

论坛 FORUM

- 19 加快产品结构调整,打造自主创新体系
- 21 坚持技术创新加快的产品结构调整,促进产业技术升级

专题报道 SPECIAL REPORT

- 26 提高按时交货履约率

展览会信息 EXHIBITION

- 29 金陵展风采,春燕报喜来
- 33 各路诸侯竞龙门
- 38 透过 CCMT2010 中国数控机床展览会看我国激光加工机的发展趋势
- 41 第6届中国数控机床展览会(CCMT2010)国产数控系统展品综述

产销市场 Production & Marketing

- 50 2010年1-5月机床工具行业运行情况分析
- 53 近年世界加工中心产销情况

经贸要闻 Economic & Trade Focus

- 57 Chinese government departments implement new FDI policy
中国政府部门开始落实外资新政
- 58 PMI of manufacturing sector keeps at above 50% for 14 months running
中国制造业PMI持续14个月50%以上
- 59 Proposals of SAIC on doing a better work in serving foreign-invested enterprises
国家工商总局关于进一步做好服务外商投资企业发展工作的若干意见

相关产业 Correlative Industries

- 64 汽车工业中的激光焊接技术

企业风云 Enterprise Features

- 69 Hexagon 推出全球首款电池驱动式 IP54 防护标准的绝对激光跟踪仪
- 70 挑战、突破、冲刺

精品推介 HIGH QUALITY PRODUCTS

- 72 中国数控机床展览会(CCMT2010)“春燕奖”获奖机床(二)

产品与技术 Products & Technology

- 78 润滑和污染对轴承寿命的影响
- 84 压铸模具浇排系统的研究
- 87 U2000型不落轮车床常见故障分析
- 89 粉末冶金零件的削加工
- 92 硬质合金立铣刀与模具预硬化模组的加工
- 94 发展可重构的机床值得重视
- 97 一种采用珠盘定位的分度装置
- 102 数控车削多头螺纹(或蜗杆)的精度控制方法

业界动态 Trends

- 20 宏观调控面临的“两难”问题增多
- 25 全国再制造技术与经验交流会在北京召开
- 28 西门子数控系统荣耀50周年活动
- 37 张志刚董事长被聘为泉城首批“名家带学”导师
- 49 张志刚同志接任中国机床工具工业协会理事长
- 56 重庆机床集团再次折桂重庆市科技进步一等奖
- 63 海德汉倾力支持全国数控技能大赛
- 71 全国人大副委员长、中国机械工程学会理事长路甬祥到济二考察指导工作
- 83 第十一届李嘉国际机械展圆满谢幕
- 86 铁姆肯湘潭合资厂交付首批产品
- 91 GIANCARLO LOSMA 当选 UCIMU 2010-2011 年度主席
- 96 汉川机床集团大型数控机床制造基地首台产品“下线”
- 101 MAG在上海同济大学创立生产技术基金

欧洲生产工程 EPE

- 106 扩大了加工范围的重型车床
Lathes for heavy-duty machining pushing out the boundaries
 - 107 品牌刀具缩短了加工周期
A powerful brand
-
- 104 广告客户索引

加快产品结构调整 打造自主创新体系

沈阳机床（集团）有限责任公司董事长、总经理 关锡友



2009年，面对全球金融危机的影响，在中央一系列正确的方针政策指导下，机床行业各企业坚定信心，顽强拼搏，共克时艰，积极应对，有效地抑制了产销的下滑，取得了令世界瞩目的成就，保持了增长态势。在第六届中国数控机床展即将开幕之际，我想就国内机床行业未来发展谈一点个人的想法。

一、金融危机以来的主要变化

受金融危机的影响，全球机床行业普遍下降：从机床产值看，09年世界机床产值554.9亿美元，比2008年（816.0亿美元）陡降32%。尤其是欧美日等传统机床强国纷纷出现大幅下滑，其中日本下降54%，德国下降33%，意大利下降33%，韩国下降39%。从市场消费看，2009年世界机床总消费512.1亿美元，同比下降33%。其中日本下降57%，美国下降51%，德国下降44%，意大利下降48%，韩国下降32%。与此形成较大反差的是中国表现非常抢眼，成为全球最大的亮点。

- 1、2009年，中国成为世界第五汽车产销国；
- 2、2009年，中国成为世界第一大机床产销国；
- 3、2009年，中国连续8年成为世界第一大机床消费国和进口国；
- 4、2009年，沈阳机床实现经济规模120亿元，排名世界前五位。

这些变化标志中国工业的发展已经步入新的时代。

二、全球机床行业带来的启示

1、国内市场国际化竞争加剧

由于中、低档数控机床市场萎缩和生产能力过剩，加之国外产品低价涌入，市场竞争将进一步加剧。而高档产品由于长期以来一直依赖进口，国内产品更加面临着国际化竞争的严峻挑战。

2、以技术领先的策略正在向以客户为中心的策略转变

经济危机往往会催生大规模的产业升级和企业转型，机床工具行业实现制造业服务化，核心在于要以客户为中心，积极提供客户需要的个性化服务。因此，从简单的卖产品转向提供整体解决方案、从以技术为中心向以客户为中心转变成成为当今的趋势。

3、我们的产品与中国市场需求反差较大，产品结构亟待快速调整

我国机床行业虽然保持多年持续快速发展，但是产业和产品结构不合理的现象依然存在，整体行业大而不强，高档产品还大量进口。目前国产机床的国内市场占有率虽然已经有一定的提高，但是高档数控机床、核心功能部件在国内市场占有率还很低，全行业替代进口的潜力非常巨大。

4、企业的技术获得遇到新的封锁，建立自主的、新型的、战略性的产学研创新模式是支撑产品结构调整技术来源的唯一途径

由于中国的地位、工业化水平及品牌影响力在逐步提升，要成为工业强国，其技术的获得再也不能依赖于别人。过去我们走了一条从模仿到引进的道路，从现在开始必须走自主创新的道路。由于中国工业化的发展和市场需求，一定会催生出一个强大的机床行业，而在这一过程中由于国际化竞争加剧，中国机床行业的发展会遇到新的技术封锁。因此，中国机床行业要想从大变强，唯一的途径是自主创新，从世界发展的惯例看，没有任何一个强大国家的技术依赖于别人。因此我认为，面对未来中国要想成为世界工业强国，建立自主的、新型的、战略性的产学研创新模式是支撑产品结构调整技术来源的唯一途径。

三、加快以自主技术为主导的产品结构调整

沈阳机床从2002年开始走以我为主的自主创新

道路，从2010年起，用三年的时间进行产品结构革命化的调整。

1、快速推进产品结构调整。对原有的批量型产品进行升级换代，通过功能和性能的优化、完善、改进，打造新镗床、新CAK、新HTC、新立加和新卧加等新品，并快速形成产业规模。同时，面向汽车、能源、交通运输、国防军工等重点行业，开发高档数控机床产品，并快速提升产业化规模。

2、针对产品结构调整搞改造，上规模，上水平，三年内淘汰普通机床。加快完成重大型数控机床制造基地建设；利用中小型普通机床淘汰转移，增加中高档数控机床产能；实现功能部件产业规模。

3、围绕产品结构调整，全面提升生产与制造技术水平。大力推行精益生产方式，用新技术、新工艺、新材料提高产品质量，建立新型供应链体系，开展协同设计、协同攻关，增强市场竞争力。

四、打造以我为主的社会化创新体系

目前，沈阳机床集团已承接国家重大科技专项23项。其中主持五轴联动精密卧式加工中心、带AB轴的高速五轴联动加工中心等专项9项，参与高速、重载、精密滚珠丝杠及直线导轨等专项14项。

下一步我们将以国家重大专项实施为契机，进一步加强内部研发体系建设，加速数控机床产业创新联盟建设，加速国家重点实验室建设；加大研发投入，扩大研发人员队伍；收购国外科技型企业，提高国际化研发水平。从而建立起以我为主体、产学研结合、开放式的社会化创新体系。

五、推进企业向以客户为中心的整体转型

过去，我们企业内部的组织大多是基于以我为中心而安排的，往往是方便了自己，麻烦了客户，从现在开始这种现状必须改变。包括企业的组织、制度和经营模式都要向以客户为中心进行转型。组织转型，即随着客户的需求，内部组织不断地变革，以是否有利于客户和为客户提供更便捷服务为最高准则；制度转型，即打破传统的自上而下、按职能划分的组织架构模式，从正金字塔型组织架构转变为倒金字塔型组织架构；经营转型，即建设以企业为主，协同开发、协同制造的战略伙伴同盟。从单纯的产品经营，向产品、技术、品牌、服务一体化经营转变，向为客户提供完整的解决方案转变，向成为行业的切削专家转变。

六、加速构建全球营销与服务体系

构建以集销售、服务、维修、备品备件于一体的机床“4S”店为载体的全球性销售与服务网络，实现营销与服务的属地与管理，全面提升沈阳机床品牌的认知度与影响力，实现从产品销售向品牌经营跨越，全力打造自主品牌。

我坚信，在协同的领导下，经大家的不懈努力，中国的机床产业一定会抓住新的机遇，实现工业强国的战略目标，我们沈阳机床集团勇于承担这一民族责任，并竭尽全力的为实现这一目标做出应有的贡献。

● 业界动态 ●

宏观调控面临的“两难”问题增多

6月底温家宝总理在经济形势座谈会上，对整个经济形势做了一个判断，做了一个分析。这个判断总理的表述是这样的：目前，我们国家宏观调控面临的“两难”问题增多。

根据经济学家的梳理，当前中国经济面临六大“两难”问题：人民币升值若过快，会面临出口恶化，就业困难，不升值又会面临巨大的国际压力；既要增强出口对经济的拉动，也不能再走过去一味扩大出口的老路；要提高劳动者的收入，

但相应的企业成本也会增加；房地产调控不可半途而废，但房地产大萎缩也对经济不利；节能减排要上调资源价格，但当前物价需要控制；宏观政策退得过早，有二次探底的风险，退得太晚又会加大通胀压力。

国家信息中心经济预测部副主任祝宝良分析说，中国经济正处在一个由政策支撑的回升向市场驱动的可持续增长的交替过程中，这段交替期非常关键。

坚持技术创新 加快产品结构调整 促进产业技术升级

武汉重型机床集团有限公司董事长、党委书记 黄 照



当前，受世界金融危机大环境的影响，我国经济出现了由高速发展走向逐步趋缓的态势，各个行业均受到了很大影响，国内机床行业也无可避免地受到了较大冲击，重型机床制造企业也或多或少地受到了不同程度的影响，只是相对中小型机床产品，

重型机床受其影响则相对较小，主要还是产品与市场所决定的，这是我国机床企业受金融危机影响程度不同的主要原因。

面对金融危机，企业必须积极调整产品结构，不断提高产品技术水平，满足市场需要，这是决定企业生存发展的关键。重型机床行业之所以在此次金融危机中，仍能保持一定的增长幅度，其原因一方面是受到国家产业政策拉动以及宏观经济调控的积极影响，另一方面也有企业积极调整产品结构、坚持自主创新不断发展的内在因素，这也是企业可持续发展的重要原因。由于重型机床行业企业长期坚持技术创新，加大技术改造投资力度，加快产品结构调整，促进产业技术升级，抓住市场先机，不断提高产品技术水平和企业核心竞争力，为增强企业市场竞争力提供了重要技术支撑，这是重型机床行业先于其它行业厂家快速发展、平稳渡过金融危机的关键所在。

重型机床是制造业的工作母机，重型机床行业担负着向各重点行业领域提供基础装备的重任，为国民经济建设和国防建设做出了重要贡献。重型机床产品服务的对象和应用领域决定了产品的技术价值，充分体现了在国民经济和国防建设中的重要战略地位。企业要保持长期可持续发展，向市场提供高技术水平的产品，必须具备较强的自主创新能力。

再者，技术创新为结构调整提供了重要技术支撑，因此结构调整必须与技术创新有机结合，才能实现调整产品结构、促进产业技术升级的目标。

武重在调整产品结构、促进产业技术升级方面为行业的发展做出了重要贡献，产生了积极影响，也获得了企业持续发展的良好效果。主要体现在如下几个方面：

一、加快产品结构调整 不断优化产品结构

武重的技术创新，以市场需求定位，实施发展中高档数控重型机床产品占领市场的产品发展战略，加快产品结构调整，以高技术含量的产品作为市场主打产品，在激烈的市场竞争中寻求立足之本。从建厂至今，武重的产品结构调整历经了三个发展阶段：第一阶段是由普通型向数控型升级，主要是以产品技术升级为目标，其完成时间是上世界的80年代初期；第二阶段是向柔性加工技术升级，以扩大工艺性能为发展目标，其实现时间为上个世纪的90年代；第三阶段是向复合加工技术升级，以技术为工艺性能复合为目标，是从上个世纪90年代开期至现在。

第一阶段：实现由普通型向数控型升级

上世纪80年代初，武重就率先进行了产品结构调整，实施产品数控化升级发展战略，制定了数控机床品种、上水平、上档次的产品技术发展规划。1984年研制出我国第一台4米数控双柱立车——该设备是我国重型机床中唯一获得国家质量金奖的产品，实现了我国重型数控机床“零”的突破，开创了我国重型机床由普通型向数控型产品技术升级的新纪元。1986年，武重又与德国希斯公司进行FB260型数控落地镗床的合作生产，使产品的数控化范围进一步扩大。至此，武重在数控机床技术的引进、吸

收、消化方面取得了成功。

随后,武重相继研制成功我国第一台2m数控龙门镗铣床、 $\varnothing 130\text{mm}$ 数控卧式镗铣条、 $\varnothing 260\text{mm}$ 数控落地铣镗床。至80年代末期,武重主导产品已基本实现数控化,数控单柱和双柱立式车床、数控卧式镗铣床、数控落地式铣镗床等产品实现了系列化,在行业内率先淘汰了全部普通型产品,标志着我国重型机床已进入数控化时代。

80年代末90年代初,武重率先研制成功我国第一台16m超重型数控单柱移动立式车床,该产品的研制成功具有划时代的影响,被评为当年中国十大科技成果之首。该机床有4个指标代表了立式车床的先进水平:加工16m的外圆直径、过中心距离10m、8m工作台和550t承重。当时这台机床的这4项指标在国内是最高的。世界上只有2~3个厂家能生产这种超重型产品,业内专家的评价是:“它标志着我国重型机床产品已进入世界第一方阵”。

而今,武重在制的加工直径28m的大立车又打破了此记录,四项指标均为世界当今之最。随着产品结构的优化,产品技术再上新台阶,使得超重数控立车和超重型卧式车床系列化进一步完善,成为促进产业技术升级的标志性产品,武重极限制造的典范。

第二阶段:向柔性化制造方向发展

重型机床的工艺特点是加工工序单一,辅助时间长、加工周期也长,这决定了产品结构调整是重型机床今后发展的必然趋势,相应地,改变现有结构与性能,扩大工艺范围及工艺适应性,以柔性加工取代传统加工方式,提高加工效率,成为重型机床发展的必然方向。

国外早在上世纪80年代就普遍开发了重型柔性加工单元,以满足工艺技术要求 and 最大限度的挖掘工艺潜力。武重在上世纪九十年代开始研究柔性加工单元,并将其作为产品结构调整的重点,以提高产品技术性能和扩大工艺性能为目标,同时进一步优化产品结构,提高产品技术水平。其中,研发成功我国第一台镗杆直径 $\varnothing 130\text{mm}$ 重型数控卧式加工中心和柔性卧式加工单元,以及立式柔性加工单元,实现了重型机床产品向柔性化的技术升级。

第三阶段:向高速高精复合化方向发展

21世纪是我国重型机床技术水平提升最快的时期,产品技术更趋成熟,与国外差距进一步缩小,品种市场满足度越来越高,产品发展已转向以高速、

高精、高效、大功率、复合加工为主的发展方向,研制成功一批具有当代国际先进水平的高档复合加工机床。

技术创新和产品技术升级步伐的加快,为企业取得了丰厚的技术成果。武重逐渐意识到,产品结构调整是促进产品技术升级的助推器,由此结合自身实际搭建了独具特色的技术创新平台。

在研制成功我国第一台16m数控单柱移动立式车床这种代表性超重型机床产品的基础上,武重加快超重型机床产品研发制造,至今已生产了10多台同类型超重型机床产品,如研制出的18m、20m等超重型单柱移动数控立式铣车床、 $5\times 38\text{m}$ 、 $5\times 42\text{m}$ 和 $6.8\times 57\text{m}$ 超重型数控龙门镗铣床等。这些由武重制造的多台大规格超级“航母”,具有大功率、满负荷、高效率加工的特点,满足了发电设备、铁路、钢铁等大型制造企业加工特大、超重零件的需要,其结构型式即使在国外也不多见,显示出了武重自主创新的宏伟气概。武重还承担完成了国家“863计划”项目CKX5680型七轴五联动数控重型车铣复合加工机床,该机床国产化首台重型高档数控复合加工机床,为我国船舶工业加工大型船用螺旋桨,打破国外技术封锁,替代进口,提高国防战斗力做出了贡献。研制成功的CKX5368x95/160型专和数控单柱移动立式车铣复合机床是国内首台大型核电加工机床,为实现核电装机国产化零的突破奠定了基础。

值得一提的是,武重为世界瞩目的三峡工程项目提供了加工水轮机的关键设备——CKX53160型数控单柱移动立式铣车床,其技术要求之高,制造难度之大,创我国超重型机床之最。该机床仅零件就有2000余件,自重近700吨,是国内机床重量之最。该产品荣获2005年国家科技进步二等奖,中国机械工业技术进步一等奖,是当年国内机床行业获得的最高奖励。

二、坚持技术创新 加快创新能力建设

武重是国家级企业技术中心,是国内重型机床的研发基地,作为我国重型机床行业的排头兵,我们注重将企业的创新能力建设列入企业长期发展战略规划,在技术创新的体系建设、制度建设、平台建设、环境建设以及人才队伍建设等方面投入了很多精力和努力,作为国家认定的企业技术中心,武重技术中心每年都会获得销售收入的5%作为资金支

持。为实现技术创新,我们将创新能力建设与制度、管理、机制相结合,建立起一套完善的技术创新体系,走出了一条自主创新与技术引进相结合,即“消化—吸收—再创新”的道路,打造了以企业为主体、自主研发与产学研相结合的技术创新平台,通过建立以国家重大攻关项目为依托的技术创新模式,企业的技术创新步入了高起点、高标准、高水平发展轨道。为实现可持续发展,创建创新型企业,公司不断加大技术创新的投入,加强创新能力建设,技术创新的环境与条件得到明显改善,我们主要做了如下方面的工作:

1、构建创新体系与机制

为完善技术创新体系,加强技术指导,公司成立了技术委员会和专家委员会,由技术中心负责公司的技术管理和协调工作。技术中心下设6个专业化研究所,分别是:立车研究所、镗床研究所、铣床研究所、卧车研究所、工艺研究所和锻冶研究所。为规避产品开发的技术风险,特别组建了由资深老专家和高级技术专家组成的专家技术评审委员会,通过对每一台新开发的产品技术方案进行可行性及风险分析评估,以此避免新产品开发可能带来的技术风险和经济损失。

1) 树立全新创新理念 建立创新机制

国内机床设计结构基本上是跟在别人后面克隆,新技术采用的不多,有的甚至还照搬国外早已淘汰的技术,致使国产机床水平落后,因此,设计理念的转变对提高机床技术水平起着至关重要的作用。一直以来,作为我国能源、交通、冶金、机械、铁路、航天航空、军工等重要行业的装备制造基地,我们始终坚持自主创新与技术引起相结合的技术发展路线。当前,武重的重型机床产品全部实现数控化。其中,CKX53200型20m超重型数控单柱移动立式铣车床、CXK5680型工作台8m七轴五联动数控重型车铣复合加工机床等产品代表了国家水平,填补了多项国内空白,大部分产品达到国际90年代水平。超重型数控立式车床、超重型卧式车床、超重型数控龙门移动镗铣床达到当代国际先进水平。“武重牌”数控立车产品是国家质监局授予的国家免检产品。目前,已完成主导产品高档复合化技术升级,尤其是超重型机床全部实现了复合化加工,武重技术创新、极限制造均处行业的前列。

技术创新的关键是如何将各种创新资源和技术要素进行合理整合与有效利用,充分发挥各种技术

资源优势,调动全体员工的主创性,这是有效实现自主创新目标的根本途径。为此,公司为技术创新建立了灵活的激励创新机制——即以项目为依托,实施项目研发负责制,以合同项目金额提成作为奖励经费,将技术人员与项目利润挂钩,既有有偿奖励,又受合同项目赢利约束,利益风险同担,能够较好地发挥工程技术人员的积极性和主动性。

2) 培养创新人才队伍 灌输全员创新理念

创新不单纯是工程技术人员的事,企业全体员工才是真正的创新主体。为加强技术人才队伍建设,武重注重更新创新观念,强调树立全员创新理念——那就是每个员工、每个岗位都需要创新,调动公司每一位员工的积极性,让所有员工都来参与创新。为此,我们积极从两方面入手,一方面积极营造“尊重知识、尊重人才、努力上进”的良好氛围,加大后备人才的培养,强化岗前培训与在职知识更新,使技术创新保持充足的人才资源储备。并建立起了公司的技术设计研究平台、工艺创新平台和故障分析平台;另一方面为培养造就一批高素质人才队伍,不断招聘各类技术人才,充实技术人才队伍、技术标准队伍和技术情报队伍,形成了技术创新的人才链。现在,公司共有各类工程技术人员330人,其中,国家及省、市级专家17人、正高级工程师14人、高级工程师73人、工程师103人,首席技师、高级技师和高级技工300余人,各专业化研究所都有自己的学术带头人,为企业的可持续发展提供了有力的人才保障。

2、打造产学研技术创新平台

加强与院校、院所的联合创新,充分发挥院校科研优势,有效利用各方技术资源,将科研成果与产品开发设计紧密结合,积极打造产学研技术创新平台,这是技术创新的有效途径。武重先后与湖南大学、华中科技大学等所院校签署了校企战略合作协议,与院校开展全方位的技术合作及基础共性技术项目的课题研究,取得了丰硕成果。

1) 打造工业和信息化融合平台和数字化技术创新平台

装备制造业要实现现代制造,就必须利用信息化手段改变传统的生产管理模式。目前,武重正在启动将现代信息技术融入现代装备制造之中,将现代化的高档数控机床与信息技术紧密结合起来,加快流程再造,为实现重型机床的先进制造、远程控制、数据处理等创造条件,力图打造技术自主化、

设备柔性化、制造集约化、服务网络化的“两化”融合的现代制造企业。今年初，武重搬迁改造项目已经基本完成，投资4600万元的企业信息化建设工程也已同步实施完成，通过信息化建设项目的运行，在武重新厂区打造全新的集产品、技术、生产、销售、财务、管理、物流于一体的企业现代化信息管理系统，为企业全面实施现代化管理提供强有力的技术支持。

针对重型机床产品的设计开发，武重专门建立了数字化设计集成平台，以保障信息资源共享和产品数据安全性，实现重型机床产品生命周期的有效管理与控制。并为SCM、ERP的实施提供有效的集成接口，为技术创新创建高标准数字化设计平台，实现数字化设计打下了坚实基础。

2) 加强基础共性技术研究 创建国家级重点工程研究中心

当代重型机床的技术发展非常快，集高速、高效、高精、复合化、环保节能、智能化于一体，具有技术复杂、制造工艺难度大等特点。针对影响重型机床技术发展的关键技术难题，我们必须加强重型机床基础共性技术的研究，以此提高国产机床的技术性能和可靠性。因此，武重正积极准备申报创建国家重点工程研究实验室，围绕重型机床共性关键技术开展研究，真正掌握具有自主知识产权的核心技术，进一步增强企业核心竞争力。现在，此项工作正在积极筹备之中。

3) 申报博士后工作站 建立博士后产业化基地

为加快高层次技术人才的培养，武重正在加快申报企业博士后工作站。以重型机床基础共性技术研究为主攻方向，与相关大学进行产学研联合办学，共同组建博士后工作站，为企业产品研发提供技术及人才支撑。同时，2009年武重已获得湖北省人事厅的批准，建立了博士后产业基地，企业以项目为依托，通过技术攻关将实现技术创新成果产业化，为重型机床产品全面升级提供着技术保障。

4) 依托国家重大项目 加快首台套产品研发

武重一直致力于走自主研发、极限制造、民族品牌的道路，自主研发的多种产品不仅成为代表行业水平的标志性产品，而且有多台是我国“首台套”重大装备。企业以重大项目为依托，打造首台（套）技术创新平台，不断优化产品结构，结构调整，始终遵循“以发展中高档数控机床为主，坚持研发一代，储备一代，生产一代”的产品研发原则。产品

研发不断向更高档次、更高水平发展，现在每年都有多台以上为国家重大项目配套的重型、超重型机床首台套产品在用户投产使用。2009年2月底，武重与天津赛瑞机器设备有限公司签订的合同中，涉及的四台机床均属国内“首台套”，如规格位列世界第一的加工直径达28m的数控立式铣车床和镗轴直径达320mm的落地铣镗床，还有国内第一的龙门宽10m的数控龙门镗铣床和可承重500t的5m数控超重型卧车。在一次次挑战极限制造的过程中，武重赢得了市场，更充分展现了“国家队”的风采。

5) 加快消化吸收再创新

积极引进国外先进技术，与世界著名的德国希斯（Schiess）公司合作生产数控落地铣镗床；并引进了该公司DL系列超重型数控卧式车床的技术，生产了该系列中最大规格的加工直径达 $\varnothing 4000\text{mm}$ 、加工长度15000mm的超重型数控卧式车床以及其它规格的产品。通过合作生产及技术引进，经过消化、吸收、再创新，加快了自身产品技术的提高，完善了产品系列，加速了超重型数控机床国产化的进程。

三、提升产品水平档次 促进产业技术升级

武重开创了我国数控重型机床技术升级之先河，尤其是重型机床基础共性技术的研究始终走在行业的前列，在重型机床行业数控型产品上树立了标杆，为行业企业提供了重要的技术借鉴与参考。

由于武重坚持技术创新，带动了整个行业的技术进步，提高了重型机床产品水平，进一步缩小了与国外先进技术水平的差距。上世纪80年代，国内重型机床厂家先后开始研发数控型产品，数控重型机床产品如雨后春笋般地推出，标志着我国重型机床行业全面进入了数控化时代，掀起了产业结构调整和产品技术升级的高潮，推动了数控重型机床产业的快速发展，替代进口，提升装备制造业水平等方面做出了重要贡献。

目前，国产重型机床与国外的差距主要体现在产品的质量与可靠性等方面，具备与国外先进产品竞争的能力，特别是重型、超重型立式车床和卧式车床已完全能满足市场需要，产品技术水平达到当代国际先进水平，其中，超重型数控立车已处国际领先水平，国内市场占有率达95%以上，基本挡住了进口；超重型卧式车床已进入国际先进行列，市场

占有率达到90%。重型机床是我国机床行业中具有较强国际部分力的行业之一，也是产业升级最快、与国外差距相对较小的行业。

2006年，国家发展和改革委员会为表彰武重多年来为国家做出的重要贡献，授予武重“在振兴装备制造业工作中做出重要贡献”的荣誉称号，也是全国机床行业3家获奖企业之一；重型数控镗铣床系列产品荣获中国名牌称号；“武重”牌机床被商务部授予“最具市场竞争力品牌”称号；武重技术中心被国家认定为国家级企业技术中心。

结构调整使武重铸就了众多辉煌，探索出了一条产品结构调整与自主技术创新同步发展的新途径，产品结构调整与技术创新不仅提升了产品技术水平，增强了核心竞争力，还提高了企业的经济效益，也为企业赢得了诸多荣誉。

武重在超重型机床研发制造方面正在创造新的纪录，续写新的辉煌，以超重型机床产品再造极限制造新的平台，超重型极限制造成为结构调整新的目标，向极限制造的高难点攻关，即将取得新的更大突破。

1、正在研制我国第一台为满足超大型远洋舰船舵轴加工的超重型卧式镗车床基础上，研发制造世界第一台超重型卧式镗铣车床，最大加工直径5m，最大加工长度24m，最大承重达500t，该机是集镗铣床于一体的复合加工机床。

2、研制中心的CKX53280型28m单柱移动式数控超重型立式铣车床，最大加工直径28m、过中心最大加工直径达14m、最大加工高度13m、最大承重600t，各项指标创世界之最。

3、研制中的龙门宽10m的数控双龙门移动式镗铣床，床身最大长度达72m，最大加工长度64m，最大加工高度8m，可实现五轴联动，是目前世界最大规格行程的数控双龙门移动镗铣床。

4、研制中的FB320型超重型数控落地铣镗床，主轴直径 $\varnothing 320\text{mm}$ ，配备承重达600t的数控回转工作台，为世界承重最大的数控回转工作台。

产品结构调整需要良好的加工设备作保障，武重投资20亿元实施整体搬迁改造，其中，投资8亿元进行设备更新改造，新增重型、超重型机床等关键设备42台，全部采用自主创新设计的自制设备，投资为5.78亿元，主要有重型、超重型数控立车、超重型数控双龙门移动式镗铣床、大型卧式加工中心、数控落地式铣镗床、龙门式车铣镗加工中心等关键

设备。进口了一批具有当代国际先进水平的高档数控机床及检测仪器设备，这些进口设备成为制造工艺质量的重要把关设备，使武重的制造能力达到了更高水平。通过技改使设备数控化率达到90%，实现了用数控机床制造高档机床的目标，技术改造投资既拉动了企业内部需求，又给自主创新提供了创新平台，技术经济效益非常显著，如此大规格、大规模、大批量的设备由企业自主投资技改，在国外也绝无仅有。

武重探索出了一条走“自主改造、自我武装”的技改发展道路，为下一步实施“两化融合”发展战略奠定了坚实的基础。同时，也为我国装备制造业的技术改造提供了示范与借鉴。

现在，武重新厂区已经建设完成，是目前国内最大的重型机床研发制造基地，基加工设备及检测手段堪称国内一流，制造能力得到进一步增强，可与世界先进制造企业相媲美。但是，我们深感仅有精良的装备尚不能满足重型机床技术发展的需要，还需要用信息技术改造传统制造工艺，走“两化融合”发展的道路，才能提升重型机床产品水平和档次，实现从生产制造向生产服务型企业的转变，为我国装备制造业提供更多、更精良的国产化重大技术和工艺装备，引领中国重型机床制造业潮流，为提高我国制造业水平做出更大的贡献。

[illegible]

● 业界动态 ●

全国再制造技术与经验交流会 会在北京召开

由国家发展改革委、中国工程院联合举办的再制造技术与经验交流会日前在北京召开。重庆机床集团及重庆二机公司，与项目合作单位重庆大学参加了本次经验交流会。

机床再制造与综合提升，是一种基于废旧机床资源循环利用的机床制造新模式，对于实现我国老旧生产设备资源循环再利用及设备技术的跨越式提升，具有重要的推广应用前景。由项目开发的新机床功能和主要技术指标均可达到或超过原新机床，机床零部件再制造和再使用率可达 75-85%（按重量计）；节约能量损耗 30%以上；全密闭数控化操作，有效减少粉尘、油雾等排放，保护操作者生产安全；成本仅为机床新制造成本的 50%左右。

提高按时交货履约率

沈福金

履行合同、按时交货是对一个生产企业最重要、也是最基本的要求之一，特别是在金融危机肆虐、市场竞争十分激烈的当前时期，能否按时供货已经成为一个企业是否具有竞争能力的具体体现，因而也备受世界各国企业和用户的重视。所以，争取尽可能准时履约也是各国企业一直在努力的目标。德国达姆斯塔特（Darmstadt）大学的生产管理技术和机床研究所（PTW）与一家 MPDV Mikrolab 企业咨询公司合作，就生产过程的哪些领域应用信息技术有意义的问题进行了研究，分析了各种影响生产的因素及采取的对策。

联想到去年（2009 年），我在行业调研过程中了解到，我国机床工具企业，虽然对按时交货的问题比较重视了，但由于种种原因，拖期交货的事情还比较普遍，用户意见很大。我觉得，生产中的很多问题是共通的，他们探究的问题对我国机床工具企业也有参考意义，故特摘译、编写本文，供业界参考。

1 影响生产过程正常进行的各种因素分析

企业接到订单后，一般都会制定一个比较详细的生产进度计划，如果没有其它干扰，生产按计划平稳、正常进行，按期交货是没问题的。可是，在日常的生产过程中，这种理想状态几乎没有，总会有各种意想不到的干扰发生，如，机床出故障而停机，材料缺陷，刀具出问题，员工因病或个人临时有急事不能上班而造成暂时人员短缺等，这些都是大家经常碰到的会影响生产周期的意外干扰因素。此外，有些用户临时变更合同的事也常有发生，如，改变产品数量、交货期限甚至要变更产品的性能参数，这些意外干扰对企业的生产计划影响最大，往往造成延期交货，从而引起用户不满。

为了避免出现延迟交货，不仅要有稳定的生产过程，而且必须对各种干扰有快速反应能力。应用信息系统对快速反应各种干扰能给予有力支持。可是，相对而言，现在加工领域应用的还较少。而且，由于生产过程构建不够完善，常常限制了生产效率

的发挥，这对一个企业的实力是起决定性作用的。所以，还是应该应用信息技术制定一个完善的计划，使之适应不同的要求。

2 生产过程的稳定性和标准化提高计划的可靠性

企业成功的一个重要因素就是要构建一个有效的生产过程，避免浪费。然而，就忠实于时间进度而言，主要注意力应放在生产过程的稳定性上。大家都熟悉龟兔赛跑的寓言故事，乌龟爬的虽然很慢，但它始终不断地向前进，快慢变化不大。而兔子跑得很快，可有时就停下来打个盹，结果乌龟获胜了。对于生产来说，这就意味着生产能力和效率的剧烈波动，对企业后续的运行过程产生不利影响。因此，首要目标是要有一个可靠的生产计划，作为生产过程稳定的基础。这种情况如图 1 所示。

生产过程可靠性的基本前提条件是机床可靠性高，没有计划外的停机时间。因此，在维修保养范围内，可以根据时间、数量或必要的状态，准确制定备件准备、行动准备和维修时间的具体计划。然而，对所有主要机床和部件的变化情况进行实时监督是必不可少的。只要所有机床与信息系统相联，则信息系统就能承担这种计划任务。由于情况很透明，就能建议在最佳时间进行维修保养，例如利用机床改装停机期间进行一些维修，对生产影响最小。

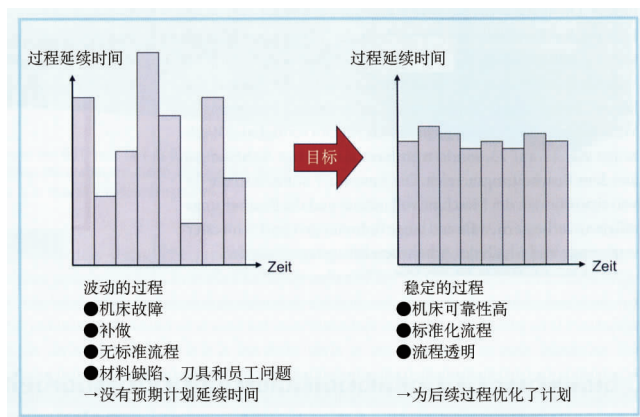


图 1 生产过程稳定的必要性

为了使实施计划的可信数据具有可追溯性，所有过程的标准化是必要的。这除了原来的工艺时间外，还包括装备、维修保养和刀具管理等辅助时间。基于这些标准化的工作流程，就保证了所有与员工或轮班时间无关的流程对生产过程没有影响，以使生产波动很小。

3 反应计划尽可能适合实际需要

尽管有可信的计划数据，但实际上总会出现偏差，尽可能快地反映这些偏差非常必要。一般用现有的，由 ERP（企业资源计划）系统中的计划、加工任务的说明、手动反馈加工情况和手动获取 ERP 系统中的反馈信息等组成的控制环节，能够适度反映这些故障问题，但原则上会延续很长时间。为了能更及时，通常要采取守时的特殊措施，如应用一个作为 ERP 系统组成部分的子系统——生产执行系统（MES—Manufacturing—Execution—Systemen）使控制环节实现实时控制。MES 获取生产过程的所有重要数据，并使生产任务的进展情况、各机床的状态或可能发生的故障等尽可能透明。借助于 MES 控制台，可实时可视地、并快速地感知生产情况，这就是为什么人们要做反应计划的原因。所以，实际任务的每一个细小变化，或者计划编入另一台机床上加工等都要在应急计划里写清楚，如违反了期限、生产能力不够、可使用的刀具等可能发生的问题都要立即说明，这样才能快速响应并及时修改加工任务，这是保证高度准时的一个重要前提条件。

在精细计划的基础上，MES 控制台同步进行下一个生产过程，即自动生成用人计划，考虑员工的技能情况等。最后，还要产生一个与精细计划同步的刀具应用计划，用以管理刀具采购、组装和预调等工作。维修保养在空闲时间进行，质量保证部门通知什么时候要准备进行合同验收。通过这些干预功能，避免过程交接出错，大大提高了生产过程的安全性。

4 偏差可以完善生产过程

偏离原有规定并不是一件坏事，因为偏差是进一步完善计划的基础，只要能找到产生偏差的原因就好。全部设备的总效率 OEE（Overall Equipment Effectiveness）是一个被证明适合用于评价机床效率

的特征参数。实际必须的加工时间与理想的加工时间相比较，就能知道所有出现的损失项目和大小。图 2 用典型的例子表示损失的种类和大小。为了采取优化措施，不仅需要知道 OEE，而且更要知道各项损失的分配情况。这可以通过应用带机床数据采集功能的 MES 得到，花费很少，因为在机床始终与系统连接的情况下，机床状态会自动向 MES 系统报告。如果不是这样，至少可以在终端通过人工手动输入各项所占的时间，然后在信息系统里进行分析。

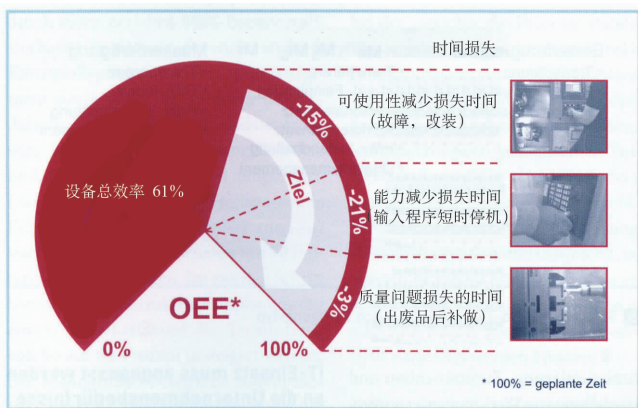


图 2 举例说明企业所有设备的总效率

5 应用 IT 技术必须符合企业需要

MES 的哪些最适合用于日期控制，主要取决于企业的生产结构。图 3 推荐了在引入信息系统时，特别有价值的功能。

在大批量生产的时候，在一台设备上加工的零件数数量多，特别需要有机床数据采集功能，用于实时采集停机状态，并计算 OEE 指数。在机床停机情况下，应用报警系统，很快报警发生的问题。通过这种所谓逐步升级的管理可以尽可能快地解决问题，节省时间成本。在单件生产时，更关注准确的精细计划和实时监控合同的进展情况，以便在延期

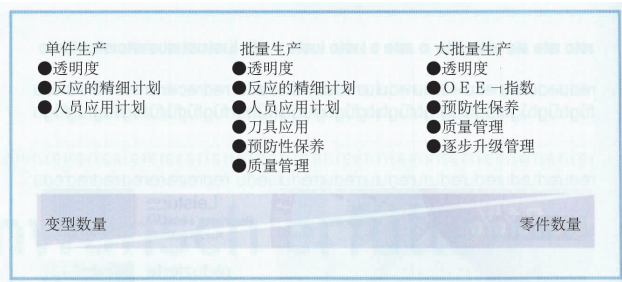


图 3 按生产类型，应用信息技术关注的不同重点

西门子数控系统荣耀 50 周年活动

西门子于 2010 年 6 月 12 日参加了在北京举办的第 10 届中国国际机床工具展览会 (CIMES)。展会上, 西门子不仅展出了 SINUMERIK 828D、SINUMERIK 840D sl、SINUMERIK Operate 和 SINUMERIK MDynamics 等产品, 同时举行了庆祝“西门子数控技术荣耀 50 周年”的相关活动。自 1960 年西门子发布的第一款工业数控系统到今天, SINUMERIK 品牌已经成为行业创新的领跑者和行业发展的风向标。

西门子 (中国) 驱动技术集团工业领域运动控制部总经理彭瑞泽 (Franz-Peter Petz)、运动控制部机床数控业务总经理许政顺以及西门子股份公司工业自动化与驱动技术集团数控海外事业部总经理裴安咨 (Achim Peltz) 陪同来宾一起参观了西门子展台。彭瑞泽先生表示: “西门子在为客户提供数控技术及解决方案方面拥有 50 年的经验, 这使得西门子在市场上始终保持着领先地位。我们将这种理念应用在了西门子所有的数控产品上。西门子对客户的承诺就是保证数控机械的生产力。”

作为世界最重要的电气设备供应商之一, 早在 1960 年, 西门子就推出了第一款“SINUMERIK”品牌的工业数控产品。第一款路径控制系统是在分散

电气元件基础上开发的。第一款电脑数控系统 SINUMERIK 500C 于 1973 年推出, 最初只是用于车铣加工应用。此后微处理器的普及, 使得西门子在 20 世纪 70 年代中期首次推出了用于零件加工程序管理和传输的网络在线加工 (DNC)。仅三年之后, 推出具有多通道和内置可编程逻辑控制器 (PLC) 的 SINUMERIK System 8, 此产品不仅可以用于车铣机床, 也适用于钻削和冲压机床。

相隔 10 年左右的时间, 西门子推出了 SINUMERIK 840D 高端产品系列, 该产品具有数字驱动技术和开放式 NC 内核, 使得定制软件模块可以集成到数控系统中。1996 年, 西门子发布了 SINUMERIK 安全集成功能——首创的数控安全集成解决方案。一年后, 又推出了 ShopMill 和 ShopTurn 产品, 这些都是面向车间级应用的图形化编程接口, 使得用户零件程序可以通过图形化接口完成。为提高机械制造商和用户的生产力, 西门子随后扩大了业务范围, 包括基于网络的机床状态监控和用于机床仿真和虚拟样机的机电一体化支持服务。今天, 在 CIMES 2010 机床展上, 西门子展示了适用于中国机械工业的最具创新的数控技术解决方案, 为帮助用户提高生产力、增强灵活性并改进效率。

时能快速采取反应措施, 在这方面常常还需要加上一个用人计划。

在批量生产中, 对信息技术 (IT) 的要求通常是最多的。除了高度实时透明外, 建立在用人计划以及刀具制造、维修保养和质量保证同步计划基础上的反应计划处于特别重要的位置。

6 小结

他们应用上述的方法, 在定时开关、恒温器和百叶箱调节器等批量生产中, 有目的地应用 MES 生产执行系统取得很好效果。通过生产过程的实时透明, 首先使过程更稳定, 装调时间缩短 70%, 准时率由 96% 提高到 99%, 运行时间减少 57%, 可见效果明显。

我们从中也可得到一些启发, 因为生产过程也有许多相通的地方。中国机床市场的国际竞争将更加激烈, 要适应这一形势, 首先在思想上要把承接合同和完成合同看得同等重要, 一定要按交货时间组织生产。为此, 企业内部也要进行结构调整, 生产和营销要紧密结合, 营销人员不仅要了解产品的性能特点, 还应清楚本企业的生产能力和设备状况, 使承接的产品合同更符合本企业实际。生产管理部门要积极应用信息技术, 实时了解生产过程的变化, 并及时修改计划, 把影响生产的因素消除在萌芽状态。现在, 各企业都不同程度地应用了计算机管理, 也有不少企业配备了 ERP 或 MRP II 软件, 参考本文报道的思路, 用好我们现有技术, 也一定会提高我们企业的按时履约率的。(摘译自《WB》杂志 11/09 期)

金陵展风采，春燕报喜来

齐二机床 江崇民

第六届中国数控机床展览会（CCMT2010）于4月12日在南京国际博览中心盛妆开幕。本届展会以“展示自主创新成果，推动产业振兴升级”为主题，是机床行业增强自主创新能力，大力调整产品结构成果的最新展示，同时也是国家科技重大专项科技攻关成果的一次全面展示。经组委会的评选，共有38家参展企业的58种产品获得了“春燕奖”，这些获奖展品从设计理念、结构特点、精度、速度、外观等各项指标均代表了当前中国数控机床的最高水平及发展动态。

1 重大专项硕果累累

XKH400A型五轴联动叶片加工中心（图1）是北京机电院承担的国家重大数控专项项目。该机床是专门针对航空发动机叶片研发的新品，与以往展出的XKH800型（该型号主要用于汽轮机叶片的加工）相比，无论在精度、速度、动态响应等各项技术指标均有很大的提高，具体表现为：电主轴的转速有了



图 1

很大的提高，达到了20000r/min；Z轴的驱动方式采用了双电机、双丝杠驱动；A、B轴的回转运动也由原来的蜗轮、蜗杆传动改为力矩电机直驱式，这样使其传动精度及速度均有很大的提高，直线轴的进给速度也由20m/min提高到了30m/min；A轴的转速由80 r/min提高到230 r/min；B轴的转速由12 r/min提高到80 r/min。

SKPC250/2000型大型筒段铺缠一体机（图2）是齐二机床承担的国家重大数控专项项目，以大曲率构件高效自动化制造为直接应用对象，突破大型复合材料构件高效自动铺带机设计制造成套技术，完成大曲率构件高效自动铺带装备研制和应用。



图 2

机床采用卧式布局，由机械系统、电气系统、软件、温度控制系统、张力控制系统、压实系统和超声切边系统等组成，将自动铺带及自动缠绕功能结合于一体，可实现环向缠绕和纵向、螺旋向铺缠。芯模的最大直径 $\varphi 2500\text{mm}$ ，最大长度18000mm，最大重量25000kg。工件的旋转运动采双主轴双驱结构小车、铺带头、缠绕头等运动部件均采取了轻量化设计，使其具有良好的动态响应特性，小车的最大进给速度为40m/min，铺带速度达到40m/min；缠绕速度70m/min；铺带头可实现预浸带的自动进给、定位、张紧、压实、超声切断及背衬纸、覆膜的双回

收。机床的数控系统采用SIEMENS 840D数控系统，5轴联动。

SKPC250/2000型大型筒段铺缠一体机紧跟国际先进设计制造技术和发展趋势，是“高档数控机床与基础制造装备”重大专项的十大标志性装备，将满足目前国内市场对大型飞机机身中段，机翼及风电3MW以上叶片的自动铺带制造。该设备打破了国外的技术垄断，实现了我国在大型复合材料构件铺带机上的重大技术突破，对于促进我国重大技术装备发展有着重要作用。

2 柔性制造，引领发展

柔性制造系统是以成组工艺为基础，将自动加工系统、物流系统、信息系统和软件系统有机结合在一起的生产系统，是未来制造业的主要生产模式。其主表现形式有两种：一是加工中心与桁架式机械手组成柔性生产自动线（图3），二是加工中心与机器人组成高效柔性生产线（图4）。

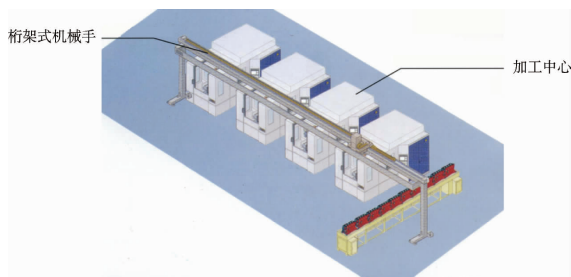


图 3

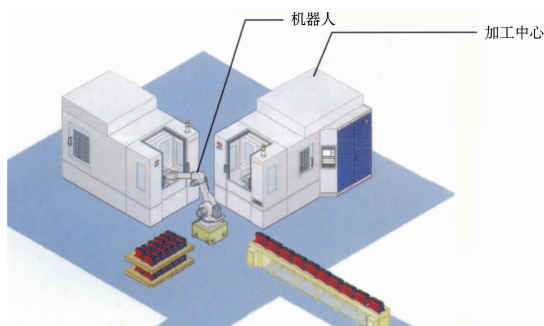


图 4

本届展会中大连机床集团展出的D01X自动生产线由一台HDL50卧式三坐标加工单元和一台VD50立式三坐标加工单元以及两个桁架机械手等组成，广泛用于汽车行业发动机的缸体、缸盖零件的加工。

同样东风汽车有限公司设备制造厂的展品EQRX09-R2大型卧式高速加工心敏捷制造系统也采用了桁架机械手与卧加组成柔性自动线。此外，还有加工中心与机器人组成的柔性生产线。例如大连机床集团展出的D-5089柔性制造岛，是由一台VSL600E型加工中心、一台DL20MS双主轴数控车床及一台工业机器人组成，主要适用于多种中小规格回转类零件产品在同一生产线上中小批量的生产要求。

以上展品充分诠释了工业自动化的深刻含义，同时也表明我国机床行业经过这些年的发展在集成与成套提供能力上有了质的飞跃。本届展会展出的柔性制造系统展品虽然不多，但所代表生产作业模式却是革命性的，具有很强的引领和示范作用。

3 五轴、复合、高速、高精展品占据主流

五轴联动技术在近几年得到了迅猛发展，五轴结构也相对成熟。本届展会上的五轴展品基本上是龙门铣配双摆头，立、卧加配摇篮式转台，没有新型结构出现。但有一点还是很值得我们去关注，那就是五轴联动的应用范围已不仅仅局限于金切机床了，数控激光切割机、数控电火花成形机及水刀加工机床均已采用了五轴技术，实现复杂空间曲面的加工。如北京市电加工研究所展出的N850五轴五联动精密数控电火花成形机床（图5）配有B、C轴，适用于航空发动机钛合金等各种难加工零件、难加工材料的窄槽、深腔、异形盲孔、内腔侧向盲孔等特殊形状的形成加工或精加工。该机床的最佳表面粗糙度值 $R_a \leq 0.1 \mu\text{m}$ 。

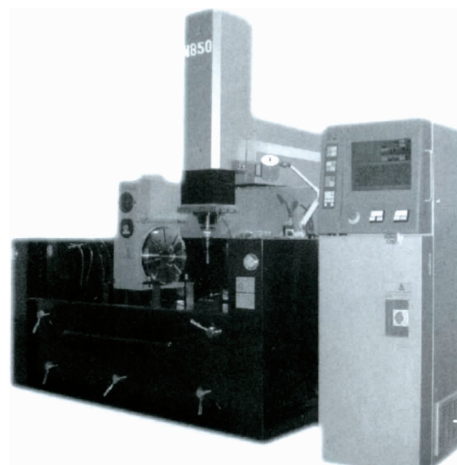


图 5

近年，国内机床厂商的五轴联动机床研发热情持续高涨，大家都在积极推出各自的五轴产品，五轴产品俨然已经成为各家的研发实力与技术水平的象征。但我们仔细观察一下，不难发现，这些五轴产品当中有相当一部分不能做为实用的商品来使用，究其原因，主要是机床制造商对五轴联动机床的数控编程及后续处理缺少深入的研究，还不能为用户提供全套的解决方案。在短时期内深入掌握五轴编程及五轴加工工艺是各机床制造商急需突破的一个技术瓶颈。

本届展会上推出车削中心及车铣复合机床的商家越来越多，比较有代表性的展品有北一的CHA5830型定梁双立柱立式车削中心（图6）及沈阳机床的VTC250140m型立式车铣中心（图7）。

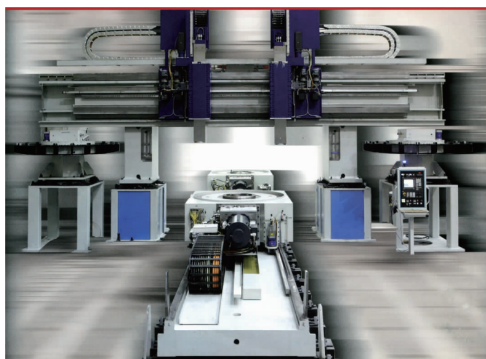


图 6



图 7

CHA5830型定梁双立柱立式车削中心总体布局形式为定梁龙门结构，机床配有双回转工作台，双滑枕双刀架，同时在机床立柱的两侧配置有可旋转式盘式车削头库，20个库位。机床可实现头库及车刀、铣刀的自动更换，车刀采用了Capto刀柄结构，可确保车刀换刀时刀尖方向的正确性。回转工作台沿床身导轨作往复运动，每个转台均有两个工位（加工工位及装卸工位），回转工作台从装卸工位运

动到工作位置后由液压油缸进行定位夹紧，转台驱动采用双驱动箱，每个驱动箱采用双齿轮传动结构，通过驱动箱的两档机械变速可实现1~120r/min的转速范围，最大工作扭矩为215000Nm。以满足车削工件时大功率、大扭矩和高效率的性能。

机床转台和底座之间及横梁与溜板之间均采用恒流静压导轨，为保证导轨油膜刚度的一致性，每个静压油腔都设置有压力监测元件，滑枕垂向运动采用整体全包容结构形式的闭式静压导轨。床身、转台、立柱、滑座、溜板和横梁等基础件均采用高强度铸件，具有高刚性、良好的抗振性和精度稳定性。

与北一的车削中心不同，沈阳机床的VTC250140m型立式车铣中心加工工件的直径及承重都比北一的要小，因此它的回转运动并没有采用静压导轨而是采用大直径的滚动轴承，此外它的铣削主传动与北一也不同，北一采用的是在外置伺服电机通过RADEX双速减速机变速后，再通过滑枕内部的传动轴驱动主轴旋转，沈阳机床的则是采用内置式主轴电机及减速器（图8），这样做的好处是显而易见的，它没有细长的传动轴，可以使主轴的转速更高（特别是在滑枕的行程较长时，这种优点更明显），但这种结构需要在滑枕的内部加工大量的孔，用来给内置的电机、减速机降温及润滑，因此滑枕

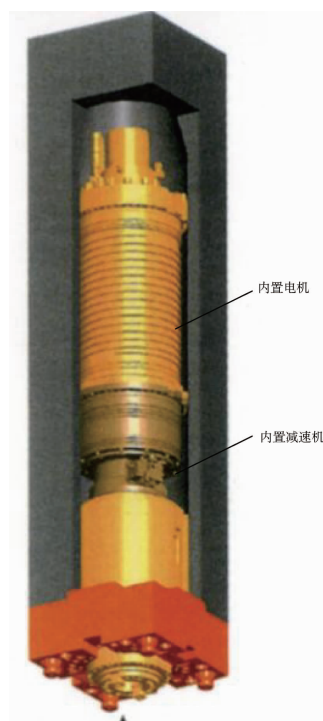


图 8

的加工制造也变得很困难，此外，这种内置式电机、减速机的成本要高得多。在工作台进行铣削时（做为C轴使用时）的驱动方式上二者也不同，北一采用的是单电机双齿轮结构，通过液压消除，沈机采用的是双电机（注意：二个电机的功率不同）双齿轮的电子预载消除。

高速、精密型立、卧加在本届展会上所占的比例很大，结构多为高刚度的门型或动柱型布局，但传统的十字滑台结构在小行程的机床中仍占有一席之地。

北京第一机床厂展出的XHAE788型精密立式加工中心（图9），采用了高刚性门型横梁设计，极大提高了机床的刚性，减小了机床在变载荷时的变形量，有利于提高加工精度。主轴采用高速、大功率内装式电主轴结构。主轴具有松刀卸荷装置（主轴浮动夹刀技术），保证了松刀时主轴轴承不承受松刀力，提高了主轴的寿命和精度。主轴箱定悬伸结构设计，主轴箱在Z向行程和各个位置时悬伸量一致。同时主轴箱采用了热对称结构设计，使用多路、多层恒温冷却技术，来保证主轴精度的稳定性。除了具有高精度外，机床外防护罩前、左、右三面均有门，三面接近性是该机床的另一大优点。

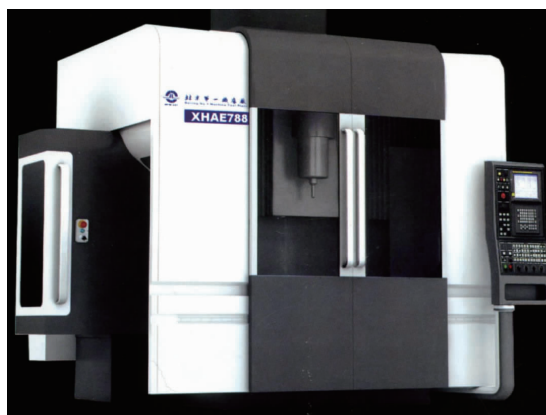


图9

南通科技投资集团股份有限公司展出的VCL1100型精密立式加工中心（图10）采用十字滑台型式，主要构件均呈箱形结构，工艺性好，加工中不易变形。Y向导轨采用加大跨距设计，最大程度的消除了X向运动过程中的颠覆力矩对机床性能的影响；立柱采用扭矩管式“人”字型结构，结合面较大，稳定性好。通过对主大件的三维建模有限元分析，在保证机床刚性的基础上消除了设计过程中的冗余现象，使机床整体性能得到了优化，降低了变形和振动对

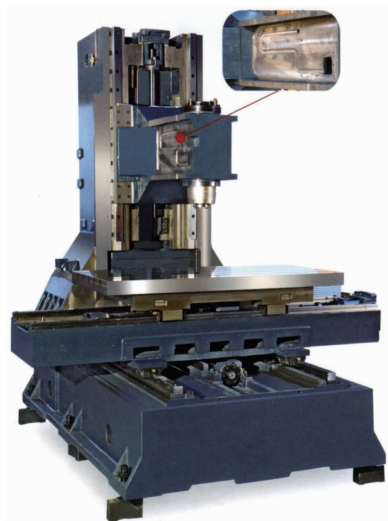


图10

机床的影响。在提高精度方面，主要采取了配置全闭环光栅尺，各轴承座、丝母座与基础大件的结合面采取精刮工艺；主轴箱设计独立的冷动却回路，对主轴箱采取“油浴”降温，减小切削热变形，进一步提高整机精度的稳定性。

在对机床品质要求愈来愈高的今天，主轴箱油浴、丝杠中空冷却、主轴温度补偿、全闭环光栅反馈等技术已经成为越来越多精密加工机床的标配。另外，优化机床的制造工艺，对机床进行精工细作来进一步提高产品精度也是广大机床制造厂商不容忽视的一个有效手段。

4 加快自主创新能力建设，促进产业升级

受国际金融危机影响，我国机床产品市场规模总体萎缩。市场需求结构发生明显变化。普通、低档机床的市场需求严重下滑，而大、重型高档数控机床的需求却一直较为稳定。在本届展会上，我们可以看到数控机床展品占整个展会的90%以上，许多企业已经开始逐步压缩或放弃低档、普通产品，而把主要精力放到了高端数控产品的研发上。在“后危机时代”机床下游产业对“绿色、低碳、节能环保”，等高品质机床的需求将会与日俱增。虽然我国在2009年已经成为了世界第一机床生产大国，但我们应该清醒地看到我们还不是机床制造强国。加速高档产品的研发和产业化，快产品结构调整，提升企业核心竞争力、促进产业升级，是我国机床工具行业首要而紧迫的任务。□

各路诸侯竞龙门

—CCMT2010数控龙门镗铣床展品评述

宁波海天精工机械有限公司 姚树建

在国际经济形势仍然低迷、中国经济开始明显复苏的形势下，第六届中国数控机床展览会第一次在曾是六朝古都的南京国际博览中心开展了，来自国内和少量港台及国外的近七百家厂商参加了此次展览。受场地面积影响，许多厂商没有得到出展的机会，七万多平方的展出现场摆满了琳琅满目的展品，使本次展会以金融危机后的新面貌和特色亮相于世人面前。

就龙门镗铣床类机床来说，本次展会有以下特点：

1. 国内生产龙门机床的世家和新锐大多如约登场，拿出各自的新品和特色产品。

2. 由于展出场地、出展成本、运输等多种因素影响，相当多的厂商并没有将大、重型龙门型镗铣床送展，其中包括国家一些重大专项项目和位列国内前列的首台套项目，这不能不说是一种遗憾。

3. 与个别已有名气而未参展及没有拿出龙门机床参展而成鲜明对比的是有相当一批在龙门机床制造领域名不见经传的新锐加入进来，展示了全新的魅力和活力，如南京数控和青海华鼎等。

4. 沿袭了CMT2009的趋势，龙门型镗铣床众多生产厂家有将产品越做越大，向大、重型方向发展的趋势。本次展会总计出展的34台数控龙门镗铣床和龙门加工中心，台面宽2m及以上的机床就有15台。

一、新品新秀竞显风貌

根据不完全统计，此次参展的所有龙门型镗铣床（不包括小型龙门型雕铣机，另有专题评述）有26个厂家展出34台整机。其中台面宽2米及以上的有15台，2m以下的19台，五轴联动式机床5台，其中双转台式3台，双摆角式2台。从结构细分，尚可归纳出

定梁龙门式	12台	动梁动柱式	3台
双工作台交换式	1台	动梁龙门式	7台

倾斜梁式	4台	动柱龙门式	6台
五面体龙门式	8台	高架桥式	7台

从导轨组成方式来看：部分和全部采用静压导轨的有2台（沈阳昆机公司和沈阳中捷公司），部分采用滚滑复合导轨的有3台（沈阳、海天、新瑞）其他大多采用滚柱式线性导轨和贴塑导轨。

从结构上可以看出各种结构层次分布比较均匀，客观反映了当前龙门机床高中低各种档次的情况。应该说本次展会上在龙门型机床上没有看到什么革命性的技术变化，而且可以说在未来相当长一段时间内，也许不一定会出现多少革命性的变化，前几年相当时髦的直线电机在龙门机床上的应用，这次展会上没有出现，倒是齐二机床展出了一台卧式SKPC250/2000数控铺缠机（见图1），率先填补了我国在这方面的空白，该机为多轴控制，可在大型运



图 1

载火箭，大型飞机机翼、风电叶片、高速轨交等复合材料的铺缠工序上，发挥自动高效功能，国外大多采用龙门式布局，所以可将此类功能的数控机床归入龙门型数控机床的范围，该机的研制成功将扫除我国在上述相关制造行业完全依赖进口的被动局面，为民机的大飞机项目和军机的现代化增添有力设备。另外继去年CMT2009展上沈阳机床展出并联五轴头以后，这次齐二也展出了一只并联五轴头样

品3-PSP-20 (见图2), 这也是一只有技术创新含量的五轴功能头, 可以用于板、筋类零件的高效五轴空间曲面加工, 可比A、C摆角式的五轴联动机床提高效率一倍左右, 刚性、精度都很好。这种类型的五轴式机床在国际、国内均还比较少见, 可以说是将来的一种发展方向。在当今主要机床厂商技术明显趋同, 同质化竞争日益严重情况下, 这无疑是值得惊喜的亮点。

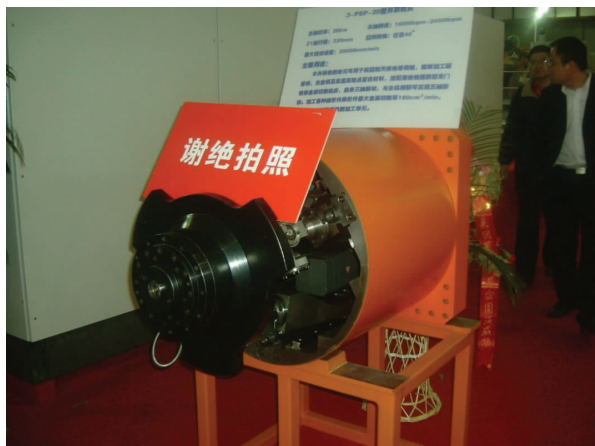


图 2

这次展会上, 龙门机床技术档次较高的机床可以从获得春燕奖的三台机床谈起, 一是沈阳机床的GMC4080wmh动梁龙门移动式加工中心 (中捷机床) (图3), 该产品是本次展会上最大最重的龙门机床, 固定工作台尺寸为4000×8000mm, X、Y、Z三轴采用闭式恒流量静压导轨, X、Y轴采用国际先进的双电机电子消除齿轮齿条传动, 主轴可配备多种全自动功能头, 可为客户提供完整解决方案, 滑枕截面为580×580mm。该机床为动梁动龙门式, 具有占地面积小、加工空间大、框架刚性好、精度保持性好的



图 3

特点, 工件一次装夹可完成高精度、高效率的连续多工序加工, 是一台兼顾高精度、重切削、多技术含量的大、重型龙门加工中心。其配置的主要外购件均是国外品牌产品, 该机床的结构和配置与国际上领先厂商基本处于相同的档次, 已形成不同长度的系列产品 (最大5000×20000mm)。

另一台是济二机床的XH2125×40双工作台自动交换式动梁龙门加工中心 (见图4) 工作台尺寸: 2500×4000mm。该机床是龙门框架固定、工作台移动形式, 动梁、双自动交换工作台, 带自动交换头库和立卧自动换刀刀库, 其最大特点是切削加工和辅助装卸可同步进行, 提高了机床利用率。X轴是重载滚柱式线轨, Y、Z轴采用硬轨滚动块, 在提高了承载刚度的同时降低了成本, 是一台性价比较高的高效龙门加工中心。其次是宁波海天精工的HTM-50GME×10动梁动柱龙门五面加工中心 (见图5), 工作台尺寸: 3000×8000mm。这台机床的特点是: X轴也是采用当今较为先进的双边双电机电子消除齿轮齿条传动机构, 确保机床获得可靠的加速度和加工



图 4

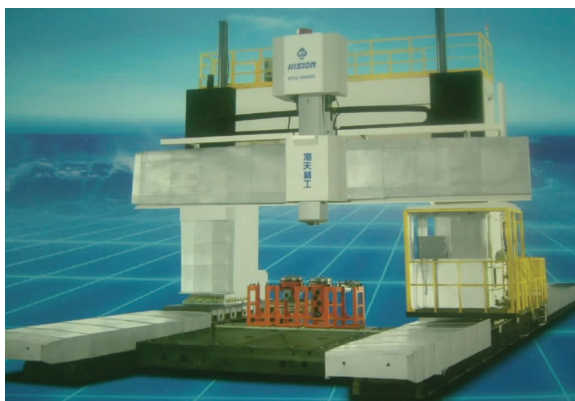


图 5

精度；Y轴采用滚滑复合卸荷导轨，使Y轴运动轻快、准确；横梁采用液压比例阀平衡系统，使两平衡油缸压力随滑枕溜板位置的变化而相应变化，从而提高横梁平衡质量，最终保证主轴的加工精度。这台机床也配置了多只可自动更换和自动转位的附件头，使机床在工件一次装夹下可完成五面体多工序加工，提升了机床的加工能力。

以上三台获奖产品从不同侧面反映了国内大、重型龙门加工中心的主要技术特点和当前该类机床的发展现状。此外，大连机床展出的二台大型龙门加工中心也含有较高的技术含量，其中XH2740十轴五联动五面体加工中心选配了德国CYTEC公司的G30双摆头（见图6），可对大型钢件实现五轴联动曲面加工，工作台尺寸为3600×24000mm，其超大的龙门移动行程，加上高精度、重切削的性能，使之成为五轴联动龙门加工中心机床中的又一新秀。



图 6

沈阳机床集团中昆明机床公司展出的XK2840×80数控动梁龙门移动镗铣床（见图7），按模块化设计



图 7

方法研制，具有同类机床国际先进水平，工作台尺寸4000×8000mm，方滑枕尺寸480×580mm，X轴静压导轨，Y轴复合导轨，配置多种可自动更换和自动分度的附件头，传承了昆机高精度的传统，是一台刚性好、高可靠性、机电一体化的先进重型机加设备。

北一这个高端龙门世家，这次没有龙门镗铣床整机展出，仍仅展出了延袭科堡衣钵的机械传动五轴头及滑枕部件（见图8）。

该部件的主要特点：

1. 滑枕与变速箱之间设有内存恒温冷却油的隔板，可防止滑枕的热变形。

2. 滑枕铣头端面有自动装夹附件铣头机构，并能与C轴一起进行任意角度转位。

3. 滑枕端面带四组拉钉，拉紧附件铣头，由碟簧和液压力双重作用拉紧。

4. 摆角头主运动为齿轮传动，可实现大扭矩切削。

5. B,C轴由伺服电机经消除隙齿轮传动，并有液压夹紧。摆角头最大输出功率为40kW，B,C轴最大扭矩7500Nm。

应该说这是传统机械传动部件中的精品，在强力五轴切削加工中有其独到之处和特技积淀。

这次参展的台资、合资企业展出的龙门镗铣床和加工中心共有9台，大多为中小规格，其中工作台最宽为2500mm（南京新浙），尽管规格不大，但就出展产品的性能、精度等指标，仍然处于世界中档水平，台湾亚威和盛方源还各展出了一台双转台式的五轴龙门加工中心，台资南京新浙和安徽新诺分别展出了动柱和动梁式龙门加工中心，与过去一样，台商一般较少在此类机床展中展出大重型龙门机床，但已有多家台商能生产大规格的龙门机床。从展出的几台机床可以看出，台湾生产的龙门机床明显带有日系机床的结构性能特征，配置周到，做工精细，外形美观，可以明显体现出台湾机床业在当今世界格局中的所处地位。几家台资企业已在内地建起了不同规模的生产基地，利用内地人力、原材料价格



图 8

低廉的优势，龙门机床售价已有相当竞争力。

在龙门型机床展品中，一些企业也各自展出了自己的新产品，象江苏新瑞展出的硬轨加滚子块卸荷结构的定梁镗铣加工中心GF2040（见图9），浙江日发展出的用于风电设备加工的准高速定柱动梁式龙门镗铣加工中心RFMP4028MB（见图10），长征机床展出的GMC2000A高架桥式五面体龙门加工中心（见图11），均各有特色，自成模块化体系，形成了系列产品，而象南京宁庆公司这样过去生产小规格数控机床的厂家，这次趁地主之宜，展出了多台小规格龙门机床，不但有工作台移动式，还有高架桥式；不但有传统三轴式，还有带双摆头的五轴联动式，真是大有在龙门机床界大干一番，后发制胜的感觉。

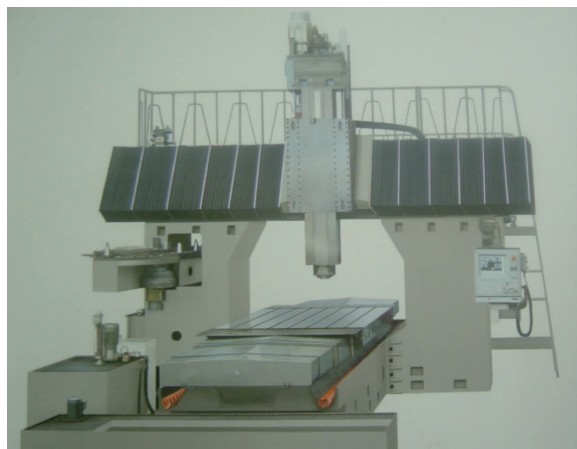


图 9



图 10



图 11

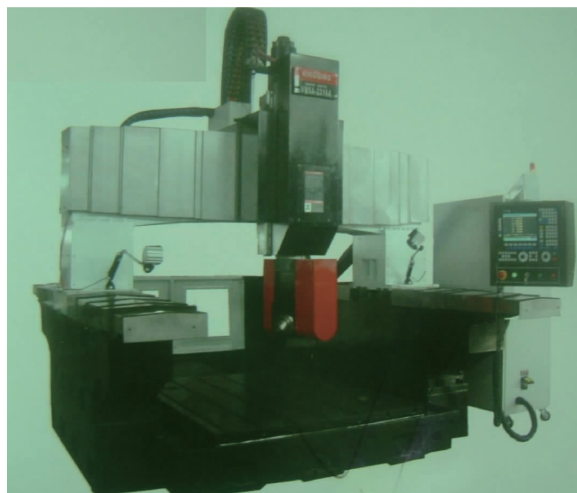


图 12

二、机遇与风险并存

据有关资料显示，在金融危机冲击下，国内外机床市场需求急剧下降，相比之下，重型机床市场需求仍然呈现旺盛之势，由于我国跃升至世界第二大工业制造国，国家又投入4万亿资金扩大基本建设和内需，国内重加工行业对重型机床的需求有增无减，使得重型龙门型机床市场的形势一派兴旺。然而这种机床的生产不但需要大型厂房设备和大型精密加工设备，而且还要具备大型机床加工制造、工艺、装配、调试、检测等各种软件和经验，不是一般中小型企业可以轻易涉足的。象瓦德里希·科堡这样的国外重机制造名企，都是经过近百年的积淀才达到今天的规模和优势，而市场的需求法则使得龙门型机床售价动辄几十万、上百万甚至上千万元，相比中小

机床,其利润率较高。因此许多机床厂家纷纷转向大重型机床市场,据统计,目前国内已经有60多家开始或正在生产龙门式镗铣床,台湾也已有十几家厂商在生产。在这次展会上,象南京数控机床公司(原南京一机床厂),青海华鼎公司(原青海一机床厂和青海重机厂)这两家过去不生产龙门型机床的国内机床生产大户也推出了大型龙门机床,还有更多的名不见经传的企业也展出了龙门机床,如浙江双鸟、浙江天瑞、河北发那、南京新浙等。这次展会具有国企背景的有9家企业,民营企业有8家,台资(包括独资、合资)韩资企业9家,可以说是第一个“三分天下”,国内大重型龙门生产一线品牌企业:沈阳机床、大连机床、北一机床、济二机床、武重机床和江苏新瑞、桂林机床、宁波海天、汉川机床、华东数控、长征、日发、苏州纽威等以民企为主的二线梯队及剩下的第三梯队的其他企业(不包括台资、合资),又形成了另一个“三分天下”,分别占据着高中低档产品的不同领域,而且二、三梯队还在不停蚕食着上一档产品市场份额,形成了重机市场群雄争霸、激烈角逐的热闹场景,仅江苏省就有近二十家企业在生产龙门机床。尽管行业内识之士早在前几年就重机行业的无序竞争态势发出过相关警示,但竞相生产龙门机床的趋势有增无减,因为重机市场反应会有一定滞后性,一旦投资过剩,需求趋向饱和,大、

重型机床的未来将会有很大风险,上世纪九十年代初重机的尴尬局面,经历过的人是深有体会的。目前扩建几万平方米大厂房,增添上亿元大型机加设备的厂家远不止几家,远期设想年产几十亿重机份额的也不在少数。因为国内市场实在太大了,以工业生产设备现状和建成工业生产强国的目标来看,在可预见的一二十年内重机市场的需求还是会呈增长趋势。各种档次的龙门机床均有相当的市场,难怪展会现场的老总们都踌躇满志地规划着各种产品的市场前景和明后年的生产计划。当然,也有反思并另辟蹊径的,如北一机床,原是偏重型走高端路线的名企,在产品从来不愁卖的当口,反而刻意避重就轻,看重中规格产品市场容量更大的前景,想致力于开拓中高端中规格产品的批量生产,因为他们认为“最美好的时候,也就是最危险的时候。”这正是“围城外的人拼命想挤进城,而围城内的人又想走出城去”的生动写照。

这次展会也可看出,国内龙门机床相对港台、国外龙门机床的价格优势正在进一步缩小,而低价格换市场的现象仍在继续蔓延。不过,越来越多的企业都认识到要想在国内外市场中占领一席之地,只有重视人才,重视研发,重视创新,根据各自企业的特点,认准方向、坚持不懈、持之以恒,积极开发新品,走技术创新之路,努力掌握核心技术才是企业发展,长盛不衰的源泉所在。□

● 业界动态 ●

张志刚董事长被聘为泉城首批“名家带学”导师

6月12日,在济南市委组织部组织的“泉城企业家培养提升‘名家带学’活动启动仪式暨《创业泉城》首发式”上,集团公司董事长、总经理张志刚被选聘为首批“名家带学”导师。

为推进人才强市战略,大力建设高素质企业家队伍,济南市委组织部日前做出了实施泉城企业家“1515”培养提升工程的部署,旨在提升全市规模以上企业领导班子成员和后备领导人员素质及能力,形成我市高素质的新型企业家队伍和优秀企业经营管理人才队伍。“名家带学”活动是这项工程的重要内容,由市委组织部从驻济知名企业有较高企业

经营管理理论水平和实践经验、在全国全省有影响力的企业家中选聘导师,通过名家讲堂、发展论坛、学员沙龙、实地学习、成果交流等形式,向学员讲述理论、传授经验、解疑答惑,指导帮促学员所在企业做大做强。

在12日的活动启动仪式上,市委组织部向首批选聘的7名“名家带学”导师颁发了聘书,集团公司董事长、总经理张志刚名列其中。仪式上,市委常委、组织部长徐学武发表讲话,张志刚董事长作为受聘导师在仪式上发言。

透过 CCMT2010 中国数控机床展览会 看我国激光加工机的发展趋势

中国机床工具工业协会锻压机械分会 王春生

在历届中国数控机床展览会中, CCMT2010 是金属成型机床展出最多的一届, 也是激光加工机床在金属成型机床展品中占据比重最大的一届。据不完全统计, 本届中国数控机床展览会共展出用于金属加工的数控激光切割机 17 台, 这一领域的国内知名企业几乎都展出了自己的最新产品, 成为展会的一大亮点。

回顾我国数控激光切割机近二十年的发展史, 经历了由缓慢到快速、由简单到复杂、由窄台面到宽台面、由二维到三维、由仿制到自主创新的艰难历程。我国机床行业在经历了近十年的艰苦探索, 近十年的集成创新, 迎来了数控激光切割机快速发展的阶段。

数控激光切割机之所以备受金属加工领域青睐, 在较短时间里得以迅速发展, 与其强大的功能分不开。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, 在产品更新周期越来越短的今天, 对新品开发、单件小批生产和多品种轮番生产有着明显的优势。此外, 在大型板材类零件和汽车覆盖件的切割方面, 在通过编程实现复杂零件的切割和多种零件的优化排料方面, 也是其他金属加工设备难以替代的。

在本届中国数控机床展览会上, 深圳市大族激光科技股份有限公司、上海团结普瑞玛激光设备有限公司、武汉法利莱切割系统工程有限责任公司等专业生产激光加工机的企业和济南铸造锻压机械研究所有限公司、江苏金方圆数控机床有限公司、江苏扬力集团、江苏亚威机床股份有限公司等专业生产金属成型机床的企业都以强劲的姿态展出了高水平数控激光切割机。此外, 沈阳机床股份有限公司、韩光精密技术(上海)有限公司、武汉奔腾楚天激光设备有限公司以及首次亮相的天水锻压机床有限公司都展出了非凡的展品。这标志着我国已经形成了生产数控激光切割机的企业群体和有自主知识产权的成熟产品, 生产企业群体的形成代表了我国在该领域的整体实力, 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。

主要展品

济南铸造锻压机械研究所有限公司展出了一台 LR0412 型高性能宽幅面数控激光切割机。该机采用恒长光路技术, 设计了一个独立的伺服轴 (U 轴), 通过数控系统计算出由于 X 、 Y 轴移动产生的光束传播长度变化, 移动 U 轴以弥补其变化量, 使切割行程内的任何位置, 自激光器出光口至切割嘴的光束长度为恒定。此外, 全自动调焦装置, 可根据板材厚度自动确定相应焦点位置; 高压切割气路采用电气比例控制技术, 实现了气体压力参数化控制, 提高了切割不锈钢、铝等材料的切割能力及稳定性; 切割头抬起时 X/Y 轴同时移动到达下一切割位置, 切割头落下即可切割, 这一“蛙跳”功能节省时间, 提高了切割效率。该机 X 轴行程 12100 mm、 Y 轴行程 4100 mm、 Z 轴行程 200mm、 W 轴(调焦)行程 18mm, 采用日本 FANUC C4000i-B 激光器、FANUC 18i LB 数控系统。该机 X/A 轴定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ /全长、轴重复定位精度 0.05 mm, Y 轴定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ 、轴重复定位精度 0.02 mm, X/A 轴移动速度 30m/min、 Y 轴移动速度 60m/min、 XY 轴的最大插补速度 10m/min。

深圳市大族激光科技股份有限公司展出了一台 G3015HD 型高速龙门式双驱传动数控激光切割机。该机整机结构紧凑, 外形美观, 具有时代感; 整体铸造的床身及横梁, 经二次高精加工成型, 整体刚性及精度稳定性好; 双边双交流伺服电机同步驱动, 精度高、运行速度快、运行平稳; 采用全封闭式导光系统和飞行光路、抽屉快换式镜座, 确保镜片的洁净、寿命和切割精度; 气体压力可调, 适于不同厚度、不同材质的板材切割, 激光切割头最大可承受气体压力为 2.3MPa; 激光切割头上的电容式高灵敏度非接触式跟踪系统, 使切割系统与板材保持高度的一致性, 可避免激光切割头与板材碰撞; 多焦距聚焦镜快速更换功能, 缩短更换聚焦镜时间, 满足薄板和厚板的优质切割。该机 X 轴行程

3010mm、Y轴行程1510mm、Z轴行程120mm,该机X/Y轴定位精度 $\pm 0.025\text{mm}$ /全长、重复定位精度 0.015mm ,X/Y轴最大定位速度 120m/min 。

江苏金方圆数控机床有限公司展出了一台JC3125型数控激光切割机。该机采用德国ROFINDC025型 CO_2 板条激光发生器,带有非接触式电容传感器的高压激光切割头,可切割碳钢板厚度达为 20mm ,定位速度 127m/min ,加速度 $1.5g$,带自动交换式双工作台,操作、维护方便,工作效率高。带有大面积视窗的防护罩,可提供全方位安全保护,机床操作面及正面全开放,加工区域视野开阔。该机切割板材尺寸 $3000 \times 1500\text{mm}$,X轴行程 3050mm 、Y轴行程 1550mm 、Z轴行程 120mm ,X/Y轴进给速度 90m/min 、加速度 $1.5g$ 、合成速度 127m/min ,切割精度 $\pm 0.10\text{mm}$ /全长。

上海团结普瑞玛激光设备有限公司展出了一台DOMINO1530型悬臂式激光切割机。该机在普瑞玛平面加工设备PLATINO优势的基础上,集成了三维加工设备的经验研制而成,实现了在一台设备上同时实现平面切割、三维切割、坡口切割和管材切割。DOMINO1530速度可达 150m/min ,加速度 $1.2g$,是目前速度最高的5轴激光加工设备。该机采用一体化设计,将激光器、数控系统、机床和电机等集成为一体,对地基要求简单且能实现快速安装;采用飞行光路,加工时工件固定不动、加工效率高,开放性好、操作易接近;配备F轴,无需手动调节,可快速适应多种材料的切割;采用新型直驱聚焦头,动态性能高、精度高;可实现离线编程,提高了设备的利用率。该机X轴行程 3000mm 、Y轴行程 1500mm 、Z轴行程 400mm ,X/Y轴进给速度 100m/min 、加速度 $1.2g$,定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

江苏扬力集团展出了一台ML-3015型数控激光切割机。该机采用飞行光路和等光程装置,有效保证切割过程光路长度恒定,从而杜绝了因光路长度变化给切割质量带来的不良影响;采用龙门式结构横梁,刚性好、工作过程平稳,有利于机床和加工工件的精度保持;采用交换式工作台,上下料方便,有利于提高整机工作效率;切割头的随动系统采用电容式传感器,具有防撞功能;自动编程软件可实现手动和自动套料,提高了切割效率和材料利用率。该机X轴行程 3000mm 、Y轴行程 1500mm 、Z轴行程 100mm ,机床定位精度 0.06mm 、重复定位精度 0.015mm ,最大定位速度 106m/min 、最大切割速度

20m/min ,最大切割能力中碳钢 22mm 、不锈钢 12mm 、铝 10mm 。

武汉法利莱切割系统工程有限责任公司展出了一台CONTOUR DM4020型数控激光切割机,采用铸件床身、铸铝横梁,实现机床的整体强度高、刚性好;等光程系统保证了在 $4000 \times 2000\text{mm}$ 范围内工件切割质量的一致性;龙门结构双边高速驱动实现单轴速度 100m/min 、复合速度 140m/min ,加速度 $1g$;垂直升降式交换工作台,工作台下空间大,多腔式设计,更利于除渣及抽风除尘。该机最大加工范围 $4000 \times 2000\text{mm}$,最大切割能力中碳钢 20mm 、不锈钢 10mm 、铝 8mm 。加工精度 $\pm 0.05\text{mm}$ (薄板)、XY轴定位精度 $\pm 0.025\text{mm}$ (全程)、重复定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

江苏亚威机床股份有限公司展出的YWLaser-3030型数控激光切割机,采用BALLIU公司先进技术,可成套解决激光加工问题。该机选用西门子最新的SIEMENS840D控制系统和德国ROFIN激光器,采用双边同步控制技术、龙门飞行光路,具有高速度、高加速度、高精度和稳定可靠的优点。此外,还具有双控式水冷机组,能有效防止结露;辅助切割气体比例控制,自动化程度高;外光路贯通式封闭结构,腔内正压,保证光路稳定等特点。该机最大加工范围 $3000 \times 1500\text{mm}$,X轴行程 1550mm 、Y轴行程 3100mm 、Z轴行程 100mm ,X/Y轴最大定位速度 120m/min 、最大合成速度 170m/min ,定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ 、重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

此外,沈阳机床股份有限公司、韩光精密技术(上海)有限公司、武汉奔腾楚天激光设备有限公司以及首次亮相的天水锻压机床有限公司都展出了水平甚佳的数控激光切割机,在结构布局和技术层面上与上述展品有诸多相近之处,不再累述。

我国激光加工机的发展趋势

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,二是控激光切割机技术性能的突破不大。进入上世纪九十年代后期,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。

目前国产数控激光切割机的主流技术是全飞行光路技术和恒长光路技术，更加强调动态加速性能；通过高性能数控系统和内置激光切割专用工艺软件，针对激光切割的工艺要求，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，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。

此外，以下技术也得到普遍应用。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；抽屉快换式镜座，确保镜片的洁净、寿命和切割精度；高压切割气路采用电气比例控制技术，实现了气体压力参数化控制，提高了切割能力和稳定性；多样性的交换工作台，有效提高了工作效率。

谈我国数控激光切割机的现状和发展，必须提到该领域国际舞台上的几大巨头，即德国通快公司 (TRUMPF)、瑞士百超公司 (BYSTRONIC)、日本天田公司 (AMADA)、意大利普瑞玛工业公司 (PRIMA INDUSTRIE) 和日本马扎克 (MAZAK) 公司，这些公司不仅在技术方面引领潮流，而且产量也几乎占了世界总产量的 90%。

与国内产品比较，这些国外公司生产的数控激光切割机在大、宽、精、快等方面更胜一筹。首先，普遍采用 3~6kW 大功率激光器，加工能力和加工板材的幅面更大；其次，随着双边双交流伺服电机同步驱动和龙门式结构的日益成熟，宽台面机床的比例不断上升；第三，精确的温控技术、动态减振设计、光纤高速数据传递、切割速度与激光功率同步控制、切割头精确测量板料位置确定切割零点等技术的采用，极大地提高了加工零件的精度；最后，在追求快的方面，各公司都各出奇招。瑞士百超公司采用全飞行光路技术和螺旋马达驱动系统，使动态加速度达 3g；日本天田公司采用双直线伺服电机驱动和高速飞行光路技术，最大加速度可达 5g；意大利普瑞玛工业公司的技术最具特色，将激光切割机的运动部件分成两部分，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大位移；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，执行复杂轨迹的运动，使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。

不难看出，加大机床的加工范围、提高机床的工作效率和切割工件的加工精度、实现市场利益的最大化，无疑是用户的普遍追求。因此，我国数控激光切割机的发展趋势，必然是在大、宽、精、快等方面加快步伐，并在核心技术、制造水平、软件开发以及产品精细程度方面与国际一流产品看齐。

结束语

近年来，我国数控激光加工机实现了快速发展，经形成了生产数控激光加工机的企业群体和有自主知识产权的成熟产品，在国际舞台上有了一席之地和一定的话语权。这对打破国外企业产品价格垄断方面起到了积极作用，国外知名企业某些产品价格下滑态势也证明了这一点。然而，国外数控激光切割机产品仍然占据着高端位置，高端产品的价格及其售后服务的价格仍居高不下，国内企业在一段时间里还很无奈。我国数控激光加工机主流毕竟是中端产品，目前在国内市场上虽然十分畅销，但随着市场对高端产品需求的增加，国内企业的危机感将随之而来。

应当提及的是，虽然在数控激光加工机市场上不乏高水平的国产机床，但许多关键部件和关键技术还依赖进口却是不争的事实。大功率激光器的研制，多任务控制系统的开发，高水平功能部件的生产，是摆在整个行业面前的共同任务，也是提高我国数控激光加工机水平的共同目标。

本届展览会上出现的采用光纤激光器的数控激光加工机引起了业内人士的关注，也听到光纤激光加工机将是发展趋势的议论。笔者认为，光纤激光器只有在切割铝、不锈钢薄板时才会显现出优势，而且必须有快速运动的设备作为载体。目前，切割的板材多数为碳钢，CO₂ 激光器在性能和性价比方面最具优势，因此光纤激光加工机不可能成为激光加工机的主流产品。

拙文乃笔者的一孔之见，谬误之处还请读者指正。□

第六届中国数控机床展览会 (CCMT2010)

国产数控系统展品综述

中国机床工具工业协会数控系统分会

第六届中国数控机床展览会 (CCMT2010) 上国内知名数控系统企业, 如华中数控、广州数控、航天数控、开通数控、大连光洋、北京凯恩帝、大连大森、沈阳高精、南京华兴、江苏仁和、南京新方达、大连高金、北京凯奇等共35家数控系统企业参展, 展出面积共2179m²。

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

一、数控系统参展企业主要展品简述

根据中国机床工具工业协会数控系统分会统计, 数控系统主要参展企业展出的展品情况如下:

武汉华中数控股份有限公司

华中数控集中展出自主知识产权系列中、高档数控系统产品, 包括: 全数字高档数控装置; 全数字驱动装置及交流伺服电机、主轴电机; 大扭矩力矩电机及驱动装置、五轴联动工业机器人、五轴联动立式加工中心等。

展出的HNC-210A/B/C系列和HNC-32系列华中世纪星高档数控装置包括全部采用基于PC的开放式体系结构, 通道数从1个到4个, 控制轴数从2轴到32轴, 联动轴数从2轴到9轴, 液晶显示屏从5.4吋到15吋, 可满足用户从中档到高档的不同需求。

HNC-32E光纤总线数控系统, 具有光纤 (工业以太网) 现场总线接口, 并且已经进入与高档数控机床的配套阶段。

1. HNC-32e光纤现场总线数控系统

HNC-32e数控系统是华中数控系统中的高端产

品, 是华中数控依托IT行业和现场总线技术的最新研究成果, 是紧跟数控系统发展趋势, 开发出的新一代总线型高档数控系统。该系统主要技术特点:

- 1) 基于工业PC, 采用多处理器及总线结构为硬件平台, 以实时操作系统为开放式软件平台;
- 2) 具有光纤 (工业以太网) 现场总线接口;



图1 华中数控展出的 HNC-32e 光纤总线系统

- 3) 利用硬件高处理速度与软件开放灵活的优势, 实现多轴、多通道高速、高精运动控制;
- 4) 最大支持4通道, 32个进给轴, 4个主轴; 每个通道最大支持9轴联动。

2. HNC-210A、HNC-210B、HNC-210C系列数控装置

HNC-210系列数控装置基于IPC架构, 采用8.4”、10.4”、15”等规格的液晶显示器, 支持ETHERCAT、NCUC BUS等工业现场总线, 支持USB、RS232、以太网等数据交换方式, 以及基于WEB的远程管理与诊断。主要技术特点有:

- 1) 通过现场总线最大支持4通道, 32个轴和1024位PLC I/O信号;
- 2) 支持宏指令和CAD/CAM图形化集成编程;

3) 支持全闭环和双轴同步功能;

4) 具备RTCP、温度补偿、空间几何误差补偿、震动抑制补偿等功能,能够满足车削中心、铣削中心、车铣复合、5轴/6轴、并联机床、复杂专机等中、高端关键设备的需求。

3. 全数字交流伺服驱动单元和交流伺服电机

华中数控全数字交流伺服驱动单元产品包括: HSV-180D、HSV-160、HSV-162、HSV-16系列等, 主轴驱动单元产品: HSV-18S、HSV-180S系列等。交流伺服驱动3000r/min, 交流伺服主轴驱动最大转速40000r/min。

交流伺服电机包括: GK6系列交流伺服电机, 转矩范围从1.1NM到170NM, GM7系列交流伺服主轴电机, 功率范围从2.2KW到100KW, 最高转速9000 r/min。特种交流伺服电机, 可在-40℃~+60℃内工作, 交流伺服电机防护等级达到IP66。

4. HNC-09R 五轴联动工业机器人

展出的HNC-09R五轴联动工业机器人引起了众多参展嘉宾的关注。该型号机器人专门为工业生产应用而设计制造, 其总体结构为五个采用交流伺服电机驱动的旋转关节, 具有良好的低速稳定性、高速动态响应及定位精度, 机器人的各关节结构实现了部件化, 便于更换不同形式的驱动电机, 根据实际需要可以在各关节的驱动轴上安装力或位置检测元件, 更换不同手爪非常简便。

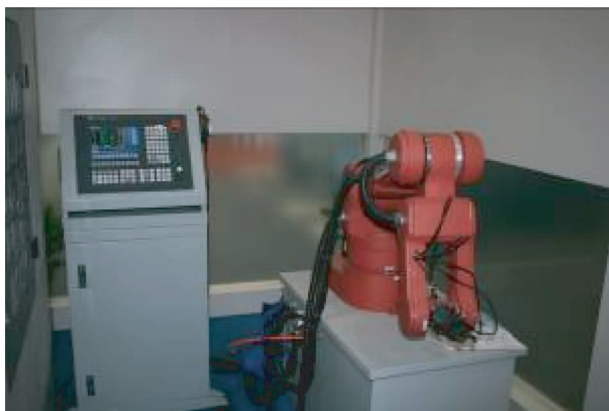


图2 展出的 HNC-09R 五轴联动工业机器人

该机器人可以安装在柔性生产线上完成工件的搬运和安装工作, 目前, 已在广东某钟表企业等企业成功应用, 用于数控机床上上下料。大大减少工人劳动强度, 提高数控加工效率。

5. HNC-08数控系统

华中HNC-08数控系统是目前国内唯一批量应用

的高速高精五轴联动数控系统。该系统具有如下特点:

1) 倾斜面加工功能。操作者可在工件倾斜面上建立与之相适应的特性坐标系, 并将该坐标系作为编程坐标系, 可大大简化五轴定向加工编程。



图3 华中 HNC-08 数控系统

2) 机床具有高速高精加工功能。系统通过严格执行编程轨迹, 保证加工轮廓精度的同时, 自动计算段间过渡速度, 以实现高速高精加工;

3) PLC梯形图编程等功能。HNC-08M系统为内嵌式软件PLC, 采用梯形图语言编程, 可在线编程、在线诊断;

4) 轴同步驱动功能, 多轴口控制, 实时监控同步轴位置反馈, 同步误差实时补偿 (PID), 补偿周



图4 配置华中 HNC-08 数控系统的五轴联动加工中心演示倾斜面加工

期4毫秒，同步轴回零偏差自动修正，同步误差超限报警。

广州数控设备有限公司

广州数控主要参展展品及其技术特点：

1. GSK 25i加工中心数控系统

SK 25i铣床加工中心数控系统是广州数控自主研发的多轴联动、功能齐全的高档数控系统，并且配置广数自主研发的最新DAH系列17位绝对式编码器的高速高精伺服驱动单元，实现全闭环控制功能，在国内处于领先水平。25i系统基于Linux的开放式系统，提供远程监控、远程诊断、远程维护、网络DNC功能及G代码运行三维仿真功能，有丰富的通信接口：具有RS232、USB接口、SD卡接口、基于TCP/IP的高速以太网接口，I/O单元可以灵活扩展，开放式的PLC，支持PLC在线编辑、诊断、信号跟踪。25i系统与DAH系列驱动器之间采用基于100M工业以太网总线作为数据通信方式，实现伺服参数在线上传与下行、伺服诊断信息反馈以及伺服报警监测等功能，使安装调试维护方便、控制精度高、抗干扰能力强。

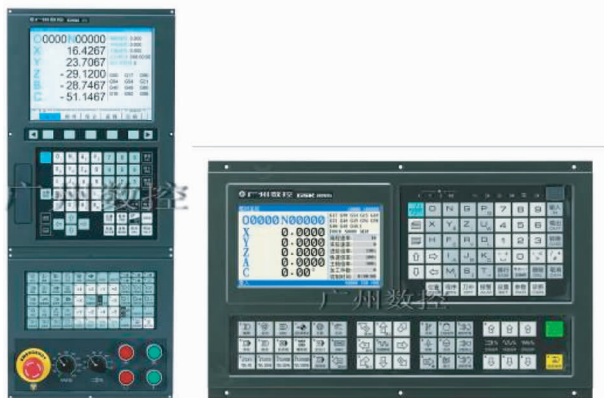


图5 (左) GSK 25i 加工中心数控系统，
(右) GSK 980MDa 钻铣床数控系统

2. GSK 980MDa钻铣床数控系统

GSK 980MDa钻铣床CNC数控系统是基于GSK 980MD的软硬件升级而推出的新产品。本系统可控制5个进给轴（含C轴）、2个模拟主轴，2ms高速插补，0.1 μ m控制精度，零件加工的效率、精度和表面质量得到了显著提高。同时，新增了USB接口，支持U盘文件操作和程序运行，提供刚性攻丝、钻、镗、铣等26条循环指令，支持语句式宏指令和带参数的宏程序调用，指令功能强大，编程方便、灵活。



图6 GSK 980MDa 钻铣床数控系统
与GS系列通用伺服单元

3. GSK 988T车床数控系统

GSK 988T是针对斜床身数控车床和车削中心而开发的CNC新产品，具有竖式和横式两种结构。采用400MHz高性能微处理器，可控制5个进给轴（含Cs轴）、2个模拟主轴，通过GSKLink串行总线与伺服单元实时通信，配套的伺服电机采用高分辨率绝对式编码器，实现0.1 μ m级位置精度，可满足高精度车铣复合加工的要求。GSK 988T具备网络接口，支持远程监视和文件传输，可满足网络化教学和车间管理的要求。

4. GS系列通用伺服单元

集十年伺服技术研发之大成，广州数控推出全新的GS系列通用伺服单元。该系列单元具有几大产品特点：1) 适配永磁同步伺服电机和交流异步伺服电机；2) 6档功率规格，功率范围0.6~22.5KW；3)



图7 DAT 系列交流伺服驱动单元

全新的结构和外观，超强的散热能力；4) 选用新型工业级IPM模块，超强的过载驱动能力；5) 可选择220V，380V，440V多种电压等级，电源适应性强；6) 适配多种增量式、绝对式电机编码器，适合多种控制精度要求。

5. DAT系列交流伺服驱动单元

DAT系列交流伺服驱动单元是广州数控设备有限公司在成熟交流伺服技术的基础上，结合串行总线及绝对式编码器接口技术自主创新开发的新产品。本系列产品可实现驱动单元与CNC的实通信并显著提高速度精度和位置精度。

北京航天数控系统有限公司

1. CASNUC 2110eTA一体化车床数控系统

CASNUC 2110eTA数控系统是一个将PC104 板嵌入到控制系统中的一体化车床数控系统，控制系统、显示面板、操作面板集于一体，结构紧凑，易于安装。

系统采用的PC104 板具有板载表贴内存、低功耗、不使用风扇等特点，将PC104 板嵌入到控制系统中，减少了很多连接环节，系统可靠稳定，具有良好的电磁兼容、抗干扰能力设计。



图 8 CASNUC2110E 数控系统

系统采用中文菜单，人性化界面；参数界面带有中文提示，中文报警提示，操作面板按键中文标识，使其操作更加简单、方便等。

2. CASNUC2100eMS一体化螺杆铣数控系统

3. CASNUC 2000TD车床经济型数控系统

CASNUC 2000TD是航天数控研制的新一代经济型车床数控系统，实现 μm 级精度运动控制，控制系

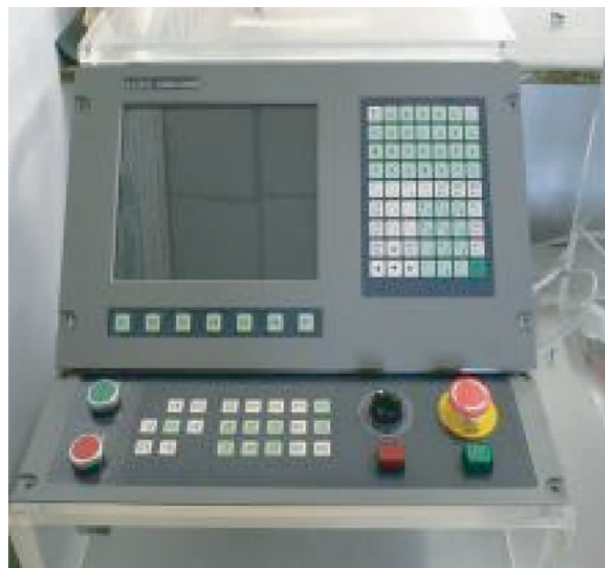


图 9 CASNUC2100eMS 数控系统

统、显示面板、操作面板集于一体，结构紧凑，易于安装。

沈阳高精数控技术有限公司

在本届展会上，沈阳高精展出了包括数控装置、伺服驱动、机床电气等的全系列数控产品：

1. 总线式全数字高档数控系统

新一代、开放式“蓝天数控”系统平台。系统采用分体结构，由人机接口单元、机床控制单元与驱动单元组成。各单元模块通过高速现场网络形成高性能分布式处理平台。



图 10 总线式全数字高档数控系统

2. 基于国产“龙芯”CPU芯片的高档数控系统
采用我国自主知识产权“龙芯”处理器构建的

64位数控系统软硬件平台。系统为分体结构，由人机接口单元（HMU）、机床控制单元（MCU）与驱动单元组成。各单元模块通过高速现场总线形成高性能分布式处理平台。

3. GJS系列伺服驱动器

GJS系列伺服驱动器采用先进的全数字电机控制算法实现了转矩环、速度环和位置的闭环控制，可配用多种规格的伺服电机，具有良好的鲁棒性和自适应能力，可广泛应用于车床、铣床和加工中心等各种机械加工设备，还可应用于印刷、包装、纺织和自动线等需要快速响应的转矩、转速和定位控制的系统。



图 11 基于国产“龙芯”CPU 芯片的高档数控系统

大连大森数控技术发展有限公司

1. 机床数控系统DASEN 3i-L:

实现绝对位置控制；伺服自动调整，提升机械特性；简化机床设计，方便用户操作；系统闭环控制，提高加工精度伺服；主轴连接，圆柱插补分度；PC卡输入输出，存取程序简便。



图 12 大森公司 DASEN 16i 和 DASEN 3i-L 数控系统

2. 纳米级高速高精度数控系统DASEN-16i:

控制器和伺服控制一体化；纳米插补，实现高平滑加工表面；高性能伺服测定图示功能；高速、高精度模具加工专用功能；高性能内置PLC（0.025微秒/步）；四轴联动，可实现全闭环绝对值控制。

成都广泰实业有限公司

GREAT-150iM-III铣削加工中心数控系统（图13）技术水平国内领先技术。现已定型并产业公生产。该系统深受广大用户青睐，极具市场潜力。



图 13 GREAT-150iM-III 图 14 CCR-RB 系列工业机器人

该数控系统适配于铣削加工中心，直线2至5轴、圆弧2至3轴，满足复杂、精密零件的加工要求，为模具加工及高端机械加工设备配套、改造之首选。

2. CCR-RB系列工业机器人（图14）

技术水平：填补国内空白，自主研发生产，具有独立知识产权；GREAT-RB6B工业机器人动作范围大，运动速度高，功能强大，可实现3台机器人24轴协同工作；应用前景：可以广泛应用于弧焊、点焊、涂胶、切割、搬运、码垛、喷漆、科研及教学、机床加工上下料等领域。

北京凯奇数控设备成套有限公司

北京凯奇数控生产的NC210高档数控系统采用开放式结构，模块化设计，嵌入式PC机。可跟踪PC机的技术发展，不断丰富系统的功能，保持系统的高处理速度，本系统经过广泛的国际、国内合作，能为用户提供最佳的软硬件配置方案和合理的性能价格比。系统可进行多过程控制，多坐标联动控制，大容量程序存储，内藏PLC控制器，提供充足的I/O

点。系统采用一体化设计,使用维修方便,并经过国内国外电磁兼容性和环境试验,检测。软件功能强大,可用于多种数控机床,车削中心;加工中心及其它类机械。



图 15 北京凯奇数控 NC210 高档数控系统

高精度全自驱数控珩磨机床。整机可以在 $\pm 3G$ 的加速度下完成精度达到 $0.1\mu m$ 的珩磨,珩孔深度可简单加长。全系统分为径向进给、轴向进给及空心主轴电机,3个独立模块,可分别接受定制。

北京超同步科技有限公司

北京超同步科技有限公司展出自主研发、生产的交流伺服主轴电机及驱动器,额定功率为160kW,额定转速1500r/min,最高转速4500r/min,内置20位高精度编码器;配套的160KW交流伺服主轴驱动器,具有高精度C轴位置控制功能、刚性攻丝功能、在线参数自整定及增益自动调节等功能,具备20位高分辨率编码器接口、100M高速数字总线接口,可与国内外多种数控系统接口;该产品是目前国内功率最大的交流伺服主轴驱动产品之一。



图 16 交流伺服主轴电机及驱动器

滕州山森创发数控设备有限公司

1. SS系列数控系统是针对目前市场需求而开发的经济型系列数控系统,产品涵盖了单轴控制器、车床用两轴数控系统、铣床用三轴数控系统、铣床用四轴数控系统。

2. ZD-15交流电机电子制动器是实现交流异步电动机快速有效制动的电子控制装置。该装置利用电力电子技术和微机控制技术实现对交流异步电动机的制动,同时具有制动时间设置、制动电流设置、电机速度监测反馈等功能。

3. 安全门开关为保证操作者与机械设备运行时的危险区域进行有效的隔离就成了实现人机操作安全的一种实用型产品。

南京新方达数控有限公司

本公司在此次展会上主要展出CNC系列机床数控系统、交流伺服驱动单元和双向数控曲面刨床。展示的数控系统中,尤其专用数控系统的推广应用方面具有特色,目前这数控系统主要应用在木工加工专用机床、齿轮加工专用机床、阀门加工专用机床和罗茨叶轮加工专用机床等多种专用机械设备上。

时光科技有限公司

展出IMS系列通用伺服控制器、主轴专用伺服控制器,进给专用伺服控制器。

产品技术特点:系统级芯片SOC技术,电流、速度、位置三闭环;系统专用运动控制语言QMCL,操作灵活,功能强大;内置PLC功能,可自成系统工作;同步控制功能,电子齿轮功能;控制电机范围:0.2~185KW;速度控制精度: $\pm 0.02\%$;调速范围:1:28000;转矩特性:0~300%电机额定转矩,0~50HZ恒转矩输出,低至0.01HZ大转矩输出,零速力矩保持功能;位置控制精度: ± 1 编码器脉冲;外部接口:RS232、RS422、RS422/485接口、模拟量、脉冲量、I/O接口等。



图 17 时光科技交流伺服控制器和电机

产品功能及应用：机床主轴功能：低速大转矩切削、高速恒功率切削、零速主轴锁定、C轴功能、刚性攻丝、绞孔、螺纹加工等；机床进给功能：高精度定位、高进给速度和加速度、快速相应。

二、配置国产高档系统机床展出情况

配置国产化中、高档数控系统的全国产数控机床是我国装备制造业“十一五”和“十二五”的发展方向。据数控系统分会秘书处统计，本届展会共展出了9台配置国产高档数控系统的全国产五轴联动机床：

哈量集团七轴联动并联机床，配置HNC-32现场总线系统。机床结构突破了传统机床结构，采用并、



图 19 配套华中数控系统的哈量集团 HL5001A 并联加工中心及其加工的叶片

机 床		数控系统	
型 号	厂 家	型号	厂 家
HL5001A 七轴并联加工中心	哈量集团	HNC-32 现场总线数控系统	华中数控
XH716 五轴联动加工中心	山东威达机床有限公司	HNC-22M 五轴联动数控系统	华中数控
HELIX-CNC-5D 五轴联动数控工具磨床	上海黑格数控技术有限公司	HNC-21G 五轴联动工具磨床系统	华中数控
MK2200 九轴六联动数控砂带磨床	北京胜为弘技公司	HNC-32 现场总线数控系统	华中数控
A3 六轴并联机床	北京机电院	HNC-32 现场总线数控系统	华中数控
SWT-850 五轴联动立式加工中心	贵航集团	HNC-32 现场总线数控系统	华中数控
KDC-20FH 五轴四联动小型高速车铣复合加工中心	大连科德数控公司	GDS09 总线数控系统	大连光洋
KDC-4200FH 14 轴五联动卧式车铣复合加工中心	大连科德数控公司	GDS09 总线数控系统	大连光洋
VS1050 五轴联动立式铣床	南京肯信机床公司	GSK 25i 加工中心数控系统	广州数控
VS655 五轴联动立式铣床	南京肯信机床公司	GSK 25i 数控系统	广州数控

上海黑格数控科技有限公司展出的HELIX-CNC-5D自动上下料五轴联动数控工具磨床，配置华中具有自主知识产权五轴联动数控系统及刀具加工编程软件，及自动上下料机构。经过中国机床工具工业协会组织的专家评审，该机床被评为CCMT2010“春燕奖”。



图 18 配置华中系统的 MK2200 九轴六联动数控砂带磨床及其加工的叶片

串混联机构，可实现空间复杂曲面的加工，主要用于加工汽轮机叶片，适合加工各种可展的柱面、锥面、平板凸轮，各种新型叶轮，复杂模具形腔，汽轮机、鱼雷推进器叶片，船舶螺旋桨推进器等。



图 20 配置华中系统的 HELIX-CNC-5D 五轴联动数控工具磨床及其获得的春燕奖

北京胜为弘技公司与东方汽轮机公司联合展出的MK2200九轴六联动数控砂带磨床配置华中世纪星

HNC-32现场总线数控系统，是大型核电叶片精密加工高档数控机床，属国际首创，打破国外技术封锁，曾经获得中国机床工具工业协会颁发的CCMT2008“春燕奖”。



图 21 KDC-20FH 五轴四联动小型高速车铣复合加工中心



图 22 KDC-4200FH 14 轴五联动卧式车铣复合加工中心



图 23 VS1050 五轴联动立式铣床



图 24 VS655 五轴联动立式铣床

三、国产数控系统企业获奖情况

展会期间，中国机床工具工业协会及多家相关政府机构组织了10多场重要行业活动，以不同形式、从多个角度深入展现中国机床工具行业金融危机以来发生的深刻变化和取得的丰硕成果。特别是由国家发改委、工信部、国防科工局、能源局主办的军工行业和能源制造领域应用国产数控机床座谈会，和由中国机床工具工业协会主办的“先进会员企业和春燕奖评选颁奖”典礼，不仅是对国产数控机床的大力支持，更是对近几年国产机床迅速发展的充分肯定。

华中数控与有关企业合作的两个项目获得四委局座谈会的表彰，这是国产数控系统行业前所未有的，也是本次四部局联合表彰中唯一一家国产数控系统企业。充分证明华中数控为军工行业与能源装备领域服务能力增强，收到了国家有关部委的认可。

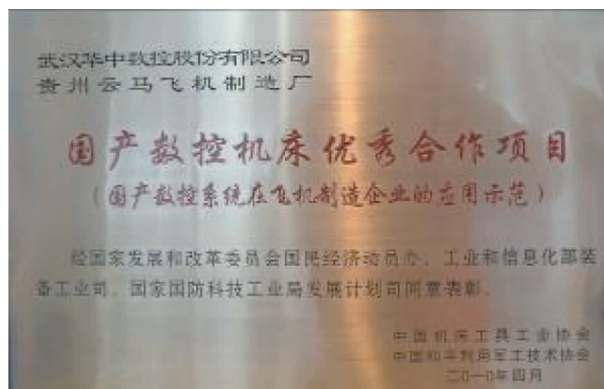


图 25 华中数控获得的军工行业优秀合作项目奖牌

这两个项目分别是华中数控与东方电气集团东方汽轮机有限公司、北京胜为弘技数控装备有限公司产学研用合作的《MK2200六轴联动叶片型面砂带磨床》获得2010年能源装备应用国产数控机床优秀合作项目；华中数控与贵州云马飞机制造厂合作的《国产数控系统在飞机制造企业的应用示范》获得2010年军工行业应用国产数控机床优秀合作项目。

华中数控一直非常重视和主机厂紧密合作，在国家政策引导下，抓住市场机遇，扩大国产数控机床特别是中、高档数控机床和数控系统在军工行业与能源装备领域等重点行业的占有率，帮助这些行业的企业实现技改目标。以此增强这些重点行业选用国产数控机床和数控系统的信心，推动国产数控系统行业发展，具有重要的战略意义和社会效益。

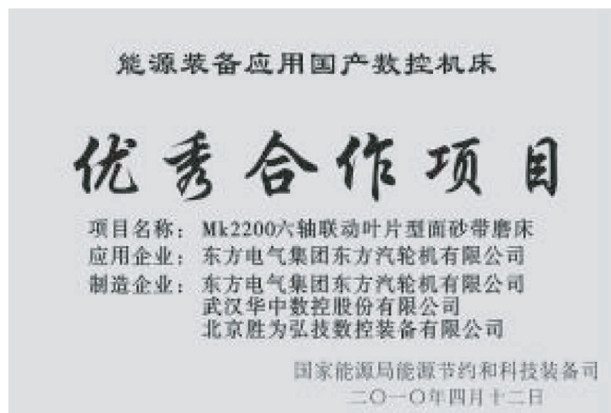


图 26 华中数控获得的能源行业优秀合作项目奖牌

经过中国科学院院士领衔的专家组评议，大连科德数控有限公司展出的KDW-4200FH卧式车铣复合加工中心和KDC-20FH六轴四联动纵切车铣复合中心，武汉华中数控股份有限公司、上海黑格数控科技有限公司联合研制的HELIX-CNC-5D自动上下料五轴联动数控工具磨床获得中国机床工具工业协会颁发的春燕奖。

同时，中国机床工具工业协会对获得2009年度中国机床工具工业协会先进会员企业（十佳企业）的企业进行通报表彰。其中，武汉华中数控股份有限公司、大连光洋科技工程有限公司获得自主创新十佳企业荣誉称号；广州数控设备有限公司、武汉华中数控股份有限公司获得精心创品牌活动十佳企业荣誉称号。

附：CCMT2010展出的数控机床配置数控系统情况统计表

(根据数控分会秘书处现场统计, 未经逐一核实, 仅列出部分主要数控系统。)

1、本届展会共展出数控机床429台，其中：五轴以上联动机床53台。

2、本届展会展出的全部机床配置的主要数控系统的数量：

	数控系统品牌	配套数量	其中五轴以上系统
1	西门子	100	26
2	发那科	146	10
3	三菱	29	0
4	美国 Hass	9	0
5	Rexroth	2	1
6	FAGOR	5	0
7	海德汉	2	1
8	宝元	3	0
9	新代	10	2
10	华中数控	19	6
11	广州数控	64	2
12	北京凯恩帝	12	0
13	大连光洋	3	2
14	大连高金	2	1
15	沈阳阳阳	5	
16	中达电通	1	1
17	大连大森	2	0
18	国立精机	2	0
19	北京精雕	2	0
20	南京华兴	4	0
21	成都广泰	5	0
22	南京四开	3	1
23	南京新方达	2	0
24	大连数控	2	0

业界动态

张志刚同志接任中国机床 工具工业协会理事长

根据中国机床工具工业协会章程有关规定，第六届理事会轮值理事长、济南二机床集团有限公司董事长张志刚同志接任中国机床工具工业协会第二年度理事长职务。

张志刚理事长接任后，将肩负起促进行业平稳较快发展的重任，充分发挥理事会的作用，依靠全体会员，群策群力，开拓创新，进一步提高机床协会的服务能力。

2010年1-5月份机床工具行业运行情况分析

中国机床工具工业协会市场部

2010年前5个月，机床工具行业各项指标均已接近或超过金融危机前的2008年同期水平，生产保持高位增长态势。年初市场显示出异常火热的局面，进入二季度稍有回落；企业各月新增订单一直处于高位，5月份出现小幅回落；出口市场持续回暖，在磨料磨具和切削刀具的迅猛增长拉动下，机床工具产品出口同比呈大幅度正增长。

一、1-5月行业主要经济指标完成情况

1. 行业主要经济指标完成情况

机床工具行业累计完成工业总产值1908.5亿元，同比增长41.1%。

机床工具行业产品销售产值1857.5亿元，同比增长41.3%。

机床工具行业工业产品销售率达到97.3%，同比提高0.1个百分点。

机床工具行业实现利润109.1亿元，同比增长78.5%；产值利润率为5.7%，同比提高1.3个百分点。

机床工具行业累计固定资产投资完成额同比增长9.8%，同比降低47.1个百分点。

2. 主要小行业经济指标完成情况

1) 金切机床行业

金切机床行业工业总产值454.1亿元，同比增长29.9%。

金切机床产量为271002台，其中数控机床产量达到74106台，同比增长分别为25.9%和54.3%。

金切机床行业实现利润22.7亿元，同比增长68.3%；产值利润率为5.0%，同比提高1.1个百分点。

2) 成形机床行业

成形机床行业工业总产值142.3亿元，同比增长44.6%。

成形机床产量为106989台，其中数控机床产量

达到4622台，同比增长分别为27.4%和27.8%。

成形机床行业实现利润6.7亿元，同比增长110.5%；产值利润率为4.7%，同比提高1.4个百分点。

3. 机床工具产品进出口情况

机床工具产品累计进口53.3亿美元，同比增长38.9%。其中金属加工机床进口31.3亿美元，同比增长25.4%。均已经超过历史最高年份2008年的同期进口金额。

机床工具产品出口24.9亿美元，同比增长41.9%；其中金属加工机床出口6.6亿美元，同比增长16.4%。

二、行业经济运行特点

1. 产销高速增长

今年前5个月，机床工具行业工业总产值和产品销售产值同比增长均超过40%。月度工业总产值完成情况显示，3、4、5连续三个月超过400亿元，高于2009年除12月以外任何月份。机床工具行业工业产品销售率达到97.3%，增幅比上年同期提高0.1个百分点。最近13个月机床工具行业工业总产值具体情况见图1。

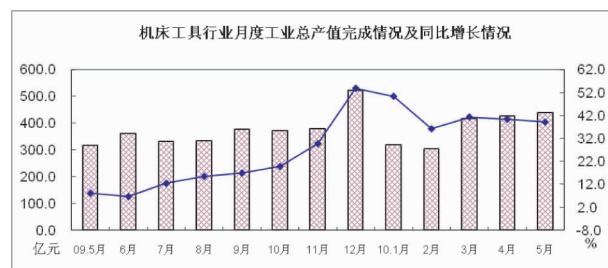


图1 2009年5月-2010年5月机床工具行业月度工业总产值完成情况及其增速

在国统局统计的机床工具行业五类企业中，外商控股企业、港澳台企业现价工业总产值同比增长均超过50%；集体控股企业、私人控股企业和其他类

型企业增速超过40%；国有控股企业增速最低，也达到了23.1%的增长。

机床工具大行业中，只有金切机床、工量具及量仪两个小行业的工业总产值同比增速低于行业平均水平，分别为29.9%和36.4%。其他六个小行业增速均高于行业平均水平，增速最高的是机床附件，达到了50.3%，以后依次为磨料磨具、铸造机械、金属成形机床、其它金属加工机械、木工机械小行业。

自去年八月份至今年五月份，金切机床小行业月度工业总产值同比增速连续十个月保持正增长，已显示出稳定向好趋势。最近13个月月度工业总产值完成情况见图2。



图2 2009年5月至2010年5月金切机床行业月度工业总产值完成情况及其增速

2. 部分行业利润翻番

根据国统局数据，2010年1-5月机床工具行业累计利润比上年同期增长78.5%，其中木工机械、工具和量仪、成形机床、机床附件四个小行业利润增长超过100%。

1-5月机床工具行业产值利润率为5.7%，但金切、成形、木工三个主机行业的产值利润率均低于行业平均水平，磨料磨具、机床附件、工量具小行业利润水平相对高一些，都超过了6%。除此以外，铸造机械产值利润率最高，达到7.0%。

利润大幅增长的原因主要有以下几点：一是产量扩大，固定费用摊薄，单台利润随之增加；二是产销率略有增加；三是产品销售中普通机床和经济性数控机床的需求量增加，成熟产品的利润和利润保障度相对较高；四是2009年同期基数相对较低。以上四种主要因素，促成利润同比增长远高于销售产值的增长幅度。同时，也说明机床工具行业产品成本和利润总体构成没有发生根本性变化。

3. 市场需求增幅趋缓

经过1~4月爆发的“井喷式”市场需求后，5月份市场需求开始有所放缓。中国机床工具工业协会对行业内230家重点联系企业的统计数据显示：3月末在手订单227.1亿元，5月末在手订单267.2亿元，仍有40亿的净增长。但数据显示，1月和4月份，当月新增订单超过39亿元，5月份又回落至36亿元，仅比有近一半假期的2月份高出1亿元。从重点联系企业的统计数据看，某些重型机床的订单从一季度就已经开始下滑。所以，我们认为市场需求增幅趋缓，在下半年，新增订单环比很有可能出现负增长。前5个月各月新增订单和累计订单情况见图3。

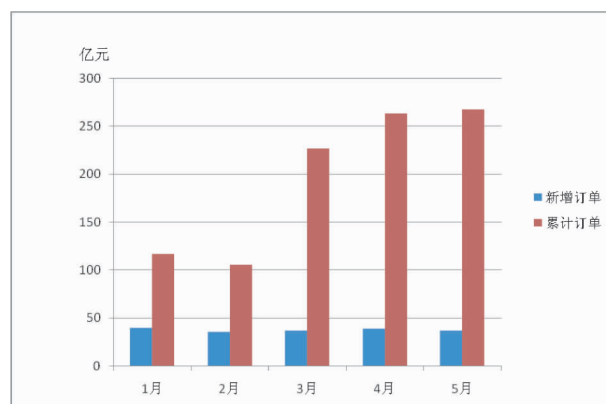


图3 2010年1-5月重点联系企业新增订单及累计订单完成额

与上年相比，今年前5个月市场对普通机床和经济型数控机床的需求量增加。重点联系企业的统计数据显示：金属加工机床产值数控化率为49.6%，同比降低2.7个百分点；金切机床及数控金切机床平均单价分别同比降低2.9万元和8.3万元；成形机床及数控成形机床平均单价分别同比降低2.6万元和2.4万元。这些数据反映出机床市场对低端产品的需求有所增加。

4. 进出口快速反弹

出口：国际经济情况好转，今年机床工具行业出口稳步回升，接近2008年水平。但是金属加工机床出口单价持续下跌，行业仍需进一步调整出口产品结构。

最近13个月机床工具和金属加工机床月度出口情况见图4和图5。

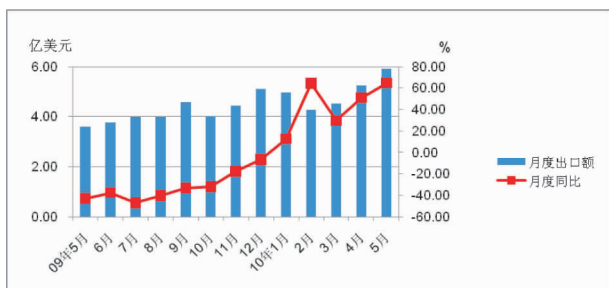


图4 2009年5月-2010年5月机床工具产品月度出口额及同比

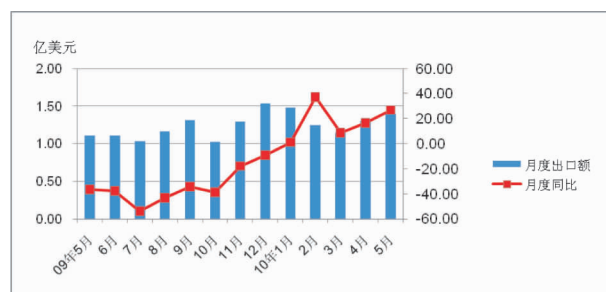


图7 2009年5月-2010年5月金属加工机床月度进口额及同比

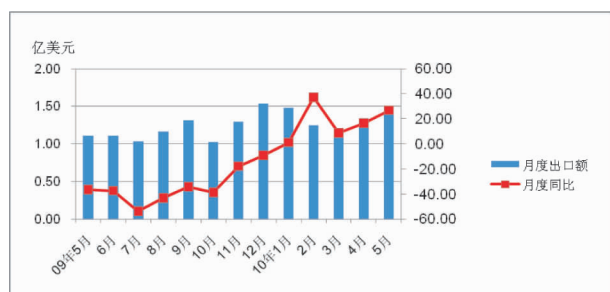


图5 2009年5月-2010年5月金属加工机床月度出口额及同比

机床工具出口总额24.9亿美元，与2008年同期相比，减少9%。机床工具行业十个小行业出口额同比均转为正增长。磨料磨具出口额连续五个月同比增长在100%以上。

出口数据显示，金属加工机床单价继续下滑，其中数控金属加工机床平均出口价格下降16%。下降幅度较大的有冲床、数控剪切机床、组合加工机床、加工中心等。

进口：1-5月份机床工具进口高速增长，进口额已超过2008年同期水平，增幅为8.9%。其中切削刀具、木工机床、机床夹具、机床零部件进口增速极高。最近13个月机床工具及金属加工机床月度进口情况见图6和图7。



图6 2009年5月-2010年5月机床工具产品月度进口额及同比

数控金属加工机床平均进口单价为15.3万美元，同比下降了49.2%。主要是去年从德、意、法等国家进口机床以高端为主，造成平均单价的大幅提升，达到29.5万美元。而今年从欧洲进口的机床降幅较大，导致进口机床单价的下降，但与2008年水平基本一致。

三、市场分析

根据对机床工具行业企业及重点用户的调查显示，今年前5个月市场前增后稳的增长主要有以下几个因素：汽车销量剧增引发的汽车及零部件企业扩大规模的投资；国家三年调整振兴规划带动的企业固定资产投资；由于金融危机滞后实施的项目产生的累积投资；出口市场回暖带动了出口的增长。

前4个月市场投资过于集中，且国家贷款控制力度则将进一步加强，预计后期增速将逐步回稳。

大陆和台湾于6月底签订了两岸经济合作框架协议（ECFA），实施早期收获的产品清单中涉及机床工具的有数控卧式车床、其他数控车床、数控钻床、数控平面磨床、研磨机床、珩磨机、砂轮机、抛光机床、插床、拉床、锯床及切断机、龙门刨床、锻造或冲压机床及锻锤、非数控冲孔开槽机、冲剪两用机、成形机床零部件、切削刀具、金属拉拔或挤压用模、锻压或冲压工具、滚珠丝杠、可编程控制器、数控系统、三坐标测量机。从明年1月1日开始，原产于台湾的上述产品进入大陆将实行减免关税，势必将对大陆同类产品产生一定冲击，行业内有关企业应有针对性地做好两岸产品的竞争力比较，正视差距，调整结构，积极应对。

近年世界加工中心产销情况

中国机床工具工业协会市场部 徐树滋

世界加工中心年产已超过 9 万台，产值占世界机床产值近 1/6；中国加工中心产量居世界第 3，产值居世界第 5。2008 年，中国消费 2.9 万台加工中心，约占世界产量的 1/3。中国加工中心消费金额为世界产值的 23.3%。

加工中心正以其高效率和高精度，得到越来越快速的发展，并已成为数控机床的代表性产品。关于加工中心世界发展水平、趋势和我国产品的差距，已有多篇文章谈及。此处不予赘述。至于加工中心产销情况和世界总的产销情况媒体很少谈到。同时因为国家统计局每年不发表我国加工中心生产数据，具体情况也都不了了。但当制定规划时，这种数据又是不可或缺的。为此，笔者收集国内外数据加以整理，提点看法，作为抛砖引玉，供大家参考。

一、我国加工中心产销情况

1. 产量、产值、消费快速增长

进入 21 世纪以来，我国加工中心生产逐年快速发展，比 2001 年产量 479 台，到 2008 年达 16512 台，增长了 33 倍，产值从 2.5 亿元到 81.89 亿元，增长了 31.5 倍。消费数量从 2563 台/年到 27350 台/年，增长了 9.7 倍，年消费金额从 3.2 亿美元到 31.03 亿美元，增长了 8.7 倍（表 1-表 3）。我国近几年加工中心产销数据来源：进出口依据海关数据，生产数据采用中国机床工具工业协会编制的“中国机床工具年鉴”数据。

2. 平均单价呈下降趋势

近几年来，特别是从 2005 年起，市场竞争激烈，加工中心平均单价下降很快，从 2005 年的 70.15 万元/台，降到 2008 年的 49.55 万元/台（表 1）。

表 1 2001-2008 年我国加工中心生产情况

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
生产台数	479	579	896	2687	3378	5839	9384	16512
产值 (万元)	25168	47433	65067	175519	236983	408617	631126	818192
平均单价 (万元/台)	52.54	81.92	72.62	65.32	70.15	69.98	67.26	49.55

表 2 2001-2009 年我国加工中心生产和消费数据

年	生产/台	进口/台	出口/台	消费/台
2001	479	2290	206	2563
2002	579	3320	198	3701
2003	896	4570	118	5348
2004	2687	8095	352	10430
2005	3378	10339	319	13398
2006	5839	12399	858	17380
2007	9384	13846	892	22338
2008	16512	13826	1380	28958

表 3 2001-2009 年我国加工中心生产和消费数据

(单位：百万美元)

年	生产	进口	出口	消费	国产市场占有率 (%)
2001	30.5	293.2	3.7	320.0	8.4
2002	57.3	361.6	3.8	415.1	12.9
2003	78.6	569.0	4.8	642.8	11.5
2004	212.1	955.0	3.9	1163.2	17.9
2005	289.4	1292.4	12.7	1569.1	17.6
2006	522.6	1579.2	31.1	2070.7	23.7
2007	852.2	1725.7	50.9	2527.0	31.7
2008	1113.4	2087.6	98.2	3102.8	32.7

注：为计算方便，产值按当年汇率折合成美元。

3. 产品构成以立式加工中心为主

产量 2007 年占 81.2%，2008 年下降为 77%。产值由占 50.9%下降为占 42.9%。立式加工中心平均单

价由 2007 年的 42.1 万元/台，降到 2008 年的 27.6 万元/台，降了 34%。近年随着重型机床需求加大，龙门加工中心有较快发展，2008 年龙门加工中心产值占比达 29.3%，比 2007 年 20.7%高了 8.6 个百分点（见表 4、表 5）。

4. 国产加工中心市场占有率不断上升

2001 年国产加工中心市场占有率为 8.4%，2008 年上升到 32.7%，上升很快，但仍未摆脱高档加工中心主要依靠进口的局面（表 5）。

表 4 2007 年金属切削机床（231 家企业）
生产情况中加工中心生产情况

产品名称	数量 (台)	占比%	产值 (万元)	占比%	平均单价 (万元/台)
立式加工中心	7622	81.2	321043	50.9	42.1
卧式加工中心	996	10.6	177701	28.2	178.4
龙门加工中心	762	8.1	130372	20.7	171.1
其他加工中心	4	0.04	2010	0.3	502.5
合计	9384	100	631126	100	67.3

表 5 2008 年金属切削机床（225 家企业）
生产情况中加工中心生产情况

产品名称	数量 (台)	占比%	产值 (万元)	占比%	平均单价 (万元/台)
立式加工中心	12709	77.0	350750.5	42.9	27.6
卧式加工中心	2155	13.1	226084.1	27.6	104.9
龙门加工中心	1566	9.5	240121.4	29.3	153.3
其他加工中心	82	0.5	1236.0	0.2	15.1
合计	16512	100	818192.0	100	49.6

注：表 4、表 5 数据均来自“中国机床工具年鉴”。

5. 加工中心已成为我国数控金切机床中
产值仅次于数控车床的第二大类产品

2008 年加工中心产值占数控金切机床的 25.3%（数控车床产值占 30%）。约占当年机床产值的 8%。

二、世界加工中心产销情况

数控产值率按国际通行理解的定义为：金切机床数控产值率=数控金切机床产值/金切机床产值 X100%

数据来源：根据中国机床工具工业协会“2008-2009 年世界机床生产、贸易和消费”专项信息和美

国 AMT 发布的“2008-2009 制造技术工业经济手册”中数据整理。

表 6 世界主要机床生产国家和地区机床数控产值率
(2008 年数据)

国别	日本	德国	美国	西班牙	瑞士	印度	英国	澳大利亚
金切机床数控 产值率%	87.8	90.0	76.7	88.4	81.5	62.1	65.4	77.2
金属加工机床 数控产值率%		79.7	67.8	74.8		55.7	60.8	

从各国数据看，金切机床数控产值率高于成形机床数控产值率，所以金属加工机床数控产值率低于金切机床数控产值率。几个机床生产强国金切机床数控产值率都高于 75%。印度虽不是机床生产强国，但近年发展较快，其金切机床数控化率都已超过 60%。据“中国机床工具年鉴”资料，按上述定义，我国 2008 年金切机床数控产值率为 58.48%。

有关 2005-2008 年的部分数据，主要来自美国 AMT 的“经济手册”和中国机床工具工业协会的“专项信息”。从表 6-表 15 可以看出：

1. 世界加工中心产值已占当年机床产值
的近 1/6

产量从 2005 年的 6.5 万台，到 2008 年达到年产 9 万台。产值从 2005 年的约 78 亿美元，增到 2008 年的 133.16 亿美元，约占当年世界机床产值的 15.64%；

2. 我国加工中心消费无论台数还是金额
从 2005 年起已居世界第一

加工中心产量 2005 年还居世界第 6，到 2008 年已是世界第 3（中国台湾第 1，日本第 2）。2008 年我国大陆加工中心产值居世界第 5，位于日本、德国、中国台湾和韩国之后。以上前 4 位的加工中心产值占比均已超过车床产值占比，居机床产值第 1 位。2007 年日本加工中心产值占机床产值的 26.9%，德国占 19.1%，韩国占 21.3%。预计随着我国数控机床生产的高速发展，加工中心在机床生产中的占比将继续增长。2008 年中国消费了世界加工中心产量的近 1/3，消费金额占世界加工中心产值的 23.3%。从加工中心平均单价看，欧洲（德国、意大利、西班牙）较高，日本其次。我国加工中心平均单价最

低，略低于中国台湾，但很接近。这说明我国生产的加工中心价格竞争力还不够。

3. 世界加工中心产量、产值由于数据不全，缺少意大利、西班牙、瑞士、英国、法国等数据

因此实际产量、产值应大于本文数据。上述国家加工中心产量相对较少，本表已涵盖世界加工中心生产前五名地区数据。

表 7 2005 年世界加工中心生产和消费

国别或地区	生产台数	进口/台	出口/台	消费/台
中国	3378	10339	319	13398
日本	16568	863	9219	8212
德国	4482	2420	3378	3524
美国	12747	5703	1463	16987
韩国	5502	1125	1858	4769
中国台湾	20881	291	14617	6555
法国		1500	297	
印度	1095	1373		
小计	约 65000			

注：我国加工中心生产台数来自“中国机床工具工业年鉴”数据。

表 8 2005 年世界加工中心生产和消费

单位：百万美元

国别或地区	生产	进口	出口	消费
中国	289.4	1292.4	12.7	1569.1
日本	3013.4	34.3	1851.1	1196.6
德国	1756.4	321.8	1139.3	938.9
美国	619.6	875.6	204.4	1290.8
韩国	537.5	198.7	206.0	529.6
中国台湾	1086.4	35.9	760.5	361.8
意大利	130.5	170.6	161.2	139.9
西班牙	83.4	99.5	49.5	133.4
瑞士		92.4	148.9	
英国		126.3	169.8	
法国	238.8	190.5	41.1	388.2
印度	67.6	141.9		
俄罗斯		45.3	0.6	
小计	7823.0			

表 9 2006 年世界加工中心生产和消费

国别或地区	生产台数	进口	出口	消费
中国	5839	12399	858	17380
日本	17670	863	9697	8836
德国	4524	2521	4151	2894
美国	10767	5964	2266	14465
韩国	9028	1882	2134	8776
中国台湾	23701	290	16591	7400
法国	(700)	1578	287	
小计	约 72000			

注：我国生产台数来自“中国机床工具工业年鉴”数据。

表 10 2006 年世界加工中心生产和消费

单位：百万美元

国别或地区	生产	进口	出口	消费
中国	522.6	1579.2	31.1	2070.7
日本	3238.8	39.7	2066.3	1212.2
德国	1644.7	360.3	1493.5	1511.5
美国	703.0	937.5	293.5	1347.0
韩国	882.0	332.4	265.9	948.5
中国台湾	1299.9	32.6	909.9	422.6
意大利	319.9	231.0	230.6	320.3
西班牙	95.1	102.4	69.5	128.0
瑞士		122.6	202.8	
法国	266.3	182.2	53.6	194.9
印度	95.4	177.3		
俄罗斯		40.1	0.8	
小计	9067.7			

注：我国数据来自各分会资料汇总数据。

表 11 2007 年世界加工中心生产和消费

国别或地区	生产台数	进口/台	出口/台	消费/台
中国	9384	13846	892	22338
日本	18043	736	11621	7158
德国	4529	3200	4532	3197
美国	11517	6397	2805	15109
韩国	9926	1428	2688	8666
中国台湾	28604	2616	20023	11197
法国	(700)	2379	418	
印度	1587	1882		
小计	约 85000			

注：我国生产台数来自“中国机床工具工业年鉴”数据。

Chinese government departments implement new FDI policy 中国政府部门开始落实外资新政

The State Administration for Industry and Commerce (SAIC) Minister Zhou Bohua said on May 13 that as a government function department to serve and promote development of foreign-invested enterprises, SAIC will relax the restrictions on and lower the threshold to establishment of foreign-invested enterprises, and encourage foreign investors to increase investment and expand production scale within an allowed range.

It is learned that in order to support collective operation of foreign-invested enterprises, SAIC will encourage foreignfunded investment companies to apply for establishing enterprises groups. The “Measures for the Implementation of Administration of Enterprise Name Registration” stipulate that foreign-invested enterprises that apply to use the mark of “China” in name each should have registered capital of no less than RMB50 million. In order to meet the demand of foreign investors investing in modern service industry and the rapid development of high-tech enterprises, SAIC made new stipulations: for sole foreign capital enterprises and foreign share controlled enterprises that use the names of capital contributors and engage in modern service and high-tech industries, they need to have a registered capital of RMB30 million before they can use the mark of “China” in their names.

Moreover, in order to encourage multinational companies to open functional institutions and launch foreign-invested service outsourcing enterprises, SAIC has relaxed the statement requirements with regard to the name and business scope of enterprises when they apply to open regional headquarters, R&D centers, procurement, financial management centers, settlement centers, and cost-profit accounting centers or engage in service outsourcing industry in China, and has allowed them to use the word statement in name and business scope that can reflects of the functions.

SAIC will encourage foreign-funded investment companies to launch enterprises groups, and the names of the groups can have abbreviations: the parent company may use the mark of “group” or “(group)” in its name; and the subsidiary company may use the name or abbreviation of the enterprises group in its own name. Share participating companies, with approval of the enterprises groups or administrative organs, can use the mark of enterprises group or abbreviations in their own names.

In the progress of reorganization in recent years, foreigninvested enterprises urgently hoped to convert creditor's right into share right, and to increase total investment by way of increasing capital contribution. In the face of the demand, SAIC stipulates that after registering with forex administration department and being approved by competent department, the investor of a foreign-invested enterprise may convert its creditor's right into the registered capital of the enterprise.

To ease the difficulty of foreign-invested enterprises in capital contribution, SAIC stipulates that when foreign-invested enterprises that have paid the initial registered capital, have no law violation records, but cannot contribute the following capital as required on time due to tight capital supply apply to extend the term of capital contribution, after being approved by competent department, local industrial and commercial departments may timely go through term alteration registration for them. The move has not only eased the pressure of capital contribution on foreign-invested enterprises, but also encouraged foreign investors to further increase investment without reducing the registered capital.

Use of foreign capital has been regarded as the obvious symbol and an important achievement of China's reform and opening-up policy. By the end of 2009, there were over 430,000 legal person foreign-invested enterprises operating in China. Statistics of UNCTAD show that China has ranked first among developing countries in terms of foreign capital introduction for 17 consecutive years.

Statistics of the Ministry of Commerce (MOC)

show that by March this year, foreign investors had launched nearly 690,000 enterprises in China, which had actually used over US\$1 trillion of foreign capital. In April of this year, China actually used US \$7.346 billion of foreign capital, up 24.69% year on year, more than doubling the 12.1% growth in March. Thus, China's foreign direct investment (FDI) has posted positive growth for nine months running since August of 2009.

Chinese Government in April 2010 published the "Proposals of the State Council on Doing a Better Work in FDI", which fall into five parts including "optimizing the FDI structure", and this has been taken as a guiding document for China's FDI at present and for a period of time to come. According to the proposals, the area for foreign investment will be widened and foreign-invested enterprises shall enjoy equal national treatment.

MOC also published "Central China Foreign Investment Promotion Plan" at the end of April this year, the first Stateclass regional foreign investment promotion plan China has published. For a period of time to come, Chinese government departments will consecutively publish a series of specific measures to support implementation of the "Proposals of the State Council on Doing a Better Work in FDI".

PMI of manufacturing sector keeps at above 50% for 14 months running 中国制造业PMI持续14个月50%以上

The Purchasing Managers' Index (PMI) for China's manufacturing sector stood at 55.7% in April, up 0.6 percentage points from last month, said the China Federation of Logistics and Purchasing (CFLP). It was the 14th straight month that the index was kept at above 50% since October last year, except February this year, which saw small changes.

In April, of the 11 sub-indices of PMI, nine went up, while two dropped. Comparing with the previous month, the index on finished product inven-

tory dropped 2.1 percentage points, and the import index fell slightly by 0.6 percentage points, while the other nine increased, but the rising margin was within 1 percentage point. The indices on new orders, backlog orders, purchase volume, and purchase price rose by a big margin to more than 1 percentage point, and especially the purchase price index made the biggest increase to 7.5 percentage points. For index level, the production index and new order index were near to 60%; while the purchase price index exceeded 70%, hitting new high since the second half of 2008.

The April PMI index reflects four features of China's present economic development.

1. Social demand continued rising, but the rising trend turned to slow down. The new order index stood at 59.3%, up 1.2 percentage points on month. Among the 20 sectors, 16 were higher than 50% in the new order index. Of them, there were high to exceed 60% mainly including machinery and electric equipment and metal raw materials. The economic recovery period will surely trigger off fast growing demand for machinery and electric equipment and metal materials. The new order index structure mirrored that China's economy is now in a rapid growing stage.

2. Industrial production growth turned to steady. The production index was 59.1%, up 0.7 percentage points on month. Among the 20 sectors, 17 were higher than 50%, of which nine, mainly led by metal products, electric machinery and appliance manufacturing, reached more than 60%, and the top two sectors exceeded 70%. Production index for production-used products enterprise was the highest to more than 65%.

3. Imports and exports continued the upward turn, and the growth was basically steady. The import order index was 53.1% in April, down 0.6 percentage points on month. The index has stayed above 50% since August last year except February of this year. Among the 20 sectors, 13 were higher than 50%, of which five, led by machinery and electric equipment manufacturing, were higher than 60%.

New export order index was 54.5%, about the

same of the previous month. Among the 20 sectors, 15 were higher than 50%, of which two exceeded 60%.

4. The supply and demand situation was generally good. The finished product index was 46.2%, down 2.1 percentage points from March. Among the 20 sectors, two stayed at 50%, and 13 were lower than 50%. The backlog orders index was 53.4%, up 1.4 percentage points on month. Among the 20 sectors, 12 were higher than 50%, and two exceeded 60%.

There several points call for attention in the future economic development.

1. Inflation expectation further increased. The purchase price index has maintained at above 60% for four months running since last November, and it is still climbing up. The index was 65.1% in March and further up 7.5 percentage points in April to 72.6%. The index for all the 20 sectors was higher than 50%, of which 13 exceeded 70%, and five were higher than 80%. The price hike pressure mainly come from prices of water, electricity, fuel and gas, which are expected to go up further, and the present abnormal climate will exert impact on grain prices.

2. The increase of international trade friction may restrict China's export's recovery. Furthermore, major economies such as Europe and America are facing unsteady consumer confidence, spurring potential withdrawal of the policy, and also making international market full of uncertainty.

Proposals of SAIC on Doing a Better Work in Serving Foreign-invested Enterprises

国家工商总局关于进一步做好服务 外商投资企业发展工作的若干意见

In order to implement the "Proposals on Doing a Good Work in Use of Foreign Capital" of the State Council, bring the functions of industrial and commercial bureaus into full play, do a better work in serving development of foreigninvested enterprises,

bring the active role of foreign funds in promoting scientific and technological innovation, industrial upgrading, and coordinated regional development into full play, improve the quality and level of foreign funds used, and actively promote the transformation of economic development mode, the following proposals are produced:

I To encourage foreign investors to increase investment

1. To actively support collective operations of foreign-invested enterprises. To encourage foreign-funded investment companies to launch enterprises groups. The name of enterprises groups can have abbreviations. The parent company can use such characters as "group" of "(group)" in its name; the subsidiary company can use the name or abbreviation of the enterprises group in its own name; and equity participation company may, with approval of administrative body of enterprises group, use the name or abbreviation of the enterprises group in its own name.

2. To actively support foreign-invested enterprises to increase investment with creditor's right. To actively study measures on administration of capital contribution with creditor's right, and standardize the activity. To seriously do a better work in registration of change of way of capital contribution by foreign-invested enterprises, and after being registered with forex administrative department and being approved by examination department, to render support to investors of foreigninvested enterprises to change their creditor's right over the enterprises into registered capital.

3. To encourage foreign investors to launch partnership enterprises. To strengthen guide, stress cooperation and improve efficiency in encouraging foreign enterprises or individuals with advanced technologies and management experiences to launch partnership enterprises in China; to increase the type of foreign-invested enterprises, and expand the channels for foreign economic cooperation and

technical exchanges.

4. To actively support foreign-invested enterprises that are difficult in capital contribution. For foreign-invested enterprises that have paid initial registered capital and have no bad record, but cannot contribute capital promised on time due to temporary tight capital supply and have applied for extension of time limit of capital contribution, SAIC and branches shall timely register the change of capital contribution time limit after being approved by competent department.

II To promote optimization of foreign investment structure

5. To actively support development of foreign-invested service enterprises. Sole foreign capital enterprises that use the name of the capital contributor and foreign-invested enterprises that are sharely controlled by foreign investors and have registered capital topping RMB30 million and are engaged in modern service and high-tech industries may use the characters of “(China)” in their names. Except those that have special stipulations, foreign-invested service enterprises and authorized subsidiaries may directly apply for registration of other operating branches with local registration organs.

6. To energetically support multinational companies to establish functional institutions and launch foreign investment service outsourcing industry. Multinational companies may use the character expression that can reflect their functions in their names and description of business scope when they launch regional headquarters, R&D centers, procurement centers, financial management centers, settlement centers, and cost/profit accounting centers and foreign investment service outsourcing industry in China.

7. To actively serve foreign-invested enterprises that conduct trans-regional transfer. To enhance service to such enterprises, improve registration service system, and smooth out the connection of registration; to implement first inquiry responsibility

system for foreign-invested enterprises that are transferred from East China to central and West China, track the whole process, and offer efficient move-out, move-in registration service.

8. To actively serve border economic cooperation zone construction. To encourage foreign investors to launch various foreign-invested enterprises in border economic cooperation zones; to actively guide domestic and overseas natural persons to establish foreign-invested partnership enterprises in the zones, and define the qualification of operating subjects to promote construction of border economic cooperation zones.

9. To actively diversify the way of foreign capital use, actively participate in joint examination of foreign M&A, standartize the corporate registration procedures for foreign M&A according to law and offer quality service in the registration link; to actively support foreign investors to participate in reorganization, renovation and M&A of Chinese enterprises by way of equity participation and M&A.

10. To strictly control enterprises with backward production capacities. To strengthen registration management, and cooperate with competent department in the registration of change, cancellation of registration and cancellation of business licenses of foreign-invested enterprises that are “high energy consuming and highly polluting” and are of low production level and excessive production capacity, in an effort to enhance sustainable economic and social development capability.

III To enhance the ability of serving foreign-invested enterprises

11. To further improve the quality of service in registration of service in registration of foreign-invested enterprises. To fully implement “through examination-verification” system to reduce the links of examination, define the powers and responsibility of examination and verification personnel, and further standardize the registration. For registration of key foreign-invested projects designated by the central and local governments, special persons will be

appointed to handle it in advance and as quickly as possible, and offer follow-up service.

12. To further improve the informationization level of registration of foreign-invested enterprises. To keep increasing online service functions, establish a registration mode of “authorized registration+long-distance verification +online application” to promote move-ahead of the registration window. To gradually realize on-line application, on-line pre-examination, and one-time window settlement and concretely improve the efficiency of registration. To energetically promote publicity of government affairs, and offer basic information and consultation service concerning foreign-invested enterprises to the public.

13. To concretely enhance the quality of monitoring and analysis of registration and management data of foreigninvested enterprises. To enhance the quality of registration and management data on foreign in vestment, establish a mechanism for comprehensive use and publication of foreign investment registration and management data, timely collect information on registration and management of main subjects on foreign capital market, strengthen analysis of related information and development of foreign-invested enterprises, bring the public service function of information on main subject registration and management on foreign capital market into full play, and serve foreign-invested enterprises.

14. To earnestly implement the Atate industrial policy on use of foreign capital. In registration line, to actively support foreign investment in industries encouraged, while strictly controlling foreign investment in projects that are restricted by the State, and no registration shall be handled for foreign investment in such projects. In supervision link, to correct the activity of foreign-invested enterprises engaging in restricted industries at will, and firmly ban foreign-invested enterprises' engagement in any restricted industry, and concretely improve the quality of foreign capital used.

15. To concretely increase the rate of capital put in place for foreign-invested enterprises. To strengthen standard management of the capital contribution by

shareholders of foreign-invested enterprises, and with focus on initial capital payment, to standardize the activity of capital contribution, establish a cue, call-up and announcement system for capital contribution to promote capital contributors to observe their obligations and increase credibility.

16. To improve the efficiency of annual examination of foreign-invested enterprises. To promote classified annual examination of foreign-invested enterprises: to strengthen examination of foreign-invested enterprises in key industries and of low credit rating, while simplifying the annual examination procedures for those without bad records; to establish a stimulus mechanism for honest operation and a punishment mechanism for illegal operation. To improve annual examination sum-up reporting system of foreign-invested enterprises, strengthen sort-out and analysis of information on annual examination, and accurately understand the conditions of foreign-invested enterprises.

IV To Create a good market environment

17. To concretely safeguard the fair competition market order. To strengthen the enforcement of competition, crack down on such activities as “imitating famous brands” , investigate into unjust competition cases where the rights and interests of foreign-invested enterprises have been violated. To strengthen protection of famous brands of foreign-invested enterprises, and curb the activity of random use of famous brands to engage in unjust competition. To investigate into monopolistic and unjust competition cases, and create a fair competition market environment.

18. To create a harmonious consumption environment. To strengthen the work of safeguarding the rights and interests of consumers, launch special law enforcement activities for fake products fighting and consumer right protection, investigate into such illegal activities as sell fake products and products of inferior quality, and concretely safeguard the legitimate rights and interests of consumers and foreign-invested enterprises. To actively guide foreign-invested enter-

prises to establish and improve such self-disciplinary system as consumption dispute settlement, to timely dissolve consumption disputes, and conscientiously perform the social obligations of safeguarding the legitimate rights and interests of consumers, enhance the reputation of enterprises and erect a good image.

19. To actively guide foreign-invested enterprises to enhance the ability of registration, use, protection and management of trademarks. To effectively protect the exclusive right to use of the trademarks of foreign-invested enterprises, speed up registration examination of trademarks, intensify the protection of right to trademarks. Meanwhile, to increase the channels of negotiation of foreign-invested enterprises, and help foreign-invested enterprises protect their trademarks. To justly rule foreign trademark examination and approval cases according to law, concretely safeguard the legitimate rights and interest on trademarks of foreign parties concerned. For foreign trademark examination and approval cases that are conducive to technological innovation, industrial upgrading and coordinated regional development in China, China may handle the case in advance according to specific conditions.

20. To further improve the efficiency of administrative licensing. To innovate mechanism means to improve work efficiency, standardize food distribution licensing. To authorize provincial industrial and commercial bureaus to examine and approve foreign-invested advertising enterprises, improve examination and approval regulations, establish record-filing system, promote format examination and approval, strengthen guide and supervision over examination and approval of foreign-invested advertising enterprises. To actively cooperate with competent department in examination and approval of foreign-invested auto sales enterprises, support development of such enterprises.

21. To actively promote healthy development of advertisement industry. To support foreign-invested advertising enterprises to make use of their advantages in management, technology and talent to promote development of advertisement industry; to guide

them to shoulder their social responsibilities by participating in public service advertisement and contributing to improvement of China's public service ad. To promote rectification of ad market, intensify the crackdown on false and illegal ads that harm the legitimate rights and interests of consumers and foreign-invested enterprises, safeguard a civilized and honest ad market order.

22. To bring the role of administrative guide into full play. On the basis of administration according to law, to give play to administrative guide, and increase the effect of administrative guide by way of suggestion, counseling, warning, persuasion, demonstration, and bulletin. To pay attention to the unification of administrative penalty and administrative guide, guide foreign-invested enterprises to be honest and observant of law in operation, thus create a harmonious supervision and law enforcement environment for foreign-invested enterprises.

V To improve the system/mechanism that serves development of foreign-invested enterprises

23. To expand the authorized scope for registration and management of foreign-invested enterprises. To actively support the delegation of right of verification and registration of foreign-invested enterprises to local industrial and commercial organs and the administrative bodies of State economic and technological development zones and high-tech industrial development zones where foreign-invested enterprises are clustered, to facilitate foreign-invested enterprises to go through registration procedures at the nearest location, and to offer service to foreign-invested enterprises that transfer itself to and increase investment in central and West China, to promote coordinated regional economic development.

24. To improve long-term supervision of foreign-invested enterprises mechanism. To give play to the dual advantages of authorized registration and local supervision to concretely perform the responsibility of

supervision by local industrial and commercial bureaus; to strengthen local supervision of foreign-invested enterprises to promote their legal operation and healthy development.

25. To increase the unity in supervision of foreign-invested enterprises. To implement supervision and management according to law, and wield the power of discretion correctly. To establish a mechanism for handling complaints of foreign-invested enterprises, actively contact foreign-invested enterprises association, and industrial and commercial registration coordinators association in hearing of the opinions

and proposals of foreign-invested enterprises, handle the problems they report according to law, concretely safeguard the legitimate rights and interests of foreign-invested enterprises.

26. To strengthen coordination and cooperation among departments. To strengthen negotiation and coordination with related departments, timely resolve the problems occurred in examination and registration of foreign-invested enterprises. To increase information exchange with related departments, thus join the forces of promoting healthy development of foreign-invested enterprises.□

● 业界动态 ●

海德汉倾力支持全国数控技能大赛

第四届全国数控技能大赛已于今年4月在北京正式启动。伴随着今夏的热浪，大赛正在紧锣密鼓地进行中。作为享誉全球的数控系统制造商，海德汉公司今年也将倾力支持这场数控盛典。

全国数控技能大赛是全国职业技能竞赛系列活动里五项国家一级大赛中最重要的赛事，由人力资源和社会保障部、教育部、科学技术部、国家国防科技工业局、中华全国总工会和中国机械工业联合会等六部委联合举办。大赛一直致力于为机床数控从业人员和相关职业院校学生提供展示技能、交流经验的平台。一直以营造全社会关心、支持数控技能人才成长的良好氛围为目标。从而加快对数控高技能人才的培养，提高中国数控机床高技能人才的竞争力，进一步推进整个中国机床市场的长远发展。

第四届数控大赛决赛将于2010年底在佛山进行，和历届大赛不同的是，此次大赛将更加突出对参赛人员在多轴加工，尤其是五轴加工方面的技能考核。作为此次大赛五轴应用指定数控系统——海德汉iTNC530数控系统，其技术特点完全贴合未来数控机床行业的发展趋势，将为大赛提供最高可靠、高性能的数控系统。

海德汉公司是一家拥有一百多年历史的专门生产高精度测量元件和数控系统的跨国集团公司。所生产的高性能数控系统和测量反馈元件在机床、模具加工和高精密加工领域中得到了广泛的应用。进驻中国十载，海德汉始终关注中国数控机床领域人才的教育培养，致力于在推进中国数控机床行业发

展的进程贡献力量，这次海德汉助力全国数控技能大赛，其初衷也是希望为推动数控技术的进步，催生大量数控技能人才而尽自己的绵薄之力。

卓越的高速加工功能、五轴联动加工功能和友好的人机界面是高效率机床不断追求的目标。当前数控系统的发展趋势主要体现在高速、高精，伺服智能化等方面。而海德汉数控系统始终不断演绎着数控系统前沿技术的风采。此次赞助给大赛组委会的iTNC 530数控系统采用全新的微处理器结构，具有非常强大的计算能力。并在强大硬件的支持下，采用了全数字化技术。具有理想的程序段处理速度性能；轮廓精度高；在保证精度的情况下实现高速加工。能在大赛期间最大程度上满足选手对于复杂加工的应用需求，为选手展现高超技艺提供更大空间。



第四届全国数控技能大赛期间海德汉还会为大赛提供技术交流、技术培训等多方面支持，同时，也期待借此机会进一步了解用户体验，交流应用感受。

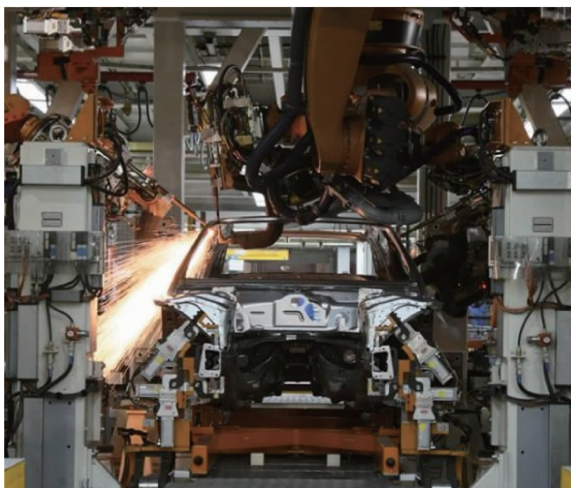
汽车工业中的激光焊接技术

燕来荣

1. 激光焊接技术的特点及应用领域

世界上第一个激光器的成功演示在40多年前，在今天，激光科学技术蓬勃发展，其作用远远超出了其发明初期人们原有的预想。激光技术的应用目前遍及科技、经济、军事和社会的许多领域。汽车工业是激光加工重要的应用领域，占激光加工15%的份额。激光焊接、激光切割、激光标记、激光打孔都有着广泛的应用。

激光焊接技术在制造领域的应用稳步增长，由脉冲到连续，由小功率到大功率，由薄板到厚件，由简单单缝到复杂形状，激光焊接在不断的演化过程中已经逐步成为一种成熟的现代加工工艺技术。激光（受激辐射光）最基本的特点就是：单色性、方向性、相关性，这些独特性质加上由此而来的超高亮度，超短脉冲等性质使它已经紧紧的和现代工业结合在一起，这些特质非常适合焊接加工。激光焊接是利用激光束作为热源的一种热加工工艺，它与电子束、等离子束和一般机械加工相比较，具有许多优点。激光束的激光焦点光斑小，功率密度高，能焊接一些高熔点、高强度的合金材料；激光焊接是无接触加工，没有工具损耗和工具调换等问题；



激光束能量可调，移动速度可调，可以多种焊接加工；激光焊接自动化程度高，可以用计算机进行控制，焊接速度快，功效高，可方便的进行任何复杂形状的焊接；激光焊接热影响区小，材料变形小，无需后续工序处理；激光可通过玻璃焊接处于真空容器内的工件及处于复杂结构内部位置的工件；激光束易于导向、聚焦，实现各方向变换；激光焊接与电子束加工相比较，不需要严格的真空设备系统，操作方便；激光焊接生产效率高，加工质量稳定可靠，经济效益和社会效益好。

激光器一般按产生激光的工作物质不同来分类，主要有半导体（GaAs, InP等）激光器、固体（Nd:YAG等）激光器、气体（CO₂、He-Ne等）激光器、液体（可调谐染料等）激光器、化学激光器、自由电子激光器等。其中气体激光器以气体或金属蒸汽为发光粒子，它是目前种类最多，激励方式最多样化，激光波长分布区域最宽，容易实现大功率连续输出，应用最广泛的一类激光器。固体激光器是将产生激光的粒子掺于固体基质，其浓度比气体大，因而可以获得比较大的激光能量输出，具有能量大，峰值功率高，机构紧凑，牢固耐用等特点，在激光焊接中主要就采用这两种受激物质的激光器。

激光焊接分为脉冲激光焊接和连续激光焊接，在连续焊接中又可分为热传导焊接和深穿透焊接，随着激光输出功率的提高，特别是高功率CO₂激光器的出现，激光深穿透技术在国内外都得到了迅速发展，最大的焊接深宽比已经达到了12:1，激光焊接材料也由一般低碳钢发展到了今天的焊接镀锌板、铝板、钛板、铜板和陶瓷材料，激光焊接速度也达到了每分钟几十米，激光焊接技术日益成熟，并大量应用到生产线上，在汽车生产线上如齿轮焊接，汽车底板及结构件（包括车门车身）的高速拼焊并已取得巨大的经济和社会效益。

在激光应用技术的各个领域，激光性能的发展趋势是在不断地提高，这种发展趋势可以增大激光的功率和提高激光的射束质量，借助于新的激光

产生方案和新的激光设备设计方案，也包括新的激光技术应用领域，这种发展趋势可在今后不久得以实现。

2. 激光焊接在汽车行业中的应用

美国是最早将高功率激光器引入汽车工业的国家。在美国汽车工业中心底特律地区有40余家激光加工站，用于汽车金属件的切割和齿轮的焊接，使汽车的改型从5年缩短到2年。美国通用汽车公司已经采用22条激光加工生产线，美国福特汽车公司采用Nd:YAG激光器结合工业机器人焊接轿车车体，极大地降低了制造成本，美国三大汽车公司的电阻点焊生产线被激光焊生产线所取代。在日本，激光焊接在生产线上成功的应用为世界所瞩目，如在汽车车体制造中采用将薄钢板实施激光焊接后冲压成型的新方法，现在已为世界上大多数汽车厂家所仿效。世界上很多著名汽车公司都建有专门的激光焊接专用生产线：Thyssen钢铁公司的轿车底板拼焊生产线，大众汽车厂的齿轮激光加工生产线，奔驰汽车厂的18个厂房里有8个厂房安装了激光加工设备。

采用激光焊接可以给汽车制造业带来巨大的经济效益，如车身装配中的大量点焊，把两个焊头夹在工件边缘上进行焊接，凸缘宽度需要16mm，而激光焊接是单边焊接，只需要5mm，把点焊该为激光焊，每辆车就可以节省钢材40kg。用传统点焊焊接两片0.8mm的钢板冲压件，平均是20点/min，焊距是25mm，即速度为0.5m/min，用激光焊速度可以达到5m/min以上。采用激光焊接技术，不仅降低成本，还大大提高了生产效率。目前，一套千瓦级的激光加工机器人系统只要几十万美元，新型激光器的安

全性和可靠性也得到了保证，其故障停机率仅2%，防护措施也极为可靠。激光焊接时需要工件接触面紧密吻合，这在工艺上是不容易实现的，但目前先进的夹持方法和适合激光焊接的凸缘设计使这一问题得到了解决，激光焊接技术的逐渐成熟使得各大汽车厂商无一例外的将激光焊接应用到了汽车生产线上。

据有关资料统计，在欧美发达工业国家中，有50%~70%的汽车零部件是用激光加工来完成的。其中主要以激光焊接和激光切割为主。激光焊接在汽车工业中已成为标准工艺。激光用于车身面板的焊接可将不同厚度和具有不同表面涂镀层的金属板焊在一起，然后再进行冲压，这样制成的面板结构能达到最合理的金属组合。激光焊接的速度约为4.5m/min，而且变形很小，省去了二次加工。激光焊接加速了用冲压零件代替锻造零件的进程。采用激光焊接，可以减少搭接宽度和一些加强部件，还可以压缩车身结构件本身的体积。仅此一项车身的重量可减少56kg。激光焊接用于车顶外壳与框架焊接，传动转换器盖板的焊接，由CNC控制，其循环时间约为16s，实际焊接时间仅为3s，一天可连续运行24h。

用于焊接小轿车的变速箱总成和底盘，激光束的焊接速度快，易于自动化控制并且易于归并到一个灵活的制造系统中，激光束改进了厂家的产品设计投产周期，降低了成品的废品率。

激光焊接在汽车工业中最主要就是应用在汽车车身的焊接和拼接坯板焊接上。为满足市场和客户的需求，改善车身和制造工艺是十分必要的，而汽车的车身价值约占汽车总价值的1/5，采用激光焊接工艺使车身的抗冲击性和抗疲劳性都可以得到显著改善，提高汽车的品质。激光焊接由于采用计算机控制，所以具有较强的灵活性和机动性，可以对形状特殊的门板、挡板、齿轮、仪表板等零部件的焊接，也可以完成车顶和侧围，发动机架和散热器架等部件的装配，如果加上光纤传输系统和机械手，就可以实现自动化的汽车装配生产线。使用3kW左右的光纤传输的Nd:YAG连续激光器，配合点焊系统，和生产线上的夹具相配合，就可以达到自动化焊接的目的，通用、奔驰等都采用了这一系统应用在最新的车型的生产线上，激光焊接系统几乎可以达到完美加工的要求，在效率、经济、安全、强度、抗腐蚀性上都有优秀表现。

一辆汽车的车身和底盘由300种以上的零件组



成,采用激光焊接几乎可以把所有不分厚度、牌号、种类、等级的材料焊接在一起,制成各种形状的零件,大大提高汽车设计的灵活性。拼接坯板就是在充分分析车身结构的基础上优化部件设计,使之可以由少数的几种典型坯板焊接而成,这样大大降低了模具数量,增加了材料利用率,而且可以在强度要求不同的部位采用不同厚度的坯板,可以一次冲压成型,减轻了重量,提高了精度,还使得抗腐蚀性和安全性能都有大幅度提高,车身结构也大大简化,大大增加汽车生产商的效益。

3. 激光焊接的工作原理及其工艺和设备技术

激光由于其独有的高亮度、高方向性、高单色性、高相干性,自诞生以来,其在工业加工中的应用十分广泛,成为未来制造系统共同的加工手段。用激光焊接加工是利用高辐射强度的激光束,激光束经过光学系统聚焦后,其激光焦点的功率密度为 $104\sim 107\text{W}/\text{cm}^2$,加工工件置于激光焦点附近进行加热熔化,熔化现象能否产生和产生的强弱程度主要取决于激光作用材料表面的时间、功率密度和峰值功率。控制上述各参数就可利用激光进行各种不同的焊接加工。



激光焊接是将高强度的激光束辐射至金属表面,通过激光与金属的相互作用,金属吸收激光转化为热能使金属熔化后冷却结晶形成焊接。激光焊接的机理有两种:一是热传导焊接。当激光照射在材料表面时,一部分激光被反射,一部分被材料吸收,将光能转化为热能而加热熔化,材料表面层的热以热传导的方式继续向材料深处传递,最后将两焊件熔接在一起;二是激光深熔焊。当功率密度比较大

的激光束照射到材料表面时,材料吸收光能转化为热能,材料被加热熔化至汽化,产生大量的金属蒸汽,在蒸汽退出表面时产生的反作用力下,使熔化的金属液体向四周排挤,形成凹坑,随着激光的继续照射,凹坑穿入更深,当激光停止照射后,凹坑周边的熔液回流,冷却凝固后将两焊件焊接在一起。

这两种焊接机理根据实际的材料性质和焊接需要来选择,通过调节激光的各焊接工艺参数得到不同的焊接机理。这两种方式最基本的区别在于:前者熔池表面保持封闭,而后者熔池则被激光束穿透成孔。传导焊对系统的扰动较小,因为激光束的辐射没有穿透被焊材料,所以,在传导焊过程中焊缝不易被气体侵入;而深熔焊时,小孔的不断关闭能导致气孔。传导焊和深熔焊方式也可以在同一焊接过程中相互转换,由传导方式向小孔方式的转变取决于施加于工件的峰值激光能量密度和激光脉冲持续时间。激光脉冲能量密度的时间依赖性能够使激光焊接在激光与材料相互作用期间由一种焊接方式向另一种方式转变,即在相互作用过程中焊缝可以先在传导方式下形成,然后再转变为小孔方式。

激光技术采用偏光镜反射激光产生的光束使其集中在聚焦装置中产生巨大能量的光束,如果焦点靠近工件,工件件就会在几毫秒内熔化和蒸发,这一效应可用于焊接工艺。激光焊接设备的关键是大功率激光器,主要有两大类,一类是固体激光器,又称Nd:YAG激光器。Nd(钕)是一种稀土族元素,YAG代表钕铝石榴石,晶体结构与红宝石相似。Nd:YAG激光器波长为 $1.06\mu\text{m}$,主要优点是产生的光束可以通过光纤传送,因此可以省去复杂的光束传送系统,适用于柔性制造系统或远程加工,通常用于焊接精度要求比较高的工件。汽车工业常用输出功率为 $3\text{kW}\sim 4\text{kW}$ 的Nd:YAG激光器。另一类是气体激光器,又称 CO_2 激光器,分子气体作工作介质,产生平均为 $10.6\mu\text{m}$ 的红外激光,可以连续工作并输出很高的功率,标准激光功率在 $2\text{kW}\sim 5\text{kW}$ 之间。

早些年,激光焊接技术即使是焊接很小的电子器件外壳,也需要很大的机器,同时需要复杂的外部冷却系统,因此需要占用很大的工厂空间,这无疑会导致较高的投资费用,而且那时的焊接设备习惯使用Nd:YAG固态激光器。虽然后来二极管激光器的成功应用逐渐取代了这种固态激光器,但这些二极管激光器的质保时间通常不足3000h,仍然无法和固态激光器竞争。随着新型的二极管激光器的研制成

功，它们几乎都是免维护的，而且预期寿命可高达20000h，因此成功地替代了固态激光器成为厂商的首选。现在的激光焊接系统其结构简洁紧凑，标准的系统可处理最大240mm×240mm的工件，而且聚焦直径小于1.5mm。此外，还可选用各种过程监测手段。

看到二极管激光技术的巨大应用潜力和广阔的应用前景，供应商们不断加大研发力度，许多新技术由此应运而生。例如，二极管激光光纤耦合技术以及使用工业机械手进行激光焊接等，其中，二极管激光光纤耦合技术即使更换激光源后仍可保证激光光束的均一性。

随着技术的进步，激光焊接能够很容易地利用工艺和设备的优势来弥补该技术与常规方法在设备成本上的差距。因此，成本因素已经不再是限制激光焊接技术获得广泛应用的主要原因。

4. 汽车激光加工和机器人焊接新技术

激光加工是激光系统最常用的应用。根据激光束与材料相互作用的机理，大体可将激光加工分为激光热加工和光化学反应加工两类。激光热加工是指利用激光束投射到材料表面产生的热效应来完成加工过程，包括激光焊接、激光切割、表面改性、激光打标、激光钻孔和微加工等；光化学反应加工是指激光束照射到物体，借助高密度高能光子引发或控制光化学反应的加工过程。包括光化学沉积、立体光刻、激光刻蚀等。激光加工具有一些其它加工方法所不具备的特性。由于它是无接触加工，对工件无直接冲击，因此无机械变形；激光加工过程中无刀具磨损，无切削力作用于工件；激光加工过程中，激光束能量密度高，加工速度快，并且是局部



加工，对非激光照射部位没有或影响极小。因此，其热影响的区小工件热变形小后续加工最小；由于激光束易于导向、聚焦、实现方向变换，极易与数控系统配合、对复杂工件进行加工因此它是一种极为灵活的加工方法；生产效率高，加工质量稳定可靠，经济效益和社会效益好。激光加工作为先进制造技术已广泛应用于汽车、电子、电器、航空、冶金、机械制造等国民经济重要部门，对提高产品质量、劳动生产率、自动化、无污染、减少材料消耗等起到愈来愈重要的作用。

汽车制造的批量化、高效率和对产品质量一致性的要求，使机器人生产方式在汽车焊接中获得了大量应用。焊接机器人是本体独立、动作自由度多、程序变更灵活、自动化程度高和柔性程度极高的焊接设备。具有重复精度高、焊接质量好、运动速度快和动作稳定可靠等特点，焊接机器人是焊接设备柔性化的最佳选择。焊接设备作为焊装生产线的重要组成部分，是否采用焊接机器人是焊装生产线柔性程度的重要标志之一。

由于机器人控制速度和精度的提高，尤其是电弧传感器的开发并在机器人焊接中得到应用，使机器人电弧焊的焊缝轨迹跟踪和控制问题在一定程度上得到很好解决，机器人焊接在汽车制造中的应用从原来比较单一的汽车装配点焊很快发展为汽车零部件和装配过程中的电弧焊。机器人电弧焊的最大的特点是柔性，即可通过编程随时改变焊接轨迹和焊接顺序，因此最适用于被焊工件品种变化大、焊缝短而多、形状复杂的产品。这正好又符合汽车制造的特点。尤其是现代社会汽车款式的更新速度非常快，采用机器人装备的汽车生产线能够很好地适应这种变化。机器人电弧焊不仅用于汽车制造业，更可以用于涉及电弧焊的其它制造业，如造船、机车车辆、锅炉、重型机械等等。因此，机器人电弧焊的应用范围日趋广泛，在数量上大有超过机器人点焊之势。

随着汽车轻量化制造技术的推广，一些高强度合金材料和轻合金材料（如铝合金、镁合金等）在汽车结构材料中得到应用。这些材料的焊接往往无法用传统的焊接方法来解决，必须采用新的焊接方法和焊接工艺。其中高功率激光焊和搅拌摩擦焊等最具发展潜力。因此，机器人与高功率激光焊和搅拌摩擦焊的结合将成为必然趋势。

5. 激光焊接技术的应用前景

激光焊接技术对传统的汽车焊接工艺带来了冲击性的影响，各大汽车公司对此都抱有十分积极的态度，采用新技术就意味着更强的竞争力，特别是竞争残酷的汽车工业。激光焊接技术在焊接铝材，用焊接件代替铸件以及全车身构架结构焊接的应用前途最大，激光器生产厂家应该抓住商机，在激光器的可移动性、体积等方面下功夫，用光纤传输激光，使激光器更适合汽车生产线的需要。国内一些激光产品生产厂家已经逐渐意识到这一点，生产的脉冲激光焊接机利用光纤耦合聚焦，使用方便，激光头可以远离焊接区，激光器性能稳定可靠，寿命长，也可以使用传统的光学传统系统，激光器既可以激光焊接，也可以激光切割和打孔，一机多用途，特别适用于激光加工车间和自动化生产线。



据了解，未来激光焊接技术将会采用方式：一是改进现有技术，这意味着针对发展激光焊接将会有一种新的激光源——纤维激光，这是一种设有灵活的纤维谐振器的激光，输入能量比率远远高于输出能量，整个设备将比较紧凑，大功率纤维激光的另一个好处在于模块建造，许多功率大约为300W~500W的纤维谐振器，如果发生技术漏洞，更换一个合适的模块非常容易，在这种情况下，由于激光工作的时间比较长，因此也不需要配备一个训练有素的技术员。另一种是在一些以电阻螺柱焊接为主的地区介绍的激光焊接方式——“交替龙门焊接”，当

焊接时间超过50%的工作时间时，激光焊接装置更为节省。在应用方面,现在正在应用电阻螺柱焊接，解决这个问题的办法是一种规定有两个焊接交替配置的激光，当一个配置的焊接正在运行时,另一个配置处处理头向下一个焊接位置移动，在这以后激光将转至另一个焊接配置，这项技术已由蒂森克虏伯引进。除此之外针对汽车制造商也将会出现完全新式的使世界焊接领域发生革命性变化的焊接技术，如摩擦焊接。它的优势是只需能够焊接两个零件必要的低能量输入即可，而热量变形较低。由于温度非常低,因此，焊缝不会比材料坚硬，但也有不足之处：高强度压力和快速自转要求必须要很好地固定住金属零件。以前有几家公司采用这项技术来焊接铝。但无论从哪个角度来说，激光拼焊技术将会是未来车身焊接技术的发展方向。

激光焊接技术对传统的汽车焊接工艺带来了冲击性的影响，各大汽车公司对此都抱有十分积极的态度，采用新技术就意味着更强的竞争力，特别是竞争残酷的汽车工业。激光焊接技术在焊接铝材，用焊接件代替铸件以及全车身构架结构焊接的应用前途最大，激光器生产厂家应该抓住商机，在激光器的可移动性、体积等方面下功夫，用光纤传输激光，使激光器更适合汽车生产线的需要。国内一些激光产品生产厂家已经逐渐意识到这一点，比如湖北光通光电系统有限公司生产的脉冲Nd:YAG激光焊接机利用光纤耦合聚焦，使用方便，激光头可以远离焊接区，激光器性能稳定可靠，寿命长，也可以使用传统的光学传统系统，激光器既可以激光焊接，也可以激光切割和打孔，一机多用途，特别适用于激光加工车间和自动化生产线。激光焊接技术在焊接铝材，用焊接件代替铸件以及全车身构架结构焊接的应用前途最大，激光器生产厂家应该抓住商机，在激光器的可移动性、体积等方面下功夫，用光纤传输激光，使激光器更适合汽车生产线的需要。

21世纪汽车工业正在步入能按照用户要求进行柔性模块式生产的方式，传统加工工艺不能满足新生产方式的需要，这给激光焊接技术的大规模应用提供了一个机遇，激光焊接技术及其他激光加工技术在汽车领域中一定会有更大的发展，成为汽车工业中重要的加工方法。□

Hexagon推出全球首款电池驱动式 IP54防护标准的绝对激光跟踪仪

新型Leica绝对激光跟踪仪AT401集合多项全球首创技术特点：1. 全球首款可由电池驱动、实现无线操作的激光跟踪仪；2. 全球第一款具备IP54防护标准（防尘，防水…）认证的激光跟踪仪；3. 极致轻便小巧，在同类产品中重量最轻；4. 高精度大量程；5. 整合了能量锁 (PowerLock) 和目标自动识别 (ATR) 等业内先进功能，使得三维激光跟踪仪的应用操作变得空前的简易。

2010年4月28日，Hexagon计量产业集团宣布了Leica绝对激光跟踪仪AT401正式面市的消息。这一全新的激光跟踪仪拥有先进的电源管理系统，含两块电池，且允许电池热切换，并可以通过以太网供电运行 (PoE+)；集成的WiFi，使得AT401成为一台真正的无线移动式测量机。该系统经过IP54等级认证，不受液体、焊接飞溅物、灰尘干扰，甚至适应雨中操作。

AT401含控制系统在内总重仅为8 KG，高度仅为29 cm，极小的外形结构使得AT401可以在大多数国际航班上作为手提行李进行运输。新型Leica绝对激光跟踪仪AT401树立了行业便携的新标准。



AT401 在水平和垂直轴方向都能实现无级旋转，当快捷释放把手被移走时，AT401在垂直方向的全测量范围将达到 $\pm 145^\circ$ ，测量范围高达320m。AT401中的绝对测距仪 (ADM) 在其全精度认定范围内的最大测量

不确定度仅为10微米，并配备多项先进的Leica工业测量技术，如能量锁 (PowerLock) 光束恢复、目标自动识别 (ATR)、免维护Piezo驱动和重力传感器的测量级别精度水准等。

Leica AT401绝对激光跟踪仪推动了激光跟踪仪在尺寸、重量、量程、精度和可操作性等多方面的进步，并为激光跟踪仪的精度设立了新标准。目前，激光跟踪仪已经广泛分布于航空航天、工程机械、风电、水电、船舶行业及关注大部件和远距离的科学研究中，而Leica AT401绝对激光跟踪仪的创新将会在此基础上大大拓展激光跟踪仪的应用范围。

关于Hexagon计量产业集团

Hexagon计量产业集团隶属于Hexagon AB集团，其麾下拥有全球领先的计量品牌，如Brown & Sharpe、CE Johansson、CimCore、CogniTens、DEA、Leica工业测量系统 (计量分部)、Leitz、m&h、Optiv、PC-DMIS、QUINDOS、ROMER、Sheffield、Standard Gage和TESA。Hexagon计量产业集团代表着无可匹敌的全球客户群，数以百万计的坐标测量机 (CMMs)、便携式测量系统、在机测量系统、光学影像测量系统和手持式量具量仪，以及数以万计的计量软件许可。凭借精密的几何量测量技术，Hexagon计量产业集团帮助客户实现制造过程的全面控制，确保制造的产品能够精确的符合原始设计的需要。该集团为全球客户提供测量机、测量系统以及测量软件，并加之以完善的产品技术支持和售后增值服务。更多信息请登录www.HexagonMetrology.com.cn。

海克斯康测量技术 (青岛) 有限公司

地址：青岛市株洲路188号 邮编：266101

电话：0532-8089 5188 传真：0532-8870 3060

网址：<http://www.hexagonmetrology.com.cn>

E-mail：info@chinabnsmc.com



图1 速捷老板潘桢

若从事的工作就是自己的兴趣，则工作是充满乐趣的精进历程，而不是累人的生计，昆山速捷金属制品有限公司负责人潘桢，就是因为喜欢摩托车运动，进而动手优化摩托车相关零部件，获得国外玩摩托车同好的肯定并下单，进而设立速捷公司，帮自己和同好做最好的摩托车零件，也为自己未来的事业开创一片天地。

采购哈斯机床 如虎添翼

为了让工作做得更好，他逐步添购一些更专业的机器。潘桢说“我一向对质量要求很高，在经济实力有限的情况下，我必须找到性价比最好的设备，经过从网络上一再的比较，决定买哈斯机床，事实证明哈斯机床的性能确实强大，很多性能更超乎我的期望，除了精度高是基本的要求外，哈斯机床的加工效率更是不容怀疑，加上昆山相合 HFO 细致到位的服务很让人感动，此外，对刀具和切削液也特别要求，一试再试，现在无论接到任何工件的订单，速捷都有十足的把握达到客户的要求。”



图2 速捷生产车间中正在使用的哈斯机床

用其它订单收益维持对摩托车改装的兴趣

不过，光是做摩托车零部件维持整个工厂的生

挑战、突破、冲刺

——访昆山速捷金属制品有限公司负责人潘桢

存还是不够的，因此，速捷也接一些摩托车零部件以外的订单，包括一家全球知名的美国 Earthlite 电动按摩床的床体，和游艇遮阳棚的支架等，潘桢指出，一张按摩床一百多个组件，一千多个工序，除了电机部分，床体从头到尾都是速捷独立完成，说明速捷的加工能力；而速捷最大的竞争力在于少量的订单也愿接，类似于柔性加工中心，而后用这些订单的收益来维持对摩托车改装的兴趣和工厂的生存；潘桢说，“不论接什么工作，速捷一定全力以赴，如果不能做到最好，干脆就不要接，这是速捷的原则，若客户要找的是粗糙的加工，别来找速捷”。



图3 速捷公司生产的摩托车零件

现在的昆山速捷金属制品有限公司是一家以各类摩托车零配件及性能提升套件的开发设计，生产加工为一体的专业制造商，拥有员工 30 余名，其中高级设计，制造技术人员 3 人，设有产品设计开发部、试验部、生产部、质检部。公司凭借优秀的独立开发设计能力和加工能力、合适的价格取得很多国外客户的技术支持，产品目前全部销往欧洲，日本，澳门等地。

哈斯机床始终维持在颠峰状态

在速捷公司车间里，应用工程师马彦辉指着正在加工中的哈斯机床表示，“我们的哈斯机床每天

运行 12 个小时，几乎全年无休。我们公司主要从事小批量生产，通常指只有 1、2 百件。但无论生产什么工件，除了装夹的时间，都不允许停机，我们必须让机床的能效发挥到最大；虽然速捷只有一台 VF-2SS 和一台迷你铣，这两台机床几乎成了速捷加工能力的保证，尤其是精度的维持完全能达到我们的要求的公差。而哈斯机床易于操控，对应用工程师来说，相当便利，尤其是对经常要变更生产内容的企业特别方便。此外，哈斯机床十分可靠，基本上没有任何故障，当然这也和哈斯公司在昆山的 HFO 相合公司到位的服务密不可分，相合的维修工程师经常会主动过来看看我们的使用状况，提醒我们必要的保养，才能让机床始终维持良好的工作状态。”

将心比心领导同仁

在公司的管理方面，潘桢自有一套“将心比心”的领导方式，他要求同仁把公司想成自己的家，只有 2 人在家绝不会煮 5 个人的米，同样的，只要做 150 件，也不应该叫 200 个原料，而当大家都有这样的想法后，公司里就变成每个人都像老板，都会去顾及公司的经营了。

从老板到每个员工，我们在速捷看到的是一个高效而自觉的技术团队，每个同仁对于自己的技术都有很强的自信心，以及将成品做到最好的决心，由此，我们也看到哈斯机床最佳的表现舞台，彼此相得益彰，在这人与机床无间的配合下，我们不难看出速捷的发展前景，将如公司的名称一样的“速捷”。

业界动态

全国人大副委员长、中国机械工程学会理事长路甬祥到济二考察指导工作

6月19日，中国机械工程学会九届四次常务理事（扩大）会议在济南二集团召开。全国人大副委员长、中国机械工程学会理事长路甬祥参观了集团公司，与张志刚董事长进行了交流，并对济二给予高度评价。

19日下午，参加中国机械工程学会九届四次常务理事（扩大）会议的路甬祥副委员长，以及山东省副省长李兆前和中国机械工程学会相关领导一行来到济二。在观看了企业简介片，参观了现场后，路甬祥副委员长谈了他对济二的感受。他说，济南二机床是我们国家现代机器制造工业的先行者，1937年建厂，历经沧桑，发展到现在。一个国有企业，在改革开放、全球化的竞争环境中，能够发展到现在这样的水平，的确来之不易。我们非常受鼓舞，也非常振奋。济二不仅在国内承担着领头作用，而且面对国际强手的竞争也逐步赢得了自己的尊严。不仅在传统的锻压设备方面满足了我国各行业，特别是近年来汽车工业发展的需要，而且在大型数控机床方面也逐步形成了自己的特色和优势，说明济二的领导班子和职工有强烈的创新意识，而且已经形成了非常强的创新能力，具备了较高的现代管理水平。他代表中国机械工程学会向济二的领导班子以及全体职工表示祝贺和敬意。

同时，作为我国机械装备制造业的老专家，路甬祥副委员长剖析了机械制造业的地位和发展方向，对济二提出了殷切期望。他说，衡量一个国家机械制造工业的竞争力，关键看它有没有成长起一批有国际竞争力的企业，能不能出现在国际上有影响的著名品牌。这当中，企业毫无疑问应该发挥主体作用。今后制造业的发展，不光要效率高，精度高，而且必须是节能的，绿色的，能够可持续发展的。他衷心祝愿济二在未来的绿色发展、节能发展、创新发展中，能够为国家民族做出更大的贡献。

他说，一个国家的发展，机械制造业承担着非常重要的责任，因为机械制造不光为传统制造业进行装备，也是装备战略性新兴产业的基础工业。任何产业，任何服务业，如果没有好的设备，光靠人力是难以为继的。所以机械制造业担负着传统支柱产业的作用，也承担着推动整个国家发展方式转变、产业结构调整、加快战略性新兴产业发展的历史重任。济二在过去几十年发展当中带了头，希望济二今后能够继续走在前头，始终成为我国机械制造工业的排头兵，带头人。

座谈交流结束后，路甬祥副委员长和张志刚董事长分别代表中国机械工程学会和二机床，互赠了纪念品。

(吴艳玲)

中国数控机床展览会 (CCMT2010)

“春燕奖” 获奖机床 (二)

VMC850P立式加工中心

沈阳机床 (集团) 有限责任公司

该机床采用了新型床身, 该床身在结构上将床身立柱基座边缘至床身末端的台面设计成大斜面, 而且根据不同的用户要求在床身底部设计了叉车槽, 同时在床身导轨和拖动安装处设有回油槽, 实现油水完全分离, 便于排屑和污油回收, 使机床具有良好的安全可靠性和环保性。

机床整机结构经过优化, 以取得最佳刚度场分布和热对称结构, 保证机床的各项精度要求; 通过对机床高速旋转部件, 特别是主轴部件进行动平衡, 对传动部件进行消除处理, 降低了高速转动零部件的动态不平衡力及切削过程中产生的振动, 提高了机床的抗振性; 通过采用低能耗执行元件、简化传动系统的结构、改善散热条件、对发热部件进行强制冷却等改善机床的热变形。

机床的设计过程中, 全部采用Pro-engineer和Ansys等先进的设计和软件, 使机床结构更加合理, 机床刚性、精度保持性、可靠性趋近完美。通过优化产品设计、优选配套元器件和材料以及改进工艺等途径, 从根本上提高产品的固有可靠性, 降低使用期的故障率。

Fiyang (飞阳) 数控系统是沈阳机床开发的具有自主知识产权的数控系统。它的成功研制和应用打破了国外对机床数控系统的垄断地位, 为沈阳机床装备中国制造业奠定了基础。该系统包括开放式的实时Linux操作系统, 最小20GB的硬盘容量等配置, 具有刀具补偿、编程以及各种插补功能等。



主要技术参数

工作台最大荷重	600kg
X/Y/Z行程	850mm/520mm/550mm
主轴最大转速	15000r/min
X/Y/Z快移速度	36m/min
定位精度为	$\pm 0.005/300\text{mm}$
重复定位精度	$\pm 0.003\text{mm}$
数控系统	Fiyang (飞阳)

KDHM630卧式加工中心

浙江凯达机床股份有限公司

KDHM630, 是在分析国内外卧式加工中心主流产品规格参数的基础上, 参照发达国家的标准, 并结合我国市场的需求, 通过工艺进步实现了产品质与量的突破, 充分体现了高速、高精、高品质、高稳定性技术发展方向, 同时可以满足用户个性化要求, 具有较高性价比。产品经浙江省检测研究院的检测, 各项几何精度、定位精度均达到了较高的水平, 其中主轴轴线在300mm处的跳动为0.005mm (标准要求为0.015mm), X/Y/Z三轴的定位精度标准要求为0.025/0.025/0.025mm, 实测为0.009/0.006/0.012mm, X/Y/Z三轴的重复定位精度标准要求为0.015/0.015/0.015mm, 实测为0.006/0.004/0.004, 故其关键技术及主要性能指标达到了国际先进水平, 并处于国内领先。



卧式加工中心交换工作台的推拉机构, 现有技术采用液压缸直接驱动, 运动平稳性差, 本产品采

用固定链条及行星链轮的传动,使气缸推动板式导轨之滑块,可减少冲击现象,传动平稳性好。由于1:3的传动比,提高了进给速率,缩短了工作台交换时间,提高了生产效率。该结构申报了“卧式加工中心交换工作台的推拉机构”实用新型专利(专利号:ZL200720111741.2)。

为了达到预期的可靠性指标,机床的设计全面采用可靠性设计法,对重要的部件进行可靠性试,对整机进行可靠性考核。经用户实际考核,可靠性指标MTBF达850小时,把产品的可靠性提高到一个新的水平。

产品研发过程中攻克了刀库控制技术、主轴高低速转换技术、B轴转台分度功能等关键技术,提高了编程效率和加工效率。

主要技术参数

工作台尺寸	630×630mm
主轴转速	50—5000r/min
刀库容量	60把
定位精度	±5μm
重复定位精度	±2.5μm

VTC5232立式车铣中心

安阳鑫盛机床股份有限公司

该机床是为加工风电轴承等薄壁环类零件需求而设计制造的,具有经济、高效、高精的特点,广泛适用于风电、汽车、军工等行业加工复杂盘类零件的加工。该机床采用了主传动与分度传动复合的车铣功能工作台转换技术、动力头和刀具复合的多功能刀库技术及高性能减摩涂层的静压技术。该机床采用了复合钻、铣、镗、磨等功能模块,能满足复杂零件的精密、高效加工。多工位车削、钻铣镗模式块可以自动交换。

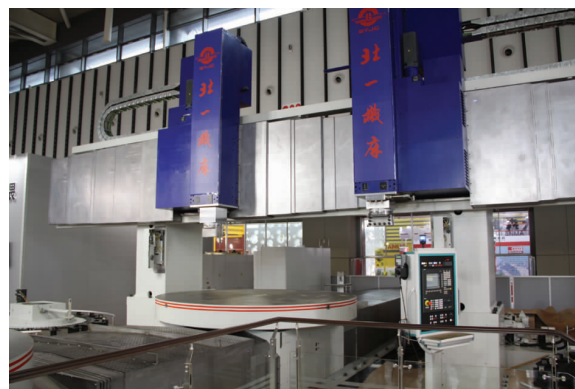
主要技术参数

最大加工直径	3200mm
最大工件高度	2500mm
最大工件重量	25t
工作台直径	2800mm
工作台最大扭矩	70000Nm
刀架最大切削力	50000N
车削主轴转速	0~160r/min
铣削主轴转速	25~3000r/min
刀库容量	28把

CHA5830定梁双柱立式车削中心

北京北一数控机床有限责任公司

机床转台和底座之间采用静压导轨,并且每个静压油兜都设置有压力监测元件,以保证导轨油膜刚度的一致性。工作台最大承重可达20t。工作台驱动系统采用双齿轮传动结构以满足车削工件时大功率、大扭矩和高效率的性能。滑枕垂向运动(Z/U向)采用整体全包形式的闭式静压导轨;滑枕为锻钢材料具有很高强度和刚度;导轨面用高精度导轨磨床精加工而成,确保结合精度。X、U、Z、W均配置海德汉光栅作为位置检测元件。



主要技术参数

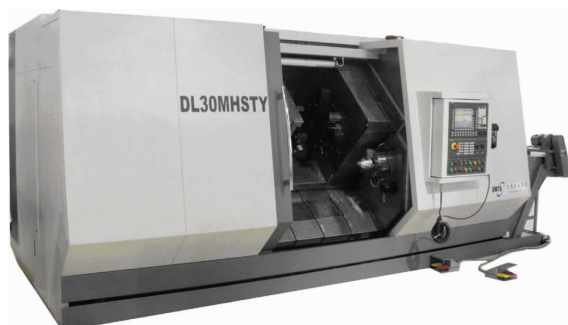
车削回转直径	3500mm
转台直径	3000mm
转台承重	20t
左/右溜板行程(U/X)	-150/+1750mm
左/右滑枕行程(W/Z)	800mm
X/U向进给速度	0~20000mm/min
Z/W向进给速度	0~10000mm/min
回转工作台Y向移动速度	0~25000mm/min
最小伸入工件孔直径	450mm
车削滑枕伸出800mm时最大切削力	75000N

DL-30MHSTY双主轴、双刀架车铣中心机床

大连机床集团有限责任公司

机床床身采用45°整体斜床身结构,对置式双主轴、对置上刀架布局;两个上刀架均带有Y轴并均采用直接Y轴结构;能实现X、Y、Z三个直线轴的运动;两个刀架上的刀塔均为十二工位伺服动力刀塔,可完成正、背面加工;两个刀架分别与正、副主轴(C1、C2)配合可实现四轴联动,完成复杂空间型面的零件加工。

机床两个上刀架的Z向驱动采用了旋转螺母丝杠驱动技术,优化了驱动结构,提高了Z向驱动的动态响应性能。



该机床适用于汽车、军工、航空、航天工业以及相关的机械和模具加工业的高精度复杂零件的加工,可一次装夹完成多道工序或全部加工。

主要技术参数

最大加工直径	260mm
最大车削长度	1160mm
单刀架最大车削长度	880mm
双刀架同时加工时各刀架的最大车削长度	300mm
棒料通过直径	72mm

KDC-20FH六轴四联动纵切车铣复合中心 大连科德数控有限公司

本机床是自主知识产权的新一代高智能数控产品将高速电主轴应用于小型纵切数控车床上确保机床具有高精度、高效率、高刚度、高可靠性、高寿命期产品机械结构紧凑,操作简便,功能完备,稳定性高,使用维护便利,追求小件批量生产所需的高速—高精—小型—复合—高效—低成—环保。

本机床为6轴控制,4轴联动,能够适用于小型细长回转体零件的精密高效加工,适用于化油器、家电、办公设备、军工、航空、仪表等行业中的各种批量零件的机械加工。

该机床能对冷拉棒料及磨光棒料进行连续上、下料的自动循环加工,能够完成轴套类零件的车外圆、钻、镗孔、车端面、车螺纹、割槽、切断、攻丝等。对于主主轴还可进行刹停和有限分度,以完成横钻孔、铣键槽和铣平面等工序。

主要技术参数

X/Y/Z行程	68/220/320mm
快速速度	20m/min

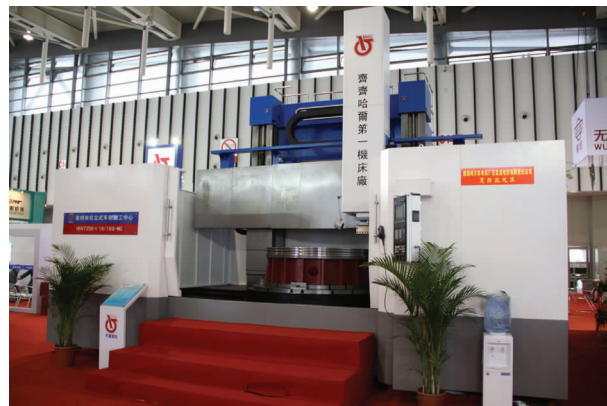


主轴转速	200—8000r/min
X/Y/Z扭矩	1.27/1.27/2.39N.m
电主轴扭矩	9.5N.m
数控系统/伺服驱动	大连光洋

HDVT25016/16Q-MC双柱立式车削加工中心

齐重数控装备股份有限公司

机床采用英国雷尼绍公司刀具测量系统及工件测量系统,HPMA高精度自动式对刀臂,其具有重复



定位精度高、动作快速等优点，可以实现完全程序控制的对刀和刀具破损检测；LP2-LP2H工件检测测头，具有进行序中工件测量并自动修正偏置值、增强无人加工的可靠性、进行首件检测并自动更新偏置、缩短等候首件检测结果的停机时间等特点。

高精度回转工作台的台面端面及径向跳动达0.003mm（国家标准为0.022mm）。

新型车削刀架，后置滚珠丝杠驱动，左右双平衡油缸结构，同时采用伺服电机与小背隙减速机直驱车削滑枕，具有很高的加工精度及位置精度。

车削刀夹通过自动拉刀油缸拉取，保证了刀夹准确的重复定位精度。刀夹应用先进的Capto工具系统，交换和转位的时间平均1分钟。使用1~2个夹紧刀夹，4~10种切削刀头相组合时，每年切削工具的交换及刀具切削刃的转位时间可缩短到50~200小时。这种工具系统同时其具有夹紧刚性高、夹紧精度高且稳定、寿命长、操作性好、通用性强等优点，特别是连接精度，连接结构在X、Y、Z方向的重复精度为 $\pm 2\mu\text{m}$ ，端跳精度为 $3\mu\text{m}$ 。

CK8011E数控车轮车床

青海华鼎重型机床有限责任公司

CK8011E数控车轮车床是该公司自行设计、自主开发的一个产品，是集公司多年生产铁路机床的经验，结合市场信息而进行开发的，通过市场调研，针对市场需求和用户意见，一改过去车轮车床几十年不变的模式，进行全新设计。

本机床研制成功后，将极大地改善铁路机车工厂及机务段的加工修理的需要。满足高速列车、地铁车辆、电力机车、内燃机车以及动车等各种机车、车辆轮对的解体加工及修理轮的需要，从加工规格、加工精度、加工效率及整机可靠性上将会有较大的提高，可大幅度缩短修理时间，减少修理费用。其技术水平可接近国际先进水平，且能在短期内形成批量，降低生产成本，在满足国内用户的需求前提下，也可在国外市场争一席之地。因此该产品具有较好的发展前景，其经济效益和社会效益将有突出表现。

该机床用于加工轨距1435mm的铁路车辆轮对的轮缘、踏面及内侧面。适用于铁路运输部门的各个车辆生产、维修工厂、车辆段等单位，能够满足各种轮型轮对轮缘、踏面的车削加工。符合铁道部相

关标准的规定。



数控车轮车床由床身、左右床头箱、左右数控刀架（含对刀测量装置）、千斤顶、液压系统、电控系统、润滑系统等部分组成。主传动采用两个交流变频电机驱动，通过精密行星减速器和齿轮降速使主轴在6~60r/min范围内实现无级变速。机床数控系统采用SIEMENS 802DSL（也可接用户要求选择其它数控系统），进给系统由交流伺服电机驱动。

机床采用分离传动，由两个交流变频电机，经精密减速器同时驱动左、右床头箱的主轴工作，主轴可以实现无级调速。

机床具有较完善的功能。如：配置专用刀具可加工轮对的内侧面、制动盘（轴载内制动盘）端面。机床配有自动测量装置，测量由三维测头来完成，一是自动完成刀具在纵、横方向上的定位；二是实现轮对直径测量，提高工作效率和自动化程度。

机床结构简单、操作方便，可靠性高。如：使用精密减速器来简化主传动及进给传动的机械结构，以减少制造和安装成本。铁路机床操作界面专用软件的开发应用，可通过直观、简捷的专用软件界面，机床操作简单，并可提供在线帮助及机床故障处理措施，减少误操作，提高铁路专用机床的档次。

机床采用整体外观防护，使操作安全、环保。

TMC25S2M2T2Y车铣复合加工中心

山东鲁南机床有限公司

机床采用模块化设计，斜床身式结构，配置双动力刀塔、双电主轴，具有八轴四联动功能，可实现复杂零件的车、铣、钻、镗、攻丝等加工，亦可同时加工两个零件。机床配备自主研发的动力刀塔，由一个内藏式电机提供铣削和换刀两个驱动力；双

速、大扭矩、电主轴，兼具低速重切削和高速大功率的优点；实现了双主轴的速度和相位同步，可控制两主轴同时在任意设定速度下旋转，并同步变速，还可控制两主轴在任意设定的角度上相位同步；实现了双主轴的智能定位和密着抓取，一个主轴可移动到任意位置，通过感应来至工件定位面的抗力，实施从另一个主轴上抓取工件，保证定位精确、密着可靠。在设计制造过程中，研发了力矩控制技术，通过控制电动力矩实现直线方向的推力控制，成功应用到尾座上。由于采用了世界先进的模块化设计，通过各模块的组合可形成同种机型具有12种以上不同结构配置的系列化产品，可满足各种用户的要求，达到降低成本并快速交货目的。



一次装夹可完成车、铣、钻、镗、攻丝等加工，并可同时加工两个相同或不同零件；内藏式电机的设计、装配和控制技术，并成功应用到主轴和动力刀塔上，取代了传统靠皮带或齿轮传动结构，具有明显的噪音低、振动小、回转精度高、性能稳定等诸多优点。

主要技术参数

床身上最大回转直径	800mm
最大加工直径	400mm
最大加工长度	800mm
主轴最高转速	5000r/min
主轴电机功率	15/22kW
副主轴最高转速	5000r/min
副主轴电机功率	15/22kW
X1/Z1/Y/X2/Z2/W轴快移速度	30m/30m/15m/30m/30/24m/min
C1、C2轴分度精度	15"
动力刀塔换刀速度	0.18s
换刀重复精度	3"

VTC250140m (VERTITURN3) 立式车铣中心

沈阳机床（集团）有限责任公司

机床工作台及工件载荷采用平面球轴承支撑，承载能力大、磨损小、运转精度高和寿命长；X轴导轨采用反变形设计补偿由于铣头重量及其弯扭带来的变形，可以保证在机床精度测试的范围内，实现直线水平运动，对于主轴沿横梁的直线运动，数控系统也提供了进一步的补偿作用；X、Z轴采用德国INA线性导轨，提高了导向刚度，降低了摩擦系数，提高了轴的定位精度和重复定位精度，延长了机床的使用寿命；采用多种附件头配置并可以全自动交换，可根据使用要求，选带直角镗铣头、及多工位车加工头；主驱动采用不同功率双主轴驱动电机控制，并实现在铣削状态下C轴预紧消除功能；龙门固定安装在底座上方，更好的增强了机床的整体刚性。

该设备将为电力工业、航天工业、船舶制造业、钢铁制造业及远航运输业等行业做出新的更大的贡献，不但为上述行业提供了设备支持，关键是提供了技术支持与产业的效率支持，为上述行业的快速发展提供了多方向的有利保障。



主要技术参数

最大回转/车削直径	2500mm
最大加工高度	1600mm
最大工件重量	16t
工作台直径	2000mm
工作台无级转速	2-225r/min
工作台最大扭矩	36640Nm
滑枕截面尺寸	280 x 280mm
最大切削力	30kN

CY-HTC4050 μ 高精精密数控车床

沈阳机床（集团）有限责任公司

云南CY集团有限公司

CY-HTC4050 μ 是国内首次在高精密数控车床设计结构上采用整体树脂花岗岩45°斜置式床身结构，并采用高精度滚动导轨及丝杠，以通用外购件和45°花岗岩机体相结合的设计思路达到新型的斜式高精精密车床。

根据车床结构特点及加工要求，采用了适应车床批量化生产的液体静压主轴单元。在静压主轴加工制造装配过程中，采用了先进的环氧树脂浇灌定位工艺。

**主要技术参数**

主轴最高转速	4000r/min
回转精度	$\leq 1\mu\text{m}$
移动轴定位精度	$\leq 2\mu\text{m}$
重复定位精度	$\leq 1\mu\text{m}$
机床加工精度	$\leq \text{IT5}$
加工表面粗糙度	$Ra \leq 0.1\mu\text{m}$ （黑色金属） $Ra \leq 0.05\mu\text{m}$ （铜）
平面度	$\leq 3\mu\text{m}/200\text{mm}$

CAK0830h经济型数控车床

沈阳机床（集团）有限责任公司

CAK0830h数控车床主要针对3G通讯产业、医疗产业、工具产业等小型棒料高速车削设计，配置排刀结构能有效的减少辅助加工时间，提高加工效率。根据市场调查，目前国内此类机床种类单一，机床多以平床身为主，操作工艺性不好，机床外形尺寸大，占地空间大，机床稳定性、快移速度等都不能很好的满足用户需要。

CAK0830h数控车床采用整体床身结构，加工区域的切屑、冷却液等均可以导引到铸件面上，再通

过铸件腔引导进水箱中，避免了板焊件漏水问题，极大的提高了机床防水性能。机床采用斜床鞍结构，刀具倾斜45°放置，方便用户上下工件，调试刀具等，同时可以配置自动上下料结构，实现机床自动加工。

机床设计处于国内领先水平，参数设计、结构设计均优于国内同类机床，同时采用批量生产，降低机床成本，使机床以优异的性能，合理的售价推向市场，必将占领国内机床市场，引领同类机床发展。

主要技术参数

排刀架最大回转直径	80mm
最大工件长度	300mm
盘类最大回转直径	300mm
棒料最大直径	40mm
主轴最高转速	5000r/min
主轴额定扭矩	45.6Nm
主轴通孔直径	56mm
X/Z轴快移速度	20m/min
X/Z轴额定扭矩	6Nm
镗刀孔直径	20mm
X/Z定位精度	16/20 μm
重复定位精度	7/8 μm

DL125A数控重型卧式车床

武汉重型机床集团有限公司

DL125A数控重型卧式车床，是武汉重型机床集团有限公司在原德国希斯（SCHIESS）公司DL系列数控卧车设计图纸、工艺及验收标准的基础上，采用模块化设计，汲取当代最新光、机、电、液及信息化技术设计开发的新一代具有完全知识产权的新产品。

该机床具有大承重、高精度、大切削力的特点，广泛应用于能源、交通、冶金、航空航天及重机制造行业，加工如轧辊、核电转子、大型船舶舵轴及传动轴、水轮机及电机轴等。机床由Siemens 840D控制，具有远程监控的功能。机床根据不同的用户需要，可提供铣头、磨头、镗孔车端面刀架、深孔钻、深孔镗等特殊订货附件。

主要参数：

最大工件回转直径	2500mm
过刀架最大加工直径	2200mm
最大加工工件长度	15000mm
顶尖间最大承重	125t
总切削力	140kN
花盘直径	2500mm
主电机功率	125kW

润滑和污染对轴承寿命的影响 (一)

轴承寿命受许多因素影响, 两个最重要的因素是润滑和污染。通过更好地认识这些因素是如何导致轴承寿命缩短的机理, 我们就能改善轴承设计和运行。本文是两个部分的系列之一, 首先研究润滑的影响。

机器设备使用滚动轴承的优点十分明显, 它能减少摩擦损失, 提高系统的整体效率。但这需要充分降低疲劳失效带来的风险。滚动轴承利用了滚动接触的集中特性(赫茨接触)来承载负荷, 这就产生了很高的局部压力和应力, 因此需要良好的润滑和接触表面, 来避免进一步的应力集中。

轴承滚道上出现的表面粗糙、颗粒凹痕和污染痕迹都会导致应力集中, 加快表面引起的疲劳。在凹痕上形成的润滑膜, 以及相关的局部表面应力, 也是诱发裂缝的重要因素。本文提出了一种新方法, 将微流体弹性动力润滑膜(微EHL)和相关的局部应力与滚动轴承的疲劳寿命联系了起来, 请参见[1]。这个应用方法是对表面微几何形状(包括凹陷)的谐波成分做傅里叶分析, 来预测流体力学压力、应力、以及产生的润滑膜。本文讨论和分析了这种方法在实际轴承表面的应用, 并涉及了一些现有的微接触EHL解决方案。最后用滚动轴承寿命评定中所用的润滑质量系数 η_b 作为关联因素。在本文的第二部分, 讨论了污染和表面凹陷, 以及它们与第一部分中介绍的微EHL模型的关系等问题。

1. 轴承寿命评定中的微几何形状影响

根据Ioannides等人^[2]的研究, 计算滚动轴承寿命的公式为:

$$L_{10m} = a_{skf} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (1)$$

在式(1)中, 应力寿命修正系数 a_{skf} (定义见[2])为下面的形式:

$$a_{skf} = \frac{1}{10} \left(1 - \left(\eta \frac{P_a}{P} \right)^w \right)^{-ce} \quad (2)$$

a_{skf} 中的惩罚因子 $0 \leq \eta \leq 1$ 是除完全理想光滑的赫茨应力外, 对滚动接触表面的实际应力基于平均考虑。对 η 因子的分析评定, 需要量化轴承运转中滚动

接触面出现的真实应力状况。而滚动接触面的实际应力状况, 可能是许多局部的宏观和微观表面特征相互作用的结果。这与表面分离的程度有关, 例如润滑状况以及接触面的颗粒污染。根据[3], 轴承润滑状况的一个简单评定参数就是粘度比 κ 。[4]详细解释了这个工程润滑参数的推导过程。 κ 参数的定义是轴承在工作温度下的实际润滑剂粘度(ν)与足够润滑该轴承的标准参考粘度(ν_1)的比值^[5,6]。

根据[6], 润滑参数 κ 也可与滚动接触面的具体油膜厚度 Λ 相关, 两者近似关系为: $\kappa \approx \Lambda^{1.3}$ 。

按照[2], 公式(2)中的惩罚因子 $0 \leq \eta \leq 1$ 可以描述为两个同时产生的量——润滑系数 η_b 和污染系数 η_c ——的乘积:

$$\begin{aligned} \eta(\beta_{cc}, d_m, \kappa) &= \Psi_{brg} \cdot \eta_b(\kappa)_{nom} \cdot \eta_c(\beta_{cc}, d_m, \kappa) \\ &= \eta_b(\kappa)_{brg} \cdot \eta_c(\beta_{cc}, d_m, \kappa) \end{aligned} \quad (3)$$

目前工作的重点是对上面公式(3)中参数有关的表面和表面下应力条件进行量化(包含EHL润滑膜), 以便能提供分析轴承动态评定中使用的惩罚因子 η 的手段。

许多研究者曾使用解析、半解析和数值方法, 研究了在整个赫茨接触面上的凹痕、粗糙或其它缺陷等几何形状特点所引起的表面应力。[7]介绍了一个早期的全数值解决方案, 它考虑了滚动接触面上的简单凹痕或突起物的EHL接触问题。

最近出现了一个基于使用FFT(快速傅里叶变换)的快速技术, 用来计算EHL压力, 以及由粗糙或凹痕等微几何形状所引起的相关表面应力^[8,9]。这种方法特别适用那些需要分析实际的粗糙和凹痕对润滑膜的形成和相关EHL的影响。这种方法提供了一种强大的新工具, 能用来解决微EHL问题和相关的实际轴承接触的表面应力。

在这个新方法中, 介绍了单弦粗波(或许多波

的合成)的微EHL特点。通过使用上面的方法,可以计算完全瞬时条件下的弹性变形和相关的压力波。然后就可以应用单弦粗波,以及由此引起的在赫茨接触面内的变形和压力的解法(因为在高压区,雷诺方程可以简化成线性形式)。也可以把傅里叶分析应用到波频率的全区间,形成滚道的微几何形状。请注意还有一种不同的技术,也是基于傅里叶分析,也可以用来计算表面下应力^[9]。组合使用这些表面和表面下应力的数值计算技术,提供了快速分析实际轴承表面状况的强有力工具。因此可以评估在不同的润滑条件下,实际滚动轴承滚道的表面和表面下应力。

2. 微几何形状压力和应力模型

传统上,数值解法一直用于EHL和微EHL的建模(解决微几何形状),这样用钢的弹性方程和润滑剂状态方程(压粘度和压缩性)就能替代求解流体的雷诺方程,例如[10]。在这些表面中某个表面的微几何形状和粗糙因为雷诺方程中挤压效应的影响,在解法中意味着效应是与时间相关的,对线接触为:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\rho h^3}{12\hat{\eta}} \frac{\partial p}{\partial x} \right) = u \frac{\partial (\rho h)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho h)}{\partial t} \quad (4)$$

式中 ρ 是局部润滑剂密度, p 是局部压力, h 局部油膜厚度, $\hat{\eta}$ 是局部粘度, x,y 是空间坐标(x 沿着滚动方向), t 是时间,是接触面夹带润滑剂速度。

这个分析来自[8]。在EHL接触中,压力如此之高,润滑剂变成近乎固体,这样 $\hat{\eta} \rightarrow \infty$,雷诺方程可以线性化为:

$$\frac{\partial (\rho h)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho h)}{\partial t} = 0 \quad (5)$$

这个方程可以用于在纯滚动中进入EHL接触的低振幅单弦粗波。在这种情况下,方程就相当于波传输方程,因而可以找到局部压力和油膜厚度的解析解法,例如[11,8]。更重要的是,由于这个方程是线性的,因此可以用强大的傅里叶技术(FFT和IFFT)来解决复杂的表面几何形状。用这种方式就能在赫茨接触的中心获得粗糙样本的微EHL压力和变形。

一旦获得EHL压力,就能计算表面下应力。应力符合线性弹性材料(钢)的特点,所以使用了也是基于傅里叶方法的另一种技术,详见[9]。这样,每个正弦压力和来自库仑摩擦的相关表面张力等所

有应力分量都可以计算出来。因此,这个方法是计算每个压力和张力正弦分量的应力分量,然后再组合成完整的应力。

2.1 微EHL解析的结果

下面用一个理想化的凹痕(正弦形状但没有肩)为例,来为凹痕建模。在这个例子中,滚动轴承以各种不同的滑动/滚动比通过EHL接触面,接触和润滑条件都是典型状况。

在图1所示的条件和凹痕几何形状(但没有肩)下,最大范米斯应力为 $0.34p_o$ 。我们基于目前的FFT方法做了一个仿真,使用同样的条件,但是凹痕几何形状更为现实,即凹痕全周都有 $0.15\mu\text{m}$ 高的肩(如同颗粒的弹塑性凹陷)。由于现有技术只能处理压力和间隙波动,光滑EHL压力近似于赫茨压力分布,所以把它加入了。图1显示当凹痕在接触面中心时,无因次压力(相对最大赫兹压力规格化)和间隙(相对中心光滑油膜厚度规格化)的计算结果。

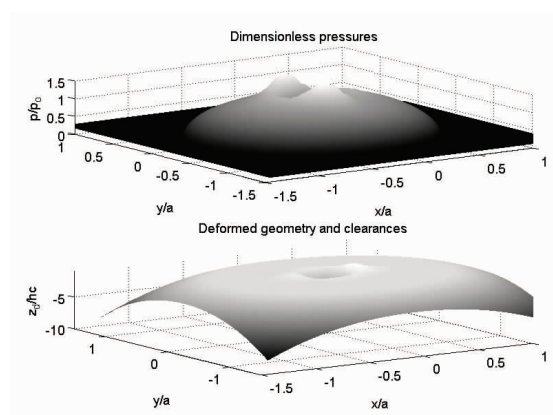


图1: 用现有技术计算出的凹痕和凹痕几何形状(带 $0.15\mu\text{m}$ 高肩)的规格化压力和间隙。当凹痕在接触面中心时,是纯滚动状态。

图2显示,在接触面中心的两个平面($y=0$ 和 $x=0$)的范米斯应力场(相对最大赫兹压力规格化)相当于图1中的压力分布。出于更现实的考虑,在凹痕边缘安排肩,这种情况下计算的最大范米斯应力为 $0.42p_o$,比没有肩的情况下上升23%。

2.2 用微EHL分析轴承表面粗糙

目前的微EHL模型也可以用于实际轴承表面粗糙,下节介绍用光学廓线仪绘制3D轴承滚道外形的示意过程,图3列出了用微EHL分析获得的典型样本结果。

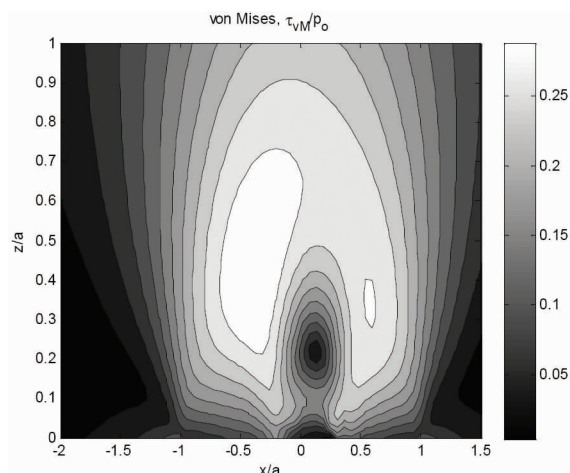


图 2a: $y=a$ 时接触面中心的范米斯应力

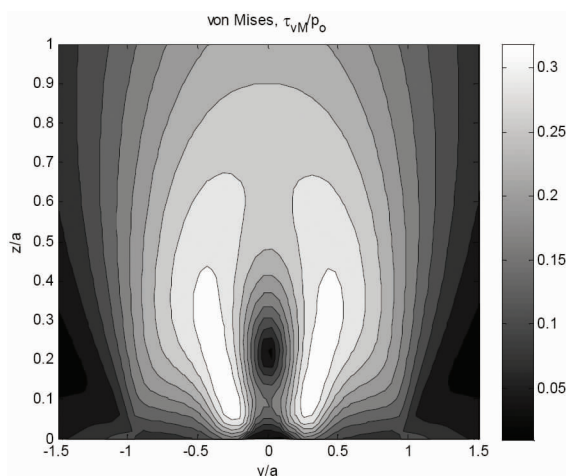


图 2b: $x=a$ 时接触面中心的范米斯应力

图2: 接触面中心的 x 和 y 平面的规格化范米斯表面下应力分布。接触应力分布相当于图1。

在图3a中, 结合润滑接触面的运行条件, 使用了一个轴承外形样本, 来计算弹性变形外形 (图3b) 和相关的微EHL压力波动 (图3c)。图4显示了滚动方向上相关的范米斯表面下应力场, 清楚说明了粗糙微接触引起的微表面下应力集中。

图5展示了第二个例子 (不同的油膜厚度)。在这个例子中, 因油膜厚度减少大约34%, 最大压力升高30%。

可以看到, 利用目前的方法, 较薄的润滑剂膜 (低) 倾向于产生压力波动, 这越来越与干接触条件下的情况相类似。较厚的油膜会显著抑制压力波动的发展, 减少表面不平的压力状况, 减轻滚道的微接触疲劳。

下一节将用微EHL模型来评估粗糙度和润滑对轴

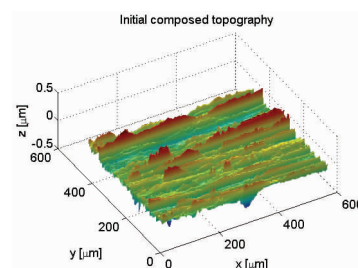


图3a: 当前分析中使用的典型初始未变形外形。(原始粗糙度: $R_a=0.0656 \mu\text{m}$)

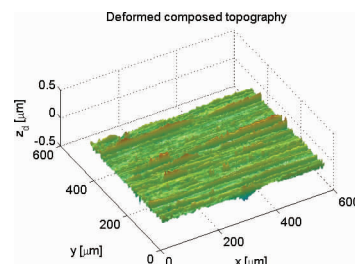


图3b: 接触面过滚动造成的变形外形。(滚动接触的赫兹压力为2.17GPa, 中心油膜厚度 $0.103 \mu\text{m}$)

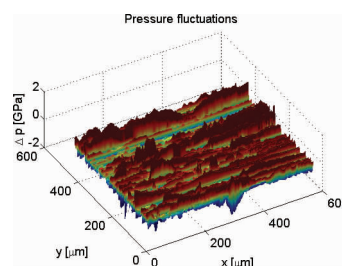


图3c: FFT计算的EHL接触中的压力波动 (滚动接触的赫兹压力为2.17GPa, 中心油膜厚度 $0.103 \mu\text{m}$)

承寿命的影响。

3. 与润滑质量系数的关联

下面讨论以粘度比 κ 为代表的润滑质量, 与相应的轴承寿命下降和疲劳载荷极限之间的理论关系。为此需要量化实际滚动轴承的疲劳寿命下降, 要用标准表面粗糙度与理想光滑滚道的粗糙度相比, 所谓理想滚道就是无摩擦纯赫茨应力分布的假设。这可以用比较实际轴承 (有标准粗糙度) 的理论疲劳寿命和具有理想光滑和无摩擦表面的假设轴承的疲劳寿命来获得, 这样寿命比就量化为下面的形式:

$$\frac{L_{10, r}}{L_{10, s}} = \frac{a_{skf, rough}}{a_{skf, smooth}} \quad (6)$$

可以用作用在实际滚动接触的疲劳寿命应力积分来数值估计上面的比值:

$$\ln \frac{1}{S} \approx A \cdot N^e \int_{V_R} \frac{(\tau_i - \tau_n)^c}{Z^h} dv \quad (7)$$

在式 (7) 中, 影响寿命比 (6) 的相关数值, 是与体积相关的应力积分, 它为:

$$l = \int_{V_R} \frac{(\tau_i - \tau_n)^c}{Z^h} dv \quad (8)$$

用上面的等式, 寿命方程 (1) 表示如下:

$$L_{10} = \frac{N}{10^6 u} \approx \frac{1}{u} \cdot \left(\frac{\ln(1/S)}{A \cdot I} \right)^{1/e} \quad (9)$$

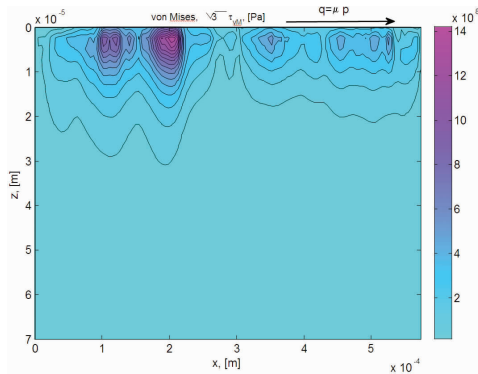


图4: 表面下应力场对应于图3c中的表面压力; 本例考虑摩擦系数 $\mu = 0.01$, 压力分布在 $y=0$, 接触面的赫兹压力为2.17GPa。

用这个公式, 就能计算出标准粗糙度和理想光滑接触两者的应力积分 (I), 这样在式 (6) 给定寿命比后, 就能用它估计对轴承寿命的影响。换句话说, 下面等式成立:

$$\left(\frac{L_{10, r}}{L_{10, s}} \right)_{(m, n)} = \left(\frac{I_{smooth}}{I_{rough}} \right)_{(m, n)}^{1/e} = \left(\frac{a_{skf, rough}}{a_{skf, smooth}} \right)_{(m, n)} \quad (10)$$

一般来讲, 式 (10) 比值取决于表面外形 (指数 m), 以及表面分离值或位于接触面中的润滑剂膜值 (指数 n)。

现在能通过引入式 (3) 中应力寿命系数, 直接从式 (10) 推导出润滑系数。在理想干净润滑剂的假设下, 污染系数可以认为不变。这样, 对标准滚动轴承粗糙度, 应力寿命系数可以表达为:

$$a_{skf, rough} = \frac{1}{10} \left(1 - \left(\eta_b \frac{P_u}{P} \right)^w \right)^{-c/e} \quad (11)$$

类似地, 对具有理想光滑滚道的假设轴承, 可以把 η_b 设为不变, 应力寿命系数就变为:

$$a_{skf, smooth} = \frac{1}{10} \left(1 - \left(\eta_b \frac{P_u}{P} \right)^w \right)^{-c/e} \quad (12)$$

将式 (11) 和式 (12) 带入式 (10), 得到下面的等式:

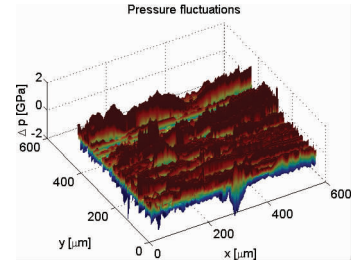


图5: EHL接触中的压力波动。相比图3c, 油膜厚度降低大约34%, 导致最大压力升高30%, 所有其它条件与图3中的例子一样。

$$\eta_{b(m, n)} = \frac{P}{P_u} \left(1 - \left(\frac{P_u}{P} \right)^w \right) \cdot \left(\frac{I_{smooth}}{I_{rough}} \right)_{(m, n)}^{-1/e} \quad (13)$$

式 (13) 说明, 从疲劳寿命和相关的标准粗糙轴承表面的应力-体积分开始, 就能建立数值推导出来的 η'_b 值的 ($m \times n$) 矩阵。

必须将这个计算扩大到能包括表面分离 (油膜厚度) 的不同值, 从薄油膜到滚动接触的完全分离。我们把下节详细计算的计算过程应用于 $\eta'_{b(m, n)}$ 的数值评估, 因为它是实际滚动轴承表面的代表样本。

按照上面介绍的方法, 就能获得一组 $\eta'_b(m, n)$ 值, 把这些计算出的数据点和差值曲线绘在图6的 κ - η'_b 图表中。为了能清楚说明, 只列出了典型轴承表面的一组代表数据。数值产生的 $\eta'_b(\kappa)$ 曲线始终显示了一种典型趋势, 就是随着接触面的名义润滑条件 κ 的下降, η'_b 出现快速下降。

不同的作者^[10]曾讨论过, 无因次波长参数 $\nabla = (\lambda/a) \sqrt{M/L}$ 有可能提供更好的表面粗糙处的压力上升与 η_b 之间的相互关系。如果润滑参数不仅仅包括油膜厚度, 还考虑了粗糙波长, 就有可能为不同粗糙质地与相应的 η_b 提供比图6所示的更好微分。

但是, 标准化动态寿命评定要求基本上确保滚动轴承性能, 要有个低限, 或安全极限。这样能保证在多种可能的表面粗糙质地类型下, 轴承都能良好工作。因此, 考虑到 κ 是轴承工程实践中广泛使用的润滑参数, 这个简单的粘度比方法看起来是足够的, 当然还很方便。关于图6中 $\eta_b(\kappa)$ 曲线的总体形状, 应当注意到Tallian等人^[3]获得与寿命比 (Λ) 曲线非常相似的结果, 这说明大家实际上观察到的是同一个基本物理现象。

数值计算的一个局限性是接触面要有最小量的油膜 (以保证流体流动方程使用的连续性条件)。因此如果 κ 值低于~0.2, 就很难估算。也可以使用纯干

条件来估算疲劳应力积分,因为这种情况下可以忽略油膜。但是,如同图6中曲线的总体趋势显示的那样, η_b 的趋势是趋向图的原点,接近 κ 值域的名义下限。

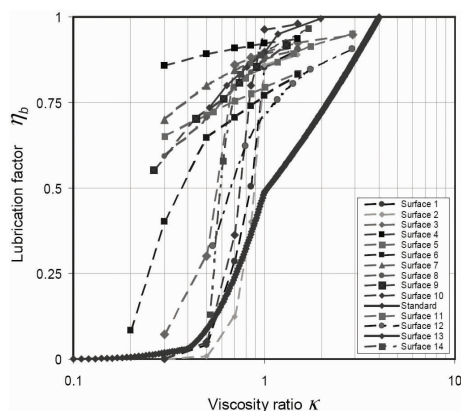


图6: 轴承滚道典型表面质地润滑系数的数值计算汇总。图中的粗实线是轴承标准所用的润滑系数,见[6]中等式(14)。

为了比较,在图6中,[2]中的润滑参数方程也可以表达为如下形式:

$$\eta_b(\kappa)_{nom} = \eta_b(\kappa)_{brg} / \Psi_{brg} = \left(3.387 \frac{b_1(\kappa)}{\kappa^{b_2}(\kappa)} \right)^{5/2} \quad (14)$$

在式(14)中,为 κ 值域的三个区间规定了常数 b_1 和 b_2 , Ψ_{brg} 也是个常数,代表四种主要滚动轴承类型的一种:径向球轴承、径向滚子轴承、推力球轴承和推力滚子轴承。在目前的评估中,我们将数值计算获得的 η'_b 与式(14)中的润滑系数的规格化标准形式 $\eta_b(\kappa)_{nom}$ 做了比较。图6中用粗实线标出的关系(14),相比数值计算的 η'_b 结果,有较好的安全设置。实际上,图6显示几乎所有被分析的表面粗糙样本都远高于标准极限线。这说明对评定轴承的润滑条件和预期耐久寿命,式(14)是个合理的、安全的选择。

数值评估中使用的一些粗糙质地来自正在做耐久试验的轴承。实验结果(第二部分),将进一步比较耐久试验寿命和用式(14)中润滑系数获得的寿命,第二部分还讨论了滚动轴承在各种润滑条件下的耐久试验。

总体计算方法总结在图7中,说明如下:

◎ 用光学显微镜测量实际轴承外形,描绘赫茨接触中心的一个点。

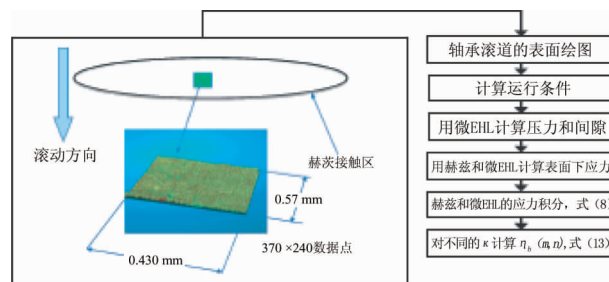


图7: 轴承滚道的表面绘图,以及在给定的表面外形和运行条件下计算润滑系数的步骤图示。

- ◎ 将测量而得的微几何形状分解为正弦分量。
- ◎ 利用接触面的运行条件,用解析解法求解每个正弦分量的压力和变形。
- ◎ 合成压力和油膜厚度结果。
- ◎ 使用微应力方法计算表面下应力。
- ◎ 用式(13)计算目前例子的 η_b 参数。

4. 讨论和结论

本文讨论了推导滚动轴承寿命评定中润滑质量系数的基本理论。这个系数可能与微EHL压力、应力和疲劳损坏有关,所以它提供了在滚动轴承寿命评定中,衡量润滑质量影响的一种手段。通过使用测量获得的不同滚动轴承外形和润滑条件,发现不同的外形对寿命评定有不同的影响。但是,[6]中提出的模型,算出的安全极限是保守的,能很好地覆盖这里分析的大部分案例。

本文提出的微EHL方法,是一种评估滚动接触中,任何低振幅外形特点(粗糙或凹陷)的疲劳损坏影响的有效方法,避免了大量使用计算机进行数值解法。本文的第一部分使用这种方法来推导滚动轴承的润滑系数 η_b ,第二部分将用这种方法来推导污染系数 η_c 。□

参考书目

- [1] Gabelli, A., Morales-Espejel, G.E., Ioannides, E., Particle Damage in Hertzian Contacts and Life Ratings of Rolling Bearings, Tribol. Trans., vol. 51, pp. 428-445, 2008.
- [2] Ioannides, E., Bergling, G., Gabelli, A., An Analytical Formulation for the Life Rating of Rolling Bearings, Acta Polytechnica Scandinavica, Mech. Eng. Series, 137, 1999.
- [3] Tallian, T.E., Chiu, Y.P., van Amerongen, E., Prediction of Traction and Micro-Geometry Effects on Rolling Contact Fatigue Life, Trans. ASME, J. of Trib., vol. 100, pp. 156-166, 1978.
- [4] Bolton, W.K., Elastohydrodynamic in Practice, Rolling

Contact Fatigue: Performance Testing of Lubricants, Tourret, R., and Wright, E.P., Ed.; The Institute of Petroleum, London, pp. 17–25, 1977.

[5] Harris, T.A., and Kotzalas, M.N., Advanced Concepts of Bearing Technology, CRC Taylor & Francis, 240–246, 2007.

[6] International Standard: Rolling Bearings—Dynamic load rating and rating life, ISO 281: 2007.

[7] Venner, C. H., Multilevel Solutions of the Line and Point Contact Problems, Ph.D. dissertation, University of Twente, Enschede, the Netherlands, 1991.

[8] Morales-Espejel, G.E., Lugt, P.M., Van Kuilenburg, J., Tripp, J.H., Effects of Surface Micro-Geometry on the Pressures and Internal Stresses of Pure Rolling EHL Contacts, STLE Tribology Transaction Vol. 46, pp. 260–272, 2003.

[9] Tripp, J.H., Van Kuilenburg J., Morales-Espejel G.E.,

Lugt, P.M., Frequency Response Functions and Rough Surface Stress Analysis, STLE Tribology Transaction Vol. 46, pp. 376–382, 2003.

[10] Venner, C.H., and Lubrecht, A.A., Multi-Level Methods in Lubrication, Elsevier Science, 2000.

[11] Greenwood, J.A., and Morales-Espejel, G.E., The Behaviour of Transverse Roughness in EHL Contacts, Proc. Instn. Mech. Engrs., part J, J. of Eng. Tribol., 208, pp.121–132, 1994.

[12] Ioannides, E., and Harris, T.A., A New Fatigue Life Model for Rolling Bearings, Trans. SME, J. of Trib., 107, pp. 367–378, 1985.

作者：荷兰Nieuwegein的SKF工程研究中心

Guillermo Morales Espejel、Antonio Cabelli和Stathis Ioannides。



● 业界动态 ●

第十一届立嘉国际机械展圆满谢幕

第十一届立嘉国际机械展于5月27日–30日在南坪国际会议展览中心举行，展出面积4万m²。本届展会突出专业化和市场化，取得圆满成功。

与历届展会相比较，本届展会具有以下特色：

1. 高新技术产品众多。随着装备制造业振兴规划和重大技术专项任务的深入推进和落实，本届展会涌现出沈阳机床集团、汉川机床集团、重庆机床集团、天津一机、宝鸡机床集团等一大批承担重大技术专项任务的知名骨干企业（集团）参展，展品不仅能满足重大专项任务的需求，同时均能达到低碳和节能环保的要求。沈阳机床集团集中展出十多台为风电、核能、交通等行业研发的最新装备，其HMC63卧式加工中心和AH110自动镗床是世界机床史上第一个由中国人自行研发的机床产品，也是首次亮相西部。此外，来自全国各地民营企业展出产品众多，其展示产品技术含量高，节能环保性能优，市场需求实用性强。

2. 境外企业广泛参与，国际性大幅提升。由于世界装备制造业的不景气和中国装备制造业迅速复苏，吸引了众多国际知名企业的高度关注和积极参与。本届展会国际参与度进一步提升，参展的国外及境外企业比例达35.4%，涉及美国、日本、德国、韩国、瑞士、英国、西班牙、瑞典等十多个国家，

以及香港、台湾等地区。

3. 本届展会以行业协会或经销商与企业组团参加展会，不少地区的行业协会纷纷效仿抱团式集中参展，如浙江玉环机床协会、重庆精品铸件展团、重庆模具展团、温岭机床展团以及素有紧固件之乡——海盐展团等。组团式参展构成了展会的一大亮点，他们强力推出了具有地方特色的高水平产品，使展会起到了相互交流、相互促进、共同发展的推动作用。

4. 配套活动精彩纷呈，促进了交流与沟通。展会同期举行了多场技术交流、讲座和学术报告会。来自国内外知名的生产制造专家、学者登台演讲，使与会者不仅对我国经济及机械工业现状、发展趋势有了全面了解，而且对当今世界最前沿的装备制造工艺、技术及发展趋势有了更清晰认识，达到交流技术、开阔眼界、促进共同发展的目的。

立嘉国际机械展作为在西部地区最具代表性的专业展会，通过多年的不断开拓和创新，在推进国内外先进机械装备制造最前沿的新工艺、新技术、新设备向西部地区推广应用中起到了积极作用，搭建起了西部地区重要的行业交流平台，为加快推动重庆成为“国家重要的现代制造业基地”建设，实现重庆装备制造业快速健康发展做出了应有贡献。

压铸模具浇排系统的研究

莆田市荣兴机械有限公司 吴玉荣

压铸是有色金属成型的一个重要手段之一。在压铸过程中，由于型腔内的金属液流动状态不同，可能产生冷隔、花纹、气孔、偏析等不良现象。为了防止这些不良现象，控制型腔内的金属液流动状态是相当必要的。而控制型腔内的金属液流动状态，关键就在于压铸模具浇排系统的研究与设计。

1 压铸模具的制作流程

压铸模具制作的CAD/CAE/CAM/CAT流程如图1。

2 压铸模具浇排系统的设计

在压铸模具浇排系统的研究中，其浇口位置、形状是控制溶液的流动状态和填充方向的重要因素。首先着眼于浇口位置、浇道形状，进行设计浇口及浇道和集渣包、溢流槽、排气道；然后使用CAE软件进行型腔内部的溶液流动状态进行解析。

内浇道及内浇口的位置与尺寸，对于填充方式有决定性的影响。

2.1 内浇口的设计

成品设置浇口时，通常按下列程序进行：

①浇口断面面积计算公式：

$$A=U/(vt)$$

U ：制品体积（ cm^3 ）

A ：浇口断面积（ cm^2 ）

v ：浇口铝溶液速度（ cm/s ）

t ：填充时间（ s ）

②计算出内浇口截面积。

③根据内浇口截面积，设定浇口形状，然后设置浇口位置，初部设计液流槽及集渣包位置。

④制作不同的浇口方案（通常先使内浇道截面积小一些，试验后需要时可再扩大），制成3D数据。

⑤根据制成的3D数据进行CAE分析（即流态解析）。

⑥针对解析结果进行评价。

⑦评价后若存在不良现象，应进行方案改善，然后再进行CAE分析，直到取得较满意的方案。

2.2 浇道、排气系统设计

内浇口应设置在使金属液在形腔里流动状态最好、排气充、型腔内各个角落都能充满金属液的位置上。尽可能采用一个内浇口。如果需要多个内浇口，应注意使金属液的流动相互不受干扰或在型腔内不分散地相遇（即引导金属流顺一个方向流动），避免型腔内各股金属液汇合时出现涡流。当压铸件尺寸较大时，有时不可能仅从一个内浇道获所需的内浇道截面积，因此必须采用多个内浇道。但是应注意到内浇道的设置应保证引导金属液只沿着一个方向流动，以避免型腔内各股金属液汇合时出现涡流。

金属液流束应尽可能少地在型腔内转弯，以便使金属液能达到压铸件的厚壁部位。

金属液流程应尽可能短而均匀。

内浇道截面积向着内浇道方向逐渐缩小，以减少气体卷入，有利于提高压铸件的致密性。

内浇道在流动过程中应圆滑过渡，尽可能避免急转与流动冲击。

多腔时对浇道截面积应按各腔容积比进行分段减少。

型腔中的空气和润滑剂挥发的气体，应由流入的金属液推到排气槽处，然后从排气槽处逸出型腔。特别是金属液的流动不应将气体留在盲孔内和过早地堵塞排气槽。

金属流束不应在散热不良处形成热冲击。

对带有筋的压铸件，应尽可能地让金属流顺筋的方向流动。

应避免金属液直接冲刷容易损坏的模具部分和型芯。不可避免时，应在内浇道上设定出隔离带，避免热冲击。

通常内浇道愈宽愈厚，非均匀流动的危险也愈大。同时应尽量不要采用过厚的内浇口；避免切除内浇道时产生变形。

2.3 型腔的排气

溢流槽是为了排除铸造时最初喷入的金属液，并

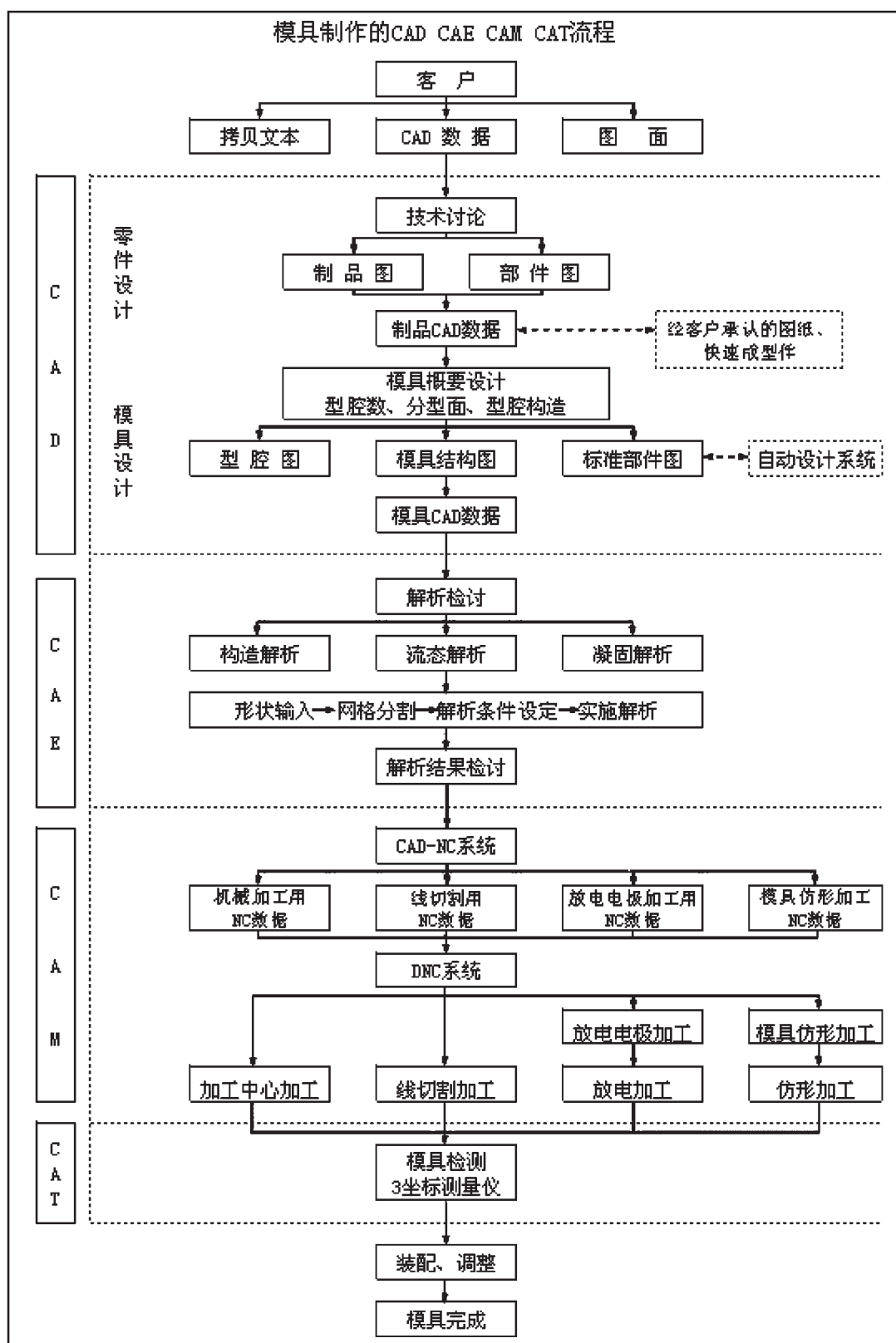


图1 压铸模具制作的CAD/CAE/CAM/CAT流程

且使模具的温度一致。液流槽设在铸型容易存气的位置，作为排出气体用，改善金属液的流动状态，

把金属液导向型腔的各个角落，以得到良好的铸造表面。排气槽有连接在溢流槽与集渣包前面的，也

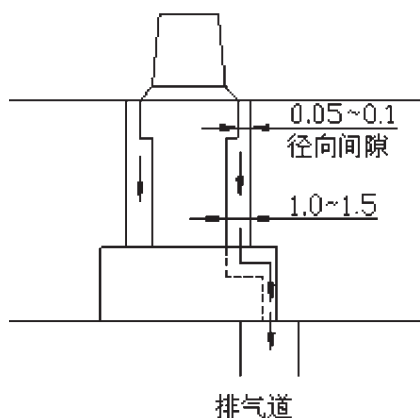


图2 固定型芯间隙排气案例

有与型腔直接连接的。

排气槽的总截面积应大致相当于内浇道截面积。

分型面上的排气槽的位置是根据型腔内金属液流动状态而确定的。排气槽最好是“不直通的”而是“弯曲的”，防止金属液外喷伤人。分型面上的排气槽的深度通常为0.05mm~0.15mm；位于型腔内的排气槽深度通常为0.3mm~0.5mm；位于模具边缘的排气槽深度通常为0.1mm~0.15mm；排气槽的宽度一般为5mm~20mm。

顶针与推杆的排气间隙对于型腔的排气非常重要，通常控制在0.01mm~0.02mm，或放大到不产生毛刺为止。

固定式型芯的排气也是一有效的排气方法。通常在型芯周边单边控制有0.05mm~0.08mm的间隙，让型芯定位颈部开出排气槽宽、厚各1mm~2mm，将型腔内的气体顺颈部开出排气槽由型腔底部排出。

排气槽的粗糙度也不应忽视，应保持较高的光

洁度，避免在使用过程中被涂料粘连脏物而堵塞，影响排气。

3 流动解析评价与对策

模具设计过程中，应尽可能让金属流顺一个方向流动，流动解析后，发现型腔中出现涡流时，应当改变内浇口导入角或改变尺寸，以期排除涡流状态。

金属液交汇时，在停止流动前还要让金属液继续流动一段距离；从而在交汇处的型腔外应增设溢流槽和集渣包，将过冷的金属液及空气化合物流入溢流槽和集渣包；让后续金属液清洁、常温。

针对不同部位填充速度不一时，应调整内浇口的厚度或宽度（必要时逐渐加大），达到填充速度基本一致的目的，但应尽可能通过加宽内浇道来实现。

流动解析后发现填充滞后的部位，也可增设内浇道。

对于薄壁压铸件，必须选用较短的填充时间进行压铸；从而应通过加大内浇道的截面积来减少填充时间，以大到较好的表面质量。

对于致密性要求高的厚壁压铸件，必须保证有效地进行排气。应选用中等的填充时间进行压铸。故应对内浇道的截面进行调整，以取得相应的填充时间，获得较好的表面质量和内部质量。

总之，在压铸模具设计过程中，要注意避免许多不良现象产生。即便在当今具备CAE分析手段的时代，在内浇道设计初期，将总结出的经验先行考虑进浇排系统，进行有机的结合，分析、改善、提升，势必起到事半功倍的作用。□



• 业界动态 •

铁姆肯湘潭合资厂交付首批产品

铁姆肯公司位于湖南省湘潭市的合资工厂——铁姆肯湘电（湖南）轴承有限公司已于近日向湘电风能有限公司交付了首批超大型轴承产品。这批Timken® 双列圆锥滚子轴承外径将近2m。

这家合资工厂是铁姆肯公司在亚洲地区的最新战略投资举措，该合资工厂2009年1月开始建设。

随后从生产设备安装、调试和检验、到员工的全面培训，都确保了新工厂符合Timken® 品牌标准的各种产品生产和质量要求。

该厂生产的首件轴承产品是专门定制的主轴轴承，旨在为提高湘电风能生产的兆瓦级直驱型风力发电机的可靠性提供重要保障。

U2000 型不落轮车床常见故障分析

西安铁路局新丰镇机务段 张 涛

摘 要：文章介绍了 U2000 型不落轮车床在现场运行中出现的常见故障，重点介绍了故障排除的思路及故障产生的原因，为其他单位解决类似问题提供了很好的借鉴。

关键词：U2000 型不落轮车床 常见故障

新丰机务段 U2000 型不落轮车床系 2001 年由德国 HEGENSCHIEDT-MFD GmbH 公司制造。该车床自投入使用来利用率极高，从 2009 年 1 月份到 11 月份，该设备共镟修轮对 522 个。随着我段机车交路的延伸，该车床在机车检修作业发挥的作用将越来越大。

近年来该设备在使用中出现多次故障，给机车轮对镟修造成极大不便，现介绍其中几起典型故障。

故障 1：在自动加工模式下当机车轮对镟修到达精加工前的测量时不动作。

故障现象

正常情况下，不落轮车床会先对机车轮对进行全面测量，测出轮对的直径、轮缘厚度、轮缘高度、径向跳动、轴向跳动等数据。操作人员根据测量结果及段技术科下达的镟修技术要求输入加工目标值，然后车床根据加工目标值自动进行分刀，先进行粗加工。粗加工完成后车床进行测量，将测量的结果与目标值进行比较后再进行一次精加工，轮对镟修完毕。接着车床自动对镟修好的轮对进行测量，输出加工报告。然而往往在进行精加工测试时车床会停止动作。对车床进行重新启动有时故障现象能消失，车床能继续使用，有时多次重启车床后故障仍不能消失。

故障分析

车床在加工过程中停止动作，原因有多种，常见的原因有：（1）加工过程中安全保护系统动作，中断加工程序；（2）控制系统电脑死机，程序不能运行；（3）突然停电；（4）机械传动系统故障；（5）电器控制系统故障；（6）急停按钮动作或接触不好。

检查和分析

经现场检查，首先排除第 3 种故障可能。然后对车床空载试运行进行观察，车床不动作时安全门及安全窗均锁闭良好，故障出现时显示屏上无安全保护系统动作报警，因此排除第 1 种可能。车床在启动时能正常进行，在手动加工情况下能移动导轨和刀架，因此排除第 6 故障可能。机床在空载时驱动滚轮能正常运动，刀架也可自由走动，因此排除第 4 种故障可能。那么剩下的故障就只有第 2 种和第 5 种可能。

处理方法

在现场排除设备故障时，可遵循这样的原则：先易后难、先外后里、先电气后机械（机械故障在排除时需要进行大量的拆装，比较麻烦）、先普遍后特殊。

首先，对不落轮车床的加工程序进行重新安装，然后起机试验，车床在进行测量时动作停止，排除电脑死机或加工程序有误的可能。然后打开电气控制箱，在测量机构动作时观察 PLC 的输出端子是否有输出（绿灯亮）。经观察 PLC 输出正常，再对输出端子连接的继电器进行检查，当 PLC 输出时接触器吸合，接触器的执行回路电压正常。检查到此基本可以断定，故障可能有两处：一是接触器的输出端到测量机构之间的连线断开或虚接；二是测量机构坏。

对接触器到测量机构之间的连线进行检查，首先用万用表测量电阻值，正常。由于测量机构为德国原装进口，无法检查其好坏，因此将两个刀架的测量装置进行互换，然后起机试验，故障现象仍存在。至此测量机构是否良好仍不能断定。本着先易后难、先一般后特殊的原则，对接触器至测量机构

之间的连线进行再次检查,考虑到一般情况下静态的线缆不容易出问题,容易出问题的一般出现在经常运动的线缆上,因此对随测量机构一起运动的一截缆线进行更换,起机试验,故障消除。对被更换下来的线缆进行检查,发现线缆表皮一处有被铁屑烫伤的痕迹。

故障原因分析

经现场观察,机车轮对镟修时会产生大量高温的铁屑。车床测量机构在动作时顶部的护罩自动打开,高温的铁屑就容易顺着护罩进入测量机构内部,烫伤线缆。此外,由于测量机构经常上下运行,弯曲部位的线缆内部金属丝就容易折断,或者产生虚接现象。线缆内部金属丝如果断开,那么测量装置就不会动作;如果未完全断开或者虚接,那么车床测量机构在运行时就会时好时坏现象,或者故障出现后重新启动车床又自动消失。

故障 2: 车床在加工轮对时出现异常震动,声音如同擂鼓,一段时间后又自动恢复正常。

故障现象

不落轮车床在对机车轮对的踏面镟修时,每次从吃刀到退刀的过程中均会出现一阵异常震动,震动呈周期性,声音如同擂鼓,往往持续 1 到 2 分钟会自动消失。

故障分析

不落轮车床有两个主电机,每个主电机通过同步驱动皮带与两个皮带轮连接,每个皮带轮通过传动轴带动轴上的蜗杆转动,蜗杆又带动涡轮运动,然后涡轮通过一系列齿轮配合带动驱动滚轮运动。在进行轮对镟修时,主电机通过这样机构将动力送给同侧的两个驱动滚轮,驱动滚轮又带动支撑的机车轮对一起运动。由此可以分析,不落轮车床产生异常震动可能有以下几种可能:(1)控制程序有误,每次车床从吃刀到退刀时系统均会使电机产生不恒定的转矩;(2)同步驱动皮带表面有毛刺或破损,产生周期性的震动;(3)涡轮蜗杆箱内齿轮位置偏差或部分齿变形;(4)机车轮对径向跳动过大,呈椭圆形;(5)机车轮对踏面局部有剥离或擦伤现象。(6)同侧的两个驱动滚轮与机车轮对接触区域直径大小不一,造成线速度不同步。

从故障现象来看,由于对轮对踏面镟修时每次吃刀到退刀的过程中均会出现一阵次异常震动,持续一阵后会自动消失,因此首先排除第 2 种和第 3 种可能,因为如果是这两种情况之一,轮对镟修时震动就会一直持续。另外,如果是第 4 种或第 6 种情,那么车床在轮对镟修的初期会一直有异常震动出现,当机车轮对的径向跳动或踏面剥离(擦伤)被修复后,震动将会自动消失,因此可以排除第 4 种和第 5 种可能性。

经过上述分析,造成不落轮车床出现这种异常震动的可能性就只剩下第 1 种和第 6 种。

故障排除

本着先易后难、先电气后机械的原则,首先重新安装车床的加工程序,然后试运行。故障现象仍然存在,排除程序有误的可能性。将同一侧的驱动滚轮拆卸下来用专用工具进行测量,发现两个同步驱动滚轮的曲面外径(与机车轮对踏面接触部位)相差 1mm。对驱动滚轮进行加工处理,使两者的曲线外径(与机车轮对踏面接触部位)一致,然后进行试用,故障现象明显减小(由于驱动滚轮外表面磨损严重,曲线不能完全恢复一致故故障没能根除)。

故障原因分析

由于主电机通过同步驱动皮带将动力传递给同侧的两个驱动滚轮,因此两者在转动时具有相同的角速度。在长时间使用下,驱动滚轮的曲面(与机车轮对踏面接触部分)就会产生一定的磨损,造成驱动滚轮与机车轮对踏面接触的部位直径大小不一,从而形成不同的线速度。机车轮对加工位置到达踏面与驱动滚轮接触的部位时,由于同侧两个驱动滚轮的线速度不同,从而使驱动滚轮与机车轮对出现异常震动。当机车踏面与滚轮接触的部位加工完毕后,滚轮表面的曲面会使两个驱动滚轮自动调,使线速度保持一致,因此震动又自动消失。

结束语

设备发生故障时,作为工程技术人员要有清晰的解决思路。首先要通过严谨的推理来判断故障产生的原因,即由果索因。然后本着先易后难、先外后里、先电气后机械、先普遍后特殊的原则,通过推理、试验对可能造成故障的多个因素逐一验证,直至找出故障产生的真正原因从而排除故障。□

粉末冶金零件的切削加工

Cutting of powder metal parts

粉末冶金是一种以金属粉末（包括有非金属粉末混入状况）为原料，用于烧结成形，制造金属摩擦材料和制品的工艺技术。粉末冶金生产的材料、零件具有质优、价廉、节能和省材等特点，被广泛应用于汽车、电子、仪器仪表、机械制造、原子反应堆、特种高性能合金制造等工业领域，用途愈来愈广泛。粉末冶金材料的产品结构大体分为粉末冶金机械零件；铁氧体磁性材料，包括永磁铁磁性材料和软磁铁磁性材料；硬质合金材料和制品；高熔点金属材料 and 难熔性金属材料；精细陶瓷材料和制品。

目前，粉末冶金工业中主导性产品为粉末冶金机械零件和铁氧磁性材料。粉末冶金的机械零件生产主要集中在结构零件、滑动轴承、摩擦零件以及过滤元件、多孔性材料等几方面。磁性材料则主要分为硬磁材料、软磁材料及磁介质材料 3 大类。软磁磁性材料生产主要为纯铁、铁铜磷相合金、铁镍合金、铁铝合金材料和制品。硬磁材料生产的主体则为铝镍铁合金、铝镍钴铁合金、钕钴合金、钕铁硼合金材料和制品的生产。而磁介质的生产主要集中在软磁材料和电介质组合物制成的制品生产方面。随着需求的增加和产品范围的扩大，在该领域新技术的开发和利用愈来愈受到人们的关注。

粉末冶金工艺制造有许多重要独特的优点，如实现净成形，消除切削加工，还有采用粉末冶金工艺制造的零件，可以在零件中有意识留下残余的多孔结构，提高零件自润滑和隔音效果，另外，使用粉末冶金制造工艺能够生产用传统铸造工艺很难或者不可能制造的复杂合金零件。正由于这些优点，使用粉末冶金工艺制造用于汽车动力系应用的零件在持续增长。

虽然粉末冶金工艺制造的初衷之一是消除所有的加工，但是这个目标还没有达到。大多数的零件只是‘接近最终形状’，还需要某种精加工。然而和铸件和锻件相比，粉末冶金零件很耐磨，难以加工，这也制约了冶金粉末工艺制造的推广应用。

性能

粉末冶金零件的性能，包括可加工性能，不

仅不仅和合金化学成分相关，而且和多孔结构的水平相关。许多粉末冶金制造的结构零件含孔率多达 15~20%，用作过滤装置的零件的含孔率可能高达 50%。而采用锻造或热离子压铸的粉末冶金的零件含孔率较低，只有 1% 或更少。后者在汽车和飞机制造应用中变得特别重要，因为这种材料的零件具有更高的强度。

粉末冶金合金的抗拉强度、韧性和延展性随着密度的增加而增加，同时可加工性也提高了。这是因为随着粉末冶金合金的密度增加，材料中含孔率减少，对刀尖的损伤减小。

材料中含孔率的增加可以提高零件的隔音性能。标准零件普遍存在的阻尼振荡在粉末冶金零件里减少。这对机床、空调吹风管和气动工具很重要。含孔率高对自润滑齿轮也是必要的。

含孔率高降低了粉末冶金零件的可加工性，因为刀具会遭到多孔结构的损害，而多孔结构是使粉末冶金零件广泛应用的特性之一。多孔结构能储油且隔音，但也产生微观上的断续切削。当刀从孔到固体颗粒往复移动时刀尖持续地受冲击。这能导致很小的疲劳破裂变形和沿切削刃的细小切屑。更糟糕的是，颗粒通常极硬。即使测到的宏观硬度在洛氏 20~35 度之间，但组成零件的颗粒个体会高达洛氏 60 度。这些硬颗粒导致严重而快速的刃口磨损。很多粉末冶金零件是可热处理的。热处理后它们更硬更强。最后，由于烧结和热处理技术和使用的气体，表面会含硬且耐磨的氧化物和/或碳化物。

加工难点

虽然粉末冶金工业不断发展中的目标之一是消除机加工，而且粉末冶金工艺的一个主要的吸引力是只需少量的加工，但是很多零件仍然需要后处理获得精度或更好的表面光洁度。不幸的是加工这些零件是极其困难的。碰到的多数麻烦是由多孔性引起的。

多孔性导致刃口的微观疲劳。切削刃在切入切出，它从颗粒和孔之间通过。重复的小冲击导致产

生切削刃上的小裂缝。这些疲劳裂纹增长直至切削刃微崩。这种微崩通常很细小，通常表现为正常的磨料磨损。

多孔性还降低粉末冶金零件的热导性。其结果是切削刃上的温度很高并会引起月牙洼磨损和变形。内部相连的多孔结构提供切削液从切削区域排出的通路。这会引起热裂纹或变形，在钻削里尤其重要。

内在的多孔结构引起的表面面积增加还导致在热处理时发生氧化和/或碳化。象先前提到的那样，这些氧化物和碳化物很硬很耐磨。

多孔结构也给出零件硬度读数的失效这一点极其重要。当有意去测一个粉末冶金零件的宏观硬度，它包含孔的硬度的因素。多孔结构导致结构的倒塌，得出相对较软零件的错误印象。颗粒个体要硬很多。象上面描述的，区别是戏剧性的。

粉末冶金零件里夹杂物的存在也是不利的。加工中，这些颗粒会从表面拉起，当它从刀具前面擦过时，在零件表面上形成擦伤或划痕。这些夹杂物通常很大，在零件表面留下可见的孔。

碳含量的参差导致可加工性的不一致。例如，有一种 FC0208 合金，碳含量允许在 0.6% 到 0.9% 之间。一批含碳量 0.9% 的材料相对较硬，导致刀具寿命差；而另一批含碳量 0.6% 的材料得到极好的刀具寿命。可两种合金都在允许范围之内。

最终的加工问题和发生在粉末冶金零件上的切削类型相关。由于零件接近最终形状，通常切深很浅。这需要自由切削刃，可是在切削刃上的积屑瘤经常导致微崩。

加工技术

为了克服这些问题，需要采用几种独特的技术。表面多孔结构经常可以通过浸渗来封闭。通常需要附加自由切削。近来，已经使用设计用来增加粉末洁净度并降低热处理时氧化物和碳化物的改进的粉末生产技术。

封闭表面多孔结构由金属（通常是铜）或聚合物浸渗完成。实验数据表明浸渗的真正优点在于关闭表面多孔结构，从而减少切削刃的微观疲劳。振颤的降低有利于提高刀具寿命和表面粗糙度质量。通过浸渗封闭多孔结构时，刀具寿命可提高 200%。

诸如的 MnS 、 S 、 MoS_2 、 $MgSiO_3$ 和 BN 等添加物能提高刀具寿命。这些添加物通过使切屑更容易从

工件上分离、断屑、阻止积屑瘤和润滑切削刃来提高可加工性。增加添加物的量能提高可加工性，但也会降低强度和韧性。

控制烧结和热处理炉气的粉末雾化技术，实现更洁净的粉末和零件的生产。可使夹杂物和表面氧化物碳化物的发生最小化。

刀具材料

最广泛地使用于粉末冶金零件加工的刀具是那些在良好表面粗糙度条件下耐磨、耐刃口破裂和不产生积屑瘤的材料。这些特性对任何加工操作都是有用的，它们在加工粉末冶金零件时尤其重要。这些刀具材料包括有立方氮化硼（CBN）刀具、不涂层和涂层金属陶瓷以及改进的涂层烧结硬质合金。

CBN 刀具因其高硬度和耐磨性而有吸引力。这种刀具已经在洛氏硬度 45 及以上的钢件和铸铁加工中使用多年。但是，由于粉末冶金合金具有和显微硬度和宏观硬度有重大差别的独特性，使 CBN 刀具能用于软到洛氏硬度 25 的粉末冶金零件。关键的参数是颗粒的硬度。当颗粒的硬度超过洛氏 50 度时，不管宏观硬度值是多少，CBN 刀具是可用的。这种刀具明显的局限是它们的韧性不足。如果是断续切削或含孔率高的话，进行负倒棱和较重的珩磨加工，则需要对刃口进行加固。但简单的轻切削用珩磨的切削刃就能完成。

有几种材质的 CBN 是有效的。韧性最好的材质主要由整体 CBN 构成。它们韧性极好，因此可用作粗加工。这些材质应用的局限通常和表面粗糙度相关。很大程度上由构成刀具的 CBN 个体颗粒决定。当颗粒从切削刃上脱落时会在工件材料表面产生影响。而细颗粒刀具脱落一个颗粒则情况不那么严重。

通常使用的 CBN 材质的 CBN 含量高，颗粒大小中等。CBN 精加工刀片是细颗粒材质，而且 CBN 含量低。它们对轻切削和表面粗糙度有要求或被加工合金特别硬的场合最有效。

在很多切削应用中，刀具寿命和材质种类是独立无关的。换句话说，任何一种 CBN 材质都可取得类似的刀具寿命。在这些情况下，材质的选择主要以每个切削刃的成本最低为依据。一片圆刀片有一整个 CBN 顶面并能提供四个或更多的切削刃，要比四片镶齿 CBN 刀片更便宜。

当粉末冶金零件的硬度低于洛氏 35 度，并且颗

粒本身硬度不超出范围, 金属陶瓷通常是选择之一。金属陶瓷很硬, 能有效阻止积屑瘤且能承受高速。另外, 因为金属陶瓷历来用于钢件和不锈钢的高速加工和精加工, 它们通常有适合接近成型零件的理想几何槽形。

今天的金属陶瓷在冶金上是错综复杂的, 有多达 11 种合金元素。通常它们是碳氮化钛 (TiCN) 颗粒和 Ni-Mo 粘接剂烧结而成。TiCN 提供对成功使用金属陶瓷很重要的硬度、抗积屑瘤和化学稳定性。另外, 这些刀具通常有很高的粘接剂含量, 这意味着它们有良好的韧性。总而言之, 它们具备有效加工粉末冶金合金的所有特性。有几种材质的金属陶瓷是有效的, 就象碳化钨烧结硬质合金那样, 粘接剂含量越高, 韧性越好。

已知的相对较新的进展是中温化学气相沉积 (MTCVD) 也能提供粉末冶金加工所需要的性能。MTCVD 保留传统的化学气相沉积 (CVD) 所有的耐磨性和抗月牙洼磨损性能外还能提高韧性。这种韧性的增加主要来自裂纹的减少。涂层在高温下沉积然后在炉内冷却。由于热膨胀不一致, 当刀具到达室温时涂层里包含裂纹。和平板玻璃上的划痕类似, 这些裂纹降低刀具刃口强度。MTCVD 工艺较低的沉积温度导致更低的裂纹频率和韧性较好的切削刃。

当 CVD 涂层和 MTCVD 涂层的基体有相同的特性和刃口修磨时, 它们的韧性的区别能得到论证。当使用在刃口韧性有要求的应用, MTCVD 涂层性能表现超过 CVD 涂层。通过分析, 当加工含多孔结构的粉末冶金零件时, 刃口韧性是重要的。MTCVD 涂层胜过 CVD 涂层。

物理气相沉积 (PVD) 涂层较薄且不如 MTCVD

或 CVD 涂层耐磨或耐月牙洼磨损。但是, PVD 涂层应用场合是能承受显著冲击。当切削是磨料磨损场合, 另外要求极好的表面粗糙度时, CBN 和金属陶瓷太脆, PVD 涂层则是有效的。

例如, C-2 硬质合金的切削刃在线速度 180m/min 和进给 0.15mm/r 的情况下加工 FC0205。在加工 20 个零件后积屑瘤能引起微崩。当使用 PVD 氮化钛 (TiN) 涂层时, 积屑瘤被抑制而且刀具寿命延长。当使用 TiN 涂层做这个测试时, 粉末冶金零件的磨料磨损特性预计 TiCN 涂层会更有效。TiCN 有和 TiN 几乎相同的抗积屑瘤能力但比 TiN 更硬更耐磨。

多孔结构具有重要作用, 但它影响 FC0208 合金的可加工性。当多孔结构和特性改变时, 各种不同的刀具材料提供相应的优势。密度低的时候 (6.4g/cm³), 宏观硬度是低的。在这种情况下, MTCVD 涂层硬质合金提供最佳刀具寿命。切削刃的微观疲劳很重要, 刃口韧性很受重视。在这个情况下韧性好的金属陶瓷刀片提供最大的刀具寿命。

当生产密度为 6.8g/cm³ 的同样的合金, 磨料磨损特性变得比刃口裂纹更重要。在这种情况下, MTCVD 涂层提供最好的刀具寿命。PVD 涂层硬质合金对极硬的两种类型的零件都进行测试, 碰到刃口破裂。

当速度升高 (线速度 > 300m/min), 金属陶瓷甚至涂层金属陶瓷也会产生月牙洼磨损。涂层硬质合金更适合, 尤其是当涂层硬质合金的切削刃韧性好时。MTCVD 涂层到有富钴区的基体的硬质合金尤其有效。

金属陶瓷最常见用于车削和镗削加工。因为可能期望较低的速度和更多关注积屑瘤, PVD 涂层硬质合金对于螺纹加工很理想。□

● 业界动态 ●

GIANCARLO LOSMA 当选 UCIMU 2010-2011 年度主席

今年 6 月底, 意大利机床、机器人与自动化制造商协会 (UCIMU) 召开了全员大会, 选出了新一届领导机构, Giancarlo Losma (LOSMA, Curno BG) 当选为 2010-2011 年度主席; Massimo Carboniero (OMERA, Chiuppano VI)、Luigi Galdabini (GALDABINI, Cardano al Campo VA), 和 Riccardo Rosa (ROSA ERMANDO, Rescaldina MI) 当选取为副主席。

UCIMU 管理委员会由三位副主席加上前主席 Alberto Tacchella (TACCHELLA MACCHINE, Cassine AL) 和司库 Pier Luigi Steparava (STREPARAVA, Adro BS) 组成。另外, 大会还产生了新一届董事会, Alfredo Mariotti 任 UCIMU-SOSTEMI PER PRODURRE 董事长。

硬质合金立铣刀与模具预硬化模块的加工

Carbide endmill and machining of prehardened mould block

吴元昌

(成都工具研究所, 成都610051)

塑料在工程材料中的应用日渐广泛, 已成为世界4大原材料之一。塑料要成为有价值的商品, 必须用模具成型。用塑料模具制造的塑料制品的发展极为迅速。为适应市场的需要, 对塑料制品要求样式翻新快, 促使要求塑料模具交货周期短, 模具表面粗糙度值要小, 且能满足所需精度要求。上述对塑料模具的需要, 引起其加工方法的变革, 从而使冶金业、机床业、工具业都发生了与之配套的变革。

1 传统与变革后的塑料模具加工方法

传统的塑料模具加工工艺为采用经冶金厂退火的模块, 粗及半精机械加工模具型腔, 转热处理淬火、回火; 再最后精加工型腔到最终尺寸, 以消除热处理的变形。最后精加工工序的磨削及抛光很费时且需高级技工, 使模具不仅交货期长且价格昂贵。国内部分低级塑料模具不做热处理, 但耐磨性差, 寿命较低。

为克服模具的热处理变形及最后精加工费时的缺欠, 国外模具钢厂多年前已改供预硬型塑料模具钢制的模块, 在钢厂中将实心模块预先热处理到其使用硬度, 以获得所要求的使用性能, 现市场上进口的预硬化模块有数个钢种, 其形状有圆棒: 直径从 $\phi 25 \sim 505 \text{mm}$, 方棒: 边长从 $25 \text{mm} \times 25 \text{mm} \sim 105 \text{mm} \times 105 \text{mm}$, 扁方板: 断面尺寸从 $76 \text{mm} \times 25 \sim 70 \text{mm}$ 直到 $1000 \text{mm} \times 20 \sim 510 \text{mm}$, 规格繁多, 供模具制造者选用。

模具制造者从已预硬化的模块上机械加工出模具型腔, 直接到最终成品尺寸, 无需再热处理, 交用户使用。这种新工艺特别适宜做形状繁杂的大、中型精密模具, 因它避免了因热处理造成的模具变

形和裂纹问题, 缩短了加工周期。这就是冶金行业为适应市场的变革。我国每年进口的预硬化模块达数万吨, 2000年起国家重点技术改造投资的抚顺钢厂和上海第五钢厂已试供应预硬化模块。

2 预硬化模块的机械加工和硬质合金立铣刀的兴起

预硬化模块的使用硬度一般在27~42HRC, 特别在高硬度区36~42HRC, 其可切削性很差, 用传统的高速钢立铣刀加工效率很低, 以最通用的塑料模具钢3Cr2Mo (美国钢号P20), 和中、大型模块用的3Cr2NiMnMo (瑞典钢号718) 为例, 一般推荐的立铣刀铣削速度见表1。

表1 预硬化塑料模具钢的推荐铣削速度 (m/min)

钢号	预硬化硬度		高速钢立铣刀 (8%Co)		硬质合金立铣刀	
	HB	HRC	未涂层	TiAlN涂层	未涂层	TiAlN涂层
P20	265~310	27~33	17~25	32~48	70~90	100~120
718	279~320	29~34	12~18	22~35	60~80	80~100
45	180	—	30~40	55~80	120~140	160~190

注: 退火组织碳结钢45供对比用

从表1中数据可见: ①经预硬化的P20和718塑料模具钢的推荐铣削速度仅为最常用的45碳结钢的1/2左右。②高速钢立铣刀的推荐铣削速度只有硬质合金立铣刀相应值的1/2~1/3。有资料报导硬质合金立铣刀的金属切除率可比高速钢立铣刀高5~10倍。由于高速钢立铣刀加工预硬化模块的型腔效率低, 刀具寿

命短,近年在这个应用领域已逐步为硬质合金立铣刀所取代。

日本的刀具统计资料显示,硬质合金立铣刀和高速钢立铣刀产值之比在1996年为38%:62%—高速钢立铣刀为主;而2001年已变为69%:31%—硬质合金立铣刀占主导地位。2001年中国立铣刀的相应数值为24%:76%,还达不到日本1996年的水平。2001年由于全球IT业的衰退,日本硬质合金刀具的总产值比2000年减少6.3%,与IT业关系密切的硬质合金麻花钻(PCB钻)产值缩减17%,但硬质合金立铣刀的产值和产量均比2000年增加12.6%,2001年达到2亿美元(450万件),可见模具行业对它的拉动力。

3 硬质合金立铣刀品种

硬质合金立铣刀主要有整体硬质合金立铣刀与可转位硬质合金刀片立铣刀两大类。

整体硬质合金立铣刀的直径范围从0.2~32mm,但实际上多数直径 $\leq 16\text{mm}$,因大直径原材料费用太高。整体硬质合金立铣刀(特别是球头立铣刀)品种规格极为繁多。为适应模具设计需要,其前端刀尖多数不是 45° 倒角,而是磨成一定数值的圆弧半径。根据采用的硬质合牌号的不同,再配以刀具几何参数的调整,现已有适宜于铣削不同模具硬度 $\leq 45\text{HRC}$, $\leq 55\text{HRC}$, $\leq 65\text{HRC}$ 的立铣刀品种。具有内冷却的整体硬质合金立铣刀也已获得应用。

用于模具加工的可转位硬质合金刀片立铣刀直径 $\phi 8\sim 50\text{mm}$ 者为大多数,以适应加工模具较小型腔形状的需要。它近年向小直径方向发展,已有直径8mm($R=4\text{mm}$)的可转位硬质合金刀片球头立铣刀。可转位刀片结构的立铣刀可制成较长刀杆,以深入模具型腔加工,而整体硬质合金立铣刀的全长及刃部长度较短,以提高其刚性,获取以铣代磨的良好模具型腔表面粗糙度及很高的金属切除率。

整体硬质合金立铣刀广泛采用超细颗粒硬质合金制造,某些牌号硬度 $\geq 91\text{HRA}$,抗弯强度高达 3000N/mm^2 以上,完全可满足立铣刀切削过程中刃口

所受的强大切削力。

我国的硬质合金立铣刀生产还在起步阶段,整体硬质合金立铣刀的产量更为稀缺。2002年全部硬质合金立铣刀的产值和产量仅为400万美元(20万件),在预硬化模块生产技术上严重的短缺。

4 模具加工用高速钢立铣刀

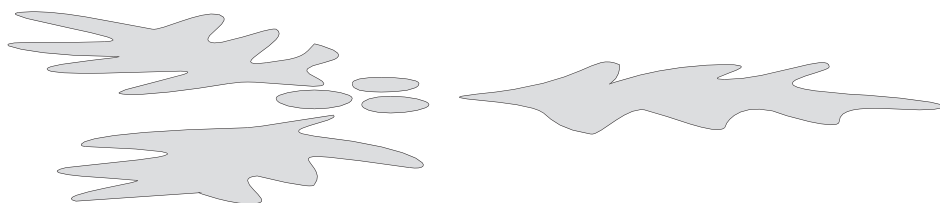
在日本立铣刀总量中高速钢立铣刀还占1/3。它主要定位于老企业用齿轮传动的机床及较大加工余量时的模具加工。其原材料皆选用高合金含量的高钒(3%~5%V)、高钴(8%Co及9%~10%Co)高速钢和粉末冶金高速钢;除要求高硬度和红硬性外,更着眼于良好的耐磨性能。国内立铣刀还是以通用高速钢为主要材料,这是模具业抱怨国产立铣刀寿命不及国外产品的主要原因。

5 硬质合金立铣刀与机床

CNC立式镗铣床或加工中心,配以硬质合金立铣刀是模具加工的基本设备,对机床的要求主要是两个方面:其一是制造整体硬质合金立铣刀的CNC多轴工具磨床;其二是能充分发挥硬质合金立铣刀效能的CNC立式镗铣床。

精密的整体硬质合金立铣刀国外用6轴联动CNC工具磨床制造,采用多片砂轮在一次装卡中磨成全部刃部几何形状,上述机床主要靠进口,价格昂贵,限制了国产整体硬质合金立铣刀的发展。

预硬化模块有一定的硬度,其切削抗力大。要能充分发挥硬质合金立铣刀的效能,CNC立式镗铣床主轴要有足够的功率、机床刚性要好,定位精度要高。此外因整体硬质合金立铣刀的直径较小(一般 $\leq 16\text{mm}$),要求主轴有较高的转速,直径6mm的硬质合金立铣刀要求主轴转速为 6000r/min ,更小直径的则要求主轴转速高达 $20000\sim 30000\text{r/min}$ 。国产CNC立式镗铣床有能力满足上述要求。□



发展可重构的机床值得重视

The importance to develop reconfigurative machine tool

沈福金 编译

随着产品的个性化要求越来越强烈，产品品种发展加快，产品的生命周期日益缩短，制造商面临着成本和交货期双重压力。出于这些实际原因，机床用户向机床制造商提出了这样的愿望，即现在购买的机床如能灵活地适应将来所有的加工要求该多好啊！机床用户企业这样的愿望和设想引起了机床业界的高度关注和重视。美国学者首先在这方面进行了研究，并在美国密歇根大学进行了比较系统的研究，提出了机床和生产系统重构的概念。本刊曾在 2006 年第 2 期以“生产系统的新发展——可重构的生产系统”为题，介绍了美国的研究情况和取得的成果。近来德国卡斯鲁尔研究中心又在这方面进行了实用性研究，开展了题为“面向多工艺的可重构机床”的研究，开发并试验了机床重构的各种不同的方法和辅助手段。其基本思想是可购买没有柔性的机床，然后在需要时，再改造成适合新的加工要求的机床。这样的机床总是能准确而最佳地适合所加工的产品，几年后产品有了变化，再进行机床重构。这个方案的好处是不考虑柔性成本，也没有冗余功能，有利于降低机床价格。

为了实现机床重构，机床必须配备相应的接口，能使整套加工模块或坐标轴实现互换。这样，在现实的机床方案上就能实现工艺转换，如从铣削换成磨削，或者更换一个带附加摆动轴和直线轴的加工模块。可是，这种更换或改装，一般要停机好几个星期。而将来，可重构的机床模块考虑了统一接口后，这样的工艺转换可以直接在用户车间里进行，最好情况下，一天即可完成。相应的工艺模块和坐标轴模块必须在制造厂安装、调试好，然后通过机床上已有的准确的机械接口换入需要的工艺模块。

可见，要实现机床可重构，统一的机械接口是重要的前提条件。因此，在他们的研究课题中，研究了传递机械量的接口，这种接口除了具有很好的刚度外，尽量使模块可长期交换使用和标准化。接口部分的连接，通常使用螺钉连接，找正好以后拧紧，加上夹紧力，这样，模块之间建立了机械连接。这是一种可靠的廉价的连接方案。但在交换模块时

总要反复测量和调整，因此，不可能实现快速交换模块。基于 HSK 刀夹原理，新开发的一种结构紧凑、刚性好的所谓“静态接口”，具有很大的拉紧力，既可以液压夹紧，也可手动夹紧（图 1）。如果一个加工模块要装入机床很紧凑的加工空间，接口夹套的定心锥只需移入 4mm，用手动夹紧时，螺丝钳只要转很少几转，然后紧接着在啮合斜面上平行向外压紧，并完成插入过程，夹紧模块以规定的夹紧方式自锁地夹紧，并按形状补充定心，保持平面压紧。

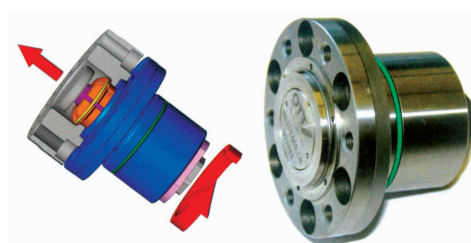


图 1 基于 HSK 接口的“静态接口”3 维图（左）和转化的实用图（右），用于交换整套工艺模块及坐标模块

Schuster Praezision 公司在其 F40 型机床的基础上开发的演示项目是作为多工艺集成机床设计的，在一台机床上能同时集成很多不同的加工工艺，为机床配置提供 3 种机械接口的夹紧方式，图 2 表示可能的配置。

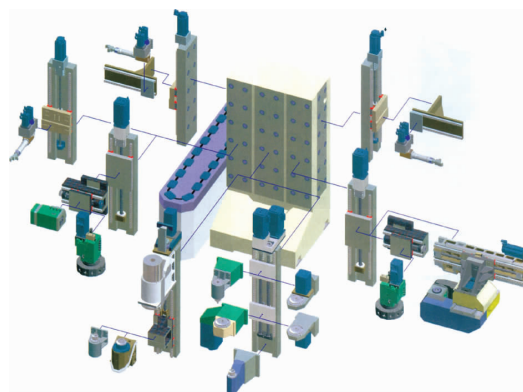


图 2 在 F40 型机床基础上开发的三种机械接口平台可能的配置示意

为了能加工复杂部件，常常必须综合应用很多

不同工艺，这就要通过许多设备的链接来实现。工件既可以直接从一台机床送到另一台机床，也可以人工通过缓冲装置与机床相互连接。图3表示完整加工一个载重卡车的法兰半轴的配置情况。在第一台机床上依次装卡加工法兰半轴的两端，此处要确保于第二台机床上加工的夹紧套定心移动距离相互精确一致。然后在顶尖间加工外形轮廓和轴承座。为了避免加工细长零件的形状偏差和抑制影响刀具寿命及表面加工质量的零件振动，在Z3轴上加装了一个液压双中心架支撑着法兰半轴。

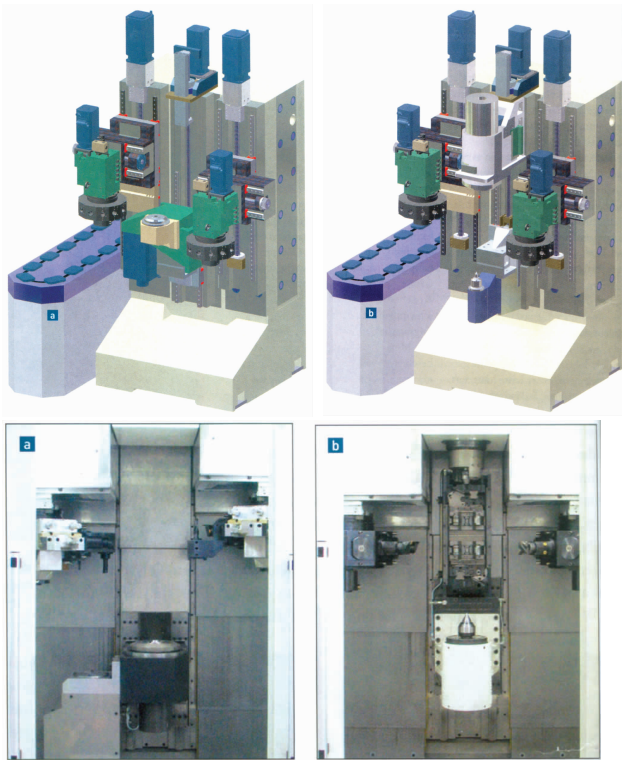


图3 加工卡车法兰半轴的配置情况示意图

这个例子表明，用相同的机床平台进行不同的配置，能够完成完全不同的加工任务。因为所有使用的工艺模块都规定了相同的静态接口尺寸，模块可以灵活地进行连接。各个模块的电功率大致相同。这就是说，因为功率模块、控制模块和电缆组对所有模块来说都是一样的，所以，通过多芯插头，各部件的电气连接很容易。

在缩短辅助时间和尽可能应用多种工艺方面，快速换刀是重要因素。正因为一个工件要用多次换刀加工，才表明优化换刀的巨大潜力。现在用标准的HSK系统的换刀技术主要受到刀具的重量、刀具的尺寸以及机械控制轴能达到的速度和加速度的限制。在研究项目中走了另一条减少换刀时间的途径，

即交换的不是整个刀具，而是只交换受到磨损的刀片，以减少要交换的元件的重量（图4）。借助于Mapal公司的所谓端部安装系统HFS（Head Fitting System），可以通过规定的锥度，只交换刀具的切削元件，而HFS仍留在刀具主轴里。所以，换刀时运动的质量能从千克减少到克数量级以内。为了节约时间，除了减轻重量外，各个交换步骤必须平行进行。能平行进行的运动和操作越多，刀头的更换就越快。发展的目标是，借助于这种新的交换器方案，使切屑至切屑的换刀时间达到1秒以内。



图4 HKS刀套的各种只换刀片的HFS刀头

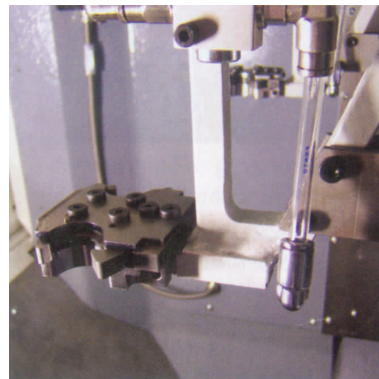


图5 小型刀头抓取和夹持装置

特别要开发小型的刀头抓取和夹持装置（图5），它引用了HSK卡爪槽结构，并且HFS头的下部必须与Ott-Jakob公司开发的自动夹紧系统相匹配，通过这些，使头部自动夹紧和松开。还有一点也很重要，虽然夹持过程是安全可靠的，但在抓取区域内应尽可能没有多余的介质。此外，取消多余的传感器信号也能加快交换过程。出于污染的原因，不能把交换装置放在位于下面的刀具主轴附近。因为在这个方案中，如果交换器位于切削区内，它必须用昂贵的防护罩防护，以保持没有切屑，这种防护罩还必须以很高的速度打开和关闭。这个问题的解决是通

过在加工位置的上面安置交换装置实现的。在加工期间，卡爪分选刀具并预先定位，这对节省交换时间有利。在换刀过程开始时，卡爪正好与防护罩打开前定好位。这样，换刀路径尽可能短，换刀时间就降下来了。图 6 表示换刀器在机床上的定位，在机床上的位置情况如图 7 所示。

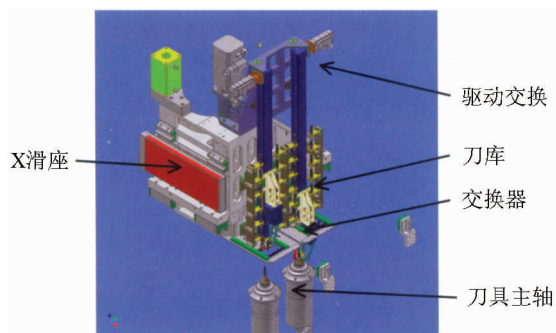


图 6 刀头交换器移植在 X-滑座上的 3D-CAD 图

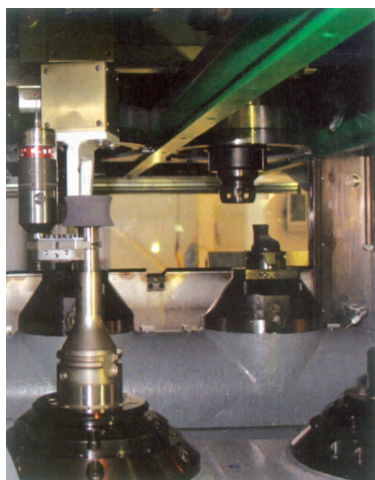


图 7 切屑-切屑时间小于 1 秒的刀头自动交换器

机床的重构改善了机床的经济性，延长了使用寿命，是非常值得关注的发展趋势。此外，机床重构能响应最新的工艺技术的发展，因为新成果同样可以通过接口技术集成到机床上。下面举一个机床经济性的例子，用 MAG Powertrain 公司的 XG242 型机床作为参照机床来研究，传统机床与最佳化重构的机床进行比较。使用了 15 年，并重构了 3 次（工艺由铣削换成磨削到报废，并加上不同的坐标轴），表明新机床方案除了购置成本低外，使用寿命提高 20%，机床重构的优越性在此表现得很突出，机床总是运行在与工艺相配的最佳状态，机床上没有不必要的功能，所以更经济。

德国联邦教育科研部已经在“研究明天的生产”

的项目规划内，推动机床重构的研究。这个动态也应引起我国机床业界的高度关注，有条件的企业也应在原来模块化设计的基础上开展机床重构的研究，包括接合部（接口）的统一。机床重构提高了资源利用率，既经济又环保，好处很明显。这里提供一些信息供业界参考。

● 业界动态 ●

汉川机床集团大型数控机床制造基地首台产品“下线”

6 月 28 日上午，汉川机床集团有限公司大型数控机床制造新基地首台机床出产仪式隆重举行。陕西省委副书记、代省长赵正永，汉中市委书记张会民，市长胡润泽等领导同志视察了大型数控机床制造基地并亲自为首台出产的机床揭幕。



大型数控机床制造新基地是汉川机床集团为发展大型重型数控机床产业而投资 18.7 亿元建设的省市重点建设项目。项目于 2008 年 8 月 29 日正式奠基。经过一年多的建设，现已完成了一期工程绝大部分工程量。该公司为抢抓机遇，保证项目早日见效，坚持边建设边生产，大件加工车间和总装车间克服重重困难，率先投入生产，并顺利出产首台机床，为汉川新基地建设再添华彩。

汉川新基地首台机床的出产，标志着汉川大型数控机床制造基地项目建设取得了阶段性成果，标志着汉川新基地已初步具备生产条件和生产能力，标志着汉川在发展大、重型数控机床的道路上又迈出了坚实一步。

图为汉川机床集团大型数控机床制造新基地首台机床出产仪式。（张建恒 文 杜忠友 摄）

一种采用珠盘定位的分度装置

A rotary index table positioned with steel balls

安德建奇集团 北京三阔科技有限公司 藏建军

本文介绍一种基于钢珠定位，从而使误差得到均化的分度定位装置。这种珠盘定位结构的分度定位装置在数控机床上通过了4年近3万h的实际使用验证，精度保持良好，故障率几乎为零。

1 结构原理

1.1 基本结构

珠盘定位基本结构是在旋转工作台的定位面上，围绕旋转中心的一个圆周上等分镶嵌 n 个钢珠，再在机座同一位置的圆周上等分加工出 n 个与钢珠尺寸相同的半球形凹槽。镶嵌钢珠的一侧包容钢珠的部分超过钢珠的半径，机座一侧的半球形凹槽深度小于钢珠的半径。旋转工作台部分可以轴向脱开和锁紧，脱开时，可以旋转到所需要的角度；锁紧时，旋转工作台上的钢珠嵌入到机座半球形凹槽中。旋转工作台与机座之间保持一定的缝隙并不直接接触，而是通过钢珠达到接触定位（图1）。

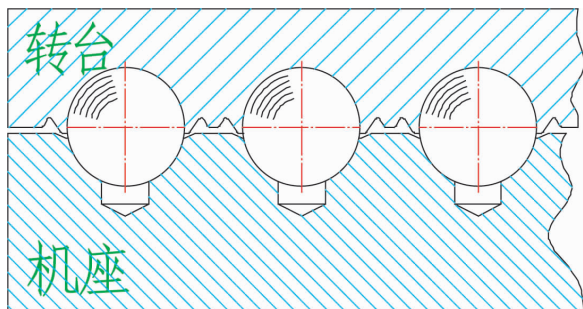


图1 钢珠定位结构

珠盘定位结构是通过立式翻转卡具实现验证的。在经过验证的36套以珠盘作为分度定位的装置上，分度工作台围绕旋转中心在圆周上均匀镶嵌着72枚经过筛选的钢珠，在机座上同样直径的圆周上均匀分布着72个与钢珠尺寸相适应的半球形凹槽。在旋转分度时，72枚钢珠同时嵌入到72个凹槽中，从而实现以 5° 分度定位。

在已经使用的装置中，除了72个钢珠， 5° 分度的

转台外，还有120个钢珠， 3° 分度的转台。

1.2 小角度分度

如果需要更小的分度，则可以采用差动分度结构（图2）。珠盘定位结构可以方便地实现 0.2° 以下的小分度差动定位。

转台和珠盘同方向角位移 0.2° 差动分度原理

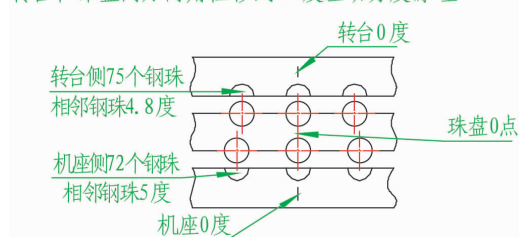


图2 差动分度结构

例如在 0.2° 小分度的应用场合下，将珠盘制造成独立的旋转体，珠盘面向机座的一侧镶嵌72枚钢珠，与机座的72个凹槽相吻合，最小分度单位为 5° 。珠盘面向转台的一侧镶嵌75枚钢珠，与转台的75个凹槽相吻合，最小分度单位为 4.8° 。

这样，当处于中间的珠盘相对于机座旋转 5° 时，珠盘另一侧处于原来位置上的钢珠则被后一个位置上的钢珠取代，并且向前旋动 0.2° （ $5 - 4.8 = 0.2$ ）。因为 $0.2:5 = 1:25$ ，所以在珠盘与转台之间装备一个1:25的传动装置即可以方便快捷地实现 0.2° 小分度操作（图3）。

珠盘与转台按25:1的传动比位移，珠盘移动 5° ，转台同方向移动 0.2° 。

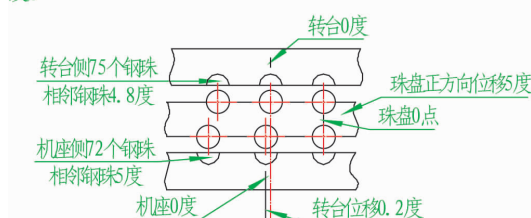


图3 小分度原理示例

按转台和珠盘角位移同方向举例计算，有以下关系式。

(1) 计算最小分度单位

$$\theta = 360^\circ \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$$

其中, θ ——最小分度单位

n_1 ——机座一侧的半球形凹槽数量

n_2 ——转台一侧的半球形凹槽数量

当 $n_1 < n_2$ 时, 转台与珠盘同方向转动; 当 $n_1 > n_2$ 时, 转台与珠盘的转动方向相反。

(2) 计算角位移比

$$\lambda = 1: \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)$$

其中, λ 为传动比。

例如, 0.2° 差动分度结构, $n_1=72$, $n_2=75$, 则有

$$\lambda = 1: \left(1 - \frac{72}{75} \right) = 25:1$$

珠盘定位结构对于其他最小分度单位也可以十分方便地实现。如144枚钢珠比150枚钢珠, 两者分度单位分别为 2.5° 和 2.4° , 差动旋转后可以实现 0.1° 的最小分度。

在实际应用中, 0.1° 的小分度结构的珠盘仍然使用的是 0.2° 分度装置的珠盘, 一面是72枚钢珠, 一面是75枚钢珠。与 0.2° 分度装置所不同的是, 在机座上加工半球形凹槽的数量是144个, 在转台上加工出的半球形凹槽数量是150个, 这样, 每相隔一个凹槽嵌入一个钢珠, 从而达到 0.1° 的最小分度单位。

按照同样的原理, 72枚钢珠比80枚钢珠, 两者分度单位分别为 5° 和 4.5° , 差动旋转后可以得到 0.5° 的最小分度。36枚钢珠比40枚钢珠, 两者分度单位分别为 10° 和 9° , 差动旋转后可以得到 1° 的最小分度, 等等。上述的 0.5° 和 1° 分度的装置同样可以共用相同的珠盘, 依此类推。

现在开发并已经投产的小分度装置结构示意图如图4。

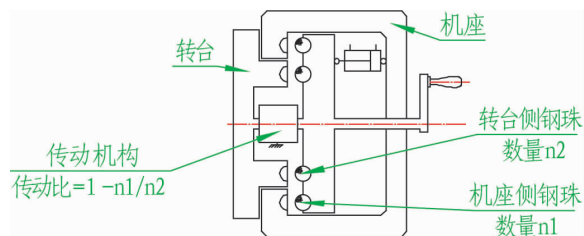


图4 小分度产品结构图

这种结构是已经生产的一种。它是将所有钢珠镶嵌在珠盘的一侧, 72:75在2个圆周上均布, 里圈的

钢珠与转台上的凹槽相吻合, 外圈的钢珠和机座上的凹槽相吻合。珠盘做轴向位移夹紧和松开, 并与转台成25:1的角位移运动关系, 从而实现转台无轴向位移、最小分度单位为 0.2° 的旋转定位。

1.3 误差分析

高精度是分度装置的基本要求。在制造过程中, 凹槽的位置度是保障精度的关键。目前已经总结出了即保障分度精度又能够实现较低制造成本的位置度允差范围。由于属于误差均化的原理, 实际分度误差极小, 完全满足一般加工要求。

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

其中, X ——总误差

n ——钢珠总数量

x_i ——第 i 个钢珠的位置误差。

由于位置误差具有方向性, 属于矢量范畴, 所以, 通过加工时特定的工艺将误差方向离散化, 可以得到方向不同的 n 个钢珠的位置误差。如果两个误差的数值相同, 误差的方向相反, 其矢量和等于零的话, 则数量越多、方向不同的位置误差之和越是趋近于零。再除以 n , 理论误差值极小。

因此, 如果说端面齿盘(鼠牙盘)是误差均化原理的成功应用, 则珠盘定位装置是当今应用误差均化原理的又一成功典范。与前者相比, 后者无论在定位精度、重复定位精度、寿命即精度保持性等各个方面都毫不逊色, 而且在抗冲击特性上更胜一筹。

在制造工艺技术要求方面, 珠盘定位结构更加体现出了端面齿盘(鼠牙盘)所不具有的优势。在制造珠盘定位装置的过程中, 只要控制镶嵌钢珠的半球形凹槽及另外相啮合半球形凹槽的位置度, 控制钢珠质量, 影响精度的基本要素就全都把握住了。如珠盘定位结构的齿形误差靠钢珠形状误差保证和球形铣刀质量保证, 而齿向误差, 由于球形结构的对称性, 珠盘结构不存在此项误差, 其齿距误差则依靠凹槽位置度保证。

凹槽位置度是指 X 、 Y 、 Z 三维空间的位置精度。 Z 向深度尤其重要, 如采用高精度数控机床加工, 则可以方便地满足工艺要求。

2 珠盘定位结构的性能特点

(1) 高刚度耐冲击

珠盘定位分度装置接触面积达到几十平方厘米,

可以承受较大的冲击载荷,而且通过一段时间的使用后,钢珠与凹槽更加吻合,接触刚度大于初始使用时的刚度。用珠盘定位所做成的分度旋转夹具上,在大切削用量的重载切削和断续切削工况下,在4年来的实际应用中,表现出了优良的特性。

在4年时间中,同时参与性能及寿命验证的还有传统的以端面齿盘(鼠牙盘)定位的装置,两者的精度及保持性没有可以感觉出来的差别,明显差别在于端面齿盘(鼠牙盘)的刚度远远不及珠盘定位。

(2) 增加刚度的结构灵活

珠盘定位装置特有的结构可以根据需要增加接触面积,提高抗冲击强度。当需要时,可以在不同直径上增加同样数量的1圈或2圈钢珠及凹槽,则抗冲击强度将成倍增加。当空间限制,增加1圈钢珠困难时,由于钢珠铆固需要一定的相邻空间,凹槽则可以更加靠近,因此可以每间隔一个位置放置一个钢珠。同样也可以起到增强作用。

(3) 制造成本的低廉

在珠盘定位装置的制造中,与端面齿盘(鼠牙盘)的制造存在明显的成本差别。在达到要求精度的数控机床上,用球形铣刀分别在机座和转台上加工出 n 个凹槽,镶嵌钢珠的一侧凹槽深度超过钢珠的半径,另一侧则小于钢珠半径,然后使用专用铆具,将经过筛选的钢珠铆固在转台上。加工一对珠盘的成本不及端面齿盘(鼠牙盘)结构的几分之一。工艺流程适合流水线生产。

另外,珠盘定位装置的结构特点还使得制造环节减少,制造周期缩短,生产方式简洁,检验测量方便,质量可控性提高。

(4) 精度高

珠盘定位结构由于成功应用了误差均化原理,使得最终所表征出来的精度远比实际加工精度要高的多,每一个加工要素的误差大部分可被其它加工要素产生的误差抵消。使得制造环节中各项精度指标的的实现变得轻松容易。

(5) 易于实现小角度分度

受结构限制,三片式端面齿盘(鼠牙盘)分度定位装置很难做到里外齿圈齿数不同。然而,珠盘定位结构里外圈凹槽数量是否相等,在加工成本上没有任何区别,仅仅是将加工程序的相关参数设定好即可。制造过程中与普通珠盘定位结构没有不同。如果不考虑实现一定的传动比的成本,小角度分度与普通分度的成本是一样的。

(6) 寿命长

珠盘定位结构部分在定位旋转运动时外力很小,当定位完成后不再存在磨损等情况,再加上钢珠的硬度和对凹槽的热处理,使得磨损微乎其微。由于结构上不是点、线接触,而是面接触,接触面积大,局部压强小,由变化的应力造成材料疲劳产生的点蚀失效很难发生,因此,具有较长的使用寿命。在36套珠盘定位分度装置的4年3万小时的验证过程中,分度定位装置精度保持性良好,故障率为零,证明了其长寿命特性。

3 珠盘定位装置制造工艺的特点

3.1 三减少

(1) 控制误差的项目减少

由多项误差控制变为单一误差控制。例如在制造端面齿(鼠牙盘)分度装置时,齿形误差、齿距误差、齿向误差、等等都需要在制造过程中严格控制;尺寸误差、形状误差和位置误差都需要花费成本加以控制。而珠盘分度装置的结构特点将形状误差的保障交给钢珠制造厂和刀具制造厂,尺寸误差靠筛选和刀具质量保证,只有位置误差是制造环节需要严格把控的。

(2) 所需要的高精度设备减少

关键工序只需要一台高精度的数控机床即可满足加工要求。装备的减少可以大幅度降低固定资产占有量,减少设备投资,降低生产成本。

(3) 制造环节减少

就分度结构而言,制造工艺主要有凹槽加工和钢珠铆固。凹槽加工体现出来的高效率已经被证明。钢珠铆固目前主要还是靠人工,不久有望通过机械化的手段实现。如果分度装置的结构允许,凹槽和钢珠直接加工、铆固在转台或基座上,则基准面的加工、销定位、螺钉紧固等全部都可以省略。不仅仅是制造周期的缩短,直接结果是使制造成本减少。

3.2 减法法则

以往产品表征出来的误差是各个制造环节制造过程中产生误差的叠加,遵循加法法则。任何产品最终所表征出来的精度及误差是用户最关心的,是对使用产生直接影响的。所以,如何减小产品的最终表征误差是各个制造商所追求的目标。珠盘定位结构的原理是化解制造环节中产生的误差,采用误差均化的原理,使得产品的表征误差远远小于制造环节中产生的各个误差。正可谓是“减法法则”。

3.3 质量可控性提高

由于制造环节减少,误差产生的几率减少,控制住少数几项误差发生的环节就把握住了质量主线,在测量装置上也比端面齿盘节省了许多。

3.4 简单

综合上述各项,所表现出的工艺特点概括为一点:简单。简单寓于道理,简单容易成功,简单能够使我们做得更好,简单可以把事情做到极至。珠盘分度定位结构的工艺就是简单的体现。

4 应用实例

(1) 分度旋转工作台

一次装卡可实现多面、多角度加工,提高加工精度,减少制造成本,减少设备投入,是机械加工企业普遍面临的问题。在数控加工中,许多工件需要一次装卡完成多面加工。传统的做法是用带有B轴功能的卧式加工中心实现;在立式加工中心上,则需要装备分度装置。我们在4年前由于没有实力装备卧式加工中心,不得不想办法在立式加工中心上加工多角度的工件。当时提出了“把方箱放倒试试看”的口号。因此我们开发了珠盘定位结构用于分度夹具。

这种新的定位分度装置所提供的功能解决了上述问题,使立式加工中心完成了部分卧式加工中心的功能。就像将卧式加工中心的B轴方箱放倒在立式加工中心的工作台上一样,实现了工件的多面加工。

数控分度在旋转过程中不参与插补和切削。其工作模式与数控旋转工作台完全不同。但数控分度装置所具有的大刚度和耐冲击特性,是蜗轮蜗杆副形式的传动机构所无法比拟的。

珠盘锁紧和放松的结构在手动分度装置上采用的是螺纹锁紧。在数控分度转台上,采用大节距板式多排链板组合,利用正切原理,仅用32mm直径的气缸,工作压力为5bar的情况下,卡紧力就可达到15kN,并且在气压波动或失压的情况下具有机械自锁功能。

用一对两节板式链条组成的杠杆机构中,气缸作用在节板链条的节点上,气缸的作用力通过链板作用在转台轴上,作用力的方向与转台轴成 α 角(图5)。链板作用于转台轴上的力可以分解成平行于转台轴方向和垂直于转台轴方向的两个分力,其中垂直方向的分力等于气缸作用在板式链条上的力。当分度工作台放松时,在气缸作用下板式链条折曲, α

角增大,其正切值向趋近于1的方向变化,分度工作台的轴向推力为400N。当需要锁紧时,板式链条在气缸作用下伸直, α 角减小,其正切值向趋近于零的方向变化,转台的轴向推力为15kN。当 α 角小于 8.2° 时,机械便已经达到自锁,板式链条可承受80kN的推力。由于不需要压力保持,分度旋转支架部件不依赖液压站等辅助设施工作,充分体现了国家所提倡的节能和环保的要求,安全性也得到了提高。

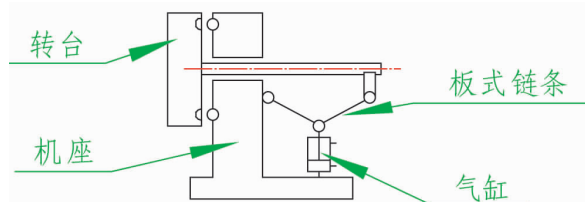


图5 分度旋转工作台

目前推向市场的产品有 $\phi 200\text{mm}$ 的双联结构分度支架及其副支架,它特别适合3号普通铣床、数控铣床、400mm宽台面的立式加工中心使用。特点是在机床工作台的长度方向上并排设计了两个分度转台,如果将工件放在一台机床上加工,两个分度转台可以分别承担第一工序和第二工序的加工,可以实现6个面多角度的加工。一台机床基本可以实现工件的全工序加工。这对于改善生产流程、匹配生产节拍、提高生产效率提供了重要的技术和装备保障。

数控分度支架可以根据需要选择不同生产厂家的电机、驱动放大器和控制器。它既可以连接到CNC,按照加工程序的控制指令进行分度操作,也可以用PLC通过按钮、脚踏开关等输入形式按一定的顺序进行分度定位。由于机械设计使一台伺服电机可以分时驱动两个分度转台,硬件上采用1带2的方式,因此,这种设计最大限度地为用户节省了电气部分的成本。

如果机床的数控系统比较陈旧,无法加装分度定位的控制,也可以用手动分度定位装置。当需要夹具翻转的动作时,在加工程序中加上M0指令,并在程序段的注释语句中说明哪个夹具需要翻转,朝什么方向翻转多少度。由机床操作人员按照程序中的说明进行相应的操作,虽然时间长一些,但是可以达到同样的加工效果。

(2) 数控车床刀架

“一把钢珠+两节链条=动力刀架”。一种新型的数控车床动力刀架正是利用以上两个特点使其价格

达到了从未有过的新低。

“一把钢珠”指珠盘定位机构。在刀架定位应用中, 选用直径更大的钢珠, 以提高刀架的抗振动、耐冲击性能。与传统的端面齿盘结构比较, 采用珠盘定位的刀架在刚度方面毫不逊色, 可完全满足使用要求; 而工艺流程却更加简捷顺畅, 成本大幅度下降。我们把刀盘分度定位功能的实现形象地比喻成“一把钢珠”的成本。

“两节链条”是指珠盘卡紧和放松的驱动装置, 采用大节距板式多排链板组合。利用正切原理实现了仅用 $\phi 63\text{mm}$ 的气缸, 工作压力为5bar的情况下, 达到卡紧力30kN, 并且在气压波动或失压的情况下具有机械自锁功能。

目前开发的刀架的中心高为100mm, 12个工位, 可装20mm×20mm的刀具, 镗刀座 $\phi 32\text{mm}$, 换刀时间1.8s, 最大锁紧力30kN (具有机械自锁功能), 伺服电机扭矩12N·m, 刀盘最大转速45r/min, 可选择订货径向、轴向0°~90°动力头 (特殊订货可选择其它任意角度), 动力头最高转速3000r/min, 最大输出扭矩12N·m, 最大输出功率3.7kW, 副主轴用反刀工位6工位 (选配), 可选择配置径向、轴向攻丝功能。

用户可以选配副主轴用反刀刀盘。当配备双主

轴进行两端复合切削时, 以其相配的反刀刀盘可以方便地从反方向对工件的另外一面进行加工。

由于采用了多项新技术, 使得动力头数控刀架的制造成本大幅度降低, 为数控车床的普及和发展奠定了技术基础和价格优势。

(3) 卧式加工中心分度工作台

卧式加工中心分度工作台目前使用的端面齿盘 (鼠牙盘) 直径越大, 价格越贵, 一般情况需要数千元一对, 而且对安装基面 and 安装方法要求也比较严格, 加上其它结构原因, 使卧式加工中心的价格居高不下。珠盘定位结构可以方便地应用到卧式加工中心分度工作台, 替代端面齿盘 (鼠牙盘) 定位, 降低其制造成本。

5 结语

珠盘定位结构 (已申请专利) 可以应用到许多需要分度定位的场合。这种新型定位机构具有精度高、寿命长、强度高、耐振动、抗冲击、小分度、低成本、少工序、结构灵活、制造快捷、生产方式简洁、数控和手动操作灵活等特点, 将在数控机床分度工作台 (卧式加工中心的B轴)、数控车床刀架、数控和手动分度卡具等诸多方面显示出独有的优势。□

业界动态

MAG 在上海同济大学创立生产技术基金

MAG 是一家位于哥平根的机床企业, 作为世界上最大的生产技术解决方案供应商之一, 公司决定在上海同济大学的中德学院为研究生提供生产技术基金。这是中德科学教育年活动的一部分。MAG 集团主席 Jürgen Fleischer 博士与正在访问中国的德国联邦教育和科研部长 Annette Schavan 博士签署了基金会的官方协议。卡尔斯鲁厄大学作为合作伙伴, 其wbk 工业技术研究所将为该基金会提供资金支持。联邦部长 Schavan 女士在参观同济大学时强调了两国大学和校企间合作的重要性, “以 MAG 为代表的企业表明, 中国市场为德国机床制造商提供了主要的增长点, 并创造了双方互赢合作的各种可能性”。此次新建立的生产技术基金必将进一步加强中德两国间的科学知识交流, 促进高水平专家的联合教育, 同时为两国成功的经济合作打下重要的基础。

MAG 在中国和亚洲市场具有相当大的发展潜力。最近, 公司在上海新开设了一个 1000 平方米的机构,



可提供技术服务、销售、售后服务、培训以及现场演示。在不久的将来, 公司将在长春建成一个新工厂。MAG 主席 Jürgen Fleischer 博士表示: “中国市场已经表现出了蓬勃的发展力, MAG 要在中国长久落户, 并进一步拓展公司业务。”从而与中国区域政策的发展相适应, 并与之建立更加紧密的联系, “加强中德大学之间的科学交流, 提高专家的教育水平, 将成为我们在亚洲市场取得成功的重要筹码”。

数控车削多头螺纹（或蜗杆）的精度控制方法

Precision control in CNC turning of multi-start thread or worm

张培彦¹ 刘静静²

(1 郑州旅游职业学院 机电系, 郑州 450009;

2 河南天泰矿冶安全工程咨询有限公司, 郑州 450008)

摘要: 应用数控车床加工多头螺纹（或蜗杆）是目前生产中常用的方法，对于精度要求较高的多头螺纹（或蜗杆）加工，要经过粗车和精车两个工艺过程，并且要在粗车和精车两个工艺过程之间加上测量环节，根据测量值进行数控车床的磨耗调整后再进行精加工，就能达到很高的加工精度。

关键词: 多头螺纹；蜗杆；磨耗；精度

Abstract: It is a common process to machine multi-start thread or worm with CNC lathe in production. For the multi-start threads (or worm) call for higher accuracy, two turning operations of roughing and finishing must be carried out and a measuring process must be taken place after the roughing. Then, CNC lathe will be regulated for its finish turning based on the measured value. By this way, a higher machining accuracy will be achieved.

Keyword: Multi-start thread; Worm; Abrasion; Precision

利用数控车床加工螺纹具有编程简单，操作方便的特点，能大大提高生产效率、保证螺纹加工精度，减轻操作工人的劳动强度。但在高精度多头螺纹的车削加工过程中，不仅要保证多线螺纹（或蜗杆）的尺寸精度和形状精度（每条螺纹的小径要相等，每条螺纹的牙型角也要相等），而且还要保证几条螺纹的相互位置精度（分线精度）。

多头螺纹（或蜗杆）各螺旋槽在轴向是等距分布的，在端面上螺旋线的起点是等角度分布的。在数控车床上加工螺纹分线的方法跟普通车床一样有轴向分线法和圆周分线法两种，对于有主轴分度功能的数控车床可以采用圆周分线法，不具备主轴分度功能的经济型数控车床常用轴向分线法，这两种分线方法在数控车床上加工螺纹都能够得到较高的分线精度。

1. 数控车床加工螺纹常用指令

数控车床加工螺纹常用 G32、G92 和 G76 三条指令。其中指令 G32 用于加工单头螺纹，编程任务重，程序复杂；而采用指令 G92，可以实现简单螺纹切削循环，使程序编辑大为简化，但要求工件坯料事先必须经过粗加工。指令 G76，克服了指令 G92

的缺点，可以将工件从坯料到成品螺纹一次性加工完成。且程序简捷，可节省编程时间。

2. 数控车床加工多头螺纹的工艺安排

高精度多头螺纹的加工不能像加工普通单头螺纹一样，利用数控车床提供螺纹加工指令编程一次加工成型，必须要经过粗车和精车两个工艺过程，并且要在粗车和精车两个工艺过程之间加上测量环节，根据测量值进行数控车床的磨耗调整后再进行精加工，这样才能保证多头螺纹（或蜗杆）的尺寸精度和形状精度。

3. 实例应用分析

单头梯形螺纹的加工方法常采用左右切削法，数控编程常采用子程序调用或宏程序编程的方法。对于双头螺纹，当第一条螺旋线加工完成后，第二条螺旋线的加工起始位置在 Z 方向偏移一个螺距即可，但粗加工两条螺旋线的时候一定要在留有一定的精加工余量以便测量调整再进行精加工。

图 1 所示两条螺旋槽粗车完毕后，应用齿厚卡尺测量，测量方法是先将齿厚卡尺调到 $0.5P$ (P 为螺

距) 的尺寸, 测量 A 、 B 、 a 、 b 的尺寸。测量后可能会出现如下 4 中情况:

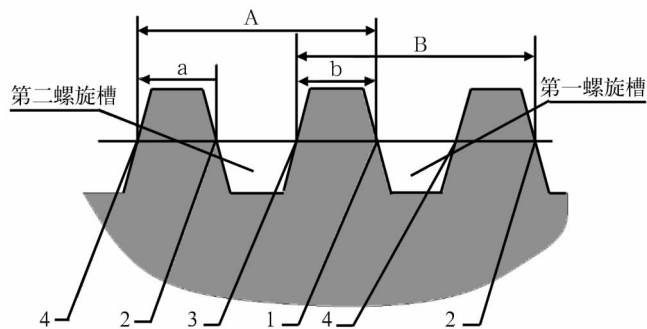


图 1 双头梯形螺纹

(1) $A > B$, $a > b$

① $A - B = a - b$ 则需精车第 4 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(a - b)$, 再运行第一螺旋槽程序, 车去 $(a - b)$, 使 $A = B$, $a = b$ 即可。

② $A - B > a - b$, 则需先精车第 4 侧面, 方法如上①, 使 $a = b$, 再精车第 4、1 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值分别输入 $(a - b)$, $-(a - b)$, 运行第一螺旋槽程序分别在第 4、1 侧面车去 $(a - b)$, 使 $a = b$, 再精车第 4、1 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值分别输入 $[(A - B) - (a - b)] / 2$, $-[(A - B) - (a - b)] / 2$, 运行第一螺旋槽程序在第 4、1 侧面分别车去 $[(A - B) - (a - b)] / 2$, 使 $A = B$, $a = b$ 即可。

③ $A - B < a - b$, 则先精车第 4 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(A - B)$, 运行第一螺旋槽程序车去 $(A - B)$, 使 $A = B$, 再精车第 2、4 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $[(a - b) - (A - B)] / 2$, 运行第二螺旋槽程序, 输入 $[(a - b) - (A - B)] / 2$ 运行第一螺旋槽程序, 分别车去 $[(a - b) - (A - B)] / 2$, 使 $A = B$, $a = b$ 即可。

(2) $B > A$, $b > a$

① $B - A = b - a$ 则需精车第 3 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(b - a)$ 运行第二螺旋槽程序车去 $(b - a)$, 使 $B = A$, $b = a$ 即可。

② $B - A > b - a$ 则需先精车第 3 侧面, 用上①所示方法, 使 $a = b$, 再精车 3、2 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值分别输入 $[(B - A) - (b - a)] / 2$, $[(B - A) - (b - a)] / 2$ 运行第二螺旋槽程序分别在 3、2 侧面车去 $[(B - A) - (b - a)] / 2$, 使 $B = A$, $b = a$ 即可。

③ $B - A < b - a$ 则需先精车第 3 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(B - A)$ 运行第二螺旋槽程序车去 $(B - A)$, 使 $B = A$, 再精车 3、1 侧面, 在数控车床 Z 磨耗

值输入 $[(b - a) - (B - A)] / 2$ 运行第二螺旋槽程序车去 $[(b - a) - (B - A)] / 2$, 再在数控车床 Z 磨耗值输入 $-[(b - a) - (B - A)] / 2$ 运行第一螺旋槽程序车去 $[(b - a) - (B - A)] / 2$, 使 $B = A$, $b = a$ 即可。

(3) $B > A$, $a > b$

① $B - A = a - b$ 则需精车第 2 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(a - b)$, 运行第二螺旋槽程序车去 $(a - b)$, 使 $B = A$, $a = b$ 即可。

② $B - A > a - b$ 则需先精车第 2 侧面, 方法如上①, 再精车 2、3 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值分别输入 $[(B - A) - (a - b)] / 2$, $[(B - A) - (a - b)] / 2$ 运行第二螺旋槽程序分别车去 $[(B - A) - (a - b)] / 2$, 使 $B = A$, $a = b$ 即可。

③ $B - A < a - b$, 则需先精车第 2 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(B - A)$ 运行第二螺旋槽程序车去 $(B - A)$, 使 $B = A$, 再精车第 2、4 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $[(a - b) - (B - A)] / 2$ 运行第二螺旋槽程序车去 $[(a - b) - (B - A)] / 2$, 再在数控车床 Z 磨耗值输入 $[(a - b) - (B - A)] / 2$ 运行第一螺旋槽程序车去 $[(a - b) - (B - A)] / 2$, 使 $B = A$, $a = b$ 即可。

(4) $A > B$, $b > a$

① $A - B = b - a$, 则需精车第 1 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(b - a)$, 再运行第一螺旋槽程序车去 $(b - a)$, 使 $A = B$, $a = b$ 即可。

② $A - B < b - a$ 则需先精车第 1 侧面, 方法如上①, 使 $b = a$, 再精车 1、4 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值分别输入 $[(A - B) - (b - a)] / 2$, $[(A - B) - (b - a)] / 2$, 运行第一螺旋槽程序分别先车去 $[(A - B) - (b - a)] / 2$, 使 $A = B$, $b = a$ 即可。

③ $A - B > b - a$ 则需精车第 1 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $(A - B)$, 运行第一螺旋槽程序车去 $(A - B)$, 使 $A = B$, 再精车第 1、3 侧面, 在数控车床 Z 磨耗值输入 $[(b - a) - (A - B)] / 2$, 运行第一螺旋槽程序车去 $[(b - a) - (A - B)] / 2$, 再在数控车床 Z 磨耗值输入 $[(b - a) - (A - B)] / 2$, 运行第二螺旋槽程序车去 $[(b - a) - (A - B)] / 2$, 使 $A = B$, $b = a$ 即可。

以上四种情况全部操作完成后, 梯形螺纹的牙型尺寸及基本合格, 但梯形螺纹中径还未合格, 这时只需精车削第一螺旋槽的第 1 侧面, 用公法线千分尺测量, 中径合格后, 再精车第二螺旋槽的第 2 侧面, 车去的余量与第 1 侧面一样, 这时第二条螺旋槽中径也合格了, 并且 $A = B$, $a = b$, 那么这个双线梯形螺纹车削就全部完成了。

4. 结束语

应用此方法加工的各种多头螺纹（或蜗杆）都能达到很高尺寸精度和形状精度，而且还能保证几条螺纹的相互位置精度（分线精度）。在实际生产加工精度要求较高的多线螺纹具有方便，实用，有效的特点。

参考文献

- [1] 于晖.多线螺纹快速分线法 [J].机械工人（冷加工），2002.（10）.
- [2] 杨琳.数控车床加工工艺与编程 [M].北京：中国劳动社会保障出版社，2005.8
- [3] 陶勇.浅谈多线螺纹（或蜗杆）的分线方法. [J].矿山机械，2008.（20）



扩大了加工范围的重型车床

Lathes for heavy-duty machining Pushing out the boundaries

Mazak 在 EMO 展出了加工大型轴类零件的车床和通用立式车削中心，显示了其在重型加工领域的独特之处。

利用一系列新型部件及现有技术，MAZAK 公司开发了一系列高性能和灵巧加工中心，用于加工直径 1m、长 3.2 m 以下的工件。Mazak 在 2009 年 EMO 展览会上展出了 Slant TurnNexus 550M (图 1)。该机床采用了功率为 45kW，最高转速为 1000 r/min 的主轴，二级变速，最大扭矩为 7000Nm。据制造商称：在加工 SCM 铬钼钢时，当进给率为 0.8 mm/r 时切深可达到 10mm。



图 1 Slant Turn Nexus 最大卡盘直径 610mm (24in)，最大加工直径可达 910mm，车削长度 3204mm，是 Mazak 产品系列的新成员

配合强有力的动力刀具，该机床的生产能力堪比小型加工中心。其 7.5kW 电主轴最高转速为 4000r/min，扭矩 95Nm，可完成高性能面铣到高速钻孔等加工。

电动尾架的接触压力可在 0.1kN 到 1kN 范围内进行手动或自动调整。尾座定位方式也有手动和自动可选。手动模式，可以在进给速度为 1.2m/min 时实现精确控制，同时可实现 8 m/min 的尾座高速定位。采用全自动定位模式并选配中心架能缩短调整时间，例如，当尾座位移量为 500mm 时，所用时间仅为普通系统的 10%。在加工较短工件并配用固定中心架时，机床允许尾座靠近卡盘定位，从而提高了适用于多种类型和尺寸加工的柔性。

机床定位速度高，对 Z 轴长达 3m 的运动范围具有决定性的作用。Mazak 采用滚动导轨与整体铸造床身组合结构，并经过严格的有限元分析。这种结构具

有良好承重能力和刚度，适用于高达 20m/min (X) 和 24m/min (Z) 的快移速度。与同类机床相比，机床定位速度分别提高了 67% (X) 和 120% (Y)。

机床 Z 轴的另一特点是采用了扁平拖板结构，最大限度地减小了热偏移，提高了精度；重量轻，降低了动能的冲击，提高了 X 和 Z 轴的加/减速度。

改进的立车：Megaturn Nexus

Yamazaki Mazak 的新型立式车削中心 Megaturn Nexus 900 (图 2) 应用范围极为广泛，适用于能源、农业机械、飞机发动机、船舶及建筑机械等行业。



图 2 耐磨损设计：Megaturn Nexus 900 重量达 14t，具有极高的稳定性和刚性，所有运动轴均采用滚动导轨，最高运动速度可达 24m/min

Megaturn Nexus 900 采用移动立柱结构，通过安装在固定立柱上的 X 轴，能消除可能出现的轮廓冲突。机床的加工能力明显提高，Megaturn Nexus 900 最适合加工长 800mm，直径 920mm，重量在 3000kg (含卡头) 以内的工件。由于提高了工作台的刚度，机床可以加工卡头之上 370mm 工件外径上宽达 8mm 的槽，而不会发生颤振。移动式刀塔组件减轻了 Z 轴伺服驱动的负荷，Z 轴位置也不会影响其重心。工件与长镗杆之间的干涉问题也得到解决：选用自动换刀装置不仅将可用刀具数量从 12 把增加到 23 把，而且

品牌刀具缩短了加工周期

A powerful brand

BY MICHAEL HOB OHM

SHB公司主营业务范围包括提供高质量定制零件的生产及组件总成的加工。该公司金切设备的特点是采用了Widia 成套刀具和工装。

现代采矿业已完全告别了一个脸黑黑的矿工扛着一把丁字镐的形象。如今，全自动采矿装置，如刨煤机，以很高的效率采掘矿层。这种以刨煤机系统为代表的主动驱动式采掘机械，集成了链式传送带，电机驱动传送带在煤矿巷道内运动。这种系统利用刀头从煤层上切下5~10cm厚的煤，用传送装置将所切下的煤送出，传送装置为在链式导轨上运行的链式系统。

Stahl-und Hartgusswerk Bösdorf (SHB) 是这种导轨制造商，为全自动刨煤机系统制造商（Bucyrus国际）提供刨煤机配套产品。机械加工只是这家位于Leipzig公司广泛业务中的一个方面。除成品部件的加工和装配之外，公司的铸造车间主要生产客户规定部件的铸件。SHB所加工的工件材料包括非合金、低合金到高合金铸件。SGB加工部门主管Matthias Zschoch强调：“我们的铸造车间能生产用户要求的各种铸件。因为我们一直地尽力提供最佳的合金材料，我们还与TU Freiburg等应用科学方面的在大专院校密切合作，努力开发新材料。”

新投资为开拓新市场奠定了基础

虽然SHB的主业是在采矿业，但也有能力为动力工程、环保以及机械制造业等企业提供服务，其供货范围包括电站、轧钢和运输业等。SHB公司可

以提供与安全检查相关的各零部件，如轴承、轧钢厂用的拉杆和压力杆等，这类零件都是要承受很大质量的。SHB还能提供耐磨零件，如挖掘机和大型起重设备上使用的链节和链条。SHB于1997年加入DIHAG (Deutschen Gießerei-und Industrie-Holding AG) 铸造集团，开始执行大规模的重组和投资计划，2004年投资购置了自动化造型车间、进一步开发了机械化的手工造型线及一条新型清理生产线投产。该公司还准备于近期扩大熔炼车间的产能。最近几年的发展使公司的生产效率有了大幅度提高，在未增加人手（仍为240人）的情况下，营业额增加了一倍。

Union镗铣床是实现公司战略的关键

SHB公司最重要的投入就是在2008年年底到2009年年初购置了一台Union镗铣床。现在，这台KC-150镗铣床在Leipzig已成为重要的关键设备。由于能加工多种工件，这台机床已成为该公司实施新加工领域开拓战略的基础。Zschoch强调：“其战略目标就是为进入更多的生产领域，打开市场之门。与此同时，我们正在跨越入精加工领域并加大本公司生产的深度。”

能够实现柔性高效加工的刀具调整意义重大。大约一年前，开始使用Union机床时，需要同时注意

可将长镗杆从加工区移走。这样，将长镗杆及其类似刀具存放在工作区外，用户可充分利用刀干塔定位，提高加工效率。

齿轮传动主轴（30kW，3655Nm）采用低速大切深设计。例如，在加工直径900mm的S45C钢制工件时，进给率为0.8mm/r时切深可达8mm。加大切削深度，可以减少粗加工时的切削次数，从而缩短整个

零件的加工时间。机床本身的重量和结构使机床更加坚固：高达14t的重量，使机床具有极高的刚度和稳定性。所有运动轴均采用滚动导轨，速度可达24 m/min。新型Mazatrol Matrix Nexus控制系统提供的不仅仅是简单、易用的Mazatrol对话式编程：由于智能热屏蔽补偿热膨胀，智能安全罩能防止机床碰撞，在这二方面，机床性能也得到提高。

多个方面。首先一点，当前加工状态必须能保证现有工件，例如刨煤机导轨的正常加工。与此同时，新型机床的工装即要适用于专用，也要适合通用，以便能加工规划中的新型工件。为此，大家将注意力放在Widia刀具上，例如M660、M680和M25铣刀以及RFX精密钻头、TCP分度刀片钻头。之所以选择Widia，是SHB公司根据以往的经验，SHB与该公司的关系可以追溯到上世纪九十年代初。2002年，Widia刀具公司成为Kennametal集团的一部分，现在，Kennametal和Widia产品已占到SHB公司刀具支出总额的80%到90%。Kennametal集团负责咨询与销售的Werner Hofmann说：“就用户利益而言，这二个品牌可以形成产品系列方面的互补。Kennametal业务范围恰好是Widia这种以复杂专用为特长的高性能刀具的完美补充。”

以前的外购件现在全部自制

这种刀具用于刨煤机导轨的生产，现在全部工件都是由SHB公司制造的，主要是使用Widia刀具。Zschoch说：“在进行铣削和钻削加工时，同时可以进行攻丝和少量的清理加工。以前，要么与合作伙伴合作生产这类导轨，要么就是先在一边进行部分加工，然后二次装夹进行加工，才能完成全部加工。以前我们使用的镗铣床是一种劳动力密集型生产方式，与我公司要实现完全自己生产的战略目标是相互矛盾的。”现在，仅仅通过加工时间本身就可以明显感觉到，已具有实现完全自己加工的潜力。上、下游工件的加工非常协调，也就是说，应用新型镗铣床能最大限度地优化各种工件的加工。Zschoch认为潜力主要源于工装及相应的工艺。Hofmann说：“例如刨煤机导轨上一个宽150mm表面化的铣削加工就充分显示了我们取得的进步。加工中存在诸多困难，所要加工的铸件公差范围很大，有的铸件加工量达5mm，而另外一个铸件的加工量只有2mm。”以前这项工作是用Widia的M680铣刀加工。但这种刀具磨损快。今年四月，生产小组改用了M1200面铣刀。这种12个切削刃刀片的铣刀大大提高了加工效率。SHB公司工装负责人Rene Kretzschmar补充说：“软切削有助于减小振动，并且能改善加工表面质量。加工后的表面粗糙度可达到Rz 12 μ m。”由于是采用160mm铣刀替代125 mm铣刀进行加工，可一次行程加工完整个表面。Hofmann强调：“即使是选用M1200系列中尺寸较小的铣刀进行加工，例如直径

63mm或80mm铣刀，仍具有可予发掘的潜力。这就是说可以加工较小尺寸的工件，而以前这种加工则需要用肩台铣刀。”

Hofmann提出的另一个实例就是刨煤机导轨的加工工作全部在本公司内完成。“这个问题也是一样，只需将以前我们使用Widia的M680双刃肩台铣刀和现在使用的M690四刃刀具的加工效果进行对比。由于使用了几何形状完全不同的新型硬质合金刀片，加工效率大幅度提高。Widia的Rotaflex系统是取得成功的重要因素之一SHB自90年代初就开始使用这一系统进行工装组合的柔性装配。为了能在新型镗铣床上应用这种柔性系统，我们购置了新的刀体，以便在新型镗铣床上继续使用套式立铣刀或主轴安装型刀具等旧刀具，为的就是能省钱。

伙伴关系有助于开拓新市场

另一方面，网络工具的应用助于扩大除Union镗铣床以外的合作范围，例如Hofmann最近开始的招标，有可能把Toyoda也纳入合作伙伴的圈子。Zschoch表示，今后SHB公司将继续与Widia和Kennametal产品进行互动合作。他说：“这还会影响新项目，例如规划中的立车及其要涉及的加工作业。规划正在进行，例如大型泵体壳体件的制造与加工。Hofmann先生将与我们共同应对这一挑战，我们要继续使用Widia产品，以保持我们在现有市场上的地位，同时还要拓展新的市场。无论如何，这种伙伴关系就意味着我们能完全满足客户提出的任何要求。这是以前我们与其它合作伙伴不曾实现的，与Widia产品专家的合作将能使我们实现以前从未得到过的最佳结果。”

