

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.6 2015
2015年12月
December 2015

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

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

出版: 中国机床工具工业协会
《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: 陈惠仁
副主任: 王黎明 毛予锋
编委:

王旭 关锡友 张志刚 龙兴元 马伟良 马俊庆
石光 叶军 朱峰 刘炳业 刘家旭 杜立群
杜琢玉 李屏 李保民 吴日 何敏佳 张明智
陈吉红 罗勇 周辉 姜华 潘云虎 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 魏而巍 夏萍 范小会 徐宁安 陈德忠
徐刚 吴建民 李志宏 桂林 汪爱清 王跃宏
张国斌 初福春 王明远 高克超 刘庆乐 王兴麟
董华根 胡红兵 武平 肖明 钟洪

总编辑: 李华翔
副总编辑: 杨春林
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-中国核心期刊数据库引文期刊

目录 CONTENTS

2015年第6期(总第141期)

WMEM世界制造技术与装备市场

行业资讯 News

- 29 我国机床行业第一项国际标准即将问世等7则消息

行业观察 Industry Observation

- 31 中国机床与世界先进的距离又拉大了吗? 杨青等
Does the distance between China machine tool and international advanced widen again?

特别报道 Special Report

- 34 新环境·新格局·新作为
——CCMT2016境内展区展览预备会在厦门召开 阎晓彦
New environment, New pattern, New action
——CCMT2016 domestic exhibition prelude has been held in Xiamen
- 36 台湾同行带给我们的启示 李华翔
——部分台湾地区机床工具企业观感
Report on some enterprises of machine tool industry in Taiwan area
- 38 感受机床科技 共创美好未来 李华翔
——来自EMO MILANO 2015的报道
Feeling machine tool technology and building the future
——Report on EMO MILANO 2015

展会信息 Exhibition

- 41 CCMT2016展品预览(1) 传媒部
CCMT2016 exhibits preview (1)

专题综述 Topical Review

- 54 冲压自动线的研究与规划 刘伟
Research and planning of the stamping automatic line
- 61 从展会看机床产业的变化 郭长城
——EMO MILANO 2015展会观感
Look the global machine tool industry from the exhibition
——Review about EMOMILANO 2015 exhibition

海外市场 Overseas Market

- 63 聚焦EMO MILANO 2015 杜志强
Focus on EMO MILANO 2015

Competent Authority: China Machinery Industry
Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders'
Association

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

Tel: (010) 63345259 Fax: (010) 63345699

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

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

President of E-C: CHEN Hui-ren

Vice President of E-C: WANG Li-ming,
MAO Yu-feng

Committeemen:

WANG Xu, GUAN Xi-you, ZHANG Zhi-gang, LONG
Xing-yuan, MA Wei-liang, MA Jun-qing, SHI Guang,
YE Jun, ZHU Feng, LIU Bing-ye, LIU Jia-xu, DU Li-
qun, DU Zhuo-yu, LI Ping, LI Bao-min, WU Ri, HE
Min-jia, ZHANG Ming-zhi, CHEN Ji-hong, LUO Yong,
ZHOU Hui, JIANG Hua, PAN Yun-Hu, WEI Hua-liang

Specialty Invited Committeemen:

LIU Yu-ling, LI Xian-guang, JIANG Huan-sheng, LI
Wei-qian, YU De-hai, LIU Chun-shi, LI Xian-kai, WEI
Er-wei, XIA Ping, FAN Xiao-hui, XU Ning-an, CHEN
De-zhong, XU Gang, WU Jian-min, LI Zhi-hong, GUI
Lin, WANG Ai-qing, WANG Yue-hong, ZHANG Guo-
bin, CHU Fu-chun, WANG Ming-yuan, GAO Ge-
chao, LIU Qing-le, WANG Xing-lin, DONG Hua-gen,
HU Hong-bing, Wu ping, XIAO Ming, ZHONG Hong

Chief-Editor: Li Huaxiang

Deputy Chief-Editor: Yang Chunlin

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官方微信

产品与技术 Products & Technology

- 83 机器人冲压自动化生产线的构成及技术特点 和瑞林等
Structure and technical features of the robot stamping
automatic production line
- 88 工业机器人在家电行业的应用 蒋米仁 涂家金
Application of the industry robots in the appliance industry
- 91 水室封头专用数控龙门移动式车铣加工中心的研发与应用
R&D and application of the CNC gantry mobile lathe-mill cutting center
for the water chamber head
- 93 高强板车身零件热冲压成形技术 徐柏鸿
High strength steel hot stamping technology for the autobody parts
- 97 数字任务单处理的核心 海德汉公司
——工艺链中的TNC640
The core of the digital task list process
——TNC640 in the process chain
- 99 端拾器在冲压自动化生产线上的应用 谢玉颖
Application of the grabber toolings in the stamping automatic production line
- 102 5A02铝合金高速切削特征研究 李 刚
Research on the 5A02 Al alloy high speed cutting characteristics

管理经验 Management Experience

- 106 P-FMEA在制造过程中的实际运用研究 袁 震
Research on the practical application of P-FMEA in the manufacturing process

企业风采 Enterprise Report

- 109 厚重发展 用心经营 重庆机床
——在文化融入与时俱进中强化企业核心竞争力
Profound development diligent management
——Strengthening enterprise core competitive ability in the culture integrating and
advancing with times
- 60 广告客户索引
Advertisers' Index
消息 (53、87、90、112)

编者的话

岁月如梭，时光荏苒。2015年即将过去，这一年中，市场环境依旧很“冷”，需求总量大幅减少，需求结构加速升级，需求与产品的结构性矛盾日益凸显。行业企业在转型升级中艰难前行，新的市场格局正在悄然形成。

新的环境、新的格局需要有新的作为。CCMT2016展会将“新环境·新格局·新作为”确定为展会主题，其内涵丰富，不仅客观道出了行业企业所面临的新的环境与发展格局，同时也指出了企业必须以新的作为来应对当前的挑战。

面对严峻的挑战，一些企业就此沉沦，有的甚至销声匿迹；而另一些企业，特别是一些民营企业，他们审时度势，不等不靠，对外深挖客户需求，研发适销对路的产品；对内提高管理水平，狠抓产品品质，企业经营实现了逆势上扬，令人赞叹。一批逆势成长的企业正在迈向前台，步入我们的视野。即将于2016年4月召开的CCMT2016正是这些企业一显身手的最好舞台。

届时，作为2016年度国内最具权威和影响力的机床盛会，CCMT2016必将再次吸引全球的目光。展会上，中外知名机床工具企业将近距离倾听来自中国市场的声音，展示企业最新的机床工具精品，与用户一起共同探讨行业未来发展方向。

为配合展会的召开，让广大读者第一时间了解展会的相关情况，从本期开始我们将及时跟踪展会的筹备进程，将展会的展品信息、展品亮点、重要配套活动内容信息及时刊登。敬请广大读者关注相关信息，并将您的建议和意见及时反馈给我们。

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我社上述声明。



Motion Control and System Technology



仿冒品
请向合格经销商购买

荣获第一届(2013)台湾经济部卓越中坚企业奖

荣获第一届(2011)台湾经济部卓越创新企业奖

荣登福布斯(Forbes)2015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

工业4.0 优质伙伴

INDUSTRIE 4.0 Best Partner



直驱电机CNC回转工作台
Direct Drive CNC Tilt Rotary Table
RAB-500



直驱电机立式回转工作台
Direct Drive Vertical Rotary Table
RCV-250



2001~2015连续15年荣获台湾精品金质奖



滚珠丝杠
Ball Screws



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single Axis Robot



晶圆机器人
Wafer Robot



直驱电机CNC回转工作台
Direct Drive CNC Tilt Rotary Table



下肢康复训练机
Robotic Gait Training System



直线电机
Linear Motor



直驱式定位平台
Torque Motor
Direct drive Motor



伺服驱动器
Servo Driver



AC伺服电机
智慧型伺服电机
AC Servo Motor
Integrated Motor

中国子公司

上银科技(中国)有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES (CHINA) CORP.
江苏省苏州市工业园区唯新路59号
Tel : [512] 8068-5599
www.hiwin.cn

全球营运总部

上银科技股份有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科路7号
Tel : +886-4-23594510
www.hiwin.tw
business@hiwin.tw

关系企业

大银微系统股份有限公司
HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
台湾40852台中市精密机械园区精科中路6号
www.hiwinmikro.tw
business@hiwinmikro.tw

HIWIN大陆专属经销商

天津隆创日盛科技有限公司
Tel: [022] 2742-0909

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] 3471-8911

昆明万辰科技有限公司
Tel: [0871] 6830-1918

上海台银机电科技有限公司
Tel: [021] 5480-7108

深圳海威机电有限公司
Tel: [0755] 8211-2058

金太客传动科技(苏州)有限公司
Tel: [0512] 6690-9815

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: [022] 2339-3860

河南广原精密机电有限公司
Tel: [0371] 8658-1630

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: [0592] 202-1296

HIWIN海外厂

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

我国机床行业第一项国际标准即将问世

日前,我国机床行业第一项国际标准项目(IEC60204-34)通过了IEC/TC44成员国的最终投票,获得了最后成功。

IEC60204-34是由北京机床研究所负责提出并主导研制的,是我国机床行业首项国际标准,于2012年1月20日获得IEC正式立项。为了推动该项目的研制工作,北京机床所成立了IEC60204-34国际工作组、中日联合工作组和中国工作小组。国际工作组由来自美国、德国、日本、韩国、西班牙、瑞典和中国等7个国家共计18名专家组

成,由挂靠在北京机床研究所的全国工业机械电气系统标委会黄祖广秘书长担任组长。

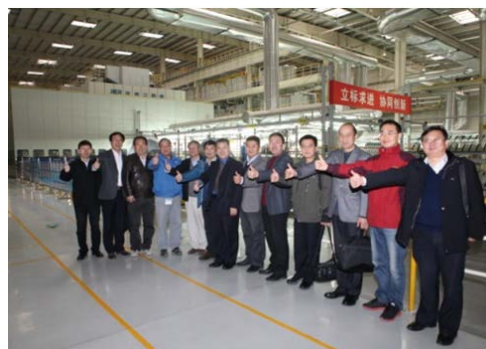
立项后,项目组经过了不懈努力,克服了诸多困难和问题,先后召开了8次中国工作小组、6次中日联合工作组及4次国际工作组会议,完成了各阶段相关工作。根据ISO/IEC标准工作导则的有关规定,在第5次国际工作组会议之后,IEC60204-34国际标准即可提交IEC出版,预计2016年上半年该项目工作将圆满完成,意即,我国机床行业第一项国际标准即将问世。(黄祖广供稿)

济南二机床又有两项国家科技重大专项通过终验收

12月4日和5日,济南二机床承担的“大型精密复合冲压成形机床创新能力平台建设”、“汽车车身大型智能冲压生产线”两项国家重大专项同时通过技术和财务终验收。项目的实施,对进一步提高我国冲压技术研发水平,推动国产汽车工业装备自主化具有重要意义。截至目前,在济南二机床承担的11个“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项中,已有7个项目通过验收。

“大型精密复合冲压成形机床创新能力平台建设”课题项目,主要通过建立大型冲压成形机床自动化系统实验平台、冲压装备分析与仿真平台、控制系统技术平台,开发冲压成形机床产业所需的关键技术,创建自主创新体系,提高重大成套技术的自主开发、原始创新能力,实现冲压成形机床结构升级,引领行业发展。

“汽车车身大型智能冲压生产线”项目,依托济南二机床为上汽通用汽车武汉分公司研制的52500kN大型冲压生产线,研究开发了适用于钢板、铝合金板、激光拼焊板板材的冲压成形,以及连续不间断拆垛、智能化板料视觉对中、远程诊断智能监控等一批关键



共性技术。目前,济南二机床已为美国福特、长安福特、上海大众等提供了十余条大型智能冲压生产线。(吴艳玲供稿)

GF加工方案联合EOS推出新的增材制造解决方案

GF加工方案,作为一贯的创新解决方案领导者,近期与增材制造领先企业EOS共同推出了AgieCharmilles AM S 290金属粉末增材加工机床。该机床以成熟的EOS M 290直接金属激光烧结(DMLS)系统为基础,结合工模具制造领域的应用特点,将整体解决方案贯穿设计及制造的核心,旨在进一步提高工模具设计与制造的效率。AM S 290工模具解决方案在EMO米兰2015展会上成功展出。

GF加工方案和EOS共同倾力于模具领域。在这一领域中,增材制造技术使加工新型金属模具镶件成为潮流。新型镶件的热能交换体系接近于模具表面,以最佳方式控制并确保模具型腔的温度均恒性,成型零件的批量生产时间将更短,并且实现了更高的质量品质。

在成熟且取得成功的EOS技术基础上,新型AgieCharmilles AM S 290工模具解决方案目的,是引

领模具行业的发展需求,使用增材制造技术生产出创新的模具镶件。GF和EOS将把增材制造系统整合到GF加工方案的工模具制造工艺中,包括软件以及加工工序中与机床和测量装置联接的自动化系统。

这次合作的目的是为市场提供更好的制造系统,和专业经验,协助增材制造技术在工模具领域中长足发展。在我们崭新的解决方案及丰富的专业知识背后,是能够提供无限自由度的设计方式(如:随形冷却和加热管路系统),从而缩短周期生产时间、提高生产力;最终目的是大幅度提高塑料制品的品质并降低能耗。



“十三五”期间机器人产值预计突破1000亿元

“十三五”期间，机器人产业将迎来黄金发展期。日前从国家制造强国建设战略咨询委员会专家处获悉，机器人产业“十三五”规划已基本制定完成，这一产业发展规划将和《中国制造2025》重点领域技术路线图一起，构成未来十年中国机器人产业的发展蓝图。根据路线图，到2020年，中国工业机器人年销量将达到15

万台，保有量达到80万台，将较“十二五”末新增40万台；到2025年，工业机器人年销量将达26万台，保有量达180万台，较“十二五”末增加140万台。多个权威机构预测，到“十三五”末，中国机器人产业集群产值预计突破1000亿元。

斯凯孚（SKF）推出新型电动润滑脂枪

近日，斯凯孚（SKF）宣布推出新型电动润滑脂枪 TLGB 20。这款独特的电动润滑脂枪采用一体式的润滑脂流量计，可防止润滑过度或不足，最大程度提高工作效率。适用于各种手动润滑任务，可以在工业和制造环境下，以及农业和工程机械中对各类轴承和机械进行润滑。

TLGB 20 润滑脂枪的设计坚固耐用同时符合人体工程学原理，并配备一个便于用户操作的三点支架，以及

拥有极长使用寿命的 20 伏锂离子电池。这种润滑脂枪的显示屏会显示电池电量、润滑脂分配量、泵/电机转速和堵塞的润滑点。

这款多用途润滑脂枪每次充电后能够分配的油脂量可达 15 支油脂筒之多，而且还提供了两种流量，以便根据不同用途做出相应调整。此外，它可以提供高达 700 巴（10,000 psi）的压力，并设有内置灯，可以照亮工作区。

全国金切机床标委会铣床分技术委员会七届二次标准审查会议在莆田召开

全国金属切削机床标准化技术委员会铣床分技术委员会于2015年11月3日至6日在莆田市召开了8项机械行业标准审查会。来自铣床分技术委员会的委员及机床行业的专家代表和重点领域的用户代表共计45人出席了本次会议。

按照会议议程，与会委员和代表认真听取了由几家国内机床企业主草的8项行业标准所涉及的产品情况和标准项目提出的背景、目的、意义、总体思路、编制原则以及主要技术内容确定依据的介绍，对8项标准送审稿进行了认真细致的审查，提出了修改意见或建议

会议一致认为，这8项标准的制定与时俱进，适应了

市场发展的需求，填补了我国行业标准空白，其中精密五轴联动高架横梁移动龙门加工中心和高速五轴联动定梁龙门加工中心两个产品的工作精度检验中首次纳入了“S”试件检验，对国产五轴联动龙门加工中心满足航空航天重点领域用户的要求奠定了基础。8项标准的制定，为产品的设计、制造、技术交流、贸易等提供了统一的技术支撑，满足了当前机床新产品技术水平发展的需要，体现了技术进步的原则。8项标准在审查中无重大分歧意见，获得会议一致通过。

（铣床分技术委员会秘书处）

重型机床分会2015年年会在济南召开

2015年9月17—18日在济南召开了重型机床分会第六届四次理事会暨2015年年会，会议主题是重型机床行业“如何调整转型升级，迎接新挑战”。

会上代表们充分发挥各自的智慧，积极建言，共同应对当前市场的严峻挑战，为行业发展献计献策。同时，还交流了各企业在当前形势下所做出的艰苦努力以及所取得的成就，积极交流企业经营和创新成果，相互学习借鉴，取长补短。

会议代表参观了济南二机床集团有限公司，对该公司近些年来坚持创新管理、调整产品结构、加快技术升级，积极开拓市场所取得的成就深受鼓舞和启发，特别



是对济南二机保持国有企业的凝聚力和企业文化以及员工的精神面貌留下了深刻印象。（徐宁安供稿）



中国机床与世界先进的距离 又拉大了吗？

中国机床工具工业协会 杨 青 张芳丽 李华翔

汉诺威/米兰 欧洲国际机床展魅力依旧

10月5~10日,“EMO MILANO 2015”在意大利米兰FieraMilano国际展览中心举办。该展由欧洲机床工业合作委员会(CECIMO)发起并主办,每两年一届,现以汉诺威—汉诺威—米兰的模式巡回展出,展期现为6天。作为拥有诸多一流跨国公司世界机床工业重镇的欧洲,所举办的EMO展之规模水平都是极其可观的,被相关媒体称之为“世界上最大、最有影响力的专业盛会之一”。

国际化和专业化是该展会的两大特点。上届EMO 2013展会在德国汉诺威举办,共有来自43个国家和地区的2100多家展商参展,有来自100个国家和地区的近145000名专业观众到场参观,其中来自德国境外的观众超过50000人。据资料显示,本届展会共有来自42个国家和地区企业参展,其中包括29个欧洲国家、7个亚洲国家和地区、其余为美洲、澳洲、非洲国家,共1600家企业参展,其中意大利展商504家,其余1000多家企业来自意大利之外的各国,占总数的三分之二。另据主办方数据统计,为期6天的展会接待观众155362人。其中,意大利境内观众人数达75529,占比48.6%,国外观众人数达

79833,占比51.4%。

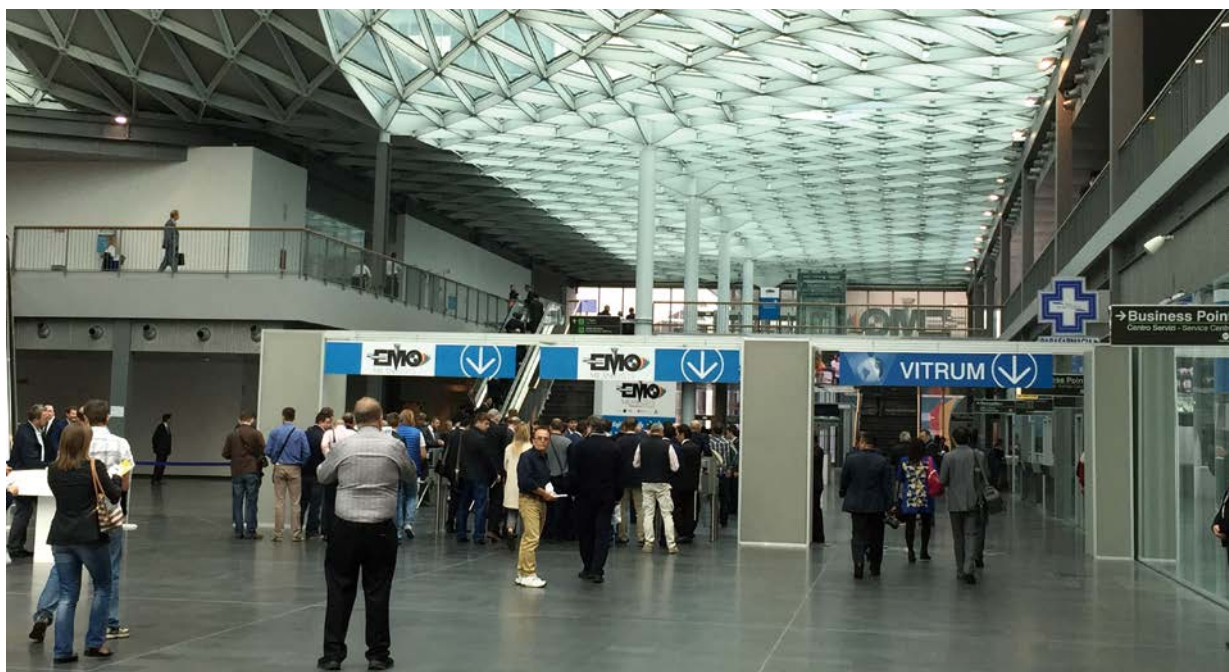
展会采取专业化布展方式,占用米兰国际展览中心12个展馆,展出净面积达120000平方米,远超6年前米兰EMO展的95000平方米。最大展商的参展面积达4000多平方米,最小的参展面积为20平方米。本届展会呈现了EMO展一贯的专业化特点,展位按照参展企业的产品进行划分,以机床、其他机器、工具、功能部件、自动化、测量与质量控制、服务7大类为纲目,其下有68个分类,又有887个子类,以供展商选择。

展会共展出价值达5亿欧元的6600台机床实物,无论是展品的水平还是观众的质量均保持了EMO一贯的高水准。

规律可循 技术路线万变不离其宗

从展会上反映出世界先进制造技术与产品对其未来的探索和诠释,机床工业最新技术趋势和特点体现在以下几个方面:

(1) 五轴加工技术和复合加工技术的应用更趋成熟和广泛,模块化配置更加灵活。采用上述技术的机床在制



造领域应用也更加广泛，从最初航空航天领域的复杂精密结构件和曲面加工领域逐步扩大到汽车零件、人工关节等大批量制造领域。同时，不断优化的动态特性弥补了原来五轴加工效率不高的短板，特别是与复合加工技术结合，真正实现零件在一次上下料过程中完成全部加工的功能。将原来一个制造单元的功能进一步浓缩到一台机床上，空间更紧凑，加工效率和精度也更高。本届展会上，国际主流厂商都展示了更新的五轴加工机床和复合加工机床展品。如DMG-MORI集团共展示了40台高档机床展品，加工规格更大，适用面更广，直驱技术进一步应用，综合性能提高而能耗降低，操作也更加人性化。

(2) 制造技术自动化、集成化需求更加普遍，加工效率不断提高。本届展会上一个突出的看点就是通过自动化、集成化的制造系统提高生产效率，自动化信息和物流系统成为串起新型制造系统珍珠链的主线，制造系统集成度更高，功能更丰富。另外仿生学研究成为自动化、集成化制造系统的基础等，也成为技术发展的热点。

(3) 磨削加工技术在量变中寻求质变突破。从整体展览情况看，目前世界范围内磨削加工技术领域具有突破性技术进步的产品并不多，但对极限精度和规格的挑战还在不断进行。比较具有代表性的联合磨削集团(UNITED GRINDING)和勇克集团，都展示了各自的技术亮点。

(4) 特种加工技术应用面进一步扩大。电火花加

工、线切割加工和激光加工成为本次展会特种加工技术领域主要应用方面，在以往高精度、复杂型面特殊材料加工应用基础上，正向着高效、低成本制造需求领域扩展。

(5) 高效和提供全面解决方案成为刀具应用的主要撒手锏。

(6) 数控技术沿不同技术路线发展。目前，在数控技术研究应用领域有两大阵营，一个是以西门子、FANUC、三菱为代表的专业数控系统厂商，另一个就是以DMG-MORI、MAZAK等大型机床制造商为代表的自主开发。这两个阵营既有互动，又泾渭分明，但都在解决共同的产业应用问题而践行各自的设想和理念。

此外，功能部件体系化、应用客户化，测量技术集成应用，以及辅助软件成为制造系统性能提升的变速器，都成为展会技术看点。

不进则退 市场竞争如逆水行舟

本届展会是欧洲企业的主场，固然全力以赴，而日韩及台湾机床企业亦较活跃。日本有一批企业已经进入世界一流，与德国机床企业势成犄角，其中有竞争也有合作，如DMG-MORI；韩国的企业在世界大展上历来不输气势，斗山、现代等展商都在千平以上；中国台湾机床主要靠出口，不会放过大展商机，像来自中国台湾的友嘉，这次以FFG EUROPE公司之名参展，其展场面积远超过比邻的DMG-MORI，应居此次展商面积之首。台



湾金属加工企业在欧洲的市场占有率仅次于日德，本届展会台湾展商过百，超过大陆企业。

大陆机床企业的身影在此次展会上明显稀疏，无论是纵向比较近些年我们在各大海外国际展会上的表现，还是横向比较在此次展会上国际同行的活跃与高调。国内著名整机企业几乎没有露面，偶尔在展馆的边角上见到某个国内重型机床企业的展位，也是局促地守着最小的单元，冷清地挂几张宣传画而已。此次国内参展企业除北京精雕、普什宁江、日发精机等几家整机企业外，多为刀具、磨料磨具等主营出口的小型民营企业，散落在展场中，无法形成影响。据展会主办方数据统计，参观观众中，中国大陆3481人，中国台湾2198人，可见国内机床企业还是很看重EMO展，应该有不少人来考察学习。

中国成为世界最大机床市场已有10年，尽管近几年的需求总量呈下降趋势，但中国仍然是全球最大的机床消费国和最大的机床进口国。背靠这样强大的市场，中国机床业却被“高端失守，低端混战”的梦魇一压20余年，难以翻盘，至今在机床出口市场上未能有较大建树。经历了新世纪头10年国民经济基本建设黄金发展期，在中央政府大力振兴装备工业、积极推动包括发展高端数控机床的科技重大专项等政策环境中，我国机床工业获得长足进步，在规模和品种上已是国际领先。但在基于核心基础技术研发的高端机床领域，仍然缺少立足的本钱，在国际竞争中无法挤进第一阵营。事实证明，即便在国内，一旦市场风云突变，也步履维艰。而市场竞争如逆水行舟不进则退，一批较有代表性的大型中国机床制造企业，缺席本届米兰EMO展，应该给国际业界留下消极印象。

此时，市场的冷酷一面显露出来，需求下降最为显著的是低档同质化产品，而这些产品多为中国本土企业制造，国内机床制造企业受到的冲击和影响不言而喻。

所以，近两年跨国公司在华的经营与拓展与本土企业的收缩恰成对比，进口机床的比较优势在某种程度上还得到了相应扩大。可见中国机床市场需求结构的升级调整，已经在中低端机床制造企业最难捱的时刻悄然展开，倒逼国内机床制造业为求生存而拼升级。

只是机床工业从传统制造业而来，其内在发展规律还是重实践，重积累，人家用十步走完的路程，你想三两步跨过去是有后患的。现在能在米兰EMO展上亮相的整机企业，以及近来在市场上仍有上好表现的国内企业，都有一个基本特点就是一直专注于机床研制，没有过多地分散精力于资本、土地或其他运作。而即便是他们，此次在米兰EMO展上仍然深深地感到了一种，与世界先进的距离又拉大了的隐忧。

首次组团 出展EMO2015

中国机床企业赴海外参展已有多多年，国内展览业从事组团国际展业务也有多年，但机床工具工业协会开展此项业务，却是首次。

此次出展米兰EMO2015，协会相关部门经过近一年的细致筹划与准备，最终组织了国内31家企业赴米兰参展。其中有北京精雕、山东威达、日发精机、泊头重工、普什宁江等整机企业，及机床附件、工磨具等配套企业。

协会试水海外组团参展，主要目的还是适应转型升级的新环境，为行业企业搭建走向国际市场的服务平台。展团后勤服务有序周到，高效应对各种突发情况，耐心解决服务团内展商诉求，保证了参展任务顺利完成。不仅扩大了协会的行业影响力，赢得了企业的认同与赞誉，而且积累了组团出国参展的经验，打造了新的出展业务，丰富了协会服务行业的展览产品品种。

（协会信息统计部、展览部、行业部、市场部、国际部对此稿均有贡献）□

新环境 · 新格局 · 新作为

——CCMT2016境内展区展览预备会在厦门召开

中国机床工具工业协会传媒部 阎晓彦

第九届中国数控机床展览会（CCMT2016）境内展区展览预备会于12月1~3日在福建厦门召开。来自展会主办方、共同承办方、指定运输总代理、指定主场搭建商、会务服务等相关单位的领导、工作人员，以及境内参展企业和机床工具协会相关分会的230多名代表出席了会议。会议由中国机床工具工业协会执行副理事长毛予锋主持，中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长陈惠仁、上海市国际展览有限公司副总裁卞国荣、中国机床工具工业协会专务李晶明等出席会议。

首先，陈惠仁作为展会主办单位的领导，给参会人员做了行业形势的分析报告，他结合近几年行业运行数据，对市场需求的基本特征、市场发展趋势进行了阐述，并根据宏观政策的变化对发展环境、政策环境进行了分析和解读，明确了2016年全行业仍然要继续面对经济下行的压力，且结构性矛盾突出，结构性调整任务会很繁重，经济隐患加大。“需求侧”向“供给侧”的政策变化，意味着“三架马车”将向“三大动力”的转变。制度变革、结构优化、创新驱动将为中国经济注入新的动力和活力（讲话的详细内容敬请关注本报的后续报道）。

第九届中国数控机床展览会（CCMT2016）将定于2016年4月11~15日在上海浦东上海新国际博览中心举办。CCMT2016展览会由中国机床工具工业协会主办，并与上海市国际展览有限公司共同承办。展会指定的运输总代理是上海国际展览运输有限公司和欣越国际物流（上海）有限公司，主场搭建商是上海雅诗建筑工程有限公司和北京笔克展览服务有限公司，酒店预订及会务服务公司是上海盛博商务会展服务有限公司和北京时代龙马国际会议展览有限公司。本届展会使用上海新国际博览中心N1-N5，E3-E7共10个室内展馆，展览会总面



积达到12万平方米，预计有来自20多个国家和地区的1100家展商参展。本届展会的主题确定为“新环境·新格局·新作为”。

机床协会展览部主任谢赞代表主办方把展会的总体筹备和组织情况向大会做了通报，其中，展览会整体布局特点作为重点做了详细介绍：

（1）展会的展览环境得到了改善。由于上海虹桥国家会展中心的建成，上海地区展馆资源发生了较大的变化，总面积由上届的10万平方米增长到了12万平方米，而且这10个展馆全是正式展馆。

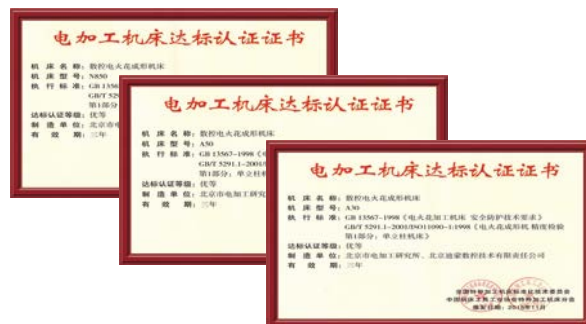
（2）展会的国际化程度将有新的突破。CCMT展会自2014年回归上海举办，确立了展会国际化发展的定位，并取得了初步成功，国际展商占比达到30%。本届展会境外展商的展出面积达到40%，展会的国际化水平进一步提高。

（3）专业化布展有新的进步。推进专业化展场规划，最大限度地按展品类别安排展场布局。除了境内展区按照产品类别进行集中布展外，本届展会在N2和E7馆

A30、A50、N850型精密数控电火花成形机床 获全国特种加工机床“达标认定优等产品”

2015年11月27日，中国机床工具工业协会特种加工机床分会年会在贵阳召开，大会颁发了2015年度中国机床工具工业协会特种加工机床分会审批的“达标认定产品”和“达标认定优等产品”证书。北京市电加工研究所/北京迪蒙数控技术有限公司继2011年AA50、B30E两款机床被评为“达标认定优等产品”之后，A30、A50、N850三款精密数控电火花成形机床再获此殊荣。

“达标认定产品”是特种加工机床分会根据工业和信息化部“规模以上企业重点产品质量水平达到国家、行业标准”的工作目标而组织开展的行业产品认定活动，是国内最严格的行业检查。旨在推进国家、行业标准的贯彻执行，提升产品质量和创建品牌。本次认定工作由机械工业电加工机床产品质量监督检测中心全程负责，A30、A50、N850三款机床经过为期三天的严格检测，对照GB13567-1998、GB/T5291.1-2001两项国家标准，被检A类41项、B类14项(每台机床)指标中精度项目的储备量分别达到46%~99%、34%~95%、33%~90%，超过了30%储备量的要求，全部荣获“电加工机床达标认证优等产品”。北京市电加工研究所/北京迪蒙数控技术有限公司成为全国唯一一家获此殊



荣的数控电火花成形机床制造企业，其制造技术在行业内处于领先水平。

北京市电加工研究所/北京迪蒙数控技术有限公司产品赢得市场与行业的多方认可并不是偶然，正是由于对产品的极致打磨、对用户需求的不懈追求，才令北京市电加工研究所/北京迪蒙数控技术有限公司产品在市场上稳居高端，长期赢得用户与行业的肯定。可以相信，在中国制造2025行动计划的推动下，在与市场共生发展的前提下，北京市电加工研究所/北京迪蒙数控技术有限公司电火花成形机床产品高品质、高稳定性的特征将进一步凸显，成为特征加工机床行业的不倒标杆。（北京市电加工研究所 伏金娟 卢学军供稿）

进行了境内外混合布展，N2为机器人和自动化专馆，E7为成形机床和激光加工机床专馆，同时在E5和E4的对应区域对工夹具、刀具、工具磨进行了集中布展，在以上几个产品技术领域实现境内外展商同台竞技，也为广大观众和采购商的参观选购提供了方便。

(4) 展品结构进一步优化。扩大了智能技术、工业机器人、成形和激光加工机床等展品的展示面积。

CCMT展会自2014年回归上海举办后，提出了“国际化、专业化、信息化”的转型升级目标。在新的经济发展阶段，展会主办方领导要求：“全面提升CIMT、CCMT展的组织管理和服务水平，进一步缩小与世界一流名展差距，以新的创意、新的进步和新的变化，努力打造升级版国际化展会。”除了展会国际化发展、布展专业化进步和展品结构优化等方面，还在优化展位价格体系、全面推进展会的信息化建设、公开招标展会主要服务供应商、做好用户和观众组织工作等几方面进行升

级。

展会的主要配套活动包括：围绕“新环境·新格局·新作为”的主题，本届展会将举办CEO国际论坛、数控机床专项成果展、军工行业国产数控机床应用座谈会、春燕奖评比颁奖、行业十佳表彰、各国机床协会领导人联席会、产能合作暨国际化经营座谈会、院校之窗、国际机床工具信息发布会、展览信息发布会、技术交流等配套活动。

会上，谢主任还通报了协会其他展会信息，比如第十五届中国国际机床展览会（CIMT2017）将于2017年4月17~22日在北京中国国际展览中心（新馆）举办。以及2016~2017年协会已规划的出展项目，如有感兴趣的企业，具体事宜可以咨询展会主办方。

最后，共同承办方、主场运输、主场搭建等合作伙伴的主要领导均表态，将竭尽全力为展商提供最好的服务。□

台湾同行带给我们的启示

——部分台湾地区机床工具企业观感

本刊记者 李华翔

10月下旬，受台湾贸易中心北京代表处邀请，本刊记者随国际记者团参观了位于台中、桃园两地的8家机床工具企业，产品涉及金切机床、成形机床、电加工机床、磨料磨具等。

管中窥豹。虽然这次参观的企业不多，并且企业的规模、实力、产品类别也各有不同，但透过参观与交流，我们还是能够感受到台湾机床工具行业的一些特点，从中得到一些有益的启示，以下总结出来，或许对转型升级中的国内企业能够有所借鉴。

1. 产业链完备，专业化分工协作

据了解，台湾地区机床主机企业大约有200家，围绕这些主机厂周围据说还有近万家的配套企业。一直以来，生产区域集中、产业链完整、专业化分工完善始终是台湾地区机床产业引以为傲的优势，凭借着较高的性价比，台湾机床在用户中有着不错的口碑。早在上世纪90年代中后期，台湾机床在大陆市场卖得风生水起就是一个明证。

透过交流参观，台湾机床产业链的完备给人留下深刻印象。据介绍，在台湾地区，对主机厂而言，大到机床床身铸件，小到一个液压元器件，都有相应的企业来提供配套服务，甚至某一个关键加工工序都有相应的专业厂来协作完成。在参观现场，高锋工业股份有限公司廖经理指着机械式主轴的螺纹告诉记者，为保证螺纹质量，他们要委外请专业的加工企业来加工，从而最大限度地保证主轴的高品质。

反观国内，即使在2011年下半年市场开始下滑的情况下，一些企业为追求大而全、小而全，依然贷款扩建厂房，扩大生产规模，扩充产品系列，几年下来，市场需求总量明显减少、需求结构加速升级的严酷现实，给了这些企业重重一击，经营形势更加雪上加霜。

专业化分工协作，可在很大程度上降低管理成本和内耗，最大限度地抵御市场波动所带来的风险，台湾同

行经验值得借鉴。

2. 专注于核心业务，打造企业核心竞争力

与国内一些企业有所不同的是，台湾企业规模普遍偏小，大多为家族企业，在产品方面通常只专注于两三个品种的产品开发，针对目标市场需求研发相关产品，并持续地改进提高产品品质，一些企业因此而脱颖而出，在当前市场环境低迷的情况下企业经营依然保持良好的发展势头。这次参观的位于台中地区的程泰机械、百德机械股份有限公司在这方面就很有代表性。

程泰机械长期致力于车铣复合机床的研发，在NC智能化、动力刀塔、全复合化功能开发方面拥有自己独到的技术。该公司瞄准重点领域，深挖客户需求，截止目前共开发了30个系列500尺寸规格的车铣复合机床，产品已成功打入丰田等知名日本汽车制造企业的加工生产线，显示了企业不俗的实力。

成立于1991年的百德机械股份有限公司，主要生产立加、卧加、五轴加工中心，凭借其过硬的质量，60%~70%的产品都销往欧洲，目前有5个月的在手订单，任务饱满。该公司始终把质量、服务、持续的设计创新放在首位，将其主要精力集中在设计、装配、质检、服务方面，而制造环节更多地通过配套企业来完成。

研发实力的高低决定了机床企业竞争力的强弱。据介绍，程泰和百德这两家公司的研发人员的比例都达到了20%以上，研发实力雄厚。它们依靠台中地区配套企业众多的天然优势，通过不断创新的设计，过硬的核心技术，严格的质保体系，产品最终赢得了用户的认可，充分体现了机床产品“专精特新”的特点。

3. 化竞争为合作，M-Team联盟助推企业转型升级

台湾机床工具企业众多，群居优势明显，但面对外



程泰公司的机床装配现场



高明公司配套企业评分公布栏



高明公司配套企业评分公布栏



徕通科技电加工机床调试现场

部国际同行的激烈竞争，以及内部原材料、运营成本攀升等不利因素的影响，难免会出现一些非理性竞争现象。

如何避免低档、同质化竞争，转价格竞争为价值竞争，很早就成为台湾机床企业不得不认真面对的难题。M-Team联盟的出现在一定程度上给出了答案。

2006年，在台湾中卫发展中心的协助下，效仿台湾自行车行业的“A-Team”运作方式，以台中精机和永进机械为核心主机厂，外加20多家协作厂，共同成立了台湾第一支机床产业双核心团队——M-Team。2011年4月22日联盟再次接纳东台、台湾丽驰、百德3家主机厂，扩展成为5个核心团队、40多家协作厂（包括：功能部件生产商、零配件生产商、加工企业），正式成立“台湾机床M-Team联盟”。

据了解，M-Team联盟主要是学习TPS（丰田生产体系，Toyota Production System）精神与内涵，构建具竞争力的产品品质、交货期、成本的经营模式，通过联盟内部定期的主机厂成果发布、配套厂共同研发、集体教育训练、观摩学习等方式，彼此交流经验，促使联盟成员们提升自我发现问题、解决问题的能力，达到共同提高和发展的目的。

M-Team联盟通过推动精益生产（Lean Production）与精益管理，取得了“高质量、短的交货期”的好成绩，吸引不少同行观摩学习。据报道，台湾M-Team联盟不仅引起台湾其他厂商兴趣，纷纷成立同性质联盟，还吸引日本相关产业来取经，用于改善其流程、质量，降低成本及增加产品竞争力。

百德机械董事长谢瑞木曾感言：“‘M-Team’联盟，这个名词及行动在全球机械同业中是个创举，它打破了同业相忌的隔阂，开创了相互交流学习的思维，让彼此都受益。”

4. 以服务为本，才能迈得更高

如今，我国经济进入了新常态，经济增速放慢，而

这种放缓是结构性的，不是周期性的，刚刚结束的五中全会将“十三五”时期经济增长预期目标下调至6.5%，从一个侧面也说明了我国经济结构性调整的艰巨性、长期性。在此大背景下，机床行业企业转型的成功也注定是一个艰难而长期的过程，需要我们静下心来，回归机床制造的本源，认真梳理今后的转型发展之路。

机床是一个典型的技术密集型产业，不易复制也不易转移，需要长期的坚持和累积。作为工业母机，机床制造不同于一般机械制造，需要有“匠人”精神才能造出好的机床。机床工作者对精度、可靠性、效率等品质要有不懈的追求精神。

欧美日以及台湾地区一些机床企业的成功经验为我们的转型之路提供了很好的借鉴。面对当前严峻的经营形势，国内企业应该从过去那种以制造为思考中心的思维模式，及时转向以服务为中心的思维模式，坚持走“专、精、特”的发展之路，通过明确的市场定位和服务来突出产品的差异化，为客户提供一系列满足其需求的服务，进而增加客户的依赖感和信任感，从而最终创造出更高的产品附加值。要通过抓管理，把人和资金放对地方；要懂得及时瘦身，精简自己的产品链；要通过体制变革，充分调动员工的创新精神和主人翁意识；要定准方向，不要盲从。唯有这样，我们才能迈得更高，走得更远！

记者团到访企业名单（按参观顺序）：

协易机械工业股份有限公司
台湾钻石工业股份有限公司
高锋工业股份有限公司
程泰机械股份有限公司
迈鑫机械工业股份有限公司
百德机械股份有限公司
徕通科技股份有限公司
高明精机工业股份公司□

CCMT2016 展品预览 (1)

中国机床工具工业协会传媒部

【摘要】 CCMT2016 将于 2016 年 4 月 11 ~ 15 日在上海新国际博览中心召开。届时在 CCMT2016 上，中外知名展商将为您展示最新的机床工具精品与技术。从本期开始，我们将陆续征集部分参展企业的重点展品信息，以飨广大读者。

柯尔柏斯来福临机械 (上海) 有限公司

展位号: N1-611

BLOHM Orbit 磨床

ORBIT 系列是中等价位的中小型平面和成型磨床。它的紧凑型十字滑台结构是基于已成功推出的 BLOHM 保宁整套系统设计。通过液压导轨的优良减震特性实现最佳的磨削效果。像所有 BLOHM 保宁机床一样，ORBIT 确保所有主要铸铁部件的 FEM 优化设计以及热稳定减震特性。



STUDER KC33 磨床

STUDER 品牌下的首款国产机床 KC33，是适合单件和批量生产加工中型工件的最佳数控万能



内外圆磨削机床。此款机床具有品质高、用途多、效率高等特点。它具有创记录的性能，可在 2min

之内在死顶尖磨削和活主轴磨削之间自由转换。通过一次装夹即可磨削复杂的工件。

STUDER S11 磨床

S11 是针对磨削加工工艺需求所定制的生产型精密机床。强劲进给轴驱动、优质斯图特导轨系统、快速响应和行程优化是 S11 的价值所在。高速磨削 (HSG) 的线速度高达 140m/s，大大提高了生产效率。机床床身是具有卓越抗震特性和良好热稳定性能的 Granitan® S103 人造花岗岩床身。占地面积要求不到 1.8m²，适合于任何车间。



WALTER Helicheck Plus 测量设备

Helicheck PLUS 是一款 4 轴数控测量设备，可用于精密刀具、微型刀具、砂轮、旋转对称部件和平面部件的无接触全套测量。这款机床能对微型刀具进行直径至 0.1mm 的高精密测量。通过特别的入射照明器和漫射照明器可看清并测量极微细的细节。



EWAG RS15 磨床

6 轴万能磨床 RS15 表明手动磨床能在高精度磨削方面达到前所未有的高效。只需一次装夹就可完成磨削和测量，而且能在换刀的同时自动修整砂轮，这确保该机床具有无与伦比的生产效率。



雄克精密机械贸易(上海)有限公司

展位号: N3-201

机器人快换及抓取解决方案

在机器人手臂一侧安装雄克 OPR 防碰撞及过载保护装置和 SWS 快速换手装置，配合不同的任务环境通过 SWS 系列更新所需的抓取设备或工具。整个系统保证最优化的上下料及搬运操作，在移动过程中工件始终被稳固夹紧，能够有效缩短装设时间，换手速度提升了 90%。使用 SWS 快速换手装置更换雄克平动、定心和张角式机械手，适合在多种行业内完成各项搬运任务。

整个解决方案将通过五个工作台分别展示：直接夹持并搬运原材料或工件成品、上下料，以及由机器人引导的曲轴去毛刺，由机器人引导联接并装配大型和重型工件、阀门装配、齿轮生产中的搬运及装配操作。



全球首款批量生产的仿真五指机械手

雄克仿真五指机械手 SVH 的整套电子装置都集成在腕关节中，使得解决方案变得十分紧凑。该抓手通过特定的接口可与市场上常见的轻质结构臂相互连接。除了在抓取和搬运任务中能够处理体积更大的物体，雄克还在不断探索研发，旨在实现人类和机器人通过五根手指进行交流的可能性。

五指手安装与雄克轻型机器人手臂 LWA 4P 上，LWA 4P 从第一个关节至最末端的抓取机构都采用紧凑型设计，灵活性很高，既可用于固定场合也可实现移动式抓取，不管是在服务型机器人领域还是工业抓取中都能得到应用。智能化的设计，高安全性，防碰撞系统，为人类的直接使用提供了先决条件和安全保障。



精密的自动快换托盘系统

VERO - S NSA plus 托盘装载系统和 VERO - S NSA 机器人联轴器组成了这一自动化快换托盘系统，两个产品均具有极扁平的外形、精密性，确保持续的高工艺稳定性。采用雄克快速行程和夹紧行程两项专利技术，托盘模块可产生高达 20000N 的下拉力，高于 100000N 的夹紧力，能以小于 0.005mm 的重复精度在数秒内完成定位和夹持。在空间不够的条件下，VERO - S NSA plus 也可直接安装在机床工作台上。该模块在托盘更换时有强力气流，可确保工件加工面平整无切屑。VERO - S NSR 机器人联轴器同样采用专利夹紧技术，因此可安全便捷地对 350kg 的重型托盘（尺寸 400 × 400mm）进行稳定的取放操作。



上海发那科机器人有限公司

展位号: N3-301

FANUC ROBODRILL 小型加工中心

诞生于上世纪 70 年代的 FANUC ROBODRILL 小型加工中心, 目前在中国地区销量已经超过十万台, 除了稳定高效的钻孔、攻丝加工外, 还可以进行高精度、高质量的铣削、镗孔作业, 并广泛服务于机械、汽车零部件、IT 精密零件、精密模具、模型等各个行业, 加工领域也根据客户的要求不断扩大。其与智能机器人融合的机床上下料系统, 集高效生产、稳定运行、节约空间等优势于一体, 更是 FANUC 强大系统集成实力的体现。



FANUC ROBOCUT 慢走丝切割机

自 1975 年开始生产慢走丝电火花线切割机以来, 经过数十年不间断的技术更新, FANUC 已成为世界最先进线切割机床生产厂家之一。ROBOCUT 慢走丝线切割机以高速度、高精度、高可靠性、低成本维护及智能化享誉业内, 被广泛应用于模具、医疗和超硬材料制造行业, 在欧美和亚洲具有很高的市场占有率。



协作机器人 FANUC Robot CR-35iA

协作机器人 FANUC Robot CR-35iA 是 FANUC 于 2015 年推出的一款全新的协作机器人, 负载达

到 35kg, 是当今世界上负载最大的协作机器人。

协作机器人 FANUC

Robot 的几大特点:

(1) 协同作业: 无需安全栅栏, 人与机器人可共享某个区域进行作业, 而不像传统的工业机器人那样需要将人和机器人使用安全围栏隔离开。人与机器人可相互协调, 毫无障碍地进行重零件的搬运、零件的装配等各种作业。

(2) 安全功能: 已经取得符合国际标准 ISO 10218-1: 2011, Category 3, PL = d 的安全认证。接触到人时, 协作机器人会安全地自动停止。表面是给人以安心感的绿色的柔软的罩壳, 缓和冲击力, 防止人被夹住, 从而保证人员不会受到伤害。

(3) 智能化和高可靠性: 可利用 iRVision (内置视觉) 等各种最新的智能化功能。采用与以往的机器人相同的高可靠性设计, 用户可放心使用。

(4) 效率高、应用广: 良好的安全性能和较大的负载, 使得 CR-35iA 能够被广泛地用于原来只能由单纯人工完成生产的场合。使用 CR-35iA 和人工配合一起工作, 可以在汽车制造、机床上下料中应用, 人工从此摆脱了繁重但简单的工作, 从而可以专注于从事需要技巧的工作, 在保证人工安全的前提下, 提高了系统的工作效率。



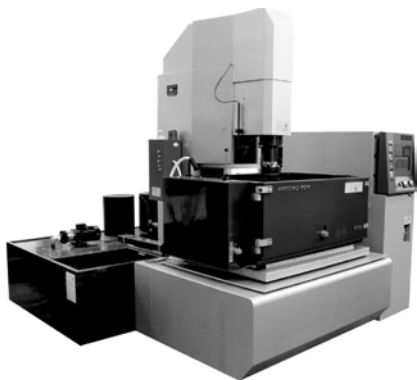
北京市电加工研究所

展位号: E6-602

AA50 五轴联动电火花精密数控电火花成形机床

该设备具有自主知识产权的特种加工脉冲电源、伺服加工控制系统、五轴联动专用数控系统。其加工效率达到同类设备的两倍, 最佳表面粗糙度 $R_a \leq 0.045 \mu\text{m}$ (模具钢), 达到国际领先水平。基于滑枕结构研制了五轴联动精密数控电火花成形机床及其配套的精密分度轴 (C 轴), 全浸液数控转台, 开发的复杂成形电极检测、预调、快换、带叶冠涡轮盘专用 CAD/CAM 系统具有其特色。

经过用户使用验证，机床具有较高自动化水平，实用性强，稳定性好，达到产业应用水平。该设备成果成功地解决了国家重大项目关键部件的制造技术，为国内军工行业打破了国际垄断，填补了国内空白，具有良好的经济和社会效益。



N850 五轴五联动精密电火花成形机床

针对我国新一代发动机钛合金、耐热合金材料带叶冠整体式涡轮盘类零件和复杂模具的高效精密加工，北京市电加工研究所研制了具有自主知识产权和工艺技术的 N850 五轴五联动精密电火花成形机床，此产品打破了国外此类高端产品对我国的技术垄断，解决了传统数控铣削由于刀具不可达或干涉而无法进行加工的问题。因此五轴联动数控电火花加工技术被认为是目前国内外能实现带叶冠整体式涡轮盘工程化生产唯一的加工应用技术。除能解决航空、航天发动机的带叶冠整体涡轮盘零件加工制造难题外，该机床还可应用于船舶、核技术、兵器以及汽车、轻工等行业难加工材料、复杂型面类零件的加工，如模具、齿轮轴、高温合金活门壳体、齿条、机匣等，因此具有良好的产业化应用前景。



BDM -902 精密超硬刀具机械磨床

BDM -902 精密超硬刀具机械磨床是我们研发的具有自主知识产权的精密刀具加工机床，适合于加工以 PCD、PCBN 为代表的超硬刀具。机床主要零部件选用国际业界著名企业的产品，保证机床运行的稳定性、加工的可靠性、一致性以及刀具的加工质量与精度。机床具备恒压进给、快速进退刀、立轴自动迴转、金刚石砂轮在线修整等功能，与高精度刀具夹具配套使用，可完成精度在 $3\mu\text{m}$ 以内的精密 PCD 活塞刀、PCD 铰刀的高效率加工，确保刀具刃口表面粗糙度 R_a 值达 $0.05\mu\text{m}$ 。



卡尔蔡司（上海）管理有限公司

展位号：N3-605

O - SELECT 数字测量仪

该仪器主要用于距离、半径及角度尺寸的快速检测，只需简单地按下按钮，即刻检测评价零部件的各个特性，并以专业的 PiWeb 报告的形式呈现测量结果。O - SELECT 数字测量仪采用自动对焦的方式确保始终于正确的位置量测零部件。全自动的照明设置确保每个特征都处于最佳的光照状态，消除人为操作导致的误差。编程简单方便，仅需点击及挑选即可完成编程。硬件与软件的完美匹配，确保以最佳的速度及可靠性量测零部件的二维尺寸。紧凑性及稳固性的设计使其几乎可安装于任何位置。无论于进货检验处，还是

于生产加工的产线中，均能随时随地且准确地量测零部件。



宁波迈拓斯数控机械有限公司

展位号：E3-602

GT-1612 系列龙门型高速铣

经多年设计、生产龙门雕铣机的经验技术沉淀，宁波迈拓斯数控机械有限公司消化吸收国内外相关的先进技术及生产经验，采用全球优质配件，精心打造出 GT-1612 系列龙门型高速铣。该系列产品广泛适用于航空航天、机械制造、精密模具制造、电子电器、大型模具精密加工、电极加工、精密机械配件加工领域。目前，公司已经推出 GT-1612 系列、GT-1311 系列、GT-870 系列、GT-665 系列等多款龙门型高速铣产品。



GT-1612 高速铣

主要技术优势：

(1) GT-870 系列与 GT-665 系列系列高速铣采用 HSK 锥孔主轴、最高转速可达 36000r/min。

(2) 全系列龙门型高速铣的机体结构经过迈拓斯数控精心优化，各移动部件采取轻量化设计，节能效果明显。

(3) 与国内外相似机种相比，GT-1612 系列龙门型高速铣在相似的占地面积中拥有超大的轴

向行程（X1300mm/Y1700mm），可有效节约生产空间，大大提升车间利用率。

(4) GT-1612 系列龙门型高速铣配备大承载工作台，载重达 3000 千克。



GT-665 高速铣



GT-870 高速铣

上海机床厂有限公司

展位号：E6-301

H367 数控随动高精度偏心轴磨床

H367 数控随动高精度偏心轴磨床是用于大批量加工偏心轴类零件的专用生产型设备。本机床采用随动磨削技术磨削工件的偏心外圆，也可磨削其余外圆。机床采用 FANUC 数控系统，三根数控轴分别控制砂轮架的进给、工作台的移动和头架的回转。机床可在一次安装工件情况下，完成多档偏心轴外圆表面的自动循环磨削。可选配外径量仪，实现测量-加工闭环控制。

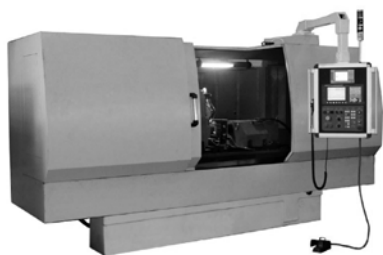
机床配有专用的用户界面，其中包括坐标设定画面、砂轮形状参数设定画面、修整参数设定画面、磨削参数设定画面等，这些专用画面大大方便了用户的操作。



H202/1 数控开槽磨床

H202/1 数控开槽磨床是用于大批量磨削轴类零件成型环槽的设备。采用 FANUC 数控系统分别控制砂轮架的进给和修正器的进给。能在一次安装工件条件下，完成轴类零件成型环槽的自动循

环磨削。具有砂轮快速进给；粗、精、微磨削；自动顶紧工件；工件转速自动切换；自动补偿及循环动作安全联锁等多种功能。机床采用后置成型金刚滚轮完成砂轮的修整，极端情况下可实现边磨边修，保证机床的磨削效率和磨削精度。



CK6185 数控卧式车床

CK 系列数控车床是上重在吸收、消化德国 Wolenberg 公司 PT1 系列数控车床基础上全新开发、研制的高性能、高精度数控卧式车床。主要配套件均按德国标准选用世界品牌，生产过程中大量采用德国先进成熟工艺方法和手段，精心制作，体现了德国品质、中国制造的产品特征。



PSCH10032K (AS) -4 数控折弯机

PSCH10032K (AS) -4 数控折弯机具有增强的机架设计，采用整块钢板焊接，强度高，刚性好，使用寿命长。精心设计的油缸结构，选取合适的面积比，保持原有系统工作压力情况下，滑块运动速度大幅提升。油缸由优质锻件制作，精密磨削加工，内壁经特别滚压工艺处理，配用进口优质密封件，密封性能好。应用当代最先进数字化闭环电液同步控制技术和折弯机专用数控技术，配合国际顶级 Heidenhain 光栅尺作实际位置检测，准确控制滑块定位和同步运动精度，保证受力状态下滑块与工作台相对位置的精确性。优质铝合金型材组成的后挡料，模块化结构，可按 1-6 轴选配，数字化交流伺服电机传动，提高运行速度

和位置精度，降低噪音；上模采用优质快速机械夹紧系统，夹持可靠，操作便捷；下模采用单槽或双槽窄型模具，加工干涉范围小，适用范围广。机器的前部、后部和侧面都配置了完整的安全防护，符合安全技术规范。可选配与机器人组成自动折弯单元，最大程度满足用户的需求。



SSP221250 伺服数控回转头冲床简介

SSP221250 伺服数控回转头冲床冲压动力采用 AC 伺服电机驱动，重载滚珠丝杠传动，可获得最佳冲压性能。低能耗、低噪音、高效率、高精度、高可靠性。恒定的全行程冲裁力，满足各种厚度板材和加工工艺需求。独有的储能技术，待机耗电 0.8kWh；工作时耗电 3kWh。

无制动电阻，显著降低热损耗，不需水冷或油冷，安全可靠。机身采用闭式框型钢板焊接，经二次时效处理，应力去除较彻底；由大型数控落地镗铣加工，精度高，保持性好。精密高强度耐磨厚转塔，长导向模具，导向和对中性好，加工精度高。高精度自转模，稳定高效，满足各种加工功能需求。世界顶级品牌运动部件、气动和润滑装置，稳定耐用。



思瑞测量技术（深圳）有限公司

展位号：N2-616

思瑞 Croma 系列三坐标测量机

该设备是目前国内三坐标测量机销量排名第

一，三坐标测量机市场的标杆产品，以大型程、超高速、高精度的测量及超高的性价比引人注目。其软件采用全球最好的测量软件 PC - DMIS 软件。

Croma 系列三坐标测量机主要特征：先进的全铝技术，横梁与 Z 轴采用表面硬质阳极化航空铝合金，温度一致性极佳；并降低了运动部件的质量和测量机在高速运行时的惯性，保证高速高精度；三轴导轨均采用高精度自洁式空气轴承，运动更平稳，导轨永不受磨损；X 向采用精密 60° 三角梁专利技术，相比矩形横梁，重心更低，质量刚性比最佳，运动更加可靠；Y 轴采用整体燕尾式导轨，在降低机器重量的同时，有效消除了运动扭摆，保证了测量精度和稳定性；Z 向采取获得专利的气动平衡技术，采用柔性悬挂系统，避免了轴向运动和传动系统之间的干涉问题，提高了三坐标测量机的精度和长期稳定性。



思瑞龙门系列测量机

该设备是航空航天、模具以及零部件制造企业相关精密测量专用产品，专为大尺寸和超大尺寸的零件测量需要而设计，产品横梁采用集团获得的斜屋顶技术，软件采用业界标杆软件 PC - DMIS，具有完善的智能测量，功能强大、易学高效，核心算法获得权威 PTB 全面认证，符合 ISO 及 ANSI 标准的公差评判能力。



思瑞 SVM DCC 系列大行程影像测量机

该设备出口韩国 LG 集团，并获得了 2013 年深圳市科技研发资金技术创新计划技术开发资助项目。SVM DCC 系列产品是一种高速、高精度、功能强大的专业级自动影像测量仪，可实现各种复杂、精密零件的轮廓，表面尺寸，角度与位置等精准测量，是一款国内超高端应用的全自动影像仪器，是对测量效率十分挑剔的客户的最佳选择。

产品采用专利的三角横梁技术，保证机器最佳的刚性质量比，精度更稳定；采用德国 HEIDENHAIN 工业级四轴 CNC 控制系统，全伺服闭环控制，全自动测量功能；进口高精度开放式光栅系统，超高分辨率；采用美国 NAVITAR 全自动高精度自动变倍镜头及业界标杆软件 PC - DMIS，核心算法获得权威 PTB 认证。



SVM DCC CLASSIC 全自动影像测量仪

该设备是目前国内唯一可以与进口品牌竞争的影像测量仪产品（进口核心零配件，国内组装，多项集团全球专利技术，配备顶级测量软件 PCD-MIS，国际化的生产工艺流程）。产品采用业界的标杆软件 PC - DMIS VISION，核心算法经过国际权威认证机构 PTB 认证；核心零部件全部采用进口，经过严格、规范的组装及调试；采用进口开放式高分辨率玻璃光栅尺，精度达 0.05 μm。

选用瑞士进口 maxon 伺服马达，德国 HEIDENHAIN 专用高精度运动控制卡及进口迈创专用图像采集卡。

高精度全铝工作台结构，做工精致，先进的 XY 平面精度校验方式，保证真正的空间精度；四轴 CNC 控制，高速运行稳定；连续自动变倍无需人工校验，可以直接使用。造型及结构经过国际化的专业设计团队设计，符合工程学原理。



苏州领创激光科技有限公司

展位号：E7-711

Excalibur 光纤激光切割机

主要特点：

(1) 激光切割加工开发的全新数控系统，将激光加工所需的各项功能集成于 CNC 内部，动作迅速，轨迹精确，全新的 PIKO 插补功能使得切割轨迹更加平滑，全新开放式控制系统，高性能双 CPU 处理器，具备现场总线技术，可与自动上下料系统或其他功能模块快速对接，缩短设备安装调试周期，抗干扰可靠性高。



(2) 完整的安全防护系统，全封闭防护罩彻底隔绝激光辐射，符合欧洲标准。高动态性能，使用世界领先的一体式机电驱动装置，缩短了传动链大大降低了系统惯量，实现了高动态性能高运动刚性的快速移动。可以高速切割轮廓复杂的工作。交换工作台前置，使用者在操作位即可同时掌握切割进度和板材准备情况，不需要频繁走动。

(3) 快速自动寻边功能，独立的视觉传感器不需要切割动作即可快速对板材进行精确位。

快速随动控制技术，使用计算能力强大的工业 CPU 代替 PLC 进行 Z 轴运动控制的 PID 计算及输出，使得 Z 轴的速度和精度大大提高。

(4) 智能切割控制系统：具备领创激光的智能切割控制系统，可在线监控加工状态，实现快速自动的穿孔加工。

LEADπ II F-4020 激光切割机

主要特点：

◆采用整体式龙门结构、双交流伺服电机高速同步驱动系统

◆轻质高强度铝合金铸造横梁和 Z 轴溜板，动态性能极佳

◆欧洲专业激光切割数控系统，具有激光切割专用功能

◆德国精密直线导轨及减速机、斜齿轮传动消隙系统，可获得高精、高速和高稳定性

◆集中润滑及分区除尘系统，确保整机长期稳定运行

◆机械式高速双交换工作台

◆变焦穿孔功能 CFP

◆可选配切割质量智能控制系统 ICS



黄山皖南机床有限公司

展位号：E3-715

VMC1000L 立式加工中心（线轨）

VMC1000L 立式加工中心主要用于加工板类、盘类、壳体类、模具等精度高、工序多、形状复杂的零件。可在一次装夹中连续完成铣、钻、扩、铰、镗、攻丝及二维三维曲面加工。斜面的精确加工，加工实现程序化，缩短了生产周期，并且有自动退刀、换刀功能。线轨运行速度更快。

VMC1000L 立式加工中心（线轨）设计优化具有较高的结构刚性和稳定性。主要基础件采用高牌号孕育铸铁。主轴导轨面均经淬火硬化处理并经精细研磨、滑动面皆贴有氟氯树脂。并配有定时定量自动润滑装置，使润滑面润滑充分。主轴滚珠丝杆皆采用双向预拉伸并与伺服电机直联传动。定位准确。全密封防护罩将机器整体包覆充

分保障工作环境及人身安全。



SP0810 龙门加工中心

本机床在继承传统数控龙门基础框架刚性强、结构对称、稳定性强等优点的基础上，引进国际先进的动态刚性设计理念，优化设计了移动部件。具有主轴扭矩大、响应快速等特性，主要适用于汽车、模具、航空航天、军工等各种机械加工领域。 X 、 Y 轴采用进口线性导轨，动态精度佳，摩擦系数低，可以减少机床低速爬行现象，定位精度高； Z 轴采用矩形导轨，刚性好，适合重切削。三轴传动采用大直径研磨双螺母滚珠丝杆，结构紧凑、运动平稳、精度高。丝杆支撑采用进口丝杆专用轴承，两端预拉伸，消除热伸长造成的精度损失。高刚性的台湾产龙门专用主轴，采用集中润滑，可使主轴轴承得到恒定和可靠的润滑，既经济环保又实现了长期免保养。



V5 立式加工中心

本机床是我公司自主设计研发的新一代高速数控机床， X 、 Y 、 Z 轴均采用滚动导轨副，经过预压处理，零间隙，摩擦系数小，满足各方向上的承载能力，可以适应高速高响应的加工要求，快移速度快，精度保持持久。在结构设计上，采用高刚性的C型结构设计，并以肋骨做刚性的强化。关键零部件的接触面皆施以精密的手工铲花，能确保机器长期使用的精度。立柱内部采十字交叉

肋的设计，强化整体刚性。主轴采用直联结构，最高转速可达12000r/min，同时大幅降低主轴噪音。可进行高精度、高效率的加工。



V8 立式加工中心

V8 立式加工中心是我公司引进先进技术生产的新一代机床，该机床具有坚实稳固的刚性结构，经由工程力学及有限元分析反复仿真与计算。设计坚实稳固的床身结构，达到刚性倍增而质量精简的工程需求，同时采用两种不同的线性导轨满足不同的用户需要。此机床不仅适用于板类、盘类、壳体类、精密零件的加工，而且适用于磨具加工。机床带有自动刀具交换系统，全封闭式防护罩，自动润滑系统，冷却系统，自动排屑装置等。零件一次装夹后可完成铣、镗、钻、扩、铰、攻丝等多工序加工，具有自动化高、可靠性强、操作简便、整体造型美观大方、机电一体化程度高等优点。



北京精雕科技集团有限公司

展位号：N5-301

JDVT600_ A12S 雕刻中心

JDVT600_ A12S 是集钻、攻、磨、抛、高光铣、多轴联动旋转加工和在线测量补加工等能力为一体的精雕高速雕刻中心。该机可以广泛地应

用于各类五金件加工领域中，尤其适合 3C 行业中有高表面光洁度要求的五金件的加工。对于 3C 行业中的高光加工、听筒小孔加工、精密卡槽按键等小零件加工、后盖 LOGO 加工、特种合金材料中框加工等，此设备均有着优良的表现。

此设备具有精雕专有的“倒 L 型”立柱，具有较好的切削抗震能力，并采用精雕自主研发的最新开放型数控系统 - JD50 系统，具有较强的自动化装备接入能力和多种测量模块的接入、支持能力；丰富的补偿功能和全面的多轴功能，能更最大限度地支持用户的多角度加工和复杂曲面加工。并可根据客户需求选配 4 轴或 5 轴转台、测头、切削液过滤系统、油雾分离系统、激光对刀仪、油水分离装置、切削液制冷机或 CCD 检测系统。



成都普瑞斯数控机床有限公司

展位号：E3-505

PH400 卧式加工中心

该机为新一代精密卧式加工中心，在整机的强度和刚性方面着重进行了强化设计，并对操作宜人性、排屑方便性等环节进行了优化设计，使得整机的结构、精度、性能指标等均处于国内先进的水平，能够充分满足现代制造高效率 and 精密的加工要求，可广泛应用于航空、航天、兵工、汽车、3C 电子等现代制造领域。

该机采用单工作台设计，回转工作台可以采用端齿盘或圆光栅，整机关键零部件均采用高档进口配件，机床 X/Y/Z 定位精度 0.008mm，重复

定位精度 0.004mm（ISO230 - 2 标准），回转工作台定位精度 $\pm 5''$ ，重复定位精度 4"。产品以不输于传统卧加的精度和稳定性，低于传统卧加的价格，使其具有极高的性价比，极强的市场竞争力。



PL700A 立式加工中心

该机采用模块化设计，三维 CAD 软件全过程数字化设计和分析。主要铸件采用优质米汉纳铸件制造，立柱和床身采用专利粘结技术，外观形象和制作精细程度可与进口先进设备相媲美。机床关键零部件均采用高档进口配件，有效保证了机床的精度、刚性、可靠性和稳定性。

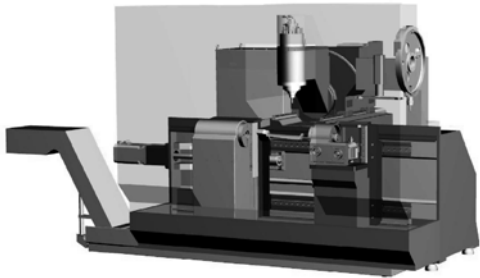
该机精度高（ISO230 - 2 标准），定位精度 0.008mm，重复定位精度 0.004mm，稳定性好。在航天、航空、兵工、汽车摩托车、核工业、铁道以及模具等领域，近千台产品经过了国内外用户和市场的验证。经过多年不断完善改进，产品以媲美进口产品的性能和稳定性，国产设备的价格，为用户提供完善的加工解决方案。



PX500 五轴联动叶片加工中心

该机是专为航空叶片加工所开发的五轴联动加工中心。机床采用了新型轴系分配布局、可变

预压主轴、无间隙摆动传动机构、轴系进给传动支撑、工件A轴双驱及Z轴双驱等技术，有效解决航空发动机叶片复杂自由曲面的高效精密铣削加工的成套制造与应用问题，突破了钛合金、高温合金叶片高效精密加工的关键技术，打破了此类设备长期依赖进口的局面。



哈尔滨量具刃具集团有限责任公司

3003 型小模数齿轮测量中心

四坐标测量系统的多功能中、小模数齿轮测量中心，主机三个直线坐标轴采用高性能伺服电机作为驱动元件、科尔摩根无框电机直接驱动主轴。高精度光栅传感器作为位置传感器，形成全闭环反馈控制。可测齿轮最大外径 260mm、模数 (0.3) 0.5 ~ 12mm、展长范围 ± 90mm。轴系最大承载重量 120kg。测头可自动绕轴线转动 90°，拓展测量功能且具有一定的防撞功能。主要用于测量渐开线圆柱齿轮的齿廓偏差、螺旋线偏差、齿圈径向跳动偏差。可选测量软件有：齿轮滚刀、蜗轮滚刀、插齿刀、剃齿刀、蜗轮、蜗杆、渐开线圆柱内齿轮、锥齿轮测量软件。广泛应用于汽车、摩托车、电动工具等行业的中、小规格齿轮及齿轮刀具检测领域，适合生产车间检查站或计量室使用。



L30A 型齿轮测量中心

L30A 型齿轮测量中心是哈量集团继 L65G 型高精度齿轮测量中心后，推出的另一款配备数字式、三维测头的小规格齿轮测量仪器，具有测量范围大、精度高、测量效率高的优点，软件测量功能丰富，可以满足客户对于摆线齿轮、圆弧齿轮、双圆弧齿轮、弧齿锥齿轮等各种特殊和复杂工件的测量需求。仪器可检测模数范围 1 ~ 15mm，上下顶尖距离 400 ~ 700mm，仪器主轴最大可承载 300kg 重的被测工件。本仪器广泛适用于各生产厂家计量室、科研部门或计量部门对于精密检测仪器的需求。



2300A - RC 型轮廓粗糙度测量仪

2300A - RC 型轮廓粗糙度测量仪是哈量集团最新研制的轮廓测量仪，该款产品集轮廓测量和粗糙度测量于一身，在继承和发扬早期产品之优势的同时，开拓创新，应用英国进口高精度光栅系统，轮廓测量范围达到了 40mm，稳定性更高，并且在粗糙度测量方面，大大提高了传感器的行程范围，在 1.2mm 范围内仍能保证很好的粗糙度测量精度，使其适用范围更广，优势更突出，另外在软件操作方面进行了细致的规划，使用户操作更简洁，方便的进行精度校正和补偿，效率更高。目前此产品已投入市场，受到用户广泛认可和好评。



哈量集团数控刀具系列产品

哈量集团生产的数控刀具产品主要有精密工具系统、孔加工刀具、可转位铣刀、可转位车刀以

及机床附件五大类。精密工具系统主要包括采用 7: 24 锥柄、HSK 空心短锥和三棱锥定位的 SK、HSK、PSK 三大类刀柄。通过引进德国先进刀柄生产技术，生产线的工艺流程实现飞跃式的提升，同时增加了热套装夹头、HSK 镗铣类工具系统和 PSK 刀具，外观、内在质量和几何精度等主要技术性能有了显著提高，产品大量出口。孔加工刀具的主导产品可转位粗、精镗刀，采用先进的加工工艺和涂镀技术，外观质量和精度指标有了较大提升。微调精镗刀模块采用径向安装微调刀头，适用于通孔和盲孔的精镗，也可用于背镗削，微调机构可实现 μ 级微调，能保证重复定位精度，试值稳定。



山东鲁南机床有限公司

展位号：E3-001

VTC2040 倒立式车铣复合柔性加工中心

该产品为倒立式数控车床结构，有 1 个直线运动轴、1 个 C 轴，1 个主轴及 2 个刀塔（可为动力刀塔），安装动力刀塔后可实现车铣复合加工功能。主轴安装在机床上部的中心，两个刀塔对称分布其两侧。在主轴的下方装有尾座。机床两侧分别设置两套多工位料仓，物料的取放分别由刀塔上的机械手完成。



两刀塔可同时加工零件，工件的装与卸同时进行，减少了生产辅助时间，缩短了加工时间，提高了加工效率。立式设计确保了无障碍自由落屑，因此可防止落屑堆积。适合盘轴类零件的车、铣、钻、铰、攻丝等高精、高效复合加工。既可以作为单机生产又可以联机组线，结构紧凑，占地面积小。

TF40D 双工位自动车铣加工线

该产品由标准型两台斜床身数控车床和一套桁架式机械手组合而成，数控车床位于桁架式机械手的两侧，多工位料仓位于中间，一次送料可自动完成零件全部表面的加工。该产品既可以作为单套使用，也可以进行多套串并联，组成自动生产线，适用于盘类零件的自动高效加工，可安装动力头，实现车、铣、钻、铰、攻丝等高精、高效复合加工。该产品结构紧凑，占地面积小，具有很高的性价比。



XHC715A 强力数控加工中心

该产品重点面向中小型模具的高速加工行业，以高精度、强力重切屑及操作的宜人性、实用性为主要目标，力求整机刚性高、切屑力大、加工效



率高。加宽底座，经一体铸造成型，壁厚达20mm，采用V字形加强筋结构。铸件经有限元分析达最佳化力学性能，采用高强度铸铁材料，树脂砂造型，并经充分的二次时效及自然时效，使机床的基础件具备高刚性并确保机床长期使用的稳定性； $\phi 100$ 的主轴轴径和 $\phi 190$ 的主轴套筒直径使机床主轴具备更高的加工刚性；主轴传动进行 1:2 降速，更适合低速重切削。

上海丰禾精密机械有限公司

展位号：N5-405

FE – MOVAC 清洗中心

作为世界首台换刀式 50MPa 清洗中心，可有效去除加工后的切屑，毛刺等，是提高重要零件的清洗精度及质量不可欠缺的设备。该设备能自动选择最适合的喷嘴，可完成复杂零件的精密清洗。主要应用在工程机械，汽车零部件，航空航天等领域。目前汽车行业主要清洗的部件有缸体、缸盖、ABS、转向泵、变速器零件等。主要服务的汽车厂家有丰田、东风日产、宝马、通用、本田、博世、博格华纳、麦格纳等。



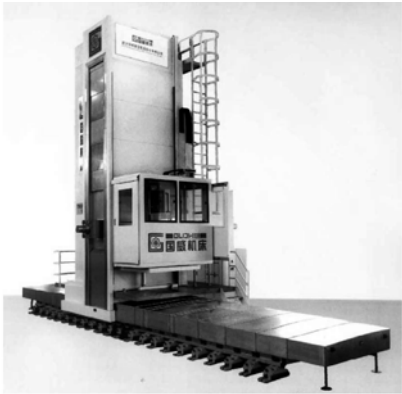
武汉国威重型机床股份有限公司

展位号：N2-822

TK6926 数控落地铣镗床

本机床应用了恒流静压导轨、双齿轮齿条传动等多项成熟技术，并配备了西门子 840Dsl 数控系统，使得机床具有较高的加工能力，配以数控回转工作台、直角铣头等功能附件，一次装卡可

以完成五个面的加工。除了具有很强的铣削、镗孔、钻孔等功能外，该机床还可以进行螺纹加工、车削加工，是能源、冶金、船舶、重型机器等行业理想的加工设备。



机床主要大件选用优质铸铁铸件，强度高、刚性好。机床主传动（机械三档无极调速），调速范围宽，适合各种刀具和材料的加工要求。主轴轴承选用原装进口轴承，主轴回转精度高，承载大，精度保持久。X 轴采用双电机驱动的齿轮齿条传动，Y、Z、W 轴均采用已预载的滚珠丝杆传动副，各进给轴实现无间隙传动。X、Y、Z 轴均为全闭环控制，位置检测元件选用奥地利 AMO（奥铭）钢栅尺，此钢栅尺的防护级别为 IP67，能够浸泡在液体中工作。机床主轴轴承和局部关键轴承处都有测温装置，能实时监控轴承的温度。滑枕上设有位移传感器，能实时对滑枕进行热补偿。滑枕端面设有附件自动装夹机构，可实现附件的自动装卸。□

航天科工成立智能机器人公司

10 月 12 日，中国航天科工集团公司智能机器人有限责任公司正式成立。这标志着中国航天科工三院机器人产业拥有了独立发展的平台，正式迈向了市场化、产业化之路。该公司定位为航天科工机器人技术研发中心、产业化平台、资源整合平台。据介绍，机器人公司将重点推进包括智能机器人总体技术、一体化伺服关节技术、感知与识别技术等自主可控核心技术的研发。到“十三五”末，公司将力争成为国内智能机器人行业的领军企业。

冲压自动化的研究与规划

东风汽车股份有限公司 刘 伟

【摘要】 本文系统介绍了冲压自动化系统的各种方式、工作原理、投资成本、工作效率对比，并对冲压自动化选型的影响因素进行简要分析。结合轻型商用车分公司现有冲压自动化现状，进行妥当性研究，提供改善意见，并对轻型商用车分公司未来新增冲压线自动化方式提出建议。

一、引言

汽车工业是国民经济的支柱产业，冲压成型是汽车四大工艺之首，在汽车工业中占据重要地位。冲压自动化系统是专门为压力机生产线实现冲压自动化而设计的。传统的人工冲压生产线，虽然在建设初期投入相对较小，但随着市场需求的扩大，其固有的效率低下、产品质量稳定性较差、人工劳动强度高且存在不同程度的安全隐患等缺点越来越影响企业的发展。冲压自动化生产线恰好可以让这些问题得到解决。较高的生产效率、稳定的产品质量，以及规模生产条件下更低的单件生产成本和劳动条件的改善，正是自动化冲压生产线的优点，尤其对大型车身覆盖件生产而言，这些优点更为突出。全球一体化进程不断加快，为制造也带来了更大的发展空间，随着我国汽车、电器产品质量的不断提高和生产规模的不断扩大，我国金属冲压行业实现生产自动化势在必行。

轻型商用车分公司现有 3 条冲压线，一条手工冲压线，2 条自动化冲压线。此 3 条冲压线的自动化方式选型合理性需要综合投资收益和工作效率等因素，并提出改善意见。

二、自动化系统组成

就设备组成而言，冲压自动化线一般包括压力机和自动化系统。本文主要研究冲压自动化系统。冲压自动化系统通常包含拆垛系统、自动传输系统和线尾出料系统三个部分。

1. 拆垛系统

一套完整的冲压自动化拆垛系统的常规配置主要包括 2 台轨道移动式上料小车（每个上料小车上配备 4~8 个活动可调磁力分张器，通常为永磁铁，用于板料的分离）、拆垛手（机械手或机器人）、传送装置（多为磁性皮带机）、板料清洗机（选项）、板料涂油机（选项）、板料对中台及控制系统等组成，具体组成及特点如表 1 所示。

表 1 拆垛系统组成简介

序号	系统组成	数量	分类	特 点	备注
1	拆垛台	2	非标	1. 一般为 2 台轨道移动式，减少换垛时间； 2. 配备 4~8 个磁性分张器，便于板料分张	标配
2	拆垛手	1	机械手	1. 速度快，SPM 单臂 8~12，双臂 10~15； 2. 传输平稳、无颤动、寿命长； 3. 柔性不高	标配
3		1	机器人	1. 柔性高，适应性强； 2. 占地面积小，成本低廉。寿命短； 3. 速度相比机械手低，SPM8~12	

(续)

序号	系统组成	数量	分类	特 点	备注
4	输送系统	1	磁性皮带	配备有永磁铁，防止传输和加速过程中板料跑偏	标配
5		1	普通皮带	普通皮带，自动化系统中不常用	
6	对中台	1	机械对中	1. 伺服气缸连带拉杆拍打、结构复杂； 2. 多品种生产线所需气缸数越多，成本最高； 3. 等待时间约 3 ~ 5s	标配
7		1	重力对中	1. 利用板料自身重量沿倾斜台面滑落对中； 2. 结构简单，成本低廉； 3. 对中效果相对较差，等待时间约 2s； 4. 柔性最差，不规则形状板料对中效果差	
8		1	光学对中	1. 摄像头拍照，PC 机进行软件处理，确定板料坐标对中； 2. 结构简单，成本较机械对中低，比重力对中高； 3. 对中效果准确，等待时间最短约 1s； 4. 柔性最好，对板料形状无要求	
9	清洗机	1	非标	板料清洗，除去板料表面杂物	选项
10	涂油机	1	非标	板料涂油，提高润滑性	选项

当上料小车装载料垛（可包括托盘）由换垛位置回到拆垛位置后，板料由拆垛手从料垛拾取，通过传送装置穿过清洗机、涂油机送到达对中台。板料经过对中定位后，便可开始后序冲压生产，具体如图 2 所示。

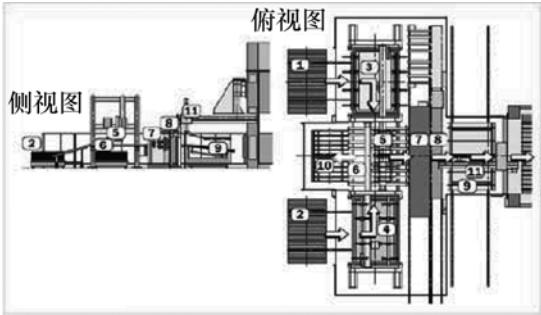


图 1 拆垛系统

重力对中和机械对中方式的轻商分公司均有应用。冲压 1 线采用重力对中，冲压 3 线采用机械对中方式。机械对中采用同步气缸，而且是可进行位置编程的伺服气缸，伺服控制确保其精度，编码控制保证其位置。根据板料不同，编辑气缸位置，确保拍打后板料处于气缸群中心，当气缸拍打结束后回到其原始位置，并通知机器人抓取板料。机械对中等待时间约为 3 ~ 4s。重力对中利用板料自身重量对中，对中台面上有 2 个倾斜角度，分为上下和左右。当一张板料到达对中台上

时，自重导致板料沿斜度滑落到死角里，相同尺寸的板料滑落到固定位置。重力对中台有若干个区域可以通过移动式插销调整，使对中台可以适应不同的板料尺寸。重力对中等待时间约为 2s。



图 2 重力对中

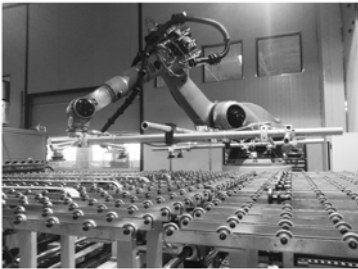


图 3 机械对中

视觉对中系统包括 1 ~ 2 个摄像头，PC 机和一套图像处理软件组成。摄像头将拍摄下来的实际位置与之前编辑储存的标准冲压板位置对比后，将偏差值换算成机器人系统中的 x 、 y 、 R_x 、 R_y 的

差值，之后机器人通过换算差值后改变抓取动作抓取板料。光学对中等待时间不到 1s。由于成本、效率及柔性较高，目前视觉对中系统在新建冲压自动化中得到越来越多的应用，特别是多品种大型件、多异形件毛坯冲压线上机械对中所需气缸数量较多，视觉对中的成本及效率优势明显。



图4 光学对中系统组成

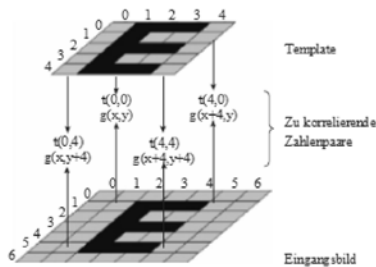


图5 光学对中模板匹配原理

2. 自动传输系统

自动传输系统用于各工序间毛坯或工件搬运传输。传输机构主要有机械手、机器人和穿梭机（皮带机）配备端拾器等方式。自动传输机构的形式差异，也是目前冲压自动化线不同形式的主要区别所在。

机械手分为上下料机械手配备穿梭机和高速、稳定的单臂或双臂横杆式传送机构、V 型双臂传送机构等。上下料机械手配备穿梭机形式出现较早，两台压力机之间需要两台机械手和一台穿梭机，单条自动化线需要机械手数量较多，设备组成多，目前应用较少；高速、稳定的单臂或双臂横杆式传送机构采用线性传输技术和同步技术，速度快，稳定性高，在高速全自动化冲压线应用较多；V 型双臂传送机构从物理角度来讲为最稳定、精度最高的传送机构。

机器人传输方式自身特点独树一帜，机器人通过端拾器和运动轨迹的调整，更加柔性化，产品适应性强，在旧线改造和多品种小批量冲压线应用较多。

多工位压力机传输机构为多工位压力机专用设备，具体可分为三坐标、夹板式和多模式输送方式，根据冲压线产品结构及投资收益情况选择不同的传输机构。

(1) 上下料机械手和穿梭小车

冲压完成后下料手从模具中取料将零件放置在穿梭机上，穿梭机移动到上料位置，上料手拾取零件放置到下一套模具中去。上下料机械手和穿梭小车一般包含两到三个运动轴，由伺服电机驱动。机械手上下料配备穿梭机的方式出现较早，冲压线生产节拍 6 ~ 9 件/min，适用于压力机行程约 1 ~ 1.2m，压力机间距为 6.5 ~ 10m。该系统结构稳定性高，但是 2 台压力机之间需要 2 台机械手和 1 台穿梭机，设备组成较多，端拾器数量较多，投入成本较高，在新建冲压自动化线中应用较少。

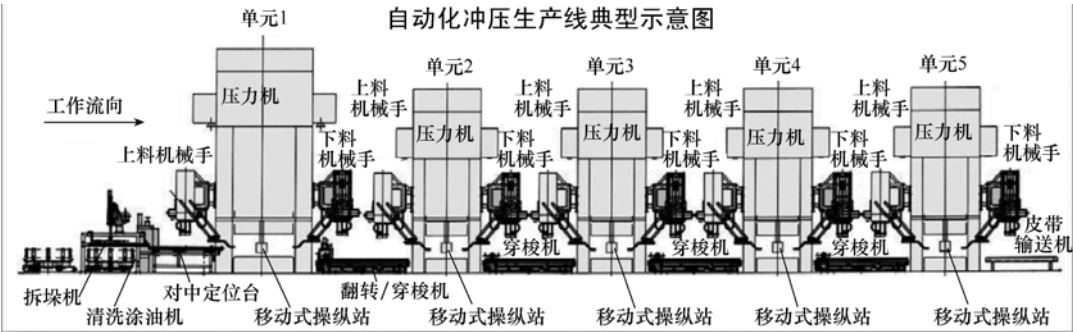


图6 机械手上下料配备穿梭机自动化线示意图



图7 机械手上下料配备穿梭机示例

(2) 单臂和双臂横杆式传送机构

单臂和双臂横杆式传送机构采用线性传输和同步技术，是串联压机线自动化传送最快选择；这种结构不拘泥于机械手的二维坐标形式，其特殊的机构专用于压机间的板料输送，一套压机间的输送机构最多包含十几个伺服电机轴。

1) 同步运动控制

同步运动控制可以实现两台机器之间的协同运动。在冲压自动化设备中，同步控制可以实现压机之间的同步，压机与快速送料机构之间的同步，使整个冲压生产线达到最大生产效率。同步技术中滑块运行速度较单次运转速度低，有利于提高拉深质量和模具寿命，降低噪音，相位差运行节约能力减少电网冲击。

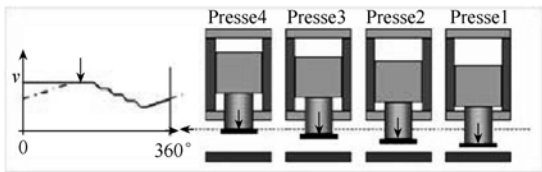


图8 同步技术与压机滑块相位差

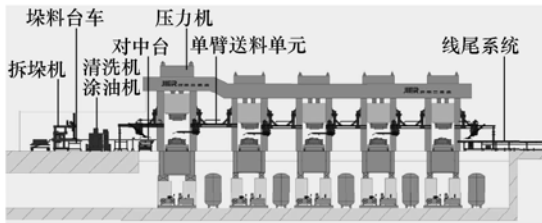


图9 单臂横杆式自动化线示意图

2) 单臂横杆式机构

单臂横杆式重型导轨确保线性运动可靠性，旋转轴集成在端拾器横杆里稳定性高。单臂横杆满负荷情况下寿命可达15年，机器人满负荷寿命仅为2~3年。单臂适用于压力机行程约1~1.2m，压力机间距为6.5~10m，运转速度较高，SPM可达8~12；运转模式为单次运转和连续同步运转。

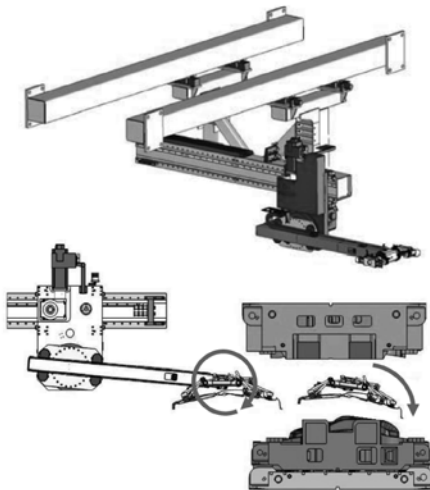


图10 单臂横杆式传送方式示例

3) 双臂横杆式机构

双臂横杆式机构的横杆由两侧导轨导向稳定可靠，沿运动方向有可升缩导轨，覆盖区域为两个工作台整个工作面；具备5个自由度的调节，实现两个工位件的“变位”；适应压力机间距5~7m，降低土建投资；适用于压力机行程1.2~1.4m；运转速度较高，SPM可达10~17；压力机需要特殊设计，立柱间距加大，电机功率增加；运转模式为连续同步运转。

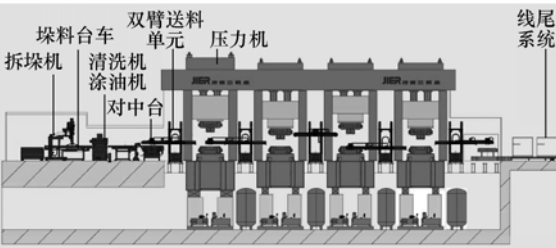


图11 双臂横杆式自动化线示意图

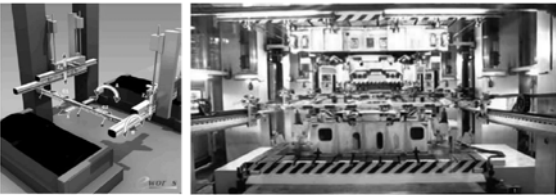


图12 双臂横杆式传送方式示例

4) 快速送料系统与机械手上下料优势

①效率大大提高，配备单臂结构，冲压线生产节拍8~12件/min，配备双臂结构，冲压线生产

节拍为 10 ~ 15 件/min；②较大的灵活性，所有运动轴均可编程；③稳固的横杆结构使工件传输更加平稳，无颤动；④端拾器横杆上采用内置式多自由度调节装置，提高了工件传送过程中的变位灵活性；⑤可减少设备占地面积，缩减土建投资。

(3) 机器人

机器人搬运的串联式冲压线的特点是：整线结构简化，可以实现自动端拾器更换，大大提高了作业的安全性。机器人通过端拾器和运动轨迹的调整，更加柔性化，产品适应性强。同时，机器人机构简单，成本低廉，体积小。冲压线常用 6 轴或 7 轴机器人，机器人自动化线 SPM 约为 5 ~ 10，压力机间距为 6.5 ~ 10m，超过 8m 需要使用 7 轴机器人。单台机器人约 80 万元，机器人主要用于多品种、小批量、速度较低、投入较少、和老线改造的生产线。

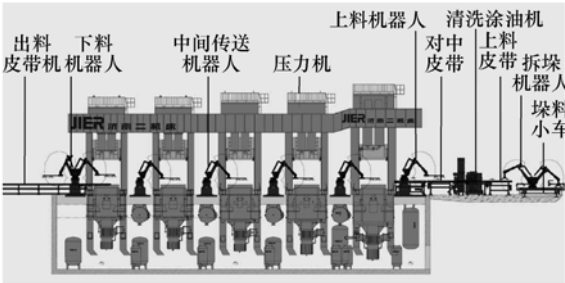


图 13 机器人自动化线示意图

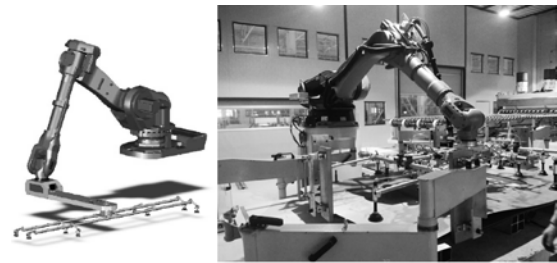


图 14 机器人方式示例

(4) 多工位压力机传输装置

多工位压力机是进行高效、大规模冲压生产的冲压设备，集机械、电子、控制和检测为一体，实现了冲压生产高速、高精度和全自动化，代表了目前国际冲压成型的高端技术。多工位压力机将一个零件的各道加工工序按冲压顺序布置在压力机的各个工位上，在滑块的一个行程中完成全

部工序加工；相同的工作台，等高的模具，各工序节拍一致，生产一个零件的周期缩短到 4.5 ~ 5s，而且占地面积小，人员使用少。制作多工位压力机的厂家主要有瑞士 Gudel、德国舒勒、日本小松、西班牙法格、济南二机等，多工位压力机系统成本较高。多工位压力机常用的传输方式分为三种，分别为三坐标送料、夹板式送料和多模式送料。

1) 三坐标式送料主要用于长形、窄性和不易变形的冲压件。这些冲压件的外形需借助于安装在每一个送料杆上的夹钳，在冲压件的前部和后部拾起冲压件。所以，冲压件必须很平整，无任何翘起和塌陷，才有利于冲压件的拾起。

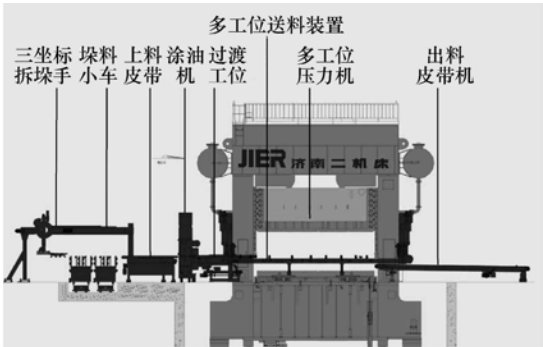


图 15 多工位压力机自动化线示意图

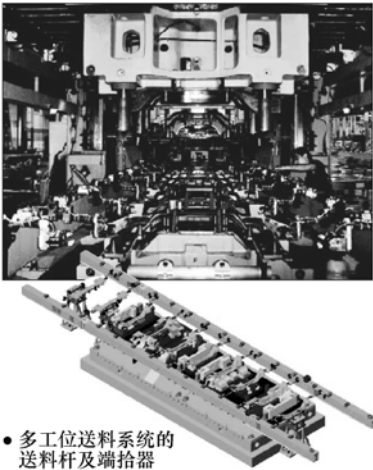


图 16 多工位压力机自动化线示例

2) 夹板式送料可以借助于电子多工位送料的提升和传送，把工件从一个工位传送到另一个工位。夹板悬挂在模区上部，吸盘安装在夹板上，借助吸盘拾起工件。这种送料方式最适于拾起易于

塌陷的大型冲压件。此外,这种方式也适合每次行程加工两个和更多的单附着件或两个附着件。

3) 多模式送料为三坐标和夹板式组合形式。多模式送料通过使用最有效的送料方式(三坐标或夹板式)几乎可以加工任何工件。每一组移动工作台都可以适于这两种送料方式。转换时间与换模时间相当,不超过5min。

3. 线尾出料系统

线尾出料系统由出料输送带、照明、工件检验台、人工或自动装箱机构及控制系统等构成。主要任务是将成品冲压件输送至合适的位置便于装箱(或自动装箱),并为冲压件检测提供条件。由于人工检查的灵活性特点,常用人工检查及人工装箱方式。



图 17 线尾出料系统示例

三、冲压线自动化选型

1. 冲压自动化的选型

冲压自动化的选型就是要在拆垛系统、自动传输系统和线尾出料系统中选择组合的过程。冲压自动化的选型受多方面的因素影响,要在满足产量和冲压质量的前提下寻求效率投资收益率最大化。

(1) 产能核算是选型前必需工作,产能核算结果直接决定生产线的种类及投入数量,也就直接影响投资。产能核算影响因素:生产节拍(spm)、综合故障率(由设备工装故障及生产组织等问题造成的停线时间比例)和单次换模时间等。

(2) 根据冲压实际状况和投资预算选择合适的拆垛系统,例如仅有一条冲压线,冲压质量有清洗需求,则需要配备在线清洗机,如果有离线清洗设备且清洗能力可以供应冲压需求,就没有必要选择自动化中加入在线清洗机;如果冲压线

产品结构复杂,异形件较多可以考虑光学对中,可以有效降低成本和提升效率。如果产品结构简单,批量较大,且对中效果要求较高可以考虑机械对中。如果投资预算有限且对对中精度要求不高,可以配置重力对中台。

(3) 自动传输系统的不同是区别自动线系统不同的重要部分,根据冲压实际状况和投资预算选择合适的传输系统。根据事业计划分解冲压计划,明确冲压能力需求,确定冲压生产线配置。由于自动化不能脱离压机单独使用,所以在自动化方式的选择上也要综合考虑压机的投资。自动化的价格远低于冲压线价格,所以不要因为自动化跟不上压力机的能力而浪费压机的投资。

(4) 如果是老线改造,必须建立在压力机间距、滑块行程、模具自动化状况的基础上,选择相匹配的自动化方式。

2. 冲压自动化选型技术要求

(1) 滑块行程,必须保证上下料手抓取工件水平运动过程中端拾器与上模最低点及下模最高点保持足够的安全空间。

(2) 同一生产线模具闭合高度相差不宜过大(最好一致);下模尽可能装有制件到位传感器;模具安装槽的位置尽量统一(可以减少自动夹紧器的数量,降低成本);废料能够顺利排出工作台外(部分排料困难位置加冲顶装置);成型类模具配备制件顶松装置(如弹顶销或顶出气缸)和避免出现较大的斜楔机构,尽量多采用旋转斜楔。

(3) 对钢板毛坯料垛的规整程度有更为严格的要求。如果料垛不够整齐,会造成磁力分张效果差(易产生双料现象),拆垛手抓取板料位置不够准确等问题。

四、结论

综上所述,冲压自动化包含线首拆垛系统、自动化送料系统和线尾出料系统,每个系统中又有不同的子系统和分类,构成了冲压自动化的多样化和复杂化。冲压自动化的选型需要综合考虑产能与产量、产品结构、压力机和模具参数状况等因素,选择相匹配的自动化方式,寻求投资效益最大化。

广告客户索引 Advertisers' Index

亚德客国际集团	广告号码 491	北京凯奇数控设备成套有限公司	广告号码 460
AirTAC International Group	front Cover P4	Beijing CATCH CNC Equipment Co., Ltd.	P12
开天传动技术（上海）有限公司		江苏科瑞斯机件有限公司	
KTR Co., Ltd.	inside front cover	Jangsu KRIUS Machine Parts and Accessories Co., Ltd.	P13
约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司	广告号码 41	哈尔滨量具刃具集团有限公司	
Heidenhain	inside back cover	Harbin Measuring & Cutting Tool Co., Ltd.	P14
CCMT2016	back cover	三一重型机器有限公司	
GF 加工方案		SANY Heavy Machine Co., Ltd.	P15
GF Machining Solutions	P1	美孚工业润滑油	
西门子（中国）有限公司数字化工厂集团	广告号码 89	Mobilindustrial Co., Ltd.	P16
Siemens Co., Ltd.	P2	保定向阳航空精密机械有限公司	广告号码 34
埃马克机床（太仓）有限公司.....	广告号码 428	Baoding Xiangyang Avitation Precision Machinery Co., Ltd.	P17
EMAG Machine Tools (Taicang) Co., Ltd.	P3	柯昆（昆山）自动化有限公司	
亚德客国际集团	广告号码 491	KANKUN Co., Ltd.	P18
AirTAC International Group	P4	《世界制造技术与装备市场》杂志	
卡尔蔡司（上海）管理有限公司.....	广告号码 488	WMEM magazine	P19
ZEISS Co., Ltd.	P5	重庆机床（集团）有限责任公司.....	广告号码 128
沈阳机床（集团）有限责任公司	广告号码 36	Chongqing Machine Tool (Group) Co., Ltd.	P20
Shenyang Machine Tool (Group) Co., Ltd. P6		台北国际数控机床暨制造技术展	
健椿工业股份有限公司	广告号码 459	MT duo	P21
KENTURN NANO TEC Co., Ltd.	P7	北京北一机床股份有限公司	广告号码 47
山东法因数控机械股份有限公司	广告号码 38	Beijing No1 Machine Tool Co., Ltd.	P23
Shandong FIN CNC Machine Co., Ltd.	P8	上银科技有限公司	广告号码 398
涌镇液压机械（上海）有限公司.....	广告号码 486	Hiwin Technologies Corp.	P24
Yongzhen Hydraulic Machinery (Shanghai) Co., Ltd.	P9	天津第一机床总厂	广告号码 88
北京阿奇夏米尔技术服务有限责任公司	广告号码 24	Tianjin No. 1 Machine Tool Works	P25
Agie Charmilles	P10	南京工艺装备制造有限公司	广告号码 70
武汉华中数控股份有限公司	广告号码 90	Nanjing Technical Equipment Manufacture Co., Ltd.	P27
Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd.	P11	马波斯（上海）商贸有限公司.....	广告号码 414
.....		MARPOSS	P28

表 2 自动化线选型一览表

项 目	机器人自动化线	单臂机械手自动化线	横杆式双臂传输高速线	单滑块多工位压力机生产线
单条线自动化成本（含清洗、涂油、对中）	约 1400 万	约 2500 万	约 3500 万	约 1800 万
生产线速度/spm	5 ~ 10	8 ~ 12	10 ~ 17	12 ~ 25
综合 SPH	320 ~ 350	460 ~ 480	520 ~ 550	720 ~ 760
生产适用性	多品种，小批量	多品种，中批量	多品种，大批量	少品种，大批量
生产灵活性	高	一般	一般	低
生产稳定性	低	一般	高	高
运行模式	单次	同步连续	同步连续	同步连续
压力机间距/m	6.5 ~ 10	6.5 ~ 10	5 ~ 7	—
滑块行程	900 ~ 1.2	1 ~ 1.2	1.2 ~ 1.4	1.2 ~ 1.4
装模高度	小	较大	大	大
对模具要求	相对较低	一般	较高	较高
适用范围	老线改造	新线，老线改造	新线	新线
发展趋势	一般	一般	已成大件生产主流	已成大件生产主流

参考文献：

[1] 陈浩. 冲压自动化的对中方法比较 [J]. 自动化应用, 2011 (8).

[2] 顾振宇. 全球工业机器人产业现状及趋势. 上海科学技术情报研究所, 200031

[3] 夏坤, 徐涛. 工业机器人发展及应用研究 [J]. 广西轻工业, 2008 (8).

[4] 桂方亮, 桂方才. 金属板材冲压装备自动化技术现状与发展趋势 [J]. 合肥工业大学学报, 2009, (32).

[5] 陈立新. 工业机器人在冲压自动化生产线的应用 [J]. 机械设计与制造, 2010, (10).

[6] 舒方武. VMT 视觉定位解决方案 [M]. 2010.

从展会看机床产业的变化

——EMO Milano2015 展会观感

中国机床工具工业协会行业发展部 郭长城

10月5日至10日，随协会代表团参观了2015 EMO 米兰国际机床展。EMO 米兰展是欧洲的大展，也是世界的机床大展，当今世界业界著名的厂家、顶尖的产品全都汇集于此。通过参观展览，观察各个厂家的展品，与各国展商和协会交流，能得到很多信息，在此仅就从展会和展品所反映出的国内外机床工具产业的变化谈一点个人感受。

一、全球机床工具及其相关产业地域分布更加集中

本届展会共有1600余家展商，来自42个国家和地区。初略统计，意大利490家，德国401家，瑞士99家，三个国家合计990家，占总展商的62%；台湾129家，中国大陆109家，日本63家，韩国38家，四家合计340家，占总展商的21%，上述7个国家和地区的展商数占展商总数的83%。另据主办方（CECIMO）发布的数据，2013年EMO 汉诺威展的展商总数2133家，来自43个国家和地区。其中德国、意大利和瑞士三国合计1268家，占59%；中国、台湾、日本，韩国四国（地区）合计415家，占19.4%，7个国家和地区占展商总数的78.6%。

从两届展会的展商来源国看，参展企业越来越向欧洲的德、意、瑞和亚洲的台、中、日、韩集中。虽然各国参展企业数受展会特点和主办地点的影响较大，但也能客观地反映出全球机床工具及其相关产业在逐步向这7个国家和地区集中。东欧、北美的一些较知名的机床企业近些年经历了被兼并、转行，甚至倒闭的洗礼。美国这次参展企

业数量虽然不少（36家），但真正意义的机床企业只有格里森（Gleason）、哈挺（Hardinge）、哈斯（Haas）等少数几个，像辛辛那提这样的老牌知名公司在这么重要的展会上已经看不到了。偌大一个俄罗斯就只有两家企业参展，不能不让人对其相关产业的长远发展产生疑问。

二、国内企业参展情况发生较大变化

据展商手册统计，中国大陆本届展会有109家参展商，位列第四位。数量虽多，知名企业少，磨料磨具、工具刀具企业较多，贸易公司也占一定比例。中国企业总的展出面积较2013年汉诺威展有大幅下降，只是2013年汉诺威展的一半（约2000平米，汉诺威4300平米）。

国内展出企业情况有较大变化，近年来在汉诺威和美国芝加哥都高调展出沈阳机床、大连机床、北一等国内大型重点企业，都没展出。一些中等规模或民营企业在本届展会表现较为活跃，如普什宁江、浙江日发（与其并购的MCM公司联合参展）、山东威达、北京精雕、株洲钻石、上海工具等。

三、产品与技术发展思路的变化

本届展会各类展品约6000台套，主办方按细分产业大体上分为7大类：金切机床、其他类机床（成形机床等）、计量及检测设备、功能部件、工具模具、自动化产品（控制系统、机器人）、技术服务产品。

金切机床类约600台，可以说是五花八门，各种结构形式功能特性的机床都有。给我印象最深的是德国、瑞士、意大利的一些小公司展出的专

业化全自动加工制造单元，其特点是加工对象专业化强，机床结构复杂，加工工序、工艺复杂，效率极高，可以说从原料到成品完全实现了自动化。例如意大利的 BTB TRANSFER 公司展出的“液压多通道接头”自动化加工单元，集车、铣、钻、拉削、磨于一体，结构相当复杂、紧凑，整体框架结构，各种功能刀架和工件夹持机构近 20 几个都布置在框架中，刀库 4 个，各类刀具近 300 把，上下料机械手配置在机床内部，配有全自动工具和刀具测量系统，激光打标，工件可终身追溯，效率极高，每小时可生产 530 个成品，产品质量、一致性不合格率在千分之二以下。据介绍，该公司几十人，1985 就开始专注于此类零件的加工，近 30 年积累的经验，目前主要市场是欧洲和日本，今年在中国也有突破，他们认为自己的优势就是专业、高效、稳定，用户买一台机床就相当于买个工厂——可实现无人化运行。这次展会象这种专业化全自动加工制造单元展品有 10 几台。

另一些很有特点的展品是专门围绕某一领域的某类零件开发的。例如专注于汽车、航空、航天等领域的某种类型零件的加工机床在本届展会上占相当比例。比如奥地利的 WFL 公司展出的 M50MILLTURN 卧式车铣加工中心，该公司在多次国际大展上展出此类型机床，专门用于内燃机曲轴、燃气轮机涡轮轴、飞机起落架等材料特殊结构复杂的轴类零件加工，这次展出的产品在刀架功能和加工程序上又有较大的提升和优化。欧洲原来一些生产通用产品企业也在向专机类转型，例如捷克的 Fermat 公司原本是一家较知名的生产通用落地镗和刨台镗的企业，这次展出了一台铁路车轴专用成形磨床，带自动测量，自动砂轮修整，做镗铣床的企业做磨床，跨越很大，要下很大决心。

这次展会在主机展品方面给我最大的感受就是“专”和“精”，“专”到比用户还要了解他要加工的零件，“精”到加工质量和效率让用户都感到吃惊，让竞争对手望而却步，而且在专和精的基础上不断完善自动化和智能化。这是欧洲和日本一些优秀企业一直坚守的，也是最值得我们借鉴的。MAZAK 和 DMG MORI 这样的大集团，看起

来什么都做，实质也离不开“专”和“精”的路子，他们的各种各样产品大部分是由几个系列的功能模块组成，根据用户要求的功能和工件特点，可以很快组成相对“专”而“精”的主机产品出来。现在看来不仔细研究用户的需求不行了。

四、全球重型机床制造产业在转型

本届展会重型机床企业和展品集中在 1 号馆，在展会的东南角，从位置上就让人感觉重型机床被边缘化了，不那么重要了。实际情况也是如此，上世纪 90 年代欧洲的一些知名重型机床企业就开始走下坡路了，幸运的是 2000 年后中国对重型机床的大量需求救活了这些企业，但随着中国基本建设及工业化进程的放缓，他们和国内大多数重型机床企业一样都面临着生存危机，这种现实状况在这次展会上反映的尤其明显。世界老牌的重型企业主要集中在德国、意大利、捷克，EMO Milano 展就在他们的家门口，但意大利的因赛（Innse berardi），德国的科堡（Waldrich coburg）、希斯（SCHIESS）都没有主机参展（只展了一个部件）。德国的济根（Waldrich Siegen），捷克的斯柯达（Shoda）两个知名的大公司根本就没有参展。

但有一个值得大家思考的现象，原来一些在业内并不属于重型范畴的企业在越来越多的介入重型领域的产品，例如德国的 Zimmermann，意大利的 Pama、Parpas，西班牙的 Zayer 等，原来只做中型规格机床或大规格轻型，近年来他们改变了重型机床的高刚性、重载荷、大扭矩、重切削的传统理念，采用高速切削、快速移动、高复合功能，使机床轻量化，同时还保证了切削效率和加工精度。这些企业在这次展会表现活跃，在中国市场卖的也很好。

就在我们要离开展会时得到一个信息，没有参加本届展览会的德国济根（Waldrich Siegen）公司刚刚得到了中国船舶重工的一个大订单，据说总合同额 2.6 亿人民币，如果情况属实，该公司又有救了。

由于考察时间和个人能力水平所限，以上感受不妥之处请多多指教！□

聚焦 EMO MILANO 2015

中国机床工具工业协会 杜志强

欧洲国际机床展览会 2015（米兰）于 2015 年 10 月 5 日至 10 日在意大利北部城市米兰的 fieramilano 展览中心举办（见图 1）。本届展会共有来自世界 100 个国家和地区的 1600 余家展商参加，总展出面积 12 万 m²。展会主题是“让我们构建未来（Let's build the future）”。

众所周知，近些年来全球经济正经历着前所未有的和错综复杂的形势和变化，新旧经济模式急剧转换，新技术、新变革、新理念层出不穷，区域经济运行震荡分化，经济复苏乏力且下行压力持续增加，贸易保护主义

抬头和贸易摩擦加剧等等。受此影响，全球机床工具行业也处于深度调整和洗牌的过程中，如何应对环境变化？如何实现发展模式的转变？如何适应和面对未来的新变化？这些问题已成为全球机床工具业界普遍关心并不断思考和探究的焦点，也衍生出不少应对设想和尝试性方案，如德国倡导的《工业 4.0》、中国提出的《中国制造 2025》、美国推进的增材制造技术和全球热捧的机器人应用等。

EMO MILANO 2015 的主题“Let's build the future”正试图向业界同仁阐述欧洲将要构建的未来是什么？又将如何去构建未来？这体现了对欧洲产业当前焦点问题的思考和探究。

欧洲机床展览会一直以来就是全球机床工具

技术发展趋势的风向标，这里集中展示最具技术发展前沿的新技术、新工艺和新产品。近年来，随着对业界同仁加大对产业发展方向的深度战略性思考和研究，新理念和交叉科技应用也逐渐成为引人注意的重要展示内容。

下面将结合展会的展示信息，围绕未来发展方向（目标）、如何构建未来（技术）和最新技术趋势（展品）三个方面向大家介绍 EMO MILANO 2015 的展示情况。

一、未来发展方向

要构建未来，首先就要先搞清未来究竟会发展成什么样？什么是未来发展的主要方向？这是立足于战略层面思考和解决发展问题的必经环节。实事求是地讲，发达经济体和相关机床工具产业同仁在这方面要领先于我们。只有清晰梳理产业环境和需求，才能明确符合自身发展实际的目标，进而确定最终实现的路径。如果直接人云亦云地切入实操层面，不仅不会实现弯道超车，很有可能因为舍本逐末而谬之千里。从本届展会上，或多或少地可以厘清国外同行在未来发展方向上的逻辑思路，其分析方法和思路是值得我们借鉴和在产业规划实践过程中予以参考的。

从本届展会反映的情况看，未来发展方向主要体现在三个方面：

1. 资源配置最优化是总前提

欧美等发达国家和地区在规划发展战略时，一定是从应对社会问题和长期发展需要的角度逐级分解各层次和各领域的战略目标，形成相应支撑作用的战略措施和任务，并围绕上述任务配置各产业的资源。在这种模式下，最大化地实现整合社会资源支撑社会发展的目的。目前，欧洲面



图 1

临的主要社会问题是严重的人口负增长和老龄化、资源紧张和经济发展低迷，基于欧洲社会环境和自然环境的实际情况，其发展战略选择的是走集约型发展战略，并通过再工业化恢复欧洲在制造领域的传统优势和地位，以实体经济的复苏解决就业压力进而提振欧洲经济。

从上述战略层面的意图分析，基于历史形成的高水平成本因素（人力成本、能源价格、资源开发限制和环保要求等），要想其制造业在竞争过程中战胜成本相对低廉的新兴经济体，吸引资本留在本区域，只能通过最大限度地提高资源使用效率和劳动生产率，形成优于竞争对手的成本和质量优势。也就是说要追求资源配置最优化下的差异化竞争。因此，在这个总前提下，就能理解欧洲为何在大力发展智能化、集成化制造系统来替代离散型制造系统，以及以“工业 4.0”为代表的通过信息技术提升传统制造业信息交流和共享。这些战术层面的措施都是为了呼应和支撑欧洲持续发展战略目标的实现。

德国西门子公司是“工业 4.0”的提出者和实践先导，本次展会围绕“工业 4.0”进行了全面的展示。从图 2 的主题展板内容看，西门子对“工业 4.0”的认识还处于一个不断发展的过程中（On the way to Industrie 4.0）。目前主要的做法是以数字化制造为基础，提升用户在成本、灵活性和效率方面的竞争力，并形成涵盖从设计到制造到服务的价值链。主要是为了解决欧洲制造业企业竞争力提升的问题。



图 2

2. 提高效率是主要目标和研究内容

如上所述，欧洲制造业作为提振欧洲经济的再工业化战略的重要组成部分，不可避免地要在优化资源配置和提高劳动生产率方面下功夫。这

样才能对冲其劳动力短缺、人力和能源成本高企的不利因素，形成优于竞争对手的价值优势。因此，对于欧洲制造业和机床工具制造商来说，如何提高资源（人力、能源、原材料等）的使用效率是实现欧洲发展和竞争战略的主要目标和研究内容。

如图 3 所示，从提高效率的角度看，目前欧洲再工业化战略的主要研究内容分为三个层次。

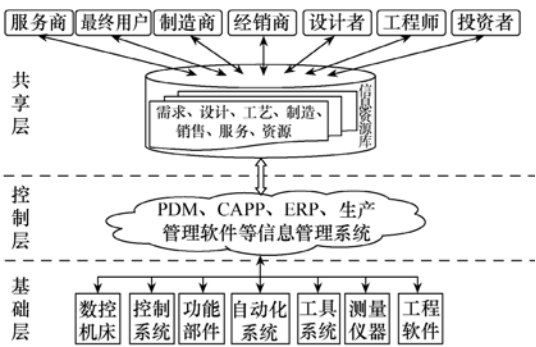


图 3

(1) 基础层面（软硬件）

为了保证加工效率最大化，并最大程度地适应欧洲社会和资源条件，欧洲机床制造商正在大力研究高效、复合、绿色的智能化、自动化机床和制造系统，进而研究满足上述要求的数控系统、功能部件、自动化系统（工业机器人和上下料装置）、工具系统、测量仪器和工程软件等。通过对上述软硬件的研究，在满足多品种、大批量、个性定制制造需求的前提下，形成高效、集约、低能耗、高自动化、操作维护简便的制造系统。该系统可实现欧洲制造业升级目标中构建与自然和谐相处，并贴近城市的制造工厂的设想。高自动化和操作简便降低了对劳动力要求的门槛，有利于促进就业。因此，先进软硬件研究属于基础层，欧洲机床制造商都在持续大力研究，相应成果在本届展会上也有很多展示。

(2) 自动化、智能化控制层面（控制层）

在具有高效、自动化和绿色特征的制造软件基础层之上，就是为了实现对实体机床和制造系统进行管理和信息交换的控制层。该层面基于计算机、互联网和信息技术的成果，实现对基础软硬件层的实时控制和资源优化管理，为更高层

次共享硬件资源和交换信息提供后台处理和支撑。该层技术和软件向下可延伸到基础层的控制、测量和反馈环节，向上与信息共享层交接。这部分目前属于工业 4.0 概念中基础控制部分涉及的范畴。

欧美机床制造厂家纷纷围绕“工业 4.0”提出各具特色的实践方案，核心是以先进制造技术为基础，借助计算机和信息化技术提升制造信息共享的效果和效率。图 4 为西门子提出的机床制造数字化应用，图 5 为格里森公司 APP 软件“Gleason 4.0”齿轮智慧制造解决方案。



图 4



图 5

(3) 信息共享层面（价值实现层）

信息共享层面属于较高层级和前沿的研究领域，基于成熟的基础层技术和不断完善的控制层，最终实现需求实现过程各环节参与者共享各自专有信息，并以最低成本和最高效率的方式获得各自需要的资源，在产业链中不断形成价值，并推动产业链向价值链转变。举个例子，通过这套体系，消费者提出的汽车个性化定制需求可以第一时间被设计者接收形成设计方案，相应制造商可在投资方得到融资支持，并寻找合适的制造资源完成汽车制造，交给流通环节的经销商交付用户，之后有专业的服务商为用户提供产品全生命周期的售后服务。由于资源得到充分共享，制造商可以在用户没付一分钱的情况下开始生产，同样也可以在不用进行大规模投资或技改的基础上完成

新车型制造，以轻资产的模式完成了传统制造体系不可能完成的任务。正由于没有厂房、设备和仓储投资等方面成本的摊销，用户得到定制汽车的价格并不会高于传统大批量制造的汽车，同时产业链上的各方在资源高效使用的作用下得到各自的价值回报。因此，该层可以称为“价值实现层”。

“价值（value）”取代高精、高效等技术表述，成为本届展会上出境率最高的关键词，为客户创造价值成为关注点（见图 6）。



图 6

3. 加强共享是主要模式

通过对欧洲再工业化战略实施途径的梳理，以及欧洲现有的条件和基础，目前欧洲机床制造业基本具备未来制造系统中基础软硬件支撑的条件，所以其主要的研究方向放在如何优化控制层并实现信息共享的最大化，这也是工业 4.0 研究的主要内容。由于欧洲人力资源短缺，制造资源又相对分散，通过技术手段加强信息共享，可以使智力的载体——人，从所属的单位、地区和时间上解放出来，这将极大提升欧洲在创新和高端制造领域的竞争力。所以说，加强共享将成为欧洲提升制造业竞争力的主要模式。

二、如何构建未来

通过对未来发展方向的分析可以看出，在欧洲对未来的认识中，使社会资源（能源、原材料、劳动力等）得到有效和最优化的配置是其规划未来发展模式的出发点和落脚点，即我们常说的集约经济发展模式。实现该目标的主要手段就是最大化地提高效率（单位劳动生产率、资源利用率），降低成本和投入来形成竞争中的比较优势。鉴于欧洲当前技术的发展水平（资本雄厚、技术

领先、社会稳定等)和社会实际(承载资源条件有限、劳动力短缺、社会福利成本较高等),提高效率的主要模式或途径就是加强资源周转和共享。因此,不难理解为何欧洲推出以数字制造和互联网为基础推进信息共享的工业4.0,大力发展高效、复合和智能化制造系统,以及开发应用工业机器人自动化系统等发展战略和技术研发计划。这是根据欧洲社会条件、产业环境和基础下,实现产业发展的必然选择。

对于如何构建未来,从展会的情况可以归纳为以下三个方面:

1. 必备基础条件

要实现欧洲制造业的复兴,再工业化的目标和物质基础必须是具备性能先进、自动化程度高和节能环保的制造系统,以及支撑这些制造系统的单元技术、机床主机、控制系统软件和配套零部件等。因此在本届展会上,主要展商还在大力展示其加强专有技术、工艺和产品研究方面的成果,这些成果也将成为撑起未来欧洲机床工业向更高层次发展的基石。

2. 交叉技术应用

交叉技术领域应用也是本次展会值得关注的地方。为了适应再工业化战略对机床工业提出的更高要求,满足新模式、新业态对制造业和机床工业提出的新需求,新技术和传统技术的交叉与融合已经成为业界普遍认为是一条可行、合理的升级路径。这比通常认为的新技术对传统技术,新产业对传统产业,采取颠覆和替代的做法显得更加成熟和理性,相信这是通过不断实践得以证明的。比较有代表性的有增材制造技术与数控切削技术融合形成的新型复合加工机床,工业机器人、加工机床和测量仪器组成无人化制造单元。交叉技术成果的应用将使制造系统更完善、效率更高。

3. 人力资源配置

在构建未来的框架中,人的因素和作用是不可或缺和至关重要的。欧洲同行对此十分重视,而且理解十分深刻。没有相应人力资源的支撑,忽视人在就业、创新中能动性的发挥,是不可能实现如此庞大和艰巨的欧洲工业复兴战略的。因

此,对人力资源要素的重视被体现在企业经营、技术和产品研发的各个环节。

(1) 社会层面:扁平化的社会收入分布,人力资源可以合理的在社会各阶层分布,形成合理的就业环境,有利于劳动力的长期培养和合理消费。

(2) 基础研究层面:加强对研究人员和团队的社会保障,以产业资本投入引导科研方向和科研团队建设,提高研究水平和解决实际的能力,提升科研质量和效率。

(3) 产品技术层面:通过高效、自动化加工技术研究和应用,降低使用者门槛的同时提高劳动生产率,形成成本竞争优势;通过节能环保技术研究和应用,降低工厂等制造环节对资源的依赖性,有利于构建贴近消费市场(城市)和劳动力居住地(社区)的制造基地。



图 7

三、最新技术趋势

在上述战略指导思想和产业政策影响下,EMO MILANO 2015 展会上有不少与之相关的新技术、新产品,也有不少传统技术的升级。可以说是以“条条大路通罗马”的方式,为实现欧洲复兴,乃至面向世界先进制造技术的未来,而不断探索。

本届展会的最新技术趋势和特点体现在以下几个方面:

- 五轴加工技术和复合加工技术的应用更趋成熟和广泛,模块化配置更加灵活。
- 制造技术自动化、集成化需求更加普遍,加工效率不断提高。
- 磨削加工技术在量变中寻求质变突破。
- 特种加工技术应用面进一步扩大。
- 高效和提供全面解决方案成为刀具应用的主要杀手锏。
- 数控技术不断践行进化论,智能和可扩展

成为基础能力。

- 功能部件体系化，应用客户化。
- 测量技术集成应用成为先进制造系统的重要支柱。

- 辅助软件成为制造系统性能提升的变速器。

下面分别简要介绍：

1. 五轴加工技术和复合加工技术的应用更趋成熟和广泛，模块化配置更加灵活

五轴加工技术和复合加工技术作为满足复杂零件高端制造需求的主要手段在性能指标、适用性和可操作性方面更加成熟。采用上述技术的机床在制造领域应用也更加广泛，从最初航空航天领域的复杂精密结构件和曲面加工领域（单件小批），逐步扩大到汽车零件（缸体、结构件）、人工关节等大批量制造领域。同时，不断优化的动态特性弥补了原来五轴加工效率不高的短板，特别是与复合加工技术结合，真正实现零件在一次上下料过程中完成全部加工的功能。将原来一个制造单元的功能进一步浓缩到一台机床上，空间更紧凑，加工效率和精度也更高。

本届展会上，国际主流厂商都展示了更新的五轴加工机床和复合加工机床展品，比较有代表性的展品有：

(1) DMG – MORI 集团

本次展会上，DMG – MORI 集团共展示了 40 台高档机床展品，展示面积 2400m²。其中，有 10 台机床展品属于首次推出，分别属于铣车复合加工机床（2 台）、万能数控车床（1 台）、自动车床（1 台）、卧式加工中心（3 台）和经济型立式加工中心（3 台）。下面主要介绍一下五轴加工机床和复合加工机床展品方面的新特点。



图 8



图 9 ecoMill 600v/ ecoMill800v/ecoMill 1100v
经济型立式加工中心

- 加工规格更大，适用面更广

从展示的 6 台五轴加工机床和复合加工机床展品的规格看，其中 3 台属于新推出的更大规格



产品，分别是图 10 NLX 6000/2000 万能数控车床 NLX6000/2000 万能数控车床，CTX gamma 1250 TC 和 CTX gamma2000 TC。

NLX6000/2000 万能车床最大加工长度 2000mm，卡盘夹持直径 450/530/600mm，工件最大直径 $\phi 920\text{mm}$ ，三种规格的钻孔主轴直径分别为 $\phi 185\text{mm}$ （1500r/min，45kW，7021N·m）、 $\phi 285\text{mm}$ （1000r/min，45kW，12061N·m）和 $\phi 375\text{mm}$ （500r/min，45kW，12082N·m）。

CTX gamma 1250 TC 和 CTX gamma2000 TC 属于该系列产品中卡盘夹持直径最大的（ $\phi 450\text{mm}$ ），加工规格分别为 $\phi 700/1300\text{mm}$ 和 $\phi 700/2050\text{mm}$ 。X/Y 轴的行程更大，分别加大了 150mm 和 70mm，加工柔性更大。

①直驱技术进一步应用

随着对机床加工性能需求的不断提高和直驱技术研究应用的不断深入，直驱技术在高性能机床上的应用趋势更加广泛。本次 DMG – MORI 集团展示的展品中，除了传统产品中已经应用直驱技术的以外，在新推出的 10 种展品中有 6 种采用直驱技术。

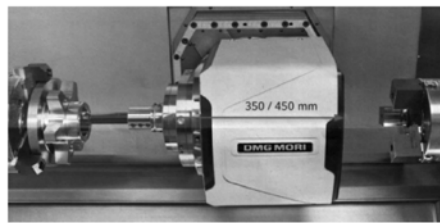


图 11

CTX gamma 1250 TC 和 CTX gamma2000 TC 采用直驱可实现 Z 轴上 1g 的加速度快移；车铣主轴单元（compactMASTER）采用直驱技术使结构更紧凑，B 轴增加 170mm 的空间，同时扭矩达到原来的 120%（最大 220N·m）。

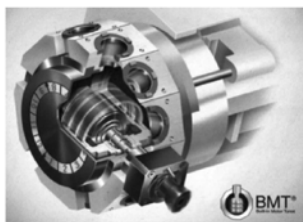


图 12 DMC 100 U duoBLOCK 五轴
万能可交换托盘加工中心

NLX6000/2000 万能数控车床采用内装直驱电机结构型式铣削主轴的刀塔 (BMT turret), 可实现 4000r/min 和 117N·m 的高效铣削功能, 并极大地降低了发热和振动, 热变形误差 $<0.5\mu\text{m}$ 。

DMC 100 U duoBLOCK 五轴万能可交换托盘加工中心采用直驱技术的最新 5X - torqueMASTER 电主轴, 扭矩提高 80% (达到 1300N·m), 最高转速 8000r/min, 平面铣削加工弹簧钢 (50CrV4)



图 13

工件的最大材料去除率可达 $821.9\text{cm}^3/\text{min}$ 。

②性能提高, 能耗降低

通过结构优化、新技术与新部件应用, 五轴加工机床和复合加工机床的综合性能不断提高, 具体表现为高精度、高材料去除率、多功能复合和低能耗等相结合的高效加工能力提升。改变了之前五轴加工机床和复合加工机床在效率、成本方面的劣势, 使复杂集成制造技术对传统离散式制造模式的替代成为可能。

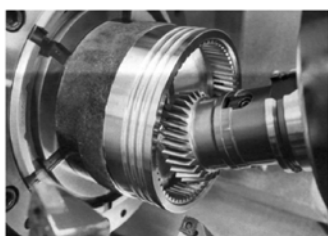


图 14

CTX gamma 1250 TC 和 CTX gamma2000 TC 除了可实现一般复合加工机床车铣加工以外, 还可以实现刮齿加工功能 (gearSKIVING), 齿轮最大模数 4mm, 效率是齿轮成型加工方法的 8 倍, 齿轮精度达到 DIN7 级以上, 可实现内外直齿和斜齿齿

轮的高效加工。

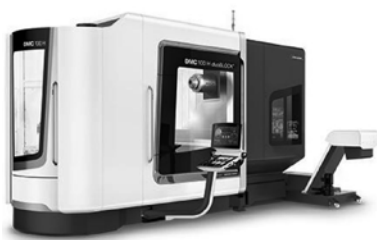


图 15

根据多年经验研发的生产型高精度磁性直线和角度反馈元件应用于机床的位置和角度测量系统, 使分辨率提升到 $0.01\mu\text{m}$ 。振动阻尼可达 250m/s, 冲击阻尼可达 450m/s。不仅精度性能优于传统玻璃光栅 10 倍以上, 而且在应对恶劣加工环境和机床安装环境适应性等方面表现优异。

通过部件集成、结构优化和加工性能匹配, 五轴加工机床的能耗大幅下降, 对使用环境要求进一步降低。DMC 100 U duoBLOCK 和 DMC 100/125 H duoBLOCK 的能耗下降 30%。

③操作更加人性化, 直观简便

五轴加工机床和复合加工机床的重要研究方向就是一直以来都在降低机床操作难度上下功夫, 以降低机床的使用门槛。在 CELOS 操作系统平台和功能软件的支持下, 相关机床操作使用更加直观简便的像使用智能手机一样。用户不仅可以在 CELOS 平台上直接通过三维设计软件和后处理程序直接生成加工代码程序, 还可以通过不断完善 APP 应用软件实现持续管理、文档查看、任务单、加工过程和机床数据的显示功能。采用基于 APP 的互动操作模式使操作准备时间减少 30%, 检索重要信息时间减少 50%, 并支持基于工业 4.0 下的网络化、智能化制造。

(2) MAZAK 公司

MAZAK 公司在本届展会上的口号是“一切都是为你 (It's all about you)”, 通过展示典型加工工艺和机床, 体现其产品和技术以用户需求为导向的发展理念。展区共展示五轴加工机床和复合加工机床 9 台, 占全部展示机床的 40% 以上。虽然新推出的展品和技术不多, 但实用性、体系化和面向应用的展示方案, 比较全面地展示了 MAZAK 公司的技术实力和发展水平。

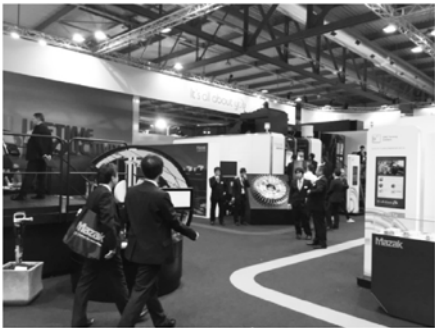


图 16

在五轴和复合加工技术方面比较突出的理念和展品如下。

①复合加工技术实现“一次加工完成 (DONE - IN - ONE)”



图 17

通过不断发展和完善的复合加工技术，可以从真正意义上在一台机床实现“一次加工完成 (DONE - IN - ONE)”的技术跨越。“一次加工完成 (DONE - IN - ONE)”理念是指在一台机床上实现对零件毛坯进行所有工序的加工，并直接得



图 18

到最终成品的工艺过程。由于实现了将传统多工序离散式生产线布局集成在一台机床设备上，所



图 19 INTEGREX e - 670H 铣车复合加工机床

以采用这一新工艺可以大大减少生产周转时间，提高加工精度，减少厂房面积，设备投资成本，降低和减少操作要求，并改善工作环境等。因此，这一工艺理念不仅可以简化生产体系，而且可以提升生产管理。

“一次加工完成 (DONE - IN - ONE)”是目前世界范围内复合加工技术研究者追求的终极目标。从最初加工方法的复合 (车铣复合、车磨/铣磨复



图 20 INTEGREX e - 1600V/10S 车铣复合加工机床

合、齿轮加工、五轴曲面加工等)，到现在不同工艺的集成 (上下料、焊接、热处理、加工、测量、清洗、打标等)，越来越接近实现一次装卡完成所有加工的目标。这一进步的背后不仅有对不同工艺和设备的深入研究，更重要的是要有对具体用户领域典型制造工艺的深入了解，并不断跟踪和积累。只有成为某领域的资深用户工艺专家才能承担起复合加工技术和设备的研究和开发。

②五轴加工机床向用户需求导向演进

五轴加工机床自诞生之初就是在用户特殊加工需求的推动下，不断从对五轴加工技术实现的研究，向对用户具体五轴加工需求深入研究演进。从本届展会的展品看，突出表现在五轴加工机床的专用性展示要超过单纯的技术性演示，而且生产应用的五轴机床展品都针对面向的具体用户领域有不同的调整。由于这种针对性的研发，五轴加工机床在平衡精度和效率方面有很大提升。



图 21

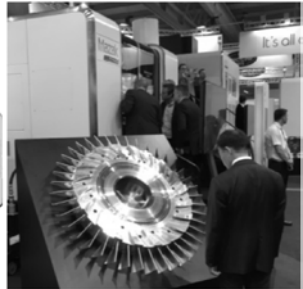


图 22

最新的五轴加工机床 VARIAXIS i-1050T, 面向大型复杂盘类零件曲面加工, 复合了完全的车削能力。机床配置 10000rpm (37kW) 高速电主轴 (可选配 BT50/BBT/HSK - T100/CAPTO C8) 和 500rpm (37kW) 车削转台, 最大工件尺寸 ($D \times H$): $\phi 1260 \times 900\text{mm}$ 。VARIAXIS i-1050T 采用 SmoothX 型数控系统控制。

除了上述用于大型整体叶盘零件加工的五轴加工机床以外, 用于人工关节、增压器叶轮、航空结构件等不同加工用途、工艺和材料的五轴加工机床也在结构和软件上进行针对性调整。这一变化已成为五轴加工技术发展中新的趋势。

(3) 其他

复合加工技术最新的发展趋势中, 跨技术领域的复合也是一个发展较快的亮点。突出的代表就是增材制造技术 (AM) 和车铣 (铣车) 复合加工技术的再复合, 形成从毛坯制备、局部异性材料生长到一次装卡全部加工的全新集成制造工艺。随着研究的深入, 该技术和样机已经逐步形成在实际应用领域的试验, 并不断拓宽应用领域的范围。本届展会上比较有代表性的展品如下:



图 23 不同结构和材质的增材制造加工零件, 越来越多地应用于工程领域

①DMG - MORI 公司的 LASERTEC 4300 3D

DMG - MORI 公司继研发首台 LASERTEC 65 3D 复合加工机床之后, 又推出更大规格的增材制



图 24

造和五轴车铣加工中心 LASERTEC 4300 3D, $X/Y/Z$ 轴行程: $750/210/1550\text{mm}$, 增材制造规格 ($D \times L$): $\phi 600\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 。该机床由于采用激光喷头直接熔敷堆积成型的方式, 加工效率是铺粉式增材制造技术的 20 倍。双工件主轴 (C 轴) 结构, 可以工件交换夹持实现六面体加工。下刀架可以在需要的时候充当车铣加工过程中的辅助支撑。激光头功率 $3 \sim 10\text{kW}$, 可以胜任熔敷堆积、热处理和焊接等不同工艺要求, 可以将不同材质的金属结合在一个零件上。

②MAZAK 公司的 INTEGREX i-400AM

本届展会上 MAZAK 公司继续展出 INTEGREX i-400AM, 在展示样件中可以看出其应用的对象和加工方式进一步扩展, 可以进行空间三维曲面的增材制造。该机床配备高速和



图 25

高精度两种激光熔覆头, 可实现快速造型到精细金属沉积的切换。这种方法还能修复磨损或损坏的零部件, 如航空涡轮叶片等。INTEGREX i-400AM 具有完整的 5 轴加工功能, 实现对增材制造之后的零件进行精密、高效的切削加工。这种集成化的加工制造技术特别适合小批量、复杂和难加工材料零件的制造场合, 如航空航天、能源领域的钛合金、镍基合金等难加工材料零件制造, 医疗设备领域高精度特种合金零件等。



图 26

图 27

③WFL 的 M80 铣车复合加工机床

WFL 公司是一家在全球大型铣车复合加工技术领域知名的奥地利公司。该公司在本次展会上展出了复合激光增材制造功能的 M80 铣车复合加

工机床。具有模块化设计理念的 M80 铣车复合加工机床通过集成带有 6kW 大功率激光器,既可以在零件上进行熔覆堆焊造型,还可以对存在磨损可能的工件表面进行硬化处理。借助优异的铣削、车削和内腔加工制造技术,大大拓展了复合加工技术和机床的应用领域。



图 28

这些务实和深入的研究不仅让我们看到增材制造技术广阔的发展前景,也引起我们对于跨技术领域研究重要性的关注。“跨界融合”应该成为技术升级中的一个重要途径。

本届展会上还有许多国际一流机床制造商展示了不同规格和用途的五轴加工机床和复合加工机床,或多或少地都在印证该领域共同的技术研究和应用变化趋势。由于不同的制造商在历史传承、发展理念和服务的领域各不相同,于具体实践上又呈现出各具特点的景象。表现比较突出的有以下公司和展品。



(a)

(b)

图 29

日本 OKUMA 公司通过传感器反馈的机床物理信息,综合应用亲和和概念、防碰撞系统、加工导航、五轴加工控制等(右图的标识自左向右依次表示)实现对机床的智能控制,控制变形、磨损产生的误差,抑制振动,自适应控制提升机床的加工精度和效率。

友嘉(FFG)集团作为全球拥有最多机床品牌的跨国公司,规格从大到小各具特点的五轴和复合加工机床也展示很多。特别是此次展示的 LINX

35 高架桥式龙门五轴加工机床(子品牌 JOBS 公司,见图 30b)可用于大型航空结构件和汽车覆盖件模具的高效精密加工,数控轴最大行程(X/Y/Z): 6200mm/5000mm/2500mm,数控轴最高速度 75m/min。现场展示的是空客飞机机翼蒙皮模具加工演示零件。



(a)

(b)

图 30

GROB 集团是世界范围内少见的采用五轴加工机床加工汽车发动机缸体缸盖零件的厂家。本次展会上推出第二代 G350 五轴加工中心(见图 31),机床宽度较第一代缩小 453mm,达到 2000mm,空间更紧凑。换刀时间提高接近 50%,达到 2.7s (chip to chip)。



图 31

2. 制造技术自动化、集成化需求更加普遍,加工效率不断提高

在欧洲以提高效率为主要目标的发展战略引领下,机床制造商也纷纷推出各具特色的高效制造系统解决方案。从提高整个系统的效率角度考虑,就不仅仅是开发高效的加工机床主机,还包括与之配套的测量、运输、分拣等环节的集成。因此,本届展会上一个突出的看点就是通过自动化、集成化的制造系统提高生产效率,这也逐渐成为技术发展的一个主要趋势。

(1) 自动化信息和物流系统成为串起新型制

造系统珍珠链的主线



图 32

从本届展会上众多厂家展示的新型制造系统反映的特征看，系统应具备解决制造需求的完整的功能集成，即以零件加工、测量、搬运和信息管理等方面的功能需求为目标构建整个系统。其中，将各个关键功能单元连接起来，并保证系统有效运转的就是自动化信息和物流系统，就像串起珍珠项链的主线。



图 33

自动化信息和物流系统由工业机器人、物流系统、制造信息管理软件和数据库组成，根据零件制造工艺需要实现零件和物理信息在制造系统中各环节间的传递。

图 34 是西门子展示的“工业 4.0”下，新一代车间管理系统中的基础是数字化生产功能，以及对应的技术方案。通过对机床和制造系统物理信息的数字化提取，实现多平台、多环境下的信息管理。



图 34

(2) 制造系统集成度更高，功能更丰富

自动化制造系统是智能化工厂的基础和组成，由于机床在复合加工技术和多轴联动加工技术方面的不断发展，制造工艺方法的集中度越来越高，一台复合加工机床代替原来多台机床；同时制造过程中的辅助工序（测量、清洗、打标、物流存储等）在信息通信技术和工业机器人应用的支撑下，也集成到制造系统中来。这一新变化，使得未来的自动化制造系统的占地面积更小、功能更丰富、自动化程度和集中度更高。理论上，可实现毛坯装入到成品完成的全自主、无人化的制造。

图 35 是韩国 DOOSAN 公司展示的由物料存储、数控机床、测量仪器和关节机械手组成的自动化制造系统演示区，向参观者展示了在“工业 4.0”思想下实现集成制造的解决方案。



图 35

(3) 仿生学研究成果成为自动化、集成化制造系统的基础

仿生学研究和成果将成为智能制造系统发展的基础。从当前最具代表性的工业机器人在自动化、集成化制造系统的应用看，就是完全按照对人和有关生物运动特性和结构机理的研究，在工程方面进行复现，以打破人的生理极限，并提升制造系统的柔性 and 自主性能力。在人工智能、自动化控制与驱动和信息通信技术不断发展的基础上，工业机器人已经具有感知、协作等人的初步功能，基本满足搬运、分拣、测量等环节的工作要求。

图 36 是日本 FANUC 公司推出的世界最有力的搬运机器人，最大承载 2.3t，最大半径 3734mm；图 37 是安装测量装置的关节机器人，用于三维建模；图 38 是搬运机械手和测量机械手模拟生产线协作。



图 36



图 37

图 38

从图 39 看用于生产线上零件检测分选的工业机器人已经做成人形外观，由此看来，仿生学



图 39

研究应用已经成为工业自动化研究的一个重要思路。

但从该项研究所处的阶段看，还远没有达到顶峰。现在的仿生学与自动化制造技术的交叉融合还是离散的、局部的、形似的借鉴。造出人形机器人（或局部功能部件）应用于制造系统代替人仅仅是比较初级的阶段。更先进的智能制造系统应该从模仿生物（当然包括人）繁衍、创造的机理入手，向具有系统化、智能化和可进化等特征的生物型制造系统发展。

3. 磨削加工技术在量变中寻求质变突破

本届展会上展出的磨床展品涉及外圆磨床、内圆磨床、平面磨床、非圆磨削机床（曲轴、凸

轮轴磨床）、成形磨床、工具磨床和立式磨床等，万能型、复合型磨床或磨削中心比较普遍。世界知名的磨床制造商（如联合磨削集团、勇克公司、哈挺集团、TOYODA 和达诺巴特公司等）均有展品参展。从整体展览情况看，目前世界范围内磨削加工技术领域具有突破性技术进步的产品并不多，但对极限精度和规格的挑战还在不断进行，相信通过持续的量变积累会在技术方面有质的突破。下面介绍一下比较具有代表性的联合磨削集团（UNITED GRINDING）和勇克公司的展示情况。

（1）联合磨削集团（UNITED GRINDING）

联合磨削集团（UNITED GRINDING）是涵盖磨削加工技术领域的综合性集团。主要产品板块



图 40

有：外圆磨削（STUDER、SCHAUDT、MIKROSA），平面及成形磨削（BLOHM、JUNG、MÄGERLE），工具磨削（WALTER、EWAG）。本次展会上主要展品情况如下。



图 41

①Studer S41 是最新一代的数控万能外圆磨床。它采用了很多先进技术，比如改进的 StuderGuide®导轨系统，高精密的直线电机驱动，超高速 B 轴（砂轮架）直驱接受，以及更广泛的磨削头类型选择。最大砂轮宽度 225/275mm，最大磨削长度 1000/1600mm，最大工件重量 250kg，X 和 Z 轴进给速度 0.001 ~ 20000mm/min。砂轮架直接驱

动且分辨率为 0.00005°，最多可布置四个砂轮。头架主轴（C 轴）伺服控制，可用于成形和螺纹磨削，人造花岗岩床身 S103。通过 StuderWIN 操作软件实现最简单的操作和编程。编程软件 StuderGRIND 可在机床控制台或者外部电脑上直接建立磨削和砂轮修整程序。

②Mägerle MFP 50 是用于高效加工的新型成形磨削中心。Mägerle MFP 50 以独特的结构形式将紧凑型设计、灵活性和高性能结合在一起，形成具有五轴联动加工功能的磨削加工中心（其中复合了钻、铣削功能），可用于各种高精、高效工件的集成制造环节。MFP 50 通过高速



图 42

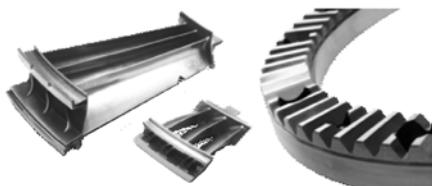


图 43

移动、缩短非生产时间和快速更换刀具实现最高的生产效率。工件可通过一次装载完成各种工艺，包括磨削、铣削和钻孔。两轴伺服控制的冷却喷嘴可实现五轴联动加工情况下的冷却液精确定位喷射。最高主轴转速：10000r/min。通过伺服控制的金刚石滚轮修整器可实现砂轮的实时修整和自动补偿功能，保证在难加工材料连续高效磨削过程中砂轮的形状精度和磨削性能。该机床可与自动机械手、测量机和其他辅助设备组成智能化制造系统。



图 44

③WALTER HELITRONIC DIAMOND 通过工艺集成的设计理念，开创了适应未来刀具加工市场的先河。在一台机床上同时实现电加工（EDM）和传统的刀具磨削加工的集成。可适用于 PCD、CBN、HSS、硬质合金、陶瓷材料刀具的加工。工作范围（X/Y/Z）：480/320/700mm。X/Y/Z 轴最高快移速度：50m/min。C 轴：± 200°，A 轴：750r/min，线性分辨率：0.0001mm。角度分辨率：0.0001°。最大砂轮直径：φ200mm，磨削主轴转速：0 ~ 10500r/min。工件最大重量：30kg。机床采用 FANUC 数控系统，安装 HELITRONIC TOOL STUDIO 加工辅助软件，实现工件设计、编程、加工仿真和加工控制功能，方便快速编程和简化操作。

(2) 勇克集团

勇克集团是世界上生产型高效磨削技术的领先者，其独树一帜的超高速 CBN 砂轮“点磨法”



图 45

图 46

磨削工艺在汽车零件高效磨削制造领域大量应用。本届展会上的口号是“精度伙伴（Partner for precision）”，这是对企业发展理念的诠释。今年收购了巴西的 ZEMA 公司，布局南美市场。这次展会上，勇克集团首次展示 ZEMA 用于轴类加工的外圆磨床，以及三台磨削滚动体、刀具毛坯和球螺母内螺纹的勇克磨床。

①JUMAT 1S/30 KGi 磨削球螺母内螺纹

通过在上下料龙门架上集成轴向和径向定位，将磨削辅助时间极大地缩短，加工节拍更短。

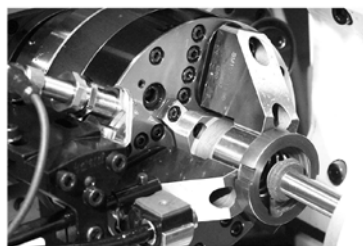


图 47

磨床对球螺母内螺纹的磨削表面质量更高，同时机床更紧凑。

②JUPITER 125 滚动体无心切入式磨削

JUPITER 125 无心外圆磨床可用于磨削诸如滚



图 48



图 49

动体类的圆柱体工件，根据应用可选配刚玉或 CBN 砂轮，将这种圆周磨削工艺与 CBN 砂轮相结合，特别是在大批量生产时凭借其持久耐用的砂



图 50

轮，显示出明显的生产率优势。无心磨削方式由于是在整个砂轮宽度上同时磨削，这样不仅在大批量加工，小批量生产时也显著地缩短加工时间。

③Lean Selection speed 刀具毛坯外圆磨削

通过一次装夹在刀具毛坯加工中实现更多的磨削工艺。砂轮头架带回转轴（B 轴），可安装一个或两个高能磨削主轴，使用 QUICKPOINT 点磨工艺工作。改进的自动化系统实现迅捷的上下料。

④GH - 1000 使用刚玉砂轮磨削曲轴

ZEMA 公司展示 GH - 1000 型数控磨床，可用于精密磨削曲轴法兰端和小头端。该磨床的 X 和 Z

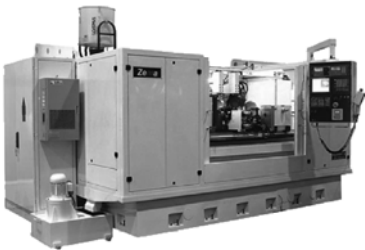


图 51

轴都安装静压导轨，磨削主轴也同样采用静压轴承，适用于汽车工业中工件的大批量磨削加工需

求，如十字节或传动轴。

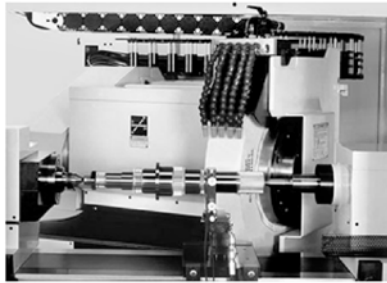


图 52

4. 特种加工技术应用面进一步扩大

电火花加工、线切割加工和激光加工成为本次展会特种加工技术领域主要应用方面。上述特种加工技术应用的适应面在不断扩大，在以往高精度、复杂型面特殊材料加工应用基础上向高效、低成本制造需求领域扩展。

(1) + GF + 集团

本届展会上可以看到其以客户为中心的要旨：为制造商们增加生产力、精度、利润率和生产灵活性。另外，+ GF + 集团的中心主题是“为您定制加工方案”。其涵盖了 + GF + 集团所有技术领域的加工方案，以及为客户提升劳动生产率的服务。

本次展出的内容包括铣削、放电加工、机翼加工解决方案、激光纹理加工、自动化、夹具、主轴和客户服务，这些展示内容体现出 + GF + 集团是世界上能提供工模具和精密零件制造解决方案的领先供应商之一。在展会上首次展出的包括 Mikron MILL P 800U 超高速铣削加工中心、CUT E 350 慢走丝线切割机床、提供激光纹理加工解决方案的系列产品 LASER 400，另外还有为铣削、电加工和激光技术提供沟通服务的客户服务最新 rCon-



图 53

nect 交流平台。还突出 + GF + 集团加工方案在工模具行业、高价值零件制造行业和高附加值客户服务等领域的专业知识，以及在航空航天制造等重点领域的专业解决方案。

(2) Sodick 公司

本次展会上，Sodick 公司展示了该公司最新的技术和产品，主要包括：OPM250E 增材制造和铣削复合机床，VL600Q 线切割机床、SLC600G、AP250L 和 AG60L 精密线切割机床。



图 54

①OPM250E 增材制造和铣削复合机床

全新的 OPM250E 增材制造和铣削复合机床将 3D 打印技术和直驱铣削中心集成在一起，满足精密零件在 3D 打印工艺方面的全面解决方案需求。

OPM250E 的增材制造采用铺粉式激光烧结的形式，可完成空间几何形状的冷却管道的成形，并且最后由高速铣削完成精加工。可以方便地用于工程设计阶段的原型设计，从而可以避免加工条件、调整 and 工具选择方面的限制。

②VL600Q 线切割机床

该机床 X/Y/U/V 轴采用直线电机驱动和绝对式位置反馈，加工区域尺寸：1040mm × 780mm，最重工件 700kg，X/Y/Z 轴行程：600mm/400mm/270mm，这使机床具有更宽的加工适用范围。



图 55



图 56

③AP250L 高精度线切割机床

该机床集成了 Sodick 公司多项先进技术，如 LP2W 控制器、自动串丝技术（AWT）和精细拾取功能（FT II），提供了线切割加工需求方面最高的技术解决方案。由于可达到更小的放电间隙，能够达到更高的表面质量，最高表面粗糙度（ R_a ） $<0.15\mu\text{m}$ 。采用直线电机驱动可以得到出色的定位和加工精度，以及快速响应。



图 57

(3) EWAG 公司激光加工机床 LASER LINE PRECISION

随着金刚石刀具的需求不断增大，对更硬切削材料（如：CVD 金刚石）的加工受磨削和电火

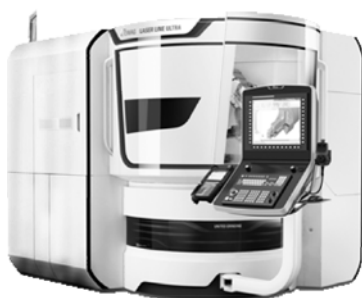


图 58

花加工技术的限制，加工效率较低。采用激光加工的 LASER LINE PRECISION 在柔性化、加工质量和生产效率方面都有很大的提高。另外，由于与传统磨削和电火花加工工艺不同，激光加工不对工件产生接触力，也不使用冷却润滑介质，采用现代化超短脉冲激光器能直接将切除的材料汽化蒸发，所以被加工的刀片材料特性得到保持，加工表面质量也达到最佳。

该机床具有独特的运动机构布局，配备一个 5 轴联动机床运动机构以及叠加式 3 轴激光射线导向机构。因此，LASER LINE PRECISION 适用于加工各种刀具，采用最先进的超短脉冲激光技术能在一次装夹中就完成所有加工工序。回转类刀具接口：HSK63A，刀具最大直径： $\phi 200\text{mm}$ ，刀具最大长度：250mm。直线精度：0.0001mm，角度精度：0.0001°。

(4) 雷尼绍公司 AM250 激光熔融（金属 3D 打印）系统

展会上展示了采用增材制造技术的激光熔融系统 AM250。该技术利用高能光纤激光将金属粉

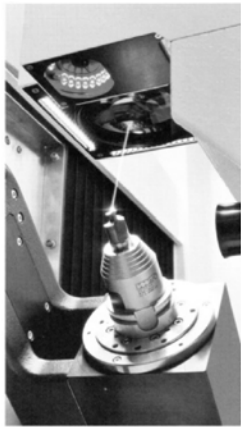


图 59

上展示了世界上首款金属 3D 打印自行车架。

AM250 具有真空室抽空系统，内部充有高纯度氩气，用于产生高质量空气环境。特别是在用钛等活性材料制造时，氧气含量必须尽可能低。使用全密闭焊接真空室可以最大程度降低气体消耗量。该系统也可以在氮气环境中制造非活性材料。

AM250 有一个带阀联锁装置的外部送粉器，可以在操作过程中，允许再向系统中添加材料。可以使用通用升降机，拆下送粉器进行清洁或换料时更换送粉器。粉末溢出收集容器位于真空室外侧，具有隔离阀，可以在系统运行时，将没有使用的材料过滤，通过送粉器重新送入系统。通过手套式操作箱进行安全更换过滤和系统粉末处理，最大程度避免用户与材料或辐射物接触。

AM250 可加长 Z 轴行程（选项），能够生产长达 360mm 的零件。加工所需文件和数据的准备工作可在办公室离线完成，加工文件辅助软件为高端用户提供了实用的过程开发工具。

5. 高效和提供全面解决方案成为刀具应用的主要杀手锏

在切削刀具展品方面，提供加工工艺全套解决方案是各大国际品牌的杀手锏和核心竞争力。各大展商的展台都设计的简洁通透，主要展台上都以应用领域为区分，分别展示着围绕不同领域的典型加工零件或工艺形成的全套解决方案。在此之后是各种先进工具系统和新技术应用等。

(1) WALTER 公司

①具有内冷却功能的切削刀具和刀柄，用于高效切削场合，提升切削效率。其中，精密车削冷却技术可以直接喷射冷却液到车刀切削接触点，用于不锈钢、高温合金材料加工时可以延长 30% ~ 150% 的刀具寿命，相同寿命下可提高 100% 以上的切削速度，提升断屑能力，冷却压力可达 10bar 以上。

②WALTER 全能（Walter Multiply）品牌 – 提供更丰富的全套切削解决方案。不同于传统的刀具优化，更关注客户的工艺过程。从刀具采购到准备和使用，再至刀具重磨，确保最高的生产效率。



(a) (b)

图 60

末熔化，然后根据三维 CAD 数据直接形成多用途三维零件。可用于定制牙科和医疗植入物、轻质的航空航天和赛车零部件、高效的热交换器、带共形冷却通道的注塑成型刀片等方面。本次展会

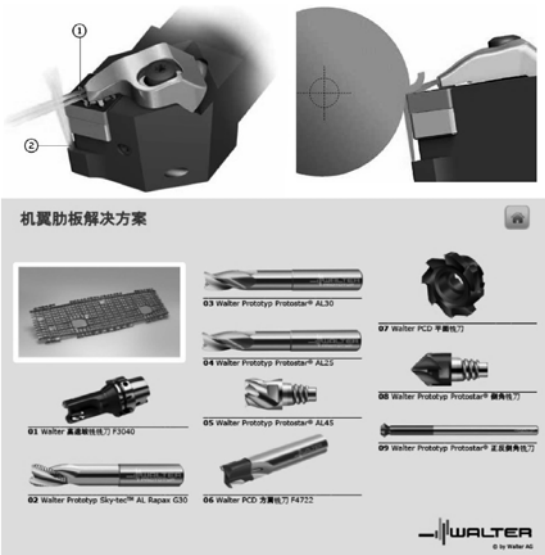
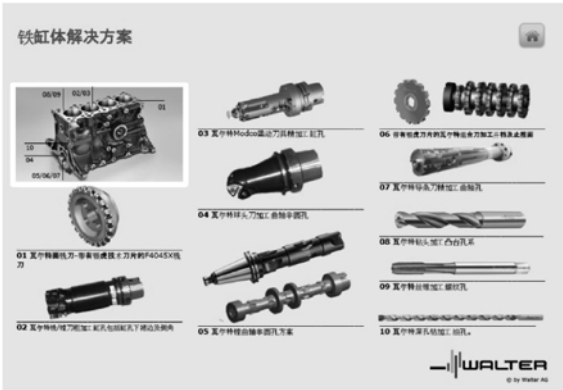


图 61



(a)



(b)

图 62 WALTER 公司针对部分应用领域提出的
典型用户工艺解决方案

典型工艺方案涉及航空航天（发动机、机身、机翼、起落架）、汽车（发动机、变速箱、喷射系统和制动系统）、能源（燃气轮机、蒸汽轮机、发

电机、风电和水电设备）、轨道交通（转向架、道岔、车轮和车轴）和非标解决方案。

(2) 其他

SECO、KENNAMETAL、伊斯卡等公司也基本是按照典型工艺解决方案或技术产品集合的方式展示本公司在高效、高精和多用途切削领域的最新技术成果。



图 63

6. 数控技术不断践行进化论，智能和可扩展成为基础能力

毋庸置疑，其他机床制造技术领域进步只能让机床发育得更“强壮”，而数控技术领域的突破才可以使机床进化得更“聪明”。在新需求的推动下，数控技术向更加高性能、更加智能、网络化控制的方向快速发展。另一方面，数控技术的不断发展也引领相关制造领域控制性能和使用功能的跃变。目前，在数控技术研究应用领域有两大阵营，一个是以西门子、FANUC、三菱为代表的专业数控系统厂商，其主要以数控系统平台为各专门领域提供二次开发服务；另一个就是以 DMG - MORI、MAZAK 等大型机床制造商为代表的，围绕加工方案、机床控制和制造系统集成形成的数控系统。这两个阵营既有互动，又泾渭分明，但都在解决共同的产业应用问题而践行各自的设想和理念。有如生物进化，由低级向高级、由单细胞向多细胞再向社会群体发展，类高级生物的智能化技术、通信交互技术和可扩展性成为发展的潮流和方向。

(1) 专业数控系统厂商

西门子和 FANUC 等专业数控系统厂商由于面对更广泛的应用需求和繁杂的应用平台，所以在解决方案的全面性、各系统间的兼容性和发展目标的系统性上要更胜一筹。



图 64

基于对未来需求的研究，专业厂商们都提出面向跨平台的全面技术发展思路 and 解决方案。包括生产工艺系统的自动化解决方案、多机床制造



图 65

系统的网络化、智能化控制、制造信息交互系统等。这些技术最集中的代表就是西门子为首提出的“工业 4.0”。



图 66 西门子展示的“工业 4.0”技术内涵示意图

另一个比较引人注目的是本次展会上专业数控系统厂商基本都与工业机器人紧密联合。FANUA 公司自有的丰富工业机器人展品与数控技术展区合为一体；西门子公司和 KUKA 公司比邻而居，从展位布置上基本是联合展示的架势，可见双方是有深度战略合作的。

(2) 机床制造商

在数控技术研究领域一个最大的变化，就是具有丰富工程应用经验和研发实力的机床制造商开始推出实用化的数控系统。这一类数控系统的专用性更强，与本公司产品技术的结合更紧密，在提升机床和自动化制造系统整体性能的同时，也有利于公司产品在用户应用领域的深钻和扩展。本届展会上比较突出的代表有 DMG – MORI 公司的 CELOS 数控系统，MAZAK 公司的 SMOOTH 数控系统和 OKUMA 公司的 OSP suite 数控系统。下面分别介绍主要技术特点。

①DMG – MORI 公司的 CELOS 数控系统

CELOS 数控系统是 DMG – MORI 公司引领机床智能化、信息化和网络化技术需求发展潮流研制的新一代数控系统。最大的特点是底层实现不同平台环境的信息共享和连接，资料信息、文档、加工数据，甚至 CAD/CAE/CAM 软件都可以直接使用，这极大地方便了机床管理者和使用者，提高了工作效率，方便信息共享，也降低了管理使用成本。另一个特点是类似智能手机的交互式操作和可扩展的应用软件 APP。不仅可以简



图 67

化操作和便于应用功能的拓展，也迎合了未来劳动者使用习惯。新一代劳动者对智能手机和 iPad 平板电脑的熟悉度和使用习惯将很大程度地促进其对 CELOS 数控系统的接受和欢迎。从功能到操作的全面考虑是 CELOS 数控系统应对未来需求变化的应对之策。

由于 DMG – MORI 公司是一个产品线非常广、

应用经验非常丰富的中高端机床制造商。在其丰富的技术储备、长期用户工艺应用实践经验积累、良好业绩和雄厚财力支持下，成功推出专有 CELOS 数控系统就不足为奇了。这也是开发专有数控系统过程中，成功与失败之间的基本界线。

②MAZAK 公司的 SMOOTH 数控系统

2015 年 MAZAK 公司陆续推出了 SMOOTH X、SMOOTH G 和 SMOOTH C 三个型号的数控系统。其中，SMOOTH C 是在本届展会上正式推出的。



图 68

SMOOTH 系列数控系统虽然与 CELOS 数控系统相比，在时尚的外观、未来应用和功能扩展性上有所差异，更像一台传统数控机床的控制系统。但在后台信息交互、加工性能控制和生产管理协调方面确实如其名所示，实现了“顺化 (SMOOTH)”的效果。特别是在生产管理方面，凭借 MAZAK 公司多年自动化、无人化工厂的管理经验和技术储备，生产管理功能更强大。

SMOOTH X，五轴加工控制功能，世界最快的 CNC，更高的进给响应和转速（可实现高效刮齿功能），快速编程界面，光顺的转角控制等。

SMOOTH G，四轴以下伺服控制功能，可用于加工中心和车削中心，覆盖从 2 轴到 MSY 功能（铣削功能、副主轴和 Y 轴）的机床控制。

SMOOTH C，属于入门级的控制系统。

③OKUMA 公司的 OSP suite 数控系统

更加侧重解决工程实际应用，新一代的智能化数控系统 OSP suite 面向制造业的升级需求。其配置 19 英寸显示屏版 OSP suite 适用于复合加工机床和 5 轴控制加工中心，迎合“物联网”时代的“制造业数字化”需求。近期开发的配置 15 英寸显示屏版 OSP suite 适用于多种机型的数控车床和加工中心，进一步促进制造业生产效率的提高。



图 69

7. 功能部件体系化、应用客户化

本届展会上，围绕智能化、自动化机床和制造系统需求的功能部件展品非常丰富。主要涉及自动装夹部件、主轴和进给零部件、辅助支撑部件、转台、液压组件、净化器和线缆管路拖链等方面。从配套性上看，基本实现体系化，不同规格、不同用途、不同性能的功能部件为实现自动化、智能化、高精高效制造提供集成解决方案。

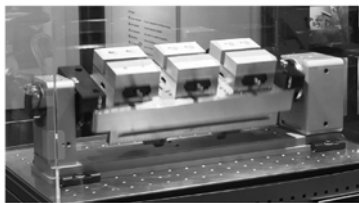


图 70

从功能应用上看，各类功能部件最大的变化就是更加注重客户需求，通用型的“大路货”功



图 71

能部件越来越少，面向特定领域的专用型功能部件成为主导。比如，用于智能手机和平板电脑高速加工的自动装夹部件，用于汽车发动机缸体缸盖零件加工的生产线装夹夹具部件等。

8. 测量技术集成应用成为先进制造系统的重要支柱

测量技术及产品不仅是精密制造技术和控制技术的结晶，也是实现精密制造和控制的重要支

柱。随着当今制造领域自动化和高精高效加工需求的日益广泛,测量技术不再游离于生产制造环节之外,也不是影响制造节拍的瓶颈环节,通过总线技术、网络化连接、在线/在机测量集成技术等手段,已经深度融合到整个自动化制造系统中,成为保证制造精度和提高加工效率的重要支撑技术。本次展会上就有许多这方面技术解决方案和应用实例的展示。

(1) MARPOSS 公司的 BULE

本次展会上,意大利 MARPOSS 公司新推出网络信号总线概念和相应产品 BULE。通过应用该技术可以实现数控系统和测量头、动平衡、防碰撞装置更简便连接起来。每个装置都有一个独立的 IP 地址,通过网络可以方便地实现车间级的连接和控制,有利于测量系统集成和数据的实时共享。



图 72

(2) 雷尼绍公司全套现场测量解决方案

雷尼绍公司则面向新兴制造领域和制造领域的新需求,展示一系列用于制造现场的测量解决方案,主要聚焦于测量速度、能力以及可操作性的全面升级。重点展示的产品有全新 Equator™ 比对仪软件、全新 MODUS 2 测量软件包、新型“即付即用”机床测头系统以及简便的单轴对刀仪。

①全新 Equator™ 比对仪软件

雷尼绍灵活的 Equator 比对仪现在配有全新开发的 INTUO 比对测量软件和行业标准 TP20 触发式测头。INTUO 可使各种工件的比对测量过程变得简单和自动化。减少了比对测量的不一致性,从而降低了废品率,同时确保识别出超差工件。方便于车间使用的比对测量软件实现高重复性过程控制,可在几分钟内完成编程,工程师仅需简单的培训,便可“上手编程”。

②全新 MODUS 2 测量软件包

MODUS 2 软件基于成熟的高性能 MODUS 平台,支持雷尼绍的三轴和五轴坐标测量机传感器

技术,并且在设计上兼顾易用性。创新的软件界面对新用户而言简单易学,同时还可加快编程速度。无论软件是与“在线运行”的坐标测量机连接还是在离线环境中工作,用户均可获得相同的体验,其中全面模拟速度控制有助于创建测量顺序和实现可视化。经过完全重新设计的软件界面引入了许多增强用户体验的创新,比如“规避表面”运动技术、智能测量方法、自动创建报告和交互式虚拟坐标测量机环境等。从简单的手动坐标测量机操作到多轴系统的复杂工件测量,MODUS 2 可自动进行智能调整,只提供完成当前任务所需的相关功能。可利用 CAD 数据智能提取功能和基本几何形状信息确定测量方案。不管怎样,测量方法的一致性是一个组织的核心部分,MODUS 2 允许用户协调采集数据的属性和参数来加强一致性,例如调整算法和滤波参数。

③新型“即付即用”机床测头系统

雷尼绍 Primo 系统采用“即付即用”商业模式,将最大限度减省前期成本、免费的全面培训软件包和即时更换服务等优点融为一体。

④测量范围加大的 RSP3-6 扫描测头

雷尼绍推出测量范围加大的 RSP3-6 扫描测头,该测头用于坐标测量机(CMM)上的 REVO

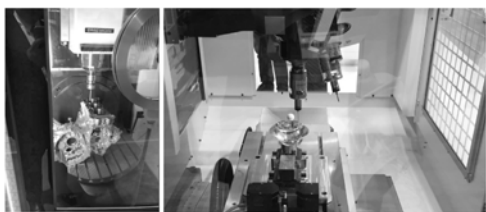


图 73

五轴测量系统。通过将长达 800mm 的加长杆与 REVO 五轴运动相结合,RSP3-6 测头提供的增强功能可进入深孔检测相关特征。RSP3-6 非常适合检测大型工件,例如建筑、采矿、汽车和国防工业所使用的重型机械体和组件。

另外,在机测头使用更普遍,特别是用于大批量、高精度制造环节的加工中心。这类产品和技术多家公司都有展示。

9. 辅助软件成为制造系统性能提升的变速器

最后,介绍一下制造辅助软件产品参展的情况。历届海外机床展会上,设计制造辅助软件都

是不可或缺的一部分。从设计制造辅助软件（CAD、CAE、CAM）的发展历程看，常常是伴随制造新工艺、新方法和新模式而不断提升。从



图 74

CAD 设计到 CAM 的集成，从二维到三维建模再到三维仿真和 CAM，从五轴加工复合加工到 3D 打印。可以说，现在中高端机床如果离开设计制造辅助软件几乎寸步难移。下面介绍展会上几个典型的辅助软件应用实例。

①自动测量建模

Metrologic 集团是激光扫描领域的专业制造商，致力于工业领域 3D 扫描软件和解决方案。2015 年推出的 Metrolog X4 v4 软件和关节机械手测量头组成的自动 3D 扫描建模解决方案，具有高性能（可以运行大尺寸文件、CAD 文件，点云文件等，全



图 75

新 64 位架构），全兼容（兼容所有的便携式测量设备，关节臂，激光跟踪仪，P. O. D. 系统），优化界面（完全自定义的操作界面，全新的手动测量辅助），自动数据更新（元素之间的动态连接，

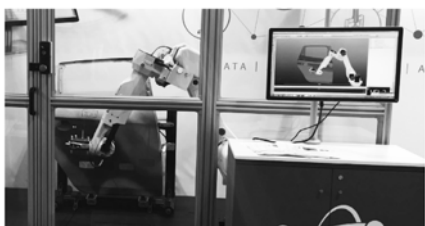


图 76

元素实时更新），加强的 GD&T 分析（所有的 GD&T 公差支持：ANSI & ISO，几何公差评价设置方便），点云分析高效（X4 是纯粹为了测量所设

计的 3D 检测软件，不做逆向工程）。

②辅助加工编程（CAM）

SolidCAM 公司的 iMachining 软件包与 SolidWorks 和 Autodesk Inventor 等建模软件无缝集成，同时也可以作为独立的 CAD/CAM 解决方案。iMachining 可以实现从 2D 到 3D 铣削，高速铣削加工，五轴铣削和仿真，车削和测量等制造环节的辅助编程功能。可用于汽车发动机、3C 制造、模具加工等领域。采用该软件的刀具路径规划和工艺向导功能，可自动计算加工的转速和进给速度，节省 70% 以上的加工时间，大幅延长刀具寿命。

四、结束语

综上对 EMO MILANO 2015 展会的大致情况进行了介绍，由于水平有限，展会情况介绍是按照对展会主题和欧洲机床制造业发展所反映的思路为主线展开，结合对相关特色展品和新技术发展趋势的较为详细的解说架构铺排的。通过对本次展会的参观考察和展会情况梳理，有以下几个深刻体会：

（1）世界发达经济体在其经济快速发展的阶段均完成了工业化，形成很强的工业化基础，这也奠定了向更高经济发展模式转变的基础。

（2）由于在赢利模式，投入产出比，人才培养等方面不可调和的矛盾特征，工业化阶段很难与其他阶段并行发展。

（3）要有体系化的战略研究和发展战略的研究体系，各个产业战略应是国家发展战略意图和目标的分解，国家战略要以本国国情和产业发展状况为出发点。

（4）对外交流和战略研究过程中，只重视对国外技术的跟踪，忽视对国外发展战略意图研究，将治标不治本，“越追越远，越赶越慢”。

（5）从几届展会的情况对比看，欧洲经济和需求的衰退非常明显，但其在积极作为以期对冲下行。与之相对，中国市场需求还有很大的释放空间，我们对此利用还完全不够。

（6）对比中欧机床制造业，完全处于迭代竞争状态。要想实现《中国制造 2025》中的目标，除了加大投入进行补课夯实基础别无他法。□

机器人冲压自动化生产线的构成及技术特点

济南奥图自动化工程有限公司 和瑞林 刘吉辉 苗金钟

【摘要】 机器人冲压自动化生产线正在汽车制造行业得到越来越广泛的应用。本文介绍了机器人冲压自动化生产线的组成形式，主要设备的结构与性能特点，以及典型控制系统；分析了机器人自动化生产线的特点及与专用机械手系统的对比。

2002 年，神龙汽车在国内第一次采用机器人改造了原来采用专用机械手的法国 Spieze 自动化冲压线。近十年来，神龙汽车、华晨金杯、奇瑞汽车、吉利汽车、长城汽车、东风日产、现代汽车、一汽解放、中国重汽、陕汽通家、东风小康等汽车厂或采购采用机器人的自动化冲压线，或采用机器人技术改造原有的人工冲压线，机器人在冲压工艺的应用得到广泛推广，渐成潮流。各个机器人制造厂也顺应时势，不断推出各种规格性价比越来越好的的冲压专用机器人，如 FANUC 就推出了 100P、150P、200P 三种规格的冲压专用机器人。

最近几年用工成本的直线上升，用户对汽车外观质量的要求越来越高，人工冲压线无论从制造成本还是冲压件质量都已经不能满足要求，许多为汽车厂提供冲压件的专业配套厂也纷纷上马自动化冲压线。本文总结了我们在冲压自动化行业近 20 年的经验，希望能对行业内的管理和技术人员有所启迪。

一、机器人冲压自动化生产线的构成

典型的机器人冲压自动化生产线包含如下几个部分：机器人、电控系统、拆垛装置、过渡皮带、板料清洗机、板料涂油机、对中台、线尾码垛系统、安全防护系统以及机器人端拾器。图 1 是平

面布置图。图 2 是上海汽车临港工厂冲压 2 号线的照片。

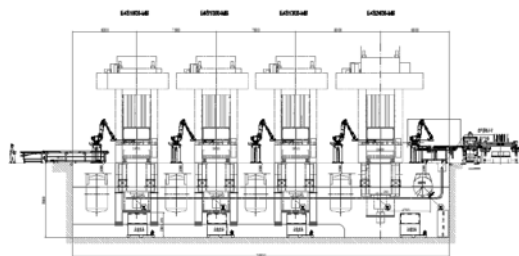


图 1



图 2

具体布置方式可以根据生产车间的面积进行调整，如拆垛车的开出方式既可以与冲压线平行也可以与冲压线垂直。

二、冲压机器人简介

冲压生产用机器人除了要求负载大、运行轨迹精确、性能稳定可靠等搬运机器人所共有的特性，还要满足频繁起制动、作业范围大、工件尺寸及回转面积大等特点。各个厂家的冲压机器人都在普通搬运机器人的基础上加大了电机功率及减速机规格，加长了手臂，并广泛采用棚架式安装结构。图3说明了FANUCR2000iB/100P 冲压机器人的特点。

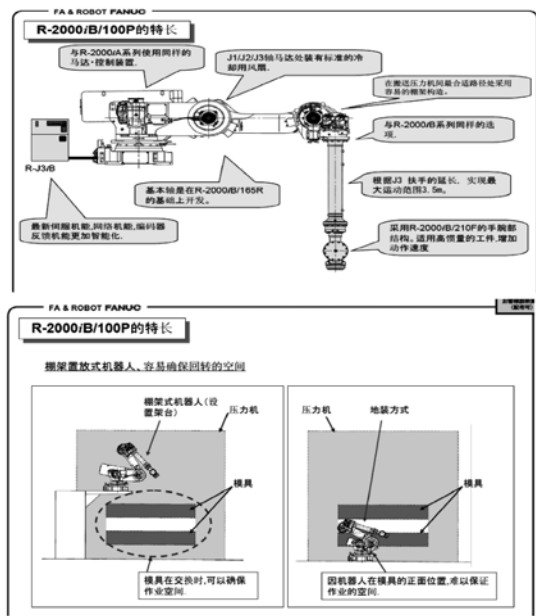


图 3

三、机器人冲压自动化线控制系统

机器人冲压自动化系统需要集成压力机、机器人、拆垛机、清洗机、涂油机、对中台、双料检测装置、视觉识别系统、各种皮带、同步控制系统、安全防护系统以及大屏幕显示，并具有无缝集成进工厂MES系统的能力。为了把如此多的智能控制系统有效集成，一般采用以太网与工业现场总线二级网络系统，其中现场总线系统可能同时搭载安全总线。如图4所示的网络拓扑，Profibus-DP 现场总线连接各个控制单元 PLC 及智能传感器，搭载的 Prosafe 安全总线控制所有门禁和急停按钮。

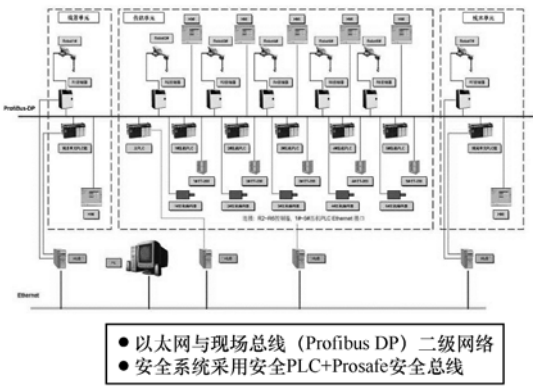


图 4

四、拆垛系统简介

目前常见的拆垛系统有三种，分别是专用拆垛机，机器人+拆垛小车以及桁架式机械手+拆垛小车。下面分别介绍：

1. 专用拆垛机

专用拆垛机如图5所示，其结构特点是垛料放置在可移动液压升降台车上；垛料高度靠与光电传感器与液压系统控制，保持恒定；磁力分张器依靠气动或电动驱动自动贴近垛料；采用气缸驱动、矩阵布置的真空吸盘组进行拆垛，真空吸盘组垂直运动；拆成单张的板料采用磁性皮带传输。



图 5

2. 机器人+拆垛小车

如图6所示，其结构特点是垛料放置在可移动的拆垛小车上；垛料高度不控制，拆垛时依靠计算的板料厚度自动调整机器人吸料高度；磁力分张器支架安装在拆垛小车上，支架可平移并具有多个可自由旋转的调整关节，更换垛料时人工将磁力分张器靠在垛料周边；拆垛用真空吸盘组及

双料检测传感器安装在机器人端拾器上；拆成单张的板料由机器人放置在可伸缩过渡皮带上进行传输。



图 6

3. 桁架式机械手 + 拆垛小车

如图 7 所示，其结构特点是垛料放置在可移动的拆垛小车上；垛料高度不控制，拆垛时依靠计算的板料厚度自动调整机械手吸料高度；磁力分张器支架安装在拆垛小车上，支架可平移并具有多个可自由旋转的调整关节，更换垛料时人工将磁力分张器靠在垛料周边；拆垛用真空吸盘组及双料检测传感器安装在桁架式机械手端拾器上；拆成单张的板料由机械手放置在可伸缩过渡皮带上进行传输。



图 7

五、可伸缩皮带机

可伸缩皮带机用于拆垛完成后单张板料的传输，它可以为板料提供穿过清洗机所需的移动速度。皮带机的速度一般为变频控制，以保证与后续清洗机、涂油机的同步。皮带长度可调整以填补不进行板料清洗、清洗机离线时的空间。



图 8

六、板料清洗机

随着客户对汽车表面质量的要求越来越高，在冲压成型以前对覆盖件板料进行清洗已经成为汽车厂的标准工艺。板料清洗工艺根据产量大小可以分为在线清洗和离线清洗两种工艺：离线清洗适用于投产初期，单车型产料较低的企业，一条板料清洗线可以供应 2~3 条冲压线，离线清洗机的规格一般为宽度 2m；在线清洗适用于批量较大的企业，为适应轿车整体侧围的尺寸，在线清洗机的规格一般为宽度 4.2m。



图 9

清洗机由引料辊、毛刷辊、挤干辊组成的辊系，辊系动力及传动，辊系液压调整机构，清洗过滤系统，集束喷管组件，油雾收集器，润滑系统，行走机构，电气控制系统组成。主要用于标准板材、未涂层、镀锌板以及铝板等板料、卷料的清洗。

板料经清洗机的引料辊均匀地送入清洗区，集束喷管组件用清洗介质对板料整个宽度上的上下两面进行冲洗，然后板材经过一对相叠的毛刷辊，毛刷辊对板材上下两面进行刷洗，粘附在板材上的杂质被刷掉，然后经过冲洗区，由上下两

组集束喷管组件对板料上下面冲洗，将杂质冲洗掉，最后经过挤干辊将板料挤干输出，达到冲压所需的油膜厚度的要求。

清洗机具有自行走机构，在不需要清洗工序时，整机可沿地面轨道开出。引料辊、毛刷辊、挤干辊各自具有独立的压力调整与变频驱动机构，通过精确调整压力与速度，可以保证磨损、维修后的辊系与生产线保持同步。挤干辊采用无纺布层压布辊，提供良好的挤干和张紧性能，并具有防擦伤和自愈功能。清洗油箱具有加热系统，可以使清洗介质在不同环境温度下使用并达到最佳涂油效果。电气系统采用具有现场总线通信功能的 PLC 控制，通过触摸屏人机界面可以进行参数设定、故障诊断。

七、板料涂油机

为了保证板料在较高速度下拉延成型时的质量，在冲压成型以前对板料进行局部涂抹拉延油是汽车厂常用的工艺手段。适用于自动化冲压线的涂油机如图 10 所示。



图 10

涂油机主要用于板材拉延前的涂油工序，由喷枪单元、供油及油液保温单元、喷射供气单元、板料输送单元、油雾收集单元、电气控制单元及机身等组成。

板材在板料输送单元的带动下从喷嘴中间通过，电气控制系统根据工艺需要开启喷嘴喷射油雾，从而在板料表面形成位置准确、厚度均匀的油膜，油膜厚度及喷射部位可通过触摸屏人机界面编程。喷射过程中形成的多余油雾通过油雾收集单元收集并回收，避免油雾逃逸造成环境污染。

涂油机具有行走机构，在不需要涂油时可以移动离线。喷嘴采用数字化控制，保证板料上油

膜位置的准确和油膜厚度的均匀。不管环境温度如何变化，供油及油液保温单元保证处于等待喷射状态、油液温度恒定、保证喷射效果。

八、板料对中台

为了保证板料能够被准确地放置在模具内，在机器人拾取板料前需要对板料进行对中。常用的对中台有重力对中台、机械对中台以及光学对中台三种，分别介绍如下：

1. 重力对中台

板料在装满滚珠的斜面上依靠重力自由滑向一角进行定位，台上具有板料到位检测及双料检测。

重力对中台适用于机器人直接放置板料，不适用于具有清洗机、涂油机的自动线。



图 11

2. 机械对中台

板料依靠磁性皮袋移动至档块，再由另外三侧的气缸驱动打料器向中心推，从而实现精确定位。所有打料器的位置可示教编程，对中台具有板料到位检测及双料检测。

机械对中台能够满足各种异性料的高速对中。另外可用采用双中心设计，以满足同时处理一模双件或双模双件的要求。台上具有板料到位检测及双料检测。



图 12

工业机器人在家电行业的应用

广州数控设备有限公司 蒋米仁 涂家金

当中国家电行业经历了 2014 年的企业持续创新、产业结构深化调整及渠道变革之后，2015 年又成为智能制造的关键年，家电集团企业如海尔、美的、格力、格兰仕及其他各细分领域的家电企业纷纷聚焦工业机器人。究其原因，随着人力成本的快速上升，人口老龄化，新生代劳动人口对工作环境要求的日益提高，使得家电行业普遍存在着用工成本高、一线员工流动频繁、招工难等问题，导致产品生产成本大幅攀升，产品品质难以保障。随着家电产品更新换代加快，智能化、小批量、定制化等行业特色呼之而出，在销售价格竞争激烈、利润空间越来越小的当前，改革势在必行。

家电企业提高竞争力一般有两种方式，一是提高产品研发设计能力，增强产品附加值；二是提高生产效率。近几年，很多以外资为代表的生产企业将生产产地转移到东南亚或者其他劳动成本更为低廉的国家。而对于我国家电制造企业而言，使用“机器换人”成为必然选择，否则难保持竞争优势而终被淘汰；假设，家电产业转移到东南亚等地，企业不仅闲置现有生产设备，也面临大量新增投资、管理成本和政治风险等多种问题，而且也将形成大量劳动人口面临失业的社会问题。以往，昂贵的进口机器人和生产线主要在汽车等少数行业使用，传统低附加值的家电行业等制造业领域应用比例偏低，很大程度上制约着国内家电业的自动化程度的提高。从 2012 年起，我国以沈阳新松、广州数控、埃夫特等为代表的国产机器人快速发展，以高性价比的产品和服务，快速应用到家电、五金卫浴、机械制造等行业，已经取得初步成效，具备为家电行业大规模智能制造提供技术保障。因此，如何结合家电行业特点，

推动工业机器人产业和家电产业的协同发展，已成为当前家电行业提升制造水平的热点话题。

一、家电行业机器人应用现状及特点

家电行业对机器人需求的快速增长，受到全球机器人供应商的高度关注，空调、冰箱、热水壶、电饭锅、热水器、电视机、洗衣机等产品整机及零部件生产均可利用工业机器人。以海尔、美的、格力等为代表的具备战略眼光的家电企业已经在考虑利用工业机器人对生产过程进行智能化再造来提高生产效率，进而降低生产成本来提高竞争力，如海尔与现代、美的与川崎、格力与那智不二越都建立战略合作。随着国产机器人的技术与应用成熟，国内已有几家企业也纷纷进入工业机器人产业，走在最前的广州数控，自 06 年规划研制工业机器人产业，经过 9 个年头，借助自身积累控制器、伺服驱动、伺服电机产品基础，已完成系列化的全自主开发，产品负载覆盖了 3kg 到 200kg，功能包括搬运、冲压上下料、焊接、码垛、涂胶、打磨抛光、切割、喷涂、分拣、装配等。广州数控等工业机器人厂家也进入了海尔电器、新宝电器、志高空调、格兰仕、方太厨具等众多家电企业，形成了很好的应用示范效果，从技术上完全具备为家电企业进行智能化改造的技术实力。

家电行业的生产特点：一是规模化生产，通过规模化生产获得规模经济，降低生产成本，即便是如今产品追求个性化的时代，家电产品很多零部件也是可以批量化生产，这非常符合工业机器人应用的基础；二是生产效率要求非常高，时间节拍比汽车行业更快，有专家分析，家电行业与汽车行业的最大区别是一条汽车生产线每天生产几百台汽车，节拍以分钟来计算；一条家电生

产线每天可生产几千台产品，节拍以秒来计算，标准家电生产线要求机器人的节拍是 15s，这对机器人来说是很大的挑战。因此，单从节拍考虑，家电行业比汽车行业要求更高，在生产线上使用机器人也更难实现；三是制造工艺涉及面广、工艺装备多、材料的品种和规格繁多、制造精度高等。

家电制造业较通用机械行业有其独特的特点，主要有以下几点：

(1) 工艺涉及面广，机加工工艺、冷冲压工艺、塑料压制工艺、绝缘处理工艺、电阻焊接工艺、电器元件热处理工艺、弹簧制造工艺、电镀工艺等。

(2) 制造工艺装备多，如机加工装备、冲压机床、热处理设备以及相关的工、量、卡具和模具等。电器制造都是大批制造。一般来说，工艺装备越多，产品质量越稳定而生产效率越高。

(3) 材料的品种、规格繁多。在电器制造中，采用的材料品种规格可达数千种，有些材料不仅要有良好的机械性能，还需要有良好的导磁、导电、导热性能，另外一些材料又要求有很高的绝缘强度和耐电弧性能，同时还对材料提出了耐磨、耐化学、耐腐蚀等苛刻的要求，所有的材料都要求有良好的工艺性。

(4) 制造精度高。低压电器在工作过程中，不仅有简单的机械运动。同时还有一系列的电、热、磁能的能量转换。因此，对于电器零件，不仅要求有尺寸、几何形状和位置的精度，还要考虑零件及零件材料的导电、导热、导磁、灭弧、绝缘等性能对产品特性的影响。零部件的精度等级必须满足产品技术参数要求。如：触头压力、接触电阻、动作参数、动作时间、温升等。

就工艺适合性而言，机器人比较适合应用在对工艺规范性要求严格、简单重复性动作的工序岗位；就与机器人配套使用的设备而言，机器人适合用于要求可靠稳定性高、瞬停故障极低场合，以确保整体运行效率；就使用空间而言，机器人适合在设备布局宽松的空间下使用（常用机器人使用时占据的空间较大，而且需要配置安全防护栏）；就加工产品而言，机器人适合用在对产品一致性要求较高且配套设备或生产线具备工件定

位一致的场合；就运行节拍而言，在较大负载或所在设备群工序较多的情况下，机器人适合使用在对运行节拍要求不高的使用场合。

由于家电制造的制造技术及工业机器人的上述特点，目前搬运、冲压、焊接、涂胶、包装码垛、装配等类型机器人仍然是家电行业机器人的主流，其他像焊接、涂装机器人应用并不多。而且，机器人更多应用于家电生产线的前端和末端，在整个生产线上广泛应用还没有大规模实现。

二、家电企业生产智能化的路径选择及典型应用案例

在互联网 + 工业的时代，家电企业首先要做智能产品，来提高产品附加值和迎合消费需求；然后，家电企业实现制造过程智能化，减少人力成本，提高作业效率。家电企业进行生产智能化有几种方式，一是对于有综合实力的大家电企业，自主研发机器人，并应用在自己的生产线上，比如格力电器、美的和安川合作成立机器人公司；二是外购工业机器人，公司内部设立自动化部门，专门研究公司内家电生产工艺程序，初期以引进外部自动化集成公司进行技术改造，通过学习后，自己进行技术改造；三是更多的中小企业，选择直接购买机器人设备由集成公司进行技术改造。

由于家电制造的规模化和生产节拍要求的特点，工业机器人在家电制造的应用主要从能规模替代人工的工序岗位开始，比如冲压、搬运、包装码垛等工序岗位，这些岗位的替代具有比较明显的减少人工的应用效果。而实现生产智能化一般又可以分为工作单元、工作岛、柔性自动化生产线、无人车间、智慧工厂等几个阶段。

(1) 工作岛主要是指单对单联动机加、单对多联机加工。

(2) 柔性制造系统（FMS）主要指基于网络控制的柔性机加线，应用 PLC 控制平台，通过工业以太网总线方式，将多台机器人、多台数控机床及其辅助设备联网组线，按节拍有序自动生产；根据生产工序要求规划，将多个柔性自动化生产线通过总控制调度平台、AGV 小车等衔接起来，

形成整个车间的智能化生产，实现无人车间。

(3) 而智慧工厂是在无人车间的基础上，将销售、生产、采购、物流等系统整合，根据客户需要定制化生产，实现智慧生产模式。目前，我国的家电制造智能化改造主要处于工作单元、工作岛或者柔性生产线阶段，以后将逐步过渡到无人车间。

例如，广州数控与新宝集团、海尔冰柜、志高空调等家电企业形成战略合作，共同研究机器人应用集成技术，实现柔性生产应用等领域，促进双方互相融入各自产业应用。以下介绍工业机器人在冲压、包装码垛等常用工序上的应用。

1. 工业机器人在家电钣金冲压工序上的应用

家电制造中有大量的冲压需求，比如电热水壶的壳体、电饭锅的内胆等，这些岗位工艺节拍要求很高，一般在 10s 左右，而且用工需求非常大，工人的工作强度非常高，利用工业机器人进行冲压的上下料成为很好的选择方式。值得提出的是，单个机器人相比单个人工，在速度上并不占优势，但是当由若干个机器人与相应设备组成整个生产线的时候，工业机器人的节拍优势就发挥出来了，而且生产线不用停工，24h 生产。

如图 1 所示，该应用方案为广州数控为顺德一家世界知名小店企业设计实施的电热水壶壳体的精冲生产线。该生产线由一台 GPC 总控制平台调度 11 台工业机器人配合 10 台冲床进行冲压上下料，保证整条生产线各设备有序配合，每日工作 10h 可达到产能 4000 个，比人工产能提高 60%。



图 1

2. 机器人在包装码垛线上应用

产品打包后进行码垛也是家电企业的重要应用。对于大型家电，比如空调、冰箱、电视机等，

由于其重量高，装箱依靠人工搬运，劳动强度太大，因此，利用码垛机器人进行搬运装箱是很好的应用。图 2 是广州数控为广东志高空调的空调装箱设计的自动化线。该生产线由一台 120kg 码垛机器人，将流水线上的空调搬运到装箱底座上，然后进行包装，节省了劳动工人，降低了工作强度，生产节拍完全达到用户要求。



图 2

四、结束语

作为新兴产业的工业机器人，起步晚于家电产业，无论制造工艺水平、控制系统，还是集成应用经验，无论技术标准成熟度，还是专业人才的缺少，都制约当前的发展速度，尚需在摸索中寻求进步。但我们相信，工业机器人将推动家电产业走向自动化、无人化、更高附加值、更具创造的制造业。我们也相信，家电行业将加速工业机器人国产化、规模化应用的进程，两者的深度融合，对于提高中国家电制造业的综合竞争力，普及推广应用工业机器人都具有重大意义。□

“十三五”期间机器人产值预计突破 1000 亿元

“十三五”期间，机器人产业将迎来黄金发展期。日前从国家制造强国建设战略咨询委员会专家处获悉，机器人产业“十三五”规划已基本制定完成，这一产业发展规划将和《中国制造 2025》重点领域技术路线图一起，构成未来十年中国机器人产业的发展蓝图。根据路线图，到 2020 年，中国工业机器人年销量将达到 15 万台，保有量达到 80 万台，将较“十二五”末新增 40 万台；到 2025 年，工业机器人年销量将达 26 万台，保有量达 180 万台，较“十二五”末增加 140 万台。多个权威机构预测，到“十三五”末，中国机器人产业集群产值预计突破 1000 亿元。

水室封头专用数控龙门移动式车铣加工中心的研发与应用

齐齐哈尔二机床（集团）有限责任公司

1. 项目简述

目前，我国核电技术面临新的机遇和挑战。全面掌握核电设备关键零部件专用机床的设计和制造技术，具备自主生产制造后续机组关键设备的能力，成为我国核电装备自主化的目标和任务。在此背景下，研制以水室封头为代表的核电关键零件专用数控机床，获得具有自主知识产权的数控重型金切机床设计制造关键技术，有效推进第三代核电装备的系列化、批量化制造，已成为我国核电装备和重型机床制造等重点领域必须攻克的难题。

我们针对新型核电设备关键零件水室封头形状复杂，加工难度大，现有加工工艺工序分散、累积误差大、加工周期长，无法满足精确、高效切削加工要求的结构及生产工艺的特点，从封头零件的制造需求（包括毛坯锻件的特点、封头零件的性能要求、工程图纸的要求及相关的核电技术规范等方面）入手，确定封头车铣加工中心的主要技术指标，再进一步确定封头车铣加工中心的总体方案。在方案设计时充分考虑了以提高加工效率为主要目标的设计理念，方案确定为动梁动龙门布局、车铣复合（工作台带 C 轴）、滑枕可旋转（带 B 轴功能）的龙门移动式车铣加工中心。

在已有研究基础上，结合上海重型机器厂有限公司核电装备制造的重大需求，系统完成了封头车铣加工中心优化设计、精密制造及装配等相关核心技术的研究，掌握了封头车铣加工中心主轴定位精度与重复定位精度可靠性及精度保持性技术、动态补偿技术、工作台旋转与分度的互锁技术、优化基于封头车铣加工中心的封头数控加工

工艺，实现水室封头等核电关键零件批量化生产。

项目产品获“具有回转功能的滑枕镗铣头”、“可摆动滑枕挠曲变形补偿装置”等授权发明专利5项。

2. 主要技术创新点

（1）高刚度 B 轴设计制造技术（ZL201110292693.2）

满足水室封头表面管嘴及管嘴与球冠表面光滑顺接的高效加工需求，机床采用滑枕带 B 轴功能的设计方案。通过对 B 轴组件驱动、回转支撑、卸荷、润滑等方面深入研究，有效解决了 B 轴回转过程精度低、刚性差的技术难题。

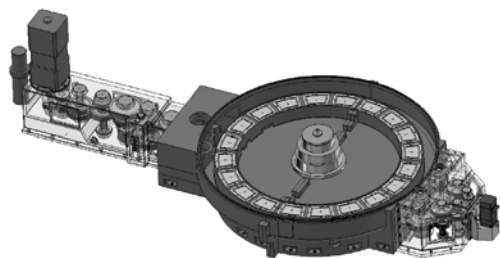


（2）工作台车铣转换技术

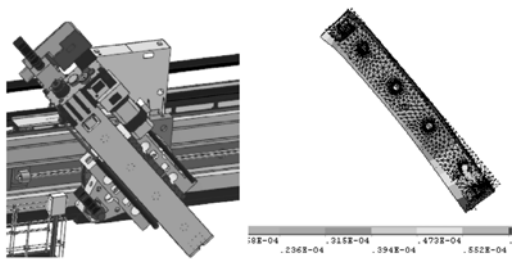
机床为车铣复合结构，机床的工作台除承担支撑工件外，还要实现铣削时的精确分度定位与车削时的高速连续旋转等动作。工作台的旋转运动是通过两条传动链实现的，其中一条传动链实现车削时的高速旋转功能，另一条传动链则实现铣削时的定位、分度功能，这两条传动链之间可靠的机械、电气互锁。

（3）摆动滑枕挠曲变形补偿技术（ZL201110392757.6）

由于 B 轴功能的引入，使滑枕可在 $X-Z$ 平面内转动，因滑枕挠曲变形随悬伸量和 B 轴摆角的

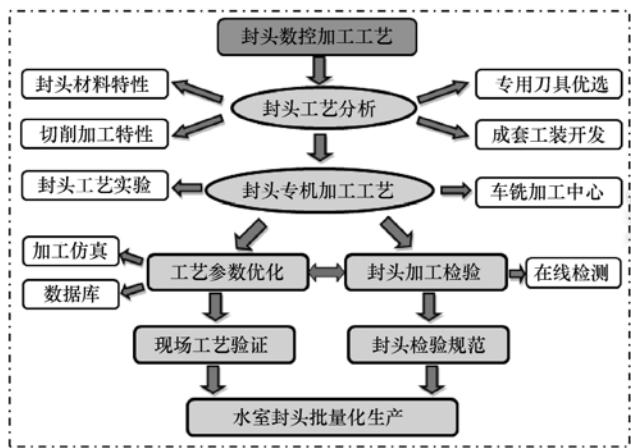


变化而变化。这对机床的动态精度有很大影响，为此，开发出滑枕挠曲变形补偿装置，并获发明专利。



(4) 基于封头车铣加工中心的封头数控加工工艺优化技术

封头车铣加工中心的研制成功，为核电关键零件水室封头的高效加工提供了设备保障，但要将设备的最大效率发挥出来，我们还需要深入开展基于封头车铣加工中心的封头数控加工工艺优化技术研究。



3. 技术水平

数控龙门移动式封头车铣加工中心主要用于第三代核电站关键零件水室封头的高效加工。机

床采用龙门结构，该设备一次安装定位就能解决水室封头外球面上各种直、斜管嘴的高效加工，并解决加工外形上任意曲面与球面的光滑顺接；同时可以一机兼容 CPR1000 及 AP1000 两种不同设计结构类型零件的加工。该设备解决了现有加工工艺工序分散、累积误差大、加工周期长，工装夹具制备量大，无法满足精确、高效切削加工要求的技术难题，开创了封头零件新的制造方法。

通过用户近两年多的使用，真正体会到封头车铣加工中心加工封头所带来的优点，使各系列型号封头零件的加工工序集中、累积误差降低，加工精度满足使用要求，加工效率大幅提高。该项目的实施，对推动第三代核电装备批量化制造奠定了坚实的技术与能力基础。

4. 应用领域

封头车铣加工中心主要用于发电行业（核电、风电、火电）中封头等零件不规则外表面及内腔的加工。该设备兼具大型立式车床及大型龙门镗铣床的功能，不仅可用于适用于用高速钢和硬质合金刀具，对黑色、有色金属和部分非金属零件的粗、精加工，可进行内外圆柱面、端面、圆弧面、内外圆锥面、螺纹等的加工，通过配备相应的附件能够在一次装夹可以完成除安装面外其余多



个面的面加工和加工，特别适合带有斜孔、斜面及带斜角度深腔的粗精加工，具有铣削、镗削、钻削（钻扩铰）、攻螺纹等多种功能，避免了工件多次装夹定位、回零、找正、对刀等产生的误差，提高了加工精度和效率。因此，该设备还可广泛应用于船舶、军工、冶金、轨道交通、重型机械等领域。

5. 应用效果

封头车铣加工中心自 2012 年 5 月完成安装以来，上重工艺部门围绕（下转第 96 页）

高强板车身零件热冲压成形技术

仪征申威冲压有限公司 徐柏鸿

【摘要】 从工艺、装备、应用三个方面，分别对热冲压成形的原理、分类、工艺流程进行了阐述，对热冲压成形技术在汽车行业中的应用和进展进行了介绍，对热冲压成形技术知识的推广和应用具有一定的促进作用。

自上世纪 70 年代末发生石油危机以来，汽车工业在不断完善发动机性能、优化车身动力学设计、寻求替代能源的同时，加强了汽车轻量化的研究。高强度板以其重量轻、强度高的特点成为满足汽车轻量化、降低燃油消耗、提高汽车碰撞安全性的重要途径之一，在汽车车身零件中得到越来越广泛的应用。

室温条件下高强度钢板塑性变形范围小，成形性能差，如采用冷冲压法冲压，所需的冲压吨位大，容易开裂。同时由于冲压回弹大，零件尺寸也难以控制。特别当高强度板抗拉强度超过 550MPa 时，传统的冷冲压方法几乎无法进行。由于热冲压成形技术既能解决高强度板成形困难问题，又可以使冲压零件抗拉强度得到大幅度提高，因此汽车工业投入巨大的精力来开展高强度板的开发和热冲压成形技术的研究。1984 年 SAAB 成为全球首家使用热冲压零件的汽车企业，1991 年使用热冲压技术生产的保险杠问世。目前热冲压成形技术已在汽车制造中得到较大范围的应用，全球拥有 100 多条热冲压生产线。

目前，我国对热冲压成形技术的研究刚刚开始，相关的文献也较为粗略，影响了该新型技术知识在我国的推广和应用。本文从工艺、装备、应用三个方面，分别对热冲压成形的原理、分类、工艺流程进行了阐述，对高强度板、热冲压设备的要求进行了分析，对热冲压成形技术在轿车零件生产的应用和进展进行了介绍，对热冲压成形技

术知识的推广和应用具有一定的促进作用。

一、热冲压成形工艺流程

1. 热冲压的工艺原理

热冲压又常被称为“冲压硬化”技术。首先将初始强度为 500 ~ 600MPa 的高强度板加热到 880 ~ 950℃ 左右，然后送入内部带有冷却系统的模具内冲压成形，并保持保压状态，以 20 ~ 300℃/s 的冷却速度快速淬火冷却，由于奥氏体转变成了马氏体，零件强度大幅提高，可以生产出强度高达 1500MPa 的冲压件。

2. 热冲压工艺的分类

热冲压技术按工艺过程分为直接热冲压工艺和间接热冲压工艺两大类。

在直接热冲压工艺中，坯料被加热后，直接送至闭式模具内进行冲压成形和淬火，然后进行冷却、切边冲孔（或激光切割）、表面清理等后续工艺。

在间接热冲压工艺中，先进行冷冲预成形后，然后再进入加热、热冲压、切边冲孔、表面清理等工艺。

两者区别在于间接热冲压工艺在加热前比直接热冲压工艺多了冷冲预成形工序，热冲压工艺送进加热炉的是板料，间接热冲压工艺送进加热炉的冷冲预成形件（见图 1）。

一般而言，直接热冲压工艺方法适用于简单零件，间接热冲压工艺方法适用于形状复杂零件

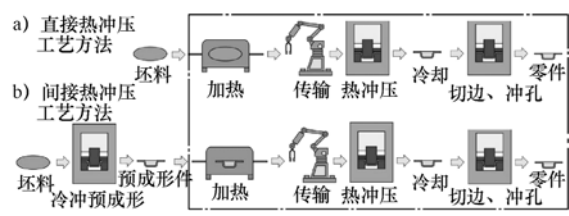


图1 直接热冲压与间接热冲压方法的异同

或深拉深零件。

3. 热冲压成形工艺流程

热冲压成形一般工艺流程见图2。

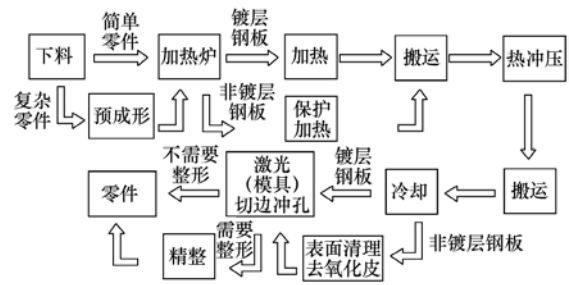


图2 热冲压一般工艺流程

热冲压的关键工艺过程是加热、冲压、保压和冷却。加热过程直接影响到高强度钢板的冲压性能，冲压过程中伴随的淬火则对零件强度的硬化起到决定性的作用。

二、热冲压高强度板

热冲压高强度板普遍采用含硼钢板，初始抗拉强度在400~600MPa，经热冲压、保压、淬火后可达到1500MPa左右。

由于热冲压淬火过程中，伴随着奥氏体向马氏体的再结晶过程。此外，高强板会被加热至再结晶温度以上，钢板表面与空气接触后会产生氧化和脱碳。因此，热冲压高强度板成分应适于热冲压过程中的奥氏体、马氏体的热循环，同时具备较强的抗高温和耐腐蚀能力。

为了提高热冲压高强度板高温下的耐腐蚀能力，阻止加热过程中产生氧化层，常常在金属板表面涂覆镀层。

镀层高强度板与非镀层高强度板在热成形时，各有优缺点，见表1。

由于非镀层高强度板具有焊接性好、造价低、无需喷丸处理的优点，也常常被使用。为了避免

非镀层钢板在热冲压加热过程中产生表面的氧化和脱碳，通常在加热炉中通入保护气体阻止氧化层的发生。

表1 镀层高强度板与非镀层高强度板热冲压优缺点对比

对比项目	镀层高强度板	非镀层高强度板
氧化层	加热、冲压过程无氧化皮	加热、冲压过程产生氧化皮
表面清理	需喷丸表面清理	无需喷丸表面清理
储存条件	不生锈	易生锈
耐蚀性能	好	不好
焊接性能	加热时易和陶瓷辊粘结，影响焊接	焊接性好
成本	高	低

一些研究表明在非镀层高强度板表面涂覆特殊防护油，可有效阻止热冲压氧化皮的产生。

目前，能够批量提供高强度板企业，国外主要为阿塞洛（Arcelor）、瑞典SSAB、蒂森克虏伯（ThyssenKrupp），宝钢只能生产不带镀层的热冲压用钢。

三、热冲压主要装备

热冲压主要设备包括加热炉、热成形压机、热冲压模具等（见图3）。

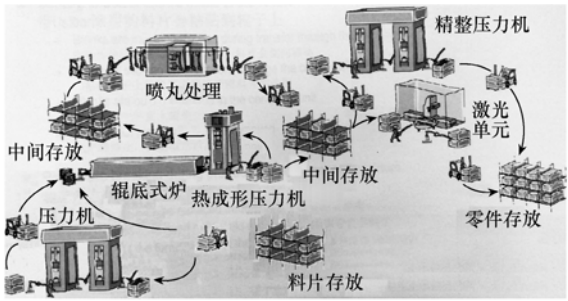


图3 热冲压工艺设备

1. 加热炉

加热炉具有加热和温控能力，能在指定时间内将高强度板加热至再结晶温度，达到奥氏体化状态；同时能适应大批量自动化连续生产的要求。由于炽热的坯料只能采用机器人或机械手上下料，要求加热炉进出料自动化，定位精度高；同时在加热非镀层钢板时，能提供气体保护，避免坯料表面氧化和脱碳。

2. 热成形压机

热成形压机是热冲压技术的核心，它既要有

快速冲压、保压的能力，还需要配备快速冷却系统，其技术复杂程度要远远超过常见的冷冲压。目前仅有少数国外企业掌握该类压机的设计、制造技术，全部依赖进口，价格昂贵。

3. 热冲压模具

热冲压模具同时承担成形、淬火两个阶段的工作：在成形阶段，当坯料被送入模腔后，模具迅速完成压制工作，保证在材料发生马氏体相变之前完成零件成形；此后进入淬火冷却阶段，保压在模腔内的工件的热量不断传递给模具，布置在模具内的冷却管通过流动的冷却液体瞬间将热量带走，当工件温度降至 425℃ 时，开始发生奥氏体 - 马氏体转变；温度至 280℃ 时，奥氏体、马氏体之间的转变结束，200℃ 时工件被取出。模具的保压作用是防止淬火过程中的热胀冷缩的不均匀性，导致零件发生较大的形状、尺寸改变，产生报废；同时可以增强工件、模具的热传递效率，促进淬火冷却的快速进行。

淬火冷却速度不但影响到生产节拍，还影响着奥氏体、马氏体之间的转变效率。冷却速度决定了将形成何种结晶组织，关系到工件的最终硬化效果。硼钢热的临界冷却速率为 30℃/s 左右，只有当冷却速率超出临界冷却温度时，才能最大程度促成马氏体组织的形成；当冷却速率小于临界冷却速率时，工件结晶组织中将会出现贝氏体等非马氏体组织。但并非冷却速率越高越好，过高的冷却速度将导致成形件的开裂，需要根据零件的材料成分、工艺条件确定合理的冷却速率范围。

由于冷却管的设计直接关系到冷却速度的大小，一般从最大热传递效率的角度来设计冷却管路，因此设计出来的冷却管道的走向比较复杂，很难在模具浇注完成后通过机械钻孔的方法获得。为避免受到机械加工的限制，一般选用模具浇注前预留水道的办法。

因为长期工作在 200℃ 到 880 ~ 950℃ 这一剧烈的冷热交变条件下，热冲压模具材料必须具有良好的结构刚性、导热性，能够抵抗高温下坯料产生的强力热摩擦及脱落的氧化层颗粒的磨料磨损效应。此外，模具材料还应对冷却液具有较好的

抗腐蚀能力，以保证冷却管的畅通。

4. 切边冲孔

由于热冲压后零件的强度达到 1500MPa 左右，如果采用压力机切边、冲孔，设备吨位要求较大，模具刃口磨损严重。因此常常采用激光切割单元进行切边和割孔。

四、热成形技术的优缺点分析

与传统冷冲压相比，热冲压技术有如下优点：

(1) 采用热成形技术可有效降低车身零件所用材料的厚度，由于零件强度大，车身上的加强板、加强筋大大减少，减少了车身的重量，可有效提高车身的防撞安全性，降低汽车的燃油消耗。

(2) 钢板在加热条件下，变形能力大幅提高，冲压变形力变小，冲压设备的吨位变小。

(3) 钢板的回弹系数大大降低，零件尺寸精度好。

(4) 冲压噪音也比冷冲压小得多。

但相对冷冲压而言，热冲压也有不足之处：

(1) 由于缺少热胀冷缩、组织转变及回弹等试验数据的积累，热冲压 CAE 仿真精度较差，产品开发难度大，零件的固有废品率远远高于冷冲压。

(2) 因为需要加热炉对钢板进行前处理，增加了加热设备和生产能耗，零件成本高。

(3) 生产过程中由于需要加热和保压淬火，从而延长了生产节拍，生产效率低。

(4) 由于热冲压压机、模具、激光切割机，以及全套设备的自动控制系统基本由国外公司掌控，技术封锁严密，现阶段技术门槛和投资门槛比较高。

五、热冲压成形技术在汽车制造业的应用

热冲压技术主要应用于轿车上强度要求高的车身结构件的生产，如：车门防撞梁、柱内板、地板中央通道、车身纵梁和横梁、门槛、保险杠等安全防撞件（见图 4），能有效提高整车的安全碰撞试验等级。目前，越来越多的热冲压零件被用于汽车制造上，据统计，1977 年全球热成形零件约 300 万件，1977 年达到 800 万件，2007 年已达到 1 亿多件，预计 2013 年将达到 3.5 亿件以上。

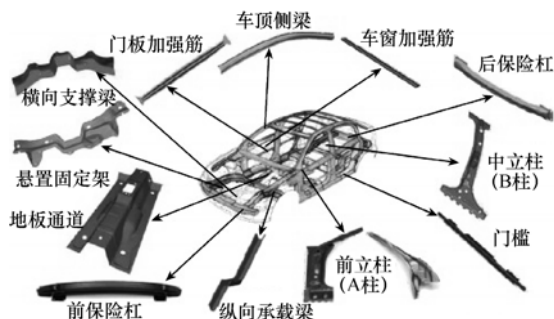


图4 热冲压成形零件的典型应用

国外尤其是欧洲经过多年研究和应用，已积累了相对全面的开发和应用经验，研究的应用方向已向更大型化零件发展。舒勒宣称，利用他们开发的PCH热冲压技术和成套设备，将很快开发出轿车的整体侧围加强板等超大型热成形零件。

目前，国内对高强度板热成型技术的研究尚处在起步阶段。同济大学、哈尔滨工业大学、吉林大学、宝钢研究院等相关研究院所对热冲压技术、关键设备设立了研究项目。同济大学的研究开展得较早，他们选用阿塞洛（Arcelor）生产的US1500高强度钢板，采用热模拟机进行了试验研究，在在汽车板热冲压加热温度、热模具结

构、保压时间、冷却速率、冷却水临界经济流速等取得了一些基本数据。

六、结束语

随着全球能源的进一步匮乏，节能、环保、低碳和安全已成为汽车工业工业的主要研究方向。作为汽车轻量化的最有效途径之一，高强度板热冲压技术的发展历史虽然不长，但在车身轻量化、提高安全性方面已显示出巨大潜力。汽车工业作为我国国民经济的支柱产业，加快高强度及热冲压技术的研发与应用，早日在材料、热冲压设备方面取得突破，打破国外技术封锁，促进我国汽车工业的发展。□

参考文献：

- [1] 康斌. 国内外高强度汽车板热冲压技术研究现状[J]. 冶金管理, 2009, 8.
- [2] 林建平, 王立影, 田浩彬, 等. 超高强度钢板热冲压成形研究与进展[J]. 金属铸锻焊技术, 2008, 11.
- [3] 谷净巍, 姜超, 单忠德, 等. 超高强度钢板冲压件成形工艺[J]. 汽车工艺与材料, 2009, 4.

(上接第92页)

设备功能展开具体的研究应用实践。与之相比，普通设备和普通工艺方法加工封头类特定零件与之相比，在加工质量控制、效率、周期、管理及成本投入等方面具有非常大的差距，也无法适应产业化生产发展。封头车铣加工中心具有针对“工艺专门化”开发角度，因此，与针对特定产品生产的工艺需求而开发的“专机”具有质的区别。前者对成组产品类型具有覆盖性，从工艺范围上看更具拓展性、通用性。这在CPR1000及AP1000等多种具有封头特征、有不同尺寸、结构的异形体结合体的生产实践中得到了验证。具体包括以下四点：

(1) 实现了一次装夹，专机对两只斜管内外加工面加工。具体技术和工艺方法是：利用C轴数控分度定位分别完成两只斜管在零件中的角度及位置，利用B轴转位，铣平面、铣斜管外形、镗管孔、铣管孔与内球面R300等加工任务。

(2) 曲面与球面的顺接误差来源于多工序间工艺基准的不重合度以及加工系统综合误差，采

用专机对零件加工实现了这一技术目标。其原理是：工艺基准处于不变，误差理论上不发生变化。其次，由于各加工位置变换、重新定位由C轴数控分度定位分别完成，带有分度功能工作台旋转编码器对分度有检测补偿功能。另外，加工工艺方法，在球面加工其加工区间及区间精度受数控控制的条件下，利用车铣功能，使区间内任意弧半径保持定长，运动轴数从普通设备的两轴圆弧插补简化为C轴步进转动，运动副减少一个，精度得以充分提高。

(3) 完成了一次安装条件下，利用B轴转位及C轴数控分度定位，集车、铣、镗于一体的综合功能试验，实现了数控系统坐标转换、平移、镜像及模拟功能。工序间的划分如粗加工、半精加工、细加工、精加工包括局部拓扑连接等工艺性需要，工艺划分并不显得明显，工艺实施可操作性得到增强。

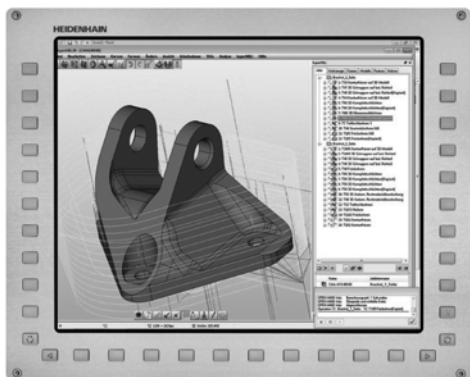
(4) 完成相同加工内容及技术要求下，验证了专机比普通设备加工效率提高50%以上。□

数字任务单处理的核心

——工艺链中的 TNC 640

约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司

经济的生产需要高效的工艺链。重要的是确保工艺链上所有员工间的无缝沟通和知识传递。数控系统在这其中扮演着关键作用，因为它是工艺链的核心。TNC 640 是执行这类任务的最佳解决方案。



当然，没有两家公司是相同的，每家公司的组织架构各有不同。组织架构取决于公司规模、制造工艺、批次大小和机床类型。可是，工艺链中的基本衔接和步骤有可比性。设计、编程、仿真、生产计划安排和生产步骤之间必须无缝连接为一体。对于数字化任务单处理，通信和数据传输必须任何方向上进行。总之，所有这些措施和投资的目标是提高车间效率。

数控系统是神经中枢

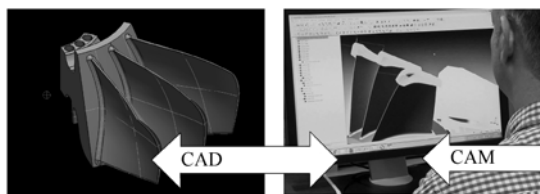
数控系统是工艺链的核心。在机床将数字化信息转化成机械运动、切屑和所需的工件前，数字任务单处理的最后一步是数控系统的数据处理。机床生产时产生的大量其他数据和信息也是工艺链上的其他节点所需的数据和信息。包括在数控系统上对零件程序的修改以及质量保证数据。所

有这些详细信息都需要不断更新，并提供给所有工艺链上每一个工作步骤。

要保证快速且毫无损失地传输数字化知识，必须全面提供电子版的生产文档。为此，必须确保能直接访问任务单数据，包括图纸、CAD 数据、NC 程序、刀具数据、工作要求说明、刀具列表、库存数据等。数字化任务单数据，例如生产期间生成的照片或测试报告也必须直接提供。

TNC 640 能满足全部要求

为确保数控系统能胜任任何企业内数字化任务单处理的重要功能，必须适应现有工艺链要求。由于工艺的可变性，数控系统也必须允许调整和进一步发展。



从构思到工件无数据损失的

无缝连接：TNC 640 的现代化工艺链

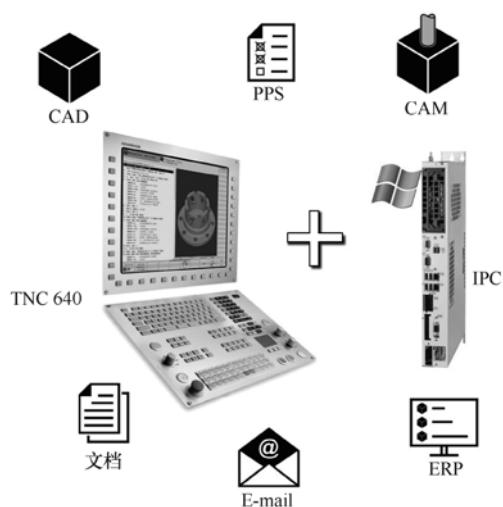
作为面向未来的软件平台，TNC 640 已做好满足所有这些要求的准备。它为机床操作人员完成大量任务单工作提供有力的支持。以确保快速响应。为使 TNC 640 接入工艺链中并在数控系统用户界面中访问所需数据，海德汉提供两种解决方案。

极具实用价值的标准功能

即使 TNC 640 的标准功能也能直接在数控系统的 CAD 阅读器、PDF 阅读器和 Mozilla Firefox 网页

浏览器中访问生产过程数据。用浏览器查看信息不需要安装任何单独的程序。使用基于网页的文档软件或 ERP 系统就像进入电子邮件收件箱一样简单。

标准功能的实际优点十分明显，例如，客户提供的信息不充分时。例如有一件紧急任务，客户通过电子邮件提供了 DXF 文件的所需数据。机床操作人员用 TNC 640 直接进入电子邮箱收件箱并保存收到的 DXF 文件。然后，操作人员在 TNC 640 上打开该文件，加载所需数据并开始生产——没有往返过程，也不需要同事帮忙。



不影响 CNC 加工和机床性能：综合了 TNC 640 与工业计算机，例如海德汉 IPC 6641

访问 Windows 计算机：选装项 133 “远程桌面管理器”

选装项 133 “远程桌面管理器”为 TNC 640 接入工艺链提供了更强能力。按下数控系统键盘按钮立即切换数控系统界面与 Window 计算机界面。可以是局域网中的计算机或机床电气柜内的工业

计算机（IPC），例如海德汉 IPC 6641。切换界面的组合键允许用户自选，也能在 TNC 640 的设置中定义。

机床操作人员从数控系统可以直接访问工艺链中的全部数据处理系统。所有常用应用程序，例如管理、文档记录和显示都能在 TNC 640 中操作和使用。CPU 利用率高的 CAD/CAM 任务不影响 CNC 加工和机床性能。

下面通过两个例子体会该方法的简单和有效：

在生产中，有一种常见问题是图纸尺寸数据不完整导致的延时。不需要跑腿，不需要花时间调查，机床操作人员只需将 CAD 模型加载到 TNC 640 中。要求的尺寸数据和信息能立即导入到机床中，即使设计部的同事不在办公室也没有影响。

第二个例子是，有一个时间敏感任务的零件的程序是用 CAM 系统生成的。车间的机床操作人员注意到要使用的刀具可以用更大进给量。他想修改零件程序更好地利用该刀性能并提高加工效率。操作人员直接在 TNC 640 上启动 CAM 应用程序，加大进给量，并生成新 NC 程序。然后，加载新 NC 程序并继续加工。在 CAM 系统中，新进给量集中保存，工艺链中的每一个人都能看到。

工艺链中的 TNC 640：一体化优点

- 在 TNC 640 上直接访问 Windows 应用软件：操作 CAD/CAM 系统或管理任务单
- 优化信息流，提高竞争力：消除信息障碍并节省宝贵时间和资源
- 在机床上使用计算机功能：远程访问且不影响机床性能
- 提高生产效率：实现无缝的数据通信和完善的工作协调
- 利用标准功能的优点：改善车间生产过程，而且无需增加选装项□



端拾器在冲压自动化生产线上应用

奇瑞汽车股份有限公司 谢玉颖

【摘要】 本文主要介绍冲压自动化生产线端拾器的定义和种类、端拾器结构形式及组成、端拾器主要零部件、典型零件的吸盘位置设计。端拾器在很多领域都有应用，在冲压车间主要用在自动化生产线上，安装在自动化传输装置的末端，在自动化传输装置的带动下，替代人手来完成冲压板料和冲压件的抓取。对于车身冲压件，每个冲压件每一序都有一套端拾器，不同的冲压件端拾器结构也不一样。

1. 端拾器定义和种类

端拾器是指安装连接在工业机器人或机械手等自动化传输装置上，利用真空吸盘或夹钳等与被抓取物接触，将被抓取物从一个位置搬运到指定的位置的器具的通称。根据用途可以分为拆垛端拾器、上料端拾器和下料端拾器；根据匹配的自动化形式不同，可以分为机器人线端拾器、机械手线端拾器和多工位端拾器。



图1 高速横杆传输

1. 横杆 2. 快换接头 3. 延长臂 4. 吸盘

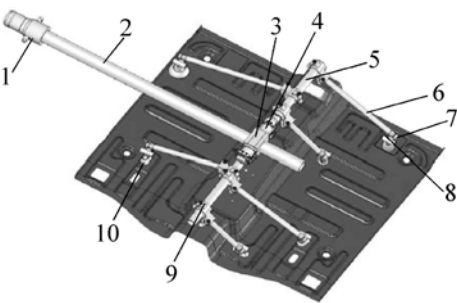


图2 机器人线端拾器

1. 机器人接头 2. 60 主杆 3. 夹紧块
4. 快换接头 5. 40 主杆 6. 延长臂 7. 延长臂夹头
8. 真空吸盘座 9. 转接块 10. 吸盘

2. 冲压端拾器结构形式及组成

端拾器的形式往往和自动传输装置有很大的关系。机器人和机械手所用的端拾器往往是不一样的。多工位自动化生产线上所用的端拾器又有较大的不同。



图3 多工位用托铲

1. 快换公接头 2. 转接头 3. 托铲 4. 延长臂

3. 冲压线端拾器主要零部件

(1) 吸盘

在端拾器配置过程中，最重要的就是确定吸盘的类型和数量。

根据不同的适应场合，吸盘的种类和尺寸有多种选择。安装方式有快插式、内外螺纹式，结构类型有折叠型、深碟型、平底型、马蹄型等。

通常，折叠吸盘用在弧度较大、定位粗糙的部位，适应性强；马蹄型吸盘用在狭窄紧凑的部位；平底吸盘用在大平面位置，结构强度高，吸力强。

吸盘的吸力来自于吸盘内外的气体压力差，在确定吸取某个工件的吸盘时，可按如下估算公式：

$$d=11.2\sqrt{\frac{ms}{bc}}$$

式中 d ——吸盘直径, mm;
 m ——质量, kg;
 s ——安全系数;
 b ——压强, bar;
 c ——吸盘数量。

$$c=11.2\times 11.2ms/(bdd)$$

吸盘的数量 c , 一般由经验决定, 尽量满足在工件上排布均匀对称, 在抓取传递过程中工件不颤抖不变形, 需要说明的是吸盘数量并非越多越好, 吸盘数量过多不但会增加成本, 还有可能由于密布的吸盘压缩量不一致而引起工件产生变形, 另外, 抓取的时间也会延长。

安全系数 s , 考虑到工件在抓取过程会产生加速度, 一般的安全系数取 $2\sim 2.5$ 。

(2) 连接杆

在端拾器制作过程中, 主连接杆主要是直径为 40mm 的铝管, 延长臂主要是直径为 25mm 的铝棒。

铝管的选用主要考虑在受力状态下的铝管的挠曲问题。

(3) 真空发生器

真空发生器是端拾器制作过程中的重要元器件。其作用在于使吸盘空间内产生真空, 然后在大气压的作用下吸附待抓取件。

(4) 双料检测器

双料检测器用于在抓取自动化抓取过程中, 识别是否存在双板料的情况, 从而避免压机模具受到损坏。

(5) 分离气缸

分离气缸主要用于一模双件或双槽制件, 实现前后两序之间制件距离有变化的情况, 分离距离一般单边要求 ($0\sim 300\text{mm}$), 同时要求冲压件分离之后不能再合拢。端拾器上增加气缸, 要求每个件对应一个气缸。

4. 典型零件的吸盘位置设计

吸盘的型号有很多, 在具体零件的选用上, 本着选大不选小的原则, 尽可能地选用大直径的吸盘。在冲压行业常用的圆形吸盘直径一般在 $30\sim$

125mm , 椭圆形吸盘的尺寸一般在 50×16 至 140×70 范围内。 50×16 指的是长 50mm , 宽 16mm 。小于下限值的吸盘规格, 由于尺寸小, 吸力有限, 不建议选用。

(1) 侧围外板

针对侧围外表件的吸盘布置, 根据制件的大小, 一般情况下, 吸盘个数在 $8\sim 12$ 个, 如图 4 所示, 侧围上下两侧的位置都是可以增加椭圆型吸盘的, 根据产品平面的大小, 可以增加 60×30 , 80×40 , 110×55 等不同型号的吸盘。其他位置的圆形吸盘根据平面大小, 可以选用 $30\sim 125$ 的吸盘。在平面条件良好的情况下, 尽可能的选用大直径的吸盘。

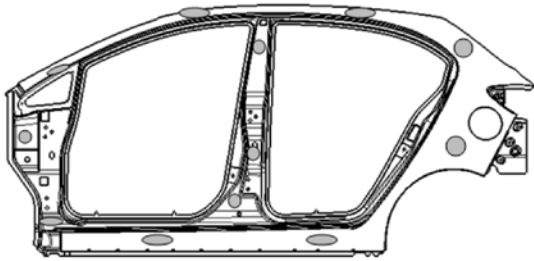


图 4 侧围外板吸盘布置平面图

(2) 翼子板

由于翼子板一般是左右成双, 在吸盘的布置上, 基本也是左右对称。针对单个翼子板的吸盘布置, 一般情况下, 吸盘个数在 $3\sim 5$ 个。由于翼子板的表面相对平整, 一般只需选用圆形吸盘即可。根据零件的大小, 一般选用直径 80mm 和 100mm 两种规格即可满足要求。

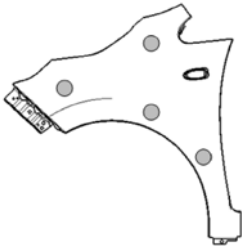


图 5 翼子板外板吸盘布置平面图

(3) 后背门外板

针对后背门外板的吸盘布置, 一般情况下, 吸盘个数为 6 个, 根据产品大小, 如图 6 中所示, 尾灯后部的的位置都是可以增加吸盘的。由于后背门外板的表面相对平整, 一般只需选用圆形吸盘即可。根据零件形状, 一般选用直径 60mm 、 80mm 和 100mm 三种规格即可满足要求。

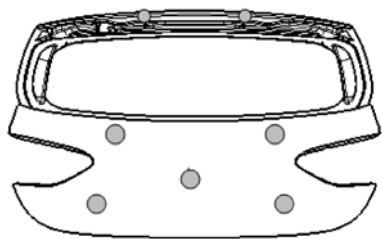


图6 后备门外板吸盘布置平面图

(4) 后备门内板

后背门内板的空洞较多，型面也复杂，根据产品造型的不同和形状的大小，选用的吸盘规格可能会较多，但要保证直径在 30mm 以上。一般情况下，蓝颜色的位置可以优先考虑，在蓝颜色的位置仍不能满足要求的情况下，粉红色的位置都是可以增加的。

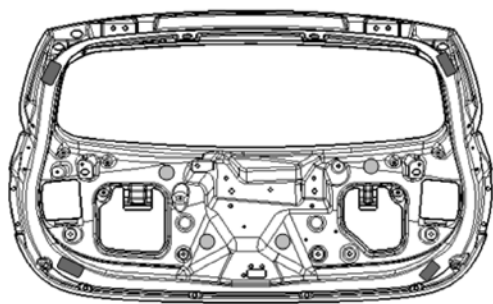


图7 后备门外板吸盘布置平面图

(5) 车门外板

车门外板的形状可以分为带窗框和不带窗框两种。带窗框的一般是单件单模，不带窗框的一般是一模两件。不论是左右成双，还是前后成双，在吸盘的布置上基本都是一致的。

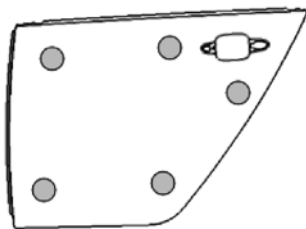


图8 门外板吸盘布置平面图

带窗框的门外板，一般选用 6 个吸盘即可满足要求。对于不带窗框的门外板，只需要根据带窗框的门外板窗框分界线以下的区域来布置吸盘即可。

(6) 车门内板

上述车门内板的造型都比较复杂，台阶多，孔洞多，在吸盘布置上很困难。可以放置吸盘的位置较少。吸盘选用很困难，为了保证吸力，一般只能选用椭圆型吸盘。即使可以实现自动化，由于选用的吸盘较小，吸力有限，在生产节拍较高时，容易出现掉件等现象。

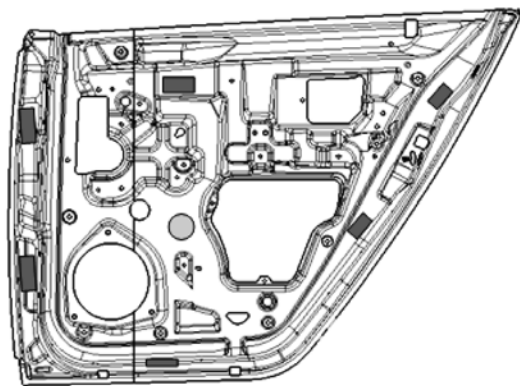


图9 门内板吸盘布置平面图

(7) 发盖外板

发罩外板属于大平面外面件，在吸盘选用上，只需选择大直径圆形吸盘即可。根据产品形状的大小，选择 4~6 个直径为 80mm、100mm 的吸盘即可满足要求。

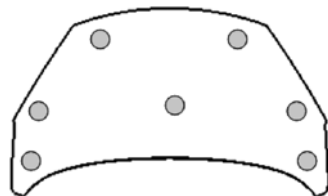


图10 发盖外板吸盘布置平面图

(8) 发盖内板

发罩内板的孔洞较多，型面也复杂，根据产品

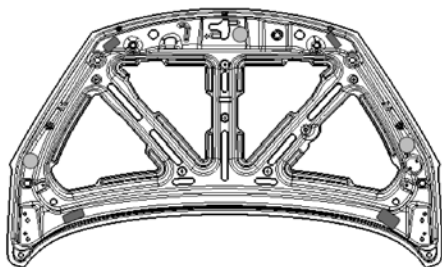


图11 发盖内板吸盘布置平面图

(下转第 105 页)

5A02 铝合金高速切削特性研究

沈阳理工大学工程实践中心 李 刚

【摘要】 在高速切削实验的基础上，研究了 5A02 铝合金在不同的切削参数时，切削变形、切削热及已加工表面质量的变化关系。结果表明，铝合金 5A02 的切削变形系数随切削速度的增加而降低，随切削深度的增加略有降低，随切削速度的增加而下降；切削温度随切削速度的增加先迅速增加，后缓慢下降；表面粗糙度随切削速度的增加而降低，随切削深度和每齿进给量的增加而增加。

高速切削是近年来金属切削研究的热点之一，也是未来金属切削的发展方向^[1,2]。在金属切削过程中，通常采用加大进给量、加大切削深度、提高切削速度三种方式来提高金属去除率，但其在提高加工效率的同时，又不可避免地产生一系列缺陷^[3,4]。而高速切削技术虽然在有色金属切削中取得了一定成就，但高速切削加工机理研究尚在探索阶段，其高速切削工艺规程还很不完善，对一些工程常用材料的高速切削性能的研究较少^[5,6]。

本文通过对铝合金 5A02 材料进行大量的切削实验，得到了该材料的变形系数、切削力、切削温度、已加工表面质量随切削速度、铣削每齿进给量、切削深度的变化规律。并通过对铝合金 5A02 切削变形系数、切削力、切削温度、已加工表面质量的测量，分析并总结出了铝合金 5A02 的高速切削性能。

一、高速加工切削的实验部分

1. 试件材料及其材料属性

实验用基材为铝合金 5A02，加工成 50mm × 40mm × 7mm 的试件。其化学成分及机械性能如表 1、表 2 所示。

表 1 铝合金 5A02 的化学组成成分

牌号	化学组成成分 (%)						
	Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti	Al
5A02	0.4	0.1	2.0 ~ 2.8	—	0.15 ~ 0.4	0.15	其余

表 2 铝合金 5A02 的机械性能

牌号	试样状态	力学性能		
		抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%)	布氏硬度 /HBW
5A02	0	≤225	10	60

2. 实验设备及性能测试

实验采用 XS6380 型数控高速铣床（如图 1 所示），具有刚性好、速度高、操作方便、制造工艺先进、精度稳定等优点，加工精度可达 IT6 级，表面粗糙度可达 $R_a 0.8$ ，可以以铣代磨。切削刀具采用日本三菱公司生产的三齿直柄立铣刀，刀杆型号为 BAP300R203S20，刀具直径 $\phi 20\text{mm}$ 。刀片材料有：涂层硬质合金 F7030、涂层硬质合金 AP15TF、金属陶瓷 NX4545，型号都为 APMT1135PDER—H1，刀尖圆弧半径 0.4mm。

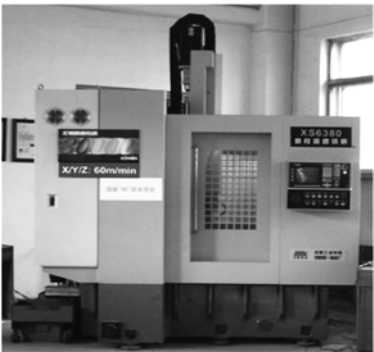


图 1 XS6380 数控高速铣床图

采用人工热电偶法测量切削温度，所用的温度变送器为沈阳仪器仪表工艺研究所生产的 WB - E 型温度变送器，其测量精度等级为 0.5 级，测量范围为 0 ~ 400℃。采用时代 TR100 袖珍式表面粗糙度测量仪对试件表面粗糙度进行测量。

二、实验结果与讨论

1. 变形系数

采用切削参数：主轴转速为 251m/min，502m/min，753m/min，1004m/min，1256m/min，切削深度为 0.5mm，1.0mm，进给量为 0.05mm/z，0.15mm/z 进行正交实验。切削过程中加冷却液。将实验数据导入 Matlab 软件，利用其 Spline Toolbox 工具箱进行曲线拟合，得到如图 2、图 3 所示曲线。

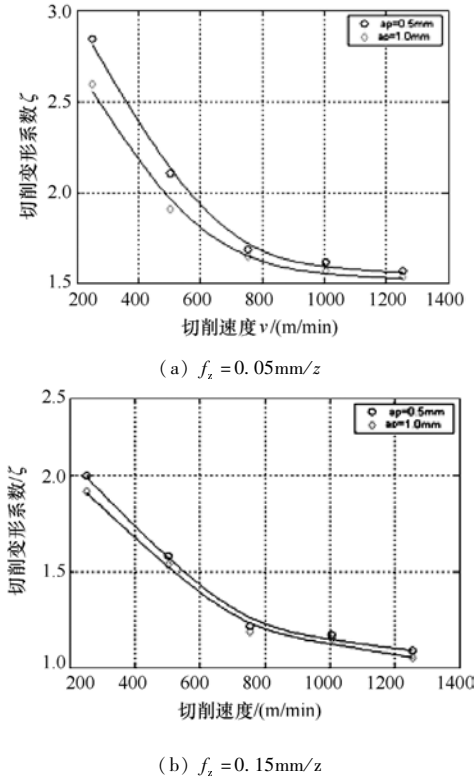


图2 切削变形系数随切削速度及切削深度变化曲线

由图2可以看出，5A02 的高速切削中切削变形系数随切削速度的增大而降低。这是由于切屑的温度随切削速度的提高而增加，使切屑底层金属的 τ_s 下降，从而使摩擦系数随之降低。切削变形系数随切削深度增大有所减小，但对变形系数

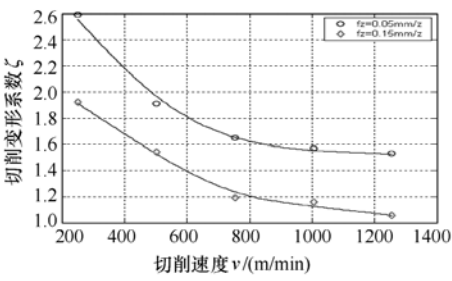


图3 $a_p = 1.0 \text{ mm}$ 时，切削变形系数随切削速度及每齿进给量的变化曲线

的影响不像切削速度和切削厚度哪样显著。在切削速度小于 800m/min 时，切削变形系数随切削速度的增加下降比较迅速，而在切削速度超过 800m/min，切削变形系数的下降比较缓慢。

由图3可以看出，切削变形系数随每齿进给量的增加而降低。这是由于切削厚度的增大引起摩擦系数的下降，从而引起剪切角的增大。

2. 切削温度

切削热是金属切削过程中产生的重要现象之一，将直接影响刀具的磨损和使用寿命。本实验采用人工热电偶法测量切削温度，切削参数为：主轴转速 251m/min，376m/min，502m/min，627m/min，753m/min，878m/min，1004m/min，1129m/min，1256m/min，切削深度 0.2mm，进给量 0.05mm/z，0.1mm/z 进行正交实验。经过 Spline Toolbox 工具箱进行曲线拟合，得到切削温度随切削参数变化曲线，如图4所示。

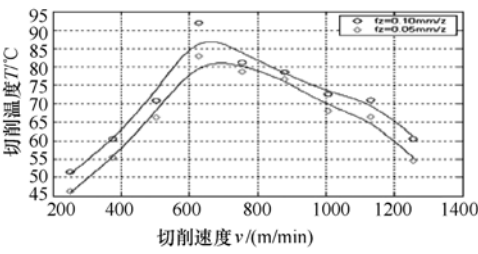


图4 铝合金 5A02 切削温度随切削参数变化曲线图

由图4可以看出，在切削过程中所测得切削温度也比较低，这是由于铝本身切削温度低，在断续切削的铣削过程中，只安装了一个刀片，其生热时间比散热时间还要少，使得热量难以积蓄。在切削线速度低于 628m/min，切削温度随切削速度的增加而增加，由于切屑沿前刀面流出时，切

屑低层与刀具发生强烈摩擦，导致切削热大量产生从而引起切削温度的升高。在切削速度高于628m/min后，切削层金属的剪切变形、切削力、切削热相对集中，切削热来不及向工件方向传导而几乎全部被切屑带走。主轴转速升高后，机床的进给速度提高，也就是刀具沿工件表面划过的速度提高，这样就造成由于热源移动过快而热电偶响应速度跟不上，也会出现切削温度随切削速度增加而下降的情况。

3. 切削表面质量

在生产实践中，表面质量对零件的使用性能和寿命有着重要的影响。本实验采用的切削参数如下：切削速度为 251.2m/min，502.4m/min，753.6m/min，1004.8m/min，1256m/min；切削深度为 0.5mm，1.0mm；进给量 0.05mm/z，0.1mm/z，0.15mm/z，0.2mm/z 进行正交实验，在切削过程中加冷却液。经过 Spline Toolbox 工具箱进行曲线拟合，得到表面粗糙度随切削参数变化曲线，如以下各图5所示（图5为 $a_p=1.0$ 时加工表面粗糙度 R_a 与切削速度 v 的关系）。

由图5可以看出，随着切削速度的增加，工件已加工表面粗糙度呈下降趋势。这是由于在超高速切削条件下，刀-屑间的摩擦作用十分剧烈，切屑底层温升可以达到很高，后刀面与已加工表面间的相对运动速度较高，在表面层金属的摩擦、挤压两个方面的作用中，摩擦占主要地位，它引起表面层金属的温升，而挤压引起的塑性变形来不及底层金属传播，因此，在高速切削时积屑瘤和鳞刺失去其形成条件，故表面质量提高。而在主轴转速低于800m/min，工件已加工表面粗糙度随切削温度的提高而迅速下降，当主轴转速大于800m/min时，这种下降的趋势减缓。

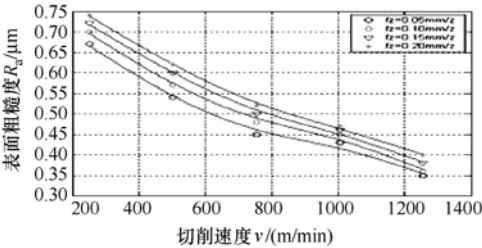


图5 加工表面粗糙度 R_a 与切削速度 v 的关系

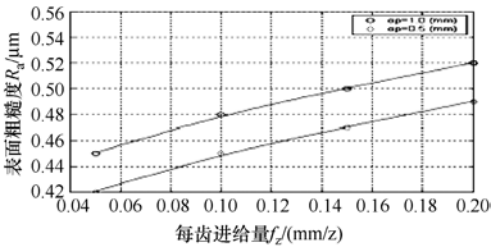


图6 在主轴转速 $n=753.6\text{m/min}$ 加工表面粗糙度 R_a 与每齿进给量 f_z 的关系

由图6可以看出，工件已加工表面粗糙度随着每齿进给量的增加而增加。这是由于进给量增加后，刀具在切削时引起的残留高度有所增加，从而引起表面粗糙度的增加；工件已加工表面粗糙度随着切削深度 a_p 的增加而增加，这是由于切削深度较小时，铣削力减小，铣削力波动对加工表面粗糙度的影响也随之减小，因此会出现工件已加工表面粗糙度随着切削深度 a_p 的增加而增加的现象。

图7为加工表面残余应力沿纵深方向分布曲线图。

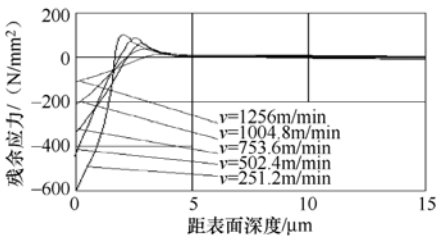


图7 高速铣削表面残余应力分布

由图7中可以看出，随着切削速度的提高，已加工表面的残余应力在逐渐减小，这是由于在切削过程中随着速度的提高，已加工表面所受的挤压摩擦在减小，表面的塑性变形在减小。在高速切削中切削力随切削速度的增加而降低，这就导致已加工表面所受的挤压摩擦随切削速度的提高而减小，由于切削速度很高，表层塑性变形来不及向深层传播，随着切削速度的进一步提高，当切削速度大于工件的塑性变形的传播速度，已加工表面会出现塑性剪切被脆性断裂所取代的现象，这样就更进一步降低已加工表面的残余应力。

高速铣削后工件表层所受应力为压应力，次

表层所受应力为拉应力,这说明工件已加工表面的残余应力主要是由切削过程中的挤压变形引起的。这一点与工件表面切削温度低是相吻合的。在切削过程中,已加工表面在最后形成前受到刀具后刀面的挤压和摩擦,后刀面的磨损和已加工表面的弹性恢复又使挤压和摩擦的范围加大,后刀面摩擦造成的拉应力向表层以下将逐渐减小。当切削过程结束后,基体的弹性变形将恢复,而产生塑性变形后的表层却不能恢复,它受到基体金属的牵制,于是表层将形成残余压应力,内层仍为残余拉应力。

三、结论

由铝合金 5A02 高速铣削实验数据,得出了该材料的切削变形、切削力、切削温度、已加工表面质量与切削参数之间的关系。

(1) 铝合金 5A02 的切削变形系数随切削速度的增加而降低,随切削深度的增加略有降低,随切削每齿进给量的增加而降低。

(2) 得出了铝合金 5A02 的切削温度随切削速

度的增加先迅速增加,后缓慢下降的规律。

(3) 铝合金 5A02 的表面粗糙度随切削速度的增加而降低,随切削深度和每齿进给量的增加而增加。□

参考文献:

- [1] 王西彬,等.超高速切削技术及其新进展.中国机械工程,2000,Vol.11, No.1-2, P.190-194.
- [2] Schulz H. High Speed Turn-milling-A New Precision Manufacturing [J]. Technology for the Machining of Rotationally Symmetrical Workpieces. Annals of the CIRP 1990, 1: 107-109.
- [3] Schulz H. High-Speed Milling of Dies and Moulds-Cutting Conditions and Technology. Annals of the CIRP 1995; 1: 35-39.
- [4] 陈明等,铝合金高速铣削中切削温度动态变化规律的试验研究 [J]. 工具技术,2000 (5): 7-10.
- [5] 尚晓峰,高速切削主变形区绝热剪切的研究,沈阳工业学院硕士论文,2002.3.
- [6] 刘占强等,高速铣削过程中表面粗糙度变化规律的试验研究,现代制造工程,2002.7,10-11.

(上接第 101 页)

品造型的不同和形状的大小,选用的吸盘规格可能会较多,但要保证直径在 30mm 以上。一般情况下,蓝颜色的位置可以优先考虑,在蓝颜色的位置仍不能满足要求的情况下,粉红色的位置都是可以增加的。

(9) 顶盖外板

顶盖属于大平面外表件。在吸盘选用上,只需选择大直径圆形吸盘即可。根据产品形状的大小,选择 6~8 个直径为 80mm、100mm、125mm 的吸盘即可满足要求。如图 12 所示,如果不是带

天窗的顶盖可以在天窗位置增加吸盘的。当顶盖带天窗时,一般只需把天窗位置的吸盘去掉即可。

5. 结语

综合上述车身侧围外板、翼子板、四门两盖、顶盖大型覆盖件吸盘布置分析:

车身外表件,平面比较大,吸盘布置较容易,可以布置大直径吸盘,吸力也比较大。自动化生产过程中,端拾器抓取冲压件简单可行,即使高节拍生产也不会掉件。

车身内板件,造型都比较复杂,台阶多,孔洞多,可以放置吸盘的位置较少,吸盘布置很困难。通过上述几个典型内板件的分析,可以发现:内板件一旦造型确定,后期只能利用已成形的型面制作端拾器,如果产品在设计造型时没有考虑吸盘布置要求,很难保证内板件的自动化生产。即使有较小的平面位置,布置小直径吸盘,但由于吸力有限,在自动化生产时,容易出现掉件,节拍比较低。因此,在产品造型阶段,考虑吸盘布置,预留数量足够的较大平整面是必要的。□

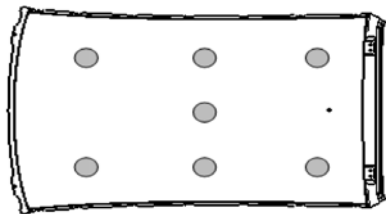


图 12 顶盖吸盘布置平面图

P - FMEA 在制造过程中的实际运用研究

宝骏基地发动机工厂装配车间 袁 震

【摘要】 “潜在失效模式及后果分析 FMEA” 被国际汽车制造领域广泛运用，它包括设计 D FMEA 与过程 P FMEA。本文仅针对研究 P FMEA 在发动机制造领域的运用，从实际使用的角度论述了实际经验在 P FMEA 过程中的不可替代性，阐明如何运用实际经验降低 PFMEA 中 RPN 值，来实现对制造过程的控制，提升制造质量。

一、概述

什么是 P - FMEA？首先，FMEA 可以描述为一组系统化的活动，其目的是：①认可并评价产品设计/制造过程中的潜在失效以及该失效的后果；②确定能够消除或减少潜在失效发生机会的措施；③将全部过程形成文件。其次 FMEA 是对确定设计或过程必须做些什么事情才能使顾客满意这一过程的补充。P - FMEA 是仅考虑工艺过程设计存在哪些失效机会发生的工具。它以推动过程改进作为主要目标，重点在防错方法上，最终通过完善《控制计划》、《防错计划》满足客户的满意度。

P - FMEA 应该是以小组的形式开展，P - FMEA 的编制责任通常都指派到某个人，但是整体输入应是小组的努力。在最初的设计 FMEA 过程中，希望负责设计的工程师能够直接、主动地联系所有有关部门的代表。这些专长和责任领域应包括（但不限于）装配、制造、设计（PE）、试验、可靠性、材料、质量、服务和供方，以及负责更高或更低一层次的总成或系统、子系统，应成为促进各相关部门之间相互交换意见的一种催化剂，从而推进小组协作的工作方式。

二、P - FMEA 的实际运用（现实案例）

1. “严重度” 如何实际判定

P - FMEA 首先应吸取以往产生过的重大“教

训”（如召回、不合格品、顾客抱怨、批量返修、高的保修费用等）作为识别失效模式的输入。对小组识别的所有高风险失效模式都引起重视，并有可实施的措施计划，对所有其他失效模式也都加以考虑，这里将这种对于“某种潜在的失效模式”的危害程度定义为“严重度”。“严重度”是定给失效模式最严重的影响后果的级别。严重度是单一的 FMEA 范围内的相对定级结果。严重度数值的降低只有通过改变设计才能够实现。“严重度”分为 10 个级别，如表 1 所示。

除非负责的工程师有 FMEA 和团队工作推进经验，否则，由一位有经验的 FMEA 推进员来协助小组的工作是非常有益的，FMEA 推进员的经验直接影响到严重度、频次、探测度的定义。

柳州发动机河西工厂安装主轴瓦工位，对于“轴瓦损伤”失效模式，严重度曾定义为 8，RPN 值达 124，而《控制计划》的方法仅为：操作工目视检查。风险很大吸引了整个 P - FMEA 问题解决团队的注意，可是问题迟迟不能解决。这个初严重度的定义是出于当时 P - FMEA 推进员的想象：员工安装时存在磕碰带来轴瓦严重损伤的可能，并在不知情时装机，导致发动机性能下降、顾客抱怨。

为了解决问题，发动机工厂重新整合了 P - FMEA 问题解决团队人员结构：由车间有经验的师傅牵头作为 P - FMEA 推进员，车间经理作为小组长，ME 经理为副组长，将质量售后工程师、物流

包装工程师吸收入小组，这些人的实际制造发动机经验均在7年以上，组成了理论与实践相结合、个人制造经验丰富的多功能团队。很快，这个多功能团队就有了突破——在不考虑零件质量前提下（P-FMEA的原则），从工艺布局分析得出：该工位一旦出现轴瓦严重损伤，后工位安装活塞、回转力矩测试都能发现属于设计防错。通过经验看该工位：操作步骤、动作、工装情况等，没有造成轴瓦严重损伤条件和可能。无论青岛发动机工厂还是生产运行了7年的柳州河西工厂都从未发生过如此严重的轴瓦损伤，该问题实际是个“假命

题”，造成的原因是P-FMEA推进员的实际经验不足，而《控制计划》的方法应该将“回转力矩测试”加入。通过团队的努力，以事实为依据推动ME修改了《P-FMEA》、《控制计划》。

2. “探测度”如何实际判定

“探测度”是与设计控制中所列的最佳探测控制相关联的定级数。探测度是一个在某一FMEA范围内的相对级别。为了获得一个较低的定级，通常计划的设计控制（如确认/或验证活动）必须予以改进。“探测度”也分为10个级别进行评分，如表2所示。

表1 FMEA 严重度分级表

分级	效应	对制造的严重性	范 例
10	未警告的危险	未警告的失误会危及操作工（机器或装配）	汽车安全危害顾客
9	警告的危险	警告的失误会危及操作工（机器或装配）	破坏环境、汽车废气排放
8	非常高	也许会引起产品100%的报废率，或者产品在返修部门修理时间多于1小时	用车客户步行回家市场退修
7	高级	产品部分报废（低于100%），或者产品在返修部门修理时间在半小时和一小时之间	100%毛坯报废或者客户方发现的缺陷（重大泄漏）
6	中级	产品（低于100%）可能要报废，或者产品在返修部门修理时间低于半小时	装配线须对其进行大量返修工作。严重影响生产线
5	低级	也许100%的产品需要返修，或者产品需要下线返修而不需要送到返修部门	轻度返修或报废。对生产线影响较小
4	非常低	产品也许需要挑选，但是没有报废品，部分（少于100%）需返修	失误可能会对后来的操作带来不便，轻度返修
3	轻微	需要返修，无报废，在线上返修但是在是在工位以外的区域	失误可能会对后来的操作造成轻微不便，轻度返修
2	非常轻微	可能需要返修，无报废，在线并且在本工位返修	影响本工位操作。失误可能会对操作造成轻微不便，轻度返修
1	无	对操作或操作工造成轻微的不便，或者没有不良效应	无不良效应——客户或许完全不会注意

表2 FMEA 探测度分级表

分级	发现	标准	建议标准范围
10	几乎不可能	完全确定不能发现	不能发现或者没有检查
9	非常难发现	控制的过程中可能无法发现	只有非直接检查
8	难发现	通过控制发现的几率很低	只有目视检查
7	发现率非常低	通过控制发现的几率很低	双重目视检查
6	发现率低	通过控制可发现	有动作，100%触摸检查
5	中等	通过控制可发现	有检查表，100%使用工具检查
4	发现率稍高	一般能够发现并控制	100%使用检具检查
3	发现率较高	能够发现并控制的机会很高	100%使用自动设备检查
2	发现率非常高	几乎能够确保发现并控制	多层设备或工艺防错
1	发现率非常高	绝对能够发现并控制	不能制造不良部件

定义“探测度”时经验也是关键，体现在对“控制计划的探测方法”认识全面性上，同一失效模式，由于失效的程度不同可能会演变为两种失效模式，如不在探测度上深入考虑，很可能忽略

由此衍生的第二种失效模式。这一点非常重要。

发动机流水线由于在线设备的探测能力不同（如冷试设备），生产B15机型时，曾经发生“磁阻圈的信号齿变形”问题，发动机工厂在“P-

FMEA 每月回顾”中发现了这个问题，认为风险很大，需要研究现有制造过程的控制手段是否能将这一问题控制。

车间 P-FMEA 小组对操作过程进行分析：制造过程中，磁阻圈螺栓拧紧完成后，曲轴与缸体进行连接，后工位操作双轴拧紧枪拧紧主轴承盖螺栓时，下压移动双轴枪的动作由于电枪能在任意高度上移动，可能使套筒撞击到“磁阻圈信号齿”，产生这种失效模式。随即车间联合 ME 在冷试检测做了此种失效模式的 Mapping 实验，实验结果显示：如撞击导致的变形程度严重，发动机在冷试即表现为“测试信号中断”——故障可控制。但变形程度轻微在冷试则能感应到信号，并能 OK 通过。装整车后会有“信号弱”的问题，并最终可能表现为“高转速时，影响车辆提速”，可能会导致客户要求“返修”，而这样的返修几乎就是拆整机，带来大量的零件报废，维修时间也至少在 1 天以上。由于该失效模式的“频次”很低，“控制计划的探测方法”冷试能满足“完全丧失功能的失效模式”，问题基本能得到控制，磁阻圈信号齿轻微变形成为了后期攻关的目标。

这时 FMEA 推进员如只有发动机背景而无整车经验，只认识到发动机工厂的部分探测方法，而不能结合后工序（整车总装）的“探测方法”倒推出“部分丧失功能”的失效模式，往往遗漏不同区域的“控制计划的探测方法”带来的不同结果。

3. “RPN”降低的实际运用（成功案例）

P-FMEA 在实际生产领域扮演着质量先驱的重要作用，通常一个潜在失效模式的“严重度”、“频次”是不会改变的，要想通过降低 RPN 值达到较高过程能力的控制，只有在“探测度”上做文章，RPN（风险顺序数）是严重度（S）、频度（O）和探测度（D）的乘积， $RPN = (S) \times (O) \times (D)$ ，只有通过改进探测手段使探测度的值降低来降低 RPN 值，然后成果纳入《控制计划》、《防错计划》进行约束，达到控制质量的目的，下面来看一个成功案例。

机油泵密封 O 型圈，生产过程中由人工安装，但只有一道目视自检，安装完毕后即隐藏无法互检，而由于机油泵与缸体结合面贴合较紧密，冷

试设备不能发现漏装 O 型圈缺陷，此失效模式在装机后运行一定时间会以渗油现象被客户发现产生拉回问题。这时严重度（S）为 8；发生的频度（O）为 2；由于只有一道人工目视检查，对照图表探测度（D）为 8。

$$RPN = 8 \times 2 \times 8 = 128 \text{ 风险极大!}$$

车间 P-FMEA 小组通过现场分析，认为从工具上下功夫提高发现机会从而降低探测度的级别，是问题解决的一条可行之路。于是通过集思广益，最后在料盒上增加了一个感应传感器与工位“合格放行”程序相连接，员工必须对每台到工位的发动机做一次“取 O 型圈”动作才能满足 OK 放行条件，并将传感器的“防错验证”纳入《防错计划》文件中管理。这时，相当于采用了自动设备（程序）及工具（传感器）进行防错，对照图表探测度（D）降低为 3， $RPN = 8 \times 2 \times 3 = 48$ ，风险得到了有效控制。

三、总结

P-FMEA 为不断改进过程质量控制能力提供了一种有力工具，每一次优秀的改善往往与 P-FMEA 紧密相连，然而 P-FMEA 推进员的实际经验又至关重要，工厂的“每月回顾机制”将这些资源牢牢整合后，为产品质量的提升提供了保障。□

参考文献：

- [1] (美)斯泰蒙迪斯，著. 陈晓彤，姚绍华，译. FMEA 从理论到实践 [M]. 国防工业出版社，2005.
- [2] C. J. Price, N. S. Taylor. Automated multiple failure FMEA [J]. ELSEVER, 2002; 2-8.
- [3] 田婕. 面向对象软件 FMEA 方法研究 [D]. 国防科学技术大学，2008.
- [4] 于金伟. FMEA 与控制计划在过程控制中的应用 [J]. 世界标准化与质量管理，2006（9）：76-80.
- [5] 谢小虎，郭虎. FMEA 在汽车发动机悬置设计中的应用 [J]. 汽车科技，2005（6）：25-28.
- [6] 赵莹，张新丰，章桐. 基于概念模型的燃料电池发动机 FMEA 研究方法 [J]. 上海汽车，2013（4）：18-22.

厚重发展 用心经营

——在文化融入与俱进中强化企业核心竞争力

重庆机床（集团）有限责任公司

【摘要】 光栅编码器是由一系列规律性刻线组成的圆光栅盘作为测量基准，并用于旋转运动测量的传感器。近年来，编码器在各行业的应用更加广泛，产量迅猛增加，技术水平也在不断提高。本文主要介绍了目前光栅编码器市场现状，并对编码器市场情况进行了预测。文中展望了光栅编码器的技术发展前景，提出了编码器体积小型化、智能型接口模块技术、多样化的信号传输等技术将成为光栅编码器技术发展的方向。

重庆机床从1940年始创至今走过七十五年的历程，这75年的发展是一部踏实厚载的历史，也更是一个精雕细刻的过程。这个过程中，一代代重机人求精求新、追求卓越，以独有的核心技术、深厚的文化积淀建树了中国齿轮机床第一品牌，开创了滚齿机、剃齿机、插齿机等诸多第一，取得数百项国家级和省部级科技奖项，并在不断的薪火相传和传承发展中逐渐孕育了自己独有的特色“精细文化”，构筑起了重机人共同的精神家园。

这种“精细文化”总的来说就是以深厚的专业素养和精细精神致力于制齿装备制造，打造世界的“重机牌”。他体现在重庆机床技术创新，精细加工，卓越管理，品牌建设，专业队伍以及特色文化等各个方面，既是重庆机床产品的写照，也是重庆机床管理的内涵，更是重庆机床职工的特色标志。

以下将通过“入心”、“入行”，“入习”三个方面来介绍重庆机床“精细文化”的融入发展。

一、入心，力求认同

“精细文化”在入心上受到广大职工的强烈认同，源于他在企业发展的不同时期得到厚重传承与创新发展。

从企业初创期的“自立自强，求精求新”精神，到创新提升期的“责任重机、创新重机、品牌重机、效益重机、快乐重机”“五个重机”的行动理念，到深入发展期的“求精求新，追求卓越”的核心价值观，都深刻展现了精细的文化精髓，也是在这种传承发展中最终形成了现在符合企业发展战略需求，具有时代气息、企业特色、丰富内涵并为广大职工认同的重庆机床文化理念体系，为企业改革发展稳定提供了强有力文化支撑和人力、智力、动力以及思想保证。这种文化理念体系为：

(1) 企业使命：装备中国，服务世界。重庆机床集团不仅要成为国内一流企业，用精良优质、技术领先的机床装备国民经济各行业，还要在国际市场赢得一席之地，跻身世界先进企业之列，使“重机牌”机床由中国名牌变为世界知名品牌。

(2) 企业愿景：建百年企业，创世界一流。把重庆机床集团建设成为国际知名、国内其他企业不可替代的齿轮机床工业基地，力争居于国内机床行业前5名、世界齿轮机床行业前3名。

(3) 核心价值观：求精求新，追求卓越。重庆机床集团七十余年是在追求精品、追求产品和技术最新、最精、最优秀，不断超越自己和他人，不断追求卓越、不断创新中成长壮大发展成为世

界制齿机床产销量最大的供应商的，传承传统，发扬光大是企业发展的永恒主题。

(4) 企业精神：专业精细。以专业、专注、专攻和精细化研发与制造著称，对技术、产品各环节和细节精益求精，追求精品；在不断创新中与时俱进，追求现代感和时代精神，赢得国内外用户青睐和喜爱。

(5) 未来五年的“一体化发展战略”。重庆机床集团采取一体化发展战略，立足于创新，着力企业核心竞争力提升，在开发市场、新产品研发、管理模式、生产规模、人才上具有竞争优势，通过产品技术升级战略、产品链延伸战略、品牌效益发展战略三个方面的实施，推动企业快速发展。

(6) 战略方向：世界齿轮机床行业前三名，国内机床行业前五名。

二、入行，实化行动

“精细文化”在入行上付出了实实在在的行动，并形成了“一个中心，两项建设，三个特色”的文化塑造发展模式。即以“厚重传承与创新发展”为中心，坚持“品牌建设、创新建设”，实行“特色引领，特色聚力，特色激励”。具体体现在重庆机床的“形象力、创新力，学习力、向心力”上。

1. 以精细文化塑造形象力

推行“产品源于品格，质量源于素质”的质量观，以品质立业，品牌兴业。早在2007年，重庆机床集团就提出了“品牌重机”的行动理念；2011年工作会上，重庆机床集团着重强调了“精铸品牌”这一方针。在国内外市场形势严峻的关键时期，2013年，重庆机床集团又提出“一个中心，两项工程，三个不动摇”的工作主线，其中狠抓品牌建设工程成为了企业调结构、促升级进行增长方式转变的关键要点。重庆机床强调要“以精细文化”的精神来开创世界的“重机牌”。

一是外化品牌形象，及时更新LOGO，对新产品统一进行了全新的外观设计。机电集团和重庆机床品牌标识亮相在数届北京国际机床展、中国数控机床展等国家、省市、行业协会的各种活动中，全面展示和提升重庆机电和机床集团的品牌

新形象。

二是开展品牌提升行动。利用工业企业品牌培育试点企业之机，广泛动员、多方集智、全面规划、分步实施，开展了一系列品牌提升活动。完成了品牌培育管理手册、15大程序文件、品牌画册等。

目前，重庆机床已形成了“1个中国驰名商标，1个中国名牌产品，2个重庆市著名商标，11个注册商标”的品牌格局，并被授予“2012年全国质量管理小组活动优秀企业”，“工业培育品牌示范企业”称号。整合英国PTG百年知名品牌和“重机牌”优势，企业正积极打造属于重机人自己的世界“重机牌”。

2. 以精细文化激活创新力

产品技术创新重在精细，管理创新重在精细，重庆机床在加快技术进步与细节管理升级中时刻显现着精细的内涵。

(1) 产品技术创新。

秉承“诚信为本，创新为魂”的宗旨，一方面坚持以技术创新、管理创新、体制创新为主体，通过自主开发与产、学、研、用相结合，不断拓展创新思路，改进工艺方法和质量，不断提升产品核心竞争力。另一方面在对标世界先进技术中，积极整合创新资源、加快创新速度，积极推进齿轮机床高端技术市场的跟进和超越，推动企业转型升级。

(2) 制造机制创新。

机床集团近年来积极寻求企业管理新思维、新观念、新模式、新方法，形成了推动企业上档升级的新的制造管理机制。

一是坚持内外兼修，全面导入和推行卓越绩效管理模式，并获得重庆市市长质量管理奖，为实现企业愿景和使命寻找到了—种哲学和方法。并以争创市长质量管理奖为契机，从质量、技术、安全、信息化建设和知识管理、人才队伍、综合服务、企业文化等方面对各项制度进行全面整理、搜集与完善，并归类印制了四本涉及到创新、质量、人力资源、管理、安全等方面的制度书籍，有效实现了企业文化建设与企业管理水平同步发展，推动管理卓越化。

二是在机电集团的全面指导下，风险控制、ERP系统在机床集团得到顺利导入和全面推进，财务管控和全面预算深度展开，产品与信息化，管理与信息化得到进一步融合，相关先进管理理念逐步在机床集团子公司得到深化落实和纵深推广，形成了推动企业上档升级的新的制造管理机制。

三是在托管英国百年精密技术集团的国际化经营中，与百年精密集团PTG充分融合，一方面在产品技术上双方进行资源整合利用与优势互补，成功研发国内领先且已达到国际先进水平的YW7232CNC数控精密万能磨齿机系列产品，组建重庆霍洛伊德螺杆制造有限公司。另一方面，在中西方文化融入上，机床集团将其作为国际培训基地，充分吸收其管理体系中的先进理念，比如最近我们就策划邀请了英国制造研究所专家对公司骨干进行综合培训，提升企业综合竞争力。同时，通过文化活动增强中西方同事的交流和融合。比如邀请外籍球员参加2014机电运动会。

3. 以精细文化启动学习力

在精细文化指导下，机床集团倡导“只要每天都在进步，你就是人才”观念，注重在文化与实际工作中以精细的眼光发现人才和使用人才，以精细的方法锻炼人才和培养人才，企业精心打造了才华卓越的工程技术队伍、技术精湛的能工巧匠队伍、激情创新的管理人才队伍、作风严谨的党务工作队伍等四支人才大军，不断在教育培训、道德培养、观念更新、促进生产等工作上加大力度，努力提高职工队伍的整体素质，以支撑企业发展壮大。

这一文化实践突出表现在定期举行的职业技能大赛和青年人才论坛。技能大赛通过赛鉴一体，以赛促提升的方式，不断引导员工岗位成才，2011年全国“五一劳动奖章获得者”罗安程，2012年全国优秀共青团员、重庆市“五一劳动奖章获得者”张树强等许多优秀技能人才从中被培养和培养，近年来一批优秀青年人才被选拔至干部队伍中，很多均是从青年人才论坛中脱颖而出的干将。

4. 以精细文化凝聚向心力

一是精铸文化品牌活动。每年在几大节日举办文体活动成为了重机的一大亮点，已形成了每

年一度的新年职工文艺晚会、“三八”妇女节趣味体育活动、“四一”厂庆拔河比赛、“五四”青年节主题活动、重机杯男子篮球赛、“七一”纪念庆祝活动、八月份职工主题摄影成果展、十一月份新员工入职见面会等具有重机特色的系列品牌文化活动，极大地增强了企业的凝聚力，增强了员工对企业的认同感、归属感，为企业健康可持续发展和重机品牌发展提供了坚强动力。这一系列精心铸造的品牌文化大餐作为重庆机床集团特色文化品牌活动被长期传承并加以贯彻行动，持久地凝聚起了“重机牌”特有的力量。

二是精推创新激励机制。重庆机床坚持企业目标与职工个人目标相统一，完善的创新激励机制成为了公司员工激情发展的一大动力。适时重奖对各大重点项目和科研发展做出突出成就和贡献的有功之臣；每年评选年度十大优秀科技工作者，参加国际四大机床展；每两年召开一次科技大会，用100万元奖励科技工作者，每年组织开展创先争优表彰大会，举办年度主题竞赛活动，奖励年度竞赛明星出境旅游，举行一年一度的“建功重机·年度先进”颁奖典礼，打造了一份真正属于职工的每年一度的荣誉盛宴……

三是做细职工人文关怀。细致的人文关怀成为重庆机床文化建设的重要组成部分。全力关注职工发展，实行技能工资和年功工资，发了职工学习业务技能的热情；高度重视职工体检，成立困难帮扶中心，改善职工乘车条件，每年慰问困难职工、提供免费午餐，对一线职工送温暖送清凉等，改善职工工作环境；深入调查研究，公司领导及职能部门坚持下基层调研，坚持开展“合理化建议工程”等，力求多角度、多途径关爱职工，极大地激发了职工的工作热情，提高了职工参与企业发展建设积极性。

三、入习，持续发展

重庆机床深谙更高的竞争在文化。搬入新区后，结合新区环境、绿化设计及室内装饰设计，重庆机床对新厂区形象系统工程建设植入了精细文化理念，规范使用了统一的企业文化VI标识、管理展板、安全警示牌、文化手册等。并将机电集团

一是实施好“党员示范工程”，进一步增强基层党组织的创造力、凝聚力和战斗力，增强广大

所谓“一流的企业做文化，二流的企业做品牌，三流的企业做产品”，重庆机床将继续深化“精细文化”建设，并深入到职工精神和思想中，赋无形以有形，不断强化企业发展核心竞争力。推动企业文化建设再上新台阶。□