

展览会信息 Exhibition

- 19 EMO 米兰 2009 参观、考察记行
Review of EMO MILANO 2009
- 23 CCMT2010 展品预报
- 25 CMT2009 展览会刀具展品评述
- 33 机床发展的关键在于创新
Innovation is the key to machine tool development
- 39 CMT2009 特种加工机床评述(二)
- 43 CMT2009 光栅位移传感器展评

专题 Special Report

- 47 快速发展的中国重型机床制造业
Rapid developing heavy duty machine manufacture in China
- 50 机床综合在制造服务模式及实践
Serve mode & practice of machine tool comprehensive reconstruction
- 54 浅谈机床制造企业中长期发展规划的编制与实施
- 57 在金融危机下中国装备制造业发展的思考
The way to promote China's equipment manufacturing industry under the world wide financial crisis

产销市场 Production & Marketing

- 60 2009 年三季度中国机床工具行业经济运行情况分析
Analysis on economical trend of machine tool industry in China in Jan.-Sep., 2009
- 63 联盟应诉:面对反倾销的明智选择

经贸要闻 Economic Focus

- 66 Foreign investors accelerate investment
外商在华投资出现提速迹象
- 66 Major sectors of industrial production warm up
中国主要工业行业加快回暖
- 68 Analysis of China's import and export in Jan.-Aug.
中国 1~8 月进出口分析
- 70 Patent application grows 23.1% in first half
上半年中国专利申请增 23.1%

相关产业 Correlative Industries

- 71 大口径直缝埋弧焊管制造技术
Longitudinal SAW pipe manufacturing technology
- 78 自动铺带机/铺丝机(ATL/AFP)--现代大型飞机制造的关键设备(下)
ATL/AFP—The key machine for manufacturing of modern large airplane(C)

数控与软件 CNC & Software

- 84 控制软件产业化是数控产业化的关键
Software is the key of CNC industrialization

企业风云 Enterprise Features

- 87 SECO 转型全球刀具系统解决方案供应商

产品与技术 Products & Technology

- 89 针对高速加工的新材质等级设计
Design of carbide tips coating for high speed machining of new materials
- 92 孔加工趋向于深、快速和干切削减
Holemaking trends toward deep-hole drilling, fast and dry cutting
- 96 精密测量技术的新进展
New progress in precision measuring technology
- 99 弧面分度凸轮在卧式加工中心上的加工厂
Machining of indexing cam with arc face on horizontal machining center

欧洲生产工程 EPE

- 106 麻花钻的发展趋势
Last twist drilling trends
- 107 可实现三班少人化精密加工的可靠的CNC铣床
Cool milling performance round the clock

业界动态 News

- 56 安阳鑫盛机床股份有限公司两种新产品通过省级鉴定
- 59 CCMT2010预备会在南京顺利召开
- 65 广汽乘用车有限公司2000吨压力机生产线顺利通过用户验收
- 86 我国首台、世界最大超重型数控落地铣镗床在齐二机床问世
- 88 吉特迈集团取得展会的巨大成功
- 104 意大利技术:将创新转化为生产力

-
- 77 广告客户索引



EMO 米兰 2009 参观考察记行

Review of EMO MILANO 2009

中国机床工具工业协会代表团

当地时间 2009 年 10 月 5 日, EMO 米兰 2009 展会在意大利米兰新改建成的 fieramilano 展览中心拉开帷幕, 展期 6 天, 10 月 10 日结束。

中国机床工具工业协会派出代表团, 对 EMO 米兰 2009 展会进行现场参观和考察, 召开新闻发布会, 并积极进行国际宣传和国际交流活动。

1 展会概况

在 EMO 米兰 2009 展会上, 有来自 39 个国家和地区的 1400 多家厂商展出了 5500 台机床设备, 占

用米兰 fieramilano 展览中心 11 个展馆, 展出面积为 10 万 m²。

按地区来说, 参加本次展会的展商大多来自欧洲本土, 意大利之外的欧洲国家展商分别来自德国、英国、西班牙、瑞典、瑞士、法国、奥地利、比利时、保加利亚、丹麦、芬兰、列支敦士登、卢森堡、挪威、荷兰、波兰、葡萄牙、摩纳哥王国、捷克共和国、斯洛伐克共和国、罗马尼亚和土耳其等。

亚洲国家的中国、韩国、日本、印度、马来西亚和中国台湾等国家和地区都有展商参展。其中, 中国大陆的参展商有 80 多家, 中国台湾有 100 余家。

除欧洲和亚洲之外的展商, 还有来自美国、加拿大、白俄罗斯、俄罗斯、乌克兰、以色列、阿根廷、巴西和澳大利亚等国家的展商。

本次展会中单独展商的最大面积为 2000m², 最小面积是 20m²。

根据主办方统计, 在 6 天的展期中, 有来自 99 个国家和地区的 124 660 人次的观众前来参观, 其中意大利之外的观众达到观众总数的 41%。在所有参展和参观人员中, 来自中国、日本、韩国和印度等亚洲国家和地区的占到 19.4%。

从展商、展位和展品中可以看出, 欧洲市场受金融危机的影响在展会上有所体现。比如, 总展出面积较 EMO2007 (汉诺威) 的 20 万平米缩水一半, 参展厂家也较 EMO2007 年的 2100 多家减少 1/3。其次, 很多国际知名制造商的参展面积比 EMO 2007 有所减小, 大、重型设备来参展的产品明显减少。同时, 山特维克、山高、瓦尔特、伊斯卡等重要刀具厂商都没有参展。这些情况, 一方面反应出他们对意大利乃至欧洲市场缺少信



图 1 中国机床工具工业协会常务副理事长吴柏林在 EMO 展会期间召开新闻发布会上发布新闻



图 2 出席新闻发布会的来宾

心，没有把全部展品带来参展。同时也反应出，各个企业为了节约经费开支在参展面积和展品运输上有所保留。

2 参展和召开新闻发布会

EMO 米兰 2009 为中国机床工具工业协会设置了信息台和办公室，信息台位于 14 号馆的 A 区协会区。展会期间，该展台展示了由我协会主办的《世界制造技术与装备市场》(WMEM) 杂志，以及第六届中国数控机床展览会 (CCMT 2010) 和第十二届中国国际机床展览会 (CIMT 2011) 的宣传资料，接待了数以万计的参观和咨询、洽谈者。通过这个展台，沟通了中国与世界机床工具行业的联系，把中国机床市场的基本现状介绍给国外设备供应商，并将国外市场的需求情况和重要装备的设计、供应信息带回国内。

展会举办期间，中国机床工具工业协会于当地时间 2009 年 10 月 6 日，在米兰国际展览中心召开新闻发布会，来自世界各地的媒体记者和企业代表近百人参加了会议。会议由机床协会执行副理事长耿良志主持，常务副理事长吴柏林作了重要新闻发布。

3 国际和协会间交流

在展会期间，中国机床工具工业协会领导应邀出席了大量国际交流活动和协会间的会晤。参加了

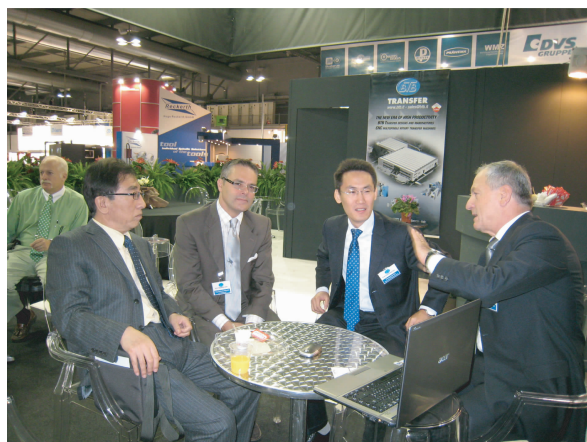


图3 吴柏林(左)与意大利 BTB 公司有关人员进行技术交流

国际机床协会会长联席会、国际技术经理会议以及诸多机床协会和知名企业的新闻发布会。协会领导们分别与美国制造技术协会 (AMT)、西班牙机床附件协会 (AMT)、台湾区机器工业同业公会 (TAMI)、日本机床协会 (JMTBA)、欧洲机床工业委员会 (CECIMO)、德国机床协会 (VDW)、俄罗斯机床协会 (STANKOINSTRUMENT)、意大利机床、机器人和自动化设备协会 (UCIMU) 等机床协会以及 DMG、THK、FANUC、SIEMENS、BTB 等企业领导进行了会晤和会议交流。

在与台湾区机器工业同业公会 (TAMI) 会见之时，我协会吴柏林常务副理事长亲手将一笔捐款交到 TAMI 总干事王正青手上，请他转交台湾受灾同胞，表达祖国大陆同胞愿与台湾受灾同胞共抗自然灾害的一番心意。

展会结束后，代表团首次走访了瑞士机床协会 (Swissmem)，对方精心准备了交流内容，两会间进行了长时间的融洽沟通。



图4 走访 Swissmem

4 企业考察

在展会期间和展会结束后，中国机床协会代表团顺访了德国的德马吉 (DMG) 公司、意大利的 BTB Transfer spa 公司、瑞士的阿奇夏米尔 (Mikron



图5 耿良志(中)等到 DMG 公司考察

Agie Charmilles AG) 公司和瑞典的山高 (SECO) 公司等国外企业, 代表团所到之处都受到了热烈欢迎和热情接待。

受访单位都详细介绍了各自最新的产品和技术, 介绍各自的市场情形以及在产品开发、销售、服务等方面的先进经验和成效, 并对当前金融危机形势下机床工业的发展趋势发表了各自的看法和对策。中国机床协会代表团领导和成员也就相关技术问题与各企业进行了深入探讨, 针对金融危机和今后的行业发展趋势交换了意见。



图 6 到 SECO 公司考察后合影

5 产品和技术交流

展会期间, 机床协会代表团分别对加工中心、数控车床、金切复合机床、数控磨床、电加工机床、激光及特种加工设备、重型金切机床、金属成型机床、主要功能部件、工具产品、数控系统、齿轮加工机床等各种机床工具产品进行考察。主要目的是了解世界机床工具最新产品和技术以及产业发展最新动态, 进行分析研究, 以便更好地开展行业工作。

本次展会, 加工中心和数控车床展品仍然以山崎马扎克 (MAZAK)、德马吉 (DMG)、森精机 (MORI SEIKI)、大隈 (OKUMA) 等国际著名公司的产品为代表, 展示了当前数控机床的发展方向和市场需求的重点。随着加工中心应用范围的不断扩大, 其展品更加体现了向高速、精密和复合化方向发展。在数控车床展品中, 出现了各种多主轴、多刀架布局的车床, 以适应高效加工的需要。同时可以看到, 数控车床的复合化应用愈加广泛。

在重型机床展品方面, 大多数国际著名的重型机床制造厂商, 如瓦德里希·科堡 (WALDRICH-



图 7 MAZAK 公司的展品及样件

COBURG)、达诺巴特 (DANOBAT)、沙尔曼 (SACHMAN)、希斯 (SCHIESS)、美国 MAG 集团、茵赛 (INNSE)、帕玛 (PAMA)、JOBS、斯柯达 (SKODA)、WFL、西班牙 ZAYER 公司和新日本工机 (SNK) 等都参加了本届展览会, 只是由于金融危机的影响, 很多企业没有把大重型设备带来参展。这些公司分别展出了重型数控落地镗铣床、重型复合车铣中心、超重型数控龙门加工中心和重型立式车床等展品或图片资料。从展出的这些大重型机床设



图 8 PAMA 公司展出的重型落地镗铣床

备和相关企业的宣传资料中了解到,大重型机床发展的总趋势和总目标是“工件一次装卡、完成全部加工”,机床规格继续向超大、超重方向发展,机床主轴功率、扭矩、切削力不断加强,多种工序复合化加工特点愈加明显,并大多注重为用户提供适用的整体解决方案。

本次展会中,磨床和特种加工机床的主要生产厂家,如斯莱福临集团、勇克(JUNKER)、兰迪斯(LADIS)、纳科索斯(NAXOS-UNION)、达诺巴特(DANOBAT)、哈挺(HARDINGE)、法力图(FAVRETTO)、WENDT、SAACKE、纳格尔、沙迪克(SODICK)、三菱(MITSUBISHI)、阿奇夏米尔(GF AGIE CHARMILLES)、天田(AMADA)、罗分斯奈尔(ROFIN-SINAR)、普瑞玛(PRIMA)和福禄国际(FLOW)等都来参展,但展位面积和展品水平参差不齐。从这些方面能够间接看出,各家厂商受国际金融危机影响的程度和公司目前的运行情况。另一方面,也可以看出越来越多的国外机床厂商开始将市场重点从传统欧美市场转移到亚洲市场,特别是中国市场。从展品技术发展方面也看到,直驱技术的应用更加广泛,产品的自动化水平不断提高,电加工、激光等特种加工设备的可靠性和方便性得到加强。



图9 斯莱福临集团展出的STUDER S22超高速、高精度磨削机床

本次参展的功能部件展品众多,品种比较齐全,旋转工作台、主轴部件、滚珠丝杠、直线导轨、数控动力刀架等都有展品。但展品布局分

散,除在第9、11、14号馆相对集中外,其他8个展馆都有同类展品。世界知名部件制造商,如日本的THK、NSK、光洋(IKO)、日研(NIKKEN),德国的伊纳(INA)、博世力士乐(BOSCH REXROTH)、费布罗(FIBRO)、凯斯乐(KESSLER)、佩斯乐(PEISLER)、肖特(SAUTER)、登么乐(DEMMELE),瑞典的斯凯孚(SKF)、瑞士的IBAG、费斯切(FISCHER),意大利的巴鲁法尔蒂(BARUFFALDI)、杜普罗迈迪克(DU-PLOMATCI)等都参加了本次展览会。整体来看,功能部件的性能有较大提高,精度、速度上了一个新台阶,环保意识得到加强,展品水平和技术能够代表当今世界先进水平。



图10 肖特公司展出的动力刀架

通过参观和交流我们发现,中国机床工具行业在产品创新、技术研发和满足市场需求方面还存在一定的发展空间。同时看到,现在世界机床工具供应商已经不再盲目追求高性能和高技术指标,而是在提升产品技术和质量水平的同时,将重点放在满足市场需求,为用户提供全面解决方案上。

通过参加众多参观、考察活动,我们对国际机床市场和国际机床工具行业的发展现状、发展趋势有了比较清晰的了解和认识,加深了与国际同行之间的相互理解和信任,为今后更好地开展各项工作打下坚实基础。

(张芳丽执笔)

CCMT2010 展品预报

沈阳机床集团有限公司

CCMT2010, 沈阳机床将展出龙门镗铣加工中心、卧式加工中心、立式加工中心、数控立车、数控车铣中心、数控管螺纹车床、高速铣削中心、数控深孔加工机床、成套自动化生产线、激光切割机等。

GMC4080wr3 数控动梁龙门镗铣加工中心, 应用范围广, 主轴转矩高, 加工能力强; 零件在一次装夹后, 可完成多工序的五面加工和多方向的钻、镗、攻丝等孔系加工, 特别适合于高速、重载金属切削加工工况, 是重型机械、军工、船舶、钢铁冶金等行业大型零件加工的理想设备。

FBC200r 落地式铣镗加工中心, 应用范围广, 刚性好, 主轴转矩大, 速度高, 主要零件均采用树脂砂造型的高强度铸铁制成, 强度好, 稳定性强。工件可以在一次装夹后, 连续完成多个平面的多种工序的加工。广泛应用于能源、交通、重型、石化机械、电力、军工及造船等重型行业。

VTC12580d 系列数控立式双刀架车床可以加工各种短轴类、盘类零件, 可以车削各种螺纹、圆弧及回转体的内外曲面、端面、沟槽。适用于批量大、加工精度高、尺寸一致性要求高的零件加工。该系列机床可广泛应用于轴承、机车等行业, 是一种高质量、高精度、低成本、高效率的机床。该系列机床经济、高效, 是汽车、军工及其他各类机械行业加工复杂盘类零件的首选。

宁波海天精工

高速龙门铣削中心: 工作台面 2500mm × 6000mm, 三轴快速最高达 36m/min, 进给速度达 30m/min, 加速度最高达 1.0g, 主轴最高转速 24000r/min, 主要应用于模具及航空构架件型面精准加工。

高速精密卧式加工中心: 工作台面从 500mm × 500mm 到 250 mm × 1250mm, 三轴快速最高达 60m/

min, 进给速度达 45m/min, 加速度最高达 1.2g, 主轴最高转速 18000 r/min, 精工卧加工中心产品的设计理念是高刚性、大行程、重切削, 可广泛应用于灰铁、球铁、结构钢、合金钢等材料的粗精加工领域。主要应用于汽车、航空航天领域。

大型立式车铣复合加工中心: 海天精工正在研发服务于大型船用推进器加工的该类型机床, 龙门宽度大于 12000mm, 复合车铣功能并可实现五轴联动。

重大型精密导轨磨床: 海天精工正与国外某著名大型公司, 商谈大型导轨磨床的合作研发项目。最大工作台面可达到 3500mm × 12000mm。

自主研发的数控落地式镗铣床系列产品, 目前可提供镗杆直径从 160mm 到 200mm 的规格, 镗轴输出扭矩可达到 12000Nm, 可选配带移动轴的 NC 数控转台, 工作台面从 2.5~4.5m, 最大承重可达到 40~160t、60/80 把伺服刀库、自动交换附件铣头、数控平旋盘、高压中心出水等功能。该机床应用了恒流静压导轨、双齿轮消除、动态滑枕位移补偿、热膨胀补偿、主轴箱重心偏移补偿等多项成熟技术。除了具有很强的铣削、镗孔、钻孔等功能外, 还可以进行螺纹加工、车削加工。配上高精度数控回转工作台、直角铣头等附件, 一次装夹可以完成五个面的加工, 可以大大地提高生产效率, 是能源、冶金、船舶、重型机器等行业理想的加工设备。

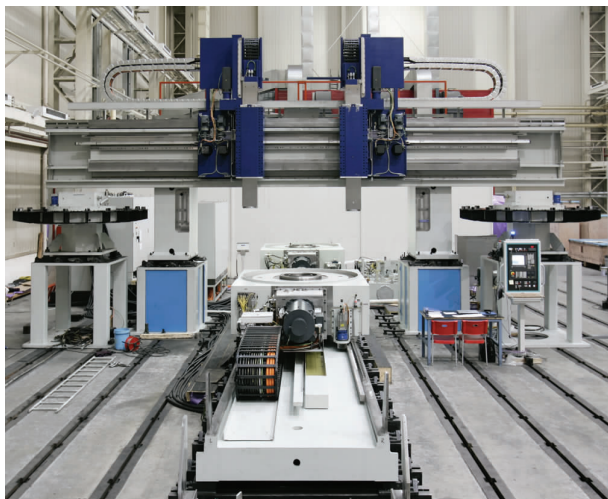
北京第一机床厂

XHAE788 立式加工中心, 是北一 2008 年新开发的三轴(可选五轴)立式加工中心系列产品的基本型号。工作台上可选配一摇篮式双轴转台, 形成五轴联动机床。该机床主轴为自制高速电主轴单元, 分 ISO 40 (12000r/min、ISO 50 (6000 r/min 两种规格; 具有良好的操作接近性, 可从正面、两个侧面三个方向接近加工区域; 高刚性门型横梁、床身; 主轴定悬伸, 有利于提高加工精度; 全闭环绝对值光栅、高刚性滚珠导轨。



XHAE 788 立式加工中心

龙门立车 CHA5830，最大车削回转直径为 3000mm，通过高度为 800mm，机床总长度约为 16900mm，机床总宽度约 13200mm，机床相对地面总高度约 5600mm，具有双工作台（交换台），双滑枕，双刀库，加工精度、加工效率高等特点。此类产品一直作为出口产品，尚未在国内市场销售。



CHA5830 龙门立车

CHA564 立式复合车削中心采用主轴立式对置（即一正一倒），并分别有独立对应的动力刀塔。这样可以实现一次装卡，完成工件的两面加工。主轴为内装电机，带有 C 轴功能，精度较高，配合刀塔上的回转刀具可以完成铣、钻、攻丝等多种工序加工。机床的动力刀塔采用内装电机配置，具备 45°范围内的 A 轴分度的加工功能，从而实现在工件上加

工斜面、斜孔等工序，扩展了可加工件的范围。机床加工效率高，配备物流输送装置，可以多台设备连线，非常适合组成生产线实现加工物流自动化，非常适合现代生产中的大批量高效加工。该机床可以主要用于加工盘套类、批量化生产的零件，如汽车行业的刹车盘、刹车鼓等。机床各项技术指标上均达到了国际先进水平，又具备相当高的自动化程度，在国内外的市场中都会有较好的市场前景。



CHA564 立式复合车削中心

B/C 机械式摆角头带 NC 轴（C 轴），滑枕镗铣头采用分离式结构，即滑枕箱体与齿轮变速箱体为分离结构，在滑枕箱体和齿轮减速箱体之间设置通有恒温冷却油的隔板，使变速齿轮箱中齿轮，轴承产生的热量不能传到滑枕箱体上，从而防止了滑枕箱体的热变形。滑枕式镗铣头带有自动拉刀机构，可以方便地装卸刀具。滑枕铣头端面设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。摆角铣头箱体端面有四组拉钉，可由带有 NC 轴滑枕镗铣头箱体端面的四组拉钉自动拉取。摆角头主运动为齿轮传动，主轴为机械主轴，主运动通过滑枕镗铣头主轴端面的端面键将主轴的转速及动力传给摆角头的输入轴，该运动通过摆角头内两对直齿轮和两对等高齿螺旋伞齿轮传递到摆角头的主轴，主轴带有由碟簧拉紧，油压松开的自动松拉刀机构，主轴锥孔带有中心水冷和吹气的功能，在主轴法兰盘均布六组喷嘴，可对刀具实现外冷。摆动轴（B 轴）采用两套交叉滚子轴承，克服摆动轴在摆动进给时承受切削产生的轴向，径向力及摆动运动产生的倾覆力矩，保证进给有足够的刚性。B/C 机械式摆角头适用于航空、航天、机车、船舶、发电等制造业的大型复杂零件的各种平面、曲面、空间曲面和孔的半精加工、精加工，也可用于粗加工。□

CIMT2009 展览会刀具展品述评

Survey of cutting tools shown at CIMT2009

中国机床工具工业协会工具分会

四月份举办的第 11 届中国国际机床展览会 (CIMT2009) 世界机床工具巨头, 国内名企悉数到场。这次展会不仅产品数量多, 而且整体技术水平和以往比有很大提高。

从本次展会的刀具展品特点来看, 在当前的经济环境中, 为顺应制造企业降低生产成本以应对金融危机的需求, 各刀具厂商在重视提高加工效率、降低制造成本的同时, 更加重视为客户降低刀具使用成本。在刀具材料和涂层上, 主要体现在刀具的寿命进一步提高。在刀具的结构上, 则更加重视刀具几何结构的细节改进, 提高刀具使用的经济性。在刀具新品类型上, 则更加重视不同行业的加工特点, 特别是针对当前为应对金融危机所重点发展的行业 (如: 风电、高速火车、航空航天、船舶等), 推出了更加优化的刀具系列产品。现就本次展会的刀具展品评述如下。

1. 刀具材料新牌号的开发更加重视刀具性能的提高

从本次展会来看, 硬质合金仍然是金属切削加工刀具的主要材料, 并且新牌号的开发更加重视刀具寿命的提高。各刀具厂商通过采用超细晶粒、梯度、混合晶粒等新型高性能硬质合金基体, 辅以更加优异的涂层工艺技术, 特别是广泛采用了进一步提高涂层刀具表面质量的涂层后处理技术, 纷纷推出了一系列刀具新牌号, 以满足在金融危机形势下, 制造业降低制造成本、提高刀具寿命的要求。

美国 Kennametal 公司推出了全新的高性能车削产品——Beyond 系列 (图 1)。该产品系列包括 11 种新的硬质合金材料牌号, 用以进行车削钢件、不锈钢和铸铁的加工, 其中 5 种牌号 (KCP05、KCP10、KCP25、KCP30、KCP40) 用于车削钢件, 3 种牌号 (KCM15、KCM25、KCM35) 针对不锈钢的车削加工, 还有 3 种牌号 (KCK05、KCK15、KCK20) 针对铸铁车削。所有的 Beyond 刀片表面在采用 CVD 涂层

后均进行了特殊的表面处理, 以降低刀片表面的拉应力, 从而提高了切削刃的韧性、可靠性和抗磨损能力。同时, 对表面进行的微抛光处理减小了摩擦力, 抑制了积屑瘤的形成。细晶粒的氧化铝涂层在提高切削速度的同时, 提高了刀具在高切削温度下的生产效率和可靠性。

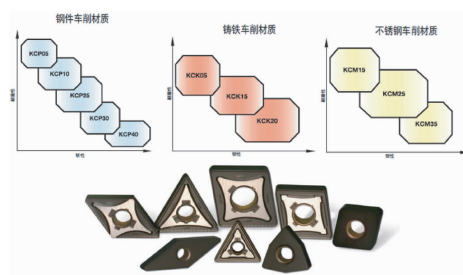


图 1 美国 Kennametal 公司的 Beyond 系列

瑞典 Sandvik Coromant (山特维克可乐满) 公司, 为降低客户的加工制造成本, 减少换刀次数, 缩短停机时间, 实现让机床指示灯绿灯长明的生产, 推出了所谓的“绿灯生产”系列牌号——GC1515、GC1125 和 GC1115 (图 2), 分别用于钢、不锈钢和耐热合金的加工, 其中, GC1515 是 CVD 涂层牌号, GC1125 和 GC1115 则采用的是独特的氧化物 PVD 涂层。



图 2 瑞典 Sandvik Coromant 公司的“绿灯生产”系列

瑞典山高 (SECO) 公司继两年前推出了基于 Duratomic 化学涂层技术的用于普通钢件车削 (ISO P15~P30) 的首选牌号——TP2500 后, 本次展会上山高公司又推出了基于 Duratomic 化学涂层硬质合金系列新牌号 (图 3), 主要包括: 用于钢件车削加工的 TP1500; 用于不锈钢车削加工的 TM2000 和 TM4000; 用于钢件铣削加工的 MP1500 和 MP2500;

用于铸铁铣削加工的 MK1500 和 MK3000；以及用于切槽、切断加工的 TGP25 和 TGP45。与通常的 CVD 涂层所生成的 α -Al₂O₃ 相比，Duratomic 涂层所生成的 α -Al₂O₃ 具有更高的耐磨性和韧性。此外，该公司还推出了专用于耐热合金车削加工的材料新牌号——TS2000 和 TS2500，这两种新牌号的特点是：涂层前采用了新型刃口修磨技术和表面处理，从而改善了刀具的表面形态，提高了涂层的结合力和切削刃的完整性，新的 PVD 涂层技术把涂层厚度提高到 6~8 μ m，从而提高了刀具的耐磨性。



图3 瑞典山高 (SECO) 公司的 Duratomic 化学涂层硬质合金系列

对硬质合金涂层刀片表面进行消除应力的后处理，以进一步改善刀片抗微崩刃的性能和抗剥落的能力，同时提高涂层表面的光洁度，降低刀片与切屑之间的粘结性，已成为当前硬质合金刀片新型涂层牌号的一个发展亮点。除了前面提到的几家公司推出的系列牌号均采用了涂层表面后处理技术外，ISCAR 公司推出的束魔技术 (SUMO TEC) 也是一种涂层表面后处理新工艺 (图 4)。束魔技术消除了涂层表面产生的液滴，提高了表面光洁度，降低了前刀面产生积屑瘤的可能性，具有更高的可靠性和刀具寿命，后刀面的金色涂层则提高了刀具抗后刀面磨损的性能。已推出的束魔新牌号包括：用于钢件加工的 IC8150、IC8250、IC8350，用于铸铁加工的 IC5005、IC5100、IC5010，用于耐热合金、高温合金、不锈钢等难加工材料及淬硬钢加工的 IC808、IC810、IC830 等。

在这次展会上推出的基于涂层表面后处理技术的新牌号还有：美国 Valenite 公司用于碳钢、合金钢、不锈钢车削加工的 VP5615、VP5625；株洲钻石切削

刀具公司用于不锈钢加工的 YBG205、YBG253；成

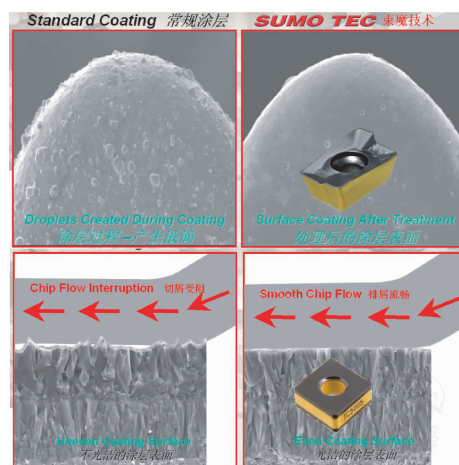


图4 ISCAR 公司推出的束魔技术 (SUMO TEC) 涂层表面后处理新工艺

都工具研究所用于钢管车削加工的 GY01、GY03 等。

除了采用涂层后处理技术来提高涂层表面的光洁度，增强刀具抗磨损能力外，涂层结晶微粒化也是涂层技术发展的一个方向。

日本日立工具公司此次展出的 PVDSD (S-DLC) 涂层为新的无氢 DLC (类金刚石) 涂层。与以往的润滑性的 DLC 相比，硬度和耐热温度都有较大提高，硬度超过 60GPa，耐热温度达 600℃。由于采用了新的沉积粒子过滤技术，使涂层表面非常平滑，摩擦系数在 0.1 以下，有效地避免了材料的粘结，提高了切削效率和刀具寿命。这项技术已用于可转位铣削刀片和整体硬质合金立铣刀、钻头、铰刀等刀具，能高效加工铝合金、铜和纤维增强合成材料。

厦门金鹭特种合金有限公司推出的钢车削加工系列新牌号 GP115、GP125 和 GP135，采用了超精细的 MT-TiCN，Al₂O₃ 和表面光滑的 TiN 涂层结构，具有良好的抗磨损性能，适合于钢、合金钢的半精、精加工。

瑞士苏尔寿美科 (SulzerMetco) 表面技术 (上海) 有限公司采用其新型的 PVD 弧蒸发源技术——APA-Arc 技术，推出了 M-A-C “微合金涂层”系列，包括：Mtec 涂层 (AlTiN 涂层)、Mpower 涂层 (TiSiXN 涂层)、Mforce 涂层 (AlCrXN 涂层) 和 Mflex 涂层 (CrSiXN 涂层)。这一涂层系列具有等离子密度高、涂层表面致密光滑、涂层厚度均匀、涂层与基体材料结合力强等优点，显微硬度达 HV3550±350，最高工作温度达 1150℃，特别适合于加工模具

钢、奥氏体钢以及各类高温合金、耐热合金。

瑞士欧瑞康巴尔查斯 (Oerlikon Balzers) 公司为解决加工硬化钢和难加工材料的问题, 推出了其第三款 G6 涂层——BALINIT ALDURA 涂层 (图 5)。该涂层是 TiAlN 基层+AlCrN 层的双层结构涂层, TiAlN 基础涂层保证了卓越的结合力和加工强度, 纳米晶体结构的 AlCrN 基的涂层表现出优秀的红硬性, 抗氧化性和抗热性, 其抗氧化温度大于 1100℃, 硬度 HV3300。这款涂层只适用于在硬质合金基体上涂层, 推荐用于航空航天难加工材料和模具行业硬材料的加工。

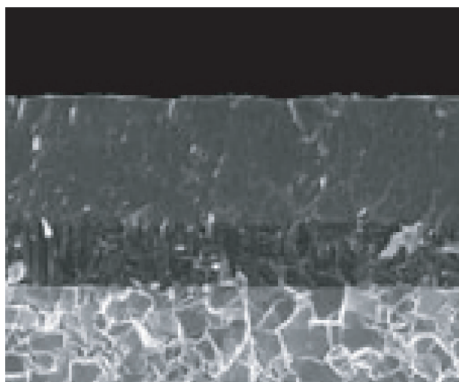


图 5 瑞士欧瑞康巴尔查斯 (Oerlikon Balzers) 公司的 BALINIT ALDURA 涂层

在本次展会上德国 CemeCon 涂层技术有限公司亚洲市场经理 Christian Maennich 先生向我们介绍了该公司前沿的高功率脉冲磁控溅射 (HPPMS) 技术。该技术利用瞬间脉冲放电所释放出的高能量 (瞬间释放出 1000kW 能量), 形成致密的等离子区 (等离子密度从 10^{16}m^{-3} 增大到 10^{19}m^{-3}), 从而允许超级氮化物涂层在比较低的偏置电压下进行。该超级氮化物的特点是, 由于极低的残余应力可以允许涂覆较高的涂层厚度, 使刀刃上的涂层更好和更光滑, 并且附着性也得到优化。目前, 该公司已建成了 7 套 HPPMS 系统, 并交付给国外几家研究机构使用, 以对该系统进行优化, 推动其在各领域中的应用。预计该系统 2011 年可实现商业化。

2. 可转位刀具几何结构的改进更加注重细节

可转位刀片在刀体上的定位, 是决定可转位刀具切削性能的一个重要因素。Sandvik 公司继 Coro-

Turn TR 后推出了第二款利用导轨定位增加夹持刚性的车刀——CoroThread 266 螺纹车刀, 其特点是在刀片底面和刀垫的表面分别增加了一个定位槽和定位导轨, 显著提高了螺纹刀片夹持的可靠性, 从而提高螺纹加工的效率 and 精度。该公司推出的 iLock 接口技术 (图 6) 则是专为解决可转位玉米铣刀受轴向力导致刀片松动而开发的。该技术改变了刀片与刀片槽底面的接触方式, 有效消除了轴向力所带来的不利影响, 该技术已被应用于 CoroMill 690 长刃玉米铣刀上。该公司推出的 CoroMill 345 高性能多刃面铣刀 (图 7) 则是另一款带刀片定位结构的可转位刀具。这款 45° 面铣刀采用了刀片与刀垫间独特的定位结构, 使刀片与刀垫间的定位和支撑更加安全可靠, 在采用小切削深度时, 更大的正轴向倾角形成软切削作用, 这样工件上的切削力会产生低轴向压力。当切削深度变得更大, 切削刃的垂直部分开始参与切削, 因此为刀片提供了更坚固的结构, 保证了切



图 6 Sandvik 公司的 iLock 接口技术



图 7 Sandvik 公司带刀片定位结构的 CoroMill 345 多刃面铣刀

削安全性, 特别是在进行困难切削时, 可使切削更加轻快, 并且降低了切削噪音, 每片刀片有八个有

效切削刃，具有极高的经济性。

可转位方肩立铣刀与可转位面铣刀一样，都是铣削加工的主要刀具，其应用场合十分广泛，包括：轮廓铣、斜坡铣、圆周插补铣、螺旋插补铣、摆线铣、仿形铣、插铣和铣槽等，是刀具制造商的开发重点，而要真正实现 90° 的方肩加工，或称“无接刀痕的高精度、高质量”的壁面加工，则需解决 90° 主偏角的铣削冲击力所带来的切削刃破坏和振动等问题，通常的解决方法是先用非 90° 主偏角立铣刀（如 88° 主偏角立铣刀）进行粗铣，然后再用 90° 主偏角立铣刀进行精铣，以满足 90° 方肩加工的要求。本次展会上，Sandvik 公司、山高公司、Iscar 公司等国外刀具厂商均推出了高性能的可转位方肩立铣刀产品。Sandvik 公司推出的新一代端面和方肩铣刀 CoroMill 490 是专为小批量生产的小型机床而开发的，具有切削更轻快，加工范围更广，并且可真正实现 90° 方肩铣削等优点，方肩的垂直度达 0.015mm ，方肩侧面的接刀痕小于 0.03mm ，加工表面粗糙度达到 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。山高公司推出的 Square 6 是一款集经济性和高效性于一体的具有三角形刀片的方肩铣刀（图 8），每个刀片有六个切削刃，可以进行 2×3 次转位，降低了每个切削刃的成本。Square 6 具备三种不同刀片几何角度和三种不同的齿距，使其能在广泛的材料、加工和工况下都能提供同样的高性能。三种刀片几何角度各有两种不同的刀尖圆弧半径，不仅可以提高可靠性，还能够根据零件所需的圆弧半径灵活地选择最合适的刀片。相同的直径，三种不同的齿距，总能找到用于不同加工工况的刀具，只需一



图 8 山高公司具有三角形刀片的方肩铣刀 Square 6

次加工，就可以实现真正的 90° 方肩，减少了刀具数量和换刀次数，从而降低了制造成本。Iscar 公司推出的束魔铣刀 T290 是一款立装刀片的方肩立铣刀，由于刀片切向立装，可实现在更小直径的铣刀上安装数量更多的刀片以获得更多的切削刃，有效地提高了进给率。特别的刀具设计使得同样直径的刀具具有更大的刀体芯部，从而具有更大的抗扭矩性能，增强了刀具的刚性。刀片具有大的螺旋形的轴向正前角，使切削轻快，延长了刀具寿命。

哈尔滨量具刀具集团有限公司推出的 ZAX 系列钻铣刀采用了在插铣刀的基础上增加一个中心刃，以达到钻铣加工的功能，大的轴向倾角有利于减小切削力，凹形后角可保证斜切时加工顺畅，等高的切削刃用于 90° 方肩精铣，大的容屑空间和专用的断屑槽提高了切屑的排出性能。

为满足航空工业对改善难加工合金切削性能的需求，山高公司推出了 Jetstream 系列刀具（图 9）。它是一种将高压冷却液直接射向刀片切削区的高性能可转位刀具系列。这种高压的冷却液射流可把切屑抬离前刀面，并使切屑弯曲、折断或变成更小、更可控的碎片，高压冷却液在降低切削温度的同时，射流的压力场还有助于迅速地把切屑排出切削区。Jetstream 刀具的加工材料为钛合金、Nimonic C263、Inconel 718、铝合金、不锈钢和合金钢等。在加工钛



图 9 山高公司的 Jetstream 系列刀具

合金 Ti6Al4V 时，切削速度能提高 50%，加工节拍可缩短 50%，刀片消耗减少 60%，具有极佳的切屑控制性能并改善表面粗糙度。

通过增加刀刃齿数来提高加工效率是可转位铣

刀技术创新的一个重要方面。美国 Valenite 公司推出的三齿机夹球头铣刀 V420 (图 10) 在每齿进给量不变的情况下, 将台面进给速度提高了 50%, 从而将加工效率提高了 33%。此项创新是曲面铣削加工的一次技术突破。V420 球头铣刀有 3 种铣刀直径: $\Phi 20\text{mm}$ 、 $\Phi 25\text{mm}$ 、 $\Phi 32\text{mm}$ 。其专利的 SideLok 侧面锁紧刀片技术使得用户可以在机床上直接换刀片。将刀片的锁紧螺钉向后退 6 圈 (不需要取下螺钉), 即可取下刀片进行转位, 并可轻松锁紧刀片, 避免了螺钉掉到机床里的风险, 而且只需要一个标准扳手即可完成所有刀片的更换工作, 使更换刀片更加迅速, 更易操作, 大大减少了换刀时间, 提高了生产效率。具有同样简易换刀方式的还有该公司推出的另一铣刀系列——V560 强力平面粗铣刀系列 (图 11), 这一具有 57° 主偏角, 最大切深可达 10mm 的重型粗加工面铣刀除通过采用双面五边形刀片, 使每片刀片可供转位的刃数达到 10 个, 以提高刀片使用的经济性, 增强的刃口设计使每齿进给量达 0.8mm 外, 还设计了一种独特的刀片锁紧结构, 刀片转位时, 仅需旋转刀片锁紧螺钉 3 圈, 其独特的刀片孔形即可穿过螺钉并被取下, 而锁紧螺钉却始终保留在刀体上, 不仅避免了螺钉丢失的风险, 而且减少了换刀时间。

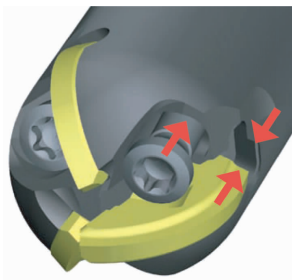


图 10 美国 Valenite 公司的
三齿机夹球头铣刀 V420

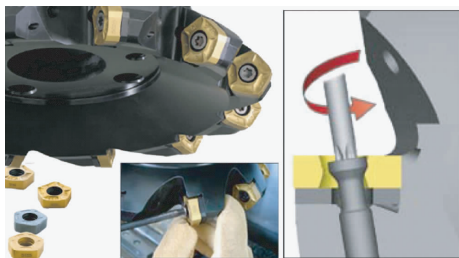


图 11 美国 Valenite 公司的 V560
强力平面粗铣刀系列

通过采用多边形刀片, 增加每片刀片的刃口数, 来降低可转位刀片的使用成本, 是当前刀具供应商应对金融危机的一项重要举措。本次展会上, 除前述的山高公司采用双面三角形刀片的方肩铣刀、Valenite 公司采用双面五边形刀片的强力平面粗铣刀外, 还有多家公司推出了相关产品。主要包括: Iscar 公司采用六刃刀片的 HELIDO 飞碟系列铣刀、采用五角形刀片的 PENTACUT 切断切槽刀; 哈尔滨量具刃具集团有限公司采用带后角八角形刀片的可转位密齿铣刀; 日本黛杰 (DI-JET) 公司采用了业界首创的 HEP 型七边形刀片的立铣刀; 韩国特固克 (TaeguTec) 公司采用双面六角形刀片的 Z-Mill 面铣刀等, 日本泰珂洛 (Tungaloy) 超硬工具公司则更是将可转位面铣刀的刀片刃数增加到了 16 个刃, 该公司推出的 DO OCTO 中粗加工用面铣刀 (图 12) 采用了双面八角形刀片, 刀片可提供 2×8 次转位, 大大提高了刀片使用的经济性。



图 12 日本泰珂洛 (Tungaloy) 的
DO OCTO 中粗加工用面铣刀

随着我国风电机组生产的快速发展, 国内外刀具展商纷纷展出了加工风电机组零件的成套刀具, 其中有车、铣、孔加工、螺纹加工的各种刀具, 如山特维克可乐满、OSG、EMUGE 等公司。也有加工齿轮的刀具 (图 13), 如 LMT 集团的 FETTE 公司、日本泰珂洛 (Tungaloy) 公司和 Valenite 公司。这些齿轮刀具的共同特点是, 刀体可共用, 仅需更换刀片即可加工不同的内外齿轮。而且粗精加工一刀完成, 加工质量好, 减少了磨削量。



图 13 齿轮加工刀具

3. 棒状刀具的创新则更多体现在刀具几何结构的改进上

日本三菱综合材料株式会社 (MITSUBISHI) 为抑制加工钛合金、高硬材料等难加工材料大悬伸加工时产生的振颤，推出了 IMPACT MIRACLE 系列减振整体硬质合金立铣刀，该系列立铣刀采用了不等螺旋角设计，螺旋角为 42° ~ 45° ，即使在悬伸量 5D 的情况下，也可以有效抑制高频振颤，实现良好的加工面。

德国钴领 (GUHRING) 公司推出了错齿不等分螺旋槽高性能整体硬质合金铣刀——RF100 系列 (图 14)，其螺旋角被设计成 35° ~ 38° 且不等分分布，从而提高了刀具加工时的抗震性能，一把刀既可用于粗加工也可用于精加工。其产品包括：标准型的 RF100U 系列、铝合金加工用的 RF100A 系列、难加工材料用的 RF100F 系列、超精加工用的 RF100SF 系列，其中，RF100SF 系列更是将螺旋角增大到 44° ~ 46° ，同时，在 4 刃立铣刀的基础上再增加一对切削刃，使刃数达到 6 刃，进一步提高了刀具的刚性。在丝锥方面，为便于客户选用，该公司为丝锥产品配了不同颜色的色环，分别用黄、红、蓝、黑、白五种颜色代表钢、合金钢、不锈钢、铝合金、铸铁

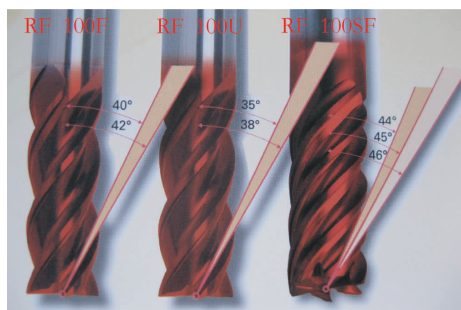


图 14 德国钴领 (GUHRING) 公司的 RF100 系列整体硬质合金铣刀

五种被加工材料，同时，推出了适合加工强度 $\leq 1000\text{N/mm}^2$ 通用材料的丝锥产品——“五合一”丝锥，并用绿色色环标识。

日本欧士机 (OSG) 公司推出了 TRS 三刃整体硬质合金钻头 (图 15)、NEO 不等距导程整体硬质合金铣刀等一系列新型整体硬质合金高效加工系列刀具。此外，为满足风力发电、建机、油田产业、船舶制造等行业的螺纹加工需要，该公司还推出了高速钢大直径丝锥系列，其特殊的几何角度设计，加工时可使切屑分断，形成细小的切屑，从而降低了切削扭力，提高了刀具寿命，同时，也因其特殊的排屑槽型，使排屑顺利并可获得稳定流畅的加工。

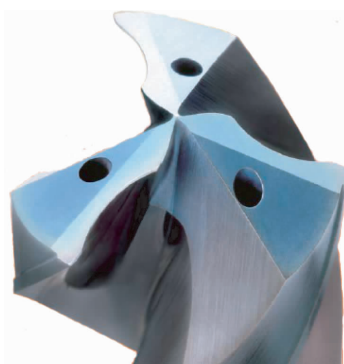


图 15 日本欧士机 (OSG) 公司的 TRS 三刃整体硬质合金钻头

从本次展会可以看到，为降低刀具的使用成本，棒状刀具向模块化方向发展的趋势越来越明显。Sandvik 公司推出了 CoroMill316 可换刀头式立铣刀 (图 16)，该系列立铣刀采用了带锥度螺纹接口的硬质合金刀头，可轻松实现刀头的更换，其规格范围为 $\phi 10$ ~ $\phi 20\text{mm}$ 。德国 Mapal (玛帕) 公司则推出了带梳齿盘接口的 TTD 可换刀头式系列硬质合金钻头

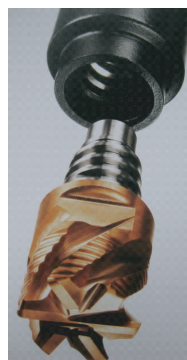


图 16 Sandvik 公司的 CoroMill316 可换刀头式立铣刀

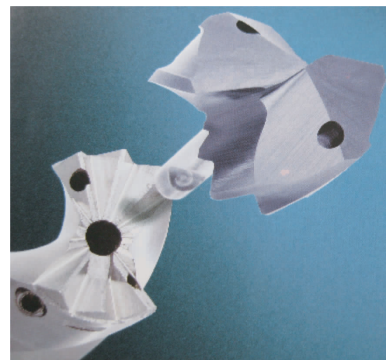


图 17 德国 Mapal (玛帕) 公司的 TTD 可换刀头式系列硬质合金钻头

(图 17), 其梳齿盘连接结构是在圆周上有 12 个放射状齿形 ($\phi 24.5\text{mm}$ 以上为 18 个齿), 可保证高的扭矩传递能力和定位精度, 其标准直径为 $\phi 15.7\sim\phi 32\text{mm}$, 长径比为 $3\times D$ 、 $5\times D$ 和 $8\times D$ 。本届展会上同样推出可换刀头式系列硬质合金钻头的还有德国多马 (DORMER) 刀具公司, 该公司推出的“天龙钻”同样具有一个带端齿的接口形式, 经精磨加工的端齿可实现刀头与刀杆良好的互锁, 并可均匀地传递扭矩, 以得到最佳的刚性。“天龙钻”有两种不同的钻削头: Hydra-M 适合加工不锈钢和铸铁, Hydra-P 适合加工碳钢和合金钢, 可提供的刀体有 $3\times D$ 、 $5\times D$ 和 $8\times D$ 三个尺寸系列。此外, 该公司推出的 R571 整体硬质合金深孔钻可通过“一次走刀”而钻削到 $12\times D$ 的深度, 加工过程中不需要反复退刀。R571 采用了多马公司的 ACM (高级切屑控制) 槽型设计, 对刀槽的容屑空间进行了优化, 使切屑断成较小的、易于控制的碎片, 有利于排屑。

4. 带 HSK 刀柄的各类工具的应用面越来越广

随着 HSK 高速刀柄的普及和推广, 各种带 HSK 刀柄的工具品种越来越多, 应用面越来越广。在本届展会上, 国内、外刀具厂商均有相关产品展出。

德国雄克 (Schunk) 公司推出的 Lss 超细长指状刀具夹头 (图 18), 适用于难加工的部位如型腔的深部加工, 其夹持部位的长度达到 200mm , 端跳在 $6\mu\text{m}$ 以内, 具有良好的阻尼减振特性, 适用于钻、铰和铣削加工, 其动平衡指标达到 G6.3/15000 转。此外, 该公司还展出了 SINO-R 减振型强力刀具夹头。SINO-R 是基于创新的膨胀夹持技术, 使用固态



图 18 德国雄克 (Schunk) 公司的 Lss 超细长指状刀具夹头



图 19 德国 Kelch 公司的 i-tec 特细加长型热套夹头

的弹性体作为压力介质, 用“C”形扳手使夹紧套沿轴向压紧, 与此同时弹性体压迫膨胀壁, 从而起到夹紧作用。该刀具夹头可承受高达 850Nm 的扭矩, 采用减径套可夹持不同直径的刀具, 并具有轴向长度调节功能, 刀具动平衡也满足 G6.3/15000 转的指标, 夹持孔同心度 $\leq 0.005\text{mm}$ 。在本次展会上推出细长夹头的还有由中国哈尔滨量具刀具集团公司并购的德国 Kelch 公司, 其推出的 i-tec 特细加长型热套夹头 (图 19) 的长度更是达到了 300mm , 其夹持孔 $d1$ 对锥柄的同轴度允差达到 $3\mu\text{m}$ 。被夹持刀具的柄部直径公差为 h6 级。

上海工具厂有限公司、郑州钻石精密制造有限公司等则在展会上展出了带 HSK 刀柄的整体式焊接 CBN、PCD 等超硬刀片的专用刀具 (图 20)。这种整体式 HSK 刀具进一步提高了刀具的刚性, 更加适合专用加工领域高速切削加工的需要。



图 20 带 HSK 刀柄的整体式焊接 CBN、PCD 等超硬刀片的专用刀具

成都森泰英格数控刀具有限公司开发生产的高速加工用 HSK 液压夹头已形成完整系列, 其产品精度已达到国外同类产品的水平, 同时, 该公司还可对外承接 HSK 液压夹头的修复。

成都千木数控刀具有限公司推出了大直径可调式镗刀系列, 采用 TMG21 模块式接口+桥式刀体结构, 9 种规格可实现从 $\phi 150\sim\phi 1200\text{mm}$ 孔径的镗削加工, $\phi 600\text{mm}$ 以上超大直径采用铝合金刀体, 大大降低了刀体重量。通过更换镗刀头刀座, 可进行双刃镗、阶梯镗和单刃镗以满足不同镗孔加工需要。

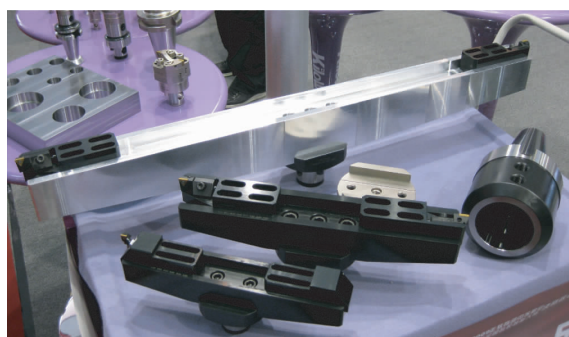


图 21 Valenite 公司的气动控制自动补偿气缸孔镗刀

5. 专用高效刀具的结构日趋复杂

随着制造业的高速发展，汽车工业、航空航天工业以及模具行业等产业部门对切削加工不断提出更高的要求，针对这些行业所开发的专用高效刀具的结构变得越来越复杂，可实现的加工功能越来越多，一些刀具可实现的动作甚至代替了机床，使刀具变成了一台复杂的机械装置，而成为革新加工工艺、提高加工效率、节省投资的重要工艺因素，在加工技术中发挥了新的作用。

气缸孔的精加工是整个发动机缸体加工中的重中之重。为了保证气缸孔的尺寸精度、形位公差和得到稳定的加工尺寸，Valenite 公司推出了气动控制自动补偿气缸孔镗刀（图 21），可更好地满足气缸孔加工的精度要求，最主要的是实现了在加工中心上尺寸自动补偿，以达到加工尺寸自动控制的目的。另外，它具有和在专用机床上加工一样的高精度及高可靠性。该镗刀采用 HSK100 接口，在刀具设计上采用了半精镗、精镗分开加工的工序，以避免同时加工产生的振动。半精镗和顶面倒角采用推镗（主轴下行）的方式，精镗采用拉镗（主轴上行）的方式。半精镗（3 个刀具同时加工）时，精镗的刀夹保持在原始位置，即精镗刀尖所处的半径小于半精镗刀片刀尖所处的半径，并不参与切削。当完成半精加工后，主轴继续推进，进行顶面倒角加工。完成倒角后，主轴后退 1~2mm，这时，压缩空气从机床主轴通过位于刀柄法兰侧面的进气口输入到镗杆内部，并推动镗杆内的拉杆把精镗小刀夹顶到精加工的尺寸，然后主轴后退，进行精镗加工。完成精镗后，镗杆内的压缩空气被排出，此时拉杆失去压力，内部的一套弹簧机构使精镗小刀夹回到原始位置，

完成整个加工循环。当加工完一个缸体的所有孔后，通过在线检具对已加工的孔径进行测量，如发现尺寸变小（主要由于刀片的磨损造成），则精镗刀夹的尺寸需要精调。在加工下一个缸体之前，主轴会把刀具输送到安装在夹具上的气动卡盘装置上，通过气动卡盘定位夹紧刀具最前端的精调旋钮后，机床主轴回转，主轴顺时针或逆时针每回转 10° ，精镗尺寸在半径方向上增或减 0.0025mm ，从而实现精加工尺寸的自动补偿。最大可回转 360° ，在直径方向上总的调整量为 0.18mm 。这种气动控制自动补偿气缸孔镗刀可在加工中心上获得与在专用机床上同样的加工功能和稳定性。由于镗刀利用了加工中心主轴回转的补偿代替专机上的伺服电机补偿系统，可保证精镗重复定位精度在 0.002mm ，气缸孔的圆柱度公差小于 0.01mm 。

6. 结束语

作为全球最大的机床工具展之一，CIMT2009 不仅再次向我们展示了刀具技术的最新技术动态，更向我们展示了国外先进刀具制造企业技术创新的理念。在这次展会上我们可以看到，面对席卷全球的金融危机，针对当前为应对金融危机所重点发展的行业（如：风电、高速火车、航空航天、船舶等），国外各刀具生产厂商把为用户“提供解决方案”、“提高加工效率、降低制造成本”作为经营理念和企业发展的宗旨，推出了一批更加优化的专用刀具系列产品。在这一点上，尽管国外刀具企业处在更加前沿的位置，但国内工具企业也正在抓住当前我国为应对金融危机，加快实施装备制造业振兴规划的发展机遇，努力转变观念，积极调整产品结构，开发了一批高性能的专用刀具产品。如：成都工具研究所工研科技股份有限公司依托该公司开发高精度硬质合金成形刀片成套技术的优势，开发出了新的加工高强度石油管螺纹的硬质合金梳刀及其配套加工刀具、焊管加工专用刀具、高速机车轮毂加工可转位刀片、汽车曲轴加工车拉刀刀片及轴承滚道加工可转位成形刀片等系列专用领域加工刀具，形成了局部竞争优势。事实证明，刀具制造企业把用户的需求作为产品创新的动力源泉，既符合制造业发展的需要，受到企业的欢迎，也是刀具工业自身发展的正确道路。□

机床发展的关键在于创新

Innovation is the key to machine tool development

——CIMT2009 加工中心展品评述

上海机床工具集团有限公司 徐正平

4月6日至11日在北京新国际展览中心举行的第十一届中国国际机床展览会(CIMT2009)是在国际金融危机形势下举行的,然而展商热情之高、观众人气之旺是始料不及的,同时众多精品也确实值得一看。

1. 机床新品层出不穷

隶属吉特迈集团的德国DMG公司,是世界上新产品开发最多的机床制造商之一,董事会主席Dr. Kapitza在新闻发布会上说,他们有500名开发人员,年研发经费为5亿欧元。这次展出的21台机床,亮点并不在于新推出的DMF系列立柱移动式加工中心,也不是机床结构从原来的duoBLOCK®系列(立柱与床身分体),发展成现在的mono BLOCK®系列(立柱与床身铸成一体),以及多款新颖五联动加工中心,我认为可贵的是设计理念的创新,核心则在于人性化。

DMG公司展出的DMU 210 P五轴联动加工中心(图1),与众不同的是它的造型设计采用大视窗、大空间;工作灯用的是planon,照度极其明亮且不刺眼;机床操作台加装了一把专门钥匙smart-key,以防外人误操作;机床罩壳上镶有一条霓虹灯,显示四种颜色,以表示不同的工作状态;其操作台的视

角可调还带有一个柔软的坐椅等等,总之将操作者的需求考虑得无微不至。

日本安田YASDA展出的YBM640VVER.Ⅲ是一台具有坐标镗功能的立加,现场演示HRC52钢件的硬切削。改进后的该机床,采用轻型化设计,主轴箱与鞍座选用FCD铸铁,故重量减轻了20%。其主传动选用陶瓷轴承,喷雾冷却;机床不仅在主轴箱及滑鞍内设有冷却,现在纵向导轨内也装有冷却,故机床的动态响应性好,热变形小,主轴转速也从20000r/min提高到了24000r/min。

以制造巨型设备著称的意大利INNSE公司,这次重点推出钢板焊接件制造技术。构件内壁根据有限元计算布置筋板,并不镶嵌人造大理石。展台上图片所展示的ATLAS-3R动梁龙门加工中心,除床身为铸件外,横梁、立柱、工作台等全都采用钢材焊接件,机床龙门宽度6.2m,工作台面积5m×12m,台面承重200t。

INNSE公司另一台FAF260数控落地镗铣床,6.5m×6.5m的工作台能承重500t(图2),由双齿轮齿条驱动;其立柱也采用钢板焊接件,X、Y、V三向进给用静压蜗母条,W、Z向用滚珠丝杆。该机床的镗铣头也可选用A+C两联动,以满足零件的五轴联动加工。

值得一题的是意大利发展此类技术较为成熟,

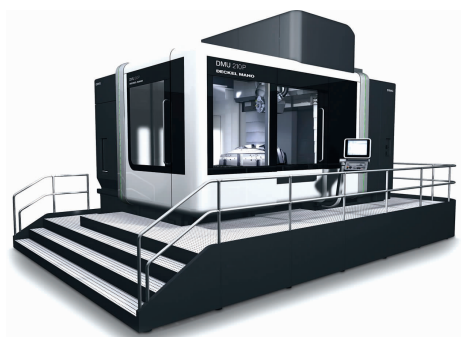


图1 DMU 210 P 五轴联动加工中心



图2 FAF260 数控落地镗铣床

COMMAU 公司提供上汽的荣威 750、550 缸体缸盖生产线，所用卧加立柱就是采用钢板焊接件，实践证明效果良好。当然，国外试用钢板焊接件时，除精确有限元计算外，钢件热处理也有一套成熟工艺，往往处理两次以上，以消除内应力。

五轴联动加工中心总是每次机床展的重点之一，北京机电院、德国 Hermle、意大利 C.B.Ferrari 等公司都展示了加工叶轮、叶片的高效五轴加工中心技术，随着国产五联动机床的不断发展，国外禁运的限制也日益打破。

专业生产五联动加工中心的德国哈默 Hermle，为达到机床的高精度及高稳定性，他们设计理念是铣头决不摆动，故采取摇篮式转台 A+C 两轴联动（图 3）。他们的比喻很生动，说人吃苹果总是靠手的动作来调整苹果的位置，而不会转动人头去咬苹果。



图 3 C30U 五联动加工中心

为了最大程度利用有效的加工空间，哈默将转台设计成尽量往里摆的形式，这样 Y 轴的有效行程可达到最大。

他们这次展出的 C20U 及 C30U 结构为龙门框架结构，横梁由高架移动；A 轴通过铸造床身上预留的两孔和床身成为一体，这样就保证了较强的刚性，由于采用整体铸造的人造大理石床身，故机床的抗振性与抗热变形性能较好，展机按 VDI/DGQ3441 标准，实测精度 T_p 在 $3\mu m$ 以下。

C30U 机床 X、Y、Z 三向行程为 $650 \times 600 \times 500mm$ ，主传动功率 10/15kW，扭矩 87/130Nm，主轴转速 18000r/min，工作台承重 1000kg。

安徽鸿庆精机（DANY）展出的所谓卧龙式加工中心，巧妙地将门式和卧式加工中心结合在一起，回转工作台在这两者之间移动。龙门横梁上的主轴

箱负责工件的顶面加工，而卧加铣头则通过转台对工件的四个侧面进行加工，也是一台创新设计的五面加工中心。

车铣复合六面加工无疑也是加工中心的一大看点，当然，其装夹需要两次，一般由副主轴相辅而成的。瑞士宝美技术公司 BUMOTEC 展出的 S-191Linear 车、铣、插、磨复合中心，是加工棒料六面体零件的高效机床。（图 4）

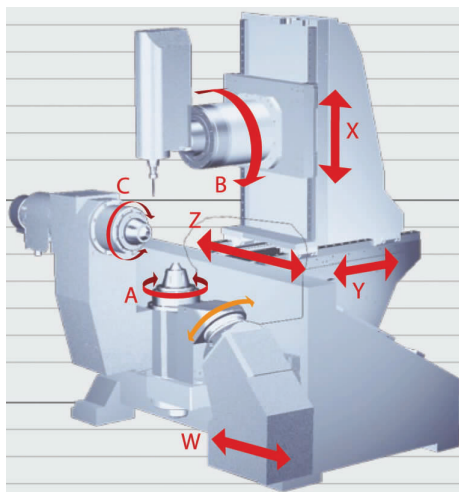


图 4 S-191 结构图

机床的布局为紧凑型斜床身结构，床身材料为整体高强度抗振铸铁。卧式安置的两根车床主轴相对装于床身的正面，左面是固定的正主轴，右侧为副主轴，它可沿 45° 斜面进行立卧转换，这两根正副车主轴均具有 C 轴回转功能，只不过当副主轴如图所示转到立式位置时，其自转轴坐标就定为 A 了。同时副主轴又可沿床身左右运动，为了将其区分于 Z 轴运动，故将它命名为 W 轴运动。

床身的斜面上安装一个滑台，滑台沿床身导轨作左右 Z 向直线运动；安置在滑台上的立柱，可前后作 Y 向运动；而安装在立柱上的装刀主轴箱，则可上下作 X 向运动。该装刀主轴还具有 B 轴回转功能，能作 $-30^\circ \sim -115^\circ$ 连续回转。

其加工过程为，当棒料从左面的正主轴通孔传入后，机床就对零件的端部进行加工，加工完毕后就由副主轴沿 W 轴伸过去去接工件第二次夹紧，随后两根主轴一起同步回转；当切刀将工件一切为两后；随后就对夹在副主轴上的工件尾部车铣加工，待副主轴上的零件就全部加工结束，夹头松开将工件卸下。接下来机床又对正主轴上的零件端部切削，新一轮加工就这样周而复始。

机床配备电主轴，铣主轴转速为 30000r/min，功率 5/9kW，两根车主轴转速均为 5500r/min，功率 7.5/15kW。机床的进给速度为 50m/min，由直线电机驱动，加速度 1.2g。

瑞士威力铭-马科黛尔公司 Wellimin-Macodal 展出的 508MT 八轴铣车复合加工中心，是在中国首次推出的棒料全自动高效机床（图 5），该机两项专利技术值得关注。机床右侧的副主轴，是个可绕 Y 轴回转的多功能塔座（图 6）。图 6a 是塔座全貌，中间是副主轴，左边是自动定心虎钳，右边是尾架。图 6b 是副主轴接正主轴传来的棒料后将其夹紧；图 6c 是液压自定心虎钳将对工件作第六面加工；图 6d 是当加工细长轴零件时，由尾架顶进工件右端，以防挠曲变形。这种三工位塔座使得机床工艺适应范围更广，同时也增强了刚性。

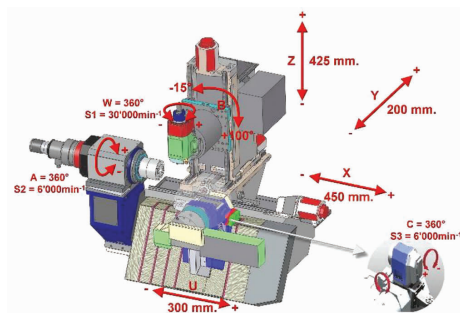


图 5 508MT 八轴铣车复合加工中心结构图

508MT 还带有一个螺纹旋削加工装置，可安装在铣主轴锥面上，就像滚齿机那般加工。外螺纹刀放置于零件的非中心点，它环绕着工件高速旋转，而工件则反向低速旋转。螺旋升角由铣头 B 轴回转而成，螺纹切深由数控系统径向插补而成。

机床铣主轴转速达 30000r/min，功率 10kW；两根车主轴 6000r/min；X、Y、Z 三向行程分别为 450mm、200mm、424mm，U 轴行程 300mm。

友嘉实业 FEELER 展出的 X-700R 三联杆机构，也是一台创新的并联机床（图 7）。展品布局为立柱正面伸出三角形形状的联杆机构，上面两根下方一根，依靠这三杆摆动，加上铣头的两轴回转，能对工件的任何部位进行加工，以克服传统机床的自由度限制。机床主传动功率 4.9kW，X、Y、Z 三向行程均为 700mm，主轴转速 18000r/min，加速度可达 3g。



图 7 X-700R 三联杆并联机床

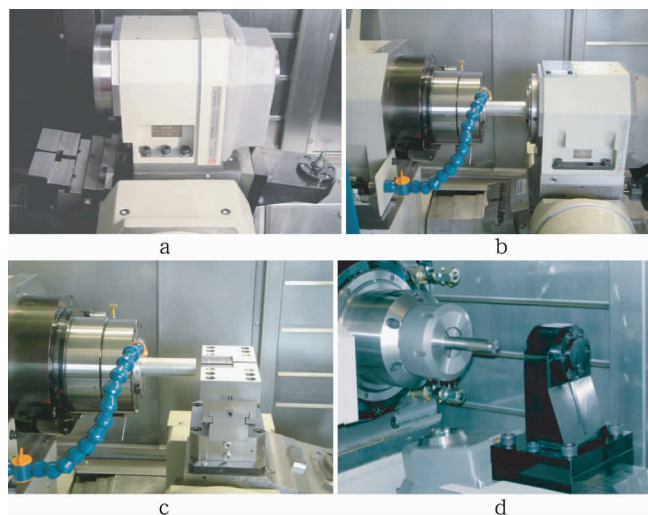


图 6 背主轴转塔

这个塔座还具备 U 轴功能，纵向正常工作进给由 X 轴完成，但塔座的定位、接料、退位等就由 U 轴完成。这是一种快速、稳定的进给新方式，旨在提高零件的加工精度。

2. 铣头创新别出心裁

铣头设计始终是制造加工中心的关键，日本 MAZAK 公司展出的 B+C 两联动铣头及意大利 Breton 公司的 A+C 两联动铣头很是受人关注，但德国 Zimmermann 公司展示的 M3-ABC 三根轴都能一起联动的铣头，无疑是最引人注目的了。（图 8）



图 8 M3-ABC 铣头

就微观分析, 五轴联动机床能加工任何零件, 但假如 $B+C$ 两联动铣头在作 B 轴回转切削后, 突然要对零件的正面打个孔, 那就必须将铣头从 Z 轴提起, 并由 C 轴回转 90° 后, B 轴再转到正面打孔, 而如今有了三联动铣头, A 轴可直接转下来加工了。此外, 如加工零件的顶面时, 一旦直线轴坐标需要转换, 转角处也不需停顿。

三轴铣头也比并联铣头更进一步, 并联铣头的不足之处是 Z 向行程短、 B 轴转摆范围小, 而 M3-ABC 铣头的摆动范围就比较大, A 轴 $\pm 110^\circ$, B 轴 $\pm 15^\circ$, C 轴 360° 。该铣头 A 轴用力矩电机, B 、 C 用伺服电机。

龙门加工中心的换头技术, 一直是观众所关注的, 这次大连和三菱重工所展出的五面体加工中心, 现场演示铣头装上装下, 但从真正意义上来讲, 只是完成五面加工, 并非换头。

这两台机床的布局大体相似, 横梁左端下部有一换头装置, 内装一块滑枕端盖与一个卧式铣头。当端盖换到主轴箱上后, 机械手就把选中的刀具插入端盖之中, 以对零件的顶部进行加工; 待工件顶部的所有工步完成后, 就将刀取下, 把端盖放回换头装置, 继而将卧式铣头取出并装在主轴箱上, 随后对工件的四侧进行加工, 龙门五面加工的动作大体就这样完成了。但必须看清, 端盖上除冷却液喷嘴外, 不存在其他通孔, 以免灰尘进入主轴箱。

现场真正进行演示换头技术的, 只有日本大隈 OCUMA 公司的 MCR-B II (图 9), 其动作分解是, 机床左侧有一小车将换头装置送来, 然后转 90° 将装置放在工作台上, 这个装置有两个工位, 一个是空着的, 另一个放铣头。此时, 铣头就沿横梁移动到左侧, 滑枕伸下将机床上的铣头放入空位, 继而将装置内的铣头拾起, 安装在滑枕上。



图 9 MCR-B2 五面体加工中心

加工中心的多铣头技术大家也在尝试, 如德国的 STAMA 及 CHIRON 等在这方面有独特的研发成

果, STAMA 甚至开创双主轴、双工作台的先河, 而巨浪 CHIRON 的 DZ 18 W (图 10) 双主轴加工中心也使得加工效率提高一倍。



图 10 DZ 18 W 双主轴加工中心

3. 部件改进精益求精

在这次展会上, 已看到龙门机床工作台的 T 型槽横开的例子。通常龙门机床台面的 T 型槽, 总是沿纵向 X 布置的, 随着龙门机床台面越造越长, 其排屑确实是个问题。但究竟超长台面的 T 型槽是全部横开好, 还是仍旧纵向布置再加几条横槽, 目前这方面尚无确切定论。如何既方便操作工打扫铁屑, 又不影响台面刚性, 这个问题有待解决, 决不能仅按用户的意见加开几条槽而已。

卧加精品不少采用箱中箱结构, 日本森精机 MORI SEKI 推出的卧加台中台结构 (Table in table) 也有其独到之处。

所谓台中台, 即在 B 轴回转工作台配置 C 轴工作台, 与传统的可倾式转台不同的是, 它的 B 轴回转是装在耳轴之中, 故而刚性好。同时森精机的转台是采用 DDM 马达直接驱动方式, 由于不经过齿轮, 可直接将驱动力传至回转轴, 这样既提高传动效率, 也消除了反向间隙, 回转精度可达到 $2\mu\text{m}$ 。

瑞士 Agie Charmilles 立加 HPM 800U, 其回转台也是设计成 $A+C$ 复合方式, 但转台有 4 种形式可选。转台驱动也是由马达直驱, 并带有水冷装置, A 轴两侧和 C 轴配有夹紧装置。回转台 A 轴摆角 121° , C 轴回转 360° , 联动转台承重 500kg 。

德国巨浪的回转台也有几种款式，一种是水车般的 A 轴回转式，另一种将转台一分为二的 half 式，一边是可倾可转式，另一半为固定式，以适合不同工件的加工需要。

加工中心的核心技术在于换刀，因此刀库与机械手的研制，直接关系到机床的质量与效率。

德国巨浪 CHIRON 公司 FZ 08 W 立加的篮式刀库（图 11），是快速换刀的佼佼者。篮式刀库将备刀布置在以主轴为圆心的周围，用平行四边形的连杆原理，径向直接刀对刀交换，故切削至切削换刀速度 1.7s，刀对刀 0.9s。由于每把刀都是独立的，个别损坏也无碍大局。



图 11 篮式刀库

然而，篮式刀库也有其缺点，第一，径向布置的刀具数量毕竟有限，一般只能装 12~20 把刀，使得机床的加工范围受影响；第二，加工切屑与冷却液会沾污四周的备刀。这次巨浪展出的立加 FZ 12K S，推出一种新颖快速链式刀库（图 12）。



图 12 快速链式刀库

刀库安放在立柱的右侧内部，换刀时把门打开由伺服电机将刀库送出，此刻主轴迅速插入所选刀具的柄部随即取出，速度仅 0.6s。该系列的机床还可配置能容 145~215 把刀的大型后备刀库，刀具呈排状垂直悬挂在架子上，需要时先把部分刀具取下，由机械手安插在机床立柱内的刀库之中。

日本牧野 MAKINO 展出的 a82 卧式加工中心，

其使用的是大容量矩阵式刀库，也称架式刀库，它设置在机床工作台的左后侧。犹如一个大架子里，备用刀具一行行卧放其中，当需要择刀时，机械手就像开抽屉那样将它拔出，然而快速放到主轴左边。一旦工序结束，机械手就将其与主轴上的刀具迅速交换。

4. 配套附件目不暇接

配套件是机床的重要组成部分，它们的创新可谓不胜枚举。

国内外著名的数控系统供应商，这次如数云集北京，展品亦各有千秋。致力于高端技术研发的德国海德汉公司，这次展出的新一代数控系统 TNC620（图 13），是一种适用于镗铣类机床的紧凑型轮廓加工数控系统，采用全新的软件架构和硬件连接，最多支持 6 个控制轴。同时它秉承了海德汉数控系统优良的运动控制能力，适合高速加工和 5 轴联动。动态的程序预读能力、加加速控制算法和智能路径控制功能可满足高工件表面质量要求。TNC 620 MC 主机、CC 控制单元和其他控制部件通过海德汉最新纯数字串行控制接口 HSCI（海德汉串行控制接口，以太网电缆）连接，光栅尺或编码器通过海德汉公司开发的 EnDat 2.2 双向接口连接。MC 主机单元与显示器、控制面板集成，结构紧凑，并大大简化了接线工作。TNC 620 配备 15 英寸的 TFT 平板显示器，分辨率达 1024×768 像素，显示效果优良。

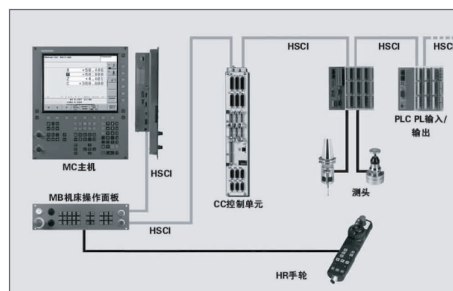


图 13 TNC620 数控系统

海德汉展出高精度的敞开式光栅尺 LIP281R，是一种具有双条光栅的新产品，这种干涉式扫描原理增量式直线光栅尺，是一种 ZERODUR®-玻璃陶瓷或玻璃基体的相位光栅，测量步距可达 31.25 μm (1pm=10⁻⁶μm)；信号周期 0.512 μm；精度等级±1.0 μm；测量长度：3040 mm；接口类型：1Vpp 或 EnDat（图 14）。

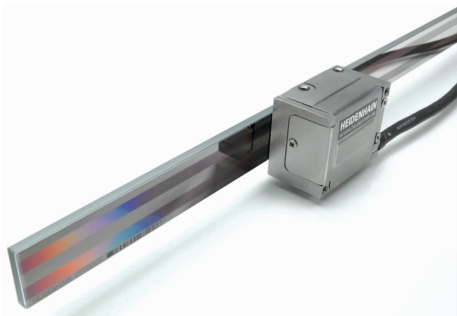


图 14 海登汉光栅尺

意大利泰磁公司 Tecnomagnete S.p.A.展出的电控永磁产品是夹持与吊重领域中的创新产品。该技术是通过电控来转换永磁系统的磁路来实现导磁材料(工件)的装卸过程。夹紧力产生于永久磁性材料的力量,电力只是在装卸工件时瞬间用于控制系统内部磁路的转换。

Quad-Extra 电永磁吸盘是该公司 2008 年申请的新型专利产品,由于重新设计了磁力线走向及模块位置,从而使单位面积内的夹紧力提高了 12%。

值得一提的是,该公司的 Quad-Rail 铣削用电控永磁吸盘已广泛用于我国铁轨道岔加工。武汉重型机床厂制造的 52 米双龙门移动式数控铣床,由于这种高性能夹具,不仅使机加工效率大大提高,且使用安全、稳定、方便。经中铁山桥集团、新铁德奥有限公司等用户使用,反应普遍良好。

各种镗铣类刀具在这次展会中也争艳斗妍,瑞典山高公司 SECO 新推出的 Square 6 方肩铣刀(图 15)是一款采用凸三角形刀片的独特方肩铣削刀具,每个刀片有六个切削刃,可以进行 2×3 次转位,从而降低了每个切削刃的成本。



图 15 Square 6 方肩铣刀

Square 6 具备三种不同刀片几何角度和三种不同的齿距,能广泛适用于各种工件材料与工况条件。三种刀片几何角度各有两种不同的刀尖圆角半径,不仅可以提高加工可靠性,还能够根据零件所需的圆弧半径灵活地选择最合适的刀片。带镀层的刀体使得刀具寿命更长,而预硬的刀体和周边精磨的刀片使得加工精度更高。

台湾精锐科技股份有限公司 APEX 展出的行星减速器也很有特色,一般数控机床的传动大多来自均伺服马达,但为了取得更大的扭矩和惯量时,并达到稳定的控制精度,就需要配置减速器来达到负载惯量的匹配,同时使传动运行也更加平稳。

精锐公司推出的减速器,由于应用了他们自主的专利技术,将行星臂架结构设计成一体,同时齿轮箱的内齿与箱体也采用一体化设计,故而能承受较高的输入转速,而输出可达到高扭矩、高刚性、低背隙、低噪音;这种模块化设计还能起到结构紧凑、重量轻、导热佳、温升低等效果,安装也较为简便。目前在数控机床广为应用的 AB/ABR, AF/AFR, AD/ADR 等系列;型号有 042~220mm,适配马达功率从 0.05~20kW 左右,速比 3~200,反向间隙最小可达到<1',除大量配置在进给系统外,在车削中心的动力刀塔中应用也日趋广泛(图 16)。



图 16 APEX 减速机在动力刀架上的应用

CIMT 中国国际机床展览会,自 1989 年起,迄今已走过 20 个年头,笔者有幸见证了这 11 次展览会的全过程,深深体会到技术创新对机床发展的巨大作用,同时更为中国数控机床的突飞猛进感到自豪。当然,中国机床在技术创新方面还有待提高,还得下苦功夫。任重而道远,相信经过机床同仁们的努力奋斗,20 年后“中国制造”的机床,必将是一流产品的代名字。□

CIMT2009 特种加工机床评述 (二)

CIMT2009 特种加工机床评述专家组

5. 激光加工机床

5.1 概况

作为 20 世纪最重要的发明之一,激光自 1960 年问世后不久就开始应用于小型、精密零件的打孔和焊接。随着相关基本理论和关键技术研究的不不断深化,各种类型的激光器件和激光加工工艺方法不断发展,目前已形成包括切割、打孔、焊接、雕刻、表面改性、快速原型制造、金属零件直接成形等数十种工艺,并且迅速地取代传统加工方法,在汽车、电子、航空航天、机械、冶金、船舶等工业部门得到越来越广泛的应用,在现代机械加工制造行业占据了不可或缺的一席之地。

与上届展览会相比,参加本届展览会的国内外厂商明显增多。此次参展的国外厂商包括德国通快 (TRUMPF)、德国德马吉 (DMG)、德国梅塞尔 (MESSER)、德国 BAUBLYS、瑞士百超 (Bystronic)、意大利普瑞玛 (PRIMA INDUSTRIE)、日本天田 (AMADA)、日本三菱电气 (MITSUBISHI ELECTRIC)、法国萨瓦尼尼 (Salvagnini)、土耳其 DURMA 等;国内厂商包括武汉法利莱切割系统工程有限责任公司 (图 10)、上海团结普瑞玛激光设备有限公司、深圳市大族激光科技股份有限公司 (图 11)、武汉奔腾楚天激光设备有限公司、济南铸造锻压机械研究所、江苏金方圆数控机床有限公司、江苏新瑞机床 (集团) 有限公司、江苏亚威机床集团公司、青岛科瑞特激光设备有限公司等。此外,激光器制造商美国 PRC、导光系统部件和加工头制造商美国 LASER MECH、加工头和测量监测系统制造商德国 PRECITEC 等公司也参加了展出。一些企业 (如德国通快、大族激光、楚天激光、华工激光等) 在 3 月 17-19 日参加慕尼黑上海激光光电展览会后又到北京参加 CIMT2009 机床展览。据悉,还有一些企业对未能预订上展位不能参加展出而深感遗憾。

据不完全统计,本届展览会上现场展出的激光加工机床共 20 台,其中 CO₂ 激光平面切割机 14 台、CO₂ 激光平面切割——冲压复合加工机床 1 台、CO₂

激光三维加工机床 1 台、光纤激光平面切割机 1 台、YAG 激光雕刻机 2 台、YAG 激光焊接机 1 台。与上届展览会上现场只有 11 台 CO₂ 激光钣金切割机参加展出相比,本届展览会上展出的激光加工机床不仅数量大幅增加,而且种类也更加丰富。



图 11 武汉法利莱激光机图



图 12 大族激光展台

在目前由于金融危机导致的全球经济不景气的大背景下,各大企业踊跃参展,一方面说明了激光加工机床及激光光电子行业发展势头方兴未艾,另一方面证明了参展商对中国经济持续繁荣发展充满信心。

5.2 从 CIMT2009 看激光加工机床的现状与发展趋势

激光加工机床通常由激光器、导光系统、加工头、床身、控制系统、冷却系统、加工工艺软件或专家系统及其它辅助装置等组成。与机械加工机床

相比,体现激光加工机床特点和技术水平的主要是激光器、导光系统、加工头、激光加工工艺软件或专家系统。

本届展览会上展出的激光加工机床仍然以 2~4 kW CO₂ 激光钣金切割机为主,这说明快速轴流 CO₂ 激光器和扩散冷却 CO₂ 激光器目前仍然是钣金激光切割机的主流器件。而扩散冷却板条 CO₂ 激光器以其良好的光束质量、低的运行成本及结构紧凑等优势逐渐成为 CO₂ 激光切割机的首选配置,那些自己不生产激光器的系统集成商大多选用德国 Rofin 公司生产的 DC 系列扩散冷却板条 CO₂ 激光器就清楚地说明了这一发展趋势。

为了缩短切割机的非加工时间,提高生产效率,除了采用交换式双工作台外,提高机床的动态性能,实现高速定位是目前各个厂商普遍采取的策略,而采用飞行光路技术和先进的直线电机或直启盘式马达驱动技术是主要的实现途径。本届展览会展出的 CO₂ 激光钣金切割机,无一例外全部采用了飞行光路技术。为了减少光程变化对加工质量的影响,通用的做法是通过扩束装置减小光束的发散角,并将束腰变换到机床加工范围的中间位置。现在部分厂商采取的策略是在 Z 轴上集成数控焦点补偿轴,使聚焦镜可相对于切割喷嘴运动,实时补偿因光程变化带来的焦点漂移。还有一些厂商则采用了更先进的等光程设计技术,保证整个加工范围内光程不变。

此外,围绕提高加工效率和加工质量,一些厂商还采用了其它一些新技术或增添了一些新功能。例如,采用视觉传感技术,实现板材边界的自动检测和加工过程的实时监测;采用可变曲率反射镜调节光束直径,无需更换聚焦镜,就可方便实现从薄板切割到厚板切割的自动转换,节省更换聚焦镜时间;采用滴油穿孔工艺,避免穿孔熔渣附着,缩短穿孔时间;厚板激光切割时辅助水冷,减小热影响;将激光打孔和雕刻功能集成在一个加工系统内,实现异形孔的高效和高质量加工,等等。

虽然 CO₂ 激光加工机床仍是本届展览会上各个厂商的主打产品,但是我们必须清醒地看到,由于大功率固体激光器和半导体激光器技术的进步,特别是大功率光纤激光器和碟片激光器的发展,在激光加工领域,CO₂ 激光器正面临前所未有的严峻挑战。几年以前,全球固体激光器的销售量就超过了 CO₂ 激光器,其应用也从打标、打孔、雕刻、微型焊接等渗透到了深熔焊接、熔覆、金属零件直接成形

等传统上属于大功率 CO₂ 激光器的应用领域。从两家国际著名的激光加工头制造商的参展样品和产品目录上也可以清楚地看到,他们提供的固体激光焊接接头、熔覆头的品种比 CO₂ 激光丰富得多。今天,大功率光纤激光器又有挤占 CO₂ 激光钣金切割市场的苗头。本届展览会上,梅塞尔切割焊接(中国)有限公司就展出了一款光纤激光平面切割机,采用 1.2 kW 的光纤激光可以切割 12 mm 厚碳钢和 4 mm 厚不锈钢。法国萨瓦尼尼也带来了其光纤激光切割机样本,采用 2 kW 的光纤激光可以切割 18 mm 厚碳钢、6 mm 厚不锈钢、5 mm 厚的铝合金、黄铜、紫铜。与 CO₂ 激光相比,光纤激光加工系统具有以下特点:(1)电光转换效率高,与 CO₂ 激光相比,节省电能 30%以上;(2)采用光纤传输,即可保证整个加工范围内加工质量的均匀一致,又大大简化了光路和机床结构设计,免去了 CO₂ 激光加工系统外光路净化必不可少的空气净化装置,安装、维护方便;(3)波长短,可以加工铜合金等高反射材料,扩大了可加工材料范围;(4)光束质量高,切割薄板时速度更高,切口质量更好;(5)结构紧凑,占地面积小,使用和维护费用低。然而,尽管有如此多的优势,光纤激光加工系统的推广应用还需假以时日。原因有二:第一,人们对光纤激光器长时工作的可靠性还心存疑虑,还必须经受一段时间的市場检验;第二,光纤激光加工工艺还很成熟,还有待深入研究。

本届展览会上虽未见紫外及超短脉冲激光精细加工设备展出,而实际上激光微加工的研究是非常活跃的,加工对象包括各种金属、半导体、陶瓷和高分子材料,加工工艺包括精细打孔、切割、划槽、表面织构化处理等,应用范围不仅涉及光电子、生物医学、微机电系统、航空航天等高科技前沿领域,而且包括汽车、农用机械等所有机械制造领域,具有广泛的市场前景。

必须指出的是,大功率激光器具有可一机多用的特点,因此,只要有很好的激光切割机床设计制造基础,其它各种类型的激光加工机都是可以很容易做到的。问题的关键是,针对具体的应用对象,必须有相应的激光加工工艺技术做支撑。与激光切割机床要求极高的动态特性相比,激光焊接、合金化、熔覆、金属零件直接成形对机床的很多的技术指标的要求反而是低的。但是,在多数情况下,激光焊接、合金化、熔覆、金属零件直接成形对工艺

技术的要求却要高得多,而往往是由于没有掌握相关工艺技术,限制了激光加工技术的应用。由于材料、结构、使用环境的多样性和复杂性,对上述激光加工机床结构和工艺技术的要求又是千变万化的,需要根据用户的要求量身定制。

6. 快速成形机床

6.1 参展厂家简介

在 CIMIT2009 上参展的国内企业有 3 家,国外企业 1 家,他们是:北京殷华激光快速成形与模具技术有限公司、武汉滨湖机电技术产业有限公司、佛山市峰华兆宏制造技术有限公司和香港宝力机械有限公司代理以色列 Objet Geometric 公司的快速成形机床产品。

(1) 北京殷华激光快速成形与模具技术有限公司(图 13)

该公司主要销售熔融挤压成形(MEM 系列)、立体光固化(Auro-450)、叠层实体制造(SSM 系列)等快速成形机床产品。重点推出 MEM 系列产品。当前,该公司主打产品是最新推出的 F-Pprint 熔融挤压成形机床。该设备当前面向高中专、高中职等各类学校的先进成形制造实验室,已经被国内多所学校采购,一些国外学校也有此意向。例如,如果针对学校的模具设计与制造专业,则快速成形技术是此专业所必须掌握的先进的专有技术。职业教育专业建设以市场需求为导向,只有掌握大量新技术的学生才是社会需要的学生。由于该设备的性价比高,所以有一定的市场需求。



图 13 北京殷华展台

该公司还在 MEM 系列机床所使用的丝材研发方面取得突破,现有的材料类型包括蜡、ABS、PC 以及 ABS+PC 混合丝材,最近开发成功水溶性丝材,可以作为双喷头的 MEM 系列机床使用的支撑材料,从而在根本上解决支撑结构的剥离问题。

该公司还协助清华大学机械系先进成形制造教育部重点实验室开发了应用于细胞三维组装的快速成形机床,目前已经开发了两代产品——细胞三维组装机床 I 型和 II 型,是由 2002-2003 年推出的 MedForm 快速成形机床(原型机)和 TissueForm 快速成形机床(原型机)发展而来的。目前,除了在清华大学生物制造工程研究所有多台正在使用之外,另有若干台已经被国内相关大学和科研院所引进,开展研究工作。这种新型快速成形机床尚无定型产品,目前企业正在朝向制定此类设备企业标准的目标进行工作。

(2) 武汉滨湖机电技术产业有限公司

在展览会上,该公司推出立体光固化(HRPL 系列)、熔融沉积制造(HRPF 系列)、激光选区烧结(HRPS 系列)、金属粉末激光选区烧结(HRPM 系列)等快速成形机床产品,以及真空注塑机(HZK 系列)和三维扫描测量系统等相关产品。该公司的特点是产品类型比较齐全。展品包括 HRPF 机床、HRPM 机床、真空注塑机以及相关的成形件等。其中,HRPF 系列产品是首次在展览会上推出,因为这种 RP 技术不用激光等使能技术,为各种 RP 机床中价格较为便宜的品种。HRPF-I 机床,其成形空间尺寸为 250 mm×250 mm×250 mm,成形材料 ABS 和尼龙等丝材为自行开发的。该公司还可以按客户要求定制特殊规格的 HRPF 系统。

金属粉末激光选区烧结(HRPM 系列)快速成形机床是其在展览会上另一个重点推介的产品。它采用半导体泵浦 ND:YAG 激光器(HRPM-I 型)或光纤激光器(HRPM-II 型),这两类激光器的光束质量高,对于金属粉末材料的烧结成形十分有利。由于该产品能够直接成形具有复杂结构的金属件,展览会上同时展出了成形的金属件,尺寸精度比较高,因此,引起了参观者的重视。

(3) 佛山市峰华兆宏制造技术有限公司

该公司是单一产品的快速成形机床制造厂家,他们的产品是无模铸型制造(PCM)机床。目前国内也只有该公司生产此产品,而其它公司还没有类似产品推出。该公司只以成形件样品参展,此设备未在展览会展出。该公司除了推销机床产品之外,还开展无模快速铸造技术服务,可以快速提供单件或小批量的铸件,展览会上介绍了技术服务的实例。与传统的铸型制造技术相比,PCM 技术具有非常大的优越性,不仅使得铸造过程高度自动化、敏捷化,

降低操作人员的劳动强度,而且使设计、制造的约束条件大大减少,无需木模、造型,型、芯一体化同时成形,无拔模斜度,可精确制造含自由曲面(曲线)的铸型。PCM-1200 快速成形机床的最大成形尺寸为 1 200 mm×1 000 mm×500 mm,PCM-800 快速成形机床的最大成形尺寸为 800 mm×600 mm×500 mm,还可以按客户要求开发特殊规格的机床。

(4) 以色列 Objet Geometric 公司

以色列 Objet Geometric 公司的三维打印快速成形机床产品是由香港宝力机械有限公司代理的。在宝力公司的展区,Objet 的 Polyjet 设备放置在显著位置,参观者非常多。其系列机床产品非常齐全,便于客户选择,机床产品有下述特点:① 超薄的分层厚度;② 解析度高达 16 μm ,可以确保成形件有光滑表面并保持细节;③ 有多种成形材料可供选择,但均采用同一种支撑材料,易于去除;④ 可长时间不间断使用,有快速和高品质两种打印模式供选择;⑤ 可在办公室环境中使用。目前 Polyjet 快速成形机床在中国市场上销售相当旺盛。

6.2 我国快速成形机床的发展水平

从 RPM 设备的发展水平来看,与外国的快速成形机床的设计制造技术水平差距正在缩小。例如,我们的熔融沉积制造类机床,原来获得的成形件质量明显与外国机床(如美国 Stratasys 公司的 FDM 系列设备)制造出的成形件有较大差距;而现在这种差别已经缩小了。又如,我国的立体光固化快速成形机床的成形件虽然仍与美国 3D Systems 公司设备制造出的成形件有一定的质量上的差距,但是也在迅速缩小之中。

原来我国公司产品具有价格上的优势,但从以色列 Objet Geometric 公司的多喷头 Polyjet 设备的价格来看,这个优势已经不复存在。另外,我国的 RPM 专用材料的销售价格还是占有优势。例如,美国 Stratasys 公司的 FDM 系列设备中的相关机床产品,前几年采用在中国压价销售的策略,但是它无法在专用丝材上再采取压价销售,由于我国公司的丝材价格仅为其丝材价格的 1/3,从而在这类快速成形机床方面基本上挡住了进口。

6.3 对我国发展具有自主知识产权的快速成形机床的几点看法

(1) 以应用为导向,以市场为依托

RPM 技术与装备的健康发展,必须以应用为导向,以市场为依托。例如,近年来,随着我国决策

要搞“大飞机”,由此带动对于 RPM 技术的强烈需求。这一点,在第三届北京国际快速成形及制造会议的学术报告方面有非常多的反映。这从 RPM 技术的发展历史也可以看出这一点。汽车工业的发展,带动了快速成形技术最初的大发展,并且迅速走向市场。而快速成形技术朝向快速制造发展,明显地受到航空航天工业发展的强劲需求的刺激。

(2) 关于快速成形机床的标准化

在知识经济时代,标准成为对于技术创新的社会认可,甚至是对特定知识产权的社会承认。在全球化的条件下,国际经济竞争在很大程度上表现为标准之争,而标准之争的核心实际上是创新力之争。我国自 2003 年起,按照全国特种加工机床标准化技术委员会的部署,成立了全国性的 RPM 标准化工作小组,2008 年进一步加强了组建工作,并按计划开展了相应的工作。目前,一方面需要继续完成计划中预定的标准,另一方面,应当进一步完善组织建设工作。

(3) 加强 RPM 软件研发

RPM 技术是数字化制造技术,因此,RPM 软件的研发包括数据处理软件和设备控制软件,一直是快速成形机床的研发厂家极为重要的关键工作之一,我国的各 RPM 公司均给予了充分的重视。但是,RPM 设备的国产化,始终与国际先进水平有一定的差距,一个重要方面就是我们自行开发的软件水平比较低。今年,准备制定相关的软件标准,可以使 RPM 软件研发工作规范化并坚持贯彻执行,必有大的进步。

(4) 注意技术发展的动向

RPM 技术与装备的健康发展,必须以应用为导向,时刻注意技术发展的动向。目前,有三个方向值得注意:

① 直接金属型制造

目前,直接获得金属件最成功的方法仍是激光选区烧结(SLS)。最有代表性的是美国 3D Systems 公司采用的将金属粉末和有机黏结剂相混合后的粉末烧结技术和 EOS 公司采用的将多种熔点不同的金属粉末组成的混合粉末烧结技术。国内北京隆源公司、华中科技大学及北方恒利公司等开展了类似的研究和成功的商品化工作。其它前景看好的技术有:激光选区熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)、电子束选区熔化(EBLM)、电子束自由制造(EEBF3)等。

CIMT2009 光栅位移传感器展评

中国科学院自动化研究所 研究员

中国机床工具工业协会数显分会 顾问 卢国纲

今年4月举办的第十一届中国国际机床展览会(CIMT2009)汇集了世界先进制造技术的最新成果,代表了当代世界机床工具技术的发展方向,是历届CIMT展览会以来规模最大、水平最高的一届机床工具行业的盛会。作为现代机床不可分离的光栅位移传感器也是历届展会水平最高、规模最大的一次,展会汇集世界光栅位移传感器的最新、最高技术精华。展览会展出了世界最高水平的皮米(百亿分之一米)级光栅测量系统,使当今世界的检测和加工技术从纳米(nm)级进入皮米(pm)级时代,为超精密机床和极大规模集成电路制造装备提供了实用技术和装备。在机床行业向高速度、高效率、高可靠性和高精度的方向发展要求下,绝对式光栅测量系统得到迅速发展,多家参展商都展出了新产品。这届展会上世界著名的光栅位移传感器制造厂商德国的HEIDENHAIN(海德汉)、日本的MITUTOYO(三丰)、西班牙的FAGOR(发格)、英国的RNISHAW(雷尼绍)、奥地利的RSF等都参加了,还有正在兴起的中国的诺信、怡信、禹衡、瑞普、

长春光机、贵阳新天、广东万濠、莱格等众多的企业。国内的企业的的光栅测量系统也从主要用于数显的光栅尺进入可用于数控系统的反馈光栅尺。本文主要介绍各个企业在这届展览会上展出的光栅位移传感器新产品。

1. 德国 HEIDENHAIN (海德汉)

德国 HEIDENHAIN (海德汉) 公司一直是引导光栅测量技术的发展,二十一世纪的重要发展是●光栅尺的单场扫描●绝对式光栅尺●皮米级光栅测量系统●双向数字接口。目前,海德汉公司平均每年大约销售120万个圆光栅编码器、30万支光栅尺、1万台数显表、1万台高端数控系统。年销售额超过10亿欧元,其中圆光栅编码器、光栅尺和数控装置大约各占三分之一 本届展会展出的先进产品:

1) 皮米 (pm=10⁻¹²m) 级 LIP201 系列光栅测量系统 (2007年12月推出)

该系统用于高精度、高位置稳定性的测量,用于高移动速度和大测量长度的测量,是全世界最精

② 微纳 RP 技术

根据快速成形的原理和方法制造即是微纳制造(如MEMS),这是一个有潜力的方向。目前,常用的微加工技术方法从加工原理上属于通过去除材料而“由大到小”的去除成形工艺,难于加工三维异形微结构,深宽比的进一步增大受到了限制。而RM根据离散/堆积的降维制造原理,能制造任意复杂形状。已有采用快速成形工艺如3D-P, SLS制备微细结构的报道。但是,相关的专用设备的开发国内外均未提到议事日程上来。

③ 生物制造 (OM)

快速制造技术与生命科学相结合,产生了生物制造这一新的科学领域(主要指组织和器官的生命体的人工制造)。国际上,例如美国Clemson大学采用的Cell Printing工艺、德国Freiburg大学的Bio-

Plotting工艺等,辅之以设备的研发。我国清华大学研制了两代细胞三维受控组装机,将多种细胞以及其组合与细胞外基质材料直接堆积成为具有贯通管道的三维结构体,细胞在其中可以长期存活并能表达一定的生理功能。这方面目前还只是在实验室阶段,但是如果引起足够的关注,则产品化将比国外快得多。

总之,我国在RP+RM方面与国际先进水平并无很大的差距,在某些方面还保持着自己鲜明的特点,有一定的优势。虽然成绩喜人,但如果不采取有力的措施加以支持与保护,则也很容易丧失好不容易争取到的地位,再去追赶则需要投入更多、更费精力。为此,我们建议:根据上面对RM发展趋势的分析,制定我国快速成形制造领域的发展战略,国家应出台有效的扶植政策。□

密、技术水平最高的测量系统，可广泛用于超精密机床和极大规模集成电路专用设备，是制造极大规模集成电路制造装备必不可少的测量系统。

◇ LIP201 系列敞开式光栅尺采用玻璃或玻璃陶瓷的相位光栅，栅距 $2.048\mu\text{m}$ ，信号周期 $0.512\mu\text{m}$ ；

◇ 精度等级： $\pm 1.0\mu\text{m}$ ，最大测量长度：1540mm，带参考点；

◇ 测量步距：从 1nm 到 31.25pm ，最大倍频分数为 16384；

◇ 测量速度： $180\text{m}/\text{min}$ ，在 31.25pm 时为 $60\text{m}/\text{min}$ ；

◇ 震动：20g，冲击：40g；

◇ 输出接口： $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ 或 EnDat 串行双向接口，时钟频率可达 16 MHz，只需 $8\mu\text{s}$ 的时间后续电子设备就能得到位置值，可以与 FANUC 和三菱系统相连。

2) LIC4000 系列敞开式绝对式光栅尺 (2008 年 12 月推出)

该尺有两个码道，一是增量码道，另一个是绝对码道，通过 EnDat2.2 双向串行接口进行绝对值数据传输。适用于需要高精度测量的机床，包括超精密机床、高精度机床、测量机和比较仪、半导体工业的测量和生产设备以及直接驱动直线电机等。

◇ MATALLUR 刻线工艺的钢带尺；

◇ 精度等级： $\pm 5\mu\text{m}$ ，最大测量长度：27040mm；

◇ 测量步距：10nm，最大移动速度： $480\text{m}/\text{min}$ ；

3) 绝对式光栅尺 LC183 和 LC483

玻璃绝对式光栅尺有二个码道，绝对码道采用伪随机码，增量码道栅距为 $20\mu\text{m}$ ，采用单场扫描技术提高光栅尺信号质量和抗污染能力，最大测量长度达到 4240mm，精度等级为 $\pm 3\mu\text{m}$ 和 $\pm 5\mu\text{m}$ ，分辨率达到 $0.005\mu\text{m}$ ，运动速度达到 $180\text{m}/\text{min}$ ，加速度 10g ，震动 20g，冲击 30g，EnDat2.2 双向数字接口传输绝对位置信息值。

4) RCN829 绝对式角度编码器

每转位置数 29bits，线数 32768/转、测量步距 0.00005° 、系统精度 $\pm 1''$ ，绝对位置传输协议为 EnDat2.2，输出有增量信号 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ ，空心轴直径尺寸达 $\varnothing 400\text{mm}$ 。

5) EnDat2.2 数字双向接口

HEIDENHAIN 绝对式光栅传感器都是通过

EnDat2.2 数字双向接口支持实时的监控功能，除读取绝对位置值外，还向数控系统传输光栅传感器的工作状态（如工作温度、允许最大速度等），可以向数控系统发出预警和报警信号。EnDat2.2 数据传输与后续电子设备的时钟信号保持同步（时钟频率可达 16 MHz，只需 $8\mu\text{s}$ 的时间后续电子设备就能得到位置值，信号传输距离达到 100m），大量快速的数据传输十分准确、可靠，这也是皮米级测量系统的基础工作之一。

2. 日本 MITUTOYO (三丰)

三丰公司是从量具制造发展起来的，是世界著名精密测量仪器的制造和销售公司，光栅测量系统是该公司精密测量的基础，其综合实力是很强的。2007 年 3 月统计，从业人员：日本本土 2452 人、海外 2151 人，销售额：742.43 亿日元（约 7.5 亿美元）。该公司的光栅尺主要是用于测量仪器，部分用于数控系统和伺服驱动系统，年产量大约为 12 万支。

1988 年推出增量式容栅数显卡尺，2000 年推出电磁感应式绝对式数显卡尺。1976 推出增量式光栅尺，1994 年三丰开发了自己的“ABSOLUTE”（绝对）系统，该尺联合应用了容栅的静电电容技术和光栅的光电技术，这个绝对式光栅测量系统成功地应用在机床数控系统上，2003 年日本三丰公司推出 AT500 系列绝对式光栅尺，在标尺上采用了三个码道，中间是增量码道栅距为 $20\mu\text{m}$ ，两边为绝对码道。

三丰公司采用电磁感应检测系统，推出了 AT715 封闭式绝对式光栅尺，开机不必设置参考点，达到了防渗水的 IP67 防护等级（通常密封的光栅尺防护等级 IP54 只能防尘，加压缩空气的光栅尺能达到 IP64 可以防溅水），最大测量长度 1800mm，最大测量速度 $50\text{m}/\text{min}$ ，精度等级 $\pm 7\mu\text{m}$ 。

2007 年推出的敞开式绝对原点型 ST700 系列光栅尺，是非接触性测量，实现了分离式的绝对原点设置，热膨胀系数 $(12 \pm 1.5) \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ，最大测量长度 6m，精度等级 $(8 + 5L0/1000) \mu\text{m}$ (L0 有效测量长度 mm)，最小分辨力 $0.1\mu\text{m}$ ，最大速度 $6\text{m}/\text{s}$ ，工作温度 $0 \sim 50^\circ\text{C}$ ，防护等级达到 IP67 的防水防油污功能，最适用于直线电机的高速度、高加速度控制。输出信号采用高速串行接口，签约厂家有 FANUC、三菱、松下、安川等。

三丰生产的传统光栅尺技术指标有所提高。AT102 标准型, 栅距是 $20\mu\text{m}$ 最大测量长度达到 6000mm , 速度为 $72\text{m}/\text{min}$, 精度为 $\pm 3\mu\text{mm}$ 、 $\pm 5\mu\text{m}$ 。AT402E 型光栅尺是世界水平的高防震动 (20g) 和抗冲击 (40g) 的绝对式光栅尺用于绝对测量系统, 最大测量长度达到 3040mm , 精度达到 $\pm 3\mu\text{mm}$, 速度为 $120\text{m}/\text{min}$, 输出为 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}/20\mu\text{m}$, 可以和各种机床控制装置相连, 防护等级达为 IP53。现在绝对式光栅尺 AT300 标准型 (最大测量长度 3000mm) 和 AT500 细长型 (最大测量长度 2200mm), 分辨率到 $0.05\mu\text{m}$, 最大速度 $150\text{m}/\text{min}$, 输出为高速串行接口, 可用于 FANUC、三菱数控系统。

3. 西班牙 FAGOR (发格)

FAGOR 公司是全球范围有影响的光栅尺、圆光栅编码器、数显表、数控系统和伺服驱动系统制造公司, 他们制造中、高档的产品, 在通用、普及型、和高性价比上很有特点。FAGOR 公司用于普通机床的光栅数显及数控机床专用的光栅尺在市场上有竞争力, 特别在中国市场近年来销售一直保持增长态势, 用于数控系统的反馈光栅尺成为该企业的主导产品。

FAGOR 传统的封闭式玻璃光栅尺的栅距为 20m , 最大测量长度 3m , 准确度 3m 和 5m , 分辨率从 5m 到 0.1m , 最大速度 $120\text{m}/\text{min}$; 封闭式金属反射式钢带尺栅距是 40m 和 100m , 准确度为 5m 测量长度达到 30m , 最大速度达到 $120\text{m}/\text{min}$ 。光栅尺的输出信号有两种分别为 TTL 差动方波和 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ 正、余弦电压信号。FAGOR 的新产品还有敞开式钢带光栅尺是采用单场扫描, 栅距为 20m , 测量速度为 $8\text{m}/\text{s}$, 抗震性达到 20g , 准确度为 5m , 分辨率可以达到纳米级, 输出信号为 TTL 方波和 1V_{pp} 正弦波。

2004 年 7 月 FAGOR 推出了绝对式玻璃光栅尺, 有增量和绝对两个码道, 增量码道的栅距为 20m , 分辨率 $0.1\mu\text{m}$, 最大测量长度 3m , 准确度 $\pm 5\mu\text{m}$ 、 $\pm 3\mu\text{m}$, 最大速度 $120\text{m}/\text{min}$ 。今年展出的高性能反馈光栅尺产品, SA 系列绝对式光栅尺, 最高分辨率达到 $0.05\mu\text{m}$, 抗震动 10g 和 20g , 抗冲击 30g , 独立输出 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ 增量电压信号, FAGOR 提供两种数据通信协议: ● FeeDat (FEEDBACKDATA) 它是双向的 FAGOR 协议, 对于同步和异步的通讯都有效; ● SSI (连续的同步通讯界面) 它依靠两行数据线使得读数

容易, 是标准的通讯协议 (通过 RS-485/422 传输), 传输距离 150m 。FAGOR 的绝对式光栅尺分别以 SAF、SAM、SAP 系列产品和 FANUC、三菱和松下数控系统相连。在本届展览会比较引人注目的是 FAGOR 封闭式 L 系列钢带绝对式光栅尺, 栅距为 40m , 测量分辨率到 0.05m , 最大测量速度 $120\text{m}/\text{min}$, 其测量长度超过 4040mm , 它可以通过 USB 接口与 PC 机连接。

FAGOR 还生产圆光栅编码器, 普通旋转编码器每转的线数从 50 至 5000 线, 可以输出 1V_{pp} 正弦波和 TTL 方波。精密角度旋转编码器每转线数/脉冲分别为: 18000、36000、90000、180000、360000, 准确度分别为 2、5, 零位也有距离编码, 在机床的旋转台和旋转主轴上使用。

4. 英国 RENISHAW (雷尼绍)

RENISHAW 公司是专门从事高精度检测仪器与设备的制造企业, 主要产品为非接触直线光栅及圆光栅测量系统, 激光干涉仪, 三坐标测量机及数控机床用测头, 球杆仪和模具扫描系统等, 2008 年有雇员超过 1400 人, 在全世界的销售额增至 1.809 亿英镑, 其光栅测量系统广泛于工业自动化领域, 在机床、集成电路和电子专用设备上得到广泛应用。

RENISHAW 的光栅传感器有直线、角度和平面三种, 其光栅测量系统是金属反射光栅, 它采用了开放式、非接触、小型紧凑结构的光学测量系统, 能在高速、高分辨力的工作性能的同时有抗光栅表面被污染的能力。RENISHAW 传统的光栅尺是镀金的钢带光栅, 型号是 RG20m 和 RG40m, 测量长度可达 70m , 光栅尺可按设备的具体需要剪切至合适的长度, 其背面有自粘的特别设计, 能快速安装。光栅尺的栅距有 20m 和 40m 两种, 光栅尺的精度是任意 1m 长度上为 3m 。读数头中有内置细分电路, 提供分辨率从 10m 到 10nm 的数字反馈信号以及 $\sim 12\text{A}$ 电流和 $\sim 1\text{V}_{\text{pp}}$ 电压的模拟输出信号。最大测量速度 $600\text{m}/\text{min}$, 分辨率 10nm 时相应的速度为 $150\text{mm}/\text{s}$ 。

2007 年秋季 RENISHAW 推出 RSLM 不锈钢带光栅, 栅距是 20m , 速度 $12.5\text{m}/\text{s}$, 最大长度为 5m , 整体精度为 $4\text{m}/\text{m}$, 可以选择背面自带 1m , 的不干胶安装或用夹具进行安装, 与过去的产品相比是在光栅尺上有参考零位, 并在短行程时有距离编码。在展会上该公司展出的 RELM 高精度直线光栅有比较高的水平, 其光栅尺的材质是采用低膨胀系数的

镍/钢合金，膨胀系数为 $0.6\text{m/m/}^{\circ}\text{C}$ ，尺的最大长度 980mm，信号周期 20m，系统精度可达到 1m，测量分辨率从 5m 到 5nm，速度为 12.5m/s，参考零位在光栅尺的中点，工作温度可以到 85°C 。

RENISHAW 还生产圆光栅，仍然是基于非接触式光学结构，圆光栅的主要部分是在不锈钢圆环的柱面上直接刻划栅线的高精度光栅，圆光栅都具有体积轻薄、内径大的特点，设计时可以将光栅环套在大直径的轴上，在机床的各种回转轴上应用很方便，为了提高精度可以在圆环上安装两个读数头。圆光栅 RESM 系列产品主要技术指标：○直径从 52mm 到 550mm（刻线数从 4096 到 86400），○栅距 20m，○刻划精度达 0.5 角秒，○角度分辨率达 0.004 角秒，○速度达 4500 转/分，○工作温度达 85°C 。该产品还配有 FANUC 通信接口。

5. 中国光栅位移传感器的新产品

光栅数显技术从上世纪 80 年代以数显技术改造传统的机床行业为起点，发展到 21 世纪以“数显装置”装备了中国的机床产业，使机床的数显化率达到 30%。2008 年大陆金属切削机床的销售量是 60 万台，其中数控机床 12 万台。数显装置以经济实用的价格，普及到整个机床行业，近年来中国光栅位移传感器在制造技术和工艺水平上都有提高，并推出了新的品种，开发了用于数控系统的反馈光栅尺和圆光栅编码器，正在向数控领域推进。

光栅位移传感器（光栅尺和圆光栅编码器）及其数显表的销售量从 2000 年起，每年以 30% 到 50% 的速度递增，2008 年由于金融危机的影响，销售量仍然和 2007 年持平。2008 年光栅尺的销售量达到 40 万坐标，销售额达到 3 亿元；圆光栅编码器销售量达到 90 万个，销售额达到 2 亿元。光栅尺主要的生产企业：广州诺信（信和）、怡信、长春光机、贵阳新豪、广东万濠。圆光栅编码器主要的生产企业：长春禹衡、无锡瑞普、四川科奥达、无锡科瑞特。

1) 光栅尺

国内封闭式玻璃光栅尺的最大测量长度为 3m，准确度已达到 $\pm 15\mu\text{m}$ 、 $\pm 10\mu\text{m}$ 、 $\pm 5\mu\text{m}$ 和 $\pm 3\mu\text{m}$ ，分辨率为 $5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 和 $0.1\mu\text{m}$ ，速度为 60m/min，主要应用于机床数显和测量仪器，用玻璃光栅尺接长的光栅尺可以做到 30m。在本届展览会上有特点的企业介绍如下：

广州诺信（信和）在本届展览会上诺信公司展出的 KA-NC100 系列反馈光栅尺能用于全闭环的数控系统，其主要技术指标：○最大测量长度 3m，○栅距 20m，○精度 5m、3m，○分辨率从 1m 达 0.1m，○最大速度 120m/min，○加速度 2g，○抗震动 10g。五年来该以开发数控系统促进高性能光栅尺的发展，光栅尺在市场的占有率和产品的质量都在国内行业中领先。在这里着重指出的是诺信 KA-NC100 系列反馈光栅尺数据输出已采用高速双向串行数字接口，该公司去年末已和国际著名的伺服电机驱动企业—日本安川（YASKAWA）公司（该公司年产用于数控机床的伺服电机就有 20 万台）签署通讯协议，配备安川公司的 ΣV 型系列 AC 伺服驱动器，这是国内第一家光栅尺生产企业和国际数控企业签署的通讯协议，诺信公司的 KA-NC100 系列反馈光栅尺达到安川公司的所要求的品质，使我国的光栅尺正式进入用于反馈的全闭环数控系统。

怡信 光栅尺是怡信的主导产品之一，怡信现已发展成为测量仪器、机床制造、机器人及机床数控系统的综合企业，光栅尺和数显表的销售量居国内同行业第二。怡信以光栅测量系统为基础，生产的仪器包括光学投影仪、影象测量仪，3D 激光扫描仪、三坐标测量机、长度测量仪等，怡信生产的数控机床包括火花机、雕铣机、高速加工中心等。该公司在本届展会上展出 V60 高速龙门式加工中心，三轴的加速度达到 0.9g，定位精度达到 4m。

莱格 莱格钢带光栅尺展品是国内首先推出测量长度大于 3m 的封闭式钢带光栅尺，栅距为 20m，测量长度可以达 30m，最大测量速度 60m/min，分辨率为 5、1、0.1m，加速度 1g，震动 20g，冲击 20g，准确度分别为 3m/2m、5m/6m、10m/30m。

2) 圆光栅编码器

国内的圆光栅编码器主要是 5000 线/转以下的旋转编码器，国内产量最大的生产厂家是长春禹衡和无锡瑞普，他们的销售量要占国内总量的 80%，他们的产品不单在机床行业中使用，而且在在伺服电机、机器人、电梯、印刷机械、纺织机械、办公自动化、注塑机、加油机、工业自动化仪器仪表等行业广泛应用。增量式圆光栅的线数到 8192/转，每转输出的脉冲数达 25000 个，信号输出为 TTL 方波和 $\sim 1V_{pp}$ 正弦波。绝对式编码器的位数已到 17 位（每转的位置数为 131072），已采用串行数字传输，并在数控机床上使用。□

快速发展的中国重型机床制造业

Rapid developing heavy duty machine manufacture in China

中国机床工具协会重型机床分会

进入二十一世纪的八年多时间里,我国国民经济保持健康、持续、快速的发展势头,为我国重型机床行业的快速发展创造了良好环境。近年来,重型机床企业工业总产值、产品销售收入、利润总额、承接订货量等方面每年都取得了超过40%以上的增长,高出全国机床工具行业平均增长速度。可见重型机床需求形势和市场容量之大,为我国重型机床制造企业产品开发和生产销售提供了非常良好的发展环境与上升空间。

1. 我国重型机床行业发展概况

根据原国家机械工业部机床工具局规定,机床自重10-30吨范围内的机床属于大型机床、30-100吨属于重型机床、大于100吨属于超重型机床。随着机床行业的快速发展,现在仍以机床自重作为行业界限,显然缺乏时代性和科学性。近年来随着重型机床行业的发展,大型、重型、超重型的界线已被提出质疑,需要重新进行界定,但是由于尚未有统一的定义,因此我们仍以原有的概念来界定重型机床和分析重型机床行业的现状。

计划经济年代,我国机床生产厂家所生产的品种和规格都有严格规定和分工。如北京一机床只生产铣床、上海机床厂只生产磨床、沈阳一机床只生产卧式小规格车床、齐齐哈尔一机床只生产直径在3.5m以下立式车床和2m以下卧式车床、昆明机床厂和中捷友谊厂只生产镗杆直径为110mm以下的卧式镗床等等分工明确的布局,显示出全国一盘棋的计划经济特性。“一五”期间,国家在建设156项重点工程项目中,开始建立了我国第一家专门生产重型机床的专业制造厂家即武汉重型机床厂。既然是重型机床厂,所以武重产品包括了30t以上的车床、铣床、镗床、磨床等综合性产品。计划经济时代,我国重型机床行业也有过辉煌业绩。武重生产出我国第一台重型6.3m立式车床,为此我国邮电部门专门出版纪念邮票。济南二机床为德阳二重生产出一

台加工宽度为6.3m的重型龙门刨床,也为之轰动全国。计划经济时代能够提供重型机床产品的厂家主要有,武汉重型机床厂、齐齐哈尔第一机床厂、齐齐哈尔第二机床厂、济南第二机床厂、北京一机床、青海重型机床厂、上海重型机床厂、险峰机床厂等一批国家骨干企业。这些企业担负着国家重点工程建设所需要的关键重型加工设备的制造任务。

改革开放以后,我国国民经济进入快速发展阶段,尤其是进入二十一世纪以来的八年多时间,为重型机床产品开发提供了前所未有的战略机遇,强劲的市场需求拉动,促进我国重型机床行业出现了产销两旺的局面。如今的我国自己开发制造的重型机床和超重型机床产品,已经基本满足了国家重点工程需要,并多次创造出极限规格的世界之最,如我国已经制造出加工直径25m的超重型数控立式铣车床、镗杆直径320mm的落地式铣镗床、加工宽度为5m以上的数控龙门镗铣床、回转直径在5000mm以上的数控重型卧式车床等等一批具有自主知识产权而且技术水平已经接近世界先进水平的重型机床系列产品。进入市场经济以来,传统被打破,分工被取消,我国生产重型机床厂家已经远远跨越原来重型机床专业厂范畴。

近八年来,一些从未涉及重型机床的厂家,也纷纷扩大再生产,抢滩重型机床领地,而且越做越大。如沈阳机床集团、大连机床集团、桂林机床厂、新瑞机床集团(江苏多棱)、昆明机床厂、天水星火机床厂、宁波海天精工机械有限公司、汉川机床有限责任公司、大河机床厂等新生力量。同时,一些原来生产单一品种的重型机床企业,近年来也投入大量资金进行技术改造,也开始步入立式车床、卧式车床、落地铣镗床、龙门镗铣床等综合产品开发生产,有的已经形成一定系列规模。如齐重数控装备股份公司、齐二集团公司、济南二机床、北京一机床、新瑞机床集团等企业。

市场需求培育了我国重型机床产品发展和技术

水平提高,也使得重型机床生产厂家重新洗牌,我国重型机床生产厂家队伍,已经是遍布整个机床制造行业,就连过去只生产小型机床产品的宁江机床厂目前已经研制出 XH2525、XH2425 大型数控龙门铣床系列。同时该厂正向高精度曲拐数控立式车铣复合机床、重型卧式车床、卧式曲轴车床、重型落地镗床、超重型动柱龙门加工中心、中大型卧式滚齿机、中高档立式加工中心发展。在国家经济快速发展大环境下,在用户需求市场培育下,我国重型机床水平还将不断地向更高水平发展,重型机床制造企业也还会不断地更新和壮大。根据不完全统计,现阶段我国能按市场需求提供成熟产品的重型机床制造企业数如下:

重型数控立式车床:制造加工直径 5m 的有 8 家;制造加工直径 8m 的有 3 家;制造加工直径 10m 的有 3 家;制造加工直径 16m-25m 的有 2 家。

重型数控卧式车床:制造回转直径 2m 的有 6 家;制造回转直径 2.5m 的有 6 家;制造回转直径 4m 的有 4 家;制造回转直径 5m 以上的有 2 家。

重型数控落地铣镗床:制造镗杆直径 160mm 的有 7 家;镗杆直径 200mm 的有 6 家;镗杆直径 260mm 的有 4 家;镗杆直径 320mm 的有 2 家;

重型数控龙门式铣镗床:制造加工宽度 2-2.5m 的有 50 多家;制造加工宽度 3m 的有 18 家;制造加工宽度 4m 的有 11 家;制造加工宽度 5m 的有 8 家;制造加工宽度 6m 以上的有 3 家;

我国能提供多品种(数控龙门铣镗床、数控立式车床、数控落地铣镗床、数控卧式车床)重型机床厂家有:武汉重型机床集团、齐齐哈尔二机床集团、齐重数控装备股份有限公司、北京一机床、济南二机床、沈阳机床集团、新瑞机床集团、星火机床集团公司等。

值得一提的是在繁荣的市场和良好的发展环境下,由于一些企业缺乏对市场的充分分析和论证,相继进入重型机床制造行列,已出现了重型机床制造业过热的苗头。盲目投入大量资金进行低水平的重复建设,必将造成生产能力过剩和无序竞争。

2. 我国重型机床制造业主要产品

我国重型机床制造业在市场培育下,产品技术水平和制造能力有很大提高。有的已经达到或接近世界先进水平,有些产品技术水平已跨进世界先进行列,如立式铣车床,我国已经开发和制造出世界

规格最大的加工直径 25m 数控铣车复合加工中心,目前正在开发加工直径达 29m 具有五轴联动的超重型世界之最的立式铣车床。重型数控立式车床系列产品,我国已经完全自己满足需要,并且有部分产品出口;数控重型卧式车床,我国已经开发和生产出加工直径 5m、加工长度 20m、承载重量达 500t 的超重型数控卧车,也是重型数控卧式车床系列中承载量的世界之最,目前我国已经可以生产加工最大直径为 6.4m 的数控卧式车床。落地式数控铣镗床系列产品,已经开发生产出镗杆直径为 320mm 的世界最大规格的重型数控落地铣镗床。在铣镗床系列中完成了五轴联动开发并形成了批量产品。龙门式铣镗床是我国发展最快、生产厂家最多的重型机床产品。为了满足不同类型用户需要,目前可提供龙门固定式、龙门移动式、双龙门移动式、横梁固定式、横梁移动式、龙门横梁移动式、高架桥式等多品种多规格的系列产品。在规格上我国已经可以成批量生产加工宽度在 5m 以上,加工长度在 20m 以上的重型数控龙门铣镗床。目前,有些厂家正在开发生产加工宽度达 9.6m、加工高度为 8m、加工长度为 58m 并带有圆回转工作台的龙门移动式数控铣镗床。在龙门铣镗床系列中,高速加工、成型加工、五轴联动加工技术已经得到普遍应用。数控轧辊磨床我国已经开发出磨削直径 2500mm,磨削长度 15000mm,承重 250t 的数控重型轧辊磨床。我国可以制造加工直径 12500mm 的重型齿轮加工机床。重型曲轴加工、深孔加工、铁路车辆、导轨磨床等数控专用机床已经形成系列产品,满足各用户行业加工需要。

3. 重型机床的主要服务领域与市场需求

我国重型机床产品主要是为国家能源(火电、水电、核电、风力发电)、船舶制造、工程机械、冶金、航天、军工、交通运输(铁路、汽车)等主要工业支柱产业以及国家重点工程项目服务。近八年来,重型机床企业越来越重视产品技术水平的提高和品种的开发,市场观念和技术创新意识在加强,重视提高为国家重点建设项目提供关键设备的能力,研制开发出一批为发电设备、交通运输、航空航天、国防军工等部门的重大工程项目所需要的重大装备。改变了我国重点工程建设需要的关键设备主要依靠进口,花费国家大量外汇,且受制于人的局面。如武重为加工三峡工程水轮机的关键设备——CKX53160 型数控单柱移

动立式铣车床，保证了号称世界最大的三峡电站 550t 重巨型水轮机转轮的加工完成。该机的研制成功，代表了我国超重型机床的生产能力和水平，标志着我国自主版权产品达到世界先进水平，成为世界上少数几个超重型机床供应国之一，同时标志着我国重型数控机床制造水平达到了一个新的高度，促进了机床技术及相关技术的发展，也为设计、制造更多的铣车复合机床系列打下了基础。在 16m 数控立车基础上，我国先后开发出加工直径达 18m、20m、22m、25m、29m 数控立式铣车复合型系列产品。同时在立式铣车床产品上，能完成七轴五联动车铣复合加工，完成对大型舰船螺旋桨的加工。

齐齐哈尔第一机床厂设计制造的 DH4300/250-25×18000-1 型数控重型卧式车床，是为哈尔滨电机厂提供的三峡工程的配套设备，加工直径 4.3m，加工长度 18m，最大承重 250t，机床可实现工件自动测量，机内对刀。在加工三峡机组水轮机转子时，一次装卡重达 200t 的工件，完成对工件的全部加工。该机床的研制成功，标志着重型卧式车床制造能力迈上新台阶。武重集团也先后开发出具有完全自主知识产权的加工直径为 2.5m、3.2m、3.6m、4.2m、5m、6.4m 重型数控卧式车床系列产品，主要满足造船、发电、冶金、军工行业加工大直径长轴类零件加工需要。

齐齐哈尔二机床集团公司、武重集团公司成功研制出镗杆直径 130mm、160mm、200mm、260mm、320mm 落地式镗镗加工中心。可实现 9 轴控制，5 轴联动。具有 ATC（自动换刀），AAC（自动换附件），AATC（自动换附件刀具）和自动分度及自动测量功能。广泛应用于能源、造船、军工、航天、航空，尤其对螺旋桨等曲面和不规则平面的加工，具有独特的功能。为各行业加工箱体提供了关键设备。

北一机床、济二机床、武汉重型、齐二机床、桂林机床、新瑞机床、沈阳机床、大连机床等一批新老重型机床制造厂家，纷纷开发出加工宽度为 1500、2000、2500、3200、4000、5000mm 以及五米以上重型龙门式镗铣床。机床广泛应用于造船、发电、航天航空、军工、汽车模具等行业，适用于模具模型，发动机叶片，大型水泵叶片、舰船推进器叶片、飞机螺旋桨等各种螺旋体、球体的精密加工。这类重型机床是国家急需的加工设备。武汉重型、

北一机床、济二机床都能生产出加工宽度在五米以上的双龙门移动数控龙门镗铣床并可实现五轴联动和配带圆形回转工作台。

青海重型机床厂生产的 CK8011C、CKA8013 型数控不落轮车床和数控不落轮对车床，彻底改变了铁路系统轮对加工的落后状态，结束了车轮车床无数控型加工机床的历史，填补了国内轮对加工机床数控化的空白，由于其高效、高质量、高自动化水平，在多次与国外产品竞标中成为赢家，为提高铁路运输车辆轮对的制造、修理水平做出了贡献。武汉重型研制了 XK9720×400 型数控龙门移动式镗铣床，龙门间距 3200mm，工作台长 40500mm，龙门移动行程 41000mm。主要用于大号码高速铁路道岔的加工，是目前国内加工铁路道岔的最大加工设备，为提高铁路道岔的加工能力和火车运行速度提供了技术保障。

4. 我国重型机床与世界先进水平的差距与不足

尽管我国重型机床行业在最近八年来有了长足进步，取得可喜的发展。但是在先进技术应用和制造工艺水平上与世界先进国家还有一定差距，新产品开发能力和制造周期还满足不了国内用户需要，另部件制造精度和整机精度保持性、可靠性尚需很大提高，尤其是在与重型机床配套的数控系统、功能部件（如刀库、机械手和两坐标铣头等）还需要从国外进口。

随着科技进步与艰苦奋斗的努力，与世界先进水平的差距在逐步缩小，近八年来，在中国国际机床展览会 CIMIT 和中国数控机床展览会 CCMT 上，重型机床展台，多次显现出惊人的魅力和靓丽风采，吸引着国内外大量机床采购商和留连往返的参观者。从展品雄伟高大的外观到展台和谐新颖的布局，都给人以重型机床行业正在飞速发展的深刻印象。这充分说明我国重型机床产品的技术水平在提高，用户信任度、市场占有率在提高。最近各厂的技术改造取得了可喜成绩，为我们承接国家重点工程项目提供了可靠保障，使新产品开发和制造周期大大缩短。我们相信通过不断的努力，在不久的将来，我国重型机床制造业完全可以满足各用户行业对高档数控重型机床的需求。我们要抓紧以承担国家重点工程项目为契机，努力开发高档数控重型机床，为国产数控重型机床武装中国制造业做出更大贡献。□

机床综合再制造服务模式及实践

Serve mode & practice of machine tool comprehensive reconstruction

重庆机床集团 廖绍华 陈时权

重庆大学 李国龙 刘 飞

摘要：随着现代制造业竞争的日趋激烈，制造企业对维护与提升机床装备能力的需求越来越迫切，这对广大的制造企业特别是中小制造企业，正形成严峻的挑战。为此，本文提出了一种“机床综合再制造服务新模式”。服务型企业针对客户企业机床装备能力维护与提升需求，形成包括机床维修与升级、废旧机床再制造、机床以旧换新、机床厂家特约集成维修等功能的机床综合再制造服务模式。本文所提模式已在某制造服务型企业初步实践，取得了很好的应用效果。我国机床拥有量世界第一，机床综合再制造服务产业不仅自身是一个巨大的产业，而且对现代制造业机床装备能力提升具有重大作用。

关键词：机床；综合再制造；服务模式；制造服务业

1. 引言

机床是制造业的主要生产装备，它直接关系到制造业的竞争能力。现阶段，绝大部分制造企业都专设有设备维改部门来进行机床的维护和保养，以维持和提升本企业的机床装备能力。随着现代制造业竞争的日趋激烈，机床自动化、智能化、精密化、信息化程度的进一步发展，以及国家在资源节约、节能减排等方面的要求越来越高，这些都对设备维改人才及技术提出了更高的要求，大部分企业的设备维改部门已难以适应这种新形式。另外，现有的一些独立维改企业也亟需规范和引导。具体表现在：

(1) 企业自主进行机床维改的成本越来越高。随着机床技术水平越来越先进，制造企业要自主进行机床的维修与改造，必须购置越来越多昂贵的的维修仪器与设备，引进和培养更高素质的机床维改人才。企业仅维持设备维改部门正常运转都需要一大笔费用，再加上企业维改专业化水平不高等因素制约，导致最终维改成本居高不下。现代制造业的发展要求企业的机床维改要有效地利用社会资源，开展社会化协作，以使企业专注于核心竞争力的打造，降低企业维改成本。

(2) 现有的机床维改方式无法满足现代制造业对绿色环保、节能减排等要求。首先，企业维改部门一般着眼于机床的功能恢复，并没有改变传统废旧机床能耗大、噪声大，加工过程切削液、粉尘、油雾等污染大等绿色问题，维改后的机床不符合绿色要求；其次，许多报废机床中的废油、塑料、报

废的电气系统等作为垃圾处理，造成环境污染；再次，许多功能丧失或降低的零部件往往作废品处理，没有得到修复或再制造，废钢铁回收处理将消耗资源和影响环境，资源浪费严重。

(3) 企业维改工作一般不能跟上时代发展的需要。如缺少信息化支持功能，因此难以支撑现代企业车间生产过程信息化的需要等。

(4) 社会上虽出现了一些独立的维改队伍，但大都从企业维改部门分流而来，一般以单件作坊式模式进行机床维修改造服务，存在维改效率低、维改周期长、绝对成本高、专业化程度低、机床质量不规范、可靠性不高等问题。

随着我国制造业大国地位的进一步加强，机床装备能力维护与提升越来越重要。我国机床拥有量世界第一，约 550 万台，其中：15%左右的机床仍停留在 50-60 年代，面临报废和淘汰，而且报废数量还将随着时间推移不断动态增加；60%的机床役龄超过 10 年，大量机床在不断进入大修状态。这样，一方面，各类量大面广的机床急需进行维修改造；另一方面，现有的机床维修改造模式已不适应时代发展要求。

针对以上问题，本文提出和建立了一种“机床综合再制造服务模式”，研究了该模式的总体方案、运营机制和运行模式，并将该模式在重庆市进行了初步应用实践。

2. 机床综合再制造服务模式的总体方案

机床综合再制造服务业，是从制造业内部设备维

改部门分离而发展起来的一个新兴的服务业，具有高科技含量、高附加值、高人力资本和高成长性的特点。机床综合再制造服务模式的总体方案如图 1 所示

该模式总体方案包括以下三个方面的主要内容。

一是机床综合再制造服务企业的组建。本模式的实现，对机床综合再制造服务企业有较高的要求，特别是在技术上，需要企业有较强的实力，能提供

各种专业的机床综合再制造服务。

二是需要网络化协同工作平台、虚拟仪器、信息化终端等的辅助支撑。由于服务型企业在对客户企业提供机床综合再制造服务的过程中，涉及到大量远程信息（如：机床状态信息）交互和业务协同，需要一套网络化协同工作平台作为辅助支撑；另外，虚拟仪器、信息化终端等有助于客户企业机床连接

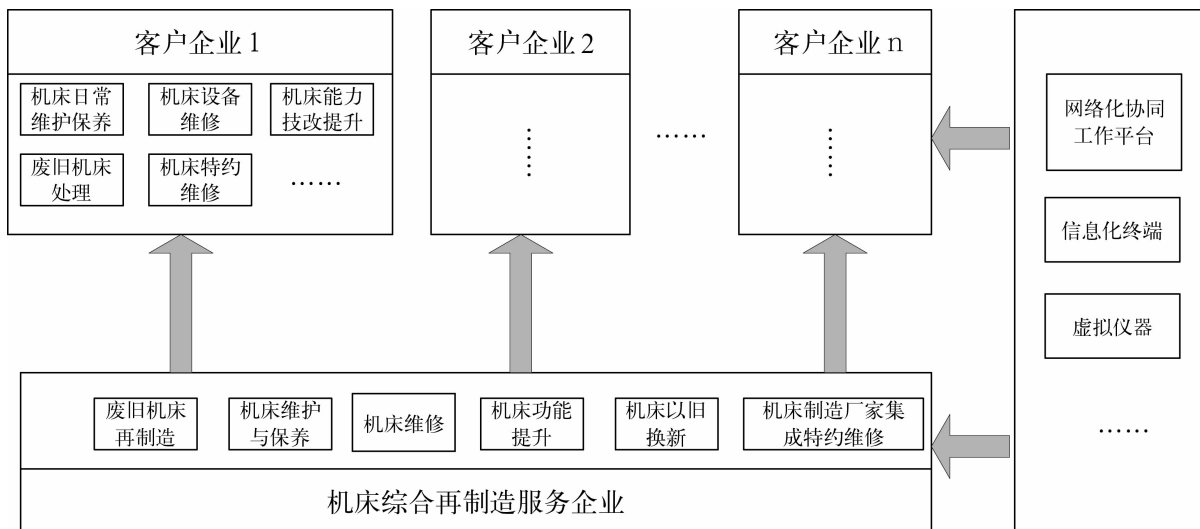


图 1 机床综合再制造服务模式的总体方案

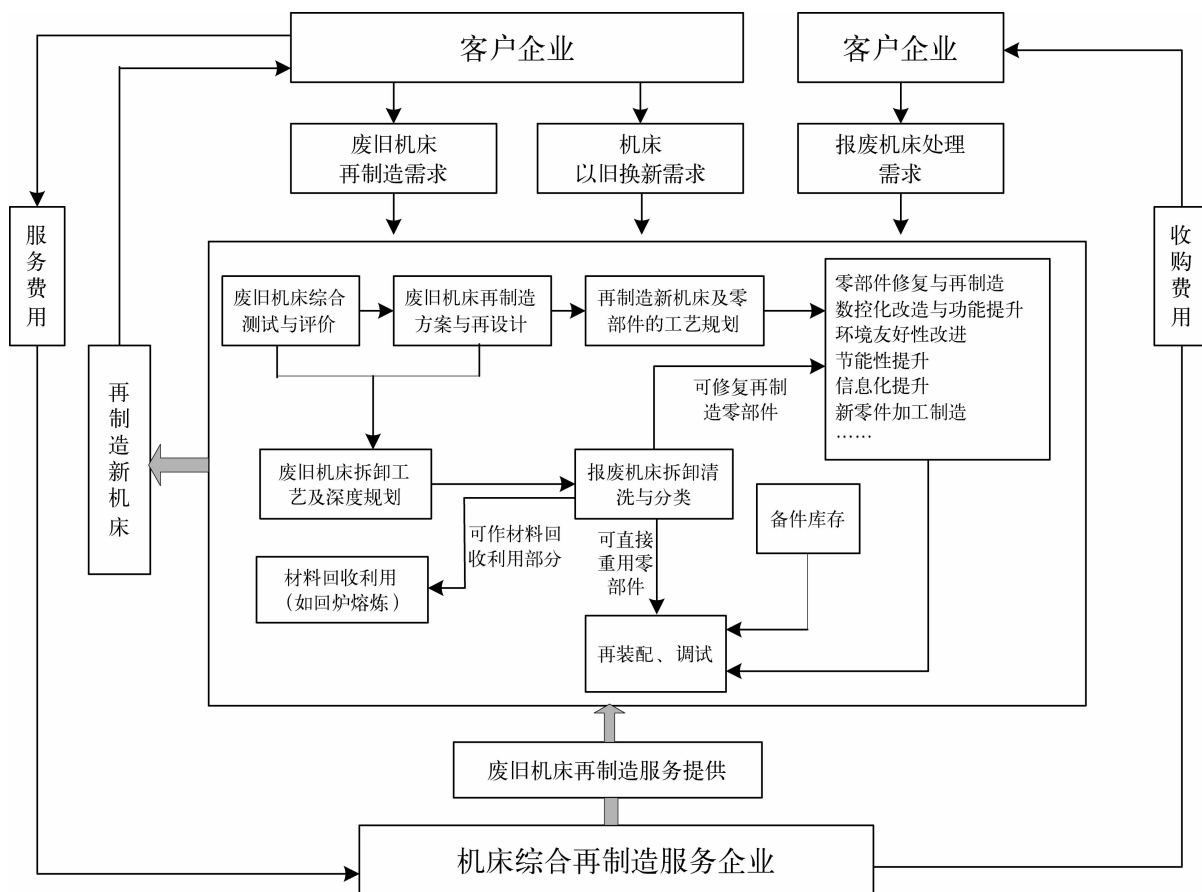


图 2 废旧机床综合再制造服务业营运模式

互联网以进行远程诊断。这些支撑手段和技术可有效提高服务效率和降低运行成本，支持服务型企业与客户企业之间基于网络的机床综合再制造信息交互和业务协作。

三是机床综合再制造服务的开展。在辅助支撑手段的支持下，服务型企业可以快速、高效、优质地为客户提供各种机床综合再制造服务。

3. 机床综合再制造服务的运营机制

本模式的实现和推广应用需要一种良好的市场运行机制。机床综合再制造服务业，大致可分为两大类。一类为废旧机床的再制造服务，包括：企业废旧机床的再制造服务、旧机床的以旧换新服务，企业待处理的报废机床及旧机床的收购等。另一类为机床的维改服务，包括：企业机床日常维护与保养服务、机床大修服务、机床功能升级服务等方面。图2、图3中为两大类机床综合再制造服务业的具体运营机制。

4. 机床综合再制造服务业的运行模式

机床综合再制造服务业的运行如图4所示。

在图4所示的运行模式中，服务型企业与客户企业建立长期战略合作伙伴关系是该模式的一个重要特点。由于建立了长期战略合作伙伴关系，一方

面客户企业便间接拥有了服务型企业拥有的各种机床再制造优势资源，在较大程度上弥补了客户企业在技术、设备和人才等方面的劣势；另一方面服务型企业将站在长期合作的角度，利用其专业化优势长期为客户提供各种机床综合再制造服务，从而能大大降低客户企业的机床维改成本，有效提高客户企业机床装备能力。

5. 机床综合再制造服务模式在重庆市的初步实践

重庆机床（集团）有限责任公司是国内最大的成套制齿装备生产基地，世界上滚齿机产、销量最大的制造商，拥有“国家认定企业技术中心”，在机床制造与维护维修方面具有很深的技术积淀。2006年开始，重庆机床集团在下属的二机床厂建立了机床综合再制造实体，专业为重庆本地制造企业提供机床综合再制造方面的服务。再制造实体拥有激光干涉仪、电刷度、导轨磨床等专业再制造设备以及专门的再制造车间，已为多个重庆市的制造企业提供了机床综合再制造服务，帮助客户企业在机床能力提升方面取得了显著效果。其中一个典型案例便是为重庆秋田齿轮有限责任公司提供的机床综合再制造成套服务。

重庆秋田齿轮有限责任公司是亚洲最大的摩托

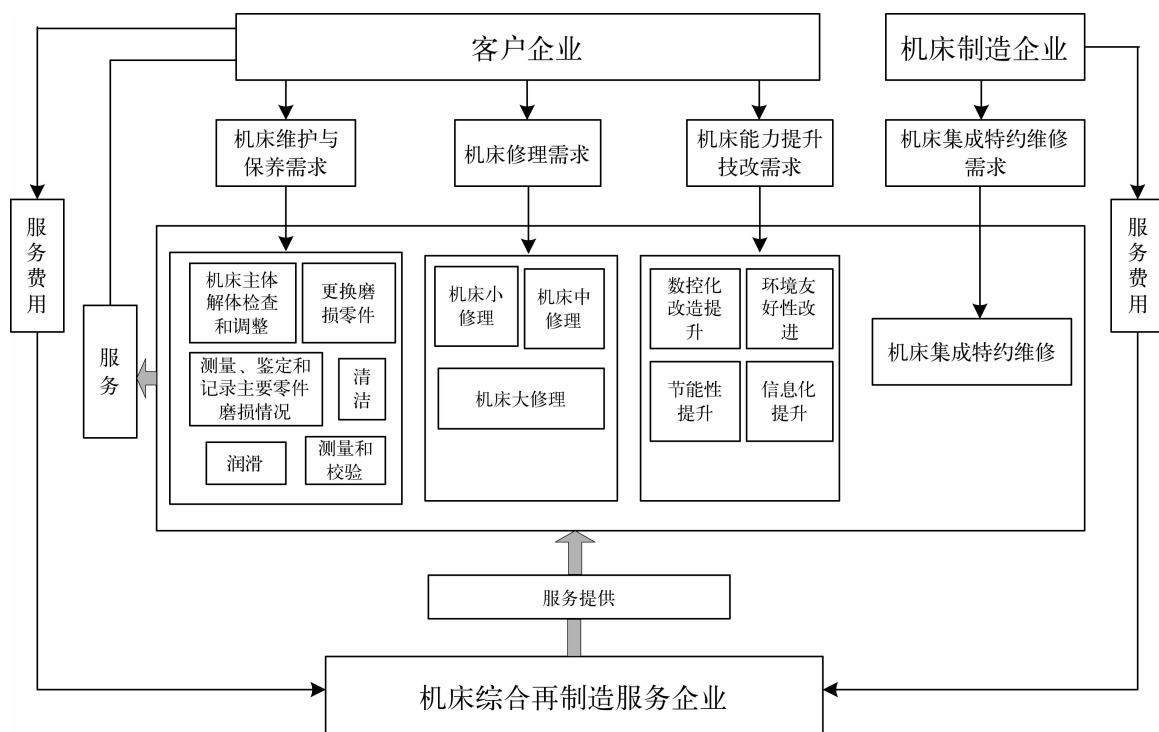


图3 机床综合再制造服务业营运模式

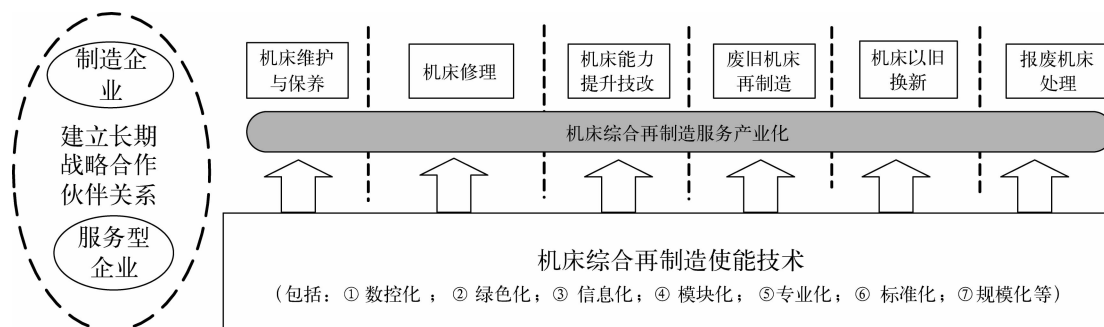


图4 机床综合再制造服务业的运行模式

车齿轮生产企业，拥有各类机床 2000 多台，经过多年的发展，企业逐渐购置了数控机床和加工中心，但还大量存在以前购置的各类普通机床。随着机床役龄的增长，以及产品质量要求越来越高，一些机床已逐渐不适应产品加工要求。为了系统解决企业机床维修改造方面存在的一系列问题，重庆秋田齿轮有限公司与重庆机床（集团）建立了长期战略合作伙伴关系，并委托对企业机床装备进行综合再制造服务。

通过机床综合再制造外包服务，2 年来已完成了 150 多台机床的综合再制造，秋田齿轮有限公司的机床装备能力大大提升，经济效益极为显著。以单台再制造成本约 3 万元，扣除单台机床的折旧费 4000~5000 元，按同等机床的市场售价 7 万元计算，共为客户企业节约新购设备资金 525 万元，缓解了客户企业的资金压力。



图5 客户企业待再制造的机床 图6 废旧机床拆卸工序

同时，机床再制造在节能减排、资源节约方面的社会效益也非常显著。仅以重庆秋田齿轮有限公司的 150 多台废旧车床再制造情况统计为例：可直接利用的零件重量占机床总重量的 15%；经再造后

表1 床身导轨再制造与新制造对比
(能源消耗未含铸造部分)

	生产工序(步数)	加工时间(小时)	加工周期	材料消耗(KG)	能源消耗(度数)	成本(¥元)
新制造	23	48	30	361	956	3850
再制造	5	18.2	3	0	60	580



图7 废旧机床零部件再制造

图8 装配过程中



图9 再制造后机床在客户企业生产现场

可使用的零件重量占机床总重量的 75%。表 1 为床身导轨的再制造与新制造对比，可以看出再制造在节能减排、资源节约方面的巨大社会效益。

6. 结论及发展展望

针对制造企业对机床维护与保养、机床维修、废旧机床再制造、机床报废处理、机床以旧换新、机床特约维修等服务的迫切需求，本文提出和建立了一种“机床综合再制造服务新模式”，并建立了该模式的总体方案、运营机制和运行模式。该模式是一种新型的现代制造业服务模式，有助于帮助制造企业实现主辅分离，让企业专注于核心竞争力的打造。

通过该模式在重庆市的初步实践证明，机床综合再制造服务业作为一种新型的现代制造服务业，能帮助客户企业低成本跨越式提升已有机床的装备能力，经济效益十分显著；同时，其资源节约、节能减排等社会效益也很显著。机床综合再制造服务业的产业前景极为广阔。□

浅谈机床制造企业中长期发展规划的编制与实施

南通纵横国际股份有限公司 徐慕德

进入新世纪以来,随着我国装备制造业的蓬勃发展,世界制造业重心向中国的转移,国家对数控机床产业的大力支持,机床行业迎来了迅猛发展空前兴旺的大好时期。近三年我国数控机床的产量以每年50%左右的速度递增,机床产值的数控化率从三年前的26.2%上升到32.7%。

“十一五”期间我国各重点产业将继续稳健发展,机床的消费量,特别是高性能数控机床的消费量仍将保持较大幅度增长的态势,市场前景看好。

目前在我国机床行业中,国有控股企业、民营企业、外资企业(含外方投资、控股或独资企业)已形成“三足鼎立”之势。国内机床市场竞争越来越激烈,机床制造企业面临越来越大的压力。在当前各行各业的“十一五”发展规划陆续出台之时,我们应该以此为契机,尽早研究应对之策,做好企业中长期发展规划的研究、编制和规划的分步实施工作,力争在“十一五”期间能有更快、更大的发展。

对于企业中长期发展规划的编制和实施问题,本人提出以下粗浅的看法:

一、如何编制企业中长期发展规划

1. 编制中长期发展规划不是做表面文章,而应该是企业求生存、谋发展,做强做大机床产业的内在要求。企业的发展规划应该以科学发展观为指导,坚持开拓创新和可持续发展,集中体现企业的发展思路、方针、目标、治厂方略和战略部署,使之成为指导企业发展的行动纲领。

2. 要拓宽视野高瞻远瞩,站在战略的高度审视企业的未来。中长期发展规划的出发点和最终归宿就是全面提高创新能力、竞争能力和盈利能力。企业的发展规划应做好与“五个方面的有机结合”:一是与深化企业的改制、改革、改造相结合;二是与建立和完善新的经营理念、管理思想、管理模式、运行机制、规章制度、标准规范相结合;三是与人才、技术、资产、市场网络、关系网络等多种资源

的积极开拓、优化组合、合理运作和充分利用相结合;四是与进一步优化产品结构,更新制造手段和工艺方法,扩大产业规模,有计划地进行技术改造相结合;五是与努力创建先进的企业文化、塑造良好的企业形象、锻造高素质的员工队伍,全面提高企业的创新能力和竞争实力相结合。

3. 编制中长期发展规划既要自我加压积极奋进,又要讲究科学,实事求是,总体战略目标和主要经济技术指标应力求先进合理。要以正确的决策、慎密的筹划、扎实有效的技术组织措施和科学的分析论证,确保经过拼搏奋斗能够实现规划目标。

4. 中长期发展规划的目的是解决好企业发展的定向、定位和战略决策问题,明确总体发展的方针目标和分步推进的战略部署。因此,中长期发展规划应该具有前瞻性、导向性和指导性。

只有了解行情知己知彼,才能有的放矢掌握主动。因此事前必须对政策、市场、行业和竞争对手的情况,对技术和产品的发展情况进行调研和分析,洞察形势兴利除弊。前期的各种调研分析是编制规划不可省略的步骤,大约要占据70%左右的时间和工作量。同时对企业内部的管理模式、体制、机制、制度以及技术、产品、生产经营的现状、存在的问题、与同行的差距等情况进行调研分析,扬长避短立新破旧。通过对内部、外部多种矛盾的梳理剖析和深入思考,抓住影响大局的“牛鼻子”,解决制约发展的“瓶颈”问题,推动企业的持续、稳健、快速发展。

5. 企业中长期发展规划确定后,每年还应编制两至三年的“近期滚动实施计划”。根据“近期滚动实施计划”每年再编制“年度工作计划”。

情况是不断变化的。编制“近期滚动实施计划”的目的就是根据内部和外部情况的变化,对发展规划中原先估计不足、考虑不周的地方进行补充、调整或修改,做到“远近结合,贴近市场,前后连贯,切实可行”。紧紧围绕规划总目标确定近两三年的阶段目标和实施计划,完善战役方案,选准主攻方向和突破口,

做好技术、生产、营销、资金和管理等方面的启动工作，为制订和实施年度工作计划指明方向打牢基础。这是承上启下分步实现总体规划目标的重要部署。因此近期滚动实施计划不仅要有指导性和连续性，而且更要有针对性和可行性。

年度工作计划是实施发展规划和滚动实施计划战略目标的基础，是组织具体战役攻坚的战斗号令。年度工作计划应该具有可操作性、严肃性和一定的强制性。企业的各个部门必须紧紧围绕企业的年度方针目标和工作计划提出各自的工作计划，以承包为主要形式把各项任务指标逐一分解落实到人头，有序地组织实施各项工作，千方百计确保全面完成阶段目标任务和局部目标任务，以此确保规划总体目标的圆满实现。

6. 科技项目是促进企业创新和发展的根本途径，也是企业发展规划的重点内容。企业应列出课题任务，有目的、有重点地开展需求调研和产品技术调研，主动出击开拓项目源寻找好项目。企业在充分发挥自身潜能的同时可通过技术引进，与合作伙伴进行多种形式、多方面的合作，取人之长补己之短，借助外力趁势而上，千方百计掌握核心技术，充分利用外部的优势资源，不断提高自主研发创新的能力。企业应审时度势抓住机遇，科学决策果断行事，积极创造条件尽可能优选大项目、施展大手笔、创建大集团、实现大发展。

7. 中长期发展规划和滚动实施计划的编制与实施，工作内容面广量大，涉及到企业所有的部门，对企业今后的发展会产生重大的影响。因此，企业应把发展规划和近期滚动实施计划的编制、修订与规划实施的组织管理作为一项重要的常规工作来做。要选用思路开阔、富有创新精神、经验丰富、综合素质高、熟悉内部和外部情况、组织管理和业务能力强的专家或技术业务主管，专门潜心研究和主办这方面的工作。要有归口管理部门来牵头组织这方面的工作。企业的领导不仅要重视规划的编制和修订工作，加强指导，认真审核把关，更要重视规划的实施，狠抓规划任务的落实，加强组织协调和督查考核，做到每年都有实质性的进展。使规划工作“不仅花朵艳丽，而且果实丰硕”真正起到引导和推动企业快速稳健发展的作用，而不至于流于形式。

8. 企业领导应加强与专家和专业人员的交流和沟通，每年最少组织一次专题会，具体研讨修订发

展规划和滚动实施计划，确定年度工作计划，下达重点研究课题，审议批准重点项目的立项和实施，研究解决规划实施过程中的重大问题。

编制和实施企业中长期发展规划需要集中大家的智慧，充分调动各方面的积极性和创造性。应该向员工展示激荡人心的宏伟蓝图和催人奋进的发展目标，把任务指标和责任分解到部门落实到人头，让员工清楚地看到实现规划目标后不仅公司可以发展腾飞，员工的收入和待遇也将水涨船高达到新的水准。从而激励全体员工齐心协力，为实现规划目标共创美好未来而拚搏奋进。

二、中长期发展规划的重点工作

中长期发展规划应重点抓好以下工作：

1. 做好产品发展的规划——大力培育新的经济增长点，发展高新产品，调整优化产品结构，增加规格品种，加速产品的更新换代，实现产品的系列拓宽、门类拓展和多元化发展。应尽量做到开发一种新产品，能形成一个新产业。

2. 做好技术发展的规划——在引进先进技术，加强合作，提高产品水平；加强标准化、通用化、系列化工作；完善产品的设计手段、数据资料库管理手段、试验手段和现代化的信息管理手段；在实施重大技术改造项目，革新制造工艺、实现高新技术产品产业化；掌握核心技术，形成自主知识产权和加强知识产权保护；科技人才的引进、培养和科技队伍结构的调整优化；建立和完善科技创新机制等方面；要通盘规划，提出新思路、新目标、新举措，以实现新的跨越。

3. 做好国内外市场开拓发展的规划——提出市场拓展的目标、措施、方法和步骤，提出主导产品的市场占有率目标。企业的产品开发和生产经营活动都要紧紧围绕市场展开。要以市场为导向，销售为龙头，进一步完善营销战略，加强经营管理，优化销售手段，创新销售方式，扩大营销网络，全力推进并不断改善产品销售和用户服务工作。

4. 做好投入产出的规划——编制好各个阶段的生产大纲并做好可行性分析论证。加强技术质量、生产经营和资金筹措等各个环节的筹划和管理，努力实现各类资源的优化整合，从多方面挖掘潜力控制成本，力争以较少的投入换取较大的收益，追求利润最大化的目标。投入与产出应是同步增长的关系，最理想的效果是产出增长率大于投入增加率。

5. 做好产品质量创优升级的规划——强化质量管理，实施名牌战略。抓好方案制订、标准宣贯、检测和试验手段更新、工艺攻关、技能培训、配套件协作件监控、质控点和生产现场的管理、产品检测试验、用户服务和落实质量责任制等重点环节，扎扎实实完善产品的技术性能、提高制造质量和使用的安全可靠。

6. 做好人才结构的优化调整 and 各类人员培训的规划——引进技术业务带头人、专家和重要岗位上的高级管理人才，有计划地培养独挡一面的重要技术、业务、管理骨干和生产一线的高级技师，进一步提高高级人才的比例，以满足做强做大机床产业，

全面提高竞争实力，加速企业全方位发展对各类人才的需求。

7. 有的企业还要做好资产组合、资本运作、对外投资、战略合作方面的规划，等等。

完成发展规划的编制仅仅是规划工作迈出的第一步。实施规划的组织管理工作任重道远。发展规划出台后应紧紧咬住规划总目标不放松，放眼长远立足当前，突出重点攻克难点，分步实施连续滚动，环环紧扣锁定目标，以实现各年的年度目标为基础，确保近期目标和长远目标的实现，把各项工作快速稳健扎扎实实地向前推进。□

● 业界动态 ●

安阳鑫盛机床股份有限公司两种新产品通过省级成果鉴定

安阳鑫盛机床股份有限公司针对市场需求开发的 CK61100 大型卧式数控车床和 CKH61125 重型卧式数控车床于近日通过了河南省科技厅组织的成果鉴定。

CK61100 大型卧式数控车床，床身为整体式结构，导轨面宽（755mm），刚性好，抗振能力强；主轴扭矩大，采用高精度圆柱滚子轴承及双向推力角接触轴承进行组合使用，作三点支撑，旋转稳定，精度高，既可重切又可精车；主轴变速为二位油缸和三位油缸组合，实现液压四档自动变速，档内无极调速，恒线速切削；进给伺服电机通过精密行星减速器传动与精密丝杠滚珠丝杠副直联，丝杠支撑采用了专用的组合轴承，简化了结构，增强了刚性；滑动导轨副采用 Slydway 新型氟材料贴塑处理，动、静摩擦系数小、有效地减少了爬行，保证了精度；尾座动力驱动，可实现套筒 1:1 和 1:20 双速移动，便于操作；尾座上有止退装置，机床半封闭防护，适合大型工件上下料，机床安全性高。

CKH61125 重型卧式数控车床床身采用两导轨结构，实现了重型机床轻量化设计；导轨采用镶钢导轨，耐磨性好，保证了长寿命、高精度和良好的保持性；主轴由伺服主轴电机驱动，通过二位油缸和三位油缸组合控制进行自动变档，实现低速大扭矩切削特性和挡内无级变速功能；主轴组件采用精度圆柱滚子轴承及双向推力角接触轴承进行组合使用，三支撑结

构；丝杠支撑采用丝杠专用组合轴承；Z 向进给采用螺母旋转结构，使进给系统的力矩和惯量性能完美匹配；床鞍导轨采用 Slydway 新型氟材料贴塑处理，有效减少了爬行；尾座采用模块化设计并具有精确顶紧力数字显示功能；尾座上有止退装置，确保了顶持安全性；尾座整体移动采用齿轮齿条装置电动驱动，降低了工人劳动强度；电器系统设计了多种报警功能，显示器上可按类别显示运行时的故障与报警信息，维修更加方便；设计了多种安全互锁连锁功能，如断电回退、尾座防撞灯，以避免在意外情况下，保护人、设备、工件与刀具等的安全。CKH61125 重型卧式数控车床对提高进给系统精度、关键零部件 CAE 设镶钢导轨设计和制造、超长床身组合加工及装配等关键技术开展了深入研究，提高了产品的精度与性能。

安阳鑫盛机床股份有限公司的 CK61100 大型卧式数控车床和 CKH61125 重型卧式数控车床的开发应用，解决了诸如大型零件的加工，保证和提高产品质量，大幅提高效率，缩短生产周期等问题，为我国机械加工业提供了经济、实用的高精度、高质量、高效率的机电一体化加工设备，对促进我国机械加工工业的发展、提升机械装备水平、满足各行业对高精加工设备的需求、减少对国外数控机床的依赖于进口有十分重要的意义。□

在金融危机下中国装备制造业发展的思考

The way to promote China's equipment manufacturing industry under the world wide financial crisis

胡兴军

一、我国装备制造遭遇巨大危机

由美国次贷危机引发的全球性金融风暴仍在蔓延和深化,世界经济下行趋势更加明显。作为外贸依存度高达 60% 的开放大国,我国经济正面临巨大挑战。

受金融危机影响,中国装备制造业今年的生产和销售增幅大幅下滑。柳工有关人士坦承,行业的经营困境从 08 年三季度开始了,金融危机带来的影响超出了想象,公司面临的困境前所未有。行业 10 月份和 11 月份的销售数据“直线下滑”。工业和信息化部提供的数据显示:08 年 1 至 9 月,中国机械行业完成工业增加值增幅同比回落 4.2 个百分点,部分产品甚至出现负增长。汽车行业完成工业总产值增幅同比下降 14 个百分点,整车出口出现同比和环比双下滑局面。

我国装备制造业的后续订单近来也呈现出急剧下降趋势。机床、发电设备、重型机械等产品新增订单锐减,以上海电气集团为例,9 月份国内设备订单只有去年同期的 6%。进入 10 月份,中国船舶市场出现“停滞”状态,当月承接新船订单仅为今年月平均接单量的 10%,甚至出现撤单现象。

金融危机还导致中国装备制造业企业资金链趋于紧张。由于市场需求萎缩,造成企业产成品大量积压,应收账款增加,资金周转困难。数据显示,除徐工科技外,14 家公司的应收账款在三季度都出现了同比大幅度增长的情况;其中,中联重科应收账款同比增长 109.29%,柳工同比增长 55.27%,三一重工同比增长 62.05%。在销售淡季的时候出现应收账款的大幅度增加并不是好的现象。同时,受产品价格下跌和消化高价库存原材料的双重压力影响,企业利润普遍下降。

按机械行业经营惯例,客户以所购买的工程机械作抵押,向银行办理按揭,按揭合同规定单个客户贷款金额不超过购工程机械款的 7 成,期限最长为 3 年。按公司与按揭贷款银行约定,如客户未按

期归还贷款,公司将负有回购义务。在市场需求旺盛的年份,厂家和购买方都各自享受着按揭模式带来的收入增长,但是,在市场需求疲软,客户违约也就成为一种可能,而且也正在不断发生。

二、我国装备制造存在的问题

我国正处在重化工业的中期阶段,正是装备制造业发挥中坚力量的绝好时机。然而,振兴装备制造业的号角声声之时,其国产化的步履却依然滞重。2008 年中国企业 500 强发布会与会专家认为,我国装备制造业在迅速发展的同时,存在技术水平不高、产品技术含量低、成套设备生产能力弱、品牌缺失等问题。

1. 利润水平低

对于中国机械工业而言,抵御风险能力薄弱的症结仍在于尚未改变粗放发展模式,突出表现为“当前机械工业流动资产年周转次数仅两次,而库存率却达 20% 左右,销售利润率也仅有 5% 左右”。无论在传统行业,或是在高技术含量的现代制造业中,我国装备制造业与国外优秀企业相比,利润水平仍存在巨大差异。从全口径的制造业比较看,有专家计算出,目前我国人均制造业增加值大约为发达国家的 1/17。从反映中国制造业最高水平的中国制造业 500 强的情况看,2007 中国制造业 500 强中,装备制造业企业的数量、销售收入和利润分别占整个中国制造业 500 强总量的 21%、25.42%、24.59%。这些数值仍然低于美国、日本、德国的水平。

2. 基础设备依赖进口

由于装备制造业的落后,近些年我国进口的各种基础设备价值大致占我国进口总值的 50%,设备投资的 2/3 依赖进口,其中光纤制造设备的 100%,发电设备的 90%,集成电路芯片制造设备的 85%,石油化工设备的 80%,轿车工业设备、数控机床、纺织机械、胶印设备的 70% 来自于进口产品。在大型飞机、大型医疗、光纤设备等领域,我国主要靠全盘进口。中国民航现有大型飞机 1000 多架,全部

是从外国进口的。到 2020 年，还需大型飞机约 1700 架，每架售价大约 7000 万美元，需要耗资 1000 多亿美元。但现代化是买不来的，我们一定要靠自己的力量发展自主品牌，振兴民族产业，最终实现现代化。

3. 创造能力弱

由于现阶段我国装备制造业和制造业整体一样，处于全球产业链的末端环节，利润率低下，难有足够资金投入研发，以至于某些行业和企业陷入了低成本竞争与产品质量竞争力不高的恶性循环。据统计，我国机械行业企业的全部研发费用，还不如国外大企业一家的科研经费多。例如西门子一年的研发费用占其年销售收入的 10%；发达国家的一些小型机床厂的研发费用也占到销售收入的 10%~15%；日本日立公司的日立制作所一年的研发费用大约为 10 亿美元。

由于缺乏具有系统设计、系统成套和工程总承包能力的制造业企业，导致我国具备生产设备部分零件能力，但较少生产成套设备，这使得我国企业在装备制造业只能赚“小头”，同时难以拥有和发展自我品牌。目前，我国每年制造小轿车超过 500 万辆，但绝大部分车型都不是中国设计的，整车设计能力尤其落后。

由于用于新产品、新工艺研发投入力度不大，不但致使原创性技术创新成果偏少，而且忙于应付消化吸收引进技术，消化吸收基础上的再创新投入严重不足，二次开发能力不强，陷入了“引进一落后一再引进一再落后”的恶性循环。当前，世界制造业的发展已呈现出四大趋势：绿色制造业、极端制造业、制造业与高新技术广泛融合以及信息技术融入传统制造业；而我国在这些领域也远远落在了后边。

4. 缺乏自主品牌

据不完全统计，世界装备制造业中 90% 的知名商标所有权掌握在发达国家手中。而由于缺乏商标支撑，特别是缺少一批能与国外知名商标相抗衡、具有一定市场影响力和国际竞争力的自主商标，我国装备制造业至今依然处于国际产业链的低端，装备制造业出口商品的 80%~90% 是贴牌加工。

三、我国装备制造如何应对金融危机

稳定外贸进出口增长，提升“中国制造”的世界竞争力，成为我国抵御这场全球性金融危机的当务之急。

1. 促进装备制造升级

我国装备制造业应“苦练内功”、加快自主创新，以优化产品结构、提升产品质量来应对金融危机。

作为我国三大电气设备制造商之一的中国东方电气股份公司总裁温枢刚认为，金融危机对于中国装备制造企业也是一个机遇。在金融危机中，谁能够站稳脚跟，谁能够不倒，谁就能占据这一行业的制高点。而要做到这一点，关键还在优化企业的产品结构，提升自身的国际竞争力。

2. 提高自主创新能力

2008 中国国际工业博览会上，多位专家呼吁，在金融危机中寻找机遇，我国应进一步提升基础装备工业的自主创新能力，做强实体经济的根基。目前，国际金融市场出现动荡，国内装备制造业也面临挑战，在这个阶段，提升装备制造业自主创新能力，占领产业制高点具有尤其重要的意义。

“十五”以来，我国装备制造业在制造能力和产品研发方面与国际先进水平的差距逐步缩小。目前已经形成了门类齐全并具有相当规模和水平的制造和研发体系，制造规模居世界第 4 位，但我国装备制造业仍面临基础技术、基础材料发展滞后、自主创新能力薄弱、研发投入偏低、新产品市场准入难等瓶颈制约。中国工业设计协会理事长朱焘认为，中国装备制造业要实现升级，完成从“中国制造”到“中国创造”，不能忽视一个关键环节——中国设计，工业设计实际上是工业创新的灵魂，而中国工业设计还相对薄弱。

3. 大力发展内需市场

在我国投资 4 万亿元拉动内需，刺激经济增长的大背景下，加速装备制造业产业转型升级，有利于化解金融危机造成的不利影响，并实现我国从装备制造业大国向装备制造业强国转变。今后我国将加快实施在建重大基础设施建设，尽快启动一批有利于增强经济发展后劲的大型工程项目，加大力度支持产业结构调整和优化升级关键项目建设。而同时，在推进这些重点工程建设时，将进一步加大采购国产装备的比重。

4. 加强财经支持力度

我国将综合运用出口退税、外贸发展基金、财政贴息等政策措施，支持拥有自主品牌、核心技术的装备制造业产品出口，保持重大技术装备出口稳定增长。

国务院常务会议决定自 2009 年 1 月 1 日起,在全国范围内实施增值税转型改革。财政部和国家税务总局负责人 11 月 11 日指出,取消进口设备免税政策有利于自主创新、设备国产化和我国装备制造业的振兴。财政部和国家税务总局负责人表示,此次改革要取消的进口设备免征增值税政策,主要是指《国务院关于调整进口设备税收政策的通知》和《国务院办公厅转发外经贸等部门关于当前进一步鼓励外商投资意见的通知》规定的增值税免税政策。这些政策是在我国实行生产型增值税的背景下出台的,主要是为了鼓励相关产业扩大利用外资、引进国外先进技术。但在执行中也反映出一些问题:一是进口免税设备范围较宽,不利于自主创新、设备国产化和我国装备制造业的振兴;二是内资企业进口设备的免税范围小于外资企业,税负不公。增值税转型改革后,企业购买设备,不管是进口的还是国产的,其进项税额均可以抵扣,原有政策已经可以用新的方式替代,原来对进口设备免税的必要性已不复存在,这一政策应予停止执行。

我国政府还将加强对装备制造业的信贷支持,充分发挥利用国家实行适度宽松的货币政策,缓解装备制造业当前资金链紧张状况,支持企业特别是中小企业发展。

5. 发展装备制造服务业

现代制造服务业属于生产性服务业,增值服务是其重要内容,开展增值服务是机械制造业转型升级的重要途径。在德国机械设备制造企业中,服务在营业额中所占的比例从 1999 年的 13% 提升

到了 2005 年的 20%。如蒂森克虏伯集团 2007 年的服务收入为 167 亿欧元,占集团销售收入的比例达 32.3%。

全球范围的生产客户总是期望他们所用的生产设备有更高的可用性,因此客户希望为他们提供更好的增值服务。于是,发达国家制造商的内部服务部门成为了集成服务供应商,例如新的机器租赁给客户、专业性的诊断和优化成为服务的一部分、租赁的设备在一定时期使用后经过返修而返回生产厂、二手设备维修后再出售。

在 08 年 11 月 19 日召开的加快发展现代制造服务业经验交流会上,中国机械工业联合会会长于珍指出,对于机械工业而言,加快发展现代制造服务业是应对当前经济形势的一种思考和选择,从长远来看更是机械工业实现转型升级的重要途径。于珍还重点强调了行业转型升级的两项重要内容,即“开展增值服务”和“优化供应链管理”。

于珍为中国机械工业加快发展现代制造服务业提出了总体目标:今后五年内,使现代制造服务业的收入在机械工业总收入中的比例明显提高,一部分大型骨干企业的服务收入占销售收入的比重达到 20% 左右,机械工业现代制造服务业的业务形态初步形成。

尽管当前我国经济面临的形势严峻,但是经过改革开放 30 年来的高速发展,我国已具备了较为坚实的产业基础和抵御各种风险的能力。立足根本,就能战胜危机,赢得主动,在国际金融危机中推进结构调整,最终实现装备制造业的飞速发展。□

• 业界动态 •

CCMT2010 预备会在南京顺利召开

由中国机床工具工业协会主办的中国数控机床展览会(CCMT2010)预备会于 2009 年 11 月 10~12 日在古城南京顺利召开。来自全国近 150 家企业 180 人参加了会议。会议由中国机床工具工业协会执行副理事长王黎明主持,常务副理事长吴柏林,副秘书长毛予锋、李晶明,合作方南京河西会议展览有限责任公司、上海国际展览运输有限公司、上海雅诗展览工程有限公司的相关领导,还有 CCMT2010

的主办城市南京市公安局治安、消防、交管局的相关负责人出席了大会。

作为 CCMT2010 主办方中国机床工具工业协会的代表李晶明副秘书长在会上介绍了当前全行业的经济运行形势,并就展会的招展情况、配套活动、保证措施等筹备工作向全体出席会议的企业进行了通报。

2009 年三季度机床工具行业经济运行情况分析

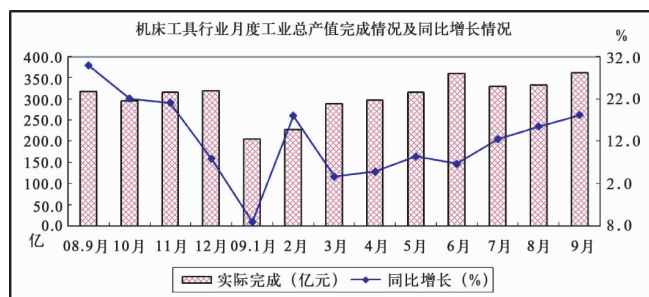
Analysis on economical trend of machine tool industry in China in Jan.-Sep., 2009

中国机床工具工业协会

第三季度我国宏观形势继二季度之后仍保持上行趋势,经济复苏快于预期,国家有关部门认为全年经济增长“保八”已无悬念。目前增长的主要推动力是内需,特别是强劲的投资增速和消费的拉动,进出口仍没有反弹迹象。前三季度我国机床工具行业工业总产值增速稳步提升,7、8、9三个月月度增速已升至两位数增长;全行业利润降幅收窄,亏损企业面有所缩小;进出口大幅滑落情况没有改善,出口下滑尤为严重。从前9个月各月主要统计数据走势判断:得益于国家一揽子经济刺激计划,3月份后机床工具行业各项指标趋稳,企业市场信心增强。1-9机床工具产销率达到97.2%,同比增加0.6个百分点。

一、1-9月行业整体经济增速企稳向好发展

国家应对金融危机的刺激经济措施对机床工具行业的拉动作用逐渐显现。今年前两季度,机床工具行业工业总产值同比增速一直在5%左右,而7、8、9三个月增速较高,带动1-9月累计增速达到9.1%,发展态势企稳。今年月度工业总产值完成情况同比增速情况见下图。



国家统计局数据显示,1-9月5876家机床工具行业企业合计完成工业总产值2726.2亿元,同比增长9.1%;9月月度工业总产值同比增长18.2%。五类企业现价工业总产值增速均有所提高,其中私人控股企业和其它类型企业实现了较高增长速度,分别

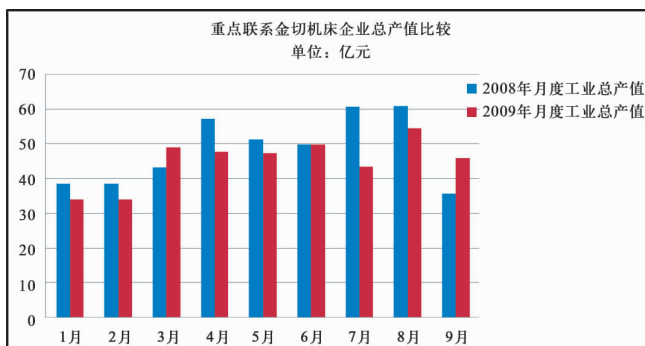
达到19.0%和17.7%;集体控股企业摆脱了负增长,实现了1.1%的微增;国有企业下滑程度较上半年有所趋缓,为-6.7%;港澳台和外商控股企业较上半年情况向好发展,但是下滑速度仍为两位数,分别是-13.7%和-16.9%。

二、金切机床小行业停止下滑

机床工具行业中,产值占全行业总量的四分之一的金切机床小行业自今年四月起连续五个月累计工业总产值同比负增长,降幅基本维持在2%。9月月度工业总产值增速达到12.0%,环比增长8.5%,增长幅度相对较大,拉动1-9月份累计工业总产值增速与去年同期持平,停止持续下滑。

我协会对125家重点联系金切机床企业的统计数据显示:除3月份和9月份外,月度工业总产值均为负增长。3月份以后,金切机床行业月度工业总产值主要在45至50亿元之间波动,8月份突破50亿元,较今年前几个月有明显增长,但仍不稳定,9月份有所回落,鉴于去年基数较低,9月份同期比有较明显的增长。

今年和去年1-9月份125家金切机床重点联系企业月度工业总产值完成情况见下图。



全行业1-8月份产品销售收入增速比1-5月份提高了0.9个百分点,同比增长6.7%。但金切机床小行业产品销售收入同比降幅比1-5月份却加大了

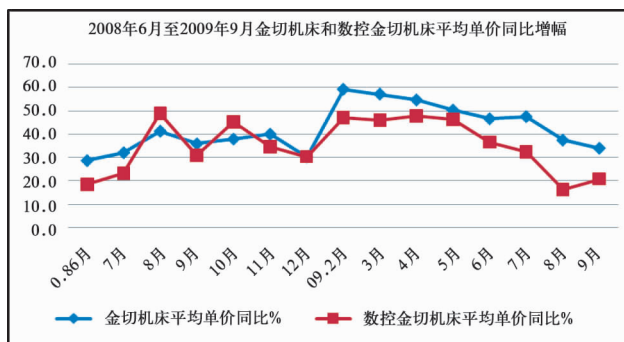
1.4个百分点。显然，机床工具行业总体在向好发展，但金切机床行业还不稳定。

三、市场需求加速向高端和大型变化

金融危机对我国国民经济各领域的机床需求影响参差不一，不少行业减少了设备采购量，有些行业如能源、铁路、航空、汽车等对机床依然有较大需求。但是市场的需求结构在不断加速变化，普通、低档数控机床需求大幅度萎缩，大重型和高档数控机床仍保持稳定需求。

机床协会对197家重点联系企业统计：2009年1-9月，金属加工机床产值数控化率为53.6%，同比增长6.0个百分点。金切机床产量和数控机床产量分别比同期降低30.6%和13.8%，降幅逐月收窄。金切机床和数控金切机床平均单价分别为20.2万元和45.7万元，分别比去年同期提升了34%和21%。普通机床的产量降幅大于数控机床的降幅，数控机床中经济型数控机床降幅明显，导致数控化率的提升和单价的提升，此外，行业内企业加大生产大重型机床力度也是促成机床单价上升的因素之一。

下图显示出：从去年下半年开始至今年9月份，机床平均单价增速在加快，特别是今年上半年，比一年前平均增加了10多个百分点。



数据显示：今年第三季度机床零部件进口达到了最近四个季度的高峰。显然，需要配备进口零部件的国产机床数量在增加。可见，目前以及今后一段时间市场对中高端国产机床有进一步的需求。国内企业调整结构效果初步显现。

为适应中国市场需求，进口机床结构不断向高端和大型变化。从进口机床单价可以看出这种趋势，今年1-9月份，进口机床平均单价为8.9万美元，比去年同期提高11%。

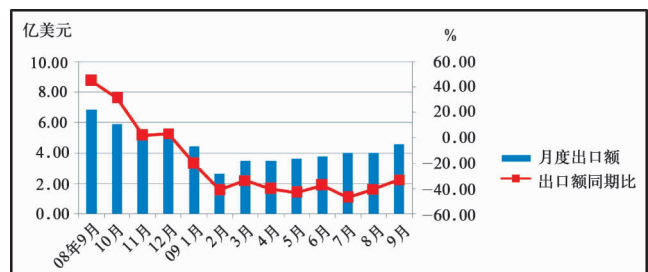
1-9月机床工具进口没有摆脱下滑态势，但9月份月度进口额较上两个月有较大增长，显示上行趋势。我国1-9月累计进口额为72.6亿美元，同比降低22.8%，其中金属加工机床进口45.1亿美元，同比降低21.2%。

我国机床工具产品月度进口额6月创出今年最高值9.9亿美元后，经过7、8两个月的下滑，9月份再次攀高，达到9.4亿美元，同期比下降16.4%，环比增长31.5%，成为今年第二个进口超过9亿美元的月份。金属加工机床在9月份进口增长明显，月度进口额5.4亿美元，比8月增加1.7亿美元，环比上升45.4%。

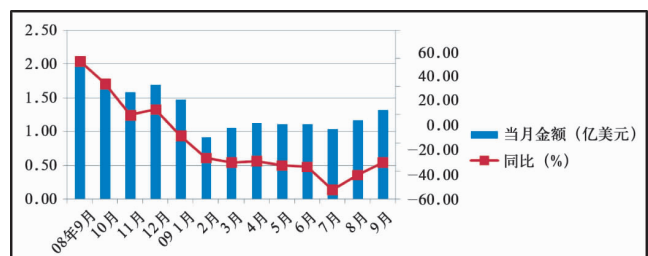
四、出口深度下滑，结构亟待优化

受金融危机影响，国际机床工具市场持续低迷。今年前九个月，世界主要机床生产国家、地区的消费市场均出现大幅下滑。我国机床工具出口深度下滑，结构亟待优化。

1-9月机床工具产品出口33.9亿美元，同比下降37.9%；其中金属加工机床出口10.3亿美元，同比下降36.3%。比较月度出口额，似乎目前已见底并出现反弹迹象，全行业月度出口额环比呈现出小幅上升趋势，9月份出口额达到今年以来月度最高值4.6亿美元，当月有7个小行业出口环比呈现正增长。机床工具行业和金属加工机床月度出口情况见下图。



2008年9月-2009年9月机床工具月度出口额及同期比



2008年9月-2009年9月金属加工机床月度出口额及同期比

当前我国金属加工机床出口结构亟待优化。近期出口数据显示,出口机床单价持续下跌,平均单价降幅达 25%。以下几类机床,单价下降幅度较大,应引起行业注意:组合加工机床、数控卧式车床、数控齿轮加工机床、台钻、抛光机、刨床、拉床、锯床、成形折弯机、冲床、机械压力机。这几类产品主要是一些低附加值、具有传统优势的出口产品,单价的下降有可能是国家近期提高退税额度使企业降低了成本的原因,也有可能是企业为抢占国际市场份额进行的主动降价行为。随着国际上贸易保护主义日益严重,通过低价进入国际市场很容易遭受其他国家的贸易诉讼。我国企业应针对国际市场的变化及时调整出口产品结构,扩大机床工具产品出口。

在我国出口产品中,也有不少类机床出口单价持续上升,如:其他数控车床、数控镗铣床、数控龙门铣床、数控磨床、卧式和龙门加工中心,锻造或冲压机床、剪切机床,这反映出我国出口产品向高端和大型化发展的趋势,也是我们进行出口产品结构调整的方向之一。

五、当前行业急需做的几项工作

虽然当前市场需求有升有降,产品有增有减,企业有进有退,但最重要的是行业产品结构与市场要求存在较大差距,导致在手订单少、后续订单匮乏、抗冲击能力弱,利润下滑,企业流动资金链越来越脆弱等问题十分突出,行业经济形势依然严峻。

1. 加快产品结构调整,淘汰落后产能。

国家为应对金融危机出台一系列经济刺激计划带动很多行业都进入投资高潮期,这些投资往往伴随着产品结构调整甚至产业结构调整,因此,市场对产品性能、制造工艺、服务、价格等都提出了新要求。从国产机床和进口机床单价不断上升的趋势可以看出,需求产品的档次水平提高很快。我行业企业更应该利用这个机会,加强用户调研,研究用户工艺,加快急需新品的开发,突破技术瓶颈,形成一批进口替代产品,与用户共同发展。

市场需求的变化还凸显出我行业产业结构中存在的矛盾,传统产品产能过大,价格竞争严酷,而

有些产品还需要大量进口。要解决产品结构、产能结构的矛盾就必须主动淘汰落后产能,集中精力开发用户适用、替代进口的产品。

2. 争取国家支持,解决资金困难。

最近一年来,市场萎缩、价格竞争严酷、企业利润下滑、企业流动资金紧张导致企业运营困难。

1-8 月机床工具行业产品销售收入 2215.4 亿元,同比增长 6.7%;实现利润 115.4 亿元,比同期降低 12.9%;产品销售收入利润率为 5.2%,同比下降 1.2 个百分点。此外,出口机床单价下跌对出口企业的利润、资金也都产生了不利影响。

目前各省市都安排了专项资金用于支持中小企业进行技术开发和市场开拓。各企业应积极向有关部门申请,获得资金支持。

3. 加强基础研究,提高产品质量和可靠性。

由于我国整体工业水平落后于西方工业国家、行业企业自身技术力量不够雄厚,功能部件配套体系不完善,导致我们开发高端产品滞后于市场升级的快节奏。我们应加强基础性研究,与同行以及上下游企业形成产品开发使用的战略联盟,共同提升竞争优势。据了解,目前已有个别省份的机床企业自发建立研究院,专门从事基础技术研究以及提高产品的质量和可靠性的研究,应该受到鼓励和支持。

六、结束语

2009 年,机床工具行业经济运行基本处于低位小幅波动态势,下半年国内经济出现回暖迹象,但是金融危机对行业的影响以及不确定因素依然存在。行业发展仍面临很大困难。目前国内总体需求尚未全面回升,只是若干重点行业对机床的需求持续旺盛。我们预计,2009 年,在经济增速达到 8%的拉动作用下,机床工具全行业增速将会达到 10%左右,金切机床行业持平或略有增长。全年金属加工机床进口将达到 61 亿美元,出口将回落至 14 亿美元。2010 年,如果国家确定的国民经济增长 8%的目标能够实现,以及有关方面预测机械行业可以增长 15%,机床工具行业将会有两位数的增长,但是金切行业不会有大幅度增长。□

联盟应诉：面对反倾销的明智选择

——中国金刚石锯片胜诉美国反倾销案的思考

苑国良

1 中国金刚石锯片胜诉美国反倾销案简况

2005年5月3日，美国企业引用其海关统计资料称，中韩两国出口美国金刚石圆锯片从2002年的870万件增加到2004年的1340万件，致使美国企业未能享受到建筑行业景气带来的好处，相反压缩了美国企业的利润空间，导致1家企业破产，多家企业市场份额缩小，美国同行被“夹在了钢铁能源成本上涨和产品价格下降的尴尬境地”，从中国增加的低价进口的金刚石圆锯片，已造成对美国国内产业实质性的损害，美国金刚石锯片制造商联盟向美国商务部递交起诉书，指称来自中国和韩国的金刚石锯片在美倾销，要求对其进行反倾销调查。

2005年5月11日，国内应诉协调会召开，中国机电产品进出口商会在上海召开应诉工作会议，有关对美出口企业和律师参加会议。

2005年6月21日，美国商务部正式立案，并在此案调查中首次对“非市场经济国家”的出口和制造商申请分别税率采用新的更为严格的程序。同日，美国商务部要求起诉方确定的23家中国生产商或出口商提交出口数量和金额。美国商务部同时致函中国商务部公平贸易局，要求提供有关数量和金额等资料，并要求向涉案企业转发此信。

2005年7月5—15日，美国商务部收到中国25家涉案企业提交的对美出口的有关数量和金额资料。最终应诉企业确定为29家。

2005年7月18日，美国国际贸易委员会初裁，认定从中国进口的金刚石锯片对美相关工业造成实质性的损害或实质性损害的威胁。

2005年7月19日，美方确定强制抽样调查企业，选定北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司（北钢研）、石家庄博深工具集团有限公司（博深）、河北冀凯集团（冀凯）、圣戈班磨料磨具（上海）有限

公司（圣戈班）等4家公司为本案的强制抽样调查企业。

2005年7月21日，美国商务部确定印度、印度尼西亚、斯里兰卡、菲律宾和埃及等国作为与中国经济发展具有可比性的国家。

2005年9月22日和23日，美国商务部通知符合分别税率（加权平均税率）申请的17家中国企业，在此案中给予他们分别税率。但到发布初裁结果时，这一数字增至21家。

2005年7月28日，美国商务部向北钢研、博深、冀凯、圣戈班等发出A、C、D调查问卷。

2005年8月，美国商务部确定印度为此案倾销调查的替代国。

2005年9月1日，圣戈班退出应诉，此后美商务部对其裁以全国统一税率。

2005年9月至12月，美国商务部陆续向北钢研、博深、冀凯等公司发出补充调查问卷，并收到它们的答卷。

2005年12月29日，美国商务部发布初裁结果，裁定中国企业的倾销幅度为0.11%至164.09%。2006年2月20—24日，美国商务部派员实地核查，分别派出核查小组对北钢研、博深、冀凯等3家企业进行了实地核查。

2006年5月16日，美国商务部发布终裁结果，裁定中国企业的倾销幅度为2.50%至164.09%。因美国商务部调高了替代国印度的“财务指标”，北钢研的最终税率为2.50%，仍为中国企业最低税率；博深34.19%；冀凯48.50%；丹阳力克等26家企业获20.72%的加权平均税率；未应诉企业仍为164.09%。（注：美国商务部初裁中获加权平均税率的企业为21家，终裁时增至26家）美国商务部发布终裁结果后45天内，美国国际贸易委员会将对此案作出终裁。

2006年6月19日，美国国际贸易委员会6位委员

中有4位认为中国金刚石锯片没有对美国国内产业造成实质性损害,美国国际贸易委员会做出终裁:对中国出口到美国的金刚石锯片不再征收反倾销税,至此一场历经一年多终于以中国企业取得胜利的反倾销案件画上了一个圆满的句号。这也是近年来中国取得美对华反倾销史上一次少有的胜利。

2 中国金刚石锯片胜诉美国反倾销案的思考与启示

2.1 政府部门作用巨大

此案伊始,国家商务部就及时将相关的信息向有关出口企业进行传递,让企业能在最短的时间里做出反应,在应诉过程中,国家商务部积极地帮助出口企业与美国商务部进行交涉,以争取更多的赢得反倾销案的机会。在我政府出面干预下,美国商务部在2006年2月派相关人员到中国进行了实地核查。同时我国地方政府部门也积极应对,我国金刚石锯片出口基地江苏丹阳的市外经局在第一时间就给丹阳的10家涉案企业和外贸公司发出紧急呼吁,要求所有涉案企业一定要参加应诉,同时邀请一些有经验的反倾销方面律师给相关企业进行培训,还拿出一部分资金对企业进行补贴,这些行为无疑为我们的出口企业打赢这场官司加上一个重重的砝码。

2.2 行业协会作用不可忽视

行业协会在对外应诉的过程中也发挥了巨大作用。一个企业往往势单力薄,实践证明,特别是在应对国外的反倾销时,单独靠一个企业来应对是十分困难的,而行业协会可以发挥群体力量和智慧,扭成一股绳,共同应对困境。在2005年5月3日美国企业提起诉讼后,我国机电产品进出口商会就迅速地做出了反映,于5月11日在上海召开应诉工作会议,中国石材工业协会等相关组织法律界的专家,以及几十家金刚石锯片企业和外贸公司进行反复磋商,研究美方的起诉书,寻找案件的突破口,增强了我国出口企业有了打赢这场官司的信心。

2.3 联盟应诉:面对反倾销的明智选择

一些经历过反倾销调查的企业切身体会是:面对国外针对我国出口产品提起的反倾销调查,积极应诉是唯一符合企业发展利益的选择。只有如此,才能保证企业应得的利益和市场份额,同时也能摘

掉“莫须有”的帽子,为企业今后更好地促进出口、开拓国际市场创造条件。我们的很多企业走出国门的时间并不长,面对突如其来的反倾销调查,许多企业采取了退让政策,以致于将好不容易开辟的市场拱手相让。反倾销并不可怕,怕的是涉案企业不转变观念、不愿应诉。如果这样,不仅被诉企业会让出市场、利益受损,而且整个行业的利益也会受到极大损害。

反倾销针对的是一类品种,而不是一个企业,因此,涉案企业最忌讳的就是自动放弃,对这些隔岸观火一告就溜的企业,起诉国会根据他们掌握的材料很快就会做出裁决,从而一败到底。如果大家能够团结协作,联盟应诉,不仅可以大大削减诉讼的经费,还可以发挥整体的力量。此次中国企业能够打赢这场反倾销案,许多企业的联合就发挥了巨大作用,最先闻之此事的丹阳华昌公司,在第一时间迅速组织起北岗研、博深、冀凯等全国金刚石锯片生产“巨头”,联手应对美国反倾销压力,另外江苏丹阳的华昌、力克等四家金刚石锯片企业还率先成立了全国首个“工具行业反倾销应对小组”,在2006年上半年的广交会上,丹阳华昌公司拿着商务部印制的相关表格,呼吁更多的企业参加申诉,最终参与到集体应诉的企业增加到20多家,很好地发挥了团体作战的优势,为最后取得胜利打下了一个良好的基础。

2.4 聘请专业人士

反倾销调查可以说是国际诉讼中比较复杂的案子,一个企业在回答调查问卷时有时有几百页的内容。因而企业要在有限的时间内准确地回答就需要全力而精心的准备,最好能够请专业人士,尤其是有着丰富国际贸易法律知识的专业人才。比如此次江苏丹阳的几家企业就重金聘请美国法律专家代表全国同行参加应诉,有着“中国锯片之王”美誉的江苏丹阳华昌公司就聘请了具有反倾销官司经验的北京律师事务所的专业律师,出口企业虽然具有丰富的国际贸易和生产加工的能力,但对打这些国际贸易官司有时却无从下手。专业人士的加入弥补了他们的缺陷,可以说这些专业人士的加入是最后获胜的重要原因之一。

2.5 应诉反倾销是系统工程

倾销指出口商以较国内市场为低(甚至低于成

本)的价格向国外某一市场集中出售商品,旨在打击竞争对手,占领当地市场。并且,倾销行为给当地企业和整个行业带来了产业损害。反倾销起诉的对象通常涉及到多个企业,在应对反倾销起诉中还涉及到针对企业成本和行业成本的配合调查。由此看出,应对反倾销起诉不仅仅是相关被诉企业的事情,同时也和政府有关部门和协会、商会等社团和中介组织有关。迎战反倾销是一个系统工程,不仅需要企业勇往直前,而且需要行业协会的协助和约束,同时也离不开政府的支持。相关各方各司其职、协力配合,应对反倾销起诉才能收到良好效果。涉案反倾销诉讼的企业在遇有此类诉讼时,首先要积极联合起来应诉,共同对外。由于应诉反倾销是一件伤神、费力和花钱的事情,涉诉企业在应诉过程中还要进行适当的分工,密切配合,并通过分摊费用来降低单个企业的应诉成本,同时企业在日常生产经营中要注意保存好原始的产销凭证和档案等。

2.6 打好应对反倾销的持久战

目前,中国的出口商品受到反倾销调查居全球之首。在经济全球化的背景下,世界经济增长放缓,各国企业在国际竞争日益激烈的情况下,迫使政府采取技术手段来保护本国市场。同时,更为重要的原因是,尽管经过20多年的改革开放,中国经济已由原来的计划经济转变为开放型的市场经济,但是转型中的中国仍然被很多国家认定为非市场经济国

家,以非市场经济国家的标准来判定中国商品的倾销与否,这种情况在我国加入WTO后还有15年的过渡期。

此外,我国的原材料和劳动力成本都比较低,所生产的商品自然也具备较强的价格优势。一旦中国的产品进入一个国家的市场,往往能迅速占领一部分市场份额,与国外当地企业进行竞争。这样就可能使应对反倾销成为那些外向型企业的“家常便饭”。

据报道,世界银行高级经济学家威尔·马丁认为,中国七成出口产品易受反倾销攻击。鉴于今后10~15年内中国可能面临更为严重的反倾销。经过了近几年应对反倾销的实践,得到的一个基本提示和认识是,反倾销实际上是WTO认可的一种贸易保护手段,是一种合法的贸易保护壁垒。一些国外企业惯用或者滥用反倾销,实际上已经演变为贸易保护主义。随着我国企业对外出口额的增长,遭遇反倾销可以说是不可避免的,中国企业对于应对反倾销要有足够的心理准备。

世界贸易组织最新公布年度报告指出,国际全球贸易有所恢复,贸易全球化的趋势越来越盛,但贸易保护主义有所抬头,中国已成为反倾销的重灾区。这次我们的金刚石锯片企业应诉胜出,再一次证明了:只要我们的政府和行业协会充分发挥作用,企业认真对待,积极应诉,委托有反倾销应诉丰富经验的律师,在对我不利的“非市场经济”条件下,也能赢得国外反倾销调查的胜诉。□

● 业界动态 ●

广汽乘用车有限公司 2000 吨压力机生产线顺利通过用户验收

近日,济南二机床集团为广汽乘用车有限公司生产的 2000 吨压力机生产线顺利通过用户出厂验收。

该生产线是广汽乘用车在冲压作业中的唯一生产线,它的稳定、高效发挥,将对广汽自主品牌乘用车首款车型能否按期下线起到重要作用。经过缜密、细致的检查,广汽乘用车验收组认为,产品结构先进,运行可靠,各项参数达到合同要求,同意通过验收。验收组组长、广汽乘用车有限公司副总经理陈建伟说,这条 2000 吨压力机生产线是广汽最关键的一条生产线,它的投入使用将是广汽集团和

济二集团长期合作的又一个新的里程碑。

济南二机床与广汽的合作,最早可以追溯到广州标致时代。2004 年济二向广州本田提供了 1000 吨压力机,此后又于 2006 年向广本提供了 1600 吨大型多连杆压力机生产线。该线是本田系统在全球首次采用非日本制造的压力机冲压线。

据悉,广汽乘用车有限公司首款自主品牌汽车计划于 2010 年产出。此次选购济二产品作为公司唯一的冲压设备,再次显示了双方良好的合作关系以及济二在冲压领域的领先地位。

Foreign investors accelerate investment

外商在华投资出现提速迹象

The signals for economic recovery in China have gradually become obvious, and this has stimulated some foreign invested enterprises to adjust their strategies and speed up expansion and layout in China.

Coca Cola officially opened its 37th bottling factory in Nanchang, capital of east China's Jiangxi province recently, with the first-phase investment being RMB100 million and the designed annual output being 120, 000 tons or 500 million bottles of drinks. Besides, Coca Cola has opened a new factory in Urumqi of Xinjiang Uygur Autonomous Region recently, and will soon break ground for construction of another bottling factory in Hohhot of Inner Mongolia, which is expected to be completed in 2010. By then, Coca Cola bottling factories will scatter all over China except Guizhou, Qinghai, Ningxia and Tibet.

China has become Coca Cola's third largest market among 206 countries and regions. Coca Cola has reported a two-digit growth at business in China for 21 consecutive quarters, and the growth was 19% in 2008. The global business of Coca Cola only grew 2% worldwide in the first quarter of this year, while its business in China alone grew 11%. Coca Cola global innovation and technical center was launched in Shanghai in March this year, and the U.S. drink giant stated that it would invest over US\$2 billion in China in the next three years to construct new bottling factories, and expand market and business.

Meanwhile, the foreign-invested enterprises in China have cut their investment in the first half of this year. Statistics from the Ministry of Commerce (MOC) show that China actually used US\$6.379 billion of the foreign capital and newly approved 1649 foreign-invested enterprises in May this year, down 17.8% and 32% year on year, respectively. The amount of foreign capital China actually used was US\$34.05 billion in the first five months, down 20.4% year on year. Thus, foreign direct investment (FDI) in China has dropped for eight months running.

Entering June, foreign-invested enterprises became active in China. The 2600th outlet of Yum Brand Inc. China Division has been completed in Zhengzhou, capital of Henan Province, and the company may complete its outlet-opening plan for this year by September. It is expected that by the end of this year, the number of outlets Yum Brands Inc. China Division opens will go beyond the expectation greatly. Guangzhou Sicheng Duhui Shopping Center, funded by Richard Lee has accelerated the pace of construction recently, and is expected to open to business this year; Guangzhou Tai Gu Hui Project launched by HK Swire Property decides to add an investment of RMB1 billion to bring the total investment up to RMB5 billion, aiming to make Guangzhou Tai Gu Hui the biggest commercial project on the Tianhe Road.

In April this year, sales curve of Swatch Group, the world's largest clock and watch maker, began to pick up, by about 10%. Therefore, the group has decided to accelerate the speed of opening outlets in China in the second quarter of this year.

Multinational companies and foreign-invested enterprises have increased their investment and initiated large projects construction in China, regarding China as an important position to ensure business growth or stabilize performance. AmCham-China announced recently that over 80% of the U.S. enterprises investigated are optimistic about the business prospects in China in the next five years; and 73% plan to expand their investment in China.

MOC, together with the competent departments, are studying and promulgating FDI related policies and measures, aiming to boost the confidence of investors, so as to stabilize and expand FDI.

Major sectors of industrial production warm up

中国主要工业行业加快回暖

Statistics provided by the National Bureau of Statistics (NBS) show that China's industrial economy has tided over the most difficult time in July 2009, the force of picking up steadily is gathering and growing

strong, and the overall operation trend toward the better has taken shape.

In the first seven months, the added value of metallurgy and nonferrous metals grew 4.2% and 7.9% year on year, respectively, and the growth was 14% and 11.5% respectively in July. The output of the 10 kinds of nonferrous metals grew 2% in July, reversing the trend of year on year drop for eight months running since November 2008; and the average daily output of electrolytic copper and electrolytic aluminum grew 17.8% and 29.5% respectively from that in the first quarter. In the first half, the 89 key large and medium-sized enterprises made profit of RMB2.62 billion after balancing profits and losses, toppling the situation of loss in the first five months.

The added value of building materials industry grew 13.7% year on year in the first seven months, and 16.5% in July alone. Of major products, the output of cement reached 870 million tons, up 13.6%; the proportion of cement clinker by new dry method in total output exceeded 70%; and the output of plate glass was 320 million weight cases, down slightly year on year. The added value of chemical industry grew 9.4% year on year in the first seven months and 14.7% in July alone, the highest growth since the latter half of 2008. The output of soda ash and caustic soda in July grew 6.5% and 13.2% year on year respectively, growing for two consecutive months; that of ethylene grew 2%, as against a 3.3% drop in June. Production of fertilizers and pesticides grew steadily, with output growing 10.4% and 9.2% year on year respectively in the first seven months.

Added value of general equipment manufacturing grew 7.7% in the first seven months and 11.3% in July respectively; and that of special equipment manufacturing grew 12.1% and maintained a growth above 12% in the second quarter and in July. With various projects starting construction in China, China's demand for engineering machinery has increased obviously. In the first seven months, China's output of crane, transmission machinery, compaction machinery, and concrete machinery grew 9.9%, 12%, 9.5% and 30.6% year on year respectively; production of fork-

lift, dredger, and loader was sluggish due to sharp decline in export; and the output of special equipment on cement, smelting, grain, feed, and printing grew 15–31.9%.

The output of metal cutting machine tools and metal forming machine tools dropped 18.6% and 13.5% year on year respectively in the first seven months, the output of metal cutting machine tools dropped 10.6% in July, while that of metal forming machine tools grew 11.3%. Production of ordinary machine tools and low-grade machine tools dwindled sharply; and demand for large, heavy-duty and high-grade CNC machine tools was basically stable. According to statistics of China Machine Tool and Tool Builders' Association (CMT-BA) on 179 key enterprises, CNC rate of metal processing machine tools reached 53.7% in the first half of this year, 7.7 percentage points higher than a year ago; the unit price of metal cutting machine tools rose 36.7%, that of CNC machine tools rose 46.7% in particular; and over 30% of 130-plus enterprises are set to or planning to launch large and heavy-duty machine tool projects.

The workload of China's shipbuilding industry completed was 18.78 million deadweight tons in the first seven months, up 78% year on year. China newly received 7.87 million deadweight tons orders in the first seven months, down 78% year on year, and newly received 1.99 million deadweight tons orders in July alone. By the end of July, Shipbuilding enterprises had 192.35 million deadweight tons of orders in hand, down 6% from the beginning of this year. According to incomplete statistics, orders for 75 ships were cancelled in the first seven months, totaling 3.88 million deadweight tons.

Industrial added value of consumer products grew 9.5% year on year in the first seven months, and 11.4% in July alone, maintaining two-digit growth for three consecutive months. Of major consumer products sectors, the added value of large-scale light industrial, textile, medicine and tobacco enterprises grew 9.6%, 8.5%, 14.1% and 7.5% respectively.

Added value of papermaking and paper products grew 6.5% year on year in the first seven months, and

10.9% in June and 9.4% in July. Export of papermaking and paper products dropped 13.3% in the first seven months but grew 11.5% in June and 16.4% in July.

Added value of textile, garments and shoes and hats manufacturing grew 7.2% and 10.8% year on year respectively in the first seven months, and grew 8.6% and 11.3% in July alone respectively; that of chemical fiber industry grew 5.7% in first seven months and 18.4% in July. The output of yarn, cloth and garments grew 10%, 1.1% and 4.8% in the first seven months respectively, dropping 0.8, 5.6 and 1.4 percentage points year on year respectively, and grew 13.4%, 4.1% and 8.9% in July respectively; chemical fiber output grew 11.8% in the first seven months, seven percentage points higher year on year, and grew 22.6% in July. Increase of export rebate rate has eased the slipping trend for textiles and garments export: export of textiles and garments dropped 11.3% year on year in the first seven months, 11.3 percentage points lower than foreign trade export as a whole.

NBS statistics also show that of the 39 industrial sectors in China, 14 reported profit increase in the first seven months; nine reported narrowed profit drop than in January-June; and four turned from profit drop to profit increase. To be specific, profit of rubber industry grew 34.3% year on year, 19.8 percentage points higher than in the first half; that of general equipment manufacturing grew 3.9%, 3.6 percentage points higher; that of oil mining was RMB81.33 billion, down 71.1%, five percentage points lower; that of steel industry was RMB29.8 billion, down 77.3%, 7.7 percentage points lower; that of nonferrous industry, RMB17.84 billion, down 63.9%, 2.9 percentage points lower; that of electronics industry, RMB27.65 billion, down 43.5%, 5.9 percentage points lower than the drop a year ago; that of chemical fiber industry grew 16.5% as against a 4.6% drop in January-June; and that of communication and transportation equipment manufacturing grew 5.9%, as against a 1.1% drop in the first half.

Analysis of China's imports and exports in Jan-Aug

中国 1~8 月份进出口分析

China's import and export volume reached US \$1,338.66 billion in the first eight months of 2009, declining 22.4% year on year. Of this, exports accounted for US\$730.74 billion, down 22.2%; and the imports accounted for US\$607.92 billion, down 22.7%. The trade surplus in the period was US \$122.82 billion, dropping 19% from the same period last year.

In August, the country's imports and export were US\$191.7 billion, down 20.6% year on year, and 4.3% month on month, including US\$103.7 billion of exports, down 23.4% year on year and 1.6% month on month; and US\$88.0 billion of imports, down 17% year on year and 7.2% month on month. The trade surplus amounted US\$15.71 billion in the month, a decrease of 45.5% year on year.

The August year on year growth remained unchanged after the seasonal adjustment, and the imports and exports, exports and imports went up 2.3%, 3.4% and 1% over July respectively.

The main features of China's import and export trade in the January-August period were:

1. China's imports and exports achieved month on month increases for six successive months after the bottom touching in February. China's foreign trade had made fast declining for five consecutive months start October 2008 and reached the bottom in February 2009, and then regained the recovery for five months running since March. The month on month growth of the monthly imports and exports stood at 23.5% in March, 7.6% in April, 2.1% in May, 3.4% in June, 4.4% in July and 2.3% in August, and the growth of the monthly exports in the six months was 31.8%, 2.4%, 0.2%, 4.5%, 5.2% and 3.4% respectively, and that of the monthly imports was 14.4%, 14.3%, 4.4%, 2.2%, 3.5% and 1% respectively, basically forming the month on month upward turn.

2. Import and export in the form of general trade presented better performance than other forms, and the

trade surplus under the general trade dropped a lot. China's import and export in general trade reached US \$654.86 billion from January to August, down 22.1% year on year and accounting for 48.9% of the country's total import and export. Of this, export in general trade was US\$327.96 billion, down 25.2%, and accounting for 44.9% of the total exports of the country, and import was US\$326.9 billion, down 18.8%, and accounting for 53.8% of the country's total, presenting a trade surplus under general trade account of US\$1.06 billion, plunging 97.1% year on year.

3. Shares of processing trade in the total imports and export dropped, but imports in processing trade fell sharply. China's import and export in processing trade reached US\$541.98 billion, down 22.9% year on year, and accounting for 40.5% of the total import and export of the country. Of this, the export was US\$351.51 billion, down 20.9% year on year, taking up 48.1% of the total export of the country, the import, US\$190.47 billion, down 26.2% year on year, 31.3% of the total import of the country. The trade surplus under processing trade amounted to US\$161.04 billion, down 13.5% year on year.

4. Foreign-invested enterprises took a leading position in China's foreign trade, while stage-owned enterprises posed drops in import and export. Foreign-invested enterprises realized US\$732.53 billion of import and export, down 22.6% year on year, and accounting for 54.7% of the total imports and exports of the country. Of this, the export was US\$404.81 billion, down 22.3%, 55.4% of the total export of the country; and the import, US\$327.72 billion, down 23% year on year, and 53.9% of the total import of the country.

At the same time, import and export of State-owned enterprises amounted to US \$295.54 billion, down 30.2%, the steepest drop among enterprises of different sectors, and accounting for 22.1% of the country's total. Of this the export was US\$119.74 billion, down 30.5%, and accounting for 16.4% of the country's total export in the period, and the import, US\$175.8 billion, down 29.9% year on year, and 28.9% of the total import of the country.

Import and export of collective, private and other

types of companies were US \$310.59 billion, down 12.9%, which was 9.5 percentage points smaller than the decline of the total import and export of the country in the period, and accounting for 23.2% of the country's total. Of this, the export was US\$206.19 billion, down 16.3%, and 28.2% of the country's total export, and the import, US\$104.4 billion, down 5.3%, and 17.2% of the country's total import.

5. The bilateral trade with the U.S. operated well, while Brazil edged into the top ten trade partners of China. EU still held the position of the biggest trade partner and the largest export market of China, with the bilateral trade volume totaling US\$224.68 billion, down 20.7% year on year, and accounting for 16.8% of China's total import and export. Of this China's export to EU reached US\$144.85 billion, down 25.1%; and import from EU was US\$79.84 billion, down 11.4% year on year; presenting a trade surplus of US\$65.01 billion, decreasing 37.1% year on year.

At the same time, the United States maintained as the second biggest trade partner of China with the total import and export reaching US\$183.79 billion, down 16.4% year on year, and accounting for 13.7% of the country's total import and export. The dropping rate of Sino-U.S. trade was 4.3 percentage points smaller than that of EU and 5.7 percentage points than that of Japan. Of this, China's export to the United States reached US \$136.16 billion, down 17.3%; and import from the States was US\$47.63 billion, down 13.7%; with trade surplus amounting to US \$88.53 billion, down 19.1% year on year.

Japan was still the third largest trade partner of China. The Sino-Japanese trade volume was US\$138.68 billion, down 22.1% year on year, and claiming 10.4% of the total of the country. Of this, the export to Japan was US\$60.02 billion, down 20.2%, and the import from Japan was US\$78.66 billion, down 23.5% on year, with a trade deficit for Japan amounting to US \$18.64 billion, dropping 32.5% year on year.

One thing merits attention. China-Brazil bilateral trade reached US\$25.41 billion, down 22.8% year on year, outstripping the Sino-Russia two-way trade of US \$23.96 billion in the same period. Brazil replaced Russia

a to edge into the top ten trade partners of China.

6. Export of major labor-intensive products presented smaller dropping rate than the aggregate export growth of the country, while exports of steel products and fertilizer declined sharply. The year on year dropping rate of major labor-intensive products exports was smaller than the 22.2% fall of the country's total exports. Of them, export of garments and clothing accessories reached US \$67.46 billion, down 10.4%; shoes, US\$18.33 billion, down 5.8%; furniture, US \$15.66 billion, down 9.4%; plastic products, US \$9.01 billion, down 8.1%; suitcase and bags, US \$8.03 billion, down 9.4%; textile yarn and fabrics, US\$37.43 billion, down 14.9%; and toys, US\$4.55 billion, down 12.2%.

At the same time, China's export of mechanic and electronic products amounted to US \$427.85 billion, down 20.6% year on year, and accounting for 58.6% of the country's total exports. Of this, export of electric appliance and electronic products valued at US\$176.22 billion, down 20.7%; and machinery and equipment, US\$143.14 billion, down 18.8%. Export of grain was 2.25 million tons, down 20.2%; fertilizer, 4.61 million tons, down 49%; and steel products, 13.24 million tons, down 68.4%.

7. Import of bulk commodities made different degrees of increases. From January to August, China's import of primary products amounted to US\$171.76 billion, down 33.9% on year, and accounting for 28.3% for the country's total imports. Of them, import of iron ore was 400 million tons, up 32%, with the average import price standing at US\$76.4/ton, down 45.1%; crude oil, 131 million tons, up 7.4%, with average price at US\$385.7/ton, down 50%; soybean, 29.61 million tons, up 20.6%, with import price at US \$429.7/ton, down 28.7%; primary-shaped plastics, 15.91 million tons, up 28.1%, with import price at US \$1,362.3/ton, down 30.5%; coal, 73.84 million tons, surging 1.6 times, with import price at US\$83.4/ton, up 10%; unforged copper and copper products, 2.968 million tons, up 75.8%, with import price at US \$4, 658.6/ton, down 41.4%; and unforged aluminum and aluminum products, 1.801 million tons, up 1.9

times, with import price at US \$2,106.9/ton, down 50.1%. The Import of oil products was 26.10 million tons, down 9.8%; with import price at US\$410/ton, down 51.1%.

At the same time, import of industrial products was US\$436.16 billion, down 17.1% year on year. Of this, import of mechanic and electronic products amounted to US\$295.01 billion, down 19.1%; chemical products and such products, US \$69.95 billion, down 17%; motor vehicles, 216,000 units, down 23.5%; and steel products, 11.47 million tons, up 3.7%.

Patent application grows 23.1% in first half **上半年中国专利申请增 23.1%**

China's State Intellectual Property Office (SIPO) handled 426,000 patent applications in the first half of this year, up 23.1% year on year. This includes 375,000 domestic applications, up 28.9%; and 51,000 from overseas, down 7.3%.

Of patent applications handled in the first half, 148,000 are invention patents, up 12.1%, including 104,000 domestic ones, up 22.4%; and 44,000 from overseas, down 6.4%. Invention, practical new type and exterior design patents make up 34.8%, 33.4% and 31.8% of the total respectively.

SIPO granted 252,000 patent rights in the first half, up 31.3% year on year, including 213,000 domestic patent authorizations, up 29.9%; and 39,000 foreign ones, up 39.3%. Of the three kinds of patents, there are 66,000 invention patents; 92,000 practical new type ones; and 94,000 exterior design ones, up 57.5%, 16.3% and 33.5% respectively.

Affected by the financial crisis, some multinational companies and enterprises have compressed the number of patent applications and adjusted the layout of patent application. In the first half of 2009, patent application in China from South Korea dropped 29.6%; that from the United States dropped 8.4%; and that from Japan dropped 4.7%.

大口径直缝埋弧焊管制造技术

Longitudinal SAW Pipe Manufacturing Technology

吴辉、蒋文凯、曲宾、全天永、吕毓军、马会元

大口径直缝埋弧焊管成套设备可广泛用于陆地、海洋油气、天然气、供热、供水、煤浆、矿浆等介质的输送及海洋平台、电站、铁路公路桥梁涵洞、造纸、化工、体育场馆和城市建筑管体和结构用管的制造。尤其适合我国目前正在建设的“西气东输”一、二线工程，亦可用于出口和替代进口。

一、大口径直缝埋弧焊管市场需求及钢管制造业现状

1. 大口径直缝埋弧焊管市场需求

长期以来，我国的大口径直缝埋弧焊管一直依赖于进口，属高新技术产品，每年花去大量外汇。而我国在大口径直缝埋弧焊管制造领域一直处于空白，几乎没有一家成套的制管生产线，随着“西气东输”、“南水北调”等大型项目的启动，对大口径直缝埋弧焊管的需求量日益迫切。

2002年，“西气东输”一线工程全长4000公里，主管道敷设总量在800万吨以上，多数采用进口，同时，也给我国制管业带来了发展机遇。

2009年，随着“西气东输”二线工程西起新疆霍尔果斯口岸，南至广州，东达上海，途经新疆、甘肃、宁夏、陕西、河南、湖北、江西、湖南、广东、广西、浙江、上海、江苏、安徽等14个省区市，管道主干线和八条支干线全长9102公里的启动，主干线和八条支干线工程年需求量在1500万吨以上。另外，中石油集团公司近期签订的中俄原油管道的建设运营和油源，以及与中哈天然气及管道方面的合作，将进一步扩大直缝埋弧焊管的需求。

据权威部门预测，伴随国内能源结构的调整和管道运输业的迅猛发展，我国管线建设将再一次得到提升，到2010年我国油气管线的总长度将达到43000公里，这在我国冶金和制管史上是空前的。

2. 国内外大口径直缝埋弧焊管生产线的装备水平现状

(1) 国际制管技术：国际上著名的制管公司有德国SMSMEER（原曼内斯曼公司）公司、日本NKK公司、日本O.T.K（大阪特殊钢管厂）、印度WEL-

SPVN制管公司、韩国现代重工和世亚公司，都有其独到的制管技术，皆为国际制管业的精英。

1940年美国首先采用UOE法生产大直径的直缝焊接钢管。1955~1967年间欧、美、日建设的UOE焊管生产线，其钢管的直径范围为406~1067mm，钢管最大长度为12000mm。1967~1976年联邦德国、日本建设的UOE生产线焊接钢管最大直径达1626mm，钢管壁厚达40mm，管长为18000mm，并采用了连续式预焊和自动无损探伤和自动控制等技术。

(2) 国内制管技术：我国原有六大螺旋焊缝钢管厂，即宝鸡石油钢管厂、华北石油钢管厂、沙市石油钢管厂、资阳石油钢管厂、胜利石油钢管厂和辽阳石油钢管厂，其主导产品都是螺旋焊缝钢管。

1998年番禺珠江钢管厂自澳大利亚引进二手UOE大口径直缝埋弧焊管生产线，开创了我国本土生产大口径直缝埋弧焊管的开端。

2000年为了满足西气东输工程建设的需要，国家发展计划委员会将大直径直缝埋弧焊管国产化列为“十五”期间重大技术设备攻关专题项目。2002年由天水锻压研制的JCOE大口径直缝埋弧焊管生产线在水天力特种管有限公司建成，该生产线是依托天水锻压技术研制的完全国产化的国内第一条大口径直埋焊管生产线。

2003年由天水锻压机床有限公司承担的“国家高技术产业化示范工程”，即大直径直缝埋弧焊管生产线，在国内主要制管厂家的配合下，研制工作取得了圆满成功，该生产线采用JCOE成型技术，是结合我国国情自主创新的高新技术项目，该项目的原创性在于，通过对国内外制管设备技术广泛深入的调研，了解了国外大口径直缝埋弧焊管技术的发展历史和最新进展，没有全盘照搬国外工厂的生产工艺和流程，而是吸收和选用了国外最新控制技术和制管技术，在较短时间内研制出了适合中国国情的JCOE制管线，这一技术的独创性主要在于在研制开发过程中采用了微电子UT板探、X型坡口铣边、数控预弯边、JCO成型、连续预焊接技术、多丝内外焊、单头全长机械扩径、数控平头倒棱、端面密封

水压试验机及超声波连续探伤等世界最新技术。截至目前已为国内外承建和配套生产线 20 余条。

2003 年由天水锻压参与的巨龙钢管有限公司的 JCOE 大口径直缝埋弧焊管生产线建成，该生产线主要设备采用了德国 SMS-MEER 公司开发的直缝焊管成型新技术—渐进式 JCO 成型，天水锻压承担了生产线 50%设备的制造。同年，沙市钢管厂的大口径直缝焊管 JCOE 生产线也采用了天水锻压生产的设备于年底建成投产。2007 年宝山钢铁有限公司投产的 UOE 生产线，采用了世界上最新、最先进技术。UOE 生产线的引进，把我国直缝埋弧焊管设备水平推向世界最高水平。其中，平头倒棱机、扩径头的研制由天水锻压承担。2007 年番禺珠江钢管公司张家港 JCOE 生产线和无锡玉龙钢管公司 JCOE 生产线于年底建成投产。另外，在建的 JCOE 大口径直缝焊管生产线有宝鸡石油钢管厂（秦皇岛）、巨龙钢管有限公司（南京）、番禺珠江钢管有限公司和扬州亚联钢管有限公司等项目。

十年间，我国相继建成华油巨龙钢管、宝鸡钢

管、沙市钢管、番禺珠江钢管、天津双街、上海宝世威、河北中原钢管、太原国联、江苏玉龙、胜利油田、合肥紫金制管和宝山钢铁钢管等数十条大口径焊管生产线。另外，在建的 JCOE 大口径直缝焊管生产线有宝鸡石油钢管厂（秦皇岛）、巨龙钢管有限公司（南京）、番禺珠江钢管有限公司和扬州亚联钢管有限公司等。预计我国直缝埋弧焊管的年生产能力达 300 万吨，从数量、技术、质量上可以满足国内市场的要求。十年间天水锻压参与承建的大口径直缝埋弧焊管生产线有：我国已建成的 JCOE 直缝埋弧焊管生产线代表了国内直缝埋弧焊管的最高技术装备水平。而这些管线中天水锻压是以先行者的企业主导制造的，天水锻压是直缝埋弧焊管设备制造者的担当者和先驱。

二、大口径直缝埋弧焊管成型工艺方法及特点

大口径直缝埋弧焊管的成形工艺方法有：UOE 成形法、JCOE 成形法、CFE 排辊成形法、RBE 辊弯

天水锻压承建的我国大口径直缝埋弧焊管生产线项目（油气管线）

公司（工厂）	成型方式	产品规格（mm）	最大壁厚（mm）	最大长度（mm）	最高钢级	最大生产能力（根/h）	投产年份	天水锻压承担设备
宝山钢铁有限公司	UOE	φ 508~1420	40	18.3	X100	30	2007	平头倒棱机、扩径头技术消化引进研制
湖北沙市钢管厂	PFP	φ 329~1422	32	12.2	X70	12	2003	预弯机、预焊机（引进技术）
巨龙钢管公司	JCOE	φ 406~1422	26.4	12.2	X80	12	2008	钢板超声波探伤机、预边机、预焊机、焊缝超声波探伤机、运管车、圆管精整机、制管辅连装置
巨龙钢管公司南京	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.2	X80	12	在建	预边机（引进技术）
番禺珠江钢管公司	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.8	X80	10	2007	预边机（引进技术）、水压试验机
番禺珠江钢管公司	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.8	X80	10	在建	预边机（引进技术）、水压试验机
宝鸡钢管公司(秦皇岛)	JCOE	φ 508~1420	25.4	12.2	X80	12	在建	预弯机（引进技术）、制管辅连装置
无锡玉龙钢管有限公司	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.8	X80	10	2007	铣边机、预弯机、预焊机、精整机、校直机
扬州亚联钢管有限公司	JCOE	φ 406~1422	28	12.2	X80	10	在建	生产线全套设备总承包

天水锻压承建的我国大口径直缝埋弧焊管生产线项目（结构管线）

公司（工厂）	成型方式	产品规格（mm）	最大壁厚（mm）	最大长度（mm）	最高钢级	最大生产能力（根/h）	投产年份	天水锻压承担设备
天水天力特种管有限公司	JCOE	φ406-1422	25.4	12.2	X70	10	2002	探伤机、铣边机、预弯机、成形机、预焊机、内焊机、外焊机、扩径机、水压机、精整机、校直机、平头倒棱机、拍片机
合肥紫金制管有限公司	JCOE	φ406-1422	25.4	12.2	X70	10	2005	铣边机、预弯机、预焊机、内焊机、外焊机、精整机、校直机

胜利油田龙玺石油工程有限公司	JCOE	φ350-1460	25.4	12.2	X70	10	2007	铣边机、预弯机、成形机、预焊机、内焊机、外焊机、精整机、校直机
江苏玉龙精密钢管有限公司	JCOE	φ406-1422	25.4	12.2	X70	10	2008	铣边机、预弯机、预焊机、精整机、校直机
宁波浙华重型钢管制造公司	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.2	X70	10	2008	预弯机、预焊机、内焊机、外焊机、精整机、校直机
聊城华西制管有限公司	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.2	X70	10	2008	铣边机、预弯机、成形机、预焊机、内焊机、外焊机、精整机、校直机
浙江东南网架股份有限公司	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.2	X70	12	2009	铣边机、预弯机、预焊机、内焊机、外焊机、精整机、校直机
南京圣钢机械设备有限公司 (大吉)	JCOE	φ 406~1422	25.4	12.2	X80	10	在建	预弯机、预焊机、内焊机、外焊机、精整机、平头倒棱机

天水锻压出口国外的大口径直缝埋弧焊管生产设备

公司（工厂）	成型方式	产品规格（mm）	最大壁厚（mm）	最大长度（mm）	最高钢级	最大生产能力(根/h)	投产年份	天水锻压制造
美国俄勒冈钢厂	JCOE	φ406-1422	25.4	12.2	X70	10	2005	水压试验机 端头扩径机
墨西哥	JCOE	φ508-1422	25.4	12.2	X80	10	2006	扩径机、精整机、校直机
苏丹	JCOE	φ406-1422	25.4	12.2	X70	10	2005	钢板超声波探伤机

成形法和 C 成形法等，简单介绍如下：

1. UOE 成形法：宽厚钢板经刨边或铣边后（铣边前焊好引弧板），在预弯机上对边部进行预弯曲，在 U 型压力机上将它压成 U 型，再在 O 型压力机上将它压制成 O 型变成圆管筒，经预焊后，圆管筒送到几条焊接线上，对内外两面坡口进行焊接，形成钢管，再在扩管机上对钢管进行扩管定径，并提高尺寸精度，焊缝经各种检查合格后，在内外表面涂上防腐层。UOE 工艺设备选择钢板铣边机、预弯边机、U 型压力机、O 型压力机、预焊机、内外焊机、扩管机、无损探伤设备、水压试验机和钢管内外涂层设备等。

2. JCOE 成形法：钢板经预弯机进行端头预弯后，在制管压力机先从一边将一半逐步压成 J 型，再从一边将一半逐步压成 C 型，经中间压制后形成 O 型开口管坯，经钢管合缝预焊机合缝，再经自动埋弧内外焊机焊接成为钢管。

3. CFE 排辊成形法：排辊成形机，由预成形机架、平辊机架、边缘弯曲辊及小排辊机架组成，由于设置了许多相同的小排辊，使得成形过程中钢板边缘的轨迹近乎是直线的，避免了“边缘拉伸”现象。CFE 法成形质量好，其产品质量与 UOF 法无区别。该法使用原料为热辊带钢卷，这

一点与其它成形法均不同。它主要适用于大批量、单一品种钢管的生产，但难以生产高强度厚壁钢管及大口径钢管。

4. RBE 辊弯成形法：辊弯成形是将钢板在三辊或四辊之间经多次滚压成形，此种方法生产出的焊管在使用性能和可靠性上均接近 UOE 焊管，RBE 法投资少，建厂快，产量适中且灵活性较大，对市场适应性强，近年来该方法在一些发展中国家得到了应用。但由于该成形法成形上辊中部无支撑，受其刚度的限制，成形钢管直径不能小于 508mm（20in），降低了市场占有率，我国不少管道的直径在 508mm 以下。

5. C 成形法：用两台 C 成形机代替 UOE 生产线中的 U 压力机和 O 压力机，其成形过程为：经预弯边的钢板首先在第一台压力机上成形钢板的一半，接着在另一压力机上成形钢板的另一半，从而得到 O 形圆管。C 成形法生产的焊管尺寸合适，产量适中，生产线价格较低。

三、制造工艺分析对比

通过对焊管成形工艺方法及其特点的分析 and 对比后认为：

1. UOE 成形法, 产品质量好, 生产效率高, 年产量达 30~100 万吨, 是目前世界上最先进的焊管成形方法, 但造价十分昂贵, 投资规模大。全套设备约 3~4 亿美元。由于管道建设往往具有波动性和突发性, 市场起伏较大, 在目前对长远的国内外市场需求尚无十分把握, 国际贸易还处在起步阶段的条件下, 采用 UOE 法的投资风险较大。

2. JCOE 成形法、CFE 排辊成形法、RBE 辊弯成形法和 C 成形法相比较。JCOE 成形法因其在成形过程中, 每次压制量小, 故压力机吨位相对不大, 因此投资也较小, 这种方法可以成形不同管径, 不同壁厚的焊管, 加工钢管的直径范围广, 生产的焊管质量与 UOE 焊管接近, 产量在 12~15 万吨。选择 JCOE 生产线更适合中国国情, 更为有利, 比较适宜投资, 全套设备约 3 亿元, 国内企业有能力投资。其特点是: 投资规模小, 生产品种广, 建设周期短。

四、JCOE 大口径直缝埋弧焊管生产工艺

1. 生产线工艺流程

板材超声波探伤→铣边→预弯→成形→合缝预焊→内焊→外焊→超声波探伤→X 射线探伤→扩径→整圆→校直→水压试验→超声波探伤→X 射线探伤→平头倒角→磁粉探伤→称重测长→标记出厂。

2. 生产线加工范围

钢管直径: 406~1524mm;

壁厚: 8~40mm;

钢管长度: 8000~12200mm;

材质: X42~X80, Q345;

产品标准: ISO3183-3、API、Spec5L、

GB/T9711.1、GB/T9711.2;

成形方式: JCOE;

产量: 年产大口径直缝埋弧焊管 12~15 万吨

3. 产品精度

按美国制管协会 API SPEL5L 标准, 进行大口径直缝埋弧焊管的制造和各项精度检测。产品执行并达到 API、BS、AS、DIN、GB 标准。椭圆度公差 $\pm 1\%$, 直线度偏差不超过管长的 0.2%。

4. 大口径直缝埋弧焊管油气管生产线设备

钢板超声波探伤装置、钢板铣边机、钢板预弯机、成形机、钢管预焊机、钢管内焊机、钢管外焊机、钢管精整机、龙门移动式钢管校直机、焊缝超

声波探伤装置、钢管扩径机、钢管平头倒棱机、钢管水压试验机、钢管横移车、板边除锈机、直缝钢管清焊渣机、X 光小车探伤装置、成型机前辅助装置、成型机后辅助装置、钢管内壁除锈机、钢板磁吊、焊缝磨平机、测长、称重、标记装置等。

5. 大口径直缝埋弧焊管结构管生产线设备

钢板铣边机、钢板预弯机、成形机、钢管预焊机、钢管内焊机、钢管外焊机、钢管精整机、龙门移动式钢管校直机。

五、JCOE 法大口径直埋弧焊管主要生产设备简介

1. 钢板铣边机 (Plate Edge Milling Machine)

该机是制管生产线中的主机之一, 主要用于加工经超声波探伤后的钢板, 按照所制钢管的要求, 在钢板的长度方向两侧采用铣削的方法连续加工出焊接所需的坡口, 以保证钢板两边平行, 同时加工出焊接坡口。机组由两台铣边机组成, 可对钢板两边同时铣削, 每边装有多把固定的铣刀, 在钢板通过时进行铣削加工。



2. 板料端头预弯机 (Plate Edge Crimping Machine)

该机是制管生产线中的主机之一, 主要用于对钢板的两侧进行预弯边处理。机组由两台端头预弯机相对安装在两个底座上, 由一台电动机及双伸轴



减速器同时带动安装在机器底部的左右旋转丝杠旋转，使两台端头预弯机接近或远离，从而对不同宽度钢板两端头同时进行预弯。主机前后配有进出料辊道，可将预弯成型的工件送入下一道工序。主机为C形床身，有一个主油缸和两个活塞同步油缸，以保证滑块工作时的同步。机床的预弯模具由相应的管径参数决定，由于对钢板的端头预弯是分段进行的，因此上下模具均有过渡段，即圆弧半径逐渐变大，且圆心的位置也随着变化，避免了分段预弯造成钢板的撕裂等缺陷。

3. 成形机 (JCO Pipe Forming Press)

该机是制管生产线中的主机之一，采用门式结构，刚性好，强度高。公称压力 30000KN ~ 65000KN、长度 12500mm。采用德国博世公司的专用液压系统和先进的数控控制系统，由 14 轴数控的主机、4 轴数控的前后送料机、前后托料架、输送辊道、侧出料机、模具和数控系统组成。滑块由 4-6



缸同步驱动，定位精度 0.05mm，重复定位精度 0.03mm。采用 JCO 工艺，可完成自动送料、自动托料、折弯成形和自动出料等，能连续自动地生产出大直缝管的开口管坯，是大直缝管成型生产线中的大型折弯成型单元。

4. 合缝预焊机 (Tack Welding Machine)

该机是制管生产线中的主机之一，可将成型机上已弯曲为筒状的但仍有狭长缝隙的管坯通过连续合缝并对其进行预焊，使之变为具有圆形封闭截面



长筒的一台专用设备，为下一工序内焊、外焊提供有可靠质量保证的直缝管坯。本机适合于专业直缝焊管制造企业。主要由环形机架、链式传动钢管进给装置、前部输送辊道、进口输送辊道、出口输送辊道、对接预焊系统、液压系统、电气系统及其它辅助装置组成。机器工作时，管筒由卡紧装置定位，通过链条输送装置将钢管送入合缝机，其上有前后压头与高低压头，压头通过液压系统将力传递给钢管，借传动链条带动连续不断地合拢与点焊、焊接速度为 2m/min。

5. 钢管内焊机 (Pipe Internal Welding Machine)

用于对预焊后的管筒进行内壁焊接。在焊接过程，管筒平放在输送车上，输送车的输送速度确保均速，无冲击振动。内焊机采用悬臂梁结构，输送



车的位移量超过悬臂梁的长度，悬臂梁的端部装有焊接装置，悬臂梁在管筒内。当输送车以焊接速度退回时，管筒内壁焊缝由埋弧焊工艺形成。该内焊机通过悬臂梁将焊接电极、焊丝、焊剂及焊接电流提供到焊接处。

6. 钢管外焊机 (Pipe External Welding Machine)

用于对内焊后的管筒进行外壁焊接。外焊时，管筒同样平放在输送车上，输送车在焊头下方匀速



移动。该外焊机通过对地车驱动电机的变频调速达到焊接所需要的速度。焊机机头部位配有十字滑架，

焊接过程中可实现水平、垂直方向的微调，以便控制焊接机头对焊缝位置的对中，焊接速度为 0.12m/min~1.2m/min。

7. 钢管精整机 (Pipe calibration machine)

本机由一台下动式三梁四柱液压机作为精整圆管的主机，在主机前部和后部各配置 5 组可升降的



输送辊道和 2 组可升降的旋转辊道。当在圆管精整机主机上配备与被精整的圆管规格相匹配的精整模具后，就可将需被精整的圆管，逐段机动送入精整模，从而完成管纵向全长和 360 度圆周的逐段逐次精整。圆管精整的原理是对被精整的圆管从外部施加强大压力，在精整模具腔范围内钢管材料发生流动，达到改善圆管不圆度，使之达到成品钢管的目的。

8. 龙门移动式钢管校直机 (Gantry type Pipe Leveller)

该机在固定式工作台上布置有 3 组可升降的纵向输送辊道，2 组可升降的旋转辊道，2 组可改变位置的 V 型下模。带有主压头和主液压站的龙门式框



架可沿工作台长度方向机动移动和定位，并配有精确微动装置，在微动状态下，每按一次按钮，压头下降一个恒定的微小行程，以保证达到最佳校直效果。压头可沿钢管全长进行移动校直，可对钢管 360°圆周上任意需要校直位置进行校直，使被校直钢管满足使用要求。辅助液压系统位于工作台一端，控制 3 组纵向输送辊道、2 组旋转辊道的升降，满足托

起钢管进行纵向进给和 360°旋转需要。

9. 钢管扩径机 (Pipe Mechanical Expanding Machine)

该机是制管生产线中的主机之一，采用机械扩径原理，其目的是通过将管子扩张到屈服点而达到对管子的整形和矫直，可以消除残余内应力。扩径机由送管小车、扩径杆及扩径头组成。扩径头由数个扇形块组成的芯棒安装在楔形板上，而楔形板固



定在液压缸的活塞杆上。当液压缸活塞和楔形板向右移或向左移时，构成芯棒表面的扇形块向外扩展或缩小。扩径时由插入管内的扩径头从内部对钢管进行定径，并对钢管全长进行矫直，扩径率为直径的 1%~1.5%。经过扩径的焊管具有良好的物理性能和机械性能且几何尺寸精确。

10. 水压试验机 (Hydrostatic Testing Machine)

该机是制管生产线中的主机之一，用于钢管的密闭性试验，机床的总体布局类同于卧式四柱压力机，前压头靠主液压缸推动并提供压力；后压头装



在一行走小车上，根据不同管长，用插销与四根拉力柱固定。试验时，钢管与前后头之间端面密封，先低压充水，后采用一增压器高压充水，直至焊管内水压达到试验要求的压力。另一端主液压缸内的油压同时上升，达到某一值后和水压压力保持一动态平衡，检测焊管有无泄漏。



11. 平头倒角机 (Chamfering Machine)

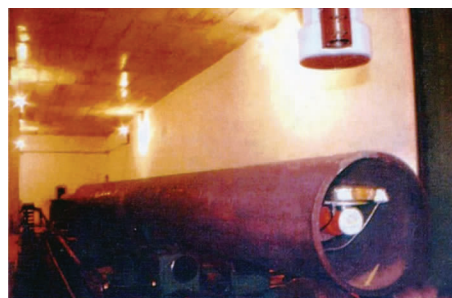
用于钢管两端的铣削定长和倒角。该机布局采用两套铣削机构（滑台及刀盘装置）由两端对面布置，钢管进入两铣削机构中间后托起，两铣削机构同时完成趋近、夹紧、加工等工作。该机除滑台趋近运动采用电机减速后利用齿轮齿条传动副运动外，其余动作全部采用液压电气驱动，自动化程度高，效率高。

12. 超声波探伤仪 (Ultrasonic Inspection Tester)

由操作室及导轨和旋转机构等组成的超声波探伤设备，可对钢管进行缺陷探伤。

13. X 光探伤机 (X-Ray Tester)

由升降悬臂部分、图象增强器、小车进出料数量级道、车体、车上旋转辊、小车导轨及支座、PLC 和电控柜组成的 X 光探伤设备，可对钢管焊缝缺陷、材料缺陷和裂纹进行探伤。



大口径直缝埋弧焊管制造业是近十年才发展起来的高新技术产业，随着我国综合国力的不断增强，它将伴随国民经济的快速发展而壮大，并逐步走上高速发展的快车道。同时，随着大口径直缝埋弧焊管产能和装备水平的提高升级，将带动我国冶金工业和机械制造业的发展，它将会对中国装备制造业做出巨大的贡献。□

自动铺带机/铺丝机 (ATL/AFP) ——现代大型飞机制造的关键设备 (下)

The ATL/AFP –The key Machine for Manufacturing of Modern Large Airplane (C)

北京航空制造工程研究所 研究员 林 胜

6 ATL/AFP 发展趋势

随着复合材料构件在现代飞机上越来越广泛应用,航空制造业对 ATL/AFP 机床需求日益增多,要求也越来越高。市场迫切需求推动了 ATL/AFP 机床进一步发展与应用,提出了一些新技术概念,产生了一些新型 ATL/AFP 机床。从技术层面上看,发展方向主要有高速、生产率机床,多机生产环境,多铺放头机床,热塑性纤维铺放机床,ATL/AFP 混合机床。

目前,对 ATL/AFP 机床技术发展最主要的目标是提高铺放生产率和降低设备费用,且主要呈现在两个不同发展方向以适应两种不同复材铺放应用领域需求。

(1) 大型复杂复材构件铺放制造设备 进一步朝向高速化、自动化和集成复合化方向发展,以提供高生产率、高自动化、高性能和宽铺放应用范围的 ATL/AFP 机床。

(2) 中小型复材构件铺放制造设备 面向具体应用,朝着模块化、自动化和小型柔性化方向发展,以提供高生产率、高自动化、低费用和有限铺放应用范围的 ATL/AFP 机床。

6.1 集成化多铺带头 ATL 设备

ATL 机床的加工能力在很大程度上取决于铺带头的性能。配置窄带铺带头的 ATL 适合相对复杂的准平板类复材构件的制造,但铺放生产率较低;而配置有宽带铺带头的 ATL 适合简单平板类复材构件

的制造,但其铺放生产率通常比配置窄带铺带头的 ATL 要高。对一个普通传统的 ATL 机床而言,通常很难在制造复材构件复杂度与高铺放生产率两者间得到兼顾。因此,为能实现高生产率制造不同类型复材结构件,往往需要购置不同规格铺带头的 ATL 机床,这对许多用户而言不仅其费用是很大的负担,而且还要占用更多的车间场地和维护费用。因此,如何在提高 ATL/AFP 机床铺放生产率同时又扩展制造复材构件适用范围则是人们所迫切希望的,也是目前大型复杂 ATL/AFP 设备发展的一种基本趋向。

一种最简单的方法是将不同带宽规格的铺带头集成在一台 ATL 机床上,形成集成化多铺带头 ATL 设备来实现满意的高铺放加工能力。FOREST-LINE 公司推出的双铺带头结构的铺带机 ATLAS 就是采用这种复合铺放技术的高铺放生产率的 ATL 机床。图 16 所示即为 FOREST-LINE 公司双铺带头 ATL,同时配置了前面已介绍过的该公司一个单工序铺带头和一个双工序铺带头,前者可直接用于制造(切割与铺放)简单轮廓外形的复材构件铺层,允许使用最大带宽 300mm,后者则可用于制造(采用独立预先剪裁)复杂轮廓外形的复材构件铺层,允许使用最大带宽 150mm,实现了“双铺带工艺”。实际上,装备有这种双铺带头的 ATLAS 铺带机,配合 FOREST-LINE 公司 ACCESS 机床即构成了多机生产复材构件的制造环境,因而可快速实现复杂形状构件的层铺制造。

据报道,波音 787 客机构件制造承包商日本三菱重工(Mitsubishi Heavy Industries)从 Forest-Line 公司购置了 4 台双铺带头 ATLAS 铺带机,2 台 ACCESS 机床,用于波音 787 客机复材机翼上下翼面蒙

皮壁板层铺制造。壁板最宽处 6.5m，长 36.5m，为双曲率整体构件。该双铺带头 ATLAS 铺带机 X、Y、Z 轴驱动均采用直线电机。X 轴行程 40m，高架龙门内宽（Y 轴）8m，重 25t 龙门移动速度可达到 60m/min，300 毫米宽带料卷盘盒容量扩展到 800~900m，并具有高度复杂的切割功能，以适应大型飞机复材构件制造，确保飞机结构满足设计重量要求。日本富士重工（Fuji Heavy Industries）也从 Forest-Line 公司购置了 1 台双铺带头 ATLAS 铺带机，1 台 ACCESS 机床，用于波音 787 客机复材翼盒层铺制造。

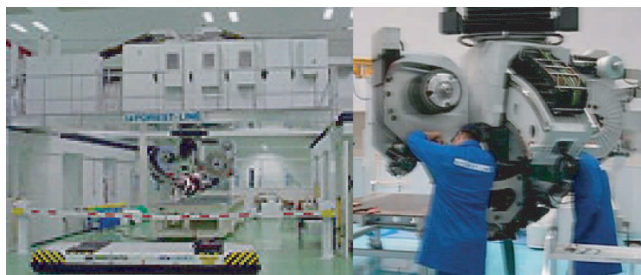


图 16 双铺带头铺带机

西班牙 MTORRES 公司通过将传统单带结构的铺带头改成采用多带结构来实现制造零件复杂度与高铺放生产率两者良好兼顾，已应用于 A350 客机机翼制造（图 17）。该多带结构铺带头允许装载 4 条 75mm 宽带料，其铺放生产率和装载单一 300mm 宽带料铺带头一样，但由于每条带料均可单独控制，因此，多带铺带头可铺放制造轮廓更为复杂的复材构件。这种多带结构铺带头也可装载 2 条 150mm 宽带料。实际上，MTORRES 公司多带结构铺带头可看成是等效于配置有 4 个 75mm 宽的集成化多铺带头的 ATL 机床，或者说其铺放工艺本质上就是自动铺丝机 AFP 铺放工艺的简化应用。



图 17 MTORRES 公司多带铺带头

6.2 多铺放头 AFP 设备

从一般意义上讲，AFP 机床由于采用多“纤维束”铺放工艺技术，在一定程度上解决了制造零件复杂度与高铺放生产率两者间得到兼顾。然而对给定的 AFP 机床，由于使用的“纤维束”宽度与数量之不同，导致其仍然存在和传统 ATL 机床同样的问题，即制造复材构件复杂度与铺放生产率难以兼顾。美国 ElectroImpact 公司 2003 年开发了一种新概念的模块化铺丝头（Modular Fiber Head Placement）（图 18），并通过设计具有多个可交换的模块化铺丝头的 AFP 机床以期解决这个技术难题。这种 AFP 机床对给定的一种纤维铺放应用需要的所有纤维束料都被放在模块化铺丝头上，即是取消了传统 AFP 机床上专设的纤维经轴架辅助装置。同时，铺丝头和控制它进行铺放运动的平台是分离的，就像传统数控机床自动刀具交换一样，需要的铺丝头能够实现快速被交换到“运动平台”上。这样一来，复材构件制造商可购置一台基础机床（运动平台）和多个铺丝



图 18 ElectroImpact 公司多铺丝头铺丝机

头以适应不同的纤维铺放应用，即适应不同零件结构铺放的需求。标准的 ElectroImpact 多铺丝头 AFP 可提供一个 3.2mm 宽和一个 6.4mm 宽纤维束铺丝头用于零件复杂轮廓区铺放，一个 12.7mm 宽或更宽纤维束铺丝头用于零件一般轮廓区铺放。所有铺丝头可相互交换，交换时间通常不超过 60s。每个铺丝头可安放多达 16 个长 278mm，外径可达 203mm 的供料卷轴。铺丝头可实现 0°、90°和±45°方向铺放，铺放速度达 50m/min，加速度为 0.25g，最高铺放生产率可达到 59kg/h。2004 年 ElectroImpact 公司已为 Boeing 公司研制了 2 台带 3 个不同的模块化铺放头：6.4mm 宽 12 束、12.7mm 宽 12 束和 76.2mm 宽 4 束的 AFP 机床，所有铺丝头可相互交换。该公司还为

Spirit (斯匹里特) 航空系统公司 Wichita 工厂提供一台配备有 6.4mm 宽 12 束和 12.7mm 宽 12 束的两个模块化铺丝头的 AFP 机床, 用于波音 787 客机的 41 段全复材前机身的制造, 铺放头交换时间仅需要 30s。实际上, ElectroImpact 多铺丝头 AFP 也是集成了不同应用对象的 AFP 铺放工艺, 实现了复杂复材构件高生产率复合铺放制造技术。

Accudyne 系统公司与 Cincinnati 公司合作为 Vought 航空公司开发了一种用户化多铺放头结构的适用型 ATL 机床 (有关适用型 ATL/AFP 机床技术可参阅后面讨论), 用于各种不同长度的热固性复材层压板构件 (FCL: Flat Charge Laminator) 的快速铺放制造 (图 19a)。这种多铺放头适用型 ATL 机床, 由于需要承受较重载压紧力, 其工作台面为钢板制造的整体真空台面, 真空用于层压板开始层压成型时固定住板料。机床全长约 18.5m, 一个全闭环伺服控制系统可实现移动托架从机床一端到另一端运动, 行程约 15m。移动托架装置包括 3 个可装载带宽 300mm 的供料卷盘的铺放头, 卷盘直径达 625mm, 使用的材料可为单向带、编织纤维料或者 $\pm 90^\circ/\pm 45^\circ$ 斜向编织的 3 种不同热固性预浸料带, 并设计有 2 个用于层压板表面装饰的薄膜料辅助卷盘。配置有一尖形小刀可有效切断单向带料且不会切断背纸。ATL 机床控制系统对每个铺放头可单独进行位置控制、带料拉紧、横向切断和加热等以确保压紧形成高质量复材层压板。可生产 300mm 宽最长约 11m 规格的窄长复材层压板。制成的层压板直线度可达 $\pm 0.25\text{mm}$, 重迭 (开始)/切断 (停止) 位置精度为 $\pm 0.75\text{mm}$; 铺放速度可达 30m/min , 铺放生产率达 $22.7\sim 27.2\text{ kg/h}$ 。为了减少设备在物料交换时停机时间以提高生产率, FCL-ATL 还可配置一种转塔式自动料盘加载装置, 允许操作者在零件铺放过程中自动加载新料卷盘, 仅需暂停运行 90s 即可自动完成卷盘互换, 从而使 ATL 机床铺放生产率能得以提高。



a) Accudyne 系统公司 FCL-ATL b) ADC 公司 ACLS

图 19 多铺放头结构的铺带机 (ATL)

图 19b 所示为美国复材纤维铺放设备制造商 ADC (Automated Dynamics Corp.) 公司研制的装配在

适用型 ATL 机床的多铺放头结构的自动复材铺放系统 (ACLS) 中使用的 4 个模块化铺带头装置。

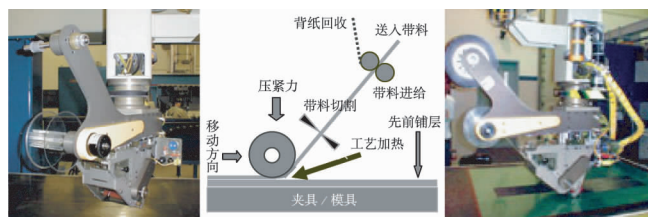
6.3 适用型 ATL/AFP 设备

从前面讨论可看出, 要求能够加工较宽范围零件和复杂形状的 ATL/AFP 机床, 趋向于大型复杂并具有较高集成化自动化水平, 但也是很昂贵。通常一台设备需要近百万到数百万美元。显然, 对制造简单的层压平板或中小型不太复杂的复材构件, 大型复杂的 ATL/AFP 铺放设备显然是不经济的。在实际工业应用中, 传统许多中等水平复材构件供应商生产这类产品多采用人工铺放, 然后将之放在曲面轮廓模具上进行校形。同时在工业实践中, 人们发现大量平板类复材构件在尺寸和形状上基本是相同或相近的, 且比较容易实现自动化而减少大量生产人力和时间。因此, 在市场需求推动下, 一些制造商开发了一种比较简单的被称为面向零件的 (part-purpose systems) 铺放设备。这种铺放设备与可制造许多不同类型复杂复材构件的大型复杂 ATL/AFP 机床不同, 它仅为制造有限范围且较简单的中小型尺寸复材整体构件提供更好的自动化解解决技术, 以提高其铺放生产率, 大幅度减少设备费用。

这种面向零件的 ATL/AFP 设备铺放头一般又被称为适用型 (或称恰好尺寸/恰当规模) ATL/AFP 铺放头 (“right-sized” ATL/AFP head)。适用型 ATL/AFP 铺放头主要是为满足那些要求实现低曲率热固性复材零件高铺放生产率的用户而开发的, 多采用模块化设计, 操作方便, 安装容易。适用型铺放头可安装在多种类型平台上, 包括单丝缠绕装置、龙门式机器人、多关节机器人、用户化设计的适用性强的复材构件铺放机床等, 因此其工作空间尺寸是完全可根据实际需要定制。实际上, 配置有适用型 ATL/AFP 铺放头的复材构件铺放机床, 可适应任意尺寸零件, 从小尺寸飞机肋类零件到长的梁类零件, 甚至数米长的飞机蒙皮零件。为叙述方便, 这儿将面向零件的铺放设备统称为适用型 ATL/AFP 机床。

图 20 所示为 ADC 公司推出的适用型 ATL 机床的铺带头及其铺放工艺原理示意图。和前面已讨论的大型复杂 ATL 铺带头相比, ADC 适用型 ATL 铺带头要简单得多, 尺寸也小。ADC 适用型铺带头部件包括一个可变向控制的滚动卷轴 (为确保正确送进以定位复材离开卷轴方向); 一个精密机械斜导轨槽

(用于维护预浸料在合适的位置); 送进滚动卷轴收紧装置 (即在送料时拉紧预浸料带, 而若在超越模具时则松开预浸料带)。



(a) 铺带头 (b) 铺放工艺 (c) 加热/冷却装置

图 20 ADC 公司适用型 ATL

对前面已讨论大型复杂 ATL, 预浸料带背纸是需要通过加热区和切割小刀区, 切割带料时需小心确保不能切到背纸。ADC 适用型铺带头采用一种简单的设计, 在带料到达切割小刀装置之前就使复材和背纸剥离, 背纸被回收在处于送料卷盘下面的一个由恒力矩电机驱动的卷盘上。采用恒力矩电机的目的是为确保背纸剥离得干干净净离开铺带头。这样, 由于不需要担心切割小刀切到背纸, 因而可采用一种简单的剪断机类型的切割小刀就能快速地垂直于进给方向剪断带料, 不需要特别减低进给速度。同时 ADC 公司还开发了简单的角度切割装置, 以满足一些用户之要求。

铺带头冷却系统使带料保持一定温度处于低粘度以取得平滑进给 (送料)。整个进给导轨槽区通过氮气或空气流进行冷却, 使其保持在较低的温度 (12℃), 以减少带料粘度使其具有一定硬度和平度, 确保带料不会粘连在进给部件上。由于复材带料在进给区被冷却, 因此预浸料带在通过切割小刀之后需要加热, 同时必须确保在贴合点具有适当的粘度。加热同样通过氮气或空气流进行, 温度高低取决于树脂混合系统和铺放速度, 其平均温度大约为 93℃。但是, 如果要求取得 30m/min 或以上铺放速度就可能需要加热到更高的温度。铺带头冷却/加热系统见图 20c 所示。

ADC 适用型 ATL 标准设计为可装载 75mm 宽的单向带热固性 (thermoset) 铺带头, 但也可选配 150mm 宽带料以及较小的带料或纤维束的铺带头。铺放速度达 30m/min, 而回程运动速度接近 60m/min, 铺放生产率达 10kg/h。ADC 适用型 ATL/AFP 设备配有离线的纤维铺放管理软件 (FPM: Fiber Placement Management) 和在线的纤维铺放系统软件

(FPS: Fiber Placement Systems) 作为标准配置。其 FPM 使用 2D 零件边界定义功能和铺放表插入形式进行编程。

图 21a 为 ADC 公司制造的低费用低轨龙门结构的 ATL-1117 铺带机, 配置 75mm 宽带料的热固性铺带头, 其工作空间为 3.3m×5.3m, 用于生产波音 787 客机复材地板。ADC ATL 设备另一个优点是还可配置热塑性 (thermoplastic) 铺带头, 且铺带头装卸容易, 在该空间内几个小时便可完成, 因而可容易实现短周期产品制造生产规划。

大型 ATL 设备制造商 Cincinnati 公司为适市场需求也推出了 CHARGER 系列低费用适用型 ATL 新产品 [3]: 小型平板铺带机 (SFTL: Small Flat Tape Layer), (图 21b)。SFTL 适应于制造窄长平板、层合板和皱纹板等复材构件。这种紧凑型 ATL 主要面向航空飞机长梁、筋板/盖板、桁条、层压板、框、襟翼和某些蒙皮等复材飞机结构件的铺放制造。SFTL 配置有一种简单高速铺带头, 使用 300mm 宽单向预浸料带直接在机床整体结构的真空台面上制成平迭板, 然后离线固化成型。Cincinnati 公司目前设计有两种规格: 生产 1.2m 宽和 2.5m 宽层迭板。



图 21 适用型 ATL 机床

图 21c 所示则为 Accudyne 系统公司推出的简易高架龙门结构适用型小平板铺带机 (SFTL), 用于铺放、压紧、裁剪和固化单向热固性预浸料带。SFTL 机床龙门提供 Y 向坐标运动控制, 旋转工作台面可沿 X 向坐标作直线运动。设计有一个尖形切刀可精确裁剪单向带料, 但不会切断带料背纸。采用超声波 (Ultrasonic) 和电子束固化 (E-Beam curing) 技术允许在铺放时实现层铺平板的固化。同时, 系统还能提供一个闭路视频摄影装置对铺放生产过程进行监视, 并提供电子束辐射 (E-Beam radiation) 安全保护系统。

美国 ADC 公司除推出适用型 ATL 机床外, 还推

出了铺放头采用模块化设计的易操作的适用型 AFP 机床，法国达索航空公司，日本三菱重工（MHI）、富士重工（FHI）和川崎重工（KHI）都购置有 ADC 公司的适用型 AFP 机床（图 22）。

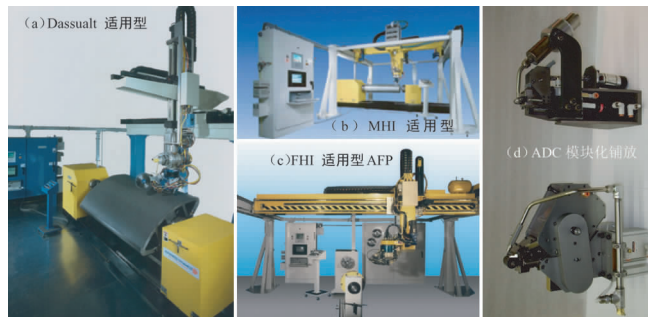


图 22 适用型 AFP 机床

6.4 新型 AFP 设备

到目前为止，在所讨论的传统自动铺丝机 FAP 结构设计中，实际上都继承了传统缠绕机铺放工艺基本思想，在 FAP 机床前都设计有一个旋转心轴驱动芯模转动进行零件曲面铺放，也就是说传统 FAP 机床结构设计中都要考虑零件回转结构装置设计的技术问题。因此，这种机床总体结构设计存在有明显的不足之处。

- (1) 旋转心轴驱动装置费用高；
- (2) 需要一个专用的芯模装置，对复杂轮廓零件芯模设计技术难度较大；
- (3) 由于在旋转芯模进行纤维束铺放，为确保纤维束良好贴合，需要机床具有较大的热压能力；
- (4) 增加设备车间占地面积。

Ingersoll 公司改变传统 AFP 机床结构设计，推出了一种新概念的 AFP 机床，通过在现场安放简单的凹模具，取消了传统 AFP 机床旋转心轴驱动芯模转动的设计，实现低费用 AFP 铺放技术。这种没有旋转心轴驱动芯模转动的机床结构设计可明显减少传统 AFP 机床尺寸，增强窄腔复材构件铺放加工能力，

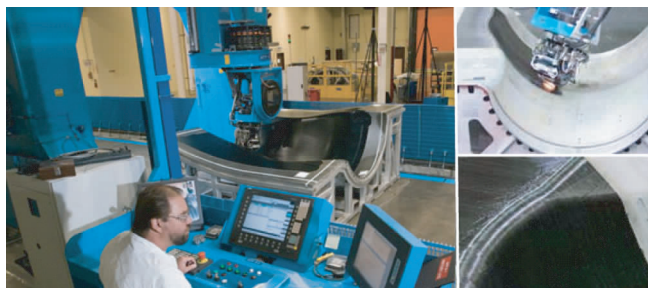


图 23 Ingersoll 新概念 AFP 机床

并能显著减少设备车间占地面积（图 23）。

Ingersoll 公司这种新概念的 AFP 机床铺放速度 40m/min，切割速度 30 m/min。Goodrich 航空结构件公司准备应用 Ingersoll 这种新概念 AFP 机床来生产 GEnx 和用于波音 787 客机的 Trent 1000 发动机短舱复材内涵道支撑结构件自动化生产（以前采用人工铺放）^[7]。

6.5 机器人平台的 AFP/ATL 设备

各种类型工业机器人在制造业许多领域得到了极广泛的应用，特别在汽车制造业领域。多腕关节结构的商品化工业机器人在其可达工作半径范围内对位置控制具有较大的柔性，一些复材构件制造设备制造商利用多自由度（一般 6 个自由度以上）商品化工业机器人系统作为平台配置模块化铺放头来构建低费用高生产率的复材构件 ATL/AFP 铺放设备。工业机器人的柔性特点为这一类 ATL/AFP 设备同时适应复材构件生产环境和研发环境铺放制造应用提供了有力支持。

图 24a 所示为美国复合材料系统公司（Composite Systems）推出的一种基于具有 6 个自由度运动控制的 Motoman UP200 商品化机器人系统为平台的简单低费用复材构件高速铺放制造设备。该铺带机模块化设计的铺带头被作为 UP200 机器人精密进给终端执行器（PFE: Precision Feed End effector）应用。铺带头单元带有一运动坐标轴，并包括由预浸料复材冷却装置、背纸剥离与回收装置、超声波切割刀装置（可实现交叉切割、切开和角度切割）、用于控制预浸料带粘度的加热装置和一个防止产生桥接的有效铺放压力控制装置等所组成的。铺放送料系统可接受不同大宽度的预浸料或干编织纤维布（图 24a），ATL 带宽为 610mm，铺放速度可超过 30m/min。该 PFE 铺带设备机器人系统可安装在滑轨装置上，或倒装在带有多达三坐标运动控制的龙门系统上。这种能实现倒挂铺放功能是其它铺放设备难以



图 24 基于机器人平台的 ATL/AFP

实现的。同时该铺带机还可配置紫外线 (UV) 和红外线 (IR) 电子固化系统。Groppe 航空公司打算将之应用在空心复材涡轮叶片的制造。

美国 ADC 公司也推出基于模块化铺放头的机器人 AFP/ATL-0510 铺放机床, 见图 24b 所示。该铺放机床基于 Kawasaki 机器人平台上, 标准的工作空间为 $3.0 \times 1.5 \times 1.2 \text{m}$, 并且借助设计有驱动芯模转动的辅助主轴系统能够实现零件旋转铺放。同时, 该机器人能够装备多种铺放头, 包括热固性和热塑性 AFP/ATL 铺放头, 可实现复材纤维在 $0 \sim 90^\circ$ 任意角度内铺放。同样 ADC 公司提供离线的纤维铺放管理软件 FPM 和在线的纤维铺放系统软件 FPS 作为标准配置。

6.6 高生产率 AFP 设备

至此, 我们所讨论的提高 ATL/AFP 机床铺放生产率主要是通过提升 ATL/AFP 自动化和集成化水平, 从而提高 ATL/AFP 机床铺放速度或实现在一台设备上多种铺放工艺集成应用来取得高生产率。此外, 为提高 ATL/AFP 机床铺放生产率, 一些 ATL/AFP 机床制造商将大型金切加工中心机床并行运行加工思想应用在 ATL/AFP 机床上。如本文前面已介绍的美国 Vought 航空公司 Dallas (达拉斯) 工厂中 Cincinnati 大型双龙门双铺带头的 CTLM, 可一次同时铺放 2 个零件, 或者在铺放 1 个零件同时可进行另一个铺放零件的加/卸载, 从而取得较高铺放生产率。同样, 美国 Ingersoll 公司也能向用户提供高铺放生产率的大型双龙门双铺丝头的 AFP 机床。

同时, 从前面介绍可看出, 在宇航和国防应用领域, ATL/AFP 机床若能取得 50 kg/h 铺放生产率应算是为高铺放生产率了。但对完全商品化应用领域而言, 这种铺放生产率仍然是低的。为此, 美国复材构件生产设备制造商 Entec 公司采用了另一种途径来提高 AFP 机床铺放生产率: 通过使用先进的更大质量“纤维束”结构的复材来取得 AFP 机床高铺放生产率, 这是一种高专用性的或者说高专利性的 AFP 机床。如前所述, 典型的 AFP 机床使用 $3 \sim 12 \text{K}$ 独立长纤维组成的“纤维束”结构的复材, Entec 公司开发的用于民用风力涡轮发电机复材叶片制造的 AFP 机床使用 150K 独立长纤维组成的“纤维束”、束宽 18mm , 铺丝头设计为能容纳 32

根纤维束, 每根纤维束可单独控制, 铺放精度可达 $\pm 1 \text{mm}$, 铺放生产率达 341 kg/h 。在铺放过程中, 如果 32 根纤维束始终都被使用, 或者说即将 AFP 机床作为 ATL 机床使用时, 甚至可取得 680 kg/h 高铺放生产率。这种高铺放生产率 AFP 机床供料卷轴一次可提供长达 2200m 纤维束。同时由于纤维束带质量较大 AFP 机床不使用传统的超声波型剪切小刀, 改用工业激光来实现对单独纤维束或整个纤维束带切割, 但要求预浸料纤维束背料具有吸收激光能量的能力。

7 结束语

复合材料整体构件在现代大型飞机上得到越来越广泛应用, 成为现代大型飞机主结构用材已是明显的发展趋势, 作为铺放制造复材整体构件的自动铺带机 (ATL) 与自动铺丝机 (AFP) 则随之得到快速发展和广泛应用, 成为现代大型飞机制造的关键设备, 并处持续发展与进步中。

目前, 我国正在启动实施大飞机重大项目, 对 ATL/AFP 机床提出了迫切需要, 而我国在 ATL/AFP 机床研制、生产和实际工业应用基本上还处于起步阶段, 和国际先进水平存在有较大差距。本文对 ATL/AFP 机床基本构成、铺放工艺原理、工业应用现状和发展趋向进行了较全面介绍与讨论, 以期对发展我国 ATL/AFP 机床与工业应用技术有所帮助。

参考资料

- [1] Bruce Morey. Processes Reduce Composite Costs. *Manufacturing Engineering*. 2007, 138 (4): AT6-AT16.
- [2] Jim Lorincz. Composites Fly Lighter, Stronger *Manufacturing Engineering*. 2006, 136 (3): AT1-AT6.
- [3] Bruce Morey Automating Composites Fabrication. *Manufacturing Engineering*. 2008, 140 (4): CT1-CT6.
- [4] Robert Aronson. Composites Offer More Opportunities *Manufacturing Engineering*. 2005, 135 (2): 75-83.
- [5] 王升, 肖军, 吴海桥. 自动铺带轨迹规划中测地线算法研究. *玻璃钢/复合材料*. 2007, 193 (2): 15-17.
- [6] Jim Watkins New Rules, New Game *Manufacturing Engineering*. 2004, 132 (3): 75-86.
- [7] Robert Aronson. Composites and Superalloys Fill Aerospace Needs. *Manufacturing Engineering*. 2008, 140 (3): 121-130.

控制软件产业化是数控产业化的关键

Software is the key of CNC industrialization

陈 虎

1. 引言

数控系统是先进制造装备实现控制功能的核心部件。数控产业对于国家的工业现代化,乃至国家经济安全和国防安全都具有超越其巨大经济价值的战略意义。" 十一五" 将是数控产业发展的战略机遇期。如何把握这一战略机遇期,实现数控产业的长足进步和发展,基于数控系统技术链和产业条件,本文重点从软件产业化的角度,对推动数控系统产业化进行分析提出意见。

数控产业技术链比较长,涉及机械、电子、自动化等许多领域。在数控产业化问题的技术分析中对相关技术都有许多精辟的论述,本文不再赘述。对于数控系统,从系统实现的角度可以分为硬件系统和软件系统两大组成部分。

数控系统的硬件部分核心是高效的运算平台和一组对控制设备(伺服驱动, I/O)的接口。从这个角度看,数控硬件部分可以看作是一台工业计算机。从实际的数控系统硬件结构上分,有 PC 架构的硬件系统,也有其他嵌入式处理器为核心 (ARM、DSP) 的硬件系统。近 10 年来,我国的工业电子产品的产业化水平有了长足的进步,不论是工业控制电源,工业控制计算机主板,还是其他嵌入式设备的产业化水平都很高。我国有能力自主开发、制造高性能、高可靠性的通讯设备,是世界上最大的 PC 制造国和手机等移动通信设备的制造国。而上述产业的支持条件对于支持数控产业的硬件产业化也完全没有问题。

数控系统的另一组成部分就是软件。数控系统技术方案中软件承载了数控系统的主要的运动控制、逻辑控制和人机交互的功能。在数控系统硬件趋同化的趋势下,数控系统软件正在成为系统中的重要价值构成部分。因此,软件产业化的问题日益成为数控系统产业化的关键。

2. 数控软件产业化存在的问题

对于我国的数控产业而言,数控系统软件的产业化问题不是一两个高性能插补算法或某些高性能控制指标能否实现的技术问题,而是数控软件整体开发模式的问题。控制软件现有的开发模式存在的问题可以概括为:开发模式落后;技术手段落后;与应用脱节。

2.1 数控软件开发模式落后

以嵌入式软件为主要特征的数控软件开发模式落后。目前我国数控装置的供应商的起点都来自于某个方面数控系统核心技术的突破,由核心技术转化为产品,通过产品逐步滚动,逐步发展起来。因此,我国的数控产业规模都比较小,缺乏相关产业链的支撑。加上数控产品同质化导致的价格恶性竞争,产品利润率都处于较低水平,因此能够支持的软件开发团队规模也都非常有限。在非常有限的人力资源下,各厂商的开发团队尽可能保持小而全的开发体系,最终不可避免地陷入手工作坊式开发模式。由于技术开发源于某个技术关键点的突破,而缺乏系统的需求分析,没有很好的进行抽象和概念、逻辑设计,造成的结果是从旧的产品中提取不出一些有用的、共性的东西为后来的产品所使用。我们国内很多公司的产品很少具有连续性,往往是新的一个产品完全重起炉灶,和老的产品没有半点关系。在这种开发模式下,软件功能完善程度,软件产品的可靠性,可持续发展能力都受到很大的局限。在整个产业发展过程中,低水平的重复研发的现象是比较普遍的,技术积累缓慢。我们目前的控制软件开发模式很难与国际知名数控厂商进行有效地竞争。

数控软件的开发模式与当前我国其它领域的软

件开发模式也存在较大的差距。当然由于数控软件的实时性要求、嵌入式特征以及面向特定制造工艺的特殊需求的分析,数控软件又具备较高的行业准入门槛,致使一般的软件企业较难深入这一领域。如何借鉴软件产业发展已经取得的经验已成为数控产业改进软件开发模式的一个很重要的问题。

2.2 数控软件开发技术手段落后

低水平的重复研发不仅体现在开发模式上,还体现在数控软件开发的技术手段上。由于数控软件需求的特殊性,致使计算机技术领域向数控软件开发领域渗透较慢。在软件技术领域,近10年来,在设计模式上和其他软件技术上都有许多重要的发展,例如从面向对象(OO)的系统分析设计方法正在向面向服务(SO)的系统分析设计方法演变。而在数控软件领域基本停留在结构化程序设计阶段,这些技术手段对于支撑更完善功能的控制器,更有效利用计算机硬件资源是不利的。在某些数控软件开发人员的意识中,系统的实时性已经成为回避先进程序设计方法的借口,而实际上,体系结构上的计算任务调度瓶颈将更严重制约系统整体性能,而不是OO方法或SO方法。值得注意的是目前主流的嵌入式实时操作系统,乃至DSP的开发环境都已经全面支持OO的设计开发工具。因此,数控产业界必须正视这种技术手段落后的事实,并决心迎头赶上。

2.3 数控软件开发与应用脱节

数控产业软件开发的另一个重要的问题就是数控软件开发与应用脱节。首先从国产控制系统的功能层面上就可以看出,基本功能仅包含最通用的G代码功能,很少包含除典型数控车床和数控铣床外的其他设备特征的功能。目前国产数控软件大多存在工艺较差的问题。很少有系统能够很好地支持加工中心应用。磨削装备的数控产品基本空白。面向机床调试的PLC调试功能和伺服调试和参数整定功能基本也是空白。而上述特征已经显性地体现在国外厂商的普及型系统中。作为数控软件,未能预见到可能的工艺需求,以及未能在体系结构中具备融合应用技术的接口,将成为数控软件产品的先天缺陷。因此,在数控系统软件的开发过程中如何有效地与应用技术结合,更好地满足应用需求是非常重要的问题。

3. 实现数控软件产业化推进数控系统产业化

为了支持我国数控产业的振兴,推进数控产业化,提升我国装备制造业的核心竞争力,针对当前数控产业数控系统软件开发存在的问题,应当从以下三个方面需求突破,促进数控软件的产业化:管理模式开放化;技术方法工程化;领域构架标准化。

3.1 管理模式开放化

数控技术的相关技术链比较长,涉及包含机械、电子、自动控制等诸多技术领域;而另一方面,我国的数控制造商都属于中小型企业,大多不具备完整而强大的技术链和产业链的支持。因此,集中产业的合力,突破产业的共性问题,是实现产业立足于中国市场,与国际垄断控制器制造商竞争的必由之路。在政府的引导下,基于开放管理模式的,技术成果共享机制的,由数控企业、用户企业和科研机构依据现代企业制度组成的研究实体是值得深入探索的技术创新模式。在开放的管理模式下,借鉴其他行业成功的软件工程化方法和技术,包括管理经验和开发模式,有助于加速提升数控软件行业水平。

3.2 技术方法工程化

在提升产业发展水平的问题上,应当强化工程化技术水平,而不是寻求某一项或某几项关键技术的突破。我国的数控技术领域不乏经过科技鉴定和评奖的科技成果,但这些成果远不能支撑数控产业。从产业的角度,数控产业的工程化技术能力的培育,远比关键技术的突破更重要,也是未来关键技术突破及技术的产业化应用的重要支持。数控产业软件工程化技术能力与其他行业的软件工程化技术是基本相同的,核心目的就是要用工程化方法构建和维护有效的、实用的和高质量的控制软件。这些技术包括:面向数控领域的需求分析技术,系统建模和体系结构设计,系统模型的分解和详细设计,程序设计,软件测试技术。除了通用的软件工程化的技术外,还有些具有实时嵌入式技术特征的工程化技术,例如嵌入式软件的测试技术,以及运动控制和逻辑控制软件性能测试与评价技术等。

3.3 领域构架标准化

由于数控自动化装备的多样性,新型的制造装

备随着制造工艺的革新不断涌现。为了保证数控软件产品的在较长的生命周期中的适用性,最大限度地避免低水平的重复开发,支持控制技术的积累,能够被全行业广泛认同的、面向领域解决方案的数控软件架构的开发,应当在整个研发工作中处于重要的位置。具有明晰接口,支持的松耦合功能组件互联应当是该构架的重要技术特征,因为只有基于上述特征才能保证这项基础研发工作成果能够被众多控制器厂商共享,并作为基础,支持他们各自的开发工作。只有支持松耦合功能组件的架构,才能够使数控企业间的技术合作成为可能。并且有关开发成果应当通过标准化工作加以固化。

4. 结语

通过上述几个方面的努力,我国数控产业的软

件技术水平和工程化能力一定能够得到有效的发展。从发展的角度看,数控系统软件正在成为数控产品中的功能主要载体,而且也正在向数控产品的利润主体转化。随着数控产业的充分发展,数控软件将从数控产品的组成部分,向制造业增值服务领域渗透,包括特殊装备的特殊控制功能组件、包括信息集成服务,远程设备维护服务等。我国的数控产业与发达国家相比还是处于初始的发展阶段,特别是其中的软件技术部分。而软件的生产是决定于程序员的智慧和管理者的智慧。如果我们能够在数控技术相关的知识链,通过科学地组织和管理,科学地借鉴其他产业软件工程化的经验,我们是有机会在数控产业软件领域追赶工业发达国家水平的。□

• 业界动态 •

我国首台、世界最大超重型数控落地铣镗床在齐二机床问世

日前,我国首台、世界最大、完全自主研发的TK6932型超重型双立柱数控落地铣镗床在齐二机床研制成功,该机床是为中信重工制造,具有完全自主知识产权,达到了国际先进水平,可以为航空航天、大型矿山机械、大型水电机组、核电站设备等超大型工件进行加工,打破了西方技术垄断,填补了国内空白,结束了我国长期依赖进口的历史,同时为我国其他类超重型数控机床极限制造提供了宝贵经验。

随着我国核电设备、水电设备、大型船舶、冶金设备、石化装置等向大型化及巨型化方向发展,国内现有的数控落地铣镗床性能及尺寸参数满足不了需求,百万千瓦级压水堆核电站、加氢反应器、特大型冷热扎机等超大型零部件的机械加工都需要采用超重型数控落地铣镗床。当今世界,用于超大型零件加工的镗轴直径达到320mm的超重型数控铣镗床,只有德国、捷克等少数几个国家能够制造。此前,我国超重型数控铣镗床主要依赖于进口,如何满足特大型零件的极端加工制造已成为我国重大装

备的瓶颈难题。

超重型数控落地铣镗床在国内一直未实现国产化的主要原因是,除国内技术设计水平达不到外,主要是对大型工件的精密加工及工艺水平达不到要求。

今年年初以来,该企业凭借几十年生产重型数控落地铣镗床的丰富经验,通过不断创新和提高工艺制造水平,终于完成了TK6932型超重型双立柱数控落地铣镗床的试制。该机床镗轴直径达到320mm,立柱行程41m,主轴箱行程8m,滑枕行程2m,总重量达760T,主要采用了大型立柱优化设计技术、方滑枕伸出直线度伺服补偿技术、滑枕及镗轴热伸出补偿技术、重型高速主轴温升控制技术及重型平衡锤减震等多项关键新技术,成功研制出了国内首台、世界最大的TK6932型超重型双立柱数控落地铣镗床,并通过了用户验收,各项技术指标均达到国际先进水平。该产品也因此被列为国家“十一五”重大专项机床行业“十大”标志性装备之一。

(齐二机床 孙宇飞)

SECO 转型全球刀具系统解决方案供应商

1 SECO 公司概况

SECO 公司总部位于瑞典 Fagesta 南部地区 Hytbocken。SECO 公司源于瑞典 Fagesta 钢厂的一个刀具生产部门。在 20 世纪 30 年代初, Fagesta 钢厂为其新推出的硬质合金刀具命名为 SECO, 到 20 世纪 60 年代, 这个刀具部门从 Fagesta 钢厂独立出来, 在如今 SECO 公司总部所在地新建了一家工厂。新工厂由三个主要建筑组成, 一个一端生产另一端作仓库的硬质合金工厂、一个研究中心和一幢三层的办公楼, 这些建筑一直沿用至今。新公司成立之时, 沿用了 SECO 这个名字作为公司的名称。

经过几十年的发展, 如今 SECO 已经成为世界最著名的金属切削刀具品牌之一, 在全球有 50 多个子公司, 在 60 多个国家/地区开展业务, 1989 年成功在斯德哥尔摩上市。在全球现有员工 4300 多人, 其中总部有员工 1300 多人。SECO 中国公司有 130 多名员工。

2 金融危机影响

受全球金融危机的影响, SECO 公司 2008 年的发展出现了 2 个截然不同的两个阶段。2008 年前 3 季度仍然保持高速发展, 销售收入按照固定汇率同比增长 11%, 但到第 4 季度, 经济形势急转直下, 由于市场需求下滑, 销售收入同比下降 7%。尽管如此, 2008 年全年, SECO 公司销售收入按照固定汇率还是保持了 6% 的同比增长, 达到 65.36 亿瑞典克朗, 业务利润同比增长 20.4%, 达到 13.32 亿瑞典克朗, 税后利润 8.9 亿瑞典克朗。与此同时, 很好地利用了这次危机带来的机会, 增加了 SECO 产品在全球市场上的份额。

3 积极应对措施

为了应对金融危机, SECO 公司采取了削减成本开支、深化与客户的紧密度、提高面向解决方案的

供货能力、加强产品创新能力、完善公司的全球网络的措施。2008 年 11 月公司宣布实施了一个相当于每年节支 2 亿瑞典克朗的成本消减措施, 包括在全球范围内裁员 250 名员工。

深化与客户的紧密度就是要让客户感觉到, SECO 公司好打交道、服务好、能够为客户提高效率作出巨大贡献。为此, SECO 公司扩大了具有技术专家水平的销售队伍。在 2008 年全球裁员的情况下, 这种专家销售队伍还是增加了 100 多人。

提高面向解决方案的供货能力主要体现在客户制定加工方案的早期就加强与客户的密切对话, 了解客户的加工工艺, 建立为客户加工工件提供特定的刀具解决方案的基于工程的系统 (CET: Component Engineering Tooling); 扩大国际应用专家人才库 (IAE: International Application Experts), 形成 SECO 公司的业务解决方案, 建立全球竞争力。

2008 年, SECO 投入了大量的人力和物力, 加强对员工进行系统和持续的培训, 使员工能更好地掌握技术知识以及和销售相关的技巧。此外, 在波兰、匈牙利以及新近在底特律开设的现代化的技术中心都是为了提升公司面向解决方案的供货能力的措施。

高质量和高性能的产品是赢得市场的关键。SECO 是一家全方位的刀具产品提供商, 产品范围覆盖了刀柄、刀杆、刀片。刀片产品是其核心产品, 公司 2/3 的业务来自于刀片产品。SECO 公司专注于金属切削加工, 用于金属切削加工的标准产品有 23000 品种, 涵盖了车、铣、钻、绞等工艺, 另外还生产大量的非标产品, 以满足各领域的不同的加工需求。其刀片产品主要在瑞典、捷克、印度工厂生产, 刀杆产品主要在美国等地的工厂生产, 而非标产品则在包括中国上海在内的很多国家/地区生产。

SECO 公司非常重视新技术研究和新产品的开发, 全球从事研发工作的员工有 200 多人, 每年的研发费用占公司销售收入的 4%。公司中长期目标是 5 年内的新产品在市场上的销售份额要占到公司总销售的一半以上, 而目前只占到了 40% 多一点。公司对刀具产品的研发主要集中在刀具基材、表面涂层以及刀片几何形状 3 个方面。

2008年,SECO公司推出了MP1500、TP1500两种基于Duratomic涂层技术的新的硬质合金刀片;适用于高热阻抗超级合金加工的PVD涂层车削刀片TS2000、TS1500;快速冷却刀片的Jetstream工具系统。

Duratomic涂层技术能够在原子级水平控制刀片表面涂层材料沿柱向增长,从而提高刀片的使用寿命和切削参数,最终帮助用户提高生产率。试验数据显示,使用Duratomic涂层的刀片,生产效率提高100%,刀片寿命提高400%。和传统的涂层技术相比,采用Duratomic涂层技术的硬质合金刀片更好的耐热性,抗磨损性能,加工面的表面粗糙度更好。目前采用Duratomic技术的产品有铣刀片和车刀片,下一步将应用于钻削、开槽、切断用的刀具上。

采用新的PVD涂层技术的TS2000和TS2500刀片,是针对航空工业和发电行业加工高度复杂和高价值部件而开发的。

Jetstream刀具系统,是一种高效冷却切削刀片的方式,通过刀体上的喷嘴喷射高压冷却液射流,能有效地冷却刀片,提高生产效率,提高刀片寿命,优化切削参数。

2009年,SECO公司推出了一个新的Square 6方肩铣系列刀片。其特点是每个刀片上有6个切削刃,低成本、高性能。另外Square 6的应用灵活,可用于多种加工方式。

完善全球网络。在19世纪80年代,SECO公司还只是一个欧洲公司,以生产铣刀为主。现在,公司正在朝着经营全球化,产品全面化方向转型。这种转型一是通过内部改进,一是通过外部收购来实现。收购基于两种原则,一是地理位置需要,而是

产品具有补充作用。公司先后收购了美国、捷克、印度、俄罗斯收购了当地的刀具生产厂,其中2008年在俄罗斯收购的LAG公司,是俄罗斯的第3大刀具生产厂。SECO公司还将继续谨慎小心地进行类似的收购工作,在收购时会考虑文化上的融合,以及产品结构方面是否适合。

公司目前有3家发货中心,一家在美国,一家在比利时,一家在新加坡。公司每天能够处理10000个订单,做到24-48小时内发货。公司也在讨论在上海建立一个新的发货中心的建议,就目前而言,条件还不成熟。

2008年,SECO公司收购了俄罗斯的LAG公司,扩大了中国的ECT单元,升级了印度工厂的生产能力,在俄罗斯、乌克兰、塞尔维亚等国家/地区设立了SECO品牌分公司,在俄罗斯、巴西设立了Pramet品牌的分公司。

4 2009年上半年经营状况

归功于SECO公司有力的措施和高性能的产品,SECO公司在整个刀具行业普遍亏损这种极其困难的情况下,2009年上半年仍然保持了盈利状态。

2009年上半年,SECO公司销售收入按固定汇率同比下降34%,金额为25.31亿瑞典克朗,税后利润6800万瑞典克朗。其中第2季度销售收入按固定汇率同比下降40%,金额为11.8亿瑞典克朗,2季度业务利润只有4000万瑞典克朗。

SECO公司总裁Kai Warn先生认为目前的经济形势相对稳定,但还不能确保能持续稳定。他预计,2010年经济恢复增长的概率为60%。□

• 业界动态 •

吉特迈集团取得展会的巨大成功

吉特迈集团在2009年米兰欧洲机床展上取得本年度最佳展会交易成果。

比勒费尔德吉特迈集团在前不久落幕的米兰欧洲机床展上取得骄人成绩,实现了收支盈余,共签署5,260万欧元订单,售出254台机床。吉特迈集团在欧洲最为重要的机床盛会中取得圆满成功。

作为本届展会的最大参展商,吉特迈集团拥有约1,500平方米的展位,展出了41件展品,其中包括7台全球首次亮相的机床。展会期间吉特迈集团

展台注册登记观众人数比上届(2003年)米兰展会多出了61%。纵观本届展会,我们共签署了5,260万欧元的订单,售出254台机床,此外还产生了1251份新的报价。吉特迈集团从车削技术到铣削技术,以及新型自动化和软件解决方案的琳琅满目的创新展品吸引了众多观众的眼球。

在本届欧洲机床展上收获的订单增强了该公司对第四季度的发展预期,也为集团在2010财政年度的发展提供了积极的推动力。□

针对高速加工的新材质等级设计

Design of carbide tips coating for high speed machining of new materials

摘要: 文章阐述了一种针对高速切削金属时提高刀具耐磨性与抗塑性变形能力的涂层硬质合金材质等级设计的新进展。在深入了解涂层材料磨损特性的基础上,介绍了一种新的涂层设计。这种新涂层将一种改善韧性的功能材质基体与刀具的切削刃强度组合在一起。

随着金属加工业全球化市场竞争的加剧,高速、大功率机床以及难加工材料的使用越来越广泛,还有世界各国环境保护法律法规日益严格,刀具用户就刀具性能对刀具制造商提出了持续改进的要求。

新的环保法律法规将提高冷却润滑液的使用成本,这将促进干加工(图1)的应用。同时,这还将增加对更耐热涂层硬质合金的需求,并迫使金属加工业考虑新的方法。

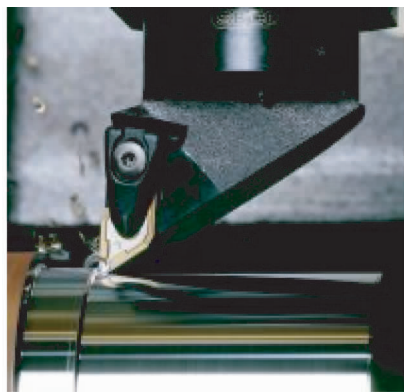


图1 硬质合金刀片高速切削

尤其是汽车工业,选择合适的材料对于降低能耗具有重要意义,如优先选用轻合金。除铝和其它轻合金外,专门设计的高强度钢材应用将越来越广泛。

为了提高生产率和切削速度,采用干切削和少量润滑以降低成本和环境污染,采用难加工材料以获得更高的强度和更轻的质量,将成为金属加工业重要的发展趋势。这些发展趋势对刀具材质等级的耐磨性、抗塑性变形和韧性提出更多要求。

如果韧性是唯一的问题,PVD(物理气相沉积)涂层能够解决刀具材质的韧性。但是PVD涂层的耐磨性要低于CVD(化学气相沉积)涂层。PVD涂层

沉积厚度通常小于 $5\mu\text{m}$,而CVD涂层达到 $20\mu\text{m}$ 厚。

传统设计

一种烧结硬质合金刀片就是一种针对某种特定应用领域定制的基体与涂层的优化组合,通常被看作是一种材质等级。设计一种新的材质等级就是要找到基体和涂层物理性能的最佳组合。一种材质等级最重要的特性是硬度与韧性,它们又与材料性能相互关联。在刀具研发时,必然要在耐磨性和韧性之间折中。本文将探讨一种新的设计用于高速切削的耐磨材质等级的研发,将耐磨性与韧性结合在一起。

以WC-Co基为基体的材质性能可通过Co含量、WC颗粒大小和立方碳化物相数量的变化来控制。也可以采用功能梯度的方法,在涂层下面的基体创建富含Co的区域并同时耗尽硬的立方碳化物表层,从而获得硬的基体核心而不牺牲切削刃的韧性。在耐磨性要求较高的应用场合,通常要求抗塑性变形的基体与传统的硬基体,还没有使用功能梯度分布的基体。

在传统涂层里,不同的涂层材料根据普遍接受的磨损模型,创建多层结构来组合与优化。内部(中间)的涂层通常是基于保证良好的抗后刀面磨损及与硬质合金基体之间有良好的结合力的TiC-Ti(C,N)-TiN组合。最常用的中间层是Ti(C,N),差不多是专门使用中温化学气相沉积(MTCVD)进行沉积。一般来说, Al_2O_3 使用在中间层的上面,起降低前刀面月牙洼磨损的作用,也作为热障来使用。最后,在复合涂层的顶面再沉积一层薄的TiN,使刀具呈金黄色,以便能方便地察觉到刀片的磨损情况。目前市场上大多数涂层是由Ti(C,N)、 Al_2O_3 与TiN组合构成,通常在 Al_2O_3 上面仅覆盖一薄层TiN。

氧化物困境

Al_2O_3 存在许多不稳定同素异形体, 诸如 γ 、 η 、 δ 、 θ 、 χ 和 κ 相, 以及稳定的 α - Al_2O_3 相。这些不稳定的同素异形体在后续的过程中会转化成稳定的 α - Al_2O_3 相, 如在沉积过程中的热处理、沉积后的热处理与金属切削过程中。有3种 Al_2O_3 相 α - Al_2O_3 、 κ - Al_2O_3 和 γ - Al_2O_3 能以某种受控的方式被CVD沉积。这3种 Al_2O_3 相的特性比较见表1。

表1 CVD沉积 α 、 κ 、 γ 相 Al_2O_3 特性对比

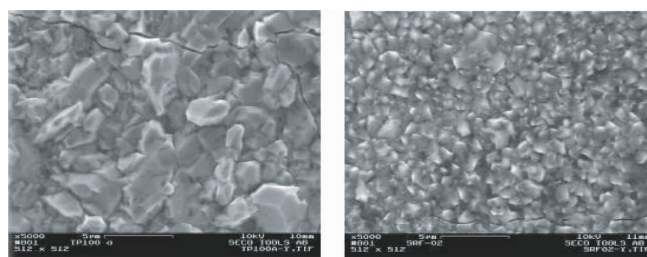
	α - Al_2O_3	κ - Al_2O_3	γ - Al_2O_3
晶格体系	三方晶系	斜方晶系	立方晶系
空间组	R3c	Pna2 ₁	Fd3m
晶格参数 (埃)	a=4.7587 c= 12.9929	a=4.8351 b=8.3109 c=8.9363	a=7.92
单元 Al 原子数	12	16	63/3
单元 O 原子数	18	24	32
Al-配位排列	八面体	75% 八面体 25% 四面体	

能应用到工业领域的CVD相仅有 α - Al_2O_3 和 κ - Al_2O_3 。虽然 γ - Al_2O_3 是PVD获得的最常见的 Al_2O_3 相, 但还没有被商业化地作为降低磨损或摩擦的涂层。

与不稳定 κ - Al_2O_3 相比, 稳定的 α - Al_2O_3 是工业应用中最难的CVD沉积。这就是为什么所有CVD氧化铝涂层里大约80%由 κ - Al_2O_3 构成的原因。 κ - Al_2O_3 是一种不稳定相, 在沉积过程中, 以及在金属切削过程中(尤其在高速下), 可能转化成稳定的 α - Al_2O_3 相。在相变中由于体积收缩将降低并最终破坏 κ - Al_2O_3 层的粘附。

市场上很多的商用 α - Al_2O_3 涂层是在沉积过程中由 κ 相向 α 相转化的结果。因此, 这种涂层易出现热裂纹并且易碎(图2a)。最近研究发现, 通过调节晶核表面的化学作用可完全控制并使 α - Al_2O_3 相成核。形成的涂层由细颗粒 α - Al_2O_3 组成, 避免了转化裂纹(图2b), 这种 α - Al_2O_3 与原先技术得到的 α - Al_2O_3 以及目前的 κ - Al_2O_3 相比, 具有更优异的韧性。

经典磨损模型以及传统涂层设计是有疑问的。例如, 由于 Al_2O_3 的化学热稳定性高, Al_2O_3 的月牙洼磨损最不可能是一个受约束的扩散过程。 Al_2O_3 的月牙洼磨损实际上更应该是塑性变形的结果。因此, 在很多钢件加工时, Ti (C, N) 表现出比 Al_2O_3 有更优异的抗月牙洼磨损能力, 而且可以预计表现出的抗后刀面磨损总是优于 Al_2O_3 。由此, 有必要根据下

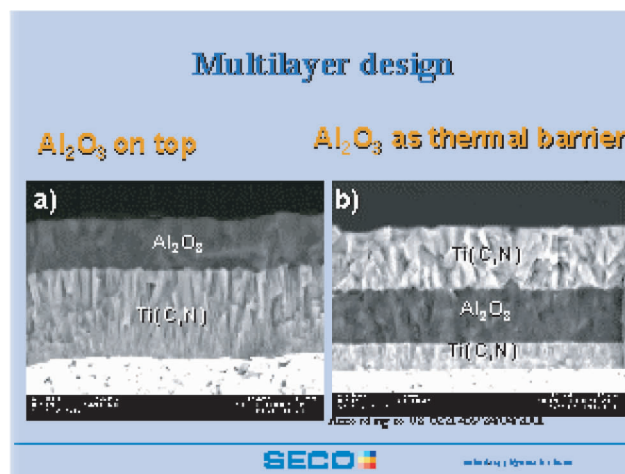


a) 原先技术 α - Al_2O_3 的微观结构
b) 具有控制成核和细颗粒尺寸的 α - Al_2O_3 微观结构

图2 两种 α - Al_2O_3 晶相对比

面的例子来讨论新的涂层设计。

图3所示为在同一基体上总厚度相同的两种实验涂层。根据传统方法, 把 Al_2O_3 沉积到Ti (C, N) 层的上面(图3a)和在两层Ti (C, N) 层之间沉积 Al_2O_3 (图3b)。在图3b所示的涂层中, Ti (C, N) 涂层可保护 Al_2O_3 层, 避免其月牙洼和后刀面磨损, 并可充分利用 Al_2O_3 的热障特性。从两种涂层切削性能来看, 新涂层设计比传统的涂层设计性能更优越, 尤其是抗后刀面磨损能力得到提高, 而且抗变形能力也得到加强。根据新设计得到的涂层, 其寿命超出传统涂层约100%。



a) 氧化铝涂层作为扩散屏障置于Ti (C, N) 涂层上面
b) Ti (C, N) 沉积在氧化铝上面以减少塑性变形。

图3 传统涂层与新涂层结构对比

新涂层概念

涂层结构如图4所示。细颗粒 α - Al_2O_3 涂层夹在两层MTCVD Ti (C, N) 之间。最醒目的特点是一厚层Ti (C, N) 涂在 α - Al_2O_3 涂层上面。最后, 一薄层TiN涂层应用于Ti (C, N) 涂层上面以减少磨损。涂层的总厚度约为20 μm , 并且具有设计用于高速切削的

功能梯度分布基体。

从图4可以看出,涂层下面的富钴区是相当厚的,但是与可减少磨损的尺寸大小相比,其厚度则是可忽略不计的。当与很硬的基体组合在一起时,抗塑性变形能力不会下降。

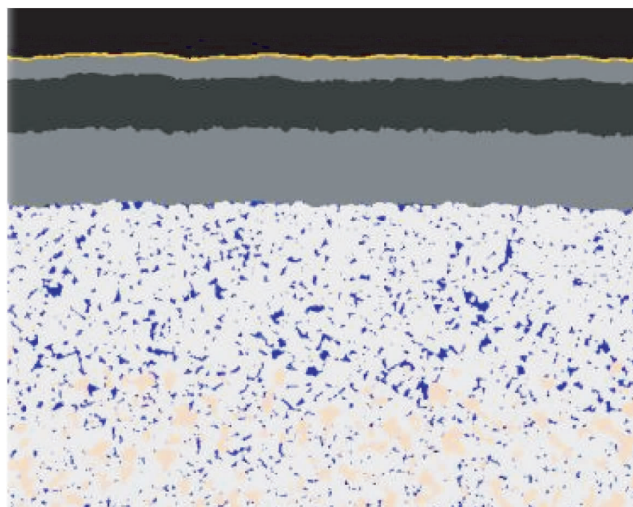
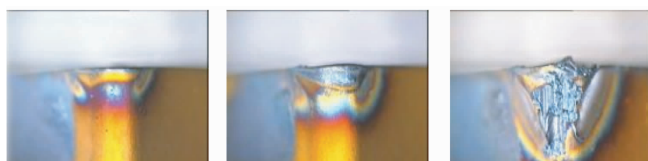


图4 具备精确功能梯度分布的加强结构控制的硬质合金基体允许应用保持韧性的更厚、更耐磨的CVD涂层。CVD涂层厚度大约为 $20\mu\text{m}$ 。

应用验证

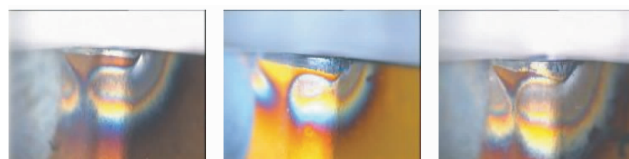
现场测试验证了实验室的试验结果。这些实验集中于用新的材质等级设计与市场上的传统涂层作比较。

图5所示为采用新涂层刀具和2种传统涂层刀具干切削粗加工硬度为240HB的42MnCr5,采用430m/min的切削速度,0.3mm/r的进给量,1.5mm的切深,粗车外圆6.5min后,在光学显微镜下观测到的3种刀具的磨损情况。从图5中可以清楚地看出,新设计的涂层刀具的磨损(图5a)要明显小于传统涂层刀具(图5b、c)。



(a) 新涂层 (b) 传统涂层 A (c) 传统涂层B

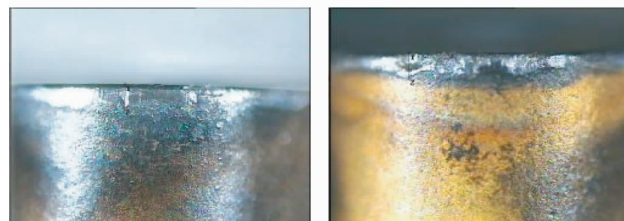
图5 基于新涂层刀具的切削刃磨损与两种传统涂层刀具的对比1



(a) 新涂层 (b) 传统涂层 A (c) 传统涂层B

图6 基于新涂层刀具的切削刃磨损与两种传统涂层刀具的对比2

图6所示为采用新涂层刀具和2种传统涂层刀具干切削粗加工硬度为240HB的42CrMo4,采用385m/min的切削速度,0.4mm/r的进给量,2.0mm的切深,粗车外圆3min后,在光学显微镜下观测到的3种刀具的磨损情况。从图6中可以清楚地看出,新设计的涂层刀具的磨损(图6a)要明显小于传统涂层刀具(图6b、c)。



(a) 新涂层

(b) 传统涂层

图7 基于新涂层刀具的切削刃磨损与传统涂层刀具的对比3

图7所示为采用新涂层刀具和传统涂层刀具加工硬度为190HB的100Cr6,使用冷却液冷却,采用480m/min的切削速度,0.23~0.73mm/r的进给量,1.0mm的切深,车削小轴承环外径和端面,在光学显微镜下观测到的2种刀具的磨损情况。从图7中可以清楚地看出,新设计的涂层刀具的磨损(图7a)要明显小于传统涂层刀具(图7b)。

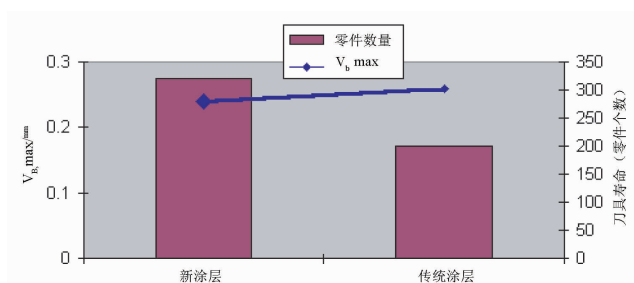


图8 新涂层刀具与传统涂层刀具预期寿命以及后刀面磨损对比

图8所示为新涂层刀具按照被加工小轴承环零件的数量来衡量的刀具寿命以及后刀面磨损情况与同等材质等级的传统涂层刀具的对比。□

孔加工趋向于深、快速和干切削

Holemaking trends toward deep-hole drilling, fast and dry cutting

作为金属加工过程最基本的孔加工是工厂可以大大改善对机床投资回报的一个领域。而且，生产时间的50%~60%都用于孔加工。因此，孔加工过程的微小改进都可以提高生产率并降低成本。但是，最能影响生产的三种孔加工方法是：钻较精确的深孔，在较短的时间内钻较多的孔和干钻孔。

这些趋势使刀具制造者可开发出许多新产品。另外，机床刚度较高，精度较高和主轴速度较快可促使钻孔的产品的发展和更精致。这些产品包括从喷射器式的精确的钻深孔的系统，至进行高性能钻孔的平衡刀夹。这些产品还包括用于干钻削的特殊刀具材料和涂层。

钻深孔

在铣削和车削中很重要的断屑和排屑，在钻孔中是更关键的。孔深度越大，越难控制钻孔过程和排屑。

过去，深孔的定义是孔深为孔径的5倍或更大。今天，专门的深孔钻削系统可以容易地钻削大直径的孔和孔深大于孔径10倍的孔。许多工厂都可加工孔深大于孔径100倍的孔。另外，除了要求金属去除率高和精度外，还要求孔的直线度、公差和表面粗糙度。

为了满足这些要求，重要的是在断屑和排屑时不堵塞或损坏钻孔表面。某些钻深孔的系统以将切削液输送至切削区，并将切屑从该区排出。有三种这样的系统，即：深孔钻系统，喷射器系统（或双管系统DTS）和单管系统（STS）。

深孔钻系统设计来钻直径小于19mm的深孔。它是利用旧的原理，将切削液送至钻头端部。钻头中的一根导管将冷却液输送至切削刃，然后，沿着钻头管子外面的V形排屑槽，将切屑排出。钻头是由硬质合金端部铜焊在钻柄上组成的。

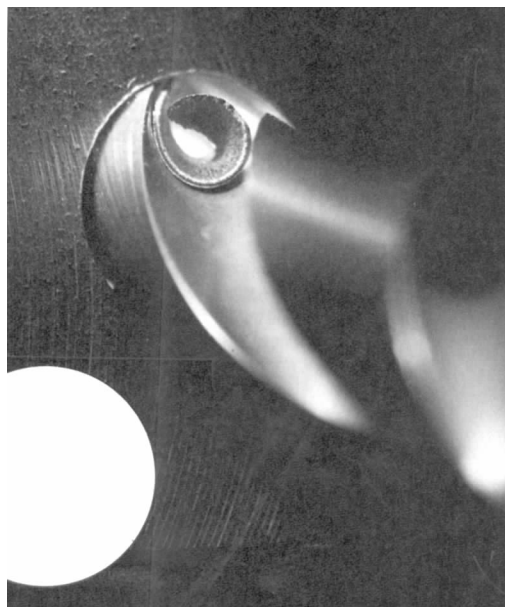


图1 排屑槽的形状对于优化切屑的形成和排屑是很重要的

虽然，深孔钻削能提供长的刀具寿命，好的表面粗糙度和笔直的孔，但其主要缺点是由于管子强度不高，使进给速度很低。

喷射器系统在孔深与孔径之比为50:1或更小，其孔径为19.05mm~184.15mm。该系统有二根钻管，切削液被泵入内管和外管之间。当钻孔时，大部分切削液通过至钻头头部，而剩余的切削液则通过内管后部的槽。在该内管前部产生的负的压力，迫使在钻头头部的切削液，与切屑一起，通过该内管排出。对于喷射器系统，可以采用铜焊的钻头或带有可转

位刀片的钻头。

自律系统适用于包括NC和CNC车床内的大多数普通机床。然而,喷射器系统产生的切屑短,需要快速安装,冷却液量比深孔钻多,要求有专门的过载传感器。

STS需要从外部供给切削液和内部排屑。利用这种系统所钻的孔,比利用喷射器系统钻的孔小。切削液在钻头管子和钻削的孔之间流动,然后,与切屑一起,通过该钻头管子排出。切削液的速度很高,使切屑不费力地通过钻头管子。这使得 STS 对钻削断屑性质不好的工件材料是理想的方法。



图2 诸如 Kennametal 公司生产的一类钻深孔系统可以钻孔径为 44.45mm ~ 170mm 的孔,深度为孔径的 8 倍

由于是内部排屑,不需要排屑槽,钻头柄可以是完整的圆形,因此刚度比深孔钻系统高。STS 用的刀具可以是铜焊的钻头或带有可转位刀片的钻头。

Sandvik 公司资深的产品专家指出:“STS 比深孔钻的主要优点是生产率高。用深孔钻时的穿透速度为 25.4mm/min~50.8mm/min;而用 STS 时,穿透速度可达 152mm/min~254mm/min。”STS 的另一个优点是可将所有的冷却液输送至切削刃,并通过十字孔。然而,STS 比喷射器系统需要更大的冷却液量和压力;必需在专用机床上工作,并且需要专门的过载传感器。喷射器系统钻孔比深孔钻快,而所需的冷却液量和压力比 STS 的少。

高性能钻孔

生产率的提高取决于钻孔速度,穿透速度或二者同时提高,当可以任意使用高速钻孔时,情况会怎样呢?某些钻头制造厂家将主轴速度足够高,穿透速率比通常的穿透速率大 3~10 倍的钻削,称为高速钻削。另一些制造厂家则简单地将比通常的钻孔快的钻削称为高速钻削。

当钻孔速度或进给速率提高时,低速时影响钻削的因素更加显著和重要。钻孔速度和进给速度高时,主要考虑的问题是发热,而刀具更深地进入孔中时要考虑排屑与径向跳动问题。

Carboloy 公司的产品经理指出:“当钻孔进给速度和主轴速度增加时,提供足够的冷却液,以排屑的问题更加关键,如果不将所产生的切屑除去,则可能造成切屑堵塞,再切削会导致刀具寿命缩短和大量发热。当将循环时间减少 90%时,不需太多的排屑时间,因此需要高压的冷却液流,许多老式机床的冷却液不够排屑使用,但在某些情况下,可改造这些机床以增加冷却液流量。

在主轴速度较低时,高速钢(HSS)钻头是有效的,刀具的弯曲强度和韧性较高。在主轴速度较高时,则必须使用硬质合金或陶瓷刀具。这些刀具材料的韧性不如高速钢的韧性好,但较耐磨损和耐热。当钻头回转速度超过 10 000r/min 时,钻头和钻夹的平衡也很重要。为了使不平衡保持在可接受的范围内,通常可选择热压配合刀夹和液压刀夹。

然而,老机床难以保证充分利用今天的新的精密钻头所必需的同轴度。总的径向跳动不应超过 0.0254mm。虽然,在车床上利用转塔和卡盘进行钻孔可以保证孔的同轴度,但刀具的径向跳动不应大于 0.0127mm。

Centaur Precision Tools Inc. 公司的 Greg Pratte 指出了刀夹精度的重要性。“刀夹是机床主轴与切削刀具之间的连接件,它必需具有与主轴同样的刚度和同轴度。例如,考虑一个送入冷却液的、镶装可转位刀片的钻头,当在刀具夹持系统中伸出 101.6mm 时,在刀夹面 25.4mm 处允许的最大径向跳动为 0.005mm。钻尖或切削刃的径向跳动可能超过 0.025mm。当有刀夹时,钻头端部或切削刃的径向跳动在 0.0025mm 内。这种刀夹在增加钻孔速度时,可大大改善刀具寿命和工件精度。”

对于高速钻孔,刀具制造商设计的产品可以防止

切屑与刀具的切削刃和排屑槽接触。热的切屑会软化和弄脏刀具,在切削刃表面充满微观裂隙。这种切屑瘤变成新的切削表面,可以迫使刀具偏离中心和引起故障。通过刀具输送高压冷却液,可以有效地将切屑从刀具冲走,并冲出孔外。

据 Kennametal 公司的孔加工组的产品经理称,高速钻削时,冷却剂非常重要;冷却剂的选择必须与被钻削的材料相匹配。例如,当钻削钢时,冷却作用是头等重要的,而当切削铝时,润滑性则是关键的。

最普通的高速钻头是由耐高温的整体碳化钨硬质合金制成。当颤振可能成为一个问题时,较好的选择是用较细颗粒的硬质合金制造刀具。切削刀具制造商使用颗粒尺寸为 $0.5\mu\text{m}$ 或更小的硬质合金,而标准的颗粒尺寸为 $2.5\mu\text{m}$ 。颗粒尺寸较小的硬质合金刀具耐磨,而且韧性损失较小。

工厂也可以将两种等级的硬质合金烧结在一起,得到整体式的硬质合金钻头。钻头中心部具有韧性、含钴量高,强度高,可以满足低速的性能要求;而钻头圆周较硬,含钴量低,耐磨损,可满足高速的性能要求。这种设计可使钻头大大增加穿透速率,特别增加了钻削通常需要进给速率低的不锈钢时的穿透速率。当使用钢的钻头体和铜焊的硬质合金钻头时,通常要

消除高温,因为将钻头端部与钻头体保持在一起的铜焊有软化的危险。

虽然陶瓷刀具的高温硬度比硬质合金高,但它们需要在速度和刚度足够大的机床上使用。另外一些耐磨性高的刀具材料包括聚晶金刚石(PCD)和立方氮化硼(CBN)。然而,这些材料比较昂贵,如同陶瓷一样,必需在高性能的机床上使用。

薄膜涂层可使刀具寿命大大延长,耐磨性和工作速度与进给速度显著提高。涂层可增加表面硬度,减少摩擦和发热,并可增加对切屑聚集切削刃,擦伤切削刃和切削刃裂纹扩展的阻力。高速钻削的普通涂层包括 TiN、TiCN 和 TiAlN。Carbology 公司生产的整体式硬质合金钻头是自动定心的,由 PVD 涂层的 TiN 可使钻头具有高性能和长寿命。钻头切削刃的设计增强了在大多数工件材料(包括低碳钢,合金钢,不锈钢,铸铁和有色金属材料)上的切屑控制和排屑能力。

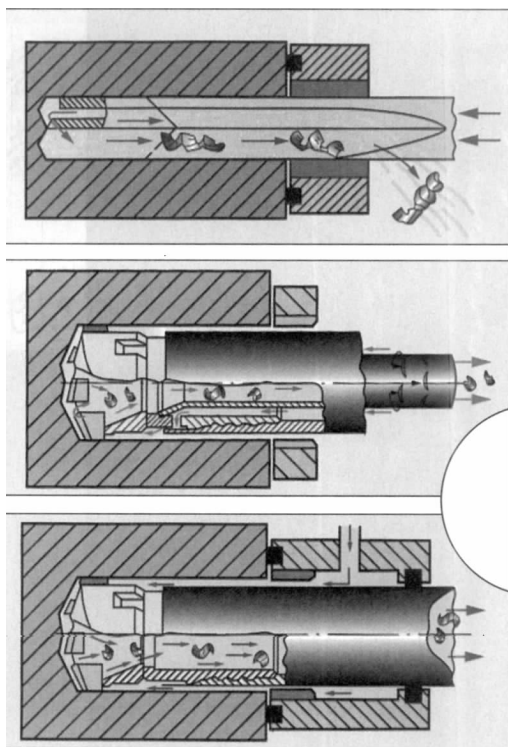


图3 三种钻深孔的系统:深孔钻、喷射器和单管



图4 Kennametal 公司生产的 KSEM 钻头的特点是可以选择刀片等级的模块化刀片设计。在钻头体中的刀片锁紧机构可防止切屑阻塞。切屑在硬质合金刀片上形成,而不在钢的刀具体上形成,这样可延长刀具寿命。即使在进给速率高的情况下,本设计也是稳定的和精确的

TiN 是性能价格比、通用性好的涂层,它可使刀具硬度超过 80HRC。TiCN 是一种多层结构,它可阻止表面裂缝扩展至刀具或磨损部分的基体。对于加工硬的材料和在冲击大的应用中(例如断续钻削),这种涂层性能最好。对于加工诸如铸铁和含硅量高的铝合金

一类的材料, TiAlN 可以提供超硬度和耐热性。这种涂层在热应力大的条件下性能也很好, 例如在干的和半干的加工中以及在切削液很难渗入的小的深孔钻削时。

另外, 还有一些制造商声称具有这三种标准涂层的所有优点的专利涂层。例如, 带有一个硬层和软层的综合涂层可以增强加工能力。其软层为一个润滑性涂层, 由于刀部没有切屑瘤, 因此可使切屑沿着排屑槽和孔顺利地排出。

半干或干式高速钻孔

虽然, 美国不像在欧洲那样普及, 但对于干或半干钻孔的兴趣在继续增长。在欧洲对于干式高速钻削的兴趣是因为冷却剂及其处理费用过高, 但另外一些人认为, 干加工的主要好处是不需要或简化了冷却剂管理系统。Kennametal 公司的 Parzick 指出: “干钻孔在飞机工业中是有吸引力的, 因为可以最大限度地减少清洁工作。当钻可能成为燃料箱的机翼部分的紧固件孔时, 冷却剂的污染可能是一个主要的问题。”

通常, 有许多高速和干式钻孔, 对于这两种钻孔过程, 关键问题是保护刀具不受热的影响。外露切削刃的加工(车削和铣削), 干切削比在封闭式的钻孔内容易得多。当切削刃外露时, 切屑可以快速离开切削区, 与工件或刀具的接触少。工件和刀具保持较冷的状态。但在钻孔中, 切削刃受到由切削过程和热切屑产生的高温的作用。在钻孔的各种情况下, 冷却剂都是重要的。许多人认为干钻孔在铸铁中孔深不大于孔径的 3 倍, 在硬钢及不锈钢中, 孔深不大于孔径 1 倍的浅孔才有效。

KPT Kaiser 公司的回转刀具产品经理警告说: “我建议考虑干钻孔的所有人, 要仔细权衡其优缺点。当干钻孔直径为 50.8mm~63.5mm 时, 通常通过刀具输送的冷却剂不需要采用啄孔。这点很重要, 因为大多数刀具的磨损发生在钻头建立切削压力时的进入点处。因此, 是刀具磨损的一个主要原因。”

干钻孔的有效性在不同的金属之间变化是相当大的, 铸铁是最经常进行干加工的材料。硬质合金是适合干切削的刀具材料。陶瓷也是适合的刀具材料, 因为它在高温下可以保持硬度, 并且可以在没有冷却剂或润滑剂的条件下工作。然而, 陶瓷刀具只能用于切削短而容易排出的切屑的材料加工。陶瓷刀具较脆, 因此需要严格控制其径向跳动。

当没有高压冷却液流时, 必须要有一些排除润滑

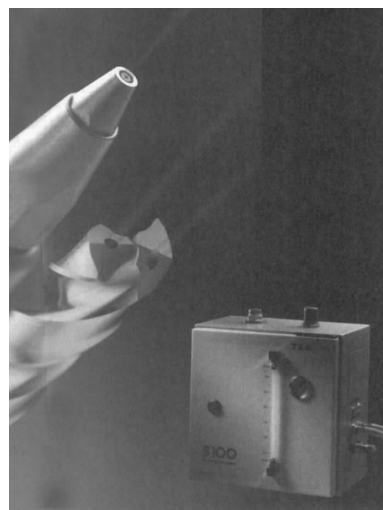


图5 Guhring 公司的 Gurojet 最小润滑系统能精确地将雾状的空气冷却剂直接输送至钻头的切削刃。该冷却雾在钻头的外面移动, 或通过钻头中的冷却导管传输

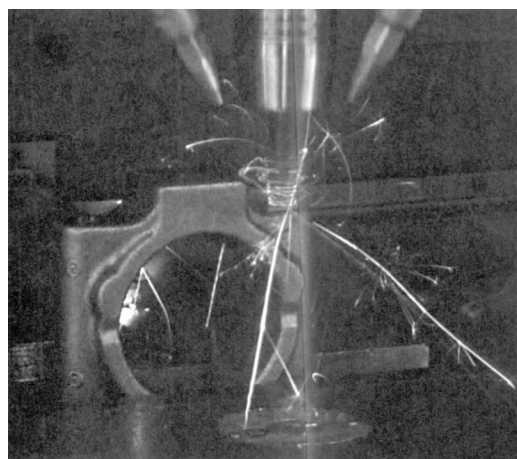


图6 Guhring 公司的整体式的超精细硬质合金 RT100 高穿透力钻头, 利用该公司的 Gurojet 系统, 半干的条件下加工铸铁工件

液和切屑的装置。在刀具硬的涂层上加一层软的润滑涂层, 可使粘在刀具上的热切屑容易排除。

另一种完全干加工的方法是将非常少量的冷却剂在压力下悬浮在空气成为雾状, 并且从外部或通过刀具喷射至刀具切削刃上。与液体冷却液的流量为 6.1L/min 比较, 一般上述这种雾状的流量小于 48.2g/h。另外一些比较昂贵的、能满足干钻孔要求的方法包括切屑吸入系统, 更有效的是贯通主轴的最小润滑系统, 和向上钻孔由重力排屑。□

李昌琪 编译

精密测量技术的新进展

New progress in precision measuring technology

在高质量产品的制造和高效率生产环境的构建中，测量技术起到了很大的作用，其重要性与日俱增。尤其在生产国际化、全球经济一体化迅速发展的今天，要求不同地区生产的高精度零部件必须具有良好的互换性，因此，也急需建立一种基于国际标准的拥有极佳测量精度及可靠性的测量体制。为了满足上述要求，精密测量仪器必须具有更高的精度、质量和可靠性。各个仪器生产厂商也都在积极开发功能更强、服务性能更好的新产品，从中我们可以看到测量仪器的新进展。

1 加工和测量犹如车上的两个轮子

近年来，长期处于不景气的测量仪器生产有较大的增长。日本通商产业省机械统计资料表明，2003年精密测量机（含光学测量机）的产值比2002年增长20.7%，2004年1~6月，比2003年同期增长22.1%。

作为保证制造业顺利发展的重要手段，高精度零部件的加工机床和由高精度测量仪器组合集成的加工生产线构建成的自律式加工系统，是很有必要的。据此可以预计，今后，市场对用于质量管理的测量系统和机器设备的需求将不断增长。

制造业生产现场对测量仪器及装置的要求大致如下：①能够适应广范围的环境温度；②抗污染和防振动性能优异；③测量重复精度高；④使用方便。

在测量技术方面，日本精密测量仪器工业协会常务理事龟井明敏指出：“任何一种加工设备，无论其多么先进，均会出现由热变形引起的偏移和由工具磨损产生的误差，而要掌握这些偏移和误差，则必须依靠测量技术。”龟井认为，在现场加工过程中，进行测量作业的目标应该是：“①判断产品

质量是否合格：即在加工过程中配置测量环节，保证其能够完成最终加工；②检测工具磨损、机床热变形等引起的误差：根据输出的补偿信号，采取相应的措施；③选取生产节拍和制品精度的最佳配合：不再要求保证很高的绝对精度而是要求保证相对精度，从而提高总体生产效率。在这些过程中，测量技术起着举足轻重的作用。”

2 提高对测量技术的认识

在汽车零件及其它各种机械零件的测量中，目前已大量采用三坐标测量机；在电气及电子零件测量方面，则大量采用显微镜或图像测量仪。随着加工精度的提高，测量精度的要求也不断提高。目前，测量精度达 $1\mu\text{m}$ 以内的超高精度三坐标测量机、显微镜、图像测量机等已开始普及。其中，测量误差为 $0.35\mu\text{m}$ 的三坐标测量机已投放市场。另外，整个零件均采用摄像头（照相机）或激光进行测量，并可对尺寸测量及整体形貌进行评价的测量机也已大量使用。

近期，人们对大幅度提高测量精度极为关注。带摄像头的专用测量机或三坐标测量机已配置在线激光测头系统等附属装置，使之具有多种测量功能。另外，能与接触式测头自动切换、配备轻而小图像测头的三坐标测量机，可在一台仪器上实现接触式和非接触式的测量。

如何抑制高速运动和加减速时产生的振动，提高测量机的可靠性，也是人们关注的问题。各公司在设计产品时，均尽可能提高测量机的刚性和采用高水平的驱动控制技术，以减轻测量过程中的振动。

目前，在测量仪器制造业中，各方面均有很大优势的日本三丰、德国卡尔蔡司+东京精密及海克斯

康集团 (Leitz、Brown&Sharpe、DEA、Tesa、Sheffield及其他) 形成了三大巨头鼎立态势。当然, 还有一些公司分别以其独创的技术, 尽可能开展一些有别于同行企业的营销战略。譬如阿卡西公司就特别重视抑制振动的技术, 为了满足用户对高灵敏度、高分辨力振动消除器的需求, 该公司将进一步扩大多种振动消除器系列产品的销售业务。大塞公司是一家自动测量检测机生产企业, 该公司将根据市场需求变化及不同用户的特殊需要, 开发出新的软件技术, 以满足用户的需求。

3 应对更高精度要求

随着制品不断向高精度和高质量化发展, 对测量技术也提出了更严格的要求。

作为长度基准的测量尺领域内, 一方面长度增加和高分辨力是发展的趋势, 而对应于增量式测量, 已经开发出不计数就能检测出测量尺位置的绝对式测量尺。索尼公司已开发出短波长磁尺, 牌号为SR33/34, 并已作为商品投放市场, 这种刻度尺采用高密度磁性材料、屏蔽式结构, 抗环境干扰性优异, 操作方便, 响应速度为150m/min。

用于角度测量的圆编码器 (角度传感器) 也已开发出可进行绝对测量的新产品。如海德汉公司已开发出可检测绝对位置角度的绝对测量型圆编码器ECN827, 其特点是: ①采用 $\phi 100\text{mm}$ 大口径中空轴; ②外表设有油槽, 可排除冷却润滑液; ③配有自共振频率范围广泛的软件, 可控制性能良好; ④最高操作速度300r/min; ⑤最小分辨力为27bit/r。

为了满足设备小型化的测量要求, 西铁城钟表公司开发出30mm $\times$ 16.5mm极小尺寸的长编码器测量单元, 最小读数1 μm , 量程3mm。

对形状精度要求极为严格的齿轮测量方面, 大阪精密机械公司开发出一种高精度齿轮测量仪MGL-26 (图1), 其特点是: ①采用高精度激光位置检测传感器, 可精密测量出齿面形状; ②可自动计算出误差值; ③由于采用激光测量, 可避免测量机驱动系统产生的振动; ④测量重复精度0.3 μm , 最小分辨力达1nm。

在轴类工件测量方面, 已开发出采用CCD阵列传感器的非接触测量技术, 可在数10s时间内, 测量出旋转轴的长度、直径、同轴度、圆度、垂直度及跳动等多种数据。如Tesa公司开发出一种CNC非接触式

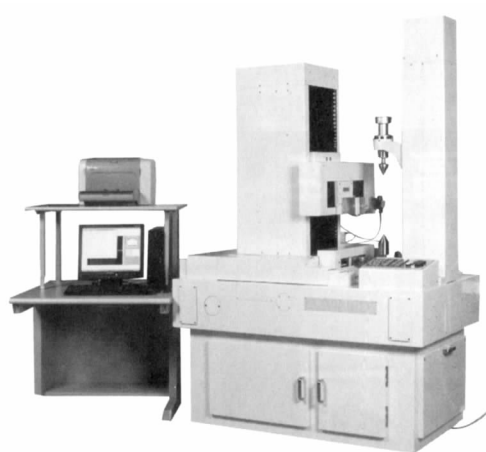


图1 高精度齿轮测量仪 MGL-26

轴类零件测量仪TESASCAN, 其测量精度为 $(2+0.01D)\mu\text{m}$ (D 为被测量件的直径)。

随着微小孔和微细零件测量需求的增多, 各公司相继开发出能够满足高精度测量指标的产品。

Taylor Hobson公司开发出一种全自动圆度测量仪Talyrond295, 其特点是: ①依靠高速调整同心和调水平机构, 工件能很容易的迅速调整安装, 由于工件和仪器发生干涉的可能性小, 测量范围广; ②采用新开发的可动防振台、防风罩, 测量精度稳定; ③在仪器校正方面, 已获得英国UKAS (英国检测协会) 的检测鉴定保证书规定的各种相关数据, 便于用户购置该机后, 进行对比检测; ④配有高速找正机构及水平测量器, 工件可快速定位测量。该公司负责人指出: “随着自动化的迅速发展, 广大用户要求快速测量工件的整体形状精度, 这已成为该领域近期的发展趋势。该领域目前正由接触式测量向非接触测量过渡, Taylor Hobson公司开发出一种综合测量仪CLI2000, 可在大范围 (200mm) 采用接触式和非接触式两种方式进行测量。公司还销售一种与超精密镜面加工机床NANOFORM850 (纳米级) 配套的测量仪, 目前, 公司正以超精密测量技术为战略性开发方向。”

在表面粗糙度测量方面, 各公司已开发出能一次将表面粗糙度和轮廓形状检测出来的表面形状测量仪。如三丰公司的CS-5000CNC, 可自动测量工件的表面形状, 而且可同时对多个同一类型或不同类型工件进行测量。东京精密公司开发出一种牌号为SURFCOM2000DX的测量仪, 驱动部分采用直线电机, 可实现低振动高速驱动, 测量精度和测量效率

均大幅度提高。

激光测量系统方面, 雷尼绍公司开发的ML 10测量系统适用于机械加工现场, 可保持很高的可靠性, 定位精度为 $\pm 0.7\text{ppm}$ ($0^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$ 条件下), 分辨率为 $0.001\mu\text{m}$, 用于超精密测量领域。东京贸易技术系统公司的Leica激光跟踪仪, 利用激光线性光传感器进行非接触测量, 测量范围的半径达40m, 测量精度为 $25\mu\text{m}/2.5\text{m}$ 。

在图像测量系统方面, 三丰公司开发出一种快速扫描系统Quick vision, 它可以不停止地进行高速图像测量, 测量效率比过去提高数倍。YKT公司开发出的显微摄像系统, 是在美国OGP公司生产的直接录像显微镜(VDM)上使用配置光纤光源的EDF镜片, 能显示出大深度小孔和看不见的被测物体, 获得彩色三维图像。

4 接触和非接触测量的优劣之争

三丰公司开发的新产品MACH-V9106, 是一种可进行在线测量的三坐标测量机, 它具有很高的测量效率, 最大移动速度 866mm/s , 最大加速度 $0.86g$, 指示误差 $E = (2.5 + 3L/1000)\mu\text{m}$ 。该测量机的环境适应性能十分优异, 标准产品带有温度补偿功能, 可在 $15^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ 环境条件下使用。

东京精密公司开发出一种能适应环境变化的三坐标测量机Gage-Max(与卡尔蔡司公司合作生产), 它不需要专用检测室即可进行高精度测量。Gage Max为悬臂式测量机, 所需安置面积较小, 可实时处理生产线上反馈的信息, 为了补偿工件温度变化, 测量机配有相应的温度传感器, 在 $15^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$ 的环境条件, 可保证获得良好的测量精度。

DEA开发出了DCC GAGE等CNC三坐标测量机, 并已正式投放市场。这种测量机采用独立的二段减速系统, 可进行高速测量, 移动速度 305mm/s , 加速度为 290mm/s^2 。

随着非接触式传感器品种的增多, 非接触式测量的范围正在不断扩大。非接触传感器的测量效率非常高, 如在自由曲面整体评价或厚度判断、反求工程等领域的测量中, 可快速连续获得由数万个点形成的点阵参数。工件形状变得复杂时, 非接触传感器的姿态也将随之相应改变。因此, 采用按编程可自动改变测量形式进行精密测量的三坐标测量方式, 对提高测量效果将更为有利。

接触式和非接触式测量方法孰优孰次, 是测量技术领域长期议论的话题。近来, 非接触式测量虽已逐渐成为主流, 但要获得高度精确的测量值, 则仍需进行接触测量。非接触式测量速度快, 可减轻对工件的损伤, 与接触式测量相比较, 优点很多。但在测量精度和稳定性方面, 接触式测量仍高出一筹。接触式测量不同于工件表面触发式测量, 它是沿着工件形状连续扫描、移动进行测量, 可在短时间内高密度地获取大量点数, 测量点数越多, 越能获得更为正确的形状参数。

5 测量技术的展望

通过问卷调查, 测量机用户的需求动向和测量技术的发展前景可归纳如下:

(1) “随着防振要求的提高, 测量机正向两极分化的方向发展, 面向汽车行业用户的测量机, 通常价格较为便宜(不需要很高精度)的机种, 另一类则是用于设备检测领域的高灵敏度机种。根据不同的用途, 要求开发相应的最佳测量技术。”(阿卡西公司)

(2) “刀具预调测量仪, 目前正由投影仪类型向监测器类型转变。”(大阪工机公司) “仪表校正等精密工具的测量需求增多”(柯灵斯公司)

(3) “特殊零件的测量增多, 这些零件采用接触式测量时, 往往会因测量力而变形; 采用非接触式测量又易出现精度不稳定, 因此, 需要开发新型测量技术。”(西铁城钟表公司)

(4) “市场需要易于操作的非接触式测量技术。”(FARO日本公司) “测量技术应便于操作, 且具有多种功能。同时, 应配装千分尺和个人计算机等装置, 提高测量机的附加值。”(大塞公司)

(5) “用户希望开发出高精度、高速、低价格的齿轮测量机。”(大阪精密机械公司)

(6) “汽车行业存在着减少最终集中测试的趋势。主动检测和在线检测等在加工中得到推广应用。其中, 在保证质量方面, 许多用户希望测量技术能实现数据的无线传输。”(日本电气)

如上所述, 测量技术的主攻方向仍然是进一步提高测量精度; 同时, 人们对测量技术的重要性和存在价值的认识应大幅度提高, 这是测量技术今后不断发展的巨大推动力。

(王文光 编译)

弧面分度凸轮在卧式加工中心上的加工

Machining of indexing cam with arc face on horizontal machining center

高文光

弧面分度凸轮是一种不同于普通圆柱凸轮的比较新颖的传动凸轮(图1)。在弧面分度凸轮传动机构中,弧面分度凸轮与从动分度轮垂直且不相交,弧面分度凸轮的弧面分度槽与从动分度轮上几个滚子中的一个或两个进行无间隙啮合。在传动过程中,通过弧面分度凸轮的连续转动,从动分度轮可以正方向转动,可以逆向转动,还可以被锁住保持不转动,从而实现所谓的间歇传动。

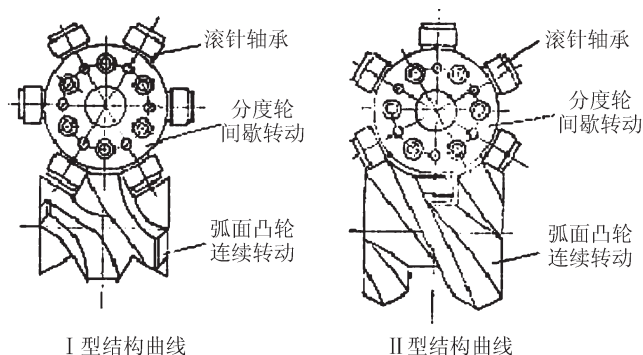


图1 弧面分度凸轮的传动原理

弧面分度凸轮的曲线的升程段和回程段都采用变形正弦曲线,如果用平面表示曲线,变形正弦曲线的形状是什么样的?各处的曲率如何?我们查阅了有关技术资料。得到了曲线的位移曲线、速度曲线和加速度曲线(图2)。观察弧面分度凸轮的运动曲线可以知道,变形正弦曲线的位移曲线本身看上去象是变了形的正弦曲线。速度曲线起始处缓慢加速,终止处缓慢减速,加速度曲线是正弦曲线,加速度曲线各处没有突然的变化,说明这种凸轮传动时在升程起始点和升程终止点不会发生冲击或振动,对机件工作状况和寿命是有利的,凸轮能工作在高速场合,也能承受一定的负荷。

$$\left. \begin{aligned} s &= h \left[\frac{\delta}{\delta_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \right] \\ u &= \frac{h\omega}{\delta_0} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \right] \\ a &= \frac{2\pi h}{\delta_0^2} \omega^2 \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \end{aligned} \right\}$$

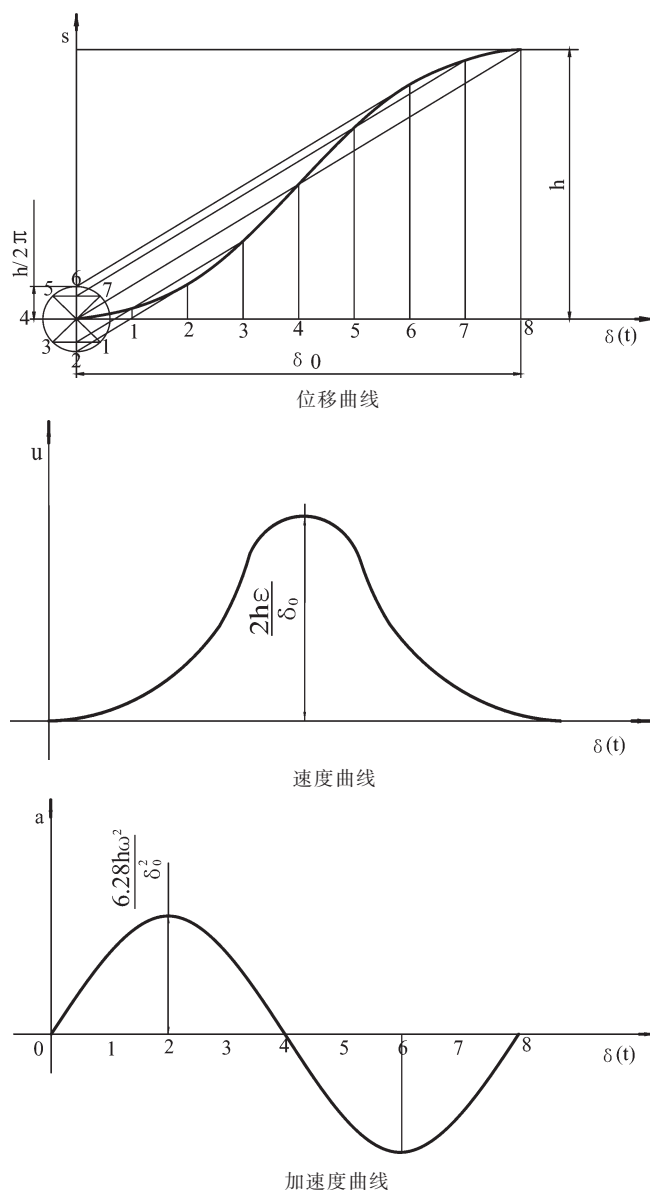


图2 弧面分度凸轮的位移曲线、速度曲线和加速度曲线

由于弧面分度凸轮的变形正弦曲线起始点和终止点的加速度都比较小,不产生刚性冲击。在加工中心的换刀机械手上得到了较普遍的应用。因其适用于高速,可以提高换刀速度,整个换刀循环的时间约为1.5~2s。

北京第二机床厂有限公司曾经生产的PV-4立式加工中心,就采用了弧面分度凸轮机构进行换刀循

环控制。该机型换刀控制机构通过凸轮的端面凸轮槽和外圆弧表面的弧面分度凸轮槽的组合,与其他构件相互配合动作,在换刀过程中,实现了换刀机械手在一个换刀循环内,即弧面分度凸轮旋转一周,进行抓刀、拔刀、刀具交换、插刀和机械手复位等一系列换刀动作。

对弧面分度凸轮的加工工艺进行分析可以知道,弧面分度凸轮铣槽加工是最大的难点。因为弧面分度凸轮凸轮槽的方向不断的改变,加工工艺应该既有仿形法的特点,又要有范成法的特点。所谓仿形法,就是铣刀的形状与齿槽是一样的,例如用指形铣刀或轮形模数铣刀铣齿轮的齿槽,采用这种方法要用立铣刀将齿槽的两个侧面和槽底一并加工完成。所谓范成法,就是两个相互啮合的传动零件,将其中一个开齿、铲背做成刀具,在相互啮合的运动中加工另一个零件,例如滚齿和插齿加工。采用范成法加工弧面分度凸轮应该使刀具象分度轮的一个滚子,也就是立铣刀直径等于滚子直径,铣刀除了主切削运动以外还要进行“摆动”,在模拟啮合运动中加工分度槽。弧面分度凸轮的分度槽有改变方向的特点,但只要具备刀具主运动和满足改变方向的曲线要求的进给运动,凸轮就能加工出来,关键是如何使刀具与工件的相对运动来实现凸轮槽方向的改变,难点在于使刀具如何“摆动”,摆动的规律应与分度轮上滚子摆动规律相同。

在常用的三轴数控机床上,刀具不能摆动,要实现工件和刀具之间相对的摆动运动,就需要加装数控转台。加工弧面分度凸轮应该选用带有数控转台的卧式加工中心,机床本身的数控转台在一定范围内进行摆动,以代替刀具的摆动,当然转台的摆动要符合分度曲线的运动规律。在转台上面再立式安装一个数控转台并安装工件,这个数控转台要能带着工件连续转动。通过这样两个数控转台的动作配合进给和刀具的主切削运动,弧面分度凸轮的分度槽就能加工出来(图3)。如果机床本身没有数控转台,也可以在机床工作台上水平安装一个数控转台,并在其上立式安装一个小一些的数控转台,原理是一样的,只不过是增加了一个控制轴,一般数控系统是允许的,找正工作也稍稍复杂一点。

经以上分析,我们找到了弧面分度凸轮的加工方法,即采用两个数控转台相互配合来加工弧面分度凸轮的分度槽。针对PV-4立式加工中心上用的弧面分度凸轮,在确定立式转台安装位置的时候,除

用百分表在Z向、Y向拉直找正面以外,还要保证两个尺寸,在X方向要保证尺寸42.5mm;在Z向

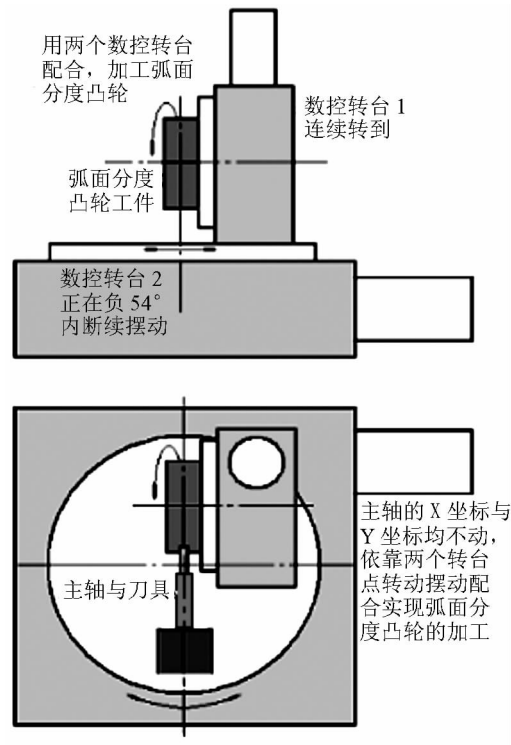


图3 两个数控转台的摆放

要使工件的旋转中心到水平摆动转台的中心距离成为 (165 ± 0.01) mm(图4)。这需要反复的测量与调整,最后保证这两个尺寸就保证了分度轮中心与摆动转台中心重合。转台位置确定好以后,将立式转台压紧,选择好刀具后确定刀具位置,主轴中心线与摆动数控转台的中心须处在竖直平面内,第二要使铣刀前端底齿超越摆动转台中心62mm。在用铣刀铣槽的时候,铣刀作切削主运动,摆动转台按照曲线运动规律进行摆动,立式数控转台作连续转动,最终形成所需的相对运动,此时铣刀象分度轮上的一个滚子一样在“摆动”,而且符合角度、位置和深度要求,这样就能加工出弧面分度凸轮的分度槽了。

加工弧面分度凸轮槽,正确的定位和装夹必不可少,根据图纸尺寸和曲线位置要求,凸轮加工的

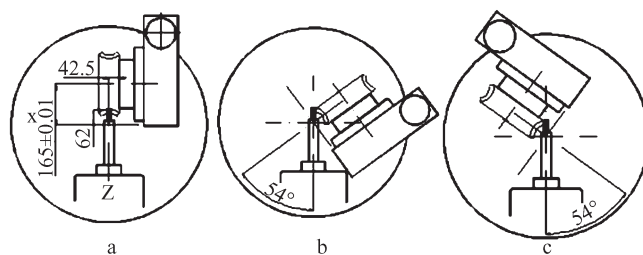


图4 用水平数控转台的摆动铣弧面分度凸轮槽

工艺基准应采用设计基准 $\Phi 45H7$ 孔、弧面凸轮左端面, 有 2-M12 深 24mm 的螺孔, 周向定位用平键与键槽。在弧面分度凸轮加工过程中, 除达到图纸尺寸、技术要求外, 还不能发生干涉, 需要设计一个夹具, 夹具要解决 3 个问题。第一, 要有正确的定位, 包括中心、端面和周向定位; 第二, 避免摆动转台在摆动时主轴前端与立装数控转台台座发生干涉, 所以夹具采用带有定位心轴的适当加厚的圆盘; 第三, 是实现合理压紧 (图 5)。

支撑工件的夹具用一个直径为 200mm 厚 80mm 的圆盘, 圆盘加厚是为了保证转台的安全摆动空间, 圆盘两个端面平行度要求在 0.01mm 以内。在圆盘中心, 安装一个有端面圆盘、有与凸轮相配合、有宽 12mm 平键的短轴, 短轴长度在工装端面以外 82mm, 短轴中心是一个深 40mm 的 M20 螺纹孔, 螺纹孔内

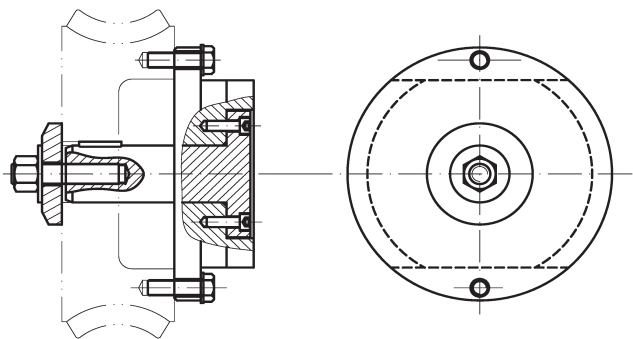


图 5 装夹凸轮零件的工装

安装双头螺栓, 用来压紧工件。工件以中心孔 $\Phi 45H7$ 安装在带键的短轴上, 其周向定位是 12mm 宽的平键, 将夹具安装在立式的数控转台上, 并且使定位轴中心和转台中心重合, 这样由于有夹具体的适当的厚度尺寸做支撑, 在加工凸轮分度槽时, 摆动转台在安全区间摆动时, 不会发生干涉现象。由于采用基准统一、6 个自由度全被限制的完全定位, 定位心轴间隙很小, 基准位移误差可忽略不计。摆角角度的计算与程序实现, 我们采用图解法归纳出计算方法。为了叙述方便, 我们把下面的数控转台称为摆动转台, 把摆动转台上的数控转台称为旋转转台。在加工的时候, 摆动转台和旋转转台是怎样配合的呢? 他们转动的角度关系是怎样计算出来的呢? 我们从变形正弦曲线的做图方法上归纳出计算方法来。根据端面凸轮槽的位移曲线图画一个摆角曲线图 (图 6), 横坐标和纵坐标都是角度, 坐标轴单位为度, 根据凸轮圆周循环要求, 从 115° 到

255° 区间是 140° , 在此范围内分度槽将摆动或称上升 180° ($75^\circ \sim 255^\circ$)。在直角坐标系中 X 、 Y 轴的单位都是度, X 轴取 140 画 Y 轴平行线, Y 轴取 180 画 X 轴平行线, 其交点就是曲线的终点。直线连接曲线的起点到终点, 计算出这条斜线的斜率, 为便于观察, 我们简单的将 X 坐标 140 等分为 8 份, 过各分点分别作 Y 轴平行线。以原点为圆心, 以 $180/2\pi$ 为半径画圆。将圆周从 0° 开始作 8 等份, 将各分点分别标注 0, 1, 2, ..., 7, 过各分点向 Y 轴作投影, 这些就是各对应角度的正弦值, 再过各投影点作原点到终点连线的平行线, 分别与水平方向上的各等分线相交, 光滑连接对应交点就是弧面分度凸轮的弧面分度槽的一个升程段。曲线上各点坐标的值都是度, 也就是两个数控转台转角和摆角的对应关系, 按照这个思路整理出摆角计算公式, 并把计算公式写到宏程序中。

为了加工出弧面分度槽的光滑的各部形面, 应

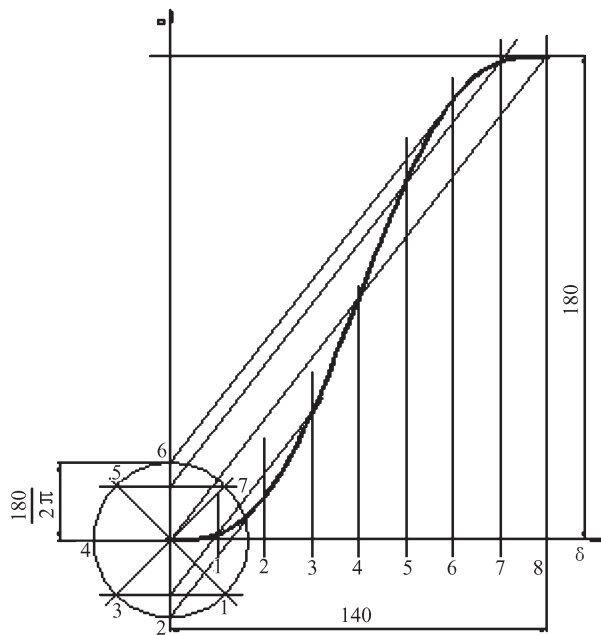


图 6 摆角曲线角度的计算

该尽量细化曲线上的连接点, 自变量步长值的取值要尽可能的小。如在程序计算中把水平区间的角度范围和升程角度范围都划分为 360 等份, 目的是尽量使曲线表面光滑, 以此步长值进行计算, 用计算出的角度值控制两个转台的运动, 一般说, 只要步长值大小选取适当, 就能铣出光滑的弧面分度槽。

在着手编写加工程序前要解决以下几个问题。首先要在程序的适当位置进行计算, 计算出摆动转台与连续转动转台相对应的角度值, 以使两个转台

相互配合转动, 加工出符合要求的分度曲线槽。第二, 观察图 4b 明显的知道, 摆动转台只能在一个安全角度范围以内摆动, 超过这个区间就会发生干涉, 因此即使程序计算出超过危险区间的摆动角度值, 也要采取回避措施予以限制。精铣刀直径也就是槽宽尺寸为 16mm, 经过计算和在 CAD 上进行模拟作图, 铣刀脱离工件时摆动转台的摆动角度为 52° , 当摆动转台为 $+52^\circ$ 或 -52° 时, 即使不作退刀动作, 立式转台和工件转动, 刀具也不会与工件相碰, 考虑到工件半成品外形尺寸的公差带, 再加一定的保险系数, 我们选定 54° 。这个 54° 经过验证, 虽然主轴端与立式转台很接近, 但不会发生干涉, 确保了安全。第三, 零件图只给出一条圆周凸轮循环曲线的两个角度变化关系, 根据零件图的左视图, 一个滚子在脱离弧面分度槽啮合之前, 相邻的另一个滚子就已经进入弧面分度槽开始啮合, 滚子的分布角度是 60° , 那么相邻的两个弧面分度槽的夹角也应该是 60° , 换句话说, 凸轮上的曲线不只是一条, 为解决这个问

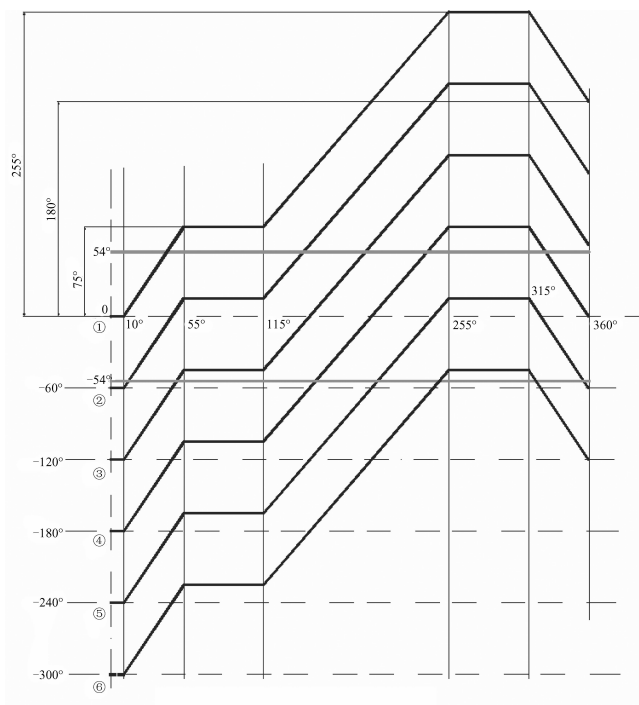


图 7 相邻 60 分布的分度曲线槽

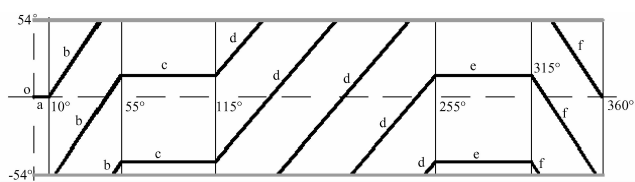


图 8 分布在安全区间以内的曲线槽

题, 根据图纸上凸轮圆周曲线循环, 补充两个图 (图 7、8), 先画一个直角坐标系, X 轴和 Y 轴的单位均为度, 从原点开始将原图的弧面凸轮槽画在图上, 在 Y 轴方向上以 60° 为间距将曲线平移, 画出多条曲线 (图 8)。在 Y 轴的 $+54^\circ$ 和 -54° 两个位置上画两条平行于 X 轴的直线, 这两条平行线之间就是铣槽加工的角度安全区域, 两条平行线之间的就是要铣出所有相隔 60° 的槽, 以 $\pm 54^\circ$ 作为摆动转台摆动的极限点。将两条安全极限平行线以外的曲线段删掉, 把极限以内的曲线保留, 作为编写加工程序的依据 (图 8)。观察分析图 7、图 8 可以知道, 弧面分度凸轮的分度曲线槽共有 6 条, 为了叙述上的方便, 把 6 条分度曲线槽分别标注①、②、③、④、⑤和⑥的标记, 每条曲线槽 $0^\circ \sim 10^\circ$ 为第一保持段 a; $10^\circ \sim 55^\circ$ 为第一升程段 b; $55^\circ \sim 115^\circ$ 为第二保持段 c; $115^\circ \sim 255^\circ$ 为第二升程段 d; $255^\circ \sim 315^\circ$ 为第三保持段 e; $315^\circ \sim 360^\circ$ 为降程段 f。从图 8 看到应该铣加工的有①号槽 a、b 段, ②号槽 b、c、d 段, ③号槽 b、c、d 段, ④号槽 d 段和 f 段, ⑤号槽 d、e、f 段和⑥号槽 d、e、f 段。

在编写加工程序的时候, 要一个槽一个槽的编写, 作为各自分度槽的计算、加工模块。主程序中每个槽都有一对预定入刀点的转台角度值, 其中摆动转台角度为 -54° , 旋转转台是计算出的值, 这是预先计算好的, 并把将要铣的槽号设一个变量作为指针, 调用宏程序, 宏程序开始对指针的值进行判断, 根据其值选择进入相应的槽的计算、加工模块中去。宏程序中每个槽都是从第 1 或第 2 升程段起始点开始计算的, 但在摆动转台定位时就定位到 -54° 上, 刀具前进到预定深度, 从升程段起始点开始计算, 对计算出的摆动转台摆动角度与 -54° 进行比较判断, 如果小于 -54° , 说明超出了安全极限点, 就不执行进给, 转台不摆动, 再转去计算, 当大于 -54° 时, 说明已进入安全区内, 就执行进给。两个转台转动进给进行切削加工, 直到超过 54° , 说明已超出安全区外, 程序经判断、转移出去结束当前槽的计算和铣削, 主轴回退, 摆动转台定位到下一个分度槽起始处, 主轴前进定位, 进行下一个槽的计算和加工, 按照这样方法, 直至将两个平行线极限内所有的弧面凸轮槽加工完。第一, 这样的思路和安排不会发生分度槽遗漏而成为不能使用的废品。第二, 限制摆动转台在 $\pm 54^\circ$ 之间的摆动范围, 不在此范围不进给, 不但提高了效率, 有效的避免了危险的干涉。

第三, 铣曲线槽时从工件外不吃刀处开始进给, 回避了铣刀切入的问题, 换句话说, 需要组织好分度槽的铣削加工顺序, 如果从①号槽的平直段 a 开始, 会引出深度上铣刀如何切入的问题。较好的铣槽顺序是从②号槽开始铣槽加工, 铣完②号槽铣③号槽, 铣④号槽的 f 段之后接①号槽的 a 段, 再铣⑤号槽和⑥号槽。这样, 从凸轮边缘以外不吃刀的地方开始切削进给, 不存在深度上切入方式问题。从工件外切入的优点还在于在粗加工阶段为减少刀具受力产生挠曲变形影响位置度, 可以将槽的深度分刀进行铣削, 也就是指令 Z 轴处于不同深度位置, 而最终使 Z 轴处于正确位置, 保证 62mm 深度尺寸。

加工中应注意的问题。在铣弧面凸轮槽的时候, 不能使摆动转台超出安全极限范围角度, 避免发生危险的干涉, 经过计算和验证, 铣刀脱离工件以外的摆动转台的极限角度为 54° , 在加工的时候, 摆动转台始终在 $\pm 54^\circ$ 以内摆动, 铣完一个槽, 退出刀具, 转到下一个槽的入口处, 进刀到预定位置, 等待计算、判断进入安全角度区间, 开始铣下一个槽, 而且还注意到了铣削过程中, 使夹持工件的立式转台始终保持向同一方向转动, 这样避免转台传动链上的间隙造成误差, 影响相邻分度槽相距 60° 的准确性, 造成装配阶段啮合抗劲。

弧面分度凸轮半成品坯料的外缘上虽有 $R46\text{mm}$ 的圆弧, 但是分度槽是不能一刀完成, 需要有粗加工、半精加工和精加工 3 个步骤, 这是由于在铣分度槽的过程中, 有时同时加工槽的两个侧面和槽的底, 有时加工一个侧面和槽底, 还有时只加工一个侧面, 特别是在粗铣第一刀的情况下, 在铣刀前进方向的刀具圆弧顶部, 在切削力作用下, 铣刀会因切向力而产生与进给方向垂直的挠曲变形, 这种变形会影响两个相邻分度槽的 60° 的大小, 即槽的位置度, 直接影响传动机构能否正常运转。其次由于切削形面多少的变化, 会使铣刀受力状况发生更为复杂的变化, 从而造成槽的两个或一个侧面的余量的多少有变化, 也影响相邻分度槽的 60° 角的大小。为了避免切削力对铣刀变形的影响, 减少刀具变形产生误差, 保证相邻分度槽间隔 60° 角的准确一致, 提高加工精度, 应选择适当的铣刀直径, 作为粗铣刀、半精铣刀和精铣刀。由于成活尺寸的槽宽为 $16\text{H}8_{\text{H}8/2}\text{mm}$, 根据经验, 我们选择 $\Phi 14\text{mm}$ 高速钢螺旋立铣刀作为粗铣第一刀, 刀具要求比较锋利, 尽量多切掉多余金属余量, 以充足的冷却液带走切削热, 经过粗

铣剩余余量充裕, 保证铣刀不会变形也不会产生过切。半精铣刀具的直径选择磨损后经过工具磨床修磨的 $\Phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 实际直径尺寸约为 $\Phi 15.4\text{mm} \sim \Phi 15.5\text{mm}$ 。半精铣刀在迎着进给方向上没有切削, 不产生偏向一侧的力, 刀具也不会发生挠曲变形而影响分度槽的正确位置, 修正、减少了复映误差, 为最后的精铣留有较小的余量。最后选用一把新的硬质合金螺旋立铣刀, 通过精细测量和相同条件的试切, 能保证槽宽尺寸, 作为精铣刀, 保证分度角 60° 角准确一致和槽宽尺寸精度。

如上所述, 在切削力的作用下, 铣刀会产生垂直于进给方向的挠曲变形, 由于受工艺系统尺寸的限制, 采用悬伸铣削, 为了减少刀具的挠曲变形, 可以采用较大的刀具径长比以提高刀具刚度。立铣刀装在机床主轴上, 尽管有锥柄尾部拉钉将其紧固在变径套管中, 铣刀加上加长变径套管仍然有一个直径与长度之比。显然, 刀具径长比的比值小, 刀具的刚性就差, 刀具在受切向力时挠曲变形就大; 径长比的比值大, 刀具的刚性就好, 刀具在受切向力时变形就明显减小。当刀具直径受加工尺寸限制的时候, 例如本文讨论的实例加工, 要想提高加工精度, 应选择直径较大、长度尽可能短的加长无扁尾变径套管, 尽量减少刀具悬伸量, 尽量加大变径套管直径尺寸, 提高刀具刚性, 减少变形, 确保加工精度。

在加工中槽宽尺寸的控制是非常重要的, 如果超差会直接影响传动运动精度, 在铣平面凸轮槽的时候, 我们可以利用系统提供的刀具半径补偿的功能控制槽宽尺寸, 甚至在刀具没有明显磨损不用更换的情况下, 通过修改刀具半径补偿值, 能控制槽宽尺寸到公差带以内, 当然这需要将有关坐标轴的丝杠背隙等项调整到最佳状态。但是, 刀具半径补偿是在有关的轴在移动过程中建立起来的, 补偿矢量的方向是垂直于刀具进给方向。在加工弧面分度凸轮的过程中由于指令的是两个数控转台的旋转轴, 不是移动轴, 所以不能使用刀具半径补偿功能。那如何来控制槽宽尺寸呢? 我们采用定尺寸刀具法, 用一把新的硬质合金螺旋立铣刀, 作为最后的精铣刀, 要求这把刀柄部无划伤、刀具切削刃锋利, 直径尺寸理想, 实测直径为 $\Phi (16+0.01)\text{mm}$, 同时要求刀具在安装到主轴上基本无径向跳动, 经同条件试切槽宽尺寸稳定不变, 作为最后的精铣刀, 用这种方法保证分度槽的尺寸精度, 加工出合格的零件。□

• 业界动态 •

意大利技术：将创新转化为生产力

2009年11月4日，意大利对外贸易委员与意大利机械工业联合会合作，在北京九华山庄召开了题为“意大利技术：将创新转化为生产力”研讨会。

意大利对外贸易委员会北京办事处首席代表、中国区总协调官赖世平博士主持会议，意大利机械工业联合会主席 Alberto Maria Sacchi、中国国际贸易促进委员会机械工业分会副会长张效林和意大利机床、机器人和自动化制造商协会（UCIMO）主席 Giancarlo Losma 分别做了精彩发言。

赖世平博士介绍的“技术项目”（Progetto Tec-



图片说明：（从左到右）中国国际贸易促进委员会机械工业分会副会长张效林，意大利对外贸易委员会北京办事处首席代表、中国区总协调官赖世平博士，意大利机械工业联合会主席 Alberto Maria Sacchi 和意大利机床、机器人和自动化制造商协会（UCIMO）主席 Giancarlo Losma



来自中国各机械协会、机械研究院、相关企业、清华大学和研究生团队的代表，以及来自于工业和经济领域的代表性媒体等数十人出席会议。

nologia) 是一个为期三年的宣传活动，主要针对中国、美国、加拿大、墨西哥、俄罗斯、印度和巴西进行推广。技术项目的核心内容是介绍意大利的机械和技术，所针对的对象不仅仅是业内的专业人士，还包括从经济和金融的角度来看范围更大的推广对象。这项工作立足于中长期，旨在从总体上提升意大利的国际形象。

技术项目的目标是让人们进一步认识到意大利也是一个拥有先进技术的国家，除生产和设计高品质消费品外，在先进技术方面也拥有很强的研发、创新能力。

目前正在开展的系列活动中，就包括实地参观和考察那些“Made in Italy”产业流程中最具代表性的企业和机构，它们在各自的专业领域都提供了最具创新意义的解决和应用方案。

Alberto Maria Sacchi 先生从意大利机械工业的规模及特点、意大利机械工业的国内和在欧洲经济中的地位等方面对当前意大利机械领域进行了阐述。

意大利机械工业联合会由 12 个有代表性的生产资料制造商协会组成。2008 年意大利拥有 6600 个机械制造企业，180000 名员工，年营业额 405 亿欧元，出口 269 亿欧元，贸易顺差 197 亿（连续第六年增长）。意大利对国民生产总值的贡献是 12.7%，排在第 4 位，对机械营业额的贡献是 18.7%。此外 Alberto Maria Sacchi 先生还介绍由意大利贸易委员会 2009 年 6 月组织中国企业家代表团赴意大利考察并促成 FIAT 和 GAC、GENERALI ASSICURAZIONI 和 GUOTAI、MARRAZZI 和 SINOCOME 等意中公司签署了金额超过 5 亿欧元的合作协议。

GIANCARLO LOSMA 先生高度赞扬了中国机械工业的高速发展。他主要从机床领域分析了意中双方的贸易和技术合作。□

麻花钻的发展趋势

Latest twist drilling trends

颠覆了传统切削理念，可有选择地优化其宏观和微观几何形状。

当今的金属切削领域，孔加工要占全部机加工时间的三分之一以上，其工序包括打点、预钻中心孔、钻孔、铰孔、钻沉孔、镗孔、打毛刺和攻丝等。很多情况下，加工一个孔就可能用到上述孔加工方法中的数种。与车刀和铣刀相比，钻孔刀具的切削速度要慢得多。其切削量会受到诸多因素的限制，例如刀具的刀杆形状，散热、排屑造成的稳定性差及高精度要求等。这些限制因素就如顽石一样难于搬动，但能过有选择地对其局部的几何形状进行宏观和微观优化，有可能解决这类问题。

润滑的用量最少

Mapal 公司出品的 Mega 高速钻头就是其中一例，可在不损害刀具使用寿命和钻削质量的情况下，将钢件切削速度提高到 200m/min。与此同时，进给率可提高约 25%。这样，钻削作业时间可缩短 60~70%。除具备这种极好的切削参数外，这种由 42Cr-Mo4 材料制成的钻头的使用寿命为 60m 到 70m，并具有极高的加工可靠性。

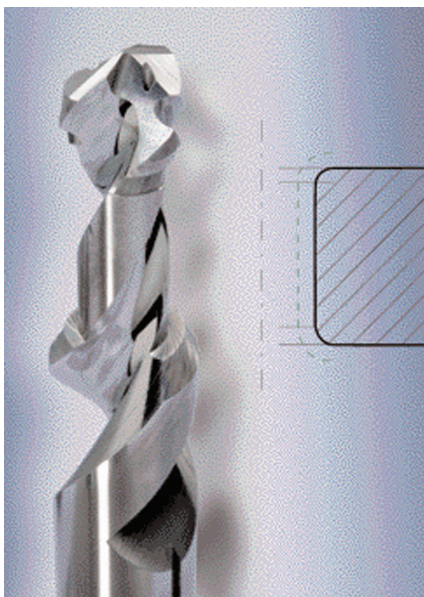


图1 组合刀具可以从两侧以钻沉孔的方式加工出通孔，且公差带极窄

每孔的制造成本可降低 50%。此外，用户的另一收获就是：可以最少的润滑用量获得较长的刀具使用寿命。这种几何形状可使钻头切削刃耐受较高的温度，而且可以最大限度地减小切屑流动磨擦。

加工时间越短，随之而来的停顿时间就越多。用一个钻头进行成组加工的方法可以减少这类停机时间。Mapal 公司的 Mega 钻铰刀是一种理想工具，它可以一次加工完成孔的钻、铰以及沉孔加工。

一把刀完成多道工序

尽管如此，我们仍未完全列出这种刀具的全部特点。另一实例就是图 1 所示的复合刀具。它可以从两侧以钻沉孔的方式加工出通孔，且公差带极窄。在向前进给时，利用右旋出屑槽生成孔形并在切入时实现倒角。在反向切出时，在出口处实现二次倒角。在进行这种作业时，刀具利用其左旋刀槽。也就是说，对于这两种作业，切削刃都是正前角，所以能减小切削力。与以前所用的直槽刀具相比，这种复合刀具能保证加工过程中无振动，且孔的加工质量好。另一加工实例是要加工出一种有 180°平底面的孔。以前，这种底面需要采用平头刀进行加工。新型钻头的倾角（图 2）可以直接钻出具有 180°的底面几何形状的孔。钻尖为 120°到 140°的凸角，加工时参数不变。因此，不再需要分别进行加工。□



图2 新型钻头斜角允许钻出 180°的底面几何形状

角，所以能减小切削力。与以前所用的直槽刀具相比，这种复合刀具能保证加工过程中无振动，且孔的加工质量好。另一加工实例是要加工出一种有 180°平底面的孔。以前，这种底面需要采用平头刀进行加工。新型钻头的倾角（图 2）可以直接钻出具有 180°的底面几何形状的孔。钻尖为 120°到 140°的凸角，加工时参数不变。因此，不再需要分别进行加工。□

可实现三班制少人化精密加工的可靠的 CNC 铣床

Cool milling performance round the clock

在使用 3 轴和 5 轴加工的小批量生产中，精度和可靠性是提高竞争力的基础。对于品牌的忠诚也得到了意外补偿。

一年加工 300 到 400 吨材料，其中的 50% 到 80% 要变成切屑：在精密零件生产中，无论采用什么标准，这个数字都是令人震惊的。PTF 公司（Pr. zisionsteilefertigung Steffen Pfüller）正是一家具有这种生产规模的企业。该公司拥有 32 台先进的 CNC 铣床和车床，其中的 21 台是瑞士 Fehlmann 机床制造公司的 CNC 五轴铣床（图 1），所生产的零件有 100 多种。



图 1 在 PTF（Pr. zisionsteilefertigung Steffen Pfüller）公司 48m 长的车间内共有 38 台瑞士 Fehlmann 公司制造的铣床，执行三班制少人化精密加工任务。

PTF 主要生产高技术产业使用的由多种不同材料制造的几何零件复杂的精密零件。零件批量约在 1~1000 件之间。尽管有时生产批量不大，但该公司的机床平均运行时间仍达到 5000~6000 小时/年。该公司的最近投入生产的新设备是二台 Fehlmann Picomax 95 型五轴加工中心（图 2），此后又订购了一台 Picomax 825 Versa，用于较大零件的五轴加工。之所以选用 Picomax 机床主要是 Picomax 95 机床采用 HSK-A63 刀夹及高达 20000r/min 主轴转速。此外，公司在加工不锈钢时需要很大扭矩，而 Picomax 95 的扭

矩为 120Nm，正好适合用于这种加工要求。为确保公司的竞争能力，在孔加工方面，机床必须能加工



图 2 Fehlmann 的 Picomax 95 是一种具有卓越灵活性和加工可靠性中小型机床，可实现三轴和五轴加工

深达 150mm 的孔并能提供压力为 80bar 的内冷却（图 3）。Picomax 95 机床适用于加工多种材料的工件，特别是不锈钢和铝件。由于这种机床具有冷却液恒温控制，可以三班连续工作，加工精度可保持在数百分之一毫米之内。据 PTF 公司说，压力为 80bar 的内冷却可使加工时间缩短 30%，而且能保证工件加工过程的稳定性。



图 3 Picomax 95 机床可产生 120 Nm 的扭矩，配合以压力为 80bar 的内冷却液供给系统，它可以加工各种工件材料，特别是不锈钢和铝合金材料

24 小时连续生产的柔性与可靠性

PTF 公司生产中使用的 30 台铣床中，有 28 台是 Fehlmann 公司提供的。这些机床都配备了海德汉 CNC 控制系统，其中 9 台还配备了 Erowa 机器人，用于无人化工件传送。上述机床采用相同的软件驱动，以充分利用人力资源。PTF 公司共有 9 个工作小组，每个小组由 2 名机床调整或程序员及一名操作员组成。工作中，每个小组负责 7 台机床。也就是说，每班 9 个人负责看管所有铣床，每周工作 5 天。车间要加工各种可切削材料的工件，如不锈钢、铝合金、铜、青铜、塑料及特种材料工件等。

足够大的夹持面以配合 3 轴和 5 轴加工

除了设在 Stollberg 市的工厂外，该公司还在中国苏州开设了第二家工厂，这家工厂也不生产大型产品。这家工厂的产品主要供应中国市场及欧美市场。Steffen Pfüller 说：“我们确定，在中国我们采用相同的工艺技术。也就是说，与在德国一样，我们在中国也是与 Fehlmann、Erowa 和 Heidenhain 等设备供应商合作。在微技术和精密工程领域，最适合

用五轴加工工件尺寸为 1005×1005×100mm。当然，较大的工件的加工则必需采用运动坐标，这种加工通常使用复合工作台。PTF 公司老板 Steffen Pfüller 认为最好的解决办法：“有时我们加工要达到的平面度为 5μm。我认为摆动桥对这方面的应用有限。解决这类问题莫过于复合工作台。”

无论批量大小精度都一样

除了上述特点之外，Picomax 95 还配有约 150 个工件适配装置。在 PTF 工厂全部采用过盈装配。要时时注意的因素就是始终如一的精度和可靠性。在机床达到最佳精度和正常运行后，我们所做的工作只是装卸工件。自机床交付运行，很少发生停机事件。良好的服务支持是关键。Pfüller 对此很满意，他说：“就我的经验而言，Fehlmann 的售后服务很到位。PTF 还十分重视技术人才的真培养，公司每年都要增训 7 到 9 名学徒工。而培训车间使用的也是 Fehlmann 铣、钻床，当前使用的是 Picomax 54 型机床，最近将有三台新机床交付使用。学徒工经过两年培训就转到生产部门，可以直接操作 Fehlmann 机床，进行日常生产”。□