

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.6 2021
2021年12月
December 2021

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

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷

主任: 毛予锋

副主任: 王黎明 郭长城

编委:

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

特邀编委:

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

总编辑: 李华翔

责任编辑: 梅峰

国际标准代号: ISSN 1015-4809

国内统一刊号: CN 11-5137/TH

国内发行: 北京报刊发行局

订阅处: 全国各地邮局

邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京久佳印刷有限责任公司

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



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

目录 CONTENTS

2021年第6期(总第177期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

- 12 CCMT2022展会招展工作接近尾声等7则
CCMT2022 exhibition recruitment work is coming to an end etc. 7 news

产销市场 Production & Market

- 16 2021年三季度机床工具行业经济运行情况分析
Analysis on economic operation of machine tool industry in the third quarter of 2021

特别报道 Special Report

- 19 冲破疫情阻隔,北京精雕何以成功赴欧参展? 张芳丽
Breaking through the barrier of the epidemic, why did Beijing Jingdiao participate in the EMO MILANO2021 exhibition?
22 2021年中国机械工业科学技术奖机床工具专业项目获奖情况分析 符祚钢
Analysis of the award situation of the machine tool professional project of 2021 China Machinery Industry Science and Technology Award

专题综述 Topical Review

- 25 机床行业有望获得资本市场更多助力 兰海侠
The machine tool industry is expected to get more help from the capital market
27 新能源汽车驱动电机的智能制造 刘胜勇
Intelligent manufacturing of new energy vehicle drive motors

特别策划 Special Planning

- 31 机床行业生力军:专精特新“小巨人”企业 梅峰
New force of machine tool industry, the specialized and special new little giant enterprises
35 专精特新“小巨人”企业之湖南中大创远数控装备有限公司
37 专精特新“小巨人”企业之宁夏银川大河数控机床有限公司
39 专精特新“小巨人”企业之宜昌长机科技有限责任公司
41 专精特新“小巨人”企业之北京市电加工研究所有限公司
43 专精特新“小巨人”企业之广东凯特精密机械有限公司
45 专精特新“小巨人”企业之山东沂水机床厂有限公司
46 专精特新“小巨人”企业之台州北平机床有限公司
47 专精特新“小巨人”企业之中山迈雷特数控技术有限公司

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

行业论坛 Industrial Forum

- 48 秦川集团: 聚集高端人才, 挑战高端母机
何敏佳
- 50 广州数控: 独特的人才培养之路
- 52 宁江机床: 以人为本打造竞争内核 顺势而为推进转型发展
- 54 华中数控: 产学研用相结合, 系统化培养人才
- 58 国检中心: 汇聚第一资源 助推机床行业高质量发展
- 60 汇专科技: 深化产学研写作 打造高素质人才队伍

产品与技术 Products & Technology

- 61 基于西门子840Dsl刀库控制研究
邵毅
Based on the Siemens 840Dsl cutting tools control study
- 66 改造外圆磨床实现气门锥面的抖动磨削
周小伟等
Rebuilding of cylindrical grinding machine to realize the shake grinding of the
valve cone surface
- 68 镗削抓木机三叉专用工装夹具的设制与应用
安宝峰等
Design manufacturing and application of special fixture for boring wood machine
- 72 西门子数控设备故障维修案例分析
牛志斌等
Case analysis of fault maintenance of Siemens CNC equipment
- 76 直线电机在高速防护罩试验台应用研究
赵鑫
Application study on linear motor in high-speed protective cover test platform
- 80 滚筒托轮架的焊接工装设计
矫永臣
Welding fixture design of roller bracket
- 81 一种研磨量最小的冰刀修复轨迹研究
严飞等
Trajectory study of the ice skate blade repairing with minimal grinding amount
- 84 钛合金和耐热合金的高效立铣加工
章宗城
Efficient vertical milling of titanium alloy and heat-resistant alloy
- 87 高速列车设备舱端板结构强度仿真分析
刘明文
Simulation analysis of structural strength of high-speed train equipment module of
terminal plate
- 89 石膏型真空增压箱体铸造工艺与质量控制
胡志刚等
Casting technology and quality control of gypsum vacuum pressurized box
- 92 工程车轮轮缘开裂浅析
周永红
Brief analysis of wheel rim cracking of engineering wheel
- 95 在镗床上车削阀体、闸板楔斜面
矫永臣
Working of the valve body and strip board wedge of inclined surface on the boring machine
- 96 工艺创新与零件结构的合理性
金延安
Process innovation and the rationality of the part structure
- 99 改进高频设备电参数显示淬火质量监控更可靠
周小伟等
Improving the electric parameters of the high-frequency equipment shows that the
quenching quality monitoring is more reliable

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

编者的话

1~10月,从中国机床工具工业协会重点联系企业统计数据看,营业收入同比增长31.6%,金属加工机床新增订单同比增长22.4%,在手订单同比增长22.4%,协会重点联系所有分行业继续保持盈利,行业整体运行仍保持平稳增长,各项主要指标增速继续回落,但同比增幅仍较高。同时,新增订单增速持续回落,成品库存增长加速,多项指标增长企业数量环比有所下降,表明运行趋势在放缓。相关行业投资转弱、原材料价格居高不下、国际物流不畅且成本上升等因素,将给今后行业运行带来压力和风险。基于前10个月较好基础,预计全年行业运行将保持稳定增长状态。

今年以来,多场重要会议提及专精特新企业,多个部门表示支持专精特新中小企业高质量发展,支持这些企业发展已上升至国家战略层面,专精特新中小企业发展迎来政策风口。鼓励更多的机床工具企业走专精特新发展道路,培育更多的行业“小巨人”企业,将为推进产业基础高级化、产业链现代化,优化机床行业企业梯队格局,增强行业竞争优势,构建新发展格局提供有力支撑。本期策划,邀请了多家行业专精特新“小巨人”企业与业内分享发展之路。

人才培养是一个复杂的系统工程,需要企业自身和全社会方方面面的共同努力。为营造更好的人才成长环境,进一步加快行业转型升级步伐,近期协会传媒部围绕着“人才培养”这一话题开展了书面论坛征稿活动,得到行业企业的积极响应。本期将与大家分享行业企业的相关做法与经验,给积极转型中的行业企业提供有助于健康发展的参考借鉴。

本刊编辑部

版权所有,未经本刊书面许可,不得转载。

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

HIWIN® 上银®

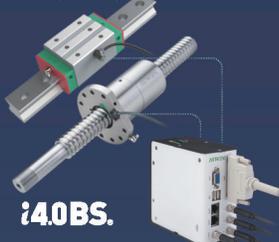
实现您的智能工厂

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



关节式机器人手臂
Articulated Robot

i40GW.

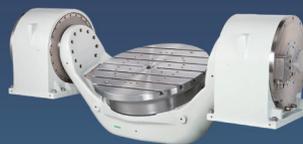


i40BS.

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



史卡拉机器人手臂
SCARA Robot



Torque Motor 回转工作台
Torque Motor Rotary Table



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



扫一扫
关注上银

全球营运总部

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

关系企业

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

HIWIN中国专属经销商



请向合格经销商购买

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.us

意大利
www.hiwin.it

瑞士
www.hiwin.ch

捷克
www.hiwin.cz

法国
www.hiwin.fr

新加坡
www.hiwin.sg

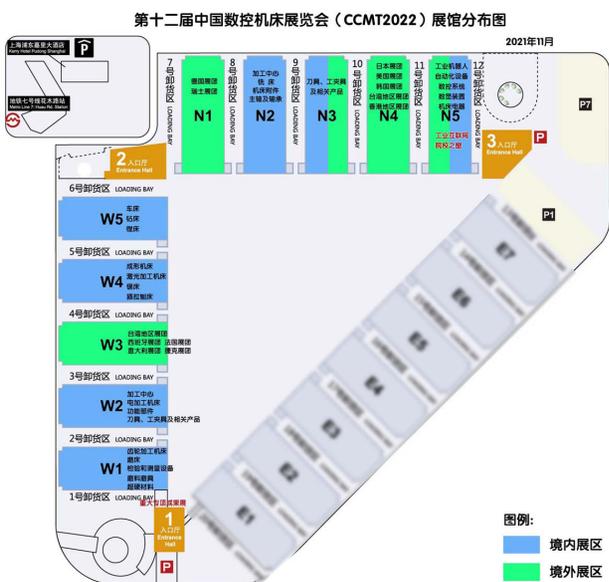
韩国
www.hiwin.kr

以色列
www.mega-fabs.com

广告

CCMT2022展会招展工作接近尾声

第十二届中国数控机床展览会（CCMT2022）将于2022年4月11~15日在上海浦东上海新国际博览中心举办。本届展会使用上海新国际博览中心N1~N5、W1~W5共10个室内展馆，展会总面积达12万平方米。



目前，展会的境内外招展工作已经接近尾声，共有来自23个国家和地区的1500多家企业申报参展。境外展区共有来自捷克、法国、德国、意大利、日本、西班牙、韩国、瑞士、美国、中国香港地区、中国台湾地区等11个国家和地区的机床协会和贸促机构组织展团参展，展团内部的展位分配正在进行中。独立申报的境外参展企业共有164家，已分配面积14915平方米。全球知名企业如德马吉森精机、马扎克、大隈、联合磨削、格劳博、埃马克、斗山、恒轮、友嘉、帕马、昂科、托纳斯、ABB、海德汉、伊斯卡等均已申报参展。

境内展区有近千家企业申报参展，其中独立申报参展企业700多家；中国机床工具工业协会下属的工具分会、机床附件分会、特种加工机床分会、数控系统分会、滚动功能部件分会、主轴分会、磨料磨具分会、超硬材料分会、数显装置分会、机床电器分会等10个分会组织其所属专业领域的200余家会员企业报名参展。

境内的行业重点骨干企业悉数参展。申报面积超过100平方米的共有208家企业，其中，申报面积超过500平方米的有13家：通用技术集团、济南邦德、科德数控、秦川机床、星火机床、北一机床、北京发那科、北京精雕、亚威机床、海天精工、迪能激光、蒂德精机、海德曼；申

报面积300~500平方米的有27家：金方圆、济南二机床、威达重工、纽威数控、创世纪、南通国盛、格力智能、南京二机、珊达激光、百正数控、德恩智享、宜昌长机、宏山激光、重庆机床、日发精机、威诺数控、新诺精工、润星科技、华工激光、云南CY、意特利、九五精机、震环机床、瑞铁机床、豪特曼、上海嘉意、青岛海克斯康。

境内展区独立参展企业进入面积分配方案的有近500家，目前已完成并下发300多家分配面积在27平方米以上企业的展位方案，已分配面积33012平方米，还有近200家分配面积在27平方米以下企业的方案待完成；已完成并下发10个组团分会的总体分配方案，已分配面积7753平方米，各组团分会的展位分配方案正在制定中。

截至目前，展区的面积满足率约为60%，有近300家企业还在等候参展名单中。有关展会组织筹备工作的进展情况，敬请关注展会官网www.ccmtshow.com和协会微信订阅号“中国机床工具工业协会cmtba”等官方媒体。

钻镗床分会换届并选举产生第八届理事会

2021年11月11日，中国机床工具工业协会钻镗床分会（简称“钻镗分会”）第八届理事会换届会议以网络视频会议方式召开，来自第七届理事会理事长单位、副理事长单位、常务理事单位、会员单位等的30余位代表参会。



中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋，沈阳机床党委副书记、副董事长李文华出席会议，会议由沈阳机床副总经理兼钻镗床分会秘书长刘春时主持。

毛予锋常务副理事长向大家介绍了机床行业近期的发展状况和对2022年机床行业发展的预测，建议行业企业关注并把握“十四五”期间机床行业新的发展期。协会综合办公室李继运主任宣读了中国机床工具工业协会对钻镗床

分会换届报告的批复，确认本次换届选举工作的有效性。

会上，第七届理事会副秘书长李军汇报了“钻镗床分会第七届理事会工作报告”和“钻镗床分会2016-2020年财务收支报告”，并获大会审议通过。

本次换届经等额选举产生了钻镗床分会第八届理事会组织机构，沈阳机床（集团）有限责任公司为理事长单位，董事长安丰收为分会理事长；沈机集团昆明机床股份有限公司等8家企业为副理事长单位；选举产生常务理事单位13家、理事单位20家。

根据中国机床工具工业协会章程和钻镗床分会工作条例有关规定，经钻镗床分会第八届理事长提名，聘任沈阳机床副总经理刘春时为钻镗床分会第八届理事会秘书长，聘任沈阳机床设计研究院谭智为副秘书长。

会上还审议通过了《中国机床工具工业协会钻镗床分会工作条例》和《钻镗床分会会员会费标准和缴纳办法》。换届工作各项议程圆满完成。

协会锻压机械分会八届一次理事会在太仓召开



中国机床工具工业协会锻压机械分会八届一次理事会于2021年10月29日在江苏太仓召开。会议审议通过了《中国机床工具工业协会锻压机械分会工作条例（草案）》、《中国机床工具工业协会锻压机械分会会员会费标准及交纳办法（草案）》、《财务收支情况报告》，选举产生了济南铸锻所检验检测科技有限公司为分会第八届理事会理事长单位，济南二机床集团有限公司等9家单位为分会副理事长单位，天津市天锻压力机有限公司等19家单位为分会常务理事单位。经理事长提名，聘任崔瑞奇为秘书长，徐刚为副秘书长。会议应到理事单位（代表）58名，实到理事单位（代表）43名，符合《中国机床工具工业协会锻压机械分会工作条例》要求。



协会王黎明秘书长



分会崔瑞奇秘书长



汪立新董事长

会议同期举办了2021年全国锻压行业发展论坛，中国机床工具工业协会秘书长王黎明、综合办公室副主任李明明应邀出席，会议由锻压机械分会秘书长崔瑞奇主持，瑞铁机床（苏州）股份有限公司董事长汪立新代表承办方致辞。

会上，王黎明秘书长作“机床行业市场、运行分析和未来发展建议”报告，以详实的数据阐述了“全球及中国机床工具市场格局、中国机床工具行业运行及形势研判、中国机床工具行业未来发展思考”等几个方面的主要问题。北京两化国际信息技术研究院副院长、工信部人才交流中心领军企业研究院产业政策研究员王凯作“推动制造业高质量发展国家政策解读”报告；合肥工业大学工业与装备技术

研究院院长翟华教授作“高端成形装备碳达峰路径优化探讨”的报告。会议还邀请了行业专家与学者、行业企业及部分上下游企业代表作专题报告，进行经验交流和研讨。

小型机床分会九届二次理事扩大会议顺利召开

中国机床工具工业协会小型机床分会九届二次理事扩大会议于2021年10月22日在安徽池州召开，协会常设机构、分会12家理事及会员单位的主要负责人参加会议，分会理事长姜华主持会议。

分会秘书处就过去一年分会的工作情况向理事会作了汇报，会议审议并通过了“分会年度工作报告”、“分会年度财务收支报告”等。

与会分会理事及会员单位代表们围绕“做专、做精、数字化转型”的主题进行了探讨，交流了各企业在差异化发展、细分市场的特色产品、强化管理及数字化转型的经营思路和做法。

代表们结合今年上半年订单激增、三季度放缓等情况，预估全年的产值、利润等经营形势；针对遇到的原材料涨价、外部供应商交货期延期、拉闸限电对经营的影响、国内国际双循环以及国际疫情对进出口贸易的影响等较普遍的问题进行了交流；与会代表们认为，分会企业不但要抱团取暖、更要抱团发展，坚持高质量发展思路，坚持持续科研投入的创新发展，按差异化竞争和互补的发展思路，将自己的产品和企业做专、做精、做出特色。

毛子锋常务副理事长在会上交流分析了机床行业发展的趋势以及面临的新机遇和挑战，强调机床作为工业母机服务所有制造业的重要性；同时，行业立足新的发展阶段，要深入研究内外部环境和竞争要素变化等因素，营造良性的发展环境；最后，他针对目前行业存在的人才教育培训、创新体系、产业生态等突出问题交流想法，提出行业工作需做深入研究、守正创新、为政府和会员做好服务。穆东辉主任介绍了行业发展部与分会、会员紧密结合的相关工作，在企业高质量发展、政策研究和会员服务等方面作交流。展览部谢赟主任介绍了2022年上海展会（CCMT2022）的筹备和布展组织工作等。

分会理事长姜华对分会近期的发展提出建议，希望各会员单位做好下一步的技术和产品发展、人才队伍建设、能力建设以及数字化转型等规划工作；各会员单位持续推进“专精特新”的发展思路，做强企业；分会秘书处继续发挥纽带和桥梁作用；在协会常设机构的指导和大力支持下，分会各单位之间加强协同，共同发展。

最后与会代表们参观了池洲家用机床股份有限公司和安徽池州伟舜机电有限公司。

国家科学技术奖公布，协会多家会员企业获奖

11月3日，2020年度国家科学技术奖励大会在人民大会堂举行，大会共评选出264个项目、10名科技专家和1个国际组织。

国家科学技术奖是我国科学技术领域的最高奖，分为国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和中华人民共和国国际科学技术合作奖五个奖项。

据了解，宁波海天精工、北京机床所、武汉华中数控、广州数控、沈阳高精等多家中国机床工具工业协会会员企业参与的项目获得相关奖项。

获得“2020年度国家技术发明奖二等奖”一项，由浙江大学、清华大学、宁波海天精工股份有限公司等单位完成的“高性能龙门加工中心整机设计与制造工艺关键技术应用”项目。

获得“2020年度国家科学技术进步二等奖”两项，分别是：

（1）“面向复杂数控装备的监测评估关键技术及标准体系”项目，由北京航空航天大学牵头，沈阳高精数控智能技术股份有限公司、广州数控设备有限公司、武汉华中数控股份有限公司等单位共同完成。

（2）“五轴联动数控机床S形试件检测方法加工精度提升技术”项目，由成都飞机工业（集团）有限责任公司牵头，北京机床研究所有限公司、武汉华中数控股份有限公司等单位共同完成。



NC-Link与umati在EMO MILANO 2021展会进行联合展示

继2019年欧洲国际机床展（EMO）与2021年中国国际机床展（CIMT）之后，2021年10月4~9日，中国机床工具工业协会（CMTBA）与德国机床制造商协会（VDW）在EMO MILANO 2021（米兰）欧洲国际机床展览会上进行了第三次联合展示。由于受到疫情影响，NC-Link（数控装备工业互联互通协议标准）采用远程连接的方式参加了本次展会。

NC-Link是由中国机床工具工业协会牵头研发和制定的，已于2021年1月1日起实施，目前已经进入实际应用阶段。在展会现场的德国umati平台上，通过NC-Link联通了远在中国车间中的18台数控机床，展示了我国数控机床联网实践及设备互联的最新成果，实时演示了NC-Link和umati协议的交互通讯效果。

10月8日，在米兰展会现场举行了NC-Link与umati的交流宣讲会，会议由umati研究与技术总监Broos博士主持。中国机床工具工业协会以远程的方式参加了会议，会上介绍了NC-Link的研制目的、发展历程、应用推广以及本次展会NC-Link展团的参展情况，并进行了互动交流。通过本次会议，umati团队及现场观众深入了解了NC-Link研制与推广的最新进展情况。同时，Broos博士也表示期待在中国数控机床展览会（CCMT2022）上德国展团继续与中国机床工具工业协会合作，将umati与NC-Link再次进行联合展示。惠恩明博士代表中国机床工具工业协会介绍了相关内容，协会国际合作部、行业发展部相关人员参加了本次会议。

中德智能制造/工业4.0标准化工作组全会顺利召开

2021年11月2日，第十二次中德智能制造/工业4.0标准化工作组全会以线上线下相结合的方式召开。中德智能制造/工业4.0标准化合作机制于2015年5月建立，旨在贯彻落实《中德合作行动纲要》，促进中德智能制造/工业4.0标准化战略对接与合作。6年以来，中德双方共召开12次工作组会议，为两国企业智能化转型提供了标准支撑。

本次会议由国家智能制造标准化总体组（以下简称“总体组”）和德国国际合作机构（GIZ）共同主办。工业和信息化部装备工业一司智能制造处处长叶猛、德国联邦经济和能源部数字化与工业4.0处处长恩斯特·施特克

尔-普卡尔出席会议并致辞。来自工业和信息化部、德国联邦经济和能源部，以及中德双方相关标准化组织、协会、科研机构、企业的70余名代表参加了本次会议。中国机床工具工业协会作为总体组成员参加了会议。

会议分为两个阶段，分别由德国联邦经济与能源部恩斯特·施特克尔-普卡尔处长与工业和信息化部叶猛处长主持。

叶猛处长指出，中德双方自合作以来一直秉承相互尊重、求同存异的原则，在产业、科研、标准化等多维度开展合作，取得诸多成效。合作6年来，针对智能制造系统架构和工业4.0参考模型，形成了共同体系，在基础和新技术领域开展了密切合作，积极交换了标准化应用案例，发布了14项合作成果报告，并在国际标准制定中形成了中德一致立场，推动了3项国际标准的成功立项。今年中国发布了《国家标准化发展纲要》，为未来15年中国标准化发展设定了蓝图。工作组将更加注重标准化对筑牢产业发展基础、推动产业优化升级、引领新业态成果快速发展、增强产业链供应链稳定性方面的支撑作用，持续完善我国智能制造标准化的工作机制和工作体系。今后的工作重点是做好以下三点：一是务实推进标准体系规划落地，深入开展两国智能制造/工业4.0标准体系研究与互认；二是大力推动科技创新与标准深度融合，以标准加快新技术产业化步伐；三是深度参与国际标准化活动，继续加强中德双边合作伙伴关系，共同推进更多国际标准研制。

恩斯特·施特克尔-普卡尔处长表示，中德智能制造/工业4.0标准化工作组在推动智能制造标准化进程中扮演了非常重要的角色，为形成行业规范和标准全球统一做出了贡献。工业4.0是一个系统，希望能够突破各种界限，成为一个跨越国界的行动，通过技术和系统全面互操作性，未来在全球实现工业4.0和智能制造的愿景。恩斯特·施特克尔-普卡尔处长希望未来继续加强国际合作，推动形成国际统一的规范和标准。

作为总体组组长单位代表，中国电子技术标准化研究院（以下简称“电子标准院”）物联网研究中心副主任卓兰介绍了中国开展智能制造标准化工作的相关国家政策和主要工作情况。德国工业4.0标准化委员会主任延斯·盖寇介绍了德国发布《德国工业4.0标准化路线图》之后所取得的新进展情况。

会上，中德双方专家围绕两国智能制造标准化工作进行深入交流，介绍了数字孪生/管理壳、人工智能应用、工业网络通信与边缘计算、信息安全、功能安全、状态监测和预测性维护、应用案例等7个合作议题的最新进展。□

2021年三季度机床工具行业经济运行情况分析

中国机床工具工业协会

2021年以来，我国统筹推进疫情防控和经济社会发展，经济保持稳步恢复，发展质量进一步提高，前三季度国内生产总值同比增长9.8%，两年平均增长5.2%。货物进出口同比增长22.7%。规模以上工业企业增加值同比增长11.8%，两年平均增长6.4%；利润总额同比增长44.7%，两年平均增长18.8%。

在良好的宏观经济条件下，2021年前三季度机床工具行业延续2020年下半年以来恢复性增长态势，市场需求持续改善，进出口大幅度增长，机床工具行业运行继续保持向好趋势。

一、行业运行基本情况

根据中国机床工具工业协会重点联系企业统计数据，以及协会企业调研情况和部分分会提供的资料，对机床工具行业2021年1~9月运行情况概要分析如下。

2021年1~9月，重点联系企业统计数据反映行业整体运行仍保持平稳增长，效益持续改善。受上年同期基数效应影响，主要经济指标同比增速普遍较1~6月有所回落，呈现前高后低态势，但仍保持在较高水平。

1. 营业收入普遍大幅提升

2021年1~9月，重点联系企业营业收入同比增长34.3%，增幅较1~6月回落11.4个百分点。各分行业营业收入同比均有较大幅度增长。其中，金属切削机床同比增长39.2%，金属成形机床同比增长21.3%，工量具同比增长19.5%，磨料磨具同比增长36.7%，滚动功能部件的增幅最大，为83.8%。

三季度当季重点联系企业营业收入环比二季度减少

16.3%。这与三季度国内疫情和自然灾害多发、用电紧张，以及原材料涨价的滞后效应有关。

图1是2021年1~9月与2020年、2019年重点联系企业累计营业收入同比增速的对比。

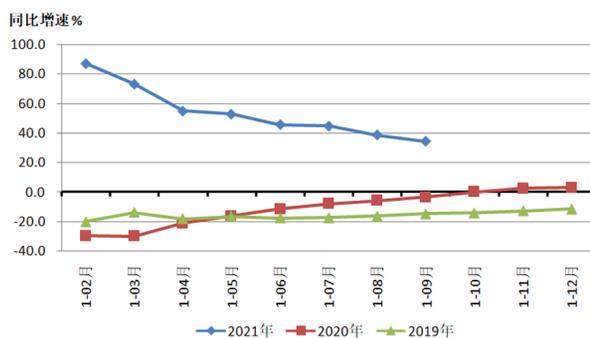


图1 重点联系企业营业收入同比增速情况

2. 各分行业全面实现盈利

2021年1~9月，重点联系企业实现利润总额同比显著增长，且所有分行业全部实现盈利。机床行业长期以来亏损或利润微薄的情况有所改善。

3. 亏损面普遍收窄，企业经营状况好转

截至2021年9月，重点联系企业中亏损企业占比为24.1%，较上年同月收窄8.5个百分点，与2019年同期比较，大幅收窄13.8个百分点。其中，金属切削机床收窄10.8个百分点，金属成形机床收窄4.7个百分点，工量具收窄11.5个百分点，磨料磨具收窄12.2个百分点。

4. 订单同比增幅较高

2021年1~9月，重点联系企业金属加工机床新增订单

同比增长32.2%；截至9月底，在手订单同比增长20.4%。其中，金属切削机床新增订单同比增长31.3%，在手订单同比增长10.6%；金属成形机床新增订单同比增长34.3%，在手订单同比增长48.4%。金属成形机床在手订单同比增长突出，为下阶段稳定运行打下了很好基础。

5. 机床产量明显增长，成品库存有降有升

据国统局公布数据，2021年1~9月，金属切削机床产量50.1万台，同比增长38.4%；金属成形机床产量15.7万台，同比增长6.8%。

图2、图3分别是2021年1~9月与2020年、2019年金属切削机床产量和金属成形机床产量同比增速的对比。

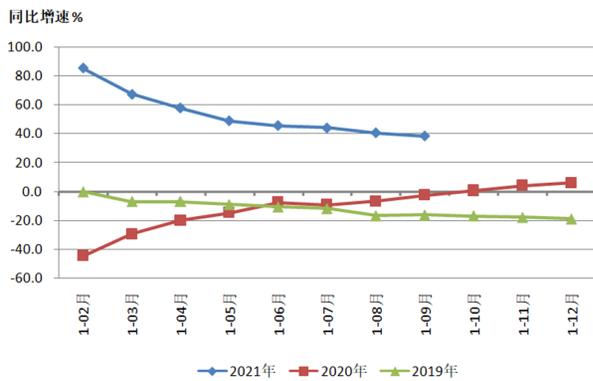


图2 金属切削机床产量同比增速情况

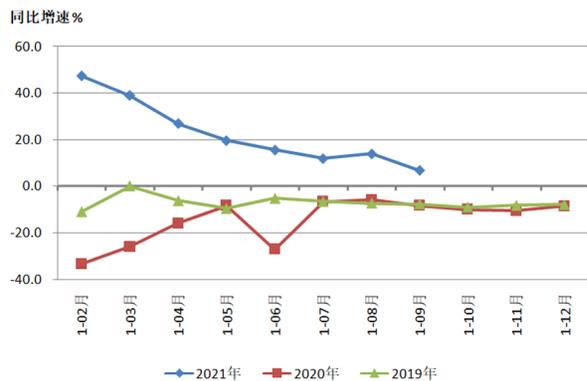


图3 金属成形机床产量同比增速情况

协会重点联系企业统计数据 displays, 2021年1~9月，金属切削机床产量同比增长29.1%，产值同比增长38.6%；金属成形机床产量同比增长20.9%，产值同比增长26.9%。以上各项产值增速明显高于对应产量增速，表明单台机床价值有所提高。

协会重点联系企业和国统局公布的三季度机床产量同比均为增长。其中金属切削机床产量增长更加明显。

2021年1~9月，重点联系企业存货同比增长10.6%。其中，原材料同比增长17.5%，产成品同比微增0.2%。金属加工机床产成品存货同比增长2.6%。其中，金属切削机

床同比增长3.3%，金属成形机床同比下降1.2%。

二、进出口情况

根据中国海关数据，2021年1~9月机床工具进出口总体延续上半年良好势头，继续快速增长。进出口总额242.6亿美元，同比增长32.8%，增幅比1~6月提高3.6个百分点。

2021年1~9月机床工具进出口保持了自2019年6月以来的顺差态势。机床工具商品进口105.2亿美元，出口137.4亿美元，顺差为32.2亿美元，顺差比1~6月扩大13.2亿美元。贸易顺差的有磨料磨具、木工机床、切削刀具、金属成形机床、铸造机等6个商品类别。

进口方面，2021年1~9月总体呈现明显增长的态势。进口额同比增长23.7%，增幅比1~6月提高4.7个百分点。其中，金属加工机床进口额56.6亿美元，同比增长27.5%，金属切削机床进口额47.3亿美元，同比增长29.1%；金属成形机床进口额9.3亿美元，同比增长20.3%。切削刀具进口额12.6亿美元，同比增长18.0%，磨料磨具进口额5.7亿美元，同比增长26.6%。

金属加工机床进口额排前五位的是：加工中心20.9亿美元，占比37.0%；特种加工机床9.5亿美元，占比16.8%；磨床6.6亿美元，占比11.7%；车床4.4亿美元，占比7.8%；锻造或冲压机床2.3亿美元，占比4.1%。

从进口来源来看，2021年1~9月进口来源前三位和1~6月完全相同，分别是：日本34.5亿美元，同比增长37.8%；德国22.2亿美元，同比增长11.0%；中国台湾14.3亿美元，同比增长36.1%。

各商品类别的累计进口情况见图4。



图4 机床工具产品累计进口情况 (亿美元)

出口方面，2021年1~9月继续保持大幅增长的趋势。出口额同比增长40.8%，增幅比1~6月提高2.3个百分点。其中，金属加工机床出口额37.9亿美元，同比增长35.3%；金属切削机床出口额26.2亿美元，同比增长34.1%；金属成形机床出口额11.7亿美元，同比增长37.9%。切削刀具出口额27.6亿美元，同比增长36.2%，磨料磨具出口额29.3亿美元，同比增长65.0%。

金属加工机床出口额排前五位的是：特种加工机床11.9亿美元，占比31.5%；车床3.7亿美元，占比9.7%；成形折弯机2.9亿美元，占比7.7%；其他成形机床2.6亿美元，占比6.8%；加工中心2.1亿美元，占比5.6%。

从出口去向来看，2021年1~9月份出口去向前三位和1~6月完全相同，分别是：美国17.5亿美元，同比增长27.4%；越南10.5亿美元，同比增长35.4%；印度8.8亿美元，同比增长67.8%。

各商品类别的累计出口情况见图5。

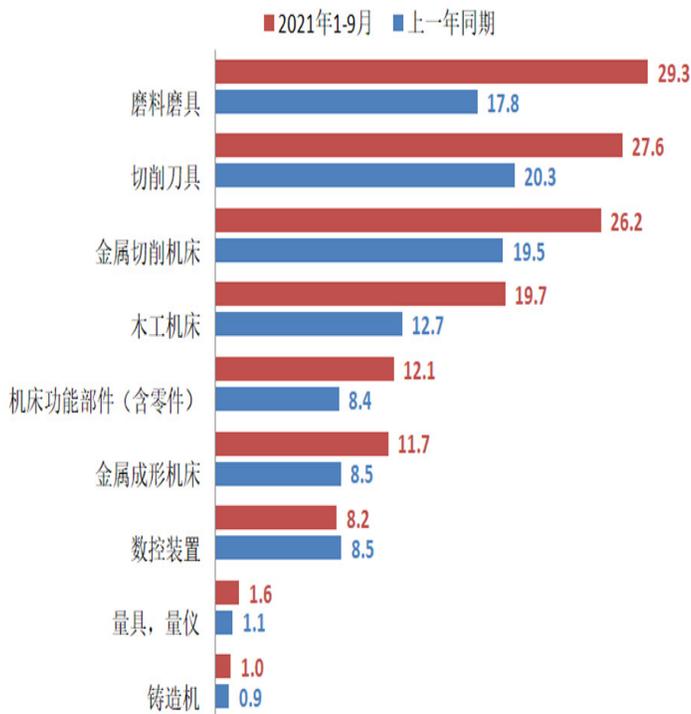


图5 机床工具产品累计出口情况 (亿美元)

三、行业运行特点

1. 整个行业运行情况继续保持稳定恢复和增长

从上述统计数据来看，机床工具行业整体和各分行业

2021年1~9月主要指标同比都实现了大幅度增长，企业亏损面明显收窄，盈利状况得到改善。机床工具行业整体上仍保持着相对稳定的恢复和增长态势。

2. 机床工具产品进出口呈持续增长态势

2021年1~9月机床工具产品进出口不仅同比保持大幅增长，增幅比1~6月还有所提高。金属加工机床进出口彻底扭转了前两年负增长趋势。另一方面，出口增速远高于进口增速，贸易顺差不断扩大。

3. 金属成形机床订单情况可喜

2021年1~9月，金属成形机床行业在订单同比增速上明显高于金属切削机床行业，预示该行业有望加快恢复和增长。

4. 行业运行不利因素有所增加

今年以来，疫情多次大范围反复，自然灾害频发，工业原材料价格上涨，生产要素约束趋紧，限电停工，国际物流受限，出口成本上涨等不利因素对机床工具行业的运行带来较大冲击，其中有些因素是三季度后新出现的。同时，在国内外疫情影响下，产业结构不合理，产业链、供应链某些薄弱环节制约凸显。

在国家宏观调控之下，近期拉闸限电和工业原材料大幅度涨价问题已有所缓解，但对机床工具行业运行及市场需求的后续影响仍不容忽视。

综合各方面情况看，前三季度机床工具行业市场需求比较旺盛，行业运行平稳恢复，稳中向好，增长趋势明显，为全年行业实现稳定增长打下了良好基础。但进入三季度以后，国内外风险挑战增多，全球疫情扩散蔓延，世界经济恢复势头有所放缓，国际大宗商品价格高位运行，国内部分地区受到疫情、汛情的多重冲击。中国制造业PMI已有7个月下降，在连续18个月位于临界点之上后，9月份制造业PMI为49.6%，10月份制造业PMI为49.2%，连续两个月位于收缩区间。今年前9个月固定资产投资增速为7.3%，其中第二产业固定资产投资为12.2%，设备工器具固定资产投资为-3.8%，汽车制造业固定资产投资为-6.5%，均为今年以来的较低水平。同时，近几个月来机床工具行业部分用户领域运行出现波动。以上因素也将对机床工具行业下一阶段的恢复和增长带来负面影响。

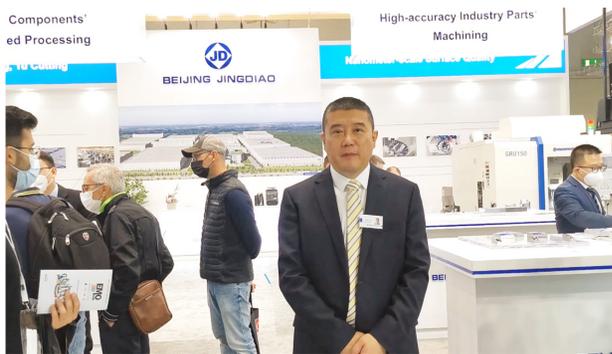
综合考虑各种因素和目前机床工具行业较好的订单情况，机床工具行业全年营业收入等主要指标的增长将明显高于年初不低于5%的预期。□

冲破疫情阻隔，北京精雕何以成功赴欧参展？

中国机床工具工业协会 张芳丽

在疫情形势依然严峻、各国管控措施非常严格的情况下，北京精雕科技集团有限公司克服重重困难，成功参展了于10月4~9日在意大利米兰举办的EMO MILANO 2021展会，达到了预期效果。展会期间，中国机床工具工业协会（以下简称机床协会）收到很多境外朋友发来的精雕参展照片，业界、特别是有拓展海外市场意愿的企业对北京精雕突破疫情赴欧参展给予了极大关注，大家想知道精雕此次赴欧参展的主要目的是什么，他们是怎样克服疫情造成的诸多困难成功赴欧的，他们展出了什么样的展品、又取得了哪些收获等。

带着大家共同关心的问题，11月19日，机床协会王黎明秘书长牵头组织了一次远程视频采访。而此时的北京精雕樊一鸣副总裁才刚刚回国后不久，并仍处于隔离期间。外展协会邱源斌会长、中国机床工具工业协会市场部李雷主任和李卫青项目经理，共同参与了本次采访。



参展中的樊一鸣副总裁

为什么赴欧参展本届EMO？克服了哪些困难？

关于参展目的，樊一鸣副总裁表示，北京精雕近几年技术发展进步较快，此次参展是想将近两年精雕的最新技

术和设备，展示给欧洲的客户和代理商，以进一步开发开拓欧洲市场，为北京精雕的生存发展开辟国际化空间，这是一次针对国际化战略进行的有益探索和尝试。据了解，北京精雕从2008起开拓海外市场，以东南亚、南亚一带作为突破口。参加EMO展会始于2009年，本次是第7次参加EMO展。受疫情影响，此次EMO机床展，规模较以往有所减小，来自欧洲以外的观众数量也较往届明显减少。

对于此次赴欧参展面临的困难，樊总表示，首先是准备时间较长，很多事情迟迟得不到确认，心里没底。其次，在资料准备方便，要预先查阅很多相关文件资料，提前备齐各种需要的表格。特别是在防疫方面，必须进行符合欧洲要求的各种检测。这次EMO展，主办方对于疫情防控的要求也比较严格，比如每个进场的人员需要出示“绿码”，而我们来自中国的人员需每48小时做一次核酸检测，结果阴性才能得到这个“绿码”。樊总建议有机会出展的人员，一定要做好个人防护，在外最好是租车，佩戴口罩，尽量少去人员聚集的地方。回国时，还需准备好转机需要的各种资料。

展出了哪些适合欧洲的产品？

北京精雕此次参展的主题为“精雕五轴高速加工中心在精密加工领域的应用”，参展面积超过200㎡。展出了两台复合型精雕五轴高速加工中心JDGRT150、JDGRT300，展示了在五轴精密加工领域的多项应用实例，呈现了精雕较为成熟的“精密加工数字化应用体系”。

其中，复合型五轴高速加工中心JDGRT300，搭载JDFMS60柔性制造系统，演示了一款减速器零件的五轴双面铣磨复合加工。加工的样件所有圆孔的尺寸精度 $<5\mu\text{m}$ ，圆柱度 $<3\mu\text{m}$ ；同一面圆孔孔心X、Y位置精度

在 $\pm 3\mu\text{m}$ 以内；两面圆孔的同轴度保证在 $10\mu\text{m}$ 以内。



另一台复合型五轴高速加工中心JDGRT150，搭载JDFMS25柔性制造系统，现场演示了多款电子治具的精密加工及自动上下料过程。样件采用五轴分度加工方式，一次装夹完成多面加工，产品精度和表面质量符合要求。通过配合自动化单元，该机可实现小批量多品种产品的连续加工，提高生产节拍和机床利用率。



在机床设备展示之外，精雕结合自身特有的软件优势，推出了适合欧洲工业4.0标准的自动化、智能化解决方案，受到当地用户欢迎。此外，精雕展出的多款网红精密配合测试件，以其高精度和精美外观，吸引了众多欧洲观众驻足，受到了客户和代理商的诸多赞誉和认同，为精雕进一步开拓欧洲市场奠定了基础。



欧洲用户对机床有什么样的要求？对精雕产品如何评价？

精雕本次参展的展品突出了三个方面的主要特点，即

满足：高表面质量加工（即镜面加工）、五轴铣磨复合加工（主要面向高精度模具加工领域）及高精密的零件加工（主要面向医疗外形复杂、多工位加工的需求），吸引了来自半导体、光学、新能源汽车、高精密零部件加工、医疗器械等领域的用户。

“很多欧洲的制造加工企业，特别是进行汽车零部件、航空航天部件等加工的，对机床的高效加工能力要求较高，所需要的机床尺寸和工作台面也都较大。”樊总表示。同时，欧洲机床在自动上下料系统方面本身就相对完善，用户也都习惯了设备必须具有自动上下料系统，即使是中小型加工企业，也同样有这样的要求。大多欧洲用户所使用的机床，要求适于开夜班。即使白班加工，操作人员也不会一直盯着机床去换料。他们往往是早上上班后把一天要加工的工件一次性装进去，然后就去干别的了，因此自动上下料系统必不可少。精雕本次参展的五轴加工中心，就全部配置了柔性制造单元，这些自动化设备本身也是精雕近年来重点突破的领域。“我们的五轴铣磨复合加工中心，以及智能化的柔性制造系统、车间管理系统等，符合欧洲工业4.0标准的要求，我们认为在欧洲市场将会有较大潜力。”樊一鸣表示。

对于欧洲用户对精雕产品的评价，樊总介绍了一个用户案例。

精雕在瑞士有一个专门加工蓝宝石玻璃部件的客户，其生产的产品精度都在微米级水平，主要给瑞士顶尖手表制造商供货。他对精雕五轴高速机的评价是：智能化、容易上手。精雕的“在机测量和智能修正技术”，让蓝宝石玻璃这种超硬材料的高精密磨削过程稳定可控；精雕精密加工数字化应用体系，通过对影响加工的“关键要素的微小变化”进行精准判断和实时补偿，实现了连续稳定生产。精雕机床使用该用户的订单量得以增加，于是他们在展会期间又订购了一套精雕五轴高速机自动化生产单元。

服务欧洲用户方面有哪些体会？

采访中，记者问到，作为一家中国企业，在拓展欧洲市场和服务当地用户方面，有哪些体会和经验可供业界参考？对此，樊一鸣表示，北京精雕在欧洲市场的业务，还处于开发拓展的起步阶段；对于服务欧洲用户，也处在一个需不断完善的探索阶段。欧洲用户，特别是德国、意大利等制造业较发达国家的用户，对于服务的能力和水平要求较高，这就要求我们来自中国的机床企业，必须不断提升自身的服务质量和水平，来满足客户的要求。同时，要想在欧洲打开市场，还要注重坚持自己的特点，寻找到适合自身产品的应用领域。欧洲本身有几大主流机床供应

商，有很多先进设备，但有些领域，对我们的产品有需求，同时可能又不太被几大主要供应商所关注，亦或他们在服务这些领域方面并不占优势，我们就可以努力在这些领域进行拓展，应该更有机会。

大家知道，北京精雕始终坚持以客户需求为导向的服务宗旨和理念，为客户提供软硬件齐备的数字化、智能化数控工程服务和解决方案，这也正是欧洲客户所需要的。得益于他们在机床、数控系统、CAM软件、柔性单元和智能工厂等方面软硬件的无缝集成，精雕团队在服务欧洲客户方面，也显得更有自信和底气。

拓展欧洲市场，面临哪些挑战？

在拓展欧洲市场方面，精雕也面临着巨大挑战，首先就是人力资源的不足。樊总表示，能够为客户提供数控工程服务的人员，必须具备软硬件综合技能。欧洲机床用户对服务质量要求很高，因为他们所使用的数控设备总体水平就比较高，他们遇到的难题本身，也同样是我们的难题，这就需要我们与用户对接的人员必须具备较高的水平。这些人员不光语言要过关，在机、电、软件等方面都得能拿得下来，否则无法顺利解决客户的问题。在人员方面，精雕已经在做准备了，有意识地在公司内部培养满足需要的工程师。同时，也在国外与工科大学合作，招聘和培养国际型技术人才，储备技术服务人员队伍。但从目前情况看，还需要一个过程。

关于是完全用自己的力量还是借助当地代理商服务用户，樊总表示，在欧洲市场拓展，肯定需要一家有实力的代理商。如果能把代理商的人员培养出来，由他们去直接服务用户是很理想的。但就目前来看，要想找到一家各方面都比较符合要求的代理商，难度也是很大的。首先，对方得对我们的产品有比较充分的了解，对我们产品的未来市场有信心，才会合作。我们目前了解到的，代理商还只能做比较简单的工作，很多难题还得需要我们公司自己的工程师去解决。受疫情影响，这个难题一时半会还解决不了，只能期待尽量申请到常驻海外的工作签证，我们派人出去服务。

对未来欧洲市场怎么看？

樊一鸣认为，由于疫情的影响，造成在一线进行机床操作、生产检验等工作的人员，无法保证按时全勤在岗，将迫使更多的欧洲制造业企业加快工业4.0的步伐，更多采用数字化、智能化的设备和技术，来从事生产和管理生产，以确保其按时保质保量完成订单。“因此我们也

看到，在此次展会上，无论是机床主机厂商，还是数控系统、测量系统、刀具刀柄等的厂商，都纷纷推出针对数字化、智能化的软硬件新产品，以适应市场的新变化。”樊一鸣说。

社交媒体平台的宣传效果如何？

对于借助社交媒体平台宣传推广情况，樊总表示，从2019起，精雕开始重视在社交媒体平台进行宣传推广工作。他们在Facebook（脸书，于10.28日更名为Meta，元宇宙）、Twitter（推特）、YouTube（油管）、抖音等多个国内外主流社交平台都开通了公司的账号，发布自己策划制作的短视频。也通过相关社交媒体的视频采访等节目，对精雕企业和产品进行视频宣传。这些短视频将比较枯燥的技术以直观生动的形式展示出来，所达到的宣传效果还是令人满意的。

比如，精雕曾在YouTube上发布一个合模的样件，浏览量达4万多，还收到很多针对该样品的咨询邮件。他们配合CMT2021展会在抖音进行的直播，每次也吸引到3、4万业内人士在线观看。“我认为，在这些社交媒体做推广，是我们很多中国企业一直不太重视的问题，可以引起关注。关于通过社交平台进行推广的内容和形式，建议要更能贴近当地受众的观看和阅读习惯，效果会更好。”樊总最后表示。



疫情仍未终止，但经济必将走向恢复。特分享此篇对北京精雕成功赴欧参展的采访实录，供有意开拓海外市场的企业参考。□

2021年中国机械工业科学技术奖机床工具专业项目获奖情况分析

中国机床工具工业协会 符祚钢

一、获奖项目

日前，2021年度中国机械工业科学技术奖评奖公示期结束，业界人士注意到，公示的366项建议鼓励的项目中，有14项由机床工具专业评审组评审推荐的项目获奖，其中一等奖3项、二等奖4项、三等奖7项。这些项目均经中国机械工业科学技术奖评审委员会审核批准，申报单位确认。

序号	获奖项目名称	项目完成单位	奖项	等级
1	多维超声精密加工系统设计理论与方法	1河南理工大学, 2中南大学, 3北京工研精机股份有限公司, 4北京卫星制造厂有限公司	技术发明奖	一等奖
2	数控机床及其关键功能部件可靠性技术与试验装备	1吉林大学, 2沈阳机床股份有限公司, 3沈阳机床(集团)有限责任公司, 4烟台环球机床装备股份有限公司, 5长春禹衡光学有限公司	科技进步奖	一等奖
3	航天复杂构件五轴高质高效精密加工成套工艺与制造系统及应用	1北京动力机械研究所, 2科德数控股份有限公司, 3清华大学, 4苏州千机智能技术有限公司, 5武汉华中数控股份有限公司, 6北京市电加工研究所, 7北京理工大学	科技进步奖	一等奖
4	超精密天然金刚石工具制造工艺与装备技术	1哈尔滨工业大学, 2中国航空工业集团公司北京航空精密机械研究所, 3中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 4上海舒伯哈特工具有限公司	技术发明奖	二等奖
5	大幅面激光振镜协同控制关键技术及应用	1清华大学, 2北京航空航天大学, 3山东大学, 4安徽合力股份有限公司	技术发明奖	二等奖
6	飞机复杂结构件数控加工单元技术、装备及应用	1沈阳机床(集团)有限责任公司, 2沈阳飞机工业(集团)有限公司, 3沈阳机床股份有限公司, 4中捷机床有限公司, 5沈阳中捷航空航天机床有限公司	科技进步奖	二等奖
7	高柔性高性能板料折边单元	1江苏亚威机床股份有限公司, 2东南大学, 3扬州大学	科技进步奖	二等奖
8	300 MN超塑性等温锻造智能成型工艺技术与成套装备	1天津市天锻压力机有限公司, 2天津职业技术师范大学, 3天津中德应用技术大学	科技进步奖	三等奖
9	多总线可配置高档数控系统研制及产业化	1广州数控设备有限公司	科技进步奖	三等奖
10	高性能数控机床切削工具质量检测平台的应用基础研究	1江苏大学, 2成都工具研究所有限公司	科技进步奖	三等奖
11	R9230F24型智能化注塑机	1山东杰创机械有限公司, 2山东省机械设计研究院	科技进步奖	三等奖
12	CK93200×50/20L-NC数控气缸套镗床	1齐重数控装备股份有限公司	科技进步奖	三等奖
13	69000kN伺服高速冲压线关键技术及产业化	1济南二机床集团有限公司	科技进步奖	三等奖
14	磨削大浇注口专用涂附磨具	1苏州远东砂轮有限公司	科技进步奖	三等奖

2021年中国机械工业科学技术奖(机床工具专业)获奖项目情况

二、获奖情况分析

本年度参评项目获奖比例偏低，获奖项目数量不多，但项目质量较高，一些优秀项目因为受限于一等奖比例限制而只能按照排序规则授予二等奖。

今年获奖结果呈现以下几个主要特点：

(1) 本年度获奖项目比例较低

获奖比例限制或将成为今后中国机械工业科学技术奖评选的常态。其原因，一是由于中国机械工业科学技术奖奖励工作办公室执行国家相关政策，对获奖项目质量提出了更高的要求，因此对于获奖项目比例越来越严格，并有进一步压缩获奖比例的趋势。二是从2020年开始执行新的规定，要求项目授奖等级需要得到项目完成人的认可。有的项目对于获奖等级期望较高，从而影响实际获奖比例。

(2) 获奖项目覆盖的行业和学科广泛

金切机床、成形机床、工具类(刀具、磨料磨具)、数控系统及控制、铸造机械项目均有获奖。

(3) 产学研用相结合的项目获奖比例高

而且高校、科研院所联合企业申报的项目，获得高等级奖项的比例较高。本年度获得一等奖的3个项目

中，有2个项目来自校企联合申报。

(4) 2021年申报中国机械工业科学技术奖(机床工具组)的项目质量较高，竞争激烈

因评奖规则规定，必须严格遵守按申报项目数量的比例授奖，受此限制，很多优秀项目落选，令人惋惜。建议行业企业以及高校、科研院所积极申报，增加参评项目的数量。

此外，从今年项目申报情况看，企业成为主要力量，体现了企业逐步成为技术创新的主体。在参评的项目中，企业申报以及企业联合高校和科研院所申报项目占比82.4%。在行业和专业属性方面，2021年度参与评审项目中，金切机床类项目占比47.1%，金属成形类、工具类(刀具、磨料磨具)、铸造类、数控系统和自动控制类、竹木加工机床类项目共占52.9%。

三、部分获奖项目简介

1. 多维超声精密加工系统设计理论与方法

荣获技术发明一等奖，由河南理工大学、中南大学、北京工研精机股份有限公司、北京卫星制造厂有限公司共同完成。该项目面向国家高端装备零件对高性能制造的迫切需求，针对超精密高效加工、高性能齿轮表面高效率强化、高性能增材制造等面临的挑战和难题，开展了超声加工系统精准设计理论与调控方法研究，突破了多项重大关键技术，研发了关键功能部件及装备，打破了国外对超声加工技术的垄断，形成了完全自主知识产权的技术成果，实现了航空航天、国防、精密光学、3C等领域关键零部件的高效精密制造，推动了我国特种加工技术与装备领域的技术进步。

主要技术发明点包括：

(1) 多界面复相材料声学系统设计理论与方法

创建了均质单相和多界面复相材料声学系统精准统一设计理论，填补了纤维/颗粒增强复合材料、硬质合金等多界面复相介声声学系统设计理论的空白，研发了该类材料组成的耐高温超声刀柄、微孔螺纹超声加工、超声ELID复合加工等系统，为难加工材料关键零部件的精密高效超声加工及微铸锻增减材复合制造提供了装备支撑。

(2) 多维复杂声学系统局部共振设计理论与方法

提出了多维超声振动系统的局部共振设计理论与准则，突破了系统末端件必须严格按半波长整数倍设计的局限，发明了齿轮齿廓高效超声加工与强化方法、大直径轴承精密高效超声磨削系统、大直径精密缸体超声珩磨系统等，解决了多维复杂声学系统工程应用的精准快捷设计等难题，为航天轴承、高铁齿轮、船舶大型油缸等高性能制造提供技术支撑。

(3) 非对称结构复杂声学系统统一设计理论与方法

提出了结构对称与非对称复杂声学系统的统一设计方法，发明了超声纵扭、径扭、纵径、双弯曲等多维振动加工新技术，实现了同源同频单/双激励超声空间椭圆振动超精密加工，研发了多维振动超声刀柄和异型刀具，为3C产品和光学器件的高效精密低损伤制造提供了技术手段和装备基础。

(4) 多维复杂声学系统设计共性技术

发明了工具工作面振动定向控制技术，提出了多维超声振动系统稳定性判断准则与调控技术，实现了超声加工系统工具工作面振幅的均匀稳定控制，保证了高性能零件加工表面一致性；研发了一体化刀柄及高效无线传输系统，突破了超声装备工程化应用的局限，解决了高速加工、空间受限以及自动换刀等工程应用难题；实现了超声装备与超声刀柄的系列化与标准化，为在航空航天、精密工程、3C等领域的大规模推广应用奠定了基础。

2017年，汇专科技集团股份有限公司与河南理工大学展开产学研合作，应用该项目成果研发了系列超声高速精密雕铣中心，HSK32E、ISO20、ISO25、BT30、BT40等多系列超声刀柄，全系列超声口罩机焊接系统，大功率超声电源及换能器系统等。部分产品成功应用于蓝思科技、伯恩光学、比亚迪集团等3C零件的精密加工，市场份额80%以上，并出口到美国、日本、德国、印度、英国等全世界多个国家。

2. 数控机床及其关键功能部件可靠性技术与试验装备

荣获科技进步一等奖，由吉林大学、沈阳机床股份有限公司、沈阳机床(集团)有限责任公司、烟台环球机床装备股份有限公司、长春禹衡光学有限公司共同完成。该项目依托国家科技重大专项、国家自然科学基金、国家“863”计划课题，针对数控机床的可靠性理论与技术开展研究，历经20余年的产学研合作与持续积累，凝练出数控机床全生命周期可靠性技术路线，研发了数控机床及其关键功能部件的可靠性关键技术、研制了可靠性试验装备并工程化应用。

主要技术成果有：

(1) 创新提出并研发了数控机床可靠性广义设计技术

提出了针对数控机床技术特点的可靠性广义设计技术理念，开发了基于模糊综合和区间层次分析的可靠性分配设计技术、采用区间层次分析和相似比较法的可靠性预计设计技术、基于故障分析的可靠性增长设计技术和基于设计缺陷故障机理溯源与设计经验积累的可靠性设计准则。

(2) 创新提出并开发了数控机床可靠性综合试验技术

包括基于Bootstrap重抽样和当量样本法的可靠性现场试验技术、靶向强化与主动激发故障隐患的早期故障试验技术、源于现场工艺数据和切削试验的数控机床多维载荷

谱系编制技术、基于载荷谱步进应力的可靠性台架加速试验技术。四项技术构建了数控机床可靠性综合试验技术体系，为规范、高效地获取可靠性数据提供了技术支撑。

(3) 发明了利用电液伺服和发电测功技术进行静动态切削力与切削扭矩模拟等系列的应力模拟新方法

研制了一批国内首创的能够模拟复杂实际工况的关键功能部件可靠性测试与加速试验系统。实现了国内对故障率最高的机械与电主轴、数控与动力伺服刀架、盘式与链式刀库、编码器与光栅尺等四大类关键功能部件在模拟复杂实际工况条件下进行可靠性加速试验的能力从“0到1”的突破。

(4) 创建了包括样本观测值、点估计与区间估计等三类评估参数和覆盖大样本、小样本与单机样本等三类样本容量的数控机床可靠性建模与评估技术体系。

(5) 创建了具有可靠性建模、评估与故障分析功能的数控机床可靠性数据库，积累了10多年来96万台时现场试验与台架加速试验的4806条故障与维修数据。

3. 航天复杂构件五轴高质高效精密加工成套工艺与制造系统及应用

荣获科技进步一等奖，由北京动力机械研究所、科德数控股份有限公司、清华大学、苏州千机智能技术有限公司、武汉华中数控股份有限公司、北京市电加工研究所、北京理工大学共同完成。该项目依托国家科技重大专项、国家自然科学基金课题，开展了航天复杂构件五轴高质高效精密加工成套工艺与制造系统的研究及应用。

创新成果有：

(1) 创建了五轴高效数控编程与变余量补偿技术方法

建立曲面光顺优化方法与变轴摆线铣、粗精组合铣编程策略；提出变余量补偿加工的在机测量路径自动规划、型面测量点云自动配准、模型重构与理论刀轨修正方法；开发出国产五轴CAM系统，显著减少试切迭代次数，实现在机测量加工一体化，编程与加工效率提升20%。

(2) 提出了复杂构件加工精度综合保障与主动控制方法突破了机床零位快速标定与漂移修正、机床动态误差分析与补偿、温度形变自动补偿等综合保障技术；发明了薄壁结构颤振在线抑制、偏心正交车铣变形补偿、接刀痕迹消除等加工精度主动控制方法，显著提升弱刚性构件的加工精度，复杂曲面轮廓精度达到0.06mm。

(3) 发明了多信息传感与融合的复杂构件智能加工技术提出了主轴与伺服参数自适应控制算法、双NURBS曲线平滑插补与速度优化控制方法、工序参数智能决策算法，构建了多源信息动态感知与实时处理的智能全闭环加工系统，解决了“连续-离散-连续”生产过程导致的效率和精度损失问题，综合生产效率提升30%。

(4) 攻克了高效精密加工系统集成与故障诊断技术突破了多品种、变批量柔性生产线规划设计方法，解决了工件配送协同、离线装配找正、换装在线检测难题，实现混流、柔性、拉式生产，OEE指标提升至65%；提出了数控机床多类型故障诊断模型和可靠性迭代提升方法，MTBF提升至2200小时。

项目建成国内首条全国产航天复杂构件数字化柔性生产线，完成9类、10万余件序批量生产，打破了国外高端制造工艺与装备的技术封锁，实现了航天动力复杂构件关键制造技术自主可控。□

资讯

11月中国制造业采购经理指数PMI为50.1%

11月份，中国制造业采购经理指数（PMI）为50.1%，比上月上升0.9个百分点，位于临界点以上，制造业重回扩张区间。

从企业规模看，大型企业PMI为50.2%，比上月略降0.1个百分点，继续高于临界点；中型企业PMI为51.2%，比上月上升2.6个百分点，高于临界点；小型企业PMI为48.5%，比上月上升1.0个百分点，低于临界点。

从分类指数看，在构成制造业PMI的5个分类指数中，生产指数高于临界点，新订单指数、原材料库存指数、从业人员指数和供应商配送时间指数均低于临界点。

生产指数为52.0%，比上月上升3.6个百分点，表明制造业生产活动加快。

新订单指数为49.4%，比上月上升0.6个百分点，表明制造业市场需求有所改善。

原材料库存指数为47.7%，比上月上升0.7个百分点，表明制造业主要原材料库存量降幅收窄。

从业人员指数为48.9%，比上月上升0.1个百分点，表明制造业企业用工景气度略有改善。

供应商配送时间指数为48.2%，比上月上升1.5个百分点，但仍低于临界点，表明制造业原材料供应商交货时间有所延长。

机床行业有望获得资本市场更多助力

中国机床工具工业协会 兰海侠



年初至今，中国机床工具工业协会已经有三家会员企业成功上市。2021年5月12日，三河同飞制冷股份有限公司在深交所创业板上市；7月9日，科德数控股份有限公司在上交所科创板上市；9月17日，纽威数控装备（苏州）股份有限公司在上交所科创板上市。

机床工具行业是整个国家制造业的基础和支撑，也是国防安全自主可控的基本保障，具有极其重要和关键的战略性基础地位。但是因为其行业整体产值在国民经济中所占比重微小，其在资本市场的表现一直乏善可陈。2021年数月之内，行业有三家企业成功上市，有业内人士表示，这种频率相较以往有所突破。

特别值得一提的是，8月国资委党委召开扩大会议，强调针对工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等加强关键核心技术攻关。工业母机被放在首要位置，新闻一出，媒体热议，资本市场反应迅速，带动工业母机相关概念走强。

种种迹象表明，机床工具行业与资本市场的紧密度或有望不断加强，某种程度上也是从中央到地方政府发展实体经济，支持制造业的各种政策措施逐渐落地后，在资本市场引发具体效应的显现。

政策扶持，资本市场效应初显

上述三家企业成功上市都得到了地方政府的鼎力扶持。

同飞股份是以数控装备、电力电子装置制冷为核心应用领域的工业制冷解决方案服务商，同飞股份此次上市成为近14年以来廊坊市境内首家深交所上市企业，也是廊坊市历史上首家深交所创业板上市企业。公司相关负责人表示，同飞股份能够成功上市除了企业自身实力达标，也得益于公司制造业属性。近年来，三河市积极引导域内企业抢抓创业板注册制改革等重大政策机遇，借力资本市场增强企业竞争力，同飞股份成功上市充分反映出地方政府对制造业企业的扶持力度。

科德数控是把高端五轴数控机床作为主营业务的科创板上市企业，其在五轴联动数控机床、高档数控系统及关键功能部件核心技术方面处于国内前列。科德数控成为大连市第二家科创板上市企业，也是大连市引导支持科技型制造业企业利用资本市场拓宽融资渠道，增强企业活力的一个成果体现。

纽威数控是当地中高档数控机床领域的龙头企业之一，在龙门加工中心、立式加工中心、立式数控机床、卧式加工中心、卧式数控机床等领域已经形成了种类齐全的

产品线，具有技术优势。在纽威数控上市仪式上，苏州高新区领导表示，近年来，苏州高新区坚持金融服务实体经济的导向，将企业上市作为推动经济高质量发展的重要引擎。纽威数控成为苏州高新区第22家上市企业，也是高新区第5家科创板上市企业。

近年来，从中央到地方政府对制造业，具体到机床行业的扶持政策可谓全方位、多层次密集出台，诸如“十四五”规划加快高档数控机床产业创新发展；扶持“专精特新”企业发展，集中在新一代信息技术、高端装备制造等产业；国资委党委扩大会议强调针对工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等加强关键核心技术攻关等等。伴随系列政策的催化，机床行业在资本市场的关注度有所上升，或将为行业发展吸引到更多资本助力。

专精特新或成为资本市场新风口

上述三家上市公司分别是在上交所科创板和深交所创业板上市，在企业定位上都具有专精特新“小巨人”企业的属性。近几年，各层面对专精特新企业的支持政策不断加码。工信部自2019年起连续三年累计公布了三批共计4762家专精特新“小巨人”企业，其中近300家是A股上市公司。今年上市的行业企业科德数控、同飞股份分别入选2020年、2021年工信部第二批、第三批小巨人企业榜单。

回顾2020年，在上交所科创板上市的行业企业南通国盛智能科技集团旗下国盛智科股份和浙江海德曼智能装备股份有限公司，以及2019年首批25家科创板上市公司中行业企业北京沃尔德金刚石工具股份有限公司，都同样具有专精特新“小巨人”企业属性。其中浙江海德曼入选工信部2020年第二批专精特新“小巨人”企业榜单。

A股专精特新上市企业有以下几个特点：市值规模不大，高盈利能力、高研发投入、高市盈率。高盈利能力是上市企业高技术能力的一种体现，高研发投入意味着成长后劲较足，高市盈率可以反映出市场资金在积极介入。这些特点也充分体现在机床行业专精特新上市企业中，比如，据科德数控招股说明书数据，2018年至2020年，公司累计研发投入2.11亿元，远高于行业平均水平。

根据新财富杂志整理的相关统计数据，A股专精特新上市公司主要集中在制造业，其中传统制造业中的机械设备行业企业最多，达70余家。尽管数量最多，但相较其他行业，上市企业总体市值偏小，大部分企业市值在50亿元以下。在专精特新机械行业上市企业中，专用机械、仪器仪表、通用机械三个细分行业企业最多，合计占专精特新机械设备行业上市企业总量的60%以上。

显然，机床行业专精特新企业上市数量在机械行业整

体比例并不占优，在产值规模上也不具备竞争力，但未来或值得期待。中国制造业门类齐全，但在许多关键领域仍存在卡脖子现象，国家批量培育专精特新企业的目的，就是要冲破技术壁垒，以强化制造业各产业链上下游的协同效应。作为工作母机细分行业中创新能力强、具有核心竞争力的公司，或将迎来更好的发展机遇和投资风口。

向高质量发展转型，期待更多资本助力

进入10月下旬，上市公司三季报陆续发布，部分机床行业上市企业三季报表现堪称亮眼。

10月19日，海天精工发布三季报，公司前三季度实现营收20.09亿元，同比增长81.53%；归属上市公司股东净利润2.63亿元，同比增长193.44%。第三季度实现营业收入和净利润分别为7.40亿元和1.04亿元，同比增长71.81%和188.87%，均创历史新高。

10月25日，大族激光发布三季报，公司前三季度实现营收119.3亿元，同比增长34.67%；归属上市公司股东净利润15.0亿元，同比增长47.06%。第三季度营收44.44亿元，同比增长20.15%；净利润6.12亿元，同比增长54.23%。这是大族激光创建以来首次三季度破百亿，且直接达到去年全年水平。

10月28日，昊志机电发布三季报，公司前三季度实现营收9.43亿元，同比增长41.54%；归属上市公司股东净利润1.68亿元，同比增长86.57%。其中，第三季度实现营收3.24亿元，同比增长56.32%；净利润6368.76万元，同比增长157.87%。前三季业绩增长主要源自市场需求旺盛及公司在部分大型客户的开拓方面取得显著进展。

上市公司优良的业绩正是机床行业向高质量发展转型升级的一个成效体现，或将进一步吸引资本的关注，而资本的流入必将为机床企业乃至行业发展注入更多活力，形成良性互动。

目前我国机床进口额占比仍远高于进口量占比，表明我国在中高端机床领域的国产替代仍有较大的发展空间。新兴产业的蓬勃发展对装备技术升级的需求日益加大，对工业母机服务的个性化以及加工精度、效率、稳定性等有了更高的要求；机床上游核心功能部件在高端领域的发展还有所欠缺，需要培植一批有能力的国产功能部件研发和制造企业；仍存在的共性技术薄弱、产业基础技术不够系统完善等问题，都期待能够得到资本的更多助力。但制造业特别是机床行业是一个投资回收期较长的行业，更需要资本较长时期的蛰伏。期待在政策扶持下，更多致力于实体经济的资本进入机床行业，助力机床行业迎来一个新的加速发展期。□

新能源汽车驱动电机的智能制造

重汽（济南）车桥有限公司 刘胜勇

【摘要】介绍了新能源汽车常用驱动电机类型及性能，从定子总成、转子总成、定转子合装测试三个方面讲述通常工艺路线，给出驱动电机降本发展对策。

当下，国内新能源汽车销售势头火爆，2021上半年的累计销量追平2020全年总销量，达到100.7万辆。作为新能源汽车三大核心部件之一的驱动电机，必须持续提高动力输出，不断降低生产成本，方能有效满足购车者对所选爱车低价高配的需求。也只有这样，新能源汽车销量才会持续突飞猛增。

1. 驱动电机类型及性能

驱动电机是新能源汽车的动力源，类似常规燃油汽车的发动机。它主要由转子总成、定子总成、电机壳、前/后端盖、变速箱、旋变组件及冷却水道等元器件组成，如图1所示。

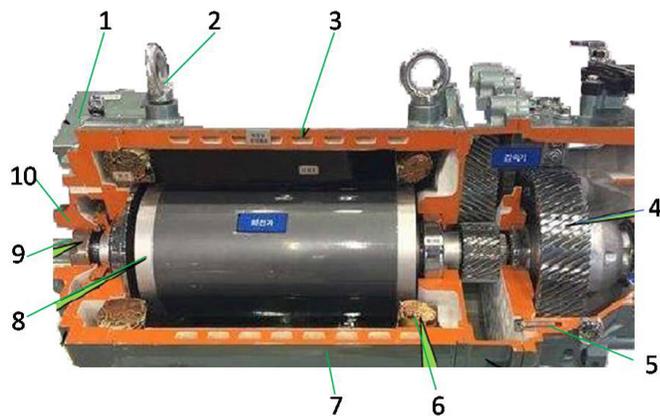


图1 新能源汽车电机的结构示意图

- 1.动力接头 2.吊环螺钉 3.冷却水道 4.变速箱 5.前端盖 6.定子总成 7.电机壳 8.转子总成
9.旋变组件 10.后端盖

新能源汽车推向市场以来，用过的驱动电机形式有直流电机、异步电机、永磁同步电机和开关磁阻电机等。这些电机受其转速范围、功率密度、可靠性、制造成本等因素的影响，有的成为汽车新能源主流首选部件，有的被列为新生代储备件，有的则被淘汰。新能源汽车的电机形式及性能比较，见附表。

新能源汽车的电机形式及性能比较

电机形式	转速范围 (r/min)	功率密度	可靠性	尺寸	结构坚固性	控制器成本	应用阶段	性能比较		供应商/应用商
								优点	缺点	
直流电机	4000 ~ 6000	低	一般	大	差	低	汽车早期	技术成熟，控制简单，调速优良	瞬时过载能力和转速受限，电刷火花加热 转子有高频电磁干扰	比亚迪将其列为性能亟待提高的技术储备产品
异步电机	12000 ~ 20000	中	高	中大	好	高	特斯拉汽车部分用	成本低，工艺简单，运行可靠，维修方便，耐受大幅度温度变化	效率较低，调速差，功率密度与转矩密度 < 永磁同步电机	SIVETEC感应电机功率密度达95% 大陆集团IM感应电机 (80 ~ 130kW)
永磁同步电机	> 15000	高	高	小	好	高	份额接近97%	功率密度与转矩密度较高，同重量、体积小可提供最大动力输出与加速度	高温、振动及过流条件下，磁性会衰退；成本较高，定子成本占35%份额	SIVETEC同步电机能效达96%， 30 ~ 170kW 大陆集团、日立公司的同步电机等
开关磁阻电机	4000 ~ 10000	较高	高	小	好	高	未来新品	结构简单，易维修，温升低，效率比异步电机的94%高2%，成本低，适于恶劣工况	低速时转矩脉动，噪音高，振动大，转矩小，不适宜乘用车，多用于大型电动汽车；定子线圈多采用发卡技术	山东荣佳电机有限公司的KCTC180-2000混合动力客车 东风EQ6110HEV3混合动力客车

2. 定子总成及智能制造

新能源汽车永磁同步电机的定子总成涉及线圈、铁芯、齿极和机壳等组件，如图2所示。据统计，定子总成约占永磁电机成本的35%；再者新能源汽车个性化定制需求愈来愈大，多数车型处于中小批量状态，配装的永磁电机呈现结构多变、性能宽泛、订单急切及定子直径不等（80~400mm）的小众化现象。由此，高成本的定子总成生产不可继续沿用传统制造方案，而是采用发卡技术、数字技术和信息技术等手段，提高定子产线的柔性度、集成度与高效率，进而减少空间占用、缩短交付周期及降低生产成本。

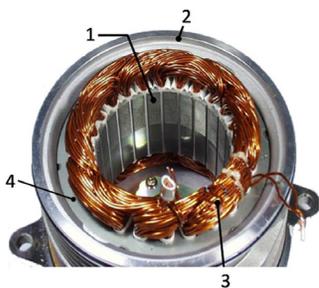


图2 新能源汽车永磁同步电机的定子总成示意
1.齿极 2.机壳 3.线圈 4.铁芯

(1) 定子总成的工艺路线

定子总成的通常工艺路线，如图3所示。该路线未涉及机壳内孔的机械加工及定子铁芯的冲压叠铆整形和焊接处理。

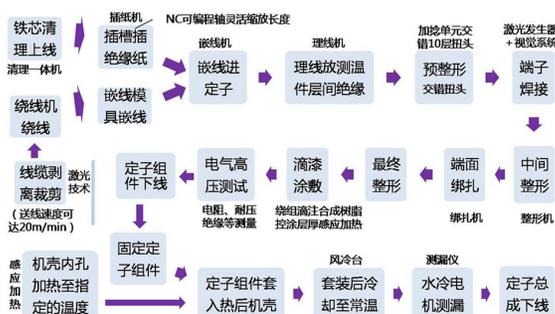


图3 定子总成的通常工艺路线

(2) 定子总成的智能制造

分析定子总成的通常工艺路线可知，永磁电机的定子需经组件制

作及后续套入机壳内孔两大阶段，方可成为一套合格的完整总成器件；所用装备涉及工控性质的清理机、嵌线机、理线机、绑扎机等，也有激光技术的裁剪机、焊接机，还有伺服轴定位的插纸机、加热机、整形机和套装机，更有易燃易爆的浸漆、烘干设备，如图4所示。

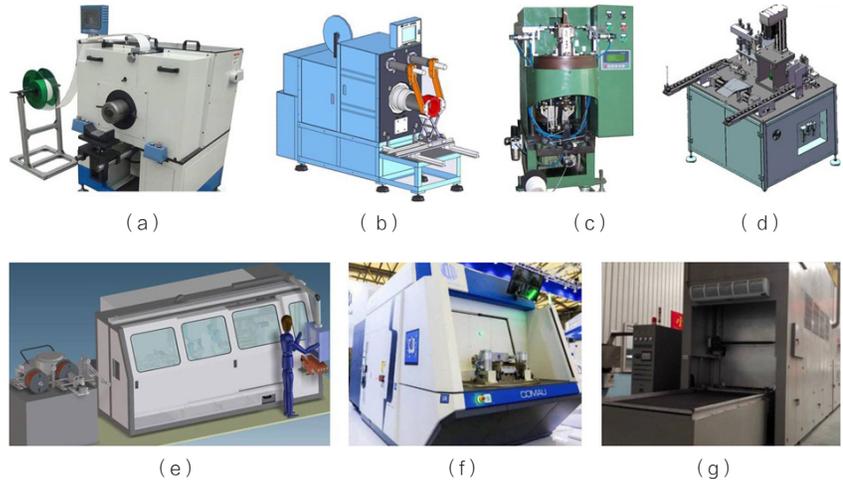


图4 定子总成制造所用装备示意

(a) 插纸机 (b) 嵌线机 (c) 绑扎机 (d) 整形检测机 (e) 线缆校直裁剪机 (f) 激光焊接站 (g) 连续式真空浸漆炉

作业设备多，投资数额大，工序流转长，占地面积广，产品切换慢，机壳薄壁减材加工，这些是定子总成制造路线的显著特点。在瞬息万变的个性化市场时代，电机制造商应采用机器人装卸料替代大量人工吊装，采用AGV小车或悬挂链输送定子件，采用数字化装备提高换型柔性，采用互联网进行零件信息、产线状态、在线实控、订单分发等数据采集分析，采用液/气压自定心快换多工位夹具（见图5）进行减材件的快速夹松，采用云平台进行元器件供货商的最优协同派单，以此实现定子制造的降本控制，短期内快速换型完成小批量电机的制造，表面粗糙度和圆度分别不超过Ra1.6 μm 与8 μm 。

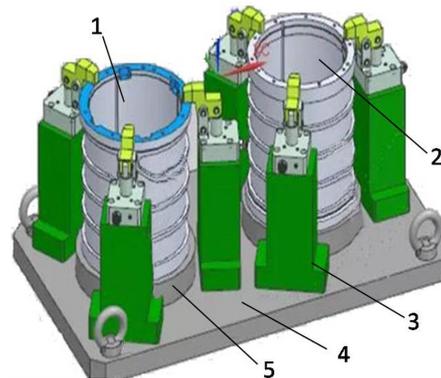


图5 电机壳减材用液/气压自定心快换多工位夹具示意

1、2-电机壳 3-夹松结构 4-夹具底座 5-定位支承

3. 转子总成及智能制造

近年，包括特斯拉MODEL3在内，几乎所有电动汽车（EV）和混合动力汽车（HEV）都装用内置式永磁体同步磁阻电机（IPMSynRM）。这类电机的转子总成主要由转子轴、转子铁芯、永磁体（又称磁钢）及其前后挡板等件构

成，如图6所示。

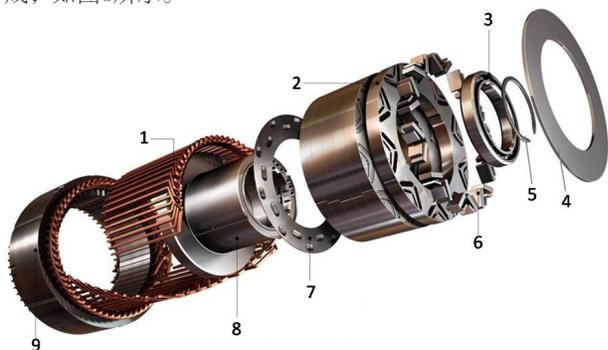


图6 IPMSynRM的转子总成爆炸示意

- 1.发卡定子线圈 2.转子铁芯截面 3.轴承 4.永磁体前挡板
- 5.止动垫圈 6.永磁体 7.永磁体后挡板 8.转子轴 9.定子铁芯

不同厂商的IPMSynRM在技术上各不相同，主要是永磁体的尺寸、位置、形状和数量等方面的差异。从原理、设计到制作的每一环节，任意一个小变化，特斯拉、BBA（奔驰+宝马+奥迪）、两田（丰田+本田）等厂商均会进行多频次的软件仿真和硬件测试，形成独有的核心知识产权。

菲索玛特Felsomat公司采用模块化的智能制造集成化方案，创新转子设计，通过软件获取铁芯的合成磁场图，改善铁芯角度和永磁形式，优化工艺路线，进行数字化切削、自动化装配及数据化分析，使电机转子经内置永磁和V形开槽对应产生永磁转矩与磁阻转矩，最终实现电机低速的最大转矩角和高速工况的弱磁。

(1) 转子总成的工艺路线

转子总成的通常工艺路线，如图7所示。转子轴减材制造涉及外圆和台阶的车削与磨削，花键的滚切，键槽的铣削，内圆的车削与镗削，螺栓孔的钻、扩、攻及倒角等。表磁测试涉及磁极数、极性、磁极峰值、角度、面积、宽度和半宽高等参数检测。



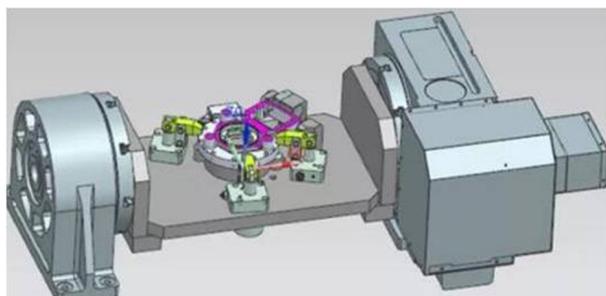
图7 转子总成的通常工艺路线

(2) 转子总成的智能制造

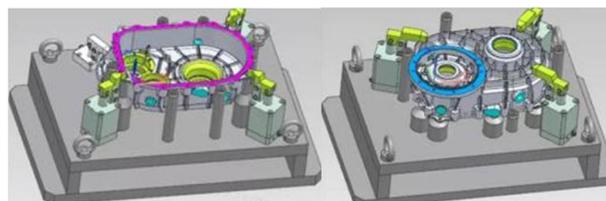
历史数据表明，在永磁电机制造中，原材料成本和加工成本占电机成本的绝大部分。其中，钕铁硼等稀土材料的永磁体成本约占总成本的44.9%，钢材和铜绕组结合的

定子铁芯成本占17.4%，镁铝合金材质机壳和钢质转子的成本分别占12.8%与7.5%。一旦原材料价格上浮和用工成本增大，永磁电机成本势必增加，新能源汽车售价必会随之浮动。

因此，国内电机供应商应大力吸收欧美、日韩电机企业电机降本的有效措施，使电机产品具有集成化、轻量化、个性化的耐用低价安全特点，从而使电驱动系的峰值功率密度和连续功率密度可在2020年4kW/kg与2.2kW/kg的基础上连续倍增。这些措施包括：转子轴和支承零件等采用耐磨非金属材料替代，以降低系统总重和成本；探索应用新型材料，如覆盖巴克明斯特富勒烯分子的钴薄膜，以解决稀土资源的匮乏及开采中的毒副作用和环境破坏问题；通过优化电机结构，如极槽比、齿槽比、裂比等，提高材料利用率；重置工艺路线，去库存，优流程，省资源，除内耗，提效益；引入金属3D打印，取代流程长、设备多、固资大的生产线；加大自动装配和柔性切削覆盖度，在磁钢插装、零件装卸、表磁测试、塑胶固化等环节全部采取机器人操作，转子轴、挡板、垫圈、端盖和变速器底壳等件的加工在自动化产线上完成（见图8），通过减少残次废品和提高班产量来降低单件本等。



(a) 电机端盖



(b) 变速器底壳

图8 柔性切削下电机端盖和变速器底壳的快速装夹示意

4. 定转子合装测试及智能制造

在机床博览会、新产品发布会以及制造企业培训课堂上，很多数控装备运维者都观看过富士山脚下发那科工厂中伺服电机生产、装配、测试、包装一条龙的无人制造的宣传视频（见图9）。通过生产设备网络化搭建车间物联网、生产数据可视化进行生产决策、生产文档无纸化助力高效绿色制造、生产过程透明化实现中枢神经总控、生产

现场无人化提高产量和质量，发那科公司实现了月生产伺服电机18万台、销售额占世界市场50%、日本国内市场70%的业绩突破。



图9 发那科伺服电机无人车间示意

建议国内电机供应商应充分学习发那科公司建厂、建线经验，吸收效率发挥、业务拓展、人事优化、财务管理等方面的精髓，打造定子合装测试（见图10）无人车间，通过深度学习、网络搭建、聚智创新、协同配售、精准营销等手段，实现永磁电机基于操作智能、运营智能和商业智能三个层次的全流程化经销，从而在阔步腾飞的新能源汽车市场上分得满满一杯羹。



图10 定转子合装测试参考路线

5. 结束语

新能源汽车个性化定制愈来愈强，购车者不再局限于座椅舒适、音效动感、外饰流线、天窗全景、雷达泊车等性能喜好，更多得追求制动防抱死、车身防翻滚、上坡辅助、陡坡缓降、续航持久（如北汽EU7为451~550km），以及驱动电机的最大输出功率、最大扭矩、最高车速和百公里加速时间等优越性能。配置一旦选定，余下的就是交易价格和售后服务了。如果车企的电机利润幅度大，那么定额优惠下的成交几率便大大增加。这也就是三电之一的驱动电机部件全面实施智能制造的必要体现。□

资讯

重庆机床集团一项目获重庆市科技进步一等奖

2021年11月19日，重庆市召开科学技术奖励大会，由重庆机床集团牵头完成的“高精度蜗轮加工关键技术及其专用装备”项目荣获重庆市科技进步一等奖。

“高精度蜗轮加工关键技术及其专用装备”项目针对我国高端装备对高精度蜗轮加工的重大需求，在国家科技重大专项等支持下，成功研制具有在机检测功能的高精度数控蜗轮母机，其最大加工直径达1250mm，加工精度达到国标3级，打破了国外的技术垄断，关键技术处于国内领先、国际先进行列，为我国精密机床、精密分度转台、国防工业和航空航天等领域所需的高端数控装备提供了自

主可控的高精度蜗轮加工母机。经该设备加工的高精度蜗轮蜗杆副在多种型号的精密制齿机床和高端装备上得到批量应用，获得了显著的经济效益和社会效益。该奖项的获得，彰显了重庆机床集团坚实的创新研发实力。

重庆机床集团致力于科技引领，建立了完善的产品研发体系，攻克了一道又一道技术难题，开发了一系列处于国际同行先进水平的高端装备产品，推动了企业技术创新和改革发展步伐，为汽车、航空航天、船舶、工程机械、风电设备等行业用户提供了优质高档数控装备及工具，对提升我国装备制造业整体实力和技术水平发挥了重要作用。

专精特新 小巨人

机床行业生力军：专精特新“小巨人”企业

中国机床工具工业协会 梅峰

2021年下半年，随着工信部第三批专精特新“小巨人”企业的公示，以专业化、精细化、特色化、新颖化为特征的专精特新企业受到了社会各界的高度关注，极大地鼓舞了中小企业走“专精特新”发展道路的信心和决心。2019年以来，工信部已经培育了三批共4762家专精特新“小巨人”企业，带动各地培育省级专精特新中小企业4万多家。未来，还将进一步加大培育和支持力度，力争到2025年培育1万家专精特新“小巨人”企业。

今年以来，多场重要会议提及专精特新企业，多个部门表示支持专精

特新中小企业高质量发展，提升服务专精特新中小企业的能力和水平。根据中国证监会2021年9月2日发布的公开信息，北京证券交易所的设立将重点立足于专精特新中小企业，促进新兴产业发展。支持专精特新企业发展已上升至国家战略层面，专精特新中小企业发展迎来政策风口。

在第三批公示名单中，北京市电加工研究所、四川普什宁江机床有限公司、宜昌长机科技有限责任公司、湖南中大创远数控装备有限公司、齐重数控装备股份有限公司、广东凯特精密机械有限公司、山东沂水机床厂有限公司、中山迈雷特数控技术有限

公司等数十家机床工具企业入选。笔者粗略统计第三批“专精特新”小巨人企业名单，机床工业企业数量约占3%。

专精特新“小巨人”企业聚焦实业，做精主业，将成为机床工具行业的一支生力军。培育更多的行业小巨人企业，将为推进产业基础高级化、产业链现代化，优化机床行业企业梯队格局，增强行业竞争优势，构建新发展格局提供有力支撑。

为深入报道机床行业的专精特新企业，中国机床工具工业协会传媒部特约请了几家第三批公示名单中的机床行业企业分享交流其发展经验，进

一步探索行业企业如何走好“专精特新”发展之路。

一、心无旁骛做主业，长期深耕细分领域

机床工具产业是人才、技术、技能、资本密集型产业，机床工具产品要为用户解决工艺问题，要解决好，就需要行业企业长期跟踪用户工艺需求，针对需求研发机床工具产品，不断创新，专注坚守。

专精特新企业凸显专注、创新、活力等特征，是落实创新驱动发展战略的关键载体，也是提高产业链供应链稳定性和竞争力的坚实保障。机床行业的特点与“专精特新”属性深度契合。

四川普什宁江机床有限公司因“三线建设”而生，有着50多年的精密机床和成套装备制造历史，始终专注产品技术的创新，紧跟用户需求，开展市场服务领域细分研究，深化产学研用联合开发机制及“交钥匙”工程。精密卧式加工中心的定位精度/重复定位精度突破了 $3\mu\text{m}/1.5\mu\text{m}$ ，可靠性MTBF提升至2000h，凝炼了产品“精密+可靠性”的双核文化，为航空航天、汽车、船舶等重点行业提供了大量高端加工设备。

北京市电加工研究所有限公司成立40余年来一直从事特种加工装备的研发与制造，是我国最早从事特种加工技术研发的机构和我国数控电火花成形机床、超硬工模具技术的发源地之一，形成了以多轴联动精密数控电火花成形机床、超硬刀具数控电火花磨床、精密激光打孔机、拉丝模超声加工装备等为主的成套系列装备产品，走出了一条坚持特殊材料的特种加工技术研发、精密机床与精密制造的“一特二精”发展之路。

宜昌长机科技有限责任公司始建于1968年，由定点生产插齿机的“三线”企业长江机床厂改制而来，50多年来始终坚持以插齿机为主导，满足风电、工程机械、汽车、减速机、航空航天等领域齿轮加工设备需求，专注于齿轮机床的研制，提供规格120~6000mm共9大系列上百种规格的数控插齿机、数控铣齿机、数控滚齿机、数控刮齿机、数控磨齿机以及齿轮机床再制造服务。

广东凯特精密机械有限公司自1993年成立以来，一直专注于精密滚动功能部件的研发、生产和销售，不断突破滚动功能部件的技术难点，坚持走“高精度高性能产品设计、高品质生产质量控制、高端客户市场定位和专业化生产”道路，以超过27年的精密滚动功能部件研发制造和市场应用经验逐步成长为国产滚动功能部件行业的领军企业之一。

在我国机床工具行业，这样的企业还有很多，他们或拥有悠久的历史，或历经转制、改制，但始终坚守主业，坚持专业化发展战略，长期专注并深耕于细分市场，耐得住寂寞，经得起诱惑，甘愿成为制造业的基石，为制造业的发展默默耕耘。

二、持续创新，重点攻关

专精特新“小巨人”企业作为产业技术基础和共性技术研发的重要载体，持续性创新投入力度大，自主创新成果多，与产业链上下游协作配套能力强，是打好关键技术攻坚战、提升产业链供应链稳定性和竞争力的关键环节，更是推动形成具有更强创新力、更高附加值、更安全可控的产业链供应链的重要力量。

随着航空、航天、汽车、模具和微电子等行业的发展，高硬度、高强度、高熔点、高韧性和高脆性材料的应用十分广泛，以电火花加工为代表的特种加工技术，特别适合此类特殊材料零件及空间狭小、结构复杂零件的高效加工，工业发达国家已将此类特种加工技术和数控技术作为先进制造技术的两大支撑而对我国进行封锁。

北京市电加工研究所有限公司在多年积累的自主知识产权三轴数控电火花成形加工装备技术基础上，依托国家科技重大专项的支持，历时10年时间，在多轴联动电火花加工技术及装备方面取得了多项技术成果，成功开发出500~2100mm行程的五轴、六轴联动精密数控电火花加工系列机床产品，主要技术参数及双带冠涡轮盘、三元叶轮等完整工艺方案水平平均达到或超过国际同类产品指标，实现了产业化应用和进口替代。其中AA50、N850型五轴五联动精密数控电火花成形机床为航空航天、能源等重点用户解决了带冠整体涡轮盘、整体闭式叶轮等复杂关重件的工艺难题。



A2190大型精密六轴联动数控电火花成形机床

螺旋锥齿轮因其重叠系数大、承载能力强、传动比

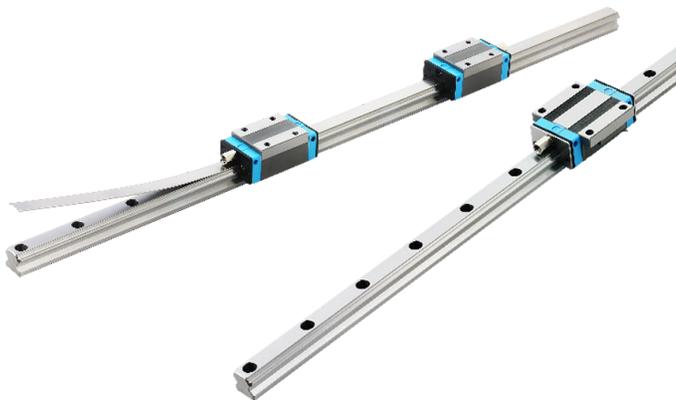
高、传动平稳、噪声小等优点广泛应用于汽车、航空、矿山等机械传动领域，因其啮合原理极其复杂，目前生产螺旋锥齿轮的世界级企业主要集中在欧美等少数国家。

湖南中大创远数控装备有限公司在2004年成立之初制定的战略定位就是对标国际最高水平，一定要用科学的制造模式把困扰几代人的高端螺旋锥齿轮数控机床做精做强。历经10余年，成功研制出螺旋锥齿轮干切削加工设备，是业界少数能够提供全套螺旋锥齿轮精密加工成套技术的企业之一。2012年，中大创远推出全数控螺旋锥齿轮铣齿机YKA2260，成为国内齿轮行业向绿色制造转型的先端企业。2016-2018年，YKA2260在国内汽车行业成功应用，相继在山东、辽宁、广西、湖南等地建立了干切示范生产线，2019-2020年更是创造佳绩，实现较高市场占有率，并部分替代进口。



YKA2260全数控螺旋锥齿轮铣齿机

在航空航天领域，滚动直线导轨副要在低温、真空、失重的环境中运行，要求直线导轨副具备防锈性能且长时间免维护。这对直线导轨的性能保持是严峻考验。广东凯特精密机械有限公司技术团队和用户经过两年联合攻关，详细推演直线导轨在航天环境中运动的特殊情况，提出相应的解决方案。经过多次试制，航天航空用不锈钢滚动直线导轨副最终通过了用户的振动、冲击、热真空、高低温极限等试验，现已实际应用在天器上。



管子螺纹车床是一种专为大口径管件进行车削加工而设计的卧式车床，特点为主轴通孔孔径比较大、主轴箱前后均有卡盘，以便于大口径管件或棒件的夹持及加工，广泛应用于石油、勘探、化工、城市给排水等行业。

山东沂水机床厂有限公司经过多年潜心研发，成功研制出QK1350管子螺纹车床，具有大规格、多功能、专业化的特点，主轴通孔直径 $\phi 500\text{mm}$ ，回转直径 $\phi 1200\text{mm}$ ，主要承担大口径油田钻杆、输油管道及大口径城建管道等大型管螺纹的车削工作，能车削英制管螺纹、锥管螺纹、公制螺纹，还可加工各种规格的管接头、端面、外园、镗孔、内外锥面等。



QK1350数控管螺纹车床

受访的几家企业，非常重视创新能力建设，近年平均研发经费占营业收入比重大多超过5%，多与高等院校、科研机构等联合建立研发创新中心，在加大研发投入的同时进行重点产品攻关，补短板、锻长板、强优势，呈现出较大发展潜力。

三、重视人才培养，夯实发展基础

在专精特新“小巨人”申报的基本条件中提出，企业重视并实施长期发展战略，重视人才队伍建设，核心团队具有较好专业背景和较强生产经营能力，有发展成为相关领域国际领先企业的潜力。专项条件中更是提出科技人员占企业总职工数大于15%。无疑，人才是专精特新“小巨人”企业的关键因素之一。

在机床工具行业“十四五”发展规划纲要中，将加强人才培养列为六项重点任务之首，并在合作机制、考核机制、激励机制和人才流动机制等方面加强探索，引导基础教育、职业教育和在职教育等人才资源向机床工具行业聚集。行业企业需结合企业实际努力打造人才队伍。

宁江机床公司着力打造行业高端专业技术人才队伍。

通过不断优化人力资源数量和结构，改革薪酬体系，搭建畅通的晋升平台；推进创新文化建设，开设员工创新交流平台，营造自动自发创新氛围；组织开展系列针对性、实用性强的培训比武练兵和技能大赛活动，提升员工整体素质。

凯特精机通过校企合作、内部培训两步走的策略，实施人才梯队建设。先后与各大高校合作成立“凯特创新学院”、“技工班”、“凯特班”等，致力于培养一批高素质、高技能人才。在公司内部，开展了长期的员工培训计划，激励和帮助员工持续提升个人管理素质与工作技能。

宜昌长机科技始终坚持“先有人才、后有技术”的理念，在人才战略上采取了多项政策并举的方式：①给予较高的薪酬待遇及研发成果的奖励，安置家属解决员工的后顾之忧；②企业提供足够的研发项目和课题以及充足的研发经费；③给个人创造充分发挥的空间；④配备合理的研发梯队；⑤在物质上给予合理的满足（如制定了科技成果奖励制度，重奖做出突出贡献的科技人员）。

中山迈雷特数控技术有限公司是一家具备高档数控系统及数控装备双研发体系的创新型企业，获批设立国家博士后科研工作站、广东省博士工作站、广东省精密齿轮柔性制造重点实验室、广东省智能齿轮装备与系统工程技术中心、智慧控制技术研究院等多个研发创新平台，积极吸引高层次人才。

人才的储备，是企业竞争力的根本所在。“十四五”时期，我国将带动一万家左右中小企业成长为国家级专精特新“小巨人”企业，这都离不开高端研发人才的引进以及具有创新精神和工匠精神的新型产业工人队伍。

然而，我国机床工具行业同其他制造业一样存在利润普遍偏低的现状，人才储备并非易事。受访企业也多表

示，希望相关部门对于专精特新“小巨人”企业的人才引进提供更多的政策支持，如有专门的校园、社会招聘渠道，以及人才培养优惠政策；在税收优惠、研发费用补贴以及企业融资等方面提供相关政策支持，为实体经济型企业减负，增强企业盈利能力，增加员工收入，留住人才。

四、专精特新“小巨人”发展之路

中小企业走“专精特新”发展之路，是不断做优、做强企业的过程，引导更多企业成为掌握独门绝技的补短板、锻长板的单项冠军或者配套专家企业，最终企业成长为国际市场领先的单项冠军企业。

笔者曾看过一篇报道，在德国撑起制造业的是一大批中小企业。约占企业总数99%的中小企业，为德国经济贡献了54%的增加值，而且这些中小企业在很多领域竞都是“隐形冠军”或全球领先。众所周知，很多德国、瑞士的机床工具企业规模不大，但是在为某些应用领域提供的加工设备市场占有率却非常高。

机床工具行业为国民经济各领域提供工作母机，是支撑国家发展和国防安全的基础性、战略性产业，是振兴装备制造业实现高质量发展的先导性产业。做强机床工具业，需要大量能够满足国内需求，并有能力参与国际竞争的小巨人企业。机床强则工业强，工业强则国强。在这一方面，我们还有不小的差距，还有很长的路要走，更需要行业同仁的同心协力。

心无旁骛做主业，认真走好每一步。哪怕走得慢一点，踩在地上的每一步都是稳的。

本文观点仅代表个人，难免不足与错误之处，欢迎批评指正。□

资讯

郑州钻石入围拟通过复核的第三批制造业单项冠军名单

2021年11月8日，工信部网站发布了“关于制造业单项冠军第六批遴选和第三批通过复核企业名单的公示”，郑州钻石精密制造有限公司进入拟通过复核的第三批制造业单项冠军公示名单，这是继2018年郑州钻石成为超硬刀具细分行业国家单项冠军示范企业之后，再次获此殊荣。这不仅增强了郑州钻石参与全球市场竞争的信心，更坚定了企业专注高端精密制造领域、勇攀技术创新高峰的决心和勇气，郑钻将努力担负起国产刀具振兴的责任。

郑州钻石紧跟制造业发展步伐，助力汽车、能源等产业转型升级。近几年来，他们持续加大研发投入，先后承担了多项国有大中型用户新的生产线刀具技术方案的开发，为用户提供先进的国产刀具产品，帮用户实现降本增效。在新形势下，形成了以标准化为特色的经营优势，通过设备、工艺、技术、检验、服务等各类标准为企业赋能，提升用户对国产刀具品牌在品质、性能以及现场应用方面的综合体验，不断用创新技术、稳定品质和优秀服务在高端精密制造领域创造价值。

专精特新“小巨人”企业之 湖南中大创远数控装备有限公司

湖南中大创远数控装备有限公司成立于2004年，是主要从事高档数控机床研发、制造的高新技术企业，能够提供全套螺旋锥齿轮精密加工成套技术，掌握高档数控螺旋锥齿轮加工机床核心技术。产品及技术广泛应用于航空航天、汽车、工程机械等行业。

一、创新成果

中大创远掌握了处于国际同行前列的螺旋锥齿轮数字化闭环制造专家系统，开发出了适用于多种应用领域的高端数控螺旋锥齿轮铣齿机、磨齿机、齿轮测量中心、尖齿条形刀条刀盘、尖齿条形刀刃磨机及装刀单元等在内的高效率、高精度成套装备；完成了螺旋锥齿轮干切加工机理的研究，从材料、热处理到加工工艺方法等多方面形成工艺规范，形成了完整的锥齿轮数字化生产线，主要技术指标、可靠性与精度稳定性达到较高水平。

公司整合境内外著名高校和科研院所的技术资源，先后牵头承担了“数字化制造基础研究”国家973项目、国家科技支撑计划、国家科

技重大专项等。牵头起草制定锥齿轮领域两项国家标准（国标委计划编号：20091724-T-604；20091725-T-604）。

公司近年科研投入累计达4亿元，占营业收入比重在9.5%以上。研发的主要产品有：

（1）全数控螺旋锥齿轮铣齿机

干切系列：CY15C（小模数）、YKA2235、YKA2260

湿切系列：YKF2235、YKF2260、YKE22100、YK22130



▲ CY15C 铣齿机



▲ YKA2235 铣齿机



▲ YKA2260 铣齿机



▲ YK22130 铣齿机

（2）全数控螺旋锥齿轮磨齿机：CY35G、YKF2035、YKF2060、YKF20100



▲ CY35G 磨齿机



▲ YKF2035 磨齿机

(3) 全数控螺旋锥齿轮检查机: CY60T、YKE9560



▲ CY60T 检查机

(4) 全数控螺旋锥齿轮研齿机 YKF2560



▲ YKF2560 研齿机

(5) 螺旋锥齿轮磨刀单元: BG40全数控磨刀机、CB40全数控立式装刀机、BM04母刀测量仪、BC04刀条对比仪



▲ BG40 磨刀机



▲ CB40 装刀机 ▲ BC04 刀条对比仪

(6) 螺旋锥齿轮测量中心: Z2、Z4、Z6、Z10



▲ Z 系列齿轮测量中心

(7) 螺旋锥齿轮刀盘系列: CYARC全工序刀盘、CYCON等高齿刀盘



▲ CYARC 刀盘



▲ CYCON 刀盘

二、研发情况与发展战略

中大创远公司成立了螺旋锥齿轮研究院和四大实验室(奠定齿轮技术

理论基础的齿轮理论研究实验室,以前沿技术支撑的软件与电气实验室,核定部件工艺研究和产品稳定性、可靠性研究的主轴工艺实验室,模拟客户角色的齿轮实验室),从理论探索、技术研发、工艺研究与保障、制造验证、客户模拟等方面进行全方位科学积累。中大创远的研发人员占员工总数的45%以上,支撑其不断研发新的科技项目。

目前国内螺旋锥齿轮高精度成套装备的制造仍较薄弱,特别是用于汽车自动变速器、机器人精密减速器、350km/h以上高铁用齿轮传动装置、直升机传动装置等领域的,仍属于“卡脖子”项目之一。

中大创远致力于从螺旋锥齿轮设计计算分析及加工理论体系构建出发,实现其成套装备的开发,并进行产业化集成制造,可以为高端齿轮生产用户提供一揽子解决方案。

三、坚持走专精特新路线

成立之初,公司的战略定位就是对标国际最高水平,努力用科学的制造模式把几代人苦苦耕耘的高端螺旋锥齿轮数控机床做精做强。

10年前,公司在产品研发方向上出现了两种思路:是继续在原研发基础上提高产品各项性能,还是另辟蹊径做到无可替代。在高科技技术频繁“卡脖子”的情况下,公司毅然决定对全数控螺旋锥齿轮干切铣齿机投入研发。也正是这一正确的抉择,让国产品牌自证了其本身实力,也让国产品牌与进口设备能够站在同一起跑线上参与竞争。

公司全数控螺旋锥齿轮干切铣齿机成功研制,并在全国范围内形成市场推广,让不少齿轮企业看到了国产品的创新和进步,也使公司冲破瓶颈期,打了一个漂亮的翻身仗,给企业后续发展奠定了基础。□

专精特新“小巨人”企业之 宁夏银川大河数控机床有限公司

宁夏银川大河数控机床有限公司始建于1965年，由定点生产珩磨机、加工中心、立式钻铣床的三线企业大河机床厂改制而来，是国家火炬计划重点高新技术企业，是国家发展和改革委员会批准的“数控珩磨机床关键技术国家地方联合工程实验室”主要依托单位，是“宁夏数控珩磨机床院士工作站”载体单位。



将数控珩磨机主业做大做强

宁夏银川大河数控机床有限公司经过几十年发展，形成了数控珩磨机床、数控钻铣床、立卧式加工中心、立式钻床、专用组合机床五大系列产品。为适应国内市场经济建设的需要，为各行业提供了先进的技术装备及服务。2009年以来，连续承担三项国家高档数控机床重大专项课题：“高档数控珩磨机床”、“大功率舰船用柴油机数控珩磨机床”及“汽油发动机裂解式连杆加工技术与成套设备研制及产业化”，2014年又承担了“高硅铝合金无缸套发动机缸体关键制造技术和装备研究及示范应用”项目。

2012起公司将主要技术力量和资金投入到低档数控珩磨机床新产品、新技术的研究开发上，实现了数控珩磨机控制技术的原始创新，以及核心元器件的自主研发。珩磨

机床缸体及缸套全自动生产线的研发成功，改写了国内大型汽车发动机及缸套制造企业没有国产珩磨机床精加工设备的历史，现已为北汽福田、东风神龙汽车、重庆帝瀚、营口华润、洛阳一拖、中原内配等企业提供了多条发动机缸体、缸套生产线。

DHK-043汽车发动机缸体数控珩磨加工生产线是按照国际先进标准制造的一条全功能、高性能、高效率全自动珩磨加工线。



控制系统选用贝加莱高性能工控系统PPC2100，具有64位CNC处理器，配备千兆级工业现场总线powerlink，使机床系统控制扫描周期达到0.4ms。

通过汲取世界先进珩磨机的新技术和工艺，研发出具有完全自主知识产权的珩磨加工系统，集成进料工件智能识别、珩前测量、珩磨加工、珩后测量、出料线工件数据智能写入等模块。其中，珩中测量、网纹指标、网纹精度、网纹形状等重要珩磨技术能力已进入国际先进水平行列。而且，在珩磨高速往复、珩磨刀具定压、定量进给等领域开发出独创而性能更加优越的珩磨功能部件，珩磨高速往复随动装置同时获得美国和欧盟的发明专利。

DHK-043数控珩磨生产线是按照汽车制造公司提出的全自动缸体生产线的技术需求，基于大河公司数十年珩磨机设计、制造的技术积累，集近十几年数控珩磨机研发成果而开发的，具有当代珩磨新理念的智能珩磨机缸体生产线。

珩磨机再制造工程

随着国内各汽车发动机企业进口的珩磨机床生产线使用寿命到期、产品需要升级、设备零件损坏及报废，以及国外零部件及系统淘汰停产等情况的出现，造成设备长时间停机的风险随时可能发生。有的产品因更新升级造成设备无法使用，如运回国外厂家改造需1年以上的时间，叠加高昂的改造费用和技术限制等因素，有可能对发动机生产厂家造成很大的经济损失。

于是，大河机床联合有关发动机厂家对现有设备进行性能失效和寿命评估分析，并在此基础上进行再制造工程设计，采用一系列相关的先进制造技术，对各种问题做出预案，如机械、电气系统如何与新的系统对接，原来的系统和新的系统对接后设备相关参数如何搭配等。经过多次调试，成功进行了信号对接，解决了相关难题。通过与各发动机厂的紧密合作，积累了经验，使再制造产品质量达到或超过原来的设备标准，也使大河机床坚定了自主创新的信念和动力。

通过上述修复技术及合理的零部件改造，再制造工程不仅给各发动机及缸套生产厂家节省了生产线的投资以及资

源、原材料的损耗，还大大延长了设备的使用寿命，实现了“资源-产品-报废-再制造-新产品产出”的循环经济模式。公司已为上海通用五菱、潍坊柴油机有限公司、襄阳发动机工厂实施了再制造工程，现场使用设备性能完全达到或超过了原设备精度及技术指标。经过再制造的循环利用，还在一定程度上减少了二氧化碳排放，保护了环境。



再制造工程在国外已有60多年的历史，我国还处于初期阶段。通过再制造工程的进一步推进，将有助于老设备焕发出新的光彩。□

资讯

武重集团荣获国家级“工业产品绿色设计示范企业”称号

11月3日，工业和信息化部办公厅公布了“2021中国第三批工业产品绿色设计示范企业名单”，武重集团位列其中，荣获国家级“工业产品绿色设计示范企业”称号，这也是细分行业领域中重型机床产品首批入选。



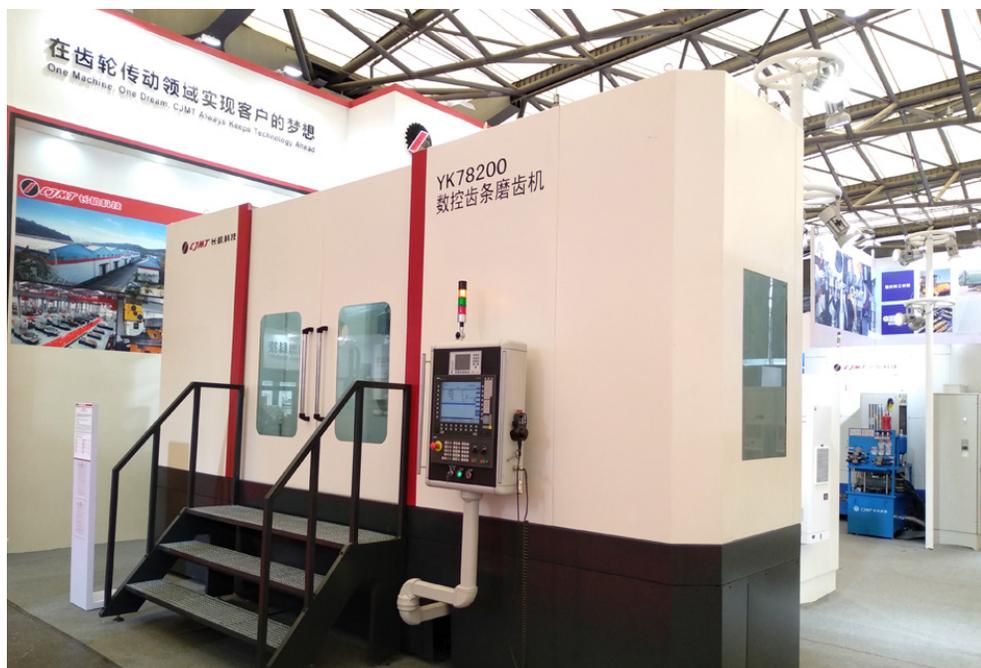
据了解，工信部开展的绿色设计示范企业的认定工作，旨在贯彻落实新发展理念，加快推行绿色设计，促进

制造业高质量发展。参与认定的企业要具有较强的行业影响力和市场竞争力，主导产品的市场占有率处于行业领先地位，拥有自主知名品牌，且具有较强的代表性、创新性和可推广性，产品需符合绿色设计产品评价相关标准，具有应用绿色设计基础数据库及先进设计工具与方法的能力以及检验验证、计量测试、规模化生产等绿色设计应用转化的能力等。

近年来，武重集团高度重视绿色发展，在产品设计方面，以产品全生命周期为研究对象，对产品结构进行轻量化、减震、降噪等设计，开展数字化、智能化技术研究，全方位解析产品设计、制造、再制造等各环节对环境的影响，将绿色、环保理念深入到产品全生命周期的各个环节。

武重集团将以此为契机，积极助力“碳达峰、碳中和”，发挥绿色设计示范企业的引领作用，以绿色产品、绿色工厂、绿色供应链为发展重点，创建“绿色制造+互联网”融合模式，有效提升绿色制造技术及研发水平，持续提升绿色产品的市场供给能力和市场影响力，为制造业高质量发展贡献力量。

专精特新“小巨人”企业之 宜昌长机科技有限责任公司



宜昌长机科技有限责任公司始建于1968年，由定点生产插齿机的三线企业长江机床厂改制而来，是国家火炬计划重点高新技术企业、首批国家制造业单项冠军培育企业，全系列插齿机、铣齿机研制基地。

专注于齿轮机床研制

公司始终坚持以插齿机为主导，围绕齿轮行业客户需求，不断推进产品多元化战略。针对风电、工程机械、汽车、减速机、航空航

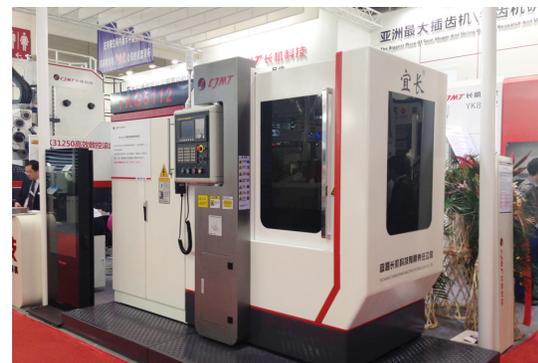
天等领域齿轮加工需求，研制齿轮加工机床。主导产品为加工规格从120~6000mm共9大系列上百种规格的数控插齿机、数控铣齿机、数控滚齿机、数控刮齿机、数控磨齿机等，提供齿轮机床再制造服务，也可按用户个性化需求提供刀具、夹具、辅具等工艺装备及成套齿轮加工解决方案。在电子螺旋导轨、静压刀架体、静压工作台、轴承工作台、自动上下料、自动对刀、行程自动调整、消隙、直驱控制及应用、液压冲程等方面具有独特技术。

研发创新情况

公司实施“创新驱动、人才强企、品牌提升和国际化发展”四大基本战略，全面增强核心竞争力。公司坚持每年研发投入占销售收入的5%以上，拥有100多项国家专利技术，开发并实施了300多项新技术新工艺，开发了10多项国家级、省级新产品，取得多项重大科技成果，主导或参与制定国家、行业标准31项。

公司技术中心被认定为湖北省企业技术中心、湖北省创新团队和湖北工程技术中心，是华中科技大学、湖北工业大学、三峡大学产学研基地。

公司产品获得国家重点新产品、湖北省科技进步奖等奖项，YKG5112高精度小模数数控插齿机、YKW5165数控万能插齿机、YK78200数控齿条磨齿机等众多产品荣获中国机床工具工业协会组织评定的春燕奖、产品十佳称号等。



YKG5112高精度小模数数控插齿机



YKW5165数控万能插齿机

坚持走专精特新发展路线

公司始终专注于齿轮机床领域，在产品发展过程中紧扣行业客户需求，对标国际先进齿轮机床同行，不断消化吸收新技术，在竞争中形成差异化优势。

2005年成功开发出系列化齿条插齿机；随着市场对加工效率的进一步要求，2014年研制出齿条铣齿机；随着市场对齿条加工效率和精度的要求不断提高，又先后开发出了齿条铣齿机和齿条磨齿机；成为齿条插齿、铣齿、磨齿机的行业标准起草单位。



YK51250数控插齿机

公司捕捉到风电、工程机械领域回转支承用齿圈加工工艺由插齿改为铣齿的趋势变化，提前布局开发出了高效数控铣齿机，成功服务于风电、工程机械主流企业，产品性能满足用户使用要求。针对外齿加工工艺的快速发展，对标国际知名厂家开发了高效滚齿机，在国内率先实现了滚铣复合工艺，提高了加工效率，降低了生产成本，目前已实现500~6000mm规格滚齿机的系列化生产。

通过专注于齿轮机床产品并走特色化发展道路，插齿以外产品占比达50%，提高了公司的抗风险能力，为客户提供更多产品和服务，成为国内齿轮机床行业的优质品牌。

研发应用案例

(1) 大型数控精密插齿机YKM51250CNC

2002年，某用户需要加工大型内齿轮，精度达到6级，当时国内还没有企业生产大型数控精密插齿机，机械式插齿机精度普遍在7-8级，无法满足设计要求。长机科技立志要制造出中国自己的大型数控精密插齿机，立项研发，一路攻坚克难，在2003年成功研发出大型数控精密插齿机——YKM51250CNC，并于当年顺利交付使用，机床精度达到国标6级，荣获湖北省科技进步二等奖。

(2) YGX5112高精度小模数数控插齿机



某用户产品的核心部件为高精度的减速机，对齿轮加工精度要求达到国标4级。YGX5112高精度小模数数控插齿机2013年立项并成功研制，用户现场加工精度达到国标4级，产品荣获2016年度“春燕奖”。 □

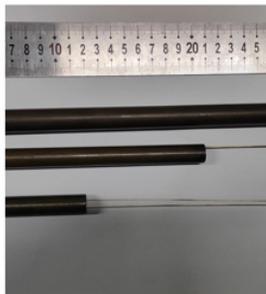
专精特新“小巨人”企业之 北京市电加工研究所有限公司



叶片气膜孔



带冠涡轮盘



大深径比孔



超硬刀具

北京市电加工研究所有限公司成立于1978年，2000年转制为全资国有企业，隶属北京市科学技术研究院，2021年改制为国有独资有限公司。成立四十余年来，一直从事特种加工装备的研发与制造，始终处于电加工行业的领先地位，也是我国最早从事特种加工技术研发的机构和我国数控电火花成形机床、超硬工模具技术的发源地之一。

一特二精，深耕主业

以专注成就专业，以品质铸就品牌！北京市电加工研究所有限公司成立40余年来始终坚持“一特二精”（即特殊材料的特种加工技术，精密机床与精密制造）发展之路，致力于特种加工装备与技术产业化。

围绕“一特二精”，北京电加工所形成了以多轴联动精密数控电火花成形机床、多轴联动精密数控电火花微小孔机床、超硬刀具数控电火花磨床、精密超硬刀具系列机械磨床、精密激光打孔机、拉丝模超声加工装备等为主的成套系列装备产品，掌握了聚晶金刚石复合片加工、特殊材料闭式结构扭曲型腔零件的精密电火花加工、微米级丝专用拉丝模加工和超硬刀具加工等技术，填补了国内超硬刀具加工装备、拉丝模成套自动化加工以及聚晶金刚石复合片抛光加工等技术空白。北京电加工所自主知识产权的代表产品，五轴联动精密数控电火花成形机床，其技术水平处于国际先进行列，是国产高端数控电火花成形机床的领先产品，已获得国内航空、航天、能源、模具、汽车制造等领域客户的广泛认可。



ADV600五轴五联动精密数控电火花成形机床



HS-600精密数控电火花小孔加工机床



LASER 6120精密刀具激光刃磨机床



M50 CNC 可转位刀具自动磨床

科研与产业并重

北京电加工所坚持科研和产业并重，专注在特种加工领域的科技创新，成果显著。以市场需求为导向，注重科技创新，先后荣获国际或国家部委级奖励10项（包括国家发明二等奖、中国机械工业科学技术一等奖等）、北京市科技奖40余项。

自2008年以来，连续承担国家“863”计划、国家科

技重大专项、重大工程，开发出了具有自主知识产权的五轴联动精密数控电火花成形机床系列产品，助力航空、航天、能源、国防工业等重点领域发展。

北京电加工所现有职工140余人，其中研发人员占比高达60%以上，建有“电火花加工技术北京市重点实验室”、“首都科技条件平台开放实验室”、“北京市科学技术研究院特种加工技术重点实验室”、北京市科学技术研究院博士后工作站分站等研发机构，拥有一支领域覆盖全面、技术实力过硬、产业化经验丰富的产研团队。

专精特新发展之路

成立40余年来，北京电加工所专注于特种加工领域的科技创新，始终走在电加工技术前沿。从1984年研发出具有国际先进水平的聚晶金刚石超硬材料工具电火花加工技术，荣获国家发明二等奖；到1994年通过引进消化吸收再创新，开发出三轴精密数控电火花成形加工机床；再到近年来连续承担国家科技重大专项，研制出具有自主知识

产权的五轴联动精密数控电火花加工技术及装备，逐步走出了一条“特殊材料的特种加工技术、精密机床和精密制造”的特色发展之路。在电火花成形及小孔加工、超硬刀具刃磨加工、拉丝模具及装备制造和聚晶金刚石复合片加工等四大领域形成了规模化高科技产业，在相关应用领域开拓了广阔天地。

坚持走专业化、精细化、特色化、新颖化路线，产研并重，北京电加工所开辟了一条以自主科技创新为主导，不断寻求和开展成套技术产业化发展之路。“专精特新”使北京电加工所始终走在技术与产品的前沿，助力企业能够在中高端市场领域取得较大的份额，掌握相关重点领域的重要技术需求，从而迈向更高的技术、产品以及产业台阶，使企业走向更加辉煌的明天！

此次获批专精特新“小巨人”企业的代表产品——五轴五联动精密数控电火花机床，主要用于手机、橡塑、电子接插件模具，以及航发、化工能源领域叶盘、三元闭式叶轮等关键零部件的加工，是相关行业的重要加工手段。□

资讯

国家制造业基金拟3亿元增资日发精机

据证券日报网消息，11月9日晚间，浙江日发精密机械股份有限公司发布公告称，经公司董事会、监事会审议通过，公司与国家制造业转型升级基金签署了《战略合作协议》，双方将围绕高端数控机床功能部件自主化、国产化，以及对行业的投资并购整合等领域展开战略合作。

公告显示，基于对数控机床产业的战略性布局，及对日发精机数控机床业务未来发展前景的充分认可，国家制造业基金拟增资3亿元，认购日发精机全资子公司日发机床24.52%的股权，用于日发机床业务发展及运营资金的补充。本次增资完成后，日发精机持有日发机床的股权比例将由当前的100.00%降至75.48%。国家制造业转型升级基金持有比例将为24.52%。

日发精机主要从事数字化智能机床及产线、航空航天智能装备及产线、智能制造生产管理系统软件的研制和服务，以及航空航天零部件加工、航空MRO、ACMI及飞机租售等运营服务，公司已经形成了包括高端智能制造装备及服务、航空运营及服务的综合业务体系。

国家制造业基金成立于2019年11月，由财政部等20名股东发起，主要围绕新材料、新一代信息技术、电力装备、高端数控机床和基础制造装备、工业机器人、核心零

部件和元器件、关键仪器仪表、航空航天和新能源汽车产业链等领域开展战略性投资，是深耕制造业、助力中国制造业转型升级的国家级基金。自成立以来，国家制造业基金已参与了创世纪、徐工集团、柳工、潍柴集团等多个制造业龙头项目，并与多家央企骨干企业搭建了多支子基金。

日发精机所处的机床等基础智能装备、航空航天装备制造领域是国家制造业基金重点投资方向之一。国家制造业基金认可日发精机在上述领域的发展基础和综合优势，公司认可国家制造业基金能带来的产业链协同、市场政策等战略性资源。为此，双方将围绕相关产业链上下游开展深度合作，共同促进公司提升营收规模，大幅提高盈利能力，带动提升国产机床和航空装备产业发展水平。

对于双方战略合作的意义，日发精机认为，此次合作将提升公司在“工业母机”行业的资源聚集力和核心竞争力，增强公司供应链保障能力，提升公司在机床装备、航空航天装备等国产化水平，进一步夯实公司在国内行业的核心地位，推动对于此次合作公司快速进入全球行业前列位置，有效增强公司核心竞争力和持续盈利能力，有利于推动“工业母机”关键核心技术的突破，促进行业健康、快速发展。

专精特新“小巨人”企业之 广东凯特精密机械有限公司

27年专注精密滚动功能部件研发制造

广东凯特精密机械有限公司自1993年成立以来，一直专注于精密滚动功能部件的研发、生产和销售，拥有超过27年的精密滚动功能部件研发制造和市场应用经验。

在产品设计上，凯特精机掌握多项核心关键技术，用先进的设计理论作为支撑，成功研发出可以媲美国际知名品牌的高刚性滚柱导轨和高密封性能导轨。近年推出的直线导轨副用钳制器、阻尼器和自润滑器，是凯特牵头承担的国家科技重大专项课题转化成果。产品广泛应用于金属切削机床、金属成形机床、3C装备、工业自动化、木工机械、电子信息、医疗器械、航天航空等领域。



LGS滚珠直线导轨副

凯特精机多年来一直坚持自主创新研发工作，常年保持对技术研发的大比率投入，近年平均研发经费投入约占营收的7%以上。长期与华中科技大学、华南农业大学、上海大学、南京理工大学、五邑大学、广东省工业技术研究院等多家科研院所保持紧密的产学研合作。

公司已组建“广东省精密导轨副工程技术研究中心”和“江门市精密导轨副工程技术研究开发中心”等多个高级别科技创新平台，拥有一流的研发团队和多项自主知识产权，研发能力极强。累计主持或参与制定了22项行业技术标准，拥有专利39项，其中发明专利10项。



LGR滚柱直线导轨副

高度重视人才梯队建设

人才是企业发展的核心竞争力之一。凯特精机高度重视人才梯队的建设，公司现有研发人员53人，占员工总人数的比例为15%。近年来，凯特精机先后与各大高校合作成立“凯特创新学院”、“技工班”、“凯特班”等，致力于培养一批高素质、高技能人才。今后将继续围绕实践教学、人才培养等重点计划与高校保持全方位合作，实现资源共享、互利共赢。

另一方面，凯特精机在公司内部也开展了长期的员工培训计划，激励和帮助员工持续提升个人管理素质与工作技能。通过校企合作、内部培训两步走的策略，逐步为公司未来发展的人才储备打下坚实基础。



导轨副用钳制器和阻尼器

荣获专精特新“小巨人”企业称号绝非偶然

坚持走“专精特新”路线，帮助凯特精机实现了一次又一次的跨越式发展。凯特精机入选工信部第三批专精特新“小巨人”企业，在业内很多同行看来，一切似乎是水到渠成，而实质是在凯特精机“高精度高性能产品设计、高品质生产质量控制、高端客户市场定位和走专业化生产道路”发展理念驱动下的必然。

作为专注于滚动功能部件研发、生产和销售的国家高新技术企业，凯特精机不断突破滚动功能部件的技术难点，引领行业发展。在产品生产制作工艺上始终高标准要求，自主研发了一系列滚动功能部件专用的检测设备和试验设备，以保证产品的精度和质量水平。在第三方权威机构组织的测评中，凯特精机产品的精度、刚性、寿命等指标表现良好，综合性能优异，可替代进口，有望解决国

家关键细分领域“卡脖子”难题做出贡献。



直线模组

凯特精机以打造中国滚动功能部件领军企业为发展目标，坚定以振兴民族工业为己任。展望未来，凯特精机将继续保持敢想敢试、敢为人先的创新精神，以高端定位创中国一流品牌，推动滚动功能部件行业的健康发展。□

资讯

国家科技重大专项“乘用车动力总成国产高端数控机床的组线集成应用”课题通过验收



2021年10月9日，由上海交大智邦科技有限公司牵头承担的国家科技重大专项“乘用车动力总成国产高端数控机床的组线集成应用”课题在用户现场浙江鑫可传动科技有限公司通过了综合绩效评价专家组验收。工信部产业发展促进中心处长苏铮参加会议，课题验收专家组组长由中国机床工具工业协会秘书长王黎明担任，上海交大智邦科技有限公司、上海交通大学、上海智能制造功能平台有限公司、纽威数控装备（苏州）股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司、浙江鑫可传动科技有限公司等课题参与单位分别做了汇报，示范应用单位浙江鑫可传动科技有限公司介绍了产品应用和试验验证情况。

综合绩效评价专家组听取了课题总体情况及各子课题

完成情况汇报，对新能源汽车变速箱制造示范生产线进行了现场检查，查阅了相关资料并进行了详细质询，经认真审议一致通过课题验收。

该课题面向新能源汽车变速箱关键零部件的加工工艺，通过轻量化设计、可靠性设计和机电液协同设计等关键技术的研究，完成了3台高可靠性、精密卧式加工中心产品的研制和1台直线电机驱动的高速卧式加工中心的研制，经过工程化考核验证和第三方机构检测，机床关键工序加工过程能力指数 $Cpk \geq 1.67$ ，单机可靠性指标MTBF达到3018小时。

以课题研发的3台高可靠性、精密卧式加工中心为核心，建设完成了新能源汽车变速箱制造示范生产线，生产线采用柔性产线管控系统，年产能75000件，实现了两大类零件、多种型号产品的共线生产和柔性换产，曾被中国机床工具工业协会评价为首台套装备，生产线综合开动率OEE超过85%，质量合格率超过98%。

课题研发的卧式加工中心可靠性指标MTBF达到3018小时，处于国内领先、国际先进水平行列。该课题的成功实施将极大地提高国产高端机床产品的市场竞争力，对推动国产高端机床进入新能源汽车制造领域具有重要意义。

专精特新“小巨人”企业之 山东沂水机床厂有限公司



山东沂水机床厂有限公司是国内专注于中、大型车床系列产品研发制造的企业，国家高新技术企业，2021年获专精特新“小巨人”企业称号。公司前身山东沂水机床厂始建于1952年，是原国家机械工业部管螺纹车床定点生产厂家，于2013年改制为山东沂水机床厂有限公司。



CK6146YGX3000油缸加工专用数控车床

公司拥有山东省企业技术中心、山东省“一企一技术”研发中心、临沂市管螺纹车床工程技术研究中心等多个研发平台，拥有门类齐全的铸造、锻造、机械加工、热处理等专业生产设备，配备三坐标测量机、齿轮综合误差测量仪等先进检测设备。主要产品有数控车床、数控斜床身车床、数控管子螺纹车床、油缸车床系列、重型车床系列产品等各类精密机床，年产能达1000台套，其中数控管子螺纹车床系列产品规格型号较全，为工程机械、油田勘

探、煤机机械、化工、钢铁等领域提供优质机床产品。



CK61160X4000重型车床

近年来，沂水机床不断加大科技研发力度，每年的研发费用占销售收入的5%以上，已完成新产品新技术研发30余项，承担山东省技术创新项目16项，山东省重点研发计划项目2项。曾荣获中国机械工业科技进步二等奖1项，山东省科技进步二等奖1项等奖项。其中QK1363管螺纹数控车床的研发，实现了国内大型管螺纹车床的产业化应用。



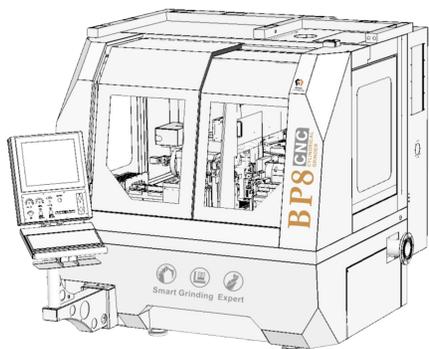
YPT22斜床身数控管螺纹车床

公司制定了两个五年发展规划，加大技术创新力度，加强产学研合作创新机制建设，不断提升企业产品品质与科技含量。沂水机床员工总数的20%是研发人员，支撑其不断向高端机床产品市场迈进，努力打造中高档机床研发、生产、销售基地。□

专精特新“小巨人”企业之 台州北平机床有限公司

台州北平机床有限公司专业研发制造五轴数控工具磨床、立式磨床、数控内外圆复合磨床、工业机器人等高端智能装备，是国家高新技术企业，年产能400多台五轴数控磨床，并可提供大量核心功能部件、机器人等关联产品。高端智能磨削装备可部分替代进口，核心技术自主可控。

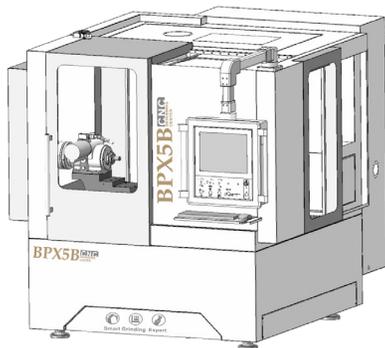
北平机床自主研发数控机床，引进世界先进加工设备和检测仪器，依托30年机械制造工艺积累和与德国技术团队的协同创新，保持与欧洲前沿磨削技术同步发展。目前已有2000多台高端磨床服务于3C、航空、汽车、刀具等领域知名企业，为客户提供精密磨削技术解决方案。



专注磨床主业，持续研发创新

北平机床专注于五轴数控磨床细

分领域，在东莞、上海、常州、成都和德国斯图加特设立研发与技术服务中心，紧密跟踪欧洲前沿磨削技术发展，推进五轴数控工具磨床等优势产品的技术创新，形成具有自身特色的核心技术体系。



北平机床重视技术创新，近3年平均研发投入占比保持在6%左右。五轴数控工具磨床作为柔性示范单元列入国家科技重大专项，并多次参与国家短板工程技术攻关任务、浙江省重点技术创新专项、重点研发计划等课题研究制造任务，BPR6数控转子磨床等4款产品被浙江省经信厅认定为省装备制造业重点领域首台套产品。

建立长效机制，培养人才

高端人才队伍是与欧洲前沿磨削

技术保持同步发展的关键保障。磨床行业高端人才稀缺是全球性的难题，必须要建立长效机制，解决发展后继乏力的问题。

北平机床设立浙江省首家省级磨床研究院，筹建博士后工作站，吸引国内机床行业优秀人才加入，并积极引进欧洲机械、软件方面的优秀人才，以高端人才传帮带的机制培养一批掌握核心技术的青年工程师，通过参与国家、省级科技项目，不断提升工程技术人员的技术水平和科技创新能力。公司建立科技成果奖励机制，内设项目奖、金点子奖等奖项，让努力创新者获得更多回报。

专精特新发展之路

北平机床从创办至今，始终坚持技术创新路线，追求高端精密磨床的进口替代。

在机床和方案设计阶段就进行精准把控，对标国际先进同行，形成具有特色的核心技术体系，并由此形成其数控磨床核心竞争力。北平机床将秉承“高端磨床产品进口替代”的战略，为国产五轴数控磨床进入全球高端品牌竞争行列不断努力。□

专精特新“小巨人”企业之 中山迈雷特数控技术有限公司

中山迈雷特数控技术有限公司成立于2012年，是一家集工业自动化控制设备的研发、生产、销售、服务于一体的自主研发型高新技术企业；是数控系统、无人智能装备、定制化专机、精密主轴等核心功能部件的制造企业，核心技术自主可控，可提供柔性制造成套解决方案；是具备高档数控系统及数控装备双研发体系的创新型企业。2021年荣获专精特新“小巨人”企业荣誉称号。



迈雷特秉承“专注高效、务实担当”的企业精神，奋力夯实智能制造核心技术，每年有超过12%的营业收入用于技术研发，现已申请60余项发明专利、2项国际PCT专利、70余项实用新型专利，获得25项软件著作权。其中2项发明专利获得“国家专利优秀奖”荣誉称号。



在专精细微钻孔领域，迈雷特研发了八头十八轴深孔枪钻等系列产品并远销海内外。公司研发的细微深孔动态非线性加工成套技术处于国际同行先进水平行列，其中单刃中空多角度钻头设计、电-热-力多物理耦合分析及控制等技术具有较大突破，荣获广东省机械工业科学技术进步一等奖，形成了2项团体标准。



公司目前主要产品有：高速高精滚齿机系列、数控深孔枪钻系列、高端控制系统、智能电控平台等。致力于为精密零部件、齿轮传动行业及精密模具制造等领域提供整体解决方案，其中多款产品已销往德国、瑞士、意大利、韩国等39个国家和地区。□





【编者按】企业竞争归根到底是人才的竞争。当前，我国传统制造业正在朝着高端制造业转型升级，人才的重要性正日益凸显。

人才培养是一个复杂的系统工程，需要企业自身和全社会方方面面的共同努力。为营造更好的人才成长环境，进一步加快行业转型升级步伐，近期中国机床工具工业协会传媒部围绕着“人才培养”这一话题开展了书面论坛征稿活动，得到行业企业的积极响应。现将部分来稿陆续发表，希望这些企业的相关做法与经验，能给积极转型中的广大行业企业提供有助于健康发展的参考借鉴。

策划人：李华翔

秦川集团：聚集高端人才，挑战高端母机

秦川机床工具集团 供稿

党的十八大以来，党中央对人才工作的领导全面加强，人才队伍快速壮大，人才效能持续增强，人才比较优势稳步增强，我国已经拥有一支规模宏大、素质优良、结构不断优化、作用日益突出的人才队伍。但在一些传统行业领域，如机床工具行业，人才结构化不足的矛盾仍然存在，特别是高端人才储备不足的问题比较突出。近年来，随着国内经济迈向高质量发展，市场对中高端机床产品的需求不断增加，机床企业产业结构逐步转型升级，所需的高端人才急剧增加。然而高端人才总量却未能与行业产品市场需求形成同比例供给，现有高端人才数量远远不能满足机床行业对高端人才的需求。

机床行业高端人才的不足，是造成我国机床产业转型升级缓慢，产品难以向中高端迈进的重要原因。缺乏高端人才，机床产品设计难以从理论和试验数据上得到有效支撑，大多依

靠经验和跟随，很难实现设计上的追赶超越；关键零部件核心技术无法突破，只能依赖进口；先进制造工艺理念和生产实际很难有效结合，产品质量、效率、稳定性难以得到有效保障，向中高端迈进不能实现快速全面突破。

造成当前机床行业高端人才紧缺，供给严重不足的原因多种多样，大体上讲可归纳为三类：一是对口机床行业需求的专业教育和职业教育提供的人才供给不足；二是机床产业在经历较长时间的下滑期后，大量高端人才流向其他行业；三是跨国机床企业广泛在中国布局，通过高薪“挖”走人才，加剧了国内机床企业高端人才的流失。

近日，习近平总书记在中央人才工作会议上的讲话强调，要坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，深入实施新时代人才强国战略，

全方位培养、引进、用好人才；加快建设世界重要人才中心和创新高地，必须把握战略主动，做好顶层设计和战略谋划，进行战略布局。高端工业母机是国家重大需求且面向世界科技前沿的方向之一，讲话为破解高端工业母机人才队伍不足难题指明了方向。机床企业可以抓住国家战略重视的难得机遇，围绕行业高端领域之急需，聚集高端人才。特别是要总体布局对高档次的研发人才、复合型人才、高技能技术服务人才、高级营销人才等四类高端人才进行战略规划，全方位培养、引进、用好人才，助推中国机床行业向中高端发展。

高档次研发人才

产品研发必须要有高档次研发人才，长期依靠经验和跟随难以开发出好的产品。秦川集团依靠研发人才积累，在齿轮机床方面，掌握了数控

齿轮磨床的设计、制造等核心关键技术，产品总体技术水平及性能已处于国内领先、国际先进水平行列。

在车床方面，实现了产品从两轴到五轴的全覆盖和朝着绿色、高效、高精、高速、自动化、智能化、复合加工方向的发展。

在国内急需的高端五轴机床方面，研发了立式五轴加工中心、卧式五轴加工中心、龙门五轴加工中心、车铣复合五轴加工中心四大类产品，以及电主轴、数控转台、摇篮、摆头等核心功能部件，部分五轴机床的快移加速度可到2g以上，处于国际先进水平行列。

在螺纹加工机床方面，形成了从螺纹旋铣粗加工、精密成型磨削、螺母复合磨削、动态检测、性能测试等全套工艺解决方案，处于国内领先行列。

这些产品若要实现高端突破、达到国际领先水平，还需要有更多高端研发人才的持续努力。

复合型人才

一款机床产品在开发时往往会涉及机械、材料、电气、环境等多个学科领域的综合知识，还需关注温度场的变化、复杂的机电耦合作用、电气系统的联调，以及刀具路径的后置处理等，缺少任何一项往往都难以成功，因此需要有大量的高端复合型人才为机床产品的发展提供支持。

比如，国内在五轴机床制造方面已有很好的基础，但总体缺乏对用户典型零件加工工艺方面的研究，特别是刀具路径后置处理能力不足，制约了国内五轴机床的市场适应能力。

高技能技术服务人才

由于机床产品的特殊性，每一台机床在装配、调试、销售服务等各个

环节都需要配备大量熟练的高技能人才。高技能技术服务人才数量不足，会直接影响到机床企业的正常生产经营。

秦川集团通过建立“双五机制”，培养高技能技术服务人才。面向全体技能工人，建立五级“星级员工”体系，通过学习培训、绩效考核、薪酬分配等成套管理制度，形成员工“比、学、赶、帮、超”的成长氛围。

针对高技能人才，着力构建五级技能大师工作室体系。到目前，秦川集团已创建了4个国家级技能大师工作室，3个省、市级技能大师工作室，培养了一批高技能技术服务人才，为企业产品品质提升形成了重要保障。下一步还要继续通过校企合作等方式加强后备高技能人才梯队建设，解决技能人才储备的难题。

高级营销人才

面对激烈的市场竞争，具有专业技术背景、熟悉国内外贸易和法律的高级营销人才是机床企业在营销竞争中获取市场份额的重要利器。特别是在出口产品，以及中高端产品与国外产品进行竞争时，高级营销人才往往发挥着至关重要的作用。

有人则企，无人则止。人才是企业持续发展的根本保障，如何获得人才，如何培养人才，是各机床企业面临的重要课题。习近平总书记强调，要下大气力全方位培养、引进、用好人才，要打造大批一流科技领军人才和创新团队，发挥国家实验室、国家科研机构、高水平研究型大学、科技领军企业的国家队作用，围绕国家重点领域、重点产业，组织产学研协同攻关。秦川在这方面也进行了一些探索。

一是构建平台，通过构建多渠道参与的产学研用合作平台培养高端人才

依托陕西省秦创原创新驱动平台，将秦川集团中央研究院作为全集团高层次人才聚集和培养基地，与西安交通大学等多所高校合作开展高端机床的基础性、前瞻性技术和先进制造工艺的研发，为企业培养所需的高端人才。

二是突出重点，组织专业技术人员进行专门培训和通过项目合作培养高端人才

主要方式包括：通过聘请国内外咨询公司和行业专家讲座、授课；送出拔尖人才到国外进行专项培训；与国外知名设计公司合作，以联合设计小组的方式开展关键研发项目。秦川集团与英国Romax公司通过项目合作，培养了秦川集团齿轮传动研发设计团队，拥有了特种齿轮箱、机器人减速器等齿轮传动类产品方面的设计开发能力，有效支撑了秦川集团高端制造产业的发展。

三是强化激励，通过建立有效的激励机制留住人才、激励人才

秦川集团通过实施研发人员宽带薪酬体系和高技能人员“双五机制”等全面打通了人才晋级的通道，为留住人才、激励人才、激发人才干事创业创造了关键性保障。通过强化激励，让人才得到了合理的回报，有效释放了集团各类人才的创新活力，为秦川集团“十四五”战略目标的实现提供了源动力。

人才是企业发展的根本。面对当前的复杂环境和重大挑战，机床企业要以强烈的责任感，把发现、培养和凝聚各类专业人才，特别是高层次人才，作为企业工作的基本要求，把充分调动广大专业人才的积极性和创造性，创造良好环境和条件作为企业管理的根本任务，聚集高端人才，挑战高端母机，装备中国，走向世界。□

广州数控：独特的人才培养之路

广州数控设备有限公司董事长 何敏佳



机床数控系统产品是国家战略基础装备，作为工业母机的控制系统，集成技术多、难度大，广州数控自1991年进入该领域就第一时间在人才培养方面做出长远规划。30年来，广州数控深耕数控系统行业，始终以技术创新为立身之本，以特有的“并行研发”策略孕育创新力量，不断加强人才队伍建设，提升技术水平，已发展成为集科、教、工、贸于一体的国家高新技术企业，作为国内专业技术成熟的成套智能装备解决方案提供商，被誉为“中国南方数控产业基地”。

开创“并行研发”模式，打造广数特色人才

广州数控在发展过程中，重视技术创新和科研人才储备，不断加大创新人才和资源投入。2001年，大量高技能人才往南发展，广州数控大力吸纳，旨在培养销售、研发、管理、服务等各领域人才，为公司的长远发展储备技术力量。同时组建成立了广州数控技术研究开发中心，开创四个研发室“并行研发”的新模式。四个研发室同时立项，开发数控系统关键技术，你追我赶，互相学习，培养大

批研发骨干人员。“并行研发”是广州数控探索创新的文化产物。

当社会缺少数控技术人才，企业在人才引进和培育的过程中，发挥着快速培育与壮大技术队伍的作用。在企业发展缺少高精尖人才指导的背景下，则摸索出自身技术发展的路径，营造了并肩作战、交流协作、共进共退、你追我赶的氛围。“并行研发”是企业技术成果快速转化的成功保证，是集思广义、互通有无的技术创新路径。

这一广数特色的研发模式沿用至今，并由此建立了一支专业齐全、技

术实力雄厚的数控技术和机器人研发队伍，涵盖机床数控技术、伺服驱动技术、伺服电机设计、机床设计、机电工程等方面的研发人员近500人，工程技术人员800余人。

广州数控在人才规模、人才结构、专业覆盖面等方面建立了巨大优势，研发团队朝气蓬勃。企业现有12万 m^2 生产试验基地，在建13万 m^2 科研生产基地，拥有实验仪器设备近千台。

与高校共建研发机构，参与新生代人才培养

广州数控目前与50多所国内著名高等院校及科研院所开展技术合作，并与哈尔滨工业大学、南开大学、华南理工大学、上海交通大学、广东工业大学、天津大学、北京航空航天大学、西安交通大学等8所高校联合成立了研究中心/实验室，促进建立“以企业为技术创新主体，产学研相结合的技术研发体系”。

从早期的技术转让，到委托开发，到联合开发，到当前的共建联合研发中心，同步研究攻关数控关键技术、电机控制技术、机器人控制技术、基础建模等。与众多高校签订长期稳定的合作协议，建“广数奖学金”吸引研究生无缝连接进入企业。

产学研合作的意义不仅体现在企业参与培育学科、培养新生代人才的社会责任，也体现了院校向社会输出知识资源而助力产业发展的社会价值。

创办广数职业培训学院，加强高技能人才培养

多年以来，广州数控不仅在数控技术产品的研发、生产、销售等方面走出了自主创新的道路，而且本着取之社会用之社会的精神，不遗余力地

从技术、资金、设备等资源上支持教育事业。

1999年，为适应我国数控技术的发展要求，提高数控设备操作人员的技术水平以及实际操作能力，广州数控成立了广州市数控加工职业技能培训中心，并于2010年根据发展需要升级为广州市广数职业培训学院（简称“学院”）。学院主要负责开展职业技能培训以及承接广州数控与各职业院校校企合作各项工作。

当前，数控技术高技能人才的总量和素质不足的问题已成为阻碍制造业转型升级的“瓶颈”之一，职业院校有效培养数控技术高技能人才必须解决好深化“校企合作、工学结合”人才培养模式，加强以企业典型工作任务为载体的职业技能精品课程建设、加强数控技术实训基地的建设、加快数控技术师资队伍建设等关键问题。

同时，我国工业机器人市场的快速增长，急需培养造就一支熟悉和精通设计、安装、调试和操控工业机器人的高技能人才队伍。工业机器人高技能人才是发展先进制造业急需而紧缺的关键人才。因此，广数职业培训学院依托广州数控在数控系统和工业机器人方面的技术优势，为社会及国家的战略发展需要开辟了一条独具特色的道路。

目前，学院是经广州市人力资源和社会保障局、广州市民政局批准成立的民办非营利性培训机构。同时，学院是广州市人力资源和社会保障局批准的国家职业技能鉴定所，是国家高技能人才培训基地（机电项目）、是机械行业智能制造工业机器人实训基地以及机械行业职业技能鉴定与能力水平评价机构。

在各政府部门支持下，广州数控设备有限公司获得了“国家级产教融合型企业”称号，接下来，广州数控

将积极探讨、筹建广数高级技工学校，培养本行业急需的技能型人才，为穗港澳大湾区先进制造业输送高档数控机床、工业机器人、智能装备装调等高技能型人才。

展望“十四五”，培养大批一线工匠

2021年是“十四五”开局之年，迫切需要解决行业共性基础性技术薄弱、创新研发体系能力建设不足、人才和研发经费短缺、行业利润微薄等诸多发展难题。我国是工业制造大国，必须要走自主可控的高端装备发展之路。

要想制造出高精密的设备，必须依靠一流的工匠作为工艺保障。制造企业应当创造条件开办各类职业技能培训学院，培养年轻人的兴趣，激发动手习惯和能力，培养他们的专业技能，给予他们更多的重视，让他们能够安心留在企业。同时，企业应当研究降低技工流动的“终身制”制度。特别是研究与技工工匠荣誉地位匹配的企业制度，完善企业工会制度，并使其成为企业文化的重要组成部分。

高端装备制造并不等同于高昂的设备投入，而是要在高技能的技工团队上进行更多投入，使有朝气的技工团队制造出非凡的工艺产品。优秀技工团队的工艺创造及创新能力不可估量，有创新精神的技工团队也会拥有超人的智慧与毅力，他们会克服一切困难，通过千百次的试制，最终造出超越前人的产品。

华夏千年不乏工匠，中国鲁班、中医药、中国陶瓷、中国丝绸、中国古代四大发明，无不闪烁着我们祖先的勤劳、智慧与工艺创造能力。新时代的企业家应当努力创造环境，让我们的技能工匠可以大显身手，制造出超越国外同行的好设备。□

宁江机床：以人为本打造竞争内核 顺势而为推进转型发展

四川普什宁江机床有限公司 供稿

四川普什宁江机床有限公司（原宁江机床厂）是1965年由南京机床厂内迁至都江堰的三线企业。公司自成立以来，传承和发扬了宁江机床“精密、高效、成套、智能化”的技术和产品的发展特点，在经过“十一五”外延扩张、“十二五”收缩调整、“十三五”稳中求进后，“十四五”将步入高质量发展阶段。

公司所在的中高档精密机床领域属国家基础性和战略性产业，是典型的集技术密集、人才密集、资金密集于一体的高门槛行业，需要技术的不断积累、沉淀和迭代，需要一代又一代的技术技能型人才传承和创新。

无论是计划经济时期，还是在中国特色的市场经济阶段，宁江机床发展一直拥有一支高水平的专业人才团队，成为宁江机床在不同时期战胜各种挑战的制胜法宝。针对机床行业的人才队伍现状，公司确定了“立足自主培养，兼顾外延共享”的人力资源战略，以文化引领团队建设，凝聚人心。主要体会如下：

一是坚持文化引领战略管理，传播实践企业精神文化

企业文化建设是一项系统的战略管理工程，对形成企业内部凝聚力和外部竞争力有不可替代的积极作用，是现代企业发展必不可少的竞争法宝，是企业发展的灵魂。宁江机床五十六年的历史文化中，贯穿了“三线建设”精神，形成了“协同创新、拼搏奉献”的宁江精神和“以人为本、诚信、务实、共享”的宁江核心价值观，推动了打造健康发展的宁江机床“百年老店”梦想。

宁江机床发展始终重视企业自身正能量文化的沉淀、传承和发扬光大，以企业文化战略引领人才队伍建设，培育以和谐为基础、以忠诚来维系、具有凝聚力和竞争力的“和合文化”，把企业精神、使命愿景、责任担当等内化

于心、外化于形。如始终强化干部团队文化建设，传播和实践“协同创新、拼搏奉献”的企业精神文化，打造经营团队的凝聚力和战斗力；始终重视部门及班组团队文化建设，从点、线到面来弘扬正能量，形成根植于心的“我做事我负责，我为公司负责”的思想文化氛围。

通过文化引领战略，在全局性、系统性中丰富企业文化活动的载体和内涵，让全体员工在共同的家园上构筑共同的梦想。

二是强化人才战略管理，构建“三位一体”人才体系

公司在系统地总结过去人才选用、育留的实践经验基础上，从长期人才战略管理角度，建立了适应机床企业研制和运营要求的“三位一体”人才战略管理规范——集经营管理人才、专业技术人才、专业技能人才于一体的人才体系。

公司人才体系由三职系（经营管理职系、专业技术职系、专业技能职系）、六岗类（综合管理岗、销售服务岗、工程技术岗、专业管理岗、生产定额岗、生产辅助岗）、二十一职级、九薪档组成。在各职系岗类中，重点突出对中高级经营管理人才、专业技术人才、专业技能人才队伍的培养和打造，搭建“想干事、能干事、干成事”的成长成才舞台，在体现“效率优先、兼顾公平”的分配原则的同时，为员工分类建立起常态化的晋级晋升通道，不断完善激励制度，切实管好用好人才。

三是强化科技创新战略管理，搭建人才学习成长平台

科技创新是企业发展的源动力。机床行业有其自身发展的规律和本质的特有属性，需要跨学科、融合多领域知

识的复合型高端人才，需要多年行业经历和积淀的高级技术、技能人才。机床企业要长期持续发展，不是单纯依靠资本投入就能见效，更不能有急功近利、饮鸩止渴的投机性行为和短期行为。

习近平总书记指出：“创新之道，唯在得人”。宁江机床的持续健康发展得益于不断用科技创新战略激活体制机制改革，建立学习型组织，搭建人才能力展示及实践交流平台，让科技创新与人才培养同频共振，不断释放出人才驱动创新的力量。如以国家科技重大专项、公司科研计划（前瞻性技术研究、基础试验和基础研究、新产品研制、产品重大改进）、公司工艺攻关项目等为载体，以“一活动五行动”（质量活动，“红箭、蓝海、破冰、铁犁和巅峰”五行动）为抓手，通过持续的实践活动，推进企业科技创新的进步和企业经营的良好发展，为人才选用、育留奠定精神和物质基础。

有人说机床行业是一个“老骨头汤”的行业，实践的验证也确实如此。能啃硬骨头，能熬老汤，能有家国情怀、使命担当，能跟企业共进退一辈子的企业家，才能带领企业、带领团队砥砺前行。

作为国家基础性和战略性产业的中国机床产业要发展，相关产业政策扶持和市场环境营造不能偏离机床行业发展的客观规律。相对于其他规模制造行业，机床注定不是GDP的宠儿，但它是国家安全的命脉，需要用信念和希望来支撑；需要国家、行业和企业共同营造良好的行业生态环境和人才生存环境，改观“脱实向虚”的社会现象和人文观念；需要行业完善建立分类产品质量标准、质量规范及约束机制，引导产业高质量发展；需要建立尊重人才，弘扬产业精神文化的诸如中国机床工匠的评选机制等。否则，若行业生存和发展的环境不良，将导致产业对人才的吸引力越来越弱，高等高职学校对机械专业人才的招生和基础培养问题越来越多，科研院所对行业发展共性技术研究的科研支撑人才力量渐行渐远。总之，人才基础不牢，许多卡脖子技术的攻坚战，必然一朝梦断。

打铁还得自身硬。机床企业要持续发展，必须与时俱进，建立长期的人才战略，“十年树木，百年树人”。相信只要我们机床人坚定信念，耐得住寂寞也经得住折磨，前仆后继，不断创新，中国机床的未来一定会更加美好。□

资讯

2021年1~9月工量具进出口分析

中国机床工具工业协会工具分会秘书处收集和整理了2021年1~9月工量具（刀具、量具、量仪）进出口海关数据，并进行了分析，供行业参考。

1~9月，刀具出口额162.33亿元，同比增长24.28%，与2019年同比增长17.56%；刀具进口额80.43亿元，同比增长9%，与2019年同比下降3.22%。出口额明显高于进口额，进口增幅小于出口增幅，贸易顺差。

1~9月，量具和量仪出口额10.31亿元，同比增长29.18%，与2019年同比增长9.78%。其中，量具（千分尺、卡尺及量规）出口额8.38亿元，同比增长32.18%；量仪（坐标测量仪、轮廓投影仪）出口额1.93亿元，同比增长17.57%。

1~9月，量具和量仪进口额11.36亿元，同比增长36.35%，与2019年同比增长11.13%。其中，量具进口2.31亿元，同比增长10.63%，量仪（坐标测量仪、轮廓投影仪）进口9.05亿元，同比增长44.94%。

1~9月，刀具出口主要品种：钻头(61.54亿元)、圆锯片(33.92亿元)、互换工具(20.83亿元)、刀片(13.28亿元)、铣刀(10.86亿元)、攻丝工具(5.59亿元)、超硬孔加工刀具(5.07亿元)、超硬互换工具(3.88亿

元)、带锯条(2亿元)。

1~9月，刀具进口主要品种：刀片(35.23亿元)、铣刀(9.56亿元)、钻头(8.82亿元)、攻丝工具(8.08亿元)、互换工具(6.13亿元)、超硬互换工具(2.36亿元)、镗铰刀(2.06亿元)、带锯条(0.92亿元)。

1~9月，硬质合金刀片进口额(30.25亿元)是出口额(12.3亿元)的2.46倍，进口刀片与出口刀片之比小于以往数据。

同样的商品编码，进口工具价格远高于出口价格。例如：涂层刀片的进口平均价格约为出口平均价格的3.92倍，未涂层刀片为6.99倍，攻丝工具为9.89倍，铣刀为2.73倍，量具为18.29倍。可见，国内产品升级还有很长的路要走，说明工具国产化有很大的潜力。

比较发现，1~9月刀片在替代进口并增加出口方面进步明显，硬质合金刀片进出口额之比降到了2.46倍，其中，涂层刀片出口额同比增长52.64%，而进口额同比增长1.88%；进口攻丝刀具增长较大，达到27.36%，但出口额增长19.48%，低于刀具出口的平均增长率；量仪进口增长较大，达到44.94%。

华中数控：产学研用相结合，系统化培养人才

武汉华中数控股份有限公司 供稿

华中数控是我国中高档数控系统研究、生产和推广的“龙头企业”之一，是一家典型的技术密集型、人才密集型和资金密集型高科技企业。公司在20余年间，从校办工厂迅速发展成为行业领军企业，得益于公司成立之初就明确并且坚定实施的人才战略：产学研用紧密结合，系统化培养人才。

数控系统是数控机床的“大脑”，是先进制造业的“芯片”。与芯片技术一样，数控技术“要不来、买不来、讨不来”，必须掌握核心技术，持续迭代创新。数控技术涉及机械、电气、计算机、自动控制等多学科领域，实践性极强，因此公司发展需要多专业、高层次、多类型的人才。同时，数控技术人才的培养是一个需要在实际工作中不断实践、锻炼的过程，需要一段时间的积累才能成才。例如，机电一体化、自动控制等对口专业的毕业生，往往也需要3~5年左右时间才能培养成为独当一面的技术骨干。

如何开展产学研结合工作，解决各层面人才困境，为公司发展提供强有力的人力资源，华中数控开展了如下人才培养工作：

积极与国内知名大学合作，产学研用结合体，培养创新型骨干技术人才

华中数控是华中科技大学孵化出来的企业，在与高校产学研合作方面具有天然的优势，这些年来，华中数控与华中科技大学国家数控系统工程技术研究中心（以下简称国家数控中心）开展了紧密的产、学、研合作。通过这样的合作模式，实现了国家数控中心和企业的“人才对

流”，创新型骨干技术人才从技术到实践的全链条培养。



1. 公司与数控中心分工协作进行产品开发和人才培养

华中科技大学国家数控中心将工作重点放在基础理论和共性技术“探索一代”、“预研一代”和“应用一代”的研究及人才培养方面，不断地为华中数控输入原创技术和新生力量；华中数控则重点承担产品的“开发一代”、“生产和销售一代”任务，在国家数控中心科研成果基础上形成自己的特色产品。

近年来，国家数控中心攻克了一批关键共性技术难题，为华中数控研制出自主可控的华中8型系列化中高档数控系统提供了原创技术支撑。同时，华中数控在华中8型的应用推广及与机床企业合作的过程中，为国家数控中

心的技术成果提供了充分的产业化基础和技术需求。在华中8型得到大批量配套应用后，华中数控与国家数控中心进一步合作，将新一代人工智能技术与数控技术相融合，成功研发了华中9型新一代人工智能数控系统，数控系统技术进入“智能+”时代，实现了行业内的“局部领跑”。

华中数控采用“产学研用”一体化组织架构，与国家数控中心签署多项协议，明确权责利关系，对内实行“四统一”管理模式：统一思想、统一规划、统一管理、统一待遇，对外实行“开放共享”运营模式，以中心为纽带，建立与全国的数控研发机构、机床用户、机床生产厂、数控系统生产厂的密切合作，推进技术成果转化、辐射和服务。牢固的产、学、研合作，使华中数控和华中科技大学将人才优势、技术优势转化为产业优势，走出了一条新时期高校科研实现产业化的成功之路。

2. 开放合作，模式丰富

华中数控与高校的产、学、研、用合作模式丰富多样，除了华中科技大学，公司还积极与国内其他高校共同开展高档数控系统关键技术研发工作。例如，华中数控与北京航空航天大学合作，开展数控系统可靠性试验测试规范研究、数控系统可靠性试验测试平台研究，并开展长时间批量化数控系统生产现场与试验现场可靠性测试及数据分析研究。

公司参与西安交通大学2011协同创新中心“高端制造装备协同创新中心”的控制技术研究，共同推进我国高端制造装备技术先进水平。2013年发起组建“高档数控系统及其应用产业技术创新战略联盟”，联合27家单位（其中3家高校、8家数控系统生产企业、8家数控机床生产企业、4家国内机床重点用户、4家研究机构），形成紧密的“产学研用”合作平台。通过这些与高校、企业、科研院所的产学研用紧密结合，华中数控为创新型骨干技术人才的培养提供全方位的双平台，相关技术得到成功应用。



华中数控与北京航空航天大学合作开展数控系统可靠性研究

3. 高端人才培养成果丰硕，支持公司长远发展

经过多年努力，公司按照培养管理型人才与技术型人才并重的要求，培养了一批富有责任感、专业技术功底扎实、实践能力强、勇于开拓创新的技術和管理人才。2015年，武汉华中数控股份有限公司“高档数控系统创新团队”入选国家重点领域创新团队；2016年，该团队被评为“十二五”机械工业优秀创新团队；2016年，团队负责人陈吉红入选国家级高层次人才；2018年，团队负责人陈吉红荣获“2018年度科技创新人物”。公司高端人才创新团队紧紧围绕国家对高端装备的重大战略需求，抓住数控技术前沿领域的技术方向 and 市场需求，瞄准国际一流水平开展研发创新工作，产学研用紧密结合，在高档数控系统及装备产业化等方面做出了巨大贡献。



高档数控系统创新团队相关证书

通过订单班培养模式，解决技术技能型人才困境

公司的发展，除了需要一大批高端的创新型人才以外，还需要大量的工程技术人员，满足工程调试、售后服务、市场营销、车间生产等岗位的高质量需求。



1.产教融合，校企“订单班”合作培养人才

公司在20年前，就为解决企业用人需求进行了中长期系统规划，决定将育人工作前置到选人之前。例如，公司与武汉职业技术学院联合办学，按“订单式”培养公司紧缺人才，围绕所需人员的知识结构、技能要求，与学校数控、机电、模具或工业自动化等专业联合举办订单班。学校充分尊重企业的意见，对在校期间教学计划做出相应调整，充分加强校企之间、企业负责人与学生之间的频繁深入沟通。实践证明这种产学研结合的办学模式，实现了学校、企业和学生互动和多赢的局面。

经过在公司的十余年培养锻炼，其中数名学员已成为事业部总经理、子公司负责人等高级管理人员。该批订单班的成功经验一直在校企合作之时津津乐道，也开启了公司大力发展订单培养模式的新篇章。

2.继往开来，“数智星”计划点燃星星之火

基于前期订单式培养人才创造的多维度共赢经验，公司陆续和武汉软件工程职业学院、内蒙古机电职院等全国各地数十所同类院校开设了“数智星”订单班，批量培养高素质技术人才。“数智星”订单班学员在学校完成2年学习任务，在第三学期经过企业遴选后加入公司实习，通过脱产技术技能培训和导师一对一辅导相结合的方式，提前融入企业，快速学习成长，有效缩短适岗周期，更快实现岗位价值。

“数智星”订单班的实施迅速提高了一线工程技术人员的培养效率，许多学员成为了公司的产品经理、项目经理，也有一部分成员脱颖而出成为中层管理人员。下一步，我们将与应用型本科院校开展合作，共同培养企业急需人才。

3.提炼推广，培养经验惠及地方产业

成熟的订单班培养经验，在逐步提炼中形成了华中数控特有的校企合作共同育人标准，在与众多工业客户、相关院校合作中进行复制推广。

近期，公司在浙江台州地区结合当地机床产业转型升级特点，与有关学校合作开设了面向机床行业的定向班，深入支持学校根据当地产业需求，定制人才培养方案、帮助培养师资、组织技能比武，共同培养机械装调、电气装调、复杂编程、机床营销类等人才，得到了当地政府、行业协会和企业的欢迎。

积极“招才引智”，广纳行业专家，充实企业高端人才库

中高档数控机床的核心技术不仅覆盖面广，技术复杂度也高。它涉及到“机、电、液、控”多学科交叉、多领域融合，高速、高精、多轴、复合等近二千个控制模块，车、铣、磨、特种、重型、超精密等一千多种机床应用。面对这样的技术和市场需求，靠企业自身的培养体系不足以支撑高端人才的供给。

1.抓住机遇，引进高端人才

华中数控积极寻求“引进来”的机会，在国内外机床行业下行的时候，结合企业实际需求，抓住行业资深专家寻求发展的时机，引进了一批从事机床设计、机电联调、数控系统应用等方面的高端人才。他们中有既有来自国外顶尖数控系统企业的“黑带”工程师，也有来自国内著名机床集团的技术骨干，不论是在数控技术的理论知识，还是在产品的应用、推广、可靠性测试等方面，都拥有深厚

的积淀。

2. 想方设法，用好人才

“引进来”还要“用得好”。华中数控对引进人才委以重任，充分发挥他们多年行业经历和积淀，把数控技术与前端的机械设计和后端的工艺应用融合起来，在高档型数控系统的研发和应用工作上发挥了巨大作用。高级技术、技能型人才的加入，对团队的激励和带动，也为后备人才的培养补充提供了长足动力。

打通多渠道晋升通道，培养复合型经营人才

公司为了搭建以研发技术为主岗位的人才梯队，帮助员工在企业内部的可持续发展及系统提升，规范公司专业技术人员职业发展管理工作，进一步完善技术类人员职业发展规划，形成动态竞争、以项目成果评价、能力评估为基础的价值分配体系，促进内部人才的使用、流动、培养和选拔，为员工分类建立起常态化的晋级晋升通道，不断完善激励制度，切实管好用好人才。

目前公司为技术类员工分别设计管理类序列和技术类序列两条晋升通道，专门成立以内部人才培养为核心目的之一的华数学院，为员工培养提供发展支持。



1. 设立机构，帮助员工持续成长

员工成长是公司人力资源建设的重要环节，华数学院致力于为全集团员工打造紧密结合公司需求的研发、技术、营销、管理等培训体系，紧密围绕公司战略目标，以提升组织绩效为目的，以提高业务能力为重点，组织各层级各类型员工参与不间断培训，营造员工终身学习的氛围。

目前线上线下培训已覆盖集团2000多员工，便于高效解决工作中技术知识疑难点。

2. 不忘初心，引领员工勇攀高峰

在华数学院的组织策划之下，凝聚公司各级力量，邀请公司高管、外部老师、各部门专家分别为基层骨干、应届毕业生量身打造“登峰”训练营，围绕行业与企业发展、产品知识、员工职业素养与通用技能等方面开展专项培训，通过授课、实训、参观座谈、轮岗实践等多种手段帮助其明确职业发展规划，帮助其短期内提升专业技能、行业认知、自我及团队管理技巧，为公司培养后

备干部，为公司竞争力的持续提升做好充分支持。

历届学员中，超过30%的骨干成为公司新晋中层管理人员，经过“登峰”洗礼的应届生也成为了公司发展中的奋斗先锋。

3. 逐梦同行，协同员工智造未来

营销训练营、黑马训练营是分别为集团内部营销、综合岗位员工打造的长期、系统培训方案，以提升对外交流内涵为目标，以公司产业布局、技术优势、国家使命与贡献为主要内容，以传播企业品牌、提升相关岗位的营销能力为宗旨，要求并帮助全体营销及相关人员夯实基础知识及业务能力。华数学院通过本方案，联合人力资源部、中央研究院等相关单位，开发完善培训的体系，深入各业务板块，加深、拓宽员工业务知识。

通过针对不同人群的细分销售培训，将营销人才的培养时间有效缩短23%，促成内部专业人才转向一线销售岗位的调岗率高达17%，并全面提升全员营销理念，形成人人都是宣传推广员的局面，支撑公司业务向高质量发展。

机床行业是国家战略性行业，而高档数控系统又是制约机床行业发展的核心技术。这些年受互联网产业迅猛发展的影响，数控系统行业的人才工作面临了前所未有的冲击，也让行业人士愈发深重地感受到智能制造相关人才培养的难度及重要性。

“十四五”期间，国家对工业母机高度重视，要实现行业及企业的跨越式发展，需要有更强大的人才队伍做支撑。我们将努力深化、创新产学研用人才培养体系，通过内部系统培养、帮助员工快速成长，外部引进稀缺人才，逐步打造机床行业的人才高地，为国产数控机床行业的发展做出更大贡献。□

国检中心：汇聚第一资源 助推机床行业高质量发展

国家机床质量监督检验中心 供稿

“盖有非常之功，必待非常之人”。古往今来，人才之于国家，始终是强国之本、兴邦大计，之于一方发展和企业壮大，更是稳居第一资源、核心要素的重要位置。正所谓千秋基业，人才为本。

制造业作为国家经济命脉所系，关乎实体经济和经济基本盘的稳定。而被誉为“工业之母”的机床，则是国家装备制造业的基础和命脉，其技术水平直接影响国家整体的工业竞争力，更事关综合国力的角逐。

众所周知，硬实力、软实力，归根结底要靠人才实力。同样，做优做强机床行业，说到底离不开人才的支撑，谁能凝聚人才，谁就能在竞争中占据优势。



一直以来，国家机床质量监督检验中心（以下简称国检中心）始终把人才作为支撑发展的第一资源，坚持优先发展人才战略，经过近40年的探索和努力，取得了人才队伍建设与单位持续发展相得益彰的显著成果，也成就了国检中心始终占据国内机床行业成立早、业务范围广、客户数量多、技术力量强的重要地位。

在此，借助中国机床工具工业协会书面论坛平台，就国检中心人才队伍建

设的经验做法进行交流分享，以供借鉴。

坚持“一盘棋”，擦亮识才慧眼

习近平总书记指出，引进一批人才，有时就能盘活一个企业，甚至撬动一个产业。足见，要成就一番大事业，就要有聚天下英才而用之的眼界。

鉴于机床行业专业性强、技术要求高等特点，国检中心在人才引进中遵循“一盘棋”思维，坚持从单位发展战略需求和工作实际需要出发的原则引进人才，打破人力部门负责人人才招聘的传统模式，实行业务部门为主、人力部门为辅的形式进行通力配合，发挥人才引进的团队效应，提高精准识别人才的能力，让专业的人选出专业的人才，再加之力部门专业的薪酬保障，最终实现引进的人才与单位的需求高度匹配，切实做到寻觅人才求贤若渴，引进人才千方百计。

近年来，国检中心先后引进20余名来自国内外重点学府或是工作经验丰富的技术型人才，人才队伍进一步壮大。

聚焦提素能，厚植成才土壤

“顺木之天，以致其性”，按照人才成长规律培养人才是大原则和规定动作。但各个行业、各个单位的实际情况千差万别，还需要在规定动作的大框架下结合实际，定制出符合单位和个人发展的人才培养细则。

国检中心进一步创新人才培养方式方法，做到既精准施策，又多措并举，切实肥沃了人才成长的土壤和素能提升的成效。

一是开展校企联合培养，一方面积极接收在校优秀学生到国检中心实习，另一方面向高校输入在职深造人才，使人才能够汲取校企两方面精华，助力素能跨越式提升。

二是综合运用借调、轮岗等多种方式，推荐优秀人员到上级单位跟班学习或是在本级单位进行轮岗，致力于综合素质能力的锻炼培养。

三是营造“比学赶帮超”的氛围，正所谓“跟着大王走，你就是小王”，以追求卓越的浓厚团队氛围，激发出个体主动学习的内生动力，继而人才队伍的整体水平就会持续处于上升状态。近年来，国检中心人才队伍实力持续攀升，培养了4名博士、5名硕士，2人荣获国务院政府特殊津贴，先后向上级单位输送了10余名优秀人才，受到了上级和行业的一致认可。

突出搭平台，开出用才良方

刀要在石上磨，人要在事上练，不历经风雨洗礼，难以成就大才。国检中心始终坚持“一把手”抓“第一资源”，践行“实践强才干，历练出人才”的思路，在助推机床行业高质量发展的“主战场”，搭建起一系列实战平台，给予人才成长成才的广阔舞台。

依托近年来承担的国家及省部级重大科研项目，科学合理引导、培养、锻炼人才，做到用当其时、用其所长，努力激发出各方面人才的潜能，确保了各个项目高质量完成。提倡团结出战斗力的合作精神，在急难险重的技术攻关任务中，成立创新攻关团队，根据成员优势明确各自任务，发挥1+1>2的效果，实现团队能力和个体能力双提升的效果。

探索试点一马当先的“揭榜挂帅”模式，围绕服务国家战略和单位未来发展的新模式，鼓励引导优秀人才“揭榜挂帅”，先行先试推进新商业模式的系统搭建等工作，以形成“创先争优”的规模化效应，激发方方面面的更多优秀人才脱颖而出，为单位发展建功立业。近年来，国检中心优秀人才频出，先后获得诸多荣誉，展现了人才队伍的突出实力。

注重常激励，展现爱才诚意

择之以才，待之以礼。“引进来”，还要能“留得住”，这就要做到关心关爱人才，切实用爱才的态度对待人才，才能形成群贤毕至的“蝴蝶效应”。国检中心从物质和精神两个层面出发，积极实施“拴心留人”举措。

在物质层面，发挥人才评价“指挥棒”作用，不以职位高低论薪资待遇，探索以参研参试项目成果、专利成果等标准，科学评价技术型人才，逐步建立健全与技术型人才相匹配的薪资待遇体制，尽可能使优秀人才的付出与回报成正比。

在精神层面，不断提升人才的归属感、获得感、幸福感，既包容人才个性，也鼓励尝试、宽容失败，让人才有敢闯敢试的信心和勇气，从而促进创新创造的活力竞相迸发。细心关照人才的内心世界，在评先评优、重要会议活动、教育培训等方面，选拔优秀人才参与其中，给予优秀人才更多的高光时刻，使他们感受到自我价值的实现和认同激励，坚定再接再厉的信念。近年来，国检中心创新活力充分显现，人才队伍长期稳定，离职率始终保持在10%以下。



多年来，在优先发展人才战略的精心布局下，国检中心“人才红利”加速释放，科技创新成果频频涌现，单位发展更是蒸蒸日上。先后负责和参与了国家科技支撑计划、国家“863”计划、国家科技重大专项、智能制造专项、国家质检公益专项及北京科技攻关计划等40余项课题。近五年来，获得国家科技进步二等奖2项，省部级科技一等奖8项、二等奖5项、三等奖2项，中国好技术1项、集体荣誉奖20余项等一系列荣誉，在机床检测行业中的综合实力和品牌影响力全面跃升，为机床行业高质量发展做出了重要贡献。□

汇专科技：深化产学研协作 打造高素质人才队伍

汇专科技集团股份有限公司 供稿

随着“中国制造2025”战略逐步实施，传统制造业正在朝着高端化、智能化、绿色化的方向转型升级，精密加工对高端人才的需求急剧增长。汇专科技集团股份有限公司坚持创新发展战略，注重资源整合，依托高校的科研、技术和人才优势，深化产学研协作，注重成果转化和人才培养，不断推动技术和产品创新，取得了显著成效。

建立健全协作长效机制

从2010年开始，汇专与广东工业大学等高校开展发展战略、产品规划及研发等领域的合作，迈出了产学研合作的第一步。2017年签署产学研长期合作协议，明确合作方向与机制，成为合作指南。成立董事长亲自挂帅的推进产学研合作办公室，打造对接产学研合作的窗口。

2017年汇专与广工联合挂牌省级工程技术中心——“广东省超硬精密工具工程技术研究中心”，全面开展超硬刀具合作，搭建产学研合作的高层次平台。依托该平台，双方共同研发出适于3C领域产品加工的PCD、PCBN超硬高光砂轮等超硬刀具产品，掌握超硬刀具刃口成型的金刚石磨削、激光加工和电蚀加工等核心技术，获得授权专利23项。

协同研发新技术新产品

汇专成立以高校专家教授为核心的企业战略专家咨询委员会，打造企业高水平发展的智囊团。与广东工业大学协同研发清洁切削解决方案，研发出系列外冷型微量润滑（MQL）系统、内冷型微量润滑系统、油水复合微量润滑系统以及超临界CO₂低温冷却系统，已申请国际PCT专利1项，国家发明专利9项，实用新型专利20余项。

先后与广东工业大学、华南理工大学、大连理工大学、山东大学、中南大学等高校以及中科院西光所、广东省新材料研究所等研究机构合作，共同承担“高效高精高

强度机械加工涂层刀具开发与产业化”、“清洁切削关键共性技术”、“超快激光七轴五联动精密加工刀具装备研发与应用”、“超硬材料及其在典型工程中的应用研究”等10余项国家、省重点研发专项研究。

协同推动高端技术成果转化

针对5G时代硬脆性材料加工难点，充分利用高校资源，共同推动超声加工技术从理论向大规模应用的成果转化，并率先实现超声刀柄的大规模生产。

特别是2020年新冠肺炎疫情期间，依托超声加工技术积累，快速升级并大规模量产智能数控超声焊接系统，适用于口罩及医用防护服等产品的焊接，被广东省新冠肺炎防控指挥部明确纳入全省抗疫物资生产重点保障企业，为抗疫做出了积极贡献，并被评为“广东省新冠肺炎疫情防控物资保障工作重要贡献企业”。与广东工业大学等单位共同开展的《高质高效医疗防护制品制造关键技术与装备及产业化应用》项目荣获2020年广东省科技进步奖一等奖。

人才是企业最宝贵的资源。在深化产学研合作过程中，汇专始终将培养高素质人才队伍贯穿始终。注重高位嫁接，依托合作高校、科研机构的专家教授开展学术讲座和技术理论培训，近年来先后有近百名专家教授到汇专参观指导、授课交流，快速提升了汇专技术人员的理论知识和技术水平。畅通人才双向培养渠道，汇专推荐公司高学历人才到高校担任校外硕士生导师，先后选派200余人次技术研发骨干到高校学习。深度的产学研协作，不断吸引着高校众多优秀毕业生加入汇专工作，为汇专可持续发展提供了坚实的人才保障。

展望未来，汇专将坚定不移地深化产学研合作，更加注重成果研究与工程技术转化，更加注重培养高素质人才队伍，为企业高质量发展提供有力支撑，助力我国制造业转型升级。□

基于西门子840Dsl刀库控制研究

沈阳机床（集团）有限责任公司 邵毅

【摘要】刀库及自动换刀装置作为加工中心的重要功能部件，其性能直接影响加工效率。本文对刀库及自动换刀装置控制逻辑进行分析，从总体方案设计、刀库控制逻辑和程序设计等方面阐述了对基于西门子840Dsl控制系统的应用研究。经实际应用验证该系统性能稳定，结构简单，操作方便，动作快速，准确能够满足应用要求。

刀库及自动换刀装置是实现刀具储备及自动交换的重要功能部件，是高档加工中心和重型加工中心的重要组成部分。刀库储备加工刀具，根据换刀指令将刀具送至换刀位置，刀套翻转，机械手将主轴上的刀具与目标刀具进行交换。

刀库及自动换刀装置控制系统的稳定运行是实现多工序连续加工的关键。随着加工中心向高自动化集成、高精度、高效率方向发展，对刀库及自动换刀装置控制系统性能提出了更高的要求。在刀库及自动换刀装置选刀换刀过程中，控制系统需要按照严格的逻辑关系和动作时序控制各机构运动完成相应动作。

自动换刀装置的换刀动作较多，且动作的相互协调关系复杂，容易发生故障。因此，刀库及自动换刀装置的控制便成为加工中心控制系统中非常重要的环节。本文以台湾吉辅企业有限公司生产的卧式刀库为研究对象，阐述刀库及自动换刀装置的逻辑控制、硬件和程序设计及刀具管理等

方面的研究。

1. 控制方案总体设计

控制系统硬件主要由西门子840Dsl系统、伺服控制器等组成，主要完成刀具定位、刀套翻转以及机械手换刀等动作。伺服电机驱动刀库运动，实现选刀与刀具精确定位。通过二位五通电磁阀控制进气和排气，气缸带动刀套翻转。机械手的运动由电机和凸轮箱联合控制，并由机械手位置反馈装置检测机械手的旋转信号，然后将旋转信号反馈给PLC，实现机械手启停运动的控制。

2. 刀库控制逻辑分析

在刀库控制过程中，PLC程序经内部逻辑运算确定伺服电机转动方向实现就近选刀。三项异步电机驱动圆柱凸轮，凸轮旋转一周刀库运动一个刀位。目标刀具所在的刀套运动到换刀位置时，伺服电机停止旋转，实现刀具精确定位，气缸中的活塞通过连杆带动刀套翻转，机械手旋转进行换刀。换刀完成后刀套回转，整个换刀

动作结束。

(1) 刀库选刀与刀具定位

此刀库有40把刀具，采用刀套编码的选刀控制方法。为了将目标刀具送到换刀位置，必须正确判断电机的转向和记忆经过换刀位置的刀号。PLC根据T代码预选刀具号，将目标刀套号与当前刀套号进行比较，判断伺服电机转向，从而实现刀库就近选刀。

刀套必须回转到位，电机才可以旋转，倒刀动作完成与换刀臂执行抓刀前，需有少许的延时（0.1~0.25s），目的在使倒刀气压缸内压力充足，避免换刀臂抓刀时造成刀套的晃动。当电机正转时，PLC程序内的计数器自动记录当前刀套号，每转过一个刀位，计数器值加1，反之减1。同时利用西门子程序块FC8使西门子系统的刀具表的刀号，与实际刀库的的刀号相对应。当目标刀套运动到换刀位置时，PLC停止高速脉冲输出，伺服电机停止运转，开关反馈刀位数给PLC。刀库就近选刀换刀流程如图1所示。

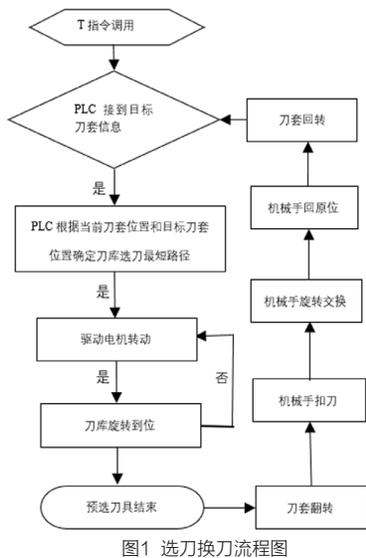


图1 选刀换刀流程图

(2) 刀套翻转与机械手换刀

PLC 控制电磁阀的开闭带动气缸内活塞运动，活塞杆与刀套连接，实现刀套的翻转和回转。拨叉随着活塞的运动而进行往复运动，从而带动换刀位置上的刀套，使其完成 90° 翻转与回转动作。

在整个换刀过程中，判别刀套的状态非常重要，在进行选刀和机械手换刀的过程中，必须识别当前刀套的状态，并设计相应的保护控制逻辑。因此，在气缸上安装两个磁性开关，检测气缸中活塞的位置确定刀套翻转和回转动作完成。磁性开关触发信号反馈给PLC，确定下一步动作的执行与否。

加工中心自动换刀装置是实现多工序连续加工的重要装置，其控制是实现加工中心设计制造的关键。自动换刀装置的设计要求是换刀时间短，刀具重复定位精度高，运行稳定可靠等。自动换刀装置主要由异步电机、凸轮箱、机械手组成。在换刀过程中，反馈装置检测机械手旋转位置信号反馈给 PLC，控制电机启停实现机械手抓刀、拔刀、旋转、装刀回原点等一系列换刀动作。

(3) 刀库控制动作时序

在换刀过程中，刀库、气缸和机械手三者之间应准确配合，若三者之间的配合不准确，将造成换刀动作的

失败。为了避免在换刀过程中各个动作发生相互干涉，发生故障，要根据刀库给出的刀库电气动作时序图来进行编程如图2 所示。

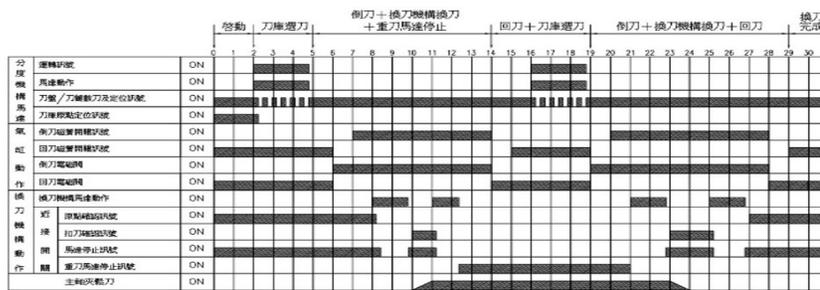


图2 卧式刀库动作时序图

PLC 通过接收到的反馈信号来确定下一步动作，即上个动作完成是下个动作开始执行的条件，未接收到上个刀库动作完成的反馈信号，刀库停止运动并报警指示灯亮起，从而保证每个动作准确安全有效。机械手臂旋转动作时，也需要利用西门子程序块FC8，使西门子系统的刀具表的刀具传递和实际刀库中刀具传递相一致。

3.控制系统硬件设计

刀库分度盘转动采用伺服电机驱动。伺服电机带有轴编码器，能够反馈电机的角度信号给伺服驱动器，形成闭环控制，以达到精确控制伺服电机旋转的位置和速度，使刀库选刀快速，定位准确。通过对电机转速和功率的准确计算确定，选用北京超同步伺服电机及超同步伺服驱动器。伺服驱动器P000设为0010，即采用位置控制模式，PLC 以发送的脉冲频率控制电机转速，以脉冲数对刀套进行定位控制。刀库伺服驱动器设计接线图如图3所示。

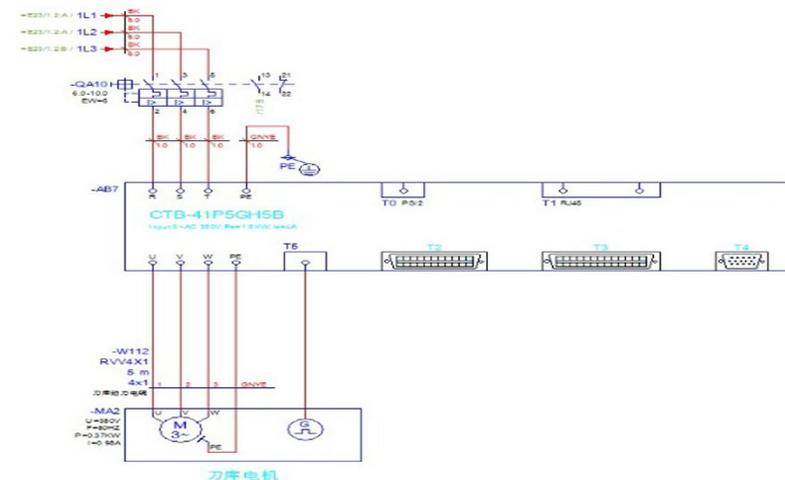


图3 刀库伺服驱动器接线图

4.控制程序设计

刀库及自动换刀装置自动换刀程序采用西门子编程软件step7编写，支持梯形图、指令表、FDB语言编程，STEP 7具有硬件配置和参数设置、通讯组态、编程、测试、启动和维护、文件建档、运行和诊断功能等功能。刀库PLC控制程序主要分为就近选刀程序和机械手换刀程序。

上电后首先刀库进行初始化，初始化后对自动和手动两种控制模式进行选择，在手动模式时配合操作面板上的按钮完成各项动作的手动控制。手动控制程序如图4所示。

```

M01d: AN DE119.DEX 0.3 "Mag_Jogbox".Holder_Button_FP -- 刀库修调刀套翻转按钮FP
      = DE100.DEX 31.6 "INPUT_Z".INPUT_257 -- Mag_Holder_Down_Switch
      = DE119.DEX 2.2 "Mag_Jogbox".Holder_Up_CMD -- 刀库修调刀套翻出命令
      JCN M01e
      L 2
      T DE112.DEW 26 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_14 -- MAG_JOG_STEP
M01e: A DE119.DEX 0.3 "Mag_Jogbox".Holder_Button_FP -- 刀库修调刀套翻转按钮FP
      = DE100.DEX 31.6 "INPUT_Z".INPUT_257 -- Mag_Holder_Down_Switch
      = DE119.DEX 2.3 "Mag_Jogbox".Holder_Down_CMD -- 刀库修调刀套翻回命令
      JCN M01f
      L 8
      T DE112.DEW 26 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_14 -- MAG_JOG_STEP
M01f: A DE119.DEX 0.5 "Mag_Jogbox".Atc_Button_FP -- 刀库修调机械手旋转FP
      = DE100.DEX 32.1 "INPUT_Z".INPUT_260 -- Mag_Atc_Origin_Switch
      = DE100.DEX 32.3 "INPUT_Z".INPUT_262 -- Mag_Atc_Stop_Switch
      = DE119.DEX 2.4 "Mag_Jogbox".Atc_90_CMD -- 刀库修调机械手扣刀命令
      JCN M020
      L 3
      T DE112.DEW 26 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_14 -- MAG_JOG_STEP
M020: A DE119.DEX 0.5 "Mag_Jogbox".Atc_Button_FP -- 刀库修调机械手旋转FP
      = DE100.DEX 32.2 "INPUT_Z".INPUT_261 -- Mag_Atc_Kou_Switch
      = DE100.DEX 32.3 "INPUT_Z".INPUT_262 -- Mag_Atc_Stop_Switch
      = DE100.DEX 23.5 "INPUT_Z".INPUT_192 -- Spindle_Unclamped_Switch
      = DE119.DEX 2.5 "Mag_Jogbox".Atc_270_CMD -- 刀库修调机械手翻转命令
      JCN M021
      L 5
      T DE112.DEW 26 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_14 -- MAG_JOG_STEP
M021: A DE119.DEX 0.5 "Mag_Jogbox".Atc_Button_FP -- 刀库修调机械手旋转FP
      = DE100.DEX 32.2 "INPUT_Z".INPUT_261 -- Mag_Atc_Kou_Switch
      = DE100.DEX 32.3 "INPUT_Z".INPUT_262 -- Mag_Atc_Stop_Switch
      = DE101.DEX 10.4 "OUTPUT_Z".OUTPUT_85 -- Spindle_Clamp_Tool_Lamp_Out
      = DE119.DEX 2.6 "Mag_Jogbox".Atc_0_CMD -- 刀库修调机械手回位命令
    
```

图4 刀库手动控制PLC程序

自动方式下，需要判断就近方向旋转到目标刀套位置，在就近选刀程序中，首先比较当前刀套号DB72.DBW 30和选用刀套号DB72.DBW 26的大小，若相等则刀套翻转进行换刀；当DB72.DBW30大于DB72.DBW 26时，将DB72.DBW 30减 DB72.DBW 26的值与20相比较，若小于20则电机反转，反之正转；DB72.DBW 30 小于DB72.DBW 26时，将DB72.DBW 26减DB72.DBW30的值与20比较，若小于则电机正转，反之反转，若等于则电机正转。程序如图5所示。

```

A DB72.DEX 0.0 "TM72".IFW0[1]
A DE110.DEX 31.6 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_254 -- MAG_Return_Zero_Completed
AN DE110.DEX 16.0 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_129 -- MAG_Rotation_Enable of search tool of 1st
AN DE110.DEX 16.1 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_130 -- MAG_Arrive_Position of search tool of 1st
JCN M00f
A(
L DE112.DEW 78 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_40 -- MAG_Target_Location_Number(keep)
L DE112.DEW 70 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_36 -- MAG_Currently_Location_Number(keep)
)
)
R DE110.DEX 16.0 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_129 -- MAG_Rotation_Enable of search tool of 1st
S DE110.DEX 16.1 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_130 -- MAG_Arrive_Position of search tool of 1st
JC M00f
SET
S DE110.DEX 16.0 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_129 -- MAG_Rotation_Enable of search tool of 1st
R DE110.DEX 16.1 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_130 -- MAG_Arrive_Position of search tool of 1st
CALL FC 120
IN0:=DB110.DEX16.0 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_129 -- MAG_Rotation_Enable of search tool of 1st
IN1:=DE112.DEW82 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_42 -- MAG_Total_Location_Number(keep)
IN2:=DE112.DEW70 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_36 -- MAG_Currently_Location_Number(keep)
IN3:=DE112.DEW78 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_40 -- MAG_Target_Location_Number(keep)
FC120 : Title:
          方向判断
          Title:
          AN #IN0 #IN0
          BEC
          L #IN1 #IN1
          L 2
          /I
          T #TEMP4 #TEMP4
          L #IN3 #IN3
          L #IN2 #IN2
          -I
          T #TEMP5 #TEMP5
          JPZ M001 #TEMP5
          L #TEMP5 #TEMP5
          L -1
          *I
          T #TEMP5 #TEMP5
          L #TEMP5 #TEMP5
          L #TEMP4 #TEMP4
          >I
          JCN M002
          S DE110.DEX 16.3 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_132 -- MAG_DIR_CW
          L #IN1 #IN1
          L #TEMP5 #TEMP5
          -I
          T DE112.DEW 80 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_41 -- MAG_Need_Roation_Number(keep)
          JU M003
          M002: S DE110.DEX 16.4 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_133 -- MAG_DIR_CCW
          TAK DE112.DEW 80 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_41 -- MAG_Need_Roation_Number(keep)
          JU M003
          M001: L #TEMP4 #TEMP4
          >I
          JCN M004
          S DE110.DEX 16.4 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_133 -- MAG_DIR_CCW
          L #IN1 #IN1
          L #TEMP5 #TEMP5
          -I
          T DE112.DEW 80 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_41 -- MAG_Need_Roation_Number(keep)
          JU M003
          M004: S DE110.DEX 16.3 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_132 -- MAG_DIR_CW
          L #TEMP5 #TEMP5
          T DE112.DEW 80 "VARIABLE_WORD_Z".VAR_WORD_41 -- MAG_Need_Roation_Number(keep)
          M003: S DE110.DEX 16.5 "VARIABLE_BIT_Z".VAR_BIT_134 -- MAG_DIR_END
    
```

图5 刀库自动控制PLC程序

选刀完成后，伺服电机停止旋转。垂直电磁阀接通，刀套翻转，PLC 接收汽缸垂直磁性开关触发信号后，运行机械手换刀程序，ATC 电机开始旋转，机械手进行换刀，换刀完成后机械手回原点，刀套回转，整个换刀过程结束。

5. 西门子840D sl系统配置

(1) 参数配置

840Dsl的刀库管理是一个选项，需要激活该选项功能。

```

MD18080: MM_TOOL_
MANAGEMENT_MASK=BH
    
```

选择刀库管理的功能（注意会导致内存重新分配，修改完以下参数，做系列备份，回装即可）。

Bit 0=1: 激活刀库管理功能

Bit 1=1: 分配内存用于监控数据（刀具寿命监控）

Bit 3=1: 为“consider adjacent location”（考虑相邻刀位）分配内存。

MD 18082: MM_NUM_TOOL=40 刀具数量，注意不是刀库刀位数量！但此值至少应大于等于刀库刀位数。

MD 18084: MM_NUM_TOOL_MAGAZINE=3 定义刀库数量，包括刀库、缓冲区、装载点，所以是3个。

而且每个刀库在刀库管理中都有编号：真实刀库在刀库管理中的刀库号是：1。

所谓缓冲区，指的是主轴、链式刀库的机械手，其在刀库管理中的刀库号是：9998。装载点、装/卸刀具的位置，很多链式刀库在刀库侧会有单独的操作站，用于装/卸刀具和手动控制机械手等。装载点在刀库管理中的刀库号是9999。总的刀位数量，不仅包括实际刀库刀位数，还包括缓冲区的刀位数。因此，此例有刀库40个刀位、手爪2个

刀位、主轴1个刀位、装刀位2个刀位，即计算所有可以放置刀具的地方。

MD 18086: MM_NUM_MAGAZINE_LOCATION=40
MD 18100 MM_NUM_CUTTING_EDGES_IN_TOA=160

MD 20110: RESET_MODE_MASK=4045H
MD 20310: TOOL_MANAGEMENT_MASK=C40BH

激活通道的刀库管理功能。

Bit 0--3 必须与 MD18080 MM_TOOL_MANAGEMENT_MASK 的设置保持一致；

Bit 10 = 1: 换刀指令（PLC指令号=3）直到T预选刀应答收到才发出；

Bit 14 = 1: 刀具在RESET和 START变化取决于MD20110、MD20112；

Bit 15 = 1: 在上电过程中，如果有多条预选指令，Tx->Tx，任何定义的缓冲器中的刀不返回传送。

MD 20320: TOOL_TIME_MONITOR_MASK=1 机床只有一个主轴

MD 22550: TOOL_CHANGE_MOD换刀方式 = 1

对于车床刀塔，MD22550=0，刀具数据换刀后立即生效。

对于链式刀库/矩阵式刀库，MD22550=1，刀具数据在执行MD22560定义的M代码后生效。

MD 22560: TOOL_CHANGE_M_MODE = 206

激活刀具数据的M代码，子程序TOOL执行M206后，DB72.DBX0.0和DB72.DBX4.1才为1。

MD 10715: MN_M_NO_FCT_CYCLE[0] = 6

MD 10716: MN_M_NO_FCT_CYCLE_NAME[0] = TOOL

加工程序执行M06时，调用TOOL这个换刀动作的宏程序。

(2) 刀库配置

通过以上参数的设定，系统只是为刀库管理预留了相应的空间，但对于刀库的特征（比如刀库的类型，实际刀座的数量，虚拟刀座的数量等）需要通过对刀库管理系统变量来定义，系统可以通过传输一个刀库定义文件来对系统变量赋值，里面主要包含以下几个信息：

- \$TC_MAP1[0]=0 删除原来有关刀库的数据
- \$TC_DP1[0,0]=0 删除原来有关刀具的数据
- \$TC_MAMP2 =12289 刀具和空刀座的搜索策略
- \$TC_MAP1[n]=1 刀库的类型：真实刀库1

\$TC_MAP3[n]=17 实际刀库状态，只有激活后该刀库才能使用

\$TC_MPP1[n,m], \$TC_MPP2[n,m], \$TC_MPP3[n,m], \$TC_MPP4[n,m], \$TC_MPP5[n,m]定义刀座状态

\$TC_MPP1[NUM_MAG,PLACE]

; 1 = Magazine location 刀库位置

; 2 = Spindle, toolholder 主轴，持刀器

; 3 = Gripper机械手

; 4 = Loader加载器

; 5 = Transfer location 传送位置

; 6 = Loading station

; 7 = Loading point

\$TC_MPP2[NUM_MAG,PLACE] ;刀位类型（0：任意类型）真实刀库：1；两虚拟刀库：0

\$TC_MPP3[NUM_MAG,PLACE] ; 邻近刀位监控（1：打开；0：关闭）真实刀库：1，两虚拟刀库：0

\$TC_MPP4[NUM_MAG,PLACE]=2 ; 刀位状态：enabled

\$TC_MPP5[NUM_MAG,PLACE] ;刀位索引

\$TC_MLSR[x,y] 把缓存刀库的刀座分配给相应的主轴

;x: = buffer 中其他非主轴的位置号

;y: = buffer 中主轴的位置号

\$TC_MDP1[N,M] 刀库N的换刀点位置与第1个内部刀库（加载刀库9999）中的刀位M之间的距离

\$TC_MDP2[N,M] 刀库N的换刀点位置与第二个内部刀库（缓冲区9998）中的刀位M之间的距离

当这些系统参数正确定义以后，在刀库管理显示画面里就可以看见刀库表了但是还没有刀具，可以依照操作西门子系统操作说明书来建立新刀具了。

在PLC程序块OB100加一段有关刀库的一些情况，输入相应的参数即可。具体参数如附表所示。

刀库参数表

	真实刀库	缓冲刀库	装载刀库
刀库号	DB4.DBW65=1	DB4.DBW70=9998	DB4.DBW75=9999
刀库类型	DB4.DBB67=1	DB4.DBB72=7	DB4.DBB77=9
刀库的刀座数	DB4.DBW68=60	DB4.DBW73=3	DB4.DBW78=2

总刀库数量: DB4.DBW64 = 3。

主轴数量: DB4.DBBn = 1。n的数值为: DB4.DBW64的值*5+65=3*5+65=80。

(3) 刀库常用的PLC接口

装载、卸载、重定位等的手动方式的接口信号, 这里不再详细阐述说明, 这里主要介绍自动方式下的接口信号DB72的功能。

DB72.DBX0.0 只有一个主轴, 就是接口DBX0.0有效

DB72.DBX4.2 刀具预选T

DB72.DBX4.1 刀具交换M06所调用宏程序TOOL中的M206

DB72.DBX4.3 刀具交换T0

DB72.DBW24 源: 新刀具来自的刀库号

DB72.DBW26 源: 新刀具来自的刀座号

以上就是新刀具的具体位置, 取新刀时, 必须使刀库旋转到该目标位置

DB72.DBW28 目标: 旧刀具将要返回刀库的刀库号

DB72.DBW30 目标: 旧刀具将要返回的刀座号

以上就是旧刀具(原主轴)的要返回的具体位置, 还旧刀时, 必须使刀库旋转到该目标位置

DB72.DBW34 新刀的左尺寸

DB72.DBX4.6 新刀与旧刀是不是1: 1 exchange

这里我们要区分于FC8 TM_TRANS中的参数意义, FC8主要是告之NCK新刀旧刀的各阶段所处的位置, 以及刀具交换、刀具预选所完成的状态。

CALL "TM_TRANS"

Start :=#Start

TaskIdent :=#TaskIdent

TaskIdentNo:=#TaskIdentNo

NewToolMag :=#NewToolMag //新刀所在的当前刀库, 如机械手1 (9998, 2)

NewToolLoc :=#NewToolLoc //新刀所在的当前刀位

OldToolMag :=#OldToolMag //旧刀所在的当前刀库如主轴 (9998, 1)

OldToolLoc :=#OldToolLoc //旧刀所在的当前刀位

Status :=#Status//1: 表示完成; 105: 表示中间状态, 需要继续处理

Ready :=#Ready

Error :=#Error

(4) 刀库应答PLC程序

PLC内应答程序, 我们利用西门子Toolbox中自带的程序FC90_3.AWL, QUIT_3.AWL, 在其基础上修改。

需要注意的是T预选刀具, 如果刀库有等待位, 连续的T指令需要特殊处理。我们先假设定点换刀, 主轴上是10号刀具, 程序中先执行了T1, 没有执行M06, 又执行了T5, 那么我们必须将换刀机构中的1号刀具返回真实刀库, 再重新取5号刀具。但是系统执行T5时发出的新刀具来自的刀座号DB72.DBW26=5; 刀具将要返回的刀座号DB72.DBW30=10, 缺少上一次预选完的刀具(在换刀机构中)的信息。所以我们自己定义了两个带保持的数据, 记录机械手1和机械手2中的刀具在真实刀库中的刀位, DB112.DBW 92: 机械手1的刀具刀位; DB112.DBW 94: 机械手2的刀具刀位。

6. 结论

在对刀库选刀及机械手换刀具体过程分析研究的基础上, 对刀库及自动换刀装置控制逻辑和控制系统硬件进行设计。通过 PLC 编程实现刀库换刀动作, 以及真实刀库与系统虚拟刀库之间的信息传递。提高了刀库及自动换刀装置的自动化程度和加工效率以及换刀的准确性。经验证, 本控制系统性能稳定、操作简单, 定位准确, 易于扩展, 满足加工中心对刀库及自动换刀装置的控制要求。□

改造外圆磨床实现气门锥面的抖动磨削

湖南天雁机械有限责任公司 周小伟 何光清 周雅智

【摘要】通过多种创新设计，综合利用现有的成熟技术，对现有气门锥面磨削设备M1420做适当的改造，实现抖动磨削的方法，达到了在满足以尽量小的投入、充分利用现有设备的条件下，提高气门锥面磨削精度和简化操作提高磨削效率的目的。经过使用验证，工效提高了1倍，废品率下降到原来的1/3，磨削粗糙度提高了一个等级，跳动减小0.02mm，完全达到了预定目标。

1.改造前气门锥面磨削工艺及存在问题

如图1所示，需要对气门的锥面（加工面）进行磨削，需要保证一定的加工面粗糙度、对杆部的跳动量、与杆部的同心度等，而且气门两端是没有中心孔的。

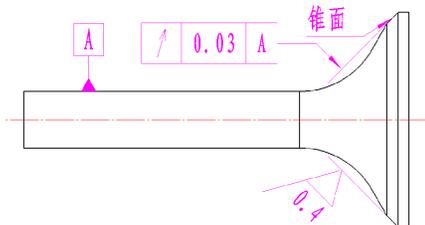


图1 工件（气门）图样

改造前，采用通用的M1420外圆磨来进行磨削，如图2所示，此磨床的磨头可水平旋转，可做手动的水平横向进给运动，实现切入磨。

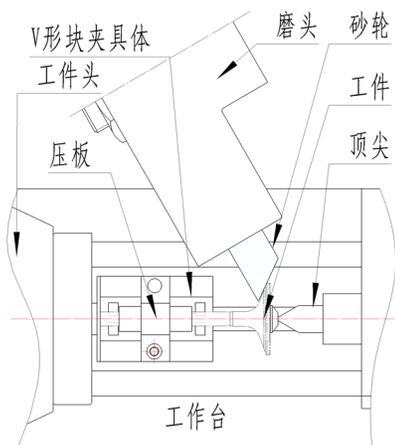


图2 改造前加工方法及相关结构简图

此磨床的工作台可在液压系统的驱动下做纵向往复运动，运动速度和距离可调。工件头通过底座装在工作台导轨上，尾座（图中装顶尖的座）也装在工作台导轨上，工件头轴线与顶尖轴线重合，并与工作台运动方向平行。修整金刚笔（图中未画）装在工作台上。气门杆部用压板压在V形块的夹具体上，作为主定位。V形块的夹具体装在工件主轴上，通过用顶尖顶住一块一面带有顶尖孔的与气门的盘端相接触的圆块，来间接顶住气门盘端实现辅助定位。通过工件头的旋转和磨头的横向进给实现锥面磨削。磨削过程中工作台不动，磨头轴线与工件头轴线成一定的角度，基本上是一种切入磨。

通过上述介绍可见，由于气门杆部尺寸的不一致，V形块和压板的磨损，压板长度和压力的有限等问题，造成气门的装卸繁琐，加工精度不高。另外，对于一个确定的工作台位置，砂轮上只有窄窄的一圈在参与磨削，砂轮修整必须转动磨头。这样，要经常调整工作台的位置，反复调整磨头角度，既影响效率，又影响尺寸一致性。总之，这种磨削方式生产的产品质量和工作效率都不尽如人意。

2.改造要求

改造的要求主要有三个方面：

（1）要在原有机床上进行，要保证一次成功，即使不成功，也要能恢复原有结构，因此改动要尽量小，花费要尽量低。

（2）要实现抖动磨削来提高粗糙度等级，所谓抖动磨削就是以一定频率反复进行的纵向磨削，还要减小跳动量。

(3) 要简化气门装卸和砂轮修整, 提高加工效率。具体技术指标为跳动 0.03mm , 表面粗糙度 $0.4\ \mu\text{m}$, 班产量1000支。废品率不得升高。

3. 功能分析和结构方案拟定

根据上述现状及改造要求, 我们首先确定采用模块化的结构, 然后进行功能分析。主要功能就是要在原有磨床上实现抖动磨削, 次要功能是气门的装夹和确保改造后的磨床能正常运行所需的一些附加功能, 还要考虑相应的修整功能。

由于上述改造要求苛刻, 我们不能无限想象, 也不宜设计未经验证过的结构, 宜采用成熟的结构技术进行合理的优化组合, 达到目的。

要实现抖动磨削大致上有两种方法: 一种是气门的装夹方向不变, 磨削时工作台不动, 让磨头增加磨削时与锥面母线相平行方向的往复运动, 一款数控锥面磨就是这样; 另一种是让工作作往复运动, 磨削时磨头不动, 气门的装夹方向就要改变, 如图3所示。

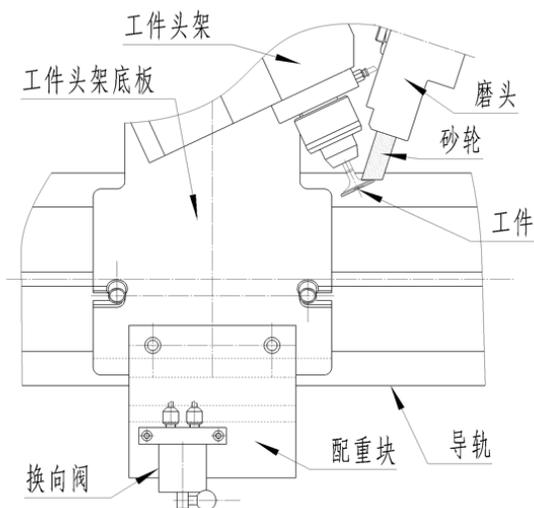


图3 改造后加工方法及相关结构简图

显然, 对于前一种方式, 我们需要在现有的磨头底盘下增加一层导轨, 并且增加实现导轨方向的往复运动所需要的控制、驱动装置。而且增加一层导轨后, 磨头轴线会比工件头架轴线高, 需要垫高工作台, 而工作台的已有往复运动功能继续废用。而对于后一种方式, 只要更换工件头架底板, 参照图3所示安装可旋转的工件头架, 来改变工件轴线方向, 并增加相应的配重块来平衡工作台两边的重量, 使工作台能稳定运行, 利用工作台已具备的往复运动功能即可。

对于实现抖动磨削功能的结构选择, 不论是从技术角度, 还是从经济角度考虑, 我们都宜选用图3所示结构。

对于气门的装夹功能, 目前有前述的V形块定心装夹法、弹簧锥套定心夹紧法(参见图4)和三辊定心夹紧法等。

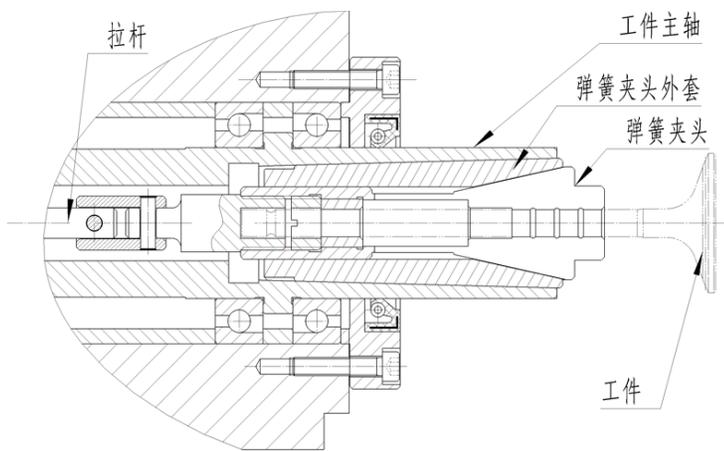


图4 工件(气门)装夹简图

根据我们的调查分析, 弹簧锥套夹紧法的装夹最简单、高效, 也只有这种方法才能较好地保证重复精度。为了能方便恢复原状, 我们保留了原工件头架的外壳, 只把内部改成弹性夹紧装置。但是, 采用这种方法需要增加拉紧、放松功能, 于是我们利用磨床本身具备的液压系统, 增加拉紧、放松油缸(装在头架尾部, 图中未画)和控制拉紧、放松的换向阀等功能结构。这其中对弹簧夹头及其外套的精度要求是比较高的, 因此从成本和可靠性等方面考虑后, 我们把这一部分的制造委托给专业厂家完成, 长期供应弹簧夹头, 而其它零部件的制造和整个装配调试工作由本公司自行完成。

4. 效果分析

采用上述方案, 花费不足万元就完成了设备改造, 设备原值10万元左右, 而购置工效和加工产品质量相同的数控设备要花费40多万元。通过设备改造, 实现了花小钱办大事。

经过使用证明, 机床性能稳定, 产品跳动从原来的 0.05mm 减小到 0.03mm , 表面粗糙度从原来的 $0.7\ \mu\text{m}$ 降到 $0.4\ \mu\text{m}$, 减少了修整调整时间、刹车时间和气门装夹调心时间, 工效从原来的班产500支提升到1000支。废品率下降到原来的三分之一, 产品精度一致性好。改造完全达到了预期目的, 非常成功。□

[参考文献]

[1] 廖林清. 机械设计方法学[M]. 重庆: 重庆大学, 2012.

镗削抓木机三叉专用工装夹具的设制与应用

泰安嘉和重工机械有限公司 安宝峰 张光庆 赵忠刚

【摘要】本文简述了镗削抓木机三叉方法的工艺流程及操作难点，研发新式镗削该产品专用工装夹具的必要原因；阐述了镗削该产品专用工装夹具的主要构成机构，及关键机构的设计原理和制造要点，并叙述了该工装的应用方法与注意事项。该工装夹具设计新颖，操作简捷，定位快准、可靠；在提高镗削抓木机三叉工效的同时，也为实现数控加工该类产品打下了坚实的装夹基础。

随着社会的发展，工程机械的应用领域愈来愈广。国内目前约有1400多家生产厂，主机厂700多家。我公司在紧跟国内龙头企业步伐的同时，又不断积极进取，锐意扩展，广纳业内精英，及时组建了工艺部，在工艺装备方面有了许多创新，镗削抓木机三叉（如图1所示）的专用工装夹具便是其中之一。

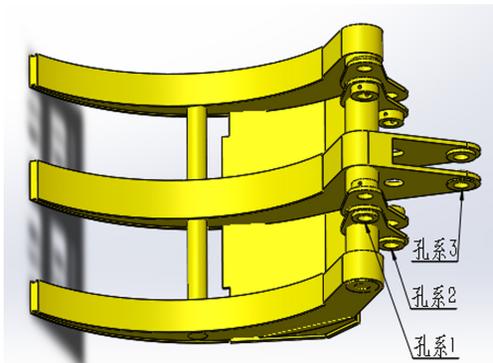


图1 抓木机三叉

抓木机三叉结构看似简单，各孔直径留5mm加工余量，内挡有2mm镗削量。由于其三个孔系要求平行度为0.03mm，且各自孔系的同轴度为0.02mm，外形不规则的三叉在焊接后又加剧了一些校正的难度，使得在加工该产品校正过程中增大了难度。

以往虽然保证了三个孔系的平行度和各自孔系的同轴

度，但工件的装夹校正特别繁琐，操作者是通过塞垫片调整工件，进行反复借料校正的，且没有稳定性。校正时间：对头镗就需要4~10分钟，普通镗床15分钟左右；另外，对员工的技术能力也要求较高，严重制约了镗削三叉的工效和人员配置。

为此，公司组织攻坚小组，研制了镗削三叉的专用工装（如图2所示），装夹和校正时间大大缩短：对头镗2分钟以内，普通镗床4分钟左右；关键是降低了对镗削工的技术能力要求，人员配置有了较大的提升幅度；另外，该工装夹具使复杂异形三叉产品定位实现了准确的点、面固定性夹紧方式，为今后实现数控镗削该类工件打下了良好的基础。

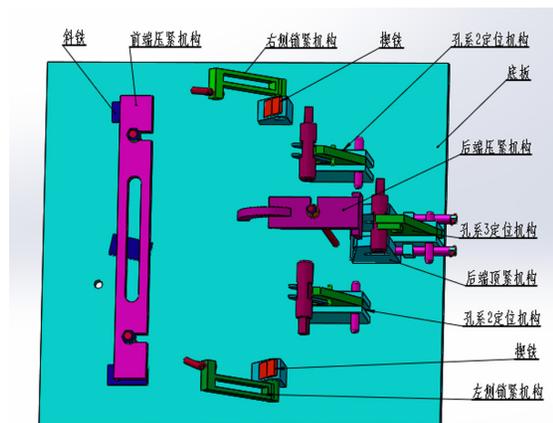


图2 镗削抓木机三叉专用工装夹具

1. 镗削抓木机三叉的装夹、校正要点

在加工图1 抓木机三叉的孔系1、孔系2和孔系3时，为实现对其准确而快速的装夹，应先实现对其快速准确的定位。结合该工件的结构特征和加工条件，根据六点到位原理，将孔系2的两处定位点和孔系3的一个定位点置于一个平面内；使孔系2的两个定位心轴被锁定，并与镗床主轴轴线平行；在工件的侧面再用挡块进行定位。

装夹后，先镗削孔系2或孔系3，再直接水平移动工作台使刀具到孔系3或孔系2进行镗削，然后再按照孔系1和孔系2的水平中心距移动工作台，按照其上下中心距移动主轴箱，使刀具到达孔系3进行镗削；最后，再用普通镗刀杆装夹上90° 偏刀分别对各孔内档面进行刮镗，保证其内档宽度尺寸符合图纸即可。

2. 专用工装夹具的设计分析

根据上述分析，其工装夹具设计如图2所示，孔系2和孔系3定位机构的高度一致，使孔系2的两处定位点和孔系3的一个定位点置于一个平面内；孔系3定位机构上的Z轴定位块确定了工件的Z向（见图3）。

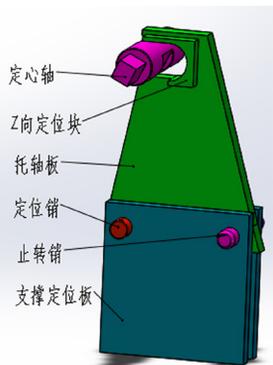


图3 孔系3定位机构

为了保持工件定位的稳定性，通过图2中的前端顶紧机构，使三叉悬空的部分得到了垫实；由于工件在加工时，要把孔系2的两个定心轴和孔系3的定心轴及托轴板撤出其内挡方

可进行镗孔和刮镗内挡面，为使工件后端不处于悬空状态，在其后端设置了后端顶紧机构，如图2所示；再通过前、后端压紧机构和左、右侧锁紧机构，便将工件牢固地装夹在工装夹具上了。在压紧和锁紧前，先对工件进行前、后端顶紧。

3. 专用工装夹具的组成元件及主要原理

由图2可知，该工装夹具由底板、孔系2定位机构、孔系3定位机构、前端顶紧机构、后端顶紧机构、左侧锁紧机构、右侧锁紧机构、前端压紧机构、后端压紧机构等组成。

(1) 孔系2定位机构的组成元件及主要原理

由图4可知，孔系2定位机构由支撑定位板、主定心板、副定心板、定心轴等组成，其中支撑定位板和副定心板均为两件，其他皆为一件。为了使图示的异形状态表达清晰，在图4中将其中的定心轴作了移位，将主定心板和副定心板在图中分别放置了一个全形图。

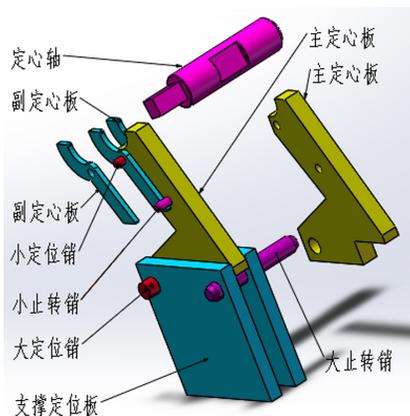


图4 孔系2定位机构

结合图2可知，其支撑定位板组焊在底板上，主定心板通过大定位销安装在两个支撑定位板之间，并可以绕大定位销转动，在插入大止转销后，可以将主定心板的位置固定（主定心板与大止转销接触处改制为平面而非孔，使插入大止转销方便、顺

利）。两个副定心板通过小止转销可在主定心板上转动，插入小止转销后，副定心板的位置即被固定了，此时它的圆弧面便与主定心板的圆弧面便成为了同心圆弧面，确定了定心轴的位置。

主定心板的部分尺寸结构如图5所示，结合图4可知，其大止转销和大定位销的直径相等，因此，图5中的H等于D的一半，所以，CD面平行于图4中大定位销和大止转销的圆心连线。R圆弧面的中心O2与孔D的圆心O1距离L大于零，且在孔D和安装大止转销位置的之间。在直角三角形O1BD中，O1D是斜边，其它两边均为直角边，BD等于L，C点在BD范围内，O1C必然小于O1D。通过镜像，O1BA直角三角形与O1BD全等，O1A=O1D，从而可知AB上的各点到O1的距离必然均小于O1D。这就说明了只要C点的位置不超出AD的范围，当大止转销取走后，主定心板绕大定位销回转时，是不会受到定心轴的阻碍的。设制主定心板时必须遵循这个条件。

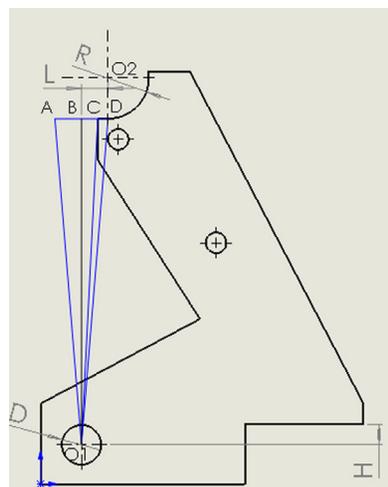


图5 主定心板

通过图4可知，主定心板和副定心板是通过小定位销和小止转销的定位而确定了定心轴位置。此时，主、副定心板定位定心轴的圆弧面和定心轴的外圆面是同轴的。取下小止转销

后，副定心板便可绕小定位销逆时针转动；再取下大止转销，主定心板便可绕大定心销顺时针方向转动，主、副定心板的圆弧面便全部脱离了定心轴，此时可将定心轴取走，其结构便成为了图6的状态。

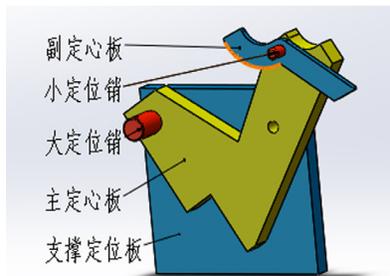


图6 孔系2定位机构演变效率

由图4可以看出，定心轴的上面开了一个槽，该槽在使用过程中处于主、副定心板的圆弧面位置。当其配合通过主、副定心板支撑工件时，其槽口是背向主、副定心板的圆弧面的；当其槽口朝向主、副定心板的圆弧面时，主、副定心板便不再承受工件的压力而处于一定的自由状态。

(2) 孔系3定位机构的组成元件及主要原理

孔系3定位机构的组成元件由图3所示支撑定位板、止转销、定位销、托轴板、Z向定位块、定心轴组成。抽出止转销后，托轴板可以定位销为回转中心，在两个支撑定位板之间转动，从而使其定位定心轴的槽口向下移动。Z向定位块主要起着定位工件Z向的作用，定心轴定位工件的第三孔系，托轴板的槽口中心与孔系2主定心板的中心高度一致，因此它使该孔系的定心轴与孔系2的定心轴具有同等的高度，维持了工件孔系3和孔系2的轴线在同一个水平平面内。另外，托轴板的槽口宽度稍大于定心轴的外径，其长度有较大的空间，当定心轴的槽口处于水平状态时，托轴板的槽口使该孔系定心轴只能在水平方向移

动。

该孔系的定心轴与孔系2的定心轴不同，其槽口必须对称加工，让其可以同时接触或脱离托轴板卡槽的上、下面。

(3) 后端顶紧机构的组成元件及主要原理

后端顶紧机构的组成元件如图7所示，由支撑定位板、顶板、旋柄、隔套等组成。两块顶板通过筋板焊接在一起，支撑定位板对顶板起着定位导向的作用。调整丝杆左端的螺纹部分与顶板的螺孔旋合，其右段较细些，穿过焊接在支撑定位板上的定位块的孔延伸到支撑定位板的右端外，其右端钻有径向孔，套上隔套，并套上钻有径向孔的螺帽，插入旋柄，在旋拧旋柄时，顶板便左右移动了，向左移动时，便可对工件实现顶紧的作用。

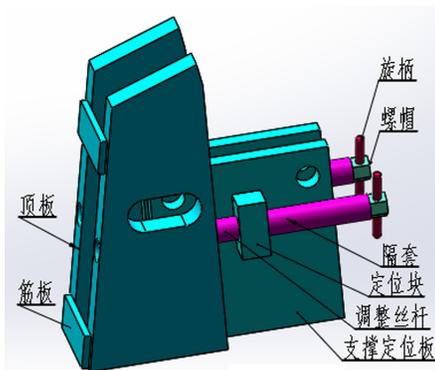


图7 后端顶紧机构

(4) 后端压紧机构的组成元件及主要原理叙述

由图8可知，后端压紧机构由螺杆、异形压板、垫套和螺母组成，作用是对工件后端部分进行压紧。结合图1和图2可知，该压紧机构压紧的部位是三叉的孔系3左侧的斜面部分，为使压紧过程中压板不出现滑移，特对异形压板进行了设制，在压紧工件时，其左端的勾形部分勾住了三叉的筒部，其右端的立板顶在三叉中间的筋板斜面上，使其余垫套接触处保持了水平状态，稳定了工件的压紧状态。

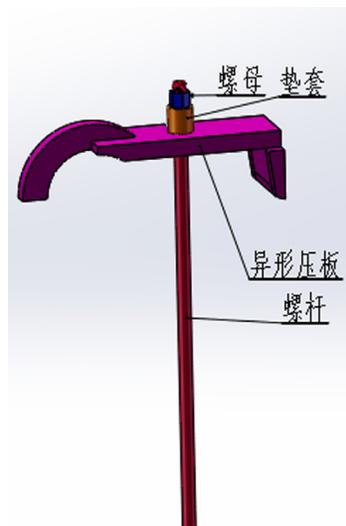


图8 后端压紧机构

(5) 左、右侧锁紧机构的组成元件及主要原理

锁紧机构如图9所示，其构成元件有基座、勾板和T形顶丝，为提高夹紧效率，这里采取了斜铁配合式的快速紧松方式。其基座孔必须呈倾斜状态，勾板上插入基座孔中的销轴部分的倾斜角度与基座孔的倾斜角度相适应。在应用其锁紧工件时，率先将斜铁插入工件与基座之间，勾板的销轴插入基座孔后，拧紧T形顶丝，便可使工件处于夹紧状态了。

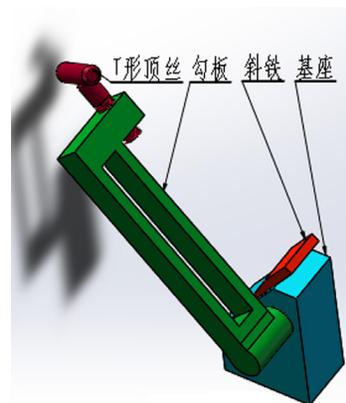


图9 锁紧机构

4.应用方法及注意事项

应用该工装夹具镗削抓木机三叉时，其装夹非常简捷，装夹后的状态如图10所示。结合前面的内容，向大家扼要汇报一下其应用方法及注意事项。

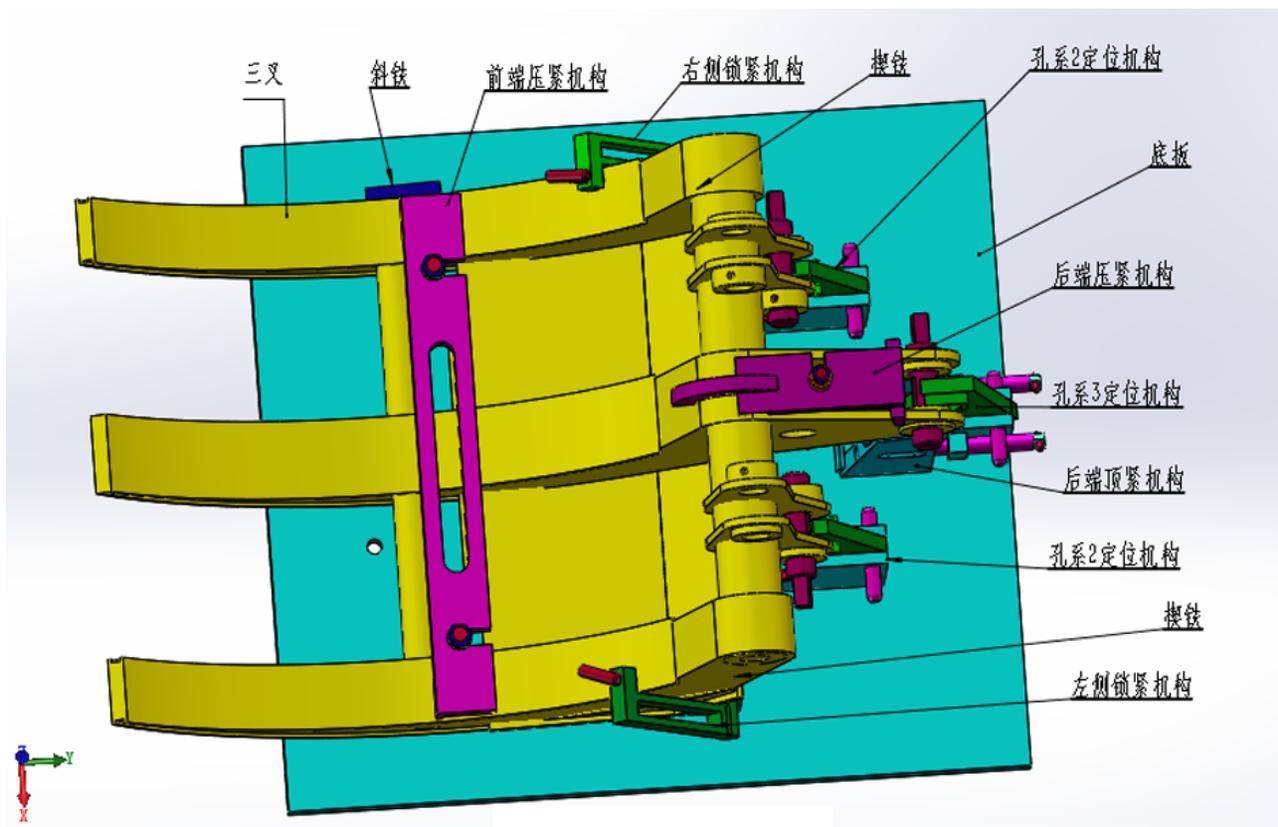


图10 装夹方式

工件在工装夹具上的安置、定位：首先取下前、后压紧机构的压板，及左、右锁紧机构的勾板；取下斜铁；调整后端顶紧机构的丝杆，将顶板向后撤离几毫米。然后将孔系2和孔系3定位机构均恢复到图示的可定位定心轴的状态。最后，把孔系2和孔系3定位机构的定心轴分别插入三叉对应的孔系内，将工件吊放到工装上，先是孔系3的定心轴安置于孔系3定位机构的托轴板卡槽内，定心轴在卡槽内可前后移动，但不能上下移动；再使孔系2的定心轴均安置于孔系2定位机构对应的主、副定心板合抱的圆弧槽内。

由于三叉重心不在三个定心轴的范围内，而是在孔系2的前端，取下吊具后，将孔系3的左侧内档面靠在

Z向定位块上。此时三叉的孔系3定心轴会靠在托轴板卡槽的上面，孔系2的定心轴会靠在主、副定心板的圆弧面上，它在上、下、前、后和左、右方向上都有了稳定的状态。

工件的夹紧：先将后端压紧机构的压板放上，并旋拧其压紧螺母使垫套靠实压板即可；再将斜铁和后端顶紧机构靠实工件，放置上前端压紧机构和左、右锁紧机构及斜铁；然后先将前、后端压紧机构紧固，再将左、右锁紧机构紧固，工件便被可靠夹紧了。

相关定位元件的撤离：首先用扳手旋拧孔系2的定心轴，使其槽口朝下，不让定心轴与其对应的主、副定心板接触，取下孔系2定位机构的小止转销，使副定心板脱离定心轴；

再取下孔系2定位机构的大止转销，使其主定心板脱离定心轴；然后，用扳手旋拧孔系3的定心轴，使其槽口朝下和朝上，使该定心轴与托板轴的上下面脱离，取下该定位机构的止转销，使托轴板带着Z向定位块脱离该孔系定心轴。最后取下各孔系定心轴，开始镗削即可。

5. 结尾语

该工装改变了以往的装夹校正抓木机三叉的加工方式，对操作者的技术水平要求不高，在提高工效的同时且确保了工件的加工质量。制做该工装时必须确保各元件的牢固性，确保各机构中的基础件与底板焊接牢靠。该工装开辟了三叉类异形件在镗削床上加工装夹的新方向，为奖励利用数控设备加工开辟了新的思路。□

西门子数控设备故障维修案例分析

吉林北方捷凯传动有限公司 牛志斌 高红
长春工程学院 刘淑荣

【摘要】本文将使用西门子数控系统的数控加工设备的故障分为数控系统软件故障、数控系统硬件故障、伺服系统故障、PLC报警故障四类，并结合维修案例分类介绍了故障维修方法和注意事项。

我公司从1990年开始从国外引进数控加工设备，其中大部分设备都采用西门子数控系统。现有仍在使用的西门子数控系统有3TT系统、3M系统、805系统、810T/M系统、840C系统、810D系统、840D系统及840D SL系统等。通过多年的维修实践，我们认为数控设备的故障大致可分为系统软件故障、系统硬件故障、伺服故障、PLC报警故障等。下面分类介绍这些故障的维修方法及维修过程。

1. 数控系统软件故障维修

数控系统实际上是计算机控制系统，包含软件和硬件两大部分。有时软件出现问题或者机床数据、参数混乱，都会造成数控系统工作不正常。这些故障只要重新下载软件备份，或者修正机床数据、参数即可排除故障。下面列举几个实际故障维修案例。

(1) 案例1：一台数控球道磨床开机进入不了西门子操作界面。

数控系统：西门子840D系统。

故障现象：这台机床开机启动系统时，出现如图1所示的错误报警界面。

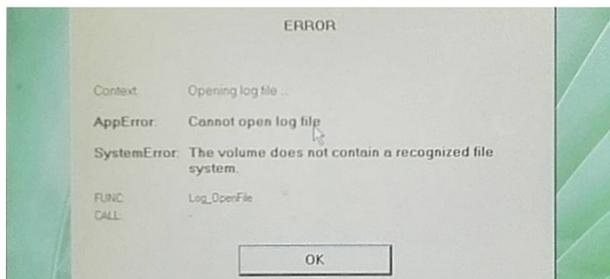


图1 西门子840D系统错误显示

故障分析与检查：这台机床的数控系统的MMC装置采用PCU50.1，PCU50.1实际上是一台工业计算机，是数控系统的上位机，带有硬盘，使用Windows XP操作系统。

为了观察故障现象，关机数分钟后重新开机，这时观察系统屏幕，发现当Windows系统引导结束，进入Siemens软件时，系统出现如图1的错误报警界面，不再继续向下运行。分析错误信息：应用错误（APP Error）信息为“Cannot open log file”（不能打开log文件）；系统错误（System Error）信息为“The volume does not contain a recognized file system”（磁盘卷标中不包含可识别的文件系统）。从这些信息分析，认为故障原因应该是PCU50.1硬盘上的部分文件丢失，是软件系统出现问题。

故障处理：为了尽快恢复系统，将PCU50.1的硬盘拆下，用GHOST软件将事先备份好的整盘备份文件恢复到硬盘，然后把硬盘重新安装到PCU上，这时通电开机，系统恢复正常运行。

采用MMC（PCU）的西门子数控系统要做好GHOST硬盘整盘备份工作，由于机加生产车间环境较差，系统硬盘相对来说容易出现故障，当系统硬盘出现故障时，系统程序与数据用整盘备份文件恢复到新硬盘上，即可快速排除系统故障。

(2) 案例2：一台数控外圆磨床开机出现报警“2000 PLC sign-of-life monitoring”（PLC运行状态监控）、“810004 Stop/abort event, error analysis via STEP7 required”（停止、异常中止事件，需要通过STEP7进行故障分析）。

数控系统：西门子810D系统。

故障分析与检查：出现故障时检查CCU模块，发现数码显示器显示“6”，如图2所示，也属正常，但NC部分的SF报警灯亮，指示有故障报警；PLC侧PS报警灯亮，指示PLC停止；PF报警灯亮指示PLC报警。

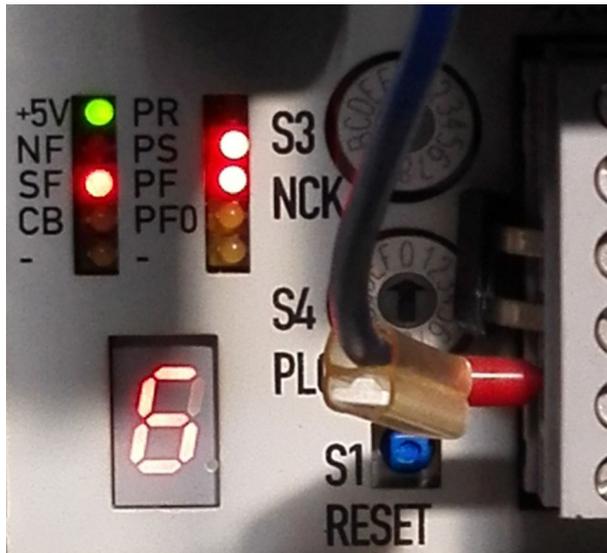


图2 西门子810D系统CCU3.4模块指示灯显示

根据这些现象分析，首先怀疑PLC程序出现了问题，即出现了软件问题。

故障处理：因为只是产生PLC方面的报警，所以首先对PLC系统进行总清操作，然后下载PLC系列备份文件，关机数分钟重新开机，系统即刻恢复正常工作。

西门子810/840D系统的系列备份文件很重要，当更换NCU模块或者NCU出现异常时，需要下载系列备份文件恢复系统。所以，机床验收后正常使用时应该定期为NC和PLC的做系列备份，以便在NCU模块出现问题时，能尽快恢复软件系统。

另外，有一些数控设备故障通过调整数控系统的机床数据就可以消除，这是通过数控系统的软件来解决机床问题，也是数控机床故障维修的独特方法，下面是一个实际维修案例。

(3) 案例3：一台数控淬火机床在执行加工程序时出现报警“25080 Axis AZ2 positioning monitoring”（轴AZ2位置监控）。

数控系统：西门子840D系统。

故障现象：为了观察故障现象，按系统复位按键将故障报警复位，然后重新启动加工程序，发现在AZ2轴运动时噪音很大，然后出现25080报警，程序中止。

故障分析与检查：首先检查AZ2轴滑台和滚珠丝杠，但没有发现机械问题。因为这是一台刚投入使用不久的新

机床，因此怀疑AZ2轴经过一段时间磨合后，机械特性发生变化，机械惯性变小，使伺服系统产生振荡，产生噪音，而振荡过大又出现25080报警。所以为了解决问题，应该调整伺服轴的增益机床数据。

故障处理：将AZ2轴的增益机床数据MD1407从0.8调整到0.6。这时关机，数分钟重新启动后，机床恢复正常运行，故障消除。

2. 数控系统硬件故障维修

现代的数控系统都是计算机控制系统，特别是西门子810D/840D系统除了MMC（PCU）上位机是工业计算机系统外，NCU模块实际上也是专用工业计算机控制系统。虽然系统硬件的可靠性越来越高，但偶尔也会出现问题，影响数控机床的运行。出现这类故障只有对损坏的硬件进行维修或者更换才能排除故障。下面是几个这方面故障的实际维修案例。

(1) 一台数控淬火机床在系统通电启动时，系统屏幕有显示，但系统无法进入正常工作画面。

数控系统：西门子840D系统。

故障分析与检查：根据西门子840D系统的构成和工作原理分析，系统启动时，首先MMC（PCU）进入西门子数控软件，然后整个系统才能工作。这台机床的MMC采用PCU50.1，观察系统启动过程，系统一直在启动，但没能进入操作系统，肯定是PCU单元有问题。

将PCU单元从系统上拆下，连接显示器和键盘，在维修间对PCU单元进行测试，系统启动后，屏幕显示系统进入自检状态，但始终没能通过，系统风扇始终高速旋转。而正常的PCU通过自检后，风扇转为低速旋转，由此说明应该是PCU单元损坏。

故障处理：将PCU单元拆开进行检查，发现北桥有虚接现象，对北桥进行重新焊接处理后，系统恢复了正常工作。

西门子810D/840D数控系统的上位机—MMC（PCU）是一台工业控制计算机，当PCU出现故障时，可按计算机系统维修。另外根据经验PCU50.1的通病就是北桥虚焊问题造成系统启动不了，故障率比较高。

(2) 一台数控外圆磨床工作时出现报警“2020 NCK fan alarm”（NCK风扇报警）。

数控系统：西门子840D系统。

故障分析与检查：首先对报警信息进行分析，西门子840D系统的2020号报警指示NCU模块的冷却风扇有问题。根据系统工作原理，西门子840D系统的“NCU风扇/电池模块”安装在NCU BOX上，工作时为系统冷却，断电时为系统存储器提供后备电源，防止机床数据和程序丢

失。检查风扇的工作情况，发现风力正常没有发现问题，更换“NCU风扇/电池模块”也没能解决问题。因此怀疑NCU BOX有问题，订购NCU BOX模块，到货后更换，但还是出现2020报警，说明只能是插接在NCU BOX上的NCU模块出现问题了。

故障处理：对NCU模块进行维修后，下载NC和PLC的系列备份文件，然后关机数分钟后重新开机，机床恢复正常运行。

(3) 一台数控专用长轴双端卡簧槽磨床经常出现报警“6006 Servo Drive Not Ready”（伺服系统没有准备）。

数控系统：西门子810T系统。

故障分析与检查：这台机床采用西门子611A交流模拟伺服系统，出现故障时检查伺服系统，其上并没有报警灯亮；电源模块上的使能灯亮，说明电源模块的使能没有问题。检查电源模块的73.2和72号端子间电压为DC24.2V，说明确实是伺服系统没有准备好。

因为伺服电源模块使能信号正常，而准备好信号没有，所以首先怀疑电源模块有问题。但更换新电源模块后，还是出现这个报警。

更换伺服驱动模块和控制模块都没有解决问题。

检查X1轴伺服电机的动力电缆、编码器连接电缆和电缆插头都没有发现问题。

是否是数控系统伺服轴使能条件被破坏了呢？伺服轴使能信号是数控系统测量模块发出的，利用系统诊断功能检查X1轴控制器使能信号和进给PLC使能信号Q108.2和Q108.5的状态都为“1”，是没有问题的。而在测量伺服驱动控制模块端子上检查却没有使能信号，说明应该是系统的测量模块出现问题。

故障处理：将数控系统测量模块拆下进行检查，发现X1轴（第一轴）的伺服使能信号连接到继电器K1的常开触点。因此，怀疑该继电器触点有时不能可靠闭合，为此将其更换，之后系统恢复了正常运行，机床故障被排除。

3. 西门子伺服故障维修

伺服系统是数控机床的重要组成部分，数控就是通过伺服系统来执行的。伺服部分故障也是数控机床的常见故障，伺服系统通常包括伺服电源模块、伺服控制模块、伺服驱动模块、伺服电机及编码器、光栅尺等。下面介绍一些伺服故障实际维修案例。

(1) 一台数控外圆磨床出现报警“300501 Axis Y maximum current monitoring”（Y轴最大电流监控）和“300607 Axis Y current controller at limit”（Y轴电流控制器达到极限）。

数控系统：西门子840D系统。

故障分析与检查：因为报警指示Y轴电流有问题，首先检查Y轴伺服电机，但没有发现问题。

这台机床的伺服系统采用西门子611D交流数字控制系统，依次断开Y轴驱动总线、设备总线，发现断开设备总线后系统可以启动。设备总线是用来提供一些系统和模块的工作电压的，因此断定可能Y轴伺服装置有问题，用备件互换法更换Y轴伺服控制模块和功率驱动模块，最后发现Y轴伺服功率驱动模块有问题。

故障处理：伺服功率驱动模块维修后，机床恢复了正常工作。

(2) 一台数控外圆磨床自动加工时经常出现报警“3000 Emergency Stop”（急停）。

数控系统：西门子810D系统。

故障分析与检查：这台设备在工作时经常出现3000报警，机床不能工作，关机重新启动后设备还可以运行。在出现故障时检查系统报警清单，还有PLC报警“700314 P1: REGULATORS SUPPLY SOURCE NO READY [205.6]”（调节器电源没有准备），“700315 P1: REGULATORS POWER NO CONNECTED[205.7]”（调节器电源没有连接）。分析机床工作原理和PLC报警信息，所谓调节器电源其实就是指伺服电源，即报警信息指示伺服电源模块有问题，根据机床工作原理，该机床采用西门子611D数字伺服系统，伺服电源模块为西门子810D系统的CCU模块和伺服驱动模块供电。

出现故障时检查西门子伺服电源模块发现其上的红色报警灯亮，指示报警。检查输入三相电源电压没有问题，说明应该电源模块本身有问题。

故障处理：更换伺服系统电源模块后，机床恢复稳定运行。

4. 西门子数控系统PLC报警故障维修

PLC是数控系统的重要组成部分，其主要功能是控制数控机床除伺服进给外其它机构的运行，包括车床的刀塔、铣床的分度、液压泵的启停、电磁阀的控制、上料机械手控制等；同时接收各种检测传感器的反馈信号，来判断各种机构的位置是否正确，发现异常即刻产生报警，并停止相应的运动，防止故障扩大。

PLC报警故障是数控机床较常见故障，并且机床越复杂、自动化程度越高，这种故障越容易发生。出现PLC报警故障时，首先要分析报警信息，有些故障通过报警信息就能确定故障点，稍复杂的故障要利用系统Diagnosis功能检查相应的PLC输入输出点的状态，较复杂的故障要查阅PLC梯形图或者利用系统的梯形图显示功能、或者连接机

外编程器查看PLC用户程序的运行情况，从而确定故障点。下面是几个PLC报警故障的实际维修案例。

(1) 一台数控淬火机床在自动加工时出现报警“700355 FAILURE THERE IS NOT PART DETECTION ON INPUT MANIP. CLIPPER”(入口机械手夹具中没用工件)，自动循环中止。

数控系统：西门子840D系统。

故障分析与检查：根据报警信息对机械手进行检查，发现工件入口机械手已经抓住工件。根据机床工作原理，检测工件是否抓住是由接近开关S611检测的。检查该接近开关，其上的指示灯也亮了。接近开关S611连入PLC输入E61.1，利用系统DIAGNOSIS(诊断)功能检查E61.1的状态为“1”，也是没有问题的。在手动操作方式下观察，机械手的动作正常没有报警。

重新启动循环，反复观察故障发生过程，感觉机械手卡紧动作似乎有点慢。转换到手动操作方式下操作机械手，仔细观察发现卡紧过程比松开慢一些。因此，故障原因应该是工件卡紧过程有些慢，导致PLC在规定时间内没有检测到工件已卡紧的信号，从而产生了报警。将机械手卡爪拆开

进行检查，发现粘有淬火液过多，导致了机械手卡爪动作迟缓。

故障处理：将机械手上的淬火液清洗掉，并在表面涂润滑油后，重新组装，这时测试，机床恢复稳定工作。

(2) 一台数控中频淬火设备开机就出现报警“700148 FAILURE DOORS OPEN, E61.7”(故障：防护门没有关闭)。

数控系统：西门子840D系统。

故障分析与检查：因为报警信息显示防护门没有关闭，首先检查机床防护门，发现所有门都已关闭没有打开；把所有门都打开并重新关闭，也没有消除故障。估计是某个门开关出了问题，可是检查所有门开关(总计6个门开关)，竟然没有一个有问题。根据机床工作原理，六个门开关常开触点串联连接接入PLC输入E61.7，利用系统Diagnosis功能检查PLC输入E61.7的状态为“0”，确实指示防护门没有关闭。

检查门开关的常开触点上的直流电压，结果发现所有门开关的触点都没有电压信号。根据机床工作原理，机床检测开关、传感器信号经过如图3所示的传感器转换模块接入PLC。检查转换模块，发现左侧

第二个模块的所有指示灯都不亮，并且门开关连接电缆就插在这个模块上。因此怀疑这个模块损坏，为了确认是否是这个模块损坏，与右侧相同的模块对换，还是左侧第二个模块没电，说明模块并没有问题。将这个模块上的传感器连线插头全部拔下，然后逐个插回，先将门开关E61.7的电缆插头插上，模块上这个信号的指示灯变亮了，防护门报警消除，说明门都已关闭，门开关没有问题，传感器模块也没有问题。

当将E61.6的连接电缆插回到模块上时，该模块上的所有指示灯就都灭了，说明连接这个插头的电缆或者传感器有问题，根据机床图纸进行检查发现E61.6连接检测机械手卡具是否松开的接近开关。检查这个接近开关本身没有发现问题，检查其连接电缆发现有短路问题。原来是接近开关的连接电缆短路了，传感器转换模块检测到后采取保护措施，将24V直流电压关闭，其模块上所有插接的PLC输入点信号都变为“0”，从而出现了门打开的误报警。

故障处理：更换接近开关的连接电缆后，报警消除机床恢复了正常工作。□

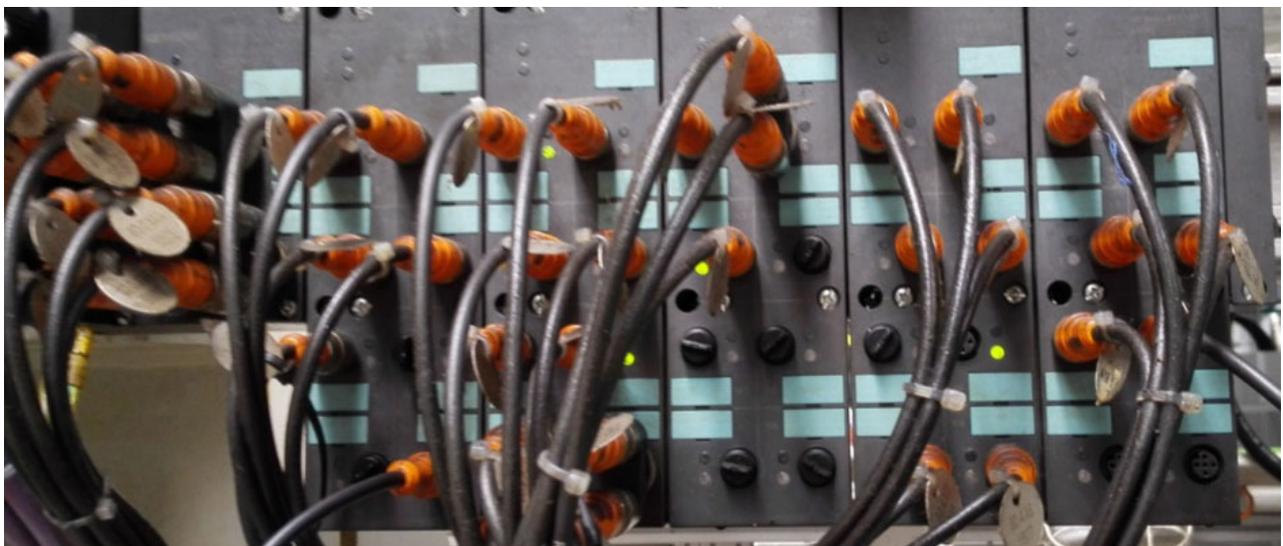


图3 传感器信号转换模块

直线电机在高速防护罩试验台应用研究

沈阳机床（集团）有限责任公司 赵鑫

【摘要】通过对直线电机的结构特点分析，对比了直线电机与伺服电机的优势，以西门子直线电机1FN3系列为例，基于西门子840Dsl数控系统，介绍了直线电机初次安装调试中需要注意的调试要点，完成高速防护拉罩试验平台的搭建。

数控机床高速切削技术的发展和生产制造应用中的实际需求，都对机床的性能提出了越来越高的要求。作为数控机床中的重要部件，防护罩的速度性能受到越来越多的重视。由沈阳机床钣焊事业部新出品的钢板式新型高速防护拉罩的速度可以达到60m/min，加速度也提高到旧产品的数倍。

为了针对此款新型钢板式高速防护拉罩进行长时间耐久性试验，沈阳机床设计研究院新品实验基地设计了高速防护罩测试试验台，对其进行测试。考虑到测试目的是为了检验防护罩的高速度和高加速度性能，在对比了传统旋转电机和直线电机的特点之后，选择了使用直线电机作为测试防护罩的试验电机。

一、直线电机的特点

直线电机可以作是将一台旋转电机径向剖开，然后将电机的圆周展成直线。与传统交流电动机相比，直线电机直接产生直线运动，而不是像传统的旋转电机，要用滚动丝杠进行传动的形式，如图1所示。

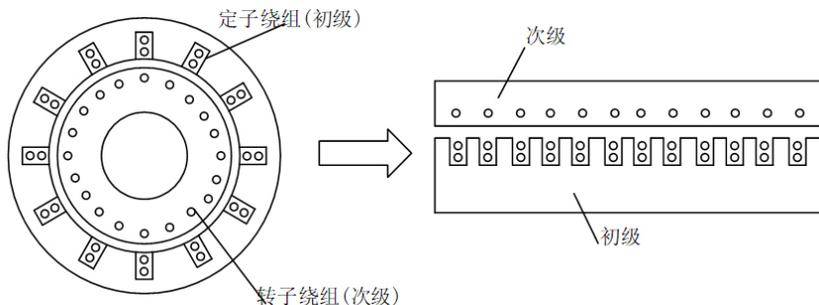


图1 由旋转电机演变为直线电机的过程

直线电机的传动力是在气隙中产生的，线性模组除了直线电机导轨外，没有其他任何的摩擦。其运行的行程在理论上是不受限制的，而且其性能不会因为行程大小改变而受到影响。

直线电机结构简单，体积小，通过最少的零部件数量实现要完成的直线驱动，其运转可以提供很宽的转速运行范围，特别是在高速状态下运行是一个突出的优点。

直线电机可以提供很大的加速度，最大可达到10g，同时可以做到运行平稳，这是因为除了起支撑作用的直线导轨和气浮轴承外，伺服电动机没有机械连接或转换装置的缘故。

直线电机具有较高的精度和重复定位精度，因为其消除了影响精度的中间环节，系统的精度取决于位置检测元件，有合适的反馈检测装置可达到微米级。

在维护保养方面，由于直线电机的部件少，运动时无机械接触，大大

降低了部件间的磨损，只需很少维护甚至可以无需维护，寿命较长。但是直线电机也有耗电量较大，发热量较大而且不利于散热的一些相对劣势的地方，这些也需要引起设计工程师的注意。

二、基于西门子数控系统的直线电机应用研究

1. 硬件设计

高速防护罩试验台配有西门子1FN3系列的直线电机，从直线电机端引出3条动力线、一条地线和两对温度信号线（一对KTY84、一对PTC），编码器采用海德汉LC183绝对式光栅尺。

动力线直接与西门子840Dsl的驱动模块连接。温度信号线连接编码器模块SME125的X200端口，编码器信号线电缆连接至SME125模块的X100端口，最后SME125的X500接口通过DRIVE.-CLiQ线与驱动模块的X202连接，如图2所示。

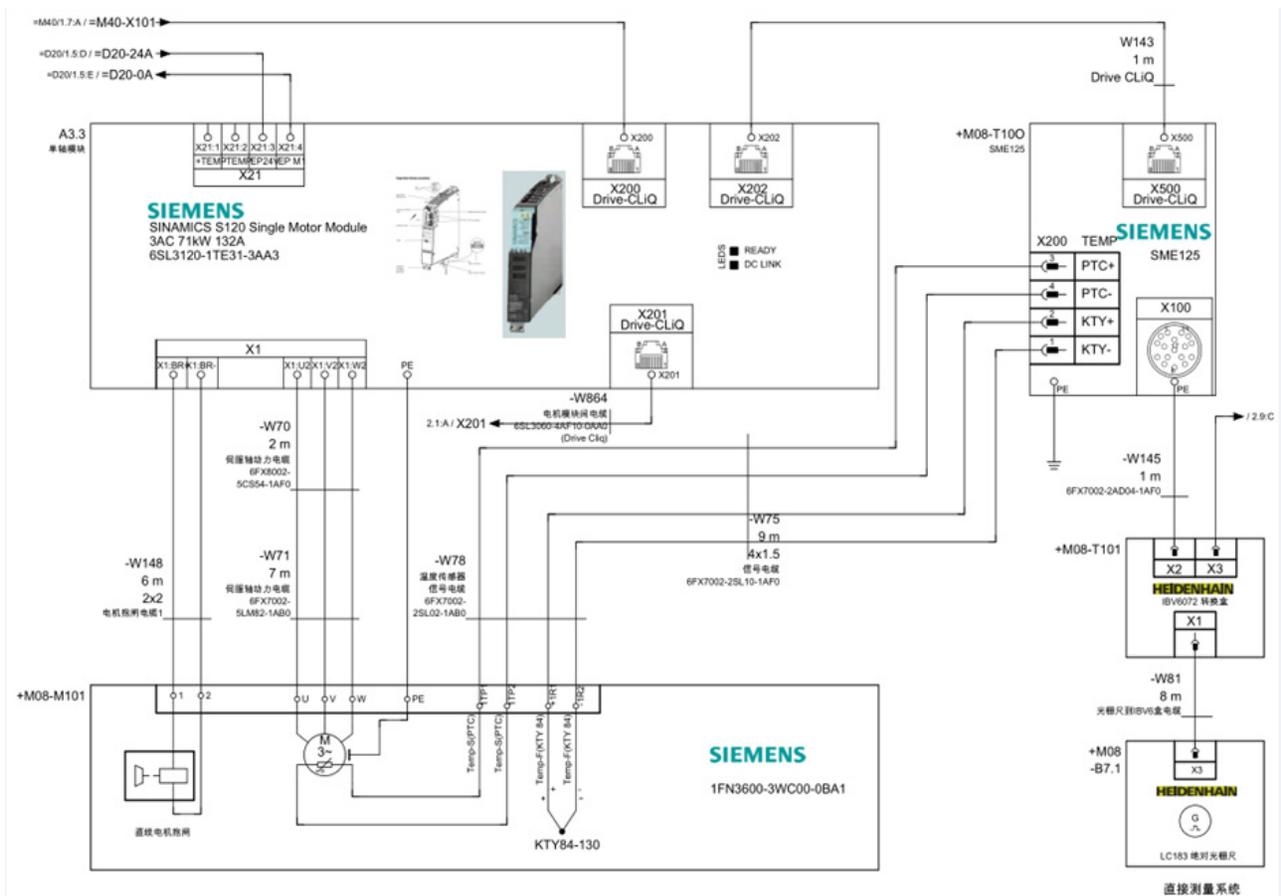


图2 直线电机硬件连接

2. 直线电机首次通电和驱动的配置

直线电机第一次通电前，在给使能之前，务必限制p640为缺省值的十分之一或者更小；电机正常运行后再恢复p640。另外，降低电机温度报警阈值p604、p605，也对保护直线电机起正向的作用。

试验台采用的直线电机为西门子公司制造的1FN3600-3WC00系列直线电机，该电机可以通过西门子系统自动读入电机的相关参数。

3. 关于编码器极性的校正和配置

对于直线电机，需要校正编码器极性。首先确认驱动的正方向，再校正编码器计数正方向。直线电机初级移动时，初级朝与出线方向相反的方向为驱动正方向，如图3所示。

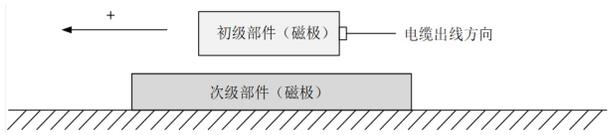


图3 驱动正方向

确定编码器计数正方向，读数头远离铭牌的方向为编码器计数的正方向，如图4所示。

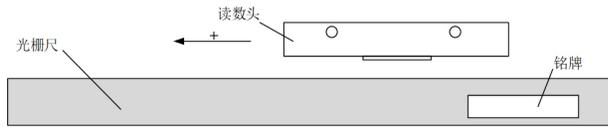


图4 编码器计数的正方向

转子的位置信息一般可以由电机编码器提供，但由于直线电机本身没有编码器，需要通过外置的编码器获取位置，本试验台中使用海德汉光栅尺绝对式编码器LC183。

按驱动正方向推动初级部件，若测量系统计数值增加，则不需要反极性，如果计数值减少，则需要设置驱动参数p410[0] Encoder inversion actual value =H3。

实际采用的海德汉直线光栅尺LC183c，栅距0.02mm。系统配置后会自动读入默认值，仅需检查驱动参数p404、p407。

4. 直线电机的温度评估

正确连接被系统识别后，系统会自动读入默认值，仅需检查，见表1。

表1 驱动参数

驱动参数	功能含义
P600[0]	电机温度传感器
P601[0]	电机温度传感器的传感器类型
P608[0]	电机温度信号源 电机温度通道1
P608[1]	电机温度信号源 电机温度通道2

当温度显示值不等于-200°C时，该温度显示有效（已经连接了一个KTY84/PT1000温度传感器）；当温度显示值等于-200°C时，该温度显示无效（温度传感器故障，或已连接了一个PTC传感器）。

试验台实际采用的是SME125编码器模块，连接一组KTY84温度传感器。应正确设置下列温度传感器参数。本实例中相关参数和设定值见表2。

表2 驱动参数

驱动参数	功能含义	设定值
P600[0]	电机温度传感器	1
P601[0]	电机温度传感器的传感器类型	10
P604	电机温度模型2/传感器报警阈值	120
P605	电机温度模型1/2阈值	155
P606	电机温度模型2/传感器延时段	2
P607	温度传感器故障延时段	0.1
P4601	电机温度传感器2传感器类型	20
P4602	电机温度传感器3传感器类型	12
P4603	电机温度传感器4传感器类型	0

5. 直线电机转子位置的识别

由于直线电机工作原理，决定了驱动必须知道电机转子的位置，测量出电机转子和编码器之间的相位角，再通以合适相位的电流才能保证电机的最佳特性。如果这个角度未测量或者角度设定不准确，就会导致电机运行时电流过大。

驱动识别转子位置（或称同步）包含两个过程：粗同步和精同步。粗同步保证电机可以运动；精同步保证电机运行状态可以达到最佳。

识别方法1：基于电流饱和的识别方法，见表3。

表3 驱动参数

驱动参数	功能含义
P1980=0	基于一次和二次谐波的电流饱和识别方法
P1980=1	1次谐波电流饱和识别方法
P1980=4	运动法

识别方法2：基于运动的识别方法。P1980=10。基于运动的方式意味着测试时，必须存在运动，所以不适用于垂直轴的识别。

识别方法3：基于微变形的识别方法（很少使用）。P1980=20。用于无铁芯的直线电机。使用微变形方法必须满足前提条件：必须有抱闸。

表4给出了不同转子识别方式的应用场景。

表4 识别方式的应用场景

	基于电流饱和方法	基于运动方法	基于微变形方法
抱闸	可用	不可用	需满足
电机能自由移动	可用	需满足	不可用
电机不含铁	不可用	可用	可用

对于本试验台实际采用的1FN3系列直线电机，在识别方法的选择上，只能采用P1980=1（饱和法一次谐波识别方式）或者10（运动法识别方式）。

表5指出了磁极位置检测识别方法的相关参数说明。

表5 饱和法驱动参数说明

参数号	参数描述	说明
P404		
P325	Motor pole position identification current ,1st phase /Mot Pol ID I 1st ph	电机磁极位置第一阶段识别电流。
P329	Motor pole position identification current / Mot Pol ID current	电机磁极位置识别电流
P1980	PolID technique	转子位置识别方式： 饱和法：p1980=0,1或4 对于直线电机，仅使用1和10。
P1981	PolID distance max	磁极位置检测，最大行程。 例如：10度
P1982	PolID selection	增量编码器：p1982=1,激活 转子位置识别 绝对值编码器：p1982=2,编 码器转子位置检查

基于电流饱和和转子位置识别调试的流程 (仅针对本试验台使用的绝对值式光栅尺)。

(1) 粗同步

编码器通过磁极位置识别

p404设置, 实例中的p404是系统自动识别上来。

设置p1982, 对于本例中的绝对值编码器, p1982=2。

(2) 基于电流饱和法

P1980 PolID technique=1, 1代表选择饱和法一次谐波识别方式。

P329[0] Mot PolID current=额定电流的10%-30%。

(3) 基于运动法

P1980 PolID technique=10, 10代表选择运动法识别方式。

P329[0] Mot PolID current=额定电流的10%-30%。

(4) 精同步

P1990 Enc_adj de tang=1 启动转子位置识别。

给伺服轴使能, 驱动使能后, 电机发出“嗡嗡”声。

报警号207965<location>Drive : Save required, 此时换向角自动写入p431(换向角偏移)。然后保存驱动数据。

检查r1992=H1F80 bit7=1 bit8=1 bit9=1 bit10=1, 见表6。

表6 r1992参数表

r1992:PolID diagnostics = H1F80	
Bit 0: Critical encoder fault occurred	[0]No
Bit 2: Encoder parking active	[0]No
Bit 5: Encoder fault Class 1	[0]No
Bit 6: Encoder fault Class 2	[0]No
Bit 7: Pole position identification for encoder carried out	[1]Yes
Bit 8: Fine synchronization carried out	[1]Yes
Bit 9: Coarse synchronization carried out	[1]Yes
Bit 10: Commutation information available	[1]Yes
Bit 11: Speed information available	[1]Yes
Bit 12: Position information available	[1]Yes
Bit 15: Zero mark passed	[0]No

(5) 检查换向角

设置p1983 PolID test = 1 启动磁极位置检测测试。

检查r1984 PolID ang diff <10 数值应该小于10。

完成上述调试过程后, 保存驱动参数, 之后每次驱动上电, 系统会直接使用P431内的换向角偏移角度。

6. 直线电机驱动优化

为了让设备的电气性能和机械性能更加匹配, 进而获得最佳的动态性能和控制效果, 需要对驱动参数进行优化。

驱动系统进行优化主要是三环控制的优化, 也就是电流环、速度环、位置环。电流环是控制的根本, 完全在控制器内部进行, 以电流信号作为反馈, 一般是霍尔传感器完成; 速度环一般通过电机编码器进行负反馈的PID调节, 使电机速度与设定速度保持一致; 位置环是最外侧的一环, 也是最终要控制的一环, 使用位置传感器进行反馈。三环控制过程如图5所示。

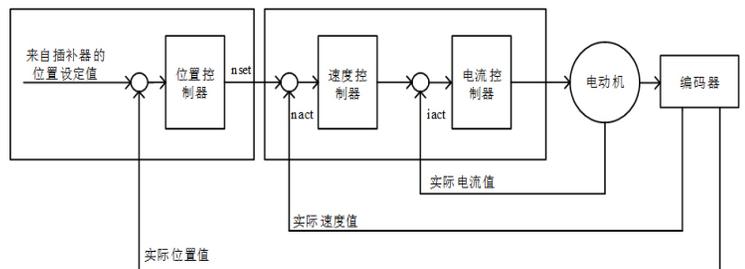


图5 伺服驱动三环控制

直线电机调试运行正常后, 就应该进行驱动参数优化的过程。利用西门子数控系统提供的自动伺服优化(AST), 可以制定自定义优化策略和方案。由于本实例中使用的是西门子系列电机, 电流环出厂已设置好, 因此主要对速度环、位置环进行优化, 优化的思路和原则是调增益和时间常数。优化后, 观察速度环和位置环的幅频测试曲线, 并查看电机实际运行时的各参数, 都在正常值, 即可完成优化。本实例中速度环的增益P1460优化后的数值比较大, 值为101795.516, 位置环增益32200为3.99999992。

7. 直线电机运行检测

直线电机完成配置之后, 高速防护罩试验台进行耐久性试验。在西门子系统界面上, 跟踪直线电机的运行电流、输出力矩、跟随误差和轮廓误差, 如图6、图7所示。上述数据在实际运行中都没有较大的波动和偏离, 表明数控系统对直线电机的控制是合适的。

三、总结

本文结合沈阳机床设计研究院新品实验基地的高速防护罩试验台, 分析了直线电机的结构特点以及对伺服电机的优点, 详细说明了西门子数控系统与直线电机的接线方式以及直线电机转子位置识别的方法, 最终通过检测直线电机在试验台上的实际应用运行状态证明了电机可以稳定可靠的运行。□

滚筒托轮架的焊接工装设计

蓬莱水城铸石管道阀门厂 矫永臣

我厂需加工一批如图1所示DN200-800的大小滚筒，时间紧任务重，如果铸造托轮架，从木型到毛坯零件的加工就需要20天。为了抓紧时间赶任务，我们设计了一套可行的焊接工装，不论从质量、强度方面都能满足滚筒的设计要求。

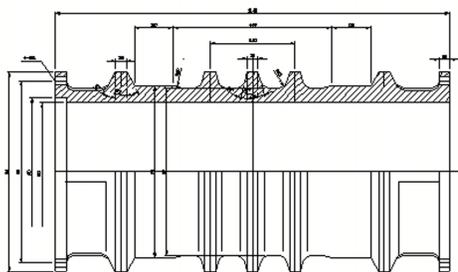


图 1

根据工艺分析，领取合格的滚筒毛坯，划好各部尺寸线，在大头一端焊好定位块，用50车床找正后夹紧小头，在定位块上打好顶尖孔。

用机床尾座顶尖顶好之后，按图样车好外圆各部尺寸。由于滚筒比较长达1200mm，在加工滚筒内孔时，必须采用托轮架支撑滚筒，以防止滚筒产生下垂，偏离中心线位置，从而保证内孔与外圆同轴度。托轮架不能保证加工精度，只能保证机床顺利地工作。如图2所示，滚筒托轮架主要由托轮架底座、托轮支撑架、托轮、滚筒等组成。

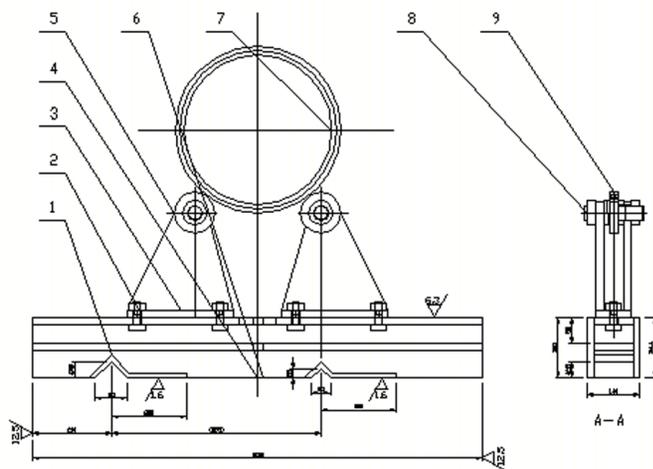


图 2

1-托轮架底座 2-T型螺栓 3-配重 4-托轮支撑架 5-托轮 6-螺栓 7-滚筒(工件) 8-托轮轴 9-深沟球轴承 10-螺母

具体制作方法如下：

- (1) 设计焊接的工装图样。
- (2) 按工装图样用Q235、A δ 18mm钢板下料。

168×1208	2块	铣好160×1200	2块
110×1208	2块	铣好104×1200	2块
110×180	2块	铣好104×175	2块
110×85	2块	铣好104×80	2块
110×55	2块	铣好104×50	2块
226×98	2块	铣好220×92	2块
288×136	2块	铣好280×130	4块

按图组焊好各部，再进行退火处理消除内应力，机械加工达到图样规定要求。

- (3) 在托轮架上设有深沟球轴承，保证操作灵活。
- (4) 根据不同直径的滚筒，托轮在托轮架上可相对运动，布置在支撑滚筒下面。
- (5) 两托轮必须托在滚筒下面角度为80°以下位置支撑。
- (6) 托轮架下面必须有配重，通过M24×200螺栓固定在托轮架上面，防止托轮架倾斜。
- (7) 两托轮分别用2个M20×50T型螺栓固定在托轮架22mm宽槽内，可在槽内任意滑动。

效果分析：焊接工装的设计降低了材料消耗，降低了成本，提高了经济效益，在很短的时间内完成任务起着决定作用，赢得顾客的信赖。□

一种研磨量最小的冰刀修复轨迹研究

武汉华中数控股份有限公司
湖北大学计算机与信息工程学院
华中科技大学国家数控中心

严飞
陈侃 侯朋雨
郭高锋

【摘要】冰刀的修复是在冰刀的冰刀表面切削出根据运动员自身特征（身高、体重、脚部发力习惯等）设计的个性化弧线，且需要切削量尽可能小。为此，本文提出一种磨削量最小的冰刀修复方法，该方法首先对需要修复冰刀的冰刀弧进行测量并拟合成曲线；其次调整设计冰刀弧曲线位置、姿态，使之被修磨冰刀弧曲线完全包裹且曲线间面积最小，依此得到冰刀研磨量最小的切削轨迹。

从滑冰运动的发展历程来看，冰刀是冰上运动的基础，无论是速度滑冰、花样滑冰、冰上舞蹈、冰上溜石，还是冰球，离开冰刀是无法进行的。今天，运动员和滑冰运动爱好者取得了越来越好的成绩，其成功的关键因素之一是他们所使用的体育器材的质量和水平越来越高。特别是即将举办的2022年冬奥会，为了最好的发挥运动员的运动成绩，必须根据运动员的自身特征（身高、体重、脚部发力习惯等）设计个性化冰刀，冰刀在使用过程还会出现钝化、缺刀的情况。因此，随着我国冰刀事业发展需求，迫切需要对冰刀以及冰刀的加工修复等工作展开研究。

首先是冰刀弧曲线的研究，在现有的技术非专利文献《冰刀弧的测量与数据处理研究》中基于接触式测量的理论，利用最小二乘法对冰刀弧的测量数据进行处理，求出了冰刀的弧度和顶弧位置等参数，并以此为基础修改冰刀弧的关键参数找到最适合运动员的设计曲线，此技术在华中“小博士”数控系统平台上已经实现并证明行之有效。

其次是冰刀的加工、修复方面，需要在冰刀的冰刀表面切削出个性化设计弧线，且需要切削量最小。针对此问题在《冰刀弧研磨系统的测量与加工技术研究》一文中提出了一种最优研磨量的计算方法，通过计算测量曲线与设计曲线之间的最大距离得到最优研磨量，此方法在设计曲线姿态未调整之前，计算出的最优切削量并非冰刀加工修复的最小切削量。

为此，本文提出一种磨削量最小的冰刀修复方法，该方法首先对需要修复冰刀的冰刀弧进行测量并拟合成曲

线；其次调整设计冰刀弧曲线位置、姿态，使之被修磨冰刀弧曲线完全包裹且曲线间面积最小，依此得到冰刀加工、修复研磨量最小的切削轨迹。

1.冰刀研磨量大小研究

实现磨削量最小，主要还是研究设计冰刀弧曲线（切削轨迹）与修磨冰刀弧曲线（定位轨迹）在机床坐标系下位置关系，这种关系决定了冰刀的切削量大小。

基于当前冰刀测量、磨削装置采用一体化设计，测量装置安装在机床主轴一侧，随磨削主轴一起运动，通过测量装置可实现冰刀轮廓测量与磨削定位（机床坐标系下位置）。依此随机测得一组设计冰刀弧曲线与修磨冰刀弧曲线，在机床坐标系下位置关系如图1所示。如设计冰刀弧曲线位置未经调整，需要磨削的区域为两条曲线之间的阴影面积如图2所示。计冰刀弧曲线旋转一定角度后位置关系如图3所示，切削面积明显减少。因此，只要设计冰刀弧曲线被修磨冰刀弧曲线完全包裹，且曲线间面积最小，就可得到最小切削量的切削轨迹。

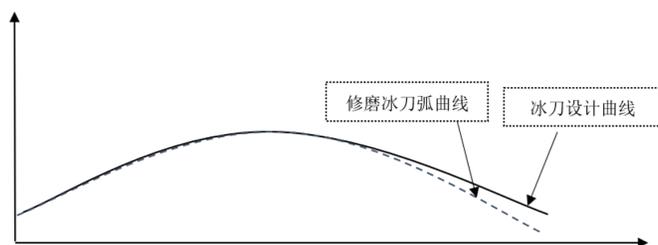


图1 机床坐标系下设计曲线与修磨冰刀弧曲线位置关系

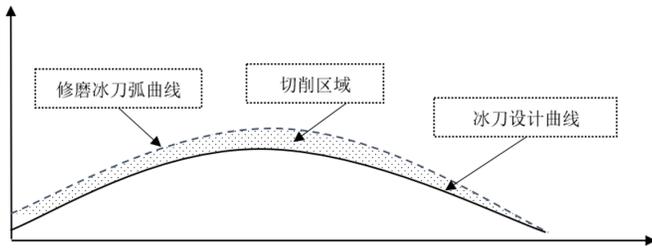


图2 完全包裹后得到的切削量

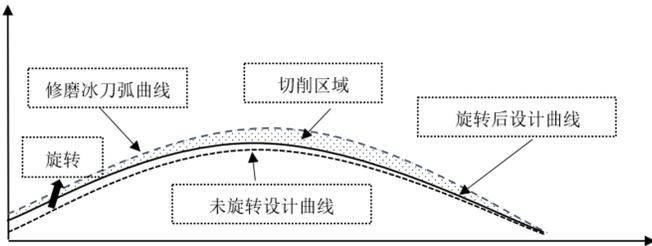


图3 通过旋转后计算得到的切削量

2. 研磨量最小的冰刀修复轨迹

一种研磨量最小的冰刀修复轨迹方法，首先对需要修复冰刀的冰刀弧进行测量并拟合成曲线；其次调整设计冰刀弧曲线位置、姿态，使之被修磨冰刀弧曲线完全包裹且两条曲线间面积最小，依此得到冰刀加工、修复研磨量最小的切削轨迹。

(1) 修磨冰刀弧的测量

测量方法：在机床坐标系下X轴向等距采集冰刀弧Z轴的高度值如图4所示，对采集的点经三阶B样条拟合得到冰刀弧曲线。

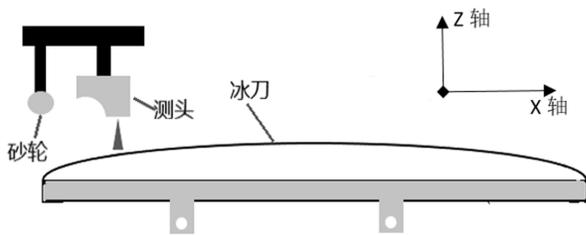


图4 冰刀测量结构

设冰刀长度为 h ，测量间隔为 h_d ，连续测量 i 个点，由此得到修磨冰刀弧拟合曲线 $f(x_i, z_i) = \{(x_0, z_0), (x_1, z_1), \dots, (x_i, z_i)\}$ ， $i=0, 1, 2, \dots, k$ ， $k=h/h_d$ (k 取整数)。

(2) 最小切削量的计算

假设计冰刀弧曲线在机床坐标系下的曲线方程为，则修复冰刀的最小切削量的计算过程如下。

为了便于计算，让两条曲线的中心平移到坐标原点，曲线 $f(x_i, z_i)$ 、 $f(x_i^0, z_i^0)$

在X向和Z向的平移量 (O_x, O_z) 、 (O_x^0, O_z^0) 为：

$$O_x = x_{k/2}, \quad O_z = z_{k/2}; \quad (1)$$

$$O_x^0 = x_{k/2}^0, \quad O_z^0 = z_{k/2}^0; \quad (2)$$

平移后的曲线方程为：

$$f(x_i, z_i) \rightarrow f(x_i - O_x, z_i - O_z) \quad (3)$$

$$f(x_i^0, z_i^0) \rightarrow f(x_i^0 - O_x^0, z_i^0 - O_z^0) \quad (4)$$

由公式(4)得曲线 $f(x_i^0 - O_x^0, z_i^0 - O_z^0)$ 围绕原点旋转 $\theta \in (0^\circ, 360^\circ)$ 角度后得到的曲线 $f(x_i^\theta, z_i^\theta)$ ：

$$f(x_i^\theta, z_i^\theta) = \begin{cases} x_i^\theta = (x_i^0 - O_x^0) * \cos(\theta) - (z_i^0 - O_z^0) * \sin(\theta) \\ z_i^\theta = (z_i^0 - O_z^0) * \cos(\theta) + (x_i^0 - O_x^0) * \sin(\theta) \end{cases} \quad (5)$$

由公式(5)得曲线 $f(x_i^\theta, z_i^\theta)$ 平移到被修磨冰刀弧曲线 $f(x_i - O_x, z_i - O_z)$ 完全包裹位置，得到的曲线为：

首先，在 $z_i^0 > z_i$ 区域计算两条曲线等距离点对应的最大距离 h_{\max}^θ

$$h_{\max}^\theta = \max_{i \rightarrow k} \sqrt{(x_i^0 - x_i + O_x)^2 + (z_i^0 - z_i + O_z)^2} \quad (6)$$

其次，根据 h_{\max}^θ 反推两条曲线最大距离对应点为： $(x_{\max}^\theta, z_{\max}^\theta)$ 、 (x_{\max}, y_{\max}) 。

由此得到X、Z轴向平移量为 ΔH_x 、 ΔH_z ：

$$\Delta H_x = x_{\max}^\theta - x_{\max} \quad (7)$$

$$\Delta H_z = z_{\max}^\theta - z_{\max} \quad (8)$$

最后，求得完全包裹位置曲线 $f(x_i^\theta - \Delta H_x, y_i^\theta - \Delta H_z)$ ：

$$f(x_i^\theta, y_i^\theta) \rightarrow f(x_i^\theta - \Delta H_x, y_i^\theta - \Delta H_z) \quad (9)$$

由以上计算过程，求得设计冰刀弧曲线旋转 θ 角度平移到被修磨冰刀弧曲线 $f(x_i - O_x, z_i - O_z)$ 完全包裹位置，曲线间的面积近似值 D^θ ：

$$D^\theta = \sum_{i=0}^k \sqrt{((x_i^\theta - \Delta H_x) - (x_i - O_x))^2 + ((z_i^\theta - \Delta H_z) - (z_i - O_z))^2} \quad (10)$$

由公式(10)得曲线 $f(x_i^\theta, z_i^\theta)$ 在 $\theta \in (0^\circ, 360^\circ)$ 范围内与 $f(x_i - O_x, z_i - O_z)$ 曲线间面积最小近似值为 D_{\min}^θ ：

$$D_{\min}^\theta = \min_{\theta \rightarrow 360^\circ} \sqrt{D^\theta} \quad (\theta = 0^\circ, 1^\circ \dots 360^\circ) \quad (11)$$

(3) 研磨量最小的切削轨迹

由两条曲线间最小近似面积 D_{\min}^θ 反推对应旋转角度 θ_{\min} ，由前述计算过程求得 θ_{\min} 对应被完全包裹曲线

$$f(x_i^{\theta_{\min}} - \Delta H_x, z_i^{\theta_{\min}} - \Delta H_z)$$

$$= \begin{cases} x_i^\theta = (x_i^0 - O_x^0) * \cos(\theta_{\min}) - (z_i^0 - O_z^0) * \sin(\theta_{\min}) - \Delta H_x \\ z_i^\theta = (z_i^0 - O_z^0) * \cos(\theta_{\min}) + (x_i^0 - O_x^0) * \sin(\theta_{\min}) - \Delta H_z \end{cases} \quad (12)$$

3. 研磨量最小的冰刀修复轨迹应用研究

如修复冰刀长420mm，冰刀弧半径21000mm，如图5所示，采用最小研磨量方法生成的设计曲线，与修磨冰刀弧曲线之间的磨削量明显较小。

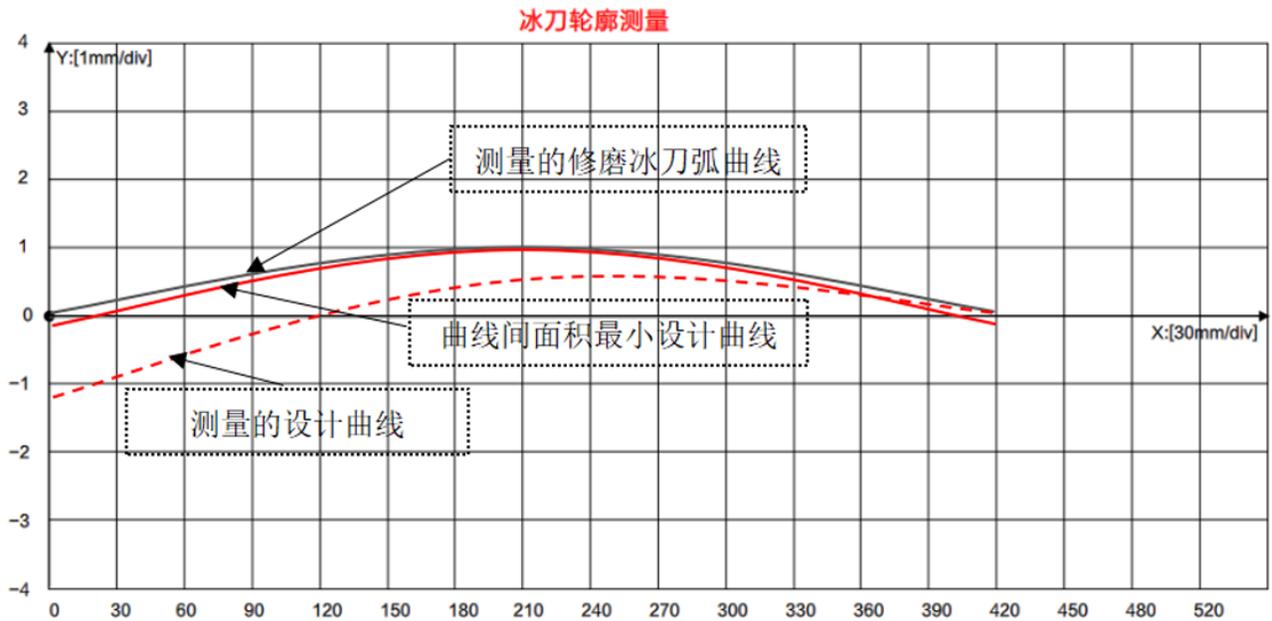


图5 冰刀最小研磨量轨迹生成模块

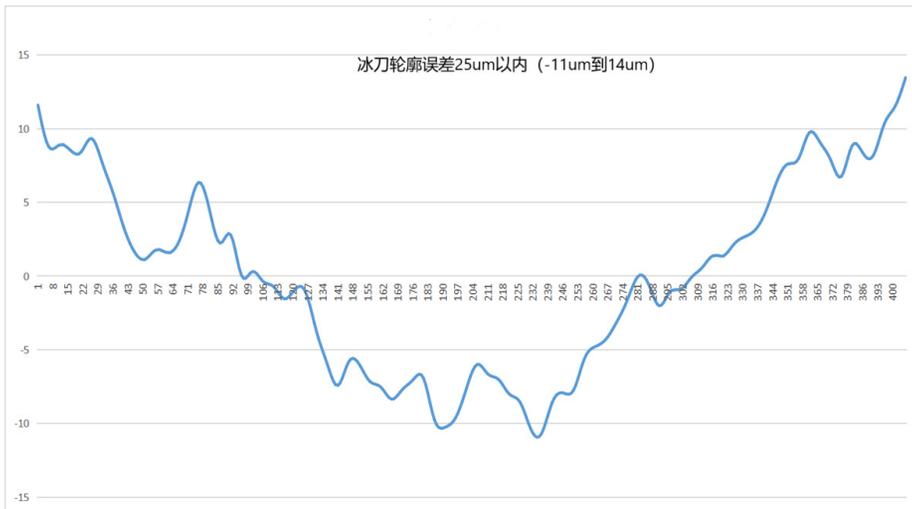


图6 未采用最小研磨量方法磨削的冰刀轮廓误差

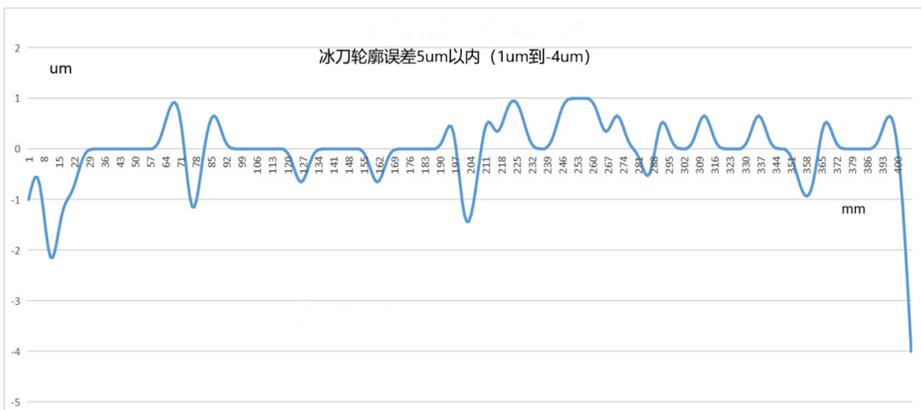


图7 采用最小研磨量方法磨削的冰刀轮廓误差

由生成的两种轨迹弧线（直接测量的设计曲线与曲线间面积最小的设计曲线）加工修复冰刀，未采用最小研磨量方法，磨削得到的冰刀轮廓误差 $25\mu\text{m}$ 以内，如图6所示，采用最小研磨量方法磨削的冰刀轮廓误差 $5\mu\text{m}$ 以内，如图7所示，精度提升明显。

在后期的大量试验中也证明了研磨量最小的冰刀修复方法磨削精度提升20%~80%，效果明显。□

【基金项目：2019年冰雪器材加工成套装备项目（TC190H47P）】

参考文献：

- [1] 王卫红等.对亚洲优秀选手冰刀顶弧位置的调查与分析[J].沈阳体育学院学报, 1997(2): 7-11.
- [2] 向华.冰刀弧的测量与数据处理研究[J].机械与电子,2006(05): 72-74.
- [3] 王简.冰刀弧研磨系统的测量与加工技术研究[D].武汉:华中科技大学,2007.
- [4] 廖胜军.速滑冰刀测量技术研究[D].武汉:华中科技大学,2006.
- [5] 王小江.便携式数控冰刀研磨机的研制[D].武汉:华中科技大,2005
- [6] 曹亮.不规则曲线匹配算法研究[D].青岛科技大学,2020.

钛合金和耐热合金的高效立铣加工

尚亚国际贸易公司 章宗城

航空、船舶和工业用燃气发动机的涡轮叶片、导向叶片、涡轮盘、高压压气机盘、燃烧室等高温部件，以及用于制造航天飞行器、火箭发动机、核反应堆、石油化工设备、能源转换装置等所使用的材料，因为工作条件非常严酷，而且要求极高。目前应用的金属材料主要是钛合金，如Ti-6Al-4V等，以及镍基、钴基、铁基等各种耐热合金，它们都是难加工的材料。

1. 钛合金和耐热合金的难加工性分析

钛合金的难加工性主要体现在：

(1) 切削过程中生成很高的切削热，自身的导热性又很差（约为钢的1/7，铝的1/16）切削时刀刃刃口温度常高达1000℃左右，极易损伤。

(2) 弹性模量小，易振动，切削受力后，弹性恢复会加大对刀具的压力和摩擦，进一步使温度提高磨损加剧。

(3) 它生成的切屑易粘结在刀具上，在持续的切削过程中，切屑被冲击脱落同时带走部分刀具材料，造成刀具粘结损伤。

(4) 易产生加工硬化使表面增硬，加剧刀具磨损，尤其增大了刀刃最大切深处所发生的边界（沟状）磨损。

耐热合金也具有以上问题，且它的成分中合金元素占比多，合金元素与碳构成多种碳化物弥散分布在晶界，它们阻止外力作用下产生的晶面滑移，而使它的强度硬度和韧性大为增加（如镍基耐热合金的Inconel750℃韧性高达880N/mm²），导热性很差，大量的切屑也易粘结在刀片上造成黏附磨损。加工硬化也显著，钛合金的难加工特点在耐热合金加工上都有，且显示得更为剧烈。

这里介绍国外加工复杂型面、立面、槽等主要依靠的先进立铣刀具，供我们学习参考使用。

2. 涂层技术优势

就刀具产品的竞争力而言，最主要的，一个是结构设计的优势，一个是材料性能的优势，主要是指切削部分的结构和基体及涂层材质的优势。

涂层很薄，一般不超过刀片厚度的0.2%，甚至只有几纳米，但这薄薄的一层作用巨大，改善革新潜力很大。目前，切削加工时，大多数情

况，有没有涂层，具有怎样的涂层，在切削效果上可显示巨大的差异，各自可承受的切削用量和使用寿命可相差甚多，甚至数倍。有好的基础涂层和由此衍生出能适应各种被加工材料、加工形态的系列涂层，涂到不同的刀片和整体刀具上，应用在各种不同场合，就会全面提高整个加工过程的效率和产品的质量，提高公司的竞争力和效益。

为了加工这些难加工材料，三菱综合材料公司较早开发了有一定硬度和韧性特高的超微粒TF15，易导热的RT9005、RT9010及专为加工钛合金和耐热合金的MT9015等硬质合金基体材料。

在涂层方面则开发了高温时硬度提高，抗粘结性能好，以MiraclePVD技术涂敷的（Al，Ti）N涂层（代号VP），这种涂层在高温高压切削条件下，Al成分会发生氧化，形成非晶质的Al₂O₃保护膜，能防止涂层和涂层下基体材料的氧化损失，使膜层的化学和热稳定性提高许多。将这样的基体和涂层结合起来，可以高效地加工各种钢材，也可以较低的切削速度切削一些耐热合金，以上涂层用在车削刀具上。

为特别适应立铣刀高效加工耐热合金，三菱公司以Smart Miracle技术进一步开发了硬度和高耐热性极佳的(Al,Cr)N新涂层，并使涂层外表面生成超平滑的ZERO- μ surface膜（见图1），其代号为VQ。这种涂层可以很好抑制它与被加工材料切屑的粘结，降低摩擦力，减少切削热生成和切削阻力，实现高效加工。

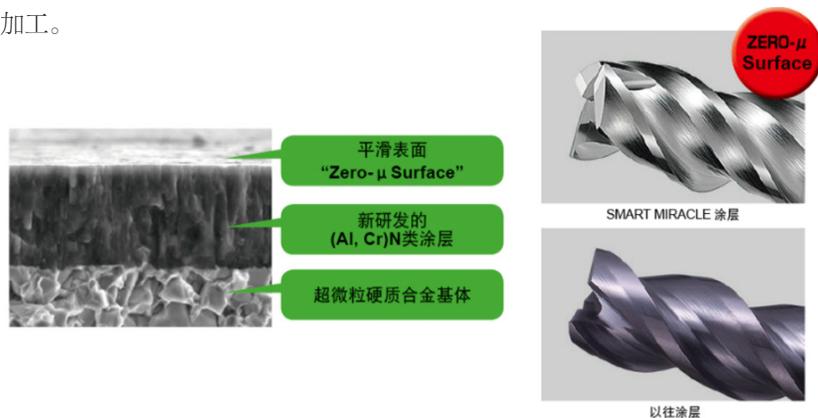


图1 SMART MIRACLE涂层结构 (VQ)

用SMART MIRACLE涂层立铣刀通用性也好，可加工一般的碳钢、合金钢、软钢、预硬钢、合金工具钢、各类不锈钢、钛合金、耐热合金钢、铜、铜合金等。进行侧面铣削时，在机床、工件刚性高且排屑性优异的情况下，可选择高效加工条件，这三项有一项不足的情况下，可选择通用的一般加工条件。高效加工条件与通用加工条件相比，切削速度可高出不同的倍率，进给速度可高出一倍多。VQ涂层切不锈钢、钛合金、耐热合金时，加水溶性冷却液效果好。

3.VQ涂层高效立铣刀

VQ涂层高效加工耐热合金、钛合金的立铣刀有以下几种：

(1) 能在粗加工中实现高效长寿命的VQFDRB圆弧头型立铣刀（见图2），它的材料采用超微粒硬质合金，耐磨，综合性能高。结构特点是采用复合圆弧头，改善降低了立铣刀受力，提高了刚性，抑制了高频振颤，能以更大的进给量实现高效加工，复合圆弧头还使切屑变薄，减轻了耐热合金的加工硬化，减少了它的边界磨损，提高了刀具寿命。

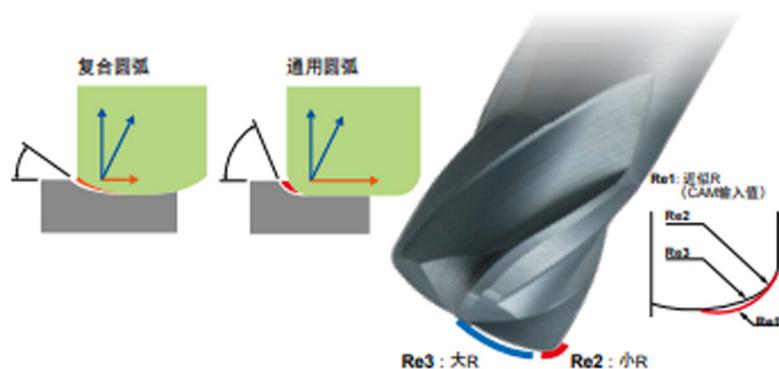


图2 VQFDRB圆弧头立铣刀

加工实例：加工铬钴合金（ASTMF1537）立铣刀，直径 $\Phi 3\text{mm}$ ，转速 $n=8600\text{r/min}$ ，进给量 $F=1300\text{mm/min}$ ，每齿进给量 $f_t=0.038\text{mm}$ ，切削深度 $a_p=0.2\text{mm}$ ，切削宽带 $a_e=1.3\text{mm}$ ，使用乳化液冷却，可比过去的立铣刀寿命提高5倍。

(2) 可大进给大切深高效粗加工，也可精加工，具有减振圆弧头的VQHVRB型立铣刀，结构特点如图3所示。由于螺旋槽具有不同的螺旋角，故可抑制高频振颤，实现稳定的加工，头部具有独特的中心槽形能碎断切屑使之易于排出减少改善了受力增强刀头抗破损能力，增大切深而提高加工效率。

不等螺旋角(43°&45°)设计
可抑制高频振颤，实现稳定加工。

独有的中心槽形状

采用排屑性与耐破损性兼备的最优化形状，可实现大切削深度的高效率加工。

图3 VQHVRB圆弧头立铣刀

加工实例：在立式加工中心BT30上加工钛合金，刀具直径 $\Phi 3\text{mm}$ ，转速 $n=8600\text{r/min}$ ， $F=1300\text{mm/min}$ ， $f_t=0.05\text{mm}$ ， $a_p=0.2\text{mm}$ ， $a_e=1.3\text{mm}$ ，乳化液冷却，切削长度50m后，刀面磨损仅0.05mm，尚可继续加工，寿命比过去的刀具多3倍。

(3) 可实现长寿命稳定粗精加工的2刃长颈球头立铣刀VQ2XLB。一般球头立铣刀和圆弧头立铣刀都可以加工模具的曲面、斜面、平面和各种成形表面。实际加工中，应该如何选用呢？一般小直径的球头立铣刀，加工自由度大，各种曲面、成形面，凸模、凹模都能加工。如图4所示，长颈的球头立铣刀还能加工模具工件的斜面斜角。

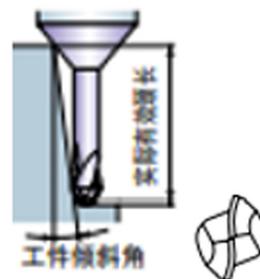


图4 VQ2XLB球头立铣刀

VQ2XLB基体材料是超微粒硬质合金，加上VQ涂层，使它能稳定加工铬钴合金、钛合金、各种耐热合金，其头部采用强化的S形刀刃，提高了抗破损能力，工作寿命长。刃部尺寸球头半径R的公差是 $\pm 0.005\text{mm}$ ，既能粗加工也能精加工。

(4) 通用性好，能对多类材料进行多种加工的VQ4WB球头立铣刀（见图5），具有4刃型独特的 280° 曲线刃形，在五轴机床上可进行效率高、寿命长的多种加工。由于优化了曲线刃的前角，切削阻力可降低且能抗震颤，切削时产生的毛刺少，最适合下挖切削、内曲面等加工。

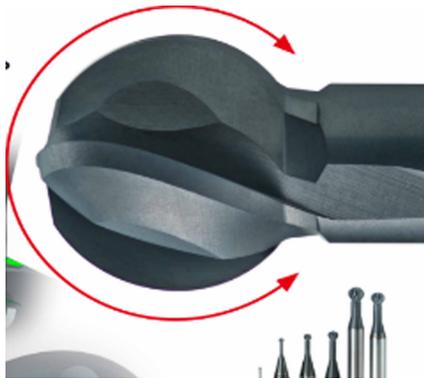


图5 VQ4WB球头立铣刀

如图6所示加工案例，在复合机床上加工钛合金零件上的R3槽，外部供油性冷却润滑液，可同时进行粗精加工，切削速度均为 $V=15\text{m}/\text{min}$ ，粗加工时进给量 $F=130\text{mm}/\text{min}$ ，切削宽度 $a_e=0.6\text{mm} \times 2$ ，精加工时 $F=65\text{mm}/\text{min}$ ， $a_e=0.1\text{mm}$ ，达到了加工要求。由于减少了工序，效率较以往产品提高2倍，刀具自身磨损少，还可持续加工。在对图6各面加工时，残留的加工毛刺较以往的刀具少加工质量大为改善。

加工事例 工件材料 SUS304



图6 加工实例

(5) 为更适应钛合金加工，对涂层与结构进行改进的VQT涂层5刃抗振圆弧头立铣刀VQT5MVRB。结构特点是由于具有不等的螺旋角槽，抗振效果好，在进行大切深的槽加工、侧面加工时，也能抑制高频振颤实现稳定加工，侧面加工可获良好精度。

如图7所示，VQT5MVRB具有独特的前刀面形状，可降低切削阻力，并提高排屑性能。圆弧头R与外圆周刀刃无缝连接，抑制了该处的异常磨损。5刃型分担了受力，减小了切屑，有利于排出，提高了切削效率，延长了刃齿寿命。立铣刀中间设有冷却液孔，供液稳定，冷却效果好，并有助于排屑，保持刃部锋利持续切削。

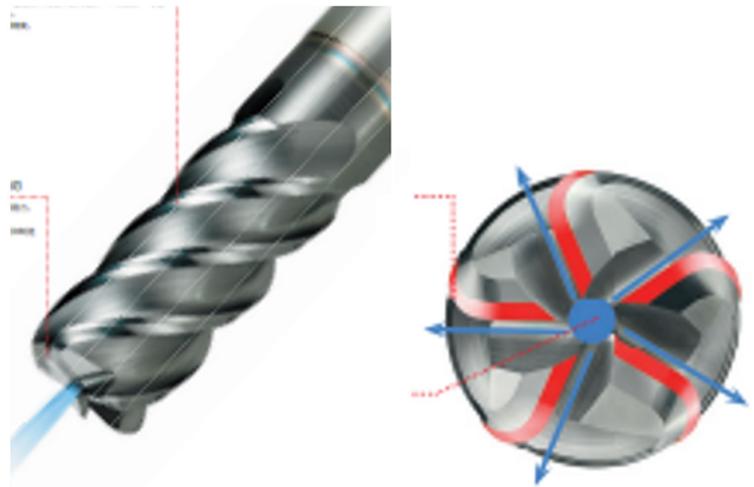


图7 VQT5MVRB立铣刀

加工案例：在立式加工中心上，对钛合金Ti-6Al-4V进行大切深槽加工。以BT50刀柄夹持圆弧头半径R3mm立铣刀，转速 $n=1200\text{r}/\text{min}$ ，进给速度 $F=660\text{mm}/\text{min}$ ，切削深度 $a_p=16\text{mm}$ ，切削宽度 $a_e=\text{槽宽}=16\text{mm}$ ，切削长度=槽长=60mm，刀具悬伸量=48mm。加工稳定质量高，寿命为以往产品的3倍。进给量和单位时间内的排屑量特别是粗加工排屑量都远高于过去产品，加工效率很高。

(6) 更适合钛合金曲面精加工的6刃分段圆弧式立铣刀VQT6UR。其分段圆弧之一是顶端球头圆弧，可如球头铣刀对应圆角等多种加工，分段圆弧之二是外圆周的大圆弧，可对应复杂的翼面等加工，二者结合起来可实现高效复合加工。两圆弧的精度均为正负 0.01mm ，刃数为不等分的6刃，可提高切削效率，抗振颤加工表面质量高。顶端为3刃，使容屑槽增大，增加容排屑能力，由图8可见，同样加工侧壁可比球头立铣刀一次切深大得多，加工效率可高许多，而且加工表面粗糙度也低得多。

(下转第88页)

高速列车设备舱端板结构强度仿真分析

中车青岛四方机车车辆股份有限公司 刘明文

【摘要】为了研究端板厚度减薄后对其强度的影响，本文利用有限元方法，从气动载荷工况，对改进前后的设备舱端板进行应力分析，验证端板减薄后结构的可靠性，结果表明改进后的结构强度未受影响，满足车辆安全运营的要求。

设备舱端板位于转向架的前后区域。可有效防止列车高速运行时“道砟飞溅”，避免遭受车辆行驶中带起的飞石击打损坏，改善转向架区域的流场和噪声环境，是车下设备防护的主要屏障。端板采用整体成形结构，这种结构可以保证较高的强度。

此外，车辆运行速度的提高会导致车辆运行阻力增加，噪音增大，设备舱端板在保证整车结构平顺化，实现降阻、降噪方面也发挥着比较关键的作用。设备舱端板采用铝合金主体模压成形，形成突筋式结构，起到了平顺、导流，防止转向架区域冰雪集聚的作用。

为满足车辆轻量化的要求，设备舱各个结构都进行了减重优化，其中端板由原来的3mm铝合金板换成2.5mm厚的铝合金板。

设备舱端板二维图如图1所示，根据设备舱端板的实际结构和尺寸建立相应的三维模型，如图2所示。

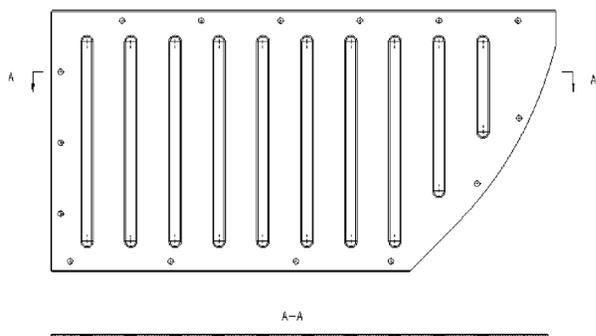


图 1

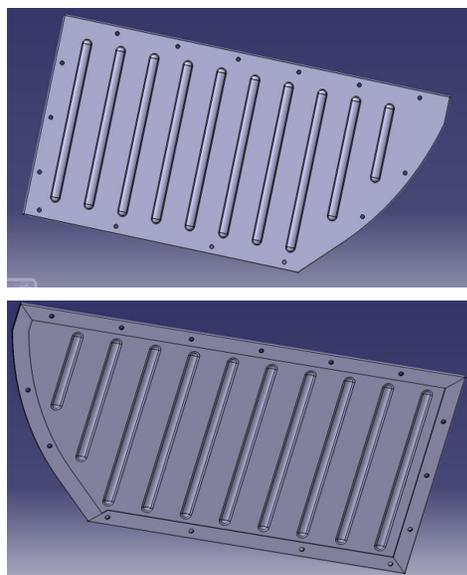


图 2

对3mm铝合金端板施加2500Pa气动载荷，产生的位移和应力结果如图3、图4所示。

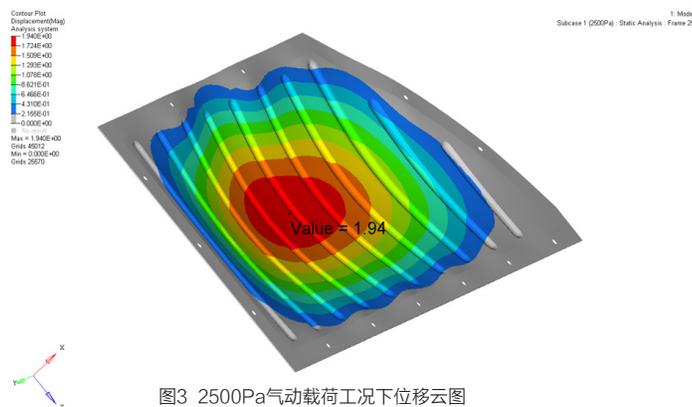


图3 2500Pa气动载荷工况下位移云图

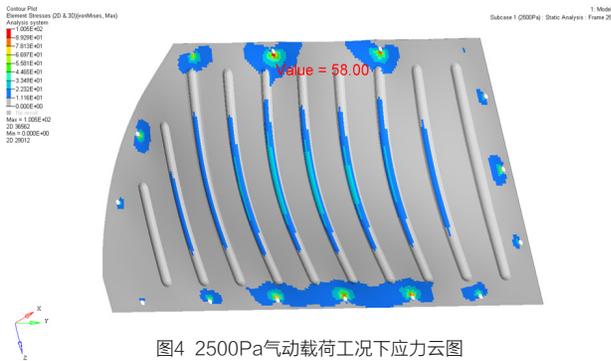


图4 2500Pa气动载荷工况下应力云图

从图3和图4可以看出,在2500Pa的气动载荷作用下,3mm厚铝合金端板的最大变形量为1.94mm。其最大主应力为58MPa,低于其材料的疲劳极限275MPa,安全系数4.7。

对2.5mm铝合金端板施加2500Pa气动载荷,产生的位移和应力结果如图5、图6所示。

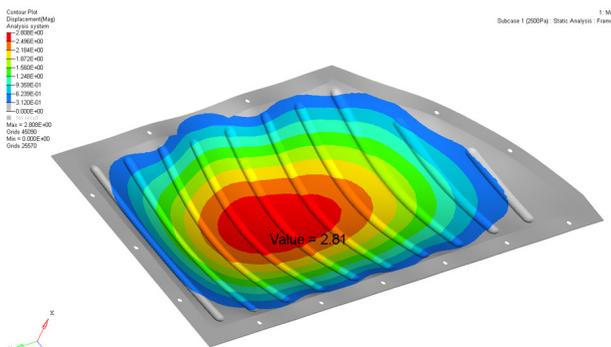


图5 2.5mm铝合金端板2500Pa气动载荷工况下位移云图

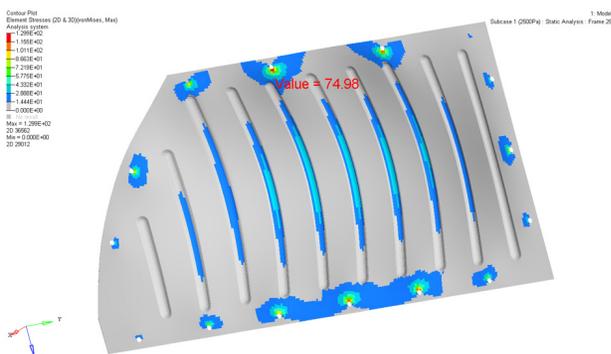


图6 2.5mm铝合金端板2500Pa气动载荷工况下应力云图

从图5和图6可以看出,在2500Pa的气动载荷作用下,2.5mm厚铝合金端板的最大变形量为2.84mm。其最大主应力为74.96MPa,低于其材料的疲劳极限275MPa,安全系数3.67。

由以上分析,我们能够得到以下结论:

(1) 3mm厚铝合金端板,重量为6.03kg,改为2.5mm厚的铝合金端板,重量为5.01kg,减重可达1.02kg,减重17%。设备舱端板厚度减小后,达到的减重效果明显。

(2) 改进后的端板在2500Pa气动载荷下产生的最大应力略大于改进前,对结构的强度影响不大,远低于材料

的疲劳极限,综合比较,设备舱端板采用2.5mm厚的铝合金结构。□

参考文献:

- [1] 李晓村, 侯梅英. 动车组构造[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2009.
- [2] 宋红, 孙彦. 高速列车设备舱底板折边气动阻力和底板刚度分析[J]. 计算机辅助工程, 2011(2): 7-10.

上接第86页

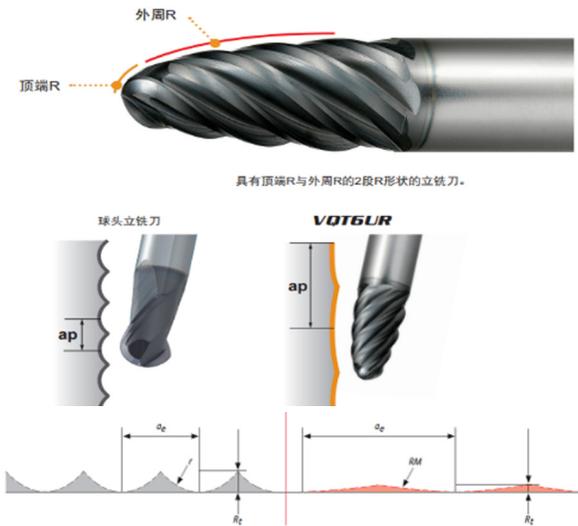


图8 分段圆弧立铣刀特点与加工质量

如果侧面具有复杂型面需加工时,往往刀具的直径受到侧面形状转角限制。刀具的工作长度为达到侧壁形状的加工要求必须伸长,但过长刀具的刚性不足,这时可在五轴联动数控机床用CAM技术和特殊工艺软件控制分段式立铣刀,根据需要调整侧倾角,比一般立铣刀避让间隙大,可以加工出复杂的型面,如航空发动机叶片的翼面等,再利用顶端的较小半径的球头可以加工零件根部更小的圆弧和转角。因此具有更大的灵活性,如图9所示,一次安装下把所有的型面加工出来,加工效率高。

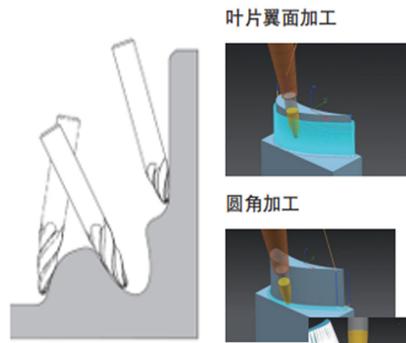


图9 分段圆弧立铣刀加工实例

由图8、图9还可知VQ T5 UR分段圆弧立铣刀既能加工出复杂的曲面,而且表面粗糙度低,加工表面质量好。由于受力条件好,刀具寿命也较以前使用的刀具高出数倍。□

石膏型真空增压箱体铸造工艺与质量控制

江苏法尔胜材料分析测试有限公司 胡志刚 张洪伟

【摘要】箱体铸件质量要求很高，需要进行压力渗漏检查，尺寸和内部质量很难同时保证，短期快速制造难度很大。铸件过程控制和质量过程检验十分重要，通过3D打印蜡模和石膏型真空增压铸造融合，可以实现无模快速制造箱体。工艺过程通过真空环境浇注、加压补缩过程凝固、内置冷铁等手段，解决了箱体质量不稳定、制造周期长、加工量大、补焊、尺寸不稳定、内部缺陷多、反修次数多等现有制造问题，通过尺寸、性能、成份、内部质量等检测手段确保铸件质量。

箱体结构复杂，尺寸和内部质量要求很高，通常铝合金箱体都是通过开设金属模具再进行生产的，生产周期很长，费用大。中小批量高质量快速箱体需求比较大，车辆、机械传动、无人机、舰船等节能环保的铝合金零部件研制任务比较重，迫切需要找到一种新的制造方法，快速高质量的制造。

本文提供一种基于3D打印快速制造铝合金箱体的方法，该方法是通过铸造工艺设计及模拟优化CAD/CAE解决箱体铸件毛坯结构优化和铸造工艺优化的问题，3D打印蜡型解决复杂铝合金箱体模具的问题，3D打印SLS技术制作的铝合金箱体蜡型和石膏型电磁真空增压铸造工艺融合获得高质量铸件，并通过对成型铸件的力学性能、化学成分和关键部位的无损检测来验证3D打印工艺。整个过程最关键有四个环节，箱体生产与质量控制流程如图1所示。

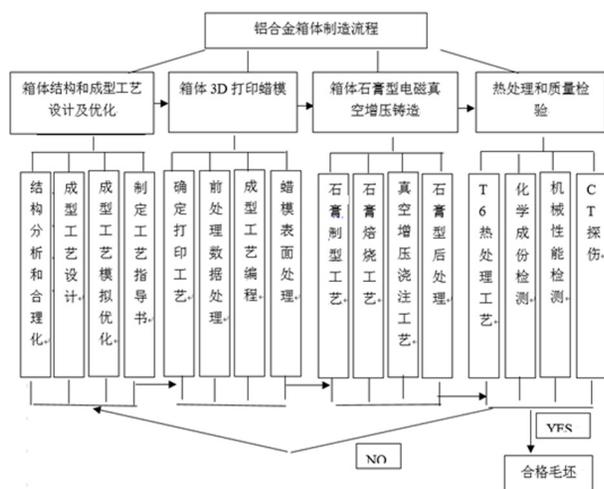


图1 箱体生产与质量控制流程

1. 箱体结构和成型工艺设计及优化

铝合金箱体构件尺寸345mm×350mm×250mm，重15kg，最大壁厚55mm，最小壁厚在5mm左右，壁厚很不均匀，I类铸件，零件和毛坯（见图2、图3）。铸件材料为ZL114A合金，用于科研试制阶段，单批用量为2件，铸件中有支撑和装配结构，承受一定的压力，并要求有稳定的尺寸精度和内部质量。

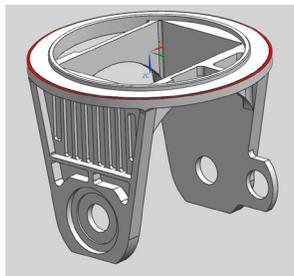


图2 铝合金箱体零件

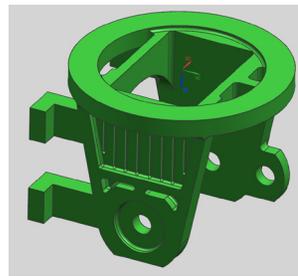


图3 铝合金箱体毛坯

结合实际质量要求、数量要求和生产周期要求等情况分析，采用制造模具和砂型铸造方式生产周期长、质量差，明显不合适，只有采用3D打印熔模精密铸造石膏型和硅溶胶两种方式比较好；再结合箱体结构、外型尺寸和铸造工艺分布等情况分析，箱体工艺组树尺寸大、制型难和补缩工艺实施难等问题，排除硅溶胶模壳工艺，选择石膏型工艺方式。箱体采用石膏型真空增压精铸工艺铸造方法，需要在箱体底部开设内浇口确保充型过程平稳，减少氧化夹渣，再配合多浇口和冒口压力补缩工艺，通过控制浇注速度、石膏型温度、局部热节配置冷铁、内部配冷却材料、减小铸型厚度等方法来调整凝固顺序，保证铸件质量。

箱体结构优化是采用铸造工艺设计优化CAD系统（铸

造工艺辅助设计及工艺仿真CAD/CAE技术)，将铸件毛坯热节位置和尺寸计算出来，对铸件毛坯的可铸性进行评价，帮助设计人员进一步优化结构，箱体热节分布状态。采用铸造工艺模拟优化CAE系统将箱体的铸造过程进行模拟优化，结合铸件毛坯热节情况，箱体初步确定两种工艺方案，如图4、图5所示。

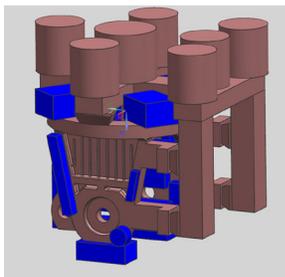


图4 箱体工艺方案一

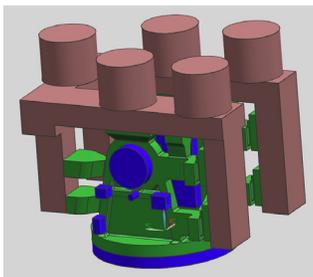


图5 箱体工艺方案二

模拟优化具体考虑材料流动性、石膏型传热系数、石膏型强度、浇冒系统、增压压力、凝固顺序、冷铁配置、合金熔炼、复合变质、浇注温度、浇注时间、真空度、铸型初始温度、热物性参数、边界条件、热容、密度、流动性、粘度等，分析铸造过程产生的卷气、飞溅、冷隔、气孔、缩孔、缩松、裂纹等缺陷，箱体铸造过程分析结果，如图6~图11所示。

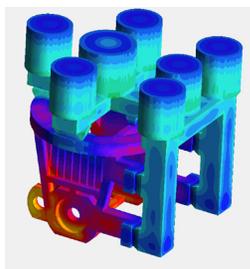


图6 箱体方案一应力分布

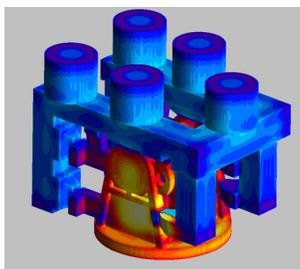


图7 箱体方案二应力分布

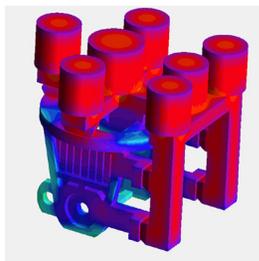


图8 箱体方案一温度分布

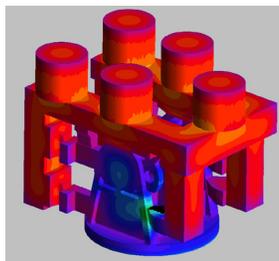


图9 箱体方案二温度分布

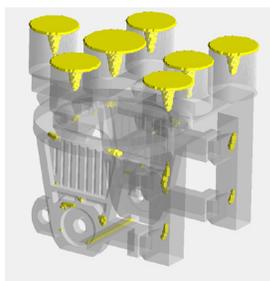


图10 箱体方案一缺陷CT分布

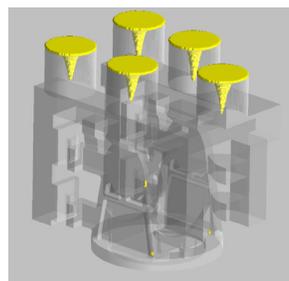


图11 箱体方案二缺陷CT分布

通过箱体铸造工艺模拟优化得到：方案二优于方案一，方案二应力小、温度分布均匀、缺陷CT显示无明显缺陷。

2. 箱体3D打印蜡模和石膏型电磁真空增压铸造

3D打印蜡模是采用激光选区烧结的方法（SLS工艺）将蜡或PS蜡材料通过合理的参数进行层层烧结，再进行后处理表面光洁，得到箱体模型。传动箱箱体数据处理和分层编程，为了节省打印时间和材料，传动箱箱体数据进行镂空处理厚度为15mm。打印重要参数设置：激光功率18~20W，环境温度为89~92℃，扫描速度1200~1400mm/s，层厚0.12mm，收缩率为0.95。成型最小壁厚小于1.5mm，成型精度为 100 ± 0.1 mm，零件综合尺寸优于CT6级，表面质量Ra优于 $3.2 \mu\text{m}$ ，处理后箱体蜡模，铸造工艺装配如图12、图13所示。



图12 工艺方案一组树



图13 工艺方案二组树

石膏型电磁真空增压铸造是采用蜡模作为零件型腔，石膏浆料灌制干燥作为铸型，通过高温焙烧将蜡模溶出形成空腔，在真空环境下电磁浇注，在压力下凝固，石膏型有很好的复模性和尺寸稳定性，成型产品表面和内部质量很好。工艺重点在于蜡模焙烧过程和铝液进化除气过程，铸件毛坯和合格产品如图14、图15所示。



图14 合格铸件毛坯



图15 合格铸件成品

3. 质量控制与检测

根据铸件的质量要求，对铸件的尺寸、机械性能、成份分析、内部缺陷等进行检测，主要设备有三座标、万能试验机、光谱、X射线探伤，如图16~19所示。



图16 三坐标



图17 万能试验机



图18 直读光谱



图19 X射线探伤

(1) 尺寸检测

通过能3D打印蜡件、铸件毛坯、铸件加工成品三种状态进行尺寸检测，尺寸达到CT6级，完全符合I类铸件尺寸要求。

(2) 机械性能检测

铸件的机械性能主要通过随炉试棒检测来体现。本次采用标准金属型模具、标准砂型试棒模具、非标金属型试棒模具三种状态下的试棒性能，同时采用不同的热处理工艺的性能对比，如图20~22所示。

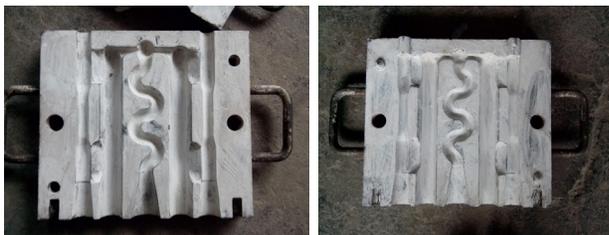


图20 标准金属型试棒模具

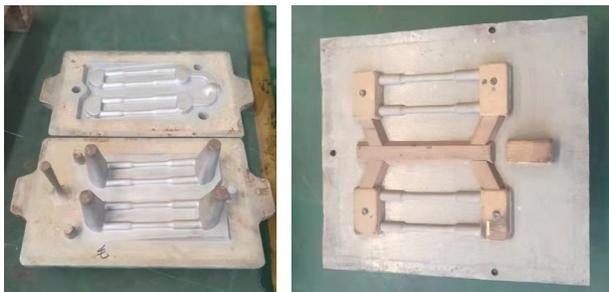


图21 标准砂型试棒模具



图22 非标金属型试棒模具

热处理方法一：固溶（温度540℃，时间12h，水温60℃），时效（温度160℃，时间6h），固溶后2h内进行时效，性能见表1。

表 1

编号	性能		编号	性能		编号	性能	
	抗拉强度 (MPa)	伸长率 δ5(%)		抗拉强度 (MPa)	伸长率 δ5(%)		抗拉强度 (MPa)	伸长率 δ5(%)
1#	361	8	1#	346	6	1#	338	3
2#	365	8	2#	342	6	2#	331	4
3#	371	10	3#	349	5	3#	334	4

热处理方法二：固溶（温度540℃，时间12h，水温60℃），时效（温度160℃，时间6h），固溶后室温放置24h再进行时效，性能见表2。

表 2

编号	性能		编号	性能		编号	性能	
	抗拉强度 (MPa)	伸长率 δ5(%)		抗拉强度 (MPa)	伸长率 δ5(%)		抗拉强度 (MPa)	伸长率 δ5(%)
1#	355	12	1#	334	7	1#	332	5
2#	351	14	2#	341	9	2#	328	5
3#	364	16	3#	344	8	3#	325	6

通过结果对比，ZL114A材料放置24h后再进行人工时效，伸率率提高明显，非标金属型模具试棒性能比较高，分析原因主要是标准金属型模具试棒可能存在缩松，开模时间太长及浇注温度过低等原因。最终铸件采用热处理方法二进行，三组试棒均合格，符合I类铸件要求。

(3) 成份分析检测

通过成分分析（见表3），本次铸造过程性能比较高，主要原因是ZL114A材料比较好，如Fe含量为0.0268，远小于0.2要求，符合I类铸件要求。

表 3

化学分析	Cu	Si	Mg	Ti	Fe	Zn	Mn	Be
标准值 (≤)	0.2	6.5-7.5	0.45~0.75	0.10~0.20	0.2	0.1	0.1	0~0.07
	0.0024	7.31	0.56	0.107	0.0268	0.070	0.0094	0.0035

(下转第94页)

工程车轮轮缘开裂浅析

吉凯恩车轮（连云港）有限公司 周永红

车轮与充气轮胎构成一个压力容器，并与轮毂、车轴构成一个承载系统，承载整个车辆及车辆所要求的载重，同时还要做转向、旋转运动。安全性、可靠性是法律法规所赋予车轮生产商的首要职责。公司去年三包出现了1件客户投诉，工程车轮轮缘开裂问题，开裂失效现象如图1所示。



图 1

从图1中明显可以看出开裂，用专用术语准确地说，属于径向疲劳失效。要解决这个问题，首先要弄清楚产生径向疲劳失效的根源。

一、样件分析

1. 样件宏观分析

下面对未断裂部分取样，先进行表面观察分析，详见图2。

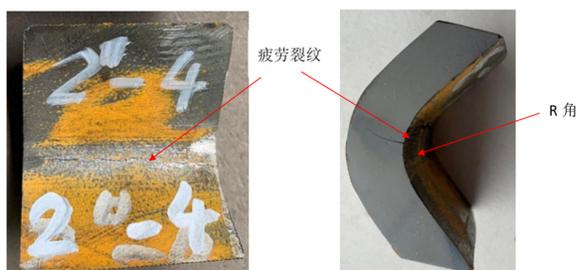


图 2

我们可以很清晰的看到，出现侵入车轮轮缘断面的可见疲劳裂纹，从截面进行观察，主断裂位于沿轮辋球带尺圆周处R圆角根部。起源于内圆角，向外圆角扩展。此处尚未完全断开，为了观察断口形貌，将尚未完全断开的样件打断，再观察断口，详见图3。

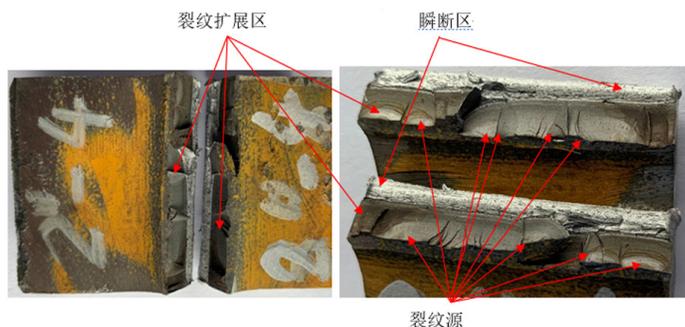


图 3

如图3所示，所谓裂纹扩展区，就是以裂源区为中心的放射线，形状像海滩花样（或者贝壳状花样）；所谓裂纹源，指的是在内圆角根部的某一点开始，向原材料内部扩散，出现了n多个裂纹源，每2个台阶之间一个裂纹源；所谓瞬断区，在这里是指人为打开的那部分区域。

据此，对断口进行宏观分析：断口无明显塑性变形，属于脆性断裂；断口呈现多裂纹源，多源性意味应力集中程度较高；裂纹从各自源区向前（原材料内部）扩展而形成扩展区。由于裂纹前沿的阻力不同而发生扩展方向上的偏离，以后裂纹在各自的平面上继续扩展，不同的断裂面相交形成台阶。此断口存在典型的裂纹源、扩展区、瞬断区，符合疲劳断裂特征，因此初步判断轮辋失效模式为多源性疲劳断裂。

2. 样件微观分析

接着，再通过显微镜进行由表及里的观察分析，详见图4。

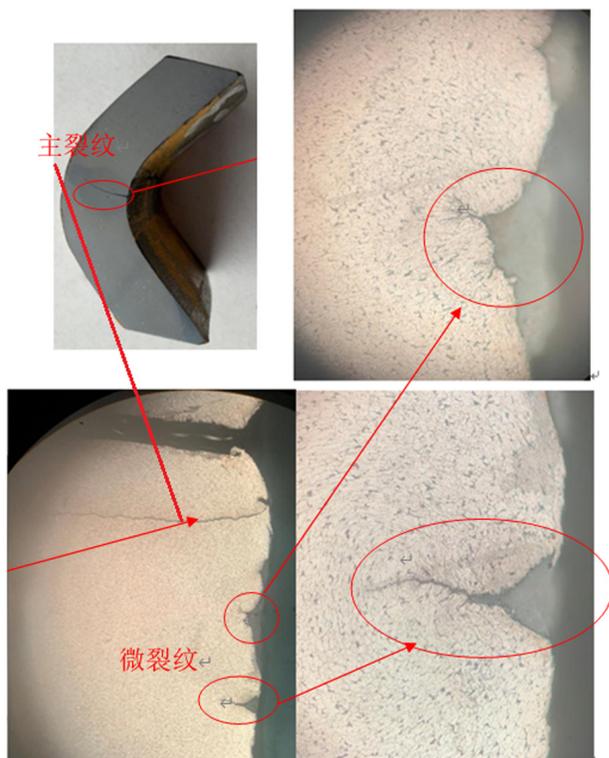


图 4

裂纹微观分析：截取轮辋下端R圆角位置横截面进行金相磨片，沿着轮辋下端R圆角圆周观察，有一条主裂纹，为宏观裂纹。主裂纹附近有众多微裂纹，且间隔一段距离表面就有多条微裂纹，深度约为10~100 μm。主裂纹从其中一处微裂纹扩展形成。在R圆角根部，沿着轮辋圆周，在应力作用下，多裂纹源扩展最终连接形成断口。

综上所述，轮辋下端R圆角处在制造过程中形成了多处常规手段不易探测出的隐裂纹，形成了应力集中，造成在使用转向、旋转运动过程中，出现了径向疲劳失效、开裂。

二、技术分析

1. 工艺分析

冷压工艺路线：下条料→卷圆→焊接→打磨→压型 I →压型 II →车削加工，从中可以看出，对疲劳裂纹有影响的关键工序是压型 I、压型 II，详见图5。

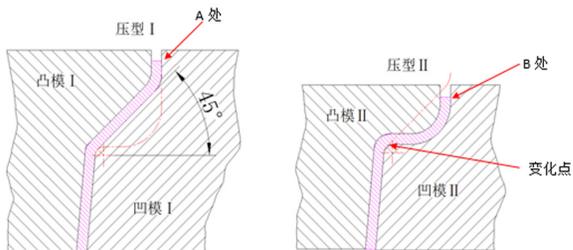


图 5

从图5中我们可以很清楚地看到变化点，是压型 I 沿轮辋圆环上R圆角与压型 II 沿轮辋球带尺圆周上圆角重合部分的终点，也是开启变化的起点，是材料由表及里的变形与抗拒变形的临界点，可能是产生应力集中的高发区。这与样件图3中断口进行宏观分析，“断口呈现多裂纹源，多源性意味应力集中程度较高”形成高度的统一性，这是其一。其二，图5中变化点与图2中疲劳裂纹也高度吻合，说明问题出在变化点上。

用下料图6工艺做的车轮从未出现过这种疲劳开裂失效现象，究其原因是中轮缘高度2.5mm，在按照图6工艺试制压型 I 序时，全部从A处撕裂，这才改成图5工艺的，即保证A处直径=B处直径，目的是保证A处伸长率在材料本身的机械性能内。但这也造成了图5工艺中变化点的内应力比图6工艺中变化点的内应力要复杂的多，尤其是图5工艺中变化点沿R圆角切向拉应力要大于图6工艺中变化点沿R圆角切向拉应力，这才是造成此处开裂的内因，使可能产生应力集中的高发区变为了现实，这也是疲劳失效的根本原因。

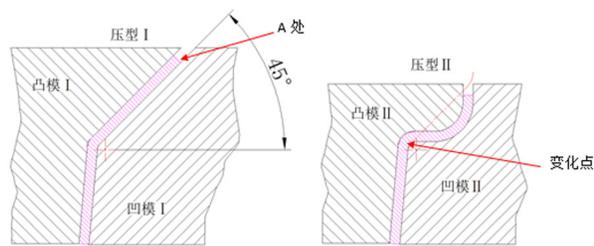


图 6

2. 模具分析

由于没有办法对模具做破坏性验证，故将变化点凹模圆角图放大，详见图7。

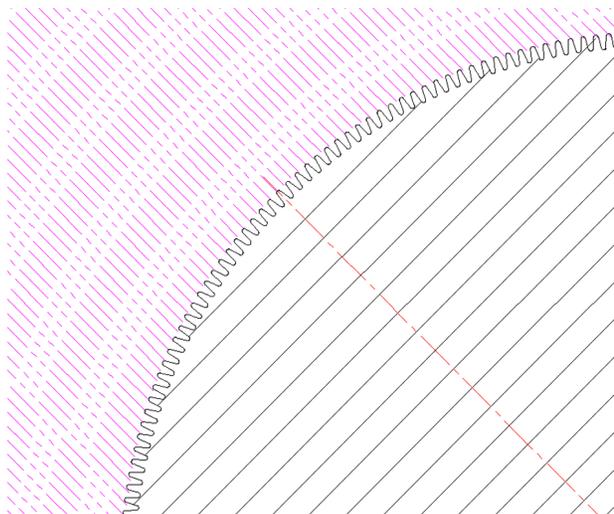


图 7

透过放大镜，可以很明显看到凹模实物表面与图7相近，也就是说模具表面粗糙度达到 $Ra1.6\mu m$ ，刀痕明显。刀痕如果放大到与显微镜下的图4一样的话，就很接近了，说明表面粗糙度也是影响开裂的一个重要因素。

3. 材料因素

当我们将模具表面采用打磨抛光技术，使得表面粗糙度达到 $Ra0.4\mu m$ 后，透过磁粉探伤，无微裂纹的产能是未抛光无微裂纹产能的3~5倍。当产生微裂纹时，再观察发现模具表面有积瘤现象，半成品轮辋下端R圆角处有伤痕。经过观察讨论分析，主要是材料表面氧化皮所致。材料表面经过抛丸处理后，再验证，合格的半成品产能又翻了一倍，满足工艺要求。

总之，材料伸长率导致工艺方案的改变，新工艺方法形成应力集中，并最终导致车轮疲劳失效。

三、解决疲劳开裂的方法比对

(1) 采用热压工艺路线，即加热，再用图6工艺压型 I、压型 II，没有伸长率问题，没有图5开裂的内因，也就不会开裂。虽然适用于所有型号的轮辋工艺，但热加工成本高，污染环境，是一种被逐渐取代的老工艺。

(2) 采用型钢工艺，即先将材料轧制成图6压型 II 断面形状的型钢，再用型钢生产轮辋，没有伸长率问题，也就没有图5开裂的内因，故也不会开裂。虽然适用于所有型号的轮辋工艺，但是，工程轮辋生产是属于小批量、多品种的生产，它的性质导致轧钢厂不会为此开模生产，一个品种没有一定规模的产量，开模亏本，一个品种班产量不够也亏本。更何况那么多品种。此方案只是理论上可行。

(3) 采用挡座圈半型钢化工艺，即用型钢工艺将工件直接加工成图6压型 I 的断面形状，有效避开了伸长率问题，再用图6压型 II 模成型，这也没有图5开裂的内因，故也就不会开裂。虽然适用于所有型号的轮辋工艺，若没有型钢生产线时，至少要投入200万元以上建一条型钢生产线，这又要考虑目前是不是有闲置资本、投资回报率、性价比等，不可盲目投资。不适用于本公司。

(4) 采用现有图5冷压工艺生产轮辋，只要管控好以下三点：①模具使用到一定数量就要进行打磨抛光；②材料压型前抛丸；③生产到一定数量后，开始对每一件做R圆角处做磁粉探伤，是可以满足工艺要求的。对于生产轮缘高度为2.5mm的，做好风险管控是目前公司最经济、实用的方法。

一个工艺方案的推出，在满足工艺要求的情况下，要

与本公司现有资源、状况相适应，形成快速反应，才能称之为合适的，有效的方法。当然，对于轮缘高度3.0mm及3.0mm以上的冷压生产工艺，我们的探索仍然在路上。□

上接第91页

(4) X射线探伤

本次铸造严格按工艺设计方案进行，工艺方案一投入4件，工艺方案二投入4件，通过X射线分析；工艺方案一缺陷较多，工艺方案二无缺陷，探伤情况与模拟情况一致，符合I类铸件要求，如图23、图24所示。

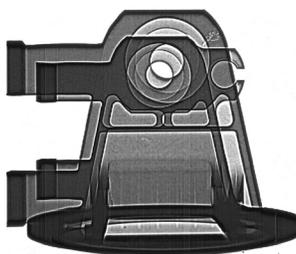


图23 工艺方案一结果



图24 工艺方案二结果

4. 小结

通过对箱体铸件的生产 and 检验总结得知：3D打印SLS蜡模技术与石膏型真空增压铸造相融合是一种最佳快速制造高端铝合金的方法，铸造工艺辅助设计及工艺仿真CAD/CAE技术与X射线探伤结合保证了铸件的内部质量，通过成份分析、机械性能检测、尺寸检测、X射线探伤等手段，为铸件质量评估提供了数据支撑。

[参考文献]

- [1] 张雨明,吴锐. 我国3D打印技术研究及产业化发展现状[J]. 中国材料进展,2018,37(03):237-240.
- [2] 唐洋,陈海峰,刘志强,肖倩. 3D打印技术产业化现状及发展趋势分析[J]. 自动化仪表, 2018, 39(05):12-17.
- [3] 宋彬等. 3D打印技术和铸造模拟技术在精密铸造生产中的应用[J]. 金属加工,2016(19):28-31.
- [4] 吴凯,莫志豪,李雪峰,梁建文. 基于Geomagic逆向建模的3D打印技术研究[J]. 模具制造,2018,18(05):73-76.
- [5] 何志明. 3D打印技术对产品的影响[J]. 包装工程,2018,39(10):188-193.
- [6] 尹光辉,陈杭,游俊,夏娟. 3D打印技术在工业设计上的研究[J]. 科教导刊,2018(04):52-54+57.
- [7] 文小燕. 机械制造及自动化中的3D打印技术[J]. 自动化与仪器仪表,2018(08): 174-176+179.
- [8] 姚清. 3D打印技术对机械制造业的影响分析[J]. 中国新技术新产品,2018(18): 13-14.
- [9] 扈恩同. 3D打印技术在机械制造中的应用研究[J]. 世界有色金属,2018(01):42-43.

在镗床上车削阀体、闸板楔斜面

蓬莱水城铸石管道阀门厂 矫永臣

在实际生产中，阀体、闸板楔的5° 斜面通常做斜面胎具，每种规格都要一个5° 斜面胎。斜面胎生产周期长，加工成本高，而且需有专人管理。在镗床上车削阀体、闸板楔斜面，就能很好地克服以上缺陷。

以PN1.0 DN300铸石阀门阀体为例，如图1所

示。首先领取合格的DN300阀体，在平台上进行划线，工件主视图右端朝下，平放用三块垫铁垫好，按照两条导向筋找平找直四点，误差不得大于0.5mm，划两条筋中心线、腰线，划110mm尺寸线和352mm尺寸线。

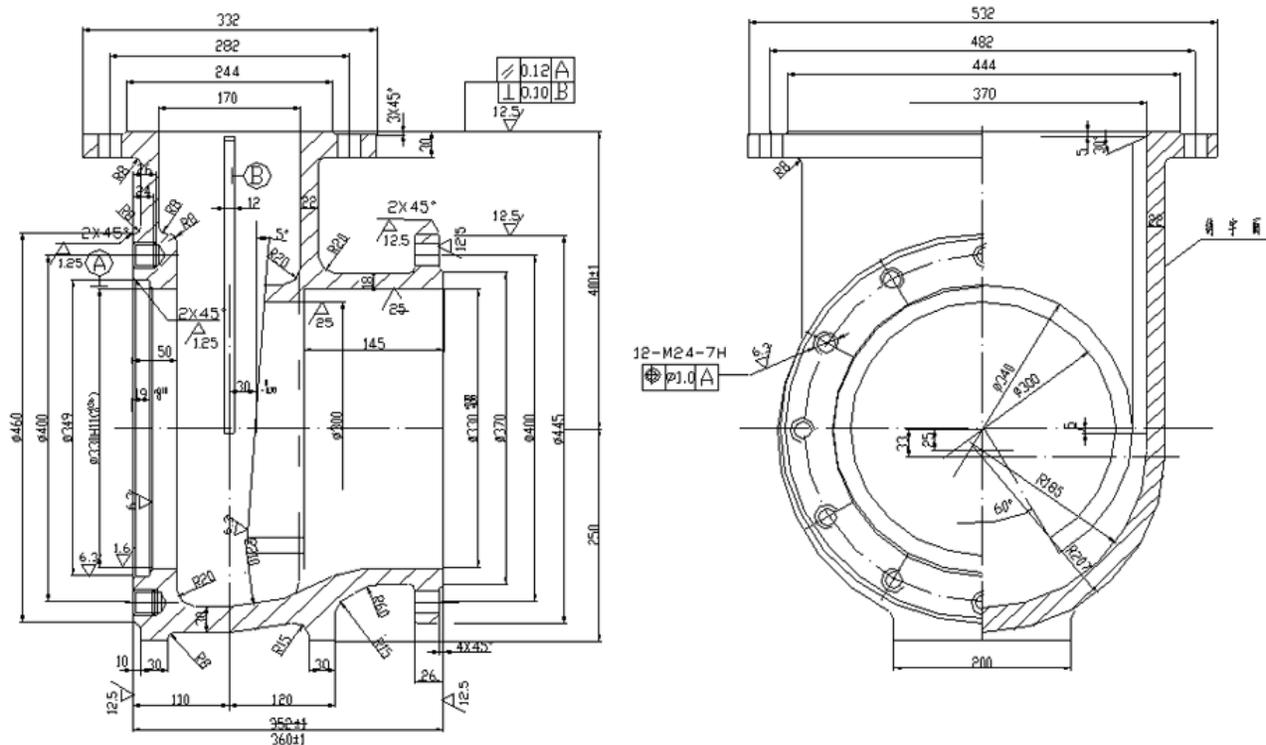


图1 阀体

工件立放：按照两条导向筋找平找直，同时照顾Φ330mm孔和Φ330mm孔对称，划尺寸线和检查线及400mm尺寸线。工件侧放：照顾Φ445mm外圆及370mm中心线对称，然后在车床车出口端法兰外圆445mm，端面保证厚度26mm，刀检内孔Φ330mm和Φ300mm，保证尺寸352mm-110mm=242mm，翻个车另一端面，Φ330mm孔及止口Φ349mm×18mm，留1mm余量。

按照侧视图任意一侧两端适当位置，点焊好两块200mm×70mm×40mm的Q235A钢板，在镗床上按阀体中心线、腰线找正后镗平基准，以基准面为基准，工件侧放，阀体5° 斜面冲向镗床头，先车好阀体上阀座孔349mm×19mm，然后转动工作台面5° 插上定位销并锁好，如图2所示，就可对阀体5° 斜面进行车削了。

(下转第98页)

工艺创新与零件结构的合理性

上海华普发动机有限公司 金延安

工艺创新关系到零件结构的合理性。事实上，零件结构之所以维持现状，是我们没有更好的加工工艺。只有工艺不断创新，才有可能逐步达到零件结构合理性的终极目标，所以创新永远在路上。本文就两者关系，用实例作一探讨。

1. 气门锁夹

(1) 机械加工

改革开放初期，我国汽车工业刚刚起步时，气门锁夹采用的是调质处理的圆棒经过多道机械加工工序完成的。工序如下：

OP-10 车端面，钻孔，精车内孔，车气门锁夹外锥圆，按图样总长切下（留余量）。设备：普通车床。

OP-20 车R圆弧，精车端面完成图样总长尺寸，如图1所示。设备：普通车床。

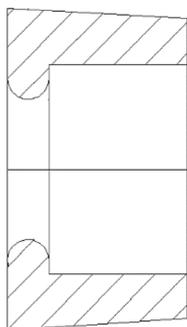


图 1

OP-30 铣开（见图2）。设备：

普通卧式铣床。

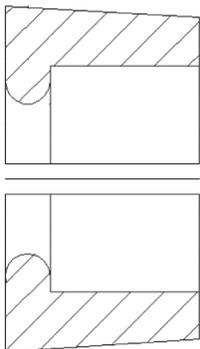


图 2

OP-40 去铣开面毛刺。设备：光饰机。

OP-45 发黑处理。

OP-50 检验合格入库。

工序不长，但工序较多，工人需要频繁转动刀架，更换刀具。生产效率低，材料利用效率低，加工成本高。

(2) 气门锁夹冷挤压加工

随着汽车工业的快速发展，机械加工的气门锁夹在加工精度、效率、成本、产量等方面都不能满足我国快速发展的汽车市场需要。气门锁夹采用高效的冷挤压加工有较大优势，采用型材在液压机多级模具上进行，只要两个工步即可：

OP-10 冲料。

OP-20 冷挤压成形。

OP-25 发黑处理。

OP-30 检验合格入库。

冷挤压加工的气门锁夹，尺寸精度、表面粗糙度等都能满足要求。由于气门锁夹是由两个气门锁片组成（见图3），所以，气门锁片之间具有完全的互换性，只要按单个气门锁片图样要求冷挤压加工即可。相对于机械加工，加工效率高，材料利用效率高，加工成本低。

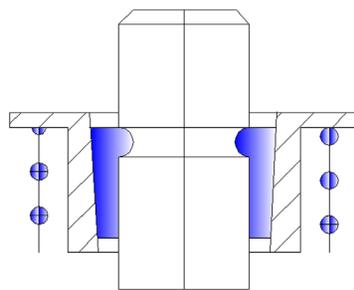


图3 气门、弹簧座、气门锁夹装配图

由于冷挤压的气门锁片金属纤维连续不断，无刀具切削金属形成的应力敏感点，抗疲劳变化，相对于金属加工的气门锁夹，冷挤压的气门锁夹使用寿命更长。

2. 气门挺柱

气门挺柱是凸轮轴与气门之间的传递件，结构为薄壁圆桶形，圆弧形顶部接受来自凸轮轴凸轮的指令，按发动机配气相位驱动气门的开闭，完成发动机的工作循环。

气门挺柱的生产制造，采用圆棒料加工工艺，废工、废时，材料利用率低，成本高，很快此工艺即被淘汰。

现在，气门挺柱毛坯多采用的是单体铸造（见图4），再通过机械加工完成，也是目前国内汽车配件厂沿用多年的工艺手段。

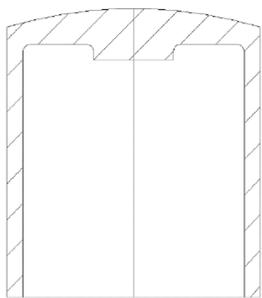


图4 单体铸造的气门挺柱

我们在国外公司做工艺考察时，惊奇地发现国外公司却放弃单体铸造工艺，而是采用板材冲压、拉伸、挤压成形工艺（见图5）成品在位置精度，尺寸精度，粗糙度都达到图样要求。

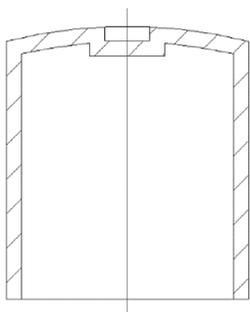


图5 冷挤压成形气门挺柱

冷挤压成形实现了无切削加工。节约了材料，提高了效率，直接减轻气门挺柱的单体质量，也有利于发动机性能的提升。

3. 连杆组件

连杆组件是发动机关键件，将活塞的直线运动变为曲轴的旋转运动，通过飞轮完成发动机的功率输出。

连杆大小头孔、连杆盖、连杆体结合面的加工是连杆组件的加工工艺难点。随着加工中心的普及应用，连杆大小头孔的加工精度以及相互位置

精度问题已经解决。

而连杆盖、连杆体结合面的加工就成为连杆组件加工的难点，长期制约连杆组件生产线的节拍。其原因是连杆盖、连杆体结合面的设计受连杆结构限制，也给加工工艺编制带来了难度。

连杆盖、连杆体结合面的角度位置有垂直于大小头孔中心线和倾斜于大小头孔中心线两种形式。前者多用于高转速高功率轿车发动机，后者多用于低速大扭矩柴油发动机。

由于连杆承受不同方向的交变负荷，所以除对连杆组件强度、刚度要求外，在发动机工作时，连杆盖、连杆体结合面在工作中应始终保持相对静止，决不容许产生相对滑动运动。

因为连杆盖、连杆体结合面一旦发生相对运动，将产生巨大的水平剪切力，造成螺栓断裂，连杆盖、连杆体分离，产生捣毁缸体等一系列重大事故。

为了防止连杆盖、连杆体在工作中相对运动，目前设计大多采用一面两销来约束六个自由度。

连杆盖、连杆体结合面的结构设计形式多种多样。如接触为平面和采用辅助零件，如销或套定位（见图6），也有连杆盖、连杆体结合面采用齿纹结合面（加止口定位）等设计方法。

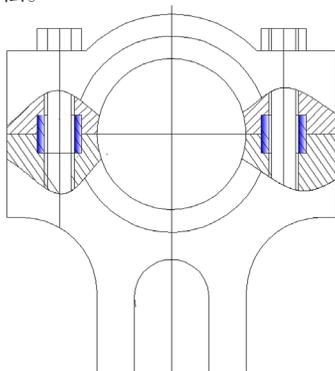


图6 连杆一面两销套定位

一般汽油机连杆副采用螺栓连接（或螺栓螺母连接）在连杆盖，连杆体结合面产生一定的正压力，连杆盖、连杆体结合面不发生相对运动，

取决于正压力在连杆盖与连杆体结合平面间产生摩擦力的大小。正压力确定了结合平面的摩擦力峰值。正压力稳定，在连杆盖与连杆体结合平面之间的摩擦力就稳定，保证连杆件在发动机工作中的安全。

拧紧连杆的螺栓时，采用设计的定扭矩（或转角）来控制，产生正压力为定值，此时，结合平面大小决定了摩擦力大小。如何在原有结构尺寸内扩展结合面的面积，使结合面摩擦力最大化，是防止连杆盖、连杆体在工作中相对运动的有效方法，也是设计、工艺随时考虑的问题。

随着汽车工业的飞速发展，国内汽车制造商引进国外的先进加工技术，安徽奇瑞汽车率先引进德国连杆盖、连杆体结合面的胀断技术，使得连杆盖、连杆体结合面的结构和加工工艺大大简化，从而开创了连杆盖、连杆体在设计、工艺方面的一次革命。

（1）简化了连杆毛坯结构。传统的工艺是连杆毛坯整体锻造，大头孔制造成椭圆形，便于工艺安排。先铣上下平面，精磨上下平面，铣开连杆盖、连杆体结合面，半精磨连杆盖、连杆体结合面，精磨连杆盖、连杆体结合面，精加工结合面上的定位孔、螺栓，安装定位销（或定位套），用定扭矩安装螺栓，使大头孔变成近似圆形，才能粗镗大头孔。

由于连杆盖、连杆体采用的胀断技术，使得连杆毛坯大头孔可直接制造成圆形，取消了铣开连杆和盖、结合面上的多道工序。

（2）连杆盖、连杆体结合面采用胀断技术，取消结合面用定位销（定位套）和定位辅助零件的加工，提高生产效率，降低生产成本。

（3）连杆采用胀断技术后，连杆盖、连杆体结合面结构具有理想的脆性断面形状，完全满足连杆盖、连杆体的功能定位要求。

在半精镗大头孔后，在激光刻线机上进行结合面位置的精密刻线，刻线的位置精度高。之后在专用胀断设备上通过液压斜楔胀头，将大头孔在结合面精密刻线处胀断，胀断后的结合面形成天然的波峰与波谷的结合（见图7），满足了发动机对连杆盖，体结合唯一性的要求（连杆盖、连杆体结合不具有互换性）。

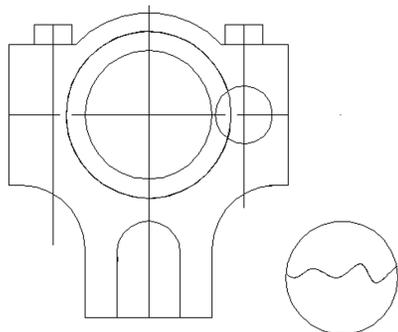


图7 胀断加工后连杆与盖结合面现状

由于结合平面波峰与波谷的结合，相对于结合面的原平面，面积得到最大的扩展，在正压力相同的条件下，提高结合面的摩擦力，也直接提高连杆工作的安全性。

4. 盘形凸轮与冷拉无缝钢管组合凸轮轴

凸轮轴加工工艺起始于20世纪60年代，采用普通车床圆钢料车制，仿形车床车凸轮，钻径向油孔，钻轴向油孔，热处理（高频淬火），仿形磨床磨凸轮，仿形磨床精磨各凸轮，外圆磨床粗精磨各轴颈等工序才能完成。

我国凸轮轴制造业目前采用的工艺为：凸轮轴为冷激铸造毛坯（见图8），采用数控车床车轴颈，数控磨床粗精磨各凸轮等工序才能完成，但比圆钢料车制工艺要提升一

个台阶。



图8 上方为组合凸轮轴，下方为冷激合金铸铁凸轮轴

外企采用盘形凸轮与冷拉无缝钢管，定位件等组合凸轮轴，由专业化规模化生产高精度盘形凸轮片和冷拉无缝钢管，通过采用新工艺装配而成，是当前凸轮轴生产工艺的理想形式，提高了生产效率，减轻凸轮轴重量，满足发动机对凸轮轴的轻量化要求。

5. 结束语

从以上案例可知，产品创新设计都与加工工艺的进步相关，加工工艺的进步为产品设计提供多种可能的选择空间。但是先进的工艺方法也是相对于目前的水平而言，不是一劳永逸。

我们应该打破本专业传统思维模式，没有做不到，只有想不到。应进入跨界思维里去，克服本专业的局部限制去进行科技研究和工作。

科技的创新，既是发展的利器，也是汽车工业发展的动力。创新永远在路上。□

上接第95页

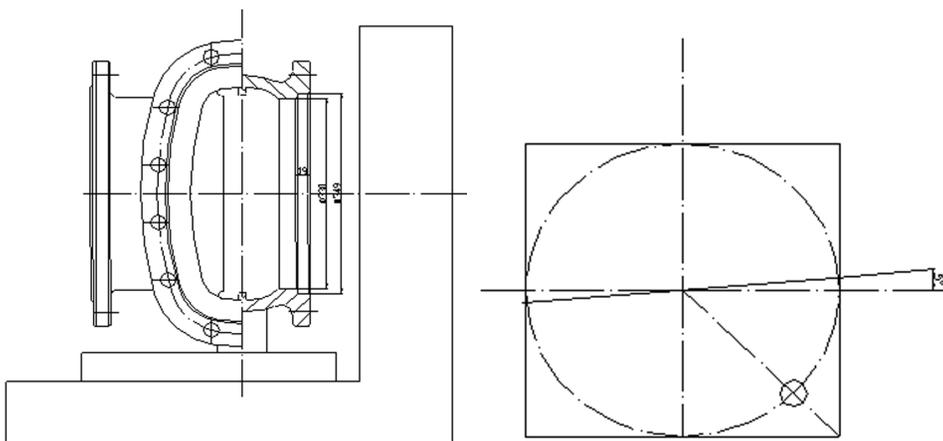


图2

闸板楔经过精加工平面后，固定在镗床弯板上，转动工作台面插上定位销，就可对闸板楔5°斜面进行车削了。由于定位销为圆柱销每次5°角误差很小。

因为阀体阀座孔与斜面一刀活，5°斜面角度一致，闸板楔与阀体斜面稳合度好，阀门密封性好。阀门试压成功率达98%以上，阀门互换性达65%以上，而且还可以节省大量的钢材，达到环保的目的，效果非常显著，特别适合维修或检修阀门用。□

改进高频设备电参数显示淬火质量监控更可靠

湖南天雁机械有限责任公司 周小伟 周雅智

【摘要】分析了高频淬火设备原显示仪器仪表显示值不稳定、不准确、难以观察的原因。介绍了峰值电压表的特点和巧妙运用它显示直流电压并作为判断淬火质量的依据，使得质量监控更可靠。

1. 高频淬火质量监控重要性及方法

高频淬火一般用于工件表面淬火，目的多在于提高表面耐磨性。主要质量指标为淬硬层深度和硬度。由于淬硬层深度的检测一般采用剖样检硬度和看金相组织的方法，它是破坏性的，只能抽检。而层深和硬度的一致性很重要且不易保证。因此，通过监视某些工艺参数的一致性来间接地评估层深和硬度的一致性就很重要。一般监视工件加热温度、加热时间或加热功率、频率、加热电压和电流等参数。

2. 设备现状和存在的问题

我们单位用于发动机气门杆端表面淬火的设备电源为半导体高频电源，其原理如图1所示。显示仪表如图2所示，只有指针式直流电压、直流电流和频率显示。

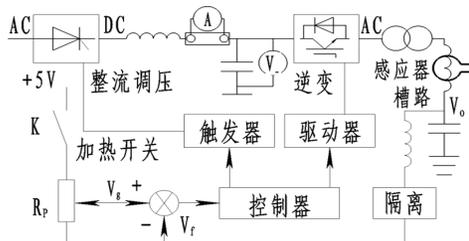


图1 半导体高频电源框图



图2 半导体高频电源显示

此设备还配有红外线温度测量仪，测量显示工件加热温度。使用时，电压电流急速变化，很难辨别重复性，即使实际电压的变化已经严重影响产品质量了也难以看出来。只有频率变化不大，但由于其变化总是不大，也就没有观察的必要。而显示的加热温度对于质量的判断也基本没有意义。因为显示温度和实际温度的差异很大，而且总是在变化，可达一百多度。即使实际温度基本没有变化，显示温度变化也很大，而实际温度变化到足以影响产品质量时，显示的温度可能又没多大的差异。

3. 原因分析和改进方向

(1) 设备制造商本来是设计用监测显示工件温度，来提供质量监控手段的，当检测到温度太低时判工件不合格。但是在使用中发现，当温度定得较高时，很多质量没问题的工件被判为废品，使得根据温度判废的功能没法使用，设备没法用。当温度定得较低时，又在判为合格的产品中混有废品（硬度或层深不合格）。造成这一现象的原因是温度测不准。

我们知道，影响红外线测温准确性的因素比较多。比如测量通道上的烟雾、灰尘、水雾、玻璃窗口，工件材料表面质量（光亮度、粗糙度、氧化度等），工件表面形状等。而在我们的使用场合，这些因素的不一致是难以避免的，尤其是水雾不可避免，时轻时重。

(2) 应用设备的电压、电流一致性来判断工件淬火质量也十分困难。因为每次加热时间非常短，只有0.5s左右。由于使用的是磁电系指针仪表，它是即时显示的，分辨率较低也不带报警功能，变化很快，根本看不清影响到

淬火质量的差异。

综合上分析，我们确定放弃用温度测量显示数据作为质量监控依据，改用直流电压作为质量监控依据。实际上，当工件本身材质、尺寸等一致，感应器、导磁体和其它工装一致，冷却一致时，直流电压的一致性与淬火质量一致性基本一致，也就是可根据直流电压的一致性来判断淬火质量一致性。改进工作就是选用带数据储存且分辨率高的数字电压表。可清楚精确地看到某段时间的电压，当电压和预定值差别达到设定值时可判定异常。

4. 解决办法

采用具有足够分辨率（比如0.1V），测量开始时间和测量持续时间可控，测量结果显示可冻住（固定显示一段时间）的数字直流电压表测量直流电压可解决上述的问题。比如采用峰值电压表WHD-DVF-94-600V-R1，如图3为接线图。

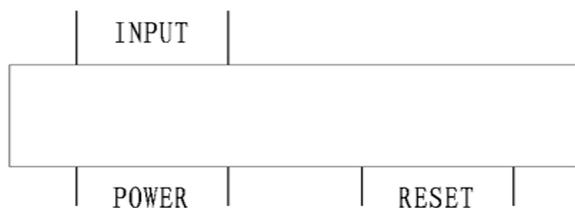


图3 数字显示峰值电压表

RESET信号接通时不测量不显示电压（显示数字为

0），断开时按设定采样周期（10~1000ms可调），测量显示最大的电压。当把采样周期设定为加热时间时，加热后在RESET信号接通前就一直显示加热电压，可在大约4秒内观察到加热电压。根据显示的电压可把淬过的工件区分为合格的和不合格的。

5. 改进效果

改进后显示美观大方，观察方便，如图4所示。合理设置采样周期，可用直流电压值作为淬火是否合格的判定依据，远比过去把温度作为合格与否的依据稳定、方便可靠。



图4 直流电压数字显示

为了参数设置方便和观察设备运行是否正常方便，我们亦为给定电压和电源电压显示配备了高分辨率的数字电压表。为工艺研究方便为直流电流配备了峰值电流表。至此，设备的整体使用大为方便。□

资讯

1~10月全国规模以上工业企业利润同比增长42.2%

1~10月，全国规模以上工业企业实现利润总额71649.9亿元，同比增长42.2%，比2019年1~10月增长43.2%，两年平均增长19.7%。

1~10月，规模以上工业企业中，国有控股企业实现利润总额22116.5亿元，同比增长74.2%；股份制企业实现利润总额51588.1亿元，增长48.5%；外商及港澳台商投资企业实现利润总额18673.6亿元，增长27.3%；私营企业实现利润总额21703.6亿元，增长30.5%。

1~10月，采矿业实现利润总额8639.0亿元，同比增长1.78倍；制造业实现利润总额59300.4亿元，增长39.0%；电力、热力、燃气及水生产和供应业实现利润总额3710.5亿元，下降19.7%。

1~10月份，在41个工业大类行业中，32个行业利润总额同比增长，1个行业扭亏为盈，8个行业下降。主要行业利润情况如下：石油、煤炭及其他燃料加工业利润总额同比增长5.76倍，石油和天然气开采业增长2.63倍，煤炭开采和洗选业增长2.10倍，有色金属冶炼和压延加工业增长1.63倍，黑色金属冶炼和压延加工业增长1.32倍，化学原料和化学制品制造业增长1.16倍，计算机、通信和其他电子设备制造业增长34.3%，非金属矿物制品业增长15.2%，专用设备制造业增长14.9%，电气机械和器材制造业增长14.6%，通用设备制造业增长13.7%，纺织业增长1.9%，汽车制造业下降2.9%，农副食品加工业下降10.0%，电力、热力生产和供应业下降29.0%。