

专题报道 Special Report

- 23 ECFA 对中国大陆机床行业的影响
- 30 以科技创新迎接后危机时代

论坛 Form

- 31 创新,引领企业快速高效发展
- 34 自主创新加快重庆机床量化融合进程

展览会信息 Exhibition

- 37 CCMT2010制齿装备创新成果精粹
Quintessence of Innovations on Gear Manufacturing Equipment in CCMT2010
- 42 从CCMT2010看齿轮磨床市场发展新动向
- 44 CCMT2010数控卧式铣镗床展品评述
- 47 CCMT2010数控立车展品综述
- 48 CCMT2010数控重型卧式车床展品综述
- 50 希望取代了忧虑

产销市场 Production & Marketing

- 51 2010年上半年我国机床工具产品进口稳步回升

经贸要闻 Economic & Trade Focus

- 55 How does China deal with economic slowdown
中国如何面对经济增长减速
- 56 China investment in U.S., Europe and ASEAN surges in H1
中国对欧美东盟投资倍增
- 56 China emerging energy development plan to add RMB 5 trillion investment
中国新能源发展规划投资将增5万亿
- 57 China publishes its first SME development index
中国首次发布中小企业发展指数
- 58 China handles 467,000 patent applications in H1, up 9.6% on year
上半年中国受理专利申请同比增长9.6%
- 58 China restricts RE export to protect resources
中国限制稀土出口保护资源
- 59 Transnational auto companies' China strategy shows three new trends
跨国车企中国战略呈现三大新趋势
- 60 China's Import and Export with Major European Countries during June 2010
2010年6月中国对欧洲主要国家出口统计

相关产业 Correlative Industries

- 61 轴承在矿山卡车应用中的分析探讨
- 64 液态模锻工艺在摩托车制造领域的应用

企业风云 Enterprise Features

- 67 哈斯机床在先创
- 68 科技创新助江苏亚威腾飞

精品推介 High Quality Products

- 70 中国数控机床展览会(CCMT2010)春燕奖获奖机床(三)
- 76 重庆机床集团国家重点新产品介绍
- 78 全球最大全数控螺旋锥齿轮磨齿机 YK20160 问世

产品与技术 Products & Technology

- 80 传统车削技术的创新
- 83 基于三维偏差分析技术的尺寸公差设计应用
- 88 PCBN 和PCD 刀具的应用
- 90 机器人离线程序设计系统设计与研究
- 93 浅析新型可调重型切削车刀的加工与工具系统
- 96 齿条安装面修正装置的设计
- 97 永磁同步直线电机(PMSLM)的模糊PID控制技术
PID Fuzzy contrl technology for PMSLM

业界动态 Trends

- 36 海克斯康参加全国高职高专教师培训会议
- 41 SKF将在亚洲建立两家新工厂
- 66 佛山将迎来第4届全国数控技能大赛决赛
- 77 CIMT2011 新闻发布会 IMTS 成功召开
- 99 铁姆肯公司参与主办中美风能技术及可靠性探讨会

欧洲生产工程 EPE

- 102 精度达到微米的十分之一时
When fractions of micrometers count
- 104 合作双方携手共进
Two partners, a single aim
- 107 铰削加工:模块化和传送方便
Reaming: modular and easy to handle

ECFA对中国大陆机床行业的影响

隋永轶

(编者按)

9月12日,《海峡两岸经济合作框架协议》(ECFA)正式生效,这标志着海峡两岸经济关系跨入了一个互利共赢、合作发展的新时代。

对于两岸机床行业来说,ECFA的即将执行,也将是一件对行业产生影响的大事。据了解,中国台湾地区出口中国大陆的机床工具类产品,有37种已被列入ECFA早期收获清单。这也就意味着,进入中国大陆的这些原产台湾地区的机床工具类产品,将在2011年1月1日可能启动的ECFA中执行降税政策,并且将分三个阶段将关税降低为零。这一政策会对中国大陆机床行业产生多大冲击,台湾机床工具产品是否将由此扩大中国市场的份额,全行业企业对此深表关注。

中国机床工具工业协会对此也十分重视,在工业和信息化部的支持下,于日前专门召开行业会议,组织部分主机厂、功能部件厂,以及协会分会等近30个单位的主要领导,深刻学习、理解ECFA的内容和意义,认真探讨行业持续、科学的发展方式。

本期特别推出ECFA专题,专文分析和讨论ECFA对中国机床工具行业可能产生的影响,以期正确认识、积极应对,促进行业的良性发展,并与行业企业共勉。

2010年9月12日,《海峡两岸经济合作框架协议》(ECFA)正式生效,至于关税减让与服务贸易市场开放,则将在2011年1月1日启动。

早期收获计划的主要内容包括:在货物贸易方面,大陆将对539项原产于台湾地区的产品实施降税,包括农产品、化工产品、机械产品、电子产品、汽车零部件、纺织产品、轻工产品、冶金产品、仪器仪表产品及医疗产品等十类。台湾地区将对267项原产于大陆的产品实施降税。台湾地区对大陆的降税产品包括石化产品、机械产品、纺织产品及其他产品等四类。双方将在早期收获计划实施后不超过2年的时间内分3步对早期收获产品实现零关税。同时,两岸双方还有关于服务贸易方面的承诺。

据台湾方面评估,ECFA早收效益包括:台湾地区生产毛额(GDP)可增加新台币549亿元(成长0.4%)、产值增加1900亿元、就业人口增加6万人、可节省关税295亿元。

一、列入早收计划的37种机床工具产品

机床工具行业共有37种产品列入早收计划,主

要包括金属加工机床、成型机床、机床工夹具及零附件三大类。其中金属加工机床数量最多,有12种,分别是切削金属的数控卧式车床、切削金属的其他数控车床、切削金属的数控钻床、数控平面磨床、研磨机床、砂轮机、抛光机床、插床、拉床、锯床或切断机、龙门刨床、其他刨床;成型机床5种,分别是数控锻造或冲压机床及锻锤,非数控锻造或冲压机床及锻锤,非数控冲孔、开槽机、冲剪两用机,其他机械压力机,其他冷拔管机;机床工夹具及零附件2种,包括工件夹具,税号84.62-84.63机器用其他零附件。另外18种是工具类产品。(详见表1)

据相关资料,大陆对台湾地区539项产品的降税,在该计划实施后不超过2年的时间内最多分3次降为零,其中进口税率均以2009年进口税率为参照标准。从列入早收计划的37种机床工具产品来看,2009年的进口税率都在5%~15%之间,预计不用2年,这些产品的关税将全部降为零。

二、台湾地区机床行业对ECFA的积极回应

台湾地区机床业界对ECFA的签署普遍抱有乐观

表1 37种机床工具产品列入早收计划

序号	2009 年税则号列	产品名称 (简称)	2009 年进口税率 (%)
322	81130000	金属陶瓷及其制品, 包括废碎料	8.4
323	82032000	钳子、镊子及类似工具	10.5
324	82041200	可调式的手动扳手及板钳	10
325	82052000	手工锤子	10
326	82054000	手工螺丝刀	10.5
327	82055900	其他手工工具	10
328	82072010	带超硬部件的金属拉拔或挤压用模	8
329	82072090	其他金属拉拔或挤压用模	8
330	82073000	锻压或冲压工具	8
331	82074000	攻丝工具	8
332	82075010	带超硬材料部件的钻孔工具	8
333	82075090	带其他材料工作部件的钻孔工具	8
334	82076010	带超硬材料部件的镗孔或铰孔工具	8
335	82077000	铣削工具	8
336	82078000	车削工具	8
337	82079010	带超硬材料部件的其他可互换工具	8
338	82079090	其他可互换工具	8
339	82082000	木工机械用刀及刀片	8
398	84581100	切削金属的数控卧式车床	9.7
399	84589100	切削金属的其他数控车床	5
400	84592100	切削金属的数控钻床	9.7
401	84601100	数控平面磨床	9.7
402	84604020	研磨机床	13
403	84609010	砂轮机	15
404	84609020	抛光机床	15
405	84612020	插床	15
406	84613000	拉床	12
407	84615000	锯床或切断机	12
408	84619011	龙门刨床	15
409	84619019	其他刨床	15
410	84621010	数控锻造或冲压机床及锻锤	9.7
411	84621090	非数控锻造或冲压机床及锻锤	12
412	84624900	非数控冲孔、开槽机、冲剪两用机	10
413	84629910	其他机械压力机	10
414	84631019	其他冷拔管机	10
415	84662000	工件夹具	7
416	84669400	税号 84.62-84.63 机器用其他零附件	6

态度。作为出口型产业, 台湾地区每年出口的工具机中有三分之一销售到中国大陆及香港, 而中国大陆及香港地区则是台湾地区工具机对外出口的最大市场。

据台湾媒体报道, 台中精机公司总经理黄明和强调签署ECFA之后的好处: “目前整个台湾工具机

卖到大陆的产值大概是400多亿元新台币, 如果减少8%的关税, 应可增加32亿元新台币的获利。” 台湾区机器工业同业公会总干事王正青也指出, 机械业纳入ECFA早收清单, 估计1年至少可为台湾机械业者节省30亿元新台币以上产品输往大陆须缴交的关税。

黄明和还表示, “如果我们没能签ECFA, 我们

的关税就无法达到零关税，而要多缴8%的税，我们的竞争力就会输给韩国”。因此，黄明和当面向台湾领导人马英九建议，无论如何一定要签ECFA，“这样我们才有办法把根及技术都留在台湾”。

台湾友嘉实业集团总裁朱志洋也持类似看法：“两岸一旦签订ECFA，机械产品输往大陆将可免去约10%的关税。台湾厂商竞争力提升，一方面拉大与日、韩产品的价差，另一方面则拉近与大陆本土产品价差，绝对是大利多。”

而台湾股市中的精密机械族群由于得益于ECFA有望签订的消息，今年2-4月股价整体强势上涨。上银、高锋、亚威、友佳、东台、和大、程泰、乔福、泷泽科、福裕、协易等上市公司普遍有3~4成的可观涨幅，而上银、高锋、友佳、泷泽科的涨幅更是达到5成余甚至接近1倍，整体超过大盘约15%的涨幅。

台湾地区政务委员、前经济部长尹启铭以“出口免关税，市场订单做伙来，投资设厂包台湾，头家伙计双双发”来贴切形容ECFA的重要性。

按照对台湾机床工具产品减少8%的关税计算，ECFA早收计划实施后，台湾工具机行业整体将会获益近10亿元人民币。

三、出口导向型的台湾工具机行业

台湾地区机床行业几乎是与新中国同时起步，经过半个世纪的发展，其机床行业在世界同行业中占有不可或缺的一席，其产值和出口值均进入世界十大机床国家和地区行列。虽然中国大陆从2004年开始连续7年成为世界第一大机床消费国，并在2009年跃居机床产值世界第一位，但台湾地区以其高性价比的机床产品，始终在出口方面具备较强的竞争性。台湾地区每年出口的工具机占其产值的80%左右，其中的三分之一销往中国大陆。而从中国大陆机床的进口来源来看，台湾地区名列其进口国别和地区的第三位。由此可见，中国大陆与台湾地区机床业具有高度的关联性。ECFA的签订，势必对两岸机床行业产生巨大而深远的影响。

回顾一下台湾地区机床半个多世纪的发展历程，大致可以划分为以下5个阶段：1945-1970年机床工业的初期阶段，1971-1980年数控化初期，1981-1990年数控机床发展的成熟期，1991-2000年台湾地区机床工业的国际化时代，2001-2005年进入全球化时代的台湾机床工业。

时至今日，台湾地区机床行业整体状况是，各类机床厂约250家（2007年数据），从业人口1.6万（2007年数据），年产值达千亿元新台币（40亿美元左右），产值世界排名前五位。

台湾地区机床为出口主导型，出口比例高达产值的80%左右，年出口值在世界同行中排名居前五位，占全球机床出口值的10%，紧随于机床制造强国德国、日本和意大利之后。（台湾近年机床产值及出口值见表2）

表2 台湾地区2001-2009年机床产值及出口值

年份	机床行业产值 (亿美元)	同比	出口值 (亿美元)	同比	出口占比
2001	16.3	-7%	13.6	-11.1%	83%
2002	17.5	+7%	14.4	+5.5%	82%
2003	20.6	+15%	16.5	+14.5%	80%
2004	25.8	+25%	22.3	+35%	86%
2005	32.9	+27%	26.5	+18%	80%
2006	36.9	+10%	29.2	+10%	79%
2007	43.8	+18%	34.7	+15%	79%
2008	47	+7%	37.2	+5.9%	79%
2009	22	-53.2%	17.4	-53.2%	79%
2010 预估	27.5	+25%			

（根据台湾区工具机暨零组件工业同业公会等相关数据整理）

虽然受金融危机影响，台湾地区2009年机床的出口额为17.4亿美元，比2008年同期下降50%，但2010年以来，生产与销售还是恢复得比较快。从2010年初起，用于汽车零部件、家电等行业的工具机订单大增，台湾地区主要工具机与机械零组件厂商生产线都已恢复往昔繁忙景象，部分业者接单甚至已达到2010年的第三季度。

对于台湾机床这样一个出口性质的行业来说，生产机床的主要目的就是为外销，如何保持出口的持续、稳定增长，乃至扩大出口市场份额，并不断开拓新的出口领域，是台湾地区机床业界十分关注的问题。ECFA的签订，要在3年之内将早收计划中的37种机床工具产品关税降低到零，平均降税率可达8%~10%，这无疑会增强台湾机床的竞争力，也由此成为台湾业界对此积极回应的一个根本原因。

四、中国大陆为台湾机床最重要的出口市场

台湾地区每年出口到中国大陆及香港地区的机床

大概在10亿美元左右，占其出口总量的30%~50%，中国大陆及香港地区是台湾机床的第一大出口地，是台湾机床最重要的出口市场。（详见表3）

表3 2003–2009年台湾地区机床对大陆的出口

年份	对大陆出口值 (亿美元)	增减幅度	占机床总出口 的比例
2003	8.9	+14%	49%
2004	10.2	+15%	46%
2005	12.13	+19%	53%
2006	11.2	+2.2%	37.6%
2007	9.6	+4.5%	31%
2008	11.1	-14.2%	30%
2009	6.5	-41%	37%

（根据台湾区工具机暨零部件工业同业公会相关数据整理）

台湾机床行业的一个特点就是中小企业居多，专业化生产程度高，生产的机床以经济实用性较强的中高档机床为主。从表4可以看出，台湾地区近3年出口的机床中，综合加工机（MC），数控车床、冲剪机械的出口占比在10%以上，属于台湾机床的主力出口产品，特别是综合加工机的占比为三成左右。

ECFA这次将数控车床纳入早收名单，作为台湾机床的主力出口机型，中国大陆的主要进口机种，一方面对台湾是重大利好，另一方面对中国大陆则要形成相应的冲击。

比如这次列入早收计划的“切削金属的数控卧式车床”，2009年进口税率为9.7%。按照协定，数控卧式车床将要在早收计划的第一阶段税率降到5%，在第二阶段降到零。不到两年的时间内，这个机种的税率要下降近10%。有关专家表示，单此品种，就会对中国大陆相关企业产生较大影响。

从表5可以看出，这几年我国对数控卧式车床的需求量很大，一年的进口台数平均在4000台左右，涉及进口金额达3亿美元。虽然2009年受金融危机的影响，在当年机床进口整体下降的大背景之下，数控卧式车床的进口数量和进口金额也都下降较多，但它的平均单价不降反升，比上年增长50%，说明国内对一些重大装备的刚性需求仍然存在。

另一方面，随着国内数控机床生产水平的逐年提高，一些企业的中高档数控车床质量与台湾逐渐

表5 2005–2009年中国数控卧式车床进口情况

年份	数量（台）	增长	金额	增长	平均单价 (万美元/台)
2005	4470 台		2.8 亿美元		6.2
2006	4593 台	2.7%	3.2 亿美元	14.2%	6.9
2007	5042 台	9.7%	4.2 亿美元	3.1%	8.3
2008	5015 台	-0.5%	4.1 亿美元	-2.3%	8.1
2009	2327 台	-53.5%	2.8 亿美元	-31.7%	12.3

（据中国海关相关数据整理）

表4 2007–2009年 台湾地区出口机床细分

产品	2009			2008			2007		
	出口值（亿美元）	台数	比例	出口值（亿美元）	台数	比例	出口值（亿美元）	台数	比例
综合加工机	4.6	7,070	26.2%	11.7	17,675	31.5%	11.4	20,023	32.7%
NC 车床	2.7	3,296	15.5%	5.9	9,434	15.9%	4.4	8,435	2.6%
铣床	1.35	7,547	7.8%	2.6	16,951	6.9%	2.5	20,393	7.1%
非 NC 车床	1.2	12,325	6.9%	2.6	52,206	7.1%	2.6	121,658	7.4%
锯床	0.8	44,723	4.6%	1.5	76,659	4.1%	1.4	70,271	4.0%
磨床	0.5	4,944	2.8%	1.1	6,919	3.1%	1.4	117,078	4.0%
钻床	0.4	10,657	2.3%	0.7	19,965	1.9%	1.0	22,321	2.8%
放电加工机	0.4	3,008	2.5%	0.7	2,540	1.9%	0.8	3,329	2.3%
冲剪机械	3.2	109,702	18.4%	6.1	117,543	16.3%	6.1	49,778	17.5%
其他切削工具机	1.3	145,103	7.5%	2.7	173,170	7.3%	2.0	181,110	5.7%
其他成型工具机	1.0	10,917	5.7%	1.5	155,030	4.0%	1.3	24,427	3.9%
出口工具机合计	17.4	359, 292	100	37.2	648, 092	100	34.7	638, 823	100

（根据台湾区工具机暨零部件工业同业公会相关数据整理）

接近。ECFA对台湾数控车床降税10%，意味着在同条件下价格上比国内优惠10%，这无疑会对国内数控车床的生产企业形成相应的冲击和影响。

五、ECFA对国内机床行业的影响

作为我国机床工具企业的行业组织——中国机床工具工业协会，就ECFA对国内机床行业可能产生的影响问题非常关注，在协议签订前后，就多次向有关政府领导部门反映行业情况和企业诉求，并分析可能产生的影响。

中国机床工具工业协会常务副理事长吴柏林表示，ECFA的优惠政策将非常有利于台湾机床巩固在大陆市场的地位，挤压大陆机床工具企业的生存和发展空间。其中受影响和冲击最直接、最严重的当属中档、中小型数控机床和主要功能部件。

吴柏林分析说，对中档数控机床而言，大陆已有上百家企业能批量生产并供应市场。但基础仍然比较薄弱，产业化程度较低，尚属于成长期，企业迫切需要一个成长的空间和发展的时间，进行产业结构和产品结构调整。而台湾生产制造并出口大陆的数控机床，基本属于中档的中小型数控机床（以中小型加工中心和数控车床为典型产品）。其技术水平低于德国、瑞士、日本等机床工业发达国家，与大陆此类产品档次基本相当。而中档数控机床的市场需求量大面广，又是发展高档数控机床的基础。台湾数控机床发展较早，产业化程度较高，已经处于成熟阶段。加上其数控系统和功能部件采购成本较低，以及近期人民币逐步升值，再实施对其产品减免进口关税，将更加增强台湾数控机床在大陆市场的竞争力。

另外，台湾数控机床功能部件产业起步较早，已经形成成熟的产业化生产规模，制造成本较低，其产品技术水平比德国、日本、意大利等工业发达国家略差，而高于大陆企业产品水平。其主要市场目标是为大陆中档数控机床配套，并已占据50%左右的市场份额。中国大陆数控机床功能部件产业起步较晚，一直是数控机床发展的瓶颈，其中滚动功能部件虽已形成一定产业化规模，但竞争力仍低于台湾企业产品。而数控刀架、数控转台、刀库机械手，电主轴、摆角铣头等虽然也有发展，仍属起步阶段，因此，在减免进口关税和人民币升值预期的双重压力下，大陆数控机床功能部件企业的生存和发展将

会受到较大冲击，不仅影响大陆数控机床功能部件的市场份额，更为严重的后果是阻滞中高档数控机床自主创新的进程，影响机床行业整体核心竞争力的提升。

面对这种局面，吴柏林表示，行业企业一方面需认真对待，另一方面也要坚定信心，将压力转化为动力，掌握核心技术，提升创新能力，加快品牌建设，迅速转变发展方式，加快行业产业结构和产品结构调整，提升行业整体竞争力。

六、未雨绸缪的加工中心

值得注意的是，在这次早收计划的产品清单中，我们没有找到加工中心的踪影。据有关人士表示，这次ECFA之所以历时一年多，直至三轮谈判才最后敲定，其中之一的争议点就有机床行业，而加工中心则是机床行业最具争议之处。虽然这次加工中心并没有进入早收计划的名单，但早收计划结束之后，加工中心的降税是迟早的事。如何未雨绸缪，还需要引起我国机床企业的重视。

台湾的加工中心占机床行业产量和出口的最大份额，是其第一大主力机型。从加工中心的产量来看，近几年的产量都在2万台以上，占其机床总产量的近三分之一。而从加工中心的出口占比来看，都达到了台湾机床总出口量的70%，这一点和台湾机床出口型的结构是相符合的。一旦加工中心的税率全部降为零，其对中国同类产品的冲击将远大于数控车床降税后的影响。

另外，台湾地区产加工中心出口单价现在与国内加工中心越来越接近，在价格上越发具有竞争力。2008年台湾的出口加工中心单价为6.8万美元/台，而国内已经达到6.7万美元/台。（详见表6）

台湾加工中心一直以高性价比著称，其价格和

表6 2005-2008年台湾加工中心生产、出口情况

年份	生产数量（台）	生产金额（亿美元）	出口台数（台）	出口金额（亿美元）	出口金额占生产金额比例	出口单价（万美元/台）
2005	20881	10.8	14617	7.6	70%	5.2
2006	23701	12.9	16591	9	70%	5.4
2007	28604	16.2	20023	11.3	70%	5.6
2008	25270	17.1	17675	12	70%	6.8

性能在世界机床生产地行列中，名列德国、日本和韩国之后。将2008年世界各国加工中心的单价进行比较可以发现，世界两大机床生产强国德国和日本加工中心的单台价格在20万美元以上的，其中德国的加工中心单价高达54.1万美元/台，日本则为23.8万美元/台；第二梯队的韩国为13.4万美元/台。而在单台价格10万美元这个台阶之下，除了美国7.3万美元/台之外，就是中国和中国台湾。应该说，台湾的加工中心在竞争力上前些年和韩国更加接近，但随着近两年中国机床行业的快速发展，台湾的加工中心近年来变得与中国更加接近。ECFA的签署，将加大台湾加工中心的竞争优势，它是否会延缓中国机床行业进行产业、产品结构的调整，迈向世界机床强国的步伐，值得商榷。（详见表7）

表7 2008年主要加工中心生产地单价对比

	德国	日本	韩国	美国	中国台湾	中国
产量（台）	6732	20235	9000	10428	25270	16512
产值（百万美元）	3645.3	4823.8	1206.4	766.3	1714.5	1113.4
单价（万美元/台）	54.1	23.8	13.4	7.3	6.8	6.7

而从中国机床市场的情况来看，对加工中心的需求一直处于稳步上升趋势。近年来中国加工中心的进口在1万台以上，金额在10亿美元以上，进口增长幅度20%以上。这一广阔的需求市场将为台湾的加工中心提供足够大的销售平台。如果国内机床企业在三年之内拿不出与之匹敌的加工中心，台湾产品的长驱直入，恐怕是为时不久。（国内加工中心需求情况详见表8）

七、将从贸易走向产业合作的ECFA

根据第七条，双方同意对附件一所列产品实施

早期收获计划，早期收获计划将于该协议生效后六个月内开始实施。也就是说以2009年税则为基础的早期收获清单还需等双方的最终确认，并进行立法来实施。相信到时海关会发布相关的执行公告。

至于ECFA的具体执行程序，从目前已经公布的ECFA相关文件来看，更多的还只是一些框架性的条款。对此，有关专家表示，可以从《内地与香港关于建立更紧密经贸关系的安排》即CEPA的执行中，进行一些预计和借鉴。

原产地规则，是协议执行中最为关键的环节所在。从目前已经公布的ECFA文件来看，只是确定了认定早期收获降税产品的原产地规则的一些原则。如何具体运用以及如何签发原产地证，还有待于双方的再协商。相比之下，CEPA规定得很详细。CEPA出台专门的《关于货物贸易的原产地规则》，对原产地商品进行认定。根据这一规则，制定出“享受货物贸易优惠措施的香港货物原产地标准表”，对所有涉及的产品都有详细的原产地标准说明。在《关于原产地证书的签发和核查程序》附件中，还并附有“原产地证书”的标准格式。清华大学台湾研究所副所长殷存毅教授表示，ECFA下一步将成立海峡两岸经济合作委员会，会对相关的细则进行协商，其中也包括原产地规则。至于CEPA相关文件很多的原因，殷存毅教授解释说这与香港与中国内地合作的具体方式有关，双方合作的阶段性、步骤性较强。据了解，CEPA除了主体文件和6个附件之外，中央政府和香港特别行政区在2003年6月-2010年5月，还陆续签署了7个补充协议。不过，可以肯定的是，由于诸多因素的影响，预计ECFA的进程将更加曲折。

殷存毅教授表示，从机床产品占早收计划的份额来看，关税的减让对行业的影响应该不会很大。ECFA是在2009年台湾对中国大陆贸易额900亿美元的基础上，将其中的16%即144亿元列入早收计划进行的

表8 2005年-2009年大陆进口加工中心统计

机床类别	2005 年		2006 年		2007 年		2008 年		2009 年	
	数量（台）	金额（亿美元）	数量（台）	金额（亿美元）	数量（台）	金额（亿美元）	数量（台）	金额（亿美元）	数量（台）	金额（亿美元）
立式加工中心	8134	6.3	9978	8.1	11171	8.58	10329	8.76	6671	6.17
卧式加工中心	1325	4.5	1479	5.2	1621	5.57	2107	8.4	1615	6.2
龙门加工中心	295	1.2	446	1.3	569	1.94	542	2.33	308	1.84
其他加工中心					486	1.16	848	1.39	226	1.39

注：上述进口数包括从其他国家、地区（也包括台湾）进口的
（据中国海关相关数据整理）

关税减让。以2009年台湾对中国大陆的机床贸易100亿元测算，其占两岸贸易的比例不到10%。另外，3年之后，中国将对剩下的84%的商品交易额进行关税减让。预期更多地探讨目前所受到的冲击，还不如及时采取措施，为将来做好打算。

殷存毅教授还提到，ECFA属于区域自由贸易协定 (Free Trade Agreement, FTA)。从长远来看，ECFA不会停留在FTA层面，而要从贸易协定转向产业合作，以形成上下游产业链。建议成立两岸产业联盟，实现优势互补，并化解两岸产业合作中可能出现的问题。去年以来，国台办和台湾经济部进行产业搭桥，在新能源、物流等方面进行了初步的合作。建议机床行业也争取这种产业合作的试点。

目前在两岸机床业界，也出现了这种合作迹象。据了解，中国机械工业集团旗下的苏州电加工机床研究所，已和台湾放电加工机龙头厂庆鸿机电展开接触，双方有合作意愿。北京第一机床厂及凯捷利集团也与友嘉集团签约策略联盟，为两岸机械产业

由竞争转而合作，跨出第一步。

另外，已有迹象表明，一些跨国公司鉴于ECFA的签订，正考虑到台湾投资建厂。据报道，国际汽车大厂福斯就有意在台湾设厂生产。而亦有许多国际企业希望与台湾企业策略联盟，共同进军中国市场，以享有ECFA的关税优惠。那时，与国内企业竞争的就不仅仅只有原有的那些台湾企业了。同时，有关专家还提醒，考虑到若有第三地货物或服务借此通过台湾进入中国大陆，可能对大陆业界产生的不利影响，中国海关需要严格把关原产地规则。

参考文献

近年世界加工中心产销情况 徐树滋
台湾机床工业的发展变迁 (摘要) 王正青
机床工具行业进出口分析与思考 郑国伟
附录:台湾机床企业在中国设置的生产点

附录：台湾机床企业在中国设置的生产点

台湾机床企业	在中国大陆设立的生产厂	在大陆设的销售处	主要产品
杨铁	1999年，上海，1万平方米	常州、宁波、台州、武汉、重庆、广州、北京等地	立式硬轨加工中心，立式硬轨铣床、卧式加工中心、数控车床
台中精机	天津、广州、上海建厂	天津、重庆、东莞、广州、上海	CNC车床，综合加工机（镗铣加工中心）、注塑机、工业用阀类产品
友嘉实业	浙江萧山	上海、广州、南京、重庆、青岛、武汉等26个办事处	立式加工中心、卧式加工中心、数控车床、钻攻中心
永进机械工业	上海	北京、成都、深圳、广州、东莞、重庆	立式综合加工机、龙门型综合加工机、卧式综合加工机、电脑数值控制车床
金丰工业	宁波	大连、天津、青岛、南京、昆山、武汉、重庆等	机械式冲床、全自动钣金冲压生产线、多工位压力机
亚威机电	1986年，上海，4.5万平方米	北京	数控龙门加工中心、龙门加工中心、高速加工中心、五轴加工中心
群基	1997年，苏州，2.8万平方米	华南、华东、华北10余个销售服务点	电加工机床、注塑机、立式加工中心
福裕机械	2002年，上海，2.2万平方米	天津、北京、东莞、无锡、青岛、重庆等地方成立办事处	磨床、铣床、车床、立式车床
台湾匠泽	1988年，昆山，1万平方米	上海、北京、苏州、青岛、广州	立式加工中心、高速龙门加工中心、数控车床
上一工业	2001年，上海嘉兴	深圳、上海	专业平面磨床
盟立	2008年，上海浦东，1.2万平方米	深圳、宁波、广州、武汉、南京、重庆、厦门等	自动化机具设备及系统
高峰工业	2003年，昆山		立式综合加工机、卧式综合加工机、NC仿型电脑铣床、龙门综合加工机、攻牙机

以科技创新迎接后危机时代

——CIMIT2011主题确立

创新是推动人类进步和社会发展的不竭动力。科技创新贯穿着人类社会发展和进步的始终。作为科技密集型的基础产业，机床工具行业更是以不断创新来支撑其自身的快速发展，并为汽车、船舶、铁路、航空航天、电力、纺机、农机等各用户领域提供无限的创新源泉和坚实的技术保障。

在全球经济陷入金融危机，并尚未摆脱其复杂影响的今天，人们对未来的发展进行了深入思考，我们将以什么样的姿态和面貌来迎接一个全新时代的到来呢？可以想见，危机过后，世界经济环境将发生巨大而深刻的变化，技术和产品的发展模式也将不再简单重复过去，我们必将造就一个以高新技术和创新成果为支撑的，以节能环保和低碳经济为主导的，绿色而高效的现代文明时代。

就在这样一个迎接后危机时代的历史时期，由中国机床工具工业协会主办的第十二届中国国际机床展览会（CIMIT2011），将于2011年4月11-16日在北京拉开帷幕。从正在各制造业强国悄然涌动的以科技创新重振制造业的热潮，从CIMIT2011报展中呈现

出的新产品新技术水平之高、数量之多的局面，我们有充分的理由相信，CIMIT2011将是各机床工具强国和技术实力深厚企业竞相较量最新成果的绝佳平台。

将科技创新广泛而深入地植根于机床工具行业，定将给你呈现更多的惊喜；中国经济平稳发展和有效宏观调控所造就的巨大市场，定将为你提供更大的商机。CIMIT2011，将围绕“以科技创新迎接后危机时代”的主题，精心挑选运用最新科技创新成果的、性能最为优越可靠的、最能充分满足用户需求的产品、技术和最完善的用户服务，集中亮相展会。届时，来自世界各地的高档数控机床、成套生产线、高性能功能部件和数控系统、高档工装量具刀具等将令观众目不暇接。CIMIT2011还将以高层论坛、国际交流、技术讲座、用户座谈等丰富多彩的展期活动，为展商和观众打造迎接后危机时代的全球制造业盛宴。

CIMIT2011正在向我们走来，让我们携起手，以科技创新迎接后危机时代的到来！

续表

台湾机床企业	在中国大陆设立的生产厂	在大陆设的销售处	主要产品
东台精机	2003 年，上海和苏州	上海、昆山、广东、重庆、天津、沈阳成立了 14 个服务网点	多工位专用机床、卧式和立式 CNC 车床，立式和卧式加工中心，超高速 PCB 钻孔机等
庆鸿	1993 年，苏州和昆山	苏州、杭州、宁波、东莞	火花机、慢走丝线切割机
建德工业	1993 年，浙江萧山	山东、广东、	平面磨床、加工中心、高速高精密冲床
欧马	1996 年南京、	北京、武汉，沈阳、浙江、济南等	立式加工中心、数控车床、数控车床
台湾丽伟电脑机械	2003 年，杭州	上海、昆山、深圳、北京等	立式加工中心、钻削加工中心
钰晋	2002 年，东莞	广州、上海	冲床、机械化生产线
协易机械工具	2003 年，昆山，3 万平方米	东莞、天津、烟台、宁波、上海	冲床
力山工业	浙江萧山		桌上型、落地型电动工具机
大立机器	无	广东、上海、沈阳、昆山等	立、卧式综合加工中心
协鸿工业	无	上海、南海、黄岩、沈阳、成都、西安 19 个销售/服务据点	加工中心，数控铣床

注：以日刊《生产财7一少于J）//》、台湾工业技术研究院以及企业网站资料整理

创新，引领企业快速高效发展

济南二机床集团有限公司董事长、总经理 张志刚

自主创新能力是国家竞争力的核心，是统领国家未来科技发展的战略主线，也是社会进步的重要体现，是企业保持活力的一个重要途径。作为为国民经济各行业提供技术装备的基础和战略性新兴产业，装备制造业承载着推动创新、引领技术进步的责任与使命。企业是行业创新的主体，而企业创新的原动力来源于市场，来源于用户不断提升的创新需求。

2009年是新世纪以来我国经济发展最为困难的一年。在全球金融危机的影响下，国际机床行业整体处于低迷和萎缩状态，但中国经济一枝独秀，国外机床制造商纷纷到中国来抢夺市场，“国内竞争国际化”。机床工具行业国内外市场需求发生重大变化，大型、重型机床及高档数控机床微量上升，普通机床销量急剧下滑。在形势严峻、竞争激烈的情况下，济南二机床以“打造国际一流机床制造企业，塑造国际知名品牌”为目标，结合国家振兴装备制造业的重点领域和目标要求，坚持以市场为导向，积极调整产品结构，将承担国家重大科技专项与提升企业素质、增强综合竞争力密切结合，大力加强研发能力建设，密切与用户的沟通交流，以高新技术产品和优质服务，实现重点领域市场营销的新突破。

技术创新——引领企业发展

数控机床和基础制造装备是装备制造业的“工作母机”，具有基础性、通用性和战略性的特征，是工业现代化的重要基石，是高技术产业发展的支撑，也是发展战略性新兴产业的切入点。装备工业尤其是机床行业的发展，决定着国家的整体工业水平，实现“汽车、航空航天、发电设备、船舶等重点领域所需的高档数控机床与基础制造装备立足国内”的目标，需要全行业企业的共同努力。济南二机床通过技术集成、掌握关键技术，发展拥有自主知识产权的核心技术与核心产品，为中国装备制造业发展做出了应有的贡献。

一是，积极开展国际合作，集成最新技术。自八十年代开始，积极开展与国际著名企业合作，推进与高校、科研机构的产学研联合，充分应用现代技术发展成果，跟踪国际先进水平，经过持续的集成创新和技术积累，逐步掌握装备制造的核心技术。锻压设备先后在机械手自动上下料冲压生产线、机器人自动上下料冲压生产线、高速冲压生产线、大型多工位机械压力机、伺服压力机等尖端技术领域取得突破，推动中国锻压设备技术发展与世界同步；数控金切机床成功开发重型数控落地镗铣床、大型高速五轴联动镗铣床，及大功率、重切削、机械式五轴联动镗铣床等填补国内空白的新技术、新产品，与世界机床技术同步发展。

二是，加大技术研发投入，提升技术水平。发挥拥有“国家级技术中心”（1994年认定）和“国家级企业技术研究开发中心”（2006年认定）的技术优势，以增强成套供应能力为出发点，强化技术创新开发，近三年技术研发费用均占销售收入6%以上，2009年技术研发费用达到1.1亿元。三年来，共完成开发项目206项，其中承担国家、省市攻关项目58项，获省市科技进步奖24项，申请专利35项，技术进步产品产值占新增工业产值的70%以上。是山东省“第一批创新型试点企业”。

三是，积极承担国家重大新产品研发任务，以技术创新为支撑，巩固、发展竞争优势。2009年，数控大型多工位压力机、大型快速全自动冲压线、高速龙门五轴加工中心、双摆角数控万能铣头等四项科研开发项目，入选国家科技重大专项；承担的国家科技支撑计划——“全自动快速柔性冲压生产线的开发研制”，为鞍钢重型机械研制的“双龙门机械五轴联动数控镗铣床”，相继通过国家验收；完成了代表国际最新技术的双臂自动送料高速冲压线的开发研制，多项关键技术取得突破，达到国际先进水平。承担的XKV2755×120五轴联动龙门移动镗铣床、LS4-2250A数控多连杆机械压力机等27项省级科技创

新计划，完成鉴定验收；成功通过“省级重点企业技术中心建设”验收。

四是，实施高起点技术改造，增强制造实力。近三年来，围绕提升重型锻压设备和数控机床制造能力，新建1万平米数控机床装配车间、扩建重型机床加工车间，增添数控卧式镗床、数控龙门镗铣床、立车、卧式加工中心、蜗杆磨齿机、数控切割机等先进装备；正在实施的“数控机床铸件及机加工项目”，投资3亿元，将显著提升铸造、加工、装配生产能力，为企业发展重型高端数控机床提供坚实的基础保证。

机制创新——激发企业活力

企业将制度创新作为增强活力，适应市场竞争的重要途径，深化劳动、人事、分配等制度改革，逐步建立充满活力的竞争与激励机制。

一是，干部竞聘与流程再造，将每个职工融入市场。2004年、2007年、2009年三次实施大规模机构调整与干部竞聘，建立更加自由的员工流通体系。本着更加贴近市场、有效适应市场的原则，分步实施企业流程再造，根据企业发展要求，适时调整企业组织机构体系，构建资源高效共享的企业组织架构；按市场化原则，对生产、经营、服务保障等工作实行严格的独立核算。同时，配套实施各级领导干部竞聘、述职制度和干部绩效考核制度，加强干部责任的考核，塑造精干、高效、富有合作精神、市场观念的核心团队。

二是，完善各类人员的成长通道与激励体制。为体现员工对企业的贡献和个人成就，满足个人价值实现需要，进一步营造尊重知识、尊重人才、尊重创造的环境和氛围，充分调动广大专业技术人员的积极性，在技术、营销、管理等各专业领域设置主任（副主任）工程师、技师、营销师、管理师，通过设置不同层级技术职务，逐步构建出集团公司人才发展通道。自2005年以来，先后成功地评聘了第三批主任（副主任）工程师，取得了良好的效果。2009年又成功地推广到主任（副主任）技师，2010年将继续推广到主任（副主任）营销师、主任（副主任）管理师。同时，出台了一系列鼓励创新的制度、措施，对技术创新成果进行内部评审，并加大奖励力度；对管理人员实行管理创新成果奖励制度；在全体职工中实施合理化建议、技术革新成果申报、

评审、奖励制度，激发干部职工的创新热情。

通过机构整合、人才素质的培养以及员工激励机制，企业经营规模实现连续跨越。同时，干部职工的市场观念、创新意识显著增强，面对市场竞争压力、产能压力，干部职工更加主动地投入到技术创新、管理创新过程，在创新中解决和克服企业发展中的各种困难和问题。

管理创新——提升创新氛围

企业管理是具有个性化特点的活动，企业管理又与企业文化具有很强的融合性。济南二机床坚持将管理提升作为各项工作的重点，用管理来提升效率。同时，在七十年企业文化积淀的基础上，提炼出“合作、创新、效率、责任”的文化理念，为各项工作提升营造浓厚氛围。

一是，加强品牌建设，提升企业形象。正视与国际一流企业在产品质量上的差距，从转变干部职工的质量理念、提升质量标准入手，严格落实ISO9001国际质量体系，实施外观质量与重点质量环节评审制度，落实工序质量责任标识与控制考核，强化质量责任落实，实现质量管理的闭环、受控；同时，努力推动质量技术标准体系的升级，成功实现了常规、成熟产品无总装试车、在用户一次性总装调试，体现了较高的过程质量控制管理水平。

济南二机床也是国内机床行业较早实施“交钥匙工程”的企业，特别是近几年来，在广泛的国际竞争中，服务理念不断提升，结合流程再造，对用户服务进行集中管理，对用户急需备件开辟绿色通道，在上海、广州设立了售后服务中心，及时满足用户需求，用户满意度呈现逐年提高的发展态势。“JIER”品牌系列产品荣获“中国机床市场用户满意十佳品牌”，全部十大系列的数控龙门镗铣床、数控落地镗铣床入选军工企业首批国产数控机床推荐目录。主导产品“数控冲压机床”和“数控重型镗铣床”均被评为中国名牌，重型数控镗铣床被商务部评为“最具市场竞争力品牌”，是全国机床行业唯一拥有金属成型、金属切削两块“中国名牌”的企业。

二是，加强信息化建设，提高现代化管理水平。企业投入大量资金，推进技术、管理、生产制造等领域信息化建设，以信息技术和网络技术改造提升传统产业。已建立起一套技术先进、实用可靠、功能强大的以ERP系统为核心，以PDM系统为组带的集

成信息化应用系统；全面打造以ERP系统为核心的制造资源管理平台，以生产计划管理信息化为中心，将各管理模块和子系统，整合形成高效的一体化信息系统，实现信息共享、快速传递；开发完善工序成本核算系统，推行产品目标成本控制，不断提高产品性价比；建立以外网网站系统、供应链信息管理系统、客户关系管理系统、电子邮件系统等为主要应用的对外商务平台系统，企业电子商务平台系统初具规模，产品安装调试服务信息系统、远程网络会议系统正在实施，电子商务系统的应用领域进一步完善；自主开发办公自动化系统，并全面应用，基本达到了无纸化办公要求。

通过企业信息化应用水平的不断提高，显著提升了企业的综合制造水平和管理水平，大幅度提高了工作效率，降低了生产、管理成本。企业连续多年入选全国“信息化建设500强”，是全国CAD应用工程示范企业和山东省首批制造业信息化示范企业。

三是，将管理制度与企业文化有机融合，营造了鼓励创新的良好氛围。在完善各项管理制度的基础上，倡导“合作、创新、效率、责任”的文化理念，升华“JIER”标识文化内涵；开展自下而上的员工守则、职业精神提炼和宣传推广活动；举办企业文化论坛，通过文化的融合，提升企业凝聚力。

营销创新——提升创新价值

市场营销是整个生产过程的开始，也是最重要的一个部分，济南二机床坚持以市场为导向，以技术创新为依托，密切与重要客户的战略合作关系，实施营销创新，提升创新价值。

一是，加强对市场形势的科学预测，把握市场营销主动权。国际间产业转移步伐的加快，新兴经济体的崛起，市场需求热点的频繁更替，后金融危机时代经济走势的诸多变数，对市场预测分析提出新要求，也使市场营销更富有挑战性。以充足、可靠的信息为基础，以科学的分析手段为保障，加强市场走势的预测分析，把握热点变化，引导技术开发、生产组织和营销管理，市场营销实现多领域突破，并有效带动了整个技术开发、生产组织、售后服务过程。

二是，创新营销理念，强化营销培训，巩固优势地位。从全局着眼，抓好营销策划和项目管理，借鉴其他企业营销方法，做到知己知彼，努力听取

用户对市场的需求和关注热点，征求他们对企业及同行业的看法、建议，认真研究不同行业、用户的需求，发展高端市场营销良好势头；强化对销售人员的业务知识培训，围绕新市场、新用户、新产品，完善相关鼓励政策，在巩固传统市场优势的同时，开发新市场领域、新用户，加强新产品的市场推广，巩固、提升市场地位。

三是，高新技术发展使产品快速进入高端市场。先后为国内汽车、发电、船舶、航空航天等国民经济重点领域提供了大量高水平装备。先后为汽车工业提供了300余条冲压生产线，一汽、东风、奇瑞、哈飞、吉利等几乎所有国产自主品牌的汽车企业所用大型冲压设备均出自济南二机床，上海大众、上汽股份、广州本田、通用五菱、长安铃木、东风汽车、江淮汽车、长春一汽、风神汽车、通用烟台东岳等众多合资公司，也纷纷选用济二产品；先后为重点用户提供了350余台大重型数控机床产品，装备了军工、汽车、铁路、能源、冶金、重型机械、机床工具等国内众多重点行业、重点用户。其中仅为航空、航天、船舶、兵器等四大军工领域就提供了40余台大、重型数控镗铣床，为宝钢、鞍钢、东方汽轮机厂、东方电机、中铁宝桥、长春客车、唐山机车、株洲电力、太重、二重等国内重点企业提供了几十台高性能数控机床，较好地支持了磁悬浮列车、南水北调、高速列车等重点工程项目建设。

同时，济南二机床也努力在激烈的国际角逐中，塑造中国机床工业应有的地位，提升国际竞争力。大型数控落地镗铣床、重型数控龙门镗铣床、5000T重型多工位机械压力机、3200T数控冲压生产线、重型全自动开卷落料线等高技术产品，成套出口美国、德国、巴西、泰国、印度等50多个国家和地区，被通用汽车、福特汽车、本田汽车等世界汽车巨头列为合格供应商。

2010年是继续应对国际金融危机冲击、保持经济平稳较快发展、加快转变经济发展方式的关键一年，是全面实现“十一五”规划目标、为“十二五”时期打好基础的重要一年。作为国家装备制造业骨干企业，济南二机床将以结构调整和发展方式转变为主线，加快技术创新、机制创新、管理创新、营销创新，在做好引进消化吸收工作的同时，努力实现集成创新和原始创新，与行业企业一道，进一步加强责任感和使命感，积极行动，提升装备技术水平，共同缔造中国机床装备业的辉煌明天。□

自主创新加快重庆机床两化融合进程

重庆机电股份有限公司执行董事、副总裁 廖绍华

党的“十七大”报告提出“两化融合”的概念，即信息化与工业化融合，走新型工业化的道路。大力推进“两化融合”，不仅是装备制造业应对国际金融危机的重要措施，更是装备制造业加快转型升级、实现调整振兴的一次重大历史性机遇。在此背景下，将先进的信息技术与传统技术融合，从而推动产业升级，则已成为企业当前面临的工作重点和难点。我认为，创新与融合，就像产业升级的左右手，在某种程度上，是创新推动了融合的发展。要用创新的态度来推进工业化和信息化的融合。

重庆是我国的老工业基地，制造业是重庆的支柱产业之一，重庆机电控股（集团）公司是重庆重要的国有制造业产业集团。2007年，重庆机电集团以其优良资产为主体组建成立重庆机电股份有限公司，并于2008年在香港H股上市，主要产业有商用车零部件、电力设备、通用机械和数控机床。其中数控机床板块在自主创新方面一直处于机电股份领先和领跑地位，该板块主要是通过由机电股份全资控股的重庆机床（集团）有限责任公司进行运作。近年来，重庆机床集团依托自主创新，将最先进的信息技术运用于机床制造中，大力发展大型、精密、绿色、智能化的高端数控装备，积极探索机床企业“两化融合”之路，取得了不菲的业绩，引领中国制齿机床成为中国机床工业中的强势行业之一，多次与处于国际领先水平的竞争对手同台竞争并获胜。

一、“两化”融入企业创新基础平台建设

重庆机床（集团）有限责任公司是一家有着悠久历史的机床制造企业，长期致力于齿轮加工机床成套设备的专业化研制和生产。公司成立于1940年，上世纪50年代被国家指定为中国十八家机床制造企业之一，专业制造齿轮加工机床，先后试制成功中国第一台滚齿机、剃齿机、插齿机、弧齿锥齿轮铣床和蜗轮母机，可以说是中国制齿设备诞生的摇篮。

在上个世纪90年代中期，限于企业内外各种因

素的制约，重庆机床的主导产品大都还属几十年未改型的普通制齿机床，企业存在自身装备能力差和资金短缺的双重困难，产品研发试验能力低，研发平台少，创新能力薄弱。2001年以前，大量超期服役的陈旧机床成为企业主要装备，存在自动化程度差、能耗大、劳动保护弱等系列问题，企业装备新度系数仅为18%，数控化率低于5%。在此情况下，必须进行创新能力建设，使企业研发制造能力跟上市场的需要。

在产品研发方面，重庆机床积极推进信息化建设，建立了CAD/CAM/CAPP/CAE/PDM一体化的技术信息系统，实现了机床产品开发的虚拟样机技术。在试验及制造能力方面，我们将信息化融入装备改造和升级之中。为使企业装备跟上产品更新换代的需要，重庆机床大力淘汰落后加工能力，在重庆市政府的支持下，先后实施两期设备数控化改造、升级换代工程，利用数字信息技术提升传统装备能力。2002年以来，我们共完成设备数控化改造93台，累计投入专用改造资金500余万元。同时我们新购了关键设备及精密仪器近300台套，价值超过2亿元。投入TIS信息化系统改造资金400余万元。通过信息化技术的应用改造以及新型数控装备的大规模应用，公司设备新度系数由2000年的18% 提高到现在的61%，数控化率提高到30%。

在研发平台建设方面，重庆机床加强产学研合作，积极建设各类研发平台，为“两化”融合提供技术支撑。2000年9月，我们利用原国家行业二类研究所——重庆圆柱齿轮加工机床研究所为核心单位组建了重庆机床集团企业技术中心。中心成立之初就定位为集机械基础研究、产品开发、软件开发为一体的大型企业集团技术中心。通过几年持续不断的建设，2006年9月，公司企业技术中心被国家发改委等五部委联合评审为国家认定企业技术中心。此外，公司为引进高层次智力支持，于2009年9月9日和中国机械工程学会共建了重庆市首家企业“院士专家工作站”。中国工程院院士、装甲兵工程学院徐滨士少将，中国工程院院士、浙江大学谭建荣教授，

重庆大学刘飞教授，国家自然科学基金委员会雷源忠研究员受聘为首批在站院士专家。2009年12月13日，重庆市发改委下发渝发改技〔2009〕1480号批准重庆机床集团建设高档数控齿机床工程研究中心。2009年12月15日，重庆市科委组织专家对重庆市首家市级企业重点实验室——数控制齿机床重庆市市级重点实验室进行评审，并一致同意在重庆机床集团试点建设，企业自主研发能力迈上新台阶。此外，公司于2000年11月建立了国家级企业博士后科研工作站。加上2008年重庆市经信委为公司所属子企业重庆第二机床厂有限责任公司和重庆工具厂有限责任公司批准建设的两家重庆市级企业技术中心，重庆机床集团拥有了五个省部级以上研发平台。

2009年12月7日，在引进了重庆市“企业科技特派员——万人计划行动”（一期）中的重庆大学王时龙院长的基础上，企业还在积极争取设立重庆市首批“两江学者”计划特聘岗，为企业进一步引进机床设计高技术领军人才创造基础条件。

二、创新产品开发，促进两化融合

新型工业装备是“两化”融合的重要载体，对机床行业来说，“两化”融合最终体现在为用户提供新型数控机床。数控机床是机械技术与信息技术融合后形成的数字化、智能化的产品。与传统机床相比，数控机床的优势不仅体现在性能、品质、可靠性、成套性等方面，更重要的是还表现在产品的技术含量和核心技术的转变上。数控机床的核心技术实际上是由多种前沿学科交叉所形成的聚合技术，其中以计算机为代表的信息技术在其中起着非常重要的作用。

在找准信息技术与传统机床技术融合这个突破口后，重庆机床集团应用数控技术整合传统制造技术及制齿机床核心技术，大大提高了重庆机床集团制齿机床的核心技术水平。在制齿机床核心技术方面，重庆机床集团自主研发的四轴联动的EGB控制方式、高速高精度新型主轴及工作台、模块化多用途组合齿轮加工机床设计方法、干式切削技术、油雾分离技术、精密冷轧成形技术、数控滚齿机加工的零编程方法、机床热变形远程诊断控制装置等关键技术均已达到国际领先水平，并获得了3项国家发明专利和5项国家实用新型专利授权。

基于自主研发的制齿机床关键技术，公司按模

块化的设计思想开发了覆盖加工工件模数0.5-24mm、直径80-3200mm（规划到6.3米）的系列数控制齿机床新产品，平均每年开发10余种中、高档和经济型、普及型数控制齿机床新产品。其所研制的高档数控滚齿机在技术水平、产品结构、制造精度、综合性能控制指标、产品精度指标等方面都达到了国际先进水平，产品产值数控化率由不足10%迅速上升到60%以上。

通过将信息技术与机床技术的融合，极大提高了公司机床产品的市场竞争力。2006年，公司生产的“重机牌”数控齿轮加工机床获“中国名牌产品”荣誉称号。2007年，重庆机床集团“数控高效制齿机床成套技术研发及产业化应用”项目荣获国家科技进步二等奖，开创了重庆直辖10年来由企业领衔夺得国家最高科技奖励的新纪录，代表中国机床行业翘楚于当年中国机械领域仅有的九席国家科技进步二等奖之中。2009年公司实现营业收入13亿元，利税总额1.1亿元。公司现已跃升为国内最大的成套制齿装备生产基地、世界上齿轮加工机床产销量最大的制造商。

基于信息技术与传统机床技术融合，公司已基本掌握了数控高效制齿机床成套技术及装备的设计和制造技术，这不仅结束了中国不能自主研制高档数控制齿机床的历史，而且还一跃进入到世界先进行列，并出口韩、日、法、印等国家，率先翻开了国产高档数控齿轮机床走出国门、服务全球的新篇章。

三、依托国家重大项目，深化“两化”融合力度

促进装备制造业“两化”融合，必须依托各级重大项目，尤其是国家重大科技项目，结合自身和用户实际大规模开展重大技术装备自主化研制工作，这也完全符合市场经济的运行规律。十五期间，为满足汽车行业等对齿轮机床的大量需求，重庆机床集团依托“国家重大技术装备国产化创新研制项目——YKS3120/YKS3132六轴四联动数控滚齿机及其模块化系列产品”、“国家‘十五’科技攻关计划‘西部开发科技行动’重大项目的重点课题——数控高速高精度滚齿/插齿/磨齿机床的成套技术开发”（课题编号：2004BA301A01）等国家重大项目，大力将信息技术运用于数控机床研制，开发了一大批具

有自主知识产权的数控机床,获得2项国家发明专利和6项实用新型专利,使企业的“两化”融合工作紧紧地与市场贴到了一起。

“十一五”期间,公司又承担了国家“十一五”科技支撑计划重大专项“绿色制造关键技术与装备”的重点课题——“机床再制造关键技术与应用”(课题编号:2006BAF02A20)。该项目主要研究废旧机床零部件绿色修复处理与再制造技术、机床环境友好性改进技术、节能性提升技术、信息化提升技术。企业为发展循环经济,践行国际低碳经济模式展开有益探索的同时深化了“两化”融合。该项目已累计为用户再制造机床近800台,同比新机床综合节约钢铁2000吨、节能1600吨以上标准煤。为用户盘活存量资产3000万元,节约采购成本达2500万元。项目成果于2009年2月通过省部级科技成果鉴定,并在2009年度重庆市科技进步一等奖评选中夺魁。

为振兴装备制造业,提升我国装备制造能力,缩短与发达国家的差距,国家在制定《国家中长期科学和技术发展规划纲要》(2006-2020)时,将“高档数控机床与基础制造装备”与载人航天、大飞机等一起列入国家16个重大科技专项,并在2009年初,结合国发〔2006〕8号《国务院关于加快和振兴装备制造业的若干意见》,出台了相应的装备制造业调整振兴规划,再次明确了高档数控机床在国民经济中的重要地位。重庆机床集团积极加入到“高档数控机床与基础制造装备”专项的研究之中,并分别以“模块化高速、精密、大型数控滚齿机”项目(课题编号:2009ZX04001-081)和“模块化高速、精

密数控回转工作台”项目(课题编号:2009ZX04011-041)中标研究国家重大科技专项课题任务。2009年11月,工信部装(2009)360号文正式批准立项,公司可获得国家拨款共计1068万元的经费资助。此外,2008年底,在国家拉动内需的4万亿投资计划中,公司率先获得财政拨款1600万元。

四、重庆机床“两化融合”目标

目前,重庆机床瞄准高档数控机床向大型高端、环境友好、复合化、全自动发展的方向,制定了深度推进信息技术与机械技术在机床产品上的融合规划:拟在制齿装备成套线研究中融入除数控技术外的其他信息技术,包括在制齿机床设备上安装故障诊断装置、自动监测设备、传感器、车间现场信息管理等,实时监控加工装备的工作运行情况,提高机床可靠性、稳定性和抗干扰能力,减少故障率,延长数控机床平均无故障时间(TBMF),有效提高客户的忠诚度和满意度,最终达到数控机床及高度融合了信息化技术的自动生产线产品占公司销售收入的90%以上的目标。

随着信息技术与传统机床技术的深度融合,重庆机床集团确立了在机床的高端技术市场跟进或超越,产品朝着全数控、功能复合、柔性、自动化、安全性、网络化及绿色环保方向发展的战略目标,大力发展大型、精密、高速数控制齿装备,并努力向50亿重机、世界制齿机床行业前三强的目标迈进。

● 业界动态 ●

海克斯康参加全国高职高专教师培训会议

2010年8月25日,海克斯康测量技术(青岛)有限公司应邀参加了国家教委举办的高职高专教师“双师素质”暑期培训项目,为来自全国各地的数控与模具专业教师进行关于测量技术的培训。

双师型教师要求既有扎实的专业基础知识和教育理论素养,又有丰富的实践经验和较强动手能力。本着双师培训的目标,海克斯康与参会教师就国际先进的正向和逆向测量技术与参会教师进行了零距离现场交流与互动,不仅展示了当今主流的测量技术与应用,同时,还利用现场设备演示与讲解相结

合的方式,让教师们体会到实际的测量与操作过程。

持续一天的交流、介绍与参观活动,帮助与会教师深入了解了在设计、加工之后测量与品质保证过程,并对逆向工程的实施与操作有了深刻的理解,并对海克斯康提出的开展广泛的校企合作,为社会提供适用人才项目表示了广泛的兴趣。

与职业院校的合作与交流项目,也将成为海克斯康继与中国计量学院设立海克斯康班之外,又一项致力于培养合格计量人才的重要举措。

CCMT2010制齿装备创新成果精粹

Quintessence of Innovations on Gear Manufacturing Equipments in CCMT2010

马 云

(陕西秦川机床工具集团有限公司, 721009)

CCMT2010全面展示了我国现代先进制造技术——机床行业高新技术产品,特别是中高档数控机床的最新发展成果,高速、高效、精密、复合、柔性、绿色制造是众多展品共有的技术特征。国内重庆机床工具集团、秦川机床工具集团、天津一机床、南京二机床、宜昌长机科技、营口冠华机床、湖南中大创远、天津市精诚机床等国内著名齿轮加工机床制造商,以及近年来挤入齿轮加工机床制造行列的齐重数控公司、哈量集团等共展出了67台数控机床加工机床(及辅机),展品体现了我国数控齿轮加工机床行业的最新成果,展品基本上是最新或首次推出,许多展品是国民经济众多行业 and 部门进行产业和产品结构调整急需的装备,更多产品为用户提供了多种选择。

陕西秦川发展股份有限公司参展的配置有秦川数控系统QCCNC6801(自主知识产权)数控成形砂轮磨齿机—YK7332A;齐重数控装备股份有限公司参展的大规格数控成形砂轮磨齿机—YK73400L;哈尔滨量具刃具集团有限公司参展的数控螺旋锥齿轮磨齿机—G2000G(铣齿机H2000C);重庆机床工具集团有限公司参展的五轴数控铣齿机(也可以铣内齿)—YKX39320(N)、六轴四联动数控高速干切滚齿机YE3120CNC7;宜昌长机科技大型数控铣齿机—YK84350;重庆大学与四川普世宁江公司联合开发国内首台的“高精度零编程数控滚齿机床”六轴四联动全数控滚齿机—YK3610,台湾陆联数控成形砂轮磨齿机—LFG-8040,天津一机床YK22160数控弧齿锥齿轮铣齿机等均可称为本届数控机床展的典型代表。

一、国内齿轮加工机床行业的发展动向

近年来,为实现向用户提供成套齿轮类零件解

决方案和“交钥匙”工程,以及满足各行业对齿轮品质要求的进一步提高,国内齿轮加工机床行业出现了新的格局和发展动向。

1. 逐渐将形成了几家综合实力强,能向用户提供成套齿轮加工技术与装备的公司

(1) 重庆机床厂2005年开始先后并购了原重庆第二机床厂、重庆工具厂改制组建了重庆机床集团,以专业生产齿轮加工机床为主,志在打造国内最大的成套制齿装备生产基地。

(2) 秦川机床集团通过战略性跨国并购、重组,公司拥有齿轮磨床、外圆磨床、高速滚齿机、复合齿轮刀具、拉削工艺及设备核心技术,具备向用户提供从图纸到工件的全套工艺设备解决方案的能力。

(3) 以立、卧式重型机床为主齐重数控公司向风电拓展发展空间,2007年以来提出了打造全系列制齿设备发展战略。公司开发的BVGM、YL系列齿轮加工机床包括开坯机、直齿斜齿铣齿机、滚齿机、磨齿机。

(4) 2006年开始,以天津第一机床总厂为主体,纳入明泰机械制造有限公司(由原天津市第四机床厂和天津市第六机床厂的优势资源整合而成)和津机磨床有限公司等企业,曾希望构建中国锥齿轮成组、成套、成线中高端装备水平研制基地以金切机床为主的机床企业集团。

2. 滚齿机制造商及齿轮加工外围设备制造商进入磨齿机制造领域

随着用户对齿轮品质要求的不断提高,比如六档变速箱和自动变速箱的推广,以及航空、航天、船舶、风力发电行业对大型齿轮需求的迅速增加,原来以制造滚齿机为主的公司齿轮外围设备制造商

逐步进入齿轮精加工机床—磨齿机制造领域。以制造滚齿机、插齿机和剃齿机为主重庆机床集团、南京二机床、营口冠华机床也都相继研发生产了成形砂轮磨齿机；以立、卧式重型机床为主齐重数控公司也研发生产成形砂轮磨齿机，哈量集团（齿轮检测仪、刀具为主）、威海华东数控公司等研发生产了数控螺旋锥齿轮磨齿机等。

二、齿轮加工机床的技术水平及发展趋势

本届CCMT展览会展出的齿轮加工机床的技术水平又有新的提高，高精度、高速、高效、复合化、干式切削等在展品中得以体现，其仍将是今后齿轮机床的发展方向。

1. 参展齿轮加工机床数控化水平大大提高

在参展的67台齿轮加工机床及辅助产品中，仅仅只有1台修磨机未配置数控系统，为普通机械控制产品，数控化率达到99%。其中更令人值得关注的是秦川发展参展的YK7332A数控成形砂轮磨齿机，采用拥有自主知识产权的秦川发展数控系统QCC-NC6801,该机床已经广泛用于国内汽车、航空机床等行业的齿轮精密磨削加工。

2. 新技术、新工艺、新方法应用速度加快

秦川发展的数控高效精密磨齿机紧跟国际先进技术发展趋势，已大量采用力矩电机直接驱动，静压导轨，电子齿轮箱，自动对刀、自动上下料系统等技术，大大地提高了磨齿机的磨齿精度、生产效率。重庆机床采用电子齿轮箱技术，成功推出了六轴四联动数控高效滚齿机YS3140CNC6。继续推进“数控高速干切滚齿机产业化工程”，完成YE3120CNC7和YS3116CNC7两款高速干切滚齿机的开发、试制工作；2009年齐重数控自主研发了国内最大规格全功能、全数控、高精度滚齿机——YK31500L和YK7500L成形砂轮磨齿机。这次展会上又成功推出了采用力矩电机直接驱动，大规格环形静压导轨、静压轴承支承、高精度双蜗轮蜗杆副传动技术的YK73400L 数控成形砂轮磨齿机。四川普什宁江机床采用力矩电机直接驱动技术，成功研制国内首台零传动卧式数控滚齿机YK3610。宜昌长机科

技参展的YK83350大型数控铣齿机最大加工内齿直径 $\Phi 3500\text{mm}$ ，采用进口硬铣刀盘加工，干式切削，绿色环保。浙江佳雪微特电机集团采用电子齿轮箱也成功推出了高速干、湿切数控滚齿机YGS3610CNC。

3. 自动化程度进一步提高

秦川发展的精密数控磨齿机可为用户提供自动对中、磨削余量自动分配、在线齿轮自动检测等功能选项。YK7230数控高效蜗杆砂轮磨齿机除了为用户提供用上选项外，还为用户新增了自动上下料系统选项，大大降低操作者劳动强度，方便纳入生产自动线。天津市精诚机床参展的YH9332F数控齿轮倒角机可配置自动上下料系统，操作简单，工作稳定可靠，精度高，主要用于汽车工业生产自动线。

4. 高速化、高效化又有新进展

齐重数控公司的BVGM、YL系列齿轮加工机床包括开坯机、直齿斜齿铣齿机、滚齿机、磨齿机。其中，开坯机、直齿斜齿铣齿机在加工时可一次装夹3件以上，使用专用可转位刀具，采用高速加工，加工速度 $v_c=150\text{m/min}$ ，进给量 $v_f=230\text{mm/min}$ ， $f_z=0.45\text{mm/z}$ 。机床选用山特维克齿轮铣刀，可将齿轮的加工效率提高10倍以上，完成高精度齿轮加工。

秦川发展的YK7230首开国内在蜗杆砂轮磨齿机上采用直接驱动技术的先例，集五轴联动技术、直接驱动技术、非接触式自动对刀技术、自动上下料技术于一身。砂轮主轴最高旋转速度可达 3000r/min ，工件主轴最高旋转速度达 280r/min 。使该机床的整机性能提升到一个新的水平，大幅度提高机床的磨削效率。

三、典型代表产品

1. 统秦川发展的YK7332A数控成形砂轮磨齿机

YK7332A数控成形磨齿机（图1）适合大批量磨削加工 $\Phi 320\text{mm}$ 以下高精度以及特种齿轮，适用于汽车、航空、机床等行业齿轮加工，特别适用于对齿形有修形要求及对齿根齿顶过渡部分有特殊要求的高速齿轮和多联齿轮的加工，另外还可以磨削非渐开线齿形如摆线齿轮、油泵转子、高精度花键和螺杆等。

最值得令国人振奋的是该机床采用拥有自主知识产权秦川发展自己开发的数控系统QCCNC6801数控系统。



图1 YK7332A 数控成形磨齿机

该机砂轮架进刀轴 X 、砂轮架走刀轴 Z 、砂轮架旋转轴 A 、分度轴 C 均采用伺服控制,其中 X 轴、 Z 轴、 C 轴为全闭环控制, A 轴为半闭环控制。直线轴 X 、 Z 轴导轨选用进口高精度、高刚性滚柱直线导轨。砂轮架旋转轴 A 选用高精度复合轴承,满足砂轮架螺旋角准确定位和高刚性要求。分度轴 C 采用双蜗杆消除机构,保证准确分度精确要求。

磨头电机选用电主轴,最高转速可达18000r/min,可满足小规格磨头砂轮及高速砂轮线速度要求。

机床磨削用砂轮为普通砂轮。利用成形修整软件,根据用户磨削工件要求生成数控系统数据文件。利用机床工作轴 X 、 Z 轴插补运动,用金刚石滚轮完成砂轮截形成形修整。机床磨削工作循环由数控系统控制通过一次编程完成砂轮修整、补偿及工件磨削自动循环控制。

全封闭保护罩。工件冷却选用大流量冷却泵,并配有恒温制冷设备。整机配备静电吸雾装置,工作环境干净、卫生。

机床采用正压式过滤系统,大流量冷却泵配备恒温制冷设备,使用维护方便,可满足成型冷却要求。

2. 齐重数控的YK73400L数控成形砂轮磨齿机

YK73400L数控成形磨齿机(图2)适用于渐开线直齿轮和斜齿轮的高精密磨削以及齿形、齿向的特殊修形。加工最大齿顶圆规格 $\Phi 5000\text{mm}$ 。普通砂轮和CBN砂轮均可适用。主要加工满足高质量传动系统的高精度齿轮。



图2 YK73400L数控成形磨齿机

该机床6轴4轴联动,工作台采用力矩电机驱动,具有很高的传动精度及定位精度。工作台端面跳动可达0.008mm。加工齿轮达5级精度。

3. 哈量集团H2000C数控螺旋锥齿轮铣齿机

(图3)为六轴五联动数控机床,由 X 、 Y 、 Z 三个相互垂直的直线轴和 A 、 B 、 C 三个旋转轴构成。 A 轴为工件轴, C 轴为刀具轴, B 轴用于调整工件轴线与刀具轴线的夹角。 B 轴采用转台+连杆机构驱动的新型结构,避免了摩擦轮结构产生的打滑和机床坐标原点漂移的问题。 Y 轴传动取消了平衡油缸,采用双丝杆的“重心驱动”结构,提高了机床的动态性能。H2000C型数控螺旋锥齿轮铣齿机适合于矿山、冶金、船舶、建材等行业大规格、高精度螺旋锥齿轮的精密铣齿加工。

该机床6轴5联动,最大加工工件直径2000mm,最大加工模数40mm,刀具轴转速0~30r/min,工件轴转速0~15r/min。

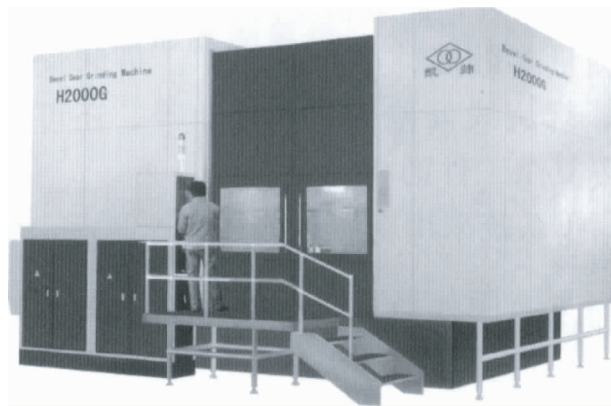


图3 H2000C数控螺旋锥齿轮铣齿机

4. 重庆机床集团YE3120CNC7数控高速干切滚齿机

YE3120CNC7数控高速干切滚齿机(图4)为六轴四联动数控高速干切滚齿机,通过电子齿轮箱,用展成法加工各种直、斜齿轮、双联或多联齿轮、小锥度齿、鼓形齿,花键,蜗轮,链轮等。适用于汽车、摩托车、流体机械、起重机械等行业的大量齿轮加工。



图4 YE3120CNC7 数控高速干切滚齿机

该机床最大加工工件直径210mm,最大加工模数4mm,加工工件齿数4~1000,最大轴向行程300mm。

5. 宜昌长机科技YK84350大型数控铣齿机

YK84350大型数控铣齿机(图5)采用立式龙门布局,结构合理,操作方便;刀架溜板采用超宽导轨设计,精度保持性好,并且在加工时具有锁紧功能;铣头采用双驱动方式,具有较高强度及刚度,可进行强力铣削;工作台采用高精度蜗轮副,大扭



图5 YK84350大型数控铣齿机

矩伺服电机驱动,采用环山型恒流静压导轨,机床在重载时旋转轻松,铣削加工时,工作台主轴采用夹紧油缸锁紧(斜齿除外)加工可靠、稳定;内、外齿加工转换便捷,铣头可以旋转,可加工螺旋圆柱齿轮。机床工作台面直径3000mm,最大加工工件直径(内齿)3500mm,最大加工模数30mm,最大加工螺旋角 $\pm 15^\circ$,主轴转速65r/min~140r/min。

该机床适用于回转支承、矿山机械、冶金机械及风电等行业齿圈加工。

6. 普什宁江机床YKJ3610数控高效卧式滚齿机

重庆大学和普什宁江机床共同研发的YKJ3610数控高效卧式滚齿机(图6),主要用于加工模数 ≤ 25 mm的直齿圆柱齿轮、斜齿轮。使用高精度滚刀、采用合理的切削规范时,可加工6级精度的直齿圆柱齿轮及斜齿轮。机床轴向溜板、径向溜板通过伺服电动机编程实现轴向进给、径向进给的无级调速。机床的移位滚刀架采用步进电动机对滚刀架的切向移动进行控制,可大大提高刀具的使用寿命。可进行各种形式的方框循环加工程序。选订特殊附件可扩大机床的加工范围。



图6 YKJ3610数控高效卧式滚齿机

该机床最大加工工件直径100mm,最大加工模数2.5mm,加工齿数4~320,滚刀转速400r/min~2000r/min,滚刀架可转动角范围 $\pm 50^\circ$,X、Z轴分辨率1 μ m。

7. 台湾陆联LFG-8040成形砂轮磨齿机

陆联公司LFG-8040齿轮成形磨床(图7)最大加

工工件直径800mm,最大加工模数20mm,最大磨齿深度45mm,砂轮轴旋转角度 $\pm 45^\circ$,砂轮最高转速4000r/min。

该机床最大特点是,操作者只要依据操作界面的指示输入所需参数,就能自动生成数控加工程序。



图7 LFG-8040齿轮成形磨床

8. 天津一机床YK22160数控弧齿锥齿轮铣齿机

YK22160数控弧齿锥齿轮铣齿机(图8)是我国

重型数控弧齿锥齿轮铣齿机研制上的一大创举,具有独立自主知识产权。

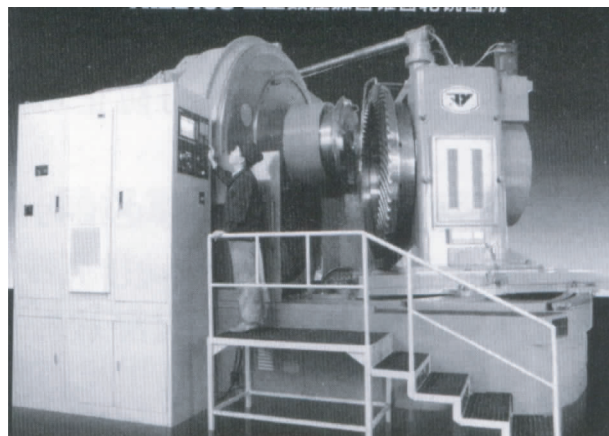


图8 YK22160数控弧齿锥齿轮铣齿机

该机床采用卧式布局,由前、后床身、摇台支架、摇台鼓轮、偏心鼓轮、工件箱等主要部件组成,并配备单独的液压站和磁性排屑器,电气柜。机床机构合理,传动链短、刚性好、精度可靠、功能全、适应性广,操作使用方便。

机床最大加工工件直径2000mm,最大加工工件模数30mm,最大螺旋角 45° 。S轴刀盘主轴的旋转运动由变频电机及减速齿轮箱来传递;Z轴刀盘主轴由伺服电机通过滚珠丝杠带动完成轴向移动,其定位精度和重复精度高;Y轴工件主轴的分度和范成运动由伺服电机带动高精度蜗轮副完成,工作平稳,分度精度高;X轴摇台的范成运动由伺服电机,减速机构,高精度蜗轮副来完成。

• 业界动态 •

SKF 将在亚洲建立两家新工厂

日前,SKF在哥德堡宣布将在亚洲投资建立两家新的工厂。这两家新工厂将分别位于中国大连和印度迈索尔。

为了应对中国市场和亚洲其他市场快速增长的需求,SKF决定进一步加大在中国的投资,建立一家生产中型轴承的工厂。该工厂将位于大连,毗邻SKF现有的大型轴承工厂,主要服务于可再生能源、金属加工、工程车辆、电机以及工业传输等行业的客户。

印度迈索尔的新工厂主要是增强SKF现有的密

封件制造能力,更好地服务汽车、铁路和工业应用领域的客户。

SKF总裁兼CEO汤母·强斯顿表示:“我们在亚洲的业务持续呈现积极的发展势头,在这样的形势下,这种投资对我们在该地区的发展非常重要。这一举措不仅加强了我们的制造基地的实力,也增强了对这个市场的信心。”

大连新工厂投资额约为4亿瑞典克朗,占地1.2万 m^2 ,有望在2011年投入运营,届时将雇佣约250名员工。

从CCMT2010看齿轮磨床市场发展新动向

陕西秦川机械发展股份有限公司销售计划部 郭旭东 姜军科

由中国机床工具协会主办的为期五天第六届南京数控机床展览会，已于2010年4月16日胜利闭幕。本届展会吸引了来自全国各地机床生产厂家，可谓八仙过海，各显神通。每个厂家都展示自己最新的数控机床产品，基本反映了我国机床行业的最新发展水平和技术发展动向。本文就参观南京展会后，关于齿轮磨床（或叫磨齿机）市场发展动向谈一点看法。

1 大规格数控成形齿轮磨床成为竞争亮点

近年来，我国冶金、矿山、船舶、风电、核电等行业由于技术提升和装备国产化，对大规格高精度齿轮箱市场需求不断增长。高端数控技术的普及和使用，使得成形砂轮磨齿机的机械结构大为简化，加上传统的齿轮加工机床面临升级换代，因此大规格数控成形齿轮磨床已成为齿轮加工机床生产厂商竞争亮点。

(1) 齐重数控装备股份有限公司（简称齐重数控）

齐重数控展出的YK73400 L数控成形磨齿机，配备西门子840D系统，共有6个轴，可实现3轴联动，工作台为力矩电机驱动，具有较高的传动精度及定位精度，最大加工直径4000mm，最大加工模数40mm，加工齿轮可达到3级精度标准。至此，该公司已形成 $\Phi 2500\text{mm} \sim \Phi 5000\text{mm}$ ，六大规格的磨齿机系列产品。2009年4月，在CMT2009机床展会上展出YK7500L数控滚齿机，最大加工直径5m，与江苏一家公司达成合作开发YK73500L数控成形磨齿机的意向。

该公司主导产品以立、卧式重型机床为主，同时拥有重型深孔钻镗床、铁路车床、轧辊车床、曲轴车床、落地铣镗床、立式磨床、立式铣齿机床、

滚齿机床等10大类、26个系列、600多个品种的机床产品。公司能够生产亚洲最大的数控立式车床加工直径达25m，工件最大承重600t；卧式车床最大加工直径达6.3m，最大加工长度为18m。

(2) 陕西秦川机械发展股份有限公司（简称秦川公司或秦川发展）

在CCMT2010机床展览会上，秦川公司展出了YK7332A数控成形砂轮磨齿机。该机经过多次改进，在机床刚性、精度稳定性和加工效率等方面均有较大提高，该机累计产销超过100台。

在CMT2009展会上，该公司还展出YK73200数控成形砂轮磨齿机。该机床采用立式布局，圆台面采用双蜗轮副消除结构，消除力通过液压控制，刚性好，加工精度稳定。数控系统采用NUM Axiom Power全数字控制系统。机床具有在线测量装置，自主开发的软件包括砂轮截型计算、磨削程序、在机测量以及齿轮常用数据库等软件包，程序界面友好，操作简便。至此该公司已投放市场如YK7332A（YK7332B）、YK7340、YK7380、YK73125、YK73200共五个品种成形磨齿机，最大加工直径达到 $\Phi 2500\text{mm}$ 。

陕西秦川机床工具集团有限公司旗下的秦川发展公司研制开发高精度磨齿机产品已有近60年历史。六大系列，近百个品种的高精度数控磨齿机产品，奠定了该公司在中国精密机床制造业中的主导地位。

另外，营口冠华机床有限公司在CMT2009展会上，展出过YK75315-6数控成形磨齿机，内外齿轮最大工件直径 $\Phi 3150\text{mm}$ ，最大模数32mm。该公司专业生产滚齿机和剃齿机等齿轮加工机床。

南京山能机电工程有限公司研制的SN-320G数控成形砂轮磨齿机，采用卧式布局。共设有：纵向工件移动滑台、横向进给移动滑台、工件分度头、螺旋角分度头及独立的3轴在线砂轮修整器共7个交流伺服数控轴及交流变频调速电主轴，所有数控轴均

为全闭环控制。数控系统采用FAGOR 8055伺服系统,具有7轴4联动功能。

德国尼力斯、赫夫勒公司虽然没有参加CCMT2010展览会,但他们目前是世界上知名的两家成形砂轮磨齿机设备制造企业。这两家公司产品在磨削精度、加工效率等方面,均处于国际领先水平,其价格也均高于国产同类机床。

近几年,国内有实力的企业分别从德国这两家公司进口数控成形齿轮磨床数量逐步增多,规格从 $\Phi 630\text{mm} \sim \Phi 2\text{m}$,大多都是为风电、核电等装备配套。

2 国产弧齿锥齿轮磨床已进入市场

弧齿锥齿轮磨齿机设备长期以来被美国格里森公司垄断,1m以上大规格硬齿面高精度弧齿锥齿轮也一直依靠进口。CCMT2010展览会上有两家国内公司展出数控弧齿锥齿轮磨床设备。

(1) 湖南中大创远数控装备有限公司

该公司在本届展会上展出了YK20160螺旋伞齿轮磨齿机和YK2050螺旋伞齿轮磨齿机。

YK20160螺旋伞齿轮磨齿机,配备西门子840D系统,最大加工直径1600mm,最大加工模数40mm,机床整机重量70t。该机已被常州格里森前进齿轮有限公司订购。

YK2050螺旋伞齿轮磨齿机,配备西门子840D系统,最大加工直径500mm,最大模数12mm,机床整机重量15t。该机已被江苏上齿集团有限公司订购。

湖南中大创远数控装备有限公司是2004年4月成立的一家高新技术企业,公司坐落在国家级长沙经济技术开发区,主要从事数控齿轮加工机床的研发、制造和销售,产品包括弧齿锥齿轮类、圆柱齿轮类、复杂曲面类机床,对外称全球三家掌握高档数控弧齿锥齿轮加工机床核心技术的企业之一,并且是迄今为止我国唯一能够生产七轴五联动(全数控)弧齿锥齿轮磨齿机的企业。

(2) 天津第一机床总厂

该公司在CCMT2010展会上展出了YK2080G数控弧齿锥齿轮磨齿机,最大加工直径800mm,最大加工模数15mm。

该厂具有近60年的发展历史,是中国独家生产弧齿锥齿轮系列成套加工机床的厂家。2006年“津一”牌数控齿轮机床被授予“中国名牌产品”称号,2007年企业又被科技部指定承担863“汽车螺旋伞齿

轮高效精密加工成套设备”项目。

(3) 威海华东数控机床有限公司

在CMT2009展会上,该公司展出了GT2000/GT2000G大型螺旋锥齿轮数控加工机床,最大加工模数30mm,加工齿轮最大工件直径2000mm(软齿面)/1600mm(硬齿面)。该设备的研制成功,为他们下一步开发数控弧齿锥齿轮磨齿机打下基础。

另外,秦川公司在多年开发研制弧齿锥齿轮加工中心设备基础上,现正在开发新一代数控弧齿锥齿轮磨齿机,该项目已列入国家重大专项,并将在今年11月上海工博会上亮相。

3 汽车工业发展急需高效高精度齿轮磨床

随着汽车、工程机械和机床工具等行业的快速发展,齿轮加工大批量、高效率、高精度、大规格已成为行业竞争的一个显著特点。齿轮磨床做为齿轮精加工装备,市场需求也正在不断增长。

秦川公司以蜗杆砂轮磨齿机为代表的磨齿机产品精度稳定,经济实用,服务及时,在国内具有较高的市场占有率,但是,近几年,国外齿轮磨床以其高效率、高精度和高价位在中国市场取得发展。

瑞士莱斯豪尔公司只做蜗杆砂轮磨齿机,最大现已发展到1000mm,订货周期约在1年以上。日本、韩国是莱斯豪尔在亚洲(除中国以外)的主要市场。2009年,陕西法士特公司进口德国利勃海尔公司1台蜗杆砂轮磨齿机,加工效率和精度很高。

另外,上海机床厂有限公司也在蜗杆砂轮磨齿机方面一直努力并取得一定的市场份额。

4 几点感想

(1) 中国市场国际化助推市场发展

近几年,经济全球化、信息和中国因素对世界经济发展日益发挥重要作用。中国对外开放,加入世贸组织等,不仅为我们营造了一个公平宽松的国际环境,而且也使我们融入世界,中国市场国际化日益明显。因此,即便是在国内开拓市场,我们仍然面临国内外竞争对手的压力。

(2) 集团采购要求齿轮磨床适应大批量生产

我国汽车工业的并购重组、集团化、规模化发展,要求齿轮加工企业必须在高精度、高效率和大

CCMT2010数控卧式铣镗床展品评述

芜湖恒升重型机床股份有限公司 潘康健

在经历了过去1年多的全球金融危机的背景下，中国机床工业依靠自身多年的技术积累与结构调整，积极应对金融危机对机床制造业的冲击，2010年终见阳光显露，随着经济形势的好转，各个机床制造企业期待着在今后的市场上能够更好地满足随着发电设备、冶金矿山机械、大型工程机械、能源、造船和航空航天制造业的高速发展而对大、重型数控机床日益增加的需求，在本届数控机床展上各个厂家纷纷展出了自己近年来新研制产品。

本次参展的大规格（镗轴直径 $\phi 160\text{mm}$ ）的数控落地铣镗床共有5台（带方滑枕），它们分别是沈阳机床股份有限公司FBC200r数控落地铣镗床、大连机床集团有限责任公司TK6920数控落地铣镗床、浙江日发数码精密机械股份有限公司RFTK6920数控落地铣镗床、江苏新瑞机床（集团）有限公司TH6916-100落地铣镗加工中心、天通吉成机器技术有限公司CFBR160数控落地铣镗床。这几台机床的结构、外观各有特点。

1 参展机床结构和性能特点

（1）沈阳机床股份有限公司FBC200r数控落地铣镗床

该机床采用单立柱、主轴箱侧挂、滑枕、镗轴移动型、大横向移动立柱的布局。X、Y、Z、三个直线轴导轨均采用“一腔一泵”的恒流闭式静压导轨。静压系统采用德国福鸟（VOGEL）公司的恒流量多头泵。

X轴运动采用双电机双齿轮、齿条驱动技术，X轴驱动力明显增强。启动、停止、加速时双电机共同驱动，加速性能比传统单电机双齿轮驱动形式性能明显提高，通过数控系统的同步控制，使X轴实现正、反向的无间隙传动。

Y轴运动采用双电机、双丝杆驱动。Z、W轴运动采用高刚性预压滚珠丝杆驱动。W轴（镗轴）采用进口带有测量装置的直线导轨作为辅助导轨，实现

批量生产方面超越过去，进一步适应向高端和规模化发展。

从近几年尤其是今年以来齿轮磨床客户订货情况看，一次订购5台到10台以上较为普遍，这样客户对齿轮磨床的稳定性、精度和效率等就要有了一个更高的要求。

（3）走专业化和精品之路是企业的战略抉择

齿轮磨床属于精密加工设备，相比其他齿轮加工机床，不仅价位高，投资大，而且从控制元器件到数控系统，从零件加工到部装总装，技术和质量要求也很高。

应该看到，市场对磨齿机的需求在不断增长，我国的磨齿机制造行业有一定发展规模，但技术水平如精度稳定性和加工效率与德国和瑞士公司相比，还有一定差距。

面对国内外的市场竞争，我们既要研究对手，更要注重不断提升产品档次，还要向大规格发展。只有持之以恒，制造精品，追赶国外先进水平，企业才能不断发展。

（4）人才是齿轮磨床技术发展的根本保证

近几年，山东法因数控、威海华东数控和宁波海天精工等民营企业之所以快速发展，除体制外，就是靠从一些大的机床企业挖掘人才，高薪聘用，与高校、科研院所和国外合作等，国企成为他们的人才基地。

因此，企业一定要从战略角度，更加重视人才的培养和使用，从年龄结构，专业门类等综合考虑，同时，通过交流合作，不断引进人才和技术资源。产品的竞争，实际上是人才的竞争和较量。

镗轴全闭环控制。X、Y、Z轴均采用德国海德汉光栅尺（Y轴为左、右双光栅尺）作为反馈元件，实现全闭环控制，提高了机床的定位精度。

主传动变速采用交流主轴电机与二档齿轮变速，主轴可实现 $5\text{r/min}\sim 1000\text{r/min}$ 的无级调速，使主轴具有高转速恒功率与低速大扭矩的良好输出特性。

采用电液比例阀控制装于滑枕上部的两个油缸、拉杆，实现滑枕自身变形的补偿。重心补偿采用双电机、双丝杆、双光栅尺及数控系统联合实现。

(2) 大连机床集团有限责任公司TK6920数控落地铣镗床

机床运动轴导轨采用恒压闭式静压导轨。X、Y、Z、W轴采用预压无间隙高精度滚珠丝杆驱动，X、Y、W均采用德国海德汉光栅尺作为反馈元件，实现全闭环控制，提高了机床的定位精度。

机床主传动采用主轴电机和二挡变速系统，实现主轴 $3.15\text{r/min}\sim 800\text{r/min}$ 的无级调速，以满足主轴低速大扭矩和高转速的需要。

机床有补偿系统，可对滑枕、以及滑枕端安装附件后滑枕移动产生的重心变化进行即时自动补偿。控制系统采用西门子840D系统，可实现任意四轴联动，与A、C两轴万能铣头配合使用可以实现五坐标联动。

该机床还具有自动更换附件头、自动更换刀具并可根据用户要求配置带有可装60把刀具的刀库实现立、卧换刀。

(3) 浙江日发数码精密机械股份有限公司RFTK6920数控落地铣镗床

机床运动轴导轨采用闭式静压导轨。X轴进给传动由伺服电机驱动进给箱，进给箱中的双齿轮与固定在床身上的齿条啮合，带动立柱进给，齿轮箱中的传动齿轮由碟簧自动消除，实现无间隙传动。Y、Z、W轴采用预压高精度滚珠丝杆驱动。

机床主传动采用主轴电机和三挡变速系统，实现主轴 $3.15\text{r/min}\sim 800\text{r/min}$ 的无级调速。

X、Y、W均采用德国海德汉光栅尺作为反馈元件，实现全闭环控制。Z轴采用编码器作为反馈元件实现半闭环控制。

控制系统可选配FANUC31i或西门子840D系统，如配置数控回转台，则可实现六轴控制任意四轴联动，可配备多种附件头，实现高效率更换附件头，扩展机床加工能力。

机床的精度补偿采用电液比例阀控制，对主轴

箱重心位移力系平衡变化进行补偿、方滑枕位移产生的变形补偿、安装不同重量的附件头产生重心变化进行即时补偿。

(4) 江苏新瑞机床（集团）有限公司TH6916-100落地铣镗加工中心

机床主传动系统采用ZF双速变速箱及齿轮传动，实现高速及大扭矩，满足强力切削要求。X轴进给采用伺服电机经双齿轮消除的齿轮减速箱和齿条的驱动，实现无间隙传动；Y轴由伺服电机经减速箱带动滚珠丝杆传动，Z（滑枕）、W（镗轴）轴由伺服电机经弹性联轴器直接驱动滚珠丝杆。X、Y、Z、W均为闭环控制。

X轴导轨采用直线滚柱导轨；Z轴导轨为贴塑导轨与滚动块相结合的复合导轨形式；Y、W轴导轨采用耐磨材料的滑动导轨。

X、Y、Z采用德国海德汉光栅尺作为反馈元件，实现全闭环控制。

机床精度补偿采用电液比例阀控制安装在滑枕上部的两个拉杆油缸对滑枕位移时所产生的变形进行补偿；采用电液比例阀控制安装在主轴箱前吊点的油缸对由于滑枕、镗轴移动和安装不同重量的附件头所产生的主轴箱重心变化进行补偿。

机床刀库容量为60把；配置数控回转工作台可任意四轴联动。

(5) 天通吉成机器技术有限公司CFBR160数控落地铣镗床

机床床身、立柱、滑座和后尾筒等基础件采用高强度树脂砂灰铸铁件，滑枕座、滑枕采用高牌号球墨铸铁件。机床主传动采用交流主轴电机和二级机械变速，实现主轴 $10\text{r/min}\sim 1500\text{r/min}$ 的无级调速，保证机床具有高转速恒功率与低速大扭矩的良好输出特性。

X、Y、Z（滑枕）三个直线轴导轨副均采用施奈博格（Schneeberger）MR系列重载滚柱直线导轨，W轴（镗轴）为滑轨。

X、Y、Z、W轴运动采用伺服电机通过消除齿轮箱来驱动滚珠丝杆，增大了驱动扭矩且得到了较好的惯量匹配，使机床具有较高的联动插补精度，其中Y轴为双丝杆驱动。

X、Y轴（Y轴为双光栅尺）采用海德汉光栅尺作为反馈元件实现全闭环控制。Z、W轴采用编码器实现半闭环控制，以提高机床的定位精度和对主轴箱的重心变化进行补偿。

机床精度补偿采用重心随动补偿装置，Y轴采用双电机、双丝杆驱动的双重补偿方式对滑枕、镗轴位移或滑枕端安装不同的附件而产生的滑枕座重心变化进行补偿；在滑枕加工时采用预变形的加工工艺，以补偿滑枕伸出时因滑枕自重而产生的挠度。

2 参展产品主轴箱重心补偿和静压导轨技术的发展

大、重型数控卧式（落地）铣镗床为机、电、液一体化技术密集性产品，其主要优点是在于滑枕能在主轴箱（或滑枕座）上作前后运动、镗轴又能在其所支撑的滑枕上作前后运动，二者行程叠加，从而使带滑枕的数控落地铣镗床具有加工深孔和在较大悬伸时加工工件的功能。但为了在深孔加工和滑枕较大悬伸时能够得到较高的加工精度，就必须对由于镗轴和滑枕位移而使主轴箱产生（或滑枕座）的重心变化和滑枕自重挠度进行补偿以提高主轴的运动精度。平衡、补偿机构方式以前主要采取重锤、油缸平衡；油缸拉杆、重心吊臂随动等补偿机构。近年来随着数字控制技术的发展，精度补偿机构中采用新的补偿手段，如本届机床展中沈阳机床股份

有限公司参展的FBC200r和天通吉成机器技术有限公司CFBR160这两台机床的重心补偿均采用了双电机、双丝杆、双光栅尺、数控系统的垂悬补偿功能联合实现，这种重心补偿方式结构简单且能够根据镗轴和滑枕位移进行多点连续补偿，在保证加工精度方面效果显著，目前这种补偿方式正被更多国内制造厂家采用。

重型数控落地铣镗床静压导轨形式以前主要是毛细管节流恒压闭式静压导轨,近年来随着恒流静压技术特别是多头泵的广泛使用，在重型落地铣镗床上采用“一泵一腔”恒流闭式静压导轨厂家越来越多，采用恒流静压系统避免了以前恒压静压系统中的毛细管节流器孔径小，易堵塞的问题；另外毛细管节流为了保证有足够的油量供给油腔，节流器前后需保持较高的压力差，油泵输出压力一般为油腔压力的3~4倍，为保持恒压系统溢流阀一直处于溢流工作状态，大量的液压能转化为热能使的油箱油温升高，降低了油液粘度增加了液压系统泄漏可能性，从而影响静压系统的工作稳定性，正因为毛细管节流恒压闭式静压系统存在着上述缺点，现在新设计和生产的重型数控落地铣镗床大部分采用了多头泵恒流静压技术。

附表：机床主要技术参数对比

参展商	沈阳机床	大连机床	日发精机	江苏新瑞	天通机床
展品型号	FBC200r	TK6920	RFTK6920	TH6916-100	CFBR160
镗轴直径/mm	φ200	φ200	φ200	φ160	φ160
主轴锥孔	ISO60	BT60	ISO60	BT160	ISO50
铣轴直径/mm	φ320	φ320	φ320	φ260	φ240
滑枕截面尺寸/mm	520×580	480×520	480×520	480×580	450×500
主轴转速/(r/min)	5~1000	3.15~800	3.15~800	10~1250	10~1500
主电机功率 kW	100/140	71	71	37/51	37/51
主轴最大扭矩 Nm	12000	5000		4000	3600
主轴轴向抗力 N	40000				40000
立柱滑座行程 (X) /mm	6000	80000	8000	100000	6000
主轴箱行程 (Y) / mm	4000	4000	4000	3000	3000
镗轴行程/mm	1200	1200	1200	900	900
滑枕行程/mm	1250	1200	1200	1000	1000
切削进给速度/(mm/min)	1~10000	1~6000	1~6000	1~5000	1~6000
快速移动速度/(mm/min)	10000	6000	6000	10000	10000

CCMT2010 数控立车展品评述

齐重数控装备股份有限公司 张文武 韩 松 王 贺

近年来,国内经济蓬勃发展给装备制造业带来广阔的发展空间,在全球经济一体化的带动下,我国已成为全球一个重要的制造基地。数控立车产品正在朝着高速、精密、复合、智能和绿色制造技术快速发展,并取得了可喜的成绩。

2010年4月12-16日,第六届中国数控机床展在南京国际博览中心举行。展会以“展示自主创新成果,推动产业振兴升级”为主题,其规模为历届CCMT中最大一届,共有700多家展商,亮相了200多台大型主机产品,其中重型、超重型主机展品70多台,这其中有着众多高水平数控立车展品。

齐重数控装备股份有限公司展出的HDVT250×16/16Q-NC高档双柱立车车削加工中心,其特点为:高精度、高效率、复合性能好,机床配置功能部件先进齐全,机床车削回转直径2500mm,工作台转速120r/min,工作台端面精度及径向跳动精度达到0.003mm,配置了高精度刀具测量装置、工件测量装置及随动刀具库,解决用户多刀具编程及高精度加工难题,同时采用标准BT锥柄车刀夹定位结构,同时配备CAPTO结构刀夹附件,刀具定位准确快捷。高精机床的研发成功,充分展示齐重数控装备股份有限公司自主研发能力。

北京第一机床厂CHA5830定梁双柱立式车削中心,是从全资子公司WALDRICH COBURG公司引进的全新技术进行生产的高性能、高精度的数控产品。其最大车削回转直径为3000mm,该机床具有双回转工作台,工作台最大移动速度25000mm,工作台转速120r/min,双车削刀架及双盘式刀库,配置刀具测量装置,是具有大功率、大扭矩和高效率机床的典型体现。

安阳鑫盛机床股份有限公司VTC5232立式车铣中心,工作台及X/Z轴采用静压导轨,车铣复合刀架,铣削主轴3000r/min,最大车削加工直径为3200mm,承重25t,工作台双电机消隙驱动,最大转速为160r/min。

沈阳机床股份有限公司与沈一希斯机床事业部设计开发的VTC250140m立式车铣中心,最大车削直径2500mm,工作台最高转速为225r/min,刀架铣轴转速2400r/min,刀架快速移送16m/min,机床配置车削刀具库。该机床造型优美,颜色宜人,令人耳目一新。充分展示了沈阳机床股份有限公司的企业面貌。

宁波海天精工机械有限公司与加拿大菲利普-奥林匹亚合资制造的V138车铣中心,最大车削直径3500mm,工作台转速160r/min,工作台承重75t,刀架直线定位精度0.007mm/1000mm,可选配刀具测量及工件测量装置,磨削附件及直角附加头、32把刀具库等,该机床配置附件的复合性能优越,为用户提供了更多的选择。

因受条件限制,此次展会超重型数控立车产品只能以图片和音像等形式展出。主要厂家为沈阳(希斯)股份有限公司、北京第一机床厂、齐重数控装配股份有限公司、武汉重型机床集团有限公司。

通过此次展会数控立车产品了解,可以看到各机床厂家应对金融危机,加快结构调整、实现产品升级所采取的有效措施;加强自主创新,转变发展方式所做出的各种努力和实际成效。目前,由于沈阳、北一、宁波等诸多机床厂家与国外高水平机床厂家合作、收购的方式,吸取先进技术,机床起点比较高,同时推出适应发展的新型产品,机床产品档次不断提升,结合各厂家高端产品特点,归纳如下:

(1) 新型材料不断的应用,机床的结构部件抗振性能及刚度不断提高。如部分机床厂家采用的“花岗岩成分聚合树脂”浇注的机床部件,其抗震力度比一般的铸铁的抗震强约10倍。

(2) 机床产品逐渐向高速、高精度、复合、环保等方面发展,其中高速、高精度特性最为突出。

(3) 数控车床的复合功能不断更新增多,“一台机床就是一个加工厂”、“一次装卡,完全加工”等理念正在被更多人接受,复合加工机床发展正呈

CCMT2010数控重型卧式车床评述

武汉重型机床集团有限公司 马嗣燕 王 俊

2010年第六届中国数控机床展览会(CCMT2010)于4月12日至16日在南京国际博览中心举行,本届展览会是历届中国数控机床展规模最大的一次,展会使用了南京国际博览中心全部室内场馆,共6馆3厅,展览面积达7.8万平方米。通过几天的参观,感受颇深。展会体现出国产数控机床整体水平的全面提升,高档数控机床成为展会的主角,加工中心占据很大比例。不过展会的亮点仍然是重型数控机床,展会共展出各种重型、超重型数控机床70多台,参观的人络绎不绝。

本届展览会上数控重型机床参展产品品种齐全、技术水平先进,大部分都是新开发的国内首台产品。这次展会,充分展示了我国数控重型机床发展水平。此次参展数控重型卧式车床的厂家主要有武重、齐一、齐二、青重、大连机床及山东普利森等。

1 武重参展的数控重型卧式车床

武汉重型机床集团有限公司实物展出的是DL125A/150/125数控重型卧式车床。该机床是武重引进联邦德国席士公司的设计、制造、使用、验收、维修的图纸和技术文件后,吸取当代最新光、机、电、液技术开发的新一代数控重型卧式车床。该机床是一种大承重、大切削力、高速、高精度及多功能的数控重型卧式车床。它除了具备重型车床的基

本性能外,还可以进行锥面、曲面、台阶轴、槽和螺纹的自动加工,并能配置不同附件进行磨削、铣削的加工,可以广泛使用于能源、交通、冶金及其他重型机器制造行业,还可以应用于如汽轮机转子、围带、发电机、水轮机转子和机器主轴、筒体类零件的加工等。最大回转直径为2200mm,最大切削力为160kN,最大加工长度为15000mm,最大加工重量为125t。该机床采用分体床身设计,即工件床身和刀架床身,再通过床头箱床身将两者联接。刀架床身为超宽闭式恒流静压导轨。主轴箱主轴径向采用恒流静压轴承,承载能力强、精度高。通过安装不同的机床附件可实现车、镗、磨、铣、钻等功能。每个附件都有相应的安装接口,安装方便、操作简单。

此外,以样本和图片形式展出的还有DL系列的其它数控重型卧式车床及WZ系列数控重型卧式车床。DL系列产品最大承重为500t,最大回转直径为6500mm,最大切削力34t。武重研发的目前承重世界最大的DL250数控重型卧式镗车床,最大承重为500t,最大工件加工长度20000mm,最大工件回转直径为5000mm,最大镗孔直径为3500mm,最大镗孔深度为8000mm,最大钻孔深度为13000mm,最大钻孔直径为240mm,具有大直径深孔镗及小直径深孔钻及数控珩磨的功能。回转直径世界最大的DL325数控重型卧式车床,最大回转直径为6500mm,最大承重为260t。目前世界最长的数控重型卧式车床DL125Z,最大承

现多样化的态势。

(4) 机床造型优美、颜色宜人已成为产品外观追寻的主流!

此次CCMT2010展会以宏大的规模、丰富多彩的展品、最新的技术成果充分展现了我国机床行业应对金融危机冲击所取得的不凡成就及产业和产品结

构调整中所取得的丰硕成果,我国立车产品由“中国制造”迈入“中国创造”!的方阵,未来的装备技术发展的总的趋势是向精密化、柔性化、网络化、集成化、信息化与软件化发展,作为中华民族装备制造制造业的一员,我们肩负的使命任重而道远! □

重2×125t,床身长度为65000 mm。这些产品无论从规格、结构、性能都代表了当代国际先进水平。

机床的技术特点也是一大亮点,DL250在设计时采用了计算机辅助设计技术、大规模有限元分析技术、变频恒流静压技术、双齿轮齿条自动消除技术、顶紧力自动测量技术、自动齿板锁紧技术、油膜厚度自动测量技术、双工作组数控技术、三轴同步技术、大功率驱动技术、大直径深孔镗及小直径深孔钻等多项技术。直径为1000mm的主轴箱主轴的径向跳动达到了0.006mm。机床设计有一个三层结构的镗刀架及镗刀架滑座,为满足深孔钻加工要求,还在镗座上配有钻杆箱,镗杆和钻杆可互换。机床配有铣头、砂轮磨头和砂带磨头,这种结构使机床具有多功能的特点。DL125Z为双床头箱双尾座三刀架结构,两个床头箱、尾座和三个刀架可独立操作控制。WZ系列产品采用复合导轨,具有高速、高精度的特点,车削工件表面粗糙度可达 $0.4\mu\text{m}$,实现了以车代磨。

武重数控重型卧式车床可根据不同的结构形式达到不同的使用要求,产品适用范围广泛。DL250能满足国内军工、重机制造等行业的需求,主要用于加工1100MW核电半速转子、5米超重型轧辊、超临界汽轮机转子、核动力潜艇传动轴、水轮机转子等战略装备的核心零件。DL325用于加工航母舵轴等。此外,WZ系列因其具有高速、高精度的特点,现已成为国内外风电主轴加工的首选机床。

2 参展的其它数控重型卧式车床

山东普利森集团有限公司展出了一台数控重型卧式车床CK61250F。该机床床身采用刀架床身、工件床身分离形式,地脚螺栓每500mm一个,能够长期保持机床的几何精度。主轴箱采用穿轴形式,两支承,最高转速125r/min。大刀架与进给箱立轴分布,刀架采用双牙棒消除结构。采用大走台和悬挂式按钮站,操作十分方便,机床整体造型美观。机床数控系统为SIEMENS-840D数控系统。该机床适合用于硬质合金、陶瓷等刀具,通过数控系统的控制可以对黑色金属、有色金属及部分非金属的圆柱面、圆锥面、端面、回转曲面、切槽、螺纹、钻孔等进行加工。

大连机床集团在这届展会上展出的是大型型卧

式平床身数控车床CKA61200/6000,采用FUNUC或西门子数控系统二轴(X、Z)半闭环控制。机床采用机电一体化结构,整体布局紧凑,整机采用世界流行的半封闭式整体防护结构。同时展出的还有CKD615平床身数控车床,为Z、X两坐标控制的数控卧式车床,主要是完成圆柱面、圆锥面、切槽、倒角、螺纹等各种车削加工,用于中小批量产品的生产。

青重的数控重型卧式车床产品以图片资料展出,QZC125X6/20-NC最大回转直径1250mm,最大工件长度6000mm,最大工件重量20t。

以上介绍了展馆内所展出的几种数控重型卧式车床,其它卧车生产厂家星火、上重、齐二等均展出了卧车资料,这些产品在性能、规格、承重等方面都有了完善和提高,充分体现了中国机床行业的技术水平在不断提升,取得了巨大的进步。

3 同类产品相比

武重的数控重型卧式车床具有承重量大、切削力大、精度高、多功能的特点。可根据加工对象配备镗刀架、深孔钻、铣刀架、砂轮磨头和砂带磨头等各种功能部件,可实现镗、钻、铣、磨及珩磨等多种功能。机床各部件可独立控制、操作,拆卸方便。山东普利森参展的产品外型美观,结构紧凑合理,可适合多种刀具安装,适用范围广。大连机床厂所展的数控重型卧式车床结构简单精巧,安装有防护罩,机床运转时可防止铁屑飞出,设计人性化。参展产品各有千秋,在以后的设计中应互相学习借鉴。

4 数控重型卧式车床的发展趋势

未来数控重型卧式车床将进一步完善现有功能,如自动换刀、自动换附件。将来将进一步发展自动测量、自动评价、远程诊断等技术,这些也是此次展会上所有数控重型卧式车床的竞争点。当今数控机床发展和先进制造技术的最新成果,预示着当代数控重型卧式车床将向多元化、模块化、智能化方向发展。企业的动力来源于市场,只有不断提高核心竞争力方能占据市场,我们应在进一步完善现有产品的同时,研发多功能、高效率、智能化的产品。

希望取代了忧虑

——METAV 2010 展会概况

沈福金 编译

2010 年,由德国机床协会 (VDW) 主办的机床展览会——METAV 2010 于 2010 年 2 月 23~27 日在德国杜塞尔多夫 (Duesseldorf) 顺利举办了,它也是欧洲国际机床展 (EMO) 的补充,和我国的 CCMT 展相似。尽管这届展会上人们经常说的或提问最多的还是在金融危机和欧债危机影响下,持续不断的不安全感;所有展厅里也没有危机行将过去的迹象,但 METAV 2010 还是透出了一些积极信号。有来自 28 个国家和地区的 700 家厂商参展,有来自 26 个国家和地区的 45000 多名专业观众参观了展览。不过,与上一届 METAV 2008 的 842 家展商和 51000 名专业观众相比, METAV 2010 展会的面积和观众数明显缩小了,仍然有些令人担心。可展会布置得很紧凑,有很多值得观看的新展品,特别是有一些在德国还是首次展出的创新成果。诸如:

1, Hermle 公司推出了进一步创新开发的集成了车削功能的 C 50 U MT dynamic 型五轴大功率铣-车加工中心。一个在摇摆轴上定位的数控转台可以在一次装卡的情况下,完成形状极为复杂的车——铣加工。应用同样的技术又推出 C 42 U MT dynamic 加工中心。这个 MT 型方案最吸引人的地方是,数控转台不仅在 0°或 90°位置时可以进行车削加工,而且在 0°~90°之间的任何位置都可以进行车削加工。在车削工序时,主主轴锁住,这就可以用很短的车刀进行加工,并在整个加工范围内,保留铣削功能。

2, Matsuura Machinery 公司首次展出了带有可存储 12 个托盘的托盘存储器的卧式加工中心,型号为“H·Plus-405。”这是一台动态性能好,稳定而精度高的机床,托盘存储器为双层圆形,配备有 320 个刀位的刀库,即使零件数量少,也可以在短时间内进行无人化加工。由于在三个基本坐标行程 660×660×660mm 之上扩大了移动行程,故可加工直径达 700mm、高 850mm 的工件。在他们的技术中心还介绍了新开发的批量从 1 开始的柔性、自动化制造技术和设备。

3, 德国 Matec 公司展出了为单件加工或批量加工大、重型零件而设计的龙门结构系列的加工中心 matec 30 pp 和 matec 40 pp 机床,大尺寸的横梁截面保证机床变形小,从而保证了加工零件的表面质量和轮廓保真度。桥式结构不仅占地面积小,而且各

方面接近性好,为测角器头 ($\pm 95^\circ$) 或 2 坐标 CNC 电主轴铣头进入机床提供了通道。为两种机床还配备了托盘交换器,还设计了新的沿 X 轴向移动的机床工作台。此外,还有用于五轴联动加工的 2 坐标摆转头; $\pm 180^\circ$ 转动的 C 轴和 $\pm 95^\circ$ 摆动的 B 轴;通过关节式机器人服务的有 216 个刀位的刀库等。可以对零件同时进行车削和铣削加工,效率高,非常实用。

4, 由德国 Hommel 公司展出的适合圆周完全加工的新的 Okuma Multus B750 大型机床有两个功率为 45 kW、转速 1500 r/min 的对置主轴;一个强有力且适于车削的主轴, 37 kW, 5000 r/min, 以及一个集成刀库。还有带 2 个转塔, 2 个工作主轴和自动上下料装置的 Nakamura W7150 型多坐标 CNC 车-铣中心都很有新意。

5, 西班牙 Danobat 公司声称,用 LG 结构系列开发了技术最先进的用于中、小批量生产的外圆磨床系列产品,目前已被市场认可。这类机床用普通磨削技术就可磨削中、小批量的高精度零件,或用高效磨具研磨由碳化钨等高耐磨材料 (HSS) 制造的工件。机床所有的部件都是根据最精密、最可靠的标准选取的。滑座导轨安装在天然大理石立柱上,滑座由直线电机通过滚柱直线导轨驱动,并由 CNC 通过绝对式光栅尺控制移动距离。主轴箱通过内装式电主轴驱动,点主轴提供全部需要的磨削转速,如,普通砂轮, 45m/s; 高校强力砂轮, 20m/s~120m/s。用连续直接驱动工件主轴就可以进行非圆磨削。

除主机方面有不少新展品外,附件方面也有很多创新成果,如带精密平衡数字显示的精密车刀,有冷却通道冷却刀刃和可靠排屑的粗铣刀,五轴铣齿轮 CAD/CAM 软件系统,等等。正是由于这些创新产品,为 METAV 2010 展会增添了活力,使人们在金融危机和欧债危机的阴影下,看到了机床工业未来的希望,所以,用“希望取代了忧虑”为题报道这届展会是很恰当的。我们知道,现在国家政策一再强调要建设创新性国家,要改变经济增长方式,调整产业结构。中国机床工业的未来不也是要靠创新吗!没有创新也就没有将来。

(编译自《WB》杂志 4/2010)

2010年上半年我国机床工具产品进出口稳步回升

今年上半年以来，一些机床制造发达国家和地区经济复苏进程加快，国内经济回升向好势头进一步加强，我国机床工具产品对外贸易呈现较快的增长态势。据海关统计资料，2010年1-6月我国机床工具产品进出口总额97.9亿美元，同比增长40.6%。其中，出口总额31.1亿美元，同比增长45.7%；进口总额66.8亿美元，同比增长38.3%。进出口逆差35.8亿美元，同比增长32.5%。除国内外经济形势逐步好转因素外，上半年我国机床工具产品进出口增长幅度较大也与去年同期外贸基数较低有关。

一、机床工具产品出口

2010年1-6月我国机床工具产品出口总额31.1亿美元，同比增长45.7%，接近2008年同期的33.5亿美元。自5月开始，全行业10类产品的出口额同比增长全部实现由负转正。今年以来，出口额较大的切削刀具和磨料磨具呈现出高速增长，特别是磨料磨具连续6个月累计同比增长和月度同比增长均在100%以上，在10类产品出口排名中首次超过金属切削机床，上升到第二位。列第一位的仍是切削刀具，列前两位的产品出口额分别超过2008年同期25.1%和10.9%。

全球机床市场向好，外需呈现恢复性增长。2010年1月起，机床工具产品出口额已摆脱上年负增长的局面，同比增长达到12.6%，以后的几个月呈现直线上升态势。1-6月全行业产品出口额同比增长达到45.7%，与去年同期相比，增幅达82个百分点。2009-2010年机床工具产品累计出口额情况详见图1、表1。

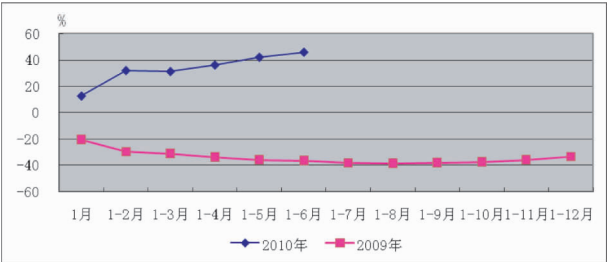


图1 2009-2010年机床工具产品累计出口额同比对比

表1 2010年1-6月机床工具产品出口情况

	金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
机床工具	31.07	45.66	100.00
金属加工机床	8.11	20.01	
其中：金属切削机床	5.54	20.85	17.84
金属成形机床	2.56	18.24	8.25
铸造机	0.30	20.49	0.98
木工机床	2.86	39.13	9.20
机床夹具，附件	0.73	29.78	2.33
机床零件，部件	2.27	13.85	7.29
数控装置	2.31	29.12	7.44
切削刀具	7.12	53.67	22.91
量具，量仪	0.59	51.37	1.89
磨料磨具	6.80	133.40	21.88

2010年1-6月，机床工具产品各月度出口额均高于上年同期，2、4、5、6四个月的月度出口额同比增长均超过50%。除2月月度出口额略低于1月外，3-6月月度出口额环比均为正增长，6月份月度出口额达到6.1亿美元，超过金融危机前的2008年同期水平。

1. 金属加工机床出口

2010年上半年，我国金属加工机床出口额8.1亿美元，同比增长20.0%。其中金属切削机床出口5.5亿美元，同比增长20.9%，比上年同期提高55个百分点；金属成形机床出口2.6亿美元，同比增长18.2%。数控金属加工机床出口2.7亿美元，同比增长40.4%。其中数控金切机床出口2.2亿美元，同比增长43.2%；数控成形机床出口0.5亿美元，同比下降28.3%。

2010年6月份，我国金属加工机床月度出口额1.5亿美元，为今年以来最高值，环比增长9.3%，同比增长38.5%。其中数控机床出口0.5亿美元，环比增长9.0%，同比增长63.4%。近一年金属加工机床月度出口情况详见图2。

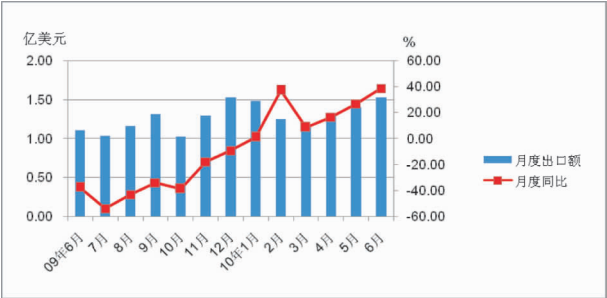


图2 2009年6月-2010年6月金属加工机床月度出口额及同比

2. 金属加工机床主要出口去向

今年以来，我国对美国、德国出口的金属加工机床仍在下降，但对日本、“金砖四国”中的其他3个国家出口形势明显好转，东盟市场继续看好。印度机床市场大幅回升，对其出口额占比首次超过美国，居我国机床出口市场第1位，但优势并不明显。上半年我国金属加工机床出口去向前三位分别为印度、美国和日本，列入前10位的“金砖四国”占2席，欧美各1席，其他均被亚洲地区所占有。（详见表2）

表2 2010年1-6月我国金属加工机床出口去向前十位

序号	国家或地区	金额（千美元）	同比（%）	占比（%）
	出口总额	810511	20.01	100.00
	前十名小计	381529		47.07
1	印度	58898	63.50	7.27
2	美国	55392	-18.14	6.83
3	日本	42190	55.30	5.21
4	巴西	41597	71.59	5.13
5	德国	37793	-6.35	4.66
6	缅甸	36605	147.95	4.52
7	印度尼西亚	31085	97.10	3.84
8	越南	29289	24.89	3.61
9	韩国	24527	-33.99	3.03
10	中国香港	24154	68.17	2.98

3. 数控机床出口贸易方式和企业性质

2010年1-6月，以一般贸易方式出口的数控金属加工机床金额为2.0亿美元，同比增长37.2%，占数控机床出口份额 73.4%；以进料加工贸易方式出口的数控机床列第二位，出口额0.5亿美元，同比增长65.4%，占比16.9%。

私营企业、外商独资企业和国有企业是数控金属加工机床的主要出口类型企业，上半年出口额均有不同程度的增长。外商独资企业出口因去年同期下滑幅度最大，今年回升明显，同比增长90.4%，所占份额也有所提高。

二、机床工具产品进口

2010年1-6月，我国机床工具产品进口总额66.8亿美元，同比增长38.3%。除金属成形机床、铸造机、量具量仪进口额同比仍为负增长外，其他7类产品进口额均实现正增长。其中切削刀具、木工机床进口额增长超过一倍。

上半年我国机床工具产品进口额已高于2008年同期水平，增幅达到12.7%。其中木工机床、机床夹具及附件、机床零部件、切削刀具、磨料磨具进口增长超过70%。2009-2010年机床工具行业累计进口额情况详见图3、表3。

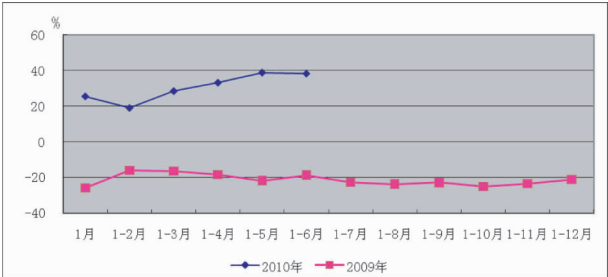


图3 2009-2010年机床工具产品累计进口额同比对比

表3 2010年1-6月机床工具产品进口情况

	金额（亿美元）	同比（%）	占比（%）
机床工具	66.84	38.31	100.00
金属加工机床	39.24	24.22	
其中：金属切削机床	31.52	32.41	47.16
金属成形机床	7.71	-0.84	11.54
铸造机	0.85	-13.93	1.27
木工机床	3.28	125.56	4.91
机床夹具，附件	2.52	81.88	3.77
机床零件，部件	4.81	78.70	7.19
数控装置	7.86	29.21	11.76
切削刀具	5.27	137.97	7.88
量具，量仪	0.59	-6.71	0.89
磨料磨具	2.42	87.90	3.63

2010年1-6月机床工具产品月度进口额呈现波动性上升，由1月的9.1亿美元提高到6月的13.5亿美元，超过2008年最高月度值，为近几年月度进口额新高。

1. 金属加工机床进口

2010年上半年我国金属加工机床进口额39.2亿美元，同比增长24.2%。其中金属切削机床进口31.5亿美元，同比增长32.4%；金属成形机床进口7.7亿美元，同比下降0.8%。数控金属加工机床进口32.7亿美元，同比增长35.3%。其中数控金切机床进口28.5亿美元，同比增长43.9%；数控成形机床进口4.2亿美元，同比下降3.9%。

2010年以来，我国金属加工机床进口增长明显，6月份月度进口额达到8.0亿美元，为近几年月度进口最高值。其中数控机床月度进口6.5亿美元，环比增长23.6%，月度同比增长28.0%。2010年1-6月金属加工机床月度进口情况详见图4。

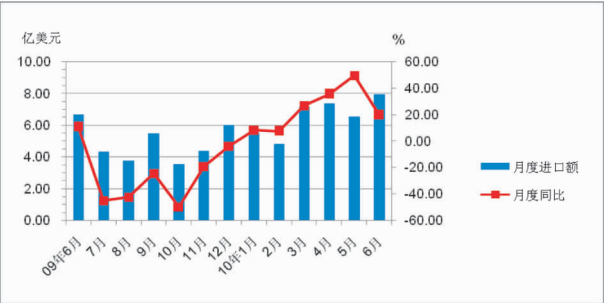


图4 2009年6月-2010年6月金属加工机床月度进口额及同比

2. 金属加工机床主要进口来源

由日本、中国台湾、韩国、美国进口的金属加工机床快速回升，除中国台湾外，上半年进口额均超过2008年同期水平。欧洲机床进口去年一直在增长，今年以来有一定幅度的下降。（详见表4）

3. 数控机床进口贸易方式和企业性质

延续去年的趋势，以一般贸易方式进口的数控金属加工机床继续迅速增长，今年上半年进口额17.4亿美元，同比增长50.9%，占数控机床进口的53.1%。2009年外商投资企业以设备投资方式进口的数控机床降幅较大，今年略有回升，1-6月进口额11.5亿美元，同比增长6.2%，占数控机床进口比重35.3%。

外商独资企业进口数控机床大幅度回升，进口

表4 2010年1-6月金属加工机床进口来源前10位

序号	国家或地区	金额（千美元）	同比（%）	占比（%）
	进口总额	3923518	24.22	100.00
	前十名小计	3717960		94.76
1	日本	1367334	55.55	34.85
2	德国	773038	-5.63	19.70
3	中国台湾	559970	67.71	14.27
4	韩国	354190	28.62	9.03
5	意大利	245525	7.79	6.26
6	美国	195225	58.88	4.98
7	瑞士	109659	-20.91	2.79
8	奥地利	39492	-37.75	1.01
9	西班牙	37961	-32.59	0.97
10	法国	35566	-42.01	0.91

额15.0亿，同比增长74.3%；国有企业和私营企业进口数控机床持续增长，进口额同比分别增长11.4%和47.8%。

三、进出口分析

1. 进出口全面恢复，非主机产品增长明显

我国机床工具产品进出口在今年1月由上年的负增长转为正增长，以后的几个月一直呈现出快速增长趋势。上半年出口额接近2008年同期水平，而进口额超过2008年同期水平12.7%。进出口强劲增长的主要原因：一是今年全球经济复苏态势明显，发达国家经济向好，新兴经济体需求回升；二是国内经济持续较快增长，机床工具产品需求不减；三是去年6月正处于对外贸易谷底区。

值得关注的是，今年上半年金属加工机床进出口增长速度均远远低于机床工具产品进出口增速，特别是出口，率先回升的是切削刀具和磨料磨具等损耗类产品。据海关数据显示，一些低值切削刀具仍在大量出口，碳化硅、碳化硼等“两高一资”产品出口成倍增长。近期国家为了控制高耗能产品的出口，加快淘汰落后产能步伐，取消了部分产品的出口退税率。尽管此次调整名单中未涉及到机床工具产品，但不排除今后会回调那些为应对金融危机

所采取的临时性、应急性的措施。为此，行业企业应在结构性突出矛盾上下功夫，淘汰落后产能，加强节能减排的工作力度，促进产业结构调整和产品优化升级。

2. 机床出口快速恢复性增长，产品结构无明显改善

今年以来，金属加工机床出口呈现直线上升趋势，数控金属加工机床增长更是迅猛，达到40.4%。其中数控特种加工机床、数控车床、数控镗床、数控龙门铣床、数控成形折弯机的出口增长都超过数控机床整体增速。上半年数控机床出口额仍未达到2008年同期水平，处于恢复性增长阶段。

由于出口增长的数控机床以价廉的经济型为主，其出口平均价格比上年有所下降。除数控镗铣床、数控铣床等少数几种产品出口平均单价有较明显的提高外，大部分产品或持平或有不同程度的下降，其中加工中心出口平均单价降幅最大，为-35.6%。重视提高出口产品的技术含量和档次，增加高附加值产品出口，仍是摆在我们面前的主要任务。

国际金融危机爆发后，世界各国尤其是经济大国都在制定新的经济发展战略。回归实体经济，通过高效使用资源和鼓励自主创新，实现经济更加健康、更为绿色的发展成为共识，以低碳经济为核心的“绿色增长”模式必将推动新的技术产生。要想保住并扩大我们在全球的市场份额，一要加快调整产品结构、提高产品水平的步伐，增强竞争力；二要将绿色贯穿于我们的设计理念和整个产品周期中，从设计、生产制造到使用、维护都应在节能、减耗、高效、可靠方面得以体现。

3. 巩固扩大传统市场，积极开拓潜在市场

随着年初中国机床市场“井喷”式增长，世界机床市场也在回暖。上半年我国金属加工机床主要出口去向中，除美国、德国和韩国市场继续下降，日本以及新兴国家和地区，如印度、巴西和东盟市场均有上乘表现，印度已上升到我国机床出口市场第一位。

我国与新兴经济体之间的机床贸易呈现快速发展，对印度、巴西、缅甸、印尼、越南机床出口增速分别超过机床整体出口增速44、52、128、77、5

个百分点，而对欧美出口的机床增速大多低于整体水平，说明发达国家的经济复苏速度仍较为缓慢。需要注意的是，尽管新兴市场的增速快于发达国家，比重也在提高，由于新兴经济体对发达国家的依赖度较高，发达国家仍然是机床贸易的风向标。为此我们一方面要密切关注经济发达国家的发展趋势，关注欧洲债务危机的影响，巩固已有的市场份额；一方面要注重开拓新兴市场 and 潜在市场，推进出口市场多元化。同时，要提高行业自身竞争力，促进优势产品出口，充分利用外贸优惠政策，进一步扩大国际市场份额。

4. 需求旺盛引发关注，外资投入明显回升

中国作为世界第一大机床市场的旺盛需求，引发了全球主要机床生产地更多地关注。在上半年我国金属加工机床进口额中，日本又重新回到排名第一的位置，在其今年的海外机床订单中，中国高居首位，同比增长3倍多；中国台湾、韩国、美国也都呈现快速回升势头。但是，德国等欧洲机床进口今年有所下降，一是去年逆势增长较快，基数较高；二是今年国内机床市场的需求结构有所变化。

经济回暖，外资对我国固定资产投资重新开始增长。在我国机床进口大幅增长中，外资的投入明显增加。上半年，外商独资企业进口数控机床同比增长74.3%，占数控机床进口额的比重为46.0%，占比高于去年底10个百分点。外资企业以设备投资方式进口加工中心同比增长76.1%，占加工中心进口额的41.3%。虽未达到危机前的份额，但势头很猛。需要注意的是，今年以来进口的数控机床平均单价下降，反映出进口中高档产品增长不明显。

2010年上半年机床工具产品进出口的快速增长是相对于去年基数较低基础上的增长。由于全球经济复苏根基仍不稳固，欧洲债务危机有可能带来新的影响，同时国内原材料价格上升、人工成本增加，以及汇率波动等因素也将会对今后的外贸产生一定程度的影响。随着下半年市场累积投资能量的基本释放，以及上年度同期基数的逐渐提高，全行业外贸增长速度也会逐步放缓，全年进出口走势呈“前高后低”，但会保持一个相对平稳的增长态势。□

How does China deal with economic slowdown 中国如何面对经济增长减速

China is for sure to face a slowdown in the economic growth in the second half of this year and even next year after going through a consistent annual high-speed growth of economy averaging at 9.8% for 30 years. This is a normal thing. After more than 30 years of reform and opening to the outside world, fundamental changes have taken or are taking place in the main factors which have influenced China's economic growth, and the effects of the population, resources and system bonuses are shrinking swiftly, with the boosting power to the economic growth weakening eventually. The gap between actual economic growth and the potential growth rate is narrowing.

The following are the main factors leading the economic slowdown in China. First is the structure adjustment. Adjusting structure and eliminating outdated production capacity is the need of the change of China's economic growth mode and achieving sustainable and steady growth. This is a long-term task for the country. Of the industries having already started structure adjustment, both the investment and output of traditional industries have declined, but the emerging industries have not yet taken shape in the country, hardly to substitute the traditional industries to become new engines for the economic growth. Currently, the contribution of emerging industries to China's economic growth is not enough to make up the losses of contributions of the traditional industries to the economic growth.

Second are the resources and environment restraints. The 30 years' high growth has made China sacrifice a lot of its resources and environment. According to an estimation of the World Bank, China's per unit gross domestic product (GDP) consumption of steel, copper, aluminum, lead and zinc is 5.6, 4.8, 4.9, 4.9 and 4.4 times of that of the world average level respectively. Such an economic growth model by sacrificing its resources and environment has made China's aggregate resources and per capita resources dropped remark-

ably, and buy big amounts of bulk commodities abroad, resulting that what China buys from international market the product price would surge, especially such strategic resource products such as iron ore and petroleum, adding costs of China's economic development. Resources and environment have become one of the harshest restraints for China's economic growth.

Third is that the boosting effects from the population and system bonuses to economic growth has weakened eventually. China's long-time economic growth strategy based on exports, and the low-cost labor advantage made the country form an export products structure with processing trade form taking a dominant role with raw materials supplied from abroad and so as the market. The surplus under the processing trade is almost equal to or exceeding the total trade surplus of the country. But, China's labor market has arrived at the Lewis Turning Point, and the cost rise of labor will surely shift to overseas of the limited supply and processing trade.

China's implementation of reform is actually the bonus from the system. The reform has liberalized the social productivity to the maximum, and the reform of ownership, distribution system and factor market has spurred the laboring and working enthusiasm of people, which have raised the production efficiency, and become an important engine for pushing up the economic growth. But, with the deepening of the reform, the reform of some core areas which need in-depth reform has progressed slowly or even come to a stagnation, playing a role in pulling down the economic growth.

The drive of opening to the outside world has made China enjoy the bonus worldwide. China was for the first time to outstrip the United States to become the biggest receiver of foreign direct investment (FDI) in the world since 2003 the year after China joined the World Trade Organization. The inflow of foreign companies has not only directly created GDP and export, but also made "catfish effect" under the competition pressure. At the same time, foreign-funded enterprises have made the "spillover effect" in human resources, technology and management, helping local companies sharpen edge of competition. However, after full fulfillment of the com-

mitments to WTO, the role of globalization to China's economic growth has gone weak. Particularly, after the breaking out of the financial crisis, China has become a country with the biggest number of anti-dumping investigations launched by other countries in the world. The worsening of environment for foreign trade, other countries have again and again exerted pressure on China's foreign exchange policy, squeezing the bonus of the globalization.

Obviously, for China, the time of gaining competition advantage by ways of winning low-cost capital by depending on system rent seeking, cheap labor, environment pollution, cheap cash obtaining and devaluation of Renminbi, Chinese currency or yuan, has ended.

One thing merits attention, the base figure of China's present aggregate economy is much different from that at the beginning of the reform and opening to the outside. China's GDP was only RMB364.5 billion in 1978, which surged to about RMB34 trillion in 2009, which is expected to reach RMB37 trillion in 2010, more than 100 times of that of 1978. Under such high base figure of the economy, it is very difficult to maintain the high growth.

In fact, China's economy has arrived at the turning point of shifting from the high-growth stage to a steady growth stage. After going through a long time of high-speed growth, the period of shifting economic growth mode will surely come. Chinese economy is unlikely to maintain the annually 10% growth continuously.

Facing the possible economic slowdown, China is working hard to boost development of new energy industry, remove the policy restriction on industry access for non-governmental capital, and change from the past dependence on investment and export for economic growth to dependence on the effective domestic consumption demand, in a bid to stimulate and boost endogenous motive power for the economic growth and try to achieve a steady growth of the economy.

The long-time high-speed growing economy in China is under the stern tests from the current sharp adjustment of world economic structure. Comparing with the short-term fluctuation of the economy, China is more concerned about changes of the driving factors for the

long-term economic growth.

China investment in U.S., Europe and ASEAN surges in H1 **中国对美欧东盟投资倍增**

China's direct investment in the United States, Europe Union (EU) and Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) rocketing 360%, 107.2% and 125.7% to US \$605 million, US \$406 million and US \$1.221 billion in the first half of 2010 respectively, according to statistics from the Ministry of Commerce.

From January to June, Chinese investor made investment in 1,841 companies in 111 countries and regions, with the direct investment overseas in non-financial sectors amounting to US \$17.84 billion, jumping 43.9% year on year, and the investment concentrated in mining, commercial service, manufacturing, wholesales and retail service. Of the total US \$4.0 billion investment was made in form of acquisition.

At the same time, China's business volume of international contracting engineering reached US \$37.34 billion, up 16% on year, of which the business volume done in Asia and Africa accounting for 85.7% of the total, and the contractual value of new contracts amounted to US \$54.94 billion, down 15%. The newly inked contracts mainly cover housing construction, transport, electric power, petroleum, electronic and communications sectors.

The actual use of foreign funds by China's manufacturing industry went up 2% in the first half; and that by service sector surged 38.3%, which is 18.7 percentage points higher than the aggregate growth. Service sector claimed 44.9% of the total use of foreign funds in China, up about six percentage points.

China emerging energy development plan to add RMB5 trillion investment **中国新能源发展规划投资将增5万亿**

China's National Energy Administration (NEA) is organizing formulation of the 2011-2020 plan on development of emerging energy industry (which includes

new energy, nuclear power and unconventional natural gas, ext.) in order to promote development of the emerging energy industry and fulfill the carbon emission reduction target by 2020. Based on the plan, the country will increase direct investment in the industry by RMB5 trillion in the next decade.

It is learned the plan will make clear arrangement of specific implementation roadmap, development scale and major policies and measures for new energy such as advanced nuclear power, wind energy, solar energy, bionadd energy, terrestrial heat and unconventional natural gas, development and utilization of renewable energy, and industrialization of energy new technologies such as clean coal, smart grid, distributed energy, and vehicle-use new energy. Based on a preliminary estimation, the implementation of the plan will help the country reduce sulfur dioxide discharge by about 7.80 million tons in 2020, and carbon dioxide by about 1.2 billion tons.

According to NEA's forecast, China's utilization of natural gas is likely to reach 260 billion cubic meters in 2015, with the share in the total energy consumption increasing from the present 3.9% to about 8.3%; and the share of hydropower and nuclear power in the primary energy consumption will rise from the present about 7% to nearly 9%. The utilization of hydropower is predicted to reach 250 million kilowatt hours, and that of nuclear power to hit 39 million kW. The share of wind power, solar energy and biomass energy in the primary energy consumption will go up from the present 0.8% to about 2.6%. The utilization of non-hydropower renewable energy will reach 110 million tons of standard coal, with the proportion in the aggregate primary energy consumption up 1.87 percentage points. The use of non-fossil energy in the total primary energy consumption is likely to reach about 11% by 2015.

In order to achieve the target of bringing the non-fossil energy consumption to 15% of the total by the year of 2020, China shall at least realize more than 75 million kW generation of nuclear power, more than 300 million kW of hydropower installed capacity, and utilization scale of other biomass energy including wind power and solar power shall reach more than 240 mil-

lion tons of standard coal. Only by kicking off construction of projects for achieving the target in five years, can China ensure the operation in 2020.

China publishes its first SME development index 中国首次发布中小企业发展指数

China's small-and medium-sized enterprises (SME) development index was 106.7 in the second quarter this year, down 0.4 percentage points from the first quarter, with the index movement turning to steady after continuous rises for three quarters running, according to a survey on SME development index sponsored by the China Association of Small and Medium Enterprises (CASME). Of the index, the index on enterprises' feeling of the macro economy, production, financing and floating funds declined.

This is the first time for China to publish the SME development index, which is based on the contribution of national economy to various sectors' GDP. Compiling the indexes, CASME surveyed SMEs in nine sectors such as industry, construction, transport and the real estate, with each of the sectors taking up about 15 economic indices. The development indices of the nine sectors under the survey were above 100, including real estate at 100.3, approaching the critical line 100, and down 3.2 percentage points from the first quarter, making the climate index of financial sector down 0.8 percentage points.

The indexes range between zero to 200. A reading above 100 shows expansion while a ranking below 100 indicates contraction.

According to the survey, the macro economy feeling index of SMEs was 111.6 in April-June, down 1.47 percentage points from the previous quarter; and the composite operation index was 99.2, below the critical line of 100; the investment index, 111.8, down 0.4 percentage points; the output index, 107.9, down one percentage point; floating fund index, 105.6, down 3 percentage points; the enterprise financing index, a major gauge of the country's financing status for SMEs, 97.4, down one percentage point; the labor demand

index, 106.8, up 2.5 percentage points; and the labor market supply index, 84.9, below the critical line.

China handles 467,000 patent applications in H1, up 9.6% on year

上半年中国受理专利申请同比增长9.6%

China State Intellectual Property Office (SIPO) handled 467,000 applications of patents in the first six months of this year, rising 9.6% year on year, according to statistics released by SIPO. This includes 411,000 domestic applications, accounting for 88% of the total, and 56,000 foreign applications, 12% of the total. Patent applications for invention, utility model and design, the three main categories of patents in China, respectively reached 164,000, 165,000 and 138,000 in the periods.

Of the domestic patent application it handled, 239,000 were position application, up 17.7% year on year, and taking up 58.2% of the total patent application of China; and 171,700 were non-position applications, down 0.2%, 41.8% of the country's total. Among the invention patent applications, 115,000 were from the domestic, up 10.6%; and 49,000 from abroad, up 11.4%, accounting for 70.1% and 29.9% of the country's total invention patent application respectively.

SIPO granted patent rights to 359,000 of the three main categories of the patents, of which 56,000 were invention patents; 129,000, utility model ones; and 164,000, design ones.

SIPO handled total patent applications of 6.285 million by the end of June this year, of which 3.442 million were granted with the patent rights.

SIP said that the patent applications and grants slowed down in growth in the first six months, with the aggregate of the three increasing 9.6% year on year, slower than the 28.9% growth in the same period of last year. At the same time, the foreign application stopped dropping to rise, returning to the level before the financial crisis. The position application of domestic patent applications showed a year on year increase with the proportion approaching 60% of the total in the first half of the year.

China restricts RE export to protect resources

中国限制稀土出口保护资源

China abounds in rare earth (RE) resources, and ranks first in the world both in RE output and export. But in the past 30 years, oil price soared by 30-40 times, and RE price only soared 20%. As RE is widely used in advanced technology and weaponry, Chinese Government's policy for RE industry has always the focus of concern of Western countries.

The US Bloomberg recently reported that the US trade officials shall file a complaint with the World Trade Organization (WTO), accusing China of stocking up RE, and of controlling RE export. The government Accountability Office of the US states in an April report that China controls 97% of the world's RE production, and thus has the "market dominant power" of holding the US under duress.

RE expert Cordier with the US Geological Survey used to say that since China began to sell RE in quantities at cheap prices, most of the countries in the world have suspended RE mining. Statistics of the US Geological Survey also show that calculating based on current demand, China's RE resources can sustain for 30 years' consumption.

Only 30 years. In the 1960s, only Baiyun'ebo in Inner Mongolia accounted for over 80% of the world's total industrial reserve of RE. Today, China's share of the world's RE industrial reserve has dwindled to about 40%.

At the beginning of this year, China has published a series of measures to strengthen RE protection, restrict export, control and cut the mining and production of fireclay, and fluorite, strictly control new mining capacities, and increase resources tax rate. The Ministry of Land and Resources (MOLR) in principle no longer accepts applications for new mine prospecting and mining; and the national Development and Reform Commission (NDRC) and the Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) are in charge of promulgating annual output plans, setting this year's target output at

80,000 tons. Meanwhile, they have promulgated new industrial access standards: no more approval of new RE mining right in the next six years. By 2015, China's annual RE export will be controlled within 35,000 tons, and export of dysprosium, terbium, thulium, and yttrium will be strictly prohibited. Government and enterprises should reorganize RE resources, and first supply to and meet the domestic demand. In the meantime, they should strive to retain deep processing and high value added downstream process within China.

In fact, China used to restrict RE output in 2006, when CAS academician Xu Guangxian joined hands with tens of academicians to write to the policy makers, requiring protection of RE that were running off at cheap prices. Their letter has quickly obtained an official and written reply, and MOLR took the charge of implementing the output control plan, restricting the annual RE output at 80,000 tons. Under the anticipation for output control in China, RE prices began to pick up in 2006, with the highest price in 2006 three times that in 2005. Accompanying the output control plan, the Chinese Government also made efforts in restricting export and industrial rectification.

However, despite the State output control plan, enterprises and local governments did not fully observe the RE protection policy driven by profit. Meanwhile, as RE industrial management involves MOLR, NDRC, MIIT, MOC and all centrally administered enterprises, local government at various levels, private enterprises, and even mine owners that are mining illegally, the inter-relationship is complicated, and it is difficult to coordinate the benefits. Therefore, this round of RE protection campaign proved a failure. In 2009, China's RE output rebounded to about 150,000 tons, far exceeding the marked demand of 100,000 tons. Foreign-invested enterprises have one after another launched factories in RE producing areas including Inner Mongolia, to purchase raw materials for simple processing and then export them, in detour of the export quota restrictions imposed by the Chinese Government. In 2009, there were still 90% of the RE supply on the world's market coming from China, and RE prices fell to the low levels in 2007.

Recently, China's largest RE smelting and processing enterprises, Inner Mongolia Baotou Steel RE (Group) HI-Tech Co., Ltd. announced in a bulletin that its RE raw materials purchase and storage plan implemented through a subsidiary, Inner Mongolia Baotou Steel RE International Trade Co., Ltd. has been approved by the government of Mongolia. This is the first RE purchase and storage move initiated by enterprises in history, and the move will obtain 10-million-yuan discount loans support from the government. Under the plan, the company will construct five RE reserve facilities with total reserve being 200,000 tons.

China's State RE purchase and storage plan is under discussion at present.

Transnational auto companies' China strategy shows three new trends **跨国车企中国战略呈现三大新趋势**

Transnational automobile companies have demonstrated three new trends in their China strategy, namely scrambling for new energy vehicle market, stepping up production expansion, and trying to snatch shares in low-end car market.

China has sped up research and development (R&D) and industrialization of new energy vehicle in recent two years, planning to spread the use of hybrid vehicles in the public traffic, taxi service, public affairs and municipal work of 20 cities. The country started providing subsidy to individuals buying new energy vehicles in five cities including Beijing and Changchun as of June this year.

As early as 2006, Japanese automaker Toyota had introduced hybrid car Prius to China for production. But the sales of Prius car have not been satisfactory in China due to the high prices and low acceptance on the market, but it has exposed the Toyota's intent to control the commanding point on China's new energy vehicle market.

Lately, Volkswagen and Shanghai GM have one after another published their new energy development plans to cover their electric car Golf, electric car new Sail. Industry insiders predicted that China would face a

new round of fierce competition from among transnational companies for electric vehicle market around 2013.

Several Sino-foreign auto joint venture companies including FAW Volkswagen, Dongfeng Nissan and Guangqi Honda have been stepping up production expansion this year. FAW Volkswagen plans to build a new plant in Nanhai, southern China's Guangdong Province at a cost of euro500 million, which is designed to start production in 2013, with its production capacity expanding from the 150,000 units to 300,000 units. Guangqi Honda Automobile announced to invest RMB930 million in production expansion by 120,000 units. At the same time, other Sino-foreign companies founded with such companies as BMW, Nissan, Hyundai, Ford and Fiat have also released their production expansion plans respectively. According to incomplete statistics, the production capacity of the above companies in China will exceed 2 million units by 2013, and they will add investment of about RMB50 billion.

Chinese auto experts have expressed their worries over the situation. The large-scale production expansion of the automakers may bring about risks of overcapacity. But some other people are optimistic about the automakers' expansion, holding that output increase would lead to product price cut, giving more benefits to consumers. Consumers will benefit from the Sino-foreign joint ventures' move to edge into the market of low-end cars with price less than RMB 100,000. The launching of Chevrolet New Sail car at a price of only RMB56,8000 each on the market in January this year, which is the first international brand car with price of less than RMB600,000 per unit in China. Dongfeng Nissan held a press conference recently for its new car model "March", which is expected to put on the market in the second half of this year, at a price between RMB70,000 and RMB 100,000 per unit.

For a long time, transnational auto companies have focused their brands on high- and middle-grade cars with price more than RMB100,000. The low-end car market has been dominated by China's homegrown brands, and Chinese and foreign brands have been in peaceful coexistence as each of them has the focus on

the market. However, the situation has changed. As focus on the market. However, the situation has changed. As more and more auto purchasers are from small and midsize cities and the rural areas, transnational brands have started to turn to the low-end car market. China's homegrown brand vehicles are now facing more competition and bigger challenges. The fight between foreign brands and Chinese homegrown brands for more market share is getting intensified.

China's Import and Export with Major European Countries during June 2010

2010年6月中国对欧洲主要国家的进出口统计

Country	January-June			Unit:US\$1,000		
	Export & Import	Export	Import	Change over the same period 2009 (%)	Export	Import
Belgium	10,461,346	6,508,557	3,952,789	41.3	31.2	61.9
Denmark	3,418,042	2,206,796	1,211,246	9.5	5.8	16.9
Britain	22,101,943	17,001,575	5,100,368	32.8	29.5	45
Germany	65,300,331	30,720,810	34,579,521	42.7	41.8	43.5
France	21,331,063	13,222,242	8,108,821	39.5	41.5	36.2
Ireland	2,530,085	843,536	1,686,549	6.6	-12.8	20
Italy	20,101,085	13,493,475	6,607,610	36.3	42	26
Luxembourg	766,782	642,540	124,242	-52.8	-58.1	35.9
The Netherlands	25,298,759	22,255,306	3,043,453	46	45.6	49.2
Greece	2,447,287	2,270,180	177,107	44	42	76.4
Portugal	1,521,054	1,187,065	333,989	46	39.6	74
Spain	11,289,566	8,450,297	2,839,269	45.4	41.9	57
Austria	2,731,265	814,580	1,916,685	20.2	17.4	21.4
Bulgaria	495,999	298,794	197,205	37.2	4.1	165.2
Finland	4,171,154	2,522,674	1,648,479	14.8	31	-3.4
Hungary	3,983,479	2,823,589	1,159,891	35.4	20.2	95.4
Iceland	50,617	32,943	17,675	52.5	47.7	62.3
Malta	1,105,718	894,143	211,575	2	-2	23.3
Monaco	11,218	6,290	4,928	-5.6	19.5	-25.5
Norway	2,999,302	1,338,063	1,661,239	12.7	14.5	11.3
Poland	5,393,581	4,439,057	954,524	36.6	38.6	28.1
Sweden	5,175,885	2,506,511	2,669,374	15	33.2	1.9
Switzerland	9,697,898	1,282,470	8,415,428	126.9	1.1	179.9
Russia	25,750,587	11,796,603	13,953,984	51.6	59.2	45.6
Czech	4,047,442	3,257,056	790,386	60.1	54.7	87
Slovakia	1,715,839	856,952	858,887	86.7	44.7	162.8

轴承在矿山卡车应用中的分析探讨

铁姆肯公司 应用工程师 秦宏伟

近年来，在国际能源供应紧张的大背景下，我国对以风能为代表的新能源领域加大投入，使新能源的产量逐步提高，然而在很长一段时间内，我国以煤炭为主的能源结构将持续。露天采煤和井下采煤相比，拥有高生产率，低事故率，便于设备维护维修等客观优势。不管是在国内还是国际上，大力发展露天开采都是大趋势。作为露天采矿生产所必须的重要设备之一的矿山卡车也将随着露天矿的大力开发而迎来非常光明的前景。

铁姆肯公司生产的圆锥滚子轴承在矿山卡车中有着数十年的应用历史，同时也积累了相当丰富的应用经验。本文将就矿山卡车使用圆锥滚子轴承应当注意的问题进行简单的分析，希望能够帮助广大的矿山卡车设计者和用户更好地选择和使用轴承，提高矿山卡车的可靠性。

除了本身系统设计匹配和安装调整的因素外，决定圆锥滚子轴承使用性能的主要有以下三个方面因素：1) 轴承的材料 2) 轴承滚道的粗糙度 3) 轴承滚道的表面修形。接下来详细分析在矿山卡车工况下，轴承选型时在这三方面分别应考虑的因素。

一、轴承的材料

在考虑轴承的材料时主要考虑两点：钢材的纯净度和钢材的热处理工艺。

轴承在正常运转状态下，当滚道表面出现 6mm^2 的剥落时，我们就说这个轴承失效了，这个轴承运转的时间就是它的疲劳寿命。剥落的产生主要是因

为轴承钢内部存在非金属夹杂物。在轴承工作时，非金属夹杂物会引起钢材内部应力集中，产生薄弱点，随着轴承日复一日地运转，这些薄弱点慢慢发展成细微裂缝，最后引起滚道表面剥落（图1）。所以钢材的纯净度对轴承至关重要，钢材内部夹杂物颗粒体积越小，颗粒数量越少，则裂纹出现的概率越小，轴承的疲劳寿命也越高。

随着现代冶炼技术的发展，国际一流品牌的轴承制造商在轴承钢纯净度这一点上都达到了相当高的水准。他们除了有符合ISO和ABMA标准的轴承材料外，还将比之更纯净的钢材做材料，以提高轴承在高载荷下的可靠性。拿矿山卡车里的轮毂轴承应用来说，轴承承载的力非常高。以200t载重量为例，整车满载后350t左右，单侧后轮轮毂轴承的受力达到120t左右。因此如果选择标准材料的轴承，其尺寸将会非常大。为了尽可能减小轮毂尺寸，使设计更紧凑，这个位置常选用高纯精度材料的轴承。即使这样，轴承的内径也有500mm左右。

除了轴承钢的纯净度之外，轴承的热处理工艺对轴承的性能也有相当大的影响。现在市场上的轴承主要有两种热处理工艺：全淬透和表面渗碳。全淬透热处理的原材料是高碳钢，经过全淬透热处理后，这种钢材内部和外部硬度都达到58~64HRC，钢材表面产生张应力，当遇到比较大的冲击载荷情况下，容易产生裂纹，甚至直接碎裂。渗碳热处理的原材料为低碳钢，采用的热处理工艺为表面渗碳，这样的材料特点是表面58~64HRC坚硬耐磨，而内部较软30~35HRC，钢材表面产生压应力，能缓冲受到



图1 轴承表面剥落发展



图2 渗碳钢外硬内软

的冲击载荷（图2），降低出现冲击裂纹的可能性。

矿山卡车所用到的圆锥滚子轴承主要应用在桥包和轮端，这两个地方的工作环境都非常恶劣，经常伴随冲击载荷和重载。再加上铸件本身无法避免产生的磨粒，以及油封可能失效而带来的外部污染，这些都对轴承本身带来了巨大的考验。在磨粒和重载的情况下，轴承的滚道表面无法避免地产生凹坑，如果选用全淬透的轴承，在材料本身较脆和表面张应力的双重影响下，这个凹坑的发展将比较迅速，使得轴承在没有达到疲劳寿命前提前失效。而假如选用渗碳轴承，由于材料本身有韧性和表面压应力，该凹坑不易扩张，使得轴承仍旧可以达到较好的疲劳寿命。铁姆肯公司通过试验来模拟全淬透轴承和渗碳轴承在滚道表面有损伤的情况下的轴承寿命对比，结果显示表面渗碳轴承比全淬透轴承能达到更高的疲劳寿命。基于以上原因，我们在选用矿山卡车所用的轴承时，应尽量选用渗碳轴承。

二、轴承滚道与滚子的表面粗糙度

影响轴承性能的因素除了刚刚提到的材料因素外，还有一个很大的因素是润滑。据统计，70-80%的轴承提前失效是因为轴承润滑不恰当所致。通常我们采用油或油脂来对轴承进行润滑。润滑系统在轴承工作时，会在金属表面产生一层油膜。如果我们用高倍放大镜去观察轴承滚道，可以看到滚道表面不是光滑的，而是有很多小的金属高点的，就像一座座“山峰”。如果在轴承工作时，滚道和滚子之间“山峰”直接接触，那么“山峰”就会断裂，滚道表面产生微剥落（如图3），造成轴承表面损伤。油膜的目的就是使得滚道与滚子之间的小“山峰”不直接接触。要起到这样的作用，油膜的厚度必须超过两接触表面粗糙度值之和。当我们发现油膜厚

度无足以分开两个金属面时，可以有两个选择：使用更粘稠的润滑油或油脂；降低滚道表面的粗糙度值。由于矿山卡车一般在桥包采用SAE80W-90油浴润滑，而在轮端采用带有EP添加剂的二号润滑脂润滑。受到重载低速的影响，可能会发生油膜厚度不够的情况。如果无法改变齿轮油的粘度，我们可以通过提高滚道和滚子的表面光洁度来提高轴承性能。



图3 在润滑不良的情况下运转，轴承有可能会发生损伤

三、轴承滚道表面修形

现在我们来了解一下影响轴承性能的另一个重要因素——滚道表面应力。有的读者在这里可能会想，一个轴承只要不超过它的额定载荷，滚道表面产生的应力应该不是问题。如果有问题，说明这个轴承本身的额定载荷数据标高了。这种理解忽略了一点，轴承在受力时，它的外圈和内圈的中心线可能不在一条直线上，可能有一个夹角（如图4），导致轴承工作时不对中。这个不对中可能是安装不当引起的，也可能是轴或轴承座在受重载的情况下产生轻微的形变引起的，可能是轴和轴承座在加工时的误差引起的，或者是以上因素的综合。圆锥滚子轴承在样本上标的额定载荷是指轴承工作时，这个夹角要小于0.0005弧度。当这个不对中的夹角小于万分之五的弧度时，不会影响轴承的寿命和性能，但当这个夹角超过万分之五的弧度时，就会对轴承的性能产生一定影响。这个不对中会引起轴承滚道应力集中，使轴承无法达到设计的疲劳寿命而提前失效。这种失效形式如图5所示，通常发生在滚道边缘，并且上下180°方向上呈现对角线模式。

这种不对中现象而导致的轴承损伤在矿山卡车的轴承应用中很常见，主要是由于矿山卡车的承载太大，引起轴变形所致。当这种轴承损伤出现时，如果不细心分析而把它归结于轴承的承载能力不够，单单通过提高轴承的尺寸来应付，结果往往不理想。

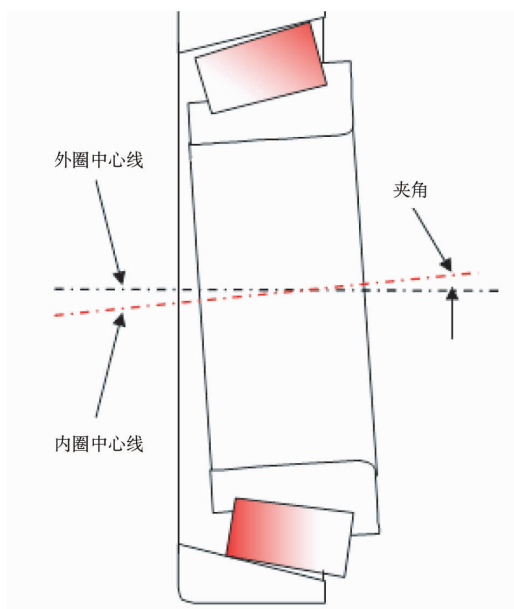


图4 轴承不对中形成夹角

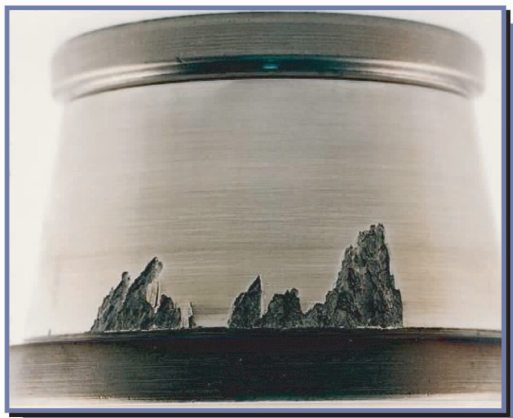


图5 因不对中而引起的轴承失效模式

铁姆肯公司针对因滚道边界超过许用应力而最终导致轴承寿命偏低的应用推出了带滚道修形的轴承，

可以在不用提高轴承尺寸的情况下，解决滚道边缘应力集中的问题，使得滚道表面的应力始终处于材料的需用范围之内。

在对矿山卡车用轴承进行选型计算时，借助计算机，输入工况条件使用专业软件可以模拟出该轴承是否存在滚道边界应力过大的问题。实践中曾遇到这样一个例子，某大吨位矿山卡车轴承选型，在寿命计算时发现前轮轮毂外侧轴承寿命较小，无法满足要求。在检查该轴承滚子的应力水平时，发现有一个工况下滚道应力很高。如图6所示，图中该滚子的边界应力已经超过了材料的需用应力，而滚道中间部分应力较小，说明该轴承的承载能力可以满足这个应用。然后我们在原有轴承的基础上对滚道进行修形，载入软件重新计算，再检查应力发现同样的工况下，同一颗滚子的应力分布如图7所示，轴承寿命也有相当大的提高。

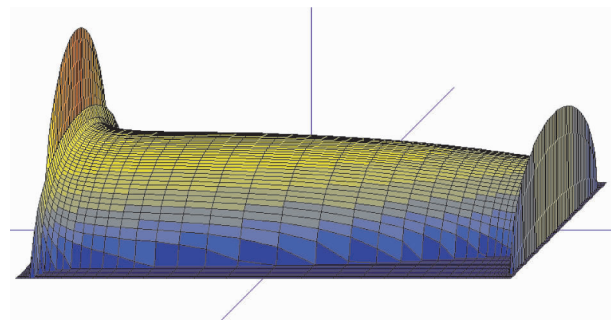


图6 普通轴承滚道边界应力过大

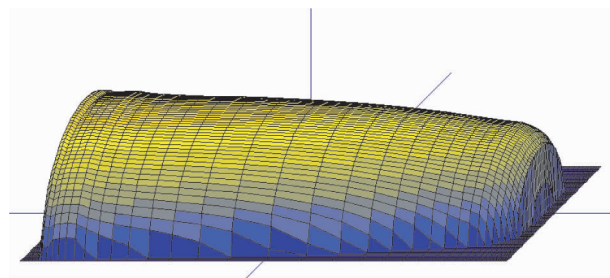


图7 滚道修形轴承应力分布

四、总结

以上主要针对矿山卡车的应用特点，分别从轴承的材料、轴承滚道表面粗糙度以及滚道应力和修形这三个方面介绍了轴承选择和分析要注意的问题，希望通过以上的解决方法，提高矿山卡车的可靠性，从而减少停车维护时间，提高采矿效率。□

液态模锻工艺在摩托车制造领域的应用

(莆田市荣兴机械有限公司, 福建 莆田 351100) 吴玉荣

摘 要: 文章阐述了液态模锻工艺在摩托车零配件制造中具体的实施过程, 从产品锻件图设计、模具结构设计、及液态模锻工艺过程等几个方面, 总结出产品整个生产过程应注意的关键技术问题。

关键词: 液态模锻工艺 应用

液态模锻工艺是在研究压力铸造的基础上逐步发展起来的一种先进制造工艺。其不但是铸造和锻造艺的组合, 而且具有工艺简单、成本低、产品性能高、质量可靠等优点, 还可以实现无切削、少切削、精化毛坯加工、提高机械性能、节约原材料、提高生产效率和降低成本等作用。国外发达国家早在十几年前就把液态模锻工艺应用在汽车、摩托车零配件制造领域中。

荣兴公司是家摩托车制动器、制动系统部件及其它压铸件专业生产厂, 在研制摩托车上联板、左右脚蹬支架的过程中, 充分应用了液态模锻工艺技术, 解决了采用传统压铸方法所具有的局限性, 产品的机械性能、表面、内部质量大大提高, 满足了市场需求。文章探讨了摩托车零配件制造中, 液态模锻工艺的具体措施, 希望能对行业工程技术人员有所帮助。

1 工艺分析

有色金属液态模锻是一种重要的新工艺。它兼有铸造工艺简单、成本低, 又有锻造产品性能好、质量可靠的优点, 使用该工艺又能改善劳动环境、节约能源, 在荣兴公司产品研发中已不断的推广应用。

摩托车上联板是与避震器联接控制摩托车方向, 其外观和机械强度要求严格; 左右脚蹬支架为摩托车脚踏装置, 要求有强韧性, 它们质量的好坏危及到行驶过程中的人身安全, 只有消除这些铸件内的气孔、疏松等缺陷, 才能提高它们的机械强度。对

这些零件采用的液态模锻工艺就包含如下内容:

- (1) 根据产品技术图纸, 设计锻件的毛坯图;
- (2) 液态模锻模具设计与制造;
- (3) 对毛坯锻件选择合理的湿度、压力、时间等工艺参数, 以控制产品表面质量和内部质量的一致性;
- (4) 进行机械加工、热处理、表面处理, 且只需对外表面进行少量的机械加工;
- (5) 进行产品检验。

2 锻件图设计

锻件图设计是模具设计的基础。根据摩托车上联板、左右脚蹬支架的锻件形状和尺寸就可基本确定出该模具的结构形式、模具的受力情况、模具的配合及模具的材料等参数。并可进行机加工工装铣夹具、钻夹具及车夹具的设计。

考虑到浇注工艺对工件的要求和液态模锻的工艺特点。主要从以下几个方面进行锻件图设计。

(1) 分型面的选择

分型面按一般模锻件设计原则, 采用垂直方向分模, 使模腔深度最小, 以便工作脱模, 并适合加压, 从而解决制造薄件零件的技术难关。

(2) 加工余量

配合面加工余量为3.5mm, 其它非配合加工面, 不需设加工余量。

(3) 拔模斜度

产品锻件脱模利用顶出器脱模装制, 拔模斜度取 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$, 模具上的凹模和凸模的拔模斜度与之相同。

(4) 收缩量

锻件收缩最大部位是在液态金属最后凝固的截面上, 因此模锻收缩量按1%。

3 模具结构参数设计

(1) 液态模锻模具结构设计

根据摩托车上联板、左右脚蹬支架工件特点和所选择的分型面, 该模具选择了组合模结构, 加压方式为直接液态模锻法, 凹模由模座固定在下模板上, 凸模由螺栓固定在上模板上, 从而解决了因零件特殊结构造成的结晶和成形工艺技术难关。

(2) 模具间隙设计

凹、凸模之间的间隙不能过小, 也不能过大。因为过小时, 凹模与凸模装配误差会相碰或咬住; 过大时, 则金属容易通过间隙喷出, 造成事故, 或在间隙中产生毛刺, 减弱加压效果, 阻碍卸料。因此, 我们针对本产品原材料实际情况, 选择间隙为0.2mm, 保证了模具工作平稳。

(3) 排气系统设计

液态模锻时由于工作温度高, 则使用涂料, 防止工件与模具粘合。模锻时, 涂料某些成份会挥发成气体; 另外, 金属液凝固时, 也有一部份气体集中在转角处或其他地方, 使工件产生平面或棱角缺陷, 所以应在模具角部或易于存积气体部位开设排气道。

通过上述结构设计, 并选用合适的液压机, 使凸模将力传递于毛坯上, 为金属结晶过程创造良好条件, 保证液态模锻件能良好成形。

4 液态模锻工艺设计

采用液态模锻进行摩托车上联板、左右脚蹬支架的加工过程中, 经过多次试验, 我们采用如下工艺:

合金熔化→预热模具→ 模具喷涂润滑剂→ 液态金属浇注→ 加压→ 保压→ 压力去除→ 工件取出。该产品液态模锻的加压方式为直接液态模锻法, 其过程: 当熔融金属浇入凹模中, 凸模下行与凹模形成封闭型腔, 同时将金属液压成零件形状; 模锻完毕, 凸模上行, 锻件总是卡在凹模中, 油压机顶出缸的顶杆将锻件顶起取出。

根据液压模锻生产特点和关键技术, 对该项目

产品铝合金熔炼工艺和液态模锻工艺参数的选择和调整, 我们采取了如下措施:

(1) 摩托车上联板、左右脚蹬支架的熔炼按照规定的操作工艺程序, 将配制好的铝合金锭ZL101放入经过预热涂有涂料的熔炉内进行加热熔化, 待炉温升至700℃时, 进行除气精炼, 反复进行2~3次, 把渣滓除去, 等候5min~10min, 待炉温达到740℃时, 即可出炉浇注, 锻件的化学成份和机械性能符合GB1173-86《铸造铝合金》的规定。

(2) 液态模锻工艺参数包括压力的大小、加压开始时间、加压速度、保压时间、金属液浇注温度、模具温度、润滑剂等。在产品生产实践中, 主要根据铸件结构特点(大小、壁厚、复杂程度等), 结合铝合金熔炼情况等因素, 通过试模调整确定的模锻工艺参数。

(3) 模具预热是液态模锻中和一个重要因素, 它直接影响产品的质量和模具寿命, 模温过高, 会使金属焊在模壁上, 晶粒可能粗大; 过低, 液体金属急剧冷却, 降低产品表面质量。预热后, 可减少温差, 降低热应力。模具预热温度为200℃~300℃, 随着工艺过程进行, 由于模温不断升高会影响工作, 所以在设计模具时设有冷却系统, 使模温保持一定范围, 延长模具使用寿命。

(4) 润滑剂在模具达到预热温度后在其表面用喷枪喷涂, 采用动物油(PRT-02), 保证喷涂均匀和适量, 避免影响工件表面质量(表面形成气孔或不光洁)。

(5) 铝合金浇注温度一般控制在740℃左右。因液态模锻没有浇注系统, 并且是靠压力来充填模腔的各个角落。通过试验证明, 浇注温度过高(高于750℃), 锻件内部晶体粗大, 产生缩孔; 浇注温度过低(低于720℃), 锻件产生冷隔现象。

(6) 为了得到细晶体以及压实工件内部可能出现的铸造缺陷, 必须施加足够压力。但若压力过大, 会降低模具寿命, 增加动力消耗和设备费用。选择合适的工作压力至关重要。合适的工作压力和加压方式与工件形状、壁厚、高度以及材料有关。但到目前为止, 所需压力大小尚无精确的理论计算方法, 只能通过试验取得。荣兴公司生产的摩托车上联板, 通过施加不同的压力, 可看出有不同的结果, 如表1所示:

从表1中可看出, 施加压力必须达到20 MPa以上, 摩托车上联板工件才达到合格。

表1 不同工作压力下铸件质量比较

工件液压力 (MPa)	气孔情况
10	气孔严重
15	气孔较少
18	气孔微量
20	无气孔

(7) 加压时间、加压速度及保压时间的选择。

加压开始时间，一般以金属冷却到不低于其固相线温度为准。这一时间取决于金属浇注温度、液相——固相线温度外，还与模具预热和模腔复杂程度有关。开始加压时间过晚，会使金属自由结壳层厚度增大、增加变形抗力，降低加压效果，影响锻件质量。本产品般掌握在液态金属浇好后，静待5s~10s开始加压。

加压速度是指凸模接触金属后的运动速度。凸模以一定的速度将压力施加于金属上，便于金属成型、结晶和塑性变形。速度控制适当，可以防止引起金属飞溅，同时使液体金属旋涡吸入气体，造成锻件质量下降。

保压时间指加压开始到金属完全凝固所需的时间。在整个加压时间内，压力保持稳定，使液体金属在压力下完全凝固。时间控制不能过短，否则会

使锻件中心在尚未完全凝固情况下缺压，得不到补缩而产生缩孔、疏松，时间也不能过长，否则会使脱模困难、模温升高，影响模具寿命及铸件表面质量，合理的保压时间一般按锻件壁厚而定。

5 结束语

荣兴公司用液态模锻工艺生产的摩托车上联板、左右脚蹬支架产品已定型，其质量稳定可靠并大量供货，其产品技术含量、技术附加值高，市场竞争力强。通过这些产品的研制，我们得出以下结论：

(1) 用液态模锻工艺生产的摩托车铝合金零配件是可行的，产品性能可以完全满足使用要求，是钢质零件的更新换代产品。

(2) 工艺参数的选择正确与否，直接关系到产品的质量和工艺的正确实施。经过生产实践证明，荣兴公司生产的摩托车上联板、左右脚蹬支架的工艺参数选择是合理的，满足生产要求。

(3) 通过这些产品的开发，为其它同类零件的研制提供了较好的参考。

(4) 与传统加工工艺相比，采用液态模锻工艺可大大节省材料和加工工时，并且零件的强度、韧度和稳定性完全满足设计要求。

行业动态

佛山将迎来第4届全国数控技能大赛决赛

2010年9月2日，第四届全国数控技能大赛组委会在北京举行了赛事情况通报会暨签约仪式。

人力资源和社会保障部、科技部、教育部、工业和信息化部、中华全国总工会及中国机械工业联合会等六家主办单位主管部门的负责同志出席了赛事通报会和签约仪式。大赛协办单位山特维克可乐满、西门子(中国)有限公司、北京发那科机电有限公司、武汉华中数控股份有限公司、广州数控设备有限公司、约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司、沈阳机床(集团)有限责任公司、北京机电院高技术股份有限公司、北京新吉泰软件有限公司、英国Delcam(中国)有限公司、成都千木数控刀具有限公司及杭州博洋科技有限公司等单位代表也出席了

本次会议。20多家相关新闻和专业媒体的记者共同见证了签约仪式。

与往届大赛决赛相比，本次大赛决赛增加了加工中心五轴加工操作比赛，五轴加工操作参赛采用2人一组的方式，另外本次大赛决赛命题尽可能与国际上world skills竞赛命题方式接轨，为将来组织参加world skills竞赛作准备。

大赛组委会秘书长、中国就业培训技术指导中心副主任宋建代表组委会强调了举办大赛的意义和重要性，对大赛的组织开展以及相关工作提出了要求。大赛组委会委员、中国机械工业联合会执行副会长杨学桐发表了热情洋溢的讲话，充分肯定了大赛自举办以来取得的成绩。

哈斯机床在先创

福建先创电子有限公司是专业从事研发、生产移动通信网络覆盖产品，并提供网络优化方案设计 & 工程组网的高新技术企业。致力提供网络优化增值方案，产品涵盖移动通信直放站，包括室内机型、基站功率放大器、塔顶放大器等，以及计算机软硬件、无线电射频、机械结构及工艺、网优网维、数字微波、数码电视传输系统网络覆盖、无线数据接入、LED节能照明、手机等领域，是一家涵盖整个无线通信技术上中下游的企业集团。

自1989年以来，先创不断参与国家级重点实验室通信领域的项目开发，多项产品设备通过凯尔和泰尔实验室的认证。

经过多年的发展，先创形成了以香港为集团总部，北京、厦门为国内营销中心，深圳为国际营销中心及研发中心，泉州为生产基地的基本格局，搭建起研发、生产、销售综合平台。目前先创已与众多全球电信巨头建立了战略合作关系，有数万套产品在中国移动、联通、电信、网通、电力、公安等系统中运行，并为澳大利亚、加拿大、东帝汶、巴基斯坦等运营商提供网络支持。

在泉州先创的数控加工中心车间，专门生产先创自有品牌所用的各式铝合金通信腔体，目前共有三十多国产、台产的数控加工机床，还有最新采购的两台哈斯VM2模具加工机，每天生产一百套以上的各种设备腔体。

哈斯机床 不让车间主管操心

加工中心主任王世文指着这两台哈斯VM2模具加工中心指出，随着先创产品的多样化和精度要求的不断提高，原有的数控机床已经无法满足需求，公司决定在既有的国产和台湾机床之外，增购国际大厂的机床，除了提升加工精度之外，也是让战略合作伙伴看到先创对质量的要求；于是在一年半前

采购这两台哈斯VM2，使用一年多下来，精度的保持完全没有问题，也没有出现其它机床掉刀、断

刀等的情况，此外，其它机床出现故障时，大概要二至三天甚至一周，维修人员才能赶到公司开始维修，对照哈斯厦门HFO经常主动到厂进行保养，因此几乎不曾出现故障的情形，就算客户通知维修，也一定当天到达，哈斯机床可以说是最不让车间主管操心的机床。



图1 先创公司用哈斯机床加工的工件



图2 先创公司生产车间中正在使用的哈斯机床

哈斯机床功能强大 操作人性化

王世文主任表示，在加工方面，先创主要是做铝合金的铣、镗、钻、攻丝等加工，因此各厂牌机床一般都能胜任，但是哈斯加工出来的工件，总能比其它机床流畅及细腻，显示哈斯机床的精度确实比较好，尤其哈斯VM2具有30马力，12000 r/min，

科技创新助江苏亚威腾飞

沈福金

随着改革开放的不断深入，国外企业和产品大量涌入我国市场，国内市场的国际化竞争加剧，国内企业和产品面临严峻的挑战。针对这一变化，国家及时出台了一系列振兴装备制造业、调整产业结构、转变经济增长方式和建设创新型国家的国策。江苏亚威机床股份有限公司（以下简称亚威）的领导面对外部环境的变化，认真领会了国家政策的正确和深远意义，清醒地认识到，企业要生存、发展必须依靠科技创新，增强企业的自主创新能力。亚威的董事长吉素琴说得好“科技创新离不开人才，企业的竞争归根到底是人才的竞争，企业要有自己的人才战略。为此，亚威制定和实施了自己的人才战略：即首先要珍惜人才，用好人才，重视企业科技队伍的建设。除了用好本企业的科技力量外，还要用好社会的专家资源，加强与高校的合作。几年前就申请设立博士后工作站，就是为了加快本企业科技队伍的建设，提高企业的自主创新能力，这也是亚威实施人才战略的组成部分。”现在亚威正与清华大学进行合作，以后还要与更多高校合作。由于亚威多年来始终坚持走一条依靠自主创新促企业发展的道路，短短几年就使亚威的面貌发生了巨大变化，不仅产品品种多了，生产规模大了，产品的技术水平也上了一个新台阶。

根据亚威总经理冷志斌先生的介绍，亚威的发展变化和发展思路可概括为以下几点：

一、近年来，亚威的技术创新工作呈现两个特点

1，加速建立完善具有亚威特色的技术创新体系，技术开发实现了“以引进消化吸收为主”向“以自主创新为主”的转变。

2，进一步突出围绕“大型、高速、精密、成套”的技术发展方向，新技术、新产品成果显著。

这次提供鉴定的新产品都有自主研发的新技术，如 HLH-1530、HLC-1530 和 HLB-1530 三台激光切割机都用了飞行光路，其中 HLH-1530 的铸铝合金横梁经有限元分析优化，质量轻，刚性好，满足高速加工要求；LGS-25×10100 液压闸式剪板机的刀架支承采用自制的外缘面为大圆弧的滚轮轴承，以消除两侧导轨不共面的影响；CKH-3×1300 数控板料开卷校平剪切线采用飞剪线技术，自主设计了单曲柄飞剪机，剪切过程控制平稳而快捷，独特的刀片间隙调整机构实现了自动调整刀片间隙的功能；又如 PBB2000/12000-6C 数控板料折弯机的墙板、滑块、横梁等大件采用板材拼焊，以解决板材厚度问题，并改进了焊接方式，以减少焊接变形问题。此外，用大开启高度、大行程、大喉口等结构以解决加工大工件问题，等等。今后，凡开发新产品都要注意开发应用自主研发的新技术，以不断提高产品的技

双驱动 (Y-Delta) 主轴，还有24刀具侧挂式刀库，和 710 IPM 快速进给，工作台尺寸达 30×20×20 英寸 (xyz)，特别是自动螺旋排屑器系统可维持机体内部清洁，另有可视快速代码、用户自定义宏程序、座标旋转和比例、主轴定位、可编程冷却液喷嘴和电源故障探测模块等多项功能和配备，都是十分实用的功能，在操作上更是相当人性化，易学易操作，万一出现故障则会自动停机，避免继续损伤工件和刀

具，况且不论是软件或可选配的硬件都有极大的扩充性，都是让使用者十分省心的设计。王世文举例说明他对哈斯机床的满意，他说，就像一个人有好几辆不同厂牌的车，车主对每辆车的性能肯定知之甚详，但却不可避免地会有所偏好，而哈斯恰是先创加工中心里最让人满意和偏爱的机床，因此，前后任车间主任建立起共识，如果未来要添购机床时，哈斯机床将毫无疑问的被列为首选。

术水平。

二，加强高新产品销售，推动规模持续增长

亚威非常重视新产品、新技术与市场对接，开发“领先、适用”的产品，满足市场多元化需要，不断巩固原有市场，培育新市场

新产品开发之初，总要进行大量市场调研，了解用户的需求和意见，而且新产品出样机后尽量找用户使用，以及早发现问题，加以改进和完善。如，PBB-2000/12000-6C 数控板材折弯机的样机应用于郑州宇通重工有限公司；LGS-25×101000 液压闸式剪板机，样机应用于江阴华磊金属钣金加工有限公司；SL-6×2000 数控板料开卷分条机和 CLH-6×2000 数控板料开卷校平剪切线，样机均应用于上海兴晟金属开平厂；还有 CLH-3×1300 数控板料开卷校平剪切线样机应用于比亚迪汽车有限公司，反应良好，接着又增加订货，等等。所以，亚威的产品开发与市场紧密结合，销售实现了四个突破：

- 1，大规格数控折剪机床销售取得新突破；
- 2，飞剪线在规格、品种和应用领域上有新突破；
- 3，数控折、剪、冲产品在客户服务层次上有新突破；



图1 装配车间照片



图2 黄河路厂区外观

4，出口铲平的数量、品种、规格有新突破。

因此，2010 年亚威的生产经营实现了快速增长。

▲ 1~8 月份，产、销、利总量比去年同期有大幅增长；

▲ 产品数控化率达到 90%；

▲ 目前销售继续保持增长势头，已为来年的持续增长奠定了基础。

三，为加快产业化步伐，扩大产能，要舍得技改投入

2010 年，亚威新增技改投入 1 亿元，其中，征地 104 亩，新建厂房 30000m²，将于今年 10 月底建成投入使用。亚威的厂区也有明显扩大。亚威黄河路厂区占地 380 亩（253000m²），已完成一期厂房建设，用于数控砖塔冲床和激光切割机制造，这里也是未来的亚威总部所在地；亚伟龙江路厂区占地 130 亩（86000m²），是折弯机、剪板机结构件生产基地；亚威张钢厂区占地 50 亩（33000m²）为卷板机械生产基地。再加上 2010 年新购进口落地镗铣加工中心 3 台，龙门式加工中心 5 台，这些新设备的投入使用，必将进一步提高亚威精密制造和规模化生产能力。参见图 1，2。

三，展望

展望 2011 年，亚威计划在以下三方面取得新的突破：

- 1，在生产规模、总量上取得快速增长；
- 2，在新产品、新技术的开发、应用方面取得新突破；
- 3，在信息化管理方面取得新突破。

总之，一个蒸蒸日上的新亚威正在快速成长，祝科技创新助亚威更好更快的腾飞！

中国数控机床展览会 (CCMT2010)

“春燕奖” 获奖机床 (三)

TKS6111数控卧式铣镗床

沈阳机床 (集团) 有限责任公司

TKS6111数控卧式铣镗床 (昆机) 在机床结构设计和制造技术等方面吸收了国内外先进技术, 是集现代机、电、光、液、气和信息技术为一体的高科技产品, 是加工工艺范围广泛, 精度及生产效率高的数控机床。机床配有先进高档的数控系统, 能实现任意四轴联动。适合于大中型零件多工作面的铣、钻、镗、螺纹加工、铣端面等多工序加工, 是工程机械、机车车辆、矿山设备、大型电机、水轮机、汽轮机、船舶、钢铁、军工、大型环保设备等工业部门理想的加工设备。该机床具有刚性好、精度高、可靠性强、操作方便、造型美观等特点。



主要技术参数

工作台面 (宽×长)	1250×1400mm
主轴中心至工作台台面的距离	0-1600mm
工作台承重	6000kg
主轴转速范围	7-3000r/min
X/Y/Z轴行程	2000mm/1600mm/1200mm
进给速度	1-5000mm/min
快速移动	20000mm/min
定位精度	0.012mm
重复定位精度	0.008mm
W/B定位精度	0.015mm/8"
重复定位精度	0.010mm/4"
主电功率 (连续/最大30min)	22/30 kW
主轴最大扭矩 (连续/最大30min)	1200/1640 Nm

AH110自动卧式铣镗床

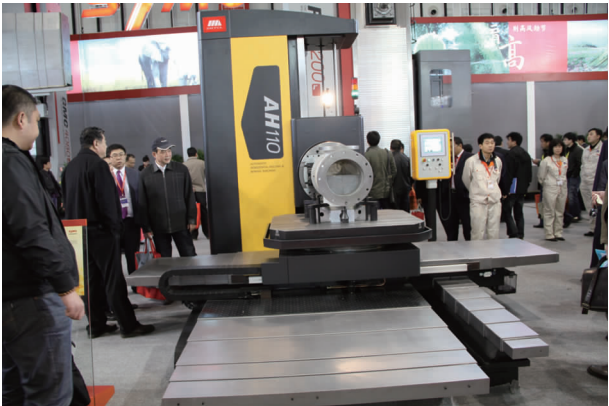
沈阳机床 (集团) 有限责任公司

(中捷钻镗床厂)

该机床是万能性机床, 可对箱体、壳体、机座等大型零件进行钻孔、镗孔、扩孔、铰孔、铰平面、铣平面、切槽等切削加工, 广泛应用于能源、交通、重型、石化机械等行业, 是加工箱体类零件的关键设备。

机床的主运动采用变频电机经齿轮两档变速, 通过屏幕可选取主轴或平旋盘, 可编辑转速并自动转换高低档, 操作方便。主轴有自动装卸刀装置; 各轴都可选装直接测量系统。主传动采用变频电机技术, 改变原有普通电机通过多级滑移齿轮改变主轴转速变化, 减少主轴箱内部齿轮数量, 降低装配难度; 主轴采用成组装配方式, 提高了装配效率; 工作台夹紧采用碟簧夹紧, 液压松开, 安全可靠。机床操作简单通过系统控制实现点位控制功能, 只需要一次对准原点, 可实现连续加工, 操作人员无需编程知识, 只要选择相应的程序就可以完成钻孔、浮动攻丝, 铣面等操作。

机床外观重新设计, 更加符合人体工学设计与审美标准。



主要技术参数

主轴直径	110mm
转速范围	8-1100r/min
定位精度	±0.02/1000mm

最大扭转力矩 1250Nm
机床承重 5000kg

RFTK6920落地镗

浙江日发数码精密机械股份有限公司

该机床具有X、Y、Z、W四个数控坐标轴，并能配备带B轴回转及V轴进给的数控回转台和车削端面及复杂型腔孔的U轴平旋盘，共具有七个数控轴，一次装夹可实现五面加工，并可以实现五轴联动；特别适合大型零件和工艺复杂的难加工零件的加工。该机床具有加工能力强，加工范围广和加工效率高的特点，适用于军工、航天航空、造船、冶金、公路和铁路等大型机械加工企业首选的数控设备。

机床主传动系统采用三挡机械变速—电气无级调速方式，使主轴实现较大范围调速，采用SIEMENS交流主轴电机，启动扭矩大，设有主轴定向功能；机床方滑枕前端面可装有四个夹紧油缸，可实现自动装夹附件功能。滑座、滑枕、主轴箱导轨采用多点闭式静压导轨，动、静摩擦系数相当；X向进给采双齿轮—进口高精度齿条消除结构，Y、Z、W向的进给传动元件采用高精度预压无间隙滚珠丝

杠；立柱、滑枕、主轴箱直线运动机构夹紧采用浮动夹紧装置，夹紧快速、可靠，确保油膜厚度不变；静压导轨采用可调节螺旋毛细管静压节流阻尼结构，安装调整方便，占用空间小。数控重型回转工作台B轴采用HEIDNHAIN圆编码器闭环控制，可实现任意360°分度（4×90°），设有液压自动定位机构；V轴采用FAGOR光栅尺实现闭环控制。

主要技术参数

X/Y/Z/W行程	8000/4000/1200/1200mm
主轴锥孔	ISO60mm
铣轴直径	320mm
主电机功率	71kW

B2-K1018双砂轮架数控跟随式曲轴磨床

北京第二机床厂有限公司

B2-K1018机床采用工作台固定，双砂轮架后移动式布局。采用国际最先进的跟随摆动式磨削连杆颈技术，通过对两个砂轮架进给轴（X1、X2轴）与工件回转轴（C1、C2轴）进行数控联动的全闭环控制，实现曲轴两个不同相位的连杆颈的同时磨削，也可实现一个连杆颈和一个主轴颈的同时磨削，或两个主轴颈的同时磨削。为国内首创第一台。

砂轮架驱动采用双后置移动十字滑台的形式，实现X1、X2轴、Z1、Z2轴方向的进给。上层的X1、X2轴采用双直线伺服电机立式安装、直接驱动；采用闭式静压导轨的结构形式，减小中间环节的传递误差，提高整个系统X轴的定位精度和反应速度；以满足连杆颈磨削的运动精度要求。下层的Z1、Z2轴采用伺服电机带动滚珠丝杆，驱动整个砂轮架滑台的纵向运动，使用V-V导轨并带有闭锁结构，可克服上层滑台和砂轮架因急剧往复运动所产生的颠覆力矩；导轨面粘贴聚四氟乙烯软带，摩擦系数小，抗震性能好，保证了Z轴方向运行的平稳性、微量进给的准确性。工件回转轴（C1、C2轴）采用力矩电机驱动。尾架移动W轴采用伺服电机驱动，使加工曲轴品种更换更为方便。

该机床彻底解决了传统偏心夹具式曲轴磨床加工柔性差，调整复杂的缺点；能够一次装夹实现曲轴连杆颈、主轴颈、止推面的批量精密加工。

该产品为国家“高档数控机床与基础制造装备”重大科技专项、国家863计划项目科技成果，可有效满足发动机制造业曲轴精密加工的实际需要和提升



国产设备制造应用水平的迫切要求，填补国内在该技术领域的技术和产品空白，可替代进口设备。



主要技术参数

最大工件直径	520mm
最大磨削长度	1400mm
中心高	350mm
数控轴数	7轴/4轴联动
CBN砂轮最大线速度	120m/s
圆度：	0.004 mm
圆柱度：	0.005 mm
表面粗糙度	Ra 0.32μm

MGK2850 高精度数控立式万能磨床

北京广宇大成数控机床有限公司

该机床采用“套筒式中间止推动静压油膜轴承”和“三面静压闭式导轨自驱式圆转台”等已获得国家专利的新技术，主要精度指标已达到国外先进水平。

三面闭式静压回转工作台采用三面闭式静压原理制造，静压区域遍布工作台的径向及轴向，静压区域大，工作台回转平稳，承载力高。工作台中心回转精度 $\leq 0.5\mu$ ，工作台外延回转精度 $\leq 1\mu$ ，工作台最大承载力1000kg。

MGK28系列高精度数控立式万能磨床确保加工零件圆度 $\leq 2\mu$ ，工件平行度 $\leq 1\mu$ 。

主要技术参数

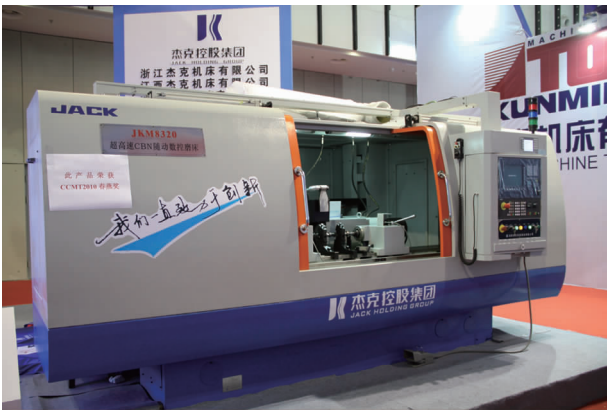
最大加工外径	600mm
最大加工内径	450mm
最大加工高度	400mm
工作台直径	500mm
工作台转速	1-300r/min
工作台最大承载力	1000kg
主轴最大转速	4500r/min

JKM8320超高速CBN随动数控磨床

江西杰克机床有限公司

机床采用了淬硬钢材料超高速磨削工艺、CBN砂轮，开发并应用了切点跟踪随动磨削工艺和相应软件，建立了非圆轮廓数学模型，实现了圆与非圆轮廓的复合磨削，解决了非圆轮廓等异型类零件加工的难题。自主研发磨削非圆轮廓计算机软件仿形技术，具有自主知识产权，其整体技术居于国际先进水平。

采用自主研发了静动压轴承大功率高速电主轴单元、直线电机和圆柱静压导轨组合的精密进给系统、超高速内置式在线动平衡磨削装置；线速度可达160M/S，随动磨削数控软件人机界面友好，操作方便，机床加工效率高，产品质量稳定。



主要技术参数

CBN砂轮最高线速度	160 m/s
头架转速（无级调速）	0-600r/min
可磨削最大直径	200mm
可磨削最大长度	1000mm
可磨削工件最大重量	70kg
尾架套筒移动量	20mm
砂轮架进给最大速度	30000mm/min

NBS1700CNC3数控拉刀刃磨床

金华市纳百川机械有限公司

机床采用SIEMENS 802D sl三轴或SIEMENS 840D六轴数控系统配备Marposs测量头，可自动测量工件和砂轮修整器的位置，实现对需修磨拉刀的自动测量、修磨，砂轮自动轮廓修整、自动补偿。彻底将人从繁琐的简单重复高强度的劳动中解放出来，消除人为因素对刀具修磨精度的影响，提高了加工效率，实现了拉刀磨削精度的稳定之保证。

通过精确测量保证了拉刀在刃磨过程中每次都

有均匀的加工余量和恒定的集合形状，从而提高了拉刀刃磨次数和使用寿命。每把拉刀经过该机床刃磨后都具有平滑的过渡表面，使拉刀可加工工件数量更多。



机床采用工作台固定，磨头移动结构，同时磨头还有两个垂直方向的旋转B轴和C轴，可根据不同拉刀刃磨的需要调整磨头的角度，调节范围广，这两轴的旋转还可从客户的需要出发，根据客户的需要采用数控和手动两种，满足不同拉刀刃磨客户的需要。由于工作台静止不动，直接装在床身上，刚性好，精度稳定，其长度还可随拉刀长度需要而改变。

这台产品的成功研制填补了国内数控工刀具磨床行业的空白。

H236A 数控曲轴连杆颈磨床

上海机床厂有限公司

H236A是专门用于磨削各种曲轴连杆颈的全自动数控曲轴连杆颈磨床。具有自动夹紧、自动放松、自动分度、自动端面定位、无空程磨削、数字进给、自动跟踪中心架、自动修正、自动补偿、自动测量、自动润滑、自动冲洗、可编程控制、气浮移动头、尾架以及循环动作安全连锁等功能。

该产品为一台八轴数控，两两联动，液压分度，电器系统同步的全自动曲轴连杆颈磨床，实现了工件夹紧、放松、定位、磨削、测量、分度、中心架支撑、砂轮修整、冲洗等一系列的全自动化过程。

针对磨削大偏心曲轴，专门设计了重型头、尾架及其卡盘，确保其可以稳定驱动300kg大片心曲轴。机床头、尾架由数控驱动，电器实现高精度同步，经过一对消除斜齿轮驱动主轴，显著提升了连杆颈的磨削的圆度。头、尾架移动为气浮移动，大大减

轻了劳动强度。卡盘固定在头、尾架主轴端面上，卡盘上设计有平衡块，使质量平衡，消除振动。卡盘设计为双爪同轴向位置液压同步夹紧、放松，解决了所需夹紧力大与卡盘又不能太大的矛盾。

自动分度卡盘安装在头架主轴端面上，采用液压自动分度，机械定位，使其中之一的连杆颈位于正确的磨削位置，通过两个油缸分别驱动两卡爪，进行同步夹紧、放松工件，在夹紧安全方面，设计有两单向阀，从而保证了机床在运转过程中突然断电，工件也不会松开。在分度正确性方面，通过安装在头架体壳上相应的无触点感应开关发讯控制，使工作台跳档与分度相位一一对应，从而保证分度与跳档的正确性。便于用户实现多品种生产。而且也可设计为数控任意相位的分度，增加了机床设计的柔性。

头架与尾架同步系统，确保了头架与尾架在曲轴类工件加工过程中的精确同步，显著降低了曲轴在加工过程中的扭曲变形，提高了连杆轴颈的圆度和圆柱度，保证了轴颈在纵向截面的尺寸一致性。该系统采用高压、高精度薄膜反馈静压轴承支撑，回转精度高、刚性好、运转平稳可靠，攻克了工件在交变磨削载荷作用下的稳定驱动关键技术。



主要技术参数

最大工件回转直径	550mm
最大工件安装长度	1700mm
最小工件安装长度	500mm
卡盘间最大长度	1425mm
最大工件重量	300kg
最大砂轮直径	1100mm
偏心距	65~100mm
中心架上可磨直径	80~140mm
X轴定位精度	≤0.008mm
X轴重复定位精度	≤0.004mm

Z轴定位精度	≤0.016 mm
Z轴重复定位精度	≤0.008mm
砂轮架进给分辨率	0.0005mm
砂轮架进给速度	0.1~5000mm
工作台移动分辨率	0.001mm
工作台移动速度	01~8000mm
加工圆度	0.004mm
圆柱度	0.005mm
角相偏差	±8"
连杆颈中心线对主轴颈中心线的平行度	0.008mm
表面粗糙度	Ra ≤0.63μm

MK84160/8M/63T重型数控精密轧辊磨床

天水星火机床有限责任公司

该机床广泛适用于造纸、轧钢、铝箔、塑料、橡胶等行业实现精密加工轧辊零件的重要精密加工设备，可磨削各种轧辊、支撑辊、压辊、烘钢等。

该机床采用分离式布局、阶梯床身结构，拖板床身采用静压技术及弹性基础，稳定性高；磨头采用六腔动静压技术，精度高和稳定性好、刚性大。采用机械式辅助启动装置，保证工件平稳启动，有效节约能源。采用静压偏心套技术。磨头主轴采用先进的自适应抗弯主轴结构，保证砂轮磨削时的平稳性，确保磨削工件的圆度和粗糙度。

该机床在SIEMENS840D系统的基础上进行了二次开发，增加了快捷的磨床专用功能，系统具有智能诊断功能；床身采用封砂结构并经多次时效和振动时效处理，磨头电机移动采用随动机构移动。

主要技术参数

最大磨削直径	1600mm
工件最大顶磨重量	32000kg
磨削最大长度	8000mm
工件最大重量	63000kg
砂轮主轴直径	120mm
头架主轴转速	无级4~50r/min
中高度（半径上）	0.001~2mm
圆度	0.002mm
圆柱度	0.003mm

HELIX-CNC-5D自动上下料五轴联动数控工具磨床

武汉华中数控股份有限公司、上海黑格数控科技有限公司

采用数控工具磨床对刀具进行磨削加工必须依

靠刀具磨削加工技术和编程技术，而各种复杂形状刀具的磨削加工技术和编程软件，目前在国外也属于专利技术或保密技术，价格非常昂贵。正因为如此，目前世界上也只有少数厂商能够生产高性能的数控工具磨床。华中数控与上海黑格数控科技公司合作生产的配备具有自主知识产权的华中数控系统的五轴数控工具磨床，成功地实现了对圆柱/圆锥立铣刀、球头铣刀等刀具的刀面修磨，已经形成了批量生产和批量销售。该机床具有如下技术特点：



- (1) 复杂刀具数学建模与五轴联动数控磨削工艺原理；
- (2) 五轴联动数控编程技术及其在复杂刀具数控磨削加工中的应用；
- (3) 可重构复杂刀具数控磨削编程软件技术；
- (4) 采用独有的数控分度轮盘和机械手结构，实现工件自动上下料；
- (5) 独有的砂轮下位刀具数控磨削技术。

H350G数控螺旋锥齿轮磨齿机

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司

H350G型螺旋锥齿轮磨齿机为八轴五联动数控机床，由X、Y、Z三个相互垂直的直线轴和A、B、C、U、W五个旋转轴构成，其中砂轮主轴（C轴）配置偏心磨削机构（W轴），该机床可以磨削各种方法加工的弧齿锥齿轮和准双曲面齿轮。与YK2050相比，有以下改进和创新：

◆B轴传动改用数控转台+连杆推动的方式，这是继Gleason凤凰一代摩擦轮、凤凰二代连杆推动、Oerlikon数控转台+双齿轮传动之后的一种新结构，解决了YK2050摩擦轮打滑和坐标原点漂移的问题，该结构已经获得了实用新型专利，发明专利在审批中；

◆工件主轴（A轴）采用力矩电机驱动，提高了机床的加工精度，同时，机床整体结构更加紧凑；

◆Y轴传动取消了平衡油缸，采用大电机、大丝杆传动，提高了机床的动态性能；

◆取消了手动余量分配规，采用自动余量分配；

◆可以对齿轮进行在机测量其精度；

◆配备了电动灭火装置。

H350G型数控螺旋锥齿轮磨齿机通过采用新的B轴传动结构，彻底解决了机床坐标原点漂移以及齿面磨削波纹的问题；通过整机结构的优化设计及其与数控系统响应特性的最佳匹配，机床的动态性能大幅提高，磨齿加工效率和加工精度均达到国外同类产品的技术水平。

主要技术参数

最大加工工件直径	350mm
最大加工模数	10mm
使用砂轮直径范围	6"~9"
砂轮轴转速	0~4000r/min
工件轴转速	47~130r/min
磨齿精度5级以上	(GB11365-89)
机床联动轴数	8轴5联动

YKT5150提拉式数控插齿机

湖北宜昌长机科技有限责任公司

机床采用立式纵向布局，立柱移动作径向进给，滑座上下移动实现刀架提拉。机床的床身导轨拟采用直线导轨，立柱垂直导轨采用镶钢导轨加滚动体，保证机床的高运动精度和高刚性。主驱动采用了“急回特性”机构。通过使用一对非圆齿轮，改变加工过程曲线，实现工作行程接近匀速，空行程快速返回，极大的提高了机床的加工效率和加工质量。机床的柔性更好，加工空间更大，对许多双联或多联齿轮也可实现一次装夹，多工位加工。

机床的工作精度很大程度上取决于工作台的运动和分度精度，为了保证工作台的高精度，工作台的驱动采用双蜗轮蜗杆副结构，加工精度达到4级以上。工作台的定位采用高精密转台轴承，保证了工作台的径向跳动和的端面跳动都在0.008mm之内。大功率、高精度伺服主轴电机驱动，配合高分辨率的编码器，使机床刀轴准确地停止在任何角位移上，为行程长度自动调整做好方位控制。通过非圆齿轮传动使机床主运动具备“急回特性”，改善机床的加工性能，提高刀具的使用寿命和机床的加工效率。

刀架主轴既要实现插齿的主运动即刀具上下往复运动，又要实现插齿的圆周运动即刀具的旋转运动，两种运动的叠加在刀架体上实现。本机床刀架主轴采用静压导轨，保证机床加工的高精度、高速度和高刚性，同时提高机床的使用寿命。主轴的旋转运动采用伺服电机直联高精度双导程蜗轮副驱动，减少中间传动环节的间隙和传动误差；加上静压油膜厚度和油压的精确控制，使蜗轮的径向跳动和轴向跳动都控制在0.005mm之内。

刀具的提拉由立柱上下移动来实现，立柱的导向用高刚性、高精度的镶钢导轨，导向精度高，同时由于立柱的大惯量，确保了刀架提拉运动的高刚性。立柱的移动采用伺服电机通过一套蜗轮副驱动精密滚珠丝杠来实现。蜗轮副的自锁功能保证刀具调整到位后位置不会发生变化，采用的锁死机构，保证机床在加工过程的高刚性。



主要技术参数

最大加工直径	500mm
最大加工模数	10mm
最大加工齿宽	200mm
数控轴数	6

重庆机床集团国家重点新产品介绍

YS3118CNC5高速数控滚齿机

重庆机床集团及所属二机公司自主研发的新产品 YS3118CNC5 高速数控滚齿机（项目编号：2010GRF10009）和（项目编号：2010GRF10013）双双被国家科技部列为2010年度国家重点新产品计划项目。

YS3118CNC5是一种针对轿车、摩托车齿轮大批量、高精度的加工要求设计开发的达到当今国际先进水平的高速、高刚性、高性价比数控滚齿机。产品采用新工艺和新结构，通过三维建模、有限元拓扑分析和运动分析，在机床设计阶段进行整体优化，实现机床轻量化，达到节能降耗、减小机床占地面积；在保证机床优越性能的同时，尽可能降低生产成本。工作台带液压阻尼的高速、高精度（无隙）齿轮分度副，实现高速高精度的无隙分度，保证高速加工条件下的高精度。开发了新型高精度主轴支承系统以解决主轴系统的精度可靠性和支承刚性。可实现滚刀的快换、加工精度在温度变化时的可靠性和稳定性。提升了滚齿加工的刚性。产品还攻克了高速滚齿中主轴润滑、机床的热平衡和切屑

防护和排除等难点问题。

YS3118CNC5为五轴数控、四轴联动数控高速滚齿机，五个数控轴分别为：B—滚刀主轴回转运动，C—工作台回转运动，X—径向进给运动，Y—切向进给运动，Z—轴向进给运动。标准机床联动轴为B、C、X、Z轴。机床各数控运动轴均由独立交流伺服电机驱动，用“电子齿轮箱（EGB）”实现分度运动、差动补偿完成用展成法加工各种齿类零件，产品形成了4-6轴数控模块化系列滚齿机。该系列机床在热变形、动、静刚度、精度和可靠性等基础共性技术方面做了深入研究，很好的实现了机床对刚度、精度和可靠性及节能降耗的要求；设计了新型床身，较好解决了加工时机床热平衡问题。产品在最大限度地减少能耗和企业初期投资的同时，以其优越的综合性能，受到了用户的好评；其模块化成套技术及共性技术的研究为其余系列数控滚齿机的研制奠定了坚实的基础。该产品很好地替代了相关类型的普通滚齿机，满足了机床升级换代的要求，并屡次在国际竞争中获胜。该产品具有较大的国际市场空间和市场竞争力。



主要技术参数

最大工件直径	180mm
最大工件模数	4mm
最大轴向行程（Z轴）	285mm
加工齿数范围	4-1000
最大滚刀直径×长度	110×160mm
滚刀主轴锥孔	ISO40
工作台台面直径	195mm
刀架最大回转角	±45°
滚刀中心至工作台中心距离	25-195mm
滚刀中心距工作台台面距离	200-485mm
小立柱顶尖端面距工作台台面距离	350-740mm
滚刀窜刀距离/Y轴切向行程	120mm
主轴最高转速（B）	1000r/min
工作台最高转速（C）	200r/min
数控轴直线坐标分辨率	0.001mm
数控轴回转坐标分辨率	0.001°
机床主电机功率	7.5kW

CHK460、CHK560全功能数控车床

CHK460和CHK560车床属国家装备制造业优先支持发展的高速、高精度数控机床领域。项目主要完成了CHK460、CHK560数控高速控制技术研究；机床高速高精度主轴系统的研制；机床高速、高精度进给系统的研制；机床热变形控制技术的研发；机床智能化及自动化系统的研发。项目以可持续发展、绿色制造为宗旨，采用国内先进的数控技术作支撑所进行的研究，技术水平属国内先进水平。目前，项目已形成产品系列化、配置多样化、功能扩大化的生产格局，实现产业化生产，是汽车、摩托车、仪器仪表、军工等用户的精良装备，车床的加工精度、操作方便性、工作可靠性等方面均得到重点用户的肯定。

该项目主要是通过对国内外相关技术的吸收和创新，成功的进行了高档、高精度、高速数控车床的关键、共性成套技术攻关，提升了我国机床行业的技术水平，满足了国内汽车、摩托车等行业对高速、高精数控车床的要求。项目的实施进一步扩大了重庆造数控机床的市场占有率，提高了数控机床产品的档次与产量。

主要技术参数 CHK460 / CHK560

床身上最大回转直径	460mm/560mm
床鞍上最大回转直径	260mm/320mm
最大车削工件长度	420mm/750mm

最大车削工件直径	
轴类零件300mm (推荐205mm) /200mm (推荐175mm)	
盘类零件	450mm/360mm
主轴通孔直径	62mm/92mm
主轴内孔锥度	莫氏6号1: 20
主轴头部形式	A2-6/A 2-8
主轴转速范围	100~5000r/min/15~3500r/min
主电机功率	7.5/11kW/15/18kW
床身倾斜角度	45°/45°
X/轴行程	15+185mm/20+260mm
Z轴行程	420mm/750mm
X轴快速移动速度	24000mm/min/12000mm/min
Z轴快速移动速度	24000mm/min/18000mm/min
滚珠丝杠直径	32mm/32mm/40mm/40mm
刀架刀位数	12/12
转一刀位并锁紧时间	0.45s/0.35s
刀架锁紧力	3800kg/4300kg
尾座套筒直径	60mm/75mm
尾座套筒行程	100mm/120mm
车床总功率	25kW/30kW

工作精度

圆度	0.003mm
圆柱度	300: 0.015mm
平面度	200: 0.010mm
表面粗糙度值	Ra0.8μm
X/Z轴重复定位精度	±0.002mm/±0.003mm
表面粗糙度值	Ra0.8μm
刀架重复定位精度	±1"

业界动态

CIMT2011 新闻发布会 IMTS 成功召开

当地时间 2010 年 9 月 14 日下午，中国机床工具工业协会在美国芝加哥 IMTS2010 国际机床展览会举办地，McCormick（麦考米克）展览中心召开 CIMT2011 新闻发布会。来自世界各地的相关行业协会、新闻媒体和企业代表等 70 余人参加了新闻发布会。

新闻发布会由中国机床工具工业协会副秘书长李晶明主持，中国机床工具工业协会王黎明执行副理事长作新闻发布。中华人民共和国工业和信息化部

部规划司副司长刘贤利先生、中国国际展览中心集团公司华港公司总经理郑艳女士出席了新闻发布会。美国制造技术协会（AMT）副总裁伊满仁先生发表了热情洋溢的讲话。

王黎明执行副理事长在新闻发布中介绍了中国经济和机床工具行业当前形势、中国机床市场需求和将于 2011 年 4 月在北京召开的第十二届中国国际机床展览会（CIMT2011）的筹备情况。

全球最大全数控螺旋锥齿轮磨齿机YK20160问世

2010年8月，历时两年，凭借自身掌握的核心关键技术和多年的齿轮机床研制技术，通过对世界最新设计技术和制造技术的消化吸收和自主创新，湖南中大创远数控装备有限公司研制的全球最大全数控螺旋锥齿轮磨齿机YK20160成功交付。

该机床在2010年中国数控机床展（南京）获得中国机床工具工业协会颁发的“春燕奖”并在展会上被江苏客户订购。YK20160全数控螺旋锥齿轮磨齿机成功研制，解决了困扰我国传动装置关键技术中一直以来存在的复杂、大型、高精度螺旋锥齿轮的批量加工制造瓶颈问题，为传动装置的复杂化、大型化、高精度化、批量化应用提供了保证，标志着中国在大型装备的传动装置制造技术上取得了重大突破，推动中国成为了世界最大的高档数控螺旋锥齿轮机床制造国家。

YK20160型全数控螺旋锥齿轮磨齿机是七轴五联动全数控弧齿磨齿机床，机床采用展成法加工弧齿锥齿轮，机床防护采用全封闭式自动门结构。

YK20160型全数控螺旋锥齿轮磨齿机配有独立的磨削油冷却过滤系统，高效的油雾收集装置（空气净化装置）及集中润滑系统，同时还带有余量分配规和在线测量系统。机床磨削精度达到国标

《GB11365-1989锥齿轮和准双曲面齿轮精度标准》GB5级精度的各项技术指标，齿面粗糙度 $\leq Ra0.8\mu m$ 。

1 机床总体结构

YK20160全数控螺旋锥齿轮机床主机示意图如图2，主要包括床身组件、立柱组件、回转台组件、砂轮组件、工件箱组件、砂轮修整器组；另外辅助部份包括电气系统、液压系统、气动系统、冷却过滤系统、润滑系统、外防护、内防护、油雾分离装置。

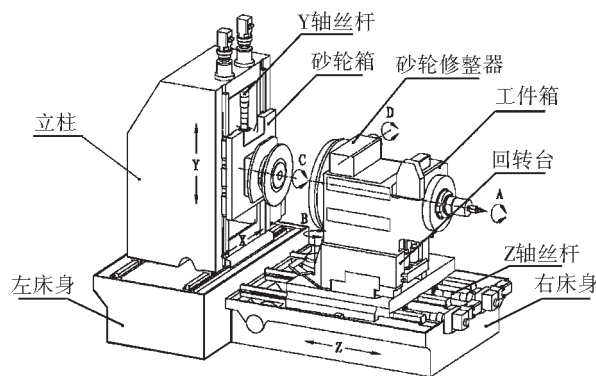


图2 YK20160示意图

2 关键技术参数

最大加工直径：1600mm

主轴内孔直径：400mm

砂轮直径：21~40英寸

最大加工模数：40mm

最大加工齿深：76mm

最大加工齿面宽：250mm

加工精度：GB 5级

磨齿机可选配在线测量系统和砂轮在线动平衡



图1 YK20160全数控螺旋锥齿轮机

系统

3 机床加工软件10大基本功能模块

数据库管理
高精度磨削工艺柔性控制
砂轮检测
砂轮多次修整控制
在线自动余量分配
在线齿轮精度检测
功率监控及记录
报警及帮助
远程诊断
断电回退及故障回退

4 技术创新

4.1 大规格杯型砂轮

公司已与国内知名砂轮厂进行合作开发，已成功研制出大规格的杯砂轮，砂轮系列包含21~40英寸，并成功应用于YK20160机床上磨削加工大模数、大直径的弧齿锥齿轮。



图3 大规格杯形砂轮

4.2 砂轮磨损规律的研究及其补偿技术

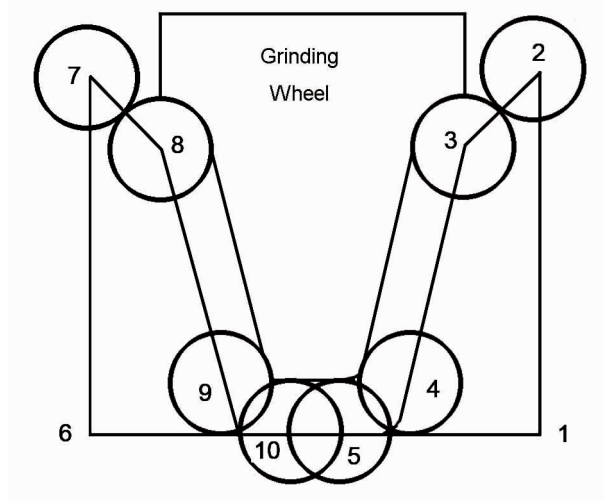
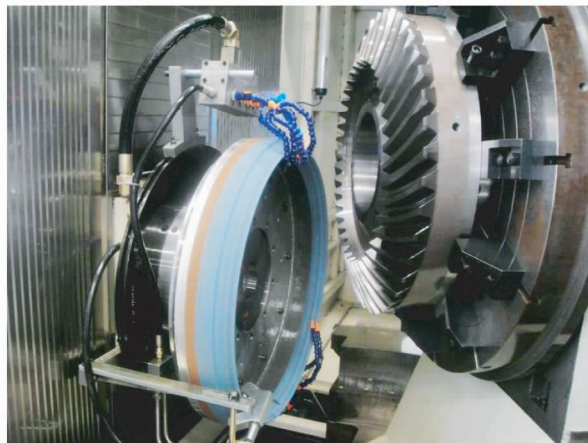
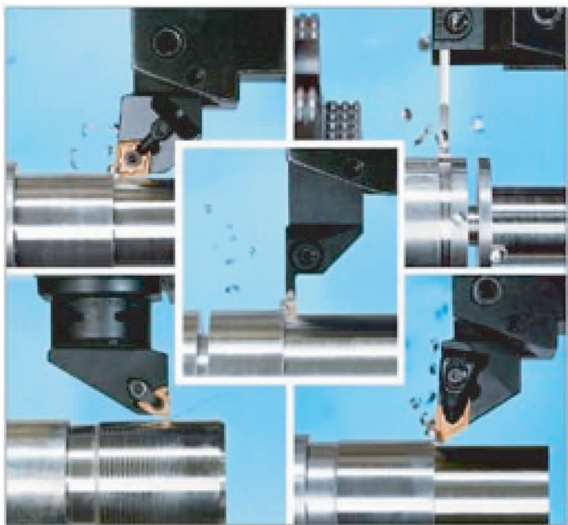


图4 砂轮补偿技术

中大创远与湖南大学国家磨削中心开展技术合作，对磨削过程砂轮磨损、修整建立数据库，为客户加工高精度齿轮提供工艺保障。

传统车削技术的创新

传统ISO车削技术里的创新和高技术替代方案一样重要



许多讲座、研讨会和专业刊物都相当关注诸如高硬度材料车削、超精加工、干式和高速车削之类的先进技术，而传统ISO车削技术里的发展看起来似乎是停滞不前。但事实却远非如此。由于多方向车削这样低成本的技术通常有更惊人的生产率提高也能通过非传统替代方案获得，但是通常起点成本要低得多。同时新的硬质合金材质等级研发使得ISO车削和硬材料精密车削之间的界限似乎正变得模糊不清。

在工程界所有的事情都围绕着提高生产率和降低成本。生产率是在给定时间内用现有的生产设施生产的合格产品数量。获得这些产品的总成本是材料成本、刀具成本、机床成本、工资支出加上为冷却、安全、基础设施等的企业一般管理费用的合计。

如果我们只看刀具，那么提高质量和更高的切削参数提供增加生产率的机会。通过采用适当的刀具和降低切削参数而延长刀具寿命来降低成本属于其它的可能因素。尽管刀具成本占总成本的比重较小，不管怎样增加刀具寿命对于总成本是有正面影

响的。如果大幅提高切削速度，刀具寿命下降，则需要更多的刀具来生产同样数量的产品。为了缓和采购成本和生产率之间的利益冲突，接下来要做的事情就是研发更高级的刀具和切削材料。

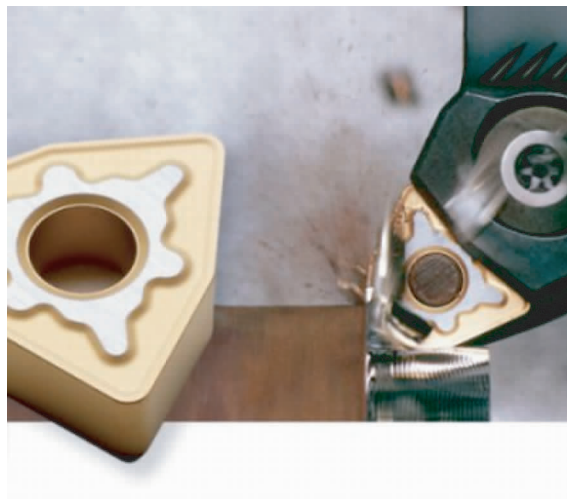


图1 降低成本和提高生产率的基础：好的刀具，正确的切削参数，良好的加工工艺知识

传统车削

尽管硬车削、干式车削（或者最小量润滑车削）和高速车削等新技术应用日益广泛，在多数公司里，车削技术仍然被视为传统技术。如铣削加工日益采用更高切削速度的方法，在车削加工中却很少使用。部分原因是所谓的ISO车削开发肯定不是停滞不前。这些新技术的优点是在初始费用不是很高（不需要新机床或新设备）的前提下确实能很快获得生产率的提高并降低成本。

刀片选择系统

面对品种数量巨大的硬质合金刀片，用户几乎分辨不清该选择什么型号的刀片来加工某种材料。为此，刀片制造商开发了刀片选择系统，将所有相关信息印刷在刀片包装盒上，帮助用户清楚地了解

在某一特定情况下那种刀片是最佳选择。

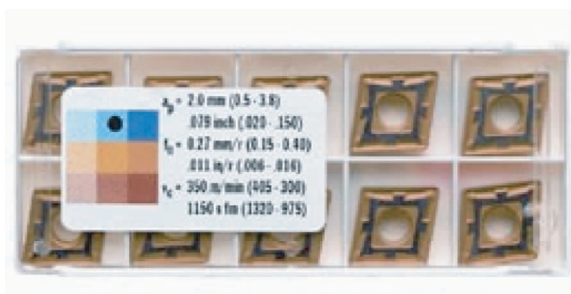


图2 刀片选择系统在包装盒上给出所有相关信息

如果实际应用设计到硬质合金材质等级和断屑槽形式的选择时，刀片选择系统分类模型能够解决现存的ISO标准模棱两可的问题。通过实际工况可确定选择什么样的刀片。对从技术层面上能够从众多的刀片中选择出最合适的刀片。刀片测试试验能够得到哪一种刀片和切削参数加工某种材料效果最令人满意。一个重要的评判准则还是刀片的刀具寿命。这样如果你大量的刀片库存，则针对每一种工况都能找到最合适的刀片。

对于一个给定的车削应用，使用刀片选择系统能够很容易地、系统地快速选择一种合适的刀片（在技术上性能良好和具备应用范围广两者之间获得最佳平衡）。这是通过使用三种基本种类的材料（碳钢、不锈钢和铸铁）和三种加工工况（精加工、半精加工和粗加工）组成的矩阵来实现的。对于这九个基本应用，每一个都定义一个推荐的基本刀片。接着在对这个推荐的基本刀片进一步进行优化，将硬质合金材质等级和断屑槽形两者分别都被考虑进去。根据刀片选择系统，可行的刀片实际上被标记在刀片包装盒上。刀片包装盒上表示了应用的范围（在九个方块组成的矩阵里）和基本切削参数（推荐的切削速度、进给量和切削深度）。

多方向车削

所谓的多方向车削（MDT）是用一把刀具完成涉及端面和轴向车削、内孔和外圆车削、切断、仿形车削、割槽以及最近增加的螺纹车削在内的所有车削加工。具备这种多功能的刀片在各个方向都受到交变应力。因此这牵涉到刀片和刀杆之间的完美连接问题。有的刀具制造商为此设计了一种顶部V形压紧同一种锯齿形刀片接触表面结合的方案（图3）。

这种设计能保证在换刀片时有一个精确的位置



图3 顶部V形压紧面同锯齿形接触表面结合

（精确度），而且刀片在刀杆里有最大的稳定性。对于安全性、加工能力、工件表面质量、避免振动和重复精度来说，稳定性是关键因素之一。

图4对于有许多不同的直径、窄槽和轮廓的小型复杂工件来说，多方向车削是一种有优势的技术。

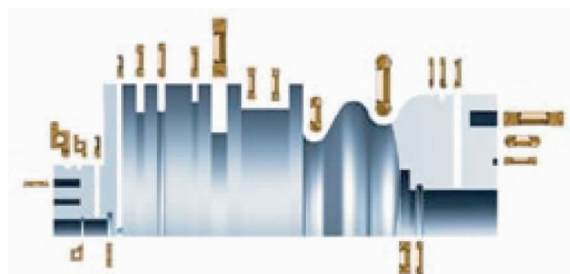


图4

多方向车削特别适用于有许多不同的直径、窄槽和轮廓的中小型复杂工件。其典型例子是齿轮箱的轴、曲轴、凸轮轴、接头等。对于这种类型的复杂工件用一把MDT车刀就能代替一整套刀具，其结果是节约了加工成本。这里还有一个明显的物流方面的好处：库存刀具数量大量下降。

多方向车削刀片还有单头或双头、有断屑槽和无断屑槽、不同的刀尖圆弧半径、有不同的几何形状、不同种类的硬质合金制成、不同的刀片宽度等可供选择。

最经济的选择是双头刀片（刀片的两端都有切削刃）。如果应用场合需要整个刀片长度上都要有后角，最好选择单头刀片。在低速低进给条件下应该

选择窄刀片。大切深高进给时推荐宽的刀片。所需的刃口形状直接和应用有关。例如有针对精加工和切深槽、普通车削和切浅槽、普通仿形车削、切锁紧环槽、动态和静态O形圈槽等加工的各种形状的刀片。针对特殊应用，刀具制造商还可以提供包括许多特殊形状和槽形的刀片。最后，当然还可以选择不同的硬质合金材质等级。

新的硬质合金材质等级

在ISO车削范畴里，自从多方向车削刀片出现后，多方向车削在早已家喻户晓的ISO刀具里赢得一席之地。可是这些ISO刀具仍然继续扮演一个很重要的角色，即使是仅仅因为它们仍然代表刀具预算里最大的成本项目。目前的趋势是朝向进一步成本控制，这就是为什么那个领域的开发是如此的重要。用这些刀具来既提高生产率又控制成本就显得尤其重要。

图5断屑槽图给出了根据可能的应用和进给量的不同断屑槽形的图例解释。选择一种良好的断屑槽和正确的进给量是形成优化加工的基础。

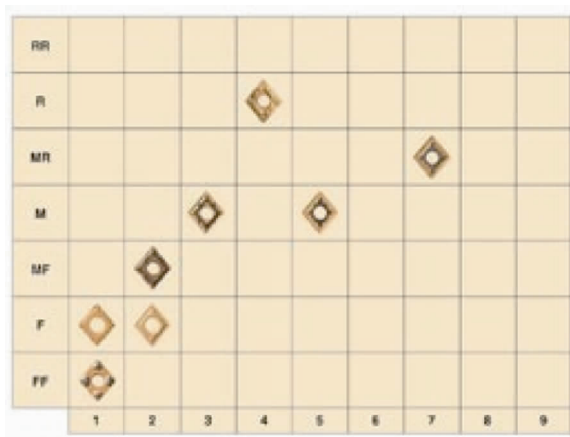


图5

断屑槽形当然是首要的要素。如果在车削过程中切屑形成和控制未达到最优化，其他都要免谈。针对提高生产率而不会造成成本成比例增加的一个要素是高进给量车削。获得最优化（高效和便宜）车削的基本原则仍然是以可能的最高进给量进行加工。而且当然要保证断屑槽形适合这样做。对这个基本原理有严格影响的工艺是精加工。但自从有了修光刃刀片上述的基本原理也能应用到精加工。

图6有了修光刃槽形就能在高进给量下获得良

好的表面粗糙度。因此在精加工时也能针对更好的生产率和更低的成本进行优化。



图6

为了获得良好的表面粗糙度必须使用相对较低的进给量。自从车刀片有了修光刃槽形，情况就不再这样了。精车时选择很高的进给量而且仍获得好的表面粗糙度现在是可能的。使用这些修光刃槽形的另外一种可能形势仍保持低进给量，但是因此可获得相当于磨削的表面粗糙度。其他的要素是硬质合金材质等级。如果我们确信排屑良好可靠，我们就能够把硬质合金材质等级（和切削速度）作为优化的目标。

结论

和铣削加工相比，车削近年来亮点较少。不管怎样，刀具并没有在这方面停滞不前，而能得到的



图7

基于三维偏差分析技术的尺寸公差设计应用

泛亚汽车技术中心有限公司 马振海 李应军 曾 贺 胡 敏

摘 要： 整车开发过程中需要完成成百上千个零件的公差设计，为达到设定的质量目标，高效准确的偏差分析控制成为公差设计中的重要环节。本文介绍了三维偏差分析采用的算法、虚拟样车偏差分析模型建立开发流程、尺寸项目开发中的公差分配设计方法；并结合国内自主开发项目多个实际案例，列举了关键区域三维偏差分析理论计算数值与实际生产数据置信度对比；证明可以通过建立了虚拟工程样车系统，完成车身装配的匹配优化、公差设计，可以减少为实现尺寸匹配而进行多轮物理螺钉车制造活动，节约项目开发时间和成本。

关键词： 公差设计； 偏差分析； 尺寸工程； 蒙特卡洛模拟法

Abstract: In order to achieve vehicle quality object, nearly need finish hundred or thousands parts tolerance allocation, high-efficiency、accurate variation analysis is one of most important process in vehicle dimension tolerance development. In the paper, introduce 3D variation analysis technology's calculate method、3D model created method of virtual mule car; Associate with independently development project cases, finish key focus area correlation study between virtual analysis data and factory production data; Study prove that virtual mule car model could support vehicle assembly matching optimized, tolerance design, which can substitute for cycled physical mule car function matching process, saving vehicle development timing and cost.

Key words: Tolerance design; Variation analysis; Dimension Engineering; Monte Carlo simulation

在整车设计和制造各个阶段的各种偏差中，零部件偏差是导致整车装配总偏差的关键因素之一。零部件公差是确定模具、检具、工装夹具公差的基础，公差制定、分配不合理会造成模具、夹具的大量调整，造成生产成本上升。国内外先进汽车设计公司设有尺寸工程部门，利用公差分配技术将公差目标分配到各级并进行公差精度优化，保证产品质量。公差分配技术是指依据整车各子系统产品功能、外观感官质量和总体技术要求，考虑制造系统的经济工艺能力，在整车开发设计阶段为零部件合理地分配公差^[1-2]

主流公差管理模式有两种，一是日系企业以经验为基础，将整车公差目标层层分配到白车身总成、底板总成、大总成、小总成以及单件，并通过工程样车制造来验证调整设定的公差；二是欧美以先进的偏差分析软件为技术手段，结合工程经验，将整个尺寸链通过虚拟仿真的方式完成整车及零部件公差管理。本文将会介绍泛亚汽车技术中心现阶段是如何结合国内零部件生产制造能力，借鉴欧美先进三维偏差分析公差管理软件技术手段，实现车身公差管理系统化和标准化。

生产率提高和成本节约是使人印象深刻的。

图7 现代车削刀片性能由硬质合金材质等级（基体和涂层）、宏观角度、断屑槽形、刀尖角度和微观角度（切削刃角度）决定。

一方面有许多加工技术上的改进，其中硬车或许被认为是最重要的。另一方面有许多刀具技术里的重要改进，其中多方向车削刀具技术是最耀眼的。

但是绝大多数的车削加工（当然是小批量生产）仍使用传统ISO刀具。为了使这些刀具和相应的切削工况有利可图，对车削过程进行优化当然是值得注意的。在上世纪80年代中期最初的优化浪潮之后，最近开发的断屑槽和刀尖角度的新一代硬质合金材质等级形成了第二波优化浪潮的推动力。□

1 三维偏差分析软件及算法

专业公差管理软件主要有3DCS和Vis_VSA, 分别由DCS及UG公司开发的一套零件、装配件公差分析与设计软件。目前国内能够独立应用这些软件进行公差设计的整车厂较少, 国内开展基于三维偏差分析的公差设计工作更多地是采取与商业咨询公司联合应用这些软件开发尺寸系统。本文中公差管理理论分析计算应用的是3DCS软件。

1.1 偏差分析软件算法

公差分析的方法有极值法和统计公差方法两类, 根据分布特性进行封闭环和组成环公差的分析方法称为统计公差法^[3-4]。为了便于描述, 先定义公差函数。公差函数是尺寸链中欲求解封闭环或组成环与已知组成环和封闭环函数关系的表达式, 设公差函数为:

$$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

式中, y 为欲求解的封闭环或组成环的尺寸及偏差; n 为已知组成环和封闭环的个数; $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为相互独立的已知的组成环和封闭环的尺寸及偏差。对于线性尺寸链, 可以从极值法的公式中推导出公差函数; 对于非线性尺寸链, 公差函数没有统一的表达式, 要根据尺寸链的几何关系确定。

3DCS软件中采用蒙特卡罗模拟法进行公差模拟分析。蒙特卡罗算法的基本思想为当所求解问题是某种随机事件出现的概率, 或者是某个随机变量的期望值时, 通过某种“实验”的方法, 以这种事件出现的频率估计这一随机事件的概率, 或者得到这个随机变量的某些数字特征, 并将其作为问题的解。用蒙特卡罗算法求解公差问题, 其实就是把求封闭环尺寸公差的问题转化为求解一个随机变量的统计问题来处理; 封闭环尺寸公差的确定, 采用随机模拟和统计实验的方法求解, 用这种方法得到的结果比较符合实际情况^[5-6]。用蒙特卡罗模拟法进行公差分析的具体步骤为:

- ①明确各组成环的分布规律;
- ②根据计算精度要求确定随机模拟次数 N ;
- ③根据各组成环尺寸的分布规律和分布范围, 分别对其进行随机抽样, 从而得到一组已知组成环和封闭环尺寸的随机抽样 $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$;
- ④将随机抽样 $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ 代入公差函

数, 计算未知的封闭环或组成环尺寸, 得到该尺寸的一个子样;

⑤将步骤③、④重复 N 次, 即可得到封闭环尺寸的 N 个子样, 构成一个样本;

⑥对求解的封闭环或组成环样本进行统计处理, 从而确定封闭环尺寸的平均值、标准差和公差等。

蒙特卡罗模拟法的计算机流程框图如图1示。

根据随机模拟理论, 在对各组成环尺寸进行随机模拟时, 可通过先产生在 $(0, 1)$ 上均匀分布的随机数, 然后再根据随机抽样公式, 换算成其它分布规律的随机抽样。3DCS软件中预设制了各种函数, 可根据需要选取所需分布来模拟组成环输入, 这些输入均采用蒙特卡罗模拟法仿真。依据林德伯格-列维(Lindberg-levy)中心极限定理, 无论组成环随机变量的分布如何, 它的若干个独立随机变量抽样值之和总是近似服从正态分布。工程设计应用3DCS软

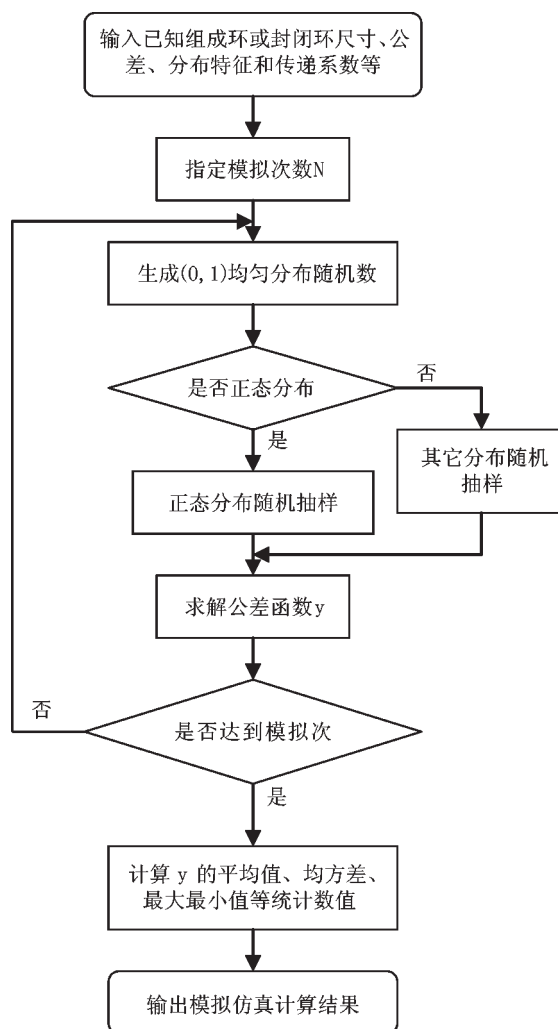


图1 蒙特卡罗模拟法计算流程图

件时, 无特别声明时, 组成环分布一般设定为正态分布函数。经过分析, 经过N次抽样, 蒙特卡洛模拟值与正态分布积分的误差 ε 可按下式进行估计:

$$\varepsilon \leq (\lambda \sigma) / \sqrt{N} \quad (2)$$

式中, σ 为标准差; λ 是与置信水平有关的参数; 根据式公式 (2) 可以看出抽样次数N越大, 分析误差越小。

2 虚拟样车偏差分析模型同步工程建立

尺寸工程开发是一项跨部门 (包括供应商和协助开发单位) 的系统集成工作, 偏差分析工作采用同步工程模式开展。

2.1 虚拟样车偏差分析模型建立开发流程

产品工程师按照整车开发时间节点提供产品数模、零件接口信息; 工艺工程师提供生产制造工艺、装配顺序等信息; 尺寸工程师提供产品尺寸匹配目标、产品初始公差、基准信息等; 偏差分析工程师按照分析时间计划完成整车内外饰偏差分析模型的建立, 提供偏差分析报告; 建立的虚拟样车偏差分析模型可以虚拟测量各个接口尺寸偏差状态; 为达到产品开发前期设定的尺寸匹配目标, 偏差分析报告完成后, 尺寸项目经理根据分析结果, 对未达到尺寸匹配目标的区域召开会议平衡输入输出。在这个过程中, 尽力为达到尺寸匹配目标而优化产品设计、工艺设计、公差设计, 偏差分析工程师对做出的优化设计更改重新输入虚拟样车偏差分析模型, 评估是否能够达到设定的尺寸匹配目标。尺寸工程开发过程中, 产品结构设计以及生产制造工艺设计对产品尺寸匹配目标的实现起着至关重要的作用; 基于虚拟样车偏差分析模型研究产品及工艺设计优化, 节省了多轮物理螺钉车制造过程中产品样件、模具以及生产工装的开发时间及成本。偏差分析模型的建立开发流程如图2所示。

2.2 公差分配管理研究

整车开发过程中需要对成百上千个零件以及大小总成的公差做优化管理。泛亚汽车技术中心近些年不断实践尝试, 借鉴北美使用先进公差管理软件经验, 结合国内主机厂以及供应商实际生产能力, 总结出了一套自上而下和自下而上的公差分配管理方法, 如图3所示。

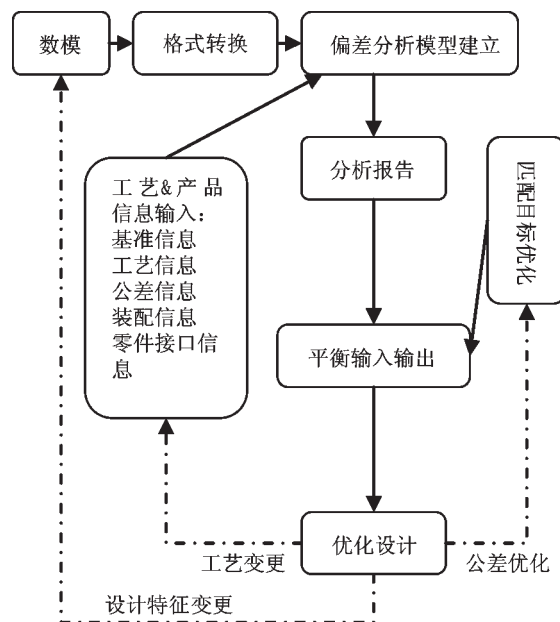


图2 虚拟样车偏差分析模型建立开发流程

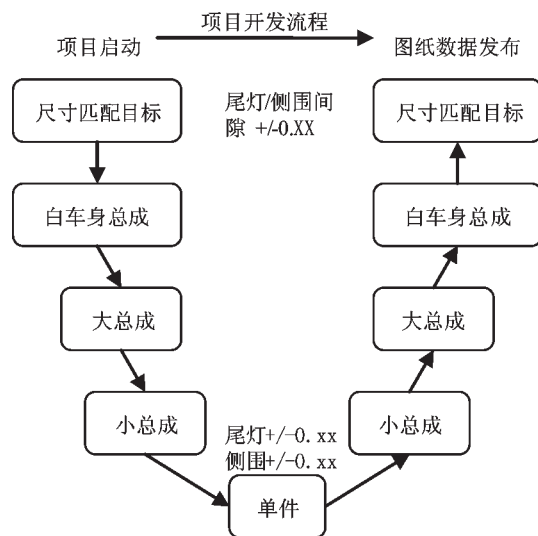


图3 自上而下 & 自下而上公差分配研究

随着项目正式启动, 根据竞争对手匹配数据以及开发车型的市场定位, 尺寸工作小组会初步完成整车尺寸匹配目标的建立。项目开发过程中会努力实现这些设定的尺寸匹配目标, 保持车型市场竞争力。以尾灯与侧围间隙标准的开发为例, 对自上而下和自下而上公差分配管理做诠释。根据竞争对手数据, 结合以往项目经验, 设定尾灯与侧围间隙匹配目标公差为 $\pm 0.xx$, 结合经验及目标要求, 自上而下将此公差目标分配到白车身总成、底板总成、侧围总成、侧围内外板单件; 各级总成及单件公差

分配完毕之后，将各级公差输入虚拟样车偏差分析模型中做自下而上的公差分配研究，评估是否能够满足设定的匹配目标。若各级公差分配能够满足尺寸匹配目标，则将这些公差发布到图纸之中，完成公差管理任务；若第一轮虚拟样车评估不能满足设定的尺寸匹配目标，则需要重新分配各级总成公差，或者评估是否需要更改产品、工艺设计。公差的重新分配是基于虚拟样车系统完成的，虚拟样车系统能够给出各级总成对匹配目标实现的贡献率，以此贡献率为基础，重新分配各级公差。

2.3 偏差分析中的假设条件

偏差分析过程中假设尺寸链中所有的零件公差都在名义值附近波动，并且在公差范围之内；所有零件假设为没有形变的刚体；贡献率分析基于几何线性关系。

目前技术手段无法预期的物理因素（薄板零件的柔性、运动件惯性运动等），重力因素，热因素（油漆工艺）等无法作为为三维偏差分析的输入条件，这些因素是不可预测的；这些因素会带来匹配偏差，需要根据实际生产情况调整消除；此外，偏差分析模型中的分析结果无法反映生产工厂中环境的变化。三维偏差分析技术可以预测的是偏差波动，无法预测均值偏移。在线调整、返修等特殊工艺三维偏差分析虚拟样车系统中未计入。

基于数据分析，偏差分析方针结果置信度高于70%，刚性零件偏差分析结果更接近真实生产，柔性零件置信度较低；经验表明系统刚性越高，工厂及供应商的生产能力越强，虚拟样车分析结果与实际生产数据吻合度越高。

3 偏差分析结果置信度研究

三维偏差分析技术在泛亚汽车技术中心已经应用多年，多年尺寸工程开发经验证明虚拟样车系统分析结果置信度高于70%。工程前期开发，一般设定虚拟样车系统中尺寸目标可达性需要在10%以内；实际生产期间，制造部门会根据实际情况做实车匹配，此外板链上在线调整、返修等特殊工艺，亦成为达到尺寸目标的贡献因素。

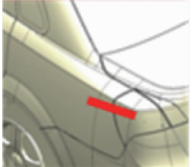
虚拟样车偏差分析模型建立以后，偏差分析软件以蒙特卡罗算法为基础虚拟装车，实现对整车各个配合区域做虚拟分析。鉴于篇幅限制，本文将结合实际生产数据，仅列举三例已上市车型尺寸开发

过程中对三维偏差分析技术的具体应用；涵盖整车前后端典型配合和工艺评价应用。

案例一 某车型尾灯与侧围间隙配合，尺寸目标设定为间隙1.5+/-0.8；三维偏差分析模型中均匀布置四个测点，结果偏差最大位置均方差为0.38，虚拟装配一万次统计超差概率为3.53%，如表一所示；上市生产以后实际生产波动最大处间隙数据均值为0.413，后期生产数据在控制线以内，如图四所示。经验表明，类似尾灯与侧围这类刚性较强的配合区域，理论分析与实际数据置信度高。

案例二 某车型前盖与前保配合，间隙及阶差左右一致性小于2mm。虚拟样车偏差分析结果间隙左右一致性6.99%超差，阶差左右一致性10.96%超差。鉴于保险杠为柔性零件，前盖实际装配过程中有调整工艺保证周边配合，某时间实际生产数据显示69辆车统计数据中，间隙左右一致性超差7.14%，阶差左右一致性超差8.57%，超差车辆需通过在线调整或返修达到设计要求，如图五所示。

表 1 某车型尾灯与侧围间隙分析结果

	测点	均方差	超差概率
	1	0.32	1.24%
	2	0.36	2.63%
	3	0.38	3.53%
	4	0.33	1.53%

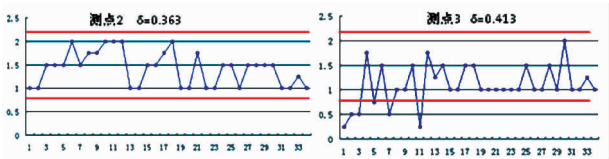


图 4 某车型尾灯与侧围生产数据

表 2 某车型前盖与前保间隙阶差一致性分析结果

	特征	目标	均方差	超差概率
	间隙一致性	<2mm	1.1	6.99%
	阶差一致性	<2mm	1.25	10.96%

图 5 某车型前盖与前保间隙阶差一致性生产数据

案例三 某车型前期研究前盖关闭姿态工装保证周边配合有效性。传统前盖工装一般在前盖开启状态安装前盖，前盖关闭后状态有变化，需要重新调整。为了减少调整量，关闭姿态安装前盖工装随之产生，如图六所示意。在虚拟样车系统中通过虚

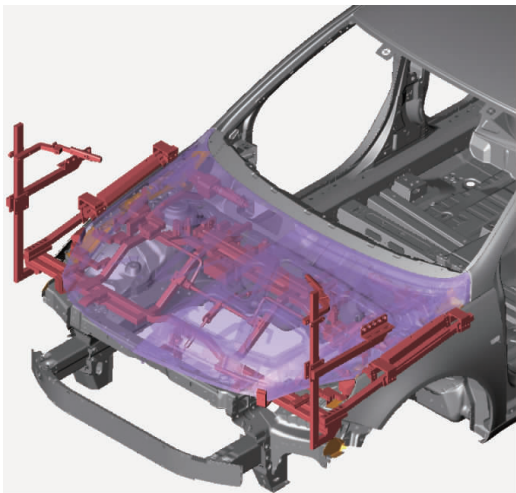


图6 某车型前盖关闭姿态工装示意图

表3 某车型前盖与翼子板间隙阶差分析结果

前盖与翼子板配合	测点	目标 (±)	有工装分析结果 (±)	超差概率 (%)	无工装分析结果 (±)	超差概率 OOS (%)
间隙	左1	0.75	1.05	2.20%	1.54	11.91%
阶差	左1	1	1.03	0.42%	2.40	20.84%
间隙	左2	0.75	0.95	1.26%	2.25	28.61%
阶差	左2	1	0.98	0.28%	1.90	12.02%
间隙	右1	0.75	1.12	4.52%	1.58	15.44%
阶差	右1	1	1.15	1.10%	1.82	9.82%
间隙	右2	0.75	1.00	2.36%	1.95	24.86%
阶差	右2	1	1.41	3.36%	1.76	8.83%



图7 某车型前盖与翼子板间隙阶差生产偏差数据

拟装配，可以实现对工装有效性的研究预测。前盖与翼子板配合间隙阶差，左右侧各建立两个测点做虚拟装配。表三为虚拟样车系统中有无工装工况下，前盖与翼子板间隙阶差超差概率比较，从比较中可以看出使用工装时最大超差概率4.52%为间隙右1号测点；不使用工装最大超差概率28.61%为间隙左二测点，可以得出安装工装对配合的实现有较大贡献。后期生产启动期间生产数据亦达到了设计目标值，波动最大处数据见图七。虚拟样车偏差分析系统在工艺优化选择方面发挥了积极作用。

4 结论

本文介绍了三维偏差分析采用的蒙特卡罗算法、虚拟样车偏差分析模型建立开发流程、尺寸项目开发中公差自上而下和自下而上的分配设计方法以及偏差分析过程中的假设条件；结合泛亚汽车技术中心多个自主开发项目实际案例应用，列举了项目前期三维偏差分析理论计算数值和后期实际生产数据，证明可以通过建立了虚拟工程样车系统，完成车身装配的匹配优化、公差设计，进而可以减少为实现尺寸匹配而进行多轮物理螺钉车制造活动，节约项目开发时间和成本。

参考文献

[1] 李良,王德伦 车身公差分配工程应用重庆工学院学报 (自然科学) Nov. 2008 Vol.22 No.11

[2] 林忠钦. 汽车车身制造质量控制技术 [M]. 北京:机械工业出版社,2005.

[3] 蒋庄德,苑国英等. 机械精度设计. 西安:西安交通大学出版社, 2000

[4] GB/T5847-2004尺寸链计算方法. 北京: 中国标准出版社, 2005

[5] 吴昭同, 杨将新计算机辅助公差优化设计. 杭州: 浙江大学出版社,1999

[6] 方红芳 计算机辅助工序尺寸及其公差设计. 上海: 中国纺织大学出版社, 2000



PCBN和PCD刀具的应用

设计和使用PCBN（聚晶立方氮化硼）和PCD（聚晶金刚石）切削刀具的最近进展提供给不同的行业制造商强有力的提高生产率的新动力。如汽车工业运用新的大颗粒整体PCBN刀片使得高效切削难加工合金铸铁成为可能，原先它们只能由磨削完成。

在最新的整体PCBN材质等级增加颗粒度已经显著改善性能，底特律山高Carboloy先进材料产品经理David Huddle认为，改进较大的PCBN颗粒的耐磨性和抗冲击性，对于大量加工象铁素体含量低于10%的铸铁材料很关键。Huddle解释道，粗加工这些零件时良好的抗冲击韧性对承受裂纹、砂眼和其它铸造过程留下的缺陷来说很重要。精加工时需要非常好的耐磨性，因为零件含铬量达28~30%，而且硬度在洛氏68~72之间。

最新的PCBN刀片还具有更好的可靠性和经济性。刀片厚度从传统的3.18mm加厚到4.76mm，能安全地安装在有刀垫座的标准硬质合金刀片刀杆上。另外，整体式PCBN结构在双面提供多个切削刃，从而降低分摊到生产每个零件的刀片成本。

除了这种新型的整体式厚刀片，如今的PCBN刀片还有表面烧结型和镶齿型。表面烧结型是在硬质合金基体上烧结一个完整的PCBN表面。目前使用最多的PCBN刀片是价格比较低廉的镶齿型。这种型式的刀片是在硬质合金刀片的一角镶焊一小片PCBN，一般提供一至两个切削刃。表面烧结型和镶齿型都符合工业标准规格。和最新的整体式刀片一样，它们可以安装在标准硬质合金刀杆和铣刀盘的刀座上。

切削条件和参数

根据Huddle的观点，用PCBN切削硬零件最适于合洛氏硬度值45以上的零件。“那是业内大多数人认可的实际操作中的下限，”他说，“我们不去说你不能用PCBN加工较低硬度的零件，但在那些应用里前刀面月牙洼磨损是个问题。”

PCBN粗加工时，使用刀片的最大切深范围是：

白口铸铁和其它硬的高铬铸铁约4.76mm，不含铬的“清洁”铸铁最多为6.35mm。精加工的线速度范围从加工高铬铸铁的105m/min~120m/min，高到加工灰铸铁的2100m/min。Huddle强调，对于所有的PCBN加工一定要有坚固的配置。通常包括刀具本身、工夹具、机床主轴和机床本身。

合适的PCBN精加工速度会依工件材料、材料硬度和零件尺寸形状不同而有戏剧性地变化。加工洛氏硬度范围60~62的淬硬钢时，在切深为0.5mm条件下线速度可达180m/min。在进给量从0.05mm/r~0.1mm/r范围时，通常能得到小于的0.3μm的很好的表面粗糙度。在加工稍硬的材料时，可以切得更快些，但即使那样，线速度上限大约为200m/min。高于这个速度磨损会加剧。显然，加工普通铸铁时的切削速度能快很多。

选用正确的刀片类型

PCBN加工的另外一个重要事项是关于整体式、表面烧结式、镶齿式刀片的正确选择。PCBN镶齿刀片在很宽范围的粗精加工应用中既经济又可靠，但有一些应用领域肯定用整体式或表面烧结式更好。

粗镗中间部位有铸造飞边的汽缸套就是一个例子。如果在这里使用镶齿刀片，即使切削深度完全正确，飞边很可能不可避免偏离PCBN部分。而采用更结实整体式或表面烧结式PCBN刀片一般不会发生这样的事。整体式和表面烧结式刀片还有可重磨的好处，延续的使用能抵消最初投资的高成本。

整体式或表面烧结PCBN刀片都能很好用于带飞边的汽缸套加工，并增加防止误解的说明，整体式刀片的初始成本较高。为了经济有效地使用，你要确保应用场合允许你使用两面切削刃。

目前PCBN刀片应用增长最大的是硬车削，尤其是诸如硬度在洛氏60~65之间的齿轮、轴、轴承等合金钢材料的汽车发动机零件精车。这些零件传统磨削加工到很高的尺寸精度和高质量的表面粗糙度。

现在可以用CNC车床达到相同的效果，而CNC车床的成本大概只有CNC磨床的一半，维护费用也远低于CNC磨床。

价格较低的PCBN镶齿刀片能用于这些硬车削加工，因为切削深度较浅，在0.3mm~0.38mm之间。Carboloy公司自己用镶齿刀片试验时，洛氏硬度60~62之间的淬硬钢零件加工出的表面粗糙度一致保持在0.3μm或更低。

优化PCBN应用

通常讲，PCBN加工应该干切削。PCBN材料硬到足够抵抗加工产生热量引起的变形，但它也脆到冷却液的热冲击就产生裂纹，尤其是在断续切削的场合。有断续切削的PCBN加工决不能使用冷却液。

刀片刃口修磨是另一个强烈影响到PCBN加工成功与否的加工条件。PCBN刀片是一小片硬且很脆的将用于加工工件材料洛氏硬度可能达到62的切削材料。

为了达到理想的刀具寿命，PCBN刀片的切削刃必须通过正确的刃口修磨得到加强。对于精加工铸铁只需很小的珩磨，对于白口铸铁的重载粗加工要有15°角的宽3.8mm的负倒棱。也可能会用到负倒棱和珩磨的组合。通过刀片上增加负倒棱，切削刃得到增加和强化。例如，刀尖角的起始值90°加上20°的负倒棱，现在刀尖角变为110°。刀尖角越大，切削刃越强。

合理修磨PCBN刀片的一般原则是保持负倒棱的角度同工件材料的硬度成比例，因为切削刃的加强会使切削力改变方向。因此，在加工铸铁时轻微的珩磨对精加工是合适的，20°角宽0.02mm的负倒棱对粗加工是恰当的。对加工硬度高到洛氏65度的钢件，合理的负倒棱范围是0.01~0.02mm宽X20°。

用PCD粗精加工铝

同PCBN的情况一样，PCD（聚晶金刚石）刀片的应用也在增长，虽然不是由于切削材料本身的发展。人们已经超越了5到10年前粘屑的困扰，他们期望PCD刀片和硬质合金相比在经济性方面胜出，因为他们知道这些刀片在大多数有色金属应用场合戏剧性地超过硬质合金的表现。

今天使用的大部分PCD刀片是镶齿型的，它的意

思指它们包含一小块焊接在硬质合金刀片一角的聚晶金刚石。镶齿刀片符合工业标准规格，所以它们可以安装在标准硬质合金刀杆和铣刀盘的刀座上。但是不象硬质合金刀片，镶齿PCD刀片是不可转位的。它们只提供一个切削刃。

PCD刀片也有标准化的表面烧结型，它是将一个整面的聚晶金刚石烧结到硬质合金基体上。表面烧结型的初期成本更高，但单面上可转位，提供多个切削刃。通常买到的这种刀片是圆形的以求得最多的有效切削刃，并且主要用于特殊场合。

使用PCD刀片的一个重要进展是更安全的刀片保持性，尤其对回转刀具。提高刀片保持性可以使用楔块和螺钉的组合——即使是锥度的刀片和楔块。也可使用传统螺钉或夹紧设计，或者PCD小片直接焊接在卡座体上的直接安装卡座式刀盘。刚性更好的工夹具配备给用户使用PCD更可靠的结果，也帮助他们充分利用PCD带来的生产率潜力。

更安全的零件夹持和更好的机床及主轴刚性有相近的作用，注意如今的CNC车床和加工中心能提供成功应用PCD或PCBN切削刀具所有的刚性需求。随着经济的增长，新机床的数量增长迅速，为使用高性能的PCD和PCBN切削刀具提供更友好的环境。

当今PCD应用中的一个有趣的例子是精铣铝合金汽车进气管。在这些应用里刀盘通常组合PCD镶齿刀片和普通硬质合金刀片来抵抗在刀片吃刀线上碰到铸造飞边。飞边有把PCD刀头和硬质合金载体相交处分离的趋势，形成最终造成PCD刀头的移位的风险。

PCD镶齿刀片设计用于铣削的最大切深大约是PCD刀头长度的60%，也许加工的切深达到PCD刀头的全长或稍少一些，但在有飞边的场合仍旧有PCD刀头从刀片上移位的风险。补救办法是调节铣刀盘把某些普通硬质合金刀片在轴向和径向轻微地上下偏移。硬质合金刀片将在紧接着的精加工PCD镶齿刀片之前切掉飞边。

另外一个主要使用PCD镶齿刀片的场合是工艺叫做“制粒”的汽车零件粗加工。为了节约运输成本和回收铝合金切屑，这一点提供象铝合金汽缸盖的铸造厂做得很好。在机加工现场，用PCD对铸造零件以很高的金属切除率进行顶面、底面、侧面的半精加工。所有这一切做得非常快。然后，切屑回收到铸造厂，加工零件是矩形的，使得它们易于处理和包装。零件也很小，所以它们占较少的空间并能以较低的成本运输。

机器人离线编程系统设计与研究

郑 荣

摘 要: 文章介绍了机器人离线编程系统、国内外机器人离线编程系统的发展现状, 离线编程系统的构成及今后的发展趋势。

关键词: 机器人; 离线编程

Abstract: Introduced the robot off-line programming system is the robot application important tool, and the situation of off-line programming system aboard, trend of off-line programming system.

Key word: Robot; off-line programming

进入21世纪, 机器人已经成为现代工业不可缺少的工具, 它标志着工业的现代化程度。近年来, 随着计算机技术、微电子技术及网络技术等的快速发展, 机器人技术也得到了飞速发展。它集机械工程、电子工程、自动控制工程以及人工智能等多种学科的最新科研成果于一体, 目前已有许多类型的机器人投入工程应用, 创造了巨大的经济效益。机器人是一个可编程的机械装置, 其功能的灵活性和智能性很大程度上决定于机器人的编程能力。由于机器人应用范围的扩大和所完成任务复杂程度不断增加, 机器人工作任务的编制已经成为一个重要问题。通常, 机器人编程方式可分为示教再现编程和离线编程。目前, 在国内外生产中应用的机器人系统大多为示教再现型。示教再现型机人在实际

生产应用中存在的主要技术问题有: ①机器人的在线示教编程过程繁琐、效率低; ②示教的精度完全靠示教者的经验目测决定, 对于复杂路径难以取得令人满意的示教效果; ③对于一些需要根据外部信息进行实时决策的应用无能为力。而离线编程系统可以简机器人编程进程, 提高编程效率, 是实现系统集成的必要的软件支撑系统。与示教编程相比, 离线编程系统具有如下优点: ①减少机器人停机的时间, 当对下一个任务进行编程时, 机器人可仍在生产线上工作; ②使编程者远离危险的工作环境, 改善了编程环境; ③离线编程系统使用范围广, 可以对各种机器人进行编程, 并能方便地实现优化编程; ④便于和CAD/CAM系统结合, 实现CAD/CAM/ROBOTICS一体化; ⑤可使用高级计算机编程语言对

事实上PCD镶齿刀片越来越多用于加工很多种高硅铝合金零件。在汽车工业里, 它们包括汽缸盖、汽缸体、进气管、传动箱和大量的各种型式的铝轮。应用还扩展到其它行业, 如家用设施、医疗设备和航空等。零件覆盖的范围是日常生活熟悉的从洗衣机零件到用于家庭园艺工业的割草机机身都有。

为了在这些应用里用PCD替代硬质合金, 制造商在寻找更高的生产率, 还有能消除经常换刀所需的更长的刀具寿命和保证零件粗糙度要求。要取得这些好处, 良好的排屑是一个关键条件。

用PCD后切屑生成很快, 以致于不得不需要一个有效的方法来将切屑连续地排出工作区, 可以使用冷却液、空气、油雾、冷却空气或任何一种组合。

在采用任何一种办法之前, 需要确保良好的零件质量和刀片的寿命前提下排屑。

有了有效的排屑和刚性好的夹具和机床, 用PCD的切削速度高达3000m/min。今天的CNC加工中心和车削中心很容易产生必要的主轴转速。如现在的汽车厂生产线都采用CNC机床。将来, 他们或许用PCBN和硬质合金刀具加工铸铁汽缸体, 并且用另一套装备PCD和硬质合金的刀具加工铝合金汽缸体。

寻找在同一台机床使用不同的刀具技术是不简单的。越来越多的制造商正同时使用传统和先进切削材料, 以使得在应用的每个对象上他们做得最好最经济。□

复杂任务进行编程；⑥便于修改机器人程序。因此，离线编程引起了人们的广泛重视，并成为机器人学中一个十分活跃的研究方向。

1 机器人离线编程系统概述

机器人离线编程系统是利用计算机图形学的成果，建立起机器人及其工作环境的几何模型，再利用一些规划算法，通过对图形的控制和操作，在离线的情况下进行轨迹规划。通过对编程结果进行三维图形动画仿真，以检验编程的正确性，最后将生成的代码传到机器人控制系统，以控制机器人运动，完成给定任务。机器人离线编程系统已被证明是一个有力的工具，可以增加安全性，减少机器人不工作时间和降低成本。机器人离线编程系统是机器人编程语言的拓广，通过该系统可以建立机器人和CAD/CAM之间的联系。设计一个离线编程系统应具备以下几点：

- 1) 所编程的工作过程的知识；
- 2) 机器人和工作环境三维实体模型；
- 3) 机器人几何学、运动学和动力学的知识；
- 4) 基于图形显示的软件系统、可进行机器人运动的图形仿真；
- 5) 轨迹规划和检查算法，如检查机器人关节角超限、检测碰撞以及规划机器人在工作空间的运动轨迹等；
- 6) 传感器的接口和仿真，以利用传感器的信息进行决策和规划；
- 7) 通信功能，以完成离线编程系统所生成的运动代码到各种机器人控制柜的通信；
- 8) 用户接口，以提供有效的人机界面，便于人工干预和进行系统的操作。

此外，由于离线编程系统是基于机器人系统的图形模型来模拟机器人在实际环境中的工作进行编程的，因此为了使编程结果能很好地符合于实际情况，系统应能够计算仿真模型和实际模型之间的误差，并尽量减少二者间的误差。

2 机器人离线编程的组成

机器人离线编程系统不仅要在计算机上建立起机器人系统的物理模型，而且要对其进行编程和动画仿真，以及对编程结果后置处理。一般说来，机

器人离线编程系统包括以下一些主要模块：传感器、机器人系统CAD建模、离线编程、图形仿真、人机界面

2.1 CAD仿真技术的研究

机器人在研制，设计和试验过程中，经常需要对其运动学，动力学性能进行分析以及进行轨迹规划设计，而机器人又是多自由度，多连杆空间机构，其运动学和动力学问题十分复杂，计算难度和计算量都很大。若将机械手作为仿真对象，运用计算机图形技术CAD技术和机器人学理论在计算机中形成几何图形，并动画显示，然后对机器人的机构设计，运动学正反解分析，操作臂控制以及实际工作环境中的障碍避让和碰撞干涉等诸多问题进行模拟仿真，这样就可以很好地解决研发机械手过程中出现的问题。

CAD建模需要完成以下任务：①零件建模；②设备建模；③系统设计和布置；④几何模型图形处理。因为利用现有的CAD数据及机器人理论结构参数所构建的机器人模型与实际模型之间存在着误差，所以必须对机器人进行标定，对其误差进行测量、分析及不断校正所建模型。随着机器人应用领域的不断扩大，机器人作业环境的不确定性对机器人作业任务有着十分重要的影响，固定不变的环境模型是不够的，极可能导致机器人作业的失败。因此，如何对环境的不确定性进行抽取，并以此动态修改环境模型，是机器人离线编程系统实用化的一个重要问题。

2.2 图形仿真

离线编程系统的一个重要作用是离线调试程序，而离线调试最直观有效的方法是在不接触实际机器人及其工作环境的情况下，利用图形仿真技术模拟机器人的作业过程，提供一个与机器人进行交互作用的虚拟环境。计算机图形仿真是机器人离线编程系统的重要组成部分，它将机器人仿真的结果以图形的形式显示出来，直观地显示出机器人的运动状况，从而可以得到从数据曲线或数据本身难以分析出来的许多重要信息，离线编程的效果正是通过这个模块来验证的。随着计算机技术的发展，在PC机Windows平台上可以方便地进行三维图形处理，并以此为基础完成CAD、机器人任务规划和动态模拟图形

仿真。一般情况下,用户在离线编程模块中为作业单元编制任务程序,经编译连接后生成仿真文件。在仿真模块中,系统解释控制执行仿真文件的代码,对任务规划和路径规划的结果进行三维图形动画仿真,模拟整个作业的完成情况。检查发生碰撞的可能性及机器人的运动轨迹是否合理,并计算机器人的每个工步的操作时间和整个工作过程的循环时间,为离线编程结果的可行性提供参考。

2.3 编程

编程模块一般包括:机器人及设备的作业任务描述(包括路径点的设定)、建立变换方程、求解未知矩阵及编制任务程序等。在进行图形仿真以后,根据动态仿真的结果,对程序做适当的修正,以达到满意效果,最后在线控制机器人运动以完成作业。在机器人技术发展初期,较多采用特定的机器人语言进行编程。一般的机器人语言采用了计算机高级程序语言中的程序控制结构,并根据机器人编程的特点,通过设计专用的机器人控制语句及外部信号交互语句来控制机器人的运动,从而增强了机器人作业描述的灵活性。面向任务的机器人编程是高度智能化的机器人编程技术的理想目标——使用最合适于用户的类自然语言形式描述机器人作业。通过机器人装备的智能设施实时获取环境的信息,并进行任务规划和运动规划,最后实现机器人作业的自动控制。面向对象机器人离线编程系统所定义的机器人编程语言把机器人几何特性和运动特性封装在一块,并为之提供了通用的接口。基于这种接口,可方便地与各种对象,包括传感器对象打交道。由于语言能对几何信息直接进行操作且具有空间推理功能,因此它能方便地实现自动规划和编程。此外,还可以进一步实现对象化任务级编程语言,这是机器人离线编程技术的又一大提高。

2.4 传感器

近年来,随着机器人技术的发展,传感器在机器人作业中起着越来越重要的作用,对传感器的仿真已成为机器人离线编程系统中必不可少的一部分,并且也是离线编程能够实用化的关键。利用传感器的信息能够减少仿真模型与实际模型之间的误差,增加系统操作和程序的可靠性,提高编程效率。对于有传感器驱动的机器人系统,由于传感器产生的

信号会受到多方面因素的干扰(如光线条件、物理反射率、物体几何形状以及运动过程的不平衡性等),使得基于传感器的运动不可预测。传感器技术的应用使机器人系统的智能性大大提高,机器人作业任务已离不开传感器的引导。因此,离线编程系统应对传感器进行建模,生成传感器的控制策略,对基于传感器的作业任务进行仿真。

2.5 后置处理

后置处理的主要任务是把离线编程的源程序编译为机器人控制系统能够识别的目标程序。即当作业程序的仿真结果完全达到作业的要求后,将该作业程序转换成目标机器人的控制程序和数据,并通过通信接口加载到目标机器人控制系统,驱动机器人去完成指定的任务。由于机器人控制柜的多样性,要设计通用的通信模块比较困难,因此一般采用后置处理将离线编程的最终结果翻译成目标机器人控制柜可以接受的代码形式,然后实现加工文件的上传及下载。机器人离线编程中,仿真所需数据与机器人控制系统中的数据是有些不同的。所以离线编程系统中生成的数据有两套:一套供仿真用;一套供控制系统使用,这些都是由后置处理进行操作的。

3 结语

机器人离线编程技术对工业机器人的推广应用及其工作效率的提高有着重要意义,离线编程可以大幅度节省制造时间,实现计算机的实时仿真,为机器人编程和调试提供安全灵活的环境,是机器人开发应用的研究方向。

参考文献

- [1] 熊有伦.机器人技术基础.华中理工大学出版社,1992
- [2] 张福学.机器人技术厦其应用.电子工业出版社,2000
- [3] 赵东波.熊有伦.机器人离线编程研究.机器人,1997(19)
- [4] 付宜利,赵春霞.机器人离线编程技术与系统.组台机床与自动化加工技术.1995(1)
- [5] 赵东波,熊有伦.面向对象机器人离线编程系统的设计准则.机器人.1997(11)
- [6] 陈志翔,黄勇.弧焊机器人离线编程系统分析与设计.机械工业学报,2001,(10)
- [7] 刘振宇.徐方.一种通用的机器人三维图形仿真的实现机器人.2001(23)
- [8] 马强,王乾廷.图形交互式机器人离线编程系统设计.电工技术与自动化,2001(6)

浅析新型可调重型切削车刀的 加工与工具系统

On machining with new adjustable SWC heavy duty turning tool and tooling system

甘肃火电工程公司 范亚炯

摘要：新型可调刀瘤切削（SWC）重型车削加工不仅是为了提高加工重型零件的生产率及设备利用率，还要求降低能耗并进行干切削。结合我国现代切削加工实际情况，设计新型可调刀瘤切削重型车削刀具时，应综合考虑刀具材料、刀具涂层和刀具几何形状之间的相互兼顾的优化关系，与解决不同切削条件下精粗加工工艺的集成以及对干式切削与绿色切削的新技术要求的实现程度问题，其相关技术和管理手段应服务并能优化整个加工过程的高效要求。因而，新型可调刀瘤切削重型切削车刀工具系统先进技术的推广与应用对提高重车削效益有其重要的意义。

关键词：重型车削，加工系统，刀瘤切削，可调工具系统

重型车削是指切削速度 $v_c \geq 38\text{m/min}$ ，背吃刀量 $\alpha_p \geq 10\text{mm}$ ，进给量 $f \geq 0.8\text{mm/r}$ 的车削加工，在我国由于工艺条件所限，生产现场的重型车刀一般背吃刀量 $\alpha_p = 25\text{mm}$ ，进给量 $f \geq 1.0\text{mm/r}$ ，切削速度 $v_c \geq (40-60)\text{m/min}$ ，与普通加工相比，切削深度大、切削速度低、进给速度慢。加之切削过程中工件平衡较差、加工余量分布不均匀、机床的某些部件不平衡等因素引起的振动，使加工的动态不平衡过程要消耗很多的机动时间和辅助时间。与普通车刀相比较，重型加工切削用量较大、工作条件与刀具加固方式也有很大不同，刀具的设计具有自身的显著特点。所以，刀瘤切削重型车削加工不能仅表现在一道工序或一台设备上，应服务于整条生产线效益的提高，包括刀具结构、几何形状、刀体材料、切削刃材料、刀具涂层等多个方面综合的整体性能应服务于整个系统，刀瘤切削重型车削加工技术与便于操作与管理的工具系统的应用工程问题必须及时解决。

1. 刀瘤切削重型加工刀具材料与刃口几何参数优化选择的系统性

1.1 重型车削的刀瘤切削机理

重型切削深度一般可达30~50mm，且余量不均，

工件表面的硬化层使粗加工阶段的刀具磨损以磨粒磨损为主。切削速度一般为15~20m/min，刃口处于积屑瘤发生的区与时段，因而在充分发挥刀具先进材质强度的基础上，改善与优化刀具结构和几何形状，能有效利用积屑瘤生成与消除规律进行刀瘤切削，也能从增大切削层厚度和进刀量入手，充分利用修光刃进行大进给的“Wiper”技术（即用一条短的直线或短的大半径圆弧来联结刀尖圆角和副切削刃，从而能降低已加工表面的粗糙度的技术），提高加工表面的光洁度，达到降低切削力、减小摩擦力，进行干式与绿色切削的高效加工目的。

1.2 刀瘤切削重型车削刀具的高效材料特性与结构变化的系统性

刀瘤切削重型刀具刀片材质与型号的选用要符合加工系统条件的高效要求，否则就产生负面影响。因而，必须考虑刀具材料的耐磨损、抗冲击性能。弯强度低，冲击韧性差的陶瓷类刀具，不适应余量不均的重型车削，CBN也存在同样的问题。硬质合金的摩擦系数较低，刀具高温耐用度强，适于高硬度材料和重载车削粗加工，但要有具体的工艺措施。例如：

在加工钢料时，k类硬质合金重型车削时工件塑

性变形大,摩擦剧烈,切削温度高,因此在重型车削中很少用,如采用热管式刀具,刃口有效持续冷却,适应性将会加强。P类硬质合金有高硬度、高耐磨性以及高耐热、抗粘结扩散能力和抗氧化的性能,是重型车削常用的刀具材料,适于加工钢料。但在低速车削且切削过程不平稳时,YT类合金的韧性较差,会产生崩刃,尤其是加工一些高强度合金材料时,YT类硬质合金耐用度下降快,无法满足使用要求。为进一步提高加工效益,刀具材料的应选用M类刀具或细晶粒、超细晶粒合金刀具(如643等)。与P类硬质合金相比,其在重磨前寿命的增加远远超过重磨后的寿命损失,因为它的另一个优点是刃口锋利,即在加工条件恶劣的场合也可替代高速刀具,应用范围比较广泛。加之细晶粒合金的耐磨性好,更适用于加工冷硬铸铁类产品,效率较YW类刀具可提高1倍以上。一般以上加工条件不能充分具备,所以重切削刀具结构必须考虑并适应因加工条件不足或变更,调换不同类型刀具材质,也即适应调换同类与不同类刀片和调整刃口几何参数的需要,刀具结构的相应变化应利于操作与管理的具体要求。

1.3 刀瘤切削重型车削刀具可转位刀片尺寸的高效特点与调换的系统性能

重型车加工可转位刀片尺寸的具体要求为:正方形刀片的最小边长为19mm;三角形刀片的最小边长为19mm;五边形刀以提高生产率来说是一种经济的方法,刀片的最小边长为13mm;菱形要考虑刀片的最小边长为16mm。其刀片毛坯主要几何参数允差与平面度偏差应符合YS/T553—2006相关规定。为提高可调刀具工具系统高效管理与使用的简便可靠与标准化以及工艺过程集成的质量水平,刀片的精度等级应为A级或F级。为便于调整前后角的需要,后角相对刃口初始前角应在15°、20°、25°(代号为D、E、F)之间选取,从而具有(7~15)°左右的调整量。如主偏角调整变化的幅度较大,刀片形状应在S、C、M型号之间选择。因而,为调换刀片的需要,刀具切削部分应在刃口背吃刀量的矢量线上留有调整刀片退量的尺寸。基于绿色切削的基本要求,刀槽主偏角应在45°~60°变化,这样刃口主偏角的变化,在不增大进给量的情况下,能增大切削厚度减小切削力,还能不同程度储存一部分机床功率以提高生产率。

刀片刃口几何参数的变化应具有以下特点:

前角 $\gamma_o=15\sim30^\circ$ 、后角 $\alpha_o=5\sim8^\circ$ 、主偏角 $k_r=45\sim75^\circ$ 、刃倾角 $\lambda_s=3\sim6^\circ$ 、过渡刃主偏角 $k_{re}=30\sim15^\circ$ 、副偏角 $k'_r=15\sim30^\circ$ 、修光刃偏角 $k_{r1}=0^\circ$ 、修光刃刃倾角 $\lambda_{S1}=0\sim10^\circ$ 、主切削刃负倒棱宽度必须小于切削厚度 $a_p(=f\cdot\sin k_r)$ 、 $b\gamma_1=(3/4-1/2)f$,刀尖圆角半径 $\gamma_E=0.3\sim1.0\text{mm}$,修光刃长度为背吃刀量的1.5倍,刃倾角为 $+15^\circ$,起到刮削作用,刃口棱面负前角 $\gamma_1=-30^\circ$ 由倒棱获得,效率将有所提高。刀槽初相角参数 $k_c\gamma=60^\circ\cup45^\circ$ 、 $\alpha_{co}=(25^\circ\cup20^\circ\cup15^\circ)$ 、 $\lambda_{cs}=6^\circ$ 、副偏角 $k_{co}=-30^\circ$ 。刀片角度为 $\gamma_{po}=15^\circ\cup20^\circ\cup25^\circ$ $\alpha_{pr}=20^\circ\cup15^\circ$ 、刃倾角 $\lambda_{ps}=-0^\circ$ 。在 $k_r<90^\circ$ 的情况下,主、副刃倾角均由前角调整 15° 左右获得。这样结合刀片的调换性能,能使刃口刀具几何参数与切削用量参数进行优化

1.4 涂层

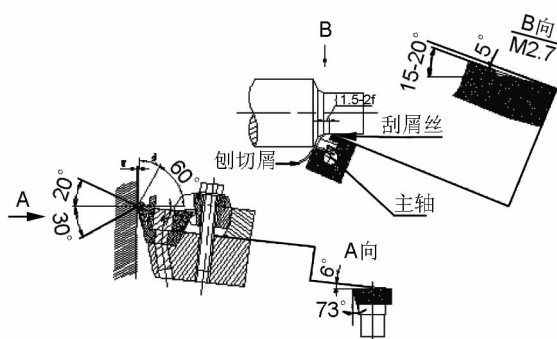
为使刀具具有高可靠性,刀具涂层是不可缺少的,由于刀具涂层有类似于冷却液的功能,能产生一层保护层,把刀具与切削热隔离开来,使热量很少传到刀具,从而能在较长的时间内保持刀尖的坚硬和锋利。而表面光滑的涂层还可以减少摩擦来降低切削热,保持刀具材料不受化学反应的作用。重切削刀瘤切削刀片应选用TiAlN涂层和Mo₂软涂层的多涂层刀具刀片,以有硬度高、耐磨性好的特性,又有摩擦系数小、切屑易流出的替代冷却液的功能。在干切削技术中,刀具涂层发挥着非常重要的作用,用现已解决了涂层与基体材料结合强度低的技术难题应尽快应用于重车削的。

2. 断屑可控性的降低与可调断屑宽度的刀片压板技术

一般,不可调刀具由于结构功能的缺陷,刃口前角参数的优化不理想,因而在重型车床上用大切深、大进给量车削钢件进时,切屑又宽又厚发紫,动力消耗既大,形成的C形屑更容易损伤切削刃或飞溅伤人。而刀瘤切削重型车削刀具刃口实际工作前角大(由积屑瘤形成的实际前角可在 50° 左右),动力消耗减少1/3左右,切屑颜色由白转黄,且由于有过渡刃和负刃的作用,断屑槽的槽底圆弧半径加大(宽度一般为10mm),能使切屑向上卷曲,卷成螺旋线型发

条状切屑，并能在加工表面上碰撞折断，或靠其自重坠落，可控性较强。不会使刀片切削刃不受冲击而破碎，生产效率能较大幅度提高。但未能很好解决它的刃口角度的调整与重磨问题，工作与冷却条件的变化以及档屑机理的不完善，断屑的可控性也会降低，因而可调断屑宽度的刀片压板技术问题应及时解决。

针对重型加工车削工作条件的变化情况，刀片可调整断屑宽度的压板前部卷屑的工作部分焊有厚3~5mm的硬质合金片。前端下部压住硬质合金刀片，而后端则与挡板球形内弧面紧密配合，并靠压板下部的有限往返直线运动调整位移量，以适应调换内接圆半径在一定范围变化的不同型号刀片与刀片重磨后调整夹紧的需要。上部压板能在下部压板的接触面上能作有限往返运动，且能靠压板螺栓有效紧固，强度较高。上部压板调整量为正负1~2mm，能使切屑成螺旋状卷出。断屑宽度调整量应依据切屑剖面的大小而定。不应使切屑猛烈冲击压板前端，否则会造成车刀的切削部分破裂，也要及时更换磨钝的或破裂的刀片，把切屑渣从压板上清理净。刀瘤切削在加工过程对档屑器的冲击不是很大，这种重型车刀的可调整断屑宽度的多功能压板结构效应较好。



新型可调刀瘤切削 (S.W.C) 重型车刀
切削处理示意图

该类可转位刀片应与刀垫、刀槽形成变界面组合梁，其伸出刀垫与刀槽前端边沿的长度不应超过2mm，以便于刀片的修磨与调整主偏角。刀片有单斜面与矩形截面两种。刀垫与刀片接合面有装配误差时，要及时修正以保证装配精度。压紧螺栓位于压板上方，为浮动压境装置，不容易被切屑损坏。比较适合重型切削，要求各部件配合良好，接触性能

高，否则会产生较大振动，不利于生产效率和加工质量的提高。

3. 刀具结构与工具系统

刀瘤切削重型车加工系统，要求刀具结构能在最小范围内适应加工系统中相关的调整、调换与变化要求，所以不仅要求切削部分与加持部分的构件的参数要在相近范围内有效变化，而求要求配合精度要符合刀具结构的动静刚度要求，因而不同类型刀槽参数要有相应的初相角，刀头切削部分不仅能做平面直线有限往返与圆弧的有限运动纵向，而且能做相应刀片定位销与刀片可调压板以及圆弧球面可调压板以及刀杆构件配合精度与连接强度高的配合精度与结合强度要高，并具有良好的平衡性能，刚性优异，不致发生异常振动，也能在承受较大切削力时有过载脱落装置，因而方形加持套与刀杆应通过计算采用热装结构。也可用国家发明专利车床类可调式刀具筒式工具系统（专利号：200810017571.0）所配合进行组装，技术要求、性能与效益均能达到重切削的相应要求。材料可用45#钢或40CrMO锻造、车削成型，热处理硬度为HRC45~48，弹性变形量应满足刀具的结构性能的动态、静刚度要求，才能作为机床功能的补充，满足加工系统的高效需要。

实践证明采用重型可调式车刀筒式工具系统，具有很强的适应能力，初步实现了集约化与绿色化切削，有效提高工艺措施的经济性，从一般车床到现代化的CNC车床都可适用，换刀时间只有一般车床刀具的1/20~1/10，且重复定位精度高，又有很好的加工尺寸稳定性，是模块式重型车刀技术的拓展，有较大发展前途。粗加工阶段以去除余量为主要加工目的，应加大切削深度，效率可提高5倍以上。重型切削时由于切削深度大，所以切削力大，相应的选择较低的切削速度，一般为10~15m/min，进给量为1~2mm/r。

4. 切削用量的选择

在大型机床上（切削功率 P_m 在40kW以上），加工大型中碳钢、铸钢、及锻钢工件时，建议选用切削用量：

$$V=70\text{m/min}, f=1.25\sim 1.5\text{mm/r}, \alpha_p=33\text{mm},$$

齿条安装面修正装置的设计

安阳鑫盛机床股份有限公司 刘天俊 郑海燕

目前,国内对较长车床(大、重型车床)的纵向进给一般采用齿条齿轮传动,其刚性强、稳定性好。但是,由于车床齿条安装面较长,它与Z向进给导轨导向面的加工非一次装夹完成,且床身结构复杂,易变形,由此造成导轨面和齿条安装面的位置公差超差。如CKH61125/8000重型数控车床较严重的一次超差,牙条安装面与导轨导向面间的平行度达0.25mm,而产品零件图纸要求的平行度为0.1mm。对于这类问题,以往我们是通过钳工刮研的工艺手段来进行修正,但这样的操作方法比较落后,

不仅工人的劳动强度大,生产效率低,还难以满足公司的生产进度安排和用户的需求。

为了解决这一难题,我们设计了一种专用刀夹(图1)。

将此刀夹安装在车床床鞍上通过溜板箱连接孔固定,使刀夹内的刀头刃部直接作用于要修复的齿条安装面上。此装置克服了原有加工设备的能力不足和因结构复杂而引起的变形造成的床身齿条安装面与基准导轨面位置精度超差问题,保证了被加工车床床身牙条安装面与导轨导向面的位置公差要求,方便安装调试、节约装配时间、提高生产效率,采用此装置修复后的床身牙条安装面与导轨导向面间的平行度在8m长度内达0.01mm,实际精度远高于零件图纸精度要求。按此检测数据,对于再长的车床床身的牙条安装面的位置度误差,均可利用此装置实现修复。

经验证,使用我们设计的这种刀夹有如下优点:

- (1) 修正过的床身齿条安装面与基准面间的位置公差可轻松保证。
- (2) 具有较高的加工效率。
- (3) 降低了工人的劳动强度。
- (4) 不会损伤工件的其它表面。

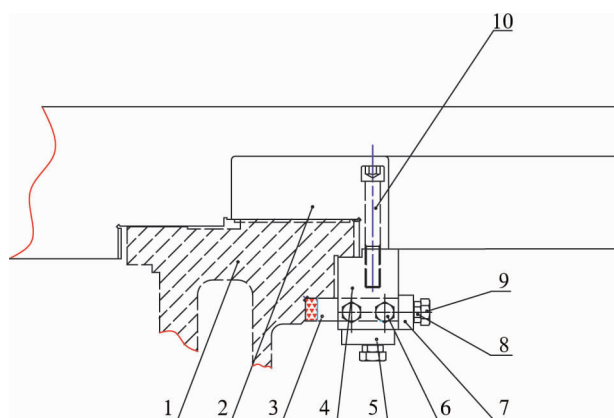


图1 专用刀夹

在切削功率 $P_m=25KW$ 的机床上,加工中型工件时:

$V=50m/min$, $f=3.15mm/r$, $\alpha_p=11mm$;

将大型综合车刀改造为S.W.C可调式刀具,可使加工的综合效益提高到80%强。

5. 结论

近年来,国外开发了许多大前角车削刀片(如美国Carboloy公司推出的一种ME-13新型硬质合金刀片上的前角达 34°)和带正前角的螺旋形刃刀铣削刀片(这种刀片沿切削刃几乎有恒定不变的前角,背前角或侧前角可由负变正或由小变大),旨在减少机床的

驱动功率,并通过减小切削力,降低切削温度来满足干切削时对刀具的要求。但未形成可调的工具系统,通用优化率不高,因而,由调整而综合形成的工具系统带来的S.W.C刀瘤切削加工效益就相对较高。面向加工系统与刃口几何参数在相近范围变化的具体特点,合理选择系统刀具角度初相角,优化构件与机构的调整性能,包括与CAPTO工具系统功能相似的刀具加持系统,并集成热管式刀具的特点,既能有效进行绿色干切削,又能形成便于操作与管理的系统功能,因而技术含量较高,与普通大进给车刀相比较,可明显看出其优越性,值得进一步研究探讨并推广运用。

永磁同步直线电机 (PMSLM) 的模糊PID控制技术

PID fuzzy control technology for PMSLM

刘向东 刘文清

摘要: 针对所研究的PMSLM, 在原PID控制的基础上设计了一套能够在线修改PID参数的模糊自适应控制系统。为适应实际系统的高速度和高精度要求, 专门设计了简化模糊推理机, 以提高系统的实时性。文中介绍了模糊自适应PID控制系统的原理与设计方法, 并且进行了仿真研究, 仿真结果及实验表明该系统跟踪效果好, 抗干扰能力强, 具有实际应用价值。

关键字: 模糊PID; PID; 直线电机

1 引言

PID控制技术在控制系统中比较成熟的控制技术, PID控制器结构简单、控制参数容易调整, 不需要系统的确切数学模型。所以PID控制技术广泛应用于传动控制系统中。但是在要求高速、高精以及扰动比较大的控制系统中, 要求系统的调节量大, 速度快, 固定参数的PID控制已经远远无法满足系统的需要。

在我们所研究的PMSLM的运行过程中, 不但要求高速度、高精度和大负载, 而且由于直线电机本身所产生的边端效应等, 要求我们能够在运行过程中能够及时改变电机的驱动输出状态, 以增强运行的平稳性和定位的准确性。所以, 我们需要寻求一种新的控制算法, 但是算法越复杂, 计算量越大, 控制系统收敛速度越慢, 从而限制了系统的实时性, 不利于系统速度的提高。

模糊自适应PID控制技术是模糊控制和PID控制技术相结合的产物。模糊控制器的优点是不要掌握受控对象的精确数学模型, 而是根据平时的经验规则借助推理来决定控制量的大小, 所以计算量大大减小, 同时具有较宽的调节范围。模糊自适应PID控制器结合了两者的优点, 具有模糊控制器调节速度快和PID的稳定输出, 同时又可以保证系统的实时反应速度。

2 PMSLM的控制系统简介

PMSLM控制系统的原理图如图1所示, 整个控制系统有三个控制环: 位置环、速度环、电流环。模糊自适应PID技术主要应用于速度环, 以保证系统能够高速度和高精度的要求, 同时系统运行比较稳定。

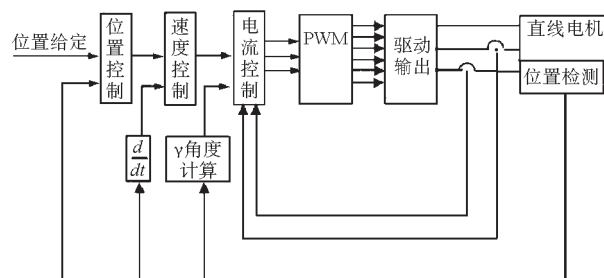


图1 永磁直线电机控制原理图

速度环的输出作为电流环的给定, 速度环的给定信号则是位置环的输出。电流环是系统的直接输出环节, 其控制模型采用在PMSLM系统中广泛应用的矢量控制技术。以转子磁通这一旋转的空间矢量为参考坐标, 利用静止坐标系到旋转坐标系之间的变换, 实现电流中的励磁电流分量 (I_d) 和转矩电流分量 (I_q) 的解耦, 然后结合位置值计算出转子位置角 γ , 就得到一个转子磁通矢量。通过调节这一矢量, 就可以实现对电机的控制, 矢量控制原理如图2所示。此调节环节采用PID控制得到一个稳定输出。

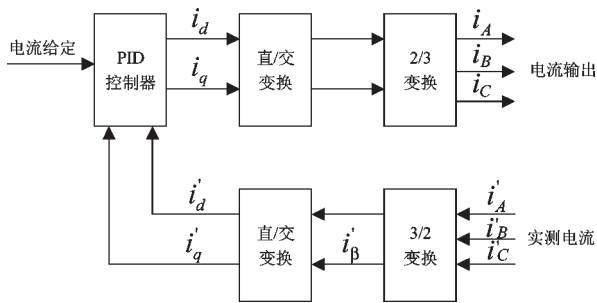


图2 矢量控制模型

i_d, i_q 励磁电流和转矩电流
 i'_d, i'_q 励磁电流和转矩电流的测量值
 i_α, i_β 静止坐标系下的交流电流
 i'_α, i'_β 静止坐标系下的交流电流的测量值
 i_A, i_B, i_C 三项输出电流
 i'_A, i'_B, i'_C 三项输出的测量值

3 模糊自适应PID控制技术

3.1 模糊自适应PID控制技术的原理

模糊自适应控制技术的原理如图3所示。首先，根据系统输入参数进行常用状态辨识，如果属于常用状态则通过开关执行简化模糊推理机调整PID参数，否则运行模糊推理机；然后把调整的PID参数送入PID控制器；最后，PID控制器把控制量输出给被控对象。

系统中设计两个模糊推理机的原因在于：系统在运行时实时性要求较高，虽然采用模糊自适应PID控制技术程序相对简单，但是查询模糊规则表仍然会占用系统很大的时间。要实验过程中我们发现，系统在实际运行中，有几种的状态的出现频率特别高，所以，我们设计简化模糊规则库，存储系统的常用状态。当系统在稳定运行时，查询简化模糊规则

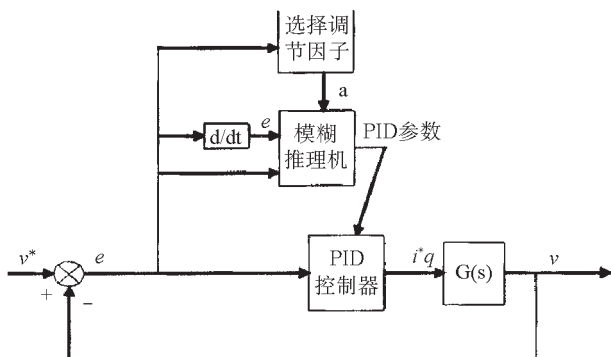


图3 模糊控制原理图

则库，可以从很大程度上减少模糊推理所用时间，大大提高系统的实时性。

在运行时，我们首先进行简单的辨识，如：IF 偏差 e 非常小 THEN 查询简化模糊规则表 ELSE 查询模糊规则库。这样只要查询到 e 非常小，而不需要知道变化率的值，就可以说明系统正在稳定运行，我们查询简化模糊规则表进行模糊推理。

3.2 模糊自适应PID控制系统的设计

根据经验，PID控制参数的基本控制规则为：

A. 比例系数 K_p 的作用是减小静差，加快系统的响应速度；但是过大的 K_p 会导致系统动态性能变差，甚至会使闭环系统不稳定。

B. 积分系数 K_i 的作用是消除静态误差；但是积分控制有滞后特性，过大的 K_i 会使控制的动态性能变差，严重时会使系统不稳定。

C. 微分系数 K_d 的作用是能根据误差变化趋势作出有效控制，有助于抑制乃至消除调速系统的超调，并能消除系统在负载扰动下的动态速度降落。

根据以上规律，我们设计模糊自适应PID控制系统的模糊推理机。

输入变量为偏差 e 和偏差变化率 $\dot{e}$ ，其语言变量为 E 和 E_c 输出为控制器的比例修正系数 C_p 。由于模糊PID控制系统中，模糊推理的结果不直接输出给被控对象，所以为了确保系统的实时性，在表示隶属度函数时，可以使用经验表格，而不用三角形法。其论域均分为8个等级，分别记为：-3，-2，-1，-0，+0，+1，+2，+3；语言变量分别记为：NB (负大)，NM (负中)，NL (负小)，NZ (负零)，PZ (正零)，PL (正小)，PM (正中)，PB (正大)。

根据以上分析和输入输出语言变量的设定，可以总结出 K_p ， K_i ， K_d 的自适应控制规则，建立模糊控制规则表。模糊控制规则也可以写成条件语句形式，例如：if $E=PB$ and $E_c=PB$ then $K_d=PM$ 。

参数 K_x (x 可以表示为P,I,D) 的调整值为

$$K_x = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_{K_{x_j}}(C_x) \cdot X_{x_j}}{\sum_{j=1}^n \mu_{K_{x_j}}(C_x)}$$

其中， $j=1,2,\dots,n$ ，规则条件语句的条数； $\mu_{K_{x_j}}(C_x)$ 各条规则语句中 K_x 的隶属度； C_x 为参数 X 所取得的模糊子集的模糊论域中心值。

常用状态主要设定为系统启动状态、稳定运行

状态和制动状态,所以简化模糊控制规则表中把偏差变化 e 的语言变量改为:NB(负大),Z(零),PB(正大)。此处各变量的意义与前者完全不同,Z(零)属于前者NZ(负零)和PZ(正零)并集,而NB(负大)和PB(正大)的定义也分别属于前者的NB(负大)和PB(正大)。偏差变化率 $\dot{e}$ 和控制器的比例修正系数 C_p 采用前者中的定义方法。

3.3 模糊自适应PID技术的仿真

我们根据实验室现有PMLSM进行仿真,电流环采样周期为100,速度环的采样周期为400,其简化数学模型如下:

$$F_s = \frac{\pi}{\tau} \phi_f i_q = M \frac{dv}{dt} + Bv + F_l + F_d$$

其中, τ 为极距, M 为动子质量, B 为粘滞摩擦系数, F_e 为电磁推力, F_l 为负载阻力, F_d 为端部效应产生的阻力, v 为动子线速度, ϕ_f 为永磁体有效磁通。

仿真结果如图4。仿真过程中,给定信号是一阶跃信号。图中实线为模糊PID控制系统的跟踪响应曲线,虚线是常规PID控制曲线,两曲线均能够在0.4秒达到稳定,在2.5s加入一最大幅值为200N的随机干扰信号。从仿真结果可以看出,对于阶跃信号,模糊PID控制比纯PID控制具有更好的跟踪性能,且无速度超调;对于干扰信号,模糊PID控制比纯PID控制具有

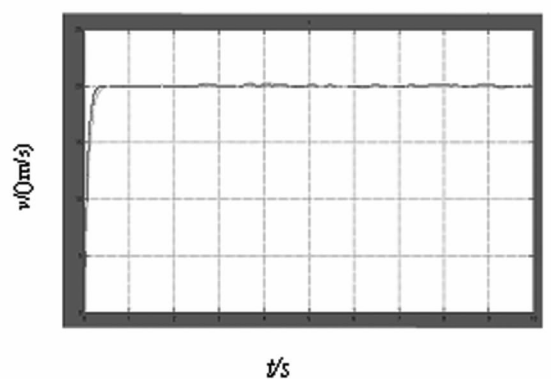


图4 模糊PID和PID控制的仿真

更强的抗干扰能力。所以,模糊PID控制在直线电机控制过程中优于常规PID。

参考文献

- [1] 李永东. 交流电机数字控制系统. 北京: 机械工业出版社, 2002
- [2] 郭庆鼎等. 基于解耦控制的同步传动技术的应用研究. 沈阳: 控制与决策, 2001
- [3] 赵金等. 交流调速系统模糊PID控制. 重庆: 兵工自动化, 2000
- [4] 诸静. 模糊控制原理与应用. 北京: 机械工业出版社, 1955

• 业界动态 •

铁姆肯公司参与主办中美风能技术及可靠性研讨会

2010年8月26日,铁姆肯公司以中美能源合作项目(ECP)风能工作组联席组长的身份,与中美相关政府部门、机构、以及有关企业共同参与主办了2010年8月26日在北京举行的中美风能技术及可靠性研讨会。

研讨会由中国国家能源局(NEA)、美国能源部(DOE)、中国风能协会(CWEA)、及中美能源合作项目(ECP)风能工作组成员共同主办。

在研讨会上,铁姆肯公司首席风能技术专家傅颌睿先生以“实现风机可靠运转的正确轴承选型和先进动力传动解决方案”、以及“推动风机稳定性的新一代前沿技术——工程表面技术”为主题,做了两

场主题演讲,与大家分享了铁姆肯公司在风能领域的先进产品及技术。

中美能源合作项目(ECP)是一个专注于中美清洁能源行业商业化发展的非政府非赢利组织。作为一个政府企业合作平台,ECP旨在通过中美两国企业资源推动清洁能源和能源效率领域的商业可行性项目的发展,并促进两国能源行业的可持续性发展。作为其创始企业成员名单上的重要一员,铁姆肯公司一直专注于清洁能源技术的发展,以扎实稳健的专业知识与技术解决方案推进中美双方更深层次的交流合作,积极发挥铁姆肯公司在中美能源合作项目风能工作组主要成员的积极作用。

精度达到微米的十分之一时

When fractions of micrometres count

Mikron HSM LP Precision机床系列与ITM智能化工具测量系统的组堪称高精加工绝配。

Mikron新推出的HSM 400型、400U型和500LP精密型机床是一种结构极为复杂的高速铣床，其中HSM LP精密型机床（图1）更是专家们用精心选出的部件建造的。每一台机床都要通过广泛的实验循环，以证明其能够用于复杂工件加工方面的价值。此外，瑞士GF 阿奇夏米尔公司恰好拥有能保证加工安全，可装在机床上的刀具检测装置。这种功能的潜力早得到证明，对这种智能方案的优选早在数年前就已开始。这种在主轴全速运转条件下进行的光学刀具测量方法，最终命名为智能工具检测（Intelligent Tool Measurement — ITM）。GF 阿奇夏米尔公司的产品经理Georg Scheiba说：“若没有这项技术，Mikron HSM LP精密铣床绝无可能具有目前这种性能。”这项技术的发展还涉及提高工作效率的策略，因而所有用户都要接受产品和过程控制方面的专门技术培训。



图1 Mikron HSM LP精密铣床最小进给量为100nm

要想使Mikron HSM LP机床能加工出高质量的工件表面和轮廓精度，就必需克服坐标轴高加速度的影响，以最小噪声保持精确的刀具轨迹。对这些要求，只有采用这种方法才能办到。所有电机都会有热损耗，精密机床的驱动组件需要充分冷却。因而机床的各直线轴和回转轴都配有独立的冷却装置。主轴头的冷却可保证其温度稳定，且不会将驱动电机产生的热量传到床身上。这样就可以保证机床几何尺寸的稳定，保证运动控制能达到很高的重复精度。

刀具几何精度测量

Mikron HSM LP机床能实现100nm (1/10000mm)的精度时，对用户会有什么好处，不准确的刀具几何尺寸测量会破坏这种精度在工件上再现。无论何人想使用不同直径的铣刀对铣过的表面进行二次精加工，都无法达到如此高的精度。若要实现用不同刀具加工的表面轮廓之间的完美过渡，就必需保证测量精度。常规激光刀具测量装置的缺陷是重要原因之一。刀具几何形状不同，会相应改变激光束的测量结果，进而改变绝对Z的基准。附着在刀具表面的污物颗粒或油滴也可能使测量结果产生偏差。怎么办？

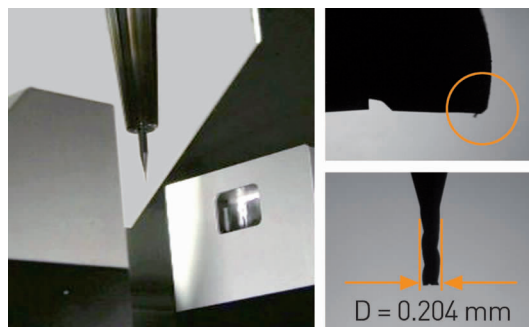


图2 用ITM测量装置对直径12mm刀具的刀尖进行全面检测

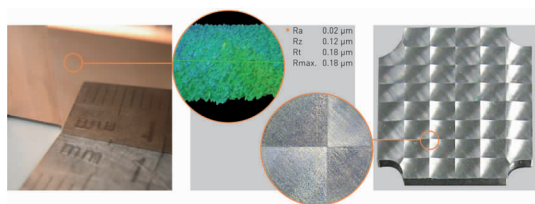


图3 用Mikron HSM 400 U LP 精密铣床加工的反射镜插片

微米级刀具测量

另一方面，智能刀具测量（ITM）法可利用图像传感器对直径12mm刀具的刀尖进行全面检测（图2）。先用软件将数字记录的刀具几何数据归零，然后测量：这样，ITM就可按绝对Z基准对刀具进行微米级测量。因此，该机床可加工微型医用外科器械、刀具和小型模具小型工件等。

图3所示的反射插片就是HSM LP机床加工的实例之一。零件材料为CrVMo钢粉末冶金件，硬度约为HRC60。精加工余量不到10 μm ，整个工件表面的粗糙度要达到 $Ra0.020\mu\text{m}$ 。 $Ra0.020\mu\text{m}$ 的平均粗糙度相当于ISO标准的N1级。

精巧机床达到性能极限

汽车运动中，只有驾驶员启动电子支持功能时，汽车才能达到速度极限。HSM LP精密系列高技术铣床也有异曲同工之妙，只有在以专利的，以“精巧机床”OSS Precision（操作者支持系统）精密模块形式的软件支持下才能达到其性能极限。利用直观的用户手册，操作人可以影响产品的成本。驱动和控制参数是利用控制装置写入的，所以用户能驾驭机床的速度控制、表面质量或轮廓精度。

合作双方携手共进

配有传送装置和交换工作台系统的五轴加工中心

Two partners, a single aim

5-axis machining centre with handling device and palletising system

(德) MICHAEL HOB OHM

五轴加工的专用解决方案的应用越来越重要,因此,机床制造商与自动化方案供应商携手合作,为实现共同目标,各尽所能。

位于瑞士Seon的机床制造商Fehlmann公司与同样来自瑞士Büron的工装、传送与过程控制系统制造商Erowa公司自1992年开始合作。他们共同目标是开发出一种能完全适用于不同用户要求的个性化的自动化制造方案。始于上世纪90年代的Fehlmann系统自动化,现在已经完全覆盖这两家公司的产品线。

Fehlmann机床制造商的市场主管与区域销售经理Fabio Casteletti说:战略上,近年来Fehlmann一直在主推机床易操作性与交钥匙的集成工作。基于成套的交钥匙系统理念,对我们来说,能持续合作的可靠供应商是十分重要的。尽管我们首选Erowa系统,但仍需使用客户要求的部件。其原因之一就是:产品型谱越宽,其应用范围就越大。最重要是最终用户要求的规格是唯一标准。Casteletti说:我们通常接受涉及整个机床系列的各种自动化解决方案,从最小到最大型号都有。来自Erowa的系统不仅与我们结构紧凑、易操作和透明特点相符,而且对我们来说,十分贴近的结构和直接的合作方式才是最重要的。

瞄准复杂工件的五轴加工

Picomax 825 Versa五轴加工中心(图1)是双方合作的典型实例。Erowa财务主管Bernhard Steiger回忆说:早在该产品开发之初,Fehlmann就为了了解我们自动化主攻方向,来找我们。后来,在机床的建造时融合了相关知识。Fehlmann就是这样开始介入我们的产品开发工作的,这也说明了双方相互信任的程度。

Picomax 825 Versa为龙门式结构,完全可以满足最高要求的五轴加工(图2)。圆形回转工作台纵向集成到机床上,因而它不会受到直线运动的影响(图3)。该工作台的特点是采用力矩驱动、机械夹紧,二个坐标轴上均装有直接定位传感器,整个系统的回转范围可达 $230^{\circ}(\pm 115^{\circ})$,且具有很好的动态特性。该高强度工作台的最大承重为350kg,采用400×400mm交换工作



图1 自动化制造解决方案:包括机器人传送装置的 Picomax 825 Versa 五轴加工中心



图2 为加工复杂零件而设计的Picomax 825 Versa 加工中心,图中所示为叶轮的铣削加工



图3 Picomax 825 Versa机床的圆形转台，
回转达范围： $\pm 115^\circ$

台,可加工最大工件直径为560mm。Picomax 825 Versa可采用Fehlmann的HSC主轴,既可配用HSK-A63主轴:转速14000r/min或20000r/min,转矩120 Nm;也可配用HSK-E50主轴,转速30000r/min或36000r/min,转矩33Nm(15Nm)。机床采用链式刀库,标配刀库容量为44把,最大刀具直径130mm。刀库最大容量可扩展到250把(选装)。

Casteletti说:根据本公司的产品战略,Picomax 825 Versa还可成为一种柔性制造解决方案。这就是为什么我们这种机床能满足不同客户的需要,从单件生产到多品种批量生产的各个行业部门。为进一步完善我们的系统,我们还可以向这些用户提供多种自动化解决方案。在这方面,Erowa以高可靠性的产品向我们提供了全方位的服务。我们可以按不同用户的个性化要求提供与之相匹配的交换工作台空间位置和承载能力及各坐标轴的设计,等等。最后,可以提供由一台或二台机床组成的自动系统,或多台机床组成的全自动化生产系统。这种五轴加工中心不但可以配置多种自动化装置,而且可以随时升级。根据交换工作台数量不同和所要加工的工件种类变化,系统可以采用闭环交换工作台程序控制和监控,或由柔性的Fehlmann MCM主计算机系统控制。若采用后者,则对机器人和机床实施全面控制和监控。由于机床和MCM能为操作人员提供方便,采用的控制系统无论是在大批量的系列化生产,还是在小批量生产中均能够发挥良好的经济效益。

Casteletti说:Picomax 825 Versa可以组成生产线或配装柔性交换工作台的单台机床等各种不同的自动化方案。另一方面,可将多种不同工件装夹在交换工作台上,在加工过程中进行后续生产的准备工作。此外,操作人员还可对交换工作台系统进行扩展。所有的Fehlmann机床都具有随时增加自动化装置的功能。

例如,用户可能在某一时间感到手动交换工作台不够用了,就可以将其改成自动化的,而不必追加有关交换工作台的投入。

就Fehlmann机床而言,在交换工作台的应用方面,可看到二种趋势。当高等级的工件交换工作台自动化需要能识别工件的控制系统时,若交换工作台数量较少的话,可以简单地通过机床控制系统,对交换工作台实施集中管理。Steiger说这是一种Erowa机器人(Robot Easy)的解决方案。这种自动化方式还需要使用一种传送重量为80kg,配有工件识别系统,能够更换夹爪的机器人系统(Robot Multi);对于零件种类较多,存储量更大双机作业则需使用Robot Dynamic。

由于是采用整体结构,机器人(Robot Easy)可以快速安装在机床上并马上投入运行(图4)。利用传送重量为250kg的机器人进行优化,可以移动Erowa MTS系统交换工作台。夹爪(X轴)的最大运动距离可达1500mm。传送系统可以提供适用于所有Erowa装夹系统的零件库,例如使用10个UPC交换工作台(320×320mm)或6个MTS交换工作台(400×400mm)。Erowa集成制造控制软件可以保证正确的物流,以及制造单元的控制、管理和监控,同时还能保证所有生产数据的连续性。

Erowa市场服务与公共关系负责人Urs Canonica强调:目前,MTS、UPC和PC210系统主要用于Picomax 825 Versa机床。对特定用户考虑采用MTS+零点系统,其特点是,可对夹紧装置的状态进行全面监控。对夹紧装置的控制和监控只需要二个气路,例如:on/off或交换工作台就位。对于MTS+系统的控制,或用带监视器控制显示的手动控制器,也可按要求采用自动化方案。由于采用了新的锁紧技术,该系统具有很好的可靠性,重复精度可达3 μ m。MTS+夹持装置的最大夹持力可达18kN。



图4 机器人传送装置,可将重250kg的零件
传送1500mm

铰削加工：模块化和传送方便

Reaming: modular and easy to handle

(德) DANIJEL MATOSEVIC

利用Dihart Reamax TS高性能多刃铰刀Dihart DAH 零点对中刀夹，用户在风电电站大型零件的加工中实现技术与效益的飞跃。

Dihart Reamax TS刀具系统可以满足用户高质量和高效铰削加工的广泛需求。它采用模块化结构，可降低刀具成本，利用快换铰削头，能适合大范围的零件加工。它具有极好的性能，例如，已成为长寿刀具的代名词（图1）。另一实例，由于与Dihart DAH零点对中刀夹的有机结合，Hermesmeyer & Greweling对其同心度表现非常赞赏（图2）。

Hermesmeyer & Greweling的生产工长Karl-Heinz Greßmeyer说：多年来，我们一直使用Komet集团的钻削刀具，利用这种刀具，我们不断得到跳跃式发展。该公司设在德国Marienfeld，是专门制造电站、

机械工具结构件的企业。Greßmeyer要以新型Dihart Reamax TS高性能多刃铰刀为例，解释为什么会出现跳跃式发展。这种刀具是他们用于加工风电电站大型部件的（图3）。其中一种部件是GGG40材料制造的力矩转换轴承。这种零件的加工需要使用带有直径30mm DST铰削头（Cermet）的工艺装备。为适应所用刀具，使用了Komet ABS液动扩张卡盘和同心度可调的Dihart DAH零点对中刀夹。从体育运动角度来看，Greßmeyer使用的铰刀寿命一下子从以前的4,350mm，一下子跃到了40,000mm，堪称是破了奥林匹克记录。因此，这种高性能铰刀满足了同心度要



图5 应用Erowa和Fehlmann产品系列可构成多种不同的自动化方案: Bernhard Steiger, Fabio Casteletti和Urs Canonica (从左到右)

两家公司伙伴关系带来的附加价值

依据专用成套系统理念,MTS+适用于以下用户要求:

- 立方体零件: (150mm ~250mm) ×250mm × 250mm,最大铸造箱体件:500mm×500mm×500mm;
- 5轴HSC加工;

■ 装载量:大件、箱体铸件:小批量,5件;立方体零件:50件;

■ 料库存贮量:大件12件,立方体零件50件以上;

■ 大件加工时间:30min~400min。立方体件:10min~20min;

■ 规定参数。

下单订货只需考虑,足够二班或三班生产(可选周末加工备料)用的零件库容量,简单明了的订单和单元数据。Fehlmann根据这些数据提出由Picomax 825 Versa 机床加配置容量为180个零件料库、Erowa的MTS+零点装夹系统及PC210工件托盘系统组成的解决方案。Erowa利用Robot Dynamic(机器人系统),配合大型零件与立方体零件库完善整个生产方案。该生产系统配有工件上、下料工位,单元控制采用Erowa制造控制软件,具有订单评价和ERP与CAM数据输入功能。

用户通过这二个人可获得不同结构的方案,自动与这二家公司对接,通知Casteletti。依据Fehlmann与Erowa的自动化方案,用户购买的是用户特定需求与长期合作研发经验相结合的成套方案。在这种自动化生产方案中,用户可按特定生产工艺选择机床及其外围设备的精密加工知识,进而使用户得到最佳结果。



图1 Dihart Reamax TS模块化刀具系统可实现高度的系统模化和高精度



图2



图3

图2 利用新型Dihart DAH零点中对刀夹,即使是在不太理想的机床或主轴状态下也能保证最佳的同心度

图3 Komet 集团创新的铰刀可以满足Hermesmeier & Greweling加工风电电站部件的质量要求

求,更重要的是提高了加工效率。

更取代调整

Dihart Reamax TS高性能铰刀是根据可互换铰削头原理设计的,就如同多年来大家都熟悉的Dihart多用头(图4)。以简单的互换性取代调整,大大简化了铰刀的运输费用。这种铰刀的优点是刀头可互换,并具有很高的尺寸精度。

这种刀头的定心元件是一种短锥、平面接触的高精度尖状插入体。它能保证铰削过程中正确传递力矩,能保证得到极好的同心度,以适用于超精加工。Dihart Reamax TS中的精度尖状插入体是标准化的,可作为一种基本模块。因此,这个基本元件可适用于不同结构和直径及不同用途的铰削头。该公司备有多种刀夹,以适应不同的机床连接和长径比要求。这些刀夹可与所有铰削头配合使用。铰削头

用径向夹紧装置紧固在不同的刀夹上,紧固和松开简便。由于是采用模块化结构,这种刀具可用于加工多种工件。

Greßmeyer说:“风电电站用的大型零件有多种不同直径。由于所用材料也不尽相同,我们采用金属陶瓷或硬质合金制造的多种铰削头,以加工不同材料的零件,但使用的是同一种刀具系统。”在计及加工效率时,他说:这不仅缩短了调整时间,而且能减少所用刀具种类。

精密,可控的生产

Greßmeyer强调,尽管延长刀具寿命的收益最大,但就多刃刀具的可调性而言,加工质量和过程可靠性好是非常重要的。特别是风电电站的零件的质量要求,其同心度确实需要精心调整。Hermesmeier & Greweling正是用的Dihart DAH Zero自动对中刀夹进行这种加工的(图2)。这种刀夹可作为Komet集团铰刀工具箱中的一种标准件,其同心度可以精确调整到微米级。Greßmeyer说,机床和主轴都可能引发同心度误差,刀具伸长也会造成这种误差,因此我们必需克服由刀具造成的误差。例如过载造成的微小崩刃等刀具早期损坏,会在超精加工阶段影响工件钻削质量和刀具寿命。

使用Dihart DAH Zero对中刀夹可获得小于 $3\mu\text{m}$ 的同心度误差,能满足精度要求很高的加工需要。刀具可在机外调整,即使是没有操作经验的工人也只需数分钟时间。模块化Dihart Reamax TS刀具系统和Dihart DAH Zero刀夹的应用具有诸多优点,Hermesmeier & Greweling很难精确地用钱表达。但是,就加工扭矩转换器轴承这种工件来说,按可比项目计算,仅刀具寿命延长一项,就能节省近1万欧元。



图4 Dihart-Reamax采用简单的换头方法代替刀刃调整