

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.6 2020
2020年12月
December 2020

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

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 毛予锋
副主任: 王黎明 郭长城
编委:

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

特邀编委:

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

总编辑: 李华翔

责任编辑: 梅峰

国际标准代号: ISSN 1015-4809

国内统一刊号: CN 11-5137/TH

国内发行: 北京报刊发行局

订阅处: 全国各地邮局

邮发代号: 80-121

广告代理: 台湾总代理-宗久实业有限公司

地址: 台湾省台中市南屯区文心路一段540号11F-B

电话: +886 4 23251784

传真: +886 4 23252967

电子邮箱: Jessie@acw.com.tw

广告负责人: 吴佩青(Jessie)

承印: 北京久佳印刷有限责任公司

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



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

目录 CONTENTS

2020年第6期(总第171期)

WMEM世界制造技术与装备市场

特别报道 Special Report

- 10 CMT2021境内展区展览预备会在成都召开 张芳丽
CMT2021 Preparation Conference of Internal Exhibition Area held in Chengdu
- 13 重点领域国产数控机床应用座谈会在沈阳召开
Discussion on application of domestic CNC machine tools in key areas held in Shenyang
- 15 航空领域重点用户对接会在航空工业洪都公司成功举办
Meeting of key users in aviation held in Aviation Industry Hongdu Corporation

行业报道 Industrial Report

- 16 全国金属切削机床标委会八届二次扩大会议及研讨会在苏州召开
Meeting of National Standard Committee on Metal Cutting Machines held in Suzhou
- 18 滚动功能部件分会2020年会在丽水召开 产业发展迎来新机遇新挑战 梅峰
2020 annual meeting of Rolling Functional Components Branch of CMTBA held in Lishui city
- 21 小型机床分会第九届会员大会暨九届一次理事扩大会议召开
Report of Small Machine Tools Branch of CMTBA
- 22 特种加工机床分会2020年会在青海西宁召开
2020 annual meeting of Non-traditional Machine Tools Branch of CMTBA held in Xining city
- 24 组合机床分会召开会员代表大会选出新一届理事会
Report of the Members Congress of Modular Machine Tool Branch of CMTBA
- 25 《培育钻石》协会团体标准审查会议成功举办
Report of group examination meeting of diamond standard
- 26 国际金刚石大会暨2020中国超硬材料技术发展论坛成功举办
Report of International Diamond Conference and 2020 China Superhard Materials Technology Development Forum
- 27 锻压分会召开全国锻压行业发展交流会
Report of Forging Industry Development Exchange Meeting
- 28 2020年涂附磨具行业大会在镇江召开
2020 Coated Abrasive Tools Industry Conference held in Zhenjiang

资讯 News

- 29 CMT2021瑞士展团积极准备应对疫情预案等4则
The Swiss exhibition group of CMT2021 of active preparation, etc. 4 news

产销市场 Production & Market

- 33 2020年三季度机床工具行业经济运行情况分析
Analysis on the economic operation of machine tool industry in the third quarter of 2020

系列报道 Series Report

- 40 i5数控系统的研发和应用 沈机智能系统
Research and application of i5 CNC system

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

编者的话

日前，党的十九届五中全会提出了“十四五”规划和2035年远景目标，为我国未来发展绘制了蓝图。机床工具行业企业应借此历史机遇，积极努力融入以内循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，实现行业的新发展。

根据国统局规模以上企业统计数据，机床工具行业2020年前三季度累计完成营业收入4725.8亿元，同比降低4.4%，但降幅较1~6月份收窄3.2个百分点。中国机床工具工业协会重点联系企业1~10月营业收入年内首次恢复正增长，利润总额继续快速增长。1~10月机床工具行业营业收入同比增长0.2%，1~9月为同比降低3.3%；利润总额增速同比增长25.0%，增幅较1~9月扩大13.3个百分点。随着各项政策措施逐步显效和市场需求逐步回暖，10月份机床工具行业整体运行延续了上季度以来的快速回升态势。预计，全年机床工具行业主要经济指标有望与上年持平。

第十七届中国国际机床展览会（CMT2021）将于2021年4月12~17日在北京举办，经过长时间的疫情阻隔，后疫情时代的机床工具行业更加渴望世界范围的交流融合。11月17日主办方召开了CMT2021境内展区展览预备会，吸引了众多展商的积极参与，目前展会各项工作有序进行，共同期待2021年的这场全球机床工具行业盛会。

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

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



HIWIN® 上银®

工业4.0 优质伙伴

2019年荣获「日经亚洲评论」亚洲300强 第16名

2016年荣获日经Business评选为「全球上市企业综合成长力百大」第5名

2015年荣登福布斯(Forbes)全球创新成长百大企业第37名

入选美国NASDAQ股市机器人指数型基金(ROBO-STOX)权重排名TOP 10

2001~2020 HIWIN连续20年荣获台湾精品金银质奖



关节式机器人手臂
Articulated Robot



并联式机器人手臂
Delta Robot



史卡拉机器人手臂
SCARA Robot



滚珠丝杠
Ball Screw



直线导轨
Linear Guideway



单轴机器人
Single-Axis Robot



晶圆机器人
Wafer Robot



扭矩电机回转工作台
Torque Motor Rotary Table



谐波减速机
Harmonic Reducer



直线电机平台
Linear Motor Stage



力矩电机
Torque Motor



直驱电机
Direct Drive Motor



运动控制器
Motion Controller
驱动器与伺服电机
Drive & Servo Motor

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



扫一扫
关注上银

全球营运总部

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

关系企业

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

HIWIN中国专属经销商

天津龙创恒盛实业有限公司
Tel: (022) 2742-0909

江苏台银机电股份有限公司
Tel: (021) 5480-7108

上海诺锐机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558

上海玖钰机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296

昆明万辰科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809

全球销售暨服务据点

德国
www.hiwin.de

日本
www.hiwin.co.jp

美国
www.hiwin.com

意大利
www.hiwin.it

瑞士
www.hiwin.ch

捷克
www.hiwin.cz

法国
www.hiwin.fr

新加坡
www.hiwin.sg

韩国
www.hiwin.kr

以色列
www.mega-fabs.com

广告

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

Tel: (010) 63345259

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

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

President of E-C: MAO Yu-feng

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

Committeemen:

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

Specially Invited Committeemen:

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

Chief-Editor: Li Huaxiang

Executive Editor: Mei Feng

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

- 45 民族数控——高端数控机床领域补短板 广州数控
National CNC system improve the weak links of high-end CNC machine tools field
- 48 开放式、智能化的“蓝天数控”在航空制造领域的应用实践 沈阳中科
Development and application of open and smart Lantian CNC system in the field of
aviation manufacturing
- 53 宝鸡机床集团：以“工匠精神”打造高技能人才队伍
Baoji Machine Tool Group, building a high-skilled personnel team with the spirit
of Craftsman
- 57 上机李云龙创新工作室：攻坚克难，解决难题
Report of innovation workroom of Shanghai Machine Tool Factory

企业风采 Enterprise Style

- 59 维宏股份：致力于培育核心技术竞争力 上海维宏
Shanghai Weihong devote to fostering core technology competitiveness

产品与技术 Products & Technology

- 61 增材制造技术发展与应用探索 陈 垦等
Development and application of additive manufacturing technology
- 65 丝杠轴线进给滚压成形工艺参数的优化设计 李敬宇等
Optimal design of process parameters of screw axis of feed rolling forming
- 71 基于OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料的航空作动器氢脆研究 王振成等
Hydrogen embrittlement study on aerial actuator based on OCr17Ni4Cu4Nb
stainless steel
- 74 Y31160滚齿机传动轴结构改进探索 伏宇璐等
Improvement of the drive shaft structure of Y31160 gear hobbing machine
- 77 不规则零件装夹方法 杨汉平
Method for clamping irregular parts
- 79 发动机曲轴油孔去毛刺工艺研究 梁 卓等
Study on deburring process of engine crankshaft oil hole
- 84 汽缸盖阀座孔及气门导管孔精加工设备选择 金延安
Cylinder head valve seat hole and valve tube hole of finish machining for
equipment selection
- 86 航空发动机典型零件复合加工应用 王帮艳等
Application of compound machining of typical parts of aeroengine
- 89 三爪自定心卡盘加工异形螺栓夹具设计 周德华
Design of special-shaped bolt fixture for machining three-claw self-centering chuck
- 90 医疗设备难加工材料及切削刀具技术 章宗城
Hard-working materials of medical equipment and cutting tools technology
- 94 普通钻床钻削大型法兰 景春梅
Large flange drilling in common drilling machine
- 96 麻花钻几何形状和角度对钻削的影响 陆 洲
Effect on geometry and angle of twist drilling
- 98 普通车床数控化改造与机械结构设计要点 徐留明
Main points of CNC transformation and mechanical structure design of general lathe

- 23 Advertisers Index 广告索引
消息 (39、83、88、95、100)

CIMT2021境内展区展览预备会在成都召开

中国机床工具工业协会传媒部 张芳丽

经过长时间的疫情阻隔，后疫情时代的机床工具行业更加渴望世界范围的交流融合。将于2021年4月12~17日在北京举办的第十七届中国国际机床展览会（CIMT2021），必将引起全球机床工具及用户行业的广泛关注与深度聚焦。中国率先控制疫情，经济快速恢复，助力了CIMT2021展会筹备工作的有序进行，2020年11月17日召开的CIMT2021境内展区展览预备会吸引了更多展商的积极参与，260多位展商代表和各协作单位负责人汇聚成都，进行了展位确认，展台签约，运输、搭建、宣传、布展等各项工作的沟通与交流。

出席会议的主办单位、承办单位和合作单位领导主要有：中国机床工具工业协会毛予锋常务副理事长、王黎明秘书长，中国国际展览中心



集团公司郑世钧副总裁，中国外运北京有限公司陈强总经理，中展运国际运输（北京）有限公司赵鸥总经理，北京外运会展服务有限公司史志刚总经理，北京笔克展览展示有限公司李

麒总经理，北京迈恒和泰展览有限公司李超总经理等。会议分两个阶段进行，17日上午召开全体大会；17日下午至19日进行签约。王黎明秘书长主持会议并做会议总结。



毛予锋常务副理事长



王黎明秘书长

明确行业属性，制定任务目标

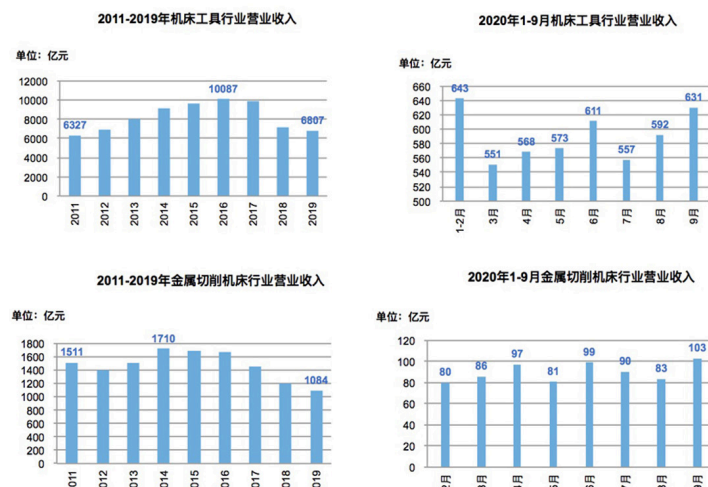
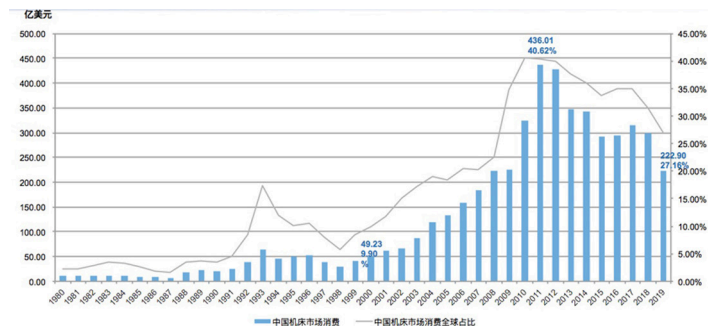
毛予锋常务副理事长介绍了机床工具行业市场消费情况，分析了机床工具行业经济运行形势，简要解读了行业“十四五”规划纲要的主要内容。

数据显示，从2001年开始，中国机床消费市场快速增长，并于2011年达到顶峰。此后，受诸多因素影响，中国市场发生了新的变化，但至今中国仍是全球第一大机床工具市场，这也能解释为什么CIMT2021展会吸引了全球业界更大的关注和更多的参与。

对于当前行业经济运行情况，毛予锋指出，近期行业主要经济指标回稳向好，但总体仍处于低位，金属切削机床行业出现向好变化，金属成形机床行业走势偏弱。在简要分析了行业目前的有利因素和不利因素后，毛予锋指出，我国疫情防控形势持续向好，各项政策措施逐步显效，各种积极因素不断积累，但行业运行持续向好的基础受不确定因素的影响仍较大。可以预计，2020年全年机床工具行业主要经济指标有望与上年持平。

在解读行业“十四五”规划纲要时，毛予锋强调，我们首先要明确机床工具产业的高技术属性定位，要给予相应合理的政策措施支持。同时，要明确高端数控机床的高技术产品属性定位，要给予与之相适应的产业政策支持和优惠待遇。行业“十四五”规划的总目标是“产业布局均衡合理，产品满足国内需求，关键产品接近或达到国际先进水平，培育自主品牌”，并由此确定了六大任务目标。

根据展会整体布展方案，预计境内展区的面积满足率仅为50%左右。



展商踊跃申报，各方努力提升

中国机床工具工业协会展览部谢赞主任，报告了CIMT2021展会筹备和组织工作情况。本届展会将使用北京中国国际展览中心（新馆）全部8个室内展馆和南、北登录厅进行布展，同时将在展馆东侧搭建4个大的临时馆，展会总面积达13.5万平方米，预计将有来自28个国家和地区的1700家展商参展，境内外展出面积各约占50%。



谢赞主任



陈强总经理



史志刚总经理



钮鹤鸣副总经理

据统计,本届展会共有229家企业申请面积超过100平方米,其中申请面积在500平方米以上的企业有18家,分别是(以下企业名称均为简称):中国通用、邦德激光、秦川集团、北京发那科、大族激光、北一机床、威达重工、宏山激光、珊达激光、迪能激光、北京精雕、海天精工、江苏金方圆、星火机床、纽威数控、南通国盛、浙江海德曼、博鲁斯潘。申请面积在300~500平方米的企业有18家:亚威股份、济南二机床、大连科德、乔锋智能、格力智能、重庆机床、宝鸡机床、扬力集团、山东蒂德、福建威诺、海目星激光、瑞铁机床、青岛海克斯康、嘉泰数控、奔腾激光、九五精机、力星激光、金澳兰激光。但鉴于展位面积有限,以上企业申报的面积不能全部得到满足。

协会委托下属的10家分会在其所属的专业领域内进行招展并组团参展,这10家分会共组织了274家企业申报参展,按申报面积排序分别是:工具分会、特种加工机床分会、机床附件分会、数控系统分会、超硬材料分会、滚动功能部件分会、主轴分会、磨料磨具分会、数显装置分会、机床电器分会。

与历届CIMT展会一样,本届展会境外展区面积为50%。据不完全统计,截至10月31日,已有澳大利亚、奥地利、比利时、波兰、德国、法国、韩国、荷兰、加拿大、捷克、卢森堡、美国、马来西亚、挪威、葡萄牙、日本、瑞典、瑞士、土耳其、西班牙、新加坡、意大利、以色列、印度、英国、中国台湾地区、中国香港地区等27个国家和地区展商申报参展。

谢赉就展馆分布情况、展品分布特点、境内展区布展方案、展会配套活动、展商及展品宣传、境内外观众组织等相关事宜向大会做了报告。同时,介绍了主办方为加强组织管理水平、提升服务品质所做的诸多努力,简要介绍了展会信息化平台建设情况和CIMT2021线上展会试运营的相关情况(以上详情请关注后续报道)。会议期间,还由专业人员对线上展会进行了专场演示和咨询。

最后,谢赉主任建议展商们充分利用CIMT展会平台,做好展出工作。如精心挑选高水平、有代表性、无知识产权纠纷的产品参展;利用协会和展会平台,重视配套活动和媒体宣传,提高参展效果;熟悉展览会文件,遵守展会各项规定,做到有序参展;增强安全意识,防患于未然。

CIMT2021展会运输总代理代表——中国外运北京有限公司陈强总经理,向展商代表们介绍了展览会展品运输、现场操作有关事项及服务保障工作。北京外运会展服务有限公司史志刚总经理,从服务承诺、服务计划、服务



创新和服务保障等四个方面,介绍了具体服务工作和相关业务组织情况。展会主场服务商代表——北京笔克展览展示有限公司钮鹤鸣副总经理,就展览会特装搭建、水电气供应、展具租赁等注意事项及服务保障工作向代表们做了介绍。

在大会总结中,中国机床工具工业协会王黎明秘书长首先感谢展商们的踊跃参展和对主承办方各项工作的大力支持。对于因北京展馆面积紧张、不能全部满足各展商需求的情况表示歉意,并希望得到大家的理解。王黎明表示,作为国际知名的机床工具专业展会,我们是按照境内外面积各占50%的原则进行面积分配的。但境外的疫情走势是最大的变数,由此也带来了很多的不确定性,增加了展会组织工作的难度。目前,新冠疫情仍在世界很多地区肆虐,中国较早控制了疫情,经济全面恢复,各国和地区机床工具企业对中国机床市场更加关注,境外展商对CIMT2021的参与热情也愈发高涨,以往参展的国家和地区展团都提出要继续保留或扩大参展面积。但在境外疫情不断变化的特殊情况下,展商的展位面积也难免处于动态调整 and 变化中,由此可能给相关展商带来的调整变化也望得到理解、支持与配合。

关于线上展会,王黎明指出,线上展是线下展的补充和延伸,这一点也与美国芝加哥展会的主办方AMT(美国机械制造技术协会)形成共识。并特别提出,对于线上展会的信息申报以及展商展品宣传、会刊填报、展商风采等各项免费或增值宣传项目,展商代表们一定要给予高度重视,充分利用好这些主办方精心搭建的宣传平台。

全体大会之后进行为期两天的签约和咨询工作。展商代表们积极进行展位确认和签约,并就技术交流讲座申报、展品信息填报、展会会刊填报、现场及平面广告申报、专项展区资料提交、线上展示等具体项目,与现场工作人员进行了广泛而深入的交流和咨询,很多展商现场预订了广告和技术交流讲座会议室。□

重点领域国产数控机床应用座谈会在沈阳召开

中国机床工具工业协会行业发展部

2020年11月13日，2020年重点领域国产数控机床应用座谈会在沈阳航空制造有限公司隆重召开，会议同期还举办了由工信部产业发展促进中心、中国和平利用军工技术协会、中国机床工具工业协会联合主办的“数控机床专项成果与航空领域对接会”。工业和信息化部装备工业一司苗长兴巡视员、国家国防科技工业局发展计划司亢亚栗调研员、科学技术部重大专项司杨军调研员、中国工程院一局王晓俊调研员、工业和信息化部产业发展促进中心李进忠副主任、中国和平利用军工技术协会宋宝丽理事长、中国机床工具工业协会毛予锋常务副理事长、辽宁省工业和信息化厅姚振智副厅长、沈阳市人民政府陈佳标副秘书长出席大会。工信部、科技部、国防科工局、中国工程院、辽宁省政府、沈阳市政府有关同志，来自航空航天、船舶、电子等领域100多家重点用户，80多家机床工具企业以及各评估机构基金公司的代表近300人参加了座谈会。

会议由中国和平利用军工技术协会宋宝丽理事长主持。中国和平利用军工技术协会陈晶晶秘书长作《长效合作机制工作总结报告》，系统总结了重点领域应用国产数控机床长效机制的工作抓手、工作模式和成效。15年来，长效合作机制在政府主管部门的指导下，坚持



“创新、融合”理念，不断适应新形势、新情况、新问题，紧扣时代脉搏和现实需要，不断深化改革和持续创新，促进高端制造业自主创新发展，有力支撑了重点领域核心装备的供应链安全和国产高端装备制造业的转型升级和高质量发展。

中国机床工具工业协会毛予锋常务副理事长作《合作创新协同发展》专题报告，向参会代表介绍了2019年以来行业运行情况和在疫情防控常态化背景下行业工作的进展情况，阐释了机床工具行业的特征和发展规律。针对长效机制未来的工作，他建议建立重点领域产品制造技术和装备的前期预研机制，推动供需两端的有效结合，同时机床企业要聚焦重点领域高端产品需求，通过产品渐进迭代的过程，逐步打通高端产品市场机制失灵的关键环节。国家层面要关注企业基础能力和可持续发展，针对行业

能力提升，多措并举，综合施策，协调推进，夯实机床工具产业基础并实现高级化。

产业发展促进中心副主任李进忠总结了数控机床专项10年来的整体实施成效，特别是在航空结构件、航空发动机关键制造装备、飞机自动化装配等领域取得的最新成果；介绍了中心推进专项成果转化的相关举措。

工信部装备工业一司巡视员苗长兴在会上指出，数控机床专项实施10年来，充分发挥新型举国体制优势，系统布局，创新工作机制与模式，通过帮助机床装备企业打开高端用户之门，推动用户企业与制造企业、主机与系统部件企业协同创新，“十年生聚”夯实产业基础，产业创新生态逐步完善。要紧牵科技创新这个“牛鼻子”，强基础补短板，加强关键核心技术攻关，紧紧抓住产业链高端环节，切实提高机床行业企业的自主创



新水平和系统集成能力。

与以往国产数控机床应用座谈会在CIMT或CCMT机床展期间举办不同的是，本届座谈会在沈阳航空制造有限公司车间举办，车间现场有沈阳中捷航空



航天机床有限公司、沈阳精锐机床有限公司、上海拓璞数控机床有限公司、北京工研精机有限公司等机床企业的57台国产高档数控机床，其中五轴机床39台，组建自动化生产线9条，并应用验证了国产数控系统、软件和刀具。沈阳航空制造有限公司、沈阳机床（集团）有限责任公司、华中数控股份有限公司等企业代表分享了经验。

会议发布了第四批高档数控机床供应目录，并针对第五批目录产品征求意见；介绍了《高端装备工程化验证推荐目录》评价办法，对首批入选目录的产品征求意见；颁发了第四批供应目录证书，并对优秀应用企业进行了表彰；举行了第三届军工行业国产数控机床应用专家委员会专家聘用仪式，为专家颁发了聘书。

会议期间，两个协会组织用户代表参观沈阳机床（集团）有限责任公司，近距离考察沈阳机床在重点领域的产品和技术解决方案，还组织部分机床企业代表参观沈阳飞机工业（集团）有限责任公司，深入了解重点用户的工艺特点和设备需求。

长效机制工作开展了对接会、推广会、培训会、用户表彰等形式多样的交流活动，加强了重点领域用户对数控机床专项实施成果的了解，促进了机床装备制造企业和重点领域用户的交流沟通，在两个领域之间架设起了沟通的桥梁，搭建了交流平台。□



航空领域重点用户对接会 在航空工业洪都公司成功举办

中国机床工具工业协会行业发展部



日前，中国机床工具工业协会与中国和平利用军工技术协会在航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司（以下简称：航空工业洪都）联合举办了“航空领域重点用户对接会”，来自15家机床企业的代表、航空工业洪都各部室及分厂负责人共50余人参加了会议。

航空工业洪都是我国教练机、无人机、通用飞机的主要科研生产基地。1954年7月3日，新中国第一架自主制造的飞机（雅克-18）从这里起飞，揭开了新中国飞机制造史的第一页。经过近70年的持续努力和锐意进取，航空工业洪都产品研发能力和制造技术得到了大幅提升，至今已累计交付5000多架飞机，出口飞机500多架。

航空工业洪都自2009年12月启动南昌航空城的建设至今已逾十年。随着建设工作的稳步推进，2015年航空工业洪都正式启动首批搬迁工

作。同年，5家零件制造分厂全面完成搬迁和设备调试，并投入正常使用。2019年8月航空工业洪都正式搬入驻新区。

此次对接会，两协会在航空工业洪都整理的设备需求信息的基础上，有针对性地邀请了蒙皮加工、航空结构件等机床装备生产厂家参加对接。会议由中国和平利用军工技术协会陈晶晶秘书长主持，中国机床工具工业协会毛予锋常务副理事长在代表主办单位致辞时介绍了长效合作机制工作，在当前国际形势以及“构建国内国际双循环相互促进的新发展格局”的背景下，加强机床行业与航空领域用户的对接交流，对于加快构建航空领域自主可控的产业链供应链，对国产机床的推广应用具有重要意义。机床行业企业在成为用户合作伙伴方面，还需要我们自身扎扎实实地做好基础工作，高质量地满足用户的需

求，以实际行动获得用户的信赖。

航空工业洪都总会计师饶国辉在欢迎词中表示：洪都的发展得到了国家的支持，取得的成绩离不开各个合作伙伴的共同努力。“航空领域重点用户对接会”为航空企业和机床企业提供了国产机床应用技术交流的平台，希望今后加强沟通，增进了解，继续得到国产机床企业的支持。

航空工业洪都介绍了公司技术现状、工艺需求及未来几年对机床设备的需求，希望各机床企业能够开展相关产品的研发。航空工业洪都还专门介绍了公司在役国产机床的应用情况，并针对国产机床在应用中存在的问题，向生产厂家提出优化建议。济南二机床、秦川机床、上海拓璞、江西佳时特等9家机床企业在会上介绍各自产品在航空航天领域的技术成果和应用案例，向参会代表介绍了各企业最新的技术解决方案。

与会代表们经过热烈讨论认为，机床行业通过不懈的努力，国产机床的功能、精度以及平均无故障时间较以往有了明显提升。航空工业洪都提出的机床需求，国内机床企业都有相关的对接产品。参会企业要以此次对接会为契机，与用户建立持续深入的沟通联系，把用户工艺特点与装备研制紧密结合起来，推动用户领域与机床行业共同发展。□

全国金属切削机床标委会八届二次扩大会议及研讨会在苏州召开

SAC/TC22秘书处

2020年10月22~23日，“全国金属切削机床标委会八届二次扩大会议暨高端装备关键技术与标准研讨会·智能”在苏州召开。会议由全国金属切削机床标准化技术委员会（SAC/TC22）（以下简称“标委会”）、全国工业机械电气系统标准化技术委员会（SAC/TC231）、全国自动化系统与集成标委会物理设备控制分会（SAC/TC159/SC1）、中国机械工业标准化技术协会机床专业委员会主办，北京机床研究所有限公司、国家机床质量监督检验中心承办，苏州电器科学研究院股份有限公司协办。



出席本次会议的有国家市场监督管理总局标准技术管理司处长曹一丁，中国机械工业联合会执行副会长、标委会副主任委员杨学桐，中国机械工业联合会标准工作部主任谭湘宁，中国机床工具工业协会秘书长、标委会副主任委员王黎明，北京机床研究所有限公司原副所长、标委会主任委员王晓林，清华大学制造工程研究所所长、标委会副主任委员王立平，苏州电器科学研究院股份有限公司胡德霖院长，以及标委会委员、代表及特邀专家共计200余人。会议由国家机床质量监督检验中心、机械工业机器人产品质量监督检测中心主任、标委会副主任委员赵钦志主持。

会议首先由标委会主任委员王晓林代表会议主办方、苏州电器科学研究院股份有限公司胡德霖院长代表会议协办方分别致欢迎词。

曹一丁处长介绍了2020年国家标准化管理委员会的工作重点，主要是进一步完善标准体系和进一步实现国际标准化重大突破两个方面，并结合当前国家标准化工作政策及技术发展趋势等，就标委会下一步工作重点提出建议。谭湘宁主任强调要加强标准工作顶层战略设计，不断优化标准体系，统筹推进各项标准化工作。强调了强制性标准的底线作用和团体标准的市场作用。希望机床行业能持续提升标准质量，并继续深度参与国际标准化工作。

王黎明秘书长介绍了中国机床工具工业协会开展机床行业团体标准工作以来的进展和团体标准工作在不断有序推进的情况，以及在数字化、网络化、智能化等先进技术的驱动下，各国家和地区协会在“数控机床互联互通接口协议标准”方面的沟通与交流的相关情况。目前，在工业互联网产品二级节点标识建设中，正在开展《机床产品分类标识编码》协会团体标准的制订工作，希望各相关标委会、分标委会积极配合，协调推进相关工作。

杨学桐副会长发表了《机械工业要坚持高质量发展》重要报告。介绍了我国机械工业发展概况，指出，“十三五”以来，我国机械工业持续保持着高速增长态势。2019年增速虽有减缓，但仍达到了5.1%。2020



赵钦志



王晓林



胡德霖



曹一丁



主持人



谭湘宁



王黎明



杨学桐



黄祖广

新”五个方面，对标委会2020年工作情况进行了重点汇报，特别指出由北京机床所、重庆机床和合肥工大联合提出的拟向ISO/TC39/SC2提交国际标准新提案——《磨齿机技术条件精度检验》新国际标准提案，顺利通过了ISO/TC39 PWI阶段投票（项目编号为 PWI ISO 5701），有望继中国主导修订ISO 10971-7国际标准之后，成为首项由中国提出并获批立项的新国际标准项目，这将是机床行业在国际标准化征程中又一重大国际突破，具有里程碑意义。

会上举办的“高端装备关键技术”与标准研讨会·智能”研讨会（以下简称“研讨会”），主题为国产高端机床“技术突破”与“标准引领”。研讨会由SAC/TC22 委员、西安交通大学赵万华教授与SAC/TC22副主任委员、清华大学王立平

教授共同主持。

研讨报告主题有：①重庆大学黄云教授的《复杂曲面构件智能砂带磨削技术与装备》；②山东大学胡天亮教授的《数控机床数字孪生系统关键技术与标准》；③中国航发上海商用航空发动机制造有限责任公司于建华博士的《新一代航空发动机对高端加工装备的性能需求》；④西安交通大学赵万华博士的《数控机床的几何精度及设计》；⑤北京工业大学范晋伟教授《基于精度检验标准的数控机床空间运行精度评估方法》；⑥航天八院上海航天精密机械研究所郭国强博士的《智能制造背景下航天复杂结构件高效精密加工对机床功能的标准化改善需求》。

10月24日，标委会总会及各分会分别召开了全国金属切削机床标

委会八届二次全体会议、中国机械工业标准化技术协会机床专业委员会一届四次全体会议、SAC/TC22/SC3钻镗床分会七届一次全体会议、SAC/TC22/SC6锯刨床分会四届二次全体会议、SAC/TC22/SC8仪表机床分会七届二次全体会议、SAC/TC22/SC12机床电器分会三届二次全体会议、SAC/TC22/SC13机床安全分会二届二次全体会议，会上审议通过了标委会《SAC/TC22 参加国际标准化工作管理办法（草案）》和《SAC/TC22 先进集体和个人评选表彰办法（草案）》，对20余项国家、行业及团体标准项目的进行了审查和征求意见，并对2021年标准制修订进行了广泛征集。

会议期间组织参观了苏州电器科学研究院股份有限公司，进行了技术交流。□

滚动功能部件分会2020年会在丽水召开 产业发展迎来新机遇新挑战

中国机床工具工业协会传媒部 梅峰



2020年10月31日，中国机床工具工业协会滚动功能部件分会2020年会在浙江丽水成功举办，丽水市人民政府副市长戴邦和，丽水市开发区党工委书记、管委会主任刘志伟，中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋，工业和信息化部中小企业发展促进中心地方合作处处长童有好，浙江省商务厅开发区处梁志良处长，滚动功能部件分会理事长、陕西汉江机床有限公司董事长赵甲宝等领导和嘉宾出席会议，滚动功能部件分会会员企业代表、丽水市滚动功能部件企业及媒体代表等200余人参加会议，分会秘书长叶永生主持会议。

本次会议由中国机床工具工业协会滚动功能部件分会主办、丽水经济技术开发区管委会协办，会议以“共筑滚动梦，赋能新未来”为主题。本次会议规模为近年来历届最大，会议内容非常丰富，包括主题演讲、滚动功能部件产业发展论坛、专家学者技术报告、企业自由交流等多个版块，多角度、多维度深入探讨滚动功能部件产业“十四五”及未来发展的机遇与挑战，为滚动功能部件企业家们的经营决策提供参考，为产业的高质量发展建言献策。

会上，分会理事长赵甲宝重点介绍了滚动功能部件行业的发展情况，分会秘书长叶永生做分会年度工作报告及财务报告，并为14家新入会的会员企业颁发证书。



戴邦和



刘志伟



毛予锋



赵甲宝



叶永生

丽水滚动功能部件产业集群式发展

丽水经济技术开发区滚动功能部件产业起步于20世纪80年代，历经30多年发展，现有滚动功能部件企业311家，销售收入超过50亿元。从原材料型钢到直线导轨副、滚珠丝杠副、滚动轴承等生产制造，再到数控机床、工业机器人等生产制造，形成了完整的产业链，实现集群式发展。

戴邦和副市长在致辞中表示，丽水开发区正在全力打造全国企业最聚集、产业链最齐全的滚动功能部件产业集群区，成立由市政府主要领导任组长的产业链工作领导小组，把滚动功能部件产业链作为丽水精密制造的标志性产业链，举全市之力助推产业链向高端、精密、国际一流的目标继续努力，把丽水开发区打造成为国家精密制造创新基地。

刘志伟书记在介绍开发区时表示，滚动功能部件产业是“国之重器、核心部件、精密制造、国家战略”。丽水开发区作为国内滚能功能部件产业起步最早、企业最集聚、产业链最齐全、发展最具潜力的园区之一，将进一步强化顶格保障、深化危中寻机、突出创新制胜，最终在“十四五”期间实现规模翻番、精密提级、进口替代、科技领先、产业延伸的五大目标。

市场需求呈现从增量阶段向存量阶段变化的趋势

毛子锋常务副理事长从机床工具行业市场消费情况、中国机床工具行业运行情况分析 and 机床工具行业“十四五”规划纲要三个方面作主题报告。

相关统计数据显示，本世纪前十



年机床工具产业的消费总量一直在增长，可以说是中国机床工具产业高速发展的十年，是一个需求增量的年代，在此期间我国机床工具产业生产规模跃居世界第一位。近十年进入需求总额下行区间并叠加需求变化和结构升级，虽然需求降幅在逐步收窄并出现向好迹象，但企业面临转型升级和经营的压力仍然巨大，存量（仅指消费总价值量的相对稳定）的市场竞争更趋全面化，这一点对企业的经营战略制定十分重要。

当前，我国疫情防控形势持续向好，各项政策措施逐步显效，各种积极因素不断积累，但下半年行业运行持续向好的基础受不确定因素的影响仍较大，预计机床工具行业全年主要经济指标有望与上年持平。

机床工具行业“十四五”发展规划纲要方面，毛子锋就需求变化特征、行业发展目标、六项重点任务以及政策措施建议（金融投资、产业政策、税收政策）等进行了解读。

产业论坛：研讨滚动功能部件产业发展趋势

会议期间，主办方组织了滚动功能部件产业发展论坛，围绕产业发展

环境新变化、新特征以及“双循环”新格局背景下的产业发展新机遇、新挑战两个话题，展开深入讨论。

论坛邀请工业和信息化部中小企业发展促进中心地方合作处处长董有好、浙江省商务厅开发区处处长梁志良、滚动功能部件分会理事长赵甲宝、中国机床工具工业协会行业发展委员会副主任委员杜智强、沈阳精锐数控机床有限公司董事长李宪凯、国家科技重大专项总体组专家陈小明、丽水经济技术开发区经济贸易局局长陈凤鸣作为访谈嘉宾，南京理工大学教授冯虎田主持论坛。

七位访谈嘉宾从行业发展、企业转型、政策支持、营商环境等多方面进行深入分析，观点鲜明，分享智慧，提出很多宝贵的建议。畅通国内大循环，扩大内需，将给企业带来难得的发展机遇，企业有望迎来新一轮的增长期。但是新的增长不会带动简单复制的低端产品，而是带动以需求为导向通过研发创新生产的中高端产品。行业还要继续加强基础共性技术平台建设，提升产品检测设备能力和检测水平，提升发展质量，提升品牌价值，赢得发展先机。

会议技术交流环节由南京工艺装备制造有限公司总经理汪爱清主持，沈阳精锐数控机床有限公司董事长

共筑滚动梦 赋能新未来

冯虎田

陈小明

杜智强

童有好

赵甲宝

梁志良

李宪凯

陈凤鸣

国家科技重大专项总体组专家
南京理工大学机械工程学院教授国家科技重大
专项总体组专家中国机床工具工业协会
行业发展委员会副主任委员工业和信息化部中小企业
发展促进中心地方合作部处长中国机床工具工业协会
滚动功能部件分会理事长浙江省商务厅
开发区处处长国家科技重大
专项总体组专家丽水经济技术开发区
管理委员会经贸局局长

李宪凯作《滚动功能部件在高端装备中应用》主题报告，南京工艺装备制造有限公司副总工程师黄育全为大家介绍了《滚珠丝杠副快速设计平台搭建及应用》，南京理工大学副研究员欧屹博士为大家讲解了《滚动功能部件承载特性与刚性测试技术》，南京理工大学祖莉教授介绍了《行星滚珠丝杠副设计与效率分析》新技术，深圳市威远精密技术有限公司总经理李敬宇博士分享了《滚压

轮设计及成型工艺技术》，陕西汉江机床有限公司总工程师邓顺贤介绍了《滚珠丝杠副先进制造工艺装备技术现状及未来发展趋势》，多位专家、学者从产品设计、技术研发、应用等多方面，对滚动功能部件产品与技术的发展趋势做了详尽的分析，为企业提升产品质量和水平提供了有益的借鉴。

企业自由交流环节由广东凯特精密机械有限公司总经理赵美玲主

持，山东华珠机械有限公司董事长韩耀华、南京工艺装备制造有限公司总经理汪爱清、浙江精久轴承工业有限公司董事长姚勇伟、浙江得利亚自动化有限公司总经理徐建明等围绕会议主题，结合企业发展情况与未来发展战略同现场企业代表进行了深入交流。

本届年会受到了行业上下的高度重视，必将对滚动功能部件产业的发展起到重要推动作用，政府部门、行业专家、学者等对于产业发展提出的很多宝贵建议都值得行业企业深入学习研讨，对于企业发展战略的制定也将起到积极的促进作用。

本届年会恰逢党的十九届五中全会刚刚闭幕，我国将开启全面建设社会主义现代化国家的新征程，“双循环”战略被正式确立为“十四五”的战略思想，机床工具行业及滚动功能部件产业的发展都将进入新阶段，机遇与挑战并存。但是我们也该清醒地认识到，扩大内需为主的“内循环”机遇，不是量的扩张，而是结构的转变，是供给和需求结构的匹配。创新驱动，高质量发展，走高端化路线，参与国际竞争，是企业发展的必由之路。□



小型机床分会第九届会员大会暨九届一次理事扩大会议召开

小型机床分会



中国机床工具工业协会小型机床分会第九届会员大会暨九届一次理事扩大会议于2020年10月17日在浙江杭州富阳召开。中国机床工具工业协会常务副理事长毛予锋和行业发展工作委员会副主任委员杜智强应邀参会，来自18家会员单位的26位代表参加会议，会议由分会理事长姜华主持。

会议审议并通过了《分会理事会四年工作报告》、《四年财务收支报告》、《工作条例（2020修改）》、《会员入会及会费交纳管理办法（2020修改）》、《第九届会

员大会候选推荐名单》和《换届选举办法及计监票人推荐名单》；以无记名投票方式，选举产生7家理事单位组成的第九届理事会，分别是四川普什宁江机床有限公司、山东临沂金星机床有限公司、浙江金火科技实业有限公司、陕西诺贝特自动化科技有限公司、安徽池州家用机床股份有限公司、中山市誉胜智能科技有限公司、江西佳时特精密机械有限责任公司。

在九届一次理事扩大会议上，以无记名投票方式选举产生了第九届理事长、副理事长，四川普什宁江机床有限公司总经理姜华当选分会第九届理

事长，山东临沂金星机床有限公司董事长余大宁、浙江金火科技实业有限公司总经理羊立民当选分会第九届副理事长；经理事长提名和理事会确认产生秘书长、副秘书长，王珏任秘书长、楼杰任副秘书长。

会上，与会代表围绕分会建设和行业发展进行了研讨，反映的主要情况有：下半年大多数企业预计会保持增长，预计全年能够实现增长；市场需求升级步伐加快，企业运行两极化明显，企业练好内功的主动性在不断提升；针对小型机床行业特点，不少企业提出围绕专精特新和自身特色开展业务的发展思路；未来国内市场与国际市场的比重将会有所变化，国际市场的业务难度将会加大；疫情和互联网的发展导致机床未来采购模式将会发生改变，大家都在积极尝试。

最后，毛予锋就行业形势、热点问题和重点工作等进行了简要报告，希望小型机床分会大力发展壮大会员队伍，与总会各部门紧密配合，围绕国家战略、人才培养、工业互联网平台等工作重点，积极做好行业工作。随后与会代表参观了浙江金火科技实业有限公司。 □

特种加工机床分会2020年会在青海西宁召开

协会特种加工机床分会

2020年10月16日，中国机床工具工业协会特种加工机床分会（以下简称“分会”）2020年会在青海西宁召开，来自国内特种加工行业近70家分会会员单位的90余名代表参加会议，中国机床工具工业协会王黎明秘书长受邀参会并做主旨报告。本次会议分开幕式、主旨报告、专题报告、交流与分享等多个环节，分别由特种加工机床分会吴国兴理事长、包文杰副理事长、副理事长单位大族激光张雷总监和卢智良秘书长主持。

王黎明秘书长致开幕词，对分会这一年来取得的成绩表示祝贺，并希望分会能够继往开来，再创佳绩。在题为“机床工具行业2020年上半年

经济运行情况”的主旨报告中，王黎明介绍了2020年上半年机床工具行业产业运行的总体情况，分析了机床工具市场的新形势。2020年上半年，新冠疫情成为影响我国经济社会的最突出事件，机床工具行业也因此受到严重影响，1~2月主要经济指标大幅下滑，在疫情防控迅速取得战略性成果、企业生产经营陆续恢复的背景下，3月份以后机床工具行业主要经济指标逐月转好，5~6月回稳向好的趋势趋于明朗。随着各项政策措施逐步显效，各种积极因素不断积累，预计2020年机床工具行业全年主要经济指标有望与上年持平。

吴国兴理事长作了题为“2020年

电加工机床行业经济运行情况分析”的主旨报告，结合22家企业2020年1~6月的经济运行统计数据，详细解读了我国电加工机床上半年的销售和出口情况以及市场对各类机床的需求情况，分析了后新冠疫情时代电加工机床的市场及行业发展趋势，并对电加工机床行业2020年全年的形势作了预判。

卢智良秘书长汇报了分会2020年的工作情况，并提出了分会2021年的工作计划。2020年分会在信息统计、组织建设、标准化工作、“达标认定”活动及会员单位访谈等工作上取得了一定的成绩，2021年分会将在展会、访谈、标准化、信息统计、



王黎明



吴国兴



组织建设、换届工作上继续努力，更好地完成总会下达的各项任务。

随着工业互联网、5G基站建设等领域的大力拓新，新基建成为了新时代的重要呼声。通快（中国）有限公司机床事业部总经理顾永麟基于“新基建”大环境下智能制造与激光行业融合发展的新态势，在“新基建下的激光加工设备新格局：机遇与挑战并存”主题报告中提出了在新形势下激光加工设备企业和客户的发展思路，介绍了国内外激光装备企业衍生的新产品、新

技术以及应用解决方案。

在专题报告环节，全国特种加工机床标准化技术委员会主任委员吴强作了题为“标准赋能企业高质量发展”的报告，西安航天发动机有限公司副总工艺师宋国新作了题为“特种加工技术在液压动力制造领域得应用及展望”的报告，广州数控设备有限公司副总工程师朱孔峰介绍了“直驱技术在特种加工机床上的应用”。

在会议交流环节，参会代表踊跃交流发言，杭州华方数控机床有限公司总经理张旭东、厦门虹鹭钨钼工业

有限公司经理王平、海目星激光智能装备（江苏）有限公司副总经理沈斌、苏州汉奇数控设备有限公司总经理黄树杰、常州市哲益机电有限公司总经理袁惠昌等企业领导结合各自企业在技术创新、新品研制、质量控制、产业升级等方面的体会和经验与参会代表进行了交流与分享。

会上，向新入会单位江苏南航来创科技有限公司代表颁发了证书，向获得“达标认定产品”称号的企业代表授予了奖牌。大会期间还召开了激光加工机床的团标立项研讨会。□

广告索引 Advertisers Index

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

组合机床分会召开会员代表大会 选出新一届理事会

组合机床分会

中国机床工具工业协会组合机床分会第九届会员大会暨九届一次理事会，于2020年11月10日在广西桂林召开，共有来自49家会员单位的66名代表出席本次会议。中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城到会指导，并宣读了协会同意组合机床分会召开本次大会进行换届选举的批复。

会议由第八届理事会理事长姜怀胜主持，主要议程有：审议并通过第八届理事会工作报告、财务经费结算报告、分会财务管理制度、修改分会工作条例和会费收缴办法，选举产生第九届理事会理事，召开九届一次理事会并选举理事长、副理事长，聘任秘书长和副秘书长。

郭长城在行业形势报告中介绍了机床工具行业市场消费情况，分析了行业经济运行形势，简要解读了行业“十四五”规划纲要的主要内容。郭长城指出，近期行业主要经济指标回稳向好，但总体仍处于低位，金属切削机床行业出现向好变化，金属成形机床行业走势偏弱。预计2020年全年机床工具行业主要经济指标有望与上年持平。就行业“十四五”规划纲要，郭长城指出，确定的总目标是“产业布局均衡合理，产品满足国内需求，关键产品接近或达到国际先进水平，培育自主品牌”，并由此

确定了六大重点任务。

分会第八届理事会刘庆乐秘书长作了“组合机床分会第八届理事会工作报告”，就组合机床行业的发展现状、组合机床价格、交货期和付款方式等问题，进行分析并提出建议。

报告指出，我国组合机床行业发展不平衡，两极分化严重，从事高端组合机床生产和从事低端产品生产的企业技术水平差距很大。近年来传统的组合机床订货逐年减少，柔性生产线和智能制造设备市场份额在逐渐增多。经过多年的技术创新，行业整体技术水平有了较大进步，行业企业自主研发的柔性、高效、高精度系列加工单元及柔性自动线已被全球多家汽车企业采用，标志着国产柔性加工自动线开始进入世界汽车制造装备的高端市场。

组合机床行业为现代工业提供了大量的自动化设备，但是，国内组合机床行业无论是在技术还是在研发条件等方面都与国外先进企业之间存在较大差距，其主要原因之一是国外先进机床企业起步较早，有深厚的技术和资金积累，并已在市场方面取得了先机。二是国内组合机床技术研发和生产企业在技术、人才和设备等方面还有较大提升空间。

报告认为，在产品开发上，要充

分发挥组合机床行业多年从事非标设备生产的技术优势，根据不同行业及被加工零件的个性化要求，开发针对性更强的新产品。而且要快速设计、快速制造、快速实验、快速投放市场，抢得先机。行业企业要进一步强化质量意识、责任意识，按规程办事，严格执行检测标准。要建立与企业发展相适应的用人机制、激励机制，为各类人才提供适宜的成长平台，制定有吸引力的分配机制。

在同期召开的组合机床分会九届一次理事会上，选举大连组合机床研究所为理事长单位，通用技术集团大连机床有限责任公司、东风设备制造有限公司、亿达日平机床有限公司、江苏高精机电装备有限公司、宝鸡赛威重型机床制造有限公司、江苏恒力组合机床股份有限公司、保定标正机床有限公司、安徽力成智能装备有限公司为副理事长单位，聘任大连组合机床研究所刘庆乐同志为秘书长。

会员企业之间就智能制造、企业管理、产品价格、产品交货期及秘书处的建设等问题进行了广泛交流。会议号召全体会员单位强化数字化、智能化发展路线，加速我国从制造大国向制造强国迈进的步伐，为行业发展做出更大贡献。 □

《培育钻石》协会团体标准审查会议成功举办

超硬材料分会

2020年10月19日，由中国机床工具工业协会超硬材料分会主办，柘城县人民政府承办，河南省力量钻石股份有限公司协办的《培育钻石》协会团体标准审查会在河南省柘城县召开。会议共邀请到15位行业专家参与审查工作，中国机床工具工业协会行业部标准化主管胡瑞琳应邀参会，会议由分会秘书长孙兆达主持。

《培育钻石》标准制定项目是由超硬材料分会申报、经中国机床工具工业协会审查批准的协会团体标准制定计划项目（计划编号

201928-T-CMTBA）。超硬材料分会组织相关单位进行了该项标准的起草工作，参与此项团体标准起草的企业有：郑州磨料磨具磨削研究所有限公司、郑州华晶金刚石股份有限公司、中南钻石有限公司、河南黄河旋风股份有限公司、河南省力量钻石股份有限公司、杭州超然金刚石有限公司、河南晶拓国际钻石有限公司、北京阿尔玛斯科技有限公司、焦作华晶钻石有限公司。分会秘书处于2020年7月14日召开了标准草案研讨会，并通过发函向行业企业征求了意见。经过对

反馈意见进行汇总处理后形成标准送审稿，并组织召开了本次审查会议。

经过审查，与会专家一致认为，本标准的制定符合标准制修订原则和标准制修订工作程序要求，标准内容科学合理，标准实施后将为行业从事培育钻石生产和贸易的企业提供良好的技术支撑，能够起到推进产业发展和技术进步、促进产业结构调整与优化升级、满足消费市场需求的作用，建议起草工作组按会议审查意见进行修改和完善，尽快完成标准报批稿，争取早日批准发布。□



国际金刚石大会暨2020中国超硬材料技术发展论坛成功举办

超硬材料分会

为更好地服务行业，加强业界交流，促进超硬材料及制品产业在新的国际国内环境及“后疫情”形势下寻找健康有序的发展路径，提高行业凝聚力，由中国机床工具工业协会超硬材料分会联合多机构主承办的“国际金刚石大会暨2020中国超硬材料技术发展论坛”，于2020年11月9~11日在常州成功举办。超过300名来自全国各地的超硬材料及制品行业专家学者、企业代表参加了本次大会。大会开幕式由分会秘书长孙兆达主持。



会议邀请到了中国科学院外籍院士毛河光先生和中国机床工具工业协会监事长王旭先生致辞。毛院士在致辞中表示，希望中国金刚石行业能够做大做强，将科学发现转化为产业成果，又能用产业成果反哺于科学研究。王旭监事长在致辞中提到，超硬材料是机床工具行业不可或缺的尖端材料产品，其发展水平直接关系到国家在“超高速、超精密、绿色环保制造”上的性能和水平。超硬材料分会多年来一直是机床工具协会的优秀分会，希望分会在未来发展中，继续本着实事求是、创新发展的理念，体现行业组织的责任与担当，在加强行业人才培养、完善创新体系、跟踪信息技术发展、加强标准与质量工作、建立产业发展研究体系、搭建交流服务平台等方面为会员企业提供更加精准周到的服务。

大会论坛共分“特邀主旨报告、功能金刚石材料专题论坛、创新加工与超精密加工专题论坛、超硬材料行业智能制造专题论坛”等四个主题，共邀请了25位行业专家发表演讲，内容涉及行业调研报告、新产品研发和应用、新市场领域的拓展、绿色高效生产制造等。

11月10日上午，嘉宾们就“企业高质量发展的理念和实践、2019~2020年上

半年全行业的运行数据情况、半导体硅材料产业现状及制备技术和金刚石工具在半导体行业的应用情况”等进行了分享。特别是在半导体硅材料方面，几个报告分别通过分析全球硅材料、金刚石材料的现状与市场格局，指出国内较国外先进水平还有较大差距，并在此基础上对金刚石在硅材料等其他领域的应用进行了论述，提出了诸多问题供与会代表思考和探讨。

11月10日下午，为突出金刚石材料功能化应用在未来的发展前景，大会特别邀请到日本国立材料研究所廖梅勇教授主持专题论坛，嘉宾们先后就功能金刚石材料的最新制备和应用技术等内容进行了详尽分享。

11月11日上午举行的创新加工与超精密加工专题论坛由超硬材料分会高级顾问李志宏教授主持。论坛聚焦加工技术和高端产业应用技术，嘉宾们就激光加工在超硬材料行业的最新应用、航空发动机及相关材料的磨削加工应用难点分析以及PCD刀具的典型应用等内容进行了分享。

在11月11日下午举行的超硬材料行业智能制造专题论坛，嘉宾们就超硬材料及制品行业的发展情况、设备情况、智能制造设备和发展程度做了详尽介绍，其中金刚石工具无人车间、12英寸半导体芯片高效划片机、激光修整技术等内容给与会代表带来了全新的感受。□

锻压分会召开全国锻压行业发展交流会

锻压机械分会秘书处



中国机床工具工业协会锻压机械分会于2020年10月29~31日在江苏无锡组织召开了“锻压机械2020年会暨全国锻压行业发展交流会”，出席会议的有中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城，锻压机械分会理事长、副理事长单位，常务理事单位、理事单位和会员单位的负责人和代表，以及锻压机械行业上、下游单位的代表等，共计100余人。

上午的会议由中国机床工具工业协会锻压机械分会秘书长崔瑞奇主持，会议承办方无锡沃尔得精密工业有限公司董事长朱兵致欢迎词。总会执行副理事长郭长城作了题为《机床行业经济运行情况分析 & 展望》的报告，主要涉及机床工具行业与成形子行业经济运行情况，机床工具产业和

消费市场变化，世界制造业格局变化对我国机床工具产业的影响和应对措施等方面，丰富的内容和详实的统计数据对会员单位下一步的生产经营管理及决策具有很大参考价值。

会议邀请宁波智能制造技术研究院副院长肖勇，作了题为《成形机床产业智能制造及数字化转型》的报告，主要涉及产业发展趋势、发展现状和相关产业政策，智能制造的基础、架构和特征，数字化工厂、虚拟制造优化、远程智能诊断和企业数字化转型建议等方面内容，将对会员单位下一步的产品发展有所启发和帮助。

下午的会议由全国锻压机械标准化技术委员会秘书长马立强和合肥工业大学教授翟华主持，集中探讨

高端智能制造与技术。来自无锡沃尔得精密工业有限公司、瑞铁机床（苏州）股份有限公司、无锡拓发自控设备有限公司、山东高密高锻机械有限公司、湖州机床厂有限公司、青岛宏达锻压机械有限公司、重庆江东机械有限责任公司、济宁科力光电产业有限责任公司的9位专家，围绕液压机冷却、油电混合数控折弯机技术、压力机智能技术等多项锻压机械制造实用技术做了专题报告。

会议期间组织参观了无锡沃尔得精密工业有限公司。无锡市拓发自控设备有限公司、湖州恒太液压设备有限公司、扬力集团股份有限公司、瑞铁机床（苏州）股份有限公司参与会议协办。□

2020年涂附磨具行业大会在镇江召开

涂附磨具分会

为促进行业信息交流，探索后疫情时代我国涂附磨具行业的未来发展方略，2020年涂附磨具行业大会于11月3日在镇江召开。来自全国各地的会员企业代表近200人齐聚一堂，共商行业发展大计。多位行业专家应邀出席大会。

涂附磨具分会理事长李勇刚在致辞中谈到：新冠肺炎疫情虽然对涂附磨具行业带来了冲击，但相信也正孕育着新的机遇。随着“一带一路”建设的深度推进、“新基建”的启动建设、5G商用化进程的不断加速、“涂附磨具行业2035高端产品规划”的落地实施等等，这些都为涂附磨具行业发展带来巨大的市场空间和发展机遇。

涂附磨具分会专家委员会主任委员、河南工业大学材料科学与工程学院邹文俊教授作《难加工材料的磨削》专题报告，对当前“脆性、韧性和延展性大的材料”“高硬度材料”“化学活性大的材料”“高温强度高的材料”等多种类型的难加工材料做了介绍，并针对各种不同难磨材料的磨削特点，对涂附磨具的应用选择、磨削工艺参数等方面做了详细讲解。

涂附磨具分会秘书长陈远东所作大会报告题为《2020年上半年中国涂附磨具行业经济运行分析》。报告指出：新冠肺炎疫情对我国经济社会的正常运行产生较大影响，也对涂附磨具行业的发展带来前所未有的冲

击。企业生产经营活动一度暂停，一季度行业主要经济指标大幅下降。但3月份以后，政府及时出台减税降费、助企扶企、稳定就业等政策措施，行业企业积极抗击疫情、加快复工复产。进入二季度后，生产经营秩序逐步恢复正常，行业经济运行明显趋稳。综合来看，行业保持平稳健康发展的同时也面临着挑战。

青岛盛福机械制造有限公司总经理王庭晖利用网络视频带来《当前木质板材的主要砂光方式和对涂附磨具的要求》专题报告，针对当前市场中常见的木质板材种类、常见木质板材砂光的目的和要求、木质板材的砂光工艺等进行了详细介绍，并重点讲解了“砂光机和涂附磨具的选择与应用”，最后还对砂光工艺的发展趋势和对砂光机及涂附磨具的要求等进行了分析。

在下午的会议中，重庆大学国家重点实验室博士后周坤作《砂带磨削技术在高端领域的应用与发展》专题报告。报告围绕近年来砂带磨削技术在高端领域的典型应用突破进行概述，指出当前航空发动机叶片等高精密构件对砂带磨削技术提出的挑战，针对这些问题从砂带磨削工艺、砂带性能等方面提出预见性的解决措施，报告最后还对国内外砂带产品进行了简要介绍。

中国质量管理协会TQM讲师、行业资深审核师李庆州带来了《用好



国家相关科技政策 促进中小微企业创新发展》报告。报告对我国科技项目奖励政策进行了基本介绍，并对国家高新技术企业政策、两化融合贯标政策、知识产权贯标政策、企业应知的其他科技政策做了较为全面深入地解读。

河南省王牌砂布制造有限公司董事长王存银作《提升企业管理水平的理论探讨与实践》专题报告，分享了自身多年的企业管理实战经验和管理理念。报告深入浅出地论证了企业管理者要不断学习的重要性，对行业企业极具启发性。

郑州涂研智能科技有限公司总工程师郭广欣为大家报告并演示他们为行业研发的自动化、智能化装备以及相关项目的进展情况。以2D和3D演示等方式展示全自动分卷包装机、立式百叶片自动化成型机、原材料自动输送与自动混配料系统、树脂液自动称料装置、树脂粉自动称料装置等设备的自动化、智能化程度，并针对行业关注的具体问题做了简要讲解。

大会还表彰了2019年度分会先进会员企业及优秀供应商企业。□

CIMT2021瑞士展团积极准备应对疫情预案

由中国机床工具工业协会主办并与中国国际展览中心集团公司共同承办的第十七届中国国际机床展览会（CIMT2021），将于2021年4月12~17日在北京中国国际展览中心（新馆）举办，各项筹备工作正在紧张有序的展开，境内外各展团和展商参展积极性空前高涨。



针对欧洲新冠疫情走势的不确定性给瑞士展团组织工作带来的问题和困扰，11月2日，中国机床工具工业协会秘书长王黎明、国际部主任张菁就瑞士展团参展组织工作的相关事宜，与瑞士驻华大使馆贸易与投资处有关人员进行了深入沟通。11月24日，应瑞士驻华大使馆商务参赞莫海岩先生（Mr. Morath）和夫人的邀请就有关事项再次进行了会谈。

瑞方通报，在11月2日双方会谈的基础上，瑞士驻华大使馆贸易与投资处为应对新冠疫情的不确定性，与瑞士展团组织方瑞士机械、电气和金属工业协会（SWISSMEM）进行了深入的交流和沟通，并利用其在华的方便条件协助开展相关组织工作。目前瑞方正在认真梳理瑞士参展商的在华业务人员和合作伙伴情况，拟根据新冠疫情不断变化情况采取积极应对措施，并筹划参展人员和组织工作的预备方案，以确保大多数瑞士展团的展商

能够顺利参展。

会谈中，双方还就当前欧洲的新冠疫情走势、全球及中国机床工具市场情况、《区域全面经济伙伴关系协定（RCEP）》签订后中国的对外贸易环境变化及对中国机床工具行业国际贸易的影响、瑞士企业在华业务进展、展会期间双方将组织的相关活动安排等共同关心的话题交换了意见和看法。

瑞士驻华大使馆贸易与投资处首席贸易官王珂女士、中瑞商会上海分会董事会主席刘超先生、中瑞商会上海分会机械委员会联席主席陈以祥先生、大昌华嘉商业（中国）有限公司机床业务总经理闻作洲先生参加了会谈。

（来稿：中国机床工具工业协会国际部）

2020机械工业科学技术奖机床工具专业组获奖项目

日前，2020年度中国机械工业科学技术奖评选结果公示期结束，370个项目获奖，其中特等奖9项、一等奖38项、二等奖133项、三等奖190项。

2020机械工业科学技术奖评审下设15个专业组别，其中机床工具专业组评审由秘书处挂靠单位中国机床工具工业协会组织。本年度，机床工具专业组申报项目40个，其中申报技术发明奖4项，科技进步奖36项。中国机床工具工业协会组织了17位行业专家对机床工具专业组申报项目进行审议，审议结果上报中国机械工业科学技术奖评审委员会进行审定，最终机床工具专业组共有12个项目获奖：技术发明奖一等奖2项；科技进步奖一等奖2项、二等奖4项、三等奖8项。

获得技术发明一等奖的项目有：

（1）项目名称：滚动功能部件服役性能成套测评方法与装备及性能提升关键技术

主要完成单位：南京理工大学，南京工艺装备制造有限公司，陕西汉江机床有限公司，山东博特精工股份有限公司，广东凯特精密机械有限公司，国家机床质量监督检

验中心, 张家港斯克斯精密机械科技有限公司

(2) 项目名称: 汽车动力总成全流程数字化制造技术及成套装备生产线

主要完成单位: 上海交大智邦科技有限公司, 上海交通大学, 武汉华中数控股份有限公司

获得科技进步一等奖的项目有:

(1) 项目名称: 难加工材料高承载结构件高速精密切削成套技术及应用

主要完成单位: 北京理工大学, 北京北方车辆集团有限公司, 山西柴油机工业有限责任公司, 北京北一机床股份有限公司, 齐齐哈尔北方机器有限责任公司, 西北工业集团有限公司, 北京动力机械研究所, 北京卫星制造厂有限公司

(2) 项目名称: 高精轧辊系统高效智能制造关键技术及产业化

主要完成单位: 清华大学, 山东钢铁集团日照有限公司, 华辰精密装备(昆山)股份有限公司, 昆山华辰新材料科技有限公司

获得科技进步二等奖的项目有:

(1) 项目名称: 汽车轻量化铝合金轮毂高可靠性加工设备及自动化生产线

主要完成单位: 北京博鲁斯潘精密机床有限公司

(2) 项目名称: 精密、高效、数控电火花加工技术与应用

主要完成单位: 苏州电加工机床研究所有限公司, 苏州三光科技股份有限公司, 清华大学, 上海交通大学, 武汉华中数控股份有限公司, 烟台环球机床附件集团有限公司

(3) 项目名称: 高速精密VMC系列立式加工中心关键技术研究及应用

主要完成单位: 山东蒂德精密机床有限公司, 山东大学, 山东永华机械有限公司

(4) 项目名称: 高马赫数飞行器复杂构件超高温成形装备及关键技术

主要完成单位: 北京机科国创轻量化科学研究院有限公司, 北京航星机器制造有限公司, 重庆江东机械有限责

任公司, 北京航空航天大学, 哈尔滨工业大学

获得科技进步三等奖的项目有:

(1) 项目名称: i5T5系列智能车床

主要完成单位: 沈阳优尼斯智能装备有限公司

(2) 项目名称: 高功率半导体激光焊接智能装备关键技术及产业化

主要完成单位: 东莞理工学院, 大族激光科技产业集团股份有限公司

(3) 项目名称: 异种金属激光微焊接关键技术及产业化

主要完成单位: 大族激光科技产业集团股份有限公司

(4) 项目名称: 三维阵列式多层有序金刚石刀头的增材制造及其高效智能制造装备

主要完成单位: 汕头市悦熙机械设备有限公司, 汕头大学, 北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司, 汕头轻工装备研究院

(5) 项目名称: 标准型数控系统的产业化的研究开发

主要完成单位: 广州数控设备有限公司

(6) 项目名称: 大长径比高性能硬质合金螺旋内冷深孔钻的开发与产业化

主要完成单位: 株洲钻石切削刀具股份有限公司

(7) 项目名称: YK3610III数控卧式滚齿机

主要完成单位: 四川普什宁江机床有限公司

(8) 项目名称: 汽车关键零部件高效精密成型磨削用超硬材料砂轮开发及应用

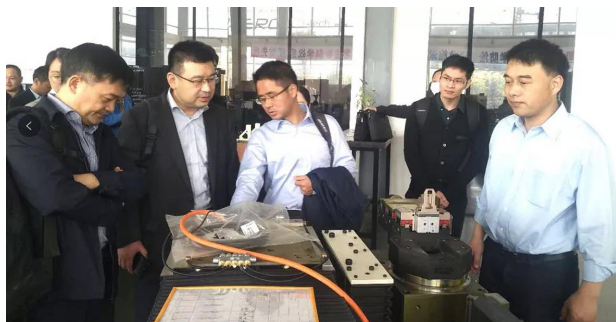
主要完成单位: 郑州磨料磨具磨削研究所有限公司

中国机械工业科学技术奖是由国家批准、面向全国机械行业的综合性奖项, 也是申报国家科技进步奖的主要渠道。自2001年创办以来, 该评奖在弘扬我国机械工业创新进取、表彰鼓励先进、促进机械工业科学技术发展、提高我国机械工业综合实力和水平方面发挥了积极作用, 并在行业中产生日益广泛的影响, 受到越来越多企业、科研院所以及大专院校的关注和积极参与。

(中国机床工具工业协会传媒部 兰海侠)

工信部产促中心沙南生主任到北平机床调研 肯定其自主创新成绩

2020年10月22日，工业和信息化部产业发展促进中心沙南生主任、专项三处苏铮处长、专项二处刘英军处长、成飞集团隋少春副总经理等相关领导及专家一行，到台州北平机床有限公司（以下简称北平机床或公司）进行调研考察，温岭市经济与信息化局徐寅局长、林新德主任陪同考察。北平机床董事长虞荣华介绍了北平机床数控刀具智能制造技术和中德技术协同创新的发展模式及相关产品。沙南生主任一行考察了北平机床五轴数控工具磨床、数控立式磨床、数控内外圆磨床的装配生产线，肯定了北平机床在高端磨床制造领域自主创新取得的成绩。

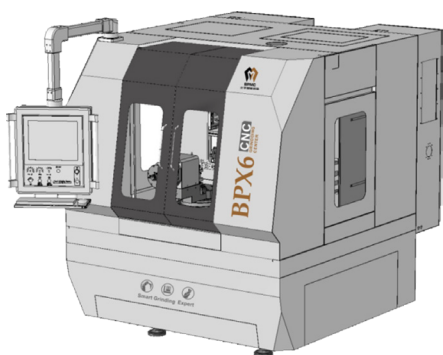
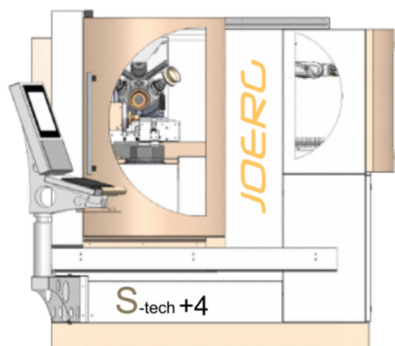


北平机床成立于1989年，历经30多年的发展，坚持把产品品质和周到服务放在首位。公司从一个零部件配套企业成功转型为精密磨削设备制造企业，并于2014年收购了德国施耐亚机床有限公司，使公司的管理水平和技术创新能力迈上了新台阶。面对日益变化的海内外市场需求，北平机床不断深入研究与开发各种新技术及新产品，已拥有8项发明专利、27项实用新型专利以及5项软件著作权，成为创新型企业而不断努力着。

为了提高产品的技术水平和价值内涵，中德两国工程技术人员协同创新，融合德国先进的设计技术和磨床制造工艺技术，研发的数控机床在刀具、大直径齿轮、套筒、轴类等零件的磨削加工应用中，体现出了高效、高精和高性价比的产品优势。公司产品销往全球50多个国家和地区，在美国、德国、日本、澳洲、非洲、韩国等地都有合作伙伴，已有超过2000台数控磨床服务于国内外刀具加工、机械制造、航空工业、IT等领域，并已成为SANDVIK（山特维克）、SUMITUBE（住友电气）、FOXCONN（富士康）、AVIC（中航工业）、株洲钻石等著名企业的磨削设备和技术解决方案提供商。北平机床生产的BP8a数控外圆磨床及BPX6数控磨削中心分别获得2016和2018年中国机床工具工业协会评定颁发的“春燕奖”，品牌知名度进一步提升。

北平机床生产的+4/BPX6系列数控工具磨床，为九轴五联动精密数控工具磨床。适用于直径0.2~16mm的圆形或非圆形切削刀具的磨削加工，最大工件长度120mm。每个砂轮轴可配置3片砂轮，HSK接口的砂轮更换时间小于8s；机床可配置北平专利的自动上下料和防撞系统、精

密装夹机构和刀具支撑系统；机床线性轴采用直线电机驱动，回转轴配置直驱电机；在垂直Y轴使用了液压平衡系统，使机床升降运动更加平稳，保证工件的磨削精度。



公司生产的LM500/800数控立式磨床，采用双磨头并列结构，拖板移动，立轴圆台布局的型式。立柱是铸件和天然花岗岩的有机结合并与横梁合为一体，确保足够的刚度；主轴内循环水冷，减少热变形，提高加工精度；主轴锥孔采用HSKC63/HSKC100接口，可实现高精度快速更换磨头。双磨头结构可有效减少装卡次数，缩短作业时间，提高生产效率。加工圆度可达 $1.5\mu\text{m}$ 。

公司生产的BP21/BP22数控内外圆磨床，最大磨削外径300mm，最小加工内径10mm，内孔磨削长度150mm。采用天然花岗岩底座，具有较好的减振性和热稳定性能；机床可同时装载四个磨头，满足多面加工并提高内外圆同心度；配置的专用磨削软件，可缩短编程时间，提高加工效率和可靠性。转塔的重重复分度精度 $\leq 2''$ ，工件磨削圆度 $2.5\mu\text{m}$ 。

格劳博电动汽车开放日成功举办

2020年11月6日，格劳博机床（中国）有限公司（GROB）联合艾伦塔斯（ELANTAS）、埃赛克斯（ESSEX）和杜邦（DUPONT），在格劳博中国大连生产基地成功举办了电动汽车开放日，主题为“格劳博——电动前行”。本次开放日是一场电动汽车生产与装配技术的先进制造商与线漆和浸渍漆、扁线生产，以及电气绝缘行业制造商的强强联合展示，百余位嘉宾应邀出席，聆听了各领域专家针对电动汽车技术所发表的独到见解。格劳博电动汽车技术应用中心成为了开放日当天与会者关注的焦点。



随着电动汽车需求的日益增长，汽车动力总成电气化正迅猛发展，格劳博作为一家面向未来的家族企业，正致力于开发这一领域最先进的技术和理念。凭借近百年的机床及相关设备的研发与生产经验，无论是传统动力总成，还是电动动力总成，格劳博都能提供高度创新的生产和装配系统，目前已经能够为电机、电池模组和燃料电池提供机床设备和系统支持。

本次开放日活动得到了三家合作伙伴的鼎力支持，艾伦塔斯、埃赛克斯和杜邦三家公司都派出了相关方面的资深专家。

在开放日现场，通过内容丰富的主题演讲以及现场演示和工厂参观，让大家近距离地接触到格劳博的行业先进产品和尖端技术，并深入了解了格劳博在电动汽车领域的全新研发成果。

2020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

2020年初暴发的新冠疫情深刻影响着今年我国经济社会的正常运行，也对机床工具行业带来前所未有的冲击。党和国家英明决策，及时采取果断有力措施，统筹推进疫情防控和经济社会发展工作，全国范围内疫情迅速得到控制，企业逐步复工复产，生产经营逐月走上正轨。在此期间，机床工具行业的主要经济指标1、2月份曾大幅下滑，3月后逐月转好，进入三季度呈现出加速回升态势。从2020年1~9月的统计数据看，营业收入降幅持续收窄，利润总额加快增长，金属加工机床的产量和订单增速明显加快。

展望全年，随着政府积极财政政策，以及减税降费、稳定就业等扶持政策效应的逐步释放，市场需求将继续恢复，运行环境不断改善。但海外疫情仍很严重，欧美地区出现二次暴发，国际形势严峻复杂，国内与本行业相关领域的投资仍较乏力，因此，行业运行依然面临一定的压力。

截至2020年9月，我国机床工具行业年营业收入2000万元以上的规模以上企业（下称“规上企业”）共5646家，比2019年12月减少64家。这5646家企业在八个分行业的分布是：金属切削机床824家（占14.6%）、金属成形机床527家（占9.3%）、工量具及量仪739家（占13.1%）、磨料磨具1969家（占34.9%）、机床功能部件及附件356家（占6.3%）、铸造机械468家（占8.3%）、木竹材加工机械127家（占2.2%）、其它金属加工机械636家（占11.3%）。

一、主要经济指标完成情况

1. 营业收入

根据国家统计局规上企业统计数据，机床工具行业2020年1~9月累计完成营业收入4725.8亿元，同比降低4.4%，降

幅较1~6月份收窄3.2个百分点。

分行业看，金属切削机床行业1~9月累计完成营业收入718.7亿元，同比降低3.9%，降幅较1~6月收窄5.4个百分点；金属成形机床行业1~9月累计完成营业收入427.3亿元，同比降低7.9%，降幅较1~6月收窄3.8个百分点；工量具及量仪行业1~9月累计完成营业收入583.2亿元，同比降低9.5%，降幅较1~6月收窄3.1个百分点；磨料磨具行业1~9月累计完成营业收入1717.0亿元，同比降低5.0%，降幅较1~6月扩大0.8个百分点。数据显示，各分行业今年1~9月累计完成营业收入仍同比降低，除磨料磨具外其他行业的降幅比1~6月均明显收窄。

2020年1~9月机床工具行业营业收入完成及同比变动情况详见图1。由图可见，营业收入的同比降幅呈持续收窄趋势。

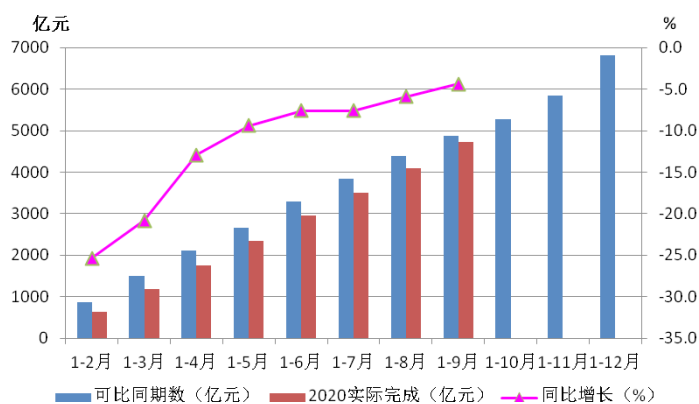


图1 机床工具行业营业收入完成及同比变动情况（国统局）

图2为2020年1~9月份营业收入同比变化与2019年及2018年主营业务收入同比变化的对比。由图可见，2018年全年保持了同比增长，2019年除1~3月、1~4月为同比增长之外，其余各月均为累计同比降低。2020年1~9月营

收入同比变化曲线虽仍处于同比下降区间,但降幅收窄趋势明显。

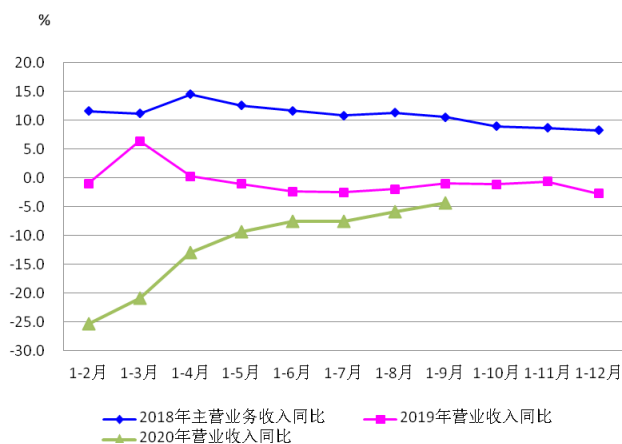


图2 机床工具行业营业收入增速同比变化（国统局）

中国机床工具工业协会重点联系企业2020年1~9月累计完成营业收入同比降低3.3%，降幅较1~6月收窄8.2个百分点。

分行业看，金属切削机床行业1~9月累计完成营业收入同比增长3.3%，1~6月为同比降低6.2%；金属成形机床行业累计完成营业收入同比降低13.2%，降幅较1~6月收窄8.4个百分点；工量具行业累计完成营业收入同比降低5.8%，降幅较1~6月收窄7个百分点；磨料磨具行业累计完成营业收入同比降低10.6%，降幅较1~6月收窄5.8个百分点。

协会重点联系企业与国统局数据均显示，1~9月营业收入同比水平明显优于1~6月。特别值得注意的是，重点联系企业中金属切削机床行业1~9月营业收入已经实现了同比增长。

2. 利润总额

根据国统局规上企业统计数据，机床工具行业2020年1~9月累计实现利润总额284.9亿元，同比增长8.0%，1~6月为同比降低2.5%。

分行业看，金属切削机床行业1~9月累计实现利润总额31.9亿元，同比增长107.8%，增幅较1~6月扩大55.4个百分点；金属成形机床行业1~9月累计实现利润总额21.3亿元，同比增长1.0%，1~6月为同比降低16.7%；工量具及量仪行业1~9月累计实现利润总额51.4亿元，同比增长3.0%，1~6月为同比降低3.0%；磨料磨具行业1~9月累计实现利润总额98.0亿元，同比降低2.3%，较1~6月降幅收窄5.1个百分点。数据显示，上述各行业1~9月累计实现利润总额同比情况，均较1~6月有明显改善。

2020年1~9月机床工具行业实现利润总额及同比增长情况详见图3。

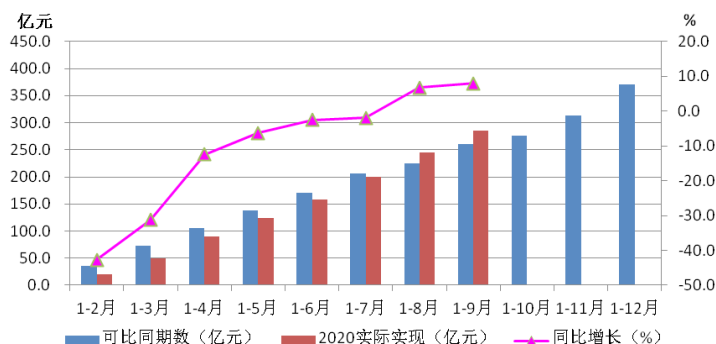


图3 机床工具行业利润总额实现及同比变动情况（国统局）

图4为2020年1~9月份机床工具行业利润总额同比变化与2019、2018两年利润总额同比变化的对比。由图可见，2018年全年各月利润总额累计同比始终保持增长，2019年各月利润总额累计同比均为降低。2020年1~7月之前，各月累计实现利润总额仍同比降低，但降幅逐月明显收窄，1~8月和1~9月则已变为同比增长。

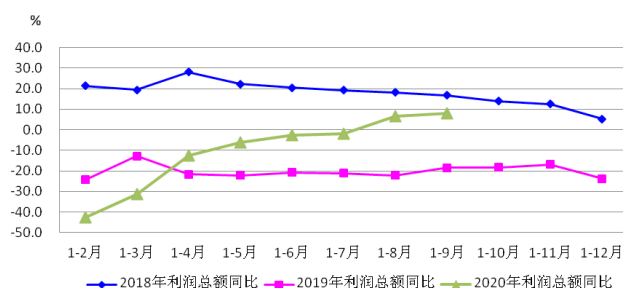


图4 机床工具行业利润总额增速同比变化（国统局）

协会重点联系企业2020年1~9月累计实现利润总额同比增长11.7%，1~6月为同比降低31.7%。其中，金属切削机床行业累计实现利润总额同比增长195.6%，1~6月为微盈0.1亿元；金属成形机床行业累计实现利润总额同比降低43.6%，降幅较1~6月收窄12.2个百分点；工量具行业累计实现利润总额同比增长25.2%，增幅较1~6月扩大6.2个百分点；磨料磨具行业累计实现利润总额同比降低40.9%，降幅较1~6月收窄4.3个百分点。

协会重点联系企业和国统局的利润总额同比变动趋势总体上相同，金属切削机床行业自1~6月实现盈利后，盈利水平进一步大幅上升。其他行业实现利润总额与1~6月相比，或同比增幅扩大或同比降幅收窄，盈利状况也都得到改善。

3. 亏损企业比例

根据国统局规上企业统计数据，2020年1~9月机床

工具行业亏损企业1135家，亏损面为20.1%，比1~6月收窄4.0个百分点。其中，金属成形机床行业亏损面最大，为26.6%，比1~6月收窄5.7个百分点；金属切削机床行业亏损面为25.5%，比1~6月收窄5.5个百分点；工量具及量仪行业亏损面为15.0%，比1~6月收窄3.3个百分点；磨料磨具行业亏损面为19.0%，比1~6月收窄3.4个百分点。以上各分行业亏损面均比今年1~6月明显收窄。与1~6月相同，金属成形机床亏损面仍居第一位。

2020年1~9月，协会重点联系企业中亏损企业占比为32.6%，较1~6月收窄1.8个百分点。其中，金属切削机床行业亏损面最大，为39.5%，较1~6月收窄0.3个百分点；金属成形机床行业亏损面为33.3%，较1~6月收窄3.7个百分点；工量具行业亏损面为20.6%，较1~6月收窄4.4个百分点；磨料磨具行业亏损面为27.3%，较1~6月扩大5.6个百分点。

国统局数据和协会重点联系企业亏损面数据有一定差异，但均可看出，机床工具行业及其多数分行业1~9月亏损面较1~6月明显收窄。

4. 金属切削机床和金属成形机床产量

根据国统局规模以上企业统计数据，2020年1~9月累计，金属切削机床产量32.0万台，同比降低2.6%，降幅较1~6月收窄5.3个百分点，其中数控金属切削机床产量13.0万台，同比增长2.4%，1~6月为降低10.7%；金属成形机床产量14.2万台，同比降低8.5%，降幅较1~6月收窄18.6个百分点，其中数控金属成形机床产量1.2万台，同比降低16.6%，降幅较1~6月收窄6.6个百分点。由上可见，1~9月机床产量同比情况明显好于上半年。其中金属切削机床产量已经接近去年同期水平，数控金属切削机床产量已超过去年同期。图5为国统局机床工具行业金属加工机床产量变动情况。

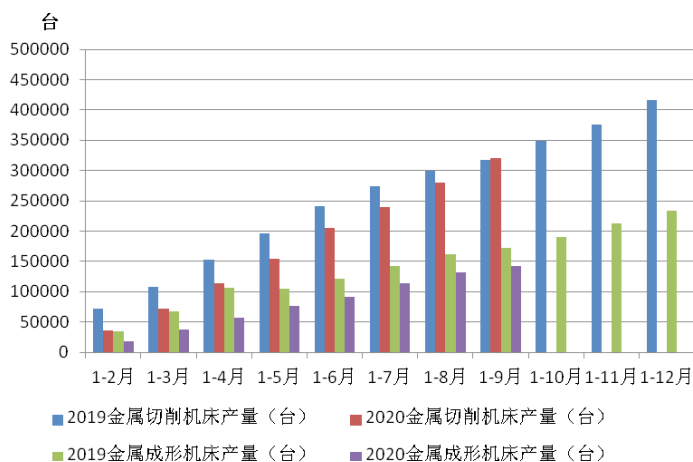


图5 金属加工机床产量变动情况（国统局）

图6为2020年1~9月金属切削机床累计产量同比变化与2019、2018两年累计产量同比变化的对比。由图可见，2018年金属切削机床产量累计同比全年始终为同比增长。2019年除1~3月累计同比增长外，其他各月累计同比均为降低，且降低幅度呈逐月加大趋势。2020年1~9月金属切削机床产量虽仍同比降低，但降幅逐月收窄。

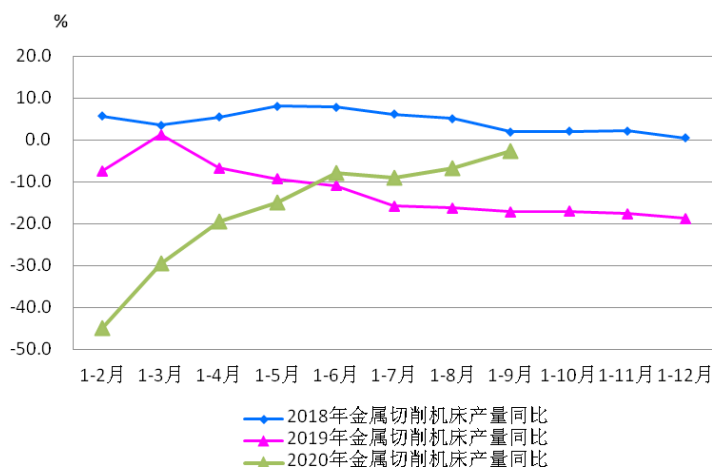


图6 金属切削机床产量增速同比变化（国统局）

图7为2020年1~9月金属成形机床累计产量同比变化与2019、2018两年累计产量同比变化的对比。2018年金属成形机床产量累计同比自1~3月后就已经进入下行区间，2019年延续了上年下行趋势。2020年1~9月累计产量始终为同比下降，其中5月前降幅逐月收窄，6月之后出现了降幅波动。

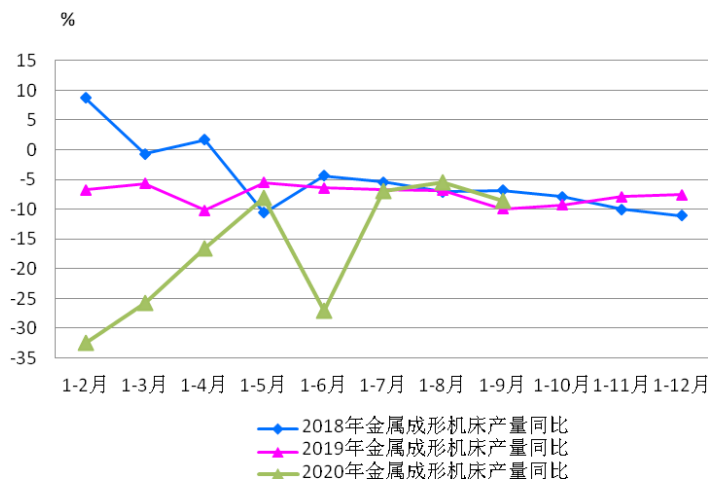


图7 金属成形机床产量增速同比变化（国统局）

协会重点联系企业2020年1~9月累计，金属切削机床产量同比增长7.2%，1~6月为同比下降2.5%；金属成形机床产量同比下降4.0%，较1~6月降幅收窄9.8个百分点。大体上与国统局数据变化趋势一致。

5. 金属加工机床订单情况

根据协会对重点联系企业金属加工机床订单情况的统计, 2020年1~9月, 金属加工机床新增订单同比增长14.1%, 较1~6月增幅扩大6.1个百分点; 9月末在手订单同比增长8.2%, 6月末在手订单为同比下降1.5%。其中, 金属切削机床新增订单同比增长14.4%, 较1~6月增幅扩大2.5个百分点; 9月末在手订单同比增长13.2%, 较6月末增幅扩大2.5个百分点。金属成形机床新增订单同比增长13.5%, 1~6月为同比下降0.2%; 9月末在手订单同比下降3.3%, 较6月末降幅收窄22.6个百分点。两个分行业的新增订单和在手订单情况均明显好于上半年。

6. 产成品存货

根据国统局规上企业统计数据, 机床工具行业2020年9月末产成品存货同比增长0.2%, 增幅较6月末减小3.6个百分点。其中, 金属切削机床行业产成品存货同比降低9.4%, 降幅较6月末加大6.6个百分点; 金属成形机床行业产成品存货同比增长12.3%, 增幅较6月末加大0.2个百分点; 工量具及量仪行业产成品存货同比降低0.4%, 降幅较6月末减小0.7个百分点; 磨料磨具行业产成品存货同比增长10.8%, 增幅较6月末减小8.9个百分点。

协会重点联系企业2020年9月末产成品存货同比增长4.1%, 比今年6月末增幅减少3.9个百分点。其中, 金属切削机床同比增长7.4%, 金属成形机床同比增长5.6%, 工量具产成品存货同比降低2.5%, 磨料磨具行业产成品存货同比增长2.2%。

机床工具行业整体上, 国统局和协会重点联系企业产成品存货同比变化趋势均是增幅减小, 但各分行业情况有所差异。

二、进出口情况

1. 总体情况

随着系列稳外贸政策措施效应的持续释放, 三季度我国机床工具进出口延续3月份以来逐步回稳趋势, 降幅逐月收窄。根据中国海关数据, 2020年1~9月机床工具进出口总额190.2亿美元, 同比下降9.1%, 降幅较1~6月收窄3.2个百分点。其中, 进口88.6亿美元, 同比下降13.8%, 降幅较1~6月收窄3.1个百分点; 出口101.6亿美元, 同比下降4.6%, 降幅较1~6月收窄4.3个百分点。

2020年1~9月份机床工具产品进口和出口情况分别见图8、图9。由图可见, 三季度以来, 出口恢复速度快于进口。

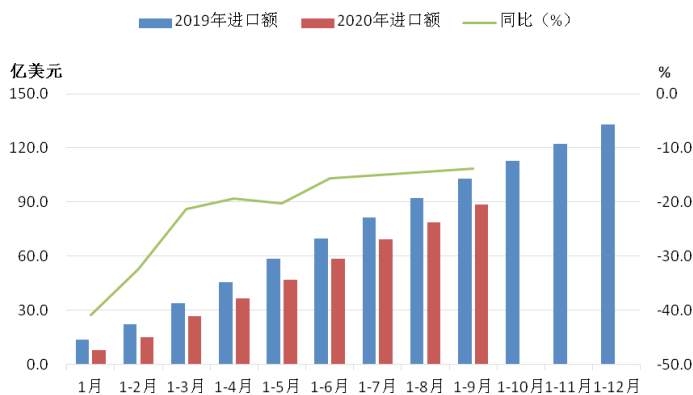


图8 机床工具产品进口额（累计值）

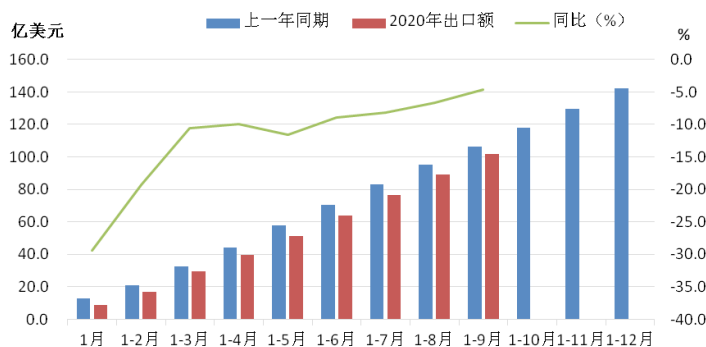


图9 机床工具产品出口额（累计值）

2020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, 贸易顺差为13.0亿美元。呈现贸易顺差的有金属成形机床（0.7亿）、木工机床（10.5亿美元）、切削刀具（9.7亿美元）、磨具磨料（13.2亿美元）。金属切削机床仍为逆差（17.1亿美元）。

表1为2020年1~9月主要产品类别进出口情况。由表可见, 在进口结构方面, 金属成形机床下降幅度最大, 同比下降达33.7%。金属切削机床同比下降18.4%, 下降趋势也较显著。在出口结构方面, 金属成形机床下降幅度也最大, 同比下降21.8%。金属切削机床同比下降8.7%。需说明的是, 本期数控装置的复进口金额比例较大, 表中进口金额和同比值为剔除复进口后的数值, 相应出口金额和同比增幅也包含复进口成分, 因没有确切数据故未做剔除。

表1 2020年1~9月主要产品类别进出口情况

序号	项 目	进口金额 (亿美元)	同比 (%)	出口金额 (亿美元)	同比 (%)
1	金属切削机床	36.7	-18.4	19.6	-8.7
2	金属成形机床	7.8	-33.7	8.6	-21.8
3	数控装置	8.4	-20.4	12.1	42.8
4	切削刀具	10.7	-13.0	20.4	-7.1
5	量具量仪	1.2	-20.3	1.1	-17.3
6	磨料磨具	4.5	1.2	17.8	-5.0

2. 金属加工机床进出口情况

2020年1~9月金属加工机床进出口同比仍呈较大幅度下降趋势,但降幅比1~6月有所收窄。

2020年1~9月金属加工机床进口额44.6亿美元,同比下降21.6%,降幅较1~6月收窄2.5个百分点。其中,金属切削机床进口额36.7亿美元,同比下降18.4%,降幅较1~6月收窄2个百分点;金属成形机床进口额7.8亿美元,同比下降33.7%,降幅较1~6月收窄4.7个百分点。

2020年1~9月金属加工机床出口额28.2亿美元,同比下降13.1%,降幅较1~6月收窄7.2个百分点。其中,金属切削机床出口额19.6亿美元,同比下降8.7%,降幅较1~6月收窄7.1个百分点;金属成形机床出口额8.6亿美元,同比下降21.8%,降幅较1~6月收窄7个百分点。

(1) 金属加工机床进口来源前三位的国家和地区

2020年1~9月金属加工机床进口来源国家和地区中,与1~6月相同,日本、德国和中国台湾依次占居前三位,三者金额合计占比高达70%以上。从这三个国家和地区进口的金额同比均为下降,其中从日本进口同比下降幅度最小,且较1~6月收窄8.5个百分点,从德国进口同比下降幅度最大,达36.4%(详见表2)。

表2 2020年上半年金属加工机床进口来源前三位的国家和地区

排序	国别 (地区)	进口金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
1	日本	15.6	-4.9	34.9
2	德国	10.8	-36.4	24.3
3	中国台湾	5.1	-15.2	11.4

(2) 金属加工机床出口去向前三位的国家和地区

2020年1~9月金属加工机床出口去向国中,与1~6月相同,越南、美国和印度依次占居前三位,三者合计占比近25%。对这三个国家的出口同比均为下降,其中,对美国 and 印度出口下降超过20%(详见表3)。

表3 2020年上半年金属加工机床出口去向前三位的国家和地区

排序	国别 (地区)	出口金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
1	越南	3.2	-6.9	11.4
2	美国	2.2	-27.3	7.7
3	印度	1.6	-25.2	5.8

(3) 进口金额排前五位的金属加工机床品种

2020年1~9月进口前四位品种及其顺序与1~6月相

同,第五位由齿轮加工机床变为锻造或冲压机床,这五个品种合计进口金额占比达74%,其中加工中心占比最大(30.2%)。特种加工机床为同比增长,其他品种均同比下降,其中磨床和车床下降超过20%,特种加工机床由1~6月同比下降2.9%,变为同比增长6.4%(详见表4)。

表4 2020年上半年进口金额排前五位的金属加工机床品种

排序	金属加工机床品种	进口金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
1	加工中心	13.5	-19.9	30.2
2	特种加工机床	7.7	6.4	17.2
3	磨床	6.0	-21.8	13.4
4	车床	3.7	-27.4	8.4
5	锻造或冲压机床	2.1	-18.9	4.8

(4) 出口金额排前五位的金属加工机床品种

2020年1~9月出口前五位的品种及其顺序与1~6月相同,这五个品种合计出口金额占比达60%以上,其中特种加工机床占比最大(31.9%)。除特种加工机床同比增长9.1%以外,其他品种均有较大幅度的同比下降(详见表5)。

表5 2020年上半年出口金额排前五位的金属加工机床品种

排序	金属加工机床品种	出口金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
1	特种加工机床	9.0	9.1	31.9
2	车床	2.8	-26.2	9.9
3	成形折弯机	2.2	-13.6	7.7
4	其他成形机床	1.7	-30.1	6.1
5	加工中心	1.4	-25.1	5.0

三、2020年三季度行业运行特点

1. 主要经济指标持续回稳向好,效益指标优于上年同期

随着统筹防疫和发展有力政策措施逐步落实,我国前三季度经济增速由负转正,供需关系逐步改善,市场活力动力增强,国内生产总值同比增长0.7%,全国规模以上工业增加值同比增长1.2%,制造业增加值同比增长1.7%,装备制造业增加值同比增长4.7%。前三季度,全国规模以上工业企业实现利润总额同比下降2.4%。

机床工具行业三季度延续二季度回稳向好趋势,营业收入降幅逐月收窄,从1~6月的同比下降7.6%收窄至同比

下降4.4%，与上年同期水平已经接近，但尚未实现由负转正。从月度来看，8月后已由同比下降转为同比增长，8月当月营业收入同比增长5.4%，9月当月营业收入同比增长6.8%，回升势头明显。

虽然机床工具行业累计营业收入仍同比下降，但累计实现利润总额指标自8月以来已经转正：1~8月累计实现利润总额同比增长6.7%，1~9月累计实现利润总额同比增长8.0%，而月度实现利润总额自4月份以来一直为同比正增长，9月份实现利润总额同比增长16.5%。机床工具行业累计实现利润总额方面好于全国规模以上工业企业水平。

机床工具行业利润总额指标同比增速领先于营业收入，主要得益于新冠疫情之后国家出台扶持实体经济的大力度减税降费政策。协会重点联系企业1~9月实现税金同比下降11.2%，实现利润总额同比增长11.7%，两者一增一减，幅度大体相当，清楚地说明了这一点。

与经济指标回稳向好相呼应，金属加工机床产量同比降幅也逐步收窄。1~9月累计金属切削机床产量同比降幅为2.6%，较1~6月降幅收窄5.3个百分点；1~9月累计金属成形机床产量同比降幅为8.5%，较1~6月降幅收窄18.6个百分点。

2. 金属切削机床行业复苏明显，金属成形机床行业亦有改善

进入三季度以来，金属切削机床行业继续加快复苏，1~9月营业收入同比降低3.9%，降幅较1~6月收窄5.4个百分点，已接近上年同期水平；1~9月累计实现利润总额同比增长107.8%，增幅较1~6月扩大55.4个百分点，远高于机床工具行业8.0%的同比增幅。金属切削机床行业亏损面为25.5%，比1~6月收窄5.5个百分点。协会重点联系企业金属切削机床新增订单和在手订单同比双双增长，而且增幅比6月时有所扩大。可见，金属切削机床行业在疫情后复苏势头比较强劲。

金属成形机床行业今年上半年运行明显偏弱，但三季度也有所改善。该行业1~9月累计完成营业收入同比降低7.9%，降幅较今年1~6月收窄3.8个百分点；1~9月累计实现利润总额同比增长1.0%，1~6月为同比降低16.7%；1~9月金属成形机床行业亏损面为26.6%，比1~6月收窄5.7个百分点。协会重点联系企业金属成形机床新增订单由6月时的同比下降转为同比增长，在手订单虽然仍同比下降，但降幅比6月时大幅收窄。

3. 机床工具进出口持续恢复，但仍处在负增长区间

新冠疫情发生后，我国进出口曾受到很大冲击。国家

采取的稳外贸政策取得突出成效。据海关统计，前三季度，我国货物贸易进出口总值23.12万亿元人民币，比去年同期增长0.7%；其中，出口12.71万亿元，增长1.8%；进口10.41万亿元，下降0.6%。

与全国进出口形势相比，机床工具进出口虽然自3月以来降幅一直逐月收窄，但1~9月机床工具进出口总额仍同比下降9.1%，其中，进口同比下降13.8%，出口同比下降4.6%，与全国进出口形势还有较大滞后。

可喜的是，自2019年上半年机床工具进出口首次出现顺差（0.8亿美元）之后，一直保持顺差态势，今年1~9月贸易顺差为13.0亿美元，已经超过2019年全年顺差（9.3亿美元）。

四、近期行业形势研判

（一）有利因素

1. 我国统筹防疫和发展成果显著，经济复苏领先全球

我国国内生产总值（GDP）一季度同比下降6.8%，二季度同比增长3.2%，三季度同比增长4.9%，前三季度累计实现同比增长0.7%，在全球率先实现经济正增长。

当前欧美等地区新冠疫情仍此起彼伏，越来越严重，世界经济出现深度衰退，但多家国际机构看好中国经济。例如，国际货币基金组织预测今年世界经济将萎缩4.4%，而中国经济将增长1.9%，是全球唯一实现正增长的主要经济体。世界银行预测今年中国经济将增长2.0%，同时预测明年中国经济将增长7.9%。

2. 双循环新发展格局将有力促进机床工具市场发展

10月29日中共中央第十九届五中全会通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》，我国将开启全面建设社会主义现代化国家新征程。“建议”突出强调了加快形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。坚持扩大内需这个战略基点，加快培育完整内需体系。这将给国内机床工具行业提供更广阔的市场空间，并且市场已经对此做出反应。

3. “六稳”、“六保”等政策措施持续显效，PMI连续8个月保持在荣枯线以上

新冠疫情发生后，国家和各级地方政府全方位密集出台了多项拉动市场需求、减轻企业负担等促进经济社会发

展的政策措施，力度之大前所未有，效果迅速并将持续显现。自3月以来，制造业采购经理指数 PMI 连续8个月保持在荣枯线以上，10月份为 51.4%。前三季度全国规模以上工业增加值同比增长1.2%，9月当月全国规模以上工业增加值同比增长6.9%，这是连续6个月保持增长。这些都验证了PMI指数的先行导向作用。

4. 汽车制造业强力回升，有利于扩大机床工具行业市场需求

汽车制造业是机床工具最大市场。2020年1~10月，我国汽车产销同比下降4.6%和4.7%，降幅与1~9月相比，分别收窄2.1个和2.2个百分点。10月当月，汽车产销分别同比增长11.0%和12.5%。这已是连续7个月汽车月度产销保持增长。汽车制造业的触底回升，必将拉动机床工具市场需求的增长。

(二) 不利因素

1. 市场需求尚未完全恢复，行业运行压力仍然较大

前三季度我国经济运行持续稳定恢复，统筹防疫和发展成效显著。但国际环境仍然复杂严峻，不稳定性不确定性因素较多。国内疫情外防输入、内防反弹的压力不小，经济仍处在恢复进程中，持续复苏向好基础仍需巩固。

从投资、消费和出口三方面来看，目前市场需求还没有完全恢复。前三季度全国固定资产投资增速（0.8%）已由负转正，但与机床工具行业关系更为密切的第二产业投资同比下降3.2%，制造业投资同比下降6.5%，设备工器具购置投资同比下降10.1%；前三季度社会消费品零售总额同比下降7.2%；前三季度机床工具出口同比下降13.8%。

因此，今后一段时间机床工具需求不足的问题还将延续，行业运行压力仍然较大。

2. 贸易保护主义及逆全球化思潮抬头

国际上贸易保护主义盛行，叠加新冠疫情在全球恶性蔓延，使全球经济复苏受阻，对我国经济发展带来重大影响。机床工具行业的贸易、生产物流、商务活动也受到很大限制。机床工具的供应链受到很大影响，特别是对高端关键配套件依赖进口的企业形成较大冲击。同时，这也倒逼企业加快国内配套能力的提升。

3. 全球机床产业普遍下滑，市场需求严重萎缩

今年4月份美国加德纳公司发布的《2019年全球机床调查》曾预计，2020年全球机床市场消费额可能比2019年再下降15%左右。当时还无法预料后来新冠疫情对全球经济产生如此严重的影响。

从协会收到的近期信息看，1~5月德国机床出口额同比下降38.6%，1~10月日本订单总额同比下降32.5%，1~10月中国台湾地区出口额同比下降31.4%。这表明，除中国以外的其他主要机床生产国机床产销普遍大幅度下降。这也表明全球机床市场的严重萎缩，对我国机床工具产品的出口带来不利影响。

(三) 对2020年全年及2021年行业形势的预测

综上所述各种因素，我们预计机床工具行业全年主要经营指标有望与上年持平，其中利润总额可有5%~10%的增长。2021年按正常发展趋势，机床工具行业应呈平稳恢复性增长态势，主要经济指标有望实现正增长。但国际环境和新冠疫情的不确定性，可能对行业的发展带来冲击。□

资讯

2020年1~10月机床工具行业运行概况

根据国统局统计数据，2020年1~10月机床工具行业规模以上企业完成营业收入同比降低3.4%，降幅较1~9月收窄1.0个百分点；实现利润总额同比增长13.4%，增幅较1~9月扩大5.4个百分点。

中国机床工具工业协会重点联系企业1~10月营业收入年内首次恢复正增长，利润总额继续快速增长，但金属加工机床订单增速略有趋缓。机床工具行业营业收入同比增长0.2%，1~9月为同比降低3.3%；利润总额增速同比增

长25.0%，增幅较1~9月扩大13.3个百分点。

总体来看，随着各项政策措施逐步显效和市场需求逐步回暖，10月份机床工具行业整体运行延续了上季度以来的快速回升态势。但海外疫情仍很严重，欧美地区出现二次暴发，国际形势严峻复杂，行业相关领域的投资仍较乏力，因此，行业运行依然面临一定的压力。希行业企业充分利用好各项政策，积极挖掘市场潜力，不断巩固扩大向好趋势。

（来源：协会信息统计部）

国产高档数控系统系列报道

【编者按】根据国家有关部门要求，中国机床工具工业协会组织重点企业开展产业链供应链研究，梳理行业发展脉络，推动行业企业融入以内循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。为此，协会传媒部就国产数控系统开发进展和应用推广情况进行了采访梳理，并予以系列报道，供行业企业和广大用户参考。

i5数控系统的研发和应用

沈机（上海）智能系统研发设计有限公司

一、研发背景与市场分析

“创新”并非“天降神物”，也不是来自企业家的“奇思妙想”或某些天才的“灵光一现”。进入上世纪90年代后，沈阳第一机床厂、中捷友谊厂和沈阳第三机床厂这三家原“十八罗汉厂”经营陷入困境，其原因与产品技术落后从而失去市场竞争力不无关联。同时，随着国家对外开放、扩大进口力度，反映出中国数控技术落后给整个数控机床产业造成更大被动。

2007年，沈阳机床集团在上海成立了沈阳机床上海研究院，i5团队自此诞生。组建i5团队的出发点很简单，就是想做出中国自己的机床“大脑”，而且要做的更加智能化。沈阳机床上海研究院成为沈阳机床集团在运动控制技术方面的主要研发基地。

2012年，沈阳机床上海研究院历时5年在CNC运动控制技术、数字伺服驱动技术、实时数字总线技术等运动控制领域取得突破，诞生了首台具有网络智能功能的i5智能系统。2014年，沈阳机床上海研究院在五轴数控

系统核心技术方面有所突破，完成首台搭载i5系统的五轴机床VMC0656e，并测试成功。该五轴机床于2015年实现量产，为沈阳机床进军高端数控市场提供了重要基础。

i5系统的突破是基于掌握了运动控制技术的一种底层技术突破，全面覆盖两轴、三轴、四轴、五轴等各类机床应用，在此基础上可以衍生一系列满足差异化诉求的机床产品。

二、产品的技术亮点和创新点

1. 总体介绍

(1) i5采用基于PC的全软件式结构，即利用计算机系统的软硬件开发可以分开的特点，把数控控制核心部分全部写在CPU上，用软件实现。这个结构的优点在于数控核心拓扑结构可变，内部模块全部开放，可借助标准化的接口实现模块间的互换、移植或协同工作。基于PC的特性让i5获得天然的互联网能力以及最先进的硬件支持（见图1）。



图1 多样化CNC主机硬件方案

(2) 操作系统的选择。i5团队选用的是Linux操作系统，不同于其他基于PC系统使用的Windows系统，Linux操作系统是互联网共享开发的产物，其优点是源代码开放且免费，与互联网天然契合，开发者可以根据自己的需要对操作系统进行裁剪和修订，实现操作系统的定制。

(3) 数字总线的选择。i5采用开放式的EtherCAT (ECAT) 总线，开放程度可以达到芯片级（提供FPGA逻辑的IP授权，实现芯片级集成），并且在全球拥有60万的用户。与封闭式总线相比，EtherCAT总线最大的优点在于它能够支撑数控系统未来的扩展应用，并且具有很丰富的开放资源和第三方设备支持。

使机床“智能化”是i5数控系统的中心原则，智能并不一定非要通过传感器，也可以通过信息交互，甚至是人与人之间的交互；给机床埋上传感器不但成本很高，而且破坏机床的刚性。真正的智能是给用户带来便利，让原本困难的事情变简单（例如让低级技工能干出原本只能由高级技工干的活）就是智能化。i5数控系统从研发至今都在延续并扩展这些智能化功能。

2. 让编程更简单

机床在加工不同零件的时候需要不同的工艺设计，而工艺设计的背后实际上是不断沉淀的知识和经验，只有有经验的老师傅才能熟练的设定加工参数，循环引导的目的旨在把不断沉淀的经验转换为程序代码。

循环引导编程：引导编程包括标准化循环和定制化循环支持。标准化循环支持标准车削、铣削、钻孔、攻丝、镗孔循环；可以通过图形化引导编程页面实现快速编程和修改。定制化循环可根据特定的工艺要求定制开发，实现高效便捷生成，如车床的毛坯切削、切槽等（见图2）。



图2 循环引导编程

山西省定襄县素有“法兰锻造之乡”之称。在法兰批量加工的过程中，由于法兰尺寸规格较多，工件更换频繁，需要经常编写、修改加工程序，而当地比较缺乏工艺编程人员，导致无法满足订单需求，影响了交货进度和订单数量。法兰本身虽然尺寸不一致，但轮廓比较规则或近似，根据这种加工特性i5团队为当地客户定制开发了法兰自动编程APP（见图3），只需根据图纸选择工件类型和填入几个关键尺寸，即可自动生成加工程序，大大降低了对操作人员的技术要求，提升整体生产效率。

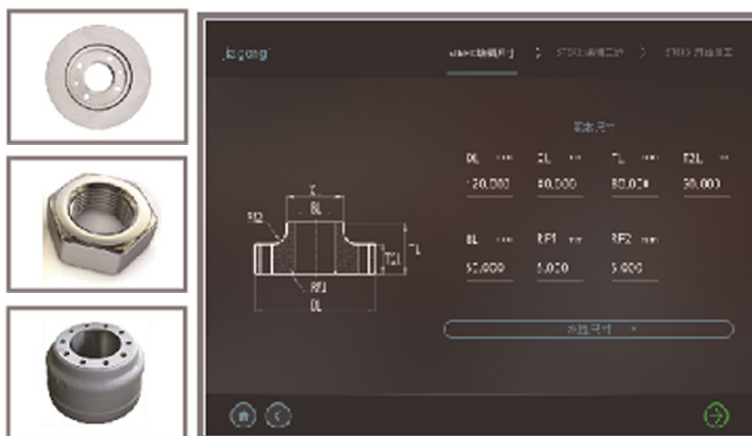


图3 法兰加工工艺

3. 让操作更安全

三维仿真：虚拟预加工，用户可以在控制屏幕上直接看到加工程序的三维仿真结果（见图4），即不用动机床就可以看到模拟的加工结果。机床在加工零件时，操作人员可以从显示界面上预览到后续的加工轨迹，极大地方便了用户在车间内同时管理多台机床。同时，三维的图形展示更有利于操作工分辨出后续加工是否有问题，以便及时停止机床的运转，减少损失。其他厂商生产的数控机床上也有类似的仿真功能，不过基本都是二维的简单轨迹仿真。

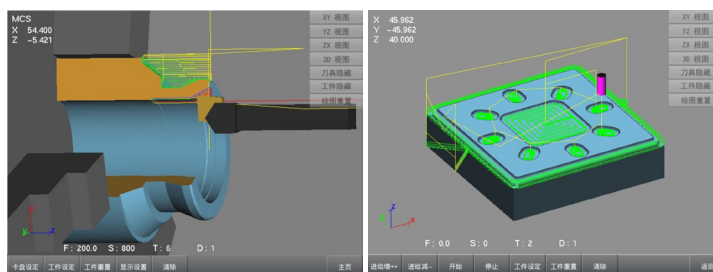


图4 三维仿真功能

安全区域换刀：为避免干涉，程序中一般将换刀点定在离工件较远的位置。系统为保证换刀安全的同时提高换刀效率，开发了安全区域换刀功能。安全区域换刀功能允许用户根据刀架上刀具以及所加工工件的实际情况设置安全的换刀位置（见图5）。

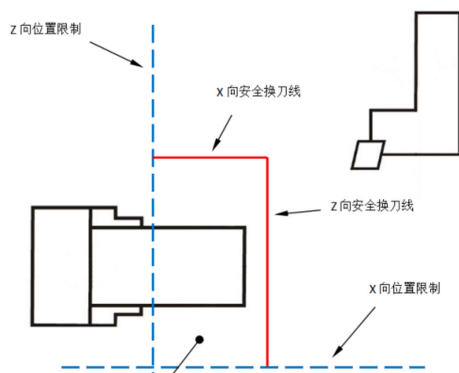


图5 安全区域换刀功能

4.方便机床维修和诊断

机床体检：机床体检可以不拆装钣金即可快速了解机床机械部件的装配状态和定位故障原因，大大降低了设备维护的难度和工作量，也可以为装备制造商提供良品出厂检测方法，提高机械装配一致性。系统通过使机床各轴单独在一定范围内运行，同时采集运行过程中的电流值，来判断机床的运行情况（见图6、图7）。

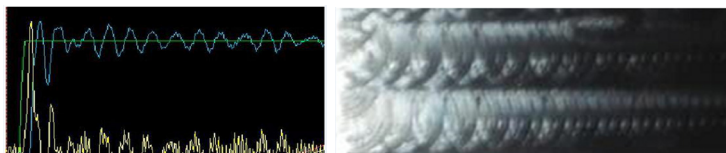


图6 轴响应不足

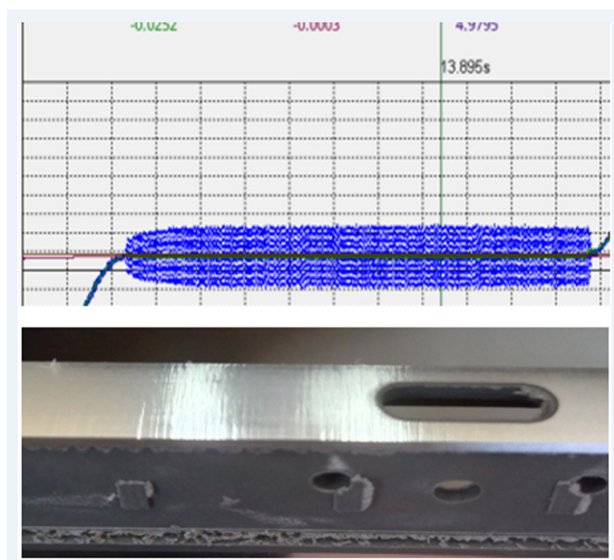


图7 轴响应偏高

图形诊断（帮助用户快速排除故障）：当出现故障时，用户可以通过图形化的引导，一步一步傻瓜式地排除故障，减少用户等待售后的停机时间。这项功能的开发与机床厂和用户的紧密合作有关，上海研发团队通过市场调研发现机床出现的问题70%都是“傻瓜问题”，但用户不会自己解决。图形诊断功能可以帮助用户看着三维图形和提示自己解决一些问题（见图8），这样既减少了用户等待服务的停机时间及损失，也节省了主机厂的维修服务成本。



图8 图形诊断功能

5. 高速高精功能

热误差补偿：机床热误差是引起零件加工误差的最主要因素之一，严重影响加工精度。目前热误差补偿存在以下一些问题：要以较高的代价获得建模数据；热误差模型鲁棒性和预测精度较差；补偿方式与CNC集成度不高。I5热误差补偿可实现主轴Z向热伸长的自动采集和基于工况的热误差模型的建立及预测（见图9），CNC将补偿值平均分配到每个插补周期中，在冷机、停机恢复状态下无需热机，保持较高的尺寸一致性和加工精度。

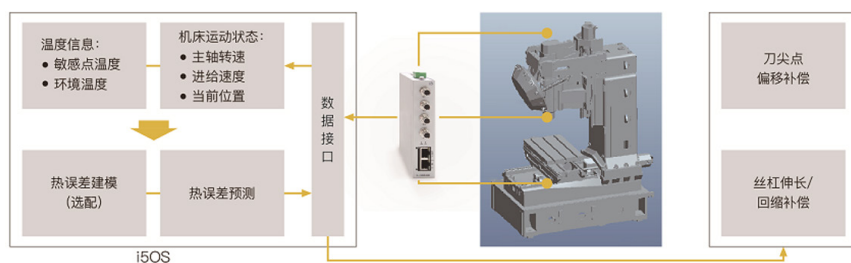


图9 热误差补偿功能

视觉识别：视觉识别主要应用在制造过程中工件重复装夹时，工装夹具不能保证工件的确定位置或角度；夹具不具有高精度保证，或者无法定位——不能使用探头进行定位的情况（如特征很小，或者颜色不同），同时视觉识别功能还具有较高附加价值（见图10），其测量功能可以进行加工前的测量和加工后的测量，加工前测量用于保障毛坯件具备加工的条件，避免无效的加工，加工后的测量，用于检测加工结果是否合格。

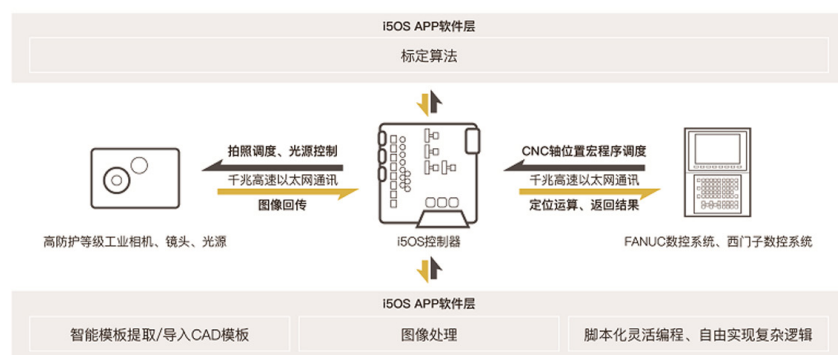


图10 视觉识别功能

三、全开放式的结构让i5系统天然地能与互联网连接

“i5”与其他数控系统的最大区别就是可以连接互联网。之所以出现这样的差别，重要的一个原因是对数控系统的设计思路完全不一样。基于PC平台的全开放式结构使得i5天然地能够与互联网连接。

（1）远程诊断（帮助用户快速获得远程的专家支持）。除了本机的故障诊断工具，系统还提供远程诊断功能，以降低机床维护成本，减少停机时间。售后服务人员在无法解决故障时，可通过随身携带的3G智能终端将机床接入Internet，远程专家即可连入数控系统，获取报警信息、日志文件、配置文件等信息，帮助售后服务人员快速解决故障。数控系统在沈阳装机调试的过程中，在现场遇到问题的人员会经常要求研发人员从上海飞过去帮助解决。上海团队的年轻工程师就想到，“飞来飞去成本很高。既然现在有互联网，通过网络远程就能解决问题，就不需要去车间了”。有了这个想法后，研发人员就一行代码去敲，然后作诊断，实现基本功能以后又开始考虑是不是加入图形化更方便用户的使用。就是在这样的摸索过程中，远程诊断功能被开发出来。

（2）WIS车间信息管理系统（帮助用户用互联网手段管理车间作业）。以机床为中心，把作业计划、生产调度、设备管理、成本核算等信息系统全部集成在一套软件系统上，形成一个以机床为中心的车间管理信息系统，它被命名为WIS。车间信息管理系统概念很早就有，很多工厂也有自己的车间管理软

件，例如MES（制造执行系统）、ERP（管理信息系统），前者更倾向于对生产过程的控制，后者更倾向于订单和财务的管理。那么WIS和这些车间管理软件的区别是什么呢？MES和ERP实际上是两个相互独立、不能进行信息沟通的管理软件，但在车间层面上需要同时掌握两方面的信息才能有效地掌握生产过程并安排管理生产计划。在现实中，MES和ERP之间的协调由人工完成（工厂车间通常会定期把MES的调整项做成一个表，交给业务部门，然后由业务部门手动在ERP中调整过来），这就带来一个严重的问题——工人可能会虚报漏报或错报信息数据，导致信息不真实，不具有实时性。WIS的优势恰恰体现在这个地方，它是一个自下而上实现车间管理的软件系统，通过收集每一台机床产生的真实数据来为管理者提供生产信息，并且通过互联网可以保证数据的实时传输。

i5系统专门针对互联网应用推出了用于智能机床联网的iPort协议，目前已经发布到V3版本，具备强大的信息透明能力。比如，基于iPort协议，i5系统配合最新的租赁商业模式打造了租赁功能，销售人员可以通过网络进行设备锁定解锁等操作，租赁功能还可以提供加工计时、加工计件等功能，为租赁模式的灵活配置提供技术和数据支撑。

i5系统通过与网络和信息技术充分融合，实现了“围绕机床全生命周期的智能化解决方案”。应对美欧“工业互联网”和“工业4.0”，沈阳机床在积极跟踪的基础上，基于i5核心技术，结合我国国情提出了我们自己针对未来制造方式的技术路线与解决方案：基于i5智能机床技术的云制造平台（iSESOL）。

iSESOL平台通过互联网技术与i5核心技术的结合，将工艺技术、设

计人才和高端设备等各类资源进行有效组合，实现社会存量制造能力的发现和释放，提升制造业综合效率，改变社会生产方式和业态，为全民创业，万众创新提供了良好的实现平台，打造中国制造新的核心竞争力。iSESOL平台与i5核心技术的结合打造出了世界领先的工业4.0样本，为世界同行所瞩目。

四、i5技术在航空航天领域的应用

以航空发动机制造企业为代表的高端装备制造企业对高档数控机床和数控系统具有很大的需求。航空发动机在恶劣工作条件下仍需具备高可靠性、长寿命、节能环保等基本要求，其零部件具有结构复杂、制造加工难度大、加工精度要求高等特点，需要大批高档数控机床和高档数控系统，如五轴联动数控机床。

i5可以提供同面向2轴、3轴、4轴、5轴等数控机床应用的智能数控系统解决方案（见图11），支持主流12种摇篮摆头五轴结构、刀尖点跟随功能，实现四个插补通道的并行控制，完全满足高端装备行业的加工需求。适用于航空航天等高端装备行业中的铝合金、钛合金、复合材料、结构件及回转类复杂、异形零部件的五轴联动加工。

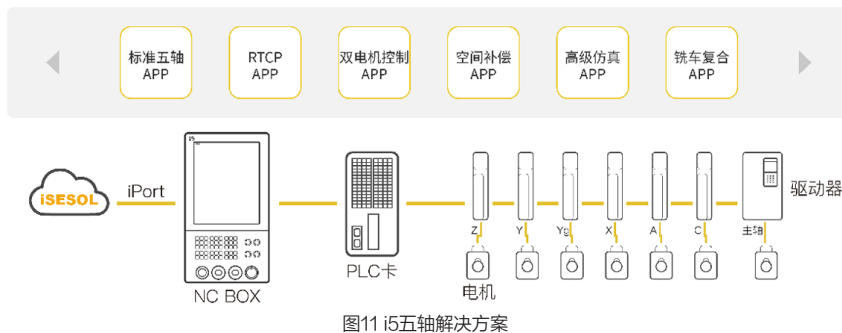


图11 i5五轴解决方案

RTCP:一般手动测量旋转中心位置数据的操作比较复杂，对操作人员的技术要求较高。而RTCP标定旨在通过循环程序和用户界面的配合，简化操作过程，减低操作难度，使普通机床操作人员也能轻松完成测量任务。

三维仿真：加工过程的安全性是任何企业都不能忽视的，对于航空件加工企业更是如此。大型的航空部件，轮廓尺寸大，撞机危险高，其加工机床多为大行程五轴联动机床，毛坯件体积巨大且材料昂贵。在加工过程中，航空件一旦发生碰撞，其为企业带来的损失是巨大的。三维仿真功能在加工之前和加工过程中可全程提供和使用全机床仿真最大程度保证了现实与虚拟的匹配。

安全退刀：航空航天五轴加工非常重要，“虚拟刀轴”在此很有意义，通过手轮“虚拟轴”功能使刀具沿当前刀具轴移动。安全功能对以下情况特别有帮助：

- 五轴轴加工程序中断运行期间，要沿刀具轴退刀时；
- 手动操作模式在刀具倾斜情况下，用手轮或外部方向键执行操作；
- 加工期间沿当前刀具轴用手轮移动刀具。

针对航空铝合金肋板类零件，存在大量的斜面加工，i5系统定制开发了斜面加工功能，斜面加工可以实现一次装夹中完成不同方向、不同角度的多个斜面的打孔、攻丝、铣削等多种加工工艺。减少了装夹次数，降低了劳动强度，缩短了产品的生产周期，提升了零件的加工精度，保证了产品质量的一致性。

cycle800用于定义斜面上的工件坐标系（见图12），便于斜面加工，便于简化编程。主要通过设置基准点、绕X/Y/Z线性轴旋转的角度、旋转后的零点，来实现新的工件坐标系定义。

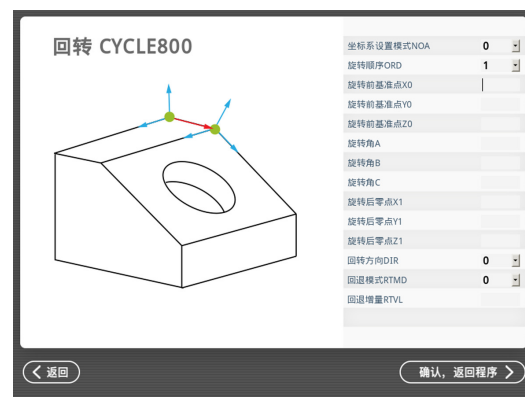


图12 斜面加工

铣车复合功能在加工这类钣金零件显得尤为突出，在程序控制下根据加工需要，轻松切换车削与铣削加工方式。用户完全自由地决定如何和何时使用这两种加工方式。切换时，系统负责所有必要的初始化工作，包括回转中心的处理，车削自动变成直径显示，刀偏表也提供对于车铣半直径不同的设定方式。

五、结语

为了确保航天产品质量、缩短制造周期，使得关键数控技术自主可控，我国高端制造领域大多数采用进口数控系统，关键制造设备，受制于人。i5数控系统与相关机床企业、用户企业紧密合作，努力推动国产数控机床在高端制造业精密零件制造中的示范应用。国产高端数控机床及其共性技术的可靠性、稳定性、实效性等得到了充分验证，关键制造装备，实现了自主可控。同时，通过相关标准及规范的推广，实现国产高档数控机床的推广应用，对新一代高端装备制造水平的发展具有重要意义。□

民族数控——高端数控机床领域补短板

广州数控设备有限公司

数控机床是装备制造业最重要的“工业母机”，其技术水平代表着一个国家的综合竞争力。数控系统是数控机床的核心组成部分，被誉为“机床的大脑”，但是长期被国外企业所垄断，特别是航空、航天等重点领域所需的五轴加工、复合加工、重型、龙门等高档数控系统大多采用进口品牌。

一、研发背景及市场分析

中国数控机床产业发展的历史进程证明，高档数控机床的关键核心技术是不能依靠引进的，必须立足于自主创新，必须研发出属于中国自己的核心科技。高档数控机床是实现工业现代化的基石，发展高档数控机床，既是工业和信息化领域深化供给侧结构性改革、加快推进制造强国建设的客观需要，也是实施军民融合深度发展战略、确保国家安全的紧迫要求。

我国是世界机床制造第一大国，但同时也是世界第一大机床进口国，低端产品过剩、高端产品进口，我国虽然有庞大的生产能力，但却缺乏技术先进的成套生产设备，机床工业大而不强制约着我国工业整体水平的提升。高端数控机床的核心零部件及高档数控系统依赖进口的局面没有得到根本改变。从整个工业发展看，工程机械、纺织机械、轨道交通等各行业结构升级正在倒逼机床工具产品越来越智能化，导致数控系统、功能部件的“短板”愈加突出。

广州数控设备有限公司（简称广州数控）成立于1991年，拥有国家认定的企业技术中心、博士后工作站，是中国机床工具工业协会2020-2021年度当值理事长单位，全国机床数控系统标准化技术委员会主任委员单位，曾获国家科技进步二等奖、制造业单项冠军（机床数控系统）示范企业称号，累计生产销售机床数控系统配套数控机床超100万台，每年产销数控系统近10万套。

广州数控拥有近500名研发人员，1000名工程技术人

员。与上海交大、哈工大、西交大、华南理工、广东工大等组建了联合研发中心。10余年来累计投入用户培训服务、生产技术改革、技术开发费达20多亿元。企业现有12万平方米生产试验基地，实验仪器设备近千台。

经过多年的技术攻关，在承担国家专项的基础上，在数控系统领域取得了相关成效，主要体现在数控控制装置、直驱技术的直线电机、力矩电机、伺服驱动单元等，并配套在多种机床上测试。

二、技术成果

在承担及参与国家科技重大专项多项任务的基础上，广州数控以振兴民族企业、赶超国际先进为宗旨，大胆创新，经过30年的技术积累和攻关，形成了以GSK25i、218、988系列产品为代表的中高档数控系统，打破国外技术垄断，取得了包括五轴联动、复合加工、齿轮加工、非圆加工、GSK-LINK总线、高速高精加工、高性能伺服系统等多方面技术突破。

同时，广州数控自主研发的伺服驱动、伺服电机也完成了系列化开发，形成了近百个规格的产品，“三位一体”成套配套能力显著增强，是国内数控系统产品产业链内布局最全的企业之一。



广州数控目前已形成年产20万套数控系统、40万台伺服电机的产能，不仅使国内外客户越来越多地选用“GSK”系列数控系统，而且使他们对中国数控系统增强了信心，极大扩展了国内数控企业的生产空间，带动了数控行业上下游企业的发展，有效推动着我国机床的数控化率和行业发展水平的提升。

同时，广州数控通过主持或参与国家标准、行业标准制订，提升了企业标准水平，规范完善了我国装备制造业标准体系和数控产品及其功能配件的标准体系，促进了上下游紧密衔接的产品供应链，增强了数控系统行业上下游产品的兼容配套能力，推动和促进了行业发展。

三、技术亮点和创新点

(1) GSK 25i数控系统

五轴联动高档数控系统，GSK 25i数控系统是采用当今数控系统领域前沿科技的高性能高可靠性CNC系统，产品已经通过欧盟CE和德国TUV认证，系统功能强大，操作方便。



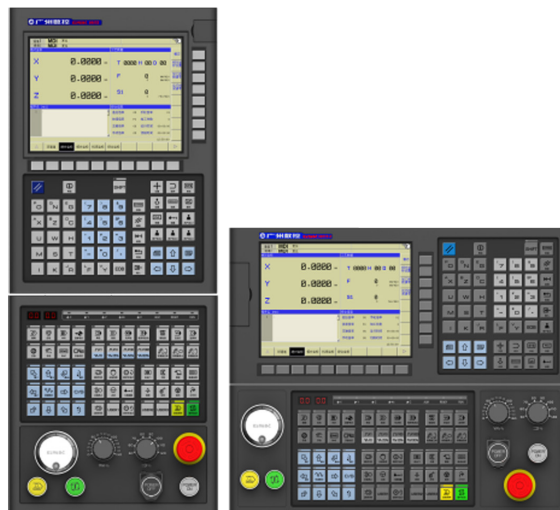
系统采用基于工业以太网的GSK Link工业现场总线，用于机床数控系统各组成部分互连通信，具有五轴联动RTCP（Rotated Tool Center Point，刀尖点跟随功能）、高速高精加工、全闭环控制等功能，已在航空、航天、能源、汽车等行业广泛应用，特别是在航空发动机、汽轮机叶片加工上，是目前国内五轴功能技术较先进、功能较强大、应用较广泛、综合性价比较高的中高端数控产品。

功能主要有：8轴5联动，支持PC+NC开放型架构；五轴RTCP(刀具中心点控制)；倾斜面（3+2定位）加工；切削进给速度自适应控制；支持智能工厂网络；适用于多功能加工中心、镗、铣、钻、车、磨、复合机床。

(2) GSK 988TD系列数控系统

GSK 988TD全系列产品基于双核硬件架构，支持

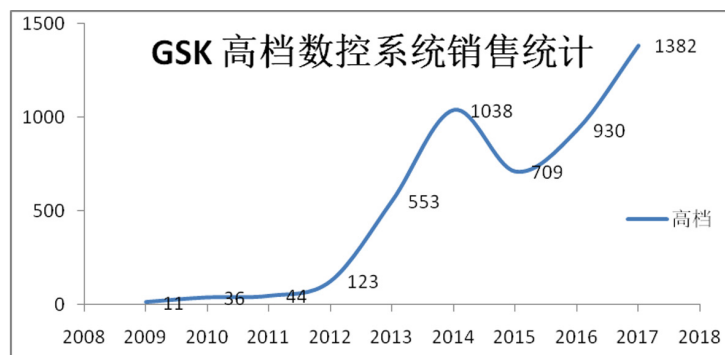
自主知识产权的GSK-Link工业以太网总线与伺服驱动单元、远程IO单元相连，也支持EtherCAT（Control Automation Technology以太网控制自动化技术）总线，连接标准CoE接口伺服和IO单元。



技术特点：支持单/双通道（合计12轴/6主轴）；可实现高速高精小线段程序加工；可选主轴同步控制、倾斜轴控制；具有进给轴同步控制、多边形加工、多套G代码格式、自动断屑、高速螺纹加工和极速螺纹退尾、加加速度控制等功能；支持网络远程监控/Modbus协议；可进行车铣复合加工。

四、应用领域

GSK高档数控系统主要应用于高端加工领域，致力于铣车复合、多轴联动的复杂加工研究，满足当前模具、汽车等重点领域对国产数控系统的加工需求。



1. 航空发动机、汽轮机叶片加工

(1) 配套XKH800Z、XKH400A五轴叶片加工中心



用于加工航空发动机、汽轮机叶片，已向成发、西航、黎明、无锡透平等多家企业交付产品，8轴5联动、机床最高速度24m/min、主轴最高转速10000r/min。叶片叶身部位对表面光洁度、轮廓精度、加工效率（翻边时的速度）要求较高，通过数控系统的RTCP功能实现了多轴联动加工，完成复杂的空间曲面加工；在加工过程中，对刀具路径进行有效的过滤、平滑，保证加工效率和加工质量。实测算法优化后叶身精加工时间7分22秒，比原加工提高效率约27%。

（2）FSW4080六轴龙门搅拌摩擦焊

6轴5联动龙门搅拌摩擦焊接机，AC摆角主轴头，工作台面积4000mm×8000mm，程序运行中要叠加空间刀轴方向手动进给调节加工深度，主要用于航天领域运载火箭、空间站的零件焊接。利用系统的RTCP功能控制加工轨迹，实现空间曲面加工。可实现三维空间曲线焊接，接头疲劳强度远优于熔焊；具有焊接质量高、高效、无变形、接头强度系数高等优点。



2. 配套珩磨机床实现在汽车发动机领域的应用

数控珩磨是汽车发动机缸体/缸套等精密偶件加工中必不可少的关键技术，珩磨的质量直接决定了发动机的动力性能、油耗、排放、可靠性及使用寿命等。

自2011年开始，广州数控联合大河机床厂进行珩磨技术的攻关，推出了国内第一款珩磨数控系统产品，解决了该领域长期受制于人的局面。目前珩磨数控系统已在神龙汽车、中原内配等众多发动机厂家配套应用。



3. 进口高端机床国产数控改造

通过进口高端数控机床的改造，证明了国产数控系统的配套能力，扩大了国产高端数控系统的影响力。近两年来共向客户交付20余台应用国产数控系统再制造的进口高端数控机床，包括德、美、日、瑞士等国制造的五轴加工中心，五面龙门机床，卧式、立式加工中心，车铣复合机床和车削中心等。

五、结束语

广州数控以发展中国民族制造品牌为使命，扛起振兴智能装备制造业的大旗，始终走在自主创新的道路上。广州数控作为行业的龙头企业，积极承担国家重大科技攻关项目，并深入开展科技成果的推广应用，取得了丰硕成果。

依托多年来在高端数控系统及机床研究方面的技术沉淀，广州数控将与机床企业、高校、科研机构深入融合设计研发，研制出新一代高端数控系统、直驱伺服、直线电机、直驱转台，解决高端数控系统及机床高精高速、精度保持性和可靠性的技术瓶颈问题。□

开放式、智能化的“蓝天数控”在航空制造领域的应用实践

沈阳中科数控技术股份有限公司、中科院沈阳计算所高档数控国家工程研究中心

随着新一代信息技术的发展及其与先进制造技术深度融合，全球兴起了以智能制造为代表的新一轮产业变革。而物联网和各种新型设备的不断涌现推动了边缘计算的产生。边缘计算充分利用物联网终端的嵌入式计算能力，与云计算结合，通过交互协作实现系统整体的智能化。

数控系统作为制造技术与信息技术融合的产物，“工业4.0”、工业互联网以及“智能制造”的发展对数控系统的设计提出了新要求，万物互联时代的到来为数控系统智能化提供了新方向。

在开放式数控系统的基础上，通过将工业物联网、边缘计算、数字孪生、人工智能等新一代信息技术融入数控系统，开展基于边缘智能的开放式数控系统的研发，在确保加工控制要求的基础上，进一步实现数控系统对加工过程的泛在感知及智能控制，以增强系统加工处理能力；并通过智能编程、智能故障诊断和远程监控，以及设备故障的预测诊断等功能，提升数控机床的性能和可靠性，提高复杂零件的加工效率和质量，在航空航天、汽车制造等领域具有广泛的应用前景。

本文通过分析智能制造与新一代信息技术对数控技术产生的新要求，提出了基于边缘智能的开放式数控系统的多维度需求框架，建立了可重构数控系

统平台、基于信息终端的工艺链集成以及基于工业大数据产品生命周期管理体系结构，研制了“蓝天数控”系统，并通过航空制造领域关键零件的加工控制应用，探索了实现基于边缘智能的开放式数控系统的实现路径。

一、数控系统的新需求

作为制造技术与信息技术融合的产物，数控系统伴随着信息技术的发展而不断演化。传统的数控系统为满足其对功能与性能安全、可靠的要求，通常采用封闭式结构。PC技术的发展推动了数控系统从封闭走向开放，并促使其使用成本的降低。

开放式数控技术不仅使数控系统在制造车间得到普及，也为融入新的技术奠定了基础。近年来，信息与通信技术的发展，特别是传感器、物联网、大数据、人工智能以及边缘计算的发展，为研制智能化数控系统创造了条件，并对数控系统提出了新的需求。

(1) 将边缘智能应用于数控系统，以满足系统实时性及隐私性要求。

(2) 将智能控制技术与自动化技术融合数控系统，以提高加工的精度、质量和效率。

(3) 通过工业互联网技术实现加工过程的感知及与智能工厂的融

合，实现数控系统与数字化车间的互联互通。

(4) 通过数字化技术实现工件设计与编程、机床配套调试的优化、加工过程仿真等工序链的一体化。

(5) 通过互操作技术将数控系统与车间工艺与企业信息系统整合在一起，为数字化和无纸化生产，实现智能工厂奠定基础。

另一方面，近年来智能制造在航空航天领域的推广与应用，也使数控机床不再单纯是加工设备，而是智能工厂/数字化车间的重要组成部分。智能制造的批量客户化的制造需求，要求将加工现场的感知、大数据处理、数字化建模、智能决策等新功能集成到数控系统中，形成制造过程的闭环，研制基于边缘智能的开放式数控系统（见图1），建立系统在不确定环境中的智能行为，应对不确定的市场环境，是数控系统的开发与应用的新的方向。



图1 开放式、智能化数控系统

二、基于边缘智能的开放式数控系统

针对新一代信息技术发展以及航空航天等领域的智能制造需求,本文基于开放式“蓝天数控”产品,提出了一种多维度的基于边缘智能的开放式数控系统框架(见图2),由功能/性能、工艺链、产品生命周期三个维度要求组成:

(1) 个性化功能/性能需求。客户化制造模式要求系统满足可扩展、互操作、可移植、可伸缩。

(2) 工艺链集成需求。在网络化制造环境下,数控机床不再是孤立的结点,而是整个制造系统中的重要环节。工业互联网、互联互通及互操作技术的发展,为促进产品设计、工艺、加工的一体化,实现制造过程闭环提供了支撑。

(3) 生命周期管理需求。物联网、工业大数据以及人工智能技术的发展,为开展故障诊断、运行状态监测、设备健康管理等提供了技术支撑。



图2 开放式、智能化数控系统的多维度需求

针对个性化功能/性能需求,系统在硬件上采用M:N的可重构方式,软件上采用基于中间件的二次开发平台,建立可重构的数控系统平台;针对工艺链集成需求,通过研制基于信息终端的网络化平台,以支持制造过程工艺链的集成;针对生命周期管理需求,通过构建包含制造、用户、运行、诊断的大数据平台,开发相关支持工具,以实现数控产品生命

周期的管理。

1.可重构的数控系统平台

可重构的数控系统平台由软件平台和硬件平台组成。如图3所示,硬件平台包含人机接口单元(HMU)和控制单元(NCU),采用M:N的可重构方式,即根据客户需求,可实现多个人机接口单元对应多个控制单元。每个控制单元通过现场总线实现对驱动器、I/O单元、传感器网关的控制。传感器网关支持有线/无线传感器介入。无线方式包括WiFi、RFID等无线射频方式。传感器通过广播同步与总线同步相结合的方式,实现传感器数据的采集与控制信息的同步。

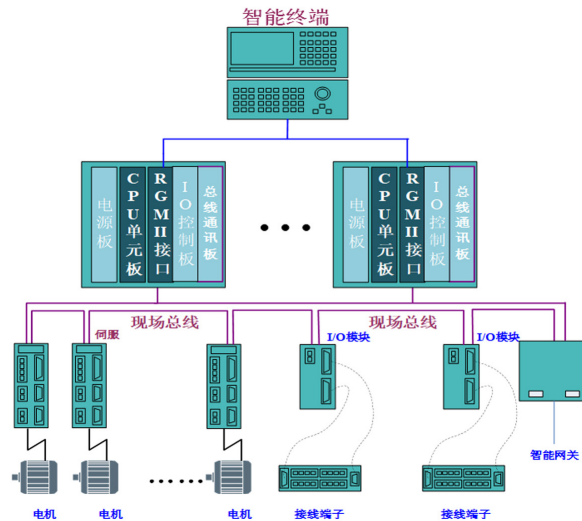


图3 可重构硬件平台

软件平台采用基于中间件的层次化结构,以支持用户个性化功能的开发(见图4)。其中,智能化中间件具有支持运算、插补、控制、I/O、工艺及人机交互的组件库,以实现数控系统实时、非实时及人机界面的控制;数据共享区为组件库提供数据源;基于Web服务模块实现数控系统与其他单元的数据交互,支持数据采集与云端应用。二次开发接口包含由基于QT跨平台图形引擎、Android SDK等形成数控系统二次开发平台的开发工具链,基于图形显示、组件操作、工艺编程、任务管理、状态监控的二次开发接口库,基于移动终端智能APP软件的应用管理器,以及任务管理、机床监控及诊断等个性化功能的二次开发和跨平台APP应用的开发和管理。

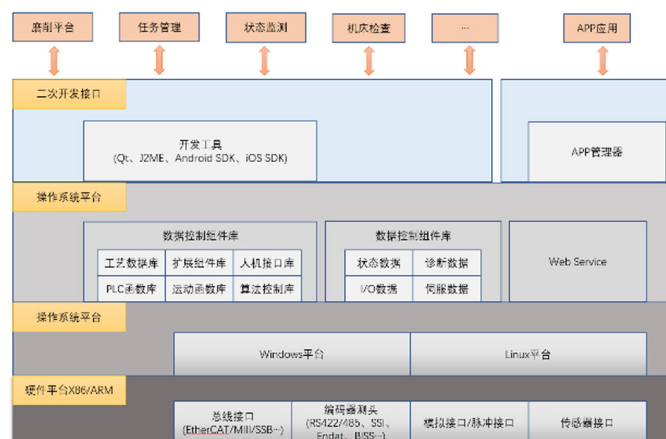


图4 基于中间件的二次开发平台

但随着数据采集技术的进步与人工智能应用的不断加深，由此也引出数据量过大导致的网络传输延迟大、数据传输代价高以及计算安全和隐私风险等问题，无法有效满足需即时响应的用户对计算服务的需求。

在此基础上，由边缘计算与人工智能融合而成的边缘智能范式为解决上述问题提供了有效保障。边缘计算将计算资源和服务从远离用户的云端下沉到网络边缘侧，从而有效降低网络延迟和带宽消耗；在更靠近用户和数据源头的网络边缘侧利用Docker、Kubernetes等容器化服务部署架构训练和部署深度学习模型，从而改善AI应用的性能和成本。

基于人工智能的边缘计算解决方案需要实现云端、边缘与终端设备三者间的协同作用（见图5）。边缘端通过有线网络和无线网络从数控系统平台采集高频数据，在边缘网关与服务器端实现数据过滤、时序匹配、数据压缩、数据缓存以及数据打包等数据预处理和数据存储服务；边缘服务器利用有限的计算资源完成具有实时性要求或数据敏感的智能应用，并将应用反馈的决策信息反馈给数控系统；对于边缘难以完成的任務，边缘端将预处理得到的结构化数据发送至云端完成，从而实现云边端在计算、存储等资源上的协同。

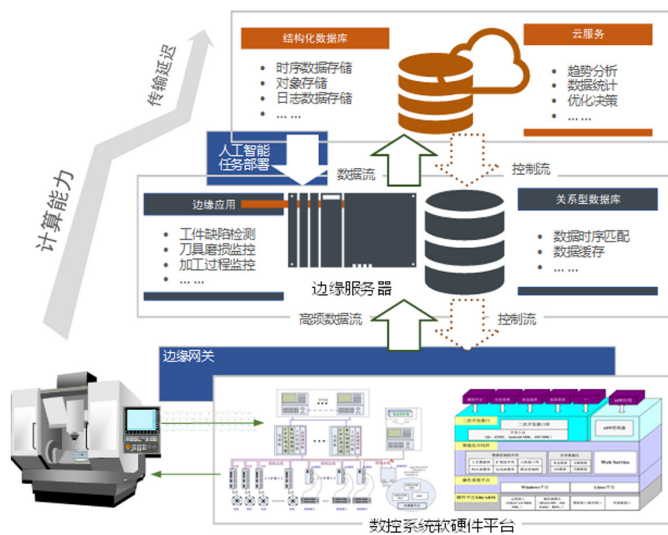


图5 基于人工智能的边缘计算解决方案

2. 基于信息终端的工艺链集成平台

围绕工艺链集成需求，基于“蓝天数控”的开放式体系结构，构建了基于信息终端的网络化平台（见图6）。通过信息终端，建立智能设备、生产单元、车间的信息通道，支持设备间的互联互通及互操作，实现制造过程中工艺参数、设备状态、业务流程等数据、多媒体信息以及制造过程信息间的交互，从而确保“编程仿真→工艺辅助→

加工准备→加工过程→工件测量”的制造过程工艺链的集成与闭环控制。

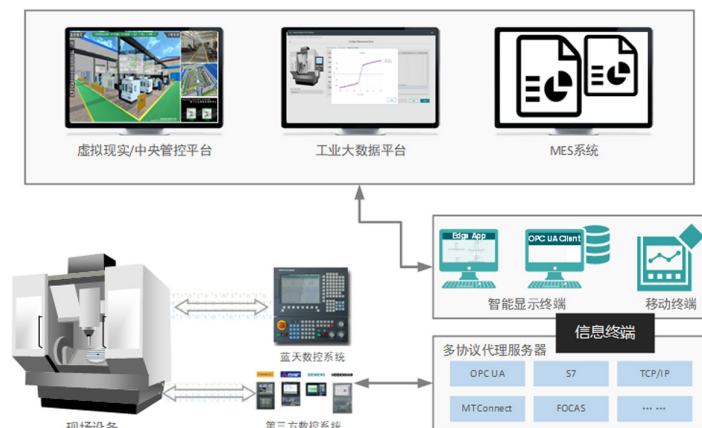


图6 基于信息终端的网络平台

信息终端由支持多平台的显示终端与多协议网络代理服务器组成，其中代理服务器通过融合不同厂商的通讯协议，建立统一的数据模型，实现信息终端与蓝天数控系统、第三方数控系统，以及相关现场设备的互联互通及互操作，并为工业大数据平台、MES系统、虚拟现实与中央管控平台提供数据共享接口，实现智能化数控系统与车间智能设备和制造执行系统的信息集成。

3. 基于工业大数据产品生命周期管理平台

基于采用信息终端的网络化平台，通过解决工业大数据采集、存储、管理与挖掘等关键技术，研制了汇聚生产工艺参数、设备状态等工业大数据信息平台，为开展产品生命周期的管理奠定基础（见图7）。基于大数据平台，通过对产品制造信息、用户档案、产品跟踪、调试维护、参数导航、故障诊断等数据信息的采集，实现产品生命周期管理，具体包括生产制造、安装调试、诊断维护、改进升级等管理。

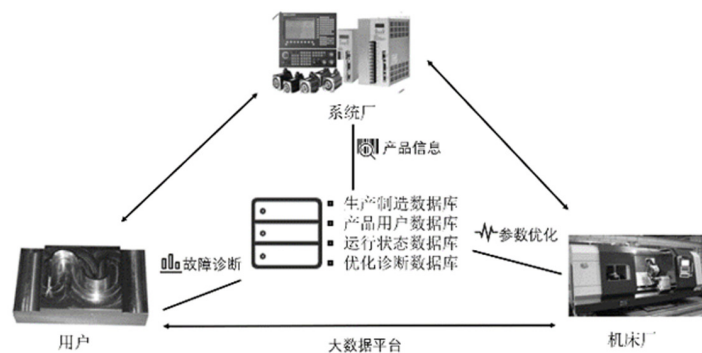


图7 基于大数据的产品生命周期管理

生产制造管理根据产品制造过程中的生产、组装、测

试等信息,建立产品的生产制造数据库,包括生产批次、功能测试、参数设定、质量检验等生产信息。产品安装调试管理按照客户的个性化需求建立用户档案,当数控系统在机床厂进行配套后,可将产品与机床的匹配参数上传到产品用户数据库中,实现对产品的跟踪管理。当数控机床到最终用户进行加工应用时,产品用户数据库可以根据机床的具体加工对象,对数控产品的初始参数进行导航设置。当产品出现故障时,设备的故障类型、故障原因、维修记录等信息上传到故障维护数据库中。同时,故障维护数据库利用大数据以及专家系统,综合设备参数、设备运行状态、故障类型、故障原因、故障维修记录等信息,给出设备故障的原因分析与维修建议,以实现对产品全生命周期的管理。

三、“蓝天数控”及应用实践

基于边缘智能的开放式“蓝天数控”系统,由车间网络层,控制层和设备层三个层次组成。车间网络层通过工业以太网实现车间设备与数控机床的互联互通,通过信息终端实现工艺链的集成与互操作;控制层采用M:N的可重构方式,通过基于中间件的二次开发平台实现客户化个性化功能的开发;设备层通过智能网关实现传感器的介入以及智能应用的部署,支持加工现场的感知和产品全生命周期的管理。

基于边缘智能的开放式“蓝天数控”系统,针对航空制造领域飞机结构件、发动机叶片等关键部件的制造需求,开发了相应的数控系统,以对系统的个性化功能/性能、工艺链集成以及产品全生命周期管理进行应用验证。

其中,动梁桥式龙门双闭环反馈同步控制,对系统运动控制层面的个性化功能/性能需求进行了验证;双通道11轴激光微孔冷加工数控机床、双通道14轴数控砂带磨削中心,对系统工艺层面与运动控制层面的个性化功能/性能需求进行了验证;航空制造领域数字化车间验证了基于信息终端的工艺链集成与数控设备生命周期管理需求。

1. 动梁桥式龙门双闭环反馈同步控制

针对GMC2060U五轴动梁桥式龙门加工中心(见图8)及GMC3060/GMC2060高速龙门铣床的特点,6米长的龙门轴X轴要求采用4个电机同步驱动,同时完成消除任务,并且在双驱龙门两侧同时安装了海德汉的距离编码格式的光栅尺作为位置检测反馈系统。要求系统既要保证4个电机的同步驱动控制及扭曲量误差,又要保证静态及动态的间隙消除,同时还要完成双尺的全闭环检测实时反馈的任务。



图8 GMC2060u类设备动梁桥式龙门结构

针对上述控制要求,“蓝天数控”系统采用EtherCAT高速总线通讯技术,由上位数控系统主机作为主站,与作为从站的各电机驱动器进行时间轮询的实时通讯,通过数据给定、全站点状态监测、速度、位置、电流等三环采集、双尺位置及误差扭曲数据反馈、报警机制实时处理,并通过系统的智能调节、调整及自整定,以及驱动侧的工艺调节器的配合、优化等一系列核心算法,实现了配套应用。

2. 双通道11轴激光微孔冷加工数控机床

双通道11轴激光微孔冷加工机床(见图9)是集光、机、电、检测于一体的复杂系统,其控制对象包括:机床轴运动控制、激光器功率监测与控制、复合光束扫描模块控制、光束指向监测与调整控制、光学扫描头切换伺服控制、终端监测控制、恒重叠率螺旋扫描控制和非圆平面扫描加工控制、以及三维检测辅助定位控制等。



图9 激光微孔冷加工数控机床

“蓝天数控”系统通过采用多通道控制、RTCP、高速程序预处理、焦距测量、三维测量、光路切换、四光楔扫描,以及功率检测等功能,实现一个通道5轴联动用于叶

片工件姿态转换，一个通道6轴联动用于激光设备光束指向调整和打孔检测。设备适用于各类金属，非金属材料表面的微结构处理，微腔、型腔、盲孔、通孔、异形孔、异形槽、复杂形貌微结构的切割加工。

3.双通道14轴数控砂带磨削中心

针对航发精锻叶片自适应砂带磨削中心（见图10）的特点，采用双工位14轴的机床设计，其中七轴五联动数控砂带边缘磨削工位实现航空发动机叶片型面的磨削加工，七轴六联动圆角磨削工位实现根部转角、阻尼台或叶尖等易干涉部位的磨削加工，磨削中心具备在机检测、快速模型重构、快速装夹、自适应磨削功能。

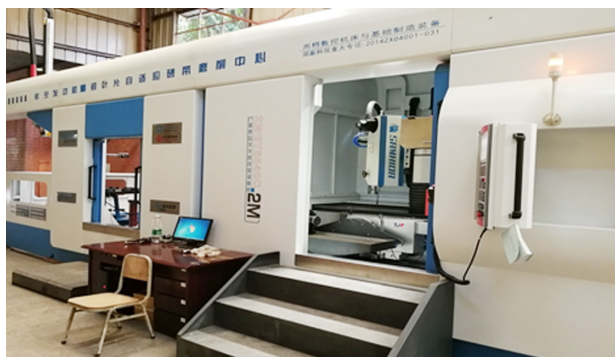


图10 砂带磨削中心

围绕机床的控制要求：双通道、耦合轴、五轴联动、全闭环反馈、砂带张力控制等，通过开展多通道多轴联动砂带磨削运动控制方法、加工过程干涉检测技术、磨削轨迹优化技术、收放卷自适应磨削技术、数控系统与砂带磨削中心系统集成技术等关键技术研究，研制面向航发精锻叶片自适应砂带磨削中心的数控产品，实现了一次装夹完成多种尺寸和规格的发动机叶片叶尖、型面、进/排气边、叶根圆角和凸台过渡区部位的磨削集成加工。

4.支持工艺链集成与设备管理的数字化车间

围绕航空制造领域数字化车间对工艺链集成的需求，通过开展设备互联互通、边缘智能、工业大数据管理、数字孪生与3D数字可视化等关键技术开发，解决了从设备控制到车间管理的数字化车间关键技术，建立了从设备层到车间层及企业层的数据通道，实现了机加设备、检测设备、后处理设备、物流设备、仓储设备等现场设备的互联互通，形成了基于边缘智能的数字化车间成套解决方案（见图11），包括基于工业互联网的设备互联互通平台、工业大数据平台、3D数字可视化平台、故障预测与健康管理平台、能耗监控管理平台、网络化实时视频监控平台等。

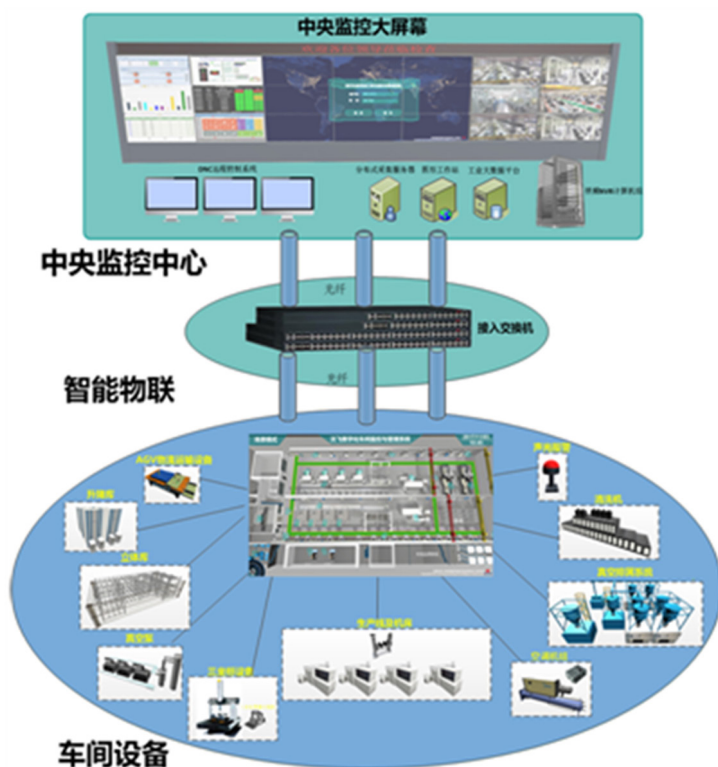


图11 支持工艺链集成的数字化车间

基于数字化车间提供的网络化平台，进行了智能故障诊断与远程监控的开发（见图12），实现了数控系统对加工过程的全面感知及智能控制，提高了设备故障的预测诊断能力，增强系统的处理能力，提升了数控机床的性能和可靠性。□



图12 设备的维护与可视化管理

【编者按】随着机床行业转型升级的日渐深入以及制造业整体提升的趋势日趋明显，机床工具行业多层次、复合化、全方位的人才需求缺口不断加大，人才问题的紧迫性与重要性更加凸显。目前，全行业都在关注各类人才选拔、培养问题，特别是对于一线技能人才更是求贤若渴，各企业都在努力实践和探讨行之有效的思路 and 做法。令人欣慰的是，我们行业已经有很多企业建立了技能大师工作室，开展了很多有益的工作，在技能人才培养、技艺传承和企业整体提升中发挥了重要作用。为了更好地宣传企业技能或技师工作室，为更多企业提供参考和借鉴，中国机床工具工业协会传媒部通过各专业分会收集了相关素材，形成系列报道宣传推广，供行业学习借鉴。

宝鸡机床集团：以“工匠精神” 打造高技能人才队伍

宝鸡机床集团有限公司

宝鸡机床集团以“匠心智造中国好机床”为使命，在振兴民族装备制造业、推动高档数控机床产业化方面做出不懈努力，发展成为以高端数控机床研发制造为主导、四大产业、七大园区协同发展的企业集团，是我国重要的中高档数控机床研发生产基地和智能制造基地，被命名为陕西省机床出口基地、陕西省智能制造试点示范企业、陕西省职业技能培训竞赛基地、第一批宝鸡市公务员特色实践培训教育基地。下辖15个子公司，总资产20亿元，员工3500人，机床年产量20000台，主营业务收入多年来居中国机床行业前列。荣获全国五一劳动奖状、中国机械工业百强企业、中国出口质量安全示范企业、中国机械工业质量诚信企业、全国机械行业先进制造领域产教融合骨干企业等荣誉。

创建55年来，宝鸡机床高度重视

知识型、技能型、创新型职工队伍建设和复合型高技能人才培养，通过坚持不懈地开展“双五”人才素质提升工程（即五级一线技能人才上升通道、五级职工创新工作室）创建，培育出一批素质过硬、技术精湛的优秀“宝机工匠”队伍。目前，公司拥有高技能人才300多人，荣获市级以上荣誉称号的达50多人，形成了以高技能人才为核心，以专业技术能手为中坚、以青年技能人才为骨干的多层次技能人才队伍，成为公司产品结构调整、转型升级的中坚力量。

从2012年起，公司开始着力创建职工创新工作室，制定实施《关于开展职工创新工作室创建工作的实施方案》，通过创建车间级、集团公司级、市级、省级、国家级五个层级的职工创新工作室，鼓励高技能人才参与公司重大项目攻关，培养更多技能人才。目前公司已经建成田浩荣国家级、杨忠州省级、李宏林市级技

能大师（职工创新）工作室。

近年来，公司依托技能大师工作室，充分发挥了工作室技术培训、质量改进、师徒帮带、技术交流四大职能，完成中高档及自动化新产品的研发、试制、装配、调试及售前售后服务任务50多项，累计为企业培养高档数控机床装配工，数控试车、加工中心操作工等技能人才40多名，开展技术讲座25场次，取得创新成果60多项。

一、工作室设立的时间和背景

1. 田浩荣技能大师工作室

创建于2012年，以全国人大代表、全国劳模、高级技师田浩荣命名，2017年被认定为“国家级技能大师工作室”。工作室主要承担国家重大专项和公司CK系列全功能数控机床的研发、试制、装配、调试、

用户样件加工任务，同时承担公司高档数控机床装调方面高技能人才培养、工艺技术攻关等工作。其主要功能是充分发挥劳模、高技能人才在技能攻关、技艺传承、技术推广等方面的重要作用，面向企业职工及大专院校开展技术培训、研修、交流等，将技术革新成果和绝技绝活加以推广传承，建成宝鸡机床集团数控机床高技能人才培训基地。

2. 杨忠州技能大师工作室

创建于2013年，以陕西省劳动模范、陕西省技术能手、三秦工匠、高级技师获得者杨忠州的名字命名，2015年被陕西省人社厅批准授予为“省级技能大师工作室”。工作室位于宝鸡忠诚精密数控设备有限责任公司，依托宝鸡机床集团有限公司“中高档数控机床研发生产基地与智能制造基地”，是宝鸡机床集团为中高档数控机床生产、调试、试车等关键工艺和制造环节建立的高技能人才培训及研发工作室，是提高中高档数控机床整机加工精度、确保机床稳定性、可靠性的重要保证，同时为用户提供成套完整解决方案，并兼顾复杂问题机床的售后服务工作，以及非典型零件加工应用的售前服务。

二、工作室主要大师及简介

(1) 田浩荣，1971年生，高级技师，宝鸡机床集团有限公司机床性能试验室装配钳工，第十三届全国人大代表。2007年被授予“宝鸡市劳动模范”称号；2008年“田浩荣床头箱主轴装配法”被授予“陕西省职工先进操作法”，并在全行业推广；2011年享受国务院政府特殊津贴，同时荣获“陕西省首届十大杰出工人”称号；2012年荣获“陕西省劳动模范”称号；2015年荣获“全

国劳动模范”称号；2018年荣获“改革开放40周年中国机械工业百名工匠”称号；2019年荣获陕西省“三秦工匠”荣誉称号。



田浩荣敬业实干，是企业数控机床机械装配方面的专家型高技能人才。累计完成中高档数控机床、国家重大专项上万台的主轴箱装配任务，培养数控机床装配人才50多名。他总结出了一套完整的轴承隔套计算公式和装配方法，成功解决了轴承预紧问题。在参加公司新产品试制和国内外售后服务工作中解决多项技术难题。

以他名字命名的“田浩荣创新工作室”先后被授予“陕西省示范性（劳模）创新工作室”、“陕西省十佳职工创新工作室”、“国家级技能大师工作室”、“全国示范性劳模和工匠人才创新工作室”，获得“全总职工创新工作室攻关项目资金”奖励。2019年作为中国高技能领军人才赴德国学习交流。

(2) 杨忠州，1970年生，1989年7月毕业于宝鸡电子工业技校，1989年12月参加工作。高级技师，现为宝鸡机床集团精密数控公司装配车间数控机床试车工。2003年荣获“陕西省技术能手”称号；2012年荣获“陕西省劳动模

范”称号；2015年陕西省人社厅命名“杨忠州技能大师工作室”领办人；2017年荣获陕西省“三秦工匠”称号；2019年被授予陕西“带徒名师”、“宝鸡工匠”称号；2020年被推荐为“全国劳动模范”（已过公示期）。



以他名字命名的“内孔8字人形油槽加工技术”、“不锈钢内三曲零件加工技术”分别获得省第三、第四届“职工先进操作法”。

杨忠州凭借精湛的业务技能不断挑战技术尖端，攻克技术难题，竭诚服务用户。先后累计完成上千台数控机床调试维修任务，帮助用户解决大量技术难题，机床故障处理的用户满意率达100%，先后解决各类技术难题60多项，完成技术创新成果20多项，出色完成了多项重大售后服务任务，实现维修服务“零投诉”、“零返修”，赢得了客户一致好评和广泛赞誉，成为“宝鸡机床”试车和售后服务的一张“名片”。是公司数控机床调试维修和用户售前服务方面的领军人物，多次荣获省、市技术能手称号。

三、工作室主要创新成就

1.田浩荣工作室

在完成常规产品生产任务的同时，积极发挥团队优势，开展技术攻关、经验推广、技艺传承和人才培养等工作，取得了显著成效。先后完成CK4363曲轴车床、轮毂自动加工生产线、CK7620P柔性加工单元、BDVL28立式轮毂车床、国家重大专项BM63150X车削中心、2MK2218D数控珩磨机、CD125、CK51125以及CK51160等20多项中高档及自动化新产品的研发、试制、装配、调试及服务任务。其4项工作法荣获陕西省职工先进操作法。

配合国家机床质检中心完成多项重大专项项目的验收工作，完成数控珩磨机的调试、数控机床生产线等交钥匙工程。工作室成员完成了国家重大专项BM63150X车削中心Z轴丝杠装配法，提出的CK51125数控立车装配工艺的改进方案、CK系列机床液压管接头改进方案、提高MC63150CZ轴重复定位精度的合理化建议、QK1219数控车床床身与床头箱刮研面的改进方案、BDVL28立式轮毂车床立柱与床身底座刮研面及床鞍楔块装配方法的改进等20多项方案（建议），均被企业采用，并分获集团公司技术革新或合理化建议一、二、三等奖，累计为企业创造经济效益500多万元。工作室累计为企业培养高档数控机床主轴箱装配、试车专业人才30多名。

工作室成员还多次受邀为陕西省、宝鸡市及四川、甘肃等地的职业技术学院进行技术讲座，交流了经验，提高了自身理论水平，累计举行技术讲座15场。工作室累计取得创新成果60多项，为企业培养高技能人才50多名。2016年由工作室成员完成

的“MTK20车铣复合中心研制过程装配技术攻关”获得全总职工劳模工作室创新项目资金20万元。

2. 杨忠州工作室

先后完成30多项攻关项目，包括：CK20\30系列数控车床涨芯夹头、可调定位夹头的设计和加工制造；CK20E系列数控车床刀座快速定位车工装制作；CK20E/30E系列数控车床刀架垫板对车床主轴中心高精快速测量工装；信号传输、光纤通讯用快接插头内三曲线螺纹加工程序的设计；CK42P/010005A数控车床Z向轴承座车床加工工装等。

通过工作室成员的传帮带和实践积累，每年为高档数控机床试车、装配及样件加工培养8-10名技术全面的专业人才，解决关键技术难题10多项，2项工作法荣获陕西省职工先进操作法，累计取得创新成果40多项，累计举行技术讲座10多场，充分发挥了工作室的四大职责：技术攻关、质量改进、师徒帮带、技术交流培训。

四、工作室及人员获得的荣誉

1. 田浩荣工作室

先后荣获“陕西省技能大师工作室”、“陕西省劳模创新工作室”、“陕西省十佳职工创新工作室”、“陕西省示范性职工（劳模）创新工作室”、“国家级技能大师工作室”、“全国示范性劳模和工匠人才创新工作室”称号。

田浩荣工作室骨干成员中，李晓佳是全国五一劳动奖章获得者、国务院津贴享受者、省首席技师、“三秦工匠”。麻建军是全国五一劳动奖章获得者、省第五届十大杰出工人。张云飞是省技术能手、省产业工匠、宝鸡市第二届十大杰出工人。赵智涛是

省劳动竞赛标兵、宝鸡市经济技术创新标兵。欧正杰是集团公司“首席质量监督师”。

2. 杨忠州工作室

先后荣获“省级技能大师工作室”、“陕西省示范性职工劳模创新工作室”。工作室有陕西省技术能手王奖旗等8名骨干成员，具有完善的工作制度、工艺流程和运作规范，配备专门恒温净化设施，为制造、研发和检测高精、高效、高速的数控机床打下了坚实基础。

五、主要做法及经验体会

工作室成立以来，公司以“建设一流培养基地，吸纳一流人才队伍，构建一流的培养模式，培养一流的高端人才”为目标，坚持高起点、高标准、严要求，先后投入100多万元对两个工作室进行了装修改造，建成了30多平方米的标准化恒温净化“床头箱精密装配操作间”，增添了箱体装配、检测所需的各项配套设施和辅助工位器具，工作室配备了办公桌椅，购置了专业图书资料，摆放了50多件工作室加工样件和技术革新成果实物，建立了“阅报栏”和“学习交流园地”，使工作室在环境、设备、人员、技术资源等方面全部达标达效。

宝鸡机床建立职工创新工作室主要目的，一是集中公司高技能人才智慧和经验，解决机床在生产、装配中的工艺技术难题，进行工艺攻关和技术改进；二是为企业培养更多的技术拔尖人才。工作室运行以来，通过不断的改进完善，在领办人田浩荣、杨忠州及全体成员的积极努力下，工作室目前设施齐全、制度完备、运作规范、成效显著，成为企业新型高技能人才培养、科技攻关、集成创新的重要载体，也是企业职工群众性经济技术创新活动的“示范窗口”。

工作室累计取得科技创新成果百余项，成员每年在公司技术革新、小改小革、合理化建议和QC活动中均有项目获奖，已有30多项成果获得陕西省职工先进操作法、省级QC成果奖，为企业培养了高技能人才上百名，在中高档数控机床的研发、试制、生产、服务方面积累了宝贵经验。从工作室出产的上万台设备，质量稳定可靠，在市场上赢得了极大的美誉度，有力提高了“宝鸡机床”的市场占有率，在保证机床产品质量的稳定性、可靠性方面做出了突出贡献，成为企业结构调整、转型升级、提质增效的一支“中坚力量”。

在工作室建设中，公司工会作为工作室管理的牵头部门，先后制订了《职工创新工作室管理办法》、《工作室中长期发展规划》、《工作室技术革新成果管理办法》等，并将工作制度、工作职责等制作上墙，人手一册。在管理上，按照“集团工会牵头抓、车间具体抓、工作室领办人负责制”的管理模式，根据年度、季度、月度工作计划，细化工作室成员的岗位职责，将技能培训、小改小革、技术攻关、发挥传帮带作用等作为对工作室成员的主要考核目标，每周召开一次工作例会，进行工作总结讲评，公布考核结果，开展技术攻关和经验交流。公司工会与工作室成员按年签订《工作室成员任务书》，对攻关项目、师徒帮带、技艺传承等内容做出详细安排，并以此为依据每季度进行考核。

在各级组织的关怀帮助下，工作室共获得资金扶持200多万元，其中集团公司给予建设经费60万元，国家补贴工作室建设资金40万元，各项配套资金及时到位，为工作室的发展提供了强有力的资金支持。公司建立工作室资金专用台帐，收支两条线，做到各项资金使用公开、透明、合规、合法，资金使用情况良好。□

上机李云龙创新工作室：攻克难关，解决难题

上海机床厂有限公司

2018年11月16日上午，上海机床厂有限公司（简称“上机”）“李云龙创新工作室”揭牌仪式在生产制造部恒温室举行，公司总经理芦华、党委书记曾愉为工作室揭牌。

一、工作室成立背景

成立“李云龙创新工作室”，是上机公司围绕上海电气三步走发展战略部署和企业发展方向做出的一项重要举措。上机公司作为传统的精密制造企业，要实现高质量高效率发展，首先就是要不断实现技术创新与制造工艺的创新，不断攻克制造过程中遇到的关键性工艺难题和技术瓶颈，提高产品质量，赢得市场。

当下，弘扬工匠精神，做强“中国制造”，已成为全社会的共识。做一个有知识、有技术、有经验、有绝活的“中国工匠”，也已成为每一个技术工人追求的目标。“李云龙创新工作室”不仅使企业有了一个推进技术与工艺创新的新平台、新载体，同时也有了一个技术与技能人才培养、成长的基地和摇篮。工作室的建立，对发挥劳模的示范效应和技术技能引领作用，激发公司广大员工学习技术技能的热情，提升职工队伍整体素质，推进产品技术与制造工艺进步，进一步促进公司转型升级，具有十分重要的意义。

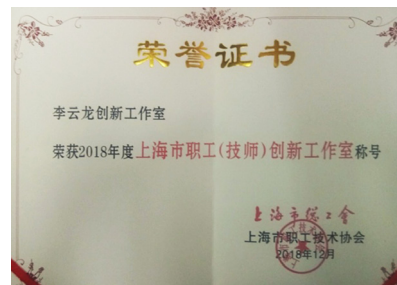
二、工作室主要大师及简介

（1）李云龙，1963年生，现任上机生产制造部磨工高级技师，曾获2010年度上海市劳动模范称号，2007年中国机械工业联合会“技术能手”称号，2004~2006年度杨浦区“先进生产工作者”称号，2008年被评为杨浦知识创新区首届百名“产业精英”，2009年被评为杨浦区知识创新区第七批“（高技能）拔尖人才”，2018年被评为杨浦区“首届工匠”，2018年获得上海电气集团“李斌式职工标兵”称号，2018年被聘为上海电气集团“首席技师”，2019年获得上海电气集团“优秀共产党员”荣誉称号，2020年荣获自动化集团“卓越员工”称号，2020年9月获得“上海工匠”称号。



上机是中国精密磨床制造企业，李云龙同志作为一线磨工高级技师，多年来在工作岗位上立足本职、爱岗敬业、钻研技术、精益求精，为企业的经济发展和产品制造做出了应有贡献。他素以擅长高、精、尖零部件磨削加工而著称，他的技艺是公司员工一致公认的“绝活”，在长期的岗位实践中，他用创新磨削方法先后攻

克了许多磨削加工难题，是典型的集知识与技能于一身的技术工人。在成为尖端磨削领军人物的同时，为车间解决了大量技术难题，为上机的发展做出了突出贡献。



（2）徐建彬，1989年生，现任上机生产事业部数控机床操作技师，主要从事精密箱体类零件加工，曾荣获2010年上海电气“李斌杯”数控机床技能竞赛个人三等奖，2015~2017年连续获得上机厂“质量信得过个人”称号，2018年获得“青年岗位标兵”称号，2019年获得工作创新奖、个人优胜二等奖、2018~2019年度上海电气“李斌式职工”称号。



徐建彬同志作为一名年轻的数控机床操作技师，凭借自己对机械行业的热爱，刻苦钻研工艺技术。通过学习新技术、新理念、新办法，并合理运用于实践中，在高精度箱体零件的

镗、铣削加工中掌握了高超加工技能，为车间解决了大量的加工技术难题，同时尤其擅长零件加工工艺编程、刀具的选用、机床技术参数的合理使用、难加工材料刀具切削参数的选用，以及加工特殊曲面零件。用于加工的主要设备有TX110镗铣床、瑞士迪西高精度坐标镗床、大隈卧式加工中心、配发那科系统的立式加工中心、配西门子系统的车铣中心。

三、工作室开展的主要攻关项目及取得的成绩

1. 攻克高精度大型数控轧辊磨床头架、尾架加工难题

MK84300/15000-H头架主轴，总长2486mm，最大外圆 $\phi 925\text{mm}$ ，最小外圆 $\phi 400\text{mm}$ ，有2-1:12及2-1:50外锥体，总重8320kg。技术要求：各档外圆尺寸公差（0~0.02）mm，各档外圆、外锥体及端面圆度和跳动均小于0.002mm。

MK84300/15000-H尾架套筒外圆 $\phi 800\text{mm}$ ，技术要求：尾架外圆套筒 $\phi 800\text{mm}$ 与尾架体壳内孔 $\phi 800\text{mm}$ 单配间隙0.01~0.06mm，技术要求：圆度、平行度 $\leq 0.002\text{mm}$ 。

2. 积极参与国家项目专用平磨床砂轮架主轴的制造加工

H402-AZ-31-300数控专用平磨床是国家重点科研项目，其砂轮架主轴材料采用38CrMoALA，热处理T-D0.3-900，总长为952mm，重29kg，最大外圆 $\phi 112\text{mm}$ ，最小外圆 $\phi 50\text{mm}$ ，实现2- $\phi 80\text{mm}$ 外圆与两档轴承套单配间隙 $0.04 \pm 0.002\text{mm}$ ，表面粗糙度 $Ra 0.025 \mu\text{m}$ ，外圆跳动 $\nearrow 0.0001\text{mm}$ ，外锥面跳动 $\nearrow 0.00015\text{mm}$ ，其余格挡外圆跳动均为 $\nearrow 0.0002 \sim 0.0005\text{mm}$ ，表面粗

糙度 $Ra 0.04 \mu\text{m}$ 。

3. 参与国家重点科技项目复合磨削中心机床研制

H376、H377精密轴系零件复合磨削中心也是上机最新研制的一款高端数控磨床，工作室攻克了核心部件高精度头架主轴的磨削加工工艺，其主轴精度达到 $0.2 \mu\text{m}$ 。工作室积极配合磨研所与上海大学一起共同开发了H377、H376机床，完善机床的磨削功能，使公司精密磨床精度可与国际同类高端产品相媲美，成为企业推向市场的新亮点。

4. 改进工艺，优化参数，保证零件加工质量

由于有时顶尖材料及热处理淬火硬度达不到设计要求，要达到所需的技术精度，加工难度极大，工作室制定了详细的加工工艺流程，自制加工工装，改进测量方法，优化磨削参数，从而解决加工难题和测量难题，并为企业降低运行经济成本64万元。

5. 通过技术革新，优化夹具，提高零件加工精度

大型数控外圆磨床头架、尾架主轴的内、外圆同轴度要求极高，由于轴承档外圆为1:12外锥体，在加工内孔或内锥孔时，一般都采用外圆作为过渡基准，造成加工基准与装配基准不统一，而形成装配误差。为了保证装配基准与加工基准统一性，工作室对加工工艺进行优化，改进磨夹具，解决了机床和零件的调整方法，从而保证了装配基准与加工基准的一致性。在加工MKD84100/H主轴时，采用以外锥体1:12为基准磨削内锥孔1:4，保证了加工基准与装配基准的统一性，加工精度比设计要求提高了50%，改变了传统工艺，磨削加工达到国内先进水平，为磨削加工大型高精度主轴开创了先例。

6. 成功研制测量卡规，解决加工与测量难题

工作室成功研制了“带表点接触式测量卡规”、“可调带表式点接触浅孔测量卡规”，解决了加工与测量难题，提高了劳动生产率，降低了成本，并参加机电工会合理化建议获三等奖，超规格偏心套滚齿加工攻关获上海电气“改进优化转型突破”科技创新大奖赛综合组入围奖。“带表点接触式测量卡规”获实用新型国家专利。

7. 攻克技术难关，成功替代进口产品

MK8220机床是上机为上海通用汽车配备的专机，尾架顶尖使用圆弧顶尖，进口需1万多元，国内无法制造，为了解决圆弧顶尖加工难题，工作室主动承担任务，仔细分析研究，编制合理的加工工艺，自制了圆弧测量工装。为了提高顶尖圆弧表面粗糙度，改进修正圆弧砂轮的方法，零件磨削加工完成后各项技术指标均达到0.001mm，节约成本近8万元，并成功替代进口。

四、“高师带徒”培养青年员工

“李云龙创新工作室”将以“李斌精神”为楷模，继续发扬工作室平合作用，弘扬工匠精神，引领职工提升技术技能，持续抓好青年员工的理论知识和操作技能的培训，把工作室打造成为培养公司技术技能人才、培育“工匠精神”的坚强阵地，使他们尽早成为企业的合格人才。工作室成立以来，通过培训先后有1名员工获得技师职称，5名获得高级职称。

李云龙“创新工作室”还在企业的协助下与上海市杨浦区结对成立了杨浦区技能人才培养基地，为杨浦区提供培养技术人才的场地、设备及人员技能培训服务。□

维宏股份：致力于培育核心技术竞争力

上海维宏股份有限公司

作为国内首家A股上市的民营数控企业，上海维宏股份有限公司专注于数控系统研发、销售和服务，能够快速为客户提供个性化的解决方案，主营业务为研发、生产和销售工业运动控制系统、伺服驱动系统，以及维宏工业互联网的推广应用。目前，维宏运动控制系统已广泛应用于模具制造、金属切削、车削加工、金属高光加工、3C玻璃精密加工、板式家具切割、实木雕刻、玻璃石材加工、激光加工、水射流加工等领域。

对于公司的发展战略，维宏股份始终坚持两条腿走路：通过不断持续加大研发力度，陆续推出性能更加先进、产品可靠性好的产品作为技术储备，确保企业的可持续发展；另一方面，对成熟产品、有市场销路的产品加快产业化进度，迅速做大做强。

专注技术研发

作为为数控设备整机制造商提供运动控制系统解决方案的高科技企业，维宏股份推出了具有自主知识产权的NcEditorV12激光切割系统、五轴水切割控制系统、NK530M集成数控系统、NK300CX总线型控制系统、NK280集成数控系统、NC65A/B/C集成数控系统、NK105集成数控系统等新产品，并突破了五轴水切割的技术难点，取得了阶段性成果。



NK530M集成数控系统

维宏的所有运动控制产品均基于同一个软件平台。与传统数控的封闭架构不同，该软件平台采用开放式运动控制软件架构。由于运动控制软件的计算结果必须转换为电信号，并输出到伺服电机或者步进电机，驱动控制对象按照计算结果运动，所以运动控制软件必须采取软硬件结合的系统架构。维宏的硬件产品主要分为运动控制器和伺服驱动器两大类，其中运动控制器又分为运动控制卡和一体化运动控制器。



维智伺服驱动器及电机

在产品技术开发上，维宏拥有自身的核心技术竞争力：

拥有面向复杂曲面曲线的高速高

精度运动控制技术。传统数控技术应用于机械零件加工领域，主要面向直线、圆弧、平面的运动控制问题。与传统数控技术相比，雕刻雕铣技术面向的是复杂曲面曲线的高速高精度运动控制技术，其各项指标要求更高，因此控制系统在设计理念、技术手段等方面与传统数控技术存在较大区别。目前，该技术的世界先进水平可以达到100m/min甚至更高的运动速度，以这样的速度沿着复杂的空间曲线运动，要求控制算法必须做到“瞻前顾后”；速度规划必须考虑众多约束条件，否则将出现明显的跟踪误差，甚至由于巨大的惯性力导致执行机构损坏；对于形状复杂的运动轨迹，对算法的实时性要求很高。维宏股份是目前国内少数完整掌握该项核心技术并可提供成熟商品化产品的企业之一。

拥有运动控制技术的核心自主知识产权。运动控制技术属于典型的综合技术门类，涉及计算机软件、实时计算、自动控制理论、微电子、机械动力学、电机驱动技术等多个学科，需要长期的技术积累和学科齐全的研发团队支撑，因此一些国内企业以采购第三方运动控制软硬件为内核，再通过二次开发向客户提供运动控制解决方案。与此类企业不同，维宏股份拥有运动控制技术从软件到硬件的核心知识产权。由于具有完全自主知识

产权的成套技术与整体解决方案，可根据市场需求和用户个性需求快速提供灵活多样的产品和服务，满足用户多层次需求，从而具备显著的技术优势。2020年上半年，维宏及其子公司专利受理8件，专利授权且有效12件，其中发明专利授权4件，实用新型专利授权2件，外观专利授权6件。截至2020年6月30日，维宏及其子公司总计专利受理225件，专利授权且有效114件，其中发明专利授权62件，实用新型专利授权25件，外观专利授权27件；计算机软件著作权登记47件。

紧跟行业趋势，重塑发展规划

近年来，经过不断的积极探索和实践，世界机床工具产业对于如何实现智能制造的路径基本形成共识，即在提供高性能产品的基础上构建数字化资产，实现信息互联互通，提升制造业的智能化水平。维宏股份紧跟行业发展趋势，重塑了发展战略，树立了“单机”+“工艺”+“互联”的业务发展思路。以“单机”为基础，以“工艺”为抓手，以“互联”为手段，聚焦数字化，聚焦智能制造。“单机”就是基于单台数控机床的运动控制产品，包括数控系统和伺服系统等；“工艺”是基于生产制造的工业软件，包括CAE、CAD、CAM、MES等软件；“互联”是生产制造环节各种设备和数据的互联互通的物联网方案。从这三个维度将公司逐步转型为智能制造整体解决方案服务商。

为进一步降低产品研发成本，提高产品研发效率，促进研发体系、产品体系和销售体系之间的沟通交流，维宏对产品体系的组织架构进行了调整。成立产品研究院，开展基于公司业务及产品的基础性研究和应用性技术研究，强化对公司产品涉及前沿技术的研究，紧随市场趋势；设立产品企划部，以强化产品规划能力；将之前的五大产品线整合为产品一部和产品二部，提高研发资源利用率。

为了顺应上海市闵行区产业发展规划，借助先进制造的政策东风，利用闵行南部科创中心的产业集聚优势，公司在闵行区投资建设智能制造产业园。该地块区域属于“南上海高新智造带”中“两镇三基地”之一的莘庄工业区向阳园工业互联网基地，具有良好的产业集群优势。该项目的实施可以借助区位优势，为公司未来在智能制造领域的发展提供空间。

维宏利用互联网技术，积极推进工业化和信息化的融合，完成了基于运动控制系统的工业互联网产品研究，推出了“维宏云”工业互联网解决方案。它能够给设备使用厂商提供智能生产线或智能工厂一站式解决方案，并为设备制造商和租赁商提供远程服务平台。

经过对技术架构的不断优化，维宏物联网解决方案调整为三个有机组成部分：NcGateway、xFactory、NcCloud。NcGateway数据网关，就是数控系统功能扩展软件，为设备提供数据采集与基于IP网络的通信协议，是设备联网的赋能工具；xFactory智能工厂系统，是一个MES系统，专注于设备连线和车间管理；NcCloud维宏云工业互联网平台，专注于提供简化版的MES系统功能和机械加工企业之间的业务互动，包括面向生产企业的生产管理、设备管理、刀具管理、绩效考核；面向机床设备商的市场分析和设备注册（用于分期付款管理）功能；面向设备租赁商的租赁管理功能；还有设备商和生产企业之间业务互动的在线文档、远程协助等功能。

维宏工业互联网致力于打造维宏用户的工业互联网生态圈，整个生态涵盖控制器、计算机辅助制造、制造执行系统和工业云各层面的工业软件等核心技术，实现数据无缝对接，贯穿设备控制层-工厂（车间）级边缘计算层-企业级/远维云平台。目前公司多数产品出厂已经集成NcGateway，都具有内置联网能力且支持多种行业流行数据通信协议，这为后续的物联网应用奠定了基础；xFactory已经在3C、金属行业有客户部署；NcCloud维宏云，注册设备已超过20946台，分布于96个国家和地区。维宏工业互联网解决方案实际上也为机床的制造者、使用者和租赁者提供了一个进行技术及业务沟通的在线平台，远程服务功能更可重点解决远程调试维护等技术型服务难题。



维宏工业互联网平台

维宏以运动控制系统产品为核心，提升产品品质；依靠自主创新，提高产品的核心竞争力；同时，积极推进各系列产品的研发和完善，拓展在加工中心、激光加工、铣床、模具制造、水射流加工、广告制作、机械加工、玻璃石材加工等领域应用的广度和深度，并不断加快数字化转型，力争为国产数控产业的发展贡献力量。□

增材制造技术发展与应用探索

湖北江山重工有限责任公司 陈 垦 郝俊伟
中国兵器工业增材制造技术创新中心 宋 彬 郭秀军 及晓阳

摘要：众所周知，增材制造技术（3D打印）作为一种革命性技术被大家认可。近几年来，3D打印经历了默默无闻期、吹捧神化期、感叹失落期、冷静上升期、扎实落地期五个阶段，3D打印走向了成熟期，最后以技术应用为最终落脚点。广泛深入研究和探索3D打印增材制造技术应用方向，成为每位3D打印工作者和各领域技术工作者的新课题。3D打印在应用过程中不断完善与多学科技术融合，将大大提高各领域的生产能力和生产效率，悄无声息的改变着人类的生产和生活方式。

增材制造产业的发展

美国《时代》周刊将3D打印（增材制造）产业列为“美国十大增长最快的工业”。美国学者杰里米·里夫金称，互联网与新能源的结合，将会产生新一轮工业革命——这将是人类继19世纪的蒸汽机和20世纪的电气化之后的第三次“革命”。3D打印作为打破传统机械化集约生产方式的技术，将在第三次工业革命中发挥核心引领的作用，带动全球制造业升级发展。美国奥巴马政府视人工智能、3D打印、机器人为重振美国制造业的三大支柱，其中3D打印是第一个得到政府扶持的产业。增材制造（3D打印）技术应用行业领域分布如图1所示。

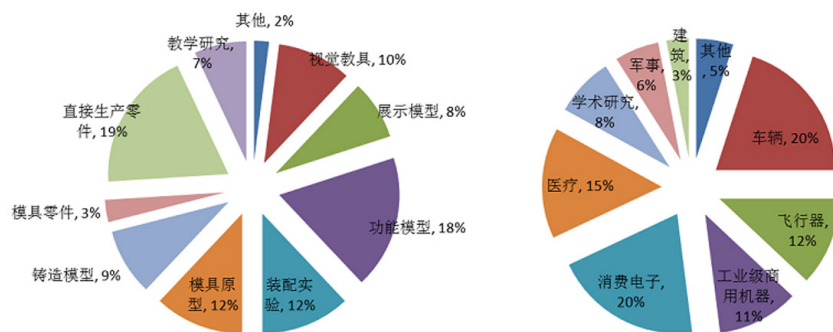


图1 增材制造（3D打印）技术应用行业领域分布

中国也把3D打印技术作为传统制造业升级转型的重头戏。我国自2012年底开始在北京、四川、南京、珠海，青岛、武汉、成都、福建、潍坊、山西等省市兴建3D打印产业园，并在资金、土地、配套政策上给予大力支持。

据数据显示，2012年3D打印机的全球销量同比增长了25%，其中38%产自美国，中国占8.5%。同年全球3D打印行业总产值增长了28%，达到21.5亿美元。美国3D打印行业龙头3D系统公司2013年10月29日公布的财报显示，第三季度公司收入同比增长50%，至1.357亿美元，创历史新高，其中3D打印机等产品收入同比大幅增长76%。除3D系统公司外，另一家美国3D打印行业巨头Stratasys也在持续并购扩张。传统打印业领导者惠普公司CEO惠特曼公开表示，惠普实验室正在进行相关研究，2014年中进入3D打印市场。

3D打印行业龙头企业美国3D系统公司和Stratesys公司在2012年度股价出现大幅上扬，其中在纳斯达克上市的Stratesys涨幅达157.8%，在纽约证交所上市的3D Systems股价则增加了近2.5倍。

2012年我国包括中航重机、大恒科技、华工科技、华中数控等在内的

十多支3D打印概念股也大幅走高，并一度涨停。2013年12月美股3D打印板块全线上扬，跑赢大盘。摩根大通将3D系统公司2014年营收预测值由此前的6.22亿美元调高至6.28亿美元。受此提振，3D系统公司股价收涨1.46%；竞争对手Stratasys股价收涨2.25%。3D打印将持续得到资本市场的热捧。受2014年3月初北京市科委出台《促进北京市增材制造(3D打印)科技创新与产业培育的工作意见》的影响，3D打印概念股逆市崛起，多家3D打印概念股涨幅居前。

3D打印技术经过20余年的发展，在全球范围内已形成一个颇具规模的新兴产业。2012年，仅美国3D打印服务提供商就已经打印了75万种产品，数量之多令人惊叹。据预测，到2025年，全球3D打印技术潜在的经济影响将达到2300亿~2500亿美元。据中国市场情报中心（CMIC）预测，到2025年中国3D打印设备的市场规模将达百亿元，有望超越美国成为全球最大的市场。

增材制造技术的应用领域

增材制造技术已在工业造型、机械制造、军事、航空航天、建筑、影视、家电、轻工、医学、考古、文化艺术、雕刻、珠宝等领域都得到了广泛应用。增材制造技术革命性的“制造灵活性”和“大幅节省原材料”在制造业局部掀起一场革命，它最适合应用于多品种、小批量、结构复杂、原材料价值量高的结构制造领域。并且随着这一技术本身的发展，其应用领域将不断拓展。

（1）产品设计领域

在新产品造型设计过程中的应用SLS、SLA、FDM和SLM技术为工业设计人员建立了一种崭

新的产品开发模式。运用3D打印技术能够快速、直接、精确地将设计思想转化为具有一定功能的实物模型（样件和样机），这不仅缩短了开发周期，而且降低了开发费用，也使企业在激烈的市场竞争中占有先机。无人车、单车产品设计和装配样机，如图2所示。



图2 无人车、单车产品设计和装配样机

（2）建筑设计领域

建筑模型的传统制作方式，渐渐无法满足高端设计项目的要求。全数字还原不失真的立体展示和风洞及相关测试的标准，现如今众多设计机构的大型设施、场馆、军事沙盘地图等都利用增材制造技术先期构建精确建筑模型，来进行效果展示与相关测试，增材制造技术所发挥的优势和无可比拟的逼真效果为设计师所认同。建筑设计模型，如图3所示。



图3 建筑设计模型

（3）机械制造领域

由于增材制造技术自身的特点，使得其在机械制造领域内，获得广泛的应用，多用于制造单件、小批量金属零件的制造。有些特殊复杂制件，由于只需单件生产，或少于50件的小批量，一般均可用3D打印技术直接进行成型，成本低、周期短。机械结构零件和小批量复杂零件如图4所示。

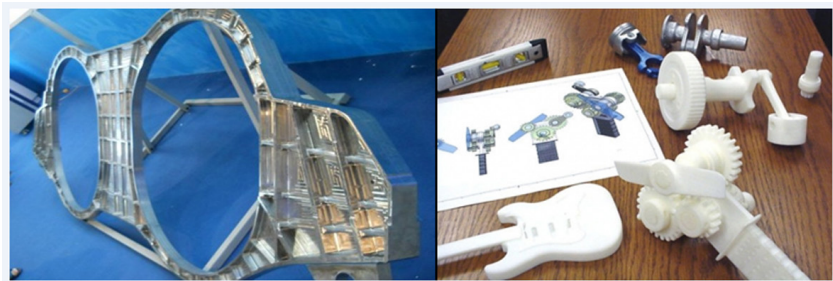


图4 机械结构零件和小批量复杂零件

（4）模具制造和修复领域

在传统的模具制造领域，往往模具生产时间长，成本高。将增材制造技术与传统的模具制造技术相结合，可以大大缩短模具制造的开发周期，提高生产率，是解决模具设计与制造薄弱环节的有效途径。

增材制造技术在模具制造方面的应用可分为直接制模和间接制模两种，直接制模是指采用增材制造技术直接堆积制造出模具，间接制模是先制出快速成型零件，再由零件复制得到所需要的模具。发动机部件局部修改模具如图5所示。

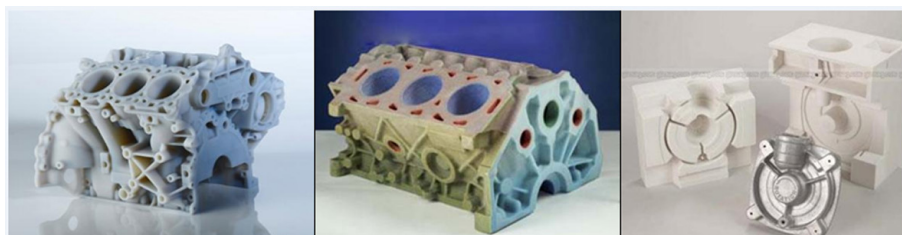


图5 发动机部件局部修改模具

(5) 航空航天领域

航空航天业希望获得重量轻、强度大，甚至可以导电的部件，正在研究符合要求的制造材料，以及制定材料及工艺标准，确保机器和构建零件的质量和一致性。据美国诺斯罗普·格鲁门公司预测，如果有合适的材料，该公司的军用飞机系统中将有1400个部件可以用增材制造技术来制造。各种增材制造的金属部件将在未来10年内成为飞行器的通用配置。无人机和飞机模型如图6所示。



图6 无人机和飞机模型

(6) 军事领域

增材制造技术还可广泛应用于辅助军事技术研发，目前，美国军方已使用增材制造技术辅助制造某型导弹弹出式点火器模型，并取得了良好的效果。美国海军也在寻求通过在机器人体内植入增材制造设备，使机器人半自动化地实现“相互沟通、协作以及制造”等能力。某型导弹弹出式点火器模型如图7所示。

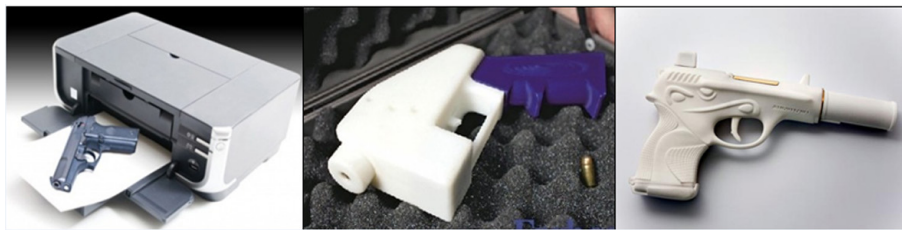


图7 某型导弹弹出式点火器模型

(7) 医疗生物领域

近几年来，人们对增材制造技术在医学领域的应用研究较多。以医学影像数据为基础，利用增材制造技术制作人体器官模型，已成功应用于定制植入物、假体和组织支架等，对外科手术有极大的应用价值。牙齿、骨骼等可直接应用于人体，如图8所示。



图8 人体器官模型和动物骨骼

(8) 家用电器领域

增材制造技术在国内的家电行业上得到了很大程度的普及与应用，使许多家电企业走在了国内前列。如广东的美的、华宝、科龙，江苏的春兰、小天鹅，青岛的海尔等，都先后采用增材制造技术来开发新产品，收到了很好的效果。家用电器产品如图9所示。



图9 家用电器产品

(9) 文化艺术领域

在文化艺术领域的应用，增材制造技术多用于艺术创作、文物复制、数字雕塑等。文化艺术雕刻和艺术品，如图10所示。



图10 文化艺术雕刻和艺术品

(10) 服饰设计和奢侈品领域

通过SLS, SLA, FDM等3D打印技术,设计制造服饰、鞋、珠宝、眼镜、奢侈品等,将复杂的制造工艺简单化,将不可能实现的制造变为可能,打破以制造为基的设计理念,设计人员的设计空间更加广阔,服饰设计得到改革。服饰设计和奢侈品,如图11所示。



图11 服饰设计和奢侈品

(11) 玩具设计领域

通过SLA、FDM、LOM等3D打印技术成熟,设备和耗材成本的下降,3D打印技术走进学校、家庭,已经成为现实。传统的玩具实物销售,逐渐转变为购置打印机设备、耗材和玩具数据,用户根据需要打印玩具大小、种类和数量,大大提高了购买者的满足感,同时节省费用,如图12所示。



图12 玩具设计

(12) 铸造领域

通过打印蜡模和砂型进行熔模精密铸造、砂型铸造、特种铸造方法获取成本较低的金属零件,部分代替或完全代替模具在铸造中的作用,大大节省了制造周期和生产成本。3D打印与铸造技术相融合以成为单件、中小批量铸件制造的最佳方式。复杂叶轮无模铸件和中小批量打印蜡模,图13所示。



图13 复杂叶轮无模铸件和中小批量打印蜡模

总结

通过3D打印技术的广泛应用,不断成熟和完善,它将会在越来越多的领域得到推广和应用。增材制造的应用探索具有十分重要的意义,增材制造技术与多学科的结合将成为发展趋势,复合技术和复合人才将成为发展新要求。未来即使只有10%的上述产业被替代,也将形成万亿级的增材制造技术市场。有专家预测,到2030年,打印出的成品将占产品生产总量的50%。我们有信心认为:增材制造技术的广泛应用将改变我们的生产和生活方式。□

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 何志明. 3D打印技术对产品的影响[J]. 包装工程,2018,39(10):188-193.
- [3] 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(中旬刊),2018(04):52-54+57.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 蒲以松,王宝奇,张连贵. 金属3D打印技术的研究[J]. 表面技术,2018,47(03):78-84.
- [8] 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.
- [9] 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.

丝杠轴线进给滚压成形工艺参数的优化设计

深圳市威远精密技术有限公司
航天晨光研究院

李敬宇 李一前
刘进江 李国超

摘要：丝杠滚压成形过程属于金属材料大塑性变形过程。金属材料局部高应变及应变率导致成形机理复杂，难以通过有限的物理试验建立滚压工艺参数与滚压结果之间的定量关系，导致滚压轮几何形状、滚压轮转速等关键工艺参数难以优选。为此，本文在分析轴线滚压成形工艺滚压轮、丝杠毛坯几何及运动关系的基础上，建立丝杠滚压成形工艺有限元仿真模型。采用响应面设计方法建立滚压参数与滚压结果之间的定量关系，并对滚压工艺进行优化。研究成果对于提高丝杠滚压成形质量及生产效率具有重要意义。

丝杠副（包括滚珠丝杠副）是机械设备上最常使用的传动、执行部件，其主要功能是将旋转运动转换成线性运动，或将扭矩转换成轴向反复作用力，同时兼具高精度、可逆性和高效率的特点。在工程机械、能源装备、海洋装备等大型设备中使用的丝杠具有超长长径比，这类丝杠的加工制造现在一般采用滚压成形工艺，因此轴向进给滚压成形是其核心制造技术。

滚压丝杠是一种无切屑丝杠加工工艺，丝杠滚道（螺纹）靠零件毛坯表层金属的塑性变形而形成。滚压加工过程中组成丝杠的金属纤维组织不仅未被切断，反而会得到进一步强化，在丝杠表面形成冷作硬化层。这种工艺具有加工效率高、加工质量好的特点。然而，丝杠滚压成形过程属于大塑性变形过程，局部高应变及应变率导致其成形机理复杂，难以通过有限的物理试验建立滚压工艺参数与滚压结果之间的定量关系。现有技术主要存在的问题：工艺设计长期依靠经验及试错方法，面对新型丝杠滚压工艺设计缺少实践与理论基础，导致产业发展缓慢，工艺设计效率低，加工成本高，产品质量难以保证；多头丝杠滚压成形工艺系统参数繁多，缺少快速高效的方法针对关键工艺参数进行优化。

针对沿轴线进给滚压加工成形工艺，很多学者开展了相关方面的研究，如王媛等模拟了轴向进给式螺纹滚压过程，

通过分析滚压过程的等效力，得到了滚压过程的变形规律；许丽华等研究了采用轴向进给法滚压多头长螺纹用滚丝轮的设计方法；段体清等基于DEFORM-3D分析了螺纹滚柱轧制成形工艺；范淑琴等基于螺纹滚压成形过程中模具和工件螺纹啮合点的运动特征，推导出不同参数下滚丝轮相位调整角的计算公式，提出了滚丝轮相位的调整方法；崔鑫等采用DEFORM-3D建立了三滚丝轮外螺纹滚压成形过程仿真模型，分析了滚压过程中的应力、应变及扭矩，总结了三滚丝轮装置外螺纹滚压过程中工件塑性变形规律；张大伟等介绍了轴向进给主动旋转滚压设备的结构原理及运动特征，评述了不同类型滚压机最新研究进展。

上述研究多集中于螺旋滚压成形，针对丝杠成形工艺研究较少。为此，本文研究了丝杠轴向进给加工滚压工艺优化设计方法，该优化方法在滚压成形机理分析的基础上，采用数值仿真和试验优化设计相结合的方法，解决了传统丝杠滚压工艺优化方法不能面向关键工艺变量进行针对性优化分析，且需要依靠大量物理试验的问题，缩短了工艺设计周期，节约制造成本。

一、轴向进给滚压成形几何关系分析

丝杠轴向进给滚压工艺几何关系主要包括三方面：丝

杠设计参数、滚压轮几何参数、滚压轮与丝杠之间的相对位置关系。其中,丝杠设计参数包括丝杠螺旋升角、底径、头数、毛坯直径等;滚压轮几何参数包括外径、头数、螺旋升角、宽度等;滚压轮与丝杠之间的相对位置关系包括滚压轮轴线与丝杠轴线之间的相对角度及距离。

滚压轮外径、头数、螺旋升角以及宽度可通过丝杠设计参数以及滚压机型号计算获得。假设滚压过程中丝杠毛坯与滚压轮之间不产生相对的轴向运动,则需使滚压轮中径处的螺旋升角与丝杠中径处的螺旋升角相同,由此可得滚压轮头数 n_r 为:

$$\begin{aligned}\varphi_s &= \varphi_r \Rightarrow \tan \varphi_s = \tan \varphi_r \\ &\Rightarrow \frac{S_s}{\pi d_{s0}} = \frac{S_r}{\pi d_{r0}} \Rightarrow \frac{n_s P_s}{\pi d_{s0}} = \frac{n_r P_r}{\pi d_{r0}} \\ &\Rightarrow n_r = n_s \cdot \frac{d_{r0}}{d_{s0}}\end{aligned}$$

式中,丝杠中径 d_{s0} 以及丝杠头数 n_s 为已知量,滚压轮中径 d_{r0} 及滚压轮头数 n_r 为未知量。当滚压轮中径 d_{r0} 取较大值时,能够提高滚丝轮寿命及加工效率,但其尺寸受滚丝机约束。滚压轮头数 n_r 按照上式算出的不一定是整数,应该向下取整。

为保证加工质量,滚压轮沿轴向设计为三部分:成形部、整形部、导出部,如图1所示,该3部分长度及角度对滚压质量的影响规律是本文研究重点之一。滚压成形过程中,采用2个滚压轮180°对称分布形式,为实现丝杠毛坯轴向进给,滚压轮轴线在与丝杠毛坯轴线平行的基础上,绕垂直与丝杠毛坯轴线的方向旋转角度 α ,如图2所示。

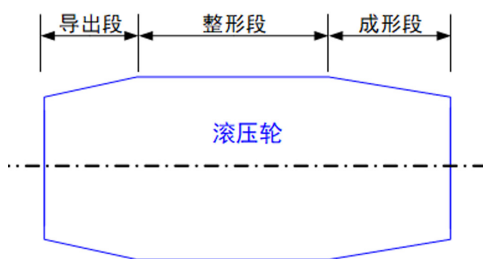


图1 滚压轮三段值示意图

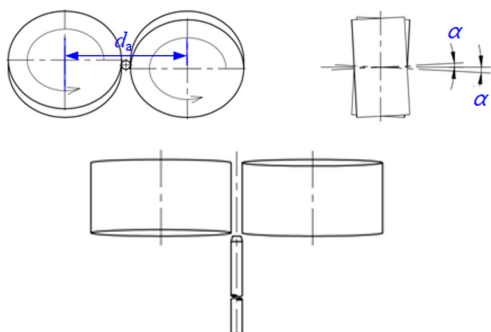


图2 滚压轮与丝杠毛坯几何关系

在进行丝杠滚压几何关系设置过程中,丝杠设计参数为已知条件。丝杠毛坯与滚压轮轴线之间的距离可表示为:

$$d_a = \frac{d_{s2} + d_{r1}}{2}$$

式中, d_{s2} 和 d_{r1} 分别为丝杠底径和滚压轮大径。

丝杠为右旋,滚压轮为左旋,参考图3所示丝杠螺旋升角形成原理,可得关系式:

$$\varphi_s = \varphi_r + \alpha \Rightarrow \alpha = \varphi_s - \varphi_r$$

式中, φ_s 和 φ_r 分别为丝杠和滚压轮螺旋升角。

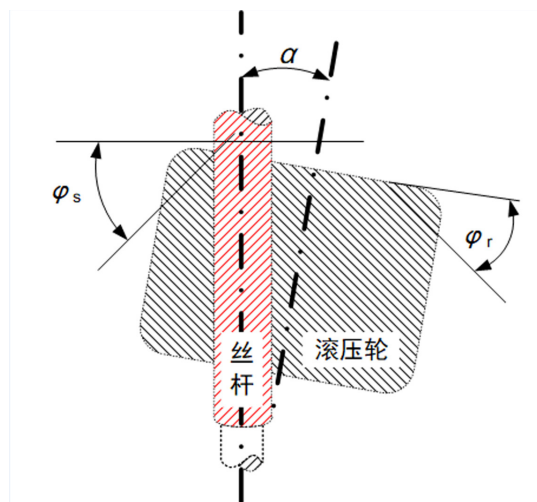


图3 滚压轮、丝杠、安装角度三者之间的关系

由于采用的两个滚压轮进行加工,滚压轮之间的初始相位角设置不当将产生“错丝”现象,根据空间解析几何原理,丝杠头数为 n_s ,滚压轮头数为 n_r ,两个个滚压轮均匀布置,则第2个滚压轮相位角 ψ_2 为:

$$\psi_2 = \frac{2\pi}{2} \cdot \frac{n_s + n_r}{n_r}$$

调整过程中,滚丝轮布置顺序与丝杠滚压加工时毛坯的旋转方向一致,滚丝轮的调整方向也应和丝杠滚压加工时毛坯的旋转方向一致,如图4所示。

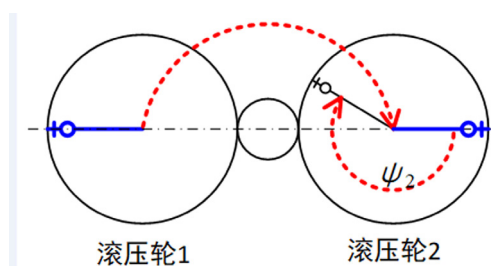


图4 滚丝轮相位调整示意

滚压轮滚压过程中, 丝杠毛坯轴向移动速度 v_z 为:

$$v_z = v \cdot \sin(\alpha) = \frac{\pi \cdot d_{r0} \cdot \omega_r}{60} \cdot \sin(\alpha)$$

式中, v 为滚压轮圆周速度 (mm/s); ω_r 为滚压轮转速 (r/min); d_{r0} 为滚压轮中径 (mm)。

二、滚压轮三维实体建模

以滚珠丝杠副为例, 滚珠丝杠圆珠滚道法截面为非规则形状, 由此设计对应的滚压轮滚道。本文以深圳威远公司工程中实际采用的滚压轮为例, 建立滚压轮三维实体模型。建模过程如下:

(1) 根据滚压轮法截面形状, 建立通过两个圆心 O_1 和 O_2 的螺旋线, 螺旋线导程相等, 螺旋线起点坐标计算原理如图5a所示。

在滚道法向截面, 获得螺旋线起点 O_1 和 O_2 的坐标为:

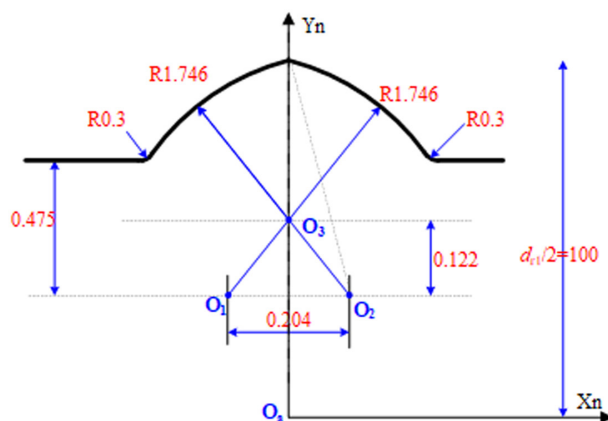
$$\begin{cases} x_{o1}^n = -0.102 \\ y_{o1}^n = d_{r1} - \sqrt{1.746^2 - 0.102^2} = d_{r1} - 1.743 = 98.257 \\ x_{o2}^n = 0.102 \\ y_{o2}^n = y_{o1}^n = 98.257 \end{cases}$$

考虑滚压轮螺旋升角 ϕ_r , 将法截面坐标系 Y_n 轴负方向旋转角度 ϕ_r , 得点 O_1 坐标及点 O_2 坐标由法向截面坐标系向径向截面坐标系变换方程:

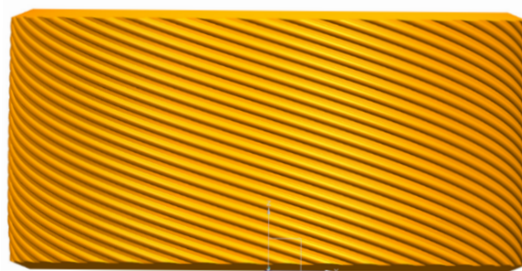
$$\begin{cases} x_{o1}^R = -|x_{o1}^N| \cdot \sin \phi_r = -0.102 \times \sin 17.174 = -0.03 \\ y_{o1}^R = y_{o1}^N \\ z_{o1}^R = |x_{o1}^N| \cdot \cos \phi_r = 0.102 \times \cos 17.174 = 0.097 \\ x_{o2}^R = |x_{o2}^N| \cdot \sin \phi_r = 0.102 \times \sin 17.174 = -0.03 \\ y_{o2}^R = y_{o2}^N \\ z_{o2}^R = -|x_{o2}^N| \cdot \cos \phi_r = -0.102 \times \cos 17.174 = -0.097 \end{cases}$$

根据上述求解思路, 获得螺旋线方程, 并采用“螺旋线”功能建立螺旋线模型。以螺旋线为引导线, 建立法截面为圆且半径为1.746的管实体, 将两个管实体进行布尔合运算, 获得一个滚道模型。对单个滚道模型进行阵列, 获得39个滚道模型, 进而, 将39个滚道实体与直径为198.057的圆柱体进行布尔求和、倒圆角等操作, 获得滚压轮三维实体模型, 如图5b所示。

根据上述求解思路, 获得螺旋线方程, 并采用“螺旋线”功能建立螺旋线模型。以螺旋线为引导线, 建立法截面为圆且半径为1.746的管实体, 将两个管实体进行布尔合运算, 获得一个滚道模型。对单个滚道模型进行阵列, 获得39个滚道模型, 进而, 将39个滚道实体与直径为198.057的圆柱体进行布尔求和、倒圆角等操作, 获得滚压轮三维实体模型, 如图5b所示。



(a) 轨道法向截面计算原理图



(b) 滚轮三维实体模型

图5 滚压轮滚道法向截面求解示意图

三、轴向进给滚压成形有限元模型

根据轴向进给滚压成形几何关系, 建立有限元仿真模型。为了提高仿真效率, 在丝杠滚压成形的过程中把滚轮看作为刚体, 不考虑其弹性变形, 丝杠毛坯设置为塑性, 仅对丝杠毛坯进行网格划分。毛坯采用四面体网格, 由于丝杠塑性变形主要发生在毛坯和滚压轮接触表面的区域, 毛坯的中心几乎不发生塑性变形, 所以在设置网格时可以对接触变形区进行细化网格, 既能减小网格的数量缩短计算时间, 又能使滚压结果更接近实际情况。

毛坯材料物理力学特性设置与仿真结果密切相关, 主要包括: 流动应力模型、蠕变模型、屈服函数模型、硬化准则。其中每一种模型包括遵守的基本理论方法以及对应的若干参数。本文选用材料关键参数如表1所示。

表1 丝杠轴向滚压有限元仿真关键参数设置

材料成分								
成分	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	Cu
含量	0.52~0.58	0.15~0.35	0.60~0.90	≤0.20	≤0.030	≤0.035	≤0.2	≤0.25
材料关键物理力学性能								
杨氏模量	200000	泊松比	0.3	摩擦系数	0.12			

丝杠滚压成形属于冷滚压，所以设置边界条件时暂不考虑热传导，一般是在室温下进行滚压成形，所以环境温度为室温25℃，与空气之间的热传导系数为0.02N/s/mm/℃，其他的参数如辐射系数和功热转换系数都为系统的默认值。

滚压过程滚压轮做主动轮旋转，然后在摩擦力的作用带动下毛坯旋转，毛坯在旋转中受到滚压轮上螺纹挤压产生塑性变形，进而成形为产品。在滚压成形过程中，毛坯是被动件，滚压轮是主动件，所以要先设置滚压轮的运动参数。由于滚压轮是定轴旋转，滚压轮的运动参数为滚压轮旋转中心、转速和旋转方向。图6为两个滚压轮的布置示意图。

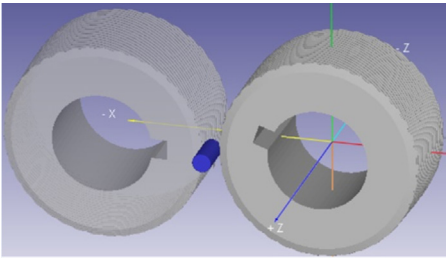


图6 丝杠滚压有限元仿真模型

根据所建立有限元仿真模型，获得仿真分析过程如图7所示。选取第24600步仿真分析结果进行尺寸测量，滚道法截面几何形状如图8所示。在仿真后处理软件选取边缘点，获得边缘点坐标值，考虑网格尺寸的影响，为了减少测量误差，选取多个数据点求平均值，获得滚压成形后丝杠外径尺寸9.987689。进一步，对仿真结果法截面几何形状进行分析，测量获得在丝杠底径处两相邻轨道之间的距离为4.938，单个轨道宽度近似为3.15168。

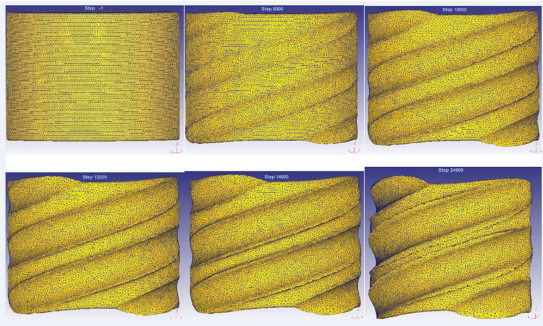


图7 有限元仿真分析过程

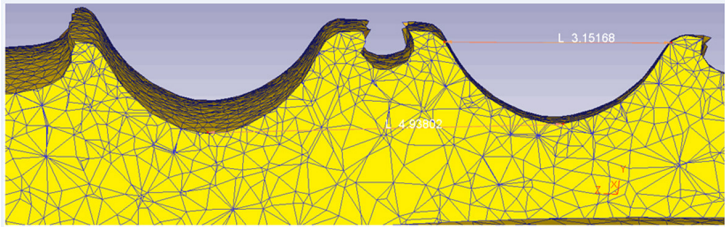


图8 丝杠法截面几何模型

四、滚压工艺优化分析

由于实际丝杠滚压过程中多个滚道同时参与加工，直接采用实际滚压模型无法区分滚压工艺对单个滚道的影响规律。考虑丝杠滚压成形过程本质为丝杠毛坯在多次、间歇滚压力作用下的塑性变形过程，由滚道成形机理可知，决定滚道成形的参数可总结为三个：每次滚压进给量 a_p 、滚压速度 v 、滚压间隔 T_i ，其计算公式如下：

$$\begin{aligned} T_i &= 2\omega_s/60 = 2d_{r0}\omega_r/(60d_{s0r}) \\ v &= \pi d_{r1}\omega_r/60 \\ a_p &= \frac{l_{\text{进}} \cdot \tan(\alpha_{\text{进}})}{(l_{\text{进}}/v_z) \cdot (1/T_i)} = \tan(\alpha_{\text{进}}) \cdot v_z \cdot T_i = \tan(\alpha_{\text{进}}) \cdot \frac{\pi \cdot d_r \cdot \omega_r}{60} \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{60d_s}{2d_r\omega_r} \\ &= \tan(\alpha_{\text{进}}) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin(\alpha) \cdot d_s \end{aligned}$$

式中， ω_s 为丝杠转速，单位为r/min，且 $\omega_s=(d_{r0}/d_{s0})\omega_r$ ， d_{r0} 、 d_{s0} 分别为滚压轮和丝杠中径； $l_{\text{进}}$ 为滚压轮成形段长度， $\alpha_{\text{进}}$ 为滚压轮成形段角度。

为获得滚压轮三段值几何参数、滚压轮转速等工艺变量对滚压结果的影响规律，分别设计2组试验：基于全因素的关键滚压工艺参数分析试验、基于响应面法滚压工艺参数优化试验。

1. 基于全因素的关键滚压工艺参数分析试验

基于全因素的关键滚压工艺参数分析试验共设计38组，其中每次滚压进给量对比试验8组，滚压速度对比试验15组，滚压间隔对比试验15组，具体试验设计及试验结果如表2所示。

表2 丝杠滚压成形工艺关键影响因素分析试验设计

		试验设计			试验结果
	试验编号	每次滚压进给量 (mm)	滚压间隔 (s)	滚压速度 (mm/s)	滚压轮做功 (N·m)
每次滚压进给量对比	J1	0.06715	1	62.8	438.65
	J2	0.033575	1	62.8	372.72
	J3	0.022383	1	62.8	334.94
	J4	0.016788	1	62.8	313.95
	J5	0.01343	1	62.8	299.12
	J6	0.011192	1	62.8	286.96
	J7	0.009593	1	62.8	275.90
	J8	0.008394	1	62.8	267.09
滚压速度对比	J1S1	0.06715	1	41.87	481.8
	J1S2	0.06715	1	52.33	488.04
	J1S3	0.06715	1	62.80	438.66
	J1S4	0.06715	1	73.27	487.95
	J1S5	0.06715	1	83.73	479.38
	J2S1	0.033575	1	41.87	390.5
	J2S2	0.033575	1	52.33	417.88
	J2S3	0.033575	1	62.80	372.72
	J2S4	0.033575	1	73.27	422.95
	J2S5	0.033575	1	83.73	401.65
	J5S1	0.01343	1	41.87	234.31
	J5S2	0.01343	1	52.33	300.06
	J5S3	0.01343	1	62.80	299.13
	J5S4	0.01343	1	73.27	309.22
	J5S5	0.01343	1	83.73	236.41
滚压间隔对比	J1G1	0.06715	3	62.8	512.99
	J1G2	0.06715	1.5	62.8	506.86
	J1G3	0.06715	1	62.8	438.66
	J1G4	0.06715	0.75	62.8	478.74
	J1G5	0.06715	0.6	62.8	484.71
	J2G1	0.033575	3	62.8	402.42
	J2G2	0.033575	1.5	62.8	405.78
	J2G3	0.033575	1	62.8	372.72
	J2G4	0.033575	0.75	62.8	407.97
	J2G5	0.033575	0.6	62.8	349.93
	J5G1	0.01343	3	62.8	98.408
	J5G2	0.01343	1.5	62.8	254.23
	J5G3	0.01343	1	62.8	299.13
	J5G4	0.01343	0.75	62.8	247.9
	J5G5	0.01343	0.6	62.8	239

(1) 每次滚压进给量对比分析

每次滚压进给量对滚压结果的影响如图9所示。由图可知,随着每次滚压进给量增加,滚压轮做功增加,成近似二次曲线关系。

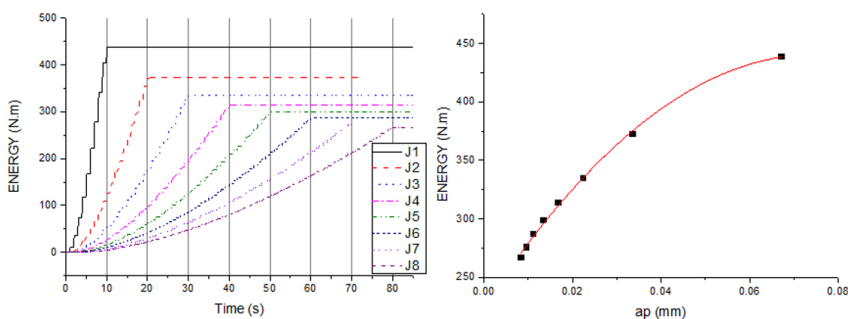


图9 每次滚压进给量对比

(2) 滚压速度对比

滚压速度对滚压结果的影响如图10所示。由图可知,随着滚压速度增加,滚压轮做功先增加减小,且在不同的 a_p 条件下具有相同规律。

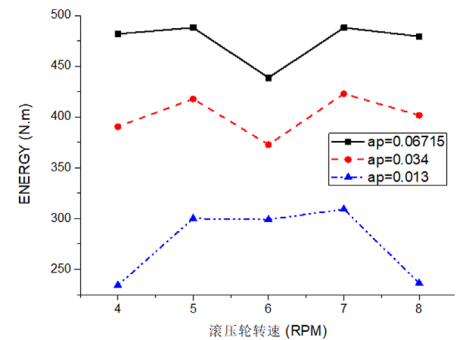


图10 滚压速度对比

(3) 滚压间隔对比

滚压间隔对滚压结果的影响如图11所示。由图可知,随着滚压间隔变化,滚压轮做功呈不规则变化,且随着速度的不同,变化趋势不同。且除第J5G5组数据以外,滚压间隔对结果影响较小。

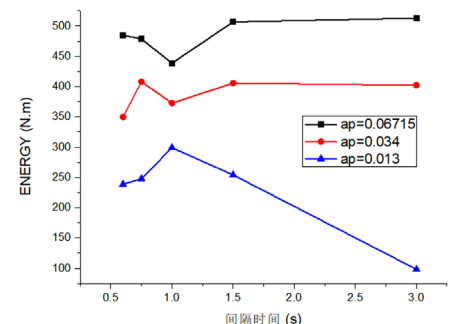


图11 滚压间隔对比

(4) 关键影响因素分析

采用相关系数分析滚压速度、每次滚压进给量、滚压间隔对滚压过程的影响规律,获得结果如图12所示。由图可知,对滚压过程影响程度由高到低依次为每次滚压进给量>滚压速度>滚压间隔,且滚压间隔可以忽略。

相关系数计算公式为:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

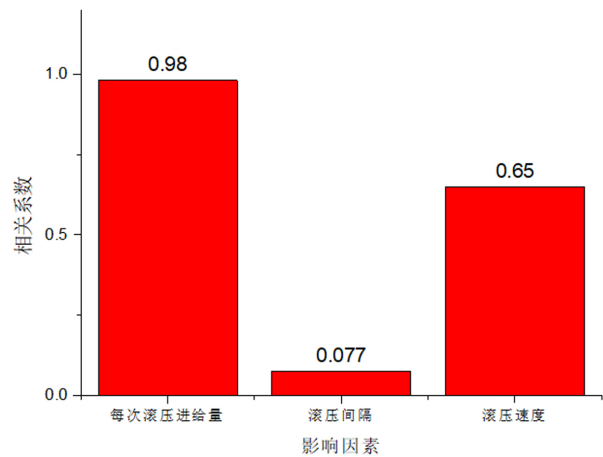


图12 相关分析

2.基于响应曲面法丝杠轴向进给滚压工艺优化设计

由上节分析可知，影响滚压结果的关键工艺参数为每次滚压进给量、滚压速度。本节将进一步采用响应曲面法对滚压工艺参数进行优化分析。为了比较不同滚压进给量、不同滚压速度对滚压过程的影响，以滚压进给量、滚压速度为因子，进行二因子五水平的正交复合（CCD）试验设计。滚压进给量取值范围设为0.004~0.016，滚压速度取值范围设为20~100。具体试验设计参数及试验结果如表3所示。

表3 采用CCD方法滚压工艺优化设计试验方案

试验序号	A 滚压进给量 (mm/次)	B 滚压速度 (mm/s)	最大做功 (N·m)
1	0.01	60	235.1718
2	0.01	60	235.1718
3	0.016	20	265.7912
4	0.004	100	111.2186
5	0.01	116.5685	209.1508
6	0.016	100	248.2997
7	0.01	60	235.1718
8	0.018485	60	327.7344
9	0.01	60	235.1718
10	0.01	3.431458	288.4275
11	0.004	20	131.2322
12	0.001515	60	108.952
13	0.01	60	235.1718

根据响应曲面法的CCD试验方案，利用最小二乘法拟合响应值与自变量之间的关系方程。对试验数据进行多元回归拟合，可得滚压轮做功为响应值的多元线性回归模型：

$$Y = 235.17 + 77.35A - 28.03B + 0.63AB - 8.41A^2 + 6.81B^2 + 18.65A^2B - 9.44AB^2 - 44.43A^2B^2$$

对该模型方程进行方差分析和显著性检验，结果如表4所示。该结果表明对滚压过程影响程度由高到低依次为每次滚压进给量>滚压速度，且各因子之间交互作用不明显。在试验设计范围内，该模型回归显著（P<0.0001）。进一步获得每次滚压进给量、滚压速度两者对应的响应面如图13所示。

表4 方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性概率
模型	52496.71	8	6562.088	63660000	< 0.0001
A	23932.86	1	23932.86	63660000	< 0.0001
B	3142.401	1	3142.401	63660000	< 0.0001
AB	1.590223	1	1.590223	63660000	< 0.0001
A^2	404.5737	1	404.5737	63660000	< 0.0001
B^2	264.9025	1	264.9025	63660000	< 0.0001
A^2B	695.8164	1	695.8164	63660000	< 0.0001
AB^2	178.2731	1	178.2731	63660000	< 0.0001
A^3	0	0			
B^3	0	0			
A^2B^2	3948.18	1	3948.18	63660000	< 0.0001
A^3B	0	0			
AB^3	0	0			
A^4	0	0			
B^4	0	0			

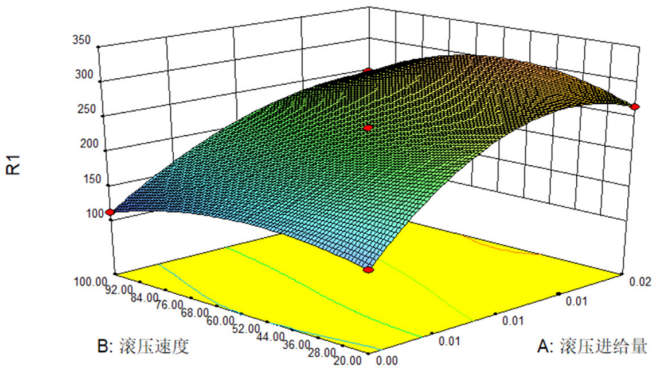


图13 丝杠滚压加工滚丝轮做功响应面图

考虑滚压效率，以滚压速度为约束，设滚压轮最低转速为5r/min,最高转速为15r/min,则滚压速度v最小值约为52mm/s,最大值约为157mm/s，以此为约束根据响应面模型，以做功最小为优化目标，获得结果：当每次滚压进给量为0.01mm,滚压速度为157时，需要做功最小，为139N·m。即滚压轮转速： $\omega_r=60v/\pi d_{H1}=15r/min$ 且滚压轮几何参数满足关系式：

$$0.01 = \tan(\alpha_{\text{进}}) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin(\alpha) \cdot d_s \Rightarrow \alpha_{\text{进}} = 0.659^\circ$$

（下转第73页）

基于OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料的航空作动器氢脆研究

海军装备部 王振成
庆安集团有限公司 曹圣兵

摘要：某航空作动器主要承力件筒体采用沉淀硬化不锈钢OCr17Ni4Cu4Nb材料，在生产制造过程中就发生了多起氢脆裂纹事故，其作动器在大载荷下长寿命服役时，易导致裂纹扩展发生疲劳失效引发质量安全问题，所以对OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料作动器开展抗氢脆技术研究尤为重要，对于提高飞机的安全性、可靠性及经济性具有较为重大的现实意义。

OCr17Ni4Cu4Nb是一种性能优良的马氏体沉淀硬化不锈钢，材料强度高，具有良好的耐腐蚀性和切削性能，是我公司设计、加工、冶金专业联合引进推广的一款新材料，在我公司的航空作动器类产品中广泛应用。

氢脆是指生产过程中产生或环境中的氢进入材料内部，然后在远低于屈服强度的外载作用下，出现断裂的现象。对于不锈钢氢脆问题，其开裂机理研究表明，不锈钢材料氢脆开裂机理更符合弱键理论和氢导致局部塑性形变开裂综合作用。

对于不锈钢材料的应用单位而言，氢脆开裂机理（氢、应力二元素如何作用导致开裂）研究对材料应用单位而言则作用并不突出，材料应用单位更关注于生产过程中采用何种手段来避免不锈钢出现氢脆裂纹，以及氢脆二元素相互作用关系等。

在公司某航空作动器研制生产过程中在生产制造过程中就发生了多起氢脆裂纹事故，其作动器在大载荷下长寿命服役时，易导致裂纹扩展发生疲劳失效引发质量安全问题，

因此，OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料作动器应用时，虽然不需要对氢脆开裂机理进行探讨和研究，但需对氢脆二元素在生产过程中的产生、相互作用及氢脆二元素临界门限等开展深入研究，从而避免氢脆产生，对于提高飞机的安全性、可靠性及经济性具有较为重大的现

实意义。为区别于氢脆机理研究，本文氢脆研究是基于OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢的应用展开。

本文通过对某型OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料航空作动器裂纹故障进行研究，确认氢脆开裂，深入研究了氢产生环节以及其临界门限，最终从设计、热处理、机加等环节制定了相关的控制，提高了零件抗氢脆能力。

1. 产品结构及裂纹情况

（1）产品介绍

某作动器用于飞机襟翼驱动，其基本结构由筒体、活塞、衬套和接头等组成，筒体采用OCr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料，筒体作为作动器主要结构承力件，用于实现压力转换和连接飞机舵面的成立结构。

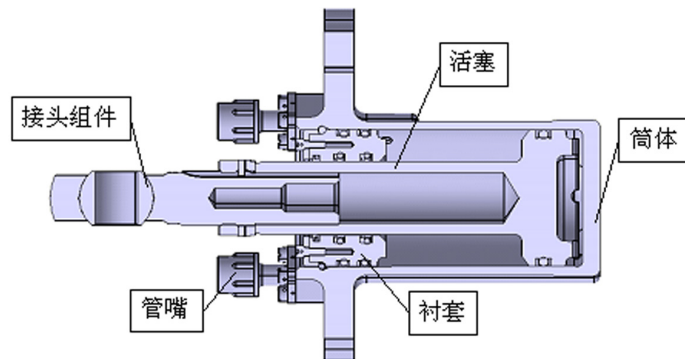


图1 某作动器结构组成图

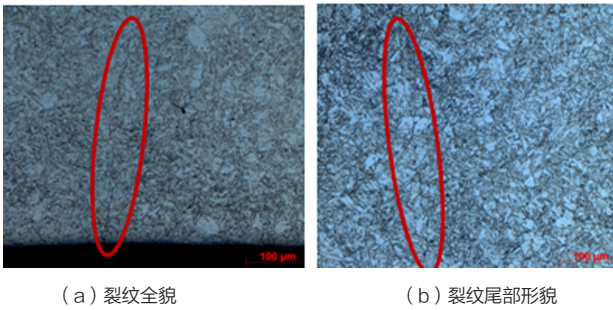
(2) 裂纹情况

某批作动器产品配套的筒体在探伤检验时发现，同批次有6件筒体有线性显示，均位于零件截面变化部位和螺纹孔壁线性显示长度为3~10mm。

2. 裂纹失效分析

(1) 金相检查

在故障件表面垂直于线性显示部位切取试样，经过粗磨→细磨→抛光，腐蚀后观察，可知线性显示为裂纹，裂纹曲折、细长、尾部尖细，如图2所示。经测量裂纹深度约为0.87~1.46mm。裂纹呈穿晶+沿晶曲折扩展，裂纹附近组织未见异常。对基体组织进行观察，组织为板条状马氏体。



(a) 裂纹全貌 (b) 裂纹尾部形貌

图2 金相组织

(2) 断口分析

将故障件螺纹孔壁的裂纹人工打开，超声波清洗后对断口进行低倍观察，其宏观形貌如图3所示，图中区域1为裂纹断口，区域2为人工打开断口。裂纹断口已穿透螺纹孔壁，断面较粗糙，断口未见明显的塑性变形，裂纹起源于螺纹孔端面，由端面沿纵向开裂。

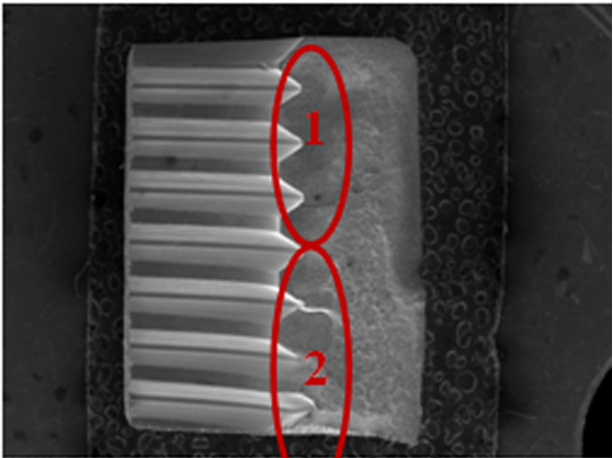


图3 断口宏观形貌图

经扫描电镜高倍观察，断口源区微观形貌为准解理+沿晶，断口扩展区微观形貌为沿晶特征，人工打开断口微

观形貌为韧窝+少量沿晶。

(3) 能谱分析

在故障件裂纹附近取样进行能谱分析，结果表明其主元素成分与0Cr17Ni4Cu4Nb基本一致，未见异常。

(4) 硬度检查

在故障件上进行洛氏硬度检查，结果见表1，零件硬度值均匀，平均值为43.4HRC，工艺要求硬度为40~45HRC，硬度检查结果符合工艺要求。

表1 故障件零件硬度测试结果 (HRC)

试样	1	2	3	4	平均值
硬度值	43.3	43.1	43.4	43.6	43.4
技术要求	40~45HRC				

(5) 氢含量测试

将故障件镀铬层去除后进行氢含量测试，结果见表2，通过测试可知零件氢含量平均值为2.3ppm，氢含量较高。

表2 返工退铬零件氢含量测试结果 (ppm)

试样	1	2	3	4	平均值
氢含量	1.8	2.5	2.3	2.5	2.3

(6) 小结

经过对故障件进行能谱分析、金相检查、硬度检查，同时对裂纹及裂纹断口宏、微观观察结果以及材料检测结果，可以得出以下结果：裂纹起源于零件表面或亚表面，呈穿晶+沿晶曲折扩展，裂纹附近组织未见异常；裂纹附近氢含量平均值为2.3ppm，氢含量较高；断口源区微观形貌为准解理+沿晶，扩展区微观形貌为沿晶特征；人工打开断口微观形貌为韧窝+少量沿晶。

通过对裂纹故障进行分析排查，从裂纹形貌及氢含量检测结果，可基本确认本次0Cr17Ni4Cu4Nb不锈钢筒体裂纹为氢脆开裂。

3. 产生机理分析

0Cr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料筒体裂纹原因确定为氢脆开裂后，针对氢脆二元素从筒体零件设计、加工等环节进行深入研究，查清氢及应力的来源，并采取相应措施避免氢脆问题再次发生。

(1) 应力来源

本次氢脆开裂发生在零件使用前，尚未承受外加应力，故引起氢脆开裂的应力来源于零件本身的内应力，即

加工过程产生的残余应力。

0Cr17Ni4Cu4Nb材料筒体的加工流程为：锻制→粗加工→热处理→车铣复合加工→去应力处理→内孔等精加工→磁粉探伤→镀铬（含镀前去应力和镀后除氢）→精加工→磁粉探伤→不锈钢钝化。

经查，加工过程中车铣复合加工工序的加工量较大，尤其是裂纹部位的加工应力比普通车削要大，容易在零件表层引入较大的残余应力。

车铣复合加工工序后安排有低温去应力处理工序，一般来说，低温去应力可以部分去除机加残余应力，使残余应力降低至安全范围，但如果残余应力较大，就需要采取更多措施以降低残余应力，本零件存在机加应力去除不彻底的情况。

零件本身带有残余应力的话，残余应力较大的部位局部塑性应变也大，而增加塑性应变会提高氢的吸收量。因此，残余应力的作用不仅在于提供了应力，也提高了电镀时的增氢量。带有残余应力的零件进行电镀，

增加了氢脆的概率。

（2）氢来源

钢材中的氢分为扩散性氢和非扩散性氢。扩散性氢在室温下可以在钢材内部扩散移动，从而参与氢脆形成过程。非扩散性氢被晶格缺陷捕获，不易扩散移动，在温度较高时才会释放，因此不参与氢脆形成过程。

0Cr17Ni4Cu4Nb不锈钢材料应用于航空作动器类产品筒体时，采用镀铬来提高筒体内表面硬度，从而达到耐磨的目的，加工过程中电镀等环节都容易产生氢。

本筒体按照工艺工序安排，要求镀铬后4小时内进除氢箱除氢6小时（温度及时间等指标要求均严于HB/Z 5072），出现氢脆故障的筒体零件经查也执行了该要求，因此，存在执行除氢工序后氢未除干净的情。通过详细验证，可知，对于0Cr17Ni4Cu4Nb材料筒体，镀铬后累计除氢16小时后，产生的扩散氢才能全部去除。

4. 结论及建议

通过对0Cr17Ni4Cu4Nb材料筒体氢脆故障排查及研究发现，此次氢脆故障具体原因及建议如下：

（1）0Cr17Ni4Cu4Nb材料筒体积极过程切削应力过大，且去应力工序效果差。

（2）镀铬过程中产生的扩散氢，在后续除氢工序中未完全去除。

（2）0Cr17Ni4Cu4Nb材料在硬度高于35~40HRC范围使用时，氢脆敏感会大大提升。

（3）0Cr17Ni4Cu4Nb材料应用于作动器筒体时，硬度使用范围应不高于35~40 HRC，避开氢脆敏感点。

（4）不锈钢材料加工时应合理分配粗加工、半精加工和精加工的加工量，避免局部存在较大的加工应力，同时，加工工序中增加有效的去应力环节。

（5）电镀后的必须增加足够除氢时间。□

（上接第70页）

五、结论

针对丝杠滚压工艺，建立了基于空间解析几何的几何关系模型以及有限元仿真分析模型，分析了滚压轮几何参数、滚压工艺对结果的影响规律，建立了丝杠滚压工艺优化方法，获得结论如下：

（1）滚压轮滚道头数由滚压轮直径、丝杠直径、丝杠头数三者共同决定，并且具有明确的函数关系；

（2）滚压轮螺旋升角由丝杠螺旋升角、滚压轮轴线与丝杠轴线之间的夹角二者共同决定，并且具有明确的函数关系；

（3）滚压轮成形段是丝杠主要成形的部分，在允许的范围应增加其长度同时减小其角度。

（4）滚压速度对滚压效率影响之外，对滚压质量也有一定的影响，通常在低速、中速、高速区存在3个较优区间。□

参考文献：

- [1] 王媛,宋黎,袁明月,刘齐文,王宇光. 轴向进给式螺纹滚压的模具设计及数值模拟[J]. 锻压装备与制造技术. 2010,45(6): 99-101.
- [2] 许丽华.采用轴向进给法滚压多头数加长螺纹[J]. 航空制造技术. 2012,(17):98-99.
- [3] 段体清.螺纹滚柱轧制工艺研究[D].秦皇岛:燕山大学,2017.
- [4] 范淑琴,王琪,赵升吨,朱倩.外螺纹滚压成形的多个滚丝轮的相位调整角的研究[J].锻压装备与制造技术.2018,53(4):73-78.
- [5] 崔鑫,赵永强.外螺纹的冷滚压成形工艺研究[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版). 2019,35(4):22-27,45.
- [6] 张大伟,赵升吨,王利民.复杂型面滚轧成形设备现状分析[J]. 精密成形工程.2019,11(1):1-10.

Y31160滚齿机传动轴结构改进探索

中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司 伏宇璐 张 瑞 张振忠

摘要：滚齿机属于齿轮成形加工设备，滚齿机主要由传动箱、工作台、刀架、尾座等重要部分组成。长期在高负载下加工齿轮，造成传动箱中传动轴急剧磨损，每隔一段时间就要重新修配轴与挂轮的连接键或直接更换传动轴。本文对Y31160滚齿机传动轴急剧磨损问题进行了详细的分析，包括原理解答、故障原因和分析。通过本文，维修人员能够按图索骥，同时也能够举一反三，在修理改进其他设备的传动轴时，作为参考。

1. 设备简介

YA31160滚齿机是重庆机床厂生产的具有较高精度的大型滚齿加工机械，机床主要采用液压机构，通过蜗轮、蜗杆以及传动箱来传递运动，其传动精度要求较高。受长期高负载加工影响，其传动轴与挂轮的磨损需要维修经验丰富且有较高技能的维修钳工来解决。通过平时的工作积累和维修滚齿机积累的经验，我们就传动轴与挂轮的磨损主要进行了两个方面的研究分析工作：

(1) 对传动箱的传动原理进行分析，对YA31160滚齿机的传动箱II轴III轴故障进行分析，结合传动箱原理和故障分析，制定对传动轴改进的方法。

(2) 总结传动轴改进后的优点。

2. 传动箱工作原理

滚齿机的传动可分为主运动、分度运动、进给运动和差动运动。主运动也称为切削运动，由电机以1730r/min的转速驱动，传至滚刀。在传动齿轮箱

内有传动合成机构，需要差动时，搭上交换齿轮，由图1可以看出传动箱的原理是由电动机带动皮带轮，由皮带轮传给传动轴，通过传动轴间的齿轮啮合传给主花键轴，再由花键轴传给刀架带动滚刀完成滚削动作，而滚刀滚削的速度由两个传动轴上的挂轮来决定，因此传动轴与挂轮间的配合要绝对准确。

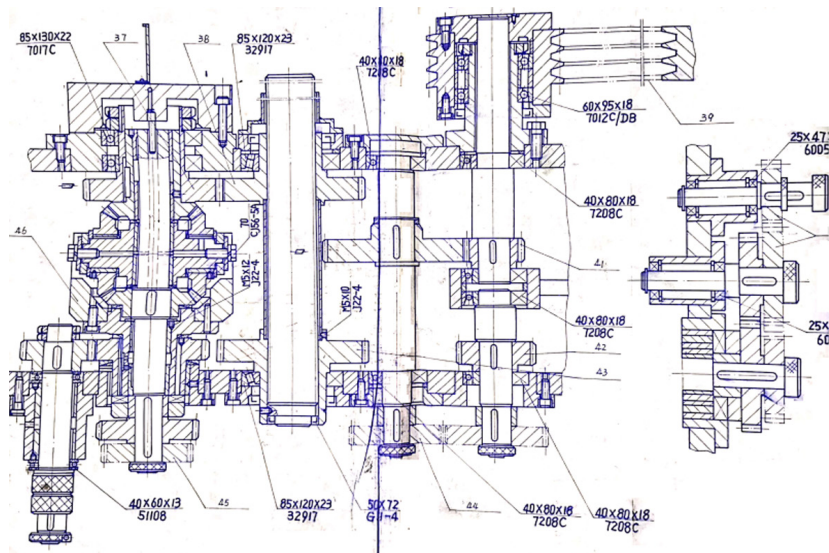


图1 传动箱整体剖视图

3. 故障分析

传动箱II轴、III轴传递的是机床的主运动，承受的载荷相对较大，因此传动箱传动轴对此要有较好的耐磨性，足够的硬度和强度。下面就对滚齿机传动箱传动II轴和III轴的故障进行总体分析。由II轴、III轴常引发的故障点主要有：机

床刀架无法转动；工作时传动箱有异响，机床振动；挂轮与轴之间打滑；II轴、III轴的传动间隙过大。

机床刀架无法旋转是由于传到刀架的传动中断导致，主要中断点出现在传动箱，即II轴和III轴的挂轮是相互啮合传动的，挂轮打坏之后，传动随即中断，导致刀架无法正常转动工作，同时，电机带动的皮带轮脱落也导致刀架无法转动。

II轴、III轴的挂轮之间的配合至关重要，挂轮松动后就会导致配合间的间隙增大，最后导致挂轮打坏报废。因为挂轮与II轴、III轴是靠单键来连接的（见图1），在长时间的大载荷之下，使轴和键出现磨损、松动，机床出现异响、振动，挂轮在轴上打滑等现象，从而影响机床的传动精度，如何消除这些不良现象呢？这就要求II轴、III轴与挂轮的配合要准确、恰当，所谓恰当就是把配合间隙控制在可控范围之内，允许的范围之内，这就要求当出现异响、振动或打滑时，及时查看键与轴的配合，及时修复键与轴存在的配合间隙，因此保证键与轴的完好配合是机床正常运行的根本所在。

4. 传动轴的改进技术探索

（1）改进前存在的问题分析

如图2所示，改进前两根主要传动轴采用的是光杆轴，挂轮和轴之间的配合是靠单键来定位的，滚齿机在加工时要分两次才能完成一个齿轮的滚削工作。第一刀滚削量在2~3mm之间，这也是传动轴急剧磨损的时间；第二刀滚削量在0.1~0.3mm之间，是慢性磨损时间。由于挂轮是靠键来与传动轴连接配合的，光轴与挂轮的定位性不是那么准确，因此挂轮与传动轴之间存在配合间隙，在长时间的大切削量下，传动轴与挂轮连接的键会出现磨损、松动，传动轴也会出

现磨损，最后致使挂轮打坏报废，更严重会产生工件报废，滚刀打坏飞出伤害到操作人员的安全。

因为轴与挂轮的配合是单键连接配合，故挂轮在传动轴上的定位性在长期使用中受到了损害，受大切削力后易使挂轮打坏，因此一直要修复键和轴，使设备故障率增高。



图2 改进前的轴和齿轮

（2）实施改进办法及安装调整步骤

通过对传动II轴III轴的故障分析，结合传动原理制定实施改进方法。首先，考虑在不改变原来轴的情况下进行改进，方法是：在原来的轴上采用双键定位，初步实施；试验，通过试验分析发现即使使用双键定位，在长时间的高负荷下工作，键还是会出现磨损，只是采用双键定位相对于单键定位使用时间长，并没有从根本上解决此问题。

从新分析讨论更好的改进方法，发现如果一直使用光杆轴，那么它的定位无非就是靠键或字头螺丝来定位，这些定位在长时间大载荷下并不能持久工作，所以要解决这个问题，就要从新选择轴，从根本上解决问题。通过查阅资料发现，在轴的定位上，花键轴的定位是比较好的，检测花键轴和单键轴技术参数进行对比，选择矩形花键轴进行试验，根据光杆的尺寸和结构定制花键轴。

拆装步骤：拆下传动箱之后（见图3），先拆下III轴对面右端的皮带轮；然后把II轴和III轴两端的端盖拆掉；从左端先敲III轴，取下III轴齿轮和对面的齿轮，再从右端敲出II轴；接着在敲出II轴，对齿轮方向做好记号并取出隔圈。

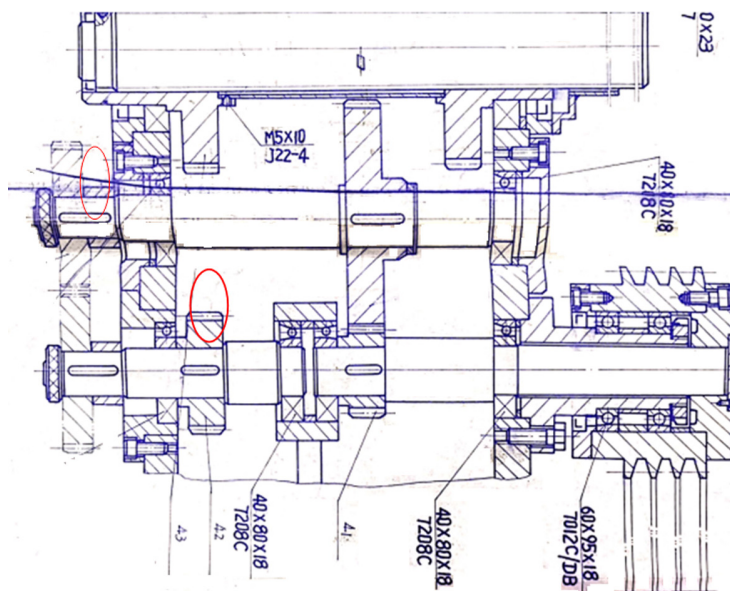


图3 传动箱II轴、III轴剖视图

拆下后要对齿轮和安装的轴孔进行清洗，安装时要先去除花键轴上的毛刺和翻边，并进行试装。具体安装步骤如下：安装时先装II轴，先敲入一端轴承，装入II轴后在敲入另一端；然后装III轴，安装III轴时先装里面的轴承再敲入III轴，接着装上隔圈，敲入对面的轴；最后装上端盖和皮带轮。

安装时，要调整隔圈的厚度，来调整轴的轴向窜动，允许的轴向窜动量是0.02mm，如图3所示，轴向窜动由图中红圈所示的隔圈来调节，根据安装后轴的松紧度来调节隔圈的厚度，必要的时候可以在端盖的表面垫上相应的密封纸垫，以此来达到轴向窜动的精度要求。如果轴向窜动量大会导致产生振动，轴承易损坏，齿轮容易打坏报废，所以轴向窜动量要调整到要求范围内。全部调整好后，用百分表在轴的顶端测量轴的轴向窜动看是否达到要求，达到要求后，全部安装好，即安装调试完毕。

(3) 改进后效果

改进后由原来的光轴更换成花键轴，并且把挂轮更换成相配的花键挂轮，花键轴有较好的定位作用，与花键挂轮配合紧凑，花键连接为多齿工作，承载能力高，对中性导向性好，受载时齿上有径向力能起自动定心作用，使各齿受力均匀，强度高、寿命长，如图4所示。



图4 改进后的轴结构图

这次改造采用花键轴结构，传动安全牢靠，可承受更大的切削负载力，不易磨损变形，使用寿命长。由于所购花键轴尺寸与原结构有差别，通过反复试验，调配传动间隙，达到了预期效果，从而消除原故障点，避免了工件的报废，降低了设备停机时间，提高了设备使用效率。今后可以在研究所同类机床上进行改进。

5.改进前后综合比较

改进后的传动轴主要采用花键配合，原来的挂轮也改为花键槽挂轮，花键比光轴更能够承受大的载荷，并且提高了传动轴与挂轮的定位精度，把配合间隙消除到最小，使轴更加耐用，检测对比见下表。

轴的技术参数检测对比表

单键轴		矩形花键轴	
材质	40Cr	材质	40Cr
表面硬度	45~50 HRC	表面硬度	30~35 HRC
作用接触面	80%	作用接触面	20%
传递扭矩	3500N·m	传递扭矩	1800N·m

此传动箱传动轴在2010年5月开始逐步改进后，在随后的一年生产实际中说明，通过以上的改进措施，由原来的1个月修理一次到现在的2年以及更长时间修理一次，说明确实提高了轴和挂轮的使用率，避免了一直出现挂轮打坏报废甚至工件报废现象，以及由此现象导致的故障和设备停机，实现了降低设备故障率的设备改进理念，有效保证了滚齿机的顺利有效运行。

6. 结论

传动箱是滚齿机正常运行的重要部件，本文针对传动箱传动轴的改装，并以YA31160滚齿机为实例，详细说明了滚齿机的传动箱传动原理，传动箱II轴、III轴的故障分析，通过上述分析对传动轴实施了改进，取得如下结论：

- (1) 认真分析了传动箱的结构和原理，以及对传动箱II、III轴的分析，为实施改进指明了方向。
- (2) 对传动轴设计进行了改进，该改进取得了显著的效果，大大减少了机床的停机时间，有效的改善了故障率。提高了传动轴和挂轮的配合精度。
- (3) 通过这次亲身体会的改进实例，为以后的设备常见故障的重点改进提供了好的依据。 □

不规则零件装夹方法

中国船舶第七二二研究所 杨汉平

本文主要是以平口钳装夹不规则零件的改进方法为研究对象，为提高生产加工效率和保证尺寸精度，在传统夹具的基础上改进而成，主要考虑如何快速装夹和使用方便，而且夹具结构也较简单。

在铣削加工过程中，对于比较规则的零件，使用通用夹具就能满足要求，常用的通用夹具有平口钳、分度头、三爪卡盘、螺钉压板等。但有时会遇到一些不规则的零件，特别是一些外形尺寸小、轮廓异形、装夹位很少、加工容易变形的零件，常用的通用夹具装夹效率低，加工过程中容易造成产品报废。装夹加工往往需要设计专用夹具或使用特殊设备，来保证加工过程的顺利进行，对于一些单件小批量零件是不划算的，因此夹具设计是机械加工的重要组成部分。

1. 平口钳装夹零件的特点

装夹也称为安装，安装包含两个方面的内容：定位、夹紧。工件从定位到夹紧的整个过程称为安装。平口钳是机床夹具用来夹持零件的通用夹具，是铣床和钻床等机床的必备附件，如图1所示。

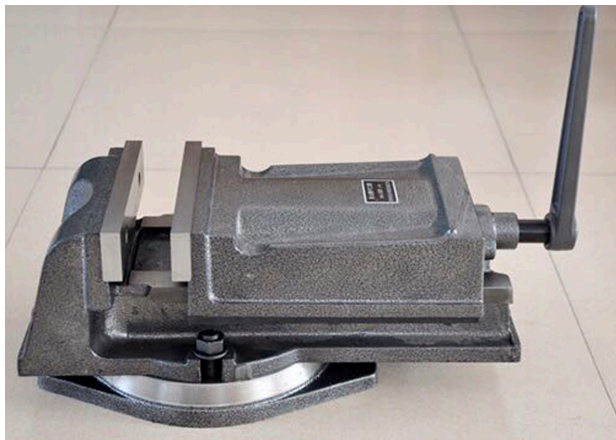


图1

常用的平口钳装夹由一固定钳口和一块活动钳口夹紧定位，是将工件固定夹持在机床工作台上进行切削加工，其工作原理是用扳手转动丝杠，通过丝杠螺母带动活动钳身移动，形成对工件的夹紧与松开。主要有定位精度较高、夹紧快速、适应性强、操作简单等特点。优点是可缩短生产准备周期，减少夹具的品种，从而降低生产成本。其缺点是夹具加工精度不高，对加工零件的外形轮廓要求比较高，通常只能夹持形状比较规则的零件，对于不规则的零件如圆形、椭圆形、多边形、异形等形状零件较难装夹，形状复杂的零件就需要采用其它的夹具。

2. 平口钳装夹不规则零件

我所加工零件的性质为多品种小批量，平口钳是机床的常用附件。工作中大部分零件都可以在平口钳上完成加工。但有时会遇到一些需要多次装夹加工的异形零件，在平口钳上加工完第一道工序后，零件轮廓有凹有凸，在平口钳上就无法装夹，只能将平口钳拆下，采用其它的装夹方式完成零件的后序加工，这就会增加操作人员的辅助加工时间，而且装夹费时，效率低。

为了解决装夹这一难题，通过对平口钳工作原理的研究，找到了一个平口钳的改进措施，减少了辅助加工时间，降低了劳动强度，提高了工作效率。

3. 不规则零件加工装夹改进

为了提高平口钳的利用率，研究不规则零件的工艺加工过程，解决生产过程中遇到零件装夹的技术难题。通过多年的实践经验，对使用平口钳装夹零件进行深入研究。

由于平口钳的钳口装配结构是可拆卸的螺纹连接,即使用内六角螺栓与平口钳的内螺纹连接,故平口钳的两个装夹用钳口可拆卸。要想解决生产过程中遇到不规则零件的装夹问题,只要保证装夹钳口的形状与加工零件的形状一致就可以将零件装夹,所以决定从平口钳的钳口进行改进。为此设计了两块新的钳口,如图2所示。

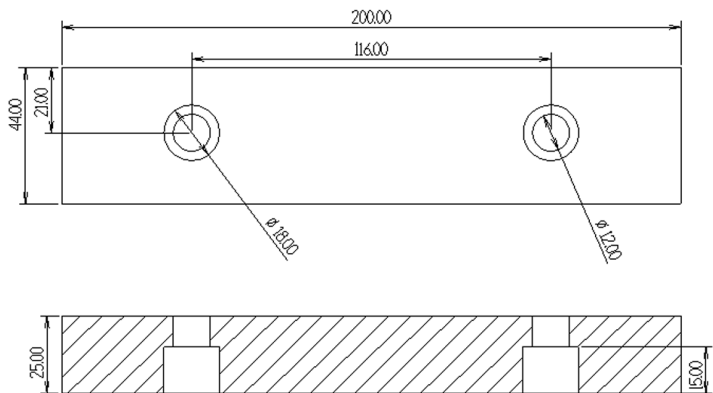


图 2

考虑到加工方便,自制钳口材质为LY12,当需要加工不规则零件时直接将原碳钢钳口拆卸,将自制钳口用M10螺栓锁紧在平口钳上,然后根据零件的外形轮廓在钳口上加工对应的形状,就可以直接将零件装夹在平口钳上。

例如加工圆柱体零件时,如图3所示零件,该零件材质为H62,小批量加工,零件前一道工序为车外圆和厚度到尺寸,本工序铣加工完后最薄位置仅2mm,在装夹方法的选择上也使用过其它装夹方式,不是很理想。如采用三爪卡盘装夹,装夹面使用的是三个点接触,装夹不牢固,加工过程中容易变形,不能保证产品质量。

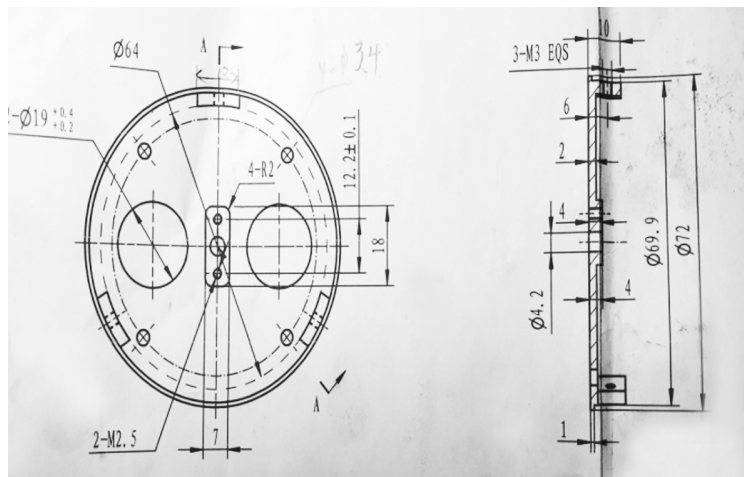


图 3

在平板上采用压板装夹,虽然能保证产品质量,但是需要频繁的更换压板位置,装夹费时,效率低。而在自制的平口钳上加工,只需在平口钳上加工一个 $\phi 72\text{mm}$ 、深2mm圆弧止口即可,该装夹方法使用的是面接触,加工过程中变形小,零件装夹后直接加工,不需要每件找正坐标,装夹效率和质量更高。如图4所示装夹。该装夹方法特别适合加工外形尺寸小的异形零件。

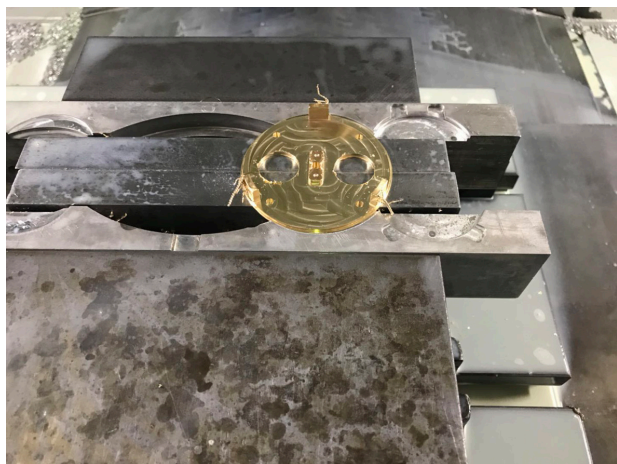


图 4

4.与传统夹具的比较

传统说法是车工看磨刀、铣工看装夹,可见零件装夹对铣削加工的重要性。我所产品零件加工的性质是多品种、小批量,产品形状复杂,精度要求高,加工周期短等特点。

与传统夹具相比,平口钳上夹持不规则的零件,效率高、定位准、装夹牢固不变形;去掉了频繁的打表校正;减少了多个压板的压紧和松开;不用考虑夹具的干涉;将形状复杂的零件装夹变得简单;缩短了零件装夹时间,每一个零件从夹紧到开始加工不需要一分钟,对熟练工人和不熟练的工人在装夹时间上几乎没什么区别,提高了生产效率。随着本夹具改进的不断使用,保证了产品质量的稳定性,而且夹具简单,操作方便,适合于推广使用。

5.结束语

本文主要针对铣削加工中一些装夹问题提出改进方案,简单实用,对于铣削加工中遇到类似的装夹问题有很好的借鉴作用,必须要不断地在实践中学习,不断地总结经验,才能更好地发挥机床的潜能。□

参考文献:

- [1] 刘守勇.《机械制造工艺与机床夹具》[M].北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 杨伟群.《铣削工艺培训教程》[M].北京:清华大学出版社,2006.

发动机曲轴油孔去毛刺工艺研究

上汽通用五菱汽车股份有限公司发动机工厂 梁卓 耿小方 陈健

摘要：曲轴是汽车发动机三大件中的最关键、精度最高的部件，其作为典型的轴类零件，在大负荷的运行条件下极易产生不断变化的弯矩及扭矩作用，在高温高压的条件下运动部件的润滑和冷却对发动机的寿命有着直接的影响。本文介绍了曲轴运行过程中提供润滑机油的油孔，对油孔的加工过程、当前工艺的风险及毛刺的产生进行了说明，并提出新的解决方案和对毛刺的风险等级进行了划分，针对不同风险等级进行了分级控制，从而有效解决发动机异常磨损的风险性，提升了发动机曲柄连杆机构的润滑性能，并为油孔毛刺的解决提供新的方向。

发动机是汽车的“心脏”，影响发动机运行的平稳性及燃油经济性的一个重要因素就是润滑。而曲轴是发动机的主要旋转机件，工作环境恶劣，高温高压，在工作状态下，曲轴承受缸内气体作用力、往复惯性力以及旋转惯性力引起的呈周期性变化的弯曲和扭转负荷。

另外，随着对内燃机要求的提高，内燃机的比功率在不断增加，曲轴的转速也越来越高，曲轴的润滑和冷却性能越来越重要。

发动机润滑油存储于油底壳内，用机油泵的运转集滤器将机油从油底壳吸出，通过机油滤清器的过滤进入缸体主油道，通过油孔进入曲轴，同时机油通过上油道进入缸盖油孔并润滑凸轮轴，润滑之后机油自然的回路至油底壳中，从而进入下一个循环当中，如图1所示。

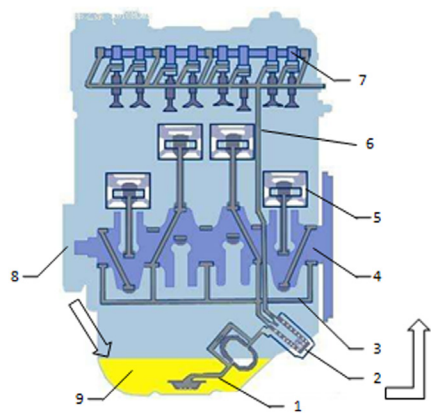


图1 发动机油道结构图

1.集滤器 2.机油滤清器 3.缸体主油道 4.曲轴 5.活塞 6.上油道
7.凸轮轴 8.机油泵 9.油底壳

目前普遍应用的B15机型的4曲拐曲轴分布有8个油孔，分为4个直油孔和4个斜油孔，成均匀分布且有一定的交叉重合，如图2所示。

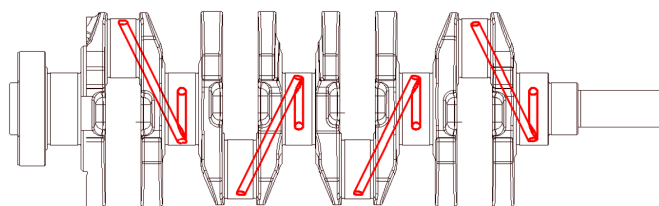


图2 曲轴油孔分布图

所谓毛刺，是指在金属切削加工过程中，在工件表面过渡处出现的各种尖角、毛边等不规则的金属部分，是金属切削加工中产生的普遍现象之一，是金属切削理论研究中的难题。曲轴油道孔的毛刺对曲轴线的下线测量准确性有很大影响，并直接影响发动机整机的质量。

长期以来，曲轴油道孔的毛刺问题始终没有引起我们足够的重视，以至毛刺悄然影响着产品的质量。如何对待和控制曲轴油道孔的毛刺问题，这将直接关系到装配客户和整机客户的满意度，也是我们现在必须要解决的问题。

一、常规油孔加工工艺

我们将整个工艺加工过程划分为产生毛刺、去毛刺、清洗、最终测量、最终目检等几个步骤，整个工艺流程如图3所示。

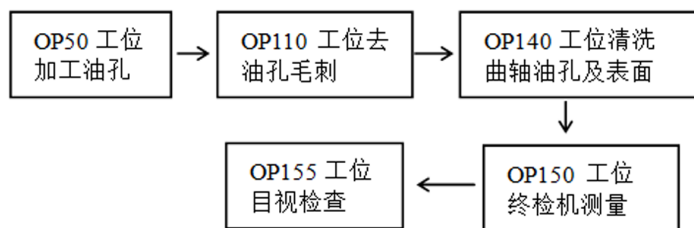


图3 油孔加工及去毛刺过程

OP50加工油孔之后产生毛刺，在OP110工件机器人去毛刺，OP140清洗整个曲轴及定向清洗油孔，最终过终检机和目视检查下线工位。若油孔毛刺掉落，直接影响OP150的测量准确性，并将缺陷工件流入客户。

1. 油孔加工方式

曲轴有4条直油道和4条斜油道（J1-J4代表4个直油道，P1-P4代表4个斜油道），直油道负责供油主轴颈润滑，斜油道负责供油连杆颈润滑，直油道和斜油道在主轴颈表面存在着交叉孔。SGMW加工油孔工位为日本NTC双夹具机床，共3台设备，机床整个加工过程分为四个步骤：

（1）夹具定位夹紧

通过两端顶尖定位中心线，限制工件轴向移动，夹紧第一连杆颈来限制曲轴圆周方向的位置，夹紧曲轴油封安装面来驱动工件旋转，程序控制主轴进行加工。

（2）加工直油孔

机床在定位夹紧后，首先加工直油孔，如图4所示。

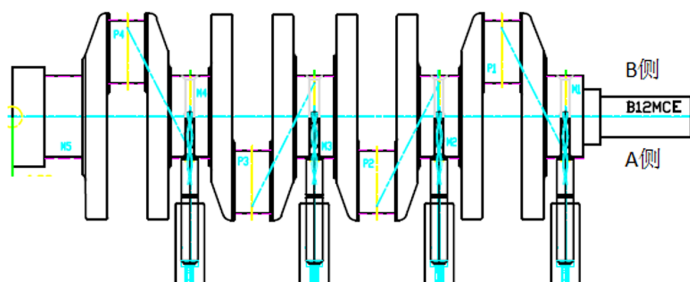


图4 直油孔加工过程

直油孔是通过“一把刀两头钻”的方式加工，从第一主轴至第五主轴颈逐一进行加工，为了最大程度的降低节拍时间，加工顺序：A侧 #1夹具J1→#1夹具J2→#1夹具J3→#1夹具J4→#2夹具J4→#2夹具J3→#2夹具J2→#2夹具J1→B侧#2夹具J1→#2夹具J2→#2夹具J3→#2夹具J4→#1夹具J4→#1夹具J3→#1夹具J2→#1夹具J1，主轴颈在加工时同时进行倒角。

（3）预钻斜油孔

第一连杆颈至第四主轴颈逐一进行加工，如图5所示。

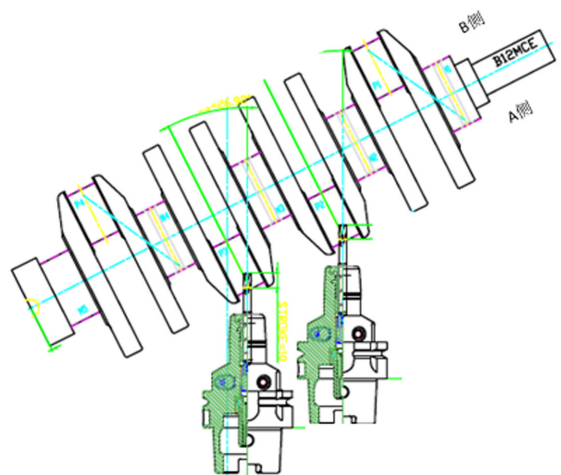


图5 斜油孔预钻

斜油孔的入刀口在连杆颈侧，在加工过程中夹具带动曲轴多次转动，以调整至适于刀具加工的角度，若机床的旋转轴丝杠有异常磨损或其他问题可能会导致斜油孔位置度不好。预钻的加工顺序如下：A侧 #1夹具P2→#1夹具P3→#2夹具P3→#2夹具P2→B侧#2夹具P1→#2夹具P4→#1夹具P4→#1夹具P1，连杆颈加工时不进行倒角。

（4）斜油孔钻通

第一连杆颈至第四连杆颈逐一进行加工，如图6所示。

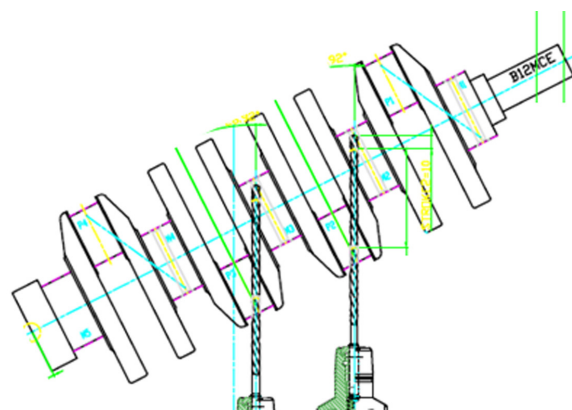
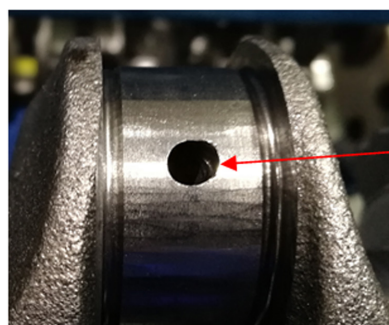


图6 斜油孔钻通

斜油孔的出刀口位置距离曲轴配重块较近，在加工过程中既要保证刀具完全钻通，还要避免碰到配重块，其加工顺序如下：B侧#1夹具P1→#1夹具P4→#2夹具P4→#2夹具P1→A侧 #2夹具P2→#2夹具P3→#1夹具P3→#1夹具P2。

2. 油道毛刺形成

此时油孔已加工完毕，毛刺形成主要是在斜油孔入口处及油孔交叉处，如图7所示。



斜油孔加工入口
处易产生毛刺



直油孔与斜油孔出口
交叉处易产生毛刺

图7 油孔毛刺图

由于直油孔在入口处已进行倒角不存在毛刺，而在出口处虽然也进行了倒角，但当斜油孔贯穿并与其产生交叉区域时极易产生毛刺。

3.常规去毛刺方案

常规工艺在OP110工位所有油孔入口和出口处通过弹簧刀进行去毛刺，如图8所示。

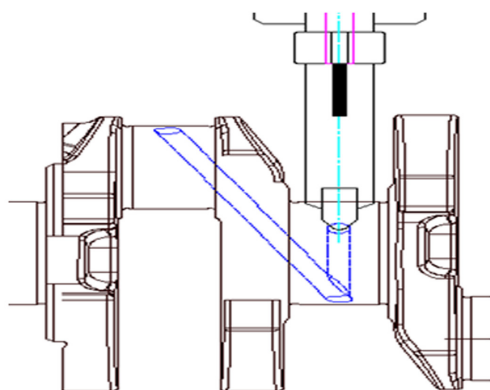


图8 斜油孔预钻

当前工艺过程的缺点：

(1) 50工位直油孔加工刀具断刀频繁

加工直油孔时由于要保证两次是钻通状态，单次的加工量一定要超过轴颈的半径，油孔钻过深并和倒角同时加工，易崩刀，平均每月崩刀10~20次。

(2) 110工位油孔刀效果不佳且易崩

由于有弹性，去毛刺不加工倒角，而去毛刺的最好方式就是倒角，若强行倒角到一定程度易崩刀。

(3) 针对油孔毛刺没有针对性有效的质量检查方案，只是规定目检不能有毛刺，员工难以执行到位。

二、去毛刺方案研究

1.优化去毛刺方案

如何有效去除毛刺并满足机床加工节拍是难点，团队打破了常规的思路，经过头脑风暴，多次讨论和现场试验调试认为，去毛刺的最佳方法仍然是机械法，即将难以去除毛刺的油孔在OP50工位通过刀具加工倒角。

经过多方面评估、对比，最终定下来方案三是最佳的，见表1。

表1 滚压后质量控制尺寸

	工艺	节拍	效果	选定
原方案	OP50: 直油孔→斜油孔(预钻)→斜油孔	OK	NOK	×
方案一	OP50: 预钻直油孔、斜油孔→钻通直油孔、斜油孔→倒角直油孔、斜油孔	NOK	OK	×
方案二	OP50: 预钻+倒角直油孔、斜油孔→钻通直油孔、斜油孔→倒角剩余孔	NOK	OK	×
方案三	OP50: 预钻直油孔、斜油孔→钻通直油孔、斜油孔→倒角直油孔	OK	OK	√

方案三主要有以下3个步骤组成：

(1) 预钻直油孔、斜油孔

机床定位夹紧后，预钻刀具对曲轴的直油孔和斜油孔逐一加工，加工深度约为油孔深度的1/3左右，如图9所示。

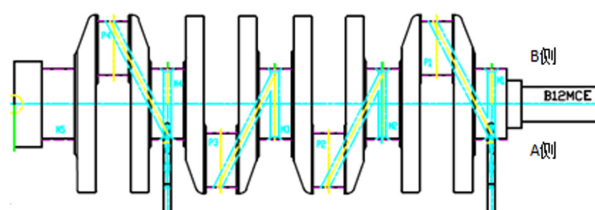


图9 直油孔、斜油孔预钻

该刀具是一个有120°倒角铣刀，行业内常用其加工预钻孔类，加工顺序如下：A侧 #1夹具J1→#1夹具J2→#1夹具J3→#1夹具J4→#2夹具J4→#2夹具J3→#2夹具J2→#2夹具J1→B侧#2夹具J1→#2夹具J2→#2夹具J3→#2夹具J4→#1夹具J4→#1夹具J3→#1夹具J2→#1夹

在加工过程中,由于直油孔、各个斜油孔的角度有一定差异,工件需多次旋转,我们选择了旋转次数最少的方案。

长钻头仍然用常规工艺的刀具，如图11所示。

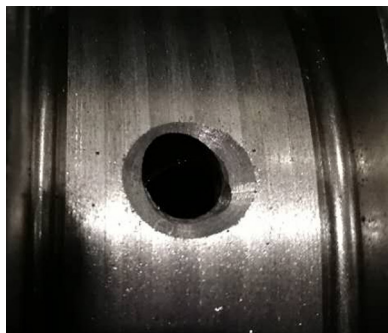


(3) 倒角直油孔

图12 倒角直油孔

该工艺优点有：避免了加工油孔边倒角，可大大降低断刀频次；减少了OP110去毛刺的加工余量和整个工作强度，有效降低其崩刀频次；OP50工位通过刀具对直油孔倒角，更在产生交叉孔后倒角，大大提高的倒角的均匀程度和稳定性，其效果对比如图13所示；当倒角均匀后，目检效果也变得容易很多，员工只需确认有没有倒角即可，有倒角则认为没有毛刺。

(a)



(b)

图13 优化工艺前后交叉孔加工状态对比

我们依据毛刺去除的难易程度及影响将毛刺划分三级：毛刺高风险点、毛刺中风险点、毛刺低风险点。

○ 毛刺高风险点 △ 毛刺中风险点 □ 毛刺低风险点

图8 毛刺风险分级

质量控制方案：具体监控方式如表2所示。

表2 对毛刺的质量监控

毛刺产生点	风险等级	毛刺控制	检查频次
交叉孔	高风险	OP50工位加工倒角+抽检	抽检
		OP110工位辅助去毛刺	抽检
		下线目检有倒角	100%
斜油孔入口	中风险	OP110工位辅助去毛刺	抽检
		下线目检有倒角	100%
直油孔入口	低风险	OP50工位加工倒角+抽检	抽检
		下线目检有倒角	100%

即高风险处采取倒角刀加工，OP110辅助去毛刺方式，下线目检3方面进行消除和监控；中风险处采取OP110辅助去毛刺，下线目检进行监控；低风险处采取倒角刀加工，下线目检进行监控。

三、小结

本文从油孔毛刺入题，对油孔的加工过程、当前工艺

的风险及毛刺产生风险均进行了介绍和深入讲解，同时将质量控制方法做了大胆的分级改进。油孔毛刺看起来是行业难题，其实并不是遥不可及，只要敢想敢做，大胆创新，努力的试验和研究，才能深入的了解，才能更好的解决行业难题，质量控制效果也会随之提升。□

参考文献：

[1] 刘勇,钟安飞,杨浩,陈逢源,覃建芳.一种曲轴油孔工艺参数与编程设定方法[J].企业科技与发展, 2014 (1) :365-367.

[2] 李海国,王华立.曲轴斜油孔加工工艺参数的计算与应用[J].机械制造, 2001 (11) :145-146.

[3] 赵训茶,李绍华,王其,张淑芹,郑德荣.发动机用曲轴油孔清洁度提升的研究[J].铸造技术, 2016 (5) : 111-113.

[4] 周长华.一种解决曲轴油道孔清洁问题的工艺设计[J].柴油机设计与制造, 2010年3期: 58-59.

[5] 谢自攀.枪钻加工曲轴油孔方法探讨[J].内燃机, 2010 (5) : 138-140.

资讯

合锻智能国家项目助力热冲压成形生产线国产化

近日，合肥合锻智能制造股份有限公司参与的国家科技重大专项——“基于国产压力机及辊底式加热炉的热冲压成形生产线示范工程”课题在成都进行了阶段工作汇报，合锻智能董事长严建文教授应邀参会并汇报项目进展情况。此次阶段性总结，标志着热冲压生产线的国产化进程迎来重要突破，国产化生产线进入实质性量产阶段。

该课题主要开展高速热冲液压机、保护气氛辊底式加热炉、三轴双臂机器人等关键设备的示范应用，将建成高强钢热冲压技术与装备示范应用基地，制定热冲压生产线集成、模具开发、零件质量检测等相关标准与规范。合锻智能在本课题中承担了1200t高速热冲压专用液压机的研制工作，与凌云股份、机械研究总院、北京机电所一起，共同完成热冲压生产线的国产化工作。

借助本课题，合锻智能在热成形液压机技术和制造水平上得以大幅提升。液压机的快降速度达到1000mm/s、工作速度达到300mm/s、最大回程速度达到800mm/s，提高了冲压效率，上述指标达到了国际同行产品的先进水平；开发了快速平稳泄压技术、加减速闭环控制技术、高精度位置闭环技术，进一步提高了工作节拍，压机最快运

行周期由原来的5.2s缩短到4.3s，达到了国际同行水平；开发了伺服阀压力闭环控制技术，压力控制精度控制在1%以内；开发的保压分段压力控制技术，提高了液压机的柔性，减少了工件变形；开发的排量控制技术，使得液压机能耗大幅度降低，静态噪声由88dB降低到76dB以下；高速油缸的设计、制造水平得到提升。无焊接管路的成功应用，保证了液压机不漏油，提高了清洁度，也提升了液压机的可靠性。

随着国VI标准的实施，节能减排要求进入了一个新高度，越来越严格的排放标准，使得轻量化在汽车领域的重要性愈发凸显。高强钢作为轻量化的重要手段，在汽车领域的使用率也将迅速扩大。

通过本课题，合锻智能培养和建立了一支热成形压机方面的专家队伍，涵盖研发、安装、调试、服务等方面的人才，借助合锻智能的加工制造能力，成功把热成形高速专用液压机推向市场。在专项实施的两年里，在国内市场取得了较为突出的成绩，打破了欧洲企业对本行业的垄断，实现进口替代。

(供稿：锻压分会)

汽缸盖阀座孔及气门导管孔精加工设备选择

上海华普发动机有限公司 金延安

汽缸盖阀座孔和气门导管孔的精加工是整个缸盖生产线的关键工序，一直受到业界的共同关注。图样规定：阀座孔经加工后，由三段锥面形成的90°密封面，沿整个圆周宽度1.2mm应均匀、连续、不间断；90°的密封面圆度为 $\phi 0.015\text{mm}$ ；阀座孔90°密封面对气门导管孔中心径跳 $\phi 0.060\text{mm}$ 。达到以上要求才能适应发动机汽阀高频率（6000r/min）的工作状态。

1. 常用加工设备

加工汽缸盖阀座孔、气门导管孔精加工的常用设备有两种：

（1）加工中心

随着科技的进步，高速加工中心机床的功能逐步扩展，专用刀具结构的性能不断提升，已能满足汽缸盖图样的三项规定。

工艺安排如下：

Op-10：粗加工阀座孔120°、90°、60°三段锥面（留余量），铰导管孔工艺用引导孔，长10mm。刀具返回刀库，换精加工复合刀具。

Op-20：精加工120°、90°、60°三段锥面铰导管孔 $\phi 6\text{H}7$ 至图样尺寸。

由于加工中心机床是单主轴，必须采用复合刀具才能完成，显然，刀具结构复杂，刀具调整难度大，刀具单件费用高。加工时刀具频繁的移位、快进、工进、换刀，形成本工序节拍时间长。

（2）组合机床

缸盖生产线规划时，本着充分发挥加工中心机床和组合机床的特点，在适合的工序选择适合的机床，采用

两种机床混合建线的方针。为此我们选择组合机床来精加工缸盖阀座孔和气门导管孔，达到整条生产线工序节拍的平衡。

为了尽可能减少前面加工误差对本工序的影响，前面工序做一些调整安排。

因为，气门导管安装孔中心位于气道壁的斜坡上，在粗加工气门导管安装孔时先铣一个与阀座孔中心垂直的 $\phi 13\text{mm}$ 工艺用平台，保证导管安装孔的直线度。位于阀座上方的气道喉口的功能是减少油气混流的阻力，必须保证喉口设计的理想空间，为防止铸造喉口时，沾沙和坭芯移动而形成铝瘤，增加了刀铰气道喉口工序。

Op-40：铣 $\phi 13\text{mm}$ 工艺平台，刀铰气道喉口，粗加工进气气门座圈安装底孔。

设备：加工中心机床；刀具：平台底孔喉口复合刀具。

Op-50：钻导管安装孔 $\phi 10.5\text{mm}$ ，半精镗进气气门座圈安装孔。

设备：加工中心；刀具：钻导管安装孔底孔，半精镗气门座圈安装孔复合刀具。

Op-60：精镗导管安装孔 $\phi 11\text{H}7$ ，精镗进气气门座圈安装孔至图样尺寸。

设备：加工中心；刀具：精镗导管安装孔，精镗进气气门座圈安装孔复合刀。

Op-70：铣 $\phi 13\text{mm}$ 工艺平台，刀铰气道喉口，粗加工排气气门座圈安装底孔。

设备：加工中心；刀具：平台底孔喉口复合刀具。

Op-80：钻导管安装孔 $\phi 10.5\text{mm}$ ，半精镗排气气门座圈安装孔。

设备：加工中心；刀具：钻导管安装孔底孔，半精镗

排气门座圈安装孔。

0p-90: 精镗导管安装孔 $\phi 11H7$, 精镗排气气门座圈安装孔至图样尺寸。

设备: 加工中心; 刀具: 精镗导管安装孔, 精镗进气气门座圈安装孔复合刀。

0p-95: 压进气气门导管。

设备: 四轴两工位进气气门导管压床; 液氮冷冻气门导管罐子。

0p-100: 压进气气门座圈。

设备: 四轴两工位进气气门座圈压床; 液氮冷冻进气气门座圈罐子。

0p-105: 压排气气门导管。

设备: 四轴两工位排气气门导管压床; 液氮冷冻气门导管罐子。

0p-110: 压排气气门座圈。

设备: 四轴两工位进气气门座圈压床; 液氮冷冻排气气门座圈罐子。

0p-120: 精加工排气气门座圈 120° 、 90° 、 60° 三段锥面及铰导管孔 $\phi 6H7$ 至图样尺寸。

设备: 两轴四工位精加工排气气门座圈三段锥面及铰导管孔组合机床。

0p-130: 精加工进气气门座圈 120° 、 90° 、 60° 三段锥面及铰导管孔 $\phi 6H7$ 至图样尺寸。

设备: 两轴四工位精加工进气气门座圈三段锥面及铰导管孔组合机床。

2. 组合机床整体布局

如图1所示, 在同一个机床工作台上, 右侧设有两台精加工排气气门座圈及铰导管孔组合镗头。两台中心距离为1、3排气气门座圈中心距离。夹具处于机床工作台中央与镗头相对, 缸盖以顶面和顶面上近排气侧两 $\phi 14H7$ 定位孔在夹具中定位, 夹具设有自动移动工位, 自动夹紧功能。左侧设有两台精加工进气气门座圈及铰导管孔组合镗头。

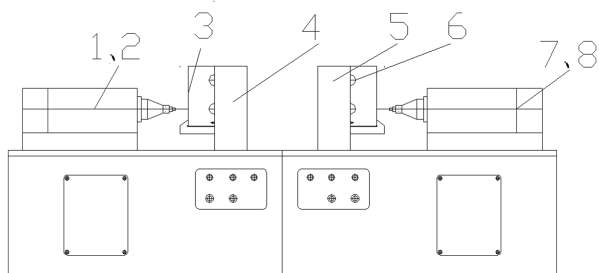


图1 组合机床布局

- 1、2.两个加工进气门座圈、导管孔镗头 3.缸盖 4.进气侧加工夹具
5.排气侧加工夹具 6.缸盖 7、8.两个加工排气门座圈、导管孔镗头

两台机床组合在一台设备上, 0p-120、0p-130两道工序各自独立, 又不互相干涉。机床整体结构紧凑, 占地面积小。

3. 机床的工作循环

右侧两台组合镗头由右向左快进到工进位置, 由镗头主轴内油缸推动精铰刀工进, 实现精铰导管孔 $\phi 6H7$ 至尺寸, 加工完成后, 精铰刀退至铰刀导向套内后, 右侧两台组合镗头工进由 120° 等分排列在镗头主轴锥面上 120° 、 90° 、 60° 三镗刀(见图2), 分别完成精镗排气气门座圈 120° 、 90° 、 60° 三段锥面后, 快退至开始工进位置, 夹具将缸盖自动移动到第二工位, 重复上面工步。

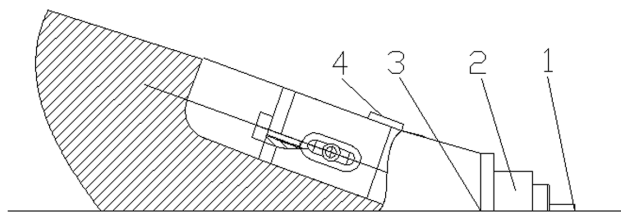


图2 镗刀部分简图

- 1.铰刀 2.铰刀导向套 3.镗头主轴前端部 4.120°镗刀片

第一工位加工1、3排气气门座圈和导管孔。

第二工位加工2、4排气气门座圈和导管孔。

第三工位加工5、7排气气门座圈和导管孔。

第四工位加工6、8排气气门座圈和导管孔。

加工完毕, 人工取下缸盖放入左侧夹具内定位夹紧, 精加工进气气门座圈 120° 、 90° 、 60° 三段锥面及铰导管孔 $\phi 6H7$ 至图样尺寸。左侧两台组合镗头重复与排气侧相同的工步, 此处不再重复。

开始时右侧两台组合镗头工作, 当完成后, 人工取下缸盖放入左侧夹具, 右侧夹具放入上工序的缸盖, 此时, 左侧右侧组合镗头加工时间是重合的, 生产节拍大大减少。2006年我们把发动机产量由50000台提升至100000台, 加工中心机床量增加一倍, 而0p-120、0p-130两工序产量仍能适应。

4. 结束语

现代汽车动力处于由发动机向电动新能源转换, 但发动机汽车生产还会持续一个很长的过渡期。当今, 对零部件生产线的产出与投入成本应作全面的考量, 选择设备是起到决定作用的。按设备特性来选择适合本工序的设备, 不盲目追求高端设备。生产线设备数量越少, 效率高, 才能把整个汽车价格降下来, 扩大我们的汽车销售市场。□

航空发动机典型零件复合加工应用

襄阳航泰动力机器厂 王帮艳 户建军

摘要：随着航空发动机结构集成化、重量轻型化等特征的凸显，其零部件制造难度也在不断升级。特别是当今短、平、快的新机研发模式，要求不断缩短研发周期和生产节点，需要大量应用到复合加工技术，以快速适应航空发动机零部件单件小批量生产模式及高可靠性和长寿命的服役要求。本文在总结大量机械加工实践经验的基础上，探索了复合加工工艺在航空发动机制造领域上的应用，形成了复合加工基本策略，达到持续提升产能，保证质量，降低成本的目标。

复合加工是目前机械加工领域应用最多的加工技术之一，通过该技术的应用，能够实现同一台机床具备多种加工工艺的能力，从而使得机床的功能变得多样化。因此，现阶段对机床应用复合加工技术，主要是为了使得一台机床能够实现多个加工工序，显著提升自身的加工效率和加工准确度。同时，借助复合加工技术的应用，能够显著缩短整个施工周期，简化施工流程，从而实现机床加工成本的降低。

近年来，随着复合加工技术的不断应用，越来越多新型复合加工机床，如车铣和车磨复合机床、车铣复合与五轴联动结合机床不断被应用到实际生产加工当中。复合加工技术的应用和广泛普及对于多品种、小批次生产工艺流程将会产生巨大的影响。

复合加工是一项对操作人员综合能力要求很强的施工工程。航空发动机零件复合加工通常是由同类工艺方法的多种工序加工和不同工艺方法的多工序加工构成的。同类工艺方法

的复合加工是基于工序集中原则开展的，它更加倾向于传统的机械加工工艺，也就是说，工件在机床上完成装夹之后，能够按照相同的工艺方法进行多工序的加工，这种方法的应用是实现航空发动机制造技术快速发展的最主要方式。

一、复合加工机床

上文提到，复合加工机床的最典型特征便是通过一次装夹来实现多工序的复合加工，这对于确保各个加工面的位置精度、减少操作量以及提升生产效率是大有裨益的。

当前，航空制造业的很多普通设备逐渐被工序集中的柔性自动化装备所取代，复合加工机床能够进一步实现切削工艺复合化的开发。举例来说，将回旋刀具安装在车削中心，使之具有铣削功能。通过铣削功能的应用，能够进一步提升机床的复合化程度。

但是和加工中心相比，车铣复合

机床还是与之存在一定的差别。具体来说，车铣复合中心是借助B轴联动以及C轴联动的方法来进行车削加工和铣削加工的机床，因此可以说，车铣复合机床能够独立完成绝大部分零件的加工，因此可以将其称为机床零件设备加工的小型生产线。通过它的应用，不仅实现了产品精度和产品加工的效率，同时也减少了企业进行机床加工的占地面积，这对于提升企业生产效率、减少生产成本是有巨大意义的。

现阶段，该种机床最常见的类型包括立式车铣复合机床以及卧式车铣复合机床两种类型。而该种类型的机床往往无法对五轴加工中心的车加工工序进行落实，因此在实际加工时往往面临着诸多局限性。车铣复合机床能够完成五轴加工中心的加工，但是却无法实现车铣复合的加工。

在多种复合加工领域，车铣复合加工的发展是最先进的。车铣复合加工中心实际上可以看作是切削刀具、刀具夹紧系统以及加工方法所组成的

综合系统。从理论上来说,车铣复合加工中心能够实现产品生产效率以及产品精度的提升,但是在具体应用时,想要充分发挥复合加工设备的作用,还需要注重对技术人员的培训以及理论知识的讲解。

二、标准的航空零部件复合加工

对于航空发动机来说,由于所处环境以及具体应用场景的特殊性,其常见的零件包括整体机匣、叶盘等多选择钛合金以及高温合金等加工难度大的材料,这些材料的硬度和强度均比较高,导热性能较差,表面加工硬化现象突出,切削灵活性也不够好。因此,当前整体叶盘和机匣等零件被行业公认为最难进行加工的零件。在进行具体的加工操作时,工艺流程较为复杂,既包括车、铣、镗、钻、绞、磨等初级操作流程,也包括如喷涂、喷丸、热处理等特殊加工流程,整体工艺流程极长,多达数百道工序。

1. 整体机匣

整体机匣在三代、四代机上已广泛应用,特点是结构复杂、尺寸精度高、薄壁、材料难加工、变形量难以控制,材料去除率达60%以上。特别是钛合金类机匣多形状特征岛屿、凸台及安装边内外表面的加工,面临着严峻挑战。而这些所使用材料的加工技术通常是一个发达国家的重要工艺机密,尽管在具体使用过程中可以通过引进以及购置的方法来解决绝大多数问题,但是最核心的机匣问题往往无法得到解决。因此,我国必须加速自身在航空航天机匣方面的研究,掌握核心技术。

通过导入先进工艺设计,逐步改变以往内外型面分不同工序加工,余量分配不均、尺寸难以保证的加

工方式。充分考虑薄壁机匣易变形因素,实施整体自适应加工,自适应加工技术通过数控加工过程中加工区域提取、工装夹具定位、余量优化和变形误差的自适应控制,实现发动机整体机匣的高效精密加工和再制造修复;机匣的加工选择的是有限元分析方法。

而在机匣的加工过程中,难度最大的一点便是如何解决机匣的变形问题。借助有限元分析软件来对机匣在具体加工过程中的受力情况进行分析,能够很直观地将机匣的变形问题发现,对于刚性较差、易变形的部位给予相应的支撑,能够有效处理机匣加工的变形问题,建立相应的数学处理模型。同时,在进行机匣的具体加工时,尽力探索切削参数的数学模型,然后利用优化函数,达到一个非静态的方案来给出合适工序,寻找到符合机匣加工最优化的参数,这样能够实现机匣加工效率的有效提升。

通过采用将机匣外型面铣削和内型腔车削相结合的方法,使得机匣前后面和外型面的处理在铣车复合加工中心上同时完成。在完成加工之后,能够应用机床上所配备的工艺来对加工结果进行检测,从而确保加工和测量的一体化。通过提供整体加工方案,重点解决了以下三个机匣加工的问题。

(1) 该种方法的应用有效解决了机匣加工尺寸进度和机匣加工易变形的问题。在对复杂的机匣结构进行精密切削等工艺时,不仅需要注意加工效率的提升,同时还需要对表面的完整性进行有效控制,确保对机匣的损伤是最小的。因此,现阶段在进行机匣加工时,呈现出应用复合强化工艺的趋势,通过该种技术的应用,能够显著提升零件的抗疲劳性能,提升其稳定性。

(2) 解决机匣制造表面质量评

价测评标准问题。研究加工过程的智能化监控、自适应加工等技术,通过对机匣加工的全过程进行模拟以及适应性加工,不仅能够实现机匣加工的全过程自动化,同时还能够对加工过程中可能存在的测量、控制等问题进行妥善处理。

(3) 解决机匣制造效率及其表面质量问题。通过传感器来对加工零件以及刀具的状态进行检测,并应用自适应磨削技术,同时对加工刀具进行及时的更换以及参数的调整,能够使得机匣加工过程中加工尺寸和加工质量始终处于可控状态。通过将自适应复合加工技术应用于航空航天机匣零件的生产,能够有效规避加工缺陷,从而确保加工零件的质量和精度。

2. 整体叶盘

通过将整体叶盘类零件应用于车铣复合加工中芯,能够实现同一台机床上同时进行叶身型面铣削加工、轮盘表面精车加工等工艺工序。由于叶盘加工是一个工程化和技术上多学科融合的项目,复合加工工艺的技术目标是为航空发动机叶盘数字化精加工生产线提供一套完整的技术方案。该方案采取先进的管理思想、先进的数字化手段和先进的制造工艺,突破“叶盘精加工制造流程设计与数字化定义”“叶盘数字化精加工生产线先进布局规划”“叶盘数字化精加工生产线生产过程管理技术研究”“叶盘零件数字化工艺技术”“叶盘零件制造检测一体化技术”等五项关键技术,起点高,工艺先进,较好地解决叶盘在数字化工艺、高质高效加工技术和检测技术方面的瓶颈。

围绕航空发动机整体叶盘数字化精加工生产线,面向多品种、小批量发动机叶盘制造需求,以航空发动机叶盘类零件为应用对象,进行叶盘数字化精加工制造生产线建设。将充分

利用信息化技术、柔性加工技术、成组加工技术、自动化加工技术，围绕叶盘数字化制造生产线的基础管理平台、生产运营平台、信息集成平台、制造单元技术等方面来提取项目内容和关键技术，解决叶盘精加工技术无体系、叶盘精度离散度过大，难以稳定生产的问题，实现叶盘由普通加工工艺向数字化稳定加工工艺的转变，以确保叶盘生产技术的先进性，解决航空发动机叶盘数字化精加工生产线建设的主要技术问题。

可将复合强力铣加工工艺方法应用于整体叶盘的加工上。在此基础上再选择相应的机床以及恰当的道具，并辅以相应的减震、抗变形措

施。然后借助集成工艺来对各种铣削工艺进行综合处理，便能够实现整体叶盘加工时的稳定性和准确性等方面地提升。

三、复合加工工艺概述

1. 复合加工工艺的核心要点

需要避免加工过程受到影响。和传统的加工流程相比，车铣复合加工中心具有主轴刀具的回转功能，因此整体机床体积变得更大。

在加工零件的过程中，需要充分考虑机床本身是否会对所加工零件以及机床等产生影响。而解决该问题的主要办法便是借助智能软件、建立零

件加工时的三维数据模型，通过运行数控加工程序来对刀具的具体运行轨迹进行判断，并根据轨迹结果来对加工刀具的位置进行相应的调整，确保主轴刀具的运转拥有足够的空间。

2. 复合加工工艺路线

在进行零件的精密加工时，尽量确保复合加工工序的充分应用。而粗加工和常规加工则在零件加工的传统设备上所运行。

通过该种分类方法，不仅能够增加高端设备的使用效率，同时还能够实现车、铣、钻、镗等工艺的有效集中，使得这些工艺在一个机床上便完成，显著提升零件的质量和加工精度。□

资讯

复合材料设备创新工程中心在天水成立

随着复合材料纤维缠绕技术的快速发展，航天、航空、国防和民用工业等领域对纤维复合材料缠绕设备的需求迅速增加，对纤维缠绕设备的精度、生产效率和柔性化要求也不断提高，迫切需要解决复合材料成型加工设备缺乏关键技术支撑的瓶颈问题。11月26日，星火机床-武汉理工复合材料设备创新工程中心揭牌仪式在甘肃天水举行，中国机床工具工业协会执行副理事长郭长城出席仪式并致辞。



据悉，天水星火机床有限公司和武汉理工大学在前期合作研发制造复合材料设备的基础上，共同创建该“复合材料设备创新工程中心”，旨在对复合材料纤维缠绕技术进行深入研究，以提升复合材料制造设备的研发和制造水

平。创新中心的建立为校企间产学研合作提供了机制保障，将为快速培育出市场竞争力较高的产品，开发出高精度、超重型缠绕/切削、磨削、钻削一体化的复合材料缠绕设备提供技术支撑。

郭长城在致辞中对该创新工程中心的成立表示祝贺，对星火机床多年来的不懈努力和取得的成绩表示肯定，对这次校企合作表示赞赏，对后续工作提出了建议。

甘肃省和天水市政府对这一活动都十分重视，甘肃省工信厅、省军民融合委领导出席活动。天水市委书记王锐和武汉理工大学副校长吴超仲为中心揭牌，副市长张栋梁主持仪式，市委常委、副市长景丹致辞。



揭牌仪式前，会议组织来宾们参观了星火机床生产现场。

三爪自定心卡盘加工异形螺栓夹具设计

攀钢工程技术有限公司修建分公司 周德华

机械加工行业经常遇到非规则工件加工，一般情况下运用四爪单动卡盘加工就可解决问题。但使用四爪单动卡盘，往往需要较多的调整找正辅助时间，影响了生产效率，只适用单件或小批量生产，如果工件数量大，则劳动强度大，生产效率低。运用三爪自定心卡盘加工异形螺栓可节约调整找正的辅助时间，降低劳动强度。

1. 零件分析

该零件为30mm×44mm长方体锻制胚料（见图1），材质为40Cr。一般都采用四爪单动卡盘装夹加工，如果找正出现误差，工件加工易出现废品（螺栓不在长方体中心上）。该零件为异形工件，同时M20直径对长度15mm的对称要求较高，加工数量为300件，批量较大，其中长度80mm为100件。采用四爪单动卡盘加工该工件，对称度有30%不达标。

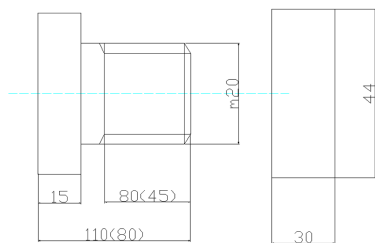


图1

为解决上述问题，通过对零件的分析、查阅资料，决定设计三爪自定心卡盘来加工该零件。

2. 夹具加工工艺安排

首先在车床上加工如2图所示的套子，由铣床将该套子120°三等分铣开如图3所示，将铣开的三等分的套子与三个卡爪用电焊焊接牢固，将焊好的三个卡爪安装在同一型号的卡盘上由插床加工长方孔，然后将加工好的夹具安装在车床卡盘就可以加工该异形螺栓了。

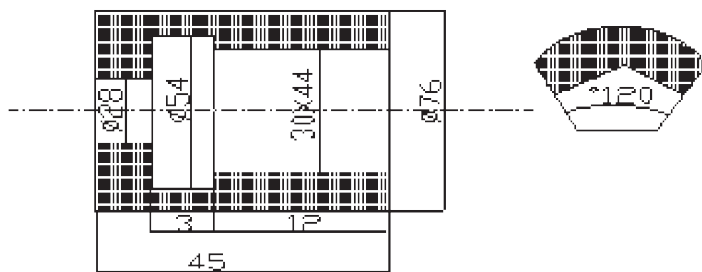


图2

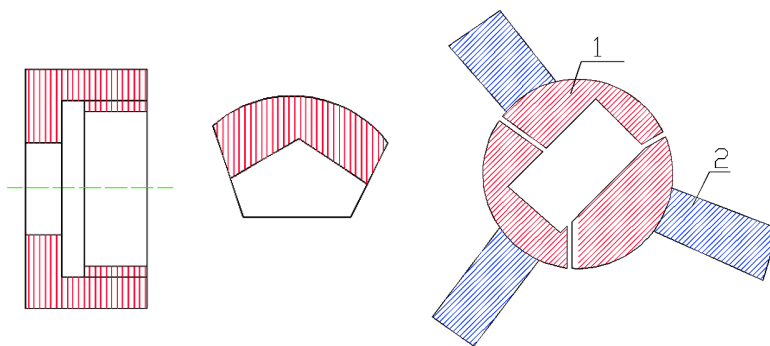


图3

1. 夹具 2. 车床卡爪

3. 夹具使用效果

如图4所示，三爪自定心卡盘自动定心找正，装夹快捷方便，加工效率高。加工完的螺栓质量稳定，长方体的对称度高，节省检测时间。三爪自定心卡盘加工异形螺栓的夹具设计与应用，实现了普通车床加工异形工件的技术要求，达到了图纸所要求的效果，也为如何拓展各类普通车床的加工范围提供了技术参考和方向。

（下转第93页）

医疗设备难加工材料及切削刀具技术

尚亚国际贸易公司 章宗城

随着全球经济的迅速发展，人口老龄化加剧，将推动医疗设备产业快速发展。目前，人均收入高、保险制度及医疗系统建设完善的发达国家和地区占据了80%的医疗设备市场。以往这些医疗设备研制（包括开发费用）需要花费大量的金钱、时间、风险和管理成本。为了应对需求量的显著增长，减少巨大的开支，发达国家医疗设备制造商正积极通过与中国等新兴国家合作，建立跨国企业，以降低成本，就像过去汽车产业一样，生产基地的全球化进程不断在加速，图1是瑞德银行和三菱综合材料公司的对世界医疗设备市场动向的预测。

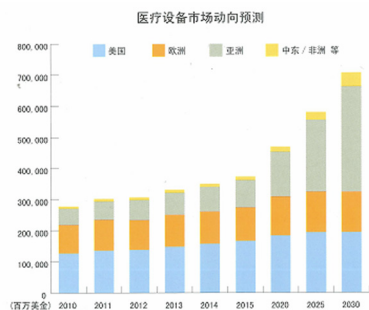


图1 医疗设备市场需求动向

近年来，新兴国家除人口继续增长外，个人收入也在不断增加，扩大了对先进医疗设备的需求，预

计2030年主要发达国家和新兴国家高龄化比率将达到20%以上（见图2），服务于老龄化的医疗设备需求量也必然会稳定增长。



图2 主要国家高龄化比例

1. 医疗设备材料及切削加工难点分析

再生医疗领域，如假肢、人体再生、恢复人体机能的医疗需要也越来越多，相对应的技术也将随之得到不断革新。医疗设备产业的零部件肩负起重要作用，需要较高的精度和品质。通常可分为两大类，一类是对人体进行检查测定的各种仪器及相关附属设备，如图3所示，另一类是植入人体的各种假体和进入人体的各种手术器械。这些设备的制造都需要采用先进的切削加工等方法高效、高质量、低成本生产，目前这些医疗设备

制造公司多集中在发达国家。

测量类

人体现象测量设备(CT、MRI等)、
检查检查分析设备、诊断系统等



治疗类

人工关节等人体功能辅助设备、
医疗处理设备、手术用设备等



图3 医疗设备两大类

检查测量医疗设备方面所用的加工方法与一般的精密仪器类似。植入人体和外科手术的设备零件由于采用了特殊良好性能的材料，还对这些材料的过敏性、血液适应性、耐腐蚀性、寿命、轻量化、小型化等提出要求，主要采用：特种不锈钢、钛合金、钴铬钼合金等金属材料，UHMWPE（超高分子量聚乙烯）、PEEK（聚醚醚酮）、PMMA（有机玻璃）等高分子材料，还有Zirconia（氧化锆陶瓷）、Alumina（氧化铝陶瓷）等陶瓷材料，以及GFRP（玻璃纤维）、CFRP（碳纤维）等复合材料，其中多数都难切削材料，未来还会出现更多的难切削材料。图4给出了目前人工关节、外伤用垫板（接骨板）、接骨螺钉、脊椎螺钉、手术工具、牙科等方面主要用零部件和其所用的材料。

	人工关节	外伤	脊椎	工具	牙科
金属类	钛合金 • Ti-6Al-4V • Ti-15Mo-5Zr-3Al • Ti-6Al-2Nb-1Ta-0.8Mo	• Ti-6Al-4V	• Ti-6Al-4V	• Ti-6Al-4V	• Ti-6Al-4V • 黄铜
	不锈钢合金	• SUS316L • SUS317L		• SUS630 • SUS420J2 • SUS440C	
	钴铬钼合金 (铸造、锻造)		• Co-Cr-Mo		• Co-Cr-Mo
非金属材料类	铝合金			• A2000系 • A5000系	
	树脂 • UHMWPE (超高分子量 聚乙烯)	• PEEK	• PEEK	• GFRP • CFRP • PEEK	• 树脂 • PMMA • 特殊碳纤维
	陶瓷类 • Zirconia • Alumina				• Zirconia • Alumina

图4 医疗主要零部件及其所用材料

图4中钛合金类Ti-6Al-4V对人体适应性强，应用最为广泛。钛的热传导性差，切削时产生热量高，因此必须采用耐热性优异的刀具材质，刀具形状应使切屑易于排出。

钴铬钼合金比钛合金机械强度更高，用它做的医疗零部件日益增多，比钛合金更难加工，刀具寿命会缩短1/3左右，但耐磨使用寿命长，多用在人工关节的滑动部分及脊骨、螺钉等微小零部件，加工时刀具应选择特别耐磨损的材料。

SUS316L（我国牌号0Cr17Ni13Mo）和SUS317L为奥氏体不锈钢，SUS630为析出硬化不锈钢，都用作小型零部件，须用整体小型性能特别优异的钻头和立铣刀加工。奥氏体不锈钢切削性能差，排屑难，加工深孔更难。

另外，非金属材料使用也越来越多，如复合材料的性能虽好，但一般纤维的强度大、硬度高，加工时刀具易磨损，切削后材料回弹，磨料的流动更加剧了对刀具的磨损。这类材料的导热性差，又易使切削热积聚在刃口，造成高温，更加剧了刀具磨损。复合材料中局部的树脂也可

能因切削热脆化而脱落。复合材料在承受垂直于层间的轴向切削力时，易造成分层，在钻孔的出入口更易分层和撕裂。另外，加工后表面会产生毛刺和留下抽拔出未能切除的纤维等。

陶瓷材料又硬又脆，加工时产生崩碎切屑和切削力波动，一般刀具材料难以加工它们。（PEEK）是一种具有耐高温自润滑、强度高、抗蠕变、比重轻、耐腐等优异功能的高分子材料。工程塑料的切削加工特性是切削力较小，导热性和耐热性差，各组织性能有差异，有回弹性等，不易加工出高精度，加工时应按不同品种采用不同切削用量。

2.典型医疗器械零部件加工案例与刀具

钛合金毛坯多采用热静压力加工方法制造，其中髋关节零件的各假体零件形状较复杂，不易加工。为实现高效加工，除优化刀具材料和形状外，充分发挥数控机床的效能也非常重要。图5显示了髋关节、膝关节、脊椎、牙科等的假体零件，以及各种接骨板、联结螺钉所在部位，及它们的加工方法和目前三菱公司所推荐使用的先进刀具。



图5 人体的假肢及加工用刀具

髋关节假体的主要零件和加工用刀具如图6所示，仿照人体髋关节，将制作的假体柄部插入股骨髓腔内，利用其头部与关节臼和假体金属杯曲面间可相对旋转的特性，实现了股骨的曲伸和运动。



图6 髋关节零件及所用加工刀具

假体股骨柄部材料可采用钛合金、钴铬钼合金、超低碳不锈钢等，内外金属杯材料可采用钛合金、超低碳不锈钢等。髌臼材料表面需用车、铣、钻等方法加工，刀片刀具的基体三菱公司选择导热性良好的RT类和综合性能好的MT9105类等硬质合金材料，又开发了针对这些材料用于不同加工方法和加工条件的多种先进涂层，如型号是VP为三菱独自开发的(Al, Ti)N涂层和(Al, Ti)N层，再插入CrN，构成防止裂纹扩展的多层涂层(型号为MP9015)，韧性高，用于承受冲击载荷大的铣刀。

在假体零件上的孔可用结构特殊适合不锈钢、耐热钢的MWS型(VF涂层)和改进的MVS型(DP1020复合氮化物多层涂层)整体硬质合金钻头加工，它们共同特点是主刀刃是波形，改变了过去近中心是负前角结构，均衡了主刀刃的锋利性和耐磨性。修磨制出钻头的三重后刀面使横刃长度为“零”，这样既减少了后刀面的摩擦磨损，又减少了轴向力，提高了定心能力。切削时既锋利又耐磨，做出的双曲率螺旋槽，卷屑排屑顺利。

为提高定心导向性MVS型具有双重刃带，为加强散热和冷却效果，MVS型按TRI-Cooling方案开发的三角形冷却液孔，使冷却液喷出速度大增，切削热可被迅速排除，钻头加工效率和寿命大为提高，在内球面钻孔时还减少了毛刺提高了钻削质量。

高效加工内球面立铣刀有使用

VF涂层，也有采用新开发耐磨性更高VQ涂层，大大提高了刀具耐热耐磨抗破损等能力，使加工质量高且稳定。这些表面也可用三菱公司的各类iMX型可换刀头整体硬质合金立铣刀，配以相应涂层，更经济高效地加工出来。

假体球形零件上的锥孔可用VF涂层系列不等螺旋角减振圆弧头立铣刀，以自转公转相结合的螺旋铣孔方式代替了以往的二工序方式(①先钻孔；②再用车刀粗精加工车出锥孔)，如图7所示，使工艺集中，加工质量可靠，又缩短了工时，降低了刀具费用。

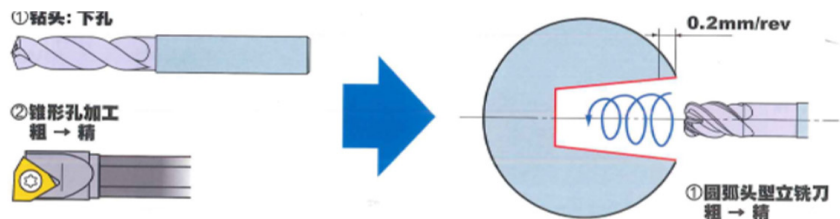


图7 锥孔的两种加工方法

膝关节的复杂外表面加工可采用球头VF4SVB型立铣刀，其螺旋槽间距不等，抗振性好加工表面质量高，特殊设计的切削刃结构形状使切屑排出性能改善，既耐磨又耐破损，寿命长。切削钴铬钼合金速度可达100m/min，进给速度可达3200mm/min。膝关节下的带盘有柄零件，其上平面有凹下型腔可用髋关节加工锥孔的VFHVRB型减振立铣刀加工，其上的孔也可用MMS和MVS型钻头加工，如图8所示。



图8 膝关节假体及加工用刀具

垫板(接骨板)多用在骨折后的修复，具有多种形状，用量大，材料为钛合金(Ti-6Al-4V)和不锈钢。主要加工表面是外型面、孔和倒角。外型面加工可用新的VQ涂层立铣刀，加工时切削阻力下降，排屑性能提高。对于复杂形状的孔和倒角，以往的加工方法是：①孔加工；②内径成形加工；③倒角加工，目前三菱采用VQ或VF系列球头立铣刀用螺旋铣孔的方式一次完成，大大地提高了效率(见图9)。

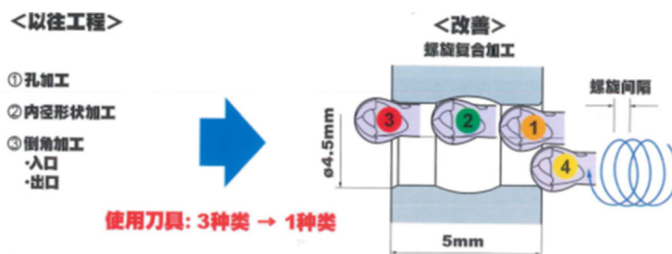


图9 孔、型孔、倒角加工一次完成

脊椎植入件也是用钛合金、钴铬钼合金、不锈钢制成，其平面和曲面的加工可采用优秀的抗振立铣刀加工。三菱公司VFJHVD0400（直径4mm）减振刀具可在数控复合加工中心上的加工参数：转速2400r/min，进给速度380mm/min，背吃刀量16mm，径向吃刀量0.2mm。加工钛合金零件取得满意效果（见图10）。

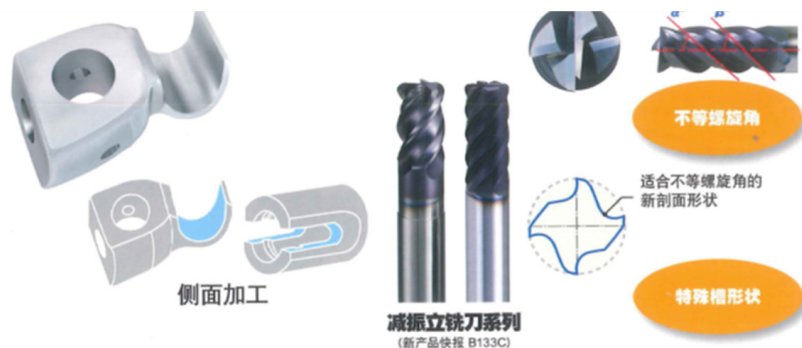


图10 脊椎假体件加工用抗振立铣刀

除以上这些假体零件外还有大量多种形式的螺钉、套筒件等，它们用的材料也是钛合金和不锈钢，特别难加工的是这些螺钉中的深且小的孔（ $\phi 2\text{mm}$ 左右），孔的长径比最大达到30。以往多采用枪钻，转速虽较高但进给量非常低，三菱公司采用了整体的小径Mini MWS超长钻头，进给量可较枪钻提高4倍，从而大幅度提高了加工效率，缩短了加工时间，也延长了钻头的使用寿命，MWS型钻头直径最小由 $\phi 0.5\text{mm}$ 。另外螺钉头部的Torx凹槽等，可用专为此加工而开发的VQ涂层系列小直径长颈立铣刀来加工。

植入零件特别是牙科用的有许多螺纹需要加工，材料也有多种，这方面日本的OSG公司为此开发了专用小径螺纹铣刀（M1-M1.8），在加工中心用可优质铣出螺纹。金刚石涂层小型 $\phi 3 \sim \phi 6\text{mm}$ 立铣刀和 $\phi 3\text{mm}$ 钻头，能够高效加工从最硬的钛钴合金到有机玻璃等零件上的多种型面。

专业加工植入假体零件和手术器械钛合金、钴铬钼合金、不锈钢零件的工厂生产各种小零件数量往往多达数十万件，其中一些不锈钢和钛合金制外科器械的坯件往往留下较多的加工余量。为了提高这类零件的粗铣效率，可使用为使径向力减少、主偏角小而特别设计的大进给AJX型立铣刀，切削速度可达120m/min，进给量可达2100mm/min。陶瓷材料的零件需用韧性较好的PCD（聚晶金刚石）刀具，以小切深加工。三菱综合材料公司开发了独特的DC类金刚石涂层立铣刀，抗振性好，能经济高效地实现对医疗陶瓷零件的加工。

3.结束语

医疗用植入零件结构应该适合不同的人 and 不同的植入部位，三维立体的空间形状，个性化要求突出。工业4.0时代，一个鲜明的竞争特点就是谁能最好最快地满足客户的个性化需求，谁就能取得胜利。因此，刀具制造企业今后的发展方向是先进的刀具再配合智能化制造，又能和3D打印增材制造协同，才能取得持续的竞争优势。□

（上接第89页）



图4 工件安装示意图

4.结束语

该夹具结构简单、制作安装方便、劳动强度低，安全可靠等特点，效率高，缺陷是必须同一型号的卡盘才能使用。

近几年，由于数控技术的飞速发展，沿海城市大多数企业有了先进的设备，各企业有了专门从事程序设计的技术队伍，许多技术工人成为熟练工，只要会操作设备即可。若干年后在攀钢也许能实现，随着冶金工业生

产规模日益扩大及工艺的不断完善，攀钢已完成主要生产工艺设备的更新换代。但相应的备件加工设备大多数产于20世纪七十年代，因此现有的机床加工能力远远不能满足实际检修所需求的备品备件加工、修复。

目前就如何利用现有设备为企业创造最大的产值，如何降低劳动强度，安全、高效地保证生产顺利进行，是各管理层和全体技术工人一直研究、探索，力求解决的问题。□

普通钻床钻削大型法兰

四川省攀枝花市鞍钢集团攀钢工程技术有限公司 景春梅

摘要：本文介绍了在Z35型普通钻床上对大型法兰钻削加工实践中的技术摸索，总结出大型工件钻削的成功经验，为了更好地探索与研究，总结出更高效、快捷、更科学合理的加工方法，从而达到用户的使用要求，保证设备的正常运行，拓展低成本设备的适用性和优越性。

攀钢新钢钒各厂经常需要加工超大型工件，如法兰、盲板等，这类零件材料是A3钢板，加工这类工件工艺比较简单，但是法兰外径很大，装夹困难，因此装夹一直成为加工的一大难题。通常只能用吊车吊装在工作台上，一段一段加工，且一次只能加工一块，费时又费力。根据这种现状，经过不断探索，我们找到了既能一次加工几块，又能保证加工技术质量，达到满意的加工效果的办法。

如图1所示法兰，是 $\phi 1440\text{mm} \times 40\text{mm}$ 的一件超大型法兰，材质是A3的钢板，由于法兰外径尺寸过大，装夹困难。

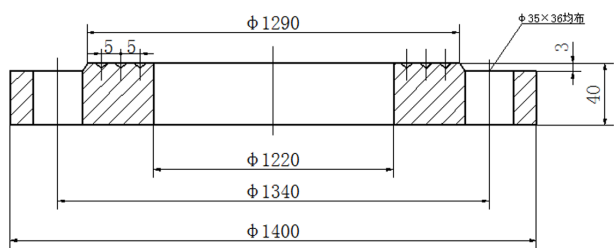


图1 加工工件

首先钻床工作台的尺寸为 $500\text{mm} \times 630\text{mm}$ ，对于 $\phi 1440\text{mm} \times 40\text{mm}$ 法兰来说，根本无法装夹，为了解决这一难题，我们采取辅助措施来完成。为了使接触面小一些又能使工件稳定性更强，选用两根废旧钢轨来作为支撑导轨。为了使钢轨平稳接触工作台和法兰，需要把钢轨表面用锉刀打磨光洁，如图2所示。选用一根槽钢，用于压紧法兰，中间钻削几个 $\phi 21\text{mm}$ 的孔，用于穿螺栓，如图3所示。



图2 轨道（两件长度1450mm）



图3 槽钢（一件长度1450mm）

由于钻削力很大，法兰容易松动跑偏，影响加工质量，需要制作一个固定夹具来使几块法兰成为一个整体，如图4所示。



图4 自制U形夹具（两件）

选用 $\delta=35\text{mm}$ 的钢板,加工成U形工件,加工两件。将U形两端一端加工成浅齿形便于增强接触面,另一端钻削M27的螺栓孔。在螺栓孔的地方配上M27mm $\times$ 130mm的螺栓,便于调节厚度。将在螺栓的末端加工成30mm的四方,便于使用扳手调节螺栓。

加工过程中,受力不均,法兰对边容易上翘或下榻,还需加工两件支撑柱子(见图5)。选用两根外径 $\Phi 25\text{mm}\times 500\text{mm}$ 的管子。管子一端焊上一颗M20的螺帽,一头焊上 $\Phi 100\text{mm}$ 的铁板便于增大接触面积,增强稳定性。螺帽端配上M20 $\times$ 120mm的螺栓,螺栓尾部为六方便于使用扳手调节。



图5 可调节支撑(两件)

装夹加工如图6所示。



图6

经实践验证采用本套方案钻削大型法兰完全可行,可达到批量加工的效果,提高了安全系数、工件质量。降低了工人的劳动强度,提高工作效率50%。经用户检验完全符合图纸的各项技术要求和加工精度,本套方案也是最佳方案。

通过技术改进,完成了大型工件的钻削加工,可以稳定将大型工件装夹在钻床工作台上;制作了几种装夹模具,便于以后加工类似大型工件;稳定的装夹方法,缩短了加工时间,保证了加工精度;扩展了机床的加工范围,有一定的推广性。

大型法兰的钻削加工还是有一定难度的。只有在工作中不断想办法,勤思考,才能找到合理的加工方法,解决工作中的一个又一个难题。□

资讯

武重集团舰船加工设备应用获评全国最佳实践案例

近日,2020中国智慧企业发展论坛在南京举行,中国兵器工业集团武重集团申报的《高端舰船加工用智能加工中心的研发与技术应用》案例入选“2020年全国智慧企业建设最佳实践案例”。

武重集团《高端舰船加工用智能加工中心的研发与技术应用》项目研制的机匣用五轴立式铣车加工中心,是我国船舶工业加工船舶燃气轮机关键零部件急需的高档数控装备,攻克了多项关键技术,实现了进口替代。机床具备铣车复合加工能力和高转速、高精度的特点,能在一次装夹中实现车、铣、钻、镗等多工序加工,可实现X/Y/Z/B/C五轴联动控制。该机还具备武重云服务功能,可实现远程运维、远程故障诊断等,是一台复合型、多功能、智能化、信息化的高端装备,适合航空、船舶、风电、核电、

军工等行业大型回转体类复杂零件的高精度加工。该机在舰船燃气轮机机匣类零件的加工应用中,大大提高了加工精度和效率,满足规模化量产需求,改善舰船用燃气轮机的可靠性和寿命等指标。

机床主要参数:工作台直径 $\Phi 2000\text{mm}$,承载最大工件重量16t,工作台最高转速200r/min,铣主轴最高转速2000 r/min,X轴定位精度达到0.019/4650mm,重复定位精度0.007mm;Y轴定位精度0.007/1000 mm,重复定位精度0.001mm;Z轴定位精度0.006/1400mm,重复定位精度0.001mm;工作台C轴定位精度6°,重复定位精度4°。

据悉,此次活动由中国企业联合会、中国企业家协会主办,从全国数千家大型企业推荐的智慧企业实践案例中遴选优秀案例进行表彰。(来源:武重集团)

麻花钻几何形状和角度对钻削的影响

常州铁道高等职业技术学校 陆洲

摘要：金属切削刀具的几何形状和角度是影响刀具切削性能和被加工工件质量的主要原因之一，钻头也不例外，麻花钻是孔加工常用的工具，经常会在不同材料上进行钻孔，由于普通麻花钻本身的结构存在许多不合理之处，阻碍了其切削性能的进一步提高。因此，在钻孔过程中，根据加工材料的不同，合理选择钻头的几何形状和角度，磨出适合加工材料的钻头是非常重要的，可以很大程度地改善钻削特性，并提高钻削效率。

1. 标准麻花钻

标准麻花钻是一种非常普通的钻孔工具，结构简单，刃磨方便，但要真正刃磨好也不是一件轻松的事，关键在于掌握好刃磨的方法和技巧。标准麻花钻的刃磨要求：顶角 $118^\circ \pm 2^\circ$ ，孔边缘处后角为 $10^\circ \sim 14^\circ$ ，横刃斜角为 $50^\circ \sim 55^\circ$ ，两主切削刃长度以及和钻头轴线组成两个角要对称，两主后刀面要刃磨光滑（见图1）。

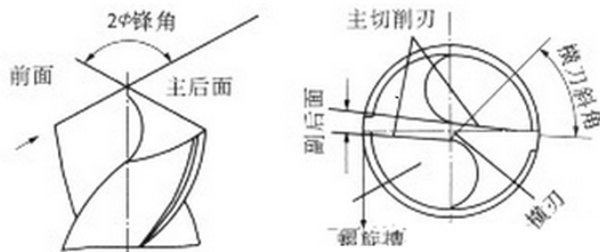


图1 标准麻花钻的刃磨角度

顶角的刃磨与钻头材质和加工的材料有很大关系，一般钻削铝、锌、铜等较软材料时顶角取 118° 。因为加工较软材料时要求进给快，在加工时头部角度小，切削零件的力就会向左右两侧扩散容易下切。但加工硬度高的材质时，例如钻削铸件时，角度一般为 $140^\circ \sim 145^\circ$ ，由于硬度高的原因进给缓慢。切削力主要集中在刀刃前方，要是钻头太尖就会磨损的快，而角度大刃面相对角度小的刃面，由于刃短自然也就角小。标准角度有： 118° 、

120° 、 130° 、 135° 和 140° ，加工材料不一样，钻头的顶角角度也不一样。

钻头有前角和后角，这两个角对钻削影响很大，前角自钻头外缘到钻心逐渐减小，而后角自钻头外缘至钻心逐渐增大。钻头的前角就是钻头的螺旋槽的角度，一般是不变化的。钻头的后角是刃磨出来的，刃磨时要注意使其外缘处磨得小些，靠近钻心处要磨得大一些，这样磨的原因是可使后角与主切削刃前角的变化相适应，使各点的楔角大致相等，从而达到其锋利程度、强度、耐用度相对平衡。

后角的大小要根据孔的加工情况而变化，比如在钻孔时，一般钻头边缘处的后角在 $8^\circ \sim 14^\circ$ 之间，如果要用钻头进行划窝、孔口倒角的话，钻头的后角要小一些，钻头的切削刃要压低，这样有利于钻头保持平衡状态。使钻头划出来的窝和倒角能够光滑，不会产生棱形的现象。钻头的前角有时也会产生一些变化，比如在钻铜铝和绝缘板等较软材料时，钻头容易扎刀，钻头的切削刃就要磨出 0° 的前角，这样钻头就不会扎刀。另外，在钻一些比较硬的材料时，钻头如果是正前角的话，切削强度不够，钻削时产生高温，容易烧坏切削刃或者崩刀，这时，钻头的前角也要磨出 0° 的前角，这样有利于增强钻头切削刃的强度，保护钻头的切削刃，使钻头能够顺利钻下去。钻头的前角主要影响钻头的进给量，这个由金属的硬度和研磨性决定，后角主要影响排屑、断屑。钻头前角一定要比后角高，否则切不下、钻不动。

钻头横刃的主要作用是定心，钻孔时最大的轴向力也是横刃产生的。横刃窄一些，能够减小钻孔时的轴向力，钻孔时能够比较轻松地钻进。横刃通常要修磨成S形，修磨后会有钻尖，此时进给便有定心作用。如果横刃不在钻头中心，则在一定程度上孔径会变大或者钻偏，横刃斜角的角度可以检验钻头的后角，以及前角的刃磨是否正确。因为横刃斜角角度越大，靠钻心处的前角增大，后角减小，切削环境变差。横刃斜角过小，则会导致磨掉另一刃靠近钻心处的刃口，导致无法切削或者切削阻力极大。横刃长度可以决定切削阻力的大小，当其他参数不变时，横刃越长，切削阻力越大。横刃太短，刃口太过锋利，刃口强度会变小。横刃修磨后，其长度是原来的 $1/3 \sim 1/5$ 。

麻花钻两主切削刃长度以及和钻头轴心线组成两个角要对称，如果不对称会导致钻孔时振动很大，钻头单边切削，钻孔表面粗糙度差，孔径变大。钻头两切削刃长度对称，主要看横刃，横刃不偏，说明对称，反之就偏，也可以用卡尺量两边刃口长度。角度对称的检测方法是把钻头竖立在眼前，两刃一前一后，两眼（一般单眼）平视，看哪个刃高，哪个刃矮，由于钻刃一前一后，产生视差，需要多次 180° 的旋转进行比较，找出哪个刃高（矮），就把此刃多磨点，重复上述方法检查，直到看不出误差。或者找个参考物的比较，这个参照物可以是铝合金门或窗户的上边直线或前方楼房的清晰棱边。具体方法：两眼（或单眼）前视，看竖立在眼前的钻头，钻头两主切削刃左右对称放，向前找前边的参照物亮边（参照物亮边尽量与视线垂直），把钻头（两主切削刃与两棱边分别相交的两交点为外尖）外尖与前方参考直线对齐（重合），即眼睛、外尖和参考直线形成三点一线，如图2所示。

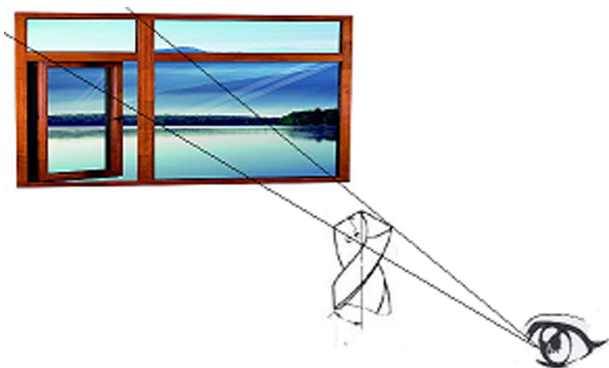


图2 三点一线

再把钻头按原来轴心线转 180° ，看钻头两外尖是否仍与参考直线重合，以此判断两刃的高矮，按原轴心转几个 180° 后，两外尖始终与前方参考直线重合，那么此钻头两个切削刃一定对称相等（前提是磨两主切削刃是绕同一

轴心线，同一姿势下转 180° 后，轮流磨削而成，即半角相等）。

2. 麻花钻的刃磨方法和技巧

如图3所示，刃磨时右手握住钻头头部，左手握住钻头尾部，钻头轴心线与砂轮外圆面夹角呈 60° 左右。将钻头的主切削刃与砂轮面放置在一个水平面上，保证刃口接触砂轮面，位置摆好再慢慢往砂轮面上靠。接触砂轮后，右手作定位支撑并加刃磨压力，左手协助右手上下摆动钻头尾部，注意钻头尾部不能起翘，即钻头的尾部不能高翘于砂轮水平中心线以上，否则会使刃口磨钝，无法切削。

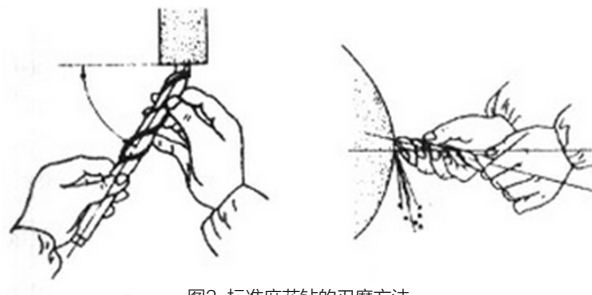


图3 标准麻花钻的刃磨方法

刃磨时从主切削刃往后面磨，先进行较少量的刃磨，观察火花的均匀性，及时调整右手压力大小，左右两手的动作必须协调一致，刃磨时，由上往下或由下往上都可以。注意钻头的冷却，不要因温度过高引起刃口退火。为了保证整个后刀面都能被刃磨到，可以在刃磨前将钻头后刀面涂色，刃磨后着色处痕迹不见时，说明整个后刀面都刃磨到了。

钻头一边刃口磨好后，再磨另一边刃口，必须保证刃口在钻头轴线的中间，两边刃口要对称。钻头切削刃的后角一般为 $10^\circ \sim 14^\circ$ ，后角大了，切削刃太薄，钻削时振动厉害，孔口呈不规则形，孔径变大，切屑呈针状；后角小了，钻削时轴向力增大，不易切入，切削阻力增加，温升大，钻头发热严重，甚至无法钻削。后角角度磨得适合，锋尖对中，两刃对称，钻削时，钻头排屑轻快，无振动，孔径也不会扩大。

钻头两刃磨好后，再修磨横刃至原来长度的 $1/3 \sim 1/5$ ，便于钻头定位中心，同时也可以减小钻削阻力。方法是将钻头竖起，对准砂轮的角，在刃后面的根部，对着刃尖倒一个小槽。注意在修磨刃尖倒角时，不要磨到主切削刃上，否则会使主切削刃的前角偏大，直接影响钻孔。

钻头刃磨角度的合理选用，需要在实际操作中积累经验，通过比较、观察、反复试验，才能把钻头磨得更好。□

普通车床数控化改造与机械结构设计要点

钟山职业技术学院 徐留明

摘要：车床改造过程中，机械结构属于不可缺少的内容，其设计的科学性密切关联于车床的总体质量以及运行水平。本文分析普通车床在数控化改造中机械结构的设计情况，带给实践工作有价值的借鉴。

车床属于机械加工中的关键工具，可以加工多种多样的工件。当前在不断提升机械加工技术的情况下，数控车床已经逐渐取代了传统车床。所以，面对此发展形势，很多的加工企业开始着手于革新机械加工工艺。为了充分地运用好普通机床，就要做到科学的数控化机床改造。但是为了提升改造机床的数控加工效果，必须要合理的设计机床机械结构，达到普及运用数控机床的目标。

一、普通车床机械结构改造的总体方案分析

1. 做好工艺分析

对于普通车床来说，其主要产生的作用就是，进行加工螺纹零件以及回转类零件等，而且零件的种类繁杂，不同的零件，需要各具差异性的形状以及技术等标准，加工的方式要具备针对性、个体化，而且也在车床改造后的要求上出现一定的差异。所以，进行机械结构改造之前，应该科学分析整体的工艺，准确计算出切削力、切削功率，了解到进给系统、主轴需要的相应参数指标。

2. 掌握原始车床数据

进行车床改造期间，可能会拆掉一些零件，同时也往往需要相应增添新的零件，所以应该掌握住有关联零件的尺寸、连接的方式。正式改造车床以前，要全面了解相应的参数指标，考虑到目前车床的缺陷问题，就可以在以后的改造操作中，及时的解决问题。另外，其他需要明确的指标还包括车床实际载荷、部件刚度、整机刚度等，确保

车床改造以后有效的增强性能、精确度。

3. 制定总体改造设计方案

全面分析掌握住车床现状，以及技术工艺以后，需要按照车床已有的规格，对改造期间需要应用到的零件型号、数量进行确定。进行改造机械结构期间，主要会运用到刀架、轴承、丝母、丝杠等。电气改造期间，需要应用到强电元器件、变频器以及驱动电机等。例如，数控改造普通车床时，要分析关键的技术参数，对步进电动机以及滚珠丝杠副等科学的选择，提出实用性较高的改造方案。

二、普通车床数控改造中的机械结构设计方案

1. 改造目标

案例以CQ6123车床数控改造为例，机械传动部件设计质量水平，密切的关联于工件的表面平整度、车床加工精度等。普通车床数控改造期间，需要全面的分析各方面的因素，诸如资金投入以及改造技术等，充分确保被改造以后的车床系统能够具备以下几方面标准。

(1) 维持主动传动系统处于不变的状态中，将螺纹加工系统进行拆除，并且经过改造之后的车床，不再在螺纹加工中应用。

(2) 进给系统为开环控制，为了达到纵向进给的模式，主要是落实滚珠丝杠传动举措实现，为了实现横向进给，通常以普通螺纹传动模式实现。

(3) 为达到自动转位的效果，主要是采取微机控制

刀架。

2. 改造方案设计

(1) 设计纵向进给系统。改装CQ6123车床中进给系统期间, 需要进行拆除掉原本系统中的溜板箱, 以及拆除进给箱中传动件、操作件等, 将箱体进行保留即可。

一级齿轮减速后, 步进电机驱动丝杠, 在溜板箱中严密的固定螺母, 促进移动刀架、小拖板以带动纵拖板的转动, 实现纵向进给运动。为节约成本支出, 把原始车床内进给箱进行转化, 发展为一级齿轮减速箱, 保障不改变滚珠丝杠部位, 并且在丝杠的右方建立手轮设施, 便捷手动与对刀的灵活操作。运用时, 将其安装, 结束以后及时的拆卸。

固定原始车床中的拖板, 保持部位不改变, 将螺母座架架设其中, 连接起螺母。在丝杠的左端进给箱部位, 给步进电机安置丝杠, 固定于电机止口的部位, 并且通过定位稍、螺钉, 紧密的连接起床体。丝杠的两侧建立起支架、轴承支架, 以向心球在一端做好严格的固定, 避免移动, 轴承支撑另一端。

(2) 设计横向进给系统。改造纵向系统以后, 步进电机能够基于减速齿轮作用下, 对于丝杠螺母产生驱动的效果, 这时可以让刀架拖板出现相应的横向运动。

针对小型台式车床而言, 丝杠本身具备较小的直径, 成品丝杠定价过高就不利于购买, 可以运用普通的螺纹螺母取代。尽管具有不同的传动效果, 但是可以良好的适应于纵向滚珠丝杠传动, 得到横向传动性能、纵向传动性能信息, 展开比较, 同时良好的符合改造设计标准。

横向进给系统改造实际上比较相于纵向系统, 改造期间, 也要保障不改变进给系统手动机构, 方便进行手动与对刀。在丝杠后段部位, 安装相应的步进电机, 并且定位于电机中止口, 通过盖板严密的固定于床体。基于减速齿轮产生的作用, 电机推动丝杠运动, 同时联合小拖板, 使得刀架运动, 面向横向的方向, 方便进行安装步进电机。定制横向丝杠中, 为加强支撑效果, 主要是采取支架延伸拖板实现。

(3) 刀架设计。在车床中, 不可缺少的部件就是刀架。通过科学的改造刀架, 能够达到的目标就是多刀扶持、自动传位。

改造环节, 换下原始车床中刀架, 用LD4-1型自动刀架对其取代, 此产品具备的主要特点就是刚性较强, 拥有较优的工艺性能, 而且可以精准的定位, 增加应用的年限等。

改造横向与纵向系统减速机构过程中, 应用有机玻璃

罩壳, 可以达到更好地清除灰尘的效果, 而且有助于试验环节及时的观察了解齿轮啮合状态。按照以下的公式进行计算齿轮传动比

$$i=360 p / \theta_b \cdot L_0$$

公式中, i 、 θ_b 、 δ_p 、 L_0 分别代表的是齿轮传动比、步距角、脉冲当量、滚珠丝杠导程。改造以后, 可以将齿轮减速箱的输出轴转速明显的减小, 增加输出轴的扭矩, 发挥出良好的减速增扭效果。

三、普通车床数控化改造中机械结构设计要点

1. 主传动结构设计

数控化改造期间, 应该科学合理的设计好主传动结构, 保障车床改造后, 可以进行速度的自动化改变, 同时具备较宽泛的速度变化区间。以多速电机改造传统结构, 可以达到此标准。为维护正常的运行电动机, 设置电机变速系统, 把原主传动链等结构拆除掉, 换掉主电机, 即以变频调速装置替换。电机主轴上展开确认主轴部位, 应用脉冲编码器明确, 向控制中心及时的传输反馈的信息数据, 考虑到机床的运转状态, 进行加工控制零件。

选取电机的过程中, 应该展开合理的分析各种各样工况下的电机等效力矩, 这样可以保障所选电机满足系统加工精度等。按照负载力矩对于电机启动频率合理的明确, 让电机可以对负载进行直接的带动。基于能够调速的区间之内, 需要保障主轴电机转速平稳, 避免数控加工时产生不均匀的速度问题。持续负载状态中, 主轴电机应该保障转速是平稳的, 让电机具备尽可能较小的转速波动范围。所用电机需要散热性能优越, 防范长期的工作振动过大, 或者是形成高分贝噪声。

2. 传动结构设计

设计进给传动结构过程中, 拆除掉传动装置、操纵结构, 同时将电机进行安装至不同的转动方向, 达到自动化的控制电机的目标, 促进将车床的生产效率有效的提升。

机床操纵方面, Z轴纵向上, 把齿轮箱体安装到原本丝杠安装的部位, 之后严密的固定好滚珠丝杠。X轴方向上, 先展开相应的改造拖板的操作, 对于结构精度严格的管控。

在拖板、重点的传动齿轮方面, 应该做好双方之间的间隙控制工作, 一般的需要对间隙进行有效的缩小, 可以采取的方法就是柔性调整、刚度调整, 将齿轮传动灵敏性

提升,并且增强其精度。对于原有导轨,为了将摩擦阻力降低,采取刮研以及修磨等方式实现,也可以明显的降低磨损齿轮的几率。

3.其他结构设计

刀架的改造方面,需要刀架提供给复杂元件加工关键的支撑,以安装丰富类型的刀具。将手动刀架进行拆除以后,也要联系实际的数控车床生产需要,安装相应的自动回转数控刀架,充分的保障刀架定位自动化,而且可以多次的定位,切实的增强零件加工精准度。

溜板箱结构方面,原本结构拆除以后,方可将新的结构在滚珠丝杠安装。加工作业环节,结构产生的功效就是将主轴转动进行暂停,维护顺利的交换刀具。改造结

构的操作结束以后,展开检测整体机械结构,应该严格的检测掌握住车床传动性能、主轴进给性能情况,同时掌握住运行噪声状态等,让车床运行性能满足数控加工提出的标准。

四、结束语

本文主要进行探究普通车数控改造工作的设计方案,在步进电动机、滚珠丝杠副选择和应用方面展开相应的探究,同时阐述了纵向进给系统以及横向进给系统、刀架改造设计的方法,保障关键的部件能够有效的运行于设备之中,实现运动性能充分的发挥,并且保障设备具备可靠的精度,推动数控行业稳定向前发展。□

参考文献:

- [1]吴承康,高刚毅.普通车数控化改造中机械结构设计问题的研究[J].中国设备工程,2019,(8):57-58.
- [2]张金龙,周楷京.普通车数控化机械部分的改造设计[J].环球市场,2017,(18):90.
- [3]赵一平.车床数控化机械部分的改造设计[J].内燃机与配件,2020,(8):96-97.
- [4]李晓辉.试论普通车机械结构的数控化改造[J].科技展望,2016,26(30):66.
- [5]吴康福.普通车床的数控化改造[J].内燃机与配件,2020,(15):88-89.
- [6]朱钧,王要辉.数控化改造在普通车床中的应用[J].技术与市场,2020,27(3):37-38.
- [7]曾军华.普通车床数控化改造的探索研究[J].山东工业技术,2018,(18):37.

资讯

南京工大数控4项齿轮加工新产品通过鉴定

日前,南京工大数控科技有限公司(简称“工大数控”)完成的4项新产品通过了专家鉴定,鉴定会由江苏省工业和信息化厅组织行业专家和重点用户代表参加,4项产品分别是:SKXC-5000 数控成形铣齿机、SKXC-6000数控成形铣齿机、SKDL-1600 数控齿轮复合倒角机和SKDL-2500数控齿轮复合倒角机。

本次通过鉴定的大型数控成形铣齿机,适用于各类直径达6000mm的圆柱齿轮的齿加工工序,进给速度可达400 mm/min,加工精度达到GB8级,实现了精度和效率的双重提升;数控齿轮复合倒角机,采用径向进给轴与转台分度轴联动插补组成极坐标控制系统,通过专用软件生成加工程序,沿齿廓线做平面内曲线轮廓插补。

据了解,工大数控所产数控成形铣齿机克服了传统设备在加工大齿轮时的不足,加工精度和效率有所提升,可满足超大齿轮加工范围,助力海上风力发电、大型工程机械和盾构机等领域对国产关键基础件的加工需求。而数控齿轮复合倒角机可实现齿形齿向倒角,提升倒角精度,有效降低淬火裂痕,减小齿轮边缘接触效应,提

高了齿轮的啮合质量和使用寿命。同时,工大数控还开发了用于超大主轴测试的试验台装置,可以对回转支承件的动静态能力、疲劳寿命、磨损、齿轮弯曲疲劳等性能进行测试。

资料显示,南京工大数控科技有限公司于2008年创办,集产品设计研发、制造与销售于一体,现有员工100多人,其中科研人员占比达45%以上,与南京工业大学、重庆大学、东南大学、天津大学等10多所高校紧密合作,组建了江苏省级重点实验室、江苏省级工程技术研究中心等平台。现已形成数控制齿机床、数字化综合性能试验台、智能制造装备等三大系列产品,产品先后获得了国家重点新产品、江苏省首台(套)重大装备、江苏省优秀新产品、江苏省高新技术产品等30多项称号,广泛应用于工程机械、风电、锻压机械、冶金机械、矿山机械等行业。产品销往全国20多个省份,合作客户达200多家。其中数控成形铣齿机累计销售400多台,实现进口替代。在进行产品研发的同时,工大数控一直注重知识产权建设,目前已获得授权发明专利近50件,软件著作权30多项。(来源:工大数控)