

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.5 2021
2021年10月
October 2021

主管: 中国机械工业联合会
主办: 中国机床工具工业协会
地址: 北京市西城区莲花池东路102号
天莲大厦16层
邮政编码: 100055
电话: (010) 63345259
电子邮箱: wmem@cmtba.org.cn

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 毛予锋
副主任: 王黎明 郭长城

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

特邀编委:
刘宇凌 李先广 姜怀胜 李维谦 于德海 刘春时
李宪凯 邹春生 张自凯 崔瑞奇 徐刚 张新龙
赵博 李志宏 桂林 汪爱清 王跃宏 张国斌
初福春 王明远 刘庆乐 王兴麟 边海燕 董华根
胡红兵 武平 肖明 陈长江

总编辑: 李华翔
责任编辑: 梅峰
国际标准代号: ISSN 1015-4809
国内统一刊号: CN 11-5137/TH
国内发行: 北京报刊发行局
订阅处: 全国各地邮局
邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司
地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B
电话: +886 4 23251784
传真: +886 4 23252967
电子邮箱: Jessie@acw.com.tw
广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京久佳印刷有限责任公司

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



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

目录 CONTENTS

2021年第5期(总第176期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

- 12 NC-Link互联互通协议亮相米 兰EMO MILANO 2021国际机床展等4则消息
The NC-Link interconnect communication protocol will be displayed at the EMO MILANO 2021, etc. 4 news.

特别报道 Special Report

- 14 CCMT2022主题: “聚焦——数字·互联·智造” 机床协会
CCMT2022 theme: "Focus on Digital · Internet · Intelligent Manufacturing"

行业观察 Industry Observation

- 16 工业母机站上风口, 机遇来临挑战并存 李强
Industrial machine has become a hot spot with opportunities and risks
18 多措并举, 开创未来 陈虎
Take multiple measures to create the future
20 突破数控系统瓶颈, 加速工业母机高端化进程 陈吉红
Break through the bottleneck of numerical control system, accelerate the high-end process of machine tool industry
23 对近日国资委党委扩大会议精神的思考 潘卫国
Reflections on the enlarged meeting spirit of SASAC Party Committee recently

专题综述 Topical Review

- 24 浅析中国机床企业战略 丁伟明
Analysis of the development strategy of Chinese machine tool enterprises
27 智能制造时代下的机遇与挑战 王红亮等
Opportunities and challenges in the era of intelligent manufacturing

研发与应用 Research & Application

- 30 KWINDS系列风机关键零件专用加工机床的研发和应用 崔岗卫
Development and application of special purpose machine tool for machining of key parts of KWINDS series fans
33 WL2200系列数控重型卧式车床在风电领域的研发和应用 武汉重型
Research and application of WL2200 series CNC heavy horizontal lathe for machining in the field of wind power
37 PLUS4五轴联动数控工具磨床的研发与应用 北平机床
Research and application of PLUS4 5-axis CNC tool grinding machine

产销市场 Production & Market

- 40 2021年上半年机械工业经济运行情况 机械工业联合会
Economic performance of machinery industry in the first half of 2021

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

编者的话

不久前召开的国务院国资委扩大会议，将工业母机摆在了重要位置，要求中央企业加强工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等关键核心技术攻关和上下游产业协同。与此同时，资本市场也为之一振，通用设备板块在证券市场集体受到追捧，机床企业更是成了资本关注的焦点。

面对难得的发展机遇，机床企业在兴奋的同时也应清醒地意识到，要在机床关键核心技术上取得创新和突破，没有捷径可走，更没有所谓的弯道超车。机床的关键功能部件、关键技术是机床制造业的“锚”，没有“锚”船何以稳？这也是中国机床制造业的痛点所在。

在本期“行业观察”栏目中，我们邀请了来自秦川机床、科德数控、华中数控、南通国盛等几家企业相关负责人，围绕着企业如何抓住当前发展机遇推动企业健康稳步发展，发表了各自的看法，值得行业企业各方借鉴。

目前，疫情还未结束，外部环境还存在诸多不确定因素，但无论外部环境如何变化，机床产业自身发展规律不会变化。未来唯有不断创新，潜心耕耘，我们才能打造出更多的“专、精、特、新”特点突出的机床隐形冠军企业，最终做强机床制造业。

在这一过程中，需要我们在思想意识、价值理念等方面都有所改变。正如一位专家所言：要解决中国制造大而不强之痛，就必须培育我们自己的制造业隐形冠军集群。提倡拜技主义、长期主义，摒弃拜金主义、短期主义。让科学研究精神和技术创新深入到中国人的社会生活中，为隐形冠军成长提供文化和机制的土壤。

期待中国机床制造业自主强大的一天早日到来！

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

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

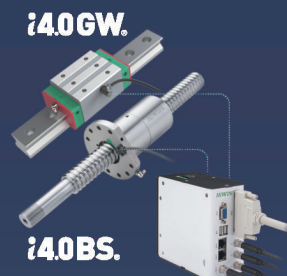
HIWIN® 上银®

实现您的智能工厂

HIWIN为工业4.0提供高附加价值的整体解决方案
全方位系列产品，实现您的智能工厂。



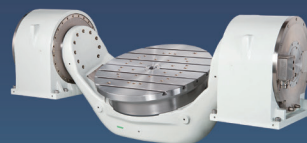
关节式机器人臂
Articulated Robot



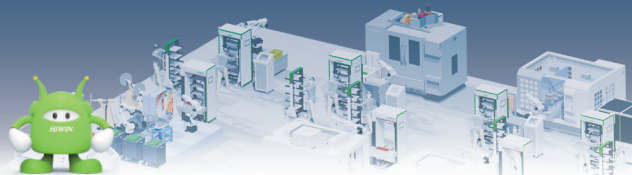
智能型滚珠丝杠
intelligent 4.0 Ballscrew
智能型直线导轨
intelligent 4.0 Guideway



史卡拉机器人臂
SCARA Robot



Torque Motor 回转工作台
Torque Motor Rotary Table



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



扫一扫
关注上银

全球营运总部

上银科技股份有限公司
HIWIN TECHNOLOGIES CORP.
www.hiwin.tw
business@hiwin.tw

关系企业

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

HIWIN中国专属经销商

天津龙创恒盛实业有限公司
Tel: (022) 2742-0909

江苏台银机电股份有限公司
Tel: (021) 5480-7108

上海诺银机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558

上海玖征机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296

昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809

全球销售暨服务据点

德国
www.hiwin.de

日本
www.hiwin.co.jp

美国
www.hiwin.us

意大利
www.hiwin.it

瑞士
www.hiwin.ch

捷克
www.hiwin.cz

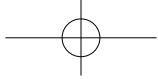
法国
www.hiwin.fr

新加坡
www.hiwin.sg

韩国
www.hiwin.kr

以色列
www.mega-fabs.com

广告



WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

Tel: (010) 63345259

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA
Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

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

President of E-C: MAO Yu-feng

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

Committeemen:

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

Specially Invited Committeemen:

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

Chief-Editor: Li Huaxiang

Executive Editor: Mei Feng

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

目录 CONTENTS

2021年第5期 (总第176期)

44 2021年上半年磨料磨具行业情况简析

磨料磨具分会

A brief analysis of operation of abrasive tools industry in the first half of 2021

展品评述 Exhibits Review

46 CMT2021金属成形机床展品评述

徐刚等

Review of metal forming machine tool exhibits in CMT2021

54 CMT2021部分双端面磨床展品评述

孔艳

Review on part of double end grinder exhibits in CMT2021

58 刀具的数字化制造与解决方案

杨晓

——CMT2021刀具展品评述

Exhibits review: Tool digital manufacturing and solutions

60 CMT2021柔性自动化生产线评述

张险峰等

Review of flexible automation production line exhibits in CMT2021

64 CMT2021部分整体硬质合金刀具展品评述

孙彩成等

Review on integral carbide cutting tool exhibits in CMT2021

产品与技术 Products & Technology

69 YKS7225数控双工位蜗杆砂轮磨齿机的特点及质量控制

秦川机床

Characteristics and quality control of YKS7225 CNC double station worm grinding wheel grinding machine

71 V1160L立式加工中心特点及质量控制

蒂德机床

Features and quality control of V1160L vertical machining center

74 WL2200数控重型卧式车床技术特点及质量控制

武汉重型

Technical characteristics and quality control of WL2200 CNC heavy horizontal lathe

76 Y3132CNC6高效数控滚齿机的质量控制

重庆机床

Quality control of Y3132CNC6 high efficiency CNC hobbing machine

78 CKX40精密数控车床技术特点及质量控制

浙江金火

Characteristics and quality control of CKX40 precision CNC lathe technical

80 冲压车间数字化管理系统

张永刚

Digital management system of stamping shop

84 水平仪在机床上的使用方法

刘斌

Method of using level instrument on machine tool

87 还刀过程中执行T代码的节拍问题

肖博

The rhythm problem of T code execution in the process of knife

品牌故事 Brand Story

91 ZEISS 三坐标测量机: 助力客户加快刀具开发效率

卡尔蔡司

ZEISS CMM: help customers speed up tool development efficiency

94 雄克模块化零点快换系统: 加速用户企业智能化生产转型

德国雄克

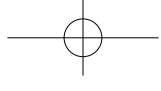
Schunk modular zero point quick change system: accelerate the transformation of intelligent production of user enterprises

97 浅谈日本著名机床厂——牧野

祝贺 陈洪军

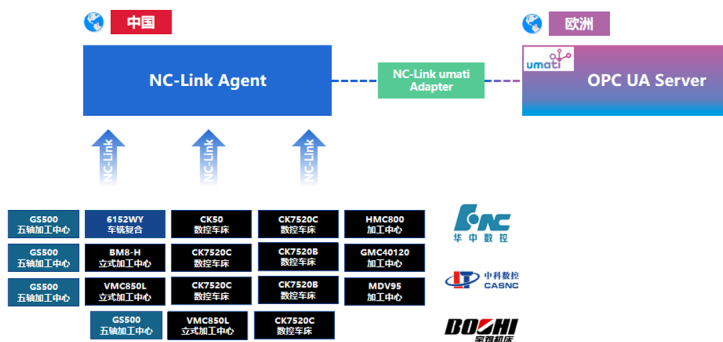
A brief talk on Makino, a famous Machine tool factory in Japan

消息 (15、19、22、26、43、86)



NC-Link互联互通协议亮相米兰 EMO MILANO 2021国际机床展

为了展示我国数控机床互联互通标准的研究应用成果，中国机床工具工业协会（CMTBA）与德国机床制造商协会（VDW）合作，于2021年10月4-9日在EMO MILANO 2021（2021年米兰欧洲国际机床展览会）上，开展了NC-Link互联互通协议与德国umati协议的联合展示。由于受到疫情影响，届时NC-Link协议将采用远程连接的方式进行展示。

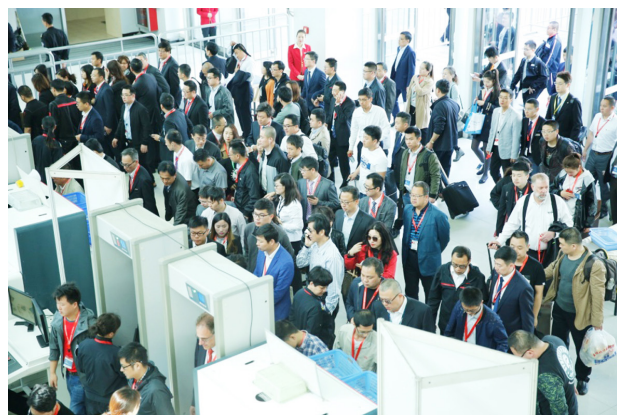


中国机床工具工业协会牵头研发和制定的数控装备工业互联网通讯协议（NC-Link）标准已经进入实际应用阶段，该标准的研制为我国数控机床互联互通建立了统一的标准，对我国智能工厂的建设、智能生产的推进将带来巨大的促进作用。

在这次展览会上，中国机床工具工业协会组织武汉华中数控股份有限公司、沈阳中科数控技术股份有限公司、宝鸡机床集团有限公司等多家行业企业，展示18台不同类型、不同品牌数控系统的机床产品应用NC-Link互联互通协议的实时情况。同时，演练NC-Link和德国umati协议的交互通讯效果也是本次展示的一个重要组成部分。在展会现场的umati平台上，联通远在中国的企业车间设备，展示了他们在数控机床互联互通方面进行的联网实践及设备互联效果，显示设备状态、加工管理、报警、采样数据、调机数据等各种工况信息。

CCMT2022招展工作全面启动

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的“第十二届中国数控机床展览会（CCMT2022）”，将于2022年4月11-15日在上海浦东上海新国际博览中心举办，预计展览总面积12万平方米。



目前，展会的招展工作已全面启动。请有意向参展的企业登录展会官网www.ccmtshow.com 进行在线申报。有关展会组织工作进展情况，敬请关注展会官网、协会官网、协会微信公众号、《中国机床工具》报、《世界制造技术与装备市场（WMEM）》杂志发布的信息。

（中国机床工具工业协会）

天水星火战略重组青海青重签约仪式成功举行

9月28日，天水星火机床有限责任公司战略重组青海青重机床制造有限责任公司签约仪式在星火机床重型装备产业园成功举行。作为天水市重大产业项目集中签约活动的重要组成部分，本次签约仪式得到了各方的高度关注。甘肃省人民政府副省长李沛兴、副秘书长韩显明，中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋等领导出席签约仪式。



式，天水市委书记张永霞主持仪式，甘肃省、天水市相关部门负责人，金融机构代表，星火机床公司、青海青重机床公司相关领导和职工代表，以及星火机床经销商代表、各界媒体代表等200余人共同见证了这一历史时刻。天水星火机床有限责任公司董事长蒋保权与青海华鼎实业股份有限公司董事长于世光在重组协议上签字。



本次战略重组，天水星火机床有限责任公司收购青海青重机床制造有限责任公司100%股权，青海青重公司全部人员、设备、技术搬迁至天水经济技术开发区星火机床产业园。两家机床行业知名企业的强强联合，可以形成品牌叠加效应，重组后可极大提升专用机床、定制化需求的设计研发能力，为攻克“卡脖子”工程、维护国家战略安全贡献力量。

纽威数控正式登陆科创板

9月17日，纽威数控装备（苏州）股份有限公司正式登陆上交所科创板（股票简称“纽威数控”，股票代码“688697”），深耕中高端数控机床研制，努力开拓国内外市场，更广泛的满足国内外市场需求。

苏州市高新区党工委书记、虎丘区委书记毛伟，苏州高新区党工委委员、管委会副主任虞美华，中国机床工具工业协会秘书长王黎明等领导，各中介机构、社会各界合作伙伴代表出席上市仪式。

国家提出现代化强国目标，明确了制造业的主体地位，引导制造业迈向更高技术水平。以数控机床为代表的

工业母机是制造机器的机器，是制造业的基石，纽威数控作为数控机床领域的重要力量，积极响应国家发展战略新兴产业的号召，力争在关键领域持续突破，努力实现高端制造业引领行业转型升级的作用。纽威数控在上交所科创板成功上市，开启了企业崭新的篇章，为公司长期高质量发展打下坚实的基础。



纽威数控董事、总经理王保庆在上市仪式中表示：“纽威数控围绕国家重大战略需求，公司将继续以中国智能制造发展趋势为导向，以自主研发、技术创新为驱动力，站在行业趋势前沿，扎根智能制造装备市场，进一步夯实金属切削加工智能制造基础，不断提升服务能级，提高问题解决能力，竭力为用户提供金属加工最优解决方案和高品质产品，努力发展成为全套切削技术解决方案提供商。”

未来，纽威数控将紧抓国家和产业赋予的历史性发展机遇，坚持自主研发，力争在关键技术领域持续突破，掌握核心技术；坚持拓展高端应用领域，凭借强有力的销售组织和雄厚的应用实力抢抓国家高端制造业应用领域市场，不断提升产品市场占有率；坚持运用好资本市场，加强技术、质量投入，持续提升产品性能和品质，不断缩小与世界一流厂家的差距，实现从追赶、跟随到引领的高质量发展。使纽威数控成为一个能为客户创造价值、为员工提供良好发展、为投资者实现投资收益的优秀上市公司！

CCMT2022主题 “聚焦——数字·互联·智造”

中国机床工具工业协会

时至今日，新冠疫情依然在反复，全球范围内商业交流活动仍然处于半停滞状态，行业上下游对商贸正常交流融合的渴望更加强烈。由中国机床工具工业协会主办的CCMT2020因疫情突发造成的被迫停办，令CCMT2022（第十二届中国数控机床展览会）的再度启动显得尤为难得和珍贵。

CCMT2022展会继续沿用“聚焦——数字·互联·智造”主题。

“数字”是智能制造的根基，数字化生产装备具有完整先进的网络方案、强大的通信功能、灵活兼容的开放性和丰富的应用软件；“互联”是贯通数字化生产装备间的信息交互途径，是数控装备向智能装备转变的主要方式和手段；在数字化和信息互联技术的支撑和推动下，制造系统不断从离散型的自动化向全系统的智能化转变，即“智造”。

这一主题源于CCMT2018，高度概括了当时以及未来很长一段时期内全球机床制造业的关注焦点及技术发展趋势。今天，数字化、智能化技术还在不断迈上新的台阶，智能制造呈现出阶梯式向上的发展态势，CCMT2022展示的将是智能制造新

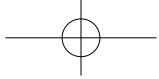


发展阶段的全新版本。

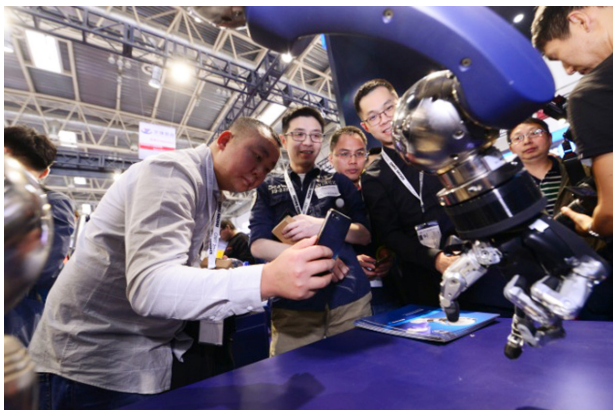
作为CMT（中国国际机床展览会）的姊妹展，CCMT2022在招展工作启动之时就受到了业界的广泛关注。CMT2021作为后疫情时期首个开幕的国际机床展，成为全球业界关注的焦点，展会人气爆棚，现场成交踊跃，展会效果远远超出预期。这充分反映了在疫情影响尚无法完全根除的后疫情时代，高端专业展览会必将承担起新的使命，为半封闭状态下的产业链上下游提供一个可充分交流互动的开放平台。

智能制造技术的发展与经济发展

的时代背景密切相关。一方面，机床工具行业正在形成新的供需关系，供给方式由过去的产品导向转向以提供解决方案和专业服务为主的市场导向，机床企业要能提供预防性维护及远程运维等常规服务，还需要提供特殊加工工艺解决方案，而用户企业也需要利用相关的数据和信息，快速高效地解决制造问题。新型的供需关系需要信息通讯技术与机床产品深度融合，数据成为一种重要的生产要素。另一方面，人口红利逐步丧失、企业招工难、人工成本上升及控制碳排放等问题，也倒逼行业企业向数字化、



智能化制造转型升级。



随着智能制造技术的深入发展，机床工具产业满足新兴用户市场需求的能力也在持续增强。近年来航空航天、清洁能源、高速铁路、大型船舶工程、IT产业、生物医药、“新基建”等战略新兴产业已经逐渐成为机床消费主体，中国机床市场表现出强大的扩容能力。2021年3月，国家“第十四个五年规划和2035年远景目标纲要”发布，指出要深入实施制造强国战略，发展壮大战略新兴产业。无论从市场层面，还是国家层面，都表明

我国装备制造业将持续向高质量发展转型。并且，中国在疫情防控中取得关键胜利，在全球经济、贸易和产业复苏中贡献了中国力量和发展方案，中国机床市场的发展机会非常值得期待。

CIMT2021的火爆也得益于后疫情时代中国经济率先复苏。2020年中国经济总量占世界经济的比重预计超过17%，至2021年上半年，这种复苏态势得以保持。具体到机床工具行业，上半年各项主要经济指标均实现大幅增长，其中金属加工机床进出口两旺，特别是进口额增幅逐月扩大，反应出市场需求明显恢复。CCMT2022将再次向世界展示中国机床工具市场的强大吸引力。并且CCMT2022举办地上海，作为长三角区域的核心城市也将助力展会的聚集效应。长三角地区是我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一。2020年，长三角一市三省经济总量高达24.47万亿元，占全国总量的24.1%，贡献了全国近四分之一的经济总量。

汇名企精品，展业界前沿。聚焦——数字·互联·智造，CCMT2022将为您呈现大量智能制造最新的产品和技术，带您体验智能制造升级之旅，欢迎业界同仁及广大用户朋友亲临品鉴！□

资讯

汇专330台超声绿色高效机床发往用户

2021年8月6日，汇专科技集团股份有限公司集中将330台超声绿色机床发往客户现场。作为汇专创新技术产业化的又一重要成果，汇专超声绿色机床为精密加工领域提供了全新的“绿色、智能、高效”解决方案，助力实现碳中和。

绿色环保是碳中和的核心要义。就机加工行业而言，切削液在制造、使用、处理和排放等环节均可能会对环境造成一定污染。汇专超声绿色机床融入了绿色技术——微量润滑（MQL）冷却系统，能通过微米级气雾实现切削区域精准润滑降温，可以有效降低切削区温度、减小刀具和工件之间的摩擦力，从而彻底替代传统切削液，成为一种全新的绿色生产、高效节能的切削解决方案。汇专微量润滑（MQL）冷却系统润滑剂的耗量仅为0.01~0.1L/h（传统湿法切削的用量为20~100L/min），可大幅降低切削液使用成本；并以压缩空气为动力，与切削液循环系统相比能源消耗也大大降低，能够有效实现清洁生产。



得益于“超声技术”和“绿色技术”双重技术助力，汇专超声绿色机床特别适用于玻璃、陶瓷、蓝宝石、石英、石墨、碳纤维复合材料以及钛合金等难切削金属的精密磨削及切削加工。以典型难加工材料钛合金为例，针对其化学活性大、导热性差、弹性模量小等难加工特性，与某国外品牌加工机床相比，汇专超声绿色机床通过独有加工解决方案，可有效提升刀具寿命最高达15倍，大幅降低表面粗糙度50%，并可有效改善加工表面的微观纹理结构。



工业母机站上风口 机遇来临挑战并存

秦川机床工具集团股份公司 李强

8月19日国务院国资委会议提出：要把科技创新摆在更加突出的位置，推动中央企业主动融入国家基础研究、应用基础研究创新体系，针对工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等加强关键核心技术攻关。经过周末的信息发酵，通用设备板块在证券市场集体受到热捧，一向寂寞的机床企业成为了市场关注的网红。历史的机遇让工业母机站上了资本的风口，那么机床企业如何用好这个机遇，并迎接可能面临的挑战？

机床作为基础性、战略性产业，处于整个制造业产业链前端，具有资本密集、技术密集、人才密集的特点，对资本、技术和人才的需求度极高。

中国机床历史上的几次发展机遇都是由国家资本推动的。包括新中国建国之初建成“十八罗汉厂”，20世纪60年代“三线建设”布局一批三线企业，以及为二汽配套开展的“精密机床会战”，为机床行业聚集了一大批高水平人才，推动了机床行业进步和发展。但在80年代改革之初被率先推向市场后，机床行业基本面临着资本和人才流失的局面。

加入WTO为机床行业迎来了10年左右的黄金时期，但大多数企业都走上了做大规模和同质化竞争的道路，这也成为2012年以来行业深度调整，众多老牌企业相继重整的主要原因。

国家04重大专项的实施，是国家对机床行业支持的一次重大行动，使得一部分企业创新研发能力得到增强，中高档机床水平得到提升，一些应用领域的高端机床国产化从无到有打破了国外技术垄断，部分关键功能部件实现国产化批量配套，渡过了这一轮深度调整的艰难时光。



秦川机床工具集团股份公司总裁 李强

近年来随着汽车工业、国防军工、航空航天、清洁能源、高速铁路、大型船舶工程、IT产业、生物医药产业、“新基建”等战略新兴产业成为机床消费主体，加工对象的材料多样化、结构复杂化，加工精度要求不断提高，生产效率持续提升，引起了机床需求结构的明显变化，机床消费更趋精密化、高档化、成套化、智能化，产品升级空间广阔。2018年习近平总书记在两院院士大会上将工业母机列为“七大瓶颈”之首，是本次机床企业受到资本市场热捧的发端。相信通过国家战略重视、产业政策支持以及产业链补链强链专项行动，必将会给机床行业开辟广阔的发展空间。身处其中的机床企业要抓住难得的战略机遇推进产品技术水平提升，同时也要冷静应对可能面临的挑战。

第一，做机床需要沉淀，坚守才有未来

机床产品的特性决定了它产业链条长，生产周期长，市场容量小，投资回报慢。能够在市场上生存，需要的是长期的积累和坚守。秦川机床从60年代内迁建厂，一步一

个脚印走到今天成为行业龙头骨干企业，咬定青山不放松的坚持和坚守是最重要的，即：坚持不忘初心做中国好机床，坚持强基固本练好内功，坚持“铁拳抓质量，精心创品牌”，始终坚守做强机床工具主业，引领机床工具行业向更高水平迈进；始终坚信中国人能够造出好机床。

第二，政策支持，重在营造良好的发展环境

机床是国之重器，各个国家都会对机床产业发展高度重视，一些机床强国更是对其产业发展予以政策倾斜，甚至会直接给予细致周到的政策保护。比如日本1956年就有《机械工业振兴法案》，机床名列首位。美国国防部也对该国机床企业给予过高额补助。面临行业风口，我国除了给予定向的产业政策和财税政策支持外，还应该把重点放在营造良性有序的发展环境上，着力构建规范健康的行业生态圈。恶意的低价竞争行为和依托资本优势的市场绞杀行为，常常导致行业内企业以互相压价手段获取市场机会，破坏了市场，扼杀了企业。建议有关部门牵头制定强约束的行业自律规范，维护产业链、供应链和价值链的健康发展，形成可持续的竞争生态和合作共赢的企业关系。

第三，分类分层，针对性地精准施策

国家战略重视，激发了资本市场对工业母机的热情，下一步的国家支持成为关注重点。我们建议不能眉毛胡子一把抓，而是要对行业产品按技术水平或应用领域进行细分，根据不同类别产品竞争特性及战略作用精准施策，给予持续的政策支持。对在战略领域填补国内空白，或国外对我国禁运且完全垄断，并直接竞争的高端(尖端)产品，需要国家全力支持；对在重要应用领域与国外产品形成竞争的中高端机床装备，可以由市场主导、国家政策引导发展；对量大面广通用机床装备产品，可以由企业围绕用户工艺走定制化规模生产的路子。

第四，机制创新，加速科研攻关及成果转化

国内目前大多数机床产品是测绘、模仿，或者引进产品技术，自身核心技术研究不够，产业化能力不足，难以形成核心竞争力。这是导致行业中高端举步维艰、中低端恶性竞争的主要原因。国家推动中央企业主动融入国家基础研究、应用基础研究创新体系，将对行业提升原始创新能力和正向研发能力注入国家力量。陕西省在这方面已有

全新布局。把数控机床产业链列为23条重点产业链之首，由省级领导亲自担任链长，以秦川机床为“链主”单位，聚焦制造主业，打造创新联合体。秦川机床依托秦创原创新驱动平台，针对产业链“痛点”和创新链“堵点”，结合国家04专项，以包含政产学研用金在内的“牵头单位+核心层+紧密合作层+一般协作”的合作模式和框架，组建了“陕西省高档数控机床技术创新中心”。产业链上下游协同对提升原始创新能力、科研成果产业化作用十分突出，让国产机床在用户使用过程中实现验证改进。近两年来，秦川机床明晰战略聚焦主业，深入推进机构重组、三项制度改革，加强运营管控，企业研发攻关能力得以提升，通过“秦川-法士特协同”机制，公司研发的多款高端机床，在法士特及其配套体系得到及时地应用验证和迭代改进，快速提升了产品技术水平和市场竞争力。



第五，体系设计，打造人才聚集高地

机床产业人才储备不足是当前面临的主要问题。从业人员劳动强度大、报酬低是主要原因。新的市场机会来临，企业要有集聚高端人才的制度安排和载体，为其提供良好的创业、研发基地和环境。目前，广泛建立的国家实验室、工程中心、院士工作站等，将成为新时期的研发人才聚集载体。秦川机床为研发人员量身定制的“宽带薪酬”体系，极大地激发了研发人员的积极性和创造性。技能人才不足，需要从建立新的职业教育体系入手，打通人才发展通道，让更多的得到技能训练的年轻人成为新的产业工人。德国、瑞典等的双元制培训模式是职业教育体系建设方面的一种模式，可以参考但不能照抄照搬，应结合我国国情和企业实际探索技能人才培养的新模式；秦川集团的“双五机制”（五级“星级员工”体系和五级技能大师工作室体系）为技能人才成长畅通了路径，在企业技能人才培养方面进行了有益探索。

高层重视，产业链有需求，机床行业迎来发展机遇期。站在资本狂欢的风口，学会坚守比随风起舞更重要。风口上飞起来的“猪”，风停了还是要回到地上。□

多措并举 开创未来

科德数控股份有限公司 陈虎

近日，国务院国资委扩大会议上，将工业母机摆在首要位置，要求中央企业加强关键核心技术攻关和上下游产业协同，努力打造原创技术“策源地”。工业母机得到国家高度重视，对于机床行业来说，为之一振，资本市场迅速做出反应，各路资金全面增持、推高股价，表现出对机床行业和国家精神的高度支持。科德数控股份有限公司作为一家民营主导的混合所有制科创企业，对于国资委的表态，进一步坚定了企业坚持全产业链自主创新、坚持推进高端用户需求牵引下的供给侧结构性改革。

一、坚持夯实产业发展基础

科德数控在市场竞争和市场倒逼机制下，经过科技攻关和自主创新，解决了一系列制约机床行业发展的关键部件，包括高档数控系统、伺服驱动器、智能电源、各类永磁同步电机、多种传感检测装置、高速电主轴以及回转工作台、摆角铣头等直驱式关键功能部件，研制了系列化五轴立式（含车铣）、五轴卧式（含车铣）、五轴龙门、五轴卧式铣车复合



科德数控股份有限公司总经理 陈虎

四大通用加工中心，五轴磨削、五轴叶片两大系列化专用机床，是国内目前极少数同时具备五轴联动高端数控机床、高档数控系统和关键功能部件研制能力的企业，是国内少数几家建立起覆盖五轴联动高端数控机床及其高档数控系统、关键功能部件等完整人才链、技术链和产业链的企业，已经实现批量生产，跻身国内五轴联动高端数控机床第一梯队。

特别是在对产业安全自主可控需求急迫的航空航天等领域，科德数控的五轴联动高端数控机床产品、技术和生产规模已处于国内领先地位。科

德数控专注于服务用户，通过深入密切研究用户工艺，以用户工艺为引导，完成高端数控装备的设计、功能完善和提升，通过与用户的深入合作，实现进口替代并不断迭代更新，保障了装备的安全自主可控，对于我国战略安全和产业安全起到重要的保障作用。

二、坚持满足战略刚需和产业刚需

科德数控长期致力于高端数控机床与高档数控系统的技术研发，核心技术团队主持及参与制定17项国家及



行业标准，多项产品获得了国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项课题的大力支持，得到了航空、航天、能源、汽车等重点领域典型用户所给予的宝贵市场应用机会。

通过用户的应用反馈，不断促进自主创新产品的技术迭代和成熟度提升，得到了市场和行业的认可，其中各类高端数控机床屡获机床行业“春燕奖”、开放式数控系统关键技术与标准及应用获得辽宁省科学技术进步一等奖，KMC800U五轴联动立式加工中心产品进入“军工领域国产高档数控机床供应目录”。2018年1月至今，批量实现进口替代；科德数控凭借在五轴联动高端数控机床及高档数控系统、关键功能部件方面的技术领先优势，多种类型五轴联动高端数控机床产品已在航天科工下属北京动力机械研究所、北京自动化控制设备研究所，航天科技下属上海精密机械研究所、上海精密仪器研究所，航发集团下属航发动力、航发南方、航发黎阳、航发东安、航发商发、航发黎明，中航工业下属沈飞集团、中国航空制造技术研究院，株洲钻石、无锡透平、航亚科技、广西玉柴等一大批国内重点领域骨干企业实现典型应用，解决了我国一大批重大技术装备生产制造的“卡脖子”问题，建立了与下游用户单位“共同创新、共同提升、共同受益”的协同创新体系，实现了在用户应用需求牵引下的数控产业供给侧结构性改革，以及从用户应用到产品设计、制造的迭代提升和技术闭环，使科德数控的产品技术始终保持国内领先水平。

三、谋篇布局、创新决胜

经过长期的研发投入和沉淀，科德数控在实践中形成了“问题导向、结果导向；鼓励创新、包容失败；注重积累、打造体系；公平公正、实事求是”的研发创新文化。

科德数控通过缜密的市场调研、竞品分析和成本估算，结合自身的技术能力、制造能力，为各行业高端用户“正确定义产品”；通过“用产学研”相结合，积极组织企业内外部研发要素资源，锻造产品技术创新点；通过开展整机产品系列化、关键部件标准化，进一步提升产品可制造性和降低产品制造成本，实现制造与设计目标平衡；通过严格型式试验确认产品设计目标，提高产品可靠性试验的成熟度；联合高端典型用户积极开展新技术、新产品的应用示范，引导企业不断拓展产品的市场验证工作。

科德数控通过持续完善技术创新体系，积累研发共性技术成果，缩短研发周期，尽量采用“通借用”和成熟工艺，缩短迭代周期，减少迭代次数，推进产品系列化和变形变种，延长产品生命周期，扩大研发创新的边际效益，实现研发创新对产品全生命周期的支持。

四、行业新发展格局仍需能力建设和市场化齐头并进

我国机床行业自2011年至2020年的十年间，一直处于产业规模震荡下行、发展质量结构调整之中，特别是在国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项的支持下，行业创新能力建设得以大幅提升，在一定程度上缓解了国家部分“卡脖子”领域和部分“卡脖子”装备的紧缺问题，而且培育、强化了一批具有市场竞争力的内资企业，取得了一定的市场化成果。

与行业自身相比，十年奋战的成绩是显著的。但国外同行业技术产品和企业也在发展进步，特别是在当前纷繁复杂的国际形势下，坚持“两个循环”的新发展格局仍需持续加强机床行业能力建设和积极推进机床行业市场化改革。第一，机床企业制造能力革新和重点领域制造能力自主可控，急需加强能力建设，呼吁国家出台工业母机顶层设计规划；第二，对于我国具有市场竞争力的技术产品，特别是经过国家科技重大专项应用示范验证的成熟产品，应大力推进产品的市场化充分竞争。

本文所述观点仅代表个人，不足及错误之处，欢迎批评指正。□

资讯

未来20年中国将需要8700架新的民用飞机

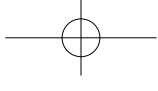
波音公司在其2021年《民用航空市场展望》报告中预测，中国民航业未来20年将需要价值1.47万亿美元的8700架新飞机来满足不断增长的航空旅行需求。这份20年期预测报告反映了中国市场的复苏及其民航商业模式的不断进化。

《民用航空市场展望》报告显示，中国经济的基本面为健康的空中交通业绩增长奠定了基础，包括经济年均增长4.4%和到2040年中等收入人口将翻一番等。报告指出，到2030年，中国的国内旅客市场将超越欧洲内部市场；到2040年，中国的国内客流将超过北美内部航空旅行市场。

报告还预测，中国民航业在2040年前将需要超过40万名新加入的航空专业人员，包括飞行员、维修技师和空乘人员等。

波音集团表示，中国国内市场客流在疫情时期的快速恢复显示了这个市场的潜在实力和韧性。此外，国际远程航线和航空货运能力也存在显著扩展的机遇。

（来源：中国航空新闻网）



突破数控系统瓶颈 加速工业母机高端化进程

武汉华中数控股份有限公司 陈吉红

一、工业母机是制造业基础，关系国家战略安全

日前，国资委召开扩大会议，强调要把科技创新摆在更加突出的位置，针对工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等领域加强关键核心技术攻关。

其实，早在2018年5月28日，习近平总书记在两院院士大会上就已指出：工业母机、高端芯片、基础软硬件、开发平台、基本算法、基础元器件、基础材料等瓶颈仍然突出，关键核心技术受制于人的局面没有得到根本性改变。习总书记将工业母机排序在高端芯片、基础材料等瓶颈之首，充分体现其重要地位。

机床是最重要的工业母机，是国家基础制造能力的综合体现。特别是高档数控机床，其技术水平代表了国家工业化的水平。太空中遨游的飞船和卫星，天空中飞翔的飞机，地面上奔驰的汽车和火车，海洋中航行的舰船和潜艇，从民用工业和国防工业产品的制造，都离不开机床。长期以来，高档数控机床大量依赖进口，严重影响我国工业安全、产业安全和国防安全。机床产品的质量和性能决定了中国制造的质量和水平。

围绕“工业母机”，全国多个省市已立即行动起来，采取强有力的措施，加大对高档数控机床产业的扶持力度。如天津市国资委与中国通用技术集团签约百亿，将中国通用技术集团装备制造总部落户天津，打造一流机床装备制造企业。陕西省省委副书记胡衡华亲自担任高档数控机床产业链链长，推动高档数控机床发展。浙江省通过“揭榜挂帅”，着力打造机床“产业大脑”等。资本市场也应响应，价值被长期低估的数控机床行业上市公司的股价连

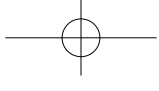


武汉华中数控股份有限公司董事长 陈吉红

续涨停。我国数控机床产业迎来了新一轮的发展机遇。

二、04专项推动国产高档机床发展取得突破

近年来，“高档数控机床与基础制造装备”国家重大科技专项（04专项）围绕主机、数控系统、功能部件、共性技术、创新平台及应用示范工程等任务，以及航空航天、船舶、汽车制造、发电设备制造四大领域进行核心技术和重点产品攻关。通过专项实施，我国机床装备产业自主开发能力显著提升，部分产品技术水平达到国际先进，研制了一批“卡脖子”装备，在四大领域所需的高档数控机床的品种满足率超过80%，为国防安全和产业安全提供了基本保障。机床可靠性和精度保持性由专项实施前的600小时提高到目前的2000小时。国产高档数控系统和国产功能部件关键技术指标已基本达到国际先进水平，市场



占有率均有大幅提升。

但是，目前我国大部分高档数控机床只解决了从“无”到“有”，从“0”到“1”的问题。在技术成熟度方面仍然存在差距，导致在市场认同度和市场占有率方面仍有较长的路要走。自主研发几台高档数控机床，在实验室和实际生产中完成各种测试验证并不难，难的是批量生产的数控机床能长期可靠地运行。一台高档数控机床不出问题，不能保证批量不出问题；一年不出问题，不能保证十年不出问题。

好产品是用出来的。只有在市场上大量使用，才能获得技术迭代和完善提高的机会，技术成熟度才能不断提升。只有实现规模化的市场应用，产品的生产成本才能降低，产品的市场竞争力才能进一步提高，前期的研发投入才能收回，企业才能形成具有自我造血能力的良性循环。这需要机床行业全体同仁的冷静思考，保持战略定力，长期坚守奋斗，数十年磨一剑，不可能一蹴而就，不要幻想“弯道超车”。产业化之路依然任重道远。

三、数控系统核心技术受制于人的局面正逐步改善

数控系统是数控机床的“大脑”，是“要不来、买不来、讨不来”的关键核心技术。当前，在美国等西方发达国家对我国实施技术封锁的背景下，国产高档数控系统核心技术必须立足自主创新，实现自主可控。

2000年以后，随着国产经济型数控系统的可靠性明显提高，功能实用且性价比高，国产经济型数控系统已经能够满足市场需求。中档普及型数控系统市场，是当前国产数控系统与进口数控系统竞争的主要市场。在高档数控系统市场，特别是航空航天、航发制造等重点应用领域，国产高档数控系统的市场占有率较低的情况正逐步得到改善。在专项支持下，国产中档数控系统市场占有率大幅提升，高档数控系统在重点领域得到广泛应用验证。



华中8型高性能数控系统

为了赶上国际先进水平，华中数控对标国外知名产品，在多项关键技术（体系结构、总线、五轴、多轴多通道等技术）上实现了历史性突破，成功研制出华中8型系列化高档数控系统。在高速高精立式/卧式加工中心、五轴联动龙门机床、车铣/铣车复合机床、高精度数控磨床等1500多台高档数控机床上测试验证和配套应用。在航空航天、汽车、能源、3C电子信息等制造领域已累计销售应用了6万多台套。为我国重点制造领域的关键装备的自主可控和国产化替代，做出了重要贡献。

此外，华中数控将数控技术与人工智能技术深度融合，开发了世界首台嵌入AI芯片的华中9型新一代智能化数控系统。与秦川机床工具集团有限公司、宝

鸡机床集团有限公司、江西佳时特精密机械有限公司等多家机床企业一起，研制多种类型的智能机床，推动机床的智能化转型升级。



四、对促进我国机床和数控系统产业发展的具体建议

目前，我国机床发展处于滚石上山、不进则退的关键时期。为此，建议国家尽快设立“工业母机”重大科技专项，充分发挥新型举国体制优势，加大政策支持，采取有力措施推动中国机床产业转型升级，实现跨越发展。

我认为“十四五”期间，我国数控系统行业应面向国家重大需求，在重点制造领域，全面推进数控系统国产化替代，实现数控系统和机床的自主可控和创新发展，国产高档数控系统的市场占有率力争进一步提高。

为此，我建议国家推动实施以下两项工程：

1. 数控系统和机床自主可控应用工程

面向重点领域对高档数控机床的市场需求，“用产学研政”深度融合，进一步缩小在性能、成套性、可靠性等方面与国外的差距。从自主可控和工业信息安全的高度，继续在航空航天、汽车等重点制造领域，开展



国产数控系统“应用示范”，提高国产数控系统的技术成熟度，从“可用”到“好用”，从“跟跑”到“并跑”，全面实现国产化替代。

在国家重点技改项目中，开展数控系统进口替代审核，优先选用国产数控系统；把自主可控的技术和产品的应用率，纳入到国企领导干部的考核指标；在政府采购招标中不得指定国外数控系统，建立公平市场竞争环境；鼓励用户优先选用国产数控系统。加大力度宣传应用国产数控系统的成功应用案例，理直气壮地营造以应用国产数控系统实现自主可控为荣的舆论环境；提高用户对国产数控系统的市场认同度。

2. 高档数控系统和机床智能化升级工程

应用人工智能等新一代信息技术，研发新一代智能数控系统，以自主感知、自主学习、自主决策和自主执行，实现优质、高效、安全、可靠和低耗的数控加工。支持主机厂与系统厂联合，开发工艺知识融合的主机厂专有数控系统；应用机电耦合优化、动态误差补偿技术等智能化技术，提升机床精度、性能和可靠性，推动国产机床“由丝入微”。开发一批高速高精、多轴联动、复合化、智能化的高档数控机床。支持主机厂批量配套和推广应用国产数控系统，推动国产高档数控系统从“备胎”，转正成为国产高档机床的“主配”和“标配”。□

资讯

数控机床产业发展论坛在水成功举行

9月27日，由中共天水市委、天水市人民政府主办，天水星火机床有限责任公司等承办的数控机床产业发展论坛成功举办，天水市委副书记杨小平到会致辞，中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋、工信部产业发展促进中心专项三处处长苏铮、陕西柴油机重工集团副总经理雷军做主题演讲，天水市政府党组成员胡志勇主持论坛，天水市有关部门负责人、天水市重点企业代表、天水星火机床重点用户及经销商代表等150余人参加论坛。

杨小平副书记在致辞中表示，举办本次论坛是天水市实施工业强市战略、推动工业产业高质量发展的务实举措。天水市区位优势显著、工业基础雄厚，形成了以装备制造为主，机械制造、电工电气、电子信息、医药、食品等产业集群的工业体系，工业产业发展潜力持续释放，培育了数控机床、风动工具、锻压机床等行业的龙头企业和专精特新企业，为天水市加快建设先进制造业基地奠定了坚实的基础。杨小平希望以本次论坛为契机，加快破解天水机床产业发展的瓶颈和难题，打造更高层次的数控机床产业链，实现天水市机床产业的高质量发展。

毛予锋常务副理事长从市场、运行和行业发展建议等方面进行了交流。以大量详实的数据对全球及中国机床工具运行情况进行剖析，指出了机床工具行业的属性和特点，以及行业发展变化的新特征。对于推动机床行业发展，毛予锋提出了几点建议：一是探索面向机床工具行业设立产业结构调整基金的可能性，多层次、多方向投入，鼓励和支持行业高质量发展；二是打通高端产品市场机制失灵的关键环节，通过多种方式、渠道，创新激励机制，鼓励用户使用国产机床；三是关注企业基础能力和可持续发展，夯实机床工具产业基础并实现高级化；四是设立专

项税收优惠政策，惠及行业企业和自主品牌产品，利用税收杠杆吸引资本对高端产品领域的短板、弱项环节进行战略投资，完善产业链安全，最终实现自主可控。

苏铮处长重点结合高档数控机床与基础制造装备国家科技重大专项的实施情况分析产业发展的方向，包含高档数控机床研制、数控系统和功能部件配套体系、重点领域应用示范工程等重要内容，同时也指出了机床行业存在的不足。对于机床行业发展，苏铮处长提出了几点思考：①机床产业发展规律。周期性强，市场总量有限，产品与技术细分，技术发展呈现渐进式创新、长积累、多迭代，需求导向的差异化竞争特征显著，高端产品市场机制局部失灵；②发展趋势与方向。原有赛道与半新赛道，数字经济融合何时落地，主机优先或部件先行；③科技创新与新型举国体制。需求牵引、产业协同（用户与主机、主机与零部件、研究机构与机床企业）、技术供给。

雷军副总经理介绍了我国内燃机产业的发展背景 and 高质量发展机遇，分析了数控机床在船用中高速大功率柴油机制造领域的应用，船用中高速大功率柴油机生产制造的“卡脖子”问题、发展机遇和机床应用需求，并结合大量的实际应用案例进行了深入分析。最后，雷总分享了数控机床应用体会和建议，包括重点关注整机的先进性、稳定性、可靠性和外观设计等，重点关注数控系统、高精度丝杠导轨和轴承等的研发与国内配套，聚焦数字化、集成化、智能化技术研究，关注机床备件、维修保养和再制造产业的培育和发展。

三位嘉宾的精彩演讲受到了现场参会人员的高度评价，论坛取得圆满成功。

（中国机床工具工业协会传媒部 梅峰）

对近日国资委党委扩大会议精神的思考

南通国盛智能科技集团股份有限公司 潘卫国

近日国资委会议强调，要加强工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等关键核心技术攻关，将工业母机置于首位，凸显了工业母机的战略地位。工业母机承载着整个制造业的星辰大海，工业母机不强，会造成整个制造业的效率和附加值不高，甚至拖延制造业步入物联网时代的脚步。此次新闻带动了工业母机相关概念走强，资本市场反应迅速。但是，我认为，做好数控机床，还有很长的路要走，尤其要重视人才队伍建设，在企业内形成无形的品质文化，做好做精每一个产品，替代进口，走出国门。

2018年以来的中美贸易摩擦及技术封锁愈演愈烈，在外部无援、内部薄弱的时期，更需要客观、冷静思考中国机床行业未来的发展之路，我有以下三点想法。

1. 长期坚守、久久为功

机床行业是需要积累沉淀的。纵观世界一流的机床企业，几乎所有顶级企业都拥有漫长的发展历史，德马吉、大隈、马扎克都已走过百年。国盛经历了四代人的传承，从祖辈开始，沿着机床产业链研究了近百年，但真正做机床只有20年。公司以精密钣焊件为切入点，通过与一流企业合作，及时跟进、掌握高端装备部件生产的新技术、新工艺，并将其扩展应用于自身数控机床等产品的研发、生产过程，积累研发和管理经验。未来，仍将坚定以数控机床为核心主业，将部分装备部件产能逐步用于数控机床的生产，提升数控机床产能和市场竞争能力。

2. 创新引领、技术攻关

核心技术是无法通过模仿学到的，必须依靠自身的研发和创新，自主攻关是唯一出路。我们需要继续保持在技术研发和新产品开发方面的投入，在误差控制、可靠性、复合成套加工、高性能装备部件、二次开发与优化等五大关键技术领域进行深度钻研。同时，要贴近下游终端应用领域，提高智能制造一体化解决方案的服务能力。



南通国盛智能科技集团股份有限公司董事长 潘卫国

供应链不匹配是当前整个行业亟待破解的难题，主要功能部件和关键零部件仍需大量进口。因此，我们必须要在功能部件研发上加大力度，进一步提升五轴头、全自动直角头、镗铣床主轴、转台、电主轴、齿轮箱、相关精密部件等关键部件的自制率。

3. 人才培养、团队建设

机床行业除了需要高级研发工程师外，更需要一批优秀的应用型人才，而后者需要5-10年的培养周期。如何培养大国工匠，需要国家和企业双方面共同发力。从国家教育体制层面，需努力提升应用型高校的办学水平，培养更多能够适应工业发展的技能型人才，最终在全社会形成尊重技师、尊重高级工匠的社会氛围。企业层面，要不断加强团队建设，提升员工的物质和精神获得感，为员工提供学习培训、技能评级晋升的机会，使他们能够心无旁骛地钻研技术与工艺。同时，企业要通过人才队伍建设，提高管理效率，减少浪费，提升盈利能力。

随着我国全面进入数控机床时代，中高档数控机床技术不断趋向成熟，加之本土优势的助力，国产中高档数控机床的市场竞争力将逐步增强。民营机床企业在全新的发展机遇面前，要主动担当作为，为中国机床的全面提升贡献一份力量。□

浅析中国机床企业战略

通用技术集团大连机床有限责任公司 丁伟明

一个国家机床产业的快速发展需要政府营造良好的大环境，做到三个“导”，即：舆论的引导，政策的辅导，应用的指导。当前，中国机床产业生逢其时，受到空前的重视，未来十年，机床企业将面临重大机遇与挑战，百舸争流，不进则退；大浪淘沙，不强则废。

如何在竞争中立于不败之地？国产机床如何拉近和赶上世界先进水平机床？为此，机床企业必须找准差距，对准目标，定准战略。企业的衰败并不是因为没有机遇，而是机遇太多、选择太多，低效做了正确选择或者高效做了错误选择。

杰克·韦尔奇认为，唯一的竞争优势，是具备比你的竞争对手学得更快的能力。在全球化的竞技场中，每一个回合的打斗之间，没有片刻的休息。瑞·达利欧在《原则》中提到，做企业的原则有四点：①先设定目标；②找到需要解决的问题；③确定解决问题的方法；④坚定地把事情做成。

世界上最远的距离是从头到脚的距离，让战略产生效果的难点和目标是让战略落地，不能落地的都不是战略，而是臆想。战略是在目标和结果之间构建桥梁的艺术，是取舍有度的艺术，“战”是取，“略”是舍。《周易·系辞》：“君子知微、知彰、知柔、知刚，万物之望”。



一、国产机床与世界先进水平机床的差距

从表面上看，国产机床与世界先进水平机床的差距体现在三方面：一是精度，主要是形状精度和位置精度；二是稳定性，主要是精度稳定性和故障稳定性；三是效率，效率取决于机床本身性能，也取决于工艺和软件的掌控。

从机床本身看，即使采用同样的加工设备、同样的功能部件，国产机床在上述三方面往往不如世界先进水平机床，这是不争的事实。从市场上看，即使同样的配置、同样的性能，国产机床的价格依然要远远低于世界先进水平机床的价格，即品牌溢价能力差，公司市场信誉背书差。

国产机床与世界先进水平机床实际差距在哪里？差距有多大？差距是八个字：精细管理，精益制造。差距是一个阶乘的结果：机床的制造需要成百上千个环节，如果设定的每个环节目标值是1，十个环节后，1的十次方结果值还是1；每个环节做得好一点，达到1.1，十个环节后，1.1的十次方约为2.59，即达到了当初设定目标值的259%；每个环节做得差一点，达到0.9，十个环节以后，0.9的十次方约为0.35，即只达到了当初目标值的35%。一台机床的制造何止十个环节，最后的结果当然是天壤之别。

公式说明，机床制造每个环节都来不得半点虚假，来不得差不多、大概、也许。这个阶乘公式还说明，机床制造的每个环节都不能特别差，否则制造出来的机床基本就是废品，因为零乘以任何数都等于零。





二、机床企业的总体战略

机床大致可以分为四个层面，即整机层面、功能部件层面、基础部件和原材料层面、共性的前沿技术和虚拟技术层面。每个层面都环环相扣，前后支撑。一个企业必须确定自己的战略是针对哪一个层面的问题，是全部四个层面还是某个层面的某个问题。只有企业的总体战略确定了，才能确定人才战略，产品定位，市场战略等等。

三、机床企业的人才战略

人机料法环，机床企业的制造活动中最重要的是人。所谓人才战略，其实就是领军人才战略，古人云：千军易得，一将难求。

企业所能达到的高度取决于最高决策者的高度，即品行与能力、职业与敬业、天赋与勤奋。领军人才不是行政任命的，更不是光环堆砌的，而是不断实践、自省、改进的大成者。“能工巧匠”是把战略落地的践行者，具有带动团队的力量，促使团队形成精益求精的氛围、习惯和行为。

企业对人才多么的不重视，市场就会对企业产品多么的轻视。

四、机床企业的竞争战略

所谓竞争，是对标并超越的过程和结果。竞争是动态的，所以不应该以某个企业做为全面的、长期的对标目标，每个企业都可能要有我们要学习之处，比如用人机制、考核机制、营销策略、供应链管理等等。那么和谁竞争呢？

(1) 和自己竞争。企业要践行持之以恒的精益制造和行之有效的精益管理。

(2) 和同类产品的先进机床企业竞争。是体现在内部管理上、机制创新上、产品创新上的全面竞争，而不是市场上产品价格的简单竞争。

(3) 和国内的先进机床企业竞争。是市场占有率、经营效益等经营指标上的竞争，是市场口碑的竞争，是品牌溢价能力的竞争。

(4) 和国外的先进机床企业竞争。是精度以及精度稳定性的竞争，是故障率稳定性的竞争，是加工效率的竞争，是能否服务国民经济和国家战略的竞争。

五、机床企业的产品战略

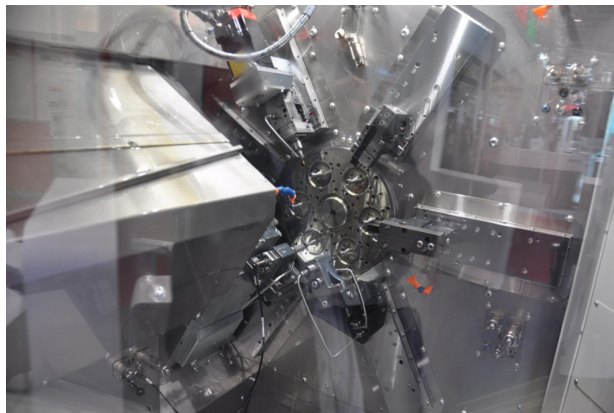
产品战略即产品定位，产品定位要考虑以下因素：

(1) 市场：必须掌握当下和未来市场的需求；必须考

虑以往、当下、未来的市场占有率。

(2) 制造能力：所谓制造能力不是能否制造，而是能否用最经济的手段制造，即要具备有竞争力的制造成本。

(3) 产品定位既是产品淘汰的过程，也是产品更新的过程。没有新产品开发，那就只是减法，结果是不言而喻的。以新产品开发替代、简化、梳理老产品系列是最有效的办法。



产品战略还必须考虑产品对企业的贡献率。我把产品的贡献率也称为产品价值率，并且定义：产品价值率=产品创造的价值/产品的价值。由此可见，产品的价值率绝不是产品价值。产品价值率取决于以下因素：

(1) 产品的工业增加值。产品的工业增加值决定了产品创造的价值和产品价值率的上限。

(2) 技术附加值。体现了产品性能所带来的产品附加值。

(3) 品牌溢价值。体现了市场对企业的整体认可，它是涵盖企业产品质量、性能、服务等综合价值。

(4) 利用精益制造和精益管理，压低盈亏平衡点的阈值。

(5) 用经济手段提高产品质量是最有效的降低成本的途径。

六、机床企业的创新战略

机床企业的创新主要是管理创新、技术创新、产品创新。创新不是异想天开，创新必须符合机床产业的内在规律。以产品创新为例，产品创新是任何公司未来发展的依托，产品创新有两种：原创性创新，优化性创新。产品创新要成为机床企业未来发展的依托，其必须遵循三个原则：

第一，量体裁衣的研发，即符合自身产品发展方向和自身设计能力、制造能力、销售能力的研发。

第二，有的放矢的研发，即符合市场当前需求和未来

潜在需求的研发。

第三，转化为货币的研发。研发的产品不能成为货币，就没有使用价值，该产品的研发将毫无意义。

七、机床企业的供应链战略

供应链的优势应该体现在以下方面：采购品质、采购价格、沟通效率与准确性、采购的及时性。机床制造企业的供应链战略在VUCA时代如何建立？VUCA时代将更加体现不确定性、模糊性和不可预知性。

VUCA时代的决策非常困难。如果市场需求旺盛，供应链管理要解决的是产能和交货的及时性问题。比如今年许多机床企业的做法，一是通过改善或扩大供应链解决交货问题；二是用最简单的投资扩大产能的办法（加量采购铸造件毛坯、滚动部件、数控系统等）。但是，如果市场发展很不确定，以上方式就会给公司带来库存增加和资金沉淀甚至断裂的风险。

供应链应该按照以下方式进行变革，以达到持续改善和提高。第一，收集市场信息，掌握生产计划，根据公司的发展规划，制定战略。第二，一切流程都要以业务模式为导向，采购流程要符合业务需求。第三，转变观念，服

务至上，要牢牢树立服务现场和市场的意识。第四，强化成本意识，保证供应链高效运转。

总之，我个人不完全认可迈克尔·波特的定位学。原因就是他把战略分割开，非此即彼，而现代化企业战略应该是战略组合或者组合战略。

总成本是什么？不仅仅是采购价格，还有设计的精髓化、工艺的经济化、制造的高效化、管理的精益化、机构的精干化等等，这就是全员成本意识。差异化是什么？是产业、产品、经营方式、营销策略、售前和售后服务等等。

所以机床企业的战略应该是组合战略，包括而不局限于：总成本战略（即使不能做到市场最低，也要做到自己的极致）；差异化战略（必须有企业自己区别他人领先的东西）；聚焦化战略（专攻主业，取舍有度）。

中国机床企业的未来大有前途，作为一个制造大国是不能承受机床产业短板之痛的，但是不要寄希望十年或者更短时间达到国际先进机床水平，那是脱离实际的幻想。没有弯道超车，弯道超车需要更快的速度，直道追赶才是正道。“速胜论”和“亡国论”对中国机床产业同样有害无益，祝愿祖国繁荣昌盛！祝愿中国机床产业繁荣昌盛！□

资讯

威达重工“泰丰智能加工生产线”项目设备验收交付

8月27日，由山东威达重工股份有限公司为泰丰智能控制股份有限公司承接设计、制造及现场安装调试的交钥匙工程——“智能离散柔性制造系统”项目施工完毕通过验收，正式移交泰丰智能使用，并举行验收仪式。



项目验收交付仪式在泰丰智能公司举行。威达重工董事长吕子金、副总经理张延岭、财务总监韩杰、项目技术负责人孔德斌，泰丰智能董事长王振华及公司项目

负责人和项目合作单位代表等参加验收仪式，现场签订验收单。

吕子金董事长表示，威达重工为泰丰智能制造的产线项目顺利通过验收，使威达重工在柔性生产线项目发展上坚定了信心，威达重工必须打破传统观念，以创新思维推动转型升级，积极引进国内外先进设备，不断优化和改造工艺流程，努力打造机床自动化、智能化的高端数控装备。

泰丰智能董事长王振华对该项目给予了高度评价，他称赞该项目是威达重工柔性生产线技术实力的具体体现。他还表示，泰丰智能将一如既往支持威达重工的创新工作，愿意与威达重工精诚合作、加强沟通，再创新辉煌。

智能加工生产线项目承载了一个老牌机床企业实现再次腾飞、开创历史新纪元的梦想和希望，也承载了威达重工为客户创造价值、与客户共创成长的历史使命。项目终验收不代表结束，更是新征程的开始，威达重工有信心、有能力继续做好服务和支持工作。

智能制造时代下的机遇与挑战

沈阳机床（集团）有限责任公司 王红亮 祝贺 邵帅

在5G信息化、多种产业智能化融合发展的时代背景下，CMT2021国际机床展在北京国际会展中心拉开了帷幕。本次展会紧扣时代发展脉搏，以“融合共赢，智造未来”为主题，立足促进境内外机床工具企业之间、机床工具企业与用户之间的交流和合作，探讨了未来智能制造发展之路。展会重点突出了当前制造技术发展趋势：机床和数字化、网络化、智能化技术的深度融合。

笔者在观摩、学习和汲取众多新产品、新技术的同时，更多的是思考：我们如何在这个智能制造时代下，把握好机遇，发展自己，迎接挑战，做好我们的研发工作，推动机床装备技术的更好发展。

从展会的主题“融合共赢，智造未来”中，笔者思考了两点心得体会：创新发展、自主研发。

一、创新发展

创新是个很普遍的话题，但作为在信息时代下，引领机床装备某一领域的发展，实现创新，实现与时俱进的创新发展却并不容易，不仅脚下有很多路要走，同时也有众多技术难题需要攻关。

1. 创新是紧跟行业发展的必经之路

华中数控的发展成果是本次展会的一大亮点，在创新方面，表现出了很多亮点，其创新发展的成果体现了机床行业发展的特点，也展现了创新是紧跟行业发展的必经之路。

华中数控开展了新一代智能数控系统（iNC）和智能机床（iNC-MT）的探索，展会期间发布了华中9型新一代智能数控系统产品，既满足了机床行业的多种需求，也体现了数控系统发展的行业特点。

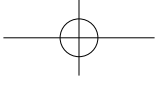


新一代智能数控系统——华中9型，践行“智能+”为机床赋能的创新理念，构筑人（H）-机（P）-信息（C）融合的数字孪生系统（S）（HCPS）。提出数字孪生的六级像概念（局部像，外观像，参数像，经历像，响应像，体验像）。支持新一代的智能机床可自主感知，自主学习，自主决策，自主执行。

2. 创新是产品更深远发展的基础

西门子一直立足于推动整个机床行业的深远发展，其持续创新发展的成果，使其成为行业发展的引领。西门子在整个机床行业的不断创新努力，不仅推动了其自身价值与品牌影响力的提升，同时也印证了创新是产品更深远发展的基础。





SINUMERIK ONE是西门子推动机床行业数字化转型的关键产品,作为“数字化原生”最新一代数控系统 SINUMERIK ONE,具有创建相应数字化双胞胎的多功能软件,可以实现虚拟与现实的无缝交互。凭借其全新硬件平台, SINUMERIK ONE 树立了生产力方面的新标准。其所具备的Top Speed、智能负荷控制 (ILC)、智能动态控制 (IDC)、My Virtual Machine、机床自适应控制与监控 (ACM) 等丰富功能,进一步提高了加工速度、轮廓加工精度和加工质量。

3. 创新可以推进产品纵深发展

创新可以推进产品纵深发展。在这方面,西门子以“数字化企业-让机床制造业更进一步”为主题,全面展示了其智能数控解决方案,探寻了适合企业自身的最优的机床设计制造解决方案。

西门子基于新一代数控系统SINUMERIK ONE的数字化双胞胎特点,促进了机床产品在研发、销售、验收、演示等多个阶段环节的创新发展。

(1) 机床研发阶段

在制造出机床原型机之前,借助SINUMERIK ONE的数字化双胞胎-软件在环虚拟调试,电气工程师就可以开始自动化设计调试工作。不仅能节省多达30%的整体研发时间和60%的现场调试时间,还能够将虚拟工程组态中获得重要信息,反馈回机械设计,提前发现机械设计错误。从而缩短机械设计在原型机上的验证和修改时间,显著降低机床原型机的整体成本,加速机床交付给最终用户,抢占市场先机。

(2) 机床销售阶段

为满足很多机床运营商在购买机床之前都希望观看所需机床演示。使用SINUMERIK ONE的数字化双胞胎-软件在线虚拟调试,可直观将机床3D模型、运动、功能等内容展示给最终用户,有助于顺利完成签订合同之前的最后一步,增强用户信心。

(3) 机床验收阶段

基于SINUMERIK ONE的数字化双胞胎-软件在线虚拟调试,可对机床进行初步验收,最大限度降低机床制造商财务风险。

(4) 切削演示阶段

SINUMERIK ONE的数字化双胞胎-软件在线虚拟调试和工件切削验证平台 可实现无需停止机床运行,就可以验证此机床是否可以生产某个零部件。并且事先可以检查数控加工程序以发现刀具和夹具或机床部件间可能的碰撞,在机床仍处于运转状态时,可以离线执行并验证新生产订单的数控加工程序。

二、自主研发

自主研发,即自主研发发展核心关键技术,提升自身价值,展现自身能力,满足更多客户需求,实现在众多竞争中脱颖而出。

1. 自主研发,需要凝心聚力,在机床研发的各个方面,钻研关键技术

i5在自主研发方面做出了很多工作,i5OS基于原有的i5 CNC,进行了整体的架构优化,推出的面向整个工业领域开放的控制平台,在原有的CNC架构上,新增了自适应反向补偿、高精度建模热误差补偿、自适应加工、颤振抑制、高速高精等功能。

华中数控系统在关键技术自主研发方面,也做出了很多成绩。

在数控系统自主研发方面,华中自主研发的HNC-848/948全数字总线式高档数控装置,提供了五轴加工、车铣复合加工完整解决方案。HNC-818/918系列铣床数控系统采用模块化、开放式体系结构,满足了车削中心、加工中心、车铣复合、龙门、磨削、卧加等机床需要。HNC-808系列数控系统实现了为普及型车削和铣削应用的量身定制。

在伺服驱动方面,华中钻研核心技术,推出了HSV-120、HSV-180U、HSV-160U等多种全数字总线式模块化伺服驱动单元,满足了多种客户的需要。

2. 自主研发,需要我们拓展视野,用前沿技术引领我们的认知

大隈OKUMA在本次展会上展出了多项关键前沿技术。

(1) 伺服控制优化功能

通过改变主轴转速,抑止“振动”,可充分发挥机床加工能力。通过工件重量自动设定功能,达到不受装载工件、夹具重量的影响,即可实现进给加速度相同。通过反转突起自动调整,可解决动作的反转部件等在加工表面上留下可见的折痕等问题。

(2) 热控制功能

该功能通过独特的构造设计与热位移控制,避免了繁琐的尺寸补偿和暖机运转,而且对于长时间的连续运转以及车间内温度环境变化也能够发挥优越的尺寸稳定性。

(3) 能耗控制功能

该功能可自主判断是否需要冷却,可降低耗电量。

(4) 金属模具高面品质加工功能

该功能可减少划痕和边缘不齐,提高加工表面质量,缩短手动精加工抛光工艺时间。可以在保持形状精度的同时,自动校正从CAM输出的加工数据的边缘部分和相邻加



工路径之间的位置偏差。

(5) 防撞机功能

该功能可防止任何情况下的撞机，保护机床远离撞机的危险，为用户提供“不会撞机”的安全感。

(6) 刀具切削控制功能

该功能可根据刀尖偏移量将主轴旋转相位和进给速度高度同步，以达到切削力均一化，抑制铣刀刀片破损。延长刀具寿命，实现稳定加工。可取代高价值整体刀具，可削减刀具费用。

(7) AI机床诊断功能

系统嵌入AI诊断模型，通过分析主轴和进给轴的诊断数据，可检测主轴轴承、滚珠丝杠支撑轴承、滚珠丝杠的磨损情况。



大隈OKUMA的很多技术，使我们拓宽了视野，解决了我们在机床运动控制、机床性能提升、热误差补偿、能耗控制、表面质量提升、刀具防碰撞、降低刀具磨损方面的技术难题。同时，更重要的是使我们看到了我们在很多前沿技术层面的差距，增强了我们进行自主研发的动力。

3. 自主研发，需要我们借鉴先进技术创新发展

通讯协议是数控技术走向自主研发，拓展互联互通的基础。也是智能化产线、智能车间、智能工厂发展的基础技术。

本次展会，由中国机床工具工业协会研发制定的NC-Link协议于2021年1月1日起实施，给我们带来了巨大的惊喜，使我们眼前一亮。

以往的通讯协议都是被国外数控系统厂商制定、垄断，在某种程度上限制了我们的基于数控系统的互联、智能产线的拓展、不同数控装备的通讯，使我们的发展步伐受限。

在此种情况下，由中国机床工具工业协会通过自主研发，建立了我国数控装备互联互通的统一标准，并已经在配置i5、华中数控、广数、中科数控、科德数控、西门子系统、发那科等系统的设备中实现了应用。

NC-Link协议与国外的OPC UA、MTConnect协议相比，不仅实现了基本功能，同时还展现了更多层面的创新与超越：

(1) 与OPC UA 一样的灵活性和丰富功能。

(2) 与MTConnect一样丰富的数据字典。

(3) “源生数据”数据字典设计，可实现比MTConnect更强的设备模型表达能力。

(4) “采样通道”设计，可实现源生“指令域”数据的采集与支持。

(5) 在工业应用开发方面更加简明、友好，比OPC UA、MTConnect更易用。

(6) 比OPC UA更轻量，资源投入成本低。

三、总结与思考

回到文章开始时的问题：我们如何在这个智能制造时代下，把握好机遇，发展自己，迎接挑战，做好我们的研发工作，推动机床装备技术的更好发展。

通过展会的所见、所感，我进一步确定了对于上述问题的答案：坚持创新发展，坚持自主研发，是我们在智能制造时代下把握机遇，以更大的自信直面挑战的关键。

创新发展，是我们研发技术的基本立足点。做好创新发展，可以从如下几方面进行思考：

(1) 紧密围绕行业内新技术的发展，立足于前沿技术，实现关键技术创新。

(2) 紧密围绕重点行业的需求，比肩国内外竞争对手，实现关键装备创新。

(3) 紧密围绕客户的需求，满足重点客户的特殊需要，实现客户化需求设计的创新。

(4) 紧密围绕专业特点，在电气设计方法、思路、共性技术上寻求创新。

(5) 紧密围绕企业内电气工作特点，在电气标准化、通用化、模块化等电气技术管理体系建设上寻求创新。

另一方面，自主研发，是我们研发技术发展核心价值的展现与长期储备。做好自主研发，可以在如下几方面进行努力：

(1) 汲取行业、领域内最新学术、技术理论与应用技术成果，消化吸收，创新发展，打造自有关键技术，把产品的关键技术软实力牢牢的掌控在自己的手里，凝聚、提升产品核心竞争力。

(2) 自主研发关键装备、关键部件、关键零件等装备硬件，研发更多的关键硬件实体。

(3) 攻坚关键重点产品的一、两个性能与机能的关键点，使重点产品在关键技术性能上展现我们自己的特点，具备同类竞品不具备的关键技术。

(4) 将电气技术、机械设计与信息技术、智能化技术紧密结合，在机床装备智能化新的发展阶段中，打造更多的自主研发成果。□

KWINDS系列风机关键零件专用加工机床的研发和应用

沈机集团昆明机床股份有限公司 崔岗卫

一、简介

沈机集团昆明机床股份有限公司KWINDS（KMTCL Winds Solution，柯文兹解决方案）系列机床是专为2~3MW风机轮毂、底座等关键零件加工量身定制的一整套解决方案，包括零件加工工艺的设计方案规划、机床的设计选型、机床数量的合理安排等。KWINDS解决方案的实现由三种型号的机床设备组成——KWINDS-II，KWINDS-III，KWINDS-IV。这套方案满足了风电设备零件的加工，加快了我国风电产业的迅速发展，为我国抢占新能源战略产业发展先机、应对全球气候变化等作出了突出贡献。

该系列机床采用目前先进的光、机、电、气、液等新技术设计、制

造，数控系统采用德国SIEMENS公司840D SL，实现四轴联动加工，性能优良、加工工艺范围广、精度及生产效率高。

通过轮廓控制方法铣削斜面、框形平面、大孔端面、两维、三维曲面及内外螺纹，实现一次装夹完成钻孔、扩孔、镗孔、切沟槽以及平面等铣削加工。能对安装在回转工作台上的工件进行角度铣削、调头镗孔和多面加工。选配多种附件可扩大加工范围及提高加工效率，实现多面、多工序加工。

如图1所示，该系列机床刚性好、功率大、精度高、可靠性强、操作方便、造型美观，高位加工能力强，重切削效率高；配置高压大流量内、外冷，专用防护及冷却液回收系统，钻孔、攻丝效率高；配置附加A

轴可翻转的回转工作台、自动换刀系统、自动换头系统、自动分度铣头，加工效率大大提高。KWINDS系列机床是性价比极高，可替代进口，各种2~3MW风机轮毂、底座等关键零件加工的首选设备。



图1 KWINDS系列机床

二、主要技术参数

KWINDS系列机床的主要技术参数如附表所示。

产品型号		单位	KWINDS-II	KWINDS-III	KWINDS-IV
主轴箱	主轴直径	mm	160	160	160
	主轴转速	r/min	2~2000	2~2000	2~2000
	主电机功率	kW	37	37	44
	主轴最大扭矩	N·m	3500	3500	4800
机床坐标行程	工作台横向行程（X）	mm	4000	4000	6000
	主轴箱垂直行程（Y）	mm	3500	3500	4000
	立柱纵向行程（W）	mm	2000	2000	2000
	滑枕轴向行程（V）	mm	—	800	1000
	镗轴轴向行程（Z）	mm	900	800	800
	工作台回转（B）	°	360（连续任意）	360（连续任意）	360（连续任意）
回转工作台	工作台台面尺寸	mm	3000×3000	3000×3000	3500×3500
	A轴倾斜角度	°	2° /2.6° /3° /3.5° /4° /4.5° /5° /6°		
	工作台倾斜最大承重	kg	25000	25000	40000
	工作台水平最大承重	kg	40000	40000	60000

产品型号		单位	KWINDS-Ⅱ	KWINDS-Ⅲ	KWINDS-Ⅳ
垂直铣头	伸长量	mm	—	1250	1250
	最大功率	kW	—	20	20
	最大扭矩	N·m	—	800	800
	主轴转速	r/min	—	2000	2000
	铣头分度	°	—	自动(1度1分)	自动(1度1分)
	铣头更换		—	自动	自动
进给速度范围	切削进给速度范围	X、Y、W轴	mm/min	1~8000	1~8000
		Z轴	mm/min	1~6000	1~6000
		B轴	r/min	0.003~1.5	0.003~1.5
	快速移动	X/Y/W轴	m/min	10000	10000
		Z轴	m/min	8000	8000
		B轴	r/min	1.5	1.5
定位精度	X、Y、W、Z、V轴		mm	0.015/1000	0.015/1000
	B轴		"	8	8
重复定位精度	X、Y、W、Z、V轴		mm	0.010	0.010
	B轴		"	5	5
刀库	刀库容量		把	40	40
	刀具最大直径(相邻/空刀)		mm	125/250	125/250
	刀具最大长度		mm	400	400
	刀具最大重量		kg	30	30
	换刀时间		s	15	15

三、产品的结构特点

KWINDS系列机床总体布局为前、后床身T字型布局，主轴箱侧挂结构（主轴箱有带方滑枕和不带方滑枕两种类型），其主运动为主轴的回转运动，X坐标轴为工作台横向移动，W坐标轴为立柱前后移动，Y坐标轴为主轴箱上下移动，V坐标轴为滑枕轴向前后移动，Z坐标轴为镗轴轴向前后移动，B坐标轴为工作台回转运动，如图2所示。

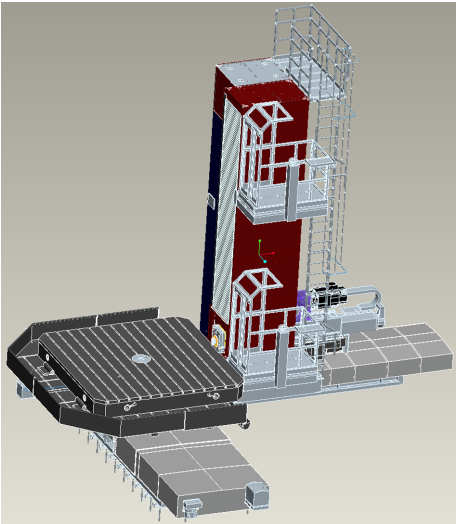


图2 KWINDS系列机床布局

1.附加A轴旋转的回转工作台

X轴导轨副采用了滚滑复合导轨：移动部件与导轨结合面采用贴塑面，为主承载的滑动导轨，与镶钢导轨相接触部分装有多组卸荷滚动体，最终构成了摩擦阻尼可调、承载与响应兼顾的滚滑复合导轨；A轴（上下滑座两层结构）的旋转定位采用20CrMnTi材料制成的铰轴定位，上下滑座通过高精度的楔铁副刚性联接，保证回转工作台2°~6°范围的倾斜角度，每副楔铁的角度与实际加工零件角度一致。

A轴的定位检测通过专用带固定角度偏差2°~6°的正弦规检具放在工作台面上，主机主轴通过千分表（或测头）来检验是否实现了A轴倾斜角度。A轴不需要倾斜时，工作台面可放平，人工固定联接牢固后可作通用转台使用。

B轴回转轴采用高精度双列圆柱滚子轴承定心，上部采用中心卸荷装置，保证工作台的回转运动精度、抗弯刚度、承载剪切能力；B轴回转进给机构，采用伺服电机经精密齿轮箱

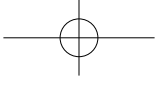
减速后，驱动双齿轮、大齿圈带动工作台旋转的结构，通过机械预载机构能消除齿轮的传动间隙，获得较高的传动精度。

2.主轴系

主轴系采用两层主轴结构：空心主轴（铣轴）和镗轴（主轴）。支撑轴承采用刚性好、精度高的进口成组轴承，保证主轴系回转精度及刚性。主轴内部装有松拉刀机构，采用碟形弹簧拉紧，液压松开刀具。镗轴材料选用二次电渣重熔氮化钢38CrMoAlA，经过30多道工序，经研磨镜面抛光处理，表面硬度及耐用度高、刚性好。

3.主传动机构

主轴回转运动采用交流主轴伺服电机驱动主变速箱，经齿轮副传动至位于滑枕内的空心主轴，实现镗轴回转运动。主变速箱采用两档液压自动变速，变速范围宽、输出扭矩大。滑枕内部采用恒温油循环冷却，保证镗轴精度及热稳定性，减少主轴系热变形。



4. 直线运动进给机构

X、Y、W轴进给机构采用交流伺服电机经精密行星减速机减速，Z、V轴进给机构采用交流伺服电机经同步齿形带减速，驱动高刚性预载滚珠丝杠螺母副实现坐标轴进给，传动结构紧凑合理、传动效率及精度高、移动部件驱动平稳。

5. 精度补偿机构

滑枕的精度补偿采用伺服偏心补偿机构：伺服进给电机经减速机，带动位于滑枕座前端、方滑枕下端的偏心轴机构，在偏心作用下顶起滑枕前端，实现补偿。补偿机构可根据滑枕伸出的位移量所产生的挠度曲线进行数控自动补偿。补偿机构与滑枕接触面配置德国INA公司双滚动体单元，防止补偿过程中补偿机构研伤滑枕底面导轨。

滑枕前端部安装不同重量附件头时，滑枕前端检测开关识别附件头，利用预先设定的挠度变形曲线补偿程序对滑枕挠度补偿，确保不同加工状态下附件头加工精度。

6. 重锤保护装置

配有重锤安全保护装置，当配重钢丝绳意外断裂重锤将要下坠时伺服钢丝绳工作拉住重锤，并发出报警信号提醒操作者检查更换钢丝绳，提高机床的安全性。

四、技术亮点

1. 风机关键零件轮毂、底座专用加工机床设计

针对不同厂家2~3MW风机轮毂、底座等关键零件进行研究，分析其外形结构、加工内容等，研究高效装夹、加工方法，提出加工设备、刀具、夹具需求，完成加工、刀具、夹具方案，并进行加工节拍计算和产能分析，为用户提供整体解决方案，创

新设计KWINDS系列专用铣镗床及用户界面的开发，提升风机零件的加工质量和加工效率。

该系列专用机床X轴行程可达6000mm，Y轴行程可达4000mm，创新设计附加A轴旋转的回转工作台，伸长量1250mm的全自动垂直铣头，高效率加工轮毂的三个叶片安装面、变桨电机孔及外圆弧面上的凸台及孔，与通用机床相比效率提高20%~30%，价格仅为同规格落地铣镗床的50%~70%。

2. 创新采用刨台式布局机床加工风机零件

风机零件配套加工企业对机床价格比较敏感，传统风机零件加工一般采用数控落地式铣镗床，设备成本较高。经深入研究、分析，创新采用刨台式机床通过数字化设计在截面外形尺寸不变的前提下加高、加长各向行程，根据工艺方案优化匹配功率、扭矩、转速、进给速度等因素满足加工需求，大幅度降低设备采购成本。

3. 主轴系统总体结构创新设计

主轴系统采用镗轴、铣轴、滑枕、主轴箱四层结构形式。通过对主轴支承跨距和悬伸量的优化匹配、主轴系的高刚性支承结构、镗轴与进给丝杠同轴零转距进给结构、滑枕的变截面、主轴箱导轨副大跨距窄-宽组合导向及自适应滚轮导向结构、多重精度补偿结构等创新设计，提高了主轴系统的精度、静动态刚度和滑枕与镗轴的复合长行程运动的平稳性及可靠性。

4. 附加A轴旋转的回转工作台创新设计

传统的加工方法是制作专用夹具来加工轮毂叶片安装面，该方法存在一种零件一个角度需要一个夹具，通用性差，成本高，经常更换夹具效率

低等弊端。回转工作台除了传统的X轴直线运动和B轴回转运动外，创新设计了A轴旋转坐标，台面尺寸可达3500mm×3500mm，水平承重可达60t，倾斜承重可达40t，A轴倾斜角度可达7°；设计正弦规专用工装精确测量A轴倾斜角度，配作各种角度的斜铁使旋转到位的转台上下固定，以满足各种切削工况；斜铁更换小车使不同角度的斜铁更换方便、快捷；转台A轴旋转到轮毂叶片安装面与主轴安装面之间的夹角后，一次装夹即可加工三个叶片安装面，转台放平后，又可做通用转台使用；该转台扩大了专用设备的工艺范围，提高了生产效率。

5. 针对轮毂零件的大伸长全自动垂直铣头设计

传统风电零件加工中，采用手动换头、手动分度的普通垂直铣头，一方面加工辅助时间太长，效率太低，另一方面铣头伸长量小需要滑枕伸出量大，这样导致机床的切削刚性降低，切削效率进一步降低。通过数字化设计、模拟仿真、试验验证等方法研制成功大伸长全自动垂直铣头（伸长量1250mm，自动更换、自动分度、自动拉刀等技术集成创新），对风电零件加工效率提升、降低操作人员劳动强度效果十分显著。

铣头伸长座和连接座分体设计，变换伸长座的长度和连接座的大小可以适应不同的机床使用，柔性很好；铣头与主机采用“一面二销”定位，通过液压机构和四套拉钉拉爪夹紧和松开铣头，实现铣头的自动更换，提高生产效率；采用单独编码器检测分度时铣头体的准确位置，提高铣头自动分度（1度1分）的可靠性；滑枕上的定位销和铣头上的定位套采用灌胶方式精确定位，保证铣头中心与机床主轴中心的同轴度。

（下转第39页）

WL2200系列数控重型卧式车床 在风电领域的研发和应用

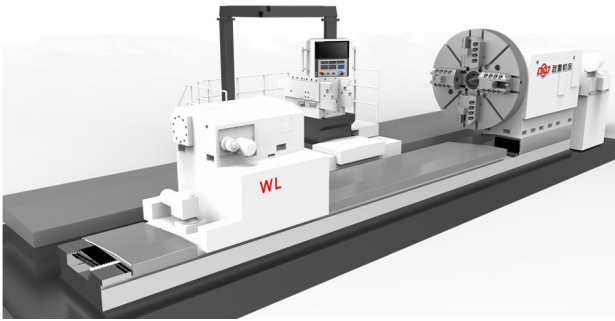
武汉重型机床集团有限公司

一、概述

世界瞩目于中国绿色发展、人与自然和谐共生目标奋进的坚定决心和实现人类可持续发展的大国担当，为推动中国全面绿色转型，实现“碳达峰、碳中和”战略目标，新能源技术的发展进步起航新征程。技术引领行业发展，以光伏、风电为代表的可再生能源的战略地位凸显，储能作为支撑可再生能源发展的关键技术，风电行业需求旺盛，随着海上风电的逐步发展，国内加工市场生产零件种类也在变化，对精度的需求也在逐步提高。因此，自主研发针对海上风电主轴用的高精度数控重型卧式车床显得更为重要。

兵器集团武重机床研制的WL2200系列高精度数控重型卧式车床，实测主轴径向跳动优于0.008mm，加工直径一致性0.01mm/1000mm，达到国际先进水平。配合功能部件，可进行铣、钻、镗、磨及深孔镗等多功能复合加工。该系列机床的升级规格多功能复合卧式铣车床，更是可用于10MW风电主轴的全部工序加工，有力支撑了我国风电产业的安全和可持续发展。

二、产品简介



WL2200系列卧车是武汉重型机床集团有限公司在引进联邦德国席士公司(SCHIESS)DL系列、意大利SAFOP公司

LEONARD系列卧车先进技术基础上，自行开发设计制造的新一代系列数控重型卧式车床产品。

本机床具有承载能力强、效率高、精度高、结构合理、适用范围广、操作方便等特点，除具备重型车床的基本性能外，还可进行锥面、曲面、台阶轴、槽和螺纹的自动加工；配置不同特殊附件，可进行磨削、铣削、车内孔等加工，广泛应用于能源、冶金、交通及其它重型机器制造行业，用于加工风电主轴、汽轮机转子、围带、发电机转子、水轮机主轴、轧辊和机器主轴等。

该机床主要用于风电主轴的精加工，能自动完成包括各种外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹、切槽、铣键槽等机加工序，能满足高精度零件的粗、精加工。

三、主要技术参数

1.主参数			
序号	项目名称	单位	标准值
1)	床身导轨上的最大工件回转直径	mm	2500
2)	过刀架最大加工直径	mm	2200
3)	最大加工长度	mm	5000
4)	两顶尖间最大承重	t	40
2. 床头箱			
1)	主轴转速	r/min	0.6 ~ 160
2)	主轴最大扭矩	kN.m	65
3)	主电机功率	kW	81
4)	主轴顶尖孔锥度		1:4
3.车刀架			
1)	刀架纵进给(Z轴)	mm/min	0.05 ~ 500
2)	刀架横进给(X轴)	mm/min	0.05 ~ 500
3)	刀架X轴、Z轴最小进给量	mm	0.01
4)	刀架横向(X轴)快速	mm/min	4000
5)	刀架纵向(Z轴)快速	mm/min	6000
6)	刀架最大切削力	kN	70
4. 尾座			
1)	尾座套筒快速移动速度	mm/min	480
2)	尾座套筒顶紧移动速度	mm/min	8
3)	尾座套筒直径	mm	360
4)	尾座移动速度	mm/min	30 ~ 3000



四、机床结构特点与性能

1. 高精度分离床身

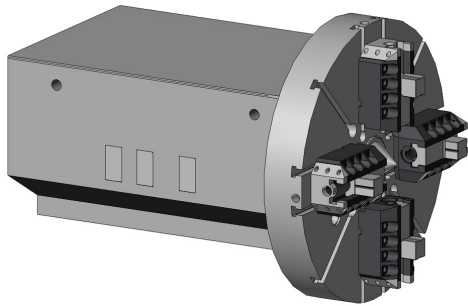
本机床采用分离床身结构，分为刀架床身和工件床身，刀架床身和工件床身上各有两条导轨，Z轴、X轴采用闭式恒流静压导轨。床头箱与工件床身联成一体。床身由床头箱床身、工件床身与刀架床身组成。工件床身与刀架床身各有两个导轨，为分体床身结构。通过床头箱床身将床头箱与工件床身联成一体，具有良好的结构刚性和精度。刀架床身为闭式恒流静压导轨，具有吸震能力强、摩擦系数小、精度高及寿命长的特点。

2. 大承载床头箱及全自动液压系统

床头箱体为整体箱形结构，具有箱体刚度大、固有频率高、抗振能力强、噪声低等特点。主轴为穿轴式结构，推力轴承受力均匀，主轴回转精度高。大齿轮受力均匀、齿面接触好、传递平稳。主轴长径比小，刚度大，承载能力大。

花盘用螺钉和过盈的锥面配合紧固在主轴上，其上有外置机械卡爪，夹持工件。卡爪座的位置调整由花盘槽内的长丝杠来完成，工件的夹紧或短距离的调整由卡爪座内的短丝杠完成，配有进口增力丝杠，保证工件的卡紧可靠，防止工件松动，并可实现正反卡。

床头箱主轴液压和润滑装置是自动操作完成，内部润滑由油泵经分油器供给。电气互锁使得未开动润滑油泵前，主电机不能开动。液压管路上设有流量发讯器，分别控制主轴润滑和其他轴轮润滑。在润滑油量过小时可以报警。

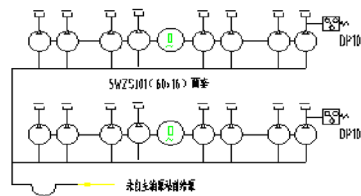


3. 刀架溜板纵横进给及闭式恒流静压导轨

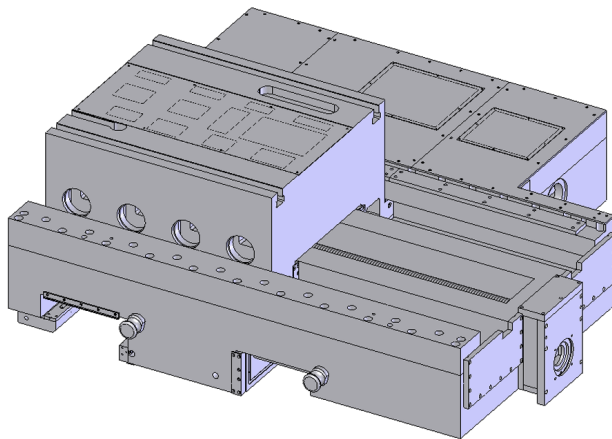
溜板有两个独立的进给机构，刀架纵向移动（Z轴）、刀架横向移动（X轴），通过数控系统可以实现纵向（Z）和横向（X）的联动，还可以和主轴旋转（SP）联系，实现恒速切削或车螺纹等。横刀架（X轴）横向移动导轨为矩形导轨形式，刀架横向采用滚珠丝杠传动副，滚珠丝杠的双螺母及丝杠支承在出厂前已进行了预紧，消除

间隙。刀架纵向移动（Z轴）采用预加载荷的双齿轮—齿条传动副，实现纵向的无间隙传动。具有机械磨损小，摩擦力小、传动刚度大、传动平稳、传动效率高等特点。

溜板及刀架滑座的纵向（Z）导轨和横向（X）导轨均为闭式恒流静压导轨，各有20个静压油腔，由单独的油箱来进行控制。用它供油的恒流静压系统，每个油腔均可得到一个油泵全流量供油，只要油腔压力在油泵耐压范围以内，均可以形成静压，因此系统的压力储备大，过载能力强，系统中没有阻尼，不会因阻尼堵塞而静压失效，故可靠性好，且没有调整阻尼麻烦，利于装配与维护。

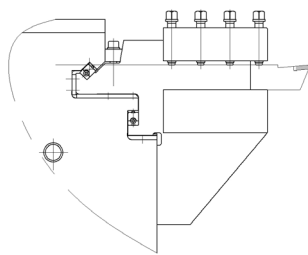
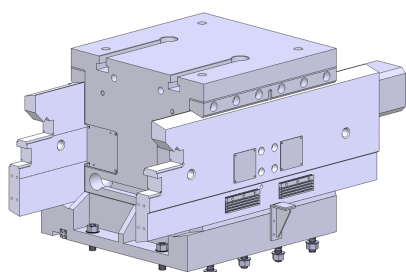
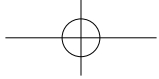


纵向（Z轴）、横向（X轴）移动导轨粘合锌基合金导轨板，导轨间经拖动配刮而成，与静止成形导轨相比，保证了静压封油边很高的平面度，且强度高，抗冲击能力强，油膜刚度大，承载能力强，不磨损，低速运动平稳，同时可达到较高的进给速度，在意外情况下可防止导轨研伤。

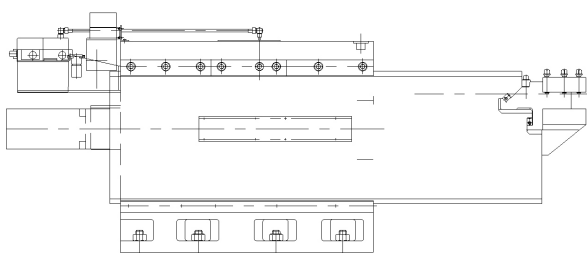


4. 带双刀排的高刚性框形刀架

本机床的刀架为框形结构，左、右各有一个刀排，主刀板在床头箱侧，副刀板在尾座侧。刀排材料采用42CrMo，调质处理，抗拉强度高，因而具有很高的结构刚性。



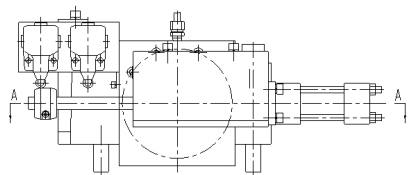
刀排与刀座之间采用KENNA重切刀座接口, 连接刚性高, 拆卸方便。左、右刀排沿横向可以移动调节, 由二台交流伺服电机分别驱动, 交流伺服电机→减速箱→进口滚珠丝杠带动左、右刀排移动。伺服电机带绝对编码器, 半闭环控制。由位置环锁紧确保刀排在切削过程中不会产生位移, 因此结构紧凑, 操作简单, 安全可靠。



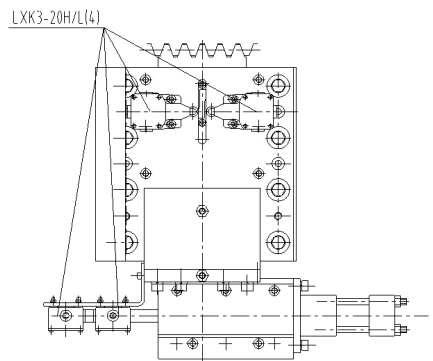
刀架简图

5. 机床尾座及可靠止退装置

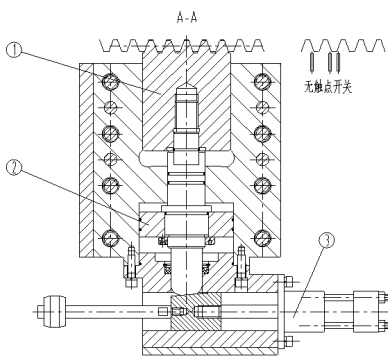
尾座上体为整体箱形结构, 具有足够的刚度和强度。尾座套筒能以机动和手动方式轴向移动。机动由电机驱动, 可以使套筒快速接近工件后顶紧。套筒夹紧机构。夹紧油缸自动夹紧套筒, 消除移动间隙。在主轴尾部有组蝶形弹簧和测力装置。蝶形弹簧主要是消除加工工件温度变化时, 工件长度变化带来的影响。为了保证尾座在加工时不会后退, 本机床有两套装置来保证, 一是齿板楔紧装置, 一是夹紧装置。在尾座移动停止后, 液压油缸使尾座上的齿板自动楔紧入床身齿条内。尾座、尾座套筒卡紧油缸采用的是碟簧夹紧液压放松, 保证尾座、尾座套筒卡紧安全可靠。卡紧油缸由压力继电器适时监测, 有失压保护功能。



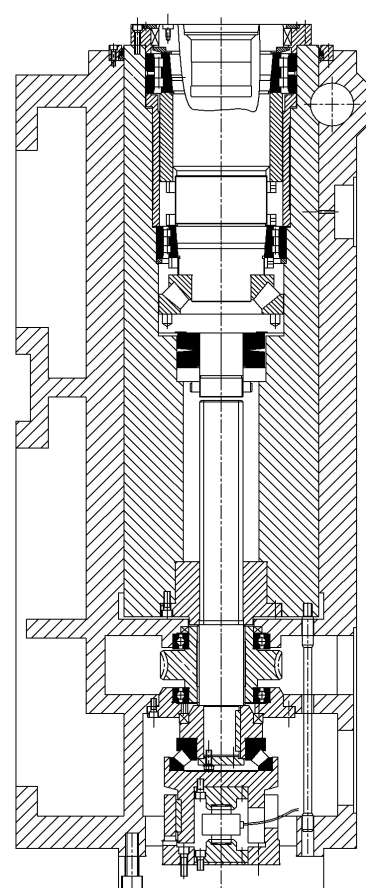
齿板液压楔紧机构



齿板楔紧装置



无触点开关



尾座上体结构简图

五、机床对风机轴的加工应用

太重风机轴车序工艺流程:

零件名称: 2MW主轴 ; 外形尺寸: $\Phi 1660 \times 3115$; 材料: 42CrMoA; 毛坯: 锻件; 热处理要求: 调质; 加工设备: WLUA2200 $\times$ 100/40、WLU2200 $\times$ 100/40、WL2200 $\times$ 50/40。

1. 调质前粗车

(1) 上粗加工车床, 卡大端, 顶小端, 按图刀检各外圆直径、长度及大圆弧部分。

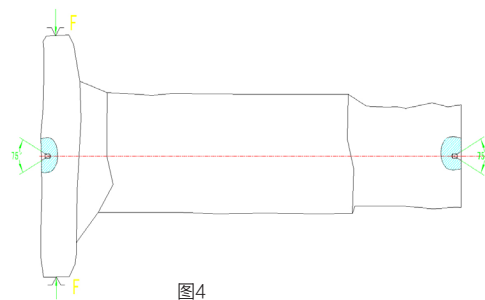
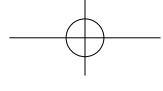


图4



(2) 按粗车工序图车各右侧各外圆、台阶面至要求；调头，架中心架，找正已车外圆、台阶面，粗车大端面及大端外圆至要求。

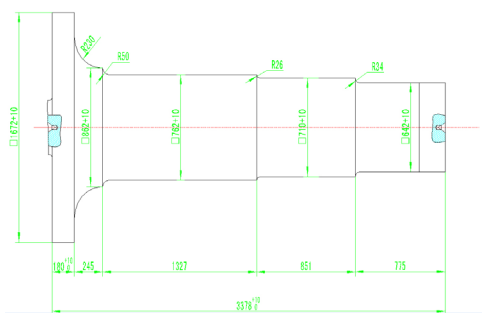


图5

2. 调质处理

3. 调质后粗车部分

(1) 卡小端外圆，顶大端。在 $\Phi 1672 \pm 10$ 外圆上车 25×25 应力环。

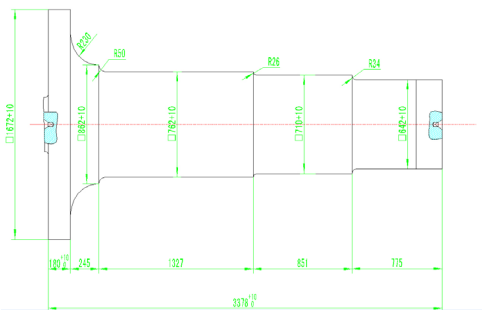


图7

(2) 卡大端，顶小端。按图车各外圆至工序图要求。

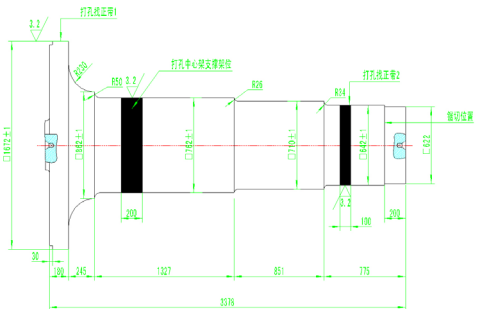


图8

4. 锯床锯小端取样部分，铣平大端面凸台，深孔钻床加工内孔。

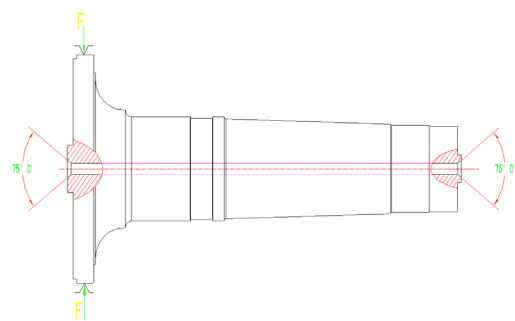
5. 半精车部分

(1) 卡大端，顶紧小端，以前车序找正带为基准，找正工件。

(2) 车右侧各外圆、锥面、圆弧面，直径上留精车余量 $2 \sim 3\text{mm}$ ，台阶面留余量 1mm 。

(3) 架中心架，找正。修小端中心孔。

(4) 调头，卡小端，架中心架，找正。修右端中心孔。

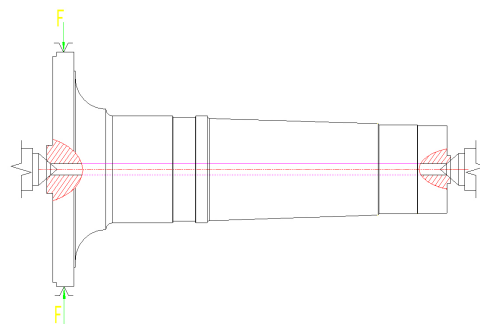


6. 精车部分

(1) 顶车外圆， $\Phi 750$ 外圆直径上留磨量 $0.7 \sim 0.8\text{mm}$ ， $\Phi 630$ 、 $\Phi 620$ 外圆直径上各留磨量 $0.6 \sim 0.7\text{mm}$ ， $\text{Tr}750 \times 7$ 外螺纹车至要求，其余外圆、台阶面车至图纸要求。

(2) 上附件铣头，铣螺纹外圆键槽。

(3) 调头，卡小端，顶右端。顶车 $\Phi 1660$ 、 $\Phi 1340$ 外圆及端面至要求。



7. 磨外圆

8. 端面铣

五、机床的发展前景

装备制造业是国家战略性的支柱产业，机床行业又是装备制造业的工作母机，是关系到国民经济和国防安全的战略性基础性行业，只有大力发展和振兴机床行业，才可有力推进我国装备制造业的前进和发展。目前国内重型卧式车床的制造能力已很强，产品质量较过去也有了很大提高，发展功能模块化和复合型机床更是以后机床行业的引领，尤其是在发展机床的可靠性、多功能高复合化、柔性化和智能化方面还有很大的创造空间。相信在不久的将来，我国高精度重型卧式车床在船舶风电领域将会随着自主创新的科技引领，赶上或超过国外先进企业产品。因此，我们要以创新为源驱动力，固本培元，着力实现高端产品的产业化和中端产品的精品化，实现对重点领域的重大技术装备的关键核心技术和共性技术的突破，为尽快提高中高档重型卧车产品的市场覆盖率迈出重要的一步。□



PLUS4五轴联动数控工具磨床的研发与应用

台州北平机床有限公司

一、概述

大国重器的概念不断被重申，随着我国经济实力的不断强大，已经成为装备制造业大国，工业的快速增长源于大基数，在整体水平上与国际水平还有一定的差距，当前，无疑是工业从堆量的粗放型模式向着追求质的集约型高质量发展模式转变。在航空、IT、汽车等领域快速发展的现在，市场对于“小、精、专”刀具的需求也在不断扩大，磨床加工工件的小微化也是未来的大势所趋，但对于国内机床行业来说，加工“小、精、专”刀具的技术难点一直难以攻克，高精度磨床一直都依赖进口。“小、精、专”合金产品和刀具的高精度、高效生产是未来机床行业的大趋势。

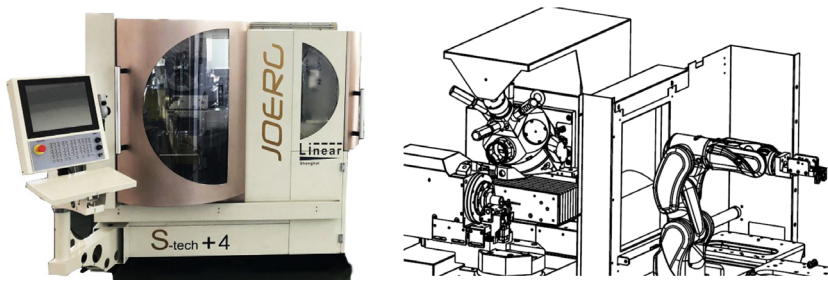
高精度、高效率以及高稳定性是机床赢得口碑的重要因素，虽然近年来国内机床装备行业发展迅速，但在应对高复杂度工件的高精度成形方面差距较大，尤其是国内IT、汽车、航空等领域的迅速崛起，对工具的品质、精度和韧性都提出了更高的要求。要想确保工具在使用过程中的稳定性和高精度，对于工具的尺寸公差和形位公差要求十分严格，而这种高精度工具的复合磨床正是当前国内所匮乏的。德国WALTER、SAACKE、瑞士ROLLOMATIC等均是代表世界上最先进的数控工具磨床制造技术的知

名企业。国内对于进口磨床需求非常大，一度占到市场份额的九成以上。

虽然进口磨床在品质和核心技术方面无可挑剔，但是昂贵的价格以及高昂的维护成本也让国内无数刀具企业有苦难言，更是让很多中小型企业望而却步，国内市场迫切需要一个品牌能够替代进口，生产供应品质等同进口机床，但售价更加实惠的国产机床。

依托三十年专注机械行业的经验和德国技术团队的协同创新，台州北平机床有限公司专注五轴数控工具磨床、数控内外圆磨削中心、机器人、丝锥生产线等高端智能装备研发制造。公司承担国家科技重大专项(04)一精密刀具五轴磨削柔性制造单元研究制造任务，始终坚持前沿磨削技术研究，保持与欧洲磨削技术同步发展，是国产高端磨削装备进口替代、核心技术自主可控的数控磨床制造企业。北平机床旗下北平和JOERG（优科）两个品牌机床已为株洲钻石等中钨高新旗下刀具公司、SANDVIK、住友电工、汇专科技、恒锋工具、东莞/江苏·西夏墅/成都刀具产业集群核心企业提供了专业的智能磨削技术解决方案。

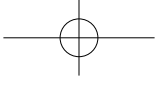
PLUS4是顺应国际化趋势的高端智能磨削机床，融合德国设计理念，代表了当今工具磨床最高水准的技术。是大批量制造和修磨 $\phi 0.8-\phi 16\text{mm}$ ，钻头和倒角刀具、旋转锉、医疗刀具，圆角半径的直柄铣刀，球头铣刀，钻头和阶梯钻的理想机型。该机型符合国际和国内市场的技术规范和需求，产品65%出口到德国、日本等发达国家，有助于提升我国机床行业的整体水平，助力我国机床产品制造技术跨入世界先进水平，进入世界高端机床品牌的竞争行列。



二、五轴数控工具磨床特点

PLUS4是五轴联动数控工具磨床，其主要特点为：

(1) 机床床身和各轴固定座是具有卓越抗振特性和良好热稳定性的天然大理石；



(2) 整体布局采用垂直T形结构,各轴分布合理紧凑,整体刚性强,精度高最大限度地利用机床空间,使机床具有最小的占地面积;

(3) 磨床配置3个伺服直线轴+2个旋转轴,全闭环控制;

(4) 先进的直线电机、直驱DD马达更精确分度及定位。垂直轴配备液压重量平衡系统确保升降轴运行的精确性;

(5) 稳定可靠的四工位转塔,更快的砂轮更换速度,平均砂轮更换时间小于3S,多组砂轮一次性完成工件的粗精磨削加工;

(6) 采用国际知名的刀具磨削软NUMROYO及其控制系统,具有3D模拟,碰撞检查,在线检测,友好的图形操作介面,一次装夹就可完成全部工序,保证磨削加工的高效率工;

(7) 双托架系统;可选配三轴桁架机械手与6轴机器人两种不同的自动上下料处理系统,实现无人化生产。回转式砂轮组 $4 \times \phi 150\text{mm}$ 最大直径,标配上压式支撑及弹出式托架。

三、磨床结构创新

1. 垂直鞍座形花岗岩整体机床结构

磨床的结构设计合理与否,极大程度决定机床的精度保持性,稳定性及产品精度。一般机床结构设计,均在一个平台上搭上的数控轴,特别是Z轴(升降轴)上升,使机床整体刚性下降,整体外形增高。本机采用垂直鞍座形花岗岩整体机床结构,使升降轴下置,增加了机床整体的刚性,实现更小的外形尺寸。

2. 四工位刀塔砂轮快速定位机构

中间辅助时间是影响生产效率的关键要素,磨床在生产非标刀具时,需要组合使用多组砂轮,换砂轮的效率不可忽视。本机用的是四工位刀塔砂轮快速定位机构,即刀塔上已装上四组砂轮,定位机构通过数字计算分度定位,只需在6秒内即可完成砂轮的位置转换,方便快捷,极大减少更换砂轮组的辅助时间,提高生产效率。

3. 四方框架式导轨支撑系统

机床的升降轴相比其他轴刚性偏弱,然而升降轴的刚性对加工三要素:切削速度、切削深度及进给量有着决定性的作用。本机四方框架式导轨支撑系统,有升降轴的主直线导轨,并在升降轴的滑座背面增加了辅助直线导轨,形成了四方框架式导轨支撑系统,使升降轴的刚性得到了极大提高,并使磨床有更高的加工效率。经浙江省科技信

息研究院查新,浙江省技术经济人协会科技成果鉴定,PLUS 4 五轴数控工具磨床技术水平达到国际先进水平,部分指标达到国际领先水平。

四、五轴数控工具磨床创新研究

1. 研究高刚性、高稳定性的磨床总体结构布局 and 关键零部件结构设计

针对PLUS 4 五轴数控工具磨床的刚度和稳定性问题,对整机机械结构布局 and 关键零部件刚度、静力学特性进行分析。为了提高整机刚度和紧凑性,整机采用龙门式结构。纵向Z轴配置液压平衡系统,有效降低加工误差,具有较高的纵向几何精度。采用直驱方式驱动具有运动精度高、工作平稳、承载能力强、刚性好、抗震性强等优点。

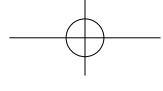
PLUS 4 五轴数控工具磨床总体包括3个直线轴+2个旋转轴,驱动与数控系统、进给机构、自动测量与补偿系统、高压冷却过滤系统及床座组成。机床配置采用总线数控系统,性能稳定,使用可靠,完成各种形状工件所需要的复合运动的控制,实现五轴联动控制。配置瑞士NUMROTO 刀具磨削软件,具有自动编程、自动调节、自动修补、实时监控、数据统计等功能。所有轴均配置海德汉测量系统,进行位移精度误差的反馈和补偿,实现工件磨削过程中的精确定位,极大地提高加工精度及可靠性。

工件头架主轴采用精密转盘滚动轴承支承,具有刚性好、回转精度高的特点。工件装夹采用卡盘,实现精确装夹定位,磨砂轮主轴均采用高精度磨削电主轴,刚性好,振动小;可以在线编程,以适应最佳的磨削参数。每个砂轮轴可配置三片砂轮,在线冷却系统与砂轮旋转同步进行。最多4工位刀塔,可选择HSK32/40/50接口,砂轮更换可在6秒内完成、精度高、稳定性好。

2. 直驱式高速、高精度闭式设计和制造技术

针对转动工作台转动速度、精度和可靠性问题,工作台C轴采用直驱电机+高精度高刚性交叉转盘轴承+大孔径磁环式编码器。旋转轴采用的力矩电机+高精度高刚性交叉转盘轴承,相对传统地用皮带传动的方式,可最大限度节省工件轴的安裝空间,减少传动链,消除了皮带传动产生的振动,提升整体的结构紧凑性,采用闭环控制系统进行位移误差反馈补偿。采用静压轴承可以有效提高工作台转动精度和刚度,能够长久地保持机床的加工精度及使用寿命。

3. 磨床模态分析、热平衡控制及相应的补偿技术



对磨床静态性能及热特性等性能分析,研究磨床模态分析、热平衡控制及相应的补偿技术,提高磨床加工精度及可靠性。PLUS 4 五轴数控工具磨床主要用于微径刀具的高精度加工,因此对磨床各轴的刚性及位置精度要达到极高的要求,降低加工时对温度的敏感性。热传导系数低,受环境温度变化的影响少,因而变形少,保证了加工精度的稳定性、机床的抗震性能及长时间尺寸稳定性。磨床采用计量级天然花岗岩基座,磨头升降座、定位座均采用天然花岗岩材质,天然花岗岩具有优良的减震性能,相当于铸件床身的9倍,膨胀系数低(不足铸件床身的1/10),具有阻尼性好,动态特性佳,可改善加工件的表面粗糙度,大大地提高机床的综合性能。为了保障磨床较高的刚度和稳定性,将床身、磨头座等关键零部件利用计算机三维实体软件进行建模,并对关键零部件进行应力场和温度场分析,以获得高刚性和均匀的温度场结构,减少磨削力和工作过程中温度变化对加工精度的影响,提高加工精度和可靠性。

4. 磨床状态在线检测及补偿技术研究

目前砂轮磨损后由于缺乏自动检测技术,一般采用工件离线测量,根据测量结果控制砂轮的补偿,这种补偿方法存在两个问题:一方面工件拆装会造成多次定位影响工件的定位精度,另一方面由于没有进行检测,因而难以准确掌握砂轮补偿的时间,只能凭经验确定何时砂轮应该进行补偿。

针对在磨削加工中难以实时在线测量砂轮在钝化过程中的砂轮轮廓磨损的问题,结合磨削仿真技术和差压技术,利用有限元仿真和差压传感器和光电位移传感器,建立砂轮轮廓在线检测系统,准确在线测量出砂轮在初始加工阶段和接近钝化时的砂轮轮廓。预报砂轮的钝化时间,为提高加工效率和设备的自动化程度,具有很强的

实用意义。

五、应用情况

现代智能制造是基于工业互联网的应用,将科学与工业进行融合,统筹合理利用各种资源,不断将机床精度、加工效率、机床稳定性、智能化无人生产等各项指标推向一个新的高峰,体现了中国乃至世界制造业现阶段发展特征及未来发展的趋势。在世界空间距离不断缩小的现代,如今的中国机床行业处在一个充满机遇与挑战的时代。

当前,国产高端数控磨床的使命应是尽快实现进口替代。国内做高端磨床企业屈指可数,技术水平接近或者等同进口同类产品的更是寥寥无几。北平机床专注磨床产品三十年,积极引领国外先进技术和高端人才,将国际先进的技术和德国“工匠精神”的设计理念和制造工艺融入产品,无论是机床品质、还是精度都能够媲美进口同类产品。

PLUS 系列磨床是德国CTO设计开发的同步欧美先进磨削技术的高端五轴数控工具磨床,直线轴定位精度达到 $1\mu\text{m}$ 内,工件加工动态精度出色,在住友电工硬质合金(常州)有限公司现场使用,加工精度及效率完全满足用户需求,性能、品质达到进口同类产品水平。PLUS 4 五轴数控工具磨床大量出口至德国、韩国、美国等国家,应用于航空刀具、3C 电子、医疗器械等重点工业领域刀具的生产制造,获得了用户企业的一致好评。

随着PLUS 4 五轴数控工具磨床的国际认可度越来越高,以及国内住友电工硬质合金(常州)有限公司作为示范企业,日后将会有越来越多的PLUS 4 五轴数控工具磨床服务于我国国防军工、航空航天、汽车、3C 电子、医疗器械等重点领域,在国内高端磨床领域实现进口替代,并且进一步走出国门,抢占国际市场。□

(上接第32页)

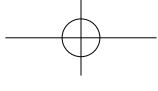
五、应用情况

如图3所示,KWINDS系列机床已成功应用于国内风电领域,该系列产品已被山东某公司选用32台,其中KWINDS-II 6台,KWINDS-III 6台,KWINDS-IV 20台,宁波某公司选用3台KWINDS-IV,实现销售收入约1.23亿元。机床主要用于2~3MW风机轮毂、底座等关键零件的加工,自交付使用至今,质量稳定可靠,使用情况良好,所加工零件的精度满足图纸要求,加工精度和效率达到欧洲进口机床水平。



(a) (b) 图3

KWINDS系列机床与通用机床相比效率提高20%~30%,价格仅为同规格落地铣镗床的50%~70%,具有优越的性价比。由于使用情况良好,2019年山东某公司又追加了30台KWINDS-IV机床的订单,合同总价1.08亿元,取得了显著的经济社会效益,市场应用前景十分广阔。□



2021年上半年机械工业经济运行情况

中国机械工业联合会

2021年8月6日，中国机械工业联合会举行了“2021年上半年机械工业经济运行情况”发布会，陈斌执行副会长介绍上半年机械工业运行情况。

2021年是“十四五”规划开局之年，国民经济运行总体呈现稳定恢复、持续发展的态势。得益于国内疫情的有效控制与宏观政策效应的持续释放，上半年机械工业市场需求逐步恢复、运行环境不断改善，外贸出口情况好于预期，企业发展信心不断增强，行业生产保持平稳的趋势愈发明朗。但原材料价格大幅上涨对机械企业效益的影响开始显现，海外疫情持续演变加剧了外贸形势的复杂性，同时对比基数的抬高对今年下半年的指标增长形成压力，机械工业全年平稳运行与高质量发展的任务依然艰巨。

一、上半年机械工业运行概况

受上年低基数因素的影响，年初机械工业主要经济指标均表现出高速增长，此后增速呈现逐月回落趋势。截至上半年，机械工业主要经济指标同比增速仍处于较高水平。



1. 增加值增速高位回归

国家统计局数据显示，上半年机械工业增加值同比增长22.3%，高于同期全国工业和制造业6.4和5.2个百分点，比一季度回落21.2个百分点；两年平均增速9.8%。机械工业主要涉及的五个国民经济行业大类，通用设备制造、专用设备制造、汽车制造、电气机械及器材制造和仪器仪表制造业上半年增加值同比分别增长24.3%、20.1%、21.8%、29.4%和19.2%，两年平均增速均超过8%。

2. 产品生产保持稳定

今年上半年，机械工业生产延续了上年的回升走势，重点监测的121种主要产品，累计产量同比增长的比重保持在94%以上。6月末累计产量实现增长的产品114种，占比94.2%；产量同比下降的产品7种，占比5.8%。从当月数据看，5、6月单月产量实现增长的产品占比保持在三分之二左右。

上半年机械工业主要产品生产呈现以下特点：一是包装机械生产旺



盛,包装专用设备、金属集装箱等产品产量成倍增长。二是工程机械类产品经过多年快速增长后,产销增速逐步回归,挖掘机、装载机、水泥专用设备、叉车等产品增速放缓至30%左右。三是农业机械产品生产渐趋平稳,增速有所放缓,大、中、小型拖拉机产量分别增长57.4%、18.5%和27.6%。四是机床类产品出现恢复性增长,金属切削机床、机床数控装置、金属切削工具等产品产量增速超过30%,工业机器人增长近70%。五是汽车产销量分别为1256.9万辆和1289.1万辆,同比增长24.2%和25.6%,受芯片短缺影响,5、6两月当月同比下降,恢复性增长的势头受阻。六是部分输变电设备生产走弱,变压器、电力电容器等产品产量同比下降。

3. 产能利用率处于较高水平

在生产保持平稳的带动下,上半年机械工业主要行业产能利用水平处于高位,较上年同期明显提升。通用设备制造、专用设备制造、汽车制造和电气机械及器材制造业产能利用率分别为80.9%、81.3%、76.2%和81.4%,其中除汽车制造业外,其他行业产能利用率均高于同期全国工业产能利用率平均水平。与上年同期相比,上述四个行业的产能利用率分别提高6.9、6.6、9.4和7.7个百分点。

4. 效益指标增速仍处高位

国家统计局数据显示,上半年机械工业累计实现营业收入12.49万亿元,同比增长30.85%;实现利润总额8013.2亿元,同比增长41.99%;两项指标增速均处于较高水平。上半年机械工业营业收入利润率为6.42%,比上年同期提高0.51个百分点。与全国工业相比,机械工业营业收入增速高2.97个百分点,利润总额增速低24.95个百分点,营业收入利润率低

0.69个百分点。随着上年对比基数的回升,机械工业效益指标增速持续放缓,与一季度相比,营业收入与利润总额的增速分别回落27.8和196.18个百分点。

5. 分行业发展全面向好

上半年,机械工业14个分行业运行走势全面向好,营业收入同比均实现超过10%的增长,其中机器人与智能制造、其他民用机械、电工电器和机床工具行业增速超过30%;利润总额均实现超过10%的增长,其中其他民用机械行业增速超过90%、机床工具行业增速超过85%,位居前两位,电工电器、机器人与智能制造和汽车行业利润增速也超过40%。

6. 固定资产投资处于恢复期

国家统计局数据显示,上半年机械工业主要涉及的国民经济行业大类中通用设备制造、专用设备制造、电气机械及器材制造和仪器仪表制造业固定资产投资同比分别增长10.6%、28.5%、24.2%和25.1%,汽车制造业固定资产投资同比下降2.3%。与2019年比,通用设备制造和汽车制造业投资仍为负增长,降幅分别为9.3%和22.7%;专用设备制造、电气机械及器材制造和仪器仪表制造业投资分别增长12.2%、3%和24.5%。总体而言,机械工业固定资产投资仍然偏弱,资金不足是近期制约企业投资的主要因素。

二、上半年行业运行中的亮点

1. 创新驱动, 战新产业支撑行业发展

上半年机械工业战略性新兴产业相关行业累计实现营业收入9.49万亿元,同比增长32.07%,增速比机械工业平均水平高1.22个百分点;实

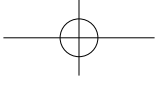
现利润总额5968.41亿元,同比增长45.07%,增速比机械工业平均水平高3.08个百分点。从比重看,上半年机械工业战略性新兴产业在营业收入中的比重为75.98%,比上年同期提高1.58个百分点;利润总额的比重为74.48%,比上年同期提高0.88个百分点。战略性新兴产业依然引领与带动着机械行业的恢复与发展。

2. 抢抓先机, 进出口贸易超预期

得益于国内疫情的有效防控和生产秩序的快速恢复,机械企业主动作为、抢抓国际市场先机。上半年我国机械工业累计实现进出口总额4917.2亿美元,同比增长36%。其中出口总额3116.6亿美元,同比增长40.3%,进口总额1800.6亿美元,同比增长29.2%,实现贸易顺差1316亿美元,均创同期历史新高。从具体产品看,汽车零配件、低压电气设备等机械工业传统优势产品出口显著增长。上半年,汽车零配件出口金额为237亿美元,同比增长57.35%;低压开关及控制装置出口金额149.36亿美元,增长39.53%;蓄电池出口金额131.13亿美元,增长71.9%。此外,汽车整车出口表现突出,上半年出口量超过88万台,同比增长108.49%。还有部分企业采取多种方式,积极开拓国际市场。

3. “双碳” 目标引领产业转型

以“碳达峰、碳中和”目标为牵引,机械工业积极调整,助力能源消费变革。上半年,我国新能源汽车产销分别完成121.5万辆和120.1万辆,同比均增长2倍;累计销量已与2019年全年持平;新能源汽车销量占比由今年年初的5.4%提高至上半年的9.4%。发电设备累计生产6172.33万千瓦,其中清洁能源水电和风电



机组合计生产3367.06万千瓦，占比54.55%，超过半数，比重较上年提高5.21个百分点。同时机械企业积极在“双碳”新市场中挖掘机遇，深化与高载能行业的融合发展。

4. 自主创新，重大装备研制取得新进展

机械工业坚持自主创新的发展理念，重大装备研制不断取得新进展。哈尔滨电气集团和东方电气集团参与建设的当今世界在建规模最大、技术难度最高的水电工程——金沙江白鹤滩水电站，首批百万千瓦水轮发电机组安全准点投产发电，实现了我国高端装备制造的重大突破。东方电气自主研发的国内首台F级50MW重型燃气轮机顺利实现满负荷稳定运行，标志着我国自主燃机产业取得重大突破。中国船舶集团第七〇三研究所、国家石油天然气管网集团西气东输分公司、哈电集团哈尔滨汽轮机厂、沈阳鼓风机集团等单位联合研制的首台套天然气长输管道国产30MW级燃驱压缩机通过验收，是我国能源装备领域的又一重大进展。

5. 数字化智能化赋予发展新动能

由于数字化、智能化技术的赋能，机械工业为国民经济各行业提供装备的能力持续提升，同时也为自身获得发展新动能。徐工集团无人集群道路机械成功应用于新疆首条沙漠高速公路S21阿乌高速的大面积沥青摊铺作业，克服极端作业条件、提高道路建设速度。新松公司参与研发的智能清污机器人成功应用于葛洲坝水电站，颠覆传统的人力半机械化清漂模式。潍柴雷沃重工生产的无人小麦收割机与无人拖拉机组成无人驾驶收获系统，通过手机控制实现小麦收获与田间转运的双机协同作业，提高收获效率。上海电气集团参建的全国首条

中运量数字轨道临港新片区1号线全线开通运营。

6. 产教融合，助力人才培养

为改善当前行业面临的专业技术人才与高端人才匮乏的问题，行业协会与机械企业积极组织并参与产教融合工作，促进教育链、人才链与产业链的深度融合。今年以来，颁布了《机械工业“十四五”人才培养规划》，举办了急需紧缺人才高级研修班，与政府部门联合开展了机械工业技术技能大赛，组织了机械工业一线工人科学技术奖评选，开展了职业技能等级评价等工作。目前，行业已组建40多个产教融合、校企合作集团，为促进人才培养发挥了积极作用。

三、行业运行中面临的困难与问题

1. 原材料价格持续高位、行业成本压力上升

今年上半年国内钢材、有色金属等大宗商品价格持续大幅上涨。国家统计局数据显示，6月工业生产者购进价格指数同比增长13.1%，其中黑色金属材料类、有色金属材料类及电线类分别增长27.7%和26.8%，上涨明显，致使机械工业原材料采购价格普遍提高，企业成本压力加大。机械工业重点联系企业专项调查显示，95%的被调查企业反映今年以来原材料采购价格出现上涨，91%的被调查企业反映今年以来零配件采购的价格上涨。

2. 产品价格处低位、效益指标出现下降

国家统计局数据显示，在原材料持续、大幅、快速上涨的背景下，机械工业产品出厂价格涨幅微弱且相对滞后。今年前三个月，机械工业出厂

价格指数分别为99.2、99.1和99.5，仍处于同比下降的状态。直至4月机械工业出厂价格指数同比才由负转正，6月份增幅升至1.1%，但远远低于同期原材料购进价格指数和原材料行业出厂价格指数超过26%的增幅。

原材料采购价格与产品销售价格变化的差异，已经影响了机械行业的利润。单月数据显示，机械工业利润总额增速大幅回落，3月增速为94.1%，4月回落至3.7%，5月为1.99%，6月增速由正转负，同比下降9.84%。

3. 账款回收难、行业资金周转率低

国家统计局数据显示，6月末机械工业应收账款总额为5.52万亿元，同比增长9.72%，占全国工业应收账款总额的近三分之一。专项调查结果显示，上半年六成的被调查企业应收账款同比增长，24%的企业增幅超过10%；超过六成的被调查企业应收票据同比增长，23%的企业增幅超过10%。企业反映使用票据结算的客户明显增多，导致自身资金周转压力加大。6月末，机械工业流动资产周转率为1.45次，比同期全国工业低0.36次。

四、机械工业全年运行走势预判

上半年，我国统筹疫情防控和经济社会发展的成果得到了巩固和拓展，机械工业也呈现出平稳发展的运行态势。展望下半年，利好于机械工业运行与发展的因素在积累与释放。一是经济环境改善带动市场需求扩张。在国民经济运行稳中加固、稳中向好的背景下，机械工业用户行业转型升级、扩大生产的意愿显著提升，上半年制造业固定资产投资增长19.2%，利好于机械工业生产端的平稳运行。二是稳定的政策环境与精准



的调控措施提振企业信心。前期国家出台的扶持政策利好效应持续显现，上半年出台的一批精准调控政策聚焦中小企业、困难企业，加大企业纾困的力度，构建政策合力，提振企业发展信心。三是疫情防控常态化背景下数字化智能化发展提速。全球疫情防控形势复杂多变，深刻影响工业技术发展趋势。机械工业用户行业对数字化改造、智能制造的需求激增。外部需求的提升与机械工业转型发展的内生动力相结合，推动机械工业践行高质量发展战略。

但是应该看到，下半年机械工业实现平稳运行压力有所增加。近期行业运行中存在的稳定、不确定因素，需要密切关注。一是部分产品生产出现高位回落迹象。6月当月，

挖掘机产量为2.7万台，同比下降25.65%；汽车生产完成194.3万辆，同比下降16.5%；大中型拖拉机、农产品初加工机械、污染防治设备等产品当月产量同比也出现下降。二是对外贸易市场存在不确定性。重点联系企业专项调查显示，海外市场接单压力较大，四成企业在手订单可满足三季度生产，其中两成企业在手订单可满足全年生产。加之疫情波动对项目履约与产成品提货的影响，以及汇率上升的影响，下半年机械工业外贸出口形势存在不确定性。三是原材料价格仍处高位。近期钢材和有色金属等大宗商品价格快速上涨趋势虽有所抑制，但价格仍在高位震荡，对机械行业效益的影响在延续。下半年机械企业或将面临原材料成本高与账款

回收难叠加产生的资金压力。此外，逐月抬高的同比基数，也对下半年主要指标的增长形成显著压力。

综上所述，2021年机械工业经济运行总体将呈现前高后低的态势，下半年主要经济指标增速较上半年明显趋缓，但机械工业全行业完成年度目标信心依然。预计全年，机械工业增加值、营业收入和利润总额的增速可达6%左右，外贸进出口有望实现新的突破。

今年是“十四五”规划的起始之年，面对持续演变的全球疫情、复杂严峻的内外经济环境，机械工业全行业将坚定信心、主动作为，坚持稳中求进工作总基调，积极贯彻新发展理念，持续推进机械工业高质量发展。□

资讯

大族激光拟投资25亿元建设西南、华东两大生产基地

在新能源行业飞速发展的背景下，大族激光也加大了对动力电池行业专用设备的布局。

9月22日晚间，大族激光发布了2则公告：一是，公司拟在四川省宜宾市投资建设大族激光新能源智能装备生产基地项目，项目总投资15亿元；二是，公司拟在江苏省张家港市投资建设大族激光华东区域总部基地项目，项目一期总投资不超过10亿元。两项投资共计25亿元，用以完善新能源动力电池装备业务布局。



据大族激光公告，根据公司战略发展规划，为进一步推进产能布局，拟在四川省宜宾市投资建设大族激光新能源智能装备生产基地项目。项目总投资15亿元，规划一期投资5亿元，二期投资10亿元，资金来源为企业自筹。

据披露，该项目建设一期项目在交付土地后两年内建成竣工并开始投产运营，二期项目在一期项目竣工投产之日起一年内启动。项目规划总占地约150亩，一期占地约50亩，二期100亩。

同日，大族激光公告显示，公司拟在江苏省张家港市投资建设大族激光华东区域总部基地项目，项目一期总投资不超过10亿元。项目规划用地面积约800亩，分两期建设，其中一期项目占地约250亩，二期占地约550亩，最终以实际建设情况为准。

2021年上半年磨料磨具行业情况简析

中国机床工具工业协会磨料磨具分会

2021年以来，在党中央坚强领导下，经济持续稳定恢复、稳中向好，上半年国内生产总值同比增长12.7%，其中二季度同比增长7.9%，两年平均增长5.5%，取得了优异的成绩。但是也要看到，处在百年未有之大变局的当下，国内外经济政治形势正在发生着深刻的变化，疫情态势仍不稳定，经济发展不平衡、不确定的问题依然严峻。

磨料磨具行业作为制造业重要的组成部分，依靠多年来积累的强大韧性和牢靠基础，行业顶住了压力，在震荡中实现了平稳发展。2021年已经过半，上半年行业迎来了新一轮高速增长，从企业反馈的信息看，订单量基本恢复到疫情前水平。

一、2021年上半年行业经济情况

2021年上半年，行业各项产品的产量和价格较去年同期有了不同程度的上升，这里有两个方面的原因，一是去年同期正处在国内抗疫压力最大的关口，企业生产经营受到了不同程度的影响，上半年整体产量偏低；二是今年上半年中国作为制造业大国，

在全球产业链中的地位进一步彰显，订单量大幅攀升，产品产量再创新高。

1. 出口数据

今年上半年我国货物贸易进出口总值18.07万亿元人民币，比去年同期增长27.1%。其中，出口9.85万亿元，增长28.1%；进口8.22万亿元，增长25.9%。与2019年同期相比，进出口、出口、进口分别增长22.8%、23.8%、21.7%。

具体到磨料磨具行业，相关数据如表1所示。

表1 2021年1~6月各主要产品出口量值表

品名	2021年1~6月		2020年1~6月		同比(%)		均价 (美元/千克)		升降 (%)
	数量 (万吨)	金额 (万美元)	数量 (万吨)	金额 (万美元)	数量	金额	2021	2020	
棕刚玉	24.37	27308	20.68	16370	17.84	66.82	1.12	0.79	41.84
天然刚玉	8.55	2293	8.28	2267	3.26	1.15	0.27	0.27	-0.64
其他人造刚玉	18.15	20120	12.25	10791	48.16	86.45	1.11	0.88	25.98
碳化硅	16.43	14415	12.68	11562	29.57	24.68	0.88	0.91	-3.61
碳化硼	0.15	2104	0.13	1781	15.38	18.14	13.58	13.95	-2.64
磨具	16.22	51901	11.05	33295	46.79	55.88	3.20	3.01	6.32

从表1中可以看到，各类主要产品的出口量价均出现了较大幅度的上涨，主要原因是前值较低。

2. 行业40家企业的经济指标（见表2）

表2 行业40家主要企业上半年统计数据

序号	项目	计算单位	实际完成		较去年同期增减(±%)
			本期	去年同期	
1	营业收入	万元	280032	245015	14.29%
2	产品销售收入	万元	263524	232920	13.14%
3	营业成本	万元	237269	210268	12.84%
4	管理费用	万元	13093	12110	8.12%
5	利润总额	万元	10743	11946	-10.07%

序号	项目	计算单位	实际完成		较去年同期增减(±%)
			本期	去年同期	
6	资产总计	万元	473912	460484	2.92%
7	流动资产平均余额	万元	295629	284830	3.79%
8	应收帐款净额	万元	94852	90938	4.30%
9	固定资产净值平均余额	万元	99170	108561	-8.65%
10	应付帐款	万元	52084	49986	4.20%
11	负债总计	万元	243876	235289	3.65%
12	工业总产值(现价)	万元	237788	207240	14.74%
13	出口交货值	万元	45029	35487	26.89%
14	研发费用	万元	6032	4953	21.78%
15	平均资产总额	万元	453656	455430	-0.39%
16	磨料产品产量	吨	212608	207106	2.66%
	其中 棕刚玉	吨	125066	123472	1.29%
	白刚玉	吨	23917	22433	6.62%
	黑碳化硅	吨	41814	40895	2.25%
	绿碳化硅	吨	21811	20306	7.41%
17	磨料产品价值量	万元	127652	117469	8.67%
18	磨具合计	吨	65042	51656	25.91%
19	陶瓷砂轮	吨	22739	19102	19.04%
20	树脂砂轮	吨	42136	32419	29.97%
21	磨具价值量	万元	79031	63452	24.55%

从40家会员单位的统计数据看，产品产量、产值较去年同期双双提升，销售收入、出口值、工业总产值等指标也是增长态势，然而利润总额却下滑了10%，充分说明了今年上半年行业运行的压力很大，企业生产经营在步入正轨的同时，受到了来自上游原材料涨价和低价同质竞争的双向挤压。

3. 宏观经济情况

上半年中国经济的三驾马车高歌猛进。投资方面，制造业投资同比增长19.2%，基础设施投资同比增长7.8%，房地产开发投资同比增长15.0%。消费上，最终消费支出对经济增长贡献率为61.7%，拉动经济增长7.8个百分点。出口增势良好，货物贸易顺差16336亿元，比上年同期增长40%以上。但下行压力初现。6月的工业增加值、房地产投资两年复合增速、土地购置面积、基建投资、制造业投资、制造业PMI指数等主要指标虽仍处于扩张区间，但是较5月均出现了不同程度的下滑。

二、上半年行业面临的问题

虽然去年疫情造成的市场需求下行的趋势有一定程度的扭转，但是能否持续增长仍待观察，同时很多老问题依然困扰着行业。其中最主要的有两点：

一是中国在世界气候大会上提出2030年前实现碳达峰，对减排降耗、建设优质生态环境的要求进一步提升，这不仅意味着未来行业在环保标准上会更加严格，企业投入需进一步加大，更深层的长期影响来自对于中国能源结构的变革，这会让行业的上下游市场格局发生变化。

二是自今年年初以来，多种磨料产品所需的上游矿产资源开采政策进一步收紧，磨具生产用结合剂所需化工原料价格也成倍增长，致使磨料及磨具产品的原材料成本抬升，然而受产能过剩所累，行业产品价格虽略有上涨，但仍不及原料价格增速，企业利润被挤占。这里还要特别提及产能过剩的问题，行业各类主要产品的低端产能过剩问题由来已久，在经济进入调整期、增速放缓时，企业会感受到同质竞争带来的压力。

三、下半年行业发展形势研判

今年7月30日召开的政治局会议指出，要助力中小企业和困难行业持续恢复。要挖掘国内市场潜力，要统筹有序做好碳达峰、碳中和工作，尽快出台2030年前碳达峰行动方案，坚持全国一盘棋，纠正运动式“减碳”，先立后破，坚决遏制“两高”项目盲目发展。对磨料磨具行业大量的中小企业和冶炼企业来讲，是一个好消息。

具体到下半年的形势，宏观上，从7月份的数据看，各项主要经济指标都呈现出增长乏力的态势，其中PMI指数中小企业在47.8%，连续数月处在荣枯线之下。行业内，夏季用电高峰期到来，电费价格持续上调，各类原材料价格始终在高位徘徊，短期内供需不平衡的态势不会解决，随着全球制造业逐步恢复，下半年企业可能会面临订单量下降、利润不会明显提升的局面。这就需要我们紧跟中央政策导向，及时对企业发展的方向做出调整。行业当前正处在产业升级、结构调整的关键期，企业必须要紧抓高质量发展这条主线，围绕“双循环”战略格局，坚持创新驱动，站稳脚跟开拓市场。□



CIMT2021金属成形机床展品评述

中国机床工具工业协会锻压机械分会 徐刚 崔瑞奇 王华

第十七届中国国际机床展览会（CIMT2021）于2021年4月12~17日在北京中国国际展览中心（新馆）成功举办。从本届展会的展品情况来看，智能化、自动化已呈势不可挡之势。

中国国际机床展览会（CIMT）不啻为全球机床工具行业最高水平的盛会。他就像一面镜子，不但映照出全球机床工具行业琳琅满目的最新型式、最高水平的产品，而且通过这面镜子，还可帮助我们对标先进，找到差距，理清思路，较正方向。从这个意义上说，CIMT对机床行业以及行业企业的参考、启迪意义不可估量。

本文就以CIMT2021的金属成形（锻压）机床及其上下游展品为参考，对相关展品作一评述。敬请批评指正。

一、数控激光切割机

板材加工行业的持续兴盛激励着板材加工设备的不断升级。近些年，数控激光切割机从未停止向更快、更强突破的步伐。不仅如此，数控激光切割机的快速普及和应用还加快了激光切管机及其他激光设备的发展和应

用，对于带动激光全产业链的发展也起到了关键推动作用。

具体来说，本届激光切割机展品体现出以下特点：

1. 高功率化

（1）高功率化依然是激光切割设备发展的一个重要方向，也是设备制造商的重要着力点之一，由是也成为体现企业实力的一个重要方面。从本届展会的激光切割机展品可以看出，万瓦级激光切割机展品已不鲜见，而在本次展会上，邦德激光股份有限公司更是直接推出了40000W激光切割机（见图1），而且全球首发，令人振奋。不仅如此，这台型号为Dream4的4万瓦磁悬浮激光切割机，公开报价达到1298万元人民币。笔者以为，这台4万瓦的全球首发的激光切割机，加上其不菲的报价，足以成为本届展会上体现中国制造实力的一个亮点。此外，邦德激光股份有限公司的大功率激光切割机的产销数据十分可观，据该公司数据显示，其30000W激光切割机已累计产销2台套，20000W累计30余台套，12000W累计400余台套。可以说，在大功率激光切割机领域，邦德激光

已经确立了自己的优势地位。

这台Dream4高端板材激光切割机采用矿物铸造床身——大理石矿物整体铸造，床身稳定可靠，加工精度更高；采用碳纤维横梁——碳纤维（非金属材料）真空热压工艺，无成形材料应力；采用直线电机——基于“磁悬浮理论”的直线电机驱动技术，搭配BodorThinker4.0总线系统。可广泛应用于钣金加工、建筑、医疗器械、机械设备制造、汽车制造、能源行业、航空航天制造等金属加工行业。

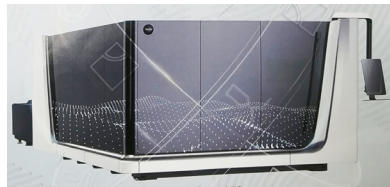


图1 邦德公司展出4万瓦激光切割机

大族激光智能装备集团展出了SF系列高功率激光切割机。该机型采用闭环数字控制，具有高可靠高同步性；实现混合驱动、灵活飘逸、低噪高速、动静结合和完美平衡于一身；同时具有全新HMI界面，采用可视化界面拖拽式操作，可实时进行工艺修改；内置CAM，加工工件更加



自如。此外，SF高功率激光切割机还具有智能视觉系统，人机ID权限认证，加工过程信息可全量回溯，智能可靠，实现效率稳定最大化。

领创激光也不甘落后。其20kW超大功率设备技术工艺成熟稳定，已批量投放市场，继续引领大功率激光装备市场，30kW设备计划于2021年一季度面市。此外，在专用装备领域，自动落料线、多光头自动化生产线、激光切焊复合生产线和焊接熔覆自动化生产线也陆续投放市场，多面开花。同时，合资产品三维激光设备于2021年一季度正式面市，标志着领创产品从单机装备到智能化领域迈上新的台阶。本次展会上，领创激光重点展出20000W超大功率智能激光切割机LH-6025。该款设备是领创十年大功率激光设备研发经验的结晶，其底座、系统、水电气结构设计完全针对超大功率应用设计，代表国内先进水平，加工效率提升30%~70%；采用领创先进的智能操作系统，更加简单便捷，可以实现快穿厚板、高速飞行切割、空气切割和智能视觉识别等功能。设备底座采用4列导轨固定横梁，横梁采用薄板焊接钢梁技术，在刚性提高的同时实现轻量化。Z轴采用紧凑结构设计，极大降低其重量，确保该机床有更好的动态性能。底座切割区域选用耐高温材料，提高机床使用寿命。交换工作台采用液压升降，可举升20t的工件，是机械式交换工作台的2.5倍，可以满足大功率激光切割机的厚板下料要求。主要应用领域为金属加工、工程机械、农业机械、船舶制造、军工装备等大型机械制造行业。

此外，瑞士百超激光集团的全资子公司深圳迪能激光科技有限公司带来了D-Solar系列特高功率光纤激光切割机新品。该机型于2021年3月进行了全球首发。D-Solar系列特高功

率光纤激光切割机是百超迪能全新推出的第七代产品，结合百超集团先进的激光切割技术，大大提高了D-Solar的稳定性，为客户提供稳定的激光切割性能，减少板材浪费，提高生产能力。

2.高速、高精度

高速、高精度仍然是激光切割机的主要发展方向。在激光切割机功率得到快速提高的前提下，其定位速度、加工速度等也必然需要得到明显提高。如江苏亚威机床股份有限公司展出的HLS-2040磁悬浮光纤激光切割机，其X-Y轴最大速度200m/min，最大加速度2.5G，定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ ，重复定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ，切割最大厚度碳钢50mm、不锈钢50mm、铝合金40mm，性能指标在激光切割机展品中居于领先地位。



图2 扬力公司展台及激光切割机

扬力集团带来一款融合创新的GL4020F数控光纤激光切割机（见图2），采用龙门架结构，双边驱动，机身采用全新的钢板焊接结构与焊接工艺，毛坯退火处理，机加工后进行二次退火处理，保证了设备工作精度的稳定性；配备德国precitec自动调焦光纤切割头，焦点可根据板材厚度自动变化，适用多种厚度板材切割。可配自动化上下料装置。主要技术参数：切割板材尺寸4000mm×2000mm，X/Y/Z轴行程4050/2025/100，X、Y轴定位精度 $\pm 0.02\text{mm/m}$ ，X、Y轴重复定位精

度 $\pm 0.02\text{mm}$ ，X、Y轴进给速度（单轴）140，X、Y轴加速度2G，Z轴加速度3G。

江苏金方圆公司展出了TFC3015系列激光切割机（见图3）。该机搭载的德国通快原装12000W碟片激光器，具有极高品质的光束质量及可靠性，采用双光斑技术，薄、厚板切割切换自如，其中环形光斑可提高厚板切割质量，减少断面坡度误差，提高批量加工的稳定性，两种光斑均可完美适应紫铜等高反材料和其他板材的切割。采用德国PRECITEC进口切割头，带有自动调焦功能，大幅提高加工效率。采用德国进口倍福数控系统，集成度高，具备蛙跳、自动寻边、飞行切割、尖角处理、带膜切割等各种激光切割功能，可达到更好的切割效率和效果，给客户带来更具竞争力的解决方案。



图3 金方圆公司展台及其展品

大族粤铭展出了4020型高功率光纤激光切割机。该机搭载自动随动切割头，内嵌工艺数据库，操作简单智能；设备采用龙门结构，高强度焊接机架，整体去应力处理，刚性好，形变小；高精度信服电机驱动，配高精度传动机构，安装精度高，传动相矩大，传动误差小，动态特性好；符合人机工程学设计，搭载智能操作终端，界面友好，简单易学；选配CCD鹰眼识别技术，光眼寻边，速度极快，支持二次切割功能，二次加工游刃有余，同时废料切割也可应对自如；自主开发的变频切割制变焦穿孔技术，确保不同厚度、不同材质的板

材,高效率、高质量加工;所有工艺参数可全数字化控制,极大减少人工干预,操作智能简单;配置自动节能装置,设备暂停工作超过5min,机床将自动进入休眠状态;自动升降交换工作台,高同步一体式升降送料设计,故障点少,稳定性高。

二、数控激光切管机

近年来,随着全自动激光切管机技术的快速发展,其应用领域也在不断扩大。目前,激光切管机在健身器材、自行车、电动车、摩托车、微型四轮、三轮电动车、储物货架(家用各种柜架、各种柜架、展示架)、办公家具、户外休闲(桌椅、帐篷、太阳伞)、医疗器械(轮椅、病床)等诸多领域均有广泛应用。未来随着应用领域的不断开发开拓,激光切管机将迎来更大的应用市场。

本次展会江苏亚威展出YLT-6020全自动激光切管机。其加工管材范围:圆管 $6200\text{mm} \times \phi 20\text{mm} \sim \phi 180\text{mm}$,方管 $6200\text{mm} \times \square 20\text{mm} \sim \square 140\text{mm}$;X轴行程 6800mm ,Y轴行程 200mm ,Z轴行程 240mm ,A/B轴行程无限回转;X-Y轴最大速度 100mm/min ,A/B轴最大转速 120r/min ;X-Y轴加速度 1.26m/s^2 ;可切割最大管材重量 120kg ;定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$,重复定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

领创公司展出的全自动激光切管机(见图4),加工管材范围:圆管 $\phi 12\text{mm} \sim \phi 220\text{mm}$,方管 $\square 12\text{mm} \sim \square 150\text{mm}$;X轴行程 6600mm ,Y轴行程 250mm ,Z轴行程 350mm ,U轴行程无限回转;X/Y轴定位精度 $\pm 0.03/1000\text{mm}$ (6600 ± 0.06),X/Y轴重复定位精度 ± 0.03 ,旋转U轴重复定位精度(弧分) ≤ 5 ,U轴最大旋转速度 120r/min ;X/Y轴最大加速度 1.2m/s^2 ,X轴最大空

运行速度 100m/min ,Y轴最大空运行速度 120m/min ;手动上料长度 6600mm ,自动上料长度 $4500 \sim 6400\text{mm}$,循环上料周期:首次上料 $\leq 60\text{s}$,后续上料 $\leq 24\text{s}$;人工上料单根管材最大承重 120kg ,自动上料单根管材最大承重 80kg ;尾料长度 35mm ,最大一次性下料长度标准下料机 2500mm 。

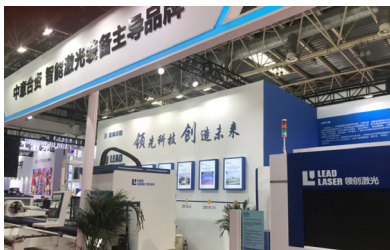


图4 领创激光展台及其展品

数控激光切割机和数控激光切管机的快速发展及其应用领域的不断扩大,是近些年来激光加工设备发展中的亮点。激光加工设备满足了当前对加工速度、效率以及性价比的综合需求,一方面促进了自身在加工能力、速度等方面的快速提高,另一方面也对一些传统的加工方式形成了替代或部分替代,如对数控转塔冲床就造成了较大影响。目前来看,随着激光切管机的快速发展,激光加工设备呈现两翼发展态势。未来随着应用领域的不断开拓,激光加工设备在技术上将继续获得突破,其市场也将迎来更加广阔的发展空间。

三、数控转塔冲床

受到数控激光切割机快速发展和应用范围不断扩大的影响,数控转塔冲床的市场份额被逐渐蚕食,应用领域日渐收窄,导致展会上的数控转塔冲床展品数量明显下降。从现有的展品来看,转塔冲床多以冲切复合、冲激复合以及柔性生产线形式展出。

在目前情形下,现有数控转塔冲床技术上已比较成熟,受市场萎缩影响技术进步不再有动力。但从另一方

面说,其性能也趋于稳定,精度、可靠性处于较高水平,且具有更好的性价比,工艺适应性强,在百叶窗、敲落孔、浅拉伸、滚筋、压印等特殊工艺加工方面具有先天优势。而且,目前产品均经过了市场考验,产品优质,性能值得信赖。在产品参数方面,冲孔精度可达 $\pm 0.1\text{mm}$,最大冲压频次可达 2500次/min 以上。

以数控转塔冲床为主机组成的数控冲床柔性自动化冲压生产线,满足了用户全自动加工、无人值守车间的需求,是一种经典的自动化冲压生产搭配建设方案。该自动化解决方案基于全伺服主机,基于开放式系统和模块化设计,配合终端,实现全自动加工生产。整个加工过程可全面跟踪,设备工作状态可实时监控。

江苏亚威展出的HPML-30510-38LA2型数控冲割复合机(见图5),采用伺服冲压/激光切割工作方式,激光功率 2kW 。一次冲孔最大直径 $\phi 88.9\text{mm}$;冲头冲压频次 2000次/min ;最高冲孔频率 1mm 步距 6mm 冲程 700次/min , 25.4mm 步距 6mm 冲程 400次/min ;冲、割独立加工精度 $\pm 0.1\text{mm}$;冲、割联动加工精度 $\pm 0.15\text{mm}$;夹钳数4只;转塔工位(其中旋转工位)38(2B)个;控制轴数11个(X、Y1、Y2、T、C、Z、Z2、Z3、SP、A3、Y3);采用厚转塔、长冲模形式;板材最大移动速度 102m/min ;转盘转速 30r/min 。



图5 亚威公司展台及其展品

金方圆展出ASM3015数控冲床同侧上下料单元（见图6）。采用最新研发的MT3015数控转塔冲床，具有全新外观结构，操作台和电柜与机身一体化，布置合理，可满足不同客户场地需求。最大冲压行程40mm，在各钣金加工行业均游刃有余。送料轴应用大导程精密滚珠丝杠，更快的X、Y送料速度，配合伺服动力源冲压总成，运行效率比原MT提高近10%。标配转塔冲床专用数控系统——FANUC Oi-PF，采用紧凑型微处理器的CNC集成单元，以光纤串行总线连接各轴伺服驱动器，实时通讯无延迟。通过组合基于纳米技术的平滑指令和基于HRV控制的全数字伺服系统，实现高速高精度进给，功能齐全、动态特性好、可靠性高。主机搭载ASM同侧自动上下料系统，可扩展仓储单元，板材存储智能化，优化生产节拍，工作状态实时监控，全面掌控设备信息，大幅提升机床利用率。

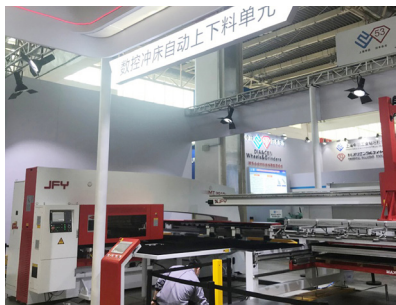


图6 金方圆冲床及其自动上下料单元

村田机械株式会社展出数控冲床M3048TG+自动上下料装置。其数控冲床M3048TG拥有54个大型转塔工位，搭载HS2512自动上下料装置，可以实现3t托盘材料的无人化上下料加工。上料采用真空吸盘，下料采用夹钳式，以最短待机时间实现上下料的交换动作。此外，该机还可以装配成品料库或与自动仓库对接，实现长时间无人自动化加工，可加工材质类型碳钢、不锈钢、镀锌板、铝板等，出入库方向同侧或非同侧，操作模式分为全自动、半自动模式。

四、数控折弯设备、折弯单元

折弯机作为钣金加工不可或缺的存在，随着折弯单元、折边中心的日益兴盛，折弯系产品线呈现更加风生水起之势。可谓钣金加工领域的常胜将军。

（1）机器人技术及其控制系统等的快速发展，以及现代生产对自动化技术的高度需求，折弯机及其自动化折边中心、折弯单元得到快速发展，市场应用不断扩大。从展品来看，折边中心及折弯单元，多数已可实现全自动无人值守加工，使折弯机从半成品工序加工工具变成了可生产最终产品的生产力工具。

（2）随着新技术的不断发展和在折弯机上的应用，折弯机自身的驱动技术、控制技术、补偿技术、测量技术等使得现代折弯机发生了脱胎换骨的变化，与传统的折弯机不可同日而语。如伺服技术得到普遍应用，油电混合、电液伺服驱动大量应用；全自动挠度补偿系统普遍应用；全自动在线角度测量补偿系统、全自动板厚检测系统等得到普遍重视和应用。新技术让折弯机及其单元成形技术焕发出勃勃生机。

（3）系统控制部分地位越发凸显，成形专家系统更加受到重视，也成为检验供应商集成能力和技术水平的重要一个方面；大屏触摸应用成为标配，在线实时测量校正系统让成形单元如虎添翼。

总体来说，折弯机及其折弯单元产品依然是金属成形机床展品中的热点展品之一。

1. 折弯单元

天水锻压机床（集团）有限公司展出的RiU WS 170/3200机器人折弯单元是一款高端智能钣金制造设备（见图7），在数控系统、机器人、

传感器、补偿系统、数控前推料、激光角度检测系统、自动更换抓手、软件及控制、编程和总线控制技术等方面均选用国际一流软硬件品牌。机器人折弯单元采用最新的技术（软件、硬件），打造智能化生产模式，生产过程中可实时数据交换、实时补偿和折弯跟踪随动。解决了钣金定制化生产的工艺问题，实现多产品，小批量生产和切换；解决产品质量不稳定、制件精度低的问题；解决生产效率低，工艺布局不合理的问题；提高产品质量及自动化程度，提高企业智能制造的能力。

该机功能特点：主机采用伺服泵控数控折弯机，减少工作循环时间，性能提升约10%以上；能量效率提升50%，空闲期油泵不运转，节能效果明显；定位精度最高可达0.005mm（传统液压系统在0.01mm~0.02mm）；噪声水平降低，与传统液压系统相比下降5~10dB；液压系统即插即用，并集成伺服电机和油箱；液压油用量大大减少，是传统液压系统用量的30%。机器人采用德国KUKA，重复定位精度高达±0.06mm；机器人最大运行速度可达4m/s；专用折弯软件，完美实现拆垛、上料、折弯跟随、码垛等功能；后挡指自动对正功能，保证工件折弯精度；机器人与伺服泵控数控折弯机信息互联，通过实时数据交换，折弯示教，可实现板料自动上料、折弯跟随，自动下料和码垛。

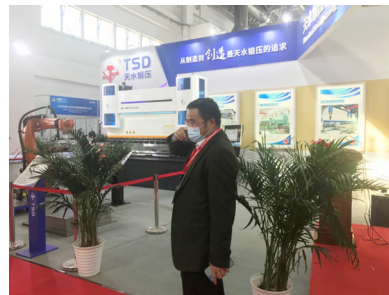


图7 天水锻压展台及其折弯中心

亚威展出PBC-0304-PMC高柔性多功能小型机器人折弯单元。其公称力30kN，工作台长度1050mm，立柱间距950mm，装模高度450mm，喉口深度90mm，滑块行程120mm；数控轴数6+1（Y1、Y2、X、RZ1、Z2、V），滑块快下速度200mm/s，滑块工进速度20mm/s，滑块回程速度200mm/s，滑块重复定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ；后挡料行程450mm，后挡料最大运行速度500mm/s，机器人最大负载16kg，最大加工范围1611mm，重复定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

金方圆展出ABM80/22531自动折弯单元。TPR8系列数控折弯机是金方圆一款主打机型，较传统PR系列数控折弯机，加大了封闭高度、喉口深度、滑块行程等关键技术参数，640mm的封闭高度更加方便折弯和拿取大型及较复杂的工件。TPR8系列数控折弯机加大了充液流量以及油泵排量，Y轴运动频次较市场主流折弯机提升约25%。该机型配备专为折弯工况而设计的埃斯顿ER80六轴机器人系统，搭载金方圆自主研发设计的高精度第七轴装置，可让机器人在任意位置都能完成工件的折弯，同时还满足拓展生产线的需求。针对折弯工况定制的最新折弯软件“Smart Robot Bending”，加入诸多模块化和参数化设计界面，使编程效率大大提高，使用起来更加得心应手、方便快捷。

2. 折边中心

扬力集团展出的FB1500型数控多边折边中心，整机采用机械式全电驱动方式；压边梁、折边梁采用重载丝杠进行驱动，寿命长、精度高；折弯过程中，折边模具的位置采用 μm 级高精度光栅尺进行实时反馈，确保折弯的角度精度；控制系统基于BECKHOFF的开放式平台进行自主

开发，操作简单、方便，柔性高，能够实现不同行业的特殊工艺定制需求；采用EtherCat总线技术，通用性好，扩展性极佳。产品适用于箱柜、电器柜等行业。该折边中心主要技术参数为：折弯长度1500mm，进料宽度1200mm，折弯力150kN，压边力360kN，折弯高度175mm，最小板厚0.4mm，折弯角度 $\pm 135^\circ$ ，单边折弯数量不受限制，最小成型尺寸280mm $\times$ 280mm。

萨瓦尼尼作为一家长期致力于推广应用折边中心的厂商，本次展出PX多边折弯中心（见图8）。其特点为全自动，简单易用，可高效高质地满足多种类型工件加工需求。该机可对冲剪好的板材进行柔性折弯，仅需一次定位即可自动完成多边折弯，仅在上下料时才需人工操作。该机拥有一套通用万能折弯模具，由自主研发的软件进行控制。自动压料器调整装置，可满足批量生产或多品种少批量成套生产；独有的智能化板材特性自动补偿技术，能够在折弯时检测每一块板材的回弹系数和拉伸强度，并自动补正折弯力度，实现设备对板材及外部环境变化的自适应。整个折弯过程无需人工干预；保证工件的高质量及高重复性；折弯不同形状、尺寸和材质工件，无需调整，保证高效生产；内置机器人上下料集成接口；搭载物联网技术IOT；具有较低的单件成本和较高的投资回报。

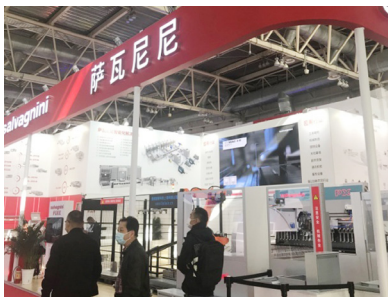


图8 萨瓦尼尼折边中心

3. 折弯机

扬力展出PB1032型数控折弯

机。采用机械式挠度补偿方式，与传统液压式补偿方式相比，在保证可靠性的同时，还大幅提升了补偿的精度；关键部件采用有限元分析对力学性能进行计算校核，机身采用钢板焊接，整机经回火处理，保证了整机的刚性和加工精度；补偿量由数控系统自动调整，方便、精确；两侧液压缸采用电液伺服阀同步控制，满足偏载工况。滑块位置采用磁栅尺进行实时反馈，形成闭环控制，重复定位精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ ，定位精度在 $\pm 0.02\text{mm}$ 之内，确保高精度的角度折弯；采用功能齐全的后挡料机构，可选控制多个后挡料轴。

主要技术参数为：公称力1000kN，最大折弯长度3200mm，滑块行程215mm，快下速度180mm/s，工进速度10mm/s，返程速度130mm/s。

湖北三环LVD-HD展出了高强度板专用折弯机。该产品专注高强度板材成形，致力各种截面形状零件的高精度折弯，有效解决零件折弯过程中的掉头、翻面、精度低、一致性差的难题，完美实现封闭零件的折弯。可提供高强度瓦梯形工件自动成型的折弯新工艺，广泛应用于各类自卸车、重卡、厢式车、特种车等改装车类零件的折弯加工。

折弯机是钣金加工工艺中不可或缺的生产力装备。近年来随着驱动、控制、补偿、测量等重要技术的发展和应用，折弯设备如虎添翼，焕发出勃勃生机。另一方面，随着现代生产对自动化技术的高度需求，折弯机及其自动化折边中心、折弯单元得到快速发展，市场应用不断扩大，又使得折弯机从工序加工工具变成可直接生产终产品的生产力工具。可以预见，未来折边中心、折弯单元将获得更广泛的应用，在钣金加工中发挥更大的作用。

五、数控液压机

近些年来，液压机技术及其装备应用得到了长足发展，随着驱动技术、控制系统、机器人、上下料等各项技术的不断完善提高，液压机整体技术水平得到较大提升，应用领域也得到进一步扩大。

(1) 在驱动系统方面，伺服技术的应用激活了液压机丰富的性能场景，同时也催生了油电混动等不同的技术组合方案，丰富了液压机的产品线，丰富了液压机的应用场景。伺服电机直驱油泵实现对滑块的驱动方式，速度转换平稳，无传统液压机的振动、冲击。与普通液压机比较可节电2~6成，可减少50%的液压油，可降低噪声20dB以上。而且传统液压机的液压系统得到简化，取消了压力控制、速度控制等液压回路，维修保养方便。采用伺服技术后，压机滑块运动曲线可任意设定，方便多机连线、与机械手等的配合。

(2) 在驱动技术更新的基础上，液压机的技术参数、速度设定、精度控制等都有了可靠保障，加之厂商对高精、高速的不断追求，液压元器件、控制系统等全供应链条的不断完善，液压机的精度、可靠性都有了可观的提高。数控液压机已不是以前的慢腾腾的形象，而是成为可快可慢可悬停的灵动装备。在一些指标上，如空程快降快回，快降速度 $\geq 1\text{m/s}$ ，快回速度可达700~800mm/s；慢速工作行程，在载荷工作时速度可控制在10mm/s左右，提高了制件的成品率和制件性能，减少了能耗，节约了时间。此外，当今液压机新技术广泛采用，如拉伸垫的应用、高速油缸的采用、压边缸行程可调、压边力和拉伸力自动调节、单双动自由切换、通过比例压力控制技术对压边力-位移曲线拟合技术、压机故障诊断和总

线技术等的应用，使液压机的性能以及安全性有了明显升级。而成熟的液压机及电气控制系统，与国外最新技术同步的非焊法兰管路系统等的应用，则保证了液压系统的密封可靠。

(3) 在市场应用领域方面，近些年专用液压机得到快速应用，呈现出与通用液压机并驾齐驱的场面。而且随着专用液压机技术的不断提高，一些过去需要进口设备的场景逐步实现了国产替代，提高了国产液压机的市场占有率。在此领域，国产液压机厂商合肥合锻、天津天锻、扬力集团、重庆江东、湖州机床等实力凸显，为国产液压机发展起到了很大的支撑作用。产品方面，如合锻智能的高强度热冲压成套液压机、大型汽车覆盖件自动冲压生产线、不锈钢冷、热压封头成形液压机、内高压成形液压机、精密模锻液压机、大型等温锻造液压机等，天津天锻的汽车纵梁液压机、汽车内饰液压机、模具研配液压机、玻璃钢制品液压机、粉末制品液压机、环锻/自由锻/模锻等锻造液压机、封头压制液压机、船板压制液压机、金属挤压液压机等，产品门类齐全，应有尽有，显示了国产液压机制造的雄厚实力。

本届展会，扬力展出GM-315K型数控门式万能液压机（见图9）。该机采用伺服控制技术，可节能20%；噪声 $< 75\text{dB}$ ；温升 $< 22^\circ\text{C}$ ，不需要安装空调、冷却器；重复定位精度 $< 0.05\text{mm}$ ；机床效率提高50%；泵站、电气箱装于机身上，整体式结构免拆卸，方便运输安装；采用四角八面导轨，导向精度高，抗偏载能力强；采用大通径专业制造充液阀，满足液压机快下和快回工艺需要，大大提高工作效率；采用PLC控制，通过软件编程可实现多种加工工艺需要，并提供直观信息，方便维护、检修；液压系统采用插装阀集成系

统，动作可靠，使用寿命长，液压冲击小，减少了连接管路与泄漏点；油缸缸体及活塞杆材料采用专利技术，油缸主密封采用高可靠技术，提高了油缸工作可靠性，方便维护。滑块的工作压力、空载快下和慢速工进行程范围均可根据工艺需要进行调整。主要技术参数：公称力3150kN，回程力305kN，顶出力630kN，滑块行程600mm，顶出行程200mm，最大开口高度1000mm。滑块速度空下220mm/s，工作7~15mm/s，回程150mm/s；顶出速度顶出75mm/s，退回170mm/s；工作台面尺寸1160mm $\times$ 1260mm（前后 $\times$ 左右）；电机功率21.4kW。

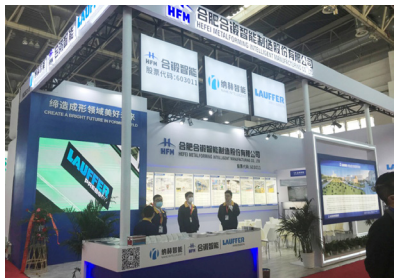


图9 合锻公司展台

六、数控精密机械压力机

机械压力机是量大面广的存在，其发展和应用水平在某种程度上代表了制造业的现状。近些年来，国产精密机械压力机的发展进步明显，某些产品、某些应用领域已处于当前先进水平，完全实现了对进口的替代。在产品门类上，如大型多工位精密机械压力机、精密伺服压力机、高速精密压力机、大型汽车冲压生产线等产品，国产机床已异军突起，成为机械压力机发展史上不可磨灭的存在。以济南二机床集团有限公司为代表的大型汽车冲压生产线，更是树起了国产机床的金字招牌，为中国制造争光添彩。扬力集团、徐州锻压、宁波精达等厂商也是机械压力机领域的佼佼者。

本次展会，扬力集团展出HFP系

列热模锻压力机及多工位全自动精密锻造生产线。该生产线以经过大幅技术改造和品质提升的HFP系列热模锻压力机为主机，并配备伺服步进式机械手、多工位精锻模具模架、全自动喷雾冷却润滑装备、全自动快速换模中心、自动坯料质量检测装备、自动棒料剪切机、自动中频感应加热炉、集中物流管理等组成，可以完成轮毂轴承单元内、外圈、变速箱传动齿轮、等速万向节壳体、发动机连杆、汽车发电机爪极等汽车关键零件及其他批量大、质量要求高锻件的自动化锻造。本生产线的主机及关键工艺技术全部由扬力集团独立自主研发，产品性能达到国际一流水平。

扬力集团展出MC1-110开式单点高性能压力机。整机精度达到JIS一级精度；机身采用钢板焊接结构，机身刚度高；采用美国ROSS安全双联阀；曲轴纵向放置，支点距离短，曲轴刚度高；采用组合式干式摩擦离合器与制动器；采用进口液压超负荷保护器；滑块装模高度采用电动调节，数码显示，显示精度0.1mm；矩形六面加长导轨；MC1-315八面加长导轨；主润滑采用电动油脂润滑，带润滑故障检测开关；平衡缸采用台湾胜祥手动稀油润滑；气动元件（气源处理两联件、调压阀）采用SMC产品；电气控制采用西门子PLC进行集中控制；配吹件一组，方便吹料；可选配光电保护装置、变频调速、滑块上打料装置、工作台左右护罩等。技术参数为：公称力1100kN，公称力行程6mm，滑块行程180mm，行程次数30~60次/min，最大装模高度350mm，装模高度调节量90mm，滑块中心至机身距离350mm，立柱间距700mm，工作台板尺寸（前后×左右×厚度）680mm×1150mm×140mm，滑块台板尺寸（前后×左右）

500mm×650mm，主电机功率11kW，空气压力0.55MPa。

扬力集团展出MG2-400龙门型双点高性能压力机。该机整机精度达到JIS一级精度；机身采用整体框架钢板焊接结构，机身刚度高；机床双面调整，抗偏载能力较强；双曲轴逆向旋转，相互抵消侧向力；采用干式组合式气动摩擦离合器与制动器；采用ROSS安全双联阀，保证离合器操作的安全性和可靠性；采用进口液压超负荷保护器，动作灵敏可靠；滑块装模高度采用电动调节，数码显示，显示精度0.1mm；采用八面高精度导轨，导向精度很高，精度保持性非常好；主润滑采用电动油脂循环润滑；平衡缸采用台湾裕祥手动稀油润滑，提高了平衡缸使用寿命；气动元件（气源处理、调压阀）采用日本SMC产品；电气控制采用三菱PLC进行集中控制，有效保证电控部分的可靠性；采用含电子凸轮、触摸屏一体化面板，实现多种监控和信号指示；配吹件一组，方便吹料；配模区照明灯。其技术参数为：公称力4000kN，公称力行程10mm，滑块行程300mm，行程次数20~30次/min，最大装模高度600mm，装模高度调节量120mm，侧面开孔尺寸（前后×高度）1020mm×650mm，立柱间距2800mm，工作台尺寸（前后×左右×厚度）1100mm×2700mm×200mm，滑块底面尺寸（前后×左右）1000mm×2500mm，主电动机功率37kW，空气压力0.55MPa。

徐锻集团展出JF75G系列高速压力机（见图10）。其JF75G-300A型高速压力机公称力3000kN，公称力行程3mm，滑块行程30mm，行程次数100~350次/min，最大装模高度520mm，装模高度调节量50mm，工作台板尺寸（前后

×左右）1000mm×2000mm，滑块底面尺寸（前后×左右）800mm×2000mm，立柱间距离2080mm，主电机功率55kW。



图10 徐锻集团展台及展品

浙江易锻精密机械有限公司展出APH-125型精密机械压力机（见图11）。冲压能力1250kN，冲次150~700次/min，行程长度30mm，最大闭合高度360mm~410mm，滑块调整量50mm，工作台尺寸1200mm×600mm。

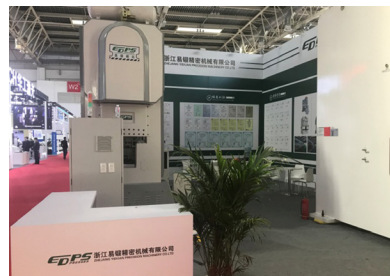


图11 浙江易锻精密压力机

扬州锻压展出J31A-250A高速压力机（见图12）。该机为加强型闭式整体焊接机身；一级传动和高强度大承载、高精度滚动轴承；高精度超长八面导向；连杆螺纹锁紧，确保下死点精度；高感度液压过载保护装置；连续集中稀油润滑；操作便利、亲和式操控界面。公称力2500kN，公称力行程4mm，滑块行程30mm，行程次数80~200次/min，最大装模高度300mm，装模高度调节量100mm，立柱间距（前后×左右）450mm×1250mm，滑块底面尺寸（前后×左右）750mm×880mm，工作台板尺寸（前后×左右）900mm×900mm，工作台板孔（前



后×左右) 210mm×300mm, 主电机功率37kW。



图12 扬锻公司展出机械压力机

七、其他相关产品

本次展会, 南京ESTUN展出了公司在金属成形领域的机器人解决方案, 显示出在自动化软硬件诸方面的深厚实力。如展出了ER80B-2565-BD新一代折弯专用机器人、ER6-1450-H新一代高速焊接机器人、ER50B-2100新一代上下料机器人、ER20-1780新一代上下料机器人、ER15-1520-PR新一代冲压专用机器人, 以及DSVP双向伺服变量泵、SVP伺服变量泵等。

湖北三环锻压设备有限公司YSD (LVD-HD) 展出了JCOE直缝埋弧焊管成型设备 (见图13), 深耕直缝管成形工艺研究与设备制造。该公司生产高精度的直缝管成型设备, 提供油气管、结构管和不锈钢管的数控预弯、成形、合缝预焊全自动生产工艺方案, 广泛应用于石油天然气的输送、站场建设、海洋钻井平台、桥梁建设、输水管道、电力钢管塔、通信钢管塔、海上工程、核电站、新能源光伏、风电及其他建筑物领域。该公司还展出了其伸缩臂产品, 该产品历

经十余载深度耕耘, 并专注于起重机及随车吊伸缩臂的研究及产品验证, 针对各种截面形状的伸缩臂提供完美的成型工艺方案, 对超高强度的伸缩臂实现精准折弯, 广泛应用于各类汽车起重机伸缩臂, 高空作业平台、随车吊伸缩臂等零件折弯加工。

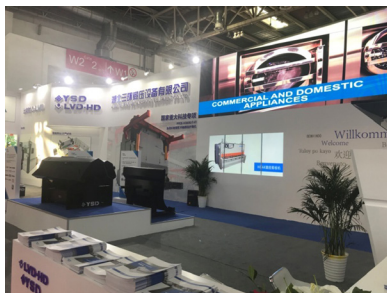


图13 湖北三环公司展台

华鲁锻压展出WS12K-6×1500型全伺服数控四辊卷板机。该机型技术结构先进可靠, 具有足够的刚度, 工作辊等关键零件选材合理, 精工制造, 性能优异, 精度保持期长, 适用于长期连续加工, 运行控制稳定可靠, 操作简单, 是一种高精度、高效率卷制金属板材用独有的先进设备。

华鲁锻压还展出WB43M-6×1200精密板料矫平机 (见图14)。可矫正Q245、Q345不锈钢或同等材质, 板料厚度范围1.5mm~6mm, 辊数17 (上8下9), 工作辊直径60mm, 工作辊辊距65mm, 矫平速度6m/min, 工作辊压下行程-10mm~+30mm, 工作辊压下速度30mm/min, 活动梁最大抬升高度60mm, 矫平精度≤0.5mm/m, 总功率35kW。

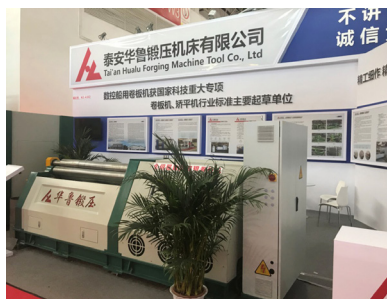


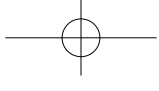
图14 华鲁锻压卷板机展品

八、结语

近年来, 包括激光切割机、激光切管机、折弯机及其折弯单元、折边中心, 乃至液压机、机械压力机在内的金属成形 (锻压) 机床迎来了快速发展期。随着AI智能、云技术以及驱动技术、控制系统、信息网络技术等的突飞猛进, 有效激活和带动了这些传统机床产品的技术进步和发展, 为其发展和提高创造了新的设计思路、新的产品路径、新的技术突破。

总体来说, 更快的速度、更高的精度、更好的可靠性仍然是当代机床产品发展不变的方向。而在AI技术加持下, 未来的机床产品的智能化特点会逐渐崭露头角, 直至成为机床产品的标配。智能化的东风已吹遍行业大地, 早搭上这班车者定会在不久的将来处于更加有利的地位。

通过本次展会可以看出, 国产机床经过一代代勤劳坚韧的机床人的不断努力, 已经取得了巨大发展和进步, 全部或部分替代进口的局面已经形成并肯定将继续扩大。当然, 也有需要继续发展提高的地方, 比如产品结构较为单一, 产品开发投入/开发能力尚嫌不足, 产品品牌附加值不高, 产品的技术附加值不高, 在专、特、精、新方面仍需花大力气重视和进入, 在针对特定领域、特定产品的专有解决方案方面还需提高认识、加大投入、加强重视。在中高端市场上, 我们尚处于点突破状态, 亟待多点开花, 最后由点到面, 由面到片, 再到全覆盖。总之, 我们还需要脚踏实地, 以市场需求为导向, 贴近用户, 贴近应用, 走完必须要走的艰苦而漫长的路。曙光就在前头, 但依然任重而道远。□



CIMT2021部分双端面磨床展品评述

新乡日升数控轴承装备股份有限公司 孔 艳

CIMT2021于4月12日如期在北京中国国际展览中心（新馆）隆重开幕，各参展企业精心布置，将自己最好的技术、产品和企业文化展示给各路宾朋。

笔者观察到，本次展会全球双端面磨削技术的知名企业悉数亮相，所展出设备以立式结构为主，全部采用CBN或金刚石砂轮用于高精度高效磨削。境外主要企业有德国Precision Surfacing Solutions GmbH & Co. kg，展品为DDG 580、AC 1200；日本Koyo（光洋）机械工业株式会社，展品为KVD 300、R431；韩国AM技术株式会社，展品为TDL-700等。境内主要有新乡日升数控轴承装备股份有限公司，展品为2M8470A、2M8480G；宇环数控机床股份有限公司，展品为YHMM300。另外，境外知名企业瑞士STAHLI LAPP TECHNIK AG（斯达利研磨技术有限公司）、德国DVS TECHNOLOGY GROUP（迪斯库司磨削技术公司）、德国supFina（索菲纳有限公司）也展示了其双端面磨削技术。

双端面磨床适用于对各种材质和各种形状零件的两个平行平面进行高

效率、高精度加工。采用行星式结构的高精度双端面精磨机可以使加工精度达到 $1\mu\text{m}$ 以内；一般双端面磨床根据结构可分为立式和卧式两种，本次展出的设备均为立式结构，加工精度一般为 $2\sim 4\mu\text{m}$ 。

一、行星式结构的高精度双端面精磨机

该类机床上、下精磨磨盘作同向或反向运动，工件装夹在载盘内，载盘的齿与内环及外圈的圆柱销啮合，在内环驱动下工件作既公转又自转的行星轨道运动。这类机床上磨盘一般为自由浮动结构，精磨盘与工件的相对运动可使磨料层负载均衡，保证工件的两面均匀磨削，确保双面精磨效果。经常转换上、下精磨盘和内环的转向，可使磨料层保持自锐性和平整度，减少修磨次数和辅助时间。

载盘的作用是保证工件旋转灵活，适配性很强，可适用于各种复杂形状的零件载入。一般每盘加工可以放6个载盘，每个载盘中可以放多个零件，可以实现批量高精度磨削。

下面简介部分主要展品及性能特点。

1. Lapmaster Wolters AC 1200

Lapmaster Wolters属于Precision Surfacing Solutions GmbH & Co. kg旗下品牌，展出的AC1200采用模块化设计，可用于精密磨削、研磨以及抛光加工。典型加工工件如齿轮、垫片、密封件、硬质合金刀片和切条机刀片等。



机床主要特点有：

(1)设备采用高精密气动压力系统、强力驱动技术，使加压变化反应速度快无滞后。



(2)采用PC控制及HMI技术使加工过程可视化,设置方便灵活,显示各加工参数并记录加工数据,可储存60个或更多的加工程序。

(3)采用非接触式微测量控制系统,用于监控上盘的移动位置。

(4)转动式的操纵台和框架设计方便人员进入设备内部。

(5)可连接手动、半自动或者全自动上下料系统,缩短非生产性时间。

(6)大流量的水冷却迷宫结构、由PID控制器精确调温的冷却液系统,可同时为精磨盘和润滑油冷却,确保实现稳定且可重复的磨削效果。

AC 1200还可配备上料台间隙控制、对齐调整装置、耗材的定量进给系统,以及“Data Care”分析工具,可收集所有的控制器数据,实现对加工过程的评估、优化和故障分析。

AC 1200可加工的工件最大直径 $\Phi 400\text{mm}$,最大厚度100mm。

2. 新乡日升双端面精磨机 2M8470A



该机下砂轮主轴采用公司的发明专利——组合轴承支撑的转台式结

构,可长久保持端面精度。上主轴与加压缸连接部分加入调心轴承,二者浮动连接,更有利于薄片型工件的加工。人机交互友好,可实现一键式工艺参数直接切换,具有工件摆放异常防止误操作预警,故障自诊断采用文字说明及直观图片显示具体位置,方便客户及时解决问题。同时,采用不锈钢拉丝防护罩壳,防止磨削液腐蚀。

3. 新乡日升2M8480G

该机为新型高效精密双端面精磨机,采用新的磨研复合加工工艺技术和新的机床架构,针对磨削量较大的零件,实现双面零件的粗磨、精研复合工序加工。



该新品采用气电双模加压控制可进行“零压力悬停”磨削,不仅适于加工传统的典型零件,更适于脆性件、薄壁件或大余量零件的加工。磨削过程前半程上盘锁定,进行大功率磨削,提高材料去除率;后半程上盘自动切换为浮动砂轮,进行精密研磨提高加工精度,两种磨削工艺融合一起,相较于传统双端面精磨机,具有效率和精度兼顾的显著优势。这种复

合加工形式不仅降低了国内客户的采购成本及占地面积,也减少上下料的辅助时间,从而大大提高加工效率。

机床主要特点:

(1)立式上盘砂轮特殊的拖板上下移动架构,以高刚性导轨做导向,使上盘升降具有行程大、刚性高、移动灵敏等优点。

(2)气缸驱动导轨导向的可移动护罩结构,保证高工件加工的安全性和方便性。

(3)上盘万向浮动和固定锁紧自动切换结构,配合大功率主轴电机,可实现磨削、研磨自动切换加工。

(4)研磨主轴部分采用高刚性滚子轴承支撑、大功率精密螺旋伞齿轮箱驱动,保证良好的磨削刚性。

(5)进给采用高刚性滚柱线性导轨导向,气电双模加压控制,即伺服电机+滚珠丝杠驱动控制上研磨盘的升、降进给动作,气囊控制研磨压力,配备在线测量装置,形成全闭环控制,确保加工尺寸的稳定性及可控性。

该机可加工的工件最大直径 $\Phi 260\text{mm}$,最大厚度250mm。

4. 韩国 AM ADL-700

AM公司展出的ADL-700主要特点有:

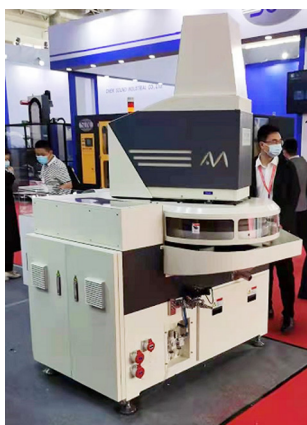
(1)上、下盘及内环均由独立电机驱动,无级调速,内环另有伺服定位功能。

(2)机床动作采用气动控制,上盘可旋出方便上下料操作,配备上下料工作台,可以实现快捷加工。

(3)可调压式气动加压装置,压力分为七段调整。

(4)CBN砂轮磨削及尺寸控制系统,实现工件的在线测量,完成高精度加工。

(5)对话框式触摸屏控制界面,有多种加工模式可供选择,简单易用。



二、高效率的双端面磨床

立式双端面磨床主要有四种磨削方式：旋转贯穿式、通过式、摆臂切入式、往复振荡式。上磨盘为硬性连接，可调整倾斜角度，在上下盘间形成一个入口大于出口的间隙，以达到所需要的切削量要求。这种方式配备自动化上下料装置更加容易，加工效率很高，加工精度一般可达 $2\sim 4\mu\text{m}$ 。

1. Lapmaster Wolters DDG 580 通过式高效率双端面磨床

DDG 580为高精度、高性能旋转通过式磨床，可满足多种工件上下表面的同时磨削。设备带有手动上料装置，也可以选配自动上下料装置，如使用管状料盒及振动料斗，实现设备的全自动化控制。设备具有非常高的稳定性，从第一个工件至最后一个工件始终保证精度一致，也可以完成多种工件的精磨加工。



DDG 580占用空间小且符合人体工程学设计，非常方便人员进行操作和维护，易于与现有的生产线及新的生产线进行整合。采用西门子控制面板，可显示所有重要的加工参数及在线检测数据。数据可储存并上传至内部网站。

机床主要特点：

(1)稳固的机座和垂直主轴设计，主轴磨头在抗摩擦的线性导轨上移动，高刚性结构设计保证加工过程的稳定性。

(2)精磨盘进给动作伺服无级调速控制，可实现快速进给和慢速接触加工的转化及实现最优的磨削补偿。

(3)上下精磨盘相对倾斜角度调整方便。

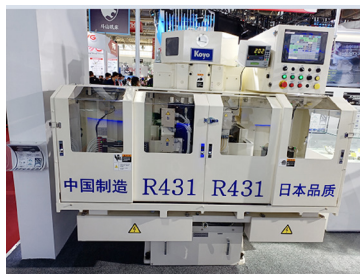
(4)冷却液从主轴中心供给，保证能到达磨削区的各个区域，减少主轴发热引起的变形。

(5)金刚石滚轮外径 $\phi 150\text{mm}$ ，转速 $2800\sim 9750\text{ r/min}$ 范围内无级变速，保证最大的修整精度。

(6)全封闭工作区域及安全操作互锁，最大程度上保证操作者的安全。

2. 日本光洋KVD300W、R431

光洋展示的立式双端面磨床，采用自动化平面布局设计理念，以机床前面为中心，中部为磨削区域，两侧分别为上料和下料区域，便于机床的自动化成线。KVD300W采用双工位摇臂切入磨方式，工件在线检测；R431采用旋转通过磨方式，单面磨削，下料侧配备工件检测系统，检验合格放至传送带上，不合格品由搬运装置放至上料区，再次参与磨削。



机床主要特点：

(1)独特床身构造，配置冷却液隔热层可减少床身热变形，泻水渠道平滑宽广，防止磨削废渣堆积。

(2)采用大型圆锥滚子轴承与超精密圆柱滚子轴承配合，实现高精度磨削。

(3)砂轮轴矩形导轨与砂轮轴壳体一体，且导轨中心与砂轮轴中心线无偏移，刚性极强。

(4)三点支撑调整结构，可调整上砂轮的倾斜角度。

(5)半圆形修整结构，弧面上放置多片修整块进行修整。

(6)数控自动上下料装置，快速气动桁架搬运装置，光电精确定位，方便自动连线。

KVD300W加工范围：最大 $\phi 100\text{mm} \times$ 厚 50mm 。

3. 宇环数控YHMM300





YHMM系列机床适用于多种外形零件的上、下两端面同时磨削，尤其是对一些平行度、平面度、两端面与中心轴线垂直度等公差有严格要求的零件（如轴承内外圈、油泵内外转子等），磨削效果好，磨削精度高。

机床主要特点：

(1)采用立式箱型结构，摆动磨削方式，多次磨削达到尺寸和垂直度要求。

(2)上下磨头中心布置，上磨头角度采用四支撑柱调整箱体结构，调节方便，机床刚度好。

(3)送料部分采用固定式结构，保证了磨削平台的高精度。

(4)采用大直径滚珠丝杠双螺母+轴承定位结构，稳定性好。

(5)半圆形修整机构，保证修整平稳可靠。

(6)模块化设计，少量变更，即可变为通过式磨削结构。

YHMM300可加工的工件尺寸：
 $\phi 8 \sim \phi 260\text{mm}$ ，厚度 $8 \sim 40\text{mm}$ 。

典型零件加工精度：平面度 $\leq 2.5\mu\text{m}$ ，平行度 $\leq 2.5\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $Ra0.32\mu\text{m}$ 。

4. 德国Diskus DFine

Diskus的端面磨削业务始于1911年，在平面磨削领域拥有丰富的专业知识和多年经验，可以为微米级范围内的高精度、毫米级范围内的大加工余量的零件，提供单面和双面磨削加工解决方案。

Diskus展出了一件DFine单/双端面磨床模型，工件夹紧式的固定方式更容易实现磨削面对于装夹面的垂直度要求，旋转磨削和振荡磨削方式的切换适合更多的加工需求。单主轴平台可选工件主轴数量为2、4、8，分别满足直径为 $\phi 250\text{mm}$ 、 $\phi 170\text{mm}$ 、 $\phi 100\text{mm}$ ，高度为 $3 \sim 80\text{mm}$ 零件的端面、圆面以及去毛刺的综合加工，也可以选择多主轴平台。



机床主要特点：

(1)天然大理石立式床身，具有优良的机械稳定性、热稳定性和抗振性。

(2)工件装夹采用浮动式或气动弹簧夹紧式，通过工作台上的螺钉来调整工件轴线的偏移量，可以完成对齐平面和交错平面的磨削，调整工件轴线的偏转角度，可以完成内凹或外凸平面的磨削。

(3)装载IONIC测量控制系统，对工件100%检测，并实时反馈至控制系统，偏离时会自动对磨削程序做相应调整。

(4)装载单侧、双侧、多方位装夹卡盘，供不同形状的工件选用，这种夹具可以在完成工件的快速翻转动作后，再次将工件送至加工区域，用来完成其余平面的磨削。

(5)特制的金刚石修整轮用于完成砂轮的修整。

(6)多台DFine加工平台可以选择面对面形式或者并排形式，通过串联方式或者使用循环输送带连接在一起，由夹持器的抓取系统完成传送带上的工件和刀库中刀具的装夹操作，

满足



三、结语

CIMT2021展会上立式双端面展品较多，反映了双端面磨床以立式结构、CBN磨削为主导的趋势。

Diskus的DFine创新的端面磨削技术，可以完成对零件的轴肩和非轴肩平行平面的加工，有多种上下料系统供选择，在联网、组线、安全、环保、经济性等方面的创新，也体现在新一代双端面设备的每个细节中。

境内企业也都推出了本公司的新品，且也有新型结构展示，如新乡日升的2M8480G磨研复合机床、宇环数控的YHMM300精密级双端面磨床，一定程度上反映出国内的创新力度。展品在技术上有很大提升，功能也都具备，但在磨削工艺、人体工程学布局设计、自动上下料装置以及机床的稳定性、精度的保持性方面还有提升空间，还需要在细节上多下工夫。企业可以加强与磨料磨具研究院所、高校及用户的合作，掌握CBN磨削工艺参数，积累磨削经验，争取不断缩小与境外先进产品的差距，满足广大用户对全自动化产品升级换代的需求。



刀具的数字化制造与解决方案

——CIMT2021刀具展品评述

中国机床工具工业协会工具分会 杨晓

智能制造技术成为产业进步的发展方向，带有数字化的刀具调整、检测产品、配套的数字化刀具库与解决方案成为刀具厂家可提供的重要技术服务内容。在CIMT2021展会上，有部分厂商推出数字化制造与解决方案，成为吸引观众的一个亮点。

1. 刀具的数字化调整

刀具的数字化调整是数字化的一个方面。对于一些调整要求较高的刀具（典型的是精镗孔刀具），为了消除调节中爬行现象对实际调节结果的影响，一些刀具商纷纷开发了数字化调节的刀具。

森拉天时集团的高迈特推出了其依靠蓝牙调节的MicroKomBluFlex微调精镗刀具。它的微调精镗头通过蓝牙技术将微调读数在单独的显示器（例如手机）上以 μ 级为单位显示，从而无论是在对刀仪上还是机床内，当用户通过电子手轮操作调节镗刀储存时，能更精确、更方便地在显示器上读取数据，也可以在手机上通过应用程序直接设定所需要的镗孔尺寸并让镗刀直接调节到该尺寸。

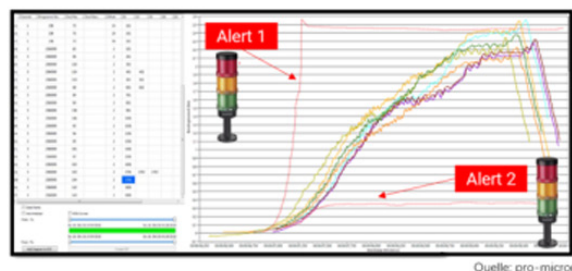
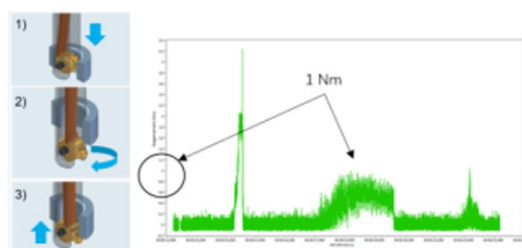
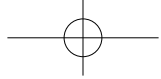


利美特则展出了其非接触式自动磨损补偿智能刀具。该刀具采用电子调节机构，能分别对5-7个刀座进行数字化的调节，单个刀座的调节精度可以达到0.001mm。据介绍，这种数字化的调节，既可以用一个手持调节器无线连接镗刀来操作（如在现场演示的），也可以通过在刀具附近的数据传输器将信息和数字化接口采集到计算机系统，在电脑上通过特定的软件进行可视化的调整。



2. 刀具的数字化监控

在瑞格费克斯展区我们看到了全新的SPIKE切削检测系统，通过机床集成的解决方案，可以进行100%在线质量监控和刀具每个刃的破损检测，及时监测工件的形状和位置公差，进行进给自适应控制，并能基于切削力实施智能换刀，从而减少停机时间，实现无人化生产。



高迈特的ToolScope则专注于提升整个加工过程，为智能化生产提供领先、全面的监控能力和服务。高迈特以镗孔为例介绍说，相对封闭的加工环境，大家无法及时准确地了解在加工部位到底发生了什么，因此也无法进行及时的控制，用户需要能够控制日益复杂的制造流程，将以往不可记录的生产细节变得可以追踪，并能在环境、需求变动中实现可持续性的盈利。ToolScope加工过程监控系统主要用于对各种加工过程进行监测和优化，通过将ToolScope的硬件部分与机床控制系统连接，相应能读取数据和发送控制命令，可用于监控铣削、钻削、镗削、车削、拉削、车车拉、磨削等多种加工方法。高迈特介绍说，他们的ToolScope加工过程监控系统已广泛应用于发动机、汽车零部件、航空航天、能源、模具、液压、重型机械、机床等行业客户。

3. 刀具的数字化管理

伊斯卡介绍说，其刀具可配备电子传感器用于数据管理。他们的刀具已完全组装装配，附上调整用及所有单独使用的工具、装配图和刀具布局图纸。若用户需要，每一组件均可配

备电子传感器用于数据管理。在自动化管理系统中，对每一工具组件都依据其在适当工艺流程中的设定而进行了清晰的标识：产品编码、刀具编码以及其他工具识别所需的属性特征。此信息随用户报告一起提供，包含与刀具尺寸相关的数据，用于QA品质检验。



株洲钻石推出的数字化刀具库属于国内首创，应用ISO13399标准，能够根据客户需求创建个性化刀具部件及总成库，用户可快速获得刀具详细信息。株钻认为，他们的这个数字化刀具库功能较一些国外公司同类产品更为多样化和人性化。



瓦尔特则推出了全球首个用于加快刀具选择和订购流程的数字设计助手“Walter Innotime”，瓦尔特研发部门的工程师正在使用该数字助手开展工作。网页版将已有的瓦尔特系统与瓦尔特员工的 Engineering Kompetenz（优势技术能力）相连接。Walter Innotime借助用户上传到瓦尔特网站上的三维工件模型分析出切削加工方式，并向处理请求的工程师（在之后的版本中将自行面对客户）推荐来自瓦尔特产品组合的合适的切削加工刀具（含切削参数和加工成本）。这种在工件层面上的数字搜索方式是目前市场上独一无二的。



（下转第79页）

CIMT2021柔性自动化生产线评述

沈阳机床（集团）有限责任公司 张险峰 邵帅 祝贺

本届CIMT2021展会规模宏大，受疫情的影响，国外机床厂商也都来参展，但是主机展出的不多，而是以宣传新技术为主。国内大约有30家展商提出了柔性自动化产线的概念，宁波伟立机器人和上海交大智邦展出了柔性自动化产线的模型，浙江日发精机展出了卧加和堆垛机产线的自动化实体演示。

柔性自动化产线针对机床产业主要是FMS柔性制造系统，使生产过程灵活、高效、智能、可视、计划精准、管理精细、生产透明、事后可追溯、将来可优化，实现高效、高质、低成本智能化生产。以前展商大部分展示的都是单机自动化生产，多工位工作台，可以做到单机不停机加工生产。这次展会主要宣传的是智能化车间，黑灯工厂。为未来无人化智能加工提供技术保障和支撑。



宁波伟立机器人



上海交大智邦柔性自动化生产线模型

一、FMS柔性制造系统

FMS柔性制造系统是一种以硬件为基础，以软件为支撑，操作软件即可实现加工计划柔性调度，面向中小批量、多品种的机加工生产解决方案。

FMS主要由加工系统、物料储运系统、控制与管理系统和刀具流管理系统组成。可以较大程度地提高设备利用率，减少设备的投资，提高生产效率，稳定产品质量，降低生产成本和提高对市场的快速响应能力等诸多优势。同时对生产排程、订单管理与调度、物料、物流和仓储、刀具管理等有了质的提高，

实现了真正的精益自动化生产作业。

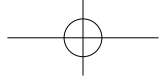
1. 加工系统

目前产线主机加工系统主要由卧式加工中心和立式加工中心组成，每个主机具备两个或多个交换站，方便自动上下料；或者由主机自动单元组成产线系统。

浙江日发展出的是HMC80卧式加工中心，宁波伟立展示模型主要是立式加工中心和卧式加工中心组合的产线。整体加工主机的主要特点是占地面积小，五轴加工中心和四轴加工中心适应行业广，易于组线。

在航空航天领域，由于异形零件较多，而且多为尺寸偏大的零件，对复合加工要求较高，柔性自动化加工产线用的主机主要是卧式四轴和五轴加工中心、立式四轴和五轴加工中心。

在航空航天领域的自动化产线中应用的卧式加工中心主要有国外展商：MCM、DMG-MORI、Grob、Starrag、Heller、Mazak、Okuma、Hardinge、东台精机、协鸿、丰田工机、精研精工、乔威进等；国内展商主要有：通用技术集团下的大连机床和北京机床研究所、南



通国盛、纽威数控、科德数控、日发精机、宁波海天等。

通过对以上展商产品的了解，产线用卧式加工中心主要性能如下：

(1) 立柱与主轴箱采用正挂箱结构，具有最佳的机械对称性和热对称性。

(2) 回转工作台采用双电机齿轮、齿圈消隙驱动，实现四轴联动连续加工。

(3) 配置托盘自动交换系统，减少机床等待时间。

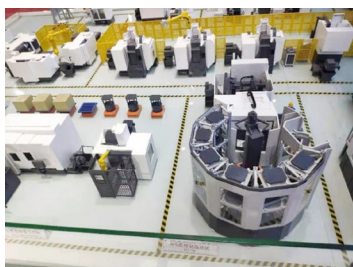
(4) 强力喷淋系统，满足产线快速排屑。

(5) 主轴内冷功能，满足重切削刀具冷却及旋削断屑。

(6) 带镗轴功能，可以实现大扭矩，重切削。

同时为了满足产线自动化功能，还需具有以下性能：

- (1) 配矩阵式刀库。
- (2) 刀具破损检测。
- (3) 自动刀具长检测。
- (4) 雷尼绍自动检测。
- (5) 大容量冷却液箱。
- (6) 油雾收集器。
- (7) 主轴热变位补偿装置。
- (8) 带平旋盘功能。



2. 物料储运系统

物流储运系统，指由多种运输装置构成，如传送带、轨道—转盘以及机械手等，完成工件、刀具等的供给与传送的系统，它是柔性制造系统主要的组成部分。物料储运系统主要是立体仓库、中央托盘库、物料、堆垛机或搬运机器人，保证自动上下料功能。搬运机器人特点：机器人运转物料灵活、便捷，针对小型零件加工优势明显。堆垛机特点：主要是针对大型、非标零件加工，配备专用夹具，优势突出。



西安威仁机器人上下料



深圳模德宝（机器人）



浙江日发堆垛机

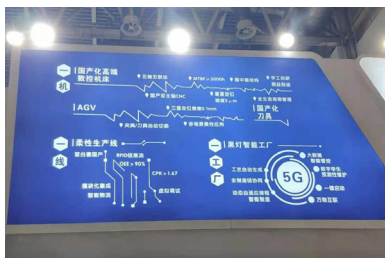


上海笑宽自动化（堆垛机）

3. 控制与管理系统

控制与管理系统主要是实现动态演示生产情况，更清晰的生产管控；生产需求智能分析，更优化的资源利用；动态订单排序，更可靠的交货日期；生产流程自动化，更稳定的产品质量；模块化的工艺流程，更柔性的数字化生产。

此次国内展商展出的产线都推出了自己的管理系统，主要特点是能与现有的西门子、FANUC、华中等数控系统兼容，这样更有助于提高产线的监控、管理和产品质量。



上海交大智邦控制与管理系统



芬兰Fastems管理系统

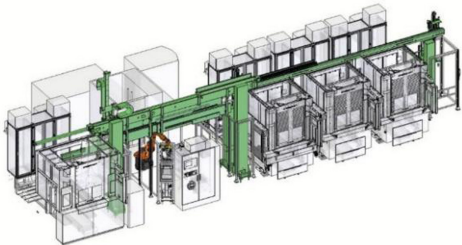
4. 机外智能刀具库系统

机器人刀库系统是产线柔性化的主要组成部分，能够实现自由扩张机床刀库容量，解决多工件加工时，因刀具短缺反复备刀的难题，真正实现多品种、小批量加工形态自动刀具信息管理，与机床刀库无缝衔接。



此次机器人参展商主要有：宁波伟立机器人、上海发那科机器人、广州数控机器人；上海博信机器人等，这些厂商都推出了机器人自动抓取、转运等功能，提出了机器人产线布局的方式及应用。

以下展商也展出了自动化产线的概念，提出了产线的性能及主要发展趋势、适应行业等。



非索玛特（常州）智能制造系统有限公司



深圳模德宝科技有限公司



青岛力鼎自动化设备有限公司



浙江日发精密机械股份有限公司

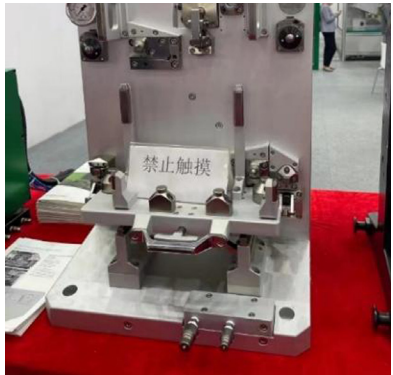
二、工装夹具系统

工装夹具是加工时用来迅速紧固工件，使机床、刀具、工件保持正确相对位置的工艺装置。可以说，工装夹具是机械加工不可缺少的部件，在机床技术向高速、高效、精密、复合、智能、环保方向发展的带动下，夹具技术正朝着高精、高效、模块、组合、通用、经济等方向发展。

应用机床夹具，有利于保证工件的加工精度、稳定产品质量；有利于提高劳动生产率和降低成本；有利于改善工人劳动条件，保证安全生产；有利于扩大机床工艺范围，实现“一机多用”。

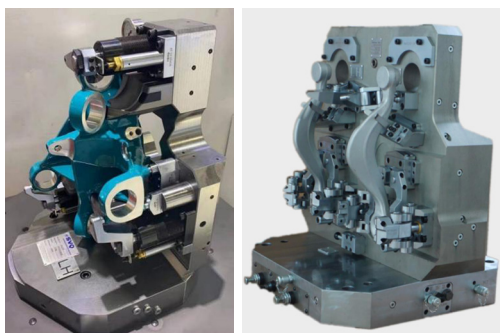
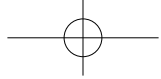
1. 工装夹具系统展品及特色分析

此次展会关于异性零件工装夹具设计的展商主要有无锡贝斯特精机股份有限公司，其工装夹具业务在汽车、飞机等领域都有应用。



无锡贝斯特精机股份有限公司参展产品

另一家展商是尚合（上海）精密夹具有限公司，是专业夹具供应商，是德国产品国产化的外商独资企业，主要用于汽车、工程机械、航空航天、金属切削零件加工等领域。



通过展会了解,以上两家工装夹具企业在国内都有很多优质客户,都可以进行定制化研发设计,可以提供完善的售前与售后服务。夹具整体设计外观更加精细化,功能更加全面,在加工精度和产品质量上都有所提高,而且工装夹具的互换性也越来越具有明显优势。

2. 零点定位系统展品及特色分析

此次展会关于夹具应用的另一种方式是零点定位系统。

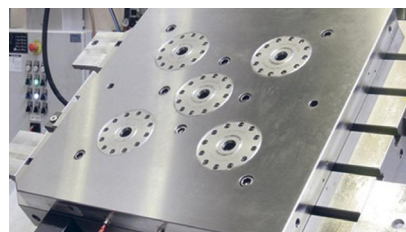
零点定位系统,是一个独特的定位和锁紧装置,能保持工件从一个工位到另一个工位,一个工序到另一个工序,或一台机床到另一台机床,零点始终保持不变。这样可以节省重新找正零点的辅助时间,保证工作的连续性,提高工作效率。

零点定位主要收益在于简化装夹的繁琐工作,减轻劳动强度;实现机外装夹,减少90%的停机时间,大幅度地提高工作效率,增多加工利润;重复定位精度0.002mm,实现超精密的加工;配套CNC机床及机器人技术,适用于自动化生产线。

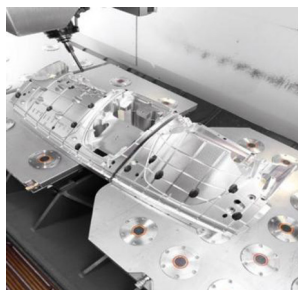
零点定位系统主要参展商包括:吉拉蒂gerardi公司、Erowa爱路华、黑马赵防护技术(青岛)、苏州速易德工业装备等多家公司,工作原理基本相同,在细节上和专利权上都有自己的独立特点,都能实现快速定位,并满足高精加工的需求。



吉拉蒂gerardi



Erowa爱路华



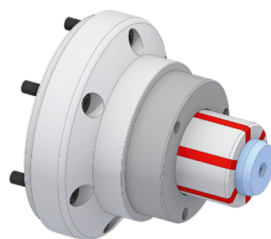
黑马赵防护技术



速易德工业装备

在工装夹具的设计过程中,定位芯轴的作用是非常关键的部件,用于芯轴的模块化夹具快换系统,能提供一个稳定的夹持,并具有高刚性、低震动以及最大金属去除率等优点。

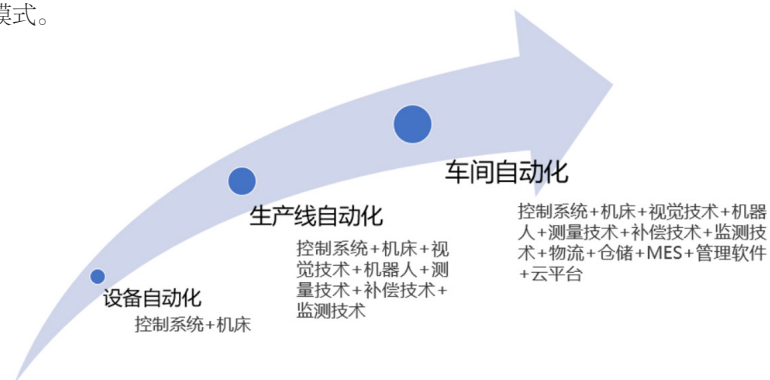
定位芯轴的展商是瀚柏格夹具系统技术(上海)有限公司(德国)



定位芯轴

三、发展趋势

从整体参展商产品趋势可以看出,自动化融合信息技术、检测技术、数据采集分析技术等其他工业技术已成为必然趋势,将会引导制造业全新的生产制造模式。



金属加工行业越来越多的客户需求也在由基础的自动上下料方案向功能更加丰富的生产单元方案转变,甚至包含车间管理系统、仓储物流等功能的车间级解决方案。□

CIMT2021部分整体硬质合金刀具展品评述

中国机床工具工业协会工具分会 孙彩成 杨晓 辛节之

与在其他主要工业国家有所不同，整体硬质合金刀具是我国生产量和使用量最大的刀具品种之一。由于以手机为代表的3C产品在我国生产和供应量巨大，使得这类刀具的市场需求量非常大，随之也带来了产能迅速扩张。

近年来，我国整体硬质合金棒料年消耗量近一万吨，主要用于制造和生产这类刀具。除3C行业用量较大外，整体硬质合金刀具还应用于模具、汽车、航空航天、工程机械和通用机械等行业。

CIMT2021展会上，展示整体硬质合金刀具产品的展商比较多，如境外的瓦尔特、伊斯卡、欧士机（OSG）、三菱等，境内的厦门金鹭、株钻、国宏、阿斯图、阿诺、上工、劲锋、耐力、埃特法斯等。下面就整体硬质合金刀具的几个系列进行评述。

一、整体硬质合金铣刀

本次展出的整体硬质合金铣刀产品具有以下特点：

1. 结构

这次展出的多种铣刀大都采用不等齿距结构，同时出现了不等导程、不等槽前角、不等容屑槽前角、不等齿隙角等结构（见图1、图2）。铣刀采用这种结构，不仅可以在加工过程

中降低产生共振的可能性，还能提高刀具寿命和工件的表面精度。

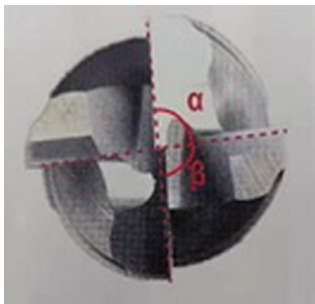


图1 不等切刃设计可抑制切削时的周期性振动
 $\alpha \neq \beta$



图2 不等导程结构是基于每个切刃的螺旋角度（导程角 θ ）变化强效抑制振刀，实现优异的精加工表面 $\theta_1 \neq \theta_2$

2. 涂层

本次展出的各类铣刀，不少采用的是新涂层（至少以前这些涂层用得不多，现大量出现），如纳米蓝（氮化硅）、AlTiNSi、TiAlNSi、AlCrN、DCL彩色涂层以及这些涂层的复合涂层（见图3）。

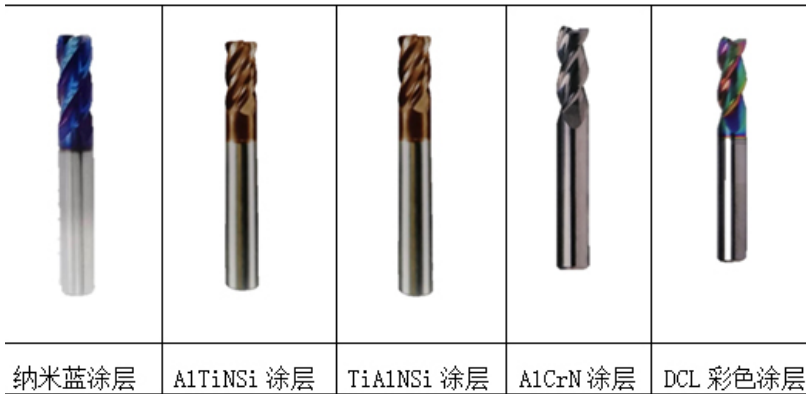
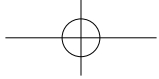


图3

其中，DCL彩色涂层可以加工铝合金、铜合金等非铁类材料；AlCrN涂层可以加工高温合金、钛合金、不锈钢等难加工材料；纳米蓝、TiAlNSi、AlTiNSi涂层可以加工硬度在45~70HRC的硬材料。

本届展会上，欧士机（OSG）新推出铜电极加工用DLC涂层硬质合金铣刀（AE-LNBD-N），能够加工出无毛刺的精美铜电极，在保证良好加工表面精度的同时，可以实现无毛刺的光洁加工边缘（见图4）。这种DLC涂层是OSG针



对加工中耐溶着情况而研发的一款涂层,于2020年获得日本专利。新款涂层具有表面光洁度高、摩擦系数低、高耐磨损性和耐溶着性的特点,能应对非铁加工中材料易溶着的加工难点。

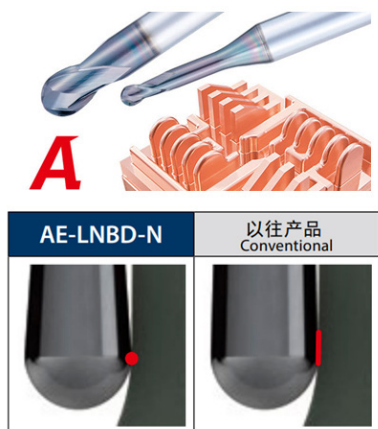


图 4

AE-LNBD-N采用DLC涂层中的厚涂层—DLC-IGUSS涂层,除具有DLC涂层都有特点(表面粗糙度优异、耐溶着性好)外,还可以抑制刃尖磨损,实现工具的高耐久性和良好的加工精度。球头部位采用特殊设计,能够实现高品质加工;采用适合铜合金加工的锋利切削刃形状,球头R角精度高,在半径0.2mm及以下型号中,公差带为 $\pm 0.002\text{mm}$;在圆弧半径为0.2~1.5mm的型号中,公差带为 $\pm 0.003\text{mm}$;在圆弧半径1.5mm以上的型号中,公差带为 $\pm 0.004\text{mm}$ 。

由于有高品质的后刃面,其加工粗糙度优于其他公司产品。在加工时,刀具的倒锥形状与加工面接触为点状接触,可以有效抑制振动和防止崩刃,并且能够提高加工表面精度。优异的柄部精度,对应H4公差($0/-0.004\text{mm}$)。在紫铜加工案例中,加工2480m之后,AE-LNBD-N的球头部后刃面磨损情况良好,无明显磨损,且可以在加工中一直保持稳定状态,刀具寿命优秀。在铜钨合金材

料加工中,刀具磨损情况稳定,磨损宽度仅约为以往产品的一半。

三菱综合材料展出的VFC立铣刀系列(见图5)采用IMPACT MIRACLE涂层与新超细微粒硬质合金,适用于一般零件、模具加工及精加工,可实现高精度、高效率、高速及长寿命,涵盖通用直角型、大螺旋角高效型及精加工球头型主流常用尺寸。材质沿用涂层单相纳米结晶涂层技术,可实现优异的涂层硬度和耐热性。

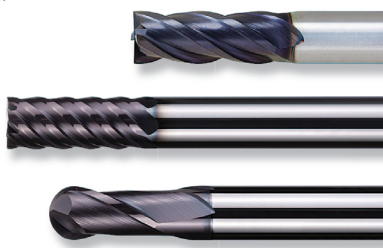


图 5

瓦尔特公司推出了两种专门用于精加工的整体和可换头整体硬质合金新型弧线铣刀(见图6)。与粗加工中的动态铣削一样,这两款弧线鼓形铣刀在精加工中可以很好地发挥CAM先进技术的潜力。得益于刃口形状采用更大的圆弧且齿数更多,该组合可大幅节省加工时间。在半精加工和精加工中,全新的刃口形状可以实现极高的步距,并且能够满足精加工中对更高表面质量的要求。



图 6

住友公司展出了带有“豆形”内冷却孔的MDM整体硬质合金钻头。据介绍,豆形孔(Bean Jet Cooling)的运用源于流体解析技术(见图7),豆形的凹面有助于切削液向整个主切削刃分流,这样就能有效地冷却钻尖,从而大幅度减少因钻尖处的切屑粘连而引起钻尖的破损。

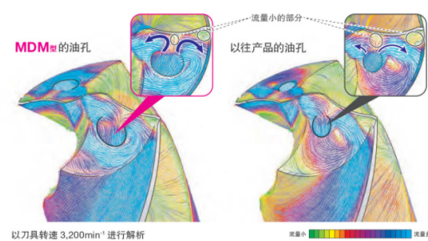


图 7

劲锋公司展出的硬质合金双芯径铣刀(见图8),采用双芯径设计,增强了刀具的可靠性,可承受更大的切削阻力,减少刀具变形。U型槽设计可以最大限度增加容屑空间,避免加工中出现崩齿现象,适用于模具钢、钛合金、高温合金、沉淀硬化不锈钢等各种难加工材料。产品有两种槽型:浅槽设计增强了稳定性,可承受更强的切削力,并减少刀具变形;深槽设计增大了排屑槽空间,可实现出色的排屑能力。



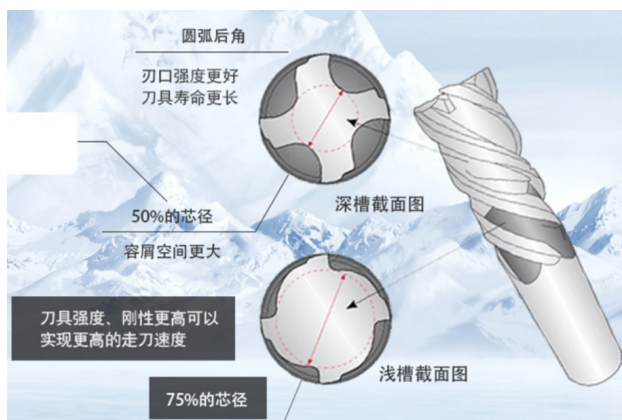


图 8

厦门金鹭整体铣刀新品包括针对不锈钢加工的us260系列、针对高强度不锈钢加工系列以及特别突出的SS600系列（见图9）。在铝合金高速高效的加工刀具系列中，铝合金高速铣削加工sa300dst刀具带内冷却孔，适用于精加工的专用刀具系列以及适合侧壁精加工的长刃刀具，可以完美解决航空铝合金加工问题，满足客户需求。



图 9

阿斯图展出的MM高效率不锈钢铣刀（见图10），集粗精加工于一体。全不等分设计，高效率切削时每个刃的切削震动频率均不同，可实现无震动高效率切削，主要用于不锈钢以及高温合金加工。小圆弧+双直线后角设计，在提高加工面粗糙度的同时可以延长加工寿命。特殊设计的双直线后角使得在切削不锈钢时可以减小切削阻力。变化的槽前角与大切削量相匹配，实现高效率切削，而特殊槽形设计可以使铁屑顺畅排出。



图10

二、整体硬质合金钻头及阶梯钻

对于整体硬质合金钻头及阶梯钻，各个制造厂家都会根据自己的生产经验，针对不同的加工材料设计出独特的钻尖，并根据客户要求设计出不同L/D的刀具。

国宏展出的圆柱柄内冷钻头（见图11），直径D=17.5mm，加工深度可达70mm，例如用户加工材料为Q345B、硬度为HRC23的工件时，在n=1750、f=0.4mm/r加工条件下，钻头可在不修磨的情况下加工68m，取得了较好的加工效果。



图11

阿斯图最新推出MM-E系列不锈钢专用钻头（见图12），采用适合不锈钢钻头的超细颗粒硬质合金材质，兼备良好的耐磨性和韧性；直主切削刃，以大圆弧顺滑过渡；直进刀角，可调横刃设计。单刃带支撑设计，减少材料回缩产生的磨擦阻力，从而提高加工效率。最新研发的不锈钢专用的NC涂层，耐磨层+耐热层+微细颗粒硬质合金基体，兼备良好的耐磨性、热稳定性和光洁度，适用于不锈钢、高温合金等难加工材料。



图12

埃特法斯展出的硬质合金钻头具有内冷及非内冷结构（见图13），规格范围有3D、5D、8D、20D及更长的50D。独特的钻尖设计带来更好的定心能力，能实现充分的断屑效果。与传统刀刃相比，更锋利的新型切削刃采用高抛光表面处理，降低了摩擦系数、切削阻力和扭矩，提高了机床效率，可减少能耗，延长刀具和设备寿命。



图 13

三、加工碳纤维以及蜂窝用的铣刀

国宏工具、上工等多个厂家均生产有碳纤维以及蜂窝加工用铣刀。如图14所示，左1和左2为铣削加工碳纤维外形的铣刀。该铣刀采用金刚石涂层，一般为三螺旋状，为粗铣刀。精铣刀一般使用焊接金刚石铣刀。左3是在碳纤维板上进行孔加工的钻头。一般来说，该钻头的钻尖角为90°，钻头横刃较小，采用金刚石涂层。

右图为加工蜂窝材料的刀具。它需要与超声波发生器、超声波刀柄配合使用。使用时，超声波发生器发射出频率为10000 Hz的超声波，通过数据线传到超声波刀柄，刀柄接收到超声波后会发出超声波，使刀柄和刀具一起发出微小震动，同时依靠刀具的X、Y或XY方向的移动，达到切削蜂窝材料的目的。

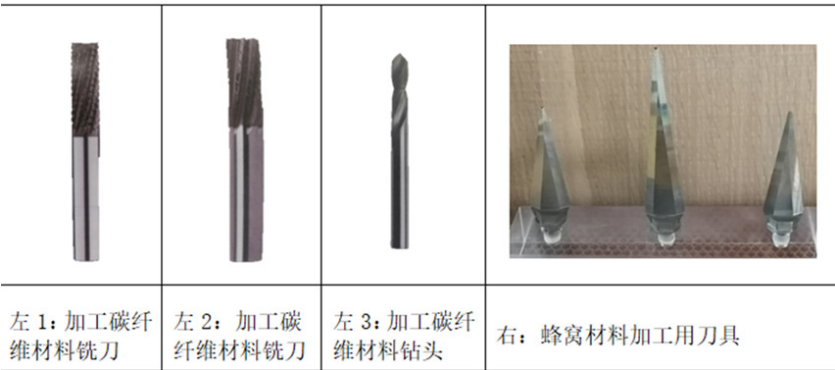


图 14

四、整体硬质合金成型铣刀

成型铣刀是根据客户需要，将铣刀的刃口型线设计成客户所需要的形状。通过加工使工件达到客户所需要的尺寸，所以成型铣刀设计制造也是一个公司实力的表现。图15是国宏所设计的成型铣刀，其中一部分是为汽轮机行业设计的叶根铣刀（见图16）。



图 15



图 16 叶根铣刀

五、整体硬质合金螺纹刀具

劲锋公司展出的整体硬质合金螺纹铣刀（见图17）采用了具有良好耐磨性和韧性的材料，能实现高质量、一次成型的内外螺纹加工，加工效率高。有针对软材料和硬材料加工的两种涂层，厚度4~6μm。刃数可达4~8刃，被加工螺纹尺寸稳定。螺纹铣削精度高，切削条件限制少。



图 17

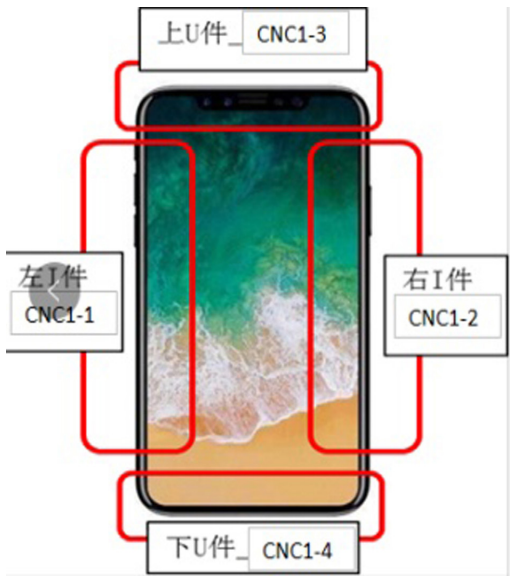
六、3C行业用刀具

受3C行业近年来市场活跃的影响，很多厂家纷纷开始涉足3C刀具的设计、生产和制造，3C刀具成为行业应用的一大热点。厦门金鹭展出的3C行业解决方案受到观众关注（见图18）。



68 | WMEM · 2021年 第5期
图 18

国宏在3C刀具市场的销量较大，某用户使用国宏Φ6R1铣刀（总长55mm、刃长10mm、柄径Φ8、齿数Z=4）加工材质为316L的手机壳。如下图夹位1、2、4位是端铣，3位为侧铣，可加工手机壳零件达116个，客户对该刀具产品的寿命感到满意（见图19）。



夹位	转速	进给	切深	切宽
左I	8000	3000	0.6	3
右I	8000	2500	0.8	3
上U	7000	3000	6.94	0.35
下U	8000	2500	0.8	满刀

图 19

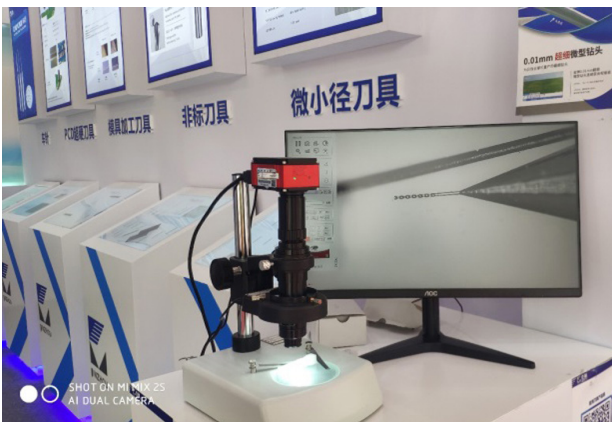


图 20

深圳金洲展出了目前可量产的全球最小直径钻头（见图20），直径仅为0.01mm。据介绍，还能够在超微钻头上做出螺旋槽，呈现犹如“针尖绣花”的绝技。□

YKS7225数控双工位蜗杆砂轮磨齿机的特点及质量控制

秦川机床工具集团股份有限公司

YKS7225数控蜗杆砂轮磨齿机，是采用双工位结构的高效高精度13轴5联动磨齿机。该机床采用SIEMENS840DSL数控系统，可实现从工件自动装夹、自动对刀、自动磨削及自动修整过程的全自动控制。

YKS7225数控蜗杆砂轮磨齿机采用最新的双工件主轴结构和高精度的双主轴直接驱动技术、滚轮压力角自动调整技术、多头蜗杆砂轮磨削及修整技术、齿槽自动对中和余量自动分配技术，配以自动上下料系统可使机床加工效率得到大幅提高。该机床特别适用于汽车、减速器、新能源车等行业中大批量渐开线圆柱齿轮的精密磨削。

一、主要特点及功能

- (1) 采用全新的双工件主轴结构，大幅减少了辅助加工时间,比单主轴效率提高约20%~30%。
- (2) 机床具有多种磨削方式，C1自动磨削、C2自动磨削、C1+C2自动磨削、C1手动磨削、C2手动磨削、C1单轴连线磨削、C2单轴连线磨削、C1+C2连线磨削。
- (3) 高速磨削技术：砂轮磨削线速度最高达80m/s。工件主轴的转速最高达1700r/min。
- (4) 多头蜗杆砂轮修整与磨削技术：根据不同的工件参数，蜗杆砂

- 轮可实现1头到9头的修整和磨削。
- (5) 高刚性的主轴设计，可实现大进给量高效磨削。
- (6) 采用进口大功率修整主轴，修整精度和效率可成倍提高。
- (7) 采用快换式液压夹具，使得安装和卸载工件非常简单，夹具的安装和调整同样也很容易，缩短了辅助时间。
- (8) 砂轮主轴和工件主轴均采用直接驱动技术和电子齿轮箱（EG）技术，可实现砂轮的精密修整和工件的高精度磨削。
- (9) 具有尾架力控制功能。
- (10) 自动对刀技术：利用传感器技术和AE技术可以实现工件齿槽的自动对中和余量自动分配功能。
- (11) 滚轮的角度可以自动调整，可实现齿形压力角的自动补偿，极大的方便了操作，提高了加工效率。
- (12) 全中文磨削和修整软件极大的方便了用户操作。
- (13) 具有齿面扭曲控制磨削功能



二、主要技术参数

最大加工外径	φ 250mm
最小加工根径	φ 12 mm
工件模数	0.5 ~ 4mm
工件齿数	8 ~ 250
工件螺旋角范围	± 45°
工件齿宽(最大直齿轮)	180mm
工件最大重量(含夹具)	30kg
工件主轴端面至尾架下端面距离	300 ~ 600mm
砂轮中心至工件顶尖中心距离	110 ~ 340mm
砂轮规格	φ 275 × 160 × φ 160mm
砂轮线速度	80m/s (max)
砂轮修整转速	50 ~ 100r/min
工件主轴锥孔	莫氏3#
尾架顶尖锥孔	莫氏4#
机床电机总功率	100kW
机床总重量	13000kg

三、产品制造过程质量控制

- 该产品从设计阶段到装配阶段，我公司均严把质量关。
- (1)设计阶段
 - 关键零件及大件均经有限元分析，确保高刚性并具有极佳的抗弯及抗扭强度，更确保了各个部件的稳定性；对同类机床容易产生质量问题的点进行了可靠性分析设计，确保问题不再出现。
 - (2)生产阶段
 - 对影响机床几何精度和工作精度稳定性的铸件，如工件架、砂轮架、滑座等大件必须在精加工后进行第二



次时效处理；对于重要固定结合面，均采用手工刮研，并用涂色法进行检验，紧固前后用0.02mm的塞尺检验。

(3)外购件方面

为保证机床的可靠性、稳定性及加工性能，该机床所采用的数控系统、驱动模块、伺服电机、光栅、直线导轨、MV导轨、滚柱导轨、滚珠丝杆、轴承、砂轮动平衡仪、行程开关和接近开关等外购件均为国际知名品牌。

(4)装配阶段

零部件的装配严格按照工艺人员制定的装配工艺执行，每个环节均需要专门的质检人员进行几何精度的检验。主轴装配和整机装配对环境温度均有严格的控制，此阶段在我公司恒温装配车间进行，杜绝了零部件的热变形现象进而保证了机床的装配质量。

(5)调试及运转阶段

电气工程师对各个轴进行优化及调试，调试完毕后，进入机床空运转试验阶段，包括主传动链运转、砂轮修整循环、工件架上下运动、自动磨削循环连续运转，在此过程中保证各旋转部位不得有异常响声、动作要求平稳准确。96小时空运转结束后根据GB/T17421.2-2016《机床检验通则》第2部分规定的数控轴线的定位精度和重复定位精度的检验方法检查各个轴的位置精度和进给精度，保证机床的定位精度和重复定位精度均在工艺规定的范围内，不允许有超差。

(6)试磨阶段

车间严格按照试磨规范对规定的齿轮进行试磨工作，以完成对机床的精度验证，根据《YKS7225制造与验收技术条件》对试磨齿轮进行测量检验，保证试磨件达到出厂要求的GB/T10095.1-2008的3级精度

要求。

四、机床功能特点

机床整体布局主要由主机、电柜、静电吸雾、液压系统和冷却过滤系统五个部分组成。主机采用立式布局，双工件主轴结构，可大幅提高辅助时间。

机床良好的人机界面具有砂轮自动补偿功能、和齿向修形、锥度修形功能等，这些功能能够满足客户的不同需求。为了保证操作者和机床的安全，机床配备了砂轮防撞功能和德国DITTEL自动平衡装置，砂轮可不需外部预平衡。机床配备油雾分离器，排风量可达2000m³/h，油雾经过处理后可室内排放，并且符合国内的排放标准。冷却过滤系统采用负压式过滤系统，具有过滤精度高、操作方便、维护简单的特点，大功率制冷可以满足生产的快节奏要求，也保证了磨削精度和尺寸的稳定性。除此之外，冷却过滤系统还配备了自动排屑装置及可移动积屑车，方便油渣分离和运输，可节约成本和方便操作。

五、机床主要结构

(1) 工件主轴(C1轴/C2轴)：采用主轴电机直接驱动结构，反馈元件采用HEIDENHAIN高精度圆光栅。

(2) 工件架旋转轴(C3轴)：由伺服电机经过一级减速驱动工件架作旋转运动。

(3) 滚轮压力角调整轴(C4轴)：由伺服电机经过一级减速驱动修整架作旋转运动。

(4) 滚轮旋转轴(S轴)：采用进口高精度，大功率修整主轴，由变频器控制进行旋转运动。

(5) 砂轮旋转轴(B轴)：采用主轴电机结构，定、转子循环冷

却，砂轮法兰与主轴结合采用短锥定心、端面定位结构，装有内置式动平衡装置。

(6) 床身(X轴)：采用高刚性滚柱式滚动导轨结构，由伺服电机经过一级减速驱动滚珠丝杠带动拖板作直线移动。采用直线光栅全闭环控制。

(7) 砂轮架(Y轴)、砂轮旋转轴(B轴)：Y轴采用高刚性M/V(滚针)滚动导轨结构，由伺服电机经过一级减速驱动滚珠丝杠带动砂轮架作直线移动，采用直线光栅全闭环控制，磨削时作为位移轴使用，修整时与B轴联动。

(8) 立柱(Z轴)：采用高刚性M/V滚动导轨结构，由伺服电机经过一级减速驱动滚珠丝杠带动拖板作直线移动。采用直线光栅全闭环控制，由油缸平衡滑板重量。

(9) 安装角调整(A轴)：伺服电机经过摆线减速器传动，再经过齿轮传动驱动A轴转动。采用碟簧夹紧，液压松开结构。

(10) 尾架上下(W1/W2轴)：采用高刚性滚柱式滚动导轨结构，由伺服电机经过一级减速驱动滚珠丝杠带动尾架拖板作直线移动。

(11) 冷却喷嘴(U轴)：由伺服电机驱动丝杠带动冷却喷嘴作直线运动。

(12) 自动对刀装置：采用回转气缸控制测头的摆入和摆出。为防止测头污染，加装有吹气装置。

六、市场应用情况

YKS7225机床自第一台机床投入市场，经过市场验证，机床性能稳定、可靠，产品加工效率高、精度高，能满足批量5级齿轮的精密磨削加工要求。多家用户几年来持续购买，市场反应良好。□

V1160L立式加工中心特点及质量控制

山东蒂德精密机床有限公司

V1160L立式加工中心是山东蒂德精密机床有限公司在吸收德国先进技术基础上研究开发的一款高档立式加工中心，属于“机床工具行业重点发展产品目录—2.数控铣、钻床及加工中心类—立式加工中心”范畴。该产品是一种高自动化的多功能立式数控机床，工件一次装夹后，可自动、连续地完成铣、钻、镗、扩、铰、铤、攻丝等多种工序的加工，特别适用于中、小型箱体类、板类、盘类、壳体类等复杂零件的多品种加工，广泛应用于航空航天、汽车、工程机械、模具、5G、电子、医疗等行业。

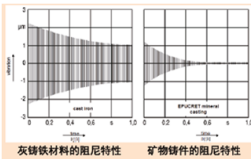


1.主要技术参数

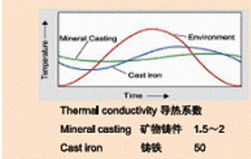
项目		单位	参数
行程	X轴	mm	1100
	Y轴	mm	610
	Z轴	mm	610
工作台	长×宽	mm	1200×600
	最大载重	kg	1000
主轴	标配	锥柄	/
		形式	直连
		转速	r/min 10000
快移速度	X/Y/Z	m/min	36/36/24
精度	定位精度	μm	6
	重复定位精度	μm	4

2.关键技术

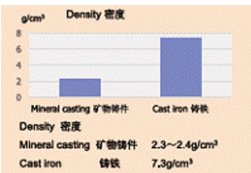
(1) 基础大件床身及立柱采用矿物铸件新材料，拥有更高的抗压强度、更低的导热系数及热膨胀系数、耐腐蚀性、极佳的吸振性，使之能在大幅动载荷下表现出更好的稳定性，机床精度非常稳定，且更加环保。



吸振性
矿物铸件的阻尼比是灰铸铁材料的10~15倍，因此矿物铸件极佳的吸振性使之能在大幅动态载荷下表现出良好的加工效果。
优势：
产品交货时间缩短。因材料的高精度性，可带来产品制造过程加工量减少和装配工作的减少。

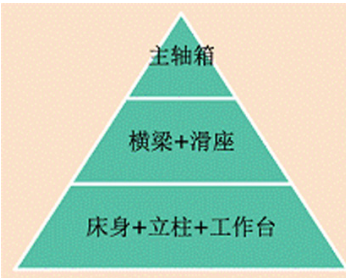


热稳定性和热惯性
矿物铸件的导热系数较之铸铁要低很多，所以温度的变化影响对机床的尺寸精度的影响几乎不存在。
这意味着机床可实现更稳定的结构，有效地把机床受热引起的几何尺寸误差控制在最小，从而保证了机床高精度。
优势：
产品优异的加工精度。
加工表面可达到极高的光洁度。



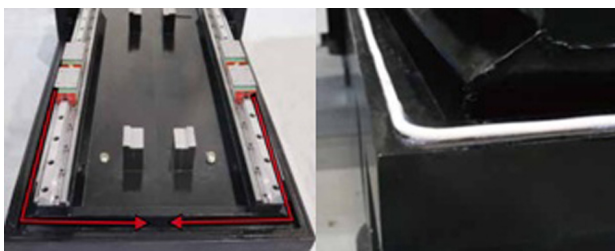
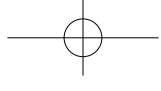
结构高刚性
矿物铸件的密度是铸铁的1/3,再结合矿物铸件结构的特点，因此机床的床身和立柱做成实心结构。
这意味着机床承受大切削抗力时，机床产生的变形较小，不会出现铸铁立柱受力时局部变形的情况。
优势：
优异的重切性能。

(2) 鞍座、主轴箱、工作台采用先进的钢板焊接新工艺，具有更高的刚性，同时又降低了移动部件的重量，提升了机床的响应速度和加工效率。

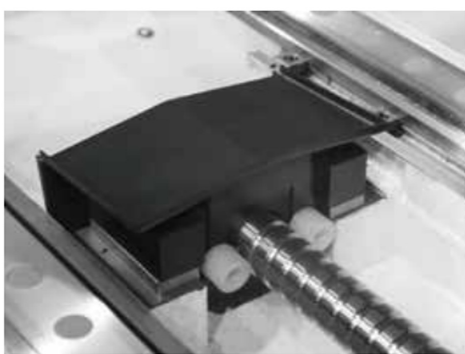


金字塔型设计：
底座、立柱采用新型矿物铸件，横梁、滑座、主轴箱采用新型轻量化刚性焊接结构，优化了机床重量配比，固定部件增重，移动部件减重。
固定部件增重使龙门框架更加稳定，移动部件减重降低了摩擦阻力，减小了移动部件惯量，有利于提高YZ轴的动态响应。

(3) 床身、立柱采用矿物铸件新材料，提前预置引水槽及密封沟槽，大大提升了机床的防漏水效果。

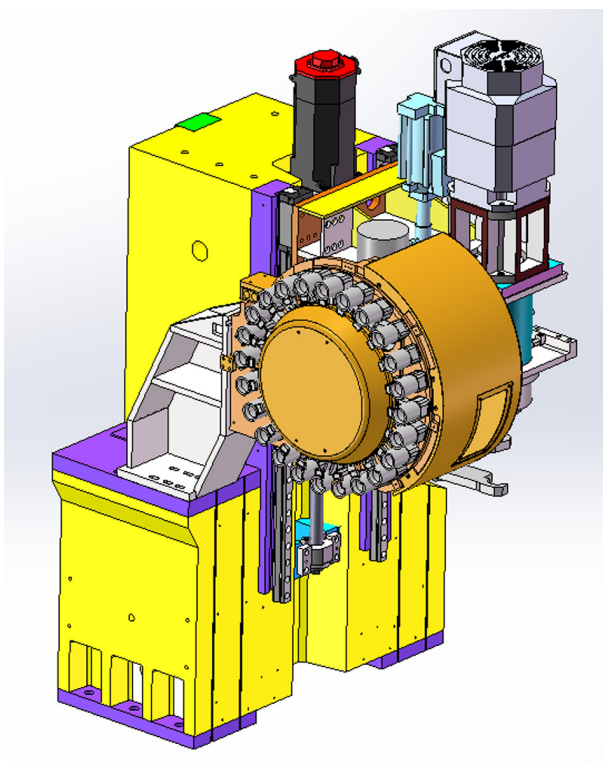


(4) 内防护与钣金间采用回型防水防屑结构,可防止切削液、切屑进入床身内部。轴承座采取二次防护设计,避免损坏传动零部件,可更好地提高机床的无故障运行时间。



(5) 气路装置采用储气筒,可保证机床气源压力的稳定,避免刀库因气源不足造成的卡刀现象,更好地提高机床的无故障运行时间。

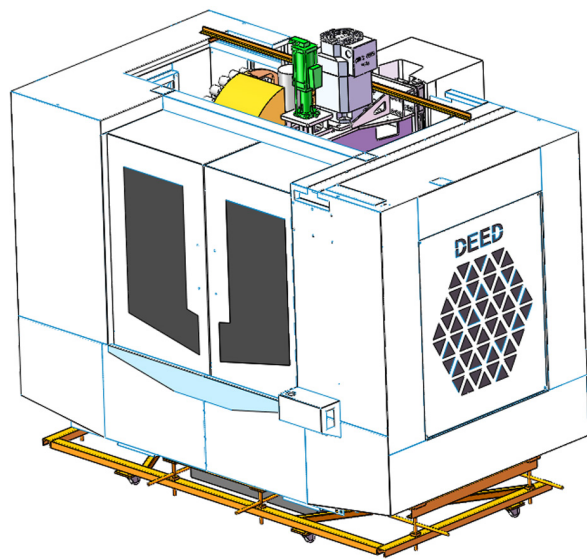
(6) 刀库采用垂直安装方式,降低了刀臂悬垂量,保证了刀库长期换刀的稳定性。



(7) 排屑系统采用多级过滤装置,便于清理、维护,可保证切削液的清洁,防止管路堵塞,提高水泵的使用寿命和机床可靠性。

(8) 采用全封闭式的安全防护设计技术,使机床防护与操作更严密、安全、美观,符合人机工程原理。

(9) 采用钣金在钣金车间整体装配、机床总装时合成的工艺方案。钣金可提前组装,减少车间现场空间利用率,提高转运效率。同时可大幅提升装配效率,缩短机床生产周期。



3.创新点

(1) 矿物铸件新材料的应用。机床床身、立柱基础部件全面采用德国高性能矿物铸件新材料,相比传统的高耗能铸铁件,具备极佳的吸振性、热稳定性、高刚性和耐腐蚀性,且绿色无污染,节能环保。

(2) 钢板焊接新技术的应用。鞍座、工作台、主轴箱等移动部件采用德国先进的钢板焊接新工艺,具有更高的刚性,同时又降低了移动部件的重量、减小运动惯性势能,提升了机床的响应速度和运动精度。

(3) 气路装置采用储气筒,可保证机床气源压力稳定,避免刀库因气源不足造成的卡刀现象,提高机床无故障运行时间。

(4) 排屑系统采用多级过滤装置,便于清理、维护,可保证切削液的清洁,防止管路堵塞,提高水泵的使用寿命和机床可靠性。

(5) 采用钣金在钣金车间整体装配、机床总装时合成的工艺方案。钣金可提前组装,减少车间现场空间利用率,提高转运效率。同时可大幅提升装配效率,缩短机床



生产周期。

4.开展的质量工作

(1) 健全质量管理体系和产品检验标准

公司导入并有效运行卓越绩效管理模式，本着“致力经营质量，立足过程质量，聚焦产品质量”的发展方向，以ISO9001质量管理体系为基础，在公司内全面、全程、全员开展质量管理，从产品的设计→原辅材料的采购→材料的入库检验→加工、装配→产品的检验→包装→检验→发货等每个环节都进行严格把控，通过产品零部件及整机的疲劳试验和可靠性实验，确保整机长期载荷运行的精度保持性，MTBF平均无故障运行时间高达1000小时，再通过实施内审、管理评审等诸多方式达到产品质量的持续改进和不断完善。同时，公司通过设立严格的内控制程标准，对所有出厂前的产品进行多达36个检测项、48小时高速全行程载荷加工测试、562个品质管控点的全面严密检测和全程质量追踪，确保所有产品出厂前全面达标。

(2) 严格四大质量过程管控

①设计过程质量管理。公司拥有兖州总部研发中心、济南研发中心、德国3大研发中心和省级企业技术中心、省级工程技术研究中心、省级“一企一技术”研发中心、省级工程研究中心等4大省级创新平台，打造了一支由业内资深专家和技术骨干组成的50多人的专业研发团队，全面开展自主研发设计。并对包括市场调查、产品设计、工艺准备、试制和鉴定等过程（即产品正式投产前的全部技术准备过程）进行全面管控，比如：通过市场调查研究，根据用户要求、科技情报与企业的经营目标，制定公司的产品设计目标；组织由销售、采购、研发、技术、工艺、质管等多部门参加的审查和验证，确定适合的设计方案；要求所有研发人员都要精益求精，保证技术文件的编写质量；规定研发中心严格遵守设计试制的工作程序，全力做好图纸标准化的审查工作等。

②制造过程质量管理。建立了能稳定生产合格品和优质品的生产系统，制定了完善的生产管理制度和操作规程。并购置了世界知名企业生产的大型精密龙门铣床、高精度坐标镗床、高精度复合磨床等世界顶级加工母机和德国蔡司三坐标测量仪、英国雷尼绍激光干涉仪等进口尖端检测设备80余台（套），还建设了采用地源热泵技术进行恒温净化控制的28000m²恒温无尘生产车间，为公司研究开发此类加工中心提供了可靠的硬件保障和优良环境；同时，对每个制造过程进行了严格管控，比如：全面应用精益生产和安全生产的生产组织方式，采用节能生产设备，

推行节能生产工艺，并充分运用金蝶ERP系统对生产过程实施信息化管理。更要求生产部门全力做好每道工序的质量控制工作，及时建立质量管控点；质量管理部严格做好质量检验、质量分析，并每月组织召开一次质量会议，及时掌握质量动态，处理质量难题等等。

③辅助过程质量管理。为保证制造过程的正常进行，对包括物资采购供应、动力生产、设备维修、仓库保管、运输服务等提供各种物资技术条件的过程进行严格管控，比如：严抓物资采购供应的质量管理，要求采购部必须保质、保量、按期地提供生产所需要的各种原材料、辅助材料；严格入库物资的接收、保管及检查、验收；要求设备部认真做好生产设备和辅助设备的检查、维修和保养工作，确保相关设备处于良好的运行状态；要求所有二线服务部门做好对制造过程的配合、服务工作，全力保证制造过程的稳定、持续等等。

④使用过程质量管理。和其他国内外大多同行仅有的售后服务相比，公司建立了完善的售前服务、售中服务、售后服务等三种服务体系，分别对顾客提供产品技术支持、产品选型支持、产品维护和加工工艺支持等服务；同时，公司还设置了400全国服务热线，进行7×24小时售后热线在线服务和1-24小时内到场服务，以最快的响应速度为用户出具故障解决方案；另外，公司密切关注客户需求及反馈意见，采用多种不同的方法对不同的顾客进行调查、跟踪，及时了解顾客产品应用方面的反馈、顾客满意度、以及顾客对公司产品或服务的意见和改进建议等信息，随后迅速应对市场变化，通过各种努力来满足顾客的需求和期望。

(3) 产品质量水平

①公司应用新型花岗岩矿物材料生产的该产品三轴定位精度达到0.006mm，重复定位精度达到0.004mm，均优于GB/T20957.2-2007国家精密加工中心检验标准30%以上，整体的产品质量指标、技术指标达到国内领先水平。

②该产品目前已申报15项国家专利：3项发明专利、11项实用新型专利、1项外观设计专利。已获授权13项：1项发明专利、11项实用新型专利、1项外观设计专利。2项发明专利已进入实审阶段。并将相关专利成果及时转化为生产力，为该产品的试制和批量化生产奠定了坚实基础。

5.市场应用情况

凭借明显的技术优势和过硬的产品质量，本产品两年来已累计售出370余台，销售额累计达1.3亿元，未发生一起较大质量事故和用户投诉，实现良好市场效益的同时，广受用户好评。□



WL2200数控重型卧式车床技术特点 及质量控制

武汉重型机床集团公司

WL2200产品是武汉重型机床集团在引进联邦德国席士公司(SCHIESS)DL系列、意大利SAFOP公司LEONARD系列的先进技术基础上,对标国际先进水平自主开发设计的新一代数控重型卧式车床产品。该系列产品具有承载能力强、效率高、精度高、结构合理、适用范围广、操作方便等特点,除具备重型车床的基本性能外,还可以进行锥面、曲面、台阶轴、槽和螺纹的自动加工,配置不同特殊附件,可进行磨削、铣削、车内孔等加工;广泛应用于冶金、能源、交通及其它重型机器制造行业,用于轧辊、大型油压机活塞杆、汽轮机转子、发电机主轴和机器主轴等加工。



1.主要技术特点

该系列机床采用整体穿轴式大扭矩主轴箱、分离式床身,导轨采用闭式恒流静压导轨,应用了双齿轮消隙、齿板自动对齿、齿板楔紧止退、套筒夹紧等多项成熟关键技术,并配备当今先进的西门子840Dsl数控系统和HEIDENHAIN公司的位置检测系统,确保机床具有刚性

高,传动效率高、运行平稳可靠、操作维护方便,生产效率高等特点。该系列机床采用系列化、模块化、标准化设计,可以根据用户需求配置机床。WL系列机床具有高性价比,市场竞争力很高,近几年已销售 28 台份,实现销售额超1亿元。

2.主要技术参数

一、主参数

序号	项目名称	单位	标准值	备注
1	在床身导轨上的最大工件回转直径	mm	2500	
2	过刀架最大加工直径	mm	2000~2200	
3	两顶尖距离	mm	8000	按用户需求
4	两顶尖间最大承重	t	20~150	

二、主轴箱

1	主轴最高转速	r/min	260~70	
2	主轴最大扭矩	kN·m	63~160	
3	主电机功率	kW	81~225	

三、刀

1	刀架纵进给(Z轴)	mm/min	0.5~500	
2	刀架横进给(X轴)	mm/min	0.5~500	
3	刀架横向(X轴)快速	mm/min	4000	
4	刀架纵向(Z轴)快速	mm/min	6000	
5	刀架纵向行程(Z轴)	mm	8000	按用户需求
6	刀架横向行程(X轴)	mm	1050~1500	
7	刀架最大切削力	kN	70~140	

四、尾座				
1	尾座套筒行程	mm	250	
2	尾座主轴后顶尖孔锥度		1:4	
3	尾座套筒直径	mm	360~710	
4	尾座移动速度	m/min	1400	
5	主轴、尾座顶尖角度		75° (各一件)	
五、电气控制				
1	数控轴数		1个主轴+ 2个进给轴	
2	联动轴		2轴(任意)	

3.产品质量控制

在设计方面，公司通过多种方式，保障了本系列机床质量及长期运行稳定性。

(1) 本系列机床的床身、床头箱、尾座等基础大件均采用优质铸铁制造，并经过多次焖火或长期自然时效处理，消除内应力，通过动静刚度等六项性能指标测试，整体刚性较好，具有良好的吸振抗振性能。

(2) 主轴箱采用整体穿轴式结构，主轴径向采用进口高精度径向间隙可调的双列滚子轴承，轴向采用调心滚子轴承止推，具有承载力大、精度保持性持久等特点，既适应了机床大扭矩加工又保证了机床的高精度。

(3) 刀架纵向进给采用一腔一泵的闭式恒流静压导轨。静压刚度高，避免了恒压毛细式静压易堵塞和复合式导轨动静摩擦系数差别大，导轨易磨损、定位精度低等缺陷，提高了导轨的刚度，延长了导轨的使用寿命，并且系统的压力储备大，过载能力强，系统中没有阻尼，不会因阻尼堵塞而静压失效，故可靠性好，且没有调整阻尼麻烦，利于装配与维护。同时，在横向和纵向移动导轨面上均镶有锌基合金板，保证了静压封油边很高的平面度，且强度高，抗冲击能力强，油膜刚度，承载能力强，可达到较高的进给速度，低速时也运动平稳，还能保护导轨不被研伤。

(4) 尾座部分有单独的传动装置。尾座主轴与高精度轴承安装于套筒内，为了消除加工工件温度变化时，工件长度变化带来的影响，并监测不同工件重量需要不同的顶紧力，以及加工过程中顶紧力超过和降低到设定值时自动报警，在套筒尾部有一组碟形弹簧和测力装置。为了保证尾座在加工时不会后退，机床有齿板楔紧装置和夹紧装置来保证。在尾座移动停止后，液压油缸使尾座上的齿板自动楔紧入床身齿条内；另外在尾座上还有高压油缸，由专门高压油泵系统控制，保证尾座运动停止时，将尾座与床身牢固夹紧。

(5) 液压系统中的关键元件泵、阀选用进口液压元件，具有较可靠的工作稳定性。

(6) 数控系统采用西门子840Dsl/828D数控系统，是德国西门子公司的全数字的数控系统。系统广泛采用以太网线，具有高性能和可靠性。

此外，武重在员工质量意识和技能方面，不断开展质量知识培训、领导讲质量、质量大讨论、样板工程观摩、质量我找茬、质量代言人评选等系列活动，让员工关注质量、走进质量、学习质量、感悟质量，争当质量标兵；开展质量信得过班组、合理化建议、质量QC小组成果推荐分享会，走出去交流，引进来学习等多种方式。

在签订产品销售合同后，制定详细的质量计划，对产品的整个过程，包括对外联络、生产组织、技术准备、工艺控制、原材料和外购件控制、铸件毛坯制作、焊接件制作、加工制造、装配和调试、包装控制、检验验收控制、质量保证全过程指定责任部门及责任人，分工明确，组建质量保证团队，并且指派一名公司级专员或兼职质管员负责该项目的具体实施监控与信息传递工作。

在合同实施过程中，责任部门按分工及业务归口管理职责，结合质量计划要求制订各自的实施计划和保障措施，关注关键过程、重要特性和《主要件监控计划》的监控点，并做好相关记录和信息传递反馈工作。产品在制作过程中除严格按公司的体系文件予以控制外，对约定的监控点及时通知并接受和配合用户监造管理。“主要件监控计划”所列的每项工作内容，具体实施者或操作者在任务开始时，在熟悉图纸、工艺、以及质量开展要求的情况下，由主要（直接）责任人在见证“签字”栏签字确认，方可开始作业操作，确保各项技术要求明确和准备充分，确认活动由技术、工艺或质检、质保人员完成，形成主要件的过程控制原始记录并纳入提交给用户监造、见证以及完工资料中，进行可追溯性管理。此管理方式得到用户的高度认可和赞誉。

对整体生产进度和节点要求进行自查，技术部门对质量计划中主要件、关键过程的关键特性进行跟踪监督和服务，有针对性的加强工艺纪律抽查和考核。公司其他各相关单位根据质量计划的要求，按照各自单位承担的职责编制可操作的质量保证实施计划报质量管理部，并按月对计划内容进行自查，保证计划的顺利实施。

另外武重提供完善的售后服务，快速响应并排除故障，保障设备长期运行的稳定性。

4.产品市场表现

WL2200数控重型卧式车床一经推出市场后，满足了市场需求，得到了客户的广泛认可，对其加工效率、加工精度、性能稳定性、操作便宜性等方面都给予了很高评价。□



Y3132CNC6高效数控滚齿机的质量控制

重庆机床（集团）有限责任公司

一、产品简介

Y3132CNC6数控滚齿机是一款六轴四联动高效数控滚齿机，对模数5mm以下、最大工件直径达320mm的齿轮能一次走刀加工，切削速度可达120m/min，精加工精度可达到GB/T10095.1-2008标准的6级，可实现采用齿轮滚刀以连续分齿方法滚切圆柱直齿轮、斜齿轮、小锥度齿轮、鼓形齿轮、少齿数齿轮及花键，能承受高负荷强力切削和高速切削，广泛应用于汽车、摩托车、拖拉机等中小模数齿轮加工。



Y3132CNC6数控滚齿机

二、主要技术参数

最大加工工件直径：	$\phi 320\text{mm}$
最大加工工件模数：	8mm
滑板行程（Z轴移动量）：	360mm
刀架最大回转角度：	$\pm 45^\circ$
刀具主轴转速：	120 ~ 700r/min
工件主轴最高转速：	60r/min
最大装刀尺寸（直径×长度）：	$\phi 170 \times 230\text{mm}$
滚刀最大轴向移动量：	200mm

三、产品质量控制

Y3132CNC6数控滚齿机为重庆机床（集团）有限责任公司（简称重庆机床集团）热销优质机型，是公司拳头产品。为了确保其加工精度以及稳定性，从设计开发阶段，

到工艺审查编制，零件加工阶段，再到装配以及出厂检验，都严格遵循重庆机床集团质量体系的要求。重庆机床集团质量管理体系执行版本是ISO：9001 2015版。公司针对产品研发、生产及售后服务等各方面，编制了质量管理体系文件，如：新产品开发过程控制管理流程；外委、外购采购执行流程；机械加工零件检验管理办法；机床电气及装配检验管理办法；装配过程控制流程规定；服务执行流程等，严格按照质量文件要求把控每一个环节的质量工作，做到过程可控制性、可追溯性。

1. 设计过程的质量控制

（1）前期准备工作

产品研发项目组成立后，先收集大量资料，包括国内外同类型机床用户使用情况、产品优缺点及使用报告、加工工艺方法、机床设计质量文件、机械设计标准及规范、国内外相关专利、各种外购件样本及使用方法、现有加工工艺能力、新产品设计流程规范文件等，使设计工作均有据可查，避免设计过程中的质量缺陷。设计工作遵循质量管理体系文件《新产品开发过程控制管理流程》的要求，按照流程展开全面深入的设计工作。

（2）设计手段

Y3132CNC6数控滚齿机采用模块化设计思路，使用专业三维设计软件，按照部件布局图→部组设计→数字样机流程开展设计工作，Y3132CNC6数控滚齿机布局紧凑，产品设计软件可以方便地定义零件尺寸及配合关系，能够直观的观察零部件有无干涉情况，并且可以做运动仿真，观察整机部组的运动极限，在设计阶段将结构做到完美，为产品质量提供源头保证。

公司构建了CAE仿真中心，专门建立了机床分析试验所，CAE仿真人员采用CAE有限元分析软件对机床零件、各部组及整机进行受力分析，并使用热力学仿真软件对机床各部组进行温度分析，根据分析结果进行了结构优化设计，直至满足设计要求。



（3）评审分析

根据产品开发流程，产品开发需经过总体方案评审、具体结构评审、工艺方案评审等评审过程。在Y3132CNC6数控滚齿机初步数字样机完成时，即进行方案评审，从机床整体布局、参数选取方面考评。装配图设计完成时进行结构初步评审，评审人员包括跟产品开发相关的拥有丰富经验技术人员，评审委员会专家及相关领导，以及企业各部门对应岗位人员也参与评审，评审专家、参评人员均可从不同角度对新产品提出合理的意见。根据初评报告修改总体结构，即遵循机械设计规范及标准来开展产品的具体部组设计，在图纸检查上设置了自检、互检、专家检的检图程序，确保了产品设计图纸的准确性。

2. 工艺过程及零件加工质量控制

（1）加工工艺编制的质量控制

在初步的装配图阶段，工艺人员先对加工工艺、装配工艺进行初步工艺分析，确保设计图纸的工艺可行性。在设计图纸完成后，主任工艺根据零件类型进行分类，各部组零件分为铸件壳体类、轴套类、复杂形状类、齿轮类、板件类等，再将各类零件的工艺任务分给各个类型工艺员，同时企业类型工艺员对所分管类型零件加工工艺拥有丰富的工艺设计经验，比如轴套类工艺员对轴类零件的加工比较熟悉，对加工轴类零件车间的加工设备也非常了解，这种方式在工艺质量控制方面起到了非常重要的先决作用。

工艺文件的编制严格按照《技术中心工艺编制细则》进行编制，关键零件均在工艺文件中标明了关主件，显示其重要性，增加检查的频次，提高检验的标准。并根据加工时遇到的问题，及时修改相应的设计文件，调整加工工艺。

（2）新工艺、新方法的使用

刀架小托座作为滚刀刀杆的支撑，对其精度和刚性要求较高，一直是限制滚齿精度提升的一个短板。Y3132CNC6机床将小托座做成两个斜面接触的零件，在斜面上设置平键并注塑。这种方法使用后，大大提升了小托座刚性，保证了产品质量。

Y3132CNC6机床滑板与立柱连接采用的滑动导轨，正向侧向采用镶条来调整侧隙，但是在镶条使用过程中容易产生爬行或磨损导致卡死，工艺人员在做工艺方案时提出采用镶条贴塑工艺方法，贴塑材料耐磨，摩擦系数低可防止爬行。

（3）零件加工阶段质量控制

零件加工时严格按照加工工艺执行，做到各阶段跟踪、记录、精度自检核实，每个零件的检查都要做检验单并签字，做到有据可查。针对零件类检测，公司配有世界知名厂商生产的三坐标、圆柱度仪、光学非接触式轴类件测量仪、蜗轮副动态检测仪、数控齿轮综合测量仪等检测

装置。针对整机验收有激光干涉仪和热成像仪。

3. 装配阶段的质量控制

针对装配过程的一些关键环节制定了装配过程关键控制卡，并制订了相应的装配关键点记录卡。设计人员及工艺人员全程跟踪装配，做到严格按照装配工艺卡的要求装配。严格按照《合格证明书》中的要求，对机床各项精度进行交检并记录实际检测数据。每台机床装配调试完成后须进行样机动态精度检查、切齿试验，并形成相应的检查与切齿报告；出厂前须进行48小时不间断地拖车实验，机床分析试验所的试验测试人员还对机床温度、振动、热变形、传动误差及动态精度等性能参数进行测试，根据测试数据分析与诊断质量故障，以检验和确保机床刀架、工作台及整机的可靠性。

针对整机验收工作，公司专门配备了激光干涉仪XL-80，福禄克fluke热成像仪、转速表及声级计等检测设备，用于整机验收检测。

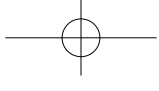
4. 产品质量水平

Y3132CNC6数控滚齿机作为拳头产品，由公司自主研制，拥有多项新技术：机床床身、立柱采用多层壁箱体结构，使其刚性及承载能力得到增强，确保了机床具有较高的刚性、稳定性。机床刀架主轴、工作台主轴采用进口品牌轴承组合，确保机床精度稳定性和可靠性；通过对刀架及工作台的质量控制，使得滚刀最高转速达700r/min，工作台最高转速60r/min，当采用进口涂层滚刀，其切削速度可达120m/min，机床加工效率高；机床配有自主发明的“一种机床热平衡系统”，机床热变形随时处于可控状态，确保了机床加工过程尺寸稳定性，同时大大提高了轴承及传动件的使用寿命。机床开发出新功能，配置了具有自主知识产权的自动对齿打标机构，能完成双联齿的自动对齿打标。

该机床可配置自动上下料机构，可适用于自动生产线，调整时间短，换型迅速，性能稳定可靠，加工节拍短，加工精度可稳定达到国标的6级精度，工序能力指数CPK达到国际水平，目前该机床在国内同类机床中处于领先地位，达到世界先进水平。

四、应用情况

Y3132CNC6数控滚齿机成功推向市场后取得了良好的表现，机床稳定性好、加工效率高，性能可靠；机床单台月平均故障时间小于1小时，批量加工精度保持在7级且加工稳定性高，售后服务及时，受到了广大用户企业的青睐和广泛好评。□



CKX40精密数控车床技术特点及质量控制

浙江金火科技实业有限公司

CKX40精密数控车床是一款高效精密斜床身数控车床,是浙江金火科技实业有限公司在充分了解到市场需求后针对性开发的一款数控车床,产品从研发设计、材料选用、工艺技术设计、产品标准等方面进行了严格审查把控,做到产品从开发设计到出厂都符合标准化要求。这款机床主要应用于各类材质的盘类、轴类零件的精密加工。该机床配备动力刀塔后还可以实现车、铣、钻、攻等复合加工,同时可扩展选配料仓、自动送料机、工件输送装置、桁架机器人或关节机器人等来实现无人化加工。



1. 机床主要技术参数

- | |
|----------------------------------|
| (1) 床身上最大回转直径 (mm) : $\phi 470$ |
| (2) X/Z最大行程 (mm) : 420/480 |
| (3) X/Z快速移动速度 (mm/min) : 24/24 |
| (4) X/Z重复定位精度 (mm) : 0.004/0.006 |

2. 机床的主要结构特点

(1) 采用整体倾斜 45° 结构床身底座,超大导轨跨距,保证了切削过程更加稳定,对异形件及车铣复合加工更为方便。

(2) 采用系统控制拖板动力头旋转和直线移动相对运动复合加工技术,可完成军工行业航空接插件的“圆柱体变导程螺旋线矩形槽”的加工和“光学零件中内轮廓抛物线曲面”和“非球面”的加工(该类零件均需在多轴联动加工中心上加工)。精度相同,加工成本仅为多轴联动加工中心的1/10~1/20,性价比高。

(3) 运用相对运动原理进行多面切削技术,采用定轴轮系的传动和相对运动轮系的运动轨迹为无限近似直线技术,实现切削过程中刀尖在工件上的轨迹和整个周期中刀尖在工件所固结的坐标系中的轨迹平行形成加工平面。

(4) 自主研发了一种油冷电主轴技术,通过电机定子与主轴箱的一体式设计,有效消除连接误差,驱动输出更均匀高效。同时配备主轴齿轮编码器和液压油冷却循环制冷系统,一方面节省了设备空间,提高了主轴的分辨率和加工精度,同时机床主轴冷却效率比传统风冷方式提高了多倍。

3. 机床的用途及其适用范围

(1) 除基本的车削、切槽及倒角等功能外,机床还可以进行各种公、英制内外螺纹加工,以及钻、扩、铰、滚压等加工。

(2) 可加工圆柱面、圆锥面、阶梯面、球面及其它各种回转曲面等几何形状复杂、尺寸繁多、精度要求高的短轴类(或盘类)零件。

(3) 适于加工直径在 $\phi 40\text{mm}$ (主轴可通过最大棒料



直径)以下的棒料、直径 ϕ 300mm以下的盘件和短轴类零件(依卡具不同,此范围会有变化)。

(4) 适于中小规格的有色及黑色金属材料工件的单元或中、小批量生产。

(5) 机床适用于机械、仪器、轻工、电子、医疗仪器等行业的自动化生产。

4. 产品质量控制

(1) 严格把控外购件质量,对外购检验产品进行A/B/C类划分,对外购供方产品质量情况进行全面评估。

(2) 加强过制程质量控制。①工序质量控制;②建立关键工序质量控制点监控和巡查制度,上道输入合格率 $\geq 99\%$;③制造过程工艺文件的执行和监督;④检验记录和免检制度;⑤产品质量特性分级,强化细节产品质量控制:对产品零件质量验收按照质量特性进行“关键、重要、一般、次要”等级划分,明确细节质量验收准则与考核。检验过程中对产品按“优等品、合格品、次品”进行分类并监督考核。

(3) 加强产品出厂质量控制。①机床装配、调试过程:编制装配检验(整机、光机、出厂)记录表并对生产和检验过程中的质量情况进行记录;对机床出厂调试记录的完善与存档;②新产品试验:按照新产品的设计指标进

行全功能试验并记录。

(4) 加强设计与开发质量控制。①设计和开发输入:在各开发阶段确定输入要求;总结类似成功或不成功设计提供的信息或需要改进的有关信息;②设计和开发的输出:通过图纸审核的严格把关,提高图纸下发的正确率,增强技术人员的质量意识。

(5) 注重产品质量的持续改进。①树立质量持续改进的指导思想;②质量的持续改进遵循PDCA原则:开展不合格品的“四不放过”原则:不查清不合格原因不放过;不查清责任者不放过;不落实改进措施不放过;改进措施不验证不放过;③继续推进技术攻关、合理化建议活动:组织针对设计、制造等过程中影响质量、成本的各个薄弱环节进行技术攻关;同时鼓励全体员工动脑筋、想办法、出点子,积极建言献策,组织开展合理化建议活动。

5. 市场表现

产品一经推出,受到国内以及海外客户的普遍欢迎,广泛应用于汽车零配件,气动液压,各类五金件,龙头阀门等金属加工行业。经各地销售公司和终端用户反映机床产品质量稳定,性能优良,售后服务上乘,完全满足用户产品加工的需要,因此该机床自推向市场以来一直供不应求,得到了用户及业内同行的一致好评。□

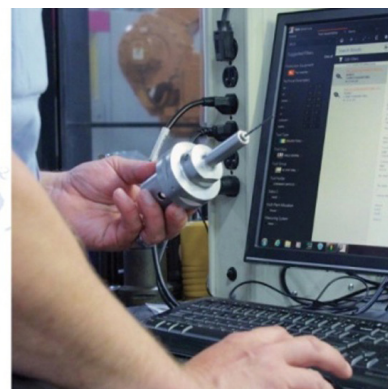
(上接第59页)

在钨马、帕莱克和哈量的KELCH展区,我们都看到了始于1988年的老牌刀具数据管理软件TDM。据介绍,TDM的新进展是全新的TDM Global Line。TDM作为中央刀具数据库,使刀具数据在其他系统中保持一致,为刀具使用提供便利性和统一性。TDM软件完全独立、不依赖于任何刀具制造商,借助TDM Global Line基础模块,可以高效地建立刀具数据库,从而为数字刀具数据管理中的所有其他流程奠定坚实的基础。使用者实际附加值源于良好的刀具数据,也得益于中央数据库,该刀具数据可作为数字孪生数据提供给参与生产流程的所有区域。他们可以在世界任何地方访问中央刀具数据库,这样做可以积累宝贵的专业知识并将其提供给每个用户

使用,同时使整个生产流程实现最大透明度。此外,中央数据库可以防止重复存储数据,这将意味着冗余数据将不复存在,也不会再出现。

TDM介绍说,他们的重点是为刀具数据的整个生命周期提供解决方案和服务。TDM通过提供广泛的接口,有助于优化金属切削刀具的规划使用

和提高工厂生产效率。作为刀具的中央数据平台,TDM全面支持工厂的各个环节数据连通。通过TDM的不同模块,从刀具采购、库存管理、工艺数据管理、车间刀具管理,到最终报废、报表统计等,实现全过程的刀具状态管理。确保刀具数据准确、透明,并使得流程合理、高效。□





冲压车间数字化管理系统

沃尔沃汽车亚太投资控股有限公司 张永刚

【摘要】目前，随着技术的进步和竞争的加剧，汽车领域冲压制造技术正逐步向数字化和智能化制造的方向发展，柔性精益的智能生产线展现了良好的市场前景。

随着车型换代周期越来越快，汽车企业生产车型越来越多，需要对生产过程进行监控与管理，需要对生产运营过程中的数据进行收集整理分析，从而来优化运营，但是目前在大部分汽车行业仍然采用人工纸质采集、手工录入系统的方式进行生产数据采集，在实际生产数据采集方式不足导致了生产数据的完整性、准确性、时效性较差，难以满足制造企业信息化、实时化的发展需求。而随着物联网技术的应用发展，则为车间数据采集提供了有效解决方案。

本文在分析自身工作经验，对冲压精益生产和数字化研究，通过新建冲压线计划，建造了冲压智能信息管理系统，显著提高了生产效率。

一、引言

目前高速冲压线已经到18次每分钟，但是很多时候焊装只有JPH 30（每小时30台车），意味着速度已经不是冲压的瓶颈了。随着竞争加剧成本代替效率成为冲压第一要务，目前很多冲压生产仍然采用纸质文档和手工输入电子文档来管理，这就带来了一些问题，首先大量的数据纪律不够准确，尤其冲压线实际的时间和性能损失，很多数据主观性甚至被加工过，没有准确的数据同时各自数据之间没有关联，需要花费大量的时间去整理分析，最终做出的改善对策效果达不到期望。

为了提高线体稼动率，降低生产成本，需要对建立智能化的信息管理系统，让数据和物的流动同步，实时自动分析便于快速响应。根据国家2025规划战略号召，通过对精益生产研究，确定了冲压质量、成本、效

率和人员等需要测量数据及定义，梳理了数据的测量流程和内容，确保可以实时记录冲压线的状态，确保从冲压钢板如库房，板料上料到冲压线，冲压线生产和线尾装修，运输到零件成品库和焊装上线消耗实时数据。我们和信息系统供应商一起开发了设计数字化管理生产线，通过Andon开发设计物料系统、生产系统和辅助系统等的数据管理，实现了数据储存和实时同步，生产过程中，通过对监控显示屏的监测，可以自动得到生产报表。

二、系统结构

如图1所示，生产管理系统是从Andon开始的，传统的生产过程中，如生产线出现故障，通过监督人员电话联系维修人员抵达现场维修，存在电话联系不畅通、维修人员安排有交叉、维修人员抵达不及时等原因，导致故障不能及时的处理，而生产线的故障由小及大，久而久之会酿成停机等大的故障，因此，对故障的合理安排、及时显示至关重要。

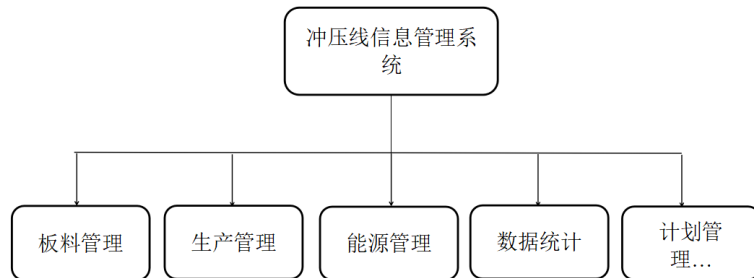
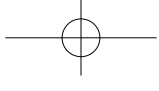


图1 系统数据框架图



通过创新设计系统增加了板料管理和能源管理,同时对冲压线生产数据收集和记录进行了优化,多个系统组成,关系冲压生产的各个系统和设备,实现整体数据的互联互通(见图2)。

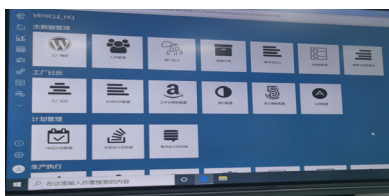


图2 生产信息看板

三、库房管理

目前JPH(每小时产量)低于30的主机厂冲压一般都没有板料开卷,冲压板料主要从外部购买,板料存储和冲压件成品、半成品的存储均需要物料库房,其主要分为板料的物料库存和成品、半成品的物料存放区域,正常生产时,通过管理系统数据提取物料到生产区域,压机进行加工,成品和办成品返回库房存放。

1. 物料存取物料

管理系统存储着所有物料的数据,如提取物料,可以统一分配、记录。并且,管理系统具有监测功能,对所有存放的物料监测:统筹数据、点检记录,判断物料的合格。

在取出物料后,管理系统会让物料过度到过度区域中,但是数据仍然有记录,直到物料到达加工生产线,数据显示加工状态,随后加工成半成品、成品后,进行返回物料存放的区域,管理系统进行记录物料数据,实现闭环。

2. 物料追溯

每一件物料均需要编码进行排列,实现随时跟踪物料的存放、取出、加工和成品办成品的保护存放等数据。

3. 不合格物料的存放

生产过程中会产生部分的不合格

产品。对不合格产品进行特殊编号并存放,以便后续的处理、汇总。

4. 物料存放实时管理

物料的存放涉及到时刻的调动、加工生产,所以需要实时的对物料进行管理,管理系统实时监控物料的数量、状态和余量等。

四、生产管理

管理系统对生产的整体控制主要是对生产线计划的安排和物料及时信息的统计和处理。

管理系统的生产子系统,基于生产过程中的时间、周期和消耗时间整体编排计划,使管理系统能够灵活的调调整体生产线,并且预留系统端口:实现人工干预和调试,通过人工调整后,具有更好的柔性化和人性化,可以自行地进行编排计划,实现多元结合计划排序。

生产管理的子系统具有生产的实际数据和计划量的对比,以及实际生产记录的时长等数据。

1. 生产停线记录

生产停线的管理记录停线的时间和物料的数据等,并且会自动生成停线的设备原因,同时人工对于一些特殊的停工收入确保所有因素都被记录。

(1) 生产停线管理

生产线的停线管理主要对原因进行分析、归类。由管理系统自动生成的数据汇总,把相关的数据进行分类,实现了原因进行的分类,从而生成工单,进行汇总分析解决。

(2) 生产停线原因汇总

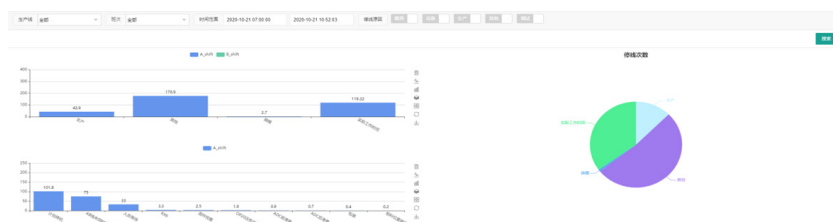


图3 停线原因汇总

管理系统会集中汇总生产线的原因,并分类、汇总得到直观的饼状图,可以直观的分析原因,如图3所示。

(3) 生产停线时间统计

生产线停线后,数据管理系统及时统计物料的库存,包括:毛坯件、成品件、半成品件的数量、存放区域等,如图4所示。

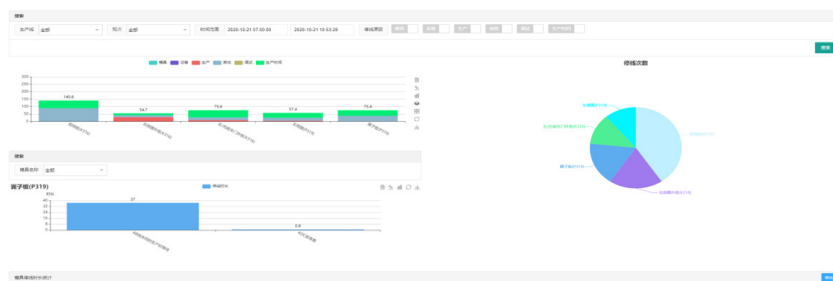


图4 停线原因分析

2. 管理系统检验

管理系统的检验是对加工件的检验，并对相关数据进行记录，如图5所示，界面左侧为生产线的布局检验点，右侧为各个检测点的检测记录，相对应的状态数据。对应的检测记录，内部包含着详细的生产时间、抽查时间、问题记录和缺陷图片等。

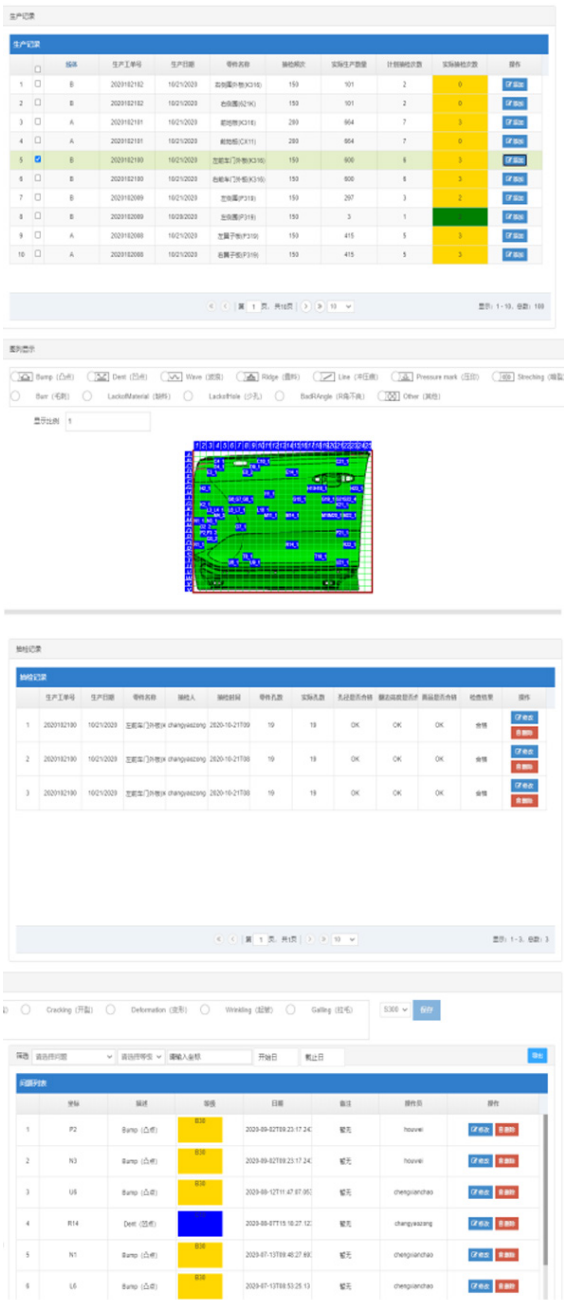


图5 系统检验

生产过程中，成品和半成品均会打印标签、条码进行记录，条码内部详细记录信息。标签上不仅包含信息不同，条码的颜色和字体均有所区别，在人工检测时会很容易辨别产品的状态，如果有不

合格品，会明显的标注不合格、报废等字样，便于直接分类处理，如图6所示。



图6 条码数据记录图

3. 料架管理

系统对物料的管理可以延伸到对物料构架的管理，可以更好地实现区域化的管理。

4. 管理检查

生产线在成品和半成品的区域，会呈现管理系统的最终状态，显示各个零部件的状态。

5. 模具管理

管理系统会对加工模具进行记录管理，生成具体的工作量清单，记录工作人员工作时间、工作量，同时具有反馈功能，可以把实时数据提交给每一位工作人员，并且会记录数据是否查看的状态，生成每天的工单，尤其在解决不合格品和生产线故障时，会详细记录相关数据。

管理系统对模具的管理是重要的一部分，主要对统计故障诊断后处理数据的记录等。

(1) 模具记录表

模具记录表是模具出现问题后，解决相关问题全过程的数据。模具记录主要分为两类，一类是：生产线停线的时候的所有数据生成；另一类是人工的记录端口，可以记录相关信息。模具记录表格在生产完成后进行配发，需要逐级别的进行确认，依次确认后，形成一个闭环，模具的记录表任务完成。

(2) 模具时间记录

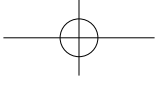
模具的维修时间记录在生产线中至关重要，主要是参与人员的工时和工作量，便于后续的计划安排。

6. 不合格品存放管理

检测出的不合格产品（未报废）需要进行修补处理，但初期应该对不合格件合理布置存放。

(1) 返修件存放

需要返修的不合格品需要完善的统计、存放，并要考虑返修的工序，以便于合理的调取。



(2) 返修记录

返修记录数据分为两种，一种是生产线检测出的不合格产品的返修状况，另一种是人为通过端口添加的返修信息。在工作排序确认后，返修工序和人员要及时确认，并通过逐级别的进行确认，工作确认实施后，返修形成闭环，任务及时停止。

7. 数据管理

管理系统通过对所有的统计信息的分析处理，主要运用的是：合格品统筹表、报废率表、维修表、工时表等等。如图7所示，通过柱状图可以很好地显示时间（时、日、周、月、年）的数据信息。

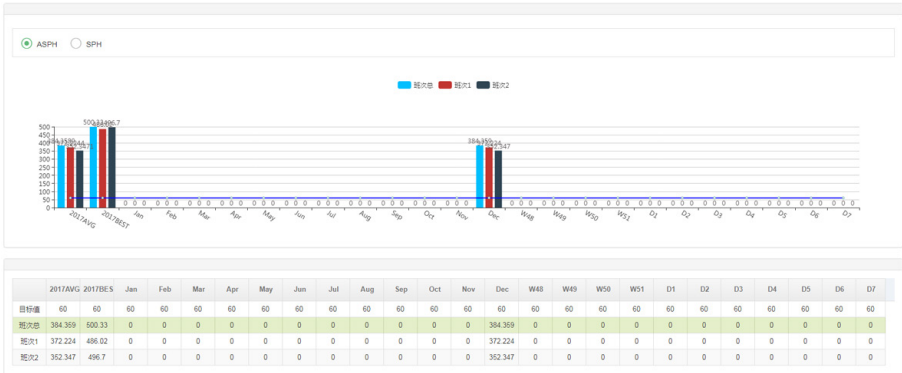


图7 数据管理

数据的分析通常会运用不同的图表进行分析。数据汇总后总结具体的明细和记录，生成具体的曲线、分工明细等。综合以上，每套数据的汇总表格均具有子列表，对具体数据放大化，便于查看。

8. 计划管理

目前冲压一般是提前一周根据焊装的计划来排产，之前都是根据实时库存状态进行调整，由于冲压线体的不稳定和焊装生产波动造成料架没有实时返还，造成冲压一直处于被动临时补库状态，目前根据焊装每天消耗需求，根据每个零件料架容积数和冲压线的外换模时间，实行每个批次等于焊装每天消耗倍数，基于顺序和时间来实现循环，根据每个零件的模具和设备等状态确定安全库存，基于以上通过系统实现自动排除，降低了在制品库存。

五、能源管理

能源管理用于记录生产线工作的整体耗电情况，并且记录压力机、机器人、输送系统和辅助系统的分别用量。

1. 电能消耗

电能消耗数据的统筹直接关系着生产线能量的损耗。数据会以每个设备名称在管理系统中记录，在数据库中可以直接以名称进行查询。

2. 产量损耗数据

产量的损耗涉及到：用电量的损耗、单位产量的损耗和总的当天单位损耗，有利于成本核算的数据分析。

产量能量的损耗图分别有：柱状图、折线图、数据流等，通过这些数据图

的结合，可以清晰地了解电量的损耗。

3. 原始数据

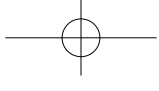
原始的产能数据管理物料的输送、存放、加工等数据信息的分析，具有指导性的意义。

六、Andon系统

系统通过连接冲压线PLC，主要完成异常按钮信息的采集，三色报警灯、音乐报警喇叭的控制；系统通过以太网完成LED屏的实时同步显示。ANDON系统是精益生产、持续改善生产现场的有效管理工具之一。将此系统应用到冲压车间的实际生产中，达到生产组织过程中的各类异常的迅速反应，加快生产故障异常的处理速度。减少停工时间，大大提高了生产效率，自动化生产和管理水平，系统功能强大，安全可靠且操作灵活。

七、结束语

文中结合实际项目和生产运营背景，对冲压线数字化管理系统进行了开发和现场应用，从冲压板料库管理、生产管理、能源管理和Andon系统四大部分着手，大大提高了整体冲压系统的生产效率。通过管理软件开发平台设计，完成系统服务器的设计以及上位机编程实现，从而提高生产透明度，实现无纸化办公，提高生产效率，降低生产制造成本，优化生产过程管理。解决了该工厂生产组织模式落后、管理思想与效率低下等问题，有利于生产过程信息数据的采集、共享与处理。这样不仅满足了企业对于信息化以及精益制造管理的需求，使得冲压生产线高效的运转，而且对降低企业的制造成本，增强企业的市场竞争力有着成功的借鉴意义。□



水平仪在机床上的使用方法

山东鲁南精工机械有限公司 刘 斌

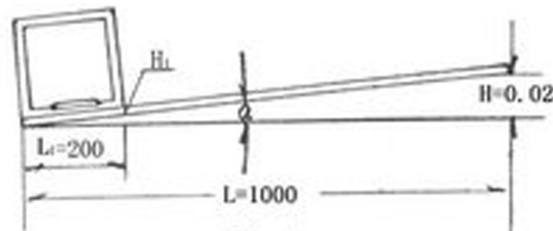
摘要：介绍了水平仪的原理及读数方法，使用方法及注意事项，直线度和平行度的测量和计算方法

水平仪是一种测量小角度的常用量具，在机械行业和仪表制造中，用于测量相对于水平位置的倾斜角、机床类设备导轨的平面度和直线度、设备安装的水平位置和垂直位置等。目前机床制造厂应用较多的高精度测量仪器有：框式水平仪、钳工水平仪、合像水平仪及光学平直仪等；主要用于测量相对于水平位置的倾斜角，校正基准件的安装水平；测量各类机床导轨、基准平面的直线度和平面度，以及零部件相对位置的平行度和垂直度误差等。

机床的水平是机床各项精度的基础，尤其是高精度机床水平更为重要。立式加工中心水平没有调整到规定范围，机床因受重力的影响，从微观上看，机床的导轨产生扭曲，导致X、Y轴的垂直度受到影响，若偏差较大则会影响到加工方和圆的精度；由于导轨的变形，工作台被迫发生微量变形，导致主轴与工作台的垂直度超差，最终影响平面的加工精度；在水平超差较大情况下使用机床，会加剧导轨丝杆等运动件的磨损，不但加工精度无法保证，还会影响机床使用寿命；大机型的水平就更为重要了，因为行程大又要保证工作台在行程范围内水平要基本一致，调整就要非常仔细与耐心，一般龙门调水平要花1-2天时间甚至更长；对机床来说水平非常重要，所以要求客户摆放机床的位置地基要好，大机型要打更厚的地基，还要用螺栓固定机床，避免水平变化。怎么正确使用水平仪是尤为重要的，根据机床的几何精度GB/T1742.1-1998和国家机械委统编教材的有关内容，结合机床制造厂多年的实践经验，测量使用方法简述如下。

一、水平仪的原理及读数方法

(1) 原理（以框式水平仪为例，精度0.02/1000mm）。



(2) 直接读数法：以气泡两端的长刻线作为零线，气泡相对零线移动格数作为读数，这种读数方法最为常用。



(3) 水平仪的移动方向与气泡的运动方向相反，读数为负值（呈凸型）。



(4) 水平仪的移动方向与气泡的运动方向相同，读数为正值（呈凹型）。



如果导轨是凸的情况下，水平仪（垫铁）从任意一个方向进行移动，水平仪的气泡向相反方向运动；如果导轨是凹的情况下，水平仪（垫铁）从任意一个方向进行移动，水平仪的气泡向相同方向运动。

二、水平仪的使用方法及其注意事项

- (1) 注意保证水平仪使用中的清洁。
- (2) 检查水平仪的零位是否正确。
- (3) 测量时，应尽量避免温度的影响。
- (4) 水平仪要轻拿轻放，不得拖动或在原位旋转。
- (5) 水平仪放置在垫铁或桥板上时，位置要相对稳定。
- (6) 水平仪气泡应在静止状态下，方可读取数值，视线要垂直。
- (7) 用框式水平仪测量工件的垂直面时，扶持要正确。
- (8) 当测量长度较大工件时，可采用分段测量法。

三、直线度的测量

机床工作台的直线移动精度，在很大程度上取决于床身导轨的直线度。但机床导轨一般比较长，往往难以用平尺、检验棒等作为基准测量导轨的直线度，这时可以用水准仪进行测量。其工作原理是：假设在被测导轨上有一条理想水平直线作为测量基准，再把被测导轨分成若干段，然后用水准仪分别测出各段相对于理想水平直线所倾斜的角度值，通过绘制坐标图来确定导轨与水平直线的最大误差格数，最后运用公式计算出导轨与水平直线的误差值。具体计算方法如下：

1.间接测量法（节距法）

在一个同被测量面接触良好的桥板上安装水平仪或反射镜，桥板从左端逐段依次测量，要注意桥板每次测量移动的长度，太短导致测量次数太多会引起计量累积误差；太长又不能反映真实的局部误差，特别注意的是：后一段的前支承与前一段的后支承重合，如果每段毫无联系就反映不出真实的误差，另外无论被测表面多长每段移动长度不得大于一米。在读数取值上规定：水平仪气泡移动方向和水平仪移动方向相同时为正值，相反时为负值。在各段上测得的示值读数反映了各段的倾斜误差，它不能直接反映被测表面的直线度线性误差情况，线性误差必须采用图解法或算法进行分析得出。

当在水平面内测量时，精密水平仪可测量俯仰和倾斜，而光学平直仪和激光可测量俯仰和偏摆。

(1) 图解法

将各段测得数值绘制到坐标纸上，以横坐标表示被测表面的长度方向，纵坐标表示测量读数，绘制出被测表面的误差曲线，可按照直线度定义的最小区域法或按照精度规定的端点连线法来确定直线度误差和误差形状。

以端点连线法确定误差时是以误差曲线与两端连线之间的最大坐标值计算（格数）并规定误差曲线在端点连线之上时误差形状为凸，在连线之下时为凹，有凹有凸时称为波折形。

被测表面的实际直线度误差： $\Delta = C L N$

Δ ——直线度误差（mm）误差形状波折时
 $\Delta = \Delta 1 + \Delta 2$

C——水平仪或平直仪刻度值（如：0.01/1000合像水准仪）

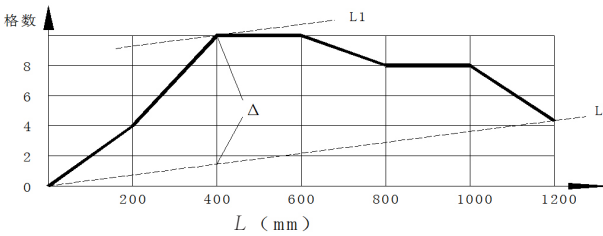
L——每段测量长度（mm）

N——最大纵坐标值（格数）

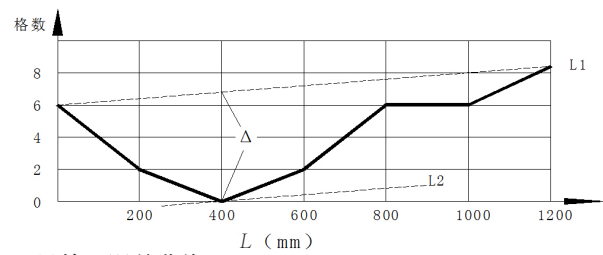
导轨编号	水平仪测量位置及示值读数（格）						直线度误差值 Δ （mm）	误差形状
	1	2	3	4	5	6		
I	+4	+6	0	-2	0	-3.2	$\Delta = 0.017$	凸
II	-4	-2	+2	+4	0	+2.4	$\Delta = 0.014$	凹
III	+3	+6	-3	-1	-3	+4	$\Delta = \Delta 1 + \Delta 2 = 0.02$	波折

例：

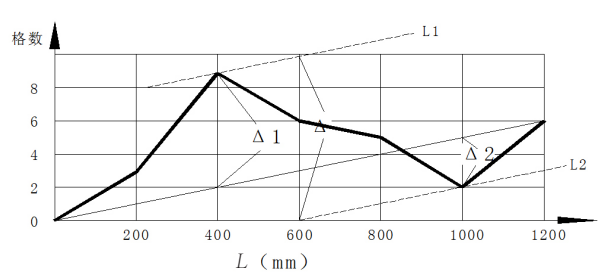
导轨 I 误差曲线



导轨 II 误差曲线



导轨 III 误差曲线





2. 算法

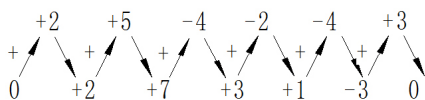
算法实质上是各段读数的坐标位置进行变换,使两个端点最终能与横坐标轴重合(或平行),此时导轨的误差值就等于其中最大纵坐标值与最小纵坐标值的代数差的绝对值。

读数时按以下步骤(以图例导轨Ⅲ进行计算分析为例):

- 1) 测量示值原始读数 +3、+6、-3、-1、-3、+4
- 2) 平均读数

$$\bar{N} = \frac{+3 + 6 - 3 - 1 - 3 + 4}{6} = +1$$

- 3) 各减平均值

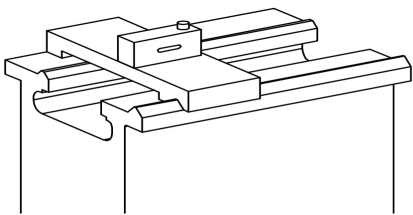


- 4) 各端点坐标值

- 5) 求出导轨直线度误差

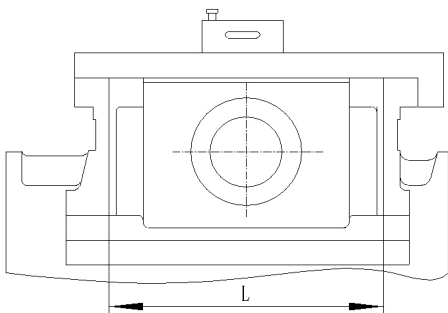
$$N = | +7 - (-3) | = 10 \text{ (格数)}$$

$$\Delta = N \cdot C \cdot L = 0.02 \text{ mm} \quad \text{误差形状为波折线}$$



四、平行度(也称作扭曲或倾斜)的测量

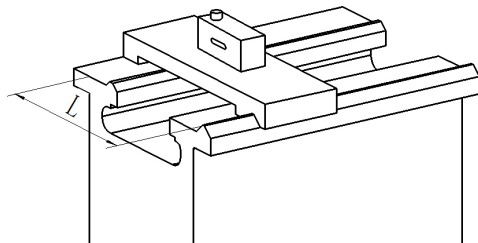
1. 两个面的平行度(如图)



水平仪放于两被测平面的桥板上(或放在工作台上、或放在滑座上),沿两平面移动,移动距离及取读角度值该过程与测量直线度一样,不同的是两平面做相对检验,取读数中最大差值作为角度平行度误差,然后将其乘以L变为线值的平行度误差。

如果两平面跨距太大难以使用桥板,可用一个可移动的检具支座,分别测量每个平面,将各对应位置的读数进行比较,从而求得平行度误差。

2. 两平面相交线对第三平面的平行度



测量方法及步骤同2.1两平面平行一样。

特别提示:桥板定位面的夹角与被测平面的夹角应精确的相配。□

资讯

武重集团四次蝉联“国家技术创新示范企业”荣誉称号

近日,国家工业和信息化部办公厅公布“关于2021年国家技术创新示范企业复核评价”结果,武汉重型机床集团有限公司凭借良好的科技创新能力和创新业绩顺利通过复核评价,四次蝉联“国家技术创新示范企业”荣誉称号。

国家技术创新示范企业评定及复核工作由工信部和财政部共同组织,其考核实行动态管理,每3年进行一次复核评价,分别从创新投入、人才激励、创新合作、创新队伍建设、创新体系建设、技术积累储备、技术创新产出、技术创新效益等方面入手,对企业进行全面系统的评价,旨在引导和鼓励企业完善创新制度建设、加大创新投入,加强核心关键技术攻关,不断提升自主创新能力。

武重集团自2012年被首次认定之后,连续三次顺利通过复核评价,充分体现了武重集团作为中国重型机床行业的龙头企业之一,“坚持创新驱动战略,走高质量发展之路”的科技实力和引领行业创新发展的示范能力,进一步夯实了企业科技创新体系的建设能力。

近年来,武重集团始终坚持创新驱动发展战略,立足高端装备、短板装备和智能装备,攻克了一批处于国内领先地位的关键核心技术,为国家航空航天、轨道交通、船舶及海洋工程、国防建设等重点领域及重点工程提供了一批国之重器。在接下来的工作中,武重集团将切实发挥好“国家技术创新示范企业”的平台支撑作用,以技术创新、高质量发展为目标,强化科技成果转化,增强技术支撑和引领作用,持续加大科技创新投入,加强关键核心技术攻关,围绕工业基础及绿色发展等新领域,紧跟国家战略发展部署,不断提升自主创新能力。□

还刀过程中执行T代码的节拍问题

北京工研精机股份有限公司 肖 博

如今的机械加工，尤其是生产线加工，比如汽车车桥、发动机缸体、缸盖等生产线对生产节拍提出了严格的要求。影响生产节拍的因素或环节比较多，今就还刀动作过程中执行T代码的节拍问题进行探讨，本文以FANUC数控系统为例进行说明。

一、问题的提出

1.刀库简介

图1所示为日本森精机的HN ATC38型链式刀库，采用伺服分度，固定式换刀模式（刀具和刀套是一一对应的，刀具号即刀套号），刀库容量为38。ATC的各个动作由一系列油缸驱动完成：

- 机械手向左/向右平移油缸
- 单元向主轴/向刀库油缸
- 手臂伸出/缩回油缸
- 机械手正/反转180度油缸



图1 链式刀库

摘要：基于PLC，将T代码的物理动作分为两类，一类为通常情形下T代码的物理动作，另一类为还刀过程中T代码的物理动作。将T代码数据保存在R地址中，并且处理T代码的完成条件，使得还刀动作过程中的T代码能“瞬间”执行完成。进而NC程序接着向下进行，使得还刀过程中执行T代码的节拍问题得到优化。

为了方便描述，将刀库动作分为三个部分：

表1 刀库动作

	备刀	换刀	还刀
程序代码	Txx	M06	\
代码完成	“瞬间”完成	刀库门关闭为标志	\
具体动作	刀库转动至指令刀具，并将刀具从刀库转移到机械手上，刀库侧进行。	手上刀具和主轴刀具互换。同时，刀库转动到还刀位置，为还刀做准备。	换刀动作结束后的PLC顺序动作，将手上刀具还到刀库，刀库侧进行。
加工程序与动作	加工程序和备刀动作同时进行。	换刀过程结束后，加工程序方可向下进行	还刀与加工程序同时进行。

备刀的代码Txx为“瞬间”完成，这是因为其耗时仅仅为选通脉冲信号MF、SF、TF、BF的迟延时间、M、S、T、B 功能结束信号(FIN)的可接受宽幅和PLC的扫描周期，可忽略不计。还刀动作是与加工程序同时进行的，即刀库侧一边还刀，系统侧一边向下执行加工程序。还刀动作不占用程序运行的时间，所以耗时也为“零”，经实践检验，表1 所示的刀库动作可以满足大多数的加工节拍要求。

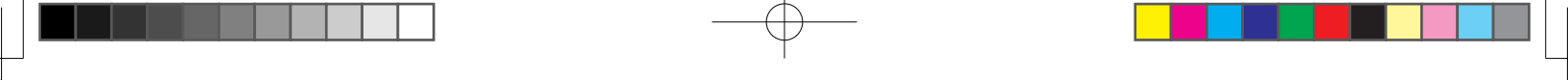
值得注意的是，表1中的备刀只是最常见的T代码备刀情形，其最显著的特征是一边执行切削加工，一边进行备刀动作。实际的生产中，在运行某些加工程序中的T代码时，发现T代码并不能“瞬间”完成，而是会出现“等待”现象。

观察发现，执行该加工程序时，有“等待”现象的备刀动作无一例外地发生在还刀的物理动作期间。在对加工节拍有严格要求的场合，这是一个不容忽视的问题，同时，也是同一类型刀库需要重视的问题，下面以实际例子进行说明。

2. 还刀动作过程中的T代码

(1) 加工程序的结构

表2为计算机自动生成的加工程序，由程序段N28和N29可知，在执行刀具



交换指令M06后，紧接着便是下一把刀具的备刀指令T2，这是该加工程序的一个明显的特征，如表2所示。

表2 加工程序

程序段号	程序段	备注
N02	...	加工
N10	T1;	备刀
N12	G01...;	加工
N28	M06;	刀具交换，将T1换到主轴上
N29	T2;	备刀
N22	G01...;	加工

(2) 问题的提出

这里就以程序段N28和N29的执行来进行说明。当刀库侧门关闭，意味着程序段N28的M06指令执行完成。接下来，机床进行两个动作。

动作1：刀库侧还刀，这是换刀动作结束后的PLC顺序动作。

动作2：执行程序段N29的T2，意味着要抓取2号刀具到机械手上。

此时的T2指令并不能像表1所示那样“瞬间”完成，而是需要一直“等待”到刀库侧的还刀动作结束后，才能执行完，如时序图2中的time1即等待时间。这是因为，备刀时，T代码需要基于TFP信号，同手上刀号、主轴刀号进行比较，而只有当还刀动作结束后，手上刀号才能确定下来，动作流程如图3所示。这里的“等待”显然与节拍的要求是背道而驰的，这也就是通常的刀库控制思路中的不足之处。表3列出了此时的接口信号。

表3 接口信号

内容 信号	含义
MFM	反映从换刀开始，到还刀结束的整个动作过程。
TF (F7.3)	刀具功能选通脉冲信号，这是NC输出到PMC的信号，此信号通知已经指令了刀具功能的事实[1]。执行T代码后，便产生TF信号。TF信号是触发TFP的必要条件。
MTFIN1	执行T代码的完成信号
TFP	T功能脉冲，启动T代码的值与手上刀号、主轴刀号进行比较。

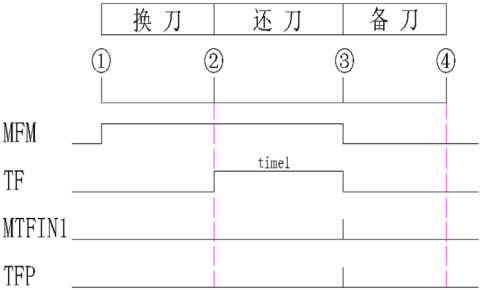


图2 等待时间time1

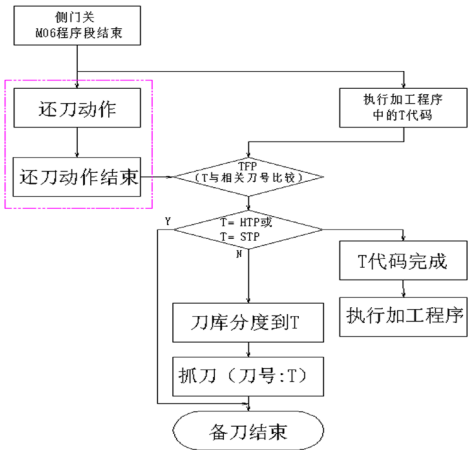


图3 流程图a

3. 思路分析

要解决上面的问题，一个常见且行得通的处理方法是：把加工程序中的备刀指令T2向下移动若干段，以便还刀动作开始时，与之同时开始的是加工程序，而非T2。这样，还刀动作便和加工程序同时进行，这显然是有利于节省程序运行时间的。为了最大限度地改善节拍，还需确保在执行T2的时候，所剩余的还刀时间尽可能少，如图3中的等待时间time2,已经远远少于等待时间time1。当然，如果在执行T2的时候，还刀动作已经完全结束，这样，就成了表1所述的通常的T代码备刀的情况了，time3就是“零”了，即T代码“瞬间”完成（见图4）。

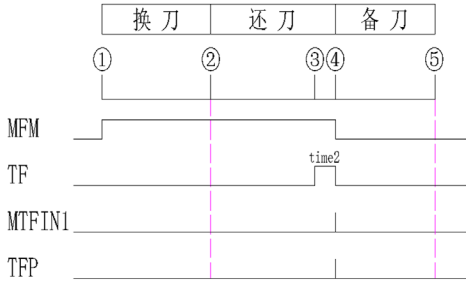


图3 等待时间time2

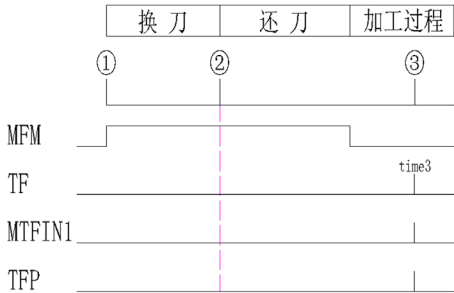


图4 等待时间time3

但是，这样处理方法也存在下面3个劣势。

(1) 对编程人员的要求比较高，需要编程人员熟悉刀库换刀的动作特点。

(2) 加工程序改进后，往往要进行实验验证，必要

时，这种“改进——验证”的过程需要重复多次，费力费时。

（3）如果程序中涉及T代码比较多，工作量随之加大，且容易出错。

因此，考虑在逻辑控制上进行优化，本文给出了一种解决方案，以期抛砖引玉。

二、解决方案

1. 动作流程图

不妨将还刀物理动作过程中的T代码处理为“瞬间完成”，同时将T代码刀号保存在R510地址中，等还刀动作结束后，再进行R510和手上刀号、主轴刀号的比较，进而进行物理上的抓刀动作。如图5的流程图中。

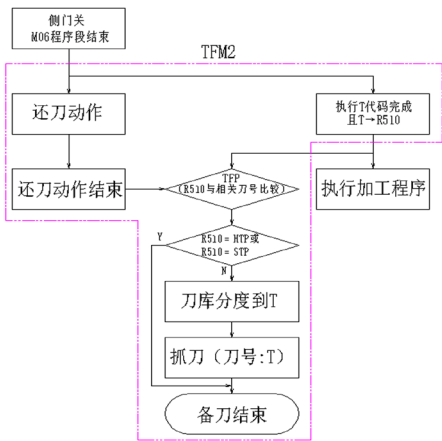


图5 流程图b

2.接口信号

描述方便起见，把T代码的执行分为两大类，一类是通常的T代码，一类是还刀过程中的T代码。基于两类T代码的梯形图，思路清晰，稳定性好，并且简单易懂，可读性强。这里对其中主要的接口信号进行说明，如表4所示。

表4 主要的接口信号

内容 信号	含义或功能
MFM	反映从换刀开始，到还刀结束的整个动作过程。
TF (F7.3)	刀具功能选通脉冲信号，这是NC输出到PMC的信号，此信号通知已经指令了刀具功能的事实。执行T代码后，便产生TF信号。TF信号为触发TF1或TF2信号的必要条件。
F0026	刀具功能代码信号[1]，反映着T代码的数值。
R0510	用于保存F0026的R地址
TF1	1.触发TFP。2.触发TFM1。
TF2	1.触发TFP。2.触发TFM2。
MTFIN3	还刀过程中所执行的T代码的完成信号
TFP	T功能脉冲，启动R510的值与手上刀号、主轴刀号进行比较
TFM1	通常的T代码的物理动作过程
TFM2	还刀过程中执行T代码时的物理动作过程

所谓通常的T代码，是对应于还刀过程中的T代码而言的。换句话说，只要T代码执行于还刀的物理动作过程以外，就是通常的T代码。表4接口信号之间有着紧密的联系，下面加以对比说明。

（1）两类物理动作TFM1和TFM2

将执行T代码的物理动作分为两类。如表4中的TFM1和TFM2，二者之间的异同点详述如表5所示。

表5 两类物理动作过程

	TFM1	TFM2
不同点1	通常的T代码的物理动作过程	还刀过程中执行T代码时的物理动作过程
不同点2	TFM1为0，是TFP触发的必要条件	与TFP无关
相同点	1.执行T代码，标志着物理动作的开始。 2.备刀结束，标志着物理动作结束。 3.物理动作期间为1。 4.与换刀动作作为互锁关系。	

①TFM1与TFP

关于“不同点2”，若TFP要触发进行R510和手上刀号、主轴刀号的比较，这就要求手上刀号务必完成刷新，即要求通常的T代码备刀的物理动作必须完成，亦即TFM1为0。因此，TFM1为0便是TFP的一个前提条件。

②TFM2与TFP

然而，还刀过程中执行T代码的情形中，在还刀结束、备刀开始的时刻，同样地，需要TFP触发进行R510和手上刀号、主轴刀号的比较，而此时刻TFM2仍然为1，因此，在PLC的处理上，TFM2与TFP的触发没有关系。

（2）TF1和TF2

两类T代码的启动信号TF1和TF2，既有相同点，也有不同点，如表6所示。

表6 TF1和TF2

	TF1	TF2
不同点	T代码一旦完成，TF1便复位。	T代码即使完成，TF2也不复位，待TFP触发，TF2才复位。
相同点	一旦进入TFM2的动作过程中，后续的T代码不会被执行。	

①TF1的复位

对于TF1而言，T代码一旦完成，意味着TFP已经产生，进而启动了R510的值与手上刀号、主轴刀号进行比较，此时，TF1便复位。

②TF2的复位

对于TF2而言，T代码虽然完成，但是TFM2仍然为1，且仍然处于还刀的物理动作中，一旦还刀完成，触发TFP信号，进而启动了R510的值与手上刀号、主轴刀号进行比较，此时，TF2才复位。

（3）完成信号

还刀过程中执行T代码时，T代码“瞬间”执行完，如图6中得time4为零，其完成信号为MTFIN3。

(4) T代码赋值于R510

一旦进入TFM2的物理动作过程，则T代码数据会同时被赋值于R510地址，比如将Txx的值xx赋值于R510。这就意味着，在TFM2物理动作期间，恰好又执行到新的T代码的话，比如Tyy,这时，R510禁止被再次赋值。

否则，R510原有的值xx将会被新值yy所覆盖，如此一来，还刀结束后所进行的备刀动作，不会将xx号刀具，而是将yy号刀具抓取到机械手上，显然这是错误的。所以从逻辑的角度来讲，只有当TFM2动作结束后，R510中才允许被赋值。

(5) TFP的处理

还刀过程中执行T代码，虽然T代码已经完成，NC程序向下执行。但是，只有当还刀动作完成后，才能产生TFP信号，并基于TFP进行R510的值与手上刀号、主轴刀号进行比较，进而进行真正意义上的物理备刀动作。

3. 时序图

结合接口信号，这里给出了还刀过程执行T代码的时序图6，PLC程序图7。

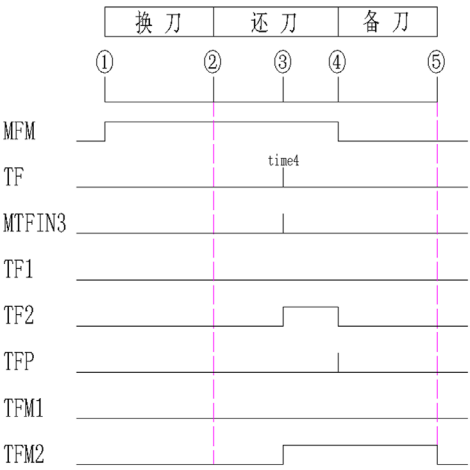


图6 时序图

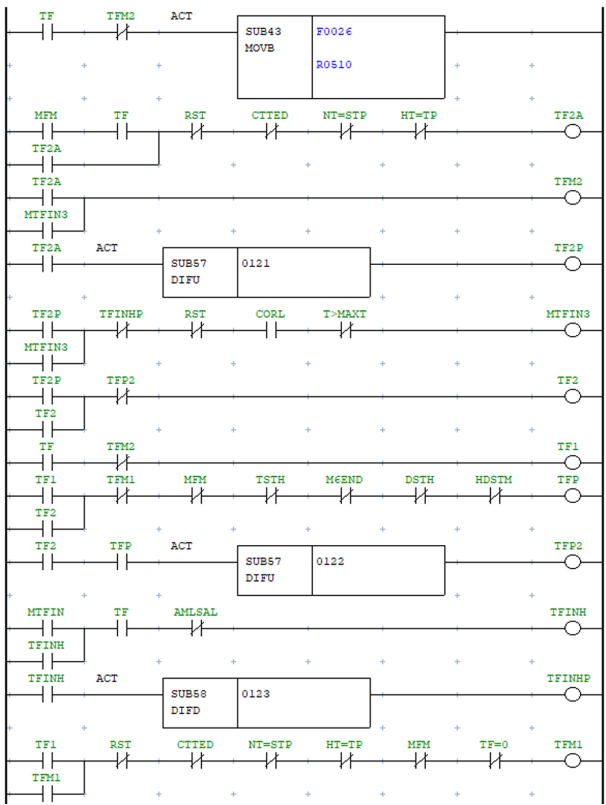


图7 PLC程序

三、总结与展望

1. 节拍的改进

运行表2所示的加工程序，针对还刀动作循环中的T代码执行时间、NC程序运行总时间，将改进前和改进后的情形进行实验对比,结果如表7所示，其中还刀过程的物理动作时间经过确认为5.2s。

表7 时间对比

项目类别	T代码	NC程序运行总时间
改进前	5.2s	4m34s
改进后	0	4m00s
压缩	5.2s	34 s

由表7可知：

(1) 改进前，该T代码执行时间即为整个还刀动作过程的时间，即时序图2中得time1，这里为5.2s。

(2) 改进后,该T代码执行时间即为0，压缩量为5.2S。

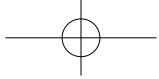
(3) NC程序运行总时间压缩量为34S，达到了预期目标。

值得一提的是，加工中使用的刀具越多，总的压缩量也就越明显。由此例也可以看出，节拍问题要善于观察细节，从一点一滴做起，“勿以善小而不为”，做到积少成多，问题往往不难解决。

2. 更好的适应性

(1) 对加工程序的适应性更好
处理后的PLC程序，适应用户各种常见的编程习惯，尤其对计算机自动生成的表2所示的加工程序格式来说，T代码在程序中的位置无需做适应性调整，避免了由于程序段的调整而引起的不必要的错误的发生，大大方便了用户的使用，单从这个角度来讲，这本身就是一种效率的提升。

(2) 换刀动作更加完备
处理后的PLC程序，在保持刀库原有机能的基础上，换刀动作更加完备。□



ZEISS 三坐标测量机： 助力客户加快刀具开发效率

卡尔蔡司（上海）管理有限公司

现在，MAPAL Dr. Kress KG公司开发部门的员工通常在一小时内就能知道新刀具是否能达到客户的精准度要求。该公司从2018年初开始进行现场测量，而无需再花几天时间等待服务提供商给出测量结果。MAPAL利用高精度三坐标测量机ZEISS PRISMO ultra对其用新刀具加工出来的工件进行检测。对于MAPAL这样的全球化公司而言，节省测量时间有助于更快地开发出适应未来重要趋势（如电动汽车）的创新刀具解决方案。

MAPAL Dr. Kress KG研发副总裁Dirk Sellmer博士强调指出：“要想研发出高精度的刀具，就必须有高度精准的测量数据。”



2017年，汽车制造商实现了重要的里程碑：全球电动汽车销量首次超过100万辆。业内的许多佼佼者不断在电动汽车领域大力投入，以确保他们在未来市场的优势地位。例如，大众汽车计划在未来几年投资200亿欧元。到

2025年，大众将推出大约50款纯电动汽车和30款插电式混合动力车。

要实现这一目标，离不开众多刀具制造商的助力。MAPAL公司研发副总裁Dirk Sellmer博士表示：“我们必须快速开发出理想的刀具和刀具解决方案，以生产出电动汽车所需的新组件和材料。”

与内燃机相比，电机加工所需要的工作量更少，因此未来用到的刀具也会更少。

为此，MAPAL已开始在其动力传动业务之外拓展新的业务领域。这家家族企业在全世界拥有5250名员工，将投入研发刀具和制模技术。

工件如何成就精密刀具

Sellmer说：“要开发出高精度、创新的刀具和刀具解决方案，我们必须借助高度精准的测量数据。”多年来，该公司一直委托一家外部供应商为其提供工件和刀具测量服务。Sellmer把MAPAL的刀具比喻为“像搭积木一样组合而成的复杂解决方案”。为了更快速地为客户提供定制化产品，该公司于2018年从蔡司购买了一台非常精密的三坐标测量机(CMM)。

当年1月初，公司的两名员工开始操作ZEISS PRISMO ultra。不到一年后，Sellmer便给予了“物有所值”的高度评价。三坐标测量机满足了MAPAL对精度的要求，并在短时间内展现出显著的使用效果。开发部门的两名员工每两周轮流使用测量系统和生产机器，在三坐标测量仪上检测生产出来的刀具。



最重要的是，MAPAL的员工可使用公司自有的工具测量加工的工件，从而在生产过程中保证工件的精度和稳定性。在这家总部位于德国Aalen的公司里，精度是每个人都关心的问题，因为大多数MAPAL刀具和刀具解决方案都用于加工精度要求非常高的零件。

电机定子外壳是MAPAL成功满足客户要求的范例之一。该铸造件的加工难度在于要形成一个贯穿整个组件的大直径主钻孔，并且精度要达到几微米。垂直度公差仅为30微米（0.03毫米），同轴度公差为50微米。



制造定子外壳的理想刀具

对于如此大的钻孔来说，这样的公差是极小的。但若仔细观察电动机的设计，就会明白为什么需要如此严格的要求。以永磁同步电机为例，它是新能源汽车(NEV)中常用的电机设计。

定子是电机内部的固定部件，连接了线圈或称为发夹的铜线。这些部件会产生电流，形成旋转磁场。转子位于定子内部，由于其自身的恒定磁场，因此跟随定子的磁场。转子的三相电流使其与磁场同步旋转。除非转子和定子之间有间隙，否则转子实际上不能移动。但转子受到相

当大的磁阻，这反过来又降低了磁通密度和电机的功率。因此，设计师会尽可能缩小这种间隙。为了确保制造过程不会影响零件的设计，MAPAL为客户提供了一种高精度并且轻便的设计。



首先，在定子壳体的圆柱体上钻孔。这意味着大约30厘米长的刀具在外壳的外压铸层上打一个孔。然后小心地把表面磨平。MAPAL公司于一年半前引入了用于定子壳体主钻孔高精度加工的刀具。由于并非所有外壳都相同，所以这些刀具针对每位客户进行定制。

现场测量，减少等待时间

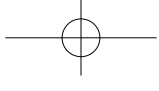
汽车制造商通常提供10到30个外壳，MAPAL必须在其测试区域内使用相应的刀具进行加工。客户可根据经过多轮加工后的测量结果，按照自身需求优化精密的刀具解决方案。

在购买自有的三坐标测量机之前，MAPAL通过一家外部服务供应商测量其工件和刀具。但在短短10年的时间里，该公司的测量成本却显著上升。MAPAL越来越多地为客户生产刀具，并开始进行系列前生产。为确保客户拥有需要的所有信息，需要执行大量的测量，而这将不可避免地导致支出增加。Sellmer表示：“与2007年相比，2017年我们在外部测量服务上的支出是2007年的两倍。”

然而，当公司考虑是否投资CMM时，最终的决策性因素不是成本，而是时间。

我们过去要等两到三天才能获得测量结果。Sellmer解释说：“现在情况已经不同了，通常在一个小时内就可以获得结果。”

这还不是全部。由于在MAPAL负责测量的员工也接受了测量技术培训，从而减少了人为因素导致的误差。Sellmer说：“我们的团队在生产中也使用各种机器，因



此敏感度非常高，了解哪些地方的污染物会影响测量结果。”

此外，现在可在公司现场将零件装夹在加工夹具中进行测量。这减少了从夹具中移除工件或重新夹紧工件所造成的潜在人为因素影响。为MAPAL带来的另一个显著优势是能对定子壳体之类的薄壁组件间歇地执行计划外测量。这样，公司就可以看到夹具对机械加工的影响。

Sellmer博士还强调了另一个关键优势：工程师和技术人员之间的沟通得到了改善。他们现在可以在测量机旁讨论结果，而不是只依赖于测量报告。这促进了员工之间的知识共享。Sellmer博士说：“我们现在实现目标的速度大幅加快。”

新的测量机，新的测量实验室

要充分利用新型高精度桥式三坐标测量机的潜力，该刀具制造商首先须建造一个1级测量实验室。



这项投资的成本和测量机本身差不多，这就是为什么MAPAL相信蔡司关于建造测量实验室的建议，包括雇佣哪些承包商。

Sellmer博士说：“最终的结果令人印象深刻。”新建成的测量实验室面积约20平方米，由于其特殊的环境控制和自身的通风系统，可靠性非常高：“所有这些都为我们的测量工作提供了有利条件。”

Sellmer从未考虑过从蔡司以外的任何公司购买该系统。首先，因为MAPAL多年来一直采用蔡司的机器。他形容该系统“易用性、质量和服务水平令人印象深刻。”

那么第二个理由呢？Sellmer说：“我们的很多客户都使用蔡司系统。使用蔡司的产品会促进信任，甚至简化客户沟通。这样，我们就可以一起解决问题，更快找到解决方案。”

ZEISS PRISMO ultra的操作非常简单。阅读简短的说明之后，便可轻松直观地操作这台高精度测量机。Sellmer博士

离蔡司公司近对我们很有帮助。如果我们有任何问题，很快就有蔡司员工赶到现场。

自2018年初以来，该刀具制造商的两名员工一直在使用ZEISS PRISMO ultra测量台上的定子外壳。



为了能利用高精度ZEISS PRISMO ultra测量装置的潜力，该刀具制造商建立一个1级测量实验室。

ZEISS PRISMO ultra

该三坐标测量机的高精度通过更精准的光栅尺、改进的空气轴承连接、空气阻尼减震和更严格的系统部件匹配来实现。这使得ZEISS PRISMO ultra非常适合用于科研、开发、质保以及量规和试件的校准。采用ZEISS VAST gold测头，在20-22℃温度条件下测量尺寸为700x1000x500毫米的工件，误差为0.5+L/500。对于长度为500毫米的工件，最大允许测量误差为1.5 μm。□

企业简介

MAPAL Präzisionswerkzeuge Dr. Kress KG是国际知名的精密刀具供应商之一，涵盖几乎所有材料的加工。公司成立于1950年，主要客户来自汽车和航空航天工业以及机械和工厂规划。通过创新，这家家族企业在生产和加工技术方面确立了新的趋势和标准。MAPAL将自己视为技术合作伙伴，凭借其定制的刀具概念，支持客户开发高效和节约资源的流程。公司的生产设施、销售子公司和服务伙伴遍布全球44个国家。

雄克模块化零点快换系统： 加速用户企业智能化生产转型

雄克精密机械贸易（上海）有限公司

航空制造业一直在面对产品质量、交货期、生产管理等严苛挑战，“十四五”发展规划中，航空工业还作出了打造“数智航空”新业态的战略部署。作为我国唯一集航空机载武器装备、飞行器操纵控制系统（装置）两大专业优势为一体的机载设备生产企业——航空工业庆安集团有限公司（以下简称庆安公司），在全面进行“提质增速”、“创新生产”任务达成的同时，果断开启了战略变革：由传统加工向自动化、数字化加工转型。从顶层设计到具体工艺，庆安公司极其注重整体生产工艺优化的可持续性，技术团队突破以数控机床投资优化为主导的传统理念，进一步提升机床利用率、自动上下料等方面动脑筋，以小博大。

南京航空航天大学机电学院李亮教授曾指出：“随着智能制造理念的实践深入，曾一度被忽视的工装夹具，在工艺流程中的重要性突显，以‘小工装’撬动整个产线自动化升级的应用更是屡见不鲜。柔性、精密、标准、智能是现代工装夹具的发展方向，模块化工装应用代表了发展所趋，有利于企业加速进行深度数字化、智能化生产。”

庆安公司技术团队深谙其理，从工件装夹这一细节工序着手，基于业内最为领先的零点定位系统对厂内某一关键系列零件的夹持方案进行了全面更换与优化，实现了43种产品的全覆盖夹持，并计划将这一项目的成功思路拓展到更多零件的应用中。“雄克公司是零点定位系统的领先者，它的产品性能优势明显，更重要的是，能结合我们现有的生产需要来定制方案，它的设计能力，还可以为我们下一步持续优化打下基础。”庆安技术团队相关负责人表示。

耗时费力、品质不稳定，传统装夹方式急需改善

在进行装夹工艺优化前，庆安公司技术团队先对多款同类型的壳体零件进行了细致分类，基于各种零件不同的工艺组成情况，最终确定了一款具备典型特性的测试零件。

如图1所示，该款壳体零件有着镂空的圆柱体形状，以及左右两侧对称且带有圆孔的耳片结构。在原有的工艺方案中，此零件的定位基准使用的是零件内孔齿顶圆及定位工艺孔。

装夹时，选用传统“一面两销”的装夹方式，当一次装夹后，加工零件的上表面内腔及外轮廓；加工完成后，人工换装以加工下表面内腔；而后再拆装两次，完成左、右耳片轮廓及孔的加工。至整个零件加工完成，需要两套夹具主体（见图2），以及4次人工装夹操作。

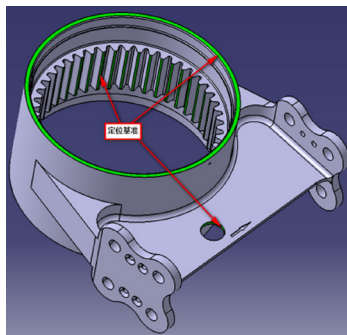


图1 壳体机构复杂

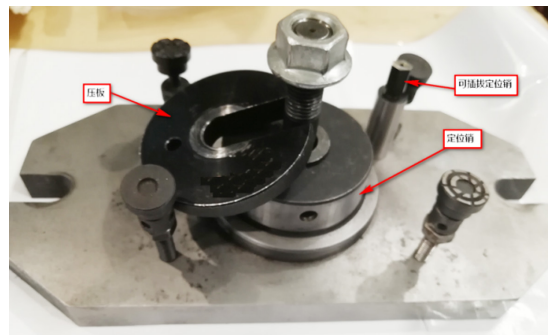


图2 夹具主体

“传统装夹的最大问题就是产品装夹与产品换型的效率低下。传统装夹方式下产品换型流程图如图3所示。以此零件为例，加工中人工装夹的时间大概在5分钟，4次装夹就是20分钟。另外，在加工完成后需要更换另一型号零件时，由于现有夹具的齿顶圆定位芯轴与夹具本体为固定装配，不能用于其他直径的零件，因此需要进行包括拆卸清理、更换夹具、装夹找正等长达11道工序的重新装夹操作，所需时间更是超过60分钟。”庆安公司技术团队负责人表示，“人工装夹时，机床必须处于停滞状态，这也直接导致了生产效率的下降。”

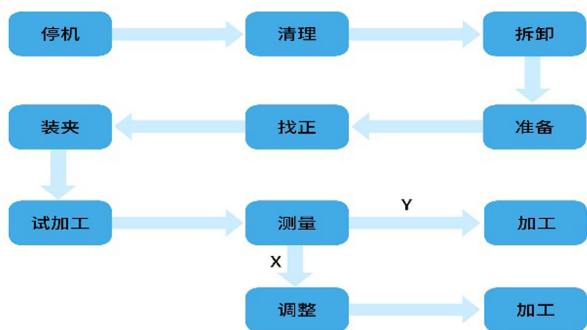


图3 传统装夹方式下产品换型流程图

过度依赖人工装夹，所带来的另一大问题就是加工精度的不稳定。由于操作人员技能水平的差异，在产品换型装夹、找正夹具精度上会产生偏差，造成定位基准不一致，由此而带来的加工质量不稳定的情况时常出现。大量的人工干预也无法满足庆安公司未来计划使用机器人进行上下料的自动化需求。除此之外，还有传统夹具通用性差所引起的夹具库存大、成本浪费，以及可插拔定位销易对夹具本体和销子造成磨损，降低夹具定位精度等多种问题困扰。

全新方案设计：零点快换系统+芯轴+快换拉钉

以上提到的这些困扰还仅限于测试的一个零件，而庆安公司这一类壳体零件的种类就超过了40种，如何优化装夹方案，缩短加工准备时间，提升生产效率与产品品质呢？技术团队在多方思考与对比下选择了零点快换系统。

零点快换系统是当前工装夹具标准化趋势下的一项创新技术，是机床工作台与工件（或夹具）的一个标准接口，在数秒内，即可通过一个或多个定位销将工件、夹持装置、托盘与机床端的夹持系统快速紧固连接，精确地夹紧在设备中，从而提升不同工艺的转化和设备连接的通用

性，将整个制造资源的匹配最大化。

“我们非常看重雄克公司的设计能力，当我们提出改进需求后，雄克的技术力量第一时间便来到车间现场，共同进行具体装夹方案的分析讨论以及加工测试。我们不仅看重这一个零件的优化，而是希望能借鉴他们的专业设计能力和全球化的应用经验，在实现该类零件提质、增速需求的同时，将模块化工装的思路进一步拓展至整体。”庆安公司技术团队负责人说道。

“我们在航空零件夹持方案的优化设计上有着丰富的经验，庆安公司的需求比较典型，但也有其特殊性，基于零件的结构特征、加工工艺，并综合考量生产效率、成本节约、空间布局以及庆安公司想要适应未来加工品质提升与加工需求拓展等多方因素，我们为其提供了定制化的解决方案——‘零点定位系统+芯轴+快换拉钉’夹持方案。”项目负责人，雄克公司高级技术经理麻晓杰表示。

这一夹持方案（见图4），在不改变原有工艺方案及定位基准的情况下，通过由基础底座、零点定位器、液压芯轴、零点快换拉钉和变径套组成的工装系统，实现一次装夹加工3个表面，再通过零点快换的方式，快速切换到工件反面与侧面的加工工位，大大简化了原有的装夹流程，提升了装夹效率与精度。

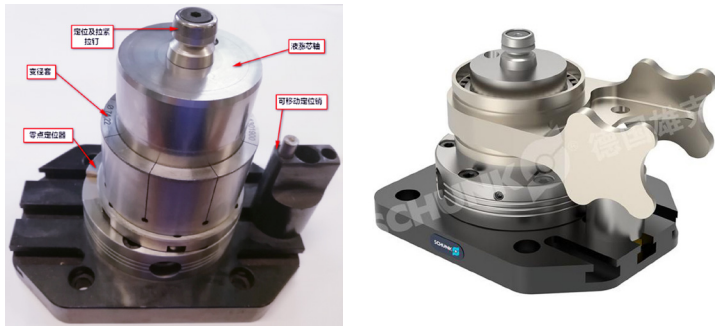


图4 “零点定位系统+芯轴+快换拉钉”夹持方案

零件在机床外通过液压芯轴锁紧后，利用零点快换方式安装于4轴加工中心的工作台上，而后只需将角向限位安装到位，即可开始加工产品的正面轮廓。一面加工完成后，再通过简单的4轴正、负向旋转90°，实现两侧耳片轮廓的切削加工。

产品反面特征的加工则更为便捷，也是此新方案的一大亮点。雄克技术人员根据零件的结构特征，在液压芯轴的正反两侧均制作了快换接口，当正面轮廓加工完成后，只需将芯轴调换180°，即可立即对工件反面进行夹持加工，这样创新性的设计思路不仅最大程度提升了装夹效率，也将夹具的柔性无限拓展。当外轮廓与正反面特征均加工完成后，将夹具侧置安装在4轴加工中心的法兰

上,通过4轴的旋转,可最后完成产品两侧耳片上斜孔的加工。

在产品换型的装夹中,对于不同齿顶圆直径的零件也无需再更换整个夹具主体,只需在一套夹具基础底座上增加零点快换系统和可移动定位销,同时通过更换芯轴和芯轴的变径套以及端面定位装置,调整定位销位置或更换不同规格定位销即可实现不同零件的快速更换与夹紧。

柔性、复用的模块化工装带来极致高效

通过雄克模块化零点快换装夹方案,工件在加工中人工装夹的操作时间从原来的5分钟缩短至1分钟,在产品换型时的装夹中,由于无需更换夹具底座并重新找正,装夹效率显著提高,时间从60分钟大幅缩短至10分钟。时间对比如表所示。

	使用快换工装前	使用快换工装后
工序内容	人工装夹时间 (min)	人工装夹时间 (min)
上表面内腔及外轮廓	5	1
下表面内腔	5	1
左耳片轮廓及孔	5	1
右耳片轮廓及孔	5	1
产品换型	60	10

图4 “零点定位系统+芯轴+快换拉钉” 夹持方案

同时,基于零点定位系统和液压芯轴的配合,不同零件的换型装夹操作可在机床外进行。在实际生产过程中,可实现一套在机内加工,一套在机外装夹工件,如发现工件需要返工时,也可以将芯轴和工件二次装入机床,直接加工。无需停机等待的优势更进一步提升了机床利用率、提高了加工效率。另外,用一套夹具覆盖43种同类型产品,替换原有的28套夹具的强大通用性,大大减少了夹具库存,降低了成本投入,也为日后批量生产奠定了基础。优化后产品换型的流程如图5所示。批生产加工流程如图6所示。

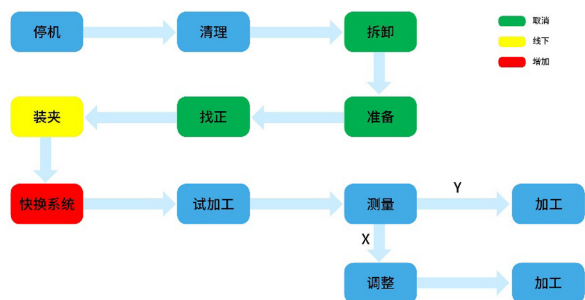


图5 优化后产品换型的流程

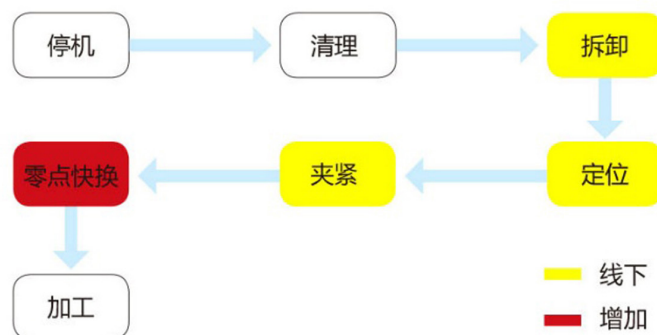


图6 批生产加工流程

保障加工品质,是采用雄克零点快换系统的另一大优势。与传统依赖人工手动装夹、找正相比,液压芯轴的定位精度小于0.003mm、零点定位系统的重复精度在0.002mm以内,双重精度的保障使得产品在实现快速换型的同时,工件的良率以及稳定性、经济性都得到了大幅提升。

“庆安公司是航空机载设备的领先企业,工艺技能扎实,对于品质的要求十分严格,此次能够携手完成这一装夹工艺优化项目,我们备感荣幸。以夹持技术的创新设计最大程度地挖掘现有设备所蕴含的生产潜能,是雄克始终致力所为的目标,此次用户获得满意生产效果便是对我们的最大认可。庆安公司在方案设计之初便已要求我们要为下一步自动化升级打基础,这样的顶层创新能力,这样脚踏实地的技术团队令人佩服。”麻晓杰对此项目不无感叹。

的确,对于庆安公司而言,采用模块化工装技术还有一层更为深远的意义——赋能自动化转型升级。无论是自动化生产还是数字化技术,其所作用的对象始终是要制造的工件,整个工艺流程设置的核心也是工件在不同设备的流转,而这一流过程就离不开工装夹具的支撑。传统的工装夹具仅适用于人工上下料,不能满足机器人自动化的要求,庆安公司技术团队清晰地认识到了工装夹具技术优化对于生产迈入智能化阶段的重要性,果断采用了前沿的智能化模块工装,并已将其辐射至工厂的更多应用领域。新一轮工业革命浪潮已经来袭,市场需求瞬息万变,面对机遇和挑战,庆安公司将持续致力智能制造、数字化生产转型,为建设新时代航空强国贡献力量。□



浅谈日本著名机床厂——牧野

沈阳机床（集团）有限责任公司 祝贺 陈洪军

牧野机床始创于1937年5月，总部位于日本东京，作为全球行业领先的机床制造商，有着相当悠久的历史。牧野是商用高速主轴的鼻祖。随着主轴转速达到20,000rpm或更高，牧野无可争议的成为高速、高效率加工技术的领导者。专注于铣床和加工中心的研发、制造与服务，是全球高端铣床和加工中心的领导厂商。主要产品有加工中心、NC电火花加工、NC铣床、DNC铣床、磨床FMS、CAD/CAM等的制造与服务，提供交钥匙工程服务。

牧野机床服务于模具、航空航天、汽车零部件、医疗健康等行业，牧野机床因其产品质量卓越而被业界誉为模具行业的标配。在欧洲、北美洲、中国、新加坡、东南亚、印度设有技术中心及工厂。2003年在江苏省昆山市成立牧野机床（中国）有限公司，供应全球市场的牧野电火花机和线切割机。目前在上海、宁波、大连、天津、青岛、东莞、成都、重庆和武汉成立了办事处。2020年度，其全球的营业额为1167亿日元（约75.88亿人民币），全球员工共4451人。



一、经营数据

截止2020年，牧野的营业额约合人民币75.88亿元（1167亿日元），比去年同期减少26.8%，利润为负，约合人民币-2.35亿元（-36.12亿日元）（见图1）。人均营业额约合170万人民币。



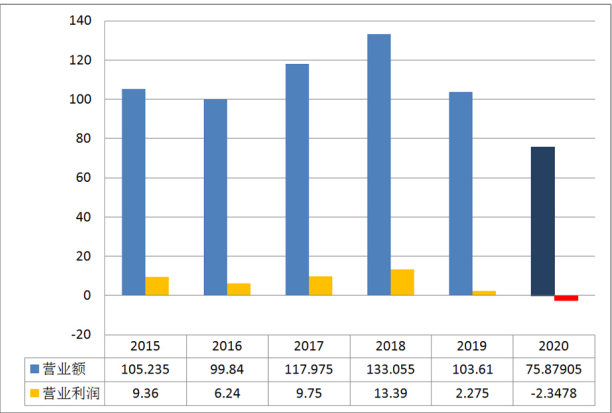


图1.2015-2020年营业额、营业利润（亿元人民币）1日元=0.065人民币

从牧野的销售区域来看，主要市场分别为亚洲、美国和日本本土（见图2）。产品类型，主要是加工中心以及电火花加工，占总量的90.6%。（见图3）。

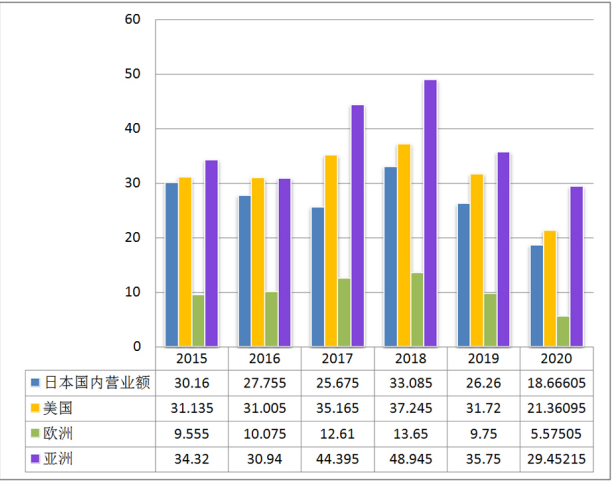


图2.2015-2020年区域对比（亿元人民币）

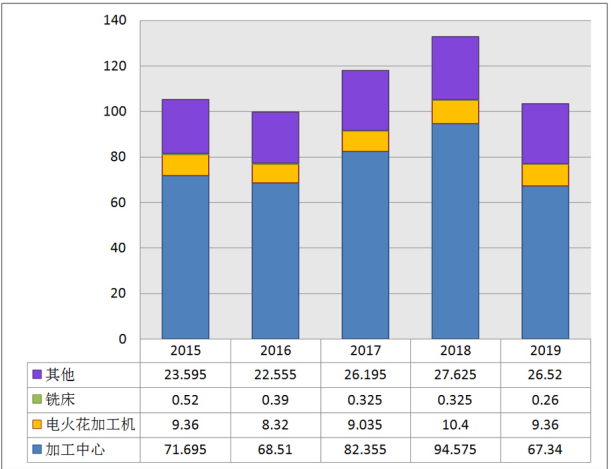


图3.2015-2019年产品类型情况（亿元人民币）

牧野比较重视研发，研发费用自2015年起，一直保持在3%以上。2019年占比4%以上，达到4.29亿人民币（66亿日元）（见图4）

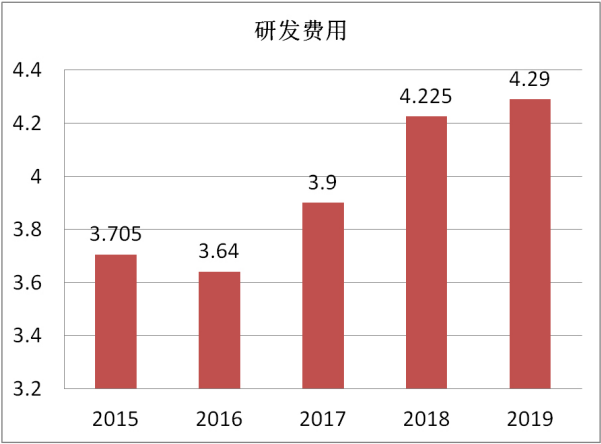


图4.2015-2019研发费用（亿元人民币）

二、管理信息

1.品质方针

“质量第一”即：尽一切努力满足客户所提出的对提高产品品质的要求，时刻鞭策自己提高生产率，扎实稳健做好每一项工作。企业认为，提供高质量的产品和服务是对客户的郑重承诺。牧野机床在研发设计思路，生产环境配套、柔性制造生产、质量控制体系、售后服务平台、运营管理优化以“质量第一”为目标。

2.服务管理

（1）全国统一平台的现代服务模式

牧野公司设立了全国统一平台的现代服务模式。在使用牧野产品过程中，故障、技术咨询服务及任何服务需求，均可直接拨打全国统一服务热线电话400-881-2282，规范化的受理流程（每个服务需求都很好地被记载，每个环节紧密跟踪）；8+8模式充分利用全国最有经验的服务部专家提供故障诊断及技术指导，协助故障排查，提供定制解决方案。

（2）全新的恒温零备件中心

按照现代化物流技术打造的全新恒温零部件中心，占地约4500m²，能为客户配套提供完整的备品备件供应链。现有20,000余种零件库存；全球备件资源共享；物流供货快速。

三、技术特色

1.冲压式电火花切割机技术

牧野独门的EDM切割机是行业前沿的控制技术。作为世界上唯一的传统卧式电火花线切割机Makino UPJ-2的一部分，WireWIZARD技术可提供更高的速度和更好的表

面光洁度，且道次更少，精确性极高，大幅降低耗材和保养成本。

WireWIZARD帮助UPJ-2成为微加工应用（如微型模具，光纤，喷墨喷嘴和医疗仪器）的理想选择。

BellyWIZARD™是牧野独特的专有技术，能够将直度提高40%，与传统电火花线切割机相比，所需的道次更少。牧野BellyWIZARD™技术还可自动选择最佳加工参数。

2. 钛加工技术

牧野独有的ADVANTiGE™技术可提高钛加工生产率，与传统钛机械加工相比，刀具寿命可大幅延长。ADVANTiGE利用高压、高流量冷却液系统、减振系统和坚固的机械与主轴构造，解决了金属切削率低、刀具寿命有限等钛加工常见的问题。

自主主轴技术则利用主轴传感器测量切削力过大引起的位移，可即时调整加工流程，同时保护主轴零件和工装。

高压、高流量冷却液系统则向切削区直接输送大量冷却液，以加快排屑速度，特别在使用多槽刀具时。冷却液系统包括水帘、主轴喷嘴，促进冷却的主轴冷却液、润滑油和排屑槽。

减振系统根据低频振动传感数值调整摩擦力，防止实时颤动，避免结构谐振损坏刀具。减振处理后切削深度加大，金属切削率更高，刀具磨损减少。

由ADVANTiGE技术强化的设备，具备坚固构造，为其他设备提供了牢固可靠的平台，进一步抑制了振动，从而减少了刀具修整需求，并提高了金属切削率。

3. 微零件加工技术

目前多个行业要求精密加工的公差达到微米级。牧野的设备和工程服务能够满足如此严苛要求。其精密加工中心具备先进的主轴温度控制的功能，采用独有的EDM先进技术，且设备结构坚固。该中心能够实现高速机械加工，具备可重复性，为用户带来亚微米级精度、精准的加工效果以及高质量的表面处理，确保用户在当下和未来都处于行业领先地位。

四、典型产品线

1. iQ300立式三轴&四轴加工中心

iQ300是光学部件模具进行表面处理、镜面加工和其它高精度加工应用生产的理想精密微铣设备（见图5）。该设备具有广泛的应用性，从亚微米级加工精度和可靠性

到常规的加工应用。



图5

iQ300精密设备采用了最先进的直线电机设计，0.005微米级光栅尺反馈和无与伦比的元器件温度控制。同时，这些特性可以提供精确的，可预测的加工结果，避免了由于刀具定位误差和热变形引起的连续工艺参数调整。

该设备可以有效地测量刀具长度，达到亚微米级别的精度和重复测量精度，为各种切削刀具、主轴速度和加工深度提供简单的可预测性。其宽泛的应用范围、宽大的行程和灵活的主轴设计提供了微型零件生产的高实用性，以及突破性的

2. EDAF2数控电火花机床

EDAF2电火花机具有理想的速度、精度和表面处理能力，能更有效地满足更多加工要求（见图6）。

该机床最关键的是具有坚固的刚性结构，能够持续地保持精度。EDAF2采用了一种节省空间的设计，将油槽合并到机床的底座铸件中，在提高热稳定性的同时降低了对占地面积的要求。Y轴和Z轴结构采用液体冷却系统，使整机温度保持稳定，进一步提高了整机的热稳定性。



图6



EDAF2的设计极具灵活性,该机床利用一个固定的工作台和一个可控制的升降式工作槽,为操作人员提供了良好的人机工程体验,并提供了进入工作槽的绝佳通道。为了扩展无人操作,该设计简化了ATC(自动换刀器)和自动化系统的集成。EDAF2的工作台具有50mm和100mm两种下降式的配置,为工作槽提供了更多的深度。操作安全也是一个至关重要的要求,EDAF2具有一个标准的内置灭火系统和U/V火焰传感器,能够监控整个加工过程。

3. a51nx-5XU卧式五轴加工中心

a51nx-5XU的线性导轨X轴,Y轴和Z轴采用与牧野业界领先的a51nx相同的分层柱,床身和刚性铸件结构(见图7)。旋转B轴和C轴的运动来自一对响应式(75/150 rpm)直驱电机。两个电机都采用整体铸造结构,消除了台面上五轴设计常见的叠加误差和刚性损失。轮廓工作台铸件提供了理想的主轴接近工件的状态。C轴电缆穿过顶部防护板,确保其可靠性和无铁屑干扰操作。



图 7

a51nx-5XU与其他小型五轴加工解决方案的区别在于其水平方向和集成工件的自动化。水平方向提供理想的切屑排除。避免了特别是在航空航天和医疗材料中切屑的重复切削,可延长刀具的使用寿命和零件表面的光洁度。然而,以五轴水平方向装夹零件可能会带来一些材料处理方面的挑战。a51nx-5XU采用独特的工作托盘库可以消除这些挑战。

每个a51nx-5XU都配置了一个类似于牧野经过验证的矩阵式刀具库的工作托盘库(WPM)。标准WPM22可存储22个宽约300毫米,高约300毫米的工件。选配的WPM58可容纳58个较小的约200mm的工

件。零件直接安装在50锥度双接触刀架(BBT50)上,并存储在WPM矩阵库中。在短短4秒钟内,自动换刀装置可将准备好的工件从WPM工件托盘库传送到机床C轴的整体V型法兰接收器。通过标准的工件设定站离线安装和加载工件以确保主轴的最大利用率。

五轴零件生产能力与标准工件自动化的结合,使a51nx-5XU成为旋转切削刀具、航空航天,医疗和原型零件制造的理想解决方案。工作托盘库支持无人连续化多品种小批量产品制造以及传统的大批量零件生产。

五、社会责任

牧野中国“以专业回馈社会,用创新改善教育”落实企业社会责任。在全国推动校企合作“深耕昆山、联结校企、布局全国”,与东莞市机电工程学校、天津轻工职业技术学院、昆山市第一中等专业学校、硅湖职业技术学院建立了校企合作战略伙伴关系,这种校企合作的策略与定位聚焦在:以“培养粉丝和推广品牌”为导向,集“技术学习、素养养成和心智拓展”为一体,目标是建立与合作院校“紧密合作、优势互补、资源共享、互惠互利、共同发展”的双赢格局。所以在职业教育领域,牧野机床又被称为中国校企合作模式创新的推动者,因为牧野校企合作是聚焦在机床领域的“技术培训与人才培养”,而不是国内绝大多数企业以解决自身用工需求为导向的“顶岗实习”,是一种校企合作的创新模式。

牧野机床即将在中国职业教育领域启动两个重大计划。

第一个计划是“千名牧丝培养计划”。“牧丝”取自“牧师”的谐音,是“牧野粉丝”的简称,千名牧丝培养计划的主要内容是计划用5年的时间至少培养千名职业院校的学生学习牧野“质量第一”的企业文化和业界一流的机床设备和应用技术,这些学生就业后会成为企业的技术骨干,“星星之火、可以燎原”透过这些牧野的粉丝将会带动更多的人学习牧野的技术和文化,帮助中国的产业结构进行转型升级。第二个计划是“牧野机床励志奖学金计划”。牧野机床不仅为全国的职业院校提供免费培训和工作餐,还将为参加技术培训和考核优秀者颁发一定金额的奖学金,透过这种奖学金和技术培训的结合,鼓励更多来自贫穷地区的优秀学生学习机床领域的应用技术,毕业后到工业领域和牧野客户就业工作和扎根服务。□