

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.5 2012
2012年10月
October 2012

主管: 中国机械工业联合会
主办: 中国机床工具工业协会
地址: 北京市西城区莲花池东路102号
天莲大厦16层

邮政编码: 100055
电话: (010) 63345259 传真: (010) 63345699
电子邮箱: wmem@cmtba.org.cn

出版: 中国机床工具工业协会
经济日报社
地址: 香港湾仔轩尼诗道342号十六楼
电话: (852) 2572 2289 传真: (852) 2834 2985
电子邮箱: eiaet@pacific.net.hk
督印人: 郑光兴

顾问: 梁训瑄 于成廷
主任: 吴柏林
副主任: 王黎明 耿良志

编委:
关锡友 张志刚 龙兴元 黄 照 马伟良 元晋予
王陆洲 叶 军 刘家旭 曲 波 朱 峰 石 光
杜立群 杨京彦 陈 江 陈永开 陈吉红 宓仲业
高荣森 王 旭 张明智 魏华亮 毛予锋 李晶明
陈惠仁
特邀编委:
刘宇凌 李先广 姜怀胜 李维谦 于德海 刘春时
李宪凯 魏而巍 夏 萍 范小会 翟 巍 陈德忠
徐 刚 刘贵宝 武 衡 朱继生 李志宏 桂 林
李保民 汪爱清 王跃宏 张国斌 初福春 王明远
高克超 刘庆乐 王兴麟 董华根 胡红兵 李振雄

总编辑: 李华翔
副总编辑: 杨春林
编辑: 沈绍基 张芳丽
广告部主任: 韩 强
国际标准代号: ISSN 1015-4809
国内统一刊号: CN 11-5137/TH
国内发行: 北京报刊发行局
订阅处: 全国各地邮局
邮发代号: 80-121
广告总代理: 经贸广告有限公司
地址: 香港湾仔轩尼诗道342号16楼
电话: (852) 2591 2802, 9472 6072
传真: (852) 2834 2985
电子邮箱: wmem_ad@yahoo.com
惠赐广告, 请洽一沈绍基经理

承印: 北京汇林印务有限公司

零售价: 中国内地RMB10.-
中国香港HK\$70.-
其他地区US\$10.-



《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》(理工C辑)、《中文科技期刊数据库(全文版)》全文收录期刊、万方数据-数字化期刊群之中国核心期刊数据库引文期刊

目 录 CONTENTS

2012年第5期(总第122期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

33 苗圩到重庆机床集团参观考察等15则消息

行业论坛 Industry Forum

38 如何破解:“形似而神不似”的难题

——来自部分机床工具企业技术负责人的观点

How to make a breakthrough on “similar in form but not reality”

(1) 认识差距 寻求突破

姜 辉

Find the difference to make a breakthrough

(2) 消化、吸收、再创新

王银山

Digest, assimilate and recreate

(3) 持之以恒 不懈努力

张 雄

Preserve and make unremitting efforts

(4) 注重技术研发与传承 与配套企业共同发展

蒋荣良

Lay emphasis on technological innovation and tradition loosely cooperate with suppliers

专题报道 Special Report

42 逆境中,企业如何保持平稳发展

——从2012行业调研看企业如何应对危机

张芳丽

Keep a smooth development in the difficult time

海外交流 Overseas Exchange

45 展示精品 促进交流

——来自美国芝加哥IMTS展会的报道

阎晓彦

Report of International Manufacturing Technology Show

产销市场 Production & market

47 2012年上半年机床工具行业经济运行情况分析

机床协会

Economic operation analysis on China machine tool industry in the first half of 2012

专题综述 Topical Review

49 数控机床可靠性技术评述(上)

张义民

Evaluation on reliability of CNC machine tools

58 我国机床工业企业要走“专、精、特”发展道路(1)

梁训瑄

Right way for developing of China's machine tool industry

64 珩磨机床的应用与发展

鲍兴鹏

Application and development of honing machine

69 加速发展个性需求的成套装备

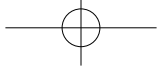
恩宝贵

Speed up to develop integrated equipment for specific demand

72 高精度绝对式光栅尺研究进展及技术难点

孙 强

Progress and technical features of absolute grating with high precision



WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

Competent Authority: China Machinery Industry
Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders'
Association

Add: 16/F., Tianlian Mansion,
102 Lianhuachi East Road,
Xicheng District, Beijing,
100055 P.R. China

Tel: (010) 63345259 Fax: (010) 63345699
E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Economic Information & Agency

Add: 16/F., 342, Hennessy Rd., H.K.

Tel: (852) 2572 2289 Fax: (852) 2834 2985

E-mail: eiaet@pacific.net.hk

Supervisor: Zheng Guang Xing

Edit-Committee Consultants: LIANG Xun-xuan, YU
Cheng-ting

President of E-C: WU Bai-lin

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
GENG Liang-zhi

Committeemen:

GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG Xing-yuan,
HUANG Zhao, MA Wei-liang, YUAN Jin-yu, WANG
Lu-zhou, YE Jun, LIU Jia-xu, QU Bo, ZHU Feng, SHI
Guang, DU Li-qun, YANG Jing-yan, CHEN Jiang,
CHEN Yong-kai, CHEN Ji-hong, MI Zhong-ye, GAO
Rong-sen, WANG Xu, ZHANG Ming-zhi, WEI Hua-
liang, MAO Yu-feng, LI Jing-ming, CHEN Hui-ren

Specially Invited Committeemen:

LIU Yu-ling, LI Xian-guang, JIANG Huan-sheng, LI
Wei-qian, YU De-hai, LIU Chun-shi, LI Xian-kai, WEI
Er-wei, XIA Ping, FAN Xiao-hui, ZHAI Wei, CHEN
De-zhong, XU Gang, LIU Gui-bao, WU Heng, ZHU
Ji-sheng, LI Zhi-hong, GUI Lin, LI Bao-ming, WANG
Ai-qing, WANG Yue-hong, ZHANG Guo-bin, CHU
Fu-chun, WANG Ming-yuan, GAO Ge-chao, LIU
Qing-le, WANG Xing-lin, DONG Hua-gen, HU Hong-
bing, LI Zhen-xiong

Chief-Editor: Li Huaxiang

Deputy Chief-Editor: Yang Chunlin

Editor: George Shen Zhang Fangli

Advertising Manager: Han Qiang

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising Agency:

E & T Advertising Ltd.

Add: 16/F., 342, Hennessy Rd., Hong Kong.

Tel: (852) 2591 2802, 9472 6072

Fax: (852) 2834 2985

E-mail: wmem_ad@yahoo.com

For advertising, please contact —

General Manager: George S.J. Shen



European Production Engineering
欧洲生产工程

Publisher

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG,
Kolbergerstrasse 22, D-81679 Muenchen,
Phone +49 89 99830-254 Fax +49 89 99830-6 23,
http://www.hanser.de

Publishing Director: Michael Himmelstoss

E-Mail: epe@hanser.de

Advertising Director: Dietmar von der Au

Tel. +49 89 99830-214 Fax +49 89 99830-623

E-Mail: au@hanser.de

EPE powered by



目录 CONTENTS

2012年第5期 (总第122期)

展会信息 Exhibition

- 74 从CCMT2012看磨床新技术的发展 刘传金
New progress of grinding technology
- 80 卧式铣镗加工中心技术分析与发展前景 许立亭 刘欣
Technical analysis on horizontal milling & boring center and the outlook
- 84 CCMT2012数控内圆磨床展品评述 王奋
Comment on CNC internal grinding machine shown at CCMT2012

产品与技术 Production & Technology

- 87 高刚度数控车床关键结构及性能研究 倪帆等
Key structure and performance research of high rigidity CNC lathe
- 92 Cognitens: 模具高效研发和生产的得力工具 张哲 马骁
Cognitens is powerful tool for mould developing and production
- 95 车床类带修光刃的大进给精加工可调式刀具简式工具系统 范亚炯
Adjustable tool system for fine turning with high feed rate
- 98 全速前进 山特维克可乐满编译
Full speed advancing
- 101 联动工装在批量生产中的开发和应用 何孟林
Design and application of linkage tooling in batch production
- 103 数控机床润滑系统的选型与参数计算 杨振辉
Choice and parameters Calculation of lubricating system for CNC machine tool

企业风采 Enterprises Features

- 108 重庆机床: 志存高远, 任重道远 孙明强
Developing trend and prospect of Chongqing Machine Tool Co., Ltd.

相关产业 Correlative Industry

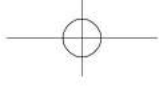
- 110 灌装机械一把手 沈建华
New development of filling machinery
- 111 降低成本, 最大化利用现有资源 叶奕明
——某进口立式加工中心机床大修改造
Make full use of current resources to reduce the cost

欧洲生产工程 EPE

- 114 采用涂层的基于陶瓷和PCEN的超硬切削材料进行硬车加工 Johannes Schneider
Hard turning with coated super-hard cutting tools
- 118 成功的测量 ZOLLER公司
The measures of success

116 广告客户索引 Advertisers' Index

消息 (57、68、73)



苗圩到重庆机床集团 参观考察

2012年9月14日下午，国家工业和信息化部苗圩部长率原材料工业司司长程海燕、消费品工业司司长王黎明、电子信息司司长丁文武、节能与综合利用司司长周长益、巡视员冯长辉、装备司副巡视员王富昌、规划司副司长韦俊等一行到重庆机床集团参观考察。重庆市副市长童小平、市经信委主任沐华平等市领导以及重庆机电集团董事长、党委书记谢华骏陪同考察。机床集团张明智、李先广、王光新、金朝华、李智勇、曾令万等公司领导进行了热情接待。

苗圩部长一行重点参观了装配分厂和齿轮分厂精密蜗轮副加工车间，详细了解企业经济运行状况和产品发展情况，对重庆机床集团的技术创新发展与技术改造升级给予了充分肯定，同时鼓励企业坚持走新型工业化道路，进一步加强技术转型升级，推动工业发展。



据悉，苗圩部长此次来渝出席全国工业企业技术改造工作会议，他在考察调研时指出，近年来，包括重庆在内的全国各省区市的工业企业在技术改造工作中取得了显著成效、积累了宝贵经验，下一步，工业和信息化系统要更好地总结宣传各地技术改造工作的经验做法，树立一批示范企业，激发后进企业，努力推动技术改造工作迈上新台阶。

(王碧霞)

国内首台最大吨位数控电动螺旋压力机 在青锻研制成功

2012年9月7日，由青岛青锻锻压机械有限公司为中航工业江西景航航空锻铸有限公司研制的国内首台一万六千吨的EPC—8000型电动螺旋压力机在青锻研制成功，并顺利通过了国家产品质量检测中心及用户江西景航公司的产品检测和验收。



EPC—8000型电动螺旋压力机，是青锻公司继2010年世界首台万吨双盘摩擦压力机研制成功后的又一突破，充分彰显了青锻公司在国内同行业中的领先地位和研发能力。

EPC—8000型电动螺旋压力机属于节能型数控电动螺旋压力机。该机采用了数字化矢量控制，模块化设计，可进行程序化设定，实现了联机自动化，具有结构简单，抗偏载能力强，操作维护方便，打击能量控制精确，节约能源、绿色环保，产品成形精度好，生产效率高特点。该机根据精锻工艺的特点，通过优化设计特种电机及控制系统，彻底解决了传统锻压设备的电机在运行时不工作也要耗电问题，实现了电机只在打击工作时耗电，在辅助间歇时间不旋转不耗电，从而实现了节能。而且该装备控制先进，节能减排，可以大幅度降低锻造成本，提高航空发动机叶片和曲轴等精锻产品的质量要求。该机与摩擦压力机比较，可节电70%左右，可广泛应用于模锻、切边、校正等航空精密锻造工艺，因而受到国内外锻造工业界的青睐。

(郭斌 鞠秀华)

桂林广陆公司开发成功单臂坐标综合测量机

最近,桂林广陆数字测控股份有限公司开发成功了一种单臂坐标综合测量机。首台机经过桂林市产品质量监督检验所按经备案的企业标准对41项检验项目进行检验,全部检测项目均合格。该测量机既克服了目前绝大部分生产现场采用普通量具进行尺寸测量时存在的效率低、制作特定工装成本高的缺点,实现了生产现场高效率和高精度检测,同时又兼顾了传统直观测量方式和当代先进坐标测量方式,还有刀具检测和预调功能,具有多功能、操作简便、普及性好的特点,对环境无特殊要求,可广泛用于生产现场检测,这对于提高企业的生产和检测能力、保障零件加工质量都具有重要的意义。

单臂坐标综合测量机具有常规手动三坐标的检测功能,可检测复杂三维机械零件的各项几何量参数;具有常规传统指示表检测功能,可直观检测直线度、平行度、垂直度、平面度等;可进行回转类刀具的检测和调整。该测量机申请国家发明专利已获得受理并初审合格。(林强兴)

Fibersim 2012软件为航空航天复合材料制造品提供更加有效的解决方案

近日,西门子工业自动化事业部旗下机构、全球领先的产品生命周期管理(PLM)软件和服务提供商Siemens PLM Software今天宣布,Aerospace Industrial Development Corporation(AIDC)已经购买了最新版本的Fibersim 复合材料工程软件套件,该公司是世界领先的飞机制造厂商的主要供应商。今后,AIDC将能够无缝地将客户的计算机辅助设计(CAD)文件输入Fibersim软件中,以推动制造流程,生成平面展开图样和激光数据文件。

据了解,AIDC在利用尖端技术、材料和制造工艺开发当今最先进的飞机项目方面具备丰富的经验。AIDC依靠Fibersim软件来制造复合材料工程部件已超过十年时间;面对当前和未来飞机项目预计工作量的大幅增加,AIDC认定Fibersim 2012将是开发蒙皮

壁板、机身、舱门和纵梁最有效的解决方案。

Universal Robots将加大开拓中国机器人市场

近日,丹麦创新工业机器人制造商Universal Robots公司首席执行官恩里克·克罗格·艾佛森先生(Enrico Krog Iversen)在其北京之行中表示,中国正在由一个低成本制造基地演变为一个由服务与创新驱动的经济体。众多国内厂商选择自动化生产方式以获取竞争优势,从而催生了对工业机器人的大量需求,这将推动中国迅速成长为世界最大的机器人市场。

中国和全球市场对工业机器人的需求均于2011年创下新高。根据国际机器人联合会(International Federation of Robotics, IFR)的数据,2011年是工业机器人产业自1961年以来最蓬勃发展的一年,全球市场同比增长37%。韩国、日本等东亚市场的机器人销量均有所上升,而中国的销量比2010年提高

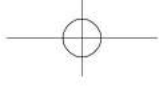


51%,成为增幅最大的市场。根据IFR的数据,中国有望于2014年成为世界最大的机器人市场。

艾佛森先生表示:“Universal Robots 的UR5及UR10机械臂非常适合中国日益精密的制造行业,因此,公司计划在未来几年投入更多资源,发展中国经销网络。”UR5和UR10机器人正广泛应用于中国家电、汽车零部件、消费品、喷漆、机床、电镀、微电机、医疗、教育、视觉和自动导航等领域中。

国内最大回转支承综合性能试验台NV5000投入使用

近日,由南京工业大学和南京工大数控科技有限公司联合研制的国内最大回转支承综合性能试验



台NV5000正式投入使用。该项目历时两年，共投入研发资金近700余万元。该试验台可模拟实际工况，施加轴向力、径向力和倾覆力矩，最大轴向力为2000kN，最大径向力为1500kN，最大倾覆力矩可达15000kNm，最大被试回转支承直径可达5米，具有灵敏性试验、寿命试验等6大功能，可监测包括扭矩、变形量、加速度等物理量24个，软件实施进行数据处理与分析。经上海市宝山区组织的鉴定，其功能完善、数据准确，为企业产品的质量检测、自主设计提供了检测手段，对国内回转支承企业提高自主设计能力，增强产品竞争力，占领高、精端市场奠定了坚实基础。

该项目先后获得国家科技支撑计划、江苏省科技项目等支持，申请发明专利8项，已授权2项（其中1项获2010年度江苏省百件优秀发明专利称号），软件著作权2项。该产品已经在三一重工、马鞍山方圆回转支承有限公司、洛阳LYC轴承有限公司、上海欧际柯特回转支承有限公司等投入使用。

汉江机床主机销售强势飘红

当前，在国内宏观经济增速下降，机床工具行业市场持续萎缩的形势下，汉机公司机床产业“逆势增长”，1~8月公司机床销售收入较去年同期增长34%，取得历史最好成绩。

今年以来，汉江机床有限公司面对市场形势变化，通过采取科技创新带动产业结构调整、提升营销竞争力、从完善制度入手严把产品质量关等一系列措施，深入研究细分领域用户工艺需求，充分发挥企业自身的技术工艺优势，不断完善和改进工艺流程，及时掌握市场信息，依据市场需求调整产品结构，及时修正主机出产计划，确保了重点产品及时出产交付用户，保证了企业经营的良好态势。

此外，汉江机床有限公司根据跨越发展目标，以及“质量提升年”活动安排，上半年集中开展质量管理体系文件修订换版工作，以此完善质量管理相关制度，规范过程管理，优化企业基础工作，创新工作机制和路径，依靠设计水平的不断提高、生产体系的不断完善、工艺设备的不断改进、质量检验能力和方法的不断提高，将形成更加科学、完

善的质量管理体系，提升公司产品和企业发展的质量、效益，夯实跨越发展的基础。（李秀国）

环球机床附件集团公司领导 到星火机床洽谈合作

9月14日，烟台环球机床附件集团公司董事长兼总经理张成谋等一行3人来星火机床洽谈合作事宜，并就企业经营管理经验等内容进行交流。星火机床公司副总经理刘强等接待。

刘强向张成谋一行介绍了星火机床公司情况。他说，10年来，星火机床公司不断创新、不断变革，根据市场要求，调整产品结构，积极开拓国外市场，建立新渠道，在技术进步等方面取得了一定成绩。座谈中，刘强对星火机床公司与环球公司的前期合作表示认可。



座谈结束后，环球机床附件集团公司领导一行在刘强等的陪同下，参观了星火机床公司部分生产现场及星火工业园。（肖丽霞）

第十一届制博会成功召开

第十一届中国国际装备制造业博览会（简称中国制博会）于9月1~5日在沈阳国际展览中心举办，本届展会启动全部8个展馆和2个室外展场，设置九大家专业展区，参展展品达到一万余台\件。其中包含阿奇夏米尔MIKRON HSM LP系列加工中心、蔡司CONTURA G3S扫描测量平台、北京精雕Carver600V_AU雕刻机、EMAG VG110倒置式磨

床、YCM FX380A五轴加工中心、森精机NTX车铣复合中心、海克斯康GLOBAL Silver系列测量机、山崎马扎克INTEGREX e V II系列复合加工机、大隈VTM-1200YB复式加工机等机床工具类产品。



此外，我国首个激光技术产业装备园——辽宁（鞍山）激光科技产业园也亮相制博会。与此同时，还吸引了一大批激光设备企业参展，如奔腾楚天、华俄激光、迪能激光、大族激光、金运激光、索斯曼激光等企业纷纷参展。

鲁南机床TMC系列车铣复合加工中心 产业化项目列入国家火炬计划

日前，经国家科技部公示，鲁南机床有限公司“TMC系列车铣复合加工中心产业化”获得国家火炬计划立项（项目编号：2012GH041423）。

鲁南机床公司与国外研究机构合作研发的TMC系列车铣复合加工中心能够实现8轴4联动功能，主要用于汽车、医疗、船舶、航空航天、机车等领域的关键复杂零件的加工，改造和提升了传统工艺加工手段，充分体现了高速、复合、智能、环保的特点，大大提高了复杂零部件的加工质量。

该产品研发成功后，2009年12月，省级鉴定为具有国际同类产品的先进水平（鲁科成鉴字[2009]第1092号）。产品两项关键技术“动力刀塔”和“内藏式电主轴”分别获得国家发明专利和国家实用新型专利授权。2010年，产品荣获山东省科技进步三等奖。同年4月，产品获中国机床工具行业最高奖“春燕奖”。

（王 艳）

桂林机床召开2012年度QC成果发布会

为大力推广全面质量管理，开展群众性质量攻关活动，桂林机床股份有限公司于近日召开了2012年度QC成果发布会，共有4个单位在会上发布了4项提高产品加工效率的攻关课题，估计年产生效益达100万以上。

近年来，该公司从组织上对群众性质量管理活动给予积极支持，在公司内部创造了良好的QC小组活动氛围。QC小组活动以“推进技术工艺再进步，推进产品质量再提升”为主题，运用质量管理理论、思想、方法和手段，以改进质量、改进管理、提高经济效益为目的均取得了丰硕成果。在发布会上，技术开发部直槽QC小组发布了“降低工作台（28mm）直槽铣削时间”课题，技术二部GL23-A70横梁系列QC小组发布了“提高GL23-A70横梁系列加工效率”课题，质量部计量室QC小组发布了“提高大外径千分尺检测效率”课题。所有这些QC成果对提高企业质量管理，开展群众性质量攻关，不断提高公司产品质量水平都起到了积极的推动作用，并创造了良好的经济效益。

（余桂才）

海克斯康计量发布新的品牌战略

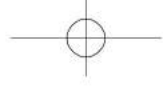
2012年9月5日，在英国的Cobham海克斯康计量发布其全新的公司品牌战略，包括全新的公司标志和品牌策略。通过该策略的执行，将使得海克斯康计量与其母公司“海克斯康”的实力和优势实现更好协同。

作为品牌再造的一部分，海克斯康计量重新定位了其品牌策略，



将“海克斯康计量”作为计量市场上的主要品牌，同时保留标志性的产品品牌。通过提升海克斯康计量的品牌知名度，公司将促进新的发展机遇，全球化的客户群将充分共享海克斯康计量作为一个公司，所拥有完整的计量和检测产品线而得到的收益。

品牌再造预示着海克斯康计量与母公司海克斯康



更加紧密的战略协同，并明确公司新的市场定位。

海克斯康计量总裁Norbert Hanke这样谈到：“展望未来，其核心优势可以概括为经过验证的解决方案、完善的客户服务、广泛的软件选择、高精密的传感器和专业细分的行业团队。”

“天锻杯”铣工焊工决赛 在天水锻压举行

9月15日，天水市2012年职工职业技能大赛“天锻杯”铣工焊工决赛在天水锻压机床（集团）有限公司一分厂、四分厂分别举行，来自东道主天水锻压机床（集团）有限公司和凤动、星火、长城开关等14个企业的30多名选手参加了此次决赛。

此次比赛旨在进一步提升职工职业技能素质，充分发挥工人阶级在构建社会主义和谐社会中的主力军作用。比赛结束后，组委会对获得市级比赛第1名的选手破格晋升为技师，2~3名的选手晋升为高级工，同时前6名的选手被比赛组委会联合授予“天水市技术标兵”。其中各工种前2名选手授予“天水市技术能手”和“甘肃省技术能手”。

据悉，天水锻压机床（集团）有限公司共有19名选手参加了“天锻杯”铣工焊工决赛，在比赛中也赢得了裁判的肯定。（白 峰）

合锻公司自主研发产品被认定为 国家重点产品和省高新技术产品

近日，合肥合锻公司自主研发的JH39型数控闭式四点机械压力机、YH54型大型精密数控平板硫化液压机和YH10型超低速精密等温锻造液压机等三项产品，通过省科技厅专家评审，被批准认定为2012

年安徽省第一批高新技术产品。

JH39型数控闭式四点机械压力机采用PLC控制、重载负荷液压润滑等先进技术，主要用于薄板零件的冲裁、成形、弯曲、校正、浅拉深等各种冷冲压工艺，具有生产效率高、可靠性高、环保节能等特点，容易满足工业化大生产，尤其是汽车行业的需要。

YH54型大型精密数控平板硫化液压机攻克了超长时间保压技术等关键技术，首创了国内30000kN最大载荷，具有功能齐全、性能优良、生产效率高、柔性好等特点。该产品主要用于大型特殊用途橡胶制品的成型及硫化工艺，可有效提高自动化水平，改善产品质量。

YH10型超低速精密等温锻造液压机，采用高频响伺服阀和电子泵等作为主要控制器件，以新型FUZZY-PID控制方法为理论依据，以工业计算机集中控制技术为基础，实现等温锻造中的恒速率控制和恒应变速度控制功能，可满足等温锻造各项工艺动作要求。该产品主要用于国防、军工、飞机、汽车等领域由铝合金、镁合金、钛合金等材料制成的精密关键复杂零件的成形。该项目被科技部认定为2012年度国家重点新产品。（汪海明）

蔡司助力第五届数控大赛

2012年7月23日，第五届全国数控技能大赛暨第42届世界技能大赛数控车、数控铣选拔赛在北京隆重开赛。德国蔡司有幸首次赞助数控大赛，三坐标测量仪Contura G2在比赛现场为选手的作品进行现场检测。本届数控大赛首次选拔高精度检测仪器进行客观检测，提高检测结果的公信度，成为大赛的亮点之一。

世界技能大赛是由世界技能组织举办的国际技能届的顶尖赛事，被称为“技能界的奥林匹克”，每两年举行一次。中国于2010年正式加入世界技能组织。在2011年10月4日至9日，中国首次派出代表团参加了在伦敦举行的第41届世界技能大赛，参与了数控车床、数控铣床、计算机辅助机械设计、美发、网站设计以及焊接6个项目的比赛，取得了一枚银牌和总平均分第二名的成绩。





机床工具行业经过十几年的快速发展，取得了世人瞩目的成绩，在中高端产品领域，我们已经解决了能做的问题，做到了“形似”，但离“神似”还有很大的差距。

当前经济形势严峻，用户需求不断升级，产品结构升级压力逐步加大的形势，对国内企业提出了严峻的挑战，如何破解“形似神不似”这道难题，需要大家一起来努力！下面就来听听4家国内机床工具企业技术负责人的观点。

破解“形似神不似”的难题

——来自部分机床工具企业技术负责人的观点



齐重数控装备股份有限公司
副总经理、总工程师
姜 辉



汉江工具有限责任
公司总工程师
王银山



上海三一精机有限
公司总工程师
张 雄



武汉华中数控股份有限
公司中央研究院副院长
蒋荣良

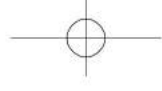
认识差距 寻求突破

齐重数控装备股份有限公司副总经理、总工程师 姜 辉

目前，国内重型机床制造企业的制造能力很强，规模也不小，但属于大而不精。与国外先进水平相比，我国重型机床产品技术水平略逊一筹，其中制造工艺水平和可靠性成为与国外先进产品竞争的最大障碍。缺乏高精水平的加工设备是造成这种窘境的重要原因之一。同时，国内企业普遍存在自

主创新能力不足的问题，但是重型机床单件小批量的市场需求特点，恰恰对技术创新提出了更高的要求。

近几年，以高速、高精、复合、智能等为特征的中高档数控机床关键技术虽已取得明显进步，一批共性、基础技术和新产品研发也有了新的进展，



但与国际先进水平相比,还存在较大差距。有些关键技术,如:高速高精运动控制技术、动态综合补偿技术、多轴联动和复合加工技术、智能化技术、高精度直驱技术、可靠性技术等尚需进一步突破,有些重大技术离产业化还有一段路程。我认为急需破解的技术难题主要有以下几方面:

(1) 提升产品的可靠性。可靠性是提高产品质量和生产效率的保证。目前国内数控机床的研发,主要面向高档次,追求高速、精密和多轴联动复合加工等。虽然很多产品在功能、规格方面已经达到甚至超越国际同行业一流企业产品,但产品的稳定性和可靠性还比较差。随着复合功能的增多和密集型技术的引入,不可靠因素和故障隐患增多,使得市场占有率偏低,竞争力较弱。数控机床的可靠性涉及到生产厂的设计、试验、制造、装配、供应和售后服务等厂内各部门,涉及到配套件、外协件的供应厂商,还涉及到机床用户,这是一项需要多个部门共同努力的系统工程。企业甚至全行业都需提升产品的可靠性,来解决产品“形似神不似”的问题,提升产品的综合市场竞争力。

(2) 重型数控机床产品上档次、上水平,要重点解决几个关键共性技术:整机优化设计技术;典型运动副可靠性设计;可靠性增长与增长试验技术;高速主轴动刚度与轴承热平衡系统和动平衡的研究;高速进给动态特性测试、前瞻控制、加速度平稳控制技术;自动在线测量、误差补偿技术;长行程无间隙传动技术等问题。

(3) 提高核心传动部件的运行速度、精度,以及整个机床的制造工艺水平与质量。通过加大研发力度,优化工艺方法,加强科研试验,提升信息化手段,加快改进升级等方式提高数控机床整机制造水平与质量。

(4) 建立以企业为主体、以市场为导向、产学研用相结合的研发体系,提高行业的自主创新能力。我们要扎实推进产业化基地项目;与高校合作,以先进技术推进生产,以生产实践巩固学术理论,以学术理论促进技术创新,培养强有力的人才技术团队;以市场发展趋势为指向,提高市场的适应性和占有率。

消化、吸收、再创新

汉江工具有限责任公司总工程师 王银山

“十一五”以来,随着国家对机床工具行业的大力支持和行业自身的努力,中国机床工具实现了快速发展,产品技术跨入了中高端水平,核心竞争力得到了很大提升,齿轮机床的发展也取得了很大进步。作为机床“牙齿”的齿轮刀具,与机床行业的整体进步保持了同步发展。以齿轮滚刀为例,国内已研发成功环保干切滚刀,切削速度可达200m/min,研发成功高效双切滚刀用于大模数齿轮加工,效率可提高2倍以上,极端规格超大模数滚刀也已研发成功。但与国外同类刀具发展相比,国内仍有一定差距,主要表现在以下几个方面:

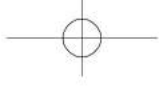
一是整体原始创新能力不强,而且是体现在整个产业链中,从新材料研究、刀具加工专机、测量技术及仪器,到涂层技术及设备等各个环节。在

某些产品和技术方面能够做到跟紧学习,缩短了差距,但原始超前创新较少。

二是缺少系统的基础研究机制和相应的专业研究团队。

三是缺少系统的应用研究机制和专业研究团队。

这些问题的关键在于,从国家层面上要有合理的考核和激励机制。比如采用发展航天技术的做法支持基础研究和应用研究,而基础和应用研究需要大量的物力人力,基础及应用研究不能急功近利,只能扎扎实实长期坚持。在行业和企业,这些都是共性问题。比较实际的做法是引进国外先进技术产品为我所用,关键是要同时消化吸收再创新,要消化吸收得透彻,找出突破点再提高,做到事半功倍。



持之以恒 不懈努力

上海三一精机有限公司总工程师 张 雄

目前,国内中高档数控机床相比之前结构更优、功能更强、效率更高,外观设计也更加国际化,与国外高档机床越来越“形似”。但是,国内机床行业普遍存在基础研究薄弱,创新力度不够,生产工艺落后和从业人员技能不高、经验不足等问题,导致产品品质和国外高端机床相比仍有较大差距,尤其是在可靠性、稳定性方面更是明显,无法达到“神似”。

针对以上问题,国产中高档数控机床要走出“形似神不似”的尴尬局面,使产品在稳定性、可靠性及加工性能指标等方面达到国外高端机床的水平仍需多方努力。

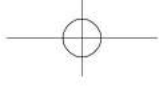
首先,高端用户与机床厂家之间需增强信任,建立战略合作关系。国内高端用户“偏爱”国外高端品牌的事实,客观上弱化了国产高端品牌诞生的机会与动力。因此,国内高端用户(尤其是航空航天、轨道交通、汽车能源等行业)应该给予本土机床厂家更多的合作机会,创造更多的发展平台。正如波音与辛辛那提几十年如一日的合作,Forest Liné 给空客多年的支持,以及爱克赛罗在与通用动力总成上的配合等等。三一集团对高端机床产品的内在需求以及对三一精机高端品牌的市场定位,客观上为三一精机创造了良好的发展平台与广阔的发展空间。其最终结果,便是三一精机为三一集团泵送、重装、履带吊等事业部研制的专机产品填补了国内空白。

其次,国内机床厂家需加强基础技术研究和研发创新,不断提升机床主机性能指标。国内机床企业应加深机、电、液、气等方面的基础研究,包括机械结构优化、信号传递与控制、液压传动等领

域,以及加工工艺、切削机理、检测技术、热变形与热补偿技术、降噪减震技术等诸多方面。同时,还应加速核心关键功能部件的自主研制,特别是数控系统的深层次开发,从而最大程度地发挥机床本身加工性能,优化加工工艺,提高加工精度与加工效率。三一精机即通过开展多项基础研究取得了阶段性成果。

最后,国内机床厂家需从管理方法和人员素质两方面提升产品精细化水平。目前,国内很多机床厂家厂房设施等硬件条件并不比国外差,自动化、信息化水平相差无几,质量管理方法基本一样,产品外观也越来越“形似”,但产品品质与国外品牌仍有明显差距。这恐怕与我国机床生产精细化水平低下有直接的关系。问题是怎么改变这一现状呢?我们不妨从质量管理和人员素质两方面着手。具体来说就是切实推行6σ、4M1E、PDCA等现代质量管理方法,加强执行力度,进而从根本上指导生产、服务生产,达到提升品质、提高效率的目的。同时,全面提升生产人员的基本素质和扎实技能,包括预见问题、分析问题、解决问题和总结经验的能力,强化精益求精、不断追求完美的责任心和执着精神,用偏执的态度追求产品高可靠性、高稳定性。

总之,随着国内机床行业“由大变强”主观意识的日益提升和国内机床厂家对机床本身理解的不断深入,国家对机床工具行业的大力支持与投入,以及国内市场对高端机床不断增长的客观需求,我们坚信通过国内机床厂家持之以恒的不懈努力,中国中高档数控机床摆脱“形似神不似”的日子并不遥远。



注重技术研发与传承 与配套企业共同发展

武汉华中数控股份有限公司中央研究院副院长 蒋荣良

国产数控系统经过近20年的发展，特别是近年来国家重大专项的支持，应该说我们和国际主流的数控系统差距在逐步缩小，好多的功能实现了从无到有，一些关键功能也都实现了，但是否可以说我们经过最后几百米的冲刺就能达到国际先进水平呢，这是一个相当容易麻痹人的观点！做到“形似”不容易，但要做到“神似”则更难！比如数控系统的五轴RTCP功能，我们很早就能实现，但在机床上实际使用时，就会发现有些问题还需要下大力气去处理。还有我们的数控系统也能实现近100m/min的快移速度，但能不能保证在各种意外情况下数控系统都能控制机床安全地停下来，这也是需要我们做很多深入研究的。

若要真正缩小我们和国外数控系统的差距，需从以下几个方面实现突破：

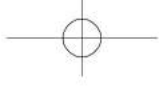
(1) 加大研发投入。数控系统是一个市场不大但技术含量很高的高科技产业，需要企业在研发上做很大的投入。国外数控系统的研发中心都是几千人的规模，并且都是经过几十年的积累研究，国内还没有一个数控系统厂家能进行这么大的投入。并且国内数控系统企业很容易走进一个恶性循环，靠低价去夺取市场，而低利润又保证不了高昂的研发投入，常常一个产品就靠几个人挑大梁，形成不了团队，这样做出来的产品，在功能和性能方面很难和国外产品去竞争。数控系统企业的研发投入单靠企业很难做到，需要政府在资金和政策方面有所支持。除了在资金方面要加大投入以外，企业的研发体系也要进行相应的改革，我们原来更多的是强调“以技术为中心”，要转变到“以市场能接受的产品为中心”上来。

(2) 加大基础技术研究。数控技术发展一定程度，会受到基础技术研究的制约，比如算法方面

需要高等数学方面的支撑，高速高精又离不开机械和切削理论的支撑。这些基础技术首先需要在国内高校和研究机构有所突破，企业再将其应用到产品开发上，从而真正形成一个产、学、研、用紧密结合的产业链。但目前很多高校更热衷于能快速见效的应用研究，而忽略基础研究，由此也制约了应用研究的发展。

(3) 与配套企业共同发展。目前我国数控系统使用的主要元器件都从国外进口，但很难从供方得到产品的最新信息和一些深度技术资料。国外系统厂家却和一些主流器件供应商保持着战略合作关系，他们会从供应商那儿得到更多的技术支持。在产品的设计之初，就能了解到主要元器件的可靠性数据，经过理论计算后就能得到产品的可靠性数据。因此，数控系统厂商与配套企业之间，以致系统与机床厂家之间，都应从单纯的买卖关系变成更进一步战略合作关系。新的控制理论对机械设计有帮助，新的机床构造又对控制系统提出新的要求，这样相辅相成才能共同发展。

(4) 形成良好的工程师文化。数控系统是一个应用性很强的产品，但如果没有很好的应用工程师，我们就不能把产品合理地应用到正确的地方，更不能从用户处得到重要的反馈信息。所以对数控系统企业来说，应用工程师就和机床行业的资深蓝领一样重要。在国外企业可以看到很多白发工程师，他们在企业里和资深研发人员一样受到重视。所以培养资深应用工程师变得很重要，要在全社会形成良好的工程师文化，从小就培养人“善于动手，乐于动手”，要从骨子里改变中国人那种“士而优则仕”的传统观念，只有这样，我们才能做出世界级的产品。□



逆境中， 企业如何保持平稳发展

——从2012行业调研看企业如何应对危机

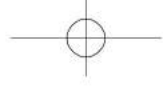
中国机床工具工业协会信息传媒部 张芳丽

2012年上半年，中国机床工具行业延续2011年下半年以来的增速减缓态势，主要经济指标总体上仍在低位徘徊。这一现状，既源于国内外复杂多变经济环境和市场需求变化的影响，又是中国机床工具行业结构调整和转型升级所必须经历的发展阶段。同时，这样的形势也形成一种倒逼机制，为机床行业自身的结构调整和转型升级提供了外部驱动力。

通过中国机床工具工业协会2012年行业调研发现，在上半年大多数企业都呈现不同程度下滑的形势下，有部分企业却能够实现较2011年同期增速持平，甚至略有增长，预测全年也能保持基本持平。即使有些企业上半年主要经济指标是下滑的，但从其所做的努力和目前的运行状况可以预见其前景将是好的。那么，这些企业在行业转型升级中，采取了哪些积极的措施呢？企业今后发展的着力方向和具体做法又是什么呢？

通过分析可以看出，面对大环境不利的形势，大多数企业都能理性对待，并采取了积极的应对措施，如：①改进和强化营销和服务。②积极拓展国际、国内市场。③加快新产品开发步伐，加大技改投入，扩大产品范围。④加强内部管理，提高效率，节能降耗。⑤狠抓产品质量和质量体系建设。⑥继续推进新项目建设，增强企业发展后劲。⑦加强品牌建设，提升品牌含金量。等等。

除此之外，还有相当一部分企业，在更高、更深层次上采取了具有变革意义的有效措施。一些产品结构调整较好、创新成果产业化较快的企业，避免同质化竞争、注重细分市场的企业，注重新产品开发、满足重点用户需求的企业，特别是能够提供成套成线技术和设备、为用户提供全面解决方案的企业，今年上半年的经营业绩都相对较好。这不仅缓解了经济下行的压力，还为企业今后的可持续发展奠定了坚实基础。



转型升级、产品结构调整初见成效

“十二五”期间，调整产品结构、转变发展方式成为行业转型升级的主旋律，很多企业能够看到这一艰巨任务的长远性和紧迫性，积极主动进行产品结构调整，大胆打破多年建立起来的经营模式，放弃一些当家吃饭的传统产品，努力开发用户急需的新产品，开拓新的市场领域，平稳渡过了暂时的发展困难时期。

沈阳机床股份有限公司（沈阳机床）打破“大而全”的模式，将原有的普通机床向数控方向转变，并使立加、卧加由2008年的3.4亿提升至2011年的8.7亿。预计到“十二五”末，将实现数控机床占销售额的80%，其中高档数控机床10%。济南二机床集团有限公司（济二）努力调整产品结构，在产品档次上，由原来通用产品占比90%，调整到高端产品占比60%。四川普什宁江机床有限公司（普什宁江）放弃了盲目扩张、生产大重型机床的路子，重新将资源和精力聚焦于具有传统优势的中小型精密机床上来。天津锻压机床有限公司优化产品结构，加速相关产品的升级和换代，重点发展大（重）型、智能、柔性、精密、复合型液压机，保持了在液压机市场的传统优势。北京第二机床厂有限公司（北二）中高档产品的产值从前些年的20%~30%提高到了现在的60%。苏州三光科技股份有限公司（苏三光）以中走丝机床基本淘汰了快走丝机床，提升了公司产品的技术和市场份额。齐齐哈尔二机床股份有限公司（齐二）从重数量向重品质转变，发展高端产品，重视中端产品，降减普通产品。

哈尔滨第一工具有限公司（哈一工）致力于三高一专（高精度、高效率、高寿命、专业化）方向，重点发展有核心竞争力、高附加值、高技术含量的刀具产品，这些产品占比已近60%。株洲钻石切削刀具股份有限公司（株洲钻石或株钻）产品结构已获整体优化，今年上半年中高档产品产值占比达77%。今后株钻将从优化结构、做强产品和整合资源三个方面作为转型升级的着力方向。汉江工具有限责任公司（汉江工具）将通用刀具与特殊刀具的比例从7:3调整为1:9，即90%以上为滚拉插剔等高附加值的特殊刀具。

多元化经营，进军细分市场，避免同质竞争

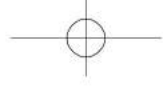
在机床协会的行业调研中反映出一个比较突出的问题，即产品同质化比较严重，造成了同类产品竞争激烈，不利于行业整体发展和进步。很多企业意识到这一问题，努力进行多点支撑式经营，进军细分市场，取得了可喜业绩。

秦川机床工具集团（秦川机床）采取横向与纵向扩张并举的措施，扩展产业链，实现多点支撑。在齿轮机床主业之外，承接大批量齿轮加工业务。研制的中空塑料机械，市场需求很旺盛。另外还有木塑机械等产品。陕西汉江机床有限公司（汉江机床）不断深入挖掘自己的技术专长，拓展业务领域。在传统产品螺纹磨床外，开发生产丝杠和螺杆空压机等延伸产品。天水锻压机床股份有限公司（天水锻压）主打大型非标锻压设备制造业务，历经10年开发出的石油输送管道成套生产线，不仅占领很大国内市场份额，出口形势也不错。2012年上半年，湖北三环锻压设备有限公司（三环锻压）在成形机床产值、产量均同比下降的情况下，新增和在手订单却分别同比增长102.08%和109.66%，其主要原因是成形产品类别多，提高了抗风险能力。苏州电加工机床研究所（苏州电加工）坚持“差异经营、高端发展”战略，在航天、航空、汽车制造和钢材生产等细分市场上，专用电加工设备占了95%以上，通用电加工机床5%。

沈阳高精数控技术有限公司（沈阳高精）为避免产品同质化，认真研究细分市场的需求特征，努力使产品向特性化、定制化、差异化方向发展，其专机产品主要用户是汽车零部件加工企业。南京工艺装备有限公司（南京工艺）看到机床市场下滑，开拓了滚动部件在制药、海洋工程、光缆光纤等行业的应用，弥补了机床订货下滑的损失。

开发新产品，提升技术水平，满足重点领域用户需求

创新是企业生命的源泉。产品的不断推陈出新，创新成果的产业化，不断满足重点用户领域的最新需求，无疑将使企业保持旺盛的生命力和持续



的发展势头。以下这些企业在新产品开发和提升产品技术水平方面的做法值得借鉴。

济二长期以来坚持较高的技术投入，从而保持了快速冲压生产线，自动化开卷、落料线，高速五轴联动加工中心等产品的技术领先优势。天津天锻借助04专项研发的核心技术，提高压机数控化和柔性化水平。上海机床厂有限公司（上机）促进产品升级换代，积极进入航天航空、军工行业，实现高端刀具国产化。苏州电加工利用重大专项的研发成果，整合提升高端通用电加工机床的技术水平，进一步加强产品在细分市场的竞争优势。苏三光加快产品转型升级，在“专、精、特”上下功夫，新研发的新一代慢走丝机床的脉冲放电LSQ1电源和控制系统，提高加工表面粗糙度达 $Ra0.4\mu m$ 。中传重型机床有限公司（中传重型）产品开发立足于用户典型零件，并基于现代化设计软件规划加工工艺、优化加工参数，进行模拟仿真加工，提升新产品设计合理性及性能可靠性。齐重数控装备股份有限公司（齐重）加快研发具市场竞争力的高端产品，已经形成加工直径6~16m数控双柱立式车铣中心系列，衍生了加工直径5~12m的数控滚齿机床。卧式数控车床系列衍生轧辊车轧辊磨床和深孔钻镗机床。

大族激光科技股份有限公司（大族激光）通过引进美国IPG公司的光纤激光器技术和德国的专用数控系统，积极参与同德国通快、瑞士百超等国际知名企业的竞争，市场份额不断扩大。汉江工具研发的高效重载双切滚刀、大型渐开线花键拉刀以及高速环保干切齿轮滚刀，成为企业新的经济增长点。株洲钻石先后完成了VSM铣刀、银狐系列浅孔钻、QC系列浅槽刀、CVD超细晶涂层、PVD纳米复合涂层等重点产品和工艺的研发，并取得了显著的经济效益。沈阳高精在高档数控系统方面开发了总线式全数字高档数控系统GJ400，与国产高档数控机床配套，并在飞机结构件加工中配套应用。哈一工近年在产品开发方面致力于为航空航天、能源动力、汽车、数控机床、重大工程装备产业等重点领域提供高端产品和服务，使转型升级不断深入。

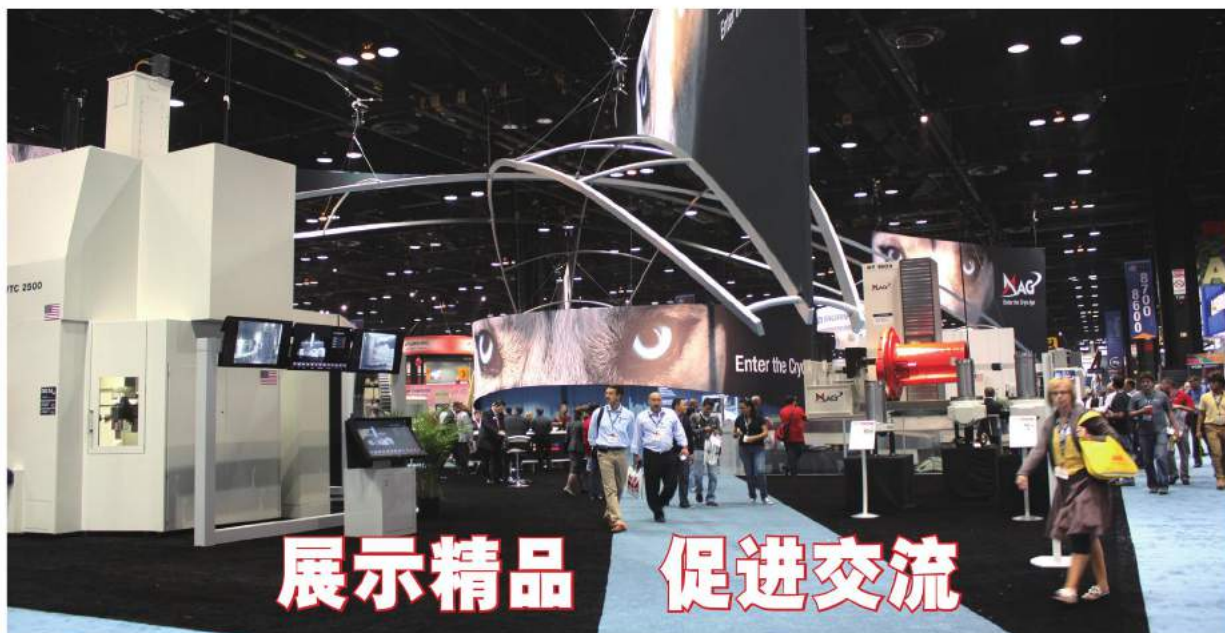
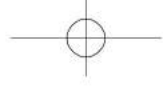
摆脱单一产品经营模式，提供全套解决方案

随着用户领域需求不断升级，通用产品单一销售的方式已经远远不能满足国民经济各行业的发展需求，也成为制约机床工具行业进一步发展和进步的羁绊。在这次调研中，我们欣喜地看到，已经有越来越多的企业关注并着手实施了为用户提供全面解决方案，并有多家企业取得了成效。

济二在产品研发方面，早已从单台设备制造向大型多工位伺服压力机、全自动冲压、落料生产线等成套设备延伸。实现了从单机“量体裁衣”到成线“交钥匙”，再到项目“总承包”全面解决方案的服务模式。沈阳机床正步入为用户提供产品生命期全面解决方案的机床市场发展高级阶段。产品设计开发实施项目经理负责制，从产品开发、产品试制、产品优化、进入市场、产品再优化、提供全面解决方案，至提升市场占有率的全过程。天津市天锻压力机有限公司（天津天锻）以市场为导向，发展数控专机和成套、成线工程，为用户提供成型工艺和成套装备，为抵御市场下滑提供了有力支撑。济南铸造锻压机械研究所有限公司（济南铸锻所）开发了高强板全功能数控开卷校平生产线、汽车纵梁柔性制造成套生产线、板材柔性制造生产线等产品，在汽车制造、电力能源、仪器仪表、家电等行业得到应用。北二机床针对汽车制造行业，为用户提供交钥匙工程，保持了上半年平稳发展的经营业绩。大连亿达日平机床有限公司（亿达日平）的经营理念是：向用户提供全面解决方案，擅长的、自己做，不专的、买好的。2011年完成生产线制造4.3亿元，目前在手合同7亿元。

哈一工从“卖刀具”转变为提供“解决方案和服务”，致力于成为引领工具制造行业、有影响力的品牌企业。沈阳高精研究和掌握用户工艺特点，致力成为用户工艺专家，形成为用户提供全面解决方案的能力。

相信，在政府有利的政策引导下，在以上企业的良好带动下，在全行业的共同努力下，中国机床工具行业能够进一步加快产品和产业结构调整的步伐，不断满足国民经济各行业发展不断升级变化的需求，实现行业平稳和可持续发展。 □



——来自美国芝加哥IMTS展会报道

中国机床工具工业协会信息传媒部

美国芝加哥国际机床展（IMTS2012）于芝加哥当地时间9月10日正式拉开帷幕。来自33个国家和地区的1909家展商参加了展会。主办方美国制造技术协会（AMT）在当天举行了简短的开幕仪式。AMT的总裁道格拉斯·伍德、Local Motor总裁，以及美国商务部长出席开幕式。

同台竞技 各展风采

据主办单位统计数据显示：本届展会吸引了来自33个国家和地区的1909家厂商参展，展出面积约12万平方米，10余万观众参观了展会，观众人数比上届增加了21.6%。

美国、日本、德国等机床工具先进国家的知名企业均悉数到场。其中，美国本土展商约380家，德国170家，日本厂家47家。中国参展的企业有102家，数量不少，从一个侧面也显示出中国机床企业努力开拓海外市场的信心。但参展的中国大企业不多，展台大的就更不多了。除了沈阳机床和大连机床分别为1400多平米和900多平米以外，就是数株洲钻石和广州数控了，其他的企业的展台则相对很小。

本次芝加哥机床展览会依旧沿袭了往届的做法，启用了芝加哥展览中心的东、西、南、北4个展馆，

共分成10大类的产品进行展出。南馆为展会的主展馆，主要展出金属加工机床。马扎克、德马吉和森精机、MAG、大隈、牧野、三井精机、韩国斗山、哈斯、哈挺、AMADA、兹默曼、沈阳机床、大连机床等世界著名机床厂在此同台竞技，为观众展示了最新的机床产品。

北馆的展品类别相对较多，主要包括：焊接设备（焊接机器人）、水切割设备、激光打标机、热处理设备、自动上下料生产线、汽车零部件加工设备、平衡系统、锯床锯片、去毛刺机床等。知名展商有美国福禄水刀、格里森、施奈博格、ABB、UNITED GRINDING等。可以看到，机器人和机器人在这些设备上有着较多的应用。

东馆主要是软件、数控系统、测量仪器仪表、数显、功能部件、机床附件、EDM加工机床等。西门子、海德汉、发格、三丰、法如、雷尼绍、NSK、THK、FAG、IBAG、上银、沙迪克等知名展商都有参展。西馆展出的展品比较集中，刀具和工具类、卡盘等，三特维克、肯纳、山高、日本大昭和、伊斯卡、英格索尔等世界上著名的刀具厂商全部到场，场面比较壮观和宏大。湖南株洲钻石有展出，展台布置得很有特色。

叠加制造、多轴机床和多功能机床成为展会一大亮点

IMTS的未来技术中心(ETC)中心和几家展商的展台向观众叠加制造技术,该技术被认为是未来制造技术一个主要突破点,可以减少原型产品及零部件的开发,因而可减少浪费。

数十家展商展出了新推出了引人注目的多轴和多功能机床,这类产品在生产率和加工精度方面显示出较大的优势。

IMTS副总裁Peter Eelman说:“观众和展商一直处于兴奋状态。从IMTS2012得到的主要信息就是对明年制造业发展的预期。所有活动和信号都预示着我们正在进入一个持续增长的时期。这将促进经济的繁荣和就业增加。观众参观是为了寻找能解决他们制造问题的方案和创新方法。他们在四个展馆中很快就能找到答案,或从ETC中找到解决远期问题的可能。”

首次设立职业中心以满足工业之需

IMTS专业职介合作伙伴Trillium首次在IMTS上设立CNC/CNC职介中心,制造业专业人士可以在此重新找到适合的工作。CNC职介主任Bob Lawson说:“这已取得巨大成功,平均每天有20家企业光顾本中心,可提供从CNC操作工到总经理的数百个工作机会。”中心平均每天吸引数十人前来应聘。

在展会期间,IMTS还为继续教育提供了一份充实的课程表。除来自各工业部门演讲者之外,还充分利用公共媒体扩大其影响范围。展会期间还专门召开一次2012年发展趋势和现状的会议。

此外,IMTS的NIMS学生技能中心组织了9,325在校学生参观了专门接待学生的27家展商。在参观展馆之前,学生们可以在此中心通过三维系统的演示观看各种技术的实际运行,例如美国焊接学会提供的VRTEX 3D 焊接仿真演示、FANUC 机器人公司的机器人单元操作仿真装置等。

美国制造业显示出良好的上升趋势

美国商务部部长代表政府在开幕式上的发言中表示:奥巴马政府对机床制造业将继续给予技术、创新和出口方面的支持。据介绍,从2010年1月开始至

今,机床业已经为美国创造了50万个就业的机会。和2009年相比,机床制造业的工业总产值增加了20%。同时政府将在市场前景良好的巴西给AMT设立了一个新的办事处。最近,在俄亥俄州成立了国家叠加制造技术研究所,这个研究所将支持大学、企业和community colleges开展协作,联邦拨给的首批经费为3000万美元,未来将成立15个这样的研究所。

商务部长的讲话,不仅反映出当前美国制造业良好的发展态势,也展现了未来美国重振制造业的决心。

中国机床工具工业协会新闻发布会圆满召开

展会开展的第二天,即当地时间9月11日上午10点,中国机床工具工业协会新闻发布会在展会举办地芝加哥McCormick Place新闻中心举办。来自境外机床协会、参展企业及媒体的60多人出席了新闻发布会。IMTS2012的主办方美国制造技术协会会长道格拉斯·伍德先生出席发布会并讲话。新闻发布会由中国机床工具工业协会常务副理事长吴柏林主持,副秘书长陈惠仁代表中国机床工具工业协会做新闻发布。陈副秘书长就中国经济的总体形势、中国机床工具行业的运行情况、中国机床工具市场发展预测、CIMT2013筹备等情况进行了介绍。



由于中国位居机床市场全球第一的位置,即使全球经济形势仍处于持续低迷的情况下,中国仍是全球机床制造业重点关注的市场。所以,不管是机床制造企业,还是新闻媒体,都非常渴望了解中国经济形势和机床行业发展的总体趋势,并对2013年在中国举办的国际机床展表示出了浓厚的兴趣和关注。新闻发布会现场座无虚席,会后主客又进行了热烈交流,发布会取得了圆满成功。□

2012 年上半年机床工具行业 经济运行情况分析

Economic Operation Analysis on China Machine Tool Industry in the First Half of 2012

中国机床工具工业协会

受到国内外经济形势的影响,我国机床工具行业形势严峻,国统局提供的主要宏观数据逐月走低。在国内市场形势整体低迷的情况下,出口保持了良好的增长势头。金属加工机床进口在去年大基数的基础上仍显示为正增长。

一、1~6 月行业主要经济指标完成情况 及进出口统计

1. 行业主要经济指标完成情况 (国统局数据)

1~6 月机床工具行业累计完成工业总产值 3299.8 亿元,同比增长 11.6%。

机床工具行业累计完成产品销售产值 3220.0 亿元,同比增长 12.0%。

机床工具行业工业产品销售率为 97.6%,比上年同期增加 0.4 个百分点。

机床工具行业实现利润 148.4 亿元,同比减少 1.2%;产品销售收入利润率为 5.9%,与上年同比减少 0.7 个百分点 (1~5 月数据)。

机床工具行业本期累计固定资产投资完成额同比增长 22.5%。

2. 金属加工机床行业经济指标完成情况 (国统局数据)

(1) 金切机床行业

1~6 月金切机床行业工业总产值为 682.7 亿元,同比减少 0.9%。

金切机床产量为 415 800 台,其中数控机床产量达到 106 120 台,分别比同期降低 8.7%

和 16.7%。

金切机床行业实现利润 21.4 亿元,同比降低 27.4%;产品销售收入利润率为 4.2%,同比减少 1.4 个百分点 (1~5 月数据)。

(2) 成形机床行业

成形机床行业工业总产值 283.2 亿,同比增长 6.2%。

成形机床产量为 111 524 台,其中数控机床产量达到 6422 台,分别比同期减少 13.5% 和 30.9%。

成形机床行业实现利润 12.2 亿元,同比降低 12.7%;产品销售收入利润率为 5.6%,同比减少 1.3 个百分点 (1~5 月数据)。

3. 机床工具产品进出口情况 (海关数据)

机床工具产品进口 95.8 亿美元,同比降低 1.0%;其中金属加工机床进口 63.4 亿美元,同比增长 3.3%。金属加工机床中,金切机床进口 51.0 亿美元,同比增长 1.9%;成形机床进口 12.4 亿美元,同比增长 9.4%。

机床工具产品累计出口 45.3 亿美元,同比增长 9.8%。其中金属加工机床出口 13.5 亿美元,同比增长 24.0%。金属加工机床中,金切机床出口 9.1 亿美元,同比增长 21.0%;成形机床出口 4.4 亿美元,同比增长 30.6%。

二、行业经济运行特点

今年上半年我国机床工具行业经济运行形势

严峻，主要经济指标增速持续下滑，加之进口机床工具产品带来的竞争压力，行业全年形势不容乐观。

1. 产销同比增速持续下滑

1~6月我国机床工具行业工业总产值增速逐月走低。各个行业中增速最高是铸造机械，完成工业总产值348.1亿元，同比增长23.2%；磨料磨具和木工机械增速次之，分别为17.5%和16.7%；但金切机床行业已为负增长，成形机床增速降至个位数。重点联系企业数据更显颓势：金切机床产值同比下降14.4%，成形机床产值同比下降13.8%。

值得关注的是，国统局数据表明，经济型数控机床产量大幅下降。新的市场迹象向我们表明，我国机床工具市场需求由原来的金字塔型，开始向水滴型转化，低档机床的需求大幅收缩。

2. 用户需求升级明显

上半年机床工具市场需求升级明显。一方面，用户对机床制造企业整体解决方案的能力，对自动化程度、生产效率、产品交货期、售前及售后服务等方面都提出了更高的要求。另一方面，由于用户自身的转型升级，对工艺装备的技术水平提出了更高的要求。例如：汽车行业的排放标准升级对装备提出的新要求；航空航天、军工、能源装备、船舶制造和战略性新兴产业需要的专用装备仍是对高端产品的市场驱动力。

进口机床的增长也从另外一个侧面说明市场需求结构明显升级。金属加工机床上半年累计进口仍增长3.3%。与国内企业的实际产销情况相比（特别是和重点联系企业产销情况相比），形成巨大反差。金属加工机床进口呈量跌价增态势，凸显出市场需求结构迅速升级，也进一步反映出我国中高端机床产品缺乏市场竞争力。

3. 进口额仍处于高位

1~6月我国机床工具产品月度进口数据显示：进口额小幅高位波动，市场疲软对进口机床也产生了影响，但影响程度相较弱。金属加工机床1~6月走势与机床工具进口走势基本一致。

加工中心、磨床、特种加工机床、车床位居各类金属加工机床进口前四位。其中加工中心进口

2.2万台，价值24.9亿美元，在金属切削机床中占48.8%；磨床占17.2%；特种加工机床占9.0%；车床占8.4%。

上半年进口的机床工具产品中，七成来自日本、德国和中国台湾，其中日本份额为37.6%。以金额计算，金属加工机床进口来源前三位依次为：日本、德国、中国台湾。

4. 出口保持稳定增长

上半年我国机床工具产品出口基本保持了稳定增长，欧美市场对装备需求的强劲复苏与其重新制定的振兴装备制造业产业政策是拉动我国机床工具出口的主要因素。数据显示，尽管绝对值仍在增长，但是出口增速处于下行通道。以传统产品为主要出口产品是难以维系长期稳定高速增长的原因。外资企业在出口中权重日益增加，且增长势头迅猛。

三、ECFA 实施后大陆从台湾地区进口机床工具情况

今年是ECFA“早收清单”实施的第二年，“早收清单”产品的进口关税全部降至零。1~6月大陆从台湾地区进口机床工具产品累计8.9亿美元，台湾机床工具进口仍处高位，在全部进口产品中占11.2%。

在当前整体市场下滑的形势下，台湾和大陆针对早收清单所列产品的竞争激烈。特别是台湾数控车床平均单价低，对大陆企业的冲击显而易见。此外，台湾的其他产品如特种加工机床，对内资企业的竞争也愈发严重。

四、下半年经济运行分析与研判

近期中央政治局工作会议提出：把稳增长放在更加重要的位置，以扩大内需为战略基点，以发展实体经济为坚实基础，以加快转变经济发展方式为主线，坚持稳中求进的工作总基调。在这一指导思想下，预计下半年的投资力度将高于上半年，一批大型建设项目开工上马、保障房建设的推进、节能型家电补贴政策的实施、铁路系统对民营资本的开放，将拉动我国经济将走出第二季度的“谷底”，从而将促进机床工具行业的增长。（下转第79页）

数控机床可靠性技术评述*(上)

Evaluation on Reliability of CNC Machine Tools

东北大学机械工程与自动化学院 张义民

【摘要】 数控机床已成为装备制造业和国民经济建设的基础装备。本文评述了机床可靠性的技术与实践,为机床可靠性技术的研发指明了方向。要改变国产数控机床可靠性偏低的现状,首先要解决认识观念问题,主管部门、制造企业、研究单位等必须切实重视产品的可靠性;然后要在制造企业中真正实施可靠性技术与管理措施,从可靠性数据采集与分析、可靠性设计、零部件筛选、可靠性试验、制造与装配工艺、机床使用与维护、可靠性规范与准则等入手,在源头上把握产品的可靠性,促使数控机床可靠性的持续增长。

一、前言

高档数控机床是具有高科技含量的“工作母机”或“工具机”,是制造机器的机器,是实现国家工业化和现代化的基础装备。数控机床的研发能力与实际水平及高档产品数量已成为衡量一个国家工业现代化水平、综合国力的重要标志。“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项是《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》确定的16个科技重大专项之一。目前我国已经掌握了数控机床的部分关键技术,形成了自己的数控机床产业,但是在中高档数控机床方面,与国外仍存在较大的差距。因此,紧跟数控机床技术发展趋势,着力解决中高档数控机床关键共性技术,提高国产数控机床的核心竞争能力,是进一步促进我国数控机床产业升级,提高市场占有率的当务之急。

高速、高效、高精度、高可靠性,是现代数控机床发展的主要趋势。我国是数控机床消费的大国,数控机床(尤其高档数控机床)的进口量不断

增加,究其原因可知,机床的可靠性是关键因素。目前我国的高档数控机床与世界先进水平相比较,机床在运转和使用过程中发生故障的频率高、周期短、可靠性差。可靠性作为数控机床的重要指标之一,多年来一直困扰着我国数控机床行业。机床一旦发生故障或失效,其先进性能和功能就无法维持,降低或失去了使用价值,给用户带来了损失,因此国产数控机床因可靠性差而被弃用或退货的事件时有发生。可见国产数控机床最大的问题就是可靠性差、故障率高,导致很多国内用户企业不愿意选择国产数控机床,严重影响了国产数控机床在国内外市场的竞争力,可靠性已经成为市场竞争的焦点。

机械可靠性(Mechanical Reliability),是指机械产品在规定的使用条件下、规定的时间内完成规定功能的能力,其发展历程如图1所示。数控机床作为一种机械产品,其可靠性定义完全符合机械产品的可靠性定义。只是数控机床是一种长期高负荷运转的昂贵机械设备,且其故障停机将会给企业造成巨大的经济损失,更应该强调保持其功能的质量与时间。

机械可靠性是机械科学的重要组成部分,是为适应机械产品的高可靠性要求而发展起来的学科,是一门综合了概率论与数理统计、材料和结构、

* “高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项课题(2010ZX04014-014)、国家自然科学基金重点项目(51135003)、长江学者和创新团队发展计划(No. IRT0816)资助。

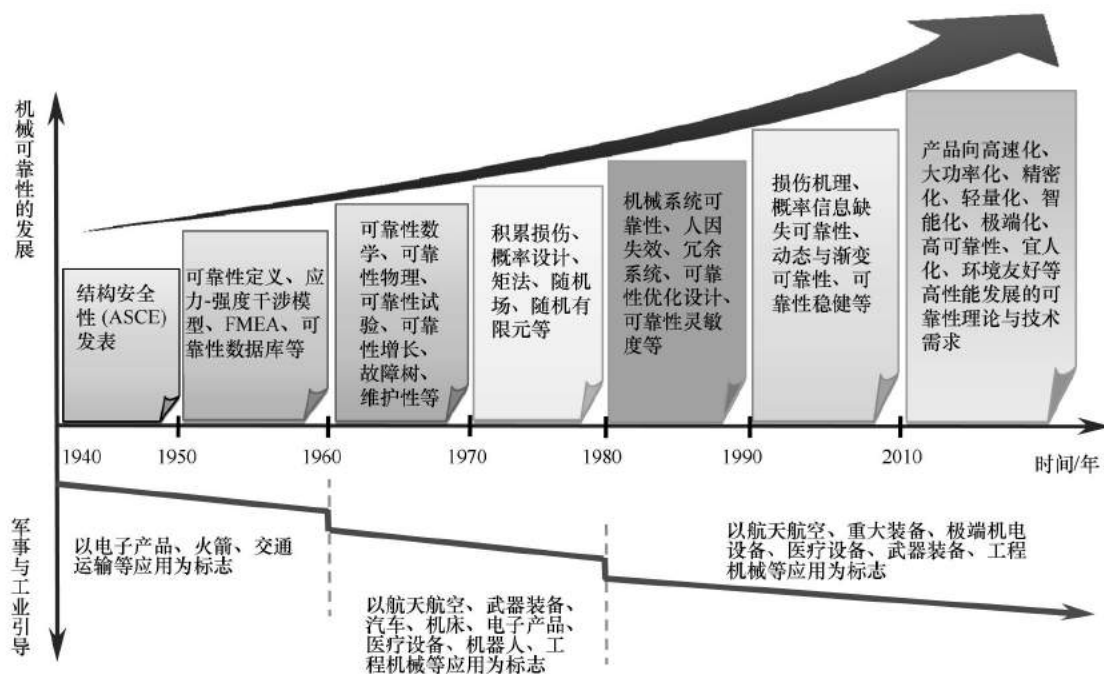


图1 机械可靠性发展历程

故障物理、人机工程和试验技术等众多学科成果以解决机械产品可靠性为出发点的交叉学科。机械可靠性的理论体系如图2所示。机械可靠性理论体系大体可以分为可靠性数据采集与统计分析、可靠性设计与分析、制造装配可靠性、使用维护可靠性、可靠性增长、可靠性预计与分配、人机可靠性、可靠性试验和可靠性管理等学科门类。

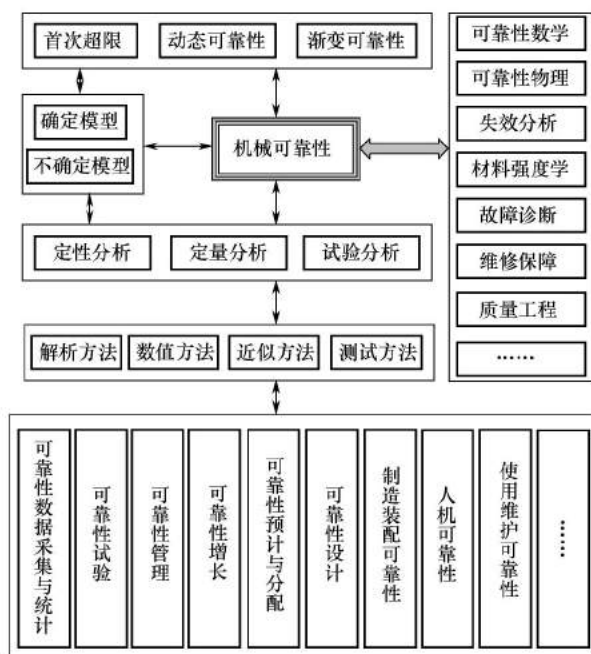


图2 机械可靠性的体系框图

机械可靠性技术在给定资源条件的约束下，在全寿命周期内，最大限度地防止或控制机械产品各种故障的发生，以保障和提高机械产品的可靠性。如图3所示，半个多世纪以来，机械可靠性理论与方法已经深入到机械产品的全寿命周期，贯穿产品的设计、试验、制造、使用、维修直到寿命终止的整个过程，为数据积累、结构与功能设计、选材与性能分析、零部件筛选、试验与实验、预计与分配和故障与失效评估等提供了科学与技术的基础支撑，这些问题的研究标志着机械可靠性技术已进入了实用阶段。

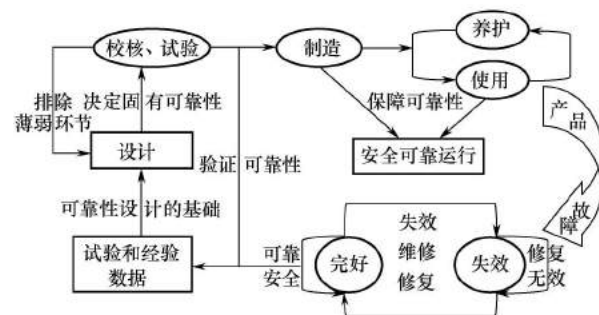


图3 机械产品与可靠性关系

对机械产品进行可靠性理论与技术的研究是势在必行、意义重大。如图4所示，国内外许多学者在可靠性理论与技术的不同层面上做了大量的研究工作，取得了丰硕的成果。可以断言：只有可

可靠性高的产品，才能在国际市场的激烈竞争中取胜。因此，在机械工业领域大力推广和贯彻可靠性技术，实在是一项紧迫而又重要的任务。

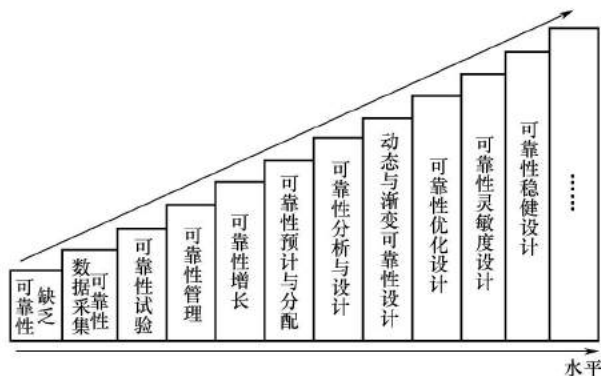


图4 可靠性难度与递进级别

近些年来，虽然我国机床行业的许多企业与高等学校及科研院所合作，实施可靠性设计、制造、管理等技术，研制了多台套可靠性试验台，研发了一些可靠性测评装置和方法，并且部分龙头企业开展了早期故障消除试验，初步建立了产品可靠性保障体系，制定了一批数控机床可靠性技术规范 and 标准。国产机床的可靠性水平正在稳步增长，但是与先进国家的同类产品相比差距依然明

显。归纳起来，国内数控机床的可靠性研究与应用仍然存在如下主要问题：①企业尚未建立起完善的产品可靠性保障体系，技术成果和资源整合不够。②数控机床可靠性的技术体系不够完善，可靠性设计评审、可靠性标准制定、可靠性数据库建立、可靠性管理实施等方面还需进一步加强。③数控机床的可靠性设计工作基本上没有在企业的设计部门开展，主机和功能部件等缺乏可靠性设计的依据、规范和经验的积累，导致产品的固有可靠性水平先天不足。④机床的可靠性试验工作不够充分，载荷谱和故障失效及使用维修等基础统计数据还不能满足可靠性研究的需要。⑤现有技术成果的应用主要局限在部分科技攻关的新产品上，推广途径尚不畅通。总体来说，我国机械可靠性技术基本上没有在企业部门普及与推广，可靠性管理体系尚未在相关企业中建立起来，虽然已经形成全行业重视可靠性工作的局面，但是可靠性工作的开展还处于初级阶段。目前我国相关企业在可靠性分析与研究及应用方面还有诸多问题（如图5所示），有待于进一步探讨与解决。

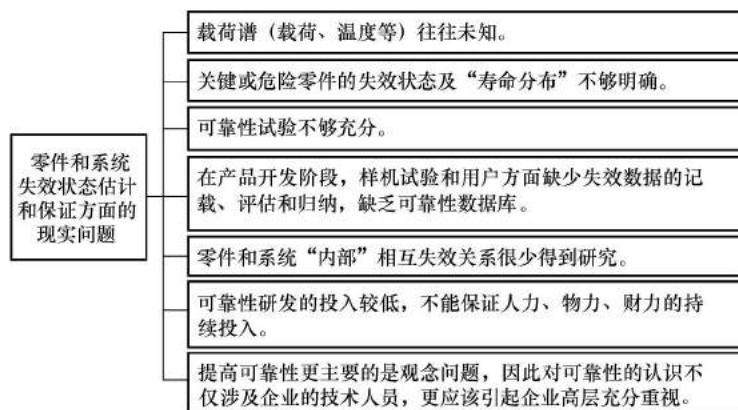


图5 零件和系统失效状态估计和保证方面存在的现实问题

究其原因，主要体现在三个缺乏：①缺乏有效的可靠性管理，决策层对可靠性的认识不足或存在着认识误区。②缺乏有效的可靠性技术与正确的可靠性方法，仅依靠长期的经验积累与推断，难以从根本上解决可靠性问题。③缺乏可靠性指导与培训以及专业技术人员，制约了可靠性工程的实施。长此以往，必将导致企业开展可靠性工作的压力愈来愈大。

我国数控机床的可靠性水平与国际先进水平相比还有相当大的差距，这已成为制约我国装备制造业迅速发展的瓶颈，造成企业开发的产品质量的先天不足，使“质量第一、质量取胜”的经济战略方针难以充分体现。本文评述了我国机床可靠性的技术与实践，应用机械可靠性技术对机床产品进行可靠性研发，可以节省大量的人力和物力，可以提高设计水平，缩短设计周期，对合理

安排实验项目,验证可靠性设计的合理性,提出产品的薄弱环节有着重要的作用,可以节省材料,加强质量,减少能耗,降低成本,有着显著的经济效益和社会效益。

二、国家高度重视机床可靠性的提升

2006年,国务院颁布的《关于加快振兴装备制造业的若干意见》指出:发展大型、精密、高速数控装备和数控系统及功能部件,改变大型、高精度数控机床大部分依赖进口的现状,满足机械、航空航天等工业发展的需要。并于2009年,启动了“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项,引领机床工具行业与基础制造装备的发展,重点解决我国高档数控机床与基础制造装备行业自主研发和创新能力薄弱、功能部件和数控系统水平滞后、可靠性与精度保持性差等突出问题,为改变我国机床工业的现状,实现民族装备制造业的振兴,突破制约国产高档数控机床的可靠性瓶颈提供支撑。

经过多年的理论和技术的研究与攻关,现今我国数控机床的可靠性指标有所提升,如MTBF(Mean Time Between Failures)大多已经达到或超过600小时,但与国际先进水平的差距还在1倍以上,

高档数控机床的差距更为显著。因此国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项对数控装备(数控机床、数控系统和功能部件)的可靠性技术研究以及产品可靠性提升给予了高度的关注。在共性技术课题“可靠性设计与性能试验技术”确立了明确的研究目标:“提供在数控机床、重型装备、数控系统及功能部件上能付诸应用的可靠性设计方法、试验分析方法和精度保持措施,在高速、精密数控机床、重型装备、数控系统及主要功能部件上验证应用”。经过“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项的实施,促使国产数控机床的可靠性的提升,有些机床甚至达到了国际机床的可靠性标准。

在数控机床可靠性技术的研究中也曝露出企业的一些问题,有些机床产品厂家对于可靠性的重视和投入依然不足,表现在产品设计、制造、检测、试验等各环节与可靠性技术联系不够紧密或没有联系。因为可靠性是考虑了时间因素的质量,因此加深对常规设计的全面认识与深入推广可靠性技术,无疑是提高机床产品质量的必经之路。但是可靠性技术在企业推广仍然比较困难,主要有以下几方面的影响因素,如图6所示。

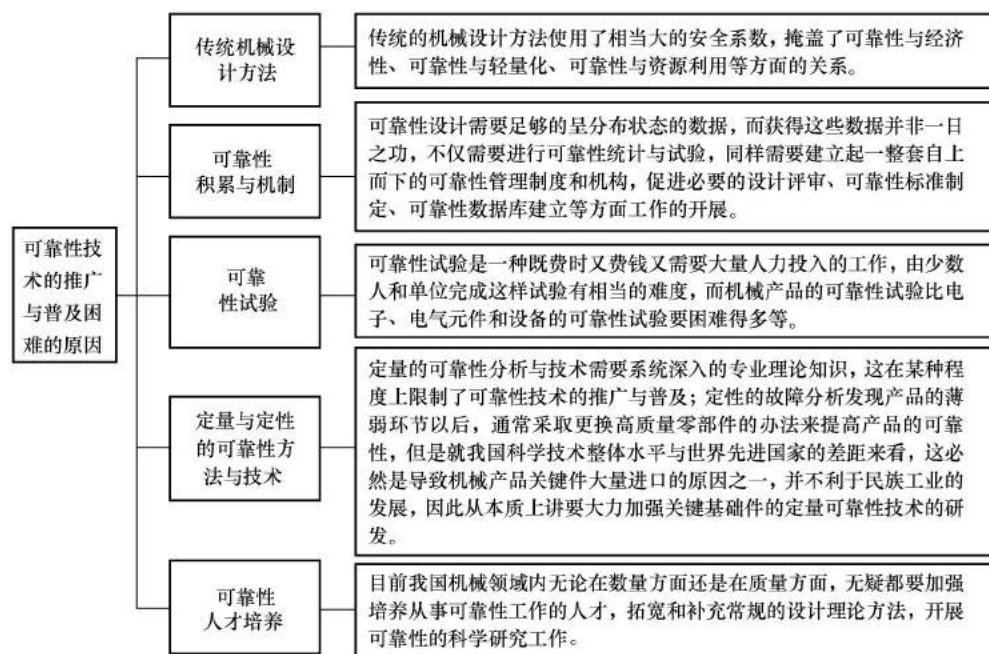


图6 可靠性技术的推广与普及困难的原因

“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项对机床可靠性提出了完成指标和考核要求,

但是将专项的指标和要求转化成企业的自觉行为还需要相当过程。产品可靠性既是技术问题,也

是管理问题,更是观念问题。事实上,随着可靠性在价值系统中的角色日趋重要,不论是从事技术、管理、物流或面向客户的人员,都有责任让可靠性持续增长。

三、可靠性技术

数控机床可靠性水平的差距体现在产品开发的各个环节。为了从根本上实现机床可靠性水平的提升,需要对机床的各个环节进行可靠性分析和研究,在此基础上建立针对各个环节的可靠性技术体系,细化可靠性技术,并将可靠性技术与各产品开发环节进行深度融合,最终实现机床可靠性水平的提升。面向机床全生命周期的可靠性技术体系的主要内容包括:可靠性数据统计与分析、可靠性设计、可靠性试验、可靠性增长、系统可靠性、可靠性管理等。

1. 可靠性数据统计与分析

人们已经深刻地认识到,有效可靠的信息与数据是开展可靠性研究与应用的基础,是可靠性决策的依据,可见完善、准确、真实的可靠性基础数据库是可靠性设计与评价的保障。可靠性数据是指在各项可靠性活动与工作中所产生的描述产品可靠性状况与水平的各种数据,可靠性数据是以数字、图表、符号与文字等形式表现。采集与分析可靠性数据是为了在产品全寿命周期内有效地改进设计、制造、使用提供信息,为管理决策提供依据,为保证产品的可靠性提供服务。对于众多产品,如果缺少系统、定量的物理几何数据、故障失效记录、试验检测评估、返修统计评价、用户使用档案等与可靠性相关的数据,而谈可靠性估计与评价,势必是无源之水、无根之木,这也正是我国可靠性研究中薄弱的环节之一。

(1) 可靠性数据的来源。产品全寿命周期的各阶段的一切可靠性活动都是可靠性数据的采集源,可见可靠性数据的来源贯穿于产品的设计、制造、装配、调试、试验、使用、运输、保管、维修、保养及报废等整个过程,如研制阶段的可靠性设计、可靠性试验、可靠性评估报告等;生产阶段的可靠性制造、装配、验收、检验等记录,原材料、零部件等的验收、返修等记录;使用阶段的故

障、维护、修理、退役、报废等记录。可靠性数据采集与分析是进行可靠性设计和评估的现实问题,目前国内各企业特别缺少可靠性方面的数据库。图7表示了数据采集的梗概。

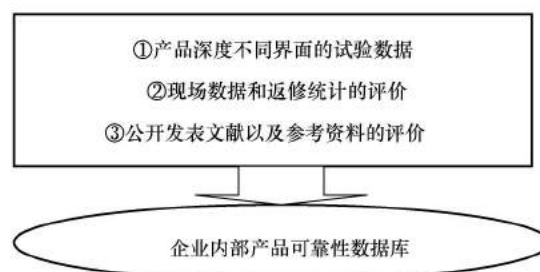


图7 可靠性数据库的来源

(2) 可靠性数据统计的基本内容。产品可靠性分析所需要的基本数据按其性质可以划分为确定数据和随机数据,而产品不同深度的可靠性数据是评价系统可靠性的基础,对系统可靠性指标的可信度有重要影响。企业应该通过深度不同的产品试验、检修、返修、公开发表的文献和研究报告等途径获取产品故障的各种信息,建立数据搜集的基本要求和规章制度,并参考图8所示的可靠性统计基本内容进行数据收集,将获得的数据在企业内部归总、集中管理和使用。

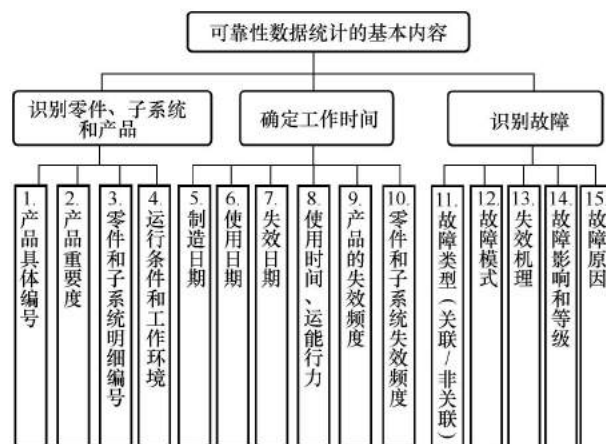


图8 可靠性统计的基本内容

(3) 可靠性数据库的建立。可靠性数据的采集与分析需要严密地可靠性信息系统来管理与控制。从20世纪50年代开始,以美国军用技术为主的一些掌握先进军用技术的国家已经充分地认识到了武器装备的数据管理与控制的重要性,已经相应地建立了可靠性数据管理的组织系统,这些组织管理系统等的各类数据管理机构,保证了可

可靠性数据的采集、分析、处理及使用等需求。我国从20世纪80年代起,在武器装备各部门和行业建立了可靠性数据组织管理系统,虽然尚待健全,但是在某些方面和一定程度上起到了相应的作用。由于可靠性数据存在于各项可靠性研究与试验工作中,可见只有实施有效的数据管理与控制,才能保证数据的采集、分析、处理及使用等环节的完整性与准确性。可靠性信息组织管理系统就是满足各项可靠性研究工作和领导部门决策的需要,可靠性数据采集与分析工作应该隶属于可靠性信息组织管理系统,有效的可靠性信息组织管理系统将使可靠性数据的采集、分析、处理及使

用等的价值得以充分体现。在产品的全寿命周期之中,可靠性数据要通过各级数据组织管理系统实现数据的采集与使用,以对产品的可靠性进行监控,数据的组织管理系统的闭环监控的流程为:数据源→数据采集→数据分析→结果反馈→修正措施→新数据源。为此在可靠性信息组织管理系统的框架之下,按图9所示方法建立企业产品可靠性数据库,可以为解决可靠性数据的采集问题,研究产品故障统计与分析,开发可靠性设计和试验提供基础与源泉,为可靠性管理提供决策的依据,将会在可靠性保障方面取得实质性的进展。

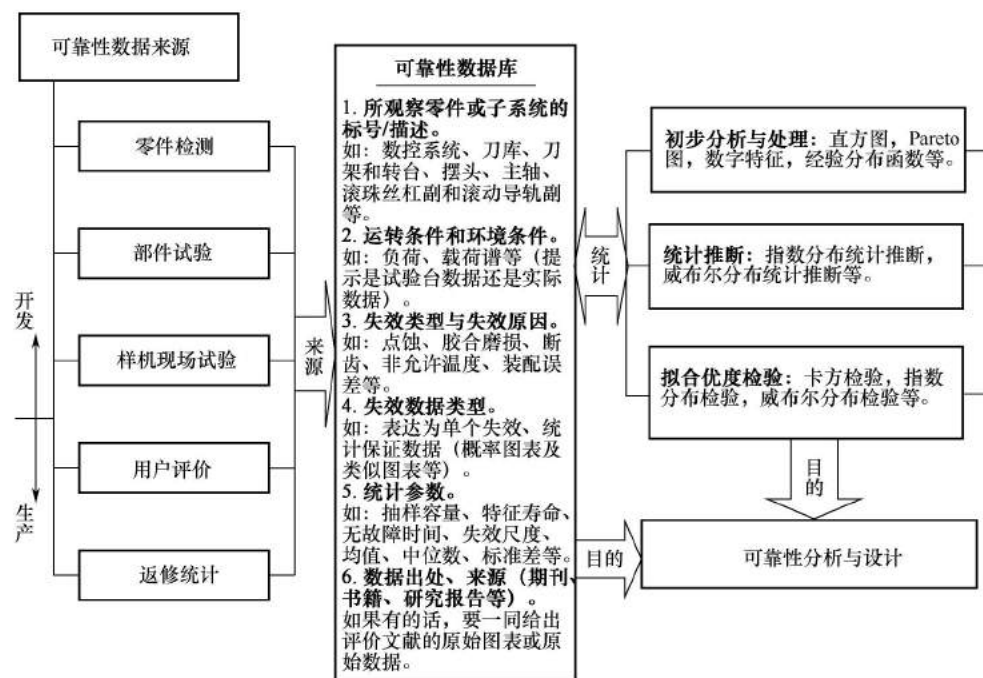


图9 可靠性数据库的建立

可靠性数据分析是可靠性工作进程之中的重要环节之一。在产品研制阶段,根据设计、试验与参数评估的结果,寻找出产品的薄弱环节,提出改进措施,以求得到满意的可靠性水平;在产品生产阶段,根据鉴定验收试验、制造工艺过程的结果,评估其可靠性是否达到设计的要求,为生产决策提供管理信息;在产品使用阶段,采集分析现场可靠性数据,找出产品早期失效的根源,加强可靠性筛选,充分探究产品各使用阶段的故障原因,进行可靠性分析与评估,逐渐改进故障率高的产品,使之达到设计所要求的指标。

2. 可靠性设计

(1) 可靠性指标体系。评价产品质量的好坏,可以从技术性能、经济指标和可靠性三方面来考虑。产品的可靠性分析就是研究产品在各种因素作用下的安全问题,可靠性是衡量产品质量的重要指标之一,其内容包括:产品的耐久性、可维修性、设计制造可靠性及其组合。在实际应用中,为了定量地进行分析计算,应该建立可靠性的数量指标体系。从可靠性的定义可以看出,可靠性的指标体系应该能够衡量故障发生的难易程度,能够反映产品安全裕度等。如图10所示,衡量可靠

性的尺度有多种：如可靠度、失效率、平均寿命、维修度、有效度、重要度、可靠寿命和经济指标等。实际上，还有一些其他的可靠性尺度。在不同的场合，应当根据不同的目的，采用不同的可靠性尺度。可靠性指标的获取（即可靠性分析和计算）贯穿于产品从设计、制造到使用的全寿命周期，是可靠性工程的重要环节。

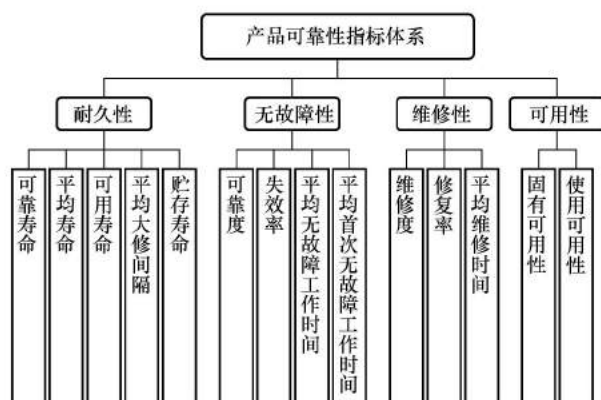


图10 可靠性指标体系

(2) 可靠性设计的基本内容。产品的安全可靠是工程设计的主要目的之一。机械可靠性设计的基本任务是在数学、力学、物理学、材料学与机械工程等研究的基础上，结合可靠性试验以及故障数据的统计分析，提供产品设计的数学力学模型、

方法和实践。这样就可以在产品的研制阶段，估计或预测产品在规定工作条件下的工作能力、状态或寿命，保证产品所需的可靠性。对于机床产品来说，可靠性问题与安全、质量、竞争力、经济效益和社会效益密切相关。因此研究机床产品的可靠性问题，就显得十分重要、非常迫切。

可靠性试验与统计数据是可靠性设计的基础，但是试验不能提高产品的可靠性。可靠性增长可以在一定范围内提高产品的可靠性，但是产品在经过可靠性增长后，并不能保证它的工作性能或参数就一定处于最佳状态。设计决定了产品的固有可靠性，可靠性设计是获取良好性能与可靠性相协调匹配的产品的先决因素，通过可靠性设计既能够保证产品的经济效益又能够保证运行中的安全可靠。而可靠性设计是可靠性工程的一个重要分支，是提高产品可靠性的根本途径。定量计算和定性分析主要是评价产品现有的可靠性水平或找出薄弱环节，而可靠性设计是采取设计预防和改进措施有效地消除隐患（和薄弱环节）。如图11所示，为了提高产品的可靠性，必须在设计上满足可靠性要求。换句话说，只有通过各种具体有效的可靠性设计才能从根本上提高产品的固有可靠性。

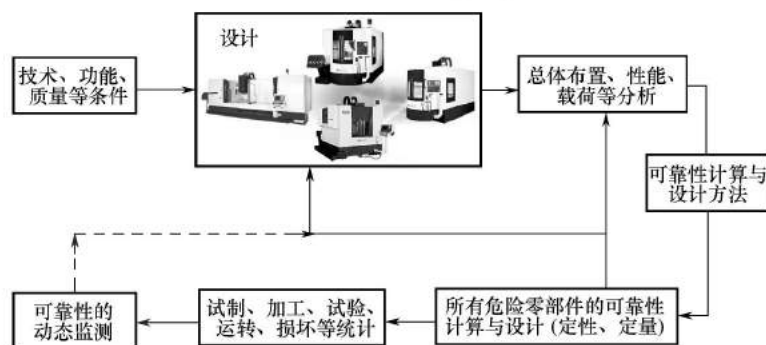


图11 可靠性设计的框图

(3) 产品研发与可靠性保障。近年来，可靠性技术越来越受到各行各业的重视，现在人们都强烈地关心所购买产品的可靠性。如图12所示，如果企业将产品研发与可靠性保障相结合，就可以研发出满足用户要求的产品，从而获得巨大的经济效益与社会效益。只有拥有高可靠性的产品，企业才可以在市场竞争中取胜。

可靠性定量设计是可靠性设计的重要组成部分

分，而概率可靠性设计又是可靠性定量设计的最主要的内容之一。以概率可靠性分析为基础，作者率领的研究团队相继提出了可靠性设计、动态与渐变可靠性设计、可靠性优化设计、可靠性灵敏度设计与可靠性稳健设计等系列理论与方法，丰富、发展了可靠性设计理论体系，深刻揭示了可靠性概率设计的本质与内涵。

(4) 动态与渐变可靠性设计。动态与渐变可

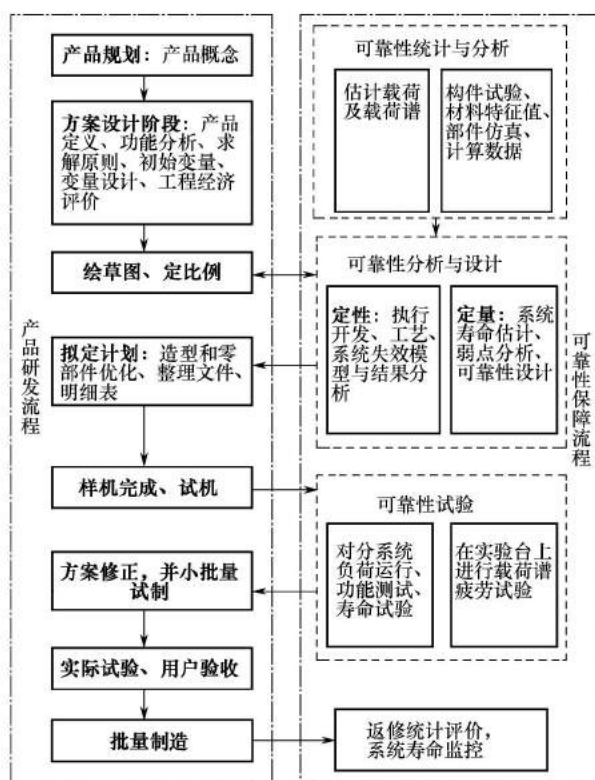


图12 产品研发与可靠性保障

可靠性理论是传统可靠性理论的演化和升华，其理论与应用研究无疑将促进复杂产品的研究开发并保障产品的安全运行，将机械动力学、机械劣化机理与机械可靠性有机地结合起来，充分研究动态和渐变可靠性设计的基础理论与方法，能够为我国重大机械装备的可靠性设计提供技术保障。摆脱用固定的、静止的观点进行设计的陈旧框框，使设计工作更加深入、精确，更能符合实际，更能适应于产品日益提高的要求。动态与渐变可靠性理论与技术的框图见图13。

(5) 可靠性优化设计。可靠性优化设计，一般包含质量（或重量）、成本、可靠性三方面的内容，把产品的总体可靠性作为性能约束的优化，将会产生与合理安全性相协调的平衡设计，也就是在给定结构布局 and 给定产品质量或成本之下，使产品有最大的可靠性。可靠性优化设计的框图见图14所示。

(6) 可靠性灵敏度设计。可靠性灵敏度分析是在可靠性分析的基础上进行的灵敏度分析。通过可靠性灵敏度分析可以获取可靠性与基本随机变量分布参数（如形状参数、尺寸参数、载荷参数等的均值和标准差等数字特征）波动间的量化

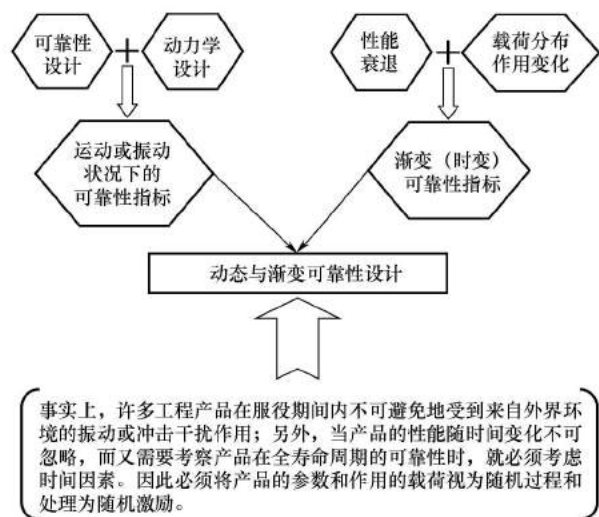


图13 动态与渐变可靠性理论与技术的框图

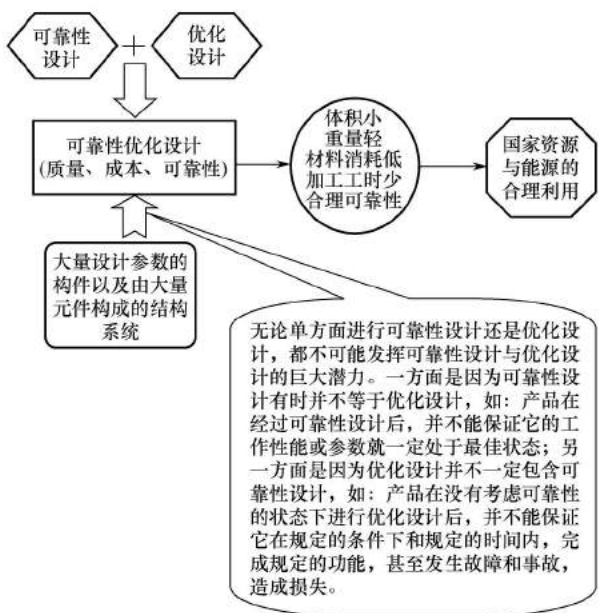


图14 可靠性优化设计的框图

关系。可靠性灵敏度设计的框图见图15。在进行产品的可靠性分析时，由于各因素对产品失效的影响程度不同，因此关于产品的可靠性灵敏度的研究具有重要意义。产品的可靠性灵敏度设计，是在可靠性基础上进行灵敏度设计，得到一个用以确定设计参数的改变对产品可靠性影响的评价，可以充分反映各设计参数对产品失效影响的不同程度，即敏感性。对反映这种不确定性的产品可靠性灵敏度进行分析研究，给出一种用以确定设计参数的改变对产品可靠性影响的可靠性灵敏度的计算方法是十分必要和重要的，从而为工程设计、制造、使用和评

估提供了合理和必要的可靠性依据。

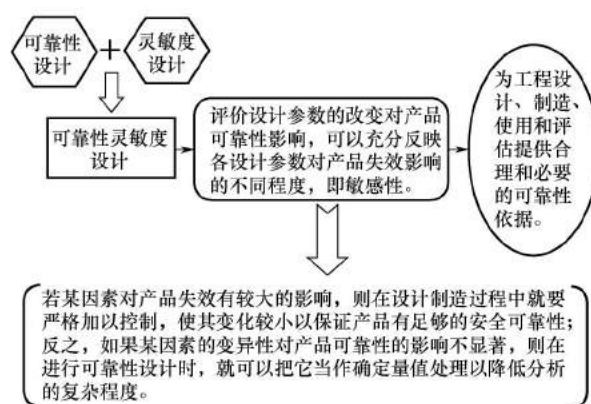


图 15 可靠性灵敏度分析的框图

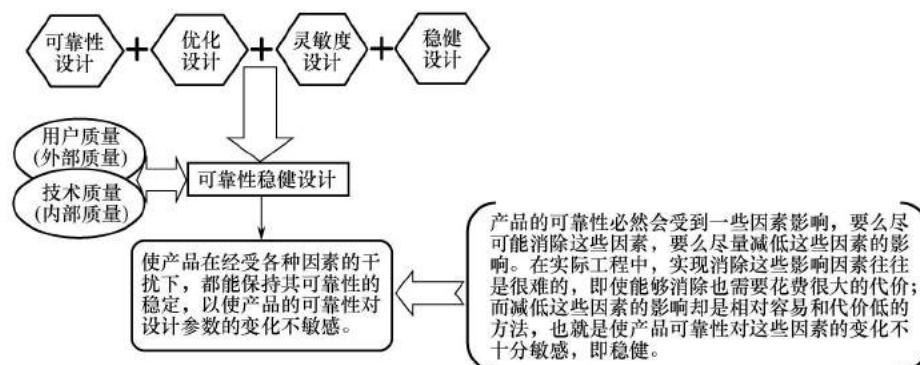


图 16 可靠性稳健设计的框图

可靠性设计工作的主要目的是尽早地估计或预测产品的预计安全与失效状态，以便能及时地发现和排除设计的薄弱环节。为了能够尽量减少大规模的和耗费时间、人力、物力、财力的可靠性试验，需要建立在现有概率统计理论基础上的可靠性计算与设计方法。当然只有在明确了解产品

(7) 可靠性稳健设计。产品的可靠性稳健设计是在可靠性设计、优化设计、灵敏度设计和稳健设计的基础上进行可靠性稳健设计，把可靠性灵敏度融入优化设计模型之中，将可靠性稳健设计归结为满足可靠性要求的多目标优化设计问题。可靠性稳健设计的框图见图 16。在产品的设计中，正确地应用可靠性稳健设计的方法，可以使产品在经受各种因素的干扰下，都能保持其可靠性的稳定，以使产品的可靠性对设计参数的变化不敏感，提高产品的安全可靠性和鲁棒稳健性。

元素失效状态的情况下，才能得到极有把握的预测。在设计计算中考虑设计变量或过程的不确定因素、规定基本设计准则、建立设计变量或过程交互作用的模型等，是可靠性设计方法所面临的问题。

(未完待续)

夹具分会第七届会员大会圆满完成分会换届工作

2012年9月18日至20日，《中国机床工具工业协会夹具分会第七届会员大会》在贵阳隆重召开。夹具分会13个会员单位和省市夹具协会共30名代表出席会议。

会议首先由中国机床工具工业协会张彦君主任传达总会《关于同意夹具分会召开第七届会员大会进行换届选举的批复》中床协办[2012]36号文件，并对机床工具行业的发展情况和协会的工作做了重要讲话，对夹具分会的工作提出了新的要求和希望。

夹具分会第六届理事会王学良理事长以《坚持务

实服务、促进科学发展》为题做分会工作报告。

按照中国机床工具工业协会章程和夹具分会工作条例的规定，通过民主选举，天津市泽尔数控机床成套有限公司当选为夹具分会第七届理事会理事长单位；保定向阳航空精密机械有限公司和宁波市鄞州飞翔组合夹具厂当选为副理事长单位；选举深圳市天凌高实业发展有限公司等七个企业组成夹具分会第七届理事会。刘新昭理事长宣布聘任吴建民同志为分会秘书长，刘佩同志为副秘书长。

(夹具分会王颖莲)

我国机床工业企业要走 “专、特、精”发展道路

Right Way for Developing China's Machine Tool Industry

梁训瑄

近来，我国机床业界根据新的发展状况，引发“如何在‘大’的基础上做‘强’”的思考和议论。这是一个关系全盘战略目标的议题，也是一件牵涉面很复杂的系统工程。我个人认为，要在千头万绪中先明确“切入点”和选择“有效发展道路”。

下面首先从我国机床行业现况说起。

一、我国机床工业现况简述

早在2007年和2010年时，我曾先后发表过《我国机床工业进入世界第一方阵》和《我国机床工业已进入世界第一方阵前列》的文章。当时的用意，是针对行业部分同仁中对我国机床工业所取得的成就存在认识不够、信心不足的问题，着重从我国机床工业总量供给能力、产品品种阵营及性能水平、技术研发开拓实力、信息技术应用状况和机制体制变革、企业层次的经营运作、企业技术改造及与国际并购接轨等方面，从整体上作一些全面评价。当然也承认在若干方面还存在不少差距，旨在以此激励机床行业同仁们加强信心，从而鼓足干劲，再接再厉。

现在，经过近年来全行业艰苦努力，情况发生了很大变化，从数量上讲，中国已经成为世界上最大的机床生产国，超过了日本与德国。而且在2011年世界机床工业出现停滞衰退，我国机床产业仍保持了较高的发展态势，而且近年来取得了若干方面世界水平的成就。例如，机械压力机是汽车工业标帜性装备，我国济南第二机床集团

在机械压力机产品已能以优越性能运销美国本土，在汽车工业王国福特集团的生产工厂中应用。又如重型、超重型机床是国家水、火、核电、造船、重机、重军工制造的保证，我国的24~26m加工直径数控立车、龙门宽超过10m数控龙门镗铣床、镗杆直径320mm数控落地镗铣床、加工直径6m数控卧式车床等世界最大规格机床装备的开发生产，都已位居世界首位。

但在当前大好形势下，我们更应当冷静地看待目前中国机床行业在发展中仍然存在不少问题：有些企业不少产品仍在低水平徘徊，却在盲目扩大规模，圈地、建厂房、追求销售数量等，沿着以往的老路子原地踏步，这种发展模式是不可取的，这种发展动向值得发人深省。

另外更值得注意的是：中国是世界第一大机床消费国，由于国内生产技术能力不足，外国产品进口占据了我国机床市场的半壁江山，而且看似国内、国外企业各占我国机床市场的50%份额，但发达国家和中国台湾占据的50%份额属于中高端市场，尤其以高端为主，在中高端市场，无论从产品技术，还是从精度和功能等方面看，国内企业和国外还有较大差距，与之竞争和抗衡任务艰巨。

二、“由大变强”是当务之急

“由大变强”是当前一项艰巨而庞大复杂的历史使命，是一项系统工程，是一项全局性战略。对于如何“由大变强”，我认为千头万绪中要抓住两

个基本点：一是选准切入点，二是遵循有效的发展道路。

(1) 如何把握切入点。机床行业是为国民经济及国防建设提供加工装备的基础工业，用户的紧急需求、高端需求就是我们的重点任务，反映在特殊进口的机床订单更是具体指令，更是考验。能接受并能完成一项这样的任务，就说明我们朝“变强”迈进一步。这个切入点是十分明确和具体实际的。

(2) 遵循有效的发展机床工业道路，就是要选择走“专、特、精”道路。即“产品有专长，技术有特色，商品要精细”。而不是粗制滥造，性能低下，滥竽充数。环顾世界机床工业强国，甚至某些小国也有强项如丹麦（DISA 公司）、如奥地利（GFM 公司），他们能在世界机床市场上有一席之地或者压倒群芳，都是因为具备了“专、特、精”特色。

机床工业要由大变强，这也是我国机床工业大小企业求生存、求发展的出路，企业不分大小既有必要走这条路，也有可能。很多实例说明，不仅机床行业领军企业近年在发挥“专、特、精”优势推动行业变强做出了很多贡献，而且规模不大但同样具有“专、特、精”优势的机床行业中小企业，也在不同领域做出了卓越贡献。

现在可以这样认为：机床企业走“专、特、精”发展道路是一条推动我国机床工业由大变强的有效道路，也是符合机床工业产业特性——适应用户千变万化需求，组织多品种小批量生产。

三、具体实例

业内涌现出越来越多的实例，它们结合自身的优势和特色，开发的产品达到世界一流水平，替代进口满足国内急需。

第一个实例：湖南长沙一派数控机床有限公司。这个民营公司成立于 1998 年，规模只二三百人，核心产品是数控活塞异形外圆车床和数控活塞异形销孔镗床（见图 1），这些都是加工内燃机零件的关键设备。目前他们在国内市场的占有率分别为 60% 和 90%。在国际上，德国马勒、德国 KS、美国辉门三大制造商均已采购该产品。



图 1 数控活塞异形销孔镗床

该产品面世之前，相关设备完全依靠进口，单台价格为 500 万元人民币以上，同时还要受到进口的种种限制。而该产品的均价约为 60 万人民币，性能指标为国际先进水平。业内人士普遍认同，如果没有该数控专机的推广应用，就很难有我国涡轮增压发动机的普及，就很难有我国汽车排放标准的提高。因此，在庆祝我国内燃机工业 100 周年之际，该公司被授予“特别贡献奖”。

第二个实例：长沙哈量凯帅精密机械有限公司。技术团队三十多人。一家民营企业与国营哈量集团合资经营。

他们的新贡献：一是研发了能加工 2000mm 的大型弧齿锥齿轮数控铣齿机、数控磨齿机和检验机机组。该产品已交付给株洲沃尔得特种齿轮厂生产了一年了，为重庆齿轮箱厂、二重、兰州石油机械厂生产了多套 1.4m、1.6m、1.9m 的大规格高精度弧齿锥齿轮，这是目前世界上最大的弧齿锥齿轮数控铣齿机和数控磨齿机。过去这种加工装备外国控制不出口主机，只接受加工工件。该机组的开发打破了国外的垄断，最近通过了黑龙江省科委的鉴定。

二是开发了国产第二代数控弧齿锥齿轮铣齿机和磨齿机（见图 2），干切削不仅环保，而且高效、高精，是汽车后桥弧齿锥齿轮铣齿的发展方向。同时，国内过去主要是生产 Gleason 齿制的弧齿锥齿轮，而现在国际流行的是高精度汽车齿轮用 Gleason 齿制，采用端面铣齿加磨齿的方法（Face Milling-Grinding），一般汽车齿轮用 Oerlikon 齿制，采用端面滚齿加研齿的方法（Face Hobbing-Lapping）。同时为了适应干切，刀盘改用了硬质合金的刀条，磨刀和装刀所用的机床也都变了。现

在该厂已经开发了为汽车行业使用的 350mm（用于轻型车、微型车）、650mm（用于大客车、重型车）规格的数控弧齿锥齿轮铣齿机和磨齿机。



图2 加工 2000mm 的数控弧齿锥齿轮铣齿机、磨齿机

第三个实例：杭州大天数控机床有限公司，其规模三、四百人，为了我国陶瓷工业向世界陶瓷精品行列迈进，开发了系列陶瓷加工数控机床（见图 3），使我国精品陶瓷进入世界高档市场，价格提升百倍；同时开始进入航空陶瓷零件加工领域和光电元件器件制造领域，解决了有无，填补了空白。

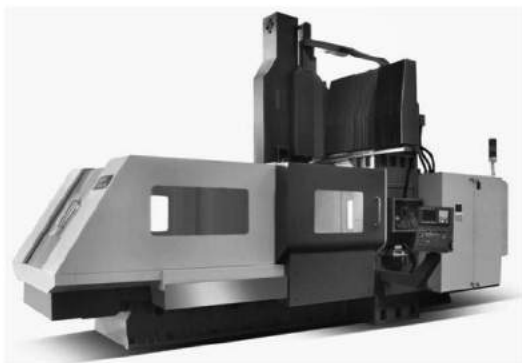


图3 陶瓷加工数控机床

杭州大天数控机床有限公司开发了一种太阳能石英坩埚数控龙门陶瓷机床，属于国家重点支持的八大高新技术领域，用以满足我国七个战略性新兴产业在这面对高档装备的需求。

第四个实例：北京精雕数控机床公司，是在“专、特、精”上取得成功的典范。作为一家民营企业，北京精雕不仅生产数控雕刻机机床主机（见图 4），还自主研发和生产数控系统和设计软件（雕刻 CAD/CAM 软件 JDPaint \ CAM）。在软件方面，北京精雕对拥有完全自主知识产权的 CAD/

CAM 软件进行持续不断地开发和升级，从早期的 1.0 版本已经发展到如今的 5.5 版本，成为国内唯一的拥有自主知识产权的雕刻设计软件。如今北京精雕的雕刻软件——CAD/CAM 软件，已经成为了业界高水准的标杆并得到了广泛应用。北京精雕主机所配置的功能部件数控系统和高速电主轴全部由本厂开发生产，这种配套能力为国内外所少见。该厂特别重视按用户特殊需求开发专门化品种。北京精雕已经成为国内雕刻机市场上抵挡进口的主力，上万家客户分布于全国 16 个省份 37 个地区及俄罗斯、土耳其等欧洲国家。经过十七年的发展，有部分产品性能达国际先进水平，并在部分生产加工行业替代了进口数控机床。目前，企业自主开发的 8 大系列 100 多个型号产品中，有 7 项产品被认定为“北京市自主创新产品”，1 项为“国家科技支撑计划项目”，1 项为“国家重点新产品”，3 项为“北京市高新技术成果转化项目”。该厂生产组织管理经营现代化十分突出。2011 年企业职工 1700 人，年产数控雕刻机超过 9000 台（套），产值超过 15 亿元。



图4 精密雕刻机

第五个实例：大连光洋科技工程有限公司，一个从事高档数控产品研发不过七八年时间的民营企业。他们在国内首家实现了从总线式数控系统、总线式伺服驱动器、总线伺服驱动与电机一体化装置到直驱式力矩电机等关键功能部件产品的全集成配置；首家研制出了直驱式单/双轴转台、直驱式单/双摆头；在国际上率先实现了从控制系统到执行部件等全套产品均由一家公司提供；产品开发包括国内最大规格汽轮机叶片加工机床，填补了国内空白。该公司重视聚集技术实

力,成立博士后工作站,为航空、航天、国防军工等领域急需的几种高档数控机床成功开发了产品,并提供了关键功能部件和全面的解决方案。

产品主要技术参数:

控制能力:8通道;每通道5轴联动,最多16坐标;每坐标最多支持4伺服同步驱动

控制分辨率:0.001 μm

控制速度:240m/min

五轴控制:支持RTCP、斜面加工、空间刀具半径补偿

总线接口:GLINK2.0, CANOpen

插补方式:直线、圆弧、极坐标、NURBS、离散点拟合

支持在线工件测量、刀具测量;支持温度补偿、双向定位补偿、空间误差补偿;加速度、加加速度控制;反向跃冲抑制。

加工程序存储量:30GB

专项“光纤总线开放式全数字高档数控装置”(见图5)(2009ZX04009-012)支持成果,大批量应用于大连科德数控机床产品(见图6、图7、图8),



图5 GNC60 光纤总线开放式高档数控系统

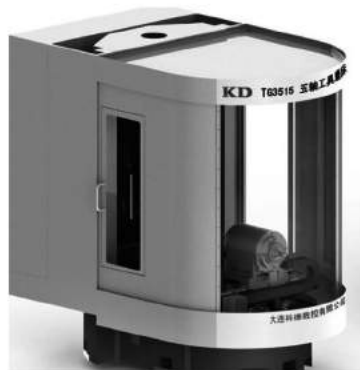


图6 TG3515—五轴工具磨床

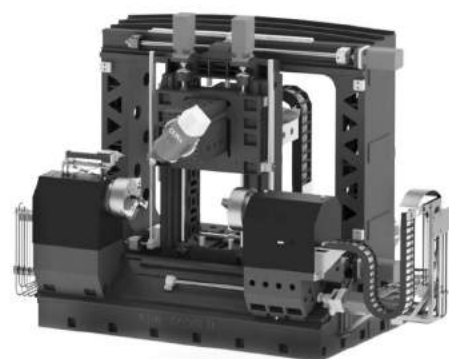


图7 KDW-4600FH 五轴联动卧式车铣复合加工中心结构图

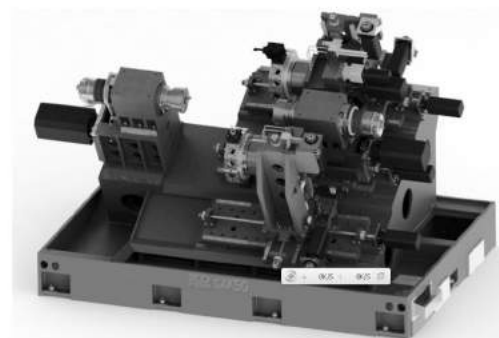


图8 CXK50 13轴4轴联动高精度卧式车铣复合加工中心结构图并在北京工研精机股份有限公司、中捷机床有限公司、四川长征机床集团有限公司、大连科德数控有限公司等六个专项机床课题中实现配套。

第六个实例:苏州信能数控机床公司,是一家专业生产精密珩磨机、珩磨工具的民营科技企业,经过短短几年的努力,目前已成为国内最大的从事珩磨技术研究开发的专业生产企业,无论是技术和产品在国际上都有很强的竞争力。其生产的高精度数控立式珩磨机,无论技术工艺还是产品整体水平,不少都达到国际先进水平,并被列入国家中小企业创新基金资助项目;自主开发成功的HMT系列卧式深孔珩磨机(见图9),凭借其独特的技术、工艺水平和价格,得到了中外专家和企业的认可。苏州信能的最大作用就是打破了国外同类产品的垄断地位,使进口同类珩磨机价格



图9 卧式珩磨机

下降，从而大大提升了中国在该行业的技术水平。信能公司最近与某世界一流外国公司洽谈“并购”已接近成交，但最后受到该国政府阻挠而中止，原因是牵涉敏感产品、敏感技术，该领域这个产品的重要地位由此可见一般。

HMTB 系列数控卧式强力深孔珩磨机是信能公司于 2005 年应哈尔滨工业大学之邀，为该校航空加速器项目开发加速器炮管专用的深孔珩磨机，广泛应用于航空航天、煤碳石油装备、工程机械等领域。目前已销售近 300 台，主要用户有瑞典达克集团公司、俄罗斯 Gidrolast 公司、韩国现代重工集团、大庆油田、三一重工、中国航天科技集团、神华集团、中航工业集团 103 厂、平顶山煤矿机械厂、重庆铁马工业集团等国内外知名企业。该产品彻底打破了外国在中国市场的垄断地位，目前该机型已占据国内同类产品 50% 以上的市场。

MB4230-3 数控高精度多工位顺序珩磨机（见图 10）是国内首次开发，首台专门为超细超长的枪管孔珩磨的加工设备，该类零件内孔均小于 10mm，通过使用专制的特殊珩磨杆及特殊珩磨工艺完成了珩磨加工。该机床配有 3 轴，并配有自动检测系统，实现一次装夹完成 3 道珩磨的要求，配置转台实现零件自动旋转和自动检测，比传统的研磨加工提高效率数十倍，得到了用户企业的好评，彻底改变了原来落后的工艺技术，增强了我国军工产品在国际市场的竞争力。



图 10 MB4230-3 数控高精度多工位顺序珩磨机

该款机型由本公司和上海交通大学联合开发，加工后工件圆度能达到 $0.5\mu\text{m}$ 、圆柱度 $1\mu\text{m}$ ，于 2006 年通过中国机械工业联合会主持的科技成果鉴定，各项技术指标达到国际珩磨技术先进水平，完全可以替代国外进口同类产品。该公司是全球继德国格林、卡地亚、日本日进公司后第四家能生产高精度数控立式珩磨机的企业，目前广泛应用于航空航天、军工制造业、汽车摩托车发动机制造业，客户有中美合资成都艾特航空制造有限公司（世界三大航空发动机制造商美国惠普公司的子公司）、德国博世电动工具有限公司；无锡威孚高科技股份有限公司、新乡航空工业、重庆建设集团、重庆隆鑫集团，奇瑞汽车股份有限公司，比亚迪汽车股份有限公司等知名企业。



图 11 高精度数控立式珩磨机

第七个实例：杰克控股集团，这是一个通过国有老企业改制与民营高技术团队结合成功的范例，几年来开发出多种替代进口产品，应用于中国兵器工业集团、北方动力有限公司、中船集团等大型企业，填补了国内空白。

所开发的 JKM8320B 超高速 CBN 随动数控高精凸轮轴磨床（见图 12）是一种效率最高的高精度凸轮轴理想加工装备，具有自主知识产权，静动压轴承电主轴可实现 $150 \sim 200\text{m}$ 超高速磨削并具有自主知识产权磨削软件，获得了科学技术进步一等奖。



图 12 JKM8320B 超高速 CBN 随动数控高精凸轮轴磨床

第八个实例：无锡迪奥机械有限公司创建于 1988 年，是专职设计开发、生产销售轴承加工自动化设备，各种非标设备和自动数控机床，包括自动上下料、自动装卡、收料和机械加工全过程的专业机床装备制造制造商，同时也是轴承套圈的生产加工基地，产品销售全国及东南亚等国家，广泛运用于轴承、汽车、农机、工程机械、家电、风电等加工用户。该公司为高新技术企业，产品型号规格百余种，曾获得国家发明专利 6 项和国家实用新型专利 8 项，也顺利通过 GB/T 19001—2000idt ISO 9001:2000 质量管理体系认证和自主进出口权，并荣获“江苏省质量诚信五星级企业荣誉称号”。

该公司生产的提升式送料机构（见图 13），主要用于轴承套圈磨加工上下料的专机，通过变频器实现无极调速，自动排料提升，调节方便。

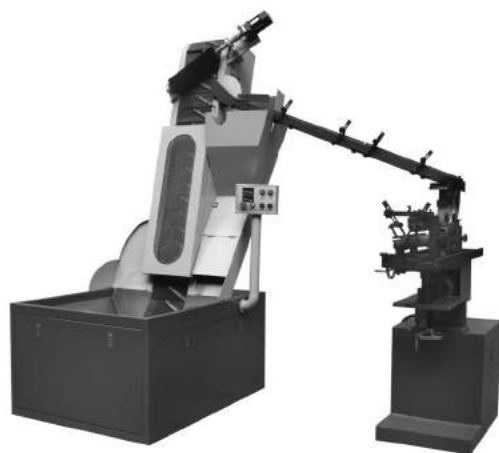


图 13

公司生产的普通上料机构（见图 14），其结构简单调整方便，适合各类轴、套零件上料，安装在主轴箱上，占用空间小。

从以上几个实例来分析，我们需要有一大批



图 14

机床企业从多个领域来承担“做强”的任务，也有可能做到这一点。

这几个实例相对于我们宏伟的机床发展事业，只是非常有限的案例，但是希望透过这些典型，发人深思、给人启迪。

四、结束语

中国机床行业要适应市场需求结构升级的特点和环境发展的变化，加速实现发展方式的根本转变，坚定不移地走自主研发的创新模式，提升企业自身和行业整体素质，在技术上实现突破和打破外国垄断。道路是漫长的，任务是艰巨的，但方向是正确的。

与此同时，建议政府继续通过鼓励订购使用国产数控机床，在重大项目上支持开发高端国产机床等措施，鼓励高端数控机床发展，以满足国内急需，替代进口，进而逐步扩大出口。

中国机床行业面临“由大变强”的有利时机，“由大变强”的转变，不仅是市场、用户需求，也是行业应该承担的历史重任；“由大变强”是大势所趋，潮流所向，形势所迫。中国要迈入世界机床制造强国之列，就必须具备一批国际知名品牌，一批强势的“专、特、精”集团和企业；就必须抓住这一历史机遇，加速提升自主创新能力，加快结构调整，迅速转变发展模式，提升行业整体竞争力。唯有如此，才能稳步全面跨入世界机床行业前列，才能“由大变强”。□

珩磨机床的应用与发展

Application and Development of Honing Machine

宁夏银川大河数控机床有限公司 鲍兴鹏

【摘要】 珩磨工艺是磨削加工的一种特殊形式，又是精加工中的一种高效加工方法。这种工艺不仅能去除较大的加工余量，而且是一种提高零件尺寸精度、几何形状精度和表面粗糙度的有效加工方式，在机械制造业中应用很广泛。近年来，在国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项政策的大力支持下，国产数控珩磨机床取得了很大的发展。

机床作为基础的机械产品，是先进制造技术的载体和装备工业的基本生产手段，机床工业已经成为关系到国计民生、国防尖端建设的基础工业和战略性产业。它直接影响到国家各个工业部门的装备自动化水平，劳动生产率的提高和国防现代化的实现。随着生产和科技的高速发展，机床日益向高速、高效、高精度和自动化方向发展。

近些年，我国机床行业取得了很大的进步，但与发达国家相比，在产业结构、产业规模、制造技术水平、机床加工效率等方面都存在着一定的差距，主要表现在：市场响应慢、质量差、生产成本低、利润空间小、企业竞争力弱。究其原因，主要是由于我国设计和开发出的机床不仅性能差、结构复杂、精度不高、制造成本高，而且设计周期长、自动化水平低、控制响应时间慢。所以，我国数控机床制造业必须尽快将先进设计理念和方法应用到高档高效高精数控机床开发中去，快速开发出结构合理、加工精度高、自动化水平高、低成本的高速精密数控机床，从而加快我国工业化进程步伐。

近年来，珩磨已成为发动机汽缸套、缸体孔以及工程机械中重要的液压缸等精密偶件孔加工必不可少的工艺技术。通过珩磨，在发动机方面，大大缩短了跑和时间，减少了燃料的使用量，避免了缸体孔的拉毛划伤；在液压偶件方面，在工

作表面形成了均匀的油膜，大大提高了偶件间的配合精度，增强了其密封性能，提高了液压系统的稳定性与能量转化率。

一、珩磨的加工原理

珩磨是利用安装于珩磨头圆周上的一条或多条油石，由涨开机构（有旋转式和推进式两种）将油石沿径向涨开，使其压向工件孔壁，以便产生一定的面接触。同时使珩磨头旋转和往复运动，零件不动；或珩磨头只作旋转运动，工件往复运动，从而实现珩磨。

在大多数情况下，珩磨头与机床主轴之间或珩磨头与工件夹具之间是浮动的。这样，加工时珩磨头以工件孔壁为导向，因而加工精度受机床本身精度的影响较小，孔表面的形成基本上具有创制过程的特点。所谓创制过程是油石和孔壁相互对研、互相修整而形成孔壁和油石表面。其原理类似两块平面运动的平板相互对研而形成平面的原理。

珩磨时由于珩磨头旋转并往复运动或珩磨头旋转工件往复运动，使加工面形成交叉螺旋线切削轨迹，而且在每一往复行程时间内珩磨头的转数不是整数，因而两次行程间，珩磨头相对工件在周向错开一定角度，这样的运动使珩磨头上的每一个磨粒在孔壁上的运动轨迹也不会重复。此

外, 珩磨头每转一转, 油石与前一转的切削轨迹在轴向上有一段重叠度, 使前后磨削轨迹的衔接更平滑均匀。这样, 在整个珩磨过程中, 孔壁和油石面的每一点相互干涉的机会差不多相等。因此, 随着珩磨的进行, 孔表面和油石表面不断产生干涉点, 不断将这些干涉点磨去并产生新的更多的干涉点, 又不断磨去, 使孔和油石表面接触面积不断增加, 相互干涉的程度和切削作用不断减弱, 孔和油石的圆度和圆柱度也不断提高, 最后完成孔表面的创制过程。为了得到更好的圆柱度, 在可能的情况下, 珩磨中经常使零件掉头, 或改变珩磨头与工件轴向的相互位置。

由于珩磨油石采用金刚石和立方氮化硼等磨料, 加工中油石磨损很小, 即油石受工件修整量很小。因此, 孔的精度在一定程度上取决于珩磨头上油石的原始精度。所以在用金刚石和立方氮化硼油石时, 珩磨前要很好地修整油石, 以确保孔的精度。

二、珩磨的磨削过程

1. 定压进给珩磨

定压进给中进给机构以恒定的压力压向孔壁, 共分三个阶段。第一阶段: 脱落切削阶段, 这种定压珩磨, 开始时由于孔壁粗糙, 油石与孔壁接触面积很小, 接触压力大, 孔壁的凸出部分很快被磨去。而油石表面因接触压力大, 加上切屑对油石粘结剂的磨耗, 使磨粒与粘结剂的结合强度下降, 因而有的磨粒在切削压力的作用下自行脱落, 油石面即露出新磨粒, 此即油石自锐。第二阶段: 破碎切削阶段, 随着珩磨的进行, 孔表面越来越光, 与油石接触面积越来越大, 单位面积的接触压力下降, 切削效率降低。同时切下的切屑小而细, 这些切屑对粘结剂的磨耗也很小。因此, 油石磨粒脱落很少, 此时磨削不是靠新磨粒, 而是由磨粒尖端切削, 因而磨粒尖端负荷很大, 磨粒易破裂、崩碎而形成新的切削刃。第三阶段为堵塞切削阶段, 继续珩磨时油石和孔表面的接触面积越来越大, 极细的切屑堆积于油石与孔壁之间不易排除, 造成油石堵塞, 变得很光滑。因此油石切削能力极低, 相当于抛光。若继续珩磨, 油石堵塞

严重而产生粘结性堵塞时, 油石完全失去切削能力并严重发热, 孔的精度和表面粗糙度均会受到影响。此时应尽快结束珩磨。

2. 定量进给珩磨

定量进给珩磨时, 进给机构以恒定的速度扩张进给, 使磨粒强制性地切入工件。因此珩磨过程只存在脱落切削和破碎切削, 不可能产生堵塞切削现象。因为当油石产生堵塞切削力下降时, 进给量大于实际磨削量, 此时珩磨压力增高, 从而使磨粒脱落、破碎, 切削作用增强。用此种方法珩磨时, 为了提高孔精度和表面粗糙度, 最后可用不进给珩磨一定时间。

3. 定压一定量进给珩磨

开始时以定压进给珩磨, 当油石进入堵塞切削阶段时, 转换为定量进给珩磨, 以提高效率。最后可用不进给珩磨, 提高孔的精度和表面粗糙度。

三、珩磨的加工特点

1. 加工精度高

珩磨不仅能获得较高的尺寸精度, 而且还能修正孔在珩磨前加工中出现的轻微形状变化。特别是珩磨一些中小型的通孔时, 其圆柱度可达 0.01mm 到 0.001mm 以内, 圆度在 0.005mm 到 0.002mm , 甚至可达 0.001mm 。一些壁厚不均匀的零件, 如连杆, 其圆度能达到 0.002mm 。对于大孔 (孔径在 200mm 以上), 圆度也可达 0.005mm , 如果没有环槽或径向孔等, 直线度达到 $0.01\text{mm}/1\text{m}$ 以内也是有可能的。珩磨比磨削加工精度高, 因为磨削时支撑砂轮的轴承位于被珩孔之外, 会产生偏差, 特别是小孔加工, 磨削精度更差。珩磨一般只能提高被加工件的形状精度, 要想提高零件的位置精度, 需要采取一些必要的措施。可用面板改善零件端面与轴线的垂直度再进行珩磨加工。

2. 具有良好的表面质量特性

珩磨加工表面为交叉网纹结构, 有利于润滑油的存储及工件表面油膜的形成与保持, 并且具有较高的表面支承率, 因此能承受较大的载荷、耐磨性好, 从而提高了产品的使用寿命。珩磨速率较低, 且油石与孔是面接触, 因此每一个磨粒的平均磨削压力小, 这样珩磨时, 工件的发热量

很小, 工件表面几乎无热损伤和变质层, 变形小。

3. 加工范围较广

主要加工各种圆柱形孔: 通孔、轴向和径向有间断的孔, 如有径向孔或槽的孔、键槽孔、花键孔、不通孔、多台阶孔等。另外, 用专用珩磨头, 还可加工圆锥孔、椭圆孔等, 但由于珩磨头结构复杂, 一般不用。用外圆珩磨工具可以珩磨圆柱体, 但其去除的余量远远小于内圆珩磨的余量。珩磨几乎可以加工任何材料, 特别是金刚石和立方氮化硼磨料的应用, 进一步扩大了珩磨的应用范围, 同时也大大提高了珩磨加工的效率。

4. 切削余量少

为达到图纸所要求的精度, 采用珩磨加工是所有加工方法中去除余量最少的一种加工方法。在珩磨加工中, 珩磨工具是以工件作为导向来切除工件多余的余量而达到工件所需的精度。

5. 纠孔能力强

由于其他加工工艺存在的不足, 致使在加工过程中会出现一些加工缺陷。如: 失圆、喇叭口、波纹孔、尺寸小、腰鼓形、锥度、镗刀纹、铰刀纹、彩虹状、孔偏及表面粗糙度等。

采用珩磨工艺加工可以通过去除最少加工余量而极大地改善孔和外圆的尺寸精度、圆度、直线度、圆柱度和表面粗糙度。

四、珩磨在机械领域的应用

珩磨技术作为先进制造技术, 具有加工精度高、表面质量好、加工效率高、应用范围广的优点。珩磨技术不仅广泛应用于汽车制造, 而且广泛应用于航空航天、火炮、导弹、模具、摩托车、拖拉机、坦克、舰船、工业缝纫机、空调制冷、液压气动、雷达、广播电视设备、油泵油嘴、轴承、工程机械、管乐器等制造领域。

(1) 大量应用于各种形状的孔的光整和精加工, 孔径在 $\phi 1 \sim \phi 1200\text{mm}$, 长度可达 $12\,000\text{mm}$ 。国内珩磨机工作范围: $\phi 5 \sim \phi 500\text{mm}$, 孔长 3000mm 。

(2) 可用于外圆、球面及内外环形曲面加工。如镀铬活塞环、挺杆球面与滚球轴承的内外圈等。

(3) 用于汽车、拖拉机与轴承制造业中的大量生产, 也适用于各类机械制造中的批量生产。

如珩磨缸套、缸孔、连杆孔、油泵油嘴与液压阀体孔、轴套、摇臂和齿轮孔等。

(4) 适用于金属材料与非金属材料的加工。如铸铁、淬火与未淬火的钢、硬铝、青铜、黄铜、硬铬与硬质合金、玻璃、陶瓷、晶体与烧结材料等。

珩磨可达到下述技术指标:

珩磨内孔尺寸: $\phi 1 \sim \phi 1200\text{mm}$; 珩磨内孔深度: $1 \sim 20\,000\text{mm}$; 尺寸精度: $0.002 \sim 0.01\text{mm}$; 表面粗糙度 $Ra = 0.025 \sim 1.6\mu\text{m}$ 。

五、珩磨机床的国内外发展状况

1. 珩磨机床国内发展状况

目前, 应用最广泛的珩磨机是单进给普通珩磨机, 这类珩磨机占据市场率为 80% 以上, 是我国珩磨加工业的主体。在我国, 生产珩磨机床最重要的两个厂家是北京第三机床厂和宁夏大河机床厂。

北京第三机床厂始建于 1959 年, 是机械部重点骨干企业, 生产加工中心、钻削加工中心等机电一体化产品、组合机床、专用机床、珩磨机床、装配生产线和普通钻床产品为主的机床制造企业。1965 年生产了 M425, 1971 年生产了 M422, 1996 年开发了两轴三工位数控立式珩磨机 B3HM 系列, 现已达十多种, 采用模块化设计, 比如: B3HM-009 珩磨机主旋转运动采用变频电机变频器控制, 可实现无级变速, 往复运动采用液压控制, 尺寸控制采用气动测量系统。

宁夏大河机床厂 1965 年成立, 主要生产珩磨机床、立式加工中心、卧式加工中心、普通钻床、数控立式钻床、组合和专用机床。该企业 1966 年生产了 M4215 珩磨机, 之后又相继开发了缸套珩磨机、缸体珩磨机、平顶珩磨机、多轴珩磨机等。1978 年, 在宁夏大河机床厂成立了珩磨机床专业研究所, 负责我国的珩磨机床的研发。2003 年 10 月, 根据国家对国有大中型企业实行规范的改制要求, 原宁夏大河机床厂实行分立改制, 原宁夏大河机床厂改制组建为两个民营性质的股份制企业——宁夏中卫大河机床有限责任公司和宁夏银川大河数控机床有限公司。

另外, 国内一些企业如德州机床厂、芜湖恒

升重型机床有限公司、云南丽江机床有限公司、苏州信能精密机械有限公司、台州市新瀚珩磨设备制造有限公司、南京新科发机电设备制造有限公司等公司也曾生产或正在生产一些立式或卧式珩磨机,但规模上不够大,技术上不够先进。

在“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项政策支持下,宁夏银川大河数控机床有限公司于2011年成功开发了2MK2218数控珩磨机,是宁夏银川大河数控机床有限公司、兰州理工大学、北京机械工业自动化研究所、扬州五亭桥缸套有限公司进行产、学、研、用联合攻关的科技重大专项研究成果。2MK2218数控珩磨机的关键零部件、液压系统、测量系统及数控系统均实现了国产化,其整机的稳定性、可靠性等综合性能指标均达到了国内发动机汽缸套、汽缸体珩磨加工质量要求,是替代进口珩磨机床的国产关键设备。2MK2218数控珩磨机主要技术参数和技术性能如下。

主要技术参数:①珩磨机床加工孔直径范围 $\phi 50 \sim \phi 180\text{mm}$ 。②主轴最大往复行程800mm。③珩磨头液压多级双进给压力调节范围:0.2~4mp。④主轴转速无级可调。

主要技术性能:①主轴往复运动位置精度:0.5mm。②主轴往复速度3~30m/min。③主轴往复最大加速度 $\geq 2.5g$ 。④珩磨加工精度:圆柱度 $\leq 0.008\text{mm}$ 、圆度 $\leq 0.002\text{mm}$ 。

2MK2218数控珩磨机床主要技术创新成果如下:

(1)通过原理上的原始创新,成功将数控系统的数字控制轴与线性机械液压伺服系统相结合,构成一种全新的珩磨机床主轴往复运动数字控制装置。与国外知名厂商的电液伺服比例阀加伺服缸及缸位移传感器的数控方式相比,本珩磨机床主轴往复运动数字控制装置不需要昂贵且对使用条件较苛刻的电液伺服比例阀,使机床驱动系统的电液分离,由于机械液压伺服系统强大抗污染能力,大大提高了系统工作的可靠性,系统维护保养的方便性,又降低了系统的组成成本。

(2)采用了国产数控系统。广州数控技术有限公司按照宁夏银川大河数控机床有限公司提出的针对高档数控珩磨机床的控制策略和工艺要求开发了“银川大河数控珩磨机床专用软件”。

(3)实现机床核心元件创新。为满足高档数控珩磨机对机液伺服阀的要求,创新性地开发和制造了机液伺服阀,实现了珩磨机主轴往复3~30m/min的稳定运行,加速度达到2.5g。

(4)成功实现5轴控制数控珩磨机。2MK2218数控珩磨机实现了主轴往复,主轴旋转,工作台移动或旋转,珩磨油石粗涨压力控制,珩磨油石精涨压力控制等5个轴的数控控制;可实现发动机缸体和缸套内孔任意夹角网纹的加工。2MK2218数控珩磨机硬件核心技术取得突破后,银川大河数控机床有限公司适时停产了普通珩磨机床,改为全部生产数控珩磨机床。同时将数控珩磨机床分为三个档次,即普通数控珩磨机床、中档数控珩磨机床、高档数控珩磨机床,以满足不同客户对机床的需求。普通数控珩磨机床主轴往复,主轴旋转,工作台移动或旋转实现三轴数控控制,珩磨石粗精涨压力手动调节;中档数控珩磨机床实现五轴数控控制,高档数控珩磨机床在五轴基础上实现智能控制。目前普通及中档数控珩磨机床已实现多台销售,将逐步实现规模化效益。

2. 珩磨机床国外发展状况

20世纪20年代初期,随着内燃发动机制造业的蓬勃发展,美国巴恩斯(Barnes Drill Co.)公司为加工内燃发动机气缸,设计制造了世界上最早的珩磨机床。最初,珩磨工艺只在汽车、船舶和航空发动机中应用。随着气动、液压技术的应用和发展,珩磨加工变得更为简单和方便。随后这种加工方式被进一步推广到摩托车、模具、工业缝纫机、空调制冷、液压气动、油泵油嘴、轴承、工程机械、管乐器、军工等更多制造领域。

国外在珩磨机床发展十分迅速,生产的珩磨机床有立式和卧式两大类型,品种和规格繁多,有单轴、双轴、多轴多工位、全自动化等各种珩磨机,以适应各类用户的要求。

国外珩磨机公司主要有德国的Gehring公司、NAGEL公司、美国的善能公司、日本的日进制作所等。

1926年Gehring在萨勒河畔瑙姆堡市建立了以他的名字命名的公司,生产制造通用和非标准的特殊珩磨机床。1935年,格林生产了第一台用于

加工发动机缸体的珩磨机。到现在,它的产品遍布全世界。

德国 NAGEL 机床工具制造有限公司创建于 1940 年,专注于珩磨和超精磨两大领域的技术研究。NAGEL 的珩磨机可用于加工的典型汽车零部件有:发动机缸体孔、曲轴孔、缸套、连杆、变速箱齿轮、制动泵等。其公司生产的 VS-6-30 性立式珩磨机,采用数字进给控制系统,可精确地控制进给量;2SM-3RM 双头立式珩磨机,可在一台机床上同时进行粗、精珩磨。

美国善能公司,1924 年成立,总部位于美国密苏里州圣路易市,经过八十多年的发展,善能公司已成为世界上最大的从事珩磨技术的专业化公司。产品涵盖各种规格的珩磨机床、发动机再制造设备、磨料、工具、测量仪表、切削液等附件。其公司生产的 MBC-1804 卧式珩磨机,采用强力磨削技术,可以切除较大的余量,生产效率比普通的珩磨高 3~5 倍,操作简便并配有尺寸自动测量装置,几何精度可控制在 0.001~0.002mm 内。

总体来说,国外的珩磨机产品和珩磨技术比较成熟。国外珩磨机在可靠性、稳定性、操作方便性、自动控制工程等方面都非常到位,在珩磨工艺和运动参数上的理论成果和实验性成果也比较丰富。

六、现代珩磨技术的发展趋势

今后,珩磨机床将继续朝着智能化和在线测量方向发展。数控激光珩磨、超声波珩磨仍然是重要的发展方向。

平顶珩磨技术除了单进给珩磨,主要还有平顶珩磨、超声波珩磨和激光珩磨。其中,单进给珩磨指的是珩磨加工过程中,所用的油石的种类为一种,此种珩磨技术是最普通的珩磨技术,也是现在大多数珩磨机床所采用的技术。

平顶珩磨是单进给珩磨技术的新发展。平顶珩磨的加工特点是将珩磨过程中分为粗珩、精珩两个阶段。粗珩是用粗粒度的珩磨油石在工作表面上加工出较粗糙的、划痕较深的轮廓。精珩是用细粒度的珩磨油石,把这些划痕的尖峰变成平顶凸峰。这样,经过平顶珩磨的承载面的面积是单进给珩磨的数倍,可以大大提高零件的寿命。

超声珩磨是机、电、声一体化的高技术,是利用超声波发生装置传输到珩磨加工中去的。因此,超声波珩磨装置是超声波珩磨机床的核心部分。超声波珩磨具有珩磨压力小、珩磨温度低、油石不易堵塞、加工效率高等优点,尤其是加工一些钢质薄壁缸套等韧性材料和一些硬脆材料,这些在普通珩磨机床中不易加工的材料。

激光珩磨是将珩磨技术与激光技术复合在一起的新技术。激光珩磨由三道工序组成:粗珩、激光造型(打坑)和精珩。实际上,激光珩磨不是传统的珩磨,而是将激光用于打坑,实现表面微观结构造型,然后再进行珩磨。它要求打出数以万计的、按一定规律分布的微坑。激光珩磨技术对提高发动机制造水平、降低排放、保护环境有着重大的意义。

珩磨机床作为复杂的生产工具,最根本的是加工工艺与主机结构布局设计,而各种新工艺、新材料、新元件、新刀具、新控制系统等也将运用在珩磨机床上,未来的珩磨机床的加工精度会更高,自动化程度更高,加工效率更快,加工范围更广泛。□

2012 年全国大学生“西门子杯” 工业自动化挑战赛圆满落幕

2012 年 8 月 29 日,全国大学生“西门子杯”工业自动化挑战赛在天津职业技能公共实训中心落下帷幕。共有 50 支队伍从近 300 支参赛队伍中脱颖而出,进入了三个组别的决赛。经过激烈角逐,最终来自北京联合大学、沈阳建筑大学、东北大学和中国石油大学(北京)的代表队获得工程应用型赛项和设计开发型赛项一等奖。另有 36 支队伍获得不同组别的二、三等奖。大赛组委会主任委员、中国工程院院士吴澄,大赛组委会副主任委员、中国系统仿真学会理事长赵沁平,以及西门子(中国)有限公司工业业务领域战略与运营组织发展部总经理张利为获奖队伍颁奖。这一历时四个月的大赛搭建了一个自动化企业、高校和学生三方互动的平台,推动了理论与实践的有机结合,促进了大学生综合工程能力的培养。

加速发展个性需求的成套装备

Speed up to Develop Integrated Equipment for Specific Demand

恩宝贵

一、国外专用机床的发展历程

18 世纪人类从封建社会走向资本主义，用机器代替手工作业，开始了工业革命。1712 年英国纽柯门研制成功第一台可实用的蒸汽机，到 1769 年英国人斯米顿制成汽缸铣床。1797 年英国人莫兹利制成第一台带刀架的车床，直到 20 世纪中，通用机床门类齐全，专用机床也得到发展，那时通用万能机床占据着机械制造的主力位置。如万能车床、万能铣床、万能磨床等，随着科学技术的发展，以及生产方式的转变，个性化需求增多，专用机床迅速发展。1853 年美国普尔制成第一台轧辊磨床，1903 年美国诺顿研制成功曲轴磨床，1910 年美国兰迪斯研制成功凸轮轴磨床，1928 年美国福特汽车公司开始应用组合机床加工自动线。

到了 20 世纪中期，美国空军为解决直升机桨叶轮廓检查样板时，帕森斯飞机公司与麻省理工学院研制成功用脉冲乘法器原理带直线插补的三坐标数控铣床。1958 年美国 KT 公司研制成功带自动换刀装置的复合加工中心，到了 60 年代又出现了用计算机控制多台机床的制造系统。从 1981 年起，到 2010 年底，日本 MAZAK 先后推出 2000 多套网络化无人化自动加工管理系统，设在中国的“小巨人”无人化车间就是其中之一。2006 年 MAZAK 新型 Mazatrol Matrix CNC 系统在自动化加工中实现防撞、温度补偿、语音提示、防震等智能化功能，机械制造由数字化、网络化、向智能化迈进。

二、国内专用机床的发展

进入新世纪，中国机床工业在发展通用品种的

同时，加快了满足个性化需求，发展专用专门化机床。如沈阳机床集团为用户提供轮毂自动化智能化加工单元，具有型号识别、轮毂气门孔加工前视觉识别、自动加工、检测、清洗、打号、搬运，实现全过程无人化操作。大连机床集团为汽车工业先后提供数百条缸体、缸盖、变速箱等加工自动线，既有刚性的，也有柔性的。今年南通科技为上海通用汽车公司研制以 SGM 50A 卧式加工中心组成的汽车动力制造单元，到 2012 年底将提供 6 台（套）。浙江双雕数控技术公司，应用数学镜象原理，研制成功一台机床控制左右两只建模的数控系统，创造出独特的数控雕刻机床，效率提高一倍，价格是两台机床的 60%，占地面积减少 40%，节省人工 50%。天锻公司为高铁 AT 型尖轨提供 50AT/50、60AT/60 成套专用液压机，为大型舰艇提供万吨以上专用液压机、为核电提供 CV 封头专用液压机等。

21 世纪初，国家号召制造业转方式、调结构、稳发展。中国机床工具协会在“十二五”规划中提出的四项是：一是产品进入重点用户，为汽车、航空航天、船舶发电设备重点制造提供装备；二是到 2015 年数控机床市场占有率达到 20%；三是到 2015 年中高档数控系统国产化率从 20% 上升到 50%，中高档功能部件国产化率由 5% 上升到 50%。近几年中国机床工业围绕上述目标取得更加可喜的成绩。如大连机床集团为用户提供由 8 台加工中心、6 个桁架机械手组成的活塞加工自动线。安阳鑫盛也研制成功 XSHS-01 活塞自动加工单元，由铣中心孔车床 AD15Z、立式数控活塞车床 ADG15P、关节机器人、物料系统组成。“武重”

研制成功 CKX5680 螺旋桨铣床, 加工直径 8.5m, 可扩展到 12.5m, 具有 7 轴 5 联动、在线测量等功能, 可实现叶面重叠和非重叠部轮廓以及桨毂中孔等精密铣削, 车铣复合, 一次装夹多平面加工, 用户使用三年获得好评。“天锻”研制成功 2400 吨复合材料制品数控液压机、为渤海钢铁集团提供 10 000 吨快速锻造液压机, 含 80 吨操作机 1 台、50 吨装出料机, 能完成拔长、镦粗、冲扩孔、扭转、弯曲、错移、剥切等。“济二”不仅为国内汽车覆盖体提供成套装备, 2011 年还为美国福特提供的 5 条冲压自动线, 由 1 台 2500 吨多连杆压力机和 4~5 台小吨位的机械压力机及双臂送料、拆卸机、清洗机、涂油机等组成。“济二”承担了运载火箭 CK $\times$ 5463 $\times$ 50/150 龙门式封头车铣床, 为西南铝业大飞机铝板带项目提供 XKL 2477/L50 数控铝钻铣床, 为运载火箭环缝总装提供焊接专机, 用于大飞机叶片自动辅带大型筒段铺缠一体机, 为火箭导弹外壳提供缠绕机。“合锻”为汽车覆盖体提供冲压自动线, 应用电液控制、液压垫四角调压、模具参数数据库、快速换模、全吨位冲裁缓冲等关键技术。秦川机床集团历时两年研制成功 QJK002 锥齿轮铣齿机、QMK009 锥齿轮磨齿机及与之配套的测量仪。该集团还研制成功核电核岛深孔加工钻床 ZSK 2520 精密数控深孔钻床, 孔深 2500mm、最大钻孔直径 40mm、最小钻孔直径 1.6mm, 试切两端同轴度为 0.3mm, 直线度 0.05mm, 达到先进水平。该集团还为铁路机车、客货车、地铁车轴提供高速磨床, 可磨轴承座、防尘板座、轮座、齿轮座、刹车盘座等磨床。该集团发挥自身优势, 开发汽车转向泵、燃油输送泵、双路辅助动车转向系统恒流泵和控制阀等。

我国机床工业从无到有, 从小到大取得了丰硕的成果, 但也要清醒地看到我们的不足, 到 2011 年底, 国内机床产值占有率仅 60%, 数控机床产量数控化率仅 30%, 还要继续努力。对机床的未来, 近期日本大隈提出: SPACE, 即 S—Speed 高速、P—Power 高效、A—Accuracy 高精度、C—Commonication 远程通讯、E—Ecology 生态与环保。上海同济大学张曙教授提出未来机床发展是生态机床、聪明机床、客户化。北京机床研究所的总工

程师盛伯浩认为: “未来制造系统发展方向是: 增强制造系统的智能化和自治管理功能; 发展可按零件加工工艺重构的制造装备 (RMT); 构建能兼顾柔性、高效、低成本和高品质且便于可重构的新型制造系统 (RMS)”。现实和未来机床不仅要保证客户对性能的需要, 还要保证产品的质量, C_p 值要大于 1.33, 对大批量生产的行业还要保证尺寸分散度达到互换的要求, MTBF 可靠性指标, 要达到 800 小时以后继续向先进水平进发。

三、几个重要行业的发展特点

1. 汽车工业

(1) 满足个性化发展需要。有预言今后汽车制造将打破大批量生产模式, 此言可能与实际相距甚远, 但由于新技术发展增速, 新产品诞生周期缩短, 要求装备随之调整, 同时一条生产线兼容几个品种增多, 要求装备既有高精高效又有柔性。如用一台复合型的智能加工中心可在 10 分钟内仅两次装夹便可完成一台 3.0 升 V6 发动机铝质缸体几乎全部的加工任务。

中国汽车工业“十二五”六大目标之一是“加快培育和发展节能与新能源汽车”, 中国机床制造业要及时做好准备, 以适应这种发展趋势的要求。

(2) 应用新技术增多。但为提高同步器换挡寿命, 国内虽已达 10~20 万次, 但与国外先进水平 30 万次相距甚远。为此要求齿轮表面硬化, 提供抗疲劳机械加工技术装备, 自动变速器薄壁壳体的加工、CVT 锥轮盘的加工、CVT 金属带的制造、电磁阀细长孔的加工、AT 离合器毂的加工, 以及自动变速柔性自动装配、检测等急需相应的装备。为节约材料、提高效率, 应用净成形工艺, 要求提供精锻机等。由黑色金属转用轻金属; 如君威 D50 用铝合金发动机缸体、缸盖, 自重减轻 40%, 效率提高 20%。中华 1.8T 采用铝机身降重心和降噪。汽车将逐步实现“两化”高度融合、发动、变速、停车、路况变化等均由信息系统自动控制, 终极可能实现计算机下四个轮子的汽车。壳体类零件柔性自动智能化、轴盘类零件高精、高速、铣、磨, 锻造精化、覆盖体从 10 件/分向 15 件/分、25 件/分多工位压力机自动线发展。

2. 发电设备及造船行业

到2012年全国发电装机将超过10亿千瓦,具备了可提供一亿千瓦发电装备的能力,参照工业先进国家的经历,当人均拥有一千瓦以上发电装机容量后,发电量年增长将下降,我国到“十二五”末发电设备和制造能力将减缓,对机床的需求更多是技术改造的需要,以及应用新技术对老旧设备的再制造。

到2010年我国造船完工量、新接订单、手持订单均位居世界第一。目前低端产能过剩,高新技术产品开发、制造能力不足,特别是配套设备能力不足,到2011年韩国重夺世界造船量的榜首。如今船舶向大型化发展,我国已开发出23万吨、32万吨、38万吨和40万吨矿山船;万吨以上系列集装箱船。大连船舶集团造出VLCC超大型油轮载重量30万吨。大连重工为40万吨矿山船提供曲轴,是目前国内规格最大的,年产曲轴150只,还要建造3000~4000m深水铺管起重船,需要缸体、缸盖、螺旋桨以及板材冲压设备。

3. 航空航天及其他制造业

航空重体向大型化、复合化,材质向碳纤维方向发展,需要五座标数控高速加工中心。世界著名飞机制造企业所需加工中心的50%以上为五轴控制,叶轮加工要五轴联动、壁板加工需龙门式加工中心,要水平安装翻转90°后加工。碳纤维和蜂窝零件中工要真空吸尘。某些零件用来铺放和自动铺带,导弹外壳要数控缠绕机。装配自动化要自动铆接生产线等。

四、国内机床制造业的竞争策略

这几年,机床制造业十分重视重型和超重型机床的发展,但对小型精密机床的需求注意不够。以手机、平板电脑、电视机为代表的IT业,是中国工业的第一大产业,直接和间接需要高精高效小型和大型加工机床。如硅片的加工,传统工艺为切割—侧角—研磨—腐蚀—清洗—抛光。硅片加工在25mm×40mm内平整度小于0.07μm,粗糙度达亚微米。预计今年我国手机产量达4.5亿部,手机外壳需模具和小型钻孔设备。我国医保覆盖已超过总人口的95%,全国人均期望寿命已达74岁,今后医保覆盖率和内涵会继续提高,医疗器械需求增加。医

疗器械现约有万种产品、34个门类,如保健机械、高压氧气、心脏起搏器等。医疗器械中大到塑料体、冲压件、铝合金件批量生产需要模具和加工机床。

我国摩托车2010年产2669万辆,自行车2011年产8345万辆、电动自行车年产量3096万辆。机床行业要象改革开放初期为“老三大件”提供车轴、飞轮、轮盘、螺母、车把、瓦圈等加工提供专用专门化机床热潮那样更好为绿色环保产品提供更高新技术装备。

国际知名企业非常重视用个性化产品满足用户的需要。如日本大隈新品MP—16V立式加工中心及MULTUR—B400主要针对模具加工。美国MAG长春厂其产品主要针对汽车缸体、缸盖提供立式、卧式加工中心和各种专机。MIKRON HPM800U五轴联动铣削中心,适合对高温钛合金材料加工。法国HELLER恒轮机床(常州)有限公司精密卧式加工中心四轴或五轴联动,主要用于曲轴和凸轮轴加工。

现阶段主要矛盾是国内市场需求结构的加速升级与行业供给能力不适应,通用性的低档产品供给能力过剩,而中端尤其是面向高端细分市场供给能力不足。因此建议中国机床行业在调结构、转方式、稳增长中加快发展中高端具有鲜明特色的产品,提高专用产品在产量结构中的比重。今后既使发展通用产品也要有明确的应用范围,早日形成由各具特色的企业组成的中国机床工业。品种发展不仅满足金属切削的需要,还要注意开辟非金属切削加工的需要。江苏晨光机床为炭素加工提供数控电极双端面削平镗孔机床、双端螺纹梳铣床、数控接头双端铣钻孔机床以及全数控炭素接头柔性加工自动线等,值得学习。

用品牌差异化去竞争,让产品具有稀缺性是获得市场占有率的基础,与其在通用产品中竞争,莫如不争,去做他人莫能与其争的事,专注于有特色产品的发展,用户得实惠,机床制造业也会得到更好更快发展。

温总理曾说:“机床是装备制造业的工作母机,实现装备制造业的现代化取决于我国机床发展水平。”企业应勇敢地承担起这一重任,要加大自主创新力度,将更好更多的机床提供给我们用户,原中国机床工业早日实现由大变强。□

高精度绝对式光栅尺研究 进展及技术难点

Progress and Technical Features of Absolute Grating with High Precision

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 孙 强

在现代机加行业中，大多采用光栅传感器来进行位置反馈装置。由于光栅尺能够对系统实行全闭环控制，降低滚珠丝杠热变形等原因引起的误差，提高加工精度，所以目前中高档数控系统越来越多地采用光栅尺作为线位移反馈元件。

光栅尺分为增量式和绝对式：增量式光栅尺的测量原理是将光通过两个相对运动的光栅调制成摩尔条纹，通过对摩尔条纹进行计数、细分后得到位移变化量，并通过在标尺光栅上设定一个或是多个参考点来确定绝对位置；绝对式光栅尺的测量原理是在标尺光栅上刻划一条带有绝对位置编码的码道，读数头通过读取当前位置的编码可以得到绝对位置。

绝对式光栅尺的优点是开电后直接得到当前位置信息，无需“归零”操作，简化控制系统设计；绝对位置计算在读数头中完成，无需后续细分电路；采用双向串行通信技术，通信可靠。因此，绝对式光栅尺在数控行业得到越来越广泛的应用。

一、国内外发展状况

国外能够生产绝对式光栅尺的厂家主要有：德国海德汉（HEIDENHAIN）公司、日本三丰（MITUTOYO）公司、西班牙发格（FAGOR）公司和英国雷尼绍（RENISHAW）公司。其中海德汉公司的产品和技术被业内公认为本领域先进技术的代表，并一直引领光栅计量技术发展，其光栅测量产品市场占有率居全球首位。该公司自1994年推出绝对式光栅尺以来，经过不断改进提高，

绝对计量功能从最初由7条码道组合实现，发展到2005年采用单轨绝对编码技术，加之单场扫描技术与双向串行数字接口的应用，其LC系列封闭式绝对式光栅尺已经成为各国机床闭环数控系统普遍选用的功能部件。

相比之下，国内目前没有绝对式光栅尺的产品，但是已经有部分研究所、高校以及企业先后开展了绝对式光栅尺的研制工作。其中中国科学院长春光学精密机械与物理研究所（以下简称中科院院长光所）的研究工作最为突出，其研制出的JC09型绝对式光栅尺样机实现了与华中数控HNC-818B世纪星加工中心数控装置对接，并应用在长二机床厂的XH714立式加工中心上。JC09采用单轨绝对编码、光电集成器件、单场扫描、双向串行通信协议等先进技术，经过中国计量科学研究院鉴定，其具备绝对读数功能，测量准确度 $\pm 3\mu\text{m}/\text{m}$ ，最大测量速度大于180m/min，绝对定位误差0.12 μm 。

表1 国内外封闭式绝对式光栅尺性能指标对比

性能指标	HEIDENHAIN	Mitutoyo	FAGOR	中科院院长光所 原理样尺
精度等级	$\pm 3\mu\text{m}$	$\pm 3\mu\text{m}$	$\pm 3\mu\text{m}$	$\pm 3\mu\text{m}$
运动速度	180m/min	120m/min	120m/min	180m/min
分辨率	0.005 μm	0.05 μm	0.05 μm	0.1 μm
最大测量长度	4240mm	3000mm	3040mm	1200mm
数据接口	EnDat 2.2	Mitutoyo; Mitsubishi; Fanuc 等	FeeDat; SSI 等	双向串行 数字接口

二、绝对式光栅尺主要技术难点

1. 单轨绝对编码技术

单轨绝对编码需要在 1m 范围内排列百万个无重复位置编码,并要考虑编码可扩展、易处理、容错、冗余等多方面因素。此外,由于国外绝对式光栅尺生产厂家对其使用的单轨绝对编码技术实施严格专利保护,国产绝对式光栅尺所要采用的编码技术必须完全自主创新,以规避绝对式光栅尺产业化后的知识产权纠纷。

2. 集成化光电探测技术

绝对式光栅尺需要同时采集绝对码道和增量码道的信息,集成化光电探测技术将两个码道的传感器集成在一个芯片上,并在芯片上集成处理电路,是目前国际上最先进的绝对式光栅尺信号采集手段。由于国外绝对式光栅尺生产厂家对其使用的集成化光电探测技术对我国进行严格的技术封锁,因此我国必须自行攻克集成化光电探测技术。其主要技术难点是:两种不同类型的光传感器的集成;弱信号、高速度、高性能片上处理电路设计;数字、模拟混合电路设计;光电探测器单元的一致性校正及工艺可靠性设计等。

3. 单场扫描技术

单场扫描技术是国际上先进的光栅尺增量码道莫尔条纹提取技术,海德汉公司在其产品中普遍采用这项技术。通过使用单场扫描技术可以显著提高光栅尺莫尔信号质量,并增强其抗污染能力,为光栅位移传感器的高精度、高分辨率测量提供保证。其主要技术难点是:专用光电传感器阵列设计;光电扫描方案设计等。

4. 多窗口空间滤波技术

高质量莫尔条纹是光栅尺高分辨率的前提条件,而莫尔条纹的高次谐波直接影响了增量信号的正弦性和正交性。多窗口空间滤波技术可以有效降低莫尔条纹高次谐波分量,提高增量信号的正弦性和正交性,保证光栅尺的高分辨率。其主要技术难点是:多窗口空间滤波方案设计。

三、结束语

2011 年我国数控机床产量为 25.7 万台,占机

床总产量的比例达到百分之三十,作为世界机床产量第一的生产大国,产品结构优化的趋势十分明显。随着国家产业升级以及国家重点工程、地方投资项目实施中对高档数控机床需求的增加,提高我国数控机床水平,扩大中高档产品比例,不仅是行业发展面对的重要课题,也是打破中高档数控机床大量依赖进口局面、提升民族工业能力的需要。当前,我国数控机床专项已对“十二五”期间攻克高档数控机床的关键技术进行了布局,力图使我国高档数控机床的关键技术取得重大突破或实质性进展。

绝对式光栅尺作为闭环数控系统核心功能部件,国内目前尚没有自主研发的产品,全部依赖进口。加紧研制具有自主知识产权的高精度绝对式光栅尺并实现产业化,以填补国内空白,提高我国高端数控机床领域的核心竞争力,是迫在眉睫的任务。□

~~~~~

## 重庆工具被认定为 “重庆市技术创新示范企业”

近日,重庆市经信委和重庆市财政局以渝经信发[2012]43号文认定重庆工具厂有限责任公司等20余户大中型企业为“重庆市技术创新示范企业”。

作为此次认定为“重庆市技术创新示范企业”的重庆机电集团三家企业之一,重庆工具厂有限责任公司长期致力于技术研发与创新,在复杂齿轮刀具方面有着深厚的技术沉淀,是中国复杂齿轮刀具行业标准制订单位,获得国家、部、省、市级优秀成果奖励的60余项科研项目,为我国复杂刀具市场发挥了积极的作用。近年来,该公司加大科研投入,加快技术改造,优化产品结构,推动技术进步,每年均有七八种新产品和科研成果成功问世,仅2011年就有15项专利获得授权,有十余项科技项目获得国家、市、区和重庆机电股份资金支持,9项产品被认定为重庆市重点新产品、市高新技术产品,经济指标创历史新高,成为重庆市复杂刀具工程技术研究中心,重庆市高新技术企业,重庆市“数控一代机械产品创新应用示范工程示范企业”。(孙明强)

# 从 CCMT2012 看磨床新技术的发展

## New Progress of Grinding Technology

威海华东数控股份有限公司 刘传金

第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）于2012年4月16~20日在南京国际博览中心举行。本届展览会的主题是“紧跟需求升级，加速结构调整”。围绕展览会主题，世界各国机床工具制造企业推出各自独具风格的数控机床新产品。展会期间推出的“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项课题成果及应用的图片展览，让观众感受到近年来中国机床工具制造企业自主创新的巨大成果。通过参观本届机床展览会，下面对磨床新技术发展谈一点体会。

### 1. 国产数控磨床柔性生产线技术第一次亮相展览会

上海机床厂有限公司展出一台 MK1620 数控端面外圆磨床，如图 1 所示。通过桁架式两工位机械手对机床加工零件进行自动装卸及交换，如图 2 所示。桁架式机械手可以将多台机床进行连线组合，形成柔性自动生产线。磨床砂轮主轴系统采用高精度滚动轴承结构，采用砂轮斜切式磨削方式对工件进行磨削加工。通过数控系统控制：实现砂轮架（X 轴）自动进给、粗精磨削；工作台（Z 轴）自动跳档；工件转速自动切换；砂轮自动修整及补偿；工件自动测量等。展会期间该机床演示磨



图1 MK1620 数控外圆磨床外观



图2 桁架机械手自动装卸工件

床对齿轮轴工件的外圆及端面自动循环磨削加工过程。该磨床最大磨削直径 200mm、顶尖最大间距 500mm，其加工外圆圆度 0.0015mm、纵向截面一致性 0.003mm。磨床主要适用于汽车、摩托车、航天、铁路等行业大批量轴类、盘类零件的加工。上海机床厂有限公司同时展出一台 MK2110 数控内圆复合磨床，如图 3 所示。磨床前部布置一台工业机械手臂及带式工件输送机，工件通过输送带输入或输出。通过机械手臂将工件从输送带上自动抓取，并安装到磨床工件头架加工工位，工件加工后被机械手臂自动取出放到输送带输出。通过输送带可将多台机床进行连线组合，形成柔性自动生产线。磨床采用端面外圆磨削砂轮架与内圆磨削



图3 MK2110 数控内圆复合磨床外观



砂轮架复合,通过数控系统分别控制两套砂轮架联动进给,实现一次装夹,并对工件外圆、端面及内孔进行磨削加工,解决了工件多次装夹产生的安装误差。磨床配备有自动测量仪和 AE 装置,减少了各磨削工序转换的定位误差等对工件精度的影响。展会期间演示了磨床对齿轮工件的外圆、端面及内孔自动循环磨削加工过程。该磨床最大磨削内孔直径 100mm、最大磨削外圆直径 320mm,其加工工件圆度 0.002mm、圆柱度 0.002mm、端面跳动 0.002mm。机床应用于汽车、摩托车、齿轮等行业的零件加工。柔性生产线作为一种技术复杂、高度自动化的系统,能充分化解机械制造高自动化与高柔性化之间的矛盾,有效保证批量生产的产品质量和精度的一致性,并大幅提升生产效率,在汽车、电子等制造业应用越来越广泛。国外及中国台湾企业,在该领域技术发展已到成熟应用阶段,中国大陆机床制造企业在该领域发展较晚。而从上届机床展览会看,以沈阳机床及大连机床为代表的国内机床制造企业,率先推出以车铣加工为主要工艺手段的柔性生产线,在机床制造企业产生轰动效应。本届机床展上海机床厂有限公司在磨床制造行业,率先推出以磨削加工为主要工艺手段的柔性生产线,充分显示出该公司的整体技术实力,对国内磨床行业的发展起到了示范作用。

## 2. 磨床结构创新设计方面

德国彼特沃尔特斯集团 (Peter Wolters) 在本届展览会上展出一台 MACRO 系列中标准机型的缓进给磨床,如图 4 所示。磨床结构采用创新的“移动磨削头”的概念,即工件不动,磨头在三个方向线性移动。在床身后部设置一套具有横向及垂直运动的十字水平托板,其上设置水平及垂直方向的直线滚动导轨。水平托板横向运动带动磨头纵



图4 MACRO 缓进给磨床外观

向运动,垂直托板沿水平托板垂直导轨上下运动,带动磨头垂直进给。在垂直托板顶部设置前后运动的直线导轨,磨头体沿其导轨前后水平运动。相对传统磨床结构设计来说,其结构紧凑,减少安装空间和对地基的要求,优化磨床的结构受力使其达到最小的热变形,实现磨床的高精度、高刚性性能。由于工件固定不动,可以将磨床衍生为具有交换工作台结构的磨削加工中心机型,实现多机操作以及形成自动柔性生产线。

瑞士克林伯格 (Kellenberger) 旗下的英国钟思敏机床有限公司 (Jones&Shipman) 所生产的 Dominator 型精密表面成型和蠕动磨床,如图 5 所示。其结构与 MACRO 系列中标准机型的缓进给磨床相比同样具有其独特之处。该磨床在床身前端部设计宽大的升降导轨,工作台安装在升降滑座顶部,砂轮垂直进给 (Y 轴) 采用升降滑座垂直运动实现。在磨床床身顶部设置一套十字滑板,其上具有水平方向左右及前后导轨,磨头纵向运动 (X 轴) 采用十字滑座左右运动实现;磨头前后运动 (Z 轴) 采用十字滑座前后运动实现。该机型设计打破传统平面磨床设计理念,取消工作台纵向往复运动,磨头垂直进给运动采用升降滑座在床身前端面导轨运动,其结构具有工艺性好、结构刚性足等优点。磨削纵向运动采用十字托板运动,运动惯量小、运行精度高。

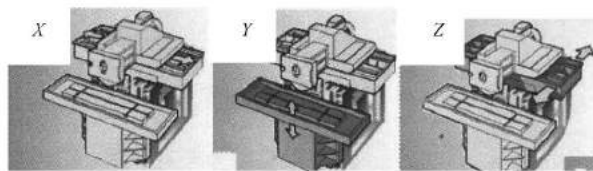


图5 Dominator 型精密表面成型和蠕动磨床外观

## 3. 磨床结构复合化设计方面

复合加工是数控机床的一个重要技术发展方向,数控机床功能的复合化显著提高了工件成品的生产速度,能够大大消除散列工序加工过程中的运输、装夹及等待时间,使加工周期大大缩短并降低加工车间的在制品数量。工件在磨床上只有一次装夹定位,既减少了加工辅助时间,又提高了工件的加工精度。本届数控机床展磨床展品也凸显结构复合化发展趋势。上海机床厂有限公司展出一台 H405-BE 数控复合磨床,如图 6 所示。该磨床采用三个磨头复合布置在砂轮架转塔上,



图6 H405-BE 数控复合磨床外观

三个磨头分别是外圆磨头、端面外圆磨头及内圆磨头，由砂轮架转塔上的交流伺服电机驱动（ $B$ 轴）回转、分度及定位，通过 $B$ 轴实现多形式的砂轮复合磨削功能。磨床头架主轴采用交流主轴电机驱动（ $C$ 轴）回转，实现工件回转速度的无级调节及控制。砂轮架进给（ $X$ 轴）及工作台运动（ $Z$ 轴）均采用交流伺服电机驱动，磨床配置专用测量仪在线测量工件外径及轴向定位，具有AE功能、砂轮自动修整及补偿功能等，在数控系统控制下，可在一次装夹条件下，完成工件外圆、端面、内孔的自动循环磨削功能，实现多工序柔性复合加工。该磨床最大磨削直径630mm、最大磨削长度2000mm，磨床加工工件圆度0.002mm、纵截面内直径一致性0.005mm。

上海机床厂有限公司同时展出一台2MK97160/H数控立式内外圆磨床，如图7所示。该磨床采用双立柱、双磨头结构设计，双磨头在高刚性横梁上通过数控系统控制，实现磨头横向与垂直进给运动。左磨头通过数控系统控制实现 $\pm 300$ 的分度及回转运动，可以对工件外圆、内孔、锥度及各种型面进行磨削加工。右磨头为卧式布局，可以对工件端面及平面的磨削加工。工作台轴向



图7 2MK97160/H 数控立式内外圆磨床外观

及径向均采用静压支撑技术，具有高刚性、高精度、高承载能力及吸振性能强等特点。磨床配置自动测量仪、磨床坐标校准点、自动砂轮交换系统及砂轮库等，如图8所示。该磨床适用于盘类、短轴类及长径比大的套筒类工件的高精度、高效率、高自动化的复合磨削加工。



图8 砂轮自动交换系统及砂轮库

#### 4. 磨床高速、高效及成型结构设计技术方面

航空、航天及汽车等行业目前对磨削加工技术提出：高效率、高精度、难加工材料加工及工件表面质量的完整性等要求，由此引发磨削加工向超高速、精密、高效及低表面损伤磨削等技术方向发展。因此，世界先进的磨床制造企业不断开发超高速磨床、高效深切磨床、快速点磨削机床及随动磨削机床，以适应加工行业对新技术、新工艺的需求。

杰克机床有限公司展出一台JKM8320B型超高速CBN随动数控磨床（如图9所示），是一台典型的集现代设计技术、CBN砂轮高速高效磨削技术、计算机自动控制技术及机电仪于一体机床。该磨床采用以下关键技术：



图9 JKM8320B 型超高速 CBN 随动数控磨床外

（1）具有自主知识产权的动静压砂轮主轴技术，砂轮最高转速可达10 000r/min，可实现150 ~ 200m/s的超高速随动磨削。

（2）砂轮架进给采用圆柱静压导轨及西门子1FN3系列直线进给电机，进给精度及伺服跟随性

能极高。

(3) 具有自主知识产权的凸轮数控磨削专用软件。

(4) 砂轮主轴配有内置式在线动平衡仪、消空隙和防碰撞装置。

(5) 具有自主知识产权的高效、低能耗的循环过滤冷却系统, 充分满足 CBN 砂轮的高速、高效磨削要求。

该磨床主要应用于汽车、摩托车等内燃机行业, 大批量磨削高精度凸轮轴工件。

### 5. 磨床智能化设计技术方面

目前, 随着 CNC 技术日趋成熟和普及, 磨床控制技术正在向智能化方向发展。由于磨削是一个复杂的多变量影响过程, 对其信息的智能化处理和决策, 是实现柔性自动化和最优化的重要基础。目前磨削中人工智能的主要应用包括磨削过程建模、磨具和磨削参数合理选择、磨削过程监测预报和控制、自适应控制优化、智能化工艺设计和智能工艺库等方面。近几年来, 世界各国磨床先进的制造企业智能化控制技术已日趋成熟并被广泛应用, 而我国磨床制造企业该项技术刚刚起步, 与世界先进制造企业的技术还有一定差距。

陕西秦川机械发展股份有限公司展出一台 YK7332B 型数控成型砂轮磨齿机, 如图 10 所示。该磨床共有四个伺服轴: 砂轮架进刀轴  $X$  轴、砂轮架走刀轴  $Z$  轴、砂轮架旋转轴  $A$  轴、工件旋转轴  $C$  轴。磨床配置其自主研发的成型齿轮磨削软件, 根据用户磨削工件要求, 可自动生成砂轮截形文件。操作界面 (如图 11 所示) 友好、层次清晰、参数设置方便快捷、操作简单且宜人化, 软件集成了对机床加工的大部分操作过程, 功能强大。磨床的磨削工作由数控系统控制, 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。



图 10 YK7332B 数控成型砂轮磨齿机外观



图 11 YK7332B 数控成型砂轮磨齿机磨削软件界面

台湾陆联精密股份有限公司展出一台 LFG-8040 型数控立式成型磨齿机, 如图 12 所示。该磨床采用直接驱动技术设计: 工件主轴采用直驱电机驱动; 砂轮主轴采用内藏式电主轴驱动; 进给轴采用直线电机驱动。数控系统控制 8 个闭环控制的伺服运动轴: 砂轮横向运动轴 ( $X$  轴); 砂轮垂直运动轴 ( $Y$  轴); 工件前后移动 ( $Z$  轴); 工件回转 ( $B$  轴); 砂轮轴座回转 ( $C$  轴); 砂轮主轴 ( $S$  轴); 砂轮修整器主轴 ( $U$  轴); 测量仪摆臂轴 ( $A$  轴)。机床配置该公司自主研发的专用磨削软件, 其软件特点是: 具有灵活设计的砂轮成型修整及工件磨削工艺参数库 (其中含工件规格、磨削参数、修整参数等), 具有人性化的人机交互视窗, 可以容易地进行管理储存设定的条件参数, 无需外接电脑设备; 独特的对话式软件界面, 如图 13 所示, 将复杂的加工程序以完整的简易方式实现, 操作者只需根据人机界面上的指示输入所需参数, 操作者无需程序编写



图 12 LFG-8040 型数控立式成型磨齿机外观



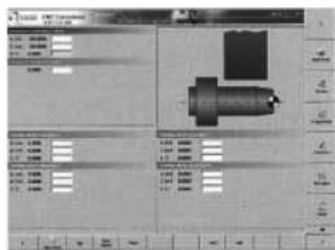
图 13 LFG-8040 型数控立式成型磨齿机操作界面



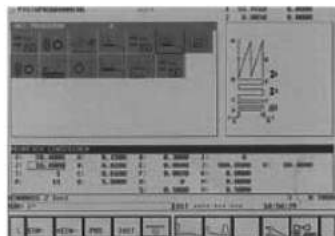
培训,按照人机交互界面指示操作,所有磨削程序就会自动生成。

在欧洲以瑞士斯图特 (STUDER) 机床公司为代表的磨床制造企业, 已开发出功能强大的各种类型磨床的专用磨削软件, 其磨削软件技术已成功在磨床产品上广泛应用, 其数控外圆磨床上的磨削控制软件特点如下:

(1) 斯图特公司的 StuderWIN 软件及其基于 Windows 的操作界面, 如图 14 所示, 实现了对所有新一代斯图特磨床的标准控制。软件可以应用到发那科或西门子公司数控系统中。



(a)



(b)

图 14 斯图特公司磨削软件 - 编程界面

(2) 编程软件是斯图特公司的软件、工艺和研究方面的工程师和专家携手工作,不断地将斯图特优化的模块化软件设计理念与实际的需求密切结合,从而不断产生新的功能,使斯图特磨床的操控更加简单、高效。

利用砂轮的参考点，使用者可以利用图纸上的尺寸进行编程。

Quick-Set 快速对刀功能，如图 15 所示，借助于测量探头，可以在极短的时间内重新设定机床。

工件程序具有清晰易懂的图形显示, 每种磨削循环都有容易辨别的独特图标, 简单的“人机对话”即可完成工艺参数的程序编制, 如图 16 所示。

斯图特软件提供了大量的宏指令便于砂轮的修整，如图 17 所示。

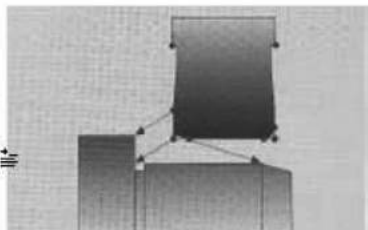


图 15 斯图特公司磨削软件-快速对刀界面



图 16 斯图特公司磨削软件-磨削循环界面

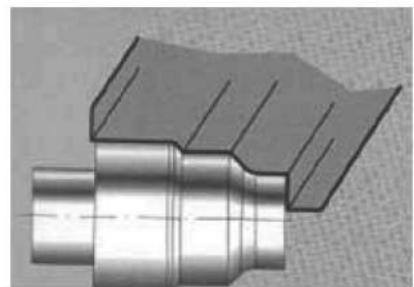


图 17 斯图特公司磨削软件 - 砂轮修整界面

### (3) StuderRIND 磨削软件包

其能够在线和离线快速编制磨削程序。它可以在个人电脑上以及与 Windows 兼容的机床数控系统中运行。每个工件均有指定的计算机数据存储区,可以防止数据管理混乱,并可以快速检索所有的数据。

Studer Technology: 根据最新的磨削技术经验计算所有相关的工艺参数, 从而取得更高的成本效益。

**Studer Dress:** 用于对新的砂轮和已成型砂轮进行快捷成型修整, 如图 18 所示。

Studer Contour: 专门用于高精度磨削纵向轮廓的专业软件。

Studer FormHSM: 是高速万能非圆磨削软件, 用于加工曲线和多边形。

Studer head: 是为了扩展万能内外圆磨床的用途, 使之具有螺纹磨床功能。

Studer Punc：是一种高度自动化的、完美的冲头磨削软件，如图 19 所示。



图 18 斯图特公司磨削软件 – 砂轮图形界面

## 6. 结束语

本届展览会中的国内各机床制造企业，纷纷推出自己最先进、最具代表性的新产品。让广大参观者分享到我国机床制造企业，积极跟踪世界先进的制造工艺与技术，根据市场需求进行技术创新和产品结构调整所带来的丰硕成果。

在磨床展品方面，以上海机床厂有限公司为代

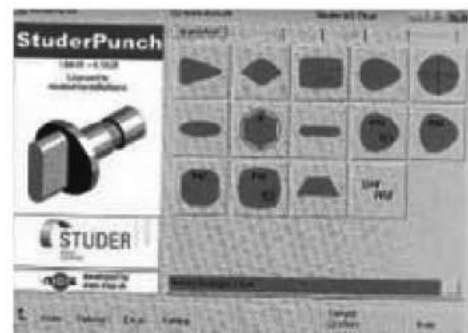


图 19 斯图特公司磨削软件 – 冲头磨削界面

表的国内磨床制造企业，以国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项为契机，大力开展转变发展方式、不断进行产业结构调整与产品升级换代工作，充分展示出我国磨床制造技术，向高精、高速、高效、复合化、柔性生产线、智能与自动化方向快速发展的趋势。□

(上接第 48 页)

国家要继续实施积极的财政政策和稳健的货币政策，加大财政政策和货币政策将支持实体经济的流动资金使用，企业流动资金紧张状况有望得到缓解。

国内主要用户领域将加快转型升级步伐，而国产高端机床进入市场仍有待用户的认可，需要有一个过程，下半年行业经济运行将面临更大的挑战。

### 1. 机床工具行业进入低速稳定增长期

我国机床工具行业已经经历了十年的高速增长期。随着市场日渐成熟，各个领域已从过去以产能扩张式的增长逐渐向转型升级发展，这将是一个长期的过程。

由此带来的影响将是：我国机床工具行业将在较长一段时间内呈现低速、稳定增长的发展趋势。对此，我们必须要有清醒的认识。

### 2. 行业运行下行趋势尚未见底

尽管国家总体经济形势已缓中趋稳，但是机床工具行业发展通常稍滞后于宏观经济步调。加上消化库存的周期，行业运行下行趋势或将持续一段时间。

目前行业订单情况也反映出行业中短期运行状况不容乐观。我协会七个行业重点联系企业

(部分) 的新增订单和在手订单分别同比降低 35.7% 和 28.4%，降幅逐月走低。

此外，协会近期对 50 余家行业企业进行的调研结果显示：企业新增订单为负增长的企业占 76.6%，在手订单呈负增长的企业占 86.1%，其中下降最大幅度为 84%。这说明已经有相当一部分企业在四季度就可能面临着部分或全部停产的困境。

### 3. 企业转型升级更加紧迫

我们注意到，在金切机床负增长、成形机床低速增长的情况下，进口的高档机床仍在增长，这对我行业向高端发展形成围堵之势。我行业上半年产值增速与利润增速走向正负两个方向，凸显出竞争力不强的问题。我行业企业转型升级更加紧迫。

### 4. 下半年预测

通过以上分析，我们对机床工具行业下半年走势做如下研判：

由于木工机械、铸造机械等行业，特别是产值占全行业产值近 30% 的磨料磨具行业的工业总产值都保持着两位数正增长，所以预计全行业在下半年将保持个位数的增速；其中金属加工机床或将出现负增长，特别是金切机床全年下行已成定局，若无特别利好消息，其工业总产值与去年同期相比应下降 10% 以上。□



# 卧式铣镗加工中心技术分析与发展前景

## Technical Analysis on Horizontal Milling & Boring Center and the Outlook

沈阳机床股份有限公司 许立亭 刘 欣

### 一、概述

第七届中国数控机床展览会集中展示当今数控机床最新成果的一次盛会，特别是以卧式铣镗加工中心为代表的数控展品提升了数控展的技术品位，体现了国产数控机床快速发展，标志着我国数控机床在技术上的新突破。

据统计，本届展会由 20 余家参展商展出的卧式加工中心约二十五台（不包括落地式和五轴加工中心）。产品由小规格 300mm 工作台到大规格 2500mm 工作台，由单工作台到双交换工作；由普通型到精密、高速型加工中心等。

本方把卧式铣镗加工中心作为论述的重点，是由于这类产品在我国生产制造已经有几十年的历史，其制造技术比较成熟，一般生产机床工作台规格都在 2000mm 以下。20 世纪 80 年代开始，由最初国内几家企业到如今制造该产品的企业达几十家，产品技术水平也有了质的飞跃。但在几十余年的发展历程中，该产品虽然在技术性能、精度、主轴转速及坐标移动速度等方面不断突破，但在产品规格上最大也只是 2000mm 工作台。大规格、重大形式卧式铣镗加工中心近几年才开发出来。现如今在本次展会，见到 2500mm 或以上规格工作台、带交换工作台的重大型卧式加工中心，开创了该类产品历史先河，为我国航空、航天、军工、电力、船舶、工程机械和其它机械制造业行业提供了大型关键设备。

### 二、卧式铣镗加工中心总体布局的结构特点与技术分析

本分析只对传统上刨台式及十字滑台式卧式加工中心进行分析，不包括落地式及五轴加工中心。

卧式加工中心产品的总体布局有立柱固定式和移动式结构；主轴箱有正挂箱和侧挂箱；主轴形式有固定式和移动式，移动式主轴有镗杆式、滑枕式、平旋盘式等多种结构。侧挂箱、平旋盘主轴结构机床如图 1 所示。

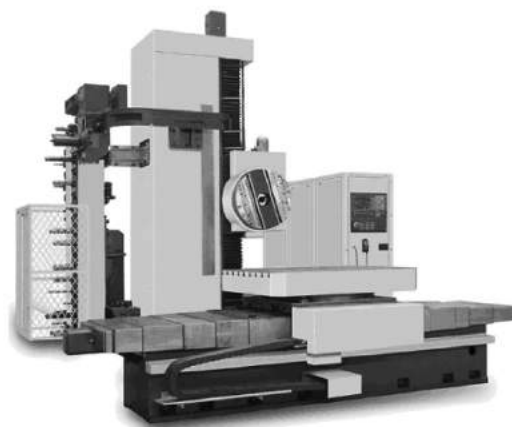


图 1 侧挂箱、平旋盘主轴结构机床

#### 1. 立柱固定式结构

采用立柱固定式结构的机床，其机床布局不外乎有这么几种形式：

(1) 立柱固定在床身上，工作台沿 X 向、Z 向作十字运动，主轴箱沿 Y 向上下运动。

主轴箱可以是正挂箱、侧挂箱两种形式。此类机床适用于中型复杂零件的镗、铣等多工序加工。

(2) 固定式框架立柱结构，主轴箱沿 X、Y 向作十字运动，工作台沿 Y 向运动。此类机床适用于中小型零件的镗、铣等多种工序加工。

(3) 立柱固定在床身上，主轴箱侧挂在立柱上，主轴箱沿 Y、Z 向作运动，工作台沿 X 向运动。此类机床适用于中型零件镗、铣等多工序加工。正挂箱、固定式主轴结构机床如图 2 所示。

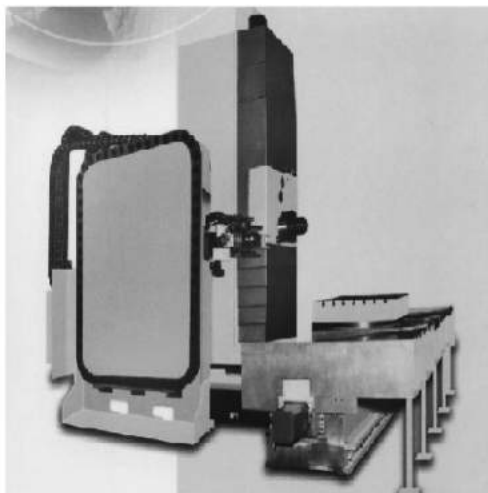


图2 正挂箱、固定式主轴结构机床

## 2. 立柱移动式结构

立柱移动式机床特点是整体床身大多呈T字型布局，它包括这么几种结构形式：

(1) 床身呈T字布局刨台式结构，立柱在纵床身上沿Z向运动，工作台在横床身上沿X向运动。主轴箱在立柱上有正挂箱、侧挂箱两种形式，沿Y向运动。这类机床适用于中、大型零件，特别是长度较大零件的镗、铣等多工序加工。

(2) 床身呈倒T字形布局结构，立柱在横床身上作X向运动，工作台在纵床身上作Z向运动。主轴箱在立柱上有正挂箱、侧挂箱两种形式，沿Y向运动。这类机床适用于中、大型零件的镗、铣等多工序加工。

(3) 床身呈倒十字形布局结构，立柱沿X、Z向十字运动，主轴箱在立柱上作Y向运动，工作台固定在前床身上。这种机床可适用于中小型复杂零件的镗、铣等多工序加工。

目前，国内外卧式加工中心机床布局大多采用T字形结构，这种结构的机床技术比较成熟。从上述结构布局分析可以看出，一般中小型机床采用倒T字型结构。这种结构机床可配备多个工作台实现快速交换。运动部件也可高速移动，并能高速切削加工，提高工作效率。而T字形刨台式结构适用于大重型机床，可配备双工作台交换加工（如图3所示），机床工作的同时可以在待加工区进行工件的装夹，提高机床加工效率。这种结构布局可作为柔性单元，搭配自动线构成柔性制造系统。

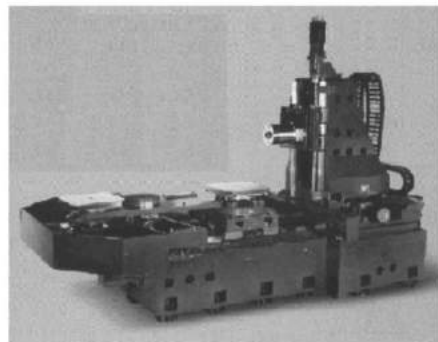


图3 倒T形床身、双交换工作台结构机床

## 3. 主轴箱正挂箱结构分析

主轴箱为正挂箱即是主轴箱体在龙门框架式热对称立柱中央沿立柱导轨上下移动。由于是正挂箱结构，主轴处于箱体的对称中心部位，机床运转所产生箱体温升变形对主轴轴线位移影响较小。因此，主轴箱为正挂箱的机床更容易保证零件加工精度。而主轴箱体装在龙门框架立柱内部，其装配工艺复杂，必须有特殊工艺、工装才保证主轴箱与龙门式立柱的装配。这种结构的机床提高了工艺制造成本。

## 4. 主轴箱侧挂箱结构分析

侧挂箱则是主轴箱侧挂于立柱外侧沿立柱导轨上下移动。立柱一般都是采用封闭式矩形箱型结构，其抗弯、抗扭、抗变形能力较强。由于主轴箱挂于立柱侧面，机床运转所产生箱体温升或受其他热辐射使箱体变形而使主轴轴线产生偏移，影响工件的加工精度。这种结构机床可承受较大的切削力，且装配较正，挂箱相对容易简单。

加工中心是一种高精度机械加工设备，以提高零件加工精度为前题。因此，国内外企业的卧式加工中心大多数采用正挂箱结构。

## 5. 主轴部件分析

### (1) 固定式主轴结构。

①机械主轴：当今一般都采用结构紧凑集成主轴组结构，通过独立伺服电机驱动，经齿轮有级传动带动主轴旋转。由于采用齿轮降速传动，主轴变速范围大，可实现大扭矩、重切削加工要求。另外还有采用齿型带同步传动结构，可实现主轴无级调速。无论采用哪种传动的主轴结构，主轴轴径头部位置与箱体间存在有间隙。一般在箱体或主轴法兰蓝盘设计成迷宫式结构，并以气

幕加以保护,避免切削液和粉尘等渗入,以保证主轴的精度和使用寿命。

②电主轴:这种主轴通常采用内藏式电机主轴单元结构,以零传动的方式实现主轴高速运转。主轴内部装有编码器,通过伺服装置对主轴运转进行控制,可完成主轴准停、急停等功能。由于是电机直接驱动无传动链,可使主轴达几万转或更高转速,并可减少机床的噪声、发热、振动和功率损失。一般适用于切削力小、薄壁、复杂曲面、精密零件的加工。

#### (2) 移动式主轴结构。

移动式主轴结构一般用在中、大型机床上。它克服了固定式主轴接长刀杆加工易使刀杆变形而带来的弊端,通常用以较深孔的镗削或平面铣削加工。镗杆或滑枕伸出时会产生挠度误差,而影响工件加工质量,因此,对于采用移动式主轴的机床这是一个比较关键项目。国内外企业对此不断进行深入研究,采用新材料,改进设计、工艺,采用主轴集成技术等方法提高移动部件的刚性,利用控制及补偿技术修正移动误差来保证加工精度。

①镗杆式移动主轴(见图4):这种主轴结构可以由独立伺服电机驱动滚珠丝杠拖动镗轴移动,镗轴移动位置由位置控制器监控。它作为机床一个坐标轴可自行或参与机床坐标联动加工。通常定义该轴为W轴。另外还有以液压系统作为动力,液压油缸为执行元件拖动镗轴移动。这种结构镗轴的移动过程没有位置监控,不能成为机床的坐标轴。

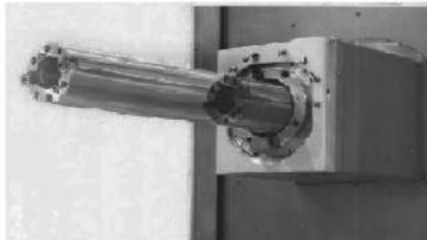


图4 镗杆式移动主轴结构

②滑枕式移动主轴(见图5):这种主轴结构可以进行滑枕大行程对工件加工,比镗杆移动式结构达到更深的孔或面的加工。这是由于在滑枕移出的基础上主轴在滑枕内继续移出,总行程一般可达1000mm以上。由于滑枕截面是矩形结构,滑枕行程移动的间隙类似于机床矩形导轨其间隙可调,保证了滑枕运动中的高刚性和可重复性。因此,它的导向性能和移动精度优于纯镗杆移动式主轴结构。

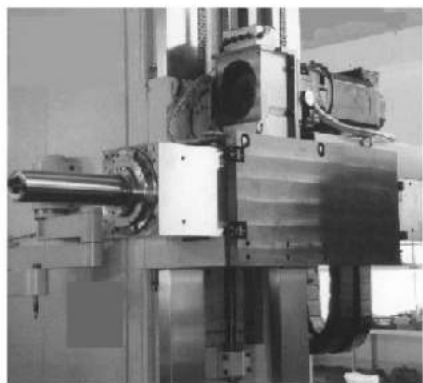


图5 滑枕式移动主轴结构

③平旋盘式主轴(见图6):平旋盘可分为固定式和可拆式两种。固定式平旋盘是安装在机床上不可拆卸的,而可拆式平旋盘拆卸与否可根据加工的需要来确定。平旋盘旋转运动是由主电机经齿轮传动完成主切削运动;平旋盘滑块的径向进给移动是由伺服电机驱动,经齿轮行星机构传递完成。平旋盘还可以带有两个滑块同向或反向沿径向移动,实现进给加工。这种平旋盘结构与普通机床上的平旋盘不同,平旋盘滑块的进给是由伺服电机控制完成,称为U轴。平旋盘径向滑块上带有刀具自动夹紧装置,可实现刀具的自动交换,故称其为数控平旋盘,可实现复杂零件回转面及沟槽的车镗加工。

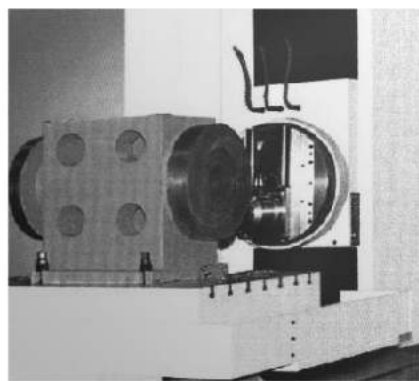


图6 数控平旋盘主轴结构

### 三、高精度、高速度、重大型是卧式铣镗加工中心技术发展的重点方向

目前国内生产制造卧式加工中心企业有几十家,本次展览会上有二十余家的产品展出,展品规格从工作台300mm到2500mm等各种规格二十多。在这些企业中我们发现了很多新面孔。据了解,他们是近两年才转入机床行业并自行开发、制造卧式加工中心。其机床制造技术不是很成熟,



机床指标与性能还处于一般水平。但有的企业却是高起点,利用国外先进技术生产制造中、大型卧式加工中心及其他类型高端数控产品。

从本届展会上的展品性能指标看,一般工作台规格在630mm以下的中小规格机床,机械主轴最高转速大多在8000r/min以下;各直线坐标最大位移速度在60m/min以下;定位精度在0.01mm左右。而中大型规格的卧式加工中心机床指标低于上述指标。通过资料显示,有些企业机床性能、参数可作为选项,根据用户需要,采用不同配制。例如:有些中、小规格的加工中心,采用了电动主轴,使机床主轴转速可达上万转/分钟甚至几万转/分钟,满足了汽车工业中的模具制造,以及动力设备制造业中难加工材料(如:钛合金、铬、镍、铁等合金)的加工。

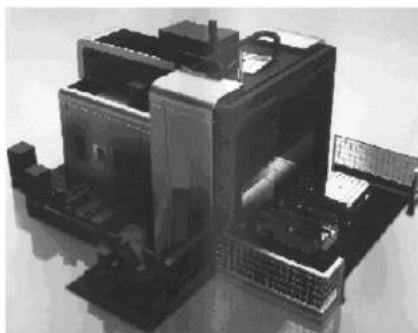


图7 中大型双交换工作站卧式加工中心

提高机床进给速度、缩短零件加工时间,是提高生产效率的重要保证。因此在高速进给技术方面,已采用直线电机驱动或采用大导程滚珠丝杠为驱动,进给加速度达1.5~2g,快速进给速度达120mm/min。此类产品在于机体的小型化,通过采用相应的技术手段是不难达到的,这类产品更易于形成柔性线体系。

在机床行业追求高精度、高速度的同时,我国航空、航天、军工、能源装备和重型机械工程等重点发展领域正在快速发展,对金切机床技术水平、性能指标要求越来越高。这些行业的突出特点是零件基体庞大、结构复杂、品种繁多,精度要求高,通常为小批量生产,无法采用大规模流水生产方式来提高效率和降低成本。特别是大型箱体零件惟有重、大型卧式加工中心水平轴切线削加工比较适合。

从本届展会上,有几家公司展出了重、大型卧式加工中心。如宁波海天精工机械有限公司生产的HTM—160HA、上海三一精机有限公司生产

的HMSD250P及意大利PAMA(上海公司)生产的TB3000卧式加工中心等。其工作台规格分别达2000mm、2500mm和1600mm,并采用双交换工作站结构(见图7、图8)。这类机床可承载大型零件,一般最大可承载零件重达二十多吨。该类机床均采用镗杆式移动主轴结构,镗轴直径为 $\phi 130\text{mm}$ 至 $\phi 160\text{mm}$ 。采用大功率和高扭矩设计,可进行强力、高速切削加工。目前带双交换工作站结构最大规格工作台已达到3000mm $\times$ 2500mm,镗轴直径为 $\phi 160\text{mm}$ 。而固定工作台结构机床,工作台最大可达4500mm $\times$ 3000mm如台湾达佛罗企业有限公司生产的HBM—7T型产品。



图8 大型双交换工作站卧式加工中心

#### 四、结束语

本届展会参展企业的展品基本代表了国内企业机床制造的最高水平。中小规格卧式加工中心产品涉足厂家较多,产品的整体制造技术比较成熟,产品的技术性能与技术指标已接近国外发达国家产品水平。这类产品市场容量大、但竞争也较为激烈,已面临着产能过剩的危机。而国内重大型卧式加工中心制造技术还处于发展阶段,国内能够掌握其核心技术生产、制造的企业不多,重大型产品竞争远不如中小规格产品竞争激烈,致使企业缺少产品创新意识,产品的技术挖潜升级步伐较慢,导致重大型产品技术发展还落后于中小规格产品。若要实现核心技术突破,企业应积极跟踪市场和国外产品技术发展趋势,踏实做好核心技术的攻关研究工作,如大型移动部件的刚性拖动技术以及热变形补偿技术的研究等,使之提高机床的精度和稳定性,真正实现从提供机床产品到机床商品的转变,为我国重点发展领域及新兴产业提供先进适用的机床装备。□

# CCMT2012 数控内圆磨床展品评述

## Comment on Internal Grinding Machine Shown at CCMT2012

无锡机床股份有限公司 王 奋

2012年4月16~20日,第七届中国数控机床展览会(CCMT2012)在南京国际博览中心举行。众多厂商展示了他们的内圆系列磨床。

### 1. 数控立式内圆磨床

在展会上,内圆磨床方面最大的亮点莫过于上海机床厂有限公司所展出的2MK97160/H数控立式内外圆磨床(见图1)和MK2110数控卧式内



图1 2MK97160/H数控立式内外圆磨床

圆复合磨床。上海机床厂有限公司是中国最大的精密磨床制造企业,磨床品种齐全,是我国外圆磨床的龙头企业。随着对大型轴承、主轴、套筒类的加工要求在不断提高,上海机床厂有限公司为适应市场需求推出了2MK97160/H数控立式内外圆磨床。该磨床采用了双立柱、双磨头的结构,双磨头采用一立一卧的布局形式分别安装在高刚性横梁上,左边的立式磨头可分别磨削工件的内、外圆,立式磨头的垂直拖板在垂直平面内可由数控分度机构实现 $\pm 30^\circ$ 的回转分度,这样在 $\pm 30^\circ$ 范围内能磨削任意角度的内锥孔及外锥面。右边磨头为卧式布局,可安装 $\phi 500\text{mm}$ 的外圆砂轮用于磨削工件的端面,磨床在一立一卧两个磨架之间设有一个独立的对刀装置,用于对工件进行加工前的测量,有

利于消除磨削过程中的空行程,避免由于安装不正确所产生的误碰撞现象。由于所加工的对象外径可达 $\phi 1600\text{mm}$ ,最大重量可至8000kg,磨床回转工作台均采用了高精度、高刚性的静压轴承及静压导轨,因此保证了磨削精度的要求。另一个亮点就是磨床配有砂轮库,磨床能自动更换六根砂轮轴,实现了在一台磨床上同一个工件中可以磨削不同内孔直径的需要,大大地缩短了非磨削所需的时间,提高了磨床的磨削效率。磨床在修整方面还配置了数控三轴联动修整器,可完成对砂轮外圆、端面及圆弧的修整,实现了多种类型工件磨削的需求。

杭州杭机股份有限公司所展出的非圆工件(凸轮)立式复合磨床MGKF600/4(见图2),是在MGKF600的机型上的变型产品,磨床磨削的最大外径为 $\phi 750\text{mm}$ ,因此采用了整体立柱结构,双立柱磨头安装在同一横向移动的拖板上,而双立柱磨头可在纵向分别进行运动。这样的布局结构紧凑,其旋转工作台与上海机床厂有限公司的2MK95160/H



图2 MGKF600/4立式复合磨床

数控立式内外圆磨床相比,由于加工对象最大直径和重量均小于对方,所以在径向采用了高精度滚动轴承,轴向则采用了静压轴承,它既保证了回转精度,提高了刚性,又方便了加工及装配维修。工作台的回转机构是由伺服电机进行驱动,因此工件回转轴与砂轮进给轴( $X$ 轴)可进行数控联动,实现了工件非圆曲线的磨削,据介绍其非圆曲线的轮廓度在 $0.03\text{mm}$ 左右。

该机床的另一个特点是能实现偏心套内外圆的磨削加工,即磨床能在工件的一次装夹下实现不同种轴心的内外圆加工,工件两个轴心线的最大偏心量为 $50\text{mm}$ ,偏心量的调整是通过安装在工作台左侧的伺服驱动机构驱动一个相对于工作台旋转时可分离的机构来实现的(见图3)。当需要将工件回转中心与机床主轴中心进行偏移时,可先将偏心移动机构中的可旋转锁紧块与装夹工件的上工作台连接成一体,然后在偏心移动机构伺服驱动下对在工作台上的工件主轴进行一个偏心量的移动,此偏心量的精确移动量可通过安装的光栅尺来精确控制。



图3 MGKF600/4 立式复合磨床偏心量的调整

在朝阳博文机床有限公司的MK8582立式数控曲线磨床中,工件主轴的回转同样是由伺服电机进行控制,通过工件回转轴与砂轮进给轴的联动,实现了工件内外圆磨削。该磨床可广泛用于凸轮、液压马达定子等零件内外曲线的磨削加工。据介绍其磨削曲线轮廓度误差 $\leq 0.02\text{mm}$ 。

## 2. 数控卧式内圆磨床

上海机床厂有限公司的MK2110数控卧式内圆复合磨床(见图4)是针对汽车齿轮、盘齿类零件由国际知名磨床设计师担任总体设计进行研制的。通过一次装夹工件就能实现零件的内孔、外圆、内孔内端面及外端面的磨削,消除了工件在多次装夹



图4 MK2110 数控卧式内圆复合磨床

中所产生的安装误差,减少了在磨削工序转换后的定位误差对工件磨削精度的影响,同时还大幅度地节省了磨削辅助时间,大大提高了磨削效率。机床配置四根数控轴,两两联动,分别控制内圆砂轮的进给及往复( $X$ 轴和 $Z$ 轴)和外圆砂轮的进给及往复( $U$ 轴 $W$ 轴)运动。磨床为了控制内孔尺寸的磨削精度,在磨削工件上部安装了一台可回转的主动测量在线检测仪,大大提高了工件内孔的磨削精度,而且为防止发生误安装或因毛坯余量过大所造成的碰撞现象,磨床配置了消空程防碰撞装置。为了提高效率,内外圆砂轮可同时进入磨削区,磨削工件的各个表面,并且配置了法那科机器人,自动装卸工件。一台机器人在合理的配置下可同时很轻松地服务于多台机床,这将大大降低人力成本,为今后无人化生产奠定了基础。

无锡明鑫机床有限公司的数控内圆磨床MK2120/S为三轴联动数控内圆磨床,是MK2120磨床的变型产品,MK2120磨床的床头箱固定在左侧,右侧可以进行砂轮进给( $X$ 轴)及往复( $Z$ 轴)运动,而MK2120/S三轴联动数控内圆磨床因在砂轮进给滑板上较MK2120磨床一个内孔砂轮轴多了一个端面砂轮轴,在磨削过程中为避免两砂轮轴与被磨削工件发生干涉,不得已才加大了两砂轮轴的距离,这样在不增大砂轮进给轴( $X$ 轴)行程的情况下,在床头箱下端增加了一个工件移动轴( $U$ 轴)。机床的砂轮进给轴( $X$ 轴)和工件移动轴( $U$ 轴)均为直线滚动导轨而砂轮往复轴( $Z$ 轴)为平—V型贴塑导轨。

四川富临集团成都机床有限公司的五轴数控内圆磨床MK2320(见图5),除了常规的内圆砂轮进给( $X$ 轴)、内圆砂轮往复( $Z$ 轴),并将传统交流电机驱动工件主轴回转改进为伺服电机驱动



(C轴),并将倒抬式端面砂轮轴的进给及倒抬均改进为伺服电机驱动,这样不仅可大大提高工件的磨削效率,并且内孔砂轮进给轴(X轴)与工件旋转伺服轴(C轴)数控联动,可实现非圆内孔曲线的磨削加工。



图5 五轴数控内圆磨床 MK2320

### 3. 中国台湾地区磨床

这次参加南京机床展览会的台湾磨床除了传统的台湾荣光机械股份有限公司的双主轴复合磨床(见图6)和台湾键和机械股份有限公司的JHD-3205CNC复合磨床(见图7)外,今年又新增



图6 双主轴复合磨床



图7 JHD-3205CNC 复合磨床

添了一个新的厂商:台湾侨佳工业有限公司。台湾侨佳工业有限公司展出的机床CNC双主轴内外磨床(见图8)与其他台湾厂商有着类似的结构,均采用左侧工件床头箱为进给X轴,右侧的砂轮往复Z1轴和Z2轴进行平行布置。台湾侨佳工业有限公司在两个磨架上安装了磨削不同内孔的大小砂轮,而台湾荣光机械股份有限公司和台湾键

和机械股份有限公司则在磨床上分别安装了磨削内孔和外圆的砂轮,磨床在使用中可以根据客户要求实现模块化布置,可以实现工件在一次装夹后完成工件的内孔、外圆、内孔内端面及外端面的磨削加工。



图8 CNC双主轴内外磨床

在销售方面,这几个厂商均采取的是代理制。台湾键和机械股份有限公司的复合磨床销售价大约在17.5万美元左右,台湾侨佳工业有限公司的CNC双主轴内外磨床销售价大约在75万人民币左右,台湾荣光机械股份有限公司展出机床价格在10万美元左右。台湾荣光机械股份有限公司去年内圆磨床在大陆的销量大约是50台左右,台湾侨佳磨床则刚进入大陆市场,销售量暂时不多,这几家厂商在大陆地区均没有设立工厂。台湾各类磨床在大陆特别是在沿海地区的销量逐年快速增长。在大陆建厂其主要零部件需从中国台湾进口,由于大陆地区各种成本的升高(包括人力成本的抬升和管理人员的缺失),以及担忧用户是否从台湾进口还是在大陆进行组装所造成销售形象的疑惑,以及售后服务不方便等各种因素,使得台湾厂商至今还没有在大陆地区设厂。

### 4. 结束语

数控立式内圆磨床经历了前几年的辉煌后,各厂商都在提升自己产品的内涵。如上海机床厂有限公司的在线对刀仪、砂轮库,杭州杭机股份有限公司和朝阳博文机床有限公司的非圆曲线磨削,特别是杭州杭机股份有限公司的内外偏心圆加工更是进一步拓展了磨床的加工对象,使自身产品在市场上的竞争力进一步加强。数控卧式内圆磨床在国内的几家厂家都不约而同地针对小孔大端面的磨削零件进行开发(特别是在汽车齿轮行业的内孔及端面磨削中),有很强的针对性,大大提高了磨床的磨削效率和磨削精度。□

# 高刚度数控车床关键结构及性能研究

## Key Structure and Performance Research of High Rigidity CNC Lathe

云南 CY 集团沈阳技术中心 倪帆 陈显志

云南 CY 集团技术中心 宋平 杨毕杏

**【摘要】** 传统数控车床加工淬火零件，无法达到磨削的精度和粗糙度的要求，随着切削技术的不断进步，相应的切削刀具技术已经突破，但传统数控车床因受自身结构的限制，无法适应现代切削技术条件下的高效加工，不能实现以车削作为最终加工的工艺要求，因此，急需研发高刚度数控车床来填补这一空白。

金切加工中通常把车削作为一种粗加工及半精加工工艺来使用，在热处理淬火后，传统车削加工零件很难获得较高的尺寸精度和表面粗糙度，需要进行后序磨削处理。这种工艺，效率极其低下，对于精度要求高还需要磨削的批量较大的零件，生产效率低，加工成本高，因此，以车代磨（以下简称硬车）就有了极大的需求。替代磨削最关键的技术是车床的高刚性结构及主传动机构的精密要求，因此，能够适合硬车的机床一定要是精密类型的，才能真正实现硬车的性能要求。传统数控车床在结构上受限，动静态刚度不足，不能实现真正意义上的硬车，亟待突破。

### 一、硬车的优势

加工硬度大于 55HRC 的零件时，一般情况下，粗加工在热处理之前业已完成，而精加工是在淬火后进行的，是最难的一道工序，精密磨削是目前最常用的精加工方式。当零件热处理后的表面硬度达到 55~65HRC 时，传统的车削方式根本很难完成切削，即便能够进行切削，也不能作为最终加工或精加工，只能用磨削来实现。而硬车就可以解决这一问题，硬车是使用聚晶立方氮化硼刀具（PCBN），对淬火后具有高硬度、高强度马

氏体组织的工件材料进行无塑性变形的切削工艺，其加工精度可以达到 IT3-IT4，表面粗糙度  $Ra$  达到  $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ，完全可以替代磨削。

硬车较之磨削可以实现较高的机床转速，刀具多，换刀快，一次装卡可以完成多种表面的加工，辅助时间短，因此，硬车具有更高的加工效率，加工效率一般提高 5~7 倍。

### 二、硬车技术的应用现状及发展趋势

国外硬车发展已经有几十年历史，尤其是欧美汽车行业对轴、套、齿轮类零件几乎全部采用硬车，对精度要求高的精密轴承和丝杠行业也采用硬车进行半精加工，大大提供了生产效率。

目前国内的轴承、电机、齿轮等行业，已经开始用硬车替代原来的粗磨、半精磨。这些行业的特点是产品的批量大，售价较低，竞争激烈，因此，只能通过提高生产效率，降低成本，才能取得竞争优势。国内的丝杠加工行业，尽管附加值相对较高，但产品批量大，生产厂家众多，普遍提出降低成本、提高生产效率要求，因此，也在尝试应用硬车来替代粗磨，半精磨。由此看来，批量大的零件加工，硬车是个发展方向。但还有相当多的国内企业不敢进行硬车工艺的尝试，还在重复着

粗车—精车—热处理—粗磨—半精磨—精磨的老工艺,生产效率极其低下,严重制约竞争力的提高。

纵观国内国际,硬车工艺以其独到的加工效率和质量保证,已经在国内外机械加工行业将得到广泛的应用,前景广阔。

### 三、国内外硬车刀具及机床的发展

随着现代切削技术的发展,高硬度切削材料大量涌现,聚晶立方氮化硼(PCBN)、陶瓷、新型硬质合金刀具的使用,为硬车提供了技术保证。国内外大量刀具厂家在这一领域里,提供了品种繁多的产品,从而使硬车工艺得到很好推广。陶瓷刀具和硬质合金刀具目前国内外厂家已经能批量供应,在各行业大量使用,PCBN刀具具有较高的硬度、耐磨性、热稳定性、良好的化学稳定性、较好的导热性、较低的摩擦系数,被广泛应用在汽车、航空航天、能源、军事等领域的硬车工艺中。

目前国内制造PCBN刀具的成熟厂家不是很多,还有许多技术上的难点没有攻克,而70%份额被国外厂家瓜分。而国内PCBN刀具的重点厂家郑州博特硬质材料有限公司生产的PCBN刀片,加工球墨铸铁和蠕墨铸铁的性能还不如国外,但他们积极开发刀具新材料,在重载加工,如渣浆泵、轧辊等领域,基本上全部取代国外刀具,取得了相当大的成功。在铣削和镗孔方面,如汽车发动机的缸体、缸盖、变速箱体的铣削和镗孔加工,也取得了很好的效果。

国外厂家在原有产品的基础上还不断推出新产品来满足用户对更高工艺性的要求。山特维克推出Wiper修光刃刀片;日本住友开发了用于耐热合金、钛合金等的涂层新品种Acecoat AC510U/520U;山高推出了具有很高柔性的CBN200刀片,以及整体PCBN刀片Secomax PCBN100;伊斯卡推出了适合淬硬钢的IB55和适合铸铁的IB85;京瓷推出的KBN10B、KBN25Bhe和KBN65B用于淬硬钢和高速切削铸铁的精加工;肯纳推出的KB9610用于淬硬钢的加工。刀具技术的快速发展,为硬车工艺的推广提供了保障。

国内加工行业,由于资金的问题,硬车大都使用的是国内传统数控车床,有的是经济型数控,还有用普车来进行硬车的。这些机床的动静态刚性不足,切削振动比较大,刀具寿命短,在使用国产刀具时,磨损快,抱怨刀具质量不好、不耐用,其实是机床的刚性不足,硬车时产生高频振动,加剧刀具磨损。使用经济型和普车的用户,由于机床的精度差,主轴的转速低,两轴的快速慢,爬行等,加工效率和质量都得不到保证。

国内专门进行硬车的重大专项产品,配置外购静压导轨块和静压主轴,连续车削30件硬度为62HRC的GCr15轴承钢零件,粗糙度也只能达到 $Ra=0.8\mu\text{m}$ ,精度达到IT6。而其他国内厂家的设备没有从机床结构上来保证硬车的要求,连上述指标也达不到。

硬车市场一直被国外的知名机床厂家占领着,如以机床的高刚性著称的美国Hardinge,还有欧洲的一些机床厂。

美国Hardinge公司推出的ELITE(42/51)ULTRA系列高精度数控车削中心,加工20Cr调质零件同轴度可以达到 $5\mu\text{m}$ ,淬火硬度55HRC的零件,表面粗糙度可以达到 $0.06\mu\text{m}$ ,同轴度 $2\mu\text{m}$ 。这种机床也就是传统的数控车床的结构,但作为长期硬车的机床,是否能经受住考验,还需要时间来验证。专业生产高精和硬车的荷兰海姆拉格机床厂的Hembrug 100CNC,导轨和床头采用静压结构,专门用于淬火轴承碾子的精磨前的半精加工,主轴的径向跳动为 $0.1\mu\text{m}$ ,加工零件的几何精度可达 $2\mu\text{m}$ ,表面粗糙度达到 $0.1\mu\text{m}$ 。德国的门福士(Monforts)的RNC600数控车床,Z轴采用静压导轨,加工硬度为52HRC左右的轴承滚子,粗糙度可以达到 $0.4\mu\text{m}$ 以上。

云南CY集团有限公司通过多年技术积累和市场调研,率先在国内设计开发、制造了配有静压导轨的用于硬车的Cylinder 40系列数控车床。此产品的推出,使静压导轨用于通用型数控车床成为国内首例,填补了国内空白。

### 四、适合硬车的机床部件结构特点

硬车的机床,通常都是精密级机床。要保证



机床有足够的刚性和合理的结构，关键部件在布局上要减少中间过渡环节，避免尺寸链中形位公差的影响；缩短悬臂量，目的是从结构本身消除重力、力矩等引起的变形趋势。因此，采用硬车加工通常都能获得很好的尺寸精度和表面粗糙度。

Cyliner 40 与传统数控车床有着本质的区别，结构设计上，充分考虑了硬车加工的刚性和精度要求来规划关键部件的结构和配置。

(1) 主传动系统：用于硬车的机床，抵抗切削力的能力要非常强，从表 1 能发现，金属材料淬火后的单位切削力比淬火前提高了 50% ~ 300%。传统数控车床加工的零件硬度在 200HBW 左右，对于高硬度零件，传统数控车床不能满足要求，因此要求硬车的机床主传动既要能满足高速切削，还要有足够的电机扭矩、床头足够的轴向和径向刚度和精度。因此，Cyliner 40 在电机选择上采用宽调速双速主伺服电机，为了隔离振动，采用电机底座分离方式。为了提高精度，采用 P4S 级高精度角接触球轴承，由于切削加工时进给和背向力比较大，因此轴承采用前面 4 个背靠背，后面两个背靠背的组合方式（见图 1），这样既能保证轴向和径向刚度一致，当加工复杂表面时，轴向和径向差补轨迹均匀，既能保证外圆和端面的质量一致，

表 1 淬火前后单位切削力对比

| 材料         | 单位切削力 $N/mm^2$ | 硬 度          |
|------------|----------------|--------------|
| 45 钢       | 2100 ~ 2650    | 150 ~ 229HBW |
| 50Mn       | 2500           | 197 ~ 229HBW |
| 40Cr       | 2150           | 174 ~ 229HBW |
| 1Cr18Ni9Ti | 2600           | 187HBW       |
| GCr15      | 2300           | 170 ~ 207HBW |
| 淬火后        | 3250 ~ 6450    | 45 ~ 65HRC   |

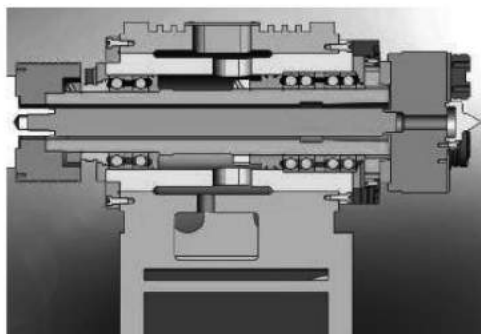


图 1 轴承布置图

也能保证在反向加工时，轴承的受力与正方向一致，避免了正反刀加工质量的差别。

床头箱设计采用抗热变形的底座对称结构（见图 2），采用套筒主轴箱体形式，配磨定位环，提高了箱体和底座联接的刚度。配置环形磁栅来检测主轴的精确角位移，去除编码器皮带的噪声及振动对床头精度的影响。



图 2 床头箱外型图

(2) 尾座：作为支撑部件，传统尾座采用套筒伸缩方式，这样结构紧凑简单，但由于套筒和尾座体之间要有间隙，在硬车时，会形成振动，影响加工效果，有的厂家采用顶紧后锁死套筒的结构，因为套筒和尾座体还是有间隙，不可能全圆周接触，振动还是存在的。

Cyliner 40 采用套筒和尾座一体的方式，如同主轴的结构，轴承采用 P4S 高精度主轴轴承，用液压油缸推动尾座体整体移动的方式来驱动尾座顶尖的顶紧和松开。同时，配制尾座体位置检测装置，实现尾座体到位的准确性（见图 3）。

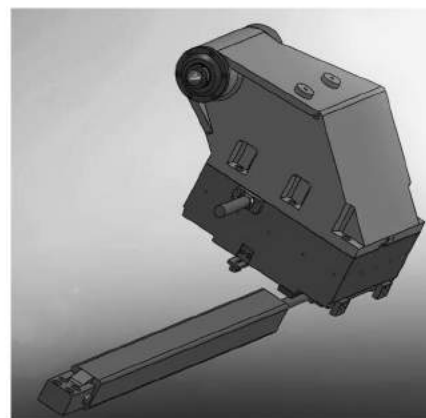


图 3 尾座外型图

(3) 导轨：作为机床的重要部件，导轨在很大程度上决定机床的刚度、精度与精度保持性。传统数控车床采用滑动（镶钢）导轨或直线滚动

导轨的比较多，目前国内还没有厂家在通用型数控车床上使用静压导轨的。

表 2 数控机床的导轨性能对比

| 项 目           | 滑动镶钢导轨（金属对塑料）                      | 滚动导轨（滚柱）                   | 静压导轨         |
|---------------|------------------------------------|----------------------------|--------------|
| 摩擦系数          | 动摩擦系数：0.02~0.03<br>静摩擦系数：0.05~0.07 | 0.0025~0.001               | 0.001~0.0001 |
| 承载能力平均比压（MPa） | 承载能力大间断使用≤175<br>短暂峰值≈350          |                            |              |
| 刚度            | 较高                                 | 有预紧，略高于滑动导轨                | 刚度高          |
| 运动平稳性         | 低速有爬行                              | 低速无爬行，预载过大时有爬行             | 运动平稳，低速无爬行   |
| 抗振性           | 塑料复合导轨板有良好的吸振性                     | 垂直于运动方向的吸振性好，<br>运动方向的吸振性差 | 吸振性好         |
| 精度保持性         | 磨损低，可长期使用                          | 防护措施好时，寿命长，略有磨损            | 无磨损，理论寿命无限   |

从表 2 可以看出，静压导轨具明显优势，纯液体摩擦，摩擦系数极小，传动效率高；油膜承载能力大，刚性高，吸振性好，低速平稳；导轨精度保持性好，寿命长。静压导轨是高精度、高刚性机床的保证，这一关键部件为工厂自制（见图 4）。

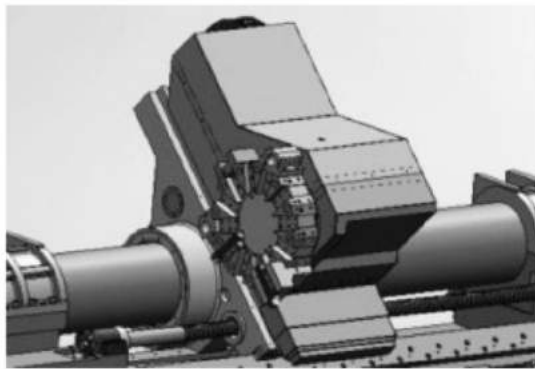


图 4 静压导轨示意图

丝杠：采用精密传动的结构设计，配置进口精密级滚珠丝杠，丝杠支撑前端固定，配备进口波

纹管联轴器，带螺母冷却装置。配置风扇，强制换风，减少发热。

(4) 光栅尺：配置进口光栅尺，完成对进给的精密检测。

(5) 高刚性刀架：配置进口加大伺服刀架，带有增强型刀夹，缩短刀尖伸出量，减少刀具振动的影响。

(6) 油箱：采用回路冷却装置，配备冷风机冷却接口，可以外接强制冷却，降低油温。

(7) 冷却系统：除了配备冷却液外，还配有低温冷风发生器，产生 -30℃ 的低温冷风强制冷却。

Cylinder 40 在结构设计上采取的一些相应的措施，是保证能够进行精密硬车的关键。

## 五、精度要求和对比

Cylinderd 40 的检验精度和国内数控机床相比（见表 3），得到了大幅提升。

表 3 精度对比

（单位：mm）

| 检 验 项 目                      | 国家标准<br>(GB/T 16462—1996) | 国内同类产品<br>HTC 标准 | Cylinder 40<br>标准 | Cylinder 40<br>实测值 |
|------------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 旋转式尾座顶尖的跳动                   | 0.015                     | 0.015            | 0.005             | 0.004              |
| 主轴的径向跳动                      | 0.010                     | 0.010            | 0.003             | 0.002              |
| 主轴锥孔轴线的径向跳动：                 |                           |                  |                   |                    |
| 近端                           | 0.010                     | 0.015            | 0.003             | 0.003              |
| 远端                           | 0.020                     | 0.025            | 0.006             | 0.004              |
| 回转刀架移动对主轴轴线的平行度（每 300 测量长度上） |                           |                  |                   |                    |
| 主平面                          | 0.015                     | 0.015            | 0.006             | 0.004              |
| 次平面                          | 0.025                     | 0.025            | 0.01              | 0.005              |

(续)

| 检 验 项 目 | 国家标准<br>(GB/T 16462—1996) | 国内同类产品<br>HTC 标准 | Cylinder 40<br>标准 | Cylinder 40<br>实测值 |
|---------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 定位精度    |                           |                  |                   |                    |
| X 轴     | 0.016                     | 0.011            | 0.005             | 0.0032             |
| Z 轴     | 0.020                     | 0.012            | 0.007             | 0.0035             |
| 重复定位精度  |                           |                  |                   |                    |
| X 轴     | 0.007                     | 0.006            | 0.003             | 0.0026             |
| Z 轴     | 0.008                     | 0.007            | 0.004             | 0.003              |

通过表 3 数据可以看出, Cylinder 40 的精度在通用型数控车床中, 处于领先地位。

## 六、切削试验

通过对 45 钢和 GCr15 淬火钢零件及电机轴零件的加工, 验证了 Cylinder 40 的零件加工的精度及机床硬车的性能。

将毛坯尺寸为  $\phi 70\text{mm} \times 75\text{mm}$  的短轴类零件各车削 25 件, 车削后经过统计分析法计算出分散度和工序能力系数。试验分为软车和硬车两次, 试验一的试件材料为 45 钢, 硬度 170HBW; 试验二的试件材料为 GCr15 轴承钢, 硬度 60HRC。

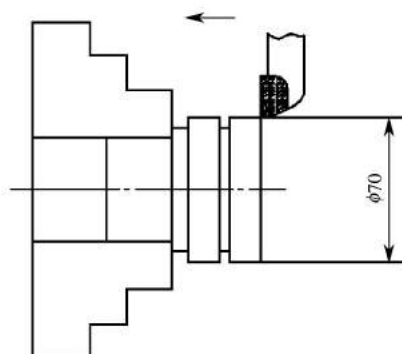


图 5 短轴类零件切削装卡示意图

试验一按 IT5 级精度, 工序能力系数  $C_p$  值为  $3.30 > 1.67$ , 处于过剩状态, 说明机床对于 5 级公差的外圆零件具有较强的加工能力。如按 IT4 级精度,  $C_p$  值为  $2.05 > 1.67$ , 仍处于过剩状态, 说明对于 4 级公差的零件具有较强的加工能力。按 IT3 级精度,  $C_p$  值为 1.28,  $1.00 < C_p \leq 1.33$ , 处于正常状态, 说明对于 3 级公差的零件具有勉强的加工能力, 加工零件的粗糙度均达到:  $Ra = 0.6 \sim 0.8\mu\text{m}$ 。

试验二按 IT5 级精度,  $C_p$  值为 1.28,  $1.0 < C_p \leq 1.33$ , 处于正常状态, 说明本机床对于 5 级公差

的淬火零件具有勉强的加工能力, 加工零件的粗糙度达到:  $Ra = 0.1 \sim 0.4\mu\text{m}$ 。

长轴类零件加工试验中, 应用基座号为 132 的电机轴, 电机轴材料: 45 钢, 硬度: 170HBW, 轴承安装处为公共基准, 各加工部位对基准的同轴度和跳动要求为  $0.004\text{mm}$ 。传统工艺要求粗车后最后磨削, 效率比较低。我们使用 Cylinder40 以车代磨, 用专用卡具卡持, 尾座顶紧, 车削转子两侧阶梯轴及转子硅钢片表面, 见图 6。

从表 4 可以看出, 完全能达到要求的效果, 效率提高了 6~8 倍。



图 6 电机轴切削装卡示意图

表 4 实际切削效果对比 (单位:  $\mu\text{m}$ )

| 项 目         | 图纸要求       | 实际达到                |
|-------------|------------|---------------------|
| 加工工艺        | 磨削         | 车削                  |
| 尺寸公差        | IT4        | IT3-IT4             |
| 粗糙度         | $Ra = 0.8$ | $Ra = 0.6 \sim 0.8$ |
| 同轴, 圆度, 圆柱度 | 4          | 1.2~3               |

上述试验说明, Cylinder 40 无论加工 45 钢还是淬火钢, 都能达到很好的尺寸精度和表面粗糙度的要求。加工软质零件的精度最高可以达到 IT3 级精度, 稳定达到 IT4 级精度。淬火钢零件精加工后尺寸的变化比较大, 造成加工零件的散差较大, 这和零件的热处理的稳定性有关, 不是机床的问题, 从材料热处理的方法上和加工工艺上深入研究, 将热处理内应力降低到最小, 那样, Cylinder 40 可以在硬车领域发挥出更大的作用。(下转第 107 页)



# Cognitens: 模具高效研发和生产的得力工具

## Cognitens is Powerful Tool for Mould Developing and Production

海克斯康测量技术（青岛）有限公司 张 哲

南京南汽模具装备有限公司 马 骁

### 一、Cognitens 拍照式测量系统对比于常规坐标系统的优势

大型模具型面数控加工的质量过程控制一直是重点，以往多采用普通的大型桥式三坐标测量机测量，精度较高，通用性强，能够测量模具夹具制件及其他所有零部件的检测，但是就模具检测而言，通常需要用特殊的叉车甚至行车等把沉重的模具工件从车间搬运至坐标测量室，精心定位后才对模具产品进行质量检测，整个过程冗长费时费力费工。

在产品品种繁杂，模具产品数量不是很多、出厂周期够长时，通用三坐标测量机不失为一个经济的解决方案。但是，随着模具产品订单的增多，生产周期、生产成本和产品的最终品质成为赢取订单的重要指标，所以，通过质量控制环节提升质检效率和废品预防，成为我们选择质控设备必须着重考察的因素。因此，我们采购了海克斯康旗下 Cognitens 公司的 Optigo 200RE 拍照式测量设备。

该测量设备的优势在于：

- (1) 可移动式车间现场工作，不需要地基（见图1）。
- (2) 不受振动、工业照明或温度变化等恶劣车间环境的影响和限制。
- (3) 能够测量和分析各种零件、夹具、检具和总成件，不论其形状和大小。理论精度  $<0.03\text{mm}$ ，重复性精度  $<0.1\text{mm}$ 。



图1 Cognitens 拍照检测系统实现可移动式现场测量

(4) 点云数据可与 CAD 或主零件对比，提供综合全面的曲面和特征测量，尤其是可以提供测量物体间的相互作用（如凹凸模）之后虚拟数字装配分析。

(5) 自动生成带有 CAD 色差图的直观测量报告（见图2）。“绿色”表示符合设计公差要求，“黄



图2 车桥模具的点云色差图报告

色→红色”表示正偏差（未加工到位，还有余量），“浅蓝色→深蓝色”表示负偏差（型面过切）。

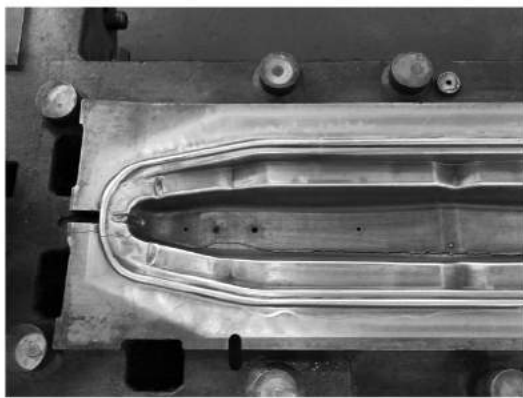
（6）自动生成 STL 输出，适用于逆向工程和进阶分析。

## 二、Cognitens 的拍照式点云获取方式

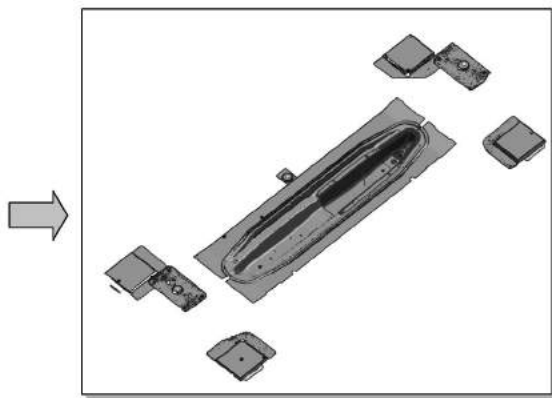
拍照式测量系统利用二维光学成像原理重建工件的三维数学模型。测头上的三个相机同时投影在工件表面，捕获该区域点云，通过特有的数学算法重构 3D 点云数据，并结合传感器技术和 CoreView 测量软件创建带有色差图的三维 CAD 检测报告。因为单次拍摄曲面面积最高达 500mm ×

500mm 且光学测头的工作距离无需监管等因素，使得 Cognitens 拍照式测量系统成为当前最高效的曲面曲线测量解决方案。该测量系统已经广泛应用于工业设计、产品开发和质量评估、现场测量、过程检测、模具的设计与试制、现场根源分析和车辆试产支持等各种测量与检测任务。实例如图 3 所示。

Cognitens 拍照式测量系统作为各模具生产线的“可移动”检测站，从普通模具，到高端模具、高附加值模具的铸造用泡沫模型以及模具试制件的现场检测都用到了 Cognitens Optigo 200RE 拍照系统（见图 4）。



（a）长期使用已开裂需要复制的模具



（b）白光扫描反求的模面

图 3

在模具铸件加工过程中，为了确保铸件尺寸符合图纸设计要求，我们在加工工序中及时对铸件加工件进行质量检测，并根据检测结果，重新优化模具的数控加工刀路，保证模具型面加工余量控制在合理的尺寸范围内，为避免废品、缩短生产周期、提升加工质量创造条件。

此外，Optigo 200RE 白光测量设备可以将拍摄数据生成高质量的点云，以 STL 格式输出，这些数据能够用于逆向工程或模具等工装的复制、维护、归档（见图 4）。我公司在上汽 LDV 模具改造项目中由于 CAD 数据不全，大量的模面加工完全就是以白光扫描点云数据为依据。

## 三、Cognitens 拍照式检测系统的虚拟装配应用

模具调试过程中，凸、凹模间隙状态是个非

常重要的信息。

以前，现场只靠钳工的经验 and 垫油泥等一些土办法来解决，没有直观的数字表现记录。而 Cognitens 拍照检测系统系统配置的 CoreView 测量软件，拥有数字虚拟装配的功能，能够将凹凸模点云数据虚拟装配到一起，并据此给出数字化的装配结果，由此做出前瞻性的模具间隙分析，及时对凹凸模型面做出调整。

首先，利用共同的模具中心，Cognitens 拍照式测量系统分别采集凸模、凹模的型面点云数据，然后，以模具中心为基准将凹凸模两部分的点云数据组合装配到一起，最后，根据分析需求，取出装配型面内相关任意位置的剖面线，根据剖面线的缝隙大小计算出上下模面之间的间隙尺寸，并给出色差图和具体数据。

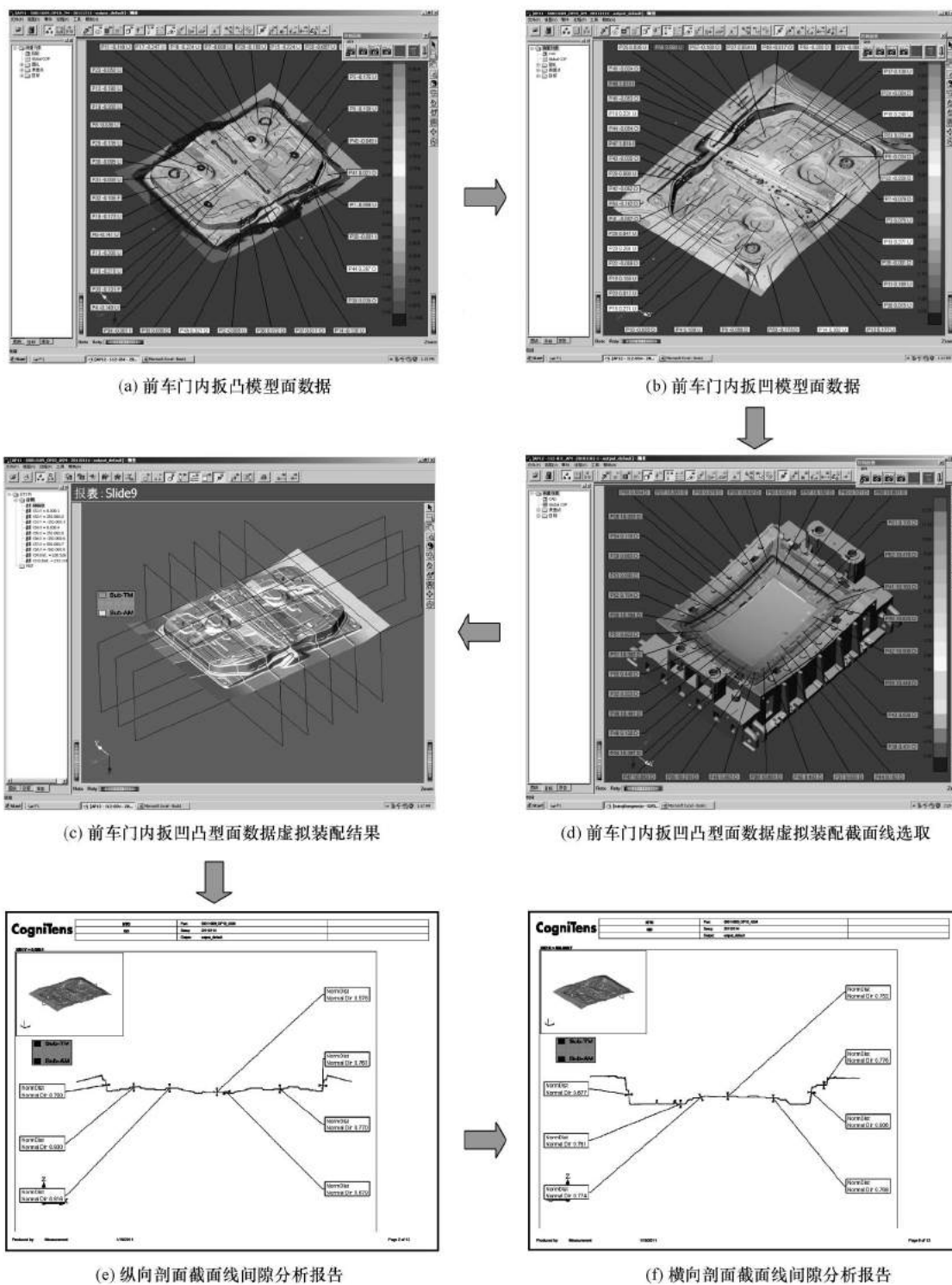


图4 Cognitens 拍照式测量系统用于模具复制和维护

#### 四、结束语

随着目前模具生产厂家对现场质量过程控制要求的不断提高,也要求测量设备能够提供更加及时、准确、直观的反馈模式。Cognitens 拍照式

测量设备以其优越的车间现场适应性能、测量数据的可靠性、软件功能的完备性也将会逐渐成为模具制造过程中非常有利的辅助工具,为缩短模具的生产制造周期及降低成本节约带来新的解决方案□



# 车床类带修光刃的大进给精加工 可调式刀具筒式工具系统

## Adjustable Tool System for Fine Turning with High Feed Rate

范亚炯

**【摘要】** 开发新一代的带修光刃的车床类刀具，包括大进给的精加工、半精加工与粗加工刀具，都应满足各种切削加工的工艺规格、标准和实际加工系统的集约化需求，要求最大限度地提高生产效益。但解决问题的途径是其可调筒式工具系统必须适应新一代刀片修光刃刀片系统几何参数可调的需要。

在用单刃刀具进行车削作业的过程中，表面光洁度取决于进给率和刀尖圆弧半径，因为这两者与已加工表面的理论残留面积高度  $R_a$  有直接关系。刀具进给率越大，刀尖圆弧半径所产生的表面就越粗糙。新一代修光刃刀片的引进能产生相应的表面光洁度，改变了单刃刀具上进给率和光洁度之间看似互不兼容的关系。刀具修光刃技术使进给量加大，也使切削时间缩短一半，并产生相同的表面光洁度，因而，现不可调刀具从粗加工到精加工，用修光刃技术车削已经成为一种广为接受的工艺。

### 一、精切削与修光刃

传统车床类不可调精加工刀具的工艺性能都比较单一，而传统车床类具有修光刃的大进给刀具的先进静态几何参数也为具体运用到不可调的可转位车刀技术上，因而只能局限在车床类不可调刀具的技术范畴内，技艺的经验性较强。

用于车削的第一款修光刃 WM 刀片是山特维克可乐满于 1997 年首创的。而把较高的生产效率与更好的表面光洁度融为一体的山特维克可乐满推出的具有 WMX 槽形的新型 Wiper（修光刃）刀片，能够在更高的进给下在车间实现安全切削，已是大多数加工系统应用的首选，其应用范围主要包括 ISO P 钢以及 ISO M 不锈钢和 ISO K 铸铁。

更高的进给能力、平稳的切削过程、低噪声以及减少振动的功能，使其具有明显的加工优势与市场竞争力。例如：WMX Wiper（修光刃）还搭配有牌号选择，这为其从低切削速度下粗加工铸铁方面、要求苛刻的间断切削到高切削速度下不锈钢的高表面质量精加工，提供了很广泛的应用选择。

针对我国刀具应用系统工程的具体状况进行分析，该 Wiper（修光刃）技术还是脱离不了仅适应大批量、少品种的生产特点，对小批量、多品种的工艺系统适应性不强。因而，加工系统效益的综合提高，需要将各类带修光刃的半精加工、精加工以及粗加工，不可调刀具的相关技术成果，通过相应的接口并联起来，通过优化其几何参数的调整问题，才有可能实现整个修光刃加工系统包括精密加工系统的优化与集约化，为便于操作、“三高一专”技术可靠、车床类精加工可调刀具筒式工具系统解决一系列相关问题。其许多机理与一般加工相比有其特殊性。对这些切削机理方面的问题进行深入研究，掌握变化规律，才能完善车床类精加工刀具可调筒式工具系统。

### 二、不可调刀具修光刃的两种类型与参数

#### 1. 修光刃的两种类型与刀尖圆弧半径

现不可调刀具的修光刃仅是在刀具副刀刃上

靠近刀尖处一条副偏角  $K_r$  等于 (或近于) 零的刃带, 有直线型与圆弧型两种。直线型修光刃制造、研磨容易。当修光刃的长度  $b_e$ , 大于进给量  $f$  时, 可减少加工表面的残留高度, 达到  $Ra < 0.02\mu m$  的满意结果, 但直线度要好, 对于不可调刀具则要求严格与走刀方向一致, 且不能太长, 否则会增大径向切削力。由于和工件过多摩擦, 也会加大工件表面粗糙度, 加速修光刃的磨损。对于大进给切削车刀其长度  $b_e$ , 一般为  $(1.2 \sim 1.5)f$ , 在大型机床上用大的进给量和大的背吃刀量可选用  $(1.5 \sim 2)f \cup (0.3 \sim 0.5)f + f$  (mm)。主刀刃的几何参数  $K_r$  分别可为  $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$ , 倒角过渡刃偏角  $K_{re} = 1/2K_r$ 、 $b_e = (1/5 - 1/4)a_p$ 。

刀具采用圆弧修光刃时, 对刀容易, 使用方便, 但理想圆弧段的适应性较小。即走刀量小时, 圆弧刃留下的残留面积才小, 走刀量稍大时, 已加工表面会有一些的质量问题, 用椭圆弧段替代, 就能实现刀尖在最大允许半径公差范围内, 调整刀尖圆弧的不同弧段, 不能与主刀刃偏角同时调整, 且严格与走刀方向平行的修光刃就能在微调主偏角  $K_n$  的同时, 又能微调修光刃偏角  $K_r$ , 以达到粗糙度较好的加工表面质量。

## 2. 修光刃刃口圆弧半径

开发一项新的 Wiper (修光刃) 技术, 需要设计其主半径以及一系列互补半径的数量和尺寸。这与精光刀具刃口不绝对平行走刀方向, 有微量的偏斜度, 才能加大走刀量以获得较好质量的经验工艺传统是一致的。这种修光刃效应, 能缩短大约 30% 的切削时间。但还必须考虑刃口圆弧修正主偏角与刃口半径的调整问题。

直线型修光刃不能与主刀刃偏角同时调整, 但刀尖的几何形状近似于椭圆曲线, 其效率的提高必须首先考虑刀尖圆弧的修正主偏角  $K_n$  的初相角, 还需要进行具体的刀尖圆角半径设计。所以, 设计修光刃槽型前后角的优化初相角, 再通过主前角角调整 (最大调整角  $15^\circ$ ), 能使修光刃有  $15^\circ$  刃倾角的调整幅度, 从而获得较大的工作前、后角与较小的刀尖圆弧半径, 进行实施符合精加工的大刃倾角切削是可能的。也能将低速进给时的良好切屑控制与高速高效进给时的平稳断屑能力融为一体。

## 3. 修光刃的前、后角

现可转位刀片刃口各种槽型, 基本只考虑主刀刃的流屑与断屑功能, 不管是开式断屑槽的各种型号 (A、Y、K、H、J、Z、C、D 共 8 种), 还是封闭式断屑槽 (Y、M、W、G、P、B、T 共 7 种), 均未顾及修光刃的前后角的优化与调整问题。因而当修光刃大于一定长度, 往往容易造成振动。根据分屑大进给切削刀具介绍的刃口参数: 前、后角  $\alpha_{oe} = 3^\circ - 8^\circ$ 、 $r_{oe} = 8^\circ - 10^\circ$ 、 $\lambda_{se} = 0^\circ$  只表示了粗加工的状况, 因而实际切削力高出 5% ~ 10%。

对于车床类不可调刀具来说, 修光刃技术的具体运用, 其先进性只能在某些具体条件下才能体现与衡量。平修光刃适用于小吃刀深度、低速、大进给量、刚性好的加工系统, 也可以进行高速切削; 圆弧修光刃比较适合高速加工, 吃刀深度也可加大, 一般应  $< 3mm$ , 进给量要小于平修光刃刀具, 工件已加工面质量因条件不同会稍差一些。修光刃与加工表面较长的接触长度必须与适当的断屑槽型平衡, 才能取得平滑的切削作用, 并达到较高进给率所需的强度。继 WM 修光刃之后是 WF 修光刃, 用于较为精细的领域, 适合切削条件约束较多的加工系统。

对于带修光刃的不可调大进给、大切深刀具 ( $f = 1 \sim 3mm/r$ ,  $a_p = 8 \sim 10mm$ ,  $v = 60 \sim 70m/min$ ), 其特点是使切屑变形、单位切削力、刀具磨损减少, 但切削面积大、切削力  $F_r$  也就加大, 也容易产生机床功率不足、振动与刀具崩刃、工件表面光洁度下降等问题。因而, 刀具修光刃的设计, 必须根据具体加工条件, 具体考虑与选择主刀刃系统几何参数的配合和优选问题。已把不可调刀具精密切削独立几何参数的研究成果, 具体运用到修光刃系统几何参数 (刀尖圆弧半径  $r_e$  及其修正主偏角  $K_n$  和排屑角  $\theta$ 、刃口前、后角、斜角与有效长度) 的优化与调整上, 其前角与槽型的配合与优化问题必须具体解决。

例如: 新型可调刀瘤切削 (SWC) 重型车削主前角就在  $30^\circ$  左右、刃倾角  $\lambda_s = - (3^\circ \sim 6^\circ)$ , 其在  $\kappa_r < 90^\circ$  的情况下, 主、副刀刃几何参数与刃倾角均由前角调整  $15^\circ$  左右获得, 从而使主刀刃与修光刃的几何参数都得到优化。除主刀刃能进行瘤切削

(SWC) 重型车削外, 修光刃也能进行正刃倾角  $25^\circ$  的斜刃精切削, 因而, 提高了加工系统的整体效益。

### 三、主刀刃的切屑变形与断屑槽型

带修光刃的大进给刀具的切屑变形是三维的。因为主刀刃、过渡刃、刀尖圆弧部分和副刀刃在单独切削时, 各自有不同的剪切角 (各自有不同的厚度和长度), 切屑应在不同的方向流出, 但把切屑看作整体流出时, 却是作螺旋运动。其各部分相互作用着力和力矩, 其结果切屑往往发生卷曲。根据沿切削刃使剪切角发生变化, 是切削发生横向卷曲的一个重要原因。因而, 其槽型应选择外斜通槽, 但刃口各主前角矢量应沿刀刃逐渐向圆头车刀所具有的纵向直槽过渡, 就能保证主刃切屑的变形与流向偏离已加工表面和修光刃的刃口效应。由于其刃倾角调整至正  $25^\circ$  左右, 能保证一般刀具材料较小的刃口半径进行  $0.001\text{mm}$  的精密切削。修光刃与加工表面实际接触宽度减少长度需要时也能调整。因而, 修光刃刃口主半径的增减能符合加工厂质量的要求, 也能通过调整修光刃的刃倾角得到实现, 把修光刃刃口的实际长度限制在允许较高进给率所需的长度上。

如何运用较少种类的刀具, 满足较多类型精加工技术要求, 就必须突破传统精加工刀具几何参数不可调的局限, 满足较多粗加工与半精加工、半精加工与精加工的工艺合成以及超精密加工的工艺集成需要, 就必须考虑有关机床动力与刀具调整方面的一系列集约化问题。

例如: 把较高的生产效率与更好的表面光洁度融为一体的山特维克可乐满推出的具有 WMX 槽形的新型 Wiper (修光刃) 刀片, 就能够在更高的进给下在车间实现安全切削。其车削性能源自 Wiper (修光刃) 刀片上新的刀尖圆角半径设计, 并成为负前角刀片车削的首选。Wiper (修光刃) 刀片为提高车削时的生产效率提供了最有利的捷径。刀尖圆角半径上的变化使得进给率翻倍, 并且丝毫不会影响到良好的表面质量。如其技术运用到车床类带修光刃的大进给可调式刀具筒式工具系统的技术上, 将能更适应我国的工具应用系统工程的实际状况与能力的提高。

### 四、车床类带修光刃的大进给可调式刀具筒式工具系统

车床类带修光刃的大进给可调式精密刀具筒式工具系统的结构功能基本超越了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) 所阐述的指数范围。该筒式工具系统不仅要求刀具结构能使主刀刃的几何参数在最小范围内适应加工系统中相关调整、调换与变化的需求, 也要与修光刃的系统几何参数满足精加工的要求相适应, 且各构件的配合精度要符合刀具结构的动静刚度要求。因而, 刀槽与刀片修光刃不同类型的初相角, 应确保刀头切削部分不仅能做平面直线有限往返与圆弧的有限往返运动, 而且又能及时调整相应刀片定位销与刀片可调压板以及圆弧球面可调压板。因而, 刀杆构件配合精度与连接强度要高, 并具有良好的动平衡性能, 刚性优异, 不致发生异常振动, 也能在承受较大切削力时消振、预警。刀杆材料可用 45 钢或 40CrMo 锻造或车削成型, 热处理硬度为  $45 \sim 48\text{HRC}$ , 弹性变形量应满足刀具的结构性能的动、静刚度要求, 从而作为机床功能的补充, 满足加工系统的高效需要。实践证明采用可调式精密刀具筒式工具系统, 具有很强的适应能力, 初步实现了集约化与绿色化切削, 有效提高了刀具工艺措施的经济性, 从一般车床到最现代化的 CNC 车床都可适用, 换刀时间只有一般车床刀具的  $1/20 \sim 1/10$ , 且重复定位精度高, 又有很好的加工尺寸稳定性, 是车床类带修光刃的大进给焊接刀具技术与 Wiper (修光刃) 的有效结合与拓展。

修光刀具刃口几何参数的变化应具有以下特点: 前角  $\gamma_o = 15^\circ \sim 30^\circ$ 、后角  $\alpha_o = 5^\circ \sim 8^\circ$ 、主偏角  $\kappa_r = 45^\circ \sim 75^\circ$ 、刃倾角  $\lambda_s = -3^\circ \sim -6^\circ$ 、过渡刃主偏角  $\kappa_{re} = 15^\circ \sim 30^\circ$ 、副偏角  $\kappa'_r = 15^\circ \sim 30^\circ$ 、修光刃偏角  $\kappa_{rl} = 0^\circ$ 、修光刃刃倾角  $\lambda_{sl} = 0 \sim 10^\circ$ 、主切削刃负倒棱宽度必须小于切削厚度  $a_p (=f \cdot \sin \kappa_r)$ 、 $b_{yl} = (3/4 \sim 1/2) f$ , 刀尖圆角半径  $r_s = 0.3 \sim 1.0\text{mm}$ , 修光刃长度为背吃刀量的  $1.5 \sim 2$  倍, 刃倾角为  $+25^\circ$ , 起到刮削作用, 刃口棱面负前角约为  $-30^\circ$  由倒棱获得, 效率将有所提高。刀槽初相角参数  $\kappa_{cy} = 60^\circ \cup 45^\circ$ 、 $\alpha_{co} = (25^\circ \cup 20^\circ \cup 15^\circ)$ 、 $\lambda_{cs} = -6^\circ$ 、副偏角  $\kappa_{co} = -30^\circ$ 。刀片角度为 (下转第 102 页)



# 全速前进

## Full Speed Advancing

山特维克可乐满编译

可转位硬质合金刀片 (ICI) 刀具在齿轮制造过程中起着关键的作用。硬质合金刀片刀具具有切削速度快、加工周期短、增强型涂层、采用定制配置、规格和加工能力多样化的特点,被广泛用于精加工和预磨削应用场合。它们继续扩大其独特的性能,并广泛用于刀具市场。

### 拓展经营业务

在销售模数 5 ~ 25 的常规系列可转位刀具的同时,很多刀具制造商正在向更大和更小规格的刀具业务进行拓展。当今制造业必须增加刀具生产系列,在某种程度上来说,是由变化多端的市场细分引起的。例如:能源、采矿和重工业领域总是不断地发生着变化。为了向这些市场提供工具/工件夹持系统,制造厂已经意识到提高灵活性才是硬道理。

“我们通常生产模数为 6 以上的硬质合金刀片滚刀和铣齿机,”英格索尔公司负责齿轮加工的产品经理 Frank Berardi 说道:“根据齿轮和刀具的直径,我们可以制造更小的产品。在高端市场,几乎没有任何限制。例如:我们已经生产出海上石油钻机用的模数达 100 的铣齿刀盘。”

“山高公司能提供模数 1 ~ 30 的粗加工铣刀、模数 6 ~ 24 的精加工铣刀以及模数 6 ~ 24 的齿轮滚刀,”瑞典山高刀具公司输电部国际应用专家 Alessandro Manta 介绍说。

“尽管我们并未设定任何极限,但是仍然受到硬质合金刀刀片和机床技术具体限制的约束。关于实际极限,我们可以制造模数 1 ~ 50 的刀具,”Banyan 全球科技公司主管销售的副总裁 Darryl Wit-

te 说道。

山特维克可乐满的齿轮切削刀具系列的品种比较齐全,涵盖模数范围为 4 ~ 40。“在该系列中,共有三大不同的类别,”山特维克可乐满的行业和应用专家 Kenneth Accavallo 说:“我们的 CoroMill 176 全齿形滚刀的模数范围 4 ~ 8; CoroMill 177 滚刀的模数范围 8 ~ 18; 圆盘铣刀的模数范围 8 ~ 40。”

“如果模数不在 5 ~ 25 范围内,那么在可转位刀具的报价和设计时,需要大量的调查研究,”格里森的高级项目经理 Michael Tennutti 说。

对于小模数齿轮。英格索尔目前正在开发模数范围 4 ~ 6 的硬质合金刀片系列滚刀,计划降至模数 3。Berardi 说:“我们认为这是一个很重要的细分市场,因为在这个规格范围内有大量的齿轮应用,因为齿廓小,遇到的挑战就是需要采用坚固的设计,以方便用户使用。我们最初的原型测试已经取得了好的成果,预期不久将有产品上市。”

在可转位刀片工具系统局限于模数 3 左右的同时,英格索尔正在提供较小规格的其他解决方案。“我们已经有 ChipSurfer 铣刀生产线,铣刀配有可更换的硬质合金刀头,被磨削成了成品花键渐开线尺寸”。Berardi 说:“我们在加工 16/32 NDP 及以下的小花键时,已经非常成功。”

“山特维克可乐满正计划在明年推出模数 3、模数 9 和模数 10。”Accavallo 说道:“整个产品系列将涵盖模数 3 ~ 10。另外,通过 InvoMilling 方法的创新,采用五轴机床和标准刀具生产齿轮,我们将能提供更加齐全的产品系列。采用小的可转位工具系统,确实难以加工模数小于 2.5 或径节约

为10的齿轮。山特维克可乐满正在研发能够铣出较小花键和齿条的产品，但是目前的滚刀产品还有限制。”

Banyan 公司一直在进行小齿距切削的研究。

“我们已经有铣单齿和多齿花键的成熟解决方案，并且正在开发一种密齿可转位滚铣的革命性方法。” Witte 说：“迄今，我们只有铣花键的刀具，没有滚铣可转位花键的滚刀。在今后几年里，几乎每家刀具提供商都会推出一些模数为1以下的齿轮解决方案。重点讨论公差和精度问题，因为更精细的齿轮的公差范围更加小，并且可转位刀具同样有重复性和极小公差极限问题，与齿形无关。”

格里森公司没有过多的较小模数系列的开发计划。“目前，用于较小模数的刀片尺寸范围受到刀片规格、需锁紧及定位刀片的孔等因素的限制。很多开发计划都由可转位刀具开发转向至整体刀具方案。” Tennutti 说道：“目前，市场上有小尺寸的刀具出售，这些刀具能将硬质合金刀片旋入刀体接杆内，用于螺纹铣削和加工渐开线花键。”

“小于6的模数通常需要高质量的直接表面处理，使用可转位刀具很难达到要求。” Manta 说：“我们将始终面对质量问题，但是，要想比整体刀具做得更好，并且由于小尺寸刀具的性价比问题，确实并非易事。”

对于大模数齿轮，Berardi 说：“大齿轮始终是我们开发可转位齿轮工具生产线的重中之重。” 主要是因为大齿轮刀具更加容易适合可转位工具系统的应用。对于大齿轮来说，整体硬质合金通常成本过高，因此如果可行往往选择使用可转位硬质合金的解决方案。大齿轮用可转位硬质合金代替高速钢（HSS），可以大大地提高生产效率。

Berardi 介绍说：“在一次案例研究中：带181个齿、模数为20的超大直径齿轮，客户用高速钢滚刀通过两次走刀完成齿轮加工，加工时间共花了70个小时。使用英格索尔可转位硬质合金刀片精加工滚刀仅花了六个小时就完成了两次走刀的精加工工序……共节约了64个小时，简直是不可思议，并且AGMA 10的质量与高速钢一样或者更优。” 英格索尔一直关注采矿、重工、造船、铁路和油气行业的急剧增长。“我们具有为风电行业提

供刀具的悠久历史，虽然近几年的增长放缓，但是这仍然是一个很重要的客户领域。” Berardi 补充说道。

“国家和地方施行的减免生产税计划推动了风能市场内外增长模式，已经不再是什么秘密。采矿业、农业和其他能源业在我们的业务增长过程中起了很重要的作用，这些行业仍是我们今明两年的重点。” Banyan 公司的 Witte 补充说道。

## 涂层/材料技术

除了不断开发新的刀具型号外，切削刀具技术还在新涂层和材料领域取得了进步，这会帮助降低制造成本。山特维克正在为齿轮铣削不断开发优化的材质。“我们的目标就是找到可运用更高切削速度和/或较长刀具寿命的基体和涂层，从而最终帮助我们的用户降低制造成本。” Accavallo 说。

格里森公司的 Tennutti 同意这种说法，他指出：“这些刀片使用了涂层以后，每次转位都可生产出更多的产品。这些涂层在以较高速度运行时，能耐受高温，刀片的使用寿命也越长。目前，正在使用更先进的涂层，即 AlCroNite 涂层。未来涂层的发展必将不断增强刀片性能。”

“对于山高刀具公司而言，涂层是主要的投资之一，Duratomic 涂层是我们最具有成就感的产品之一。Duratomic 涂层已经改变了市场的格局，开发这种产品具有深远的意义。” Manta 补充说。

“涂层技术在不断地进步，看来在几十年内不会停滞不前。最令人关注的技术是通过采用新的PVD技术改善涂层的粘结性。” Witte 说。

英格索尔的 Berardi 介绍说：“由于我们正在采用的涂层具有经过PVD（物理气相沉积）处理的氧化保护层，其耐磨料磨损性、耐热性和耐化学腐蚀性通过高温CVD（化学气相沉积）处理的涂层相似，通过使用低温PVD处理，使刀片的韧性更高、耐磨性更好。另外，涂层前后的表面处理明显改善刀具的性能。不管是通过改善涂层的粘结性、减少裂源位置、降低摩擦力，还是通过使工件的表面更光滑，不同的表面处理的方式都为提高生产效率贡献颇多。”



### 订制刀片的配置

虽然标准的切削刀具已经能够生产出符合要求的产品，但是很多公司仍在不断创新订制工具系统解决方案，以期在同行中脱颖而出。英格索尔的 Berardi 说：“订制刀片已经成为英格索尔的一大亮点，通过我们悠久的发展历史，我们已经积累了很多创新的刀片设计，包括用于切向安装的刀片，使可转位硬质合金刀片的齿轮工具系统成为首选可能。我们将一如既往地重点放在槽形开发上，如同我们注重材质开发一样。我们认为它们在关乎刀片的性能、与零件质量和刀具寿命相关的整个刀具方面都同等重要。”

Tennutti 说：“刀片的轮廓可做成在现有整体滚刀或铣削中心上使用的任何形状。使用这些刀片能够加工出带齿底沉割的齿廓、全齿顶圆角、半修顶或曲线形轮廓等。很明显，与目前的高速钢切削刀具相比，没有任何限制。因此，使用硬质合金刀片的最大好处是能够运用更高的切削速度，从而大大减少了切削循环时间。”

山特维克的 Accavallo 介绍说：“山特维克采用现代的刀片制造技术和刀具制造工艺，完全能够制造和测量具有小公差的齿轮工具。这样，在保持齿轮质量的同时，还可以运用更高的切削速度和进给率。较小的公差可以允许更少的磨削余量，从而提高了生产效率，同时降低了整体生产成本。”

Banyan 公司的 Witte 说：“在工艺改善的计算中，订制机床和工具系统永远占主导因素，在制造业的平衡处于不断变化之时，很多工具制造商正加紧进入稳定的齿轮市场，其中有几家经过专门挑选的具有齿轮背景的厂家，他们掌握齿轮轮齿的专门技术，以便设计出最佳的齿轮加工解决方案。这些解决方案主要围绕着订制零件，有些客户十年前就开始使用订制解决方案，有些客户正在使用较新的

方法和经过改进的解决方案，目的都是借此大大降低成本，提高效率和加工精度。”

### 方兴未艾的新技术

“未来可转位刀具的趋势可能会从使用单一型的可转位刀片向多种型式的刀片发展。这些刀片可有多种刀片型式，并且具有转位的功能。这在进行较小模数齿条类铣削和使用较小齿距模数滚刀时占有优势。”格里森公司的 Tennutti 说道。

“由于大多数情况是滚铣多齿大模数齿轮，所以多头螺纹滚刀很占优势。当今，多头螺纹可转位滚刀在该行业占有一席之地。我们期望看到客户对这些滚刀有更多兴趣。”他补充说。

山特维克介绍说，InvoMilling 和 uP-Gear 技术将齿轮生产提升到一个全新的水平，采用这些方法，制造商省时又省钱。凭借 uP-Gear 技术，机床成本已不再高于传统五轴机床的成本，且刀具成本也比使用专用弧齿锥齿轮加工刀具低。最重要的是，与立铣刀铣削工艺相比，加工时间极大地缩短了。同样，使用标准或类标准工具系统情况下，InvoMilling 技术在确保高生产效率和低成本的同时实现了很高的加工灵活性。这些方法可替代现有的解决方案，最令人关注的是，这将对今后的可转位切削刀具产生深远的影响。”Accavallo 说。

Accavallo 补充说道：“在 IMTS 展会上，山特维克展出了一款新产品——CoroMill 172，可在多任务机床、加工中心和车削中心上加工齿轮和花键。在山特维克可乐满的“Smart Hub”睿智一角，可以看到滚铣机床的整个产品生产线，例如滚刀、粗加工圆盘铣刀、半精加工圆盘铣刀和精加工圆盘铣刀。”

Witte 说：“我们正在开发可转位滚刀生产线。Banyan 公司的可转位滚刀与众不同，并且由生产齿轮应用的齿轮工程师开发。我们也看到了成组刀具（双联刀具和三联刀具）的巨大推动作用，并将展示我们用于中等齿距零件的最新技术。”

Manta 表示：“可转位硬质合金解决方案继续在该市场占据一席之地。今后，我们将针对高度专业化的切削刀具行业努力开发更多产品，帮助我们的客户提高竞争实力。”□



# 联动工装在批量生产中的开发和应用

## Design and Application of Linkage Tooling in Batch Production

建设工业(集团)有限责任公司设备管理部 何孟林

数控加工设备以其高柔性、高可靠、自动化而著称,自20世纪50年代出现数控加工设备以来,数控设备功能不断扩展,性能不断提升。以FANUC系统为例,软件方面:系统梯形图单步运行时间提升至SB7的 $0.033\mu\text{m}$ ,程序容量达到64 000余行,系统I/O口均达到2048点,内部寄存器达8500字节,其基本性能已大大超越一般加工中心使用要求;硬件方面:目前国内1000mm工作台通用加工中心定位精度/重复定位精度均能达到 $0.01/0.005\text{mm}$ 以内(ISO 0230-2),各轴快移速度已达到 $30\sim 60\text{m/min}$ ,主轴转速普遍达 $8000\sim 15\,000\text{r/min}$ ,有的甚至达6万转以上。基于以上软硬件功能的提升,机械加工中切削时间占加工总时间的比重越来越大。与机床性能飞速发展形成鲜明对比的是工艺思想和工装手段落后,大量单工位、单工序加工在加工中心上完成,设备性能和优势难以发挥,而标准机床提供的宏程序或扩展M代码功能单一,仅能实现动与不动而不能进行状态判断和检测报警,没有有效发挥设备智能、高速、敏捷的特点。

### 1. 联动夹具作用及原理

由于夹具定位面、夹紧面的存在,在机械加工中常出现加工刀具与夹具部件的干涉,导致工艺能力受限,必须拆分加工工序,造成浪费。联动工装的主要作用是在加工区域实现夹具部件的让位,防止与主轴、刀具发生干涉,满足一次装夹下完成多个部位加工,减少装夹次数、消除重复定位误差。联动夹具原理:在机加程序中插入设定的特殊功能指令,完成夹具特定功能部件位置转换,检测加工状态安全后无需人工参与而继续完成后续加工,以致达到联动功能。其中安全状态可设定为压

力、位置距离和角度等。逻辑顺序如图1所示。

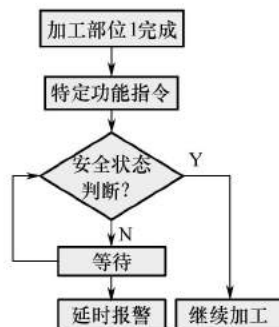


图1 联动夹具逻辑简图

### 2. 联动工装设备改造案例

某铝质腔体零件(见图2)。



图2 某型零件示意图

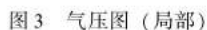
该零件具有深型腔、薄壁、尺寸精度高的特点。在以往的加工中均采用多道工序逐步加工以防止变形,效率低下。本次应用的关键是实现气缸联动和减压输出,用于粗加工后,零件薄壁时侧面压力相应调整,为此,调整夹具气路图(局部)如图3所示。

当N1得电,侧缸全压输出,N1失电且N2失电,侧缸减压输出,减压压力由减压阀调节经单向阀与侧缸前进回路并联。

当N0得电且N2得电时,侧缸全压后退。

其余缸控制均为标准逻辑,应用两位五通电磁阀实现气缸往复运动。

夹具共计使用气缸五组6个,分别为侧缸、左缸、右缸、主夹缸、上缸。



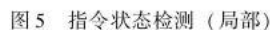
| 特定<br>代码 | 检测<br>输入 | 检测<br>功能 | 控制<br>输出 | 控制功能        |
|----------|----------|----------|----------|-------------|
| M101     | X13.0    | 侧缸夹紧检测   | Y3.6     | 控制 N0、N2 状态 |
| M102     | X13.1    | 侧缸放松检测   |          |             |
| M103     | X13.2    | 右缸夹紧检测   | Y3.7     | 控制 N3 状态    |
| M104     | X13.3    | 右缸放松检测   |          |             |
| M105     | X13.4    | 主夹缸夹紧检测  | Y4.0     | 控制 N4 状态    |
| M106     | X13.5    | 主夹缸放松检测  |          |             |
| M107     | X13.6    | 上缸夹紧检测   | Y4.1     | 控制 N5 状态    |
| M108     | X13.7    | 上缸放松检测   |          |             |
| M109     | x14.0    | 左缸夹紧检测   | Y4.2     | 控制 N6 状态    |
| M110     | x14.1    | 左缸放松检测   |          |             |
| M100     | x14.2    | 减压压力检测   | Y4.3     | 控制 N1 状态    |

表 1 功能代码与 I/O 对应表

| 特定<br>代码 | 检测<br>输入 | 检测<br>功能 | 控制<br>输出 | 控制功能        |
|----------|----------|----------|----------|-------------|
| M101     | X13.0    | 侧缸夹紧检测   | Y3.6     | 控制 N0、N2 状态 |
| M102     | X13.1    | 侧缸放松检测   |          |             |
| M103     | X13.2    | 右缸夹紧检测   | Y3.7     | 控制 N3 状态    |
| M104     | X13.3    | 右缸放松检测   |          |             |
| M105     | X13.4    | 主夹缸夹紧检测  | Y4.0     | 控制 N4 状态    |
| M106     | X13.5    | 主夹缸放松检测  |          |             |
| M107     | X13.6    | 上缸夹紧检测   | Y4.1     | 控制 N5 状态    |
| M108     | X13.7    | 上缸放松检测   |          |             |
| M109     | x14.0    | 左缸夹紧检测   | Y4.2     | 控制 N6 状态    |
| M110     | x14.1    | 左缸放松检测   |          |             |
| M100     | x14.2    | 减压压力检测   | Y4.3     | 控制 N1 状态    |

图4 电气连接图(局部)

通过上述气压、电气和梯形图程序改造,该机床已完全能够满足夹具联动使用需求,通过系统增加相应宏程序与 M 代码关联进行延时检测,



### 3. 结束语

(上接第 97 页)  $\gamma_{\text{ps}} = 15^\circ \cup 20^\circ \cup 25^\circ$ ,  $\alpha_{\text{pr}} = 20^\circ \cup 15^\circ$ 、刃倾角  $\lambda_{\text{ps}} = 0^\circ$ 。在  $\kappa_r < 90^\circ$  的情况下, 主、副刃倾角均由前角调整  $15^\circ$  左右获得。这样结合刀具的调换性能, 能使刃口刀具几何参数与切削用量参数进行优化。

## 五、结束语

研制新一代车床类带修光刃的大进给精加工可调式刀具筒式工具系统技术，主要是为了在较高的进给率下，提高刀片所能产生的表面光洁度水平。按其技术功能大致可分为两类：一类是用于半精加工以提高生产加工效率为目的；另一类是用于精加工以减少表面粗糙度值为目的。车床类带修光刃的大进给可调式刀具筒式工具系统使先进的 Wiper（修光刃）技术在我国刀具应用工程中得到进一步的发挥，适应我国多品种、小批量的刀具应用工程系统的具体状况，其实用价值是巨大的，应得到具体的推广与应用。□

# 数控机床润滑系统的选型与参数计算

## Choice and Parameter calculation of Lubricating System for CNC Machine Tool

汉川机床集团有限公司西安高技术公司 杨振辉

### 1. 引言

直线导轨副、滚珠丝杠副等运动部件是现代数控机床的关键零部件，它们的精度和寿命直接影响着整个机床的精度和寿命。给直线导轨副、滚珠丝杠副等运动部件良好的润滑有以下几点重要作用：

- (1) 减少各运动部件的摩擦，降低磨损，防止零件表面烧伤。
- (2) 在滚动面形成油膜层，缓和滚动面应力，降低滚动面疲劳损伤。

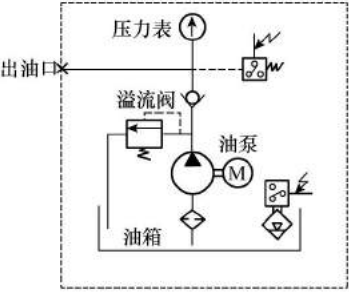
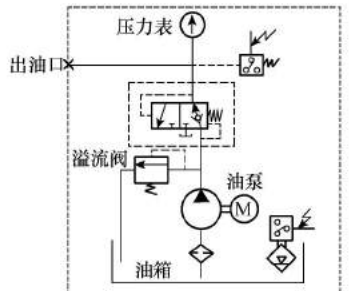
(3) 可避免空气、灰尘等杂物与零件直接接触，防止零件生锈和划伤。

润滑系统已是现代数控机床不可缺少组成部分，选择合适的润滑系统是设计数控机床非常重要的工作之一。

### 2. 润滑系统的种类和特点

数控机床润滑系统种类很多，按润滑剂分为：润滑油和润滑脂；按操作方式分为：手动和自动；按线路分为：单线式和双线式等等。表1给出常用的按分配器和油泵种类分的润滑系统特点及组成。

表 1 润滑系统特点及组成

| 系统类型    | 原理及特点                                                                                                | 油泵控制原理简图                                                                             | 适用范围                             | 主要组成                         |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 抵抗式集中系统 | 通过计算各个润滑点供油量，按需选择润滑泵的出油量和计量件，由润滑泵输送的定量润滑油，通过比例式计量件对各润滑点的供油量进行控制与分配，同型号计量件在系统中相互间无论距离的远、近、高、低，其供油量相同。 |  | (1) 对各润滑点定量供油。<br>(2) 一种中高压润滑系统。 | 润滑油泵<br>滤油器<br>连接体<br>抵抗式计量件 |
| 加压式集中系统 | 通过润滑泵输送的压力油剂，推动定量加压式计量件内的活塞，将润滑油强制定量地输送到各润滑点。计量件排油量精确，在一次供油周期内计量件仅排油一次，无论其相互距离的远、近、高、低、安装方式，对供油量无影响。 |  | (1) 对各润滑点定量供油。<br>(2) 润滑点群多，油管长。 | 润滑油泵<br>滤油器<br>连接体<br>加压式计量件 |



(续)

| 系统类型    | 原理及特点                                                                                                      | 油泵控制原理简图 | 适用范围                              | 主要组成                      |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------|---------------------------|
| 递进式集中系统 | 通过润滑油泵输送的压力油剂,推动递进式分配器内的活塞,使其进行往复运动,将润滑油剂强制、定量、顺序地输送到润滑点。分配器内的活塞面积乘以其行程,确定了每次循环的准确供油量。                     |          | (1) 对各润滑点定量与强制供油。<br>(2) 润滑点远或高。  | 润滑油泵<br>滤油器<br>递进式分配器     |
| 油气混合系统  | 通过油气混合器,将独立输送的压力油剂和压缩空气进行混合,利用压缩空气的气流作用,使油流以细小颗粒沿管壁输送到各润滑点,将精细的油膜喷在摩擦副的表面上,并能在润滑部位形成正压力密封腔,防止外界灰尘等有害物质的进入。 |          | (1) 高速滚动轴承、主轴。<br>(2) 发热量大的轴承、齿轮。 | 润滑油泵<br>滤油器<br>压缩空气<br>喷嘴 |

### 3. 润滑系统的设计和计算

以常用的浙江流遍 AMO-150S 型定量加压式集中稀油润滑系统为例,简要说明润滑系统的设计方法和步骤。

例如:已知一数控机床,X轴向有2根直线导轨副,每根导轨上有滑块10个,滑块大小为201mm×170mm,共有滑块20个。X轴的滚珠丝杠轴径为φ63mm,丝杠螺母大小为φ100mm×300mm。油泵到最远润滑点的距离为20m,铜油管总长度为10m,尼龙软管的总长度为50m。润滑油的牌号为N32。试设计该数控机床X轴向的润滑系统。

(1) 确定润滑点的数量。一个滑块一个润滑点,

共20个滑块,共20个润滑点。丝杠螺母1个润滑点。

(2) 各润滑点需油量的计算。查有关资料得知,滑块和丝杠螺母需油量多少与多种因素有关,要绝对准确计算出其需油量是非常困难的。表2给出的是长期测试得来的经验公式,其中K是速度倍数,与运动部件的速度或转速有关,关系见图2所示。初步计算润滑点需油量时,常取K=1,然后根据运动部件的速度或转速,查图2得一K值,带入下面公式,可得出润滑点需油量。在此,应用公式(3)得滑块需油量: $Q=0.0017 \times 20.1 \times 17=0.238$  (mL/h),应用公式(5)得丝杠螺母需油量: $Q=0.023 \times 6.3 \times 30=4.347$  (mL/h)。

表2 典型运动部件润滑需油量的计算公式

| 运动部件的种类  | 需油量/mL·h <sup>-1</sup>                                                                                                                      | 举例(K=1)                                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 滚动轴承<br> | $Q=0.04 \times \text{轴承外径} \times \text{轴承列数} \times K$ (1)                                                                                 | 有一滚珠轴承,外径为80mm,求每小时润滑需油量?<br>$Q=0.04 \times 8 \times 1=0.32$ (mL/h)                   |
| 滑动轴承<br> | $Q=0.023 \times \text{轴承外径} \times \text{接触长度} \times K$ (2)                                                                                | 有一滑动轴承,直径为80mm,长度为100mm,求每小时润滑需油量?<br>$Q=0.023 \times 8 \times 10=1.84$ (mL/h)        |
| 平面导轨<br> | 水平方向 $Q=0.0017 \times \text{移动件长度} \times \text{移动件宽度} \times K$ (3)<br>垂直方向 $Q=0.006 \times \text{移动件长度} \times \text{移动件宽度} \times K$ (4) | 有一平面导轨,垂直安装,滑块长为100mm,滑块宽为40mm,求每小时润滑需油量?<br>$Q=0.006 \times 10 \times 4=0.24$ (mL/h) |

(续)

| 运动部件的种类                                                                                   | 需油量/mL·h <sup>-1</sup>                                                                                                                    | 举例 (K=1)                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 圆柱导轨<br> | 水平方向 $Q = 0.023 \times \text{轴直径} \times \text{移动件长度} \times K$ (5)<br>垂直方向 $Q = 0.07 \times \text{轴直径} \times \text{移动件长度} \times K$ (6) | 有一圆柱导轨, 水平安装, 直径为 80mm, 长度为 100mm, 求每小时润滑需油量?<br>$Q = 0.023 \times 8 \times 10$<br>$= 1.84 \text{ (mL/h)}$ |
| 滚珠导轨<br> | $Q = 0.012 \times \text{移动件长度} \times \text{列数} \times K$ (7)                                                                             | 有一直线滑轨, 滑块长为 80mm, 滑块列数为 2 个, 求每小时润滑需油量?<br>$Q = 0.012 \times 8 \times 2$<br>$= 0.19 \text{ (mL/h)}$       |
| 凸轮<br>   | $Q = 0.013 \times \text{接触圆周} \times \text{宽度} \times K$ (8)                                                                              | 有一凸轮机构, 凸轮圆周长为 200mm, 宽为 20mm, 求每小时润滑需油量?<br>$Q = 0.013 \times 20 \times 2$<br>$= 0.52 \text{ (mL/h)}$     |
| 齿轮<br>   | $Q = 0.046 \times \text{节圆直径} \times \text{齿宽} \times K$ (9)                                                                              | 有一齿轮组, 节圆直径为 80mm, 齿宽为 20mm, 求每小时润滑需油量?<br>$Q = 0.046 \times 8 \times 2$<br>$= 0.74 \text{ (mL/h)}$        |
| 链条<br> | $Q = 0.008 \times \text{链长} \times \text{链宽} \times K$ (10)                                                                               | 有一链条, 总长为 300mm, 链宽为 8mm, 求每小时润滑需油量?<br>$Q = 0.008 \times 30 \times 0.8$<br>$= 0.19 \text{ (mL/h)}$        |

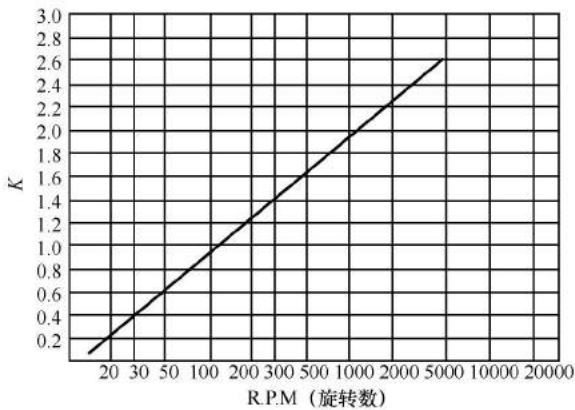


图1 速度倍数与转数的关系

(3) 初选计量件。计量件的公称排量见表3。参考计量件的公称排量, 初选配滑块的计量件为 MO-5 型, 那么, 每小时滑块需油量:  $Q = 0.238 \text{ (mL/h)} = 0.05 \text{ (mL/次)} \times 4.76 \text{ (次)} \times 1 \text{ (h)}$ 。初选配丝杠螺母的计量件为 MO-50 型, 那么, 每小时丝杠螺母需油量:  $Q = 4.347 \text{ (mL/h)} = 0.5 \text{ (mL/次)} \times 2 \text{ (个)} \times 4.347 \text{ (次)} \times 1 \text{ (h)}$ , 以上数据填入表4中。

表3 计量件的公称排量

| 计量件型号          | MO-3 | MO-5 | MO-10 | MO-20 | MO-30 | MO-50 |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 公称排量<br>(mL/次) | 0.03 | 0.05 | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.5   |

表4 初定计量件供油的周期

| 编号  | 润滑点  | 理论<br>需油量<br>/mL·h <sup>-1</sup> | 计量件<br>型号 | 计量件<br>数量 | 理论计算<br>每小时<br>供油次数<br>(次/h) | 初定<br>供油<br>周期<br>/min | 初定<br>实际<br>供油量<br>/mL·h <sup>-1</sup> |
|-----|------|----------------------------------|-----------|-----------|------------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| 1   | 滑块   | 0.238                            | MO-5      | 20        | 4.76                         | 12                     | 0.25                                   |
| 2   | 丝杠螺母 | 4.347                            | MO-50     | 2         | 4.347                        | 12                     | 5.0                                    |
| 合 计 |      |                                  |           |           |                              |                        | 5.25                                   |

(4) 确定润滑油泵的实际供油量。查“润滑油粘度-温度对应图”可知, 在 20℃ 时, 润滑油 N32 的粘度为 100cSt, 该例中, 油泵到最远润滑点的距离为 20m。图2 是 AMO-150S 型润滑油泵的特征曲线, 查图2 可知, 计量件动作时油泵的供油量是 82 (mL/min), 初定实际供油量是 5.25 (mL/h), 比较后得: 油泵的供油量远大于计量件实际供油量, 故该型号油泵能满足润滑系统的需要。

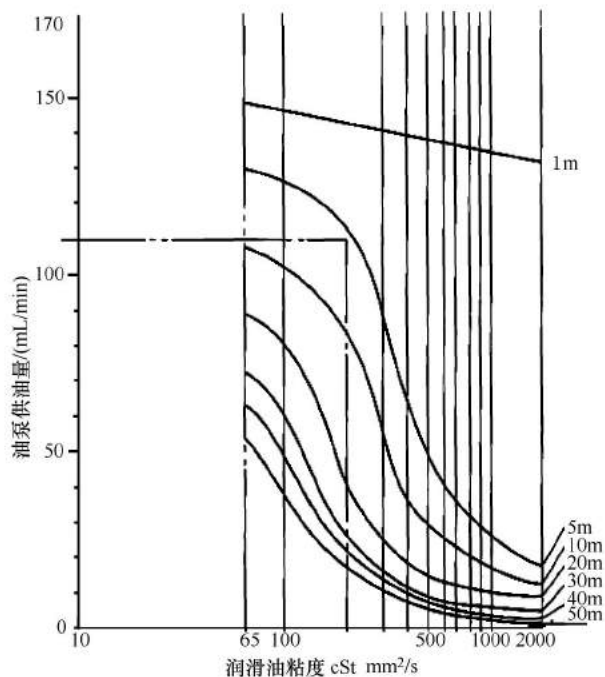


图2 AMO-150S 型润滑油泵的特征曲线

(5) 计算并校验润滑系统的实际运转周期。查“系统压力上升时间表”和“系统卸力时间表”可知，油管长 50m 时，系统压力上升时间为 18s，系统卸力时间为 10s。

① 计量件的动作时间 =  $60 \times 1.3 \times \text{计量件总出油量} / \text{计量件动作时油泵的供油量} = 60 \times 1.3 \times (0.05 \times 20 + 0.5 \times 2) / 82 = 1.9 \text{ (s)}$ 。

② 油泵最低运转时间 = 计量件的动作时间 + 系统上升到最高压力所需时间 =  $1.9 + 18 = 19.8 \text{ (s)}$ 。

③ 油泵最低停止时间 = 计量件的回复时间 + 系统从最高压力到最低压力的卸压 =  $1.5 + 10 = 11.5 \text{ (s)}$ 。

④ 润滑系统最低润滑周期 = 油泵最低运转时间 + 油泵最低停止时间 =  $19.8 + 11.5 = 31.3 \text{ (s)}$ 。

分析以上数据可知，润滑系统最低润滑周期为 31.3s，远小于初定供油周期 12min，证明系统能正常连续工作，此设计正确合理。

(6) 计算油箱的容积。在自动定时润滑系统中，8h 内润滑点总需油量为  $Q = 5.25 \text{ (mL/h)} \times 8 \text{ (h)} = 42 \text{ (mL)} = 0.042 \text{ (L)}$ ，即每班次润滑油耗损很小。油箱容积的确定以每班次润滑油耗损量、余留安装油箱空间大小、安装方式、油泵规格、油箱规格等因素综合来确定。本例选油箱容

积为 3L 的钣金油箱（见图 4、图 5）。



图3 加压式计量件实物



图4 油箱实物

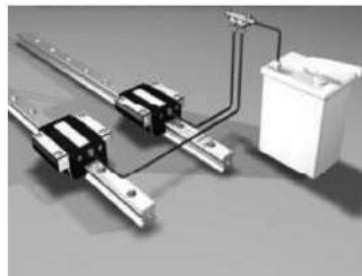


图5 安装示意图

(7) 汇总润滑系统主要数据并绘润滑系统原理简图。上面计算的数据填入表 5 中，并绘到润滑系统原理图中，见图 6，供订货和生产参考。

表5 润滑系统主要参数

|              |                 |          |                          |
|--------------|-----------------|----------|--------------------------|
| 润滑泵<br>型号    | AMO-IV-150S     | 润滑点数     | 滑块：20 个；<br>丝杠：2 个。      |
| 公称流量         | 150mL/min       | 计量件数量    | 20 个 MO-5；<br>2 个 MO-50。 |
| 公称压力         | 2.0MPa          |          |                          |
| 电动机          | AC220V 50Hz 20W | 联接体      | 2 个 PV-2；<br>4 个 PV-4。   |
| 数显           | 运行时间：19.8s      | 计量件回复时间  | 1.5s                     |
| 控制器          | 停止时间：~720s      | 最低润滑周期   | 31.3s                    |
| 油箱容积         | 钣金制：3L          | 油泵供油周期   | 12min                    |
| 最远润<br>滑点距离  | 20m             | 计量件实际供油量 | 5.25mL/h                 |
| 弹簧护套<br>软管总长 | RG-6N 长 10m     | 计量件动作时间  | 1.7s                     |
| 铜管总长         | 10m             | 润滑剂牌号    | N32                      |
| 尼龙管总长        | 50m             | 使用温度范围   | -20℃ ~ 40℃               |



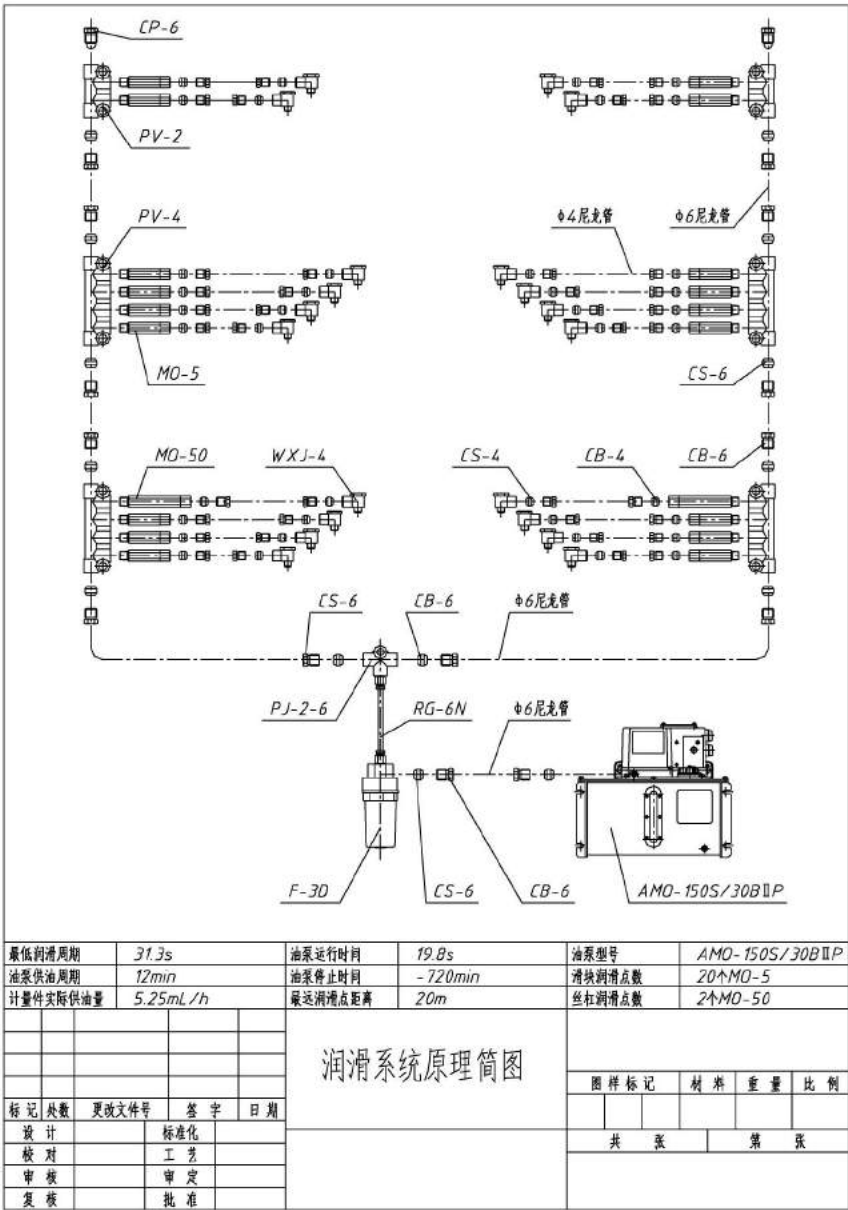
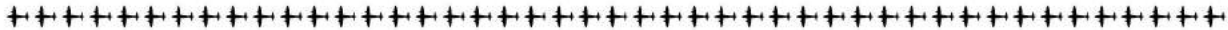


图6 润滑系统原理简图

4. 结束语

新数控机床，其润滑系统的润滑周期，由生产厂家以假定的条件为参考，已设定好。因不同

用户的不同工作状态，数控机床应在试运行一段时间后，结合本厂的实际工作状况给予适当的调整。□



(上接第 91 页)

## 七、结束语

Cylinder 40 高刚度数控车床是一款采用静压技术来满足硬车的通用型数控车床,静压原件采用自制,主轴的最高转数可达为 5000r/min,两轴快速 22m/min,最大扭矩为 750N·m, X/Z 轴加速度可达 1.5g,加工零件的精度可以达到 IT3-IT5 级,粗糙度达到  $Ra = 0.2\mu\text{m}$ ,加工零件的硬度达到 65HRC。是一款性能卓越的数控车床,在国内独创。Cylinder 40 高刚度数控车床开发的成功,填补了国内在这一领域的空白,为国内精密硬车提供了价廉物美的高效设备,使得云南 CY 集团高性能数控车床的开发生产走在了国内同行的前列。□

# 重庆工具：志存高远 任重道远

## Developing Trend and prospect of Chongqing Tools Co., Ltd.

重庆工具厂有限责任公司 孙明强

2011年6月，在众多翘首以盼的目光中，颇具含金量的“中央投资重点产业振兴和技术改造专项储备项目”这个“绣球”几无悬念地冠落重庆工具厂有限责任公司。“高性能精密特种复杂刀具扩能技改项目”——这项该公司有史以来获得政府资金支持最大的高新技术项目，以及随之推进的环保搬迁项目将使该公司产品剑指高端，为我国复杂齿轮刀具行业增添强劲的内推力。

### 肩负使命 开启征程

近年来，我国切削机床发展迅速，拥有量在世界上遥遥领先，雄居第一，但刀具行业在“重主机，轻刀具”传统观念影响下远落后于机床发展，现代高效刀具的高端市场主要被跨国企业占据，国产刀具中称得上现代高效刀具的仅占十分之一。改变国产复杂齿轮刀具的尴尬境地、为自己的生存和发展赢得足够的空间变得前所未有的紧迫和必要。正基于此，在中国机床工具行业久负盛名的重庆工具厂有限责任公司这项具有较高技术含量的项目一开始就受到重庆市经信委、科委的关注，批准该公司为“重庆市复杂刀具工程技术研究中心”、重庆市“数控一代机械产品创新应用示范工程示范企业”，重庆机电股份公司也投入3000万元上市融资资金用于对相关项目的技改。“我们的目标，就是要以优质的高端复杂齿轮刀具为客户的‘好马’配‘好鞍’，实现‘装备中国，服务世界’的神圣使命。”公司总经理李智勇充满信心地说。

### 怀揣理想 构筑基础

这个目标可谓志存高远，但在回溯历史时又

是那么顺乎自然、深谋远虑。业界有一句话：做齿轮刀具的，必须要比做齿轮的和做齿轮机床的更懂齿轮！这对以“专业精细”为文化底蕴的重庆工具而言再贴切不过。历经四十六年的雕琢磨砺，重庆工具从传统的标准齿轮刀具发展到更高速、更高效、更高精度、更环保的滚、插、剃、铣、拉刀等六十多个品种、三万多个规格的现代齿轮刀具，并在行业标准的制修订中拥有充分的话语权，牢固地树立了在中国齿轮刀具行业的地位，与哈一工、汉工构成了中国复杂齿轮刀具版图从北到南的三角形格局，这个成就缘于对人才的专注，缘于对创新的追求，缘于对质量的执着，缘于对先进技术和装备的引进，更缘于“为客户提供优质服务，为员工打造尊严人生”的践诺。在重庆工具的历年人才库中，留苏专家、省部级以上专家、学术带头人、名牌大学硕士研究生、高级工程师、实用型技术人才充溢其间，正是他们这样一批批、一代代“更懂齿轮”的齿轮刀具创业者和创造者致力于核心技术的创新，才使重庆工具的荣誉簿上闪烁着技术领先、质量上乘的智慧之光：1978年“含铝高性能高合金钢”的运用研究填补了国内刀具材料应用领域的空白，获全国科学大会杰出贡献奖；1981年在行业率先开展“产学研”合作研究成功的“曲线零件的新制造法”获国家科学技术发明二等奖；1982年“齿轮滚刀M1-10A级齿轮滚刀”获行业唯一国优银质奖；2011年“精密、高效、数控剃齿关键技术与装备研制及产业化项目”获重庆市科技进步二等奖……。近年来，重庆工具的齿轮刀具精品不仅在北京的国际机床博览会、上海和南京的中国数



控机床博览会频频出彩，而且在汉诺威、芝加哥国际展上也博得赞誉。最让他们引以自豪的是其产品在神五、神六航天器零部件的加工中发挥了不容小觑的作用。如果说获得科技进步奖、机床工具行业春燕奖、国家重点新产品、市级高新技术产品、重点新产品、重庆名牌产品等称号的科研成果为重庆工具精心打造“世界一流品牌”增添了缕缕春色，扮靓了企业历史，那么在国内率先研制成功具有世界先进水平和国内领先水平、市场占有率占行业第一的径向剃齿刀，以及符合绿色环保发展潮流的干切滚刀、高效滚刀、加长滚刀则是其中的虬枝苍干，支撑着重庆工具向“百年企业”的征途负重前行。

### 风雨兼程 矢志高端

随着现代制造业向“高速、精密、复合、智能和环保”方向迈进，高速高效切削技术正成为现代制造的主流。重庆工具在峥嵘岁月中奠定了较强的科技创新能力和基础，创造了主要经济指标连创新高、长期稳居复杂齿轮刀具行业前三位的业绩，为“重工”品牌镀上了金色，让市场领略了昨日的精彩。而今站在新的历史起点，他们更多的是看到了刀具市场的巨大需求和技术发展潮流，看到了与国内外著名企业的较大差距，看到了白热化的竞争场面。他们坦陈“技逊于人”：自主创新能力及关键、核心技术支撑力度不够，优势与特色不突出，品牌与品质不能与优秀企业媲美，立足中高端市场任重道远，尤其在当下的经济与市场背景下，要实现高远的目标似乎困难多多，危机重重，可在从事过多年技术、生产、营销管理的总经理眼里，危机“是为下一个机遇做准备”，“要善于将别人的危机变成自己的商机”。他为重庆工具作了战略定位：“以做精做强做大复杂齿轮刀具、打造中国一流企业为基础，以创建世界一流企业为目标，将刀具创新作为一项长期战略任务，巩固中端市场，积极努力寻求高端用户并逐步占领高端市场，在复杂、高效刀具制造中迈出坚实一步，展现现代工具企业的新姿”。

### 仰望星空 脚踏实地

如何让“志存高远”的目标不是像夸父逐日

那样遥不可及，让“任重道远”的目标在积累跬步中达至千里？重庆工具开始了练内功、夯基础的“苦旅”：一是“寻找同路人”，崇尚“人才聚企业兴”的理念，汇聚有着共同理想追求、共同价值观，学有所专、技有所长的人才；二是打造以“员工有责任心、中层领导有上进心、高层领导有事业心”的“三心”团队，“个人即使做到95%，若不能形成合力也会变成59%”；三是推崇“诚信为本，创新为魂，团队合作，拥抱变化”的企业核心价值观；四是开展品牌建设、提升品牌价值、制定品牌战略，重新设计LOGO，确立企业理念，进一步提高市场对重工品牌的认同度；五是广泛开展合理化建议，以每提一条有价值的信息都给予奖励的形式鼓励员工纳言献策；六是加快推进“环保搬迁工程、工艺流程再造工程、精品工程、信息化工程、人才工程”的“五大工程”建设。他们目光所及，首先是企业的全面创新，这不仅仅是产品设计，还包括试制、生产、检控、营销、售后服务等一系列活动，并辅之以管理思想、管理方式、管理手段的创新。在这个思想指导下，他们认真反思比亚迪项目经验，倾力按照精品要求把努力争取到的神龙等重要项目做成进入高端市场的先驱，使“重工牌”齿轮刀具在高端市场获得稳固的一席之地；他们推行全面质量管理和QC活动，确保出厂产品百分之百合格率；他们推进精益制造模式，导入卓越绩效管理模式，力图实现管理标准化和现代化；他们坚持走“产学研用”结合的道路，与重庆大学、西安工大、重庆机床集团等名校名企合作，引进先进技术、装备和人才进行技术攻关，取得丰硕成果……。今年四月，重庆工具的精品刀具在南京数控机床博览会上成功亮相引起的热烈反响，以及即将启动的“加大技改投资强度，加大中高档复杂刀具研制力度，扩大与进口刀具竞争的市场份额，实现年产各类复杂齿轮刀具20万件、销售收入3.5亿元以上”的整体环保搬迁建设，都表明重庆工具正以开放的心态和胸怀，把握二次创业、振兴腾飞的机遇，在任重道远的征途上开始迈出稳健的步伐。□

# 灌装机械一把手

## New Development of Filling Machinery

广州南联实业有限公司总经理 沈建华

南联公司成立于1992年，2002年在广州民营科技园投资建厂，面积达10 000多平方米，拥有现代化的工业厂区和先进精良的加工装备，是国家高新技术企业，广东省装备制造业100强企业，中国罐头工业协会常务理事单位，中国食品和包装机械行业的重点骨干企业。中国高速浓浆封口机的国家标准即是由南联起草，年产成套生产设备约20套，单机约50部，年产值近2亿元。

### 规格齐全 质量超群

多年来，南联公司一直专注于食品包装机械的研究开发、制造，主要产品包括全自动真空调配系统、全自动高速浓浆灌装封口组合机、全自动液体灌装封口组合机、全自动颗粒灌装封口组合机、全自动西红柿丁灌装封口组合机、全自动沙司灌装机和自动装箱码垛等设备。尤其在三片罐包装果蔬浓浆灌装封口成套生产线设备领域，是目前中国产品规格最齐全、加工能力最快、质量品质最优的制造商之一。生产线设备已在中基实业、中粮集团、三和集团等众多大型企业广泛使用，替代了国外进口设备。

南联公司的产品出口到俄罗斯、南非、土耳其、尼日利亚、新加坡、新西兰、阿联酋等国家。2008年南联公司为广东鹰金钱公司成功开发了具有国际先进水平的《异型罐鱼类罐头自动化生产线关键技术及装备产业化》成套设备，填补了国内空白。南联公司视产品质量为企业生命，取得了ISO 9001:2008质量管理体系认证和CE认证，并严格按照质量管理体系的标准和要求运行。

### 哈斯机床 重要帮手

南联总经理沈建华表示，在南联生产各种设

备过程中，零部件的光洁度、圆整度和椭圆度至关重要，哈斯机床即负责这些精密部件的加工，目前使用哈斯机床型号包括车削中心SL-40、SL-30、SL-20、ST-30、立式加工中心VF-3、VF-3SS、VF-2等。每天使用12小时以上，稳定性很好，精度完全达到要求，故障率低，操作也很方便，深得操作员工的欢迎，而且哈斯广州HFO的服务很到位，即使出现故障，也都能在极短时间解决，从未出现停工待料的情况，因此，南联才会从2008年开始陆续添购哈斯机床。

近年来，南联公司承接了20多项国家、省和市科技产品创新、技术改造项目，并获得多项专利技术，公司开发的《高速浓浆类食品灌装封罐自动化一体机项目》和《鱼类罐头自动化生产线项目》荣获2010年中国罐头行业科学技术奖，公司被评为广州市著名商标企业。

### 支持灾区 不遗余力

2008年汶川地震发生后，广东省对口支持汶川灾后重建的重大建设项目《广东—汶川工业园》，南联公司是第一家入园投资建厂的企业，其强烈的社会责任感备受赞誉。2010年南联投资1个亿，在四川投资成立《成都南联食品包装机械有限公司》，占地面积100亩，首期厂房建设面积15 500平方米，总建筑面积为33 800平方米。工程分两期投资建设，包括基建和购置设备总投资约2亿元，于2010年底建成投产，可年生产果蔬类浓浆金属罐包装生产线、固液混合态调味食品包装生产线、长形果条（黄瓜）自动灌装生产线、24 000至36 000罐/小时饮料（凉茶）高速易拉罐灌装封口生产线、（下转第112页）

# 降低成本，最大化利用现有资源

## Make Full Use of Current Resources to Reduce the Cost

### ——某进口立式加工中心机床大修改造

中航工业金城集团 叶奕明

#### 1. 引言

一台已使用多年之久的加工中心，其导轨、工作台面、丝杠等部位都已磨损，精度下降，已不能满足产品的加要求，购买一台新的同类型加工中心最少需要 50 多万人民币，公司同类型的机床还有很多。本着少花钱多办事的原则，我们决定走一条成功的修理方案为其恢复正常的加工性能。为今后的同类机床恢复精度探一条路。

该立式加工中心是由美国制造，自上世纪 90 年代投入生产线至今已使用多年。该设备的运行方式为金城集团的摩托车发动机多型产品的加工事业做出了一定的贡献。伴随着摩托车市场的风风雨雨，岁月的流逝，该机床的各项使用精度都在不断下降，加上当今科技的突飞猛进该机床的控制系统已遭淘汰，发生故障已无法购买备件，综合以上多种因素，机床已不能满足产品的正常加工要求。因为该机床是串在生产线中的一台设备，如确保生产线的正常运行只有两种方法可选择：①购买一台同功能的设备现行情约 50 多元人民币，供货期约一年；②对该设备组织大修改造费用约 20 多万元，修理时间约 2 个月。经过综合权衡后，我们选择了对设备进行大修改造的方案。

#### 2. 设备故障原因分析

该设备自 90 年代初运行至今，承担了大量繁重的多型摩托车发动机壳体类零件的加工任务，机床各主要运动部件磨损严重，几何精度下降的已不能满足零件的加工要求。针对以上情况我们对机床进行全面检查，发现机床底座、鞍座、立柱的导轨磨损严重，工作台磨损，ATC 支架、配重支架组合磨

损严重，X、Y 轴滚珠丝杠磨损、斗笠式刀库磨损、增压缸磨损、机床数控系统淘汰。由于该机床的硬件磨损严重加上数控系统的淘汰，确实已无法保证产品的加工工艺要求必须全面进行大修改造。

#### 3. 修理改造方案讨论

我们根据机床的磨损情况及修理后该机床应获得的精度制定以下修理方案。

(1) 制定维修项目。因为立式加工中心的 X、Y、Z 轴的几何精度直接影响到产品零件的尺寸精度，而跟 X、Y、Z 轴几何精度直接有关的机床部件主要有底座、鞍座、立柱。我们采取的措施是对底座、鞍座、立柱的导轨进行重磨，并对工作台的大面进行重磨，对机床的鞍座、工作台、主轴头的底面重新贴塑，整台机床重新刮花；整台机床电器重新装配；机床表面重新喷漆； $\phi 140$  主轴维修。

(2) 制定更换零件项目。由于机床使用年限久，各个运动部件都已陈旧，造成多种故障不断出现，换刀经常出故障，机床负载大，各部位油路气路不通，刀库卡刀，机床重复定位不准……以上故障直接影响到机床的使用性能和加工零件的一致性。我们采取更换 ATC 支架以解决换刀故障；更换整机油路、气路以解决油路、气路不通问题；更换 X、Y 轴滚珠丝杠、精密轴承、自锁螺母、轴线防屑罩以解决机床的 X、Y 重复定位问题；更换斗笠式刀库以解决刀库卡刀问题。

(3) 制定改造项目。在修理中，我们发现机床原有的控制系统年代已久，不能满足现有的机床本应具有的使用要求。外加系统时有故障发生，更换件买不到等多种因素，我们更换了机床的控制系统，采用三菱 M64SM 系统更新。该项更新很好地解决了

原先系统功能较少、内存不够、集成化小使得机床操作不便、复杂零件无法加工的问题。

(4) 机床更新下来的零件去向。随着科技的不断发展,旧机床不断被淘汰,新机床不断更新已日趋明显,因此造成了旧机床零配件越来越少。考虑到本次维修更换的部分零件仍有使用价值,我们将该部分零件稍加处理作为备件,用于其他机床维修。

#### 4. 讨论

通过对该进口立式加工中心的大修改造,我们基本上探索出了一条数控机床修理改造的方式,为以后的机床修理找到了又一条路,并且解决了以下几个小难题:

(1) 金城机械有限公司有 100 多台加工中心,机床的维修备件较难购买,这样用修一台机床更换下来的可用旧零件又可解决多台其他的加工中心的设备小故障。

(2) 大修改造一台加工中心使用的费用只有采购一台新设备的 40% 费用,而大修改造后的设备比新设备的精度更稳定(多年使用后机床床身变形以到位)即费用少周期短。

(3) 钻削中心、铣镗中心、卧式加工中心等加工设备的修理问题均可效仿本次立式加工中心修理,即根据设备的故障找出存在的故障点,根据现有需加

工的零件精度要求选择合适的修理方案,尽可能的在保证产品精度的前提下,以最大的努力将成本降到最低。

机床出现故障,主要会体现在机械系统、控制系统、液压系统、油路和启动系统四大方面。设备出现损坏故障,按照以往的惯例是直接申请旧设备报废购买新设备,这样不仅造成成本的增大,而且原有设备的可利用率大打折扣。

#### 5. 结束语

经过这次立式加工中心的大修改造,很好地起到了扬长避短的作用。

(1) 机床经多年使用,机床床身变形已到位。

(2) 企业内部维修工段有成熟的机床维修工艺。

(3) 旧机床换下的部分有价值的部件依旧可以当备件用作其他机床的维修)。

(4) 避免了原先的机床一旦有损坏就重购,节约了成本。

(5) 旧机床机床更换了新的操作系统,使机床应用范围更广,精度更高,操作更方便。

(5) 很好地解决了维修机床时没有零备件的尴尬局面)的作用,不仅改变了原先设备一旦出现大故障就报废另购的现象,而且使原本应该淘汰的旧设备重新焕发了青春,为今后企业旧设备的去处开拓了一条新的方向。□



(上接第 110 页) 肉类罐头灌装生产线等 50 条(套), 企业经济效益得到跨越式的发展。

### 自行研发 关键技术

南联主要产品包括全自动液体灌装封口机、对夹式洗瓶机、节能型喷淋杀菌冷却机、全自动高速浓浆灌装机、全自动管式 UHT 灭菌机、实罐码垛、实罐卸垛机、实罐洗罐吹干装置、输送系统、链轮式自动装箱机、自动高速空瓶空罐卸垛机、自动真空调配系统、连续式倒瓶杀菌机等二十种主导产品和八种配套产品。其中全自动液体灌装封口机是新一代高速液体灌装封口组合机, 采用一次行程完成瓶口密封, 外置式开阀下料的方式, 使整机机构更加简单、稳定, 灌装量准确, 适用于果汁、茶饮料、加味水以及需要热灌装的产品, 也可用于常温灌装。

### 高速灌装 国家专利

南联最新自行设计开发的新一代全自动高速浓浆灌装机, 与物料接触的零部件和外观零部件均用 SUS316L/304 不锈钢铸造, 适用于各种粘稠性小颗粒状的酱(浆)类物料的定量灌装, 采用活塞式灌装, 灌装阀及其开关阀机构及附属设备的特别设计使其能够适应高速灌装的要求, 运行平稳、可靠, 密封环具有自动补偿功能, 获国家专利, 可适应多种规格的金属罐和玻璃罐的定量灌装, 灌装头数从 6 头到 36 头, 每分钟生产能力从 30 罐到 600 罐, 适用于食品厂定量灌装。另外, 还创新设计节能型喷淋杀菌冷却机, 采用蒸汽喷射或循环热水喷淋杀菌、温水循环喷淋预冷和冷却水喷淋冷却三段处理, 完成对产品的杀菌和冷却, 对罐装食品的安全性提供保障。□





# 采用涂层的基于陶瓷和PCBN的 超硬切削材料进行硬车加工

德国Johannes Schneider

新型涂层切削材料具有更适宜的切削参数和更长的使用寿命，为轴承和传动部件的硬钢车削带来了新的应用领域。而且，先进的涂层技术与整体刀片的结合，可以采用全新的加工方案，在缩短加工时间、提高生产效率和更高效的总体工艺方案等方面带来重大的突破。

## 整体刀片和新型夹紧方式使全新的加工方案成为可能

与焊接CBN刀片相比，整体刀具可以大大提高工艺可靠性。尤其在加工时间较长、切削部位所受热负荷较高时，可以避免刀尖脱焊。加工大规格工件（如预车削大型轴承环）时此优点尤其明显。与焊接刀片相比，整体刀片的有效刀刃长度更大，因此应用范围也更广泛。通过合理安排加工工艺，所需执行车削步骤的数量可以降至最少，从而大幅度缩短工件的加工时间，降低单件制造成本。

刀片的内切圆尺寸根据硬钢车削的加工要求进行了优化，是该解决方案的另一大优势。与相应的刀杆系统配合，独特的缩紧槽设计使刀片和压板之间产生向内的契合锁紧力，将刀片拉向刀座定位面，这样就可以确保最高的稳定性，这对保证硬车工艺的精度至关重要。图1为该夹紧机构的图示。

图2展示了一个加工案例，使用小内切圆整体刀片和新夹紧系统相结合，带来一种新的工艺方案，可以大大节约生产成本。

在此需要对齿轮轮廓在淬硬后进行重新加工。

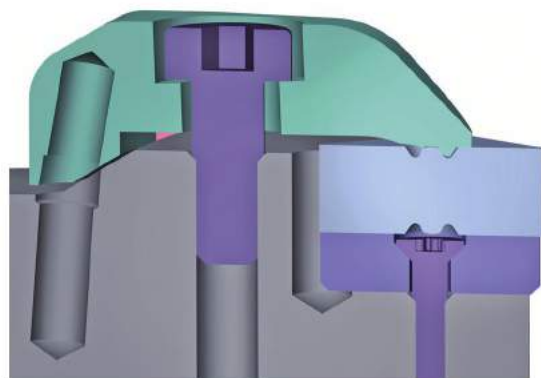


图1 IKS-PRO Mini系统，整体刀片的型面契合内拉夹紧装置

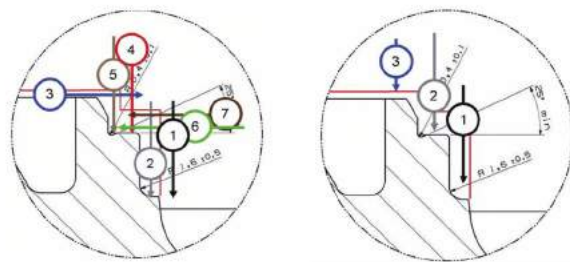


图2 加工齿轮轮廓（包括软硬过渡区域），采用整体刀片（右图）与焊接刀片（左图）的比较

硬区域和软硬过渡区域（32~62HRC）都需要进行加工。除了很大的加工余量，这对刀具材料也带来了更大的挑战。左图是原来的加工方式，即采用普通焊接刀片的传统工艺，完成轮廓加工总共需要七次走刀。现在使用TNGX110412S-S MDO整体刀片和WXM 355涂层，采用新型夹紧系统，可把整个加工工艺优化为仅需三次走刀，加工时间缩短将近40%。整体刀片用到了达4mm的刀刃长度。

## 涂层提高了硬车加工的效率

采用含Si的TiN复合PVD涂层,可以改善陶瓷或CBN等超硬刀具材料在硬钢车削应用领域内的磨损特征。如图3所示,此类涂层可以显著提高刀具的使用寿命。在此针对普通硬钢车削条件,对不带涂层和带涂层的PcBN刀片(WXM355)的磨损进行比较。

如果将典型磨损宽度 $VB=0.15\text{mm}$ 定义为使用极限,则涂层刀片可以达到的有效切削长度增加170%。通过刀刃照片还可以看出,通过减少前刀面月牙洼磨损(硬车时的典型磨损)的产生,刀刃稳定性显著提高。涂层刀片的月牙洼前缘刃口更为坚固,从而有效避免了硬钢车削时由于月牙洼前缘刃口破损而经常导致的刀刃破损现象。这意味着,在采用涂层的超硬切削材料时,硬车工件要求的表面质量和尺寸精度可以保持更长的时间。

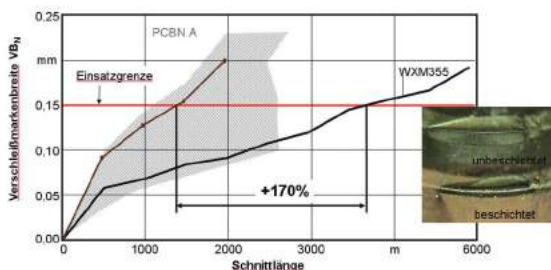


图3 应用于硬钢车削时，带涂层（WXM355）与不带涂层的刃口磨损和刀刃状态比较

硬车加工包含了较大范围的加工任务,对刀具材料的负载有不同的要求。为此,我们将不同的超硬材料基体采用此涂层技术,研发出HD-Line系列新型刀具材料,覆盖了整个范围,从高耐磨性连续切削(WXM155)到高韧性严重断续切削(WXM455),从而使任何一种硬车要求都有最佳刀具材料可供选择。

涂层刀具的高耐磨性能还可以提高加工设备的产能。在图4中,需要加工轮毂的标记区域,硬度为58~62HRC。在保证规定的IT6尺寸精度以及 $Ra < 4\mu\text{m}$ 的表面质量的前提下,通过提高加工速度以增加设备产能。采用WXM255涂层的整体刀片TNGX110416S-S MDO,在保证切削参数 $a_p \times f = 0.2\text{mm} \times 0.16\text{mm}$ 不变的情况下,可将切削速度提高到 $v_c=260\text{m/min}$ 。这样工件的加工时间就比原来

缩短了22%。



图4 在提高切削速度的情况下对硬度为58~62HRC的轮毂进行纵向和端面车削。

以上描述的刀具系统以及整体刀片在轴承加工领域也能发挥优势。对一个硬度最高达到59HRC的轴承环,在软硬过渡区域进行连续的轮廓预车削,需要保证表面质量 $Ra < 0.6\mu\text{m}$ 和高度的工艺稳定性(见图5)。使用IKS-PRO刀具系统和WXM155材质的RNGX060400S-S MDO整体刀片,刀具寿命比原来的晶须陶瓷刀片提高了6倍(切削速度 $v_c=210\text{m/min}$ ,切削深度 $a_p=0.6\text{mm}$ ,进给 $f=0.15\text{mm}$ )。

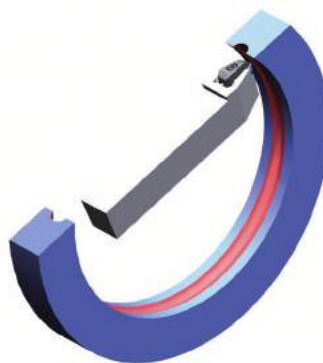


图5 轮廓车削，半精车带软硬过渡区域的轴承环

使用合适的刀杆和刀片材料也可以确保硬钢车削过程中严重断续切削工序的工艺稳定性。图6中的示例为一个硬度为58~62HRC的渗碳钢输出轴的特殊轮廓加工。使用非标刀具可以同时加工外侧和内侧轮廓,切削速度 $v_c=130\text{m/min}$ ,进给 $f=0.10\text{mm}$ ,切削深度 $a_p=0.8\text{mm}$ 。高韧性刀片WXM455可以承受严重断续切削造成的冲击并保证高可靠性。同时刀片寿命比普通CBN刀片提高近2.5倍。



## 广告客户索引

|                                                                              |                         |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 封面: 南京工艺装备制造有限公司<br>Nanjing Technical Equipment Manufacture Co.,Ltd          | 广告号码70                  |
| ..... front Cover                                                            |                         |
| 西门子(中国)有限公司<br>Siemens Ltd., China                                           | 广告号码89                  |
| 山特维克可乐满<br>Sandvik Coromant                                                  | .....inside front cover |
| 中国机床展览会 CMT2013<br>CMT2013                                                   | 广告号码20                  |
| ..... back cover                                                             |                         |
| 哈斯自动数控机械(上海)有限公司<br>HAAS Automation Asia Co., Ltd                            | 广告号码19                  |
| P2武汉重型机床集团有限公司<br>Wuhan Heavy Duty Machine Tool Group Corporation            | 广告号码336                 |
| 北京京城机电控股有限责任公司<br>Beijing Jingcheng Mechanical & Electrical Holding Co.,Ltd. | 广告号码426                 |
| ..... P3                                                                     |                         |
| 海克斯康测量技术(青岛)有限公司<br>Hexagon Metrology-Brown & Sharpe Qingdao, China          | 广告号码101                 |
| 三菱电机<br>Mitsubishi Electric                                                  | .....P4                 |
| 台北国际数控装备暨制造技术展<br>MTDUO                                                      | 广告号码464                 |
| ..... P6                                                                     |                         |
| 约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司<br>Heidenhain                                             | 广告号码41                  |
| 北京凯奇数控设备成套有限公司<br>CATCH                                                      | 广告号码460                 |
| ..... P8                                                                     |                         |
| 北京凯恩帝数控技术有限责任公司<br>Beijing KND CNC Technique Co., Ltd.                       | 广告号码138                 |
| .....P9                                                                      |                         |
| 无锡机床股份有限公司(无锡机床厂)<br>WUXI MACHINE TOOLS CO., LTD.                            | 广告号码466                 |
| 广州数控设备有限公司<br>GSK CNC Equipment Co., Ltd.                                    | 广告号码P10                 |
| ..... P11                                                                    |                         |
| 济南二机床集团有限公司<br>Jinan No.2 Machine Tool Group Co. Ltd.                        | 广告号码100                 |
| .....P12                                                                     |                         |
| 山东法因数控机械股份有限公司<br>Shandong Fin CNC Machine                                   | 广告号码38                  |
| ..... P13                                                                    |                         |
| 北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司<br>Agie Charmilles                                         | 广告号码24                  |
| ..... P14                                                                    |                         |
| 四川长征机床集团有限公司<br>Sichuan Changzheng Machine Tool Group Co., Ltd               | 广告号码337                 |
| 南通斯维特精密机械有限公司<br>Nantong Swift Precision Machinery Co., Ltd.                 | 广告号码15                  |
| .....P16/17                                                                  |                         |

## Advertisers' Index

|                                                                               |         |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 郑州市钻石精密制造有限公司<br>Zhengzhou Diamond Precision Manufacturing Co., Ltd.          | 广告号码486 |
| .....P18                                                                      |         |
| 洛阳鸿元轴承科技有限公司<br>Luoyang Hongyuan Bearing Technology Co.,Ltd                   | 广告号码28  |
| ..... P19                                                                     |         |
| 江苏新瑞重工科技有限公司<br>Shinri                                                        | 广告号码264 |
| ..... P20                                                                     |         |
| P21保定向阳航空精密机械有限公司<br>Baoding Xiangyang Aviation Precision Machinery Co., Ltd. | 广告号码34  |
| ..... P21                                                                     |         |
| 武汉华中数控股份有限公司<br>Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd                     | 广告号码90  |
| ..... P22                                                                     |         |
| 深圳大族彼岸数字控制软件技术有限公司<br>HAN SPA                                                 | 广告号码476 |
| ..... P23                                                                     |         |
| 河北博纳机床附件制造有限公司<br>Hebei Bona Machine Tool Accessories Manufacturing Co., Ltd  | 广告号码46  |
| ..... P24                                                                     |         |
| 品牌整版<br>China Famous Brands of Machine Tools & Tools                          | 广告号码29  |
| .....P25                                                                      |         |
| P27北京北一数控机床有限责任公司<br>Beijing Beiyi CNC Machine Tool Co.,Ltd                   | 广告号码47  |
| ..... P27                                                                     |         |
| 上银科技有限公司<br>Hiwin Technologies Corp.                                          | 广告号码398 |
| .....P28                                                                      |         |
| P29重庆机床(集团)有限责任公司<br>Chongqing Machine Tool (Group) Co.,Ltd                   | 广告号码128 |
| .....P29                                                                      |         |
| 天津一机床总厂<br>Tianjin No.1 Machine Tool Works                                    | 广告号码88  |
| ..... P31                                                                     |         |
| 沈阳机床(集团)有限责任公司<br>Shenyang Machine Tool (Group) Co. Ltd.                      | 广告号码36  |
| .....P32                                                                      |         |
| 斯达拉格海科特(上海)商贸有限公司<br>Strarrage Group                                          | 广告号码149 |
| .....P117                                                                     |         |
| 瑞士斯芬克斯公司<br>SPHINX                                                            | 广告号码165 |
| .....P120                                                                     |         |
| 品牌半版+WMEM<br>China Famous Brands of Machine Tools & Tools                     | 广告号码29  |
| .....P121                                                                     |         |
| 第十五届中国国际模具技术和设备展览会<br>Die & Mould China (DMC 2013)                            | 广告号码338 |
| ..... P122                                                                    |         |
| 重庆立嘉展<br>Exhibition of LiJia International Machine Tool                       | 广告号码331 |
| .....P123                                                                     |         |
| 深圳市南护群山胶木有限责任公司<br>NANHUNQUANSHAN                                             | 广告号码422 |
| .....P124                                                                     |         |

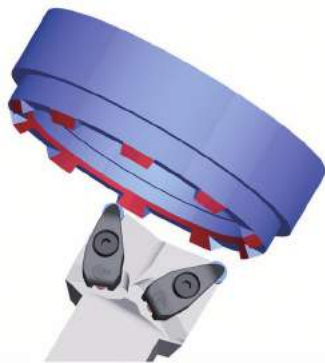


图6 车削硬度为58~62HRC的输出轴,严重断续切削

## 结论

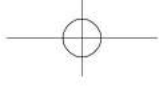
整体刀片和牢固的夹紧系统相结合,可以实现

硬钢工件的新型加工方案。在大批量生产时可以显著缩短加工时间,延长使用寿命,从而提高经济效益。在工艺设计过程中采用这些加工方案,可以缩短工艺链和扩大产能,降低生产成本。

新的涂层技术还可以提高硬钢车削加工的切削速度。刀具的耐磨性与不带涂层的刀具相比更高,加工过程中刀刃不易崩裂或破损,从而显著提高加工稳定性。

除了典型的硬车工件以外,对于车削硬的大型工件,严重断续切削和软硬过渡加工的案例,该系列刀具都有独特的优势。基于陶瓷或CBN的涂层整体刀片,配合相应的刀具系统,能确保最佳的经济效益和最稳定的加工过程,尤其针对具有上述特征的工件。□





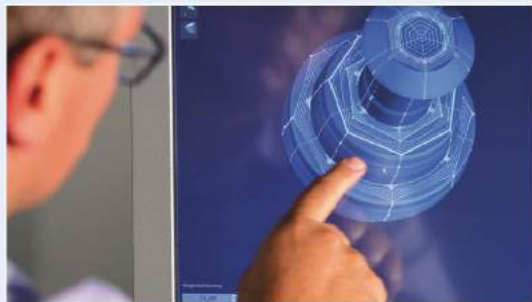
# 成功的测量

## The measure of success

ZOLLER公司



ZOLLER 将创新技术与便于扣作有合的国际通用软件



可以控制振动的回转对称刀具的3D模型



简化了外表面加工工件时的刀具管理与制造组织工作

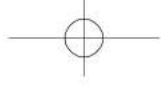
质量、精度、可靠性辅之以给人强烈震感的效率和经济性。基地位于德国Pleidelsheim 的E. Zoller公司将技术创新与易操作性有机结合在一起，开发出了新型测量软件，可预先设定测量机，用于各种切削刀具的测量、检验和管理。ZOLLER是一家企业，迄今已历经三代。在德国，ZOLLER以其产品质量始终如一和精度高而著称。

在包括检测与测量技术的工业界，用户一直在寻找一种以直观操作并能获得微米级测量精度的图形界面。在刀具测量技术领域，E. Zoller公司在技术创新方面处于领先地位，他们智能软件的主题与易操作性是同等重要。pilot 3.0版软件及其刀具管理软件 提供了一种包括Zoller 图象处理技术的强大的模块化软件系统。用户友好、快速成组和可直接访问如切削刃检测等多种功能、图形式用户界面或动态十字线都是Zoller 菜单的重要特点。此外，它还能直接访问精心配置的适配器，进行刀具管理和零点监控。

Zoller软件是为刀具预调、检测和管理方面用户开发的，而不是为工程技术人员。Zoller是这个领域中唯一一家能够提供利用用户界面就可以完成复杂测量工作软件的企业。这是Zoller公司自成立之初一直遵循的原则。 Zoller还在进一步开发其软件，以实现达到 $\mu$ 级精度的金切刀具全自动检测、测量和管理。

在技术方面：这不仅外观和操作方面是独特的，而且更多的特点是体现在功能方面。在同样的测量设备上应用pilot 3.0软件，Zoller 可提供工件加工的TMS（刀具管理解决方案），这不仅可以简化刀具管理，而且能简化排序系统。软件的统计功能、库存管理和料库定位的可视化图像功能，可以如同机床与附件管理一样减轻工作量，数据输入、输出采用XML格式并可提供换刀清单等。

在生产中，大多是直接采用测量机软件。尽管这项工作是



制造过程中的一个非常重要的环节，但在实际工作中，做这项工作的通常是一些半熟练人员，有时甚至临时找人操作。换言之，也就是他们不是能够实施这类作业的专业测量人员。对于Zoller公司的专家和工程师，这一直是一项重大挑战，但该公司的研发部门总是可以满足任何用户需求。Zoller宣称，无论是在采用不同代码介质的刀具识别、电子设备、无误差数据传输、采用附带入射光摄像机的非接触中心高测量，还是数据输出到用户机床控制系统的界面，公司均处于领先地位。

### 150人多年研发的成果

pilot 3.0软件代表了公司150人集多年开发、实践、销售和维修服务经验的成果。人机对话的科技内涵是Zoller “pilot 3.0”独特之处。非常可靠的设计，强调简化方位校正和易于目测这些元素对用户是非常重要的。Zoller 奉行高质量和人机工程学宗旨开发软件，精心设计的3D元素和极具生命力的目标进一步加强了这种效果。这一点在程序上也得到充分体现。可编辑的检测协议“apus”、图纸生成软件“sinope”或自动切削检测程序“a.e.c”，可通过入射光下自动生成的几个刀刃图像进行刀具检测。Zoller 还制定了全新标准，利用完整的半说明性“elefant”软件，自动搜索刀具切削刃，无需输入任何数据就可以对标准刀具进行检测。这种方法适用于任何人员，而无需前期的知识积累。

3D扫描并自动生成可控制振动的回转体对称刀具的图纸和3D模型，并可利用零点修正——应用自动零点控制。Zoller 制定了刀具监控和管理的国际标准，对“pilot 3.0”持续不断的深入开发，不断完善及以用户为中心的宗旨，已使这一软件成为这一领域中的极品。当然，不仅仅是软件本身，性能和质量最好的软件和硬件要有机结合才能取得成功。

### “Venturion”：高等级模块化

新一代venturion刀具预调仪和测量机交人机工程与最大柔性有机结合在一起。在满足用户有要求方面，venturion拥有最佳结构和独特的设计，可满足用户生产过程中所需要的任何特殊要求。因此，新一代Venturion提供了全新的模块化理念。这足以证明全新的宜人化结构与高智能化、用户友好的pilot 3.0软件的完美搭配。

### genius 3:通用刀具测量机

genius 3是一种通用型金切刀具测量机。从各种关键数据的实验到完成全部测量全部都是自动化进行，也就是说：操作人员可以独自



Venturion刀具测量机将人机工程与最大柔性完美结合在一起



新一代venturion刀具测量机创造性的设计提出了一种全新的模块化理念



genius 3: 创新技术与人机工程学的有机结合，采用CNC控制、可调的3D CCD照相机和LED光源





## 欧洲生产工程 epe

检测各种刀具，快速、简便而且精确。最后，只需按下按钮便可将详细的检测结果和文件传送到刀具磨床。

它可检测包括误差上限和下限的多种刀具特征，可以根据上次测量结果自动确定绝对和增量基准点。pilot 3.0软件可以使genius 3将被检件放大500倍，用于刀具的视觉检查并可提供全部支持文件和检测报告。

该机具备适用于任何操作人员或工作小组的用户管理功能控制。利用五轴CNC控制装置可处理2D和3D图像，“genius 3”可检测整个刀具轮廓和全部几何参数，例如间隙角度、前角、后角和中心孔直径等。除标配接口外，用户还可选用选配接口，用于刀具存放选项或将检测结果通过网络系统直接发送到CNC刀具磨床控制系统。以用户为中心，genius 3 CNC刀具测量仪还配置了远程维护功能，可以实现及时的在线支持和技术培训。

这就是ZOLLER立于不败之地的关键，“genius 3”与“pilot 3.0”的完美结合的确使用户节省了人力。

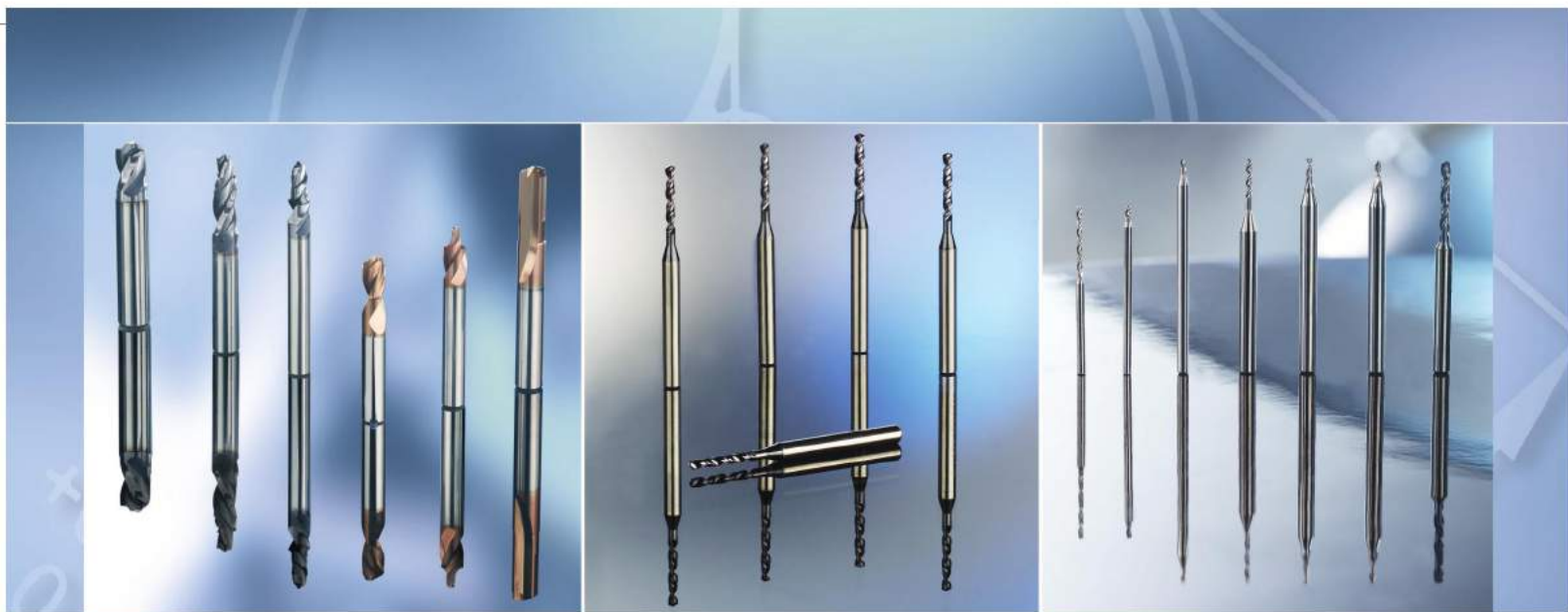
Zoller公司所有产品的研发、设计和制造全部都是在德国本土完成的。在刀具检测技术领域，Zoller公司始终处于领先地位。

### 公司简介

1945年阿尔弗雷德·卓勒在德国创建了ZOLLER公司，现在的ZOLLER公司是它的第三代，在全世界有设有多家分公司。自1968年起，全世界已经配置有数量超过18,000台的ZOLLER生产的刀具预调仪和测量设备。

ZOLLER提供刀具预调仪、刀具检测设备并全部配置有软件和检视系统，为刀具和加热缩紧刀具提供快速、简便、精确的测量。

[www.zoller.info](http://www.zoller.info) □



## 确立精度标准之处

索取资料请将号码165填入读者服务卡

Sphinx Tools Ltd.  
Gewerbestrasse 1  
CH-4552 Derendingen · 瑞士

电话: +41 32 671 21 00  
传真: +41 32 671 21 11  
网址: [www.sphinx-tools.ch](http://www.sphinx-tools.ch)

**SPHINX**  
瑞士制造工具  
瑞士制造工具

