

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.5 2019
2019年10月
October 2019

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
王煥卫 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 王明远 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

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: 北京博海升彩色印刷有限公司

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



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

目录 CONTENTS

2019年第5期(总第164期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

13 1~8月行业运行仍持续下行等7则消息

Seven pieces of news such as 2019 Jan. ~ Aug. industry operation is still continuing to decline and so on

特别报道 Special Report

16 机床工具行业: 理性看待下行, 共创健康生态

张芳丽 兰海侠

Machine tool industry: rational view the economic downturn, create the healthy industry ecology

20 CCMT2020主题沿用“聚焦——数字·互联·智造”

机床协会

The theme of CCMT2020: “focus on digital, Internet and intelligent manufacturing”

22 中国机床工具工业协会在EMO2019成功召开新闻发布会

李华翔

CMTBA successfully held a press conference in EMO2019

23 我国刀具行业: 努力转型, 满足中高端市场需求

张芳丽

China's cutting tool industry: striving to transform to meet the need of the middle and high-end market

26 中央财经委员会第五次会议对行业的启示

梅峰

Revelation for the industry from the fifth meeting of the Financial and Economic Commission of the CPC Central Committee

特别策划 Special Column

29 三维五轴光纤激光切割机技术剖析

周桂兵

Technological analysis on the three-dimensional five-axis fiber laser cutting machine

33 LCG3015AJ II: 高效光纤激光加工机升级款

AMADA公司

LCG3015AJ II: upgrade version of efficient fiber laser processing machine

38 激光焊接技术在汽车制造中的应用现状及发展趋势

段东磊

Application status and development trend of laser welding technology in automobile manufacturing

45 汽车研发试制阶段激光技术和设备的应用

杨兴 罗益强

Application of laser technology and equipments in the trial production stage of automobile R&D

展品评述 Exhibits Review

51 CIMT2019刀具展品述评

杨晓

CIMT2019 exhibit review of the cutting tools

62 CIMT2019卧式铣镗加工中心展品评述

潘康健

CIMT2019 exhibit review of the horizontal milling and boring machining center

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

编者的话

近两年来,受全球经济周期、贸易摩擦以及地缘政治等因素的影响,世界范围内机床工具市场始终处在低迷的状态,未来市场的不确定性也在不断增加。

近期国家统计局对规模以上工业企业的统计数据显示:机床工具行业2019年1~8月累计完成营业收入同比降低1.6%,累计实现利润总额同比降低22.2%,亏损企业比例为17.5%。1~8月重点联系企业主营业务收入同比下降16.2%,利润总额出现小幅亏损,金属加工机床新增订单同比下降35.9%,在手订单同比下降22.9%。行业整体运行仍持续下行。

当前,如何理性看待不利的市场形势,积极顺应未来技术发展潮流,需要企业家的信心、坚守和努力。我们应当看到,无论市场如何变化,技术进步的脚步从未停歇。在前不久刚刚落幕的德国汉诺威EMO2019展会上,IoT平台、应用程序、数字孪生、人工智能、边缘计算、云计算等都是展会上随处可见的关键词,数字化与自动化趋势不可阻挡。一批高效、精密、环保、智能的展品代表着未来的技术发展走势。

本期在“特别策划”栏目中,我们为读者集中介绍有关三维五轴光纤激光切割机、高效光纤激光切割机等先进激光加工设备的技术特点剖析,以及激光焊接技术在汽车制造这一重点领域的应用现状和发展趋势等内容。

在“展品评述”栏目中,继续为读者带来有关CIMT2019展会各类刀具、卧式镗洗加工中心、碳纤维桁架式高速五轴龙门机床、数控系统云平台等展品评述内容。

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

2019年荣获「日经亚洲评论」亚洲300强 第16名
 2016年荣获日经Business评选为「全球上市企业综合成长力百大」第5名
 2015年荣获福布斯(Forbes)全球创新成长百大企业第37名
 入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(ROBO-STOX)权重排名TOP 10





关节式机器人手臂
Articulated Robot

并联式机器人手臂
Delta Robot

史卡拉机器人手臂
SCARA Robot


 2001~2019 HIWIN连续19年荣获台湾精品金质奖



滚珠丝杠
Ball Screw
滚珠花键
Ball Spline



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single-Axis Robot



晶圆机器人
Wafer Robot



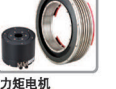
Torque Motor
Torque Motor Rotary Table



谐波减速机
Robot Reducer



直线电机
Linear Motor



力矩电机
Torque Motor
Direct Drive Motor



伺服驱动器
Servo Drive



AC伺服电机
智能型电机
AC Servo Motor
abilmotor

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

天津隆创日盛科技有限公司 Tel: (022) 2742-0909	深圳海威机电有限公司 Tel: (0755) 8211-2558	上海诺银机电科技有限公司 Tel: (021) 5588-2303
上海玖钰机械设备有限公司 Tel: (021) 5978-9980	昆明万辰科技有限公司 Tel: (0871) 6830-1918	河南广原精密机电有限公司 Tel: (0371) 8658-1632
乐为传动科技(苏州)有限公司 Tel: (0512) 6667-0809	江苏台银机电科技有限公司 Tel: (021) 5480-7108	
厦门聚锐机电科技有限公司 Tel: (0592) 202-1296	金太客传动科技(苏州)有限公司 Tel: (0512) 6690-8988	

HIWIN海外分

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

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

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

- 66 从CIMT2019看数控机床机械结构创新与发展 华中数控
Outlook of innovation and development of CNC machine mechanical structure
from CIMT2019
- 70 碳纤维桁架式高速五轴龙门机床展品评述 冯建国
Exhibit review of the carbon fiber truss high speed five axis Gantry machine
- 72 CIMT2019数控系统云平台展品评述 华中数控
CIMT2019 exhibit review of CNC system cloud platforms

产品与技术 Products & Technology

- 75 机器人折弯单元改善钣金加工工艺的浅析 马会元 王军军
Briefly analysis on improving sheet metal processing through a bending unit
with robot
- 80 基于传感器的热误差补偿技术 华中数控
Thermal error compensation technology based on the sensor
- 82 hyperMILL® MAXX Machining 高性能套件: 实现更高效的刀具路径的利器
OPEN MIND Technologies AG 公司
hyper MILL® MAXX Machining high performance suite: achieve more efficient
tool path
- 84 贵金属吊牌CNC雕铣加工负压夹具设计与应用 张健
Design and application of negative pressure clamp for Precious metal tag
processing in CNC engraving and milling machine
- 86 T5智能车床在电机行业的应用 刘洪强
Application of T5 intelligent lathe in motor manufacturing industry

海外市场 Overseas Market

- 88 第六届东京冲压钣金成形加工展览会综合报道 机床协会
A roundup of MF—TOKYO2019 show

70周年征文 Essay for the 70th anniversary

- 90 中国机床工具工业70年巨变 机床协会
70 years great change of China machine tool industry /CMTBA
- 97 匠心·匠造·匠魂 王军
Practice the spirit of Craftsmen

企业报道 Enterprise Report

- 99 秦川集团: 致力于用户工艺整体解决方案 秦川机床
QCMT&T: dedicating to users process overall solution
- 100 广告索引 Advertiser index
消息 (32、50、79、87、96)

1~8月行业运行仍持续下行

根据国家统计局对规模以上工业企业的统计数据，机床工具行业2019年1~8月累计完成营业收入同比降低1.6%，累计实现利润总额同比降低22.2%，亏损企业比例为17.5%。1~8月重点联系企业主营业务收入同比下降16.2%，利润总额出现小幅亏损，金属加工机床新增订单同比下降35.9%，在手订单同比下降22.9%。行业整体运行仍持续下行。

8月制造业采购经理人指数为49.5%，为连续4个月低于荣枯线。1~8月全社会固定资产投资同比增长5.5%，较1~7月回落0.2个百分点，为自年初以来的最低水平。其中制造业投资同比增长2.6%，较1~7月回落0.7个百分点，为自年初以来的次低水平，仅比1~4月的最低水平高出0.1个百分点。作为机床工具产品主要用户行业的汽车制造业，投资同比增长1.5%，较1~7月回落0.3个百分点。

1~8月汽车制造行业产销量比上年同期分别下降12.1%和11.0%，产销量同比降幅比1~7月分别收窄1.4和0.4个百分点。

今年以来受汽车行业下滑影响，我国机械工业主要经济指标低位运行。但机械工业14个主要行业中，1~7月营业收入和利润总额负增长的只有汽车制造和机床工具两个行业。

综合上述情况来看，受汽车制造业持续下滑和相关领域固定资产投资增速持续走低等因素影响，机床工具行业持续下行趋势短期内恐难扭转。机床工具行业总体上仍将保持需求持续升级态势，需求结构性变化明显，需求总量呈下行趋势，个别分行业下降较明显。预计全年行业主要经济指标同比将呈现很大下降压力。（协会信息统计部）

合锻智能自主研发2600吨高速间接热成形液压机下线

近日，合锻智能制造股份有限公司自主研发生产的2600吨高速间接热成形液压机在奥钢联金属部件（沈阳）有限公司联调成功，首件下线。

近几年，超高强钢热成形件在汽车行业广泛应用。超高强钢热成形有直接热成形、间接热成形两种工艺，合锻智能成为同时掌握高速间接热成形、直接热成形液压机研发制造技术的企业。

在刚刚结束的2019热成形产业大会上，合锻智能展示了旗下高速热成形液压机、HSHP高速液压机、SHPH伺

服液压机、大型机械压力机等拳头产品，为用户带来了更多的选择。

（1）间接热成形液压机。间接热成形工艺首先把钢板冷冲压成形，然后加热，放入水冷模具，在高速专用液压机的压制下实现淬火，压制出马氏体超高强度热成形零件，热件置于冷模具中硬化并确定最终的几何形状（成型硬化）。间接热成形设备目前只有奥钢联在国内有2条生产线（APT 舒勒），全部为欧洲产品。合锻智能研制的2600吨高速间接热成形液压机为国产首台。

间接热成形液压机机身采用框架结构，强度精度更高。系统采用先进的压力分级和比例伺服技术，保证设备速度转换更快、更稳、效率高等特点。设备配有先进的模具冷却管路系统，模具冷却水快插接头便于快速换线。压机配有压力检测及动画仿真功能便于观察检测。具有模具参数存储上传功能和故障诊断功能。

间接热成形工艺可实现复杂几何组件的经济生产，特别适用于大型组件和大批量组件，尤其适用于高腐蚀性环境中的安全相关组件，如加强板、A/B柱、门槛、侧围板、通道、门和襟翼等。



在联机调试中的2600吨间接热成形液压机

（2）直接热成形液压机生产线。



合锻智能辊底炉高速热冲压生产线（直接热成形工艺）

直接热成形工艺是把热成形钢板加热到奥氏体温度，快速送入模具，快速冲压，在压机保压状态下通过模具内冷却系统（不是空气）、在一定的冷却速度下对零件进行淬火冷却，获得组织为马氏体，强度在1500MPa左右甚至更高，压制出马氏体高强度零件。目前合锻智能已经向用户提供了30余台直接热成形高速液压机，打破了欧洲产品在国内的垄断地位。

涂附磨具分会举办“2019中国涂附磨具国际论坛”

8月11~12日，“2019中国涂附磨具国际论坛”在河南郑州举行。论坛以“智能磨削技术与涂附磨具行业高质量发展”为主题，吸引了19位国内外涂附磨具及相关领域的专家学者及行业资深人士发表演讲，200多位行业同仁参与了这一盛会。



“中国涂附磨具国际论坛”是由中国机床工具工业协会涂附磨具分会于2013年创办的高端技术交流平台，每两年一届，至今已举办了四届。本届国际论坛聚焦全球涂附磨具的技术潮流，关注企业发展的技术瓶颈，分享涂附磨具制造与应用的新材料、新技术、新工艺、新装备，探讨行业高质量发展的路径与方略。

在两天的会期内，共举行了4场技术学术报告。国际著名涂附磨具专家海德曼（Wolfgang Heidt）先生以“涂附磨具行业如何在转型市场中前行并寻找未来足迹”为题，河南工业大学材料科学与工程学院院长以“涂附磨具行业面向2035年高端产品展望”为题作了主旨报告，分别从技术和产品的角度对未来发展进行了展望。分会秘书长陈远东作了“质量革命促进涂附磨具迈进新的发展阶段”报

告，从行业发展的历史进程中总结出行业发展的规律。其余16个报告围绕涂附磨具整个产业与应用链的宏观及微观领域进行了深入探讨。（供稿：涂附磨具分会）

台群精机针对5G加工需求推出新产品

日前，劲胜智能（300083）旗下全资子公司深圳市创世纪机械有限公司（以下简称台群精机）5G智造整体解决方案暨新品发布会在深圳宝安举行。围绕“与您共5·G往开来”主题，本次发布会重点强化5G制造领域新产品技术与装备的展示，助力5G通信设备及智能硬件加工行业产品的布局。



会上，劲胜智能、台群精机董事长夏军表示，未来的智能工厂将会朝着需求专业化、定制化，生产柔性化，内网扁平化、无线化的方向发展，这些都离不开5G技术。台群精机将5G的加工技术与客户加工工艺无缝连接，研发了针对5G产业链上产品加工的多款应用产品，推出了如腔体滤波器、通讯散热器、车载终端、智能门锁、手机制造、平板电脑等产品加工的设备。台群精机将依托5G智能硬件加工产业需求，专心做好配套产品和技术升级。

会上发布了一系列针对5G智造加工的新产品，如台群立式加工中心系列T-V856B、T-V1165、T-V1260、T-V1270、T-850HL，卧式加工中心系列T-H11，钻攻机系列T-500B、T-700B、T-1300、T-520-S，玻璃机系列T-550E、B-350/2、B-700/2C，数控车床系列HLS-20A，激光切割机系列C3015D新产品，以及云设备管理平台应用技术，并分享了客户应用案例。

（供稿：深圳创世纪）

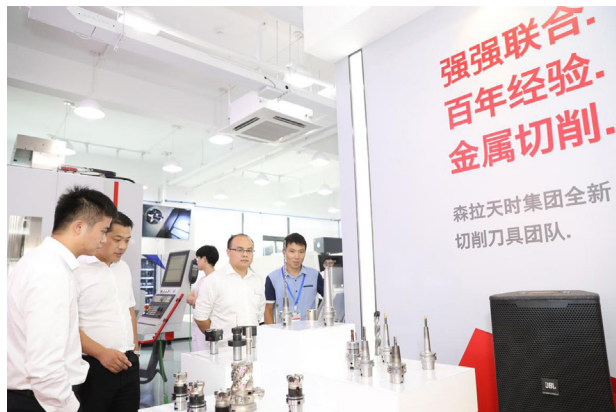
德国劳费尔亚洲技术中心落户合肥

近日，德国劳费尔压力机械公司（Lauffer Pressen）亚洲技术中心落户安徽合肥，旨在进一步拓展在中国及亚洲市场的业务。作为该公司在亚洲的服务机构，劳费尔亚洲技术中心（合肥）将充分利用母公司和其战略合作伙伴合肥合锻智能制造股份有限公司成熟的技术服务体系，在层压、粉末成型、塑料加工与封装技术、金属成形等领域，为中国及亚洲客户提供更加便捷的产品和技术服务。

Lauffer公司位于德国内卡尔河畔的霍尔布，始建于1872年，是欧洲最早从事压机设计、制造的企业之一，拥有多项国际先进的核心技术，服务范围覆盖层压机、塑料加工和封装、金属锻压、粉末成型等，产品主要应用于汽车、电路板、芯片行业，客户包括宝马、奔驰、大众等知名汽车生产厂商，以及苹果、IBM、贝尔、博世、西门子、德州仪器等芯片和电路板生产企业。Lauffer公司同时还开发解决方案，为用户提供投产、零备件、装备、改装、协助、技术支持等全方位服务。（供稿：合锻智能）

森拉天时集团技术中心在上海落成

日前，森拉天时集团（CERATIZIT Group）在上海设立的技术中心落成开幕。作为开发切削刀具和耐磨产品等超级硬质材料的企业，森拉天时集团在研发和生产碳化钨合金刀具、刀片、棒材以及耐磨件领域已有90余年历史，可为多个行业提供有效加工方案，产品遍布多个国家和地区，在多地设有生产基地和销售公司。为了更好地服务用户，森拉天时集团先后启动了各地技术中心建设。



上海技术中心可为用户提供产品演示、刀具试切测试、理论与实操培训、客户项目支持等服务。技术中心配备了Hermle C32U 数控立式五轴加工中心、DMG CLX 450 V3 2轴通用车削中心、OPENMIND数控系统等设备和软件，可为客户提供理论、实操培训及刀具试切演示，可根据客户项目情况，演示和调整优化配刀和加工方案，也能对定制非标产品的研发和创新项目的工艺优化需求提供支持协助。（供稿：森拉天时集团）

苏州宝玛：以环保工作液打开转型升级新通道

近年来，人们在市场上能越来越多地见到由苏州市宝玛数控设备有限公司（以下简称宝玛）出品的电火花线切割机床用水基环保工作液，宝玛也由此成为目前电加工机床行业唯一一家自己生产水基工作液的整机制造企业。

宝玛开发水基环保工作液源于10多年前的一笔机床出口订单。实际上，早在2007年，宝玛就已开发出第一代水基工作液，但仍耗时三年才在2010年时给部分客户试用；其后又经三年试用，才开始批量生产水基工作液。这期间，宝玛只是将开发环保工作液当作“副业”，也只是在客户有需要时才进行售卖，鲜有对外推介。而今，水基环保工作液已成为宝玛实施产品延伸策略时选择的重点产品，开发水基环保工作液也已成为其寻求新利润增长点的必然之举。

近年来，随着国家环保要求的提高，客户对环保工作液的需求日益增多。宝玛的水基环保工作液经过多年持续改进、提升，其品种已达10余种，并延伸到了切削液、磨削液、脱模剂、冲压液、清洗剂等多个领域，解决了纯水性工作液在攻牙、含镁30%以下合金切削及钛合金磨削中的应用问题。

作为配套产品，工作液直接影响机床产品的加工性能，如对线切割机床的加工效率、表面粗糙度、丝损等的影响较为明显。作为机床整机制造企业，宝玛也期望能通过对工作液的深入研究，进一步提升机床的加工性能。此外，增加了新的主营产品，宝玛的市场布局以及市场服务内容也将随之改变和提升。宝玛认为市场仍有许多可培育的空间，公司将积极开发更多品种、更优品质的水基环保工作液，满足不同层次客户群体的需求。

（供稿：特种加工机床分会）

机床工具行业： 理性看待下行 共创健康生态

中国机床工具工业协会 张芳丽 兰海侠



2019年8月26日，2019年中国机床工具工业协会理事长工作会议在大连召开。本次会议召开的时机，正值行业内、外部环境发生变化，相关部委及国家高层领导对机床工具行业高度关注，行业处在转型升级关键时期，意义十分重大。

最新数据显示，2019年8月我国

制造业采购经理指数PMI为49.5，且较上月又有小幅回落，连续4个月处于荣枯线以下。据中国机械工业联合会“2019年上半年机械工业运行情况”，我国机械工业产销延续上年回落趋势，效益下滑、价格指数低位徘徊、固定资产投资增速放缓、进出口贸易低位运行。实际上，自2019年

4月以来，全球制造业PMI呈现持续下行走势，7月再创新低并降至荣枯线以下，意味着全球经济下行态势明显，制造业面临着巨大冲击。在全球经济放缓、特别是制造业持续不振的大背景下，一段时期以来，我国机床工具行业形势严峻，承压运行。根据国统局规上企业统计数据，2019年

1~6月, 机床工具行业累计完成营业收入同比降低2.3%, 累计实现利润总额同比降低20.9%。中国机床工具工业协会重点联系企业统计数据显示, 2019年1~6月, 累计完成主营业务收入同比降低17.6%, 实现利润总额同比降低87.8%。6月国统局数据和机床工具协会重点联系企业数据显示, 亏损企业占比分别扩大为18.6%和38.3%。

一、会议概要

会议分上午和下午两个时段进行, 上午议程由第八届理事会第二年度理事长、济南二机床集团有限公司董事长张志刚主持, 听取了协会相关负责人的专题报告。下午的议程由第八届理事会第三年度理事长、武汉重型集团有限公司董事长杜琢玉主持, 围绕相关议题进行了讨论。出席本次会议的有机床工具协会第八届理事会的轮值理事长、副理事长、监事长和秘书长, 协会常设机构各部室负责人, 并邀请部分协会老领导、嘉宾和代表等共计60多人。

在上午的议程中, 常务副理事长毛予锋作了“2019年上半年机床工具行业运行情况分析报告”, 并就如何发挥新型举国体制, 推动机床工具行业高质量发展, 作专题报告阐述“对机床装备产业创新发展的思考”。执行副理事长郭长城介绍了“高档机床装备2035技术路线图”编制工作情况, 并介绍了“机床工具行业工业互联网平台”筹备工作进展情况。监事长王旭介绍了“协会发展规划(讨论稿)”和“理事长工作会试行办法”。秘书长王黎明介绍了CCMT2020(第十一届中国数控机床展览会)筹备工作进展情况。

毛予锋表示, 根据国家统计局数据和机床工具协会重点联系企业上半

年行业运行统计数据, 2019年上半年行业运营可以得出以下三个基本认识和判断。第一, 订单减少, 国内市场需求下降。第二, 行业经营压力加大, 运行质量下降。第三, 行业亏损面加大, 行业分化加剧, 企业困局隐现。但是, 在严峻的形势下, 行业也出现一个可喜的变化, 体现在出口方面。我国机床工具行业整体出口额虽然不大, 但是今年上半年金属加工机床出现了两位数的增长。1~6月, 金属加工机床出口21.6亿美元, 同比增长16.7%。其中金属切削机床出口14.2亿美元, 同比增长12.8%; 金属成形机床出口7.4亿美元, 同比增长25%; 工量具出口15.4亿美元, 同比增长3.7%。这是机床工具进出口历史上首次出现顺差, 但各分行业情况不同, 工量具和磨料磨具为顺差, 金属加工机床依然是逆差。

针对如何发挥新型举国体制的探讨, 毛予锋阐述了相关背景, 指出行业需要解决的主要问题, 如: 行业共性、基础性技术研究薄弱, 核心技术缺乏; 行业公共技术管理与服务缺乏, 新型技术研发体系尚未形成或碎片化; 中小企业技术研发能力不足, 路径依赖明显; 以企业为主体的创新体系不完善; 人才缺乏和研发经费不足是企业研发遇到的最突出的困难。同时强调, 在我国科技创新活动中, 举国体制是一件法宝。发挥市场经济条件下新型举国体制的优势, 是实施国家重大科技项目的“金钥匙”。

二、热议行业现状

在下午的会议讨论阶段, 理事长、副理事长们纷纷围绕上午议题踊跃发言, 就行业现状、行业遇到的主要问题、行业未来发展方向、企业研发投入、人才问题及发展规划等进行了热烈讨论, 并形成以下主要观点。

1. 机床工具行业一直在努力前行

大多数企业老总认为, 目前的行业下行是多重内外部因素叠加造成。其中, 用户领域总体需求下降及需求结构升级对行业发展影响较大, 特别是作为机床主要用户领域的汽车行业的大幅下滑, 以及摩托车、内燃机、农机、通用机械制造业等行业的下行, 对机床工具行业造成了直接影响。中美贸易冲突的不断升级, 也给机床工具行业造成直接或间接影响和很多不确定性。北京精雕科技集团有限公司董事长蔚飞、成都工具研究所有限公司董事长商宏谟等都认为, 要理性看待机床工具行业发展的客观规律。机床市场需求增量, 具有周期性波动是正常的, 不能期待其长期持续增长。总需求下降也有结构性增量部分, 这部分需求技术含量高, 想要拿下订单, 企业要有坚实的技术底蕴, 并得到用户认可, 这应是产品结构调整的主攻方向。

新中国成立以来, 特别是改革开放40年, 中国机床工具行业取得了诸多成就。目前, 行业处于转型升级的关键时期, 企业分化越来越明显, 某些企业没能适应新的变化的需求而走入困境在所难免, 但也有武重等企业因及时调整策略、深挖用户需求而实现了逆势增长。宁波海天精工股份有限公司总经理王焕卫认为, 在某些细分领域, 我们与国外先进水平的差距并没有拉大, 有很多国产机床在很大程度上能够满足高端用户需求, 可以替代进口机床。也正因为有了这样的国产装备, 才致使很多国外机床纷纷降价。特别值得一提的是, 济南二机床的智能冲压生产线已经站到国际先进水平第一方阵, 在美国、欧洲等发达国家赢得市场, 为中国机床争得了荣誉。重庆机床集团有限公司董事长张明智认为, 企业亏损的原因各有



不同，在认真查找自身问题、及时调整策略的同时，更多的仍需树立信心，坚定地走好每一步。

2. 亟待解决的主要问题

围绕行业面临的主要困难和难点，代表们在发言中探讨了方方面面的问题和成因，仅就企业自身急需解决的问题，可归纳出以下几点：

(1) 研发投入不足：协会老领导于成廷认为，行业转型升级进展缓慢的主要原因之一就是长期研发投入不足。这真是一个老生常谈的问题，但是对于大多数企业来说，本就起步较晚、基础不强、积累不足，研发投入一直没能到位；在转型升级新阶段，特别是行业持续下行的背景下，要投入大量人力、财力进行新产品研发和技术储备，就愈发困难。山东博特精工股份有限公司董事长李保民表示，功能部件行业需要大量且持续不断的高端制造和试验验证装备的投入，但企业目前的现状很难实现。针对企业新产品研发，郑州磨料磨具磨削研究所有限公司董事长闫宁表示，以前的创新，大多是模仿，一出来就已经落后了。我们更应该提倡原始创新，把研发项目指标提得更高，

如此才能形成竞争力。

(2) 基础理论研究欠缺：机床工具行业基础共性技术研究欠缺也是一个困扰行业多年的老问题。武重董事长杜琢玉指出，企业的核心就是创新，而基础研究又是很大的短板，我们在这方面投入不多，因此特别需要建立健全基础研发机制。同样，关键共性技术的研发和突破非常重要，需要给予极大的关注。上海机床厂有限公司董事长芦华表示，作为企业，机床技术底层研发的基础理论方面很难提升，比如机床振动问题就很难解决。机床功能部件是影响行业发展的很关键的部分，但目前我们很多产品只能使用进口的。闫宁表示，单个企业很难承担系统性问题的研究，尤其是关键部件和基础技术的研究，比如我们的砂轮，需要全产业链的共同提升，通盘考虑。

(3) 人才问题突出：芦华在发言中表示，人才问题是目前上机面临的一个很大的难题。上机参与到专项研究中的硕士寥寥无几。作为地处上海这样一个人才济济的国际大都市的上机都面临人才高度匮乏的局面，其他地域的企业人才状况更是可想而知。四川普什宁江机床有限公司总经

理姜华就表示，依照企业目前的现状，谈工匠精神、谈奉献容易，但是想真正留住人才很难。事实上，机床工具行业自从迈进数控时代，就同时步入了软件行业，是典型的高科技和人才密集型产业。数控机床行业需要大批优秀的数学人才、计算机人才，数控机床行业本质上是在跟互联网、人工智能等领域争人才，但目前行业的生态环境难以吸引到所需的优秀人才。不仅研发人才难求，有企业老总甚至表示，我们有些很好的装配技师或技术工人，最终却转向了网购或外卖平台。

3. 要重新定义机床工具行业

经过众多企业家的理性思考，大家普遍认为，目前到了需要重新定义机床工具行业的时候。毋庸置疑，机床工具行业是制造业乃至智能制造的母机行业，是整个国家制造业的基础和支撑，也是国防安全自主可控的基本保障，具有极其重要和关键的战略性基础地位。实际上，从其高科技属性看，机床工具行业早已不再是传统的机械制造业，可将其纳入与软件、互联网、人工智能等新兴领域并列的高科技



产业，享受税收等政策优惠。

机床工具行业的某些细分领域不适合完全放到市场机制中竞争，而需要在国家政策和资金支持下进行尖端技术和产品的研发和突破，最终满足国家国防安全和先进制造业的发展需要。秦川机床工具集团董事长龙兴元表示，机床行业不应该是追求GDP的行业，而是国民经济发展的基础性产业。但很久以来，机床工具行业被迫跟其他众多行业一起去打拼GDP，并且在很多省市（区）由于产值不高、利润微薄而不被重视，甚至被排挤。已持续一年多并不断升级的中美贸易冲突给我们敲响了警钟，沈阳机床集团董事长关锡友等代表认为，今天华为的处境很可能不久就会在机床企业重演，其实我们已经有机床企业的美元账户早已被封。因此，面对机床工具行业某些特定领域市场机制失灵的情况，对于一些高端细分产品和技术突破应该得到更多的政策关注和支持，需要新型举国体制来支撑。

三、共创健康生态

围绕工信部正在组织进行的“高端机床装备2035技术路线图”编制

工作，代表们认真研讨了行业未来发展方向，积极探索新型举国体制。协会老领导吴柏林对于目前机床行业得到国家重视感到欣慰，表示，机床强国梦是我们行业始终没有实现的心愿，并就未来工作提出两点建议：一要务实、求实。无论参与国家项目还是企业自身研发，要站稳脚跟，搞清楚什么该做，该怎么做。二要聚焦，好钢用在刀刃上，不能祈求用有限的资金解决所有问题。同时建议，国家把机床行业列为先行示范行业，切出一部分资金建立机床专项基金。

对于未来重点项目及产业政策扶持，江苏亚威机床股份有限公司董事长冷志斌、株洲钻石切削刀具股份有限公司副总经理王社权等大多数代表认为要聚焦两点：既要满足用户需求，又要符合行业未来发展需要。北京机床研究所有限公司董事长黄正华和宁江机床总经理姜华等代表就认为，如果说之前在实施项目时更加重视了满足用户需求，且有时只是个别用户的需求，没有形成行业发展的线和面，那么未来在产业政策实施中应该更加注重解决卡脖子的技术和装备，努力实现自主可控，最终提升行业综合实力和水平。齐重数控装备股份有限公司董事长王俊峰表示，好多用户、特别是民营企业用户，非常愿意以务实的姿态配合机床企业共同研发，并会给机床企业提出产品设计和工艺路线方面的宝贵建议，能够配合机床企业完成新产品产业化的适应磨合期。相反，一些国家扶持的重点项目却因为资金相对宽松，可能更会倾向于选择进口设备。因此，对于用户导向要往深处看，要对实际价值进行认真分析。广州数控设备有限公司董事长何敏佳等代表表示，对于产业政策扶持的项目最后要用市场来验收，而不仅仅由专家来验收，这样才有利于把经费引导到企业想做、市场需要

的项目上,从而解决产业化问题。

武汉华中数控股份有限公司董事长陈吉红及精雕董事长蔺飞等认为，机床工具行业发展的生态环境需要改善，水要健康，鱼才能活得好，政府可以给机床行业建立白名单制度，否则一有风吹草动，银行抽贷就会造成资金链断裂。同时，在生态环保方面需要有产业链保护，不能影响产业链正常运行。杜琢玉表示，未来企业要紧紧围绕创新驱动，涉及到产业链、供应链和价值链，企业应站在国际高度来考虑自身的市场定位，并根据行业未来发展方向来确定自身的产品攻关目标。

在讨论中,关于基础理论研究薄弱、共性技术缺乏以及人才问题引起广泛共鸣。大家普遍认为,机床基础理论和共性技术研究需要进行国家统筹规划和投入,国家层面要承担系统性问题的研究,尤其是关键部件等基础技术的研究。此外,数控机床的检测手段和标准方面都需要国家扶持,单个企业无法承担。对于解决人才问题,有代表建议对高端及技能人才实施税收优惠,以利留住有用人才。中国通用技术集团装备制造事业部总经理魏华亮、齐齐哈尔二机床(集团)有限责任公司董事长杨平、哈尔滨量具刃具集团有限责任公司总经理李铁桓、北京北一机床股份有限公司总经理彭效润、苏州电加工机床研究所有限公司总经理吴国兴等分别就相关问题发表了各自观点。

从代表们的发言中可以深深感受到，中国机床工具工业协会的理事长、副理事长们对行业和自己所在企业充满责任感，对于行业未来发展仍坚定信心，对于行业协会牵头实施新型举国体制和工业互联网平台建设充分信任。让我们共同努力，为打造行业健康生态环境并最终实现机床工具强国梦而奋斗！ □

CCMT2020主题 沿用“聚焦——数字·互联·智造”

中国机床工具工业协会

5G时代的到来，将信息通讯技术带到了新的高度，也不断推动第四次工业革命向新的高度攀登，催生数字经济进一步发展。CCMT2018将展会主题确定为“聚焦——数字·互联·智造”，高度概括了未来一段时期内全球机床制造业的时代特征与发展趋势，时至今日，数字、互联、智造依然是全球机床制造业聚焦之所在，将于2020年4月7~11日举办的CCMT2020（第十一届中国数控机床展览会）依然沿用这一展会主题。时代的进步，技术的发展又不断赋予这一主题新的内涵，新的高度。

聚焦数字化

——智能制造的基础

数字化是未来工业的根基，互联制造的根本。面对数字化制造时代的到来，全球机床工具行业顺应时代发展的趋势，推出了一系列新技术与新产品。这些技术和产品具备鲜明的数字化生产装备的特点，具有完整先进的网络方案、强大的通信功能、灵活兼容的开放性和丰富的应用软件，实现了数控系统由“机床控制器”向“数字化制造管控



器”转变，数控机床由“制造机器”向“数字化单元”转变。

在此背景下，世界知名数控系统提供商利用长期从事数控技术积累的特有优势和经验，带动整个行业掀起新一轮技术风暴，不断丰富在数控软件领域新的产品供给。数字化智能化制造技术、专业化产品和定制化服务、自动化与无人化技术层出不穷，并纷纷推出数字化工厂智能解决方案，协助客户从软硬两方面共同推动数字化工厂的建设和发展。在高档数控系统、工厂数字化及为用户提供定制化加工解决方案等方面，中国机床工具企业已经进行了诸多努力和尝试，并在某些领域取得进展。

聚焦互联（网络化）

——智能制造的途径

实现智能制造的重要前提之一就是设备的互联互通。国际上很早就高度关注数控机床的互联互通技术，早在2006年，美国机械制造技术协会（AMT）就提出了MT-Connect协议，用于机床设备的互联互通。今天，互联互通技术已经取得一定突破，人工智能、区块链、工业物联网及平台模式等正在改变制造业的游戏规则。德国机床制造商协会已建立面向机床装备的通用接口umati，可便捷安全地把机床和设备无缝连接到用户端的IT生态系统中。



中国机床工具工业协会高度重视数控机床互联互通协议标准研究和应用工作。2016年5月，协会牵头成立数控机床互联互通协议标准（NC-Link）联盟，旨在围绕智能制造的需求，制定具有国际先进水平的数控机床互联互通协议标准。经过3年的努力，20余次标准内容修订，10余次技术架构调整，2019年，NC-Link初步形成并在多个智能工厂应用验证。在CIMT2019和EMO 2019展会，NC-Link以独立展区或展台的形式参与展示。

5G将带来物联网的爆发式增长，这为智能制造深入发展提供了新的助力。工业互联网作为新一代信息通讯技术与现代工业技术深度融合的产物，成为制造业数字化、网络化、智能化的重要载体，是工业全要素链接的枢纽，是工业资源配置的核心。5G时代建设行业工业互联网平台恰逢其时，中国机床工具工业协会在推广应用NC-Link的基础上，积极着手机床工具行业工业互联网平台建设，让行业平台有效融入国家工业互联网体系，发现和挖掘“机床+互联网”协同价值，为机床工具产业赋能。

聚焦智造 ——制造业的发展方向

在数字化和互联技术的支撑和推动下，实现智能制造的前景日渐清晰，即在提供高性能产品的基础上构建数字化资产，实现信息互联互通，提升制造业的智能化水平。机床智能技术将环境、加工对象、加工要求、加工过程、装备自身等随机变化的因素，通过传感和多信息融合技术进行加工处理，从而获得传统控制技术在质量、效率、效能、安全等方面不曾

达到的高度。

智能技术是现代自控技术的制高点，是构成产品竞争力的新的重要因素，从传统制造向智能制造转型，必将不断产生新的发展动力，带动整个行业技术的进步。众多境内外企业顺势而为，主动抓住机遇，机床工具行业智能化建设已经卓有成效。CCMT2020将通过完整的产品组合及互动展示案例，全面展示机床工具行业前沿的数字化、智能化产品和技术，并帮助参观者深刻认知智能化解决方案将如何帮助用户实现更高的生产效率、更好的产品质量、更短的产品上市时间、更柔性的生产组织模式等等。

中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋表示，当前机床工具领域应在高品质产品的基础上，面向数字化（现实与虚拟）、自动化、物联与互联、工业大数据等重点方向开展研究，终极目标是实现数字化和智能化制造。聚焦数字化、聚焦互联、聚焦智能化制造不仅是中国市场需求反映出的最新趋势，也代表着国际机床工具产业发展方向。CCMT2020以此作为主题有利于展会聚焦市场变化和产业发展，为大家提供一个难得的展示和交流机会。 □



中国机床工具工业协会在EMO2019 成功召开新闻发布会

中国机床工具工业协会传媒部 李华翔

德国汉诺威当地时间2019年9月18日上午10点，中国机床工具工业协会（CMTBA）在EMO Hannover 2019展场会议中心举行了新闻发布会。中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋、秘书长王黎明，以及中国国际展览中心集团公司总裁贺彩龙出席发布会。来自部分国家和地区的媒体和协会代表，以及展商代表共50多人应邀参会。会议由王黎明主持。会上，毛予锋进行新闻发布，介绍了当前宏观经济环境、中国机床工具市场和行业运行情况，以及CCMT2020展会的筹办情况。

当前，从全球范围看，机床工具市场需求普遍相对疲软，作为全球第一大机床消费市场的中国自然备受各方关注。展会开展头两天，中国机床工具工业协会出访团组同日



本、欧洲、美国、意大利等机床协会代表进行了广泛的信息交流，中国当前市场现状和未来走势成为交流的重要话题。

发布会上，毛予锋通过较为详实的数据，介绍了中国宏观经济情况，同时分析指出：2019年以来，中国经济增长保持了总体平稳、稳中有进

的发展态势，主要宏观经济指标处在合理区间，经济结构正在优化，但在逆全球化、贸易保护主义和地缘政治冲突加剧等负面因素的影响下，全球经济发展正面临新的挑战，中国经济下行压力加大。

对于中国机床工具市场的具体表现，毛予锋首先介绍了2010-2018年中国金属加工机床需求情况，以及中国金属加工机床和工量具进出口情况。接下来，他从企业构成、2019年1-6月金属加工机床及工量具行业营业收入变化、金属加工机床产量，以及金属加工机床及工量具进出口情况等几个方面，介绍了中国机床工具行业运行情况，并总结出中国机床工具行业当前运行的三个主要特点，即：市场需求总量收缩，需求结构升级；企业努力转型升级，应对市场变化；出口持续增长，结构有所优化提升。

（下转第27页）



我国刀具行业： 努力转型 满足中高端市场需求

中国机床工具工业协会传媒部 张芳丽

近期，按照中国机床工具工业协会传媒部工作计划，笔者通过走访和函调的形式采访了工具分会秘书处和几家工具企业（主要的刀具企业），对我国刀具小行业运行及企业近况有了初步了解，形成一些粗浅认识，简单汇总如下。

一、行业及企业概况

据了解，2017年是工具行业历史上少有的好年景，连续四个季度保持了产销两旺的发展势头，销售收入同比增长达20%以上，出口也创下近年来新高。进入2018年，工具行业先是延续了2017年的高速增长态势，继续保持快速增长。但随着3C和汽车行业的逐步下行，从2018年下半年开始，工具行业（主要是刀具小行业）增速放缓。到2019年上半年，工具行业表现为高位盘整，稳中有降。从工具分会40家参与月报的会员企业相关数据看，4、5、6、7、8五个月的销售收入同比增幅分别为-3.3%、-3.4%、-4.4%和-6.7%、-8.1%，销售收入环比增幅分别-5.2%、-10.4%、-4.6%、-19.3%和2.7%，利润同比增幅分

别为-9.9%、-14.4%、-6.5%、-8.8%和-10%，下行压力逐月加大。与此同时，2019年第一季度刀具产品出口也大幅下降，同比增幅为-15.2%。结合机床工具行业整体形势看，工具行业、特别是刀具小行业的下滑，与大环境关联性很强并稍有滞后，更多地是受到汽车、3C等用户领域明显下降的影响。

具体到企业层面，情况各有不同。

从中国机床工具工业协会统计数据来看，近年来上海工具厂有限公司（简称上工）整体经营情况良好，每年的销售总额和利润总额，都处于相对较好水平。从2019年1~5月数据看，上工的高速钢麻花钻、高速钢丝锥以及整体硬质合金刀具的销量出现一定程度下降，但因其坚持技术创新和结构调整，且在工程机械和航空航天等领域表现出色，其产品利润总额同比上升了10.5%。2019年上半年，株洲钻石切削刀具股份有限公司（简称株洲钻石或株钻）内外销同比小幅下滑，但通过积极调整市场策略，5月份销售环比回升，同比降幅收窄，营销下滑势头得到有效抑制。桂林广陆数字测控有限公司（简称桂林广陆或广陆）产量微降约1%，销售增长

15%（其中第一季度增长30%），从第二季度开始明显感到订单下滑严重，第二季度销售与去年持平，这也是广陆近三四年来少有的。森泰英格（成都）数控刀具股份有限公司（简称森泰英格）2019年上半年情况较好，生产总值约1.2亿元，同比增长21%；新签合同约8300万元，同比增长16%。杭州杭刃工具有限公司（含杭州杭工工具有限公司，简称杭刃）2019年上半年生产平稳增长、产销基本平衡，丝锥、板牙及组套切削工具产量同比增长较快。厦门金鹭特种合金有限公司（简称金鹭或厦门金鹭）反映出订单需求量增长率相对2018年有所放缓，但目前仍处于正常运行中。浙江欣兴工具有限公司上半年销售增长35.1%，出口增长41.1%，产销快速增长。

2019年上半年，工具企业或多或少受到中美贸易摩擦的影响。受到直接影响较大的是株洲钻石。首先，增加了25%的关税，使其刀具的出口及推广成本增加，削弱了在美国市场的竞争力。其次，目前的征税清单中，包含了发动机、电动机等大量刀具应用行业，将间接造成相关产品的出口较大幅度下滑。加之部分用户企业可

能会考虑将生产线从国内转移到越南、东盟等国家，从而导致刀具需求萎缩。如果美国进一步落实对手机、平板电脑等3C行业增加25%关税，将对相关行业刀具需求造成更大幅度的下降。中美贸易摩擦对广陆公司造成较大的间接影响，因其服务的领域受到影响而导致刀具订单总体下降。杭刃工具也表示，中美贸易摩擦造成其2019年上半年国外市场特别是美国市场订单变得不稳定，预计下半年美国客户将大幅减少订单，并要求降价，将对其外销市场造成冲击。

从企业反馈来看，不同领域对刀具的需求和不同刀具品种的市场表现千差万别，充分体现了刀具行业特定和细分的特点。目前，对刀具产品需求较好的领域主要有航空航天、军工、能源、工程机械、轨道交通、重型机械行业等。上工表示，随着国家对国防及航天航空事业的重视，航天航空领域将会成为继汽车领域后，又一个大力发展的领域。特别是航空零部件加工领域，几乎成为国内外各家刀具制造厂商的发力点，相继推出航空专用系列刀具。虽然目前航空整体规模效应还不够，但由于各家刀具厂商都未进入正规化应用体系，市场仍然需要一个培育过程，但发展潜力巨大。同时，近两年工程机械、轨道交通等通用机械领域发展相对较好，重型机械行业迎来新一轮经济上升周期，需求方新动能转换持续加快。而其中的冶金工业、矿山开采等，继2018年持续升温之后，2019年上半年依然保持增长趋势。

工具种类方面，总体来看，技术含量较高、可以替代进口的高端系列产品市场需求较旺盛，订单较好。不同企业不同的刀具品种情况不一，森泰英格2019年推出的经济型液压刀柄、快换粘结夹头和高效铰削系统等新产品，获得市场高度好评，带动



了销售的增长。杭刃工具的丝锥、板牙及组套切削工具同比增长较快。广陆公司的千分尺品种、游标卡尺品种订单饱和且供不应求。

二、存在的主要问题和困难

1. 体量小，受重视程度不够

由于刀具行业体量很小，市场规模才不过几百亿，甚至都不足某些领域单个企业的年营销收入，长期以来，被视为机床的附属，未受到足够的重视，国家对产业扶持的力度有待增强。行业基础研究和产品研发投入不足，中高端市场长期被欧美、日韩等品牌占据，国产品难有较大突破。实际上，刀具作为切削加工中的重要组成部分，直接影响切削加工的水平，是衡量一个国家制造业水平的重要因素之一。

人才问题突出。人才问题是目前我国机床工具行业乃至整个机械制造业十分突出的共性问题，已经严重到制约行业整体进步和发展。株洲钻石认为，国内刀具行业起步晚，底子薄。短短几十年的发展历程，无论从技术沉淀还是人才储备方面，都远远不足。森泰英格表示，企业目前面临的最主要问题就是高端技术人才的短缺和流失。厦门金鹭认为，工具行业对专业技术人才、管理人才需求较大，但目前招聘很难。广陆反映，企

业处在广西这样的欠发达地区，整体工资水平不高，很难招到高端研发人才，并且目前这个问题很难缓解。

2. 部分企业反映出资金投入有限

上工就反映出，由于上游产品的原材料价格不断上涨，使产品生产成本不断提高，产品出口受到影响。同时，由于资金周转放缓，造成市场需求下降，客户库存不断上升，市场整体形势不容乐观。广陆也遇到资金问题，主要源自同行竞争激烈，产品利润低，且因量具市场体量很小，增长速度缓慢，缺少政策和资金扶持，靠企业自有资金投入非常有限，不能加快技术创新、产品创新的步伐。厦门金鹭等企业也同样反映出运营成本上升及现金流压力较大的问题。

此外，也有企业反映环保压力越来越大。比如上工身处国际化大都市上海，但又以传统制造业为主，如何既使生产流程符合环保要求，又能保证产能不受或少受影响，成为企业当前一个比较棘手的问题。

三、努力转型，满足中高端市场需求

与整个机床工具行业类似的情况是，我国刀具领域中高端市场大多被进口品牌占据。据机床工具协会工具分会秘书处反映，在我国2018年421亿刀具消费总额中，进口刀具（含在

中国生产并销售的境外品牌)为148亿,占比达35%。面对2019年及之后可能愈加加重的运行压力,刀具企业都在努力探索转型升级之路。

1.实现重点领域突破

对于目前经济形势,株洲钻石认为宏观经济或仍将承受下行压力。在中美贸易摩擦等诸多因素影响下,切削刀具行业下半年或将持续回落。株洲钻石将继续采取积极主动的措施来应对市场形势变化,一方面下半年将继续加强市场推广力度,深耕重点应用市场,提升市场占有率;另一方面继续对航空航天、军工、汽车、能源等重点行业的中高端刀具开展专项研发,进一步拓展市场,力争突破更多国外技术壁垒,在中高端切削刀具市场占据更大的份额。

上工对正处于快速发展期的我国航空制造业进行了很多研究,指出,新型飞机及大型飞机的研制对于航空制造加工提出了挑战,对刀具的整体应用也提出了更高的要求。从飞机被加工部位上看,所需刀具可细分为发动机、机翼、机身、起落架等加工用刀具,其中对发动机的加工还可分机匣、叶片、叶盘、扩散器、轴承壳体等。从不同被加工材料上看,可细分为针对HRSA高温耐热合金、铝合金、钛合金、碳纤维增强塑料、高合金钢等不同材料加工的专用刀具。从

刀具类型上看,可细分为整体高速钢刀具,整体硬质合金刀具,可转位刀具,PCD焊接式刀具。据统计,在飞机制造领域中,高速钢刀具约占各类切削加工总刀具量的60%,硬质合金刀具约占总刀具量的35%,超硬刀具(立方氮化硼、金刚石)占全部刀具总量不超过5%。这对于在高速钢刀具设计、制造、应用方面优势相对比较明显的上工来讲,有很大的发展空间,但刀具整体配套能力还需进一步提高。

2.瞄准中高端市场

广陆将在原有产品系列的基础上,增加高端系列产品的研发,瞄准国际高端同类产品技术,与国际高端技术同台竞争,目标市场就是先进口替代,然后再开发国际高端市场。广陆表示,将坚定不移地走中高端路线,以技术研发为先锋,夯实公司基础实力,为客户创造更高价值。杭刀具表示将更加注重外销市场,关注中美贸易摩擦的影响,及时调整产品布局,进一步开拓欧洲及东南亚等市场。同时,提升产品质量、加大技改和生产规模投入,推广和完善数字化及8S管理。

3.扩宽用户领域

对于2019年下半年的发展策略及前景预测,森泰英格表示,上半年汽车制造业的下滑在一定程度上影响

了增长预期,下半年将加大力气拓宽用户领域,针对能源动力行业、工程机械、电子和航空航天等重点行业进行布局;同时,要满足更多汽车制造业企业降低成本、增加效率的要求,提升产品的质量和稳定性;在未来的几年里将努力提升自身实力,夯实基础,抓住机遇,在转型升级的浪潮中脱颖而出。

上工认为,在工程机械和轨道交通领域,对传统刀具而言,尤其是大规格刀具的需求有所增加,诸如大规格高速钢钻头,M36以上大规格螺旋槽丝锥、整体硬质合金内冷却深孔麻花钻等产品,市场需求都有一定增加。

对于行业未来发展前景,受访企业能够理性看待目前的形势和未来走势,对国家采取的支持实体、减税降费等政策充满信心和期待。同时表示,将针对自身特点和行业形势,积极采取切实可行的重要举措提升产品技术和质量,加强管理,推进两化融合,参与信息化建设,并将针对中美贸易摩擦的影响,变被动为主动,更好地发展国产刀具,努力实现进口替代,为机床工具行业振兴做出更大贡献。□

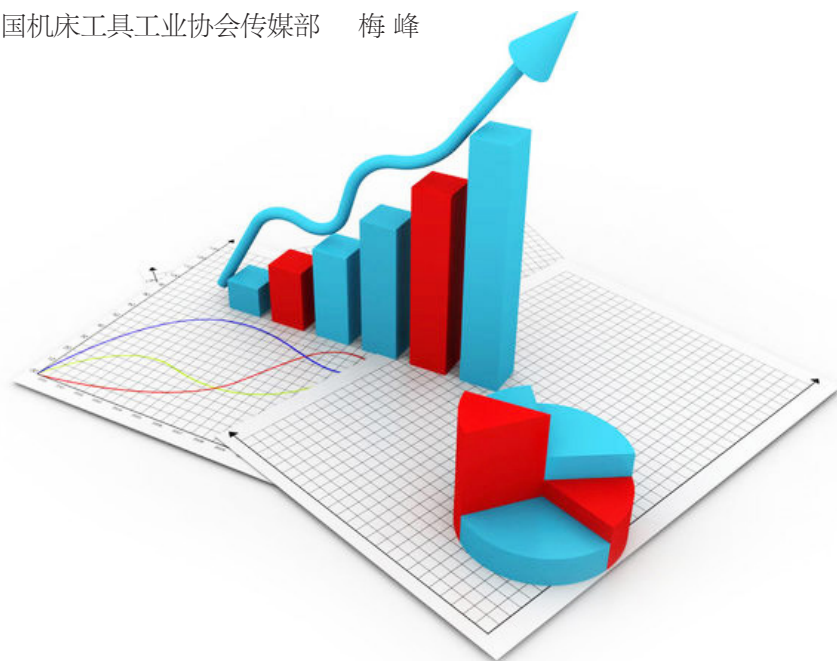
本次采访收集到的企业资料有限,不足以代表整个刀具行业情况,还希望在今后的工作中通过更加广泛和深入的学习和了解,对行业有更多的认识,也衷心希望得到业界专家的无私帮助和指导。

特别鸣谢:本次采访得到了中国机床工具工业协会工具分会秘书处的大力支持,与很多会员企业进行了耐心协调和沟通,受到上海工具厂有限公司、株洲钻石切削刀具股份有限公司、森泰英格(成都)数控刀具股份有限公司、杭州杭刀具有限公司、厦门金鹭特种合金有限公司、桂林广陆数控有限公司等企业的积极响应,及时提供了大量数据和素材,在此向他们表示衷心的感谢!



中央财经委员会第五次会议对行业的启示

中国机床工具工业协会传媒部 梅 峰



中共中央总书记、国家主席、中央军委主席、中央财经委员会主任习近平8月26日下午主持召开中央财经委员会第五次会议，研究推动形成优势互补高质量发展的区域经济布局问题、提升产业基础能力和产业链水平问题。

会议听取了国家发展改革委、工业和信息化部、国务院国资委、中国工程院关于提升产业基础能力和产业链水平问题的汇报。

会议上释放了很多信息值得行业企业认真探讨，会议很多新的提法很接地气，可为行业企业根据内外部环境变化和新形势，进一步筑牢产业基础能力，适应需求变化、制定发展战略提供重要的借鉴。

一、产业基础高级化、产业链现代化

“产业基础能力”和“产业基础高级化”是中央的新提法，是对工业基础能力及其所处阶段判断的拓展和提升。产业基础能力是对产业发展起基础性作用，影响和决定产业发展质量、产业链控制力和竞争力的关键能力，主要包括产业发展所必需的基础

关键技术、先进基础工艺、基础核心零部件和关键基础材料等“四基”。

我国已连续多年成为世界第一大机床工具生产国和消费国，建立起了机床主机、数控系统、功能部件等完善的工业体系，产业基础能力在巨大的市场发展中得到了显著提升，机床工具业在部分产品领域形成了相对优势，行业正在迈向中高端和高质量发展阶段。

另一方面，机床工具行业目前急需解决的各种发展不平衡、不充分的问题又集中体现在产业基础薄弱上。高档功能部件、高档数控系统、大功率电主轴、直线电机和力矩电机等核心基础零部件仍大量依赖进口，部分产品质量可靠性和一致性差，试验验证能力较弱，导致机床主机产品陷入“缺芯”“少核”境地，难以满足高端用户的全部需求，某种程度上制约

了机床工具产业的高级化进程。

会议指出要充分发挥集中力量办大事的制度优势和超大规模的市场优势，以夯实产业基础能力为根本，以自主可控、安全高效为目标，以企业和企业家为主体，以政策协同为保障，坚持应用牵引、问题导向，坚持政府引导和市场机制相结合，坚持独立自主和开放合作相促进，打好产业基础高级化、产业链现代化的攻坚战。

会议强调，要实施产业基础再造工程，做好顶层设计，明确工程重点，分类组织实施，增强自主能力。要打造具有战略性和全局性的产业链，围绕“巩固、增强、提升、畅通”八字方针，支持上下游企业加强产业协同和技术合作攻关，增强产业链韧性，提升产业链水平，在开放合作中形成更强创新力、更高附加值的产业链。

产业基础再造工程，要坚持应用牵引和问题导向，围绕机床工具产业基础能力的薄弱环节，整合各方资源，补齐发展短板，解决核心技术从无到有，从有到优，由优变强的高级化跨越。

在我国机床工具行业，“下游不信任上游、上游找不到下游”的应用难题较为突出，特别是在航空航天、军工等重点应用领域。过于强调自身责任的下游企业处于强势地位，对机床工具行业缺乏深度信任和共同成长意识，没有建立起一种长期的、战略性的基于共赢观念的供应链伙伴关系，当风险来临时才惊醒梦中人。因此，必须强化上下游企业进行产业协同和技术合作攻关，有意识地扶持本土机床工具及功能部件企业，做到独立自主，不依赖于人，不受制于人。

同时，机床工具行业应大力推进数字化、网络化、智能化改造，促进信息化与产业化高层次的深度结合，实现供应链与产业链协同，提升产业链现代化水平。

产业链现代化是对产业现代化内涵的延伸。加快产业基础高级化、产业链现代化，已经成为我国提升产业

基础能力和产业现代化发展的新方向和新任务。

二、建立共性技术平台，解决跨行业、跨领域的关键共性技术问题

机床工具行业是国民经济和国防军工的基础性和战略性产业，近年来国家层面对于机床工具产业的重视程度不断加强。当前，机床工具行业由于内、外部多重复杂因素的影响面临一定的发展难题，面对需求变化，产业不平衡不充分的发展问题仍较突出，产品结构调整和升级处于攻坚期，推动行业供给侧改革和高质量发展应多方发力、协同攻关。

为此，针对行业的基础性、关键性、共性技术研究方面，中国机床工具工业协会组织行业企业探讨了如何用新型举国体制的办法来解决市场失灵或单个企业无法完成的问题。

针对共性技术平台，中国机床工具工业协会也在积极探索实施“机床工具行业工业互联网平台”。当前我国正处于工业互联、平台经济等战略发展期，机床工具行业作为一个完整的产业链，

对走出低利润、同质化竞争、创新补短板能力不足等转型升级有着强烈的需求，推动机床工具行业工业互联网平台建设的时机较为有利。

在实施路径上，机床工具协会以推动机床互联互通协议标准为切入点，承接国家和各级政府工业互联网涉及机床工具行业的相关任务，让行业平台有效融入国家工业互联网体系，发现和挖掘“机床+互联网”协同价值，为机床工具产业赋能。

在平台业务设计上，着眼于解决行业企业痛点、难点，为企业提供研发、生产过程所需业务辅助、协同工具，提升产业链运行效率，设计基础云服务、产业链协同工具、知识服务、金融服务和用户服务等。

机床工具行业工业互联网平台将成为中国机床工具工业协会履行职能、践行责任和义务的重要载体之一，期望平台的建设对于行业探索新的增长点、推动行业转型升级起到积极的促进作用。

对于产业的发展，按照中央的部署要求，企业应迎难而上、开拓创新，打赢产业基础高级化和产业链现代化这场至关重要的攻坚战。□

上接第22页

对于2019年全年的预测，毛予锋认为：2019年下半年中国机床工具行业总体上仍将保持需求持续升级态势，需求结构性变化明显，需求总量呈现下行趋势，各分行业领域会表现不同。预计全年行业主要经济指标同比将呈现很大下降压力。

承压下的机床工具产业表现究竟如何？作为反映数控机床产业发展的风向标和晴雨表的CCMT2020展会将是一个最好的见证。

2020年4月7-11日，第十一届中国数控机床展览会（CCMT2020）这一年度盛会将在上海新国际博览

中心举行。本届展会的主题是：聚焦——数字·互联·智造，展会面积达12万平方米，预计将有来自世界各地的1500余家知名展商参展。

毛予锋谈到，目前CCMT2020展会的招展及筹备工作正在有序进行，国内外厂商报名十分踊跃。展会期间，中国机床工具工业协会将举办2020机床制造业CEO国际论坛，以及数十场技术讲座和产品推介会等丰富多彩的配套活动，同时将组织重要客户领域的用户团组到展会采购，努力提升各方的参展和观展体验。

在会议提问环节，王黎明代表

CCMT2020展会主办方简要回答了记者提问，主要涉及中国数控机床互联互通协议标准NC-Link的推进情况、CCMT展会国际化参与程度不断提升的发展历程等方面。贺彩龙总裁介绍了北京中国国际展览中心（新馆）二期工程的建设规划远景。

会议期间，主办方穿插播放了最新制作的CCMT2020宣传片。中国第一机床工具消费市场的重要地位，以及上海地处长江三角洲高端制造集中区这一独特的地理区位优势，让人们们对CCMT2020的成功召开充满期待。□



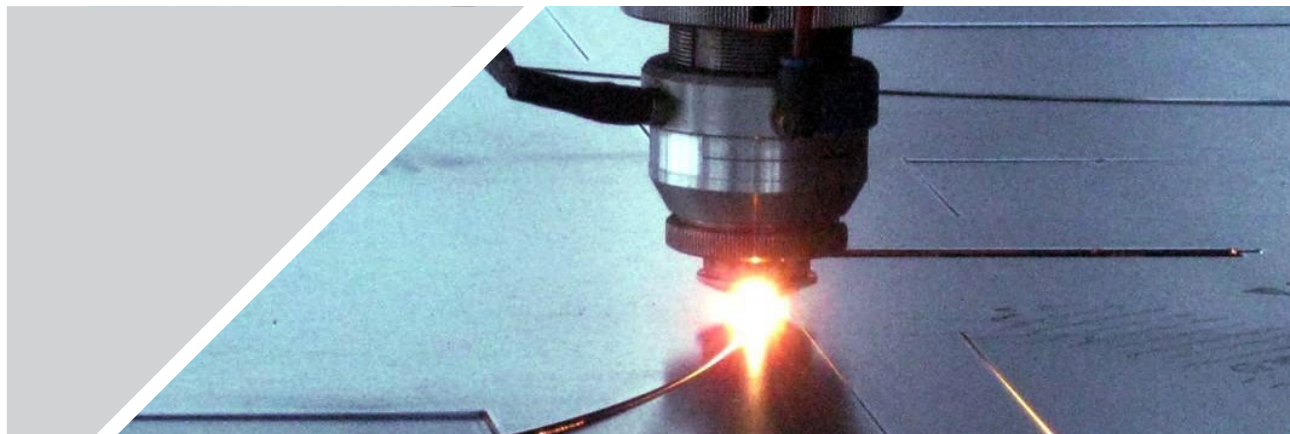
先进激光加工技术与装备

策划人 李华翔

激光加工是一种利用高功率密度的激光束照射工件,使材料熔化气化而进行穿孔、切割和焊接等的特种加工技术。

近几年,随着科技的进步,激光技术以其加工应用范围广、工艺灵活多样、加工精度高、质量好、生产清洁、易实现自动化、柔性化和智能化等优点正逐步取代一些传统的加工方法。各种专用的激光加工设备竞相出现,并与光电跟踪、计算机数字控制、工业机器人等技术相结合,大大提高了激光加工设备的自动化水平和使用功能。

本期策划将为读者介绍有关三维五轴光纤激光切割机、高效光纤激光切割机等先进激光加工设备的技术特点,以及激光焊接技术在汽车制造这一重点领域的应用现状与发展趋势。



三维五轴光纤激光切割机技术剖析

大族激光智能装备集团有限公司 周桂兵

三维五轴光纤激光切割机被视为高功率激光加工设备皇冠上的明珠，其主要应用于三维异形曲面的切孔和修边，用于代替冲孔模和修边模。早期，国内采用手工等离子切割三维工件，切割效果差，近几年国内开发了机器人三维激光切割机，切割效果有一定的提升，但是受制于机器人的精度不高，切割精度较差，只是在一些要求不高的行业得到了一些应用。而在汽车冲压模具行业中试模，由于对切割精度要求较高，生产效率高，性能稳定等特点，三维五轴光纤激光切割机得到越来越多的应用。三维五轴光纤激光切割机产品图如图1所示。



图1 三维五轴光纤激光切割机产品

一、技术发展背景

三维五轴光纤激光切割机是集光、机、电、气一体化的高端机床装备，应用于汽车行业、模具行业、军工及航空航天行业、家用电器行业以及异型管材类切割，主要适用于曲面薄板类的金属切割。

三维五轴激光切割技术在90年代就已经开始研制，研制及生产厂家仅有德国Trumpf、意大利Prima两家，市场基本上被这两家垄断。在2008年后，日本NTC、Mitsubishi研制开发了低加速度、低速度、高精度的工作台移动式的三维五轴CO₂激光切割机。但一直以来，三维五轴激光切割机主要用于研发及小批量试制，对冲压成形的三维零件进行修边、切孔，取代传统的修边模和冲孔模，缩短新产品研发周期，降低制造成本，所以每年的市场销量较少。在中国市场，一般一年的市场需求量在30~40台左右。

但是由于汽车热成形技术的出现及应用，改变了市场需求量少的状况，一条汽车热成形生产线一般配备4~5台三维五轴激光切割机，市场需求呈爆炸式发展。截止目前，全球有近450条汽车热成形生产线，跟随配套生产的三维五轴激光切割机约有2000台套。国内有近170条热成形生产线，跟随配套生产的三维五轴激光切割机约有700台套。

钢板热成形技术是指将钢板经过950℃的高温加热之后一次成形，又迅速冷却，从而全面提升钢板强度，

屈服强度达1000MPa以上,用在车身上后,车重没有增加,但承受力提高了30%,安全性能显著提高。由于钢板强度太高,传统的修边模和冲孔模因钢板高强度问题无法进行修边和冲孔,只能使用激光进行生产,从而使三维五轴激光切割产品进入汽车批量生产线,成为不可替代的生产工艺及工序。

普通钢板的屈服强度在140MPa,适用于旅游观光车、缆车;高强度钢板的屈服强度在180~240MPa,适用于卡车、叉车、客车、挖机、农机等;高强度钢板的屈服强度在260~320MPa,适用于经济型轿车,经济型SUV车;超强度钢板的屈服强度在340~700MPa,适用于高端型轿车,高端型SUV车;而热成形钢板的屈服强度超过1000MPa以上,一般热成形钢板的屈服强度在1500MPa左右。目前,材料厂家正在研制热成形钢板的屈服强度在2000MPa左右,越来越多的超高强度钢板被汽车行业广泛应用,这使得三维五轴激光切割机产品越来越得到更多的应用。

二、技术发展现状

目前,生产三维五轴激光切割机主要厂家有德国Trumpf、意大利Prima、日本NTC、Mitsubishi、大族激光、华工。Trumpf、Prima由于生产较早,产品成熟,性能稳定,市场客户认可度极高。日本NTC、Mitsubishi两家公司只生产低速度、低加速度的三维五轴CO₂激光切割机,其生产效率较低,能耗较高(CO₂激光器相比光纤激光器能耗高很多),无法满足汽车热成形生产线生产效率的要求。大族激光攻破关键技术,掌握核心技术,既生产低速度、高精度的三维五轴光纤激光切割机,又生产高速度、高精度的三维五轴光

纤激光切割机,技术紧跟Trumpf、Prima,现已成为目前市场上三维五轴光纤激光切割性价比最好的产品,解决了三维五轴光纤激光切割机以下的核心关键技术。

1. 机床结构优化设计及动态设计

对整机结构进行CAE有限元分析,结合动、静态刚度,静态强度,热特性进行分析,得到整机最佳的刚度场与温度场,经过反复测试及验证,进行设计改进,分析理论值与实际测试值数据的差异化的因素,当理论值与实际测试值数据基本吻合,最终获得整机最经济和最轻量的结构设计。机床结构优化设计及动态设计方框图与机床结构图如图2所示。

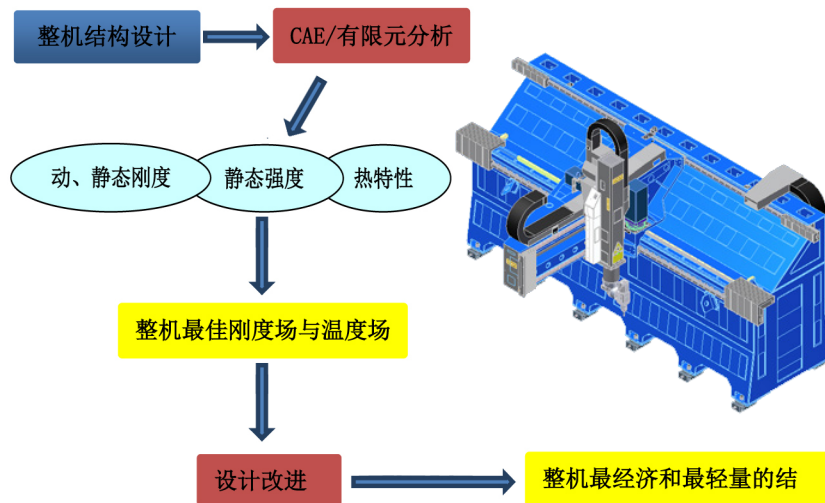


图2 机床结构优化设计及动态设计方框图与机床结构图

2. 提高动态性和稳定性

对高速度、大惯量、大尺寸的部件进行CAE有限元模态分析,对结合面阻尼、局部刚度、质量分布进行分析,采取隔振、减振、抑振措施,对结构进行设计改进及优化,经过反复测试验证,获取动态性和稳定性良好的移动部件,确保产品的动态性能与稳定性。提高动态性和稳定性方框图与模态分析图分别如图3、图4所示。

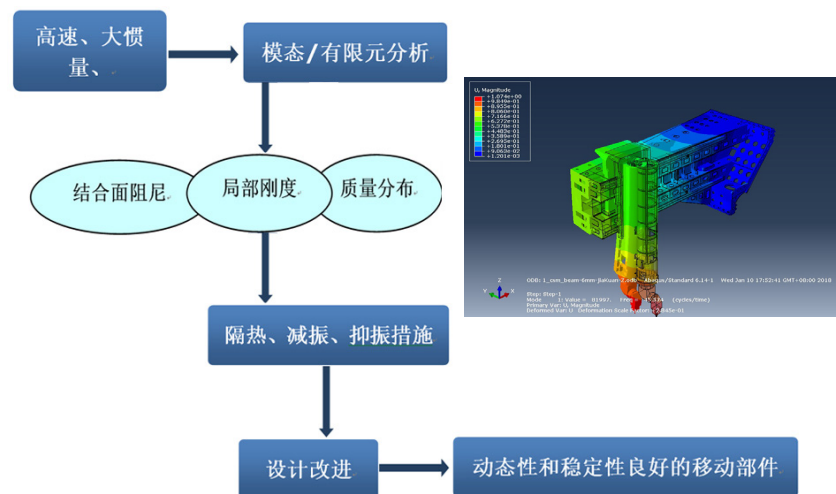


图3 提高动态性和稳定性方框图与模态分析图

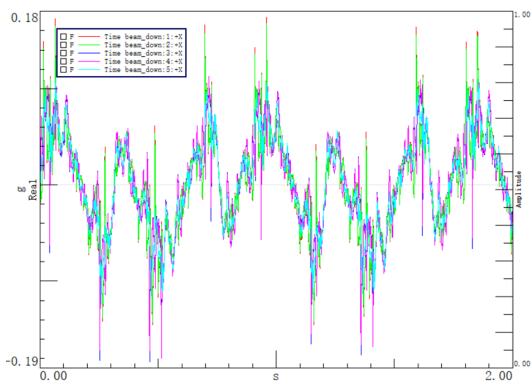


图4 模态分析数据图

3. 获得高速度、高精度定位

对电机及伺服进给驱动系统进行测试及有限元分析,结合定位精度、响应速度、热特性、电机刚性进行分析及优化,并跟踪特性分析,对数控系统多轴联动进行误差补偿,获得高速度,高精度定位。伺服驱动系统分析方框图如图5所示。

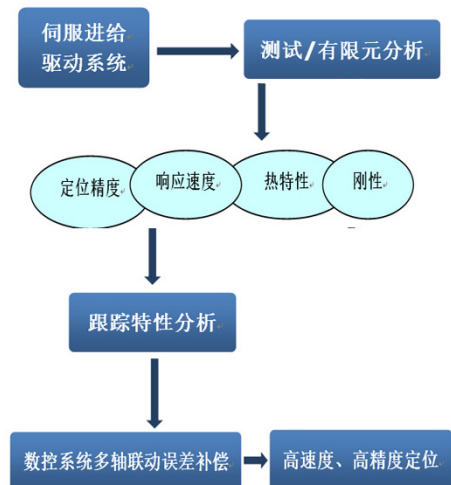


图5 伺服驱动系统分析方框图

4. 解决无限旋转三维切割头核心技术

精密的光学计算,制定系统几何的空间算法,研制360°无线旋转三维切割头,自主创新,拥有核心技术,打破了国外垄断技术,是继德国Trumpf、意大利Prima、德国LT后,第四家能够生产360°无线旋转三维切割头的厂家。360°无线旋转三维五轴切割头如图6所示。

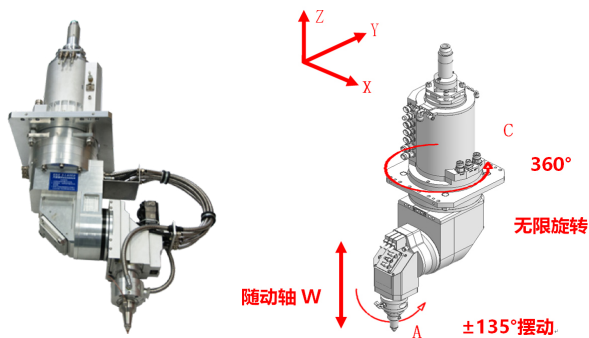


图6 360°无线旋转三维五轴切割头

对三维五轴切割头产品,解决如下关键及核心技术:

(1) 三维五轴无限旋转切割头水、气、光通路的密封

三维五轴切割头加工时运动轨迹较为复杂,通过C轴(无限旋转)机械传动部分传输的管道有光路、水路、气路、电信号通路。由于C轴为无限旋转结构,上述通道无法采用管道式的结构,需设计特定的旋转式通道结构传输。随之而来的问题就是要解决运动通道水、气、光的动密封性。为突破此重大障碍,在多种备选设计方案中选择水、气、光、电各通道独立传输的旋转机械结构;针对C轴各旋转传输通路对密封元件技术要求,开发以新型材料为基础设计的旋转通道密封元件,元件设计充分地考虑了耐磨性、密封性和元件与管道动摩擦力的综合因素的平衡;结合理论与经验的指导适当调整密封元件与被密封通路的公差配合,成功地实现集成多个密封传输通道的高速无限旋转C轴部件。经过大量实验验证自主研发的高速旋转密封元件性能已达到国外同类产品水平。

(2) 三维切割头高速旋转下电信号抗干扰屏蔽技术

采用传统的线缆在旋转轴中传输电信号会因轴的旋转将线缆缠绕甚至拉扯断裂,多路电信号同时在间距较小的空间内传输也会有信号互相串扰的风险。为了避免此类问题并保证多路电信号的抗电磁干扰传输,根据多路电信号通路的技术规格,首创的独特电滑环结构设计,突破多路电信号在高速旋转轴上的抗干扰传输。

5. 在线修改软件技术

大族自行开发的HANS 3DEDIT在线修改程序软件,修改程序尺寸更加方便、快捷,换件速度快,提高了生产效率,节约了生产成本。在线修改软件如图7所示。

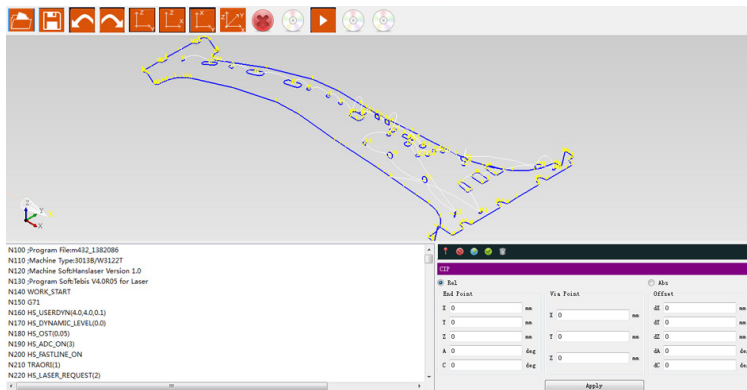


图7 在线修改软件

6. 基于具备RTCP功能数控三维五轴光纤切割系统集成应用技术研究

(1) 研究三维五轴光纤激光切割装备硬件集成系统结构,分析具备RTCP功能数控系统的软硬件接口,设计三维五轴光纤激光切割中各加工部件的系统

集成控制方案。

(2) 研究RTCP功能数据。三维五轴光纤激光切割系统由三大功能块组成,分别是加工控制模块、离线编程模块以及激光切割工艺数据库。结合加工装备的硬件集成,面向三维五轴光纤激光切割工艺的软件二次开发,给予PC工控平台设计数控系统控制类函数,开发三维五轴光纤激光切割控制应用程序接口,实现三维五轴光纤激光切割机床运动控制以及工艺调节等功能。

(3) 基于三维空间映射对三维五轴激光加工机床进行运动学分析,同时设计切割头运动仿真。

(4) 开发基于HMI的PC平台的数据库,并结合功能需求利用SQL进行数据库的具体功能设计,实现数据库的修改、添加、查询、浏览以及删除等功能。

7. 三维复杂曲面激光切割工艺的研究

(1) 分析外光路模式,对光路进行整形补偿,确保最佳切割光束模式,开发三维五轴激光切割专用工艺控制软件。

(2) 研发快速穿孔、切割状态控制反馈技术,同时开发碳钢厚板尖角切割、厚板极限切割小孔、高功率光纤氮气切割中薄板碳钢工艺方法、复杂图形及图片处理与应用等工艺方法,攻克复杂图形及小轮廓加工的工艺技术难题。

(3) 研究激光切割控制方法、激光切割速度控制方法、转角的激光切割方法。对三维覆盖件误差补偿、三维覆盖件拐角切割质量控制和平板上尖角切割质量的控制方法进行研究。

(4) 开发基于CC编译循环的Z轴仿形控制技术,图形预览及轨迹同步显示技术,基于图形预览的灵活介入和灵活补切技术,基于快速响应激光脉冲方波PWM发生器的激光脉冲

频率与占空比、激光功率实时坡度调节技术。

(5) 解决三维件拐角过烧,厚板尖角过熔和极限小孔切割,薄板的快速穿孔等工艺难题,建立完善的激光切割工艺专家数据库,实现大轮廓、小轮廓、拐角、标准图形等激光切割工艺参数的自动调用。

三、技术及应用发展趋势

1. 技术发展趋势

伴随三维五轴激光切割技术越来越先进及进步,性能及功能越来越强大,呈现出如下技术发展趋势:

(1) 高加速度、高速度:产品加速度越来越高,产品速度越来越快,生产效率越来越高。

(2) 高切割速度、高精度:切割速度快生产效率才能高,生产成本才能降低;高的定位速度及高的重复定位精度,才能有高的切割精度,才能满足日益高质量的产品需求。

(3) 自动化、智能化:人工成本日益增高,产品需要向高自动化,高智能化方向发展。一方面高自动化可以减少人力,节约成本;另一方面,高智能化致使机器装备技术操作简单,对人员技术的依赖较小,简单、易学,也是在降低成本。

2. 应用发展趋势

一方面,产品性能不断的优化改进,产品价格不断的下降,致使广大用户都可以买得起,基本上能够优先采用三维五轴激光切割的工序,从而取代传统的加工方法。

另一方面,三维五轴激光切割切割技术促进产品个性化设计,设计工程师可以发挥个性化的设计,设计出更加完美的产品,不会受传统加工方式的制约。

再有,热成形技术进入汽车行业,促使三维五轴激光切割机成为汽

车生产工序上不可替代的工序。随着越来越多的车型采用热成形技术,越来越多的三维五轴激光切割机进入汽车生产线。目前,只有高端车在使用,但随之发展,经济型车,新能源车也会采用热成形技术。

调研汽车行业,据分析,今后汽车更新换代会更加的快速,过去一个车型生产上百万辆的时代已经成为历史。单一车型的数量逐步在下降,模具的成本非常高,而三维五轴激光切割机就会体现较低的使用成本而顺应时代发展需求。

综上所述,在汽车行业,特别是在汽车热成形行业中三维五轴激光切割不断地应用与发展,技术水平越来越先进,生产效率越来越高,不仅可以解决汽车热成形高强度钢强度大的问题,还能促进汽车个性化设计发展的需求。□

资讯

新能源汽车同比大幅下降

9月,新能源汽车产销分别完成8.9万辆和8万辆,比上年同期分别下降29.9%和34.2%。其中纯电动汽车产销分别完成7.4万辆和6.3万辆,比上年同期分别下降26.1%和33.1%;插电式混合动力汽车产销分别完成1.5万辆和1.7万辆,比上年同期分别下降44.1%和38.4%。

1~9月,新能源汽车产销分别完成88.8万辆和87.2万辆,比上年同期分别增长20.9%和20.8%。其中纯电动汽车产销分别完成71.7万辆和69.2万辆,比上年同期分别增长29.2%和27.8%;插电式混合动力汽车产销分别完成17.0万辆和17.9万辆,比上年同期分别下降5.4%和0.8%;燃料电池汽车产销分别完成1315辆和1251辆,比上年同期分别增长7.7倍和7.6倍。□

LCG 3015 AJ II :高效光纤激光加工机升级款

日本AMADA公司

AMADA自1980年发布全球第一台钣金加工用的激光加工机LC644后,经过数十代产品的迭代,于2014年发布了高效激光加工机LCG3015,并于次年发布了光纤激光版LCG3015AJ,完成了系列化。

近年来,随着光纤激光技术和激光加工技术日新月异的发展,AMADA于2019年4月陆续在深圳、上海、北京发布了LCG3015AJ的最新升级款机型LCG3015AJ II(以下简称LCGAJ2)。该机型在各方面进行了升级,将成为下一代主力机型。



一、LCG3015AJ2激光加工机主要特点

1. 中国风外观

LCGAJ2大胆地采用了大面积中国红,从外观配色上就可以看出,这台设备延续了LCG系列产品“中国设计、国际品质”的开发理念。针对中国钣金用户对激光加工“要求更高的效率、更高性价比”这一最大需求,通过结构上的各种改动,诞生了最初的LCG系列产品。而这台LCGAJ2,更是回归设计原点,将中国钣金加工企业对于激光加工的需求放在第一位,彻底贯彻最高性价比这一理念打造而成。

众所周知,AMADA设备的配色方案始终采用黑、红二色为主色调。这不仅是因为这两种颜色更适合工厂现场环境,其实这之中还包含了AMADA对加工设备的设计哲学。黑色代表沉稳和力量,寓意AMADA设备出色的稳定性和

强大的加工能力;红色代表热情,寓意AMADA全体员工为用户尽心尽力的服务。而这台设备采用大面积红色也就意味着AMADA全力支援、服务中国钣金用户的决心。

除了配色之外,为了进一步节约设备占地空间,公司将激光发振器和激光控制、强电盘全都内藏,整体外形无明显凸出或凹陷部分,是接近最适合布局的矩形设计,在体现现代设计美学的同时,提高了场地利用率(仅主机和交换工作台部分)。

2. 更高的生产效率

现代的高效激光加工机,在切割速度上都已经实现了高速化,但用户实际使用过程中并不能达到理想效率,这是因为:切割速度和加工效率并不是同一个概念。切割速度仅代表针对特定板材和板厚,系统所能提供的最大直线切割的速度,而加工效率则涵盖了包括切割速度在内的,从工前准备到切割加减速、甚至上下料的便利性所有的速度。以工序概念来说,我们都知道整个生产过程的效率是由效率最低的工序决定的,这个最低效率的工序一般被称之为“瓶颈工序”。同理,在一台激光切割系统

中,加工效率也是由“瓶颈工作”所决定的。所以无论切割速度有多快,如果不解决瓶颈工作的话,依然发挥不出整套系统的优势来。而LCGAJ2则在保证切割的高速性的前提下,消灭瓶颈工作,提高整体加工效率。LCGAJ2激光加工机的高效特点主要体现在以下几个方面:

(1) 无需更换聚焦镜

为了保证切割品质,在以往的激光加工中,针对不同的材质和板厚,需要频繁地更换不同规格的聚焦镜,在更换聚焦镜的过程中,设备是无法实际加工的。这不仅浪费了实际生产时间,还由于聚焦镜规格不同,从而增加了管理的难度。

如图1所示,LCGAJ2搭载了一片可以自动改变表面曲率的镜片,即可变曲镜。通过更改镜片表面的曲率,可以将相同性质的入射光调制成具有不同扩散角度的反射光,分别针对不同的加工需求。一般切割薄板时,系统会自动调制成扩散光,便于聚焦出能量更集中的焦点,可以以更高的速度进行切割;而当切割中厚板时,系统将调制出收缩光,聚焦出焦深更长的焦点,使激光切割面积更大,有利于切割品质和板材上表面到下表面的尺寸一致性(更小的切割锥度)。

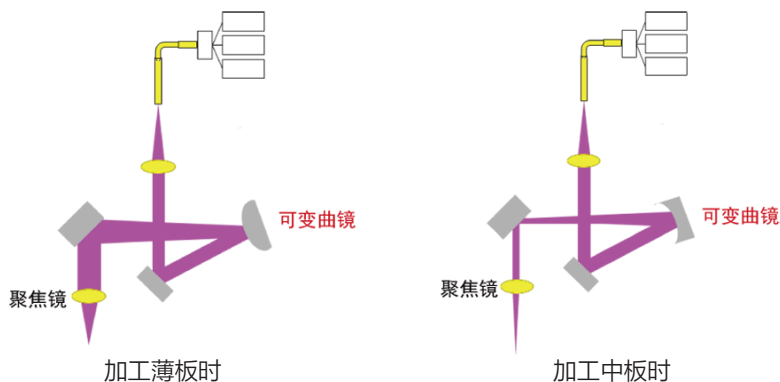


图1 可变曲镜对光束扩散角调制示意图

通过可变曲镜对光束的自动调制,就可以只以一片聚焦镜片,加工6mm以下碳钢板及其他所有材质、板厚的材料了。

假设一张板材的切割时间平均需要10min,而为了更换聚焦镜就要花费至少1min,占到了实际加工的10%左右时间。如果可以将这个时间节省下来,就相当于提高了10%的切割速度。使用过激光加工的人都知道,在一台激光加工机上提速10%,就需要承担远大于10%的风险,结果往往欲速不达,得不偿失。而现在只要利用LCGAJ2的这一特点,即可在无风险的前提下,轻松提高产能。甚至,由于无需更换聚焦镜,还能避免由于装错聚焦镜而导致的切割次品,杜绝人为失误,保证了更稳定的加工。

(2) 自动更换喷嘴

与无需更换聚焦镜相配合的,就是自动更换喷嘴机能。更换切割喷嘴是一个很繁琐的工作,除了喷嘴更换本身之外,还要对更换的喷嘴进行对芯及感应,如果是熟练工操作的话尚可,而如果是经验不足的员工进行更换的话,则有可能耗费大量时间,影响整体产能。另外,当激光加工系统需要自动化升级的话,如果喷嘴无法自动更换,再先进的自动上下料系统也将无法发挥出最大的威力来。

AMADA产的几乎所有型号的激光加工机,都可以配备自动更换喷嘴

装置,而作为高性价比的设备,LCGAJ2上则首次标配该机能。并且,为了覆盖该设备加工范围内的所有板材,我们还将自动更换喷嘴装置进行了升级,在LCGAJ2所标配的装置上设置了8个工位(见图2),可以安装加工所需的所有8种喷嘴。即使有些工厂的加工板材范围有限,并不需要8种喷嘴,也可以设置多个相同种类的喷嘴。

由于系统对喷嘴的使用寿命具有自动计数功能,所以可以在一个喷嘴寿命到期后,自动更换相同规格的新喷嘴,保证加工品质的一致性。同时,当喷嘴需要清洁时,也能够自动进行清洁,无需人为考虑,保证加工品质。

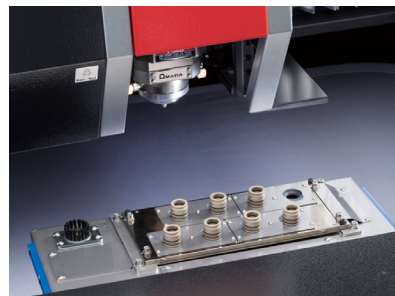


图2 标配的8工位自动更换喷嘴装置

由于AMADA的编程软件VPSS 3i上所制作的标准程序中已经包含了所有的加工条件,所以系统只要调用程序后,即可自动更换当前加工所需的喷嘴,无需任何人为干预,这样就可以实现不停机的连续运转,并杜绝人为操作失误而带来的损失。

(3) 斜尺驱动结构

作为LCG系列设备的最大特点,就是能实现更高切割加速度的斜尺驱动结构。所谓斜尺驱动,是指驱动轴的齿轮和齿条都是以斜尺形式排布。实验证明,采用斜尺结构的尺合性更好,移动精度也更佳,可以提供更高的加减速。斜尺驱动结构示意图如图3所示。

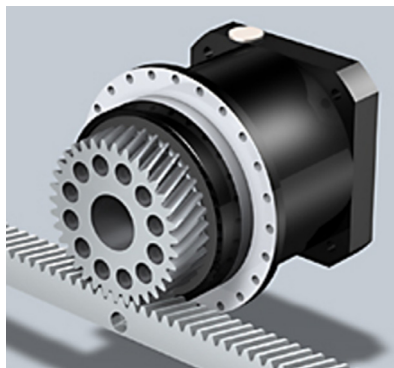


图3 斜尺驱动结构示意图

一般的激光切割设备，都会标识各驱动轴的最大移动速度及轴向加速度。但比起各轴每分钟能跑多少米，对实际加工更为重要的，却是不太被提及的切割加速度。与轴向加速度所不同的是，切割加速度是指激光切割中各轴的加减速。这个数值越高，意味着转角的效率越高，也就是加工效率越高。假设两台不同的激光加工设备，即使以同样的加工条件，切割完全相同的程序，由于切割加速度的不同，最后的实际加工时间也会出现很大的不同。

这是因为，如果只以直线切割的话，当然单位时间的切割速度越快效率则越高，但实际的产品几乎不可能存在这种加工的。一般的产品是由开孔和四周外围的切断构成，而产品的外形尺寸，可以说绝大多数都是在1平方米之内的。



图4 激光加工产品的速度分区示意图

如图4所示，假设一台激光机针对这种板材可以提供50m/min的切割速度，理想状态当然是在a距离上以这样的速度切割，但实际上由于机械运动的原因，这是不现实的。

激光切割时，假设切割的是靠右这条边，由上向下切割，那么它的实际运动则是：不断加速的b距离 → 以指令速度（50m/min）切割的c距离 → 不断减速的d距离，这样三个步骤完成的。那么，如何缩短b和d的距离以延长最高速加工的c距离，直接关系到最终产品的加工效率。一台切割加速度低的设备，b距离和d距离几乎是相接的，这样，无论指令速度有多快，但在实际切割上却是反应不出来的。而LCG系列激光加工机，采用了斜齿驱动结构，使加减速相当快，也就是b距离和d距离相当短，这样就可以在更长的时间里以指令速度切割，从而提高加工效率。

（4）带有升降式滚珠台面的高速交换工作台

AMADA设备的开发设计，都是通过“前负荷开发”方式进行的。所谓“前负荷开发”方式，是指在实际设计、开发一台新的激光设备之前，我们会听取广大用户对激光设备的实际需求，将用户需求作为第一要点进行开发设计的一种方式。在钣金加工中，几乎所有用户共同的愿望，就是“希望消灭板材背面划伤”，所以AMADA所有的飞行光路型激光加工机的高速交换工作台，都标配可升降的滚珠上下料台面（见图5）。

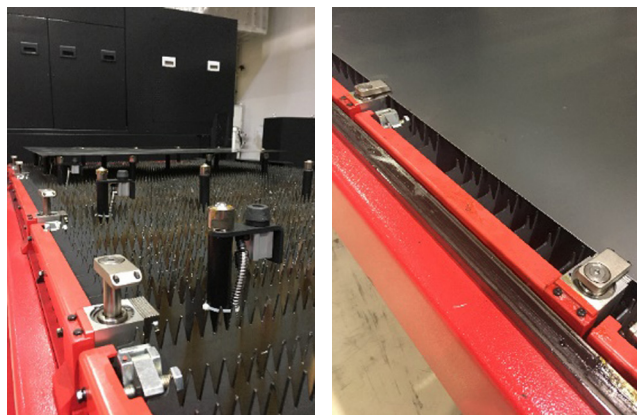


图5 升降式滚珠台面及板材夹钳

在上下料时，通过滚珠台面的上升，可以无需担心板材背面划伤，更高效的设置材料。通过定位块移动定位，可以一边加工一边准备下一张板材，不仅节约了无法实际生产的寻边时间，定位精度也将变得更高。在板材定位完成后，通过气压夹钳将板材牢牢夹紧，防止加工时的板材移位，保证尺寸精度。

（5）全开式防护罩

当生产过程中遇到急件需要插队切割时，只需拉开防护罩即可轻松地设置板材，不用员工在床身上爬进爬出，从而提高效率（见图6）。



图6 全开式防护罩

(6) 可视化管理

最新的数控系统AMNC 3i, 在继承以往的强大机能的前提下, 新增添了运转结果的分析图表显示, 能形象直观的实时了解加工的完成状况以及能耗数据, 实现可视化管理(见图7)。



图7 AMNC 3i上可随时查看运转结果分析

以往, 加工结果数据需要人工清点才能计算得出, 其中难免会出现误差, 而单台设备的能耗数据则几乎不可能获得, 只能根据设备配置推算, 如果经营管理者参考这些精度不高的数据来进行分析和改善的话, 将很难实现精准的改进, 使工厂改善难以发挥效果。

而AMADA的数控系统上进行自动统计所提供的数据比起以往, 精度上实现了质的飞跃。通过可视化管理, 对生产上的浪费进行精准改善, 就能起到事半功倍的效果, 提高整体生产效率, 这也是LCGAJ2设备能成为IoT物联网机型的原因之所在。

3.更大的运用范围

这里所说的运用范围并不是指能切多厚的板厚等加工范围概念, 而是在基于提效降本的前提下, 如何采用更合适的加工工艺进行以往所难以实现的加工的概念。下面将以在LCGAJ2上两个最显著的技术为核心来介绍这一概念。

(1) 高压空气切割

激光切割需根据不同材质更换不同的辅助气体进行加工。一般常用的有: 对碳钢板及铜板的氧气切割, 以及对不锈钢板及铝板的氮气切割等。AMADA在很久以前就已经采用压缩空气切割铝板的工艺, 但由于空气压力的问题, 导致难以加工更厚的铝板。

这次在LCGAJ2上, AMADA采用了比以往压力更大的切割辅助空气接口, 可采用更高的压力进行空气切割。空气压力提升后, 除了可以切割更厚的板材之外, 对相同板材的切割断面也完全可以匹敌氮气切割(见图8), 从而大幅度节约气体使用成本。

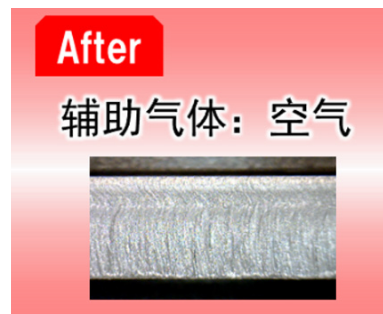


图8 以往氮气SUS切割与空气SUS切割的断面对比示意图

(2) 深刻印加工

产品制造过程中, 经常需要在零件上标识编号等识别符号, 但以往通过激光加工机的刻印功能刻印的标识, 却会在后道喷涂或电镀后无法看清而失去刻印的意义。为了使刻印功能更具实用性, AMADA将LCGAJ2的仿形感应距离(即喷嘴间隙)加以提高, 通过最大可达到以往4.3倍的仿形感应间隙, 可以进行深度更深的刻印加工, 在喷涂或电镀后刻印依然清晰可见, 从而扩大运用了范围(见图9)。

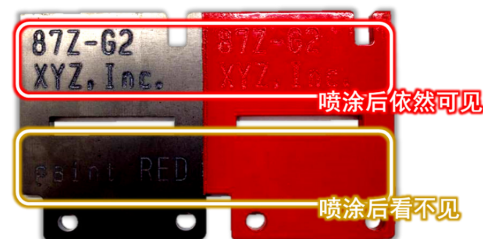


图9 深度刻印与以往一般刻印的比较示意图

4.更丰富的可扩展性

当今的钣金加工领域, 正逐渐地向智能化、自动化方向发展, 所以作为一台现代的激光加工设备, LCGAJ2可以提供更丰富的可扩展性, 以应对不同的加工需求。

(1) 自动化升级解决方案

从多种少量、按需生产, 到大批量加工需求, AMADA提供多种自动化系统升级解决方案, 以适合用户不同的加工特性。



(1) 可自动上下料的连续运转方案



(2) 带有自动分拣堆垛功能的全天候加工解决方案



(3) 材料与产品分别堆垛的全自动解决方案



(4) 层数和列数可根据用户实际情况定制的自动仓库解决方案

图10 丰富多彩的自动化解决方案示意图

(2) IoT数字化解决方案

通过AMADA所提供的钣金加工IoT解决方案，可以实现从接单

报价开始，以工艺设计、展开编程、互联加工等为主，包括可视化

等服务在内的，从工艺改善到工厂改革的全新的钣金加工数字化改善（见图11）。



图11 AMADA的IoT数字化解决方案示意图

二、结束语

由于篇幅关系，以上介绍仅仅摘取了部分LCGAJ2的特点加以描述，其实这台设备还有很多特点未能在

本文中提及或细化。但最后还有一点不得不提的是：在各项功能上做了如此多改进的LCGAJ2机型，却是AMADA飞行光路激光加工机阵列中定价最低的设备。

总之，更高的性能加上更合适的价格，充分体现了AMADA对中国钣金市场的重视和敬意，真正回归了高性价比激光加工机这一LCG系列开发的初衷，成为市面上不可多得的优质设备。 □

激光焊接技术在汽车制造中的应用现状及发展趋势

大族激光科技产业集团股份有限公司钣金装备事业部 段东磊

一、引言

汽车工业是一个需要大量加工和测试的生产型产业，也是激光技术应用最广泛的行业之一，安全性、舒适性、节能和环保一直是世界汽车工业发展的主题，激光技术作为现代汽车生产中的主要加工方法之一，其发展也主要是围绕着这一主题并结合本专业的自身特点进行的。由于激光焊接工艺优越性、效率高、柔性好等优势，随着汽车轻量化概念、安全性能观念日益增强，激光焊接与切割工艺在汽车工业领域将得到更多重视和广泛应用。

汽车制造过程中，激光技术主要用于车身不等厚板的拼焊、车身焊接和汽车零部件焊接。激光焊接运用于汽车，可以降低车身重量并达到省油的目的；提高车身的装配精度，使车身的刚度提升30%从而提高了车身的安全性；降低汽车车身制造过程中的冲压和装配成本，减少车身零件的数目并提高车身一体化程度。

二、激光焊接技术与应用

1. 激光自熔焊接

激光自熔焊，即焊接的两部分或

多个部分自身熔化并最终冷却凝聚成一体，该焊接方式不需要添加辅助的焊剂或填料，完全利用工件自身材料熔接在一起。

当激光光斑照射到工件表面上的功率密度达到 $106\text{W}/\text{cm}^2$ 以上时，工件在激光的照射下被迅速加热，其表面温度在极短的时间内升高到沸点，使金属熔化和汽化。在液态金属中形成一个充满金属蒸气的细长孔洞。当金属蒸气的反冲压力与液态金属的表面张力和重力平衡后，小孔不再继续加深，形成一个深度稳定的小孔，小孔周围就是焊接熔池，小孔随着激光而移动，小孔闭合后便形成焊缝，实现激光深熔焊接。其原理图如图1所示：

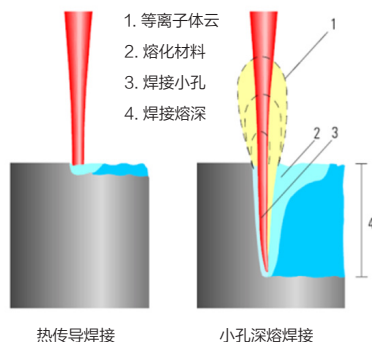


图1 激光自熔焊接原理图

在车身制造中，采用激光焊接技术，可以提高产品设计的灵活性，降

低制造成本，增加车身的刚度，提高产品的竞争力。激光焊接焊接速度较快，所以焊接接头的热影响区较其他的焊接方法小，几乎没有焊接变形。这样可极大地提高了车身的结构和匹配尺寸、门盖与侧围的平度与密封效果、风挡玻璃与风窗口的匹配与密封，以及实现多层板的优质连接，达到较高的车身强度。另外，由于现代汽车车身多采用镀锌钢板或优质高强度钢，如果采用传统的点焊技术，由于三层板和镀锌的缘故，必须采用较大的焊接电流和焊接压力，其结果必然导致焊点质量下降和焊点变形严重，从而导致装配质量下降。惟一可行的是采用中频点焊连接技术和激光熔焊连接技术。就点焊本身而言，焊点的强度可以很高，但没有焊点的部分还是断续分离的，在车身整体强度方面要比焊接成一体的激光焊接接头强度要低。点焊的不连续性和其自身的特点：如焊点容易变形，尤其是在焊接三层板连接、镀锌板连接和高强钢的连接时，焊接变形较大，导致焊点处的平整度降低及产生缝隙，而且点焊会造成焊接点周围的母材热影响区强度下降，车辆遭严重撞击时的断裂部位往往是在该处。

激光自熔焊在汽车车身制造中主要分为两大部分：车身组焊和拼焊。其应用如图2所示。

(1) 车身组焊

组焊主要有顶盖和侧围的连接、侧围组焊以及车门焊接，如福特、通用、沃尔沃和欧宝，均使用过激光自熔焊进行顶盖与侧围的连接。但随着技术的发展，激光钎焊越来越广泛地应用于这一部位的焊接，目前只有沃尔沃仍在坚持使用激光自熔焊；侧围方面福特SUV和轿车分别有一款使用激光自熔焊，大众的很多车型也在使用。

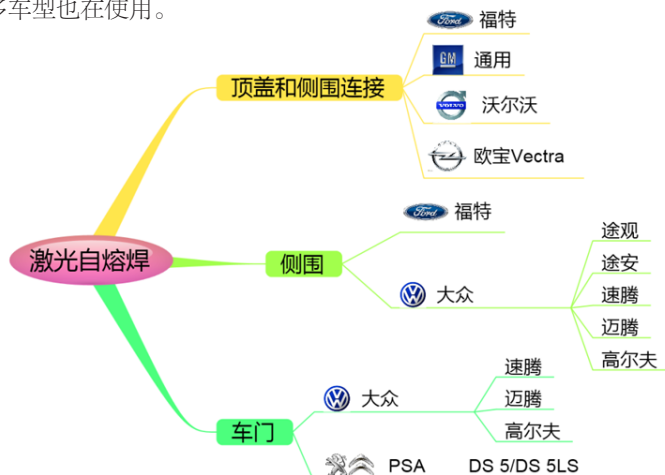


图2 激光自熔焊应用

(2) 汽车激光拼焊

拼焊板 (Tailor-welded blank, TWB) 是由不同强度、不同厚度或不同涂层的钢材焊接而成，由于激光焊接高效、焊缝成型好等优势，目前的汽车拼焊板都采用激光焊接而成。与普通钢板相比，拼焊板的优点主要有以下三个方面：

- ① 减轻车身重量：应用焊接的方法优化板料的厚度来减少重量。
- ② 提高车身服役和碰撞性能：主要包括安全、驾驶性能、疲劳和耐蚀性能和车身刚性等。
- ③ 降低成本：主要从减少材料、减少加工程序和减少模具数量考虑。

采用激光拼焊板应用于车身制造，可以减少零件、模具及焊接工装数量，降低车身自重和成本，并提高产品的市场竞争力。主要应用在覆盖件居多，也有些使用在结构件上。图3中为拼焊板在汽车白车身中的主要应用。

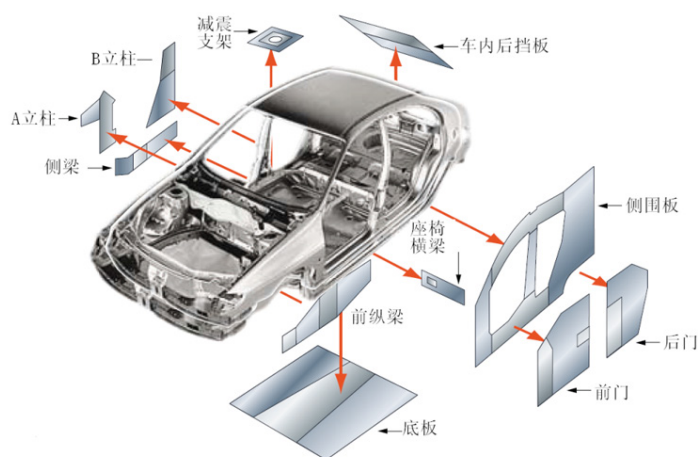


图3 拼焊板在汽车上的主要应用

汽车拼焊板按焊缝类型分类可以分为三种，即单条直线焊缝；复数直线焊缝；非直线焊缝。如图4所示，其中以单条直线焊缝类型应用最多，生产工艺也相对简单。非直线焊缝最复杂，一般根据冲压件成型后的形状设计焊缝，从而提高产品的强度和冲压性能。

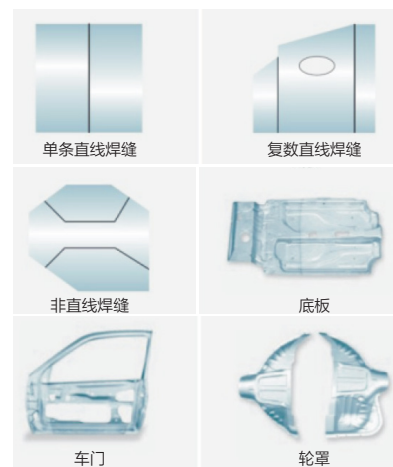


图4 汽车拼焊板焊缝类型及应用实例

由于汽车拼焊板后续都要进行冲压成型，所以对拼焊板的成型质量和缺陷控制要求特别严格。主要包括外观（结疤、裂缝、夹杂、孔洞和划伤等）、焊缝成形（焊缝宽度、焊瘤凸出、焊缝有效深度、背面断差和焊缝错边等）和力学性能等（对焊缝进行拉伸、杯突、硬度和弯曲等测试）方面的要求。例如，在拉伸性能测试中，在非焊缝区域断裂，杯突试验中开裂的区域不能在焊缝或杯突值大于规定值。

(3) 汽车零部件激光焊接应用

在汽车零部件制造领域，汽车座椅滑轨、调角器、变速箱齿轮等都应用了激光焊接进行生产。下面以齿轮焊接为例，分析激光焊接的相关优势。

近年来，激光焊接技术在变速器齿轮焊接中的优势日益明显，得到了越来越多的重视，将是未来发展的主要趋势。由于机床加工技术

的局限性, 形状、结构复杂的齿轮组件很难甚至无法整体加工成单件。为了提高工艺性和生产效率, 通常是加工成两个或两个以上的单件再经焊接工艺组合成一个组件。在激光焊接齿轮以前, 齿轮的焊接一般采用电阻焊、感应焊、电子束焊等工艺方法。与上述焊接工艺相比, 激光焊接齿轮无需在真空中进行, 而且可避免焊接变形, 保证了焊接后的齿轮无需再精加工。不仅如此, 激光焊接可使焊缝深宽比高达10:1, 且焊缝处具有相当或优于母材的综合机械性能, 从而保证了齿轮可以传递较大的扭矩。因此, 齿轮的激光焊接已成为当今发展的一个大趋势。目前世界各大汽车制造厂竞相采用激光焊接变速器复合齿轮以提高产品在国际市场上的竞争力。我国采用激光焊接汽车齿轮的厂商也越来越多, 如上海大众、上海重庆齿轮箱厂等。

激光焊接变速器齿轮工艺顺序为: ①焊接前清洗: 一般安排在焊接的前一道工序完成。实验中选择无水乙醇代替工业清洁剂用于焊前表面的清洁。②压装: 清洗后的齿轮首先要进行压装, 压装是通过压机把要焊接的两个零件压配后紧密结合在一起。入射激光光斑和组对间隙的偏移要求非常准确。因为激光束的聚焦光斑很小, 所以焊缝需要高精度定位, 其位置偏离的最大允许值要依聚焦光斑的半径来定, 一般不可大于0.1mm, 否则会产生焊接的失效。两对接平面之间高度差太大, 会使激光束的能量大量反射出去, 影响焊接的深度和均匀性。所以在压配后, 一般要求平面差小于0.1mm。③预热(可选): 为了避免产生焊接裂纹, 根据零件材料及加工状态, 有时需要在焊接前进行预热, 特别是对含碳量高或经过热处理渗碳淬火后的零件。④激光焊接: 采用IPG 6000光纤激光器对变

速器齿轮进行焊接。以等温正火后的20MnCrS5的2倒档双联齿轮为例, 焊接工艺采用预焊一圈+深熔焊一圈, 图5为焊后的齿轮照片。焊缝截面如图6所示。⑤焊后检测: 一般将焊缝切开进行显微观察或者采用超声波探伤检测。目视检查要求焊接飞溅较少, 工作面飞溅少, 内部气孔和缩孔较少。

激光焊接特别是固体光纤激光发生器的激光焊接因其技术优势, 是未来的激光焊接发展趋势。我国激光焊接设备设计制造水平和能力目前还比较薄弱, 国内主要汽车厂的齿轮激光焊接设备主要依赖进口, 价格昂贵。少量民族企业已经起步发展并占据部分市场, 这对降低成本促进激光焊接的应用有着良好的推动作用。在激光焊接齿轮方面, 工艺已日趋完善, 可以控制焊缝气孔和裂纹达到工业要求, 方法稳定可靠, 效率高, 虽然初期投资较大, 但加工成本比机械加工要少50%。激光焊接有着传统焊接无法取代的优势, 必将成为变速器齿轮焊接的主流产品。



图5 焊后齿轮

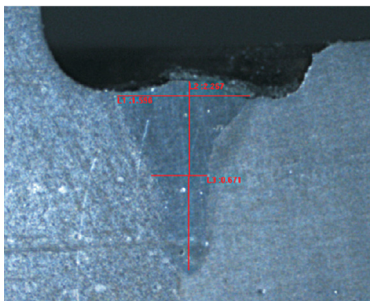


图6 焊缝截面图

2. 激光填丝焊

激光填丝焊: 是指在焊缝中预先填入特定焊接材料后用激光照射熔化或在激光照射的同时填入焊接材料以形成焊接接头的一种工艺方法。原理图如图7所示。

同激光非填丝焊相比, 激光填丝焊优点表现为: ①可以降低对工件坡口加工, 装配的精度要求, 提高焊缝成形质量, 扩大激光焊的适用范围; ②可以用较小的功率实现厚板焊接; ③通过调节填丝成分, 可以控制焊缝区域的组织性能。

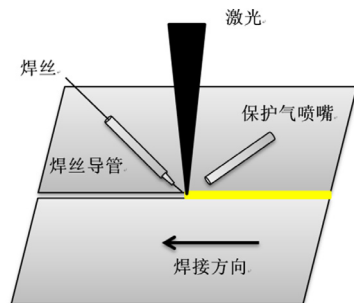


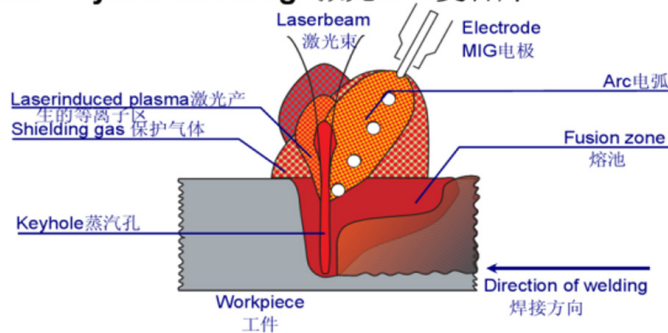
图7 激光填丝焊原理图

激光填丝焊在车身制造中应用范围较小, 主要有奔驰C级车后立柱焊接, 奔驰以及江淮的商务车顶盖和侧围的连接, 大众有一款车型四门方面有激光填丝焊。

3. 激光电弧复合焊

激光-电弧复合焊: 是指将激光热源和作为第二热源的电弧复合起来作用在同一熔池上的焊接方法。激光电弧复合焊结合了激光和电弧的优势, 使其即具备一般电弧焊的高适应性特点, 又具备激光焊接的大熔深、高速、低变形的特点。激光电弧复合焊中所添加的电弧主要有TIG电弧、等离子弧和GMA电弧(即熔化极气体保护焊, 包括MIG焊和MAG焊)。激光-GMA电弧复合焊是目前最受业界瞩目, 且研究和应用最广的一种。激光-电弧复合焊原理图如图8所示。

LaserHybrid Welding 激光MIG复合焊



Welding Equipment 激光MIG设备

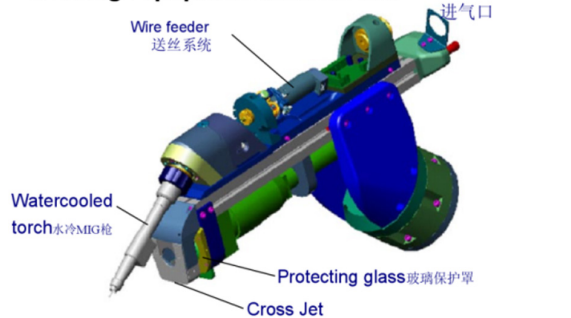


图8 激光-电弧复合焊原理图

激光电弧复合焊工艺分析：由于激光复合焊相对于激光自熔焊有更好的间隙适应性，激光和电弧的相互作用可以达到更宽的熔宽和更深的熔深，并且拥有较高的焊接效率，而且还可用于厚板的多层多道焊接。因此激光复合焊的应用也随之越来越广泛。

在激光复合焊接时，除了我们行业内熟知的激光热源外，还存在另外一种热源——电弧。焊接电弧是指由焊接电源供给的，具有一定电压的两电极间或电极与母材间，在气体介质中产生的强烈而持久的放电现象。焊接电弧的本质其实与雷雨天气时空中的闪电是相同的，只不过焊接电弧是人为可控的。通常与激光复合的热源有TIG（钨极氩弧焊）和MIG（熔化极惰性气体保护焊）。TIG和MIG最大的区别之处就在于其放电产生电弧的电极不同。TIG的电极是由钨针构成的，由于钨的熔点很高，在焊接时其损耗很小，需要时可以额外地添加焊料进行焊接。MIG，顾名思义，其产生电弧的电极是焊丝，在焊接时由送丝机源源不断地向前送丝，而焊丝的末端会由于电弧的作用而不断熔化，过渡到熔池并形成焊缝的一部分。

电弧焊时的能量是由弧焊电源来提供的。弧焊电源的正、负两极通过工件和焊枪上的电极导通而形成回

路，从而引燃电弧并维持电弧稳定的燃烧。弧焊电源与普通的电力电源不同，是一种提供低电压、大电流的电源，电流一般可以达到几百安培，Fronius T PS5000弧焊电源的最大焊接电流可达500A，而正常焊接时电压值只有几十伏特。弧焊电源按照其输出电流的形式可分为直流电源、交流电源及脉冲电源等。弧焊时最主要的工艺参数就是焊接电流和焊接电压，而脉冲焊Fronius激光复合焊接头（MIG）接时会有脉冲频率及脉冲峰值等一些参数可调节。

弧焊焊接时焊接电流主要决定了焊缝的熔深和余高。焊接电流增大后，并且作用在工件的电弧推力和热输入均增加，热源位置下移，也有利于热量向深度方向传导，熔深增加。熔深和焊接电流近于正比关系。在熔化极气体保护焊时，通常是通过改变送丝速度来改变焊接电流，增加电流需要相应增加焊丝进给速度，保证送丝量和焊丝熔化量的平衡，由于焊丝进给量的增加，并且熔宽增加较少，所以余高增大。另外，MIG焊时，焊接电流与焊丝的直径也相关，焊接电流不变时，焊丝越细，送丝速度就越快，反之亦然。电流增大后，弧柱直径增大，会使熔宽增加，但是电弧潜入工件的深度增大，电弧斑点移动范围受到限制，因此熔宽的增加量较小，

也就是熔宽增加量小于熔深增加量。弧焊焊接中，焊接电流过大时，通常会出现咬边、气孔、穿孔（对于薄板而言）及焊瘤等缺陷。由于焊接热输入过大，工件的变形会更严重，焊缝的热影响区加大，且更容易产生脆性的过热组织，韧性下降，会影响到焊缝结构的强度。MIG焊接时，焊接电流过大，还会导致焊接飞溅量增加，飞溅颗粒直径增大，给焊接过程稳定性及焊后的清理造成不良影响。TIG焊接时，焊接电流过大时容易发生咬边及热影响区扩大，焊缝周边区域强度降低等现象。

焊接电压实际是指电弧电压，电弧电压与电弧弧长相关，其主要影响了弧焊过程的稳定性及焊缝熔宽的大小。电弧电压增大后，电弧功率加大，工件热输入有所增大，同时弧长变长，电弧分布半径增大，因而熔深略有减小而熔宽增大。由于焊接电流不变，即送丝量不变，熔宽增加，余高自然减小。

电弧电压过大时，弧长过长，气体保护效果不好，容易造成焊接过程不稳定，及在一些角接焊缝或较深坡口里施焊时，还易造成弧偏吹。而电弧电压过小时，容易形成短路过渡，即焊丝末端熔化形成的熔滴与熔池形成短路，焊接飞溅明显增加。电弧焊时为了得到合适的焊缝

成型，在增大焊接电流时也要适当的提高焊接电压，在熔化极电弧焊时，通常电弧电压要根据焊接电流来确定。根据不同的焊接方法及弧焊系统有不同的经验公式来估算合适的电流、电压值，这对操作者的个人经验及素质有很大的要求。为了简化实际操作难度，保证焊接电流和电压能够处在最佳的配合状态，现在已经发展了一元化MIG焊接系统，简而言之，就是通过调节送丝速度，而弧焊电源系统自动匹配恰当的电流和电压值。在实际焊接时，可以对电流或电压等参数进行微调以达到最佳的焊接效果。

激光电弧复合焊涉及两种热源，需要对激光焊接的工艺参数和弧焊的工艺参数进行联合优化，才能达到最优的焊接质量和焊接效果。

激光-电弧复合焊在汽车车身制造中主要应用领域为铝合金车身的焊接：以VW Phaeton的车门焊接为例：在保证强度的同时又减轻车门的重量，大众公司采用冲压、铸件和挤压成形的铝件。车门的焊缝总长4980mm，现在的工艺是7条MIG焊缝(总长380mm)，11条激光焊缝(总长1030mm)，48条激光-MIG复合焊缝(总长3570mm)。

也就是说，由于接头形式各异，激光复合焊并不适用于车门上的所有焊缝。在接头装配间隙很大的位置，具有良好桥联能力的MIG焊比激光焊或复合焊更有优势；反之，在接头间隙非常小的焊缝，热能集中，焊速快的纯激光焊是最好的方案。需要强调的是，laserHybrid系统装置同时可实现上述MIG焊、激光焊、激光-MIG复合焊三种工艺，关闭MIG焊时，系统就成为激光焊；反之关闭激光则就成为MIG焊。如果没有激光复合焊系统，VW大众集团就不得不更多采用厚而重的铝铸件。

激光复合焊同样用于新型奥迪A8汽车的生产。在A8侧顶梁上有各种规格和形式的接头，就是采用激光复合焊工艺，焊缝共计4.5m长。

4. 激光远程焊

激光远程焊：远程激光焊是指采用高速扫描振镜头进行长工作距离加工的一种激光焊接方法。激光远程焊原理图如图9所示。其定位精度高、时间短、焊接速度快、效率高；工作距离长，不会与焊装夹具干涉、光学镜片污染少；可定制任意形状焊缝以优化结构强度等。与电阻点焊相比，远程激光焊接技术充分发挥了单侧、非接触式激光焊接带来的技术和经济优势，并将其与高速扫描振镜具有的优势相结合，大大缩短了焊接时间，提高了总生产效率，可有效用于日益增多的汽车覆盖件及零部件焊接。激光远程焊主要应用在车门和侧围等覆盖件的组焊，如奔驰S级轿车全景天窗，大众高尔夫和奥迪A3的侧围，福特锐界的侧围等。另外，很多汽车座椅生产厂家也把激光远程焊应用到了滑轨和靠背的焊接当中，生产效率得到了极大的提高。

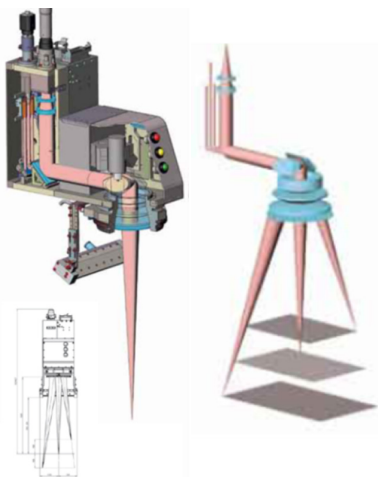


图9 激光远程焊接原理图

5. 激光钎焊

从20世纪80年代开始，激光技术开始运用于汽车车身制造领域。激

光以其光束能量密度极高、加热范围小、焊缝及热影响区域窄、焊接速度快、深宽比大和焊接变形小等优点，在白车身制造领域得到广泛应用。激光钎焊技术在上个世纪90年代初首先在德国得到开发。德国爱尔兰根大学在激光填丝钎焊工艺和过程控制方面做了大量的工作，激光器常选用光束传输和调节方便的光纤激光器和半导体激光器，钎料根据母材常选用Cu基钎料，主要接头形式包括对接、卷对接、搭接、卷搭接等。其最初的出发点是为了解决火焰钎焊热输入过大的问题，连接的工件主要为搭接或卷搭接形式的钢板。激光钎焊作为激光焊接技术的一种，较之熔焊，钎焊时母材不熔化，仅钎料熔化，可以获得光滑的焊缝表面，这不仅使产品更加美观，还提高了密封性，而且显著提高了焊接区域的强度，大大地提升了整车的安全性能。目前，在国内外的汽车制造业，激光钎焊主要应用在可视的外围接合件上，如顶盖与左右侧围的连接、行李箱上下两部分的连接及流水槽等，大众、奥迪所有车型及欧系和美系部分中高端车型顶盖均采用激光钎焊，日系和自主品牌也都跃跃欲试，或已经采购了设备，或正在进行相关技术方面的研究。

(1) 激光钎焊的原理

激光钎焊也称激光填丝钎焊，是在电弧钎焊的基础上发展起来的一种新的局部硬钎焊技术。其焊接原理是利用激光光束作为热源，聚焦后的光束照射在填充的焊丝表面上，焊丝被光束能量加热并熔化形成高温液态金属，从而填充到所需焊接的工件之间，即工件间的连接是通过钎焊层实现的，如图10所示。钎焊属于固相连接，它与熔焊方法不同，钎焊时母材不熔化，采用比母材熔化温度低的钎料，加热温度采取低于母材固相线而高于钎料液相线的一种连接方法。

当被连接的零件和钎料加热到钎料熔化,利用液态钎料在母材表面润湿、铺展与母材相互溶解和扩散,以及在母材间隙中润湿、毛细流动、填缝与母材相互溶解和扩散而实现零件间的连接。

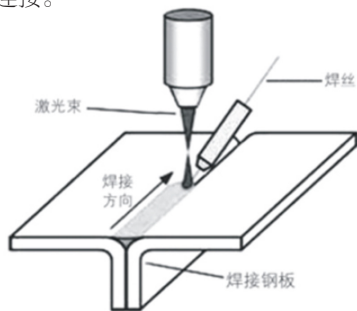


图10 激光钎焊原理

(2) 激光钎焊的优缺点

激光钎焊作为一种新兴的焊接技术,正在被越来越广泛地应用到生产制造的各个环节中,特别在汽车白车身制造领域,激光填丝钎焊已经得到比较成熟的应用,在应用过程中,激光钎焊具有其独特的优势和应尽量避免的一些缺点。

①激光钎焊加热温度较低,只在焊缝表面产生熔化现象,工件内部没有完全熔透,基本不产生汽化现象。

②激光钎焊接头平整光滑,外形美观。例如,白车身侧围和顶盖在拼接的时候,如果采用激光深熔焊接,总装时需要装配顶饰条对焊缝进行遮蔽,但是如果采用激光钎焊,焊缝均匀、平整光滑,在总装车间无需对焊缝进行遮蔽。

③激光钎焊多用波长 $1.06\mu\text{m}$ 的激光作为光源,可用光纤传输,因此可在常规方式不易焊接的部位进行加工,灵活性好,更易实现自动化。

④由于激光束可以实现分光,可用半透镜、反射镜、棱镜以及扫描镜等光学元件进行时间与空间分割,所以激光钎焊能实现多点同时对称焊。影响激光钎焊的焊接参数

主要有:光斑直径、激光功率、焊接速度和送丝速度。

(3) 激光钎焊的主要工艺参数

①光斑直径。光斑的直径对钎料的铺展影响较大。光斑直径过小,激光集中在钎料上,对母材的加热不足,钎料在母材上铺展时冷却过快,使钎料不易铺展;光斑直径过大,如果激光功率不够则无法及时熔化焊丝,如果激光功率足够则会严重烧损母材。对于卷对接接头,光斑直径与焊缝宽度(填充面宽度)基本一致时,钎料的铺展较充分。

②激光功率。焊丝熔化的速度取决于激光能量的大小,即激光功率。当激光功率不足时,焊丝熔化速度慢,铺展不充分,且作业时间长,生产效率低;当激光功率过大时,焊丝熔化速度快,如果送丝速度跟不上,则焊缝的铺展会间断。激光功率的最大值受设备限制,调节激光功率的大小主要考虑其与焊接速度及送丝速度的匹配。

③焊接速度和送丝速度。焊接速度决定作业时间的长短和生产效率的高低,所以应根据设备可提供的激光功率的大小选择适当的焊接速度以提高生产效率。通常焊接速度越快,生产效率越高,但对于半径较小的圆弧段焊缝或过渡段焊缝,过快的焊接速度产生的离心力将会阻碍熔融钎料的铺展,使焊接过程不稳定。选定了焊接速度(其最大值由机器人的性能决定)之后,需根据焊缝填充量的多少来匹配适当的送丝速度。送丝速度过快,焊缝表面会出现钎料的堆积,影响外观质量;送丝速度过慢则会使焊缝表面的出现下陷,过少的填充量会影响焊缝的焊接强度。当然,送丝速度的调节也需要同时考虑激光功率的大小。

④其它因素。另外,焊丝送丝角度、焊接头倾斜角度及热丝时热丝电流等对焊接质量也有较大影响,在

工艺调试过程中要综合考虑以上因素,才能获得最佳的焊接品质。

(4) 激光钎焊接头形式

下表为焊接车身激光钎焊接头的常见形式,实际应用时应考虑具体的车身设计要求、焊接方法的使用、激光焊机的功率和能量密度、焊接时的焊接速度及钎料的选择以及零件来料精度等。

图11为激光钎焊焊缝截面图。

序号	接头形式	图示说明
1	搭接接头处的角焊缝	
2	卷边接头处的角焊缝	
3	对接接头处的I型焊缝	
4	带底部的对接接头处的I型焊缝	

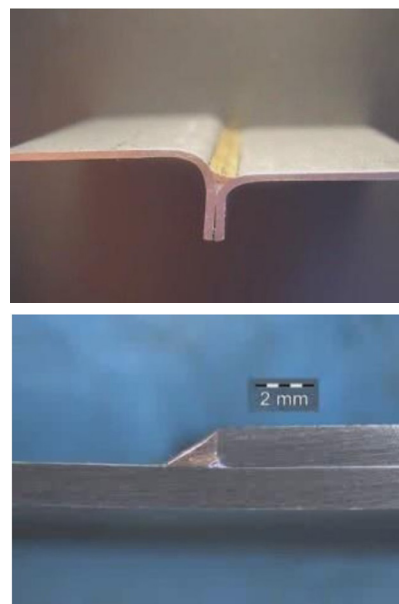


图11

(5) 激光钎焊焊接头介绍

对于一套应用于汽车生产的激光钎焊系统而言,其主要的核心设备就是激光发生器、激光钎焊焊接头、焊丝输送系统、焊接机器人系统及工装夹具。激光钎焊焊接头作为焊接工作部件,直接影响着焊接质量。以下以德国Scansonic公司生产的ALO3(Adaptive Laser Optic)激光钎焊焊接头为例,介绍其工作原理。

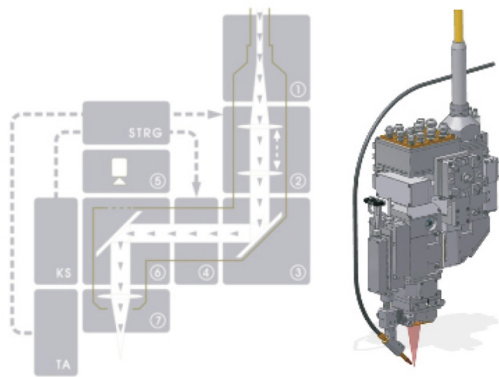


图12 ALO3激光钎焊头的基本构成

1.光纤耦合器；2.自动对焦模块；3.反射模块；4.旋转动作控制模块；5.监视模块；6.二次反射模块；7.光学聚焦模块；TA-纵向伸缩臂；KS-压力传感器；STRG-自动控制模块

如图12所示，激光从激光器发出，经光纤传导后被光纤耦合器1耦合，自动对焦模块2将发散的光束进行准直后转换为平行光束，准直后的平行光束经过反射模块3和6的两次反射后由光学聚焦模块7聚焦后到达工作面。整个焊接过程可以通过监控模块5进行全程监控，纵向伸缩臂TA通过自动控制模块STRG与自动对焦模块2关联，实现自动对焦，安装在伸缩臂上的压力传感器KS通过STRG与旋转动作控制模块4关联，实现焊缝跟踪。焊缝跟踪及自动对焦原理见图13。德国SCANSONIC公司生产的这套ALO3自适应可调节激光钎焊镜头拥有较大的自由度，能适应多种不同形状焊缝的焊接，这给生产调试工作带来了极大的方便，大大地缩短了调试周期，也使得焊接质量更容易得到保证。

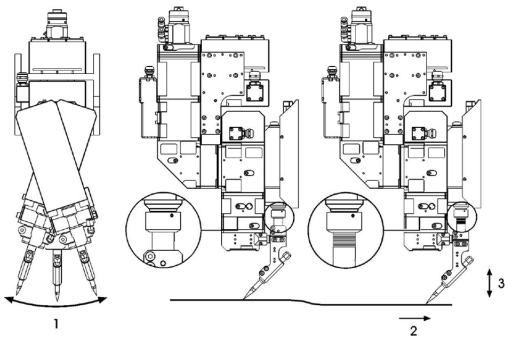


图13 焊缝跟踪原理图

评价汽车白车身中激光钎焊卷对接接头质量的方法通常是拆卸试验。一般采用拉伸夹具、锤子和凿子，使焊接接头受力直至破坏。如果破坏发生在母材而不是焊缝，通常认为接头是好的。其中的一个拆卸试验是切下一个50mm宽的接头（采用CuSi₃为钎料的激光钎焊），对其进行拉伸，在断裂之前能承受1吨的力则认为满足要求。此外，还从焊缝结合情况进行评价。垂直于焊缝进行切割，对焊缝横截面进行显微分析，确定裂纹和气孔发生的位置以及熔深和熔宽。

激光钎焊主要应用为顶盖和侧围的连接以及行李箱盖，大众几乎所有车型的顶盖和侧围连接均采用了激光钎焊，其他成家也纷纷采用激光钎焊技术如图14所示。

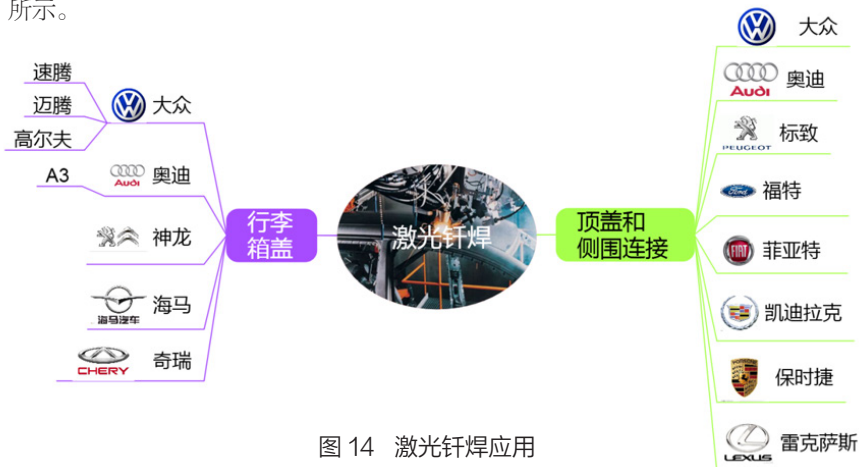


图14 激光钎焊应用

国内某厂商通过激光钎焊工艺攻关，目前已经掌握车身顶盖及尾盖的激光钎焊技术，焊缝质量标准达到或超过个大主机厂的要求，焊接速度为4~7m/min，能够实现车身30~60JPH的产能需求。目前已经完成了车身车间主焊线激光钎焊工作站所有设计工作，包括顶盖预装工位，激光钎焊工位和焊后打磨处理工位，可为客户提供整体解决方案和交钥匙工程。

三、结束语

目前，国际上对激光焊接的研发和生产投入也越来越大，例如双光束激光焊接，主要用来焊接铝合金材料的车身和部件；激光振荡焊接，通过激光束以特定的轨迹进行扫描，克服激光焊接本身对零件精度要求高的缺点，正逐步应用到工业生产中；随着广大消费者对汽车安全性能要求的不断提高，越来越多的热成型钢板被用到了车身上面，带有铝硅涂层的热成型钢板以其强度高，耐腐蚀性好而广受欢迎，目前带铝硅涂层的激光拼焊板也越来越多，激光发挥了不可替代的作用。

国内厂商在激光焊接领域内也树立了一座又一座里程碑：世界首次成功研制15000瓦光纤激光机器人焊接系统实现激光自熔焊接大尺寸核电堆芯围筒18mm不锈钢单面焊双面成形，世界首次成功研制活塞全自动化生产线焊接实现激光复合焊接10mm厚42CrMoA活塞环焊缝对接；国内首次成功研制激光远程焊接汽车覆盖件工作站实现激光远程焊接（奔驰天窗）2mm与2mm双面镀锌板叠焊。

激光焊接已经成为汽车焊装中的一项标准工艺，进口车型和合资品牌车型应用较为广泛，而自主品牌车型应用尚少。随着制造工艺的发展，工件精度及工装夹具和自动化程度的提高，自主品牌的车型也将加大范围引入激光焊接技术。□

汽车研发试制阶段激光技术和设备的应用

东风汽车公司技术中心 杨兴 罗益强

文章介绍汽车在研发阶段激光3D切割技术应用情况，分析了激光切割的软件避免干涉碰撞方法和设备选型的基本要求。在汽车试制零件的激光焊接应用方面，阐述了激光复合焊技术在车身防弹钢板焊接工艺的应用、焊接实施方法，实现全位置焊接、并获得单面焊双面成型的焊缝，从而使激光焊接效率大幅提高。对今后相关企业激光技术应用和设备选型提供一定的借鉴。

一、前言

近年来，激光切割技术以其加工应用范围广、工艺灵活多样、加工精度高、质量好、生产清洁、易实现自动化、柔性化和智能化等优点正逐步取代传统的加工方法。汽车工业是一个需要大量加工和测试的生产型产业，也是激光技术应用最广泛的行业之一。在汽车前期研发试制阶段，采用激光技术，可节省工装费用，有效缩短周期，质量一致性好，综合效益十分明显。

二、激光切割的原理、设备选型及相关应用

1. 激光切割的原理

激光切割是把激光束通过聚焦成很小光点（最小直径可达到0.1mm），使焦点处达到很高的功率密度。这时光束输入的能量远远超过被材料反射、传导或扩散部分，材料很快加热至汽化温度，蒸发形成空洞。随着光束与材料相对线性移动，使空洞连续形成宽度很窄的切缝。激光切割是一种高能量密度可控性好的

无接触加工，对工件本身无机械冲击力，工件不宜变形，热影响区小，工件内部不易产生残余热应力。它加工精度高，质量稳定，加工效率高，可以进行多种工序工作，如切割、开孔、画线、刻标记，激光拼焊等。

东风公司产品试制使用OPTIMO 2524型五轴数控激光切割机是由意大利PRIMA电器公司设计制造的。OPTIMO是一种大型龙门框架式结构的机床，它主要由床身、激光发生器、数控系统、导光系统、冷却系统、高压切割系统组成。激光发生器主要作用是产生激光束；导光系统由发射镜和聚焦透镜组成，它的作用是将激光发生器产生的激光束传递到加工头来进行激光切割加工；数控系统控制机床的运动，同时控制加工过程中所有的工艺参数（例如加工速度、激光器参数等）；高压切割系统主要用于在切割不锈钢时使用氮气或其他保护气体，以减少切割时工件边缘的氧化；冷却系统用于将激光器和导光系统中所产生的热量带走。

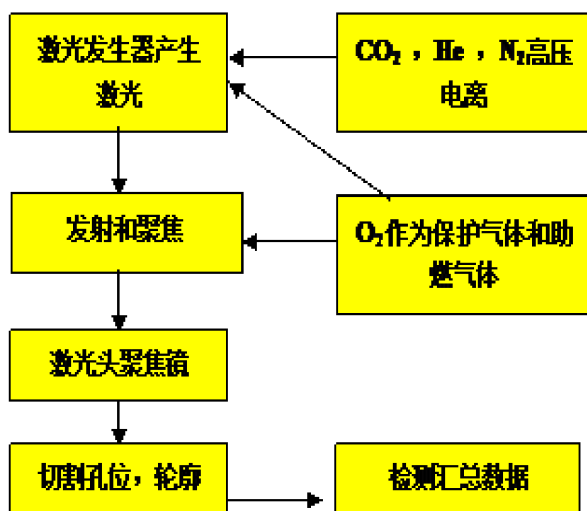


图1 OPTIMO三维激光切割机工作流程图



图2 OPTIMO 2545型数控激光切割机

2. 激光切割设备选型

在CO₂激光切割机中,激光束的参数、机器与数控系统的性能和精度都直接影响激光切割的效率和质量。特别是对于切割精度较高或厚度较大的零件,必须掌握和解决以下几项关键技术:

(1) 焦点位置控制技术:激光切割的优点之一是光束的能量密度高,一般10W/cm²。由于能量密度与 $4/\pi d^2$ 成正比,所以焦点光斑直径尽可能的小,以便产生一窄的切缝。

(2) 同时焦点光斑直径还和透镜的焦深成正比。聚焦透镜焦深越小,焦点光斑直径就越小。但切割有飞溅,透镜离工件太近容易将透镜损坏,因此一般大功率CO₂激光切割机工业应用中广泛采用127~190mm的焦距。实际焦点光斑直径在0.1~0.4mm之间。对于高质量的切割,有效焦深还和透镜直径及被切材料有关。

激光切割机选型可加工范围4500×2500×1200mm,最大定位速度140m/min,发生器功率2500W,最大加速度6G,能够满足汽车研发阶段切割零件的需求。

3. 激光切割机的编程

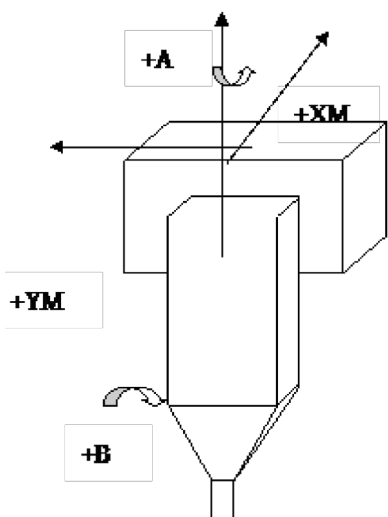


图3 偏置式(Offset Head)切割头



由于激光切割加工的工艺要求,激光光束必须和加工对象表面法向垂直才能得到较好的加工质量。因此,对于三维激光切割加工来说,除了需要X、Y、Z三个直线轴控制空间位置外,还需两个旋转轴形成五轴联动才能进行有效的切割加工。OPTIMO 2545型激光切割机由X、Y、Z三直线轴,绕Z轴摆动的A轴,绕X轴摆动的B轴构成,这样可以保证焦点以恒速运动且光束垂直于加工表面对象。另外切割头还有一个可快速运动的随动C轴,其行程为±7.5mm。

4. 激光切割编程软件

(1) 切割零件原始数据的拟合

激光加工的特性决定,如果采用POWERSHAPE等软件产生的SPLINE线直接进行加工,局部线串过多,激光加工滞留时间过长,会导致工件被灼伤。所以,在进行FORMA数据格式转换前,应将SPLINE线拟合成为直线和圆弧(与扫描数据拟合成为线切割线图的过程基本一致)。

(2) 编程和激光加工基准的确立

激光切割机的机床加工坐标系符合右手笛卡尔坐标系,机器本身不能设定类似与数控机床的相对坐标系,要按照以下的步骤建立适合激光加工的坐标系,三点定位法。在导入数据前的模型中设立不在同一直线上的三个点,以这三个点作为基准点建立坐标系。

①将这三个点基准点的坐标值记录好后,传输给操作者,在主模型标出此三个点。

②将数模与三个基准点使用平移的功能移动到相对合适的位置。注意:此时的X,Y值必须为正,Z值必须为负(机床的编程范围X-100~4300;Y0~2500;Z0~-900;Z大约Z-500~-600加工为好)。

③在建立好的坐标系下,测量出三个基准点的坐标值,将这三个值输入到程序代码中去,以便于补偿使用。

④进行数据的格式转换后,可以进行下面的编程工作。

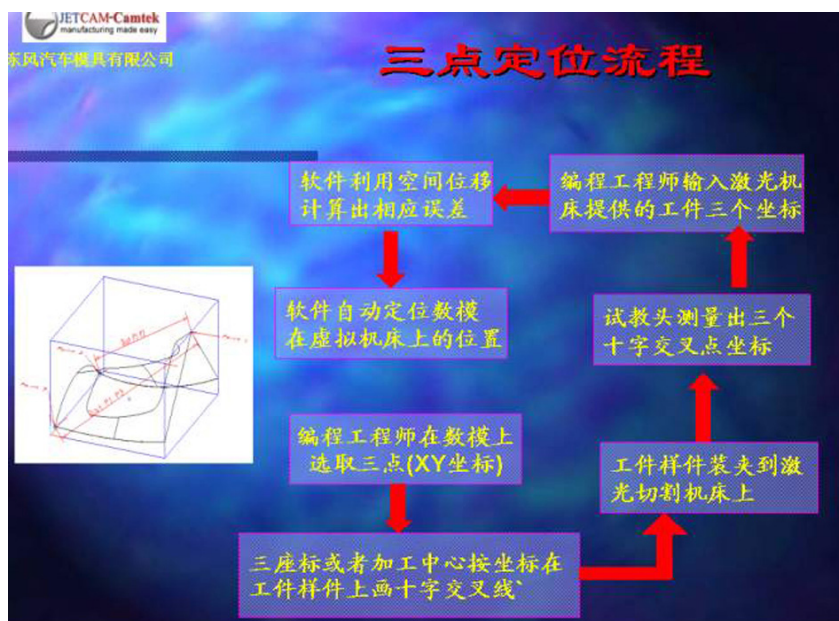


图4 激光定位流程图

(3) 激光编程软件的使用

激光切割程序生成的步骤:

第一步:直接创建,提取或直接导入CAD图形;编程时应利用了UG软件的功能,通过UG和PEPS软件的数据接口实现最终的激光切割编程。使用UG软件,是因为我公司CAD/CAM平台使用的是UG软件,利于数据的转换,数据的保存。UG软件提供大量线拟合的工具,方便修改数据;PEPS软件的优势在于激光切割程序的编制。

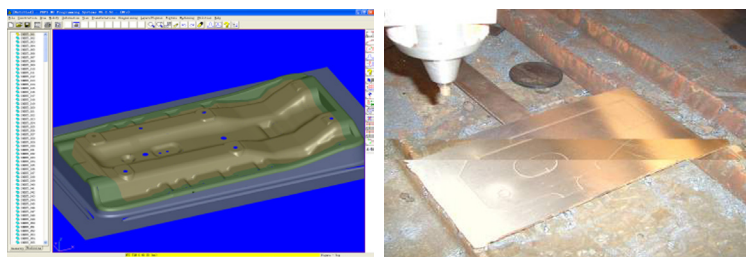


图5 激光定位流程图

第二步:自动定位好工件位置,因其包含一个快速的切割工件机床定位系统,采用易用的偏移模式,自动选择中心,并可对轴超程进行监测。

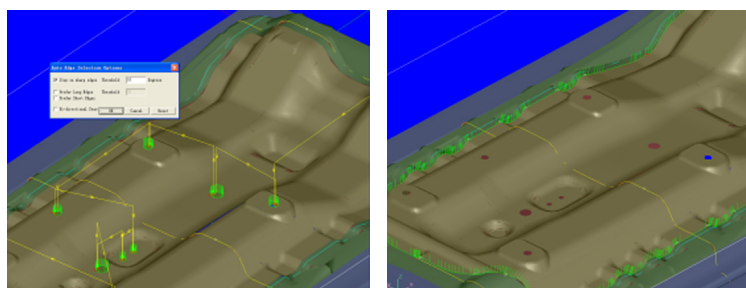


图6 工件自动定位

第三步:选取曲面或实体进行加工,每一个加工路径可直接在界面上点取后进行修正,切割修正包括切割激光头控制,牵引向下/中止/向上控制,切割移动,增加微连接,增加转换点,改变工艺点,改变切割次序,自动过切与空跑过滤与报警系统。

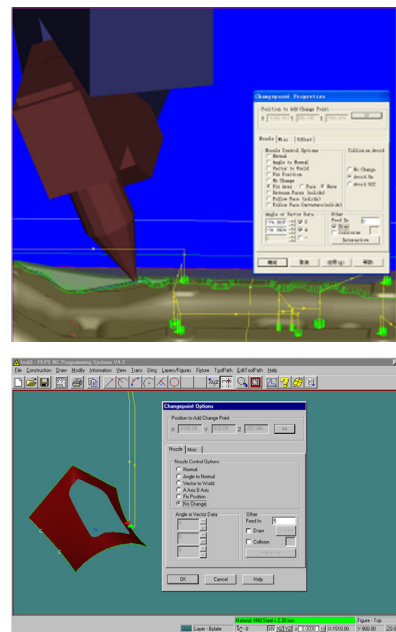


图7 工件调整和干涉碰撞检验

第四步:PEPS自动产生夹具系统,可采用多重夹具设计工艺产生组合交叉夹具与夹具网格,并可产生夹具DXF与NC程序。

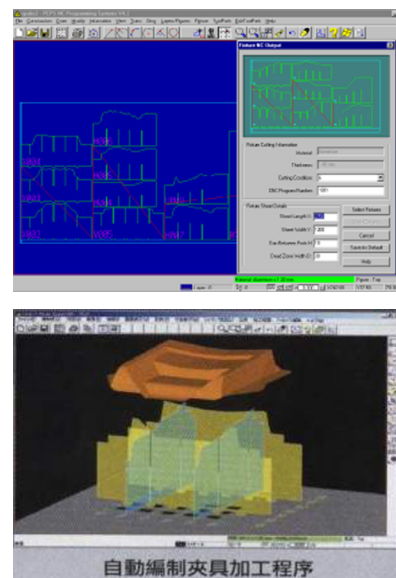


图8 激光定位支架的编制

第五步:PEPS调用相应的机床后置系统,选取按“材料/厚度”对应的机床切割工艺,自动产生 CNC代码与工艺文件。

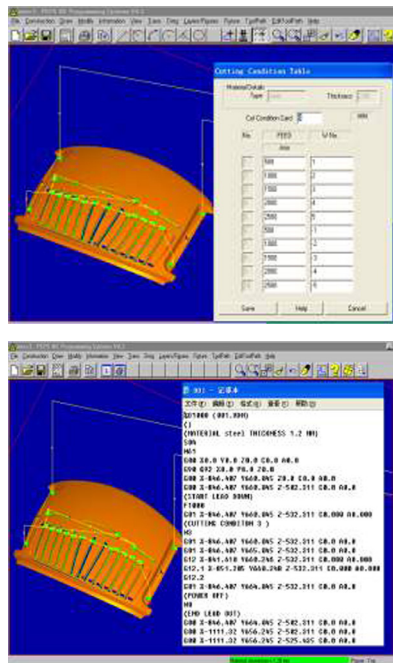


图9 程序后置处理

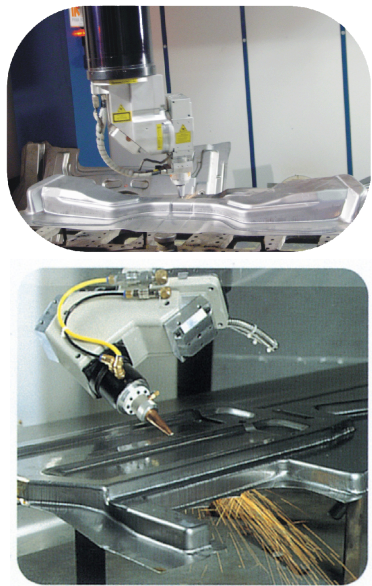


图10 切割的汽车零件示意

三、激光复合焊接技术应用及相关试验

1. 激光复合焊接在汽车研发的应用

车身防弹钢板的焊接,一般采用

二氧化碳气体保护焊,为了保证足够的焊接强度,常采用双面焊接,工作量较大,效率不高。引入激光复合焊新工艺,利用其焊接效率高、热影响区小和焊缝熔深大的特点。首先通过焊接试验获得合适的焊接参数,然后在车身的防弹钢板上进行焊接,在焊接质量和进度上获得满意的效果。

(1) 激光焊接设备和焊接基本技术要求

① 激光焊接设备构成

激光复合焊设备,由激光发生器、弧焊设备、激光控制器、稳压电源、视觉系统、焊接机器人、以及工装系统构成。

② 车身焊接要求

a.车身上使用激光复合焊的部位,共11条角接焊缝见图11,以及防弹钢板的拼接焊缝。对于车身上的这11条角焊缝,归类为A、B、C三种典型焊缝,能够代表这11条焊缝的特征。焊前,对车身标记A、B、C部位的焊缝及对接焊缝,采用相同的母材和焊丝材料,相同的坡口形式和焊接位置,分别进行焊接工艺试验。

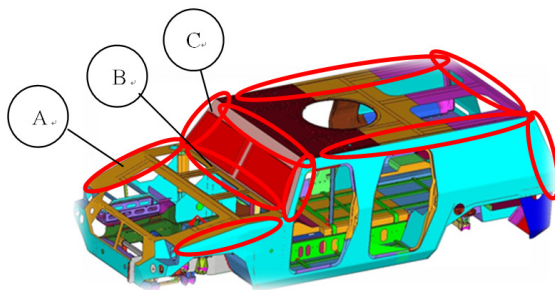


图11 车身焊接部位

b.焊接质量要求:防弹钢板焊接质量要求按GB/T12467—2009《金属材料熔焊质量要求》执行。对接焊缝和上图中的11条角接焊缝均要求焊透,焊缝表面要求成型良好无缺陷。

c.焊接材料

1) 防弹钢板材料为685A,板厚常用4mm。其化学成分及机械性能见表1、表2。

表1 防弹钢板685A的化学成分及机械性能

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb
0.27~0.31	0.20~0.35	0.20~0.35	≤0.015	≤0.008	0.60~1.00	0.60~0.85	0.15~0.30	0.02~0.06

表2 防弹钢板685A的机械性能

材料牌号	板厚t/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率(%)
685A	6	1421	1724	9

2) 焊丝采用ER70S-6合金焊丝,直径 ϕ 1.2mm。其化学成分及机械性能见表3、表4。

表3 焊丝ER70S-6的化学成分及机械性能

C	Mn	Si	S	P	Cu
0.06~0.15	1.4~1.85	0.8~1.15	≤0.035	≤0.025	≤0.50

表4 焊丝ER70S-6的机械性能

熔敷金属力学性能	Rm (MPa)	ReL或Rp0.2(MPa)	A(%)	KV2(J)
保证值	≥500	≥420	≥22	≥27 (-30℃)
一般结果	558	472	27	98

3) 保护气体采用83%Ar+17%CO₂

混合气体。

2. 激光焊接工艺试验

(1) 焊接工艺试验的基本要求

标准参照GB/T 19869.1—2005《钢、镍及镍合金的焊接工艺评定试验》进行。焊接工艺试验的试板，其材质和规格以及选用的焊接材料、坡口型式、焊接位置等，应与工件一致。试板焊后进行焊接接头性能试验，包括焊接接头拉伸试验和金

相试验。标准参照GB/T2651—2008《焊接接头拉伸试验方法》和GB/T13298—2015《金属显微组织检验方法》进行。

(2) 试板的型式：

1)对接平焊和角接焊缝（见表5）

表5 试板的型式

序号	试板型式	焊接位置	坡口型式	对应焊缝
1	对接	平焊	I型，间隙0.3-0.6	防弹钢板拼接焊缝
2	角接	平焊	I型，间隙0.3-0.6	车身A、B焊缝
3	角接	55° 倾斜，上坡焊	I型，间隙0.3-0.6	车身C焊缝

2)对接接头的装配间隙应控制在1mm以内，间隙大于1mm会导致激光光束无效穿透而失效。

于板厚4mm的防弹钢板，可以实施单面焊全熔透工艺。

4)经过焊接工艺试验获得的焊接

3)激光复合焊有较大的熔深，对

工艺参数见表6。

表6 焊接工艺参数

接头形式	材料厚度/mm	坡口形式，尺寸	电流/A	激光功率/kW	送丝速度/ $m \cdot min^{-1}$	气体流量/ $L \cdot min^{-1}$	离焦量/mm	光丝间距/mm	焊接速度/ $mm \cdot s^{-1}$
单面对接平焊	t4	无坡口，间隙0.3~0.6mm	170~180	2300~2500	5~5.3	10~12	0	1	16~18
平角焊	t4	无坡口，间隙0.3~0.6mm	160~170	3600~3800	4.5~5	10~12	0	1	13~14
上坡角焊	t4	无坡口，间隙0.3~0.6mm	160~170	3000~3200	4.5~5	10~12	0	1	13~14

(3) 焊缝外观质量检查

1) 焊缝外观质量检查

表7 焊缝外观质量检查

试板型式	正面焊缝尺寸	背面焊缝尺寸	表面焊缝质量	外观质量确认
对接	正面焊高0.5~1mm，焊宽7~8mm，	背面已焊透	成型良好，无咬边，未熔合等缺陷	合格
角接	焊脚高度K=5~6mm	背面已焊透		合格

2) 焊接接头性能检查

通过焊接接头性能检查，获得接头强度和晶粒组织的结果。防弹钢板焊接接头性能试验的结果，见表8，其试样形式见图12、图13、图14。

表8 焊接接头性能试验

试验方法	试验内容	试验结果	性能确认
拉伸试验	抗拉强度 (Rm/MPa)	1050~1300	符合接头性能要求
	屈服强度 (Rp0.2/MPa)	850~1200	
	伸长率 A (%)	0.5~1.4	
	断裂位置	焊缝区或热影响区	
金相试验	焊缝区	马氏体+贝氏体+铁素体	符合接头性能要求
	熔合区	板条马氏体	
	热影响区	马氏体+屈氏体+铁素体	
	母材	回火索氏体	
	截面缺陷	无裂纹、未熔合	

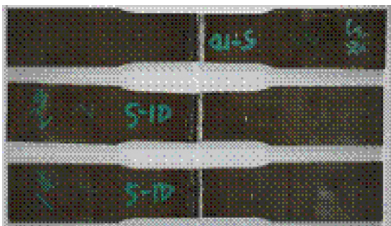


图12 拉伸试样

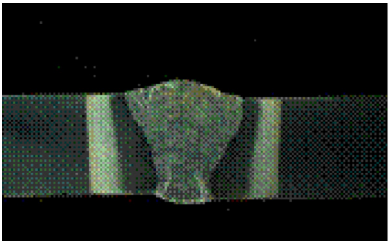


图13 金相试样

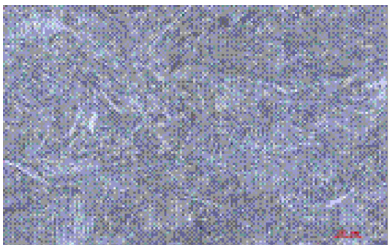


图14 晶粒组织

(4) 车身焊接

采用表7的焊接工艺参数，对车身上的拼接焊缝及11条角焊缝进行焊接。车身焊缝示意图见图15、图16、图17，焊接结果见表9。焊接后的军车总成示意如图18所示。



图15 翼子板角焊缝



图16 前风窗角焊缝



图17 A柱角焊缝



图18 焊接后的军车总成示意

表9 车身焊接结果

序号	焊接部位	焊缝数量	焊缝型式	背面焊缝尺寸	焊缝质量确认
1	顶盖拼接焊缝	2	平焊对接	正面焊高0.5~1mm, 焊宽6~8mm, 背面已焊透, 焊缝表面成型良好, 无咬边, 未熔合等缺陷	合格
2	A柱角焊缝	2	55° 倾斜, 上坡角焊	焊脚高度K=5~6mm, 背面已焊透, 焊缝表面成型良好, 无咬边, 未熔合等缺陷	合格
3	C柱角焊缝	2	55° 倾斜, 上坡角焊		合格
4	翼子板角焊缝	2	平角焊		合格
5	前风窗角焊缝	1	平角焊		合格
6	顶盖角焊缝	4	平角焊		合格

四、结束语

激光加工时, 五轴联动的特点和激光束在加工过程中始终与工件表面垂直的特点, 使得激光切割实现多轮试定轮廓的一次切割完成。PEPS激光切割软件引进使用, 解决了以往激光切割软件使用的不便, 使编程人员编制激光切割程序更加易于操作, 合理避免激光头的干涉碰撞问题, 激光定位自动生成成为生产提供了方便。激光复合焊应用在车身防弹钢板焊接, 通过进行焊接工艺试验确定合适的工艺参数, 能够获得合格的焊缝质量。并且利用其熔深大的特点, 对于板厚4mm以下的钢板可以一次性熔透, 实现单面焊双面成型的效果。与气体保护焊相比, 焊接热影响区小, 从而对防弹性能影响小, 具有较好的应用前景。

随着今后的不断进步, 激光技术和设备必将在汽车研发阶段发挥越来越大的作用。□

资讯

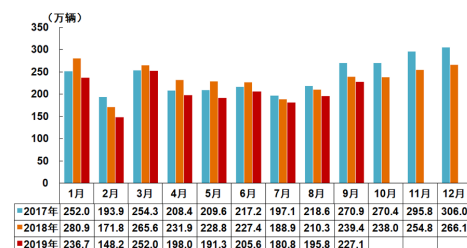
9月国内汽车销量同比降幅收窄

中国汽车工业协会最新统计数据显示, 9月, 我国汽车销量同比降幅收窄。产销量分别完成220.9万辆和227.1万辆, 比上月分别增长11%和16%, 比上年同期分别下降6.2%和5.2%, 产量降幅比上月扩大5.7个百分点, 销量同比降幅较上月缩小1.7个百分点。

9月, 汽车进入传统“金九银十”销售旺季, 从今年9月产销数据完成情况看, 与上月相比, 呈现了明显回升, 行业销量同比降幅也比上月有所收窄, 但降幅依然较大, 延续了去年7月份以来的下降态势, 我国汽车产销量已连续15个月同比下降, 其中新能源汽车也连续3个月下降, 消费动能仍处于不足状态。从乘用车车型看, 本月所有车型同比均呈现下降, 企业面临的压力尚未有效改善; 商用车相对较好, 本月产销均呈现正增长。

1~9月, 汽车产销分别完成1814.9万辆和1837.1万辆, 产销量比上年同期分别下降11.4%和10.3%, 产销量降幅比1~8月分别收窄0.7个百分点。

汽车月度销量



(资料来源: 中国汽车工业协会)

CIMT2019刀具展品述评

中国机床工具工业协会工具分会 杨 晓

由中国机床工具工业协会主办的CIMT2019展会于2019年4月15~20日在北京中国国际展览中心（新馆）隆重举办，行业巨擘汇集，精品新品迭出。其中，来自国内外的知名工具企业如株洲钻石切削刀具股份有限公司（株钻）、厦门金鹭特种合金有限公司（金鹭）、上海工具厂有限公司（上工）、成都工具研究所有限公司、成都成量集团有限公司（成量）、瑞典山特维克可乐满（山特维克）、美国肯纳金属（肯纳）、德国瓦尔特、以色列伊斯卡等200多家工具制造企业携两年来的创新产品参展。以下本文将对本届CIMT上展出的部分车削、铣削、孔加工、螺纹加工、齿轮加工类刀具展品，以及部分工具系统和切削加工解决方案的技术特点进行介绍和评述。

一、车刀

1. 株钻公司新刀具材质

（1）车削不锈钢新材质YB9315
在CIMT2019上，株钻推出了车削不锈钢的新材质YB9315（见图1）。通过调节多层涂层的调制周期

结构，使得分别添加了A元素和B元素的两种不同组织结构（固溶强化和纳米晶/非晶结构强化）TiAlN基涂层能实现共格外延生长。

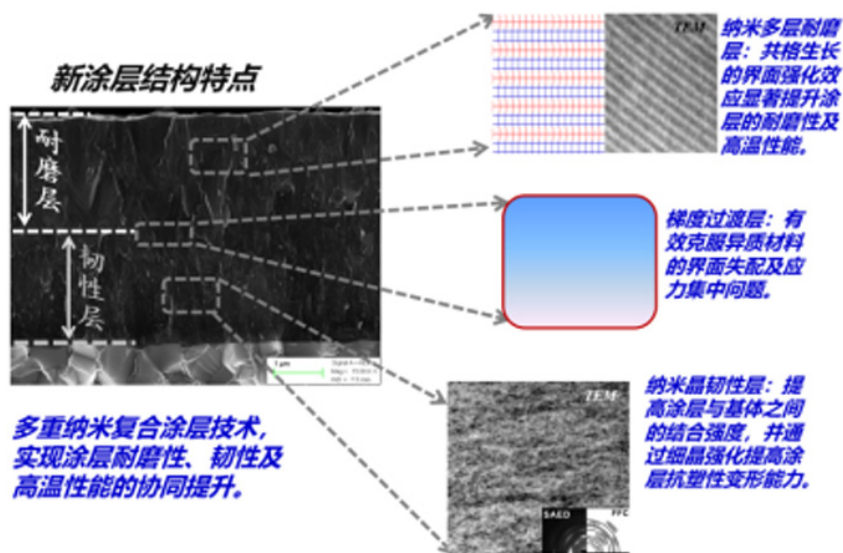


图1 株钻新材质YB9315结构特点

株钻YB9315材质的纳米硬度、热稳定性和抗氧化性能都得到了提升，结合EG槽型，可以兼顾刃口强度和锋利性，更适合通用加工场合；而结合精密磨削工艺的ADF或AHF槽型，则所加工的零件表面粗糙度更佳。

（2）车削铸铁新材质YB7305

株钻车削铸铁的新材质YB7305采用了全新的基体、双氧梯度过渡层技术、细晶柱状结构 Al_2O_3 超厚涂层技术和表面银色涂层（见图2）。该材质采用全新细

颗粒耐磨硬质合金基体，配合优化的烧结工艺，实现碳化钨晶粒度优化控制，使基体具有优异的高温耐磨性能（据株钻介绍，基体的关键技术在于碳化钨晶粒粒度及分布的优化控制，有助于实现耐磨性能和抗冲击性能的协同提升）；双氧梯度过渡层技术能改善涂层应力状态和界面状态，提高界面结合强度；细晶柱状结构 Al_2O_3 超厚涂层技术具有极其突出的高温性能和耐磨损能力，可有效提高刀具寿命（通过成份及工艺优化，中温碳氮化钛晶粒进一步细密化、均匀化，同时实现了结晶一致性，韧性和耐磨性实现了协同提升，大幅提高刀具寿命，而采用晶核预植技术的超细 Al_2O_3 涂层具有很好的结合强度，保证了加工的安全性）；表面银色涂层采用特殊表面处理技术，形成超光滑表面涂层，减小切削力，且易于检查刀片使用状况。与YB7305同期推出的还有YB7310，前者主要适用于灰口铸铁的高速、连续加工（如刹车盘类等材料的高速高效加工），后者则主要用于球铁和合金铸铁的高速、高效通用加工。

技术特点：

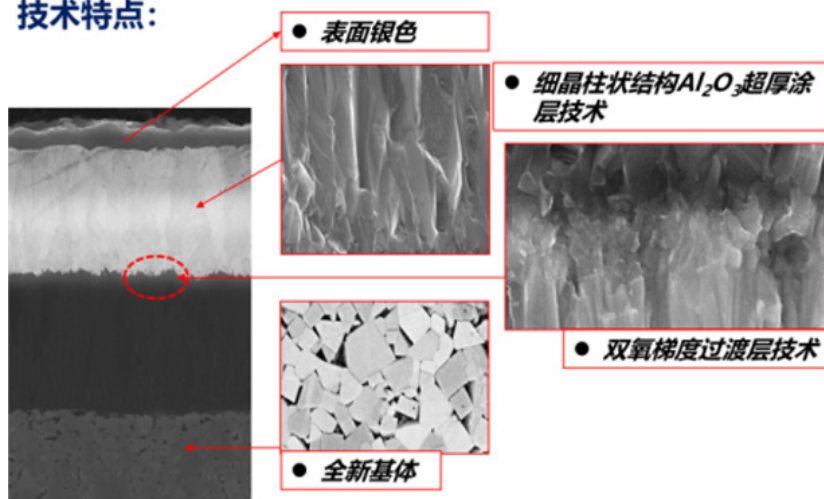


图2 株钻新材质YB7305结构特点

（3）切削难加工材料的YBS系列材质

株钻在CMT2019上还推出了一系列切削难加工材料的YBS系列材质，如YBS103、YBS203和YBS303等，这些新材质通过制备工艺的调整，采用“高钴+细晶”的组织结构，使得新牌号具有更加优异的组织结构，明显提升刀具基体材料的抗裂纹扩展性能；通过特殊的组分设计提升刀具的高温性能。这一系列牌号通过新的组织结构设计方案以及合金韧性增强技术，在保证刀具具有高耐磨性的同时，明显提高了刀具的抗裂

纹扩展能力、抗崩缺性能，为加工GH4169等镍基高温合金、TC4等钛合金材料以及其他类型的难加工材料提供了解决方案，尤其在高温加工领域以及黏结磨损严重的加工领域具有较为明显的优势。

2. 泰珂洛新款TurnTen-Feed

泰珂洛在CMT2019上展出了具有两种主偏角的车刀TurnTen-Feed（见图3），应用于中型到重型车削加工，具有极高的加工效率和经济性。



图3 泰珂洛具有两种主偏角的车刀 TurnTen-Feed

在航空航天、发电设备和重型装备领域里的典型零部件的制造中，常常需要较高的金属去除率并延长有效加工时间，因此寻找提高生产效率和效益的方法成为对制造商们的挑战。加工这些大尺寸和昂贵的工件需要极高的加工可靠性，同时刀具寿命具有可预测性，而泰珂洛的TurnTen-Feed能够满足这一需求。TurnTen-Feed在中型到重型车削加工范围内实现了较高的刀具可靠性和加工效率，其刀片采用10个刀尖的经济方式（双面五边负型刀片），安装采用的燕尾槽锁紧方式可以确保在苛刻工况条件下有较高的刀片可靠性和稳定性。专用的MNW型断屑槽设计确保顺畅地排屑，同时刃口自带修光刃的几何形状允许每转高达2mm的进给速度，以实现倍速加工。

泰珂洛提供了内切圆直径15.875mm的POMG110612和内切圆直径19.05 mm的POMG130612两款刀片。与内切圆直径较大而厚度相等的标准ISO刀片（如CNMG1606和SNMG1906）相比，实现了极高的成本效益。刀片材质则可选用T9200系列。

TurnTen-Feed的两种主偏角通过刀杆来实现，提高了其车削应用范围。主偏角较大、适合大切深的HD刀杆用于切深达7.0mm的应用；而主偏角较小、适合大进给的HF刀杆能够实现每转速度达2.0mm的大进给车削加工。相同形状和尺寸的

刀片都可以在这两种主偏角刀杆上使用（见图4）。

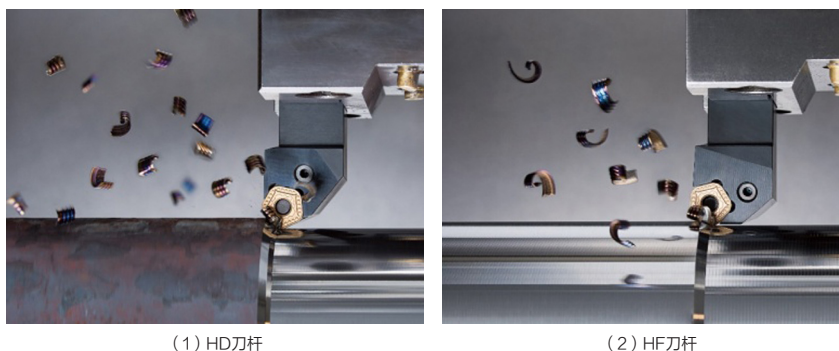


图4 泰珂洛TurnTen-Feed使用示意

泰珂洛同时展出了新一代的钢件车削加工CVD材质T9200系列，目前该系列材质包括T9215和T9225两种涂层，此次升级进一步提升了该系列材质的产品性能和市场竞争能力。T9215材质结合了厚度均匀的 Al_2O_3 层和硬陶瓷层，比传统的TiN涂层具有更高的硬度。这些特性在提高耐磨性的同时也提高了钢件车削加工的生产效率。泰珂洛特殊的后处理技术Premium Tec提高了加工稳定性，并有助于防止涂层中微裂纹的产生和扩展，避免导致灾难性的刀片失效。

T9215系列产品包括泰珂洛标准刀片以及用于钢件车削的TSF、TM和TH共3种断屑槽的ISO-EcoTurn经济型刀片，该材质共有349种刀片。而新的T9225刀片材质加入了泰珂洛早已成功的T9215阵容，以补充用于钢件车削的T9200 CVD 材质系列。T9225具有无与伦比的耐磨性和出色的刃口韧性，适用于市场上所有P25钢件的车削应用。

二、铣刀

1. 山特维克可乐满钛合金铣刀CoroMill390

山特维克可乐满展出了仅重50g的3D打印钛合金铣刀CoroMill390。得益于增材制造技术的精确控制，山特维克可乐满重新设计并优化了这种超轻的刀体。在保证足够刚性的前提下，尽最大可能去除多余的材料，达到减少重量的目的。本次展出的CM390仅重50g，约为同尺寸钢制刀体重量的1/7，加上3D打印可提供的内部网格化中空结构，成就了这一难以想象之轻的刀盘。据介绍，这一超轻CoroMill® 390需要与Silent Tools™ 铣削接杆搭配使用才能发挥最大抑振能力（见图5）。



图5 山特维克可乐满钛合金铣刀CoroMill 390及其Silent Tools铣削接杆

轻如鸿毛的刀具搭载减振接杆，成为长悬伸铣削领域近乎完美的铣削解决方案。值得注意的是：无论是钛合金材料、3D打印的刀体还是在钛合金刀体上

铣削加工刀片的安装结构（3D打印不包括安装孔、平面、刀片槽和刀片锁紧螺栓等部分），都需要相当高的成本，因此叠加起来整个刀具的成本极高，除了一些特别必要的场合，目前并不推荐不分场合地去选用，需要考虑刀具使用的性价比。

2. 伊斯卡小直径立铣刀NAN3MILL

伊斯卡展出的超小直径可转位立铣刀NAN3MILL（见图6），90°主偏角，铣刀直径范围为8~10mm，夹持三角形刀片。铣刀带90°主偏角，前沿的设计能降低切削力，实现轻快切削，提高坡走铣性能。铣刀体表面做了特别的单层硬涂层处理，使排屑流畅，刀体因免于腐蚀及磨损而受到保护。铣刀最大切削深度为3 mm，装夹于铣刀上的单面三角形刀片在径向及轴向形成正倾角，小平面修光刃设计，可以获取良好的加工表面粗糙度。铣刀片由伊斯卡技术前沿的束魔技术（SUMO TEC）合金牌号制成，该技术有助于大幅提高生产率。

铣刀设计的关键要素是找到既能夹持刀片又能防止元件掉落的方法。伊斯卡的新铣刀采用独特的高刚性螺钉头，对铣刀片进行楔形夹紧，在铣刀片的转位操作中无需完全取下夹紧螺钉，对于如此小的元件而言，将其安置于定位槽中至关重要。



图6 伊斯卡小直径立铣刀NAN3MILL

全新NAN3MILL系列设计通常用于整体硬质合金立铣刀的加工场合（如直径8~10mm）。相比于整体硬质合金立铣刀，可转位铣刀具有更

著的成本效益。对于不同工业领域的生产制造商而言，在小规格、小型零部件及组件加工中，NAN3MILL可转位立铣刀因夹持刀片数量多于一件而能提供加工效率更具吸引力的解决方案。

3. 肯纳新型HARVI™ Ultra 8X玉米铣刀

肯纳金属公司展出的最新款玉米铣刀在测试刀具金属去除率的竞赛中取得领先地位。肯纳金属在使用HARVI™ Ultra 8X玉米铣刀（见图7）进行的测试中，对Ti-6Al-4V钛合金材料进行大批量粗加工，仅需一分钟即可完成1000立方厘米（61立方英寸）以上金属去除量。在轴向切深为95mm（3.74in.）、径向切深为20mm（0.78in.）以及进给率为423 mm/min（16.65ipm）的情况下，使用直径为80mm（3.15in.）的HARVI™ Ultra 8X铣刀对航天航空行业中超耐热合金难加工材料进行加工时，连续三分钟进行大切量加工后，刀具的刚性、强度等性能没有下降，采用的螺栓锥面法兰接口设计和KM4X刀柄可确保更好的稳定性。



图7 肯纳HARVI™ Ultra 8X玉米铣刀

为了实现高金属去除率和极佳的灵活性目标，肯纳金属公司在这款高科技刀具产品上融合了多项创新技术：例如采用双面正角刀片设计（见图8），确保最低的单位切削刃成本，同时最多可降低50%的功率消耗；又如采用独特的AlTiN+TiN PVD涂层设计，可以确保很好的抗热裂纹性能，以提供更长的使用寿命；再如独特的BTF46（螺栓锥体法兰）接口系统，与套式接口刀柄系统相比，可提供更为出色的抗弯矩性能；还有HARVI™ Ultra 8X 的可变螺旋角设计，可以避免“振刀”，进一步延长刀具寿命，提高工件加工质量和生产率。而可变螺旋角设计，使用尺寸较小的12mm和10mm刀片，意味着在刀体上可以安装更多刀片。更多刀片可以同时切入工件，意味着在重型切削时，更多刀片可以同时吸收切削产生的冲击力。此外，HARVI™ Ultra 8X高精度内冷喷嘴可将切削液直接引导至最需要切削液的位置，增强型排屑槽设计可以确保最优化的排屑性能，大号M4 Torx Plus螺钉可以确保更好的刀片稳定性等。排屑槽和冷却液喷嘴设计可以确保最佳的排屑性能，这是高金属切除量应用中非常重要的一点，否则在加工过程中会出现切屑卡滞，进而导致刀具的突变失效。

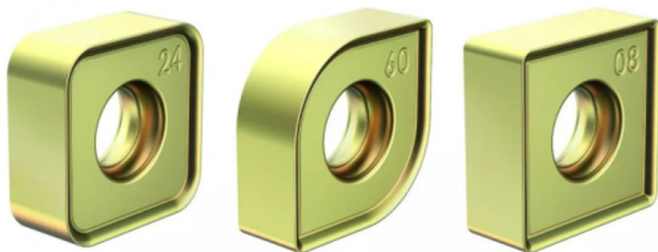


图8 肯纳HARVI™ Ultra 8X玉米铣刀刀片

肯纳展示的KCSM40材质在高温合金材料加工中具有极高的性能。每个刀片有8个切削刃，刀片尺寸范围为内切圆10mm和12mm，并提供8种刀尖圆角尺寸。双面刀片不仅意味着更低的单位切削刃成本，同时也可以采用更高的切削速度和进给率参数。肯纳技术人员认为，因为HARVI™ Ultra 8X提供整体式刀柄设计或“超强”的BTF46接口装置，用户几乎可将这款刀具安装至任何类型的机床主轴上，同时并不会影响其整体刚性。

4. 株钻涂层牌号DW01

株钻还展出了适用于钻削与铣削加工石墨、复合材料的化学气相沉积金刚石涂层牌号DW01，该涂层硬度达8000~10000HV，涂层具有较大的晶粒度（涂层晶粒度3~5 μm）和纯度，可以提高刀具的耐磨性。涂层厚度10±2 μm，最高使用温度600℃，适用于钻削与铣削加工石墨（涂层与石墨摩擦系数为0.22）、纤维增强复合材料（涂层与碳纤维复合材料的摩擦系数为0.5）、氧化锆义齿等难加工材料。

5. 瓦尔特密齿立铣刀M5130

瓦尔特展出了Xtra·tec® XT系列立铣刀M5130（见图9）。经过特殊的设计，这种主要用于立铣（粗铣和精铣）、坡走铣、螺旋插补铣、铣型腔的立铣刀刀片的截面积更大，刀片刀体的接触面积和刀体的支撑都得到了加强，刀齿数也得以增加。更大的刀片尺寸意味着能承受更大的切削力和更大的每齿进给，切削刀片数量的增加又进一步增加了单位时间的进给量，进一步提高了切削效率。

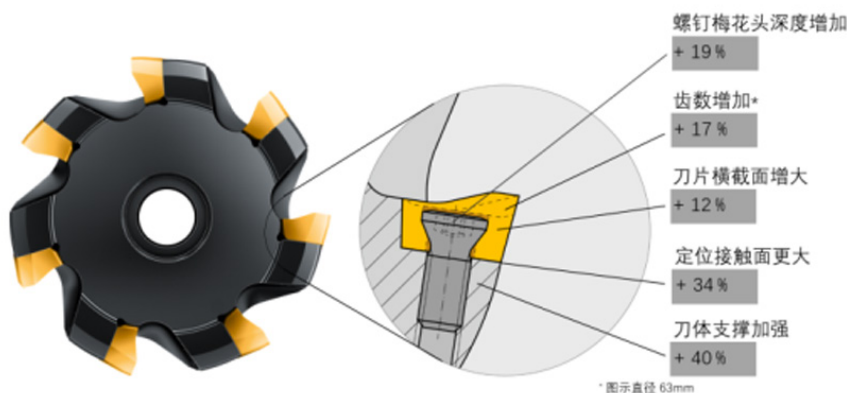


图9 瓦尔特立铣刀M5130结构特点示意

6. 成都邦普快进给切削P110系列面铣刀

成都邦普展出了快进给铣刀及刀片（见图10）。据邦普技术人员介绍，其快进给铣刀刀片采用特殊的槽型设计，能在快进给切削时获得更高的金属去除率；刃口经过特殊处理，具有更高的使用寿命；刀片有4个切削刃，更经济适用；通过第二侧面和90°垂直定位方式，使刀片在连续切削中能最大程度地保证加工稳定性。

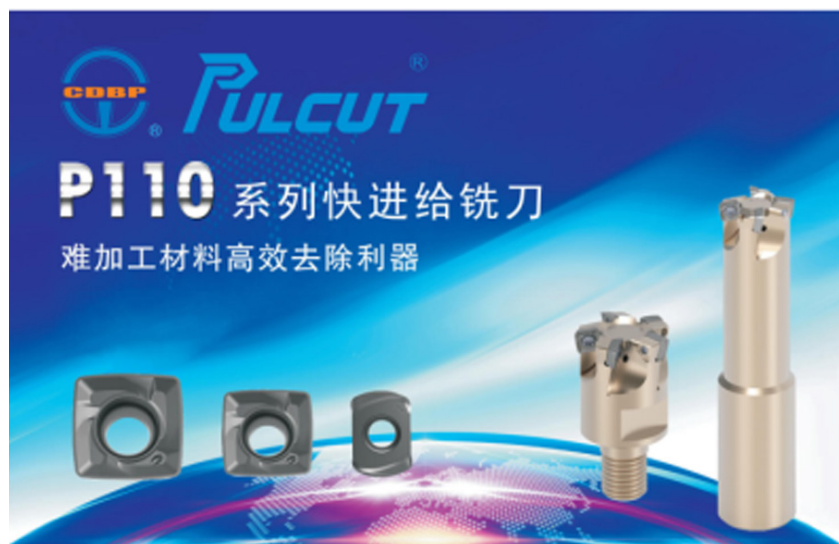


图10 邦普快进给铣刀及其刀片

7. 黛杰双面赛豹EXSAP / MSX型

黛杰展出了其双面赛豹EXSAP/MSX型立铣刀（见图11）。这款刀具的最大轴向切削量为15mm，是应对平面、沟槽、插铣以及倾斜切入加工等用途广泛的多功能可转位刀具。刀片两面使用（共使用4个刃口），经济性更佳。其三维低切削阻力断屑槽形状的设计，可有效抑制切削阻力，实现高效率的粗加工。同时，高精度的外周精磨级刀片结合及外周大圆弧切削刃的设计，在大轴向切深时也能抑制加工面的峰波高度，高效率、高精度地应对半精加工和精加工。刀片材质备有JC8050、JC8118两种，可灵活应对普通钢、预硬钢以及50HRC以下的淬火钢及铸铁、不锈钢等多种被加工材料。



图11 黛杰双面赛豹铣刀及刀片

8. 黛杰“耐勇斯文”可转位球头铣刀

黛杰展出的“耐勇斯文”可转位球头铣刀（见图12）是一款能够在模具仿形加工中稳定地完成一般料及堆焊料的粗、半精加工刀具。这种球头铣刀的刀体刀片上设计有独特的异形凸凹键，在牢固地固定刀片的同时还可有效抑制刀片的移位和窜动，刀片重复定位精度高。结合轴向负角的设计，进一步提高抗冲击能力，能稳定应对各种被加工材料的粗加工到半精加工。刀片的主刃和副刃采用不同的槽型，同时备有较锋利的低阻力型（HM/HS）组合和抗冲击的刃口强化型组合两种槽型组合，刀片材质有JC5240、JC8118两种材质，广泛适用于普通钢、预硬钢以及50~60HRC的堆焊料、淬硬钢和铸铁等被加工材料。



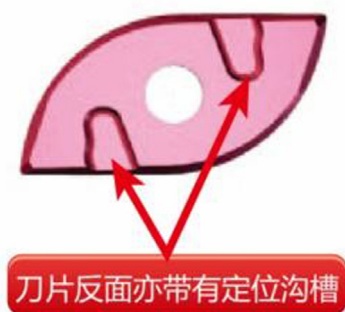


图12 黛杰“耐勇斯文”可转位球头铣刀



图13 肯纳KenTIP FS钻头

FS产品的外观似乎与其他可换刀头类型的钻削产品没有区别，同样配有冠齿刀片、内冷通道以及为了高效排屑的螺旋排屑槽，但相同点仅此而已。FS采用全新的设计方案，集众多重要产品性能于一身，因此在模块化钻家族中脱颖而出。FS的排屑槽在最后加工时经过高度抛光处理，显著改善了排屑性能，减少了切屑对刀头的冲击磨蚀。“多冷却孔”设计（有4个冷却孔，2个位于刀头部位，2个位于刀头下的容屑槽部位）可以提供更大的冷却液流量，避免出现切屑堵塞，同时还可迅速带走切削部位的热量，从而延长刀具使用寿命，提高孔加工质量。

FS的HPG槽型刀片使用了专为钢材料加工设计的新型、高耐磨性的硬质合金材质KCP15A。与同类钻头产品相比，其最新设计的钻尖角度以及自定心的横刃设计可确保更高的定位精度和孔垂直度，即使高进给时也没问题。刀片的圆角部位采用轻微倒角保护设计，可减少崩刃；刃带同样采用增强设计，适用于液压歧管应用中常见的交叉孔和斜出口孔加工，或是热交换器生产中的堆叠板加工。

FS的HPL槽型产品针对航天航空行业加工不锈钢和超耐热合金材料，使用高耐磨性的细晶粒硬质合金材质和耐腐蚀的AlTiN涂层KCMS15，并采用分体钻尖设计，可减少切削力，适用于在航天航空行业材料以及医疗设备合金材料加工中切断长切屑。FS的HPC槽型则针对汽车制造商解决铸铁材料的加工，它

三、孔加工刀具

1. 肯纳KenTIP FS

肯纳金属公司将KSEM 模块化钻系统性能可靠和多功能性的优势与同系列小型钻KenTIP的使用便利性以及低进给力的特性相结合，推出了一款全新的6~26mm、1.5~12倍径、采用全硬质合金刀头的模块化钻削产品KenTIP FS（见图13）。

采用四刃带和圆角钻尖设计，可避免加工中常见的退刀时崩刃和裂纹现象，其特殊设计的容屑槽结合前刀面冷却孔设计，可迅速排出切屑。所有这些刀片均采用143度的钻尖角设计，经过特殊的刃口处理、抛光处理或切削刃倒圆处理，确保最优化的刀具使用寿命。

KenTIP FS的独特之处还在于其安装接口装置。KenTIP FS不仅具备大尺寸KSEM和KSEM Plus钻头刀片强度大的优点，并且还具备用户非常熟悉的与KenTIP相似的快速换刀性能：只需用鼓风装置吹去刀座的灰尘，将刀片安装就位并略微调整，然后使用提供的智能扳手进行紧固。

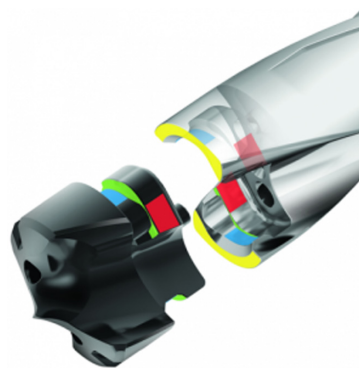


图14 肯纳KenTIP FS钻头专利的锥面接口

如图14所示，KenTIP FS采用专利的锥面接口设计，可以提供最大化的刚性和精度。其拉钉锁紧装置可避免钻头脱落，大支撑面可以承受极端扭曲扭矩，避免刀座的变形。因全硬质合金刀片没有安装螺钉，所以在接触切屑或工件时，不会对夹持装置造成损坏。这些特点可以确保KenTIP FS在恶劣切削条件下仍然具有出色的性能，可应对加工应用中各种严峻挑战。

2. 株钻ZSD系列新型浅孔钻

株钻ZSD系列新型浅孔钻（见图15）采用7项专有技术。

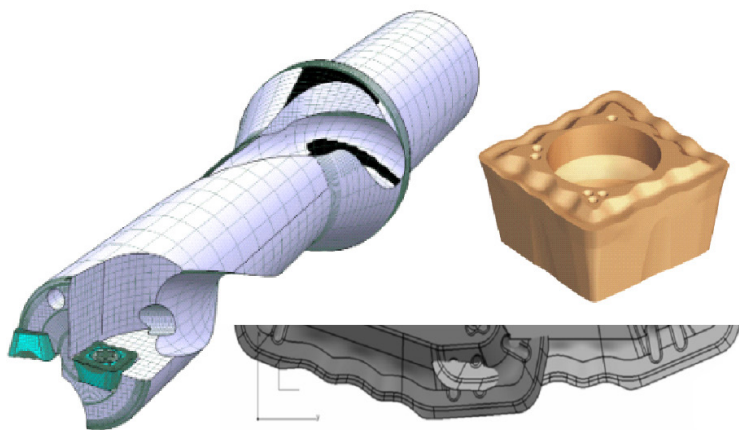


图15 株钻的ZSD系列新型浅孔、刀片及刃口示意

首先是采用了先进分层切入技术（这一刀具结构正在申请发明专利保护），通过内、外刀片依次分层切入工件，切入平缓冲击小，内刃形成连续切宽切屑，外刃形成小切宽碎屑，切屑排出方便；其次，采用精确修光技术，副切削刃上设有一段和加工表面基本平行的修光刃，可以提高进给表面尺寸精度和表面质量（表面粗糙度可达Ra1.6以下）；第三是轴向导向抗振技术，波形切削刃和孔底部形成波形配合，能有效抑制刀片振动，提升刀具的高效加工能力及稳定性，同时又能形成直径中心、周向和孔底三位一体的导向结构，有效提高刀具的抗振（刀片结构也申请了发明专利保护）；第四是采用内、外刀片间切削力精确平衡技术，基于线速度精准分析刀具切削力的平衡性，通过理论计算、有限元和试验多种方法交替验证刀具的平衡性，当钻削深度为5倍孔径时，偏差、圆柱度基本控制在0.05mm以下；第五是实现了内、外刀片独立平衡技术，即在浅孔钻头体采用不对称结构的同时，刀片采用波形凸切削刃结构，两者的结合可以达到内、外刀片的独立径向平衡能力，严格控制切削过程中的性能可靠性和持久性，切削效率和稳定性大幅提升；第六是刀片基于工况采用特定槽型结构技术，由于钻孔时外径大的位置线速度高，切削力小但易磨损，而钻头近中心及修光刃处为零易崩缺，为了保证平衡和耐磨性，株钻针对工况独立设计特定的槽型，切削稳定，刀片寿命提升1倍以上；第七是钻刀片采用波形叠加弧形复杂刃形技术，波形切削刃能有效降低单位切削刃负载，多个波形切削刃切入工件时切入角度不呈周期性变化，切入工件过程稳定，有效抑制切削振动的产生，提高了孔的加工精度。

3. 株钻ZTK系列可换头钻头

株钻的ZTK系列可换头钻头的齿冠与刀杆联接采用过定位夹紧，轴向、径向定位面和螺纹接口同时作用，刀头装夹稳定可靠；双螺旋内冷孔既能精准冷却，又能辅助排屑；独特的切削刃设计能让刀具切入顺畅，通用性强，实现低阻高效加工。株钻认为，这一系列独特的结构设计，能帮助用户降低加工成本，提升加工效率，实现高精度、高效率加工。

4. 深圳金洲超精密微型钻头

深圳金洲展出了直径仅0.02mm的超精密微型钻头（见图16）。目前很多行业都会用到微型刀具，尤其是钻孔加工。深圳金洲希望通过CMT展会让过去一

直使用国外品牌的客户增加对金洲产品与能力的了解，拓宽市场，同时明确需要深入研究的方向。2018年电子行业销量的萎缩对包括金洲在内的国内微型刀具制造商或多或少会有一些影响，但金洲的产品生产线和种类较多，其他类产品的市场增长弥补了这一影响。对于一些高端产品，尤其是5G技术的逐步推进，会使金洲迎来新一轮的产品应用高峰。此外，义齿类牙科加工产品近年的发展势头非常好，这对包括金洲在内的微型刀具制造商来说都是一种机遇。

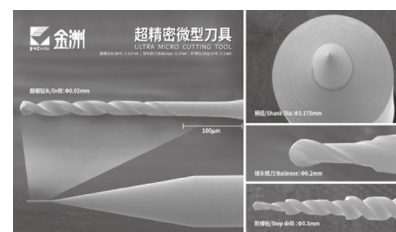


图16 深圳金洲超精密微型钻头

5. 森泰英格高精度可调铰刀和可转位铰刀

在森泰英格的铰刀展台，展出了更高精度可调铰刀和可转位铰刀（见图17），满足各类安装要求并且保证其加工的精度。铸铁类的焊接式铰刀采用HSK40、hsk32的接口，这种高精度过定位的接口保证了铰刀的更换和加工的精度。



图17 森泰英格高精度可调铰刀和可转位铰刀

6. 好优利经济型反镗沉孔刀具BSF

好优利公司展出的经济型反镗

沉孔刀具BSF最大反镗沉孔直径可达孔直径的2.3倍（图18）。BSF刀具结构简单，设计巧妙，使得反镗沉孔工序不需要翻转工件，一次装夹就可完成。其极高的生产效率和简单可靠的结构形成了鲜明的对比。当主轴转速达到推荐的速度时，刀片打开至工作位置。通过机床的内冷压力可以控制刀片的收回。

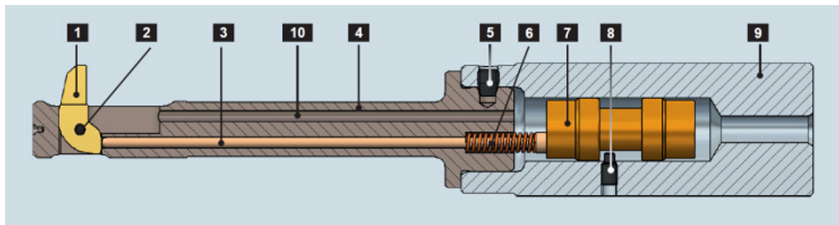


图18 好优利经济型反镗沉孔刀具BSF

1. 刀片 2. 刀片销（销轴随着刀片一起更换） 3. 控制销 4. 刀杆 5. 锁紧螺钉
6. 弹簧 7. 活塞 8. 活塞限位螺钉 9. 刀柄 10. 冷却孔

BSF刀具是为实现反镗沉孔的自动化加工而设计，工作时不需要止动装置，不需反转及其他任何机床辅助装置。刀片摆动式的收回机构、配合机床内冷压力驱动的原理保证了刀片不会因为铁屑及粉尘而无法收回。

反镗沉孔的工作原理如图19所示。①在反镗沉孔时，当主轴达到推荐转速时，刀片展开至工作位置；②在反镗沉孔结束后，活塞在冷却液压力作用下推动刀片开始翻转；③在刀片收回刀体过程中，压力面翻转直至将刀片完全推入刀体中；④当刀片完全收入刀体之后，刀具可沿轴向原路退出工件。

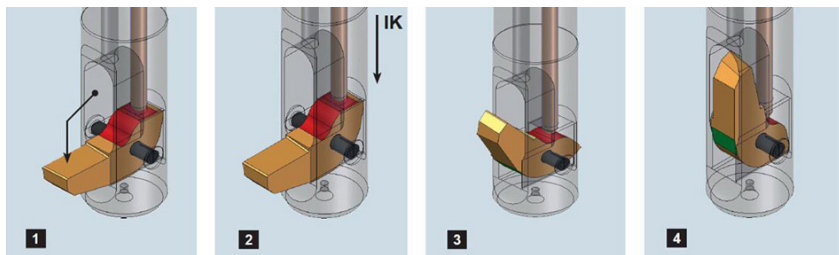


图19 好优利经济型反镗沉孔刀具BSF工作原理图

四、螺纹加工刀具

1. 恒鼎防松脱自锁螺纹丝锥

对于普通标准螺母来说，每一对螺母和螺栓在装配中（如松卸、拧紧若干次）会很快失去锁紧能力。具有防松脱自锁螺纹的螺母能够在重复应用后（在螺栓上多次拧紧拧松）仍能继续保持原有的锁紧能力。



图20 恒鼎防松脱自锁螺纹丝锥

鉴于以上原因，恒鼎工具开发了系列防松脱自锁螺纹加工用丝锥——切削丝锥（直槽丝锥、螺旋槽丝锥、螺尖丝锥）以及挤压丝锥（见图20）。通过改变内螺纹的齿形（内螺纹牙底处有一个30°的楔形斜面），而与之相配的螺栓外螺纹则维持标准形状不变，以此来解决螺纹件在高温、强振环境中的防松可靠性和磨损/耐久性难题，可满足3C、汽车、航天航空、高铁、桥梁以及轨道交通等行业的螺纹加工应用。

2. 瓦尔特多排齿螺纹铣刀

瓦尔特在几年前曾发布过三排齿的可转位螺纹铣刀，而在CMT2019上，瓦尔特将这种多排齿的螺纹铣刀进一步完整化。借鉴之前的三排齿可转位螺纹铣刀，瓦尔特推出多排齿的整体硬质合金螺纹铣刀（见图21a）。



图21 瓦尔特多排齿螺纹铣刀

对于可转位铣刀，瓦尔特在三排齿的基础上增加了两排齿和一排齿的结构（见图21b）。这类螺纹铣刀的特点是轻快切削，切削力小，可使用更高的进给以及更少的半径补偿次数，提高刀具寿命。

五、齿轮加工刀具

1. 星速INNO齿轮滚刀

星速在CIMT2019上展出了全新的高效INNO刀具系列，包括INNO滚刀（见图22）、INNO剃齿刀和INNO倒棱刀，结合其加工工艺流程设计方面的技术支持，希望为齿轮行业及变速箱行业大幅度提升刀具寿命提供完美的解决方案，帮助客户应对切削加工中的挑战。



图22 星速INNO滚刀

在滚刀生产中，最具有挑战的工艺是滚刀的最后表面处理。通常滚刀的磨损是从磨削滚刀齿形时留下的磨削痕最高点开始的，星速公司通过新的精加工磨齿加工循环，使INNO滚刀表面粗糙度达到了最小的水平，几乎可以避免滚刀侧刃凸起的磨削痕。因此INNO滚刀在滚齿过程中，可以使磨损开始点明显延后，从而显著提升了刀具寿命。

与此同时，INNO滚刀还将很小的表面粗糙度与专用的切削刃口槽型设计相结合。INNO滚刀切削刃口形状是由涂层前最后一道的喷砂工艺形成的，而根据滚齿时的载荷情况，设计不同的刃口形状和钝化成为可能，切削刃口钝化的选择通常是在切削性能和刃口稳定性之间的平衡。星速专家团队在分析客户的应用细节后设计了专用的刃口钝化，从而使获得刀具最高寿命成为可能。切削试验表明，刀具寿命显著提高时，都具有磨损宽

度更均匀的特点。星速公司的用户证实，相对于普通滚刀，INNO滚刀的寿命能够提升高达80%，可帮助客户显著降低刀具单件成本。甚至有用户在滚削加工中采用INNO滚刀取代更加昂贵的硬质合金滚刀。

2. 星速INNO剃齿刀

星速公司展出的最新一代的INNO剃齿刀（见图23），为将客户的剃齿生产效率提升到全新的高度创造了条件：INNO剃齿刀具有锋利和高精度的切削刃口，使切削齿轮变得更加轻松，还提升了排屑性能、降低了刀具的切削载荷。经过标准修磨后，如果已经完全去除了磨损层，INNO剃齿刀可以保证获得与新刀相同的高精度切削刃口。据星速技术人员介绍，INNO剃齿刀在测试中相较于同类产品有很高的优越性，一般的标准剃齿刀能加工2800~3300件，而星速的INNO剃齿刀加工达到6700个工件。表明INNO剃齿刀可以提升刀具寿命138%，从而大幅度降低了客户的单件成本。而修磨后，INNO剃齿刀也能保持和新刀相同的高寿命，从而大幅度降低客户成本。



图23 星速INNO剃齿刀

3. 星速INNO倒棱刀

在精密齿轮加工中，为了避免损伤齿轮和保护精加工工具，需要去掉齿轮上微小毛刺和尖角，通常采

用倒棱刀加工。而星速公司在本届CIMT上新发布的INNO倒棱刀（见图24）则采用旋转挤压成型的加工方式，这一设计理念是基于高效加工和加工经济性，特别适合汽车行业等大批量生产。



图24 星速INNO倒棱刀

INNO倒棱刀结合了材料领域和表面精加工的崭新技术，改善了刀具和齿轮的接触区域。其坚固的刀体和低表面粗糙度优化了挤压成型过程，更重要的是降低了单件加工成本。在星速公司已经进行的所有实验中，INNO倒棱刀都显著提升了寿命（如在汽车齿轮加工中，INNO倒棱刀比传统的标准型倒棱刀具可提升两倍的寿命）。此外，采用INNO旋转挤压倒棱技术，还可以为客户提供干式加工的倒棱刀与干式滚齿相结合，使齿轮的粗加工成为全干式切削，无需冷却液。

六、工具系统

1. 大昭和端面冷却型夹套的美夹微型刀柄

通常对于弹簧刀柄的印象还停留在是一种应用广泛但精度普通的刀柄。在本届CIMT上，大昭和公司展出的端面冷却螺母作为弹簧刀柄的一个配件，可应用于外径最小10mm、抗干涉性强、刀具伸出4倍直径处、跳动仅3μm的高精度美夹微型刀柄上，如图25所示。



图25 大昭和美夹微型刀柄

在模具的精铣加工时，跳动精度是直接影响加工效果及刀具寿命的最重要指标。但在某些干涉部位，外冷喷淋困难，而微小刀具内冷孔制作难度大、成本高。随着高速机床的普及，微小型刀具在高转速时外冷较难接近越发突出。

大昭和展出的这款端面冷却螺母在面对以上难题时，通过两个特殊角度的喷淋孔，将冷却液精准地送向刀尖，尤其是在加工如耐热合金、易产生粘刀的难加工材料时，不仅从最重要的跳动精度方面，更从精准的冷却效果上进一步提升了加工质量。

2. 森泰英格“鲨鱼”系列液压刀柄

森泰英格公司在本届展会展出了其“鲨鱼”系列液压刀柄（见图26），其外观采用“鲨鱼鳃”防滑结构，可增大抓握摩擦阻力，更符合人体工程学设计，避免使用滑落造成安全事故。刀柄采用整体式设计，结构简单、紧凑，能够有效降低密封造成的泄漏风险，同时避免干涉；其双强力锁紧环和螺旋变形槽设计，大大提高了液压刀柄夹持扭矩；密封采用抗老化材料，可有效降低密封材料在高压环境下的老化速度，提高液压刀柄寿命；特殊的表面处理提高了液压刀

柄表面耐腐蚀能力，保持液压刀柄精度的持久性；精密动平衡设计，在25000r/min下可达G2.5级精度，保证液压刀柄在高速加工中良好的使用性能；而在夹持直径4倍处的跳动要控制在0.002mm以下的超高精度检验标准，保证了液压刀柄高精度加工使用性能。该刀柄具有的超强夹持能力，可用于各种加工环境。



图26 森泰英格展台上的“鲨鱼”系列液压刀柄

3. 日研数控车床用高精度双零位补正刀柄

日研公司展出了数控车床上用的调刀刀柄，它不仅可以调整接近刀柄处的跳动，还可以调整远离刀柄的悬伸端的跳动。因为可以消除远端、近端两处的跳动，日研将其称为“双零位补正刀柄”（见图27）。

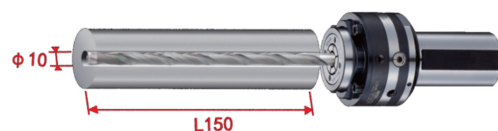


图27 日研数控车床用高精度双零位补正刀柄

七、切削加工解决方案

1. 森泰英格汽车零部件加工方案

如图28所示，在森泰英格的汽车零部件加工方案展台，可以看到发动机缸体缸盖、转向节、驱动器电机壳、变速器壳体、制动钳和主缸的加工刀具和零件展示。同时，森泰英格公司还推出了PCD整体刀具和可转位刀具、PCD和可转位的复合刀具，满足各类汽车零部件加工。



图28 森泰英格汽车零部件加工方案展台

2. 方寸动力电机壳体加工方案

无锡方寸工具公司展示了其针对动力电机壳体的解决方案。在大孔镗刀（见图5右）上，方寸采用专业软件进行智能设计，为新能源电机产业提供解决方案。它采用独特的桁架式结构设计和制造复合镗刀，使得该镗刀的重量较整体结构镗刀大大减轻，刀具的转动惯量显著减少，从而使机床主轴的受力大为改善，有利于充分提高机床的转速，从而得到更高的加工效率。而针对轴承部加工开发的多齿复合铣刀（见图29左），采用锋利的铝合金专用刀片，内外同步加工快速高效，适合高节拍加工。

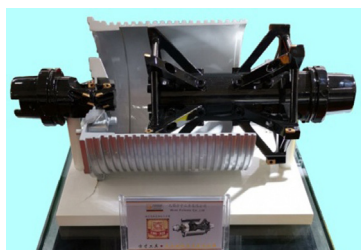


图29 方寸针对动力电机壳体的解决方案



图30 方寸发动机缸体加工方案



图31 方寸的两种孔加工刀具

3. 方寸发动机缸体加工方案

在针对发动机缸体加工方案方面，无锡方寸公司展出了燃烧室及结合面加工、轴承盖卡档加工、颊板面加工、主轴孔加工、缸孔加工、启动电机孔加工等多个部件加工解决方案。

在燃烧室及结合面加工方面，方寸的密齿粗铣刀经过特别优化的切削刃角度，避免了铸件的崩边发生，高效稳定；而密齿精铣刀使用高精度多齿修光刀，在长效保证表面质量要求的同时加工效率也达到国际先进水平。在轴承盖卡档加工方面，方寸采用了刀夹式密齿焊接CBN铣刀，动平衡性能好，可以满足高节拍需要。在颊板面加工方面（见图30右），方寸的切向布齿组合铣刀采用密齿设计，效率更高，而各刀盘组合成螺旋状齿型，切削状态平稳，切削刃更换周期长。在主轴孔加工方面，方寸采用偏心进刀的线镗刀（见图31左）加工曲轴孔，多阶同步加工，采用特殊材料制造的刀体能得到高度的工艺稳定性。在缸孔加工方面（见图30左上），方寸采用多刃刀夹式粗镗刀+多刃嵌入式微调精镗刀的方案，多刃刀夹式粗镗刀特殊优化的抑振设计，而多刃嵌入式微调精镗刀，其嵌入式结构不仅能排布更多切削刃，更能提供极高的稳定性（见图31右）。在启动电机孔加工方面（见图30左下），方寸的多刃嵌入式精镗刀采用类似于缸孔精镗的解决方案。

4. 方寸的转向节加工方案

方寸展示的转向节加工方案如图32所示，包括轴承孔复合加工、横拉孔端面加工、支臂孔加工、控制臂孔加工等，针对两种主流材料（铝合金及铸铁）可以采用PCD刀片或硬质合金刀片，且多数为便于管理的ISO刀片。复合刀具专为汽车转向系统行业特殊定制，高效率，高稳定性，能大幅降低客户生产成本。反复试验选定的刀片组合模和不断优化方案，在众多用户使用中表现出了加工效率高特点以及极佳的综合成本优势。



图32 方寸的转向节加工方案

5. 可乐满数字化解决方案 MachiningInsights

山特维克可乐满在本届CMT上展示了车间设备监控数字化解决方案（见图33）。采用数字化解决方案监控设备利用率，可使车间的生产率和盈利能力得到大幅度提升，这远非其他方式能比拟的，而这正是山特维克可乐满推出MachiningInsights的目的所在。



图33 操作员通过机床边联网的平板输入具体的停机信息

MachiningInsights不仅仅是一个监控系统，它还可以收集数据，指出需要关注的问题，并获得对设备的深入全面了解，以据此采取措施。对于希望减少生产过程中的浪费并顺利实现数字化工作方式转型的制造商来说，采用MachiningInsights能够帮助制造商减少生产中的浪费，并快捷地实现数字化转型。

许多制造业的客户在发现和分析停机原因时面临了巨大的挑战，而MachiningInsights能够帮助制造业客户轻松解决这个难题。取代传统的人工收集、手动归类和手动分析的方法，该数字化解决方案直接自动从联网的机床中进行收集和运算，使得制造商可以利用该数字化解决方案分析设备利用率，并采取相应措施优化生产流程，从而提升生产率。借助数字化连接和附加的操作员输入功能，系统自身的分析能力得到进一步提升。借助在线可视化工具，可实现数据的透明化，操作员可通过Web浏览器访问相关数据。MachiningInsights数字化解决方案无需借助复杂的IT项目即可启动和运行，帮助制造企业将数字化智能制造快速简单地整合到生产现场。（下转第65页）

CIMT2019卧式铣镗加工中心展品评述

芜湖恒升重型机床股份有限公司 潘康健

近年来，机床工具行业承压运行，机床工具制造企业需要根据用户的需求不断创新，充分了解用户的加工要求和对机床使用的功能需要，开发、制造出能给用户带来更高经济效益的机床产品，最终促进机床工具制

造业进一步发展。

数控卧式铣镗床的系列构成，按机床的布置形式和机床系列型谱规定可分为三个系列：数控卧式台型铣镗床、数控落地铣镗床、数控刨台卧式铣镗床，上述机床加上刀库和交换工

作台即可成为相应的铣镗加工中心。

笔者在CIMT2019展会重点关注尼古拉斯克雷亚、齐二机床、昆明机床、捷克道斯、九五精机等展商的数控卧式铣镗加工中心展品，其主要技术参数如表所示。

参展商	尼古拉斯克雷亚	齐二机床	昆明机床	捷克道斯	九五精机
展品型号	AXIA-100	FA-130	KMB130B	WHT110S	J5TK6411C
镗轴直径/mm	滑枕铣头型	φ130	φ130	φ112	φ130
主轴锥孔	HSK 100	ISO50	ISO50	ISO50	ISO50
铣轴直径/mm		φ221.44	φ221.44		
滑枕截面尺寸/mm	460×512	380×450			
主轴转速 /r·min ⁻¹	6000（最高）	2-2000	7-2000	10-4000	12-1500
主电机功率/kW	52	41	25	28	18.5/22
主轴最大扭矩（N·m）	1375	2000	1890	1200	1500
主轴轴向抗力/N			25000		
工作台尺寸/mm	35000×5000		1600×1800	1250×1250	1350×1000
工作台承重/t	60		16	6	5
立柱滑座行程X/mm	10000	2000	1600	1500	工作台横向行程：1600
主轴箱行程Y/mm	4000	3000	2000	1600	1200/1600
镗轴行程W/mm		700	800	650	550
滑枕行程Z/mm	1750	800			工作台纵向行程：1200
切削进给速度/mm·min ⁻¹	1-30000	1-15000	WZ: 1-2000 XY: 1-6000	1-25000	5-2000
快速移动速度/mm·min ⁻¹	30000	15000	WZ: 6000 XY: 10000	25000	X、Y、Z: 10000 W: 5000

评述展品主要技术参数表

下面就以上这些卧式铣镗加工中心做简要评述。

一、参展机床结构和性能特点

1. 西班牙尼古拉斯克雷亚集团公司AXIA落地式移动立柱铣床

西班牙尼古拉斯克雷亚集团公司成立于1947年，一直致力于中、大型规格镗铣加工中心的研发和制造，其生产的数控落地铣镗加工中心、龙门铣镗加工中心等产品均具有世界先进水平。



AXIA落地式移动立柱铣床

AXIA落地式移动立柱铣床为单立柱、滑鞍（主轴箱）中置、滑枕轴向移动（该机床无镗轴）、大横向移动立柱的布局型式。展品配置了戴姆勒重型回转工作台，台面尺寸为 $3.5\text{m} \times 5\text{m}$ ，工作台承重为60t。立柱设计为龙门框架式对称结构，滑鞍（主轴箱）正挂于龙门框架内上下移动，形成框架式箱中箱结构，使机床具有较高的刚性和良好的热对称性。滑枕可轴向移动。

各直线轴导轨副采用V型线性滚柱导轨，保证各直线轴在快速运动的同时具有极高的刚性。在滑枕两侧安装有带阻尼性能的导向系统，使滑枕在高、低速进给和重负荷切削时，都能保证高精度。各直线轴的传动采用大导程滚珠丝杠和螺母旋转的方式，克服了丝杠高速旋转所产生的振动，并减小了运动件的转动惯量，增加了传动系统的刚性和移动件快速运动时的平稳性，提高了运动精度。各直线轴采用光栅尺进行直接测量和反馈，实现全闭环控制，提高了定位精度和

重复定位精度。

为了补偿方滑枕伸出时的下垂挠度变形，在方滑枕上部安装了两套拉杆油缸机构，随着方滑枕伸出位置的变化，电液比例阀控制油缸的压力也随之改变，保证了方滑枕伸出时的精度。

主轴轴承的润滑采用油-气润滑，主轴的温度控制通过内部的温控循环回路使主轴内各轴承部件保持在恒定的温度，确保了主轴在高速时的运转精度。主轴箱采用液压油缸结合蓄能器的方式进行平衡，保证了主轴箱运动的灵活性和较高的动态性能。

该机床可提供多种铣头及附件供用户选择，能较好地满足用户不同的切削要求。机床配置有链式刀库，也可根据用户需要配置附件头库，配合回转工作台可增强机床的多功能性和复合加工能力，最大程度地提高了机床的加工效率。

该展品外观设计的简练美观，安全防护齐全，机床操纵间为大尺寸可调玻璃窗口全封闭操作室，保证了人身安全和环境清洁。

2. 齐齐哈尔二机床（集团）有限公司FA-130高速数控落地铣镗床

齐齐哈尔二机床（集团）有限公司是我国较早研发、制造数控重型落地铣镗床的厂家之一，已成为我国重型机床生产基地。展出的FA-130高速数控落地铣镗床系列机床为单立柱型，主轴箱侧挂，滑枕、镗轴移动，采用大横向移动立柱的布局型式。



FA-130高速数控落地铣镗床

该机X、Z、W三个直线轴导轨副均采用重载滚动直线导轨，具有承载力大、摩擦系数小等优点；Y轴采用重载滚柱直线导轨，承载力大且能抵抗切削运动交变力的影响；各轴均配以润滑滑块，使机床具有免润滑和防止油污染等优点。X、Y、Z、W轴传动采用进口滚珠丝杠，丝杠采用预拉伸措施，增加了传动系统的刚度，提高了数控轴线的定位精度。

主轴箱重心补偿采用双电机、双丝杠、双光栅尺及数控系统联合实现。主轴箱平衡采用液压油缸结合蓄能器的方式，可以有效减少X、Y轴在高速进给时的惯量，并保证了主轴箱的灵活运动，使机床具有较好的动态响应性能。主传动变速采用交流主轴电机与三挡齿轮变速，使主轴获得2-2000r/min的无级调速，增大了主轴扭矩，满足高切削量进给的要求。主传动系统润滑采用日本TACO油气润滑单元。

3. 沈机集团昆明机床有限公司KMB130B数控刨台卧式铣镗床

昆明机床有限公司研制的精密坐标镗床和卧式镗床在业界享有较高声誉，展出的KMB130B数控刨台卧式铣镗床总体布局为纵、横向床身呈T字形布置，主轴箱侧挂在立柱上，沿立柱导轨上下移动，使整机具有良好的刚性和热稳定性，镗轴可轴向移动。



KMB130B数控刨台卧式铣镗床

该机前后床身可靠连接，相比分离式结构，整机刚性得以提高，前后床身优化为等高设计，减少了对安装地基的施工要求。主传动变速采用交流主轴电机与高、低两挡齿轮变速，使主轴获得7-2000r/min的无级调速，增大了主轴扭矩，满足高切削量进给的要求。

主轴箱前端采用固定大悬伸方枕结构，使主轴前端更接近工作台回转中心，主轴悬伸更短，提高了切削刚性。主轴轴系前、后轴承组采用双冷却套结构，能快速带走主轴高速运转产生的热量，降低主轴温升，确保加工精度。立柱床身、工作台床身、立柱垂直导轨副均采用直线滚动导轨，镗杆轴向移动采用滑动导轨，具有良好的抗振性能。

X、Y、Z、W轴传动均采用伺服电机经高精度行星齿轮减速和双螺母预紧滚珠丝杠的驱动技术，保证了机床的较好刚性和动态响应能力，提高了机床的加工精度，Y轴驱动采用电机抱闸。工作台回转采用大型推力轴承，承载能力大，回转精度高。工作台的回转运动采用预载双小齿轮大齿圈的消除传动机构，有效消除了反向间隙，提高了工作台回转的定位精度。机床刀库标配容量为40把，换刀速度快。

该展品外观设计简洁美观，机床四周设计通透式防护罩和拉门，顶部开放式设计易于操作观察和工件的装卸及起吊。本机安全防护齐全，电气柜、液压单元及其他设备均布置在机床防护间内，保证了人身安全和环境清洁。

4. 捷克道斯WHT110S刨台卧式铣镗加工中心

捷克道斯公司在卧式镗床生产和研究上有着较长的历史，是具有国际先进制造水平的著名机床生产厂家之一。展出的WHT110S刨台卧式铣镗

加工中心总体布局为纵、横床身呈T字形结构，立柱为小龙门框架式，主轴箱在龙门框架内上下移动，整机具有良好的刚性和热稳定性。镗轴可沿铣轴轴向移动。



道斯WHT110S刨台卧式铣镗加工中心

该机X、Y、Z三个直线轴导轨副均采用重载滚柱直线导轨，具有承载力大、摩擦系数小等优点，能抵抗切削运动交变力的影响。X、Y、Z、W四个直线轴均采用直联式滚珠丝杠进给系统驱动，使机床具有较好刚性和高动态响应特性。工作台回转（B轴）采用大型重载交叉滚柱轴承。工作台的回转运动采用预载双小齿轮，齿圈的消除传动机构有效消除了反向间隙，提高了工作台回转的定位精度。

主轴箱前端采用固定悬伸套筒结构，使主轴前端更接近工作台回转中心，实现主轴悬伸更短，增强了主轴刚性，满足了重切削与高精度加工的要求。主传动采用交流主轴电机与两挡齿轮变速，主轴10~4000r/min无级调速，增大了主轴扭矩。

主轴轴承转速高、刚性好、精度高，脂润滑润滑，为防止主轴在高速旋转时轴承温升过高而影响主轴精度，在主轴轴承悬伸套筒上配有螺旋冷却环槽与恒温冷却油形成循环油路装置，以降低轴承发热量，同时还带有主轴轴承温度实时监测装置，以防止主轴部件因意外温升过高而损坏。机床配置容量为40把刀的落地式刀库。

5. 湖南九五精机有限责任公司J5TK6411C数控卧式铣镗床

湖南九五精机有限责任公司成立于2017年，主要从事数控技术、智能化技术、机械设备的研发制造。展出的J5TK6411C数控卧式铣镗床总体布局为立柱固定不动，主轴箱侧挂在立柱上沿，立柱导轨上下移动，镗轴可轴向移动，工作台可实现纵、横、向移动并可回转。



J5TK6411C数控卧式铣镗床

主传动变速采用交流主轴电机与高、低两挡齿轮变速，实现12-1500r/min的无级调速，增大了主轴扭矩，满足高切削量进给的要求。镗轴采用铬钼合金钢，并经氮化处理，确保较好的加工刚性和耐磨稳定性。

工作台床身、立柱垂直导轨采用大截面矩形导轨，具有较高的刚性和良好的精度稳定性，镗杆轴向移动采用滑动导轨，具有良好的抗振性能。为了提高工作台横向移动的精度，在和床身导轨平行的方向布置了两条辅助导轨，与床身形成整体，有助于提高机床的精度保持性和刚性。

X、Y、Z、W轴均采用伺服电机经高精度行星齿轮减速和双螺母预紧滚珠丝杠的驱动技术，保证了机床较好的刚性和动态响应能力，提高了加工精度，Y轴驱动采用电机抱闸，以防止主轴箱滑落。

工作台分度通过精密鼠齿盘每隔5°进行360°分度回转，并且可在0°、90°、180°、270°四个特殊位置进行四点精密定位。机床可根据

用户需求配置容量为40把刀的刀库，成为卧式铣镗加工中心。

二、卧式铣镗加工中心发展趋势

从本届展会以及近年来收集的资料来看，笔者认为卧式铣镗加工中心的产品设计制造具有三个发展趋势。

1. 高速高精度和高速大扭矩重切削

意大利PAMA（帕玛）公司SPEEDMAT3000/16镗铣加工中心和本届展会上西班牙尼古拉斯格雷亚的AXIA-100落地式移动立柱铣床，就是比较典型的高速和高精度代表。SPEEDMAT3000/16镗铣加工中心：主轴直径 $\phi 130\text{mm}$ ，主电机功率37kW，主轴最高转速3500r/min，主轴最大扭矩1530N·m，各轴进给速度为25000mm/min；AXIA落地式移动立柱铣床：主电机功率52kW，主轴最高转速6000r/min，主轴最大扭矩1375N·m，最大进给速度为30000mm/min。

高速度、高精度是数控机床的重要指标，它直接反映出一台机床的加工效率以及加工零件的精度。近年来，随着高速精密主轴轴承和高速大功率主轴单元、高速滚珠丝杠、重载高速直线导轨的推出和使用，以及刀具性能的不断改进，高速切削的应用得以快速发展。

由于是高速度、小切深、大进给的高速切削方式，在提高金属材料去除率的同时减小了机床的切削力，被加工零件的热变形以及工件的振颤也相应减小，从而加工精度得以提高。同时，由于切削力减小，对机床的冲击力也相应减少，机床精度的稳定性随之提高。此类机床主要面向能源、交通、航空航天等一些加工精度要求较高的行业。

2. 多功能复合

机床可以配置数控回转工作台和多交换工作台托盘、数控平旋盘、双回转式摆动铣头、双摆工作台、立铣头、万能铣头、测量头、刀具补偿装置等附件，实现多功能复合加工，工件在一次装夹下完成大部分或全部加工。

本届参展的这类机床大多配有可拓展机床使用功能的附件，供用户选配。如意大利PAMA公司SPEEDMAT3000/16镗铣加工中心就可配置附件头库及附件头自动交换系统；格雷亚集团AXIA落地式移动立柱铣床就配置了大规格的数控回转工作台，并有多种铣头附件供用户选配，从而减少用户工件装夹等待时间和工序间的准备时间，提高工作效率。

3. 热平衡补偿

随着重型机床进一步向主轴高转速、大切削进给速度方面发展，机床的热变形将成为影响整机精度的一个重要因素，因此在近几届机床展上，不少展品带有热平衡补偿和温升监测装置。

如武汉重型机床集团有限公司WHCQ1600卧式加工中心：对主轴轴承采用单独的冷却装置进行强力冷却，并通过两个流量继电器对冷却油流量进行控制，从而更好地降低主轴轴承的发热，控制主轴温升。还在主轴箱内壁上装有冷却油淋油装置，能

使冷却油沿箱体内壁均匀下流以冷却主轴箱，使整个主轴箱实现恒温，更好地保证零件加工精度。

齐齐哈尔二机床（集团）有限公司参展TKG6920数控落地铣镗床采用轴承温度传感器检测主轴轴承的温度变化，以防止主轴在高速旋转时轴承温升过高而影响主轴精度，从而保证主轴的旋转精度和高速性能，在滑枕检测反馈控制系统中还配有钢制杆，利用钢制热膨胀系数小的特点，在加工过程中对滑枕热伸长进行实时补偿，确保了机床精度。

三、体会与建议

从本届展会境内外机床展品以及近几年收集的资料来看，随着国家对装备制造业的支持和国内机床制造厂家自身的不懈努力，我国在机床制造技术水平方面取得了不小成绩，在机床的高速、高精和外观方面也有了较大进步，且有多家机床制造厂能生产AC双摆头、大功率电主轴等高精尖机床部件。但境内产品和境外产品相比，还存在着不小的差距。解决这一问题还是要在国家统一规划下，加大对高新技术产品和关键功能部件研制的支持力度，组织科研院所与机床相关生产企业形成“合力”，尽快形成具有较高水平的机床设计及功能部件制造体系，争取尽快缩小差距，实现从机床大国到机床强国的转变。□

上接第61页

八、结束语

近年来，我国工具行业在为现代制造业用户服务方面的长足进步有目共睹，但纵观本届CIMT，尚未能见到国内工具企业在数字化智能制造方

面推出产品，说明我们与国际先进水平还有相当差距。本届展会的主题是“融合共赢 智造未来”，还需要全行业的不断创新、持之以恒的技术积累和潜心钻研才能实现。□

从CIMT2019看数控机床机械结构创新与发展

武汉华中数控股份有限公司

数控机床是典型的机电一体化产品，是机械设计、计算机控制、材料、工艺、电气、工业设计等多种技术的结合体。特别是数控机床的机械结构，是数控机床整体功能的载体，决定了机床整体的加工能力和技术性能。国内外机床行业一直重视数控机床的机械结构设计的技术创新和不断发展，不断突出新技术、新突破。

笔者参加了近几年由中国机床工具工业协会主办的在北京和上海举办的中国国际机床展览会（CIMT）和中国数控机床展览会（CCMT），看到部分国外品牌数控机床的机械结构设计创新，结合国产数控机床的发展现状，深有感触。本文分析了几种典型国内外品牌数控机床在模块化、并联结构两方面的技术创新和技术特点，提出对国产数控机床机械结构设计创新的思考和建议。

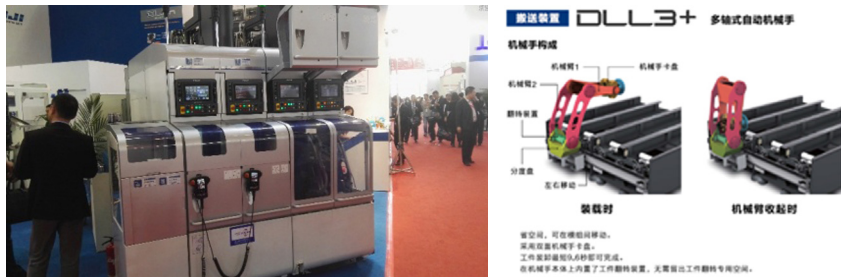
一、近年国际机床展上部分模块化机床及技术特点

近年来，国外机床企业展出的模块化机床，将不同工艺的数控机床模块化、标准化，机床结构和外形、加

工工艺有较大创新。举例如下：

1. 日本FUJI（富士）公司展出的模块化机床

FUJI公司展出的模块化机床生产线由多个车削模组和钻铣模组组成，每个车削模组和钻铣模组的外形尺寸是一样的。不同的组合方式主要根据零件的加工工艺安排，不同模组之间的工件传递由模组内置的机械手快速完成。FUJI公司是一个多事业部结构的企业，其为人熟知的产品是畅销的SMT设备（高速贴片机）。高速贴片机主要用于电路板上的芯片安装，是一种典型的模块化结构机械装备。因此，笔者认为FUJI公司的模块化机床结构受到了SMT设备的启发。



日本FUJI公司模块化机床生产线模组内配置的机械手



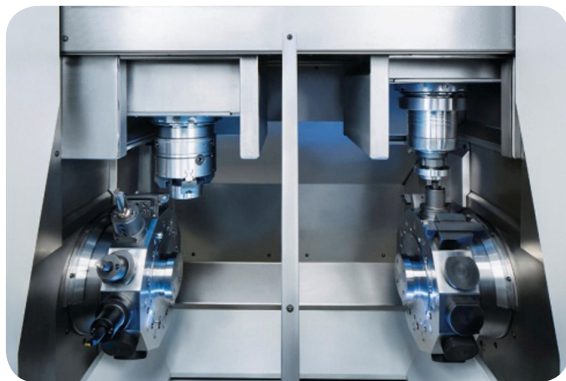
车削模组钻铣模组

2. 德国EMAG（埃马克）公司展出的模块化机床

在近几年的国际机床展上，德国EMAG公司都展出了其著名的倒立式车床和倒立式多功能生产中心，以及由多台倒立式车床模块化组合而成的小型生产线，这些生产线主要针对盘类、轴类零件加工进行配置和组合。



EMAG公司模块化机床VL 3 DUO



模块化机床的两个独立加工区



倒立式车削

多主轴模块化车床VL 3 DUO具备两个独立的加工区：OP 10和OP 20，每个加工区中配备有独立的工件临时存储器和上下料主轴。镜像排布的加工区分别装有独立的工作主轴，其功率和扭矩分别可达17.9kW和144N·m，充足的功率可保障快速且精准的切削。此外，每个加工区都配备有12刀位刀塔，刀塔上除了车刀外还可装配动力刀具。

多主轴模块化车床VL 3 DUO可方便地与其他埃马克机床组合成一条生产线，例如与立式车削中心VL4 H 和车削中心 VLC 200 GT组合成一条紧凑型齿轮生产线。

埃马克倒立式车床主要优点：

（1）排屑方便，冷却好。倒立式车床由于工件夹持在主轴上，加工过程中产生的切屑和冷却液立刻坠落在收集器内，有利于保证加工精度和热量消除。

（2）上下料容易。倒立式车床通过主轴抓取工件，这种上下料方式和常见立式车的手工上下料、龙门桁架机械手上下料相比，在造价成本上更具优势，并且性能可靠，适合高精度大批量生产。

3. 模块化机床技术特点分析

（1）降低制造成本、缩短了制造周期。

某种意义上，模块化机床是对组合机床的传承和创新，其最大优点是机床部件模块化，互换容易，组织生产容易，降低了机床制造成本，缩短了制造周期。

常见的组合机床也采用了模块化技术，将相同的加工工艺集中在某台机床上完成。与此同时，也存在工装更换不方便和工艺变化柔性不够的问题。因此，国外模块化机床的技术路线是：顺应模块化标准生产的未来趋势，在生产方式上，通过模块化标准机床实现相同组件的共享。他们认为这对于客户来说

有很多优点：可以节省生产开支，实现短时间内的高性价比生产；节省了保养和备库的开支；模块化标准机床也为不同的生产要求提供充足多样的配置，是非常高效的生产解决方案。例如埃马克公司认为，用户在寻找新机床时，首先要考虑的核心问题是新机床能够提高生产效率和加工质量，同时希望机床占地不多，并在多年后仍能可靠生产。

（2）独特的工件传输系统进一步提高了模块化机床的工作效率。

模块化机床对传统数控机床的结构进行了较大创新，同时，模块化机床的创新离不开其独特的工件传输系统，机床的模块化基本结构加上创新的工件传输系统，组合成为高效的生产系统，从而实现了在较小的空间达到较高的生产力。例如，FUJI公司的机械手，EMAG公司模块化机床的标准配置，包括上下料工件输送系统、TrackMotion自动化系统（TrackMotion自动化系统不仅可用于工件存储器和加工区之间的工件传送，同时也可用于翻转OP10和OP20之间的工件）。

（3）进一步简化了零件加工工艺。

模块化机床不仅机床结构模块化，而且加工工艺也大胆创新，进一步简化。一般来讲，数控加工的工艺安排是：在一台数控机床上加工零件的一部分工序，然后通过托盘或者机器人等自动化系统运输到另外一台机床上加工其他工序，依次完成。每台数控机床（数控车床、数控铣床、加工中心等）是单独的，分别工作，相互的物流传递是在加工区域以外完成。而模块化机床对零件加工工艺进行了简化，将相同的工序尽量集中在一个模块中完成。

二、近年国际机床展上的并联机床及技术特点

并联机床（又称虚拟轴机床）是20世纪九十年代末兴起的一种新型结构机床，被称作21世纪的新型加工设备，它克服了传统串联机床结构的固有缺陷，在相同尺度范围下，具有模块化程度高、刚性好、运动部件重量轻、加速度大、加工精度易调整、加工精度高等优点，可实现多坐标联动数控加工。并联机床曾经轰动一时，许多国内外机床企业都推出并联机床，引起了业界的关注。

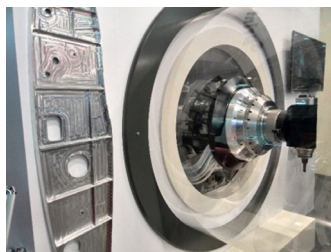
近些年，业界对并联机床的关注度有所下降，新产品展出不多。但是，还是有一些国外机床企业坚持研制并联机床，并在航空航天和汽车零部件制造领域得到应用。以笔者在近几年国际机床展上所见为例，产品主要有Sprint Z3并联主轴及Ecospeed翻版铣床等。国产数控机床企业与数控系统企业、高校合作，也曾经研制、展出并联机床，例如哈量集团、齐齐哈尔二机床、北京机电院等。

1. DST公司的Sprint Z3并联主轴及Ecospeed翻版铣床

德国DST公司（目前属于斯达拉格集团）Sprint Z3并联主轴头：三个平行的直线轴沿径向均布在筒形主轴箱内。主轴头通过一端带有筒形枢轴的刚性连杆与每个驱动连接起来。主轴头上安装有高性能电主轴。

主轴箱水平安装在立柱上，并沿立柱竖直移动。这种设计具有最小运动质量，保证机床具有更好的动态特性。当三个直线轴同时等量运动时，主轴沿Z轴方向做直线运动。如果三个直线轴的运动不同步，主轴头在A/B平面内摆动，最大摆动速度为 $80^\circ/\text{s}$ ，最大加速度值为 $685^\circ/\text{s}^2$ 。主轴头可在 $\pm 40^\circ$ 的圆锥范围内任意摆动。

工作范围：通过X、Y和Z轴的直线运动形成的 $\pm 40^\circ$ 的圆锥形工作空间。



DST公司展出的Sprint Z3并联主轴

在Sprint Z3并联主轴头等相关技术基础上，DST公司研制出Ecospeed系列卧式加工中心。这些机床是为高生产率加工铝合金整体构件而专门设计的，其不同的机床规格可以用于航空航天等重点领域不同规格工件的加工。例如，在Ecospeed F型机床上，装夹的工件在X轴方向实现进给运动。在其对面是固定的立柱，实现Z轴、A轴及B轴运动的Z3主轴头可在立柱上沿Y轴方向作垂直运动。这种运动轴布局的优点是：一方面减小了移动重量，另一方面可实现工件的自动更换和工件处于水平状态进行装夹。后者意味着大大简化了工件的装夹和换夹，而且非生产性的辅助时间也明显缩短。

2. 国产并联机床

哈量集团通过引进、消化吸收再创新而最新设计制造的LINKS-EXE700并联机床，具有刚性高、动态及高速性能好、加工范围大等特点，可广泛用于航空、航天、船舶、国防、汽车等大型复杂零件的自由曲面加工。哈量集团并联机床同时兼有5轴联动、高速切削、快速定位、灵活移动、五面（六面）加

工等一系列常规数控机床无法同时具有的多种功能和高性价比。



配置华中数控系统的哈量集团并联机床

另外，还有北京机电院与华中数控合作研制的A3六轴并联机床。



配置华中数控系统的北京机电院并联机床

3. 国产混联机床

混联机床则集中了并联机床与串联机床各自的优势，在拥有并联机床优点的同时，具备了串联机床加工工作空间大的特点，使得混联机床能够在制造业重点领域得到成功应用。

清华大学与齐齐哈尔第二机床（集团）有限公司联合研制的重型混联机床XNZH2430、XNZH2415，大胆创新，曾经引起业界高度关注。XNZH2430重型混联机床是面向我国制造业的关键基础装备需求，重点针对技术含量高、工序复杂的大型水轮机叶片、螺旋桨叶片等复杂曲面类零件的加工而研制开发的。该机床从软件开发到硬件制造，不仅能够满足上述零件的曲面加工，还能用于军工、航天航空、船舶、发电设备以及模具制造等行业大型关键精密零件的三维空间曲面加工。



XNZH2430、XNZH2415混联机床

4. 并联机床技术特点分析

(1) 数控加工的灵活性和机床的刚性相结合。

并联运动结构从外观来看，像是很多“手臂”一端彼此相连，另一端与基座相连。这种设计要求各关节是多自由度的。并联运动机床手臂的数目取决于动平台运动轴的设计数量，但是不论哪种设计，遵循的目标都应将灵活性与刚性结合在一起。因关节结构复杂，既要刚性好、无间隙，又要成本低，这是设计并联机床的突出问题，限制了并联机床的推广应用，这也是为什么关节点少、自由度少（例如三自由度）的并联机床成为目前主要机型的原因。

(2) 减少零件装夹次数，实现多面加工。

并联机床对加工工艺的创新主要体现在零件装夹次数减少和多面体加工两方面。

大幅减少零件装夹次数：并联机床从理论上讲，能够在一次装夹内便可完成所有面（5面甚至6面）的加工。加上可快捷地建立工件坐标系，无需使用高精度的工装，可大幅降低夹具制造成本，并消除了重复性定位误差。

多面体多角度复合加工：随着汽车构架、发动机及其他部件的设计愈加先进，对复杂加工与复合角度加工的需求也越来越多。并联机床实现这类加工非常容易，因此十分适于未来汽车制造期望的所有复杂加工。飞机、火车或建筑机械上的部件同样需要更先进的、传统机床无法做到的、而并联机床却很容易实现的加工技术。

(3) 专用数控编程方法提高机床易用性。

以往并联机床的编程和使用不同于常规机床，这也是并联机床推广应用的主要障碍之一。目前，一些国外机床企业与数控系统企业合作，在数控编程方面进行创新，进一步提高了并联机床的易用性。例如Siemens公司为Exechon并联机床专门开发了坐标变换系统软件，哈量新一代并联机床的用户使用Siemens通用数控系统，在编程和操作上已经与常规五坐标数控机床差别不大。

三、对国产数控机床机械结构设计创新的思考

1. 正视差距，虚心学习

近年来，国产数控机床行业在国家的支持下，紧紧抓住中国制造业转型升级的历史机遇，在技术创新和产品推广方面取得了很好的成绩。但是，我们在参观考察近几年的国际机床展和走访重点行业用户的过程中看到，在数控机床机械结构创新方面，国外品牌的案例确实较多。部分国产数控机床企业曾经研

制出在机械结构方面有较大创新的机床产品，但是因为种种原因，没有持续大规模产业化和批量生产，这些现象值得我们思考。

2. 市场分析，重视研究

某种意义上，模块化机床是对组合机床的创新，而组合机床在许多汽车零部件企业，如一汽集团、东风汽车公司和通用机械制造等企业都有大批量应用，下一步设备升级换代的需求量很大。建议国产数控企业关注这个巨大的市场存量，研究客户的实际需求，结合中国制造企业的特点，在模块化机床研制方面有所创新和突破，将中国制造业转型升级的巨大市场需求转化为实实在在的国产设备的技术提升。

并联机床因为其独特的机械结构，在航空航天等高端制造领域有市场需求，但主要是国外知名数控机床企业提供相应产品。同时，并联机床的机械设计和软件编程能否适当简化？在其他领域，例如高精度模具加工、汽车动力总成加工等领域，是否还有发展空间？这些都值得我们思考。

3. 机电结合，协同发展

数控机床是机械和数控技术紧密结合的高科技产品，机械结构的创新要与数控系统的创新同步进行。模块化机床和并联机床机械结构的创新，对数学模型、控制算法、加工编程的需求都与常规数控机床有较大差异。国外品牌模块化机床和并联机床的数控系统都是基于机床企业和数控系统企业深度合作，对机床结构进行了较大的改进，在某种程度上颠覆了我们对机床机械结构的想象。建议国产数控机床和数控系统企业借鉴成功经验，机电结合，协同创新，在数控机床结构创新方面早日取得新突破。□

碳纤维桁架式高速五轴龙门机床展品评述

桂林机床股份有限公司 冯建国

在4月15~20日举办的CIMT2019展会上，国内外各大制造厂商展出了种类繁多、精彩纷呈的新产品。一些新技术与现代机床的融合，更是打破了机械加工制造的界限。EEW PROTEC公司展出了一台超高速碳纤维五轴龙门机床，采用碳纤维增强材料，桁架式结构设计，实现了桥式高速五轴龙门机床的轻量化设计。

EEW PROTEC公司是一家专注于超高速、超大型、高精五轴铣削设备的德国公司，成立于1989年，总部位于德国北部的基尔市。该公司致力于轻量化碳纤维材料超高速龙门设备的研发、生产、销售和服务，2018年被上海拓璞数控科技股份有限公司收

购之后，全面开拓中国市场。

EEW PROTEC公司从1996年开始用碳纤维增强材料取代传统钢件材料设计龙门横梁，到目前已将碳纤维应用延伸到整个龙门框架，开发了轻质、低能耗、易维护、高速、高加速的五轴龙门加工设备，涵盖高速五轴铣削、大跨度焊接、高速水切割、3D打印等不同技术领域。

一、碳纤维材料

碳纤维是一种新型非金属材料，碳纤维及复合材料具有高强度、耐高温、耐腐蚀、耐疲劳、抗蠕变、导电、传热、比重小和热膨胀系数小等性能，碳纤维单独使用时主要是利

用其耐热性、耐蚀性、导电性和其它性质。碳纤维的比重不到钢的1/4，碳纤维树脂复合材料抗拉强度一般都在3500MPa以上，是钢的7-9倍，抗拉弹性模量为23000~43000MPa，高于钢。因此，碳纤维复合材料的比强度，即材料的强度与其密度之比可达到2000MPa/(g/cm³)以上，而A3钢的比强度仅为59MPa/(g/cm³)左右。碳纤维的出现是材料史上的一次革命，正以其高性能逐步在部分领域取代传统材料，现已广泛应用于航天、航空和军事领域。碳纤维材料在民品发展上有着更加广阔的空间，在机械电子、建筑材料、文体、化工、医疗等各个领域，具有很好的应用优势。



碳纤维的应用



二、桁架式结构

此次展出的HSM-MODAL[®]机床

采用碳纤维增强材料制作的桁架式结

构，而桁架是由杆件组成的一种格构

式结构体系，杆件与杆件的结合为铰接，在外力作用下，杆件内力为轴向力（拉力或压力），而且分布均匀，所以桁架结构比梁结构受力合理。由于桁架内力分布均匀，材料强度能充分应用，可以减少材料耗量和结构自重，使结构跨度增大。龙门式机床的横梁也是一种大跨度的结构，传统设计采用梁的结构居多，在跨度大于4m的场合，往往由于结构自重而形成下弯变形严重，给机床精度的提高和保持带来很大难度。桁架式结构则可以大大减少结构自重，有利于实现机床精度的提升。

三、机床特点

HSM-MODAL[®]机床横梁以上部分均采用碳纤维增强材料桁架式结构，重量仅为钢材的1/8-1/6，因此移动部件的质量轻、负载小，进给速度可以很快，最大进给速度可达220m/min，最大加速度为5m/s²，机床设定的进给速度为150m/min，较好地提升了加工效率。

采用碳纤维增强材料制作的桁架式结构，碳纤维的材料特性使得机床的热稳定性更好，环境温度变化对机床精度基本没有影响，精度保持性好。

移动部件的质量轻，所以磨损变形就小，机床精度标配是±0.1mm，但驱动使用双齿轮消除和全闭环控制后，精度可提高到0.02mm。移动部件质量轻，功耗就低，有利于节能环保。

机床对地基的要求很低，只需要250mm厚的混凝土地面。由于质量轻，对组成X轴的支撑立柱可以间隔2m才设置一个，机床的扩展非常方便，X轴最大可扩展到150m；Y轴（龙门横梁）采用碳纤维增强材料制作的双桁架式结构，最大跨度可以做

到25m；龙门滑鞍和滑枕由碳纤维增强材料+铝合金材料制成，最大行程可达10m。三向传动均采用双边双齿轮齿条运动副传动。

机床配置AC摆头及高速电主轴，配置海德汉TNC640或西门子840Dsl数控系统。可选配自动化刀库、接触式测量探头、监视系统、CAM软件及后置处理、自动吸尘系统、自动打磨系统、混装挤压涂覆系统等，可实现在线基准检测、油泥挤压涂覆、工件打磨、型面扫描等多种工艺功能。



机床结构

四、机床的应用

HSM-MODAL[®]机床应用领域：
汽车造型模具制造（油泥、代木、聚苯乙烯、塑料、泡沫等材料）；航空航天领域的殷瓦钢、碳纤维、玻璃钢、蜂窝板、铝合金等材料的五轴铣削加工；风电叶片及模具制造；艺术制品行业；大型舰船体凹模、轨道交通铝合金车身铣削等。适用于汽车、船舶、风电、艺术制品等行业的模具五轴加工。



风电叶片的加工



汽车模具的加工



船体模型的加工



大型艺术品的加工

五、结语

通过本届展会，我们看到了碳纤维增强材料结合桁架式结构在机床上应用的优越性，在结构上提出了一个新的理念，在轻量化上取得了较大成效，进给速度在大型龙门机床上也有较大突破，对轻切削高进给的加工方式提供了一个可行的案例。□

CIMT2019数控系统云平台展品评述

武汉华中数控股份有限公司

CIMT2019展会上，许多知名企业展出了引人注目的数控系统云平台新产品，其中主流的数控系统厂商都推出了数控系统网络化的功能，包括：西门子的MindSphere、发那科的MET制造执行系统、马扎克的iConnect等。本文将对这些数控系统网络化功能进行简要介绍和分析，并探讨国产数控系统云平台的未来发展方向。

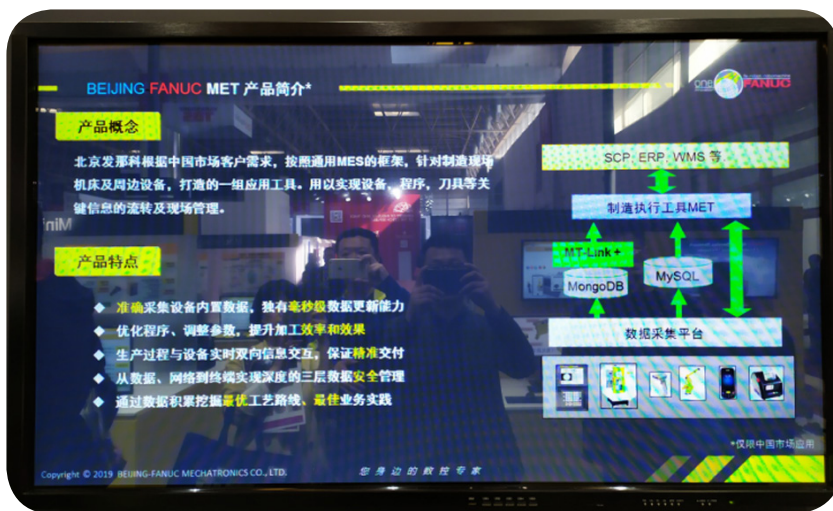
一、功能介绍

1.发那科

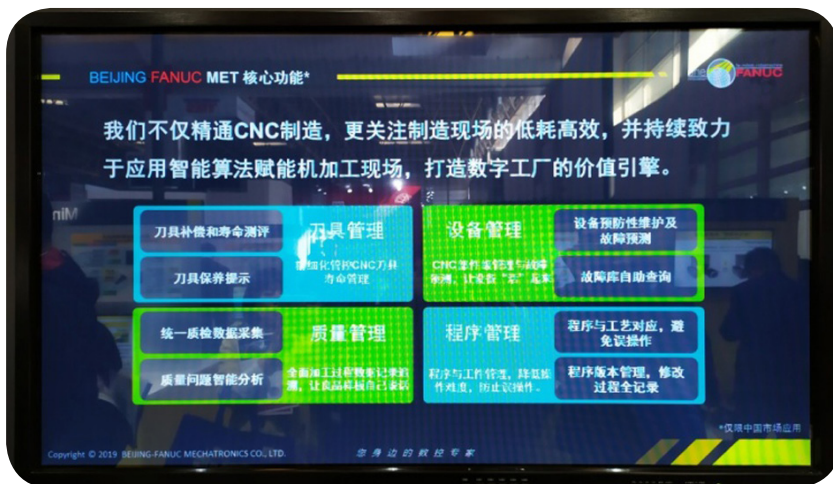
发那科的网络化产品较多，包含：MET制造执行系统、CNC云、ZDT系统、Robot-Linki等。MET制造执行系统可以说是一个面向工厂云的加强版MES系统，其主要特点是：

- (1) 准确采集设备内置数据，独有毫秒级数据更新能力。
- (2) 优化程序、调整参数，提升加工效率和效果。
- (3) 生产过程与设备实时双向信息交互，保证精准交付。
- (4) 从数据、网络到终端实现深度的三层数据安全。

(5) 通过数据积累挖掘最优工艺路线、最佳业务实践。



MET系统功能



MET制造执行系统

其中，毫秒级的数据更新能力是指数据更新速度快、功能响应速度快，和我们的指令域数据采集是不同的。MET系统包含4大功能：刀具管理、设备管理、质量管理、程序管理。其质量管理功能与国产数控系统云平台的远程运维中的机床保养和预测性维护功能比较相似。

CNC云是Fanuc的云端产品，主要功能是设备监控和OEE分析。与国产数控系统相比，CNC云的功能做得更细，值得我们学习。



CNC云

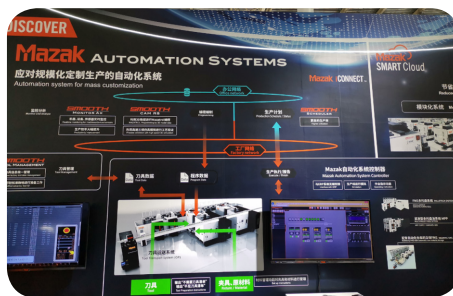
ZDT系统是Fanuc推出的针对机器人的远程运维产品，主要提供预测性维护功能。通过对机器人数据的分析，提前检测到设备的隐患，在故障发生前就将之解除，为用户消除停机造成的损失。



ZDT系统

2. 马扎克

马扎克的网络化产品有：smooth、iConnect。smooth提供智能工厂整体解决方案，类似于Fanuc的MET系统，是一个加强型的MES系统。smooth不仅包含设备监控、生产计划、刀具管理等网络化功能，同时还包含测量补偿、自动化系统等。



smooth系统框图



smooth系统6大功能

smooth的生产分析功能非常细致，能将自动运转时间细分为定位时间、切削时间和空切时间，从而作进一步的切削效率分析。



smooth生产数据分析功能

iConnect是面向云端的产品，提供APP和Web终端服务用户。iConnect提供门户网站、机床状态日志、软件下载、CNC备份、保养视频阅览、报警通知/加工结束通知、MAZachat、远程诊断等8项功能。



mazak iConnect

其中值得关注的是MAZAchat和远程诊断功能。MAZAchat功能支持用户发送文字、照片、视频等资料给马扎克客服中心，由客服中

心判断用户故障所在，从而远程解除故障。远程诊断功能支持在用户授权的情况下，抓取用户机床的画面，同时还能抓取机床数据，进行

远程诊断。

马扎克的IoT设备是与思科合作开发的，不仅具有通讯功能，同时还具备边缘计算的能力，产品化程度较高。



Mazak的连接方式

3. 其他厂商

上述发那科和马扎克的网络化产品，功能齐全，产品化程度较高，可以说是本届展会同类产品的典范。其他厂商的产品，都与上述产品类似，包括三菱的eFactory、大隈的connect plan、海德汉的state monitor、语帧物联、新代智慧工厂等。这里的例外是西门子，MindSphere是一个云端开发平台，与其他产品形态都不太一样，本文暂不讨论。

二、参展总结

展会上的网络产品，大都围绕着智能车间和远程服务两个主题展开。

智能车间首先强调的是自动化解决方案，包括数控机床、机器人、自动上下料系统、工件自动搬运系统等。在自动化车间的基础上，通过车间云（或者工厂云）来实现各种高级功能，包括：设备监控、效率分析、

报警分析、能耗分析、刀具管理、设备保养、预测性维护等。智能工厂的目标是提高生产效率、降低生产成本、实现无人化生产。

远程服务主要包含两块内容：远程生产管理、远程设备运维。远程生产管理提供远程设备监控、生产效率分析等功能。该功能实际上主要是为工厂的管理层服务，利用移动终端的便捷性，向管理者提供数字化、图形化的生产数据，辅助其管理并做出决策。远程设备运维则包含用户自主维修、远程辅助维修、设备保养、预测性维护等4大块功能。

相较于远程生产管理，用户更渴望远程运维功能。远程运维的目标是快速解除设备故障，减少设备停机时间。实现设备零停机则是远程运维的终极目标。本届展会各大厂商都或多或少推出了远程运维功能，这也印证了国产数控系统云平台选择远程运维作为主攻方向的正确性。

三、对国产数控系统云平台发展方向的建议

基于上述分析，对于国产数控系统云平台的未来发展方向提出以下建议：

（1）围绕远程运维进行产品研发，完善自主维修、故障报修功能，增加远程辅助维修、设备保养等功能。

（2）学习Mazak等厂商的生产管理分析系统，改进和完善远程生产管理功能。

（3）积极将数控系统云平台推广给用户试用，在用户使用过程中不断改进，使数控系统云平台成为好用的产品。

（4）车间云是面向规模化用户的重要产品，Fanuc和Mazak的车间云都能够与云端产品互通。建议数控系统云平台将数控系统、车间云与智能工厂等整体通盘考虑，进行统一的顶层设计和产品设计。

只要能坚定方向，奋勇前进，相信国产数控系统云平台一定能取得令人满意的成果。□

机器人折弯单元改善钣金加工工艺的浅析

嘉意机床（上海）有限公司 马会元 王军军

不久前，无锡某用户在某展会参观LAG葛世国际-嘉意机床（上海）有限公司（以下简称“LAG”）展出的机器人折弯单元时，通过参观了解和技术交流，用户对机器人折弯工艺产生了非常浓厚的兴趣。用户认为：这种先进的生产设备和工艺技术完全能够解决他们公司现有的钣金加工瓶颈问题。

下面笔者就该用户如何采用机器人折弯单元替代传统折弯机，展开生产工艺的分析比较，介绍一个LAG如何应用国际领先技术的机器人折弯单元为用户解决疑难杂症的案例。

一、用户传统折弯工艺与机械手折弯单元工艺对比



图1 用传统数控折弯机成形钣金件的过程

图1是无锡一家企业用传统数控折弯机成形一个典型钣金件的过程，该工件的加工制造工艺一直以来困扰着这家企业，在加工过程中存在着以下问题：

(1) 工件折弯工艺复杂，人工折弯时精度难以控制，造成折弯精度较低，产品一致性、稳定性差，不能保证后续的装配精度。采用机械手折弯单元折弯可以保障成品合格率达99.9%。

(2) 由于钣金零件重量大（工件重量65kg），用传统工艺人工折弯，导致工人的劳动强度很大，而且不能连续作业（一般工人们两小时就得休息10min左右）。采用机器人折弯单元折弯可以连续24h工作，保障生产的准时性。

(3) 由于折弯刀数多达9刀，外观奇特，还需要人工翻面，所以在加工中操作

困难，部件稳定性差，有着很大的危险性。采用机械手折弯单元折弯可以排除危险，保障工件的加工稳定性。

(4) 由于工件重量大、外形大，一个工件加工时需要5个操作工来完成作业，造成了用工多，劳动力成本高，生产成本高的巨大成本支出。采用机器人折弯单元折弯，只需一名按照作业报警器提示来操作的工人，机器人在备好料时可按预设程序进行无人操作，无需人工干预，只有在码垛时在输送带末端接收一次工件即可，可以节省4.5名操作工，大大降低了用工成本。

(5) 用传统折弯机加工，生产用时多，生产效率低，每个工件的加工用时需要15~17min。采用机器人折弯单元折弯，加工一个工件只需7.4min。

(6) 生产布局及工艺流程不合理，工业视觉效果差。采用机器人折弯单元折弯，提升了制造工艺水平，增加了参观可视性效果。

二、用户钣金加工件基础技术要求及特点

该用户钣金加工件有以下技术要

求及特点:

- (1)工件材料: 热轧板。
- (2)工件外形尺寸较大, 原材料为不规则长方形, 长度为1500mm, 宽度800mm, 厚度6mm。
- (3)工件重量达65kg。
- (4)工件外观造型奇特, 形状复杂, 人工折弯成形加工过程中存在着很大困难。
- (5)折弯步序较多, 有9道折弯步序, 其中有三次翻面后的折弯步序。
- (6)折弯角度: 90° 及钝角折弯。
- (7)折弯精度: 较高的稳定性和折弯角度一致性。

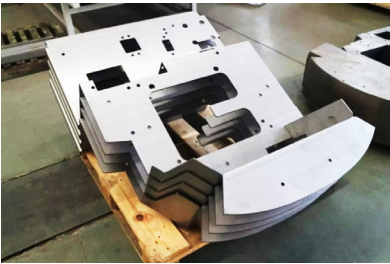


图2 该用户钣金加工件

三、设备选型及用户钣金加工件工艺研究及分析

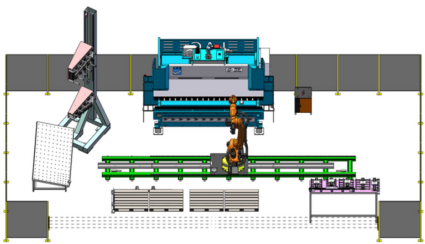
1.设备选型

根据用户钣金加工件基本技术要求及特点, 选型如下(见图3):

- (1) 选用机器人折弯单元1套, 包括上下模1套。
- (2) 选用德国原装KUKA 6轴机械手1套。
- (3) 选用机械手伺服行走轨道1套。
- (4) 配置磁性板料分离装置具1套。
- (5) 配置预对位定位工作台1套。
- (6) 配置板料翻转机构2套。
- (7) 配置磁力夹爪复合式抓手1套。
- (8) 配置工件输送带1套。
- (9) 安全防护1套。
- (10) 折弯软件1套。



图3 设备选型



2.机器人吸盘及抓手设计选择

通过对工件折弯步序、型面、重量和工件开孔的模拟分析, 设计一套具备综合能力的抓手夹具, 即磁力夹爪复合式抓手(见图4)。

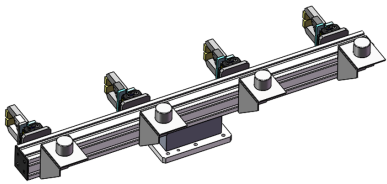


图4 磁力夹爪复合式抓手

3.折弯机模具选择

通过计算机模拟分析, 根据不同型面和步序的折弯要求, 折弯机模具选择: 835mm×3支, 按照不同步序的折弯, 将模具对应分段为5组(见图5): 左I-200mm, 左II-350mm, 中间-900mm, 右II-550mm, 右I-220mm。

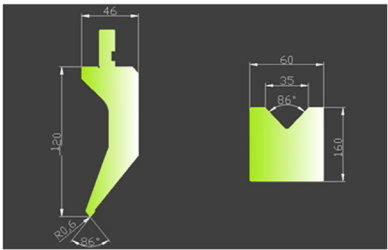
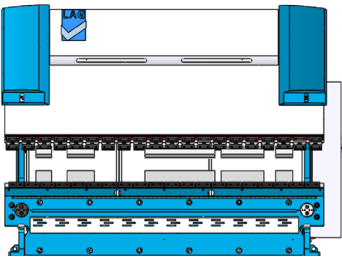


图5 折弯机模具选择 (左I, 左II, 中间, 右II, 右I)

四、机器人折弯和人工折弯效率比较

该工件折弯步序共有9道, 其中有三次是翻面后的折弯步序, 如图6所示。通过机器人折弯效率(见表1、表2)和人工折弯效率(见表3、表4)比较, 通过机器人折弯总用时445s, 而通过人工折弯总用时则为960s, 差距明显。

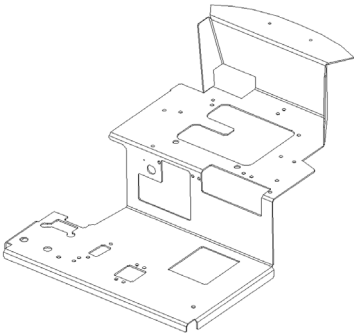


图6 折弯步序示意图

表1 机器人折弯效率表

序号	名称	材料牌号	板厚/mm	上料/s	刀数*折弯/s	翻转/s	下料/s	总时间/s
1	18UU-9222	Q235-A	6	35	9*30	3*40	20	445

表2 机器人折弯分工位效率表

序号	项目	时间/s	工位
1	上料	15	板料分离器
2	预对位	20	预对位工作台
3	折弯1	30	左Ⅰ
4	折弯2	30	左Ⅱ
5	折弯3	30	中间
6	第一次翻面	40	立柱式翻料架
7	折弯4	30	中间
8	折弯5	30	右Ⅱ
9	第二次翻面	40	立柱式翻料架
10	折弯6	30	中间
11	第三次翻面	40	立柱式翻料架
12	折弯7	30	右Ⅱ
13	折弯8	30	左Ⅱ
14	折弯9	30	左Ⅰ
15	落料	20	输送带
16	合计	445	

表3 人工折弯效率表

序号	名称	材料牌号	板厚/mm	上料/s	翻转/s	刀数*折弯/s	下料/s	总时间/s
1	18UU-9222	Q235-A	6	40	9*60	3*80	20	960

表4 人工折弯分工位效率表

序号	项目	时间/s	工位
1	人工上料	40	1#折弯机
2	折弯1	60	1#折弯机
3	折弯2	60	1#折弯机
4	折弯3	60	1#折弯机
5	第一次翻面	80	1#折弯机
6	折弯4	60	1#折弯机
7	运转	120	
8	折弯5	60	2#折弯机
9	第二次翻面	80	2#折弯机
10	折弯6	60	2#折弯机
11	第三次翻面	80	2#折弯机
12	折弯7	60	2#折弯机
13	折弯8	60	2#折弯机
14	折弯9	60	2#折弯机
15	落料	20	
16	合计	960	

五、机器人折弯模拟演示

针对用户工件，工程师通过计算机模拟(见图7)，可以分析9道折弯步序的工况情况，包括机床主参数开启高度、行程、喉口和工作台的尺寸选择，以及上下模具形状和配对组合情况，这样对于设计和实际应用有着可行的理论基础。

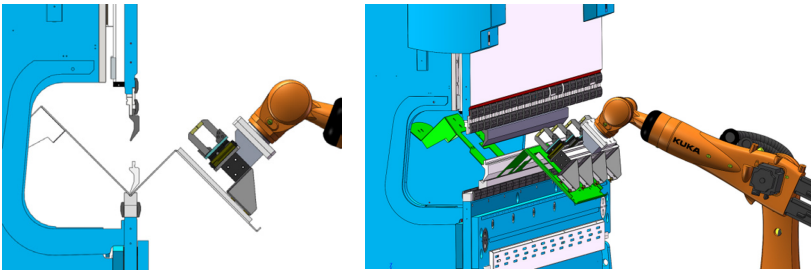


图7 机器人折弯模拟演示

六、机器人折弯单元系统特点

- (1)多品种生产，产品切换无需首片测试，无需编程示教，在10min以内完成产品型号生产切换。
- (2)无需专业技工，只需学习能力强、愿意专研的操作工。
- (3)100%保证产品精度。
- (4)世界一流品牌部件集成，确保系统安全可靠。
- (5)布局合理，外观大气。

七、机器人折弯单元技术特点

1.设计研发

在机器人折弯单元设计研发中，一是要注重用户个性化需求和定制化的特点，以客户的需求为第一要务，在每个技术方案的制定中与客户进行详细的技术交流；二是对客户提供的工件加工图纸进行计算机模拟分析；三是对客户的典型工件进行现场打样试验；四是对客户的工件进行分类分析和数据处理。在确认上述程序性工作完成后，再进行技术方案的制定，在技术方案和方案图得到客户认可后就进行全面设计。

LAG机器人折弯单元在设计上采用先进的三维设计，在材料、结构、传感器、实时补偿、随动、激光角度测量、自动换模、自动换抓手、软件及控制、参数化编程、离线编程、生产管理软件和总线控制技术方面全部采用和选用国际一流软硬件品牌。折弯机机身设计采用了目前世界上最先进的设计软件和设计方法，对机床进行结构力学分析，通过其多年的设计经验，我们完全掌握了折弯机的框架结构特征，对各受力点进行有限元分析，实现了对折弯机的侧肩、上横梁及下梁及下横梁各结构点的力学分

析,充分地保证了机床设计的合理性、可靠性和稳定性。

机器人折弯单元用最新的技术(软件、硬件),打造智能化产品概念,在生产过程中可实时数据交换、实时补偿和折弯跟踪随动,提供最完善的产品技术和服务。通过其设计理念走国际大品牌产品研发的路子,其主要解决的问题及获得的效果是:

- (1)解决了钣金定制化生产的工艺难题,解决了如电梯行业:多产品,小批量(5~10件)、多品种零件的快速切换生产问题。
- (2)解决了产品质量不稳定、制件精度低,产品一致性差的问题。
- (3)解决了生产效率低,生产布局及工艺路线不合理的问题。
- (4)解决了招工难,用人难,人力成本高,人工折弯劳动强度大的问题。
- (5)提高了折弯精度及自动化程度,提高了企业智能制造的能力,增加了客户参观的视觉效果。

2. 优质材料应用

LAG机器人折弯单元的折弯机机架承袭意大利钣金设备的用料特点,材料选用45钢或Q345B(见图8),与国内同类产品机架采用Q235-A材料相比,具有很好的综合力学性能、刚性好、强度高、稳定性好的特点。

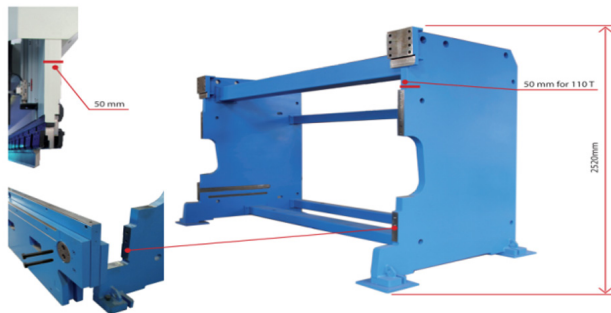


图8 机架应用优质材料

3. 独特的机架结构

传统折弯机一般采用焊接式机架,包括左右立柱、下横梁(工作台)、油箱和支撑方梁采用整体焊接结构。而LAG机器人折弯单元中的折弯机机架没有采用焊接机架结构(见图9),而是采用独家的机架铆接技术,下横梁(工作台)与立柱之间采用高强度钢螺栓紧固连接,这种柔性连结充分保证了机身在高强度载荷情况下,能极大程度地降低机架应力变形,保持机床精度的长久稳定性。

其结构特点:

- (1)确保了机器无焊接应力变形。
- (2)提高了机器装配精度。
- (3)提高了机器使用寿命。
- (4)大幅提高了液压补偿精度。

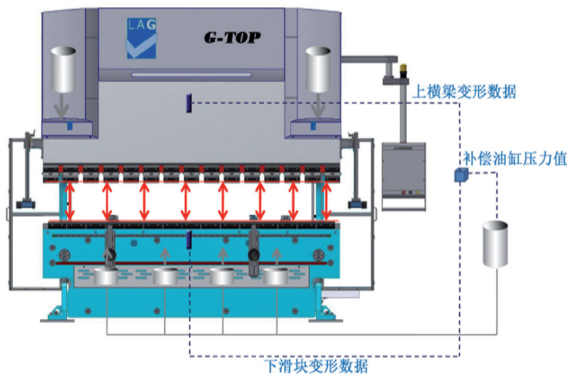


图9 独特的机架结构

4. 传感器技术(精密电位计)应用

为了保证高精度的钣金折弯,我们在折弯机的上横梁(滑块)和下横梁(工作台)安装了传感器,在工作状态时将上、下横梁的变形量,实时准确地反馈到数控系统(PC),数控系统经过计算比对后,输出相应的补偿值驱动补偿油缸进行动态补偿,以获得满意的制件精度。这项技术在国内同行中属于独家应用技术。

5. 补偿技术(独家技术)

G-FLEX墙板比例型变补偿系统为一项专利补偿技术,G-FLEX补偿系统在折弯机上无论折弯条件随着板材厚度、长度或折弯位置发生任何变化,都能保证每次折弯角度在全长内完全一致,消除光栅尺的测量误差,保证机器的精度。

G-CS自动挠补系统通过闭环控制,在板厚一定的折弯情况下简化了复杂的试折弯工作过程,即使折弯工件的长度不同,或者在折弯机的不同位置都能确保折弯出来的工件具有完全一致的角度及直线度,无需人工干预,可实现最高折弯精度,最好稳定性,并可实时动态补偿。

6. 折弯随动技术

机器人折弯单元在折弯过程中,应对不同大小和板厚的工件,可根据折弯机滑块的运行速度进行自动跟随,自动调整。该技术由意大利LAG葛世专用机器人折弯应用软件包LK-RBC-Rev4.0来实现(见图10)。



图10 折弯随动技术

7. 激光角度测量技术

AMS角度测量系统通过闭环的激光角度在线测量系统，在机器人自动折弯过程中，AMS的自动应用程序及内置激光角度测量装置的自动角度测量系统与G-CS系统配合工作，保证弯曲角精度(见图11)。其主要特点为：

(1)通过激光在线检测工件回弹后的折弯角度。

(2)受力检测系统自动计算折弯回弹量。

(3)工件根据下模宽度的不同可自动调整进深。

(4)通过闭环的激光角度在线测量系统，保证折弯成品率达到99.5%以上。

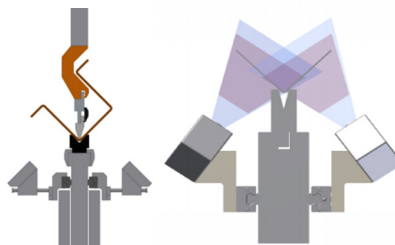


图11 激光角度测量技术

8. 机器人自动换抓手、换模技术

机器人自动换抓手、换模是折弯机最先进的智能自动化操作技术。该技术由自动换模软件、机器人和模具库组成(见图12)。当选配自动换模系统时，精密折弯中心从此可以全自动随机折弯小批次的不同产品。利用自动更换模具的功能，折弯机中的模具不再成为限制因素，可全程无人处理部件。机器人自动机械装置的抓手更换模具的速度非常快，随时可折弯下批部件。

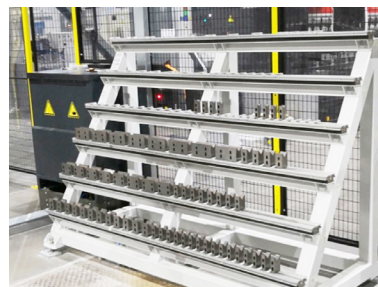
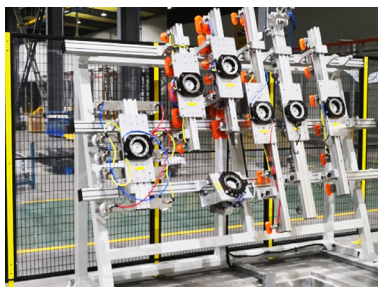


图12 机器人自动换抓手、换模技术

9. 软件及控制

在机器人折弯单元中应用了参数化编程、离线编程和生产管理软件(见图13)，同时二次开发了折弯随动、自动换模、自动换抓手、柔性码垛、实时补偿、板边寻边、柔性翻转技术和总线控制技术，极大地满足了各类客户钣金折弯的技术和软件需求。

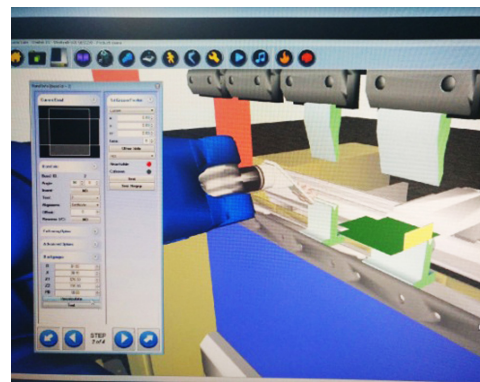


图13 软件及控制

八、结束语

通过上述机器人折弯单元改善钣金加工工艺的浅析，我们发现该技术能够提高并改善传统折弯技术和工艺，能够大幅提高生产效率，

实现安全无人化操作，减少原来用工的90%，解决用户存在的钣金加工瓶颈问题，这就是钣金工业智能制造的优势。 □

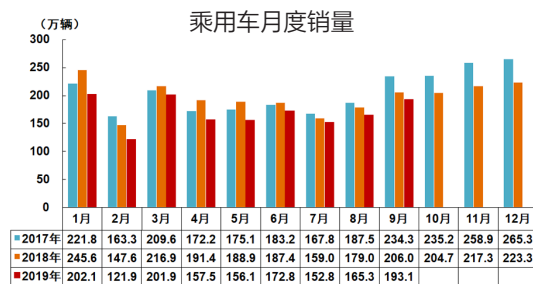
资讯

当前我国乘用车市场压力仍然较大

9月，我国乘用车产销分别完成186.5万辆和193.1万辆，比上月分别增长10.1%和16.8%，比上年同期分别下降7.9%和6.3%，产量降幅比上月扩大7.2个百分点，销量降幅缩小1.4个百分点。

1~9月，乘用车产销分别完成1507.5万辆和1524.9万辆，产销量同

比分别下降13.1%和11.7%。销量降幅比1~8月继续收窄。从乘用车四类车型产销情况看：轿车产销比上年同期分别下降12.4%和12%；SUV产销比上年同期分别下降12.4%和9.3%；MPV产销比上年同期分别下降23%和22.1%；交叉型乘用车产销量比上年同期分别下降10.1%和15.1%。



(资料来源：中国汽车工业协会)

基于传感器的热误差补偿技术

华中数控股份有限公司

为了进一步提升数控机床的加工精度和一致性，华中数控计划与机床企业充分合作，实施“机床品质提升工程”计划，将华中8型智能数控系统热误差补偿技术应用于数控机床，致力于提高机床加工效率、加工精度和加工一致性，提升机床品质和市场竞争力。

随着科学技术、机械制造加工业的迅速发展，对数控机床的加工精度也提出越来越高的要求。提高数控机床加工精度有两种基本方法：误差防止法和误差补偿法。误差防止法是指通过提高机床制造和装配精度及设计精度、机床零部件的制造精度和安装精度、优化机床结构、辅助部件等方法来实现。此方法的特点是成本增加大，实施起来有局限性。误差补偿法是指使用软件技术，通过分析、统计、归纳及掌握原始误差的特点和规律，建立误差数学模型，进行人为误差补偿，从而减少加工误差。此方法的特点是：经济有效，实现相对简单。

已故的国际著名机械制造专家、美国密西根大学教授吴贤铭曾说过：“误差补偿技术的巧妙之处在于加工出的零件精度可比加工母机的精度还高。”由此可见，误差补偿技术的巨大作用。

目前，误差补偿技术以其强大的技术生命力迅速被各国学者、专家所认识，并使之得以迅速发展和推广，已成为现代精密工程的重要技术支柱之一。

1. 热误差补偿技术有哪几种？

热误差补偿技术主要分为热误

差斜率补偿和热误差偏置补偿两种方式：

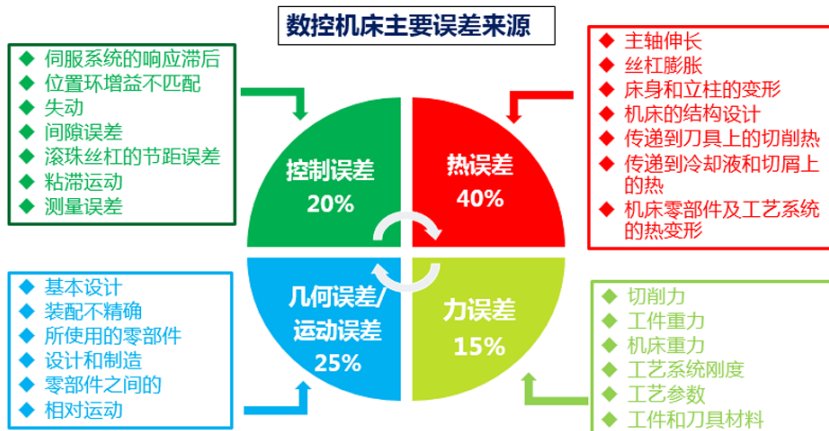
(1) 热误差偏置补偿又叫与位置无关的热误差补偿，是在热变形部件上安装温度传感器，检测传感器的实时温度，通过查询补偿表中对应温度的补偿值，将目标轴的机床坐标系进行偏移。用以消除该部件因热变形导致的轴向热位移，一般用于非移动部件，如主轴、动力头等发热量较大且易产生结构变形的部件上。

(2) 热误差斜率补偿又叫与位置相关的热误差补偿，在传动部件（丝杠、齿轮齿条）上安装温度传感器，测量出传动部件极限温度区间内所有温度点对应的目标点热变形量，通过统计和

计算合理安排温度补偿间隔，将计算出的热误差补偿数据填入补偿表中。系统通过检测温度传感器的实时温度，查询补偿表中对应温度的补偿值，根据目标轴的实际位置相对于热膨胀零点的距离折算出补偿量输出到目标轴上。用以消除传动部件当前所在位置相对于热膨胀零点的热伸长量。

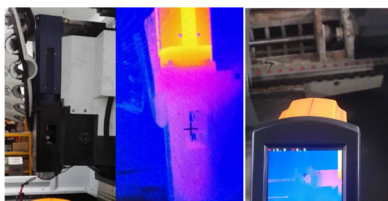
2. 数控机床的主要误差来源有哪些？

数控机床产生误差的来源主要有：几何误差/运动误差、热误差、控制误差、力误差等，通过研究发现，所有的误差来源中热误差占比最高，达到近40%。



3. 数控机床热变形产生的机理

数控机床在加工过程中由于电气发热和运转部件的摩擦发热引起的局部结构变形,导致机床执行机构产生热误差,从而影响机床的加工精度和使用效率。



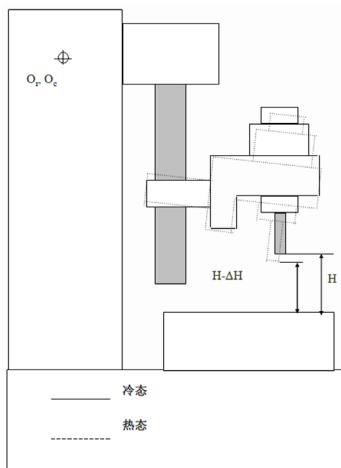
主轴单元红外热辐射图像 进给轴丝杠红外热辐射图像



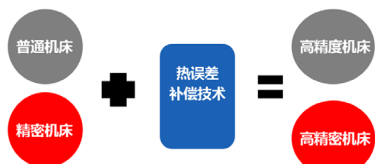
数控机床热变形产生的机理

4. 数控机床热误差补偿基本原理

在数控机床工作过程中,把实时采集机床温度、位置等信号采集到数控系统里面,再通过误差数学模型计算得出各运动轴的热误差补偿量,数控系统根据误差补偿实时修正机床运动位置,提高机床加工稳定性及加工精度。



机床在冷态和热态的区别



5. 华中8型热误差补偿技术

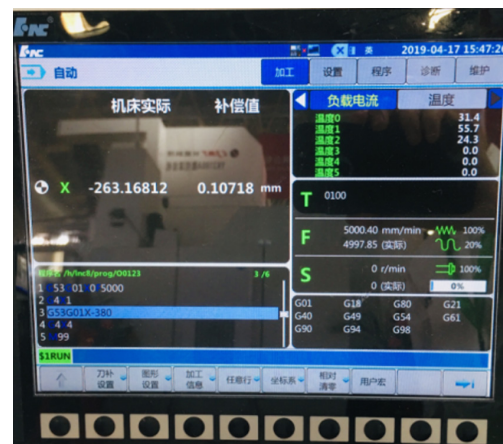


热误差补偿技术基本原理结构图

华中8型数控系统将热误差补偿技术集成于数控系统内部,通过编制相应的宜人操作界面,将热误差补偿技术较好地应用于实际加工过程之中,减少热机时间,实现开机即可加工,提高机床利用率。

华中8型热误差补偿技术支持市场上最常用的Pt100和KTY84两种型号的温度传感器,实现实时温度检测,测量准确度达到 $\pm 0.5\%$,温度测量范围达到 $-40^{\circ}\text{C} \sim 240^{\circ}\text{C}$,系统显示分辨率为 0.1°C ,有效的减少了冷热机时间,保证了加工精度的稳定性。

在补偿过程中,PLC运算得到补偿值输入数控系统后,对预先输入系统中的数控加工程序中外部机械原点按补偿值进行偏移,从而使误差获得补偿。当机床开机即开启温度误差补偿线程,温度实时补偿每隔2min便读取一次温度(可以通过读数周期参数来实现补偿周期的调整),根据读取的温度值,通过PLC运算算出热误差值,使外部机械原点发生偏移,从而实现热误差的在线实时补偿。



华中8型系统热误差补偿界面

热机阶段和冷机阶段,丝杠变形曲线不一致,因此对升温曲线和降温曲线采用不同的补偿数据,提高机床整体补偿精度。(下转第83页)

hyperMILL® MAXX Machining

高性能套件：实现更高效的刀具路径的利器

OPEN MIND Technologies AG 公司

近期，OPEN MIND Technologies AG 推出 hyperMILL® MAXX Machining 高性能套件，这是一款强大的用于高性能钻孔、粗加工和精加工的工具。hyperMILL® 中的模块具有特殊加工策略，可让用户最大限度地挖掘加工中心和刀具的潜力。这一高性能套件新增了两个关键改进：完美型腔加工技术可确保通过高进给刀具进行更高效的型腔加工。高性能精加工和粗加工策略也可用于车削。

OPEN MIND 采用了新的高性能车削/粗加工模式。这是通过将成熟的摆线铣削概念应用至车削得以实现的。优化的连接路径和流畅的机床运动可确保高性能加工。用户将可利用刀片在材料中的这种特殊下切行为，从而提高工序可靠性，同时缩短加工时间。高效车削的摆线刀具路径如图1所示。

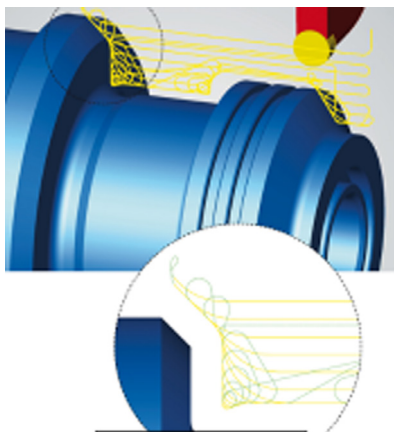


图1

与此同时，在精加工方面，OPEN MIND 提供了创新策略以便更好地利用特殊 rollFEED 刀片。刀片的大半径为精加工车削节省了大量时

间。其主要特点表现为：

一、圆桶刀的功能范围得到扩展

另一新功能是“5 轴棱形圆角精加工”策略，补充了用于高效加工平面和连续面的创新策略。此策略可利用高进给刀具原理将圆桶刀与插铣和拉刀加工结合使用。圆桶刀最佳倾斜的计算实现完全自动化。尤其是这实现了不同壁区之间的高质量过渡（见图2）。此策略是使用圆桶刀加工深腔的完美补充。

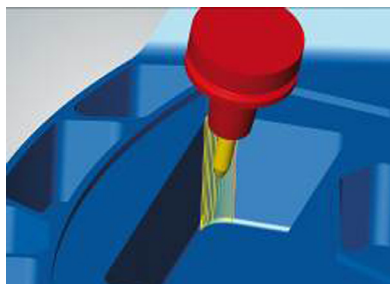


图2

二、多曲面加工

使用锥度圆桶刀进行多曲面 5 轴

加工，可在一个工单中加工出整个曲面。可使用曲面选择完全自动生成刀具路径，从而省去了耗时的事先在 CAD 中创建切削轮廓的步骤。因此，无论是对于自由形状曲面而言，还是对于平面而言，均可轻松进行编程并快速产生高品质表面。多个自由形状曲面的多曲面加工如图3所示。

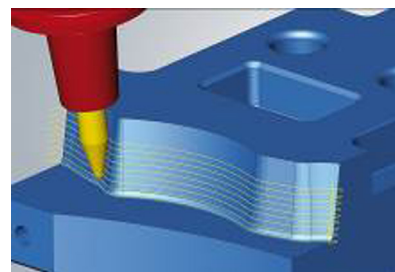


图3

三、加工型腔更快

为保证最高速度和效率，hyperMILL® MAXX Machining 还推出用于粗加工的完美型腔加工技术，可让加工区域恰好容纳型腔并优化刀具路径以进行高进给加工（见图4）。智能算法可让粗加工区域容纳最大的型腔，并自动生成用于高进给

铣削的线性刀具路径。线性轮廓和轮廓平行刀具路径之间的连接经过优化，从而保证快速生产。特殊退刀运动可减少内角的残料。

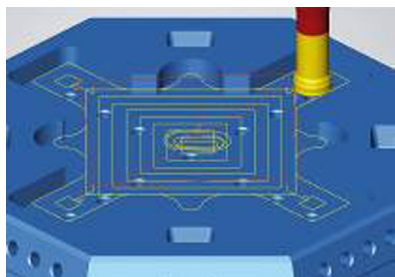


图 4

四、圆桶刀的多用途

hyperMILL® 支持多种圆桶刀，从而适合广泛的应用范围。例如，在叶轮或叶盘生产期间使用圆桶刀可节省大量时间。

如果铣刀锥角与壁倾斜一致，则圆桶刀也可高效地用于 3 轴加工（见

图5）。所有加工始终高效进行，在达到最高质量水平的同时确保无碰撞。

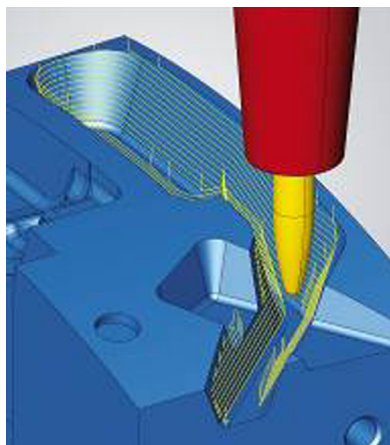


图 5

关于 OPEN MIND Technologies AG

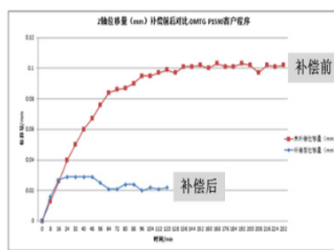
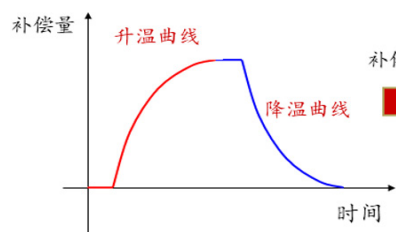
OPEN MIND 是全球最受欢迎的强大 CAM 解决方案开发商之一，产品专

门用于独立于机床和控制器的编程。

OPEN MIND 可设计 CAM 优化解决方案，包括大量其他产品无法提供的创新功能，显著提升了编程和加工性能。hyperMILL® CAM 系统中高效内嵌了诸如 2.5D、3D 以及 5 轴铣削/铣削车削等策略，以及诸如 HSC 和 HPC 等加工操作。归功于 hyperMILL® 与当前所有 CAD 解决方案和众多编程自动化工具的全面兼容性，客户可最大限度地享受产品的优势。

根据 CIMdata 编制的 2018 年 NC 市场分析报告，OPEN MIND 是世界前五大 CAD/CAM 制造商之一。OPEN MIND 的 CAD/CAM 解决方案可满足汽车、工具和模具制造、生产加工、医疗、加工车间、能源和航空业的最高需求。OPEN MIND 的业务遍布亚欧美等所有重要市场，是一家 Mensch und Maschine 公司。□

上接第81页



X:1.5 μm, Y:1.5 μm, Z: 3 μm。



6. 实际应用情况

(1) 广东中山市捷程数控机床有限公司在运用华中8型热误差技术后，实际加工精度从1.5 μm提高到1 μm，加工精度提升约30%。



捷程A366精密双头走心机

(2) 宝鸡CMV850加工中心开启热补偿技术后，通过验证，补偿后的误差控制在6 μm以内。



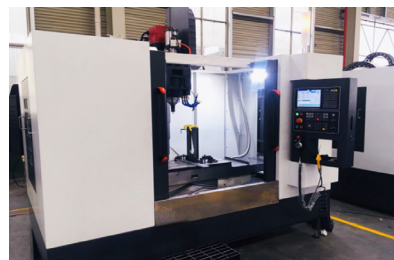
捷程A366精密双头走心机

(3) 山东威达重工有限公司在运用华中8型热误差技术后，测试各项补偿结果重复定位精度为

(4) 湖北毅兴机床有限公司毅兴V8加工中心补偿结果：

Z轴升温补偿前：升温补偿前最大误差371.4 μm（丝杠温度是1.2~23.4℃）。

Z轴升温补偿后：补偿后最大误差45 μm（丝杠温度是1.6~23.4℃）。□



贵金属吊牌CNC雕铣加工负压夹具设计与应用

沈阳机床股份有限公司 张健

初步探索了一种贵金属吊牌CNC雕铣加工负压夹具的设计与应用，包括负压夹具系统原理、结构设计方案与吸附力计算方法，最后介绍了负压夹具的具体应用。该夹具的设计和成功应用，解决了贵金属吊牌类产品在雕刻和铣削过程中装夹的难题，可以在实际的单机以及自动化生产线中进行推广应用。

贵金属吊牌是比较普遍的珠宝首饰，绝大部分珠宝首饰加工企业都把该类产品作为主要品类之一。而针对其加工生产，目前却主要以冲压加工为主。这种方式需首先进行起版和制作模具，然后通过冲压设备进行冲裁和落料，加工工艺链较长，导致交货期长，成本不易控制，往往受批量大小影响较大。

近年来CNC雕铣加工技术逐步在珠宝首饰行业内进行推广，加工精度和效率虽然有所提升，但是针对吊牌类产品的加工，其装夹方式还停留在传统的粘结方法，上下料比较费时，同时劳动强度也较大，操作人员的技能水平和熟练程度成为制约因素。因此，为了提升贵金属吊牌CNC加工效率和自动化水平，笔者尝试在该领域引入负压夹具装夹方式，从系统原理、结构设计、应用案例等方面进行探索研究和具体实践。

一、负压夹具系统原理

负压夹具的工作原理是：在负压

的作用下，工件的两个面上形成压差，使工件产生一个向着吸附盘方向的力，利用这个力和工件与吸附盘之间的静摩擦力将工件牢固地夹持在吸附盘上。夹持力的大小由系统的负压（工作真空度）和吸附面积决定。

负压夹具一般由真空发生器或真空泵、真空供给阀、真空破坏阀、真空压力表、吸附盘和连接管路组成。根据需要，使用者还可以选用真空开关、抽吸过滤器、节流阀和消音器等辅助器件。负压夹具系统原理如图1所示。

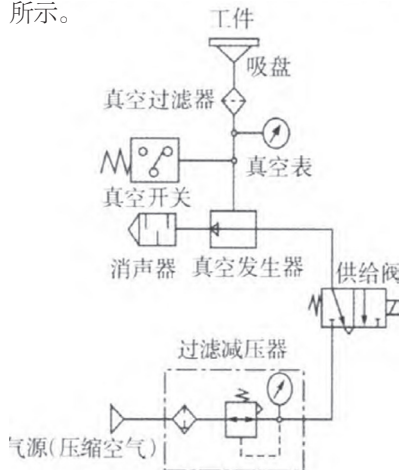


图1 负压夹具系统原理

二、负压夹具结构设计

1. 负压夹具方案

贵金属吊牌类首饰周边轮廓形状各异、厚度薄，一般需要在其表面雕铣加工复杂图案和周边轮廓以及倒角，同时由于材料价值量大，材料去除量较小，不宜在毛坯上设置额外的装卡位。针对吊牌首饰加工工艺特点，结合负压夹具系统原理，负压夹具结构设计需满足如下技术要求：

（1）利用吊牌底面与夹具体平面接触，通过在夹具体腔体上嵌入密封圈，使吊牌和夹具之间形成相对真空，产生负压，将吊牌紧紧地压在夹具体上。

（2）吊牌底面面积一定的情况下，设计相对真空即产生负压的面积尽量大，务必使负压夹具力（吊牌与夹具体之间的摩擦力）大于雕刻和铣削在水平方向的分力。

（3）吊牌表面上的加工图案元素位置精度要求较高时，需要增加定位单元，用于确定吊牌在机床上的准

确装夹位置。

(4) 夹具体需具有足够的强度与刚度,重量轻,同时设计与机床工作台相匹配的接口,并易于拆卸。

基于上述要求,设计了贵金属吊牌的负压夹具技术方案。该夹具是由夹具体、密封圈、气路系统、T形槽螺母和螺钉等组成。夹具体为铝合金结构件,本体上加工有台阶面、密封件安装沟槽和气路孔,与吊牌组合可形成腔体容积,进而与负压系统相连接,使用时将腔体容积形成负压状态,从而实现负压夹紧吊牌的功能。具体结构如图2所示。

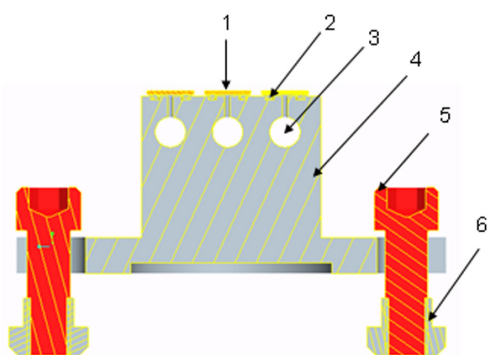


图2 吊牌夹具结构

1.吊牌 2.密封圈 3.气路 4.夹具体 5.螺钉 6.T形槽螺母

2. 负压吸附力计算

根据负压夹具的工作原理,该夹具产生的吸附力:

$$F_a = A(P_0 - P_1)$$

式中, F_a 为吸附力, N; P_0 为大气压强, MPa; P_1 为腔体压强, MPa; A 为吸附腔有效面积, m^2 。

从上式可以看出: 负压吸附力的大小与吸附有效面积成正比, 可以根据吊牌形状和尺寸改变腔体的形状以及尽量扩大有效吸附面积, 达到增大吸附力的作用。

对于吊牌的雕刻和铣削加工来说, 为保证可靠夹紧, 需满足:

$$F_c \leq uF_a$$

式中, F_c 为雕铣加工在水平方向的分力, N; u 为吊牌底面与腔体接

触面的摩擦系数。

由此式可得, $F_c \leq uA(P_0 - P_1)$, 即 $A \geq F_c / [u(P_0 - P_1)]$ 。

因此, 通过计算可得到不同吊牌不同加工条件下的最小吸附面积。

三、负压夹具应用示例

1. 吊牌夹具设计

根据吊牌大小和加工特征, 实际加工参数, 同时考虑一定的安全裕量, 设计负压夹具部件。具体包括: 确定负压夹具最小吸附面积; 在夹具体上设计密封槽、气孔; 安装到机床工作台上的接口特征; 吊牌装夹定位基准及结构件设计; 密封件、真空发生器等选型。

2. 负压夹具应用

在某高速CNC钻攻中心工作台上安装负压夹具系统, 然后将银牌样件放在负压夹具上, 启动机床及真空发生器使夹具开始工作夹紧银牌, 将事先编制完成的NC加工程序导入机床就可以完成加工。

银牌外形尺寸为 $30mm \times 55mm \times 2.5mm$, 如图3所示。由于四周及上表面图案均需要铣削和雕刻加工, 如采用传统的夹持或压紧方式都不能解决一次装夹完成全部加工。同时, 在该件实际加工中采用的负压吸盘吸附式装夹和松开, 上下件时间和劳动强度较之前的粘结方法都有明显改善。



图3 银牌三维模型

贵金属吊牌CNC雕铣加工负压夹

具的研制完成和成功应用, 为后续首饰行业吊牌类零件的自动化加工奠定了坚实的基础。

四、结束语

(1) 贵金属吊牌CNC雕铣加工用负压夹具结构简单、性能可靠, 可以满足该零件的装夹, 操作方便, 上下件快速, 辅助时间大大减少, 具有加工效率高以及可靠性高的特点。

(2) 解决了贵金属吊牌类产品在雕刻和铣削过程中装夹的难题, 可以在实际的单机以及自动线中进行推广应用。 □

参考文献:

[1] 黄云光, 王昶等. 首饰制作工艺学 (第2版) [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2015.

[2] 李晶, 袁心强. 自动锤珠机的原理和研制[J]. 宝石和宝玉石杂志. 2014, (1): 70-76.

[3] 孙紫威. Jewel CAD&Rhino在首饰设计中的应用初探[J]. 工业设计. 2015, (10): 75-77.

[4] 袁军平, 王昶. 首饰制作工艺学的新进展[J]. 宝石和宝玉石杂志. 2007, (9): 26-31.

[5] 孙晓辉, 聂小春等. 基于JD paint的首饰模具电极的建模与加工[J]. 工具技术. 2014, (10): 59-62.

[6] 谢赟怡. 浅析珠宝首饰制作工艺的科技原理[J]. 艺术科技. 2017, (2): 156-157.

[7] 肖望东, 王声. 浅谈薄壁精密机械加工零件真空吸附夹具的设计与装夹[J]. 新技术新工艺. 2013 (8): 17-19.

[8] 李明, 吴志勤. 薄板零件机加工的夹具设计[J]. 电子机械工程. 1999, (3): 52-54.

T5智能车床在电机行业的应用

沈阳优尼斯智能装备有限公司 刘洪强

一、概述

目前，我国电机产业经过40多年的发展，特别是改革开放20多年以来的快速发展，取得了长足的进步。我国的电机产品种类繁多，应用领域广泛。根据型号、规格、功率、轴伸等参数的不同可划分出各种规格的电机。数控机床、轧钢机、鼓风机、印刷机、水泵、抽油机、传送带、空压机、生产线、电梯以及医疗器械都大量使用电机。电机在当今世界中的应用非常广泛，甚至可以说有运动的地方就可能有电机的存在。

2016年全国电机总销量约9亿台，价值量9000亿元，2017年全国电机总销量约12亿台，价值20000亿元。其中与车床金属加工相关的价值约占总产值的1/3，即2016年3000亿元，2017年6700亿元。另外新能源的快速发展也带动了电机产业的迅速增长，混合动力客车也是国内主要的电动客车产品。由此可见，电机行业占据很大的市场份额。

二、智能车床在电机行业典型零件加工中的应用

电机行业中典型零件主要分为三

种：电机转子轴、电机端盖、电机机座。典型零件的特征见下表：

序号	典型零件	材质	主要精度要求
转子轴		45钢	两侧轴承位尺寸精度一般为h5等级，圆柱度要求0.01mm以内。表面粗糙度Ra0.8μm。输出端轴径与轴承位同轴度要求0.01mm以内
端盖		HT300/铝	轴承尺寸精度要求一般为H6等级，圆柱度要求0.01mm以内。粗糙度Ra1.6um。安装止口尺寸精度要求一般为js6等级。位轴承位与安装止口位同轴度要求0.015mm以内
基座		HT300/铝	止口位尺寸精度要求一般为H6等级，基座两侧止口位同轴度要求0.04mm以内

1.在转子轴加工中的应用

转子轴加工难度主要体现在以下几方面：

（1）一般标准的转子轴的长径为1：10以内。但是个别型号的转子轴的长径比可以达到1：15～1：25，加工极易发生振刀。

（2）轴承位的尺寸精度及表面粗糙度要求高，需要最后用磨床序保证最终精度。这样就导致设备投入高以及人工投入高的现状，且生产效率低。

T5智能车床的高刚性、高精度、智能化等特点可以有效地解决转子轴加工现存的痛点。T5智能车床采用45°整体斜床身结构，配置台湾整体主轴单元，最高转速可达4500r/min。大幅度提高加工效率，并提高转子轴零件的表面质量。针对转子轴零件配置的伺服尾台可以有效地提高尾台辅助效率，并且可以通过系统智能控制尾台顶紧力，达到加工1：25长径比的转子轴不振刀的效果。

T5智能车床通过优化机床结构及配置,提高机床的运行精度及稳定性。使转子轴零件的全长跳动保持在0.04mm以内,节省转子轴零件轴承位的粗磨序,可以为精磨序精确控制精磨余量0.3mm。跟原有的转子轴生产制造工序相比,使用T5智能车床可以提高转子轴的生产节拍60~150s。节省4台粗磨序外圆磨床和4个磨床工人,即约80万元设备投入和20万元人工成本。

2.在端盖加工中的应用

端盖加工难度主要体现以下几方面:

(1) 轴承位的尺寸精度和表面粗糙度Ra1.6 μ m都由车床保证,要求车床具备较高的精度稳定性和高转速的特性。

(2) 端盖的材质有HT300和铝制两种,其中铝材质的端盖在装卡过程中易发生变形,零件变形会导致轴承位尺寸精度和圆柱度超差,轴承位和止口位的同轴度也会超差。

T5智能车床具有高精度、高稳定性的特征,可以充分保证端盖轴承位的精度尺寸及圆柱度。更加合理的机床结构以及配置进口导轨丝杠保证了机床的定位精度及重复定位精度,T5智能车床X/Z轴的定位精度为0.004mm/0.005mm,重复定位精度为0.008mm/0.008mm。T5智能车床最高转速可达4500r/min,一方面可以保证轴承位的表面质

量,另一方面可以提高加工效率。在铝材质端盖加工过程中,针对铝材质端盖易变形的特性设计研发的特殊工装以及特殊的加工工艺,op10工序加工轴承位,op20工序以轴承位为定位,加工止口位,保证了轴承位的尺寸精度和圆柱度,同时也保证轴承位和止口位的同轴度要求。

3.在基座加工中的应用

基座加工难度主要体现以下几方面:

(1) 材质为HT300的基座加工特征包括基座内孔、内孔两侧止口位。加工过程中,基座外形不规则,装卡难度大。内孔加工长度较长,内孔尺寸精度不易保证。

(2) 材质为铝的基座的加工特征包括两端止口位,一般不加工内孔。加工过程中,基座外形不规则,装卡难度大,且基座易在装卡过程中发生变形。

T5智能车床针对HT300材质的电机基座外形特征和加工特征设计研发的特殊工装及特殊刀座。在基座装卡过程中采用加强卡爪的形式增强基座的装卡强度,并可以根据基座外形进行卡爪特殊制作。以保证在加工基座内孔时基座的夹持稳定性。增长型加强刀座的设计原理是减小内孔刀具的悬伸,在不与基座发生干涉的情况下,是刀具的悬伸尽量小。通过这两方面增强刚性

保证内孔的尺寸精度。针对铝材质基座的易变形特性,设计研发的内撑型工装,可以避免装卡过程中基座变形。利用此种特殊工装还可以将基座两侧端面加工,两侧止口加工两序集成为一序进行加工。基座的生产效率单件提高30~60s。

三、市场应用及推广情况

目前,国内的电机生产厂家的现状多为生产设备落后、生产效率低、需要大量的人工服务与生产制造及组装。大部分电机生产企业面临着产能不足、现场难管理、操作工人难招聘的窘境。

T5智能车床致力于解决电机行业金属加工的痛点,针对电机行业典型零件开发的新的工装、新的加工方式、新的科技技术应用等先进技术可以提高典型零件的生产效率,节约设备投入及人工投入。T5智能车床的智能功能具有很高的拓展性,例如:单机自动线、桁架自动线、加工单机器人自动线等。极大程度的降低了生产企业对操作工人的技能需求和管理难度。

目前有870台T5智能车床服务于全国近200家电机制造企业,每年为全国电机行业贡献近30亿元的价值。在深耕电机行业的同时,我们不断提高T5智能车床的科技含量,技术含量,从而提高T5智能车床在电机行业的市场竞争力。□

资讯

机床附件分会召开第九届会员代表大会 选举产生新一届理事会

中国机床工具工业协会机床附件分会第九届会员代表大会于2019年9月2日在四川省成都市召开,共有43家会员企业的46名代表参加了会议。

会议审议通过了“机床附件分会第九届会员代表大会工作报告”等相关文件,选举产生了第九届理事会的17家理事

单位,其中,烟台环球机床装备股份有限公司为理事长单位、呼和浩特众环(集团)有限责任公司为副理事长单位、山东征宙机械股份有限公司、三河市同飞制冷设备有限公司、常州市新墅机床数控设备有限公司为常务理事单位。根据理事长提名,理事会聘任王兴麟为机床附件分会秘书长。

第六届东京冲压钣金成形加工展览会综合报道

中国机床工具工业协会考察团



2019年7月30日-8月4日，第六届东京冲压钣金成形加工展览会（MF—TOKYO2019）在日本东京国际展览中心举行。中国机床工具工业协会派考察团对展会进行了参观考察，并与日本锻压机械工业协会、日本机床工业协会、日本国际贸易促进协会、中国台湾地区机械工业同业公会等协会针对当前全球产业形势进行了交流与沟通。

一、展会概况

MF—TOKYO展览会由日本锻压机械工业协会和日刊工业新闻社主办，2009年首次举办，此后每两年举办一届，至今举办六届。本届展会展出面积30000平方米，与上届展会相比，减少了20%，参展商285家，与上届318家参展商相比，下降了10.4%，观众总数为30113人，与上届展会相比，减少了5%。因2020年东京奥运会将使用东京国际展览中心

的部分展馆，目前正在改建，因此，展出面积比上届有所减少，展商数量也有所下降。但展商普遍反映展会取得了很好的效果，与观众的技术交流深入具体。

日本是冲压、钣金、成形加工机床的制造强国，本届展会的参展商仍延续以往的风格，以日本本土企业为主。日本的马扎克（MAZAK）、天田（AMADA）、小松机械（KOMATSU）、村田机械（MURATEC）、三菱电机（MITSUBISHI ELECTRIC）、会田工程（AIDA Engineering）等日本知名金属成形机床制造商均参加了展出，来自日本境外的全球知名金属成形机床制造商有德国通快（TRUMPF）、瑞士百超（BYSTRONIC）、意大利萨瓦尼尼（SALVAGNINI）、德国舒勒（SCHULER）等。中国大陆参加展览会的企业数量不多，协会考察团分别走访了国内企业济南邦德激光股份有限公司、安阳锻压机械工业有限公司、千昌机械有限公司等展台。中国台湾地区有近20家企业参展。全球知名控制系统、伺服驱动、测量仪器生产企业也参加了展会，如日本发那科（FANUC）、日本三丰（MITUTOYO）、意大利马波斯（MARPOSS）、美国法如（FARO）等。



二、展品及技术特点

1. 展会展品

（1）机械、液压、伺服压力机。高速精密自动压力机，直边压力机，多工位压力机，冷锻压力机，热锻压力机，粉末成形压力机，修整冲模压力机，碳纤维复合材料成形压力机等。

（2）特种成形机械。零件成型机，管材成形机，线材成型机，辗压机，弹簧加工设备，标准件成型加工设备，锻造机等。

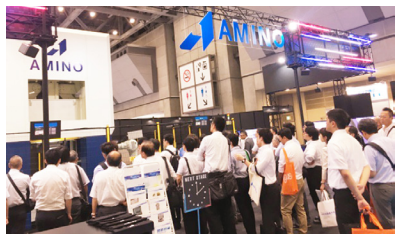
（3）自动化装置。传送装置，卷料进料装置，整平送料机，工业机器人和机械手，测量设备等。

（4）钣金机械。剪板机，折弯机，冲压机，弯管机，激光加工机，水切割机等。

（5）表面处理及焊接设备。去毛刺机，防锈防腐蚀设备，清洗机，激光

焊机,点焊机,弧焊机,气焊机等。

(6) 设计制造系统。控制系统,驱动装置,CAD/CAM,CAE,生产管理系统等。



2. 技术特点

从MF—TOKYO2019展览会看,尽管展会规模不大,国际化程度不高,但其展品水平代表了当今世界先进的金属成形加工设备和技术的发展潮流,是一届技术含量很高的专业展览会,展品充分彰显了以下几方面的技术特点:

(1) 展品自动化程度高,智能制造技术广泛应用

提高智能化水平,提高自动化程度成为金属成形加工机床制造商竞争的焦点。很多展商在展出加工设备的同时,都配套展示了上下料装置、智能模具、自动检测装置。如天田公司展出一条由三台SDE8018i III新型伺服压力机组成的柔性生产线,节拍达到35次/分,搭载了具有优化功能的自动控制系统,可连接IoT,该机的特点为加工精度高、加工效率高,主要用于加工电脑、汽车等产品用的小型精密钣金零件。



小松机械公司展出一台带三台上下料机器人的H1F-200-2型精密门式伺服冲床,冲压力2000kN,滑块行程300mm,每分钟冲压次

数62/200、72/160、89/110(可选),这台机床配备了三台机器人,第一台机器人具有视觉挑选功能,能够在散乱的上料装置中准确的抓取工件,并将工件放在定位装置上,由第二台机器人把工件送到冲床上冲压,冲压后的零件由第三台机器人送入料库,这种配置缩短了上料时间,提高了上料的准确性,提高了加工效率。

百超公司展出一台Xpert 40数控折弯机,配备了一台上下料机器人和上下料库。天田公司展出一台HG-1003ARs折弯机中心,配备了一台上下料机器人。

(2) 新产品、新技术推向市场,多功能复合机床引人注目

马扎克公司展出一台世界首发的FT-150 FIBER光纤激光切割机,应用尖端的驱动技术实现管类零件从上料、加工、切断到下料全过程的自动化,使生产效率大幅度提高。

天田公司展出一台世界首发的VENTIS 3015 AJ激光切割机,该机搭载了轨迹光速控制LBC技术的激光器,能够控制切割光源高速震荡,从而提高加工精度和切割效率。

百超公司、萨瓦尼尼公司、小松公司等多家企业生产的折弯机在折弯头两端安装激光测头,用于监测工件加工状况。

小松公司展出的数控折弯机上装有追踪装置,在大型工件折弯时,自动追踪工件起到辅助支撑的作用,防止工件振动和变形,提高加工质量和生产效率。

村田机械展出的FG2512 TL光纤激光复合加工机,复合了激光切割、冲压成形、钻孔、攻丝等加工工艺,双工作台可自动交换,提高了生产效率,降低运行成本,减少设备数量。

(3) 高速、高效特色展品,吸引观众眼球

展会上看到一些高速、高效的特

色产品,如用于冲压手机零件的小型化冲压机,加工螺栓的高速搓丝机,加工小型管类零件的辊压、扩张、切断用的专用高效加工机床,辊压滚珠丝杠的高效辊压机,用于批量检测标准件、冲压件的高效激光检测仪等。这些展品针对性强,是根据市场需求研发出来的,特点是加工速度快、质量稳定、效率高。

SANMEI公司展出一台高速搓丝机,产量(M8)100-150件/min,该机应用辊压成形原理辊压螺纹,辊压后螺纹部分的硬度达到HRC38-43,比用车削出来的螺纹硬度高,寿命长。

意大利埃维特公司(EVIRT)展出一台RA-50智能三辊横轧机,最大滚压力500kN,加工直径27-160mm,压辊直径140-210mm,主轴倾斜角 $\pm 10^\circ$,滚压精度0.005mm,机床重量15000kg,主要用于轧制滚珠丝杠,该机主要特点是机床刚性好、轧制精度高、效率高。

瑞士哈特贝尔公司(HATEBUR)展出一台高效多功能冷成型机,是一种用于生产小而复杂零件的非常独特的机器。加工线材最小直径1.2mm,用于生产大批量的螺钉坯件和实心、半空心、全空心以及需要切边的各种复杂零件,生产速度可达每分钟400件。在系统驱动之下,材料所受的是渐进式的锻压力,而不是像传统冷锻机上的瞬间冲击力。冷锻部分的分子结构更平滑,零件的寿命更长。该机主要特点是加工精度高、效率高。

日本大岛公司(OSHIMA)展出一台高速自动激光测量仪,用于测量大批量的螺钉等零件,可测量螺钉的全长、螺纹直径、螺纹形状、螺钉半圆头部尺寸及形状,十字花槽尺寸等。该机的特点是测量精度高,速度快,能自动分拣合格品与不合格品。□

中国机床工具工业70年巨变

中国机床工具工业协会

机床工业是“母机”行业，涵盖金属切削机床、金属成形机床、铸造机械、木工机械、工量具及量仪、磨料磨具、机床附件、机床电器（含数控系统）等8个小行业及20多个分支，是最为重要的战略性产业之一，在各工业发达国家得到高度重视。新中国成立后，在党和政府的战略谋划及总体布局下，经过“一五”、“二五”的努力，我国逐步建立起了完整的机床工具工业体系。但“文化大革命”期间，中国机床工具工业错失了十年宝贵的黄金发展期。“文革”之后，经过拨乱反正，进行了恢复性整顿，特别是改革开放40年来，中国机床工具工业克服重重困难，坚持走自主发展之路，总体水平快速提升，正朝着机床工具工业强国的目标迈进。

一、新中国成立之初的中国机床工具产业（1949~1958年）

1. 新中国成立之前的萌芽阶段（1949年前）

在中国，现代意义上的机床是19

世纪洋务运动期间由洋务企业引入的。中国古代的传统手工业发展出了各式工具，也出现了原始形式的机床，但严格来说，不存在机床工具工业。西方工业先进国家的机床与工具被引入中国后，一些企业在生产经营过程中开始仿制，并取得了一定的成果。中国机床工具工业由此萌芽。

2. 中国机床工具工业莫立基础（1949~1958年）

新中国成立后，在国家的大力扶持下，中国机床工具工业真正成为了一个自成体系的工业行业。1949~1952年，国家对少数工厂进行投入，迅速形成了机床工具的生产能力。1953~1957年的第一个五年计划时期（简称“一五”时期），在前苏联等社会主义国家的帮助下，通过打造“十八罗汉”等一批骨干企业，中国机床工具工业莫立了基础。

在新中国成立时的1949年，全国机床拥有量为95000台，只有上海、沈阳、昆明等城市的一些机械厂能够兼产少量皮带车床、刨床等近10个品种的简易机床。这些机械厂成为了中国机床工具工业最初的基础。新中国成立后，政府高度重视对机床工具工

业的培育，在国民经济恢复时期共投入0.62亿元给有基础的机械厂购置设备，维修厂房，其中购置设备占当时民用机械投资的25%。与解放初期相比，国民经济恢复时期的中国已经形成了初步的机床工具生产能力。

1952年5月，中央重工业部召开了全国工具机会议，决定变万能修配厂为专能机床厂，在全国集专能为万能的机床行业，对现有工厂的产品发展方向和生产范围作了初步规划。1952年9月，第一机械工业部（以下简称一机部）成立，同年12月设立第二机器工业管理局（以下简称二局），统一领导管理全国的机床工具工业。“一五”初期，中国的机床工具工业形成了以中央直属企业为骨干，以地方企业为辅助的格局。

1953年，一机部根据前苏联专家的建议，按全国一盘棋的原则，确定了18个机床厂的分工与发展方向，这18家企业就被称为中国机床工业的“十八罗汉”，分别是：沈阳第一机床厂、沈阳第二机床厂（中捷人民友谊厂）、沈阳第三机床厂、大连机床厂、齐齐哈尔第一机床厂、齐齐哈尔第二机床厂、北京第一机床厂、北京第二机床厂、天津第一机床厂、上海

机床厂、无锡机床厂、南京机床厂、济南第一机床厂、济南第二机床厂、长沙机床厂、武汉机床厂、重庆机床厂、昆明机床厂。



在1953~1957年的“一五”期间，中国机床工具工业真正成为一个独立的工业部门，在产量、产品品种和技术等方面均获得了发展，形成了一批骨干企业。与整个国家工业化战略相一致的是，中国机床工具工业的技术发展接受了前苏联的指导。

“一五”期间中国机床工具工业还建立了专业研究机构。1956年9月，在一机部二局设计处的基础上，仿照前苏联机床研究院成立了北京金属切削机床研究所（北京机床研究所的前身），以适应机床厂开展产品的自行设计和试验研究工作的需要。此后，随着工具等研究机构的建立，各类产品的研发、制造不断加强，到1957年，一机部直属企业在机床、工具、磨料磨具和机床附件方面的产品产量，都占全国的90%以上。相关产品产量的国内自给率达80%左右。中国的机床工具工业已成为独立的工业部门，为后续发展奠定了基础。

二、中国机床工具工业的大规模建设（1958~1978年）

社会主义改造基本完成以后，中国共产党领导全国各族人民开始转入全面的大规模社会主义建设。1958~1978年，中国机床工具工业也展开了大规模建设，开展了高精度精

密机床战役，进行了三线建设，为第二汽车制造厂提供了成套设备，大力发展了大型、重型和超重型机床。因此，尽管该时期内中国的工业发展受到政治波动等因素的影响很大，但到改革开放前，中国机床工具工业已经形成了一定的规模和较完整的体系。

1958~1965年，在国家领导人的高度重视下，中国机床工具工业有了初步发展。毛泽东主席多次过问和指示机床工具工作，给了机床工具工业极大的鼓舞。“一五”期间中国机床工具工业的一些建设项目在1958年后正式建成，其最具代表性的是武汉重型机床厂。

在“二五”初期，国内各用户部门向机床工具工业提出的高精度机床订货量高达2000多台，但当时的机床工具工业缺乏生产能力。因此，1960年，在国务院副总理李富春的领导下，组成了由国家科委、计委、建委、对外贸易部、二机部（第二机械工业部）和一机部有关领导组成的高精度精密机床规划领导小组，具体领导发展高精度精密机床“战役”。1960~1962年间，曾召开两次高精度机床会议，在全国性调查基础上编制了56个高精机床品种发展规划，制订了从样机试验到工艺攻关以至电机、轴承等配套件和原材料供应的成套措施，进口了一批高精度机床及测试仪器，装备了有关研究所及骨干厂。这就是中国机床工具工业发展史上著名的高精度精密机床战役。通过组织此次战役，中国的精密机床制造上了一个台阶，形成了上海机床厂、昆明机床厂等高精度机床制造基地，中国机床工具工业取得了突破性发展。到1965年，中国机床工业累计掌握的高精度精密机床品种已有5类26种，年生产能力约500台，产品的技术水平有了明显提高，满足了当时重点建设项目的大部分需要。在高精度精密机床战

役的实施过程中，中国机床工业加深了对高精度加工技术规律性的认识。战役取得的工艺攻关成果，带动了机床工业的工艺水平普遍提高，进而带动了机床制造精度和质量的提升，并最终实现机床使用部门工艺设备的改善和产品质量的提高，影响深远。



即使在“文化大革命”期间，中国机床工具工业仍取得一些发展成绩，其突出表现是三线建设和为第二汽车制造厂提供成套设备。1964~1974年间，机床工具工业沿海地区的骨干厂和部分研究所，按照老厂分迁包建的方法，在川、黔、陕、甘、宁、青、豫西、鄂西等地先后建设了33个工厂。通过三线建设，中国机床工具工业改善了地区布局，扩大了骨干企业队伍，内地的机床工具骨干企业由原来的3个增加到19个，机床年生产能力由1600台增加到近万台。位于湖北十堰的第二汽车制造厂（简称二汽）是三线建设的重要项目之一，为二汽提供成套设备是中国机床工具工业继高精度精密机床战役之后实施的又一个全行业性的大“战役”。机床工具工业为二汽提供的成套设备，不仅仅是已有的产品，而是集成了当时中国最先进的技术，这既使二汽的技术从建设伊始就达到了国内汽车工业所能达到的最高水平，也大大提升了中国机床工具工业的技术能力。为二汽提供成套设备，体现了中国机床工具工业的发展水平，也再一次体现了计划经济体制下以“战役”方式来推动行业发展的有效性。

三、改革开放与机床工具工业的转型 (1978~2000年)

从1977年夏天开始,中国机床工具工业进行了恢复性整顿。1978年以后,中国机床工具工业在改革开放的浪潮中迎来了大转型。改革开放意味着机床工具工业的市场化,企业开始由计划经济体制下接收指令的生产单位变成真正自我求存的市场主体,而开放性的市场竞争机制也使众多企业面临着分化。从20世纪70年代末到20世纪90年代末,中国机床工具工业经历了不无阵痛的转型,成为了社会主义市场经济体制下的竞争性行业。

1.恢复性整顿 (1978~1980年)

从1977年夏天开始,根据机械工业部的统一部署,开展了以提高产品质量为中心的企业管理整顿工作,为改革开放作了铺垫。到1979年,多数重点骨干企业达到相关验收标准,在此基础上开展了全面质量管理。此时,全国拥有规模以上机床工具企业1400多家。到1980年,41家机床厂建起恒温车间共53000平方米。与此同时,沿用多年的国家统购统销的计划分配体制有所松动,一机部提出了计划调节和市场调节相结合的机床计划、分配管理办法。此间的标志性事件,是1979年6月25日,宁江机床厂在《人民日报》上刊登“承接国内外用户直接订货”的广告。

2.“六五”期间走向市场化 (1981~1985年)

受宏观经济等因素影响,1979~1980年机床行业订货量连年下降。为此,当时主管机床工具工业的第一机械工业部(简称一机部)提出扩大服务方向的方针。1983年2月10

日,机械工业部发出《机械工业贯彻计划经济为主,市场调节为辅原则的试行办法》,将单一的指令性计划改为三种计划形式。到上世纪90年代中期,机床工具产品全部敞开,从而走向市场化。其间,也开启了国内机床厂与境外机床工具企业间的合作。到1985年,机床工具工业有25个企业先后同5个国家(地区)28家公司签订合作生产协议32项。

改革开放后,机床工具工业产品水平逐步提高,产品出口迅速增长。1979年机床出口创汇3800万美元,到1997年出口创汇达到28000万美元,是1979年的7倍。

这期间安排国家重点技术改造项目48项,部重点27项,投资31170万元,取得了显著效果。从“六五”时期起,国家开始有计划地对重点企业、重点产品、关键工艺进行技术改造,从而促进了产品质量提升和新产品开发。

3.改革迎来行业的转型发展 (1986~2000年)

进入20世纪80年代以后,国家对机床工具企业技术改造的投入逐年增多。通过技改,行业的产品开发能力、制造能力得以加强,管理水平逐步提高,适应市场经济的能力逐渐增强。

除企业外,全行业有8个综合性研究院所、37个专业研究所与企业设计部门,形成了机床工具行业科研开发体系。除了引进技术外,还开始引进国外科技人才,充分利用国际技术力量,加快我国机床工具工业的发展。

1988年,中国机床工具工业协会(CMTBA,简称机床工具协会)的创立可以说是改革开放后行业的一件大事,顺应了当时的国际环境大背景,满足了国家经济体制改革及行业自身发展模式转变的需要,在机床工具企业与政府之间、企业与用户之间和境内外企业之间搭建了一个高效交流平台。协会创立之后,坚持“民间性、行业性、服务性、公正性和国际对应性”特点,为全行业创建了良好的市场环境氛围。协会创立之初,创办了中国国际机床展览会(CIMT),搭建了全球机床工具行业相互交流的重要平台,时任国务院副总理的邹家华为CIMT题词“交流技术、加强合作、扩大贸易、共同繁荣”。此后于2000年创办了中国数控机床展览会(CCMT),为推动中国数控机床产业的发展进步做出了贡献。



4.管理体制及相关产业政策

改革开放后,在不同历史时期出台的相关政策及管理体制改革措施,在中国机床工具工业发展进程中起到重要作用。

1984年7月30日,国发[1984]114号文《国务院批转机械工业部关于机械工

业管理体制改革的报告的通知》发布，机床工具所属直属企业全部下放。1992年10月16日，国务院办公厅以国办发[1992]55号文转发国家计委、机电部《关于振兴特定基础机械和基础件若干措施意见的通知》。1994年3月16日，原国家经委主任吕东就《关于重点扶持20家骨干企业加快我国数控机床工业发展的建议》给朱镕基、邹家华、李岚清副总理，王忠禹主任和何光远部长写信请予支持，并获批支持。1998年3月，第九届全国人大第一次会议通过，机械工业部改组为国家机械工业局。2000年12月23日，国务院办公厅以国办发【2000】81号文通知，撤销国家机械局，组建中国机械工业协会（即中国机械工业联合会）。自此，我国机床工具工业行政管理体制发生重大改变，行业协会与联合会的桥梁作用和服务功能凸显出来。

受亚洲金融风暴影响，市场需求不振，更因我国机床工具行业存在结构性矛盾，国内市场占有率逐年下降。到上世纪90年代末，国产机床市场占有率大幅下降，企业亏损面扩大。面对严峻的生存发展挑战，国家为支持国内机床工业摆脱困境，开启转型升级之路，于1998年10月出台由财政部、国家税务总局共同发布的关于数控机床产品增值税先征后返的优惠政策——《关于数控机床产品增值税先征后返问题的通知》（财税字[1998]70号）。该政策实行了10年，既有利于鼓励企业推进科技创新成果产业化，提高国产中高档数控机床的市场占有率和核心竞争力，又贯彻普惠和公平原则，受到机床企业普遍欢迎。

5. 数控机床的发展

中国数控机床的研制始于1958年。到1972年，有数控线切割机、非圆插齿机和劈锥铣等少数品种能

提供商品用于生产。之后，中国数控机床研制进入全面启动阶段。从1972~1976年间，数控系统、打孔机、滚珠丝杠、数控刀杆等开始提供商品。从1972~1979年，共生产数控机床4180台，其中90%是数控线切割机床。

1980年后，我国数控机床进入稳定发展期。通过引进数控系统和主机研发技术，及与国外公司联合设计，我国制造出了自己的数控机床。这期间，北京机床研究所与北京第三机床厂合作研制成功JCS-FMC1卧式加工柔性单元和JCS-FMC2立式加工柔性单元；与日本FANUC公司合作研制开发的我国第一条加工回转体的柔性制造系统投入生产。南京机床厂与德国TRAUB公司合作生产的TND360数控车床试制成功，自1983年投产至1994年共生产上千台，用户反映良好。

“六五”期间，我国开发数控机床新品种81种，累计可供品种达113种，是数控机床从展品、样机走向商品的分水岭。“七五”期间，国家安排了以引进技术消化吸收为主要内容的“数控一条龙”攻关项目，包括5种主机和3种数控系统消化吸收国产化。

1996年以后，我国数控机床发展步伐逐步加快。机床行业根据汽车、摩托车大批量生产的需要发展高效加工中心，并向高性价比、高技术水平、系列化、模块化方向发展，产品可靠性也大大提高。

到2000年，我国数控机床品种达1500种，研发出五轴联动加工中心并可投入市场。到2001年，17家数控系统生产企业生产数控系统16016套。此后，五轴联动或五面体加工中心快速发展并进入实用阶段，在2003年4月第八届中国国际机床展览会（CIMT2003）上，展出国产五

轴联动加工中心18台。

四、进入新世纪 中国机床工具工业稳健发展（2001~2019年）

1. 21世纪初期的高速增长（2001~2005年）

进入21世纪后，我国经历了一个经济高速增长时期，机床工具工业也获得了进一步发展。党和国家的重视为机床工具工业在新世纪的发展创造了良好的外部环境。

作为机床工具工业发展的标志，“十五”（2001~2005年）以来，我国数控机床产量以30%以上的速度逐年增长。国产五轴联动加工中心和五面体龙门加工中心，为能源、汽车、航空航天等国家重点建设工程提供了关键设备。同时，为数控机床配套的功能部件、量刀具也得到了加速发展。单就金切机床而言，2002年全国产量达到23.10万台，其中数控机床24803台。到2003年，金切机床产量达到30.68万台，其中数控金切机床产量36813台。

此时，中国机床工具工业出现多种所有制企业共同发展的局面。到2003年，全国机床工具工业国有企业及年销售收入500万元以上的非国有企业共1979个，产值747亿元人民币。

值得一提的是，发起自2005年的军工行业国产数控机床应用长效合作机制，在此后10余年间向纵深发展，成为机床工具行业参与国防工业发展的重要纽带之一。该长效合作机制由国家发展改革委、工业和信息化部、国家国防科技工业局、国家能源局等共同倡导，并组织中国机床工具工业协会、中国和平利用军工技术协会，以政府部门政策为引导、行业具体工

作为支撑,探索政府主导、协会搭桥、供需互动的军民融合推动高端装备制造自主创新和国产化的新路子,促进了国产高档数控机床在军工行业的应用,推动了军民融合共同发展。



2. “十一五”期间行业发展成就斐然（2006~2010年）

“十一五”是我国机床工具行业发展史上最为波澜壮阔的五年。国家出台的《装备制造业调整和振兴规划》以及“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项（以下简称重大专项或04专项）等政策和措施,引导机床工具行业按国民经济发展的需求研发产品,涌现出一批具有国际水平的高端数控机床、重型数控机床等新产品,部分满足了国家重点建设项目对关键装备的需求。2009年初制定的十大产业振兴规划促进了装备制造业对机床的需求,为机床工具行业克服国际金融危机冲击创造了良好的市场氛围。全行业积极贯彻落实党的相关会议精神和各项政策,行业经济运行持续保持快速增长态势,自主创新和研发能力显著增强,大大缩小了与世界工业化国家的差距。

“十一五”期间,我国国民经济一直保持稳定高速发展态势,市场对机床工具产品需求量日益增多,汽车、航空航天、船舶、能源设备、交通运输设备等行业提出了更高要求,需要高效能、高自动化、高可靠性、高质量的数控机床。市场需求促进了机床工具行业加快产业结构和产品结构调整。

2006~2008的三年,我国机床工具行业工业总产值实现27.1%、35.5%、27.5%的同比高增长。2008年起,受国际金融危机冲击,各项经济指标陡然下滑。2009年,我国机床工具行业工业总产值同比增幅降到16.1%。2010年,受相关政策影响,机床工具行业产销恢复了高速增长,工业总产值同比增速达40.6%。同期,我国机床工具产品出口额在全国出口总额的比重小幅提高,进口额在全国进口总额的比重有较明显的下降,对国外机床工具产品的依赖度有所下降。

随着国内装备制造业的高速发展,市场对中高端数控机床产生巨大的需求,企业加大产品研发投入,中高端新产品不断涌现,国内空白基本被全部覆盖。系列化的重型、超重型数控机床,高速高精数控机床,五轴联动机床,复合式数控机床,柔性生产线(FMS),数控多工位压力机,汽车覆盖件冲压生产线,数控铺带机、绕线机,大直径数控旋压机等产品,门类、品种、规格更加齐全,技术水平实现了更好的提升和突破。

“十一五”期间,经济型数控机床产量占比逐年减少,中高档数控机床产

量占比逐年增加,重型数控机床产量增大。机床工具行业累计完成工业总产值17427.1亿元,比“十五”的4637.5亿元增长275.8%。金属切削机床产量312.2万台,其中数控机床72.8万台,分别比“十五”增长98.7%和281%。2006~2010年,中国数控金属切削机床的产量持续增长的同时,其在金属切削机床总产量(台份)中的占比也逐年提升,从2006年的15%提高到2010年的30%。

机床工具行业规模以上企业的所有制构成发生重大变化。对比2005和2010年的相关数据:私营企业(规模以上)数量在行业中占比从42.86%提高到78.3%,产值在行业中占比从21.6%提高到69.2%。全行业企业数量从2004家增加到6367家,从业人员从49.30万人增加到84.51万人。

3. 进入转型升级新阶段（2011~2019年）

进入“十二五”(2011~2015年)以来,中国机床工具工业保持着经济规模与市场需求全球领先的位置。自2002年开始,中国一直居于世界金属加工机床消费与进口首位,而自2009年以来中国一直是金属加工机床产值和产量居世界第一的生产大国、第一消费大国和第一进口大国。

作为国民经济重要基础产业,党和国家领导人的持续高度重视使行业得以稳定发展。2011年,时任中共中央总书记、国家主席、中央军委主席胡锦涛,中共中央政治局常委、全国政协主席贾庆林等部分国家领导人先后视察了部分重点机床企业。2012年,时任中共中央政治局常委、全国政协主席贾庆林,中共中央政治局常委、国务院副总理李克强,国务院副总理张德江等,分别视察了

北一机床、武重集团、重庆机床等企业。2013年7、8月，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平视察中国兵器重集团、沈阳机床集团，强调工业作为立国之本，要坚持独立自主、自力更生、自主研发，形成科技竞争力，承担起实现中华民族伟大复兴中国梦的重任。同年4月，中央政治局常委、全国人大常委会委员长张德江视察济南二机床。国家领导人还多次参观视察了由中国机床工具工业协会主办的中国国际机床展览会（CIMT）及中国数控机床展览会（CCMT），了解机床工具工业发展情况。2018和2019年，国家领导人多次针对实体经济、制造业和机床工具行业发展做出指示和批示。

在经济规模持续增长并领先的背景下，国际机床制造领域的竞争态势悄然变化，从机床精度竞争转化为机床信息化水平和综合标准的竞争；机床市场的竞争，已经由单纯产品竞争转化为产品生命周期的全面服务及服务标准的竞争。机床企业加快实现由规模经济向质量效益型转变，由生产型企业向创新型企业转变，由粗放型企业向集约型企业转变。我国机床工具行业进入转型升级的新阶段。

（1）产业结构调整取得新进展。通过几年的努力，关键功能部件和国产数控系统行业得以加强，产品水平和专业化水平有所提高。中小企业产品结构调整显现出良好态势，从侧面反映出机床工具行业产业结构调整的进展。除努力服务机床最大的用户汽车行业外，机床行业也积极介入国家重点支持的能源设备行业。国产数控机床价值量市场占有率明显提高，国内一些企业开始尝试迈出国门进行跨国并购。

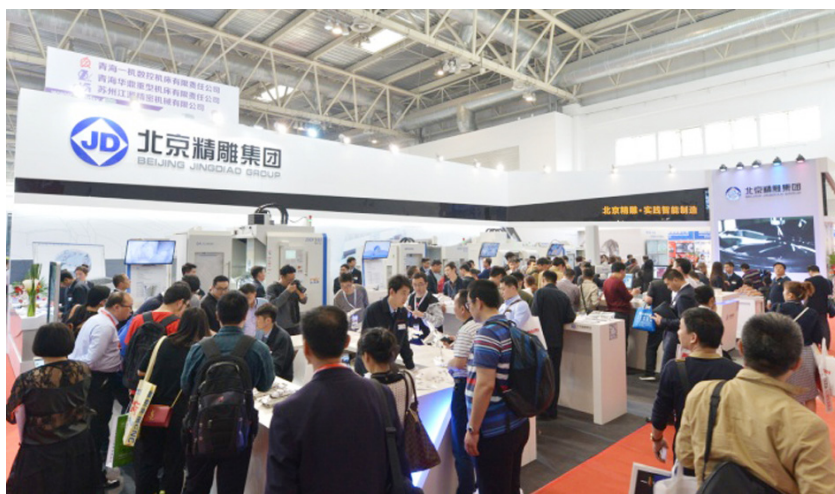
（2）产品结构持续优化升级。产品由普通机床向数控机床、由低端数控机床向中高端数控机床调整，

由单台数控机床向数控生产单元和柔性生产线调整，由通用型向个性化、定制化、差异化方向调整，由数字制造向智能化调整。2012年举办的第七届中国数控机床展览会（CCMT2012）从另一个侧面反映了产品结构调整的成果，数控复合机床和五轴联动机床成为产品发展趋势。近10年，国产机床工具产品技术与质量水平进一步提升，有越来越多的高端产品获得重点领域应用认可，从中国机床工具工业协会每年评选的十佳创新产品可见一斑。

（3）创新驱动硕果累累。国家科学技术进步奖是由国务院设立的国家级最高奖项，旨在奖励组织或个人在技术研究、技术开发、技术创新、推广应用先进科学技术成果、促进高新技术产业化等方面做出的创造性贡献。中国机械工业科学技术奖是机械工业全国性的综合科技奖项，也是机械工业申报国家科学技术进步奖的主要渠道。自2001年中国机械工业科学技术奖设立以来，至2019年，机床工具专业总计获奖359项，其中特等奖3个，一等奖37个，二等奖117个，三等奖202个。

特别值得一提的是，济南二机床的“大型高效柔性全自动冲压生产线”项目，和机床工具行业多家企业及用户共同完成的“高性能数控系统关键技术及产业化”项目，分别于2014年和2018年获得国家科学技术进步奖二等奖。

（4）新兴民营企业快速发展。自2011年以来，我国经济进入转型升级新常态，一批新兴的民营机床企业脱颖而出。回溯到上世纪末，特别是2000年以来，我国3C产品、家用电器和汽车零部件制造业快速发展，对加工机床需求急速上升，由此造就了一大批新兴民营机床企业迅速崛起，成为机床行业新的增长极和行业新生力量。根据中国机床工具工业协会相关调研报告，2014-2017年是服务于3C产业的新兴机床企业快速增长期，开发了一批适用的数控机床新产品，为我国成为制造大国做出了重要贡献。



（5）与国际高水平同行同台竞技。这一时期，济南二机床集团有限公司实现美日欧国际汽车制造装备市场突破，成为中国机床企业奋发图强的典范之一。2011年以来，济南二机床连续六次赢得福特汽车美国本土4个工厂、9条冲压线、共计44台不同规格的冲压设备订单，囊括了福特汽车美国本土工厂的全部新增冲压设备。截至目前，济南二机床为福特汽车美国工厂提供的所有冲压生产线已全部交付使用，获得用户好评。济二凭借过硬的产品质量和售后服务，还连续赢得通用、大众、日产、沃尔沃等汽车品牌的订单，并于2017年下半年实

现了日产北美、日产九州、法国标致雪铁龙等国际市场全面突破，目前有13个国家24个海外项目在实施，为中国装备制造争得了荣誉。

(6)数控机床重大专项实施效果。

“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项（以下简称重大专项或04专项）是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》确定的16个国家科技重大专项之一。重点开发航空航天、船舶、汽车制造、发电设备制造等需要的高档数控机床与基础制造装备，逐步提高我国高档数控机床与基础制造成套装备的自主开发能力，满足国内主要行业对制造装备的基本需求。截至2018年8月，数控机床专项共支持近600项课题，其中近300项完全通过验收（任务验收和财务验收），400余项课题通过任务验收。专项实施对提升我国数控机床与基础制造装备产业的自主创新能力和核心竞争力，带动装备制造业结构调整和相关产业发展具有重要意义。“十三五”期间，数控机床专项

将重点聚焦于航空航天、汽车两大服务领域，着力攻克数控机床的可靠性和精度保持性技术，加大应用验证和示范，满足国家自主可控的战略新需求，为全面实施《中国制造2025》提供支撑。

五、关注未来发展 聚焦智能制造

进入21世纪第二个十年后，受国际市场变化影响，中国机床工具消费市场和行业经济运行经历了一些起伏，中国机床工具行业也随之发生新的变化，呈现新的特点，并显现出结构升级的变化特征。

2015年起，国家全面推进实施制造强国战略，明确了10项战略任务和重点，高档数控机床和机器人等10大重点领域成为战略任务。同时明确了以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线，以推进智能制造为主攻方向，以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备需求为目标，强化

工业基础能力，提高综合集成水平，完善多层次多类型人才培养体系，促进产业转型升级，培育有中国特色的制造文化，实现制造业由大变强历史跨越的战略任务。

2019年8月26日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席、中央财经委员会主任习近平主持召开中央财经委员会第五次会议，研究推动形成优势互补高质量发展的区域经济布局问题、提升产业基础能力和产业链水平问题，为机床工具行业制定未来发展战略指明了方向。针对机床工具行业目前面临的内外部复杂因素影响和发展难题，中国机床工具工业协会充分发挥“提供服务、反映诉求、规范行为”重要职能，认真组织研究和探讨如何用新型举国体制的办法来解决市场失灵或单个企业无法完成的问题，积极探索建立“机床工具行业工业互联网平台”，并努力引导企业迎难而上、开拓创新、攻坚克难，为实现机床工具强国梦而努力奋斗！ □

资讯

南京工艺“滚动直线导轨副高效生产线关键技术研究”课题通过验收

中国机床工具工业协会机床附件分会第九届会员代表大会于2019年9月2日在四川省成都市召开，共有43家会员企业的46名代表参加了会议。中国机床工具工业协会监事长王旭应邀参会并讲话。会议由机床附件分会理事长（烟台环球机床装备股份有限公司董事长）张万谋主持。

会议审议通过了“机床附件分会第九届会员代表大会工作报告”等相关文件，选举产生了第九届理事会的17家理事单位，其中，烟台环球机床装备股份有限公司为理事长单位、呼和浩特众环（集团）有限责任公司为副理事长单

位、山东征宙机械股份有限公司、三河市同飞制冷设备有限公司、常州市新墅机床数控设备有限公司为常务理事单位。根据理事长提名，理事会聘任王兴麟为机床附件分会秘书长。

王旭在讲话中阐述了发展会员、加强协会统计工作、紧跟制造业技术升级步伐的重要性，分析了当前机床工具行业的经营情况，介绍了国家重视机床工具行业支持技术进步和协会为2035发展高端产品的工作情况，分析了行业当前的发展机遇和挑战。

分会副理事长及20多位代表就行业技术进步、标准制订、市场开发、

智能办公、分会建设、信息交流、价格自律和承兑付款对企业经营的不良影响等方面进行了发言交流。

分会理事长张万谋对分会秘书处工作提出要求，要进一步做好信息交流等服务工作，做好企业参与行业标准制订的组织协调工作，进一步提升分会的凝聚力。倡议分会企业加强团结，发挥专业化生产技术的优势。提升机床附件产品的技术水平，为中国机床工具行业的发展做出贡献。

会议期间，代表们参观了四川普什宁江机床有限公司。

（供稿：机床附件分会秘书处）

匠心·匠造·匠魂

宝鸡机床集团有限公司 王军

初识工匠，是在进厂之初。

1998年7月，我毕业分配到原装配车间实习。进入车间，跳入眼帘的，便是横亘在车间两道的一排排整装待发的机床，像一队队威严雄伟的士兵，等待着最后的“检阅”，精度、转速、主轴、溜板箱、走刀箱……，这些陌生的词汇和专业术语，第一次走进我的视野。

更让我至今记忆犹新的，是车间墙面醒目位置的“技能人才榜”，技术骨干、工人技师、高级技师、质量信得过个人等先进人物的照片显赫贴在上面，成为一道亮丽的“风景线”。原来，这些先进人物个个“身怀绝技”，车间里摆放的这些即将走出工厂、“服役”用户的机床装备，都出自这些“工匠”之手。

看着一张张身着工装、意气风发的笑脸，我伫立良久，对于初入工厂的我，这便是我对工匠的最初概念，脑海中随即升腾起对这些工匠们的羡慕与敬仰。照片中一位瘦弱白净、朴实精干的年轻人吸引了我。后来听师傅们讲，他就是全厂技术比武中最年轻的优秀选手之一——“装箱能手”田浩荣。

不久，我调入数控车间实习，并有幸在田师傅手下当过一段时间徒弟。田师傅给我的印象是不苟言笑，身体不算强壮，但仿佛身上总有一股使不完的劲。在他身边的这段时间里，听他说的最多的一句话就是“干的活，首先自己要放心”。每件活，按工艺要求干到0.01mm就行，但他硬是和自己过不去，非得干到0.005mm。听他讲，有一次，车间在试制新品C6166B时，为了解决噪音问题，一个月连续加班，其中7个晚上干通宵。



更难忘的，便是我们一起攻关床头箱的那段日子。

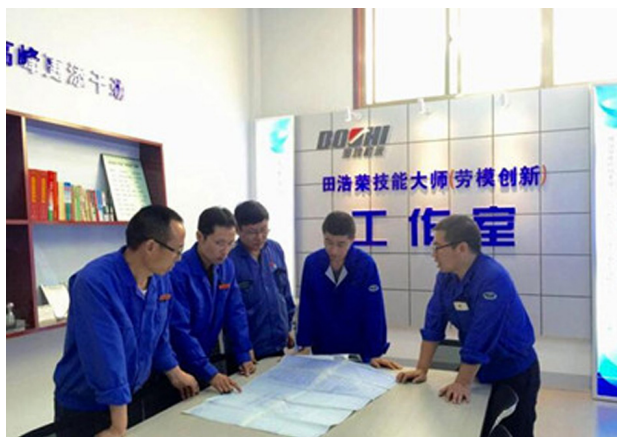
床头箱之于机床犹如人的大脑，是数控机床最关键的核心部件之一，决定着机床的加工性能和可靠性、稳定性。进入90年代以后数控机床大量普及，由于设计和装配经验不足，经常出现床头箱主轴研死现象，而主轴上所用的轴承都是进口件，价格昂贵，而且严重影响机床交货期。这段时间，田师傅正琢磨攻关这一课题。

在随后的这些日子里，我们一头扎进车间，一件箱体、一沓砂纸、一杆千分尺、一张记录表，陪伴从早到晚。无休止的重复动作：测量、记录、分析、比较，遇到高点，就用砂纸一遍一遍反复打磨，直到同轴度完全吻合，然后测试实验数据，总结计算方法。我们不知打磨多

少张砂纸，不知测量计算多少次，不知熬过多少个日夜。

功夫不负有心人。一丝一秒的逼近，上万次的试验、检测、装配、试验，后来，终于总结出一套完整的装配方法及轴承隔套计算公式，成功地解决了轴承预紧问题。田师傅又在总结韩国和日本装配优缺点基础上，摸索出了CK机床床头箱装配方法——“主轴箱定向装配法”，后来以个人名义被命名为先进操作法，开始在装配生产线广泛应用。仅此一项，就每年为工厂节约数万元。

随着慢慢的接触，在他身上，我看到了对事业、对工作的狂热追求和持之以恒的坚持。只有亲眼目睹了艰辛的付出，才能感受到工匠骨子里的执着与坚守。我愈发感到：以田师傅为代表的这些工人，仿佛就是一座高山，高山仰止，仰之弥高，钻之弥坚。



匠心，正是一个企业发展的基石。

后来，离开了车间、离开田师傅，在从事企业宣传工作中，我便有机会跟随记者的镜头，近距离走进工匠们的内心世界，聆听他们背后的故事：

傅晨，这位外表腼腆冷峻的大学毕业生，却因一台设备使他走上人生新的起点。本有机会离开一线，他却选择了坚守，从事自己钟爱的职业，是唯一具有工程师职称的一线工人。

杨忠州，这个在上世纪90年代便在数控技能大赛中脱颖而出技能人才，如今依然老骥伏枥，为解决用户加工难题而不懈努力。

2015年10月，在宝鸡市“进企业社区、讲宝鸡故事”活动中，来自宝鸡工匠的故事深深感染了在场的每一位观众：CK机床的各种配磨垫，精度要求0.05mm，可他硬是跟自己过不去，把零件研磨在0.03mm之内，为

了这0.02mm的公差，他要坐在研磨台前多研磨成百上千次，双手磨起了血泡，久而久之成了老茧。他加工时更像一位绣花姑娘一样精细，干完的活精致、漂亮，令人啧啧称赞。



匠造，正是一个国家创新的柱石。

今年元月份，在公司首届职工创意作品展上，当工匠们的作品一一展出时，我被深深震撼了：第一次看到，毫不引人注意的“铁疙瘩”，竟被这些“匠人”们雕琢成一件件巧夺天工、刀下生花的精美图案：奔放豪迈的八骏图、凌寒傲雪的冬梅图、振翅飞舞的蝴蝶图、威严雄壮的五指山、精巧灵秀的梳妆镜、栩栩如生的老式纺线车，特斯拉电塔、机械陀螺、星光、日晷、大力神杯……，竟都出自我们普通的工人之手。

有的作品是花了几天几夜，用挫刀一刀一刀磨出来的，有的复杂配合体，采用设备+手工，经过10多种工序制作而成。一件件作品不断撞击着我的心灵：原来，冰冷的铁块可以被赋予生命与灵动，锻造成精美绝伦的艺术品。正是这些普通的工匠们，蕴藏着化平凡为神奇智慧和力量！

舍命相随的执著、不离不弃的坚守和精雕细琢的投入，流淌在几代宝鸡人的血脉里，是宝鸡人五十多年薪火相传的红色基因，是深沉根植于心的责任情怀，这就是我们机床人的匠魂！

匠之心、国之本、企之魂。中国制造迈向中国智造，仅一字之差，却需我们几代机床人的不懈努力。匠心筑梦，我们永远在路上，我们都是筑梦人。强企报国，惟有匠心、惟有匠造、惟有匠魂！ □

秦川集团：致力于用户工艺整体解决方案

秦川机床工具集团

近期，秦川机床工具集团股份公司（以下简称秦川集团）致力于研发用户工艺整体解决方案，并于工博会展出系列智能制造技术与成套装备，展示了汽车自动变速器齿轮（箱）数字制造工艺装备链、螺纹/螺杆数字制造工艺装备链、三航两机关键零部件数字制造工艺装备链、数字智能技术，以及集数字化、智能化成果于一体的机器人关节减速器等。



坚持技术工艺导向 悉心服务用户

秦川集团始终坚持“以先进技术为导向，以用户工艺为导向”的“双导向”发展理念，在正向研发的基础上，悉心于用户工艺及用户工艺发展趋势的研究，全心全意做用户总工艺师和总装备师。

作为“汽车自动变速器齿轮（箱）数字制造工艺装备链”中齿轮高精高效磨削机床的代表，YKZ7250数控蜗杆砂轮磨齿机就是针对用户工艺需求新开发的定制化装备，机床集成了高精度、高效率连续展成磨削技术、齿面主动控制磨削和修整技术、加工误差自动补偿技术、故障预警及远程诊断等关键技术，满足了汽车、工程机械、减速器等行业用户对中等规格渐开线圆柱齿轮的大批量、高精度、自动化磨削的需求，目前产品已通过用户验收。

而属于齿轮热（处理）前加工的YK3120H高效复合滚齿机，则适用于3模数、直径200mm以内的各种直、斜齿轮、双联齿轮、小锥度齿轮、鼓形齿、花键、蜗轮等的

批量加工，且具有节能环保特点。加之配置的倒棱、去毛刺、自动上下料、车削（选配）、铣削（选配）功能，使该装备成为齿轮热前智能制造岛。

随着机床和刀具技术的进步，车齿工艺以相对插齿工艺效率提高4至5倍的优势受到重视。3年来，秦川集团的车齿机已成系列化发展趋势，其中，秦川华兴机床的YK8150数控车齿机已在汽车、工程机械等行业30多家用户得到应用。

坚持用户工艺研究与纵向集成，集团子企业汉江机床也形成了“螺纹/螺杆数字制造工艺装备链”整体方案解决能力。比如滚珠丝杠副先进数字制造工艺装备链，为行业提供了从滚珠丝杠螺旋槽硬旋铣粗加工/高效磨削自动化生产线、滚珠螺母高效复合磨削自动化生产线、硬旋铣可转位刀片磨削、丝杠动态检测、性能测试全套工艺解决方案等。

实现从0到1的突破 担当创新重任

同样，作为“七大瓶颈”之首的工业母机之中，“三航两机”工艺装备一直是先进制造业的领航者，是国家战略和支柱产业发展的基础支撑。秦川集团坚持产学研用结合，在国家科技重大专项等的支持下，持续发力“三航两机”关键零部件工艺装备研发制造，实现了技术、工艺及装备从0到1的诸多突破，已向该领域提供高档数控机床装备数十台套。

秦川集团的VMT100A立式铣车复合加工中心具有三个直线轴和两个回转轴，并且可五轴联动，机床有铣、车两个主轴，可以实现铣/车功能转换。同时铣削主轴（车刀架）可以实现立式和卧式转换，因此能使工件在一次装夹下完成铣、车、镗、钻、绞、攻丝等多个工序的加工。该机床适合加工铝合金、高温合金、钛合金、黑色金属材料，可广泛应用于航空航天、印刷、医疗器械等行业的高精度、形状复杂的多品种小批量关键零件生产，典型零件如机匣、整体叶盘、叶轮、螺旋伞齿轮、模具、汽车行业

的缸体、壳体等。

集团旗下子公司宝鸡机床研制的高端智能机床BL5-C智能数控车床、BM8-H智能立式加工中心，同样是适用于航空航天、汽车等行业关键零件加工的高精装备。两款机床分别配置宝鸡机床B800T数控系统、B800M智能系统。尤其是BM8-H智能立式加工中心，主要精度在国家标准的基础上提高了50%-65%，还实现了机床热误差补偿、双码联控、断刀检测、健康保障、大数据服务等功能，确保了机床的高精度、高速度、高刚性、高可靠性，成为公司践行“匠心智造中国好机床”使命的标志性创新产品。

目前，秦川集团车铣（铣车）类复合加工中心及智能加工中心已经形成系列化，产品以工艺横向集成、可重构柔性功能和高精度高效率优势，在“三航两机”领域得到广泛应用。

创新发展模式 加快转型升级

前不久，公司发布的半年度报告显示，企业营业收入、归属上市公司股东净利润同比均实现了增长。集团党委书记、董事长龙兴元介绍说，秦川集团确立了机床智能主机、关键功能零部件、现代制造服务协同发展的“3个1/3”产业布局和发展战略。即在数字制造工艺装备链方面，坚守主机业务，紧盯国家重大需求和企业可持续发展

目标，注重原始创新、集成创新，升级构建数字制造工艺装备链；在关键零部件领域，发挥主机技术“溢出”效应，发挥先进制造技术的辐射、带动作用，适度拓展产业服务链条，做规模、出效益；在服务型制造业方面，围绕工艺装备的全生命周期管理，大力发展智能制造和包括融资租赁、保理在内的服务型制造业，依托“数字化共享产品开发平台”，开展可持续的工业数据积累与迭代，做服务、促转型。

秦川集团三大业务板块的协同发展，构建了企业优质、高效的“技术研发+产业实体+金融资本”现代制造服务业体系，把产品、服务和资金结合在一起，实现传统制造型企业向服务型制造业转变。

秦川的BX机器人关节减速器就是公司发挥主机技术“溢出”效应，向下游功能部件拓展的产品，开发的BX-E/C/F等3大系列共19种型号85种规格的减速器产品，满足了5kg到800kg机器人的选配需求。

同时，集团还发挥智能制造服务业务作用，不但自主研发了BX减速器成套工艺装备，而且还将之组建成减速器的5种关键零件生产线；同时与德国博世力士乐公司合作，开发并建成数字化装配线，使减速器产品实现了全数字化生产，形成了数字化双胞胎，即“实物+数据包”服务。目前产品国内外用户数量已超过260家，今年以来，一些重要客户批量型订单还在持续增加。 □

广告索引 Advertisers Index

开天传动技术（上海）有限公司	封二
马波斯（上海）商贸有限公司	封三
第十一届中国数控机床展览会（CCMT2020）	封底
西门子（中国）有限公司数字化工厂集团	1
埃马克机床（太仓）有限公司	2
健椿工业股份有限公司	3
斗山机床（烟台）有限公司	4
卡尔蔡司（上海）管理有限公司	5
约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司	6
世界制造技术与装备市场杂志	7
北京北一机床股份有限公司	9
上银科技有限公司	10
哈尔滨量具刀具集团有限责任公司	11