是单位时间参加的磨粒多、效率高、表面的质量好,延长了砂轮的寿命。在新型陶瓷磨具生产方面,一些企业引进国外先进技术、积极研发新技术,产品的性能和质量也有了快速提升。例如,苏州工业园区赛力科技有限公司在 2004 年与美国金刚石工具有限公司合资组建了福州保税区美大蒙超硬材料有限公司,应用美国公司的全套技术和设备生产金刚石和 CBN 砂轮,使赛力公司的磨具制造技术迈上新台阶,其磨削凸轮轴砂轮的速度达到 80m/s 以上,达到国外同类产品先进水平。但总体上,我国的陶瓷砂轮与国外先进水平还是有一定的差距的。

4 国内外陶瓷磨具性能的比较

磨具产品的性能是检测磨具质量的重要指标,磨具产品的质量标准可分为国际标准、国家标准、行业标准和企标四个层次。磨具质量标准的内容包括基础标准和技术标准两部分。基础标准包括术语、符号、代号等。技术标准包括尺寸公差、形位公差、外观缺陷、磨具的静平衡、强度、硬度等方面的技术规定和检查方法,以及磨具安全规则,磨具的标志和包装、磨具的验收和保管等。

4.1 陶瓷磨具硬度

磨具硬度是磨具的主要性能之一,磨具硬度测量方法有手锥检测法和硬度计检测法。硬度计有喷沙硬度计、洛氏硬度计、机械锥、声频硬度计等。

我国国家标准 GB/T2490-1984 和 GB/T2491-1984 规定,对于粒度 F36-F150 的陶瓷结合剂磨具,硬度用喷沙硬度计测定;对于粒度 F180-F1200 的陶瓷结合剂磨具,硬度用洛氏硬度计测定。对于 F30 以下的磨具和小砂轮、小磨头以及其它不能用喷沙硬度计或洛氏硬度计测量的磨具,常用手锥法或其它方法测定,但必须与标准砂轮模块对比。

4.2 砂轮的平衡度

国际标准化组织(ISO)对砂轮静态不平衡的定义为:砂轮的旋转轴线与其惯性轴线不重合,且仅有平衡偏离状态。我国国家标准 GB/T2492-1984 规定外径为 150mm 及更大的陶瓷结合剂普通砂轮,均需经过静不平衡检查。砂轮检验质量范围为 0.2-300 千克。国际标则规定为外径 100mm 以上者,均需静不平衡检查。但对于筒形、筒形带槽、磨针、磨砖、杯形、碗形、切矿石、空槽、螺丝紧固及无心导轮等砂轮均不进行平衡性检查。

4.3 砂轮的回转强度

国家(GB/T2493-1995)规定,凡直径为 150mm 及更大的陶瓷结合剂砂轮,除筒形、筒形带槽、磨针、磨砖、孔槽、螺栓紧固、切矿石砂轮及无心磨导轮不进行强度检查外,其余均按砂轮的最高工作线速度进行检查。

回转强度检查设备为回转试验机。目前国内外回转试验机一般均采用无级调速、数字显示装置。

结 论

近年来,国外陶瓷磨具技术又有了新的进展,我国陶瓷磨具行业发展迅速,国内企业注重研究开发新的技术,也取得了很大的成就,有些技术达到国际先进水平。陶瓷结合剂超硬磨料砂轮发展也很快,增长势头强劲,在汽车凸轮轴、曲轴加工中陶瓷结合剂 CBN 砂轮已经普遍使用,目前 PCD 和 PVD 等超硬材料刀具和硅片的加工都已经采用陶瓷结合剂金刚石砂轮,有些异型刀具需要进行成型磨削,在数控机床上用陶瓷结合剂金刚石砂轮进行这种成型磨削。

但是从整个陶瓷行业来看,与国外先进技术水平相比,确实有一定的差距,这有待我们共同奋斗,努力实现陶瓷磨具技术的跨越式发展,通过进一步的技术引进、消化吸收,加快我国的陶瓷磨具产品发展的步伐,以满足国内市场的需求并在国际陶瓷磨具市场上占有一席之地(参考文献略)。□

XL-80 激光校准系统

XL-80 Laser Calibration

校准服务商从更迅速、更智能化的工作中取得更多收益

Jürgen Emslander 不是运动员，但他却能够以一步取胜，显著地提高自己的业绩，遥遥领先于同行。他经营了一家名为 Geo Tec Messtechnik 的校准服务公司，最近他将业界标准 ML10 激光校准系统升级为新型 Renishaw XL-80 系统。新系统的便携性和易用性极大地减少了运输和设定时间，增加了每个月的产能。

根据客户的生产计划安排检测通常会有问题，但是 XL-80 的操作简便性缩短了找正和设定时间，避免了因检测而影响生产。此外，可选配的 XC-80 环境补偿器消除了加工现场环境因素对测量精度的可能影响。

说到底，加工零件的精度是由其生产机器决定的。因此，控制机器精度对于生产厂家至关重要，无论这些机器是加工中心、车床、镗床、激光切割机、水切割机还是坐标测量机。这是他们确保达到业界质量要求的唯一方法，如果他们制造的是航空或汽车零部件时尤其如此。此外，许多客户现在要求加工分包商提供文档和证书来证明其机器精度符合国际标准要求。

为了满足这一日益增长的需求，许多制造公司和小型机器制造商发现，一种更简单、更经济有效的方法是让服务商使用激光干涉仪系统对他们的机器进行测量和测试，总部位于德国南部斯图加特附近的 Geo Tec Messtechnik 公司就是这样一家服务商。

升级到 XL-80 的理由

Geo Tec 公司长久以来一直使用 XL-80 的上一代产品 - 业界标准的 Renishaw ML10 激光系统，但是该公司认识到了升级为新系统的额外效益。新系统的所有必要测试装置可以全部装入一个便携箱中，不但易于运输，设定快速简单，而且结构坚固，对工厂车间环境很实用。

为机器制造商快速校准机器

Geo Tec 公司的工程师拜访机床制造商，例如大型多轴 CNC 加工中心制造商 Edel，检查完成总装的



Jürgen Emslander 可以将轻巧型 XL-80 系统选择安放在更多位置来测试精度，甚至安放在机器内部，如放置在这台 Edel 机器上

机器。Jürgen Emslander 发现 XL-80 激光系统使他的工作轻松了许多：他说：“新 XL-80 系统轻型设计的优点在校准 Edel 加工中心等机器时变得明显了。因为它很小，因此可以使用磁铁底座，我们可以将其放入机器内部，工作起来更简单、迅速，并且可以测量以往不能测量的地方。XL-80 顶部的 LED 指示灯使设定过程简单快捷，我们可以监控光



XL-80 设定更迅速简单，减少了机器测试时间

强，无需在测量部位与电脑之间往返。”

达到可溯源标准的高精度

在不同环境条件下，激光干涉仪的线性测量精度经认证均为 ± 0.5 ppm。测量结果可与德国的 PTB 校准标准参照而直接引用，因为 Geo Tec 定期将激光干涉仪送交 Renishaw 校准，确保测量结果绝对可靠。



XL-80 可装在小便携箱中，运输方便

快速的服务和支持

Jürgen Emslander 非常认同 Renishaw 的产品：“我们发现 Renishaw 激光系统非常可靠，因此我们极少需要向该公司寻求技术支持。但是，当我确实需要校准系统以达到各种标准要求时，Renishaw 在我请求之后 48 小时内提供优质服务，这对我非常重要。”



“XL-80 激光头顶部的 LED 指示灯使设定过程简单快捷，我们可以监控光强，无需在测量部位与电脑之间往返，” Jürgen Emslander 说。

极大地减少生产中断

许多生产厂家定期请人对机器进行测量和测试以达到质量标准，采用定期的测试进行控制，并且在必要时进行重新校准。

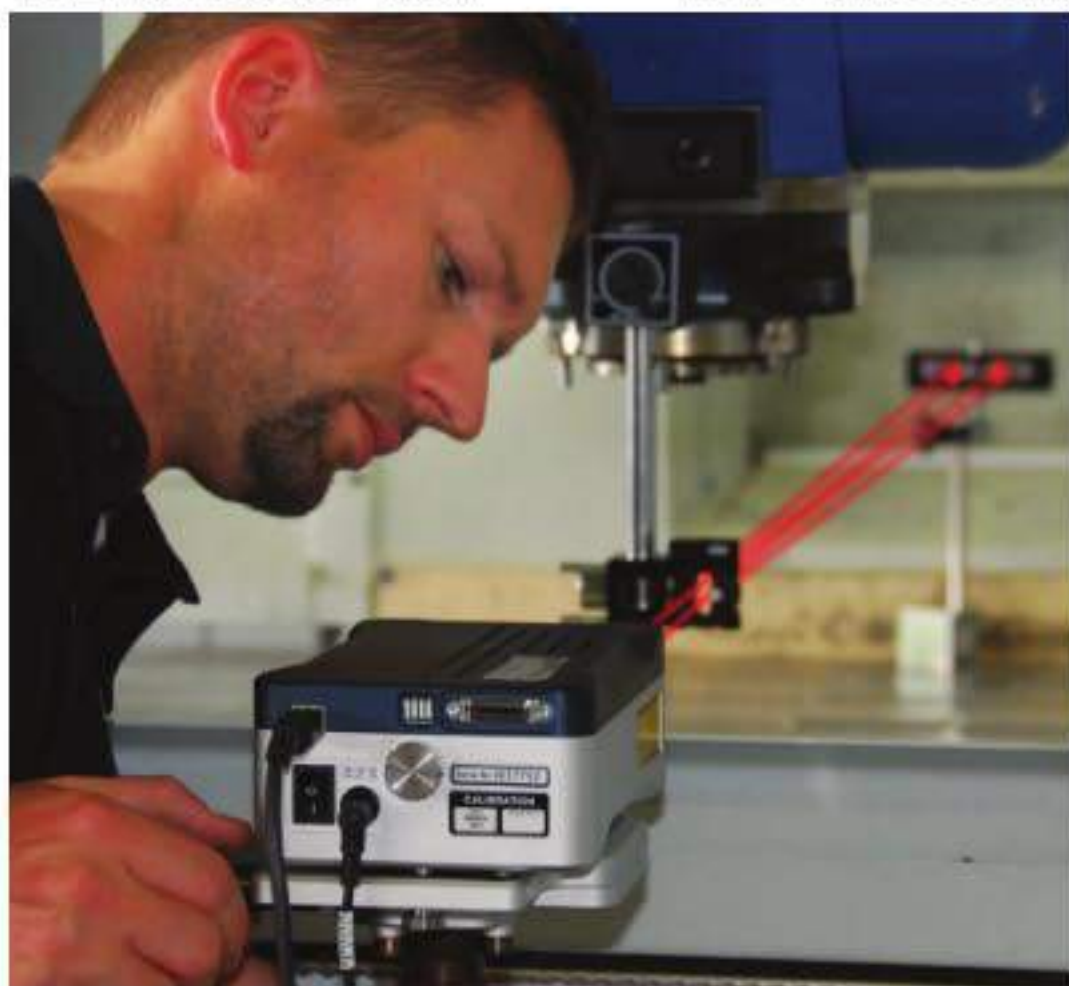
Geo Tec 在该领域的专家为生产厂家提供的服务包括证明机器正常使用的精度检测文件。这意味着 Geo Tec 需要按照一个快速灵活的计划进行工作。例如，汽车零部件制造商需要请他人定期检查所有机床，以确保机器达到最大产能和效率。对出现碰撞的机器检查也至关重要，在此情况下，服务商能够建议公司进行必要的维修，这样在必要时可立即进行维修。

XL-80 系统的简单构造也意味着测试时间很短。这使服务商可以在机器非工作时间段（例如夜间或周末）时进行测量。激光干涉仪光学镜可以用磁性座简单快捷地装在机器上，同时激光系统放在稳固的三脚架或磁性座上。

借助简单而精密的激光准直辅助镜可以对清楚可见的红色激光光束进行对准，一旦对准，系统便开始进行自动测量。XC-80 补偿器装置连续测量并自动补偿外部影响（例如气压波动）。因此，XL-80 系统可以在任何工厂中的任何条件下使用。

激光干涉仪测试步骤

在机床的典型测试期间，仪器在机器整个滑动行程的多个位置对机器实际位置和机器“设定”的位置进行比较。然后 Renishaw 软件计算修正数据，



连接 XC-80 补偿装置的传感器测量温度和气压，使测试可在任何环境条件下进行

对误差进行补偿。系统可以测量线性位置以及滑动导轨的直线度、工作台的平面度以及移动轴之间的角度差。

先进的电脑软件为操作员带来许多优点。测量循环大部分可以预先编程，操作员只需决定必要的参数。这些参数包括待测轴、待测中间位置数目以及测量次数。然后测量过程自动运行：控制系统将机器工作台移动到相关位置（例如以 50 mm 为间隔），激光干涉仪测量准确位置，测量精度达到小于 ± 0.5 ppm，然后存储数据。

评估测试

数据采集后，系统自带的评估软件对位置差进行补偿。它以图表的形式显示测量数据，可进行简单的分析。软件根据公司内部标准或国家或国际标准（例如 VDI/DGQ 3441、VDI/VDE 2617、NMTBA 和 BS4556）对测量的数据进行统计评估。曲线清楚地显示了合格公差值和误差值，从而使操作员可以

快速可靠地评估测量的数据。在许多情况下，所测得的数据可直接产生修正或维修所需的补偿值，该信息在被反馈到机器控制器后，在机械调整以前即可修正部分或全部误差。

评估软件还通过控制系统补偿减少了调整机械故障的工作。该软件以需要的数据格式自动为当前各种数控系统提供修正数据。按一下按钮即可将数据传送至补偿电脑或 CNC 控制系统的内存中，显著减少了整个测量和补偿过程所需的时间。在补偿过程之后，操作员可以开始另一个测量循环，检查补偿是否成功。

书面校准证书

通过一个简单的步骤，激光干涉仪软件即可打印输出校准证书和含有图表的测试报告，显示补偿或维修前后的机器状态。定期进行测量和测试时，内容全面的文档可以涵盖机器的完整使用记录。这意味着客户可以达到全面、透明的质量保证要求。□

• 业界动态 •

第七届中国国际制造博览会在沈阳举办

由国家商务部，国家发展改革委，中国贸促会和辽宁省政府主办，沈阳市政府、辽宁省贸促分会和沈阳振兴国际展览有限公司承办的第七届中国国际装备制造业博览会，于9月1日至9月5日在沈阳（国际）会展中心举行。

本届制博会展览面积达到60000 m²，共有来自美国、英国、法国、香港和台湾等18个国家和地区及来自北京、上海、浙江等24个省、市、自治区的554

家企业参展。参观制博会的观众达到13.2万人次。

本届制博会集中展示了国内外最先进的装备制造技术和最新研发的科技成果，进一步提高了制博会的专业化和国际化水平，充分体现了“高新技术与装备制造”这一主题。沈阳机床集团自主研发的飞阳数控系统及五轴联动加工中心是首次在制博会上展出，该产品以其完美的结构设计和高速化、复合化加工性能成为加工汽车大型模具和航空航天整体框架构建最适用的制造装备。该产品的技术达到了国际同类产品的先进水平 and 国内领先水平。美国艾默生网络能源有限公司的系列变频器采用新一代超高速专用处理芯片，能完成高速运算、优化控制、矢量控制等功能。

参加今年制博会的境外及外商投资企业不仅有美国哈斯、德国德玛吉、西门子、日本三菱等连续多年参展的国际知名企业，以及美国MAG、日本日平富山和沙迪克、德国柯尔柏斯来福临和ABA磨床等企业。（韩强）



精益生产与管理（九）：精益供应与可制造设计

Lean production and management (Part 9): Lean supply and design for manufacturability

罗振璧 罗杰 杜维 莫如虎 于学军 朱立强

一、精益供应

1. 精益供应商选择的要点

实现精益供应是成功实施精益生产与管理的要素之一，而精益供应商的选择是其中首要的管理控制措施。精益企业应该根据顾客订单中的产品，从众多的全球生产与提供供应的供应商中选取最佳的，因此，在精益供应商的选择中必须考虑：

(1) 大量生产模式下供应商的选择只考虑生产成本与货物的运输，与精益供应不同。

(2) 选择精益供应商前必须搜集详细的供应商所在地的各种潜在成本的信息与数据，以便综合计算与分析计算实际的供应总成本。必须搜集的信息与数据包括以下各个项目：

- 供应商工厂的成本，
- 运输的成本，
- 原材料和零部件的成本，
- 从原材料到最终交给顾客货物时的所有库存成本，
- 质量成本，
- 提供快速供货，特别是进行空运的成本费用，
- 产品脱销所引发的成本，
- 产品过剩所引发的成本，等。

(3) 此外，精益思考者还必须考虑以下风险成本，它们是：

- 货币及其汇率的风险成本，
- 供货国家与地区的风险成本，
- 突发事件与危机可能带来的风险成本，
- 市场风云变换可能带来的风险成本，如：近两年原材料、石油与黄金价格攀升所带来的风险成本。
- 公司的风险，等。

(4) 根据上述数据计算和预测在供应商的生产地完成顾客订单产品的总成本。

(5) 决策精益供应的选址，以应该得出以下的结论：

- 对掌握不成熟新技术和生产技术进行生产的供应商应该选在技术与研发中心或者公司的总部附近；
- 对价格与交货期敏感的产品供应商应该选在产品销售区内生产成本低廉的国家与地区，如亚洲的中国大陆、越南，北美的墨西哥，欧洲的土耳其或者东欧各国。

(6) 对价格敏感但对交货期不敏感的产品货物，其供应商应该选在全球性成本最低的国家与地区，如过去与现在的中国大陆等。但是，随着时间的推移，中国制造商正在或应该考虑拓展全球性的出口生产基地。

2. 实现精益供应企业的关键方法与工具

对于比较容易实现精益的新产品、新的加工技术、新的工厂和新的员工等新的领域和较难实施精益的现有产品、现有加工技术、现行工厂和现有劳动力等成熟领域，要实现精益都必须学习与应用成功实现精益生产改进的两种关键的方法与工具。这些工具是：

(1) 突破性改进 (Kaikeku)。它是表示精益公司间实施联合的术语。它指的是，一种保持法律与经济独立的日本公司间的合作形式，这些公司有相近的工作，如有相同的供货源与财政支持，是一个这种联合组织的成员拥有有限的存储。提出这种联合组织围绕着相同的银行与商业公司，但从原材料供应商到零售商的配送 Keiretsu 联系着。它是为了梦幻般地实现一个流程的根本性转变而进行精益的创新与改进。例如，在新建新的工厂或者新的生产线时不再实施传统的采用大量生产线及其管理模式与方法，而是进行大胆地根本性创新与改进，采用精益生产方式与管理是比对现行工厂和现有生产系统及其过程的“精益化”更容易把握与实施精益生产方式

与管理的时机。

(2) 进化/连续改进 (Kaizen)。它是日语中表示连续改进的术语，是 TPS 与 LP 和精益理念中重要的概念和要求，应该重视学习这种改进不断的实干精神，将其贯彻于 LP 实施过程。它指的是，一种对出现问题永无终结地探索、求解和忽略/消除的人为努力，与创新和大步伐的改进不同之处是它是“小步伐”的改善。

它是稳步而渐进地改造与改善一个生产流程，日复一日与年复一年地坚持不懈进行能力改进。对于我国管理界和工业界不应该再开展精益生产与管理是否是先进而可行的争论了。因为，几十年的世界众多国家、公司和新建与改造工厂和生产线的实践和研究已经充分地证明了其正确性和普适性，不要再进行无谓的时光浪费了！应该清醒地看清世界制造业与其它方制造行业精益发展的趋势，尽快跟上世界制造的步伐，应该记住：落后必然是要挨打的！同时，学习与运用精益必须本土化与系统地集成实施！

(3) 连续过程改进 (CPI)。它是英文 Continuous Process Improvement 的缩写，与 Kaizen 是同义词。CPI 的涵义是，一种没有终结的探索和忽略/消除问题根源的努力；与大步创新或改进相反，它是渐进式的“小步伐”的改进。

它与创新的结合应用是现代工业工程学提出的最新创新-改进策略。CPI 的优势是可以消除两次改进间的业绩的自然下滑（劣化），但不如创新前进快。将其与创新交替使用可避免两次创新间业绩的“自然劣化”。

(4) 精益生产与管理实施结果的评价指标体系。为了评价精益实施的结果建立了相应的评价指标体系，它们包括：

- 工作场所：从安全状况、照明、干净程度、整齐和综合 5 方面进行评价，采用 1、6、10 三级打分制。

- 准时生产：从生产过程连续性、顾客拉动的计划、模具更换与机器调整、全面生产维护 TPS 水平和总体进行三级打分评价。

- 6 σ 质量：进行 6 σ 设计、装备发现缺陷的能力、自治化/授权停机、差错保护、库存控制、闭环质量问题解决、根本性问题解决法、利用 SPC、标准化操作、进货质量控制、总体评价（三级打分）。

- 评价的三原则：鼓励正确活动，提供决策支

持和优先执行第一个原则。

- 小组授权：专制/参与式管理、组织结构层次、小组自治、小组授权、总体评价。

- 目视管理：目视管理业绩表、库存控制、WIP 控制、目视图的利用、总体评价。

- 追求完美：流程改进、实施改进、员工与办公室人员会议、不断改进、浪费概念、总体。

- 组织结构与管理方式：公司结构、补偿基数、办公室布局、领导作风、沟通、总体

- 公司服务：采购方式、采购策略、采购运行惯例、人力资源、员工培训、个人评估、产品设计、制造工艺、规划与客户服务、财务与行政、总体。

示例，运用该评价体系评估小组授权实施结果的示例：

评价因素	等级：I	II	III
分 值：	1	6	10 分
管理方式	专制式	专制/参与混合	参与式
结构层次	多层次/等级	两者之间	精益扁平
小组自治	没有引入	部分引入	小组有权停机
小组授权	没有	名义授权	小组高度自治
总体评价	传统/专制	向小组转换	全面授权
小 计			
总 计			

3. 精益供应商选择的要点

实现精益供应是成功实施精益生产与管理的要素之一，而精益供应商的选择是其中首要的管理控制措施。精益企业应该根据顾客订单中的产品，从众多的全球生产与提供供应的供应商中选取最佳的，因此，在精益供应商的选择中必须考虑：

(1) 大量生产模式下供应商的选择只考虑生产成本与货物的运输，与精益供应存在着质的不同。

(2) 就精益思考者而言，在精益供应商的选择前必须搜集详细的供应商所在地的各种潜在成本的信息与数据，以便综合计算与分析计算实际的供应总成本。这些必须搜集的信息与数据包括以下各个项目：

- 供应商工厂的成本，
- 运输的成本，
- 原材料和零部件的成本，
- 从原材料到最终交给顾客货物时的所有库存成本，
- 质量成本，
- 提供快速供货，特别是进行空运的成本费用，

- 产品脱销所引发的成本,
- 产品过剩所引发的成本, 等。

(3) 此外, 精益思考者还必须考虑以下风险成本, 它们是:

- 货币及其汇率的风险成本,
- 供货国家与地区的风险成本,
- 突发事件与危机可能带来的风险成本,
- 市场风云变换可能带来的风险成本, 如: 近两年原材料、石油与黄金价格攀升所带来的风险成本。

- 公司的风险, 等。

(4) 根据上述数据计算和预测在供应商的生产地完成顾客订单产品的总成本。

(5) 决策精益供应的选址, 以应该得出以下的结论:

- 对掌握不成熟新技术和生产技术进行生产的供应商应该选在技术与研发中心或者公司的总部附近;

- 对价格与交货期敏感的产品供应商应该选在产品销售区内生产成本低廉的国家与地区, 如亚洲的中国大陆、越南, 北美的墨西哥, 欧洲的土耳其或者东欧各国。

(6) 对价格敏感但对交货期不敏感的产品货物, 其供应商应该选在全球性成本最低的国家与地区, 如过去与现在的中国大陆等。但是, 随着时间的推移, 中国制造商正在或应该考虑拓展全球性的出口生产基地,

4. 精益生产可以建立的优势及其发展

成功实施精益生产与管理可以获取相对于大量生产方式与管理的下述提升生产效率与效益的优势:

- 压缩生产所需的空间 50%以上;
- 削减所需投资 50%以上;
- 减少废次品 90%以上;
- 减少工伤事故 90%;
- 阶段人力化费 50-75%;
- 是从订单进入到交货的周期压缩 76-90%;
- 大大缩短对顾客新需求和市场变换的响应时间, 等。

2005 年 11 月在清华大学工业工程系的举行的 CMIC 大师论坛中, 国外著名的精益大师共同认定精益生产方式与管理的发展是:

(1) 在上个世纪的 60 至 90 年代, 日本的丰田生产方式已经得到充分地发展了, 其发展涉及精益

供应商、供应链和精益批发与零售商等领域。

(2) 即使至今, 在日本丰田生产方式与管理并未被日本企业全盘接受, 而在美国精益生产方式及其管理的接受率和影响面大于日本。

(3) 实现完美无缺的精益生产与管理需要匹配的新产品开发、营销与销售部门、物料的供应链管理和客户关系管理相配合。

(4) 精益生产方式及其管理产生于上世纪 80 年代后期的美国学术界与工业界, 并迅速传入欧洲。

(5) 现在精益已经被大多数美国企业接受与应用, 并已经形成全球性的制造发展方向与模式。

(6) 在经济发展缓慢、市场不景气和已经成熟的公司与生产线推行精益生产与管理是有困难的。因为, 公司需要不断地寻找少投资与少劳动力而又能获取更多产品与业绩收益的项目。

(7) 应该从美国通用汽车公司、福特汽车公司、德尔福公司和伟世通公司吸取教训。这些教训主要包括:

- 虽然知道自己在干什么, 但是不知道如何处理剩余劳动力、员工福利保障和其它的历史包袱。

- 丰田汽车公司已经超过福特汽车公司的产量, 很快它将超过通用汽车公司的产量, 应该研究造成这种趋势的根本原因和与丰田公司竞争的对策。

- 精益生产与管理已经成为全球性最佳的制造模式和最佳的企业实践, 但是世界劳动力市场又正在提供更多的劳动力, 如何解决两者之间的矛盾?

- 在一个相对短的时期内, 中国、印度、越南、墨西哥和土耳其等已经成为全球性的制造工厂, 但是他们应该研究和处理好如何应对来自发达国家的各种压力与竞争实现双赢或者多赢的问题。

- 受到来自中、印、越等国的竞争压力, 包括美国、西欧和日本等国及其公司需要正确处理与这些快速发展制造业国家的关系, 妥善解决制造产业大军的工作问题已经成为现代世界国家关系中的重大问题。新近, 美国研究界提出, 发达国家的制造业和这些新兴国家的制造业可以和谐协调发展的研究报告, 事实上新兴国家制造业的发展并未使发达国家制造业衰退的证据。它说明只从少数传统产业的“呼声”就指责的做法是没有事实依据的。

- 中国企业在实施精益生产方式与管理时应该充分重视这些问题的研究与解决, 它们应该成为中国学术界与工业界在实施精益生产与管理时一个诚恳的提醒和警示!

5. 差错预防

所谓差错预防 (error-proofing) 指的是, 一种防止由于操作者在操作或工作中出现选错、遗漏、装反与/或装错了零部件等错误操作作业所导致质量缺陷与故障的方法, 也被称为错误预防 (mistake-proofing)、差错防止 (poka-yoke) 或者" 傻子都犯不了的错误 (baka-yoke, or fool-proofing)". 它是一种针对缺陷产品或操作失误等非正常运作采取的各种预防装置与预防。它利用防错装置确保操作或者设备运作是不会产生有不良缺陷的产品、或在出现误操作与错误运行时立即停止操作或者停止运行。常见的差错预防措施的示例有:

- 将产品的外观设计成规定的特定的形状, 以使操作者只能按照要求的正确方位进行安装或者装配, 而不能以其它不正确的方位实现。
- 在零件箱的上方加装光电逻辑控制装置, 防止操作者误取了零件, 使之只能在拿走正确零件后才能进行下一步作业与工作。
- 利用复杂的光电逻辑控制装置监视产品系统, 以保证操作者在实施装配时能够选用正确的零件组合。

同时, 预防差错也是精益生产与管理中常用的一种支持自治化 Jidoka 方式的装置或者措施。实践证明它可以保证精益企业将质量、成本与交货期协调统一, 提升精益管理的水平。

综上所述, 确切地讲, 精益技术在维护中的应用中体现了与改进维护修理相关的挑战, 利用精益维护技术获取可以生成增强设备运行稳定性及其效率和改进中间库存相互关联的组合维护。因此, 利用精益理念与其它技术的综合应用, 在推动阶段性变化的改进时可组合生成有更大价值的综合应用学科。不像单纯增强改进那样, 许多心理障碍将伴随着所有组织的阶段性精益变化。

虽然, 变化管理的专题研究中也涉及这一方面的研究论文, 但是把握下述要点将有助于推动企业阶段性业绩的改进和增强:

- 定义变化为组织战略的强制性要素;
- 在合适的地方设置一个基础结构, 它包括定义良好而能够起领导作用的负责人;
- 按照实施计划开展工作;
- 辨识库存与长途运送的必要性;
- 提供早期而容易达到成功的理念;
- 构建支持变化的联盟;

- 校正与识别支持的实施状况;
- 将变化转变成工作级的详细要求和实施程序;
- 将变化集成进管理系统中;
- 无情地遵循维护管理的规程;
- 制定赞扬成功和友善的政策与规章, 并兑现。

因此, 精益工具可以容易而有效地用来改进工作过程的维护和工厂生产的可靠性。在你的实施与准备应用精益概念时, 应该确定提供公司提升可持续竞争优势的目标, 实现公司维修工作所阶段性变化。

二、利用可制造设计技术促进精益

无论是丰田生产方式还是精益生产与管理都主要介绍如何着眼于保证产品质量的稳定性、消除不创造附加顾客价值的浪费、利用均衡化和如何利用精益流动来保证交货期等运作方面, 很少介绍如何进行精益的设计。因此, 精益生产提出的" 更容易、更高质量、更便宜与更快" 目标就难以全面实现。为了使精益产品更加容易制造装配必须利用与实施精益的设计。这种设计技术中至少应该包括: 可制造的设计 DFM 与可制造与装配的设计 DFMA、FMEA 分析、过程统计控制 SPC 与过程变异分析技术、发明求解问题理论 TIZS 与公理设计理论 ADT、约束理论 TOC 和质量功能展开 QFD 等技术与方法。

各国长期的实践证明: 运用 DFM 或 DFMA 可以消除产品制造过程中 75% 的设计缺陷与质量缺陷; SPC 与过程控制、变异分析和 FMEA 分析可以帮助消除余下 25% 的设计缺陷与质量缺陷; 系统集成地利用 QFD、TOC、TRIZ 与 ADT 和价值流分析等可以系统化的利用客观存在的设计与创新科学规律, 消除不能满足顾客需求功能与质量和不能保证交货期的产品与过程设计中的冗余, 使产品与过程的设计达到更容易制造、更高质量、更便宜与更快交货的精益目标。本节主要介绍 DFM 与 DFMA 技术, 有关 SPC 与过程变异分析、TRIZ 与 ADT 的知识与技术读者可以在作者相应的文献书籍中获得。

1. 可制造与装配的设计

DFM 与 DFMA 是从 20 世纪 50 年代开始研究与实践的设计与制造装配结合的理论与方法学。随着制造技术的进步和计算机技术的普及和如火如荼的系统集成与信息化的研究与开发, 出现了完整的现代制

造与装配的过程与实践经验知识库和计算机辅助软件,是一类已经被广泛应用和不断发展的方法学与软件-知识库系统。

DFM 的英文原文是 Design for manufacturability, design for manufacture or design for manufacturing 的英文缩写, DFMA 的英文原文是 Design for manufacturing and assembly, 有时缩写为 DFM&A。它们的英文内涵是“在高生产率下可生产性的设计 (Design for producibility at high productivity)”, 所以应该把它们译成:“在高生产率下的可制造性设计”、“在高生产率下的可制造与可装配的设计”、“可高效生产(制造)的设计”或“可高效制造与装配的设计”,也可以简称为“可制造的设计”与“可制造与装配的设计”,或“保证可制造性的设计”与“保证可制造与可装配的设计”等。

2002 年 APICS 定义可制造性设计 DFM 为,简化零部件、产品和过程,以改进产品质量与降低制造成本。同时,把可制造与可装配设计 DFMA (或 DFM&A) 定义为,一种包括从初始产品设计阶段就开始的、使制造与装配容易进行的产品开发方法。

现代制造企业管理的实践证明,企业成功的三大要素是:①.新产品的快速开发上市与按顾客市场订单快速变换产品品种与产量;②.制造系统与制造设施有适应新产品或现行产品变换的能力(快速重构的能力,又称制造系统的柔性);③.能够夺取市场竞争胜利(获得竞争优势)的商务运作及其实践。但是,大量的实践证明,新产品的快速上市与现行产品的快速变换和制造系统与实施的可变柔性经常是企业获取市场成功的关键瓶颈。同时,在不同的竞争阶段经常表现为交货期 T、质量 Q 与成本 C 的冲突与/矛盾,如何按照竞争的实际协调和统一好 T-Q-C 之间的冲突成为企业随时需要解决的问题。例如:在一种新产品刚刚面市或顾客迫切需要某种产品与服务时,在保证一定质量 Q 与合理成本 C 的前提下,交货期 T 成为矛盾的主要方面;当多数顾客抱怨产品与服务的质量(如安全性、可靠性或产品的性能质量)或生产相同产品的企业比较多时,质量 Q 成为矛盾的主要方面;在相同的产品与服务生产的企业足够多或竞争激烈时,成本 C 成为矛盾的主要方面。因此,企业应该按照市场情况的调查研究与分析灵活地处理 TQC 这一矛盾。但是,如果没有良好的可制造性设计 DFM 或可制造与装配设计 DFMA 的保证,企业是无法处理好 TQC 三者之间的

矛盾,是面对“无米之炊”的巧媳妇所难以解决的难题,就很少有夺取市场竞争胜利的可能性。

从 1750 年第一次工业革命以来的 256 年,设计与制造从统一到分离,再回到设计与制造一体化的并行工程时代。究其根源是因为现代制造的实践已经反复证明:1.设计决定了 70%~80% 的制造生产率和 70%~85% 的产品成本 (Suh, 1990); 2.设计阶段的决策与设计图纸及其技术条件/要求或设计结果对产品的质量起决定性的杠杆作用; 3.解决制造、装配与服务问题的设计开发与生产阶段越早则投资的收益率越高。所以,现代企业必须利用并行工程技术和方法学,把制造与设计密切结合,尽早解决可制造与可装配的问题,尽快尽可能好地解决 TQC 中的矛盾使 TQC 协调统一(注意,我们讲的可制造与可装配是在保证高生产率与低成本涵义下讲的!)

2. DFM 与 DFMA 是对设计与制造装配分离的传统设计技术与方法的创新

传统制造技术的三大不足是:设计与制造(装配)分离,缺乏全寿命设计的观念与方法;制造的实践缺乏对现代科学、技术和其它相关的工程学与可以从中获得创新的工程技术及方法学的了解,与它们的结合不力,创新力不强;与经济学、管理科学和其它相关的社会科学(如:心理学、行为科学、人文与社会学等)结合不力。结果是,形成设计与生产及部门之间、项目小组之间相互推委与扯皮,难以形成与发挥企业的整体优势,工作低效率和业绩频频的企业病。因此,有人主张:在企业整体的目标与战略指导与规范下,采取 PST、TRIZ、ADT、Taguchi 法、LP、与“6 σ 法”的系统集成实现全员参与和全员协同与统一的全管理;建立符合国情与企业员工实际的激励机制;在组织上采取“越过墙”的办法打破部门与组织之间的鸿沟;强调建立“以人为中心”鼓励创新与改进结合的企业文化氛围。DFM 与 DFMA 就是基于并行工程理念、对设计与制造装配分离的传统设计技术与方法的革新与改进。

3. DFM 可以压缩产品设计开发的周期

G. Boothroyd 等人利用图 1 简捷地表达 DFM 缩短产品设计与开发周期的本质。从图可知,在概念设计阶段由于增加了 DFM/DFMA 的设计要求后可能使产品的概念设计阶段的周期延长,但由于提前考虑制造与装配的要求和问题可使详细设计及其验证修改时间,以及原型制作、试验、分析与改进的时间大大压缩,从而在整体上较大地压缩了整个产品

的设计与开发周期。同时，由于把设计与制造装配结合起来就必定有利于产品的质量与过程改进和制造成本与设计开发成本的压缩。1990年L. Bauer提供的Ingersoll-Rand公司的案例足以证明在设计开发阶段实施DFM带来的利益。该公司在利用Boothroyd Devohurst公司开发的DFM软件后，产品的设计开发时间周期从2年压缩为1年。另一个案例是某制造公司的并行工程小组利用该软件后，使压缩机与冷凝器的零部件数目减少了75%，要求“快速装卡”的工件数减少了47%，装配的工序数减少了74.8%，而装配的时间减少了64.8%。因此，从设计的起始阶段就尽早利用DFM及其软件已经成为现代企业进行产品开发的必然趋势。

4. DFM 的基本原理

DFM 是一种“鲁棒”的设计方法。如何实现

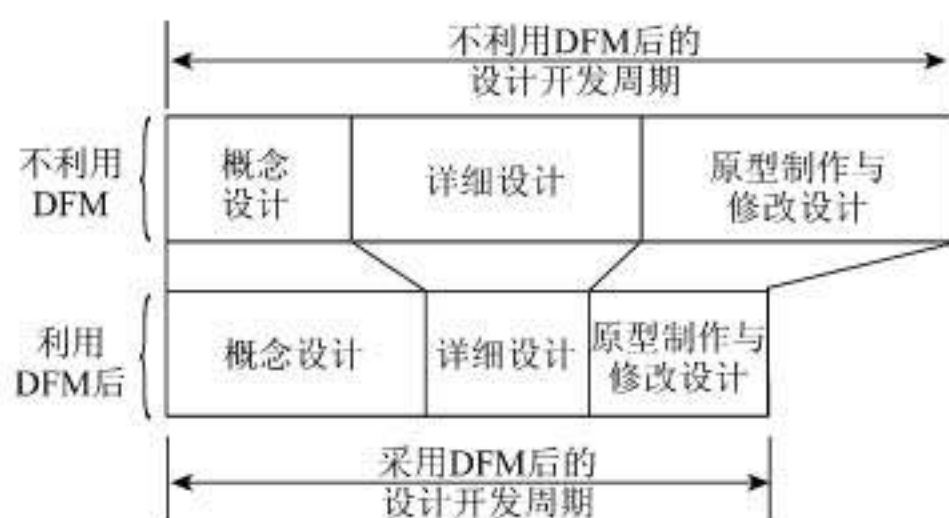


图4 利用DFM设计技术的产品设计与开发周期的影响 (Boothroyd, 1994)

DFM 是工程技术界极为重视的问题。从第二次世界大战结束以来至今，人们从以下四个方面探索DFM的解法：

- 过程前的DFM (pre-DFM)。此处所谓过程指的是制造过程。它要解决的两个问题是：在设计决策阶段(1)如何满足DFM的要求？和在零部件与整机结构设计阶段(2)如何保证DFM的设计要求？
- 过程中的DFM (in-process DFM) 在这一阶段要求解决产品制造加工与装配时(3)如何保证达到DFM的要求？
- 过程后的DFM (post-DFM)。要求解决制造过程完成后(4)如何采集信息完成设计与制造的后评估？和(5)如何将的设计评审的结果反馈对现行设计与制造进行改进？或如何进行再设计？

对上述五个问题中的第一个问题，1985年Suh做出明确地回答，这就是公理设计理论中的可制造

设计定理。第二个问题从战后开始提出与探索解决，最早的研究者是原苏联的制造工艺领域专家提出的“结构工艺性”，后美国的Boothroyd将其研究范围扩大并开发出可供企业随时查询利用的知识库为基的软件。第三、四与五个问题是以企业内部的技术的形式加以解决的，大多数是企业的内部知识与技术，不太为学术界了解。

(1) 可制造性设计定理 (The design for manufacturability theorem)

1985年Suh对“如何把设计决策与可制造性结合起来？”的回答是，关键在于进行产品及其过程的设计时，将功能要求、设计参数和过程参数的设计方程的转换矩阵构造成符合公理设计要求的对角矩阵或三角矩阵。换言之，必须保证这些设计不是耦合的设计解，否则将无法解决“实现在高生产率下的制造”的问题，其后果就必然是低生产率、低质量水平和高成本的制造。同时，Suh还告诫设计人员不要随便接受与滥用过去总结的设计规则，因为它们常常是特定条件下的局部真理，是小道理。例如，已经有一条设计规则是“使零部件的数目最少”，如果不搞清其应用的约束限制而一般化的运用它，就可能造成因为要尽力减少零部件数而使设计方案成为耦合的设计，就将为DFM的设计与实施种下“祸根”。

可制造性设计定理可表述为：为了保证产品是可制造的，产品的设计矩阵[A]和过程设计的设计矩阵[B]，及其矩阵的乘积[A][B]都应该是对角矩阵，或者至少是三角矩阵，而它们之中不能出现一个全矩阵。这一定理告诉我们，在[A]、[B]与[A][B]三个矩阵中有任何一个矩阵是全矩阵，其设计解是耦合的设计解，而设计解是不具备良好可制造性的。

按照这一设计定理，要保证设计方案是可制造的，首先就应该保证[A]、[B]与[A][B]都是对角矩阵或三角矩阵，而不能出现一个全矩阵。换言之，产品或系统的设计必须满足独立公理的要求，最少也必须保证它们从FR→DP→PV的变换矩阵不是耦合的设计矩阵。当然，如果利用广义独立公理则可放宽到确定了不可忽略的交互作用界面要求的独立性之后，可以保证已经规定的交互作用不影响可制造性。利用矩阵方程可描述如下：

$$[FR] = [A] [DP] \quad (1)$$

$$[DP] = [B] [PV] \quad (2)$$

$$[FR] = \{A\} \quad \{B\} \quad [PV] = \{C\} \quad [PV] \quad (3)$$

$$\text{式中, } \{C\} = \{A\} \quad \{B\} \quad (4)$$

$$\{A\} = A_{ij} \quad (5)$$

$$\{B\} = B_{jk} \quad (6)$$

$$\{C\} = \{A\} \quad \{B\} = C_{ik} = \sum_j \{A_{ij} B_{jk}\} \quad (7)$$

$$[FR] = \sum_i \{A_{ij}\} \quad DP = \sum_k \{C_{ik}\} \quad PV_k = \sum_j \sum_i \{A_{ij} B_{jk}\} \quad PV_k \quad (8)$$

为满足可制造性定理的要求, 如果做不到使 $\{A_{ij}\}$ 、 $\{B_{jk}\}$ 与 $\{C_{ik}\}$ 都是对角矩阵, 至少也使其为三角矩阵, 保证它们中没有一个转换矩阵是全矩阵。例: 若某个产品的设计矩阵为 $[A_{ij}]$, 而其过程设计(制造)矩阵为 $[B_{jk}]$, 因此有:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & B_{11} & +A_{12} & B_{21} & A_{11} & B_{12}+A_{12} & B_{21} \\ [C_{ik}] = \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} A_{21} & B_{11} & +A_{22} & B_{21} & A_{21} & B_{12}+A_{22} & B_{21} \end{bmatrix}$$

为保证 DFM 要求的制造生产率, 设计与制造矩阵 $[C_{ik}]$ 要满足以下 6 个条件:

条件 1 $A_{12}=B_{12}=0$

条件 2 $A_{21}=B_{21}=0$

条件 3 $A_{12}=B_{12}=A_{21}=B_{21}=0$

条件 4 $A_{11}B_{12}=-A_{12}B_{21}$

条件 5 $A_{21}B_{11}=-A_{22}B_{21}$

条件 6 $A_{11}B_{12}=-A_{12}B_{21}$, 且 $A_{21}B_{11}=-A_{22}B_{21}$

如果满足了实施条件 1 有 2, 则设计制造矩阵 $[C]$ 是退耦的设计解, 即为三角矩阵, 若能够遵三角矩阵的规定展开顺序展开, 产品是可制造的。若条件 3 被满足, 设计制造矩阵是非偶设计解, 则要求设计矩阵 $[A]$ 与过程(制造)矩阵 $[B]$ 都是非偶矩阵, 即对角矩阵。条件 4 与 5 也是通退耦来满足 DFM 的要求。条件 6 类似于条件 3, 也导致非耦设计, 与保证 DFM 的要求。Suh 认为如果不能满足上述任何一组条件, 则该设计解是耦合设计, 将无法满足 DFM 的要求。

(2) 从结构设计上保证 DFM

为保证所设计的产品是可在高生产率条件下制造与装配的, 其必要的条件是产品及其零部件的结构设计必须按照各个制造领域工序(作业)的工艺要求(包括装备、工夹具、量具与辅具的要求和装配作业的要求等)所规定的约束条件进行, 否则无法保证 DFM。

1994 年 G. Noothroyd, P. Dewhurst 与 W. Knight 在他们的著作《Produce Design for Manufacturing and Assembly》中比较全面地总结了原材料与

毛坯件的选择、制造工艺过程的选择、各种机械加工、手工与自动化装配或机器人装配、印刷电路板的制作与装配、各种电连接走线、模注、模铸、冲压、轧制、粉末金属压制及其相关的处理(如: 浸润、注入、蒸气处理、表面处理等)、模具装配与快换多领域的结构设计经验与规则知识库, 并开发了 CAD-DFMA 集成的支撑环境。

(3) 产品制造过程中的 DFM

设计制造并行的另一个领域是如何在不同的制造过程阶段把制造与设计结合起来保证 DFM 的实现。从一些先进的企业实践看, 它是成功实施 DFM 的重要部分, 否则还是无法解决过程中的问题和不断改进制造过程、真正实现 DFM 的。他们的主要经验有:

1) 转变观念。在设计与管理一体化的管理过程中, 每个阶段应该始终坚持:" 使顾客完全满意 TCS" 的信念和工作目标与业绩判据; 执行不断改进 Q-T-C 的技术、生产和管理的措施; 为确保 QTC/DFM 目标的实现, 必须建立支撑这种努力的激励机制与企业文化环境。

2) 确立正确的质量观, 重视产品与服务的质量。利用 6 σ 管理法统一整个企业所有员工的质量观念、质量要求和精确量化的业绩评价标准。同时, 建立完善的质量管理与改进体系, 如" 以 5S 为代表的基础质量管理-ISO 标准的认证/改进了的全面质量管理/6 σ 管理法-质量体系评审 QSR-快速质量问题查找与求解的质量改进 QI" 的全质量体系及其相关的质量管理程序、标准、方法和工作实施程序与标准。

3) 即时掌握信息。即时掌握顾客市场需求的变化、制造与装配技术与装备的发展、供应商与供应链的变化、质量检测与跟踪的结果、销售与顾客的反馈信息、世界科学技术的重大革新与创新、流程设计与再造、实现 DFM 的创新方法与工具等的信息、数据与情报。

4) 检出和消除各种各样的质量缺陷。特别是即时消除产品与服务中的潜在缺陷(如电路版元器件的连接可靠性), 以保证产品具有高的一次开箱合格率 FTY, 赢得顾客的满意。

5) 连续监视与控制过程能力指数和实际过程能力指数, 特别是机床设备可靠性指数。

6) 经常有目的、有意识地同同行业之冠的竞争对手进行横向对比, 不断寻找自己的差距, 不断改

进设计、制造、设计制造并行和管理的水平，不断提升 DFM 的水平和企业整体的业绩水平。

7) 重视可维护性设计和全面生产维护 TPM 技术的应用，保证企业装备与设施的完好率，减少停机带来的损失和故障的干扰。

8) 执行“以人中心”的管理，通过合理与适用的激励机制与奖励措施调动广大员工的工作积极性、工作主动性与创造性，组织适用与适时的培训、授权、考核，建立尊重人发挥团结合作精神与实干奋斗精神的企业文化。

9) 掌握过程中 DFM 的实时控制技术。例如，利用过程能力指数 C_p 、实际过程能力指数 C_{pk} 与 6σ 管理法结合可以进行实时的 DFM 决策，其决策为：

- 若 $C_p < 2.0$ ，而现场的工艺水平是国际同行领先的，则应该改进产品的设计，尽可能扩大公差带；

- 若 $C_p < 2.0$ ，而现场的工艺水平不是同行先进，则应该首先考虑改进工艺能力，提升 C_p ，或改进过

程设计，抑或在两种方法实施无效时要求设计改进，扩大公差；

- 若 $C_p \geq 2.0$ ，而 $C_{pk} < 1.5$ 时，应该首先改进相关的过程，降低其中隐含的系统误差，此时应该特别注意考查设备精度稳定性的指数，保证 $C_{mk} \geq 2.0$ ；

- 若 $C_p \geq 2.0$ ，而 $C_{pk} \geq 1.5$ 时，说明该过程是能够满足 DFM 要求的，质量是处于统计控制中的，应该继续监视过程中 C_p 与 C_{pk} 和 C_{mk} 的变化。

类似的 DFX 技术还有：保质设计 (DFQ, design for quality) 与保证服务的设计 (DFS, design for service) 及保证配置 (布置/组态) 的设计 (DFC, design for configuration)。DFQ 被定义为，一种利用质量作为测定捕捉设计应该满足的目标市场、顾客属性的标准和实际业绩指标的设计方法。DFS 是指，简化零部件与过程，以改进产品的售后服务的设计方法。□

腐蚀与磨削复合加工

Optimized eroding and grinding

要制造高质量的 PCB 刀具，腐蚀加工后必需进行磨削加工。这两种不同工艺的相结合的加工能力，可保证达到很高的质量标准。

通常，为节省时间和原材料，PCD 刀具是不经磨削的，但要分段进行腐蚀加工。如果要求达到很高的质量标准的话，需要在腐蚀加工后进行精磨，以去除腐蚀加工中在刀具刃区形成的损伤层。这道工序通常是延长刀具使用寿命，例如用于加工汽车和飞机工业中使用的复合材料。瑞士 Ewag 公司进一步改进了原有的腐蚀与磨削复合加工工艺。以其优于 0.003mm 的回转精度，这项技术已完全可以满足航天与发动机制造业的需求。

著名刀具制造商应用这种经过改进的技术，磨削时间可减少 30% 左右。与传统工艺相比，Ewag 的 Ewamatic line 的重调时间至少缩短了 30%，省去了工件在二台机床上重新装夹和调整的时间。由于用户现在只需要一台机床，从而减少了占地面积，而且只需临时备存少量几件经过腐蚀的零件（图 1）。



图 1 Ewamatic line. 配有六根主轴，以便腐蚀/磨削复合加工复杂刀具

首先，在 Ewamatic line 机床上对工件进行 14 段腐蚀加工。腐蚀加工过程要保证 PCD 刀具材料留有最佳切削余量，其对表面损坏深度约为 0.03mm。最后用 PCD 砂轮进行精磨，去掉腐蚀损坏层，使表面精度达到航空和汽车工业加工复合材料标准要求的 0.0003mm。



图 2 PCD 刀具不但需要腐蚀加工，而且需要磨削加工，以延长刀具耐用度和提高加工精度

连续检测结构声音

PCD 磨削是一种费时的加工过程。Ewag 的 Thomas Fischer (Key Account Manager) 说：“磨削过程所需时间取决于 PCD 的种类、基体材料和焊剂。另一影响因素是砂轮的进给速度。为了缩短磨削时间，Ewamatic line 机床上配备了水听器。用麦克风检测砂轮接近工件和与其接触时的声波变化并以电子脉冲形式传送到控制系统”。当砂轮达到一个临界距离时，控制系统自动降低进给速度。因此，通过连续检测结构声响，在临界区，机床可以较高的进给速度进给，直至系统发出指令。这样，就能加快空程移动速度，缩短磨削时间。

磨削时间还会受到砂轮直径和序中再生 (IPR) 的影响。采用新型 IPR 系统，直径在 150 mm 到 300mm 的砂轮都是可以再生的。若在 Ewamatic line 机床上使用更大直径的砂轮，金刚石使用量大了材料去除率会随之增大。IPR 系统能使砂轮始终保持锋利，持续获得较高的材料去除率。此外，Ewamatic line 机床也可用于磨削 CBN 砂轮，且效果很好。□

Kel-Vita CNC 万能磨床

Set up for diversity

标配玻璃尺、砂轮功率 10kW 和新一代控制系统提高了 Kellenberger 公司新型 Kel-Vita 磨床的标准。

瑞士 Kellenberger 公司以其七年的经验和成功的 Kel-Vita 机床理念，推出了一种新型磨床。开发高性价比机床的目的是满足多种多样的用户需求和长度 1000mm 以下工件的加工需要。这种新型机床适合使用直径 500 mm 以下砂轮的大功率（10 kW）磨削。由于新型砂轮架配件和工件工装的应用，该机床可以满足不同用户的需求。机床的 X 轴采用高刚度直线滚动导轨，因而具有很好的动态性能。并对圆形工件与非圆工件磨削具有积极影响。对于批量生产，用户可选用集成上料系统（图 1）。

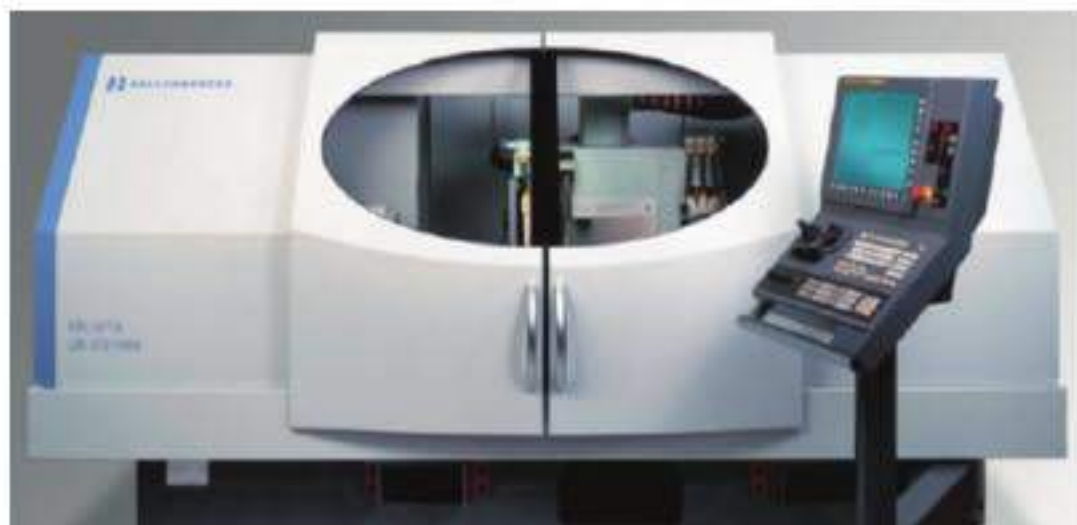


图 1 Kellenberger 公司 Kel-Vita CNC 万能磨床可加工的最长工件为 1000 mm，具有很好的加工性能和动态特性

基于 GE-Fanuc 310is-A 系统新开发的新型 CNC 装置，可以方便地进行调整、编程和工具管理。采用图形法可为 ISO 编程提供有力支持。该控制装置具有图形编程潜力，支持外圆、半径、倒棱、锥度和轮廓磨削；并具备多种用户友好特性：如详细的过程显示、跟踪控制及可转动的控制面板等（图 2）。

面向高精和高生产率

X 轴低摩擦导轨和 Z 轴抗摩滑板相结合，可使机床提供最高的精度、最佳刚度和缓冲质量。最新一代传动系统可使纵向轴的快移速度达到 20m/min，进给轴的速度达到 10m/min。机床各轴均配备绝对测量系统，因此，机床启动时不必重定基准。



图 2 基于 GE-Fanuc 310is-A 系统新开发的新型 CNC 装置，可以方便地进行调整、编程和工具管理

与机床配套的有 8 种砂轮架供用户选用，具有很好的柔性，可满足用户的特殊要求。机床外圆磨削时允许使用的最大砂轮直径为 500mm，最大线速度 63m/s，功率 10kW。对于内圆磨削，可选用皮带传动内磨或 HF 内磨主轴。新型 C 轴设计为用户提供了一种加工高精度小型不规则工件的替代方案。

设计得体的滑动门、维修门和一目了然的布线为机床维修提供了方便；大的观察窗方便操作员对整个加工过程的观察。机床护罩的设计适合从单件到大批量生产。

Kellenberger 公司的高精度、高生产率 Kel-Vita 机床部件都经过试验检测。多种现代技术的应用使 Kel-Vita 能为用户提供竞争优势、良好的经济效益及可靠生产解决方案。□

向模块化发展的铰刀

A further step towards modularity

(德) JOHN GROSSPIETSCH

新型 Dihart 铰刀将可换刀体与可转位刀片的多切削刃特点结合在一起，这种铰刀比焊接刀具更为经济，通用性更强，且不会影响加工质量。

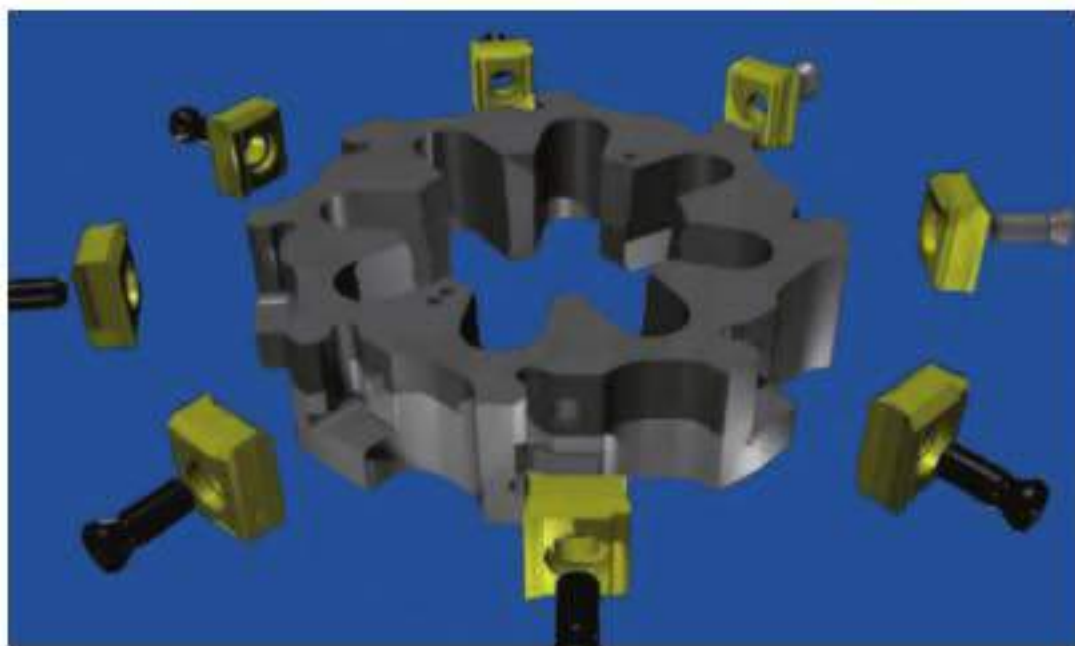


图1 采用可转位双刃刀片的 Dihart 新型铰刀

铰削工艺是将孔表面加工到极高的表面光洁度，因此，在很大程度上决定着整个工件的质量。Dihart 是 Komet 集团公司旗下子公司（Komet Dihart AG Precision Tools），也是该公司的产品商标。Dihart 新型铰刀采用了可转位的多刃刀片。焊接刀具是由用户磨削到规定尺寸，无需任何调整或首件加工后的重调，便能获得要求的精度。刀具磨损后，再由刀具制造厂商配装新刀具。这是目前普遍采用的方法，可保证用户得到极高的加工可靠性。

但是，这种刀具的翻新费用高昂，而且只能是在刀具用量很大且能连续循环的条件下才能实现。实际上，每一种铰刀都要准备一把完全相同的备用刀，以便在另一把刀拿去翻新时使用。而且，在焊接刀片时刀具会产生热应变，这就限制了刀具的翻新次数。

Komet Dihart 的可转位刀片铰削技术改变了孔最终精加工的经济性。由于新型材料和涂层在刀具方面的应用，这种刀具不但简化了刀具的制备，而且大幅度提高了生产率。迄今，可互换刀具或可自由使用刀片在铰削中的应用似乎与整体的用户磨制型刀具的优点相矛盾。利用刀体的可互换性和可转位刀片多切削刃的优点，来提高铰刀的经济性和柔性，一直是瑞士的铰削加工专家们坚定不移的目标。此

前，以其创新的 Reamax 高速铰刀，Dihart 已经向这一方向迈出了第一步，其原理是：在基本刀体上，分体式刀头可以更换。

每个刀座上的刀片都经过精磨

这种最新型的刀具已向模块化迈出了一大步。除刀头和互换性外，它还利用了刀片多切削刃的特点。这种铰刀的每片刀片有二个可用切削刃（图1）。与钻削刀具的刃相似，铰刀也是整体磨削的，即刀片装在刀具基体的各个刀座上再磨。这样，无论是在制造还是加工中，每个刀片的位置都是精确确定的。因此，在其即定刀位上，已经刃磨好的刀片可以转位，可保证在精铰过程上达到要求的精度和质量（图2）。此外，每个刀体都可能通过更换刀片重复使用。



图2 由于刀片是装在刀位上磨削的，切削刃的位置是精确确定的，在刀片在其刀座上转位后，仍能保证达到要求的加工精度和表面质量

即便刀具的翻新仍由位于 Dulliken 的 Dihart 来做，也用不着热处理。刀片的转位或更换只需手动拧一下紧固螺钉。用户只需借助于明显标注于的支座的刀片位置与姿态便可完成。基本刀体覆盖了绝大多数应用长度，可无限次重复使用。因此，刀具的制备只是重新购买刀片，已经不存在热应变的问题，也不会造成刀具精度和稳定性的变化。

质量和耐用度与焊接刀具相同

用户感兴趣的是使用可换刀片的铰刀与传统焊接、磨制刀片加工质量的对比。不出所料，经过几



图3 所有刀片和刀座都用字符标注，简化了刀具的修正对中

个月在不同领域的应用，这种刀具的应用效果良好。基中原因之一是其高度的可更换性和刀片转位精度。这种铰刀的加工质量和使用寿命与焊接刀片相同。这种刀具技术的基本收益在于其杰出的经济性。刀具不必再送出去更换刀片，这项工作可以随时进行，因而大幅度提高了刀具的有效利用率。即便所有刀片全部用光，而不得不将刀体送回厂家重新订购，所需时间也要比焊接刀具短得多。用户会因此而受益，节省了时间，降低了物流成本。此外，用户在生产循环中需要保有的刀具数量减少了，因而相应减少了投资。

实际使用经验表明，从使用此种刀具的第三阶

段开始，即用过三套刀片（每个刀片二个切削刃）后，全部刀具成本已与使用普通焊接刀具持平（图4）。此后，这两种刀具的使用成本的差距开始拉大。焊接刀具平均经三到四次翻新循环后必须更新，而可换刀片的铰刀刀体还可继续使用，所要更新的只是刀片。除了可以降低刀具成本、缩短刀具制备时间外，这项技术还具有很好的应用柔性。现代切削材料和涂层可使刀具以最短的时间与加工任务和工件材料相匹配，可以很低的成本快速调整公差和形状。

Dihart 新型铰刀的直径为 46mm 到 140mm，即有整体式的单体刀具也有可调型，以满足更高精度要求的加工需求。此外，还可提供带 Reamax TS 接口的刀具，甚至可以扩展到不同的阶梯型刀具。Dihart 为也的超精加工打开了一片新天地。

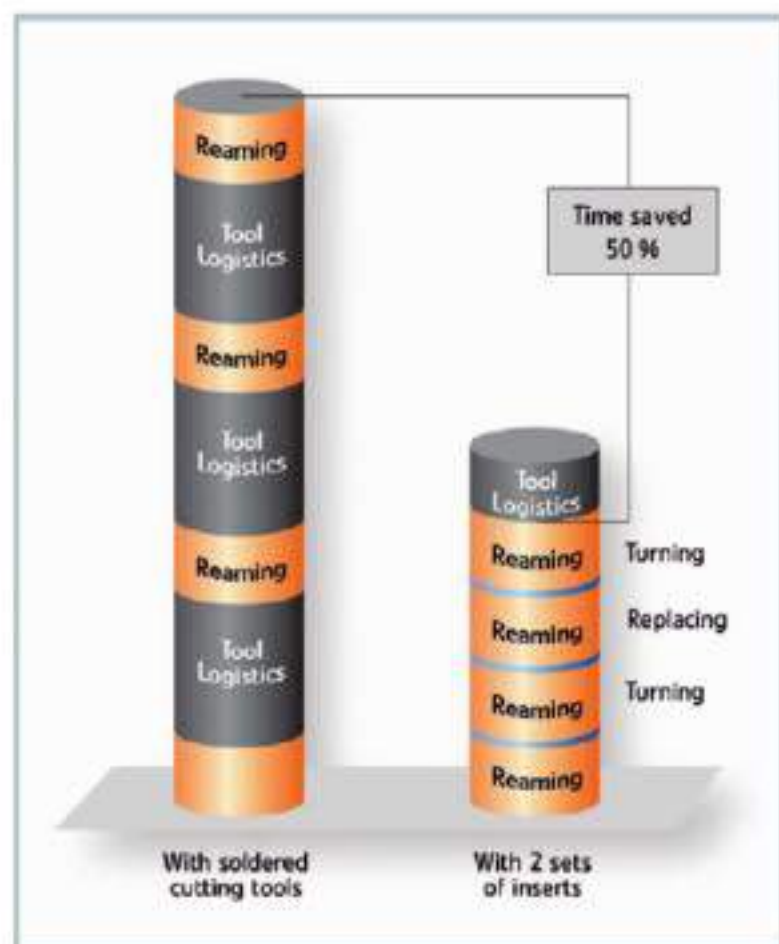


图4 只要用过三套刀片（每个刀片二个切削刃），这种铰刀的成本就与普通焊接铰刀持平了

用途广泛的五轴加工机床

Flexibility for demanding applications

巨浪 (Chiron) 公司的 FZ 12K S 五轴加工机床是一种以通用、高速、精密、经济为特点的高柔性、高效能五轴加工中心。该机床还具有达到专业水准的车削功能。



图 1 高性能：FZ 12K S 五轴加工中心 X (550 mm)、Y (400 mm)、Z (360 mm) 轴最大运动速度可达 75 m/min

德国巨浪 (Chiron) 公司用其 FZ 12K S 新型五轴加工机床充分展示了高性能加工中心的特点，它可以很短的时间完成零件的全部加工，从而为用户节省了时间。该机床结构紧凑，在手表、医疗设备、模具及精密工程工业中的应用证明：该机床具有很好的柔性且用户易于使用。

高加速度和快移速度

该机床可配置不同转速的主轴供用户选用：15000r/min (标配)，24,000r/min, 30,000r/min 和 40,000r/min。同步电机驱动的主轴可以精确调整，以获得最佳动态性能 (24,000 r/min 主轴从启动到最高速度时间仅为 0.6 s)。冷却液通过主轴供给，最大压力为 70 bar。机床标配 48 把刀的刀库，也可选用 64 HSK A50 (DIN 69893) 刀库，若需要更大的后备刀库 (在不影响加工时间的条件下)，可选 161 位或 240 位刀库。刀库是集成电路到机床床身上的，这样可以防止冷却液、油和切屑的影响，换刀时间 (切屑到切屑) 为 1.9 s。

FZ 12K S 机床五个坐标轴的最高速度：X (550 mm)/Y (400 mm)/Z (360 mm) 最大速度为 75 m/min；二个圆工作台的回转轴中的第四轴由预应力无背隙齿轮系传动，回转范围 $\pm 120^\circ$ 最高转速 50 r/min；第五

轴 (直径 250 mm 工作台面，最大夹紧力可达 1000 Nm)，用力矩电机直接驱动，最高转速可达 1000 r/min (选装)。采用这种配置，该加工中心还可用于车削作业。机床配有一个 16 芯液压/气动接口，以为工件夹持系统提供动力。此外，机床还配置了包括二个工件装夹工位的布局选项，以使用户选择不同类型工件的最佳定位方案。工作台的最大承重能力为 320 kg。上工作台左右摆动桥上配有网状孔系，按 M16 $\times$ 直径 15 H7 $\times$ 50 mm 排列。



图 2 宜人化：由于采用大型侧视窗和回转操控台，机床操作员对一切情况都能一目了然

为实现高精度，Chiron 采用了经过动态和热态优化的矿物铸件，机床各轴采用直接数字驱动和精密位移与角度定位测量系统，以实现精确定位。回转轴的定位精度达 ± 5 弧秒。

精心设计的工作护罩

机床工作护罩采用不锈钢包层钢板制造，不但具有良好的动态性能与机床相适应，而且能使切屑自由落下。宽开滑动门便于接近主轴、二坐标圆形回转工作台和工件装夹设备。大的观察窗口配合可回转的控制台，保证机床调整和操作人员能清晰地观察到整个工作区的工作情况。

机床可配多种选装设备，如排屑装置、冷却液处理系统、刀具寿命监控、Chiron 激光控制、测头、真空抽吸和过滤系统等，以及多种自动化设备，如电控门、机器人接口、工件更换装置和工件托盘。□