

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.5 2020
2020年10月
October 2020

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
王煊卫 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

2020年第5期(总第170期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

- 10 2020年1~8月机床工具行业运行概况等4则消息

Operation Overview of machine tool industry from January to August, 2020,
etc.4 news

特别报道 Special Report

- 12 CMT2021主题——“融合共赢 智造未来”

机床协会

CMT2021 exhibition theme: Win the Smart Future Together

- 14 分析机床工具行业形势 研讨未来发展规划

——2020年中国机床工具工业协会理事长会议报道

梅峰 执笔

Report on the working Meeting of the directors of CMTBA in 2020

- 18 精雕职业培训学校: 满足人才需求, 实现社会效益

兰海侠

Jingdiao vocational training school: to meet the needs of talents, to achieve social
benefits

研发与应用 Research & Application

- 21 大族激光P6018D全自动激光切管机的研发与应用

大族激光

Development and application of P6018D automatic laser tube cutter

- 25 YK7380A数控成形砂轮磨齿机的研发与应用

黄亚超 樊利军

Research and application of YK380A CNC gear grinding machine with forming
Wheel

- 30 BPX5D五轴数控工具磨床的研发与应用

北平机床

Development and application of BPX5D five-axis CNC tool grinder

- 33 GRU II 32×60动工作台定梁龙门加工中心

顾科建等

GRU II 32×60 type gantry machining center with fixed beam and movable table

产品推介 Product Promotion

- 37 宝鸡机床: BM8-H智能立式加工中心

The introduction of BM8-H Intelligent vertical machining Center

- 41 北京精雕: JDGR400T精雕高速加工中心

The introduction of JDGR400T high speed finishing center

- 44 江苏亚威: HPML-30510-38LA2数控冲压激光切割复合机

The introduction of CNC stamping laser cutting compound machine

- 46 智邦科技: 双主轴卧式加工中心及柔性换产单元

The introduction of horizontal machining center with double spindle and flexible
production changing unit

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

编者的话

据国家统计局网站消息,前三季度国内GDP增速转正,高技术制造业和装备制造业实现较快增长。这些情况表明,中国经济正在从疫情负面冲击中得到快速恢复,这也为广大机床工具企业带来了更多信心。

2020年8月30日,中国机床工具工业协会在广州召开了理事长工作会议,会议分析了机床工具行业形势,研讨了未来发展规划。会上,毛泽锋常务副理事长就机床工具行业“十四五”发展规划纲要编制工作进展与要点进行了解读;同时指出了行业“十四五”及未来一段时期在人才培养、创新体系完善、工业互联网平台建设、标准与质量工作的加强、产品品质升级、产业发展研究体系建立、搭建交流服务平台等六项重点任务,为行业今后一个时期的行业发展进一步明确了方向。

从技术发展的角度看,智能制造引领行业未来技术发展早已形成共识。计划于2021年4月12~17日召开的第十七届中国国际机床展览会CIMT2021,将延续上届,以“融合共赢、智造未来”为主题,充分诠释机床制造业智能化发展的最前沿技术和最新发展成果。

为促进国内企业产品开发与创新,宣传和推广国内机床工具企业优质产品,本刊在“研发与应用”和“产品推介”栏目中,分别介绍了积极参与2019年度先进会员(十佳)表彰活动和“春燕奖”评选活动的部分企业申报产品的研发与应用情况。希望通过本刊这个宣传平台,能为增强企业市场竞争力起到积极的推动作用。敬请关注相关内容。

本刊编辑部

版权所有,未经本刊书面许可,不得转载。

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



HIWIN® 上银®

工业4.0 优质伙伴

2019年荣获「日经亚洲评论」亚洲300强 第16名
 2016年荣获日经Business评选为「全球上市企业综合成长力百大」第5名
 2015年荣登福布斯(Forbes)全球创新成长百大企业第37名
 入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(ROBO-STOX)权重排名TOP 10
 2001-2020 HIWIN连续20年荣获台湾精品金质奖



Torque Motor回转工作台
RAB系列



Torque Motor回转工作台
RCV系列



滚珠丝杠
Ball Screw



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single-Axis Robot



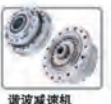
关节式机器人手臂
Articulated Robot



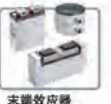
并联式机器人手臂
Delta Robot



轴承
Bearing



谐波减速机
DATORKER®
Robot Reducer



末端效应器
Electric Gripper



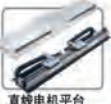
史卡拉机器人手臂
SCARA Robot



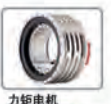
晶圆机器人
Wafer Robot



直线电机
Linear Motor



直线电机平台
Linear Motor Stage



力矩电机
Torque Motor



直驱电机
Direct Drive Motor



运动控制器
Motion Controller

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

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

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	上海玖钰机械设备有限公司 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.com	意大利 www.hiwin.it	瑞士 www.hiwin.ch
捷克 www.hiwin.cz	法国 www.hiwin.fr	新加坡 www.hiwin.sg	韩国 www.hiwin.kr	以色列 www.mega-fabs.com



扫一扫
关注上银

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

广告

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

Tel: (010) 63345259

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA
Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

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

President of E-C: MAO Yu-feng

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

Committeemen:

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

Specially Invited Committeemen:

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

Chief-Editor: Li Huaxiang

Executive Editor: Mei Feng

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

- 52 纽威数控: HE63S卧式加工中心
The introduction of HE63S horizontal machining center
- 58 秦川机床: HMC1200/5S五轴卧式加工中心
The introduction of HMC1200/5S five-axis horizontal machining center
- 62 上海维宏: NcCloud维宏云工业互联网平台
The introduction of NcCloud Weihong Industrial Internet platform
- 67 长沙思胜: SS-5020J方向盘机械式专用拉床
The introduction of SS-5020J mechanical broaching machine special for steering wheel manufacturing
- 70 浙江畅尔: LG6516ZX-2800飞机发动机榫槽加工四轴数控卧式侧拉床
The introduction of LG6516ZX-2800 four axis CNC horizontal side broaching machine special for Aircraft engine tenon processing
- 73 哈量: Econ30型齿轮测量中心
The introduction of Econ30 gear measuring center

产品与技术 Products & Technology

- 75 ZEISS PiWeb App: 充分挖掘数据潜能 蔡司公司
ZEISS PiWeb App: Fully exploit the potential of data
- 77 典型车钩体数控加工工艺研究 袁礼彬
Research on numerical control processing technology of typical coupler body
- 80 铝合金电磁充型系统泵体关键部件制造方法研究 邓方刚 邱文
Research on manufacturing method of key components of pump body in aluminum alloy electromagnetic filling system
- 84 数控机床回转轴应用技术 马国艳
Application of rotary axis setting technology in CNC machine tools
- 86 数控机床特殊故障的诊断分析与处理 关进良等
Diagnosis analysis and treatment of special fault of CNC machine tool
- 88 新型涂层扩大CBN刀片功能和效益 章宗城
New coatings expanding the function and benefit of CBN blade

海外市场 Overseas Market

- 90 90智能科技驱动未来生产
——来自EMO2019的报道 穆东辉 姜晓钟 执笔
The comprehensive report from EMO2019
- 99 数字化转型进行时: 要么数字化, 要么面临衰落
The digital transformation happening: digitalise or face decline
- 29 广告索引 Advertisers Index
消息 (66、76)

2020年1~8月机床工具行业运行概况

根据国统局统计数据,2020年1~8月我国机床工具行业规模以上企业完成营业收入同比降低5.9%,降幅较1~7月收窄1.7个百分点;实现利润总额同比增长6.7%,由1~7月(-1.9%)的同比下降转为增长。

中国机床工具工业协会重点联系企业的主要经济指标,延续了1~7月止降且快速补偿性恢复的特点。从2020年1~8月的统计数据看,机床工具行业营业收入同比降低5.8%,降幅较1~7月收窄2个百分点;利润总额增速同比增长6.4%,增幅较1~7月扩大5.2个百分点。同时,金属加工机床的产量实现正增长,新增订单和在手订单增速缓升。金属切削机床行业各项指标全面向好。

总体来看,8月份行业整体运行回升速度加快,但部分分行业和企业仍然面临较大的压力。希行业企业密切关注国内外形势变化,利用好疫情发生后国家各项扶持政策,充分激发自身活力,积极挖掘市场潜力,不断巩固扩大向好趋势,努力实现更高质量发展。

(来源:机床协会信息统计部)

2020航空领域重点用户供需对接会成功举办

9月2日在成都召开的“2020航空领域重点用户供需对接会”由中国和平利用军工技术协会和中国机床工具工业协会联合举办,来自成飞数控厂、成都周边航空制造11家单位以及机床行业15家企业的代表共60余人参加了此次对接活动,成飞集团隋少春副总经理、中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋等领导参会并讲话。会议由中国和平利用军工技术协会秘书长陈晶晶主持。



成飞数控厂介绍了典型飞机结构件的加工难点、设备需求,并对国产数控机床及系统提出若干改进意见。近年来,成飞一直注重在国产高档数控机床的投资,在国产机床的应用以及04专项的实施取得了许多成果,对国产数控机床及系统的提升完善发挥了重要作用。成飞利用国产高档数控机床完成了许多高精度零部件的加工,得到了行业的认可。特别是在国家标委会、中机联、机床工具协会等关心和指导下,成飞联合多家科研机构 and 机床企业提出的用于五轴联动数控机床精度检测的“S形试件”,有效解决了五轴联动机床的精度检测和性能评价的世界性难题,于2020年正式被列入国际标准。

会上有9家机床行业企业的代表介绍了针对成飞等航空领域用户的工艺特点,加工相关零件的机床产品,分享了和航空制造企业合作的经验,介绍了各企业的新产品和未来发展方向。

成飞集团隋少春副总经理介绍:2019年4月,四川省在成都市新都区投资100亿元用于建设航空产业园项目,吸引了10余家包括成飞在内的航空制造企业及配套厂家入驻,未来将对以数控机床为核心的高端制造装备产生大量需求。

中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋在致辞中表示:我国机床工具行业已经进入了新的发展阶段,面临的国内外发展环境更为严峻和复杂。机床行业要认真学习总书记关于“双循环”的讲话精神,要在买不来技术的特定领域搞原始创新、自主创新,努力摆脱受制于人的被动局面,为重点用户提供更好的产品和服务,保证重点用户行业能力建设。

长效合作机制工作自2005年建立以来,在促进机床行业与重点用户领域的交流沟通、供需合作方面做了大量卓有成效的工作,受到了政府主管部门的认可和行业企业、用户的好评。这次成飞供需对接交流活动是在疫情影响下,由两个协会共同组织的一次深入聚焦一个用户的精准对接活动,结合用户工艺特征推进国内企业的供需合作,也是两个协会长效机制工作的一次创新的尝试,后续还将结合重点领域用户继续开展此类活动。

(来源:机床协会行业发展部)

山东省高档数控机床与智能制造峰会在滕州召开

10月16日，山东省高档数控机床与智能制造峰会暨院士枣庄行在滕州成功举办。峰会聚焦智能制造背景下的高档数控机床产业发展，邀请中国工程院院士、国家制造强国建设战略咨询委员会主任、中国工程院原院长周济，中国工程院院士、中国机械工程学会副理事长、浙江大学教授谭建荣，山东省科技厅二级巡视员董守义，市委副书记、代市长张宏伟，国内外智能制造领域知名专家、机床龙头企业代表等出席，围绕智能制造及高档数控机床领域的前沿趋势、关键技术及成果展开交流和探讨。会议由滕州市委书记刘文强主持，张宏伟市长致辞。



会上，华中科技大学国家数控系统工程研究中心、武汉华中数控股份有限公司董事长陈吉红教授作项目介绍。2019年7月，华中数控、华中科技大学国家数控系统工程中心与滕州市人民政府签订了战略合作协议，共同设立滕州华数智能制造研究院，围绕滕州机床行业自身的发展特点、发展目标和转型升级的要求，建设集数控系统、数控机床、智能制造技术研究开发、应用服务和人才培养于一体的创新公共服务平台与应用研究开发基地。在当地政府的大力支持下，“一院、一司、一中心”的工作成果初见成效。

在院士及专家报告会上，周济院士作了题为“智能制造是制造业创新发展的主攻方向”的主题报告，谭建荣院士作

了题为“数控机床数控数字化设计关键技术”的主题报告，陈吉红教授作了题为“数控机床智能化转型升级”的主旨报告，北京机床研究所原所长、“高档数控机床与基础制造装备”国家重大专项评估组专家刘炳业作了题为“精密、超精密数控机床发展趋势和关键技术”的主旨报告。

在会议现场还举行了产学研合作签约仪式，滕州华数研究院、山东华数公司与数家区域合作单位及院校签署了战略合作协议；举行了国家数控系统工程技术研究中心滕州分中心、滕州华数智能制造研究院、山东华数智能科技有限公司的揭牌仪式。（供稿：华中数控）

烟台环球新工厂奠基 将着力解决数控机床发展瓶颈

10月18日，烟台环球机床装备股份有限公司举行了新工厂建设奠基仪式，烟台市相关部门领导、烟台环球公司负责人及各方嘉宾代表等近百人出席庆典仪式。



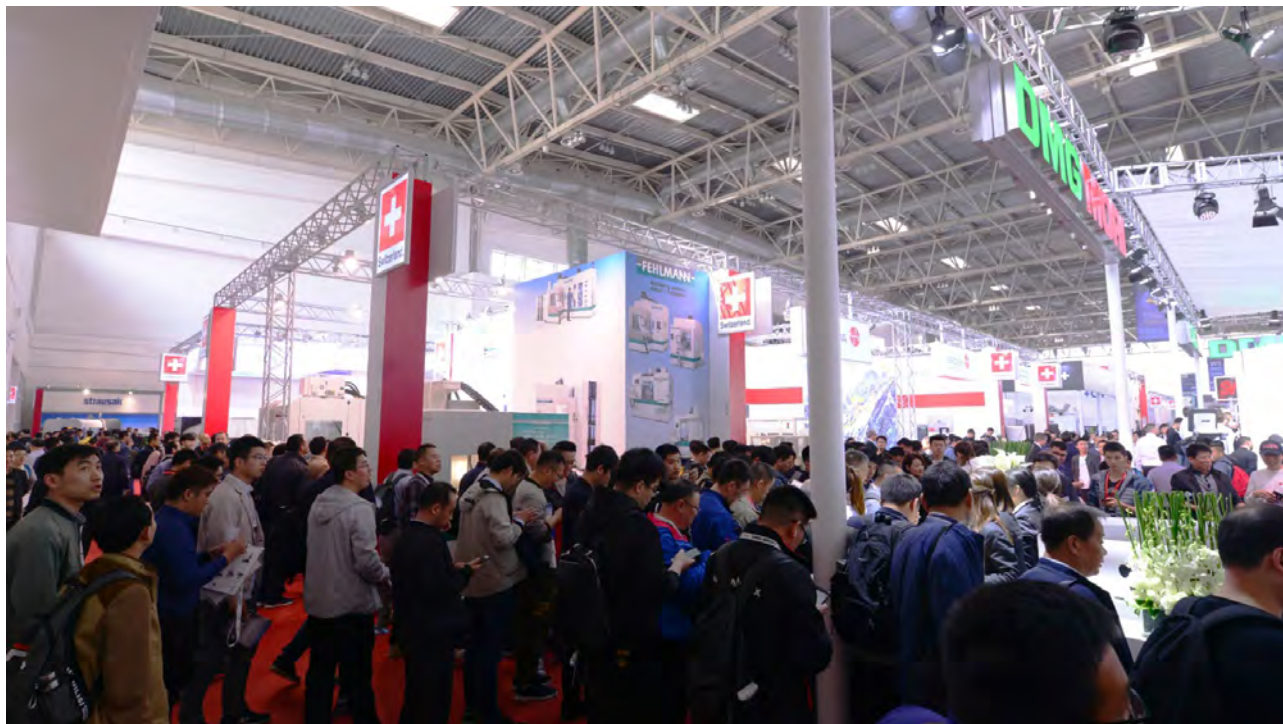
烟台环球股份有限公司董事长张万谋在答谢辞中表示，一个国家综合国力的提升依赖于高端制造业，而制造业的快速发展又离不开高档数控机床和高档功能部件产业。新工厂将承载“打造高档数控机床功能部件产业基地”的历史重任，继续引领行业持续良性发展。

新工厂位于烟台市福山区福东工业园，占地119亩，将打造建筑面积6.6万平方米的现代化工厂。烟台环球将引进先进的管理理念，组建年轻精干的管理团队，打造一支精诚团结、工作高效、具有顽强战斗力的员工队伍，通过一流的生产车间、加工装备，以及一流的信息化管理手段，计划年产各类机床部件30万台套，年营业收入将达到6亿元，为社会创造1亿元的利税，着力解决制约高档数控机床发展的瓶颈问题，提升环球产品的品牌知名度。

（供稿：烟台环球机床装备股份有限公司）

CIMT2021主题——“融合共赢 智造未来”

中国机床工具工业协会



CIMT2021（第十七届中国国际机床展览会）注定将被历史赋予新的使命。新冠疫情的突如其来，打破了世界经济的正常秩序，2020年国际四大机床展之日本JIMTOF、美国IMTS，以及中国机床工具工业协会的CCMT纷纷停办，机床行业跨国间的交流互动陷入停滞。经过疫情的阻隔，后疫情时代的机床行业更加渴望世界范围的交流融合，CIMT2021将于2021年4月12~17日隆重登场，这场特定背景下的行业盛事必将引起全球机床工具范围的广泛关注与聚焦。

CIMT2021将延续使用CIMT2019展会主题——“融合共赢 智造未来”。在全球范围的行业交流复苏中，这一展会主题将被赋予新的内涵和历史使命。

融合共赢

后疫情时代，无论中国经济还是世界经济都在呈现新

的时代特征。中国正在加快形成“以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”，中国国内大循环的发展是未来国际大循环提升和顺畅的基础，新时代的内循环体系在本质上也是开放的，并随着世界经济格局、产业发展规律的变化而对开放提出了更高的要求。在全球范围，世界经济全球化和贸易自由化的发展趋势不会发生改变，全球产业链分工体系和价值链的重构之路不会停止，世界各国利益深入交融，多边共赢合作模式依然是国际共识。

中国机床工具工业协会主办的全球性主要知名国际机床展之一的CIMT，一直秉承开放兼容的理念。历届CIMT都充分显现出中国机床制造业要不断扩大与世界各国机床制造业交流的愿望，中国的市场是开放的市场，中国的创新体系是开放的创新体系。CIMT2021将更加紧密贴合、服务于国内外经济与技术时代背景，彰显大平

台思维。在这个平台上有境内外展商之间的融合，有机床企业与用户之间的融合，有主机厂商与部件厂商的融合，还有产学研用的融合及协同创新，所有融合都可以在CIMT2021找到契合点，高效的融合发展将最终实现多方共赢的有利局面。

机床工具行业在推动制造业向智能化发展的探索中，离不开各学科领域、各产学研用主体的共同参与。多方共享经验、信息、知识以及解决问题的途径，是发展智能机床的必要条件。中国机床工具工业协会作为中国机床制造业最具影响力的行业服务组织，坚持秉承行业融合共赢发展原则，多年来与世界各国机床协会和相关贸易组织保持深入交流、广泛合作，并积极尝试探索互联互通协议标准、工业互联网平台建设等方面工作，为推进智能机床发展贡献力量。

智造未来

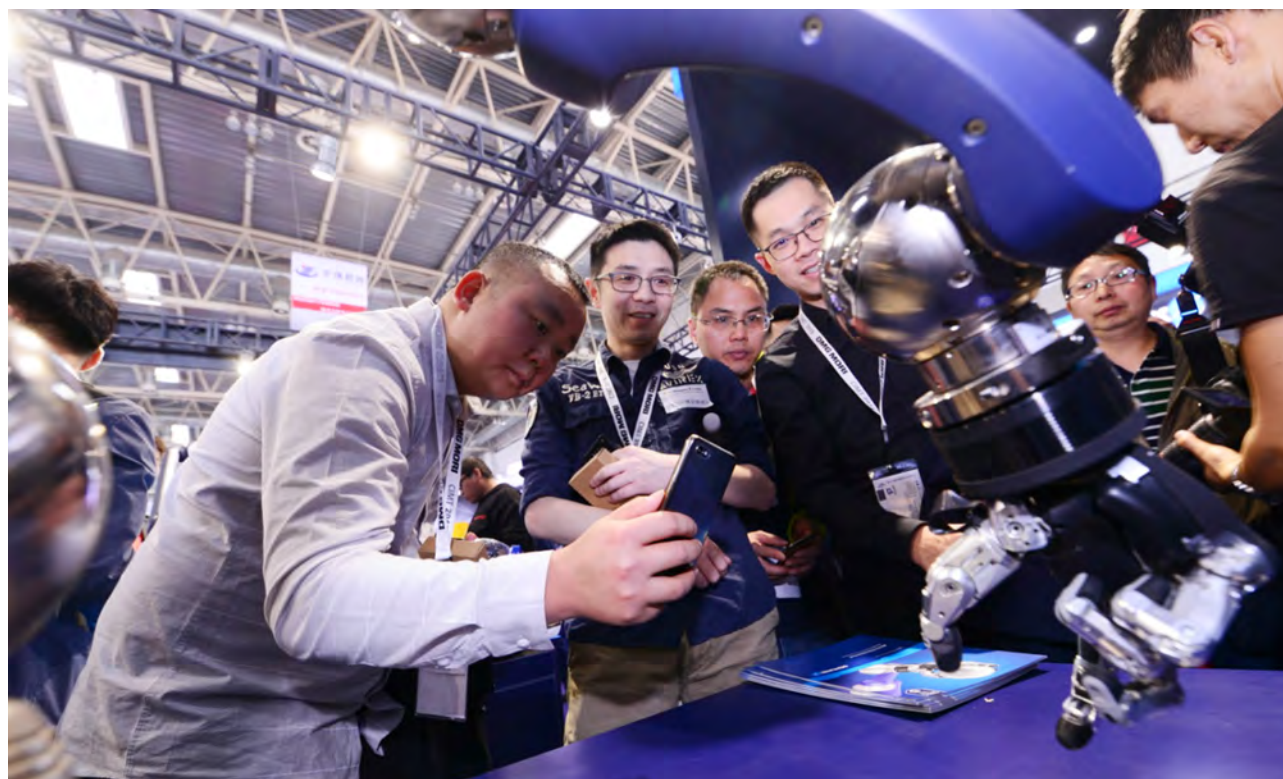
后疫情时代，生产制造自动化、智能化无疑将被更多企业提上日程，高度智能化生产线的需求将被加速激发。疫情带来的一个深刻思考就是，加大力度发展智能制造产业和技术已是刻不容缓。但与其说此次疫情在一定程度上推动了智能制造的发展，不如说疫情更加明晰和坚定了智能制造是制造业未来发展必然的趋势。

智能制造是制造业和信息技术深度融合的产物，其诞

生和演变是和信息化技术发展相伴而生的：从上世纪中叶到90年代中期，以计算、感知、通讯和控制为主要特征的信息化催生了数字化制造；从上世纪90年代中期开始，以互联网大规模普及应用为主要特征的信息化催生了数字化网络化制造；近年来，互联网、物联网、5G移动通信、大数据、云计算、人工智能、虚拟现实、区块链等新一代信息技术的创新和应用层出不穷，正在构建起一个完整的智能软件的生态体系，这一体系将加速新一代智能制造向深度、广度发展。

在过去几十年中，机床制造业曾经将机床与数字技术完美结合，为全球制造业提供了最先进的制造装备——数控机床。伴随对人工智能技术的融合应用，新一代智能机床开始具有自主感知、自主学习、自主决策、自主执行等智慧功能，可以极大地促进质量提升、工艺优化、健康保障和生产管理等等。作为制造业的工业母机，机床的智能化程度对智能制造的实施具有重要影响，新一代智能机床必将为制造业带来新的变革，从而在新一轮工业革命中继续成为引领未来制造的重要因素。

CIMT2021将充分诠释机床制造业智能化发展的最前沿技术和最新发展成果，从经典的数字化解决方案到与最前沿信息技术深度融合的新一代智能制造产品和技术，将会让观众充分领略智能制造时代的无限创意，感受未来“智造”带来的无限可能，而“智造”最终的使命就是更好地为人类造福！ □



分析机床工具行业形势 研讨未来发展规划

——2020年中国机床工具工业协会理事长工作会议报道

中国机床工具工业协会传媒部 梅峰 执笔



2020年8月30日，2020年中国机床工具工业协会理事长工作会议在广州成功召开，出席会议的有协会老领导吴柏林，轮值理事长、副理事长及所在单位负责人和代表，监事长、秘书长及协会常设机构各部室负责人，以及特邀嘉宾和代表共60余人。

本次会议是2020年年初爆发新冠疫情后的第一次行业内的重要会议，正值行业制定“十四五”发展规划的关键时间点，其成功召开对于中国机床工具行业的中长期发展将起到重要作用。

会议分上午和下午两个时段进行，上午的会议由协会第八届理事会第三年度当值理事长、武汉重型机床集团有

限公司董事长杜琢玉主持，下午的会议由协会第八届理事会第四年度当值理事长、广州数控设备有限公司董事长何敏佳主持。

会议主要议程有：毛予锋常务副理事长作“2020年上半年机床工具行业经济运行情况分析”报告；毛予锋作“机床工具行业‘十四五’发展规划纲要”及政府有关政策通报的专题报告；郭长城执行副理事长介绍机床工具行业工业互联网平台工作进展情况；王黎明秘书长作关于“中国工业史（机床工具）”工作情况说明；王黎明作展会有关工作情况说明；行业发展部主任穆东辉作“重点领域用户需求研究报告”；会议讨论和交流。

在会议交流阶段，企业老总们纷纷就企业运行生产情况、运营经验，以及对行业发展形势、对国家的相关政策建议等发表自己的看法，积极发言，不断碰撞出智慧的火花。老总们还对协会各项工作提出了很好的意见和建议。



左-当值理事长何敏佳 中、右-轮值理事长杜琢玉、张志刚



左-常务副理事长毛予锋 中-秘书长王黎明 右-执行副理事长郭长城

根据协会《理事长工作会议试行办法》，第八届理事会第四年度当值理事长何敏佳提出了新的专项课题，提议协会常设机构组织专题调研，为促进行业发展发挥作用。

行业运行情况分析与发展趋势研判

根据国统局规上企业统计数据，机床工具行业2020年1~6月累计完成营业收入2946.6亿元，同比降低7.6%，比全国规模以上工业企业完成营业收入同比降幅（5.2%）大2.4个百分点。今年1~2月、1~3月、1~4月和1~5月累计完成营业收入同比分别为-25.4%、-20.8%、-12.9%和-9.4%，降幅逐月明显收窄；从各月当月完成营业收入情况看，3月、4月、5月、6月完成营业收入同比分别为-19.0%、-5.6%、2.5%、-1.1%，月度同比的向好变化更加明显。

结合行业经济运行数据分析，毛予锋常务副理事长分析了2020年上半年机床工具行业的运行特点：一是主要经济指标回稳向好，但总体仍处于低位；二是金属切削机床行业出现向好变化；三是金属成形机床行业走势偏弱。

近期行业形势研判：

（1）有利因素：新冠疫情控制取得战略性成果，宏观经济迅速得到恢复；以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局有利于激发国内市场需求；各级政府密集出台和落实系列经济振兴政策；制造业采购经理指数连续5个月保持在荣枯线以上。



分析机床工具行业形势
研讨未来发展规划



老总们各抒己见

(2) 不利因素：宏观经济环境改善，但行业运行压力仍较大；贸易保护主义及逆全球化思潮不断升温；主要市场需求仍未走出低谷；企业资金压力加大，流动性不足；全球机床产业处于下行通道。

综合分析各种因素，毛予锋对2020年下半年机床工具行业运行情况做出预判。我国疫情防控形势持续向好，各项政策措施逐步显效，各种积极因素不断积累，但下半年行业运行持续向好的基础受不确定因素的影响仍较大，我们预计机床工具行业全年主要经济指标有望与上年持平。

解读行业“十四五”发展规划纲要

会上，毛予锋就机床工具行业“十四五”发展规划纲要编制工作进展与要点进行解读。编制行业“十四五”发展规划，有助于进行行业发展战略路径的探索，回应政府、行业 and 用户的关切。其意义在于：凝聚行业共识，形成现阶段行业工作的方向性总结；主动作为回应各方关切，提出切实可行的政策建议；为后续开展政策建议细化和方案论证工作进行框架性安排。

毛予锋强调行业“十四五”发展规划的制定，要实事求是、创新发展，体现行业组织的责任与担当；要面向未来十年的行业发展考量，具化“十四五”期间的发展规划；要完整考虑行业发展涉及的各层次、各方面、各链条，力求形成一揽子解决方案建议；分析要科学，观点要严谨。

毛予锋同时指出了“十四五”及未来一段时期行业发展的六项重点任务：一是加强人才培养，夯实行业发展基础；二是完善创新体系，实现重点技术突破；三是跟踪信息技术发展，全行业推进工业互联网平台建设；四是加强标准与质量工作，推进产品品质升级；五是建立产业发展研究体系，保障产业发展战略的连续性；六是搭建交流服务平台，支持企业开拓国际市场。

企业交流：谈经验，谋发展

会议讨论阶段，二十多位理事长、副理事长们纷纷围绕企业的经营情况、遇到的主要问题及应对之策、行业内开展深入合作、行业“十四五”规划及未来发展方向等开展深入热烈的讨论，并提出了很多对行业发展有益的政策建议，积极献言献策。

1. 企业经营：考验与机遇并存

面对疫情影响及复杂的国际贸易形势，上半年机床工具企业努力积极应对，在稳主业、保生产的基础上，响应国家号召，生产口罩机及零配件、红外线测温仪等抗疫物

资，投入研发5G、能源、芯片等高端制造设备，在经受严峻考验中探寻新的发展机遇。

中国机床工具工业协会轮值理事长、济南二机床集团有限公司董事长张志刚表示，在国内市场，济二的很多产品特别是冲压方面市场地位牢固，在汽车行业市场占有率较高，经过多年经营，产品销售到美国、德国、日本的汽车工厂。上半年受疫情影响一些订单被暂停或延缓，同许多同行企业一样经营受到了一些影响。但是张志刚董事长表示，困难是暂时的，经营会逐渐恢复。

北京精雕科技集团今年的业绩明显好于去年，目前完成了去年全年的任务目标。董事长蔚飞介绍说，业务来源有三方面：一是去年积压的一些需求今年开始释放；二是来源于口罩机关键部件市场；三是由于今年是其大客户苹果公司的“大年”，有一批采购，撑起了上半年的经营。同精雕一样，齐重数控装备股份有限公司上半年也取得了不俗的业绩，产值和销售收入同比提升30%，在手订单同比提升50%，实现扭亏为盈。董事长王俊峰介绍说，这一成绩来之不易，今年的增长是因为在风电领域提前布局开发了系列产品，是在利润较好的领域深耕细作的结果。

作为上市公司，秦川机床工具集团股份公司和武汉华中数控股份有限公司在今年上半年都实现了增长。秦川机床工具集团今年进行了全面改革，对领导班子进行重新调整，对企业文化、愿景、价值观进行重新梳理，总裁李强介绍说，今年1月开始进行了分配制度改革，引进了富士特集团的薪酬管理办法，核心研发人员实行宽带薪酬体制，提升幅度最高达到40%，平均达到28%。今年7月开始，其他员工按照岗位、职能等实行新的评价体系，从经营效果来看，实现了很大改观，上半年秦川机床营业收入同比增长超过9%，预计全年利润由负转正。华中数控今年上半年年报业绩增长了50%，年初，作为一家处于疫情中心武汉的高科技公司，华中数控成功推广了红外测温仪，研发了口罩机，在一线支援抗“疫”，同时研发5G关键部件制造技术与装备带动了数控系统的增长，陈吉红董事长感慨道，“今年疫情是考验，也是机遇”。

郑州磨料磨具磨削研究所有限公司上半年经营收入同比增长超过50%，但是不同于前述几家企业，他们的增长是围绕芯片制造进行的产业布局，总经理陈恩厚介绍说，这是经过两代人努力的结果，在今年终于实现半导体产业在三磨所的产值占到45%，实现了跨界发展。

2. 结合行业规划制定企业发展战略

研讨行业企业“十四五”发展规划是本次会议的一项重要内容，毛予锋常务副理事长介绍了机床工具行业“十四五”发展规划纲要，在企业层面如何制定好自己的

发展规划，大家各抒己见。

四川普什宁江机床有限公司多年来始终稳健发展，总经理姜华说，他们一直在做自己的事，要做百年老店，并以此目标规划企业发展。“十二五”期间做柔性制造系统（FMS），“十三五”做数字化车间、工厂，针对“十四五”规划，他们将重点关注大数据在机床行业的应用，通过大数据分析，更好地为用户服务。

加强人才培养，夯实行业发展基础是毛子锋常务副理事长提出的行业“十四五”规划的一个重点任务。上海机床厂有限公司总经理芦华则关注长远的人才培养，近几年上海机床厂也在与上海理工大学进行联合办学，创办产业学院，引导基础教育、职业教育和在职教育等资源向机床工具行业聚集。

大连机床、北京机床研究所和哈量集团是加入通用技术集团的央企代表，他们在企业发展中要践行央企责任，攻克国家“卡脖子”技术问题，打造单项冠军产品，同时要根据企业自身特点进行调整，焕发活力。通用技术集团大连机床有限责任公司总经理丁伟明介绍了大连机床的重组及未来发展，一是产品结构调整“3+1”，即三大机床主机序列（组合机床及自动线、卧式车床、加工中心）加上功能部件序列，产品结构清晰；二是技术优化；三是管理升级。北京机床研究所有限公司将进一步恢复行业院所的功能，董事长黄正华介绍说，北京机床所在北京密云建立了8000平方米的数控机床功能部件检测基地，可实现三大类检测：性能检测、可靠性检测、精度保持性检测，近三年做了大量摸索，基于工业互联网实现功能部件的数字化制造，希望能够服务广大功能部件企业。哈尔滨量具刃具集团有限责任公司董事长由海燕介绍说，哈量集团将对标国际高端产品，在高端计量、在线检测和功能部件领域持续进行产品结构调整，加大投入，实施哈量集团的全面升级提档方案。

结合“十四五”发展规划制定，北京北一机床股份有限公司将对产品结构进行重新定位调整，总经理李忠波介绍说，重型机床产品保留北一传统优势，向轻型化、高速度、高精度发展；北一大隈生产的中型机床产品参与中高端市场竞争，对北一生产的中型机床产品进行整合，提升性价比。在跨国机床集团建设方面，主要包括国内服务市场整合和跨国研发平台的建设，通过德国科堡公司实现高端产品的中国制造。

宁波海天精工股份有限公司常务副总经理赵万勇认为，毛子锋常务副理事长提出的行业“十四五”发展规划刚要中的六大重点任务是企业应该仔细研究的课题。目前国内很多重点领域的高端机床大量使用进口机床，海天精工要更加深入做好细分市场，实现重点突破。重庆机床

（集团）有限责任公司董事长刘德永建议，应当充分利用好当前的大环境做好行业“十四五”规划，从顶层设计到企业层面，进行很好的研究和规划，并能真正以战略眼光来着手落实规划，协会和企业共同推动这项工作。

3. 为行业发展谏言献策

机床工具行业内的很多企业互为用户，相互合作交流，共同针对用户工艺进行深入研究，在提升产品品质的同时，可以为用户提供最优方案。广州数控设备有限公司董事长何敏佳、山东博特精工股份有限公司董事长李保民在发言中都谈到了数控系统厂家、功能部件厂家与主机厂要展开深度合作，进行工艺研究和机床研发，由此不断生产出新的产品。

机床工具企业要关注用户领域需求变化，满足用户需求，产品才能赢得用户的信赖。苏州电加工机床研究所有限公司总经理吴国兴表示，机床工具企业要时刻关注用户领域的需求变化，认真分析上下游产业链，实现融合发展。株洲钻石切削刀具股份有限公司总经理王社权今年明显感觉到传统刀具市场下降幅度非常大，对于大型终端客户和重点领域客户使用国产刀具的趋势是存在的，要真正实现进口替代，需要与用户一起联手共同努力。

维护行业健康生态一直是企业老总们关注的问题，成都工具研究所有限公司董事长商宏谟倡议业内同行进行有序竞争，建立合理规范的行业自律体系。天津市天锻压力机有限公司技术中心主任杜丽峰提议机床协会可以建立对接平台，使机床厂与行业高端用户的需求导向及时对接，共同打造行业生态，提升机床厂家的整体解决方案研发能力。

产业政策建议方面，齐齐哈尔二机床（集团）有限责任公司董事长杨平建议要充分发挥出新型举国体制的优势，通过国家相关支持将行业的基础共性技术做好，实现行业企业整体能力的提升。江苏亚威机床股份有限公司副总经理潘恩海建议，国家的财政政策可以引导资本市场关注机床行业，并且应考虑到根据机床工具的基础性战略性特点，差别化支持机床行业。

结语

本年度的理事长工作会议内容十分丰富，参会企业代表发言也十分踊跃，会议讨论期间不断碰撞出智慧的火花，足见行业企业对本次会议的重视，对行业发展这一重要时间节点的重视，中国机床工具业的强大要靠行业企业共同的合力！

中国机床自强不息！ □

精雕职业培训学校： 满足人才需求，实现社会效益

中国机床工具工业协会传媒部 兰海侠



发展到今天，东莞市精雕职业培训第二学校（简称精雕学校）已经颇具规模。学校总建筑面积23000多平方米，配有高速加工中心20多台，数控机床250台，品牌电脑上千台，建有恒温车间、精密检测室和校内工厂等。精雕学校每年接收本科、大专和中专院校学生3000多名，为1000多名学生提供就业服务，多年来也成功帮助600多名校友

实现创业梦想。

依托精雕集团

北京精雕科技集团一直非常重视人才的培养与储备，分别与清华大学、浙江大学、香港科技大学、天津大学等多所院校开展了联合办学。截止到2020年9月，先后免费提供价值上亿元的数控设备和正版专

业软件用于联合办学。在联合办学的基础上，精雕集团投资亿元开办精雕学校。

精雕学校前身为2001年创建的北京精雕广东培训中心，学校创办的初衷，是精雕集团为了满足精雕用户对适用、能用的应用型技能人才的需求。随着精雕集团的不断发展壮大，依托集团强大的技术、市场和资源优势，精雕学校在人才培养与输送、企业协作、院校合作等方面实现持续发展与突破，学校的办学条件、技术及配套资源得到全面提升，在培养高精密制造技能人才方面迈上了新的台阶。

此外，精雕学校的发展壮大也得益于其正确选址。当年精雕选择将培训学校建在东莞，实际验证了其对东莞发展前景的预测。东莞市号称“世界工厂”，制造业实力雄厚，产业体系齐全，是全球最大的制造业基地之一，制造业总产值占规模以上工业总产值的90%以上。2019年东莞市全年GDP达9482.5亿元，属于新一线城市。深厚的制造业基础、优势的产业集群效应、活跃的民营经济等东莞元素都为学校

的发展提供了充足的源动力。

办学特色

精雕学校在成长壮大的过程中形成了自身鲜明的办学特色。

第一，就是紧随热门、前沿智造行业。其应用行业广泛分布在：精密模具、精密电极、3C小五金件、五轴加工、难切削材料、医疗行业、工艺品。学校培养学生的就业岗位目标明确，主要以编程师、应用工程师、多轴加工编程、高速机操作人员、生产主管、调机技术员等多层次技术人才培养为主。

第二，分阶段实践锤炼，与企业岗位接轨。精雕学校拥有200多台机床提供实践保障，以创作、项目化实践教学、反复训练，参与校内、外生产实践，定岗产线模拟训练。

第三，完备人才培养体系。第一阶段兴趣化教学打基础；第二阶段生产实践明确方向；第三阶段岗位要求模拟训练；第四阶段优质就业与持续帮扶。

第四，探索特色人才培养模式。融合个性创意兴趣化教学、项目化团队协助教学、企业模式生产线教学、

建立行业定向培养体系、学生工厂实践与学习相结合等多种培养模式。

第五，拥有广阔的就业资源。精雕集团每年机床销售上万台，集团拥有上万家企业资源，这些都为学校提供了就业资源，目前学校已经与600家优质企业建立人才输送合作。

第六，随着更多精雕学校的学生走向社会，并且有不少校友创业获得成功，学校获得持续的校友发展支持。

第七，承办全国性赛事、地方服务项目。精雕学校目前已连续几年承办全国职业院校五轴大赛；被评定为东莞市高技能公共实训分基地。

学校职能

在十余年的办学历程中，精雕学校为精密制造行业培养人才摸索出了一套有效的教学体系。

开展项目一：社会生源培训

以精雕集团先进的技术为依托，以精雕企业用人需求为导向，根据企业岗位要求开设了五大热门课程：精密模具编程专业、浮雕艺术设计专业、精密零件生产工程专业、精密五轴编程加工、 μ 级加工管控技术，致

力于培养精密制造领域的金领人才。

培训特点：可以让零基础的学生实现技术成才，还为一些高考失利的学生找到一条专注于技术的求学之路；强调重点知识培养，70%的充足实践加快学生经验积累，实现技术快速成长。

开展项目二：院校多模式合作

精雕实训基地的建立旨在为院校和企业搭建一座桥梁，为院校学生培养工程实践能力，为企业解决中高级技术人才岗位需求。多年来，精雕学校作为精雕集团CNC数控实训基地已经与50多所院校建立协同育人的合作。

与院校合作模式：认知实习，跟岗实习，顶岗实习，3+1或0.5+2.5合作模式，毕业设计，成立精雕产业学院，精雕订单班，现代学徒制，师资培训，CAPSTONE课程开发。

开展项目三：企业协作平台

精雕学校结合多年的一线生产经验，从学校调配100余台各类型精雕机床，其中高速加工中心20多台，五轴机床30多台，配置精密检测设备多台组建校内工厂，可为企业客户提供新产品开发、打样、工艺验证、协作加工等综合技术服务。



开展项目四：多层次人才输送
每年培养600多名社会层次学员；
每年3000多名制造类学生参与精雕实
践培训；拥有上万名精雕校友人才信
息库；与50多所院校建立校企合作，
并已实现上万院校学生的生源储备。

企业用人合作模式多样：可直接
为企业推荐人才，为企业定岗定向培
养人才，企业组织人员定制培训，企
业定制上门培训。

开展项目五：搭建创意实现平台
精雕学校为学生和社会人士精心

构建占地5000平方米的个性创意实
现平台，平台配套完善，可提供个性
创作的工艺实现条件，提供创意礼品
定制、交流的空间，让学生和社会人
士制作完整的个性作品，可直接使
用、展示或推向市场。

精雕校友创业案例

创业校友案例一

创业校友A进入精密雕刻行业已经有十多年了。2004年，校友A还是一名手工雕刻师傅。为了跟上时代的步伐，更好地与行业接轨，校友A选择了学习精雕技术，并通过精雕老师的推荐，走上了精雕从业之路，也因此找到了事业发展的方向。

2007年，校友A开始自己创业，展开了更有挑战性的工作。创业之初是艰难的，一开始从事加工行业并没有很好的方向和专注点，也难以形成自己的优势和特色，校友通过不断和学校老师、行业里的朋友交流，凭着对所学精雕技术的信心和对市场的预期，终于明确了自己事业专注的方向。

2012年，校友配备了20多台北京精雕设备，专注开发精品铝模，也拥有了自己的专业团队。在发展过程中，精雕学校的老师一直关注着校友的发展，在创业发展的过程中，不断为校友提供助力。

在与精雕学校不断合作的过程中，校友A于2018年购置了全闭环精雕设备，致力于高端产品的研发和生产。同时，依托北京精雕强大的技术优势，学校针对校友企业新产品、新工艺的研发、打样成立了专项工程团队，协作校友攻克技术难题。目前，这些新产品已在市场上推出，得到了客户的满意和行业的认同。

创业校友案例二

校友B是一名90后的大学生，2013年，校友B作为广州城建职业技术学院的实训生来到东莞精雕学校进行为期一个月的数控实训。实训中，零基础的校友B发现自己对数控加工兴趣浓厚，经常主动晚上加班加点进行加工练习，并且能够将自己所学的理论和实践很好地结合在一起。一个月实训结束后，校友B对数控加工有了更充分的理解和认识，学习成绩很优秀，也促使校友B继续报读了精密模具编程和五轴加工的课程，为后期的就业、创业打下了扎实良好的基础。

毕业后，学校推荐校友B到东莞一家做首饰的客户企业做编程师傅，两年时间，校友就做到了公司的主管岗位。2017年，校友B正式决定创业。因为精雕而结缘，校友B毅然选择了精雕集团的设备作为创业的启动设备，虽然创业初期存在资金和技术都不足的情况，但是精雕学校在了解到情况后，为校友B提供了购机支持、技术支持、协助订单加工、人才输送等多方面的扶持，帮助校友攻坚克难，稳定订单。

得益于精雕学校以及众多精雕校友、客户的支持，工厂的订单逐渐增多，在模具加工方面也赢得了客户的一致认可。现在，校友B已拥有多台五轴数控加工设备，工厂经营也越来越趋于正轨，校友B也成为精雕行业90后大学生的楷模。

大族激光P6018D全自动激光切管机的研发与应用

大族激光智能装备集团有限公司

一、概述

2020年，一场疫情加速了金属加工智能化、自动化的步伐，制造升级、自动生产成为了市场的焦点，而对于管材与型材加工行业来说亦是如此。大族激光智能装备集团在此之前便高度重视智能工厂建设，创新、研发、生产高端激光智能装备，不断满足市场的新需求，为客户创造最大的经济效益与价值。

正是随着金属管材市场的快速增长，市场对管材和型材的加工质量与工艺、切割技术等提出了更高的要求，传统的金属钢管加工因加工精度差、生产效率低、切割质量低劣、材料利用率等已无法满足金属管材市场的需要。在工业技术的不断发展下，激光技术应用越为广泛，集自动化技术、数控技术等为一体的全自动数控激光切管机应运而生，全自动激光切管机将多个制造工序集成为一个连续的加工过程，通过减少锯削、钻削、开槽、冲孔、修边等工序，极大地提高了切割效率，其专业、高精、高速备受市场青睐。国外，激光切管机自动化程度较高，能实现管材自动上、下料及自动定心夹紧，适用于各类管材切割，但其价格较高、本地化服务得不到快速保障；国内，激光切管机的自动化程度偏低，大多为手动上、

下料及手动夹紧，价格较低，工人劳动强度太大。

基于以上国内外市场的发展状况，国内管材切割设备存在的自动化程度低、切割质量差、效率低等问题，大族激光智能装备集团通过分析市场对管材切割装备的需求，以激光技术发展为导向，借鉴先进加工技术，潜心研究管材加工领域，深刻钻研相关核心技术，为管材加工客户提供P6018D全自动激光切管机（见图1），可实现不同上下料长度、不同管径、不同形状管材与型材有序工件上料、夹料、旋转、切割、进给、切断、下料等一条龙批量生产服务。该设备是一款

集激光切割、精密机械、数控技术于一体的大功率数控激光切管机，能实现金属管材全自动化、高质量加工，全自动上下料、一次高速切割成形、无需后续去毛刺处理，具有专业、高速、高精度、高效率、智能化和信息化等特点；可切割加工方管、矩形管、圆管、椭圆管和异形管，及角钢、槽钢、工字钢、T形钢等型材；可高速切割碳钢、不锈钢、铝合金、铜合金、钛合金等金属管材；广泛应用于工程机械、石油管道、客车制造、农林机械、特种汽车、家用电器、健身器材、激光对外加工服务等各种机械制造管材加工行业。



图1 P6018D全自动激光切管机

二、产品介绍

大族激光智能装备集团自2009年研制成功国内首台——第一代侧挂式半自动切管机，至今十余年，产品质量充分经受市场考验，广泛应用于各行各业，通过不断创新、推陈出新，提升核心竞争力，切管家族体系不断壮大。从小口

径管到大口径管,从垂直切割到坡口切割,从规则管材到各类型材,从半自动到全自动,成为国内生产最早、技术最成熟、产品系类最完善的激光切管设备生产企业。P6018D作为大族激光第4代全自动激光切管机,具备出色的设备特性与优势,助力客户生产更快、更精、更智能、更稳定可靠,成为销量最大、技术最成熟的产品之一。

激光切管机的工作过程包括:成捆管料吊装至上料部分,上料机构通过上料、分料、勾料、抬料、测长、夹料、送料的这些动作,将原料自动平稳地放到床身部分的辅助支撑,辅助支撑的高低根据管材的规格大小进行伺服调整,送料夹头根据测长得到的原料长度数据移动到自动测算的位置进行夹料,然后将管料送到切割区,进行端头修边,最后根据自动编程软件做好的套料程序进行切割,切断的每个工件自动滑落到操作者旁边的成品框,人工将工件收集到指定成品料框,在进行管材切割的同时,下一根管材在上料结构同步进行自动备料,上一根管材加工完成后,将立即送入下一根管材,设备瞬时完成上料动作,管材快速进入切割状态,同步备料、持续生产、提效增值。P6018D机床各部分布置图如图2所示。

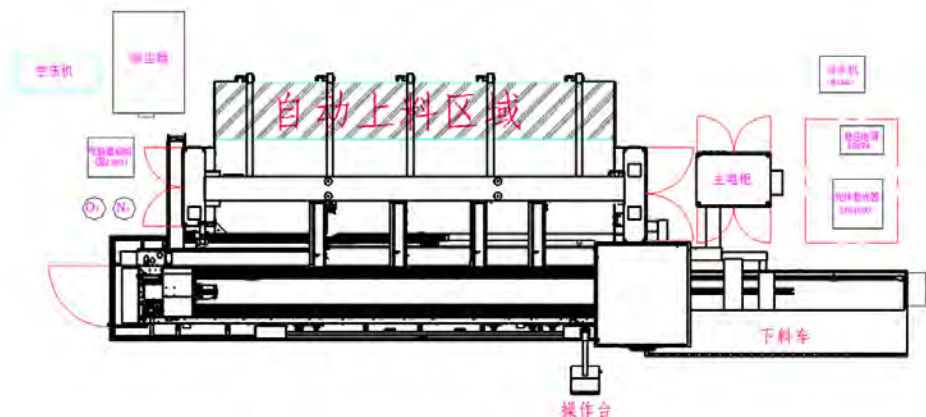


图2 P6018D机床各部分布置图

1. 机型特点

(1) 整机装备采用卧式结构设计,装配高端零部件配置,进口齿轮齿条、高精直线导轨,实现传动平稳、精度高;配置全自动上、下料装置,极大地提高机床生产效率。

(2) 床身、送料卡盘和固定卡盘采用焊接结构,经高温退火后粗加工,再振动时效处理,可以完全消除焊接及加工的应力,高精度加工成形,刚性好、精度高、重量轻、动态性能好,可保持长时间使用不变形。

(3) 采用具有大族专利的伺服辅助支撑装置,在管材进行切割的同时,支撑装置始终跟随管材旋转半径的变化而上下浮动,保证有效地支撑管材,防止管材的下垂,稳定高精加工。

(4) 全伺服上料机构,无需手动干预,输入管材参数后,自动识别、自动调整相关参数。

(5) 进口高精度电控比例阀,精确控制切割辅助气体的气压,以达到最佳的切割效果,相比手动调压阀更精确、方便。

(6) 采用基于Windows操作系统的大族智控HAN'S系列数控系统,该系统是激光切割机专用数控系统,集成激光切割控制专用功能模块数据库,功能强

大;全新触摸显示操作台,符合人体工程学设计,人机互动优良、操作简单、便捷。

(7) 采用进口专业切管软件,实现激光切管机全时切割、高效切割,有效地降耗降本、省时省事、增效增值。

2. 机型优势

(1) 模块化设计,自由组合。上、下料结构均实现标准模块化设计,可以选配不同的上料方式,手动上料、排料式半自动上料、勾推式全自动上料;多种下料方式,标配具有国家专利的4米浮动下料(也可选配其它下料方式),可对切割工件实现实时支撑,避免工件尾部甩动,提高加工精度。用户可根据自身的需求自由组合。

(2) 切割效率,优势显著。第四代全自动激光切管机相比于第三代,定位速度由100m/min提升至120m/min。X、Y、Z直线轴和A、B旋转轴均采用欧洲进口大扭矩伺服电机,高精度、高转速、大扭矩、大惯量、性能稳定耐用,保证了整机的高速度及加速性;拥有大族专利于一身的全自动上下料系统,上料零失误、稳定性好、整体加工效率高。

(3) 瞬时送管,无缝对接。在进行管材切割的同时,下一根管材在上料结构同步进行自动备料,上一根管料加工完成后,将立即送入下一根管材,设备瞬间完成上料动作,管材快速进入切割状态,最大管材承载重量可达200kg。

(4) 可搭载Han's Mesys激光设备信息管理系统,对设备进行实时监控,智能提醒用户进行设备保养,通过数据分析功能与报警异常信息,分析影响OEE的瓶颈,让数据成为生产力。

(5) 扩展性强,各类管材轻松应对。可切割金属圆管、方管、矩

形管、椭圆管、D型管与异型管，以及槽钢、角钢等多种型材。

(6) 卡盘送进轴采用角接触轴承支撑，寿命长，精度高，磨损后可快速调整修复。

(7) 配备Rapid Cut高速飞行切管和最新蛙跳功能，实现高品质加工。

三、核心技术的研发

在激光切管核心技术和激光切管装备的研发和研制过程中，结合CAE分析技术，对关键结构的模态、刚度、气流、热流等方面进行了仿真分析，重点对激光切割工艺的改进、辅助支撑机构的设计、夹持系统的研发、上、下料系统的自动化四大核心技术进行了攻关，并与原有的设计方案进行对比，结合扭曲、弯曲变形自动补偿技术、引入线起割方式、转角转脉冲切割控制、转角处理功能，提出新的控制手段、工艺方法、切割技术，实现了不同长度、不同半径、不同形状管材从上料、激光切割成型、到下料全自动数控。

1. 激光切割工艺的改进

在管材加工过程中，管材自身存在各种缺陷。其中，管材的扭曲变形和弯曲变形对激光加工产生影响，影响切割质量。通过采用电容式传感切割头，实现高精度、高灵敏度、高稳定性切割；针对特殊截面管材的加工需求，如椭圆形管、DR管及其它异型管材，研发特殊截面管材激光切割技术、激光切割管材扭曲、弯曲变形自动补偿技术，可解决因管材自身原因造成激光切割的缺陷。

对于不锈钢、铝合金等高温合金管材，通过特殊控制技术与转角处理技术，可以根据高温合金管材熔化切割时的特点，选择不同的引入线起割方式、转角转脉冲切割控制、转角处理功能，减少切屑反溅的发生，大大提高尖角切割的稳定性，减少聚焦镜片污染，提高聚焦镜片使用寿命。在切割尖角时，通过采用不同的激光功率、脉冲频率、脉冲占空比，既可保证尖角切割轮廓的质量，又提高切割效率。部分标准切割管材和特殊切割管材见图3和图4。



图3 标准切割管材图片



图4 特殊切割管材图片

2. 辅助支撑机构的设计

原有切管机的辅助支撑机构采用升降轮式支撑机构，支撑轮上有多个不同半径的开槽，不同半径的管材支撑在与之半径相近的支撑轮上，属于有级支撑，无法对不同半径的管材提供可靠的支撑。改进后的辅助支撑机构采用无极浮动支撑方式（见图5），通过伺服机构控制支撑面随管材转动而上下浮动，使管材与支撑面始终贴合，实现对不同长度、不同半径管材的有效支撑的同时，有效降低了管材高速旋转时的颤动，提高了加工精度。



图5 辅助支撑机构

3. 夹持系统的研发

原有夹持系统的夹紧气缸随夹头一起旋转，采用旋转密封方式为夹紧气缸提供动力，夹紧力小，且密封容易漏气，易损坏器件，夹紧后无信号反馈，最大夹紧重量为200kg。

改进后的夹持系统（见图6），由两组滑板、数控旋转台和四爪对抓自定心气动夹头组成，其中一组移动（X轴），另一组固定在床身上。通过大族智控数控系统控制交流伺服电机驱动送料夹头，实现X轴方向的快速移动和送料，完成上料、切割送料。四爪自定心对抓气动夹头采用气动夹紧。两个夹爪联动，实现自定心功能；两对对抓卡爪单独运动，实现对不同形状管材的自定心夹

紧。改进后的夹紧气缸不再随夹头旋转，无密封漏气风险，最大夹紧重量提高到200kg，夹紧后有反馈信号，且可以自动检测管材规格，并与程序进行比较，判断是否上错管材，实现对不同长度，不同形状管材的定位、夹紧和比对。



图6 夹持系统

4.上、下料系统的自动化

原有的切管机上料装置采用两级链条滚动式上料、电动推杆分管，结构复杂、效率低、管材表面易被划伤。改进后的全自动上料分拣系统（见图7），采用尼龙面上滑动式上料方式，限位推动分管，机构结构简单、可靠，实现了对不同长度、不同半径，不同形状管材的自动化上料，减轻了工人的劳动强度，提高了生产效率。



图7 自动上料分拣系统

原有的切管机下料装置采用升降轮式支撑，小件管材和废料易进入支撑轮与滑板之间的间隙，与加工后的工件刮擦，影响加工质量。改进后的下料系统采用浮动式支撑方式（见图8），将小的转轴镶嵌在支撑板中，实现支撑板随管材的转动而上下浮动，紧密贴合管材型面，减少工件之间、工件与废料间的刮擦，保证加工后管材的质量，提高了加工效率。



图8 自动下料系统

四、技术实施与设备质量控制

（1）采用先进的CAE分析手段，对关键结构的模态、材料、刚性、气流热流等方面进行分析比较，在大量的理论设计基础上，发明新的机械结构和控制技术，采用新的制造工艺方法。

（2）实验测试验证，积累工艺数据，开发对不同管材的工艺研究。

（3）样机生产，在行业客户试用、现场测试和用户意见反馈，然后根据反馈的信息对样机不断修改、完善。

（4）通过市场的验证后，形成产业化成果、批量生产，并根据市场需求不断提升核心技术、切割工艺，持续更新、保持整机装备的强大综合实力。

五、成果应用及推广

P6018D全自动激光切管机核心技术的成功研发，解决了传统加工工艺及切割技术效率低、速度慢、切割质量低劣、材料利用率低等问题。在改善切割质量、提高设备自动化程度和生产效率的同时，提升国产装备在行业中的竞争优势，打破了国外的技术垄断，满足市场对管材切割装备的需求，极大地提升了国内高端激光智能装备制造水平及市场竞争力，形成激光智能化切割的产业化能力，并通过不断自主创新，实现激光器、数控系统、切割头等核心部件国产化，创新引领、成就国之重器。

全自动激光切管机适用于各类管材与型材，自研制成功以来，强势助力各行各业，并出口欧美日韩等国，成为各行业新老客户的切管生产利器。十年来累计销售500余台，在农机、健身器材、新能源客车、智能家居等行业得到广泛应用，创造了显著的经济效益与社会效益。大族激光智能装备集团致力于“把产品做精、把行业做深、把平台做强”的战略方向，打造智能产品、开展智能管理、提供智能服务，为金属成形行业提供自动化、智能化激光加工系统解决方案与全方位的技术支持，助力智造加速升级、产业腾飞，以高质量发展水平迈进智造强国之路。□

YK7380A数控成形砂轮磨齿机的研发与应用

秦川机床工具集团股份有限公司 黄亚超 樊利军

一、概述

随着海洋工程、舰船、机车、风电、军工等行业快速发展,对大规格传动齿轮精密、高效磨削加工关键设备的需求日益增大,传统采用展成法磨削,效率和精度难以满足要求。秦川机床研制的YK7380A磨齿机,如图1所示,采用成形法磨削,精度达到国标GB/T10095.1-2008 3级以上,效率提高4~5倍,机床突破的关键技术包括:高刚性、高精度、高可靠性设计技术;机床热变形控制技术;机床磨削专家系统开发;机床在机测量与综合误差补偿技术开发;机床无附加传感器检测预警和故障诊断技术等。YK7380A磨齿机技术水平达到国内领先、国际先进,对提升我国高端装备制造业水平,满足国家战略和国防需求具有重大意义。



图1 YK7380A数控成形砂轮磨齿机

二、国内外同规格磨齿机对比

秦川机床开发的YK7380A磨齿机,最大加工直径 $\phi 800\text{mm}$,模数

35mm。机床为全闭环控制,可对磨削工件齿形、齿向任意形状修形,并通过集成内置砂轮动平衡系统中的AE功能对砂轮修整及工件磨削实时监测。机床操作界面为人机对话式,操作简单,通过输入磨削齿轮基本参数即可自动生成成形砂轮截形修整和机床循环动作执行程序,完成工件自动循环磨削。机床磨削循环自动化高,具有自动对刀、工件自动检测、自动误差校正、远程故障诊断等功能。

目前,市场上磨削规格 $\phi 800\text{mm}$ 的国外产品:台湾陆连的LFG-8040、德国HOFER公司的RAPID800、德国KAPP-NILES公司的ZE800、ZP08及美国Gleason-PFAUTER的P800G,机床结构各具特色,但功能特点基本相同。国内外同规格机床主要技术指标如表1所示。

表1 YK7380A、LFG-8040、RAPID800、ZE800、ZP08、P800G磨齿机主要参数和性能对比表

型号		YK7380A	LFG-8040	RAPID800	ZE800	ZP08	P800G
厂家名称		秦川机床	台湾陆连	德国HOFLER	德国KAPP-NILES	德国KAPP-NILES	美国Gleason-PFAUTER
加工规格	最大顶圆直径/mm	φ 800	φ 800	800	φ 800	φ 800	φ 800
	最小根圆直径/mm	φ 100	φ 50	φ 100	φ 100	φ 100	φ 20
	齿数	不限	不限	不限	不限	不限	不限
	模数（max）	25	20	35	20	20	15/20
	螺旋角	± 45°	± 45°	-45° ~ +120°	± 45°	-45° ~ +90°	± 45°
	加工工件最大齿宽/mm	500	400	550	350	500	500
	立柱拖板走刀轴行程/mm	600	400	650	400	750	400
	立柱拖板进刀轴行程/mm	450	400	700	395	450	400
	工件重量/kg	2000	2500	3000	1500	1500	2000
	砂轮直径/mm	φ 400	φ 400	φ 400	φ 350	φ 400	φ 350
主要特征	数控轴数	9	8	8	8	8	8
	磨削主轴功率/kW	35	15	24	13.5	15	15
	砂轮修整	随机自动	随机自动	随机自动	随机自动	随机自动	随机自动
	砂轮随机动平衡	有	有	有	有	有	有
	在机测量	有	有	有	有	有	有
	机床稳定磨削精度	3级	3级	3级	3级	3级	3级

对比国内外 $\phi 800\text{mm}$ 规格磨齿机,秦川机床研发的YK7380A磨齿机对标国外先进的数控成形砂轮磨齿机发展趋势和技术特点,并依据客户提出的性能要求,在机床设计、加工、制造、试验、检测等核心技术展开攻关,使机床的设计制造技术水平、工作精度、效率、可靠性等与国外机床相当,机床磨削精度达到GB/T10095.1-2008 3级以上,能够完全替代进口,机床售价远低于国外同类机床,有很大的性价比优势,具有很强的市场竞争力。

三、产品性能介绍

YK7380A数控成形砂轮磨齿机采用最新成形砂轮磨齿机设计理念,是一种集机械、电气、液压、自动化技术、伺服控制技术、精密测量技术、计算机软件技术等多种学科技术为一体的复杂高档数控机床,可加工直(斜)渐开线齿轮,及其它任意齿形,如摆线齿轮,圆弧齿轮等,具有高效率、高精度、高可靠性等特点。

(1) 高效率:采用成形磨削,砂轮与齿轮为线接触,磨除率高;机床配置高压大流量冷却装置,适应大功率、大切深磨削加工,减少粗磨循环次数,提高机床磨削效率,是传统机床效率的3~5倍。

(2) 高精度:采用数字伺服系统,选用高精度光栅尺,全闭环控制,运动平稳,无冲击,实现了很高的运动精度;磨削专家系统具有误差校正功能,可补偿磨削加工误差,提高机床磨削精度。

(3) 高可靠性:采用高刚性设计保证机床高的几何精度;机床热关键点布置冷却喷淋、温机控制等措施以保证机床热稳定状态;机床配置温度、压力、流量、振动等多种传感器,对机床工作状态实时监控,保证机床高可靠性和稳定性。

四、新技术应用情况

1. 大规格数控成形磨齿机设计制造技术

(1) 模块化设计技术

机床采用立式结构,模块化设计,缩短开发周期,提高机床可靠性。机床主要包括床身、立柱、工作台、工件立柱、滑板、修整器、磨具等部件,机床布局如图2所示。

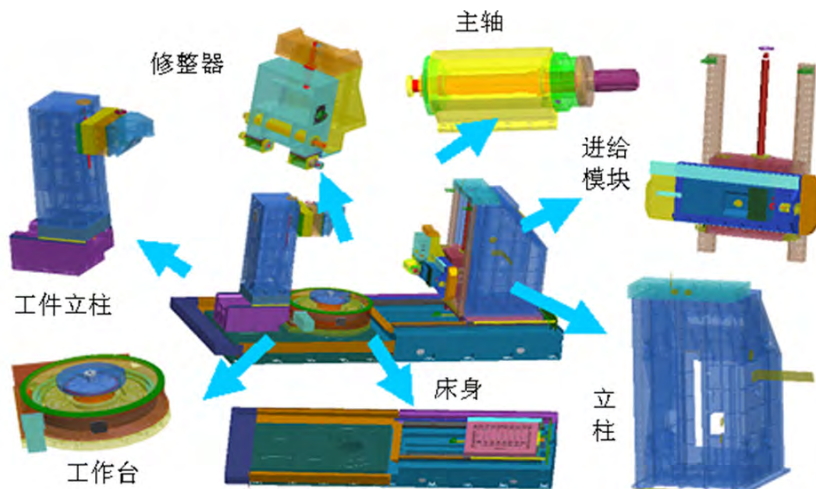


图2 YK7380A磨齿机模块布局图

(2) 高刚性设计制造

成形磨削载荷大,对机床刚性要求高。在设计中对机床整机及关键零部件进行有限元分析、结构优化,如图3所示,保证机床高刚度;对关键零部件进行模态实验分析,使机床固有频率远高于磨削时的激振频率;对关键结合面进行精密刮削,保证接触刚度。

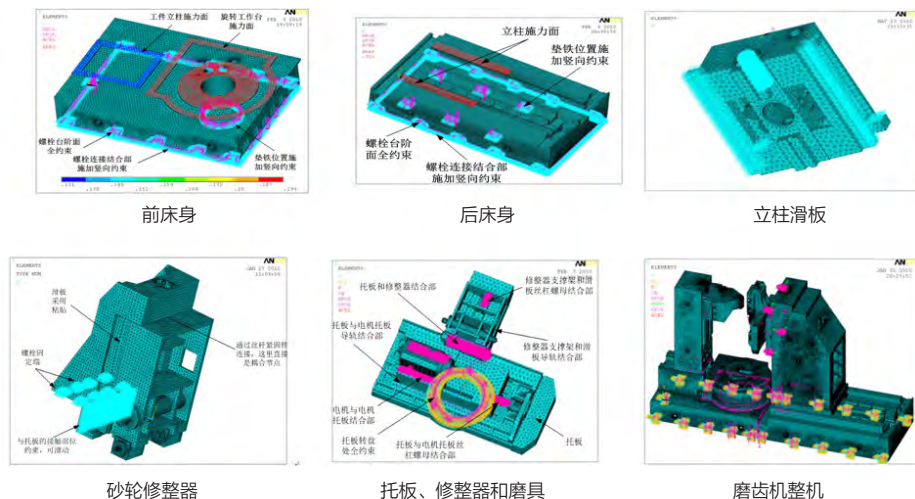


图3 YK7380A磨齿机有限元分析模型

(3) 大型磨齿机热特性控制技术

大型磨齿机工作过程中,在内外热源共同作用下产生热变形,影响工件与砂轮间相对位置,造成齿轮加工精度降低。研究表明,精密加工中,由热变形引起的加工误差所占比例达40%~70%,因此,减小热变形及尽快使机床达到

热平衡对提高加工精度和稳定性至关重要。采取主要方法：

①机床热对称设计及冷却流道优化。通过有限元分析机床热变形情况，如图4、5所示，优化机床布局，采用热对称结构，优化床身流道设计，增加床身周围冷却液流动，使温度分布更加均匀，提高机床热特性。

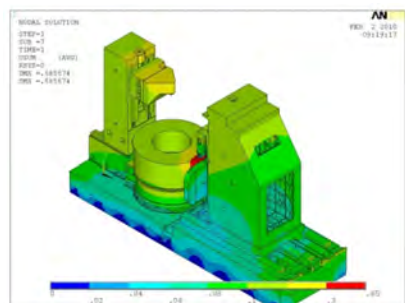


图4 磨齿机整机温度场云图

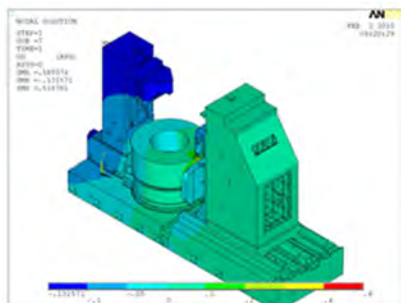


图5 改进流道后整机变形云图

②等温磨削控制技术。实时检测机床内部及外围环境温度，自动调节磨削冷却液温度，使机床内部温度与环境温度差保持在稳定范围内，减小热变形引起的误差，实现机床工作过程变形最小，满足高精度磨削要求。

(4) 静压导轨和静压轴承设计制造技术。采用闭式静压导轨，解决直线导轨大负载情况下出现爬行和滞后，直线轴重复定位精度达到0.002mm，回转轴定位精度达到 ± 3 角秒，机床最大承载2吨，满足产品设计要求。

(5) 复合材料应用。机床装配过程中，几何精度调整需要多次修刮导轨结合面，大型机床结合面修刮时大件的起吊、翻身、刮研工作量非常大，采用新型复合材料，实现机床导轨精度一次定型，就能满足精度要求，减少装配工作量，提高机床装配精度。

2.磨削专家系统开发

磨削专家系统是成形砂轮磨齿机最为核心的软件系统，软件界面如图6所示，解决了机床操作人员机下繁琐计算程序编制，可根据用户磨削工件要求推荐磨削工艺，供用户选择多种形式的磨削方法、砂轮修整方法，自动生成机床加工程序，指导用户精密、高效磨削，方便用户使用，提高了机床加工效率。主要功能模块包含以下几项。

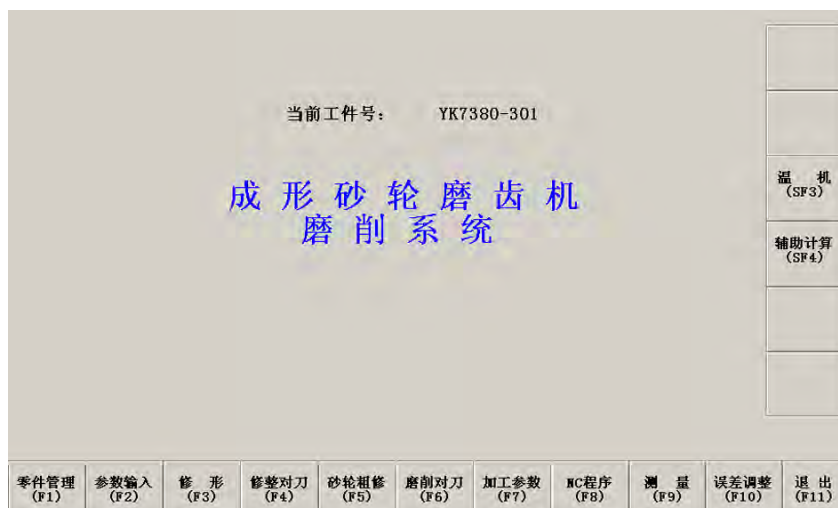


图6 YK7380A磨齿机专家系统主界面

(1) 基于工作状态下啮合误差优化的齿廓修形

齿轮箱齿轮由于加工、装配误差、受载变形等产生边缘接触，形成应力集中，对传动平稳性和寿命产生很大影响，因此需对齿廓进行精确修形，减少边缘接触和应力集中。机床采用成形磨削，可通过全闭环伺服轴精确插补对齿轮廓形修形，实现齿廓精确三维修形，如图7所示。

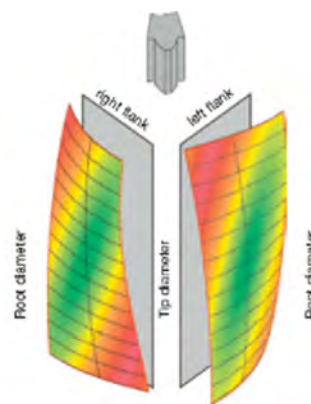


图7 齿廓修形三维图形

(2) 齿面扭曲控制技术

磨削斜齿轮时，砂轮与齿面的接触线为一条空间曲线，需调整砂轮和工件的轴交角，改变接触线相对位置，避免砂轮与齿面两侧接触线不是同时脱离齿面，受力不均，出现让刀，造成齿面扭曲。机床开发的齿面扭曲控制技术，根据工件参数，自动优化调整砂轮轴交角，改变接触线相对位置，改善齿面扭曲。

(3) 工件表面质量磨削控制技术

对大型齿轮磨削工艺进行研究，采集、分析高效磨齿工艺数据，建立工艺参数数据库，对不同材料、不同热处理要求齿轮都能找到适用的磨削工艺参数供用户选择。工艺参数主要包括砂轮的磨料、粒度、修整进刀量、磨削进刀速度、冷却液流量和压力等，指导用户实现精密、高效磨削，消除磨削烧伤和裂纹，提高磨削效率。

(4) 磨削状态智能监控

经过二次开发,砂轮主轴集成的AE(声发射)装置,可实现磨削工件自动对刀、余量自动分配、磨削过程及砂轮磨损状况实时监测,控制砂轮自动修整,保持砂轮锋利,保证磨削质量。AE的防碰撞保护功能,可以在发生啃刀或偏磨时,机床执行紧急回退功能,保护工件和设备安全。

3. 在机检测与综合误差补偿技术

(1) 在机测量技术

大型齿轮质量较大,齿轮拆卸、送检不方便,机下测量费时费力,在机床上配置在机测量功能十分必要。机床在机测量功能利用机床数控轴,对齿轮进行测量,测量数据再回传磨削专家系统,和设定的目标对比,自动调整机床加工参数,实现闭环控制下的精密磨削。

机床在机测量系统界面如图8所示,主要对齿轮齿形、齿向、齿距及齿距累积总偏差测量,如图9所示。



图8 机床在机测量软件界面

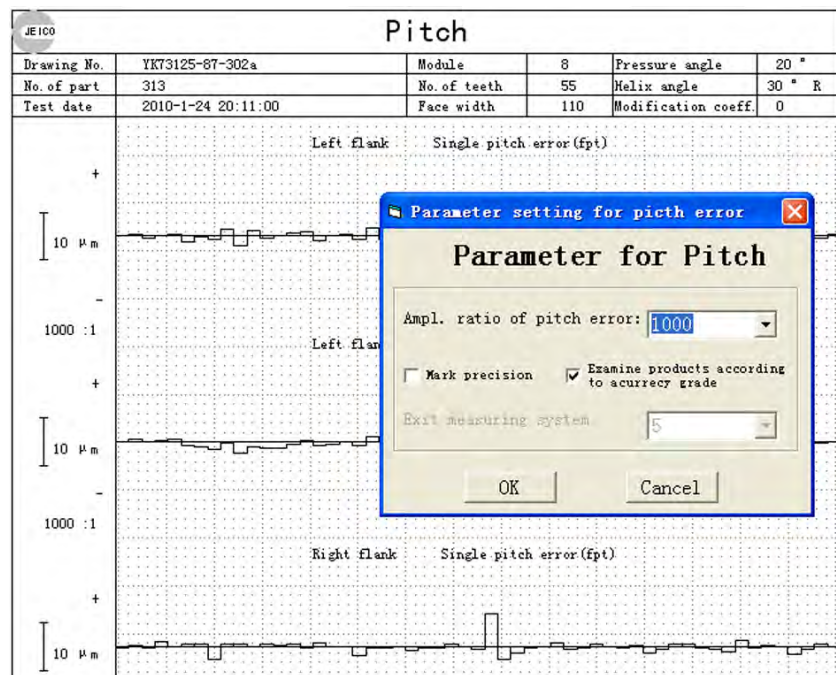


图9 机床在机测量报告

(2) 机床综合误差测试补偿技术

利用激光跟踪仪对机床伺服轴各项误差进行测量,建立机床空间误差模型,应用数控系统的动态操作功能,对轴间误差进行补偿。利用自行开发的传

动链误差测试仪对机床单轴运动误差、多轴联动误差、插补误差进行测量分析,调整机床参数,达到最佳补偿效果,如图10所示。

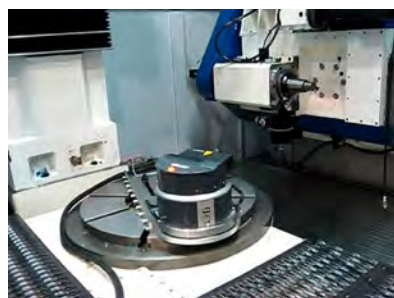


图10 机床综合误差补偿现场测试

4. 机床工作状态监测、预警及故障诊断技术应用

(1) 机床无附加传感器监测与预警

通过机床数控系统内置的位置、速度、扭矩、电流、电压等接口,获取机床动态响应信号,提取机床进给系统早期微弱故障特征,对动态误差和各种振动量实时监测,如图11所示。

示,当误差趋势开始变大,故障征兆开始出现时,及时对机床故障进行预警处理,提高机床的稳定性和可靠性。

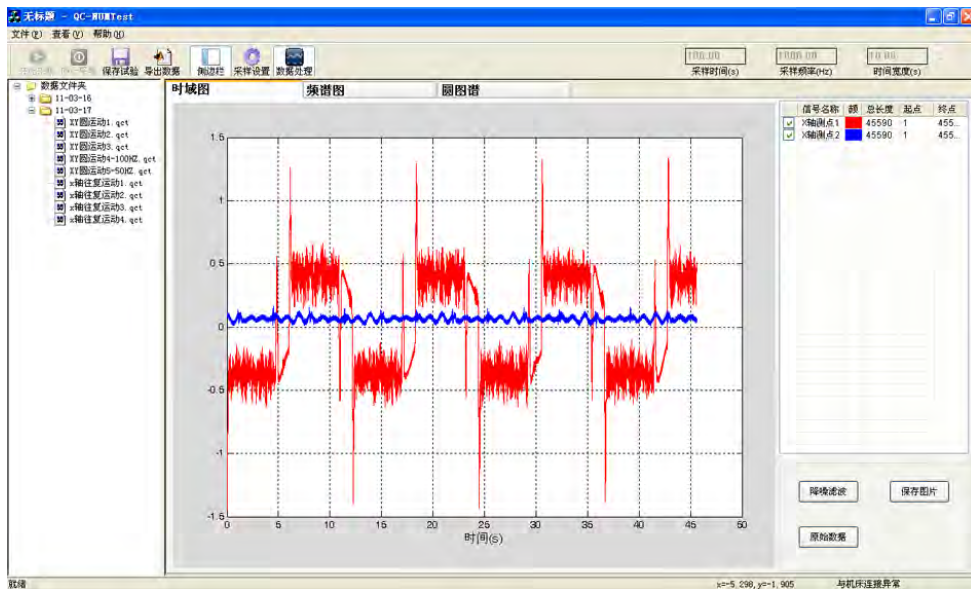


图11 YK7380A磨齿机故障诊断软件界面

(2) 远程故障诊断技术应用

机床远程诊断功能实现了外部计算机与机床工控机之间的远程控制,以便对机床进行故障诊断、参数更改等在线操作。当客户机床出现故障时,维修人员不用到现场就可以处理机床故障,缩短了机床维修时间,提高了机床工作效率,机床用户服务更加方便快捷。

五、成果应用及推广情况

YK7380A数控成形砂轮磨齿机研发成功,得到了用户的青睐和很高评价,认为该机床加工精度高、性能稳定、故障率低,产品磨削精度、磨削效率达到了国外同类磨齿机水平。公司根据不同行业、不同用户需求定制方案,积极拓展产品应用领域,保证了该产品拥有较高的市场份额,截止目前已经生产销售15台,实现销售收入5000多万元,为企业开拓了新的产品市场,取得了良好的经济和社会效益。随着中国制造2025战略规划,国内市场对中大规格高效、高精度数控磨齿机装备的需求从数量、质量、技术水平等各方面都提出了更高的要求,大型磨齿机的市场需求将达到300台以上,因此YK7380A磨齿机必将供不应求,具有广阔的市场前景,对我国磨齿机向更大规格、更高精度、更高效率方向发展提供有力的支持,提升我国此类高端数控装备的制造水平。□

广告索引 Advertisers Index

EMO2021欧洲机床展	封面
开天传动技术(上海)有限公司	封二
马波斯(上海)商贸有限公司	封三
第十七届中国国际机床展览会(CIMT2021)	封底
斗山机床(烟台)有限公司	1
埃马克机床(太仓)有限公司	2
卡尔蔡司(上海)管理有限公司	3
北京北一机床股份有限公司	5
上银科技(中国)有限公司	6
约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司	7
机械传媒公益广告	9

BPX5D五轴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

机床装备是国家制造业的基础，高端数控机床装备的技术创新从未停步。高精度数控机床广泛应用于国防军工、航空航天、精密医疗器械、3C、汽车、模具等重点工业和新兴产业，高精度机床作为工业生产母机，堪称“制造业的灵魂”。多年来，欧美发达国家对我国实行持续的技术封锁，突破封锁、实现核心技术自主可控是亟待解决的重点难题，也是中华民族崛起和复兴的重要保障。

“工欲善其事，必先利其器”，随着新技术、新材料的不断出现，对产品应用过程中的加工精度和表面粗糙度提出了更高的要求，人们对现代工业产品的外表及内在精度要求的不断提高是促使现代机床向着高精高速化发展的内在源动力，优良的产品不仅是企业增强核心竞争力、提高产品附加值的重要保证，也是时代发展的大势。

高精度刀具是高品质产品制造的根本保障，也是工具磨床制造业发展的内在动力。高精度数控五轴工具磨床是数控磨床的优秀代表，在解决叶轮、叶片、船用螺旋桨、大型柴油机曲轴等复杂曲面的机械零部件加工方

面具有独特优势。

当前国产五轴数控磨床境况堪忧，低端同质化竞争，中端价格混战，高端领域失守。高精度五轴数控工具磨床是刀具生产过程中的核心设备，国内高端应用中，高精度刀具具有6成以上来自进口，五轴数控工具磨床的进口占比更是高达8成以上，因此，整合国内优秀刀具及核心零部件生产企业协同创新，对于突破高端五轴数控工具磨床核心技术的境外封锁，进一步实现设备及刀具产业的核心技术自主可控和进口替代具有重要意义，集中产业优势资源进行卡脖子技术的专项突破势在必行，是补全高端磨床产业链，实现高端制造核心技术自主可控中不可忽视的重要一环。

大国制造的口碑是通过无数产品品质的提升逐步实现的，在崛起过程中，国内市场对于五轴数控工具磨床的加工精度以及加工效率提出了更高的技术要求：生产刀具的尺寸及形位公差要小于0.005mm；国外高端数控工具磨床如：瑞士ROLLOMATIC、德国WALTER、澳大利亚ANCA、德国SCAACA、VOLLME等，有着极高的加工精度和生产效率，在运行稳定性方面的表现尤为出色，赢得全球高精密工具生产企业的青睐，这些数据表现源自其背后众多核心技术的支撑。国产高端磨床和高精密刀具要想实现进口替代还有很多核心技术需要攻克，协同创新依然任重道远。

目前国内高端数控磨床的研发和生产单位主要包括台州北平机床有限公司、武汉机床、大连科德等，国内进口产品主要包括瑞士ROLLOMATIC、德国WALTER、澳大利亚ANCA、德国SAACKE、VOLLME、美国STAR等。其主要技术参数对比如下表：

国内外工具磨床技术参数对比表

厂家名称	机器型号	加工能力	重复定位精度	备注
德国WALTER	Helitronic Micro	0.1~12.7mm	≤0.002mm	
澳大利亚ANCA	MX5	1~16mm	≤0.002mm	
台州北平	BPX5D	1~16/25mm	≤0.002mm	实测：0.0016mm
国内同行		6~32mm	≤0.003mm	

数控工具磨床的技术关键在于：机床的精度、机床运行的可靠性与稳定

性,加工效率及五轴联动伺服控制技术、与机械部分高度适配的磨削软件。北平机床自2008年来,一直致力于五轴联动控制技术与自主磨削软件的研发,与美国同行和数控系统供应商开展深度合作创新,五轴联动伺服控制系统的自主化程度大步推进,已逐步实现进口替代。通过多年不断的创新研发,北平机床拥有自主软件著作权的磨削软件5款,全面涵盖工具磨削、外圆磨削、丝锥生产,北平机床的五轴数控工具磨床、数控外圆磨床、数控丝锥生产线、工业机器人广泛应用于国防军工、航空航天、汽车、3C以及精密刀具/零件生产企业。

BPX5D五轴数控工具磨床是北平技术攻关团队为满足用户高效加工高精度刀具的需求,借力欧洲技术支持团队在已开发的五轴数控工具磨床BPX5的基础上持续进行多项技术创新,自主研发生产的成果。BPX5D应用了多项发明专利,其主要技术指标达到国内领先,国际先进水平,该项目的研制成功,不仅提升了我国此类数控高端装备的水平,也打破了国外在高端数控工具磨床领域的垄断和封锁,为企业开拓了新的产品市场,同时取得了良好的经济效益和社会效益。

二、产品性能介绍

BPX5D数控工具磨床具有高精度、高刚性、五轴联动、高效率等特点,机床配置直线/直驱电机,覆盖直线轴伺服控制技术、精密测量技术、计算机软件技术、复杂刀具设计技术等多维度学科,是多种核心支撑技术的有机结合,是一款典型的高档数控工具磨床:

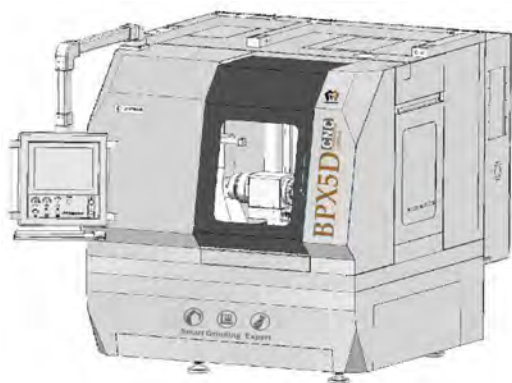


图1 BPX5D高精度五轴数控工具磨床

BPX5D高精度五轴数控工具磨床,八轴五联动配置:拥有5个伺服主轴及3个直角坐标系机械手伺服轴,所有直线轴均采用直线电机配置高精度直线光栅,所有旋转轴均采用直驱电机配置高精度圆光栅,工件轴采用精密级弹性筒夹,搭配高精度辅助支撑装置有效地保证刀具的加工

精度。高可靠性的直角机械手机构可实现大批量无人化生产,高精度配置及人性化操作软件为终端用户制造高性能和高附加值的专业性刀具、修磨高质量刀具提供更加专业化、智能化的磨削解决方案。BPX5D高精度五轴数控工具磨床在应用中表现出色,其加工精度、加工效率等均达到了国际先进水平,主要技术参数如下:

加工工件长度:200mm;
工件直径范围:1~16/25mm;
工件柄部直径范围:3~25mm;
X轴(工件水平移动):440mm;
Z轴(工件垂直):280mm;
Y轴(磨轴前后行程):280mm;
B轴(工件摆动): -15° ~ 165° ;
C轴(工件旋转):任意;
直线轴最大运行速度:20m/min;
直线轴分辨率:0.0001mm;
直线轴重复定位精度:0.00046mm;
直线轴定位精度:0.0016mm;
旋转轴分辨率:0.0001°;
旋转轴定位精度:5";
砂轮主轴功率:12.5/20/37kW;
主轴转速:10000 r/min (MAX);
砂轮最大直径:150mm;
自动装卸料:三轴机械手。

三、新技术应用情况

高端五轴工具磨床应具备以下几大特点:高精度、高刚性,极佳的可操作性、出色的机床运行稳定性和加工可靠性,实现柔性化、无人化生产。

BPX5D高精度五轴工具磨床,配套BP/SYNTEC智能刀具数控系统,交流伺服单元驱动,具有多轴控制功能,实现五轴联动,以提高机床加工精度为目标,研究五轴工具磨床的总体结构设计技术,工件辅助支撑结构设计技术、砂轮自动动平衡技术、自动上下料系统设计技术等;对五轴磨床数控系统和关键功能部件进行应用验证,研究五轴磨床数控系统的可移植性和关键功能部件的可靠性。

BPX5D是北平整合德国、美国技术团队后全新开发的拥有较高水准的数控工具磨床,通过新结构机制和各种吸振,抗温升处理,有效提升磨削效率和工件的加工精度。其技术创新点如下:

(1) 直线轴采用平板式直线电机配置直线光栅,旋转轴采用DD直驱马达配置旋转光栅,形成全闭环模式,提

供更优秀的快速响应和精确定位,确保高精度稳定加工。DD直驱马达之转速可根据工件磨削条件在0~1000r/min之间任意调整。

(2) 精准的定位和夹持是高精度加工的基本保障,机床采用高精密高刚性可调夹持系统和精密筒夹,夹持更为安全、精准。同时在不影响高精度磨削及砂轮干涉的位置,装夹工件前端配置双托架,靠近筒夹处托架为一托一压,用于调整装夹精度,保证工件形位公差,远离筒夹处托架为下托式,用于提高工件磨削刚性,保证工件的尺寸公差。两托架的使用可极大提高磨削效率,同时保证工件的加工粗糙度和精度。

(3) 采用计量级天然花岗石床身,机床吸振、抗热变形等性能更出色,定位高端磨床,形成了具有北平机床特色的技术创新体系,进一步提高机床刚性及稳定性。

(4) 机床装有北平刀具磨削软件。软件内嵌具有各种类型标准刀具的形状、尺寸,用户只需输入刀具的相关参数,软件自动生成刀具的加工程序并进行刀具的模拟加工,一次装夹完成全部工序,保证刀具加工的柔性化、高效率。机床配备3D工件自动探测系统,用于自动定位探测工件,获取工件加工的各项必需参数。

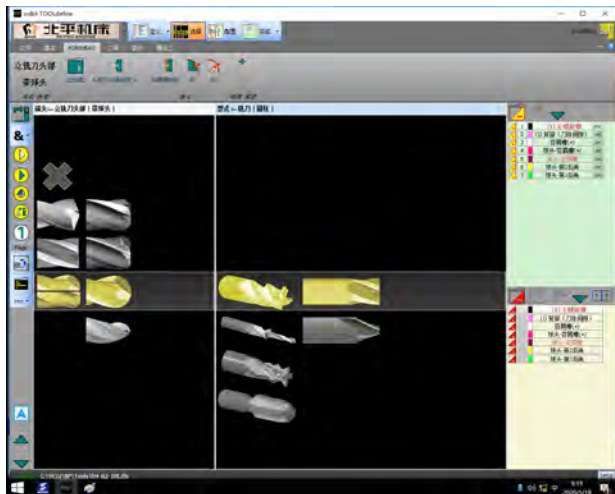


图2 北平自研刀具磨削软件

(5) 总线式控制系统,绝对值伺服电机驱动,各轴上无须硬件上的限位开关,极大地减少了机床开机的回零时间和电器方面的隐性故障。双通道数控系统控制工件自动上下料装置,内置三轴机械手,安全有效的防撞系统,简易编程及灵活的操作,可轻松实现小批量、无人化生产。机械手采用一上一卸的双夹爪设计,运送料时间与加工时间重合,卸料到第二只工件加工间隔小于6s。有效提升工作效率,探索更加科学合理的上下料模式,为用户创造时间和效益价值。

(6) 智能化是时代的大势所趋,BPX5D采用总线

式控制系统,可根据智能工厂及云技术应用需求,基于WINDOWS操作平台任意搭配3D模拟磨削软件、也可采用美国开源数字控制器扩展嵌入式工业触摸屏,具有更佳智能操作体验及友好的操作界面。

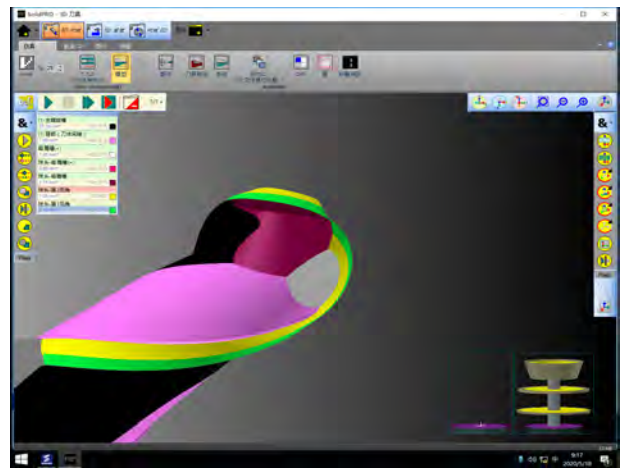


图3 北平刀具磨削软件3D模拟

(7) 云端控制技术,可进行生产线联机、实现磨削加工、自动检测、激光打标等工序集成的自动化生产,可进行实时数据采集,远程诊断、维护、检测、管理等工作。顺应两化融合的新时代趋势,让工厂的管理更加智能,更加便捷。



图4 北平智慧云工厂



图5 北平无人值守刀具车间

(下转第40页)

GRU II 32×60动工作台定梁龙门加工中心

宁波海天精工股份有限公司 顾科建 许荆波 孟高磊

一、概述

随着国内市场对中型定梁龙门加工中心的需求越来越大,GRU II系列定梁龙门加工中心是针对形式不断变革,要求不断提高的零部件加工行业,在GRU系列基础上重新规划设计开发的二代机产品,其外观如图1所示。



图1 GRU II 系列龙门加工中心外观图

GRU II 32×60在继承传统龙门机床基础框架刚性强、结构对称、稳定性强等优点的基础上,引进国际先进的动态刚性设计理念,通过优化布筋结构,合理分布质量优化设计了移动部件。优化设计的400×400方滑枕结构,滑枕传动采用双支点联接轴,联接轴固有频率大为提升,转速传递更为流畅稳定,最高主轴转速达到4000r/min。

该机床具备铣削、镗削、钻削(钻、扩、铰)、攻螺纹、铰削等多种加工功能,而且,针对客户的不同特点,可选配全闭环光栅尺精密反馈系统、刀具中心冷却功能、ATC机械手式刀库、工件自动测量、刀具自动测量、多种附件铣头、4轴联动加工等功能,可为客户配置性价比优良、满意贴心的产品。该产品技术指标和配置国内领先,产品结构和工艺成熟,产品质量稳定,机床扭矩大,快速响应特性佳,适用于汽车、模具、航空航天、包装、五金等各种机械加工领域的需求。

二、技术应用情况

1. Z轴采用方滑枕全包容导轨形式,结构刚性好,吸震能力强

GRU II系列机型采用400方滑枕全包容导轨形式,适合大扭矩、重切屑的产品客户使用,如图2所示。滑枕采用高强度优质铸铁,树脂砂造型,导轨副采用德国宝色贴塑板+中频淬硬滑动导轨结构,强力润滑系统,此结构抗震性强。滑枕对称设计,更加贴合热变形规律,滑枕热变形分析如图3所示。

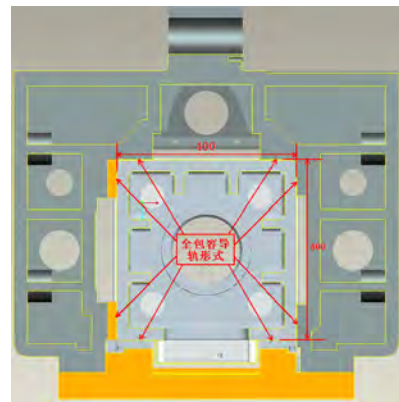


图2 滑枕导轨包容示意图

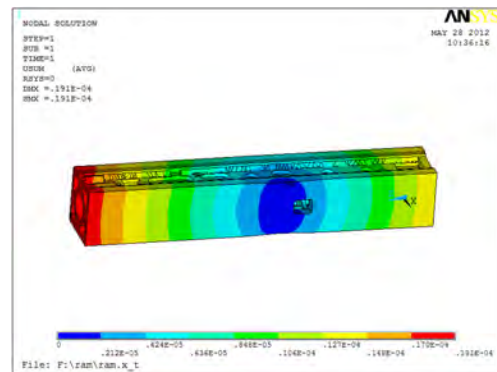


图3 滑枕热变形分析

2. 方滑枕内部传动轴辅助支撑轴承装配精度由机加工保证,缩短了装配时间,提高了精度保持性

GRU II系列机型的主轴动力输出,是由减速箱调速输出后,通过传

动轴传递到主轴,传动轴和主轴的联轴节安装部位需要加辅助支撑轴承来增加其传动刚性和同轴度保持性;以往此结构机型,轴承安装位置采用偏心套或轴承座灌胶等形式来安装辅助,以保证同轴度要求;现GRU II 机型辅助轴承安装位置直接由加工保证,安装方便,缩短了装配时间,安调后精度并保持性更好,且便于后续维修,如图4所示。

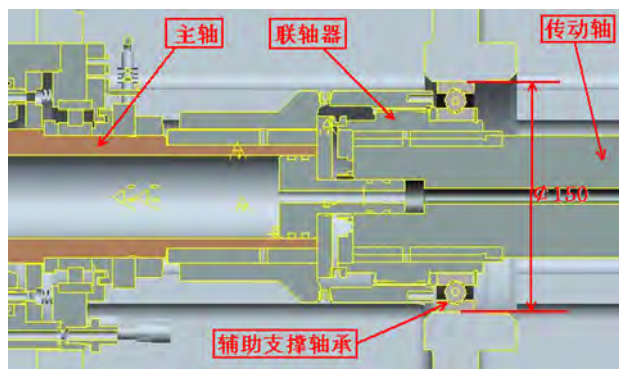


图4 滑枕传动轴辅助支撑示意图

3. 主传动轴采用自制齿形联轴器，可实现大扭矩动力传输，拆装方便

GRU II 系列机型主传动轴采用我司自制齿形联轴器，在传动轴上下两端分别与传动箱输出轴和主轴尾部相连接，可实现大扭矩动力传输，齿形联轴器是由内外齿相啮合连接，轴向有一定的窜动空间，易拆装，对主传动链的热伸长有很好抵消作用，如图5所示；联轴器的自制生产，对售后维修零件的匹配提供了有效的保障，降低了对外购件的依赖。

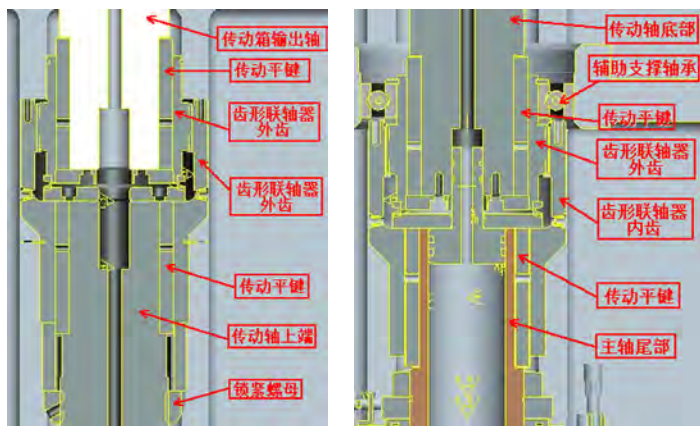


图5 滑枕传动轴上下齿形联轴器

4.主传动箱采用两档换挡结构，换挡快速、便捷，成本低廉；安全可靠

GRU II 系列机型主传动箱采用公司自制两档换挡结构,换挡快速、便捷,转动平稳、噪声小,在高低档换挡到位时,增加弹簧锁紧机构,使得换挡动作更加安

全、可靠（已获得实用新型专利：一种变速箱弹簧锁紧机构 ZL201621365668.7）。主电机安装板增加通风结构，通入压缩空气，有效地将电机产生的热量阻断，降低温升对主传动箱精度的影响，给主传动箱提供了一个良好的运行环境（已获得实用新型专利：一种隔热电机座 ZL201621365669.1）。传动箱整体结构紧凑，自制件备件齐全，维修方便。主变速箱结构示意图如图6所示。

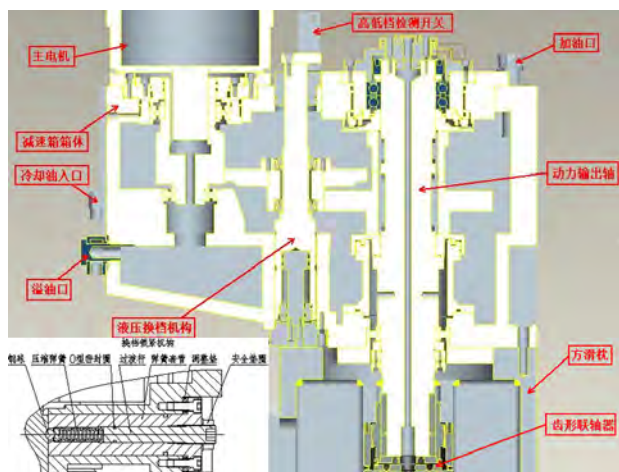


图6 主变速箱结构示意图

5.优化设计的模块化横梁结构

采用双导轨90°布置,见图7,充分发挥横梁刚性性能,以及线轨自身的最佳刚性性能(已获得实用新型专利:一种新型定梁龙门五面体R横梁结构ZL201320303280.4)。伺服系统配备大导程丝杠+大减速器的高稳定性传动结构,以及横梁的高刚性, Y轴进给的可靠性和移动速度都有了一定的提升。

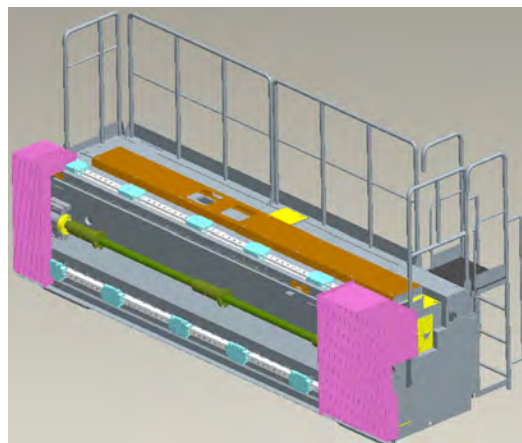


图7 横梁线轨90° 布置

6. 刚性连接支架

横梁与立柱结合面增加刚性连接支架, 增加其连接刚性, 更好得进行刚性切削, 采用顶拉结构, 便于调整; 强壮的支架使机床拥有更好的精度保持性, 如图8所示。

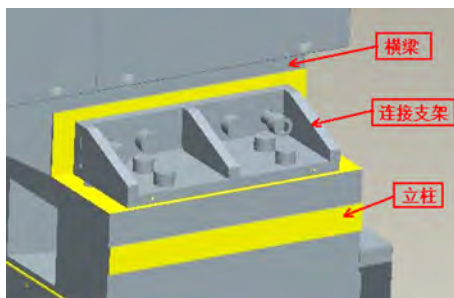


图8 横梁与立柱结合处加大连接支架

7. 一体式液压站、油冷机模块集成，液压站常闭工作状态，便于维护，节能环保

GRU II 系列机型采用一体式集成液压站，液压站、油冷机、气动面板整体打包在机床左侧，采用模块化部件，整体性强，整洁美观，维护方便，见图9；液压站平时常闭不开启，Z轴平衡油缸的充压、放压通过横梁上的蓄能器来实现，减速箱换挡设有保压回路，通过压力继电器来检测高档压力，压力过低或有换头、换刀动作时液压站才启动充压，原理如图10所示。经过多年测试证明：此机构安全可靠、绿色节能，有效提高零件使用寿命，同时大幅降低用户用电成本。

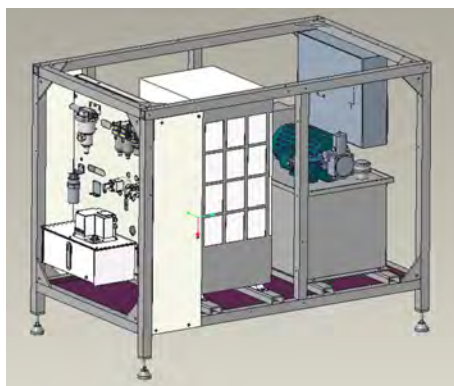


图9 一体式集成液压站

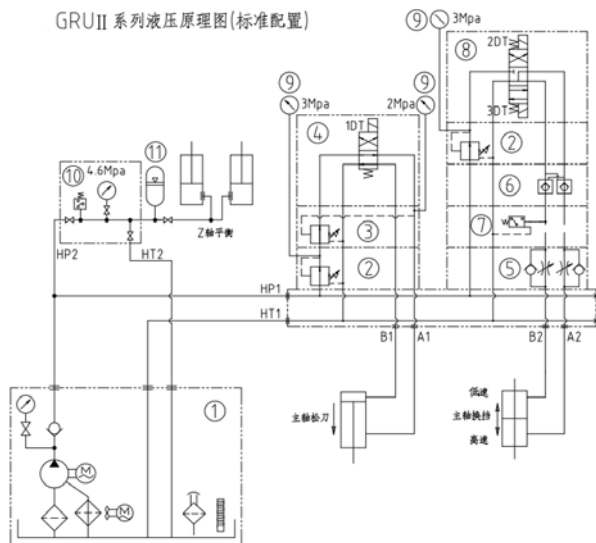


图10 液压保压回路原理图

8. 丰富的功能部件选项，可选配立式刀库、立卧刀库、自动头库、推车头库、各类附件头

通过选配不同功能部件，大大增加了机床的自动化程度，降低工人劳动强度，提升加工效率，零件一次装夹可同时完成零件五个面上的孔系及平面的加工，包括倾斜面、二维曲面、三维曲面、零件型腔内部孔和平面的加工，过程中不需要人工参与。其中，①高速自动直角头的设计使用：此直角铣头与传统直角铣头相比，转速有了大幅度的提升，结构紧凑，采用吹气润滑的润滑方式，切削效率更高，表面光洁度更好，换头灵活，有效地延长了直角铣头的使用寿命（已获得发明专利：一种高速自动直角头 ZL201410836487.7）。②带自动打刀结构的万能头的设计使用：此万能铣头与传统万能铣头相比结构紧凑，增加自动液压打刀功能，主轴中心吹气和主轴鼻端气封和冷却等自动化功能，减小机床的加工干涉区域，便于运输，缩短了换刀时间，延长了万能铣头的使用寿命，提高了加工效率（已获得发明专利：一种带自动打刀功能的万能铣头 ZL201610147993.4）。特别可选配AC摆头，实现4000r/min高速输出，5轴4联动，适合复杂形面加工。丰富的附件头配置如图11所示。



图11 丰富的附件头配置

机床可选配立柱两工位旋转头库（见图12），结构紧凑，不占用加工行程；自动化程度高，极大地提高了加工效率（已获得发明专利：一种附件头旋转头库 ZL201310661332.X）。



图12 两工位旋转头库

三、产品可靠性及质量水平

海天精工于2005年7月通过ISO9001质量管理体系认证，公司全体员工始终贯彻“铸造精品机床，振兴民族工业”的质量方针，营造全员参与的质量氛围，同时组建了强有力的质量管理和检验队伍，并建立严谨的质量管理体系，使产品完全符合质量标准要求、国标/部标要求。同时公司拥有先进齐全的监视和测量设备（高精度激光干涉仪、三坐标等），充分保证产品品质。

GRU II 32×60定梁龙门加工中心中心的研发、生产、制造严格贯彻“铸造精品机床，振兴民族工业”的质量方针，严格质量管理体系。该产品的从原材料和外购件的进厂、过程工序检验、最终产品出厂质量检测（包括每个产品出厂前48小时不间断的可靠性测试）得到严格控制。GRU II系列产品的样机还通过了宁波市产品质量监督检验研究院的检测。

为保证质量的创新方法主要包括：

（1）加工方面的创新：主轴孔D190中间孔D145尾端孔D255 之间的同轴度由原来卧加工改为利用对头镗加工保证，并设计专用工装在线对加工完的滑枕进行检测，提高零件的精度。

（2）部件装配方面的创新：对电机轴、输出轴动平衡控制，并在装配时对主轴、输出轴的同轴度检测保证，部装组件温升跑合试验来控制齿轮头滑枕的噪音与温升，提高可靠性。

（3）直线度方面控制的创新：横梁在正立状态下（模拟横梁实际受力状态）进行加工，并根据理论分析及与现场实际试验相结合得出的数据，进行预凸加工，保证横梁装配后横梁直线度的精度。

（4）保养和维护监控：在数控系统中开发独立的维护保养系统，便于有效地提示用户进行正常的维护保养，同时对机床的工作状态进行显示，准确地发现机床的故障点。专利：一种FANUC系统数控机床的保养和监测方法（201310352499.8）。

GRU II 32×60机床具体参数见附表：

项目		主要参数	
加工范围	X轴行程	mm	6500
	Y轴行程	mm	3200
	Z轴行程	mm	1000
	龙门跨距	mm	3200
	主轴端面至工作台距离	mm	250-1250
工作台	工作台面积	mm	6000×2500
	最大承重	T	28
	T型槽数量	No.	12
	T型槽尺寸/间距	mm	28/200
主轴	驱动方式		全齿轮传动
	主轴转速	r/min	10-4000
	主电机功率	kW	22/26
	主轴扭矩	N·m	866/1023
	主轴锥度及规格		ISO7:24NO50
	拉钉规格		P50T-2-MAS403
	主轴直径	mm	Φ100
进给速度	X、Y、Z快移速度	m/min	10/15/10
	X、Y、Z轴丝杠直径	mm	Φ80/Φ63/Φ50
	进给速度	mm/min	三轴:6000
	最小步进当量	mm	0.001
刀库(可选配)	刀库容量	No.	24、40(立式)
	刀库形式		机械手刀库
	刀柄形式		BT50
	刀具最大直径/邻空位	mm	Φ110/Φ220
	刀具最大长度	mm	300
定位精度	刀具最大重量	kg	20
	X/Y/Z定位精度	mm	0.028/0.020/0.015 0.022/0.015/0.010带光栅
	X/Y/Z重复定位精度	mm	0.020/0.018/0.010 0.014/0.012/0.008带光栅
数控系统		FANUC	FANUC 0imf

四、推广情况

GRU II 32×60定梁龙门加工中心开发至今已生产36台，实现销售额近8000万元，在此机型基础上衍生开发的 GRU II 系列龙门加工中心已销售340多台，实现销售额5亿多元。GRU II 系列龙门加工中心很好地适应了市场对于高性价比中型龙门加工中型的需求，市场竞争力强，可靠性高，已成为我司的拳头产品。□

宝鸡机床：BM8-H智能立式加工中心

宝鸡机床集团有限公司

新世纪以来，移动互联网、大数据、云计算、物联网等新一代信息技术日新月异、飞速发展，形成了群体性跨越。这些技术进步，集中汇聚在新一代人工智能技术的战略性突破，其本质特征是具备了知识的生成、积累和运用的能力。新一代人工智能与先进制造技术深度融合所形成的新一代智能制造技术，成为新一轮工业革命的核心驱动力，也为机床发展到智能机床，实现真正的智能化提供了重大机遇。

智能制造的最终目的是提高生产效率和质量，降低制造成本。宝鸡机床集团在“中国制造2025”的大环境下，使用先进设计、制造手段研发BM8-H智能机床。该机床运用智能化功能，包括热误差补偿、智优曲面加工、双码联控工艺参数优化、健康保障等功能，实现了机床的质量提升、工艺优化、健康保障、生产管理四个方面的全面升级。另外，智能机床对于绝大多数操作人员而言，降低了其对专业知识和操作技能的更高要求，更容易适应和满足操作性的需要。同时，智能化和自动化是相辅相成的，自动化的同步应用，使单一机床变成加工单元或生产线形式，将会大大减少操作人员的数量。



BM8-H是一款智能立式加工中心，该机床采用国产高档数控系统——宝机B800M智能数控系统。通过机床关键位置安装的振动、温度、位置、视觉传感器，收集数控机床基于指令域的电控实时数据及机床加工过程中的运行环境数据，形成数控机床智能化的大数据环境，通过大数据可视化、大数据分析、大数据深度学习和理论建模仿真，形成智能控制的策略。实现机床加工过程的自感知、自学习、自诊断、自调节的智能化功能。

BM8-H结合采用整体C型结构、直联主轴、三轴滚柱线性导轨，具有高刚性、高速度、高精度、高可靠性等特点，适应机械加工各领域要求；其X/Y/Z轴采用滚柱线轨，结合智能系统的温度与振动补偿功能，同时X/Y/Z轴可选配光栅尺闭环控制，保证高精度、高速度、高刚性性能。

该机床适用于汽车、摩托车、航空航天、机械制造、缝纫机、电机、仪器仪表等行业的阀类、凸轮、模具、板盘类和箱体类零件的铣、钻、扩、镗、攻、铰等加工工序，特别适用于加工各种形状复杂的二、三维凹凸模型及复杂的型腔和表面，既可用于中小批量多品种加工生产，也可以进入自动线进行批量生产。使用该系列机床可以节

一、产品简介



省工艺装备，缩短生产准备周期，保证零件加工质量，提高生产效率。

二、产品的主要技术指标

机床工作台1000 mm × 500mm，工作台最大承重50kg，X/Y/Z轴行程800/500/600mm，主轴最高转速15000r/min，X/Y/Z快移速度48m/min，刀位数24，机床X/Y/Z轴定位精度：0.006mm，重复定位精度0.003mm。

BM8-H智能机床从设计研发到装配都将精度列为最重要指标，各项精度要求大幅优于相应标准要求。该产品研发由富有经验的设计师采用全三维建模、FEM分析等先进手段设计完成，关键零部件制造、整机装配都由宝鸡机床企业高技能人才、高精尖制造装备完成，制造与装配各项性能指标都达到企业最好水平。

三、技术创新点

1. 热误差补偿功能

在机床各进给轴轴承座、螺母座及主轴轴承座等位置安装温度传感器，采集机床关键位置温度变化，对应位置变化数据，通过温度位置变化数据分析，建立热位置补偿数学模型。实现机床热机阶段的位置误差补偿，有效地提高了机床的加工精度和稳定性。

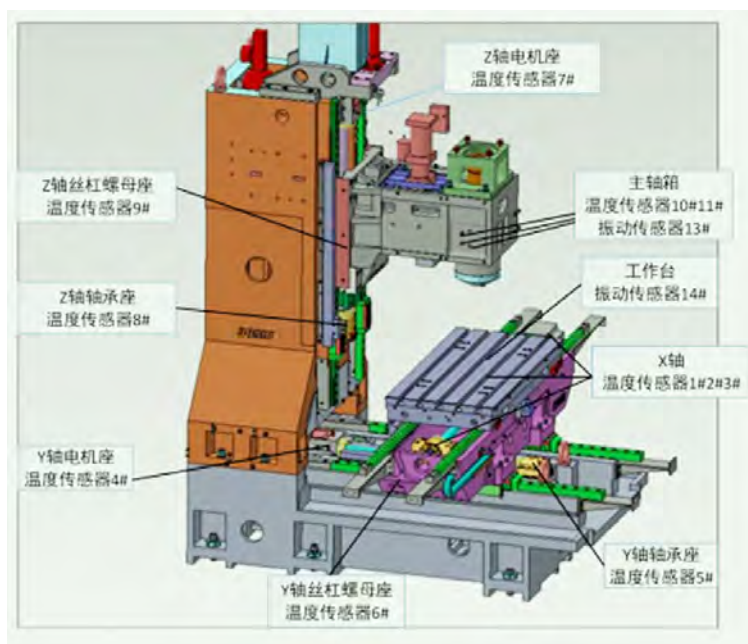


图1. 传感器安装位置示意图

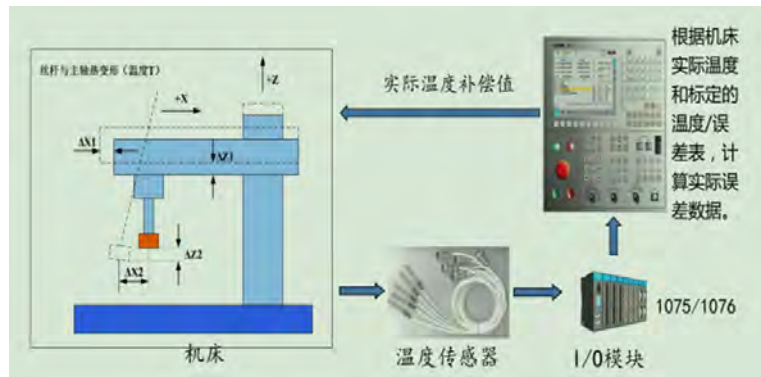


图2. 热误差补偿原理图

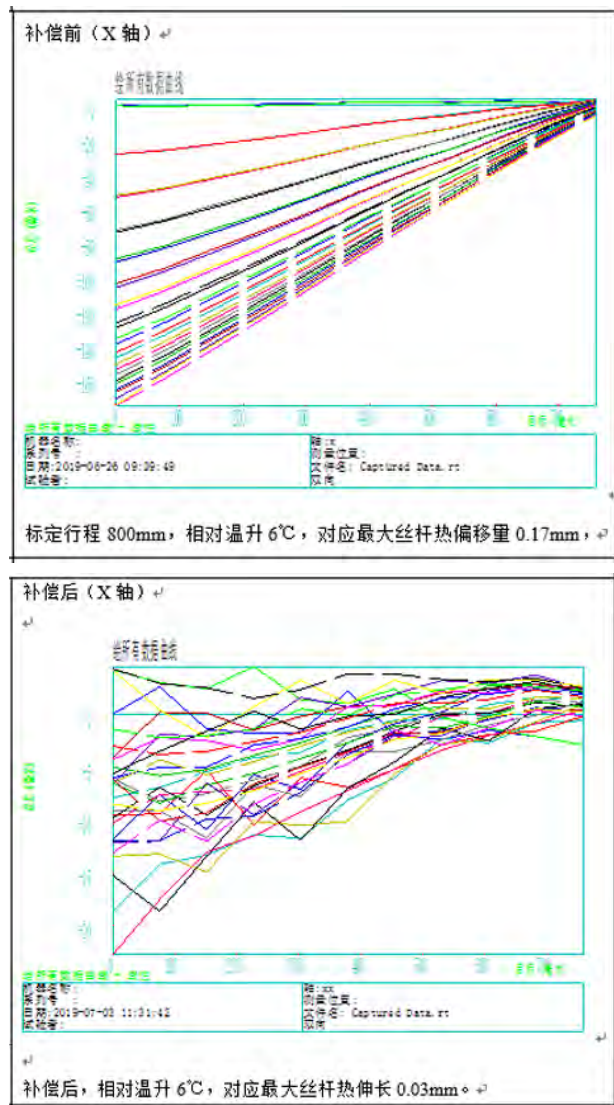


图3. X轴补偿前后对比图

2. 主轴振动主动避让功能

在机床主轴等位置加装振动传感器，采集机床主轴振动参数，结合智能系统的主轴动平衡分析，实现主轴振动主动避让功能，避免了由于主轴共振产生的零件加工表面

振纹等问题。

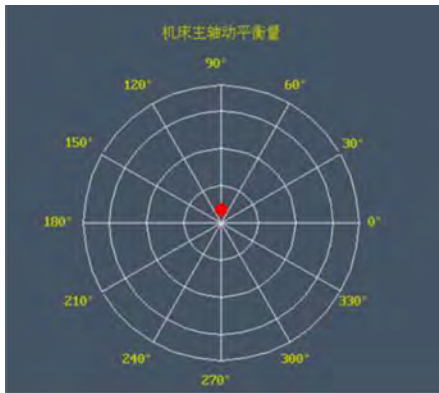


图4.智能平衡分析系统界面示意图

3.智优曲面加工优化功能

智优曲面加工根据 NC 程序进行实时速度规划，减小高速加工过程中的速度波动，确保加工速度平滑与相邻刀路轨迹速度的一致性，提高三维曲面加工表面质量与效率。

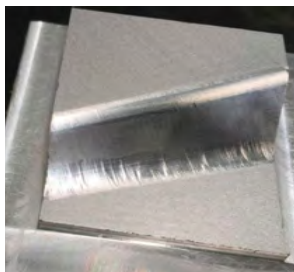


图5.使用前

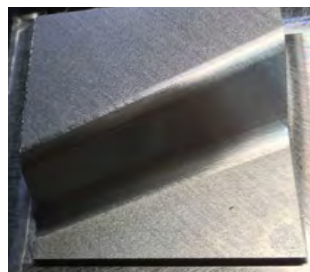


图6.使用后

4.健康保障功能

通过机床运行健康体检程序，采集机床运行的实时大数据，形成指令域波形图，并从中获取可反映机床装配质量、电机质量、伺服调整匹配度的特征参数，形成对数控机床健康状态的全面评估和保障，保证设备完好、安全。机床健康保障主要解决机床寿命预测和健康管理问题，目的是实现机床的高效可靠运行。

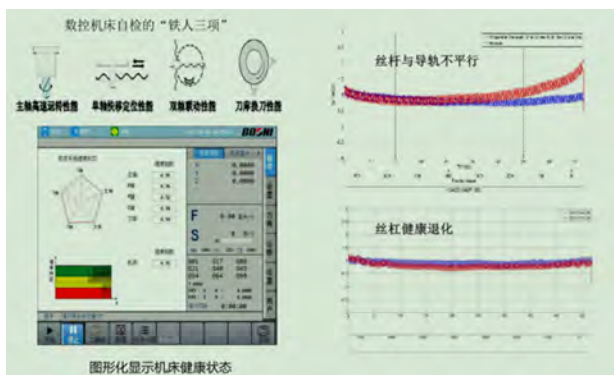


图7.健康保障界面

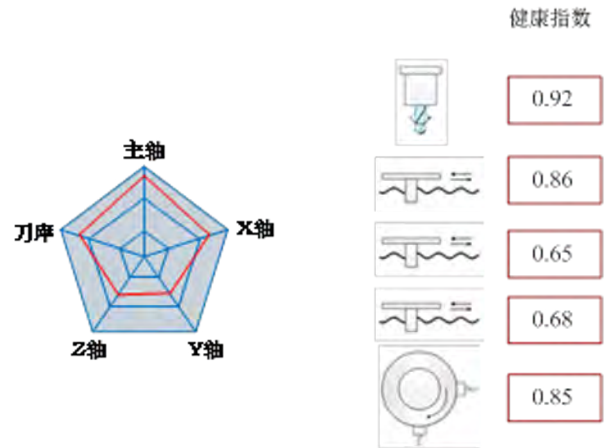


图8.健康指数雷达图



图9.机床集群数据的横向比较评估机床的健康状态

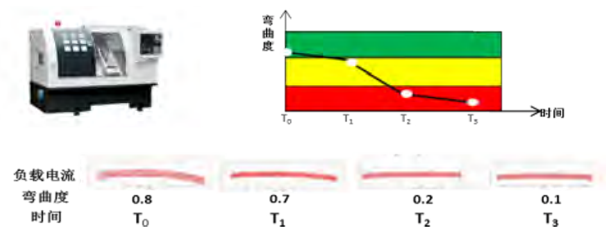


图10.单台机床历史数据的纵向比较评估单台机床的健康状况

5.断刀检测功能

断刀监测功能遵循“感知→分析→决策→反馈”的闭环控制原理：获取数控系统内部的当前主轴电流指令域数据，与数控系统内存的历史模板数据进行比较分析，通过机器学习算法进行决策，如果决策出刀具断裂则一方面反馈给数控系统进行报警停机，另一方面反馈给产线控制器用于生产调度。



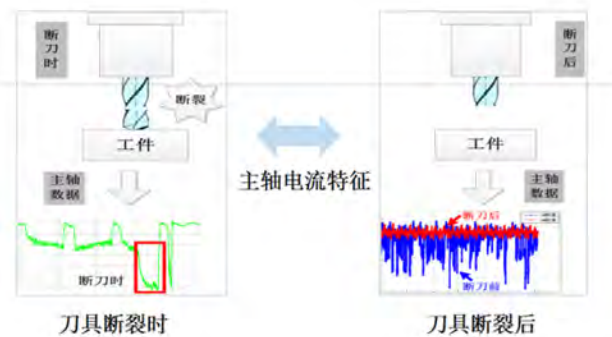


图11.断刀检测原理示意图

6.工艺参数优化功能

基于双码联控的工艺参数优化功能是在不改变现有G代码的格式和语法的条件下，增加一个基于指令域大数据分析的包含机床特性的优化和补偿信息的第二加工代码文件，同时进行加工控制。在数控加工过程中提供基于机床指令域大数据的机床优化和补偿信息，用于针对具体机床的响应特征进行优化补偿。根据第二加工代码可以优化进给速度，将原始的主轴电流中的最大值降低、最小值提升、波动值减小，在均衡刀具切削负荷的同时，可有效、安全地提高加工效率。

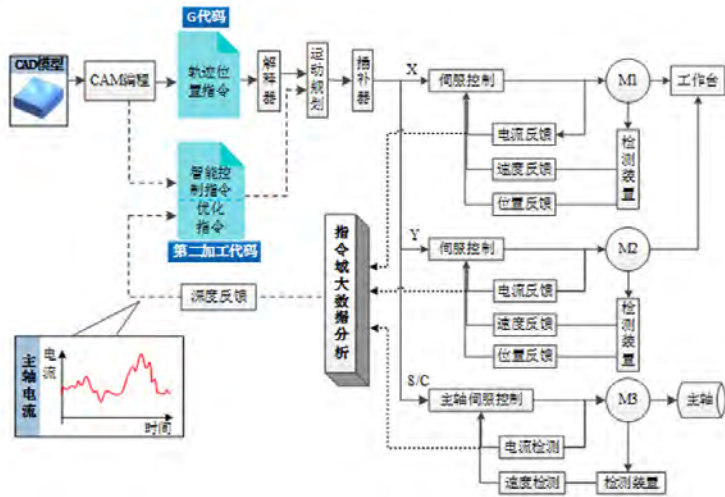


图12 双码联控工艺参数优化原理图

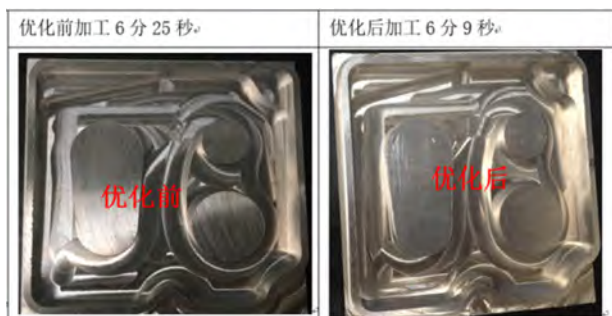


图13.优化前后对比图

四、结束语

本产品的市场推广对国产数控系统、功能部件的技术发展与市场推广起到较大的推动作用，对国产装备制造产业综合能力的提升起到积极作用。

该产品的研发将为宝鸡机床开拓高端市场领域提供有力支撑，进一步增强了企业发展潜力，产品的产业化应用将会产生可观的社会和经济效益。□

（上接第32页）

（8）THK高精密级滚柱直线导轨、滚珠丝杆支撑轴承、连轴器均采用高精密级产品，可有效保证滚珠丝杆的响应速率及加工精度。

（9）专用的弹性砂轮法兰，与磨轴内孔弹性连接及端面同时定位，保证砂轮的磨削刚性及精度。高精度电主轴配备适应创新工艺的德国气帘密封技术、配置高精度主轴，前三后二的轴承配置，保证主轴的高刚性和精度稳定性的同时，提高了工作效率，工件表面粗糙度达到Ra0.1um。

四、成果应用及推广情况

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、立式磨床、机器人、口罩生产线等高端智能装备的研发与制造，是国家高新技术企业、浙江省疫情防控重点保障物资生产企业。参与国家科技重大专项-04专项“精密刀具五轴磨削柔性制造单元的研制与示范应用”课题研究任务，自主研发磨床产品服务国防军工、航空航天、3C精密刀具等领域，是实现国产高端磨削装备核心技术自主可控、进口替代的专业数控磨床企业。

BPX5D高精度五轴数控工具磨床的研制成功，增强了本公司的机床制造能力和市场竞争力，缩小了与国际先进水平的差距。高效率生产高精度刀具的数控五轴磨床，是国内磨床生产厂家提高市场竞争力的关键。04专项课题机床即将验收结题。目前，已有1000多台北平机床高精度五轴数控工具磨床服务于株洲钻石、山特维克、住友电工、恒锋刀具、常州创伟等行业知名企业，加工精度和效率获得用户企业的广泛好评。□

北京精雕: JDGR400T精雕高速加工中心

北京精雕科技集团有限公司

随着制造业的发展,加工产品的设计越来越复杂,传统三轴数控机床已无法满足加工要求,尤其是产品加工精度要求越来越高,交货期越来越短,人工成本也不断增加,使得采用五轴数控机床加工变成了一个必要条件。

然而受限于国产五轴数控机床的加工精度不高,使得国外五轴数控机床长期垄断精密加工领域,给我国制造企业带来了一系列问题。一是,进口五轴机床的价格高昂,增加了企业成本;二是,国外机床企业对用户选择性服务,无法充分发挥机床的加工能力;三是,国外机床产品和技术也会选择性供应国内企业,限制了军工、芯片、航空航天等战略性相关零件的加工。

为了突破国外高端五轴数控机床的垄断地位,解决精密零件加工卡脖子问题,满足国内市场不断发展的需求,北京精雕研发了这款具有精雕特色的五轴联动全闭环数控机床,使国产五轴数控机床的加工精度达到国际一流水平,有效解决了国产五轴数控机床精度不高的问题,降低了企业采购成本。

一、产品简介

JDGR400T精雕高速加工中心是北京精雕科技集团有限公司独立自主研发的高精度一体式五轴联动数控机床,采用全闭环控制技术,配备新一代北京精雕JD50数控系统,具备“0.1 μ 进给,1 μ 切削,纳米级表面效果”的加工能力,硬材料镜面抛光加工表面粗糙度Sa可达到5nm,典型零件的加工精度小于5 μ ,适用于光学模具、精密模具、精密零件及复杂五金件等产品的多轴定位加工和五轴联动加工。

JDGR400T精雕高速加工中心采用经典的定梁龙门结构,结合具有专利技术的L型三导轨横梁结构和短悬伸机头结构设计,使机床的几何精度更加稳定;采用北京精雕自主研发的高速同步电主轴,具有铣、磨、钻、镗、攻等复合加工能力;同时,采用北京精雕独创的在机测量与智能修正技术,完美地实现了加工过程的制检合一;还创新性地将DT编程技术、RTCP技术和在机测量技术集成于JD50数控系统和精雕CAD/CAM系统,确保了五轴加工工艺高效、稳定的实现。



机床所配套的主要核心功能部件精密高速电主轴、数控系统、CAD/CAM软件、高速旋转工作台等全部为北京精雕自主研发和生产,北京精雕拥有其全部知识产权。其中:

(1) 精密高速电主轴JD150S-20-HA50采用

HSK-A50刀具接口形式，主轴最高转速可达20000r/min，主轴锥孔径向跳动 $\leq 0.0015\text{mm}$ ；具备铣、磨、钻、镗、攻等复合加工能力。

(2) 数控系统JDNC50是符合业界主流标准的开放型数控系统，可与国际主流的高端数控系统兼容，不仅便于现场工艺功能的定制开发，而且便于精细加工专业功能的快速实现，在高速高精度加工、多轴联动加工、在机测量和智能修正等功能方面表现出色，处于国内领先水平。

(3) 精雕CAD/CAM软件JDSurfMill8.0是致力于精密加工的专业CAD/CAM软件，提供曲面设计、浮雕设计、2D/3D铣削、多轴铣削、车削、磨削等多种具有精雕特色的三维造型和多轴加工编程功能，能够为复杂型面的造型和加工提供有效解决方案。

(4) 高速旋转工作台采用一体化的摇篮式结构，直驱电机驱动，定位精度达 $8''$ ，重复定位精度达 $5''$ ，精度高，稳定性强。

二、主要技术指标

- (1) 工作台尺寸(mm): $\phi 400$;
- (2) 最大工作负重(kg): 150;
- (3) X/Y/Z轴工作行程(mm): 450/680/400;
- (4) A/C轴回转角度($^{\circ}$): $-120 \sim +90/360$;
- (5) X/Y/Z轴快速移动速度(m/min): 15/15/15;
- (6) A/C轴快速旋转速度(r/min): 30/50;
- (7) X/Y/Z轴最高切削进给速度(m/min): 10/10/10;
- (8) A/C轴最高切削进给速度(r/min): 15/25;
- (9) X/Y/Z轴定位精度(mm/全行程): 0.002/0.002/0.002;
- (10) A/C轴定位精度($''$): 8/8;
- (11) X/Y/Z轴重复定位精度(mm/全行程): 0.0018/0.0018/0.0018;
- (12) A/C轴重复定位精度($''$): 5/5;
- (13) 数控系统: JDNC50;
- (14) 主轴直径(mm): $\phi 150$;
- (15) 主轴最高转速(r/min): 20000;
- (16) 刀柄型式: HSK-A50;
- (17) 刀库形式: 链式刀库(机械手换刀);
- (18) 刀库容量(把): 36。

三、结构特点

- (1) 对称龙门结构设计，综合考虑热平衡、机床减振

和抗震能力等因素，有效应对热源引起的变形，具有良好的静刚度、抗振性能和热稳定性。

(2) 全封闭防护结构不但可以防止切屑及油污向外飞溅，还可防止外界环境温度波动对内部加工产生扰动。

(3) 倒“L”型的三导轨横梁“体支撑”结构，提高了X轴的运动平稳性和各向抗振性能。

(4) 下沉式的机头结构，有效减小了机床的Z向力矩，提高了Z轴刚性，提升了机头的抗振性能。

(5) 加工区和非加工区隔离防护，减小了加工区域空间，有利于机内油雾快速排出，可稳定控制加工区域的温度，减少热变形。

(6) 直驱式转台结构，在减小空间占用的同时可实现高精度、高效率加工。

(7) 后侧门结构，可实现自动上下料。

四、技术创新点

1. 在机测量与智能修正

创新性的“在机测量与智能修正技术”解决了精密加工过程的精度不匹配问题，消除了加工过程中人工操作的误差。传统数控切削加工就是把数字模型变成实物零件的过程，在加工过程中工件的装卡和过程检测均需要人工参与，而人工操作过程精度过低，过程的精度不匹配，导致零件精度下降。同时存在生产准备阶段调机时间长、需要高精度治具严格控制、工序中不断增加检验环节、无法预知加工过程中产品状态、无法及时跳过不合格品加工、无法实现在线返修等一系列问题，影响了生产过程的自动化和智能化，造成产品加工周期长，成本高，并且无法保证产品加工品质。人工操作不仅破坏了生产的连续性和稳定性，还造成生产过程中的精度不匹配。

JDGR400T精雕高速加工中心采用北京精雕自主研发的“在机测量技术与智能修正技术”，为解决工件装卡和过程检测问题提供了一个新的方向。通过精准测量和过程管控，实现了“制检合一”的制造模式，帮助用户完成“提质增效”的目标。通过对生产过程的监测测量，不仅可以消除人工操作误差，节约加工时间，降低消耗，减少成本，增加产量，提高效益，而且还可以保证产品的质量，增强产品的竞争力，使得数控机床在运行时能够主动获取零件制造信息，能够大幅提升数控机床的智能化和自动化能力，使精密加工精度不再依赖人工的经验来保证，创造了用户全新的精加工体验，成为打造智能工厂、实现智能制造的有力推手。

2. 虚拟加工技术

虚拟加工技术突破性地解决了操作人员从三轴机床到五轴机床的不适应性，将现场加工放置于软件平台中进行虚拟加工和预判，最终确定合理的加工工艺要素，减少由于人员经验水平和交流而引起的加工误差。

虚拟加工技术融合了精雕CAD/CAM软件，DT编程技术、JD50系统等技术，以及机床、刀具、夹具等各种生产要素，具备零件夹具模型设计、加工轨迹规划、刀具优选、加工参数优选、加工仿真分析、可制造性分析等虚拟加工功能。在实际加工之前对加工路径和加工环境情况进行预模拟，从而确保实际加工过程的准确。使设计师和工艺员的角色融为一体，模拟结束预估正确后，可直接进行实际的加工，与加工设备融合度高，满足实际加工需求。系统中包含刀具、工艺参数等数据库，在模拟过程中可实现对工序顺序、工艺参数的的选用，提前发现缺陷和装配问题，从而优化制造过程，提高加工效率。

该技术创新性的改变了传统的加工试制过程，减少反复的人工操作，在提质增效的同时减少材料的浪费，实现绿色制造节能制造。操作人员通过在电脑前的模拟操作便可完成整个加工流程的模拟，创造了全新的制造业加工模式。

3. 创新结构设计

采用定梁龙门和摇篮式大扭矩直驱双轴转台的结构形式，整机动态性能好、抗切削振动能力强、负重能力强，加工效率和加工精度高。机头采用拥有独创性设计的倒“L”型结构，保证横梁轴的高刚性和高稳定性。机床内部采用独立螺旋排屑机构，方便碎屑的清理及排出，有利于车间环境卫生的维持。

五、技术水平

独创性的“在机测量和智能修正”技术，通过精准测量和过程管控，替代传统的离线检测方式，实现了制合一的制造模式，促进工厂检验向智能化转变。该技术保证了数控机床测量精度的准确度和稳定性，助力切削工艺的智能化，大幅提升生产良率和品质管控效率。从粗活精做、零点快换夹具、多轴组合加工等方面出发，挖掘数控机床的智能加工功能，标准化客户生产工艺制程，降低辅助工作量，提升实际产能；量化环境要素与品质之间的关系，协助客户改善生产环境。该技术的推广和应用，将对行业起到极大促进作用，为推动新时代

工业变革贡献力量。

虚拟加工技术通过在实际加工之前对加工路径和加工环境情况的预模拟，从而确保实际加工过程的准确。将各工艺要素在软件中进行预加工，可节约试加工时间，减少材料浪费，提高生产的安全性。将人员因素在生产环节的影响降到最低。在行业内具有创新性和引领性，有利于实现制造业的智能化、绿色化发展。

JDGR400T精雕高速加工中心具备“0.1 μ 进给，1 μ 切削，纳米级表面效果”的加工能力，可实现微铣削、镜面铣、高光铣等二十多种加工功能，三直线轴定位精度 $\leq 0.002\text{mm}$ ，重复定位精度 $\leq 0.018\text{mm}$ ；旋转轴定位精度 $\leq 8''$ ，重复定位精度 $\leq 5''$ ；硬材料镜面抛光加工表面粗糙度Sa小于5nm，典型零件的加工精度小于5 μm 。其精密加工能力和稳定性成功对标日本牧野、瑞士米克朗等国际一流品牌。

六、市场定位及产业化前景

本展品定位于中高端市场，主要面向光学模具、精密模具、精密零件及复杂五金件的精密加工。

随着制造业的转型升级，高端机床产品领域发展迅速，市场需求巨大，目前国内的机床高端市场由日本、德国企业垄断，产品售价高昂。作为高档数控机床的代表——五轴联动数控加工中心虽然已经实现了国产，但是仅有十几家企业能够生产，并且在精度和速度上跟国际前沿技术还有较大差距。根据新思界产业研究中心公布的《2017-2021年中国五轴联动数控加工中心行业发展态势及发展前景预测报告》显示，目前国内自主生产的五轴联动数控机床的国内市场占有率仅有10%。

本产品攻克了五轴联动数控机床的一系列核心技术，尤其是数控系统与CAD/CAM软件的完美融合，使在机测量技术变得简单、好用，有效解决了困扰制造业多年的精度匹配问题，提升了机床的加工精度，生产效率和良品率，目前已在光学器件、医疗器件及小型精密模具等精密零件的加工生产中进行了应用。从应用效果看，其完全可以替代进口产品，加之性价比高、售后服务好、技术服务响应快等优势，其市场替代空间巨大。

另外，随着产品设计的日趋复杂化，复杂模具、电极以及精密零件等的五轴精密加工需求也将日趋攀升，为五轴精密数控机床市场提供了很好的扩展空间，因此其产业化前景十分可观。□

江苏亚威: HPML-30510-38LA2 数控冲压激光切割复合机

江苏亚威机床股份有限公司

随着客户应用水平的提升,对钣金产品加工要求也随之提升。传统的冲床或激光产品均存在一定的优缺点,伺服冲床具备成型、滚筋、打标等技术特点,单纯的激光切割机具备加工复杂零件的技术特点,而且断面加工质量更高。融合两种机型的优势,冲压激光切割复合机产品的推出可以有效互补提高产品的竞争力,从而更加符合市场需求。

江苏亚威机床股份有限公司适应市场需求,研制开发了HPML-30510-38LA2数控冲压激光切割复合机。

一、产品简介

数控冲压激光复合机是集数控转塔冲床和光纤激光切割机于一体,同时具备冲压加工和激光切割功能的设备,可以实现冲孔、成型、攻丝(选配)、激光切割、成品自动落料及输送等功能,自动完成金属板材的冲压和激光切割加工。该产品加工效率高,占地面积小,可以选配自动上料、料库等装置组成自动化生产线。



二、主要技术指标

最大冲压力: 294kN;

最大加工板厚: 6.35mm (全钢球台面)

3mm (毛刷台面)

冲压加工一次定位加工范围: 1600×3000mm;

激光加工一次定位加工范围: 1500×2500mm;

一次冲孔最大直径: $\phi 88.9\text{mm}$;

冲头冲压频次: 2000次/m;

最高冲孔频率(1mm步距6mm冲程): 700次/m;

最高冲孔频率(25.4mm步距6mm冲程): 400次/m;

冲、割独立加工精度: $\pm 0.1\text{mm}$;

冲、割联动加工精度: $\pm 0.15\text{mm}$;

转塔工位数(其中旋转工位数): 38(2B);

板材最大移动速度: 102m/min;

转盘转速: 30r/min。

三、结构特点

该机器主要由机架、伺服系统、光纤激光器、切割头系统、激光气路及水路系统、除尘抽风系统、自动落小料系统、工作台、转塔结构、自分度旋转模位、横梁、气动系统、润滑系统、夹钳、再定位系统和电气系统等组成。

机架采用O型闭式结构,机架刚性、稳定性好。伺服主传动机构采用自主研发的机械伺服冲压系统,单伺服驱动曲轴连杆直驱结构,关键部位特殊工艺安装,有效消除内部间隙。

光纤激光器采用德国IPG公司新型先进光纤激光器,以半导体光纤作激光发生介质,无需激光发生气体,绿色环保,具备电光转换率高、寿命长、精度高、速度快、效果更完美、体积小、重量轻、免维护等特点。

横梁采用高强度合金钢焊接,通过有限元分析优化结构,减轻了自身重量,提升了传动刚性,更利于高动态、高响应的传动系统。横梁部件配备高强度加长夹钳,加工盲区更小,每个夹钳上有一个传感器,一旦板料松动脱离,冲压过程将自动停止。

送料系统使用龙门双轴同步驱动控制,成熟的同步控制技术配合更强的动力配置,使得系统动态响应能力更

强,适应高速运行,双滚珠丝杆的轴向承载能力强,受力均衡,提高机床的使用寿命。转塔部件为厚转塔结构,采用高强度合金钢铸造,精密加工而成,抗氧化及承载能力强,吸振及精密导向性能卓越。冲压过程中不易出现卡模、带料等现象,并有效解决使用过程中密集冲孔时板材变形过大的问题,配合精密加工的导向衬套,大幅提升模具实际使用寿命。

四、技术水平

(1) 高速度、高精度、高稳定性的伺服主动机构

冲头采用单伺服驱动曲轴连杆直驱结构,成熟稳定,关键部位采用特殊工艺安装,有效消除内部间隙,不仅大幅提升使用寿命,而且在实际使用中定位精度得到有效保证。全伺服闭环控制,打标频次达到2000次/min,下死点定位精度达0.01mm,可精确定位至行程范围内任意位置,冲压成型效果更佳。

(2) 高刚性、高动态、高响应的传动系统

横梁采用高强度合金钢焊接,通过有限元动态分析优化结构,减轻了自身重量,提升了传动刚性,更利于高动态、高响应的传动系统。横梁X方向行程达3250mm,兼顾了冲床及切割一次定位加工的最大行程,配备大台面工作台,满足3000×1500mm大规格板材的加工需求。横梁部件采用高强度加长夹钳,加工盲区更小,每个夹钳上有一个传感器,一旦板料松动脱开,冲压过程将自动停止。送料系统使用龙门双轴同步驱动控制,成熟的同步控制技术配合更强的动力配置,使得系统动态响应能力更强,适应高速运行,双滚珠丝杆的轴向承载能力强,受力均衡,提高了机床的使用寿命。

(3) 高精度、高强度、高稳定性的转盘结构

转塔为厚转塔结构,上转盘厚度100mm,下转盘厚度90mm,转塔采用高强度合金钢铸造,通过一次装夹精密加工而成,抗氧化及承载能力强,吸振及精密导向性能卓越,冲压过程中不易出现卡模、带料等现象,并有效解决使用过程中密集冲孔时板材变形过大的问题,配合精密加工的导向衬套,大幅提升模具实际使用寿命。转盘部件结构紧凑,合理的负载动力匹配,传动稳定性高,可以根据系统指令,快速响应传递动力,精密调校的转塔定位装置可确保准确选刀。

专利技术的常啮合传动结构,无需担心二次定位误差及磨损,重复定位精度控制在0.03mm以内,更适应精密加工需求,主传动采用精密蜗轮蜗杆结构,与T轴传动联动控制,控制系统准确读取实时位置。

(4) 激光传动系统定位精度及稳定性保持技术

主要是针对高速状态下切割头传动系统定位精度及加速能力的设计优化,考虑到Y方向传动距离较长,采用滚珠丝杆传动结构可能面临机械振动抑制机床的速度效率,本产品采用齿轮齿条传动设计,增加传动机构运行平稳性。

(5) 智能化分工

通过软件设置冲床与激光切割在同一张工件上的加工区域,将加工工序按高效、高质及经济性等多重维度来划分,在确保工件加工质量的前提下,最大限度地提高生产力和效率。

结合机床自身的空间及功能需求,对加工废料及成品工件进行分区,冲割复合机型设计可将客户小于400×1250mm的成品工件单独收集,而切割废料及冲压废料通过传输带汇合后统一输出,通过这种设计可以大幅度降低机床操作人员的工作量,无需下料后额外进行微连接打磨,另外通过落料设计可以减少板材的浪费,提高板料的利用率。

(6) 切割头保护装置

切割头在Z向运动时,如下方板材异常翘曲会与切割头刚性碰撞,此时切割头内部螺母座会与过渡板脱离保护切割头;当板材沿X轴运动后若撞击切割装置,切割头会连同安装基座与主体分离,通过上方弹簧保持连接,防止切割头脱落。

五、技术创新

(1) 高效智能冲压模式的开发

开发了高效智能冲压模式,实现快速计算压力,控制冲压能量,降低冲压能耗,待机时接近零能耗;制动时产生的能量可以有效回收,在加速时二次利用,节能环保,综合工况能耗约为液压机型的一半,经济效益佳。充分发挥电伺服控制在任意位置速度可调的特点,配合先进的冲压工艺,有效降低了冲压噪音;高精度无缝机械结构,高速运动时内部无异响、杂音。

(2) 切割减震装置设计

切割头主要组成部件包括:PRECITEC激光专用切割头、滚珠丝杆及直线导轨传动装置、安全防护装置、润滑及气路部件及伺服电机齿轮齿条传动等。为了减少冲床主机工作振动对光纤切割头内部元器件的影响,提高切割装置的使用寿命,设计了切割减震装置及相关电气控制保护程序,目前减震措施有以下三点:

(下转第51页)

智邦科技：双主轴卧式加工中心及柔性换产单元

上海交大智邦科技有限公司

一、双主轴卧式加工中心及柔性换产单元简介

1. 双主轴卧式加工中心

为了适合国产汽车工业零部件产业的发展需求，追赶世界先进装备制造水平，上海交大智邦科技有限公司开发了国内首款双主轴卧式加工中心（型号SH523B），用于汽车零部件生产线的高效率加工。

如图1、图2所示，SH523B双主轴卧式加工中心采用双主轴和双工作台设计，从机床前端和顶部自动门可同时进行2个工件的上下料操作。机床整体伺服运动轴采用2+3结构的布局方式：在机床的工作台端，集成了A1/A2、B1/B2旋转轴和双丝杆驱动Y轴，而在机床的主轴端，集成了机床的X和Z1/Z2轴。

SH523B双主轴卧式加工中心工作台集成Y轴的设计，配合上料时工作台上的A1/A2、B1/B2轴的旋转运动，可以让双主轴卧式加工中心在自动化上下料的过程中，工作台可以根据自动化上下料的需求自动调整机床Y轴方向的上下料点，以及工件的上下料姿态，使得与之配合的自动化设备上下料运动得以简化，方便机床在自动化生产线中的应用和调试。

主轴端集成Z轴的设计，使得SH523B双主轴机床的所有线性轴都远离机床主要加工排屑区域。相对于传统的T字形结构的卧式加工中心，可以降低切削液和铁屑进入各线性轴导轨和丝杆防护系统的可能性，从而提高机床在长期自动化加工的可靠性，降低停机时间。



图1 SH523B双主轴卧式加工中心



图2 SH523B双主轴卧式加工中心现场安装情况

2. 无人化智能移换平台（柔性换产单元）

上海交大智邦除了重点研发汽车工业用高精度、高柔性加工设备以外，为了适应工业4.0发展的趋势，还对工厂的智能化物流开展了研究。图3左侧即为同SH523B双主轴卧式加工中心共同展出的SY500无人化智能移换平台。该智能移换平台可以实现任意地点对加工中心工作台的双托盘交换；配合一定数量的夹具仓库库位和软件控制系统，在车间智能管控系统的调整下，可以对柔性生产线的

机床和设备进行随时调配，在车间内建立虚拟的柔性生产线，以适合未来工业4.0生产中所追求的高柔性，定制化和个性化加工的需求。



图3 SY500无人化智能移换平台在机床侧更换更换夹具托盘

SY500无人化智能移换平台的AGV小车采用麦克拉克轮设计，可以实现原地转向，横向和斜方向行走，从而可以在狭小的空间内实现托盘输送和更换。其上层结构为多轴伺服系统，末端为双托盘叉送结构。在叉送结构的末端，设置了一个光学摄像头，通过读取机床的二维码，定位SY500无人化智能移换平台和机床工作台的相对位置。多轴伺服系统移动托盘叉送机构移动到机床工作台的零点系统上，完成取出机床内的托盘，并将新托盘放入机床。最后更换后的新托盘在机床工作台上被液压机构锁紧，夹具托盘交换完毕，实现柔性换产加工。

SY500无人化智能移换平台为首次使用AGV小车进行双夹具托盘更换装备，使用该设备可以在车间的任意位置的多台机床上搭建柔性生产线，从而避免传统柔性生产线系统呈直线型排列的限制，方便客户把车间不同位置的多台新旧设备搭配成线，组成柔性生产单元的目的。而且多台设备的入线和出线，可以通过控制AGV的路径任意自主选择，随时进行控制，避免了传统柔性生产线，设备脱线转成普通设备生产时，还需要移动设备到其它位置的麻烦。

二、双主轴卧式加工中心及柔性换产单元主要技术指标

1.双主轴卧式加工中心技术指标



图4 SH523B双主轴卧式加工中心效果图

针对汽车动力总成零部件加工的基本需求，并且参考了市场上欧洲双主轴机床的基本情况，上海交大智邦研发的SH523B双主轴卧式加工中心的基本性能参数如表1所示：

表1 双主轴卧式加工中心基本性能参数

产品型号		SH523B
技术参数		
移动量	X轴移动量/mm	750
	Y轴移动量/mm	800
	Z轴移动量/mm	910
工作台	作业面尺寸/mm	630×630×2
	最大承载重量/kg	300×2
	分度精度(°)	0.001
主轴	主轴转速/min ⁻¹	20000
	主轴锥孔	HSK63A
	主轴功率/kW	25
进给速度	快速进给速度 (X/Y/Z)/mm·min ⁻¹	60000/60000/60000
	切削进给速度 (X/Y/Z)/mm·min ⁻¹	10000/10000/10000
	加速度 (X/Y/Z) (m/s ²)	7/7/10
精度	线性轴定位精度	0.005mm
	线性轴重复定位精度	0.003 mm
	回转轴定位精度	± 5"
	回转轴重复定位精度	± 2"
ATC	刀柄型式	HSKA63/ HSKA100(选配)
	刀具容纳数(把)	70×2
	刀具最大直径 (有邻接刀具时)/mm	φ 90
	刀具最大直径 (无邻接刀具时)/mm	φ 180
	刀具最大长度/mm	420
	刀具最大重量/kg	10
	刀具库方式	链式
机床尺寸	机床高度/mm	3700
	占地面积 (长×宽)/mm	4600×3650
	机床重量/kg	25000

SH523B机床同时配置了整机具有全防护和自动排屑、冷却和净化装置，以及集中冷却和集中排屑系统。

2.SY500智能移换平台技术指标

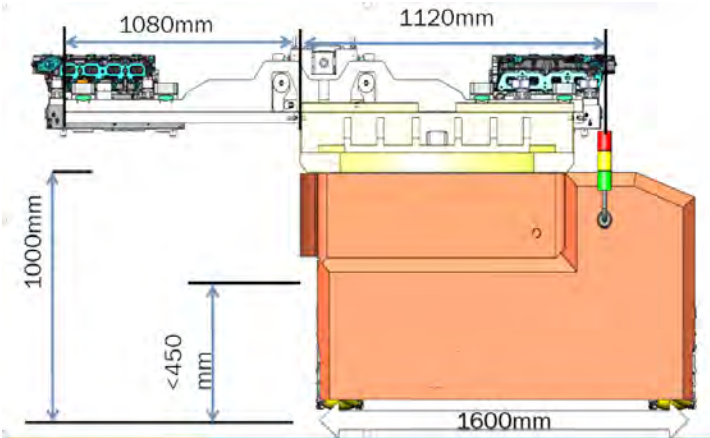


图5 SY500智能移换平台基本规格尺寸

SY500智能移换平台主要实现对于工作台台面在500×500mm到630×630mm的加工托盘的夹具及其工件的更换，根据实际需求，其基本的规格参数表如表2所示：

表2 SY500智能移换平台基本型能参数

项目	型号	SY500
最大搬运尺寸		800×500mm
载重		500kg×2
行程（X/Y/Z）		80mm/1000mm/500mm
直线轴移动速度（X,Y,Z）		60mm/s, 200mm/s, 100mm/s,
前进速度/后退速度范围		荷载前进/后退0～60 m/min； 荷载转弯0～30m/min；
导航形式		自由导航
电池持续放电能力		200AH 4h (适用在线充电电池AGV)
最小转弯半径		0
停止定位精度		±10mm
直线导引精度		±10mm
标定定位精度		±0.05mm
爬坡能力		2°
外形尺寸（mm）		约2100×1600×1300（长×宽×高）
设备自重		约3000kg

三、产品技术特点及市场分析

1.SH523B双主轴卧式加工中心

（1）机床结构特点

如图6所示，在整体结构上，SH523B双主轴卧式加

工中心采用了箱中箱形式，提高整机刚性；机床的Y/Z轴采用双丝杆驱结构，能够很好地平衡移动件产生的偏心力矩，提高了机床伺服轴运动加速度和动态加工精度，减小了对机床变形的影响；另外机床的Y轴方向通过平衡油缸平衡工作台与工件重量，提高Y向运动的响应速度；在双主轴结构上，使用内藏式高性能同步电主轴，尺寸较小，大大节约了双主轴结构占用的空间，保证了机床良好的切削性能；机床的刀库通过支架与床身和立柱连接，减小了刀库重量对机床变形的影响；使用双机械手作为刀具交换装置，保证刀具交换的可靠性。在精度控制方面，机床滚珠丝杠采用螺母冷却，控制热变形；而所有的直线轴也采用光栅尺位置反馈系统，进一步提高机床定位精度。在机床的可操作性型和维护性方面，机床A轴转台、三个直线轴驱动都置于机床加工区域外，方便维修保养；加工区域结构紧凑简洁，采用深V型排屑结构，方便机床长时间加工。为了适应汽车工业高速、高效率加工要求，机床的A、B轴均采用力矩电机结构以获取更短旋转定位时间；而且旋转轴内置15个气、液通道，满足汽车零部件加工中特种工艺对夹具接口的特殊要求；为了方便机床使用桁架机械手上下料，还对顶部上料门高度进行了优化设计，降低了桁架高度，从而使得机床使用桁架组线时，对厂房高度的要求更低。

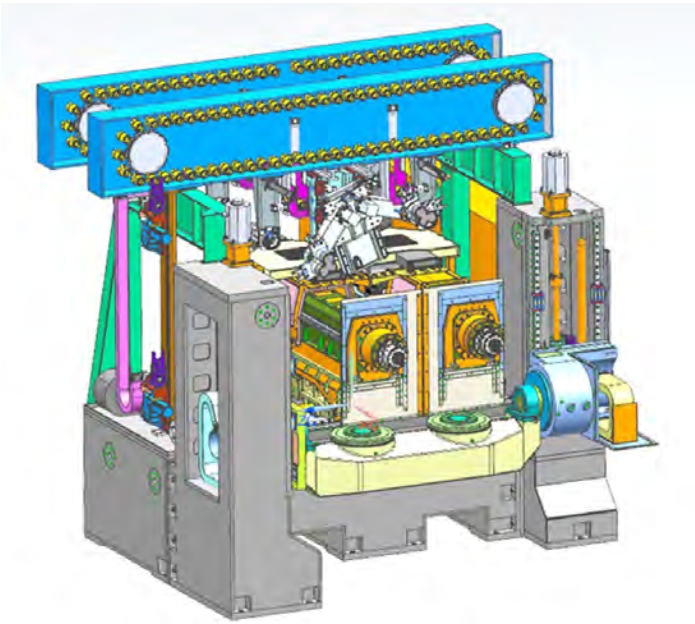


图6 SH523B双主轴卧式加工中心3D模型（五轴加工规格）

SH52X系列双主轴卧式加工中心在设计过程中，已经考虑了模块化应用。针对汽车行业零部件加工特点，可以根据客户实际加工应用，选配更换多种类型的电主轴、多种工作台和刀库形式，以降低组线成本。

如图7所示，机床可以选择多种HSK A63或者HSKA100电主轴，分别适用于通用汽车零部件加工，高速高精度加工以及重载加工等模式。

在图8中展示了SH52X系列双主轴机床可选配纯A轴工作台，双B轴工作台，和A/B轴工作台的情况。三种工作台可以根据客户汽车零部件加工的当前工序工艺需求，进行灵活选配，从而降低生产线组线成本。

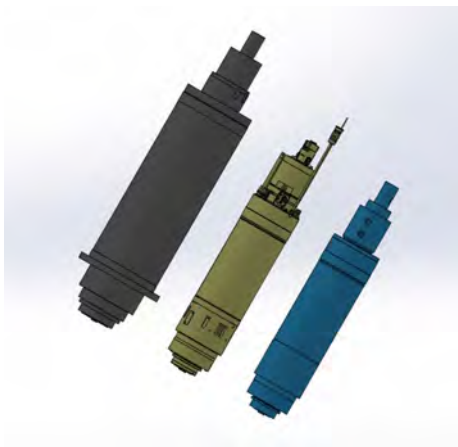


图7 SH52X双主轴机床可选配的多电主轴图

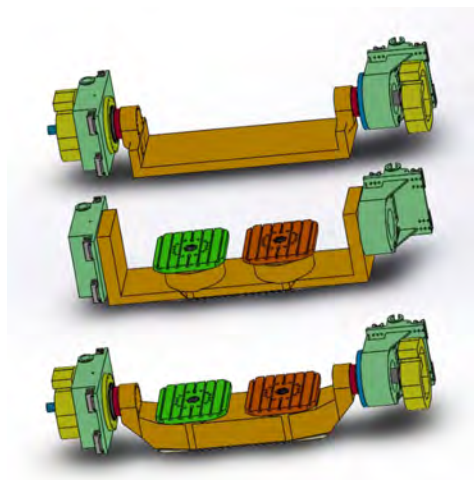


图8 SH52X双主轴机床可选配的多工作台

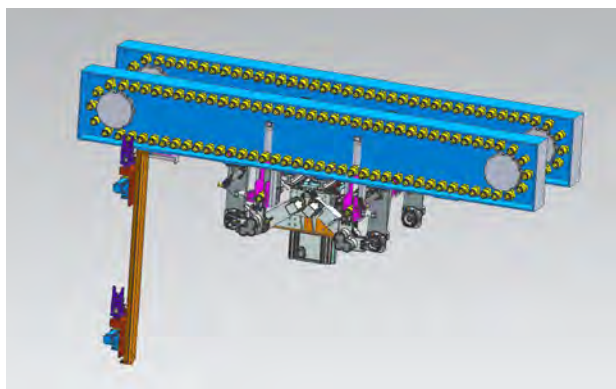


图9 SH523B双主轴卧式加工中心的双排刀库

客户可以根据自己的需求选择 80×2 的双排或者80把的单排刀库，前者可以用于利用SY500智能转换平台中组成车间内虚拟柔性生产线场合；后者可以用于工序分散，多台机床组成汽车零部件组线的情况。

(2) 机床技术创新

SH523B是国内第一台适用于汽车零部件生产的双主轴卧式加工中心，设备的研发在国内属于首台套设备，从总体上有较强的创新性。

另外在双主轴卧式加工中心的研发过程中，在如下的设计难点实现了技术创新和领先。

①刀库具有手动上刀功能：

如图8和图11所示，为了减少占地面积，通常此类的双主轴卧式加工中心的刀库被横置在床身和立柱之间；这样的刀库结构设计使得刀库远离操作者的操作高度，无法进行手动换刀。在本机的设计中，在刀库的左侧，设置了刀库手动换刀上线运行轨道，被更换的刀具和插刀结构，可以沿着左侧轨道上下移动，在轨道下侧进行手动的刀具更换，在轨道的上侧把更换后的刀具插入到刀套中。该机构为此类型机床的首创结构。

②带有双层防护的机床结构：

在机床的各轴的防护中，采用双层防护，可以保证切削液和铁屑被阻挡在运动部件之外，从而保证机床的高可靠性和少维护的特点。

③工作台直线轴导轨立式布置，分体式转台，双驱动，双闭环控制：

在机床的工作台设计中，Y轴的运行采用双滚珠丝杆，而在工作台的两侧Y轴的导轨副分别采用相互呈 90° 角的垂直设计，这种设计降低了机床X轴方向的宽度，并且可以保证双摆台结构在X方向和Z方向都有很好的支撑，可以抑制工作台在高加速度运动下的振动。

工作台A轴也采用双驱动结构，可以保证A轴有较高的动态特性。对于采用双驱动的A轴和Y轴，每一侧的驱动副均采用圆光栅或者直线光栅获取位置误差信息，实现对双驱动系统闭环控制。

(3) 市场定位

根据前文所述，SH523B双主轴数控加工中心主要目标市场为汽车零部件的加工，属于汽车零部件生产的高端数控技术装备。其典型零部件为：缸体、缸盖、变速箱壳体、转向器、转向节、阀体、卡钳、减速器壳体等。相对于欧洲同类型的加工中心，SH523B主轴扭矩较大，因此可以用在铸铁和钢件的切削加工中。



图10 SH523B双主轴卧式加工中心的主要加工对象

另外一方面，SH523B较多的刀具容纳数量和较大的刀具尺寸，使其不仅仅可以适应汽车零部件的组线生产，还适用于刀具数量较多的汽车零部件的原型产品试制生产。

而本机床同时配置了五轴定向加工功能，精度高，并且有极佳的动态响应性能，对于工程机械阀体、阀座，使用此机床可以大大提高此类零件的生产效率。

另外，该产品还可以用于刀具和工具制造行业，双主轴和五轴加工的设置便于面铣刀、镗刀刀体的批量化生产。

（4）产业化前景

目前，在国内市场，此类双主轴卧式数控加工中心均从欧洲采购，单台成本高达70~100万欧元，只有主机厂或者有较丰厚利润的汽车零部件厂商使用此类型机床。上海交大智邦科技有限公司推出此类产品以后，相对欧洲进口机床产品，其成本大大降低。

而汽车零部件制造行业本身就是机床最大的应用行业，大部分汽车零部件高效率的精加工都可以采用双主轴卧式数控加工中心作为精加工工序机床，而机床的柔性化设计，使得此机床同时适合汽车零部件研发，以及航空航天、小型船舶制造、刀具和工具制造行业等，因此市场前景非常广阔，具有很好的产业化条件。

上海交大智邦科技有限公司在研发此机床时，首先重点考虑的就是该机床设计和加工产品的工艺相结合，以及和自动化上下料系统相结合，因此对于产品应用前景已经给予了充分的考虑。其次，在此产品研发过程中，研发人员对于机床各个零部件的可靠性进行了详细的设计，提高了机床整体的无故障时间；并且设法避免了实际加工中，加工铁屑和切削液对机床连续加工的不利影响，补齐了国产机床在汽车工业应用的最后一个短板，因此该机床有很强的竞争力。

2.SY500无人化智能移换平台

（1）结构特点

SY500无人化智能移换平台底部是一个标准的外购麦轮式无人化自动驾驶小车。其上层结构是夹具托盘交换系统的核心。考虑到无人化导航小车的定位精度在 $\pm 10\text{mm}$ 的

级别，而托盘交换系统要求的定位精度在 $0.1\text{mm}\sim 1\text{mm}$ 左右。另外使用AGV小车进行夹具托盘的自动化更换，需要考虑车间地面平整度对夹具托盘更换带来的影响；SY500无人化智能移换平台还要考虑夹具托盘更换的效率，以及对多种类型机床的适应性。因此在SY500无人化智能移换平台的上层设置了多个伺服运动轴。

在SY500无人化智能移换平台上部设置了5个伺服移动轴，分别为X、Y、Z、A、C轴，各轴均采用伺服控制。其中Z轴为抬升轴：行程500mm，主要的作用是适合不同装夹高度的加工中心设备，为其更换夹具托盘。Y轴为送料轴：行程 $\pm 1000\text{mm}$ ，Y轴的主要作用是输送/取出机床和托盘库的夹具托盘。考虑到卧式加工中心托盘的中心点离机床的钣金距离在600~1000mm左右，因此Y轴的行程被设计在 $\pm 1000\text{mm}$ 。需要说明的是，为了避免在夹具托盘更换时，智能移换平台底部无人化自动驾驶小车和加工中心的干涉，Y轴的方向和AGV的主要运行方向是垂直的。C轴为平转轴：行程 $\pm 120^\circ$ ，其主要作用是起到加工中心类似于双托盘交换的作用。可以看到SY500无人化智能移换平台带有双叉式取送结构，当智能移换平台进行夹具托盘更换时，首先C轴旋转到 $+90^\circ$ 度，其中一侧的叉式结构取出在机床内部的夹具托盘；然后C轴旋转到 -90° ，将存放在另外一侧叉式结构上的托盘放入机床内，实现托盘交换。以上各轴为夹具托盘交换必须运动轴，当进行托盘交换时，为了补偿AGV小车定位精度，还需要额外的伺服运动轴：X轴为平移轴，该轴行程 $\pm 50\text{mm}$ ，可以通过视觉系统获取的信息，在托盘运送的垂直方向进行微调，保证托盘运送的精度。A轴运送补偿轴，当托盘交换的叉式结构伸长时，在夹具托盘和叉子自身重力的影响下，叉式输送结构将发生轻微挠度变形，该变形会影响夹具托盘落位的精度，甚至导致托盘无法落位的情况。使用A轴补偿叉式输送结构的挠度将使得夹具托盘更精确，更稳定。

（2）技术创新和技术水平

上海交大智邦科技有限公司是全球第一家实现AGV小车进行托盘交换的企业，在2018年6月份实现了在全球范围内第一次利用叉车式AGV小车实现夹具托盘的交换。在

2019年的8月份SY500无人化智能移换平台（背负式夹具托盘交换AGV小车，属于第二代夹具托盘交换AGV小车产品）主体结构制造完毕，并且于2019年12月份完成所有的导航、试运行和夹具托盘交换作业多次试验。目前在虚拟柔性制造生产线的研究中处于全球领先地位。

在国际上，目前只有在2019年EMO展会上，DMGMORI公司展示了使用叉车式AGV实现夹具托盘更换的案例。单此类叉车类产品只有单个夹具托盘承载位置，只能实现单个托盘的输送。使用叉车式AGV实现夹具托盘更换时，需要叉车式AGV空载到机床端，先运走机床内当前托盘到立体托盘库一侧，然后再从立体托盘库侧运来新的托盘到机床端，并且把新托盘送入机床内，才能完成一次夹具托盘转运循环。加工中心需要等待的时间很长，不利于柔性生产线自动化效率的提升。



图12 在EMO展会上，DMGMORI展示叉车式AGV托盘交换系统

而上海交大智邦科技有限公司开发的SY500无人化智能移换平台，可以直接对加工中心的双托盘交换过程，交换时间短，机床可以快速的投入到下一个托盘加工中去。该无人化智能移换平台，目前市面上还没有相关产品。另外其独特的视频定位和后续伺服系统补偿技术，也是在夹具托盘更换的首次应用。

在未来，上海交大智邦科技有限公司将对无人化智能移换平台的产品进行系列化和规模化发展，研制出可以适应1.0m×1.0m托盘以下的智能移换平台产品。在应用领域上，上海交大智邦科技有限公司，开拓展示智能移换平台的应用。除了用之更换夹具托盘以外，现在已经在测试用于更换自动化刀具更换，实现生产线中，刀具、夹具和工件的全自动化物流输送，为未来建立智能化生产线打造坚实基础。

（3）市场定位和产业化前景

SY500无人化智能移换平台是实现智能工厂自动化物流的首选设备，而且是一种全新的产品，该产品契合国内制造业变革的需求，在市场定位上需要配合客户对智能工

厂或者虚拟柔性生产的需求推广。

目前随着智能工厂的概念越来越清晰，各种智能化，网络化技术逐渐渗入到加工制造行业，大多数传统制造企业开始向智能工厂转型。和传统的机器人代人实现自动化加工不一样的是，SY500智能移换平台将彻底改变生产车间的物流方式，配合车间数据采集和智能化管控系统，可以随时建立虚拟的柔性生产线，使得制造企业逐渐转向个性化定制和柔性化生产。而且这种新型的生产模式，可以解决从小批量多品种，到少品种大批量的多种生产行为的覆盖。对于国内制造企业的自动化和智能化水平提升有着极其重要的意义。

因此，在可以预见的未来，一旦SY500无人化智能移换平台能够获得良好的渠道进行市场推广，可以借助于国家制造企业转型的契机，实现此产品的规模化销售和应用。□

（上接第45页）

①增加机械隔震装置，主机进行冲裁动作时，通过该装置可以抑制部分刚性振动，避免切割头高频振动。

②系统进行冲压规划时进行吨位计算，设计超过一定负载时规划为切割头加工，减少冲裁振动。

③传动直线导轨选型时采用中载或重载预紧，消除传动件的传动间隙。

（3）多轴攻丝装置结构开发设计

该机器可选配攻丝装置，采用刚性攻丝，主要是通过伺服控制技术保障旋转轴与Z轴进给总是同步（柔性攻丝两个轴独立自由进给，通过进给轴内部弹簧对进给量进行调整，当工件材质不均，主轴负载波动时攻丝精度较差，并且由于结构限制主轴加工速度相对较慢）。本结构设计5个攻丝轴，每个攻丝轴采用快换式攻丝刀柄及专用丝锥，可配置M3~M8任意丝锥使用，攻丝头采用独立传动机构，使每个轴可以实现独立旋转，真正达到高速、高效。多轴攻丝装置的结构功能开发，实现了国内与冲床等设备匹配的多轴攻丝零的突破。

六、结束语

该产品主要针对电气箱柜、精密钣金等薄板行业的部分有直接冲床成形下料，或者先用冲床加工再用激光下料的生产模式的客户。采用冲压激光切割复合机进行加工，无需人工进行干预，减少物料转运，避免了二次定位加工带来的诸多不便，提高了生产效率。□

纽威数控: HE63S卧式加工中心

纽威数控装备（苏州）股份有限公司

以汽车发动机制造为例，国内现有卧式加工中心难以满足生产要求，目前发动机制造厂均采用进口设备，很难看到国产机床的身影。在此背景下，以云内为代表的企业，在党和政府的支持下带头使用国产数控装备，以纽威数控为代表的国内企业也积极参与进来，共同助力国产机床发展，成功开发了HE63S双驱双排高端卧式加工中心。

一、HE63S卧式加工中心简介

HE63S双驱双排高端卧式加工中心（见图1），主要适用于箱体类零件的复杂孔系及表面加工，具有底座高刚度、移动立柱轻量化等特点，移动部件可实现高速运动，动态响应快，大幅提高机床的生产效率，是面向“中国制造2025”的高端装备。以汽车发动机制造为例，其中缸体缸盖，具有表面孔系多、节拍和精度要求高等特点，国内现有卧式加工中心难以满足生产要求，目前发动机制造厂均采用进口设备。



图1 HE63S整机轴侧图

HE63S双驱双排高端卧式加工中心，其工作台驱动方式经历了从“单轴驱动”向“双轴驱动”的发展，相应的排屑方式也由“两侧双槽排屑（简称双排）”变为“中心双槽排屑（简称双排）”，一方面有效提高了目标产品的底座刚度，一方面满足高效加工对快速进给的要求，采用移动立柱的轻量化设计，实现了负载条件下快移速度可达60m/min。

如图2、图3所示，目前HE63S系列卧式加工中心已经在某发动机公司实现了批量应用，主要在该公司用来实现发动机缸体缸盖等零件的加工生产，具体组织生产时是将机床与桁架机械手组成自动线来实现高效生产，进而实现零件的大批量加工生产。



图2 HE63S 生产现场组线照片



图3 生产现场的发动机缸体

二、主要技术指标

HE63S型卧式加工中心适用于进行箱体类零件的复杂加工，在加工过程中可以自动交换刀具，可一次装夹进行四个面的铣削、钻孔、扩孔、镗孔、铰削、攻丝等多种工

序。现代化的机床及控制理念、紧凑的结构设计，保证高效率和高精度的单件或中小批量产品的加工要求。

主要技术参数如附表所示：

HE63S型卧式加工中心技术参数

名 称	项 目	单 位	参 数
加工范围	X轴行程	mm	1000
	Y轴行程	mm	850
	Z轴行程	mm	1000
	主轴中心线至工作台面距离	mm	140~990
	主轴端面至工作台中心线距离	mm	120~1120
工作台	工作台尺寸	mm	630 × 630
	最大承载	kg	1200
	最大工件尺寸	mm	φ 900 × 950
	B轴最小分度角度	°	0.001° × 360000
主轴	主轴最高转速	r/min	8000
	主轴锥孔		HSK-A100
	主轴电机	kW	50/65
	主轴扭矩	N · m	405/526
速度	快速移动速度 (X、Y、Z轴)	m/min	60
ATC自动换刀	刀具数量	把	40
	刀具最大直径/长度/重量		φ 125mm/450mm/25kg
	刀具最大直径 (相邻无刀具)	mm	φ 250
	刀具选刀方式		任选
	刀具交换时间 (刀-刀)	s	1.6
机床精度	定位精度 (X/Y/Z)	mm	0.005
	重复定位精度 (X/Y/Z)	mm	0.003
	回转工作台分度精度	"	10
	回转工作重复分度精度	"	5

三、结构特点

1. 通用平台化结构设计

HE63S卧式加工中心的设计是基于平台化设计原则，可以综合兼容B轴转台、A轴转台、普通机械轴、电主轴的配置，机床的床身和立柱都是通用的，尽可能地缩减研发时间，提高各种配置之间的通用性、兼容性，降低配置的生产成本，详见图4。



(a) 普通B轴配置



(b) A轴配置



(c) 电主轴配置



(d) 带大盘铣刀机械主轴配置

图4

2. 双驱双排的中央机床床身

为满足高速移动和铁屑的快速排放的需要，机床采用了Z轴双驱双螺排的结构，同时为后面扩展5轴转台功能预留相应的空间，如图5所示。



图5 双驱双排机床床身

3. 阶梯式立柱结构

为减轻机床立柱的重量，提高立柱快移速度，以及加工时立柱的抗倾覆能力，立柱结构采用了阶梯式的结构，如图6所示。



图6 阶梯式立柱结构

4. 一端固定一端浮动的驱动结构

因机床移动速度快，要求60m/min，且长时间工作，导致丝杠以及轴承会快速升温，若继续采用传统的两端全固定的结构形式，容易造成轴承以及丝杠磨损，影响机床使用。HE63S机床采用了一端固定一端浮动的结构形式，如图7所示。



图7 一端固定一端浮动的驱动结构

5. 空中污液排屑系统

HE63S卧式加工中心专门在机床后部配备了污液排屑装置，机床加工时产生的污液及废屑都可通过污液箱中的污液泵抽走，再输送到集中处理中心。同样干净的切削液也会通过固定的管道，通过空中走管的方式，输送到每台机床，如图8所示。

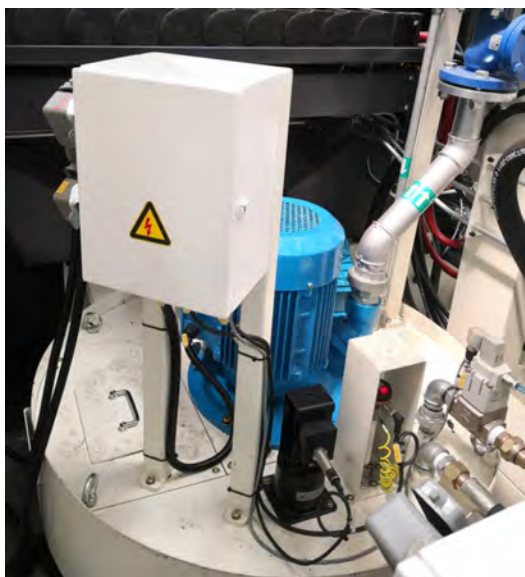


图8 机床后部污液箱



图10 中心出水无极调压结构

6. 顶置式刀库结构

如图9所示，客户要求尽量缩短机床的宽度和占地面积，以降低配套的桁架自动线的采购成本，因此将刀库的安装采用了顶置式结构。该结构还有利于将刀库自动门改成水平开门结构，并且可以采用双开门结构，以提高自动门的开门速度。



图9 顶置式刀库结构

7. 中心出水无极调压系统

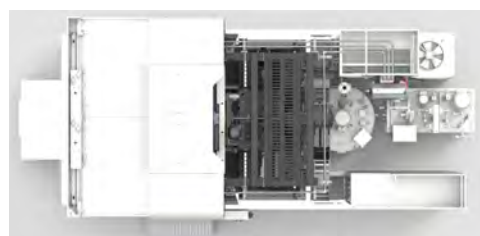
客户要求机床要具备能够根据使用刀具上孔径大小的不同，及时产生需要的水压，以保证加工孔的精度，为此我们采用了无极调压系统。该系统的核心是通过控制电磁阀上电压值的大小，来控制调压阀上压力的释放程度，以释放出需要的压力，如图10所示。

8. 集中式流体走线布局

为便于日常的生产维护，提高结构的可靠性，HE63S在结构设计时，如图11所示，对电气、润滑、冷却管路采用了“集中布局、电液分离、分层走线”的原则，以方便进行日常维护。



(a) 集中式流体单元



(b) 集中的管路走线布局

图11

9. 大流量冲洗冷却结构

如图12所示，作为与自动线配套的机床，机床在加工时产生大量的铁屑，同时产生一定的热量，会对机床的持久使用以及零件的加工精度产生影响。HE63S设计采用了专门针对大流量的结构设计，大面积冲洗和快速冷却。



图12 大流量冲洗冷却结构

10. 内外双层防护结构

如图13所示，HE63S针对自动线行业机床大批量使用时要求地面干净整洁的情形，专门设计了双层钣金防护结构，这样即使内防护发生了泄露，切削液仍然可以通过机床床身回流的到机床内部；同时该结构有利于在机床发生故障时，直接拆掉外部防护，进行快速维护。

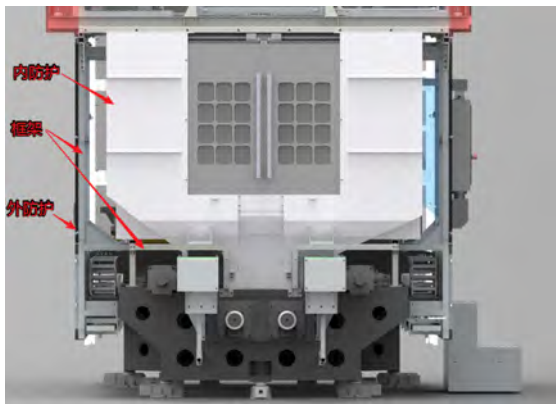


图13 双层钣金防护结构

四、技术创新

HE63S机床是与客户充分沟通，设计之初就根据客户的要求做了一系列的有针对性的结构设计。其主要创新点

如下：

1. 双驱双排的中央床身结构

如图14所示，HE63S机床床身Z轴创新性的采用了“双驱双排”的结构形式，光机见图15，主要为了满足如下要求：

- (1) 便于加工时产生铁屑顺利落入机床中央的螺旋排屑槽。
- (2) 可将丝杠布局在机床两侧，使其免受切削液侵蚀。
- (3) 通过设计双丝杠驱动的结构，可选择小规格的电机，降低单个电机和丝杠的负载。
- (4) 有利于进行5轴功能的扩展。



图14 Z轴双驱双床身结构



图15 HE63S卧式加工中心机床光机

2. 轻量化的阶梯式立柱结构

HE63S系列机床对移动件的速度要求均在60m/min以上：

- (1) 通过阶梯式的立柱结构，减轻了立柱的重量，提高了立柱的加速度和快移速度。
- (2) 通过将立柱设计成阶梯式的结构（见图16），有利于减轻加工时主轴切削力对立柱前后产生的倾覆力矩，也会使得零件加工时的垂直度和同轴度更好。



图16 HE63S立柱结构

3. 模拟量感应的主轴松拉刀结构

常见机床的主轴松拉刀结构一般采用接近开关来捕捉信号，但该结构误差较大，长时间使用后容易发生松动，且由于主轴松刀和空刀距离才2mm，不容易进行信号捕捉。HE63S采用了模拟量输出方式，如图17所示，利用模拟量输出型接近开关的特性，将不同位置获取的不同电信号反馈给系统，提高了信号的稳定性。

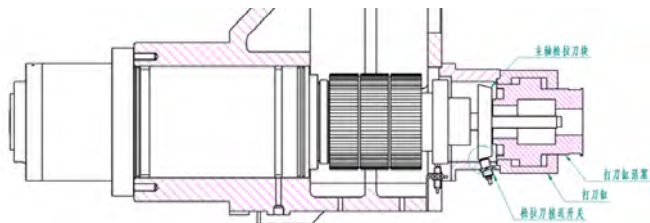


图17 模拟量感应结构

4. 集中式流体单元布局结构

HE63S的液压、气动、润滑、水冷、油冷等功能模块采用了集中处理结构，具备如下特点：

(1) 如图18所示，该集中式流体单元将气动、润滑、液压、油冷、水冷等功能模块进行了集中式处理，结构更加紧凑，更加有利于操作维护。

(2) 如图19所示，工作台两侧管线分离，分层排布，且维护方便。



图18 流体单元布局结构

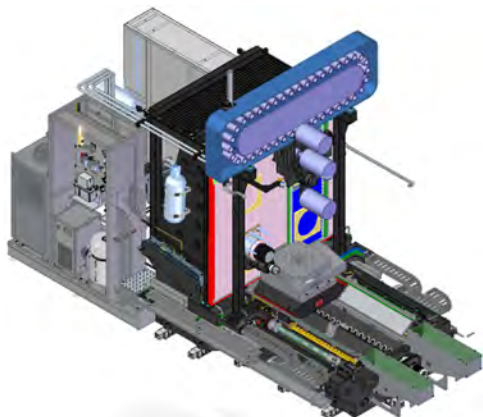


图19 管路走线布局结构

5. 一片式护罩结构

因HE63S三轴快移速度均在60m/min以上，且该机床每天工作不低于20小时，对护罩要求较高。如图20所示，该防护采用了大倾斜面的一片式护罩，结构简单，性能更可靠，能满足60m/min的速度要求，完全没有伸缩护罩的故障点。



图20 一片式护罩结构

6. 一种机床护罩间的密封结构

自动线机床长时间使用时产生了大量的费屑，稍有不慎就会产生堆积，影响生产。因此，就需要配备大流量的冲洗装置，但也容易因此产生切削液外漏的情况。如图21所示的常用密封结构并不能有效地解决这类问题，所以我们设计了如图22所示的效果更加可靠的新型密封防泄露迷宫结构，并增加了尼龙块等，完全解决该问题。

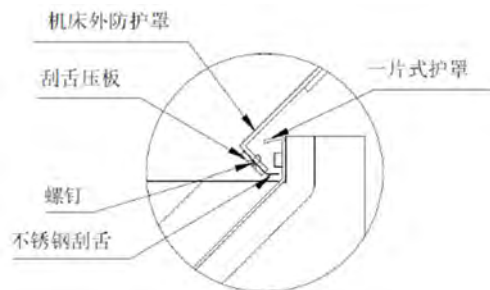


图21 旧密封结构

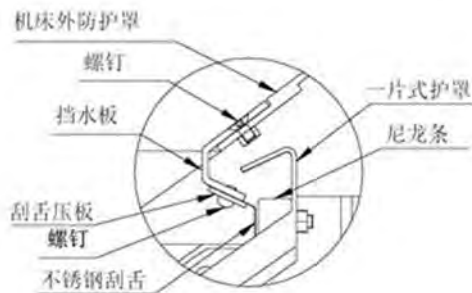


图22 新型密封结构

(下转第61页)

秦川机床:HMC1200/5S五轴卧式加工中心

秦川机床工具集团股份公司

随着制造业水平的不断提高,各制造领域对五轴高精度加工设备的需求日益突出,在航空航天领域尤为明显,而国产五轴卧式加工中心机床与国外相比,其精度、可靠性等方面还存在一定的差距,整体停留在中低端水平,高端设备基本依赖进口。

高精度五轴卧式加工中心设备可提高加工零件质量,缩短制造周期,尤其在航空航天领域一些形状复杂的异形零件的加工中更具优势。航空航天类零件多为高温合金、钛合金、不锈钢、铝镁合金等,零件外形结构复杂,具有加工难度大、加工周期长等特点。钛金属在加工过程中会产生较高和较集中的切削力,容易产生振动而导致切削时出现震颤,并且在切削时还容易与切削刀具材料发生反应,此外它的导热性差,切削过程会产生大量的热,而在制造这类零件时,恰恰需要通过铣削来去除大量材料,因此机床的热稳定性及精度是此类零件成功的关键所在。

高精度五轴卧式加工中心的成功研制可实现我国五轴卧式加工中心设备从低端到高端,从中低产品到高精尖产品制造的转变,可解决航空发动机类零件加工难度大、加工效率低、加工质量不稳定等问题,实现国产五轴卧式加工中心设备在航空发动机各类零件单批次、生产线批量化生产加工应用,替代部分进口设备。此设备也可用于军工、船舶、医疗、汽车等工业领域,对提高我国机床设计制造水平和先进机械加工工艺水平具有重要意义。

秦川机床引进瑞典SAJO技术,结合公司的“三精”制造优势,研制的HMC1200/5S五轴卧式加工中心机床(见图1),非常适合航空、航天、军工、能源等复杂、难加工零件的加工需要。



图1 机床外形图

一、HMC1200/5S五轴卧式加工中心简介

机床采用T型结构形式,强度高、稳定性好。床身后部支撑立柱,立柱左右移动为X轴,最大行程2000mm。摆动头结合在立柱上,摆动头上下方向移动为Y轴,最大行程1750mm。前床身上方装有转台,转台前后方向移动为Z轴,最大行程1800mm。摆动头偏摆采用机械式双齿轮消除结构,主轴在Y、Z平面内摆动为A轴,摆角范围 $-100^{\circ} \sim +60^{\circ}$ 。台面绕中心作回转运动为B轴,可实现 $\pm 360^{\circ}$ 回转,工作台面采用T型槽型式。机床配有液压系统,实现液压动作的自动控制执行。机床采用全封闭罩

壳形式，以防冷却液和铁屑飞溅。配有自动排屑系统以及切削液自动循环系统，冷却循环系统用于工件冷却以及将工件和夹具上的铁屑冲走。每一轴承组件和滚珠丝杆螺母均有注脂孔，由中央润滑系统自动润滑。导轨、滚珠丝杆配有可伸缩式钢防护罩保护不受铁屑和冷却液侵蚀。机床各进给轴电机全部采用交流伺服电机，可实现5轴联动插补、刀具补偿、丝杆螺距误差补偿和测量系统误差补偿等功能。机床X、Y、Z、A、B采用全闭环控制，提高机床加工精度。机床总体结构如图2所示：

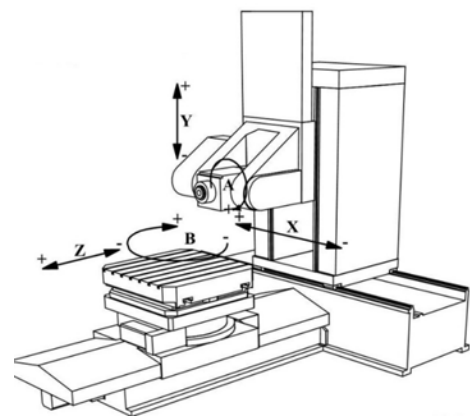


图2 机床总体结构图

二、主要技术指标（见附表）

项目		单位	主要参数
加工范围	X轴行程	mm	2000
	Y轴行程	mm	1750
	Z轴行程	mm	1800
	A轴行程		-100° ~ +60°
	B轴行程		± n × 360°
工作台	工作台尺寸	mm	1250 × 1250（选配 ϕ 1250）
	B轴转速	r/min	6
	工作台承重	kg	5000
主轴	主轴功率	kw	52
	主轴最高转速	r/min	7000(选配12000)
	主轴额定扭矩	N · m	500
	A轴转速	r/min	10
进给速度	X/Y/Z轴最大快移速度	m/min	20
精度 ISO230-2	X/Y/Z轴定位精度	mm	0.01/全程
	A/B轴定位精度	"	10
	X/Y/Z轴重复定位精度	mm	0.005/全程
	A/B轴重复定位精度	"	5
刀库	刀库容量	T	40（最大200）
	刀具选择方式		任选最短路径
	刀柄形式		BT50（选配HSK-A100）

三、主要结构特点

（1）主机部分

- 采用机械式摆动头，切削主轴有电主轴和机械式两种类型，可满足不同用户的加工需求。偏摆轴采用双齿轮消除结构，利用秦川最擅长的齿轮加工技术，此驱动结构刚性好、扭矩大、精度高。采用气动钳夹系统，响应速度快，夹紧扭矩大，提高可靠性及使用安全性。切削主轴有电主轴和机械式主轴两种类型可选，电主轴最高转速7000r/min，最大扭矩700N · m；机械式主轴最高转速可达6000r/min，最大扭矩可达1250N · m。主轴刚性好，精度高，适合钛合金、高温合金等材料的加工。
- 转台采用秦川传统的高精度蜗轮副制造技术，传动

比大，结构紧凑，传动平稳，刚性好，精度高，回转精度8"以内。

- 刀库采用桁架式伺服换刀小车单元，可以随最终的主轴加工位置进行任意位置换刀，换刀速度快，效率高。
- 机床采用T型结构形式，提高刚度及稳定性，可以很方便提供工作托盘交换方式及相关配置，组成柔性制造单元和自动化生产线。
- 可配置大型刀库管理系统（200把刀）。
- 进给轴采用高精度滚动直线导轨，采用伺服电机驱动，可实现无间隙、高灵敏度直线运动。
- 采用高精度滚珠丝杠，传动精度高，寿命长。
- 机床主要支撑部分采用高精密轴承，精度高，使用寿命长。

- 具备工件自动测量（选配）。
- 具备激光机内对刀仪，兼具断刀检测（选配）。
- 具备刀具管理，集成RFID读写装置，能够将刀具数据写入数控系统刀具内存（选配）。

- 具备自适应加工（选配）。
- 具备主轴防撞功能（选配）。

（2）数控系统

- 采用华中HNC-848D数控系统,或西门子840DSL数控系统（选配）。
- 配置符合人机工程学设计的操作控制面板。
- 可实现插补、数控系统故障自动检测、故障报警等功能。
- 配备可移动存储设备，用于程序的导入、导出，操作面板部位设有与计算机通讯的接口，并配有通讯软件。
- 配备手持单元，手持式脉冲编码器带轴、倍率选择开关。
- 支持多种编程方式，可访问外部存储设备进行在线加工。
- 主轴和进给轴系统采用成套的数字交流伺服驱动系统。
- 伺服系统为全闭环控制方式。
- 伺服电机防护等级：IP64。
- 支持通过以太网进行机床状态数据以及报警数据的读取。
- 支持通过以太网进行NC程序在数控机床和服务器之间的传送以及NC程序在服务器端的集中管理的功能。
- 五轴全闭环测量装置，光栅尺作用在轴上直接测量位置。

（3）电气系统

- 电箱密闭并设有冷却空调，采用环保介质。
 - 总电源开关自带安全锁，安装在电控柜侧面。
 - 电箱门设置安全保护连锁装置，并在机床维护时能够解除互锁。
 - 电箱内电气元件布局、走线规范、合理。设备外围管线整齐美观，安装牢固。机床电源部位、分线盒部位等位置设有带电警告永久性标志。所有的标识、标志清楚、醒目。
 - 低压电气元器件选用知名品牌产品，在防护罩内的电器元器件防护等级为IP54。
 - 电控柜配置安全电压照明灯。
 - 配备三色报警灯。
- #### （4）液压系统
- 液压油箱设低液位报警及液温报警。

- 配置系统压力使用范围标牌，各压力表标明要求的压力使用范围。

（5）润滑系统

- 所有机床导轨和丝杠副都采用自动集中润滑系统,注脂时间间隔及注脂量可调。
- 机床的每个润滑点均可得到充分的润滑。若有异常屏幕可显示润滑故障，并停机警报。

（6）冷却系统

- 机床冷却系统包括工件冷却、主轴中心冷却、机床及工件冲洗、排屑及过滤系统等。
- 水箱有效容量1650L，机床冷却系统采用二级过滤系统。
- 机床排屑系统包括工作台两侧的螺杆排屑器及机床前端的起升式排屑器。
- 机床上用于工件冷却的喷嘴方向均可调节。
- 电主轴冷却由恒温控制的水冷机通过循环水冷却。

四、技术创新点

（1）摆动头偏摆结构采用机械式双齿轮消隙驱动结构，利用秦川最擅长的齿轮加工技术，驱动结构刚性好，扭矩大，精度高。与其他常见驱动结构形式相比具有明显优势，常见结构形式有：①蜗轮蜗杆驱动结构：此结构刚性好、扭矩大，但应用在摆动头中由于蜗轮只有局部接触，使用过程中局部易发生磨损，精度容易走失。②力矩电机驱动结构：此结构传动精度高，但扭矩偏小，电器元件发热易损坏，影响使用寿命。

秦川自主创新设计的摆动头采用双齿轮消隙驱动结构，兼具高刚性，大扭矩，同时保证了加工过程中的高精度、高可靠性和长使用寿命。摆动头驱动结构如图3所示。



图3

摆动头切削主轴分为电主轴和机械式主轴两种类型，可满足不同用户的加工需求。电主轴最高转速7000r/min，最大扭矩700N·m；机械式主轴最高转速可达6000r/min，最大扭矩可达1250N·m。主轴刚性好，精度高，适合钛合金、高温合金等材料的加工。

(2) 刀库采用桁架式伺服换刀小车单元，可以随最终的主轴加工位置进行任意位置换刀，速度快，效率高。可配置大型刀库管理系统（最大200把刀），集成RFID读写装置，能够将刀具数据写入数控系统刀具内存。

五、技术水平

五轴卧式加工中心精度分为普通级、精密级和高精度三个等级，国产五轴卧式加工中心设备多为普通级，精密级、大规格的高精度五轴卧式加工中心设备较为稀少。秦川机床引进瑞典SAJO技术，结合公司的“三精”制造优势，研制的高精度五轴卧式加工中心在国内处于领先水平，达到国外同类产品先进水平，可替代部分进口加工设备。此产品核心部件大扭矩、高精度摆动头、转台均为自主研发，回转轴定位精度8"，重复定位精度4"以内。采用国产数控系统，产品国产化率高，具有高精、高效、高可靠性的特点，可满足钛合金、高温合金等材料的重切削和铝镁合金等材料的高速切削加工，非常适合航空、航天、军工、能源等领域的加工需要。

六、市场定位及产业化前景

秦川自主研发开发的高精度五轴卧式加工中心可用于航空、航天、轮船等行业各类箱体、盘环类零件的复杂型面加工，以及端面、径向及斜孔的半精加工和精加工；能一次装夹完成钻、扩、铰、镗、攻丝、铣型面等多种加工；特别是精密孔加工，充分发挥其加工中心的高效、高精及高可靠性，解决复杂异形零件加工难度大、加工效率低、加工质量不稳定等问题，实现国产五轴卧式加工中心设备在各类零件单批次、生产线批量化生产的加工应用。此机床可加工材料包括高温合金、钛合金、不锈钢、铝镁合金等，可针对外形结构复杂、加工难度大、加工周期长的零件提供最佳解决方案。

本产品精度高、刚性好、稳定性好，可为航空航天类零件提供整套的解决方案，也可应用于航海、医疗、汽车等工业领域，跟国内同类机床设备相比具有明显优势，可替代部分进口加工设备，市场前景较好，可形成良好的经济效益和社会效益。□

（上接第57页）

7. 框架式防护结构

自动线机床一旦发生故障，需要尽可能快速的对机床进行维护。如图23所示，机床防护采用了内外双层加框架式的结构，机床一旦发生故障，可以对任意位置的钣金进行拆卸和快速维护，节省维护时间。



图23 框架式防护结构



图24 带框架的防护

五、结束语

HE63S双驱双排高端卧式加工中心是为了实现进口替代而开发出的一款高性价比、高可靠性的一款机床，可满足国内目前绝大部分客户，尤其是汽车发动机行业的使用需要，市场前景相当广阔。□

上海维宏: NcCloud维宏云工业互联网平台

上海维宏电子科技有限公司

维宏股份是一家专业提供运动控制系统成套解决方案的高新技术企业，其产品覆盖了从伺服驱动器、数控系统、工艺软件到配件、物联网解决方案（NcCloud维宏云工业互联网平台和xFactory智能工厂系统）等各个方面。

维宏股份目前所服务的装备制造产业，主要以单机设备为主，各个机床厂家与加工企业的设备互联、上下游企业之间的互联基本处于空白状态，仍旧以传统的项目集成方式为主。而这些领域涉及许多不同类型机床设备制造商和终端加工企业，特别是终端用户企业规模跨度很大，从千台以上机床的大型电子产品代工厂到以中小微企业居多的加工企业。其中，中小微企业缺少信息化建设的资金、技术和规划，缺乏对于企业生产、运营、发展等全方位的管理和原始数据的收集，导致信息化发展水平整体偏低，现已成为企业转型升级发展的重要制约因素，尤其需要第三方服务平台提供专业的信息化技术、设施、应用和管理等服务。此外，由于生产服务化的需要，一些大企业的业务单元运行模式也类似中小企业。

鉴于目前维宏股份所处产业与行业的发展现状，以及机床设备制造商和终端加工企业面临的急切需求，维宏股份推出了服务于设备制造商、加工企业和专业技术服务机构的互联网服务平台，即“NcCloud维宏云工业互联网平台”。

一、产品简介

NcCloud维宏云工业互联网平台（以下简称“维宏云”）是维宏股份基于先进的设备联网与云计算技术精心打造的面向机械加工领域全产业链的“智能工厂云平台”和“行业协作平台”，其广泛应用于生产加工、设备维护、租赁管理、售后服务等制造流程中，通过连接智能设备，打破了时间和空间的约束，开启了智能制造流程的新视野。

维宏云平台是一种新型的网络化制造管理服务模式，融合先进制造技术和互联网、云计算、物联网、大数据等信息技术，以公共服务平台为载体，通过虚拟化、服务化和协同化汇聚分布、异构的制造资源和制造能力，在制造全生命周期各个阶段根据用户需求提供优质、及时、低成本的服务，实现制造需求和社会化制造资源的高质、高效对接。

维宏云系统基于机床联网所形成的远程监控能力，结合移动互联网和大数据分析技术，制造与管理平台能随时随地在线远程掌握机床生产情况和设备健康度，实现了产业平台的互联互通。

维宏云具有人工智能、持续优化的特色。利用云端人工智能和大数据技术，实时分析全网同型号机床在实际生产中的数据，从而促进拥有该型号机床的所有用户的优化调试，更可以为相关设备商的产品改进提供指导方向。

维宏云将机床设备的操作者、所有者、维护者、制造者、投资者形成了一个智能生态机床系统，并积极与各类集成商、工业云服务商开展广泛的合作，为用户提供完整的解决方案。

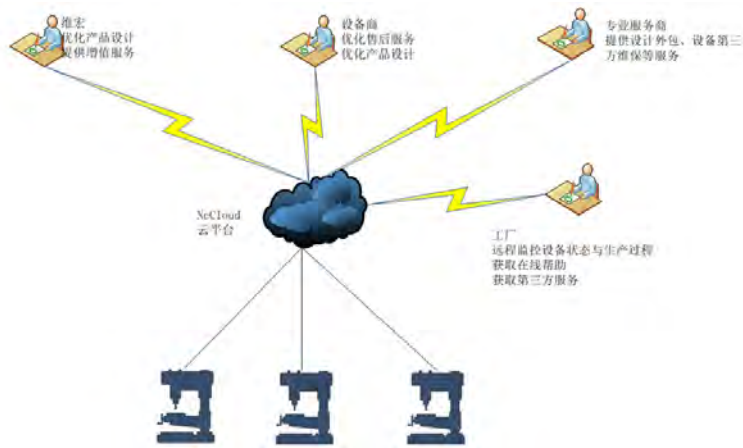


图1 维宏云生态架构图

图1为维宏云生态架构图，面对不同的客户角色，其主要提供以下服务（如图2、图3、图4、图5所示）：

（1）生产企业：维宏云提供“生产管理”、“设备监控”、“设备维护”、“工艺管理”、“绩效考核”等功能

（即典型的制造执行系统MES的功能），帮助生产企业实时监控生产进度、开工率、设备综合效率，以及机床运行时间分布等，同时根据用户自定的班次计算人员绩效和设备资产等信息。

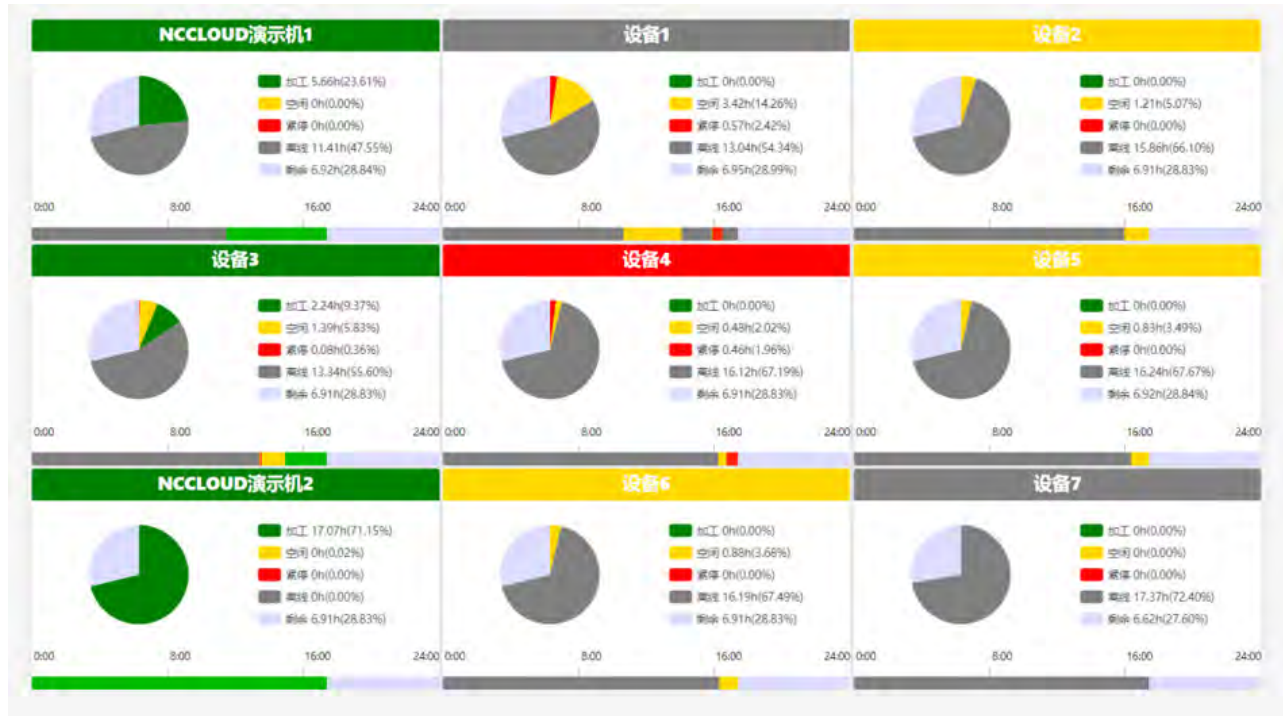


图2 集中监控生产设备



图3 单台监控生产设备

（2）设备商：维宏云是机床设备商提升售后服务质量的利器。借助“设备监控”、“智能报警”、“在线文档”、“远程协助”和“在线报修”等功能，设备商不仅可以为其用户提供随身的技术资料库，方便用户随时查阅以自行解决技术问题；还可以随时了解设备在用

户处的运行情况，提前预警，主动维修，提高了售后服务效率，并降低了售后服务成本。同时，利用维宏云的“市场分析”功能，可以帮助设备商及时感知已售设备的开机率和综合效率，预判未来市场行情、规划售后服务管理体系。



图4 智能报警



图5 市场分析

(3) 设备租赁商：利用维宏云的“租赁管理”功能可以实现云端设定电子租约，云端再依据电子租约远程下发在租设备的电子使用权到在租设备上，且必要时可以随时终止。云端数据分析也有助于其及时识别租户企业的还款风险并及时提供设备维保。

(4) 专业服务商：第三方维保服务、易损件和刀具供应商、工艺设计师、上游数控系统及附件（驱动器、激光头等）提供商、其他企业云服务提供商等，均可利用维宏云实现与设备的对接以构建自己的服务体系，或者跟踪产品的使用情况用于进一步优化提升。

二、主要技术指标

主要技术指标	本产品
设备联网部署速度	机床直接连接互联网后扫码绑定即可，一般平均不超过2分钟即可完成一台。
远程调试连接速度	30s
支持移动办公	是
支持应用商店	是
支持人机互动	维宏云支持社交软件，实现人机交互。

三、结构特点

维宏云部署在公有云架构上，目前租用阿里云平台的服务器，主要通过互联网接入方式与云计算中心连接，提供大容量、快读、高可用、安全的互联网接入平台。

维宏云的基本架构如图6所示，在维宏数控系统内置 NcGateway 数据网关模块，负责与云端的双向数据沟通、设备绑定与数据授权等操作，同时向外提供行业内常用的设备联网协议，如 OPC UA、MTConnect 等，可用于帮助企业连接自建的 MES 系统。设备端利用以太网口或 USB 扩展 Wi-Fi 或 4G 等通用的方式联网，避免了使用专用的硬件工业网关。

维宏云云端的技术架构如图7所示。从设备经互联网上传到云端的数据，接收后经过必要的清晰整理，存储在实时数据库中。而进一步统计分析的结果，以及数据挖掘和在线诊断的结果，存放在关系型数据库中。应用层是主要业务逻辑的所工作的层面，提供设备管理、生产管理、工艺管理、刀具管理、故障诊断与技术支持、用户社区等功能，且随着平台的升级演化持续扩充。最上一个层次为各种数据和服务发布的接口。作为一项通过互联网提供的服务，主要的用户界面是 PC WEB 端和移动手机端的界面。另外，还为其他第三方云计算平台预留了数据接入接口，从而为更广泛地联合行业力量、形成更大的平台提供了技术基础。

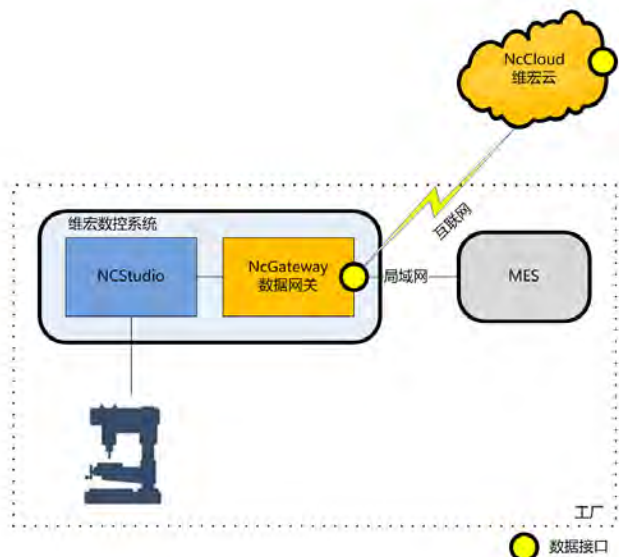


图6 维宏云的基本架构

云端平台目前部署在阿里云上，采用通用的Linux开发和生产环境。数据存储方面，根据数据的不同属性，同时采用了MySQL和MongoDB，并引入了Kafka等数据流管理工具。后端开发语言采用Python和Node.js，前端为HTML 5。整个云端技术架构全部建立在开源项目基础上。服务部署采用了Docker技术，提高了稳定性和安全性。

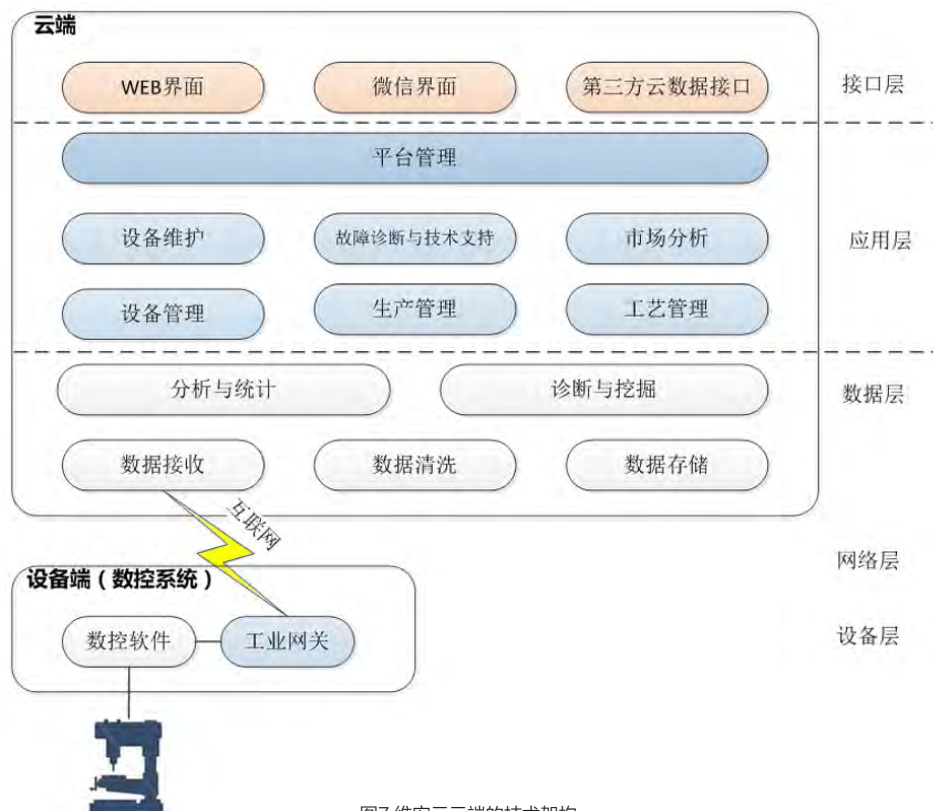


图7 维宏云云端的技术架构

设备端用于配合云端的NcGateway数据网关，根据常见数控系统的不同操作系统提供了三个版本，分别是Windows、Linux和WinCE，开发语言为C++。对于不采用维宏数控系统的机床，维宏云可以向其开放NcGateway数据网关的数据采集接口，并且即便非维宏数控系统不与NcGateway数据网关进行数据对接，也可以实现远程协助等部分功能。

在云端功能模块的设计上，抛弃了流行的按照角色来整体划分的方式。每个用户在免费注册后获得的初始功能都是一样的，即设备的基本监控能力。然后用户可以根据自己的实际需要开通（免费或收费）自己特别需要的其他功能。这样设计的主要目的，是为了适应我国制造业的现状：很多企业虽然总体规模不大，但是商业模式却是混合模式，管理团队是同一套班子。比如一些机床厂同时也提供设备出租或代加工服务，但是其各项业务的成熟程度或规模差异较大，可能机床制造为主且相对成熟，而出租和代加工只有初步的试探，用不到过分复杂的功能。这种“随用随买”的灵活功能开通模式，保证了对用户多样性的灵活适应，也便于用户用最小的成本购买适合自己的平台服务。

四、技术创新

维宏云为离散型制造企业提供了一个即开即用的智能工厂系统，并且实现了一个生产企业、设备商、租赁商和各类服务商之间的业务协作平台。率先采用了内置式软件工业网关，降低了设备联网的成本，提升了联网部署的便利性。维宏云平台是同类平台中最早支持微信界面的，方便用户使用和接收各类通知。WEB技术实现的界面也无需用户安装客户端，便于移动办公和功能升级。与设备绑定的数据管理模式平衡了安全性和便利性。系统功能模块原子化，可以根据用户需要随时添加订购，可以灵活适应用户独有的业务模式。多边平台模式带来了更好的数据共享和业务协作体验，也可以达成产业在网上集群的效应。对维宏股份自身而言，也为其客户群体提供了更好的增值服务和体验。

维宏云在以数控机床为主要生产设备的机械加工产业上下游领域具有明显的可复制性和推广应用价值。因为其基于互联网的服务平台，且提供了英文版，所以目前已经随着维宏数控产品的海外销售而向海外客户扩散。对于现场技术支持的差旅和人工成本较高的国家，维宏云的价值更加凸显。维宏云对第三方数控系统的接入持有开放态度并提供技术条件，从而有利于形成更广泛的行业协作。

五、结束语

维宏云解决的主要痛点包括：中小微制造业普遍缺乏

信息化实施的技术能力以及充足资金储备；企业间协作基本上靠人员沟通，缺乏有效传递信息和交付服务的数字化通道。所以整个产业发展水平普遍受限于从业人员能力，存在企业运营管理节奏缓慢、效率低下，沟通和售后服务成本高的问题。

随着维宏云的上线运行，使用户企业借助云端部署的设计管理、工艺管理、生产管理、设备管理、刀具管理、在线诊断与技术支持、行业社交与产能交易等模块，实现系统对机床的远程操控、健康状况监测、设备维护、产品溯源、质量控制等。参与联网的众多中小企业不仅可以低成本获取先进的企业信息化管理系统，还可以建立与设备供应商、同行、专业技术人员等整个产业生态圈的线上协作。

维宏云在以数控机床为主要生产设备的机械加工产业上下游领域具有明显的可复制性和推广应用价值。□

资讯

恒力直线导轨专机项目通过用户验收

2020年7月22日，由江苏恒力组合机床有限公司专门为德国博世力士乐公司研发制造的两台直线导轨专用机床项目一次性通过验收，产品精度、性能等各方面指标均达到客户要求。

该项目主要由卧式四主轴数控钻铣机床和数控立式平面磨床组成，用于直线导轨的安装孔加工和上下平面磨削，可以满足20-45尺寸直线导轨的多品种加工。该机床可实现导轨的自动上料、自动加工、自动卸料，以25规格导轨为例，机床每分钟可完成10个孔加工。机床具有刀具寿命管理、故障自动诊断、自动选择切削参数等功能。

数控立式平面磨床是恒力机床创新设计的立式往复复式磨床，采用工作台固定，磨头移动，磨削最大移动速度40m/min，采用大功率高精度高刚性主轴，可实现直接从毛坯加工至成品尺寸，一次加工完成。具有自动切换粗磨、精磨、光磨等功能，能在加工过程中自动修整砂轮，加工节拍快，精度高，4m行程内可达到平面度0.02mm以内，粗糙度Ra0.2~0.4μm。

以上两台专用机床在直线导轨加工行业突破了传统的加工工艺，在加工精度和加工效率上满足了用户对直线导轨的高精度和高效率的需求，为我国机床导轨功能部件产品升级提供了适用装备。（供稿：江苏恒力）

长沙思胜:SS-5020J方向盘机械式专用拉床

长沙思胜智能设备有限公司

长沙思胜智能设备有限公司是由原国家重点机床企业，并享有“机床制造十八罗汉”美誉的长沙机床厂改制后而成立，是一家专业从事于高精度数控拉削机床研发、制造与销售为一体的股份制高新技术企业。

方向盘机械式专用拉床是用于汽车方向盘骨架拉削的专用机床，其结构形式与通用上拉式内拉床相似，但采用伺服电机驱动丝杠传递拉力。在工作台设计上，我们采用了翻转下料机构，由于方向盘体积较大，所以机床内部空间进行整体优化，方便于上下料，特别对于用量较大的企业，我们在传统机型上增配滑台，实现全智能化制造。方向盘通常使用镁铝合金，此类材料对环境有极高的要求，所以机床在防腐蚀和防火等方面都做了相应设计。

为适应市场需求,公司自主研发生产了SS-5020J方向盘机械式专用拉床。

一、产品简介

SS-5020J机械式方向盘专用拉床采用三维实体软件技术，进行整机及关键部件的结构建模、变形方案分析。以机床刚度和质量为约束目标，进行整机布局结构的优化设计，分析结构薄弱点，根据分析结果改进前期的技术方案。该机床属于全护送立式内拉床，在拉削过程中采用拉刀固定、工件运动的方式实现全护送（即拉削工件时，下夹头夹紧拉刀前刀柄不松开、上夹头套住拉刀后刀柄外圆，直至工件拉削快完成时，上夹头才退出后刀柄）。机床结构选用全新的直线滚珠导轨副，实现拉刀接刀或送刀，保证机床的拉削精度。



图1

二、主要技术指标

序号	技术参数名称	单位	数值
1	额定拉力	kN	50
2	额定行程	mm	800
3	拉削速度（无级调速）	m/min	0~10
4	主滑板返回速度（无级调速）	m/min	0~20
5	接送刀机构最大行程	mm	400
6	接刀速度（相对于主滑板）	m/min	1~5
7	送刀速度（相对于主滑板）	m/min	1~5
8	最大工件外径	mm	φ500

三、结构特点、技术创新点

1. 机械式方向盘拉床的总体布局和模块化结构设计

机床是一个有机的整体，只有机床的整体结构布局合

理才能充分发挥机床各部件的性能,通过部件整体结构集成技术与性能分析技术的研究,开发出满足性能的方向盘拉床。

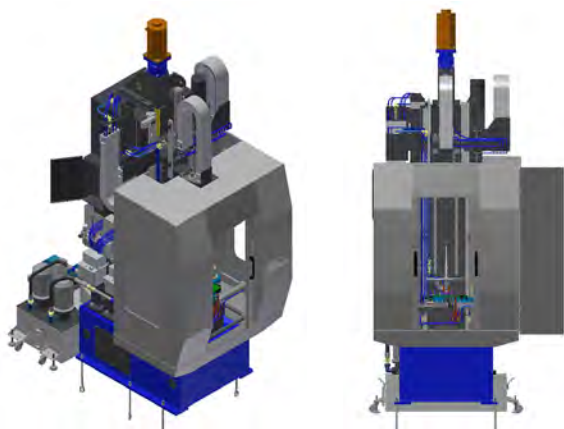


图2 机床三维模型

技术开发中,解决了如下技术问题:

(1) 在多种技术与使用约束条件下,如何在项目初期构建科学合理的整体化的机床结构布局。采用模块化结构设计思想,给单元部件的技术开发留有合理的设计空间,易于实现整体的最佳工作性能,方便进行机床的变型设计、系列化设计,满足类似零部件的加工要求。

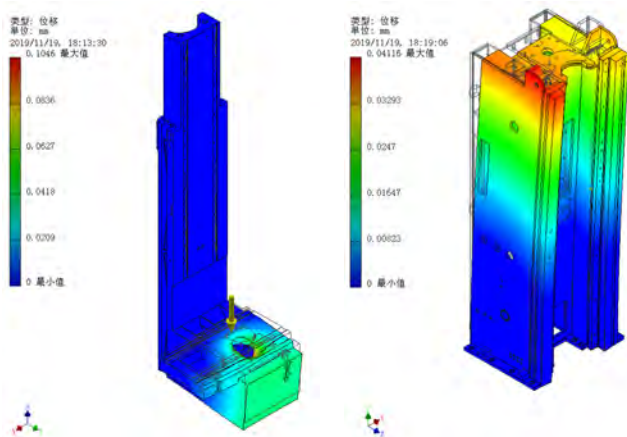


图3 零部件三维模态分析

(2) 从机床的总体布局中,控制机床冷却水循环过程,尽量减少工件由于温度变化而引起的热变形。

(3) 在满足机床整体刚性与有限体积相互约束的条件下,如何以应用减振结构、减振材料来达到减振的效果。

(4) 在满足机床性能的条件下,如何满足人机工程的原理,使机床的整体操作、维护、使用等非常方便,人机友好。

(5) 在上述条件下,如何满足机床较好的制造工艺性,使机床便于加工、装配、调整、维修,从而提高生产

机床的效率,降低机床成本。

2. 高精度导轨和高平稳性的驱动系统设计及制造。

要实现高平稳性的驱动系统需要解决以下技术问题:

(1) 优化导轨副之间、联接与支撑结构之间的结合面特征性能,消除迟滞误差引发的影响运动灵敏性的问题。

(2) 通过对机械系统结构的优化设计,合理分布运动系统的质量、受力点、最大变形量,增加部件的刚性并尽可能地减小质量。另外充分发挥系统的潜力,优化伺服参数。

3. 电力驱动,节能环保

(1) 传统拉床是以油压为主要动力来源,新型的机械式拉床是以电力为主要动力来源(伺服马达),除了可利用伺服电机达到变频与节能的效果外,还可透过减少循环油的使用,达到环保的功效。

(2) 全机伺服控制,加工精度优异,马达仅在加工流程中运转,上下料时不耗能,比传统油压拉床可节能40%以上。

(3) 独特的智能化操作介面,能显示出包括拉削力在内的拉床各项指标,使用者可在最短时间内学会如何操作、如何排除问题,并可在系统中整合管理多种不同的刀具与产品。

4. 新型的夹刀结构

(1) 可快速更换夹刀工装。颠覆传统夹刀形式采用直柄作为拉刀前后刀柄结构。由于方向盘刀具前柄只有 $\phi 14\text{mm}$,采用传统拉刀结构拉刀容易疲劳断裂。拉刀价格昂贵,采用直柄结构拉刀前柄断裂情况可得到大大改善。

(2) 大大缩短夹刀工装换型时间,由原来15min可缩短至5min。

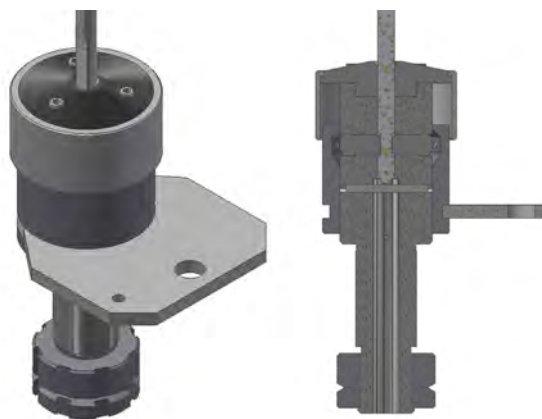


图4 原夹刀结构示意图

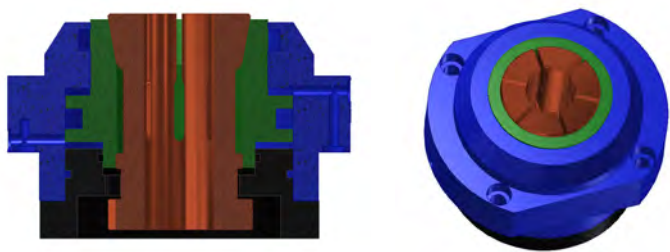


图5 新型夹刀结构示意图

四、技术水平

在机械式方向盘专用拉床的研发制造过程中，长沙思胜智能设备有限公司与湖南大学机械与运载工程学院成立联合课题小组对机床整机的结构，以及机床的操作做了大量的研究和试验。机械式拉床比传统拉床节能40%以上，并且没有液压油污染。独特的拉削智能化操作系统，可识别零件重复拉削，方向盘零件模数比较小，重复拉削后肉眼无法分辨。

(1) 机床通过三维建模结构化设计，大大改善了机床的动态响应及抗振性，拉削精度达到国外先进水平。

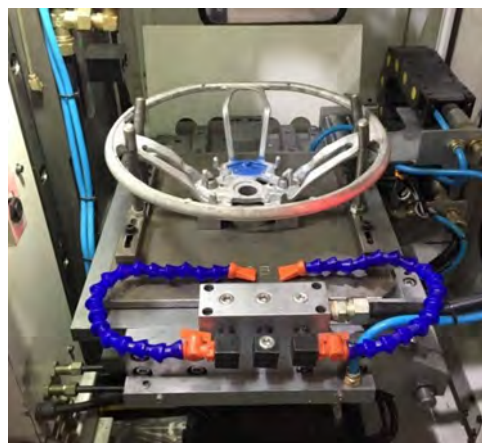
(2) 电力驱动为主要动力来源(伺服电机驱动)，代替传统液压方式进行拉削，机床不需要使用液压油，整个加工过程更环保。电力驱动在实际使用中比传统液压拉削节能约40%。

(3) 智能化操作界面以及对机床进行自动化操作，机床搭配关节机器人进行上下料。可自动识别被加工零件是否存在重复拉削，对刀具的管理，当监控刀具达到磨损需要修磨会自动报警提示。

(4) 新型夹刀体的应用使原本小模数拉刀在正常拉削时，造成拉刀柄部断裂的情况得到彻底解决，使客户刀具费用大大降低，单件加工成本节省50%以上。



图6 机械式方向盘用户现场使用案例



五、结束语

机械式方向盘专用拉床是汽车等制造业必备装备。随着汽车以及新能源汽车的大批量生产，方向盘机床的更新换代，方向盘拉床需求量日益增长，目前只得依赖进口装备装备来满足产品加工的新要求，每台引进价格为200万元人民币。

本产品的研制成功和接下来的后续产业化，将有助于打破国外对我国高端机床产品的技术封锁和贸易壁垒，促进我国制造业装备档次和工艺水平的跨越式发展。机械式方向盘拉床的推广应用将大大提高我国装备制造业的产品质量，降低制造成本，促进装备制造产业链的不断延伸和发展壮大，加速我国从制造大国向制造强国的迈进步伐，同时为企业带来良好的经济效益。□

浙江畅尔: LG6516ZX-2800飞机发动机 榫槽加工四轴数控卧式侧拉床

浙江畅尔智能装备股份有限公司

涡轮盘是航空发动机的核心零部件之一，榫槽是航空发动机涡轮叶片与涡轮盘相结合的部分，在高温条件下工作，不仅承受很大的离心力、弯曲应力、剪切力等综合作用力，而且叶片叶身是否能保持规定的位置和方向也取决于榫槽的精度。由于榫槽尺寸和几何精度及位置精度的不断提高，榫槽拉削加工已由传统的液压拉削方式改进发展为数控高速侧拉削方式。



图1 涡轮盘榫槽示意图

涡轮盘类零件榫槽高速拉削技术是标志着一个国家工业基础先进程度的关键技术。目前，飞机涡轮盘榫槽加工的数控侧拉床完全依赖进口，而涡轮盘榫槽拉削装备属于国防工业尖端的加工设备，国外拥有该项先进技术国家对我国采取技术封锁，最先进的拉削装备无法引进。我国大多数企业从国外引进几十年前的旧设备，进行翻新改造。据了解，近年来引进的旧设备达20余台，性能落后，远远无法满足国内市场需求。

加工涡轮盘榫槽的卧式侧拉床具有巨大的市场需求，可广泛应用于航空发动机、船舶动力、发电机组和汽车涡轮增压的涡轮机涡轮盘榫槽加工。以燃气轮机为例，我国新世纪四大工程中“西气东输”、“西电东送”、“南水北调”等三大工程均需要大量30兆瓦级工业型燃气轮机，同时我国舰船制造业的快速发展需要大量30兆瓦级舰船燃气轮机，我们的先进战机、“大运”干线和支线客机都亟待“中国心”，我国已成为世界最大的燃气轮机潜在市场。

当前，国内对于榫槽高速拉床的研究起步较晚，研制的产品与国际存在较大差距。主要表现为：由于拉床结构原因，刚性差、拉刀引导短，效率低，工作时易出现振动爬行，加工质量不稳定，报废率高；拉刀寿命低，拉一个榫槽要换四把拉刀，劳动量大。为此，本公司在消化吸收国际先进拉床设计制造技术的基础上，结合新结构、新工艺、新材料的研究成果，开展针对性的技术合作，研制了国内第一代飞机发动机榫槽加工拉床：LG6516ZX-2800飞机发动机榫槽加工四轴数控卧式侧拉床。

一、产品简介

涡轮盘榫槽拉削装备属于国防工业尖端的加工设备，是航空飞机发动机核心部件的关键加工设备，属于“十九大”确立的“国家战略百大工程项目”。本产品“飞机发动机榫槽加工四轴数控卧式侧拉床”采用了卧式侧拉削结构设计，以拉削工艺取代传统铣削工艺，提高

了加工精度与加工效率；研制了工业机器人集成的刀具储运系统，通过机器人送料，可进行快速换刀，取代人工作业，实现了涡轮盘榫槽在粗拉削、半拉削、精拉削等多道加工工序的柔性化作业；采用了快速转换系统，改变了以往靠螺钉螺母人工锁紧的锁紧方式，实现快速换刀、快速换模，提高重复定位精度。该产品为国内第一代拥有核心自主知识产权的高性能四轴数控卧式侧拉床，打破了国际技术封锁和长期依赖进口的被动局面，正逐步替代进口，实现国产化。



二、主要技术指标

- (1) 产品加工节拍：8小时/件
- (2) 技术参数：拉削速度：0.8~6m/min，返程速度：≥15m/min，最大拉力：160kN，X/Y/Z轴行程：2800/100/200 mm
- (3) 精度 (mm)：
 - ①机床的安装水平调整 (mm)：
 - 主滑板a：横向：0.04/1000，纵向：0.04/1000
 - 辅滑板b：横向：0.04/1000，纵向：0.04/1000
 - ②刀盒对主滑板重复定位精度 (mm)：
 - a平面：0.015/1000，0.025/全长
 - b平面：0.015/1000，0.025/全长
 - ③辅滑板 (Z轴) 的定位精度和重复定位精度 (mm)：
 - 定位精度：0.015，重复定位精度：0.01
 - ④分度转台 (A轴) 定位精度：
 - 定位精度：10"，重复定位精度：6"
- (4) 噪声：≤83dB (A)。

三、技术创新点

1. 采用卧式侧面拉削的结构设计

针对航空发动机涡轮盘榫槽材质与加工的特殊性，通过对加工工艺的研究与分析，采用卧式侧面拉削的结构设计，以拉削工艺取代传统铣削工艺，提高加工精度与加工效率。

航空飞机发动机涡轮盘在高温、高压、高速的工作环境下，不仅要有一定的刚性，还要有超强的抗氧化性及抗腐蚀性能力，因此决定了涡轮盘材质的特殊性。材质一般为GH4169、GH33、GH35、GH56、GH135、FGH97等镍基粉末冶金材料。此类材质在加工时存在2个问题：一是加工时硬化严重、切削加工性非常差、材料加工难度大，在加工过程中易粘刀，出现积屑瘤等；二是榫槽大、精度高、拉削长度长、拉削力大，拉削精度难以保证，导致拉刀数量较多、排列难度大。

因此根据榫槽精度和表面粗糙度要求，设计了拉削工艺以取代铣削工艺，针对涡轮盘榫槽加工所需的拉床刚度、工作行程、机械设计、运动控制等，设计了卧式侧向结构，使拉削行程不受限制，刚性好。机床结构示意图如下：



2. 自动换刀装置和储运装置

研制了涡轮盘榫槽拉刀的自动换刀装置和储运装置，利用机械手将拉刀稳定地转移到刀具托盘系统，或者将刀具托盘系统中的刀具转移到拉床上，实现粗拉刀、半精拉刀和精拉刀的自动快速换装，提高了榫槽拉削效率和质量。

本产品采用的拉刀很长，需要多段组合安装，再加上该工件拉削时需要分粗拉、半精拉与精拉三次完成，需要多次换刀。针对人工装刀存在的劳动强度大、装卸效率低及定位问题，开展工业机器人集成的刀具储运系统研制。主要包括：

(1) 刀具分为粗、半精、精三把拉刀，刀具安装于刀盒上，采用楔形块紧固，两端装有限位块，防止拉刀在拉削过程中滑动。刀盒上装有零点定位机构公头，实现机床刀具的快换。刀具安装到位后，采用机械锁紧、液压解锁，保证加工过程中刀具的稳定性。

(2) 刀库设计了一套交换系统, 伺服电机带动齿轮齿条交换防护网内外的两套拉刀。刀库两套拉刀分别位于防护网内侧和外侧, 防护网内侧拉刀供机器人抓取, 防护网外侧拉刀方便人工吊装。

(3) 利用机械手将拉刀及刀盒零件稳定转移到刀具托盘系统, 在刀具托盘系统中选择合适的刀具转移到拉床上, 实现自动换刀, 替代人工作业, 实现了涡轮盘榫槽在粗拉削、半拉削、精拉削等多道加工工序的柔性化加工, 操作方便快捷, 省力高效。



图3 刀具储运系统三维图及实物图

3. 快速换刀和换模装置的快速转换系统

采用快速换刀和换模装置的快速转换系统, 改变了以往靠螺钉螺母人工锁紧的锁紧方式, 实现快速换刀和快速换模, 提高了重复定位精度。

在加工时, 首先必须确定工件的零点, 再根据零点进行加工, 但是加工时, 零件往往不会一直保持不动, 需要从一个工序到另一个工序, 或者不规则形状的工件不好确定零点, 这就需要重新找正零点, 造成时间的浪费, 工作效率的降低。

产品快速定位机构用于回转工作台和夹具的连接、主溜板和刀盒的连接、机器人抓取拉刀刀盒。快速定位机构分公头和母头, 分别安装于需要连接的两个零部件, 采用机械锁紧液压解锁方式, 具有安装方便, 定位精准, 锁紧力大等优点。

(1) 夹具主要由花盘、压盖、芯轴、定心块等组成, 采用螺母将工件压紧。花盘装有快速定位机构公头, 方便安装到回转工作台上。为了装卸工件方便, 工作台基座上安装了一套上下料工装。上料时, 装好工件的夹具总成先吊到工装上, 工装抬起转动 $13^{\circ} 20'$, 然后, 操作丝杠手轮, 将工件推到数控转台安装面, 待零点定位系统锁紧, 工装退出并转回 $13^{\circ} 20'$ 到水平位。下料时, 工装抬起转动 $13^{\circ} 20'$, 操作丝杠手轮, 将工装推到数控转台前卡住夹具总成, 快速定位系统松开, 操作丝杠手轮, 将工件从

转台上拉出, 拉出工件后, 工装回转至水平位, 夹具总成竖起, 可以轻松吊走。

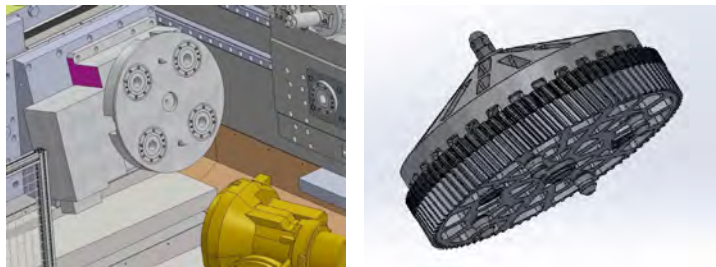


图4 回转工作台和夹具的连接

(2) 刀盒上装有快速定位机构公头, 主溜板上装有快速定位机构母头, 实现机床刀具的快换。刀具安装到位后, 采用机械锁紧、液压解锁, 保证加工过程中刀具的稳定性。

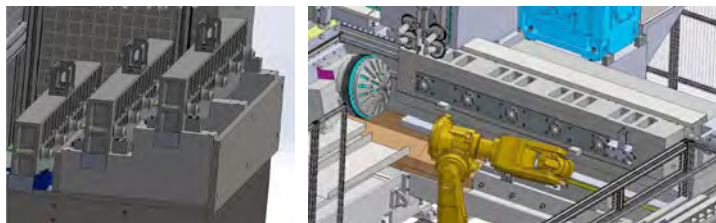


图5 主溜板和刀盒的连接

(3) 机器人夹持末端装有快速定位机构母头, 用于刀具的抓取和更换, 每个刀盒中间部位上方上装有零点定位机构公头, 用于被机械手抓取。

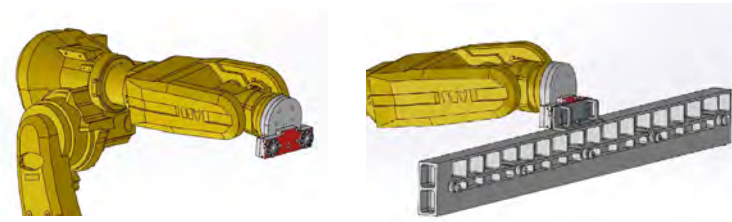


图6 机器人抓取拉刀刀盒

四、结束语

该产品为国内第一代拥有核心自主知识产权的飞机发动机榫槽加工四轴数控卧式侧拉床, 突破了涡轮盘榫槽侧拉床的国产化瓶颈。该产品为2018年浙江省省级工业新产品(新技术), 经专家鉴定(鉴定证书编号: 20190176), 产品技术处国内领先水平。

从市场容量看, 我国新世纪四大工程中“西气东输”、“西电东送”、“南水北调”等三大工程均需要大量30兆瓦级工业型燃气轮机, 同时我国舰船制造业的健康快速发展需要大量30兆瓦级舰船燃气轮机, 因此产品市场前景良好。 □

哈量: Econ30型齿轮测量中心

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司

Econ30(3003A)型齿轮测量中心是哈量集团遵循可靠性设计开发理念,采用模块化设计和控制手段,开发的一款应对市场需求的样试新产品,也是哈量近期销售主推的新产品。

Econ 30型齿轮测量中心,基本配置软件可以测量圆柱齿轮,可选测量软件有:齿轮滚刀测量软件、蜗轮滚刀测量软件、剃齿刀测量软件、插齿刀测量软件、蜗杆测量软件、蜗轮测量软件、直齿锥齿轮测量软件、斜齿锥齿轮测量软件、弧齿锥齿轮测量软件等,并可按客户要求扩展。

该产品在开发过程中,充分考虑到各类客户的实际需求,功能和精度指标都能达到国内领先水平。

一、产品简介



Econ30型齿轮测量中心应用电子展成测量方法,采用长、圆光栅数字定位采样,并配备智能化微机控制(CNC)的全自动测量系统,可全自动完成测量循环;仪器直线轴采用直线电机控制技术,并具有偏心修正功能,在被测齿轮一次装夹中,自动完成齿轮齿廓、螺旋线、齿距及径向跳动等测量项目的检测。该样机具有结构合理、生产协调性好、控制稳定、产品的性价比高,市场竞争力强等特点和优势。

Econ30型齿轮测量中心在设计思路综合了哈量小模数齿轮测量中心的原有技术特点和优势,加大了仪器成本和模块化通用型考量力度,启动机械系统模块化设计,缩短加工周期,降低研制成本;对电控系统进行全新设计开发,增强电气系统的稳定性和兼容性,增加功能可扩展性开发,从而实现产品性能提升目标,并切实地降低生产和售后升级维护服务成本。加大机械、电气和软件联合开发力度,在实现该类齿轮量仪在整体成本合理降低的前提下,进一步增强产品功能优势地位和竞争力,最终实现制造方和市场用户双赢。

设计开发路线方案及目的:

- (1) 机械结构零件采用通用化设计理念,实现模块化生产,减少机加零件种类,降低加工管理成本。
- (2) 优化电气布线,电器柜、拖链布线实现“倒序”模块化快速布线,将整机布线时间缩短一半。
- (3) 开发具有高通用性的新型一体化控制系统,通过软件与控制系统的紧密合作,提高电控系统的稳定性,缩短产品研制周期。
- (4) 以设计创新为导向,降低成本,提高产品性价比,实现产品试产占有和客户服务双赢。

二、主要技术指标：

1. 产品规格参数

- (1) 测量模数范围：0.5~15mm。
- (2) 可测齿轮最大外径 300mm。
- (3) 上下顶尖距离 15~500mm。
- (4) 测头距下顶尖距离 -10~390mm。
- (5) 可测螺旋角范围 0~90°。

2. 产品精度及性能指标

- (1) 渐开线齿廓偏差示值误差不大于0.0016mm。
- (2) 螺旋线偏差示值误差不大于0.0025mm。
- (3) 测量齿距累积偏差时的示值变动性不大于0.002mm。
- (4) 测量模数范围：0.5~15mm。
- (5) 可测齿轮最大外径 300mm。
- (6) 上下顶尖距离：15~500mm。

三、结构特点

1. 主轴部分

采用轴向承载分体结构：

(1) 承载力更大（结构理论承载大于原3003轴系理论承载的2倍），能够满足轴系载重1000kg要求，在电机尺寸满足的情况下，能满足1米以内规格齿轮测量中心轴系的兼容。

(2) 轴系加工精度更容易保证，通过设计结构优化，轴套可以精磨满足精度要求，取消了轴套的研磨工序。同时满足轴系整体精磨工艺要求（已经实验），能有效解决下顶尖不同截面斜向圆跳动数值变化大的问题。

2. 测量立柱

(1) 立柱配重传动方式采用直线导轨结构，减少配重传动所需的近十种加工零件和对轴承，装配精度从0.05提升到0.02mm，解决配重松动的问题。

(2) 重锤设计了吊装机构，仪器吊装运输时，重锤固定于仪器，不需要拆下单独运输，节省仪器安装时间和安装难度，优化的结构对仪器售后安装服务方面会有显著的体现。

3. 径向滑板采用直线电机结构

- (1) 连接部件减少，便于加工装配，提升可靠性。
- (2) 静音效果更好，解决原径向滑板运动噪音大

问题。

(3) 解决径向滑板直线度误差大，刀具测量重复性大的问题。

四、技术创新

- (1) 轴向承载的密珠轴系结构。
- (2) 直线导轨技术的应用。
- (3) 新电控系统的研发主要包括：

①进行IMAC-FX电控系统的开发试验工作，按期完成配套接口板电路设计验证、软件底层修改、功能测试及精度校验完成。该电箱验证成功并使用，能够大幅节省测量中心单台成本，缩短装配卡脖子的控制系统装配调试难度大问题，同时能提升产品的质量和稳定性。

②开发出匹配新电控系统的PLC程序及底层软件：通过外购电箱，极大简化了电路部分，并且取消了数据采集卡的使用，数据采集在控制系统中通过软件的方式来实现，不仅降低了成本，也增强了电气系统的稳定性，使目前所有的一维测量中心都采用该方案。

③新电箱仪器的激光修正工作：通过激光检测手段，编写运动控制程序、文件转换程序及软件激光修正程序，将激光检测值作为真值对仪器坐标轴进行修正，目前哈量已完成仪器激光修正验证工作，激光修正措施符合仪器交检要求（已对转位不好的仪器C轴进行修正，经过对大头样板的12转位角度误差的测试，由未修正时的9 μ m左右修正到1.5 μ m左右，符合仪器交检要求）。

五、结束语

齿轮是量大面广的关键基础零部件，几乎应用在国民经济各个领域。齿轮工业也是机械工业中技术密集、资金密集的产业。目前，齿轮工业已成为中国机械基础件中规模最大的行业。哈量集团研发的样试新产品“Econ30型齿轮测量中心”是秉承全新设计创新理念和特色的高性价比齿轮测量仪器，样机试制阶段已形成良好的产品销售态势，确立了该新产品的技术认可度和用户市场满意度，其主要性能达到当代国内先进水平，相比于国内同规格产品具有性价比高的优势，Econ30型齿轮测量中心研发至今不足一年已签订了十二台销售合同，其中十一台仪器已发往国内福州和潍坊等地最终用户现场应用，目前使用状况反应良好。□

ZEISS PiWeb App: 充分挖掘数据潜能

卡尔蔡司（上海）管理有限公司

互联产品组合

数据在当今时代具有非常重要的作用。从研发到生产和质量保证，整个产业价值链的每个环节都会产生数据。但仅仅收集数据是不够的，您必须了解如何正确分析数据并适时适地利用数据，才能将数据变为有效的资产。正因如此，蔡司工业质量解决方案通过建立互连的产品组合，帮助客户充分挖掘数据潜能，从而转化为更高的生产力。

蔡司的高精度硬件和出色软件可以帮助客户在测量实验室及其它应用中实现这一目标。我们的模块化软件包可确保在产品开发或生产过程中不丢失任何数据。这些解决方案持续接收数据并将其传递到下一个流程，与测量实验室建立连接，甚至可以在多个工厂间交叉应用。

这意味着您可以随时随地了解整个价值链的所有相关数据。我们通过这种方式可以防止数据泄露，搭建桥梁，更好地发挥协同效应，并最终帮助客户提高生产力。

随时随地访问测量数据

随着无线和移动互联网技术的广



泛普及，用户可以随时随地通过智能手机或平板电脑了解新的资讯。利用丰富多样的App应用程序，我们可以随时知道朋友身在何处、火车到达时间和天气情况。

那么，我们何不将智能通信技术和易于获取的信息应用于日常工作呢？蔡司已经使之成为可能：2019年1月推出的ZEISS PiWeb App可以让用户随时随地查看自己的测量数据。

蔡司工业质量解决方案提供全方位的产品组合，涵盖各种复杂精密的软件和先进的硬件。这些解决方

案能够充分整合整个价值链中产生的数据，满足了智能和高效制造的关键要求。

ZEISS PiWeb是一种独立于测量系统的软件，不像ZEISS CALYPSO一样作为生成测量数据的标准测量软件，PiWeb是一款作为查看、分析和评估测量数据的高效工具。它能够快速创建直观的测量报告，且对各种可视化选项没有限制。

对于习惯使用桌面应用程序的用户，包括所有大型汽车制造商和测量服务提供商及测量机构，如今可以更



灵活地管理车间和测量实验室的测量数据。

蔡司工业质量解决方案数字化产品项目经理Sabrina Senna解释说：

“ZEISS PiWeb App能够让四处忙碌的用户更简便、快捷地查看测量数据。随时随地掌握新的资讯已成为用户体验中不可或缺的一部分。

数字化生产的开端

自2019年1月起，iPhone版和iPad版的ZEISS PiWeb App开始在Apple App Store全球上线。该App可供免费下载。但如果用户将App连接到自己的数据库，则会产生费用。售价999.99欧元的基本软件包具有以下功能：看板、通知、三维交互，以及连接到公司服务器。蔡司还将逐步推出基本软件包的增强版，使生产线质量数据的集成更加智能。例如，这些附加组件将包括可定制的看板和增强现实功能。Senna认为后者才是真正的亮点：“增强现实功能可以将3D模型从App应用程序投射到物理环境中，显著改善零部件信息的传递。”

ZEISS PiWeb App的优势和特点主要包括：

(1) 随时随地查看数据。无论您在办公室、拜访客户、出差，还是

坐在家里的露台上，都可以在iPhone或iPad上随时查看测量数据。

(2) 连接到不同的数据源。有了这款App，您不仅可以通公司远程服务器或ZEISS PiWeb cloud访问您的数据库；还可以与ZEISS PiWeb的其它数据库联网，例如属于测量公司或供应商的数据库。您还可以在零部件交付之前检查和评估测量数据。

(3) 接收相关通知。该App不会在您的桌面上反复检查测量进度，而是在测量完成或超出公差范围时适时地通知您。这样，您便可以更快地对问题做出反应，并防止出现停机故障。

(4) 识别趋势。该App可显示多个测量过程，以便您进行详细的比

较。您可以根据测量历史记录，识别每次测量呈现的趋势，并根据这些信息对后续测量实施改进。

(5) 三维交互。用一长串数字记录每个测量特征的方式已经成为过去。现在可直接跳转到App中的三维可视化功能，实现快速、直观的导航。然后只需放大并单击，即可查看某个测量特征的所有相关信息。

(6) 加快并改善信息传递。除了测量工程师和质量保证部门的负责人之外，ZEISS PiWeb App也为公司管理层的工作带来了便利。利用该技术，能够快速直观地更新各个测量结果和状态，加快了各部门之间的信息传递。□

资讯

中国制造业复苏喜人

8月，中国外贸出口1.65万亿元，增长11.6%。出口增长的背后，是中国制造业的迅速复苏。赛迪智库工业经济研究所工业发展研究室主任韩建飞表示，在疫情严重冲击全球产业链供应链的背景下，中国率先实现复工复产。8月中国出口增速大幅回升，体现出中国制造作为“世界工厂”的强大韧性。

目前，中国制造正加大马力运转。8月中国制造业采购经理指数（PMI）为51.0%。其中，新订单指数为52.0%，连续4个月回升，表明制造业市场需求持续恢复。

高科技领域的数据也明显好转。7月，规模以上电子信息制造业增加值同比增长11.8%，增速同比增长5.7个百分点；规模以上电子信息制造业出口交货值同比增长10.7%，比去年同期加快7.4个百分点。

据赛迪智库电子信息产业研究所

所长温晓君介绍，我国电子信息产业有大量的中小型企业，这类企业的现金流压力仍较大。随着产业链条协同复工复产，被疫情抑制的需求将继续释放。

在稳定工业链方面，4月，工信部、商务部等8个部门要求排查供应链风险点，厘清供应链关键节点、重要设施、主要一二级供应商的情况及地域分布。7月，为保持工业通信业产业链供应链稳定畅通，工信部面向社会公开征集意见，深入查找和解决企业、行业面临的困难和风险。

工信部副部长辛国斌近日要求，下半年，要把提高产业链供应链稳定性和竞争力作为重中之重，着力补短板、锻长板，提升产业基础化、产业链现代化水平，筑牢制造强国的根基和现代化经济体系的底盘。

（资料来源：央广网）

典型车钩体数控加工工艺研究

常州中车铁马科技实业有限公司 袁礼彬

钩缓装置是动车组车辆中最基本的部件之一，其安装于动车组车辆车体的两端处，起到连接车辆、缓冲车辆的纵向力、提高列车舒适性的作用。从制造工艺实践角度来看，钩体（见图1）加工的核心问题是如何确保钩体凸锥、凹腔、连挂面、连挂组成钩舌及主轴安装部位、主风管组成安装部位、电器连

接器安装部位、气动解钩组成安装部位及钩尾连接卡环处的尺寸精度、位置精度，以便标动动车组可以长期稳定地完成连挂、通风制动、信号传递及解钩等功能。

本文作者在总结实践的基础上，对钩体数控加工三个关键瓶颈工艺进行了探索，来实现钩体加工过程的优化。

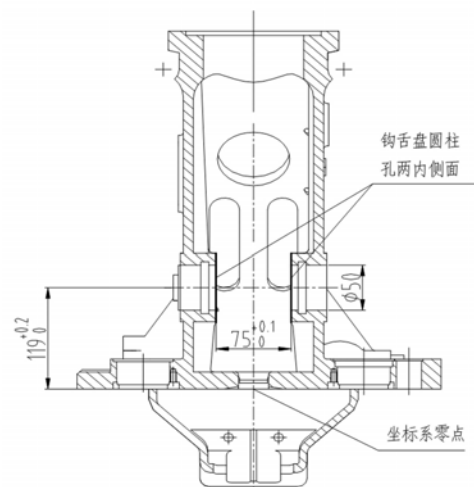


图2 钩舌盘圆柱销安装孔简图

1. 钩舌盘圆柱销安装孔加工专用反刮刀及数控程序

为满足卧加适应钩体钩舌盘圆柱销孔两内侧面（见图2）的加工要求，设计并制作了专用反刮刀具。反刮刀具体结构设计如图3所示，该反刮刀主要由刀本体、刮刀片、锁紧螺钉组成。其主要特性是，刀本体的尾侧是侧压直柄，刀本体中段为联接轴，在联接杆的头部设置与其垂直的刀片座，刀柄、联接轴、刀片座构成一体化联接，反刮刀片由锁紧螺钉装配于刀片座。反刮刀片选择住友公司制造的特制菱形刀片，此刀片具备优良的抗震效果，能连续承受切削过程中的抗崩性。联接轴由不同轴圆形体组建，其外形与椭圆相似。该专用刀具前部直径尺寸为48mm，联接轴直径为45mm，两部分径向尺寸都不大于所需通过的钩舌盘圆柱销孔直径 $\phi 50\text{mm}$ ，从结构设计上保证了当该

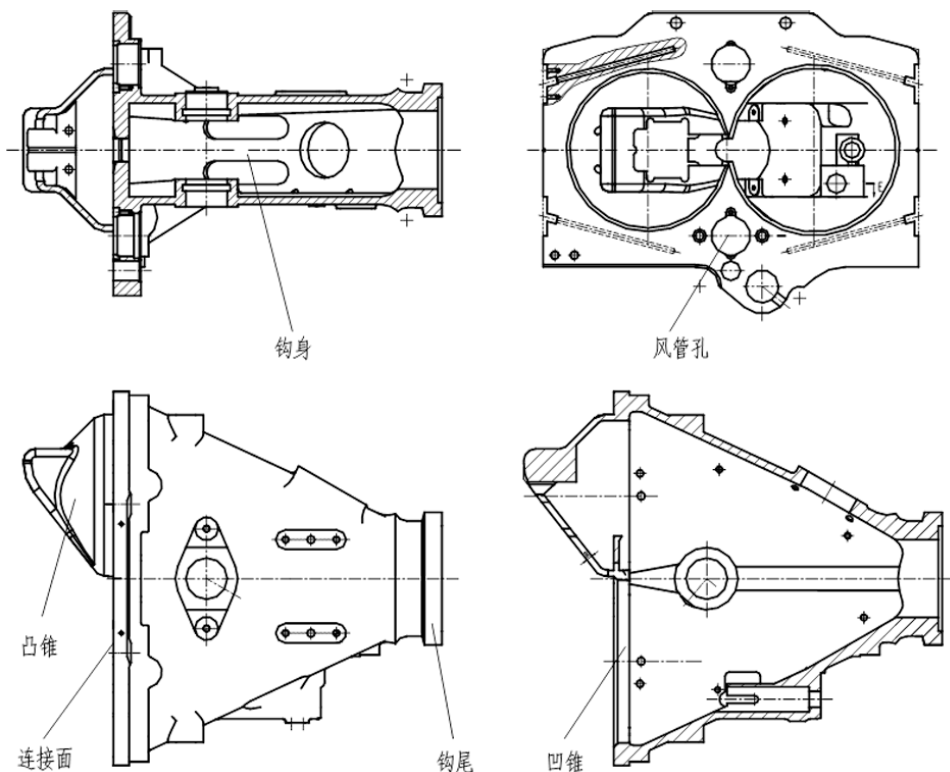
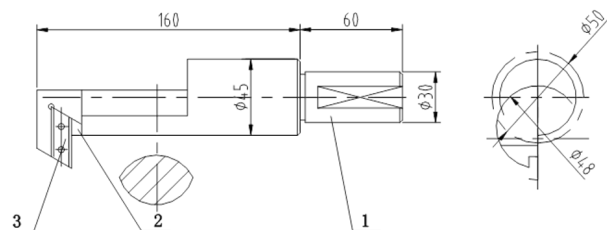


图1 典型车钩体简图

反刮刀具对钩舌盘圆柱孔两内侧面切削时, 刀具径向尺寸大于所要切削部位的长度, 而该反刮刀在进刀或退刀时避免与内孔表面干涉, 同时最大限度地提升刀轴的刚性。

加工时, 首先按制造规程要求钻出通孔 $\phi 50\text{mm}$, 卧加按数控程序自动更换反刮刀具, 机床主轴定向, 反刮刀中心按照对应于 $\phi 50\text{mm}$ 轴线坐标 $(-119, 0)$ 定位 (见图4a), 依事前准备的加工程序, 在确保反刮刀各部位与通孔不发生干涉的条件下, 以G00设定速度通过 $\phi 50\text{mm}$ 孔 (见图4b), 同时使反刮刀刀头在同一水平方向偏移25mm, 使反刮刀轴线与圆柱销孔中心重合 (见图4c), 反刮刀在按程序设定的加工条件以反方向工进的方式对内侧面反刮切削 (见图4d)。反刮动作完成后, 按与前面相反的方向路径退出, 到此, 单侧孔的内侧面的切削循环动作完成。另一侧圆柱销通孔内侧面的切削过程与此完全相同。



1.刀本体; 2.联接轴; 3.反刮刀片; 4.刀片座; 5.锁紧螺钉

图3 反刮刀具结构简图

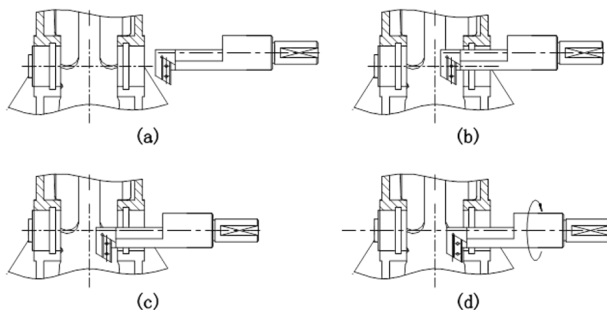


图4 专用反刮刀加工圆柱销安装孔

制定切削程序时, 以钩体图上联接面与钩体中心轴线的交汇点为零点设定坐标系, 使用绝对值方式设定程序, 则圆柱孔两内侧面反刮程序如下:

```
G91G30Y0Z0;    (回机床参考点, 同时做好换刀准备)
T22M06;        (反刮刀换刀)
G80G49G40;     (程序初始化)
G90G0B0;       (卧加工作台转到B0)
G90G0G55G43X   (刀具长度偏置建立,
-119.0Y0Z300.0H22;    移动到起刀位置)
M19;           (机床主轴角向定位)
M01;           (暂停)
Z300;          (反刮刀移动到Z300位置)
```

```
X-94;          (反向运动25)
S45M03;        (正转)
G01Z37.5F3M08; (切削至Z37.5)
G04P230;       (延时确保光整)
Z40.0F1000M09; (退刀指令)
M05;           (机床主轴停)
S1000M04;      (主轴反转)
G04P500;       (延时动作)
M05;           (机床主轴停)
M19;           (主轴角向定位)
G00X-119.0;    (快速退刀)
Z300.0;        (退刀至Z300)
G91G30Y0Z0;    (返参考点)
G90G0B180;     (托盘旋转, 准备第二侧加工)
```

反刮刀的成功设计, 较好地攻克了数控机床通用刀具难以解决的反刮难题, 实现了在卧加上车钩体通孔内侧面反刮切削数控加工。实际表明, 这种反刮刀较好地适应内端面加工, 相比于数控机床常规的反刮工艺, 明显地提升了制造质量和切削效率, 有着较强的可靠性和使用性。

2. 钩体钩尾内凹槽成形面铣削加工

钩体钩尾的作用是用于连接牵引杆或压溃管, 是车钩模块化结构设计的重要特征。鉴于钩尾外表面内凹槽的结构特征 (见图5), 传统的加工方法是采用立式数控车床车削加工, 但考虑到公司缺少相应的加工设备, 采用发外加工手段, 一则加长工艺流程, 二则影响生产效率。经过对比分析, 我们考虑在卧式加工中心上采用成形刀具进行加工。

针对钩尾内凹槽的结构特征, 技术人员设计了相应的专用焊接式成形铣刀, 一方面考虑凹槽尺寸较大, 粗加工采用一种成形铣刀, 会增加切削阻力, 引起刀具振动, 减少铣刀使用寿命, 因此把凹槽的粗加工分成两个部位, 并设计两种形状的成形铣刀 (见图6和图7)。凹槽的精铣则采用一把整体形成铣刀 (见图8) 粗铣后留有合适的加工余量, 一次成形铣削, 加工效率, 表面质量高。

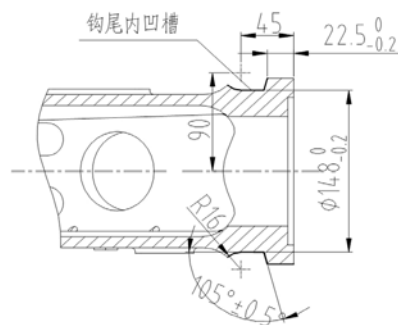


图5 钩体钩尾内凹槽外形



图6 加工凹槽右段粗铣刀



图7 加工凹槽左端粗铣刀



图6 加工凹槽右段粗铣刀

采用成形铣刀进行凹槽机加工，有两个优点：

(1) 实用性强，和钩体连接面在一次安装中加工，无需再设计专用立车夹具，在卧式加工中心上采用铣削加工，简化夹具，加工成本低。

(2) 能确保钩体的切削精度和表面粗糙度，使用该切削方法，在铣削加工过程中切削量在刀具中部处最大，刀具两端处最小，这种切削量分布特性使得切削力主要汇集在刀具切削刃中间部位，刀具所承受切削扭矩会相对减弱，因此铣削过程会相对平稳。整个铣切过程最后采用整硬刀具，也有效地减少了因零件二次粗切削部位之间对接误差，提升零件切削精度和表面粗糙度。

3. 钩体加热带深孔加工

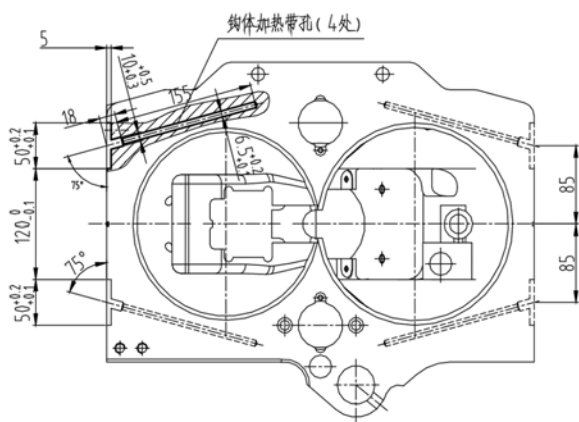


图9 钩体前端面深孔尺寸分布



图10 枪钻实物

钩体加热带孔孔径 $\phi 6.5\text{mm}$ ，孔深 173mm ，长径比为26，属于典型的深孔特征（见图9），必须研究如何解决并满足图样设计的质量要求和提升制造效率。按照传统的工艺方法一般选择深孔钻机床进行加工，考虑到公司内部缺少深孔机床，因此考虑探索在卧式加工中心进行深孔加工。这就要求技术人员研究如何从刀具着手解决该深孔加工技术难题。经过调研对比，多次验证，选择德国钻领公司生产的枪钻（见图10）。

本公司卧加的是日本森精机公司制造，型号为 FH8000，因深孔加工考虑，特地增大中心出水水泵，以保证加工压力，借助于卧式加工中心的回转工作台的分度功能，一次装夹，能加工4个方向的深孔。具体加工过程如下：

(1) 深孔引导孔的加工：钻头选择顶角 140° 的精密钻头，以保证引导孔顶角比枪钻顶角大。引导孔加工深度设定为 20mm ，其钻头直径比枪钻大 $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ 。

(2) 枪钻切削参数的选择：枪钻首先以 $n = 120\text{r/min}$ ， $V_f = 220\text{mm/min}$ ，

以低转速快进给地进入引导孔，进入引导孔 $2/3$ 处后，打开切削液并提高切削速度到正常值，经过工艺人员现场多次试加工验证，比较适宜的切削参数是 $n = 3000\text{r/min}$ ， $f = 230\text{mm/min}$ ，一次性加工至预定深度可不退刀。

(3) 加工达到图样要求的深度后，关闭冷却液，降低转速并快速退出枪钻至孔口。

在数控加工中心上使用枪钻进行深孔加工，能有效保证钩体深孔的尺寸精度及表面粗糙度；选用合适枪钻大大提高机床主轴转速及刀具进刀速率；同时枪钻加工过程中刀具排屑更加顺畅，枪钻头部冷却更充分，延长了刀具使用寿命，因而使深孔加工取得较高的加工效率。

4. 结束语

车钩体结构特点决定了其加工难度，在整个加工过程中，我们重点解决了以下几个难点：

(1) 卧加专用反刮刀具的设计，顺利地解决了数控机床普通刀具无法完成的反刮加工难题，实现了在卧加上车钩体通孔内侧面反刮切削数控加工。

(2) 采用成形铣刀进行凹槽机加工，解决了和钩体连接面在一次安装中加工，无需立车加工，简化加工流程，提高生产效率。

(3) 探索了在卧式加工中心进行深孔加工的工艺，为同类产品提供了有益的借鉴。□

铝合金电磁充型系统泵体关键部件制造方法研究

陆军装备部驻武汉地区军代局业务处 邓方刚
湖北江山重工有限责任公司 邱文

摘要：一直以来，大型复杂薄壁铝合金件的制造装备和技术倍受人们关注，铝合金电磁充型系统作为一种低湍流铝合金充型系统，在发动机箱体、机架、传动箱、缸盖等复杂件中使用。由于电泵充型系统关键部件泵体寿命短的问题未被解决，电泵充型系统使用成本较高，只能用于小批量、慢节奏的生产环境。电泵充型系统的优势无法得到全面广泛的应用，延长泵体寿命为研究电磁泵最重要的工作。通过陶瓷材料表面改性的方法对微小孔洞进行封闭，涂层涂覆法对粘土结合碳化硅进行表面处理，选用溶液浸渍法对粘土结合碳化硅和氮化硅结合碳化硅进行表面致密化改性，选用先驱体裂解原位生成碳化硅致密薄膜法对氮化硅结合碳化硅进行表面处理，最后达到泵体寿命延长的目的。

铝合金电磁充型系统（CP法）是一种具有充型平稳、金属液以低湍流状态流动、加压规范连续精确可调、生产过程稳定等特点，当低压铸造过程中充型和保压过程用电磁泵来实现时，具有以下优点：①金属液传输平稳，避免由湍流而引起的氧化和吸气，同时金属液经过磁场作用细化晶粒，对改善铸件的组织、性能有积极的作用；②流量及加压规范可精确、连续控制，反应迅速准确，可严格执行铸造工艺；③炉体内不加压缩空气，并可在保护气氛下工作，从而减少了气体溶入，减少气孔的形成。电磁泵系统由于其结构特点，作为低压铸造充型设备时，还具备一个显著的优点，即铸型的浇口下形成一个正的温度梯度，保证了金属液在升液管中保持较高的温度，有利于保压和补

缩，提高铸件的质量。

铝合金电磁充型系统（CP法）作为一种成型大型复杂薄壁铝合金构件技术，被美国、英国、法国、俄罗斯及乌克兰等国家列为战略装备核心技术。前苏联用于生产导弹罩壳；Cosworth R & M有限公司用于生产一级方程式赛车的发动机缸体、缸盖，1997年建立一个年产100万缸体和缸盖的新型CP法铸造厂；美国福特公司购买CP专利，WAP建成年产100万只缸体的生产线，南非M & R公司建立了CP法铸造厂。我国92年开始开发，目前处于国际先进水平，但是电磁泵核心部件泵体使用寿命一直太短，泵体寿命问题急需解决。

本文采用陶瓷材料表面改性的方法对微小孔洞进行封闭，对现有制成

封釉二次加工的方法，经过高温烧制后，使表面形成致密的保护层，从而起到封闭微小孔洞的目的。选用涂层涂覆法对粘土结合碳化硅进行表面处理，选用溶液浸渍法对粘土结合碳化硅和氮化硅结合碳化硅进行表面致密化改性，选用先驱体裂解原位生成碳化硅致密薄膜法对氮化硅结合碳化硅进行表面处理。具体方法如下：

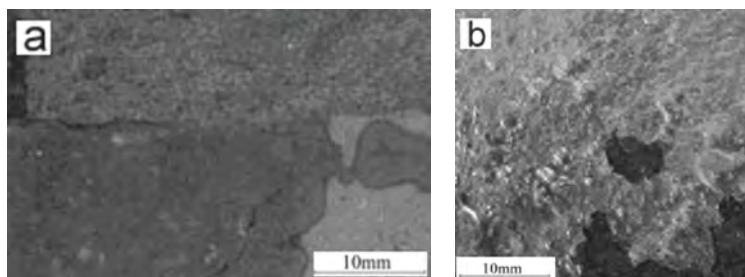
一、 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-R}_2\text{O}$ 高温涂层制备

以涂层材料烧成后的热膨胀系数为依据设计了适用于碳化硅材料的抗铝合金熔液侵蚀的高温致密涂层材料，并通过料浆组成与性能、涂敷工艺、烧结工艺和烧成后涂层性能研究，制备和优化出了适用于碳

化硅材料的抗铝合金熔液侵蚀的高温致密涂层材料。

(1) 涂层材料的合理化学组成为 SiO_2 : Al_2O_3 : B_2O_3 : Na_2O : Li_2O : CaO 等于61.00%: 15.50%: 14.00%: 0.50%: 6.00%: 3.00%。

(2) 涂层使碳化硅表面孔隙率由8.7%降到0.1%，铝合金在碳化硅材料中的侵蚀深度由10.2mm降低到1.4mm，起到了表面致密化的作用。碳化硅试样表面处理前后经铝液侵蚀后的表面特征，见图1。

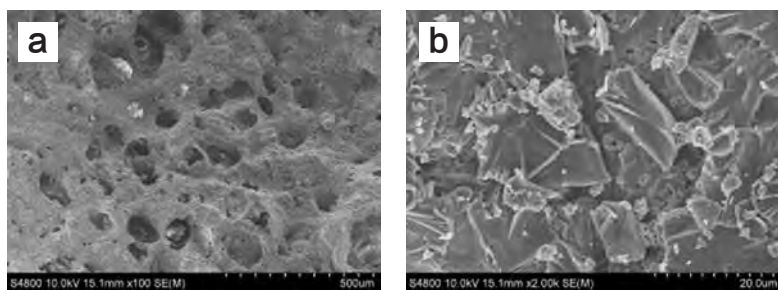


(a) 处理前 (b) 处理后
图1 碳化硅试样表面处理前后经铝液侵蚀后的表面特征

二、磷酸盐涂层的制备及浸渍研究

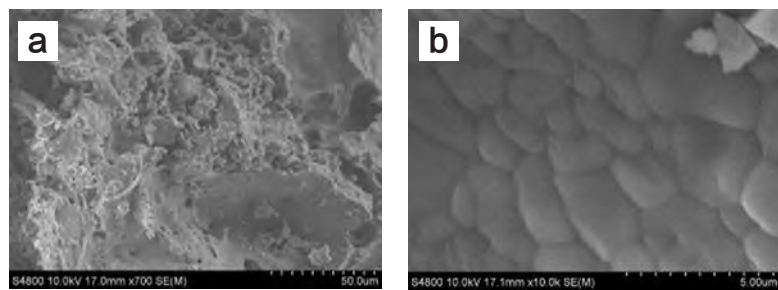
系统地研究了磷酸二氢铝浸渍剂的制备、烧结和改性，结合优化的浸渍工艺制备出了高表面致密涂层。

(1) 磷酸二氢铝在1300℃下的烧结产物与气氛有关，在空气烧结时形成片板状 $\text{A-Al}(\text{PO}_3)_3$ 为主和少量 B-AlPO_4 的混合物，试样内部有大量孔隙；在保护气氛下烧结时，生成物全部为 AlPO_4 且烧结面呈现典型的烧结形貌，结构致密。磷酸二氢铝在空气中烧结产物SEM图像，见图2，磷酸二氢铝在氮气中烧结产物SEM图像，见图3。



(a) ($\times 100$) (b) ($\times 2000$)

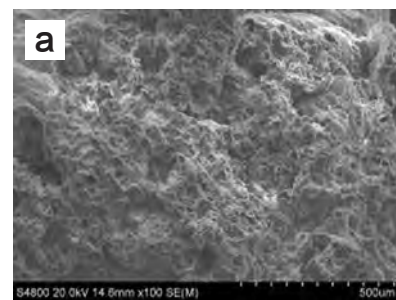
图2 磷酸二氢铝在空气中烧结产物SEM图像



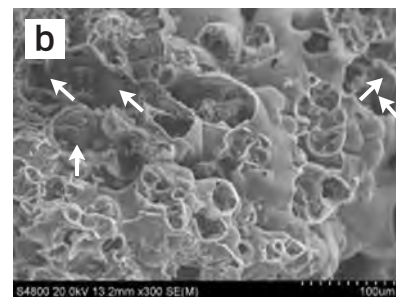
(a) ($\times 700$) (b) ($\times 10000$)

图3 磷酸二氢铝在氮气中烧结产物SEM图像

(2) 将纳米二氧化硅和碳化硅超细粉体加入磷酸二氢铝制备粉体改性磷酸二氢铝浸渍剂，提高了浸渍剂的固含量、减少了浸渍次数。其中纳米二氧化硅与磷酸二氢铝亲和性好，在填充磷酸二氢铝孔隙的同时与其反应生成莫来石质产物，为和碳化硅基体表面形成中间层提供了物质基础，提高了磷酸铝抗侵蚀能力；超细碳化硅粉与磷酸铝没有反应，只是机械地分散在磷酸铝基体中，改性效果不如纳米二氧化硅。纳米 SiO_2 增强磷酸二氢铝基体和涂层在空气中烧结产物SEM图像，见图4、图5；超细 SiC 粉体增强磷酸二氢铝基体和涂层在空气中烧结产物SEM图像，见图6、图7。

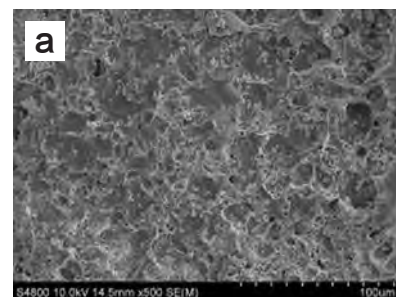


(a) ($\times 100$)



(b) ($\times 300$)

图4 纳米 SiO_2 增强磷酸二氢铝基体在空气中烧结产物SEM图像



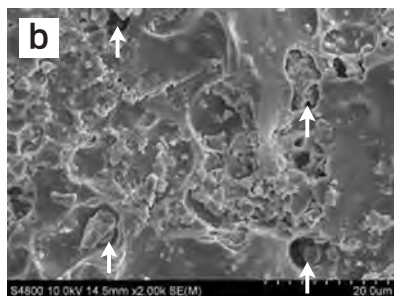
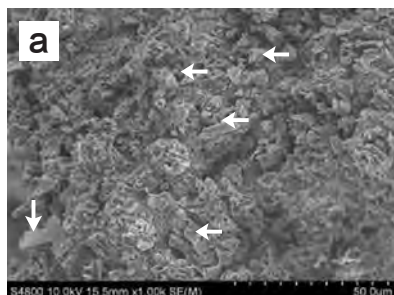
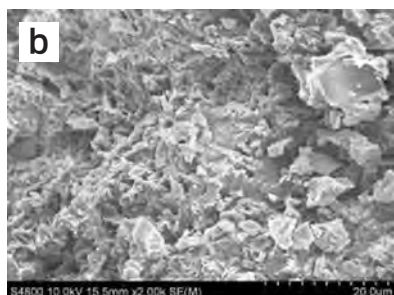


图5 纳米SiO₂增强磷酸二氢铝涂层在空气中烧结产物SEM图像

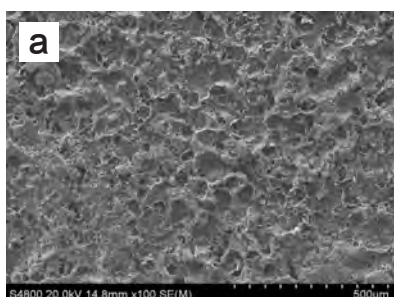


(a) (×1000)

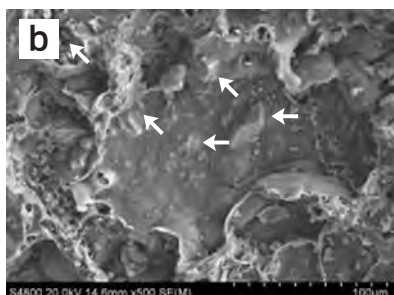


(b) (×2000)

图6 超细SiC粉体增强磷酸二氢铝基体在空气中烧结产物SEM图像



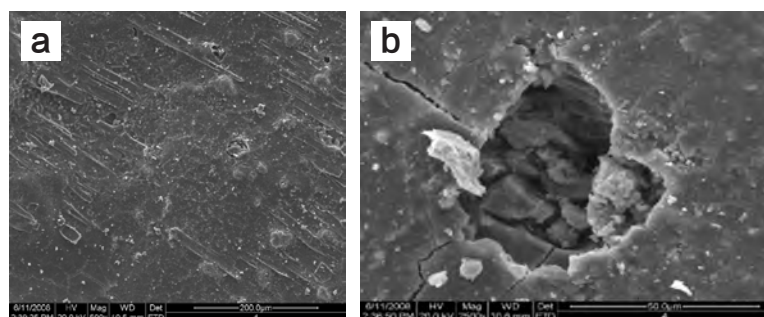
(a) (×100)



(b) (×300)

图7 超细SiC粉体增强磷酸二氢铝涂层在空气中烧结产物SEM图像

(3) 将纳米二氧化硅和磷酸钙共同加入磷酸二氢铝饱和溶液中制备复合磷酸二氢铝浸渍剂，用于碳化硅表面改性在1300℃下可望得到表面平整和致密的涂层，是效果最好的碳化硅表面改性用浸渍剂。磷酸钙增强磷酸二氢铝涂层在空气中烧结产物SEM图像，见图8。



(a) (×500)

(b) (×2500)

图8 磷酸钙增强磷酸二氢铝涂层在空气中烧结产物SEM图像

(4) 对比研究了浸渍工艺，真空浸渍效果优于常压浸渍，经多次“浸干”循环后一次烧结的浸渍工艺不如经过多次“浸干烧”循环的浸渍工艺。经多次“浸干”循环后一次烧结的浸渍工艺的最终浸渍效果仅比一次“浸干烧”循环的浸渍工艺的浸渍效果稍好。采用四次“浸干烧”循环可使碳化硅表面达到理想的浸渍效果。碳化硅试体在磷酸二氢铝基饱和溶液中理论浸渍次数，如图9；CAP和SCAP涂层经四次“浸干烧”烧结产物SEM图像，见图10、图11。

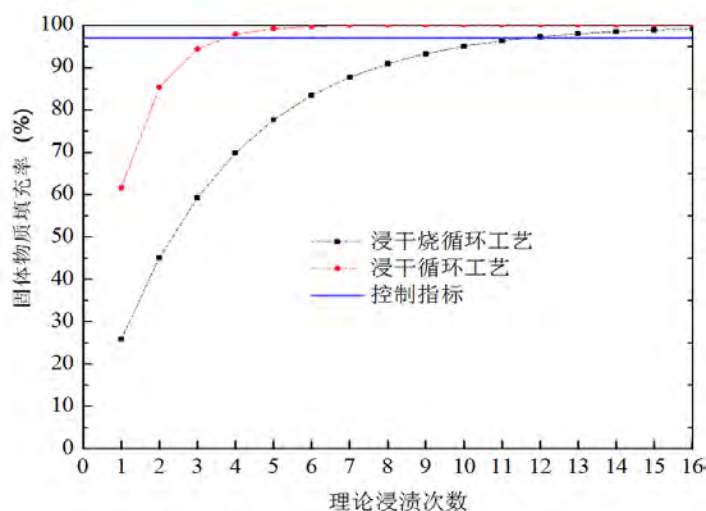
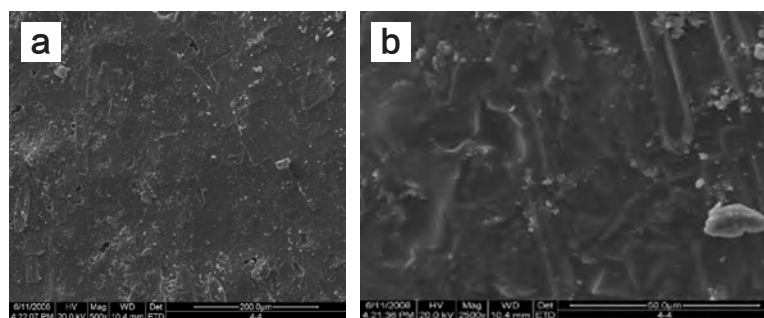


图9 碳化硅试体在磷酸二氢铝基饱和溶液中理论浸渍次数



(a) (×500)

(b) (×2500)

图10 CAP涂层经四次“浸干烧”烧结产物SEM图像

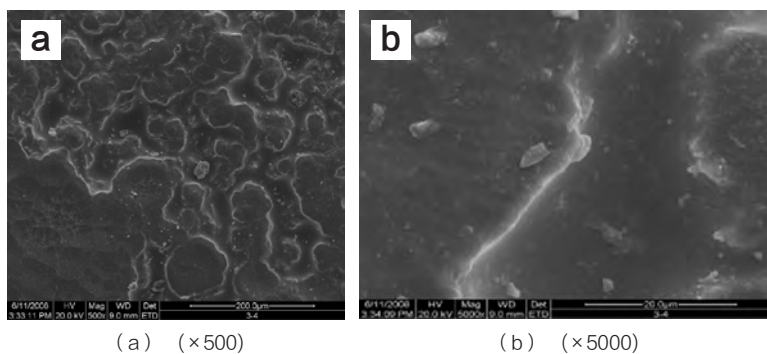


图11 SCAP涂层经四次“浸干烧”烧结产物SEM图像

三、致密化涂层在电磁泵上的应用

根据铝合金电磁泵的实际工况，结合致密化涂层的特点，采用冷模实验和热模实验相结合的办法对涂层材料进行考核和优化。

1. 冷模实验

冷模实验是利用高温铝液在750℃时其粘度与常温水的粘度相当的特点，利用水作为介质考核电磁泵泵体在致密化改性前后抗渗性的变化。具体做法是将水灌入进、出口密闭的泵体内，通过考察在不同的压力下水从泵体薄壁处渗出的时间，衡量致密化效果。从前面研究中选择SABR、SCAP及硅溶胶涂层作为研究对象，并按照优化出的配比和工艺制备涂层。考核其在不同压力下的抗渗性能，见附表。

电磁泵泵体渗漏实验

渗漏时间/h		实验压力 MPa					
		常压	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13
涂层材料	未处理	5	1	0.2	0	0	0
	SABR	/	/	48*	48*	46	22
	SCAP	/	/	48*	48*	48*	32
	硅溶胶	/	/	48*	48*	47	20

2. 热模实验

热模实验即利用高温铝液在电磁泵中进行升压保压实验。具体操作为：将750℃的高温铝液（ZL102）灌入电磁泵保温炉中，升压10min达到0.07MPa，然后保压30min（一个周期），如此反复操作直到电磁泵发生渗漏。由于热模实验为破坏性实验，本研究选用未处理的泵体和用分别用SABR、SCAP涂层处理的泵体作对比实验。

未处理的碳化硅泵体经过3周期发生了渗漏，经SABR、SCAP表面致密化处理的泵体经历20个周期未发生渗漏。为探求抗渗机理，将三个泵体进行解剖，用数码相机拍照研究。

未表面致密化处理碳化硅泵泵体经三个工作周期发生铝液渗漏破坏。其表面粘附了一层致密铝膜，铝膜与碳化硅基体结合紧密不易清除。清除铝膜后的碳化硅表面有大量孔隙，部分孔隙中有白色填充物。

经SABR涂层处理的碳化硅泵体经20个工作周期后没有铝液渗漏破坏。其表面也粘附了一层铝膜，铝膜与碳化硅基体结合较弱，比较容易清除。清除铝膜后，可以发现大部分铝膜没有与碳化硅表面直接接触，而是与SABR涂层接触。

在清除铝膜时，有部分SBAR涂层脱落。碳化硅表面未与铝液接触的部分保护较好，与铝液接触部分发生了铝与碳化硅的侵蚀反应。

经SCAP涂层处理的碳化硅泵体经20个工作周期后也没有铝液渗漏破坏。其表面同样粘附有一层铝膜，铝膜与碳化硅基体结合较弱，比较容易清除。清除铝膜时，可以发现铝膜光亮如新，和铝合金凝固形成的新鲜表面相同。这说明，铝液未与SCAP涂层和碳化硅基体材料发生反应，也未侵入碳化硅基体内部。将铝膜全部清除后的表面平整，未见碳化硅颗粒从碳化硅材料表面脱落。

综上所述，SABR、SCAP涂层确实提高了电磁泵泵体表面致密度，其中SCAP涂层的抗侵蚀性最好。

四、总结

采用陶瓷材料表面改性的方法对微小孔洞进行封闭，对现有制成品泵体结构进行表面浸渗或表面封釉二次加工的方法，经过高温烧制后，使表面形成致密的保护层，从而起到封闭微小孔洞的目的。

研制出免维护长效电极，水冷免维护电极非常适合于铝合金直流平面电磁泵的使用，其优点：一是在极头外面增加了水冷套防止了极头内部熔化，二是电极极头材料与液态金属相近，不会对铸件的性能有任何影响，三是铝的电阻率低降低了无效的热损耗，提高电磁泵的功率因数；完成了加热保温系统可靠性设计，对电磁泵内的温度场分布进行计算，并对加热体的加热功率、表面功率分布、电磁泵的散热温度场等方面进行校核，对加热体和保温结构进行改进，进一步提高加热保温系统的可靠性，电磁泵泵头总的散热量为与电磁泵实际工作情况时所加的总热量相比，计算误差为0.68%。□

数控机床回转轴应用技术

沈阳机床（集团）有限责任公司 马国艳

M8作为全新的一款智能机床运行平台，是一台可以实现5轴联动的数控机床，机床配置2个旋转轴：A轴和C轴，3个直线轴：X、Y、Z，如图1所示。卧式加工中HMC80e配置了1个等分分度回转轴：B轴，3个直线轴：X、Y、Z，如图2所示。

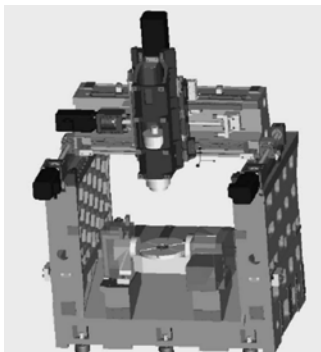


图1 M8五轴智能机床

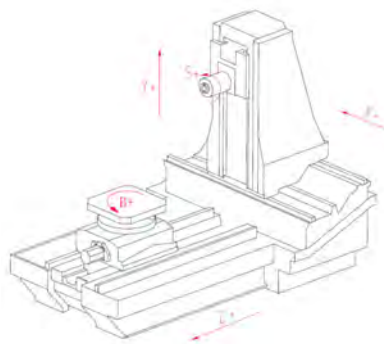


图2 卧式加工中心HMC80e

1. 回转轴设定

（1）轴机床数据

30300 \$MA_IS_ROT_AX该轴是否为旋转轴，1表示该轴为旋转轴，0表示该轴为直线轴。

回转轴的编程通常需要以 360° 单位。使用这种模数特性的前提是将该轴定义为了回转轴。回转轴上“模数”指的是系统自动将回转轴位置换算为 $0^\circ \sim 359.999^\circ$ 之间的某个位置。当目标位置超过 360° 时（比如：增量尺寸编程G91），系统会自动将该位置换算到 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间。无论是JOG还是AUTO运行方式都支持该换算。

30310 \$MA_ROT_IS_MODULO该轴是否为模态轴，1表示该旋转轴为模态轴，0表示该旋转轴为非模态轴；该轴参数设置为1后，该轴工作区域就可以通过轴专用机床数据/设定数据（软件限位开关和工作区域限制）定义。一旦激活了回转轴的模数换算功能（即MD30310 \$MA_ROT_IS_MODULO=1），相当于该旋转轴可以无限回转，软件限位开关和工作区域限制失效。如果MD30310 \$MA_ROT_IS_MODULO=0，则表示软限位开关和工作区域限制生效，该旋转轴的工作范围为软限位开关设定区域。

此外，30310 \$MA_ROT_IS_MODULO=1后，回转轴具有一些特殊属性：该数据同时也定义了程序指令（G90，AC，ACP，ACN或DC）中回转轴的定

位方式。在定位时，系统会考虑当前零点偏移的条件下进行 360° 模数换算，回转轴因此可在一圈内转动到目标位置。

30320 \$MA_DISPLAY_IS_MODULO该轴位置显示是否为模态数值显示，1表示该旋转轴的位置显示值由系统自动将回转轴位置换算为 $0^\circ \sim 359.999^\circ$ 之间的某个位置来显示。即在回转轴正转时，一旦越过 359.999° 的位置，系统内部就会周期性的将位置恢复为 0.000° 加以显示；在回转轴反转时，系统同样会将位置换算到 $0^\circ \sim 359.999^\circ$ 内加以显示。0表示该旋转轴的位置显示为绝对位置显示，不进行换算。即回转轴正转1圈后会显示 $+360^\circ$ ，正转2圈后会显示 $+720^\circ$ ，以此类推，此时系统会根据线性轴设定来限制显示范围。

30330 \$MA_MODULO_RANGE=360模态轴的范围，该数据用于定义模数范围，系统只接受并显示该范围内的位置值，一般为 360° 或 360° 的整数倍。

30340 \$MA_MODULO_RANGE_START模数范围起始角度，其实角度可以为模数范围定义一个不为0的起点；如30340中输入-180后，模数范围便是 $-180^\circ \sim +180^\circ$ ；默认值为0，表明模数范围为 0° 到 360° 。

（2）回转轴的机床数据组合

回转轴的机床数据组合方式如下表：

30300	30310	30320	允许使用	注释
0	0	0	允许	轴是线性轴（缺省值）
1	0	0	允许	轴是回转轴，定位时不采用模数，即软件限位开关有效，位置显示为绝对位置
1	0	1	允许	轴是回转轴，定位时不采用模数，即软件限位开关有效，位置显示为模数位置；应用：工作区域在 $\pm 1000^\circ$ 之间的轴
1	1	1	允许	轴是回转轴，定位时采用模数，即：软件限位开关无效，工作区域不受限制；位置显示为模数位置（回转轴的最常见的设置）；工作区域限制可由PLC动态激活
1	1	0	允许	轴是回转轴，定位时采用模数，即：软件限位开关无效，工作区域不受限制，位置限制为绝对位置；工作区域限制可有PLC动态激活
0	1	1	不推荐	轴不是回转轴，系统会忽略其他相关机床数据的设置

M8五轴智能机床的A轴运行范围为 220° ，起始角度为 -110° ，位置显示为模数位置的回转轴；C轴运行范围为 360° ，其实角度为 0° ，位置显示为模数位置的回转轴。

A轴设置：

30300 \$MA_IS_ROT_AX=1

30310 \$MA_ROT_IS_MODULO=0

30320 \$MA_DISPLAY_IS_MODULO=1

30330 \$MA_MODULO_RANGE=220

30340 \$MA_MODULO_RANGE_START=-110

C轴设置：

30300 \$MA_IS_ROT_AX=1

30310 \$MA_ROT_IS_MODULO=1

30320 \$MA_DISPLAY_IS_MODULO=1

30330 \$MA_MODULO_RANGE=360

30340 \$MA_MODULO_RANGE_START=0

2.分度轴

回转轴分两种，一种是数控式回转轴，一种是分度的回转轴。分度的回转轴又分为等分的回转轴和不能分的回转轴两种。机床伺服轴一般数控式回转居多，但是分度式回转轴的价格较为低廉，也被很多用户青睐。

（1）不等分的分度

轴是否为分度轴通常通过机床数据MD30500 \$MA_INDEX_AX_ASSIGN_POS_TAB设置：

30500 \$MA_INDEX_AX_ASSIGN_POS_TAB=0 表示该轴不是分度轴；

30500 \$MA_INDEX_AX_ASSIGN_POS_TAB=1 表示该轴是分度轴，对应的分度轴位置保存在分度位置表1中；

30500 \$MA_INDEX_AX_ASSIGN_POS_TAB=2 表示该轴是分度轴，对应的分度轴位置保存在分度位置表2中；

分度位置表中的数据可以是等分的也可以是不等分的，分度位置表由以下参数设置：

10910 \$MN_INDEX_AX_POS_TAB_1 [n]（分度位置表1）

10930 \$MN_INDEX_AX_POS_TAB_2 [n]（分度位置表2）

分度位置数在每个分度位置表中最多可以输入60个位置 [n = 0 ... 59]；实际使用的位置数可由以下机床数据设置：

10900 \$MN_INDEX_AX_LENGTH_POS_TAB_1（分度位置表1的位置数）

10920 \$MN_INDEX_AX_LENGTH_POS_TAB_2（分度位置表2的位置数）

说明：分度位置表中超出上述数量（MD10900或MD10920）的位置无效。

（2）等分的分度轴

30500 \$MA_INDEX_AX_ASSIGN_POS_TAB=3时，表示回转轴为等分的分度轴，但是还需要设置如下参数：

30501 \$MA_INDEX_AX_NUMERATOR 等分分度轴的分子

30502 \$MA_INDEX_AX_DENOMINATOR 等分分度轴的分母

30503 \$MA_INDEX_AX_OFFSET 等分的分度轴从 0° 开始

30505 \$MA_HIRTH_ACTIVE 牙盘轴编程，编程时必须使用POS[B]=CDC(181)或POS[B]=CIC(180)

例如：卧式加工中心HMC80e的B轴运行范围为 360° ，起始角度为 0° ，位置显示为模数位置的等分的分度轴，其参数设置如下：

30500 \$MA_INDEX_AX_ASSIGN_POS_TAB=3

30501 \$MA_INDEX_AX_NUMERATOR=360

30502 \$MA_INDEX_AX_DENOMINATOR=360

30503 \$MA_INDEX_AX_OFFSET=0

30505 \$MA_HIRTH_ACTIVE=1

3.结束语

本文以M8智能五轴机床的A、C两个回转轴为例阐述了回转的设置，又以卧式加工中HMC80e的B轴为例阐述了回转轴中等分分度轴的设置，本文结合了理论与实际调试经验，详细全面的阐述了各轴回转轴的设置技术，为回转轴的调试工作提供了技术上的帮助。□

数控机床特殊故障的诊断分析与处理

首都航天机械有限公司 关进良 范文 耿中华 杨春月 林东

摘要: 针对数控机床某些“特殊故障”，结合工作中的维修实例从原理上分析引发特殊故障的主要原因，总结排查各类特殊故障的一般思路，并给出相应的解决方案。

数控机床是典型的机电一体化设备，涉及到机械、电气、液压、计算机以及自动控制等多种专业，且控制过程复杂，这在一定程度上给数控机床的故障诊断增加了难度。在种类繁多的故障中，有一类故障不能按照常规思路进行故障诊断，其故障现象往往具有“迷惑性”，故障原因有时带有一定的“隐蔽性”，本文称之为特殊故障。

1. 具体故障诊断维修实例

(1) 某数控立式车床“标头SKP”闪烁不停故障

故障现象：数控立式车床采用FANUC 0T数控系统，当选择编辑EDIT/自动AUTO方式时，机床显示器出现“标头SKP”闪烁不停，无法正常运行，只有按下RESET键后才能切换到其它方式（如MDI方式），且其它方式无此故障现象。

故障分析及解决方案：机床出现“标头SKP”闪烁，一般情况下是由于正在通过RS232通讯接口进行加工程序的传输，当程序传输结束后，机

床即可恢复正常。但此机床的加工程序已经传输完成，根本不处于程序传输状态，又检查数控系统、计算机和通讯有关的参数（如波特率、数据位、停止位等）均正常。排除常见故障原因外，再将机床调为MDI方式，检查是否能正常手动输入程序，发现当输入G代码（如G01）还未按下“input”按键时，G代码已经被输入到系统中，故障原因可能和“input”按键有关，随之拆下该按键发现里面有水珠，同时并测量其电阻值约95Ω（按键处于常开状态），接近于“短路”状态，正常电阻值应趋向于无穷大，接近于“断路”状态，将按键清理干净后重新安装测试，未出现“标头SKP”闪烁，故障排除。为了理清引发故障的根本原因，选择EDIT/AUTO方式，按一下“input”按键故障复现（这一现象操作和维护人员均很少注意），进一步验证了该故障是由于按键异常造成的。

小结：该故障的特殊之处在于看

似属于通讯故障，实则是硬件故障（按键内部进水短路），此类故障比较少见，且迷惑性很大，面对此类故障，先要清楚造成故障的过程和原理，再设法从和故障相关的其它方面着手，进而找到故障诊断突破口，如：此例中，在MDI状态验证能否正常输入G代码，从而查出“input”按键故障。

(2) 某数控车床“方式选择”故障

故障现象：该数控车床采用FANUC 0iD数控系统，开机后方式选择旋钮开关失效，无论选择何种运行方式，数控系统显示的都是MDI方式，无法正常进行方式选择，且无任何报警。

故障分析及解决方案：对于方式选择故障，一般情况下可考虑以下因素：①方式选择开关直接连接的电缆脱落，故障率占50%以上；②方式选择开关硬件本身损坏，依据故障记录可知，故障率约占40%；③其它方面间接引起的此类故障，故障率约占

10%。按照以上分析,首先拆下机床操作面板,检查方式选择开关连接电缆,均无脱落,也没有虚接。然后又更换新的方式选择开关,故障仍然复现。另外,机床没有任何报警提示,给维修人员带来较大的困难。为了彻底查明故障原因,结合FANUC系统PMC和方式选择地址信号控制原理,系统处于何种运行方式主要由地址信号G43来控制,具体控制和对应关系见附表。

方式选择地址信号

	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
Gn043	ZRN		DNCI			MD4	MD2	MD1
方式	ZRN		DNCI			MD4	MD2	MD1
MDI	0		0		0	0	0	0
自动运行	0		0		0	0	0	1
DNC运行	0		1		0	0	0	1
EDIT	0		0		0	1	1	1
HANDLE/INC	0		0		1	0	0	0
JOG进给	0		0		1	0	0	1
手动回参考点	1		0		1	0	0	1

根据“无论选择何种运行方式,系统始终显示MDI方式”这一故障现象,从表1可以看出,地址信号MD1(G43.0)、MD2(G43.1)、MD4(G43.2)、DNCI(G43.5)、ZRN(G43.7)一直都为0,那么有一种可能,以上地址信号没有24V电源供给,这种可能也同样可以造成此故障。现将方式选择开关分别打到不同方式,使用万用表依次测量开关的接线端子,电压均为0伏。结合机床相关电气原理图,检查电气柜发现,有一给方式选择开关供电的24V电源线虚接,重新紧固后并进行方式选择测试,机床恢复正常,故障彻底排除。

小结:该故障的特殊之处在于表面看似是方式选择开关或者地址信号控制方面的故障,其实是电源故障。解决该问题的关键是理解方式选择的PMC地址信号控制关系,数控机床有时会出现故障现象相同,但故障原因不同,这就需要维修人员加强日常学习,明白控制原理,不断提高自身的理论素养,从“原理”上着手解决故障,以不变应万变,往往会起到事半功倍的效果。

(3) 某立式加工中心自动执行程序故障

故障现象:某加工中心采用三菱数控系统,在执行程序“T** M06; G91 G01 X100 F200; M30”过程中,当执行完换刀指令后出现循环停止(循环停止按键红灯亮),未继续执行语句G91 G01 X100 F200,当再次按下循环启动按键后又能往下继续运行程序。

故障分析及解决方案:该机床采用无机械手自动换刀系统,斗笠式刀库,刀库的前进/后退以及机床主轴松/紧刀均采用气压驱动。每次只在执行带有换刀指令的程序时才出现上述故障,于是需要先将清楚整体换刀流程(见图1)及相关信号检测值是否正确,检查后未发现异常。又根据故障现象“再次按下循环启动按键后又能往下继续运行程序”,说明有一种可能是换刀过程中某个步骤异常,在换刀完成后又恢复了正常,但间接影响了下面G代码的执行(可能是影响了顺利执行G代码的某一前提条件)。依据这一思路,仔细观察后发现,当换刀进行到“主轴吹气”这一步骤时(持续2秒),相应的气管有漏气现象,当

主轴夹紧刀具后此气路控制阀已自动关闭恢复正常,且换刀流程正确,故障迷惑性较大。但是,气管漏气(整个机床气动系统的一支路)过程中可能造成了气动系统压力瞬间低于压力传感器的设定值(很快又得到了恢复),在压力传感器检测异常的瞬间导致了循环停止,当再次按下循环启动时,因为压力值已经恢复正常,所以又能往下执行程序。更换新的气管并测试,故障彻底排除,验证了上述分析过程的正确性。



图1 换刀流程

小结:该故障的特殊之处在于故障现象是程序执行问题,实质上是换刀过程中“遗留”的故障间接影响了G代码的执行,只有熟悉整个换刀步骤以及每一步信号检测过程才能准确进行故障定位。

2. 结语

综上,排除数控机床特殊故障的一般思路如下:首先,认真观察故障现象,不放过任何细节(包括询问机床操作人员),可能某一个细节就是解决问题的关键。其次,使用常规故障诊断方法依次排除常见的故障原因,逐步把诊断范围缩小。最后,既要深刻理解电气控制“原理”,又要发散思维方式,参考“经验”但不能只靠“经验”,分析可能引发故障的间接可能和不常见的某些原因,逐步揭开故障的“神秘面纱”,消除各种故障的隐蔽性,从而顺利排除故障。□

新型涂层扩大CBN刀片功能和效益

尚亚国际贸易公司 章宗城

CBN（立方氮化硼）比一般作为切削工具材料的硬质合金、金属陶瓷、陶瓷等都要硬，20世纪80年代的出现实现了以车代磨，在金属加工业产生了巨大的影响。

单纯的CBN颗粒硬度仅次于金刚石，远高于其他刀具材料，硬度虽高但韧性不够，刀片在切削时，按不同加工条件也需要有相应的韧性和抗破损能力。常用的CBN刀片是按加工条件需要，将不同数量不同粒度的CBN颗粒加不同成分和数量的结合剂，在高温高压条件下烧结，压制成一定形状，安装在刀体上使用。添加了结合剂后，韧性可得以提高，但硬度会不同程度下降。

对金属切削过程而言，始终要求不断提高加工效率，降低成本，还要保护好环境。为达到这些目的，必须减少刀具的磨损破损，延长使用寿命。良好的刀具涂层可以承受和抑制在高效切削过程中产生的高温，以及在高温条件下所造成的急剧损耗，摩擦力小，润滑性好，可提高加工质量，能减少使用润滑材料，可降低成本，保护环境。

最近，涂层技术特别是PVD（物理气相沉积）技术，发展得非常快，新型的磁控溅射技术能融合多种控制和沉积新技术，应用于涂层后，不仅使涂层硬度能达到很高，而且均匀致密，结合强度高，内应力低，韧性

好，组成成分可控，达到了要求的优异性能。

以前的涂层只是简单的过渡金属的氮化物和碳化物，如TiN、TiC等二元涂层，现已发展为TiAlN、TiCrN、AlTiSiN、AlTiCrN等三元或四元固溶涂层、多层涂层，以及梯度涂层、纳米多层涂层、纳米复合结构涂层等。在切削过程中，这些新涂层能更好地起到对刀具的化学屏障、热屏障和机械屏障作用，使刀具的综合性能充分发挥，提高加工效率，延长刀具的使用寿命。

三菱公司对CBN刀片及其使用的涂层进行了长期的研究，在原有MB系列无涂层CBN刀片的基础上，开发了添加TiN涂层的MBC010和添加TiAlN的MBC020两类带涂层CBN刀片产品。TiN是最早应用的刀具涂层材料，硬度约1900HV，摩擦系数约0.45，氧化开始温度620℃，适用加工钢材和切屑易黏附在前刀面的被加

工材料，用于连续加工，加工表面质量高。MBC020刀片涂层是TiAlN，是在TiN等二元涂层中加入第三元素制备出的多元涂层，可提高刀具的综合性能。TiAlN的硬度达2500HV，氧化开始温度700~900℃，摩擦系数0.3~0.6，由于具有较高的综合性能和优良的抗氧化能力，再配合选用了特殊韧性好的结合剂，使CBN基体韧性提高，故既可连续切削，也可轻断续切削。

近期，为进一步提高CBN刀片加工效益，扩大使用范围，又开发出性能更好、加工功能和效益更高的BC8100涂层系列CBN刀片。该系列刀片不但改进了涂层，还在CBN的基体上采用了新开发的超微粒结合剂和相应的烧结技术(见图1)，可使承受的切削力放射状地分散，从而使高效切削造成的大切削力在基体中不形成直线状的延伸扩展，避免了由此造成的突然开裂、破损。

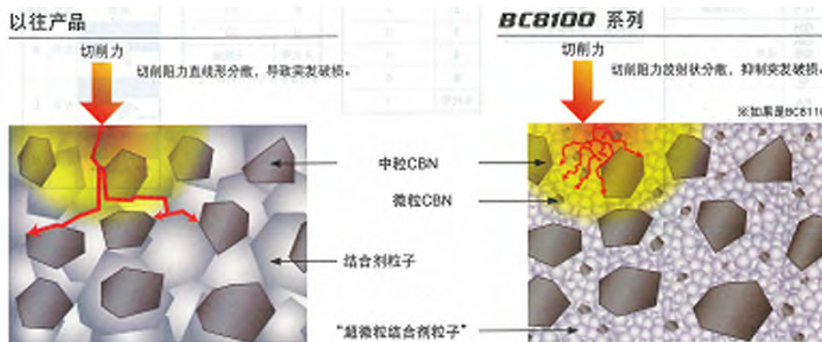


图1 用超微粒结合剂防止突发破损

新开发的四种不同涂层分别对应了不同的加工形态，如图2所示，应用于四种不同加工形态CBN烧结体中的CBN含量，粒径大小和结合剂的种类。



图2 四种BC8100系列CBN刀片的涂层和基体组织

最早开发的新涂层是BC8110，涂层外层是TiAlSiN（一种纳米结构的复合涂层），是在TiAlN单相涂层中加入一定含量的Si元素，生成非晶原子层氮化硅包覆纳米晶体氮化物构成纳米复合结构。纳米晶体本身有强化作用，非晶层又限制了晶粒的滑移和转动，强化了晶界，此涂层具有传统涂层难以达到的高硬度。其硬度可高达3700HV，氧化开始温度达1300℃，摩擦系数0.48，与内层的TiAlN构成纳米多层结构。这种涂层与基体结合强度高，抗氧化性好，硬度接近CBN，故主要用于连续车削。如切削60HRC的淬硬铬钢，切削速度可高达100~300m/min，进给量0.2mm/r，切深0.2mm。对高硬钢的高速连续切削中，可保持住长寿命。

为了适应中等断续切削和强断续切削，三菱公司又研发了BC8120和BC8130两类新涂层，如图3所示。BC8120是单涂层TiAlN，特性是硬度和韧性，耐磨性和耐破损性平衡。CBN基体耐破损，耐前刀面月牙洼磨损，涂层厚耐磨，所以可用于连续切削和中等断续切削。切削60HRC淬硬钢，切削速度可为80~250m/min，进给量≤0.3mm，切深≤0.8mm。这类涂层最适宜加工多种不同材料和形状的工件，通用性好。

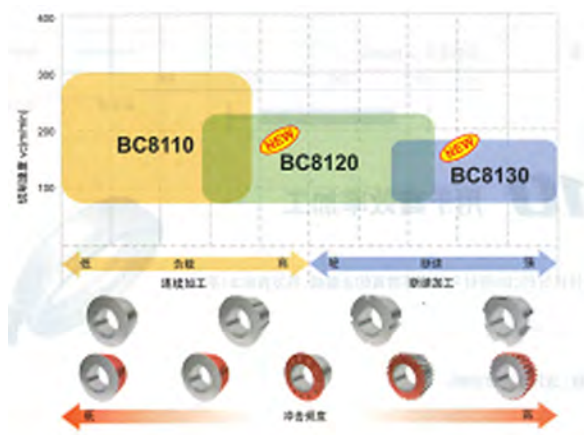


图3 根据负荷大小断续和冲击程度选择涂层

BC8130的CBN基体刀尖韧性高，具有两层涂层外层是AlCrN，是近年迅速发展涂层之一，是在CrN基涂层中加入和提高铝含量，可生成微合金结构，涂层具有较低的导热系数，可在高温下形成非晶质保护膜保护CBN刀片基体不发生氧化，而保持高硬度和切削高效率，其韧性超过钛基涂层，更适合于断续切削和难加工材料的加工。硬度达3200HV，氧化开始温度1100℃，与内层的TiAlN构成多层膜，切削60HRC淬硬钢，切削速度可为60~150m/min，进给量≤0.2mm/r，切深≤0.3mm。据负荷大小，切削时断续和冲击程度，如何选择涂层可参考图3。

图2中的BC8105，新涂层外层是CrAlN，是在AlCrN基础上再加入Cr，通过铬的扩散形成多种铬的氮化物，从而得到有利于切削加工的润滑膜层，可实现刀具涂层性能的进一步改进。此层与内层的TiAlN完美结合在一起，基体性能耐磨，耐破损，外涂层的润滑性能好。主要用于重视改善表面粗糙度的精加工，适用于连续加工，加工后表面质量高，耐边界磨损。加工60HRC淬硬钢，切削速度可为100~350m/min，进给量≤0.15mm/r，切削深度≤0.2mm。

为了充分发挥CBN刀片高的切削效能，需要注意除了正确选择以上涂层的材料、涂层的结构和相应的先进涂层技术外，还需要对涂层沉积处的刀具表面进行良好的预处理和后处理。为了保证优异切削性能，以上各类刀片为适应不同加工要求，尚需选择合适的刃口处理，包括各类刀片负前角大小和负前角倾斜的宽度形状，其对应的几种型号和适应的加工形态如图4所示，同时可进一步选择刃口圆角半径等。

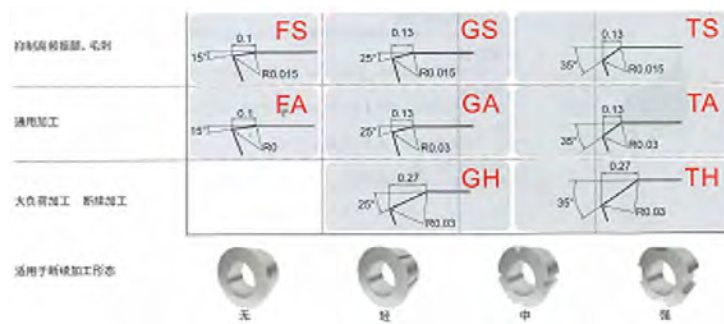


图4 对应各种加工形态的刃口修磨

按切削深度的大小选择断屑槽，还可根据需要确定是否要选用带修光刃刀片。这些都选定后，再按不同的加工形态所推荐的切削条件加工，就可比一般CBN刀片加工更高效。在以往难以胜任的断续，甚至强断续切削条件下，也得到满意的加工质量和高加工效益。□

智能科技驱动未来生产

——来自EMO2019的报道(下)

中国机床工具工业协会考察团组 穆东辉 姜晓钟 执笔

四、智能制造技术应用参展情况

应用智能制造技术驱动未来生产，以提高生产力、质量和灵活性是本届展会的主题，也是国际上主要的机床、控制系统企业研究的重点。展会专门设立“工业4.0”、“工业物联网”和“增材制造”展区，用于充分展示相关新兴智能技术的发展。为充分体现此次EMO2019对智能制造技术的关注，除了前述章节介绍的企业开展的研究和应用，本文还选取了通讯协议接口技术、工业软件和增材制造技术进行介绍。

1. 通讯协议

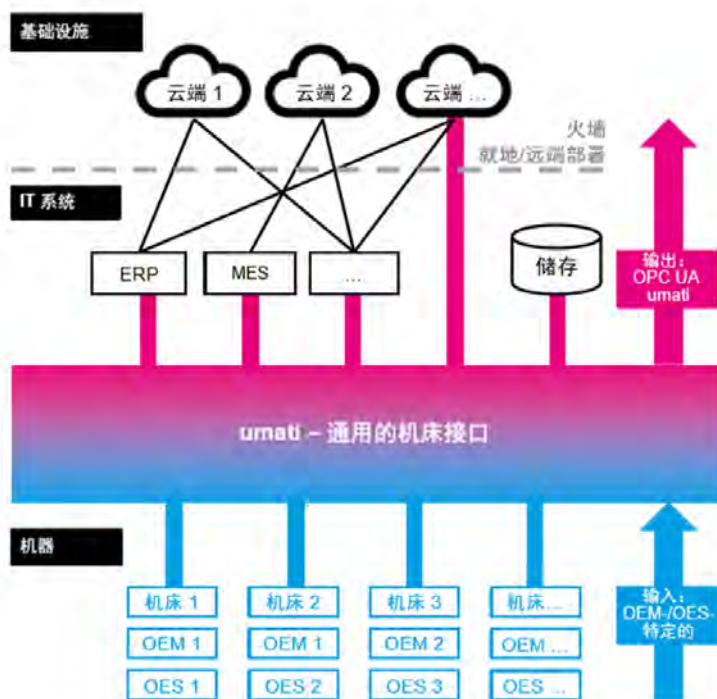
在整个制造过程中不同控制系统的设备之间只有通过标准接口进行数据传输和交换时，工业4.0所设想的全球互联网才能真正实现。因此，作为一种重要的底层支持技术，通讯协议随着智能技术的推广得到持续关注及发展。EMO2019上展出了umati、NC-Link等通讯协议及接口技术。

(1) umati

“工业4.0”的通用语言umati(universal machine tool interface)，是本次展会主办方力推的重点内容。由于目前各数控设备制造商使用不同的控制系统、底层代码和通讯协议，使得生产制造链中不同设备间的数据传输及交换不畅通，阻碍了设备互联的发展。在此背景下，umati应运而生。

umati是由德国机床制造商协会(VDW)与其核心会员企业联手构建的，以OPC UA为基础的机床接口标准，该接口可以在不同控制系统的机器之间进行数据交换，使不

同厂商的机床与生产环境内、外围的信息技术(IT)系统(如生产过程执行系统MES、企业资源计划ERP、云端，...)之间的连接和数据传输更加便捷，如下图所示。使用umati可简化机器与IT基础设施的连接并降低其费用，减轻人力资源负担，提高项目实施速度和降低成本。



Umati协议参与开发企业如下图所示，包括：10大机床生产商共同参与标准的编制；5大控制软件生产商支持其实施；1家研究机构跟踪整个工作流程。



umati 提供的规范不仅适用于德国，而且支持全球的用户。在EMO 2019展会上，VDM 展示了该通用机床接口标准的应用，将来自十个国家的70家公司的110台机床和28种增值服务连接在一起，并实现了数据的交换和传输。

(2) NC-Link

NC-Link是由中国机床工具工业协会牵头，武汉华中数控有限公司、沈阳（上海）智能系统研发设计有限公司、广州数控设备有限公司、科德数控股份有限公司、大连华根机械有限公司、四川普什宁江机床有限公司、武汉华工激光工程有限责任公司、华中科技大学、北京航空航天大学、北京兰光创新科技有限公司联合开发的通讯协议及接口技术。



NC-Link是面向数控装备运行大数据采集的M2M（Machine to Machine）协议。NC-Link协议标准的结构如下图所示，由以下5个部分组成。

1) 通用技术条件。在通用技术条件中，对标准的定位、组成、基础

软硬件环境做了整体描述，是标准的基础部分。

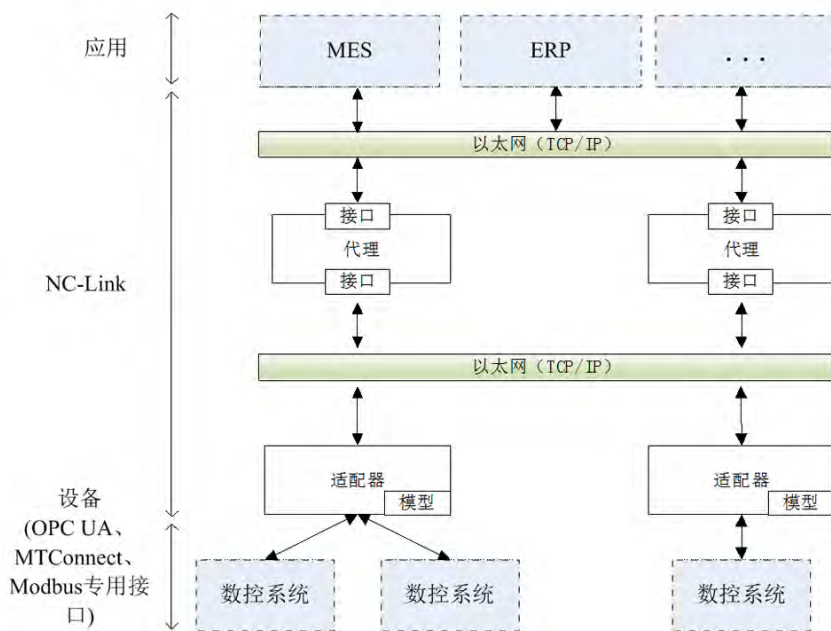
2) 机床模型定义。在机床模型定义中阐述了机床模型的描述方法，是标准的灵魂。

3) 数据字典。对数控机床运行大数据内容进行标准化定义，建立数据一致性理解基础。

4) 接口定义。对系统各部件互联互通方法进行了标准化定义，是模型从定义到运用的关键。

5) 安全要求。在该部分对设备接入认证、数据权限分层两个方面给出规范，从而确保设备安全运行、数据防泄密等安全性要求。

如下图所示，NC-Link标准的体系结构由代理和适配器组成。适配器负责从数控设备上采集信息，并把采集的信息传送到代理。同时，适配器可以从代理器获取下行的控制信息，并把控制信息传送给相应的数控装备。适配器可以和多个数控装备相连，一个数控装备只能连接一个适配器，每个适配器必须连接一个代理器，且只能连接一个代理器。代理负责把适配器上采集的数控装备的信息传送到请求信息的相关应用系统，或者接收应用系统数控装备的控制信息，并把控制信息传送到与相关数控装备对应的适配器上。每个代理器支持多个应用系统，应用系统可以连接多个代理器。



NC-Link标准不限定NC与适配器间的连接方式，仅要求适配器可以“适配”数控系统提供的通讯接口。适配器、代理、应用系统之间通过以太网互联，通讯协议采用TCP/IP。NC-Link联网模型可以兼容多种工控协议，如MODBUS、OPC UA、MTConnect、Profibus-DP等，只要提供对应的协议转换模块，任何工控协议都可以接入NC-Link网络。

(3) umati与NC-Link比较

2006年，美国机械制造技术协会（AMT）提出了数控设备互联通讯协议（MTConnect协议），用于机床设备的互联互通。据了解，在小巨人公司生产现场便可以看到，所有加工设备运行状态数据通过全球通用的通信协议MTConnect，连接到马扎克特有的SMOOTH MONITOR AX监控系统，由

SMART BOX为网络和信息安全保驾护航，从而实现数据的收集、分析和反馈，对生产过程进行改善和指导。

2013年，OPC基金会与AMT协商将MTConnect协议与OPC-UA进行兼容。由此，MTConnect协议与OPC-UA协议在业内受到了广泛关注。

NC-Link与MTConnect、OPC-UA、umati都可用于工业设备的互联互通，在系统和模型定义上有很多相似之处。其中，MTConnect是属于针对机床设备的行业标准，它旨在解决数控机床与工业应用软件之间的通信。而OPC-UA是应用于物联网的一个通用标准，OPC-UA并不是针对数控机床制定的，它具有普适性，通过建模，OPC-UA能用于各种不同的物联网应用场景。MTConnect协议和OPC-UA规范都是国外的标准或规范，NC-Link是可以兼容MTConnect和OPC-UA协议的，在实现和应用上有很多其它互联互通协议不可比拟的优势，而umati主要是基于OPC-UA架构提供用于全球机床联网的接口规范。

	MTConnect	Umati	NC-Link
数据格式	HTTP+XML	XML，二进制	Json
数据模型	有（XML架构下规定模型）	有（可定义、可定制）	有机床模型定义
数据流向	单向	双向	双向
数据订阅	无	有	有
安全	无	成熟、支持多种安全策略和安全模式	接入安全、数据安全、侧重端上安全
跨平台	强	Windows、Linux,且支持多种开发语言	强
适用场景	管理系统	管理系统	管理系统、数字双胞胎

2.工业软件

作为数字化技术的核心和基础的工业软件，在现代及未来生产中所扮演愈发重要的角色，对提升生产过程的数字化技术水平，从而支撑实现智能制造、“工业4.0”等制造模式。在此次EMO2019展会上，西门子、Vericut、Solidcam、Mastercam、Hypermill、AUTODESK等众多知名工业软件品牌参与了展出。下面选取西门子和Vericut软件为代表进行介绍。



（1）西门子数字孪生价值链软件体系

数字孪生技术是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。随着工业生产数字化转型的不断推进，数字孪生技术的应用已不仅局限于一个简单零件、一个系统，西门子公司已形成了基于模型的虚拟企业和基于自动化技术的企业镜像，用以支持企业进行数字化的转型以及价值链的整合。

在EMO2019展会上，西门子公司给出的贯穿整个价值链的数字化方案：企业产品以数字化方式完成所有阶段和过程步骤并链接到供应商。数字孪生概念基本涵盖了机床的所有阶段，从机床的开发、工程设计和调试，到其在制造各种工件中的使用，再到维护和保养，所有这些都通过数字孪生虚拟监控、计划、检查和优化。在每个阶段，都会创建一个数字孪生模型，以反馈模拟和测试中的新发现，然后将其用于连续优化。这使企业能够从产品设计到服务，从价值链的任何环节开始，逐步扩展数字化。

从机床制造角度，西门子的数字孪生解决方案包含5个部分：

1）机器概念（Machine concept）：集成到NX CAD软件中的Mechatronics Concept Designer可以在概念阶段早期用于分析机器开发的生产率。以需求为导向的产品开发在早期就产生了机器的数字孪生，这是整个价值链中涉及流程的每个人都在使用和进一步开发的标准数据模型。

2）机器工程（Machine engineering）：所有重要的自动化组件都集成到全集成自动化门户中，可以对控制器、外围设备、驱动器、HMI以及安全和运动控制功能进行编程，并且可以在一个工程框架内管理资源。通过提供CAX数据，可以在早期阶段生成虚拟模型，而更有效的工程设计可以缩短机器开发和上市时间。

3）机器交付（Machine commissioning）：虚拟机调试是降低实际调试期间的风险和精力的有效方法。西门子公司甚至可以在整个生产线上模拟和优化各个组件之间的交互，机器制造商可以使用NX Mechatronics Concept Designer在虚拟环境中模拟和测试其机器的机械组件，

PLC程序和可视化通过PLCSIM Advanced和TIA Portal进行仿真和验证, SIMIT仿真软件根据需求级别来映射驱动器和阀门等活动组件的行为, 可以将机床的CNC控制器连接到机床仿真程序, 通过CNC控制器和机床之间的交互进行操作。

4) 机器操作 (Machine operation): 西门子的工业自动化技术全集成自动化 (TIA) 可帮助操作机器。TIA通过丰富的数字化自动化产品组合来激发生产的全部潜力, 从而可以在当今和将来持续优化和改进世界各地的工厂和机械。它的开放系统架构依靠通用共享的属性提供支持并覆盖整个生产过程: 一致的数据存储, 全局标准以及用于硬件和软件的统一接口, 这些共享功能可最大程度地减少工程工作, 从而节省资金, 缩短产品上市时间并提高灵活性。

5) 机器服务 (Machine services): 从生产开始就立即与产品一起生成数据, 并将这些有价值的数据安全地传输并收集到云中, 以连续分析机器、产品行为和生产设备。评估后的数据可洞悉机器, 产品和整个工厂的状况。MindSphere是西门子公司基于云的开放式物联网操作系统, 是应用程序和数字服务的开发平台的数字产业服务, 具有连接设备、应用程序和数字服务的连接功能。

从机床使用的角度, 西门子的整体解决方案也包含的5个部分:

1) 产品设计 (Product design): 设计阶段的数字孪生可以促进产品零件间更无缝的连接, 以提高产品的质量, 从而实现更快、更高效地交付更好的产品。

2) 生产计划 (Production planning): 合理制定高效的工作与生产计划, 可以缩短工作时间, 并保证各类资源最大限度的被利用, 极大地提高工作效率。

3) 生产工程 (Production engineering): 生产工程可以使用多种软件进行联合仿真, 确保制定出更加可靠的生产流程, 以推动高效的零件制造运营, 达到产出高精度零件的目的。

4) 生产执行 (Production execution): 执行阶段通过集成的数据驱动以达到各类产品生产质量管控的目的, 多方协调来推进复杂零件制造中最高生产率的实现。

5) 服务 (Services): 数字化的服务极大缩短了计划外的机器停机时间, 并通过问题的反馈优化来作用于前期的生产流程, 以促进生产的优化与机器可用性的提升。

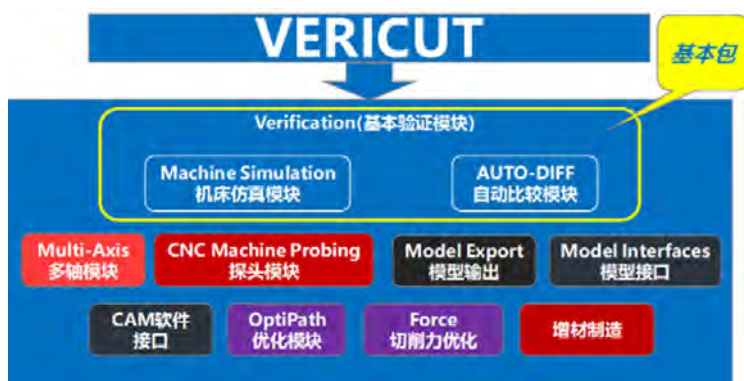
西门子为机械加工领域提供的Machine Builder和Machine User的解决方案, 充分体现了其为了保持竞争力, 不仅仅只是优化价值链中的单一环节, 而是需要一个完整的方案。西门子通过数字孪生将设计、生产和使用等

环节全面打通, 提供了面向产品全生命周期的解决方案。

(2) VeriCut软件

VERICUT是美国CGTECH公司1988年研发出的一款数控加工仿真软件, 是当前全球数控加工程序验证、机床模拟、程序优化软件领域的领先者。该软件自1988年开始推向市场以来, 始终与世界先进的制造技术保持同步, 被广泛地应用于航空、航天、船舶、兵器、军工、电子、汽车、机车、模具、动力、重工业以及教育行业。

VERICUT主要包括两大模块: 一是包含基本验证模块 (Verification)、机床仿真模块 (Machine Simulation)、自动比较模块 (AUTO-DIFF) 的基本包部分; 二是包含多轴模块 (Multi-Axis)、优化模块 (OptiPath)、切削力优化模块 (Force)、模型输出 (Model Export) 等模块的扩展部分。



VERICUT软件的特点包括:

① 卓越的图形处理能力: VERICUT是基于实体的、基于特征的仿真, 因此在仿真过程中不会因为程序量的变大而影响仿真的速度。

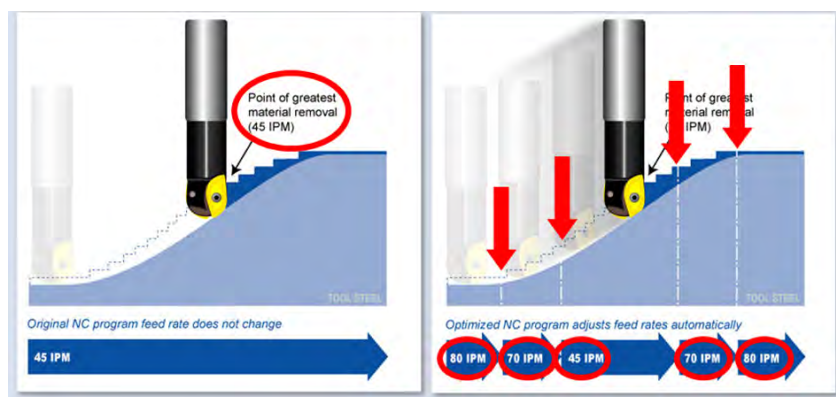
② 多种仿真支持: VERICUT支持多种加工方式的仿真, 如: 车床、车削中心、车铣复合、多轴铣削、拉削、插齿、滚齿、磨削、电极加工、水切割、抛光、3D打印等。

③ 多种控制系统支持: VERICUT支持多种控制系统的仿真, 国外有西门子、发那科、海德汉等, 国内数控系统有华中数控、广州数控、凯恩帝等。

在本次EMO2019展会中, VERICUT展出了 9.0版本, 推出的创新技术包括五轴的切削力仿真与OptiPath工艺优化的功能。

OptiPath优化模块利用该优化模块, 通过仿真过程, 用户可以准确地知道每次切削的深度、宽度和切削角度, 并且能够准确知道每个切削段材料的去除量, 应用以上信息, OptiPath把切削运动分为若干个小段, 在必要时, 根据每个切削段材料去除量的不同, 为每种切削条件指定最

佳进给率，然后输出一个新的刀具路径，但只改变进给率，不改变刀具轨迹。



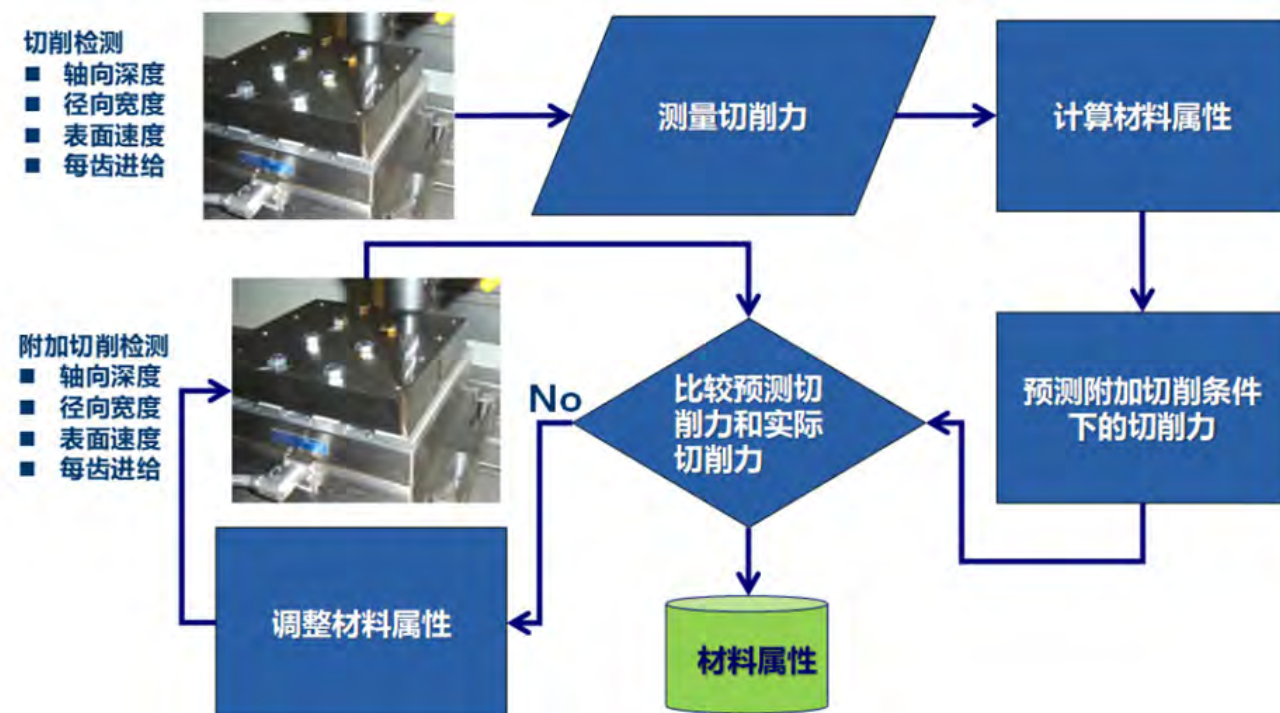
(3) Force切削力优化

Force是一种基于物理性能的优化方法。Force根据刀具的受力、主轴功率、最大切厚以及最大允许的进给率这四点要素而给定的切削条件，计算出最

大的可靠的进给速度。Force是用物理模型基于切削力和主轴功率计算分小区间来调整进给速度，不改变刀路轨迹。

Force通过分析刀具的几何外形和参数、毛坯和刀具的材料属性，具体的切削刃几何形状以及VERICUT中每一刀的切削接触状况，可以计算出理想的进给速度。

Force通过一系列专用的材料系数来计算材料的受力以及摩擦和温度的影响，在NC程序中插入合适的切削条件。Force使用的材料数据是来源于真实的加工实验结果，而不是依靠有限元分析结果来推算的。



在本次EMO2019展会中，几乎所有的数控系统都带有3D仿真的功能。3D仿真技术在数控加工行业并不陌生，在车间里试验新工艺时，通常会在仿真软件中验证工艺的正确性，确保安全。目前大多数仿真软件与数控系统是相互独立的，但是仿真的内容又和数控系统强相关，因此近

年来，数控系统厂家都将3D仿真集成到了数控系统之中。3D仿真的发展有着很明显的高精度和高效率的趋势。

3.增材制造技术

作为本届展会主题的一个诠释，增材制造技术也得到了充分展

示。SLM Solutions、stratasys、3D Systems、TRUMPF、RENISHAW、GEFERTEC、Markforged等著名的增材制造技术企业纷纷展出了增材制造技术解决方案。很多传统机床制造商，如德马吉森精机、马扎克和GF加工方案等带来了增减材复合制造等最新的研究成果。



SLM Solutions展示了用户实际应用的增材制造系统的成功案例，在展会上聚焦航空航天、汽车、能源、模具、医疗和牙科等行业的应用，在其展位上展示的火箭推进发动机因集成了冷却功能，因而采用增材制造实现复杂结构的设计意图。SLM Solutions还展示了一台SLM 280金属3D打印机，该设备兼备稳定性和安全性，为批量化生产提供优化方案。GEFERTEC则展示了混合增材制造技术，该技术以现有电弧焊技术为基础，为金属加工技术提供新的解决方案。欧特克为工业增材制造和3D打印提供端对端的软件解决方案。该方案将设计改进、制造准备及构造仿真工具整合在单一的软件环境中，并在该环境内共享通用的安装程序、通用的文件格式和流程定义。雷尼绍展示了一系列增材制造产品，包括新款RenAM 500Q四激光增材制造系统。

德马吉森精机展示的LASERTEC 65 3D hybrid增减材复合机床在前面部分已经进行了介绍，该机配有系列监测和校准传感器，有效提高工艺可靠性，进一步提高增材制造工件质量。GF加工方案携手3D Systems展示了工厂自动化的新概念，包括增材制造零件设计软件、3D打印机、材料及自动化材料处理、放电加工(EDM)设备、铣削设备，以及其他先进后处理技术。

五、数控系统、功能部件等其他产品参展情况

在本届EMO2019展会上，多家数控系统和功能部件制造商展出了创新产品。下面主要介绍数控系统和电主轴两种产品，对EMO2019展会上的功能部件参展情况进行介绍。

1. 数控系统

全球主要的数控系统品牌几乎都参加了本次展会上，主要包括：西门子、发那科、海德汉、三菱、力士乐、FAGOR、NUM、倍福等工业控制领域的企业。

(1) 西门子 (SIEMENS)

西门子是全球领先的技术企业，创立于1847年，业务遍及全球200多个国家，专注于电气化、自动化和数字化领域。作为世界最大的高效能源和资源节约型技术供应商之一，西门子在高效发电和输电解决方案、基础设施解决方案、工业自动化、驱动和软件解决方案，以及医疗成像设备和实验室诊断等领域占据领先地位。



在EMO2019展会上，除了推出数字孪生价值链软件体系外，西门子还展出了其最新一代数控系统Sinumerik One。

作为“数字化孪生”数控系统，Sinumerik One是西门子推动机床行业数字化转型的关键产品。这种全新的数控系统与Create My Virtual Machine软件协同合作，能够在一个工程系统中创造出机床控制系统及其数字化双胞胎，以实现虚拟与现实的无缝交互，提升数控系统的性能。凭借其全新硬件平台，Sinumerik One树立了生产力方面的新标准。

Sinumerik One实现的工程基础是全集成自动化 (TIA, Totally Integrated Automation) 门户。它是一个拥有现代编程语言和无缝数据流的高效工程框架。驱动、PLC，安全，甚至HMI都可以在这个系统上进行配置。作为所有自动化任务的基础，TIA门户中的工程减少了开发时间，从而缩短了产品的市场投放时间。



SINUMERIK ONE融合多种创新技术功能提高加工速度，轮廓精度和加工质量。SINUMERIK ONE不仅具有强大的硬件创新，它的数字孪生体是数字转换的关键元素，有助于完全在虚拟环境中模拟和测试工作流程。将调试任务转移到虚拟世界，有助于机床制造商完全在虚拟环境中实现机床的设计、模拟、调试、试切、测试和培训等工作。

SINUMERIK ONE数控系统创新技术包括：

1) Top Speed功能——让机床在物理极限下运行。该功能在模具加工中能够保证高速度下的高轮廓精度，并可与Top Surface同时生效。

2) 智能负载控制(ILC)功能——提高机床的动态性能；在机床各轴加减速时考虑了当前的工件重量，并根据不同工件重量进行自动调整。

3) 智能动态控制(IDC)功能——机床轴的动态性能和控制参数可以跨轴平衡。开启该功能后，在机床的工作区域对参数进行优化，不仅使机床动态性能更好，而且提高了精确性。

4) SINUMERIK ONE 包含的Sinumerik 840D sl也将支持IDC和ILC等新功能，全面提高机床的加工速度、精度和性能。

在本次EMO2019展会上，共有20余家试点机床企业如佰利通Breton、C.B. Ferrari、米克朗Mikron等展出了应用 Sinumerik One 数控系统的机床产品及其数字化双胞胎应用，使现场参观者感受到

Sinumerik One数控系统为用户带来的切实价值。



(2) 发那科 (FANUC)

FANUC株式会社成立于1956年，是世界最大的专业生产工厂自动化设备和机器人的综合制造商，是日本最著名的公司之一。FANUC的产品主要有数控系统、工业机器人以及智能机械设备等。其中数控系统产品多年来在全球市场的占有率一直保持第一，机器人在全球市场的占有率多年来也一直保持在前三位。FANUC的产品被广泛地应用于工业制造领域的各行业，并获得了全球客户的高度青睐。



在本次EMO2019展会上，FANUC的展品主要包括数控系统、工业机器人、FIELD工业互联网平台、主轴电机和超精密机床等产品。

1) 数控系统：FANUC的数控系统聚焦的发展方向仍是通过简单的操作、全面的监控和完美的性能来提升自身的品质。在本届展会中，在硬件方面，FANUC推出了优化的用户界面iHMI、功能强化后的操作面板iH Pro，以及两种型号的数控系统30i-B Plus和0i-F Plus。在软件方面，

受益于人工智能技术，FANUC的数控系统软件针对智能加工过程增加了“智能进给轴加速/减速”、“伺服学习振荡”等功能，以适应智能制造过程对数控系统的需求。

2) 工业机器人：在EMO2019展会上，FANUC展示了他们将机器人在各种加工机器和生产工厂进行简单、易用集成水平已经达到了新的层次。工业机器人不仅可以集成在FANUC产品立式加工中心ROBODRILL，还可以在其他产家设备进行集成应用，用于取件、装载、卸载和去毛刺等功能。



FANUC在EMO2019首次展出了两种型号的工业机器人—M-10iD/12和M-20iD/25，前者用于工件装/卸载，后者用于去毛刺。另外，FANUC还展出了Robot M-2000iA等产品工业机器人产品。

3) FIELD系统：作为工厂自动化专家，FANUC在EMO2019展出了工业物联网平台“FIELD系统”。该系统的核心是一个开放平台，它可以将不同生产厂家的不同生产机器连接到一个工厂内，从而实现整个过程链上的综合数据分析。另外，它可以直接在现场收集并分析机器数据，通过直接在工厂中处理数据，加工生产过程，从而显著提高生产效率。

2.功能部件等其他产品

功能部件等产品是机床主机的重要组成部分，很多核心功能部件对高端机床的技术、性能起着至关重要的作用。在此次EMO2019展会上，来自全球的功能部件企业展示了最新的技术研究成果和新产品。下面选取部分展商、展品作简要介绍。

(1) Kessler

Kessler公司成立于1923年，由Franz Kessler创建。Kessler多年来致力于为加工中心制造商专业研发和制造机床电主轴、转台、转动轴、摆头，以及各类同步、异步电机等机床核心部件，目前是欧洲最大的主轴制造商。

通过与领先的机床制造商的合作，Kessler公司不断扩展产品范围，为机床用户提供高效的解决方案。目前，在高精度、技术领先的机床核心部件领域内，Kessler已成为持续创新的代表。



Kessler公司在EMO2019展会上展出包括电主轴、双摆头在内的多款产品，其中双摆头作为用于5轴数控加工的高水平产品备受关注。Kessler的双摆头产品全部内置Kessler电主轴和电机，并且具有如下共同特征：

- ①结构紧凑、刚性好、灵活性出色，可满足加工设备的所有应用需求。
- ②采用Kessler最新一代力矩电机，动态性能极佳，尤其适用于铣削加工工件中复杂精细的轮廓加工工艺。
- ③定位精度高、夹紧力和摆动角度大，可确保在五轴加工中获得超高精度的加工效果。
- ④支持选配不同的兼容电主轴，以满足不同的加工需求。

Kessler产品在本次展会中最大的亮点是，其双摆头在已由小型到大型尺寸（Mini、Small、Medium到Large）系列产品的的基础上，新推出了紧凑型产品——用于加工高强铝合金和复合材料铣削的入门级双摆头Mini 2AHcompact，用于支持高度紧凑的机床设计。Mini 2AHcompact和原有的Mini 2AH系列产品的比较如下表所示。

Mini 2AH		Mini 2AH compact	
 Up to 24,000 rpm, 80 Nm / 45 kW (S1) A-axis Clamping torque: 3,000 Nm Torque S1: 400 Nm C-axis Clamping torque: 3,000 Nm Torque S1: 560 Nm		 Up to 24,000 rpm, 80 Nm / 45 kW (S1) A-axis Clamping torque: 2,000 Nm Torque S1: 360 Nm C-axis Clamping torque: 3,000 Nm Torque S1: 560 Nm	
*A轴： 转速：100 r/min 扭矩：800 N·m 功率：8kW 夹紧力矩：3000N·m		*A轴： 转速：100 r/min 扭矩：720 N·m 功率：3kW 夹紧力矩：2000N·m	
*C轴 速度：100 r/min 扭矩：1120N·m 功率：8kW 夹紧力矩：3000N·m		*C轴 速度：100 r/min 扭矩：1120N·m 功率：3kW 夹紧力矩：2500N·m	

(2) Fischer

FISCHER SPINDLE GROUP成立于1939年，总部位于瑞士，是全球规模最大的精密主轴制造商之一。2006年收购原PCB成型机电主轴行业知名企业德国Precise，现已拥有瑞士Fischer、德国Precise和Fortuna等品牌。

Fischer公司专业生产各种高速、高精度电主轴，为世界上最知名的主轴品牌之一，所生产的主轴广泛应用在高速铣床、五轴加工中心、高精度磨床等产品上。

在EMO2019展会上，Fischer展出了包括铣头、电主轴等多款产品。下面简要介绍一下Fischer的D20摆角铣头。



Fischer D20摆角铣头具有如下特点：

①铣头和主轴构成一系统。

②优化了铣头和主轴之间连接面，使铣头的可靠性、可接近性和性能更好。

③用于动态5轴运动控制的强力电机。

④最大刚度和高阻尼以获得最佳加工效果。

⑤维护友好型设计。

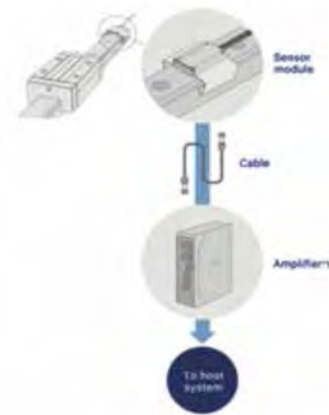
D20铣削头的主要性能参数如下表所示：

C轴运动范围	$\pm 360^\circ$
C轴额定扭矩	744 N · m
C轴峰值扭矩	1320 N · m
C轴夹持扭矩	4000 N · m
A轴运动范围	$\pm 110^\circ$
A轴额定扭矩	688 N · m
A轴峰值扭矩	1228 N · m
A轴夹持扭矩	4000 N · m
L_1 =到A轴枢轴点中间的主轴测量线	327 mm
L_2 =A轴中心到C轴安装面	488 mm
L_3 =C轴安装面至介质板顶部	Ca.480 mm
测量系统	绝对/光学

3. 其他特色产品、技术展示

Schaeffler整合在主轴轴承中的传感器系统以高解析度和五个方向测量主轴在负载下的位移。如果测得数据超过了临界值，则传感器会向机床的控制器发送信号，快速地停止驱动器以实现机床上碰撞检测，大幅地减少甚至防止严重的后续损坏并可长期保护主轴避免过载。

THK的“OMNI edge”是一项新服务，它收集THK SENSING SYSTEM的信息，通过思科边缘计算路由收集信息，并通过NTT DOCOMO的线路网络，安全地发送信息，对数据进行管理和分析，将提高可见性和生产效率，并降低总体成本，并进而实现预测性故障检测。振动传感器记录的振动信息可以追溯到元件损坏或缺乏润滑油的情况，用于预测性维护。



Schunk通过智能解决方案和智能元件，可以保障加工过程的稳定性，这些解决方案和元件可以识别出无法预料的不稳定性，并且可以进行即时调整。所产生的效果是使废品率降到最低，显著减少了生产时间，并显著提高了质量和效率。Schunk iTENDO可实现即时的数据通信、过程分析和参数优化。下图为iTENDO 应用架构示意。



1. iTENDO智慧刀具、2.无线数据传输、3.机房中的icotronic通信模组、4.电子控制单元、5.即时通讯、6.机器控制、7.通过应用程序进行过程控制和调整/ OPCUA可以进行通信。

六、结束语

这次在汉诺威举办的EMO2019展会，无论在规模上还是展品水平都延续了EMO展会品牌的传统，成为全球机床领域制造商、研发机构、用户的一次盛会。由于高水平展品、技术内容包罗万象、精彩纷呈，本文仅仅通过部分展商、展品、技术的介绍，为行业内相关人士提供一些参考。虽然文章编写过程中也参考了很多文章，得到了很多专家的指导，但由于编写仓促，不足之处还需要不断完善。□（全文完）

数字化转型进行时： 要么数字化，要么面临衰落

[编者的话]：新冠疫情的爆发让很多企业措手不及，波动与不确定性成为企业需要面对的新常态。当危机来临时，面对突如其来的负面冲击，企业只有不断地提升自身“韧性”，才能最终转危为安。而数字化转型则是构建和提升企业韧性的最佳途径，使得企业经营更具高效、弹性和可持续性。



近期，英国Fitfactory公司负责人向英国制造商发出警告：企业业务必须数字化，否则就有可能在英国经济预计将出现的衰退中破产。Fitfactory是一家总部位于达瑞斯

伯里（Daresbury），旨在推动制造商数字化转型的新科技公司。

Fitfactory公司是由三家历史悠久的工业数字化企业

共同创建的新企业，其首席执行官Tom Dawes表示：“只有更精简、更适合、更敏捷的公司才能在封锁后的世界生存下来。即使在新冠疫情之前，英国制造商在保持满意的质量、成本和交货期的同时，仍然还要面临着不断提高客户服务水平的压力。在这个新世界里，只有适者才能生存——未来它们将是那些数字化的公司。”

英国Make UK/桑坦德银行(Santander)在最近发布的报告中强调，“制造商要向新常态过渡，就必须拥抱数字化所带来的这一变革浪潮”。报告还说：“工业数字技术(IDTs)有潜力改变我们的生活和经济，使其更具高效、弹性和可持续性。这种韧性将在新冠疫情后的制造业复苏中发挥作用。”

为了帮助制造商开始数字化转型，提高数字化生产率，Fitfactory公司开发了一款免费的诊断和路径图的工具。基于超过25年的数字化制造流程的经验，这家新成立的Fitfactory公司能够帮助制造商提高数字化生产效率。它整合了三家公司现有的团队、客户和解决方案的资源优势。这三家公司分别是：Tricorn Systems（生产控制和评核）、DNAsp(金属表面处理技术、无损检测和表面工程)和Valuechain Technology(面向从中小微企业到包括宾利汽车、空客和BAE

系统公司在内的全球制造商的模块化智能应用)。

Tom Dawes补充说：“我们的目的是帮助制造商使他们的运营更适合，这将是至关重要的，因为我们正在进入一个潜在的长期衰退。因此，通过数字化合理和敏捷的流程(由实时商业智能支持)，它们将生存下来，并有能力抓住市场机遇，比如较多的在岸化生产积极性所带来的市场机遇。”

该公司还在最先进的模块化生产控制系统上进行了重大投资，该系统将于2021年第二季度推出。Fitfactory的CTO Michael Schraps解释说：“近年来，我们看到制造商越来越多地使用数字技术，然而，封锁期加速了对基于云的技术的需求，这些技术可以促进远程协作工作，并能够与客户和供应商进行安全信息交换。”

“新的Fitfactory平台将把我们现有解决方案中最有价值的功能与集成的商业智能结合起来，从而最终转变为生产力。” Fitfactory的项目还将包括数字化生产力诊断、车间以及在全国各地提供实体Fitfactory演示设施。这些平台将帮助企业参照同类企业的数字能力，为企业进行数字转型的第一步提供路线图，并能实际亲身体验到数字化优化的“适合”工厂给制造商带来的好处。□

