

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.1 2021
2021年2月
February 2021

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
电子邮箱: wmem@cmtba.org.cn

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷

主任: 毛予锋

副主任: 王黎明 郭长城

编委:

龙兴元 张志刚 杜琢玉 何敏佳 王旭 王俊峰
王焕卫 闫宁 关锡友 芦华 李屏 李金泉
李保民 杨平 吴日 吴国兴 冷志斌 张明智
张波 陈吉红 姜华 黄正华 商宏谟 蔚飞
魏华亮

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 邹春生 张自凯 崔瑞奇 徐刚 张新龙
赵博 李志宏 桂林 汪爱清 王跃宏 张国斌
初福春 王翔远 刘庆乐 王兴麟 边海燕 董华根
胡红兵 武平 肖明 陈长江

总编辑: 李华翔

责任编辑: 梅峰

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

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京久佳印刷有限责任公司

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

2021年第1期(总第172期)

WMEM世界制造技术与装备市场

贺词 Greeting

- 10 新格局·高质量与创新 何敏佳
New pattern · high quality and innovation
- 11 强基础·调结构·开新局 毛予锋
Strengthen the foundation, adjust the structure, and open a new situation

资讯 News

- 13 济二双摆角铣头国家项目通过终验收等6则消息
The national development project of the bi-rotary milling head completed by JIER company has passed the final acceptance.etc.6 news

特别报道 Special Report

- 15 2020年中国机床工具行业要闻回顾 机床协会
Review of key news of China's machine tool industry in 2020
- 17 NC-Link标准: 助力机床行业数字化转型升级
——数控系统分会2020年理事扩大会议及NC-Link标准宣贯大会成功召开 李华翔
Report on the Expanded Council Meeting of CNC System Branch in 2020 and the Publicity and Implementation Conference of NC-LINK Standard

专题综述 Topical Review

- 20 世界各国再工业化战略与全球机床市场分析 机床协会
The reindustrialization strategy of some countries in the world and the analysis of global machine tool market
- 27 数控机床整机动态特性测量技术及其应用
项目1: 数控机床动力学设计缺陷定位技术研究 李郝林等
Research on Dynamic Design Defect Localization Technology of NC Machine Tools
- 33 NC-Link标准及其应用案例 路松峰
NC-LINK standard and its application cases
- 37 数控机床行业现状与转型探索 肖勇
Development status of CNC machine tool industry and its transformation exploration

产销市场 Production & Market

- 40 2020年机床工具行业经济运行情况分析 机床协会
Analysis of economic operation of machine tool industry in 2020

编者的话

走过不平凡的2020年，我们又迎来了充满希望的一年。过去一年，我国疫情防控取得成功，同时也是全球唯一实现经济正增长的主要经济体，未来经济恢复和增长势头明显，机床消费市场将迎来企稳回升趋势，在中国举办的各类国际性的行业展会也更加令人期待。

第十七届中国国际机床展览会（CIMT2021）计划将于2021年4月12~17日在北京举办。该届展会将成为受疫情影响国际知名机床展停办后，首先恢复的国际机床工具展览盛会。预计将有来自境内外28个国家和地区的1700家展商参展，展位面积达13.5万平方米。本届展会将集中展示全球机床工具的最新展品与技术，促进展会各方的交流与合作。作为展会的主办方，中国机床工具工业协会诚挚地邀请业内人士光临展会。

为方便广大读者提前了解展会相关信息，本期我们在“展会信息”栏目中，用较大篇幅介绍CIMT2021部分展品。同时在“产品推介”栏目中，集中简要介绍由中国机床工具工业协会评选出的2019年度“自主创新”和“产品质量”十佳产品，并在“研发与应用”栏目中，刊登部分获奖产品的研发与应用情况。届时这些获奖产品的集中展示也将是今年展会的一大亮点。

展望未来，在国家大力提倡高质量发展的大背景下，作为“十四五”规划开局之年，2021年值得期待。与此同时，但我们也应该清醒地意识到行业未来发展之路不会一帆风顺。面对外部经济环境的各种不确定因素，历经多年转型升级历练的广大机床工具企业更需要定力，克服浮躁情绪，坚定走“专、精、特”的发展路线，注重研发和新技术的应用，努力挖掘客户需求，不断满足市场快速提升的需求。唯有如此，企业方能行稳致远，基业长青。

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

本刊已许可中国学术期刊（光盘版）电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

HIWIN® 上银®

工业4.0 优质伙伴

直线导轨

- ◆ 定位精度高且磨损少
- ◆ 适用高速运动且大幅降低机床所需驱动马力
- ◆ 可同时承受上下左右方向的负荷

滚珠花键

- ◆ 螺帽与支撑轴承一体化结构
- ◆ 油路优化设计，改善润滑效果
- ◆ 可传递扭矩能力

滚珠丝杠

- ◆ 低摩擦力及高运转效率
- ◆ 导程精度高
- ◆ 零背隙及高刚性

单轴机器人

- ◆ 高精度、高刚性
- ◆ 快速安装
- ◆ 单轴可组合成多轴使用
- ◆ 有效行程100-2000mm

上银科技(中国)有限公司
 HIWIN TECHNOLOGIES (CHINA) CORP.
 江苏省苏州市苏州工业园区夏庄路2号
 Tel: (0512) 8068-5599
 Fax: (0512) 8068-9858
 www.hiwin.cn
 business@hiwin.cn



扫一扫
关注上银

全球营运总部
上银科技股份有限公司
 HIWIN TECHNOLOGIES CORP.
 www.hiwin.tw
 business@hiwin.tw

关系企业
大银微系统股份有限公司
 HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
 www.hiwinmikro.tw
 business@hiwinmikro.tw

HIWIN中国专属经销商

天津龙创恒盛实业有限公司
Tel: (022) 2742-0909

深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558

昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

江苏台银机电股份有限公司
Tel: (021) 5480-7108

上海玖钰机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809

上海诺银机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296

全球销售暨服务据点

德国 www.hiwin.de	日本 www.hiwin.co.jp	美国 www.hiwin.com	意大利 www.hiwin.it	瑞士 www.hiwin.ch
捷克 www.hiwin.cz	法国 www.hiwin.fr	新加坡 www.hiwin.sg	韩国 www.hiwin.kr	以色列 www.mega-fabs.com

广告

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

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: **CMTBA**
**Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique**

Edit-Committee Consultants: WU Bai-lin, YU Cheng-ting

President of E-C: MAO Yu-feng

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
GUO Chang-cheng

Committeemen:

LONG Xing-yuan, ZHANG Zhi-gang, DU Zhuo-yu,
HE Min-jia, WANG Xu, WANG Jun-feng, WANG
Huan-wei, YAN Ning, GUAN Xi-you, LU Hua, LI Ping,
LI Jin-quan, LI Bao-min, YANG Ping, WU Ri, WU
Guo-xing, LENG Zhi-bin, ZHANG Ming-zhi, ZHANG
Bo, CHEN Ji-hong, JIANG Hua, HUANG Zheng-
hua, SHANG Hong-mo, YU Fei, WEI Hua-liang

Specially Invited Committeemen:

LIU Yu-ling, LI Xian-guang, JIANG Huan-sheng, LI
Wei-qian, YU De-hai, LIU Chun-shi, LI Xian-kai, ZOU
Chun-shen, ZHANG Zi-kai, CUI Rui-qi, XU Gang,
ZHANG Xin-long, ZHAO Bo, LI Zhi-hong, GUI Lin,
WANG Ai-qing, WANG Yue-hong, ZHANG Guo-
bin, CHU Fu-chun, WANG Ming-yuan, LIU Qing-le,
WANG Xing-lin, BIAN Hai-yan, DONG Hua-gen, HU
Hong-bing, WU Ping, XIAO Ming, CHEN Chang-jiang

Chief-Editor: Li Huaxiang

Executive Editor: Mei Feng

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

Add:11F-B,No.540,Sec.1,Wen Hsin Rd., Taichung, Taiwan

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

展会信息 Exhibition Information

- 45 CIMT2021展品预览(1) 机床协会传媒部
Exhibits Preview at CIMT2021 (1)

研发与应用 Research & Application

- 59 华中8型数控系统的研发与应用 华中数控
Development and application of HUAZHONG Model 8 CNC System
63 VMC850L系列立式加工中心的研发与应用 曹凌小川 李琴
Development and application of VMC850L series vertical machining center
66 DGZ-60E滚珠高速电主轴的研发与应用 昊志机电
Development and application of DGZ-60E High Speed Ball motorized spindle
68 KGHM2040UD系列产品的研发与应用 科德数控
Development and application of KGHM2040UD series machine tools

产品与技术 Products & Technology

- 71 油电混合数控折弯机的技术发展及应用 李振光等
Technology development and application of oil-electric hybrid type CNC bending
machine
73 汽车内外饰验证台架设计与开发 杨兴等
Design and development of a bench for automotive interior and exterior trim
verification
77 锻压机械电气功能安全的设计方法 邵光存
Design method for safety of electrical function of forging machinery
79 轻量化连接设备之自冲铆接设备 付岩
Self-punching riveting equipment for automotive lightweight connection

产品推介 Product Promotion

- 82 聚焦国产精品, 推动行业进步
——2019年度“自主创新”和“产品质量”十佳产品介绍 机床协会行业部
Introduction of the top ten products of "independent innovation" and "product
quality" in the machine tool industry in 2019

品牌故事 Brand Story

- 96 浅谈日本著名机床厂——马扎克 祝贺 陈洪军
A brief talk about MAZAK, one of the famous machine tool factories in Japan
消息 (12、70)



中国机床工具工业协会当值理事长
广州数控设备有限公司董事长 何敏佳

新格局 · 高质量与创新

走过不平凡的2020年，我们迎来了充满期待的2021，同时开启了国家建设的“十四五”规划开局之年。作为国家重要支撑产业机床工具行业的从业者，我们必须首先认清国家新的建设规划对我们提出的新要求，进而引导行业企业积极融入迈向高质量发展和持续创新的新格局。

为此，我们应努力做好以下几件事：

抓好机床行业创新：积极参与国家科技、研发创新体系建设，助力国家实施关键核心技术攻关工程，力争在机床工具行业的关键共性技术、基础零部件、基础制造工艺、关键基础材料、科技创新管理等方面取得新的重要突破。

用好现有科技成果：着力组织研究如何更好地利用行业现有的技术成果，比如：智能控制、微观工程、直线电机、直驱电机、传感器、运动控制等，开发出更多重点领域急需的高性能、高端数控机床。

抓好行业质量建设：着力抓好行业团体标准的建设

及相关组织管理工作，注重工艺标准、作业标准的建立与管理，完善对不达标机床产品的流通监管机制，培育一批优质规模企业及专精特新企业，共同推进全行业的高质量发展。

精准把握用户需求：倡导全行业深度研究用户工艺，精准把握用户需求，以需求为导向进行设计和研发，并更加注重用户参与和系统思考，坚持发挥环保与绿色设计理念，注重产品的人机工程学研究。

努力推广细致服务：广州数控正在致力于进行“人机工程”服务，即服务人员与设备一起到用户现场开展“月嫂陪产”式的试产试用服务，在试产过程中及时发现问题、解决问题，确保最终达到用户满意，以便培育更长久的供需良好合作关系。

在此，我们号召机床工具行业全体同仁，做深、做细、做好自己的事情，共同打造中国机床工具行业产品质量、服务更细致的企业形象！□



强基础 · 调结构 · 开新局

挥别2020，我们即将迎来2021年的第一缕阳光。在这百年变局、辞旧迎新的时代，我谨代表中国机床工具工业协会常设机构，向广大会员、行业企业的全体人员致以节日的问候和诚挚的祝福！向所有关心、支持我国机床工具产业发展的各级领导和社会各界人士表示衷心的感谢！

2020年对于全世界都是充满变数和挑战的一年，我们遭遇了全球性的新冠肺炎疫情，这进一步加剧了全球政治、经济和产业发展的不确定性，各方面形势变化前所未有、无史可鉴。这对世界经济、贸易、产业链供应链都造成了严重的冲击。在疫情刚刚爆发后，部分行业企业积极介入防疫设备及零部件的生产，为抗疫工作做出了突出贡献，显示了行业担当。2020年也是我国“十三五”规划收官和“十四五”规划谋划之年，2021年是中国现代化建设进程中具有特殊重要性的一年，将迎接建党100周年。值此重要时刻，如何研判当前形势，抓住机遇、化解风险，实现企业稳健成长，推动行业高质量发展，一直是协会的

首要关注和工作核心。

2020年初以来，协会汇聚行业智慧，组织精干力量，克服疫情带来的种种困难，组织编制了《机床工具行业“十四五”发展规划纲要》，立足当前形势和国家战略发展需要，对标国际一流产业，按照目标导向和问题导向的原则，找问题、定目标、布任务、提建议，提出一揽子促进机床工具行业高质量发展的战略性建议，以期能形成行业内外的发展共识与合力，共同推动机床工具行业产业基础高级化和产业链现代化目标的实现。在政府有关部门的大力支持下，在行业同仁的共同努力下，行业“十四五”发展规划纲要已完成编制和征求意见，2021年初将向行业适时发布。

“十三五”期间尤其是2011年以来，中国机床工具消费市场总体呈现“需求总量从历史高位回落、需求结构变化明显、需求水平加速升级”的基本特点，全行业积极面对需求变化的基本态势和挑战，积极作为，出现一批成

长性好的企业，部分新产品、新技术成果在应用领域得到推广应用，部分高端产品取得突破，伴随着的是行业发展格局深度调整，企业分化进一步演进，产业集聚进一步显化、区域特色鲜明。另一方面，外资进一步布局中国市场，“专精特新”民营企业不断涌现，企业间的竞争加剧，部分企业经营起伏较大。同时也要看到，全行业用于发展的投入还很不足，全行业创新体系和创新能力方面也存在体制机制性短板，产业基础急需强化和升级。为实现全行业高质量发展，解决产业结构性问题，“十四五”期间行业应进行系统和深入的研究，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，发挥新型举国体制优势，在强化战略科技力量和增强产业链供应链自主可控能力等方面综合施策，重点从加强人才培养、完善创新体系、深度融合信息技术（行业IIoT）、产品品质升级、加强产业发展研究、搭建交流服务平台等六个方面入手，实现强基础、调结构、开新局。

第十七届中国国际机床展览会（CIMT2021）将于

2021年4月12~17日在北京举办。该届展会将成为受疫情影响国际知名机床展停办后，首先恢复的国际机床工具展览盛会。这得益于我国疫情防控取得的胜利成果，以及中国是2020年全球唯一实现经济正增长的主要经济体，未来中国经济恢复和增长势头十分明显，机床消费市场将迎来企稳回升趋势。预计将有来自境内外28个国家和地区的1700家展商参展，展位面积达13.5万平方米。作为展会的主办方，中国机床工具工业协会将热忱地为与会人士提供全方位周到细致的服务，并诚挚地邀请业内外人士光临展会，共开新局、共话未来。

新的一年，中国机床工具工业协会将继续以维护全行业共同利益、服务行业发展为宗旨，“提供服务、反映诉求、规范行为”，在政府、国内外同行业企业和用户之间发挥桥梁、纽带作用，推进探索行业发展战略路径与凝聚行业共识的工作，积极回应政府、行业 and 用户等各方关切，体现行业组织的责任与担当，推动行业的高质量发展。□

资讯

2020年我国造船三大指标保持世界领先

三大造船指标：2020年1-12月，我国造船完工量3853万载重吨，同比增长4.9%，其中海船为1082万修正总吨；新承接船舶订单量2893万载重吨，同比下降0.5%，其中海船为969万修正总吨。截至2020年12月底，手持船舶订单量7111万载重吨，同比下降12.9%，其中海船为2502万修正总吨，出口船舶占总量的91.7%。

国际市场份额：2020年，我国造船三大指标国际市场份额以载重吨计和修正总吨计都保持世界领先，造船完工量、新接订单量、手持订单量以载重吨计分别占世界总量的43.1%、48.8%和44.7%。

产业集中度：2020年，我国造船产业集中度保持在较高水平，造船完工量前10家企业占全国70.6%，新接船舶订单前10家企业占全国74.2%，手持船舶订单前10家企业占全国68%。

2020年世界造船三大指标市场份额

指标/国家		世界	韩国	日本	中国
造船完工量	万载重吨/占比	8944 100.0%	2440 27.3%	2258 25.2%	3853 43.1%
	万修正总吨/占比	2993 100.0%	883 29.5%	631 21.1%	1082 36.2%
新接订单量	万载重吨/占比	5933 100.0%	2454 41.4%	416 7.0%	2893 48.8%
	万修正总吨/占比	2210 100.0%	854 38.6%	145 6.6%	969 43.9%
手持订单量	万载重吨/占比	15891 100.0%	5393 33.9%	2744 17.3%	7111 44.7%
	万修正总吨/占比	6993 100.0%	2228 31.9%	831 11.9%	2502 35.8%

注：此表世界数据来源于克拉克松研究公司，并根据中国的统计数据进行了修正。

济二双摆角铣头国家项目通过终验收

近日，由济南二机床集团有限公司牵头承担的国家重大专项项目——“数控机床双摆角铣头关键技术研究及应用示范”，在陕西汉中顺利通过综合绩效评价和档案终验收。

据悉，这是济南二机床通过验收的第12个国家科技重大专项项目。项目于2018年启动，历时3年时间，攻克了双摆角铣头系列化、关键零件制造、静/动态精度调整、补偿及性能优化、与国产数控系统匹配以及可靠性验证等一系列关键技术，完成了重点领域用户40台套产品的示范应用。



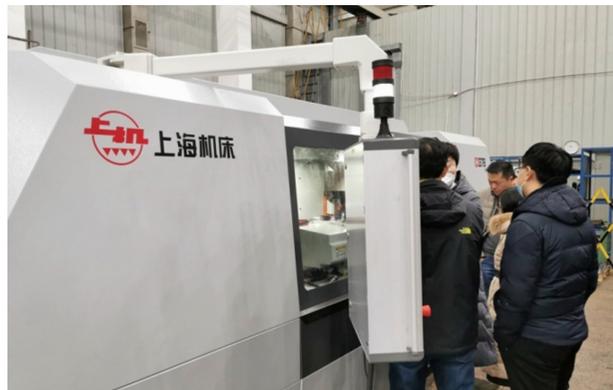
该项目也是济南二机床在国家科技重大专项助推下，多年潜心研发、实现重要突破的标志性成果。核心功能部件技术复杂，研发周期长，难度大，风险高。为此，济南二机床十几年如一日坚持自主研发，逐步形成系列化、批量化应用。自主研发的双摆角五轴联动数控机床在高精、高速、高效和高可靠性方面取得了质的提升，可满足用户不同工艺的加工要求，具备了与国外同行同台竞技的实力。近年来，济南二机床连续赢得批量订货，为国民经济和重点领域提供了关键装备支持。

上机复合磨削中心国家科技重大项目通过验收

近日，由上海机床厂有限公司牵头，北京第二机床厂有限公司、上海交通大学、上海大学、武汉华中数控股份有限公司、南京工艺装备制造有限公司、无锡机床股份有限公司等单位参与承担的国家重大专项项目——“精密轴系零件加工用复合磨削中心关键技术研究与应用”，在上海顺利通过综合绩效评价验收。

该项目于2016年启动，攻克了精密复合磨削中心整机设计技术、基于复合加工功能的B轴回转分度装置结构设计技术、B轴精密分度与重复定位技术、高性能头尾架设

计技术、复合磨削工艺软件技术、批量化生产的整机性能稳定技术、国产关键功能部件及数控系统的适用性与可靠性等关键技术，完成了在上海机床厂有限公司和无锡机床股份有限公司的应用示范。



上机的复合磨削中心具有自主知识产权，拥有多项核心关键技术，具有市场应用价值，课题成果被认定为上海市高新技术成果转化项目。该机作为平台性产品，技术辐射性强，带动了公司磨床产品的技术升级发展；工艺性、智能化功能有了明显提升，极大提高了使用性能，提升了市场竞争力。

合锻智能获评2020中国智能制造十大科技进展

2020年11月26日上午，2020世界智能制造大会开幕。大会聚焦全球智能制造领域的最新动态和前沿技术，探讨智能制造新图景，培育经济发展新动能，引领全球产业新发展。

开幕式上，中国科协智能制造学会联合体秘书长、中国机械工程学会常务副理事长张彦敏发布了“2020世界智能制造十大科技进展”、“2020中国智能制造十大科技进展”。充分展示工业软件、智能制造平台与系统集成、机器人、高档数控机床、增材制造装备、智能成套装备等方面的最新技术成果，多维度展示制造业数字化、网络化、智能化发展的解决方案和应用范例。

合锻智能公司《智能液压成形成套装备协同控制与运维保障关键技术》入选2020中国智能制造十大科技进展。公司董事长严建文教授在当天举行的智能制造科技进展论坛专题报告中强调：“合锻智能研制的新一代适应多工况需求、多品种制造、精准运维服务的系列化液压成形成套装备及服务系统，突破液压成形成套装备精密耦合控制技术，智能协同优化技术，云一边运维保障

技术，为航天装备关键部件的高效精密成形加工及精准运维提供了保障”。（合锻智能）

与用户合作 重达150t的异型环锻件研制成功



近日，由机械总院集团北京机电所有限公司与伊莱特能源装备股份有限公司共同研发的重达150t、直径7600mm的3500kJ大型海洋液压打桩锤用替打环锻件，在济南轧制成功。该工艺技术的突破，刷新了世界异形截面环锻件轧制的纪录，标志着我国超大规模异形环锻件制造技术走在国际前列。该替打环锻件是大型海洋液压打桩锤的关键部件之一，将用于国内自主研发的3500kJ超大型海洋液压打桩锤，其成功制造是我国在大型锻件近净成形领域的重要探索。

传统替打环在万吨级压机上用自由锻方法锻造，内外部质量不稳定、制造成本居高不下，且生产周期长。为解决这一难题，机电所与伊莱特能源合作，利用其16m重型数控轧环机装备，通过超纯净钢的冶炼、锻造轧制成形过程的数值仿真、大型胎膜锻制轧环坯、异形轧辊及轧制工艺设计等综合技术的应用，成功轧制出3500kJ大型海洋液压打桩锤用替打环。与传统的自由锻工艺相比，其尺寸精度更高、加工余量更少、机械性能更优，经济社会效益显著。

舒勒ECOFORM可持续成形解决方案

随着技术的发展，客户想要在节约能耗与资源的同时实现产能提升已不再是件难事。解决问题的答案便是：ECOFORM。

ECOFORM 是一项开创性的项目，它将创新、可持续性以及效率进行了完美结合。ECOFORM 能够帮助我们降

低装配、系统解决方案以及成形工艺所需的能耗。同时，ECOFORM 可持续性项目也为未来冲压车间的发展奠定了基础。

ECOFORM能够提供：①冲压车间能耗分析。通过测量能耗需求、评估结果与实际效能，能够计算出客户潜在的成本节约量；②使用节能型部件。借助具有极大节能潜力的新型部件提升效率。使用能耗优化过的零部件替换独立部件与组件；③创新型系统解决方案。利用智能能源回收与启动/停机和待机系统等超越系统与工艺层级的解决方案，根据需求提供驱动力，实现优化；④智能控制解决方案。通过创新型测量系统、实时评估以及数据与软件解决方案为能源优化工艺提供 24 小时全天候的监测；⑤实用咨询。提供经济效率分析、工艺选择建议、解决方案和资金项目等的相关咨询。（舒勒中国）

科德数控IPO过会 首发上市获通过

上海证券报中国证券网消息，1月26日晚间，上交所披露科创板上市委2021年第10次上市委审议会议结果公告，科德数控股份有限公司（下称“科德数控”）首发上市获通过。

科德数控是从事高端五轴联动数控机床及其关键功能部件、高档数控系统的研发、生产、销售及服务的高新技术企业，主要产品为系列化五轴立式（含车铣）、五轴卧式（含车铣）、五轴龙门、五轴卧式铣车复合加工中心和五轴磨削、五轴叶片专用机床，以及服务于高端数控机床的高档数控系统、伺服驱动装置、系列化电机、系列化传感产品、电主轴、铣头、转台等。

根据招股书，科德数控此次拟发行股票不超过2268万股，拟募集资金9.76亿元，主要用于投资建设面向航空航天高档五轴数控机床产业化能力提升工程项目、航空航天典型部件加工方案设计验证平台项目、新一代智能化五轴数控系统及关键功能部件研发项目和补充营运资金。

未来，科德数控将在现有产品系列基础上，融合特种加工、高效加工工艺，完善高低配产品系列，完成研发、生产、服务及人才的全面布局。在保持已有中小航空发动机市场优势的基础上，提高在大型发动机、飞机结构件、导弹弹体关键零部件加工装备领域的市场份额；针对汽车、模具、刀具、5G领域的加工装备需求逐步发力，扩大公司在民品市场的份额；关注电动汽车、运动控制等领域的新兴市场需求，实现关键功能部件的销售延伸，打造收入增长的新动能。

1. 机床工具企业积极抗击疫情

2020年1月23日以后，新冠疫情在湖北迅速蔓延，并快速波及全国。身处武汉重灾区的华中数控股份有限公司迅速响应，生产大量智能体温检测系统并快速投入使用，为疫情防控筑起有效屏障。身在武汉的武重集团也紧急参与火神山医院建设，承担焊接医用氧气输送管道的施工任务。同时，作为国家基础性、战略性产业，机床工具行业企业积极行动起来，在最短时间内完成技术攻关，投入防疫设备及其零部件的生产，有力缓解了防疫物资供应的紧张局面，为打赢疫情防控阻击战做出重要贡献。

2. 疫情后生产经营持续回暖，市场需求好于预期

2020年初暴发的新冠疫情深刻影响着我国经济社会的正常运行，也对机床工具行业带来前所未有的冲击。党和国家及时采取果断有力措施，全国范围内疫情迅速得到控制，企业逐步复工复产，机床工具行业生产经营逐月走上正轨。根据国家统计局数据，机床工具行业2020年1-8月实现利润总额同比增长6.7%，年内首次由同比下降转为增长。中国机床工具工业协会重点联系企业2020年1-10月营业收入年内首次恢复正增长，金属加工机床订单增长14.8%，利润总额同比较快增长。

3. 机床工具企业融资渠道拓宽

随着国家支持实体经济措施逐步落地，机床工具企业融资渠道不断拓宽。2020年6月30日，南通国盛智能科技集团旗下国盛智科股份在上交所科创板上市；9月16日，浙江海德曼智能装备股份有限公司在上交所科创板上市。2020年3月13日，秦川机床工具股份公司控股股东陕西省国资委将持有的15.94%的公司股份，全部无偿划转至陕西法士特汽车传动集团有限责任公司，亦即作为用户企业的法士特集团入股重组秦川机床。同时，2020年，国家制造业转型升级基金及相关基金开始向机床工具企业投资

4. 标准和质量工作取得突破和进展

随着机床工具行业标准和质量建设工作不断深入，2020年行业在标准升级和质量提升方面取得突破和进展。2020年1月，由中国主持修订的ISO 10791-7:2020《Test conditions for machining centres-Part7: Accuracy of finished test pieces》（加工中心检验条件 第7部分：精加工



试件精度检验)》国际标准，获国际标准化组织(ISO)批准正式发布，“S试件”五轴机床检测方法正式成为国际标准。2020年5月，由中国机床工具工业协会组织行业企业开展的“数控机床互联互通协议标准(NC-Link)与试验验证项目”通过验收，形成协会团体标准，为我国数控机床互联互通建立了统一标准，将对智能工厂、智能车间的建设起到积极的促进作用。2020年9月，中国机床工具工业协会团体标准“立式加工中心产品质量评价规范”进入试验验证阶段，另4项团体标准列入2020年协会团体标准制定计划。

5. 技能人才培养形式多元化，实用性、针对性增强

机床工具行业是技能人才密集型产业，近年来，行业协会、企业不断开展与高校、职校合作，重视科教融合、产教融合的探索实践，人才培养形式趋于多元化，实用性和针对性不断增强。精雕集团投资亿元开办精雕职业技术学校，每年接收本科、大专和中专院校学生3000多名，为1000多名学生提供就业服务。2020年，在教育部全国职业教育教师企业实践基地“产教融合”专项课题研究项目中，精雕集团申报的三项课题全部获批。宝鸡机床集团同全国20多所职业院校建立战略合作伙伴关系，特别是与陕西工业职业技术学院共建生产性实训基地项目，充分发挥生产企业、职业院校各自特长和优势。2020年，中国机

床工具工业协会应上海理工大学和上海机床厂邀请，签订“建立数控机床产业技术学院的合作协议书”，积极探索产业办学、联合办学。

6. 强化战略科技力量，行业企业积极探索创新体系建设

2020年是“十三五”规划收官、“十四五”规划谋划之年，在强化战略科技力量和增强产业链供应链自主可控能力的宏观产业政策背景下，多家行业企业积极探索创新体系建设，不断强化企业创新主体地位，组建创新联合体，推进产学研用深度融合。如，通用技术集团组建机床工程研究院，把发展高端机床装备作为第一核心主业，积极推进机床产业布局。广州数控设备有限公司聚合区域内数控机床主机和关键部件龙头企业，汇集行业产业链的产学研用各方力量，牵头成立广东省高档数控机床及关键功能部件创新中心。浙江丽水经开区联合南京理工大学等科研团队，谋划建设滚动功能部件产业创新服务综合体。

7. 机床工具行业16个项目获2020年度中国机械科学技术奖

2020年度，机床工具行业共有16个项目获得中国机械工业科学技术奖，其中：技术发明奖一等奖2项；科技进步奖一等奖2项、二等奖4项、三等奖8项。获得技术发明一等奖的项目有：滚动功能部件服役性能成套测评方法与装备及性能提升关键技术（参与单位：南京理工大学、南京工艺、汉江机床、博特精工、广东凯特、国家机床质检中心、张家港斯克斯）；汽车动力总成全流程数字化制造技术及成套装备生产线（参与单位：上海交大智邦、上海交大、华中数控）。获得科技进步一等奖的项目有：难加工材料高承载结构件高速精密切削成套技术及应用（参与单位：北京理工大学、北方车辆、山西柴油机、北一机床、齐齐哈尔北方机器、西北工业、北京动力机械所、北京卫星制造厂）；高精轧辊系统高效智能制造关键技术及产业化（参与单位：清华大学、山东钢铁集团日照公司、华辰精密装备昆山公司、昆山华辰新材料公司）。

8. 受全球疫情影响，行业知名国际机床展会相继停办

受新冠疫情影响，2020年度全球机床工具行业知名国际展会相继宣布停办。2020年5月29日，继2月宣布展会延

期之后，中国机床工具工业协会宣布停止举办第11届中国数控机床展览会（CCMT2020）。此前的4月21日，日本JIMTOF 2020（第30届日本国际机床展览会）主办方宣布该展会停止举办。随后在6月初，美国机械制造技术协会（AMT）也宣布其主办的IMTS2020（2020芝加哥国际制造技术展览会）停止举办。

9. 疫情影响下行业活动形式不断创新

新冠疫情影响下，行业活动形式不断创新。2020年6月，中国机床工具工业协会将每年展会期间举办的CEO论坛改为线上直播形式，受到行业广泛关注，在线听众人次达2.3万以上。中国机床工具工业协会与和平利用军工技术协会联合举办多年的重点用户领域产需对接会采取新的形式，分别于2020年9月上、下旬及11月在成都飞机工业集团、江西洪都航空工业集团和沈阳航空制造公司举办。2020年12月，“2020CMTBA第三届经销商高峰论坛”采取主分论坛、线上线下结合的形式，分别在青岛主会场和6个分会场举办。2020年12月，作为CIMT2021展会补充和延伸的线上展会平台进入试运行阶段。

10. 四部门发文扩大战新产业投资，提出支持高档五轴数控机床

2020年9月11日，国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、财政部等四部门联合印发了《关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见》，提出了扩大战略性新兴产业投资、培育壮大新增长点增长极的20个重点方向和支持政策，推动战略性新兴产业高质量发展。在聚焦重点产业投资领域方面，明确要加快高端装备制造产业补短板，并具体提出要重点支持高档五轴数控机床的生产。

11. 近20家机床工具企业上榜第二批专精特新“小巨人”企业名单

在国民经济持续向更高质量发展的宏观背景下，大力支持科技含量较高、竞争力较强、成长潜力较大的“小巨人”企业成为迫切需要。2020年11月13日，工信部公示了第二批专精特新“小巨人”企业名单，共涉及1744家企业，其中科德数控股份有限公司、浙江海德曼智能装备股份有限公司、德州普利森机床有限公司、广州市昊志机电股份有限公司、株洲华锐精密工具股份有限公司等来自机床工具行业的近20家企业上榜。□

NC-Link标准： 助力机床行业数字化转型升级

——数控系统分会2020年理事扩大会议及NC-Link标准宣贯大会成功召开

机床协会传媒部 李华翔

当前，以人工智能、云计算、新一代移动通信、互联网、区块链为代表的新一代信息技术正在加速突破应用，信息化和机床工具行业深度跨界融合之势日趋明显。与此同时，在强化战略科技力量和增强产业链供应链自主可控能力的宏观产业政策背景下，数控系统的战略核心地位进一步凸显。多年来，国产数控装备制造企业顺势而为，通过自身努力和不断创新，在产品和技术成熟度等方面也取得了长足进步。

2021年1月8日，因受疫情影响，由中国机床工具工业协会数控系统分会组织召开的“数控系统分会2020年理事扩大会议及NC-Link标准宣贯大会”由线下改为线上视频会议形式召开。主会场设在武汉，分布于全国43个分会场的近八十位会员企业代表参加了会议。中国机床工具工业协会当值理事长、广州数控设备有限公司董事长何敏佳和常务副理事长毛予锋出席会议并讲话。



机床协会常设机构分会场



数控分会武汉主会场

会议总结了数控系统分会过去一年取得的成绩，分享了广州数控、北京精雕、超同步、上海维宏、凯恩帝等企业成功的经验和成果，由数控机床互联互通协议标准联盟专家委员会专家对《数控装备工业互联互通协议》（共7个部分，简称NC-Link）标准进行了宣贯，并重点就如何进一步积极推进NC-Link标准的相关工作进行了动员和部署。会议由数控系统分会秘书长肖明主持。

会员企业经营情况整体表现良好

2020年，受新冠疫情影响，中国制造业受到了很大冲击，数控系统分会企业依托相对深厚的技术底蕴，在市场中表现出了较强的韧性和灵活性。

“2020年，分会大部分企业都取得了很好成绩。” 数控分会理事长陈吉红在全年工作总结中谈到：“这些企业在疫情影响下保持了企业稳定发展，在技术研发、产品推广、技术创新方面亮点频出。例如华中数控积极参与航空航天等重点领域国产数控系统应用示范，提高关键装备自主可控，与深圳创世纪公司等企业批量配套玻璃机数控系统数千台，加工世界知名品牌手机，与国外知名品牌数控系统同台竞技。广州数控设备有限公司聚合区域内数控机床主机和关键部件龙头企业，牵头成立广东省高档数控机床及关键功能部件创新中心。大连光洋科技集团有限公司的产品批量应用于航空航天等领域等。”

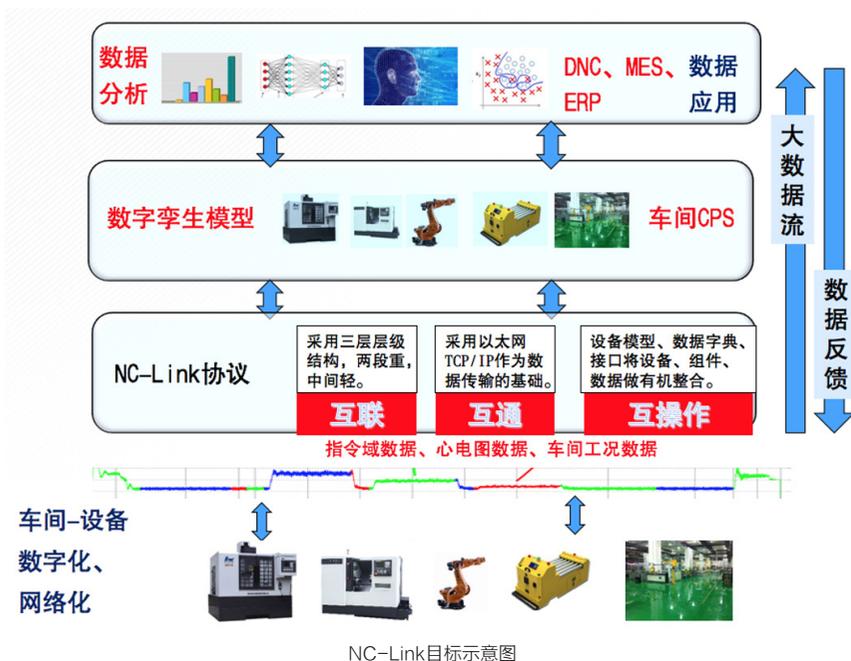
在抗击疫情方面，数控系统分会积极了解企业经营情况，统计复工复产数据，支持会员企业开发疫情防控产品。例如，支持华中数控推广红外人体测温设备、口罩机等，支援武汉市以及其他省市的疫情防控；支持广州数控开发生产口罩机关键配件，为广州市疫情防控解决急需问题等。

展望未来，陈吉红表示，当前在强化战略科技力量和增强产业链供应链自主可控能力的宏观产业政策的大背景下，数控系统的战略核心地位势必进一步凸显。希望全体会员企业抓住国家发展机遇，结合重点领域和区域发展实际情况，做好转型升级，进一步加快发展步伐。同时，积极推进NC-Link标准协议的推广应用。

NC-Link标准的产生背景及现状

多年来，随着全球制造业的深刻变革，智能制造已成为制造业发展的基本方向，而实现智能制造的重要前提之一是设备的互联互通。中国机床工具工业协会牵头推出了数控装备工业互联网通讯协议NC-Link标准，将为推动中国机床装备的数字化转型和智能化进程发挥积极的作用。

NC-Link标准已于2020年12月1日批准发布，2021年1月1日开始实施。该标准项目通过对MT-Connect和OPC UA的深入研究分析，借鉴现有的工业控制协议，取长补短，突破互联互通协议的参考模型、数据规范、接口规范、安全性和评价规范等关键技术，制定了适用于我国的数控装备互联互通通讯协议标准。



NC-Link标准的起源可追溯到2016年。在2016年4月召开的CCMT2016上，机床协会组织国内主要数控系统厂家及知名高校召开了关于“智能制造相关数控机床通讯协议标准”研讨会。5月17日，由中国机床工具工业协会牵头，联合其他14家企事业单位、研究机构与高等院校成立了数控机床互联互通协议标准联盟。5月23日，联盟成功立项并启动了“数控机床互联互通协议标准与试验验证”工信部智能专项课题研究及NC-Link标准研制工作。

2018年9月，经过协会组织行业专家审核，“数控装备工业互联网通讯协议”系列标准正式列入机床协会团体标准计划项目，由数控机床互联互通协议标准联盟组织研发和制定。

2019年，NC-Link标准初步形成并在多个智能工厂应用验证。在同年9月德国汉诺威EMO2019展会上，中国机床工具工业协会牵头组织华中数控股份有限公司等8家联盟成员单位一同展出了我国NC-Link标准研究应用成果。

2020年5月12日，“数控机床互联互通协议标准与试验验证”智能专项课题通过了项目验收。同年6月~10月，经过组织行业专家对NC-Link标准技术内容进行审查、修改，完成了标准制定和报批程序。协会行业部对NC-Link标准的技术内容和文本格式进行了认真的复核、完善，最终完成了标准正式版的批准发布。

目前，NC-Link标准已经在许多机床企业和用户企业初步投入使用，包括华中数控、广州数控等企业的数控系统，宝鸡机床集团、华工激光等企业的数千台机床设备已经联网。



NC-Link协议验证时接入设备的现场

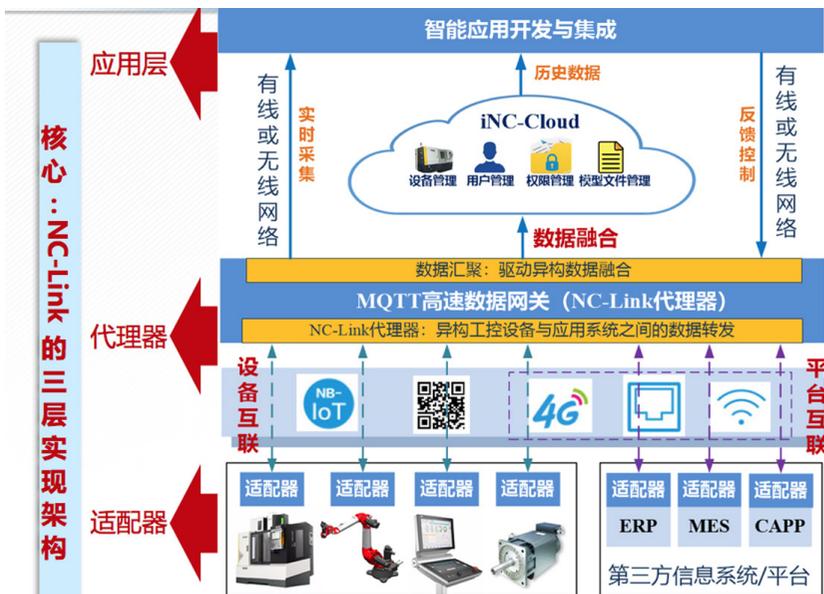
积极促进NC-Link标准和协议的推广应用

NC-Link标准的研制和实施为我国数控装备互联互通建立了一套统一的标准架构，是对智能制造标准体系的补充和完善，是推动机床行业和制造业向着智能制造方向发展的重要保障，对于我国机床行业参与未来的市场竞争具有深远的意义。

在NC-Link标准宣贯大会上，毛子锋常务副理事长介绍了国外相关互联互通技术标准的发展情况，强调了NC-Link标准对于行业数字化转型的基础支撑作用和重要性，希望全行业企业能够达成共识，积极参与NC-Link协议标准的推广应用活动，通过不断的应用、改进和提高，最终做到好用、大家愿意用的程度。同时他还提到：机床协会未来将牵头各方力量，加快行业工业互联网平台推广应用。以数据要素为核心，组织协调机床工具企业、用户企业和工业应用提供方，共建行业数字化转型基础，完善机床工具行业公共服务平台；同时在特定区域或特定用户领域，探索平

台服务产业集群、平台与特定种类机床装备绑定，打造机床装备产业服务化转型升级的示范工程。

数控机床互联通讯协议标准联盟专家、中国机床工具工业协会所属携汇智联技术（北京）有限公司惠恩明博士从7个方面详细介绍了NC-Link标准背景及相关推广方案；数控机床互联通讯协议标准联盟专家、华中科技大学路松峰教授，从NC-Link标准特点和内容、标准组成、标准制定过程、应用、适配器产品等方面介绍了NC-Link标准的相关内容；华中科技大学数控中心的阮培源高级工程师介绍了NC-Link标准的联网方案。



NC-Link架构示意图

(下转第39页)

世界各国再工业化战略与全球机床市场分析

中国机床工具工业协会

制造业的强盛是一个国家实力的体现。从18世纪60年代英国爆发第一次工业革命以来，以英美为代表的工业发达国家均是从制造业起步，发展本国经济，获取全球竞争优势，进而引领全球经济发展。因此，制造业的发展与转移趋势与国家的前途和命运息息相关。

18世纪60年代，第一次工业革命造就了强大的大英帝国。之后的200多年间，随着工业化逐步输出到英国之外其他国家，制造业在世界更多的地区得到了快速发展，大大提升了各国的经济水平。直到21世纪初，全球制造业共经历了四次大转移。

第一次转移：19世纪中叶，英国开始逐步对外输出制造业。美国以制造流程创新承接了全球制造业的第一次转移，实现其制造业的崛起。到20世纪前叶，美国最终站在了世界制造业之巅，成为全球最强大的工业化国家。

第二次转移：20世纪50年代，美国将钢铁、纺织等传统产业向日本、联邦德国这些战败国转移。联邦德国、日本以协作体系创新承接了全球制造业的第二次转移，并很快成为全球劳动密集型产品的主要供应者。联邦德国成为经济强国，而日本制造开

始畅销全球。

第三次转移：20世纪70年代，联邦德国、日本将纺织、造船、化工等劳动密集型以及高耗能高污染产业向亚洲地区以及部分拉美国家转移。中国台湾、韩国、中国香港和新加坡为代表的新兴经济体以产业链整合创新承接了全球制造业第三次转移。“亚洲四小龙”经济快速崛起。

第四次转移：20世纪80年代，欧美日等发达国家和“亚洲四小龙”等新兴工业化国家/地区，把劳动密集型产业和低技术高消耗产业向发展中国家转移。

2000年之后，中国开始承接全球制造业转移，以体系实力成为全球制造业第四次转移的最大承接者和受益者。中国也因此成为新的世界工厂，经济得到快速发展。

机床工具行业作为基础性产业，肩负为制造业提供制造工具的重任。全球制造业的转移，必然导致各个国家和地区机床消费市场的起起落落。

一、全球机床产出和消费

21世纪初，全球机床消费呈现高速增长趋势，在受到2008年金融危机的冲击快速坠落之后，迅速反弹再次高速增长，并于2011年达到历史峰值1080.13亿美元，之后进入了下降通道，2019年全球机床消费820.58亿美元。期间曾出现过1次持平、2次正增长，其中1次增长持续2年。2019年的再次明显下降，消费总额下降至2011年以来的最低点。全球机床消费持续了近10年的下降趋势依旧。2000-2019年全球机床产出与消费情况见图1。

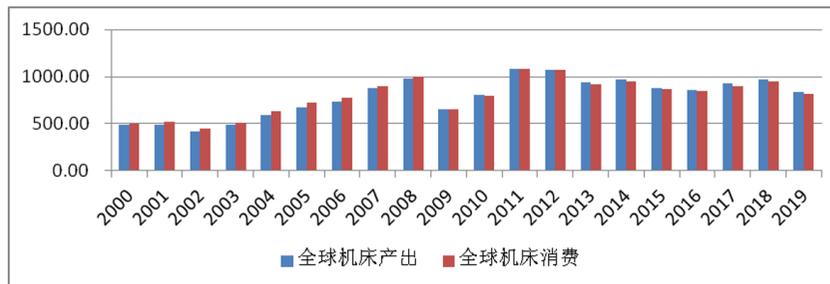


图1 2000-2019全球机床产出及消费（亿美元）

二、全球制造业转移对中国机床工业的影响

作为工业母机，机床工具行业是制造业的基础性行业。全球制造业向中国转移，导致中国机床消费市场的快速增长，从而促进中国机床工具行业的发展。

从图2、图3可以看出，2000年以后，中国机床产出和机床消费均为高速增长，2011年达到历史峰值。这12年间，机床消费从49.23亿美元，增长到436.01亿美元，年均增长率22.93%。机床消费全球占比从9.90%增长到40.62%。伴随着机床消费市场的高速增长，中国机床行业也得到快速发展，机床产出从2000年的28.55亿美元，增长到2011年的315.32亿美元，年均增长率24.40%，并达到历史峰值。机床产出全球占比也从2000年的5.84%增长到2010年的29.63%，达到历史峰值。

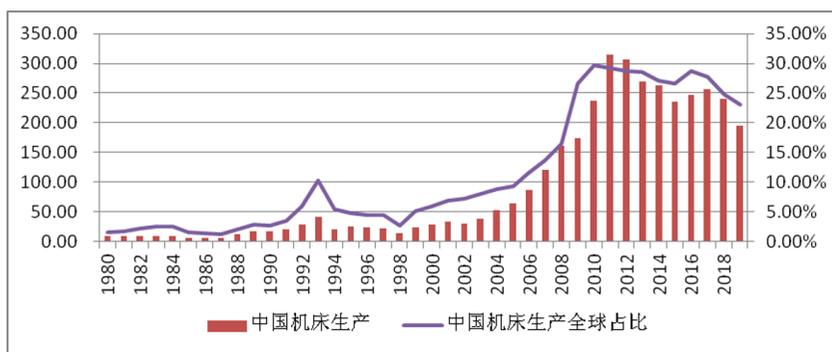


图2 中国机床生产及其全球占比 (亿美元)



图3 中国机床市场消费及其全球占比 (亿美元)

2008年，国际金融危机爆发后，制造业全球布局发生重大调整，新一轮国际制造业转移趋势显现。新一轮国际制造业转移呈现新的特点。一方面，东南亚新兴经济体凭借低成本、高回报的优势，在全球价值链中释放出极大的吸引力和发展潜力，成为新一轮国际制造业转移的重要舞台；另一方面，欧美等工业发达国家纷纷反思“去工业化”导致的经济结构失衡、高失业率等问题，相继推出“再工业化”战略和制造业重振计划，以尽快走出危机，恢复经济增长。

国际制造业新一轮转移和发达国家重振制造业措施的影响已开始显现。从图2可以看出，2008年金融危机后，中国机床消费以及机床产出从2011年历史高位开始明显回落。2019年中国机床消费以及机床产出分别为222.90亿美元和

194.20亿美元，与2011年历史高位相比，分别下降了49.0%和38.4%。其全球占比也分别从2010年的历史高位下降到2019年的27.16%和23.07%。

三、欧美国家机床市场变化和再工业化举措

2008年金融危机爆发后，欧美等工业先进国家逐步认识到“去工业化”对经济社会带来的严重危害，积极寻找回归实体经济的发展道路，实施“再工业化”策略，做大做强实体经济，加快产业结构的“脱虚向实”，重振制造业，增强经济社会发展的可持续性。其主要举措包括：

- (1) 加强顶层设计和统筹规划，保障国家战略的顺利推进。
- (2) 加强税收政策调整力度，吸引资金投资本土。
- (3) 采取财政金融等多种措施，促进工业产品出口。
- (4) 加强国际贸易和知识产权保护，减少外部竞争冲击。
- (5) 加大科研和创新投入，强化新兴产业优势。

1. 美国机床市场与美国“再工业化”措施

20世纪80年代之前，美国一直是世界最大的机床消费市场，之后相继被日本、德国、中国超越，成为全球第四大机床消费市场。进入21世纪以后，美国机床消费及产出很明显分为两个阶段，其分界点在2010年。2010年之前的10年，美国机床消费以及机床产出持续下降，并于2001年彻底让出全球最大机床消费市场头衔。2010年之后，美国机床消费全球占比呈波浪形回升，并于2011年和2012年先后超越德国和日本，成为全球机床消费第二大市场。美国机床消费和产出情况参见图4、图5。



图4 2000-2019年美国机床市场消费情况 (亿美元)

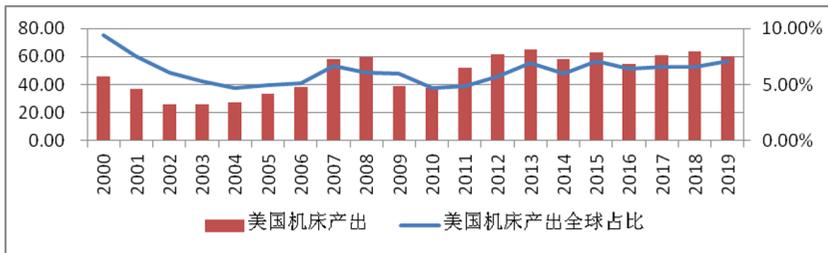


图5 2000-2019年美国机床产出情况 (亿美元)

2000年，美国机床消费87.59亿美元，占全球机床消费的17.62%；2010年，美国机床消费下降到48.97亿美元，仅占全球机床消费的6.15%；2019年，美国机床消费97.21亿美元，占全球机床消费的比例上升到11.85%。

2000年，美国机床产出46.06亿美元，占全球机床产出的9.42%；2010年，美国机床产出下降到37.92亿美元，占全球机床产出的4.73%；2019年，美国机床产出60.02亿美元，占全球机床产出的比例上升到7.13%。

美国机床消费市场发生这种变化的原因，与美国在金融危机之后推出的“再工业化”举措不无关联。

为了重振本土工业，美国政府推出了大力发展新兴产业、鼓励科技创新、支持中小企业发展一系列“再工业化”政策和措施。美国相关协会、民间机构也纷纷出台研究报告，支持美国政府的“再工业化”战略。

2009年2月，时任美国总统奥巴马签署了《2009年美国复苏和再投资法案》，推出了总额为7870亿美元的经济刺激方案，其中基建和科研、教育、可再生能源及节能项目、智能电网、医疗信息化、环境保护等成为投资重点，并包含增加133亿美元以制造业为主的科研投入。

2010年8月，奥巴马签署了《美国制造业促进法案》，推出税收优惠政策，帮助美国制造商从外国获得本国没有的原材料和其他产品。旨在帮助制造业降低成本、恢复竞争力、创造更多就业岗位。制定相关政策，将美国打造为企业总部基地的首选、创新基地的首选、制造企业的好去处。

2011年6月，奥巴马启动《先进制造伙伴关系》计划。该计划的宗旨是要在美国顶尖大学、最具创新能力的制造商和联邦政府之间建立合作伙伴关系，通过构建官、产、学、研各方紧密合作的工作机制，集聚人才，引导投资，制定先进制造技术发展路线，尽快使新技术、新创意从实验室走向工厂，不但创造就业，增强中小企业竞争力，而且实现未来若干年内美国稳坐制造业领袖地位的目标。

2012年2月，美国国家科学技术委员会发布《国家先进制造战略规划》，明

确了先进制造对美国确保经济优势和国家安全的重要基础作用，分析了美国先进制造的现有模式、未来走势以及所面临的机遇与挑战，提出了5大战略目标：促进中小企业投资、增强劳动力技能、建立创造性的合作关系、协调联邦投资、增加国家对先进制造研发的投资。根据该规划，2013财年，美国先进制造研发预算22亿美元，国家科学基金会、能源部、国家标准和技术研究院及其他机构的预算增幅超过50%。

2013年，美国发布由《先进制造伙伴关系》指导委员会提出的《美国制造业创新网络》(NNMI)规划。该规划的目标是通过美国联邦政府投资10亿美元，用10年的时间组建由45个制造创新中心和一个协调性网络组成全国性的创新网络，从而推动高校、企业和政府部门形成合力，打造一批具有先进制造能力的创新集群；促进新技术、生产工艺、产品和教育项目的开发，推动美国先进制造业的复兴；为美国创造更多的就业机会，从而提振美国经济。

2014年，《振兴美国制造与创新法案2014》通过，《美国制造业创新网络》(NNMI)正式成为法定计划，又被称为Manufacturing USA。《振兴美国制造与创新法案2014》授权美国商务部长在《国家技术标准和技术研究院》(NIST)法案框架下，实施制造业创新网络计划，在全国范围内建设创新中心，并明确了制造业创新中心的重点关注领域：纳米技术、先进陶瓷、光子和光学器件、复合材料、生物基因和先进材料、混合动力技术、微电子工具开发等。

2018年10月，美国总统办公室发布《先进制造美国领导力战略》，该报告由美国国家科学技术委员会下属先进制造分委会编写，旨在实现“维持美国先进制造业的领先地

位，以确保国家安全和经济繁荣”这一愿景。报告梳理了影响美国制造业创新和竞争力的9大因素，提出了3大战略目标：开发和推广新的制造技术，教育、培训和输送劳动力，扩大国内制造业供应链能力。

2. 其他工业发达国家机床市场和“再工业化”措施

英国曾经是世界工业革命的先驱，强大的制造业给英国带来了300多年的经济繁荣。20世纪80年代以后，英国开始推行“去工业化”战略，不断缩减钢铁、化工等传统制造业的发展空间，将汽车等许多传统产业转移到劳动力和生产成本都相对低廉的发展中国家，逐步远离工业，而集中精力发展金融、数字创意等高端服务产业，使得英国在全球机床市场中的影响力逐年下降。进入21世纪后，英国机床消费全球占比持续下滑（见图6）。2010年，其机床消费全球占比仅为0.60%。之后随着英国“再工业化”战略的实施，机床消费市场开始缓慢增长，到2019年，英国机床市场消费全球占比为0.94%。



图6 2000-2019年英国机床市场消费及全球占比（亿美元）

英国政府较早认识到“去工业化”对本国经济社会带来的危害。在2008年9月就发布了《振兴国家制造业战略计划》，以帮助英国企业能够赶上全球制造业的发展趋势。该战略计划要求加强商务部门、技术部门、大学和行业的合作，并强调制造业是英国未来经济的重要部分。按照该战略计划，政府将投资1.5亿英镑作为中期支持，以便制造业能够抓住低碳经济的机会，加快技术创新，向海外发展，以改变人们对制造业的认识。国家技术战略局再投资2400万英镑，用于研发高附加值的创新技术。

为了配合制造业回归，英国政府加大力度培养制造业人才。首先是打破大众轻视制造业就业的看法，培养大量工程师，将更多的年轻人吸引到制造业就业。2011年启动的“See Inside Manufacturing（开放和了解制造业计划）”就是其中之一。这项计划以汽车行业为主，2011年10月，40多家汽车企业在英国各地进行了100多场招生活动。通过在汽车企业培训，让年轻人深入了解制造业以及制造业所从事的工作，体验到制造业行业就业的价值。

在确保制造业人才的同时，英国政府积极推进制造基

地建设，面向境外企业进行招商。以汽车产业为例，英国设有很多制造基地，为境外企业提供制造高技术产品平台，以进入欧洲市场。日本日产汽车的电动汽车以及锂离子电池在欧洲进行量产的场所，首先就选择了英国的制造基地。

为了支持制造基地的发展，2011年12月，英国政府围绕打造先进制造业产业链，投资了1.25亿英镑。这项“先进制造业产业链倡议”不仅仅面向汽车、飞机等传统产业，还面向英国有望在世界领先的可再生能源和低碳技术等领域，旨在支持英国制造业企业在全世界市场发挥重要作用。

2012年英国发布了《英国工业2050》战略研究报告，展望了2050年制造业的发展态势，并据此分析英国制造业面临的问题和挑战，提出英国制造业发展与复苏的政策。该报告认为科技改变生产，信息通讯技术、新材料等科技将在未来与产品和生产网络的融合，极大改变产品的设计、制造、供给甚至使用方式。未来制造业的主要趋势是个性化的低成本产品需求增大、生产重新分配和制造价值链的数字化。

2017年1月，英国政府正式发布“现代工业战略”绿皮书，旨在通过提高全国的生产力和推动增长来提高生活水平和经济增长。这项计划涵盖十大重点，主要包括加大对科研与创新的投入，提升技能，基础设施升级，支持初创企业，完善政府采购制度，鼓励贸易、吸引境外投资，提高能源供应效率及绿色发展，培育世界领先产业，驱动全国经济增长以及创建合适的体制机制、促进产业集聚和地方发展等，并针对重点领域提出了新的举措。

西班牙也是“去工业化”突出的一个国家，21世纪初的10年间，其机床消费的全球占比由2.3%下降至0.4%。之后逐渐回升，到2019年，已增加至0.96%。西班牙机床消费全球占比情况见图7。



图7 2000-2019年西班牙机床市场消费及全球占比（亿美元）

西班牙政府2011年发布的“再工业化援助计划”，出资4.62亿欧元对工业企业的援助申请实施资金支持，旨在推动工业基础设施和工业技术的发展，通过支持高技术和高生产力的工业计划，改变现有的生产结构，构建一个充满竞争力的、能够创造就业机会和财富的新型工业结构。

与欧盟其他国家类似，随着20世纪80年代开始的“去工业化”，法国的制造业在国民经济中的比重不断下降。为改变这种状态，奥朗德当选法国总统之后，将振兴“法国制造”列为其执政的重要目标。

2013年9月，法国政府推出《新工业法国》战略，旨在通过创新重塑法国工业实力，使法国重回全球工业第一梯队。该战略是一项10年期的中长期规划，展现了法国在第三次工业革命中实现工业转型的决心和实力。其主要目的为解决三大问题：能源、数字革命和经济生活，共包含34项具体计划。

这一战略由于涉及项目过多，导致资源过于分散。为此，法国政府在2015年4月对原来的战略进行了调整，提出了旨在优化产业发展布局的《新工业法国2.0》战略。

在《新工业法国2.0》战略中，“未来工业”计划成为核心内容。“未来工业”计划将法国工业化战略布局优化为九大领域，包括数字经济、新能源、现代化物流、新型医药、可持续发展城市、生态出行和未来交通、物联网、宽带网络与信息安全、智能电网等，旨在通过信息化改造产业模式，实现再工业化的目标。为确保该计划的实施，法国政府通过提供技术支持、开展企业跟踪服务、提高工业从业者技能、加强欧洲和国际合作、推动未来工业等，为制造业企业发展提供服务。

分析法国的机床消费（见图8）可以看出，21世纪初的10年间，法国机床消费总量和全球占比均呈下降趋势。2010年法国机床消费最低，为9.66亿美元；法国机床消费全球占比最低值出现在2012年，为1.06%。之后，法国机床消费和其全球占比开始缓慢增长，2019年，机床消费总额14.62亿美元，全球机床消费占比1.78%。

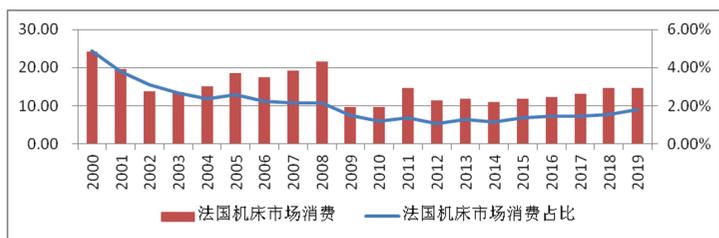


图8 2000-2019年法国机床市场消费及其全球占比（亿美元）

德国、日本是传统的制造业强国，受“去工业化”的影响较小。但重视制造业是德国、日本的传统。2008年金融危机后，其国内机床消费额以及全球占比都悄然上升（见图9、图10）。欧洲另外一个制造业强国意大利情况类似，其机床消费以及全球占比在2012年之后均显著上升（见图11）。



图9 2000-2019年德国机床消费及其全球占比（亿美元）



图10 2000-2019年日本机床市场消费及其全球占比（亿美元）



图11 2000-2019年意大利机床市场消费及其全球占比（亿美元）

四、东南亚等发展中国家和地区外国直接投资情况和机床市场变化

根据联合国贸易与发展委员会《世界投资报告》，自2008年以来，全球潜在外国直接投资趋势呈现增长乏力（图12）。2010年之后，外国直接投资的年均增长率仅为1%，而2000-2007年这一指标为8%，2000年以前则超过20%。

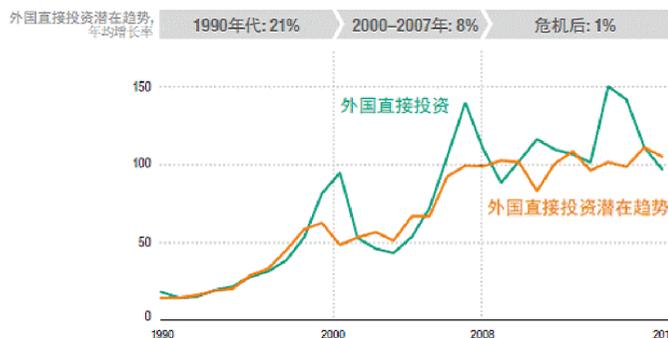


图12 1990-2018年外国直接投资流入量和潜在趋势

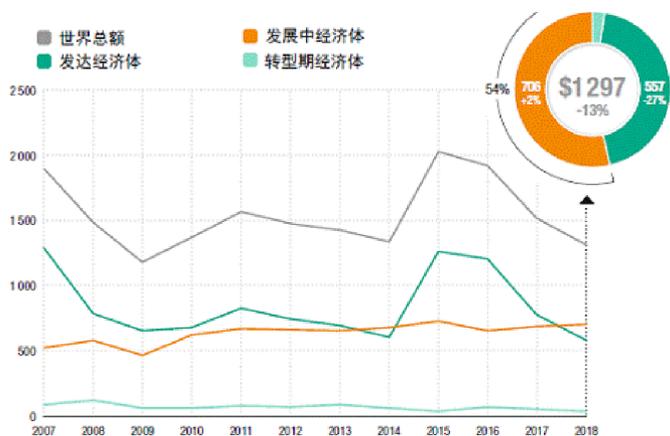


图13 2007-2018全球和经济体集团外国直接投资流入量

2016~2018年，全球外国直接投资更是连续下降（图13），2018年，全球外国直接投资降至13万亿美元，同比减少了13%。

从图13中可以看出，流入发展中经济体的外国直接投

资略有增长。其中2018年，流入亚洲发展中经济体的外国直接投资增加了4%，达到5120亿美元。增长主要出现在中国、中国香港、新加坡、印度尼西亚和其他东盟国家，以及印度和土耳其。亚洲仍然是世界上接受外国直接投资最多的地区，2018年吸收了全球39%的流量，较2017年的33%有明显增长。

2018年，流入东亚的投资增长4%，至2800亿美元，但仍远低于2015年3180亿美元的峰值，其中流入中国的投资增长4%，达到1390亿美元的历史最高水平。流入东南亚的投资增长3%，达到创纪录的1490亿美元。来自亚洲其他经济体的强劲投资，包括投资分流和制造业活动移出中国，为该地区的外国直接投资增长提供了支持。流入南亚的外国直接投资增长4%，达到540亿美元，其中对印度的投资增加了6%，达到420亿美元。

2007~2019年部分发展中国家外国直接投资情况见表1。

表1 2007-2019部分发展中国家外国直接投资（亿美元）

	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
中国	1410	1390	1360	1340	1360	1290	1240	1210	N/A	1060	950	1083	840
巴西	720	610	630	590	650	620	640	650	N/A	480	259	451	350
印度	510	420	400	440	440	340	280	260	N/A	250	346	420	250
墨西哥	330	320	300	270	300	230	380	N/A	N/A	190	150	220	270
印度尼西亚	230	220	230	N/A	N/A	230	180	200	N/A	130	50	N/A	N/A
越南	N/A	160	140	N/A									

（数据来源：世界投资报告）

2019年，全球外国直接投资出现大幅增长，达到15.4万亿美元。其中对巴西和印度的外国直接投资同比增长分别为18%、21%。但是受新冠疫情的影响，联合国贸易与发展委员会认为，之后2年全球外国直接投资将大幅减少，预计2020年将减少40%，2021年将减少5%~10%。

2007年以来，上述发展中国家外国直接投资总体呈现增加趋势。其中，中国作为发展中国家吸收外国直接投资最大的国家，2012年之后，增长速度趋缓；印度吸收外国直接投资的增长速度最快；印度尼西亚吸

收外国直接投资趋于稳定；越南作为后起之秀，2017年吸收外国直接投资140亿美元，排在全球外国直接投资流入量第21名，2018年以160亿美元排在第18名；拉美的巴西、墨西哥吸收国外直接投资的量起伏不定，但总体趋势还是呈现增长态势。

机床工具行业属于投资拉动型产业，外国直接投资的增加，必然会一定程度上促进该国或地区机床工具消费市场的增长。印度、墨西哥、巴西、越南机床消费以及全球占比情况见图14和图15。

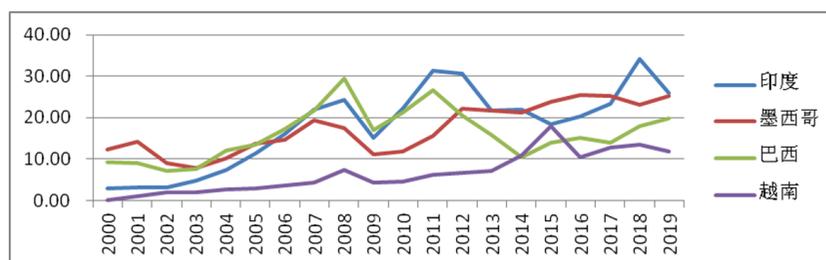


图14 印度、墨西哥、巴西、越南机床市场消费（亿美元）

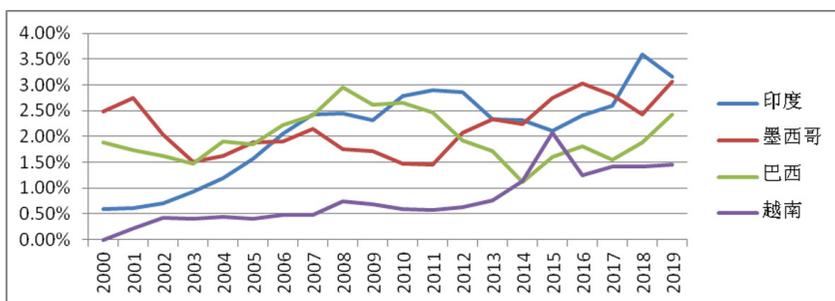


图15 印度、墨西哥、巴西、越南机床市场消费全球占比

从图14、15可以看出，印度、墨西哥、巴西、越南机床消费额及其占比都呈现上升趋势。墨西哥机床消费额及全球占比虽然起伏不定，但2014年之后，也呈现出上升趋势。2001年印度、墨西哥、巴西、越南机床消费额分别为3.18亿美元、14.21亿美元、8.98亿美元、1.14亿美元，其全球占比分别为0.61%、2.74%、1.73%、0.22%；2019年其机床消费额分别为25.87亿美元、25.13亿美元、19.93亿美元、11.92亿美元，其全球占比分别为3.15%、3.06%、2.43%、1.45%。

根据国际货币基金组织数据，2019年印度国内生产总值（GDP）2.97万亿美元，增长5.3%。根据相关市场研究机构数据，2018年印度商用车和乘用车销售量399万辆，同比增长8.3%。印度超过德国成为世界第四大汽车市场，并有望在3年内超越日本成为全球第三大汽车市场。但其汽车密度仅为27辆。

中印两国幅员辽阔，人口众多，同属发展中国家，在很多方面具有可比性。印度2019年的GDP总量与中国2006年GDP相近；2018年汽车销售量与中国2003年销售量相近。印度2019年机床市场消费26亿美元，与中国1991年的机床市场消费相近；2019年机床产出12亿美元，与中国1988年的机床产出相近。上述对比可发现，印度的GDP以及汽车产销量处于中国21世纪初的水平，制造技术供给能力处于中国20世纪90年代初的水平。随着印度经济的发展，对于制造技术的需求将不断释放出来。

印度较早就开始了工业化，历经70多年，但其工业化进程并不成功，工业基础还是比较薄弱，主要有纺织、食品加工、化工、制药、钢铁、水泥、采矿、石油和机械。汽车、电子产品制造、航空等新兴工业近年来发展迅速。印度近年来正在谋求成为“技术制造业中心”，这或将导致印度对制造技术的需求快速增长。

世界各国/地区对印度潜在的制造技术市场非常关注。2018年举办的印度国际机床与工具展览会上，全球知名的机床工具制造企业大都参展，美国、德国、日本等国家和地区机床协会还组团参展。

五、中国机床行业面临的挑战

2000年之后，中国开始承接全球制造业转移，中国机床消费呈现出爆发式增长，年增长率20%~40%，吸引了大量的外资、民间资本蜂拥进入机床工具行业。机床工具行业企业数量急剧增加。中国机床工具行业快速做大，产能快速提高，以满足国民经济各行业的需求。

巨大的中国机床工具消费市场成就了我国机床工具行业的规模增长。为满足快速增长的市场需求，部分中国机床工具企业一味追求规模扩张并放松了严格

的质量管控要求，未能根据市场需求变化进行及时的产品结构调整，企业经营和发展遇到了困境。当时庞大的中低端市场需求足以支撑起中国机床工具行业继续扩大规模，面对高端市场需求，由于对工艺不清楚、研究不够不深入且研发投入不菲，且部分特定用户对国外机床的使用习惯和依赖并因各种原因对国产机床产生的不信任，从一定程度上讲，这部分高端需求存在市场机制失灵的环节，这使得行业企业对高端机床的研发缺乏足够的重视和热情，或心有余而力不足，几乎是把高端市场拱手相让给进口机床，导致这些年机床工具进口高速增长。必须承认，我们的产业发展状况和水平与世界机床工具制造强国有一定差距，面向高端产品领域，面对“卡脖子”的产品和技术，在解决自主可控、安全高效，实现高质量发展的目标上，用户和行业企业应紧密合作，共同寻求突破。

2008年爆发的金融危机，引发了全球制造业开始新一轮的转移，高端制造业回流欧美工业先进国家，而中低端制造业开始向东南亚和南亚以及拉美地区转移。为装备制造业提供工作母机的基础性行业，中国机床工具行业将承受全方位的竞争压力，面临着前所未有的挑战。

(1) 伴随着全球机床市场的萎缩，中国机床市场消费也持续下滑。2019年中国机床消费222.90亿美元，差不多是2011年的历史最高值的一半，仅依赖中国本土市场来支撑企业数量庞大的机床工具行业的方式恐难以为继。

(2) 全球机床市场还处于下滑过程中，也不乏一些机床市场开始增长的国家和地区。如美国机床市场以及越南等发展中国家和地区机床市场的消费额不断增加，全球占比持续上升。印度机床市场潜能释放，前景可期。

(下转第58页)

数控机床整机动态特性测量技术及其应用

项目1: 数控机床动力学设计缺陷定位技术研究

上海理工大学机械工程学院 李郝林 冯小广 胡育佳

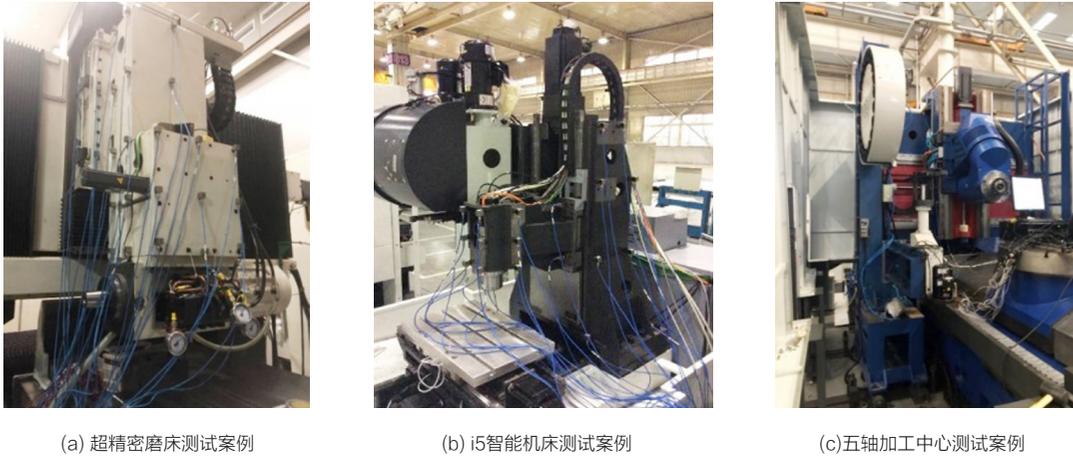
【摘要】机床的动态特性决定了机床切削的能力、机床切削的精度，是影响机床性能最为重要的特性。在加工状态下获得机床整机动力学测试结果，是建立机床数字化虚拟样机、评价机床各主要部件动态性能、发现设计缺陷、结构设计优化和机床性能监测的前提。本研究基于贝叶斯运行模态分析法（BOMA）对加工状态下的机床整机进行动态性能测试与模态识别，获得整机的模态参数，包括固有频率、模态振型以及阻尼特性等，并对信噪比水平进行评估。通过对模态识别结果进行分析，结合加工过程中机床的动力学测试结果，对机床结构动力学设计的薄弱环节进行精确定位；并进行了相关实验研究，对改进后的机床动力学特性进行了测试，验证了本项研究中方法的有效性。

一、引言

机床整机动态性能是指机床整体结构在动态力作用下的响应特性。机床在加工过程中，在动态切削力、传动力、重力、惯性力等外力作用下，会产生相应的振动变形，从而破坏刀具与工件之间正确的相对位置，使工件加工精度降低。机床振动变形越大，工件的加工精度就越低，因此准确识别机床整体的动态特性是非常关键。模态参数识别是结构动态特性的重要指标之一，包括结构的固有频率、阻尼比及模态振型等。这些动力学参数是建立机床数字化虚拟样机、评价机床各主要部件动态性能、发现设计缺陷、结构设计优化和机床性能监测的前提。

本研究采用贝叶斯理论和运行模态分析相结合的模态参数识别技术，实现了加工状态机床整机动态特性的识别，开发了数控机床动态特性测试与分析软件。贝叶斯系统识别法是将模态识别看作一个概率推断问题，对于给定的系统模型和测试数据，使用概率来衡量结果的相关可靠性^[1-4]。从理论上讲，贝叶斯运行模态法优于不使用贝叶斯理论的运行模态法，例如随机子空间识别法，这是因为该识别法严格地满足了假定模型的物理意义；模式识别过程中使用了全部的数据信息；不需要尝试平衡量或者重要因子；在计算过程中，不需要人工求逆，避免了不一定满足物理模型意义的系统矩阵所带来的误差；同时能对测试误差和环境进行估计。

即使被测结构的自由度大、采样时间短，该方法仍然可以在单独分离的模态阶次里，通过优化函数获得模态参数的最可能值。该技术的优势在于无需人工激励，在工作状态实现机床整机动态特性的测量和识别，并通过引入信噪比指标对实验结果的可靠性进行评价。所发明的数控机床整机动态特性测试与分析技术，已应用于40余台机床整机的性能检测，为沈阳机床集团i5系列立式加工中心的结构优化设计、上海机床厂有限公司精密磨床的优化设计，以及秦川机床集团有限公司的精密齿轮磨齿机等机床的设计提供了技术支持，如图1所示。该测试技术成为高性能机床设计必不可少的技术手段。



(a) 超精密磨床测试案例

(b) i5智能机床测试案例

(c) 五轴加工中心测试案例

图1 部分测量案例

二、数控机床动态特性测量方法概述

对于机械设备的动态测量与分析通常有两种方法，一是有限元分析方法，由于无法准确描述机械结构的复杂结合面条件，对于机床这一复杂系统，很难获得准确的分析结果；二是基于采集输入(激励)输出(响应)信号的试验模态分析法(Experimental Modal Analysis, EMA)；方法是用试验方法辨识机械结构动力学特性的一种有效手段，广泛应用于工程中。要确定机床的动态特性，就需要对机床进行模态试验，通过锤击法辨识其结构动力学特性，这些特性包括激振点与各响应点之间频响函数，机床整机和各部件的各阶固有频率、阻尼比、模态振型以及动刚度(或动柔度)等。试验模态分析主要是测试系统的频响函数，通过对频响函数的分析来获得各种振动特性参数。如式(1)所示：

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & \dots & H_{1n} \\ H_{21} & H_{22} & \dots & H_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{n1} & H_{n2} & \dots & H_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

即： $\mathbf{X} = \mathbf{H}\mathbf{F}$ (2)

式中： \mathbf{X} 为响应，可以是位移、速度和加速度； \mathbf{H} 为频响函数矩阵； \mathbf{F} 为激励力。

运行模态法(Operational Modal Analysis, OMA)^[5-7]，由于不需采集输入端激励，只采集结构响应信号即可进行结构模态参数识别。相较于前两种模态分析方法，运行模态分析法具有如下几种优势：

- (1) 易于操作，节省人工和设备成本。
- (2) 自然环境振动激励，具有频带宽、多输入的特点，可识别结构复杂的密集模态。

(3) 无需人工激励，避免损伤系统结构。

(4) 实验环境符合实际工况，可反应真实运行状态下的系统结构的动力学特性。

凭借以上优点，基于OMA理论的时域法、频域法以及时频域法得到了快速发展，应用到工程的各个领域^[8, 9]。近年来，贝叶斯运行模态法在模态参数识别中展现出了极强的优势，该方法以贝叶斯理论、快速傅里叶变换和随机过程为基础，对所得结构响应数据进行处理，通过求解最大化后验概率密度函数的最优解获得结构的模态参数。假设结构的响应信号为 $\{\hat{\mathbf{x}}_j \in R^n : j=1, \dots, N\}$ ， n 代表结构的自由度个数， N 代表每个通道的采样个数。实验获得的结构信号 $\hat{\mathbf{x}}_j(\theta)$ 由振动信号 $\mathbf{x}_j(\theta)$ 和预测误差 $\boldsymbol{\varepsilon}_j$ 构成。则有：

$$\hat{\mathbf{x}}_j(\theta) = \mathbf{x}_j(\theta) + \boldsymbol{\varepsilon}_j \quad (3)$$

式中 θ 代表待识别的模态参数， $\theta = \{f, \zeta, \mathbf{S}, \sigma^2, \boldsymbol{\Phi}\}$ 。 f 代表固有频率， ζ 代表阻尼比， $\boldsymbol{\Phi}$ 代表模态振型， \mathbf{S} 代表模态激励频谱密度矩阵， σ^2 代表频谱密度预测误差。对 $\hat{\mathbf{x}}_j(\theta)$ 做FFT得：

$$\mathcal{F}_k = \mathbf{F}_k + i\mathbf{G}_k = \sqrt{\frac{2\Delta t}{N}} \sum_{j=1}^N \hat{\mathbf{x}}_j \exp\left[-2\pi i \frac{(k-1)(j-1)}{N}\right] \quad (k=1, \dots, N) \quad (4)$$

其中 $i^2 = -1$ ， \mathbf{F}_k 和 \mathbf{G}_k 分别代表 \mathcal{F}_k 的实数和虚数， Δt 为采样步长。当 $K=2, 3K, N_q$ 时，FFT相对应的频率 $f_k = (k-1)/(N\Delta t)$ ，其中 $N_q = \text{int}[\frac{N}{2}] + 1$ 。取FFT的增广向量 $\{\mathbf{Z}_k\} = [\mathbf{F}_k^T, \mathbf{G}_k^T]^T \in R^{2n}$ ，当采样频率足够高，又有长时间的测试数据时，则服从零均值的高斯分布。 \mathbf{Z}_k 的协方差矩阵 \mathbf{C}_k 可表示为：

$$\mathbf{C}_k = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Phi} \text{Re} \mathbf{H}_k \boldsymbol{\Phi}^T & -\boldsymbol{\Phi} \text{Im} \mathbf{H}_k \boldsymbol{\Phi}^T \\ \boldsymbol{\Phi} \text{Im} \mathbf{H}_k \boldsymbol{\Phi}^T & \boldsymbol{\Phi} \text{Re} \mathbf{H}_k \boldsymbol{\Phi}^T \end{bmatrix} + \frac{\sigma^2}{2} \mathbf{I}_{2n} \quad (5)$$

三、基于BOMA方法的数控机床整机动态特性测量技术应用

1.数控机床整机动力学测试

机床的性能主要取决于其动态特性，通过机床固有频率、振型及阻尼的测量，可以分析机床在不同切削参数下，其振动、刚度等能否满足切削的性能要求。以下通过某机床的动力学测试案例予以说明。在实验中采用 KISTLER 8395A型加速度传感器，通过PCI1802多通道同步数据采集卡与笔记本电脑组成模态测试系统，用以记录采集数据。现场测试见图3，实验中为满足贝叶斯运行模态法所需高采样率，采样频率设为8000Hz，采样时间设为120s，通过随机环境激励对机床进行整体激励。



图3 数控机床整机振动测试

实验共采用63个三向加速度传感器对机床结构进行信号采集，共计189个采集通道同步采集加速度信号。由于加速度传感器数量有限，实验分为三组进行。分组测试中第一组1~6号传感器为三组公共测试点，如图4所示。根据所布置传感器位置，进行三维建模，并画出机床关键零部件尺寸。如图4为实验现场传感器测

式中 $\Phi=[\Phi_{1L}, \Phi_m] \in R^{m \times m}$ 为模态振型矩阵； $I_{2n} \in R^{2n \times 2n}$ 为单位矩阵； H_K 为转换矩阵，其元素 $H_K(i, j)$ 可表示成：

$$H_K(i, j) = S_{ij} f_k^{-1} [(\beta_{ik}^2 - 1) + i(2\zeta_i \beta_{ik})]^{-1} [(\beta_{jk}^2 - 1) - i(2\zeta_j \beta_{jk})]^{-1} \quad (6)$$

式中 S_{ij} 表示第 i 阶与第 j 阶模态激励的互谱密度； $\beta_{ik} = f_i / f_k$ 表示频率之比， f_i 表示第 i 阶的固有频率； ζ_i 表示第 i 阶的阻尼比。

在贝叶斯理论中：

$$P(\theta | \{Z_K\}) \propto P(\theta) P(\{Z_K\} | \theta) \quad (7)$$

式中 $P(\theta | \{Z_K\})$ 代表 θ 的后验概率密度函数， $P(\theta)$ 代表实验前所获得的先验信息， $P(\{Z_K\} | \theta)$ 代表似然函数。当测试数据足够多时， $P(\{Z_K\} | \theta)$ 对 $P(\theta | \{Z_K\})$ 的影响比 $P(\theta)$ 要大很多， $P(\theta)$ 可以当作标准分布的常数，所以 $P(\{Z_K\} | \theta)$ 主要由影响，则后验概率密度函数 $P(\theta | \{Z_K\})$ 可表示为：

$$P(\theta | \{Z_K\}) \propto P(\{Z_K\} | \theta) = (2\pi)^{-(N_q-1)/2} \left[\prod_K \det C_K(\theta) \right]^{-1/2} \times \exp \left[-(1/2) \sum_K Z_K^T C_K(\theta)^{-1} Z_K \right] \quad (8)$$

为了计算方便，使用对数似然函数 $L(\theta)$ 来表示 $P(\theta | \{Z_K\})$ ：

$$P(\theta | \{Z_K\}) \propto \exp[-L(\theta)] = \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_K \ln \det C_K(\theta) - \frac{1}{2} \sum_K Z_K^T C_K(\theta)^{-1} Z_K \right] \quad (9)$$

式中 $L(\theta) = \left[-\frac{1}{2} \sum_K \ln \det C_K(\theta) - \frac{1}{2} \sum_K Z_K^T C_K(\theta)^{-1} Z_K \right]$ ， $L(\theta)$ 取最小值对应 $P(\theta | \{Z_K\})$ 取最大值。结构模态参数 θ 的最优解可以通过最大化后验概率密度函数 $P(\theta | \{Z_K\})$ 或者最小化对数似然函数 $L(\theta)$ 求得。其主要分析流程如图2所示。

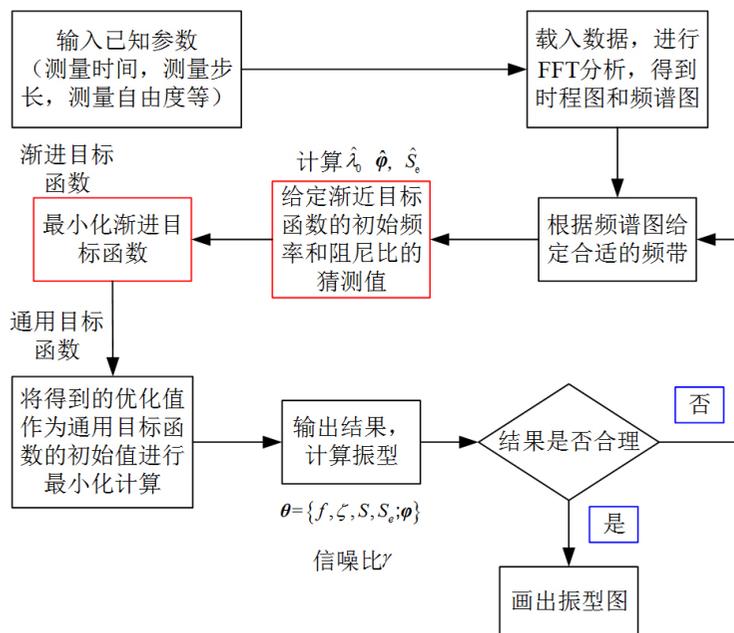


图2 贝叶斯理论下模态参数识别流程

点图以及机床的三维建模简易模型。建模所设坐标系与机床切削加工时坐标系一致。

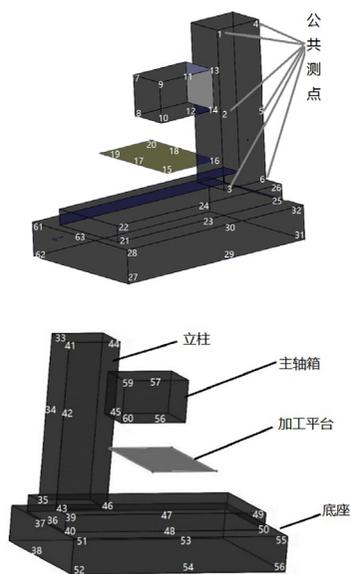


图4 机床整机测试布点及三维建模

将采集的加速度数据在进行坐标转换达到坐标系一致后，进行快速傅里叶变换，运用上海理工大学机床测试技术研究所开发的基于贝叶斯运行模态法的模态参数识别软件，如图5所示，得到在环境激励下数控机床整体的功率谱密度图如图6所示。



图5 基于贝叶斯运行模态法的模态参数识别软件

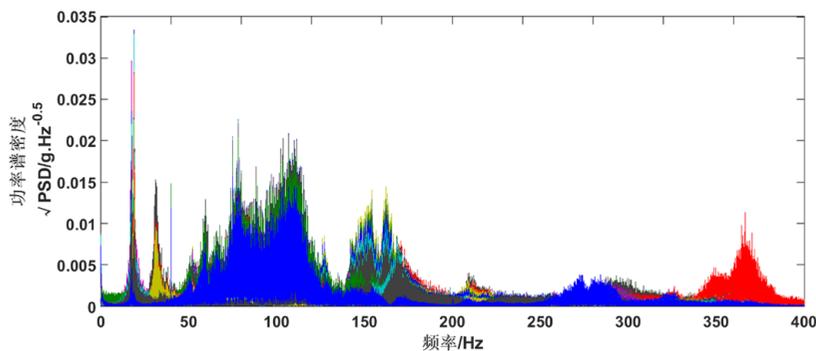


图6 机床整机测试功率谱密度图

根据图中功率谱密度图，考虑到低阶状态对结构的共振影响更大，重点选择前十阶作为此次测试的分析区域。在提取振型时，选择合适的频率带宽来降低运算量，运用单阶模式识别^[1, 4]，对机床前十阶分次进行提取模态参数，表1为提取的结果。表2为整体分步测试整合后振型的模态置信准则值。反映的是模态置信准则MAC的值，其数值基本在0.98~1.00之间，这显示出了非常高的振型优化整合质量。基于识别得到的数控机床三维整机振型，得到机床前六阶模态振型如图7所示，图中蓝色为原始简化模型，由实际测量得到，红色为其相对应的振型。考虑低阶对机床影响更大，下文给出前六阶机床的模态振型。根据图中振型的测试结果（见表1）可以表明：

表1 机床整体模态参数结果

模态阶数	固有频率	阻尼比
一	23.13	0.0332
二	39.74	0.0266
三	66.68	0.0254
四	75.78	0.0384
五	82.60	0.0124
六	93.98	0.0122
七	136.87	0.0304
八	171.24	0.0071
九	202.56	0.0163
十	208.65	0.0046

(1) 一阶模态振型中机床结构主要以主轴箱沿着x轴平动为主，且其他结构较为稳定。

(2) 二阶振型机床主轴箱仍为主要结构薄弱点，平台向x轴正方向平动。

(3) 三阶情况下机床立柱沿着z轴方向摆动，主轴箱表现仍有平移。

(4) 四阶133.98Hz下机床加工平台沿z方向平动，且主轴箱沿z方向平动。

(5) 五阶机床开始整体沿着z轴旋转。

(6) 六阶175.50Hz机床整体轻微扭转，主轴箱较为明显。

通过对整体振型的分析（见表2），显示机床在低阶状态下，主轴箱与立柱为主要结构薄弱环节，尤其是在一阶、二阶的低阶状态，更易对机床加工精度造成影响。

表2 机床整体分步测试整合振型的模态置信准则值

模态阶次	分布模态置信准则值			总体模态置信准则值
	Model	Model	Model	
一	0.9999	0.8065	0.8053	0.9998
二	0.9982	0.9903	0.9974	0.9957
三	0.9985	0.9942	0.9986	0.9972
四	0.9998	0.9988	0.9998	0.9996
五	0.9979	0.9836	0.9991	0.9973
六	0.9986	0.9923	0.9994	0.9982
七	0.9995	0.9974	0.9994	0.9989
八	0.9990	0.9972	0.9994	0.9985
九	0.9821	0.9740	0.9809	0.9809
十	0.9979	0.9963	0.9973	0.9971

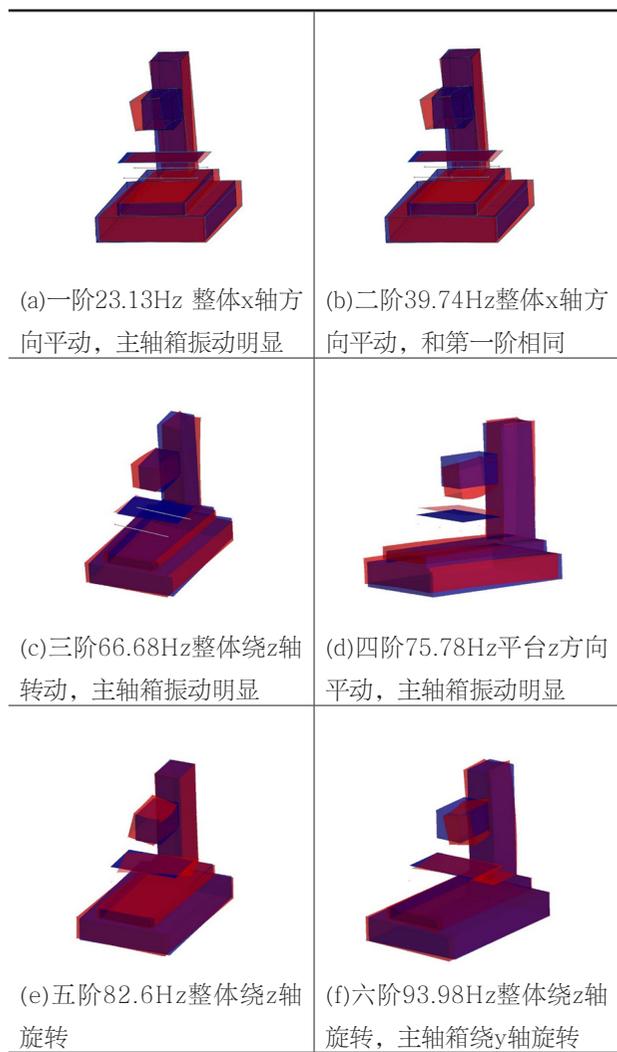


图7 机床整机模态振型

2. 基于数控机床整机动力学测试的动力学设计缺陷定位技术

为了研究机床在实际切削加工中不同切削参数对加工

精度的影响，对数控机床动力学设计缺陷进行精确的定位，需要利用上一节中的机床整机动力学模态测试参数，结合实际切屑过程中加速度信号的测试结果来实现。其主要分析思想如图8所示。

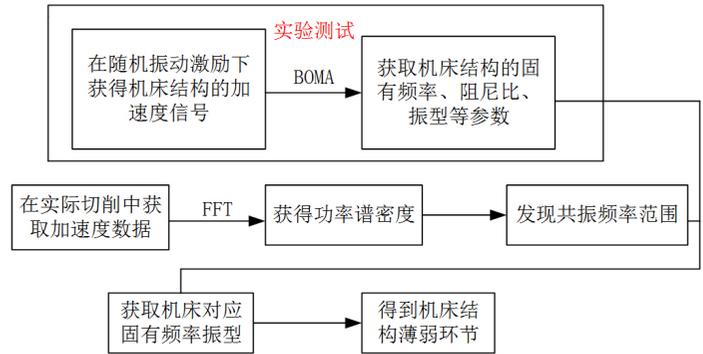


图8 数控机床动力学设计缺陷的定位

对机床的动态切削测试，实验时将传感器置于主轴箱侧面，在机床实时切削过程中进行振动信号采集，实验加工试样为不锈钢，刀具直径为 $\phi 6$ 。考虑到机床在切削过程中振动剧烈， $\pm 2g$ 量程的加速度传感器有超量程的可能，本文在实时切削过程中采用 $\pm 50g$ 的三向压电式加速度传感器，灵敏度为 $100mV/g$ 。由于切削过程随着进给速度的加快，采集时间较短，因此，本文实验将切削时的动态信号采集采样频率设为 $20000Hz$ ，之后对加工工件进行多组切削参数的正交化实验。

图9显示的为主轴箱在不同切削参数下两组加工异常的功率谱图情况，实验时加工试样出现振纹，且加工过程中发生异响。从图9中可以看出在频率约 $39Hz$ 左右的情况下出现振动异常，机床发生共振，切削振动明显。考虑机床整体在此频率下有着相同的共振频率且主轴箱振型变形较大，此阶频率与机床整体二阶频率接近，如图7(b)所示，且主要变形为主轴箱。有理由相信这是由主轴箱共振引起的加工性能异常。其原因主要是由主轴箱与导轨的连接引起的，为此通过增加滑块数量、增加导轨的宽度和改变连接条件，增加接触刚度的方法解决该问题。考虑进行如下结构的改进，如图10所示为改进前后机床结构的对比：

(1)如图(a)、(b)为机床主轴箱结合面结构改进前后对比图，增加主轴箱和导轨接触滑块的数量，由四滑块结构改为六滑块结构。

(2)如图(c)、(d)所示，增加主轴箱与立柱结合面导轨宽度，提高其动力学特性。

(3)如图中(e)、(f)所示，改变主轴箱和结合面结构，用来增大结合面面积，提高稳定性。

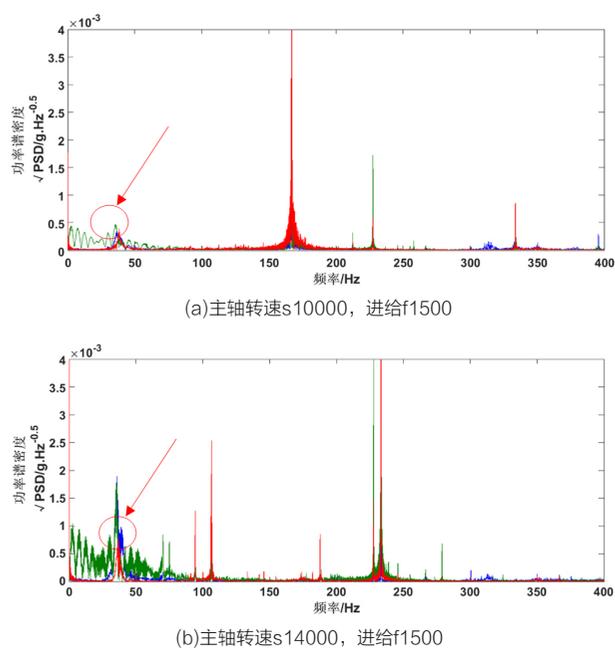


图9 机床不同切削参数下主轴箱功率谱密度图

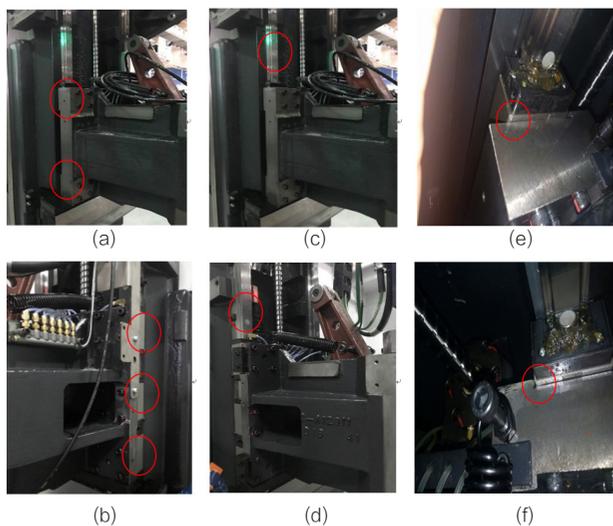


图10 机床主轴箱与立柱结合面结构改进前后对比

通过增加主轴箱与导轨的接触刚度等措施后，机床的振动频谱变化如图11中改进设计所示。由图11可以看出，该方法有效地解决了机床的振动问题。

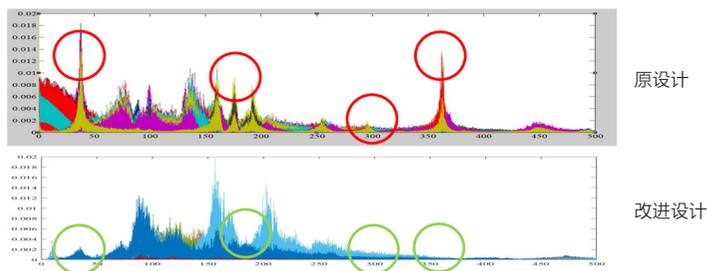


图11 机床改进设计的效果

四、结论和展望

数控机床整机在加工状态下的动态性能决定了机床的加工精度，机床在加工过程中都会存在机械振动现象。当机床的加工振动频率与结构固有频率相接近时，结构就会发生共振。针对机床整机动力学测试的困难，上海理工大学机床研究团队，开创的采用贝叶斯运行模态法。该方法采用贝叶斯理论和运行模态分析相结合的模态参数识别技术，将动态特性的识别问题通过贝叶斯原理转化为一个概率优化问题，实现机床整机在工作状态下动态特性的测量，包括各阶固有频率、振型以及阻尼特性，进而获得机床整机的动刚度特性等，并通过引入信噪比指标来对实验结果的可靠性进行评价。

本项研究，基于贝叶斯运行模态测试技术，利用机床整机动态特性参数，实现了数控机床加工状态的动力学设计缺陷的定位，并进行了实验验证和工程应用。该方法将机床整机动力学参数与机床加工状态测试相结合，能够清晰地发现机床在加工状态时的动力学设计缺陷，为改进设计提供直接的指导，并进一步确定机床整机动态性能“短板”与“性能冗余”的部件。同时，而本文所介绍的数控机床整机动态特性测量技术，由于无需人工激励即可实现机床动态特性参数的测量，可用于机床状态的远程监测，也是实现预见性维修最为有效的一种方法。□

参考文献:

- [1] 胡育佳, 徐琳琳, 李郝林. 基于贝叶斯运行模态分析法的砂轮架动态特性分析, 中国机械工程, 2014, (22): 3081-3087.
- [2] Yu-Jia Hu, Yaoyu Wang, Weidong Zhu and Haolin Li. Dynamic Modeling of a Ball-Screw Drive and Identification of Its Installation Parameters, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 2021 (143): 041003.
- [3] Yuen KV, Katafygiotis LS. Bayesian time-domain approach for modal updating using ambient data. Probabilistic Engineering Mechanics, 2001, 16: 219-231.
- [4] Au SK, Zhang FL, Ni YC. Bayesian operational modal analysis: Theory, computation, practice. Computers & Structures, 2013, 126: 3-14.
- [5] Zaghbani I, Songmene V. Estimation of machine-tool dynamic parameters during machining operation through operational modal analysis. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2009, 49(12-13): 947-957.
- [6] Van Overschee P, De Moor B. Subspace Identification for Linear Systems. Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1996: 22-24.
- [7] Reynders Edwin, Pintelonb Rik, De Roecka Guido. Uncertainty bounds on modal parameters obtained from stochastic subspace identification. Mechanical Systems and Signal Processing, 2008, 22 (4): 948-969.
- [8] Hu YJ, Sun X, Zhu WD, Li HL. Local damage detection of a fan blade under ambient excitation by three-dimensional digital image correlation. Smart Structures and Systems, 2019, 24(5): 597-606.
- [9] Hu YJ, Guo WG, Zhu WD, Xu YF. Local damage detection of membranes based on Bayesian operational modal analysis and three-dimensional digital image correlation. Mechanical Systems and Signal Processing, 2019, 131: 633-648.
- [10] 通讯作者: 李郝林, 男, 教授. 研究方向: 数控机床测试和控制技术. E-mail: haolin61@163.com

NC-Link标准及应用案例

华中科技大学网络空间安全学院 路松峰

【摘要】 NC-Link是中国机床工具工业协会的团体标准，旨在支持数控装备互联互通互操作，NC-Link标准由7部分组成。详细介绍了NC-Link的背景、技术特点、与国外类似标准的对比。对标准内容和组成进行了描述，并展示了NC-Link的应用情况。

一、引言

随着计算机和互联网技术的高速发展，传统的制造业开始发生根本性改变。装备制造领域正面临一场深刻的技术变革。世界各国纷纷提出先进制造战略计划，德国提出“工业4.0”，聚焦智能工厂、智能生产，以确保其在制造领域的全球领先地位；美国制定“先进制造业国家战略计划”优先突破“工业互联网”技术，重点发展先进制造的感知控制、智能制造和先进材料；2015年，中国提出“中国制造2025”战略规划，重点推进数字化制造、智能制造。从数字制造到智能制造，是制造业发展的必然趋势。

智能制造的核心技术是信息物理融合系统（Cyber-Physical System，简称CPS），信息技术成为新的使能技术促进制造工艺、产业链等深度融合发展。CPS利用大数据、物联网、云计算等技术，将物理设备连接到互联网上，实现虚拟网络世界与现实物理世界的融合，让物理

设备具备计算、通信、精确控制、远程协调、自治、数据采集等功能。设备的互联互通是基础。

数控机床（包括机器人）是制造业的重要基础装备，是数字工厂的最前端的执行和感知设备。以数字化为基础，贯通数控装备之间的信息交流途径、加强历史数据的应用、引入智能化算法是数控装备向智能装备转变的主要方式和途径。数控装备的互联互通是建立数字化和智能工厂的关键技术。

由于数控系统的厂家繁多，各个厂家的数控系统差异很大，使得像MES、ERP等上层应用需要针对不同的数控系统研发数据采集系统，这导致建立数控装备互联标准非常必要。

国外关于数控机床的互联互通方面比较有名的协议，是MTConnect^[1]、OPC UA^[2]和umati^[3]。国内在数控机床工业互联网互通技术方面，相关企业已经开展有益的探索。2014年，华中数控推出基于机床大数据分析的智

能化云服务系统平台，已在多家企业得到应用；沈阳机床集团经过多年研发，推出i5数控系统，研发了iSESOL云服务平台。

国内企业在数控装备互联互通技术研究和应用方面已经启动，但各单位的研究工作目前处于各自为政的状态，没有形成合力。在数控机床互联互通技术上，我国同国外还有较大的差距。在智能工厂和智能车间信息化实施过程中，国产数控机床的整合十分困难，大大削弱国产数控机床的竞争力。另外，国外标准有主导数控机床互联互通领域的趋势，对我国行业和国防安全构成了重大威胁。因此，建立统一的和自主可控的数控机床互联互通协议标准，对提高我国数控机床的竞争力、促进我国制造业转型升级、保护国家安全等方面有重大意义。

中国机床工具工业协会牵头与2016年5月17日成立了数控机床互联互通协议标准联盟，并与2018年3月在昆明启动了《数控装备工业互联网协议》（NC-Link）团体标准的研

制, 经过多次的技术交流, 并在智能加工单元、智能产线和智能车间层面上进行了试验验证, 与2020年12月正式发布了NC-Link标准^[4]。

二、NC-Link与国外相关标准的对比

美国机械制造技术协会AMT在2006年提出了MTConnect, 用于机床设备的互联互通。2006年, OPC基金会在OPC (OLE Process Control) 基础上重新发展了OPC UA工控互联协议。但这两个协议都存在很多不足之处。MTConnect是单向获取数据的协议, 使用于状态监控, 无法实现执行控制的功能; OPC UA虽然较为完善, 但是其定义较为宽泛, 功能实现复杂, 没有针对数控加工系统提出较为完善的定义。

NC-Link吸收了OPC UA全双工以及MT-Connect的机床模型和数据字典的优点, 在NC-Link研发过程中, NC-Link编写组成员也多次和美国机械制造技术协会和德国机床制造商协会VDW进行过多次技术交流。技术特点对比如表1所示。

表1 NC-Link与MTConnect与OPC UA的比较

技术指标	MTConnect	OPC UA	NC-Link	备注
数据表达方式	HTTP+XML	二进制/XML	JSON	二进制可读性差, XML冗余
设备模型	有	无	有	可扩充, 实用
交互方向	单向	双向	双向	满足CPS, 未来智能制造
订阅方式	无	有	有	兼容物联网
安全	无	专用	接入及内容安全	双向必然要求
支持CPS建模	否	否	是	

2018年德国机床制造商协会基于OPC UA推出umati, umati与MTConnct一样是应用层的协议, 其目的是实现机床与应用系统的链接。但目前尚未形成标准。

三、NC-Link标准特点

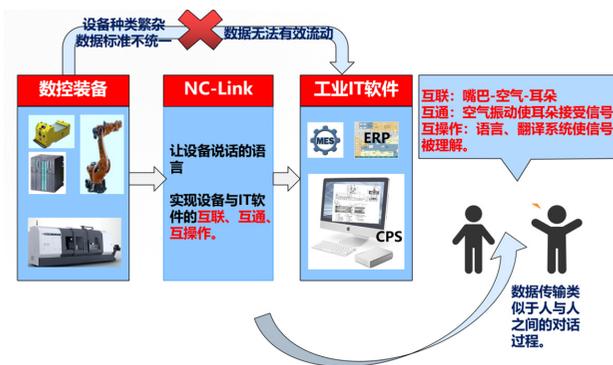


图1 NC-Link的作用

NC-Link用来解决数控装备种类繁多, 无法有效和工业应用软件进行交互的难题, NC-Link作用如图1所示。

为了高效地实现数控装备的互联, 设计NC-Link时采用了如下准则:

(1) 采用JSON (Java Script Notation) 进行模型描述与数据传输, 保证了数据内容的可读性, 降低了带宽压力。

(2) 设备模型定义简约清晰, 数据类型丰富, 具备较强的表达能力。

(3) 兼容多种数控设备, 不但可以描述数控机床、机器人, 而且可以描述任何工控设备。

(4) 接口定义简单, 只有侦测、查询、设置、采样四个接口, 易于实现, 容易理解。

(5) 满足毫秒级数据采集, 使其成为建立数控装备CPS模型首选的通讯协议。

(6) 全双工, 满足端到端双向通讯需求。

NC-Link具有如图2所示的技术特点。



图2 NC-Link的技术特点

采用NC-Link的企业或车间, 在实现NC-Link后, 将会达到如图3所示, 能干把数控装备和工业应用软件互联, 并提供数据采集和数据下发的功能, 形成统一的标准。

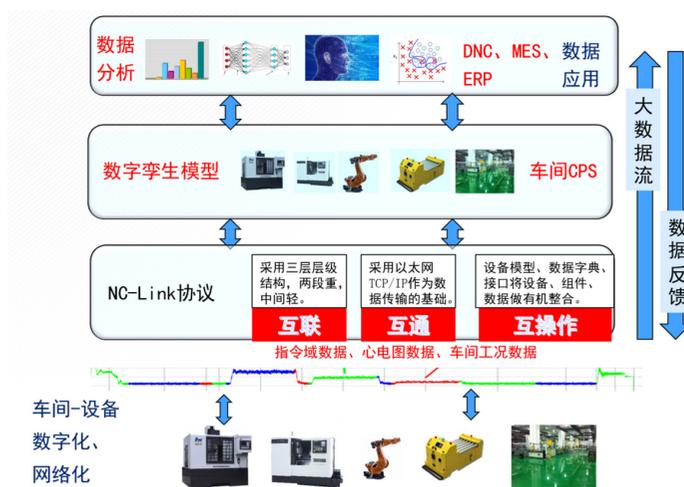


图3 NC-Link的目标

四、NC-Link标准组成

NC-Link标准名称为《数控装备工业互联互通协议》标准分为七个部分，如下：

- 1) T-CMTBA 1008.1-2020 数控装备工业互联互通协议 第1部分：通用技术条件
- 2) T-CMTBA 1008.2-2020 数控装备工业互联互通协议 第2部分：联网参考模型
- 3) T-CMTBA 1008.3-2020 数控装备工业互联互通协议 第3部分：数控装备模型定义
- 4) T-CMTBA 1008.4-2020 数控装备工业互联互通协议 第4部分：数据项定义
- 5) T-CMTBA 1008.5-2020 数控装备工业互联互通协议 第5部分：终端及接口定义
- 6) T-CMTBA 1008.6-2020 数控装备工业互联互通协议 第6部分：安全性
- 7) T-CMTBA 1008.7-2020 数控装备工业互联互通协议 第7部分：评价规范

通用技术条件定义了NC-Link的体系架构，信息交互流程，运行信息交互要求和安全要求基本部分，用来解决标准中共性和基础规范。

联网参考模型定义NC-Link详细的架构，NC-Link分四层：数控装备层、适配器层、代理器层和应用层，NC-Link不对数控装备层和应用层提出要求。NC-Link的核心是适配器和代理器，如图4所示。

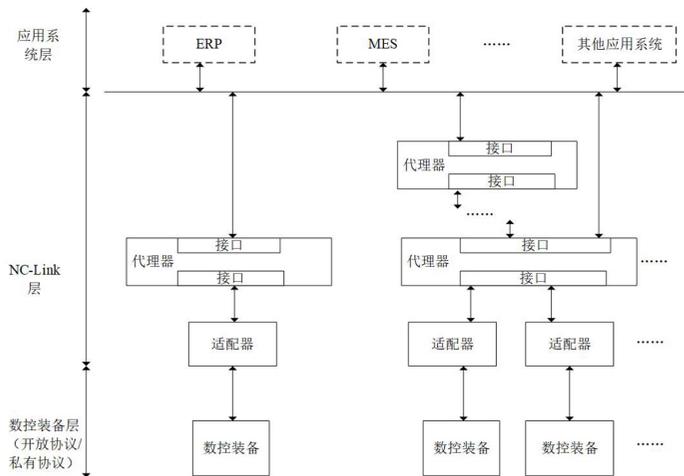


图4 NC-Link联网参考模型

数控装备模型定义了数控机床或者机床的模型文件，NC-Link提供一个通用的数控装备模型文件，使用者可以在此模型文件上进行裁剪从而建立自己数控装备的模型文件，及模型实例，模型实例存储在适配器和代理器上，应

用系统通过获取模型实例来了解数控装备可以提供哪些数据。数控装备模型采用递归的树形结构，并采用面向对象的方式json格式进行描述，如图5所示。数控装备模型定义了设备对象、组件对象和数据对象。设备对象定义了数控装备的组成，每个设备对象组件组成，每个组件可以包括子组件，组件内容由数据项来描述。其中采样通道是特殊的组件，用来采集连续的组合数据，及支持大数据采集。

数据项需要与数控装备模型结合使用，数控装备模型中的设备对象、组件对象和数据对象的类型在数据项中定义。用来定义如数控机床等数控装备中各对象及其需要采集数据的内容。

如何采集和下传数据由终端及接口定义标准来规定。标准规定接口的访问模型和具体接口形式，用来解决如何实现采集数据和下传控制命令。包括：数控装备的注册，数控装备的发现，数控装备的模型文件获取，查询数据，查询组合数据（通过采样通道）、控制命令下传等指令。NC-Link支持MQTT，HTTP，QMP协议。

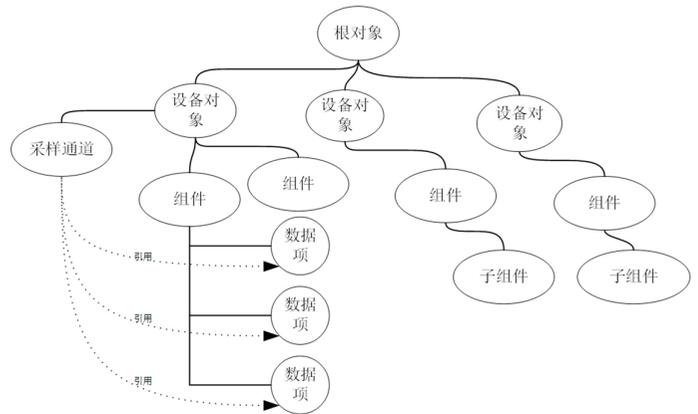


图5 数控装备模型

数控机床在联网时处于一个开放式的以太网环境下，因此安全非常重要。安全性标准规定了代理器的安全要求、适配器接入安全要求、应用系统访问安全要求和数据传输的安全要求。用来解决NC-Link中接入安全和数据传输安全问题。主要包括对（适配器，应用系统）身份认证的要求以及对下行数据安全的要求。

评价规范用来测试和评价基于NC-Link标准开发的代理器和适配器在模型文件、数据项、接口、安全等方面是否符合NC-Link标准，提供测试和评价的内容、流程和方法。

五、部分应用案例

从NC-Link研制开始，数控机床互联互通协议标准联



图9 NC-Link应用-产品溯源

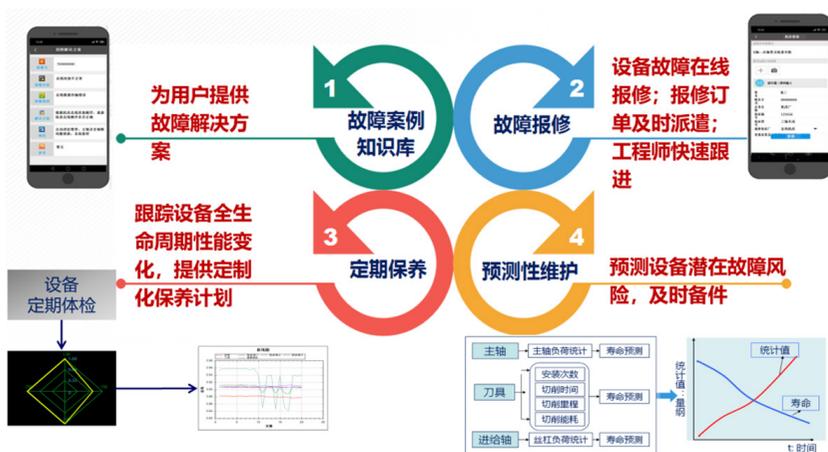


图10 NC-Link应用-远程运维

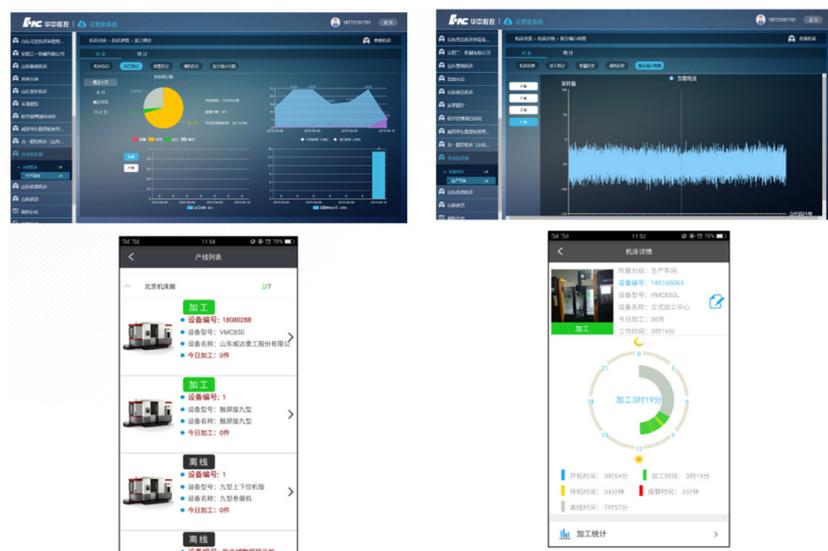


图11 NC-Link应用-华中数控云管家

参考文献:

- [1] <https://www.mtconnect.org/>
- [2] <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>
- [3] <https://umati.org/>
- [4] www.cmtba.link

盟内的企业就开始通过多种方式进行NC-Link的应用验证和实际应用。目前数控机床互联互通协议标准已经吸纳了27家企事业单位,包括协会组织、数控系统厂家、科研院所、主机企业、安全企业、ICT企业和服务性企业。已经由数前台数控装备采用NC-Link标准进行设备互联和数据采集,连接范围从单台的智能加工单元,到智能产线和智能工厂。目前已经实现了NC-Link接入是设备类型、可接入的数控系统和接入方式如图6所示。



图6 支持NC-Link设备、数控系统和接入方式



图7 NC-Link在2019德国EMO机床展



图8 NC-Link应用场景和应用模式

NC-Link在北京机场,2019年德国机场展上分别进行了展出(见图7)。NC-Link的应用场景和应用模式如图8所示。图9到图11展示了部分NC-Link的具体应用。□

数控机床行业现状与转型探索

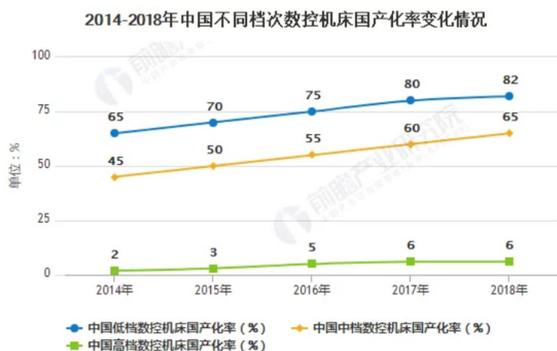
宁波市智能制造技术研究院 肖勇

数控机床解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题，代表了现代机床控制技术的发展方向。高档数控机床集成了高速、精密、智能、复合、多轴联动、网络通信等多功能于一体，是装备制造的工作母机，是衡量一个国家装备制造业发展水平和产品质量的重要标志。智能机床是高档数控机床发展的高级形态，是先进制造技术、信息技术和智能技术的集成与深度融合的产物，具有自感知、自决策、自诊断、自调节、自适应和即时网络通讯功能。

一、行业发展现状

1. 高档数控机床国产化率低

中国数控机床市场规模庞大，已连续多年成为世界最大的机床装备生产国、消费国和进口国，市场对“高精尖”机床设备的需求发生着从无到有的变化。然而，我国高档数控机床的国产化率不到10%，相应市场也被外来企业不断蚕食。



资料来源：前瞻产业研究院整理

©前瞻经济学人APP

2. 国内中高档数控系统竞争力弱

作为机床的“大脑”，数控系统在某种程度上决定着数控机床的功能、性能和技术水平的高低，其产业发展又高度依赖机床主机产业。国外对我国至今仍进行技术封锁和进口限制，导致我国高档数控机床配套的数控系统

90%以上都是国外产品，中高端市场被德国西门子、日本FANUC瓜分，低端市场较多采用国产数控系统，数十家企业在该领域展开了激烈竞争。

中国数控系统市场竞争格局分析情况



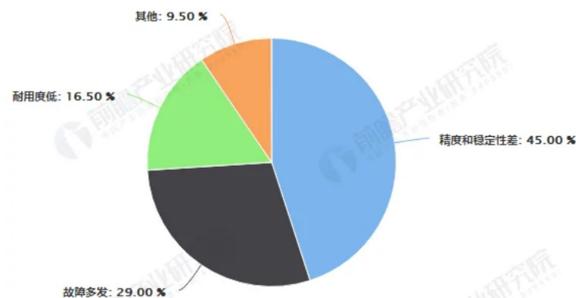
资料来源：前瞻产业研究院整理

©前瞻经济学人APP

3. 国产数控机床性能有待提升

国内应用客户对机床产品的要求越来越高，购买关注点主要集中于可靠性、性价比、售后服务等。由于缺乏核心技术，大量的国产企业只能沦为最低端机床的制造商，机床精度和稳定性差、品质规范化管理差、故障率高、价格低廉，与消费者的实际需要还有一段距离。一些企业只是组装机床，研发投入不足，甚至用户自行购买光机、数控系统、丝杆、刀库等部件。

中国数控机床行业主要问题分析情况



资料来源：前瞻产业研究院整理

©前瞻经济学人APP

二、转型风险分析

面对应用市场下行，一些大型机床制造商业务停滞，部分数控企业欠款难收、呆坏账风险上升，回款周期拉长，资金压力增大，企业经营风险越来越高。因此，多数企业选择主动转型、创新升级。

1. 大投入带来的市场风险

数控机床及数控系统属于技术密集型行业，技术和产品研发需要大量的研发投入，新产品的市场培育也需要一定的周期，形成的相关技术若不能短时间满足当下用户的市场需求，可能带来一定的运营风险。在转型过程中，为了提质增效降本，制造企业势必会加大对新一代信息技术、工业机器人及自动化等的应用投入，面临着转型和新业务开拓的投资回报周期过长等风险。为了提升综合竞争力，部分企业加大投资强度与资源整合力度，可能会对主营业务产生一定程度的影响。

2. 专业技术人才流失风险

智能装备制造行业迎来发展高峰期，新增的转型升级工作量延缓了原有产品开发进度，增加了企业的投入和专业人才的需求。一些互联网、房地产等相关行业高薪挖人，导致数控机床产业链企业在软件开发、方案设计、加工工艺等岗位的核心人员流失，甚至连数控机床销售、机械电气工程师及技术支持等跨界转岗。

3. 出口型业务转型风险

随着国外部分国家机床行业的萎缩，以出口为主的数控系统企业出口额大幅下滑，给公司经营带来较大压力。除了保留国外数控技术改造和维修等业务之外，部分重心转向国内市场，甚至不得不为风电、建筑机械、电力行业等非机床行业提供节能、专机改造、自动化改造等服务，逐步转型成为技术服务型企业。

三、行业发展举措

智能制造是全球制造业的发展方向，数控系统、电机及驱动等关键技术逐步突破，数字技术、网络技术、智能技术日益渗透到产品的研发、设计和制造的全过程，机器人、自动化生产线等智能装备在生产中得到广泛应用。随着科技不断创新和信息技术应用深入，推进机床装备智能化和机床终端用户数字化，实现设备互联互通和透明化生产管理，是提升整个行业竞争力水平的必然选择。

1. 产业聚焦，政策红利助推高质量发展

国家出台一系列政策以支持数控机床行业发展和转型

升级。十四五规划和二〇三五年远景目标提出，加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，把发展经济着力点放在实体经济上，坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国，推进产业基础高级化、产业链现代化，提高经济质量效益和核心竞争力。《智能制造工程实施指南(2016-2020)》要求，我国数控机床国产化率将在2020年超过50%。《(中国制造2025)重点领域技术路线图》对我国高档数控机床的发展方向作出规划。未来，我国数控机床将重点针对航空航天装备、汽车、电子信息设备等产业发展的需要，开发高档数控机床、先进成形装备及成组工艺生产线。此外，高档数控机床装备重大专项从2009年开始启动，持续投入上百亿的经费，高档数控机床与基础制造装备科技重大专项2019年度再次启动，涉及数控机床的有16个课题。

2. 自主创新，大力发展中高端数控系统

在机床工具行业中，数控系统企业所占的比重并不大，但是在发展智能制造和推动智能制造技术应用上，数控系统企业始终走在前列，并将智能制造技术及应用作为企业发展的重点，助推中国机床工具产业的智能化转型。2019年华中数控发布首台搭载AI芯片的华中数控新一代人工智能数控系统工业样机(iNC)，更好地实现了“感知与互联”、“学习与建模”、“优化与决策”、“控制与执行”，为机床厂家、行业用户及科研机构创新研制智能机床产品和开展智能化技术研究提供技术支撑。广州数控推出了下一代高档数控系统，在新控制器、运算处理能力、动力学算法控制等方面都有很大提升。北京计算机技术及应用研究所紧紧依托国防科技工业，围绕智能化改造、数控信息安全进行转型布局，建成了开展数字化车间的生产线建设、设备数字化改造、企业内网安全保密整体解决方案、数控系统安全防护整体解决方案等。超同步在北京密云和山东青州打造了智能装备制造产业园，以智能伺服系统、机床核心功能部件、高档数控机床、工业机器人和智能制造生产线为核心产品的智能装备垂直产业链，广泛应用于工业自动化、高端装备制造、新能源汽车等领域。

3. 协同共生，与用户建立广泛的战略合作关系

机床工具行业是个性化服务特征最为明显的行业，数控系统产业的发展必须要以用户需求为牵引，产品研发、应用与用户工艺紧密结合，形成主机厂、系统厂、用户厂的战略联盟。在开发、生产、验证、使用各个环节加强信息沟通，团结协作，将三者有机的战略联盟形成长效机制，国产数控系统的应用才能取得突破性进展。华中数控针对通用机床市场推广华中8型2.0数控系统，升级基于传

传感器热误差补偿、高速高精加工、机床健康保障、云数控(iNC-Cloud)等一系列智能特色功能,提升华中8型数控系统的加工质量,实现数控机床的高效管理,在立加、卧加、斜床身车床、雕铣,以及走心机、磨床、高档专机等细分市场形成了配套应用。

4、深挖潜力,加快数字化制造产业进程

随着5G和工业4.0的发展,工业大数据必将喷涌而出,OT数据和IT数据深度融合,在制造业新的数字化转型中扮演重要角色,成为企业发展的必然趋势。新冠肺炎疫情倒逼制造业企业加快数字化转型步伐,塑造了高质量发展新优势。以云计算、物联网、人工智能、虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等技术为代表,新一代信息技术与制造业融合发展,形成了新兴业态。同时,数字孪生应用正逐渐成为新一代制造业的重要趋势,5G、云计算平台也正在推动催生更多的智能工厂。在万物互联、万物感知时代,通过定制化业务场景,可以让企业数字化高效落地。以无人工厂为代表的大场景通过制造流程的人机协同和新技术的应用,形成以“人机电软一体化”为基础的高度自动化量产,压缩生产成本,减少人员依赖。

上接第19页

为了集中展示NC-Link标准的研究应用成果,中国机床工具工业协会拟于2021年4月12~17日在北京第十七届中国国际机床展览会(CIMT2021)上与德国机床协会(VDW)设立专题展区,开展数控机床互联互通协议标准研究成果的示范展示。中国机床工具工业协会将布置专用展台,重点宣传和推广我国NC-Link互联互通协议标准的应用成果。届时将在展台布置NC-Link的代理服务器等设备,进行NC-Link互联互通协议标准的应用演示并展示全套解决方案。会上,中国机床工具工业协会行业发展工作委员会委员、数控系统分会秘书处张幼龙就相关情况进行了详细介绍。

NC-Link标准宣贯推广的总体要求

为落实本次宣贯大会精神,在总结现有研究和应用经验的基础上,进一步扎实推进NC-Link标准后续推广工作,中国机床工具工业协会行业发展部主任穆东辉代表机床协会在标准宣贯大会上,就相关工作要求做了具体说明:

(1) NC-Link标准的宣贯推广是今年协会标准化工作的重点任务之一,要求标准起草工作组和项目负责人

5.强化数据安全,不断拓展数据增值服务

《数据安全法》的出台,能够从法律层面明确市场规则,缓解数据安全与开放应用之间的矛盾,对蓬勃发展的信息化和数字化起到极大推动作用。构建服务于数控机床产业链企业的工业互联网平台,催生更多的基于数控机床应用的增值服务,如智能诊断、预防性维护、设备共享、供应链金融等,为工艺优化、技术升级和产品研发提供应用数据支撑。

四、结语

虽然我国高档数控系统市场占有率逐年提高,在多轴联动控制、功能复合化、网络化、智能化和开放性等领域取得了一些成绩,但在功能、性能和可靠性方面与国外产品相比仍存在一定的差距。中国的数控产业应该抓住机会不断发展,努力发展自己的先进技术,加大技术创新与人才培训力度,提高企业综合服务能力,努力缩短与发达国家之间的差距,力争早日实现数控机床产品从低端到高端、从初级产品加工到高精尖产品制造的转变,实现从中国制造到中国创造、从制造大国到制造强国的转变。□

从7个部分的技术层面组织编写好贯标材料,下一步将在CIMT2021展会期间举办的机床工具行业标准化工作会议和数控机床互联互通协议标准联盟成员大会上进行标准宣贯。

(2) 倡议行业的数控系统企业积极参与,率先在产品上贯彻执行NC-Link标准,特别是联盟成员单位要率先贯标,在实际生产环境中对标准进行应用验证,总结分享成功案例,使标准更好地为数控机床互联互通提供配套和支撑,逐步形成有效、可行的互联互通模式,真正实现数控装备的互联互通。

(3) 积极做好NC-Link标准在行业企业的推广应用工作,在更多的数控系统、机床产品上应用。制定工作计划,分批分期向行业企业有关人员宣讲标准技术内容,交流贯标经验,让标准实施真正落地。通过NC-Link标准的应用为企业进行智能化改造升级等工作起到技术支撑作用。

(4) 在协会工业互联网平台上做好NC-Link标准网站(www.nc-link.org.cn)的建设,通过标准的服务和支撑,指导国内的机床制造厂商建立统一的机床互联机制,搭建数控机床互联互通应用平台。□

2020年机床工具行业经济运行情况分析

中国机床工具工业协会

2020年是我国机床工具行业极为特殊的一年。2018年下半年至2019年全年行业曾一度持续下行，2020年初突发新冠疫情，我国经济和社会活动受到严重影响，机床工具行业也遭遇到前所未有的冲击和压力。党和国家及时采取果断有力措施，统筹推进疫情防控和经济社会发展工作，疫情迅速得到控制，企业复工复产，生产经营逐步走上正轨。

在此期间，机床工具行业的主要经济指标1、2月曾大幅下滑，3月后逐月转好，进入下半年后则呈现出加速回升态势。2020年1~12月机床工具行业完成营业收入7082.2亿元，同比降低0.5%，实现利润总额475.6亿元，同比增长20.6%。

2020年金属加工机床消费额为213.1亿美元，同比降低4.5%，其中金属切削机床消费额138.7亿美元，同比降低2.1%；金属成形机床消费额74.4亿美元，同比降低8.7%。2020年国内金属加工机床市场需求总体上仍有小幅下降。

截至2020年12月，我国机床工具行业年营业收入2000万元以上的规模以上企业（下称“规上企业”）共5720家，比2019年12月增加10家。这5720家企业在八个分行业的分布如表1所示。

表1 2020年12月机床工具行业规上企业分布情况

序号	分行业名称	企业数	占比 (%)	序号	分行业名称	企业数	占比 (%)
1	金属切削机床	833	14.6	5	机床功能部件及附件	356	6.2
2	金属成形机床	529	9.2	6	铸造机械	467	8.2
3	工量具及量仪	747	13.1	7	木竹材加工机械	127	2.2
4	磨料磨具	2025	35.4	8	其它金属加工机械	636	11.1

一、主要经济指标完成情况

1. 营业收入

根据国统局规上企业统计数据，机床工具行业2020年1~12月累计完成营业收入7082.2亿元，同比降低0.5%，降幅较1~9月份收窄3.9个百分点。部分分行业营业收入完成情况如表2所示。表中所示分行业2020年1~12月营业收入同比均优于1~9月，其中金属切削机床行业实现营业收入同比由负转正。

表2 2020年1~12月部分分行业营业收入完成情况

	分行业名称	营业收入 (亿元)	1-12月同比 (%)	1-9月同比 (%)
1	金属切削机床	1086.7	2.3	-3.9
2	金属成形机床	631.2	-1.2	-7.9
3	工量具及量仪	878.3	-7.3	-9.5
4	磨料磨具	2583.6	-0.6	-5.0

2020年1~12月机床工具行业营业收入完成及同比变动情况详见图1。

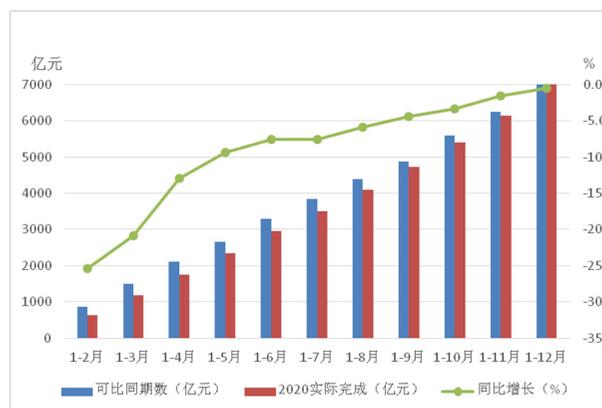


图1 机床工具行业营业收入完成及同比变动情况（国统局）

由图1可见，在疫情爆发的1~2月，实现营业收入同

比降低25.4%，其后在疫情得到有效控制后快速恢复，1~12月已经恢复到同比降幅0.5%。从单月来看，自8月份起，当月实现营业收入同比就已经由负转正，12月当月实现营业收入同比增长7.7%。

图2为2020年1~12月份营业收入同比变化与2019年及2018年主营业务收入同比变化的对比。由图可见，2018年全年保持了同比增长，但同比增幅逐渐减小；2019年除1~3月、1~4月为同比增长之外，其余各月均为同比小幅降低。2020年1~2月受疫情影响营业收入同比大幅度下降，其后各月累计营业收入同比降幅始终呈持续收窄趋势，至年底已经与上年基本持平，直观反映了机床工具行业积极抗击疫情影响，逐步恢复正常运行的过程。

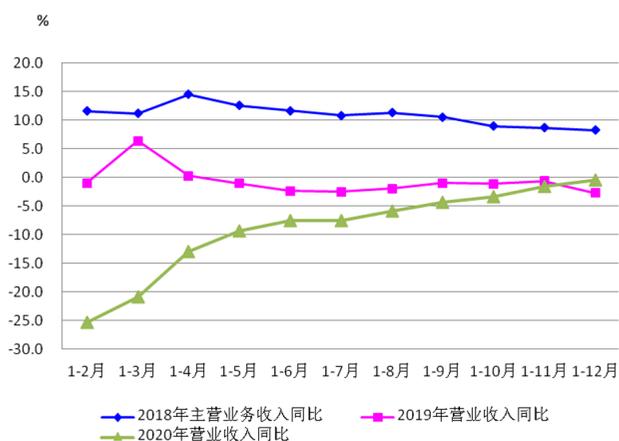


图2 机床工具行业营业收入增速同比变化 (国统局)

中国机床工具工业协会重点联系企业2020年1~12月累计完成营业收入同比增长3.0%，1~9月为降低3.3%。部分分行业营业收入同比情况如表3所示。

表3 2020年1~12月重点联系企业部分分行业营业收入同比情况

	分行业名称	1-12月同比 (%)	1-9月同比 (%)
1	金属切削机床	10.4	3.3
2	金属成形机床	-9.4	-13.2
3	工量具	-1.1	-5.8
4	磨料磨具	-3.8	-10.6

协会重点联系企业与国统局数据变动趋势相同。2020年1~12月营业收入同比水平明显优于1~9月。特别值得注意的是，重点联系企业中金属切削机床行业已连续两个季度营业收入同比正增长。

2. 利润总额

根据国统局规上企业统计数据，机床工具行业2020年1~12月累计实现利润总额475.6亿元，同比增长20.6%，较1~9月同比增幅扩大12.6个百分点。

部分分行业利润总额实现情况如表4所示。

表4 2020年1~12月部分分行业利润总额实现情况

	分行业名称	利润总额 (亿元)	1-12月同比 (%)	1-9月同比 (%)
1	金属切削机床	60.4	146.1	107.8
2	金属成形机床	38.7	17.8	1.0
3	工量具及量仪	78.4	-4.4	3.0
4	磨料磨具	167.0	7.2	-2.3

数据显示，除工量具及量仪外，其他三个行业1~12月累计实现利润总额同比情况，较1~9月均有明显改善。其中金属切削机床行业利润总额虽有明显提高，主要原因是上年基数太低和受益于疫情后政府的助企纾困政策。

2020年1~12月机床工具行业实现利润总额及同比增长情况详见图3。由图可见，自2020年8月份起，实现利润总额增速由负转正。

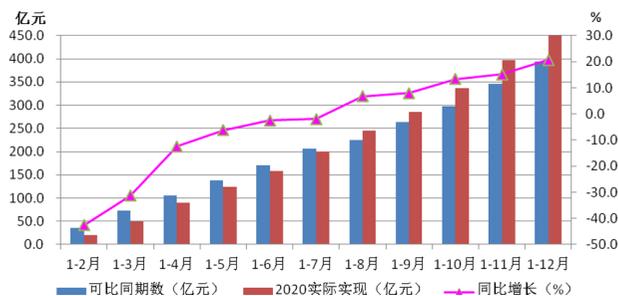


图3 机床工具行业利润总额实现及同比变动情况 (国统局)

图4为2020年1~12月份机床工具行业利润总额同比变化与2019、2018两年利润总额同比变化的对比。由图可见，2018年全年各月利润总额累计同比始终保持在正增长区间，2019年各月利润总额累计同比均在负增长区间。2020年7月之前，各月累计实现利润总额仍同比降低，但降幅逐月明显收窄，8月之后则为同比增长，并且增幅逐月扩大。

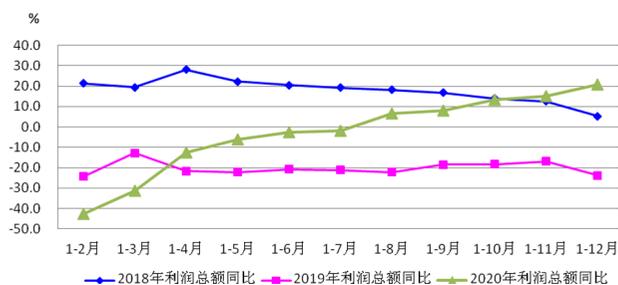


图4 机床工具行业利润总额增速同比变化 (国统局)

3. 亏损企业比例

根据国统局规上企业统计数据，2020年1~12月机床工具行业亏损企业829家，亏损面为14.5%，比1~9月收

窄5.6个百分点。其中，金属切削机床行业亏损面最大，为19.3%，比1~9月收窄6.2个百分点；金属成形机床行业亏损面为18.1%，比1~9月收窄8.5个百分点；工量具及量仪行业亏损面为10.6%，比1~9月收窄4.4个百分点；磨料磨具行业亏损面为13.9%，比1~9月收窄5.1个百分点。以上各分行业亏损面均比2020年1~9月明显收窄。

2020年1~12月，协会重点联系企业中亏损企业占比为29.3%，较1~9月收窄3.3个百分点。其中，金属切削机床行业亏损面最大，为33.9%，较1~9月收窄5.6个百分点；金属成形机床行业亏损面为44.4%，较1~9月扩大11.1个百分点；工量具行业亏损面为17.6%，较1~9月收窄3.0个百分点；磨料磨具行业亏损面为18.2%，较1~9月收窄9.1个百分点。

国统局数据和协会重点联系企业亏损面数据，除金属成形机床行业外，机床工具行业及其多数分行业1~12月亏损面均较1~9月明显收窄。

4. 金属切削机床和金属成形机床产量

根据国统局规上企业统计数据，2020年1~12月累计金属加工机床产量情况详见表5。由表中数据可见，2020年1~12月金属切削机床产量同比明显高于上年，且比1~9月产量同比有较大幅度上升。其中数控金属切削机床同比上升更为明显；但同期金属成形机床产量同比与1~9月时近似，仍有较大幅度降低。其中数控金属成形机床产量同比较1~9月时降幅缩窄明显。

表5 2020年1~12月金属加工机床产量情况

序号	机床类别	产量 (万台)	1-12月 同比 (%)	1-9月 同比 (%)
1	金属切削机床	44.6	6.0	-2.6
	其中，数控金属切削机床	19.3	16.2	2.4
2	金属成形机床	20.2	-8.7	-8.5
	其中，数控金属成型机床	1.8	-2.9	-16.6

图5为国统局机床工具行业金属加工机床产量变动情况。

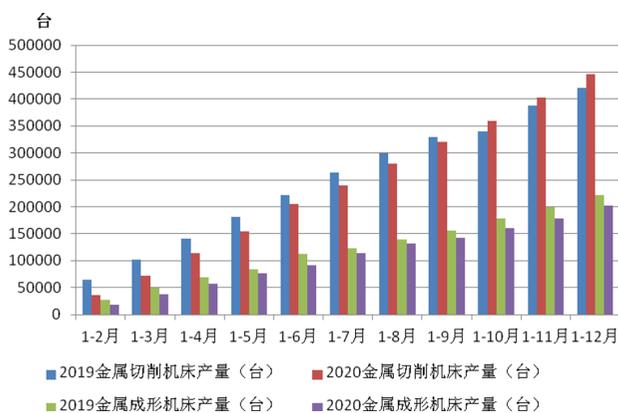


图5 金属加工机床产量变动情况 (国统局)

图6为2020年1~12月金属切削机床累计产量同比变化与2019、2018两年累计产量同比变化的对比。由图5、图6可见，2018年金属切削机床产量累计同比全年始终为同比增长。2019年除1~3月累计同比增长外，其他各月累计同比均为降低，且降低幅度呈逐月加大趋势。2020年年初受疫情影响，1~2月产量同比下降达45.0%，其后随着复工复产同比降幅逐月缩小。自10月起，金属切削机床产量走出18个月的负增长区间，转为同比增长，2020年1~12月为同比增长6.0%。

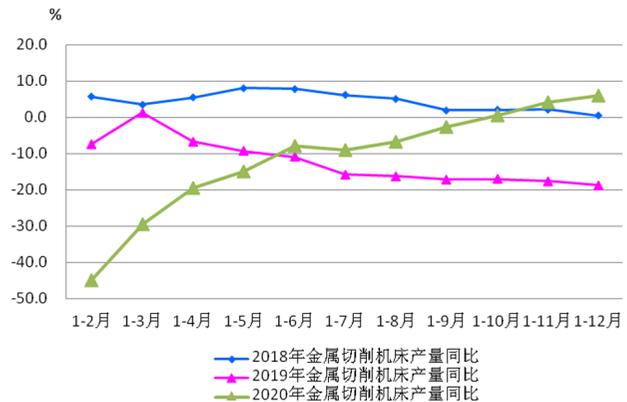


图6 金属切削机床产量增速同比变化 (国统局)

图7为2020年1~12月金属成形机床累计产量同比变化与2019、2018两年累计产量同比变化的对比。2018年金属成形机床产量累计同比自1~3月后就进入下行区间，2019年延续了上年下行趋势。2020年年初受疫情影响，金属成形机床产量同比下降达32.5%，其后随着复工复产同比降幅逐月缩小。但下半年以来同比降幅出现波动，2020年1~12月为同比降低8.7%。

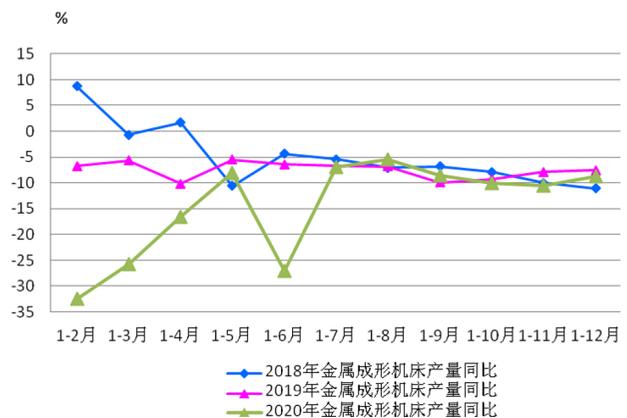


图7 金属成形机床产量增速同比变化 (国统局)

协会重点联系企业2020年1~12月累计，金属切削机床产量同比增长16.7%，较1~9月增幅扩大9.5个百分点。

其中数控金属切削机床产量同比增长21.5%，较1~9月增幅扩大10.2个百分点；金属成形机床产量同比增长5.6%，1~9月为下降4.0%。其中数控金属成型机床产量同比增长9.0%，较1~9月增幅扩大7.8个百分点。总体上重点联系企业机床产量同比增长高于国统局数据，不论是国统局数据还是重点联系企业数据，数控机床产量同比增长均更高一些，显示出产品结构升级趋势。

5. 金属加工机床订单情况

根据协会对重点联系企业金属加工机床订单情况的统计，截至2020年12月，金属切削机床、金属成形机床订单情况详见表6。

表6 2020年金属加工机床订单情况

序号	机床类别	订单类别	1-12月同比 (%)	1-9月同比 (%)
1	金属切削机床	新增订单	15.3	14.4
		在手订单	9.5	13.2
2	金属成形机床	新增订单	22.1	13.5
		在手订单	29.2	-3.3

从订单情况看，2020年金属切削机床和金属成形机床新增订单同比增长幅度均较大，并比前三季度增幅有所扩大，年末在手订单同比增幅也比较可观，特别是金属成形机床的在手订单同比增长近三成。

6. 产成品存货

根据国统局规上企业统计数据，机床工具行业2020年12月末产成品存货同比增长8.6%，增幅较9月末扩大8.4个百分点。部分分行业产成品存货同比情况详见表7。由表中数据可见，四个分行业的产成品存货同比均较9月末时有较大幅度上升，应引起关注。

表7 2020年1-12月部分分行业产成品存货同比情况

	分行业名称	1-12月同比 (%)	1-9月同比 (%)
1	金属切削机床	3.4	-9.4
2	金属成形机床	15.7	12.3
3	工量具	22.5	-0.4
4	磨料磨具	24.7	10.8

协会重点联系企业2020年12月末产成品存货同比增长4.6%，比2020年1~9月末增幅缩小0.5个百分点。其中，金属切削机床同比增长11.5%，金属成形机床同比降低1.8%，工量具同比降低4.6%，磨料磨具行业同比降低4.0%。

二、进出口情况

1. 总体情况

由于我国疫情迅速得到有效控制，稳外贸系列政策措施逐步显效，2020年全年机床工具行业进出口呈现出持续恢复状态。根据中国海关数据，2020年全年机床工具进出口总额256.8亿美元，同比下降6.7%，降幅较前三季度收窄2.4个百分点。其中，进口116.2亿美元，同比下降12.7%，降幅较前三季度收窄1.1个百分点；出口140.6亿美元，同比下降1.2%，降幅较前三季度收窄2.9个百分点。

2020年1~12月份机床工具产品进口和出口情况分别见图8、图9。由图可见，自2020年3月之后，进口和出口均呈逐月恢复态势，同比降幅逐月缩小，但出口降幅的恢复速度明显快于进口。

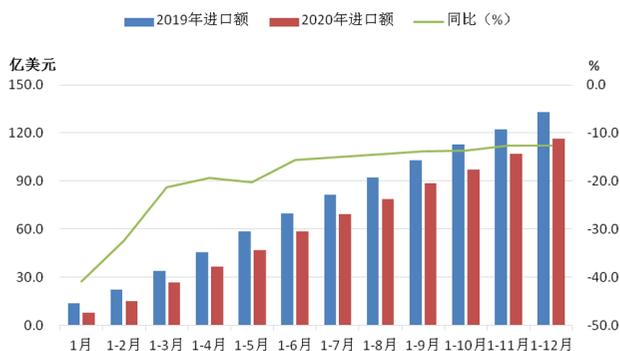


图8 机床工具产品进口额（累计值）及同比

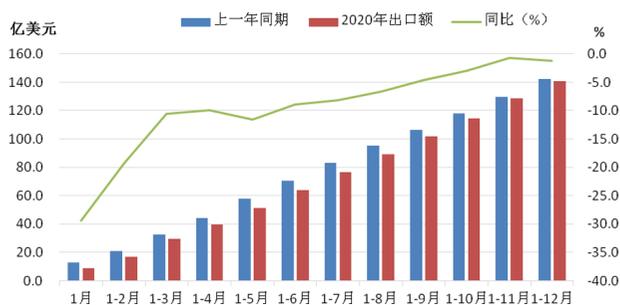


图9 机床工具产品出口额（累计值）及同比

2020年全年机床工具进出口保持了自2019年6月以来的顺差态势，贸易顺差为24.5亿美元。呈现贸易顺差的有木工机床（16.0亿美元）、切削刀具（13.6亿美元）、磨料磨具（20.2亿美元）、金属成形机床（2.0亿美元）、铸造机（0.1亿美元）。金属切削机床仍为逆差（21.5亿美元）。

表8为2020年1~12月主要产品类别进出口情况。由表可见，在进口方面，金属成形机床下降幅度最大，同比下降达30.3%；其次是金属切削机床，同比下降14.9%。

在出口方面，金属成形机床下降幅度也最大，同比下降16.4%；其次是量具量仪，同比下降12.3%；金属切削机床同比下降4.5%。1~12月金属切削机床和金属成形机床的进口金额、出口金额同比下降幅度均较前三季度显著缩小。在表中6种主要产品类别中，磨料磨具的进口额和出口额均已实现同比增长。

表8 2020年1~12月主要产品类别进出口情况

序号	项目	进口金额 (亿美元)	同比 (%)	出口金额 (亿美元)	同比 (%)
1	金属切削机床	49.0	-14.9	27.5	-4.5
2	金属成形机床	10.6	-30.3	12.7	-16.4
3	数控装置	14.9	-0.5	12.0	5.2
4	切削刀具	14.8	-9.4	28.4	-2.6
5	量具量仪	1.7	-11.9	1.6	-12.3
6	磨料磨具	6.2	1.0	26.4	7.5

2. 金属加工机床进出口情况

2020年1~12月金属加工机床进出口同比仍呈较大幅度下降趋势，但降幅比1~9月有所收窄。

2020年1~12月金属加工机床进口额59.7亿美元，同比下降18.1%，降幅较1~9月收窄3.5个百分点。其中，金属切削机床进口额49.0亿美元，同比下降14.9%，降幅较1~9月收窄3.5个百分点；金属成形机床进口额10.6亿美元，同比下降30.3%，降幅较1~9月收窄3.4个百分点。

与进口额同比下降形成对照的是，金属加工机床进口数量同比增加39.3%，其中金属切削机床进口数量同比增加12.1%，金属成形机床进口数量同比增加139.2%，表明进口机床单台价格有明显降低。

2020年1~12月金属加工机床出口额40.2亿美元，同比下降8.6%，降幅较1~9月收窄4.5个百分点。其中，金属切削机床出口额27.5亿美元，同比下降4.5%，降幅较1~9月收窄4.2个百分点；金属成形机床出口额12.7亿美元，同比下降16.4%，降幅较1~9月收窄5.4个百分点。

与出口额同比下降形成对照的是，金属加工机床出口数量同比增加1.3%，其中金属切削机床出口数量同比增加0.5%，金属成形机床进口数量同比增加7.8%，表明出口机床单台价格也有一定程度降低。

(1) 金属加工机床进口来源前十位的国家和地区

2020年1~12月金属加工机床进口来源前十位的国家和地区

地区，进口金额合计占比为94.8%。其中，日本、德国和中国台湾依次占居前三位，三者金额合计占比高达70%以上。从日本进口金额从1~9月的同比下降4.9%转为同比增长1.0%，占比也从1~9月时的34.9%增至36.4%。从韩国和德国进口金额同比下降幅度超过30%，从美国和意大利进口金额同比下降幅度超过20%（详见表9）。

表9 2020年1~12月金属加工机床进口来源前十位的国家和地区

排序	国别 (地区)	进口金额 (亿美元)	同比(%)	占比(%)
1	日本	27.1	1.0	36.4
2	德国	13.8	-35.3	23.1
3	中国台湾	6.9	-12.5	11.5
4	瑞士	3.6	-16.5	6.0
5	意大利	3.0	-21.3	5.0
6	韩国	2.8	-38.0	4.7
7	新加坡	1.7	47.4	2.9
8	美国	1.4	-23.3	2.3
9	奥地利	1.0	-12.0	1.6
10	捷克	0.8	12.9	1.4

(2) 金属加工机床出口去向前十位的国家和地区

2020年1~12月金属加工机床出口去向前十位的国家，出口额合计占比为51.9%。其中，越南、美国和印度依次占居前三位，三者合计占比近25%。对土耳其、韩国、俄罗斯联邦和美国的出口金额同比增长。在出口金额同比下降的国家中，对印度出口金额同比下降36.1%，降幅最大（详见表10）。

表10 2020年1~12月金属加工机床出口去向前十位的国家和地区

排序	国别 (地区)	出口金额 (亿美元)	同比(%)	占比(%)
1	越南	4.4	-6.6	11.0
2	美国	3.1	3.6	7.7
3	印度	2.5	-36.1	6.2
4	俄罗斯联邦	2.2	14.5	5.5
5	韩国	2.0	27.9	4.9
6	泰国	1.6	-16.9	3.9
7	德国	1.4	-21.6	3.6
8	日本	1.4	-27.3	3.4
9	土耳其	1.2	67.2	2.9
10	马来西亚	1.1	-23.5	2.7

(3) 进口金额排前五位的金属加工机床品种

2020年1~12月进口前五位品种及其顺序与1~9月相同,这五个品种合计进口金额占比达74.5%,其中加工中心占比最大(31.0%)。特种加工机床出口金额同比增长7.7%,增幅比1~9月扩大1.3个百分点,其他品种均同比下降,其中车床下降超过20%(详见表11)。

表11 2020年1~12月进口金额前五位的金属加工机床品种

排名	金属加工机床品种	进口金额(亿美元)	同比(%)	占比(%)
1	加工中心	18.5	-13.2	31.0
2	特种加工机床	10.0	7.7	16.8
3	磨床	8.0	-17.0	13.4
4	车床	5.0	-24.1	8.3
5	锻造或冲压机床	3.0	-13.6	5.0

(4) 出口金额排前五位的金属加工机床品种

2020年1~12月出口前五位的品种及其顺序与1~9月相同,这五个品种合计出口金额占比达60.4%,其中特种加工机床占比最大(31.1%)。特种加工机床出口金额同比增长11.9%,增幅比1~9月扩大2.8个百分点,其他品种出口金额同比均有较大幅度的同比下降,其中车床下降幅度最大(-24.0%)。详细数据如表12所示。

表12 2020年1~12月出口金额前五位的金属加工机床品种

排名	金属加工机床品种	出口金额(亿美元)	同比(%)	占比(%)
1	特种加工机床	12.5	11.9	31.1
2	车床	3.8	-24.0	9.4
3	成形折弯机	3.2	-10.0	7.9
4	其他成形机床	2.7	-17.8	6.8
5	加工中心	2.1	-15.3	5.2

三、金属加工机床消费额

2020年我国金属加工机床生产额193.6亿美元,同比降低0.7%,其中金属切削机床生产额117.2亿美元,同比增长3.8%;金属成形机床生产额76.4亿美元,同比降低6.1%。

2020年金属加工机床消费额为213.1亿美元,同比降低4.5%,其中金属切削机床消费额138.7亿美元,同比降低2.1%;金属成形机床消费额74.4亿美元,同比降低8.7%。2020年国内金属加工机床市场需求总体上仍有小幅下降。

2001~2020年国内金属加工机床消费额变动趋势见图10。

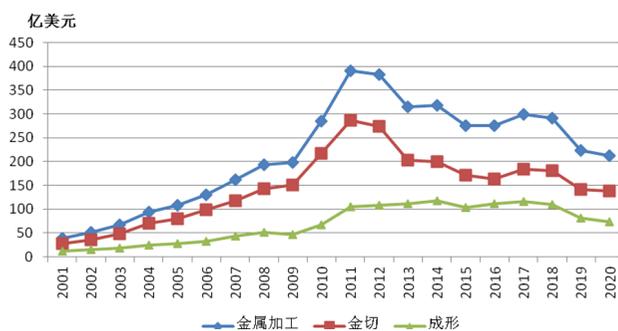


图10 2001-2020年金属加工机床消费额

四、2020年全年行业运行特点

1. 主要经济指标持续回稳向好, 多项指标优于上年同期

随着新冠疫情得到有效控制, 社会和经济活动逐步恢复, 我国机床工具行业自二季度以来一直呈回稳向好趋势。营业收入降幅逐季收窄, 二季度同比下降7.6%, 三季度同比下降4.4%, 年底为同比下降0.5%, 已与上年水平十分接近。从月度来看, 8月后已由同比下降转为同比增长, 12月当月营业收入同比增长7.7%, 回升势头明显。

机床工具行业累计实现利润总额指标自8月以来已经转为同比增长, 1-12月累计实现利润总额同比增长20.6%。而月度实现利润总额自4月份以来一直为同比增长, 12月当月实现利润总额同比增长58.7%。

机床工具行业利润总额指标同比增速领先于营业收入, 主要得益于新冠疫情之后国家出台扶持实体经济的大力度减税降费政策, 也与上年指标基数较低有关。

与经济指标回稳向好相呼应, 金属加工机床产量同比呈现好转趋势, 特别是金属切削机床产量已实现同比增长。2020年1~12月金属切削机床产量44.6万台, 同比增长6.0%, 金属成形机床产量20.2万台, 同比降幅为8.7%, 也较1~6月降幅收窄18.4个百分点。

同时, 协会重点联系企业中金属加工机床订单同比全面增长。金属切削机床新增订单同比增长15.3%, 在手订单同比增长9.5%; 金属成形机床新增订单同比增长22.1%, 在手订单同比增长29.2%。

2. 金属切削机床行业复苏明显，金属成形机床行业平稳回升

2020年下半年以来，金属切削机床行业继续加快复苏，1~12月营业收入同比增长2.3%，累计实现利润总额同比增长146.1%。金属切削机床行业亏损面为19.3%，比三季度缩小6.2个百分点，比二季度缩小11.7个百分点。金属切削机床产量结束18个月同比下降，自2020年10月起同比正增长，全年同比增长6.0%。协会重点联系企业金属切削机床新增订单和在手订单同比双双增长。可见，金属切削机床行业疫情后复苏势头比较强劲。

金属成形机床行业今年上半年运行明显偏弱，但下半年以来也有所改善。该行业1~12月累计完成营业收入同比降低1.2%，降幅较三季度收窄6.7个百分点，比二季度收窄10.5个百分点；1~12月累计实现利润总额同比增长17.8%，增幅较三季度扩大16.8个百分点，二季度则为同比降低16.7%；1~12月金属成形机床行业亏损面为18.1%，比三季度收窄8.5个百分点，比二季度收窄14.2个百分点。但1~12月金属成形机床产量仍同比下降8.7%。协会重点联系企业金属成形机床新增订单和在手订单实现双双增长，预示后期增长可期。

3. 机床工具进出口持续恢复，出口接近与上年持平

机床工具进出口虽然自3月以来降幅一直逐月收窄，但1~12月机床工具进出口总额仍同比下降6.7%，降幅较三季度收窄2.4个百分点。其中，进口同比下降12.7%，降幅较前三季度收窄1.1个百分点；出口同比下降1.2%，降幅较前三季度收窄2.9个百分点。

自2019年上半年机床工具进出口首次出现顺差（0.8亿美元）之后，2020年仍为贸易顺差24.5亿美元，比2019年顺差扩大15.2亿美元。

五、近期行业形势研判

1. 有利因素

(1) 我国统筹防疫和发展成果显著，经济复苏领先全球
2020年我国成为全球唯一实现经济正增长的主要经济体，国内生产总值（GDP）增速达2.3%。世界银行等国际金融机构十分看好2021年的中国经济，对2021后中国经济增长的最新预测为8.1%。

(2) 双循环新发展格局将有力促进机床工具市场发展
2020年中央经济工作会议进一步落实十九届五中全会精神，突出强调了加快形成以国内大循环为主体、国内国

际双循环相互促进的新发展格局。坚持扩大内需这个战略基点，加快培育完整内需体系。这对国内机床工具行业将提供更广阔的市场空间。

(3) PMI连续11个月在荣枯线以上，机床工具行业复苏趋势明显

新冠疫情发生后，中央和地方政府密集出台了多项刺激经济发展、为企业纾困减负等促进经济社会发展的政策措施，力度之大前所未有的，效果迅速并持续显现。自3月以来，制造业采购经理指数PMI连续11个月保持在荣枯线以上。

从2020年主要经济指标完成情况可以看出，机床工具行业2020年下半年以来正在逐步走出自2018年下半年以来的下行通道，复苏趋势比较明显。

(4) 汽车制造业等行业明显好于预期，有利于机床工具行业市场需求增长

2020年4月以来我国汽车产销结束了自2018年7月之后的同比下降，月度同比保持正增长，累计产销金额同比降幅也逐月缩小。2020全年汽车产销同比下降从1~2月时的45.8%和42.0%缩小至2.0%和1.9%。汽车制造业的触底回升，以及工程机械、农业机械等机械制造业的明显增长，都将有利于机床工具市场需求的增长。

2. 不利因素

(1) 疫情变化和外部环境存在诸多不确定性

世界经济形势仍然复杂严峻，复苏不稳定不平衡。我国经济恢复基础尚不牢固，疫情冲击导致的各类衍生风险不容忽视。

(2) 市场需求尚未完全恢复

2020年全国固定资产投资增速为2.9%，但制造业投资同比下降2.2%，设备工器具购置投资同比下降7.1%；2020年社会消费品零售总额同比下降3.9%。因此，目前市场需求还没有完全恢复。

(3) 贸易保护主义及逆全球化思潮抬头

国际上贸易保护主义盛行，叠加新冠疫情在全球蔓延，使机床工具行业的贸易、生产物流、商务活动也受到很大限制。机床工具的供应链受到很大影响，特别是对高端关键配套件依赖进口的企业形成较大冲击。同时，这也倒逼企业加快国内配套能力的提升。

3. 对2021年行业形势的预判

综合考虑各种因素和目前机床工具行业较好的发展趋势，我们预计，2021年如疫情没有严重的反弹，不确定因素得到有效应对，各项政策持续显效发力，2021年机床工具行业将延续2020年恢复性增长态势，主要经济指标有望增长5%以上。□

CIMT2021展品预览(1)

中国机床工具工业协会传媒部

第十七届中国国际机床展览会 (CIMT2021) 将于2021年4月12~17日在北京中国国际展览中心 (新馆) 举办。
本届展会的主题是: 融合共赢, 智造未来。本期根据展商展品申报资料, 挑选出部分特色产品加以介绍。

雷尼绍 (上海) 贸易有限公司

展台号: W1-A401

Equator 500雷尼绍Equator™ 比对仪

为控制车间的制造过程, 数十年来工程师一直在使用量具, 如卡尺、通过/不通过量规或孔径规等。随着制造水平的进步, 对新制程控制方法的需求也在增加。

Equator比对仪是一套灵活的比对测量系统, 能够为手动或自动测量应用提供高速、可重复和易用的测量解决方案, 因此全球数以百计的制造商正在逐步用Equator比对仪替换其目前的测量方案。借助Equator比对仪实现灵活的车间制程控制, 其主要特点: 降低废品率; 减少生产瓶颈; 拥有成本低; 轻松实现自动化; 对热效应不敏感; 多用途并且可重新编程。

Equator比对仪通过向车间提供高重复性、对热效应不灵敏、多用途, 并且可重新编程的比对测量方案, 实现制造过程控制。



XK10雷尼绍激光校准仪

XK10激光校准仪设计用于测量机床的几何量误差与旋转轴线误差。该激光校准仪配有专用机床夹具组件, 相较于千分表、自准直仪和计量标准器等传统测量工具, 其测量速度更快, 操作更简单。XK10可以安装在直线导轨上, 确保导轨的直线度、垂直度、平面度、平行度和机器调平, 以及评估机器旋转部件的主轴方向和同轴度。

XK10激光校准仪能够在机床装配、维护和维修过程中测量几何量误差与旋转轴线误差, 精确地校直和调整机床轴, 从而实现机床的最佳性能。这使得机床组装和现场维修 (包括定期维护或诊断碰撞原因) 时间也相应缩短。



帕斯卡株式会社

展台号: E2-B013

MDF转位工作台

该转台由于滚轮驱动的「滚动传递」的无背隙与无制动, 实现了高速化与免维护。与滑动传递产生磨耗的蜗轮相比, 滚动传递的滚轮没有磨耗, 所以无须调整背隙也能长久地维持精度。因为没有制动的锁紧与放松动作的时间, 分度后立刻可以加工, 所以节拍时间缩短, 最适合分度次数多的加工。内置油气压9回路, 切削液1回路的旋转接头。其主要参数: 输出轴直径130mm; 中心高度150mm; 最高回转数: 50 r/min; 分度精度: ± 20 arc.sec; 重复精度: 10 arc.sec。



埃克科林机械 (上海) 有限公司

展台号: W3-A302

EcoCvelox 去毛刺清洗机

EcoCvelox 创新地将五轴高压去毛刺技术与各种部件的清洗和干燥工

艺相结合，在生产柔性、节拍和工艺时间、用户和便于维护性以及设备的利用率方面树立了标杆。

EcoCvelox拥有模块化设计，因此可以方便客户按照需求和要求（关于选配项，详见第5页）组合成具备高压去毛刺，清洗和干燥功能的清洗系统，可以完美并可靠地实现零部件去毛刺和零部件清洗的各种不同要求。

在基础版的EcoCvelox中，使用单轴进行高压去毛刺，同时也提供可安装多种高压工具的选配项。在清洗过程中，可以在浸没射流清洗、喷淋清洗、定点清洗和超声波清洗之间进行选择。这些清洗工艺还可与选配的高速吹水和真空干燥工艺配合使用。



富美成钻头（上海）有限公司

展台号：E2-B215

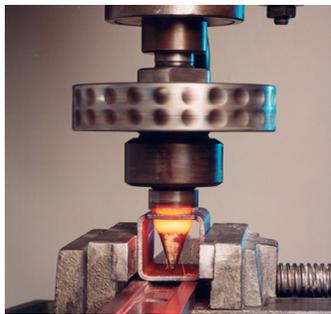
薄壁钻孔连接的完美解决方案： formdrill富美成热熔钻

第一步，应用formdrill富美成热熔钻在高速旋转时与工件之间产生的摩擦生热使加工点位的材料处于“热可塑”状态，结合轴向压力，钻孔的同时利用加工点位的材料形成衬套，衬套的高度约为母材厚度的3-4倍；第二步，应用formtap富美成挤压丝锥攻丝，形成强度和精度更高的挤压螺纹。

富美成热熔钻和挤压丝锥的组合应用，利用工件本体材料，形成钻孔和螺纹，无需额外部件；衬套同样可以用于钎焊连接或轴套。在保

证薄壁件连接强度的同时，减少工序，节约成本，提供生产效率。富美成热熔钻可通用于钻床、铣床、CNC加工中心等。钻孔的加工时间仅为短短数秒。

formdrill富美成热熔钻可用于加工黑色及有色金属，包括低碳钢、不锈钢、铜、铝合金等，加工材料的厚度通常为0.7~12mm。富美成热熔钻各种规格齐全，最大直径为31.9mm，特殊规格可以定制。可以用于多种行业和产品的加工制造：汽车、轨道交通、电梯、烟草机械、农业机械、工程机械、空调管路、压力容器、食品加工包装设备、金属家具、医疗健身器材、阀组热交换系统等。



达诺巴特集团（中国）

展台号：E4-B008

ESTARTA-175达诺巴特高精 高能无心磨床

达诺巴特推出ESTARTA - 175无心磨床。针对小批量生产。悬臂式支撑无心磨床，可最大限度地减少这种结构固有地钢度损失。此系列机床的开发可以实现机床的多功能性与产能有效相结合。悬臂支撑结构具有高柔性，可以满足客户快速变化的要求。该系列机床可实现高速磨削（CBN技术，砂轮线速度120m/s），同时也注重机床的刚度。为了实现优越动态性能，达诺巴特还增加了革新的砂轮头架设计，此设计可以将主轴刚度最大化。该机床砂轮宽度：最大到

250mm；砂轮线速度：到120m/s。



三菱电机自动化（中国）有限公司

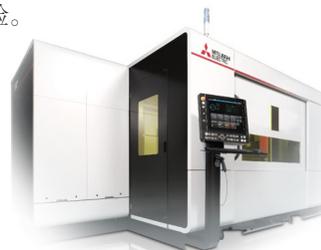
展台号：E4-A005

ML4020GX-F60二维光纤激光加工机

ML4020GX-F首次实机亮相，是一台以高可靠性和AI为引导的“不停顿加工机”。新型大台面4m×2m工作台；搭载自主研发、高可靠性与高生产性并存的光纤激光器，提供5年保修；全自动变光膜加工头，以及专用数控装置D-CUBES等都是三菱电机自社产品。

自制全自动变光膜加工头，可根据材质、板厚对光束进行优化控制，为稳定生产提供支援；AGR-eco功能采用先进的气流控制技术，对比历代光纤机能减少70%氮气，追求加工速度和切割面品质的提升，提供更多的附加价值；AI技术能够根据加工中的声音和光对加工状态进行AI判断，自动调整加工条件；AI喷嘴监视器通过喷嘴交换器交换喷嘴时，AI利用图像对喷嘴状态进行判定，自动更换监视器判断为状态不良的喷嘴，为长时间连续加工提供支援；

以及专用数控装置D-CUBES等，得到犹如智能手机般的直观操作体验。



三丰精密量仪（上海）有限公司

展台号：E4-A001

Avant_FTA-H4D4000-D粗糙度轮廓测量仪

该机是一台即可实现轮廓形状测量和表面粗糙度测量的复合测量机“FORMTRACER Avant SERIES”。实现测量效率提高的“速度”、具备自动化及丰富功能的“操作性”、增设检出器变身复合机的“扩展性”。其主要特点表现为：

(1) 高速驱动，缩短测量时间，约为以往机型的3倍。

(2) 新开发的高精度数字圆弧栅尺，消除了以往圆弧直动转换机构引起的测量误差，直接读取测针尖端的圆弧轨迹。即使测臂不处于水平位置也可实现高精度测量，且能实现宽范围的高精度检测。无关测量范围的高精度测量。

(3) 轮廓检出器和粗糙度检出器更换作业简单，无需关闭控制器电源

(4) 上下连续轮廓测量，轻松解决螺丝的有效直径评价

(5) 专用软件，支持测量数据的一元化管理、共享化、品质可视化，满足智能要求。



上海普睿玛智能科技有限公司

展台号：W2-A300

SLCF-GV/F9第九代龙门SUPER5激光切割机

该切割机采用一线欧系品牌配

置，运行速度280米/分钟，可实现高复杂高精零件的高效低成本加工。它采用落地式龙门结构，及高强度铝合金梁，具备良好的加速特性。采用国际知名品牌瑞士坤戈精密齿轮齿条、减速机等传动部件，可获得高的空程速度。采用独家定制的欧洲高性能智能激光切割控制系统Super5000及Super600智能编程软件，实时监控切割加工状态，动作敏捷，轨迹精准平滑，抗干扰，稳定性可靠性高。具有专业激光加工功能，可远程诊断、快速自动寻边。采用原装进口PRECITEC光纤激光切割头。安装欧盟CE标准全封闭安全防护门。

该设备广泛应用于钣金加工、航空、航天、电子、电器、地铁配件、汽车、机械、精密配件、轮船、冶金设备、电梯、家用电器、工艺礼品、工具加工、装饰、广告、金属对外加工等各种制造加工行业。主要用于切割碳钢、硅钢、不锈钢、铝合金、钛合金、镀锌板、酸洗板、镀锌铝板、铜等多种金属材料的快速切割。



北京发格自动化设备有限公司

展台号：E4-B014

CNC8065数控系统

CNC 8065 采用创新性的和符合人机工程学的设计，带触摸屏和集成式鼠标及USB连接器的全新的操作面板，友好直观的用户界面。弹出式的菜单系统可以快速访问所有功能，避免了繁琐的多重子菜单造成的不便。全新的安装设计和零部件上运用的新技术，使得CNC8065能在严苛的工业环境中工作，它符合IP65（NEMA12）密封标准。CNC

8065CNC 提供了更加直观的操作界面，缩短了编程时间，改进优化了高速加工功能，使加工效果显著提高，有效提高机床生产率。

可控制28轴 + 4主轴 + 4刀库 + 3手轮，四个执行通道，程序段处理时间1.5ms，分布式PLC(1024输入/1024输出)，纳米级分辨率，车铣双控。



苏州电加工机床研究所有限公司

WK008D智能多工位数控电火花精密微孔加工设备

该机床利用电火花放电蚀除原理，采用微细长圆丝、扁平电极等各种类型电极加工各种精密微细型腔、微细窄槽和微小异形孔。加工精密圆形微孔范围一般在 $\varnothing 0.08 \sim \varnothing 0.5 \text{mm}$ 。主机采用双立柱双工位结构，机械臂自动控制上下物料，一台机械臂可同时协作四工位工件24小时不间断连续工作。

孔的加工精度： $\pm 0.003 \text{mm}$ （孔径 $\leq \varnothing 0.5 \text{mm}$ 厚度 $\leq 1.0 \text{mm}$ 材料1Cr18Ni9Ti）；单孔加工时间 < 35 秒（孔径 $\varnothing 0.2 \text{mm}$ 厚度 1.0mm 材料1Cr18Ni9Ti）；加工表面粗糙度： $Ra \leq 0.6 \mu\text{m}$ ；加工过程中，实际加工时间与设定时间偏差超过设定范围时报警；采用机械手串联工件、机床，根据实际加工情况自动加工及更

换工件；设备具有交流伺服电机驱动器报警、限位报警、对刀声讯提示等功能，具备停电记忆、数控系统键盘闭锁功能。



鸿特机械发展（上海）有限公司

展台号：W1-A483

深孔钻辅具

公司在全球专业销售各种高精密的钻套及刀具配件，在国内、美国、德国、印度等地备有大量钻套、钻套座、支撑套、密封圈及刀具配件等库存，也可根据客户的图纸生产非标件，公差可达 $\pm 0.005\text{mm}$ 。产品可服务于五金、模具、医疗器械、航空航天等行业。多年的加工制造经验，完备的质量管理体系，精良的检测设备，大大提高了各种钻辅具的质量及使用寿命，高品质的钻辅具即可满足您的生产效率也可以提高产品品质。公司以客户为前提，质量为生命，做到交期短，质量好，产品优，共发展，共创新，以此优点为我们赢得市场客户的支持和信誉，同时有专业的售前售后服务团队，能及时帮助客户解决各种问题。



宁波赫可贸易有限公司

展台号：W1-A101

VMX42HS加工中心

赫克 VMX 高性能加工中心标志性生产线将加工工作带到了一个新的水平。该机采用整体铸铁床身，采用有限元分析（FEA）；采用德国VDI-3441标准制造和检验，同时保持足够的精度储备；更大的Y轴行程；使用无刷AC伺服电机；延伸至整个Y轴的更宽工作台，可灵活加工多品种零件；工作台可最大程度靠近操作人员，以方便操作；双螺母预紧滚珠丝杆固定在两端以提高机床精度和刚性；配备陶瓷混合主轴轴承以及永久油脂润滑；30（HS系列40）把刀位的侧挂式刀库；可配转台实现四轴联动加工、五轴联动加工；i系列有更宽大的导轨，工作台可以承受更重的重量；采用双绕组主轴电机，具有更大的扭矩；XY轴与丝杠直联，能更好的响应伺服电机的运动；更大功率的XY轴伺服电机，有效提升加工质量和效率；HS系列采用德国Kessler 18,000r/min高速主轴，更大的扭矩，更好的刚性以及更小的主轴跳动，在保证加工效率的同时，兼顾更高的加工精度；X/Y/Z轴电机直连，提高机床响应速度；更快的换刀速度，可以减少加工中换刀时间。



重庆机床（集团）有限责任公司

展台号：E1-A011

YH3115CNC/YH3120CNC数控干切滚齿机

机床为六轴四联动干切滚齿机，绿色、环保、高效；采用立柱水平移动完成径向进给运动的立式布局，实现高效滚齿加工；机床结构紧凑，占地面积小，配置全密封护罩、切屑内防护、干式冷却系统，实现齿轮高速干切加工；YH3115CNC/YH3120CNC机床刀具及工件主轴采用直驱传动，YA3118CNC机床刀具及工件主轴采用齿轮副传动；机床刀具及工件两主轴均采用滚动轴承支承，满足高速干切的需要；机床可选配单机自动化和多种连线接口，满足用户自动化、柔性化生产需求。YH3115CNC配置国产数控系统，YA3118CNC/YH3120CNC机床可配Siemens系统、FANUC系统；机床主要适用于摩托车、乘用车、仪器仪表、电动工具、通用机械、减速器等行业的齿轮加工，具有较高的性价比。



昂科机床（上海）有限公司

W2-B016

EDG5/CPX Linear/ GCX Linear/MX5 LINEAR数控刃磨机床

EDG5是ANCA针对制造和重磨多晶金刚石（PCD），硬质合金（HM）和高速钢（HSS）刀具的新型高效解决方案。它是一个电蚀与磨削的多功能复合式平台，通过单次夹紧即可实现混合加工，具有极高的灵活性。

CPX LINEAR刀具棒料磨床达

到优于Ra 0.2的工件表面光洁度，跳动量不超过2微米。该磨床，拓展并完善了ANCA整体系列产品的应用范畴。配高功率磨削主轴，实现业界迄今棒料磨削的高精度和生产率。使用夹紧去皮磨削工艺，与ANCA的工具磨床一样，结实、高刚性、热稳定性出色。

GCX Linear将成为滚插刀磨削的全新标准。GCX Linear专为滚插刀和插齿刀量身定制，可在一次设置中完成全部操作。GCX LINEAR迎接滚插刀市场的挑战。

MX Linear 系列刀具磨床，专为满足刀具大批量生产而又要求具灵活性的制造企业设计。机床采用圆柱型直线电机驱动的新技术，机床精度更高，加工性能更好。MX5 Linear 灵活实现混合批量产品制造。



扬州锻压机床有限公司

展台号：W2-B301

多工位压力机

机床为闭式四点多连杆多工位压力机，可搭配片料拆垛机、机械手、成品零件输送皮带等周边设备，组成多工位冲压生产线。该冲压生产线主要应用于汽车零部件的多工位冲压生产，生产线自动化程度高。

该机采用舒勒最新的闭式四点多连杆（6连杆）结构；分体式框架焊接机身；高刚性设计，抗偏载能力强；滑块八面导向结构，超长导向，精度保持性好；多连杆结构，冲压行程曲线更加优异，特别适用于多工位拉伸工艺；生产效率高、换模时间短。



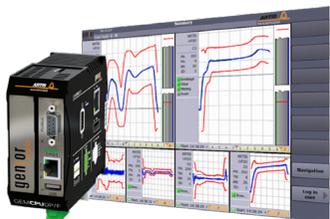
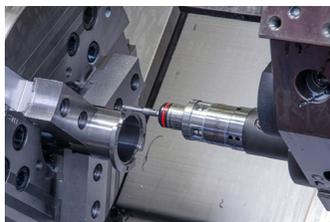
马波斯（上海）商贸有限公司

展台号：E2-B011

ARTIS&MIDA机床在线监控

机床或车削中心的生产区中的主要问题之一是由于错误的机械加工导致的报废零件引起的。避免报废零件的方法之一是了解如何将工件固定在上轴上（相对于机床中心线的实际位置）以及了解如何在机械加工流程后测量/检查工件。为实现这类检查，必须给机器配备零件探测系统：接触式测头。Artis刀具和过程监控系统捕捉刀具在整个加工过程中的状态。该系统提供单独可调的信号限制，以检测例如切削刃磨损和刀具断裂。

ARTIS 刀具监控的产品主要特点：加工过程中对刀具、工件和机器的永久保护；工具寿命更长；参数化不同的工具或自动设置可能；减少循环时间，提高生产力；24/7或熄灯加工操作；过程可视化、分析和优化；降低每件产品的成本。



海克斯康测量技术（青岛）有限公司

展台号：W4-B201

弯管检测方案

海克斯康推出的便携式管件检测系统，具有业内独创的非接触测量技术，既可以进行管路、管线的检测，也可以提供弯管设备加工参数和修正值数据，从而大大缩短调整设备所需要的时间，提高产品的合格率。该系统在设计上，考虑到了不同行业领域的各种情况，可以满足客户的多种需求。它由绝对臂测量机、红外线弯管测头和TubeShaper软件三部分组成，完美的体现了绝对臂测量机精度高，稳定性好的特点，结合行业特有的红外线弯管测头和金额过特别优化的弯管专用检测软件，可以实现了客户多种多样的检测需求。

TubeShaper管件检测方案中的绝对臂测量机，是目前世界上精度较高的关节臂类型测量机，它具有体积小、功能强大、性能稳定、移动方便、简单易学等多方面的优势，可以在不同的环境中使用。绝对臂测量机使用了目前世界先进的绝对编码器，在提高精度的同时，可以做到开机即用，避免了设备开机后的繁琐的设置过程；绝对臂测量机的臂身由碳纤维材料制成，稳定性极高，从而保证了测量数据的真实性和准确性；即插即用的高精度测头，具有自动识别功能，使用前无须每次校验即可使用。结合专门设计的红外线弯管测头和经过特别优化的弯管专用检测软件，可以实现客户多种多样的检测需求。



上海微茗智能科技有限公司

展台号: E5-A101

机加工协同智能管理系统

可建立一套完整的设备采集IOT方案,对设备中状态、工艺、参数等类型数据实时采集,提供实时及历史数据的效能分析查看。建立工艺文件管理规范,对机加工设备与工艺文件管理模块结合,实现工艺文件与设备上下载,电子化流转查阅。建立生产计划管理模块,首先实现产品信息的维护,进而实现计划维护,计划下达,再结合设备数据实时掌握订单生产情况。最终呈现数据大屏展示,一目了然掌握车间层数据情况。

功能主要包括:设备数据分析CPS-MDC,人员绩效管理CPS-PPM,综合效率分析CPS-OEE,生产任务管理CPS-JOB,刀具数据信息CPS-TDI,设备维护保养CPS-TPM,生产管理看板CPS-VISION,消息提醒CPS-Message。



埃马克(中国)机械有限公司 太仓分公司

展台号: W3-A201

Weiss W 11通用内外圆磨床

该机床是单件、样件加工和小批量加工最理想的机床。配置小型

CNC控制系统的传统通用外圆磨床。是对技术过硬高品质传统W 11机床的扩展,该系统被称为W 11 CNC,并拥有与标准通用机床相同的技术功能,但增加了小型CNC控制系统。W11 CNC机床可自动完成各种加工循环。如果已经设置了金刚石和工件,则修整过程可以自动完成。半径、对角线、轮廓等-修整量可以自动计算。Windows 接口,带有USB和网络接口,程序管理方便轻松使用对话界面或DIN / ISO编程进行编程。所有常规磨削循环都包含在软件的基本包装中。其他选项包括DXF转换器、几何形状编辑器、特殊磨削循环等。



蒂业技凯(中国)投资有限公司

展台号: E4-B105

LM滚动导轨、滚珠丝杠、滚珠花键、交叉滚柱轴环、直线电机

THK以创新的构思和独有的技术在上率先开发了“直线运动系统”。直线运动系统作为机电行业中不可缺少的机械关键零件,目前应用于所有的产业中。“直线运动系统”实现了曾被认为极其困难的机械直线运动部的滚动化,使得机械设备高精度化、高速化、省力化得以实现、并且通过提高效率使得节能型的装置设计也成为可能。THK秉承“向全球提供创新产品、给社会带来新风。为创建富裕社会作出贡献”的经营理念,将尽早把握时代动向,以独有的技术和技巧向新的变革发起挑战。

(1) LM滚动导轨:通过滚动实现高负荷性能及走行精度的直线运动

导向系统。

(2) 滚珠丝杠:通过使多个球在丝杠轴与螺母间循环滚动,有效地将旋转运动转换为直线运动。与滑动丝杠相比,驱动扭矩小,精度高。

(3) 滚珠花键:滚动导向的花键轴承,直线运动的同时可以传递扭矩。

(4) 交叉滚柱轴环:小型、高刚性。可得到高精度的旋转运动,适用于工业机器人的关节部及各种装置的关节、旋转部。

(5) 直线电机:直线电机驱动器可将电磁力直接转换为直线运动。具有高速性、高加减速、随动性、高精度、长行程、对应多滑座、低噪音、低发尘等特点。



瑞士威力铭-马科黛尔公司

展台号: W3-B001

408MT五轴联动高精度加工中心

408MT设计新颖,具有紧凑的刚性结构,是铣车复合棒料加工的经典。机床内置多种功能,确保出色长久地完成高精度加工。加工中心配备有摆动电主轴,卧式主轴-分度头以及背面自动加工单元,可一次装夹完成复杂六面体工件加工。这款最新型加工中心尤其符合如钟表,珠宝,医疗,齿科,航空航天及精密机械等尖端行业的加工需求。

408MT多工序加工中心针对复杂工件的棒料加工。机床B轴配有摆动电主轴且配有高精度A轴分度

头，可实现 6000r/min 车削加工。背面加工单元既可安装高精度虎钳亦可安装内/外夹头。408MT 加工中心即可实现段料加工也可在托盘模式下加工。

其主要特点：铣车复合加工；棒料加工；复杂工件单循环加工；夹持系统简捷；产品更换快速；棒料自主进给；超高定位精度；超高重复定位精度；热稳定链式结构；使用简单；减少后台时间；优化刀具管理；高投资回报率；出色人体工程学；机床结构紧凑；个性化自动化系统。



508MT2 6-9轴铣车复合高精度加工中心

508MT2 多工序加工中心专用于复杂工件的棒料加工或单工件模式加工。机床配备摆动电主轴，装于 B 轴上。同时配有高精度 A 轴主轴/分度头，可实现转速高达 6000r/min⁻¹ 的车削加工，作为选选项，机床可加工直径达 65mm 的棒材。

508MT2 加工中心可配备 3 有效工位转塔，含副主轴、精密虎钳及顶尖。为满足特殊诉求，508MT2 可配 8 固定工位车削转塔、旋转顶尖及背面加工虎钳。

凭借最前沿的技术以及威力铭-马科黛尔公司在棒料高精度加工领域的专业技能，508MT2 加工中心完全符合诸如钟表、珠宝、医疗、航空航天以及高精度机械代加工等尖端行业的加工需求。

其主要特点：铣车复合混合；棒料加工或单工件加工 复杂工件单循环加工；得益于多功能背面转塔（副

主轴、虎钳及顶尖），机床具有高柔性；高定位精度；操作简单；缩短空载时间；优化刀具管理；出色人体工程学；机床结构紧凑；个性化自动化系统/机器。



308S2 高精度五轴联动铣车复合加工中心

308S2 五轴联动加工中心致力于小规格多面体复杂零件的加工。得益于新颖的设计结构，机床结构紧凑，拥有最前沿的技术且具有一流的性能。凭借其出色的稳定性，308S2 加工中心可作为一台坚固耐用的高效生产单元。加工中心亦能配备威力铭-马科黛尔公司提供的机器人单元以实现其自动化生产。为满足特殊诉求，308S2 拥有大量选选项，可进行个性化定制。同时，加工中心既实现锻料加工亦可在托盘模式下加工。

其主要特点：机床结构紧凑；铣车复合加工；定位精度高；表面加工质量高；运动链热稳定性；灵活性，工装多样化；工作台/C轴分度头五种供给系统；使用简单；出色人体工程学；切削收集简单；机床一体化外围设备；个性化自动化系统；快速投资回报。



广州数控设备有限公司

展台号：E1-A201

GSK 系列工业机器人

依托三十年工业控制技术研发和制造经验，GSK 研发生产了具有完全自主知识产权的工业机器人，包括机器人控制器、伺服电机和伺服驱动等关键功能部件。目前，GSK 工业机器人已成功推出搬运、焊接、打磨、喷涂、码垛、并联等六大系列，产品型号多达三十余种。

作为“国家智能制造装备发展专项”承担企业，GSK 自主研发的工业机器人承载了公司数控系统产品一贯的高品质和高技术，可以根据用户需求，提供性能优越的机器人，以及机器人自动化应用所需的工装夹具、物流输送线等的设计、制作。

GSK RB08A3 工业机器人主要特点：重复定位精度 ± 0.04mm 运动范围 1490mm；有效负载 8kg；自由度 6 轴控制。



瑞士斯达拉格公司

展台号：W3-B005

X45 五轴高性能卧式加工中心

海科特 X 系列五轴卧式加工中心创造了节省空间的奇迹，每一处细节严格遵守瑞士斯达拉格集团的质量标准，保证加工过程达到最高精度。该机床采用热对称结构，具备良好的刚性，可快速排屑降低切削时间；我们通过缩短换刀时间、托盘交换时间和

B 轴定位时间，提高切削速度等一系列方法去降低非加工时间，从而提高生产效率。机床采用模块化设计，无论使用多少年都可以对其模块进行重新设计和更换。该机床设计紧凑，工作空间大，占地面积小，即使在苛刻的工作条件下也能充分发挥优势。

其主要参数：进给速度80m / min；X/Y/Z轴行程700/750/700 mm；X/Y/Z轴加速度8 / 11 / 8m / s²；换刀时间(屑到屑)3.8s；主轴型号：HSK-A100；刀具最大长度430mm；刀具最大宽度220mm；托盘交换时间12.5s；工件最大回转直径600mm；载重400kg；托盘尺寸400x400 (400x500)mm；机床长度/宽度：6750 / 2960mm。



浙江日发精密机床有限公司

展台号：E3-B006

RFMH63P柔性生产线

柔性线的穿梭车和托盘库布局，由 jFMX 柔性线控制软件进行整线控制，它自身集成多种管理模块。其主要特点：

(1) 刀具管理：刀具是加工中的关键资源。jFMX 提供对刀具完整的管理，从传输到预置机和企业级的刀具数据管理系统的集成。

(2) 工艺数据管理：零件程序，刀具清单，设定计划，夹具零点，jFMX 存储和管理每个生产过程相关的所有技术信息。

(3) 质量管理：为了保证生产的零件的质量，并且对整个加工过程进行控制，jFMX 支持数据的收集和零件加载/卸载的工作流程。

(4) 生产管理：jFMX 的主要任务是对制造单位内的所有生产活动的管理，从而实现由客户提供的具体的生产目标。

(5) 监控：jFMX 提供24/7的加工系统的资源和操作的控制，对所有事件的有效存储。可以远程对工厂内部设备进行统一管控。

(6) 与企业流程和生产管理系统的集成：jFMX 还能够与企业 ERP, PPE, CMMS 等对接，实现企业生产的统一化和智能化管理。



温泽测量仪器（上海）有限公司

展台号：E2-B101

WM | MMA 系列便携式 7 轴关节臂

温泽公司生产的便携式关节臂具有很好的灵活性，可用于生产过程控制和质检。通过将便携式7轴关节臂与高分辨率线激光扫描测头结合，可以在非接触的情况下捕捉到每个细节，关节臂对于经典的坐标测量系统是一项很有帮助的补充。采用最新材料制成，其自重轻，可在移动应用中获得高精度和可重复的测量结果。关节臂无需预热可直接使用，可配备光学测头和接触式测头，无需在零件上粘贴标志点。所得测量结果随后通过WiFi 接口进行传输，以供日后使用。集成电池的容量和低消耗确保关节臂能够长时间可靠地运作。

其主要特点：采用 7 轴，具有有限检测功能，能够自由移动；自动按钮识别；温度补偿；静止位置稳定；具有阻尼元件，内部重量补偿。



意大利帕马公司

W1-B001

VERTIRAM 2000大型龙门加工中心

Vertiram 是大型或重型零件加工的完美解决方案，最佳加工方式为立柱主轴加工。多种镗、铣和车加工可在一次装夹中进行。Vertiram 系列龙门加工中心有龙门架移动式 (GT) 和工作台移动式 (TT) 型号可选，两者可配备固定或移动横梁和车削工作台选项。大范围的立柱间距，从3100~10100mm。主轴端面到工作台面距离从2500~5500mm。滑枕Z轴行程从1600~3000mm。



戴杰磨床有限公司

E7-B602

QIUDAO、Bi5、DUANCHA 磨床

QIUDAO 这款设备是戴杰磨床自主开发的六轴结构专业球刀工具磨，

双DD高精度直驱，配备定制正版专业球刀3D磨削软件，球头后刀面可抛光可使用大摆角联动，砂轮使用平面磨削，提高轮廓精度和光洁度，在批量生产R0.5~R5整体合金球刀有着非常高的性价比，精度与进口机相当。标准版车型设计内置机器人自动装料系统，节省空间，操作简单，减少油雾，环保节能。磨削主轴最大功率：7.5kW，机床总功率：15kW。

DUANCHA是一款高精、高效率的走心式段差成型外圆磨；适用于铣刀、钻头、丝攻前道工序成型外圆磨。冲头、冲针，精粗磨一次成型，光洁度高。走心式、跳动好，适合细长加工，最小0.1mm，跳动3um，产品外径3um。研磨工件最大夹持：20mm，工件直径：1~20mm，工件全长：最长300mm，工件研磨长度：180mm，分度头可承载重量：2kg。

Bi5(SLK)配备砂轮库，整机结构紧凑，体积小，高效智能、高性价比，操作简单。可批量加工标铣刀、球刀、医疗工具、圆鼻刀、高光IT刀具、非标刀具等综合刀具。砂轮轴端接口形式：HSK40E自动锁紧，砂轮轴旋转速度：500~6000r/min，使用砂轮尺寸直径： $\phi 75\sim 150\text{mm}$ 。内孔 $\phi 31.75\text{mm}$ 。



www.cmtba.org.cn

光洋机械工业株式会社

展台号：E4-A302-3

KVD300W立式双端面磨床

该机床采用独特的构造，高性能、高效率加工出高品质的工件；适中的主轴刚性，既可搭载普通砂轮，也可搭载CBN砂轮；采用大型圆锥滚子轴承与超精密圆柱滚子轴承配合，实现高精度磨削；数控自动上下料装置为标配，工件可直线流动，方便植入自动化线；中国国内现地生产，满足客户的成本控制要求。

该机床加工范围：
MAX $\phi 100\text{mm} \times H50\text{mm}$ ；砂轮直径：
MAX $\phi 305\text{mm} \times t50\text{mm}$ ；占地面积：
2000mm \times 2000mm；机床重量：
4500千克。



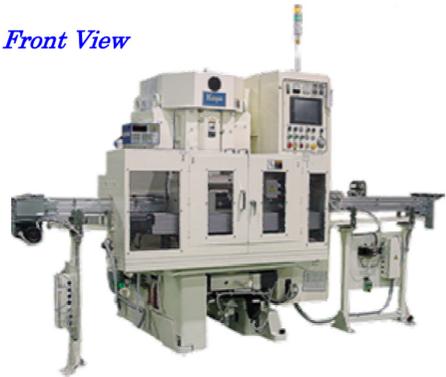
R431转台式单头单端面磨床

该机床采用与KVD300相同的砂轮轴结构，高性能、高效率加工出高品质的工件；适中的主轴刚性，既可搭载普通砂轮，也可搭载CBN砂轮；砂轮主轴采用大型圆锥滚子轴承与超精密圆柱滚子轴承配合，实现高精度磨削；数控自动上下料装置为标配（根据需要可自动翻转工件），工件可直线流动，方便植入自动化线；中国国内现地生产，满足客户的成本控制要求。

该机床加工范围：
MAX $\phi 100\text{mm} \times H50\text{mm}$ ；砂轮尺寸：
MAX $\phi 305\text{mm} \times t50\text{mm}$ ；占地

面积：2000mm \times 2000mm；机床重量：
4500kg。

Front View



宁波海天精工股份有限公司

展台号：W4-A101

GRU28 II $\times 30$ 龙门加工中心

GRUII系列继承传统龙门产品刚性强、加工范围广的结构特点，融入先进的技术要素，追求高效、高精、节能、宜人的发展理念。打造全新一代U款系列龙门加工中心。广泛应用于模具、航空、航天、轨道交通、汽车、家用电器、医疗等高端制造产业。

该机床X/Y/Z轴行程：
3200/2700/1000mm；龙门有效宽度：
2800mm；最大切削速度X/Y/Z：
6/6/6m/min；快速移动速度X/Y/Z：
15/15/10m/min；主轴最高转速：
4000r/min；主轴功率：
22/26kW；工作台尺寸：
2000 \times 3000mm；机床外形尺寸：
1050 \times 530 \times 550cm。



来普乐（太仓）工业科技有限公司

展台号：W3-A181-2

FIBROMAT AT.1000重型-定位台

该转台具有大功率，巨大中心通孔，平坦的设计和实惠的价格。对于需要动态和精确定位的大型及中心设备，这款模块化回转工作台是最佳解决方案。无论是汽车焊装，作为工件储存的核心部位还是用于珩磨设备，这款新型适应专家都能够完美适应。这款终身润滑免维护的旋转工作台产品是通过一款久经使用证明性能优越的圆柱齿轮啮合驱动的旋转工作台。



因代克斯贸易（上海）有限公司

展台号：W3-A116

INDEX MS24-6多轴自动机床

该机床可以根据客户的特定需求进行配置，以满足客户的高要求。6个主轴，最多2个同步副主轴，以及多达12个刀架，它们可以自由配置为十字X/Y/Z滑台或镗孔Z向滑台，从而实现了高生产率的加工选择。INDEX快速装夹系统，获得专利的W齿和符合人体工程学的开放式工作区可最大程度地缩短调试时间。

其灵活、迅速、高效的特点主要体现在：带有滑动导轨的高动态径向

滑块（X轴）；带有静压轴承支撑，Z轴不易磨损；可自由进入工作区，使调试更容易；使用INDEX快速装夹系统及其W齿接口进行快速刀具响应；通过线性或机器人上下料单元进行加工；具有C轴的同步副主轴；旋转臂通过三段式端面齿配合锁定在其工作位置，从而提供最大的刚性；每个同步副主轴多达6个用于背面加工的刀具；占地面积小，单位面积生产率。



INDEX G420车铣复合中心

在同级别领域中，INDEX G400/G420是一款革命性的车铣复合中心，特别当它用于高效加工复杂多品种的大型工件时。得益于高刚性阻尼的人造大理石整体床身和X/Z轴的大尺寸直线导轨，此系列车铣复合中心代表了现代化的高效加工。三滑台配置，强大的铣削电主轴和2个刀塔带有多达139刀位的刀库，提供了最大的柔性。总计多达16个运动轴确保了工件加工的各种可能性。相较于同级别的车铣复合中心，此系列具有更宽敞的加工区域，并且3把刀具可以在没有碰撞的风险下，同时加工。

INDEX G400和G420车铣中心提供给客户最佳性能。其广泛应用于机械工程，汽车，航空航天等领域。给客户带来高可靠性和工艺稳定性，满足了客户对大型工件高效率高精度的要求。



TRAUB TNL20走心式固定式自动车床

新型TNL20有两个工作主轴和两个刀塔，都带有X/Z/Y轴。而且它能够配置前端和后端加工单元。所以这款走心式/固定式自动车床拥有高性能自动车床所具有的高效性、高精性以及经济性。TNL20的工作区域是同类产品中独一无二的，它占地面积紧凑，却有极高的生产效率。而且，垂直床身理念使得调试变得简便并确保了工艺的稳定性。

机床设计特点：棒料直径最大20mm；多达三个刀塔和一个背部加工单元，都带Y轴；两把、三把或者四把刀具联动加工；数量众多的刀具容量；通过伺服分度轴的极短刀塔分度时间；主轴和副主轴迅速高效的夹持方式；宽敞可靠的加工区域；无液压使用：不会让液压系统的热量影响机床。



泰勒霍普森有限公司

展台号：E2-B171

PGI NOVUS表面粗糙度、轮廓、3D和直径测量系统

PGI NOVUS在设计和制造方面具有独特优势，可以通过一次测量

得到多个结果的即时反馈。通过低噪声、高分辨率传感器可一次性完成粗糙度、波纹度和形状等表面粗糙度指标的测量；专利校准技术可测量半径、角度、高度、长度、距离等轮廓尺寸；对于三维形貌，使用可选的电动Y轴台和Metrology 4.0软件，可将传统的2D测量转换为3D测量。

PGI NOVUS配置Metrology 4.0智能软件，提供了市场期待已久的测量软件的技术创新。全新软件界面可根据零件图纸标注尺寸，并精确反映零件坐标系（PCS），从而为制造环路提供闭环环节。Metrology 4.0提供简单直观的界面，包括虚拟显示和实时控制。先进的点和移动轴控制功能（智能移动）可实现精确定位和轻松测量。

模块化设计可满足您的个性化需求，支持从车间到实验室等所有环境下的高精度检测。



牧野机床（中国）有限公司

展台号：E4-B401

新一代高精密立式加工中心 e500

该机床沿用牧野立式加工中心成熟的机械结构，XY轴独立结构保证了进给轴高刚性超高精度。而且它的程序分辨率达到0.00001mm，光栅尺分辨率达到0.00000125mm(1.25nm)。各轴采用双直线电机驱动，市面上的电机大多是水平布置，磁力线影响轴移动的稳定性，而e500采用的是垂直对

称布置，这种结构抵消了磁力线对轴移动的影响，同时，整个直线电机可以用冷却水路包裹起来，直线电机产生的热量不会传递到床身。还有e500使用的30,000r/min高刚性电主轴，可以从容实现大刀开粗到小刀精加工。可满足高精密夹治具、精密多腔橡胶模具和高精密电极加工的特殊要求，比如手机里的光学、声学部件、半导体零部件、氢燃料电池等精细加工。



五轴卧式加工中心a500Z

五轴卧式加工中心a500Z追求速度，床身和进给轴机构基于ROI理念而设计，实现主轴的快速移动，像快速定位，换刀等非切削时间均被大幅缩短。在零件加工领域，减少非切削时间一直是一个亟待解决的问题，而a500Z正专注于此，从而促使产量大幅提升。联机ATHENA实现音频控制，通过声音指示灯的ON/OFF状态、刀具更换、主轴停止、汇报机床状况等。

14000 min⁻¹ 主轴具有超高敏捷性，仅需1.6s即可达到最高速度。有效缩短了刀具更换作业的启动/停止时间。丝锥加工的时间也得到缩短。

在传统的卧式加工中心上使用夹具方箱时，将会导致夹具方箱上部位置加工处于非稳定状态。加工条件需要根据振刀情况进行调整。而a500Z可通过工作台的双倾斜结构和床身带来的刚性来解决此问题。托盘周围三个方向为开放状态。工作台上无干扰物体。操作人员在编程或设计夹具时，可轻松判断有无干

涉。为确保连续加工时高效可靠的排屑，加工室里的挡板呈几乎垂直结构，切屑与主轴和顶部喷射出的冷却液一起流入工作台正下方宽敞的中心切屑槽内。流入中心切削槽中的大量切屑通过排屑器排到机身外部。



德国哈斯马格磨床有限公司

展台号：W3-A004

Multigrind® CA磨床

Multigrind@CA机床不仅技术精湛、品质一流，而且性价比合理、设计美观。对所有要求苛刻又有成本意识的制造商来说，Multigrind@CA是回转类型成刀具和非标可转为刀片加工的理想选择。在上款Multigrind@CB机型获得全球成功的经验背景下，我们研制出了灵活、紧凑的这款5轴新型磨削中心。

Multigrind@CA磨削单元精确位于由耐高温矿物铸件构成的“多功能磨削魔方”中部。所有轴对称排列，导向装置部分嵌入减震款物铸件床身。多立方体设计原理使磨床具有高稳定性和刚性。它功能强大，可以用不定几何形状刀具对工件进行切削加工，满足最高尺寸标准。铲磨装置用于特殊工件，完成特殊任务。砂磨棒告诉磨削困难部位。合适的砂磨棒轻松解决任务。通过Multigrind@CA可以在一次装夹中附带有效完成铣切加工。

它也有多种工作台满足不同需求。不同的磨削任务需要相应的工作台，Multigrind@CA在这方面也是模块化多面手。配备不同工作台后，它

可以成为平面或成型磨床，也可用于异形转位式刀片完整加工的六轴磨削中心。

Multigrind@CA机功能强大，但结构小巧，占地面积只有2600 x 2400mm。宽大的工作区与驱动和供应系统分开，这不仅提高流程安全，也延长机器使用寿命。X轴、Y轴和Z轴行程分别长达630mm, 345mm 和 430mm, 可精确、高效地磨削大型回转类成型刀具或立方体工件。对于Multigrind@CA来说，250mm直径的砂轮也不是问题。



仓敷机械株式会社

展台号: E4-A093

KURAKI数控卧式镗铣加工中心

该机床以中型模具加工作为目标对象。其主要特点为:

(1) 新设计的大直径、大重量的主轴，刚性得到更大强化，通过高扭矩、高功率、高刚性，能够戏剧性的提高对难切削材料深孔加工和粗加工的效率。

(2) KURAKI的主轴转速最高4000r/min⁻¹，通过有效降低主轴振动、配置主轴热变位补偿功能，能够提高精加工时的精度和加工面的成色。

(3) 床身由铸件构造，与相同尺寸的切削加工机床相比，刚性实现了大幅度提升，能够轻松应对难切削材料加工的高效率化、模具的大型化。

(4) X、Y、Z轴滚珠丝杠，通过轴心冷却实现进给高速化。另外，搭载重型工件的X轴，采用气动支撑导轨面，改善进给特性。

(5) 组合了拥有实际战绩的驱动、分度机构的旋转工作台，即使在搭载重型工件时，也能够实现高精度的顺畅分度。



巨浪凯龙机床(太仓)有限公司

展台号: W3-B401

MC 528 TWIN 双主轴双五轴立式加工中心

该机床为双主轴双五轴加工，效率翻倍；配置第四轴桥板和第五轴转台，可实现五轴四联动加工，功能全面经济高效；采用刚性超强的动柱式设计，以及自动抓取式换刀系统；国内装配，交期仅5个月。主要用于制动钳体、转向器壳体、转向节、增压器中间体，铣刀盘，ABS阀体，液压阀体等，尤其适合汽车行业高效生产。

机床主轴间距:320/600；主轴转速:12,000 r/min；主轴扭矩:2 x 110 N·m (S6, 20% ED)；主轴功率:2 x 23 kW；屑-屑换刀:3.2 s；数控系统:Siemens 840D-SL。



上接第26页

(3) 中国仍然保持全球最大机床消费市场，中国机床工具行业仍大有可为。尽管中国机床消费全球占比自2010年开始逐渐减少，但全球第一大机床消费市场依然是中国机床工具行业发展的基础。

中国机床工具行业在这些年的高速发展过程中，取得了巨大的进步，已基本能满足我国发电设备、船舶制造业所需；航空航天领域所需的制造装备也有了突破性进展；

汽车工业四大工艺中，国产冲压线和涂装线已迈入世界先进之列，焊装、总装线和发动机缸体缸盖加工线的国产化也在快速进步中。中国机床工具行业已基本具备满足我国国民经济各行业所需的能力。因此，我们决不应妄自菲薄，一定要坚定继续发展壮大中国机床工具行业的信心。

(4) 积极参与国际竞争，致力于智能制造技术的发展或将成为中国机床工具行业做强做大的突破口。全

球制造业的格局正在发生改变，中国机床工具行业需要适应当前环境的变化，在继续深耕国内市场的同时，应积极参与国际市场的竞争，学习先进技术，在交流合作中找到差距，提升水平。

智能制造是制造技术的发展方向。深度融合新一代信息技术与制造技术，发展智能制造技术，帮助客户提高生产效率，保障产品质量，将成为下一轮制造技术市场竞争的制高点。□

华中8型数控系统的研发与应用

武汉华中数控股份有限公司

一、研发背景及技术水平

数控机床是装备制造业最重要的“工业母机”，其技术水平代表着一个国家的综合竞争力。基础薄弱、缺“芯”少“脑”一直是“中国制造”的短板。数控系统作为数控机床的“大脑”，是决定数控机床功能、性能、可靠性及成本的核心部件。据统计，我国每年进口大量中高端数控机床，所需高端数控系统大量进口的局面更没有得到很好缓解。

从2009年开始，在国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”支持下，华中数控经过艰苦努力，在多项关键技术上实现了历史性突破，成功研制出华中8型系列化高档数控系统，其功能和性能指标达到国际同行先进水平。

在产品研发过程中，华中数控攻克了一批关键共性技术难题，包括：开放式、模块化数控系统软平台技术，开放式数控系统二次开发平台，高速高精运动控制、现场总线和多轴多通道控制技术，基于指令域大数据分析的工艺参数优化、数控机床健康保障等智能化应用功能，为研制出自主可控的华中8型系列化中高档数控系统提供了原创技术支撑。

曾在中机联组织的成果鉴定会上，专家委员会认为：“华中数控在我国数控系统后发追赶、面临更严格要求的应战压力下，奋力拼搏，历经几代技术攻关，开发出了以华中8型为代表的自主可控的数控系统，全面达到国际先进水平，可替代进口。”2017年，华中8型数控系统获得“国家科技进步二等奖”。

二、华中8型数控系统的技术特点

华中数控自主创新，在实现数控加工更精、更快、更智能方面进行了探索，研制的华中8型数控系统具备以下技术特点。

1. 亮点

(1) 高速、高精度控制技术

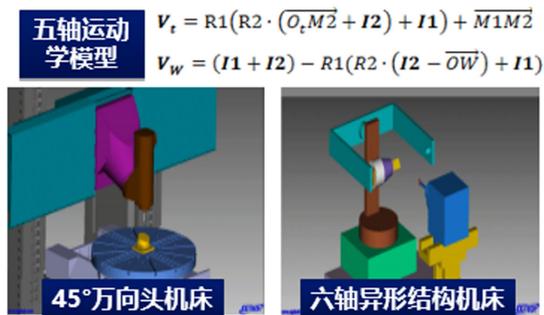
系统具备纳米级插补计算精度，最小插补周期0.125毫秒，程序前瞻预读2000段以上。系统配置总线式伺服驱动系统，可与多种绝对式/增量式旋转编码器和光栅尺配接，实现了高速高精加工。

(2) 多轴联动、多通道控制技术

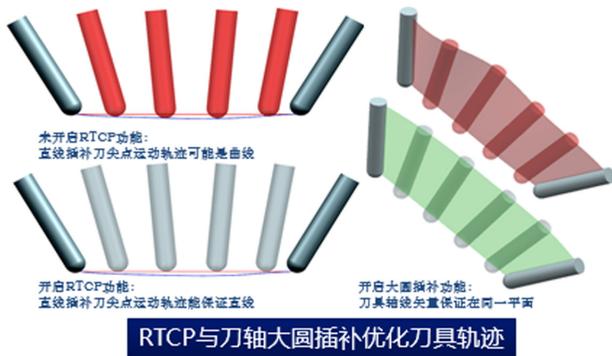
系统可实现8通道、64轴控制，具备先进的多轴联动加工功能，如五轴RTCP、倾斜面加工、车铣复合、双轴同步等。



图1 华中8型高性能数控系统



(a)



(b)

图2 五轴运动模型

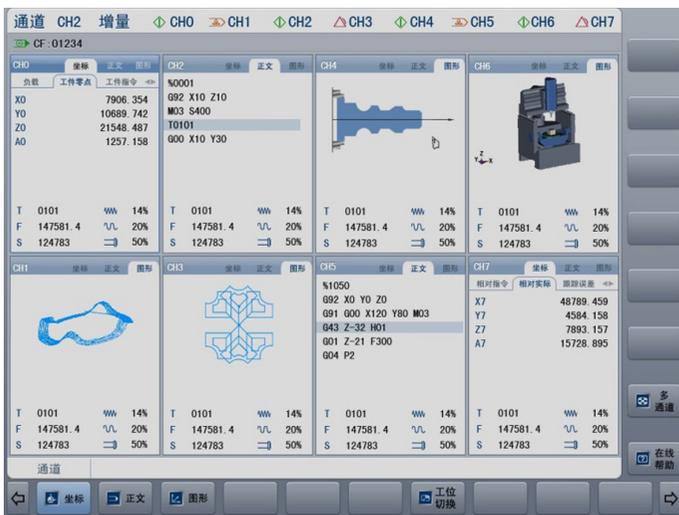


图3 多通道控制技术

(3) 平台化技术

构建了高性能数控系统软硬件平台和新型开放式二次开发平台，实现了数控系统内/外部设备全数字化通讯和互连，为用户提供了多层次的深度开发手段。

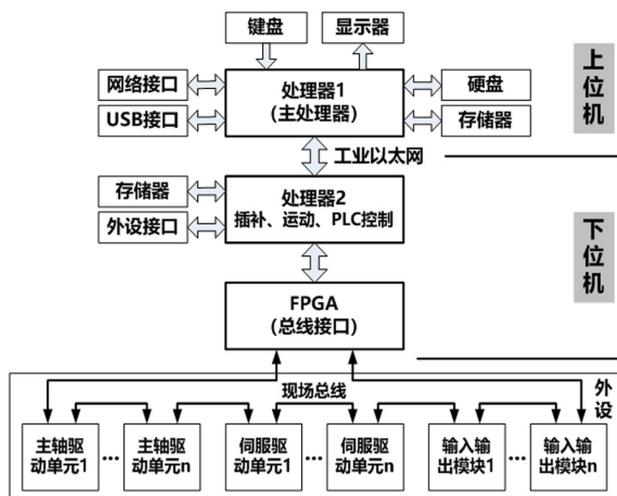


图4 硬件平台



图5 软件平台

(4) 智能化控制技术

华中数控在华中8型高性能数控系统的基础上，基于云计算、大数据、CPS等单元技术，利用控制信息、传感信息、网络信息，实现了数控设备的运行、加工、操作和编程等环节的智能化，开发了数控系统远程监控、工艺优化、健康保障、断刀监测等智能化功能。



图6 智能化控制技术

2. 创新点

(1) 基于以太网的数控系统高速实时现场总线技术，构建全数字数控系统体系架构，研发嵌入式一体化的数控系统软硬件平台，实现了内外设备间信息的实时可靠交换。



(a) 内部总线 (NCUC-Bus)



(b) 外部协议 (NC-Link)

图7 总线控制技术

(2) 建立多轴联动机床统一运动学模型，提出双矢量位姿变换方法，开发RTCP、大圆插补、定向加工、主轴同步、伺服轴位置同步、多通道协同等功能，实现了多轴耦合运动的复杂轨迹控制，满足复杂形状零件的加工需求。

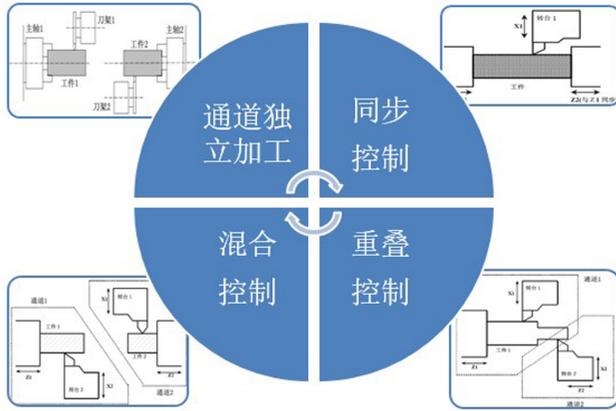


图8 多轴多通道控制

(3) 提出了基于柔性加减速的高速纳米插补方法，开发高速、高精、高刚度的驱动控制技术，研制高响应、高效、低转矩波动的伺服电机，实现了高速高精运动的柔性平滑和电机高增益宽域控制，满足高速加工要求。

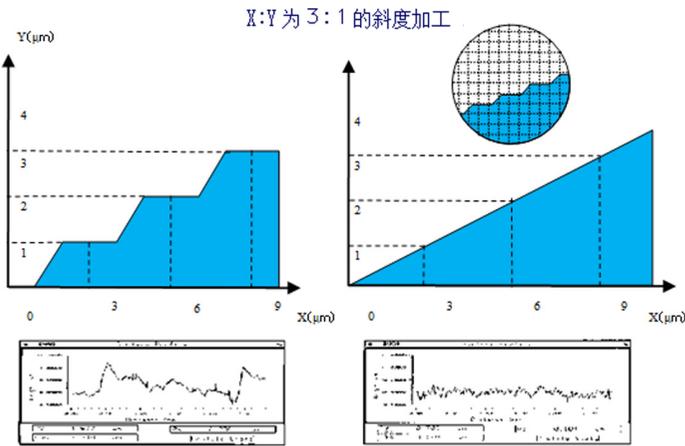


图9 高速纳米插补

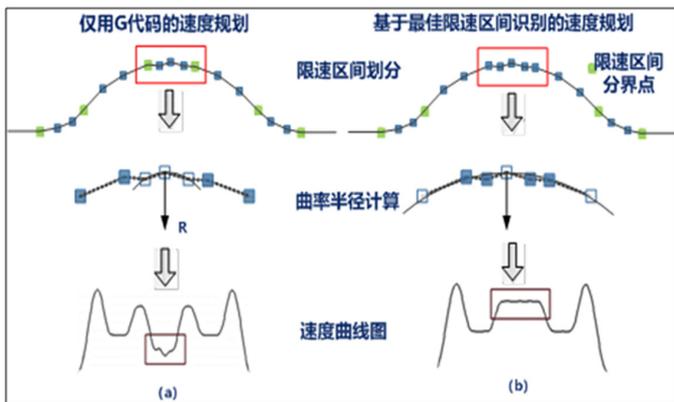


图10 高速高精优化

(4) 基于云计算的数控系统智能化技术，构建数控系统云服务平台，提出了数控系统电控大数据的指令域分析方法，研究加工过程物理信息资源的深度挖掘技术，实现了数控机床健康评估、断刀监测、工艺参数优化等智能化应用。

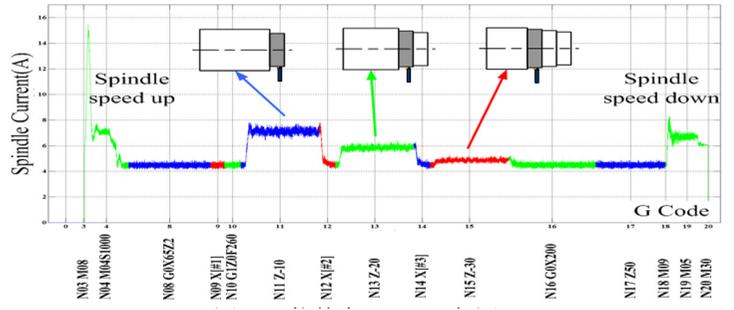


图11 数控加工“心电图”

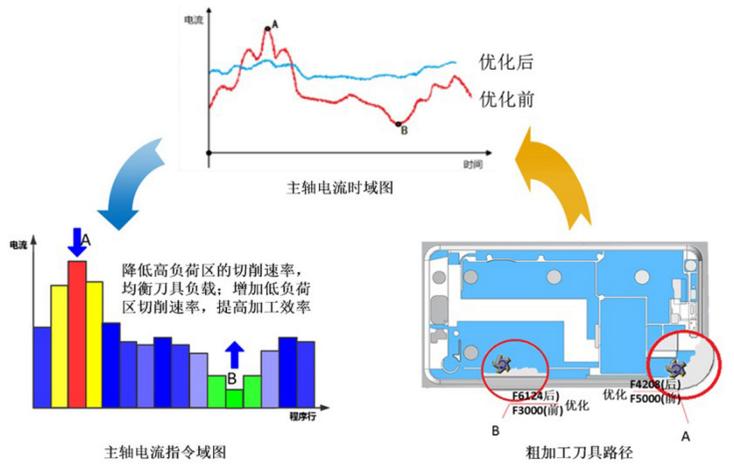


图12 工艺参数优化技术

三、华中8型数控系统的应用领域及应用效果

目前，华中8型数控系统已与10多类约2000台高端数控机床实现了配套应用，其中包括：高速/精密车削中心、高速/精密立加、车铣复合、高速/精密卧加、五轴联动加工中心、六轴砂带磨等高端数控机床，满足国内高速、高精、大型、重型、复合、生产线等高端数控装备的配套需求。所配套产品的企业包括秦川机床集团、四川普什宁江机床有限公司、北京工研精机、武汉重型机床集团、北京第一机床厂、北京第二机床厂、宝鸡机床集团、深圳创世纪公司、东风设备制造有限公司、上海拓璞数控科技有限公司、上海机床厂有限公司、苏州信能精密机械有限公司等。



图13 宝鸡机床集团批量配置华中8型系统的加工中心车间

通过重点领域的“应用示范”工程，华中8型高端数控系统已在多家大型骨干企业进行批量示范应用，满足了复杂结构件，复杂壁板框段类零件，发动机机匣、叶片和燃气轮机机匣等复杂零件、复合材料加工的制造要求。



图14 沈阳某重点企业批量配套华中8型系统的车间

通过汽车制造领域的“应用示范”工程，华中8型高端数控系统已在吉林省吉通机械制造有限责任公司、东风活塞轴瓦有限公司、华晨宝马汽车有限公司、东风楚凯(武汉)汽车零部件有限公司、双港活塞公司、上海通用五菱公司、营口华润有色金属制造有限公司、綦江齿轮传动有限公司、交大智邦公司等骨干企业批量示范应用，满足了发动机缸体、缸盖、轮毂、高压油泵壳体、底盘类等关键零件的制造要求。



图15 东风楚凯公司批量配套华中8型系统的生产线现场

东方电气集团东方汽轮机有限公司、无锡透平叶片有限公司等两家企业应用华中8型数控系统15台套，主要用于火电汽轮机、核电汽轮机、燃气轮机等发电设备叶片制造。东方汽轮机有限公司应用配华中8型数控系统的10台九轴六联动数控砂带磨床组成产线，用于大型汽轮机叶片、核电叶片、燃机叶片型面的抛磨，解决了以汽轮机叶片为代表的复杂曲面进行磨削抛光的技术难题，开发出专用华中8型高档数控系统和砂带磨削加工工艺编程软件，整体水平有较大提升。

2009~2019年，华中8型高端型数控系统全面进入汽车制造、能源装备、船舶制造、机床工具、模具、3C等领域的主战场，累计销售10万多台套，在2000多家企业批量应用。特别是2015年以来，华中数控针对3C制造行业的巨大需求，研制并批量销售了具有高速高精（进给快移速度达60m/min，进给加速度达1G）、高速主轴控制（24000r/min）等关键技术的高速钻攻中心数控系统，其加工效率优于同类产品，并且建立了多个3C加工智能工厂。

四、华中8型数控系统市场和产业化前景

(1) 制造业转型升级为华中8型数控系统提供巨大发展契机

目前，我国正处于制造业高质量发展、由制造大国向制造强国转型的重要阶段，随着高端制造业需求持续旺盛和高端制造业对制造工艺和技术要求不断提升，华中8型数控系统的市场需求将不断扩大，具有广阔的发展前景。

(2) 华中8型数控系统支持国内机床领域关键核心技术发展

华中数控作为国内数控系统领域核心企业之一，通过承接国家重大专项，经过20多年研发积累，其高端产品的功能、性能与国际先进水平的差距逐渐缩小，并在部分高端细分领域实现国产数控系统零的突破，支持了国内机床制造关键核心技术的发展。

(3) 数控技术与新一代人工智能技术融合，将促进我国机床产业发展

高档数控机床关键功能部件的性能和质量决定了整机的性能和质量。为了改变受制于人的现状，我们将加快新一代人工信息技术与华中8型数控系统融合应用，研发华中9型智能数控系统，与机床企业联合研制智能机床，促进中国机床行业向高质量发展。□

VMC850L系列立式加工中心的研发及应用

安徽新诺精工股份有限公司 曹凌小川 李琴

立式加工中心作为机床的一种类型，它具有经单次装夹后，数字控制系统能控制机床按不同工序，自动选择和更换刀具，自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对工件的运动轨迹及其他辅助机能，依次完成工件几个面上多工序的加工。并且有多种换刀或选刀功能，从而使生产效率大大提高的特点。为了适应市场及行业的发展，新诺精工VMC850L系列通用型立式加工中心应运而生。

一、产品简介

VMC850L系列立式加工中心（见图1），是三坐标联动的、具有优越性价比的数控加工机床，主要配置各型数控系统。可实现钻孔、扩孔、铰孔、镗平面、攻丝、铣、镗等加工，适合于精度和生产率要求较高的零件加工，完全可以省去某些专用夹具及划线等工序，大大减轻工人的劳动强度。该机床适用于汽车、摩托车、航天航空、军事、仪器、仪表、电子、模具等行业、孔距精度高的中、小型盘类、板类、壳体、阀体、凸轮等零件的钻、铣、镗、攻丝等的加工，加工实现程序化，缩短了生产周期。

VMC850L执行JB/T 8801-2017中的相关规定，严格按照ISO9001:2015《质量管理体系》标准规定进行质量控制。产品主要参数见附表。



图1

项目	单位	VMC850L	VMC1000L
工作台			
工作台面积	/mm	500x1000	500x1200
T型槽（数量x宽度x间距）	/mm	5x18x100	5x18x100
行程			
行程（X/Y/Z）	/mm	850/500/600	1000/500/600
加工范围			
主轴中心至立柱导轨面距离	/mm	572	572
主轴端面至工作台面距离	/mm	120-720	120-720
外形尺寸			
长x宽x高	/mm	2540x2320x2780	3080x2320x2780
重量			
工作台最大承载重量	/kg	500	600
机床重量（约）	/kg	5200	5500
主轴			
主轴孔锥度		BT40	BT40
主轴功率（基本配置）	/kW	7.5/11	7.5/11
主轴转速（基本配置）	/r·min ⁻¹	8000	8000
进给（直联）			
最高进给速度	/mm·min ⁻¹	10000	10000
快速移动速度（X/Y/Z）	/mm·min ⁻¹	32/32/32	32/32/32
滚珠丝杆（直径+导程）			
滚珠丝杆（X/Y/Z）	/mm	4016/4016/4016	4016/4016/4016
刀库			
刀库容量	(T)	24	24
刀具最大允许长度	/mm	300	300
换刀时间（T-T）	/s	2.5	2.5
定位精度			
定位精度（X/Y/Z）	/mm	0.008	0.008
重复定位精度（X/Y/Z）	/mm	0.006	0.006

二、产品特点

VMC850L立式加工中心为经典C型结构，主要由五大件构成，分别为床身、立柱、床鞍、工作台、主轴箱。各移动部件构成了完整的三轴坐标系并实现三轴联动，工作台的左右移动为X向，床鞍的前后移动为Y向，主轴箱上下移动为Z向。

VMC850L系列立式加工中心具备高性能全方位精密切削性能，这归功于机床良好的动态性能结构设计。为满足这种设计，除了在动态分析的基础上，对所有基础件进行

有限元分析,在设计上也采用对称,高刚性及热稳定性的设计,一体化箱体床身更确保和提高了机床刚性,且机床采用高品质孕育铸铁,在大载荷连续加工的情况下也能保证良好的吸振性。Y轴导轨超大跨距达到刚性倍增而质量精简的工程需求,同时各轴均采用滚动导轨配合滚珠丝杆提供机床良好的负重性以及更快的移动速度,同时确保了定位精度。且具有低噪音、低摩擦特性,可获得最佳的循环精度。

机床总体布局合理,受力均匀,提供了机床更高的稳定性与可靠性。机床带有自动刀具交换系统,全封闭式防护罩,自动润滑系统,冷却系统,自动排屑装置等。具有自动化程度高,可靠性强、操作简单、方便、宜人、整体造型美观大方、机电一体化程度高等特点。

机床设计过程中经过各种分析工具及优化,得到很好的机床动态性能及动态精度。机床动态性能是指机床整机结构在动态力作用下的动态特性,往往包括模态、阻尼、谐响应、动刚度等(见图2)。机床动态精度是指机床结构在动态力作用下振动导致的加工精度损失。围绕机床动态性能和动态精度对机床分别进行关键部件(导轨、丝杆、主轴及刀具等部件)的动态分析,结构大件的有限元分析如床身、立柱等重量大,形状复杂结构的大件。结合面动态特性与动态参数获取(床身主轴箱间固定结合面、导轨、轴承、丝杠等运动结合面)。

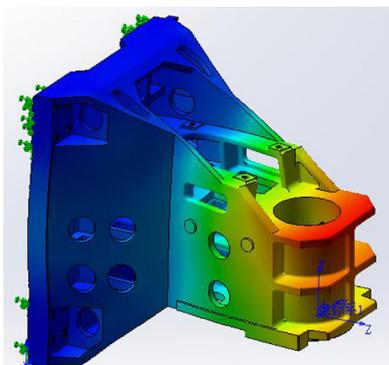


图2

机床三轴电机与高精度滚珠丝杠直联传动增强刚性及提高精度,Z轴采用抱闸电机,在快速移动时亦可保持高平衡及灵敏性,确保加工精度。VMC850L系列机型Z轴搭配配重平衡系统,与主轴箱采用链条连接,由于链传动是不均匀的,在机床高速运动时易产生振动进而影响机床整体动态性能,根据机床动态性能分析在设计时即避免此情况的发生。因为机床是由若干个零部件所组成的多个自由度系统,每一个自由度对应系统一个固有频率。通常,只关心低阶固有频率(5阶以下)。当机床的激振频率在固有频率附近时,机床会发生强烈振动,即共振。

为了避免Z轴配重系统链传动导致的机床共振,分别对机床立柱、主轴箱以及配重系统进行固有频率进行分析(见图3)。根据角频率公式 $\omega = \sqrt{k/m}$ (ω 为角频率、 k 为系数、 m 为质量),取得更好的结构质量组合。使得机床在高速运行状态下无共振情况发生。

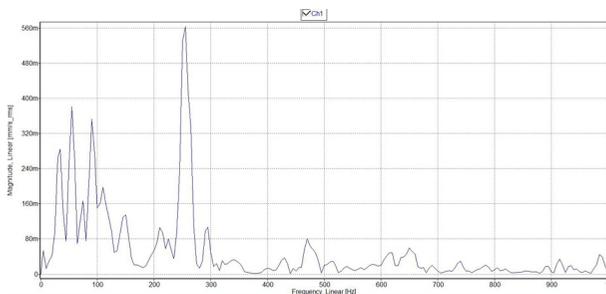


图3

机床主轴标配最高转速在8000rpm,同样为了避免主轴高速状态下的机床振动,对机床使用模态振型分析,机床的模态振型是与固有频率相对应的,反应了机床在某个共振频率(固有频率)下整机的振动形态(见图4),通过振型图可以发现机床振动幅度较大的零部件,即薄弱环节。再对应薄弱环节对其进行刚度提升及结构优化。

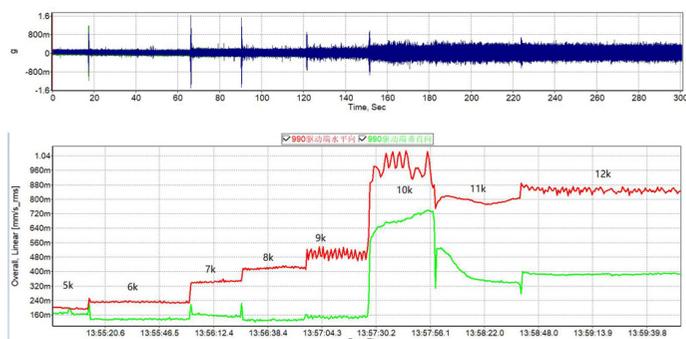


图4

三、产品亮点

床身超大跨距及最佳支撑设计,满足X、Y向快速运动响应,X、Y、Z轴均使用高转速伺服电机,快进和切屑进给速度极快。采用超重载荷滚动导轨,重切时也可保证其稳定性,所有结构件都经过设计优化,尽可能保证机床持续的高稳定性。再次经过伺服优化,三轴最大加速度可达0.8G,同时合理搭配高性能主轴组、传动组、ATC等主要机构大大缩短非加工时间。

机床工件气冷水冷兼具,同时主轴搭配气幕保护功能,有效保护主轴轴承因加工水雾导致的轴承损坏。

VMC850L系列加工中心是一款开放式柔性平台,在自身X、Y、Z三轴的基础上,可再增加四轴转台或分度

头，实现3+1四轴功能。也可增加双轴转台配合机床使用，实现3+2五轴功能，使之完成五轴机床部分加工能力。机床标配BT40-24T机械手刀库，也可根据用户要求搭配30T或者斗笠式刀库。气动原件模块化，功能标识清晰，易于保养和维护。配备气源过滤装置，有效防止功能部件锈蚀。电器柜布局合理。防护等级IP65，有效保护电气元件因潮湿造成短路或者损坏。机床搭配储气罐，可避免同时多台机床使用同一气源，造成瞬间压降过大或空压系统压力不足，使机床动作异常。

特殊功能方面也具有多种搭配方案，如对刀仪、工件测量仪、主轴油冷、主轴内冷，主轴皮带传动变更为直联驱动、电柜空调、气动门、伺服刀库及自动化成套解决方案等。

四、质量控制

安徽新诺精工股份有限公司是一家通过中国质量认证中心ISO9001质量管理体系认证的企业。在立式加工中心制造过程中执行JB/T 8801-2017中的相关规定，严格按照ISO9001:2015《质量管理体系》标准规定进行质量控制。

机床几何精度按GB/T 18400.2-2010，线性定位精度和重复定位精度按GB/T 18400.4-2010执行。精切试件按照GB/T 18400.7-2010精加工试件精度检验要求对机床进行验收入库。

在制造过程的质量保证上主要采用检测设备和制造过程管控：

在检测设备上，公司拥有雷尼绍XL-80激光干涉仪（见图5），QC20-W球杆仪（见图6），海克斯康GLOBALCLASSICSR09.12.08三坐标测量机（见图7）、G-TECH HJ-4250SA动平衡机（见图8）等检

测设备，用于对机床定位精度、重复定位精度、精切试件检验和主轴动态平衡。



图5



图6



图7



图8

安徽新诺精工股份有限公司秉承着“高可靠性比高性能更重要”，

“为了保持高竞争，我们必须在品质和TPM上做没有终点的竞争”这两条宗旨。在制造过程中将机床产品分为28道工序，分工序检验及验收，层

层把关，层层控制，保证产品出厂品质。从BOM编制，设计资料及图纸归总，机床生产档案的建立，分门别类统一归档，做到问题可追溯，信息随时可查询。同时公司每月开展员工提案活动，面向公司所有员工，对产品不合理或需改善项目提出合理化建议，技术部门根据提案质量对机床进行优化，提升产品质量。

公司每季度开展QCC活动，针对产品全生命周期内遇到的难点，组织团队对相关课题进行攻关，不断提升产品可靠性。在客户体验方面，公司内部有产品体验应用中心以供客户现场选型体验，落地客户的每台机床产品，售后服务人员切实做好客户售后调试并不定期对客户现场进行回访，做好用户的满意度调查。

五、产品研发及应用

经过1年左右的研发时间和2年多的市场验证，公司获得了大量的经验及技术积累，共获得相关技术专利授权2项，其中发明专利1项为《一种数控机床换刀装置》，实用新型专利1项为《新型数控机床配重系统》。经过这些技术与经验的积累，再次反哺回产品本身，使我公司VMC850L系列立式加工中心获得了市场用户的广泛认可，同时被评为中国机床工具协会主办的“2019年度产品质量十佳”之一。

现阶段我公司VMC850L系列立式加工中心市场存量高达800多台。涉及多个行业如：汽车零部件、缝纫机零部件，机床零件、一般加工件，发动机缸盖行业，压铸铝、航空铝、精密件及模具等。未来，安徽新诺精工股份有限公司将继续致力于为客户提供最佳体验，不断追求持续改进产品，为“中国智造2025”贡献自己的力量。□

DGZ-60E滚珠高速电主轴的研发和应用

广州市昊志机电股份有限公司

一、概述

目前中国数控机床行业取得了举世瞩目的成就，根据中国机床工具工业协会的数据显示，2019年我国数控机床产业规模已达3270亿元，产业规模略低于日本，占全球比重约31.5%。为此，数控机床关键功能部件的国产化势在必行，一味依赖进口，势必造成大量资金外流，而且将制约中国机床行业的长期发展。

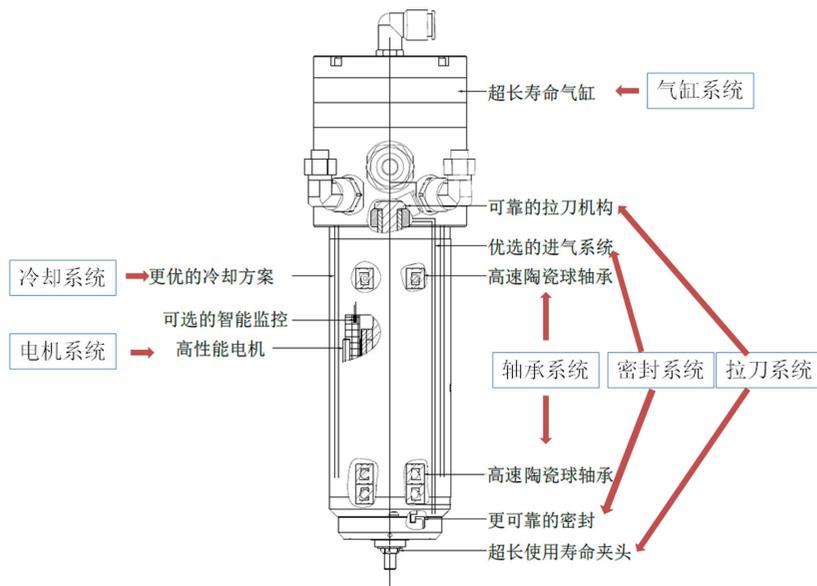
电主轴素有数控机床“芯片”的说法，其内在原由在于电主轴将电机放置在主轴内部，通过变频器或驱动器直接驱动主轴进行旋转工作，实现电机、主轴一体化的功能。与传统外驱的机床主轴相比，电主轴具有十分明显的优势。由于主轴由内装式电机直接驱动，省去了皮带、齿轮、联轴器等中间变速和传动装置，具有结构紧凑、重量轻、惯性小、振动小及噪音低等特点。而且利用变频技术，电主轴可以实现无级变速，以适应机床工作时各种工况和负载变化的需要。

DGZ-60E滚珠高速电主轴(以下简称60E)是专为3C行业玻璃磨削应用及小五金铣削应用而开发的电主轴，为机床主轴与主轴电机合为一体的高新技术产品。60E除了具有上述电主轴的优势外，还实现了换刀与免维护的功能。主轴内部具有电机系统、拉刀系统、轴承系统、冷却

系统、气缸系统和气封系统。这些系统在主轴应用过程中，通过电气连接，与机床其他设备紧密协同合作，共同实现切削任务，为客户提供了完美的加工方案，在加工过程中，使高效节能、环保清洁成为可能。

二、60E的特点与亮点

针对玻璃磨削和小五金铣削的加工工艺要求，主轴内部由电机系统、拉刀系统、轴承系统、冷却系统、气缸系统和气封系统组成。



1. 电机系统

电机系统为交流变频调速电机，处于主轴中部位置，如图所示，该电机具有以下特点：

- (1) 调速方便、节能高效。
- (2) 电机结构简洁、体积小、惯量小、造价低、维修容易、耐用。
- (3) 通过变频器的调节，实现高转速和高电压运行。
- (4) 可以实现软启动和快速制动。
- (5) 无火花、防爆、环境适应能力强。

2.拉刀系统

主轴内部装有拉刀系统，主轴前端装有夹头，通过夹头的开闭，实现加工刀具的装夹，从而实现换刀的功能。

3.轴承系统

轴承位于电机两端，分为上下两部分轴承。轴承起支撑主轴旋转部分的作用，轴承采用闭式高性能陶瓷球轴承，具有转速高、寿命长、免维护等特性。此系统已获得国家实用新型专利201120085353.8、201320740734.4、201320893672.0。

4.冷却系统

主轴内部开有水道，冷却水通过图上的进水接头，进入主轴内部进行冷却电机及轴承，流经所有发热的部件后，由出水接头排出。此系统已获得国家实用新型专利201320594939.6。

5.气缸系统

气缸系统位于主轴的后端，其上方装有气接头，通入一定压力的气体后，气缸即瞬间打开运动。与拉刀系统配合后，夹头即打开，完成换刀的功能。

6.气封系统

由于主轴长期在机床中切削，切削时的切削液每时每刻都反弹到主轴表面上，主轴必须具备高度密封性。60E在设计时，已对密封性作了详细的考虑，在主轴加工时，仅需在气封接头上通入低压力的压缩空气(0.15MPa)，即可实现密封功能。此系统已获得国家实用新型专利201320743961.2。

以上各系统紧密结合，紧凑地组成60E电主轴且维护方便，使60E具有广泛的应用性及可靠性。主轴内部的轴芯结构已获得国家实用新型专利201320893834.0，主轴整体结构已

获得国家实用新型专利201120085351.9。

近几年内吴志机电60E电主轴相继获得广东省高新技术产品奖、国家重点新产品证书奖、广州市科学进步奖、广东省科学技术奖等。

三、主要技术参数

主轴型号	DGZ-60E	电机类型	异步感应
最高频率(Hz)	1000	最高转速(rpm)	60000
最高电压(V)	220	最大电流(A)	7.0
连续额定输出功率(S1-100%/kW)	1.5	连续周期工作制时的额定输出功率(S6-40%/kW)	2.25
连续额定输出扭矩(S1-100%/N·m)	0.24	连续周期工作制时的额定输出扭矩(S6-40%/N·m)	0.36
电机绕组绝缘电阻(MΩ)	≥500(H级)	电机绕组耐压试验(V/M)	1500V/1分钟耐压试验
测温传感器类型	PTC	测速传感器类型	--
刀柄类型	直柄	换刀方式	自动换刀
电机极数(2P)	2	主轴重量(kg)	4.1
序号	技术参数		
1	气缸工作压力(MPa)	0.56~0.60	
2	夹持扭矩(N·cm)	≥254(φ6刀柄)	
3	轴端静态跳动(μm)	≤2.0	
4	振动值(mm/s)	≤0.8	
5	主轴径向刚度(N/μm)	≥69.6	
6	主轴轴向刚度(N/μm)	≥35.1	
7	噪声值(dB(A))	≤68	
8	主轴吹尘气流量(L/min)	30~50(气压:0.15MPa)	
9	装配面直径(mm)	φ61.92(-0.010/-0.018)	
10	冷却液流量(L/min)	水流量:≥1.6 油流量:≥3.0	

四、质量控制

针对市场上产品质量存在的问题，60E在研发、试制、小批、量产等过程中吸收了前人的技术经验，主要从以下几个方面作控制质量：

(1) 提高管理水平，促进质量长期稳步上升，形成完整的质量控制闭环，对于产品质量，形成长远规划。应用DFMEA(设计阶段的潜在失效模式分析)等控制工具，从研发设计开始就避免出现无法控制的问题，把质量问题控制在可控范围内，保证整个产品在生产及使用过程中质量可控，杜绝出现质量失控情况。

(2) 可靠性管理不止限于三包期内，对整个产品生命周期内进行全面管理，从产品立项到产品退市整个过程进行管理，实现可靠性控制稳步增长，同时累计技术经验，建立可靠性研究和管理体系，为所有产品提供相关质量依据。

(3) 建立完整科学的故障数据库，对于主轴关键的零件，轴芯、机体、轴承等进行数据化管理工作，同时分析故障数据，建立属于独有的关键零件数据库，为后续的新产品设计保驾护航。

(4) 所有零部件应用试验验证手段和遴选评价体系。对不同零件应用不同的试验方法和检验标准，做到每个零件均符合自身需要的质量标准。制造过程中，做到环保节能、事半功倍。

(下转第68页)

KGHM2040UD系列产品的研发与应用

科德数控股份有限公司

KGHM2040 UD桥式四轴+1轴龙门加工中心（见图1）是科德数控有限公司高精度桥式龙门加工中心系列产品中的一种规格产品。该产品采用对称高架桥式龙门框架结构设计，横梁采用双驱重心驱动，具有应力对称和热对称性，机床精度稳定。XY轴采用螺母旋转式的丝杠传动，转动惯量小，具有良好的高速动态性能；Z轴采用双电机、双丝杠直驱，具有更高的快速进给速度，具有更大的加速度的动态性能指标，具有更高加工效率。工作台尺寸为2000mm×4000mm，承重能力为5000kg/m²，并且内嵌φ1800mm力矩电机直驱转台，定位精度高，过载能力大。机床配置两种附件铣头及铣头头库，方便内腔和外形加工的切换操作。同时，国产五轴数控系统提供了多铣头生态一键切换、国产激光反馈尺提供高精度控制、国产直驱电机为大型内嵌式转台

提供优异动态性能和高精度控制。



1. 国产五轴数控系统提供了多铣头生态一键切换

该机床肩负大型零件内嵌和外形曲面加工任务，因此配备了两种附件铣头，配合主铣头满足复杂零件内外型腔的加工需求。由于零件异形，必须采用刀尖点四轴或五轴联动的编程方式编制和五轴联动控制加工。在四轴和五轴刀尖点控制方式下，必须严格控制机床刀尖的精度，才能有效保证加工精度。因此，本机床的三个

主轴在任意切换后，机床坐标系、WRCS和RTCP的设置必须保证当前主轴的精度设置准确。

大连光洋GNC60数控系统优异的开放性和灵活性为满足这些要求提供了完美的解决方案，最终操作技师在切换主轴时，只需要面板上一键切换即可保证精度设置。

2. 国产激光反馈尺提供高精度控制

机床X轴采用双驱重心驱动，具有良好的控制性能。为进一步提升机床控制精度，机床采用了科德数控自制激光反馈尺（见图2）作为闭环控制传感器，替代传统的光栅尺控制。通过双激光反馈尺和相应的温度、湿度补偿控制，机床获得了优异的精度控制。全长4米，实测定位精度达到：5.3um、重复定位精度达到：4.2um。

上接第67页

（5）设立可靠性工程师岗位，对零件设计需求及客户需求进行详细分析分类，长期进行零件性能评估、模拟、故障复现，不放过任何出现问题的可能，做到事无巨细。

（6）可靠性指标水平逐年提高，根据客户需求，延长质保期，同时对易耗件寿命作改善，提高MTBF标准。

目前该60E电主轴技术水平已达

到国际领先水平，主轴凭借其性能与价格优势超越欧美同类企业，实现了国产替代。

五、应用情况

60E电主轴是昊志机电为3C行业专门开发的产品。该产品质量稳定、加工精度高，充分满足加工手机玻

璃、盖板、手机按键、平板按钮等3C行业的零件的需求，对于4G、5G的发展具有非常重要的意义，创造出了很高价值。

目前，使用昊志机电60系列产品的知名企业有久久犇、盛利达、大宇等，累计10万支主轴在客户端使用验证，产品质量稳定可靠，拥有良好的市场信誉。□



GDLE系列激光光栅尺工作示意图

GDLE系列激光光栅尺以高度稳定的激光波长为基准，实现了高精度、高分辨率的直线位移测量。GDLE标准型激光光栅尺可以实现长达60米的精确测量（GDLE增强型激光干涉尺测量可达100米），比传统的光栅尺在长距离应用上有突出的成本优势。

产品特点

测量距离长，GDLE系列增强型激光光栅尺测量系统能够实现100m的测量。测量精度高，GDLE系列激光光栅尺测量系统在中小型龙门机床的工作台轴应用中能够实现 $\pm 0.5\mu\text{m}/\text{m}$ 的精度。

技术参数	规格	备注
激光波长	632.8nm	
激光功率	< 1mW	
精度	$\pm 0.5\mu\text{m}/\text{m}$	
分辨率	1nm/0.001mm (可选)	
测量范围	标准型60米、增强型100米	
供电电压	24V	
通信接口	RS485、RS232 (协议可根据用户需求定制)	
最大测量速度	5m/s	



图2 实际装机的激光反馈尺及防护装置

3. 国产直驱电机为大型内嵌式转台提供优异动态性能和高精度控制

机床的C轴转台采用科德数控生产的内转子力矩电机直驱，连续分度；精度保持性好。力矩电机及驱动器支持瞬间2倍的电流过载，增强了电刚性，可实现重切削。

力矩电机的主要特点是机械特性软并且可以堵转，力矩电机为拖动负载所输出的力矩与其转速可以保持动态平衡。根据课题所提出的要求及产品的实际使用环境来建立所需电机的动模和定模，以及模具配套的模座、模架、导向装置和制件项装置等，所制模具尽量以通用型号为标准。课题所要求的电机需要有较大的功率密度，因此，电机的磁极使用最大磁能积高达 $273.675\text{kJ}/\text{m}^3$ 的35UH 钕铁硼永磁材料。

力矩电机具有转速低、扭矩大、过载能力强、响应快、机械特性的线性度好以及力矩波动小等使用特性，可直接驱动负载省去减速传动齿轮，从而拉高了系统的运行精度。

配合数控系统功能，内嵌转台回转操作控制在 0.0001° ，最终 $\phi 1800\text{mm}$ 直驱转台（见图3）定位精度 $7.6''$ ，重复定位精度 $2.6''$ 。

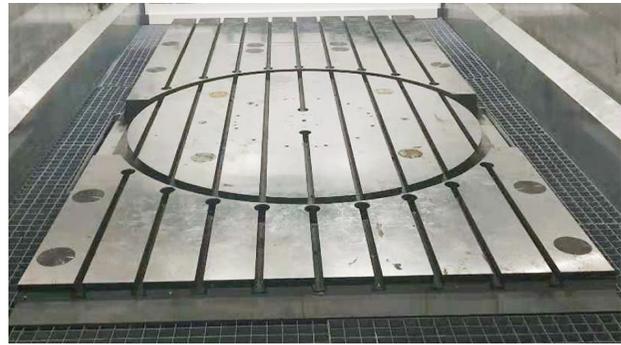


图3 机床2000mm x 4000mm工作台上内嵌 $\phi 1800\text{mm}$ 直驱转台

4. 良好的精度稳定与保持性

在机床运行中，环境温度变化、切削热以及电机、轴承、丝杠等运动部件都会产生热量，热量会传导到机械部件上，引起机床温度场变化，机床的热变形将可能会导致机械精度发生变化，进而影响到工件最后的精度。研究表明，由热变形引起的误差可以占到全部误差的40%~70%。在热变形分析基础上进行机床结构优化，最大限度地减少发热元件（热源）和发热元件对机床的影响，包括采用一些冷却措施，如为力矩、主轴电机及轴承设计冷却水路，避免将电机或轴承运转产生的热量传递到床体。由于采用上述技术最大限度地减少了热变性引起的误差。

机床热变形补偿目前在机床的精度补偿方法中应用尚不普遍，目前只有少数几种数控系统具有温度补偿功能。为了实现热变形补偿，首先需要确定位置误差与温度的对应关系，也就是获得一个误差特性曲线。整机温度场分析就是为了获得整机在工作过程中温度分布及温度变化规律。同样整机温度场分析可以通过试验测试方法测定，也可以通过有限元方法进行仿真分析。本项目的目标是结合试验测试和仿真分析，获得机床整机的温度场分布，测定机床热变形量并在数控系统中实现温度补偿。

(1) 温度变化测量：用红外热像仪探测机床的热源和温度场，确定机床温度变化的大致情况。并在机床上选择多测点用温度传感器连续测量机床在不同工况下的温度变化情况。研究的重点之一是如何选择最少的传感器和找到最佳测量位置，而又能最大程度地和机床的热变形误差相对应。

试验结果表明，机床加工点的热变形误差并不是仅仅和机床某一点的温度变化有线性对应关系。在研究温度测量技术中，对多种传感器的应用进行了比较研究，包括热敏电阻、热电偶、半导体测温传感器和集成传感器等。

(2) 热变形误差测量：机床的热变形误差主要体现在机床与工件的相对位移上。测量方法是把若干个位移传感器固定在工作主轴上，测量机床在各种加载条件下的对

应于机床温度变化时三个坐标方向的位移误差和角位移误差。加载包括不同的主轴转速和工作台进给速度。测量位移的传感器有感应式、电容式、激光测距仪等。将在不同的机床上测量得到的温度变化和热变形数据集中到数控系统进行数据处理。分析出机床热变形的基本规律,根据数学模型实现补偿。补偿用的数学模型包括:热力学模型、线性回归模型、多元回归模型、有限元模型、神经网络和模糊控制模型。

在热误差的测量、建模及补偿方面,开发热误差高效试验流程,建立基于传热机理的进给轴综合热误差模型,通过外置补偿方式实现对机床热误差的实时补偿。

现达到的技术水平:

序号	项目	精度
1	X/Y/Z轴定位精度	8mm
2	X/Y/Z轴重复定位精度	7um
3	C轴定位精度	9"
4	C轴重复定位精度	6"

5. 产品技术创新点

(1) 激光反馈尺长程光路保护装置

a) 创新结构的光路保护罩,实现光路免受粉尘、油雾等干扰。

b) 创新的柔性密封装置解决反射镜固定支架高速运

动与保护帘之间的摩擦发热。

c) 创新的空间正气压幕,即防止了运动扰动引起的负压吸附粉尘问题,又起到稳定光路温度的作用。

(2) 内嵌转台防护

内嵌转台对冷却和切削的防护是其关键技术点,本产品结合自制力矩电机特点,进行定制化开发。完美的解决了内嵌转台的防护难题。

(3) 数控系统具有四轴和五轴两种工作模式及生态一键切换

根据用户的需求,科德特为客户开发了四轴和五轴两种工作模式。四轴模式用于主铣头工作的工况,五轴模式用于手动附件头工作的工况,其机床坐标系、WRCS和RTCP设置生态一键切换。

6. 结束语

航空航天发动机大型零件,一般均具有薄壁易变形、空间加工精度要求高、空间结构复杂、材料难加工的特点,而通用高速桥式五轴龙门加工中心非常适合高速轻切削快跑的高效空间结构零件的加工。对于这类薄壁易变形、钛合金、高温合金材料零件的加工,设备需要做针对性的改进设计,配合数控系统空间算法、小线段平滑处理、剩余误差限定等技术的应用,让设备更加适合于航空航天发动机大型零件的加工,提升加工效率、保证加工质量。□

资讯

锻压分会召开全国锻压行业发展交流会

近期,中国机床工具工业协会锻压机械分会于在江苏无锡组织召开了“锻压机械2020年会暨全国锻压行业发展交流会”。锻压机械分会理事长、副理事长单位,常务理事单位、理事单位和会员单位的负责人和代表,以及锻压机械行业上、下游单位的100多名代表参会。

会上,中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城作了题为《机床行业经济运行情况分析 & 展望》的报告,内容主要涉及机床工具行业与成形子行业经济运行情况,机床工具产业和消费市场变化,世界制造业格局变化对我国机床工具产业的影响和应对措施等方面。宁波智能制造技术研究院副院长肖勇,作了题为《成形机床产业智能制造及数字化转型》的报告,主要涉及产业发展趋势、发展现状和相关产业政策,智能制造的基础、架构和特征,数字化工厂、虚拟制造优化、远程智能诊断和企业数字化转型建议等方面内容。

来自无锡沃尔得精密工业有限公司、瑞铁机床(苏



州)股份有限公司、无锡拓发自控设备有限公司、山东高密高密机械有限公司、湖州机床厂有限公司、青岛宏达锻压机械有限公司、重庆江东机械有限责任公司、济宁科力光电产业有限责任公司、天水锻压机床(集团)有限公司的9位专家,围绕液压机冷却、油电混合数控折弯机技术、压力机智能技术等多项锻压机械制造实用技术做了专题报告。会议期间主办方还组织代表参观了无锡沃尔得精密工业有限公司。

油电混合数控折弯机的技术发展及应用

瑞铁机床（苏州）股份有限公司 李振光 张磊 吕祥龙 雷斌华

一、概述

在市场竞争越发激烈、人工成本越来越昂贵的背景下，市场对钣金制造设备高效、节能、环保方面的要求越来越高，降低产品生产制造成本是企业不得不面对的问题，“节能降耗，绿色环保”成为其首选的主题。设备的电耗已经成为企业生产成本中重要的一部分，降低折弯机的能耗成为企业降低成本、提高产品竞争力的有效途径之一。

随着工业技术不断向前发展，市场竞争日趋激烈，传统的电液数控折弯机由于在控制原理上存在壁垒，其节流发热、无功功耗高的缺陷越来越突出。为了满足市场需要，提高产品在同行业的竞争力，助力更多的钣金生产企业转型升级，我公司在高端折弯机领域不断加大研发力度，不断探索技术革新，在此背景下，推出全新一代折弯控制技术是一种必然，油电混合数控折弯机应运而生。该机型是瑞铁机床多年以来一直致力于节能型和智能化钣金成形机床的研发与推广的成果，其中油电混合数控折弯机是其中研发时间较早、市场批量应用较多的产品，已经成为我公司的优势主打产品，其突出的性能在实际的生产中也得到验证，并为客户创造了最大

的经济效益与价值。

二、产品简介

油电混合数控折弯机（见图1）搭载了两个独立的不锈钢油箱，结构简单紧凑，清洁方便，减少对液压油的二次污染。为实现高效平稳的折弯效率，主油缸采用特殊的增速缸结构设计。数控系统通过两个伺服动力单元驱动油缸、并通过光栅尺（或磁栅尺）检测和反馈来控制折弯机油缸同步运行，实现对工件高精度的加工。该机型具有高速、节能省电、低噪环保等特点。



图1 油电混合数控折弯机外观图

三、技术创新及优势

1. 控制原理与对比

（1）电液同步数控（阀控）系统原理及现存问题

电液同步数控折弯机（见图2）

的结构是通过普通三相异步电机控制定量液压泵，通过溢流阀节流的方式，改变流经比例压力阀的流量，实现双缸同步最终达到折弯加工的精度要求，称为“阀控”。此种技术存在能量损耗以及发热过高的缺陷，液压系统的能量损耗会使系统的总效率下降、油温升高、油液变质，进而导致折弯机发生故障。

为了保持油液热平衡，通常采取加大液压油量的方法，与此同时带来的问题便是废弃油液处理的成本增加，以及可能对环境造成的污染影响。而且电液同步数控折弯机的噪音较大，对周围的环境带来一定的噪声污染。



图2 电液同步数控折弯机

（2）油电混合数控（泵控）系统原理

油电混合数控（泵控）折弯机（见图3）包括与数控系统连接的功率单元、控制阀组。功率单元包括伺服电机及与伺服电机连接的单向定量泵、独立式的油箱；控制阀组包括

溢流阀、卸荷阀、单向阀、换向阀、背压阀、提动阀、安全阀及充液阀。通过数控系统控制动力单元伺服电机的转速，进而控制与之相连接的油泵的排量，从而实现对执行元件（油缸）的位移速度控制。通过数控系统对伺服电机的扭力设定，实现左右执行元件（油缸）输出力的控制。

通过位移传感器（光栅尺或磁栅尺）将左右执行元件（油缸）的位移读数，反馈到数控系统，数控系统进行比较后对左右动力单元进行控制，从而实现左右执行元件（油缸）的同步、定位的闭环控制。位移传感器构成内部反馈环节，用以提高系统的控制精度。

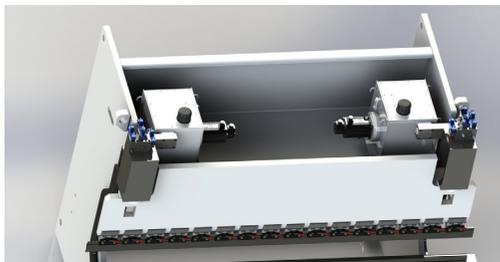


图3 油电混合数控（泵控）折弯机

（3）电液同步数控（阀控）与油电混合数控（泵控）的对比：

①高效：2小时设备90%负载运行，效率提高6%~10%。

130/4100	运行时间/h	负载(%)	折弯次数(n)
电液同步数控（阀控）	2	90	400
油电混合数控（泵控）	2	90	424

②节能：2小时设备90%负载运行，节能提高43%~50%。

130/4100	运行时间/h	负载(%)	单次能耗(W.h)
电液同步数控（阀控）	2	90	24.84
油电混合数控（泵控）	2	90	14.2

③低噪：2小时设备90%负载运行，噪声降低10~13db，大幅优化工作环境。

130/4100	运行时间/h	负载(%)	噪声(db)
电液同步数控（阀控）	2	90	78
油电混合数控（泵控）	2	90	65

④环保：2小时设备90%负载运行，液压油量减少50%~75%。

130/4100	运行时间/h	负载(%)	油量(L)
电液同步数控（阀控）	2	90	330
油电混合数控（泵控）	2	90	140

⑤温控：2小时设备90%负载运行，油温控制优越，利于整机运转。

130/4100	运行时间/h	负载(%)	温升(°C)
电液同步数控（阀控）	2	90	16
油电混合数控（泵控）	2	90	9

⑥安装简洁大方且美观，无外部管路。

通过以上两种控制方式的比较，我们可以明显看到，油电混合数控（泵控）系统具有高效、节能，低噪、环保等特点。

2.独特的增速缸结构

瑞铁机床公司的油电混合数控折弯机最独特的技术是采用了具有自主专利技术的板料折弯机用增速缸（专利号：ZL 2017 2 1644984.2）。

传统的电液同步数控折弯机主油缸为单作用活塞缸（见图4），主要依靠滑块本身的自重来实现快下动作，不好进一步获得较高的运行速度。而在单作用活塞缸上改变其内部设计结构，使其变为增速缸（见图5），在不受其滑块重量的制约下来实现油缸高速下行动作，极大地提高折弯效率。

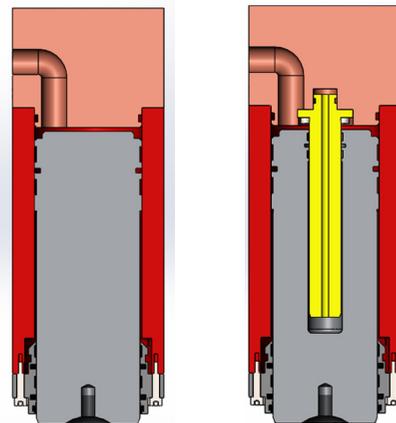


图4 单作用活塞缸图

图5 增速缸

油电混合数控折弯机的同步性更好、真正节能高效、结构简易、速度更快，双伺服油电混合数控（泵控）系统中应用单向定量泵、增速缸，这两个关键要素是瑞铁机床双伺服油电混合系统的最大特点。单向定量泵比双向定量泵具备更好的经济性，增速缸则把稳定高效的特点展现出来。

四、行业应用及推广情况

随着越来越多的应用经验积累、技术改进及优化，瑞铁机床公司生产制造的油电混合数控折弯机在钣金生产制造企业得到了较广泛的应用，主要服务于船舶制造、轨道交通、电气开关柜、建筑装饰、5G通讯等行业。

油电混合数控折弯机属于节能环保产品，其技术优越性在实际生产应用中得到了充分体现，既响应了国家倡导建设节能环保型的绿色社会环境的号召，又满足了企业日益高精高效生产需要，深受用户的一致好评，未来有部分替代传统数控折弯机的趋势，市场前景十分广阔。□

汽车内外饰验证台架设计与开发

东风汽车公司技术中心 杨兴 陈伟国 李庆丰

【摘要】随着中国汽车市场竞争加剧，顾客对于汽车品质提出更高的要求，无论从外观、内饰，智能网联化、综合能耗、声噪指标都有新的诉求。作为汽车研发部门，东风汽车技术中心已初步具备仿真、色彩、验证模型设计及主模型加工能力。汽车内外饰验证台架设计及开发主要解决整车开发前期设计方案是否合理和装配验证是否干涉的作用。本文通过东风自主轿车内外饰验证台架X53项目设计与开发过程，对今后该类工程模型自制工作做了有益的探索。

一、汽车内外饰验证台架的概念和用途

内外饰验证台架是为了在ETO前验证车身内外饰件结构数据，验证汽车零件结构，验证装配可行性，验证DTS制作的工程验证模型。通过内外饰验证台架，不仅能够进行零件装配验证，同时能够进行感知质量评价，在ETO阶段作为车身内外饰件检具，验证设计结构作为标准白车身，安装RP件或ETO件进行人机验证。

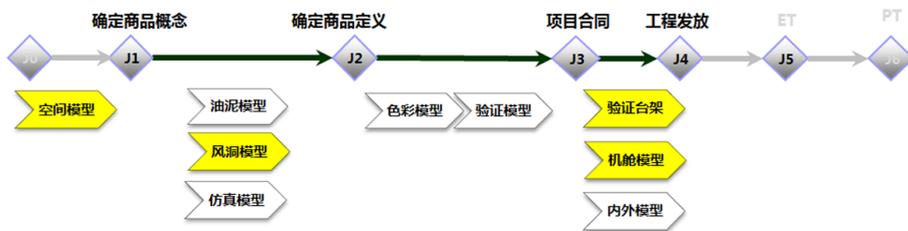


图1 汽车相关模型开发流程图

二、汽车内外饰验证台架主要的技术要求

1. 内外饰验证台架模型材料要求

采用钢管骨架，5166代木为型面材料，表层加工厚度30mm以上。采用钢板底座，底板厚度要求15mm以上，检具本体采用可加工树脂板材为型面材料。型面轮廓材料为5166代木，其性能要求：密度 $\geq 1.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，硬度邵氏D ≥ 75 ，线性热膨胀系数 $(10^{-6}/\text{m}/^\circ\text{C})$ ： ≤ 35 。定位面及支撑面材料采用SK5或相当材料，其结构

必须采用可拆卸式结构，不允许采用胶水粘结。

2. 内外饰验证台架骨架制作要求

①骨架材料为A3钢，120×60mm方钢管厚度为5mm，50×50mm方钢管厚度为3mm。

②骨架制作根据设计定义的整车姿态，可以调整姿态；骨架要求具备用于二次加工的复位基准和对刀块；有可连接风洞五带系统的固定结构；有可拆卸的副骨架，用于支撑模型，以确保模型在长途运输途中安全。

③骨架满焊，焊缝无虚焊、气孔、裂纹，骨架外表面焊痕磨平，焊接完进行不低于48小时人工时效处理，骨架制作完成后，本体需涂防锈漆，基准块涂防锈油。

④骨架基准面垂直及平行度 $\leq 0.05\text{mm}$ ，安装基准孔距公差 $\leq 0.02\text{mm}$ ，整体安装后的骨架总体尺寸误差小于2mm。



图2 内外饰验证台架骨架制作流程图

3. 内外饰验证台架试制精度要求

①精确制造检具所有的部件包括检具基座、定位基准和检验零件，以保证产品检验所需精确度。

②硬质模型工作型面的精度误差应小于0.20mm。

③所有用于被测零件的定位基准在检具上的位置公差都必须限制在 $\pm 0.10\text{mm}$ 以内。

④硬质模型的所有用于检测被测零件的零件包括检验销和导套，在检具上的位置公差都必须限制在 $\pm 0.15\text{mm}$ 以内。

⑤用于内部线条/塞片检验的表面轮廓特性在检具上的位置公差都应该限制在 $\pm 0.15\text{mm}$ 以内。

⑥用于边缘线条/塞片检验的表面轮廓特性在检具上的位置公差应限制在 $\pm 0.20\text{mm}$ 以内。

⑦模板（活装块）在检具上的公差应限制在 $\pm 0.20\text{mm}$ 以内。

⑧作为目测基准的公差应在 $\pm 0.30\text{mm}$ 以内。

⑨零件制造公差分列如下。

坐标线： 0.05mm ；无搭接装配要求的全部形状： $\pm 0.30\text{mm}$ ；有搭接装配要求的形状： $\pm 0.15\text{mm}$ ；支承及定位公差： $\pm 0.1\text{mm}$ ；对称形状的不对称度： 0.20mm ；左/右检具的不对称度： 0.30mm ；最大加工刀痕深度： 0.05mm ；非功能孔目测刻度： $\pm 0.30\text{mm}$ ；用销规检查的一般功能孔位置度： $\pm 0.15\text{mm}$ ；用销规检查的重要功能孔位置度： $\pm 0.10\text{mm}$ ；一般轮廓对齐处： $\pm 0.30\text{mm}$ ；重要轮廓对齐处： $\pm 0.15\text{mm}$ ；某一产品的特性偏离上述规范时，检具的公差可采用1/4准则，在产品图纸上针对某一特别产品特性标注公差的1/4可用作检具制造公差。

4. 内外饰验证台架试制骨架强度要求

①内外饰验证台架骨架必须进行退火处理，保证整个骨架的强度和刚度。

②在搬运、包装及试验时要求保证模型的完好性，保证整车、零部件及零部件之间的连接不发生断裂、脱落等损坏事件，油泥表面不发生开裂现象。

三、内外饰验证台架零件构成与关键总成零件设计要点

1. 设计使用的CAD软件

UG (Unigraphics NX) 是Siemens PLM Software公司出品的一个产品工程解决方案，它为用户的产品设计及加工过程提供了数字化造型和验证手段。Unigraphics NX针对用户的虚拟产品设计和工艺设计的需求，提供了经过实践验证的解决方案。本次设计使用的设计和编程软件为UGNX12版本。

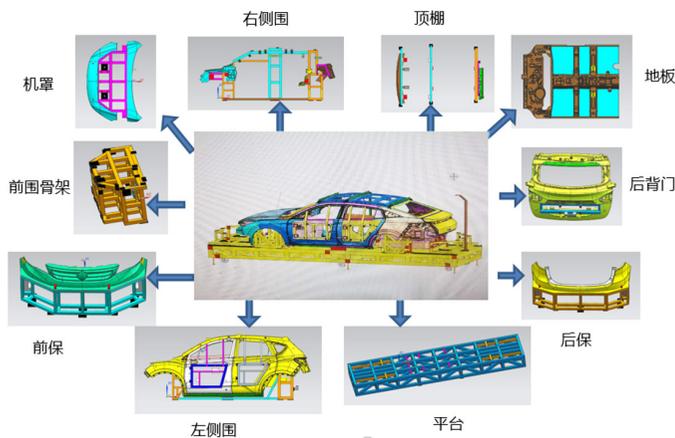


图3 汽车内外饰验证台架零件构成

2. 关键总成零件设计要点

(1) 前保总成设计方案

长=（车头最前位置-前轮眉边界）-30mm（柔性板厚度），考虑不同车型在柔性骨架上的通用；宽=右侧前保安装面-左侧前保安装面；高=前格栅下边界100mm处-前保下边界100mm处-30mm（柔性板厚度）选取最低高度为柔性骨架，针对高度高的车型可在柔性板和模型间增加垫块。

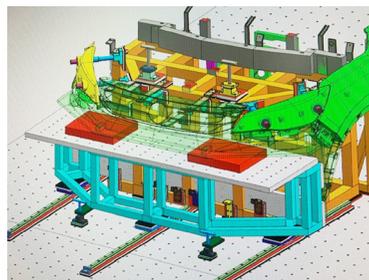


图4 前保总成装配图

(2) 后保总成设计方案

后保设计方案使用柔性安装板。柔性安装板为30mm厚度铝合金板，均布直径10mm销孔，孔间距为50×50mm，安装板尺寸参考骨架本体尺寸；连接方式：

骨架与柔性板之间使用螺栓紧固连接；柔性板与模型之间通过柔性板上销孔使用螺栓和销等方式连接。

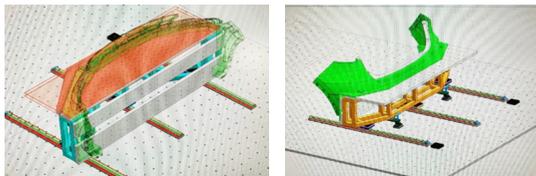


图5 后保总成装配图

(3) 前门总成设计方案

内外饰验证台架验证门总成使用单边一侧进行验证，设计为左侧前门，B面保留完整钣金面。玻璃导轨、B面和A面一体式加工，玻璃导轨外表面加厚10mm。模型上保留大小20×20mm的加工基准，门前后各一处。参考车身钣金保留车身内饰件和后视镜等安装点，安装点处布置金属镶块，内嵌于模型内。玻璃单独加工，水切处设置螺栓孔用于固定。前门分别设置三处拧紧在侧围上的销孔，上端两处下端一处，锁紧方向为正Y向；并预留相应的销控垫板结构。为便于门的拆迁，将铰链处A面门板作为附件，单独安装在门板主体上。

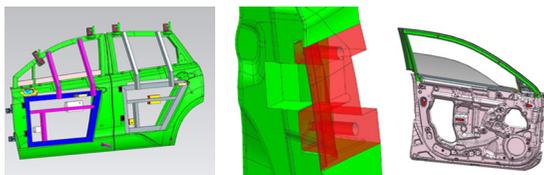


图6 前门总成装配和内部结构图

(4) 后门总成设计方案

后门主体骨架是“口”形，加上横竖两条加强筋，另焊接两根连接骨架与车门模型上端连接，连接骨架位置和间距按车门尺寸均布。骨架前段焊接与铰链连接的安装铁块，后方无锁扣结构。骨架与代木主体之间采用糊状代木连接，无螺栓等连接结构。主体框架距离钣金边界距离 $\geq 110\text{mm}$ 。模型避让门板主体骨架外边界距离 $\geq 5\text{mm}$ 。材料45钢，厚度5mm，20×40mm管材焊接而成。车门开启角度以设计输入为准。

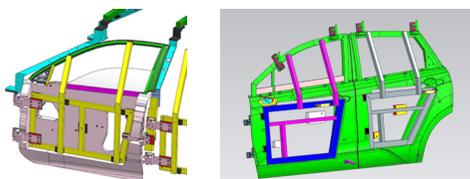


图7 后门总成装配和内部结构图

(5) 后尾门总成设计方案

尾门结构设计包含：模型设计及骨架设计。模型设计：参考尾门内外钣金数据、预留与骨架铰链安装点、预留尾门饰板安装点，与侧围配合安装点，基准块布置；骨

架设计：与顶盖处铰链骨架连接，预埋加强钢管骨架，尾门支撑杆处骨架；尾门本体模型设计结合内外钣金数据设计成一体。

台架主体骨架通过铰链与尾门骨架连接；（参考数据撑杆安装点高度，开启角度77°-开启角度90°）尾门模型内预埋钢管与尾门铰链及支撑杆骨架连接；保留饰板以及尾灯安装点，安装点布置销套；尾门模型主体通过左右两侧边定位销限位；尾门模型钣金翻边单独加工并与主体粘贴；设计四个基准块30×30mm，位置左右对称均布。



图8 尾门总成装配和内部结构图

(6) 地板总成设计方案

型面：以钣金面为基础，人的脚部踩踏区域设计为平面。数控加工：将前排座椅间隙和人的脚部踩踏区域与整体切分开，其他区域一体式加工或者拆分为2个大块加工。定位：在中部区域开槽与骨架匹配+螺栓定位。材料使用：主体采用密度1.2g/cm³的代木；所有安装孔位制作金属镶套；前排座椅间隙和人的脚部踩踏区域采用密度0.2g/cm³的PU，厚度约30mm。

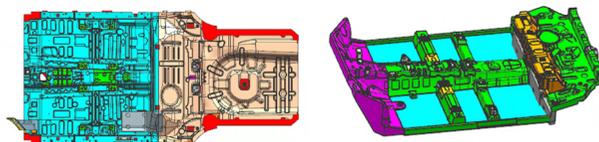


图9 地板总成装配和内部结构图

(7) 发动机罩总成设计方案

支撑点位：后端两点为铰链，中前段3点支撑。中间为钢骨架，周边采用代木制作。由于机舱不安装零部件，B面只保留边界50mm的钣金结构，其余地方做成平面或光滑曲面（简化处理）。

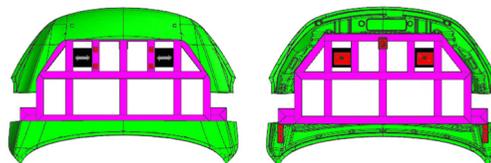


图10 发动机罩总成装配和内部结构图

(8) 侧围总成设计方案

驾驶员侧完整结构，副驾驶侧只有骨架支撑结构，结构必须采用可拆卸式结构，不允许采用胶水粘结。中间为钢骨架，周边采用高密度代木（密度 $>1.2\text{g/cm}^3$ ）制作。安装的孔位和定位采用实车状态，安装孔位必须镶嵌金属机

构保证拆卸换装及强度。外观不是重点项，连接结构可以从A面打孔进行连接。

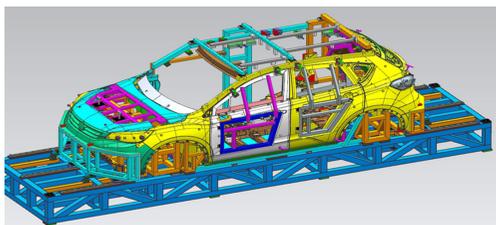


图11 侧面总成总成装配结构图

四、内外饰验证台架工艺制造

内外饰验证台架试制分为以下几个阶段：第一阶段为骨架制作，包含骨架设计、下料切割、拼料焊接、热处理、安装孔和基准面机加、骨架检测和防锈处理等；第二阶段为内外饰验证台架分总成主体结构设计；第三阶段为零部件制作及装配，根据设计图纸要求制作分总成的毛坯，主要零件采用数控加工进行，做好每个分总成相应的装配基准，制作完成后对应主骨架的基准进行相应位置的装配工作；第四阶段为检测，检测零件表面、整车姿态、定位安装孔位、间隙面差。主要工艺制作流程按照以下顺序进行：骨架设计→骨架确认→骨架焊接→骨架加工→骨架检测→数据处理→毛坯制作→粗加工→NC加工→分总成与骨架装配→五轴加工→车身附件NC加工→样件修配→组配→评审→喷漆→组配。

◆ 结构设计阶段



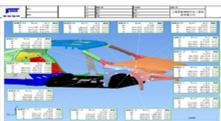
◆ 毛坯制作阶段



◆ 主骨架制作



◆ 检测阶段



◆ 装调阶段



◆ 数控加工零件



图12 内外饰验证台架制作流程图

1. 数控编程加工工艺方案

数控编程的精度按照规范要求，其中A面精度 $\leq 0.3\text{mm}$ ，切削的最大残留高度 $\leq 0.02\text{mm}$ ，DTS检测值公差 $\leq 0.2\text{mm}$ ，相应编程参数应与此对应。数控编程使用公差参照GB/T 1804 一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差和GB/T 1184 形状和位置公差未注公差值进行设定。粗加工，切削步距设定为所使用刀具直径的1/4，

例如 $\phi 20\text{mm}$ 球刀切削间距设定为5mm。精加工切削间距设定为所使用刀具直径的1/40。例如 $\phi 20\text{mm}$ 的球刀取切削间距设定为0.5mm。模型编程坐标系建立包括坐标原点选择和坐标轴确定，数控机床坐标系标准为右手笛卡坐标系，确定模型在机床上的装夹方向和相对位置。模型整体数控加工的编程按照EQCY-5044 汽车验证模型设计规范定义的设计基准编制。

使用编程软件NX12.0，数控加工设备JOBS五轴加工中心和马迪克斯五轴加工中心。

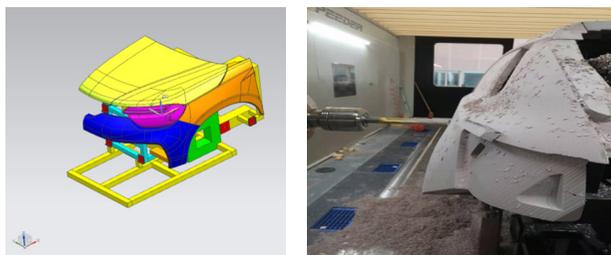


图13 数控编程和数控加工图

2. 内外饰验证台架质量控制方案

为保证整个验证台架制作顺利、有序、按时完成，在骨架制作完成、零件装配完成及交付之前三个阶段进行验收安排。第一次验收为骨架验收，需检测骨架的定位孔及定位面的尺寸精度及后处理状态，提供热处理报告及实际尺寸与数据尺寸对照表，检测全过程必须有技术人员一直在场；第二次验收是零件装配完成之后，确认型面质量、样件质量等满足设计功能要求；第三次验收是在整车验证台架检测后进行，确认内外饰验证台架外观、尺寸是否满足要求并整改到位达到设计零件互换要求，采用三坐标打点检测，检测总点数不得少于500点，测点排布原则：功能敏感区加密点数，在过渡区减少点数。

五、总结

经过此次项目制作，增强了技术中心制作工程类模型的能力。主要体现在：提高了内外饰验证台架的设计能力；通过自制缩短数控加工制作时间；有效验证了汽车前期研发出现的各类问题，加快了整车研发的试制周期，在国内汽车模型制造领域具有实用和推广价值。

与国际先进模型制造企业相比，国内模型制作的能力已经接近国外先进水平，但是由于起步较晚，专业性积累较少，在现场调试数据的反馈、搜集、整理并重新融入设计再应用环节尚有一定的差距，各个模块数据库的建立还处在比较初级的阶段，随着今后经验的积累，将逐步缩小与国外先进技术差距，高端工程类模型制造能力会不断加强。□

锻压机械电气功能安全的设计方法

济宁科力光电产业有限公司 邵光存

锻压机械是现代生产和生活中必不可少的装备，在给人们带来高效、快捷和方便的同时，在其制造、运行及使用过程中，也会带来各种机械或非机械危害。

锻压机械安全的任务是采取系统措施，在生产和使用机械的全过程中保障工作人员安全和健康，免受各种不安全因素的危害。锻压机械安全包括机械产品设计制造和设备使用安全两大方面的内容。

本文针对锻压机械设备设计制造过程中的电气功能安全的设计方法做出详述。锻压机械电气功能安全设计主要依照风险评价、确定安全功能、确认性能等级、安全功能的设计和实现、评估性能等级5个步骤进行。

一、风险评价

风险评价是以系统方法对与机械有关的风险进行分析和评定的一系列逻辑步骤。

风险评价应依据标准《GB/T 16856.1 机械安全 风险评价 第一部分：原则》进行，包含风险分析和风险评定两个过程，而风险分析又可依次细分为机械限制的确定、危险识别和风险评估，如图1所示。风险分析提供了风险评定所需的信息，进而最终对是否需要减小风险做出判断。

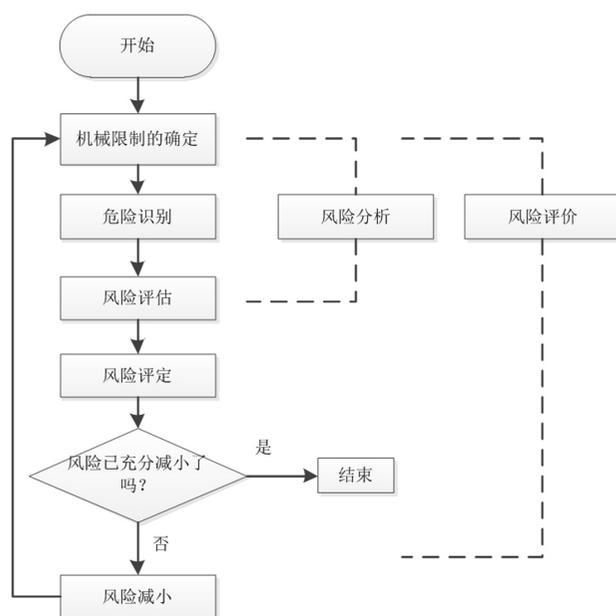


图1 充分减小风险的迭代过程

二、确定安全功能

安全功能是指其失效后会立即造成风险增加的机械功能。它是一种通过采取措施（包括控制技术措施）将特定危险所造成的风险降低到可接受水平的功能。

不同的设备类型，其安全功能可能会不同。确定设备的安全功能可以参考相关设备的C类标准，也可以基于风险评估和工程实践。

标准《GB/T16855.1 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则》给出了控制系统有关安全部件能提供的安全功能的清单和详细细节，在设计时应包括这些功能中必要的功能。

三、确认性能等级PLr

性能等级（PL: Performance Level）是用于规定安全控制系统在预期条件下执行安全功能的离散等级。性能等级分为5级，从最低PL=a到最高PL=e，各

自对应一个明确的每小时危险失效概率范围。在规定安全功能之后，需要进行所需性能等级的确定，这是影响安全控制系统设计的重要环节之一。

性能等级的确认可通过GB/T 16855.1 中的附录A进行，如图2所示，宜根据三个风险参数S、F、P确定所需性能等级。

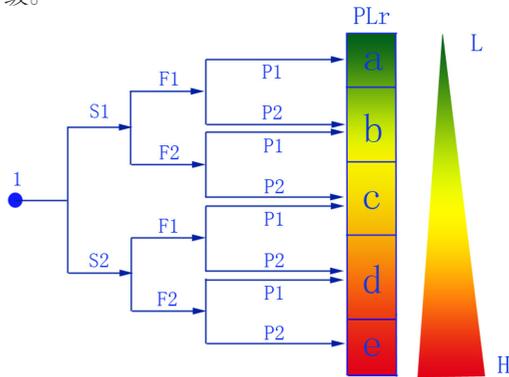


图2 用于确定安全功能要求的PLr的风险图

风险参数：

- S —— 伤害的严重度；
- S1——轻微（通常是可恢复的伤害）；
- S2——严重（通常是不可恢复的伤害或死亡）；
- F —— 暴露于危险的频率和/或持续时间；
- F1——很少-不常和/或暴露时间短；
- F2——频繁-连续和/或暴露时间长；
- P —— 避免危险或限制伤害的可能性；
- P1——在特定条件下可能；
- P2——几乎不可能。

四、安全功能的设计和实现

标准《GB/T 16855.1 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则》采用了根据故障条件下具体设计准则和具体行为来进行结构分类的方法，具体分为5类，称之为B类、1类、2类、3类和4类。本文仅对最高安全级别的4类架构进行阐述，如图3所示。

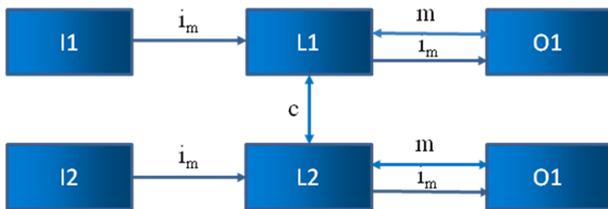


图3 4类架构

4类安全架构有关安全部件的设计采用两个独立的通道分别处理外部设备的输入信号，两控制单元独立进行逻辑

处理，分别输出控制信号，且两控制单元之间实时进行动态检测。

4类安全架构有关安全部件的设计应使：在这些部件中的任何一个部件的单一故障都不会导致安全功能的损失；在下一个有关安全功能指令发出时或发出前检测到单一故障。如果不可能，则未监测到的故障的积累不应导致安全功能的损失。

五、评估性能等级PL

安全功能设计完成之后，需要对性能等级PL进行评估，以验证设计是否符合预期。性能等级的评估主要需考虑每个通道的类别、MTTFd、DC及共因失效CCF。

(1) 平均危险失效时间MTTFd

对于零件的MTTFd的估计，寻找数据的先后程序应按以下顺序给出：

- a) 采用制造商的数据；
- b) 参见GB/T16855.1附录C和附录D的方法；
- c) 选为10年。

(2) 诊断覆盖率DC

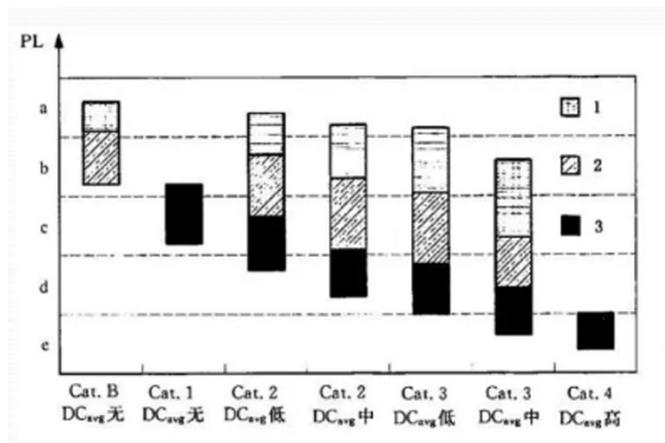
对于零件的诊断覆盖率DC的估计，应通过以下途径实现：

- a) 通过使用失效模式及影响分析（FMEA）或类似方法估计DC；
- b) 简化DC的估计方法（参加GB/T 16855.1附录E）。

(3) 共因失效CCF

共因失效宜通过整个系统进行。需考虑控制系统有关安全部件的每个部件。

PL，如图4所示：



PL-性能等级；1-每个通道的MTTFd=低；2-每个通道的MTTFd=中；3-每个通道的MTTFd=高。

图4 PL与每个通道的类别、DC、MTTFd的关系

轻量化连接装备之自冲铆接设备

国汽（北京）汽车轻量化技术研究院有限公司 付岩

一、前言

汽车轻量化技术作为汽车产品实现节能减排、增加新能源汽车续航里程的有效途径^[1]，越来越被汽车企业重视，在量产车型的使用中也越来越广泛。实现汽车轻量化技术的重要途径之一是在生产制造过程中采用先进的制造技术^[2]。谈到先进的轻量化制造技术不得不重点介绍SPR(Self-piercing Rivet)，在捷豹XFL、奥迪A8、特斯拉Model S、福特F-150、蔚来ES8、奇瑞EQ1（小蚂蚁）等车型的全铝车身上均使用了该技术。SPR源自英国Henrob（亨罗布）的译文名是“自冲铆接”，这个名称在国内被广泛使用，有的国内供应商也称它为“锁铆铆接”、“自穿刺铆接”。

二、自冲铆接技术

自冲铆接是指SPR铆钉在外力作用下，通过穿透第一层材料和中间层材料，并在底层材料中进行流动和延展，形成一个相互镶嵌的塑性变形的铆钉连接过程，该铆接点具有较高的抗拉强度和抗剪强度，称作自冲铆接点^[3]。该技术可以连接铸铝、冷拉型材、板材等铝材；可以连接拉伸强度小于500N/mm²的深冲钢；可以连接拉伸强度小于1000 N/mm²的高强钢；也可以连接镁、铜、非金属材料 and 夹层材料，具有铆接质量高、综合成本低、材料组合广、柔性组线好等特点。自冲铆接工艺解决了铝点焊技术不能满足连接性能要求的问题，克服了疲劳强度不够、铆钉图层和铝材不相容以及钢铆钉和铝材不相容等问题，因此被大量应用在全铝车身的连接。同时自冲铆接技术也存在一定的缺点，在连接钢板时，自冲铆接比点焊的抗拉强度小；铆接时，尾部出现突出的“铆扣”，不够平齐；由于铆接过程需要较大压力，铆接设备比较笨重；在进行自冲铆接时，铆接处材料的两面都必须接触(一面是冲头，一

面是模具)，而不进行单面铆接。

相对于普通钢制车身常用的电阻点焊，它们连接的材料不同，故其工艺过程和使用设备自然不同。

三、自冲铆接设备国际发展水平

1985年基恩·琼斯在英国创建Henrob（亨罗布）公司，研发和生产出世界上第一套自冲铆接设备。来自亨罗布的一组数据表示，2016年全球销售的9300万辆汽车中大约有6%应用SPR技术，2021年预计这两组数据分别达到1.02亿和11%，其中亨罗布占全球市场份额的60%和70%^[4]。继亨罗布之后，德国的BOLLHOFF（博尔豪夫）公司也相继开发出了自冲铆接设备。

自冲铆接在美国和德国汽车车身制造业中已经有了较为广泛的应用，奥迪公司在A8车型上使用了约1400个自冲铆钉，而在新A2上使用约1800个自冲铆钉；美洲虎汽车公司也在X350系列、XJ型豪华轿车的铝制车身上应用至少3000个自冲铆钉。值得关注的事，2004 Jaguar XJ有250个复合连接点采用了自冲铆接技术，厚度从1.8mm到9.0mm，其中一些还配有粘连技术，由145个机械手电动伺服铆接系统和54个手动液压铆接系统完成了3100个自冲铆钉的嵌入工作^[5]。

四、自冲铆接设备国内发展现状

中国汽车行业批量使用SPR自冲铆接设备的标志是2016年4月7日第一家专制全铝车身车间在奇瑞捷豹路虎常熟工厂竣工投产^[4]。而奇瑞捷豹路虎常熟工厂专制全铝车身车间使用的SPR自冲铆接设备也全部来自亨罗布，这也是亨罗布第一次在中国大规模使用SPR设备。同年8月推出的全新捷豹XFL也成为第一款在中国本土生产制造使用自冲铆接SPR技术的全铝车身车型，其车身上有2754个自冲

铆接点，采用了18种铆模、30种铆钉^[4]。

在全新捷豹XFL全铝车身技术沉淀的基础上，奇瑞EQ1（小蚂蚁）^[6]车身采用了全铝合金，奇瑞EQ1的车身骨架铝合金应用比例全球领先，高达93%。在后地板总成和发动机舱总成位置共用了44个铆钉，使用的是一浦莱斯智能数控SPR自冲吹钉系统完成^[7]。

蔚来ES8车型采用全铝车身结构，96.4%的铝材使用率使该车成为全球量产车中全铝车身铝材含量最高的车型，自冲铆接SPR配套德国进口TUCKER焊枪^[8]多达134把。

目前，国内供应商中湖北博士隆科技股份有限公司从事铆接件的研发、生产、经营业务，在提炼、消化、吸收等方面积累了丰富的行业经验。在自冲铆接工艺设备方面做的比较好的有一浦莱斯精密技术（深圳）有限公司（后面简称：一浦莱斯）、苏州斯旺西智能装备科技有限公司（后面简称：斯旺西）^[9]。根据公开资料梳理总结出国内自主品牌SPR自冲铆接设备主要信息如表1所示。

表1 国内自主品牌自冲铆接SPR设备的主要形式

序号	设备名称	设备简介	设备分类		质量管理体系
			动力形式分类	设备名称	
一浦莱斯精密技术（深圳）有限公司	锁铆连接设备	一浦莱斯拥有锁铆SPR全部自主知识产权和核心技术，尽管与全球SPR技术研究同源，但在实现铆接方法上主要使用压装的技术原理（国外设备使用冲装技术原理）将铆钉与材料装配在一起，该技术经过十年的市场应用已经体现出了它的优越性。	气动锁铆工具	手钳型 产品编号：HTF-A	铆接质量管理体系4.0系统
			电池锁铆工具	手钳型 产品编号：HTF-E	
			液压驱动型	锁铆连接设备（价值型） 产品编号：EP-VTF	
				锁铆连接设备（标准型） 产品编号：EP-CTF	
			数控伺服驱动	锁铆连接设备（精密型） EPRN-TF	
锁铆连接设备（高配型） 产品编号：EPRN-BF					
苏州斯旺西智能装备科技有限公司	自穿刺铆接机	苏州斯旺西自主研发的自穿刺铆接是一种用于连接两种以上金属板件的冷连接技术。特制铆钉穿透顶层板材之后，在铆磨作用下铆钉尾部的中空结构扩张刺入而不刺穿底层板材，从而形成牢固的铆接点。	锂电池	手持式铆接机 型号：SWX-SPR-H1	质量监控系统
			液压式	液压力式标配铆接机 型号：SWX-SPR-Y2	
				料带式铆接机 型号：SWX-SPR-BY	
			伺服电机式	伺服式铆接机 型号：SWX-SPR-S1	
				弹仓式铆接机 型号：SWX-SPR-S2	

五、国内自冲铆接设备简介

分析两供应商的设备形式，都有手钳型、液压型、伺服电机型；只是手钳型的动力形式不同，分为气动式和电池式。不同型式的铆接设备可满足不同的铆接工艺要求，有着不同的额定功率、输出力、铆接组合厚度、铆接工作循环时间等参数。在选用时可根据铆接的工艺要求、铆接零件周边的空间尺寸、输出力大小等内容综合选择。

1.手钳型

手钳型特点：①易于携带、操作简单、可根据使用条件选择动力形式；②

连接力可调范围在（35~50）kN；③压接周期3~6s/次，最大材料厚度3.0mm；④可匹配不同喉深的C型钳体。

应用领域：自冲手钳主要用于①大型固定工件；②试制车间原型样件生产；③生产线连接设备的补充；④现场安装和维修。

图1所示为一浦莱斯气动手钳型自冲铆接工具，图2所示为斯旺西锂电池手钳型铆接机。

2.液压型

设备特点：①柔性化强，与带状铆钉匹配使用；②铆钉自动送料并定位；③连接力可以根据应用任意调整设定；④铆接时间短1~3s/次，最大材料厚度6.0mm；⑤铆接质量可以无损检测；⑥结构紧凑，易于维修。



图1 一浦莱斯气动手钳型锁铆工具^[10]



图2 斯旺西锂电池手钳型铆接机^[11]

相对手钳型优点：①铆接过程自动监控，保证铆接质量；②生产参数、过程参数，结果数据可以存储，便于分析不良原因和工艺改进；③压力可选，行程可选。

应用领域：①主要用于汽车工业；②自动化生产线；③机器人铆接单元；④要求铆接过程需要监控的路标牌等其他行业。

图3所示为一浦莱斯厂家设备，图4所示为斯旺西厂家设备。

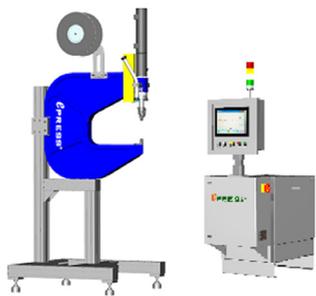


图3 一浦莱斯锁铆连接设备（价值型）^[10]



图4 斯旺西液压式标配铆接机^[11]

3. 数控伺服型

设备特点：①客户定制设备，满足客户的不同生产需求；②模块化设计，系统机构紧凑可以柔性组合，节约空间；③铆接为1s/次，最大材料厚度10.0mm；④铆接过程自动监控，保证铆接质量；⑤系统自诊断功能，易于维护；⑥生产参数、过程参数和结果数据可以储存，便于分析不良原因和工艺改进；⑦可与机器人自由对接，实现工业自动化。

相对液压型设备优点：①可以设置多种模式，有设定模式、铆接模式、维修模式，可满足不同操作需求；②触摸模式控制屏，人机交互更流畅；③可与机器人自由对接，实现工业自动化。

应用领域：①实验试制、②自动化生产线、③机器人铆接单元。

图5所示为一浦莱斯厂家设备，图6所示为斯旺西厂家设备。



图5 一浦莱斯锁铆连接设备（高配型）^[10]



图6 斯旺西伺服式铆接机^[11]

4. 铆接质量管理体系

铆接质量管理体系是由质量监控和质量数据追溯管理两部分软件硬件组成的。前者“质量监控”：监控每次铆接结果是OK或NG；后者“质量数据追溯”：回答铆接质量为什么是OK或NG。

质量管理体系原理：使用精密的压力传感器和位移传感器，采集铆接过程中的力和行程数据，通过设置质量判断窗口条件，对实际发生的力和行程X-Y数值进行实时比对分析和结果判断，从而实现对接过程质量的监控和

质量数据的追溯、存储和管理。

如果实际的过程曲线在设置的窗口公差内运行，则说明铆接质量可控，判断为ok；反之，如果实际曲线偏离设置的窗口，则说明铆接质量出现偏差，显示红色并报警NG^[12]。

铆接质量管理体系4.0系统功能特性如表2所示。

表2 管理系统4.0系统功能特性

序号	内容
功能一	铆接全过程质量监控：根据标准压力位移曲线，设定判断窗口，监控质量结果OK/NG，让每一个铆接点质量100%得到监控
功能二	技术防止漏铆：当设定铆接数量与实际铆接数量不一致时，发出漏铆报警
功能三	质量数据存储和追溯；质量数据采集，分析和存储，用于区分责任和优化设计。具备独立本地MINI MES功能
功能四	人机交互和故障自诊断报警；当铆接一致性出现问题或者发生设备操作故障时，智能系统停止，三色灯报警，防止重复缺陷而导致重大质量事故；并在显示屏上提示可能的错误原因，帮助操作者解决问题
功能五	外部通讯对接智能制造系统数据库；具备多种通讯接口漫步不同MES、QCOS系统数据交换和自动化总线控制要求

六、结束语

随着汽车行业轻量化技术的不断推广，国内自主研发的新车型中使用自冲铆接技术的越来越多。自冲铆接工艺装备是实现自冲铆接技术的重要载体，在汽车行业进化的浪潮中自冲铆接装备要与自冲铆接技术一同发展。自主研发的工艺装备要进一步提升核心竞争力，满足汽车产业化需求，抓住汽车产业转型升级的机遇，替代进口产品，助力汽车产业转型升级。□

参考文献：

- [1] 利刚、李军、李彤光. 我国乘用车轻量化进展与发展思考
- [2] 谭妍玮. 纯电动汽车轻量化途径研究
- [3] 陈文娟、尚永孝、马瑾. 浅谈铝合金车身连接技术
- [4] 涂彦平. 为什么是奇瑞捷豹路虎
- [5] <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1625959676982505154>
- [6] http://www.360doc.com/content/17/0629/20/37927501_667556681.shtml
- [7] 一浦莱斯宣传资料
- [8] http://www.360doc.com/content/19/1230/13/46573964_883105759.shtml
- [9] 李宽、覃晓攀. 自穿刺铆接技术在新能源汽车上的应用研究
- [10] <http://www.ePRESS-cn.com/index.html>
- [11] <http://www.szswansea.com/product-46.html>
- [12] 一浦莱斯产品手册

聚焦国产精品 推进行业进步

——2019年度“自主创新”和“产品质量”十佳产品介绍

中国机床工具工业协会

【编者按】由中国机床工具工业协会主办的“2019年度中国机床工具工业协会先进会员（十佳）”评选活动已圆满结束，获奖名单已于近期公布。为落实“表彰先进、树立典型，促进行业健康发展”的评选活动宗旨，促进国产精品机床工具产品的市场应用，本文详细介绍了2019年度“自主创新”和“产品质量”十佳产品，并在文末附有包括“综合经济效益”和“产品出口”在内的四类奖项获奖名单。

2019年度自主创新十佳产品介绍

BOSHI

宝鸡机床集团有限公司

BMC-500TV 铣车复合加工中心



产品介绍

BMC-500TV铣车复合加工中心为五轴五联动铣车复合制造装备，主机箱型滑枕结构，直驱双回转轴，三直线轴滚动导轨，五轴全闭环控制。机床复合五轴联动立式加

工中心、立卧数控车功能，铣车模式无缝转换，高速高精度，一次装夹能完成多种切削，有效提高加工精度和加工效率，降低制造成本，主要用于复杂曲面、多面体零件等精密铣车复合加工。

主要技术参数

工作台尺寸： $\phi 400\text{mm}$ ；最大工件尺寸： $\phi 550 \times 400\text{mm}$ ；行程(X/Y/Z)：820/500/550mm；
回转范围(B/C)： $\pm 130^\circ / 360^\circ$ ；铣削/车削主轴转速：20000/1500r/min；铣削/车削主轴扭矩：35.8/420Nm；快速进给速度(X/Y/Z)：48000mm/min；快速旋转速度(B/C)：30/80r/min；铣车共用刀库：32工位。

技术亮点

该机床五轴联动、铣车复合，一次装夹完成全部加工；具有高速、大功率车削功能；自主开发的BC双直驱铣车高速高精复合转台，精度保持性好；车削刀座与铣主轴

分离设计，车削对铣主轴精度没有影响；高刚性箱型底座与滑台，高刚性BC转台，整机刚性高；采用滚柱导轨，五轴均配有高精闭环检测反馈系统，工作精度高；铣主轴、转台内置强制冷却装置，精度稳定好；配置国产数控系统、功能部件，关键部件自主可控。

市场应用及产业化前景

BMC-500TV铣车复合加工中心配套国产数控系统、

滚动功能部件，自主研发BC铣车复合双轴转台等核心功能部件，具有完全自主知识产权。该机床已在国内航天制造领域得到应用，用户对产品的精度水平、铣车功能及操作宜人性给予充分肯定。可广泛适用于航空航天、船舶、新能源汽车、刀具、高铁、医疗器械、模具、IT等制造业，对复杂曲面、多面体零件进行精密铣车复合加工，具有广阔的市场前景。



北京精雕科技集团有限公司

JDGR200 精雕高速加工中心



产品介绍

JDGR200系列产品是北京精雕集团自主研发生产的具备复合加工能力的高速加工中心，适用于精密模具、精密零件及复杂五金件的五轴加工。该产品先后获得7项国家专利和1项软件著作权，并荣获第十届中国数控机床展览会春燕奖和北京市新技术新产品称号，其“在机测量与智能修正技术”荣获2018年“中国智能制造十大科技进展”。

主要技术参数

工作台直径：φ260mm；最大工作负载：30kg；主轴最高转速：32000r/min (HSK-E32)，24000r/min (BT30)，20000r/min (HSK-A50)；刀库容量：36 (链式刀库)

/16 (伞式刀库)；行程(X/Y/Z)：600/260/290mm；回转范围(B/C)：-120° ~ 90° /360°；快速移动速度(X、Y、Z)：15000mm/min；最高切削进给速度(X、Y、Z)：10000mm/min；快速旋转速度(B/C)：30/50r/min；最高切削进给速度(B/C)：15/25r/min；定位精度：(X/Y、Z)：0.003/0.002mm，(B、C)：8 μm；重复定位精度：(X/Y、Z)：0.0025/0.0018mm，(B、C)：5 μm。

技术亮点

在机测量与智能修正技术解决了精密加工过程的精度不匹配问题，消除了加工过程中人工操作的误差。通过精准测量和过程管控，实现了“制检合一”的制造模式，帮助用户完成“提质增效”的目标。

虚拟加工技术融合了精雕CAD/CAM软件、DT编程技术、JD50系统等技术，以及机床、刀具、夹具等各种生产要素，具备零件夹具模型设计、加工轨迹规划、刀具优选、加工参数优选、加工仿真分析、可制造性分析等虚拟加工功能，解决了操作人员从三轴机床到五轴机床的不适应性，减少由于人员经验水平而引起的加工误差。

市场应用及产业化前景

该产品自投放市场的三年以来，已累计销售100多台，实现销售收入约1亿元，用户遍布长三角、珠三角及京津冀地区，涉及精密零件、光学模具、医疗器械模具制造等多领域，使用户的零件加工质量和生产效率显著提高。

随着用户对国内机床产品认可度的提升，JDGR200系列产品的市场需求量和占有率将不断提高，拥有良好的市场前景。



北京市电加工研究所

A2190 大型精密六轴联动数控电火花成形机床



产品介绍

A2190大型精密六轴联动数控电火花成形机床依托国家科技重大专项，历时四年时间研制而成，现已形成系列化产品，为透平压缩机、发动机动力装置大型整体闭式叶轮、带叶冠整体涡轮盘等零部件提供完整电加工工艺方案，推动了产品应用领域的行业技术进步。

主要技术参数

工作台尺寸(长×宽): 2500×1200mm; 行程(X/Y/Z): 2100/900/600mm; 定位精度(X、Y、Z): $\leq 20\mu\text{m}$; 重复定位精度(X、Y、Z): $\leq 10\mu\text{m}$; 回转范围(A/B/C): $0^\circ \sim 360^\circ / 0^\circ \sim 110^\circ / 0^\circ \sim 360^\circ$; 定位精度(A、B、C): $\leq \pm 0.005^\circ$; 重复定位精度(A、B、C): $\leq 0.005^\circ$; 最大电极重量: 100kg; 最大工件重量:

1000kg; 工作电流: 最大200A, 最小峰值电流0.1A; 最佳表面粗糙度: $Ra \leq 0.06\mu\text{m}$ (模具钢); 最大加工速度: $\geq 2000\text{mm}^3/\text{min}$ (模具钢), $\geq 800\text{mm}^3/\text{min}$ (钛合金)。

技术亮点

各轴均采用全闭环控制技术保证了机床具有较高的动静态精度; 通过CAD/CAE 建模仿真分析、多体运动学轴系几何误差分析、热-结构耦合温度场等现代设计技术的应用, 确保机床设计刚性稳定; 采用高标准制造、装配管控要求, 保证机床各部分加工精度和完美配合; 采用复合密封和直驱全闭环电机技术的全浸液高精度电加工转台, 防护等级达IP68; 采用六轴联动数控系统, 实现CAD/CAM 系统与数控系统的全集成, 实现编程加工无缝连接, 提升了电火花加工机床的易用性。

市场应用及产业化前景

该机床已为航空航天用户解决了多种型号的带叶冠整体涡轮盘、复杂叶轮片等多种关键零件的加工需求, 不但提升了用户的技术响应能力, 同时还使其在航天领域的特种加工工艺设计与制造水平获得了长足的提升。目前已经形成系列化大型牛头电火花机床新产品, 销售到航发南方等多家单位, 提高了用户的工作效率和市场竞争力, 降低了生产成本。



济南二机床集团有限公司

SFL-4000×2000 吉利贵阳自主知识产权快速单臂线



产品介绍

该自动冲压生产线主要由首台2400吨四点单动多连杆压力机及1台1400吨和3台1000吨四点单动偏心式压力机组成，配置JIER自主研发的快速单臂机械手及线首上料、拆垛、清洗涂油、机器人光学对中和工件输送装置，实现整线连续最高15spm生产。生产线可实现冲压件的拉伸、成型、弯曲、冲裁等各种冷冲压工艺，是汽车、航空、电子、家电等工业领域的关键设备。

主要技术参数

送进行程：5500±100mm；最大负载：100kg；整线最大节拍：15spm。

技术亮点

配置JIER单臂送料机械手，通过重构单臂及整线规划算法体系，解决了机械手多关节联动时送料臂颤振的难

题，实现了送料机构末端动力学状态精确控制；首次采用双机器人视觉对中系统，提高板料对中的效率；整线可实现自动同步控制，集成度高，减少通讯环节，提高系统的快速响应性能；整线全自动换模，整线压力机可实现单次、连续、自动化联动等多种生产模式。

市场应用及产业化前景

该项目适应市场需求，填补汽车覆盖件自动高速冲压生产的空白，进一步提高我国自行开发研制高速重型全自动冲压生产线的技术水平，大大提高了汽车覆盖件的冲压质量及生产效率；该项目的成功实施，提高了国内冲压生产线的核心竞争力，为开拓国内高端产品市场打下良好基础。该项目研制成功，增强企业核心竞争力，提高企业的知名度，提升我国机电产品在国际市场份额，具有良好的社会效益。



科德数控股份有限公司

KGHM2040UD 高速桥式龙门加工中心



产品介绍

KGHM2040 UD桥式龙门加工中心配置大型内嵌式直驱回转工作台及两种附件铣头，擅长于复杂曲面及内腔曲面加工。该机床采用科德数控GNC60数控系统，并配置附件铣头头库，实现了两种四轴加工、一种五轴加工工况下，三种铣头的机床坐标系、WRCS设置及RTCP设置的一键切换，极大方便了四轴和五轴加工工况的编程及操作。采用激光反馈尺闭环控制，为机床提供了更高的控制精度。整机具有高精度、高性能、高效率、响应快、磨损少、寿命长等特点。

主要技术参数

工作台尺寸：2000×4000mm；工作台最大承重：5000kg/m²；内嵌回转工作台直径：φ1800mm；行程(X/

Y/Z)：4000/2100/1400mm；快速进给速度(X、Y、Z)：20000mm/min；定位精度(X、Y、Z)：8μm；重复定位精度(X、Y、Z)：7μm；主轴最高转速(S1)：12000r/min；主轴最大扭矩：160Nm；定位/重复定位精度(C)：9"/6"；BT40附件铣头(A轴)摆动角度/最大扭矩：±120°/100N·m。

技术亮点

该机床采用国产五轴数控系统，提供了多铣头生态一键切换，国产激光反馈尺提供高精度控制，国产直驱电机为大型内嵌式转台提供优异动态性能和高精度控制。同时，在机床热变形分析基础上进行结构优化，最大限度地减少发热元件（热源）和发热元件对机床的影响，包括采用一些冷却措施，如力矩、主轴电机及轴承设计冷却水路，最大限度地减少了热变性引起的误差。

市场应用及产业化前景

该机床针对航空航天发动机大型零件薄壁易变形、空间加工精度要求高、空间结构复杂及钛合金、高温合金材料加工的特点，进行了针对性的改进设计，配合数控系统空间算法、小线段平滑处理、剩余误差限定等技术的应用，让设备更加适合于航空航天发动机的空间结构零件高速轻切削加工，既可提升加工效率，又可保证加工质量，应用前景广阔。



南京二机齿轮机床有限公司

YD3132CNC 数控干式滚齿机 (滚倒一体机)



产品介绍

本机床为十轴数控干式滚齿机，双通道两工位共同工作。滚齿工位具有三个数控直线轴：径向进给轴（X）、轴向进给轴（Z）、切向运动轴（Y），三个数控回转轴：工作台回转轴（C）、滚刀主轴回转轴（B）、刀架回转轴（A），可实现四轴联动控制。倒棱工位具有工作台回转轴（C1），倒棱刀进给轴（Y1），去毛刺刀进给轴（Y2）；工件通过机械手回转轴（C2）实现自动上下料。机床采用全数字控制，标配FANUC0i-F系统；可配置自动对齿装置，实现硬齿面刮削加工。

主要技术参数

最大工件直径： $\phi 320\text{mm}$ ；最大工件模数：6mm；加工斜齿轮螺旋角（A）： $\pm 45^\circ$ ；可安装滚刀最大尺寸

（直径×长度）： $\phi 130 \times 230\text{mm}$ ；滚刀最大轴向移动量（Y）：200mm；滚刀主轴转速范围（B）：1~2000r/min；工作台转速范围（C）：1~150(250)r/min；快速移动速度（X/Y/Z）：10000/4000/1000mm/min；主电机额定输出功率：33kW。

技术亮点

机床各直线轴均由独立的交流伺服电机直接控制，具有传动链短，传动刚性好，传动精度高等特性；主要导轨副均采用高精度、高刚度的滚柱直线导轨，传动刚性好，支承能力大，运动直线度高；机床工作台回转轴（C）与滚刀回转轴（B）均由内藏式电机直接驱动，实现零间隙传动，大大提高了主轴的驱动刚度，提高了加工精度。该机床集成了倒棱工位，能够在同一台机床上完成滚齿与倒棱加工，大大提高了加工效率，节约成本。与国外同类机床相比，性价比高。

市场应用及产业化前景

齿轮干式滚切能够在高速、无切削液冷却和润滑的生产情况下实现高效率、高精度、低成本加工，相比于传统的湿式滚切齿轮，减少了切削油对生态环境污染和工人职业健康危害，提高了加工效率，是滚齿加工工艺发展的趋势。该数控干式滚齿机主要应用于汽车、减速机等行业，应用前景广阔。



齐齐哈尔二机床(集团)有限责任公司

XK9734 重型轮槽铣床

产品介绍

XK9734重型轮槽铣床采用立柱箱中箱结构，主轴箱中心热对称布置、四导轨冗余的结构设计，整机布局合理，安全保护措施完善，广泛应用于汽轮发电机及核能发电机行业，具有完全自主知识产权。该机床已在哈尔滨汽轮机厂有限责任公司投产应用，实现了超大超重汽轮机转子的高精度、高效率加工。

主要技术参数

加工转子轮槽外径范围： $\phi 1600 \sim 3400\text{mm}$ ；最大工件长度：15000mm；最大工件重量：300t；单个



中心架最大承载重量：180t；两中心架之间距离范围：5000~9000mm；中心架微调整量：6mm；中心架支撑直径范围：φ500~900mm；中心高：2400mm；分度盘装夹直径：φ1600mm；中部辅助支撑直径范围：φ1000~1500mm；分度装置转速：0.01~0.52r/min。

技术亮点

采用立柱箱中箱整体结构和主轴箱四导轨冗余结构，直接减少了机床的刚性变形，提高了机床精度和稳定性；采用国内首创齿轮减速串联蜗轮蜗杆减速的方式，总减速比为1/2880，转子额定最大扭矩可达175680N·m；两个中心架采用球面轴瓦自动校正技术，既保证轴瓦支撑不影

响精度，同时也克服支撑力不均匀的问题；分度盘和转子之间通过夹紧装置连接起来，一起刚性同步回转，采用双反馈检测校验的方法，完成转子的精密分度。

市场应用及产业化前景

XK9734重型轮槽铣床解决了大尺寸、大功率、高精度汽轮机转子的加工难题，使我国在重型、高精度、多轴控制的数控专机的开发技术得以有效提升。该产品的各项结构参数、精度、性能指标均达到了国内国际领先水平，在使用过程中运行稳定可靠，获得用户的赞誉，起到了良好的示范效果；并具有较强的国内、国际竞争力，有广阔的市场应用前景及推广应用价值。



上海工具厂有限公司

航空航天用系列化刀具



产品介绍

航空航天用系列化刀具为国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项成果，包括有航空航天用复合材料加工刀具、总装刀具、飞机制造刀具三大系列，已实现批量化生产与定制，并在多家重点用户得到批量应用，产品的稳定性和进口刀具相当，不仅降低了生产成本，而且提升了产品质量，经济效益和社会效益显著。

主要技术参数

金刚石涂层：含量≥90%，硬度≥7000HV，厚度

10~15μm；硬质合金材料SG10F：硬度1490~1630HV，抗弯强度≥3800MPa，晶粒度0.6~0.8μm；铰刀跳动≤0.003mm，钻头跳动≤0.005mm。

技术亮点

针对复材的结构特点，刀具可在加工过程中有效抑制复材分层、撕裂及毛刺的产生，光洁度高，加工质量好；特殊的结构设计可有效解决复材及叠层的加工问题；一体化的刀具设计制作，可大幅度提高加工效率和加工制作，满足生产需求；采用金刚石涂层，可有效提高加工效率和加工质量；刀具制作精度高；刀具制作柄部螺纹符合航天航空标准。

市场应用及产业化前景

随着航天航空事业的发展，新型高性能材料不断引入，整体结构件材料逐渐由以铝合金为主转变为铝合金、钛合金、复合材料并重的局面，复材刀具的应用需求将更为迫切。本系列刀具已经在成飞、西飞、昌飞、中国商飞等用户成功应用，有力提升我国在复材加工领域的市场竞争力，对提升我国复材加工水平，降低加工成本，推进我国航空航天事业的持续进步具有非常重要的意义。



武汉华中数控股份有限公司

HNC-9 iNC人工智能数控系统

产品介绍

HNC-9 iNC人工智能数控系统是华中数控在华中8型

智能数控系统基础上推出的搭载AI芯片的新一代人工智能数控系统。iNC人工智能数控系统提供了机床指令域大

数据汇聚访问接口、机床全生命周期“数字双胞胎”的数据管理接口和大数据智能（可视化、大数据分析和深度学习）的算法库，为打造智能机床共创、共享、共用的研发模式和商业模式的生态圈提供开放式的技术平台，为机床厂家、行业用户及科研机构创新研制智能机床产品和开展智能化技术研究提供技术支持。

主要技术特点

采用AI智能芯片，深度神经网络处理器，提高系统运算速度；采用最新的AI智能算法，实现工艺优化、质量提升，提高加工效率、加工精度和表面质量；通过集成工艺参数优化、智能热误差补偿、空间误差补偿、主轴自动避振、智能断刀检测及寿命管理、加工过程视觉监控、机床健康保障、二维码诊断、iNC-Cloud数控云管家等智能化APP应用，实现自主感知、自主学习、自主决策、自主执行。

技术亮点

数字化，以数控系统内部的电控数据作为大数据主要来源，适当增加一些温度、振动、位移等外接传感器，进行高频数据采集，由大数据构成“数字双胞胎”模型，实现对智能机床工作行为和工作状态的可追溯的精确描述。

网络化，具有内部强实时现场总线（NCUC-Bus），实现数控系统内部的电控数据和外接传感器数据的高频采集和汇聚；智能机床具有与外部连接的设备互联互通协议的网络化数据接口（NC-Link），将机床实时数据汇聚到车间大数据中心，实现与工厂的设计、生产、管理系统的信息共享。

平台化，深度开放的数控系统，在统一的Apps开发



环境中，提供机床指令域大数据访问接口，新一代人工智能算法库，实现制造过程要素互联互通的接口，为机床厂家、行业用户及科研机构开发智能化应用提供工具和环境。

此外，iNC-848D智能数控系统采用了多点触控虚拟键盘，替代了传统的数控机床键盘；采用机器视觉人脸识别，对操作者身份认证。

市场应用及产业化前景

伴随新一代人工智能技术的突破和迅速发展，机床行业发展将迈进数控机床+互联网+新一代人工智能的新阶段。加快新一代人工智能技术与数控机床融合应用将为数控机床产业带来新的变革，缩小与其它国家的差距，也是我国机床行业从“跟跑”到“领跑”的重大机遇。目前，许多机床企业与华中数控联合研制多种规格的智能机床，其中包括：秦川机床、宝鸡机床、江西佳时特、湖大海捷、山东蒂德等，实现了加工质量提升、工艺参数优化、设备健康保障、生产管理等。



武汉重型机床集团有限公司

VTMF5925 工作台移动式五轴立式铣车加工中心



产品介绍

该机床采用高刚性龙门式布局，具有高转速、高精度的特点，具备车铣复合加工能力，能在一次装夹中实现车、铣、钻、镗等多工序高精度加工，可实现X/Y/Z/B/C五轴联动控制，可选配工作台自动交换系统。适合加工各种铸铁、钢、合金、有色金属、非金属材料，是我国船舶工业领域加工燃气轮机机匣类关键零部件急需的高档数控装备。

主要技术参数

最大车削外径： $\phi 2500\text{mm}$ ；最大工件高度：

1500或2000mm；最大工件重量：16t；工作台直径： ϕ 2000mm；工作台车削转速：2~200 r/min；工作台铣削转速(C)：0.01~5r/min；工作台最大扭矩：40kN·m；工作台移动行程(Y)：-1000~1000mm；Y轴进给速度：0.1~1000mm/min；车削主电机功率：38×2kW；垂直刀架允许最大切削力：40kN；铣主轴最高转速：3000r/min；铣主轴功率：31kW。

技术亮点

该机床采用动梁双柱龙门、工作台移动式结构，左、右立柱对称于工作台；工作台为双电机驱动，通过两个交流主轴电机和两个两档齿轮箱及传动齿轮实现工作台回转；车削时，通过双电机同步驱动，提供大扭矩；铣削时，通过双电机进行电气消隙控制工作台无隙分度，完全

消除工作台传动间隙。

该机床配备测控一体化智能管控系统，实现机床附件及刀具自动更换、工作台自动更换、加工测量一体化、五轴联动控制等功能，减少加工的辅助时间；并配备数据采集与故障诊断系统，可对机床的数据进行监控并向网络监控中心输出，提高机床状态监控和故障诊断的及时性和效率。

市场应用及产业化前景

本产品可用于船舶、航空、风电、阀门、电机领域，燃气轮机机匣零件、风电中心架、高压阀门等零件的加工，可大大提高燃气轮机机匣箱体类零件的加工精度和效率，满足用户规模化量产的需求，改善燃气轮机的可靠性和寿命等指标。目前，已有2台机床在船舶行业投入使用，1台机床在风电领域投入使用。

2019年度产品质量十佳产品介绍

SINO 新诺精工
SINO MACHINERY

安徽新诺精工股份有限公司

VMC850L立式加工中心



产品介绍

VMC850L立式加工中心（线轨）是一种高效、高性能的数控机床，采用典型十字滑台立式框架布局，工件装夹后可依次完成钻、铣、镗、扩、铰、攻等复合加工，配转台可实现多轴联动加工，广泛应用于航天航空、汽车、机械加工及模具制造等领域。

主要技术参数

工作台尺寸：500×1000mm；行程(X/Y/Z)：850/500/600mm；快速进给速度(X、Y/Z)：

32000/30000mm/min；主轴(BT40)最高转速：8000r/min，可选配10000r/min；刀库形式/容量：机械手刀库/24（把），换刀时间：2.5s；定位精度： \leq 0.008mm，重复定位精度： \leq 0.005mm。

质量控制方式

(1) 按照现代制造业的发展方向，采用“精益生产模式”，着力开展产品设计、大件加工检测、产品组装、总装测试等环节质量管控，产品主要原、辅材料均由国内外知名专业厂提供。

(2) 具有较丰富的生产、技术、管理经验，拥有各类先进加工、检测设备300余台套，产品的主要关键件，如床身、立柱、悬梁、工作台及箱体类零件，均由企业自行加工与品质管控，加工工艺先进且质量稳定。

(3) 通过ISO9001质量体系认证，对产品制造全过程按照质量体系执行。

用户使用情况

该产品已批量生产，经国家级资质机构检验，技术性能指标符合国家和行业相关标准。该产品已销往全国各地，如江西新驱变速科技有限公司、林州市中奥机械有限公司等数百家企业，获得用户好评，售后服务及时，做到24小时内响应。

CHMTI

重庆机床(集团)有限责任公司

YDZ3126CNC 数控直驱干切滚齿机



产品介绍

YDZ3126CNC是面向齿轮干式滚齿加工工艺而开发设计的新一代数控高速干切滚齿机,根据用户订货时附加功能要求的差异,可以选配带上下料机构、倒棱功能,适合汽车、轿车变速箱齿轮大批量、高精度的干式滚齿加工。

主要技术参数

最大加工工件直径: $\phi 260\text{mm}$; 最大加工工件模数: 6mm; 滑板行程(Z轴移动量): 350mm; 刀架最大回转角度: $\pm 45^\circ$; 刀具主轴转速: 10~2500r/min; 工件主轴最高转速: 250r/min; 最大装刀尺寸(直径 \times 长度): $\phi 130 \times 230\text{mm}$; 滚刀最大轴向移动量: 200mm。

质量控制方式

(1) 设计过程的质量控制: 设计工作遵循新产品设计流程规范文件的要求,按照流程展开全面深入的设计工作。

(2) 工艺过程及零件加工质量控制: 工艺人员参与产品设计,确保设计图纸的工艺可行性,并提出新的工艺方法指导设计;零件加工时严格按照加工工艺执行,在检查过程中要求严格使用相关仪器设备。

(3) 装配阶段的质量控制: 针对装配过程的一些关键环节制定了装配过程关键控制卡;在整个装配过程中严格按照《合格证明书》中的要求,对机床的各项精度进行交检并记录实际检测数据。每台机床装配调试完成后均需进行切齿试验并形成报告,出厂前还需进行48小时的不间断拖车实验,以检验机床的可靠性。

用户使用情况

该机床广泛应用在汽车配件行业,主要针对汽车变速箱齿轮、转向器齿轮以及部分发动机齿轮的大批量加工。已经成功销往国内知名大型汽车配件生产厂商,如:浙江三环传动机械股份有限公司,浙江吉孚汽车传动系统有限公司,重庆神箭汽车传动件有限责任公司等。售后服务团队及时跟进产品在用户处的使用情况,并将用户反映的问题快速反馈给技术团队;技术团队不断完善产品结构、制造工艺和流程控制,从而不断提升产品品质,获得用户认可。

HAN'S LASER
大族激光 智能装备集团

大族激光智能装备集团有限公司

P6018D 全自动激光切管机



产品介绍

P6018D全自动激光切管机能自动实现管材从上料、

激光切割、再到下料所有动作和功能的管材加工设备,主要用于碳钢管、不锈钢管、铝合金管(方管、圆管、异形

管)等金属管材的切割,具有高速、高精度、高质量、高性价比、智能化和信息化等特点,是金属管材加工行业的精选切割机型,应用于健身器材、体育用品、石油管道、工程机械、客车制造、机车制造、农林机械、特种汽车、家用电器制造、激光对外加工服务等各种机械制造管材加工行业。

主要技术参数

管材加工范围(长×管径): 6200mm×φ20~180mm、6200mm×□20~180mm;行程(X/Y/Z): 6750/200/160mm,行程(A、B): 360°;定位精度(X、Y): ±0.03mm/1000mm(±0.05mm/全长);重复定位精度(X、Y): ±0.03mm;最大定位速度(X、Y): 120m/min, A轴: 120r/min。

质量控制方式

(1)在精益思想的指导下,以“PLM项目管理、供应链管理、标准作业、可视化管理”等为保障,搭建产品从研发到服务的全流程精益制造运营体系。

(2)在生产车间实行“7S”精细管理,建立起严格的质量保障工艺流程;建立QCC组织架构,实现“专案项目改善”与“个人提案改善”,制定方案制度和评选考核机制。

(3)开展《产品可靠性工程》培训,要求各部门主管针对所负责的生产和工艺流程,按FMEA标准纠查、核算与改进,并形成成果报告。

(4)颁布了一系列质量体系文件,包括《质量目标》、《质量计划》、《程序文件》、《工作指导书》、《工作规范》等,在来料、加工、组装、调试、检验、包装、出货等全过程各个环节严格把关,确保产品质量。

用户使用情况

该产品自动化程度高,能够满足大批量生产需要,提高了生产效率,节约成本;设备连续运行稳定性好,为用户创造效益;售后服务及时、服务水平高,能及时解决生产问题。该产品可配置功率范围较大,可满足不同客户的个性化加工需求。



广州市昊志机电股份有限公司

DGZ-60E 滚珠高速电主轴



产品介绍

本产品为电机内装式电主轴,内置三相交流异步感应电机,由变频器进行无级变速控制。具有结构紧凑、重量轻、惯性小、振动小及噪音低等特点,可实现高转速、高精度及高运转稳定性铣削加工。主要应用在高速雕铣行业,适用于有色金属、黑色金属、亚克力非金属材料高速雕铣,及玻璃、石墨等材料高速磨削。

主要技术参数

最高转速: 60000r/min; 功率(S6): 1.8kW; 转矩

(S6): 0.29Nm; 夹持扭矩: ≥2.54N·m(φ6刀柄); 轴端静态跳动: ≤2.0μm; 轴端动态跳动: ≤6.0μm; 振动值: ≤0.8mm/s(O-P)。

质量控制方式

(1)推行以“精益求精,精雕细琢的工匠精神,铸就世界级精密核心部件的精益品质”的质量理念,以现场为中心的协同作战活动,全面提升基层员工自主品质管理的质量意识,推行全员参与质量改善,以过程管理的方法设计公司的品质管理流程。

(2)通过质量文化建设、供方品质管理、生产过程质量管理、检测试验、体系管理等方面,对品质工作进行系统的策划,制定了一系列流程制度。

(3)建立质量成本测量和管控体系,深入开展质量预防、质量改进工作,最大化降低质量损失,实现质量成本最小化。

用户使用情况

DGZ-60E滚珠高速电主轴,性能优良,累计销售量超3.5万支,质量稳定性得到最终用户的认可。



广州市敏嘉制造技术有限公司

HF304 多联车铣复合一体化生产线



产品介绍

多联车铣复合一体化生产线将多台车铣复合机床作为模块，通过内部连线方式复合在一起，采用主轴箱移动，工作台不动的结构，集成工业机械手的功能，将各主轴之间进行无缝对接，实现工件自动上下料和工件在各主轴之间自动交换的功能。将机械手和机器人融合到机床坐标里面去，是没有机械手、机器人的自动生产线。通过多主轴顺序空间对接技术，加工工艺及工序平衡技术，多模块联动控制技术，高精度主轴实现直接对接技术，完成工件从毛坯到成品的加工。主要应用于盘类、短轴类等回转类零部件的多工序、工件自动对接交换及自动上下料的加工。

主要技术参数

最大加工直径： $\phi 200\text{mm}$ ；最大加工长度：

150mm；最大回转直径： $\phi 400\text{mm}$ ；行程（X1、X4/X2、X3）：1100/1300mm，（Z1、Z2、Z3、Z4）：200mm；工件主轴功率：7.5/11kW；主轴转速：100~5000r/min；主轴分度精度：0.01°。

质量控制方式

(1) 以设计驱动质量，从设计源头上杜绝可能的质量问题，让产品主管设计负责跟踪产品质量，从设计、生产、装配、调试、打样、客户现场跟踪、反馈，主管设计全程负责。

(2) 完善产品关键零部件的加工工艺和装配工艺，编制设备装配工艺手册，将产品的生产装配流程化，以生产工艺和装配工艺确保产品质量。

(3) 建立产品自检体系和自检理念，培训装配工人，设备质量是装配出来的，不是质检检测出来的。

(4) 建立健全质检制度，用制度约束技术人员、装配人员、质检人员的工作行为，确保产品质量。

用户使用情况

本产品已经在山西华翔、珠海南特、九江典展、珠海华宇、芜湖格力、秦皇岛LG等压缩机加工企业大量使用，用户反映产品换型速度快、故障率低、调试时间短、加工精度高和生产效率较高，节约了用户的人工成本和管理成本。



宁波海天精工股份有限公司

GRU II 32×60 定梁龙门加工中心



产品介绍

该产品是工作台移动式定梁龙门加工中心，方滑枕结构，可选配多种自动、手动附件铣头，具备自动换头、自动换刀功能，零件一次装夹可完成五面加工，以及铣、镗、钻（钻、扩、铰）、攻螺纹、镗等多种加工功能。针对客户不同要求，可选配全闭环光栅尺反馈系统、刀具中心冷却功能、ATC机械手式刀库、工件、刀具自动测量等功能。适于能源、汽车、印刷、纺织、包装、

交通、五金、橡胶等各种机械加工领域及国家重点应用领域的需求。

主要技术参数

工作台尺寸：6000×2500mm；龙门跨距：3200mm；行程（X/Y/Z）：6500/3200/1000mm；最大承重：28t；快速进给速度（X、Z/Y）：10000/15000mm/min；切削进给速度（X、Y、Z）：6000mm/min；定位精度（X/Y/Z）：0.028/0.020/0.015mm；重复定位精度（X/Y/Z）：0.020/0.018/0.010mm。

质量控制方式

（1）制定质量诚信规范，开展质量诚信教育，落实质

量诚信责任，形成质量诚信绩效评价和奖惩机制，以提高职工的质量诚信意识。

（2）建立质量检验制度和售后服务制度，对原材料和外协件进行检验或验证，按标准要求进行质量检验把关，开展顾客满意度调查，了解顾客需求，持续改进质量。

（3）建立出厂产品溯源体系和开展质量诚信自律活动。

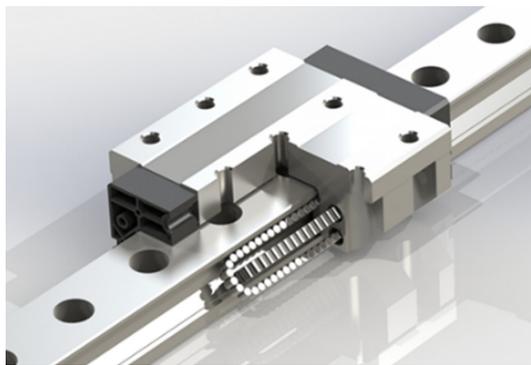
用户使用情况

该产品的产品结构和工艺成熟，产品质量稳定，机床扭矩大，快速响应特性佳，适用于汽车、模具、包装、五金等各种机械加工领域及国家重点应用领域的需求。用户反映机床精度满足加工要求，且保持性不错；故障低，售后服务及时，外观可以再改进。



南京工艺装备制造有限公司

GZB35 精密重载滚柱导轨副



产品介绍

GZB35精密重载滚柱导轨副是由导轨、滑块、滚柱、反向器、保持架、密封端盖等组成。采用滚柱作为滚动体，提高了产品的负载能力；滚动体与滚道的接触方式由点接触变为线接触，提高了滚动直线导轨副的刚性；特殊的结构设计及能量规划方法，使运动更平稳、能量损失小、低噪音；滚柱与滚道的接触角为45°，具有四个方向等载荷的特点，四个方向都具有超高的承载力和超高的刚性。

主要技术参数

以GZB35BAL2P1X3000-1为例，主要技术参数为：1根导轨2个滑块，滑块形式为B型，预紧力为P（轻型），导轨副精度1级（JB/T7175.4-2006），导轨宽度：35mm；导轨长度：3000mm；安装高度：

55mm；滑块宽度：70mm；滚柱尺寸：4×5mm；额定载荷：61kN；额定静载荷：162kN；额定力矩：Ma=2708N·m、Mb=2708N·m、Mc=3283N·m。

质量控制方式

（1）以研发高速、精密、重载滚动功能部件，为国产机床提供全面配套的解决方案，实现替代进口为目标，组织开展技术创新活动，以技术创新推动品质提升；有完整的质量保证体系，完善的设备保障，通过优化工艺路线降低生产成本，形成规模化、稳定的生产能力。

（2）不断实施技术改进，推进产品质量水平的提升，通过对产品优化结构设计，使GZB35滚柱导轨副在精度稳定性、可靠性等方面得到大幅提升。

（3）通过加大检测设备的投入，构成集滚动功能部件产品检测技术与研究为一体的技术平台；通过对产品的检测，收集大量的数据，有针对性地改进产品结构参数设计，指导产品加工技术及工艺的完善与升级，为产品质量提升提供了有力支撑。

用户使用情况

该导轨副在四川普什宁江、武汉重型机床、江苏晋星兄弟、常州常电智能科技等多家用户使用，用户反映导轨副在设备上运行平稳，各项性能指标、精度要求满足设备要求，且精度保持性好，能达到国外同类产品的质量水平。



三河同飞制冷股份有限公司

MCW-35 水冷却机



产品介绍

本产品是为机械设备母机、驱动电机、电主轴等而设计制造的工业制冷设备。具有完全独立的制冷系统，不受气温及环境的影响，水温可在15℃ ~ 50℃范围内调节控制，压力和流量可根据要求定制，达到高精度、高效率控制温度的目的。应用范围广，功能全面。

主要技术参数

制冷量：3.5kW；控制精度：±1℃；额定功率：1.8kW；额定电流：5.7A；电源：3PH/AC380V/50Hz；水温范围：15~50℃；环境范围：5~45℃；噪音：

≤62dB(A)。

质量控制方式

公司以顾客为中心，以法律法规和质量体系实施作保证，通过全体员工的积极参与，不断提升和改进产品质量和服务水平。公司通过“质量 环境 职业健康安全”三体系认证，全面实行“9S”现场管理；规范了质量管理，提高了全员的质量意识，增强了产品的市场竞争能力，提高了企业的经济效益。

(1) 从原辅材料的入厂到成品出厂都严格按体系标准执行，在各工序之间制定了质量控制标准。

(2) 设计了《合格供方年度质量评价表》，每月统计各合格供应商的供货数量和供货质量。在供货能力和质量保证能力方面，通过比较各部门的综合评定，最终确定、保留比较好的合格供方。

(3) 对所有检验人员的质量意识和检验技能，制定了一系列的培训计划，产品出厂的漏检率明显降低，确保产品质量稳定。

用户使用情况

MCW-35水冷的技术水平、质量稳定性、可靠性、外观质量和售后服务水平几方面都达到了客户满意，客户认同度高。



四川普什宁江机床有限公司

TH(M/D)63100 卧式加工中心



产品介绍

TH(M/D)63100 卧式加工中心采用模块化设计，主要机型包括：THM63100、THM63100IV、

THD63100、THMD63100、THD63100(THD63100III)、THMD63100，具有高速度、高精度、高可靠性的特点，工件一次装夹后，可完成钻、镗、铰、攻丝、铣和轮廓的粗、精加工。广泛适用于汽车、工程机械、模具、泵体阀门、轻纺机械、工业缝纫机、五金工具、航空工业和船舶工业等行业中复杂零件的加工，满足中、小型箱体零件和空间曲面多品种加工的需要。

主要技术参数

托盘尺寸(长×宽)：1000×1000mm；行程(X/Y/Z)：1300×1000×1100mm；托盘最大承重：3000kg；主轴最高转速：5000(选配8000、12000)r/min；直

线轴双向定位精度：0.008mm；直线轴重复定位精度：0.004mm；回转工作台定位精度：8"；回转工作台重复定位精度：4"。

质量控制方式

机床的质量管理和控制工作按照公司ISO9001质量管理体系文件规定开展，机床各项精度的实试验收数据，均在标准的基础上有较多余地，可靠性指标MTBF达到1500小时以上。

(1) 主要零部件在加工过程建立工序质量控制点，按照“图样”、“工艺”和“产品验收技术条件”（标准）组织生产和检验，对关键尺寸和精度等进行严格检查和记录。外购件严格按照公司“外订（购）件交检目录”及检验规范执行，保证了质量和可靠性。装配过程按照公

司“工序质量控制卡”和“用户反馈信息点检表”管理程序规定，对装配过程单件刮削、组部装、总装质量进行控制，对整机精度、性能、功能的进行检查验收。

(2) 按照公司“质量档案户籍管理”规定，产品建立了完整的质量档案，质量档案包含了与主要零件、外购件和整机质量特性相关的信息和数据，保证了产品质量的可追溯性。

用户使用情况

该产品采用模块化设计，具有高速度、高精度、高可靠性的特点，处于国际持平、国内领先水平，能组成自动生产线，提高了零件的加工精度和效率。用户评价可以满足精密零件的加工要求，质量稳定性、可靠性得到大幅度提高，为用户创造了较高的经济效益。



台州北平机床有限公司

BPX5五轴数控工具磨床

产品介绍

该产品有5个伺服主轴及3个直角机械手伺服轴，采用高精弹性筒夹装夹，高精度辅助支撑装置能有效地保证刀具的加工精度；高可靠性的直角机械手机构可实现大批量无人化生产，给终端用户提供高附加值的专业性刀具加工和修磨高质量刀具的选择。适用于IT、汽车、航空、医疗、木工等行业应用的 $\phi 3 \sim 16/25\text{mm}$ 的圆形或非圆形金属切削刀具的磨削。机床可配置北平专利的自动上下料和防撞系统，精密装夹机构和创新的刀具精密支撑系统，是复杂工件高精度批量加工的理想机型。

主要技术参数

行程（X/Y/Z）：440/200/280mm；旋转轴运动范围（旋转砂轮）： $\pm 120^\circ$ ；直线轴最大速度：7500mm/min；旋转轴最大速度：15r/min；工作头最大速度：500r/min；完整磨削刀具长度：200mm；电磨轴直径：170mm；最大砂轮直径： $\phi 200\text{mm}$ ；定位精度：0.003mm（按ISO230-2标准）；重复定位精度：0.002mm（按ISO230-2标准）。

质量控制方式

(1) 在前期开发过程中，大到底座材质的选择、小到每一个零件的设计都通过有限元分析方式进行模拟测试，确保从零部件到整机有合适的刚性。

(2) 关注机床的静态精度，对标欧洲先进同行，发现在精度上的不足，及时举行内部技术会议商讨整机优化方



案。每天中午都会进行网络技术探讨会议，保证公司磨削技术与欧洲先进同行保持同步发展。

(3) 严格遵循ISO9000质量管理标准生产制造。每一台设备在发货前都会进行7×24h不间断的实际工况加工测试，通过加工数据统计，获取机床的动态加工精度及加工效率；为获取更加精确的检测数据，配备了卓勒刀具预调仪等高端刀具检测设备，确保发往用户工厂的机床加工精度和加工效率都能更好地满足用户加工需求。

用户使用情况

精度能够满足加工要求，精度保持性良好，自动化程度高，售后服务好，服务及时。

浅谈日本著名机床厂——马扎克

沈阳机床（集团）有限责任公司 祝贺 陈洪军

日本的山崎马扎克(MAZAK)公司是一家全球知名的机床生产制造商，市场占有率常年稳居第一。公司成立于1919年，主要生产CNC车床、复合车铣加工中心、立式加工中心、卧式加工中心、CNC激光系统、FMS柔性生产系统、CAD/CAM系统、CNC装置和生产支持软件等。产品素以高速度、高精度而在行业内著称，产品遍及机械工业的各个行业。客户主要分布于在汽车、机械、电子、能源、医疗等不同行业。随着制造技术和自动化、数字化技术的不断发展。



马扎克美浓加茂第一工厂俯瞰图

一、运营管理特点

1. 营收排名世界第一

2019年全球TOP10数控机床企业排名，按企业营收规模划分，日本的山崎马扎克以52.8亿美元（353.4亿人民币）排名第一，人均销售收入约419万人民币。德国通快公司以42.4亿美元(285.8亿人民币)排名第二，德日合资公司德玛吉森精机以38.2亿美元(257.5亿人民币)排名第三，

其后分别为马格、天田、大隈、牧野、格劳博、哈斯、埃马克。

2. 技术、生产、服务，辐射面积广

山崎马扎克公司在全世界共有10个生产公司，分布于日本、美国、英国、新加坡和中国。在世界上六十几个地方设立了30多个技术中心（TechnologyCenter）。连同遍布世界各地的马扎克技术服务中心（TechnicalCenter）在内，山崎马扎克在世界各地已经建立了超过80个客户支援基地。



马扎克辽宁公司俯瞰图

3. 家族企业，不上市

马扎克虽然已经是一个年销售额达52亿美元的机床企

业，却仍然是个没有上市的家族企业。它担心成为上市公司后被股价、股东所左右，董事会做出的决议可能只顾及短期利润，如产品科技含量降低的批量生产、为降低价格甚至偷工减料等，而这些都是违背马扎克经营理念。为了紧紧掌握着所有的权利，包括经营权、产品开发权、生产权，拿出科技含量最高且实用性强的产品，马扎克拒绝了上市的“诱惑”，自己承担风险，这必然决定了它管理的严格性和人事的稳定性。

4. 目光长远，重研发，一线员工高起点

马扎克宁夏小巨人高管曾在访谈中透露，公司将近三分之一的人都在搞产品开发。山崎恒彦副会长曾经说过：就机床行业而言，如果谁想贪图中国的劳动力便宜而来此发展，那他最终肯定会失败。因为这个行业是科技含量非常高的行业。我们在西部搞合资公司，决不是奔着芸芸众生而去的，我们使用的都是中国这个行业内的精英，或者是即将成为精英的大学生、受过高等教育的人。但他们接受了中国的高等教育，再经过马扎克机床操作的培训，很短时间就能脱颖而出，之后他们能量就不是一般工人可以比拟的。

二、产品技术特色

马扎克的“DONE IN ONE”，指的是一种从素材到完成品为止的整个加工过程仅仅通过一台机床来完成的崭新的生产思想，在设备费用的削减、机器设置空间的缩减、高精度化、从生产到交货时间的缩减、能源削减等多方面都可以获得所期待的效果。一把刀具，一台机床，全部完成加工。这台机床实际上变成了一个智能化工厂。这种高科技含量的“一次完成”的机床远非普通的复合加工的

加工中心可比。

马扎克的SMOOTH PROCESS SUPPORT（简称SPS），是一款充分利用MAZAK先进的SMOOTH Technology技术，致力于为客户构建高度智能化工厂的管理系统。通过SPS系统的应用，智能化工厂可以通过软件将信息技术用于产品设计、制造以及管理等全生命周期中，使得工艺、程序、计划等生产准备提前展开。作业者只需读懂信息配合机床即可完成任务，以达到提高制造效率和质量、降低制造成本、实现敏捷响应市场，是工业工程与信息技术的完美融合。



三、典型产品线

1. INTEGREX复合加工中心

Integrex系列产品是由日本工厂生产，面向全球销售的高精度设备，设备通过减少加工工序操作，提升了加工精度，缩短了交货周期。五轴联动加工能力使设备可以轻松实现圆形零部件的二次加工，可以加工刚性的铸件（卡盘或柱状）的零部件，亦或波纹形零件。

2. VIRIXIS系列五轴加工中心

VIRIXIS系列的设备设备很好地体现了马扎克的DONE IN ONE理念，在一台设备上完成从原材料到成品的所有加工。设备能有效地缩短交货期，提高加工精度，降低操作成本。

3. VCE系列立式加工中心

VCE系列立式加工中心具有“全球品质”、“快速交付”、“高效生产”的特点，是马扎克中国在原有的大规模定制化生产组织模式下，开创的一种全新的生产模式，可以实现从生产接单到交付使用只需要15天。VCE系列产品高刚性床身设计、高速大扭矩直联主轴结构、高速度滚柱导轨、高可靠性的换刀机构，搭载了最新的FANUC系统，实现产品的智能化，被广泛运用于汽车、工程机械、轨道交通、能源电力、农业机械等行业。



VCE立式加工中心

4.HCN系列卧式加工中心

HCN系列卧式加工中心是Mazak公司开发的高性能卧式加工中心。通过采用高速主轴技术、高速进给技术、高速换刀技术、高速数控系统技术等高端技术，大幅度缩短加工时间，提高加工效率，满足多种生产需要。

5.QT系列车床

QT系列产品是在全球同步生产、全球同一品质理念下生产的高速、高精度的数控车床，是新一代世界标准机，适应从非金属材料、有色金属材料到钢材及铸件的各种工件的高效能加工，可以广泛满足汽车、电子、家电、模具、仪器仪表等各行业对中小型精密零件的高效率加工需求。

四、应用领域

1.汽车行业

马扎克多年来积累自动化及交钥匙工程的经验和实力，包括FMS柔性制造生产线、自动化单元壳体生产线、新能源汽车零部件加工应用、工厂智能化系统等解决方案，特别是汽车行业里包括传统汽车的发动机零部件、变速器、转向系统、传动系统、制动系统等相关零部件，还包括电机壳体、电机轴、定子、转子等新能源汽车零部件。

汽车产业也在研究利用金属层积

制造技术(Additive Manufacturing : AM)与摩擦搅拌焊接技术(Friction Stir Welding : FSW)进行加工。马扎克开发出了将上述加工技术与切削型机床融为一体的“多任务复合加工机”，同时，针对提高汽车产业加工所需的高效率提出了各种方案。例如，融合有AM功能的“VARIAXIS j-600/5X AM”提高了模具的修复效率，融合有FSW功能的“VTC-530/20 FSW”能够应用于加工汽车变频装置用冷却板等的加工工序集成等。

2.航空领域

马扎克拥有适应飞机产业的各种产品系列。大量的马扎克机床正在世界各地的机床厂商和飞机零部件制造商那里发挥着重要的作用。在最近的飞机工业中，与主力机器的5轴加工机并列，需要数台机床进行加工的工序只需1台就能够完成的复合加工机也获得了大家的关注。INTEGREX等的复合加工机通过本公司所提倡的被称为DONE IN ONE的工序集约的思维，可以大幅度地缩短交货期、减少生产成本。在进行切割加工时融合了3D积层造型技术等混合复合加工机及其加工技术，作为实现零部件的轻量化和一体结构化的方案，也受到了来自飞机业界的高度关注。

马扎克于1999年在盛行飞机产业的美国加州加特纳市开设了“西部技术服务中心”，为飞机产业的客户提供支持和加工技术的开发。随着航空工业蓬勃发展和全球业务的扩大，并进一步强化这过程，在爱知县大口町的总公司内开设了“宇宙空间技术服务中心”。该中心展示了最新的5轴加工机VARIAXIS系列和复合加工机INTEGREX系列共计6台机器，并进行框架、机身、综合转动翼、叶片、起落架等代表性的飞机零部件的最新加工表演。中心还收集了遍布世界各

地的本公司海外技术服务中心所实施的与飞机产业相关的实际应用例子、最新切割刀具、难削材料加工技术、周边机器等，收集众多信息，向全世界的客户公布。



INTEGREX复合加工中心加工图

3.医疗行业

医疗器械的制造种类在50万种以上，因此多品种少量生产的方式是其主流。在植入器械的种类中，除股骨柄外还有牙科矫正支抗、骨结合板、脊椎固定杆等，任何产品都要考虑其对人体的影响，一般采用钛合金等生物医用材料加工成所需的曲面形状。植入器械中重量从数g~数百g的小型产品占了大半，因此实施切削加工时就需要采用高刚性且小型的复合机床或5轴机床，所以马扎克的“INTEGREX”以及“VARIAXIS”等被广泛使用。除了植入器械外，马扎克机床“HCN-4000”系列“UD-400/SX”系列等还被广泛用于制造装配在放射线治疗器上的多孔准直仪（根据囊肿的形状，控制放射线的部件）、各种手术器具、医用软管的树脂模具以及手术台架等。

4.能源行业

在轴类部件的制造领域，油田和气田等使用的钻头、套管、球阀、防喷装置等的大型切削加工方面，复合加工中心“INTEGREX e-H”，CNC车床“SLANT TURN”等马扎克机床在世界各地被广泛应用。在箱体

部件的制造领域，各种大小型部件的高效加工方面马扎克也做出了很大的贡献，比如，用于船舶发动机的缸体加工的大型5面加工机“VERSATECH”；用于矿山机械齿轮箱加工和加油站注油枪加工的卧式机械加工中心“HCN”。近几年，在切削加工中融合了金属增材加工技术的复合型复合加工中心“VARIAXIS j-600/5X AM”实现了延长钻头使用寿命，受到极大关注。

在工程机械、矿山机械等对机床需求增加的背景下，马扎克在三重县开设了新的制造基地“员弁制作所”，2018年5月开始正式生产。员弁制作所主要生产大型机床，比如适于加工大型部件的VERSATECH等5面加工机，此外还生产VARIAXIS等5轴机床，并设立了以前难以实现的大型机床展示区域，为客户提供大型部件的试切削和刀具选配、加工验证等各种解决方案。

五、智能化工厂

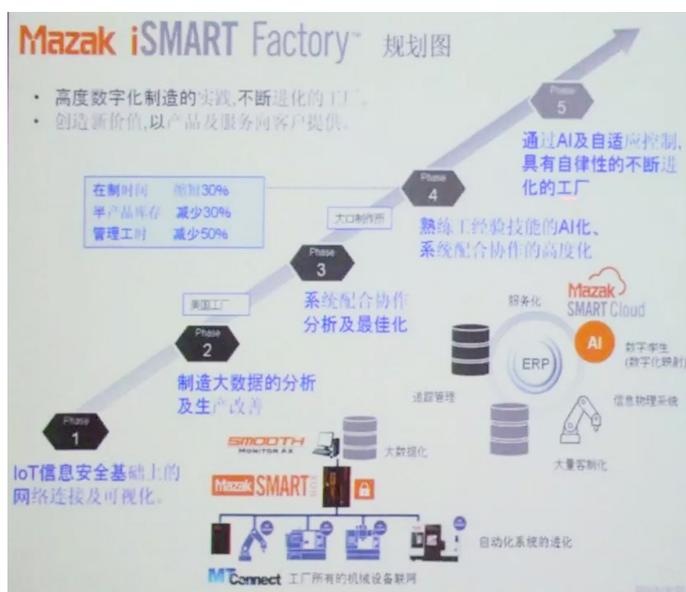
马扎克自1980年代起一直致力于自动化及网络、IT技术生产设备上的应用。一次实现了FMF（柔性制造）工厂、CIM（计算机集成制造）工厂、网络化工厂、e-factory以及现在的Mazak iSMART Factory。

Mazak iSMART Factory运用最新的物联网技术将工厂内的全部生产活动数字化，通过工序的可视化、分析后的改善、与基础系统（比如ERP）数据的联动，实现高度的数字化制造。

通过采用在全球范围内被广泛使用的机床开放通信协议“MT Connect”，对不同厂家设备都可以进行运行数据收集、监控及分析。通过与互联网解决方案供应商思科系统公司的联手，开发出了雾计算装置“Mazak SMARTBOX”。该装置在对大数据进行处理的同时强化了工厂网络安全。

机械加工部门所有的加工机都通过网络连接，可进行运行状态的监控及运行数据的收集。在一条自动化生产线上，通过SMARTBOX连接的8台加工设备中，也有其他厂家的加工机。除此之外还有周边的自动搬运台车、切削集中运输系统、自动仓库等，所有这些都通过MT Connect经SMARTBOX进行数据收集。

通过运行状况监控器，可以看到最近24小时的运行状况。还有累计运转时间/目标时间的比较画面。对所有设备装置的运行数据都进行收集，并对其进行分析改善。对切削时间/非切削时间（空切）时间等自动运转时间进行细化分析，对警报发生周期等进行分析，找出发生原因从而减少停机时间，提高设备开动率。



马扎克智能工厂规划图

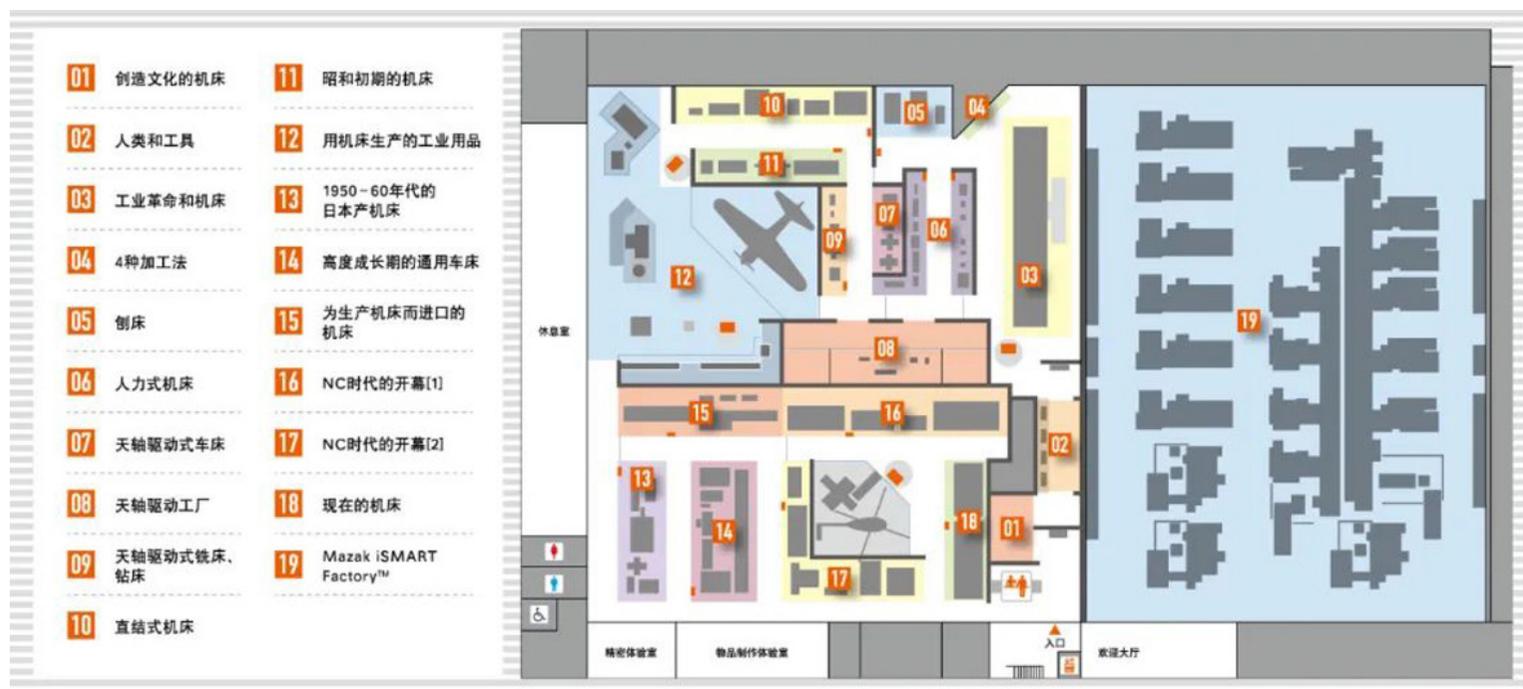
通过AI（机器学习）进行切削条件的最优化。在搭载Mazak Smooth CNC的机床上，利用切削条件的可变功能（VFC）与振动感应等，将最优化之后的切削条件储存在数据库里，再共享到其他机床和新的加工程序上，从而提高生产率，确保加工品质的稳定。

统一管理的二维码和耐热标签。通过Mazak的激光机在板材上印上二维码，读取二维码后，可自动下载程序和图纸。这样一来可减少找图纸找工件的寻找时间。通过这一举措，减少了人为失误，提高了设备开工率，生产效率提高了30%。

在装配区，从开始到完成都需要输入制造相关数据，从而使全部生产活动数字化、可视化，通过分析改善，有助于质量源头追溯性管理。操作人员在平板电脑内输入作业的开始和结束。通过这个平板电脑将目前的工序进度“可视化”。操作员不使用平板电脑时，画面上则显示目前生产机器的客户信息。

六、社会公益

不论是汽车、飞机，还是生活中使用的其他工业产品，如果没有机床，就无法被制造出来。尽管机床通过“物品制作”为社会的发展做出了极大贡献，但遗憾的是，由于普通人很难一睹机床真容，人们对于机床的认识度普遍较低。为改善这种情况，让更多人认识机床，了解这种构成当今社会物质基础的核心工具，2019年11月2日，山崎马扎克公司以纪念创业100周年为契机，宣布“山崎马扎克机床博物馆”正式对外开放。



博物馆布局图

承将“物品制作”的重要性传承到后世的初衷，山崎马扎克机床博物馆继承了前任会长山崎照幸的遗志，并由现任会长于数年前启动建造。这家以机床为主题的博物馆，在世界博物馆家族中独树一帜，一经开馆就得到众多媒体的介绍，来访人员络绎不绝。

在机床博物馆内，观众不仅能看到不同历史时期的各种旧式机床，还能看到由现代机床构建的自动化工厂“Mazak iSMART Factory™”。这些现役机床可不仅仅是在展示前卫的外观，更是在

展示先进机床零部件的真实加工过程。同时，观众们可以参观时下热门的IoT技术工厂，更加真切地感受到机床行业的先进变革。

除机床之外，馆内还陈列了旧时的蒸汽机车、汽车、飞机等非常具有时代特色的工业产品。这些在平日里难得一见的老物件，不仅给观众带来了新奇的感受，也帮助大家更好地理解机床对于工业生产和发展的重要意义。

作为一家能够看、摸、玩的体验型博物馆，观众可以通过多样化的互动方式，了解自己感兴趣

的内容。比如，灵活运用AR（增强现实）展示技术的展品，以及简单有趣地介绍机床动作原理的体验区。

博物馆通过“人们的生活与机床的关系”、“机床的原理”和“机床的进化”三个角度，向观众进行简单易懂的介绍。通过这些展示，不论是大人还是小孩，都能对机床有一个基础而全面的认识。

今后，马扎克将通过机床博物馆持续向孩子们传达物品制作的乐趣和重要性，为下一代制造业人才培养和制造业整体发展做贡献。□

【后记】马扎克的成功离不开日本工业化的大背景，但能有今天的成绩，更多的是其自身的因素。注重产品研发和人才培养，注重用户需求和承担社会责任，立足自身、脚踏实地，无一不是其成功的基石。目前，我国机械制造业正处于转型升级的历史转折点，需要多多借鉴像马扎克这类企业的发展经营模式和理念。