



A Bimonthly Highlighting Worldwide Advances In Manufacturing Engineering In Chinese

ISSN 1015-4809  
CN11-5137/TH

# WMEM

World Manufacturing Engineering & Market

## 世界制造技术与装备市场

《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊

**4**  
(总第181期)

**2022**

主办 Sponsor:

中国机床工具工业协会(CMTBA)

ISSN 1015-4809



邮发编号: 80-121

**特别策划**

**中国机床行业立足科技自立自强, 实现高质量发展**

# WMEM

## 世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

No.4 2022  
2022年8月  
August 2022

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

主任: 毛子锋  
副主任: 王黎明 郭长城 王旭  
编委:  
于成廷 吴柏林 张志刚 李忠波 何敏佳 张世顺  
蔚飞 严鉴铂 黄正华 刘德永 陈焱 张波  
冷志斌 陈虎 汪爱清 王焕卫 芦华 吴强  
唐毅 陈吉红 杜琢玉 王本善 赵延军 王社权  
姜华 商宏谟 安丰收 邓家科 穆东辉 于建华

特邀编委(各分会秘书长26人):  
吴俊勇 邹春生 刘春时 房小艳 周慧 胡春美  
陈瑞雷 李升 王珏 卢智良 刘庆乐 查国兵  
陈鹏 崔瑞奇 边海燕 王兴麟 何培彦 张新龙  
肖明 叶永生 武平 陈远东 孙兆达 李鸿基  
王丽娜 陈长江

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

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

承印: 北京久佳印刷有限责任公司

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



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

## 目录 CONTENTS

2022年第4期(总第181期)

## WMEM世界制造技术与装备市场

### 资讯 News

- 9 注重基础研究,《产业基础创新发展目录(2021年版)》发布等10则  
Focusing on basic research and development, the Catalogue of Industrial Basic Innovation and Development (2021 edition) was released etc. 10 news

### 特别策划 Special Planning

- 13 构建创新生态系统,实现企业高质量发展 严鉴铂  
Building an innovation ecosystem and achieving high-quality enterprise development  
15 强化技术研发,实现高质量发展 张世顺  
Strengthen technology research and development to achieve high-quality development  
16 科技彰显实力,创新引领发展 姜华  
Science and technology demonstrate their strength, innovation leads their development  
18 坚持自主可控,满足战略刚需,创新驱动发展 陈虎  
Remaining independent and controllable, meet strategic needs, and pursue innovation-driven development  
20 强化科技创新,推动产业升级 冷志斌  
Strengthen scientific and technological innovation and promote industrial upgrading  
22 自立自强,以技术创新驱动高质量发展 芦华  
Self-reliance and self-improvement, and drive high-quality development through technology innovation  
26 问渠哪得清如许,为有源头活水来  
——立足高水平科技自立自强,打赢关键核心技术攻坚战 陈吉红  
Based on high-level science and technology self-improvement, winning the battle against key and core technologies

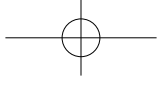
### 行业观察 Industry Observation

- 29 机床概念股表现活跃 加速布局新能源汽车“万亿级”市场 兰海侠  
Machine tool concept stocks are active performance and accelerate the distribution of the trillion-level market for new energy vehicles  
32 机床产品标识编码规范的相关内容解读 黄韶娟等  
Interpretation of the relevant content of the machine tool product identification code specification

### 产销市场 Production & Market

- 36 2022年上半年机床工具行业经济运行情况  
Analysis of the economic operation situation of the machine tool industry in the first half of 2022  
40 2022年上半年工具进出口数据分析  
Analysis of tool import and export data in the first half of 2022  
43 2022年上半年磨料磨具行业进出口情况简析  
Brief analysis of the import and export situation of abrasive and abrasive tool industry in the first half of 2022





# WMEM

## 世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

### 编者的话

上半年，受国际环境复杂严峻、国内疫情多发散发等因素影响，我国经济下行压力加大。各地区各部门高效统筹疫情防控和经济社会发展显效，我国经济顶住压力实现正增长，二季度GDP同比增长2.5%。

在此背景下，我国机床工具行业克服了严重影响等不利因素，取得了相对较好的经营成果。统计数据线索，上半年中国机床工具工业协会重点联系企业营业收入同比微降0.2%，基本与2021年同期持平。

下半年，各方面因素依然复杂难料，机床工具行业运行压力仍然较大。但随着各级政府稳增长和保市场主体各项政策措施的落实，行业运行的宏观经济环境会越来越好。从协会重点联系企业6月统计数据判断，行业总体上企稳回升趋势明显，如无大的冲击，下半年将逐步恢复增长，全年有望与2021年持平或略有增长。

6月28日，习近平总书记在武汉考察时强调：科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。为深入践行习总书记讲话精神，中国机床工具工业协会组织部分行业企业联系自身工作实际，围绕机床工具行业立足科技自立自强、实现高质量发展发表观点看法。本期我们将分享多位行业企业老总们的精彩观点，与大家相互借鉴，共谋行业高质量发展。

本刊编辑部

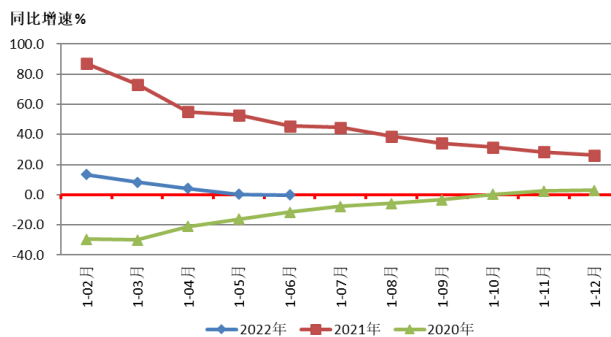
版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

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。

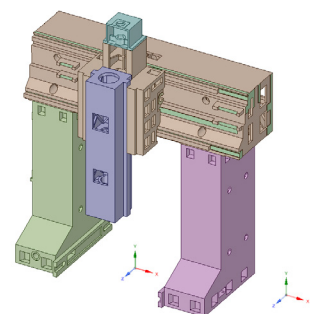
### 内容导读

12 特别策划：中国机床行业立足科技自立自强，实现高质量发展

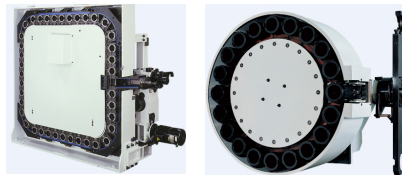
36 2022年上半年机床工具行业经济运行情况



54 某龙门机床横梁有限元分析及优化设计



61 一种卧式加工中心辅助换刀系统设计



78 华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能



WMEM

# 世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

Tel: (010) 63345259

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA

Modular Machine Tool & Automatic  
Manufacturing Technique

President of E-C: MAO Yu-feng

Vice President of E-C: WANG Li-ming

GUO Chang-cheng WANG Xu

## Committeemen:

YU Cheng-ting, WU Bai-lin, ZHANG Zhi-gang,  
LI Zhong-bo, HE Min-jia, ZHANG Shi-shun, YU Fei,  
YAN Jian-bo, HUANG Zheng-hua, LIU De-yong,  
CHEN Yan, ZHANG Bo, LENG Zhi-bin, CHEN Hu,  
WANG Ai-qing, WANG Huan-wei, LU Hua, WU Qiang,  
TANG Yi, ZHEN Ji-hong, DU Zhuo-yu, WANG Ben-shan,  
ZHAO Yan-jun, WANG She-quan, JIANG Hua,  
SHANG Hong-mo, AN Feng-shou, DENG Jia-ke,  
MU Dong-hui, YU Jian-hua

## Specially invited Committeemen:

WU Jun-yong, ZOU Chun-shen, LIU Chun-shi,  
FANG Xiao-yan, ZHOU Hui, HU Chun-mei,  
CHEN Rui-lei, LI Sheng, WANG Yu, LU Zhi-liang,  
LIU Qing-le, ZHAO Gua-bin, CHEN Peng, CUI Rui-qi,  
BIAN Hai-yan, WANG Xing-lin, HE Pei-liu,  
ZHANG Xin-long, XIAO Ming, YE Yong-sheng,  
WU Ping, CHEN Yuan-dong, SUN Zhao-da,  
LI Hong-ji, WANG Li-na, CHEN Chang-jiang

Chief-Editor: Li Huaxiang

Executive Editor: Mei Feng

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

## 目录 CONTENTS

2022年第4期 (总第181期)

### 研发与应用 Research & Application

- 46 气电式测量装置在数控磨刀机的应用与调整 刘胜勇  
Application and adjustment of gas-electric measurement device in CNC grinder
- 51 多参数直接测量法在三维空间几何误差补偿技术的应用 周汉辉  
Application of multi-parameter direct measurement method in 3D spatial geometric error compensation technique
- 54 某龙门机床横梁有限元分析及优化设计 范依妮等  
Finite element analysis and optimization design of a gantry machine tool
- 58 西门子数控系统摩擦力补偿功能在解决加工质量问题中的应用 胡辉  
Application of friction compensation function of siemens CNC system in solving processing quality problems
- 61 一种卧式加工中心辅助换刀系统设计 张传思  
A kind of horizontal machining center of auxiliary tools changing system design

### 产品与技术 Products & Technology

- 64 GT2210叉式五轴摆头维修技术浅析 林超青  
Analysis of GT2210 fork type five-axis head maintenance technology
- 69 PLC软元件失效引起的设备故障处理 周小伟等  
Equipment failure treatment caused by failure of PLC soft components
- 71 大缸径堆焊气门加工工艺 江文广  
Machining process of large cylinder diameter pile welding valve
- 75 航空维修零备件加工节能增效方法研究 朱金华  
Study on energy saving efficiency method of aviation parts of spare air maintenance
- 78 华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能 胡少云等  
Supporting the linear motor of Huazhong CNC to make the manufacturing more refined, faster and more intelligent
- 82 普通车床提高不锈钢加工成品率的技巧 周德华  
Skills to improve the yield of stainless steel machining in ordinary lathe
- 84 汽车发动机连杆大小头孔镗孔夹具的设计沿革 金延安  
Design of the size head hole boring fixture of automobile engine link rod
- 86 巧卸断圆柱体方法 华斌  
Method of skillfully unloading the broken cylinder
- 88 西门子840D sl数控系统硬盘外连计算机备份方法 牛志斌等  
Backup method of hard disk external connection to computer of Siemens 840D sl CNC system
- 91 新型更换采煤机滚筒截齿座装置应用及关键件加工制作要点 赵乐乐等  
Application of new replacement shearer roller tackle device and machining keypoints of key parts
- 93 铸石球阀球体结构创新及加工工艺 矫永臣等  
Structure innovation and machining technology of cast stone ball valve sphere
- 95 抛丸机除尘器电器柜的设计研制 伏宇璐等  
Design and development of electric cabinet of dust remover
- 98 3D打印技术和铸造技术的融合应用与展望 邓方刚等  
Integrated application and prospect of 3D printing technology and casting technology

消息 (19、25、35、39、42、50、57、60、63、74)





## 注重基础研究，《产业基础创新发展目录（2021年版）》发布

近日，由中国工程院、国家制造强国建设战略咨询委员会指导，国家产业基础专家委员会编制的《产业基础创新发展目录（2021年版）》正式发布。《目录》共编制、收录了包括“机床与基础制造装备及机器人”在内的21个重点领域的1047项产业基础产品和技术。

党的十九届五中全会把“产业基础高级化水平明显提高”作为“十四五”时期经济社会发展的主要目标和任务之一。当前，国际环境日趋复杂，更加凸显了加快提升产业基础能力的紧迫性。我国产业基础能力同世界工业强国相比，同高质量发展要求相比，产业基础不牢、地基不稳问题仍相当突出。以此为背景，在《工业“四基”发展目录（2016年版）》基础上，新增了工业基础软件，构成了“五基”（即，基础零部件和元器件、基础材料、工业基础软件、基础制造工艺及装备、产业技术基础）创新发展目录。

《目录》的发布，将有助于各级政府部门确定支持重点，为广大企业和科研院所选择产品和技术开发方向提供参考，并将有助于引导金融机构、信用担保和保险机构等充分利用多种金融手段，支持《目录》产品的产业化和推广应用。

《目录》的发布不仅营造了全社会重视产业基础的氛围，也提醒机床工具行业企业切实注重基础研究，强化能力提升，补齐短板技术，脚踏实地、抓铁有痕、持之以恒地用实际行动推动我国机床工具产业高质量发展。

（黄韶娟）

## 国家制造业转型升级基金在机床产业链布局持续深化

近日有消息显示，国家制造业转型升级基金战略入股了苏州长城精工科技股份有限公司（简称“长城精工”，即原常熟长城轴承有限公司）。由此，这家国内精密轴承企业获得来自制造业大基金及通用高端装备基金、常熟市发展投资有限公司等三家机构的近2亿元投资。

2022年7月，长城轴承完成股份制改革后更名为苏州长城精工科技股份有限公司。长城轴承的前身是成立于1957年的常熟县通用机械厂。经过65年的发展，目前已成长为国内精密轴承行业先进企业，产品主要应用于数控机床、工业机器人、航空航天等领域。公司多次获得中国

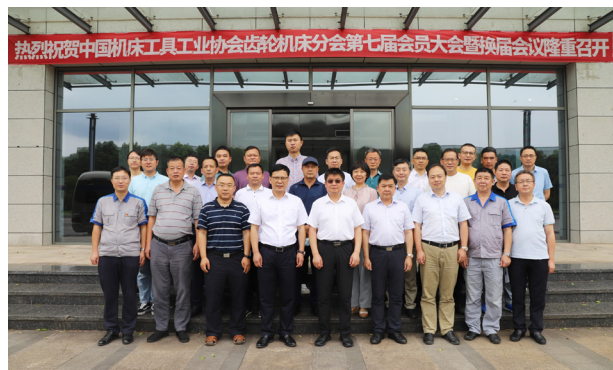
机械工业科学技术奖，并承担过工业和信息化部“工业强基”项目。

近年，制造业大基金格外关注机床工具领域，先后投资了日发精机、大连科德、中科微精、创世纪等多家机床企业。本次制造业大基金战略投资长城精工，显示其投资布局向机床工具核心零部件领域延伸。精密轴承最重要下游市场之一就是数控机床，主要应用于机床主轴、丝杠导轨及附属传动系统。精密轴承是机床主轴的核心零部件，轴承的精度在很大程度上影响着机床的加工精度。长城精工凭借良好的设计、加工、热处理和批量化生产能力，近年来在精密轴承市场有较大突破，不但成功供货北京精雕、海德曼、爱贝科等国内机床工具优秀企业，还打入国际知名企业的供应链。

可以预见，本次制造业大基金战略投资长城精工，不仅将帮助其加强精密轴承研发制造能力，还将助力机床产品质量提升，进而带来良好的产业链协同效应。（来源：相关企业）

## 齿轮机床分会第八届会员大会暨换届大会顺利召开

2022年7月22日，中国机床工具工业协会齿轮机床分会第八届会员大会暨换届大会在重庆机床集团召开，会员单位主要负责人参会，中国机床工具工业协会会长毛予锋到会指导。会议审议并通过了《齿轮机床分会第七届理事会工作报告》、《齿轮机床分会第七届理事会财务收支报告》、《齿轮机床分会第八届理事会理事长、副理事长单位及理事单位推荐名单》、《齿轮机床分会工作条例》等相关文件，顺利完成理事会换届选举。



经会员大会选举，重庆机床（集团）有限责任公司当选为分会第八届理事会理事长单位，秦川机床工具集团股份公司、天津第一机床有限公司、南京二机齿轮机床有限公司、宜昌长机科技有限公司当选为副理事长单位。根据



理事长提名，齿轮机床分会第八届理事会聘任蒋林为分会秘书长、喻可斌为分会副秘书长。

会上，毛予锋会长对高端数控机床行业做了深入的分析，并结合国家政策、国际形势等对高端数控机床未来发展提出了建议和要求。新当选的分会理事长重庆机床集团党委书记、董事长刘德永代表理事会讲话，指出了齿轮机床行业面临的机遇和挑战，并希望各会员单位加强交流合作，共同把齿轮机床行业做大做强。会员单位代表还就齿轮机床行业发展进行了深入交流。

（齿轮分会秘书处）

## 协会经销商分会举行仪式为技术专家颁发聘书

2022年8月4日，中国机床工具工业协会经销商分会在青岛举行仪式，为聘任的技术专家颁发了证书，并举行了机床行业市场情况交流会。分会理事长，部分副理事长，分会技术委员会主任、副主任及部分专家共20余人参加了会议。总会执行副理事长郭长城、市场部副主任李雷受邀参会。



技术委员会初期聘任专家9人，任期4年。专家们在任期内开展了多种多样的国际国内交流活动，在加强供需交流沟通和支持经销商工作方面取得了很好的效果。此次是第二届专家聘任，共聘任专家12人，分别来自航空航天、汽车、铁路及轨道交通、能源、石化等行业，均在机加领域有着丰富经验。

郭长城指出，行业技术专家作为协会的宝贵资源，搭建起了机床工具行业制造、经销两端的沟通桥梁；为优秀机床工具制造企业与经销商会员单位深度融合，共建优质资源平台，促进供需协调一致发展，发挥着极为重要的作用，期望分会围绕“提供服务、反映诉求、规范行为”的基本宗旨，活跃行业供需两端，服务会员单位，争取更好的工作效果。会议由分会理事长刘宗毅主持。

会上，技术委员会主任宋文久汇报了专家们近几年开展的工作和做出的贡献。与会专家们围绕机床工具行业技术产品发展趋势，结合行业工艺特点，从加工制造现场的需求痛点出发，逐一进行了深入分享，反响热烈。

（经销商分会）

## 《激光增材制造机床 通用技术条件》国家标准项目研讨会在长沙召开

2022年7月18~19日，全国特种加工机床标准化技术委员会在湖南长沙组织召开《激光增材制造机床通用技术条件》国家标准项目研讨会，全国特种加工机床标准化技术委员会主任委员、苏州电加工机床研究所有限公司董事长吴强，中国机床工具工业协会特种加工机床分会秘书长卢智良，中国机械工程学会特种加工分会秘书长徐均良，机械工业特种加工机床产品质量监督检测中心副主任徐明等出席会议，会议由全国特种加工机床标准化技术委员会秘书长王应主持。

### 《激光增材制造机床 通用技术条件》 国家标准项目研讨会



王应秘书长向与会代表介绍了《激光增材制造机床通用技术条件》国家标准项目的立项情况。该项目由武汉华中科技大学三维科技有限公司、华中科技大学、武汉华工激光工程有限责任公司、苏州电加工研究所有限公司联合申报，于2020年下半年完成立项答辩，2021年4月下达计划，由全国特种加工机床标准化技术委员会（TC161）归口。该标准的研制，可为激光增材制造领域提供统一的技术规范，使激光增材制造机床的设计、制造和使用行为有规可依，促进产业发展，同时填补激光增材制造机床标准的空白。

与会代表围绕着标准的适用范围、章节结构设置及标准技术内容展开讨论，从机床构成、型式布局、加工和装配质量、电气及数控系统、安全防护、精度检验、运转试验、包装储运等方面通用性的技术要求和检验方法提出意见和建议。

（协会行业发展部）





## 合锻智能参与研发的液胀桥壳生产线在湖北通桥投产

8月8日，湖北通桥科技有限公司首条液胀桥壳生产线投产仪式在湖北襄州区举行，该项目主机及自动化系统由合锻智能研制。



通桥科技联合燕山大学、合锻智能，在国内外首研发成功汽车桥壳胀压成形工艺，形成了完全自主知识产权的系统理论以及整套工艺技术。通桥科技是产学研高度融合的科技创新型公司，在国内外首创建成3条商用汽车桥壳、新能源汽车桥壳、高端乘用车桥壳胀压成形的生产线，成功研发轴荷1~16t的公路汽车全系列胀压成形桥壳产品，实现了汽车桥壳的批量化生产，服务东风德纳车桥公司、一汽解放公司等国内车桥行业的龙头企业。

## 广州数控与广东技术师范大学签署战略合作协议



日前，广州数控设备有限公司与广东技术师范大学正式签署校企合作战略框架协议，双方将共享资源优势，在人才培养、科学研究、社会服务、继续教育培训等方面开展深度合作。作为框架协议落地成果之一，双方随后签署了共建“智能伺服控制联合创新实验室”的协议。据悉，学校将调动近200名研究方向与广州数控技术相关的博士，深度参与到广州数控的技术攻关、产品研发、产业人才培养的各个环节。

## 大族激光华东区域总部在张家港奠基



日前，大族激光华东区域总部基地奠基仪式及大族激光智能装备集团华东区域总部基地揭牌仪式在江苏张家港市举行。该基地总投资额超100亿元，规划用地面积约800亩，分两期建设，涵盖生产、研发、销售和华东区总部功能，产品以高端智能制造装备为主，重点研制平面激光切割机、激光切管机、三维五轴激光切割机、大幅面及卷料定制激光切割机、折弯成型设备、自动化生产线等系列产品与应用解决方案。建成后产能将达到大族激光总产能的60%~70%，可以有效缓解国内对智能制造装备升级的需求压力。

## 武重集团中标中联重科新项目

近日，武重集团斩获大额订单，是来自中联智慧产业城的工程起重机龙门镗铣加工中心项目，合同金额近5000万元。这是武重集团工程机械领域智能化重型装备取得的一项新突破。

此次中标的龙门镗铣加工中心项目中包含一批智能装备，如定梁龙门镗铣加工中心、动梁龙门镗铣加工中心，通过配备刀库、工件检测系统、机床信息化管理系统等功能，为用户破解特定工件等加工难题，专项提供加工工艺方案和刀具选型方案，可有效提高用户相关产品生产的产量和品质。

## 助力轨道交通事业，株洲钻石与晋西车轴签署战略合作协议

近日，株洲钻石股份有限公司与晋西车轴股份有限公司（以下简称晋西车轴）签署战略合作协议。晋西车轴是一家集铁路车轴、摇枕、侧架、转向架、铁路整车全产业链的轨道交通装备科研生产企业。协议的签订将进一步加强双方在技术支持、产品升级和行业引领等方面的合作，实现信息共享、优势互补，构建共赢、可持续发展的战略合作伙伴关系。

多年来，作为国内领先的硬质合金刀具供应商，株洲钻石顺应制造业自动化、智能化的大趋势，以刀具材料工艺研究、工具设计开发、切削试验、应用技术研发等六大研发平台为依托，深挖重点用户领域需求，依托过硬的产品品质，经营业绩不断取得新的突破。



# 中国机床行业立足科技自立自强 实现高质量发展

6月28日，习近平总书记在武汉考察时强调：科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。总书记在机床工具行业企业武汉华工激光工程有限责任公司考察时特别指出：高端制造是经济高质量发展的重要支撑。推动我国制造业转型升级，建设制造强国，必须加强技术研发，提高国产化替代率，把科技的命脉牢牢掌握在自己手中，国家才能真正强大起来。

2013年7月21日，习近平总书记在武汉重型机床集团有限公司视察时，就曾提出“自己的饭碗要装自己生产的粮食”，并对未来发展提出“工业是我们的立国之本，工业要靠我们自己，自力更生，自主研发，自己创新，形成我们的科技竞争力”。2013年8月30日，习近平总书记视察沈阳机床（集团）有限责任公司时指出，“技术和粮食一样，靠别人靠不住，要端自己的饭碗，自力才能自强。实体经济是国家的本钱，要发展制造业尤其是先进制造业，加强技术创新，加快信息化、工业化融合”。

2013年以来，总书记几次到机床工具企业考察调研，均提到自主创新、科技自立自强，凸显出对这个问题的高度重视，也说明突破“卡脖子”关键核心技术刻不容缓。

总书记的嘱托，既是对行业的鞭策，也为机床工具企业加快科技创新、实现核心技术自主可控指明了方向。为深入践行习近平总书记讲话精神，中国机床工具工业协会组织部分行业企业联系自身工作实际，围绕机床工具行业立足科技自立自强、实现高质量发展发表观点看法。在全行业营造扎实推进自主创新的氛围，努力成为“中国制造”的中坚力量，承担起“制造强国”的光荣使命。

本期开始，将陆续发布行业企业老总们的精彩观点，以期相互借鉴，共谋行业高质量发展。

中国机床工具工业协会传媒部





# 构建创新生态系统，实现企业高质量发展

中国机床工具工业协会轮值理事长  
秦川机床工具集团股份公司党委书记、董事长 严鉴铂



工细，且需要长期技术积累等特点。虽是国之重器，却又完全市场化运营。这种情况下，机床行业的出路在哪里，或者说机床行业企业的出路在哪里，就需要我们以更加务实的态度和更加专业的方式探索深耕，通过全产业链协同，不断叠代，久久为功。

秦川机床工具集团股份公司以提升核心技术能力为目标，以科技创新催生发展新动能，其主要做法有：

## 一、加快关键核心技术攻关，破解创新发展难题

在“主机带动，高端制造和核心零部件强力支撑，突破智能制造关键技术，承担国家重大专项”发展主线和“5221”战略目标指引下，秦川集团持续紧盯国家战略性行业需求，致力于国家重大战略产品研发进行自主攻关、协同攻关、要素联动等，持续大力发展面向国家关键领域、新能源汽车、智能机器人等高新技术领域的高端装备制造业所需的主机、关键零部件产品。

仅2021年，秦川集团共申报核心技术攻关项目24项。其中，五轴加工中心核心功能部件精度达到国内技术领先水平，有效解决航空航天等重点领域、重点企业关键工序制造的“卡脖子”问题；研发我国第一台运动加速度达2g的VMC40U高速五轴立式加工中心，成功实现叶轮、叶片等复

杂曲面零件的高速高精五轴联动加工，满足汽车、医疗工程等多个领域关键件加工需求；牵头制定的2项行业标准“数控车齿机（第1部分）：精度检验”和“数控车齿机（第2部分）：技术条件”，填补了数控车齿机行业标准空白；成功研制的大螺旋角螺旋渐开线花键拉刀开创国内加工先例；公司以国产数控系统为基础，集成融合先进制造技术、信息技术和智能技术，研发成功滚齿机、螺杆转子磨床、外圆磨床、加工中心等5台系列智能机床新产品，发布机床云服务平台APP，并上线运行。

## 二、构建创新生态系统，打造原始创新“策源地”

机床行业有很强的顺周期性，在市场结构发生变化的情况下，企业既要能在顺风顺水中做优做强，更要有在逆境中“深蹲起跳”的本领。要做到强者恒强，首要的一点就是产品要有强大的创新竞争力。

具体来讲，就是要有攻克“卡脖子”技术难题的能力。秦川集团作为陕西省23条产业链之首的数控机床产业链“链主”单位，在围绕“产业链”部署“创新链”、围绕“创新链”布局“产业链”方面做了大量工作。先后牵头成立陕西省数控机床产业创新联盟，推动陕西省数控机床

随着国内工业整体实力不断提升，中国已成为机床制造大国，无论是产值还是需求量均居世界第一。对于行业最主要的感受有两点：一是机床行业是个很重要的行业，是强国之基、兴国之木，党和国家对机床行业的重视程度，近年来上升到了一定高度。做机床既要能耐得住寂寞，沉淀心境，还要保持对技术和品质的执着。二是行业“高端失守、低端混战”现状犹存，新一轮科技革命和产业变革加速演变，高质量发展、数字化智能化转型升级更加迫切，“卡脖子”技术一旦突破就是“杀手锏”，挑战与机遇并存。我想这两种看法大致可以看出当前机床行业的状况与困境。

机床制造属于离散工业，在工艺和场景形态上不同于流程工业。机床制造具有技术门槛高（技术密集化、资金占用大、技能要求高）、专业分



产业链上下游企业深度合作和信息共享,打造“创新发展、开放融合、汇聚资源、协作共赢”的数控机床产业平台;将集团中央研究院中试中心、高端五轴机床研制中心等7大中心聚集“秦创原”,使其成为集团研发创新高地、人才聚集高地、科研成果转化与产业化基地。

同时,构建“牵头单位+核心层+紧密合作层+一般协作”合作模式和基础框架,成立陕西省高档数控机床共性技术研发平台,面向国家重点领域、汽车、机器人、3C等行业的终端需求,通过强化顶层设计、深化创新模式,紧抓关键环节,加强要素导入,打造贯穿创新链、产业链的机床行业创新生态系统。

通过校企合作模式创新,成立“陕西秦川高端齿轮装备有限公司”,秦川将核心需求提供给高校,高校通过“技术链”打通“创新链”和“产业链”,将技术成果交由企业,由企业转化形成产品,最终实现技术成果产业化。可以说,从产品试制到核心技术攻关,再到大量关键共性技术的累积及用户验证,秦川集团将秦创原作为创新着力点,以此打开机床行业创新突破通道,打造原始创新“策源地”。

目前,集团“大型强力五坐标卧式加工中心制造技术”项目和“双链融合”高端机床重点专项分别成功入选陕西省2021年度关键核心技术推广“揭榜挂帅”项目和重点研发计划(第三批);与西安交通大学教授团队合作的开发新一代齿轮磨床原型机项目进展顺利。

在行业实践中我们注意到,机床的创新点往往发端于市场,在用户应用中成长。因此,秦川提出通过产业链协同创新,实现机床行业高质量增长。以YKZ7230数控蜗杆砂轮磨齿机为例,首台在用户试用时,用户共

提出多项建设性的改进意见。为此,我们聚集集团精锐技术力量,对机床进行整体测试优化,过程中创新点达到20多项,机床主要技术指标达到进口同类产品水平。从使用效果看,生产效率、运行稳定性、维护成本有效增强,用户满意度很高,累计订购了多台。这说明国产机床需要通过实现产业链上下游的无缝对接,不断进行用户验证,形成反馈提高的良性循环。只有这样才能推动我国机床行业持续的技术进步,不断迈向高端。

### 三、打通人才链条,为企业发展赋能

由于机床行业的产品质量和生产效率很大程度上依赖于工人的技术水平。比如装配工艺,直接影响机床的精度和稳定性。因而优秀的机床企业,必定拥有多层次的人才队伍。秦川集团倡导“以用为本、以实为要”,通过人才梯队建设,构建起集合内外高层次人才、高技能人才的人力资源平台,为集团改革发展提供坚强后盾。主要做法体现在以下几个方面

(1)以宽带薪酬体系改革为契机,对核心研发人员实行宽带薪酬体制,强化业绩导向、结果导向、水平导向,按市场价值兑现绩效。同时开通科研人员晋升通道,激发科研人员工作热情和积极性,研发推出更多具有市场话语权的产品。此外,还对其余人员开展定编定岗定员工作,构建基于KPI绩效考核实施“星级员工”薪酬体系。目前,秦川集团主机产品中有90%左右的利润均由新产品创造,技术研发成为企业持续发展最强大的推动力。

(2)打造人才软环境,铸就高质量发展“硬实力”。由于机床行业薪资普遍低于新兴产业,导致制造业

的人才大量流失到其他领域。为留住现有人才,秦川集团除了从物质上提高其待遇外,还从精神层面增强其归属感。比如举办首届“科技创新·秦川工匠”大会对秦川科技创新人员和工匠给予表彰奖励。同时,相关人才可按有关规定申请租购人才住房,对其给予重点保障。

(3)打造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。通过创建车间子公司级、集团级、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。目前集团已经建成4个国家级技能大师工作室。

(4)加强后备人才培养,积蓄发展力量。坚持数量充足、规模适度,拓宽选人视野渠道。加强锻炼,注重实效,加快选拔“80”后,加速培养“90”后,建立人才蓄水池,营造良好的创新生态。

没有创新,就没有未来。秦川集团通过系统性重塑、整体性重构、专业化重组,持续打破固有行业思维,不断创新制造业发展新模式,在国家制造业领域发挥着越来越重要的作用。目前已累计承担了国家科技重大专项100余项,多项产品涉及国家关键领域,多个重点项目的成功交付填补了国产装备生产线空白。

下一步,秦川集团还将持续加大对新能源领域、机器人关节减速器等方面的投入,期望通过向新能源汽车领域提供包括高端装备、机床滚动功能部件和精密螺杆副等关键产品,加速推广国产装备在新能源车领域的国产化推广应用,为实现智能制造、产业升级提供强力技术支撑。同时加快“卡脖子”技术攻关,实现机床产业链供应链自主可控,逐步打破进口依赖,实现企业高质量发展。□





# 强化技术研发，实现高质量发展

中国机床工具工业协会轮值理事长  
济南二机床集团有限公司董事长 张世顺



一是加大基础性、战略性、前沿性技术研发，突破影响智能制造、自动化系统集成等方面的多项“卡脖子”技术；二是以承担国家科技重大专项为抓手，开发精密、高速、高效、柔性的基础制造装备，推动机床产品向成套、成线、智能化方向发展，实现关键核心技术自主可控。

## 二、深入“产学研用”协同创新，推进产业基础高级化

装备制造业是国民经济发展的主要支柱。推动制造业转型升级，必须强化技术研发，提高国产化替代率，把科技的命脉牢牢掌握在自己手中，才能推动制造大国向制造强国迈进。

济南二机床集团有限公司聚焦技术创新，攻克一系列关键核心技术，实现自主可控，开发出全伺服冲压生产线、五轴联动龙门镗铣加工中心等一大批满足国内外市场需求的高端机床产品，助推企业实现高质量发展。

## 一、强化创新主体作用，推进关键核心技术自主可控

济南二机床依托国家级企业技术中心、研发中心、国家重点实验室，瞄准国际前沿技术和市场需求，专注关键技术研发与高端产品研制，每年研发投入达到销售收入的6%以上。

济南二机床发挥国家级产业链链主作用，完善合作创新模式，与用户、供应商、高校、科研院所建立“产学研用”协同创新机制，合作开发了大型快速高效全自动冲压生产线、双摆角数控万能铣头、大型伺服压力机、高架式五轴联动高速龙门镗铣加工中心等十几个项目，均被列入国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项，加快了关键核心技术攻关，加速了科技成果产业化。

## 三、推进信息技术赋能，提升产业链现代化水平

济南二机床积极利用云计算、大数据、5G等新一代信息技术，加快推进工业互联网建设，规划搭建工业云平台，推进企业向网络化协同、个性化服务延伸发展。自主开发售后服

务云平台管理系统，通过对产品运行数据的适时采集、存储和大数据分析，为用户提供远程调试、远程运维、预测性维护和能耗优化等增值服务，实施产品的全生命周期管理。

## 四、加强专业人才培养，为企业高质量发展提供强劲动力

济南二机床坚持人才强企战略，积极探索和完善以知识、技术、管理等要素参与分配的新途径、新方法，为优秀人才脱颖而出创造了良好环境。

企业设立各类专业技术职务聘任制度，通过业务考试、业绩考核、演讲答辩等程序，在技术、管理、营销以及技能人员中评聘主任级专业人才48人、副主任级84人，全面拓宽各类人员的成才通道，引导专业技术人员将实现自身价值与企业发展统一起来，促进员工潜力和创造力的发挥。

近年来，济南二机床依托自主知识产权的高新技术产品，装备了包括合资品牌在内的国内各汽车制造集团，同时积极参与国际高端市场竞争，赢得了福特汽车全球10个工厂21条新增冲压线订单。依托福特项目的辐射作用，进一步加大全球市场开拓，先后赢得日产北美、日产九州、法国标致雪铁龙等项目，实现美、日、欧主机厂市场全面突破，大型冲压生产线全球市场占有率达到35%以上。□

# 科技彰显实力，创新引领发展

中国机床工具工业协会监事长  
四川普什宁江机床有限公司党委书记、总经理 姜 华



“科技自立自强是国家强盛之基、安全之要”，“高端制造是经济高质量发展的重要支撑”——习近平总书记今年6月在武汉考察时的重要讲话掷地有声、言犹在耳。

机床工具作为制造业的“工作母机”，如何立足科技自立自强、实现高质量发展，这是行业企业必须承担起的光荣使命。创新是企业发展的源泉和动力，机床企业只有不断强化创新意识，推动创新实践，才能不断提升核心技术能力和产品市场竞争力。

面对当前严峻的政治经济形势，如何与时俱进，实施企业技术和产品的创新发展，笔者结合自己在宁江机床近40年的技术管理和经营管理工作经历，就如何立足科技自立自强优化企业研发创新体系建设、突破关键核心技术实现进口替代、加强人才

队伍建设推进技术产品迭代发展等方面，谈谈个人的粗浅认识和体会。

## 一、强化企业研发创新体系建设，推动企业核心技术研究能力提升

企业发展必须要做好技术和产品战略发展规划，而研发创新体系建设是企业实现技术和产品发展规划落地的基础。企业要根据自身特点，科学地部署好战略发展目标、发展路径及发展速度，配套建立好技术研发创新组织架构，培养沉淀研发人才队伍，推进产品技术迭代发展；企业要加强科研计划管理创新，既要满足眼前也要着眼未来，推进高档数控机床基础理论研究、基础试验研究和前瞻性技术研究等，不断夯实基础提升企业综合竞争力。

普什宁江公司长期以来一直重视技术和产品发展规划，重视研发创新体系建设优化。如坚持以战略导向、市场导向、用户导向，优化科研管理运行体系，调整和细化研究院科技管理部门、各产品技术研究部门、工程技术部门的职能职责和协同规范，系统地处理好共性基础技术研究和个性专业技术研究的协调发展问题，系统处理好技术和产品发展的眼前工作和未来发展目标问题。同时，加强“产学研用”管理创新，建立内外研发创新工作协同机制，特别是注重与用户形成长

期友好合作关系，以更好更快地推进技术持续进步和产品迭代发展。

企业研发创新体系要高质量运行，必须要对标世界先进技术和产品的发展目标，进行重点核心技术研发及能力突破。如紧跟世界顶级同行的技术发展步伐，巩固和突破线性（回转）运动位置精度亚微米甚至纳米级，平面运动位置精度微米甚至亚微米级，空间运动位置精度微米级等高精度指标；要提高直线运动、回转运动的高速、高加速度（1g以上）特性的相关软硬件设计技术，提高其它各类辅助运动体现高效性能的软硬件设计应用技术，产品精密和高效的综合性能达到国际先进水平等；要正确使用智能技术为机床赋能，深入推动数字化车间或数字化工厂的工件流、刀具流、信息流等相关智能技术研究，探索和创新智能化技术及管理在离散型制造行业的价值应用。

总之，要围绕先进技术和产品的重点发展方向，做好企业研发创新体系建设和实践，推动企业核心技术研究能力提升。

## 二、坚持以需求导向细分服务市场，提高技术、产品质量以实现进口替代

高端数控机床产业是国家的基础性和战略性产业，在实现国家安全自主可控中扮演着重要角色。国际高端





数控机床的发展主要体现在高可靠性、高精度、功能复合化、控制智能化、体系开放化、驱动并联化、加工过程绿色化等七个方面，是我们机床行业技术和产品发展的主攻方向。

为了满足用户需求和应对日趋激烈的高端数控机床市场竞争，企业在需求导向的同时，要对需求市场进行细分服务，要从最大限度地发挥好企业自身优势角度来为用户创造价值服务。针对进口高档数控机床服务市场，还要从国际先进标准要求角度，以问题导向、目标导向来研究数控机床可靠性、稳定性设计技术，从技术角度加强精密与高效的数字化设计工艺分析，指导研制技术改进、产品质量提高。

要从技术源头突破和提升精密结构的刚性设计及动态运动稳定性和热稳定性设计技术、精密加工装配技术、精密检测及空间补偿技术、精密数控应用软件技术等，推进产品研制各个环节的技术同步发展。要实现高端数控机床进口替代目标，必须要加快高端数控机床技术和产品高质量发展规划目标的实施，要在重点基础理论研究和基础技术试验上取得突破，要在产品精密、高效的可靠性和稳定性技术研究上取得突破，要在集成制造技术应用的成套服务研究上取得突破，要在高端机床智能化技术研究和FMS应用上取得突破，等等。我们还要深入研究“四新”技术并将其应用到自己的产品中，加快产品转型升级和迭代进步。

普什宁江始终坚持“精密、高效、成套、智能化”的技术和产品发展方向，走专精特新发展之路；持续深化“精密+可靠性”双核文化，做精、做专、做强机床主业；始终专心专注宁江特色，细分服务领域和服务产品，做好利基市场和利基产品，匠心打造宁江品牌。

近年来，围绕“三航两机”及船舶、汽车、机床、模具、核电、家电等重点服务市场的细分领域不断拓展深耕，通过公司各类科研计划的实施和国家重大科技项目的攻关，突破了机床产业相关“卡脖子”的核心技术研究和产品发展问题，实现了部分产品的自主可控和进口替代。如自主研发了新一代坐标级精密卧式加工中心、各类结构形式的五轴联动加工中心以及基于加工中心的FMS柔性制造系统产品，数字化车间技术研究及应用日臻成熟；高精度数控坐标磨床、小模数数控磨齿机、小尺寸数控纵切车床、超精车等技术和产品实现迭代发展；服务于汽车行业的回转式数控专用（组合）机床等取得了技术和产品的提档升级。

### 三、创新体制机制强化人才建设，推进技术产品研发迭代发展步伐

千秋基业，人才为本。

企业的发展是第一要务，人才是第一资源，创新是第一动力。企业的发展、创新都需要人才，有什么样的人才，就有什么样的企业竞争力和什么样的未来。

机床行业是一个“老骨头汤”行业，既需要有情怀的、有能力的、敢担当的领军人才和耐得住寂寞并经受得住折磨的团队，更需要建立可持续的、健康长效的激励机制来稳定和发展人才队伍。创新体制机制，让企业和员工真正成为利益共同体，才能真正发挥企业人才队伍的作用，才能增强企业活力、提升企业竞争力，确保企业持续健康发展。

普什宁江企业发展经历了“十一五”外延扩张、“十二五”收缩调整、“十三五”稳中求进之后，“十四五”进入了高质量发展阶段，

并成为国家级专精特新“小巨人”企业。在各个进程中，人才队伍的建设一直是公司战略重点，普什宁江建立了一支敢于拼搏、能打硬仗的团队，支撑了各个阶段普什宁江的技术和产品发展战略目标。

企业长期以来，注重企业文化引领战略管理创新，推进团队把企业精神、使命愿景、责任担当等内化于心、外化于行，培养共同价值观；确定了“立足自主培养，兼顾外延共享”的人力资源战略，建立适应机床企业研制和运营要求的“三位一体”人才战略管理规范——即集经营管理人才、专业技术人才、专业技能人才于一体的人才体系；创新技术产品研发机制，搭建了“以研发院为主体，各产品事业部及专业技术研究所为支撑”的协同创新模式，实践“所长负责制”与“项目负责制”等不同动态技术管理方式，搭建好干事创业的平台，激发企业人力资源的运用效率；以国家科技重大专项、公司科研计划（前瞻性技术研究、基础试验和基础研究、新产品研制、产品重大改进）、公司工艺攻关项目、培训比武技能大赛等为载体，以研促学，以学促研，久久为功，培养多技能人才，推动公司技术和产品核心竞争力提升。

企业要创新人才队伍的建设和管理，切实发挥好每一个人才以及团队的协同创新力量，扎实推进技术和产品研发迭代发展的步伐和质量成效，实现国产高端数控机床满足国内重点行业用户设备要求和企业高质量发展的需要。

制造业是立国之本、强国之基。面对新的历史机遇和挑战，机床行业作为制造业的基础，要以科技赋能生产，以创新激发动力，以改革拥抱时代，深入践行习近平总书记讲话精神，铆足干劲，踔厉奋发，破“坚冰”，攻“壁垒”，以科技彰显实力，用创新引领发展。□

# 坚持自主可控，满足战略刚需，创新驱动发展

科德数控股份有限公司总经理 陈虎



把发展的主动权牢牢掌握在自己手里，是我国实现高质量发展的重要路径之一。科德数控股份有限公司（股票代码688305.SH）长期致力于高端数控机床与高档数控系统的技术研发，促进我国高端数控产业的科技自立自强。

## 一、立足自主创新，研究用户工艺

科德数控专注于服务用户，密切研究用户工艺，并以用户工艺为引导，持续强化机床设计、功能完善和性能提升。特别是在对产业安全自主可控有迫切需求的航空航天等重点领域，公司的高端五轴联动数控机床产品、技术和生产规模已处于国内优势地位，对保障国家战略安全和产业经济安全发挥了推动作用。

根据公司2021年年报数据显示：公

司主营业务收入同比增长27.99%，其中高端数控机床业务收入同比增长35.88%；实现归属于上市公司股东的净利润同比增长106.81%，主营业务毛利率43.14%；机床整机平均单价185.22万元，生产入库量同比增长56.44%；2021年新增订单同比增长41.79%。

科德数控自2008年成立以来，在市场竞争和市场倒逼机制下，经过科技攻关和自主创新，解决了一系列制约机床行业发展的关键部件，包括高档数控系统、伺服驱动器、智能电源、各类永磁同步电机、多种传感检测装置、高速电主轴以及回转工作台、摆角铣头等直驱式关键功能部件；研制了系列化五轴立式（含车铣）、五轴卧式（含车铣）、五轴龙门、五轴卧式铣车复合四大通用加工中心和五轴磨削、五轴叶片两大系列化专用机床，是国内目前极少数同时具备五轴联动高端数控机床、高档数控系统和关键功能部件研制能力的企业，是国内少数几家建立起覆盖五轴联动高端数控机床及其高档数控系统、关键功能部件等完整人才链、技术链和产业链的企业，跻身国内五轴联动高端数控机床第一梯队。

截至2021年12月31日，公司共获得有效知识产权292项。其中，授权专利198项，包括发明专利93项（其中国际发明专利6项、国内发明专利87项）、实用新型专利99项、外

观设计专利6项；拥有计算机软件著作权60项；中国注册商标32项；作品著作权2项。核心技术团队主持及参与制定33项国家及行业标准，多项产品获得了国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项课题的大力支持，得到了航空、航天、能源、汽车等重点领域典型用户所给予的宝贵市场应用机会，通过用户的应用反馈，不断促进自主创新产品的技术迭代和成熟度提升，得到了市场和行业的认可。

其中，公司承担的“航天复杂构件五轴高质高效精密加工成套工艺与制造系统及应用”项目荣获中国机械工业科学技术进步奖一等奖和北京市科学技术进步奖一等奖，KMC800U五轴联动立式加工中心产品进入“重点领域国产高档数控机床供应目录”。2021年10月21~27日，国家“十三五”科技创新成就展上，科德数控五轴卧式车铣复合加工中心产品作为国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项的代表性成果在国家科技重大专项展区展出。

## 二、解决“卡脖子”问题，实现进口替代

自2018年1月至今，公司已实现对国外同类产品的批量进口替代；凭借在五轴联动高端数控机床及高档数控系统、关键功能部件方面的技术领





先优势，公司多种类型五轴联动高端数控机床产品已在北京动力机械研究所等一大批国内重点领域骨干企业实现典型应用，解决了我国一大批重大技术装备生产制造的“卡脖子”问题，建立了与下游用户单位“共同创新、共同提升、共同受益”的协同创新体系，实现了在用户应用需求牵引下的数控产业供给侧结构性改革，以及从用户应用到产品设计、制造的迭代提升和技术闭环，使公司的产品和技术始终保持在国际先进水平。

### 三、打造多层次、多专业创新人才队伍

经过长期的研发投入和沉淀，科德数控打造、沉淀了一支多层次、多专业、多学科的创新人才队伍，建立了以总经理陈虎为带头人的创新技术团队。

截至2021年末，创新技术团队已达183人，拥有涵盖国内外高端装备研发、设计、制造、装配、检测等各领域专业人才。

此外，公司还在实践中形成了“问题导向、结果导向；鼓励创新、包容失败；注重积累、打造体系；公平公正、实事求是”的研发创新文化。

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

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

### 四、多款新产品受到市场高度关注

今年，由于新冠疫情的不利影响，CCMT2022未能如期举行，但科德数控最新研发的三款新产品仍然

受到了市场和用户的高度关注。

KTM120五轴卧式铣床复合加工中心集成双主轴+双刀塔+B轴摆头，实现零件六面全加工，零件一次装卡，即可完成车削、铣削、钻孔、镗孔、攻丝等全部工序的复合化制造。

DMC50五轴立式加工中心，在铣削功能基础上，可集成车削功能模块、超声加工模块、磨削功能等模块，是一台复合化、模块化，满足客户多工序集成需求的高性能五轴产品，适用于航空航天、刀具工具、精密模具、医疗器械、新能源汽车与半导体等行业零部件的高效高精度加工。

KCX1200TM卧式铣床复合加工中心融合了KTX、KDW系列大型铣床复合加工中心的设计和制造经验，是一款模块化、复合化、可多配置机型拓展的“全能型”机床，产品集成了车、铣、钻、镗、攻丝等功能，应用范围覆盖轴类及盘类零件，可使用多种辅助功能来完成复杂工件完整加工，可在一次装夹中完成全部或大部分工序，既可保证加工精度，又可提高加工效率、降低加工成本。可满足航空航天、风电、医疗、新能源汽车、模具等行业对形状复杂、精度要求高的异形回转体零件加工需求。□

#### 资讯

### 凯特工业园10号厂房开工仪式隆重举行

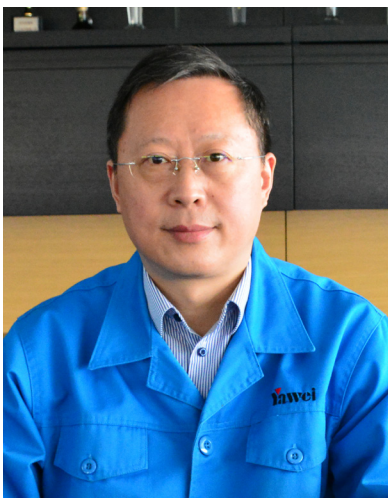


7月21日，凯特工业园10号厂房开工仪式隆重举行。凯特工业园总规划占地面积约146亩，被江门市人民政府列为“江门市2018年重点建设项目”之一。目前，1、2、9号厂房已正式投产使用，随着8号、10号厂房的相继开工，标志着凯特工业园的全面建成工作取得了重大进展，同时为公司进一步扩产增效、壮大企业规模打下坚实的基础。

凯特精机董事长苏春光表示，10号厂房是凯特工业园高质量发展的又一战略性、标志性工程，项目建成后，将大幅提升年产能，释放强大动能。

# 强化科技创新，推动产业升级

江苏亚威机床股份有限公司董事长 冷志斌



解决方案供应商，规模效益在中国锻压机床行业稳居前三。近年来先后被授予“国家技术创新示范企业”、“全国质量工作先进单位”、“全国五一劳动奖状”、“全国机械工业先进集体”、“江苏省优秀企业”等荣誉称号，折弯机产品被评为“国家制造业单项冠军”。

机床作为“工业母机”，我们行业企业在发展过程中，必须继续积极响应国家战略部署，坚定不移走创新驱动战略，切实增强核心竞争力，为企业转型和行业升级按下加速键。

## 一、坚持行业高端定位，优化技术创新体系

我们必须要以市场需求为导向，以国际领先企业为标杆，整合国内国际优势资源，占据科技创新的高地。

**内外兼修，完善产业链技术布局。**亚威股份坚持自主创新，深耕金属成形机床主业，提升技术领先优势。目前公司的数控折弯机、数控转塔冲床、卷板加工机械等产品的技术性能水平和销售规模稳居国内前列，在国际市场也具备充分的竞争力，未来将进一步推动钣金机床及自动化产

品、压力机及自动化产品技术性能指标达到国际同类产品先进水平，产品系列实现市场全覆盖，数控系统软件和部分核心零部件实现自主配套。同时公司通过“走出去”+“引进来”，实现了高端精密激光加工设备等“卡脖子”技术的国产化，我们将在此基础上，加大相关技术的国产化消化、吸收、再创新力度，助推亚威股份新一轮高质量发展。

**着力搭建和整合高端研发创新平台，夯实技术创新基础。**亚威股份是国家火炬计划重点高新技术企业，设有国家级博士后科研工作站、省级技术中心，并建成江苏省唯一的金属板材智能装备重点实验室。未来将高效整合目前位于扬州、苏州、无锡、南京，韩国、意大利等国内外的研发中心资源，实现同平台设计管理，在攻关各领域核心技术难题的同时，开展基础和共性技术研究，引领产业发展。

**集成应用先进数字化工具和方法。**亚威股份大力推进研发云平台建设和先进研发工具的应用，基本实现了研发设计的数字化，目前正在深入推进IPD集成产品研发管理项目应用，进一步变革科技创新思维，真正

习总书记6月28日在武汉考察期间强调，科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。推动我国制造业转型升级，建设制造强国，必须加强技术研发，提高国产化替代率，把科技的命脉牢牢掌握在自己手中，国家才能真正强大起来。

学习习总书记讲话精神，我们倍感振奋。亚威股份自1995年起，就确立了“科技兴企”战略，并长期坚持实施，把持续提升科技创新的能力水平作为企业持续健康发展的主引擎和发力点。在科技创新的推动下，亚威股份成长为国内领先的数字化、柔性化、自动化、智能化金属板材加工





将产品开发作为投资来管理，系统规划，分步实施，推进集成产品开发和跨地域、跨部门的协同开发，积极构建研发生态联盟，实现产品研发持续高质量创新。

## 二、着力提升自主创新能力，突破核心产品技术

亚威股份始终追求在核心技术和零部件领域的不断突破，巩固现有产品在国内行业的相对技术优势，不断开发满足市场需求的新产品，提高产品柔性化、智能化水平，以自主创新能力提升助推企业又好又快发展。

**一方面，强化知识产权布局。**近年来，亚威获各类专利302项，其中发明专利40项，软件著作权57项，主持或参与并发布的国家、行业标准起草12项。

**另一方面，坚持重大项目牵引。**共承担11项省级以上重大科研攻关项目：两项04国家科技重大专项大型开放式伺服折弯机与机械伺服数控转塔冲床项目，迅速替代进口，并成功出口欧美制造业强国，抢占国内外高端市场；科技部国家重点研发计划“智能机器人”专项“钣金制造机器人自动化生产线集成系统项目”，创造多项钣金制造自动化生产线核心装备与技术；国内率先研制成功的数控多边形折边单元被列入江苏省高端装备研制赶超工程项目，填补了国内空白，门板加工自动化成套生产线、数控冲剪复合柔性加工单元、数控飞摆剪切线被认定为江苏省首台套重大装备，技术达到国际同类产品先进水平。

## 三、持续加大研发投入，建设高水平人才队伍

习总书记强调：“国家发展靠人才，民族振兴靠人才。”亚威股份将

人才视为长期发展原动力，始终牢固树立人才强企、人才先行的核心战略，实现企业发展和个人成长的双赢。

**重视人才，以人为本。**坚持“以人为本，唯才是用”，通过战略性人力资源管理，建立完善的人力资源管理体系。

**吸引人才，以能聘人。**通过内培外引集聚人才，同时建立灵活的用人制度，公平竞争、优胜劣汰，给予每位员工上升空间和提升机会。

**培养人才，高效育人。**建立完善的人才培养机制和培训管理体系，优化人才队伍知识能力结构，为员工建立职业发展通道，激励员工不断提高学习能力及职位胜任能力。

**发掘人才，公平励人。**公平公正励人才，千方百计留人才，营造互相尊重、互相信任的和谐氛围，引导广大员工实现个人职业生涯规划与公司发展相适应。2012年以来，亚威股份每年研发投入占营业收入比重均达5.4%以上，长期处于行业较高水平。2021年公司研发投入1.23亿元，占营业收入比例6.15%；从事技术创新产品研发人员330人，占员工总数近20%。未来，我们将进一步有针对性地提升研发投入占比，达到国际同行先进企业的较高水平。同时做到内培外引相结合，加大国内、国际高端科技创新人才聚集力度，全方位培养、引进、用好人才，坚持打造行业一流水平的创新人才队伍，与绩效管理、股权激励等方式相结合，激发整体创新热情。

## 四、加快推进智改数转，促进技术升级再上台阶

亚威股份近年来围绕智能制造方

向，不断提升为客户提供“硬+软+云+集成+咨询”的智能制造完整技术服务能力。

**一是助推下游客户生产加工方式变革。**坚持继续提高各产品线主机的高精度、高速度和高可靠性，不断提升产品的自动化、柔性化、定制化水平。

**二是持续推进网络化智能化控制技术应用。**将智能制造软件与公司系列产品有机结合，形成面向数字化生产线级/车间级/工厂级的智能制造软硬件一体化解决方案。

**三是深入推进“亚威智云”工业互联网平台建设。**构建适配的商业模式，切实提高亚威智云工业互联网平台的影响力和支撑公司各类装备业务高质量发展的能力，打造集平台网络服务商、工业软件供应商、设备制造商、设备使用商、开发者五位一体的智能制造服务云生态。未来3-5年，亚威股份将把“智改数转”作为推动企业再发展、再升级的核心举措。提升自身智造能力：持续推进关键工序智能化改造，建立高效的人机协同机制，提升生产柔性和效率；提升数据驱动能力：充分挖掘平台数据价值，建立智能决策数据模型，真正实现数据驱动发展；提升解决方案能力：紧跟技术发展步伐，融合5G、区块链、大数据等技术，创新工业互联网平台应用方案，推动企业数字化战略转型，开拓新兴“数字经济”新征程。

未来，亚威股份将继续完善高端装备产业布局，为公司在新形势下抢占市场制高点提供充足的动力。继续以国际一流企业为标杆，全面推进产品智能化、生产自动化、管理信息化、服务网络化，努力成长为世界一流的高端装备与智能制造解决方案供应商，为中国机床行业产业升级再立新功！□

# 自立自强，以技术创新驱动高质量发展

上海机床厂有限公司总经理、执行董事 芦华



日前，习近平总书记在湖北省武汉市考察时强调：“科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。我们必须完整、准确、全面贯彻新发展理念，深入实施创新驱动发展战略，把科技的命脉牢牢掌握在自己手中，在科技自立自强上取得更大进展，不断提升我国发展独立性、自主性、安全性。高端制造是经济高质量发展的重要支撑。推动我国制造业转型升级，建设制造强国，必须加强技术研发，提高国产化替代率，国家才能真正强大起来。”这为我们作为“工业母机”和制造业基础的机床行业指明了发展方向，也提出了更高的要求。

作为一家有着76年悠久历史的机床企业，上海机床厂有限公司（以下简称：上机）从建厂初期就秉持自力更生、自强不息、艰苦奋斗的精神。

1957年毛泽东主席来厂视察时就作出“要走独立设计的道路”和“学习国外先进经验，为我所用”的重要指示。上机从最开始的仿制阶段，成功制造出新中国第一台磨床；到仿创结合阶段，快速推出各类磨床产品；再到自主设计阶段，仅1978年前就设计开发了超过300种的各类磨床产品，其中大部分都是新中国的第一台，奠定了上机技术独立自主可控的核心竞争力。

改革开放后，企业积极响应国家各行业发展对磨床产品的需求，在自主设计的基础上引进吸收国外先进技术，技术研发力得到了进一步的提升，产品向高精度、高效率、自动化、数控和重型、专用化方向持续迈进，各类磨床广泛应用于汽车、钢铁、国防、航空航天等各个领域。在这一发展过程中，上机始终坚持产品的自主设计、技术的自主创新，技术的独立自主和不断创新一直是推动上海机床厂有限公司发展的强大动力。

本世纪，机床行业经历了10年的快速发展，虽然自2011年至今，国内市场需求总量仍处在下行波动中，但是用户对机床设备的各项要求却一直在快速提高，需求结构也在持续发生着变化，对高端机床和高质量机床的需求比例越来越大，这一层级市场仍是进口设备占据大部分份额。

在国家政策的支持和鼓励下，包

括快速崛起的民营企业在内的很多国内机床企业都有了快速的发展，在产品和技术上取得了很多突破和不俗的成绩。但是我们也要客观地认识到，与世界一流机床相比我们的产品在性能方面的整体差距，更应该看到我们与国家需要和用户需求的差距。而作为企业要做的，就是要坚持技术投入、坚持技术创新，不断优化产品质量和性能，为国家、为用户提供国产的好机床。当然，这一过程自然充满了艰辛和挑战，需要我们拿出勇气和毅力去克服。

以下，结合上机在发展中遇到的很多困难和挫折，谈谈对技术创新的一些理解和体会，与大家一起交流共勉。

## 一、使命引领，自立自强，以技术创新驱动高质量发展

作为当年的“十八罗汉”企业之一，上机现在仍是一家处在行业主导地位的企业，使命和担当一直引领着、支撑着企业的发展和进步。国家需要什么，上机就研发什么；客户需要什么，上机就发展什么；要成为用户的“总装备师”和“总工艺师”。服务国家战略发展并为客户创造价值就是上机最大的使命，上机要为中国机床行业的自立自强和高质量发展贡





献力量。要践行这样的使命和实现高质量发展，技术创新是最大的驱动力。上机从以下几个方面践行创新工作：

### 1. 技术创新要具有自主性

上机经历了历史上的完全自主创新（从材料到零部件到整机全部是自己研发），然而现在行业的技术分工和制造分工越来越细、越来越专，上机已经不可能完全独立自主完成产品的所有开发，现已进入到了合作自主创新阶段。在这样的环境下，如何保持好我们的“自主”能力更为重要，这里的“自主”不是固步自封、更不是闭门造车，反倒是在创新的所有环节中比以往更加注重合作与沟通，与用户、同行、高校、科研机构、政府等充分沟通并进行多种形式的合作。

而在创新的过程中，“自主”主要体现在以下三个方面：首先是研发内容自主，要做什么产品，需要什么样的技术、功能部件，达到什么样的目标和目的要理清楚，有清单，有指标，有目标。其次是研发过程自主，对于企业牵头的科研项目，在实施过程中，对于合作对象、任务分解、时间节点等要素要有清晰、有力的掌控。最后是研发成果自主，研发过程中产生的图纸、工艺、源代码和专利等知识产权要有自主权，对于相应产生技术资源、制造资源和销售资源等隐形成果也要注意自主性保护。

### 2. 避免技术空心化

随着各种功能部件和零件加工的外移（如铸件、液压件、量仪器、热处理等），上机的技术研发所涉及的领域和内容也逐年减少，更多地聚焦在整机的结构、性能设计和精密制造过程，很多功能性部件都是外购，企业也一度面临着技术空心化的风险。

上机在企业改革调整的过程中清醒地意识到，不能什么都是一买了

之。在保留既有的技术研发力量的基础上，充分考虑市场需求的发展和技术发展的趋势，不断加大技术研发投入，充实队伍和提高技术实力，研发人员的比例超过20%。

要想作为行业具有较强竞争力的企业，就必须有自己独门的、领先的、不受制于人的技术。上机紧密跟踪行业技术发展趋势和用户工艺需求变化，根据产品发展需要制定企业技术发展规划，聚焦高性能功能部件、整机研发、软件技术、制造工艺、磨削工艺等方面。持续设立科研项目并进行有效的研发投入，积极承担国家和上海市重大科研专项课题研发，2009年至今累计已有30余项，保持技术创新持续不断。

### 3. 改进完善是创新的主要手段

上机聚焦磨床制造并有着非常丰富的产品线，几乎涵盖了所有的磨床种类，即使经过几轮产品结构的调整，目前还有超过200种类型和规格的各类通用、专用磨床在产在售。

虽然新产品、新技术的研发一直是企业发展的战略核心，注重对新材料、新技术的应用，特别是信息化技术在机床上的应用，企业在新技术的突破和新产品的研发上也取得了较好的成绩。但是企业面临的更主要、更迫切的，是产品的老化和升级换代的缓慢，很多产品的整机品质、细节质量、基础性能没有得到本质的提升，技术研发能力还不够扎实等一系列问题。

对于目前国内的大部分企业而言，技术创新不仅仅包括研发全新技术、创造全新产品，更应该把产品的持续改进和升级换代作为技术创新的主要工作。机床行业不存在弯道超车，也不存在换道再赛，只有奋起直追，该补的短板还是要通过我们踏踏实实

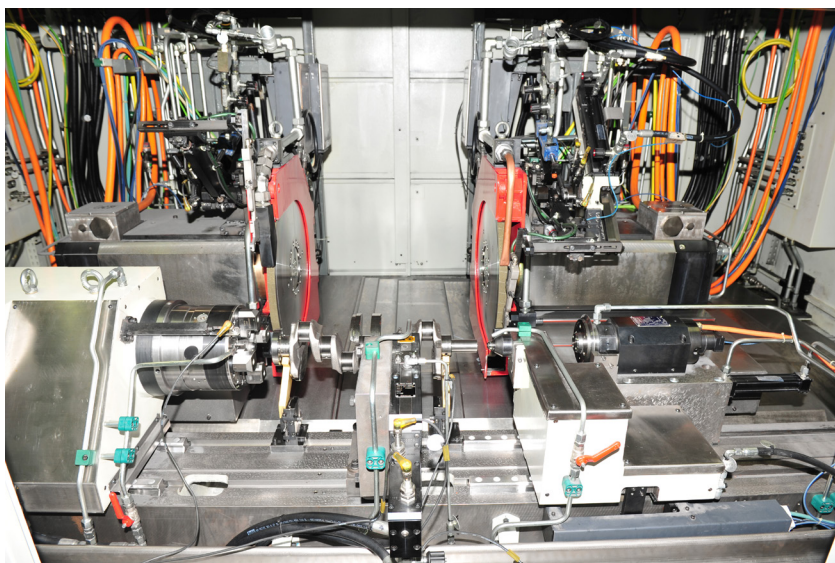
的努力来补上。

## 二、需求导向，服务客户，与用户共创发展良机

纵观国内外的优秀机床企业，无一例外的都是和用户走得最近的、最了解用户需求的，这些企业也在很多行业通过专用的设备和全面的解决方案构建了强大的竞争力和盈利能力。这样的实力背后无疑是优异产品和技术，而产品的成功与技术的应用得益于需求的导向，技术的创新在立项之初就要有明确的应用对象，才能为后续的技术成果落地和产品市场化应用打下良好基础。

上机在产品研发过程中也一直坚持以客户的需求为导向，注重了解客户的需求、痛点和槽点，特别是用户的工艺要求。上机每年出产磨床超过1500台，积累了大量的磨削数据和经验，通过构建“磨削工艺数据库”，能够更好地为用户提供工艺服务。

同时上机也一直秉承“与用户共创发展良机”的理念，在高端专用产品研发中同用户紧密联系，用户的参与贯穿设计、制造、安试、使用的全过程。在为某高端汽车客户研发的高性能随动曲轴磨床的过程中，设计之初就与用户充分沟通明确了他们的使用标准、使用要求、维护要求等一系列的细节，设计环节也请用户一起参与方案的制订，在制造调试中用户发挥了他们更懂机床更懂工艺的优势，最终产品在产线中顺利投产，各项技术性能均达到了同一产线中国外产品的指标。这样的合作案例还有很多，我们为铁路、国防、航空航天、钢铁等客户定制开发了一系列专用设备。机床厂了解机床，而用户更懂应用，最终设备还是服务于客户的，所以同用户的共创是产品创新的高效途径。



MKD8220双砂轮架随动曲轴磨床（用于汽车行业）

### 三、问题导向，聚焦产品，构建技术创新体系

在技术创新过程中，往往最难的不是技术本身，如前述的产品升级难、升级慢的问题其实不是技术本身的难度有多大，而是缺少产品升级改进的机制，构建一个稳定、高效、有活力的技术创新体系就显得尤为重要，这是决定技术创新能否顺利开展的重要因素。在这个体系中，在充分了解用户和市场需求的基础上，就是要聚焦产品在设计过程、制造过程和使用过程中出现的各种问题，并采取行之有效的、快速的、持续的措施加以改善和解决。

上机拥有完整的产品和技术创新体系，但是随着市场需求的快速升级，对产品开发质量和开发周期的更高要求，以及专项技术（功能部件）的社会化分工越来越细，公司在新的战略目标引领和要求下，也一直对现有的技术创新体系进行不断的优化、强化和细化，通过进一步的优化细化体系的制度和流程，并加以执行，从而不断提高创新的效率，增强创新团队的能力，加快创新产品的推出，实现创新成果的效益。上机的创新体系主要由以下机制构成：

#### 1. 项目制度

所有的创新活动都要设立项目，以项目制来进行管理。项目可以分为国家（市）、集团、公司、部门等四级。项目的各个阶段、时间节点、阶段性目标等内容要细化明确。对项目的技术难点和关键点要进行预判、加以明确，并制定好实施路径和备选方案。

#### 2. “三结合”制度

上机在发展历史上有一项非常成功的经验，即“技术人员、工人、领导”三结合来解决产品和技术问题。在此基础上发展为“技术、销售、制造”人员三结合。产品的创新过程中，技术人员是核心，但是团队中要明确有销售部门和制造部门人员参与工作。不同的阶段人员侧重点可以不一样，例如立项阶段主要由销售和装配参与，试制准备阶段主要由生产工艺和装配参与。同时还要充分听取供应链采购、质保、服务等人员意见。这样可以保障在技术或产品的

创新全过程中始终兼顾了市场的引导和现场的约束。

#### 3. 合作制度

创新过程中会涉及到多项技术，用到各种功能部件，例如基础技术研究会和高校合作，功能部件使用会和配套厂结合。“他山之石可以攻玉”，所以要更加注重和外部资源的多种形式合作。上机非常愿意也正在和行业内功能部件企业展开合作，提供实验和验证的平台，通过各种项目的实施来切实推动国产化替代，为提高行业整体创新能力和产品品质服务。

#### 4. 循环制度

创新过程并非一个过程就能够解决全部问题，而是若干个过程不断循环，才能不断优化新产品以达到用户的满意。产品升级要形成有效的闭环，特别是问题和需求的反馈以及及时纠正环节尤为关键。上机已经建立产品的创新档案库，利用信息化的手段来系统性地梳理产品在试制和使用过程中的问题，利用信息化手段来提高问题反馈的效率和精准性。

### 四、持续投入，培养人才，打造技术技能团队

技术创新是企业发展的高效长久驱动力，但要坚持技术创新就要有钱有人，即要进行持续性的资金投入和拥有一支富有活力、创造力的团队。技术的突破或产品的研发一般周期都比较长，而某项技术的突破并不代表它马上就能够得到应用，某个产品技术和工艺的相对成熟也并不代表它能够马上打开市场，实现盈利。但是在这个过程中的投入不能少，更不能断。上机除了承担国家项目外，每年都会设立超过10个以上的厂级技术创新项目，保障每年的科技投入



不低于收入的5%。这么多年的持续投入也为上机产品的不断推陈出新奠定了基础。

人才问题一直是困扰我们机床行业高质量发展的大问题，机床行业的特性决定了需要高水平和高素质的人才，特别是技术类人才，而目前行业的现状对高端人才的吸引力并不强。上机地处上海，也面临着技术人才和技能人才的短缺困难，“动脑”的难留，“动手”的难招。技术可以引进或合作，功能部件可以购置，产能可以社会化配套，唯独人才只能靠自己培养。上机坚持“稳中求进、守正创新”，坚定不移推动实现高质量发展的新理念，加快向数字化、智能化精密智造转型，高水平技术、技能人才队伍的培养已经成为公司发展规划中的一项重要内容。在技术创新中，技术型人才和技能型人才两类同等重要，优秀的技术研发工程师和高水平的技术工人是技术创新的

核心力量。

上机正在实施的“卓越工程师”工程和“上机工匠”工程就是要系统地解决人才培养的问题，打造一支高水平、稳定的技术技能团队。卓越工程师的培养目标就是要成为产品专家和技术专家，在保障其收入基本与社会平均水平接轨的基础上，设立专业、产品多通道多选择，不求面面俱到，鼓励大家在一到两个专项领域做专做精；多层次培养，按照专业技术能力要求设立5级职级体系，明确发展路径和发展要求，职级定期评聘，能上能下；考核评定与市场挂钩，收入直接和其负责的产品销量挂钩；打造“积极探索、严谨务实、专业专注、终身学习、协同创新”的工程师文化。

上机一直非常注重技术工人团队的培养，也有从一线工人中培养技术人员的优良传统，历史上涌现出一大批的全国劳模和上海市劳模，很多优秀的设计人员、工艺人员都是从工人中培养出来的。现在“上机工匠”工

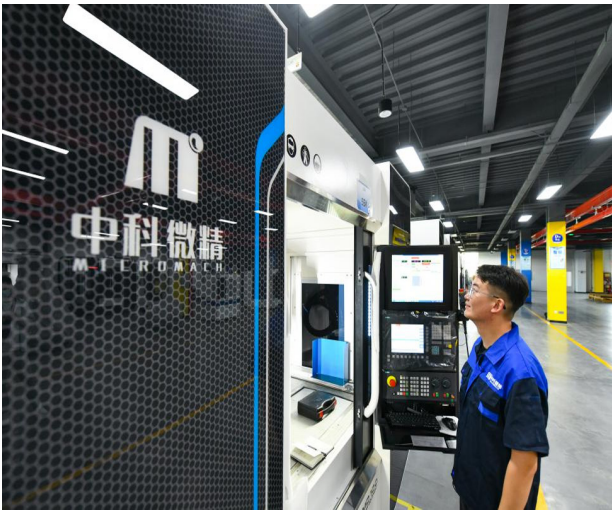
程就是要打造一支技术精湛、结构合理、核心稳定的高水平团队，依据不同的分工和专业，在各个工种和岗位上培养一批专才和能手。企业以拥有绝技绝活的高级技师为代表，成立了各专业的工作室，以此为平台系统地培养技能型人才。例如以“上海工匠”、“上机磨王”李云龙为代表成立的“李云龙创新工作室”，在他的带领下培养了一大批在精密加工领域的能工巧匠。我们也逐渐形成了由技能等级评聘机制、学历培养机制、工作室机制、高师带徒机制等构成的完整体系。

五、结束语

“科技进步”、“企业发展”本身皆是动态变化的过程。不变的是，企业需要清醒地认识到自身存在的不足和坚定前进的目标，始终坚持科技自立自强，持续探索企业高质量发展之路。□

资讯

中科微精获国家制造业基金领投近2亿元



近日，西安中科微精光子科技股份有限公司宣布完成近2亿元融资，本轮融资由国家制造业转型升级基金股份

有限公司领投，原股东北京日出安盛资本管理有限公司继续跟投。由此，中科微精也成为国家制造业基金在陕西省直接投资的首家企业。

近两年，机床工具领域受到国家制造业基金格外关注。机床行业企业浙江日发（2021年11月，3亿元）、大连科德（2022年6月，1.5亿元）、创世纪（2021年10月，5.94亿元）等多家企业获得国家制造业基金投资。

中科微精表示，此次融资后，将充分利用国家制造业基金，重点发展颠覆性、综合性激光极端制造技术与装备，推动高端激光制造装备及其核心部件的自主化和国产化，开拓空天动力系统、新型空天隐形飞行器、电子封装等领域激光极端制造新用途，支撑国家重大任务目标的实现及国民经济可持续发展。



# 问渠哪得清如许，为有源头活水来

## ——立足高水平科技自立自强，打赢关键核心技术攻坚战

武汉华中数控股份有限公司董事长 陈吉红



6月28日，习近平总书记赴湖北武汉考察，考察第一站就是“中国光谷”。这是总书记第三次踏访“光谷”，即武汉东湖新技术产业开发区。

二十世纪八十年代，世界新技术革命浪潮汹涌，中国改革开放大潮澎湃，武汉东湖新技术开发区应运而生。2009年，东湖高新区被国务院批准为国家自主创新示范区，是全国114家高新技术开发区中特批的三个国家自主创新示范区之一。历经40

余年发展，如今东湖高新区已经形成了光电子信息产业、高端装备制造、生物医药、新能源环保等产业竞相发展的格局，是产业特色鲜明、科技创新不断涌现的一片热土。

华中数控正是生长、成长在这片热土上的高科技企业。华中数控脱胎于华中科技大学，主要从事数控系统、工业机器人、智能制造、红外热像仪、新能源汽车电动化技术的研发、生产，是国产高档数控系统行业首家上市公司。数控机床被誉为制造业的“工业母机”，而高性能数控系统是机床装备的“大脑”，代表了国家制造业的核心竞争力。

“把科技的命脉牢牢掌握在自己手中”，是总书记此次武汉之行最鲜明的指示，也是华中数控多年来的企业发展生命线。公司与华中科技大学产学研紧密合作，以替代进口、振兴民族数控产业为己任，长期坚持前沿创新，努力打造中国自主品牌，用“中国大脑”装备“中国制造”。

### 一、以国家需求为纲

制造业是立国之本、强国之基。机床是制造业的工作母机，数控系统是数控机床的“大脑”，是先进制造业的“芯片”，基础薄弱、缺“芯”少“脑”一直是“中国制造”的短板。数控机床和数控系统是最典型的“要不来、买不了、讨不来”的关键核心技术产品，我国应当牢牢掌握在自己手中。

先进的数控系统技术研发难度巨大，需要大量的持续投入。不仅如此，国内企业想要实现“技术与市场生态圈”国产化的难度更大。正是由于国内数控系统企业取得的进步，迫使国外中、高档数控系统解除限制，国产化替代也取得了长足进步。把“国家需求”放在最前头，是华中数控负重前行的责任和使命。

### 二、以科技创新为要

“十三五”期间，中国在全





球创新指数排名上从第29位升至第14位，创新型国家建设取得重大进展。与此同时，也要充分认识到，我国科技发展水平特别是关键核心技术的创新能力同国际先进水平相比还有差距，同新阶段高质量发展的要求还不相适应，建设、优化研发创新体系、在关键核心技术上不断取得突破，比过去任何时候都更加迫切。

华中数控联合华中科技大学国家智能设计与数控技术创新中心（简称创新中心）、高校、研究所等数控领域行业上下游的创新资源，以“产学研用政商”紧密捆绑深度融合的方式，构建体系化的“一核三圈”创新组织模式，设计了关键核心技术攻关、产品化和产业化、推广应用的创新链和产业链融合体系。

“一核三圈”创新组织模式中，“一核”是数控系统核心技术，“一圈”为创新中心的“核心产品产业化基地”即华中数控，对标国外领先水平，与深度融合的国内高技术企业实现智能系统设计工业基础软件、高端数控系统以及智能制造系统工业基础软件核心关键技术的产品化和产业化，占领国内市场，走向国际市场。

“二圈”是创新中心的“创新网络圈”，联合各地政府、高校、研究所、重点企业等优势单位，共建新型武汉智能控制工业技术研究院、佛山智能装备技术研究院、重庆智能机器人研究院等新型研发机构，集聚全国力量从事智能系统设计工业基础软件与高端数控系统的攻坚和推广应用。

“三圈”是创新中心的“创新辐射圈”，将创新中心的相关技术向工业基础软件和数控技术相关的重点领域辐射。

华中数控深度融合的“一核三

圈”协同模式以技术产品使用为导向，以政府顶层设计、政策支持与平台搭建为指引，结合高校的基础研究、人才培养与前沿攻关功能，依托产业技术联盟，构建核心技术攻关、产品研发和产业化、技术转移、技术辐射的完整协同创新体系。

随着国家对工业母机行业的重视和国产高档数控系统的崛起，国产化替代大势与国产数控系统企业不断自主创新同频共振。华中数控瞄准国际知名数控系统，关键核心技术的突破从未止步。

华中数控成功研制出具有自主知识产权的华中8型高性能数控系统攻克了高速高精、多轴联动、多通道控制等关键核心技术，功能、性能和可靠性达到国际先进水平，获得国家科技进步二等奖。将制造技术与人工智能技术深度融合，成功研制出华中9型新一代智能化数控系统，首创将AI芯片嵌入数控系统，实现了质量提升、工艺优化、健康保障等一批智能化模块。华中8型高性能数控系统入选“十一五”、“十二五”、“十三五”国家重大科技成就展，华中9型智能数控系统入选“十三五”国家重大科技成就展。

面向国家战略需求，华中8型数控系统在航天航空等重点领域、船舶、发电、汽车、3C制造等领域批量应用，在2000多家企业累计推广应用近15万余台套。年售中高端数控系统2万余台套、伺服电机近20万台套的产业规模。华中数控以华中9型智能数控系统为平台，与江西佳时特精密机械有限公司、宝鸡机床集团有限公司、秦川机床工具集团有限公司等多家机床企业一起，“深度融合、联合攻关、协同创新”，研制不同领域、多种类型的智能机床，推动机床的智能化转型升级，助力机床行业“由丝入微，

提质增效”。

### 三、以重点领域为标

长期以来，我国重点领域急需独立自主的高速、高精、多轴联动高档数控机床和高档数控系统。自主可控的高档数控系统丝毫不亚于芯片、操作系统。

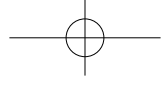
华中8型高档数控系统已经在高速高精立式/卧式加工中心、五轴联动龙门机床、车铣/铣车复合机床、高精度数控磨床等各类高档数控机床上完成测试验证和配套应用，批量应用在各重点制造领域，为提高重点领域企业的关键数控设备自主可控做出了贡献。

#### 1. 航空制造领域

新一代飞机朝着轻质化、高可靠性、长寿命、高隐身性、多构型、快速响应及低成本制造等方向发展，大量新材料、新结构、新技术不断出现，对数控机床和数控系统的要求越来越高。华中数控与航空制造企业紧密合作，在沈阳某工业（集团）有限公司、沈阳航空制造有限公司等企业合作，应用华中8型数控系统数百台套，其中五轴以上数控系统百余台套，主要用于各种飞机的梁、框、肋类等关键零件加工，受到各界好评。

#### 2. 航空发动机制造领域

航空发动机最核心制造难度最高的就是“一盘一匣两片”（涡轮盘、机匣、导向叶片及工作叶片），零件结构复杂、加工精度高，表面粗糙度及表面质量要求高，其先进制造技术对相应的数控机床与装备需求十分迫切。华中8型数控系统已在航空发动机制造领域数十家用户单位的数百台设备上进行了应用验证，包含车、铣、磨、镗、加工中心、五轴、车铣



复合及专机设备等多种类型。

### 3. 汽车零部件制造领域

乘用车换挡操纵机构、轮毂轴、车轮支架、转向节、控制臂、手刹车及各类冲压件等零部件产品的技术含量与产品质量要求极高，因此，对数控系统和数控设备性能和可靠性要求也极为苛刻。在吉林通用机械制造有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司等近十家汽车零部件企业，应用华中8型数控系统数千台套，其中五轴系统数百台套，满足了国产系统对复杂汽车零部件生产高节拍、高可靠性适配的需求。

### 4. 3C加工领域

我国是3C制造大国，其最典型的技术特点是高速高精。2015年开始，以华中数控为代表的国产数控系统成功实现了国产数控系统在3C领域的重大突破。在某重点领域通信装备制造领域，针对精密铝合金结构件的高效智能加工，华中数控与某重点领域电子信息企业联合打造了一座智能工厂。智能工厂一天运行24小时，已累计加工1000多种精密铝合金零件。华中数控提供的这种针对精密铝合金结构件加工的智能工厂解决方案，利用华中8型数控系统高速高精的技术特点，实现了多品种、变批量、无人化、混流加工。

目前，华中数控已经有数万台套华中8型数控系统在3C加工行业应用，是国产数控系统中能与国外数控系统同台竞技的品牌。

## 四、以智造精英为绳

华中数控在二十余年间，从校办工厂迅速发展成为行业骨干企业，得益于公司成立之初就明确并且坚定实

施的人才战略：产学研用紧密结合，系统化培养人才。

聚才如拧绳，如何开展产学研结合工作，解决各层面人才困境，为公司发展提供强有力的创新人才体系支撑，华中数控在“未来智造精英”的培养中有着自己的一套方法论。

第一，与国内知名大学合作，成立“产、学、研、用”结合体，培养创新型骨干技术人才。

华中数控以“一核三圈”创新体系为平台，成立“产、学、研、用”结合体，各研发单位分工合作，采用“大团队、大项目、大成果”的创新发展模式，集聚、培养了我国高端数控机床和工业机器人产业领域一批高端人才，已成为我国高端数控机床和工业机器人产业领域的重要突击力量。

目前，华中数控集聚了我国高端数控机床和工业机器人产业领域一批高端人才。2022年4月，公司获得企业自动化专业、机械专业工程技术人员高级职称评审权的试点。6月，公司作为国家工信部人才引进计划自主评审试点单位开展人才引进工作。

第二，“招才引智”，广纳行业专家，充实企业高端人才库。

中高档数控机床的核心技术不仅覆盖面广，技术复杂度也高。面对这样的技术和市场需求，靠企业自身的培养体系不足以支撑高端人才的供给。华中数控积极寻求“引进来”的机会，吸纳了一批从事机床设计、机电联调、数控系统应用等方面的高端人才，他们中既有来自国外顶尖数控系统企业的“黑带”工程师，也有来自国内著名机床集团的总工程师，不论是数控技术的理论知识，还是产品的应用、推广、可靠性测试等，都有了深厚的积淀。

华中数控对引进人才委以重任，

充分发挥他们多年行业经历和积淀，把数控技术和前端的机械设计和后端的工艺应用融合起来，在高档型数控系统的研发和应用工作上发挥了巨大作用。

第三，打通多渠道晋升通道，培养复合型人才。

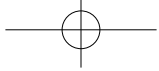
公司为了搭建以研发技术为主岗位的人才梯队，帮助员工在企业内部的可持续发展及系统提升，规范公司专业技术人员职业发展管理工作，进一步完善技术类人员职业发展规划，形成动态竞争及以项目成果评价、能力评估为基础的价值分配体系，促进内部人才的使用、流动、培养和选拔，为员工分类建立起常态化的晋级晋升通道，不断完善激励制度，培养复合型创新人才。

问渠那得清如许，为有源头活水来。科技创新，正是国家科技发展的源头活水。

党的十九届五中全会提出“把科技自立自强作为国家发展的战略支撑”。如今，习近平总书记再次强调“加快建设科技强国，实现高水平科技自立自强”。从“科技自立自强”到“高水平科技自立自强”，三字之差传递深刻信号——我们已经有了实现高水平科技自立自强的底气和实力，但要实现高水平科技自立自强，必须加强原创性、引领性科技攻关，必须打赢关键核心技术攻坚战。

高端数控系统技术的自主可控是不容后退的决心，更需要源源不断的原始创新能力注入。着眼未来，华中数控还将紧握几代数控人的“交接棒”，立足高水平的科技自立自强，不断向科学技术广度和深度进军，努力为实现中华民族伟大复兴的中国梦提供强有力的科技支撑。□





# 机床概念股表现活跃 加速布局新能源汽车“万亿级”市场

中国机床工具工业协会 兰海侠

梳理行业上市公司近期表现，伴随着A股市场回暖，机床概念股表现堪称活跃，笔者根据证券公司相关分析资料，整理了最近几个月部分机床行业上市公司A股市场表现：4月14日，宇环数控三个连续涨停板，维宏股份涨停；4月18日，青海华鼎涨停，博亚精工涨超8%，国盛智科等跟涨；5月6日，青海华鼎涨停；6月27日，机床板块异动拉升，华东数控直线封板，昊志机电、华中数控、秦川机床、青海华鼎等跟涨；6月28日，智能机器概念股盘中再度活跃，昊志机电涨停，机器人板块涨超10%，埃斯顿涨停，埃斯顿连续4个交易日已涨超30%，等等。

2021年8月19日国资委召开会议，提出针对工业母机、高端芯片、新材料、新能源汽车等领域加强关键核心技术攻关，工业母机位列首位，机床概念股走强，并持续受到资本市场关注。

## 一、资本关注，政策扶持

机床行业上市公司A股市场的表现与证券机构的关注度是相辅相成的，近期不少行业上市公司吸引了诸多证券机构到企业现场调研。





6月29日科德数控发布投资者关系活动记录表，公司于6月21日接受109家机构单位调研，机构类型为QFII、保险公司、基金公司、海外机构、证券公司、阳光私募机构、其他；7月1日，日发精机发布投资者关系活动记录，公司于7月1日接受12家机构单位调研，机构类型为保险公司、基金公司、证券公司、阳光私募机构、其他；7月6日，华中数控发布公告，称公司于7月4日组织现场参观活动，长江证券、弘毅远方基金、前海联合基金、红土创新基金参与；7月8日，大族激光发布公告称高毅资产于7月6日调研公司，此前，深圳片区南方基金组织投资者开展走进大族激光专项活动；7月，中信证券、嘉源律师事务所、大信会计师事务所来星火机床（非上市公司）调研考察，等等。

下面是一些行业上市公司近期融资的消息。

秦川机床7月7日发布公告称，公司拟向包括控股股东法士特集团在内的不超过35名特定投资者定增募资不超过12.3亿元，法士特集团拟以现金方式认购秦川机床本次向特定对象发行股票数量的35.19%。

行业上市公司近两年也受到国家制造业转型升级基金股份有限公司格外关注，多家行业企业获得国家制造业转型升级基金投资。6月，该基金年内首度出手，参与科德数控定增，拟认购1.5亿元；近日，西安中科微光子科技股份有限公司（非上市公司）由国家制造业转型升级基金领投近2亿元融资，原股东北京日出安盛资本管理有限公司继续跟投。此前日发精机（2021年11月，3亿元）、创世纪（2021年10月，5.94亿元）也分别获得该基金投资。

还有直接来自政府的补贴。6月25日，科德数控公告，自2022年3月23日至2022年6月24日，累计获得政府补助款项人民币2155.99万元，其中与收益相关的政府补助款项合计人民币17.99万元，与资产相关的政府补助款项合计人民币2138.00万元；海天精工6月30日公告，自2022年1月1日至2022年6月29日，海天精工累计收到与收益相关的政府补助共计人民币3967.22万元，占公司2021年度经审计归属于上市公司股东净利润的10.69%；创世纪7月3日公告，公司及下属公司2022年4月1日至6月30日累计收到政府补助的金额共计5868.72万元。

资本市场的活跃与政策扶持是密不可分的，从中央层面到各级地方政府对机床工具行业发展的重视程度都日益加深。日前，机床工具产业被正式纳入深圳加快发展的“20+8”产业集群名单，同时包含了专门的行动计划，明确到2025年，机床工具产业增加值达到350亿元。2021年，深圳机床工具产业增加值达到217亿元，尤其是新能源汽车、5G等新兴行业快速发展，以及消费类电子产品更

新迭代速度明显加快，市场对中高端机床的需求也旺盛起来。据相关资料，今年一季度，深圳机床工具产业集群增加值同比增长15.1%。

## 二、积极布局，主动出击新能源汽车大市场

分析行业上市公司相关资料可以看到，新能源汽车市场正在吸引上市企业纷纷涉足。

华中数控在证券机构调研中表示，2022年公司第一季度机器人及智能产线板块的订单较去年同期有较大增长，主要源自公司加速进军汽车动力电池领域，扩大了公司在新能源动力电池智能产线装备领域的市场份额，形成新的战略业务增长板块。

大族激光在接受机构调研时表示，在新能源汽车领域，和比亚迪、长城汽车等行业头部企业保持良好合作。新开发的新能源汽车高强度电池托盘自动化激光焊接产线、一体式热成型门环自动化生产线项目等产品在宝马、通用汽车新能源车型上得到应用。

科德数控在接受机构调研时表示，从长期规划来看，公司在持续深耕国内航空航天等重点领域的同时，布局新能源汽车、模具、机械设备、刀具、能源等领域。在新布局项目中，新能源汽车位列首位。

创世纪当前大力发展通用机型业务和新能源领域的业务。目前，创世纪应用于新能源汽车领域的产品有攻牙机、型材机、精雕机，卧加、龙门、车床等等。近期，创世纪台群品牌专门针对新能源汽车制造领域推出“三电”（电池、电机、电控）壳体加工的整体解决方案。

秦川机床更是从设备供应商跨领域进入新能源汽车零部件行业。秦川机床表示，公司在新能源汽车产业制造领域已开展布局，能够向下游提供关键零件加工所需的高端装备，并向新能源汽车企业直接提供精密螺杆副、高档齿轮等关键零部件。此次募投项目（7月7日公告）实施后，公司将在新能源汽车领域实现制造装备、滚动功能部件和精密螺杆副的国产化推广应用，进一步丰富新能源汽车零部件产品结构、拓展产品品类。

相关分析人士表示，新能源汽车这两年的发展进入了快车道，机床行业也将迎来新的发展机遇。根据《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》，到2025年我国新能源汽车占新车销量比例达到20%左右，这对上游机床行业的需求将进一步加大。但新能源汽车对于汽车组件的精度和材料的要求更高，这就要求未来机床对于组件制造的水平有大幅度提高，因此提前布局这个领域会成为市场的



蓝海。

重庆市原市长黄奇帆在中国宏观经济论坛（CMF）季度论坛（2022年中期）上发表演讲中提到，今后二三十年，全球能够形成万亿美元级别（在国内市场就是万亿人民币）市场大体上已有雏形，出现五个方向，其中一个就是无人驾驶的新能源汽车。

针对庞大的新能源汽车市场预期，诸多行业企业积极进行前瞻性布局、主动出击，期待未来可以围绕万亿级重点产业形成一批国内具有全球竞争力的行业标杆企业。

### 三、加强供应链管理，产业链上下游协同发展

分析行业上市公司相关资料，可以看到供应链管理正在成为企业一门新的重要课题。疫情的出现，对企业的供应链管理提出了新的要求。如果说核心技术、产品质量是企业占领市场的制胜法宝，那么今天供应链管理对于企业占领市场的重要性似乎已经上升到同等位置。有不少企业因疫情影响，原材料或者相关功能部件供货周期加长，直接影响了市场销售，但其中供应链管理做得好的企业恢复生产更迅速、更及时，在疫情时期的市场中占据先机。

比如，科德数控在调研活动中表示，公司在上海和长三角地区的供应商较多，进口零部件多数在上海报关，因而三、四月份供应链势必受到疫情的影响。但由于2021年零部件价格和供应量的阶段性波动，公司对货期长、价格波动大的原材料进行了储备，所以三、四月份疫情对公司

当期生产端影响并不大。五月份以来，公司采购端明显恢复，设备发货和验收数量明显提升，各方面都逐步向好。另外，从产品自身的优势上，科德数控能够自主研发数控系统、自制关键功能部件，整机的自主化率达85%，国产化率达90%，受外部制约的因素相对较少。

补链强链正在成为行业上市公司的一个发展方向，也促进了产业链上下游企业之间的合作。

秦川机床此次定增募资（7月7日公告）将用于高档机床创新基地项目（一期）、新能源汽车领域滚动功能部件研发与产业化建设项目、新能源乘用车零部件建设项目、复杂刀具产业链强链补链赋能提升技术改造项目。相关人士表示，该项目是产业链和创新链深度融合的一个实践，对于秦川机床自身的发展以及整个机床产业的发展都会带来积极的影响。

7月5日，日发集团董事长吴捷、日发精机副总经理周亮、日发机床总经理梁海青拜访了斯凯孚（SKF）中国新昌球轴承生产基地及研发中心，双方就建立战略合作伙伴关系进行研讨并交换意见，双方均高度重视未来的合作，并期望进一步加快合作进度。

科德数控也表示，未来公司会与国家制造业转型升级基金围绕高端装备制造产业链上下游以及公司高度自主化的数控系统、功能部件开展更多深度合作。□

本文引用了相关上市公司一些公开发行的资料，如有引用不恰当或者不正确的地方敬请指正。





# 机床产品标识编码规范的相关内容解读

中国机床工具工业协会 黄韶娟 胡瑞琳

2022年4月25日，中国机床工具工业协会（以下简称“机床工具协会”或“协会”）批准并发布了团体标准 T/CMTBA 1012-2022《机床产品工业互联网标识编码规范》，规定了机床产品工业互联网标识解析二级节点的标识编码原则和标识编码规则。该标准适用于金属切削机床、特种加工机床和金属成形机床工业互联网标识编码体系建设以及信息的查询与处理。标准于2022年5月25日实施。

工业互联网是新一代信息技术与工业相结合的产物，发展工业互联网需要建设开放共赢的产业生态，标识解析体系是工业互联网产业生态的重要一环，是推动新一代信息技术与实体经济深度融合的重要支撑，也是产业数字化的基础。建设工业互联网标识解析体系，对于企业打通信息壁垒、优化生产流程、提升管理水平、强化协同创新、促进产业智能化转型升级和经济高质量发展，具有非常重要的意义。

下面把有关该标准的相关背景情况梳理一下，以便企业在后续的标准实施中更好地理解 and 执行。

## 一、政策背景

《国务院办公厅关于加快推进重要产品追溯体系建设的意见》（国办发〔2015〕95号），目的是积极推动物联网、云计算等现代信息技术与追溯体系建设融合发展，实现重要产品来源可查、去向可追、责任可究，促进质量安全综合治理，强化全过程质量安全管理与风险控制，保障消费安全和公共安全，更好地满足人民群众生活和社会经济发展需要。

《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》（国办发〔2017〕50号），提出要推进标识解析体系建设。加强工业互联网标识解析体系顶层设计，制定整体架构，明确发展目标、路线图和时间表。设立国家工业互联网标识解析管理机构，构建标识解析服务体系，支持各级标识解析节点和公共递归解析节点建设，利用标识实现全球供应链系统和企业生产系统间精准对接，以及跨企业、跨地区、跨行业的产品全生命周期管理，促进信息资源集成共享。

《工业互联网发展行动计划（2018-2020）》，行动目标为“初步构建工业互联网标识解析体系，建成5个左右标识解析国家顶级节点，标识注册量超过20亿。”

《推动工业互联网加快发展的通知》（工信厅信管〔2020〕8号），提出加快新型基础设施建设，增强完善工业互联网标识体系；出台工业互联网标识解析管理办法；增强5大顶级节点功能，启动南京、贵阳两大灾备节点工程建设；面向垂直行业新建20个以上标识解析二级节点，新增标识注册量20亿，拓展网络化标识覆盖范围，进一步增强网络基础资源支撑能力。

《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》，提出在基础设施建设方面，实施标识解析增强行动，推进工业互联网标识解析体系增强工程，完善标识体系构建，“引导企业建设二级节点不少于120个、递归节点不少于20个。”

标识解析体系主要包括两个部分：一是“标识编码”，即给每一个产品、零部件、系统、流程等赋予唯一身份ID代码，实现资源的区分和管理，是产品或流程的唯一标识，有了这个标识，就像有了一个身份证；二是“标



识解析”，即依据产品的标识通过服务器的解析系统把标识“翻译”为服务器地址，便于进行互联互通，并在此基础上增加了查询产品的信息和服务等属性信息的过程。标识解析体系是工业互联网领域的基础支撑，可实现各类信息处理系统、资源管理系统、网络管理系统对目标对象进行相关管理和控制，解决“信息孤岛”、“割裂数据”等问题，是实现工业企业数据流通、信息交互的关键枢纽，从而支撑工业企业数字化、网络化、智能化的发展。

目前，在我国工业互联网标识解析体系架构中，北京、上海、广州、武汉、重庆五个国家顶级节点已全部上线试运行，政产学研用多方力量跨界协作的产业生态初步形成。不过，相对于发展应用需求，目前产业生态仍处于培育期，尚未进入大规模的应用阶段。

二、工业互联网标识解析及节点框架

工业互联网标识是指工业互联网中使用的用于唯一识别和定位物理对象或数字对象及其关联信息的字符。工业互联网标识服务是指从事工业互联网标识解析根节点的运行和管理、国家顶级节点的运行和管理、递归节点的运行和管理、标识注册和管理、标识公共解析等活动。

在万物互联的工业互联网中，每个物品、元器件，甚至每条信息都有其全球唯一的“身份证”，这个“身份证”就是标识。目前，工业企业广泛使用标识标记各种物品，但不同企业和行业的编码和解析方式不尽相同。国际上，主流标识体系包括Handle、OID、Ecode、VAA等。随着工业互联网的发展，全要素、全产业链、全价值链全面连接的需求日益迫切，需要建立一种兼容不同技术体系，能够跨系统、跨层级、跨地域的工业互联网标识解析体系。

工业互联网标识解析体系是工业互联网新型基础设施的重要组成。通过统一融合的工业互联网标识解析体系，企业或用户可以利用标识访问产品在设计、生产、物流、销售到使用等各环节，在不同管理者、不同位置、不同数据结构下智能关联的相关信息数据，是实现全球供应链系统和企业生产系统的精准对接、产品的全生命周期管理和智能化服务的前提和基础。

近年来，我国工业互联网标识解析体系架构已实现从0到1的突破，建成北京、上海、广州、武汉、重庆五大国家顶级节点，促进南京、贵阳两个灾备节点加速建设，形成“东南西北中”布局，构成“5+2”顶层架构，并与Handle、OID体系实现对接，面向全球范围提供解析服务，成为关乎国家战略发展和工业安全的关键基础设施。

中国工业互联网标识解析体系设计了国家顶级节点，与国家顶级节点联通的根节点，行业二级节点，企业节点，公共递归解析节点等多层（见图1）。

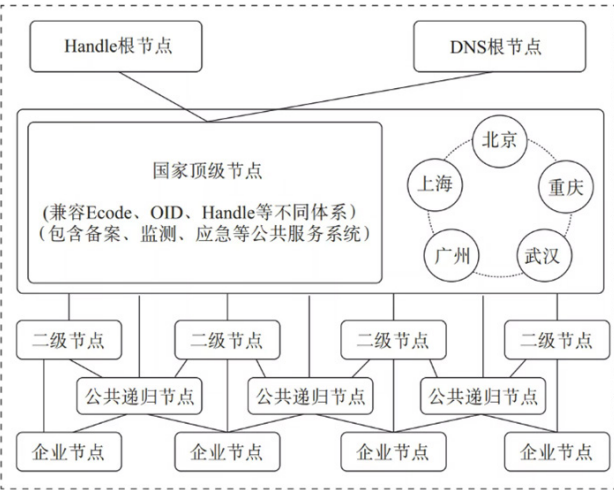


图1 工业互联网标识解析系统分层分级架构

根节点：是标识管理体系中最高等级的国际性标识服务节点，提供面向全球范围公共的根层级的标识服务，并不限于特定国家或地区。目前，Handle由DONA基金会负责管理和运营。

国家顶级节点：是我国范围内最上层的标识服务节点，能够面向全国范围提供标识注册分配、标识解析、审核认证及数据托管等服务，并为行业节点和企业节点提供查询指引。国家顶级节点向上与支持各类标识体系的国际根节点保持连通，向下与国内各行业（或企业）二级节点保持连通。主要由国家层面建设。

二级节点：是面向特定行业或者多个行业提供标识服务的公共节点。二级节点向上连接国家顶级节点，向下为工业企业分配标识资源、提供标识注册、解析、公共查询等数据服务，同时满足稳定性、安全性和可扩展性等多方面的要求。一般由行业龙头企业或有较高公信力的第三方机构牵头组建。

企业节点：是面向工业企业内部的标识服务节点，提供企业内部标识编码分配和标识解析服务，与二级节点对接。既可以独立部署，也可以作为企业信息系统的一部分。一般由企业自主建设。

公共递归节点：是标识解析体系的关键入口设施，代替用户进行复杂的迭代查询。利用缓存技术，也可以将查询结果直接返回给用户，提升整体解析服务性能。一般由运营商参与建设。



### 三、机床行业二级节点建设项目以及相关协会团体标准

#### 1. 工业互联网标识解析二级节点（机床行业应用服务平台）项目

二级节点作为工业互联网基础设施的关键环节，应当为行业提供公共服务，并在政府主管部门的监督和指导下保障系统运行的安全和稳定。

为了构建安全、稳定、高效、可靠的工业互联网标识解析体系，国家推动机床领域工业互联网标识解析二级节点建设，为机床领域的企业和用户提供规范的标识编码注册和标识解析服务，促进工业大数据的合理流通和应用。2019年工信部开展的制造业高质量发展专项中机床行业有两个联合体中标了“工业互联网创新发展工程——工业互联网标识解析二级节点（机床行业应用服务平台）项目”。两个联合体的组成单位如下：

（1）武汉华中数控股份有限公司（项目牵头单位）、武汉华大新型电机科技股份有限公司、宝鸡忠诚机床股份有限公司、山东威达重工股份有限公司、昆明台工精密机械有限公司、齐重数控装备股份有限公司联合体。

（2）智能云科信息科技有限公司（项目牵头单位）、沈机（上海）智能系统研发设计有限公司、同济大学、重庆机床（集团）有限责任公司、南京工艺装备制造有限公司、四川普什宁江机床有限公司联合体。

两个联合体分别承担的二级节点项目研究都面临着机床产品分类标识编码如何规范编制问题。

#### 2. 《机床产品工业互联网标识编码规范》团体标准

为积极应对工业互联网创新发展和二级节点项目的需求，2020年8月，由中国机床工具工业协会批准立项《机床产品工业互联网标识编码规范》团体标准，同时作为牵头单位，协会组织各主机分会，并以金切机床标委会、特种加工机床标委会及锻压机械标委会为依托，联合相关行业重点企业，开展了标准的起草、修改和完善工作。标准起草工作组以国统局产品代码为基础，进行了繁杂的产品梳理与分类，涵盖了金属切削机床、特种加工机床和金属成形机床产品名称代码两千余个，经过多次专家研讨，并在各分行业进行解读和深入探讨，遵照全面、合理、实用的标准制定准则，历时一年半多的时间，最终完成了该标准的编制。

2022年4月25日，由协会团体标准工作委员会主任委员批准后以“中床协标”发文进行发布，并在协会网站和全国团体标准信息平台上公布信息。该标准于2022年5月

25日起正式实施。

机床产品标识编码是实现机床产业数字化的基础，对提高产业运行质量、提升效率具有积极作用。在《中国机床工具工业协会发展规划（2020—2025年）》第二项重点业务工作中提出，要“建立先进制造技术信息数据库，为行业开展技术预研提供咨询与评估服务。”鉴于先进制造技术信息数据库的建立涉及到机床产品的名称、型号、编码问题，在工业互联网产品二级节点标识建设中同样涉及到机床产品标识编码问题，在协会工业互联网平台公司将要建立的行业大数据中心也涉及到机床产品的标识编码问题等，而且目前国标、行标在机床产品的名称、型号、编码上并不完善。《机床产品工业互联网标识编码规范》协会团体标准的出台，解决了行业企业自行编码造成的标准不统一，彼此不兼容，适用范围有限，难以实现信息、数据的准确关联和自动获取，无法互联互通等问题，该规范反映了机床的名称类别、结构形式、规格、控制方式、生产日期、制造企业等信息，以一种统一的标准来规范不同企业命名的同一种产品，帮助企业以更加标准、规范的方法管理产品，帮助消费者更加便捷地获得产品信息，以便适应工业互联网二级节点标识要求和现代信息化管理需要。

机床工具协会以制定《机床产品工业互联网标识编码规范》团体标准为起点，未来将扩展到包括功能部件、数控系统、机床零部件等产品的标识编码规范，逐步建立完善统一的机床工具产品标识编码体系，在实现数字化车间产品追溯、供应链管理应用中发挥支撑作用，从而为机床工具行业数字化、智能化发展奠定基础。

《机床产品工业互联网标识编码规范》发布实施后，协会将组织起草工作组面向全行业开展宣贯推广工作，并适时对其实施效果进行评价，以确认标准是否满足市场和行业企业发展需求。

### 四、统一标识编码对行业发展的促进作用

机床制造业产品种类数量非常多，工业互联网标识解析二级节点（机床行业）的建设，为机床生产企业提供灵活的标识编码注册和标识解析服务。标识编码规范的有效执行，对促进机床领域的网络化协同设计制造、供应链管理、产品追溯、质量监督、产品全生命周期管理等具有积极的推动作用；通过与用户及应用场景的互联互通，可对机床实施有效的状态监测、故障预测和优化控制，提升自动化水平，减少人为错误的发生及人工成本，提高管理效



机床行业产品标识编码应用示例

率和数据应用范畴，从而产生可观的经济效益。

随着数字技术快速发展，以及与机床产业的深度融合，数字化转型已成为一个必然选项，企业使用统一的标

识编码，不仅仅局限于内部管理，而且在打通信息壁垒、实现信息共享、挖掘数据价值等方面赋予更深层次的含义，对机床产业的高质量发展具有重要意义（见图2）。

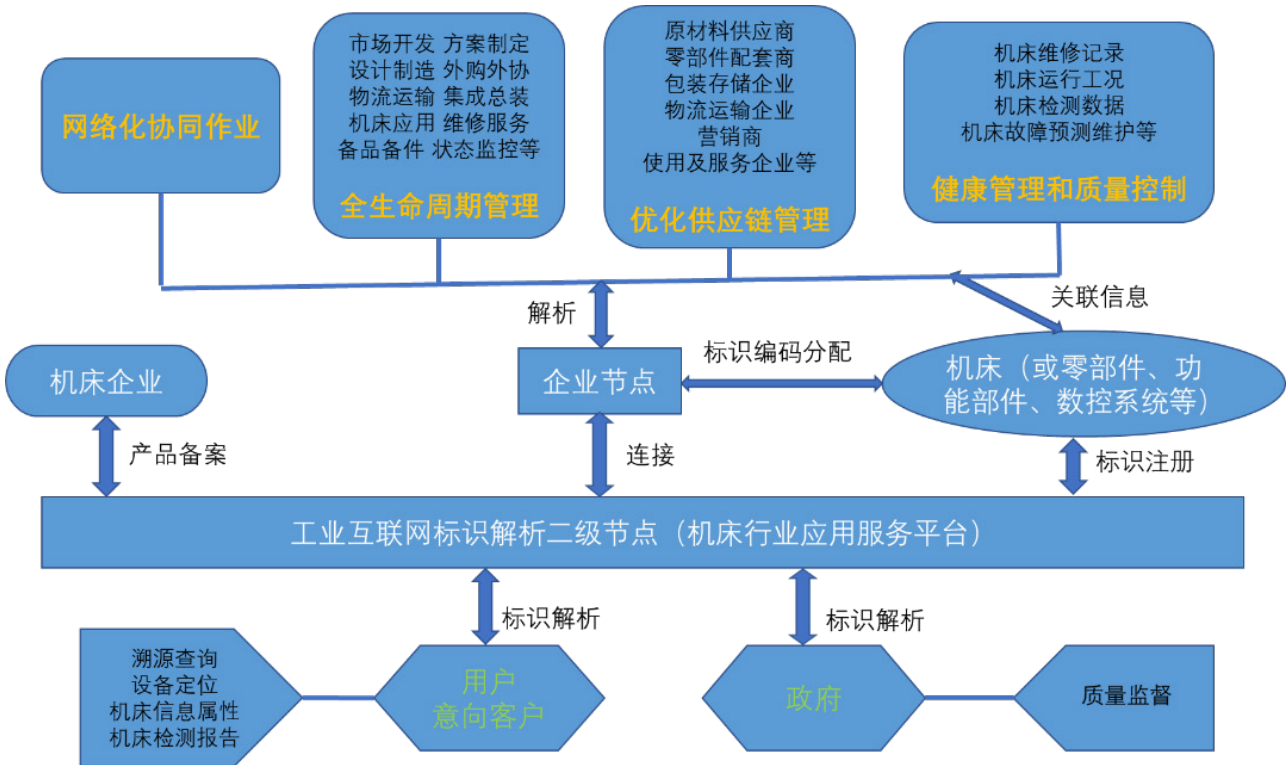


图2 机床行业产品标识编码应用示例

通过建立统一的标识编码体系，将一切生产要素比如机床、机器人和零部件等物料连接起来，实现底层标识数据规模化采集、信息系统间数据共享等，通过解析体系整合理解割裂的数据和应用，实现对数据的来源、流动过

程、用途等信息的掌握。不仅可基于标识解析系统进行信息查询、产品溯源，更可以进行产品网络化协同作业、产业链管理、全生命周期管理等融合应用，发挥其更大的价值及效用。□

资讯

埃斯维亚洲总部二期暨亚洲研发中心奠基仪式成功举行



7月15日，埃斯维亚洲总部二期暨亚洲研发中心奠基仪式在苏州工业园区举行。德国埃斯维机床有限公司（SW）成立于1981年，是全球领先的高精密机床设备制

造商，其核心产品联动卧式多主轴加工中心在金属加工业界享有盛誉。近年来，中国市场已成为埃斯维最重要的海外市场，集团特别在新能源汽车领域积极蓄力，研发新产品用于加工新能源汽车的核心部件。

此次奠基的埃斯维亚洲总部二期项目将用于扩建高端产业化项目和新建亚洲研发中心，将具备研发生产、销售结算、售后服务等功能，以进一步深耕中国市场，满足客户需求，健全本地化服务体系。项目预计2022年底完成建设，届时苏州基地将成为埃斯维全球最大的海外研发制造基地。

# 2022年上半年机床工具行业经济运行情况

中国机床工具工业协会

2022年上半年,面对复杂严峻的国内外环境,我国有效统筹疫情防控和经济社会发展,疫情防控取得积极成效,经济社会发展取得新成绩。半年来,我国机床工具行业克服了严重疫情影响等不利因素,取得了相对较好的经营成果。

## 一、行业运行基本情况

在2021年12月中央经济工作会议精神的指引下,今年年初全国经济强劲起步,1~2月机床工具行业实现了两位数增长的良好开局。2月俄乌冲突爆发,间接带来负面影响。3月下旬上海、北京等多地爆发疫情,进一步对机床工具行业企业的生产经营造成冲击,4、5月份主要指标大幅下滑。随着国家一系列促消费、稳增长举措的有效实施,上海等疫情严重地区复工复产,6月已呈现企稳向好迹象。

### 1. 营业收入与上年同期基本持平

2022年上半年,中国机床工具工业协会重点联系企业营业收入同比微降0.2%,基本与2021年同期持

平。其中,金属切削机床分行业同比下降8.4%,金属成形机床分行业同比增长24%,工量具分行业同比增长1.1%,磨料磨具分行业同比增长13.7%。

图1是2022年1~6月与2021年、2020年重点联系企业累计营业收入同比增速的对比。

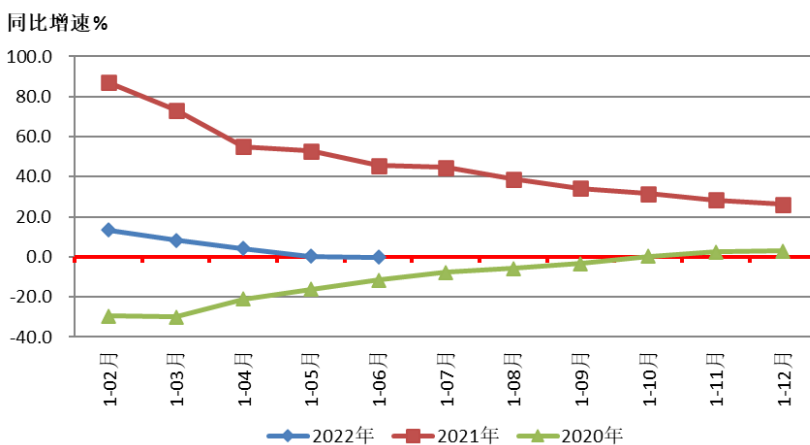


图1 重点联系企业营业收入同比增速情况

### 2. 利润总额增速较高

2022年上半年,重点联系企业利润总额同比增长38.8%。其中,金属切削机床分行业同比增长28.1%,金属成形机床分行业同比增长60.6%,工量具分行业同比下降9.3%,磨料磨具分行业同比增长92.7%。

### 3. 亏损面略高于2021年同期

2022年上半年,重点联系企业中亏损企业占比为27.3%,较2021年同期扩大1.2个百分点。这可能与疫情对局部地区的影响以及某些细分市场的需求变化等因素相关。





#### 4. 金属切削机床订单下降，金属成形机床订单保持增长

2022年上半年，重点联系企业金属加工机床新增订单同比下降8.2%，在手订单同比增长5.1%。其中，金属切削机床新增订单同比下降17.3%，在手订单同比下降3.1%。金属成形机床新增订单同比增长14.7%，在手订单同比增长25.2%。金属成形机床订单情况好于金属切削机床。

#### 5. 机床产量同比下降，存货全面增长

据国统局公布数据，2022年上半年规上企业金属切削机床产量29.0万台，同比下降7.3%；金属成形机床产量10.4万台，同比下降11.1%。

图2、图3分别是2022年上半年与2021年、2020年金属切削机床产量和金属成形机床产量同比增速的对比。

同比增速%

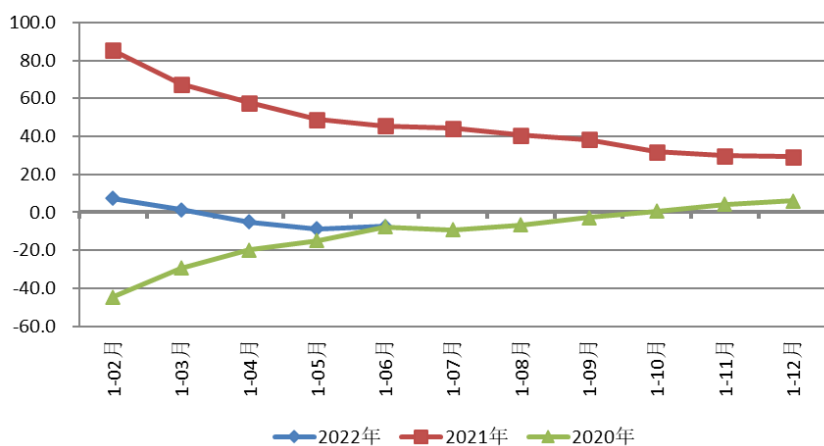


图2 金属切削机床产量同比增速情况

同比增速%

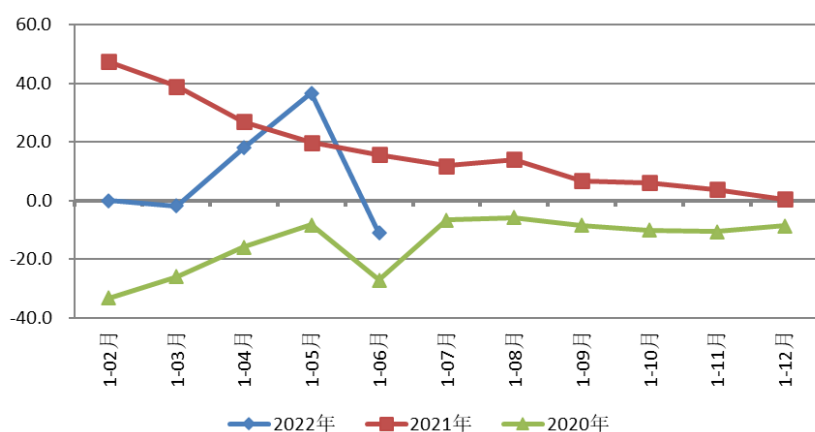


图3 金属成形机床产量同比增速情况

重点联系企业统计数据显示，2022年上半年，金属切削机床产量同比下降14.7%，产值同比下降1%；金属成形机床产量同比下降9.8%，产值同比增长30.9%。产量和产值变动方向的明显分化，与产品结构升级带来的单台价值上升和原材料价格上涨带来产品价格提高等因素相关。

2022年上半年，重点联系企业存货同比增长16.2%，其中，原材料同比增长16.1%，产成品同比增长14.9%。金属加工机床产成品存货同比增长15.6%，其中，金属切削机床同比增长15.8%，金属成形机床同比增长14.5%。

## 二、进出口情况

根据中国海关数据，2022年1~6月机床工具行业进出口总额163.8亿美元，同比增长3.5%。其中进口总额63.3亿美元，同比降低9.1%；出口总额100.5亿美元，同比增长13.5%。进口明显下降，出口保持两位数增长。

2022年1~6月机床工具进出口保持了自2019年6月以来的顺差态势，顺差为37.3亿美元。呈现贸易顺差的有磨具磨料（18.9亿美元）、木工机床（12.1亿美元）、切削刀具（11.5亿美元）、金属成形机床（3.2亿美元）、铸造机（0.3亿美元）、量具量仪（0.2亿美元）、机床功能部件（0.1亿美元）等商品领域。

进口方面，2022年1~6月总体上明显下降。其中金属加工机床进口额33.5亿美元，同比下降9.8%。其中，金属切削机床进口额28.4亿美元，同比下降8.6%；金属成形机床进口额5.1亿美元，同比下降15.6%。切削刀具进口额7.7亿美元，同比下降9.9%，磨料磨具进口额3.8亿美元，同比增长1.5%。

2022年1~6月金属加工机床进口额排前五位的是：加工中心12.3亿美元，占比36.8%；特种加工机床5.4亿美元，占比16.2%；磨床4.3亿美元，占比12.8%；车床2.4亿美元，占比7.1%；齿轮加工机床2.1亿美元，占比6.2%。

2022年1~6月机床工具进口来源前三名的分别是：日本20.7亿美元，

同比下降12.2%；德国13.8亿美元，同比下降2.7%；中国台湾8.5亿美元，同比下降7.3%。

各商品类别的累计进口情况见图4。

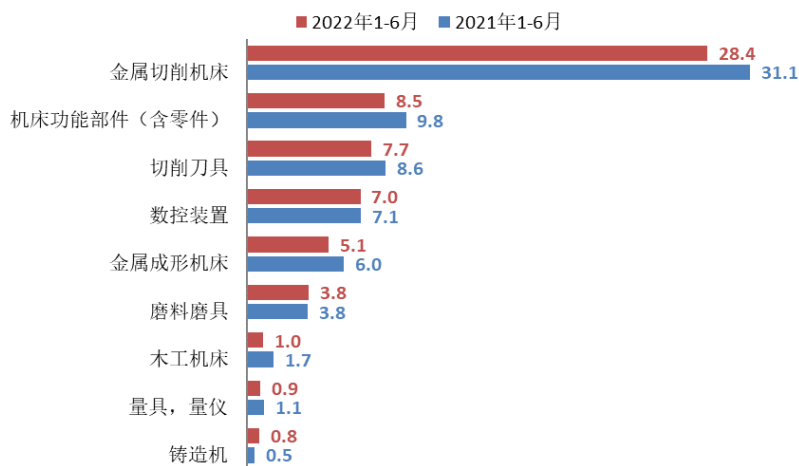


图4 机床工具产品累计进口情况（亿美元）

出口方面，2022年1~6月份出口总体保持大幅增长的趋势。其中，金属加工机床出口额27.9亿美元，同比增长13.8%。其中，金属切削机床出口额19.6亿美元，同比增长15.4%；金属成形机床出口额8.3亿美元，同比增长10.2%。切削刀具出口额19.2亿美元，同比增长8.6%，磨料磨具22.7亿美元，同比增长21.8%。

2022年1~6月金属加工机床出口额排前五位的是：特种加工机床8.8亿美元，占比31.5%；车床3.0亿美元，占比10.6%；成形折弯机2.1亿美元，占比7.5%；其他成形机床2.01亿美元，占比7.2%；加工中心1.96亿美元，占比7.0%。

2022年1~6月机床工具出口去向前三名分别是：美国12.8亿美元，同比增长17.0%；印度7.1亿美元，同比增长19.5%；越南6.7亿美元，同比下降12.0%。

各商品类别的累计出口情况见图5。

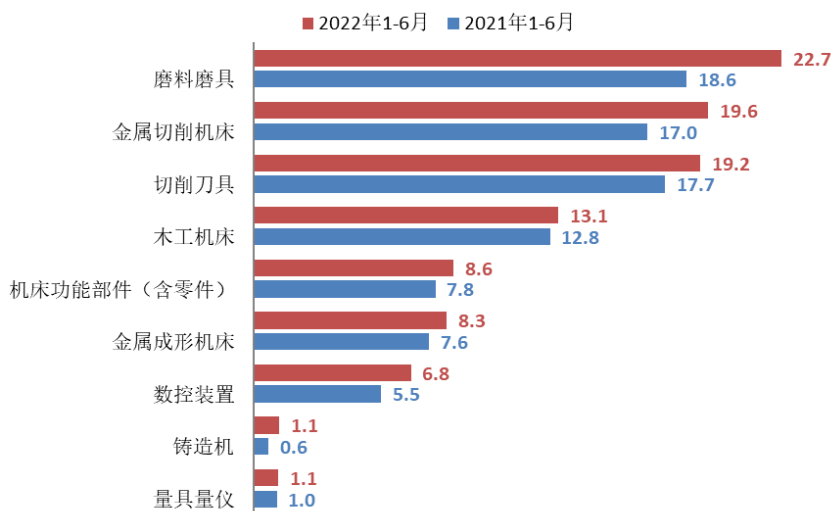


图5 机床工具产品累计出口情况（亿美元）

### 三、行业运行特点

#### 1. 机床工具行业受疫情影响比较严重

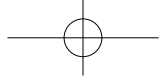
今年上半年国内疫情散发多发，疫情比较严重的长三角、珠三角、吉林、辽宁地区，以及西安、天津、郑州等城市，正是机床工具行业企业比较集中的地区。有一些企业长时间封闭管理，甚至完全停产，对企业的生产经营造成了很大损失。

因疫情涉及范围较广，疫情严重地区以外的企业也间接受到很大影响。主要体现在：疫情抑制了市场需求，市场信息和订单减少，销售额下降；物流受阻，生产配套不顺；人员出行困难，市场活动与客户服务难以进行等。

协会重点联系企业统计数据清晰反映了疫情对机床工具行业的影响。今年3月后机床工具行业营业收入累计值同比增长率逐月下降，疫情影响逐步显现。4、5两个月疫情影响严重，月度营业收入同比和环比均明显下降。6月月度营业收入同比仍有小幅下降，但环比增长20%以上，体现出疫情影响得到控制，复工复产取得成效。但1~6月及6月当月营业收入同比均为小幅下降，表明疫情影响还没有完全消除。

#### 2. 行业利润水平保持较好增长

今年上半年在总体上利润水平较低情况下，利润总额保持较好增长。原因主要有三个方面：一是得益于高端需求增加及其国产化替代进程的加快。用户需求层次升级，特别是疫情影响下自动化、信息化步伐的加快，促使机床行业企业普遍加大了研发投入，产品技术含量的提高，带动了利润水平的提高；二是得益于各级政府多项助企纾困政策的实施；三是可能与上半年财务周期因素相关。



### 3.进口降幅加深，出口继续保持增长

今年上半年，机床工具产品进出口出现分化，进口总额同比降低9.1%，比一季度降幅加深6.8个百分点；出口总额同比增长13.5%，比一季度增幅减小6.1个百分点。与2021年一直保持的进出口同步增长趋势有所改变。进口额的降低和出口额的增长，主要反映的是市场需求的变化。

### 4.金属成形机床分行业快速增长

上半年金属成形机床分行业整体保持快速增长，效益快速提升，市场需求持续增长。重点联系企业中金属成形机床分行业的营业收入同比增长24%，利润总额同比增长60.6%，新增订单同比增长14.7%，在手订单同比增长25.2%。利润增速明显快于收入增速。新增订单和在手订单同比保持增长。订单的增长主要得益于新能源汽车行业的带动。

### 5.产成品库存增幅较大应引起关注

上半年重点联系企业的各项存货

指标同比均有两位数增长。当前产成品库存增加，主要有疫情影响和市场需求减弱等原因。在近期原材料价格波动上涨情况下，原材料库存的增加尚有一定合理性，但产成品库存同比大幅度增长应引起关注。行业企业应予以重视并采取相应措施，降低库存，盘活资金。

## 四、下半年行业运行态势展望

从宏观层面看，今年以来受国际环境复杂演变，国内疫情冲击等超预期因素影响，经济下行压力有所加大，但6月份以后已呈企稳回升态势，上半年GDP同比增长2.5%。下半年经济运行虽然仍面临较多困难挑战，但我国经济长期向好的基本面没有改变。随着一系列稳增长政策措施落地见效，国民经济有望逐步恢复，保持平稳增长。7月底中央政治局会议，将下半年经济工作的目标确定为保持经济运行在合理区间，力争实现

最好结果。

从一些先导性宏观经济指标看，制造业采购经理指数（PMI）今年以来一直在荣枯线上下波动，7月份为49.0%，处于收缩区间。1~6月全社会固定资产投资同比增长6.1%。其中，与机床工具行业高度相关的制造业投资同比增长10.4%，汽车制造业投资同比增长8.9%，设备工器具购置固定资产投资同比增长2.4%。投资总体保持平稳增长。

综合各方面情况，目前存在市场需求和投资仍然偏弱，国际贸易不确定性较大，国外关键配套件趋紧，原材料价格高启，疫情影响难以预料等困难和问题，下半年机床工具行业运行压力仍然较大。但随着各级政府稳增长和保市场主体各项政策措施的落实，行业运行的宏观经济环境会越来越好。从协会重点联系企业6月统计数据判断，行业总体上企稳回升趋势明显，如无大的冲击，下半年将逐步恢复增长，全年有望与2021年持平或略有增长。□

## 资讯

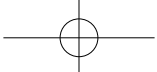
### 北京精雕复合型五轴机JDGRT400全球首发



2022年7月6日，北京精雕集团“助力客户实现零件高效加工的解决方案”线上专题交流会暨新机发布仪式圆满举办。活动期间举办了复合型精雕五轴高

速加工中心JDGRT400全球首发，该机床配备精雕高速精密电主轴，该主轴是一款中空通水主轴，最高转速为15000r/min，可胜任钻、铣、攻、镗等复合加工。在进行铝合金切削时配合内冷刀具，材料去除率可达1920cm<sup>3</sup>/min；配备73把刀具的大容量刀库，刀对刀换刀时间最短为0.9s，全方位满足零件的高效复合加工需求。新机设计紧扣零件加工行业客户需求，它的上市将为更多客户的发展提供价值。





# 2022年上半年工具进出口数据分析

中国机床工具工业协会工具分会

中国机床工具工业协会工具分会秘书处收集和整理了2022年上半年工具（刀具、量具、量仪）进出口海关数据，并进行了计算和分析，供行业参考。

2022年上半年刀具出口额112.4亿元，同比增长8%；进口额48.64亿元，同比下降10.69%。量具和量仪出口额6.99亿元，同比增长5.93%。其中，量具出口额5.64亿元，同比增长3.6%；量仪出口额1.35亿元，同比增长16.9%。量具和量仪进口额5.61亿元，同比下降21.35%。其中，量具进口1.31亿元，同比下降16.12%；量仪进口4.3亿元，同比下降22.81%。

## 1. 刀具进出口分析

### （1）总体分析

2022年上半年刀具出口额112.4亿元（见表1），同比增长8%；刀具进口额48.64亿元（见表2），同比下降10.69%。出口额大于进口额，出口增长、进口下降。

表1 2022年上半年刀具出口占比及单价增长

| 序号 | 商品名称                       | 占比     | 2022年上半年<br>同比 | 单价<br>增长 |
|----|----------------------------|--------|----------------|----------|
| 1  | 其他材料制工作部件的钻孔工具             | 37.47% | 7.24%          | 2.94%    |
| 2  | 未列名圆锯片，包括部件 (kg)           | 15.93% | 11.98%         | 7.97%    |
| 3  | 其他材料制工作部件的未列名可互换工具         | 12.06% | 4.77%          | 13.17%   |
| 4  | 其他铣削工具                     | 7.10%  | 13.89%         | 9.45%    |
| 5  | 经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片 (kg)  | 5.21%  | 10.95%         | 11.11%   |
| 6  | 带有钢制工作部件的圆锯片 (kg)          | 5.13%  | -3.97%         | 12.44%   |
| 7  | 攻丝工具                       | 3.60%  | 14.51%         | 13.75%   |
| 8  | 其他硬质合金制的金工机械用刀及片 (kg)      | 2.56%  | -3.95%         | 13.47%   |
| 9  | 超硬材料制工作部件的未列名可互换工具         | 2.41%  | 5.96%          | -42.74%  |
| 10 | 超硬材料制工作部件的钻孔工具             | 2.33%  | -16.73%        | -4.24%   |
| 11 | 双金属带锯条 (kg)                | 1.56%  | 38.31%         | -8.42%   |
| 12 | 其他材料制工作部件的镗孔或铰孔工具          | 1.10%  | 83.98%         | 11.40%   |
| 13 | 带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具 | 0.81%  | 13.78%         | -23.50%  |
| 14 | 其他车削工具                     | 0.77%  | 26.51%         | 48.67%   |
| 15 | 带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具 | 0.74%  | -1.96%         | -40.95%  |
| 16 | 其他金工机械用刀及刀片 (kg)           | 0.71%  | 23.89%         | -17.91%  |
| 17 | 其他带锯片 (kg)                 | 0.48%  | 31.00%         | 10.61%   |
| 18 | 超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具          | 0.04%  | 32.24%         | -52.46%  |

表2 2022年上半年刀具进口占比及单价增长

| 序号 | 商品名称                       | 占比     | 2022年上半年<br>同比 | 单价<br>增长 |
|----|----------------------------|--------|----------------|----------|
| 1  | 经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片 (kg)  | 29.89% | 2.13%          | -12.83%  |
| 2  | 其他铣削工具                     | 12.68% | -4.46%         | 24.33%   |
| 3  | 其他硬质合金制的金工机械用刀及片 (kg)      | 11.59% | -14.03%        | -17.90%  |
| 4  | 攻丝工具                       | 10.63% | -6.36%         | -16.91%  |
| 5  | 其他材料制工作部件的钻孔工具             | 10.55% | -13.21%        | -16.34%  |
| 6  | 其他材料制工作部件的未列名可互换工具         | 3.88%  | -53.64%        | 24.06%   |
| 7  | 超硬材料制工作部件的未列名可互换工具         | 3.47%  | 11.39%         | 23.35%   |
| 8  | 其他车削工具                     | 3.29%  | 210.54%        | -68.11%  |
| 9  | 未列名圆锯片，包括部件 (kg)           | 2.68%  | -5.50%         | 26.74%   |
| 10 | 其他金工机械用刀及刀片 (kg)           | 2.54%  | -62.82%        | 2.17%    |
| 11 | 其他材料制工作部件的镗孔或铰孔工具          | 2.45%  | -18.72%        | -83.84%  |
| 12 | 带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具 | 1.58%  | -21.89%        | 75.71%   |
| 13 | 其他带锯片 (kg)                 | 1.35%  | 4.55%          | 1.20%    |
| 14 | 双金属带锯条 (kg)                | 0.80%  | -35.76%        | 7.40%    |
| 15 | 带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具 | 0.78%  | 32.30%         | -3.59%   |
| 16 | 带有钢制工作部件的圆锯片 (kg)          | 0.77%  | -22.69%        | 11.43%   |
| 17 | 超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具          | 0.57%  | 0.48%          | -23.31%  |
| 18 | 超硬材料制工作部件的钻孔工具             | 0.51%  | -0.62%         | 49.44%   |

2022年上半年刀具出口分类如图1所示，进口分类如图2所示。

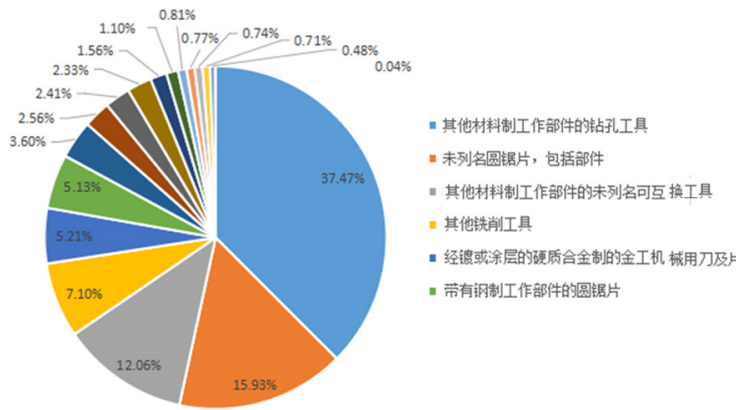


图1 2022年上半年刀具出口分类

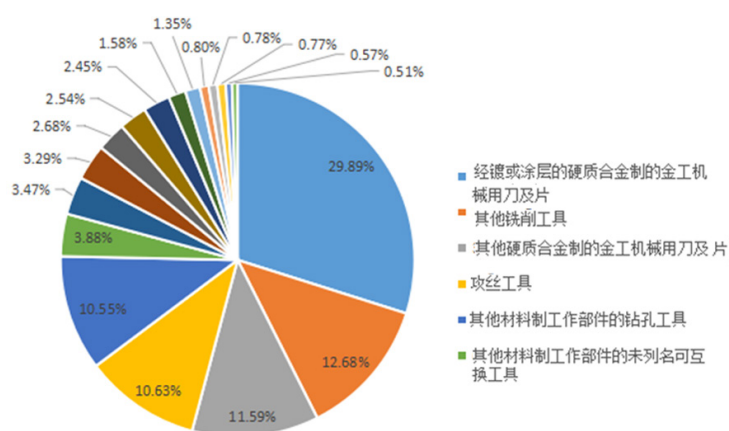
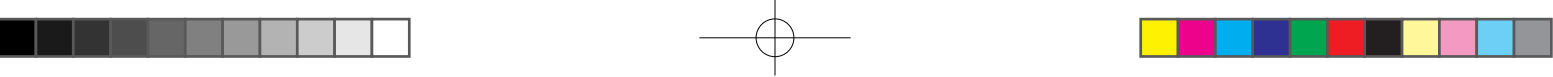


图2 2022年上半年刀具进口分类

## (2) 2022年上半年刀具出口主要品种及金额

钻头 (42.12亿元)、圆锯片 (23.67亿元)、互换工具 (13.55亿元)、刀片 (9.53亿元)、铣刀 (7.98亿元)、攻丝工具 (4.05亿元)、超硬互换工具 (2.71亿元)、超硬孔加工刀具 (2.62亿元)、带锯条 (1.75亿元)。

## (3) 2022年上半年刀具进口主要品种及金额

刀片 (21.41亿元)、铣刀 (6.17亿元)、攻丝工具 (5.17亿元)、钻头 (5.13亿元)、互换工具 (1.89亿元)、超硬互换工具 (1.69亿元)、镗铰刀 (1.19亿元)、带锯条 (0.39亿元)。

## (4) 硬质合金刀片

2022年上半年进口额 (20.17亿元) 是出口额 (8.73亿元) 的2.31倍。进口刀片与出口刀片之比小于往年数据,说明国产刀片进步明显。

涂层刀片进口来源地如图3所示,日本占比26.38%,德国占比19.47%,瑞典占比15.41%,以色列11.14%,美国占比8.21%,印度占比4.74%,韩国占比4.54%。

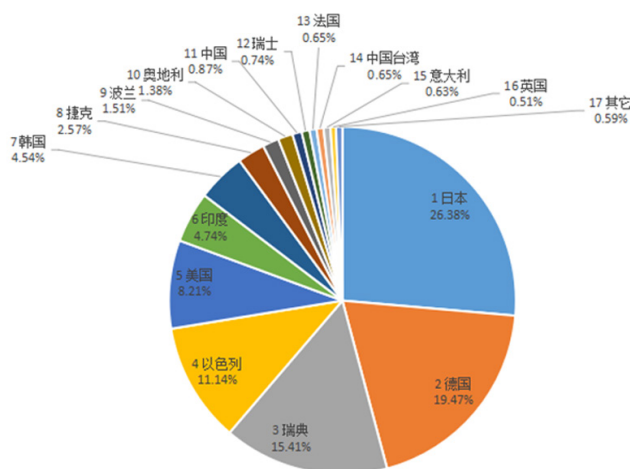


图3 2022年上半年经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀片进口来源地统计

非涂层刀片进口来源地如图4所示,主要有:日本占比75.45%,德国占比8.79%,韩国占比6.25%,卢森堡占比1.94%,以色列1.37%,泰国占比1.25%,美国占比1.19%。

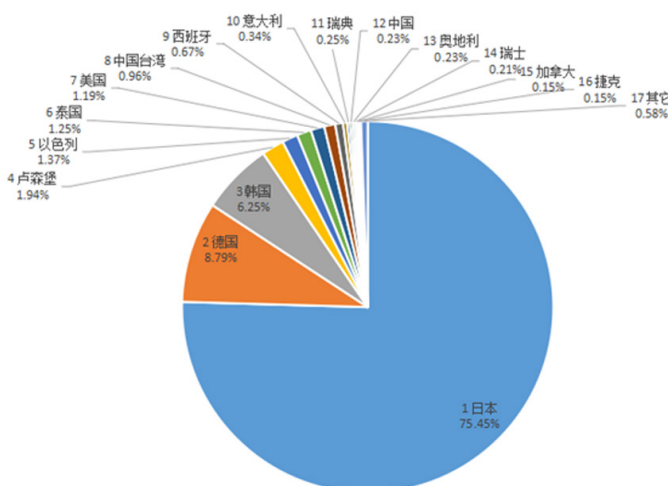


图4 2022年上半年其他硬质合金制的金工机械用刀片进口来源地统计

## (5) 两点说明

一是同样的商品编码,进口工具价格远高于出口价格。例如:涂层刀片的进口平均价格约为出口平均价格的3.09倍,未涂层刀片为5.13倍,攻丝工具为7.3倍,铣刀为3.09倍,量具13.72倍。可见,国内产品升级还有很长的路要走,说明工具国产化有很大的潜力。

二是通过比较发现,刀片在替代进口并增加出口方面进步明显。2022年上半年刀片进出口额对比降到了2.31倍。其中,涂层刀片出口额同比增长10.95%,而进口额同比增长2.13%;进口攻丝刀具下降6.36%,但出口额增长14.51%,高于刀具出口的平均增长率;量具、量仪进口降幅较大,达到21.35%。

## 2. 量具量仪

2022年上半年量具和量仪出口额6.99亿元 (见表3),同比增长5.93%。其中,量具 (千分尺、卡尺及量规) 出口额5.64亿元,同比增长3.6%;量仪 (坐标测量仪、轮廓投影仪) 出口额1.35亿元,同比增长16.9%。

表3 2022年上半年量具、量仪出口占比及增长

| 序号 | 商品名称      | 占比     | 2022年上半年<br>同比 | 单价<br>增长 |
|----|-----------|--------|----------------|----------|
| 1  | 千分尺、卡尺及量规 | 80.66% | 3.60%          | 8.42%    |
| 2  | 坐标测量仪     | 17.52% | 18.96%         | -64.81%  |
| 3  | 轮廓投影仪     | 1.81%  | 0.18%          | 53.11%   |

2022年上半年量具和量仪进口额5.61亿元（见表4），同比下降21.35%。其中，量具进口1.31亿元，同比下降16.12%，量仪（坐标测量仪、轮廓投影仪）进口4.3亿元，同比下降22.81%。

2022年上半年量具、量仪出口分类如图5所示，进口分类如图6所示。

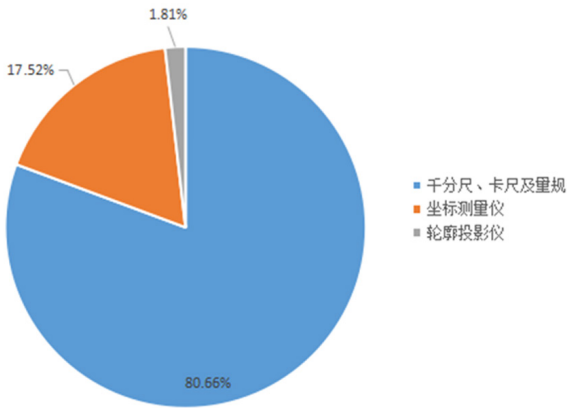


图5 2022年上半年量具、量仪出口分类

表4 2022年上半年量具、量仪进口占比及增长

| 序号 | 商品名称      | 占比     | 2022年上半年<br>同比 | 单价<br>增长 |
|----|-----------|--------|----------------|----------|
| 1  | 坐标测量仪     | 45.75% | -33.50%        | -14.73%  |
| 2  | 轮廓投影仪     | 30.96% | 1.23%          | -15.70%  |
| 3  | 千分尺、卡尺及量规 | 23.29% | -16.12%        | -24.53%  |

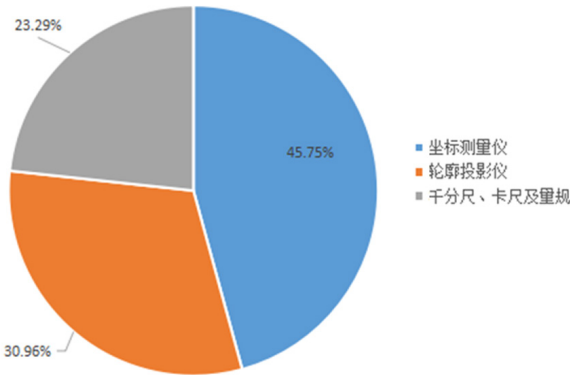


图6 2022年上半年量具、量仪进口分类

量具出口额（5.64亿元）远大于进口额（1.31亿元），量仪出口额（1.35亿元）远小于进口额（4.3亿元）。

量具出口增长，进口下降；量仪出口增长，进口下降。□

资讯

星火机床大型五轴联动车铣复合加工中心交付仪式成功举行

6月29日，天水市金融助力“强工业”银企合作签约暨国家重点项目大型五轴联动车铣复合加工中心交付仪式在星火机床公司生产现场举行。参加仪式的各级领导、行业代表参观了星火机床公司生产现场。星火机床集团公司党委书记、董事长蒋保权，代表企业将CNCX850、CNCX630两台五轴车铣复合加工中心的技术资料交付用户代表。

CNCX系列五轴车铣复合加工中心，是星火与星火全资子公司法国SOMAB公司技术合作研发的具有国际先进水平的大型高精度加工设备，是星火机床全盘引进吸收法国SOMAB公司多轴先进制造理念及技术，融合星火大型设备制造经验而开发的高端加工设备。



星火机床制造的车铣复合加工设备性能达到了国际先进水平，形成了行业加工标准，解决了船用中高速柴油机、凸轮轴、摇臂、活塞等复杂零件一次装夹加工成型，解决了中国船舶用柴油机关键零部件加工的“卡脖子”问题。



# 2022年上半年磨料磨具行业进出口情况简析

中国机床工具工业协会磨料磨具分会

磨料磨具是制造业重要的配套产品，广泛应用在机床、船舶、汽车、建材、3C、航空航天、高铁等各个领域。我国目前是世界上最大的磨料磨具制造和应用市场，在全球的产业链、供应链中扮演了非常重要的角色。现将2022年上半年的磨料磨具海关进出口数据进行了整理和分

析，供行业参考。

### 1.出口数据分析

#### （1）总体情况

2022年上半年磨料磨具行业各主要产品出口量价见表1。

表 1

| 品类     | 2022年1~6月 |        | 2021年1~6月 |        | 同比     |        | 均价（美元/kg） |      | 升降     |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|--------|--------|-----------|------|--------|
|        | 数量/万t     | 金额/万美元 | 数量/万t     | 金额/万美元 | 数量     | 金额     | 2022      | 2021 |        |
| 棕刚玉    | 23.49     | 33573  | 24.37     | 27308  | -3.61% | 22.94% | 1.43      | 1.12 | 27.63% |
| 天然刚玉   | 8.17      | 2620   | 8.55      | 2293   | -4.44% | 14.26% | 0.32      | 0.27 | 18.80% |
| 其他人造刚玉 | 20.25     | 27227  | 18.15     | 20120  | 11.57% | 35.32% | 1.34      | 1.11 | 21.10% |
| 碳化硅    | 19.91     | 26083  | 16.43     | 14415  | 21.18% | 80.94% | 1.31      | 0.88 | 48.86% |
| 磨具     | 14.91     | 50712  | 16.22     | 51901  | -8.08% | -2.29% | 3.40      | 3.2  | 6.31%  |

2022年上半年磨料磨具产品出口额14.24亿美元，同比增长20.59%。其中，棕刚玉出口量同比下降3.61%，出口额同比上升22.94%；其他人造刚玉（主要为白刚玉）出口量同比上升11.57%，出口额同比上升35.32%；碳化硅出口量同比上升21.18%，出口额同比增长80.94%；磨具出口量同比下降8.08%，出口额同比下降2.29%。

总体上，2022上半年除碳化硅和其他人造刚玉外，其他三类产品的出口量均有不同幅度下降。出口额方面，除磨具外，各类产品均出现了不同幅度的上升，这主要是受行业各主要原材料价格持续走高，企业上调产品价格以及汇率波动的影响。

#### （2）2022上半年四类产品主要出口国家和地区

2022上半年，棕刚玉、其他人造刚玉、碳化硅、磨具产品主要出口国家和地区如图1~图4所示。

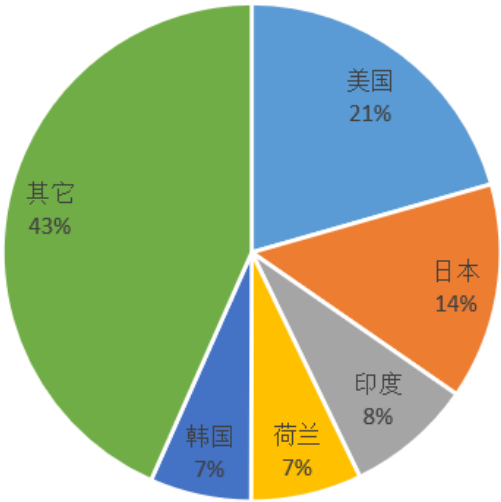


图1 棕刚玉出口前五名占比

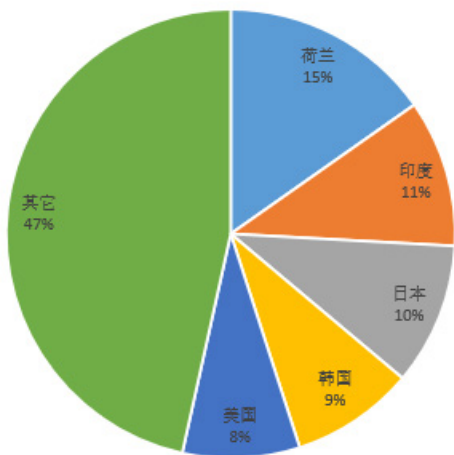


图2 其他人造刚玉出口前五名占比

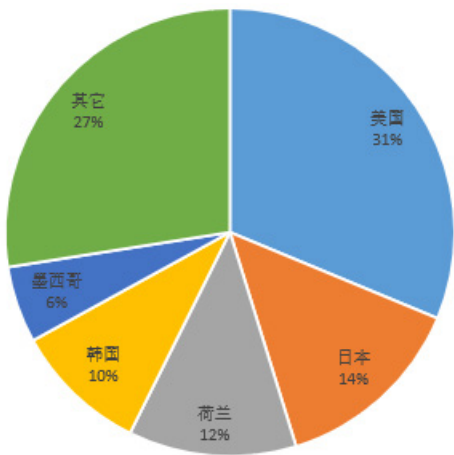


图3 碳化硅出口前五名占比

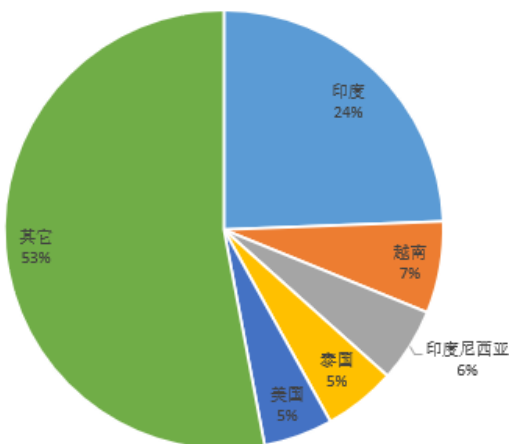


图4 磨具出口前五名占比

对比2021年，四类主要产品的出口国家并没有变化，只是排名顺序发生了一定改变。其中有三个特征值得注意：一是日本对刚玉和碳化硅产品的需求量同比均显著下降；二是美国对碳化硅产品的进口量同比增

长35.69%，荷兰作为行业产品在欧洲的主要集散地，对其他人造刚玉的进口量同比上升了67.1%，解释了2022上半年碳化硅和其他人造刚玉出口量上升的原因；三是与磨料相比，磨具出口地区仍主要在东南亚，其中对印度的磨具出口量占比仍在24%，与2021年同期的比例基本持平。

### （3）出口月度分析

从图5中可以看到，磨料产品的升降趋势基本一致，2月是行业传统淡季，自3月开始各类产品的出口量开始攀升，至5月因疫情原因出现回调后，在6月再度企稳回升。磨具产品增长变化则较为平缓，且较2021年同期相比各月出口量均有下降。

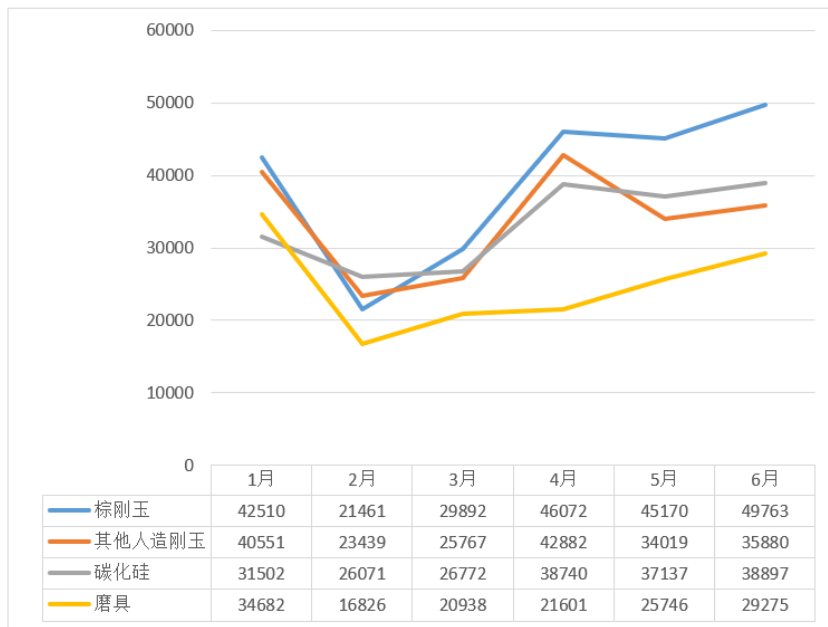


图5 四类主要产品月度出口量（单位：t）

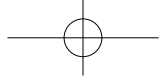
## 2.进口数据分析

### （1）总体情况

2022年上半年磨料磨具行业各主要产品进口量价见表2。

表 2

| 品类     | 2022年1~6月 |         | 2021年1~6月 |          | 同比      |         | 均价<br>(美元/kg) |       | 升降      |
|--------|-----------|---------|-----------|----------|---------|---------|---------------|-------|---------|
|        | 数量/t      | 金额/万美元  | 数量/t      | 金额/万美元   | 数量      | 金额      | 2022          | 2021  |         |
| 棕刚玉    | 14.98     | 27      | 80.67     | 23.68    | -81.43% | 14.02%  | 1.80          | 2.94  | -38.68% |
| 天然刚玉   | 993.4     | 226.97  | 2604.22   | 211.89   | -61.85% | 7.12%   | 2.28          | 0.81  | 180.79% |
| 其他人造刚玉 | 2616.78   | 951.5   | 3625.53   | 1239.37  | -27.82% | -23.23% | 3.64          | 3.42  | 6.37%   |
| 碳化硅    | 3724.2    | 766.83  | 715.49    | 501.63   | 420.51% | 52.87%  | 2.06          | 7.01  | -70.63% |
| 磨具     | 4875.59   | 9683.43 | 5055.09   | 10228.38 | -3.55%  | -5.33%  | 19.86         | 20.23 | -1.84%  |



2022年上半年磨料磨具产品进口额1.1亿美元，同比下降4.5%。其中棕刚玉进口量同比下降81.43%，进口额同比上升14.02%；其他人造刚玉（主要为白刚玉）进口量同比下降27.82%，进口额同比上下下降23.23%；碳化硅进口量同比上升420.51%，进口额同比增长52.87%；磨具进口量同比下降3.55%，进口额同比下降5.33%。

对比表1和表2可以看到，我国作为磨料磨具生产大国，出口额是进口额的13倍，是非常显著的贸易顺差，因为进口量较小，所以各类产品的波动也就显得比较剧烈。值得注意的是比对出口和进口的均价，各类产品的进口均价都要高于出口，这也表明进口产品中大部分均为高档产品，进一步反映了我国磨料磨具行业仍然处在大而不强的状态中，部分高档产品依赖进口。

#### （2）上半年四类产品主要进口国家和地区

2022上半年，棕刚玉、其他人造刚玉、碳化硅、磨具产品主要进口国家和地区如图6~图9所示。

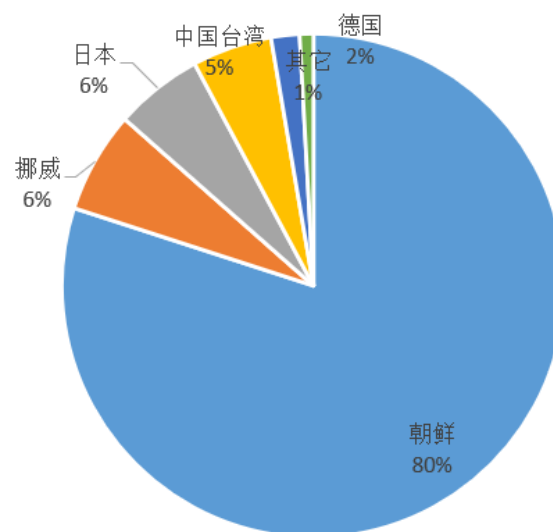


图8 碳化硅进口前五名占比

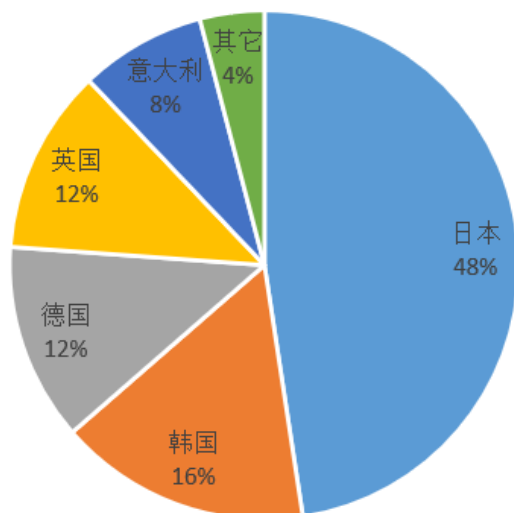


图6 棕刚玉进口前五名占比

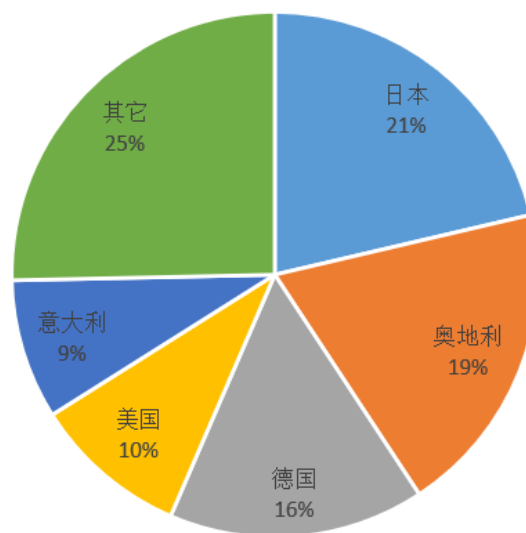


图9 磨具进口前五名占比

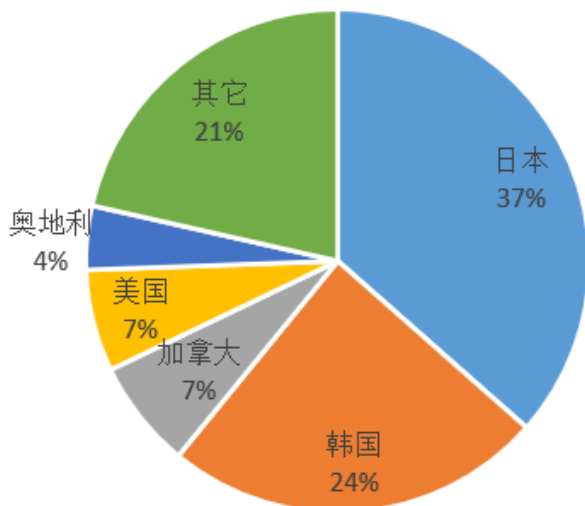


图7 其他人造刚玉进口前五名占比

从四类主要产品的进口比例上看，各类产品的主要进口地都是欧美日韩等发达经济体，除碳化硅外，其他产品与2021年的进口地区排名基本一致，也从侧面印证了进口产品基本上是高档产品的情况。因朝鲜区域内重新开始冶炼黑碳化硅，使得碳化硅的进口量大幅增加。

根据各方预测，2022下半年欧美经济衰退的迹象将更加明显，6月呈现的出口回暖是否能够持续，仍具有很大的不确定性。行业产品的30%以上均用于出口，希望各企业能够未雨绸缪，坚持以稳为先，保持良性发展。 □





# 气电式测量装置在数控磨刀机的应用与调整

重汽（济南）车桥有限公司 刘胜勇

【摘要】气电式测量装置在高柔性高精度数控机床的应用愈来愈多。本文以螺旋锥齿轮制造系统中双通道九轴五联动数控磨刀机为例，介绍了Marposs气电式测量装置的应用，结合运维案例，详述了气电式测量装置的准确度判定方法与P编码变量下多方向零点校准技巧。

现代螺旋锥齿轮制造系统中，弧齿锥齿轮或准双曲面齿轮是由五轴联动数控切齿机（如Oerlikon C50、中大创远YKA2235等）配置条形硬质合金刀条组成的尖齿刀盘，在数字化逻辑电信号驱动下，沿程序轨迹减材制造而成。

条形刀条铣削上百件齿轮后，钝化的三面刃必须在双通道九轴五联动数控磨刀机上（如Oerlikon B27系列、中大创远BG40）借助电镀金刚石砂轮进行双工磨削处理——摆动方式粗磨削和展成方式精磨削。本文以Oerlikon B27磨刀机（下称B27）为例，介绍Marposs气电式测量装置的应用与调整。

## 一、气电式测量装置的应用

如图1所示，为有效控制条形三面刃尖齿刀条A、B、C面的重磨一致性，磨刀机与待磨刀条、在机砂轮的空间位置测定，离不开Marposs气电式测量装置。

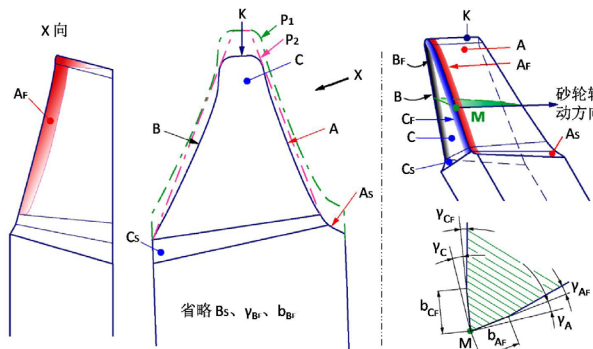


图1 条形三面刃尖齿刀条结构示意图

图1中， $P_1$ 为摆动粗磨削前的余量， $P_2$ 为摆动粗磨削后的余量，A为主后刀面（ $A_S$ 、 $B_S$ 、 $C_S$  - A、B、C的台

肩），B为副后刀面（ $A_F$ 、 $B_F$ 、 $C_F$  - A、B、C的小面），C为前刀面（ $\gamma_A$ 、 $\gamma_B$ 、 $\gamma_C$  - A、B、C的后角），K为刀顶（ $\gamma_{AF}$ 、 $\gamma_{BF}$ 、 $\gamma_{CF}$  - A、B、C的小面角），M为切削刃（ $b_{AF}$ 、 $b_{BF}$ 、 $b_{CF}$  - A、B、C的小面宽）。

## 1. 数控磨刀机磨削机理

B27磨刀机为双通道九轴五联动的精密数控装备，如图2所示。B27包含通道1的X、Y、Z、A、C五根联动式机床轴和通道2的U、V、W、B四根单动式装卸站轴，配置FANUC 160iMB或310iMA、TwinCAT CNC等开放型数控系统，嵌有条形尖齿刀条磨削控制软件，装有油雾收集装置、磨削油冷却过滤单元和自动灭火机构。B27各伺服轴采用同步齿形带传动的滚珠丝杠螺母副结构，有的采用电主轴直驱结构。

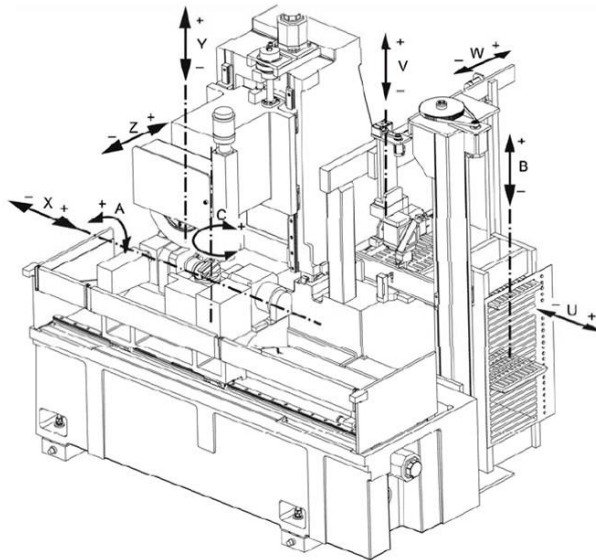


图2 Oerlikon B27磨刀机概貌

B27在双工磨削（见图3）时，先用砂轮的锥面和柱面以摆动方式粗磨削刀条刀面，再用砂轮的环形前端面以展成方式精磨削刀条刀面。B27粗磨削前与双工磨削中，砂轮的机械坐标及其相对于目标刀条的位置需要借助Marposs气电式测量装置和高速跳过信号，实现高速旋转中非接触式全自动测量。

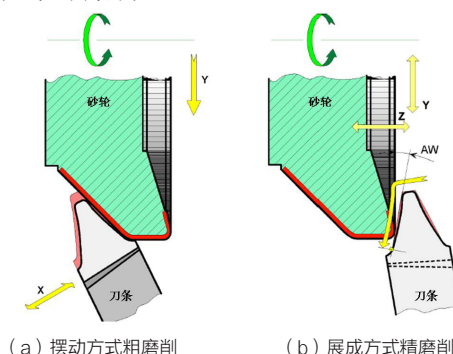


图3 Oerlikon B27磨刀机的双工磨削

## 2. Marposs气电式测量装置连接控制

一套完整的Marposs气电式测量装置涉及气路和电气两个环节。气路环节包含Marposs气电信号转换单元和定制型喷嘴，以及精密减压阀、电磁换向阀、气动三联件等器件，电气环节包含Marposs E9电子放大器（下称E9）、AC220V电源组件、高速跳过信号线路、复位脉冲线路等。Marposs气电式测量装置的硬件连接，如图4所示。

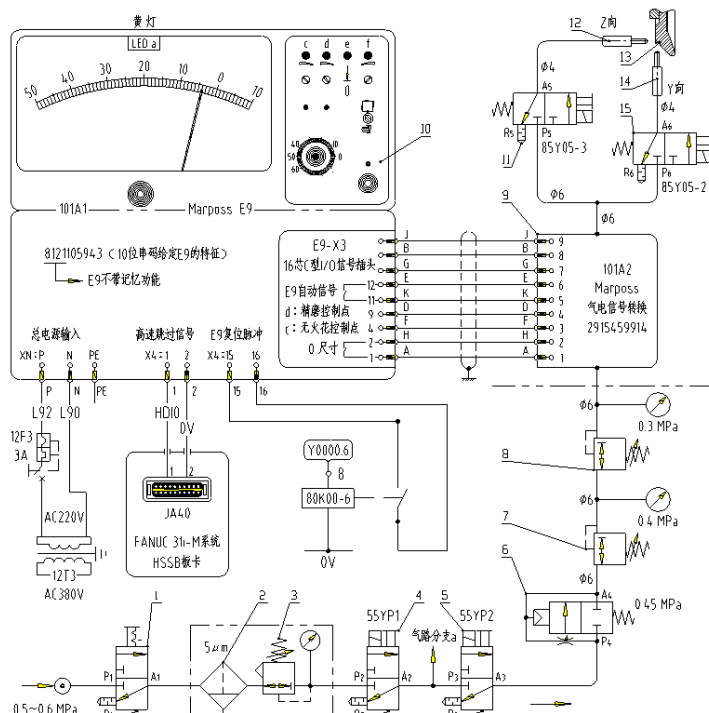


图4 Marposs气电式测量装置的硬件连接

1. 开关阀 2、3. 气动三联件 4、5、6. 安全启动阀 7、8. 减压阀 9. 气电信号转换单元  
10. E9电子放大器 11、15. 二位三通电磁换向阀 12、14. 喷嘴 13. 砂轮

Marposs气电式测量装置的控制策略如下：

(1) B27执行循环程序至代码G991时，经子程序O9891激活Marposs气电式测量装置。

(2) 执行O9891至辅助功能代码M26（M28）和M29（M27）时，仅有Y（Z）向喷嘴产生气流，并吹向砂轮的外圆面（侧面）。Oerlikon B27磨刀机上Marposs测量装置的梯形图，如图5所示。

M26（M28）→CNC译码并经R103.2（R103.4）传递至PMC→Y（Z）向喷嘴打开命令线圈R21.2（R21.3）接通并自锁→Y（Z）向喷嘴气阀线圈Y5.2（Y5.3）得电保持并输出→EVT307-5DO-02F-Q二位三通电磁换向阀85Y05-2（85Y05-3）动作→阀口P6（P5）与A6（A5）接通、R6（R5）截止→Y（Z）向喷嘴吹气。

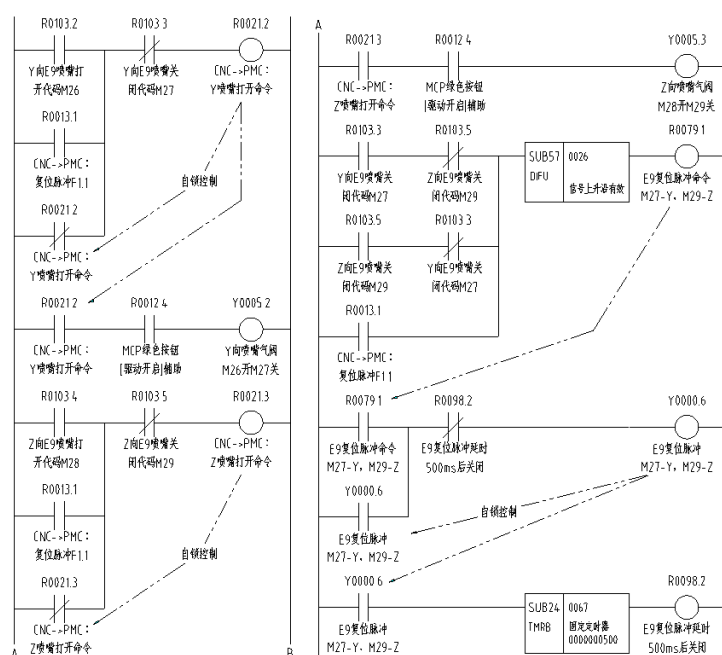
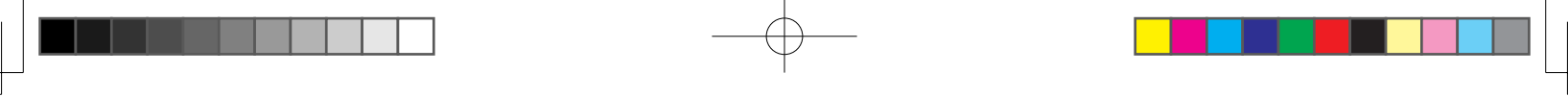


图5 Oerlikon B27磨刀机上Marposs测量装置的梯形图

(3) 待喷嘴向定位好的砂轮吹气时，Marposs气电信号转换单元会将砂轮直径变化引起的气压变化值转换成电气模拟信号，随后E9的0尺寸信号接通。待LED零点显示e点亮呈红色后，E9通过线路JA40和HSSB板卡向B27的CNC传送HDI0高速跳过信号，CNC侧砂轮机械坐标Y（Z）值跳变改写，CNC向PMC反馈F122.0=1。

(4) 执行O9891至辅助功能代码M29（M27）时，Z（Y）向喷嘴不会产生气流，并形成E9复位脉冲以中断高速跳跃信号HDI0。

M29（M27）→CNC译码并经R0103.5（R103.3）传递至PMC→Z（Y）向喷嘴气阀不能动作的互锁控制，并且E9复位脉冲命令线圈R0079.1接通→线圈Y000.6得电保



持并输出→中间继电器80K00-6接通DC24V→常开触点闭合后E9复位脉冲接通→E9中断高速跳过信号HDI0→复位持续500ms后R0098.2接通→常闭触点断开使得自锁状态的Y0000.6失电→E9复位脉冲结束。

(5) 跳出O9891后返回B27主程序，继续磨削条形三面刃尖齿刀条。

二、气电式测量装置的调整

在B27运行中，Marposs气电式测量装置常会出现刀条尺寸一致性差（见表1）、气电信号转换单元失准、E9灵敏度下降、喷嘴被砂轮磨掉、打开太早报警EM7008、未打开报警EM7009等问题。B27便停机待修，有时停机长达1年之久，有时整机拆解后重新装配以消除潜在的可疑性故障。为此，给出Marposs气电式测量装置的调整心得，供读者借鉴。

表1 与标准样刀比对测量后刀条尺寸一致性差

| 被测刀条编号 | A面测量偏差<br>/ $\mu\text{m}$ |      | B面测量<br>偏差B1<br>/ $\mu\text{m}$ | C面测量<br>偏差B1<br>/ $\mu\text{m}$ | 比对探头位置 |
|--------|---------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------|--------|
|        | A1                        | A2   |                                 |                                 |        |
| 1      | -1.3                      | -2.1 | -2.8                            | -0.6                            |        |
| 2      | 2.7                       | 0.1  | -0.3                            | 3.6                             |        |
| 3      | -0.2                      | -1.0 | -4.1                            | 3.0                             |        |
| 4      | -1.5                      | -3.1 | -2.0                            | 4.1                             |        |
| 5      | -2.3                      | -5.0 | -4.0                            | 12.1                            |        |
| 6      | -2.6                      | -4.4 | -2.3                            | 5.5                             |        |
| 7      | -1.5                      | -0.9 | -1.2                            | -0.6                            |        |
| 8      | 0.7                       | 0.4  | -6.4                            | -4.9                            |        |
| 9      | 3.7                       | 3.1  | -3.0                            | 9.5                             |        |
| 10     | -0.8                      | -2.2 | -4.6                            | 15.3                            |        |
| 11     | -1.6                      | -3.7 | -3.1                            | 16.7                            |        |
| 12     | -2.8                      | -4.6 | -4.0                            | 17.4                            |        |
| 13     | -2.8                      | -3.6 | -2.4                            | 9.1                             |        |
| 14     | 4.8                       | 4.5  | -8.8                            | 12.0                            |        |
| 15     | -0.3                      | -0.3 | -0.4                            | 11.7                            |        |

1.Marposs气电式测量装置准确度判定

不管刀条尺寸一致性差，还是气电信号转换单元失准、E9灵敏度下降，甚至喷嘴被砂轮磨掉，用户务必要判定气电式测量装置的准确度。判定方法如下：

(1) 返回参考点就绪的B27在MDI方式下，循环执行表2所示程序段。

表2 气电式测量装置准确度判定用程序段

| 程序段            | 注释               |
|----------------|------------------|
| G00 G59 X0.0;  | 磨削台面往复轴X快速定位     |
| G00 G59 A90.0; | 摆动轴A快速定位         |
| G970;          | 砂轮Y向喷嘴校准子程序O9870 |
| G04 X5.0;      | 暂停5s             |
| G971;          | 砂轮Z向喷嘴校准子程序O9871 |
| G04 X5.0;      | 暂停5s             |
| M99            | 无限循环执行代码         |

(2) 循环执行上述程序段前，务必在下拉菜单[砂轮数据]或水平软键[Tool GEOMET]打开的几何数据画面[Geometry data]，设定砂轮圆周线速度Balancing speed = 20m/s；否则，程序执行时屏显报警EM2014：输入的磨削主轴速度太高。

(3) 在程序段运行中，依次单击按键[SYSTEM]、右扩展键[▷]、水平软键[MACRO]和[EXEC MACRO]，出现P编码变量画面，并搜索到#11252（MD\_RA\_Y）和#11251（MD\_RA\_Z）。

(4) 砂轮Y、Z向喷嘴均校准7次，分别记录#11252和#11251的值于表3。3min内连续校准的数值变化不超过0.2 $\mu\text{m}$ ，说明气电式测量装置的准确度完好。

表3 砂轮Y、Z喷嘴校准的P编码变量值

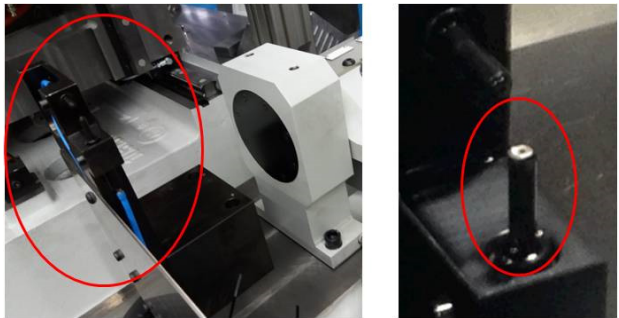
| 校准次数 | #11252<br>(Y向) | #11251<br>(Z向) | 校准次数 | #11252<br>(Y向) | #11251<br>(Z向) |
|------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|
| 初始值  | 118.6673       | -56.6806       | 4    | 118.6671       | -56.6806       |
| 1    | 118.6673       | -56.6805       | 5    | 118.6671       | -56.6805       |
| 2    | 118.6672       | -56.6804       | 6    | 118.6673       | -56.6804       |
| 3    | 118.6671       | -56.6805       | 7    | 118.6673       | -56.6805       |

2.测量装置换件后Y、Z向0尺寸调整

用户一旦判定Marposs气电式测量装置准确度异常，就得更换气电信号转换单元、E9或电磁换向阀等组件，并对测量装置换件后Y、Z向的0尺寸（即基准零点）进行调整。调整步骤如下：

(1) Y、Z向喷嘴的状态检测及位置校正。

Y、Z向喷嘴属于Marposs定制产品H3075101000，其完好状态（见图6）直接影响测量装置的运行精度：喷嘴口不得被砂轮磨掉，喷嘴口到喷嘴支架安装基面的距离为 $17^{+0.05}_{-0.05}\text{mm}$ 。

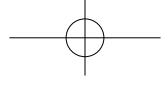


(a) 喷嘴完好 (b) 喷嘴口被砂轮磨掉

图6 Y、Z向喷嘴的状态检测

用户可按图7所示采用17mm和2mm的块规进行Y、Z向喷嘴位置校正。先是更换掉状态异常的喷嘴：取下侧盖板→喷嘴紧固螺钉拧松1.5圈→自支架上取下喷嘴→割掉气管





并插至新喷嘴→逆序将新喷嘴装到支架孔内,随后校正喷嘴:用17mm块规抵住安装基面→右手按住2mm块规使其与17mm块规密贴→左手无名指托住喷嘴底部直至喷嘴口密贴2mm块规→左手拇指和食指操作内六角扳手拧紧紧固螺钉。依此过程,更换Z向喷嘴并校正位置。

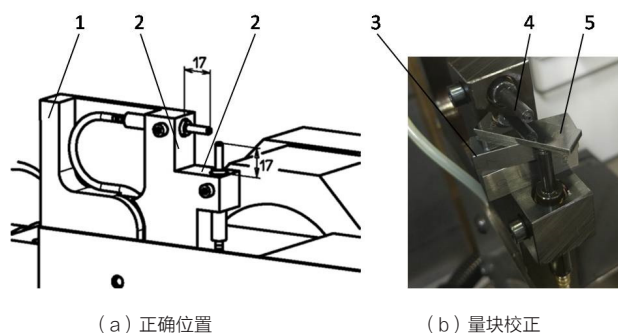


图7 Y、Z向喷嘴的位置校正

1.喷嘴支架 2.安装基面 3.10mm和7mm块规  
4.Marposs定制型喷嘴 5.2mm块规

(2) 测量装置的供气压力调整。经由预调压力计粗略调整减压阀LR-1/4-D-7-MINI(见图4中件7)至0.4MPa,经由细调压力计精确调整减压阀LRP-1/4-4(见图4中件8)至0.3MPa。

(3) 经塞尺测定测量装置Y、Z向的0尺寸间隙 $\eta \geq 0.07\text{mm}$ ,如图8所示。用户在磨削台面上放置一块150mm×100mm的平面镜和灯光后,操控B27的手摇脉冲发生器MPG,先移动砂轮靠近Z向喷嘴并经0.07mm塞尺测定 $\eta_z$ ,再沿Y轴负方向降低砂轮至Y向喷嘴,保证 $\eta_y \geq 0.07\text{mm}$ 。

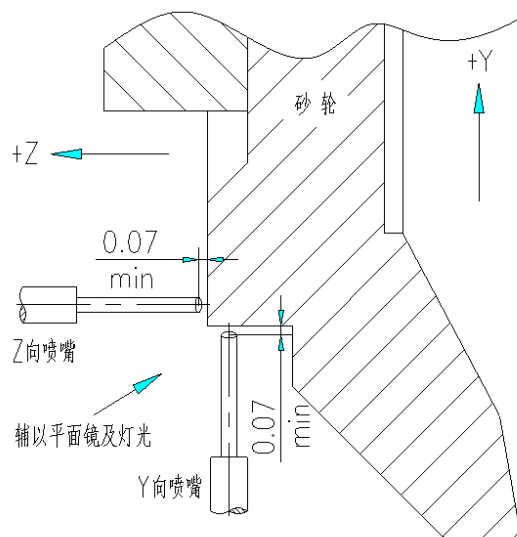


图8 经塞尺测定测量装置Y、Z向的0尺寸间隙

切记, $\eta < 0.07\text{mm}$ ,否则后续B27执行G970(G971)时,必会出现图6b问题——砂轮磨掉喷嘴Y(Z)向喷嘴口。同时,砂轮沿Y、Z轴移动的进给速度应置于最慢,用以杜绝砂轮蹭磨喷嘴口。

(4) 基于E9的LED零点显示e在Y、Z向均点亮呈红色(F122.0=0→1)的要求,用户既要在MDI方式下交换执行喷嘴吹气M代码,又得综合调整E9的零点电位计、气电信号转换单元上零位调整旋钮“”和灵敏度调节旋钮“”,还得操控MPG微调砂轮远离喷嘴( $\eta < 0.07\text{mm}$ )以及对调Y、Z向的电磁换向阀。

① 经一字旋具预调E9。将延时电位计f逆时针旋至最小后,再顺时针旋转0.5圈。左手按住精磨(无火花磨)关闭点电位计c(d)下方的黄色按钮,右旋逆时针调节电位计,使指针向左偏摆至最大量程+50;松开黄色按钮后,c(d)处红灯点亮。零点电位计逆时针旋到底,LED-e熄灭,手/自动开关扳至自动状态。

② 待Y、Z向0尺寸间隙(见图8)调好后,在MDI方式下,分别执行程序段“M26;M29;”和“M28;M27;”,观察Y、Z向的E9指针左偏幅度,以左偏幅度最大为E9综合调整参照。

③ 以Z向为调整参照,尝试右旋E9零点电位计,可使指针右摆至0且LED-a黄灯点亮时,经MDI方式下程序段“M26;M29;”转至Y向喷嘴吹气,辅以交换图4中二位三通电磁换向阀11和15,使Y向E9指针自-10侧接近0刻线,LED-e红灯亮且LED-a黄灯亮。随后,经“M28;M27;”转至Z向喷嘴吹气,操控MPG微动砂轮仅沿Z向远离喷嘴,直至E9指针向右接近0刻线,LED-e红灯亮且LED-a黄灯亮。此刻,Y、Z向E9零点校准就绪。

④ 以Z向为调整参照,右旋E9零点电位计,不能使指针右摆至0时,先朝减小的方向旋调气电信号转换单元上灵敏度调节旋钮“0.5圈,再旋调零位调整旋钮“”,使E9指针右摆至+10。随后,重复步骤③的操作,完成Y、Z向E9零点校准。

(5) Y、Z向E9零点校准后,立即记录B27屏显绝对坐标YE9和ZE9,如YE9=284.1287,ZE9=-37.1573。

(6) 参照图9所示砂轮与喷嘴位置关系(四个变量#11043~#11046的数值来自于砂轮随机数据页),按下述公式计算出喷嘴在B27通道1坐标系的位置,并将数值输入P编码变量画面的对应变量中。

$$\#11250(Y\_MD\_AX\_Y) = (YE9 + 2.5) - \#11043;$$

$$\#11251(Y\_MD\_AX\_Z) = ZE9 - \#11044;$$

$$\#11252(Z\_MD\_AX\_Y) = YE9 - \#11045;$$

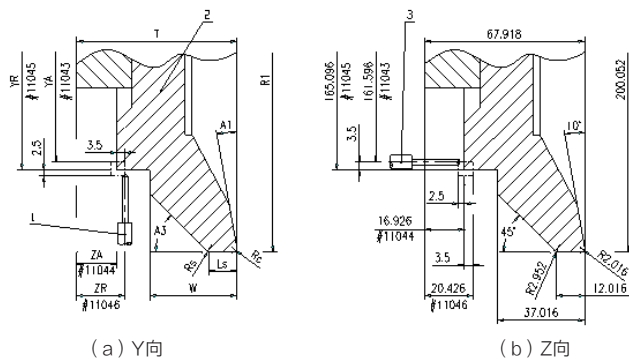
$$\#11253 \text{ (Z\_MD\_AX\_Z)} = (\text{ZE9} - 2.5) - \#11046.$$


图9 砂轮与喷嘴位置关系示意

1.Y向喷嘴 2.砂轮 3.Z向喷嘴

(7) 用户在MDI方式下执行表2程序段, 先执行G970校准Y向喷嘴位置, 再执行G971校准Z向喷嘴位置。为杜绝旋转中砂轮磨掉喷嘴口, 特在校准前遵照砂轮与喷嘴口的距离由远及近原则(如1mm→0.7mm→0.5mm), 改写

#11252 (如120.0327→119.7327→119.5327) 和#11251 (如-55.0833→-54.7833→-54.5833)。随后, 顺次执行G970和G971, 验证气电式测量装置Y、Z向0尺寸调试效果: 校准程序结束时#11252和#11251的数值被自动重写, 且在3min内连续校准的数值变化不超 $0.2\mu\text{m}$ 。

### 三、结束语

伴随各领域智能制造建设场景的快速拓宽，装有气电式测量装置的高柔性高精度数控机床的应用数量愈来愈多。它们的顺畅运行是产线效率最优发挥的基础，它们的稳定精度是产品一致性高的重要保障。

日常运维中，用户务必熟悉各装备的工作机理，了解各动作的控制策略，掌握各组件的调整技巧，布置好整机的定期维护，做好维修复转预案和关键备件储备。只有这样，用户方可达到自主排故时间短、在线监测症结准、远程诊断响应快、修后机床精度稳的目标。□

## 资讯

## 埃斯顿智能机器人产业园二期正式开工，年产50000台套

7月25日，埃斯顿机器人智能产业园二期开工仪式圆满举行，二期规划项目将于2023年建成并投产运营，届时将实现产能50000台套/年。



位于九龙湖畔的机器人智能产业园是埃斯顿自动化总部，承担研发中心职能，同时也是埃斯顿主要生产制造基地，被南京市列入重大产业项目之一。自2017年初，一期厂房投产至今，有效助推了埃斯顿业务的高速发展。在全球经历严重的新冠疫情和经济形势动荡的大环境下，埃

斯顿核心业务模块逆势而上，竞争优势持续增强，主营业务快速发展，这一切离不开每一位埃斯顿人的共同努力，同时也与埃斯顿的合作伙伴的大力支持密不可分。即将开工建设的二期工厂，是埃斯顿新发展进程中的重要里程碑，将有效助力埃斯顿长期战略目标的达成。



埃斯顿机器人智能产业园的建设将融合数字化、智能化技术、IT与OT技术，构建数字化和低碳化的绿色工厂。埃斯顿将以创新实力和全球性研发资源，提供高质量产品和服务，践行人人享受自动化的企业使命！



# 多参数直接测量法在三维空间几何误差补偿技术的应用

雷尼绍公司 周汉辉

【摘要】对机器空间几何误差的测量与补偿在三坐标测量机行业由于其精度要求较高的原因，所有三坐标测量机的控制器无一例外的都将空间几何误差补偿作为标准功能来装备。近年来，随着数控机床应用的快速发展，特别是5轴机床对空间精度要求较高的前提下，国内外的众多数控系统在传统的单轴定位补偿的基础上，也都开始增加空间几何误差补偿的选项。

多年前，市场上只有单光束激光干涉仪或激光跟踪（干涉）仪可供选用，对于空间几何误差的测量因仪器成本控制的原因，大部分只能采用单台仪器多次测量结合各种误差辨识的方法，将空间几何误差计算出来，这类间接测量的方法需要多次运动机器，无法解决机器重复性带来的误差影响，更为关键的是测量结果不具备精度溯源性。近年来随着新型XM-60多光束激光干涉仪的推出，它能直接测量各轴6项自由度几何误差，测量结果具备溯源性，高效快捷使用方便，精度有保证地实现空间几何误差的补偿，很快就得到推广并与市场上主流数控系统实现直接对接，空间补偿结果可以直接方便地用该可溯源仪器来验证。

## 1. 背景

空间精度补偿技术一直应用于三坐标测量机上，以弥补三坐标测量机

机械制造与电器调试中的不足，使其能满足完成高精度测量的需要。随着数控机床技术的不断发展，其应用领域也在不断拓展，特别是五轴机床的应用越来越多，而五轴机床由于五轴加工中机器翻转所要求刀具涉及到的空间范围更广，对机床三维空间精度的要求也越来越高。现有机床精度单从机械装配调试上的提高来说，已成为制约其发展的一个普遍遇到的瓶颈。将三坐标测量机的空间精度补偿技术引入到数控机床上，将最大限度地解决数控机床精度再提高的瓶颈问题。

## 2. 机器几何误差基础

机器任何一个直线运动轴线都有沿X、Y、Z三轴的平动和绕X、Y、Z三轴转动的误差，也就是我们常说的六个自由度误差。

如图1所示，在机床的三轴移动空间中，共有9个平移误差参数，9

个角度误差参数和3个垂直度误差参数，总计21项误差。要将21项误差对机器空间位置的影响完全消除，需要将各项误差精确地检测出来，并研究开发有关软件，将检测得到的误差数据转换为具备相应功能的数控系统所能接受的参数，提供给系统补偿结果，从而实现提高机床空间精度。

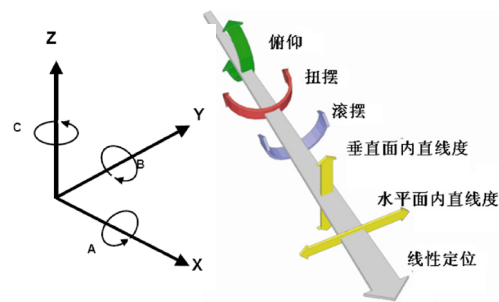


图1

线性定位误差如图2所示，平移参数如下：

- XTX X轴线性定位校准
- YTY Y轴线性定位校准
- ZTZ Z轴线性定位校准



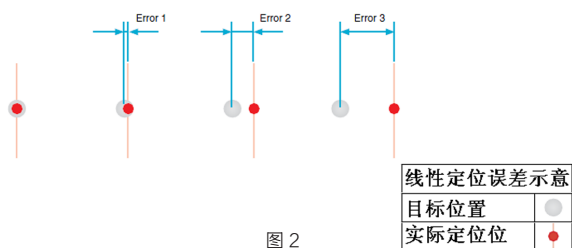
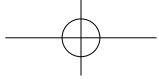


图 2

直线度误差如图3所示，参数如下：

- XTY X轴在Y方向的直线度误差
- XTZ X轴在Z方向的直线度误差
- YTX Y轴在X方向的直线度误差
- YTZ Y轴在Z方向的直线度误差
- ZTX Z轴在X方向的直线度误差
- ZTY Z轴在Y方向的直线度误差

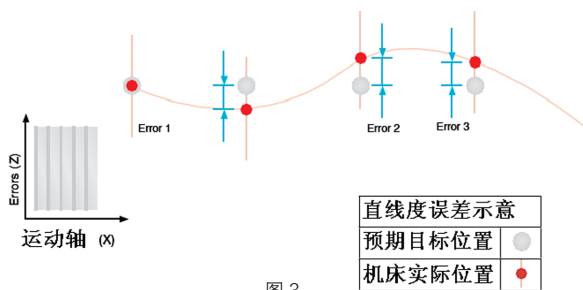


图 3

角度误差如图4所示，角度参数如下：

- XRX A rotation of the X axis (X轴滚摆角)
- YRX A rotation of the Y axis (Y轴俯仰角)
- ZRX A rotation of the Z axis (Z轴俯仰角)
- XRY B rotation of the X axis (X轴俯仰角)
- YRY B rotation of the Y axis (Y轴滚摆角)
- ZRY B rotation of the Z axis (Z轴扭摆角)
- XRZ C rotation of the X axis (X轴扭摆角)
- YRZ C rotation of the Y axis (Y轴扭摆角)
- ZRZ C rotation of the Z axis (Z轴滚摆角)

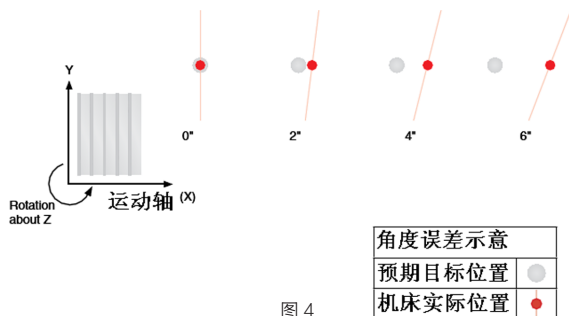


图 4

垂直度如图5所示，垂直度参数如下：

- XWY X轴对Y轴的垂直度
- YWZ Y轴对Z轴的垂直度
- ZWX Z轴对X轴的垂直度

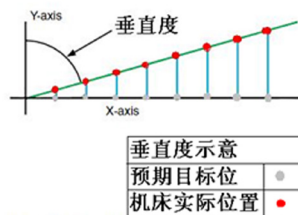


图 5

### 3.XM-60直接测量直线轴的6项自由度误差

雷尼绍的新型XM60多维激光测量装置是基于激光干涉原理设计的，它将稳频激光通过光学元件分成多路激光，然后通过光导纤维将多路激光传递到发射头，实现多路激光同时测量，只需一次设定即可沿线性轴同时测量6个自由度的误差，极大地提高测量效率。



图 6

### 4.国内外具备空间误差补偿功能的主流数控系统

目前，笔者了解到的国内数控系统厂家中配置有XM-60多光束激光干涉仪来开发空间误差补偿功能选项的主要有华中数控、广州数控以及北京精雕等等。

能与XM-60多光束激光干涉仪对接空间误差补偿功能的国外主流数控系统包括Siemens 840Dsl、Heidenhain HNC640、MitsubishiM800、Fanuc 30i和Mazak等等。

在上述系统进行空间误差补偿时，无一例外地需要测量XYZ每个轴的6项自由度误差，再加上3轴间的垂直度，共计21项误差。XM-60是直接测量每轴的6项误差，由于仪器及测量方法是具有溯源性的，测量数据准确、完整、可靠。

大约在10年前，在数控机床刚开始开展空间误差补偿的早期，市场上另有一种类似通过GPS跟踪计算方法来得到数控机床补偿所需要的误差参数。据早期使用该类仪器的用户反馈，由于原理限制，一般仅用得到17项的误差值来完成空间误差补偿，补偿后有些机器的几何误差发生变化，特别是补偿前后本应保持不变的角度值有些也出现变化，说明该测试方法有较大的不确定性。

5.空间误差补偿应用及验证举例

(1) 图7是在一台Siemens 840D的机器上采用雷尼绍激光干涉仪测量并进行空间误差补偿前后的验证,在该机器上、中、下三位置的位置精度(在2000 mm范围)在补偿后误差一致性大大改善。

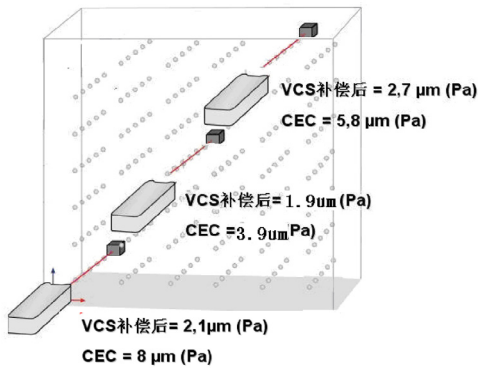


图 7

(2) 图8是在一台Heidenhain TNC640机床上应用雷尼绍XM-60多光束激光干涉仪配合CARTOCompensate软件进行空间误差补偿测试的对比结果,红色柱形代表补偿前的误差,蓝色柱形代表补偿后的残留误差。测试范围(XYZ): 740mm×1140mm×540 mm。

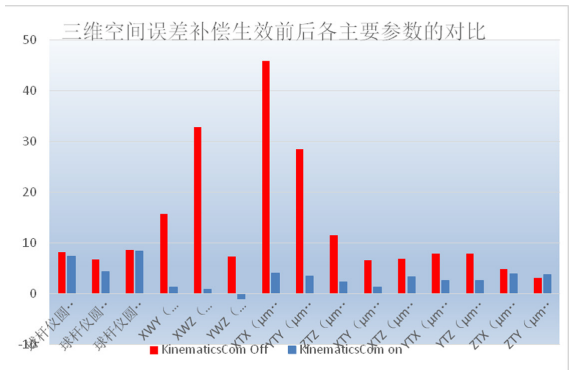


图 8

(3) 图9是在一台MitsubishiM800机床上应用雷尼绍XM-60多光束激光干涉仪配合CARTOCompensate软件进行空间误差补偿测试的对比结果,红色柱形代表补偿前的误差,蓝色柱形代表补偿后的残留误差。测试范围(XYZ): 490mm×500mm×220 mm。

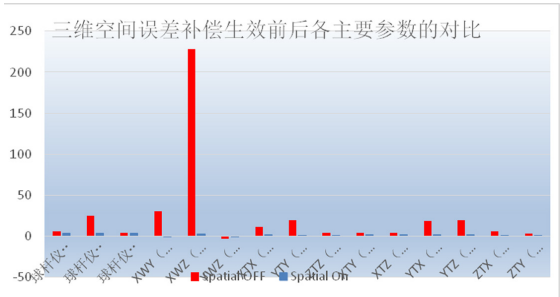


图 9

(4) 作为机床角度的测量结果,补偿前后不应该出现差异,理想状况补偿前后角度测量结果应该还是不变或反映出机床的重复精度。从附表汇总的XM-60在该机床进行空间误差补偿前后的各个角度值的对比可以看出, XM-60测量的重复性非常可靠,也可以表明该机床的角度重复精度非常好。

汇总表

| 角度误差<br>(按GB17421-2016计算) | 补偿前<br>测量 | 补偿后<br>测量 | 补偿前后角度测量<br>结果的不同(角秒) |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| XRZ (角秒) 滚动角              | 2.3       | 1.9       | 0.4                   |
| YRY (角秒) 滚动角              | 6.0       | 6.3       | 0.3                   |
| ZRZ (角秒) 滚动角              | 9.9       | 8.4       | 1.5                   |
| XRY (角秒)                  | 6.8       | 6.7       | 0.1                   |
| XRZ (角秒)                  | 6.3       | 6.2       | 0.1                   |
| YRX (角秒)                  | 6.9       | 6.4       | 0.5                   |
| YRZ (角秒)                  | 3.0       | 2.9       | 0.1                   |
| ZRX (角秒)                  | 3.5       | 4.1       | 0.6                   |
| ZRY (角秒)                  | 4.6       | 4.5       | 0.1                   |

特别注意:某些类似采用GPS等原理的仪器,某些计算出的角度值在补偿前后有较大的不同,说明该类GPS原理测量方法有较大的不可靠性

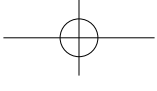
(5) 三维空间中任何物体的位置均可以由6个自由度来定义,而机床内切削刀具和工件之间的关系也是相似。每个机床轴内的误差都会导致生产出的工件出现偏差,只有测量所有误差才能对制程能力进行评估。能够一次运动直接同时测量所有误差不仅节省时间,还能对机床性能的真实情况进行评估。XM-60具有获得专利的光学滚摆测量与光纤发射器这些独特技术,仅需一次设定即可测量全部6个自由度。

本文引述的测试案例所提及的数控系统,如Siemens、Heidenhain及Mitsubishi等,其三维空间误差补偿所需要的数据就是每个直线轴的全部6个自由度误差。

6.结语

在机器校准工作中,尽可能减少测量不确定度,并能方便快捷地得到测量不确定度报告对任何用户来说都非常重要, XM-60设计用于通过将激光光束与机床轴准直来直接测量机床误差,这样就减少了其他测量技术中使用复杂数学计算而产生的误差,直接测量更有利于快速、轻松地对机床调整前后的精度进行对比。

上述测试如果不考虑前期调试机器数控系统空间误差补偿功能生效所需工作时间及后期为验证补偿效果而进行的验证测试,采用雷尼绍XM-60多光束激光干涉仪及QC-20W无线球杆仪,配合CARTOCompensate自动补偿软件,只需大约4~5h的测试时间,就可以完成一台机器空间21项误差的补偿。□



# 某龙门机床横梁有限元分析及优化设计

通用技术集团大连机床有限责任公司 范依妮 周吉贞 董建军

【摘要】本文以某定梁式龙门加工中心横梁为研究对象，针对原有结构特点，应用ProE软件建立机床的三维分析模型，利用ANSYS Workbench软件对其进行静、动态性能仿真分析。根据有限元分析结果，找出原横梁的薄弱环节，提出横梁结构的改进方案。针对改进方案对横梁的三维模型进行修改，并运用软件对其改进后的模型进行验证与分析。结果表明：对横梁结构进行改进后，有效的提高了横梁的静、动态性能，优化后的横梁下导轨安装面的变形减少了11%，上导轨安装面的变形减少了33%，应力减少了38%，一阶模态的固有频率增加了13.7%，为龙门系列机床横梁的设计提供了有益参考。

## 1. 序言

随着制造业技术的快速发展，机床被广泛应用于关键零部件的加工制造。近年来，随着航空、航天、汽车等行业的发展，对机床的回转速度、进给速度、加工效率、加工精度、性能稳定性、可靠性等方面都提出较高的要求。由于对高精密机床需求量的迅速增加，提高机床的精度和性能已成为机床发展的必要趋势。为了使产品能够更好地适应市场需求，提高竞争力，现对某龙门加工中心的现有横梁进行静、动态刚度等方面进行研究。

在实际运用中，机床良好的加工性能取决于机床整机的静动态特性。横梁是龙门系列机床的重要部件之一，其静动态性能直接影响机床整机的工作性能，从而对工件的加工精度和加工质量产生重要的影响。

机床工作过程中，立柱固定在地面上，横梁通过螺栓安装在立柱上，滑鞍及滑枕通过导轨和滑块安装在横梁上。滑鞍左右移动，滑枕上下移动，当滑枕移动到Z轴行程的最低点时，形成竖直方向的悬臂梁结构，此时，在自重或加铣削力的作用下，横梁易发生变形，当铣削过程中的激振频率与横梁的低阶固有频率同步，则横梁可能会发生共振现象，极大程度上会影响机床加工的稳定性。因

此，对现有横梁进行优化设计，提高横梁的静动态性能是非常重要的。

目前，由于有限元法计算精度高，且适用范围广泛，因此得到了很大程度的使用。随着有限元分析技术的不断完善，机床部件的设计已逐步从传统的经验设计，转向计算机虚拟建模及仿真分析相结合的结构优化设计。由于所有的载荷与约束都是通过节点而完成计算的，所以当有限单元个数越多时，离散域近似度越高，计算结果越精确。

以龙门加工中心的横梁为研究对象，首先建立三维模型，应用有限元分析软件对其结构进行分析，找出需要改进之处并对模型进行修改，对其关键部位进行优化之后再验证，得出结论。

## 2. 原横梁有限元分析

定梁式龙门加工中心主要包括的组件有：床身、工作台、立柱、横梁、滑鞍及滑枕等，如图1所示。在加工工件的过程中，立柱、横梁和床身不动，滑鞍左右移动，滑枕上下移动，工作台前后移动。现将滑枕移动到最下端，滑鞍移动到横梁的中心位置，利用有限元分析软件对此工况下横梁的变形进行分析。





图1 龙门机床装配简图

(1) 横梁有限元分析模型的建立

在实际装配中，两个立柱固定在地面，横梁与立柱之间通过螺栓连接，滑鞍与横梁及滑鞍与滑枕之间是通过导轨与滑块连接。首先，为提高分析速度，对分析模型进行简化，去除一些不必要的细小零件、孔和圆角等特征，然后将简化后的模型导入到ANSYS Workbench软件进行分析，如图2所示。

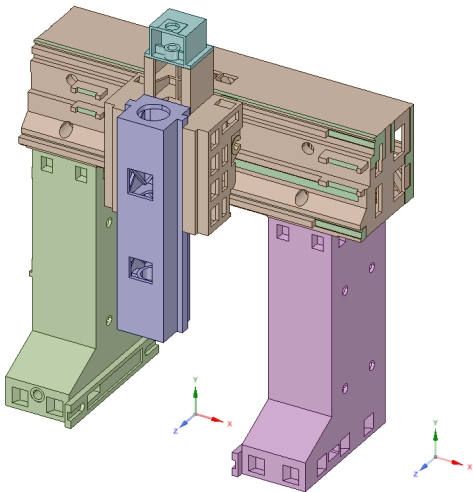


图2 龙门机床有限元分析模型

原横梁、立柱、滑鞍及滑枕采用灰铸铁HT300整体铸造，导轨和滑块材质为45钢，分析时，各材料的主要属性如表1所示。

表1 各材料主要属性

| 材质       | 弹性模量/Pa | 泊松比  | 密度/(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|---------|------|-------------------------|
| 灰铸铁HT300 | 1.3e11  | 0.25 | 7300                    |
| 45钢      | 2.06e11 | 0.3  | 7850                    |

(2) 接触类型及边界条件的设定

①接触类型的设定。在对横梁进行有限元分析时，应

根据各零件间的连接关系对装配体中主要部件间的接触类型进行重新定义，如表2所示。

表2 零件接触类型设定

| 接触部分  | 连接及相互运动关系 | 接触类型                   |
|-------|-----------|------------------------|
| 横梁与立柱 | 螺栓连接      | 绑定接触<br>Bonded         |
| 导轨与横梁 | 螺栓连接      | 绑定接触<br>Bonded         |
| 导轨与滑块 | 间隙配合      | 不分离接触<br>No Separation |
| 滑鞍与滑块 | 螺栓连接      | 绑定接触<br>Bonded         |
| 滑枕与滑鞍 | 间隙配合      | 不分离接触<br>No Separation |

②边界条件的设定。利用有限元方法进行静动态特性分析，最重要的是确定边界条件。边界条件包括载荷边界条件和约束边界条件。由于此结构中横梁用螺栓安装在立柱上，立柱用地脚螺栓安装在地面上，所以在两个立柱的底面施加固定约束。本文不考虑施加切屑力时横梁的变形，所以只对装配体施加了重力，观察在重力的作用下滑鞍在机床中心位置时横梁的变形情况。

③横梁静态仿真分析。将建立好的装配体有限元分析模型导入到ANSYS Workbench软件中，先对每个部件设置材料属性与接触类型，然后进行网格划分，如图3所示。

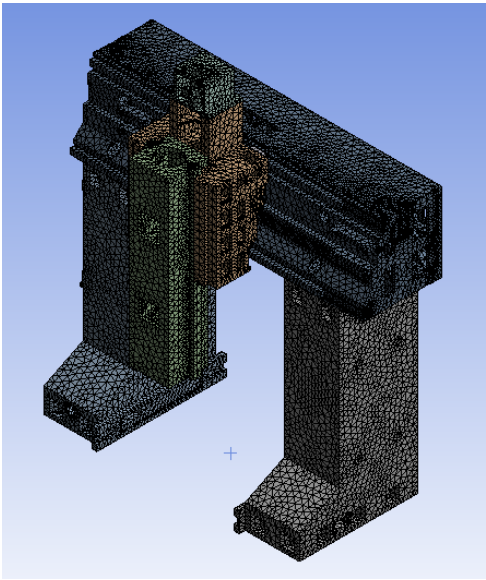


图3 龙门机床网格图

此次划分网格共得到856451个单元，1491415个节点。之后对立柱底面施加固定约束，在不考虑加工的情况只对装配体施加重力。通过静力学分析，求解得到装配体及各个部件在Y方向上的变形情况，如图4所示。

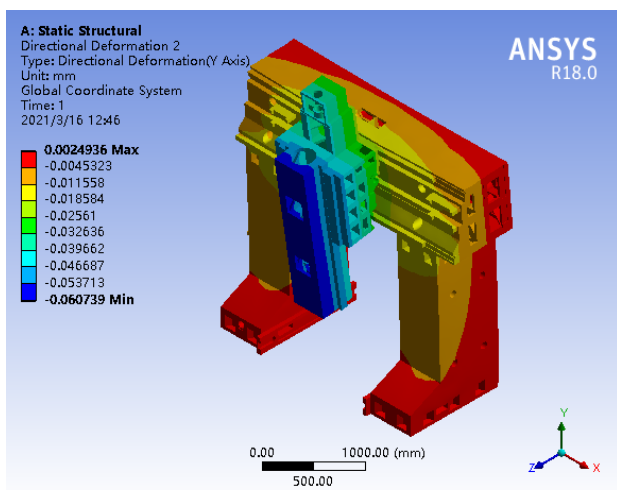


图4 机床装配体位移云图

为了便于分析横梁的结构,在结果图中隐藏其它部件,只重点观察横梁的变形及受力情况,如图5所示。

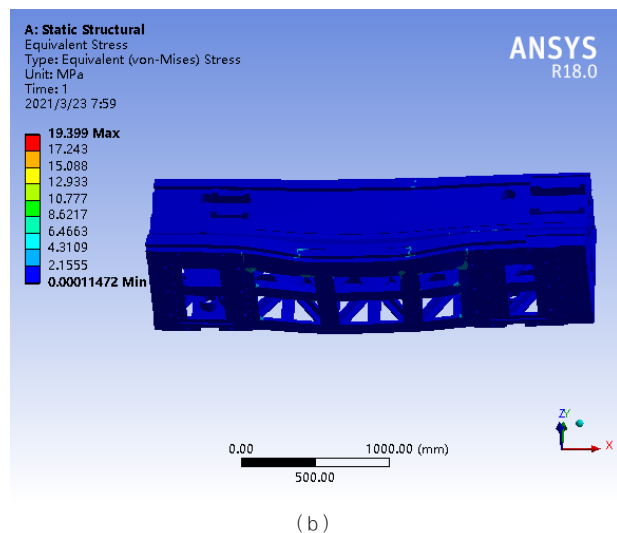
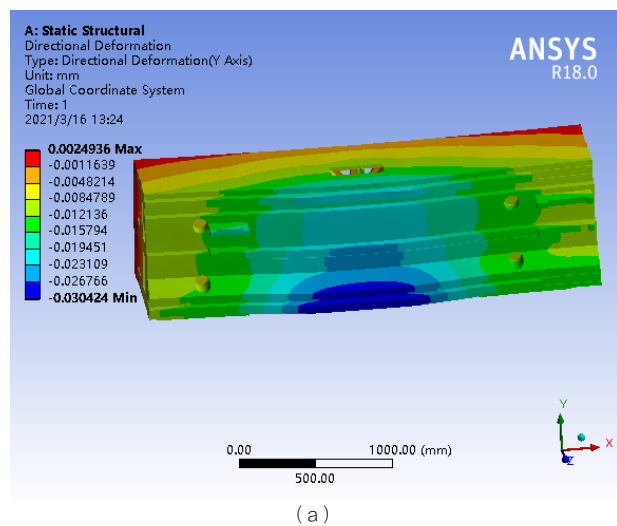


图5 横梁位移及等效应力云图

由图5可知,在横梁有限元分析模型中,横梁Y方向上最大变形量在横梁的下导轨安装面的中间,其值为0.03mm;横梁上导轨安装面的最大变形为0.03mm;最大等效应力在导轨与滑块接触面附近,其值为19.399MPa。故在保证尽量不增加横梁质量的前提下,可以对横梁结构进行优化,从而提高机床加工精度。

### (3) 横梁动态仿真分析

机床在实际工作时容易产生共振现象,如果这种情况没有得到及时解决并且仍然长时间的使用,会损坏结构导致设备的使用寿命减小,而分析动态振动中最有效的方法就是模态分析。

计算模态分析是运用有限元法对研究对象进行离散,建立系统特性值问题的数学模型,用各种近似方法求解系统特征值和特征矢量。它可以根据振动理论来分析固有频率和相应主振型,从而避免了零件在工作时会遇到与其固有频率差不多的载荷而导致的共振现象。

横梁的模态分析结果如图6所示,结果表明横梁的一阶频率是157.85Hz,大于机床的激励频率,故可初步认为横梁不会发生共振现象。但根据横梁仿真结果发现横梁中间易发生扭曲,分析可能是因为横梁上导轨安装面薄,导致此部位薄弱,所以必须对横梁结构进行优化。

|   | Mode | <input checked="" type="checkbox"/> Frequency [Hz] |
|---|------|----------------------------------------------------|
| 1 | 1.   | 157.85                                             |
| 2 | 2.   | 240.21                                             |
| 3 | 3.   | 264.38                                             |
| 4 | 4.   | 359.82                                             |
| 5 | 5.   | 378.07                                             |
| 6 | 6.   | 388.2                                              |

图6 横梁前6阶固有频率

## 3. 横梁结构改进及优化

常见的结构件优化方法有三种:拓扑优化、尺寸优化和形状优化。根据原横梁的静、动态分析发现,上导轨安装面中间处比较薄弱,分析这是导致横梁中间变形过大的主要原因,所以先进行形状优化。增加上导轨安装面的厚度,将导轨安装面的厚度由原来的35mm增加到45mm,同时,增加横梁与两个立柱的接触面宽度,将接触面宽度由原来的610mm增加到810mm。根据改进方案,对横梁的三维模型进行修改,并将修改后的模型导入到ANSYS Workbench软件中,此次划分网格共得到905673个单元,1571184个节点,分析结果如图7、图8所示。

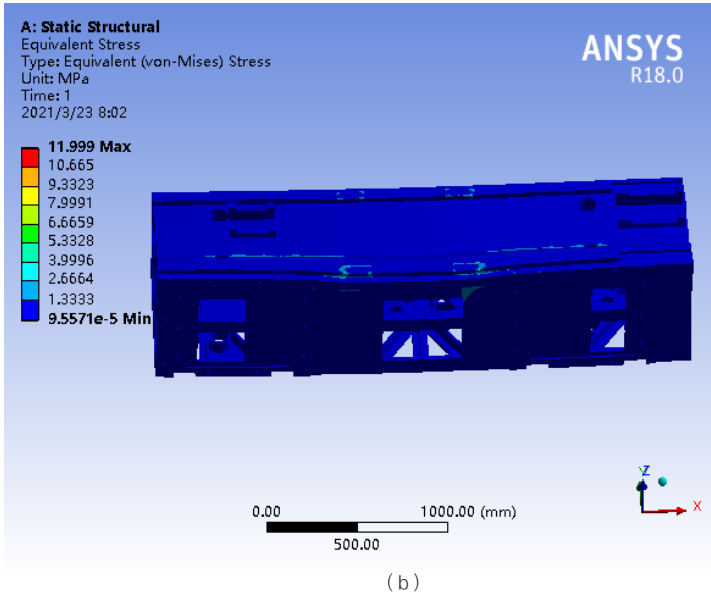
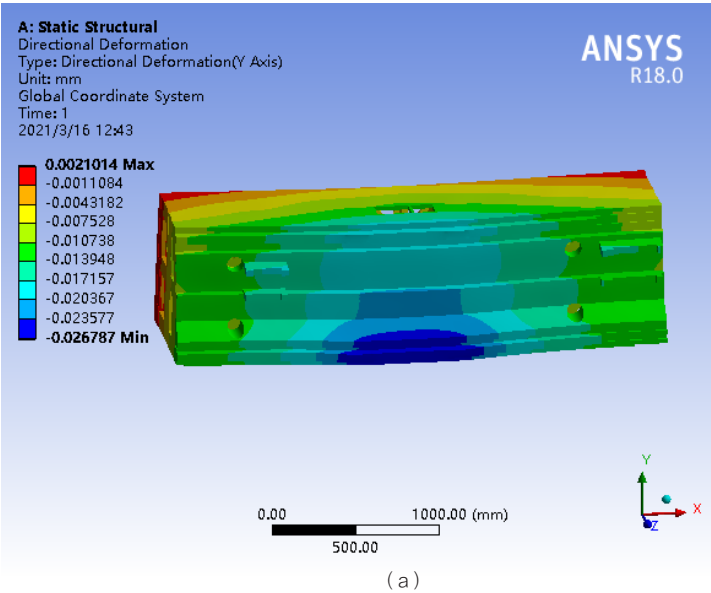


图7 改进后横梁位移及等效应力云图

| Tabular Data |      |                |
|--------------|------|----------------|
|              | Mode | Frequency [Hz] |
| 1            | 1.   | 179.45         |
| 2            | 2.   | 242.42         |
| 3            | 3.   | 344.67         |
| 4            | 4.   | 401.16         |
| 5            | 5.   | 441.21         |
| 6            | 6.   | 446.75         |

图8 改进后横梁前6阶固有频率

由图7、图8可知，在对横梁结构进行改进后，横梁在Y方向上最大变形量在横梁的下导轨安装面的中间，

其值为0.026mm；横梁上导轨安装面的最大变形量为0.02mm；最大等效应力为12MPa，横梁的一阶频率为179.45Hz。横梁下导轨安装面的变形减少了11%，上导轨安装面的变形减少了33%，应力减少了38%，一阶模态的固有频率增加了13.7%。

4.结论

通过对横梁进行静态分析，得到横梁的最大变形位置以及最大变形量；在对横梁进行模态分析时，得到横梁的前六阶固有频率以及变形趋势；确定横梁结构存在不足，找出薄弱环节，根据分析结果提出改进方案并对横梁进行结构优化，优化后的横梁静态和动态都得到了提高。结果表明此优化方案是合理可靠的，为龙门加工中心其他关键部件的设计提供了有益参考。□

[1] 沈明明,李荣,刘祖国,汤耿,彭敏.数控机床轴承结构振动谱响应及疲劳寿命研究[J].组合机床与自动化加工技术,2019(11):143-147.

[2] 张伟华,赛云祥,李佳,黄汉辉.某型精密数控机床床身的优化设计及性能分析[J].机械设计,2020,37(S2):162-167.

[3] 马天柱,牛兴华,石一光,晁冰,张大卫.精密卧式加工中心结构件质量分布与优化研究[J].机械设计,2020,37(05):32-36.

[4] 喻鹏,金辉,佟琨.立式车铣中心滑枕静压滚动复合导轨的设计与制造[J].机床与液压,2017,45(16):11-13+31.

[5] 鞠家全,邱自学,任东,刘传进,刘志华.采用灰色理论和组合赋权法的机床立柱设计与研究[J].机械科学与技术,2017,36(09):1388-1395.

[6] 朱金波,徐如涛,高新红,李勇.基于多目标优化的龙门加工中心动横梁筋板结构优化设计方法[J].组合机床与自动化加工技术,2015(10):41-44.

[7] 赵丹.滚动轴承参数化设计与有限元分析[D].青岛:山东科技大学,2008.

[8] 邱自学,高志来,任东,崔德友.桥式龙门铣床滑枕有限元分析及优化设计[J].机械设计与制造,2020(09):162-166.

资讯

秦川机床拟定增12.3亿元，加大机床和新能源汽车领域投入力度

秦川机床7月7日发布的公告称，公司拟向包括控股股东法士特集团在内的不超过35名特定投资者定增募资不超过12.3亿元。定增募资将用于秦创原·秦川集团高档工业母机创新基地项目（一期）、新能源汽车领域滚动功能部件研发与产业化建设项目、新能源乘用车零部件建设项目、复杂刀具产业链强链补链赋能提升技术改造项目以及补充流动资金。根据公告，公司控股股东法士特集团拟以现金方式认购秦川机床本次向特定对象发行股票数量的35.19%。





昌河飞机工业(集团)有限责任公司 胡辉

2022/8/24 10:02:50



### (3) 高阶版带自适应特性曲线的摩擦力补偿

可设定四条附加脉冲补偿特性曲线, 每条曲线可包含至多9个加速度控制点, 如图3所示。针对每个加速度值设置附加脉冲的振幅、生效时间和失效时间, 设定权重系数。若附加脉冲满足不了要求, 可考虑再增加一个附加转矩脉冲。  
(该功能需许可证功能选项: 6FC5800-0AS06-0YB0)

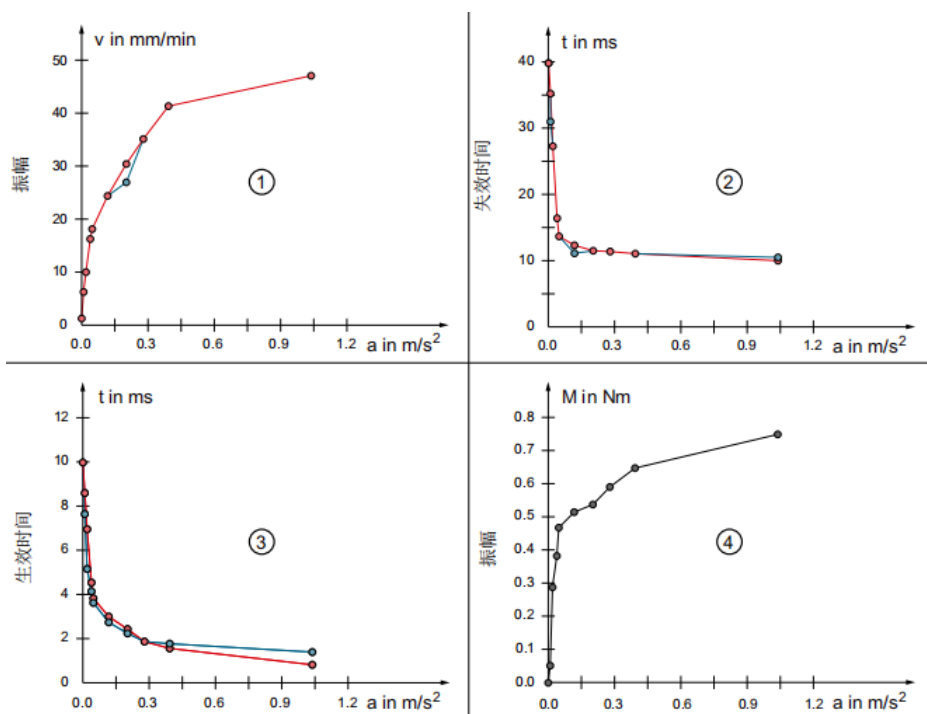


图3 高阶版带自适应的特性曲线

以上三种摩擦力补偿功能, 其中第一种较为简单且常用, 另外两种使用起来较为复杂, 尤其是第三种, 还需要购买相关的功能选项才能激活使用。在机械状态良好的情况下, 使用第一种功能基本上就能解决常见问题, 如果不能解决且对轮廓精度要求较高的话, 才会考虑使用第二、第三种补偿功能。

以下就以第一种摩擦力补偿功能为例, 简单介绍一下该功能在解决加工质量问题中的应用方法。

## 2. 应用案例

### (1) 故障现象

一台四轴卧式加工中心, 配置西门子840DSL数控系统, 加工一工件时, 在圆弧轮廓过渡处有明显的接刀痕 (如图4所示), 无法满足工件精度要求。



图4 工件接刀痕

### (2) 问题分析及解决方案

在排除了操作方法、工件材料、刀具、工装等工艺相关问题后, 将分析的重点转向设备本身。

检查机床润滑单元、导轨丝杠润滑情况, 以及机床轴的反向间隙, 均没有发现明显问题。仔细分析工件接刀痕, 发现该接刀痕是在圆弧轮廓换向处, 在机床Y轴换向时出现。

因此, 考虑使用西门子数控系统自带的圆度测试功能, 对机床X、Y轴进行圆度测试, 检查两轴之间的插补精度以及动态匹配性。

圆度测试程序如下:

G91 ; 增量编程方式

G17 ; X、Y平面

G02 I20 J0 F2000 TURN=10

; 半径20mm, 循环执行10次圆弧插补

M30 ; 程序结束

通过执行以上圆度测试程序, 测试结果如图5所示, 发现在Y方向过象限处有明显的凹尖点, 与工件接刀痕一致, 同时发现X轴在过象限处也有同样的故障现象。

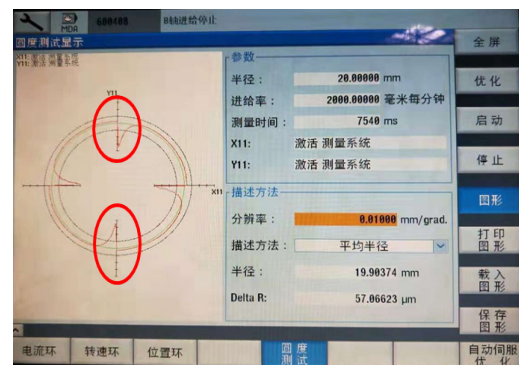


图5 圆度测试结果

因此, 使用补偿值恒定的摩擦力补偿功能对X、Y轴进行补偿, 补偿后用圆度测试进行测试, 重复几次直到圆度测试最佳状态, 无明显尖点 (如图6所示), 调整后的参数如下表所示。

摩擦力补偿参数表

| 参数      | X轴    | Y轴    |
|---------|-------|-------|
| MD32500 | 1     | 1     |
| MD32520 | 30    | 60    |
| MD32540 | 0.012 | 0.015 |

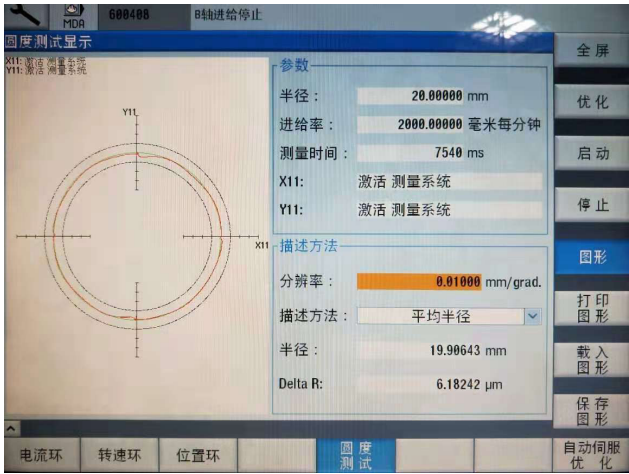


图6 补偿后圆度测试结果

补偿值恒定的摩擦力补偿相关参数:

MD32500 FRICT\_COMP\_ENABLE[ <轴> ]; = 0: 补偿功能关闭, = 1: 补偿功能激活  
MD32520 \$MA\_FRICT\_COMP\_CONST\_MAX[ <轴> ]; 附加脉冲振幅  
MD32540 \$FRICT\_COMP\_TIME[ <轴> ]; 附加脉冲失效时间

重新加工工件, 表面质量明显改善, 接刀痕现象基本消失 (如图7所示), 完全满足工件精度要求。



图7 补偿后工件接刀痕

3.结语

随着数控机床使用年限的增长, 机械性能逐年劣化, 机床动态特性降低, 加工工件的精度和表面质量也随着变差, 已无法达到新机床的加工效果。

在不进行机械大修或者更换老化部件的情况下, 如何利用数控系统补偿功能, 对机床动态特性进行优化, 弥补机械劣化损失, 对于设备维护人员来说, 这是一个值得探索的技术方向。□

资讯

厦门金鹭成都方案中心开业典礼在成都成功举办

7月18日, 厦门金鹭成都方案中心开业典礼在成都隆重举行。该中心是厦门金鹭和成都航院合作建立的深度校企合作平台, 主要服务于方案解决、技术服务、人才培养、品牌推广、性能评价及配套服务等工作。现场嘉宾和线上观众共同见证了厦门金鹭成都方案中心高效切削加工实验室启动和揭牌仪式。校企双方也就战略合作和具体技术研发项目等事宜签定了相关协议。

厦门钨业股份有限公司董事长黄长庚表示, 厦门金鹭成都方案中心的成立, 是厦门金鹭从金属切削工具制造商向行业整体加工解决方案提供商转变、全方位发展的重要里程碑, 将助力中国切削工具行业和中国制造业的高质量发展。





# 一种卧式加工中心辅助换刀系统设计

科德数控股份有限公司沈阳分公司 张传思

【摘要】卧式加工中心配置的自动换刀系统通常为链式刀库与换刀机械手组成，偶有盘式刀库与换刀机械手组成，但链式刀库与盘式刀库所配置的刀长及最大刀具直径都有限制，对于某些深孔无法装载对应的刀具。因此，我们设计了一种应用于卧式加工中心的辅助换刀系统。此换刀系统可装载超长刀具，可独立自动换刀，应用于深孔特征的加工，解决传统刀库无法实现的问题，具有广泛的适用性。

卧式加工中心广泛应用于箱体类、多面体类零件的加工，而刀库是卧式加工中心重要的功能部件之一，能大大节省辅助时间，提升加工效率。目前，自动换刀系统主要由链式刀库与换刀机械手，盘式刀库与换刀机械手组成，而刀库所装刀长有一定限制，比如HSK-100A刀库能容最大刀长为500mm，超过此长度无法装入。因此，设计一种辅助换刀系统，专门用于装载超长、超大刀具，用于特深特征的加工，对提升加工中心的加工效率具有重要的意义。

## 1. 卧式加工中心常用换刀系统

卧式加工中心主要由床身部、立柱部、滑鞍部、主轴部、工作台部、交换站部、自动换刀系统组成，如图1所示。

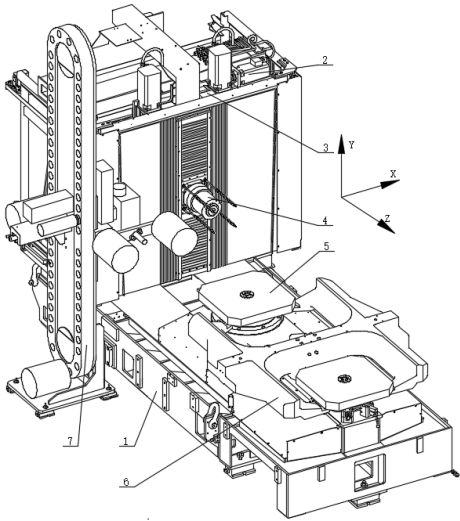


图1 卧式加工中心结构示意图

1.床身部 2.立柱部 3.滑鞍部 4.主轴部 5.工作台部 6.交换站部 7.自动换刀系统

而自动换刀系统通常由刀库与换刀机械手组成，如图2

为链式刀库的自动换刀系统，图3所示为盘式刀库的自动换刀系统。

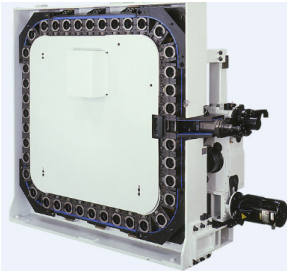


图2 链式刀库自动换刀系统

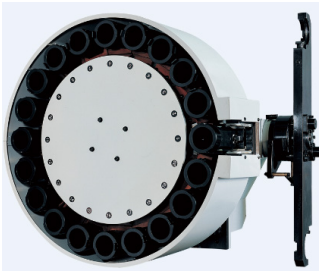
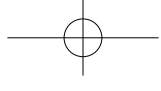


图3 盘式刀库自动换刀系统

两种自动换刀系统都由刀库与凸轮机械手组成，其中链式刀库容量大，通常为40把、60把、120把，甚至更多。而盘式刀库容量不大，通常不超过20把。而该两种常用的结构型式，所装刀具长度都有一定限制，对于加工特殊特征的超长刀具无法装入。因此，通常需要额外的机构实现对特殊刀具的储存，有的将特殊刀具放入加工区的（如图4所示），但放在加工区切削液及铁屑容易进入，所装刀具数量有限，且影响一定的加工范围。本文针对超长刀具，设计了一种置于加工区外侧的辅助换刀系统，用于深孔的镗削与钻削。

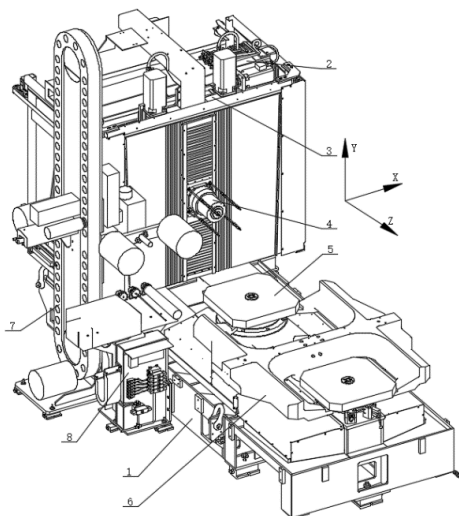


图4 特殊刀具置于工作区示意图



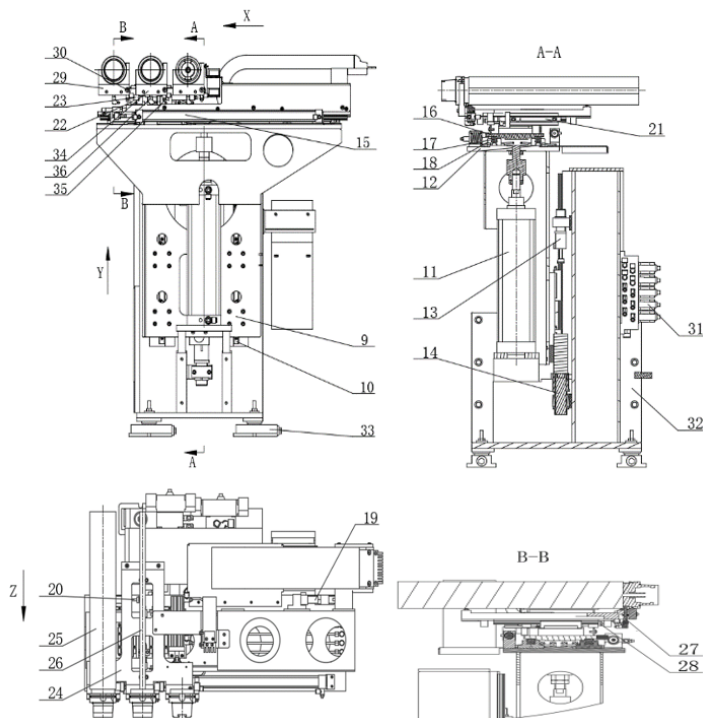
## 2. 辅助换刀系统结构设计

由于机床的主轴Z向不能运动，且换刀位在工作区中，同时又不能影响已有的自动换刀系统的工作空间，因此设计了一种3自由度的辅助换刀系统，放置于机床工作区外，固定到床身侧面，此辅助换刀系统可以沿着X向、Y向、Z向运动，如图5所示。



(a) 含辅助换刀系统的卧式加工中心

1.床身部 2.立柱部 3.滑鞍部 4.主轴部 5.工作台部 6.交换站部 7.自动换刀系统  
8.辅助换刀系统



(b) 辅助换刀系统

9.Y向滑板 10.Y向导轨 11.Y向气缸 12.X向托板 13.Y向阻尼器 14.X向阻尼器 15.X向气缸 16.X向滑板 17.X向导轨 18.X向滑块 19.X向阻尼器 20.X向阻尼器 21.Z向气缸 22.Z向滑块 23.Z向导轨 24.Z向滑板 25.加长镗刀 26.加长钻头 27.接近开关 28.Z向阻尼器 29.刀座 30.清洁器 31.气控阀 32.支撑座 33.垫铁 34.刀座 35.清洁器 36.接近开关 37.接近开关 38.接近开关 39.接近开关 40.接近开关 41.接近开关 42.接近开关 43.接近开关 44.接近开关 45.接近开关 46.接近开关 47.接近开关 48.接近开关 49.接近开关 50.接近开关 51.接近开关 52.接近开关 53.接近开关 54.接近开关 55.接近开关 56.接近开关 57.接近开关 58.接近开关 59.接近开关 60.接近开关 61.接近开关 62.接近开关 63.接近开关 64.接近开关 65.接近开关 66.接近开关 67.接近开关 68.接近开关 69.接近开关 70.接近开关 71.接近开关 72.接近开关 73.接近开关 74.接近开关 75.接近开关 76.接近开关 77.接近开关 78.接近开关 79.接近开关 80.接近开关 81.接近开关 82.接近开关 83.接近开关 84.接近开关 85.接近开关 86.接近开关 87.接近开关 88.接近开关 89.接近开关 90.接近开关 91.接近开关 92.接近开关 93.接近开关 94.接近开关 95.接近开关 96.接近开关 97.接近开关 98.接近开关 99.接近开关 100.接近开关

图 5

辅助换刀系统主要由送刀机构、驱动装置、检测装置、刀柄清洁装置组成。

### (1) 送刀机构

送刀机构由X、Y、Z向三个运动轴组成，其中X向行程左右运动为620mm，由工作区外将刀具送到工作区内。Y向行程上下运动为300mm，将刀具升到Y向换刀位置或降到待刀位置。Z向行程前后运动为105mm（至少应大于对应刀柄长度），完成刀具的插入与拔出主轴锥孔。X向与Z向相对运动距离较长，如采用导轨固定，通过滑块运动带动移动部件运动，必须将滑块固定在移动部件的末端，而使运动部件的重心在滑块的前端，这样就造成移动部件运行不稳，影响定位精度。

因此，采用滑块固定在滑板上，导轨与移动部件固定的方式实现运动部件的移动，保证了运动部件的稳定运行及定位精度。

### (2) 驱动装置

由于移动部件重量较轻，且每个轴都有固定的准停位置，因此，此辅助换刀系统采用了气缸驱动实现各轴的运动，气缸内部两端行程增加缓冲装置，外部两端行程末端增加磁感应开关，提供到位反馈信号。管路上增加节流阀，方便对气缸运动速度的调节。采用双控电磁阀实现气缸的伸缩切换。

### (3) 检测装置

该辅助换刀系统的检测装置主要有行程到位检测开关、刀具有无检测开关。行程到位检测开关即为安装于气缸外部的，用于检测内部活塞位置的磁感应开关。刀具有无检测开关即为安装于刀座上的，用于检测刀柄的接近开关，通过螺母可调与刀柄外圆的距离。

### (4) 刀柄清洁装置

为了保证从工作区换下刀具刀柄清洁，在将刀具换到刀座前，用刀座附近的吹气装置对主轴中的刀柄周围进行吹气，将切屑及切屑液最大程度的吹掉，有利于保护刀具锥柄清洁。

## 3. 换刀流程

### (1) 主轴装刀流程

将超长刀具，如加长镗刀25安放到刀座29中，加长钻头26安放到刀座2中，刀座数量可依据所需特殊刀具数量而增加。

首先，气控阀31中的Y向双控阀切换到气缸升起的一路，Y向气缸11升起，Y向滑板9沿着Y向导轨10经Y向阻尼器13停到Y向气缸11的行程末端，Y向气缸11外部的磁感应开关反馈Y向滑板9到位，即刀具到达Y向换刀位置，此时换刀门打开，主轴运行到加长镗刀25的换刀点位置，同

样给出反馈信号。

然后，X向气缸15在对应双控阀的控制下，X向导轨17带动X向托板12伸出，经过X向阻尼器20的缓冲，使X向气缸15的活塞停在气缸前端，气缸外侧磁感应开关给出反馈信号，即将X向托板12送入到换刀点的X向坐标位置，此时将刀座29附近的吹气装置清洁器30打开。

接下来，固定有刀座29的Z向滑板24在Z向气缸21的驱动控制下，随着Z向导轨23伸出，经过Z向阻尼器28的缓冲，停在Z向换刀点的准确位置，气缸外部磁感应开关给出反馈信号，即将刀具成功插入主轴，待接到主轴刀具夹紧信号后，证明主轴已将加长镗刀25夹紧，之后主轴抬起大于300mm的安全距离后，Z向滑板24在Z向气缸21的控制下随着Z向导轨23反向运动，经Z向阻尼器缓冲停至末端气缸外侧磁感应开关给出到位反馈信号，吹气装置清洁器30关闭。

接到Z向气缸21到位反馈信号，X向托板12在X向气缸15的驱动下随着X向导轨17反向运动，经X向阻尼器19缓冲停止末端气缸外侧磁感应开关给出到位反馈信号，证明换刀部分已移出工作区，此时换刀门可以关闭。

同时，Y向气缸11反向运动Y向滑板9降落，经Y向阻尼器214缓冲停止原始位置，此时完成一个装刀过程。

(2) 主轴卸刀流程

在保证主轴远离Y向换刀点安全距离300mm以上时候，重复上述主轴装刀流程的步骤，辅助换刀系统到达换刀点后，主轴降落到Y向换刀点将加长镗刀25放入到刀座29中，接近开关27给出刀具放好信号，主轴松刀并给出松

刀信号，接到主轴松刀信号后Z向滑板24在Z向气缸21的控制下随着Z向导轨23反向运动，经Z向阻尼器缓冲停至末端气缸外侧磁感应开关给出到位反馈信号，主轴X向移动到加长钻头26的换刀点，刀座34附近的吹气装置清洁器35打开。

接下来，固定有刀座34的Z向滑板24在Z向气缸21的驱动控制下，随着Z向导轨23伸出，经过Z向阻尼器28的缓冲，停在Z向换刀点的准确位置，气缸外部磁感应开关给出反馈信号，即将加长钻头26成功插入主轴，待接到主轴刀具夹紧信号后，证明主轴已将钻头夹紧。之后重复主轴装刀流程中的换刀系统退回流程，至此，完成一套卸刀及装刀流程。

4. 结语

辅助换刀系统解决了常规卧式加工中心刀库无法装载超长刀具、超重刀具的弊端，对于减少加工辅助时间，提升加工中心的利用率具有重要的意义，该辅助换刀系统的结构方式可应用到其他加工中心中，具有广泛的应用范围，尤其对于应用到生产线中的设备，将大大提高自动化生产线的节拍。□

参考文献：

[1] 付承云.数控功能部件选用指导手册[M].北京:机械工业出版社，2010.

[2] 范巍，范超毅.加工中心链式刀库的设计[J].机床与液压，2020,48(10):109-114.

[3] 华红芳，邹晔，严勇等.圆盘式刀库加工中心随机换刀系统的研究[J].机床与液压,2010,38(18):26-27.

[4] 贾亚洲.金属切削机床概论[M].北京:机械工业出版社，2010.

资讯

惠丰钻石敲钟上市，成为北交所金刚石微粉第一股

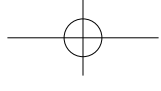
7月18日，柘城惠丰钻石科技股份有限公司宣告上市，成为“北交所金刚石微粉第一股”。惠丰钻石成立于2011年，是一家专业从事人造单晶金刚石粉体的研发、生产和销售的高新技术企业，主要产品包括金刚石微粉和金刚石破碎整形料两大系列，公司产品粒径最细可至20纳米，超纯产品各种杂质总量可控制在ppm级。

据了解，惠丰钻石本次拟向不特定合格投资者公开发行股票不低于100万股且不超过1100万股。募集资金3.1亿



元，用于金刚石微粉智能生产基地扩建项目、研发中心升级建设项目及补充流动资金。





# GT2210叉式五轴摆头维修技术浅析

昌河飞机工业集团有限责任公司 林超青

【摘要】FIDIA 2210五坐标高速加工中心在加工某零件时五轴精度出现严重的精度超差现象，经检测发现，A轴非摆动方向精度0.140/300mm，RTCP精度0.240mm，正常情况下，为0.020/300mm，RTCP精度为 $\pm 0.020$ mm，机械精度超差严重，机床加工精度无法满足使用要求的现象，设备只能当三坐标机床使用。

## 一、GT2210五轴头现状

GT2210在加工中出现加工精度超差严重，对设备精度检测，发现A轴非摆动方向精度超差严重，达0.140/300mm，精度标准是0.020mm/300mm，RTCP精度0.240mm，精度标准是 $\pm 0.020$ mm。

A轴调整完成后在加工过程中发现C轴旋转精度 $0 \sim 180^\circ$ 无法保持稳定，如图1、图2所示，在RTCP打开时，C轴 $180^\circ$ 旋转时，精度值为0.100mm，对C轴进行精度校正后，精度值为0.020mm，但加工零件后C轴旋转精度又变化为0.100mm。



图1 A轴

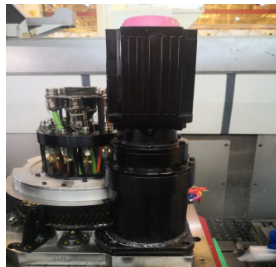


图2 C轴

## 二、精度超差原因分析及处理

### 1.A轴分析及处理

GT2210设备投入使用仅为3年半时间，A轴非摆动方向精度0.140/300mm，RTCP精度0.240mm，机械精度超差严重，短期内造成如此严重的几何精度偏差及RTCP

精度偏差，原因应该与非正常使用有关。非正常使用的原因包括碰撞，加工工艺超出机床技术性能，加工参数设备不合适，刀具选择不合理等，通过分析机床的使用记录发现，该机床没有出现碰撞等问题。因此，碰撞导致机床精度丧失的可能性可以排除。

对该机床加工参数包括进给速度、转速及切深和进给倍率等进行分析，分析结果表明加工参数在合理使用范围内。因此，加工参数不是导致机床精度丧失的原因。

该机床自投入使用以来，长期加工一个铝合金框件，该工件是一个五轴零件，如图3、图4所示，A、C轴角度变化都比较大，先加工零件的正反面，接着是A轴摆成 $90^\circ$ 进行深孔加工，刀具使用的是 $\phi 25$ mm、刀长160mm的台阶刀具（有效长度不到158mm），而且孔深度比较大，达到315mm，刀具长度不够，需要对头加工。



图3 五轴摆头



图4 A轴抱闸及管路



通过观察使用的刀具发现,在进行深孔加工时该刀具有效长度不够,工件与刀具刀杆有碰撞摩擦,工件与刀杆摩擦长度达到6~7mm,由于刀杆与工件长时间摩擦碰,必然会导致丧失,因此可以认为A轴精度偏差是由于工件加工时刀具选择不合适,刀具有效长度不够,导致刀具刀杆与工件摩擦。

该机床是叉式AC摆头结构,A轴采用双齿轮消除结构,如图5、图6所示,伺服电机通过减速器,消除齿轮及中间自定心齿轮,传动齿轮,带动A轴摆动。A轴的齿轮传动机构位于A轴的右边。A轴右边是伺服电机、液压抱闸机构、圆光栅、调整垫片、主输气管与电缆等。



图5 A轴传动齿轮

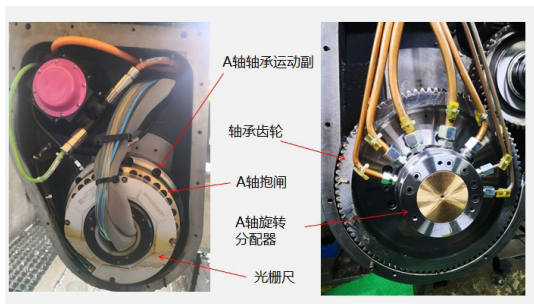


图6 A轴结构图

通过测量A轴精度发现,A轴非摆动方向的偏差为0.140/300mm,如图7所示,由于该偏差无法通过调整机床参数消除,因此需要进行机械调整。

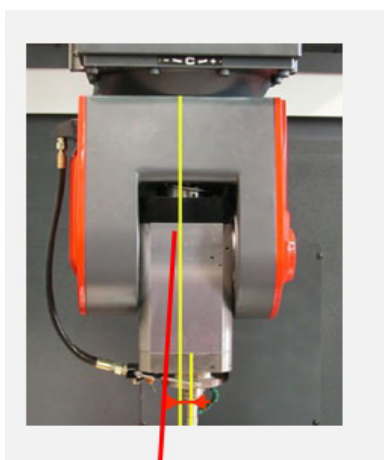


图7 A轴偏摆示意图

## 2.A轴的摆正与检测

由于A轴向右边偏斜,如果要摆正A轴,可以使用的方法有两种,一是把A轴左右两边的固定螺钉松开,消除A轴由于碰撞导致的应力,接着摆正A轴,使A轴的在非摆动方向的精度在0.020mm/300mm以内,然后拧紧A轴两边的螺钉。这种方法适用由于A轴机械结构受损程度较小的情况。另外一种是对A轴的调整垫片进行磨削或增加调整垫片,由于磨削调整垫片技术上控制难度较大,所以一般现场维修都采用增加调整垫的方法。

对于本机床,首先采用方法一:把A轴左右两边的固定螺钉松开,消除A轴由于碰撞导致的应力,接着摆正A轴,然后拧紧A轴两边的螺钉,测量A轴精度,测量结果发现A轴非摆动方向的精度依然是0.140/300mm,因此采用松螺钉,消应力,摆正A轴的方法不可行。因此,在这里采用增加垫片的方法校正A轴的精度。

由于A轴使用的是液压抱闸,在设备掉电的情况下,抱闸油路会一直出油,所以拆卸过程全程是在设备上电的状态下进行。具体步骤如下:

- ①将A轴改为半闭环;
- ②依次由外向内拆卸A轴光栅

尺,A轴抱闸结构;

③拆卸A轴轴承外套螺钉,轴承内套螺钉,用拔销器将定位销拔出,用螺钉反向带出轴承外套拆下A轴轴承运动副;

④对A轴轴承运动副进行擦拭清理,对垫片进行清洗擦拭,对A轴轴承运动副安装面进行清洗、细砂纸打磨处理;

⑤在A轴外套下端加装0.080mm垫片,安装A轴轴承运动副,对A轴非摆动方向进行精度检测,测试结果0.014/300mm,满足精度要求;

⑥恢复A轴抱闸,光栅尺安装,加装垫片结束;

⑦测试。

对A轴进行多次摆动测试运行,观察A轴精度在运动过程中是否会出现变化,测试结果显示A轴在运动过程中变化小于0.010mm,但在突然掉电情况下,A轴会突然变化0.003mm,而且多次下电,该误差会叠加,加工试验发现,A轴在加工试切受力后,A轴非摆动方向出现偏差0.080/300mm,同时RTCP精度也达到0.14mm,无法满足要求。

由于A轴精度不受力情况下,通过增加垫片的方式能够消除A轴非摆动方向的偏差,但多次摆动运行机加工受力后,A轴非摆动方向又出现较大偏差0.080/300mm。对于该问题,出现的可能原因是传动齿轮磨损,A轴轴承磨损,磨损后齿轮间隙或轴承滚珠间隙大,导致刚性差,加工受力后精度就无法保持稳定。

观察A轴的传动齿轮,发现传动齿轮无明显磨损和碰撞。把A轴设置成半闭环,检测A轴的方向间隙,检测结果为0.010mm,齿轮间隙满足要求,因此可以认为A轴刚性差,精度无法保持稳定是由A轴轴承磨损导致。

把A轴的轴承卸下进行检测,



发现A轴左边的轴承轴向摆动和径向摆动都比较大，达到0.040mm，正常轴承轴向摆动和径向摆动一般都在0.005mm以下，如图8、图9所示。因此可以认定该轴承失效。

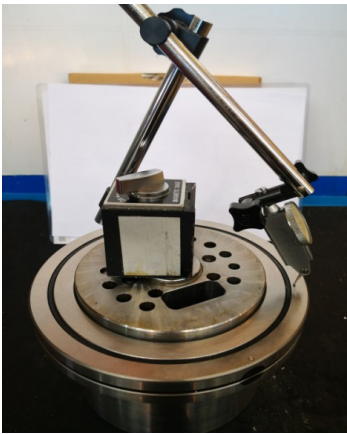


图8 测量轴承轴向跳动

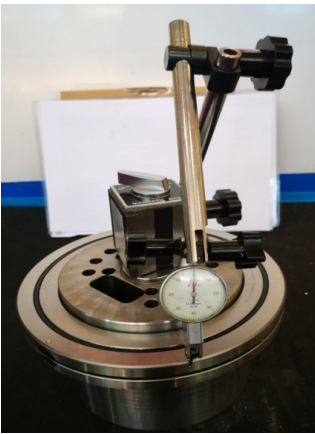


图9 测量轴承径向跳动

### 3.A轴的传动与轴承的装卸

该五轴头A轴用的是齿轮传动的方式，由大中小三个齿轮实现转速比转换，要拆右边轴承就需拆卸大齿轮，步骤如下：

①拆卸大齿轮需先拆掉中号齿轮，电机上两个小齿轮中间有碟簧，通过碟簧的弹力给中间齿轮施加预紧力，所以拆卸齿轮时需用螺钉将A轴电机上的小齿轮紧死，慢慢摇晃的拆出中间齿轮，中间齿轮有一个锁紧环，需将环上的顶丝松掉；

②拆卸大齿轮旋转分配器上的管子，将旋转分配器上的螺丝松掉，用拔销器拔出，拆掉旋转分配器外套；

③松掉大齿轮螺钉，将定位销拔出即可拆掉大齿轮；

④松掉旋转分配内铜芯固定在电主轴轴套上的螺钉，松掉轴承运动副内套螺钉，用拔销器将轴承运动副慢慢拔出，即可拆下该侧A轴运动副，该侧轴承运动副与光栅尺侧轴承运动副有所不同，该运动副不是嵌在外套内，是由一个外环扣死。

接着检测A轴右边的轴承，发现该轴承手动无法转动，无法检测轴承轴向摆动和径向摆动，拆开该轴承发现，该轴承的滚珠严重锈蚀，导致轴承失效无法转动，如图10、图11所示。根据轴承的锈蚀程度，可以推断该轴承被水浸泡。由于A轴左右两边均密封，不会进水，对该五轴头进行研究分析发现，在五轴头的后端设计有一个松拉刀按钮，按钮直接通到五轴头内部，按钮无法完全密封，同时机床冷却水压力较大，长时间使用后，就会导致五轴头内部积水导致轴承浸泡失效。

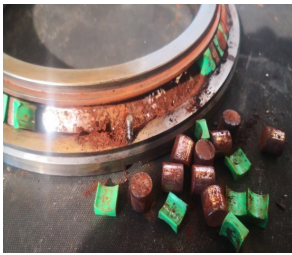


图10 轴承轴滚柱锈蚀



图11 轴承轴锈蚀

通过检测及分解A轴轴承，可以认定A轴精度无法保持稳定的原因是A轴轴承锈蚀，磨损导致，因此需要更换A轴轴承，步骤如下：

右侧齿轮安装：

①用冷装法将轴承安装在A轴运动副内套上；

②清洗擦拭电主轴轴套表面，用细砂纸打磨；

③安装轴承运动副，紧固螺钉，将轴承运动副外圈紧固环拧紧；

④安装旋转分配器内铜芯，紧固螺钉，安装大齿轮，安装大齿轮时先将齿轮螺钉把上，松放状态，将齿轮定位销完全进入后把紧螺钉，A轴齿轮侧轴承安装完毕。

左侧齿轮安装：

①用热装法将轴承外套安装在轴承上；

②将线缆穿过光栅尺组件，A轴抱闸，A轴轴承运动副，穿好电缆，气管后将A轴轴承运动副，A轴抱闸，A轴光栅尺先后安装。左侧轴承更换完成。

### 4.A轴间隙调整

如图12、图13所示，A轴齿轮的预紧力调整主要靠电机端两个小齿轮间的碟簧来调整，先把上面小齿轮拧紧，然后把中间齿轮由大小齿轮间放入，把死中间齿轮的锁紧环，然后释放拧紧小齿轮的螺丝，用百分表打在小齿轮面观察碟簧的反弹量，一般来说该反弹量大概在0.04~0.05mm左右为合适值。拆卸小齿轮测量碟簧垫片厚度为2.41mm，为消除间隙，将碟簧厚度调整至2.53mm，重新安装齿轮，碟簧反弹量为0.55mm，将中间齿轮锁紧环顶丝拧紧，测试A轴反向间隙约等于0。A轴非摆动方向精度为0.015/300mm，至此A轴调整完成。



图12 A轴传动齿轮

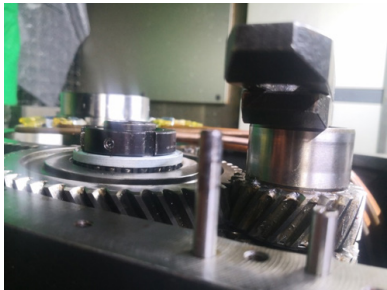
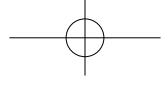


图13 拆卸A轴传动齿轮





### 三、试切及测试

A轴完成修理和精度调整后进行测试及试切加工，发现A轴精度能够保持稳定不变，修理达到预期目的，但是机床试切加工后，C轴旋转精度及RTCP精度出现较大偏差，C轴旋转精度 $0 \sim 180^\circ$ 无法保持稳定。

在RTCP打开时，C轴 $180^\circ$ 旋转时，精度值为 $0.100\text{mm}$ ，对C轴进行精度校正后，精度值为 $0.020\text{mm}$ ，但加工零件后C轴旋转精度又变化为 $0.100\text{mm}$ 。由于C轴不受力情况下，通过调整机床参数的方式能够C轴精度偏差，但多次旋转运行加工受力后，C轴又出现较大偏差变化为 $0.100\text{mm}$ 。

对于该问题，出现的可能原因是传动齿轮磨损，C轴轴承磨损，磨损后齿轮间隙或轴承滚珠间隙大，导致刚性差，加工受力后精度就无法保持稳定，或C轴光栅尺有问题，导致位置测量不准确。

(1) 观察C轴的传动齿轮，发现传动齿轮无明显的磨损和碰撞。把C轴设置成半闭环，检测C轴的反向间隙，检测结果为 $0.008\text{mm}$ ，齿轮间隙满足要求。

(2) 检测C轴光栅尺，确定是否由光栅尺引起该现象，将C轴改半闭环，对C轴光栅尺进行信号检测（见图14），C轴 $360^\circ$ 旋转，观察信号变化，发现C轴光栅尺信号变化都在信号范围内，判断C轴轴承出现损坏。



图14 C轴光栅尺信号

(3) 由于C轴的传动齿轮和光栅尺都满足要求，因此可以认为C轴刚性差，精度无法保持稳定是由C轴轴承磨损导致。

(4) C轴的结构主要由以下几部分构成：光栅尺、传动齿轮、液压抱闸机构、轴承座、C轴承、调整垫等，如图15所示。

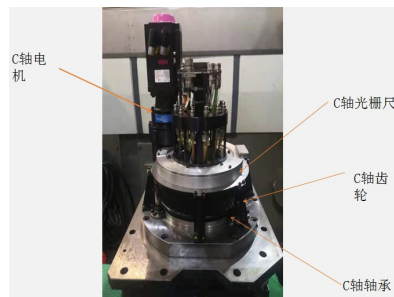


图15 C轴结构图

#### (5) C轴轴承更换

屏蔽机床的五轴头，使机床拆除五轴头后不出现报警，方便移动机床。

屏蔽五轴头主要通过设置机床参数和相关PLC进行。要拆除五轴头，首先要屏蔽主轴编码器信号，使数控系统不读取主轴编码器的信号。屏蔽主轴编码器是在伺服调试软件BRUCO中进行。打开BRUCO软件，选中主轴，在DRIVE条目中选择SKIP transducer，使该参数由0变成1，然后保存下载，完成后初始化上电。这时数控系统就不在读取主轴编码器信号。

屏蔽主轴编码器后，接着屏蔽机床的五轴头信号，如果不屏蔽机床的五轴头信号，拆除机床五轴头后，机床将出现报警，无法移动，同时出现漏水漏液现象。屏蔽机床五轴头主要是通过关闭机床的相关PLC进行。该机床五轴头的相关信号主要有PLC5控制，因此要拆除五轴头，主要是关闭PLC5，关闭PLC5是通过修改INIPAR.SET参数进行，在INIPAR.SET文件中把PLCLOAD 参数由ON

改成OF，并进行系统初始化，重新上电，这样五轴头的屏蔽工作就完成了。屏蔽完成后拆卸五轴头电缆，电缆做好相管标记，方便后续安装，避免接错。摆头管线及C轴减速器如图16、图17所示。



图16 拆卸摆头管线

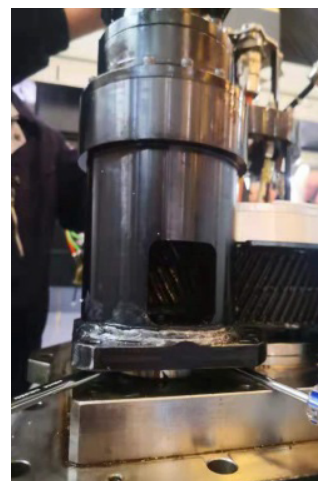


图17 C轴减速器

拆卸五轴头，将五轴头落至工作台上。拆卸C轴电机齿轮，及电缆固定支架，拆卸C轴光栅尺（见图18），拆卸C轴齿轮（见图19）。



图18 拆卸C轴光栅尺

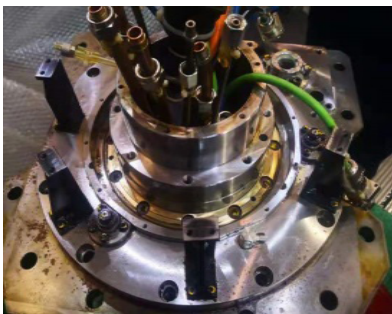


图19 拆卸C轴齿轮

接下来,拆卸C轴上端轴承(见图20),由于该轴承完全嵌在芯轴与轴承座里边,拆卸该轴承需用到拆卸该轴承的专用工装,将三等分卡爪、拉钩、调整螺栓、卡爪固定到芯轴上后,把三个拉钩深入到轴承下端面,拉钩上部固定到卡爪上,旋转调整螺栓,把轴承从轴承座上取出(见图21)。

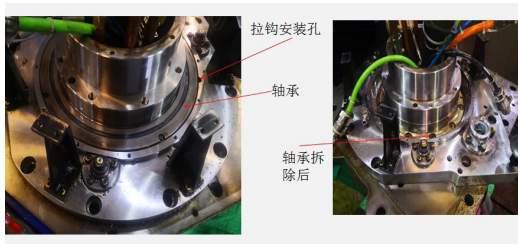


图20 C轴轴承安装结构图

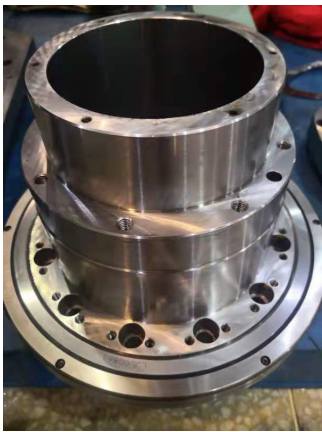


图21 C轴轴承座

拆卸轴承外盖板,将C轴心轴拆出,把轴承从轴心轴拆出,将轴承拆下,发现轴承面有明显的黄泥,拆开轴承,发现内部劣化比较严重(见图22~图24)。

68 | WMEM · 2022年第4期



图22 轴承有锈痕

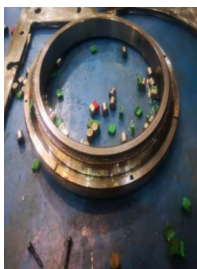


图23 C轴轴承锈死

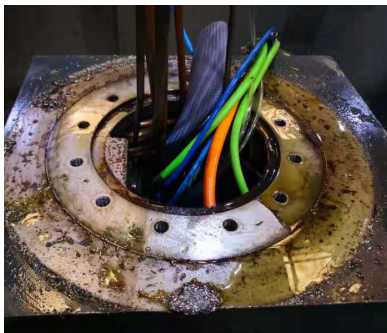


图24 C轴安装基座锈迹

进行五轴头表面安面清洁,安装面的平面度按要求在0.010mm。对齿轮、C轴基座等进行清洗,如图25所示。



图25 C轴基座清理

安装上C轴轴承后,反顺序安装五轴头C轴各部件,如图26、27所示,将五轴头安装至机床。



图26 C轴传动齿轮



图27 C轴组装

#### (6) 精度检测

安装完成后,对设备C轴旋转进行检测,C轴无规则变化的情况消失,检测发现C轴平面度有较大变化,对C轴平面度进行调整。

将1m长直尺放置于工作台上,两端较平,将检测表吸在五轴头上,关闭RTCP,旋转C轴,检测两端差,发现在X方向上相差0.010/1000mm,Y方向上相差0.100/1000mm,将五轴安装螺钉松掉,在Y方向上加装垫片进行调整,调整后拧紧螺钉,X方向0.010/1000mm,Y轴方向0.015/1000mm。检测结果见下表:

精度测量结果表

| 项目              | 精度          |
|-----------------|-------------|
| A轴侧母线非摆动方向      | 0.015/300mm |
| A轴母线            | 0.010/300mm |
| C轴母线            | 0.010/300mm |
| C轴旋转0° ~ 180°   | 0.010mm     |
| C轴旋转-90° ~ +90° | 0.005mm     |
| RTCP精度          | ± 0.020mm   |

A、C轴维修及精度调整完成后,进行零件试切,机床精度保持稳定,满足使用要求。□





# PLC软元件失效引起的设备故障处理

湖南天雁机械有限责任公司 周小伟 周雅智

【摘要】本文介绍了三例使用PLC控制的磨床由于PLC本身存储单元失效引起的故障现象和解决方法。存储单元失效一般并不引起PLC本身报警但可能会引起设备工作失常。而要找到确切的原因和解决办法则需要对设备的结构和工作过程以及程序做深入的了解和分析后才能做出合适的程序改动来排除故障。简单、快速有效的处理方法就是更换PLC并写入在用的程序。

电气控制是较为复杂的设备，大多使用PLC及其相关的伺服、变频和通讯等装置进行控制。使用这些电子装置相比过去采用的继电器、接触器等装置，设备电气硬件线路大为简化。

PLC等装置本身可靠性较高，设备故障率也就大为下降。但是，PLC等装置本身可靠性也是有限的，也会发生各种各样的软硬件故障影响设备正常运行。尽管许多PLC故障发生后会产生报警，自身停止运行，但也有些故障既不报警也不停止运行，这种故障产生的后果往往难以预略也难以排除。下面介绍三例无心磨PLC软元件失效引起的无报警的故障及处理。

## 1.三例故障的原因分析和排除介绍

本公司使用的大多数自动无心磨，逻辑动作控制和进给、修整伺服控制都是由FX1N PLC控制完成的，操作用触摸屏进行。PLC程序中既使用大量的辅助继电器用于逻辑控制，

也使用大量的数据寄存器用于伺服控制。这些软元件有EEPROM型的，也有RAM型的。在使用过程中都发生过失效现象。下面举几例说明其故障表现、故障分析和处理。

(1) 数据寄存器失效引起进给故障I

一台MG1050B无心磨在放假后，由于其X（进给）轴（D8140）、U（修整）轴（D8142）位置不在零位（触摸屏上显示的进给量非零，参见图1），而执行复位操作，结果导轮撞坏了砂轮。重新调整后一切运行正常。



图1 触摸屏上位置显示

此设备进给、修整控制由FX<sub>1N</sub> PLC通过高速定位指令控制伺服驱动器，伺服驱动器驱动伺服电机完成，属开环控制，PLC未装电池。由于正常工作停机后X轴、Z轴均在零

位，而这次上班发现其不在零位。

综合分析认为，撞砂轮原因最大可能性在于上电后复位操作前PLC中X轴位置 and 实际位置之间存在很大偏差。比如实际位置在零位，而PLC中X位置（D8140）在零位远离砂轮的方向很远处。这样复位归零时，滑台需要向砂轮运行很大距离而导致撞砂轮的现象。检查发现，由于PLC未装电池，断电后进给位置（D8140）、修整位置（D8142）是由EEPROM存储器存储的，如图2所示。

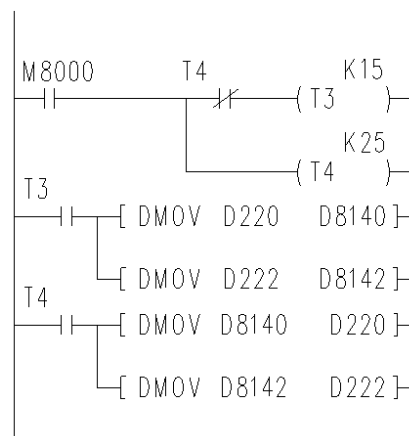


图2 X轴、U轴位置处理程序



机床通电时首先从EEPROM的D220、D222中取出位置值送入D8140、D8142。运行过程中实际的位置（D8140、D8142的值）不断存入EEPROM存储单元D220、D222。上电时，D8140、D8142内容发生变化与实际不符的原因在于EEPROM存储单元损坏。更换EEPROM存储单元后，位置数据正常，就再没有此故障了。

(2) 数据寄存器失效引起进给故障II

一台无心磨磨削过程中出现明显的停顿。经查停顿发生时时刻为半精磨后。检查时无意看到，触摸屏参数5中的半精磨后回退量实际值与更改值不一致，如图3所示。

|         |     |                |    |
|---------|-----|----------------|----|
| 参数5     |     | 00/01/01 00:14 |    |
| 参 数     | 实际值 | 更改值            | 单位 |
| 粗磨后回退速  | 200 | 200            | 微米 |
| 半精磨后回退速 | 200 | 200            | 微米 |
| 粗磨后回退量  | 10  | 10             | 微米 |
| 半精磨后回退量 | 0   | 11             | 微米 |

图3 触摸屏上半精磨回退量显示

更改值设为11时，确认后实际值还是为0。而以往经验表明，如果半精磨后回退量为零，则会出现PLC程序控制加工停住现象，半精磨后回退量显示的触摸屏程序如图4所示。

|         |       |          |  |
|---------|-------|----------|--|
| 参数5     |       | 22/07/08 |  |
| 参 数     | 实际值   | 更改值      |  |
| 粗磨后回退速  | 04214 | 0123     |  |
| 半精磨后回退速 | 04232 | 0214     |  |
| 粗磨后回退量  | 0590  | 0210     |  |
| 半精磨后回退量 | 04918 | 0123     |  |

图4 触摸屏上半精磨回退量显示程序

可见，确认后实际值没有跟随更改值变化，表明PLC的D4016值未跟随D212变化。查PLC相关程序，如图5所示，分析可见，D4016 值未跟随D212变化原因最大可能是D608或D4016失效。

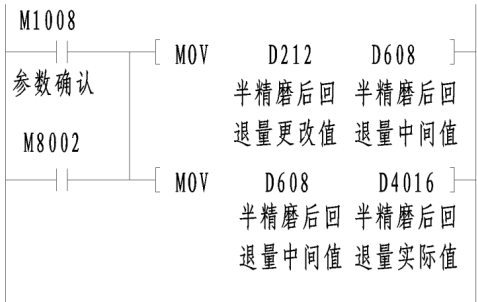


图5 触摸屏上半精磨后回退量相关PLC程序

经试验查明，D608失效，始终为0，把D608改成程序中未使用的D610就解决了问题。

(3) RAM辅助继电器失效引起故障

与上述情况相仿，一台无心磨磨削过程中出现明显的停顿，但经查停顿发生时时刻不一样，发生在精磨2实际完成（位置到达）后，停住不进入下一步的精磨2延时程序。每次重新启动后，都运行到精磨2实际完成（到位）后，停住不进入下一步的精磨2延时程序。

结合PLC程序（参见图6）、HMI程序和整个工作过程分析表明，应是SET M805未成功，M805的值始终为零引起的故障。因为，精磨2(S29步)之前顺利完成了粗磨及精磨程序，则定位结束M8029变化应该是正常的，图6中第一排程序SFTL指令工作应该也应该是正常的，程序S29步完成后未进行到精磨2延时（S30步）应该就是M805未转换。把程序中的M805用程序中未使用的M905替代，就解决了问题。

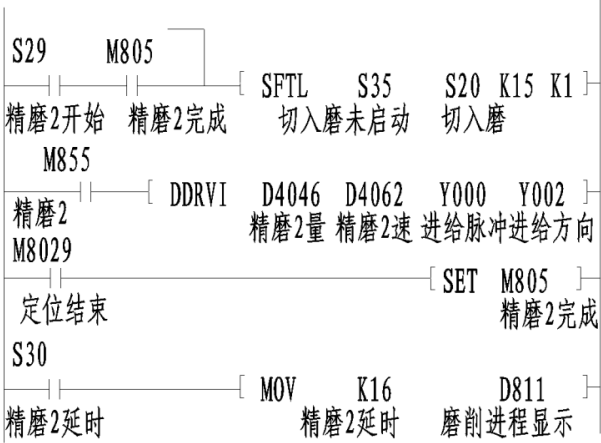


图6 精磨2后停顿相关PLC程序

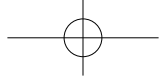
2. 结语

从上述的例子可见：

(1) PLC的硬件（每个软元件有相对应的硬件）可靠性是有限的，不是所有的硬件故障失效都会报警，而一些元器件故障失效后PLC会继续运行，如上述存储器失效程序继续运行。

(2) 要准确判断具体的失效存储元器件，需要对设备的详细工作过程和程序结构，及其工作过程有全面细致的了解。

(3) 可以通过修改程序解决部分存储器件失效问题。当然，也有简单、快速有效的处理方法，那就是更换PLC并写入在用的程序，但花费较高。□



# 大缸径堆焊气门加工工艺

湖南天雁机械有限责任公司 江文广

【摘要】本文主要对大缸径锥面堆焊气门的生产工艺进行分析，从气门毛坯成形、机械加工工艺等方面对整体材料的堆焊气门典型加工方案做了详细阐述说明。

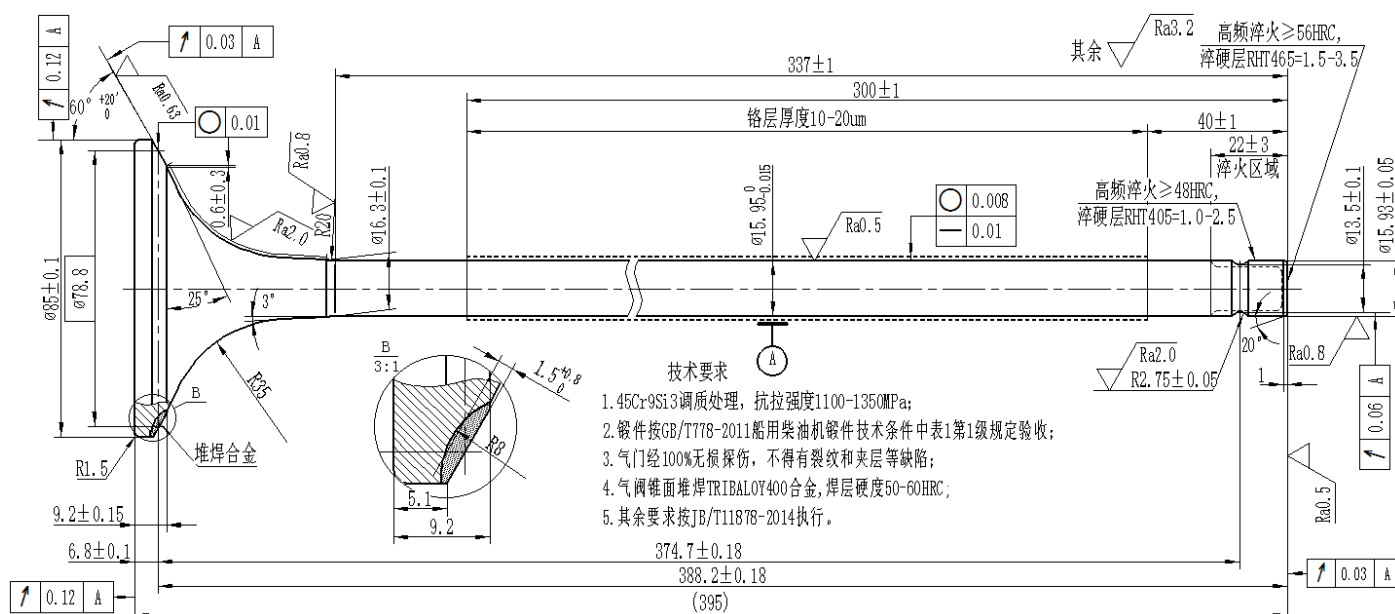
气门是发动机工作过程中密封进排气口的基础零件，用于控制发动机的换气。气门工作处在高温的氧化腐蚀性气氛中，承受着反复的冲击负荷，还承受起热应力及燃烧时气体压力等共同作用，大缸径发动机气门盘锥面材料常用镍基高温合金或锥面进行堆焊强化。

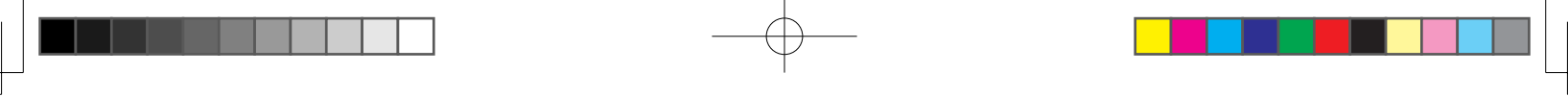
本文所述的大缸径发动机指气缸

“ $\phi 180\text{mm} \leq \text{缸径} \leq \phi 320\text{mm}$ ”，堆焊气门是指气门盘锥面进行PTA等离子堆焊强化。不同的生产厂家其锥面堆焊气门的加工工艺也不同，跟气门厂家的生产设备、生产线布局、同类型气门的加工工艺、加工经验等因素有关，本文将对整体材料的锥面堆焊气门其加工工艺进行介绍。

## 1. 典型气门结构

如附图所示，为某大缸径中速柴油机进气门，缸径 $\phi 250\text{mm}$ ，为两进两排四气门缸盖结构。进气门技术方案：整体45Cr9Si3+锥面堆焊+杆部镀铬+杆端高频淬火+单锁夹槽结构，外形尺寸：杆径 $\phi 16\text{mm} \times$ 总长 $395\text{mm} \times$ 盘外圆 $\phi 85\text{mm} \times$ 锥面角度 $120^\circ \times$ 单锁夹槽 $R2.75\text{mm}$ 。





2.气门工艺分析

(1) 毛坯成形分析

气门毛坯工艺流程分析：图示气门为整体马氏体材料+

锥面堆焊结构，产品结构较为简单，其毛坯成形工艺流程为：下料及倒角→电镦锻压→调质校直→抛丸。

附图所示气门成品公称杆径为 $\phi 16\text{mm}$ ，其气门毛坯各部位单边余量见表1。

表1 气门毛坯各部位单边余量

|         | 杆部   | 盘端面 | 盘外圆 | 盘锥面 | 颈部  | 杆端面 |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 单边余量/mm | 0.75 | 1.8 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 10  |

(2) 机械加工工艺分析

上述图示气门为整体料+堆焊+镀铬+杆端淬火+单锁夹槽结构，毛坯成形后的机械加工工艺各气门厂家差别较大，但气门各部位采用的加工方法还是比较一致的。

图示气门工作表面，如锥面、杆部、杆端面，表面粗超度要求 $Ra0.63/Ra0.5\mu\text{m}$ ，则需进行磨削加工；气门颈部表面粗超度要求 $Ra2.0\mu\text{m}$ ，采用数控车削可满足要求；

气门锁夹槽表面粗超度要求 $Ra2.0\mu\text{m}$ ，采用数控车削或磨削满足要求；气门盘端面、盘外圆及倒角表面粗超度要求 $Ra3.2\mu\text{m}$ ，采用车削可以满足要求。

结合上述分析及形位公差要求，气门各部位的详细加工方法见表2。从表1中可发现气门的机械加工主要采用车削和磨削两种加工方法，不同厂家对气门机加工工艺设计思路有不同。

表2 气门各部位加工方法分解

| 加工阶段 | 气门各加工部位采用的加工方法 |    |        |    |       |     |        |
|------|----------------|----|--------|----|-------|-----|--------|
|      | 锥面             | 杆部 | 杆端面及倒角 | 颈部 | 锁夹槽   | 盘端面 | 盘外圆及倒角 |
| 粗加工段 | 车削             | 车削 | 车削     | 车削 | 车削    | 车削  | 车削     |
| 精加工段 | 磨削             | 磨削 | 磨削     | 车削 | 车削或磨削 | 车削  | 车削     |

3.典型气门加工工艺

下面以图1所示的整体马氏体镀铬气门作为典型案例，对气门加工工艺进行说明。

整体料的堆焊气门机加工工艺流程：下料及倒角→电镦锻压→调质校直→抛丸→车杆端及盘端→车堆焊槽→堆

焊及去应力→双刀复合车→车盘端及杆端→高频淬火→探伤→精磨杆部→镀铬→镀后精磨杆部→精磨杆端面→精磨锥面→检验及标记。

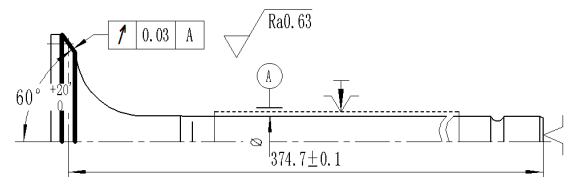
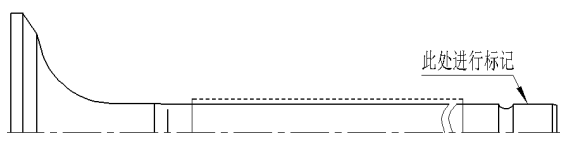
上述各工序的加工部位、定位基准、夹紧基准、工序要求、加工设备等信息见下表3。

表3 堆焊气门加工工艺简介

| 序号 | 工序名称  | 工艺附图示意<br>注：粗实线为加工部位， $\nabla$ 为定位基准， $\nabla$ 为夹紧基准 | 工艺要求                                                        | 单边加工余量/mm | 加工设备       |
|----|-------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| 1  | 下料及倒角 |                                                      | 杆径 $\phi 17.5\text{mm}$ ，总长 $\pm 0.5\text{mm}$              | 3.5       | 下料机、车床     |
| 2  | 电镦锻压  |                                                      | 形尺寸毛坯外                                                      | 毛坯余量详见表1  | 电镦机<br>压力机 |
| 3  | 调质校直  |                                                      | 调质硬度，杆部 $\nearrow 0.2\text{mm}$ ，锥面 $\nearrow 0.8\text{mm}$ | -         | 热处理设备、校直机  |





| 序号 | 工序名称  | 工艺附图示意<br>注:粗实线为加工部位, 为定位基准, 为夹紧基准                                                | 工艺要求                                                                 | 单边加工余量/mm | 加工设备      |
|----|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 15 | 精磨锥面  |  | 锥面角度 $\pm 10'$ , 圆度 0.006 mm, 锥面 $\nabla 0.03$ mm, 粗糙度Ra0.63 $\mu$ m | 0.1       | 锥面磨床      |
| 16 | 检验及标记 |  | 按图纸检验按要求进行激光标记                                                       | —         | 终检机、激光打标机 |

4. 结语

气门产品结构虽然简单,但其制造工艺涉及热锻、锻造、焊接、热处理、毛坯校直、高频淬火、车削加工、磨削加工、表面处理等加工方法。由于气门是发动机的缸内零件,其产品质量直接影响着发动机性能。因此在对气门工艺设计时,以满足产品图纸为首要指标,根据现场的生产设备,尽量使工艺基准和设计基准达成统一。

随着技术的进步,未来气门加工将朝更加专用化、自动化方向发展,其工艺流程将逐渐缩短,产品质量将更有保证。作为工程技术人员,分析其他厂家的加工工

艺,对提高自身工艺技术水平很有帮助,本文只是对大缸径整体料堆焊气门工艺进行一些阐述,希望对同行能提供一些参考。□

参考文献:

- [1] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 蔡春源, 等. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 高永祥. 数控高速加工与工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [4] 陈国定. 机械设计基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

资讯

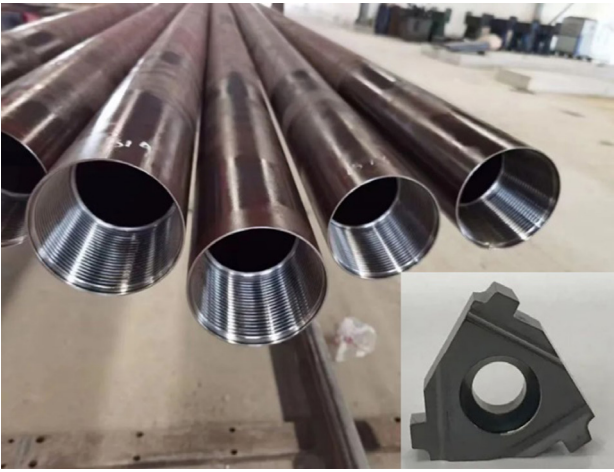
针对贝氏体难加工材料用石油管螺纹刀具取得重大突破

清华大学材料学院贝氏体钢研究团队(贝钢团队)利用材料基因的相关思路,经过理论模拟和计算,进行合金与形状设计,开发出工艺简化、性能优异的高强贝氏体钢耐磨钢管。其“基于材料基因设计的全寿命锻造贝氏体耐磨钢项目”荣获2021年度全国颠覆性技术创新大赛优秀项目。

作为合作伙伴,成都工具研究所有限公司充分发挥在螺纹加工领域的绝对优势,通过革命性的毛坯制备手段、刀具成型办法以及高端涂层工艺,进一步提升刀具硬度、折抗力,研发出国内第一代锻造贝氏体耐磨钢螺纹刀具,在管体硬度超过HRC40、屈服强度达到1000MPa的苛刻工况下表现优异,对我国耐磨管材的开发与进步具有里程碑的意义。

同时,成都工研所与清华大学贝钢团队的强强联合,

使得高强贝氏体钢耐磨钢管在尾矿回填中得到成功应用,产生了明显的经济与社会效应。





# 航空维修零备件加工节能增效方法研究

空军93163部队 朱金华

【摘要】随着航空工业的迅速发展，新材料、新技术、新工艺得到广泛应用。机械加工的精密程度以及加工量呈现出逐渐上升的状态，以此来满足各个领域对于零备件的需求。航空零备件生产过程中，虽然非常重视质量和精度，但是节能增效的问题却没有引起足够的重视。此次研究根本目的在于合理的优化零备件加工的节能增效问题，找出根本原因，提出了针对性的应用策略。

在飞机大修过程中，通过大数据统计，零备件的报废更换率高达65.9%，这些零备件是通过车、铣、刨、磨、钻、插、拉等机械设备切削加工完成，完全是靠自主生产。由于设备老旧，加工工艺改进缓慢，专业技术人员生成时间长，在零备件加工过程中，虽然注重产品质量、精度以及效益等因素，但是却忽略了节能降耗的问题。

随着全社会对节能降耗的逐渐关注，降本增效成为一种责任，更是一种精神。研究机械加工的节能增效问题已经成为一种必然趋势，所以在机械加工过程中，不能只追求产品质量、经济效益，而忽略了节能降耗的问题，通过研究探索要达到“双赢”，为可靠性航空维修提供有力的技术支撑。

## 1. 零备件加工过程中能源消耗的问题

确保航空安全是空军工作的永恒主题，航空维修是保证飞行安全的基础工作，航空零备件生产的精度直接关乎航空维修的质量。

### （1）航空维修零备件加工特点导致的能源消耗

航空维修过程中，零备件制造特点是批量小、种类多，机械设备、工装、刀具更换安装频繁，不能满足快速换产需求，造成耗时浪费，并严重制约生产效率。

### （2）机械加工人员认识不足导致的能源消耗

长期以来，在零备件生产过程中，机械加工过程中的节能降耗问题容易被忽视。这是因为机械加工设备的能耗

往往远低于热工设备和大型冷作设备，同时也由于在人们的传统观念中，机械加工设备是标准化系列的产品（设备），其运行能耗近乎接近“常数”。

### （3）编制工艺时考虑不周导致的能源消耗

在机械加工工艺的编制过程中，生产质控部门往往只从得到满意的机件质量出发，注重机件的加工性和工艺性，而忽视了机件加工过程中的能耗问题。特别是在特型零件的机械加工中，这种问题尤为突出。

这类机件的工艺编制首先要考虑的是工艺的合理性、可行性，在此前提下考虑生产中各工种间的能力平衡，相应也就对不同的设备进行工序间能力平衡，从而放弃最佳工艺方案。

## 2. 零备件加工过程中能源消耗的原因

### （1）操作人员业务技术不精

航空维修机械加工属于技术密集型行业，具有专业性强、技术要求高、生产强度大的特点。使其生产一线的高技能人才的培养较之其他行业来说难度要大得多，受体制编制的影响，高技能人才保留又相对困难。据统计，一般操作人员与成熟操作人员在加工同一产品时，工时率为3.5:1，也就是说在设备上的占有率为3.5:1，这就相对地造成了设备能源消耗、磨损，降低了生产效率。

### （2）设备类别的差异性导致能源消耗量不同

机械加工过程中，由于机械设备的操作者是人为主





体, 容易受到操作人员的主观意愿, 造成设备的选择出现错误的状况。

同一种工件、同一工序选用不同的设备可得到同样满意的质量效果, 而不同的设备能耗则是不同的, 有的甚至相差甚远。如在制作模具时, 一块凹凸不平的铸造毛坯件, 如图1所示, 材料为铬钢, 表面需要加工。

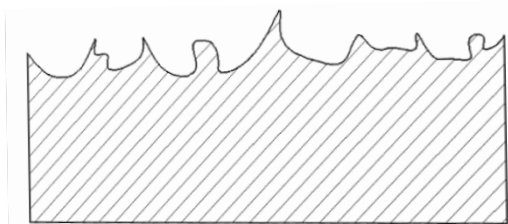


图1 模具毛坯

过去的旧工艺是把模具工件排在B690牛头刨床上刨平, 单件工时3h。但是如果把这个工件排在X5030立铣上加工, 工时最多只需0.5h。计算一下单件耗电量(均以额定功率代替实际功率), 牛头刨的功率为10kW, 3h耗电30kW·h; 立铣的功率是4kW, 0.5h耗电2kW·h。加工一件产品, 牛头刨的耗电量是立铣的15倍。改换设备可提高效率, 大大降低耗电量, 这是一个典型的例子。所以根据具体的工序选择合适的加工设备, 对加工流程中的节能降耗尤为重要。

### (3) 设备型号的差异性导致能源消耗量不同

机械加工过程中, 同等设备的不同型号之间, 产生的功率消耗也存在一定的差异。有些工艺部件可能在两种或多种型号的设备上都能完成加工, 因为生产操作者对于不同设备能耗的不明或急于抢工期, 往往不会去注意选用能耗相对较小的设备去操作, 有时就会出现“大材小用或大马拉小车”的现象, 若长此以往, 会造成巨大的能源浪费。所以说在工艺编制选择设备时, 能使用小设备的, 绝不使用大设备, 以避免造成不必要的能源浪费。

## 3. 零备件加工过程中的节能增效策略

### (1) 加大航空维修保障人才培养

航空装备维修保障人才的培养是一个观念需要及时更新、体制需要适时调整、模式需要不断创新的系统工程。通过多种形式的培养, 航空维修人员必须树立博学多能的理念, 充分认识人才培养的超前性, 在学好基本理论, 掌握专业技能的同时, 还要努力学习本专业的前沿知识, 用各种新知识、新思路、新观念丰富自己, 全面提高综合素质, 才能在未来各种复杂的环境面前应付自如, 在不同岗位的挑战面前得心应手。

### (2) 减少准备终结时间的工艺措施

减少准备和终结时间的主要方法是减少机床、夹具和刀具的调整和安装时间。如采用可调夹具, 可换刀架和刀夹, 采用刀具的微调机构和对刀辅助工具等。如钻床上采用快速夹头, 车床上采用可转位硬质合金刀片, 铣床上安装对刀装置, 数控机床上的自动换刀装置, 磨床上采用金刚石滚轮成形修整砂轮装置等, 都可以节省换刀、对刀以及修正砂轮的时间。

### (3) 改进刀具结构

发展高速切削、强力切削是机械制造技术发展的主要表现之一, 也是提高切削加工效率的重要途径之一。刀具在机械制造中的作用在于直接影响生产率、产品质量和成本。刀具虽小, 潜力巨大, 其完善程度对切削加工的质量和效率起着决定性的影响。通过改革刀具, 就可以大大提高劳动生产率。

在切削加工中, 金属切削率与切削用量三要素 $a_p$ 、 $f$ 、 $v_c$ 均保持线性关系, 即其中任意参数增大一倍, 都可使生产率提高一倍。而提高切削用量的途径有采用切削性能更好的新型刀具材料、改进刀具结构等方法, 与改进机床结构相比, 方法简单, 收效迅速。比如在镗孔时, 可用弹性可调节刀具(如图2所示)进行不同深孔的加工, 一把可调节刀具可代替多把焊接镗刀, 节约了成本, 提高了效益。

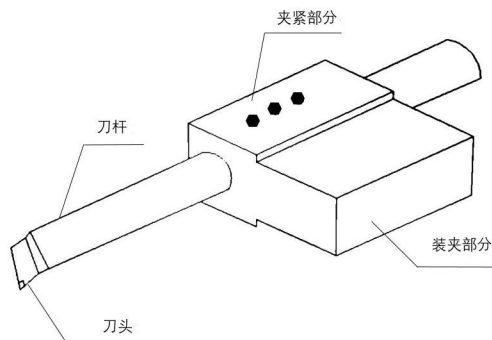


图2 弹性可调刀具

### (4) 改变加工工艺方法

在生产过程中常有这样的产品, 既可使用通常的工艺方法加工, 又可通过革新工装进行加工。有时工艺员忽略了这个问题, 即造成了能源的浪费。

运五B型飞机主起落架内筒连接接头(如图3所示), 内槽直径为 $\phi 58\text{mm}$ 、深50mm的环形盲孔槽, 型腔中有一外径 $\phi 14\text{mm}$ 、内孔为 $\phi 10\text{mm}$ 的充油、充气焊接导套。最初的工艺编制是在CA6150车床上进行加工, 用镗孔刀一点点车制, 先用短镗孔刀, 最后用长镗孔刀, 单件加工工时2h, 设备功率是7.5kW, 耗电15kW·h。费时费力, 能耗较大, 生产效率低。

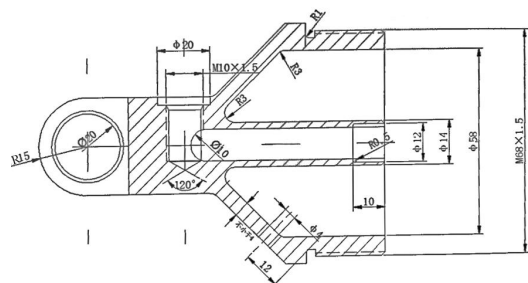
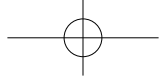


图3 接头零件图

经过反复探索研究,制作了一个钻削工装(如图4所示),安装放到C618车床尾座上,对工件进行钻削,单件加工工时0.5h,设备功率是4kW,耗电2kW·h。使用钻削工装后,单件耗电约为原加工工艺的1/8。由此看来,适当改变加工工艺方法可大大降低能耗,提高生产效率。

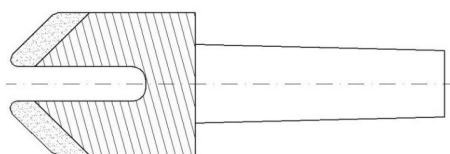
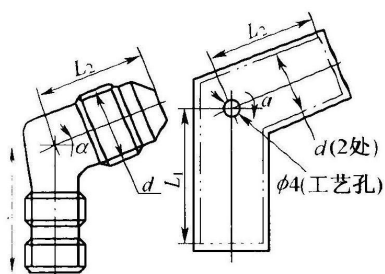
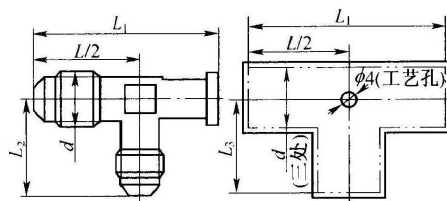


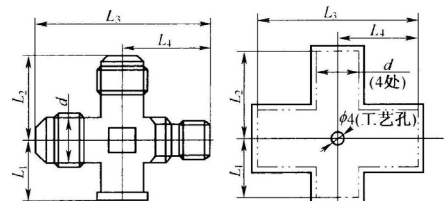
图4 钻削工装示意图



(a) 二通接头



(b) 三通接头



(c) 四通接头

图5 导管接头示意图

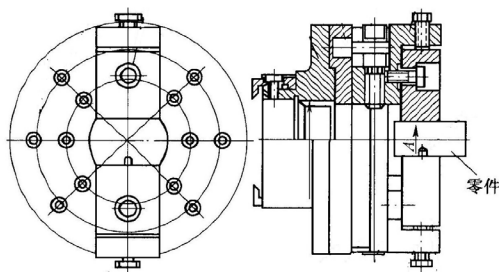


图6 导管接头加工夹具

#### (5) 采用批量加工的生产形式

在航空维修零备件生产过程中,绝大多数是单机数量生产。这样组织生产,在机床上的加工步骤均按单件的方法进行,既无法成组加工,也无法流水加工,势必增加单位加工工时,从而增加能耗。

通过历年来统计归纳,把每年消耗量少的同型号零件

#### (6) 合理使用夹具

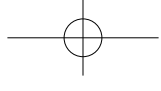
在机械加工的过程中,由于操作人员收到主观能动性方面的影响,对于传统的工艺以及加工方法需要进行改造,开发与深入发掘新的工艺以及工装。在具体实施的过程中,合理的工装能够有效的降低机械加工工艺方面的能耗问题。

飞机上各种输油、输气等管路连接有许多大小不等的二通、三通、四通接头(如图5a、图5b、图5c所示),材料为LD5,采用自由锻造毛坯。原始加工工艺是先由钳工划线,再到C618普通车床上通过四爪卡盘装夹找正进行加工,每件使用工时分别为1.5h、2h、3h,通过反复探索、研究,设计制造了C618普通车床两爪夹具(图6所示)进行加工,每件使用工时分别为0.5h、1h、1.5h,缩短了时间,同样保质了产品质量、精度。由此得出,一套工装的改进、应用可以完成多种不同形状、规格的零件,从而简化了工艺流程,降低了能耗,提高了生产效率。

整合由批次加工改为一次完成,或将相似零件组织起来加工,以扩大零件“成组批量”。借助于数控机床、加工中心的灵活加工方式,最大程度地实现自动化加工方式。对于消耗量大的同型号零件整合分批量生产,采用数控机床、加工中心、柔性制造单元及柔性制造系统,进行部分或全部的自动化生产,实现多品种小批量生产的自动化,降低能耗,提高生产效率。

### 4. 结语

综上所述,在零备件生产过程中,节能增效的因素还有很多,在实际工作中,要不断的学习、探索、研究,并充分利用现有资源、开发利用新材料、新工艺、合理安排生产工艺流程及人员等。在保质保量的情况下,节约成本、降低能耗、提高工效,确保飞机可靠性维修,为飞行安全奠定坚实的基础。□



# 华中数控配套直线电机让制造更精更快更智能

武汉华中数控股份有限公司 胡少云 张玲 张幼龙 肖明

直线电机可以在几秒钟内把一架几千公斤重的直升飞机拉到每小时几百公里的速度；直线电机可以拖动20t的磁悬浮列车以150km/h的时速前进；直线电机可以驱动智能大厦载重600kg的电梯以105m/min提升；直线电机可以应用在半导体行业的光刻机、IC粘连机等多种设备的加工中，应用情况如图1、图2所示。

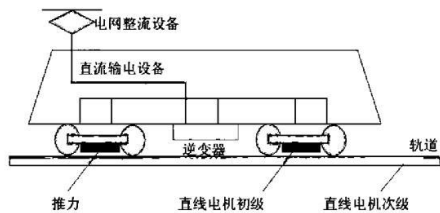


图1 磁悬浮列车示意图

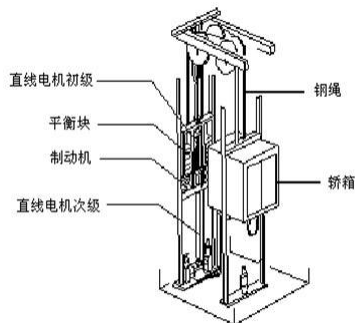


图2 直线电机电梯

听起来神奇的直线电机，到底有什么特殊之处，它应用在数控机床上进行加工，又能发挥怎样的作用呢？

## 一、数控加工新力量——直线电机

直线电机是一种将电能直接转换成直线运动机械能，而不需要任何中间转换机构的传动装置。它可以看成是一台旋转电机按径向剖开，并展成平面而成，如图3所示。

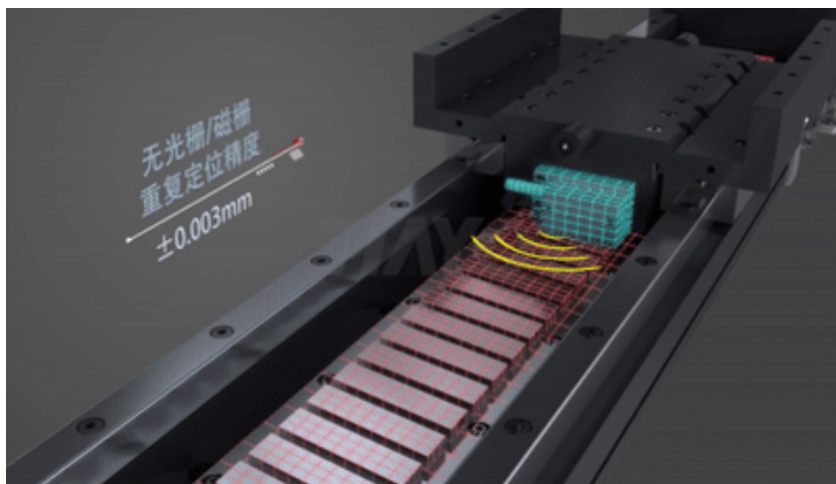


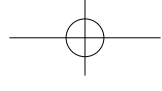
图3

随着国防、航天、汽车、微电子等高技术行业不断发展，对制造加工业提出了更高的要求，超高速加工和超精密加工成为未来机床业发展的两个主题。

传统的机床进给驱动系统是“旋转电机+滚珠丝模”机构。这种驱动系统涉及的中间部件多，运动惯量大，而且滚珠丝模本身具有物理局限性，因此产生的线性速度、加速度及定位精度均有限，不能满足超高速、高精密加工的需要。

于是直线电机受到关注，它直接产生直线运动，结构简洁，运动惯量小，系统刚度高，快速响应特性好，高速情况下能实现精密定位，产生推力大，尤其运动速度、加速度高于滚珠丝模的若干倍，工作行程可以无限长，维护少、寿命长。所以对于控制精度高于 $2\mu\text{m}$ 以上的数控机床，直线电机是优选功能部件。





除了速度快、精度高,还有免维护、寿命长、可靠性高的优点,凭借这些优势,就足以让直线电机未来可以取代以机械传动为主的丝杠模组,如图4所示。

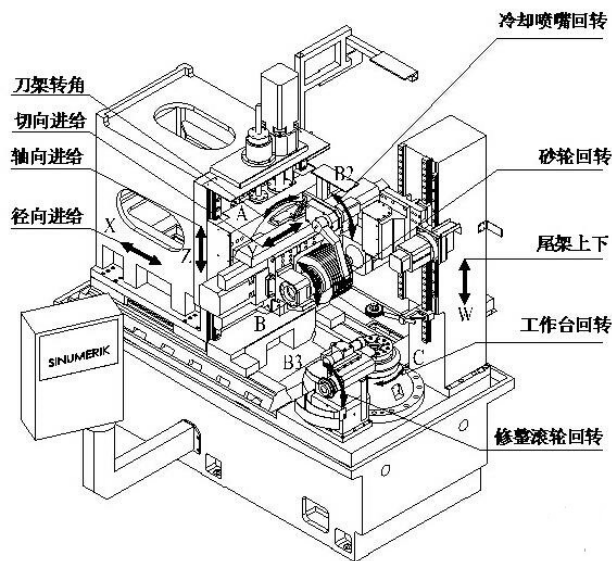


图4 直线电机机床

直线电机国外发展比国内早,1993年,德国ZxCell-O公司推出了世界上第一个由直线电机驱动的工作台HSC-240型高速加工中心,机床主轴最高速达到24000r/min,最大进给速度为60mm/min,加速度达到1g,当进给速度为20m/min时,其轮廓精度可达0.004mm。

目前,国内机床行业中直线电机的普及率也比较低,而在欧美日等国,直线电机的普及率则高达20%~50%。

## 二、直线电机在数控机床行业的明显优势

随着“工业4.0”和“智能制造”等政策的出台与推进,国家加大了对工业制造的投入与支持。工业机械自动化程度的不断升级,有力地带动了上游直线电机在中国的快速成长。国外品牌纷纷加大对中国市场的投入力度,与此同时国内小品牌迅速加入到直线电机的生产制造中,尤其在沿海地区,每年有将近20多家新的直线电机公司成立。

直线电机整体市场中,机床依然是直线电机应用最多的行业,约占总体市场的25%以上。由于生产工艺的提高,成本已经在逐步下降,现阶段主要应用在高性能机床,特别是精密高速加工机床、特种加工机床、大型重型机床,主要是为了解决传统传动方法不能解决的问题。

直线电机及其驱动控制技术在机床进给驱动上的应用,使机床的传动结构出现了重大变化,并使机床性能有了新的飞跃。

## 三、直线电机进给驱动的主要优点

- (1) 高刚度,无传动间隙和柔度  
电机线圈和工作台一体,电机推力直接驱动工作台,无任何传动间隙及传动变形。
- (2) 宽调速范围( $1\mu\text{m/s} \sim 5\text{m/s}$ )  
可同时兼顾微进给、高速快移定位。
- (3) 高动态性能高加速度  
加速度可高达 $10g$ 。
- (4) 极高的运动分辨率和定位精度  
外接高分辨率编码器,实现全闭环控制。
- (5) 无限行程  
直线电机磁板可以多块拼接,不限行程距离,如果在与气浮导轨配合,可达到纳米级定位,是大行程高精度的终极解决方案。
- (6) 无磨损维护  
无中间传动环节,无磨损。
- (7) 集成机械系统设计调整简单  
电机与工作台一体化,无中间机构,设计简单。

## 四、华中数控与直线电机完美适配

一个直线电机应用在数控机床上还必须具备能在安全可靠条件下实现技术要求的数控系统,以及能满足直线电机的运动控制及智能算法。

硬件方面,在数控技术及关键功能部件中,开发直线电机产品(包括相应的驱动系统)。软件方面,数控技术中应开发与直线电机驱动控制相匹配的软件技术,例如高速及高加速条件下的伺服控制及其调整,高速、高精度的插补技术,复杂加工程序的前瞻控制能力,机床动态特性参数优化模型,故障诊断与保证功能等。同时,相应开发与高速高加速运动相配套的高速导轨、高速防护、高速位置检测装置等。

华中数控作为国产数控系统行业的领先企业,与华中科技大学共建“国家数控系统工程技术研究中心”、“新型电机技术国家地方联合工程研究中心”、“高档数控系统关键技术创新平台”,形成了高档数控系统工程化开发和产业化能力,建立了新型的数控系统产业化基地,形成了年产数控装置3万台,年产15万台伺服驱动和伺服电机的生产能力,如图5所示。



图 5

通过选用华中数控HSV-180UD、HSV-150E或其他第三方总线驱动器（见图6），可支持各类直线电机、高精度光栅尺、线性导轨及大理石或矿物铸造床身，可满足高速高精密模具机的需求。



图 6

## 五、应用案例

### 1. 惠州某机床厂与华中数控融合创新

经深度二次开发的专有数控系统，满足直线电机的运动控制及智能算法，带来高次平滑前瞻的加减速控制。

#### （1）配置华中数控系统的钻攻机

5G通讯传输速度快，大功率对散热器要求越来越高，但目前在散热器的加工过程中，仍然存在着铝材尺寸大、槽和螺纹挂耳多、切削量大、基材粘黏现象严重、异形孔加工需求多等难点。

传统的滚珠丝杠传动+外驱主轴的加工解决方案，主轴极限转速低，动静态偏摆大，丝杆磨损导致机床精度丧失过快，外置电机体积过大，难以实现多主轴高效加工要求。

围绕5G基站散热器、天线板、金属手机壳等大批量加工领域的特定需求，

机床厂采用“新型直线电机+永磁同高速电主轴+多主轴加工”的高效解决方案，有效克服了上述缺点，满足5G产品的高效快捷加工需求。



图7 批量配置华中8型系统和直线电机的高速钻攻中心

#### （2）配置华中数控系统的三头雕铣机

进给轴全部用直线电机，加速度2g，快移达80m/min, 高效批量加工小五金类产品，如图8、图9所示。



图8 誉东沅三头雕铣机

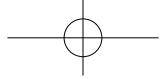


图9 小五金

#### （3）配置华中数控系统的高光机

高光机如图10所示，主要用于加





工智能手机、笔记本等3C产品外壳，可使被加工面或倒角边达到镜面效果，肉眼看不到刀纹。



图10 高光机

## 2.联合开发的YH-WZ640全直驱五轴加工中心

目前，国内机床企业生产的多为三轴数控机床（或使用三轴+转台去替代五轴，精度会有所下降），五轴数控机床属于高端领域，在军工及航空航天领域运用广泛，国内掌握相关研发和生产技术的企业屈指可数。受技术和成本限制，配备全直驱的五轴联动数控机床更是少之又少。武汉华中数控股份有限公司与深圳某机床厂合作研发全直驱五轴数控加工中心YH-WZ640（见图11），目前已实现批量化销售。



图 11

产品特点：

（1）X、Y、Z三个直线运动轴采用具有自主知识产权的直线电机，推力大，响应快，结合高精度光栅尺形成全闭环控制。

（2）BC两个旋转轴采用具有自主知识产权的直驱(DD)马达，扭矩大，运行速度快，可以有效提升切削效率。

（3）优化设计的全铸件床身，龙门式结构，高强度，高刚性，稳定性好。

（4）适合高精度、复杂曲面的精密零件加工。

（5）具有RTCP功能，能实现五轴联动加工。

加工零件如图12所示。



■ 汽车配件模具



■ 医用接骨板



■ 医用骨锉



■ 叶轮

图 12

智能制造给我国的数控机床行业带来新的机遇和挑战。随着产业机械自动化程度的提高，对机床设备的要求正越来越高。高速化、高精度化、复合化、智能化、开放化、并联驱动化、网络化、极端化、绿色化已成为数控机床发展的趋势和方向。直线电机凭借其高速度、高精度、高刚度的优势，开始逐步被应用到机床上。未来随着国家政策推动，使用直线电机的机床比例还会有所上升，直线电机时代正扑面而来。

数控机床行业潮汐涨落，华中数控始终愿意做弄潮儿，以二十余年之沉淀，引智能制造之先锋。未来，华中数控还将继续探索与直线电机的配套之路，为数控加工的更精更快更智能不懈奋斗。□



## 普通车床提高不锈钢加工成品率的技巧

四川省攀钢（集团）工程技术有限公司修建分公司 周德华

【摘要】炼铁厂煤化区域化产系统多使用的低温泵系多为多级水泵类，低温泵轴的精度高，外径公差小，表面粗糙度要求高。其材质为316L不锈钢，是精度高、加工难度高的不锈钢细长轴，在普通车床切削加工相当困难，在车削过程中很容易报废。为解决加工中的技术难题，需从以下几个方面对不锈钢细长轴加工辅助机具进行改进。

炼铁厂煤化区域化产系统使用的低温泵系多为多级水泵类, 轴的长度 $L=1237\text{mm}$ , 最大直径 $D=30\text{mm}$ ,  $L/D=1237/30=41.23$ , 按车工工艺标准轴的 length 与直径之比大于20倍以上的称为细长轴。低温泵细长轴的精度高(外径公差 $0.02\text{mm}$ , 表面粗糙度 $1.6\mu\text{m}$ ), 并且材质为316L, 此材质难于加工。在普通车床切削加工相当困难, 细长轴在车削过程中很容易报废, 为解决加工中的技术难题, 经研究传统加工方法、历来的经验, 从以下几个方面对不锈钢细长轴加工辅助机具进行改进。

## 1. 不锈钢材料的车削特性

在机械加工行业中，为了保证车削的质量和提  
高工作效益，首先应该熟悉和掌握被车削材料的各种性能，以便  
选择切削工艺和刀具，不锈钢材料的车削特征表现是：

(1) 塑性大, 韧性高, 切削变形大, 相应的切削力与切削热也大。

(2) 导热率低, 约为普通钢的 $1/2 \sim 1/3$ , 切屑带走的热量少, 因此车刀的温度很高, 车刀快速磨损。

(3) 粘附性强, 车削时切屑在刀尖上容易产生积屑瘤, 工件不易获得较好的表面粗糙度。

(4) 加工表面容易产生冷硬现象加剧车刀磨损。由于韧性大, 切屑不易折断与卷曲, 容易堵塞切屑流出。

## 2.改进方案

针对不锈钢材料性能与车削加工困难和特点,从以下几个方面进行改进。

(1) 刀具材料选择。首先选用硬度高, 抗粘附性能好, 强度好的刀具材料, 如TW1/YW2硬质合金刀片, 有较好的韧性, 能承受较大的冲击力与切削力, 而且抗拒粘附性能也较好。

(2) 车刀几何形状的选择。加大外圆车刀的前角，车削钢件车刀的前角为 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 左右，车削不锈钢车刀的前角加大约为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ，如图1所示。前角增大使切屑卷曲产生足够的容屑空间，使切屑排除流畅。但是为了切削轻快加大了前角，会影响车刀的受力强度。为了增强车刀刃口位置的强度，采取磨有 $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ 的倒棱办法来补偿车刀刃口的强度。

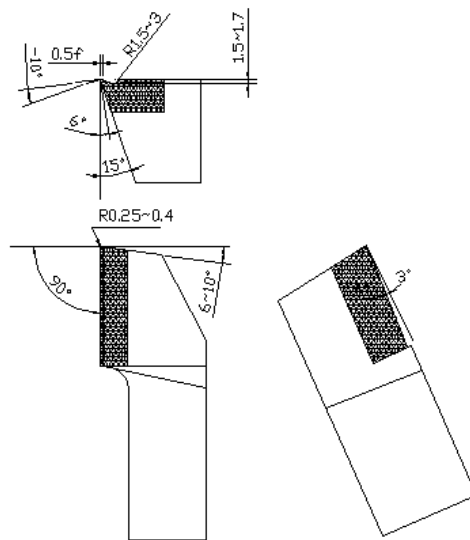


图1 车刀角度示意图



(3) 切削速度的选择。不锈钢细长轴的刚性差, 所以切削速度不能太高, 30~60m/min, 普通钢可高一些。

(4) 冷却润滑剂的选择。不锈钢韧性大, 难以切削, 要选用抗粘附性与散热性好的冷却润滑液, 降低切削力, 从而提高了切削质量与刀具的使用寿命。

### 3. 跟刀架的改进

两卡爪跟刀架的结构: 跟刀架 (见图2) 由跟刀架体、调节手柄、紧固螺钉、卡爪组成。跟刀架主要在车削细长轴与长丝杆时使用, 跟刀架体是固定在车床大拖板上, 跟随在车刀的后面, 车削时工件受到车刀的切削力, 工件将产生变形时, 跟刀架的卡爪紧贴住工件, 起着控制工件变形的作用, 从而可以提升工件的形状精度和表面粗糙度。

常规车床加工使用的跟刀架只有两个卡爪, 从跟刀架的设计原理来看只需两个卡爪就可以满足要求, 车削时车刀给工件的切削力 $P$ 。

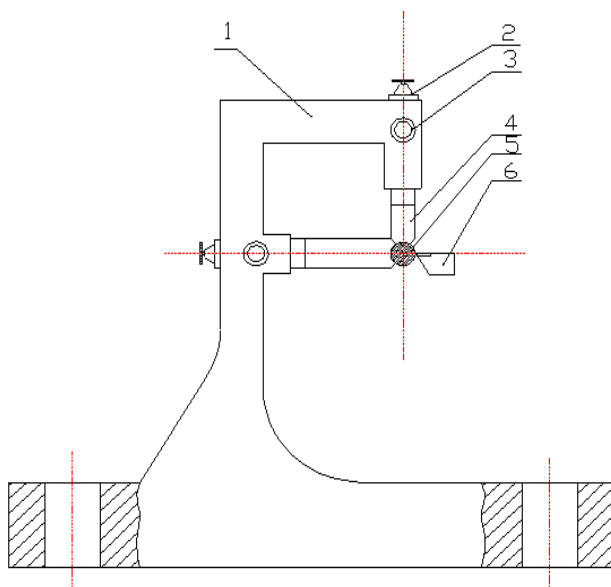


图 2

1. 跟刀架体 2. 调节手柄 3. 紧固螺钉 4. 卡爪 5. 工件 6. 车刀

工件的表面就贴在跟刀架的两只卡爪上, 但是在车削的过程中, 细致观察手握手柄, 感受到工件有振动, 分析其原因是: 工件本身存在向下的重力 $Q$ , 工件也免不了有些弯曲。当车削时, 工件转动中由于离心力的作用, 工件时而离开卡爪, 时而接触卡爪的现象。这种振动现象对细长轴的加工精度有很大的影响, 车出来的轴产生竹节形两头大小不一致, 还形成锥度的外圆表面光洁度较差, 因而车出来的轴不能使用, 只好报废。

为了解决工件的振动现象, 需对跟刀架进行改进。把原来的两卡爪跟刀架改为三卡爪跟刀架, 如图3所示。

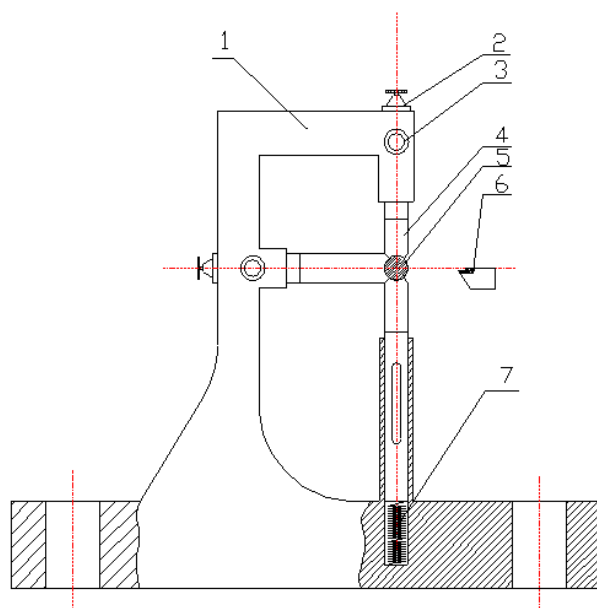


图 3

1. 跟刀架体 2. 调节手柄 3. 紧固螺钉 4. 卡爪 5. 工件 6. 车刀 7. 弹簧

使用改进后的三卡爪跟刀架车削时, 上下左三个方向受到三个卡爪的控制, 右方向有车刀抵住, 这样工件在上下左右都不能振动, 消除了工件振动现象, 使细长轴能稳定顺利地进行车削加工, 加工精度表面粗糙度与锥度误差基本上能达到图纸上标注的技术要求, 加工件的成品率达100%。

### 4. 车床尾部顶针的改进

顶针是车削轴类工件特别是车细长轴时不可缺少的部件, 安装在车床尾架上。顶针的作用是在夹紧工件时, 从车床尾部将工件顶住一端, 以便实现车削工艺。

普通顶针在轴线方面从车床尾部将工件顶住固定后, 没有伸缩调整的余地, 在车削过程中由于工件受热产生热变形伸长, 根据热变形伸长公式:

$$L=alt$$

式中,  $L$ 为工件热变形伸长量 (mm);  $a$ 为材料热膨胀系数, 钢 $a=11.50 \times 10^{-6}$ ;  $l$ 工件的总长度 (mm);  $t$ 为工件升高的温度。

从上述公式中可以看出伸长量与工件的长度, 工件热膨胀系数与工件的温升有关。在车削加工短轴类零件由于热变形伸长量小, 工件刚度不易变形弯曲, 可以不必考虑。但是车削加工细长轴零件时, 由于工件长度大, 热变形伸长量大, 刚度低。如果顶针固定后没有伸缩调整的余地, 工件就会被顶弯, 车削加工就很难进行, 也容易出废品。为此将普通顶针改进为弹簧顶针 (如图4所示)。

(下转第85页)

# 汽车发动机连杆大小头孔镗孔夹具的设计沿革

上海华普发动机有限公司 金延安

【摘要】本文针对汽车发动机连杆加工工艺编制进行经验总结，并设计了连杆大小头孔镗孔夹具，及相关的机床等加工设备情况，供业内同仁参考，共同提高。

## 1.在通用机床上加工连杆大小头孔

在汽车发动机结构中，连杆处于发动机承上驱下的位置，上连接活塞，下连接曲轴，通过曲轴后端的飞轮将燃烧室的化学能变为旋转的机械能输送出去。

可见连杆在发动机位置的重要，连杆的工艺编制更受到发动机行业的普遍关注和重视。

在连杆大小头孔镗孔之前，连杆已完成上下平面及部分工序的终加工，在后面的工序中要保持：①连杆上下平面平行度；②连杆大小头孔加工后，其中心线对上下平面的垂直度；③连杆大小头孔镗孔的工序中保持大小头孔、孔的中心线的相互平行度。

以上三点都是直接关系到发动机整机性能。

20世纪60年代，多数内燃机厂连杆大小头的镗孔都选择在原昆明机床厂生产的卧式双主轴金刚镗床上加工，夹具设计也是和金刚镗床结构相适应，如附图所示。

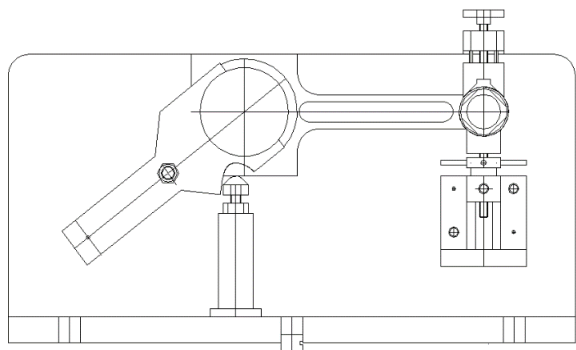


图1 双主轴金刚镗床夹具

### (1) 连杆夹具设计分析

设计金刚镗床镗孔夹具时，同时夹紧连杆大小头两端时，难免连杆受压而变形，而变形量是变化不定的。如果在连杆两端处于受压状态下，镗削连杆大小头孔，当加工完毕后，撤销夹紧力，连杆变形恢复，这样连杆大小头孔的精度（平行度、垂直度、位置度）就难以保证。

本夹具设计时，如何消除夹具夹紧时，还能保持连杆上下平面平行度，合理的选择夹紧机构的施力的方向、大小、夹紧部位以及连杆加工定位点，是夹具设计成功的关键。

夹具定位选择的是大小头孔端面（3点）、小头内孔（2点）、大头孔平面下的一侧搭子（1点）完成连杆的6点定位。

连杆大头孔通过端面、端面下的定位搭子和小头孔的内孔定位，而小头孔是通过定位插销插入夹具小头孔的定位衬套，而同时定位插销前端再插入连杆小头工序定制孔定位。夹具压板从轴向只加压连杆的大头孔端面，定位面由两衬套端面构成（两衬套压入夹具体后，两衬套端面需校正后一次磨平），两衬套的中心距与连杆图样要求大小头孔的中心距一致。

当定位插销插入后小头孔后，其外圆位置是一个变量，所以每次夹紧的受力点都不相同。

夹具除轴向只加压连杆的大头孔端面外，还选择从上下两个方向设计辅助夹紧机构来夹紧小头孔的外圆。由于连杆处于自由状态，不会因夹紧连杆不当而变形，从而保证大小头孔的镗孔精度。





操作时，上下两个辅助夹紧机构夹紧力大小要适当，上下施力要均匀，否则小头孔的定位插销会拔不出。所以既不能太紧引起工件变形，也不能太松，夹不紧，造成连杆大小头孔加工过程中位置移动，打坏刀具。

### (2) 夹具与机床的关系调整

双主轴金刚镗床调整：两金刚镗头中心距离调整到与连杆大小头孔中心距离一致，同时两金刚镗头中心与金刚镗床工作台中心对称，而夹具具体底板上中心前后设有各一个定位键与金刚镗床工作台的中心定位槽静配合。根据镗床工作台T形槽尺寸选择T形槽螺栓，垫片和螺母，夹具与金刚镗床两镗刀杆中心校正后，分别旋紧螺母使夹具紧固在镗床工作台上。

夹具使用：安装连杆时，首先将连杆大小头孔端面（3点）都紧贴夹具定位面，再将连杆大头孔下侧的工艺搭子靠紧定位螺钉，将小头孔定位插销从夹具的反面方向轻轻插入小头衬套和连杆小头内孔中，然后扳动气压开关使活塞动作拉动压板将连杆大头端面夹紧。手动旋转下端螺母，支撑螺钉上升与小头外圆接触，达到随手夹紧的程度，再旋转上端星形捏手使夹紧V形块下降与小头外圆接触，达到随手夹紧的程度，最后拔出小头孔的定位插销，即可进行镗孔加工。

人工镗孔时，需要用量缸表校对环规，要时时监控加工大小头孔尺寸的变化，防止出错。由于是单件加工，加工效率低，所以在金刚镗床上加工连杆大小头孔的工艺模式现在已很少采用。

## 2.在加工中心上加工连杆大小头孔

一般选择卧式加工中心机床来加工连杆大小头孔，同样把防止连杆受压会变形作为镗大小头孔夹具设计的原则。不同的是，我们根据加工中心工作台的结构尺寸，设计为一次加工4个连杆大小头孔，把它们布置在同一水平线上，这样布置的理由是在镗大头孔时镗刀加工完成一个大头孔，水平移动镗刀加工下一个大头孔，同样等距离移动镗刀加工第三个大头孔，等距离移动镗刀加工第四个大头孔。

加工连杆小头孔的过程与镗大头孔过程相同，不再多述。

夹具设计的结构与金刚镗床夹具相同，只是气缸压紧改成油缸液压压紧，这样便于与卧式加工中心的液压系统对接。每台夹具设计有独立的液压手柄，便于人工安装工件，防止相互干挠。

## 3.结语

卧式加工中心加工连杆，因为加工中心是单主轴刚性好的，工作台位置精度高，一次可完成4个连杆大小头孔的镗孔。相对于金刚镗床加工效率高，是加工工艺的一大进步。

附图的夹具设计结构选自20世纪60年代的上海机电一局，向全国内燃机厂行业推广的资料，当时此夹具的结构被多家内燃机厂采用，我厂在使用中也取得很好的效果。

作为内燃机行业的一名科技人员，写此小文目的是把过去有用的工艺能传承下去，供同行的后来者，在工作的创新中有所启发，也足以使笔者感到责任的满足和快乐。□

上接第83页

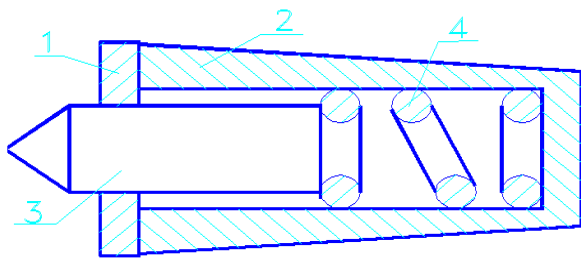


图 4

1.顶针体 2.莫氏圆锥体 3.顶针 4.弹簧等组成

改进后的弹簧顶针的结构由顶针体、莫氏圆锥体（与车床尾部架套筒相配合）、顶针、弹簧等组成。

使用改进后的顶针在车削过程中，当工件受热变形时，工件推动顶针弹簧被压缩补偿了工件的伸长量，这样就不会顶弯，从而保证了车削加工的顺利进行。

## 5.结语

经过生产实践证明，通过跟刀架与车床尾部顶针的改进，有效地解决了不锈钢细长轴车削时的振动现象，补偿了热变形伸长量，有效地控制了细长轴的弯曲度，保证了车削加工的顺利进行。

通过车刀的材质与几何形状的改进，以及切削速度与冷却润滑液的合理选择，使切削轻快。使用大前角车刀适用于不锈钢细长轴的粗车与半精车，比原来提高功效3倍左右，车削加工非常顺利，提高了加工质量与效率，延长刀具使用寿命，工件尺寸精度与表面光洁度能达到技术要求。

在数控技术横行的时代，普通机床在制造行业也是必不可缺的，世界流行的各大名车、名表都还保留着传统的纯手工制作。谨以此文为同行借鉴交流，笔者水平有限如有不当之处还敬请批评和指正。□



# 巧卸断圆柱体方法

江铃汽车股份有限公司车桥厂 华 斌

【摘要】针对液压刀柄中折断的刀具和断定位销无法取出的现象，利用帕斯卡原理，快速可靠简便的拆卸液压刀柄中的断刀和工装夹具中的断定位销等圆柱体。

机械加工总会有各种各样的异常情况，刀具崩损、停电和夹具问题造成断刀具等，一般刀具都能比较顺利的拆除断刀具，比如ER刀柄松开螺母就能拆卸刀具，强力刀柄也只要松开锁紧装置就可以。一般的液压刀柄也可以把刀柄的拉钉拆下，从后面塞入一支合适直径的长钢杆，轻推几下就能将刀具推出刀柄。但也会有柄部孔径很小很难拆卸断刀具的现象，为此，找到一个快捷稳妥的拆卸断圆柱体的方法。

车间反馈在生产中断了钻头在笔型液压刀柄内（见图1、图2），但没有可靠办法取出钻头，该刀柄价值3000多元，精度很好，班组很希望能修复使用。这个笔形液压刀柄是外径 $\phi 22\text{mm}$ ，刀具安装孔 $\phi 12\text{mm}$ 。液压刀柄的壁厚很薄，在单侧5mm的侧壁内还有一层液压油，在安装钻头柄的后部一个止口结构，中间一个直通的冷却孔，这个孔不大于 $\phi 3\text{mm}$ 。

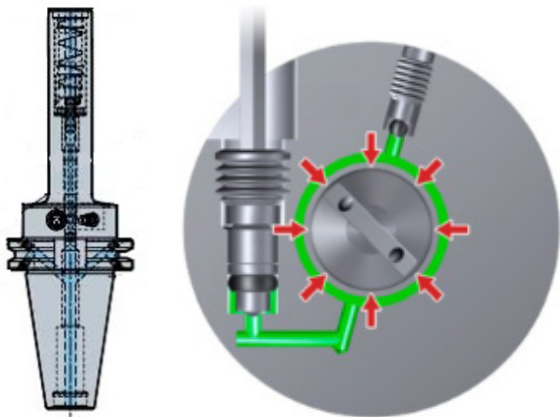


图1 笔形液压刀柄结构示意图



图2 笔型液压刀柄内有一支断钻头

经观察，目测断钻头柄没有在刀柄中旋转，暂未见到有损伤刀柄内孔的现象；但是也没有任何能方便夹住往外拽的位置。想试着用502瞬间胶粘住端面上再往外拽，但是怕胶水万一渗到钻头柄和刀柄之间，那就会把刀具粘



的更紧，更难拆。用热熔胶也是个好办法，但身边没有这套工具。有同事说加热膨胀法能不能松开一点取出钻头柄？这个是液压刀柄，内有封闭腔体和充满的液压油，加热容易损坏或爆裂危险。也不能敲击震动，因为该刀柄是薄壁液压结构，轻微敲击不能传递到合金钻头柄部分，敲重了液压油腔破裂或是变形，造成刀柄报废。用强力钕磁铁往外吸引没有效果。用了一支直径刚好能插入刀柄内冷孔的钢丝，钢丝捅弯了也没有移动的迹象。朋友说可以用电火花机打出一个“一”字或是“十”字槽，然后插入一个扳手，肯定能转出来；这个成功率是有的，但有可能会产生旋转划痕，可能需要修复变型的孔壁，还是自己修复过程弄出来的划痕。只有另想办法。

我们都知道老式火车是运用帕斯卡原理，靠气体传递推力刹车制动的，因为气体能不具备具体形状又能传递强大压力；液压刀柄里面细小孔也是约束工具的进入，但我们不可能做到那么大压力的压缩空气（何况还不知道要多大的压力才能推出钻头柄）。既然这是液压刀柄，液压油能输出强大的夹紧力来装夹刀具，那能不能用液压油来驱动这个断钻头呢？有点难，因为刀柄上唯一的方向是从拉钉处注入液压油，但刀柄只有一个螺纹拉紧结构，而公制M类螺纹不能密封油料，没办法密封就不能良好的运用帕斯卡原理将断钻头推出。

记得很久以前做塑性夹具，没有液态塑料，就用润滑脂加注，一样有很好的效果；那用在这里是否也有可能？于是在确保液压刀柄的锁紧螺栓松开的前提下，用加注枪给刀柄M16螺纹处慢慢加注润滑脂，用逆时针缠绕了多圈生料带的拉钉将润滑脂压入冷却孔，开始会没有感觉有什么阻力，是因为润滑脂在注入过程中产生阻滞堆积有空腔，被压缩后体积缩小而显示松弛。拆下拉钉，再次加满润滑脂，再次把拉钉螺纹拧紧，将润滑脂压实；在经过两次补充润滑脂后，终于在拧紧拉钉时感觉到了一些阻力；继续拧动拉钉螺纹，就能看到断钻头随着拉钉的拧入逐渐的伸出了刀柄，拆卸成功！检测刀柄精度没有变化，可以正常使用。用这个办法拆出了好几支断钻头柄。需要注意的是，如果有挤压伤造成的卡滞点，拆卸时钻头柄出口方向务必不能对着人和贵重物品，因为有可能在强大的压力下快速推出刀柄，建议在发现拧紧拉钉阻力大时用木箱或布袋挡住出口位置。刀柄孔壁有磕碰变形的一定要修复后才能安装刀具。断过刀的刀柄使用前必须检测精度后才能使用。

用同样原理，还顺利拆过断面低于安装面的定位销；夹具中一个过盈配合的定位销，受到工件搬动时异常的撞击折断， $\phi 15\text{mm}$ 定位销本体原来是有拔销器M6螺纹，折

断后剩下部分有一个直通的 $\phi 5\text{mm}$ 孔；因为是淬火件，不便于再次攻一个螺纹取出断销（一旦攻螺纹时丝锥又折断，取出工作就会更难实施），且工装的底孔是盲孔，不能从后面敲击拆卸该断定位销，如图3所示。

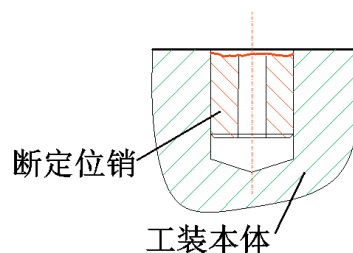


图3 圆柱定位销断在孔平面以下

于是从定位销中的孔中向定位销与本体的空腔中加足润滑脂后，用一个比 $\phi 5\text{mm}$ 孔稍小的M5螺纹棒，在螺纹棒上缠绕一些纱线，（缠绕的纱线相当于安装了多个密封圈，防止润滑脂从缝隙中溢出，造成压力的降低而取出失败），注意不要太紧，不然后续需要拔出钢棒加注润滑脂会比较困难；然后将缠绕好纱条的螺纹棒塞入小孔中，用锤子敲击螺纹棒，随着螺纹棒的下降，定位销就会退出来（见图4）。在此，帕斯卡原理再次得到良好的运用。可以类推：如果折断的定位销是没有孔的，可以用钻头钻出一个孔后用此方法推出断定位销。如果定位销的硬度很高，普通高速钢钻头钻不动，就要采用合金钻头钻孔操作，如果还是很难钻孔，就要将一支旧的合金钻头进行手工修磨，把合金钻头的刃部倒钝磨小一些，降低钻孔的阻力，就能顺利钻孔，虽然手工修磨的钻头加工数量会比较少，但毕竟这样的取断定位销的效率比较高，还是值得一试，钻头可以保存好下次使用。

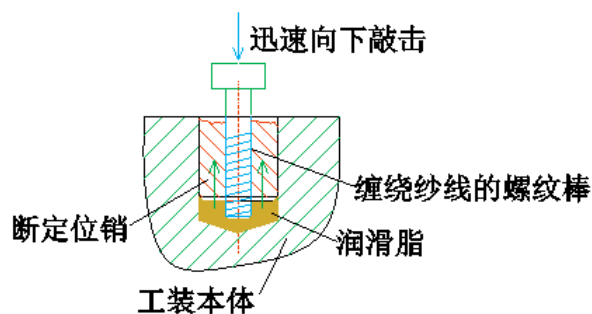


图4 取出断定位销的方法

机械加工中，总是会遇到各种影响生产的问题，要抓住问题的重点，找到根源，就能稳妥、快速、可靠的解决问题。更希望使用中多关注细节，主动预防断刀现象的发生才更重要。□





# 西门子840D sl数控系统硬盘外连计算机备份方法

吉林北方捷凯传动轴有限公司 牛志斌  
长春工程学院 刘淑荣

【摘要】本文介绍了西门子840D sl数控系统使用TCU和不用TCU模块的PCU硬盘外连计算机进行硬盘备份的方法。

西门子840D sl系统通常采用PCU50.3或者PCU50.5作为主控单元，PCU实际上是一台西门子数控系统专用计算机，PCU50.5和PCU50.3都安装有硬盘，硬盘在工业环境运行损坏的风险比较大。

为了防止硬盘损坏造成机床瘫痪，对PCU的硬盘必须进行整盘备份，当硬盘出现问题时才能尽快恢复系统。在840D sl数控系统实际应用中有带TCU和带TCU两种模式，下面介绍这两种不同模式的情况下，外接计算机PCU硬盘的备份方法。

## 1. 不带TCU的西门子840D sl系统硬盘备份方法

下面以PCU50.3为例介绍不安装TCU的西门子840D sl系统硬盘备份方法，其备份步骤如下：

### (1) 连接计算机，设置计算机网址

首先通过网线将PCU的网络接口IE1与外部计算机的网络口相连，外连的计算机网络网址设置为192.168.100.XXX，例如192.168.100.150。

### (2) PCU进入Windows界面

在数控系统通电启动期间观察系统显示屏，当右下角出现版本号（V08.06.03.00）时，按操作面板上数字按键“3”，进入如图1所示显示页面。点击该画面“Desktop（桌面）”功能，进入桌面登录页面。

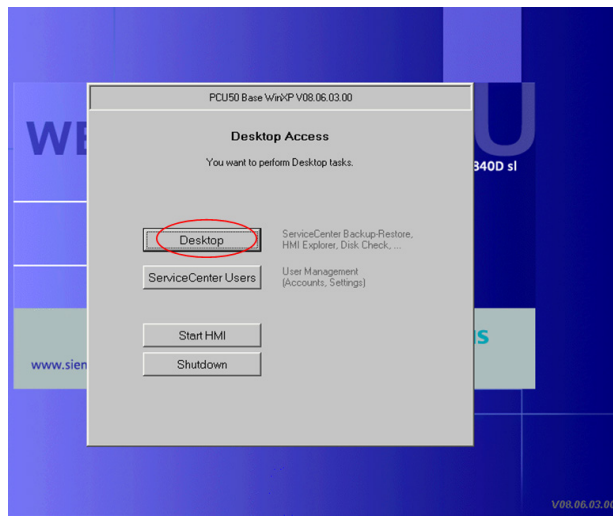


图1 进入桌面选择画面

在PASSWORD密码后面输入栏输入密码“SUNRISE”，点击OK确认后，进入Windows显示桌面。

### (3) 设置PCU的IE1网络接口的网址

打开Windows页面的网络连接功能，点击Network Connections（网络连接）功能，进入网络端口显示页面。

点击桌面Nthernet1（Company network）选项，进入网络端口显示页面，点击Properties（属性）功能，进

入网络端口1属性页面，点击“Internet Protocol (TCP/IP)”功能，进入网络地址设置页面，设置一个地址，例如192.168.100.251，点击OK确认，那么PCU网络1接口地址就确定了。关闭网络设置页面，回到Windows桌面显示画面。

(4) 进入整盘备份/恢复软件，设置备份用PCU的网络接口

点击桌面上ServiceCenter Backup-Restore功能，进入图2所示的页面。点击Set network options for Backup-Restore console选项后面的Setting选项，进入“备份/恢复”网络端口选择页面，在Network Adapter的选择框，选择Ethernet 1 (Company Network)，选择Use Windows Setting选项，地址就出现在屏幕上。

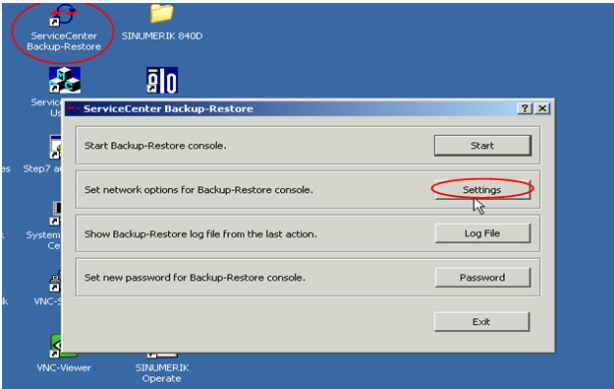


图2 备份/恢复网络端口选择设定

(5) 外接计算机备份文件文件夹确认

点击这个页面的OK选项确认后，返回图2所示页面，选择第一项“Start Backup-Restore console”，然后点击后面的start，进入备份/恢复功能确认画面，点击Yes进行确认，确认后进入，系统重新启动进入备份/恢复操作。数分钟后，进入图3所示的备份/恢复操作页面。

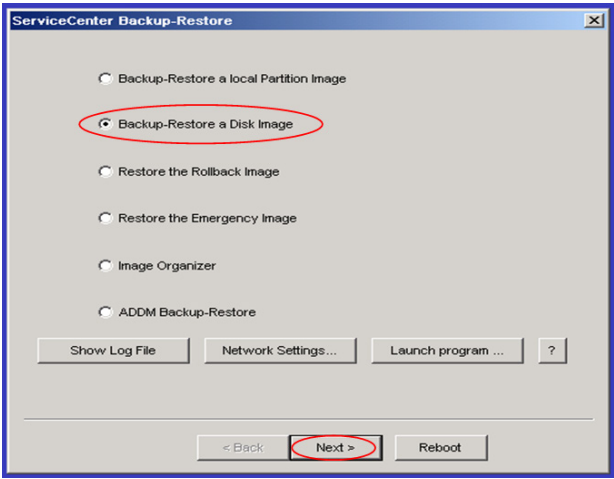


图3 备份/恢复操作页面

在图3中选择第二项“Backup-Restore a disk Image（备份/恢复一个盘映像）”，点击Next，进入登录和备份文件名确认页面，选择“Backup”，点击“Add Network Drive”，在Share（共享）后面的输入栏输入要进行备份的计算机网络地址和共享的文件夹名称，User name后面的输入栏输入计算机名，Password后面的输入栏输入所用计算机的密码，然后点击OK，PCU开始寻找计算机和共享文件夹。

(6) PCU硬盘镜像备份操作

PCU找到要进行备份操作的计算机和共享文件夹后，在屏幕上出现盘符，例如图4中的O:\，在影像文件名Image File Name下面的输入框中输入备份文件的文件名，点击Next选项，进入备份文件分割页面，因为现在通常不使用VCD光盘存储文件，所以不用选择Options，直接点击Finish选项，进入Ghost硬盘进程显示页面。待备份完成后，系统进入图5所示页面，点击Reboot选项，PCU系统重新启动。

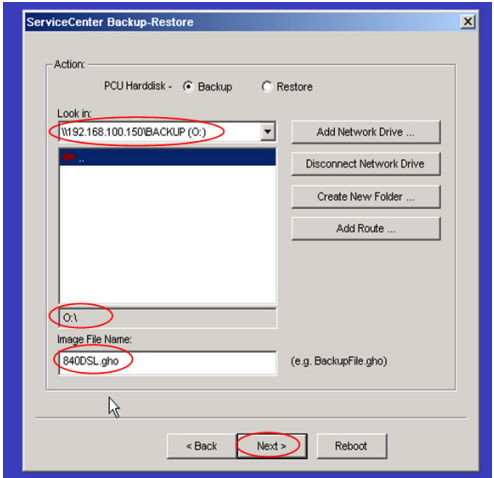


图4 计算机盘符显示和备份文件名输入页面

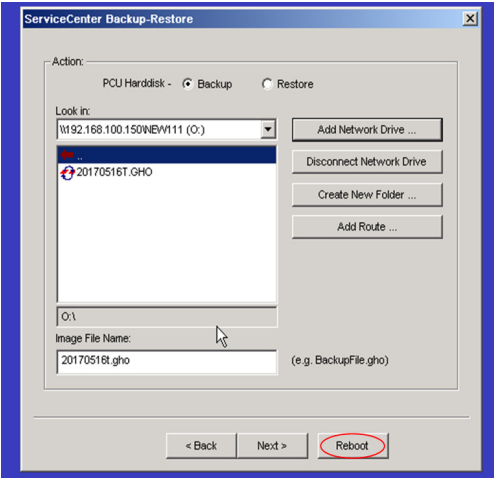


图5 备份完成返回页面

2.带TCU的西门子840D sl  
系统硬盘备份方法

下面以PCU50.5为例介绍带TCU  
的西门子840D sl系统硬盘备份方  
法，具体步骤如下：

（1）连接计算机，设置计算机  
网址

做备份的计算机通过网线连接  
到PCU的网络接口IE2上，外连的  
计算机网络网址设置为192.168.214.  
XXX，例如192.168.214.250。

（2）切换数控系统为PCU的  
HMI显示方式

因为数控系统正常启动后通常系  
统OP操作面板上通过TCU模块的控  
制显示的是系统NCU的内置界面，  
所以外接计算机进行PCU硬盘备份时  
首先将OP操作面板显示内容切换为  
PCU上，方法如下：

数控系统开机正常显示后，进行  
如下操作切换到外部HMI，也就是  
PCU的操作页面上。

系统启动后正常显示时同时按系  
统操作面板上   两个按键，  
系统屏幕显示如图6所示的页面。

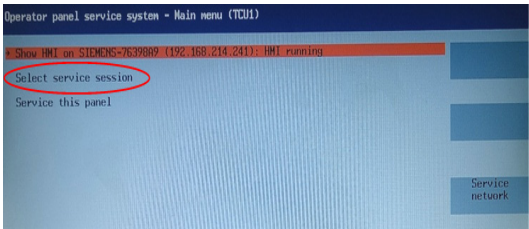


图6 HMI切换画面1

用鼠标移动光标到“select  
service session”显示行，点击  
OK选项，进入如图7画面，待显示  
屏幕上显示栏中的比例数值达到  
100%时，进入图8显示画面，这时  
选择“show HMI on SIEMENS-  
76398A9 (192.168.214.241): HMI  
running”，如图9所示，点击屏幕  
上OK选项，设置外部HMI即PCU的  
HMI页面显示模式。

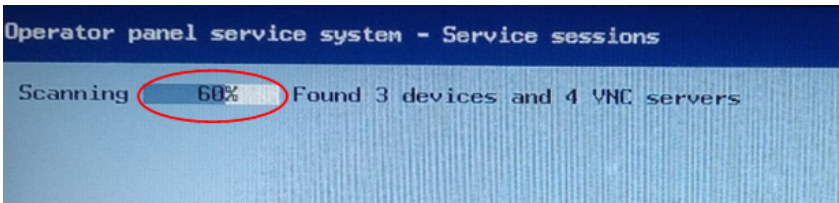


图7 HMI切换画面2

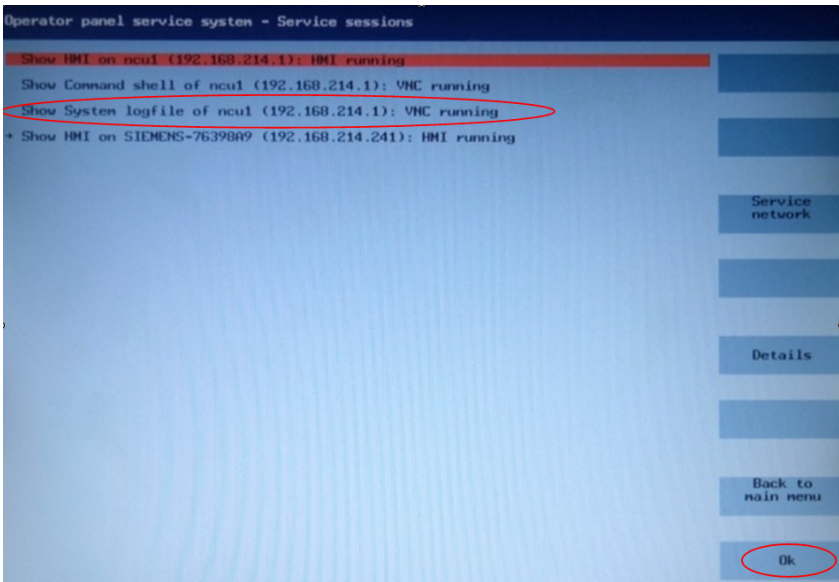


图8 HMI切换画面3

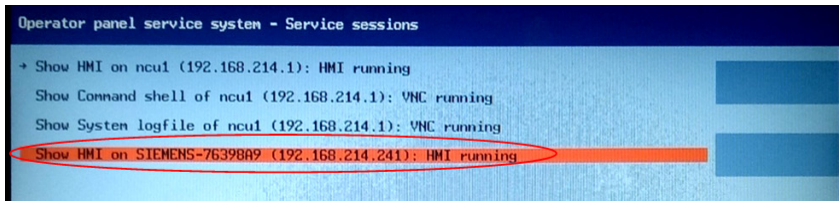


图9 HMI切换画面4

这时按PCU上的“黑色开关”，数分钟后系统关闭，屏幕只显示字符  
“Wait for HMI”，PCU上的数码管不显示任何字符，这时再按这个“黑色开  
关”启动PCU，这时PCU启动后系统显示屏显示的就是PCU的内容了。

其次，做备份的计算机通过网线连接到PCU的网络接口IE2上，外连的计  
算机网络网址设置为192.168.214.XXX，例如192.168.214.250。

之后做硬盘整盘备份过程与不带TCU模块的PCU整盘备份步骤相  
同，只是要注意在输入网络地址时要使用外接计算机的网络地址（例如  
192.168.214.250），其他的在这里就不赘述了。

在带TCU的数控系统做完硬盘备份后，要将数控系统正常启动后系统OP操  
作面板上TCU模块的显示内容切换到NCU的内置界面上。

西门子840D sl系统的PCU硬盘GHOST备份后，一旦PCU系统硬盘出现问  
题，使用GHOST软件和硬盘备份文件，很方便地就可以制作新硬盘，快速恢复  
数控系统的运行。□





# 新型更换采煤机滚筒截齿座装置应用 及关键件加工制作要点

山东能源重装集团中矿采煤机制造有限公司 赵乐乐

泰安嘉和重工机械有限公司 赵忠刚

【摘要】本文重点叙述了更换采煤机滚筒截齿座的定位装置，以及更换采煤机滚筒截齿座的回转装置的各项组成件结构及功用，阐述了更换采煤机截齿座的定位装置的应用。该套工艺装备较好解决了矿方自行修复采煤机滚筒截齿座的情况，并且还可参考其设计原理对类似的采掘机滚筒的截齿座进行更换复原工作。

## 1. 概述

采煤机滚筒在使用过程中一旦遇上硬岩，其截齿座很容易损坏，严重者整体折断，但多数情况下是被含岩较高的煤层所磨损坏的。采煤机滚筒的截齿座损坏导致不能安装截齿时，在采煤过程中便产生了缺齿切割的现象，这就使滚筒在切割煤层时，缺齿后面的截齿会比其它截齿的吃刀深度增加一倍左右，这导致了该齿的过切切割。

在切割煤层的过程中，采煤机受到了的断续冲击，并有较大了冲击振动；另外，这种超厚的吃刀深度还会发生煤层堵塞滚筒的现象，此时会瞬间加剧滚筒的旋转阻力和采煤机的行走阻力。这样切割，必然使采煤机滚筒与截割部的连接处、截割部内部的齿轮传动系统、行走系统等均会受到严重的冲击力，必然造成相关零部件的创伤和其使用寿命的缩短。

有些采煤机滚筒的截齿座长时间使用发生孔口磨损变形后，其虽然还能安装截齿，但截齿在使用过程中不能再自由转动了，截齿会单侧面切割，这样会导致截齿局部的熔覆合金或合金头快速磨损而损坏。因此，及

时修复滚筒损坏的截齿座至关重要。但有些煤矿的机修人员没有这方面的经验，只有将采煤机的滚筒升井后运到专业的维修厂去维修，维修费用高、工期长，以至于许多煤矿对损坏截齿座的滚筒继续使用，带病工作。笔者曾设计了一种简易的更换采煤机滚筒截齿座的定位装置（见图1）和更换采煤机滚筒截齿座的回转装置（见图2），来共同实现对采煤机滚筒截齿座的更换作业。

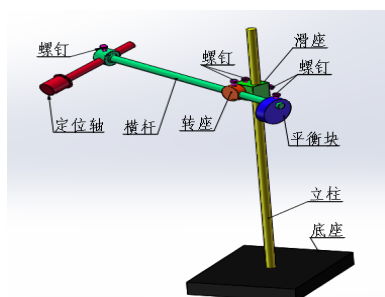


图 1

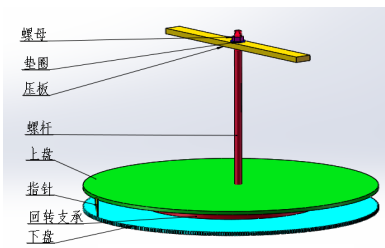


图 2

## 2. 更换采煤机滚筒截齿座的定位装置的结构及功用

由图1可知，该装置由底座、立柱、滑座、转座、横杆、定位轴、平衡块和五个螺钉组成。

底座是一块厚度30mm×300mm×300mm的钢板，重量21kg，足以保证该装置在使用过程中抽拉定位轴时的稳定性。

立柱是一根直径32mm、厚度2.5mm、长度1000mm的无缝钢管，将其组焊在底座上，与底座的上平面基本垂直。

滑座的结构较为复杂，如图3所示，有空间两个垂直且不相交的孔（直径分别为30.05mm和25.05mm）和对应的螺孔（M12）。使用时如图1所示，套在立柱上并能上下滑动和转动，用螺钉紧固后，便可固定在立柱的对应部位。

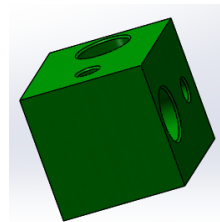


图 3



转座如图4所示,有一个直径25.05mm的孔和直径25mm的圆柱。使用时如图1所示,将其直径25mm的圆柱插入滑座的对应孔中,可以自由的转动,用滑座上的对应螺钉紧固后,便可固定在滑座上。

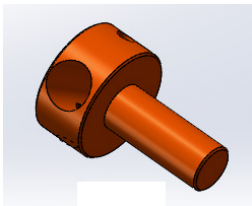


图4 转座

如图1所示,横杆是由一根直径25mm、长度700mm的钢管和钻了直径25mm径向孔的圆钢棒组焊而成。使用时,其钢管插入转座的孔中,并可自由滑动和转动,用转座上的螺钉可以将其紧固。

定位轴如图5所示,它的细段直径为25mm,并按照2mm为一格车上了刻度线;其粗段的直径尺寸依据待更换采煤机滚筒的截齿座的内孔尺寸进行配制,为0.1mm的间隙配合,其上面的凸缘必须有,对截齿座的端面进行定位。



图5 定位轴

图1中的平衡块是一个钻了轴向偏心孔和径向顶丝孔的钢板,将它套在横杆的端部,起着平衡的作用,以防止转座在滑座中紧固不牢而发生转动所引起的横杆摆动,并最终导致定位轴的位置变化所带来的截齿座失稳的位移隐患。

### 3. 更换采煤机滚筒截齿座的回转装置的结构及功用

由图2可知,该装置由下盘、回

转支承、指针、上盘、螺杆、压板、垫圈和螺母组成。

下盘为Q345材质,其厚度16mm、直径1100mm,外圆刻画上了360条线,每隔10条线用字头打印上刻度值,起着对滚筒回转进行分度记录的作用。

上盘的材质亦是Q345,其厚度也是16mm、直径也是1100mm,起着对滚筒承载的作用。

回转支承采用了机修车间从铲车上更换下来的旧件,起着支承上盘及其载体在下盘上实现回转的作用。将回转支承的内盘和外盘分别与下盘和上盘点焊为一体,并使其三者的轴心线一致,确保上盘载着滚筒在回转后的复位功能。指针点焊在上盘的外圆上,指示着上盘与下盘的周向位置。

螺杆(Tr30的丝杠)、压板、垫圈和螺母是用来压紧待更换截齿座的滚筒的,螺杆组焊在上盘的中心部位。

### 4. 更换采煤机截齿座的定位装置的应用

如图6所示,将待更换截齿座的采煤机滚筒安置在更换采煤机滚筒截齿座的装置的上盘上,并压紧;再将该定位装置放在距离滚筒的适当位置,调整滑座、转座和横杆,使定位轴插入截齿座孔中,并使其凸缘端面靠实截齿座的端面,记好定位轴与横杆孔端面交界处的刻度值,转动滚筒到适宜的角度,将报废的截齿座用气割割下,对滚筒的剖面打磨干净;然后将滚筒转回到原始位置,把新截齿座套在定位轴上,并随定位轴伸出到原始的位置而对截齿座进行点焊固位(此工作需两个人配合施工,必须防止定位装置的移动,可以沿更换采煤机滚筒截齿座的定位装置的底座周边在地面上刻画出其

原始位置的轮廓,以便不小心把定位装置移动了可以进行复位);最后,抽出定位轴,取走该装置,对新截齿座进行施焊。

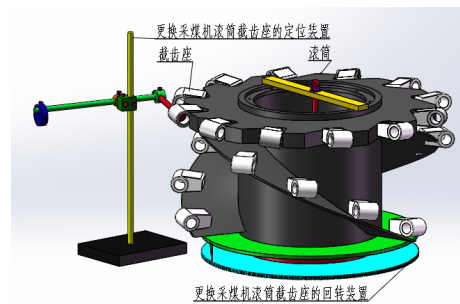


图6 更换采煤机截齿座

如果待更换的截齿座已经损坏的无法进行复原定位或已经脱落了,可以采用对同等角位的可定位截齿座进行确定更换采煤机截齿座的定位装置的定位轴的位置进行定位后,将滚筒按照对应角度( $360^\circ \div$ 螺旋叶片数)进行转动后,对损坏的截齿座进行复位点组和施焊。

### 5. 关键件的加工制造要点

其关键件有:滑座、上盘和下盘。

滑座与立柱套装的孔必须长一些,以保证其在立柱上的稳定性和定位精度。

加工时,先铣削周面,然后在钻床上钻攻对应的两个丝孔,最后在车床上用四爪卡盘装夹车削其余各孔。毛坯采用45圆钢锯制,为延长其使用寿命,内孔应淬火处理;如条件不具备,采用钢板组焊加工也可。但其与立柱套装的孔须加工中空槽,以使其与立柱接触良好,定位可靠。

上盘和下盘在下料后,须先分别车削其外圆和安装回转轴承的环形面,然后以其外圆为基准,划钻其与回转轴承连接的螺栓通孔;最后再分别用卷尺绕其外圆,刻划360个等分线,其每个空格的弧长为 $1100\text{mm} \times 3.1415926 \div 360 = 9.5993\text{mm}$ 。制作时,为保证其简便易算和分度均衡,先将其外圆按照36等分的方式刻划,然后再对其每个空格按照10等分刻划。此工作至少需要两人操作,最好再平台上进行,可选用一个直尺或直型板条做划线基准。有条件的话,在每隔 $10^\circ$ 的刻线上用字头打印上对应的度数就更好了。□



# 铸石球阀球体结构创新及加工工艺

蓬莱水城铸石管道阀门有限公司 矫永臣 刘鑫 刘文字

【摘要】本文介绍铸石球阀球体结构创新及加工，分析其结构的合理性和经济性，并进行了对比。

铸石球阀由于经久耐用，使用寿命长，流体阻力小，密封可靠，耐磨耐腐蚀，以及阀门在全开、全关过程中球体和阀座的密封面始终与介质隔离，使高速通过阀门的介质不会冲蚀密封面的优点和特点，被火力发电厂水除灰管线和矿山尾矿输送管线广泛的采用。铸石球阀球体通道充填铸石特殊性，如果按正常球体设计，就会造成原辅材料极大浪费，因此对铸石球阀球体结构进行改进，设计一种空心结构的球体。

因为原球体结构形式为整体式，如图1所示，即是在一只完整的球体上加工出直通孔流道后内衬铸石耐磨材料，球体的质量大，造成材料原辅极大浪费，利用率低。从节能减排创新的思路出发，对铸石球阀球体结构进行改进设计，设计一种空心结构的球体。

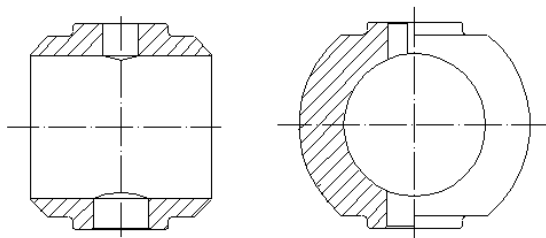


图1 原球体结构

## 1. 设计方案

### (1) 结构

球体为空心结构，进出口端部有球体壁厚的台肩，内部有豁槽的筋板，筋板与通道台肩有5~6mm距离，保证上半球与下半球贯通，在球体上端部开有2个 $\phi 36$ mm孔，保证在充填铸石耐磨材料灌浆时，能够将球体空心处充

满。且改进后的球体强度、密封位置都能有效地保证。改进后球体充填层加大，使用得耐磨层材料玄武岩铸石粘贴更加牢固，不会发生耐磨材料的脱落现象的发生（如图2所示）。

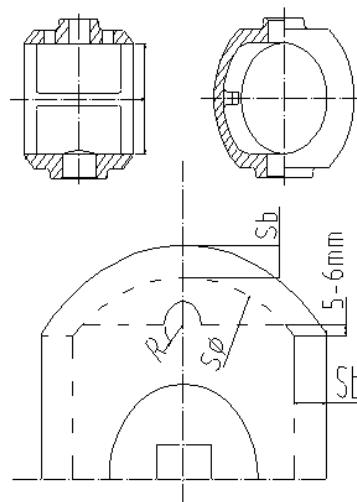


图2 改进后的结构

### (2) 球体直径

球体的耐磨层厚度决定球体直径的大小。

通孔球阀 $d=D_N$ ，球体径为 $R=0.8-0.95D_N$ ，球体面距  $L < \sqrt{D^2 - d^2}$  改进后的球体完全满足要求。

### (3) 球体壁厚

球体壁厚可按阀体的计算厚度的2倍计算 $S_B'$  为

$$S_B' = \frac{2PDn}{2.3[\sigma_t] - P} + C$$

式中， $P$ 为计算压力（MPa）； $S_B'$  为计算壁厚



(mm)； $D_n$ 为计算内径 (mm)； $[\delta_d]$ 为许用拉应力 (MPa)； $C$ 为腐蚀余量 (设计给定)。

当球体实际厚度 $S_B \geq S_B'$  时，强度合格。

(4) 球体与上阀杆的连接方式

球体与上阀杆的连接方式为正方形。

2.合理性分析

密封的好坏不取决与球体的重量，而取决于球体表面质量和耐磨度。因此，在球体上堆焊钴铬钨硬质合金，硬度可达65HRC以上，从而提高球体的许用应力及表面的耐磨度和耐冲刷性，有效地延长阀门使用寿命，满足带颗粒、高流速的工况使用。

3.经济性分析

在铸石球阀年产量为400台，每种规格80台情况下进行成本比较（见附表）

成本分析表

|       | 改进前球体重量<br>/kg | 改进后球体重量<br>/kg | 前后对比<br>/kg | 效果<br>/元 | 80台<br>/元 |
|-------|----------------|----------------|-------------|----------|-----------|
| DN200 | 80             | 67             | 13          | 273      | 21840     |
| DN250 | 149            | 130            | 19          | 399      | 31920     |
| DN300 | 198            | 167            | 21          | 441      | 35280     |
| DN350 | 224            | 194            | 30          | 630      | 50400     |
| DN400 | 325            | 285            | 41          | 861      | 68880     |

通过比较分析采用空心结构球体是非常经济的，也是可靠的，阀门成本下降，价格也易被用户所接受，说明耐磨耐腐蚀球阀有更加广阔前景。

耐磨耐腐蚀球阀，按一年400台阀门5个规格计算综合成本下降208320.00元。每年可节省不锈钢材料9920kg，每年可节约水资源约300t，节约能源：炼钢可节省电能，人工费用。

其最显著特点：轻便、灵活、美观耐用，即有耐磨耐腐蚀性能，又能节约原材料。

4.球体的加工工艺

球体加工的好坏直接影响铸石球阀整机密封性能，是铸石球阀整机的关键部件。因此对于球体的加工，我们采用如下工艺流程：划线→车削→镗→插→车磨→抛光→钻→充填→铸石管衍弧。

球体如图2所示，材料为不锈钢2Cr13，具体工艺流程如下：

(1) 划线

工件平放，球体两端轴头孔方框线与通道在一平面，划中心线绕工件一周，工件立放，以划好中心线绕工件一周，工件侧放，以两条中心线为准划中心线绕工件一周，通道总长度。

(2) 车削

找正后，车好球体进出口一端部及有球体壁厚的台肩内孔，作为定位基准，车另一端部及有球体壁厚的台肩内孔，保证球体总长度。

(3) 镗削

以车好通道一端面为基准，镗两端凸轴头外圆、内孔及各部倒角，下轴头镶好耐磨套。

(4) 插削

划内四方线，插好内四方孔。

(5) 车磨

在MC-1型球面车磨床上，上好胎具，夹紧好工件。首先进行粗车，进刀量为3mm，转速为34r/min；精车，进刀量为05mm，转速为34 r/min；粗磨，进刀量为0.05mm，转速为34 r/min；精磨，进刀量为0.025mm，转速为34 r/min。

(6) 抛光

用布砂轮进行抛光。

(7) 钻削

钻透气孔。

(8) 充填

将调好的胶泥充填到球体与铸石耐磨套之间缝隙中并振动充实，凝固后将铸石管端面修复略低于金属表面，按比例调好胶泥后，将封口抹平（待凝固），凝固后进行铸石管衍弧及清理。

5.结束语

球体结构创新的改进大大降低了材料消耗，降低了成本，提高了经济效益，赢得顾客的欢迎，在激烈的市场竞争中有更广阔的发展空间。□



# 抛丸机除尘器电器柜的设计研制

中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司 伏宇璐 张学斌 谈云飞 黄银飞

【摘要】抛丸机是一种齿轮强化的特殊设备，主要是提高齿轮齿面以及各种轴类机械零件的工作强度，使机械零件的运动强度更高，更加能够承受大的载荷。公司有两台KXPW-4040型抛丸机，由于设备的结构和设计问题，导致除尘器工作状态不稳定，且电路中没有安全互锁保护，存在严重的安全隐患。两台共用一个除尘设备，容易引起除尘器的误操作和安全隐患，从而引起设备故障和重大事故。因此，如何解决这样的技术难题是维修技术人员面临的挑战。

KXPW-4040型抛丸机是齿轮等一些机械零部件表面强化处理的特殊设备，也是齿轮加工的最重要工序之一，关系着齿轮等机械零部件产品的使用强度承载力，主要通过5个抛头，把钢丸强力抛洒在机械零部件的表面，达到强化的目的。

除尘器是抛丸机工作中最重要的一个环节，实现抛头抛洒钢丸的灰尘除尘效果，以及增强抛丸最终的强度效果等，全部要靠除尘器的稳定来控制。除尘器运行功率大，原厂电路中没有对除尘器进行安全设定，其电路设计与设备电柜电路连为一体，并且两台抛丸机共用一台除尘器，导致存在极大的安全隐患，容易引起误操作，并且在除尘器不工作的情况下设备可以直接运行，会直接引起设备重大事故。因此，如何进行优化和改造是目前迫切需要解决的问题。

## 1. 除尘器的作用和结构原理分析

除尘器的作用是消除抛丸时产生的烟尘，出风口的大小可进行调节，内部安装了反吹除灰的脉冲控制器，脉冲控制器会在除尘器工作时自动开启，并进行反吹除灰作业。

除尘系统由重力除尘器、旋风除尘器、脉冲反吹滤芯除尘器，离心风机、管道等组成三级除尘。抛丸机在工作

时，产生的含尘气流经过连接管道依次通过重力除尘器、旋风除尘器，含尘气流在旋风除尘器罩壳的作用下形成旋风，大颗粒的灰尘沉降在灰斗内，带有小颗粒的气流经过管道进入脉冲反吹滤芯除尘过滤器，过滤后的洁净空气通过离心风机向外排放。

滤芯除尘器配置12只美国进口HV滤纸的滤芯，可提供 $252\text{m}^2$ 的过滤面积。滤芯除尘器的除尘效率为对 $0.5\mu\text{m}$ 的粉尘粒子有99.98%收集效率。配置脉冲反冲装置可向除尘器滤芯中心反冲进压缩空气，以清除滤芯外壁集结的灰尘。脉冲系统由可调节的固体脉冲产生装置自动控制，在除尘器的下部安装灰尘料斗，灰尘斗为密封式设计。

滤芯除尘器连接一台22kW的低噪音高压离心风机，风机采用优质低噪音风机，装配有NSK轴承、整体支架、出口消音器、噪音小于85dB(A)。风机出口采用15m高烟囱进行高空排放，排放的粉尘浓度吧小于 $60\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于国家标准（小于 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ）

本设备配置电气控制柜一套，电气控制系统采用PLC（MITSUBISHI）对设备所有开启/中断/中转等要求的操作进行控制，完成对系统的检测和报警等功能。对除尘器实现集中控制处理。原控制电路如下图1所示：电路结构复杂、繁琐，与其他电路并接进行控制执行。

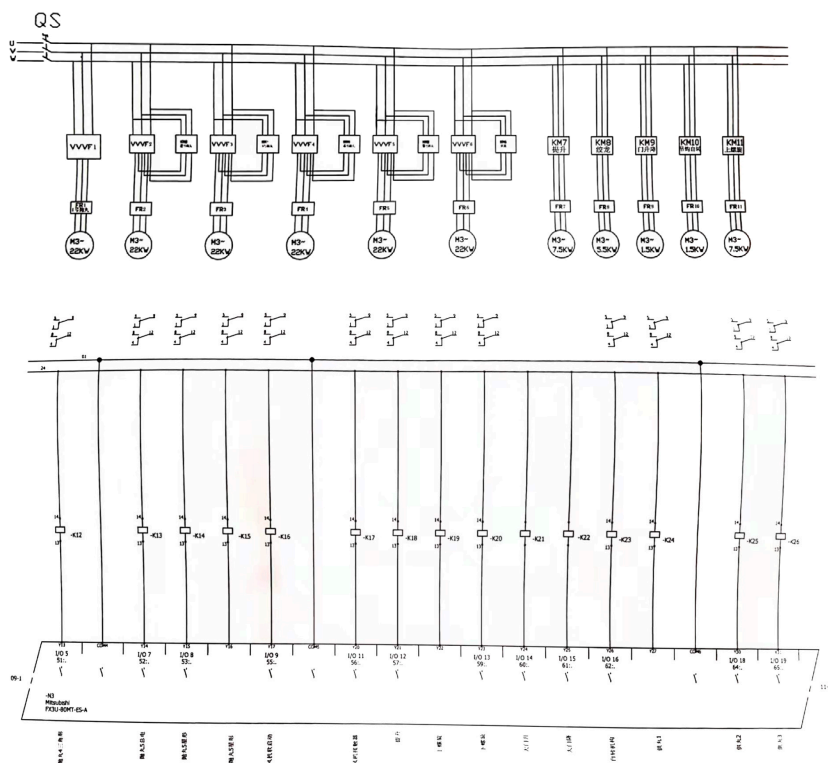


图 1

2. 具体技术参数

- 处理风量： 15000m<sup>2</sup>/min  
滤芯数量： 12只  
过滤面积： 252m<sup>2</sup>  
压缩空气压力： 0.5~0.7MPa  
风机功率： 15kW  
风刀高压风机： 15kW  
总电源： 380V/50Hz/120kW  
除尘效率： 99.98%  
低压电器元件： 施耐德、欧姆龙等  
人机界面： 信捷TGA63S-MT/UT  
操作界面如图2所示：



图 2

3. 电柜的设计和研制

通过除尘器结构原理和作用的分析理解，仔细研究电气重要参数指标，对现有电器柜进行分离，重新设计制作全新除尘器单控电器柜电路，要求必须除尘器先启动，其它动作才能运行。根据除尘器功率、电压等一系列参数确定并选择合适电器元件。

- (1) 首先确定主电路一级断路器：额定电流250A，工作电压：AC400V。  
主电路选用10m<sup>2</sup>粗多芯电缆。  
(2) 确定各分路断路器型号：额定电流125A，工作电压：AC400V。  
(3) 软启动变频器（根据厂家提供型号进行购买）。  
(4) 380V交流接触器及热保护器，控制电路选用2平方线缆。  
(5) FU保险丝三组。  
(6) 加装电压监控指示，实施检测总电压状态。

新设计单独控制电路如图3所示：

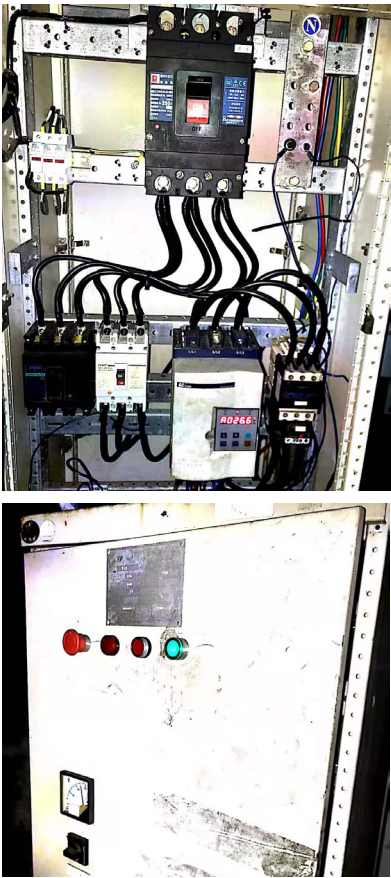
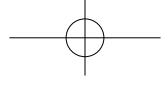


图 3





#### 4. 全新除尘器单控电柜电路原理说明

除尘器全新独立电气控制电路如图4所示:

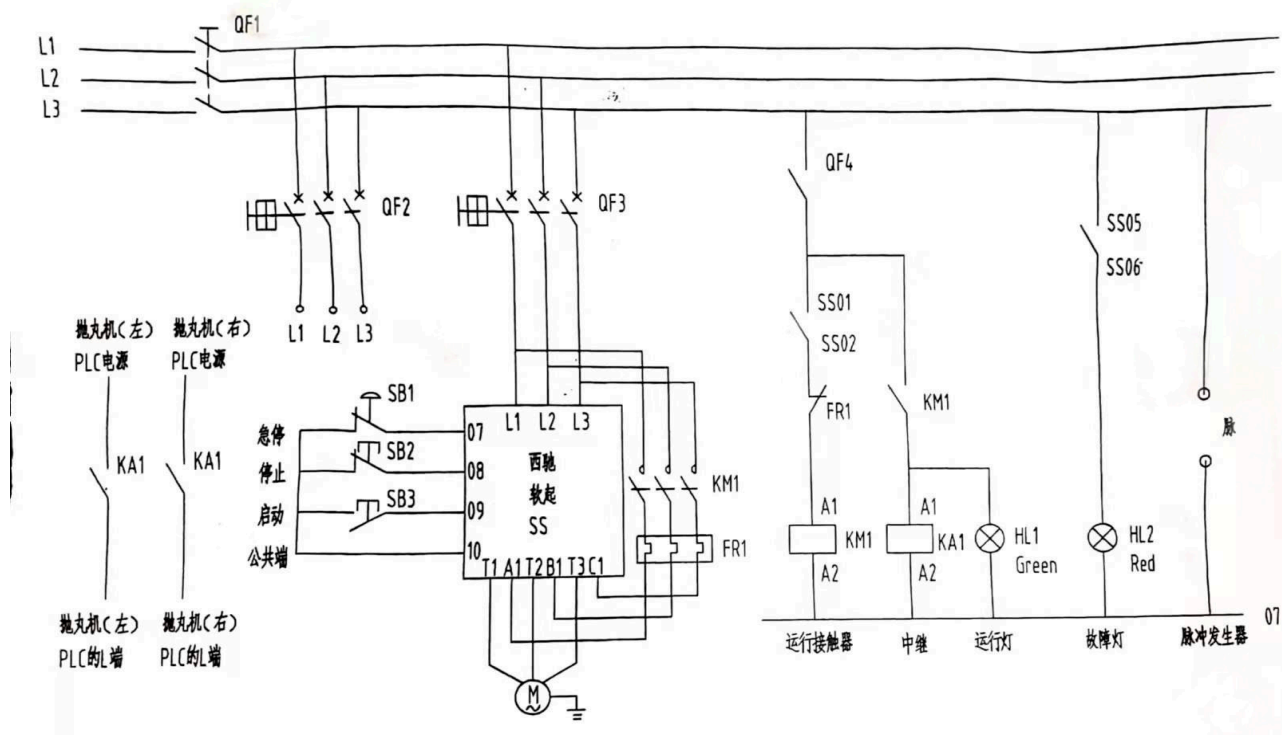


图 4

电源三相进线L1、L2、L3进入主断路器QF1,通过QF1分为两路分别进入分路断路器QF2和QF3,QF2断路器是预留设置,为后续加装电路设备使用。主电路通过断路器QF3进入软启动变频器SS,软启动变频器下端在连接除尘器电机。同时接触器KM1和热保护FR1与软启动变频器并联,实现降压启动。软启动变频器SS内部集成有:启动SB3;停止SB2;紧急停止SB1及公共端,它连接三个按钮开关并与设备PLC模块连接。输入:X1、X2、X3;输出:Y1、Y2、Y3。

当空开QF4闭合后,按下软启动变频器启动按钮,软启动变频器SS得电,电机首先进行自身一个软启动,接着KM1接触器线圈得电吸合,KM1接触器常开触点吸合,中间继电器KA1线圈得电,KA1常开触点闭合,PLC得到指令指示灯亮,

运行灯HL1指示灯也同时点亮,除尘器风机电机得电开始进行除尘工作。当除尘电机有故障时,FR1热保护跳闸,对主电路进行保护。同时加装的FU三路主电路保险丝会进行双重保护。软启动变频器发生故障时,内部常开会进行闭合,HL2红色指示灯亮,提示有报警发生。

软启动变频器工作原理:软启动变频器是一种集电机软启动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖电机控制装置。软启动变频器采用三相反并联晶闸管作为调压器,将其接入电源和电动机定子之间。这种电路如三相全控桥式整流电路。使用软启动器启动电动机时,晶闸管的输出电压逐渐增加,电动机逐渐加速,直到晶闸管全导通,电动机工作在额定电压的机械特性上,实现平滑启动,降低启动电流,避免启动过流跳闸。待电机

达到额定转数时,启动过程结束,软启动器自动用旁路接触器取代已完成任务的晶闸管,为电动机正常运转提供额定电压,以降低晶闸管的热损耗,延长了使用寿命。

#### 5. 总结

抛丸机是齿轮强化工序的重要设备之一,本文重点针对抛丸机除尘器控制系统的结构进行了分析、研究。通过对现有控制系统的利弊评判重新设计研制了全新的、独立的除尘器控制系统。新控制系统完全脱离设备主体单独存在,单独对除尘器的启动和关闭进行有效控制,更加能够保证设备的稳定性和安全性,完全消除了可能存在的安全和误操作隐患。也方便后期维修人员进行故障排除检修。同时,此种设计研制方法可以在机械加工行业中进行推广应用。□



# 3D打印技术和铸造技术的融合应用与展望

陆军装备部驻武汉地区军代局业务处 邓方刚

陆军装备部驻襄阳地区军事代表室 王 凡

【摘要】3D打印技术与铸造技术相融合将发挥不可估量的作用。3D打印的蜡模、光敏树脂模、塑料、砂型、砂芯、金属等能用于失蜡蜡模、模具、铸型、型芯、复杂内腔铸件等铸造元素，这些元素可与熔模精密铸造、石膏型铸造、砂型铸造、低压（差压）铸造、双金属复合铸造等几乎所有的铸造方法融合，制造各种金属合金构件。融合解决了3D打印材料和成本的问题，突破了只能先模具后铸造的瓶颈，加速了铸造行业的发展，为快速发展个性化创新工厂、制造业升级提供了可能。

## 一、概述

3D打印技术作为智能制造重要的推动力技术，迟迟未能大面积落地，分析原因并不是3D打印技术本身不成熟，而是成型材料种类受限和很多打印技术只能生产中间产品，直接打印金属成品价格太昂贵，除少数军工行业外，无法大面积推广应用。

近年来，3D打印供应商不断完善打印设备、软件、材料、降低应用成本的同时，也在不停寻找技术应用领域。在工业发展中，大多数产品都采用金属材料，3D打印技术要生存发展必须解决低成本制造金属构件的问题。但只有个别供应商取得了突破，如金属打印供应商很多，但只有西安铂力特等少数几家被航空航天企业认可用于零部件生产，价格堪比天价；由于价格和材料的原因，其他军工企业和民用企业很少采用；据不完全统计，国内现有闲置、半闲置各种金属打印机近千台套，浪费很大。实际证明，所有金属构件都采用3D直接打印是不现实的，3D打印技术必须寻找新的突破才能健康的发展。

3D打印与铸造融合，是多学科的融合，对技术人员知识面和实践经验要求很高。在国外砂型打印得到了很好的应用，如GW公司是一家铸造开发企业，他提供铸造工艺整体方案和个性化复杂铸件（如发动机机体、缸盖、传动箱等），长期以来采用3DP打印技术完成砂型、砂芯的制造，实现工艺方案试制和中小批量铸件生产，年产值数亿

美元。

近几年，以3D打印制造商为代表的企业，开始与铸造相融合，有多家具有铸造技术背景又有3D打印技术的企业融合较好，如共享集团、峰华卓立开发的3DP打印与砂型铸造的融合，北京北方恒利开发的SLS打印在硅溶胶、石膏型精密铸造和3DP打印与砂型铸造在各种金属成型的融合，西安交大开发的SLA打印与硅溶胶精密铸造在铸钢等材料方面的融合等，但融合相对单一，规模较小，产值几百万元或几千万元人民币。

目前，3D打印技术急需突破与铸造融合的瓶颈，这不光是简单行业的生存发展问题，关系到生产力过剩转型升级问题，关系到工业4.0实现效果的问题，也是关系到多学科融合的问题，将加快制造业革命，3D打印技术可以为人类发展创造无数的奇迹。下面介绍几种融合的思路。

## 二、工业级3D打印和铸造融合配套技术

下面重点介绍SLS、SLA、3DP、SLM四种打印技术和铸造技术融合配套。

### 1.SLS技术

SLS技术属于万能打印技术，原理上只要能材料制备成粉末，通过选区加热熔化粉末或熔化粘结剂粘结形成所需要的中间零件。在铸造方面，主要打印材料有PS粉、蜡粉、覆膜树脂砂、覆膜陶瓷等。



PS粉打印材料和工艺都很成熟,具有材料收缩小、膨胀系数小、中温条件尺寸稳定、材料和打印成本低等优点,是各种熔模铸造用蜡模的较佳选择,但由于存在脱模时压差胀壳和焙烧过程产生大量黑色未氧化C的不良问题,解决这两个方面问题需要很长期专业的铸造知识摸索和高昂的环保费用,未广泛应用。目前主要用于硅溶胶熔模精密铸造和石膏型真空铸造中。

蜡粉打印材料和工艺都不太成熟,由于蜡的强吸水性,打印变形和开裂情况十分常见,打印参数掌握很困难、材料价格昂贵。但它的不胀壳、环保,尤其用于薄壁、小零件优势很明显,目前采用SLS技术做蜡件的较少,工业产品采用较困难,小蜡件打印由其他打印技术代替。

覆膜树脂砂是砂粒覆上了树脂,采用选取加热方式将树脂熔化粘结。虽与3DP技术都为砂型(芯)成型技术,SLS技术为热成型变型大、强度大、打印效率低、成本高,由于有强度大的优点,所以经常用于做细长砂芯。由于成本高、废砂量大原因,可能被淘汰。

覆膜陶瓷是陶瓷粒覆上了树脂,采用选取加热方式将树脂熔化粘结,再进行脱脂和烧结。陶瓷用途十分广泛,在铸造方面,主要用于各种复杂构件的内部型芯。SLS打印陶瓷工艺复杂、变形可控差,很难大规模推广,逐渐被3DP等工艺取代。

## 2.SLA技术

SLA技术属于光固化技术,打印材料种类多,打印的零件精密高,表面光滑,长期被塑料产品用户青睐。在铸造中,主要用于硅溶胶熔模铸造、塑料模具、硅胶模。

硅溶胶熔模铸造:结合精密高、表面光滑的优点,采用薄壁镂空结构用于硅溶胶熔模铸造中,但它发气量大、退让性差、价格稍高等缺点未能大面积推广应用。

塑料模具:结合强度较高的特点,用打印模具代替木模,其精密、耐磨性能优于木模,但低于金属模,成本稍高,适用于中小批量快速铸造,被少数模具厂采用。

硅胶模:结合精密度高、表面光滑的优点,打印SLA模再采用真空注塑机翻制硅胶模,用于铸造用蜡件制造(雕像等复杂难分型零部件)。

## 3.3DP技术

3DP技术是从平面打印技术演化出来的,不同的是,3DP通过喷墨头喷树脂等粘结剂,此打印技术主要难点在于喷墨头寿命问题,由于粘结剂的强腐蚀性,喷墨头易腐蚀和堵塞。目前还未开发出专用于3DP打印的喷墨头,多借用平面打印用富士喷头,由于用量有限,价格相对比较昂贵。在铸造中,主要用于砂型、砂芯、泡沫塑料、陶瓷等。

砂型、砂芯是3DP技术最成熟的技术,砂型、砂芯属于冷成型工艺,可以打印任意复杂形状且不考虑分型问题,打印砂型和砂芯透气性好,可用于直接砂型铸造,也可以用于金属型砂芯,也是快速制作复杂随形冷铁的方法。

泡沫塑料是通过粘结剂将泡沫塑料粉末选取粘结,打印件用于熔模精密铸造蜡模和消失模铸造,这种打印方法与SLS打印相比,具有打印速度快、软化温度低、不胀壳、打印尺寸大、发气量小等优势,但价格较高,推广速度慢。

陶瓷是陶瓷粉末选取喷洒粘结剂,选取冷成型方式,再进行脱脂和烧结。陶瓷用途十分广泛,在铸造方面,主要用于各种复杂构件的内部型芯。3DP打印陶瓷工艺复杂,有少数进行应用,具有很好的前景。

## 4.SLM技术

SLM技术是直接选取打印金属的方法,在铸造方面,可以用于带水道或加热的复杂模具,复杂结构零件镶铸用部件(如复杂内腔和细长油道)。

复杂内腔结构和细长油道零件的生产很困难,主要在于芯的制造和清理,采用芯整体打印再镶铸的方法,很好的解决了内腔清理和缺陷问题。

## 三、应用案例

采用SLS、SLA技术生产的模具产品如图1~图4所示。

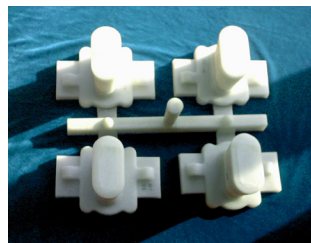


图1 尼龙模具

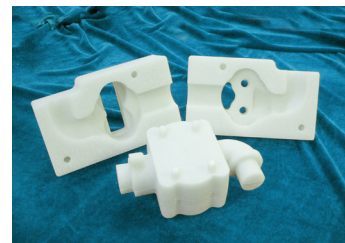


图2 PS树脂模具



图3 金属模具

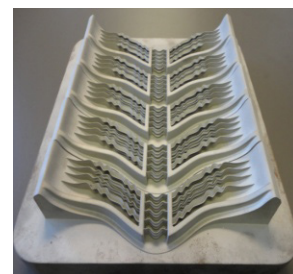


图4 金属模具

采用SLS、SLA、3DP技术生产的熔模铸造用蜡模如图5、图6所示。





图5 复杂缸盖蜡件



图6 光敏树脂蜡件

采用了3DP技术产生的消失模铸造模样如图7、图8所示。



图7 传动箱EPS泡沫



图8 排气管EPS泡沫

采用SLS、3DP技术打印的砂型如图9~图11。

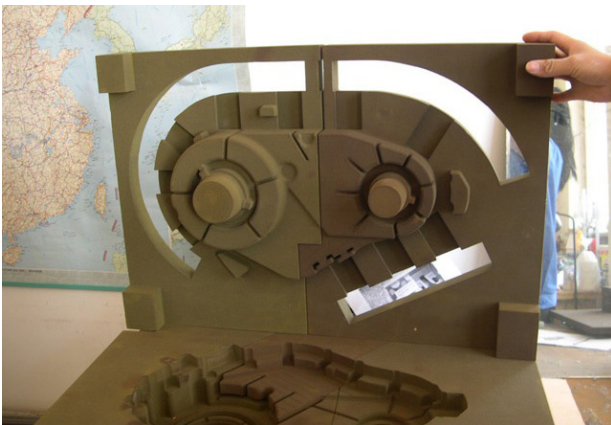


图9 变速箱零件砂型和砂芯一体化制造

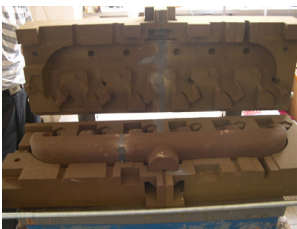


图10 排气管打印砂型和砂型组装



图11 浇注后排气管零件

#### 四、工业级3D打印技术和铸造技术融合配套应用

目前,3D打印技术已成功与砂型重力铸造、砂型低压铸造、金属型铸造、熔模精密铸造及消失模铸造等多种铸造方法相融合,正在探索与真空增压铸造、差压铸造、石膏型铸造,以及砂型与石膏型复合等多种铸造方法进行融合,可用于生产铝合金、铸钢、铸铁、铸钛及镍基合金等

铸件快速生产。

大量的企业已经不再通过模具法获得铸件毛坯,纷纷选用成熟的3D打印加铸造的方法完成铸件毛坯生产,速度快、低成本,质量优势明显,使企业产生了强烈的依赖感。利用3D打印制造与零件复杂程度无关的特点,转变了原有以制造为先的设计理念,有效地提高了零件的功能,零件的结构更加精致合理,如图12~图15所示。

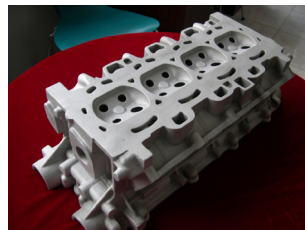


图12 缸盖铸件



图13 缸体铸件



图14 铝合金叶轮铸件



图15 合金钢叶轮铸件

#### 五、结束语

综上所述,3D打印与铸造融合突破了只能先模具后铸造的瓶颈,解决了成本高和铸造周期长的问题,加速了铸造行业的发展,使繁杂的工序变得更加简单,促进传统铸造技术发生革命性改变,为快速发展个性化创新工厂、制造业升级提供了可能。

3D打印与铸造融合已大量应用于汽车、航空航天与兵器等技术开发密集型行业,并不断延伸到其他各行业,他的成功应用将推动制造业飞速发展。□

- [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(5):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,等.3D打印技术在工业设计上的研究[J].科教导刊(中旬刊),2018(4):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(3):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(8):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(3):78-84.
- [8] 扈恩同.3D打印技术在机械制造业中的应用研究[J].世界有色金属,2018(1):42-43.
- [9] 唐洋,陈海峰,刘志强,等.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(5):12-17.
- [10] 李庆春.铸件形成理论基础[M].北京:机械工业出版社,1982.