

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

No.4 2021
2021年8月
August 2021

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

出版: 中国机床工具工业协会
《组合机床与自动化加工技术》杂志社

顾问: 吴柏林 于成廷
主任: 毛予锋
副主任: 王黎明 郭长城

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

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

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

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

承印: 北京久佳印刷有限责任公司

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



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

目录 CONTENTS

2021年第4期(总第175期)

WMEM世界制造技术与装备市场

资讯 News

- 10 CCMT2022招展工作全面启动等5则
CCMT2022 exhibition recruitment work was fully launched etc. five news

产销市场 Production & Market

- 13 2021年上半年机床工具行业经济运行情况分析
Analysis on economic operation of machine tool industry in the first half of 2021

专题综述 Topical Review

- 16 何敏佳谈我国机床的未来发展之路 何敏佳
Thoughts about the future development road of China machine tool industry
18 新一轮市场行情下企业持续分化 南北差异显现 兰海侠
Under the new round of market conditions, enterprises continue to differentiate between the north and the south differences appear
21 碳中和脚步渐急,我们注意到这些要点 张芳丽
Carbon neutrality is becoming urgent and we should note these points

特别报道 Special Report

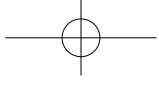
- 25 牢记初心使命 赓续薪火相传 致敬百年华诞 筑梦再次起航 丁伟明
Dalian Machine Tool Corporation celebrates the 100th Anniversary of the Founding of the Communist Part of China
27 杭机: 庆祝百年华诞 秉持技术报国
Hangzhou Hangji Machine Tool Co., Ltd. celebrates the 100th Anniversary of the Founding of the Communist Part of China

研发与应用 Research & Application

- 29 小批量件冲、旋压加工产线研究及机器人应用 江文明等
Research on production line of small batch stamping and rotary processing and robots application
32 一种高性能伺服比例阀的研究 汪汝军等
Study on a high performance servo proportional valve

展品评述 Exhibits Review

- 35 CIMT2021部分圆柱齿轮加工机床展品评述 廖承渝
CIMT2021 exhibits review of the cylindrical gear machine tools
42 CIMT2021部分数控系统展品评述 张幼龙等
CIMT2021 exhibits review of partial CNC system
47 CIMT2021部分车床系列展品技术分析 陈洪军等
CIMT2021 exhibits review of partial lathe



WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing
Engineering & Market

编者的话

今年是“十四五”开局之年。以习近平同志为核心的党中央团结带领全党全国各族人民，立足新发展阶段，完整、准确、全面贯彻新发展理念，构建新发展格局，推动高质量发展，统筹疫情防控和经济社会发展的成果得到持续拓展和巩固。上半年我国国内生产总值约53.22万亿元，同比增长12.7%，两年平均增长5.3%，经济运行持续稳定恢复，稳中加固、稳中向好。

国内经济的增长，拉动了机床工具市场需求的恢复与增长。2021年上半年，机床工具行业延续2020年下半年以来恢复性增长态势，中国机床工具工业协会重点联系企业营业收入同比增长45.7%，受上年同期基数逐月升高影响，增幅比1~3月回落27.4个百分点，与2019年同期比较增长25%，两年平均增速为13.5%。从运行数据看，行业各项主要经济指标均实现大幅增长，质量效益明显改善，进出口双双大幅度增长，机床工具行业运行仍然保持继续向好趋势。

综合考虑各种因素和目前机床工具行业较好的发展趋势，如疫情没有严重的反弹，不确定因素得到有效应对，各项政策持续显效发力，2021年下半年机床工具行业仍将维持稳定增长态势。但受上年基数抬高等因素的影响，下半年增长速度可能逐步降低。

本期内容将围绕行业经济运行分析以及行业热点的问题进行分析，同时围绕CMT2021展会上的重点展品和技术进行评述，供行业企业参考。

本刊编辑部

版权所有，未经本刊书面许可，不得转载。

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

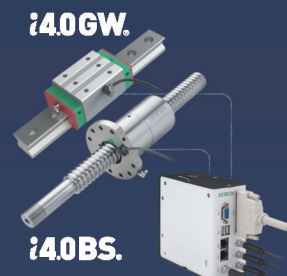
HIWIN® 上银®

实现您的智能工厂

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



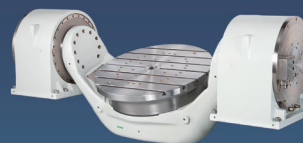
关节式机器人臂
Articulated Robot



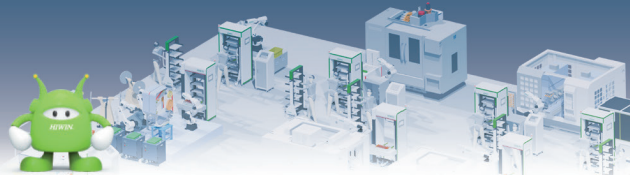
智能型滚珠丝杠
intelligent 4.0 Ballscrew
智能型直线导轨
intelligent 4.0 Guideway



史卡拉机器人臂
SCARA Robot



Torque Motor 回转工作台
Torque Motor Rotary Table



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



扫一扫
关注上银

全球营运总部

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

关系企业

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

HIWIN中国专属经销商

天津龙创恒盛实业有限公司
Tel: (022) 2742-0909

江苏台银机电股份有限公司
Tel: (021) 5480-7108

上海诺银机电科技有限公司
Tel: (021) 5588-2303

深圳海威机电有限公司
Tel: (0755) 8211-2558

上海玖征机械设备有限公司
Tel: (021) 5978-9980

厦门聚锐机电科技有限公司
Tel: (0592) 202-1296

昆明万展科技有限公司
Tel: (0871) 6830-1918

乐为传动科技(苏州)有限公司
Tel: (0512) 6667-0809

全球销售暨服务据点

德国
www.hiwin.de

日本
www.hiwin.co.jp

美国
www.hiwin.us

意大利
www.hiwin.it

瑞士
www.hiwin.ch

捷克
www.hiwin.cz

法国
www.hiwin.fr

新加坡
www.hiwin.sg

韩国
www.hiwin.kr

以色列
www.mega-fabs.com

广告

WMEM

世界制造技术与装备市场

World Manufacturing Engineering & Market

Competent Authority: China Machinery Industry Federation

Sponsor: China Machine Tool & Tool Builders' Association

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

Tel: (010) 63345259

E-mail: wmem@cmtba.org.cn

Publisher: CMTBA
Modular Machine Tool & Automatic
Manufacturing Technique

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

President of E-C: MAO Yu-feng

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

Committeemen:

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

Specially Invited Committeemen:

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

Chief-Editor: Li Huaxiang

Executive Editor: Mei Feng

ISSN 1015-4809

CN 11-5137/TH

Post Distribution Code: 80-121

Advertising agency:

WORLDWIDE SERVICES CO.,LTD

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

Tel: +886 4 23251784

Fax: +886 4 23252967

E-mail: Jessie@acw.com.tw

Contact: Jessie



WMEM官方网站

目录 CONTENTS

2021年第4期 (总第175期)

产品与技术 Products & Technology

- 54 FIDIA数控系统示波器高级模式功能的研究与应用 胡 辉
Research and application on the advanced mode function of oscilloscope in FIDIA
CNC system
- 56 不同型式的气门毛坯飞边应用 江文广等
Application of valve blank with different types
- 58 基于机床数控系统的电主轴控制技术 马国艳
The control technology of electric main spindle based on machine tool CNC system
- 62 纳米流体材料在冷却器中的应用研究展望 唐 东
Research and prospect on application of nano fluid materials in cooler
- 65 气门切磨杆端面基准选择 周雅智
Selection of end face baseline for valve cutting and grinding rod
- 68 数控系统CNC无法直接上电的原因分析与处理 林超青
Cause analysis and treatment for CNC cannot power directly
- 71 圆锥结合失效分析一例 周晓琿等
An example analysis of conical binding failure
- 73 飞机铝合金结构修理方法研究 朱金华等
Research on the repair method of aluminum alloy structure of war injury aircraft
- 76 汽车制造业组合机床的设计与制造史浅析 金延安
Design and manufacturing history of combined machine tool
- 78 机械加工技术中的数控加工实践分析 郭 伟
Analysis of CNC machining practice in machining technology
- 80 磨工工艺在机械制造中的应用浅析 刘友军等
Application of grinding process in mechanical manufacturing
- 82 45Cr9Si3气阀钢调质回火温度和硬度分析 刘谷艳等
Analysis of tempering temperature and hardness of 45Cr9Si3 air valve steel
- 83 柴油机曲轴主油道孔加工技术 丑洋洋等
Machining technology of main crankshaft of diesel engine
- 86 改进摩擦焊PLC控制程序拓宽设备用途 周小伟等
Improving the PLC control procedure of friction welding to broaden the equipment use
- 87 焦炉煤气流量调节孔板下料模具的设计与制作 周德华
Design and production of coke oven gas flow regulating orifice of underfeeding mold
- 89 静压矫正法在薄壁筒体畸变故障中的应用 王帮艳等
Application of static pressure correction method in distortion fault of thin wall cylinder
- 91 枪钻加工过程分析 葛成荣等
Analysis of the gun drill processing process
- 94 数控中频淬火机床故障维修案例 牛志斌等
Failure maintenance case of CNC medium-frequency quenching machine tool
- 96 浅析发动机曲轴车车拉工艺及刀具优化方案 王 刚等
Analysis of the turning broaching technique and tool optimization solution of the
engine crankshaft

品牌故事 Brand Story

- 98 浅谈日本著名机床厂商——OKUMA (大隈) 祝 贺等
Introduction and analysis of OKUMA, one Japanese famous machine tools factory
- 消息 (17、55、79、81)
- 20 广告索引 Advertisers Index



CCMT2022招展工作全面启动

由中国机床工具工业协会主办并与上海市国际展览有限公司共同承办的“第十二届中国数控机床展览会（CCMT2022）”，将于2022年4月11~15日在上海新国际博览中心举办，预计展览总面积12万平方米。

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

关于开展2021年度机床工具行业先进会员（自主创新和产品质量十佳）表彰活动的通知

中国机床工具工业协会自2001年开始开展的机床工具行业先进会员表彰活动已届20年，此活动为宣传先进典型、树立正确的价值导向起到了积极促进作用，也得到了广大会员企业的热烈响应，在行业内外形成了较大的影响力。

由于自主创新和产品质量十佳的评选涉及大量的现场考察工作，考虑到新冠疫情对工作带来的影响，现决定提前启动2021年度“机床工具行业先进会员（自主创新和产品质量十佳）”表彰活动的相关工作，其他“机床工具行业先进会员”表彰工作另行通知。

具体申报要求等事项请登录协会官网www.cmtba.org.cn，并于截止日期2021年9月30日前完成申报。

（协会行业发展部）

科德数控成功登陆上交所科创板

2021年7月9日，科德数控股份有限公司正式在上海证券交易所科创板挂牌上市（股票简称“科德数控”，股票代码“688305”），开启以高端五轴数控机床为主营业务

登陆资本市场的新篇章。



制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基，而高端制造业则是引领制造业转型升级、改变价值链全球配置的重要基础。科德数控作为高端制造企业登陆科创板，是在关键领域实现重点突破的重要保障，是我国进一步通过资本市场助力国家产业战略的重要尝试，是更好、更彻底发挥企业作为市场主体功能和创新主体作用的重要革新。此次科德数控在上交所科创板的成功挂牌，将为公司长远发展积蓄新的动能。

作为一家从事高端五轴联动数控机床研发、生产、销售及服务的的高新技术企业，科德数控努力研发高端数控机床，不断加快自主化成果转化和自证应用，稳步实现着产品的良性迭代升级，不断提升自主品牌高端五轴数控装备的竞争力，满足我国重点领域的装备需求。

科德数控董事长于本宏先生在上市仪式中讲到：“我们坚信，科德数控的产品可以更广泛替代那些曾让我们望尘莫及的国外产品！我们愿与我们的合作伙伴共同潜心制造、卓越进步，深耕高端国产数控机床领域，并在国家支持下，推进行业迈向新台阶！”同时表示，科德将以成功上市为新的起点，实实在在在做好国家需要的事、行业需要的事、企业需要的事，最终将让国家受益、行业受益、企业受益、员工受益、股东受益！

（科德数控）

工具分会在株洲召开八届三次常务理事会议

中国机床工具工业协会工具分会八届三次常务理事会



于2021年7月9日在株洲钻石切削刀具股份有限公司（简称株钻）精密工具产业园召开，协会总会毛予锋常务副理事长、王旭监事长和综合办李继运主任到会指导，工具分会23家常务理事单位的主要负责人近40人参加会议。

工具分会当值理事长、株钻董事长李屏主持会议并致辞。他指出，高质量发展成为主流方向，在传统汽车行业总体下滑情况下，新能源汽车迎来重大发展机遇；3C行业高速增长，5G时代近在咫尺，航空航天等重点领域强调自主可控。在介绍行业发展现状和株钻情况时，李屏表示，在新的市场格局下，株钻适时调整战略发展目标，征地512亩进行了厂区扩建，并对资源进行优化配置，新建了数控刀具、刀片、混合料等智能化厂房，以不断提高硬质合金刀具制造水平。

毛予锋常务副理事长对工具分会在凝聚会员企业、服务会员企业、促进分行业发展等方面的工作给予了充分肯定，特别强调在当前机床工具市场呈现恢复性增长、企业重组及人员新老交替的行业发展关键时期，工具分会要继续发扬优良传统、继续发挥人员优势作用，为行业发展和中国装备制造业水平提升做出贡献。王旭监事长介绍了2020年和2021年上半年机床工具行业整体运行概况，并结合当前经济形势对2021年下半年机床工具行业运行趋势进行了预判。2021年1~5月营收同比2020年大幅增长，企业全面向好。但从6月开始增速减缓，预测今年机床工具行业呈现前高后低的发展态势。行业发展将面临两大挑战：一是原材料价格上涨及汇率波动可能影响行业的可持续发展；二是国外疫情趋稳的确定性给国内制造业增加不确定性，尤其是出口面临明显回调的压力。预计整个机床工具行业全年将实现5%左右的增幅。未来创新将成为行业发展的主要动力，希望企业要有危机意识，以创新实现转型发展，并结合产品特点做好差异化定位，同时针对国外疫情变化可能带来的相关影响，要有相应对策。

查国兵秘书长汇报了2021年上半年秘书处工作情况：以通讯方式召开了理事会并发展了11家新会员；在总会支持下，组团2500多平方米参加了CIMT2021展会，效果超出预期；进行了上下游产业调研，多次走访会员企业。

中国因有效控制疫情并率先复工，经济得以迅速恢复，为我国高端制造业带来难得的发展机遇。在其他主要工业国家刀具大幅下降的情况下，2020年我国刀具市场达到2018年峰值水平，国产刀具国内市场占有率达到历史最高水平（占比69%）。2021年一季度刀具产品销售额大幅增长，同比2020年增长45.7%，同比2019年增长15.1%。其中，整体硬质合金刀具和硬质合金刀片成为增量最多的刀具品种，通用高速钢刀具产品（丝锥、钻头、铣刀）基本保持稳定，高速钢复杂刀具（齿轮刀具、拉刀）有较大增长。

参会单位代表就当前形势下各企业改革发展思路和结构调整经验进行了交流，共同探讨了所面临的发展问题，分析了行业未来发展形势。气氛热烈，话题广泛。

代表们认为，受人民币升值、全球各国货币超发、原材料价格上涨等因素影响，尤其是上半年订单增量使社会库存达到一定量后，下半年需求会减少。因此，企业要以创新为驱动，包括机制创新、管理创新、商业模式创新、产品创新、组合方式创新等，旧要素新组合，打造盈利产品，解决客户痛点问题，实现可持续发展。

根据行业上半年形势以及下半年情况预测，部分企业下调了全年的预期增长目标，并从扁平化管理入手，减少层级，提高效率。部分企业开始从传统刀具生产向开发军民融合产品延伸。一些企业正在探索转型之路，摒弃低利润老产品线，加大产品转型升级的力度。也有部分企业坚守细分市场布局，走专业化发展道路，在打造专精特新产品方向继续深耕，以实现差异化发展。

为更好地服务终端客户，部分公司开始探索终端销售策略，大量增加技术服务人员，同时加大培训经销商的技术服务队伍，组建共性技术团队。

行业的高速发展也受制于制造业所面临的共同问题。如传统机械加工领域用工难、留人难等问题突出。芯片缺乏给工具行业带来较大影响，如汽车行业下滑较大，量具行业部分产品已断货。

代表们希望从国家层面注重机械制造领域人才需求和培养，建议人才培养要分层，从学历、技能培养等方面入手。同时，部分企业为应对人才短缺问题，开始向自动工



厂或无人化转型。

工具行业企业要加强品牌意识，着力推进先进制造技术，增强产品质量稳定性。加大电子信息和软件投入，在质量稳定性、技术服务能力、交期、创新方面缩小与国外同行差距。

会议认为，在市场销售形势旺盛的情况下，各企业要保持清醒的头脑，不盲目重复投入，要树立危机意识和创新意识，找准自己企业的发展方向，实现企业的稳定 and 高质量发展。

（协会工具分会秘书处）

2021年7月汽车工业产销综述

2021年7月，芯片危机、原材料上涨压力等不利影响依然存在，加上国内局部地区洪涝灾害等极端天气以及新冠疫情复发也在一定程度上使生产和需求受到一定抑制，因此汽车产销总体依然呈一定下降，其中商用车受排放标准切换影响降幅明显高于乘用车。当月汽车产销分别达到186.3万辆和186.4万辆，环比下降4.1%和7.5%，同比下降15.5%和11.9%。

1~7月，汽车产销1444万辆和1475.6万辆，同比增长17.2%和19.3%，增速比1~6月继续回落。

7月，乘用车产销154.8万辆和155.1万辆，环比下降0.5%和1.1%，同比下降10.7%和7.0%。在乘用车主要品种中，与上月相比，多功能乘用车（MPV）产销呈较快增长，交叉型乘用车销量增长较快，产量略有下降，其他品种产销均呈小幅下降；与上年同期相比，交叉型乘用车销量略增，产量有所下降，其他三大类乘用车品种产销均呈下降。

1~7月，乘用车产销1139.4万辆和1156万辆，同比增长20.1%和21.2%。在乘用车主要品种中，与上年同期相比，四大类乘用车品种产销均呈增长，增速比1~6月继续回落。

7月，商用车产销31.5万辆和31.2万辆，环比下降18.8%和30.1%，同比下降33.2%和30.2%。在商用车主要品种中，与上月相比，货车和客车产销均呈下降，货车降

幅更为明显；与上年同期相比，客车产销保持较快增长，货车下降较快。

7月，在货车细分品种中，与上月相比，微型货车产销均呈增长，其他三大类货车品种产销呈不同程度下降，其中重型货车降幅更为明显；与上年同期相比，四大类货车品种产销均呈下降，重型和微型货车降幅更明显。在客车细分品种中，与上月相比，三大类客车品种产销呈不同程度下降，大型和中型客车下降更快；与上年同期相比，轻型客车产销呈较快增长，中型客车降幅略低，大型客车下降较为明显。

1~7月，商用车产销304.5万辆和319.6万辆，同比增长7.6%和12.9%。在商用车主要品种中，与上年同期相比，客车和货车产销继续保持增长，增速比1~6月均呈回落。

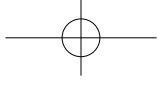
1~7月，在货车主要品种中，与上年同期相比，微型货车产销继续下降，其他三大类货车品种保持增长，中型货车增速居前。在客车主要品种中，与上年同期相比，大型客车产销小幅下降，中型和轻型客车保持快速增长。

7月，新能源汽车市场呈现出“淡季不淡”的特点，产销环比和同比继续保持增长，且双双创历史新高，分别达到28.4万辆和27.1万辆，环比增长14.3%和5.8%，同比增长1.7倍和1.6倍。在新能源汽车主要品种中，与上月相比，纯电动和插电式混合动力汽车产销均呈增长，插电式混合动力汽车增速更为明显；与上年同期相比，纯电动和插电式混合动力汽车产销继续保持迅猛增长。

1~7月，新能源汽车产销分别达到150.4万辆和147.8万辆，同比增长均为2.0倍。在新能源汽车主要品种中，与上年同期相比，纯电动和插电式混合动力汽车产销同样保持迅猛增长势头。

1~7月，汽车销量排名前十位企业共销售1273.7万辆，占汽车销售总量的86.3%。在汽车销量排名前十位企业中，与上年同期相比，上汽和北汽销量增速略低，其他企业均呈较快增长，其中奇瑞和长城增速更为明显。

（中国汽车工业协会）



2021年上半年机床工具行业经济运行情况分析

中国机床工具工业协会

在2020年下半年以来经济迅速恢复基础上，2021年以来我国经济持续稳定恢复，稳中向好，上半年国内生产总值同比增长12.7%，两年平均增长5.3%。货物进出口同比增长27.1%。规模以上工业企业增加值同比增长15.9%，两年平均增长7.0%；利润总额同比增长66.9%，两年平均增长20.6%。

国内经济的增长，拉动了机床工具市场需求的恢复与增长。2021年上半年，机床工具行业延续2020年下半年以来恢复性增长态势，各项主要经济指标均实现大幅增长，质量效益明显改善，进出口双双大幅度增长，机床工具行业运行仍然保持继续向好趋势。但原材料和配套件价格大幅上涨、人才与资金紧缺，以及国内外疫情等不确定因素，对行业运行造成的潜在影响应给予关注。

一、行业运行基本情况

根据中国机床工具工业协会重点联系企业统计数据、海关进出口数据，以及协会企业调研情况和部分分会提供的资料，对机床工具行业2021年上半年运行情况概要分析如下。

1. 营业收入大幅提升，增幅较一季度有所回落

2021年1~6月，重点联系企业营业收入同比增长45.7%，受上年同期基数逐月升高影响，增幅比1~3月回落27.4个百分点，与2019年同期比较增长25%，两年平均增速为13.5%。

从分行业看，金属切削机床同比增长50.7%，金属成

形机床同比增长30.8%，工量具同比增长25.6%，磨料磨具同比增长54.3%，滚动功能部件的增幅最大，为91.2%。与2019年同期比较，金属成形机床的降幅收窄至3.9%，其他分行业均有不同程度的增长。

2. 各分行业全面实现盈利

2021年1~6月，重点联系企业盈利情况有所改善，所有分行业全部实现盈利。其中，金属切削机床、滚动功能部件和磨料磨具由上年同期的亏损转为盈利。因上年基数低，利润同比增速较高，但整体利润率水平并不高。

3. 亏损面普遍收窄，企业经营状况好转

2021年6月，重点联系企业中亏损企业占比为23.0%，较3月收窄5.6个百分点，较上年同月收窄9.9个百分点。从分行业看，各分行业的亏损面与上年同月持平或明显收窄，其中金属切削机床、金属成形机床、工量具和磨料磨具分行业分别收窄11.5、14.3、12.1和31.0个百分点。

与2019年同月相比较，重点联系企业整体亏损面大幅收窄15.3个百分点。八个分行业中，仅磨料磨具的亏损面持平以外，其他各分行业都大幅收窄10个百分点以上。其中金属切削机床、金属成形机床和工量具的亏损面分别收窄了16.5、24.7和14.3个百分点。

以上亏损面收窄情况，表明行业企业经营状况正在普遍好转。

4. 订单同比增幅回落，仍处较高水平

2021年1~6月，重点联系企业金属加工机床新增订单同比增长42.5%；截至6月底，在手订单同比增长25.8%。



其中,金属切削机床新增订单同比增长41.0%,在手订单同比增长20.6%;金属成形机床新增订单同比增长46.9%,在手订单同比增长41.9%。受上年基数影响,以上各项订单同比增长幅度比1~3月有所下降,但仍处于较高水平。

与2019年同期比较,金属加工机床新增订单增长66.6%,在手订单增长13.4%。其中金属切削机床新增订单增长76.2%,在手订单增长18.6%;金属成形机床新增订单增长45.3%,在手订单增长1.3%。订单情况已明显好于处于低谷的2019年。

5.机床产量产值明显增长,成品库存同比降低

据国统局公布数据,2021年1~6月,金属切削机床产量29.7万台,同比增长45.6%,与2019年同期相比增长24.3%;金属成形机床产量10.3万台,同比增长15.7%,与2019年同期相比下降20.2%。

协会重点联系企业统计数据显示,2021年1~6月,金属加工机床产量同比增长32.2%,产值同比增长39.2%。其中,金属切削机床产量同比增长30.7%,产值同比增长41.0%;金属成形机床产量同比增长39.0%,产值同比增长34.9%。与2019年同期比较,金属切削机床产量和产值分别增长44.0%和36.9%,金属成形机床产量和产值分别增长11.7%和11.6%。

协会重点联系企业和国统局上半年机床产量同比均为大幅增长,仅在与2019年同期相比上,协会重点联系企业金属成形机床产量为增长,国统局数据为下降。这是样本差异所造成的。

2021年1~6月,重点联系企业存货同比增长5.0%。其中,原材料同比增长10.8%,产成品同比下降5.8%。金属加工机床产成品存货同比下降3.7%。其中,金属切削机床同比下降5.1%,金属成形机床同比增长3.7%。

二、进出口情况

根据中国海关数据,2021年上半年机床工具进出口总体呈现显著增长的态势,进出口总额158.5亿美元,同比增长29.2%,增幅比一季度回落1.3个百分点。与2019年上半年相比,增长13.3%,两年平均增速为6.4%。

2021年上半年机床工具进出口保持了自2019年6月以来的顺差态势。机床工具商品进口69.7亿美元,出口88.7亿美元,顺差为19.0亿美元,顺差比一季度扩大11.5亿美元。贸易顺差的有金属成形机床、木工机床、切削刀具、磨料磨具、铸造机6个商品类别。

进口方面,2021年上半年进口总体呈现明显增长的

态势。进口额同比增长19.0%,增幅比一季度回落3.9个百分点,与2019年上半年相比增长0.3%,两年平均增速为0.2%。其中,金属加工机床进口额37.1亿美元,同比增长27.8%。其中,金属切削机床进口额31.0亿美元,同比增长28.6%;金属成形机床进口额6.0亿美元,同比增长23.7%。切削刀具进口额8.5亿美元,同比增长23.7%。磨料磨具进口额3.8亿美元,同比增长29.2%。

从进口来源来看,2021年1~6月进口来源前三位和一季度完全相同,分别是:日本23.6亿美元,同比增长49.2%;德国14.1亿美元,同比增长7.2%;中国台湾9.3亿美元,同比增长37.5%。

出口方面,2021年上半年总体延续了一季度大幅增长的态势。出口额同比增长38.5%,增幅比一季度回落1.2个百分点,与2019年上半年相比增长26.1%,两年平均增速为12.3%。其中,金属加工机床出口额24.5亿美元,同比增长42.8%。其中,金属切削机床出口额17.0亿美元,同比增长42.3%;金属成形机床出口额7.6亿美元,同比增长44.0%。切削刀具出口额17.7亿美元,同比增长43.1%。磨料磨具18.7亿美元,同比增长67.7%。

从出口去向来看,2021年1~6月,出口去向前三位和一季度完全相同,分别是:美国11.0亿美元,同比增长31.2%;越南7.6亿美元,同比增长60.0%;印度5.9亿美元,同比增长85.3%。

三、行业运行特点

1.整个行业运行情况继续好转

从上述统计数据及分析来看,机床工具行业整体和各分行业2021年上半年主要经济指标同比都实现了大幅度增长,而且比2019年同期也有一定增长。表明机床工具行业从整体上已经恢复到疫情前水平。企业亏损面明显收窄,盈利状况得到改善。

根据有关分会提供的分析材料,以及近期协会对部分企业的调研情况,2021年上半年各分行业的多数企业主要经济指标同比大幅度增长,订单饱满,生产压力较大。五月份之后,虽受汽车和工程机械等行业用户行业回调影响,部分企业经营有所下滑,但整体向好趋势没有变化。

进出口增长近三成,进口同比增长近两成,出口同比大幅增长近四成。进出口继续保持顺差,顺差达到19亿美元。

2.金属切削机床增长趋势更为强劲

2021年上半年,金属切削机床分行业的营业收入、机



床产量、机床订单等主要经济指标同比增长幅度显著。与2019年同期比较,也有一定程度增长。特别是在手订单维持高位,新增订单持续快速增长,且远高于营业收入的增速,为后期发展提供充足的动力。

金属成形机床分行业的主要经济指标同比也实现了明显增长,但增长幅度普遍低于金属切削机床,多项指标优于2019年同期,但营业收入还略低3.9%;国统局数据中的金属成形机床产量,比2019年同期还低20.2%。金属成形机床分行业整体上处于恢复过程当中,但一些行业重点企业已经呈现出强劲增长趋势。

3. 金属加工机床进出口增长两旺

在我国成功控制疫情,经济稳定恢复,而国际疫情仍然比较严重情况下,我国机床工具外贸一改前两年下降趋势,其中金属加工机床呈现出进出口两旺的可喜局面。

2021年上半年,我国金属加工机床进口额同比增长27.8%,其中,金属切削机床进口额同比增长28.6%,金属成形机床进口额同比增长23.7%。金属加工机床出口额同比增长42.8%,其中,金属切削机床出口额同比增长42.3%,金属成形机床出口额同比增长44.0%。

可以看出,无论是金属加工机床总体,还是金属切削机床、金属成形机床两大类,无论是进口,还是出口,增长幅度均高于机床工具进口增长19.0%和出口38.5%的幅度。

值得特别关注的是金属加工机床进口,2019、2020年已连续两年为同比下降,今年年初以来转变为同比增长,并且增长幅度逐月扩大,从一个侧面反应出市场需求的明显恢复。

金属加工机床的出口也由上年同期的同比下降20.3%,转为增长42.8%。尽管金属切削机床进出口仍为逆差,但金属成形机床进出口已经实现顺差,顺差额达1.6亿美元。

四、行业运行中应关注的突出问题

1. 企业成本压力加大

自2020年下半年钢材、铜、铝等主要原材料,以及产业相关配套件价格大幅度上涨,今年二季度虽有所回落,但仍处于高位,导致企业成本大幅上涨。对锻压机械、重型机床、机床附件、工具等分行业的影响尤为严重。

碳达峰、碳中和目标的提出,国家环保政策正在不断收紧。北上广等经济发达地区的铸造、热处理外协配套越来越困难,不仅价格推高,而且供应也得不到保障。磨料

磨具行业的原材料由于矿产资源管理和环保政策的趋紧,也面临同样情况。

此外,今年人民币大幅度升值、国际货运价格大幅上升,也大大提高了行业的出口成本。

面对上述问题,建议行业企业高度关注,及时采取应对措施。

2. 关键功能部件供应紧缺,影响企业生产

在市场需求旺盛情况下,机床行业的数控系统、数显装置分行业因芯片短缺,对生产已经造成一定影响。部分高端导轨、丝杠、数控系统等仍依赖进口的功能部件不仅涨价,供货期也没保障,还经常受到限制。最终解决供应链紧张问题,还有赖于关键元器件和功能部件的国产化。

3. 人才缺乏问题成行业发展隐患

由于近年来一些新兴行业对用工的吸纳效应以及就业观念的改变,制造业对人才的吸引力减弱。当前市场转旺,企业招工难、用工贵问题显现。尤其是高层次、复合型专业技术人才和一些比较艰苦岗位的技术工人极缺,原有人才流失现象也比较普遍。这一问题已成为行业可持续发展的一大隐患,应引起各方面高度重视。

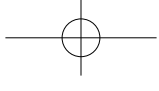
4. 疫情和自然灾害对行业运行带来不利影响

今年以来,国内新冠疫情已有两次较严重暴发,引发大范围人员和交通管控,此外还有多地散发疫情。河南等地发生洪水、沿海地区发生台风等灾害。疫情和自然灾害给所在地机床工具企业生产经营造成相当大损失。下半年行业企业仍应对疫情和自然灾害可能造成的影响高度警惕,做好防范。

总体来看,上半年机床工具行业市场需求快速增长,行业运行稳中向好,为全年行业发展打下了良好基础。但原材料价格大幅上涨、人才紧缺、资金紧张等问题仍比较突出,巩固稳定恢复发展的基础仍需努力。

放眼下半年,支持经济进一步恢复向好的政策将持续发力,但国内经济恢复不均衡,外部不稳定不确定因素较多。机床工具行业部分用户领域运行出现波动,相关领域投资仍然偏弱。同时,国内外疫情对国民经济和本行业运行仍构成重大影响因素。

综合考虑各种因素和目前机床工具行业较好的发展趋势,如疫情没有严重的反弹,不确定因素得到有效应对,各项政策持续显效发力,2021年下半年机床工具行业仍将维持稳定增长态势。但受上年基数抬高等因素的影响,下半年增长速度可能逐步降低。□



何敏佳谈我国机床的未来发展之路

中国机床工具工业协会当值理事长
广州数控设备有限公司董事长 何敏佳



一、我国机床行业的发展与困境

中华人民共和国成立不久，我国就开始规划与建设机床工具行业，逐步建立起了完整的机床工具工业体系，并建起行业著名的“十八罗汉厂”，一大批国有机床企业制造的大批优质机床为新中国建设创下了不朽业绩。一直到2000年，国有机床企业一直是我国经济发展的重要支撑，是制造业工作母机的主要供应商。

经过改革开放40年，特别是2001年中国加入WTO以后，我国机床工业取得了巨大的成就和长足的进步，产业能力和国际地位都发生了全面而深刻的变化。这一过程中，外资汽车企业的引入加速了中国汽车工业的发展，也对我国机床工业的快速发展起到了助推作用。

在国际上，汽车强国一般同时又是机床强国，很多发达国家的机床工业是靠汽车工业拉动的。随着我国引入外资汽车产业，外资汽车制造企业相继把他们国家的先进机床工具也带进中国市场，在促动我国机床工业快速发展的同时，也让发展中的国产机床工具行业企业与外资企业在市场上进行着某种不对等的竞争，不断改变中国机床工具产业的发展格局，行业企业在压力中奋力前行。

当前，我国机床行业本身以及上下游均是由国有、民营、外资等多种经济成分的企业构成。2011年以来，在经济发展增速减缓，经济发展模式转变的大背景下，机床工具行业与其他传统装备制造业一样，开始经历深度的转型升级调整和发展战略重塑，一些国有行业骨干企业进行重整，以新的资产结构重新运营。同时，民营机床制造企业抓住3C等领域快速发展的市场机遇迅速成长，成为我国机床行业的重要组成部分，为我国机床行业的自主发展增添了新的动力！

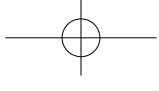
2021年是“十四五”开局之年，行业共性基础性技术薄弱、创新研发体系能力建设不足、人才和研发经费短缺、行业利润微薄等发展难题的解决，迫在眉睫。我国是工业制造大国，必须要走自主可控的机床产业发展之路。

二、未来发展之路

1. 深耕制造，尊重培养大批一线工匠

要想制造出高精密的机床，必须依靠一流的工匠作为工艺保障。

20年来，我们或许走进了一个误区，过度宣传了制造



业的“微笑”曲线，认为只有研发与销售才是企业创造价值的环节，许多企业不重视制造本身，以致造成一个很大的问题，一线工人得不到社会应有的认同，青年人不想也不安心进工厂车间，最终导致即使好的研发成果也难以制造成好的产品，销售也同样面临困难。这一点必须引起机床人的高度重视与重新思索。

机床制造企业应当创造条件开办各类职业技能培训学院，培养年轻人的兴趣，养成动手习惯，形成动手能力，培养他们的专业技能，给予他们更多的重视，让他们能够安心留在企业。同时，企业应当研究降低技工流动的“终身制”制度。特别是研究与技工工匠荣誉地位匹配的企业制度，完善企业工会制度，并使其成为企业文化的重要部分。

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

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

2. “少制造，深制造”，敢做20年寿命的机床

加工精度20微米的机床，一般企业都可以量产，这样的机床可以使用20个月。要制造加工精度达到0.2微米的机床，则必须拥有资深的钳工，具备丰富的工装配合经验，采取智慧的工艺办法，配合耐心全面的检测，用精湛

的技艺装调出来，这样的机床可以使用20年。如此巨差！

作为制造企业，我们要弄清楚为什么而制造。当前我国已经步入高质量发展阶段，是时候用“少制造，深制造”替代过去的普通制造。一次“深制造”，造出20年使用寿命的精密数控机床，这是大势所趋。

同时，我们可以尝试用“富人”的思想做机床，即机床的功能和功率选足够富裕的配置，丝杠、导轨标准件尽可能加大一码，机床用料较进口同类产品加粗，使产品更壮、更精，做工更细、更美。

习总书记说“绿水青山就是金山银山”。我们机床行业也应以“少制造，深制造”来减少排放，实现绿色制造，一次制造出耐用的高附加值的高端机床，创造出我们的金山银山。

3. 共建国内机床产业“内循环”生态体系

高端数控机床产业链少不了高性能原材料、高端元器件、高性能芯片、工业软件、先进通信与工业互联网技术等，同时高端数控机床必须具有热变形补偿、几何误差补偿、运动摩擦补偿等功能，这些都需要上下游通力合作才能得以完善。简单地购买进口数控系统及功能部件等组装的机床，难以实现高端机床的自主可控，难免受制于人，并出现“卡脖子”现象。

高端机床制造企业要追求做专业、做品牌、做历史、做信誉，与金融系统保持良好合作。同时要为用户建立新型合作关系，毕竟一台可以使用20年的高端数控机床，使用过程中的保养维护等非常重要，要与用户建立起牢固的供需伙伴关系。

最后，高端数控机床作为工业母机，除了自身竞争成长，还需要新型举国体制的有力支撑，因此呼吁政府制定法规给予长期支持保护。□

资讯

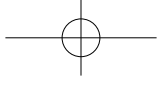
7月份中国制造业PMI为50.4% 高端制造业持续较快发展

国家统计局服务业调查中心和中国物流与采购联合会7月31日发布的数据显示，7月份，中国制造业采购经理指数（PMI）为50.4%，低于上月0.5个百分点，继续位于临界点以上，制造业总体继续保持扩张态势。

谈及7月份制造业PMI，国家统计局服务业调查中心高级统计师赵庆河介绍，7月份，部分企业集中进入设备检修期，加之局部地区高温洪涝灾害等极端天气影响，制造

业扩张力度较上月有所减弱，但大多数行业PMI仍保持在景气区间。

从具体行业情况看，造纸印刷及文教体美娱用品、铁路船舶航空航天设备、计算机通信电子设备及仪器仪表等行业生产指数和新订单指数均位于55.0%以上较高景气区间，企业生产经营较为活跃，行业增长动力较强。



新一轮市场行情下企业持续分化 南北差异显现

中国机床工具工业协会 兰海侠

【编者按】2020年我国率先有效控制疫情，下半年以来经济迅速恢复，2021年中国经济继续强劲增长。国内经济的增长，拉动了机床工具市场需求的恢复与增长。机床工具行业延续2020年下半年以来恢复性增长态势，与上年同期和2019年同期对比，各项主要经济指标均实现大幅增长，质量效益明显改善。

在这种背景下，记者走访了部分行业企业，以期更了解企业个体的经营现状，并形成以下文章（注：文章中所用上市公司2021一季报数据，同比增长幅度较大，有2020年初受疫情影响的原因）。由于采访企业数量有限，并且采访内容、相关资料的搜集可能也不够全面，相关内容仅供参考。另有些观点仅是个人看法，有不准确之处，欢迎指正。

2021年1~5月，中国机床工具工业协会重点联系企业营业收入同比增长52.8%，利润总额与上年同期和2019年同期相比大幅增长。这一波市场行情的走高在2021年4月举行的CMT2021展会上得到了充分体现。展会结束前，主办方中国机床工具工业协会对展商进行了成交情况调查。本次调查共收回有效问卷423份，包括境内展商334份，境外展商89份。有效问卷填报的成交总额为98421万元，意向总额为332984万元。虽然境外展商的有效问卷回收数量不多，但从对境外展商的访谈中了解到，他们的实际成交金额和意向金额远高于调查数据。

记者在采访中了解到市场火热背后的一个现象，包括行业上市公司2020年报和2021年一季报数据也显

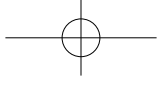
示，相比于行业高速增长的黄金十年中企业经营整体向好，这一波市场行情下，企业则持续分化。

企业逐步走向分化 部分企业对未来市场预期不乐观

尽管这一波市场行情火热，但是有一些企业仍然没有摆脱亏损的窘境，面临很大的经营压力。还不只是亏损企业，甚至一些订单饱满、保持盈利的企业同样面临着一些经营的困境，对企业未来的发展方向感到迷茫。

在山东两家民营机床企业的采访中，企业经营者不约而同都反应了企业人才培养的问题。比如，招聘一线工人非常困难，年轻人宁可去送外卖

也不愿意进工厂；地处北方三线城市，企业人才流失严重，尤其是一线工人的流失使本就产能不足的企业雪上加霜。在一家企业的生产车间看到，工人生产保持加班加点，当时的生产任务已经排到11月份，但还是只能满足部分重点老用户交货期的要求，因为生产能力的制约，企业只能放弃一些订单，无法抓住市场的增量。并且，人员成本上涨过快也成为企业一个沉重负担，尤其对于规模不大的民营企业来说，机床工具行业一直是低利润率行业，人力成本支出的不断上涨已经快突破企业承压的临界。此外，原材料的持续上涨也给机床企业带来巨大成本压力，去年下半年，国内的制造业原材料迎来了一波全方位的上漲。2021开年以来，原



材料的涨价潮不仅没有平息，而且还不断创出新高，导致不少机床企业不得不发出涨价函。

这一轮市场行情的爆发在某种程度上超出了企业的预料，但是在采访中能感受到，一些企业对未来市场预期不甚乐观。人才瓶颈的制约显然不是短期能够解决的，原材料的上涨仍在持续，以及目前下游重点用户市场已经开始出现回落，随着国内汽车、工程机械市场都存在下降趋势，国内机床及功能部件企业也将受到波及。在采访中企业提到，在湖南拜访工程机械用户时，有些用户企业已经出现停工现象。并且眼下西方国家疫情正逐步得到控制，生产也在进一步恢复，之前因海外疫情对国内出口市场的拉动效应将逐步减退。

在经历黄金十年的高速发展后，机床工具市场2011年开始下行，至今行业企业已经经历了十年的市场浮沉，在这个过程中行业企业积极探索转型升级之路，市场的起伏波动也正是检验企业转型升级成效的一个好机会。技术储备与研发成果的产业化进展、生产能力的有序扩容、人才梯队的培养与建设等等推动企业发展的关键因素，都在这一波市场行情中得到考验，只有在各个环节都提前做好了充分准备的企业，才有能力抓住突如其来的市场机遇。

在机床工具市场近十年的起伏中，机床行业结构性变化逐步显现，部分产品品类单一、转型升级速度较慢的机床企业已被市场所淘汰，机床产品智能化、商业模式定制化、工业服务多元化正成为主要发展方向，行业格局也随之悄然演变。

南北机床企业发展路径差异

就机床行业产业布局的地域性而

言，北方机床行业相比于南方历史根基更厚重。在曾经的机床“十八罗汉”中，北方企业数量高达11家，占据多数，包括齐齐哈尔第一机床、齐齐哈尔第二机床、沈阳第一机床、沈阳第二机床、沈阳第三机床、大连机床、北京第一机床、北京第二机床、天津第一机床、济南第一机床、济南第二机床。处于南方的，只有重庆机床、南京机床、无锡机床、武汉重型机床、长沙机床、上海机床、昆明机床7家企业。2008年有机床业内人士重新提出了我国机床企业的新“十八罗汉”，虽然具体企业发生了变动，但是南北数量上保持不变。

随着改革开放的不断深入，及至2011年行业市场步入下行，南北机床企业发展路径呈现出明显的差异化。北方机床企业多数为历史悠久的国有企业，或在原国有企业基础上改制而来，在技术底蕴上更胜一筹，但老国企机制体制的惯性依然存在，加之历史遗留问题，使得企业在推动企业转型升级的进程中内部流程复杂，推动难度相对较大；南方企业多为民营企业，机制更灵活，对新事物的接纳程度更高，成本的管控力度更大，发展速度较快。并且所面对的下行业不同，也进一步造成了南北机床产业的差异化发展。比如，从下游行业来看，北方侧重于重工业，南方很多围绕3C行业发展，3C行业产品迭代速度很快，需要上游企业也保持快速更新，巨大的3C市场催生了南方一批新生代的行业企业。下面是两家受益于3C市场的行业上市公司2021年一季度经营数据，在这一波市场行情中，这两家公司利润增长显著。

湖南宇环数控2021年1~3月实现营业收入1.12亿元，同比增长411.33%；归属于上市公司股东的

净利润为2522.45万元，同比扭亏为盈，去年同期亏损421.91万元，增幅达697.86%。据宇环数控公告，6月22日，宇环数控与捷普集团旗下子公司无锡绿点签订6100多万元多工位抛光机采购合同。此前，宇环数控已与捷普集团旗下子公司捷普成都累计签署订单金额为1.43亿元。据了解，宇环数控与捷普集团订单中的数控多工位抛光机和高精度数控立式双端面磨床，主要应用于新一代智能手机金属中框加工。

广东创世纪2021年1~3月实现营业收入11.4亿元，同比增长125.3%；实现归母净利润1.34亿元，同比增长654.5%。一季度，公司服务3C的系列产品发货达2929台，处于满负荷交付水平。公司在投资者互动平台表示，为更好地满足高端智能装备业务发展需要，正在加快东莞沙田和四川宜宾产业园的建设进度，按计划实现投产，缓解产能紧张局面。

灵活的机制、蓬勃的新兴市场，以及一些产业集群的不断兴起等因素，都在不断加大南方机床企业的比重，以及对行业人才的吸引力，不少北方机床企业也都在积极布局南方市场。比如，近年发展势头强劲、堪称行业民营企业翘楚的北京精雕集团，旗下已拥有40多个分支机构和10多个全资子公司，大比重布局在长三角和珠三角地区，其在东莞开办的数控机床职业院校也成为行业职业院校的一个典型代表。

行业新格局逐渐形成

行业格局深层次的演变更多集中在近十年，整个产业布局发生了巨大变化。从之前的东北（沈阳、大连、齐齐哈尔）、华北（北京、天津、济南）、长三角（上海为主）“三足鼎立”，以国企为主，到如今沿海、东

部地区发展势头迅猛，不少民营企业、产业集群蓬勃发展，行业南北力量的比重也随之改变。

以浙江省为例。有数据显示，2020年浙江省金属切削机床产量为11.12万台，累计增长22.23%。其中，2020年，浙江高端数控机床产业增加值同比增长超过20%，高于同期装备产业增加值10个百分点。目前，浙江数控机床在全国各省市金属切削机床行业中，产值和效益排名位居前列，浙江省也明确提出打造全国中高端数控机床产业高地的发展目标。在地方政策的扶持下，地方产业集群效应带动产业链协同发展，为当地机床企业赢得了更多的市场机遇，其中典型的台州、宁波等地近年都在持续加大扶持力度，为机床企业创造良好的发展环境。

例如，台州机床产业在“专精特新”发展战略指引下，形成了以玉环、温岭为集聚区的机床产业集群，建立了“主机为龙头，功能部件和工装夹具、刀量具相配套”的完整产业

链体系，其中一部分主导产品在国内的细分领域，已经拥有较高的市场份额。下面是一家台州机床企业一季报的数据。

浙海德曼2021年1~3月实现营业收入1.14亿元，同比增长146.27%，归属于上市公司股东的净利润为1541.07万元，同比增长1079.25%。在进口替代方面，公司目前在汽车零部件、电动工具、工程机械等产品领域表现优异。海德曼正是从台州机床产业集群中成长起来的一家佼佼者。

此外，外资机床企业在国内的布局也显示出南方地区似乎更具吸引力，特别是长三角地区吸引聚焦了大批外资企业投资落户，比较著名的上海外高桥、江苏太仓、浙江萧山都是机床外资企业的聚集区，也进一步带动了整个区域机床产业链的协同发展。

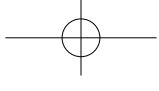
行业格局的演变日趋明朗。当年的“十八罗汉”企业之首沈阳机床、大连机床，以及齐二机床已经被通用技术集团收归旗下，得到国家层面的

重视；还有部分“十八罗汉”企业被民营企业收购或者通过资产重组以新的面貌出现；济二、武重、上机等依然屹立行业，几十年在市场的起伏中保持了稳健发展。进入21世纪，众多民营企业陆续登上历史舞台，特别是集中于长三角、珠三角地区的南方新兴民营企业快速成长，逐渐成为行业新生的另一股中坚力量，新的行业格局逐渐形成。

回望行业发展的历史进程，在上世纪八九十年代，以“十八罗汉”为代表的行业企业在非常低的市场总量条件下，面对艰难的市场需求环境，为我国经济发展做出了不可磨灭的历史贡献。而今天大多数新兴企业的发展，也离不开原有工业资源的支持，曾经的“十八罗汉”企业从产业体系、技术底蕴、人才输送等方方面面支撑了我国机床工具行业在充分市场竞争环境下的后续发展，为我国机床装备产业形成现代较为完整的产业链条和产业体系贡献了重要力量。□

广告索引 Advertisers Index

开天传动技术（上海）有限公司	封二
CCMT2022展览会	封三
EMO2021展览会	封底
斗山机床（烟台）有限公司	1
埃马克（中国）机械有限公司	2
卡尔蔡司（上海）管理有限公司	3
广州数控设备有限公司	5
上银科技（中国）有限公司	6
CIMT2023展览会	7
约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司	9



碳中和脚步渐急，我们注意到这些要点

中国机床工具工业协会 张芳丽

【编者按】近期，“碳达峰”、“碳中和”成为热词越来越多地进入人们的视野，业界也对其给予了越来越多的关注和重视。为了弄清碳中和的概念和与我们的关联，笔者梳理了一些信息，走访了几家企业，相关资讯供大家参考、借鉴。

近几日，人们关注到了几条持续极端高温天气的消息：北美遭遇连续多日高达50℃的极端天气，已致数百人死亡；沙特及周边地区被50℃高温天气炙烤；科威特73℃高温刷新全球高温记录……。与此同时，我们也深切感受到北方的夏季越来越热了。全球变暖，是一个不争的事实。问题直指大气中过多的二氧化碳排放。

2021年3月15日，习近平总书记主持召开中央财经委员会第九次会议，其中一项重要议题，就是研究实现碳达峰、碳中和的基本思路和主要举措，会议指明了“十四五”期间要重点做好与之相关的7方面工作。这次会议明确了碳达峰、碳中和工作的定位，尤其是为今后5年做好碳达峰工作谋划了清晰的“施工图”。

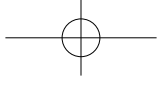
实际上，中国政府已于2020年9月22日在第七十五届联合国大会上提出：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰



值，努力争取2060年前实现碳中和。”

碳中和概念及其产生的社会背景

众所周知，碳中和（carbon neutrality）是个节能减排术语，是指企业、团体或个人测算在一定时间内，直接或间接产生的温室气体排放总量，通过植树造林、节能减排等形式，抵消自身产生的二氧化碳排放，实现二氧化碳的“零排放”。而碳达峰则是指碳排放进入平台期后，转入平稳下降阶段。简单地说，也就是让二氧化碳排放量“收支相抵”。



提到碳中和,需要首先关注其产生的社会背景。“碳”就是石油、煤炭、木材等由碳元素构成的自然资源。“碳”耗用得多了,导致地球暖化的元凶“二氧化碳”也制造得多。随着人类的活动,全球变暖也在改变或影响着人们的生活方式,带来越来越多的环境乃至生存问题。

早在1997年,“碳中和”的概念从西方产生,此后逐渐进入大众视野。2006年,《新牛津美国字典》将“碳中和”评为年度词汇。2007年1月29日,联合国政府间气候变化问题研究小组(IPCC)在巴黎举行会议,会后发表的全球气候变化报告预测,到2100年,全球气温将升高2~4.5℃,全球海平面将较当年上升0.13~0.58m。报告的初期版本中还提到,过去50年来的气候变化现象,有90%的可能是由人类活动导致的。

2013年7月,国际航空运输协会提出航空业“2020年碳中和”方案,提出航空业以2020年碳排放量为顶峰,在2050年将排放量削减至2005年的一半。该方案对各航空公司最实质的影响,是要通过购买碳指标的方式解决2020年后超排的碳量。

2015年12月12日,在第21届联合国气候变化大会(巴黎气候大会)上通过了《巴黎协定》,包括中国在内的178个缔约方共同签署,协定于2016年11月4日起正式实施。

2018年10月,联合国政府间气候变化专门委员会发布报告,呼吁各国采取行动,为把升温控制在1.5℃之内而努力。为实现这一目标,需要在土地、能源、工业、建筑、运输和城市领域展开快速和深远的改革。

由此可见,碳中和绝不是一个与自己无关的远景目标,而是会对我们的生产经营活动以及日常生活习惯产生

具体影响的一个切实的要求和约定。

特别是今年4月,在CIMT2021(第十七届中国国际机床展览会)展会上,国际知名机床工具企业DMG MORI(德马吉森精机)宣传其机床生产已经全部达到碳中和,业界真实感受到,碳中和已在我们身边实实在在地发生。

各国密集出台碳中和目标及措施

针对温室气体控制目标,各国纷纷出台政策措施并逐步加以落实。

德国于2019年11月通过《气候保护法》,首次以法律形式确定德国中长期温室气体减排目标,到2030年实现温室气体排放总量较1990年至少减少55%,到2050年实现“碳中和”。德国将“碳中和”视为其作为工业大国和欧盟经济最强成员国的“特殊责任”。

2021年5月6日,德国总理默克尔宣布,德国实现“碳中和”的时间,将从2050年提前到2045年。此消息一出,引起极大关注。

2021年4月22日,美国总统拜登在领导人气候峰会开幕式发言中宣布,将扩大美国政府的减排承诺,即到2030年将美国的温室气体排放量较2005年减少50%,到2050年实现碳中和目标。

2021年5月26日,日本国会参议院正式通过修订后的《全球变暖对策推进法》,以立法形式明确了日本政府于2020年底提出的到2050年实现碳中和的目标。该项法律将于2022年4月施行。这是日本首次将温室气体减排目标写进法律。

为落实已承诺的目标,中国作为发展中的大国,需首先转换发展模式,坚持绿色低碳转型,坚持走可持续发展之路,大力发展清洁能源和新

能源。为了达成相关目标,各级政府及各有关部委积极行动起来,制定和发布相应政策措施。

2021年3月5日国务院政府工作报告中指出,扎实做好碳达峰、碳中和各项工作,制定2030年前碳排放达峰行动方案,优化产业结构和能源结构。2021年5月30日,生态环境部印发了《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》,将碳排放影响评价纳入环境影响评价体系。2021年6月1日,工业和信息化部组织召开《“十四五”工业绿色发展规划》专家论证会,指出“十四五”时期是我国制造强国建设的关键五年,也是积极应对气候变化、实现碳达峰目标的关键期和窗口期,建议尽快发布实施相关规划。2021年6月8日,科技部火炬中心发起《国家高新区“碳达峰碳中和”行动宣言》,表示将加快支持前沿性、颠覆性绿色低碳技术研发,为我国2060年前实现碳中和目标贡献力量。行动宣言提出六大主旨,强调加快绿色低碳技术产业化,着力推动绿色低碳技术集群化、国际化发展。

与此同时,相关具体工作和措施在多个领域推进部署。2021年5月28日,工信部发出关于开展2021年度绿色制造名单推荐工作的通知,旨在助力工业领域实现碳达峰、碳中和目标。2021年6月3日,长三角一体化示范区绿色发展国际创新中心落地苏州吴江区,旨在服务长三角一体化发展战略,打造绿色发展的创新聚集平台、示范平台和国际合作交流平台。在《机械工业“十四五”发展纲要》中,也涉及“要推动机械工业绿色低碳高质量发展”的表述。

企业实施步骤及减排建议

碳达峰及碳中和目标的达成,与

企业运营和个人生活息息相关。作为工业领域的机床业界企业，需以自身的实际行动实现企业的绿色社会责任，为减少温室气体排放、应对全球气候变化危机做出积极努力。企业可预先了解碳中和实施步骤及可能产生的费用，早做安排，争取主动。

企业落实碳中和时，首先要对自身排放进行核算，这是实施碳中和的第一重点，也是难点。要选择一基准年，委托专业机构准确完整核算该年度的各类温室气体排放量。接着，要对每一类排放源进行分析，确定适宜的减排方案与成本，制定减排措施和抵消措施，并根据需求制定中长期目标。实施过程中，每年都要对温室气体排放量和减排量进行核算，监控进展情况。还有一点比较重要，作为上下游产业链较长的机床工具行业企业，须动员产业链各环节共同参与，协同配合，以利达成完全的碳中和。

对于机床工具企业来说，测算

是最大的难点，因为需要包含机床生产的上下游等众多环节。除企业自身生产环节的各项排放，还必须涉及上游的购买电能、热能、原材料、资本货物、运输、货物租赁等，下游的产品处置、回收及对外运输，等等，所有与产品制造相关的环节都要核算在内。因此，在实施碳中和之前，需先找好路径，制定好措施。

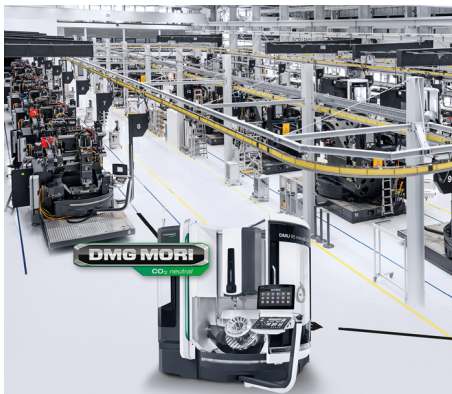
有专业机构就企业减排措施提出如下建议：①能源管理。可以应用ISO50001:2018能源管理体系，使用清洁能源、节约用能、提高用能效率。该标准在国内等同采用的标准是GB/T23331-2020。②改进技术工艺，减少温室气体直接排放。③制冷剂管理，防止制冷剂泄漏，在可行时，用低温室效应的制冷剂替代高温室效应的制冷剂。④通过绿色供应链管理，动员主要供应商参与碳减排行动，减少价值链上游排放。⑤通过改进产品与工艺设计，减少材料消耗、

废物处理及下游使用时的排放。⑥通过发动全员参与，改善员工个人行为，减少通勤、差旅等过程中的有关排放。

对于机床工具企业来说，还有一点，也是近些年行业企业一直在践行的，自身使用高效率、高精度的加工装备和工具产品，为用户提供高效率、高精度的装备和工具。

相关企业实施情况及受益

DMG MORI中国总裁兼总经理高健介绍说，DMG MORI从2015年开始进行碳中和相关工作，经过了近6年时间努力，在2020年所有机床生产实现碳中和。从2021年起，其生产的全部机床达到碳中和，包括从原材料采购到产品交付的全过程，即交付出绿色机床。在这几年中，他们切实采取了综合性措施，具体体现在绿色机床、绿色模式、绿色技术三个方面。



几年中，DMG MORI集团采取的相关具体措施有：①在FAMOT工厂，热电厂与吸收式制冷机结合使用，并于2019年启用了节能新建筑。②在比勒费尔德工厂，改进了供暖控制和工厂控制系统；在格雷茨里德，改进了供暖控制，更换了压缩机；在施蒂普斯豪森更换了压缩机。③在塞巴赫工厂，改进了涂装车间，

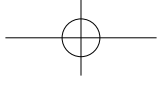
采用新的工厂技术、隔热装置和LED灯等。这些举措，都实实在在地帮助企业减少了碳排放。

对于经测算后剩余、尚无法避免的碳排放，DMG MORI投资购买经认证的环保项目进行补偿。例如，支持在中国柳城建设沼气厂，在土耳其阿克布克建设风电场。

我们采访到的山特维克可乐满、

雄克、拉非那、GF加工方案等外资企业，虽然还没有真正进行碳排放的测算，但他们都已经在日常生产、生活中努力实施节能减排和绿色制造，采取了所处行业或企业自身特定的措施。

山特维克可乐满北亚区东区总经理陈之兵介绍说，山特维克可乐满从很早以前就开始倡导环保理念，并在



工厂车间实施绿色制造。他们努力研发制造高效率的刀具产品，为用户提供降本提效服务，帮助用户提高机床利用率、减少材料和能源消耗，最终实现减排。他们采取的具体措施主要有：①在廊坊工厂中，采用热能回收系统，2020年实现减排9.6t，减少天然气消耗达4000m³；对锅炉进行升级改造，节约天然气30000m³；采用低温蒸馏装置对废液进行处理，使97%的废液处理后可以再利用；投资新型智能冷却塔和雨水收集装置，进一步节约能源和水资源。这只是山特维克可乐满在中国廊坊工厂的范例，他们在全球的其他工厂也都在坚持采取各种措施，践行环保理念。②自2005年起，山特维克可乐满就开始为用户提供PIP（效率提升计划）服务，通过优化用户刀具和加工工艺，提高设备加工效率，从而提高能源利用率。③从用户中回收废旧硬质合金，最终节约宝贵而不可再生的碳化钨资源。④开展刀具重磨、重涂业务，为用户节约购置新刀具的成本。⑤日常中，提倡无纸化办公和光盘行动，减少资源消耗和浪费。今天，山特维克可乐满的纸质样本印制量已大幅减少。公司制定的具体减排目标是，到2030年，碳排放减少50%，最终早日实现碳中和。

雄克精密机械贸易（上海）有限公司中国区总经理杜尚俭博士表示，在德国，即使不提碳中和目标，企业也会本着节俭的原则尽量减少资源消耗和浪费，从而减少碳排放。更值得注意的是，包括雄克在内的德国企业会更加注重让设备发挥更大的效用，提升其效率和柔性，最终实现节能和环保。为此，雄克正在致力于进行设备的智能化改造，将智能夹具模块置于智能生产线中进行总体配置，并开发智能系统供用户选择更适合、更

高效的产品。受2020年初的疫情影响，雄克公司开始越来越多采用视频会议的方式替代远途出差，通过云平台处理日常业务，采用无纸化办公系统以提高工作效率，节约了大量时间和成本，减少环节污染，最终将有助于碳中和的早日实现。采访中了解到，雄克德国总部近期就碳中和进行了商讨，为减少碳排放，总部已经不再印制纸质样本，除了新产品推广，其他全都采用电子样本。

提到碳中和，瑞士拉非那北亚区总裁蒋文德先生也强调了效率和节约。拉非那在刀具生产和研发中，不仅在生产环节努力增效减排，还在产品环节尽量减少材料消耗和提升产品的单位材料使用价值。钨矿是不可再生的材料，因此，拉非那近几年专注于尽可能提高刀片的功效，通过先进的3D设计、提升制造能力、应用新技术等措施，使刀片小型化、多刃化、轻切削化，并提高刀具寿命，将同样材料的使用价值提高到最大，以同样的功耗移除更多的金属。比如将原来两个刃口的刀具做到4、8个刃口，把单面的做成双面的，优化槽型，让切削更加轻快，等等。同理，尽可能用可转位刀片刀具替代整体硬质合金刀具，以降低硬质合金材料消耗。通过技术创新减少材料和能源消耗是拉非那助力早日实现碳达峰、碳中和的有效路径。

笔者还了解到，GF 加工方案将可持续发展视作长期的企业社会责任。他们倡导更有效率的生产，其产品和解决方案是根据健全的环境管理措施制造的。GF在其2025年战略中制定了具体目标，包括根据《巴黎协定》和《科学碳目标倡议》来减少温室气体排放、减少送往垃圾填埋场的废物、减少在水源稀缺和紧张地区的耗水量，并对其供应链进行可持续性评估，对铸件等上游产品要求达标。

除了温室气体排放，GF还测量和跟踪其他气体排放，以致其生产环境中挥发性有机化合物（VOCs）、悬浮颗粒（PM）、硫氧化物（SO_x）和氮氧化物（NO_x）的含量都很低。

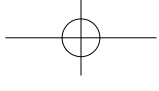
上述企业都不同程度地注重日常工作中的节约和减排，如在员工商旅和通勤中，注意到相关环节的碳排放和减排措施。

杜尚俭博士提到，在德国，企业通过计算碳排放量，把自身在生产活动中实现的节约折算成碳排放量，将这些节约出来的碳量拿去交易，并从中受益。实际案例证明，电动车企业已经真正通过碳交易获利。资料显示，2020年，特斯拉通过出售碳排放额度收入15.8亿美元，这已成为支撑其业绩的最大助力。无独有偶，中国电动车企业蔚来汽车有关人员曾透露，2020年蔚来通过“双积分”产生20万个积分，如果按照3000元/分的价格出售，将能收入6亿元。这对于尚在亏损的车企来说，无疑将是一笔不菲的收入。

高健总裁表示，DMG MORI碳中和的实现得到了越来越多用户的认可，从某种程度上助力了机床产品销售。高健建议业界企业，首先要养成减排意识，将其贯穿于日常生产、生活各个方面，同时带动周边及上下游。要注重节约资源，选择高效、低消耗的装备和用具，努力为用户提供高精、高效的机床产品。对于相关投入，高健认为，要从长计议，所有花费分摊到几年中算不上很多，却能长久从中受益。

无疑，碳达峰和碳中和的实现，需要全行业、全社会的共同努力。这场革命将给机床制造业带来变革，甚至重构全球制造业。

最后，由于时间和水平有限，文中观点仅供业界参考，欢迎批评指正。□



牢记初心使命 赓续薪火相传 致敬百年华诞 筑梦再次起航

通用技术集团大连机床有限责任公司 丁伟明

【编者按】为庆祝中国共产党成立100周年，弘扬爱国主义精神，讴歌社会主义新时代，展现机床工具行业精神风貌，中国机床工具工业协会传媒部面向机床工具行业企业及广大干部职工征集了“庆祝建党100周年作品素材”。行业企业及干部职工积极行动起来，加工制作了工艺品，录制了短视频，拍摄了照片，撰写了征文及书法作品，以多种形式共同庆祝党的百年华诞。

卷首语：百年征程波澜壮阔，百年初心历久弥坚。一百年来，党带领久经磨难的中华民族实现从站起来到富起来再到强起来的历史性飞跃，硕果累累、功勋卓著。而有着80余年历史的大连机床，在发展的过程中，经历过欣欣向荣、举足轻重的历史时期，也有过步履维艰、彷徨不前的困难时刻，而今在新的历史机遇下，大连机床心系机床行业兴衰，发扬党的革命精神和优良作风，正在坚定不移地走在扭亏脱困和高质量发展的路上，为百年华诞献礼。

习近平总书记指出：“目前，一些党员干部干事创业精神不振、担当劲头不够。开展主题教育，就是要教育引导广大党员干部发扬革命传统和优良作风，团结带领人民把党的十九大绘就的宏伟蓝图一步一步变为美好现实。”当前，随着所面临的发展和挑战变得更加严峻复杂，中国机床行业正处在转型升级的关键时刻，



同样，大连机床也站在全新的历史起点，肩负使命、承载重任，我们作为从业者，精神怎么样，劲头怎么样，能否发扬优良传统和作风，将成为行业突破瓶颈、做大做强，企业扭亏脱困、高质量发展的前提条件。

革命精神、优良传统作风是中国共产党人理想信念、道德品格、工作作风、精神风貌的综合体现，它承载着中国共产党人的初心和使命。80余年的发展道路，赋予了大连机床深厚的历史传承与积淀，而历史中出现的一个个奋斗楷模，则像一盏盏明灯指

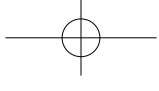
引企业前行的道路。

历史篇：榜样力量、楷模精神、薪火相传

大连机床历史上出现过许许多多艰苦奋斗的模范，比如王兆达、龚飞昆，他们是大连机床的宝贵财富，他们的精神源远流长，鼓舞着一代又一代大连机床人。

王兆达，1946年3月参加工作。1948年，他由大连振兴铁工厂转入大连机床厂前身广和机械厂，担任车工组组长。他带领小组工友在生产实践中探索出许多丰富的经验，创造出许多新纪录。他所在的小组在大连最早开展了思想、技术、生活互助活动。1949年，王兆达被评为旅大市（1949年大连与旅顺合称为旅大市）三等劳动模范。在创新纪录运动中，他被评为大连市特等劳动模范。1949年5月，王兆达加入中国共产党。

20世纪50年代初期，工厂推广苏联高速切削工作法。王兆达为了使全组人员尽快掌握新技术，到每一个组



员的工作岗位上进行指导，耐心细致地讲解，手把手地教。在王兆达的指导下，小组成员人人都在很短的时间里掌握了高速切削工作法，产品质量平均提高了3倍多。车削机床主轴，过去需10个小时，他们只用1个小时。1956年，王兆达出席了全国工农兵劳动模范大会，并曾先后两次参加国庆观礼，受到毛泽东、周恩来等党和国家领导人的亲切接见。

龚飞昆同志1941年3月12日出生在上海市崇明县，1964年毕业于哈尔滨工业大学机械制造专业，1968年分配到大连机床厂从事机床设计工作，因积劳成疾，英年早逝。但在他短短48年的人生道路上，谱写了一名共产党员对党忠诚和对事业孜孜以求的辉煌篇章。1984年4月24日，由龚飞昆设计的被称为中国“机床之王”的双可换加工中心在西安黄河机械厂通过国家级鉴定。与会专家认定，这台由大连机床厂1977年研制成功的产品，达到了20世纪70年代中期国际水平。而当年设计这台加工中心时，龚飞昆还只有33岁。

龚飞昆怀着振兴我国机床工业的雄心壮志，主管或参与设计了一批数控机床、加工中心、组合机床。其中THK6380自动换刀数控镗铣床、DSU002深孔钻组合机床、TH6263组合式加工中心等，分别获得了省重大科技成果奖、省科技进步二等奖、机械工业部科技进步三等奖和大连市科技进步一等奖。他撰写的《机床空间误差及补偿》论文，以其在机械理论上的独到见解，被国家机械工程学会第三届年会评为A类论文。龚飞昆同志曾三次出国，先后去过美国、加拿大、意大利、英国等发达国家进行技术考察和技术引进。他的外汇补助全都买了技术资料和设计工作需要的工具，他觉得这些东西比个人的生活用品更有价值。

当代篇：劳模精神、劳动精神、工匠精神

习近平总书记指出：要大力弘扬劳模精神、劳动精神、工匠精神。并强调：劳模精神、劳动精神、工匠精神是以爱国主义为核心的民族精神和以改革创新为核心的时代精神的生动体现，尤其是对于工匠精神，习总书记指出：“无论从事什么劳动，都要干一行、爱一行、钻一行。在工厂车间，就要弘扬‘工匠精神’，精心打磨每一个零部件，生产优质的产品”。

《礼记·中庸》说：“人一能之，己百之；人十能之，己千之。果能此道矣，虽愚必明，虽柔必强”。意思是，别人一遍能做到的，我做一百遍；别人十遍能做到的，我做一千遍。果真能这样做，即使是愚笨的人也一定变得聪明，即使是柔弱的人也一定变得坚强。如今，这些浓缩成了大连机床所强调的艰苦奋斗精神，即：重复、坚持、优化、深耕。

2021年4月30日，国资委在京召开中央企业党建带团建工作会暨五四表彰大会。大连机床员工段广游荣获“中央企业青年岗位能手”称号，这也是大连机床奋斗精神的传承与体现。段广游，现任通用技术集团大连机床有限责任公司数控机床编程与调试工。多年来，他一直追求创新和精品，曾多次对数控加工领域进行技术改进创新，以最终提高生产效率及零件质量。他通过把数控机床床鞍的加工改在柔性智能生产线上进行，将原来的多工序加工变为集中工序加工，提高了生产效率，降低了成本，也提高了产品质量。通过改进加工中心新型减震式圆形加工胎具，使繁琐工作过程一目了然，节省工件装夹时间约40%，提高加工效率50%，每年为企业节约成本约105万元。

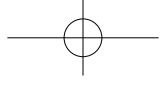
自2018年创建了段广游大师工

作室以来，已为企业培养数控编程和调试方面的技能人才20余人。2019年，段广游对参加辽宁省职工职业技能大赛与大连市“工匠杯”的参赛选手进行技术指导和教练工作，使参赛选手分别取得了辽宁省铣工赛项第八名、第九名，大连市数控加工中心第五名的好成绩。他还被聘为辽宁轻工学院、沈阳职业技术学院等校的特聘专家，多次参与省、市职业技能竞赛命题和承担裁判员工作。

展望篇：十年一剑、初心不改、方得始终

过去的80余年，大连机床历经沉浮、墨写兴衰。火车跑得快全靠车头带，企业发展得好坏干部是主要原因之一。怎么做一个称职的干部？首先要理解干部这两个字。“干”：看似简单，其实不然。干需要技巧和能力，需要充满整个过程的激情和专注，否则很难收获一个“干”得好的结果。“干”的两横，可以代表天地，可以代表两个部门，可以代表上下两个工序、两个人，可以代表公司和供应商，公司和客户。“干”的灵魂是一竖：她是连接天地的彩虹，使得天堑变通途。她是连接产品与市场的纽带，使得企业一桥飞架南北。这一竖是卑微的，立于土中；也是伟大的，直达天际。她如文天祥的《正气歌》：“天地有正气，杂然赋流形。下则为河岳，上则为日星。于人曰浩然，沛乎塞苍冥”。“部”：由“立”、“口”、“耳”组成，“立”是效率，是立即行动。马克思说过：一步行动胜过一打纲领。“口”是要准确地汇报、传达、表述、要求，是言出必践。“耳”是要善于倾听不同意见，兼听则明，形成一个学习、吸收的过程。

（下转第41页）



杭机：庆祝百年华诞 秉持技术报国

浙江杭机股份有限公司 供稿

初创

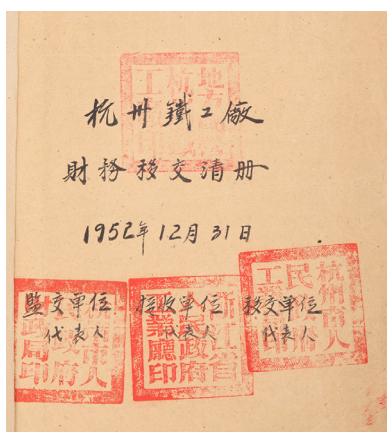
1921年，杭州刀茅巷19号院内，杭州大冶铁工厂诞生了。主要生产纺子车、并丝车，为丝绸之府的繁荣以及民族工业的发展做出了重要贡献，这就是杭机的前身。



位于杭州刀茅巷19号的大冶铁工厂

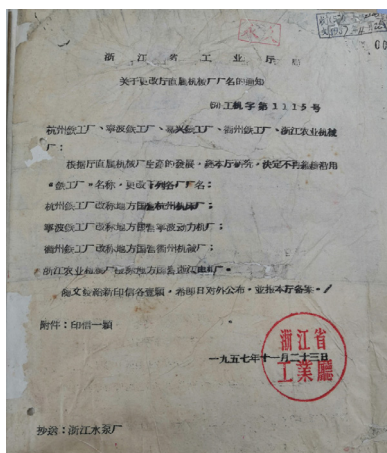
奠基

1951年，杭州市人民政府出资收购了大冶铁工厂，定名为杭州铁工厂。当时新中国刚成立，党和国家的建设事业百废待兴，24名工人在无图纸无工艺的简陋条件下，承接制造烘茧设备、八匹马力柴油机等农具。当年产值1.54万元，虽仅有这么一点家底，但它是杭州市机械工业的发源地之一，更是杭州市机床行业的摇篮。



杭州市人民政府与杭州铁工厂的财务交接清单

通过第一个五年计划，新中国初步建立起独立的工业体系，为社会主义工业化奠定了初步基础。1957年11月，经浙江省工业厅批准，杭州铁工厂更名为杭州机床厂，并正式被国家确定为平面磨床定点专业研发和制造厂。



浙江省工业厅关于“杭州铁工厂”更名“杭州机床厂”的文件

1959年1月30日，杭机成功制造出浙江省第一台M7130平面磨床，当年产量达100多台，第二年开始出口。杭机在发展自身机床业务的同时，为国家创造了一定的外汇收入。



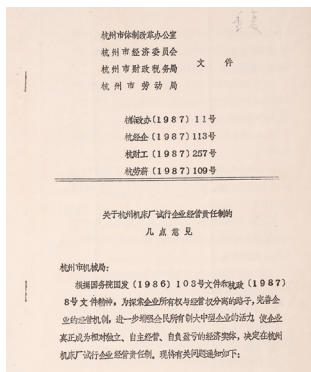
1959年2月2日《杭州日报》的相关报道

改革开放新时期

1978年12月，随着党的十一届三中全会顺利召开，中国进入了改革开放和社会主义现代化建设的新时期，杭机也进入了发展的快车道。从1982年到1992年的十年间，杭机进行了一系列改革：率先实行企业承包经营责

任制、厂长承包经营制，企业实行承包经营后，经过四年努力全面和超额完成了合同规定的指标和基数。

1992年底，为响应党中央提出的关于建立社会主义市场经济体制配套改革的举措，杭机作为浙江省“两制”改革试点单位，包括厂领导在内的全厂原国营企业固定工成为浙江省第一批实行全员劳动合同制的职工，完成了历史性的机制转换。



杭州市体制改革办公室下发的相关文件

新世纪跨越阶段

2001年，杭机被浙江省和杭州市列为改制试点企业，率先进行改制重组，与杭州无线电专用设备一厂联合组建了杭州机床集团公司，企业性质由“国”改“民”，建立起能更好适应市场化竞争的现代企业管理制度，通过产品、生产、产业和产权四大结构调整，杭机走上发展快车道，各项指标连年创新高。



杭州机床集团有限公司成立庆典

2006年6月，为响应杭州市经济发展总体布局要求，杭机与浙江省经济建设投资有限公司在临安经济开

发区合资建设了杭州杭机股份有限公司，将机床主业全部搬入新建的大型数控磨床研发制造基地。在此阶段，杭机大型数控专用设备研发取得显著进步，成功研发了技术水平居领先地位的MKL7150×16/2七轴五联动叶片叶冠圆弧强力成形磨床，MKLD7140数控强力双头成形磨床，MKH450成形磨削中心，HZ-078CNC、HZ-088CNC大型直线滚动导轨磨床，应用于汽车转向齿磨削的端面齿成形磨床等一批高档数控机床，为多个重点领域提供了关键机床装备。

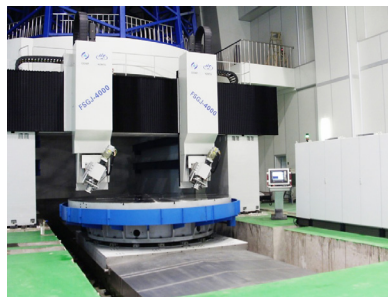
2008年，中国进入“高铁时代”，面对高铁建设关键设备需求，杭机调集精干力量，通过不懈攻关，在极短的时间内完成了MKB7025型轨道板专用数控磨床的自主研发设计，为京沪高铁、石武高铁等建设项目提供了12台关键设备，有效助力了我国高铁事业的快速发展。

2018年公司实施战略重组并启动浦江智能制造新基地建设，2020年智能制造基地正式启用。根据国家相关战略部署和公司高端化、智能化、绿色化、服务化的发展目标，杭机浦

江智能制造基地以建设“5G+高精磨床云智造”为依托，建成高端精密磨床物联网工厂。



2014年，为服务国家太空探索事业而专门开发的HZ-091光学元件数控成形磨床、HZ-092光学元件研磨抛光机床等大型非球面光学元件加工设备，很好助力了光学制造业向高档次、高水平、高附加值方向发展。HZ-092研磨抛光机床被中国机床工具工业协会评为2017年度“自主创新十佳”产品。

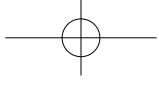


HZ-092光学元件数控研磨抛光设备



走过百年历程的杭机，在党和国家的各个历史发展阶段，始终不动摇地坚持党的领导、响应党的号召，积极投身于党的革命事业和国家经济建设。

百年来，杭机一直秉持技术报国理念，始终以振兴中国高端装备制造业为己任，积极为党和国家的建设事业而努力奋斗！□



小批量件冲、旋压加工产线研究及机器人应用

广州数控设备有限公司 江文明 周营平 钟志斌

资源消耗低、环境污染少、人力资源优、社会化程度高、经济效益好一直是企业在探索的内容,中国作为全球制造业中心,其必须永无止境的提高自身技术才能获得持续的竞争力,从而获得有利的竞争地位,冲压企业也不能例外。

经过多年的发展,中国制造业已取得了很大进步,整体实力和水平与工业发达国家之间的差距不断缩小,但就五金冲压加工企业而言,仍然存在很大一部分企业仍停留在人工小作坊的生产模式阶段,一般只有几台冲床加一些简易模具加工设备,而且设备陈旧。解决技术落后、产业升级和竞争力不断提升,这对当下技术薄弱、资金匮乏的中小作坊式加工企业无疑是一个巨大挑战。

随着竞争的深入,小批量、多品种生产已经形成趋势且无法避免,五金冲压产业链各阶段的利润空间均在不断压缩,提高冲压生产企业订单竞争力,迫在眉睫。对于资金、研发实力弱的中小冲压企业,利用和改造好现有设备,降低新设备的资金投入,加持一套可重复编程智能化产线无疑是冲压企业最快、最优的生产升级方案。因此帮助冲压行业研发一套智能冲压生产系统,完成人工密集型生产模式转型,解决小批量、多品种订单的智能、高效自动化生产就显得非常有必要。

一、冲压行业现状与发展趋势

1. 冲压行业现状

目前国内五金冲压行业市场较大,企业众多,依靠人工作业仍然是主流生产模式。中小型冲压企业存在人员密集、规模小、行业集中度低、研发实力弱等情况。

效益低下、成本高、产品质量差、事故频发致使中小企业参与行业订单竞争的压力非常大,订单优势不断往技术实力强的大企业或自动化程度高的企业倾斜,微利润、小批量订单生产成为中小企业的常态。一旦人员密集型传统手工冲压制造企业碰到订单不足,会造成大量员工失业或形成半就业状态,企业无时不刻面对着生存风险。

2. 冲压行业的发展趋势

据统计,我国每年在冲压五金行业消耗的金属钢材数亿吨,制造的产品上万亿件,极大地丰富了商品市场。随着人们的生活水平不断提高,市场已经发展到了以小批量、多品种及个性化为特点的产品,新机遇和新挑战在未来将是冲压制造业共同面对的问题。

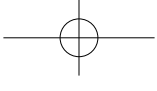
行业转型或智能化改造是我国冲压企业加快实现工业化和现代化的必然选择,在未来10年,冲压自动化的

厂家将解决数量众多的中小型冲压件厂行业集中度低、资金、研发实力弱等问题,同时也将持续为企业解决和利用好紧缺的人力资源和提高企业产业化的综合竞争力服务。智能冲压系统的布局可代替大部分人力劳动,如今的智能可编程机器人冲压系统无疑是小批量、多品种订单生产的智能化解决最优秀方案,其利用机器人可反复智能编程的特点,充分利用了现有新、旧冲压设备,大大降低设备投入的同时,稳定了行业发展方向,提高了产能、生产效率和产品质量。站在企业竞争力、日常生产、长期换产应用和后期方向发展的角度出发,机器人智能冲压系统绝对是当前冲压加工行业,特别是小批量生产的发展方向。

二、机器人加工研究及解决方案

1. 机器人冲压加工系统探讨

拉深件的种类很多,其几何形状特点不同,变形区的位置、变形的性质、变形的分布以及坯料各部位的应力状态和分布规律有着相当大的差别。所以工艺参数、工序数目与顺序的确定方法及模具设计原则与方法都不一样。具备稳定、可靠的冲压工艺、模具、冲压设备是智能冲压生产



系统的基石,在此基础上模具冲裁、弯曲、拉深、旋压工艺可制造形状极为复杂的零件。

但是在冲压生产中,分离材料直接制成平板零件为冲压工序如弯曲、拉深、成形等准备毛坯,以及弯曲、拉深、旋压等工序中避免不了工件在每个工序中的传递送料,这就必须用到自动化搬运装置。但是涉及到多品种的切换,其自动化的上下料料仓、机器人手抓、模具和设备调试、应用程序等等变更,常规的自动化单元切换自动化装置显得非常耗时、费劲,而且还存在产品质量不一的风险,这就要求一种多品种冲压智能机器人系统出现。

当今冲压设备、模具已经相当成熟,且冲压工艺在相应细分领域也都有制造企业自己独特的经验,在此不对冲压工艺与模具、冲压设备不做介绍。本文结合冲压行业现状及特点,提供机器人智能应用方案以解决冲压,特别是多品种冲压、旋压的智能化连线改造,帮助企业建立核心竞争力,以实现冲压企业的可持续发展。

2. 机器人冲压加工研究及其解决方案

本项目的智能自动化生产线系统可针对压力机拉伸成型、冲切边、滚边、压槽生产的连线作业,由设备、专用模具、机器人及手抓、二次定位装置、上下料仓装置、废料线、成品框、安全围栏、产线总控系统等组成(见图1),构成高效、高可靠性自动化冲压线。

工艺流程:剪切板设备直接落料至上料小车→人工将上料小车运输至上料工位→启动智能自动化生产系统→分张→机器人1抓取件→双张检测→二次定位→机器人1取料,放入冲压机床1冲压→冲压机床1冲压成型完成→机器人2取料,放入冲裁机床2

冲压切边→冲裁机床2冲裁完成→机器人3从冲裁机床2取料、模具废料自动落料→机器人3将料放入滚压机床3滚压整型→滚压机床3滚压整型完成→机器人4取件,放入滚压机床4滚压整型→滚压机床4滚压整型完成→机器人5取件,放置在下料框→反复循环。

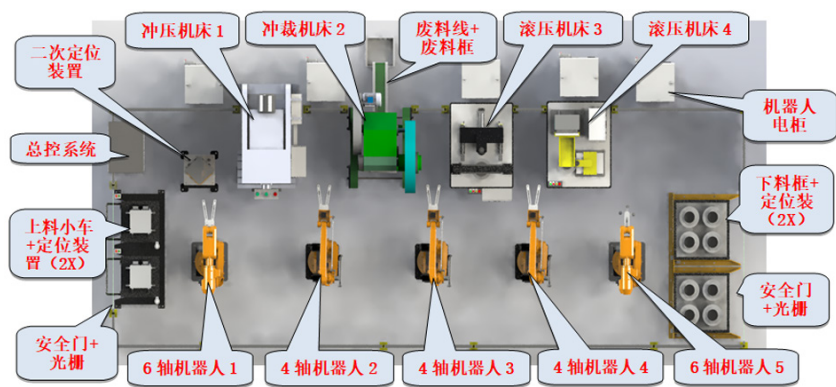
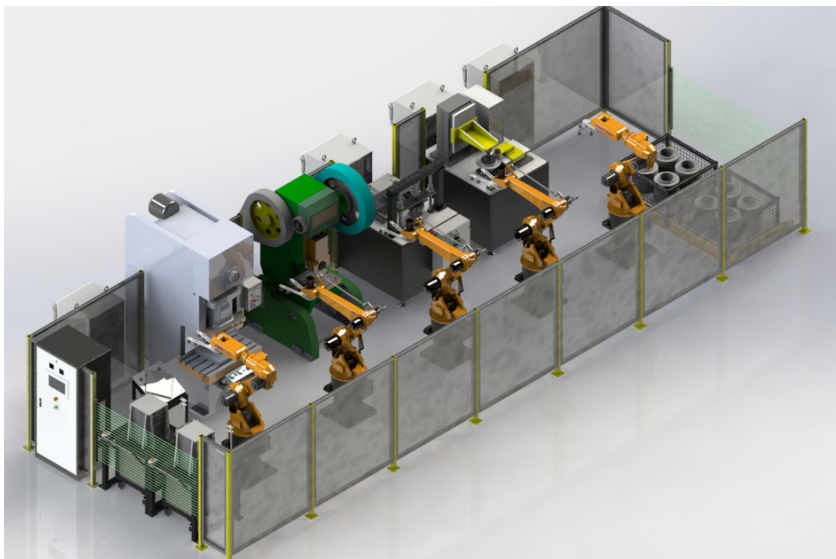
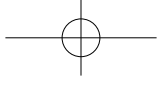


图1 布局示意图

该生产线使用机器人将原有的新、老设备连线,当切换不同型号产品生产时,本方案仅需更换模具,快速调节机器人手抓吸盘位置,在产线总控系统上面切换不同型号产品的应用程序。方案中,设备与不同模具设置定位基准,当不同产品生产时实现模具的快速更换。冲裁边废料由模具设置碎料机构,直接废料落料至废料框。当然,如模具无碎料机构,模具设计工件、废料脱料顶升板,再由机器人同时取工件和废料也是一种可行方案。

方案设计时考虑剪切板设备将剪切毛坯物料直接落料至上料小车,由人工将满料车整体运输至机器人取料位,配合企业现有的冲压设备、模具,机器人系统执行工件的定位、移位,实现毛坯至成品的自动连线生产加工。最后下料方式由下料机器人直接将工件成品摆放至成品料框,从上料到下料大大节省人工搬运、收叠料任务。整条产线大大节省了用工人数量,节省了用户新设备投入成本,可实现快速更换不同机种模具、程序,在提高产品稳定可靠性的同时,达到降本增效的目的,且有效地提升了企业形象,对于多品种、小批量的生产绝对是一个优选方案。



为使得本技术解决方案对智能产线中设备、模具、机器人手抓、上料车、成品料仓、控制系统等顺利实施,对相关设施要求介绍如下:

(1) 冲压设备

新、老冲床设备改造与机器人信号对接,需保证信号交互畅通,增加机床前进、后退等到位检测装置,确保冲压和滚边冲床每次动作后位置的一致性,确保机器人送料、取料动作安全、准确到位。冲压设备下模具安装板设置与模具定位用的基准靠阶或工艺定位销、孔。

(2) 冲压模具

模具下模板设置与冲压设备下模具安装板用于定位用的基准靠阶或工艺定位销、孔。冲压模具自身设置工件放料的定位、导向装置,比如锥销、斜度块等装置,实现机器人上下料过程中工件快速的导向、平稳落料、准确到位。

冲压成型模具和切边模具实现冲切边废料的碎屑处理,由导流槽装置将废料送入废料箱。如果模具无碎屑处理装置,需修改模具保证冲压切边后的废料跟成品分离距离大于5mm,且废料在工序件下方,以方便机器人执行废料的抓取、丢弃任务。

(3) 机器人手抓

机器人手抓主要是将工序件在设备之间精确传递,机器人手抓设置可调节位置的吸盘或磁铁装置。手抓上设置物料检测传感器装置,实时检测工件的有无。

为提高工作效率,机器人手抓设计时都为双手抓,每套吸盘手抓设置可快速调整吸盘间距的装置来兼容不同尺寸的工件,实现不同型号产品的快速准确切换和较高的通用性。在断电、断气时,机器人手抓设置防脱落控制阀,在机器人手抓上装有传感器,当出现空行程时,系统报警。

(4) 上料车装置

采用物料车来料的方式设计,实现人工在机器人工作区域外整理物料车来料和上料,满足简单、安全的人工料车摆位作业。上料车装置应该包括可调节位置的限位档料板装置、磁性分张器、物料传感器检测装置、顶升装置及双张检测装置。顶升装置将板料顶升至同一位置供磁性分张器分张和机器人抓取,顶升到达高度由传感器控制。双张检测装置进行检测,确保机器人每次抓取单张料板。通过调节挡料板位置,可放置不同大小工件。

(5) 成品料仓装置

直接放在用户铁框中,当工件放到指定高度后,由人工用可升降式拖车拉走。机器人下成品工件至料框,每放置一层工件后平移至上一层,以机器人放料得出料框的大小、高度数据设计和制作下料框尺寸和制作料框定位基准,满足料框的重复定位要求。

(6) 安全防护

冲床工作区域前设置安全光栅,以保护机器人上下料作业安全。整线停止工作,系统设置急停及复位按钮盒。产线单元设置安全围栏,安全围栏设置安全门锁及感应开关,当安全门打开时,整个自动化单元立即停止工作。

(7) 控制系统

为系统安全和节省费考虑,最基本的控制系统的要求机器人自带I/O与外围设备进行信号交接,自动化生产线中设计报警灯,生产线某一环节出现故障,报警灯及时红色报警。系统设置急停按钮,在系统发生紧急情况时可通过按下急停按钮来实现系统急停,并同时发出报警信号。整线联动,前方送料仓无来料,设备不启动,后端下料仓满,设备自动停机。通过示教器可以编制多种应用程序,

可以满足产品更新换代及增加新产品的要求。

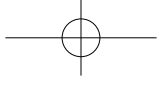
通过对智能产线中原有旧设备、模具改造和机器人、手抓装置、上料车装置、下料框装置、安全防护、控制系统等相关设备、程序的导入,实现了多款冲压制品的快速换产和冲压、滚压边的无人自动化加工,适应多冲压产品的上料、分料及下料作业流程。机器人产线以每6~8s节拍输出一个加工完成的工件,满足工件加工质量和生产效率。通过此方案中的快速上料车上料、基准块模具换模、下料框直接下料、手抓快速调节、程序预存快速导入等系列简易操作,整条产线机种变更生产更换物料、产线模具、程序和试生产的时间由原来3小时减为1小时,节省更换产线66%的换产时间。整个产线系统由原6人/8小时的手工作业变为1人/8小时的物料周转作业,节省人工率约83%。应用现场如图2所示。



图2 现场应用

三、结论

可持续发展的新型冲压制造已成为当前冲压制造行业的趋势,深入了解小批量、多品种生产现状和特点,开发具有行业技术特点的智能化装备协助冲压企业产业结构调整将是大势所趋。中国经济以较高速度持续增长,企业解决和利用好紧缺的人力资源,依靠机器人应用技术的发展为冲压制造企业的发展和产业升级提升提供动力,在企业的转型和发展中产生与就业观念相适应的产业、技术发展,这是冲压行业的挑战,也是机遇,将是冲压行业长期发展方向。□



一种高性能伺服比例阀的研究

北京机床所精密机电有限公司 汪汝军 于安柏 刘 鹏 胡 楠

【摘要】近年来，电液比例控制技术得到了长足的发展，相关的电液伺服产品不断丰富并被广泛应用于各种控制场景。本文通过对一种电液伺服比例阀的功能、原理、结构和控制方法的介绍，形成一套完整的高频响电液伺服比例阀的研制方法。对于同行业企业开展相关研究具有借鉴与指导意义。

电液伺服比例阀是一种高性能的电液比例阀，与电液伺服阀相比具有抗污染能力强、可靠性高、功率损失小、制造维护成本较低等特点。随着研究的不断深入，其性能指标已经与传统的电液伺服阀相当，被广泛应用于电液伺服控制系统中，受到我国众多工业企业的认可。

我国中高端电液比例阀市场长期被国外进口产品所占据，国内企业只能在低端市场拼价格，长此以往不利于产品的长期发展。

本文介绍一种高性能电液伺服比例阀的结构和原理。该类型比例阀带有阀芯位移信号反馈功能，结合高精度的阀芯阀套的制造工艺，使其具有较高的稳态精度和动态性能，同时提升了稳定性和可靠性。该阀的结构性能特点如下：

- (1) 高精度加工装配阀芯阀套，有效提升滞环指标。
 - (2) 采用零遮盖的阀口结构，提升响应频率，可用于多种闭环控制系统。
 - (3) 电/机转换单元采用控制电流可达2.7A的比例电磁铁。
 - (4) 采用比例电磁铁驱动的滑阀结构，避免了电液伺服阀中喷嘴挡板结构的小孔和间隙，降低对油液清洁度要求，有效提高可靠性。
- 目前，国外的Rexroth、Parker、Atos以及国内北京机床研究所等公司均有成熟的电液伺服比例阀产品，全行程动态频响在40~80 Hz，滞环能控制在0.1%以内，能满足对位移、力、速度等物理参数的闭环控制要求。

一、整体结构概述

本文介绍的电液伺服比例阀由机械本体和控制放大器两部分组成。详细结构如图1所示，机械本体主要由阀

体、比例电磁铁和位移传感器组成。

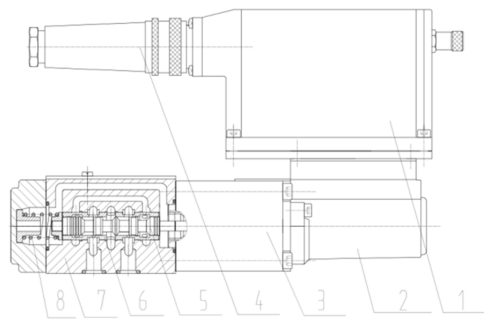


图1 电液伺服比例阀结构原理

1.比例控制器 2.位移传感器 3.比例电磁铁 4.电气插头 5.比例阀阀芯
6.比例阀阀套 7.阀体 8.复位弹簧

电液伺服比例阀采用滑阀式结构，当电磁铁的输出力与弹簧弹力相平衡时，阀芯处于固定的位置。当电磁铁无信号（断电）时，阀芯在弹簧作用下移动到靠近比例电磁铁一侧，此时阀芯处于安全保护位置。比例电磁铁的输出力大小和控制电流大小成正比。当电磁铁通电时，输入一个固定的控制电流，电磁铁在此电流的作用下产生一个固定的推力将阀芯向左推，弹簧力与此推力相平衡时阀芯处于中位，此时A、B、P、T四个油口互不连通。通过控制电磁铁的输入电流来控制输出力大小，阀芯位置发生跟随变化，从而控制阀口的液流方向和大小。

二、机械部件结构及原理分析

1.高频响比例电磁铁

比例电磁铁是电液伺服比例阀的驱动机构，原理如图2所示。

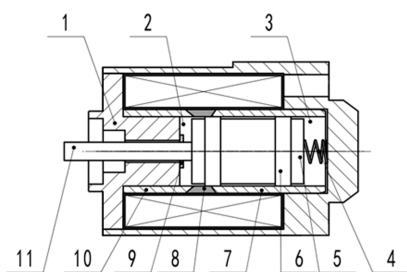
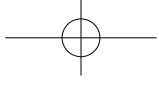


图2 比例电磁铁原理

- 1.极靴 2.工作气隙 3.非工作气隙 4.弹簧 5.衔铁
6.轴承环 7.导套后段 8.隔磁环 9.限位片
10.导套前段 11.推杆

比例电磁铁结构主要由线圈、极靴、衔铁、导套、推杆、壳体等组成。导套中间的隔磁环为非导磁材料，前后两段必须是导磁材料，导套能够承受的高压为35MPa。导套前段与极靴组合，形成带锥型端部的。比例电磁铁稳态特性曲线的形状由盆型极靴的尺寸决定。轴承环提高了衔铁和导套之间的配合精度，减小了摩擦，提高了比例电磁铁的静态特性和响应特性。推杆装在衔铁的前端，用于力或位移的输出；比例电磁头后装有调零机构，由调节螺钉和弹簧构成，可以对比例电磁铁特性曲线进行小范围的调整。

2. 位移传感器

位移传感器是电液伺服比例阀阀芯位移的检测装置，在结构上实现与比例电磁铁一体化设计，由轴杆和传感器两部分组成。轴杆由滑轴与磁化的电枢组成。位移传感器采用LVDT型传感器，与阀芯连接的可动铁芯与线圈之间为非接触的，无摩擦磨损，具有测试精度高、响应速度快、可靠性高等特点。

位移传感器由绕制在塑料骨架上的三组线圈组成，原边线圈绕在中间，负边线圈分布在骨架两侧，两负边线圈完全对称，成差动式反向串接。与阀芯相连的感应动铁芯可在线圈骨架的孔腔内自由移动。传感器机械结构如图3所示。

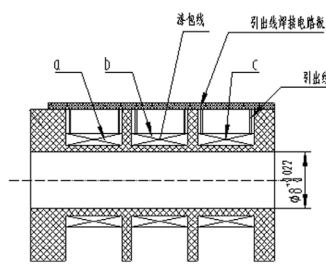


图3 位移传感器机械结构

三、伺服比例阀放大器功能及原理分析

电液伺服比例阀放大器是电液比例阀的控制部件，需要对比例电磁头进行驱动，对阀芯进行位移闭环控制。电液比例阀放大器对电液比例阀的性能有较大影响。

带位移电反馈的伺服比例阀放大器主要包括电源、位置闭环、功率放大、位移解调等四个部分。因电源和位移解调都有集成芯片，外围电路比较简单，这里不作介绍。

1. 变增益PID闭环算法

电液伺服比例阀的位置闭环一般采用变增益PID算法，常规PID控制系统原理结构如图4所示。

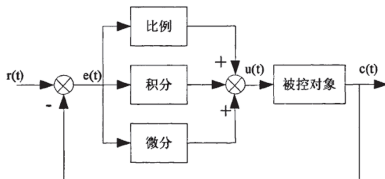


图4 PID控制结构图

PID控制器是一种线性控制器，通过对输出和输入之间的误差（偏差 $e(t)$ ）进行比例（P）、积分（I）和微分（D）的线性组合以构成控制量，对被控制对象进行校正和控制。

PID的控制规律可以用下式表示：

$$u(t) = k_p[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}]$$

式中， $u(t)$ 为控制器的输出； $e(t)$ 为偏差信号，它是给定值 $r(t)$ 与被控对象输出值 $c(t)$ 的差； k_p 为比例系

数，变增益PID算法中，会根据 $e(t)$ 大小自动进行选择不同的值； T_i 为积分系数； T_d 为微分系数。

比例环节 k_p 的作用是加快系统的响应速度，成比例地控制信号的偏差信号。只要有偏差，比例环节就快速产生控制作用，迅速减少偏差。增大 k_p ，系统快速响应，稳态误差减少，如果 k_p 设定的过大，系统稳定性降低，甚至会出现自激；减小 k_p ，超调量随之减小，稳定裕度加大，随之而来的是调节精度降低，过程时间加长。所以在P环节采用变增益控制方式，会提高系统的响应速度和稳态精度。

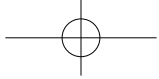
电液伺服比例阀的主要驱动元件是比例电磁铁，比例电磁铁具有较大的死区电流（电流小于该电流后，比例电磁铁没有力输出），在电流调节时，具有较大的迟滞性和惯性，影响控制的稳定性和动态特性。比例电磁铁伺服阀在工作时，指令信号与阀芯位移反馈信号会产生偏差。偏差较小时，需要增益高、电流上升斜率陡峭，克服电流死区，让比例电磁铁出力响应较快。当比例电磁铁启动后，放大器工作在线性段，增益满足控制要求即可。各厂家比例电磁铁特性曲线稍有差别，增益转折点会有差异。变增益的转折点需要通过实验测试获取。试验方法如下：

（1）先用比例电磁铁性能测试仪，测试出比例电磁头的力曲线，找到比例电磁铁工作的线性区间和死区大小。

（2）再根据阀体结构计算出力工作区间，找到比例电磁铁的输入电流区间。

（3）根据电流区间，设计增益的转折点。

（4）根据电磁比例伺服阀流量测试曲线，适当进行修正，修正值一般控制在1~10倍。



2. 功率模块电路

功率模块电路主要由PWM信号发生、功率放大、电流反馈检测等几部分电路组成。其中，PWM信号由位置闭环回路输出的电压信号与电流反馈信号通过滞环比较器产生。PWM信号控制功率放大回路产生电流驱动伺服比例阀。

电液伺服比例阀放大器一般采用高频(kHz数量级)PWM信号，高频PWM信号能使系统获得较好的稳态性能。这是由于只有PWM信号频率远高于线圈的截止频率时，该PWM信号在经过功率放大和线圈电感的滤波作用之后，线圈才能得到平均值与脉宽成比例的、带有交流纹波分量的直流电流。线圈电流通过采样电路将线圈电流转换为电压信号，再经滤波放大后回送到滞环比较器负端，形成电流负反馈闭环回路。通过线圈电流的闭环调节，有效削减由于放大环节存在的非线性可能对线圈电流的影响，提高系统的频宽。

(1) 功率放大回路结构

在电液伺服比例阀放大器中，需要快速提高比例电磁铁线圈电流的响应能力。借鉴直流电路中常用的双向电流H桥的驱动原理，采用其正电流方向的单臂构成单臂桥式电流。一边用单臂桥功放为比例电磁铁线圈提供大电流供给。另一边用二极管构成反向桥，在线圈电流需要快速降退时，直接将线圈内的电能快速返回给电源入口处的电容进行储能。具体原理如图5、图6所示。

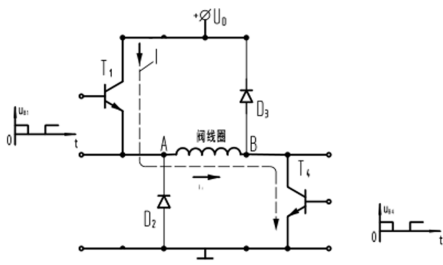


图5 T1、T4导通时

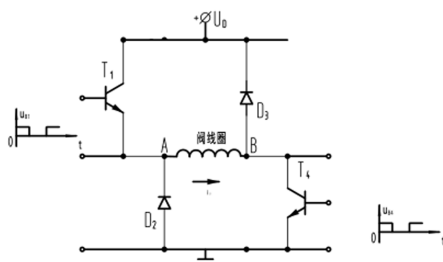


图6 T1、T4截止时

当PWM信号为高电平时，图中T1、T4导通，电流如图5中虚线所示流向。当PWM信号为低电平时，T1、T4截止，电流如图6中箭头所示。

(2) 电流检测回路

电流检测一般分为高端检测和低端检测。低端检测电流是将电流采样电阻串接到检测回路的地端。低端检测电路简单，但有些故障时，低端电路检测不到。如当开关管关闭后，低端电流不再经过电流采样电阻，此时负载电流就处于很危险的状态。高端电流检测会解决这些问题。高端电流检测是将检测电阻直接串接在电路的电源端，能检测到后续回路的任何故障，并采取相应的措施。

在伺服比例阀放大器中，采用高精度的高端电流检测方式对线圈电流进行检测，能连续监控线圈在功率管开关和封闭时的全过程电流，提高电流响应速度。伺服比例阀放大器的高端电流检测原理图如图7所示。

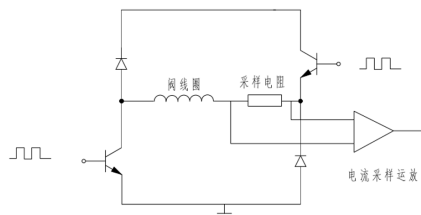


图7 高端电流检测原理图

在桥式高端电流检测电路中，采样电阻上的脉冲共模电压在从地到电源的范围内摆动，监控采样电阻上电压的差分测量电路需要极高的共模电压抑制与高压处理能力，回路需要选用高增益、高精度和低失调的运放进

行电流采样才能真实反映出负载的电流值。

(3) PWM控制回路

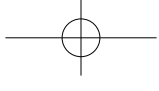
伺服比例阀放大器要实现比例电磁铁的电流精确控制，一般采用电流滞环跟踪PWM(Current Hysteresis Band PWM, CHB PWM)控制。该控制方法电路简单；根据检测电流进行闭环控制，电流反应快而准确。

电流滞环跟踪PWM控制回路包括电流滞环比较器(PWM发生器)与电流检测回路两部分。电流滞环比较器由高压运算放大器构成，运算放大器正端为电压输入信号，运算放大器的负端为电流反馈检测电压，滞环比较器根据电流指令值和电流检测值产生PWM开关脉冲。

电流滞环跟踪比较器正端输入电流指令电压，主导矩形波的发生，电源负端加RC充电回路，电流检测回路的电压对其充电，当电流检测电压高过输入电流指令电压后，将矩形波的输出置为低电平，关闭功放管。当电流慢慢消耗衰减到电流检测电压低于输入电压后，矩形波发生器输出高电平，开启功率管，为比例电磁铁供电。

四、结束语

随着电液伺服比例技术的发展，电液伺服比例阀的性能指标越来越接近伺服阀。而相比较于伺服阀，电液伺服比例阀还具有抗污染能力强、可靠性高、维护成本低等优点。因此，在一般控制要求的常规电液伺服系统中，电液伺服比例阀将进一步扩展应用范围。本文为设计或改进电液伺服比例阀提供了一个思路与方法，对于同行业相关企业开展高性能电液伺服比例阀的研究具有借鉴与指导意义，有利于提高国内电液伺服比例阀性能水平，提升中高端电液伺服比例阀市场的国产化占有率。□



CIMT2021部分圆柱齿轮加工机床展品评述

重庆机床集团 廖承渝

一、概况

2021年4月12~17日,第十七届中国国际机床展览会(CIMT2021)在北京成功举办,境内外1500多家制造商参展,集中展示了机床工具行业发展的最新成果和发展趋势。

展会现场,笔者统计圆柱齿轮加工机床展商约30余家,其中境内企业约20家,境外企业约10家,展示了约50台套圆柱齿轮加工设备。参展机床包含:数控滚齿机、数控车齿机(刮齿机)、数控插齿机、数控磨齿机、数控珩齿机、数控倒角机等多种圆柱齿轮加工机床。

境内外重点参展厂商有:重庆机床(集团)有限责任公司、秦川机床工具集团股份公司、南京二机齿轮机床有限公司、宜昌长机科技有限责任公司、北京若墨自动化设备有限责任公司、爱思恩梯(苏州)机床有限公司、德国利勃海尔、埃马克(中国)机械有限公司(EMAG)、德国卡帕(KAPP)、德国DVS-PITTLER、瑞士莱斯豪尔(Reishauer)、日本卡希富基、日本三菱重工等,还涌现了浙江劳伦斯机床有限公司、中山迈雷特智能装备有限公司、南京康尼精密机械有限公司、上海星合机电有限公司、福清市永裕来齿轮有限公司等多家新兴企业。

二、展品主要技术特色及发展趋势

1.直驱技术应用

为提升机床传动精度、刚度、工作平稳性及动态特性,直驱技术被广泛应用于主轴驱动,如三菱重工GE15FR、利勃海尔LGG280采用直驱技术的刀具及工件主轴,重庆机床集团的YH3120CNC及Y3136CNC机床等。

2.向高速、高效及高精度方向发展

由于社会生产水平的不断提高,加工速度快、辅助时间短的高速高效率机床成为齿轮机床市场关注的焦点。

本届展会展出的主要滚齿机床生产厂家的展品,滚刀主轴的转速均在1400r/min以上,满足了高速高效加工的要求;主要滚齿机床和磨齿机生产厂家展出的展品通过优化机床动作等手段,压缩工件装卸、工件交换等非加工时段的辅助时间,极大地提高了机床的加工效率;在高速高效的同时追求机床的高精度及可靠性,三菱重工和卡希富基展出的数控滚齿机加工精度达到GB10095.1-2008的3~6级精度。

3.智能化

随着工厂无人化以及智能制造的发展需要,智能化滚齿机将成为未来滚齿机床发展的必然趋势。

本届展会秦川机床推出了具备基本智能功能的YK3126滚齿机,具备了机床健康状态评估、智优曲面加工、动态轮廓误差补偿、热误差补偿、断刀检测、刀具寿命管理、远程运维与监控等一系列智能化功能应用。

4.提升产品规格及功能,满足用户加工工艺需求

本届展会,各机床制造厂家针对用户加工工艺的变化,推出了众多新机型,或在原有机床的基础上提升规格和性能。

重庆机床集团展出的Y3136CNC机床,模数16mm的工件,一刀切削可达到GB10095.1-2008的8级精度;三菱重工GE15FR、卡希富基KN80 High Accuracy专用于加工机器人精密减速机中使用的高精度小模数柔性齿轮,可实现ISO3~6级的齿轮加工;重庆机床集团的YS7232A、莱斯豪尔的RZ160KWS、利勃海尔的LGG280,均是采用小直径蜗杆砂轮的高速磨齿机机型,针对可能与砂轮发生干涉的双联齿轮进行磨齿加工。

5. 磨齿已成为齿轮精加工的主要工艺方案

随着汽车、机器人行业的发展，对齿轮加工工艺的要求越来越高，磨齿已成为齿轮精加工采用的主要工艺方案。本届展会上，笔者没有看到剃齿机的展出，而磨齿机也成为各企业展出的一个重点，反映出这一发展方向。

6. 数控车齿机广泛应用于台阶齿和内齿加工

随着控制技术的发展和刀具材料技术的进步，车齿（刮齿）技术对于台阶齿和内齿加工显示的高效率、高精度优势得以体现。同时，随着机器人减速机、电动汽车等市场需求进一步升级，近年来车齿技术被广大机床制造企业进行重点研究和发展。本届展会，重庆机床、南京二机、宜昌长机科技、浙江劳伦斯机床、PITTLER等多家公司展出数控车齿机。

三、部分重点展商、展品综述

1. 部分境内展商及展品

（1）重庆机床（集团）有限责任公司（CHMTI）

①Y3136CNC高效重切数控滚齿机



主要看点：该机为六轴四联动数控滚齿机，实现高刚性、高效率、高精度加工。机床采用在大立柱下方的Y轴布局，Y轴导轨斜面布置，既增

加了刀架的刚性，又可利用机床自身重力抵消部分切削反作用力，使机床刚性和稳定性进一步提升。工件主轴采用高精度蜗轮蜗杆副传动，在确保传动系统精度的同时也能适应大模数切削加工的刚性。机床可配置SIEMENS和FANUC系统，可根据用户的实际加工需要进行干湿加工配置，最大加工直径360mm，最大加工模数16mm，最大装刀尺寸（直径×长度） $\Phi 220\text{mm} \times 230\text{mm}$ ，特别适用于商用车、船舶、风电、工程机械等行业的大模数少齿数齿轮加工，模数16mm的齿轮一刀切的加工精度可达8级（GB/T10095.1-2008标准）。

②YH3115CNC/ YH3120CNC数控干切滚齿机



机床为六轴四联动数控干切滚齿机，结构紧凑，可配置单机自动化和多种连线接口，满足用户高效自动化、柔性化生产需求。机床主要面向轿车变速箱齿轮及新能源车齿轮的大批量滚齿加工需求。轻量化设计，占地面积小，主运动B轴采用内装电机直接驱动，最高转速能达2300r/min，C轴采用力矩电机直接驱动，最高转速能达250r/min，加工效率高，传动链短，加工精度高。全数控系统控制及人机界面的应用，使机床操作调整更加方便、快捷。精加工精度达6级（GB/T10095.1-2008标准）。

③YS7232A数控万能磨齿机

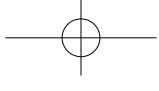


该机为11轴5联动数控磨齿机，配备CHMTI特色的人机界面（零编程），具有高速对齿功能、齿面扭曲补偿功能（即三截面修形功能）、万能修整功能（即柔性修形功能）、网纹磨削功能、齿向任意修形功能。采用人造大理石床身，有效降低机床热变形，提高加工稳定性。配置12000r/min进口电主轴及动平衡机构，可采用直径 $\Phi 120\text{mm}$ 蜗杆砂轮进行双联齿等有干涉结构的工件加工。机床主要适用于新能源汽车、自动变速器、航空航天、精密减速器等齿轮精密磨削加工，批量加工精度可达4级（GB/T10095.1-2008标准）。

④YT7226双工作台磨齿机



YT7226是一款13轴5联动、双工件主轴的蜗杆砂轮磨齿机。适用于汽车、机器人等行业中小模数齿轮的精密高效磨削加工。YT7226主要特点和功能在于：主机结构紧凑、占地面积小，且充分考虑了机床维护的方便性。机床采用双工件主轴，可使循环加工辅助时间缩短到5s以内，极大提高了生产效率。采用高精度的端面齿盘加液压浮动拉紧装置对工作台交换进行高精度定位和锁紧，前后工作台



加工精度一致性可控制在0.005mm以内。床身配置循环冷却热平衡系统,在加工和非加工时采用不同的冲油方式来平衡机床内部温度,降低热变形。机床具有全封闭防护罩,完善、可靠的油雾收集系统及切削液循环过滤系统。开发应用了方便、快捷的人机界面和完善的软件功能,包括齿面扭曲补偿功能、齿形柔性修整功能、网纹磨削功能等。

(2) 秦川机床工具集团股份公司

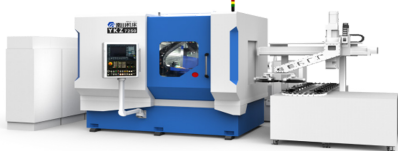
① YK3126智能数控滚齿机



基于机床加工工艺特点,秦川集团开发出机床装配质量一致性检测、机床健康状态评估、智优曲面加工、动态轮廓误差补偿、热误差补偿、断刀检测、刀具寿命管理、远程运维与监控等一系列智能化应用,实现机床的加工质量提升、工艺参数优化、设备健康保障、数字生产管理。

YK3126是7轴4联动数控干切滚齿机,最大加工直径 $\Phi 260\text{mm}$,最大加工模数6mm。数控系统采用华中数控HNC-948AI,滚刀主轴(B)和工件主轴(C)采用齿轮传动并配有消除装置,X、Z轴采用高刚性直线滚柱导轨,适合于高负荷切削。机床加工精度达到7级精度(GB10095.1-2008)。

② YKZ7250数控蜗杆砂轮磨齿机



YKZ7250数控蜗杆砂轮磨齿机采用连续展成磨削原理,类似于滚齿机加工过程,适用于工程机械、汽车、减速器等行业大批量渐开线圆柱齿轮精密磨削加工。机床采用热对称、高刚性结构设计,采用直驱技术、高精度同步控制技术等,使机床具有高的加工效率、加工精度及稳定性。

主要特点:工件主轴采用大扭矩力矩电机直接驱动,提高了机床传动精度和动态响应性能。采用高精度、大功率的修整主轴,提高了修整精度和效率。高刚性(双支撑)、大功率(38kW)、宽砂轮(200mm)的砂轮主轴结构与设计,可实现大进给量高效率磨削。自动对刀技术可以实现工件齿槽快速自动对中和余量自动分配。工件主轴夹具接口采用快换结构,缩短了辅助时间。中文操作界面,方便用户操作。

(3) 南京二机齿轮机床有限公司

① YD3132CNC数控干式滚齿机



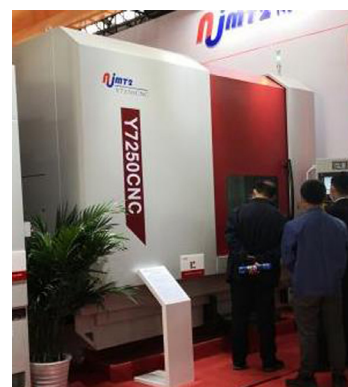
YD3132CNC是10轴4联动数控干切滚齿机,最大可加工零件直径 $\Phi 320\text{mm}$,最大加工模数6mm。机床有倒棱去毛刺工位,可以实现双通道同时加工。工作台回转轴(C轴)和滚刀主轴回转轴(B轴)均由内藏式主轴电机直接驱动。主要导轨副均采用高精度、高刚度的滚柱直线导轨。特别适合汽车变速箱齿轮、减速器齿轮等的大批量高速滚削加工。

② Y7226CNC 数控蜗杆砂轮磨齿机



该机床配置SIEMENS 840DSL数控系统,13轴5轴联动,砂轮主轴和工件主轴采用直接驱动技术,最高磨削线速度可达80m/s,工件主轴转速最高可达2000r/min,可满足当前新能源汽车行业中对少齿数齿轮磨削效率不断提高的需求。机床采用双工件主轴设计,其中一个工件主轴在磨削的同时另一个工件主轴进行工件的装卸及对齿,可实现砂轮自动平衡、自动对刀、自动修整、工件自动装夹、自动对齿及自动磨削过程的全自动控制,特别适合传统汽车、新能源汽车、摩托车、变速箱等行业中大批量硬齿面圆柱齿轮的高精度磨削加工。

③ Y7250CNC 数控蜗杆砂轮磨齿机



该机床采用SIEMENS840DSL数控系统,进行10轴5联动控制。最大加工直径 $\Phi 500\text{mm}$,最大加工模数8mm。机床采用电主轴直驱、砂轮在线动平衡、全闭环控制等技术。工作台、尾座和砂轮修整器安装在同一

个回转工作台上,可以将工件轴定位在操作者方便接近的位置,降低劳动强度。满足重卡、工程机械及减速机行业硬齿面圆柱齿轮高效高精磨削的加工要求。机床磨齿精度可达到4级(GB/T10095-2008)。

④Y8130CNC数控车齿机



该机床采用SIEMENS 828D数控系统,6轴4联动。最大加工直径 $\Phi 330\text{mm}$,最大加工模数4mm。各轴均由独立的交流伺服电机直接控制,具有传动链短、传动刚性好、传动精度高等特性。工作台回转轴(C2轴)和滚刀主轴回转轴(C1轴)均由内藏式主轴电机直接驱动。导轨副均采用高精度、高刚度的滚柱直线导轨。通过软件控制就能实现内齿、外齿、斜齿等工艺切换,还可实现鼓形、锥度以及附加不对称特征的齿轮加工,应用于硬齿面的刮削加工,可部分代替磨削加工,特别是内齿轮磨削。

(4) 宜昌长机科技有限责任公司

①YK31200数控滚齿机



机床采用SIEMENS 840DSL数控系统,6轴4联动,最大加工直径

$\Phi 2000\text{mm}$,最大加工模数25mm。闭式静压双蜗轮副工作台,高刚性高精度滚刀架。采用可转位滚刀,实现高效干滚式加工。机床具有多种加工功能,可以滚齿加工各种直/斜齿轮、小锥度齿轮、外花键、蜗轮、鼓形齿,还可对各类齿轮进行单分齿铣齿加工,加工精度可达到6级(GB/T10095-2008)。

②YK8150数控刮齿机



该机是一款集高效率、高精度、高自动化于一体的绿色环保型刮齿设备,特别适用于汽车、机器人、工程机械、航空航天、军工等行业中小型内外圆柱齿轮的切削加工,可实现直齿、斜齿、鼓形齿、锥度齿、多联齿的一次装夹加工。主要特点有:高效率,车齿加工效率是插齿的3-5倍以上;高精度,刀具主轴和工件主轴采用大扭矩高速力矩电机直驱;径向进给轴采用镶钢导轨和滚动体消除技术,消除机床加工间隙;刮齿可以采用高速干式切削,不使用切削液;能够加工各种角度的螺旋齿轮,以及对齿形和齿向修正等;主轴具备中心孔内冷功能,充分润滑刀具,提高刀具寿命;具备刀具自动换刀、刀具自动对中、刀具自动保护、人机界面、多轴同步等功能。

(5) 四川普什宁江机床有限公司



YK3603数控卧式滚齿机床采用机电一体化布局,配置FANUC Oi-MF数控系统,8轴4轴联动(X、Y、Z、Z1四个直线轴和C、C1、B、A四个旋转轴,其中B、C、X、Z轴为联动轴,C、C1为同步控制轴)。应用于小型医疗设备、小型减速机、钟表、无人机、仪器仪表、微型电机及电动工具等行业的直齿圆柱齿轮、斜齿轮、花键、链轮等加工。采用YK3603数控卧式滚齿机进行零件加工可实现单件加工5级精度的直齿圆柱齿轮及斜齿轮,批量加工6级精度的直齿圆柱齿轮及斜齿轮。

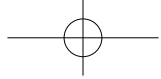
(6) 北京若昂自动化设备有限责任公司



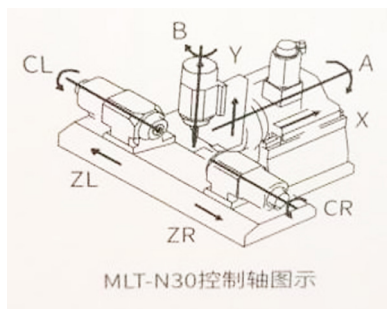
YK3120CNC6Z直驱式高速数控滚齿机采用西门子系统,最大加工直径 $\Phi 200\text{mm}$,最大加工模数4mm,滚刀主轴和工作台采用电机直驱,利用直驱式全数控高效精密滚齿机单齿分度功能和相关附件,可以加工端齿盘、无空刀人字齿轮、内齿轮,并可使用盘铣刀单齿铣削,加工精度为6级(GB 10095.1-2008)。

(7) 中山迈雷特智能装备有限公司

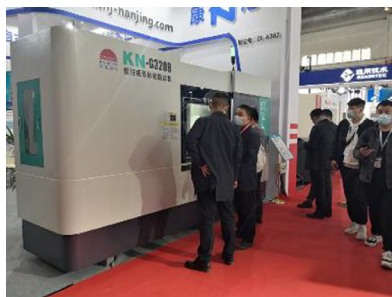
N30H数控滚齿机为8轴数控卧式布局的微小齿轮专用滚齿机,数



控系统为自主研发，最大加工直径 $\Phi 30\text{mm}$ ，最大加工模数 0.8mm 。滚刀主轴、工作台及工件尾架三轴采用电机直驱，滚刀转速可达 7000r/min ，实现高速滚切（湿切）。倾斜床身，排屑方便，可选配自动上下料装置。加工精度可达7级（GB/T10095.1-2008）。



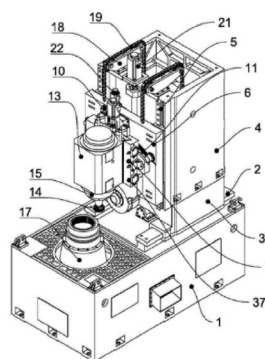
（8）南京康尼精密机械有限公司



KN-G320B数控成形砂轮磨齿机采用卧式布局，7轴数控。砂轮修整采用随动的三轴联动法向修整方式，缩短了砂轮修整辅助时间，提高了工作效率，同时可修整任意齿形，大幅提升了金刚滚轮的使用寿命。机床具有自动对刀、磨削余量自动分配功

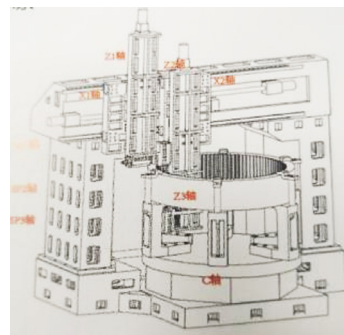
能。可加工4级精度（GB/T10095.1-2008）齿轮。

（9）浙江劳伦斯机床有限公司



SJK-30数控刮齿机采用FANUC数控系统，纵向立式布局，最大加工直径 $\Phi 300\text{mm}$ ，最大加工模数 4mm 。刀架体和工作台采用高精度的力矩电机传动，主轴转速达到 1800r/min 。主要用于内、外直齿，以及斜齿的加工。精密型机床加工精度能达到5级（GB10095.1-2008）。

（10）南京工大数控科技有限公司



SKDL-1600数控齿轮复合倒角机基于数控包络原理，利用硬质合金铣刀实现内/外、直/斜齿轮两侧端面同时倒角，齿向齿槽两侧同时倒角，具有倒角大小和形状可调、倒角尺寸一致、齿槽自动对中、自动化程度高、效率高等特点。适用于直径 $\Phi 150\sim\Phi 4000\text{mm}$ 齿轮齿廓/齿向数控倒角，并可选配毛刺抛光功能。机床采用交流变频电主轴直驱技术，利用可变径ER夹头夹持硬质合金倒角铣刀进行倒角加工，倒角的形式由刀具形状决定，可实现 $30^\circ/45^\circ/R$ 角等多种倒角形式。

2.部分境外展商及展品

（1）三菱重工业（上海）有限公司



GE15FR高精度滚齿机，7轴4联动，最大工件直径 $\Phi 150\text{mm}$ ，最大模数2.5mm，主轴最高转速6000r/min；滚刀主轴和工件轴采用直接驱动，径向轴（X轴）闭环控制；湿切加工，液压油、冷却液通过油冷却机输出，配置料仓、油雾分离器、机外调刀装置，自动上下料；可用于机器人精密减速机齿轮加工；加工精度可达到ISO3级。

(2) 卡希富基



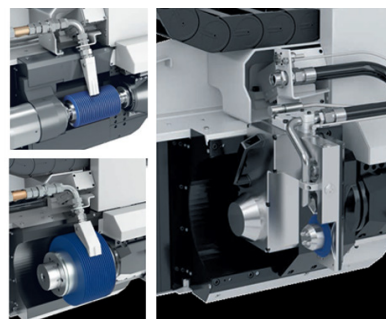
KN80 高精度数控滚齿机，立式布局，立柱与支架采用一体化结构，干切、湿切两用，在冷启动时，OBD值（齿厚）的变化量也可以控制在最小范围之内。机床最大工件直径 $\Phi 80\text{mm}$ ，最大切削模数4mm。滚刀主轴采用齿轮传动，工作台主轴采用蜗杆蜗轮机构及消除机构。在加工小模数齿轮时，主轴与工作台可选配直驱电机形式，从而达到高精度、高速加工的效果。可选配机内倒棱装置。

(3) 埃马克（中国）机械有限公司



HLC 150 H卧式滚齿机是EMAG KOEPFER公司生产的，从长度不超过500mm的传动轴和电枢轴到小齿轮，以及行星齿轮均可加工，可加工直齿、斜齿或蜗轮。对齿轮进行滚齿（粗加工）后，对齿轮进行挤压倒棱去毛刺加工，通过第二次滚齿完成最终精加工，最后得到的是无毛刺、已完成倒棱的齿轮。机床驱动技术具有优越的性能参数，保证高效加工。

(4) 利勃海尔齿轮技术有限公司

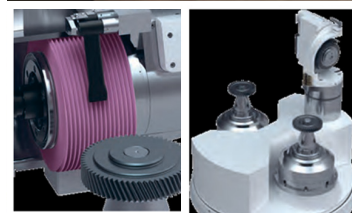


LGG180/LGG280新型蜗杆和成形磨齿机适用于加工直径 $\Phi 180/280\text{mm}$ 的齿轮加工，最大工件长度可到650mm。机床适用于蜗杆磨齿和成形磨齿，标配一个外磨头，且可扩展一个内磨头，对于具有轮廓干涉的工件可适用较小直径的蜗

杆砂轮。机床辅助时间盘齿轮4s/轴齿轮6.5s。机床可配备外部自动化设备。

(5) 莱斯豪尔公司

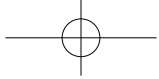
① RZ160KWS数控蜗杆砂轮磨齿机



该机建立并扩展了Reishauer的双主轴机概念，使用小直径砂轮的磨头，适用于易发生碰撞干涉的齿轮磨削加工。

② RZ260+RLx60数控蜗杆砂轮磨齿机





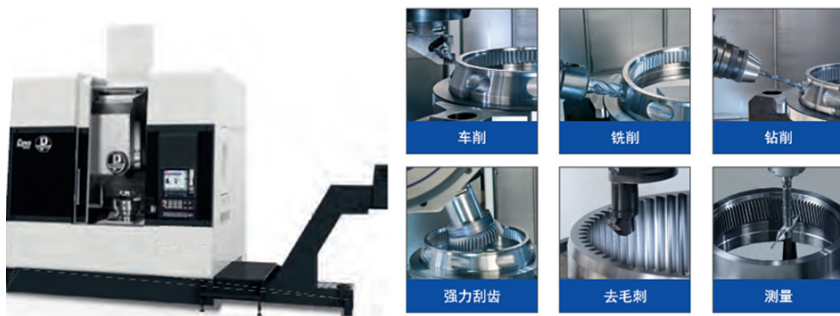
该机床配零件装载机系统RLx60, 覆盖了汽车行业最大的工件范围, 包括所有用于汽车变速箱和中型卡车的齿轮, 最大加工直径 $\Phi 260\text{mm}$, 加工模数5mm。Reishauer的上下料系统是其性能组合的一个组成部分, 与RZx60系列磨齿机匹配的上下料系统方案和高速的上下料节拍时间可以让客户充分利用磨齿机的产能潜力, 可配工件甩油器、刷擦去毛刺、夹持直径测量、工件螺旋角检查、工件位置检查、双啮测试仪、NOK工作站、SPC工作站、激光标刻等多种配置。

(6) 德国KAPP-NILES公司



KNG 12Pmaster成形磨齿机最大工件直径外齿轮 $\Phi 1250\text{mm}$ /内齿轮 $\Phi 1000\text{mm}$, 最大加工模数35mm, 最大轴向行程1000mm。工作台直驱, 采用静压导轨。具有在线测量功能。

(7) 德国EVDS-PITTLER公司



PV315 SkiveLine立式车(刮)齿中心最大加工直径 $\Phi 400\text{mm}$, 最大加工模数6mm, 适用于齿环、双联齿、行星齿轮或其他圆柱形零件上高效加工内、外齿。该强力刮齿、硬刮机床, 可用于热处理前和热处理后工件加工, 可通过乳化液、压缩空气或两者的组合进行冷却。高刚性多功能刀架, 可实现高精度加工效果。一站式刀具解决方案, 刀库可容纳多达20把刀具, 可实现上下游工艺的高效实施, 如车削、铣削、钻孔、去毛刺或测量。模数大于3mm时先采用粗加工刀具, 配备标准可转位刀片, 切除约80%的材质。使用这种刀片对减少精加工刀具的磨损起着决定性的作用, 具有切屑保护功能的测量传感器, 可选配集成径向啮合检测装置。

四、结束语

通过了解CIMT2021展会齿轮加工机床展品的功能及其加工演示, 可以简单归纳出齿轮加工机床产品及行业具有以下特点及发展趋势: 机床主轴转速高速化, 实现齿轮高效、高精度加工; 机床加工功能增强, 应用领域不断延伸; 绿色低碳制造, 实现清洁加工及减少碳排放; 机床自动化、智能化功能, 提升齿轮加工效率和质量; 针对不同领域的齿轮加工需求, 推出专业化定制机床。□

(上接第26页)

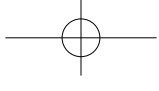
对于大连机床未来的发展, 借用1917年夏周恩来东渡日本求学前挥毫写下的: “大江歌罢掉头东, 邃密群科济世穷。面壁十年图破壁, 难酬蹈海亦英雄”, 展望发展的使命与初心。“大江歌罢掉头东”表明大连机床跟党走, 完成使命担当的决心。“邃密群科济世穷”意味深入研

究各部门、各环节的工作, 才能找到解决大连机床高质量发展的办法。

“面壁十年图破壁”代表通用技术集团提出十年磨一剑, 必须参透机床工业的本质, 才能服务国家战略, 才能解决“卡脖子”的问题, 才能服务整体国民经济的建设需求。“难酬蹈海亦英雄”则体现出习近平总书记

提出的“功成不必在我, 功成一定有我”。

九万里风鹏正举, 新征程砥砺前行, 中国共产党即将迎来百岁华诞, 立志于千秋伟业, 百年正是风华正茂, 大连机床将不辱使命、再次起航, 奋进新时代、踏上新征程, 用激情活力回答新时代中国机床发展的新命题。□



CIMT2021部分数控系统展品评述

中国机床工具工业协会数控系统分会 张幼龙 李龙云 张玲 肖明

一、概述

CIMT2021展会,数控系统行业企业展示的重点产品主要有:数控系统、伺服驱动、伺服电机、工业机器人、大数据工业互联网软件等,其中数控系统包括:车床数控系统、铣床和加工中心数控系统、五轴数控系统、磨床数控系统、激光加工数控系统、木工加工数控系统等类别。

数控系统行业的境内展商主要有:武汉华中数控股份有限公司、广州数控设备有限公司、沈阳中科数控技术股份有限公司、科德数控股份有限公司、山东山森数控技术有限公司、超同步股份有限公司、北京计算机技术及应用研究所、上海维宏电子科技有限公司、新代科技(苏州)有限公司、北京凯恩帝数控技术有限公司、成都广泰威达数控技术股份有限公司、武汉迈信电气技术有限公司、浙江德欧电气技术有限公司、江苏美事科电机制造有限公司、江苏赛洋机电科技有限公司、武汉华大新型电机科技股份有限公司、佛山登奇机电技术有限公司等20余家。

境外展商主要有:德国西门子公司、北京发那科机电有限公司、三菱电机自动化(中国)有限公司、约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司等,参展展品包括数控系统、伺服驱动、伺服电机、工业软件、工业

机器人等。

据笔者统计,参展的数控系统单机展品约有100余台套,配套国产数控系统的机床约50台套。

境内外数控系统企业几乎都参加了本届展会。由于数控系统行业相对来说技术门槛较高,产品研发周期长,投入成本较大,目前很少新兴企业进入,但有部分机床生产企业与数控系统企业深度合作,开发自有品牌的客制化数控系统,比如宝机系统、秦川系统等。

二、数控系统行业的技术升级与发展趋势

1. 技术升级

(1) 数控系统软硬件技术持续升级

行业主流的数控系统企业不断升级计算能力更强的CPU、DSP、FPGA芯片,集成AI芯片,向智能化方向发展;支持多传感器介入,支持互联互通协议,应用大数据、云计算、边缘计算技术等新兴互联网技术;支持健康自诊断,远程健康诊断,远程运维等性能。数控系统大屏化、触摸屏化趋势明显,操作界面更方便。

(2) 智能化技术应用广泛

智能化技术的应用将引领高档数

控技术的未来发展方向。本届展会,数控系统企业展示的智能化技术解决的主要问题有:提高加工效率、提高加工精度、保证机床的运行安全、改善人机界面、实现辅助加工和管理功能。

(3) 普遍采用互联互通标准,推进智能制造协同发展

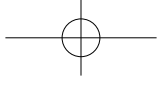
境内外数控系统越来越多地使用开放的、标准化的接口,保障数控控制和加工的数据在整个制造过程链中、数字化工具之间实现互联互通,目前联通的有中国的NC-Link、美国的MTConnect、德国的Umati等。

2. 发展趋势

(1) 境外品牌数控系统针对中国市场不断推出技术升级的新产品,努力保持相对国产数控系统的技术优势。如西门子公司推出基于数字双胞胎的SinumerikONE数控系统,FANUC公司主推Oi-F Plus全面取代其Oi系列等。

(2) 国产数控系统企业不断对原来的数控系统产品进行升级,推出智能数控系统、一体化驱动、直线电机等。如华中数控推出全新的华中9型新一代人工智能数控系统,广州数控持续升级25i数控系统。

(3) 中国台湾某些品牌数控系统以较好的性价比持续提升市场销量。如新代数控推出五轴数控系统,



具有支持五轴联动、高精度轨迹控制、平滑刀尖点控制等特点。

三、部分境内展品

1. 武汉华中数控股份有限公司

华中数控在本届展会展出的展品有：华中9型智能数控系统和配置华中9型系统的智能机床、华中8型V2.4数控系统、iNC-Cloud数控云管家、华数工业机器人等。



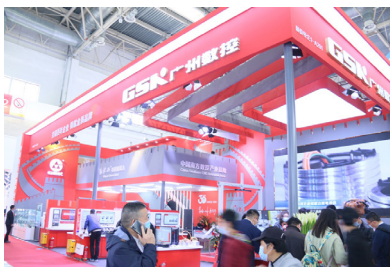
华中数控首创基于云计算的数控系统智能化技术，发明数控系统电控大数据的指令域分析方法，成功推出了“华中9型新一代人工智能数控系统”。

华中9型智能数控系统践行“智能+”为机床赋能的创新理念，构筑人（H）-机（P）-信息（C）融合的数字孪生系统（S）（HCPS）。该系统深度融合大数据与人工智能技术，打造了“端-边-云”的智能体系架构，形成了集成AI芯片的智能硬件平台、支持AI算法的智能软件平台、构建智能APP生态的开放平台。

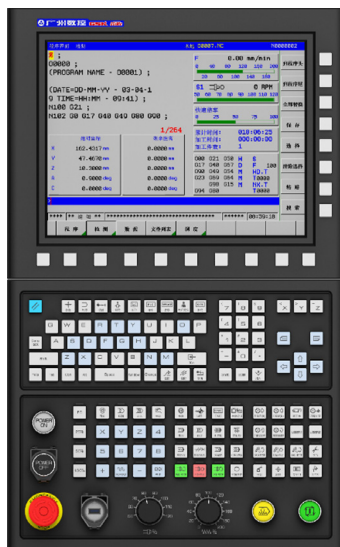
华中9型智能数控系统集成了AI芯片，融合了AI算法，将人工智能、物联网等新一代智能技术与先进制造技术深度融合，遵循“自主感知-自主学习-自主决策-自主执行”新模式，实现了真正的智能化。该系统最本质的特征是具备了认知和学习能力，与以往产品相比，其独创的指令域大数据分析，能形成指令域

“心电图”，实现大数据与加工工况的关联映射，可精确预测零件轮廓误差，生成轮廓误差补偿的“i代码”，有效提升零件的轮廓精度，实现机床动态精度的“由丝入微”。

2. 广州数控设备有限公司



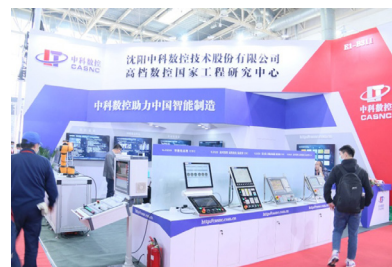
本届展会广州数控共展出13个型号的数控系统以及进给伺服电机、伺服主轴电机、电主轴电机、直线电机、力矩电机、模块化伺服驱动等展品。



GSK 25iMc加工中心数控系统适用于五轴联动加工中心、立式加工中心、卧式加工中心、高速钻攻中心、龙门机床、镗铣床等机床控制，系统支持1000段程序前瞻、高速高精小线段插补、加加速度控制、高速刚性攻丝、全闭环等功能，可用于零件的钻、铣、镗、攻丝工艺的高精高效加工，在面向曲面类零件和模具的加工时，在数控系统出色的高速高精插补

算法、高动态响应的伺服驱动、25位编码器高精电机的配合下，曲面加工的效率、精度、表面质量等都表现不俗。

3. 沈阳中科数控股份有限公司



沈阳中科展出了智能化数控系统GJ680、总线式高档数控系统GJ430等数控系统产品。

其中，智能化数控系统GJ680的硬件平台采用分体式结构，支持M：N的可重构方式，CPU可选用Intel（R）Atom（TM）CPU N450（主频1.66GHz）、Freescale i.MX 6Qua四核处理器（主频1.94GHz）及国产龙芯64位超标量四核处理器（主频1.8GHz）。软件平台采用rt-preempt linux多任务实时操作系统，中断响应时间小于5μs，任务响应时间小于10μs。支持对人机界面、任务控制、加工工艺、运动算法、PLC控制等进行全面二次开发。支持近10种传感器介入，支持互联互通，具有支持用户个性化功能开发的二次开发平台，并开发出机床误差补偿、进给率自适应及故障诊断、数字孪生、装备协调控制等智能化功能。

主要配套五轴卧式、立式加工中心，车削中心及其他具有多轴、多通道、高速高精、复合工艺需求的机床，应用于航空航天、汽车制造、能源动力、模具、3C等行业。

4. 科德数控股份有限公司

科德数控展出了GNC62数控系统，该系统采用科德GRTK实时内

核，GRTK抖动小于 $10\mu\text{s}$ ，GRTK最小定时 $10\mu\text{s}$ 。全面支持五轴联动数控功能，适配双摆头、双转台、一摆一转、倾斜旋转轴、混联机床。支持温度传感器、湿度传感器、振动传感器、超声传感器、受力传感器、动平衡仪、RFID、工件测头、对刀仪等多种传感器。

适配机床类型：五轴立式加工中心、五轴卧式加工中心、五轴刀具磨床、五轴龙门加工中心、翻板铣、叶片机、车铣复合加工中心、3D打印设备、超声加工设备、短电弧加工机床等。应用行业：航空航天、能源、汽车、模具、医疗器械等。

5. 北京凯恩帝数控技术有限公司

北京凯恩帝展出了K2000Tx4i总线式多轴多通道数控系统、K2000Mx3i总线式多轴加工中心数控系统、KRC60A和KRT60A机器人控制器和示教器等多款展品。



K2000Tx4i总线式多轴多通道数控系统采用全新硬件平台，标配4通道，最大控制15个控制轴，一体式纯平铸铝面板，高档模具按键，10.4寸彩色显示屏，标配KSSB伺服总线，SD系列伺服驱动器，100兆总线可选，聚焦用户体验，全新设计菜单交互逻辑，操作更便捷。数字主轴，均可执行钻孔、攻丝、螺纹等车铣复合加工。可实现速度和相位同步，完成主轴不停转工件对接。具有倾斜轴、假想轴、同步轴、刀具寿命管理等高级功能。搭载第2/3代高速高精算法，兼顾加工精度和效率。具有8个辅助通道，可控制机外辅助设备、复杂刀塔/库、桁架机械手等。具有高速测量接口，可实现机内在线测量。自带高级诊断，提供伺服在线优化、振动侦测等功能，提高机床加工性能。具有KUI功能，支持深度页面定制。提供开放式PLC功能，提供标准PLC程序，功能齐全，稳定可靠。支持KWS数据服务系统，助力数字化车间建设。

适用机床：车铣复合机床、车削中心、走心机等。

6. 新代科技（苏州）有限公司

新代科技展出了新代五轴方案、新代加工中心包套方案、新代车床包套方案、桁架机械手方案。



五轴方案技术特点：具有总线通讯、五轴插补、刀尖点控制功能，支持云服务、智慧工厂方案。

技术优势：具有完整的测量方案，参数校准更方便，支持斜面、平面坐标系的用户友好型示范操作，配线简单，即插即用，可快速调适，性价比比较好。

适配机床：双主轴型五轴、双工作台型五轴、混合型五轴等机床。

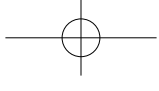
7. 上海维宏电子科技股份有限公司

本届展会，维宏股份以“创新引领·数控智能”为主题，携全系列产品及解决方案亮相。展示高端集成数控系统NK530M、LS6000M高功率激光总线切割控制系统、NK210T精密车削数控系统、NcCloud维宏云工业互联网平台等。



其中，维宏NK530M集成数控系统适用于高精密铣床，集自适应速度规划、高精度轮廓光顺、柔性加减速于一体，可实现高精、高效、平稳加工，大幅提升设备效率。

针对铣床领域刀路复杂、短线段处理性能要求高等特点，维宏NK530M系统搭载HST高速梯形算法对系统处理性能进行优化，小线段处理性能、加工效率大幅提升，能顺

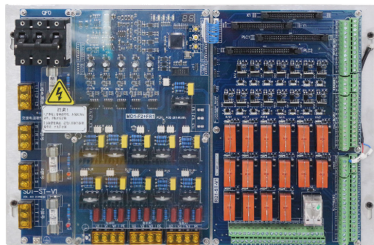


畅完成复杂刀路的高速加工任务。

维宏NK530M系统所具备的新一代轨迹预处理功能及自适应短线段光顺功能,有助于实现更高品质的加工效果。当CAM软件模拟刀路精细度不高时,会出现加工表面不良的情况,高精度轮廓光顺功能可以根据控制精度对刀路轨迹进行光顺处理,获得更高、更平稳的速度特性,得到优良的加工效果。

8. 山东山森数控技术有限公司

山森数控展出了电子车床、智能电盘等展品。



在传统配电柜中,三相异步电机及外设(电磁阀、开关等)的控制部件,需要由断路器、交流接触器、热保护继电器、中间继电器模组、分线器、三相灭弧器、线槽、卡规以及大量的接线端子组成。元器件种类繁多,接线复杂,强弱电交叉走线,抗干扰能力差,导致生产效率较低、故障率较高。随着各行业的高速发展,配电柜作为设备的核心,正受到越来越多的关注,配电柜整体性能决定了整个设备的电气性能。

山森的智能电盘通过合理布局,分为断路器模块、电机驱动模块及继电器晶闸管模块,替代传统配电盘的电气物料,各模块之间可互相连接,满足不同用户的需求,最终提高设备效率。

9. 北京计算机技术及应用研究所

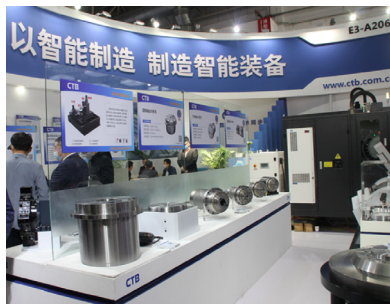
北京计算机所展出了跨网互联信

息安全与保密方案和工控无线网络安全防护方案。

其中,跨网互联信息安全与保密方案严格对标、强安全保密特性、产品及方案完全自主;在安全保密管理方面,创新性结合密级标志、信息源认证、单向传输控制、信道加密、信息流解析等技术,有效保证了数据传输的安全性;从终端加固、主机防护、边界隔离、综合管控审计等多维度加强工控安全防护,最大程度上提升互联网络的安全性;在科研生产信息化管理方面,业务上打通了内外网通信流程,实现了跨网业务双向信息闭环,有助于从根本上推动企业科研生产的信息化、数字化、智能化转型,提质增效。

10. 超同步股份有限公司

超同步重点展出了自主研发的核心功能部件和电主轴等产品。



直驱功能部件铣削电主轴的技术特点:具有高转速、快进给、小进给、匀切削、稳切削、高效率的特点。

技术优势:主轴与电机一体化设计,结构紧凑、节省空间、易于维护,无中间传动环节,效率高、振动

小、噪声低,高精度、高转速、高动态响应性。

应用领域:广泛应用于数控机床、注塑机、压力机、液压设备、纺织机械等高端装备制造业,以及新能源汽车、石油、风力发电、工业机器人等新兴产业。

11. 武汉迈信电气技术有限公司

武汉迈信重点展出了EP3E PROFINET总线伺服驱动器。



产品通过PROFINET Interface的测试认证。

PROFIdrive: AC3报文9、报文111, AC4报文3、报文5、报文102、报文105,符合PROFIdrive行规,很好地适配PLC中内置的工艺对象。

PROFINET通信:支持标准PROFINET通信接口,具备RT与IRT通信能力,通信周期最短可达250 μ s,同步抖动时间小于1 μ s。

PLCopen:通过符合PLCopen标准的功能块,可实现多种复杂的运动控制功能。

动态响应:可开启DSC(动态伺服控制),实现更加快速的动态响应。

点到点定位:可兼容SINAPOS(FB284)功能块,快速实现点到点定位功能。

应用领域:设备接线、焊接机器人自动化产线、光伏组件贴片、汽车轮毂周边处理、钢铁冶炼设备。

12. 佛山登奇机电技术有限公司

登奇机电重点展出了GK6系列中惯量永磁伺服主轴电机、GM7系列交流伺服变频主轴电机、GM7系列交流伺服变频主轴电机等产品。



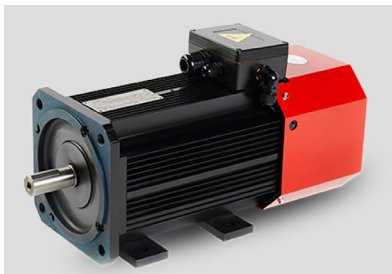
GK6系列交流伺服电动机由定子、转子、高精度反馈元件（如光电编码器、旋转变压器等）组成。采用高性能稀土永磁材料形成气隙磁场，采用无机壳定子铁芯，温度梯度大，散热效率高。

展品特点：结构紧凑，功率密度高，响应速度快，抗去磁能力强，几乎在整个转速范围内可恒转矩输出。低速运转脉动小，平衡精度高。高速运行平稳。噪音低，振动小，全密封设计。

GK6系列交流伺服电动机与相应伺服驱动装置配套后构成的相互协调的系统，可广泛应用于机床、纺机、塑机、印染、印刷、建材、雷达、火炮、机械手臂、包装机械等领域。

13. 江苏美事科电机制造有限公司

美事科重点展出了ASM系列动态响应伺服电机和DSM系列主轴伺服电机。



ASM系列伺服电机是在DSM系列的基础上进行改进优化后的电机，充分运用多维电磁场分析技术，具有

响应速度快、运行惯量低、强劲的扭矩输出、性价比高等特点。与驱动器配合能够提供更加稳定、准确的扭矩、速度与位置控制。

四、部分境外展品

1. 西门子股份公司

西门子在CIMT2021展出的数控系统主要有Sinumerik One数控系统、西门子840Dsl系统、西门子828D ADVANCED系统、CNC车间管理软件、Sinumerik数控系统与机器人的直接集成等。



Sinumerik One是西门子推出的最新一代数控系统，新的硬件使NC性能和PLC性能表现更为强劲，结合创新的功能将进一步提高机床的加工速度、加工精度和表面质量。借助数字化双胞胎技术，Sinumerik One实现了虚拟与现实无缝交互的工程方式，帮助机床制造厂商和机床用户优化工作流程，有效降低产品研发费用和 risk，缩短产品上市时间。

Sinumerik One具备的Top Speed 功能可较好提升机床的加工速度。在模具生产过程中，Top Speed 功能可与成熟的Top Surface（臻优曲面）功能协同工作，既可保证加工效率又可保证加工精度。其智能负荷控制（ILC）功能有助于改善机床的动态性能。可根据机床轴加速时工件的重量（而非最大工件重量）对机床

轴控制做出动态调整。利用智能动态控制（IDC）功能，可以实现机床轴的动态参数和控制参数的轴间平衡，实现机床工作区内的参数优化，从而使机床达到更好的动态性能和更高的精度。西门子Sinumerik 840D sl 数控系统也支持诸如IDC和ILC等全新功能，有助于进一步提高机床的加工速度、精度和准确度。

2. 北京发那科机电有限公司



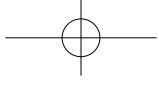
北京FANUC重点展出了最新的31i-B plus和Oi-F plus Type2/4系统，FANOV1用户界面系统、Oi-MF/H Plus齿轮机数控系统、FANUC LASER系统等。

FANUC Series Oi-Plus支持直线、圆弧、三维圆弧、螺线、样条等插补方式。具备多种智能化功能：智能进给轴加减速、智能重叠、智能反向间隙补偿、智能机床前端点控制、智能刚性攻丝、智能温度控制、智能主轴负载控制、智能负载表、智能主轴加减速等。支持测头、量仪、视觉传感器，支持光栅尺、角度编码器等。FANUC Series Oi-MF Plus适配加工中心、钻攻机、雕铣机等机型，FANUC Series Oi-TF Plus适配数控车床、车削中心等机型。

3. 三菱电机自动化（中国）有限公司

三菱主要展出的数控系统有M800/M80系列全新数控系统、CNC控制机械手等。

（下转第53页）



CIMT2021部分车床系列展品技术分析

沈阳机床（集团）有限责任公司 陈洪军
杭州开兰重工机械有限公司 包龙丞

CIMT2021展会上，境内展商通用技术集团、北一机床、江苏亚威、科德数控、宁波海天、重庆机床、浙江日发、天水星火、山东威达重工等主流机床工具企业均参加了本届展会。境外展商马扎克、德马吉森精机、大隈、牧野、WFL、埃马克、哈斯、哈挺、斗山、现代威亚等知名企业悉数参展，展现了对中国市场的高度重视。

一、部分车床展品情况

1. 数控车床

(1) 数控卧式车床系列

本届展会上传统意义上的二轴数控卧式车床展品不多，但也不乏典型产品。此类车床逐步升级为集成多种加工方式的三轴以上车削机床。

大隈机械（上海）有限公司LB3000EXII数控卧车的主要看点是其“热亲和”技术（长时间连续加工尺寸分散值由 $10\mu\text{m}$ 减少到 $5\mu\text{m}$ ），采用高精度全数字伺服控制，电主轴、高频淬火矩形滑动导轨，X/Z轴快进速度25/30m/min，仅需0.1s分度定位的独创的PREX电机驱动刀塔。

天水星火在此次展会上展出了3款机床，分别是CNC850数控精密车床、CZ6185零编程卧式车床、CK61125数控卧式车床。CNC850的主要参数为：主轴轴承内径 $\phi 200\text{mm}$ ，主轴通孔直径 $\phi 130\text{mm}$ ，主电机功率为30kW，最高转速为1000r/min，硬轨结构，广泛适用于形状复杂、精度高的各种盘类及轴类零件加工。

山东普利森集团参展产品CH6163系列车削中心是集车、铣、钻、镗、攻、铰、扩等功能为一体的高柔性数控车床。采用 75° 斜床身，直线轴均为硬轨结构，高刚性主轴配置四爪双动液压卡盘，抗振性能优越；可编程尾座为内置回转芯轴结构，液压控制伸缩套筒；配置意大利直驱动力刀塔，动力头规格为BMT 75，具有强大的车铣刚性。

杭州开兰重工展出的KX63-1500斜床身数控车床，车削直径 $\phi 630\text{mm}$ ，液压自动四挡换挡主轴箱，最高恒定输出扭矩可达 $1220\text{N}\cdot\text{m}$ 。该机床标配Fanuc数控系统、液压卡盘、液压尾座、全自动排屑机等。

苏州纽威机床展出了数控

卧式车床NL251HP。最大回转直径 $\phi 550\text{mm}$ ，最大加工直径 $\phi 320\text{mm}$ ，最大加工长度410mm，主轴转速4000r/min。可选配：电主轴、液压/伺服尾架、伺服刀架、对刀仪、棒料机等。



通用技术集团大连机床展出DT-30H卧式车削中心，该机具有车削与铣削功能，配置棒料输送机，可实现单机自动化，采用 40° 整体斜床身结构，保证足够的加工区域。高刚性的BMT伺服动力刀塔，高精度、高刚性的滚柱导轨，油缸或伺服驱动尾座，全封闭防护，侧、后两种排屑方式，可满足用户的不同选择。



宝鸡机床BC3751L数控车床是一款紧凑型数控卧式车床,采用床身整体式结构,高强度铸铁铸造;机床X轴、Z轴采用GSK直线电机配进口光栅,快移速度分别可达42m/min、60m/min;该机床具有加工直径大、效率高、占地面积小、刚性好、性价比高等特点。适用于汽车、摩托车、工程机械等行业的盘、轴类零件高速、高效加工。

(2) 数控立式车床系列

从机床结构特点看,立式床身排屑更加方便,有助于减少切屑热对工件的变形影响,但是其机床的防护要求较高,存在很多工艺难点,在这方面很多境内企业还有欠缺。

油机参展的CTV系列立车产品是专为中小型工件加工需求开发的。通过高刚性Capto C8刀具,满足重切削与精加工需求,采用刀臂式换刀结构,实现快速换刀。

韩国斗山定位中高端市场,参展的PUMA V8305是针对中国市场开发的新型立式车削中心,优化床身结构扩大了加工范围,配备硬轨及高性能主轴,适合重载切削。同时展示了DNM5705立加及机械手组成的自动生产单元。最大车削直径 $\phi 830\text{mm}$,最大车削高度780mm,两轴快移速度20m/min。



现代威亚LV850R/L是高柔性、高效率的立式车削中心,采用硬轨结构,增强机床稳定性;2级卡盘压力机构将工件变形降低到最小;采用

左右结构配置,方便客户的自动化布局。可选配直线位移传感器,更精密地控制加工工件精度。

EMAG展出了VT 4-4倒立式车自动线,适于加工最大加工长度1050mm、最大加工直径 $\phi 200\text{mm}$ 的轴类件。工件换装时间及生产节拍短,集成于内的简单自动化系统,可最大程度地降低单件产品的生产成本。在标准操作过程中,VT 4-4车床配有两个结构紧凑、空间占地非常小的传送带,分别能够容纳28个毛坯件和28个成品组件。而且通过传送装置和翻转单元或机械手,还可以将多台VT倒立式车床以低成本和高效率的方式互相联机成生产线。

常州克迈特的双主轴倒立式车KEMT-DVL350,为双主轴双刀塔。双通道控制,双主轴可同步加工,也可同时加工不同工件。可与MESS系统智能对接,配合地轨机械手组成自动化生产线,完成盘类零件高效率传送与翻转。集成上下料系统和物料输送系统可实现盘套类零件的自动化加工。

沈阳众一展出倒立式车自动生产线VL300,主要特点是能自动定位、自动装夹,一次装夹同时完成两端加工,可替代铣端面打中心孔机床,可配置自动上下料装置,实现单机全自动加工,排屑方便。主要用于高效率批量生产的回转体零件,如汽车刹车盘、轮毂、法兰、齿圈等。

(3) 数控纵切机床系列

数控纵切机床展品主要以瑞士托纳斯(Tornos)、日本西铁城、日本Star为代表,主要规格在 $\phi 13\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}$ 、 $\phi 32\text{mm}$ 。该类机床是精密、高效机床的代表,主要应用领域是汽车、电子、仪表等,以工艺集中为产品特点,从棒料到成品可在一台机床上实现全序加工。

托纳斯西安工厂全新打造的

Swiss DT 32,最大棒料直径达32mm。10.5kW的主轴与副轴,拥有坚实的床身和最优化的运动轴结构,刀具搭配14/28把刀具,可选配数控B轴,配备Tornos TISIS ISO编程软件,实现工业互联,适用于液压、汽车、医疗、电子等行业。

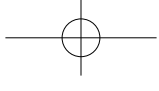


普什宁江机床参展CK1104VI数控纵切自动车床,专用于小零件的高精密加工。采用FANUC Oi-TD双通道数控系统,八轴四联动。机床针对棒料进行连续上、下料的自动循环加工,可完成多种工序。主轴、副主轴均采用Fanuc内置主轴电机,结构紧凑,主轴转速高,机床可配置专用滚齿附件,实现极小模数齿轮的一次成形加工。最大加工棒料直径 $\phi 4\text{mm}$,最大加工长度20mm,主轴转速16000r/min,全部轴重复定位精度 $2\mu\text{m}$ 。



(4) 双主轴双刀架数控车床及专用车床系列

多轴复合加工技术是一项近几十年来取得迅速发展的先进制造技术,



与常规机床相比,双主轴机型具有可同步接料、一次性完成全部工序(背面加工、径向孔面加工等),搭配接送料机构可实现自动化,一次装夹加工精度极高的特点,近年此类产品呈快速上升趋势。双主轴双刀架数控车床中,主要有立式床身及斜床身两种结构布局,斜床身结构主要以DMGMORI、斗山、龙泽为代表。在本届展会上境内中小规格的数控双主轴、多刀塔车铣复合中心明显增多,比如金火、宝鸡、海德曼、建哈、宝力等厂家,且斜床身居多。

德马吉森精机展出CLX450 TC万能车削中心,采用功率相同的主轴和副主轴,其性能优于铣削加工中心,一次装夹完成工件加工,是6面加工的基础。采用车/铣主轴取代传统的刀塔,并可加装30~60把刀位的刀库。车削时:内置主轴电机转速5000 r/min,扭矩345N·m,C轴0.001°分度精度。铣削时:转速12000 r/min,扭矩90N·m。



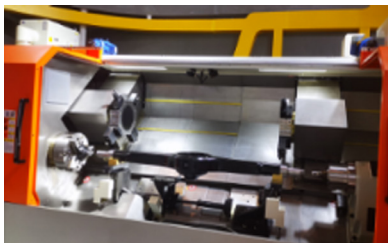
韩国斗山展出了PUMA TT系列双主轴双刀塔数控车床。该款车床带两个独立的主轴和刀架,在使车削中心具有高速和高精度的同时还增加了很多功能,提高工艺能力,具有一次装夹完成两种不同工序的高效率和高柔性。

宝鸡机床BL20-HSY配备插补Y轴、对列式双主轴,主、副主轴均为电主轴,双C轴配合Y轴可加工更为复杂的零件,环形制动结构可保证C轴高精度分度,工件一次装夹可完成外圆、端面的车、铣、钻、攻等全部

或大部分工序加工,温度补偿系统对机床精度进行实时补偿,保证机床开机即用,高精高效。

陕西诺贝特自动化科技有限公司展出了TX80S双主轴数控刀塔车床,其整体布局为双主轴单刀塔结构,采用平床身铸铁底座,可实现车铣复合加工。

针对特定行业,各大企业展出了系列专用车床,宝鸡机床CQ7530数控车床是针对汽车车桥车削加工开发的双主轴、双刀架专用数控车床。X向采用滚柱直线导轨副,Z向采用宽矩形淬硬导轨,整机刚性好,加工效率高;机床配备车桥加工专用液压工件托架,实现车桥自动装卸,操作方便可靠;机床配备工件测头,能够实现在线检测,适应自动线生产加工。机床也适用于火车轴等两端需要同时车削加工的零件。



山东沂水机床厂有限公司展出的CKY6146YG油缸数控车床具有双主轴结构。配置了先进的数控系统,能插补直线、斜线、圆弧(车削圆柱面、回转曲面、球面、圆锥面)和车削直、锥公制英制螺纹。

济南一机的WL-800铝轮毂车床,床身上最大工件回转直径 $\phi 800\text{mm}$ 、最大工件车削直径

$\phi 620\text{mm}$,铝轮毂加工数控车床具有整体刚性好、加工精度高、单位时间金属去除率大、精度保持性好、可靠性高、易维护维修等明显优势,适用范围特别广。

(5) 超精密车床

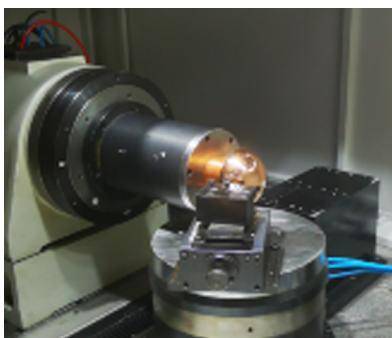
针对特定高精密行业,宁江机床、通用技术、江苏博谷智能等企业展出了高端超精密车床,展品床身采用天然花岗岩和人造大理石,采用静压主轴、静压导轨,使机床具有良好的热稳定性、抗振性和刚性,保证机床获得较高的精度,机床加工工件表面达到镜面效果。如江苏博谷智能的Hard T100高精度硬车削机床定位精度 $\leq 1\mu\text{m}$,大昌华嘉的Moore Nanotech 250UPL超精车床面型精度 $\leq 0.1\mu\text{m}$ 、粗糙度 $\leq \text{Ra}2.0\text{nm}$ 等。

宁江机床的MICRO-T400超精密车床,采用单主轴、整体式复合大理石斜床身结构,紧凑型空间设计,运用静压内置电主轴技术、静压导轨技术、静压防护技术、高精度驱动技术、床身抗震变形技术等先进技术。可加工淬火硬度58~68HRC的高硬度材料工件,加工零件尺寸精度 $\leq 2\mu\text{m}$ 、圆度 $\leq 0.5\mu\text{m}$ 、表面粗糙度 $\leq \text{Ra}0.1\mu\text{m}$ 。用车削工序代替传统磨削加工淬火钢零件,最大切削直径达 $\phi 250\text{mm}$,X/Z向行程240/350mm,主轴跳动 $\leq 0.15\mu\text{m}$,直线度 $\leq 0.3\mu\text{m}/100\text{mm}$,定位精度 $\leq 2\mu\text{m}$,重复定位精度 $\leq 1\mu\text{m}$ 。





通用技术集团北京机床研究所的超精密车磨加工机床 μ 3000/UGT200主要用于有色金属类零件、超硬材料零件的超精密加工。X/Z轴均采用全约束的液体静压导轨，直线电机驱动，位置反馈系统采用超精密线性光栅尺，分辨率10nm，直线度 $0.5\mu\text{m}/0.3\mu\text{m}$ ；工件主轴采用气体静压支承，回转精度 $0.05\mu\text{m}$ ，C轴反馈分辨率 0.0001° ，B轴回转精度 $0.1\mu\text{m}$ 。



秦川机床工具集团推出BL5i智能车床产品，采用B800智能数控系统（内置AI芯片），配置温度传感器、振动传感器、智能丝杆。智能功能：主轴扫频与避震、智能丝杆系统、热误差补偿、智能健康保障、云服务。重复定位精度 0.003mm 。主要用于

汽车、电机、航空航天等行业的高精度盘轴类零件加工。



2.五轴车铣复合加工中心

五轴车铣复合加工中心是车床产品皇冠上璀璨的明珠，是在三轴车削中心基础上发展起来的。可以在一台车铣中心上一次装夹，完成全部车、铣、钻、镗、攻螺纹，甚至热处理、激光等加工，其工艺范围之广和能力之强，已成为当今复合加工机床的佼佼者。是解决叶轮、叶片、船用螺旋桨、重型发电机转子、汽轮机转子及大型柴油机曲轴等加工的最高效手段之一。

（1）卧式车铣复合

本届展会展出卧式车铣复合产品的企业较多，除了知名的WFL、马扎克、德马吉森精机等，境内主要机床厂家也推出系列复合车铣加工中心，可以看出国内市场对复合机床的需求旺盛。比较有代表性的机型如下：

奥地利WFL公司展出了其主力机型M50铣车复合加工中心，车主轴高转速 3300r/min ，可实现C轴分度，铣削主轴高转速 12000r/min ，铣削主轴可绕B轴摆动，摆角范围 110° ，一次安装实现回转直径 $\phi 670\text{mm}$ 以下的盘套类和轴类零件的车削加工，以及在任意角度位置的铣削、B轴车削、钻削、制齿、钻深孔、磨削等五轴加工。还可复合激光熔覆、激光淬火、激光焊接加工。机床以一燃气轮机转子的加工过程具体展示了钻、铣、镗等工序的操作及对刀具和功能部件的切换动作。同时展示了其虚拟加工

系统。



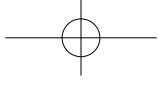
德国Index在中国首次展出的车铣复合加工中心G420，采用对置正副主轴，铣削主轴，双下刀塔，三把刀具可同时加工，且无碰撞风险，可满足直径 120mm 以下的棒料、直径 315mm 以下盘套类以及长度 1600mm （ 2300mm ）以下长轴类零件的高效铣车复合加工。



马扎克展出的INTEGREX i-350H S，融合AI（振动检测、温度补偿、3D编程）、数字孪生（比虚拟现实更准确直接）、自动化的车铣复合加工机，具有多主轴规格可选，下刀塔、紧凑型铣主轴扩大加工区域，将干涉降到最低，配置最新的MAZATROL SmoothAi CNC数控系统，引领数字制造。展会上集中展现了螺杆部位的车削加工、全能自由车削Free Turn加工以及同步五轴加工的精湛加工技艺。



斗山机床展出了复合车削中心PUMA SMX2600ST。该机床采用10寸液压卡盘，12工位高刚性伺服



刀塔，最大加工直径660mm、加工长度1540mm。该机床拥有强大的多任务处理能力，结合左右主轴、B轴铣削功能和下刀塔，具有更高的多任务处理能力，适用于更复杂零部件加工。正交Y轴结构可将加工空间最大化，12位高刚性伺服刀塔，保障强大的切削性能。其出色的控制能力，可实现更高的精度。



沈机集团展出的卧式车铣复合加工中心HTM63150，配备自有i5数控系统，主要核心部件如高速车铣头、高扭矩B轴、车削电主轴、下部动力刀塔等自主设计制造。整机采用模块化设计，部件组合配置丰富，可根据客户不同加工特点及需求，配置不同功能模块，及时交付客户。

大连机床展出DTM-B70ST九轴五联动卧式车铣复合加工中心，整体采用正交式水平Y轴结构布局，中心架带驻停功能。机床有多种功能：B轴、铣削轴、下刀架、副主轴、中心架、刀库、对刀仪等部件组合，可实现六面多工序、多工艺复合加工，真正实现一机功能集成化。



星火机床展出了GENYMAB 400多功能车铣复合中心，一次装夹，可实现车、铣、镗、钻、车铣、齿轮加工、曲轴加工、在线检测等工序；车轴、铣轴成90°独立布局，B轴最大摆动范围320°，可连续加工，可2.5度分度锁紧，一体式床身，结构

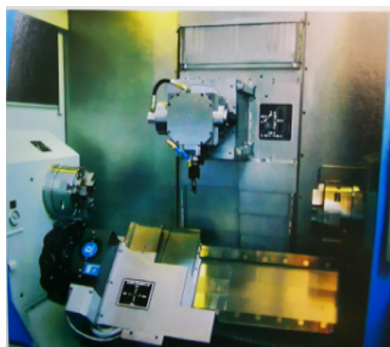
新颖。配置模块化：可搭载工作台与尾座、可搭载编程尾座或副主轴、可搭载液压尾座与中心架等多种配置组合，满足不同的加工要求。



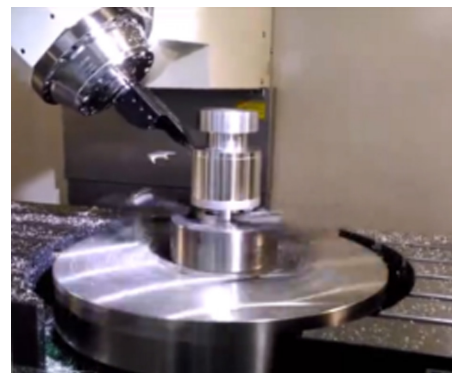
(2) 立式车铣复合

立式车铣复合加工中心从规格上看，车削直径在 $\phi 600 \sim 1200$ mm之间的居多，既保留立式加工中心T型槽式的工作台，又增加了回转车床主轴，配合立加第四轴摆头，完成五轴联动加工。在CIMT2021展会上展品较多，从用户需求看，是一种发展趋势。典型加工样件：叶盘、复杂模具、机匣等，尤其适用于航空航天狭长件、叶轮等的加工，通用性较强。以下是几家比较典型的代表。

大连科德的立卧车铣复合中心、智能化立式五轴车铣磨复合柔性制造单元——600柔性单元。该柔性单元是在科德公司现有五轴机床通用技术平台基础上，经过技术团队充分论证，结合未来发展方向及制造行业未来趋势开发的，可同时兼顾单机、多机连续的智能化五轴立式加工，复合车、铣、磨等工序。直接用GONA数控系统操作的自动化系统，无需其它外部控制系统。



丽伟（FFG）展出一台BC-700T五轴车铣复合加工中心，主要特点是基于立加工作台上融合了高速直驱转台，机床铣削主轴替换为车铣头，并可实现沿B轴摆动。该机床既可实现立加的所有钻铣功能，又可依托转台及车铣头实现盘类零件的车及铣功能，实现小规格的立式车铣功能。



北京精雕的JDGR300MT是定位为五轴车铣复合的加工中心，其本质上属于精雕传统意义上的五轴加工中心，但通过采用精雕车铣电主轴及摇篮式双直驱AC转台，通过C轴的高速旋转配合车铣电主轴实现车削功能。这是产品模块化设计的一个拓展产品。

宝鸡机床CX516是一款高效立式车铣复合中心，机床具有两个直线轴和一个回转轴，三轴联动，内置车削电主轴，配合32工位刀库，车、铣功能均衡，可用于盘套类零件的精密、高效车铣复合加工，广泛应用于电子、船舶、汽车、高铁、医疗器械、模具、IT等制造

业。机床可配备在线检测、高压断屑等功能，可进行单机加工或多机联网，实现无人化操作。



3. 柔性自动化产线

CIMT2021展会的自动化生产线展品无论是技术水平还是应用领域都有新的进展。在技术水平方面，工艺、工序、物流和信息流的集成度，控制水平、生产节拍和效率，工序能力指数、可靠性等方面都有明显提高。自动线根本目标是为用户提供解决方案，需要深入研究用户产品加工工艺，实现一条龙服务。

哈斯公司的车削中心自动上料机APL，用于圆盘类和轴类零件的上下料，实现车削中心的自动化加工，可提高加工效率。APL可直接通过车削中心控制装置编程，并可通过Haas APL接口设置，指导操作人员通过必要步骤快速编程APL。



陕西诺贝特展出的全自动带桁架数控车床XKNC50GL，在排刀车XKNC50上搭载自动上下料机械手和自动排料器装置，提高小型盘套类零件的加工效率。

宁波伟立机器人携机加工柔性生产解决方案亮相CIMT2021。3S-L系列柔性智能测量工作站，采用伟立自主研发的控制系统，打通并集成协作机器人、CNC机床的数控系统，是生产计划（管理）和自动化（执行）的有机组合，同时具有超高的协作性和安全性。配置抽屉式装载系统，与机床通讯实现快速链接，通过引导式任务设置，简单操作软件即可实现连续自动化作业。与测量机紧凑设计，一站完成检测，实现多品种工件的自动上下料、自动测量、自动分拣、测量数据存储和管理等功能。在不区分批量大小的情况下，为客户实现降本增效，并提升产品品质。

二、本届展会的两大亮点

本届展会，笔者通过现场参观认为，五轴技术和智能化的快速发展是本届展会的两大突出亮点。

1. 国产车铣五轴复合加工中心有了长足发展

随着用户需求向更高层次发展，要求机床向高效、高精、高可靠性方向发展。从本届展会的主流展品看，五轴复合是一大亮点。境内主流机床企业都推出了五轴联动机床产品，结构形式各异，并各有特点。产品性能趋于稳定，这一趋势必将加速推动国产五轴联动机床的发展进步和应用普及。

从五轴产品中立式五轴、卧式五轴、龙门五轴等产品的大量推出，且结构形式也与以往展会有所不同，可以看出不论是机床制造厂家、还是机床使用厂家，整体都在提升。

2. 智能技术成为市场竞争新的制高点

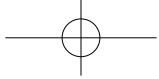
在本届展会上集中展出了大量机床联机智能数控系统，可以实现单机加工监控和车间多机联控及加工程序自动下发等功能。智能机床则是实现智能制造的基础。纵观本届展会展品，行业主流企业的产品均不同程度展示着智能技术的各种应用。展会现场，来自30多家参展商的96台机床通过NC-Link协议接入和采集数据，并进行了演示。华中数控的华中9型智能数控系统、马扎克的数字孪生（DIGITAL TWIN）和人工智能（AI）等金属加工领域的智能化转型愈发成为展会的主流。日本企业如大隈、马扎克等，已经进入实用阶段，境内宝鸡机床有智能系统“宝鸡云”，华中数控、广州数控、沈阳机床数控系统等也有提供类似功能，已形成广泛应用态势。中国机床工具工业协会牵头制定的NC-Link标准的实施，使各种设备互联互通成为现实。

三、境内外车床展品对比及一点感悟

通过对近几届CIMT展会的参观学习，不但看到中国机床行业的发展，也看到了与境外顶级制造商之间的差距。境内品牌机床在设计、制造、使用等方面逐年有所提高，但与境外高端机床特别是德国、日本等工业发达国家知名品牌相比，差距依然很大。

（1）机床的外观设计

国产机床方面，例如通用技术集团、北京精雕、宁波海天等企业展品，机床外观有了很大进步，从外观的色调搭配、防护表面细节到机床的结构布局，都有很大提升。但与境外知名品牌相比，还存在着不同程度的差距。境内机床的外观还以满足防护



功能为主，在机床美学、人机工程方面还有提升空间。

(2) 机床的可靠性和稳定性

通过展会现场走访了解到，除了因为机床设计制造技术问题导致的基础精度差距外，境外知名品牌机床在长期使用后的精度保持性较好，故障率也较低。从车床行业来说，境内五轴车铣加工中心经过几年的发展已经有了长足进步，各项功能都在追赶国外先进水平，但在实现单个功能、指标后，集成的机床稳定性及可靠性还需要进一步提高。当然，这是一个需要通过大量使用、不断迭代的过程，无法一蹴而就，还需要机床行业和广大用户之间的共同努力。

(3) 机床的综合性能

机床的各个部件对机床综合性能都有着很大的影响。整体结构布

局：由于国内机床制造起步较晚，受制于工艺及加工的限制，还有很大的进步空间。现阶段各机床企业结构改进力度加大，本届展会有多台车床采用了新结构、新工艺来不断完善自己的技术。床身及铸件：国内有些车床缺少足够的高刚性设计和足够的时效及热处理，导致床身的稳定性和刚性不足。数控系统及自动化的应用：本届展会展现出了机床未来的发展方向，一个是机床的互联互通，还有就是智能化技术在机床上的广泛应用。两个发展方向都是基于强大的软件实力。国内的数控机床互联互通协议标准NC-Link已经在贯彻实施中，有了明确的发展方向。

随着机床工业不断向高质量发展，以用户为中心的理念愈发深入。

机床行业从以用户为中心求生存，逐步转变为以用户为中心求发展。展会上众多产品都不同程度地体现了以客户为中心的设计理念，人机交互界面更加顺畅，机床操作更加便捷。面对激烈的市场竞争，我们还要继续加快技术创新，不断研发满足市场需求的新产品。

同时我们也深深感到，我们与境外顶级制造商在高端机床核心部件方面的差距更大。高端机床所用的线轨、丝杠等功能部件，以及轴承、动力刀架、测头等仍需大量进口。有些机床功能部件虽然国内能够生产，但精度、质量及稳定性还不能完全满足高端机床发展的需要。

雄关漫道真如铁。中国高端数控机床发展之路还很漫长，需要业界同仁不断努力。□

(上接第46页)



三菱电机推出M800/M80系列全新数控系统，获得了众多客户的高度认可。其高效率、易用性和灵活性，满足控制精度、处理速度以及自动化方面的需求。同时，引入MES接口、EtherNet/IP等现场总线，与各种设备轻松互联，帮助客户构建高效

的IoT系统。

4. 约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司

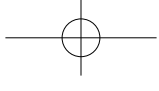
海德汉重点展出了TNC 640数控系统+新一代驱动产品、LCx16系列光栅尺、ETEL力矩电机等产品。



TNC 640数控系统+新一代驱动产品适用于高速加工和五轴联动加工，以及车铣复合加工中心的应用。

可实现高表面质量、高精度和极短的加工时间，以及面向车间的操作和编程能力。TNC的新组件监视功能通过密切监视主轴轴承负载来保护机床，进给轴的定期监视则可以防止因过载和磨损而引起的故障。

系统操作和编程简单方便。用户借助实用的对话和信息丰富的图形，可在机床上直接编写铣削和车削加工程序。搭载全新的24英寸宽屏和扩展工作区全新触控显示屏，操作简便。在触控显示屏上进行3D验证图形时，可用手势更快地操作仿真的工件。借助边屏功能，可直接在控制器上进行全数字化作业管理。新型Gen 3驱动器性能良好，具有智能传输技术和诊断功能，易于安装，有助于提升机床的整体性能。□



FIDIA数控系统示波器高级模式功能的研究与应用

昌河飞机工业（集团）有限责任公司 胡 辉

【摘要】本文以一驱动参数调试为例，简单介绍FIDIA数控系统示波器高级模式功能的使用方法。

FIDIA数控系统提供了内置示波器功能，可用于监控和记录采样信号的变化趋势。该示波器根据复杂程度，分为三个等级，第一等级是简单模式，第二等级是不带运算的高级模式，第三等级是带运算的高级模式。简单模式下，示波器只能采样NC或者PLC位信号。不带运算的高级模式下，示波器能采样字节和模拟量信号，例如NC参数和PLC内存区。带运算的高级模式下，不仅具有前面两种模式功能，还能对采样的信号进行数学运算，并对其结果进行监控和记录。

对于设备维修人员来说，不带运算的高级模式基本上就满足使用。使用示波器进行PLC数字输入/输出位、内存位监控，诊断设备PLC故障，应用较多，这里就不再赘述，本文以使用示波器监控NC参数，进行驱动参数调试为例，简单介绍一下FIDIA数控系统示波器高级模式的使用方法。

1. 示波器高级模式功能简介

进入示波器功能界面后，在屏幕下端，有一排功能按键，具体功能如下：

(1) MODE：用于选择模式以及设定分格时间（见图1）。

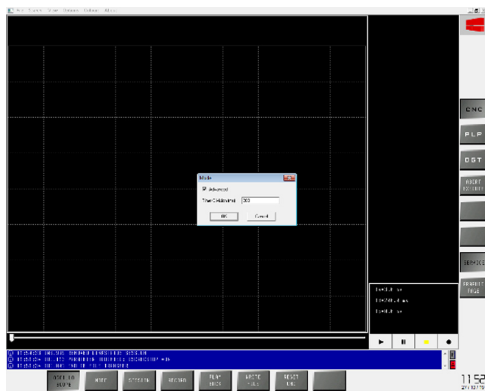


图1 MODE界面

(2) SESSION：用于选择采样信号、采样时间、是否触发、最大记录时间等（见图2）。

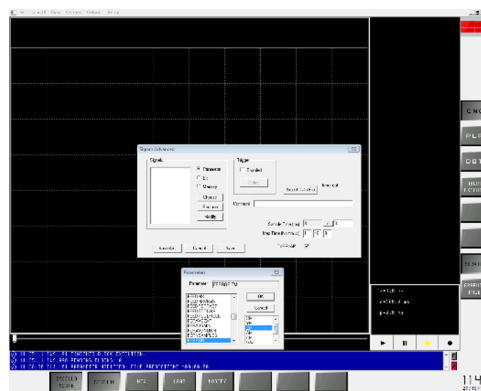


图2 SESSION界面

(3) RECORD：用于启动、暂停、停止示波器监控和记录功能。

(4) PLAY BACK：用于回放之前记录的数据文件。

(5) WRITE FILE：用ASCII格式存储记录文件，便于使用外部软件做进一步的处理。

(6) RESET CNC：用于复位CNC。

2. 应用案例

利用示波器功能，通过监控和记录X轴加速时的FERROR（跟随误差），根据数据变化，调整和优化X轴驱动参数S04004：acceleration F.F percentage（加速度进给前馈百分比），调整加速度进给前馈值，可减小加速时的速度控制偏差，进而减小跟随误差值。

首先编辑一段X轴往复运动的程序，循环执行多次，便于示波器监控和记录。

N1 G345 F10000；激活精加工模式，进给速度10000mm/min；

N2 X0.
N3 X200.
N4 X0.
N5 X200.
N6 X0.
N7 X200.
.....

示波器具体设定如下:

Sample Time(采样时间): 3ms

Time division(分格时间): 200ms

选定以下采样信号:

FERROR XM: X轴跟随误差

FERRORF XM: 滤波后的X轴跟随误差

TEOVELPRECISE XM: X轴指令速度

TEOACCEPRECISE XM: X轴指令加速度

TEOJERKPRECISE XM: : X轴指令加加速度

FDUCURPERC XM: X轴电流百分比

将驱动参数S04004分别设定为0%、100%、200%、300%时, 数控系统执行X轴循环往复运动程序, 分别用示波器进行监控和记录, 具体如图3~图6所示, 其中蓝色曲线代表的是X轴FERROR跟随误差值。当参数S04004由0增加至100%, 200%时, 跟随误差值逐渐减小, 当增加到300%时, 则跟随误差值反向, 说明该值设置过大, 造成X轴位置过冲。因此, 将参数S04004设置为200%较为合理。

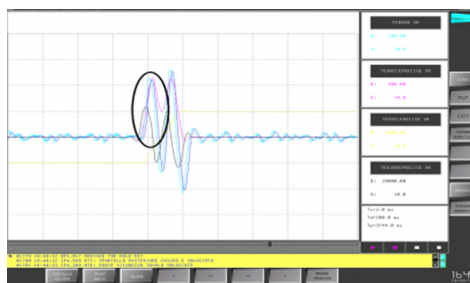


图3 S04004=0%



图4 S04004=100%

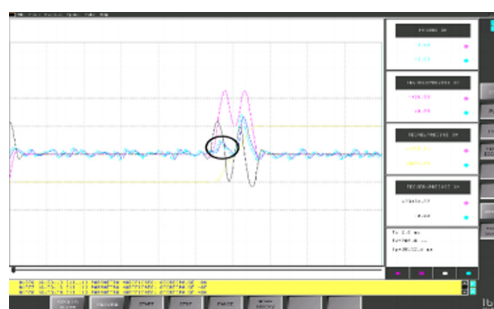


图5 S04004=200%

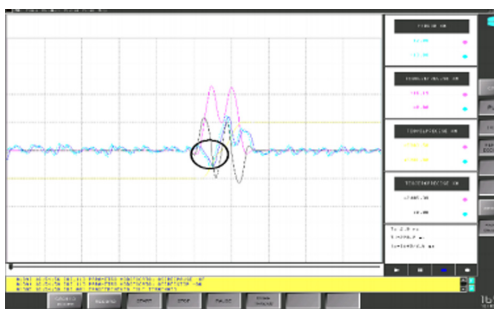


图6 S04004=300%

3.小结

FIDIA数控系统示波器高级模式功能非常强大, 可监控和记录位信号、字节和模拟量信号变化数据, 通过对记录数据进行分析, 可应用于设备和PLC故障诊断、伺服优化, 对于设备维护人员来说, 熟悉掌握该功能, 可提升技术水平, 缩短故障诊断时间。□

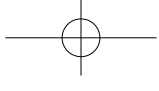
资讯

烟台环球被认定为山东省“专精特新”中小企业

为贯彻落实中央扶持民营经济、中小企业健康发展的决策部署, 引导激励高成长创新型企业做大做强做优, 推进制造业高质量发展, 加快培育一批发展速度快、创新能力强、产品质量优、市场占有率高、经济效益好的“专精特新”中小企

业, 今年4月22日, 山东省工业和信息化厅发布了“关于开展2021年度山东省专精特新中小企业培养认定工作的通知”, 根据通知要求, 烟台环球机床装备股份有限公司积极应对, 从专业化、精细化、特色化、创新化四个方面全方位梳理材

料, 及时填报了申请书, 经过企业所在地市区两级经信局和中小企业主管部门初审核实, 山东省工业和信息化厅组织专家评审等流程后成功入围, 为后续参与评选省瞪羚企业、独角兽企业、国家专精特新“小巨人”企业做好了积极准备。



不同型式的气门毛坯飞边应用

湖南天雁机械有限责任公司 江文广 张世文

【摘要】本文根据气门毛坯不同的制造方法，主要对径向飞边气门毛坯、轴向飞边气门毛坯两种毛坯飞边型式其生产原理、应用情况及特点进行阐述。

气门毛坯制造方法有电锻工艺和挤压工艺两种，这两种工艺生产过程中都需要有飞边。电锻工艺因为在毛坯生产过程中会遇到以下问题：首先，不同电锻机下来的锻坯，其红热的部分体积和形状不同，供给同一台压力机上的同一个模具，体积较小的红热的部分很有可能使气门外圆打不足，造成报废，若确保飞边存在为检验标准，气门毛坯就不会报废；其次，新旧模具的型腔容积在变化，刚换上去的新模具和失效换下来的模具作一下比较，因后者型腔已磨损，需求的金属量要多一点，不用飞边去控制它，很有可能要报废。

挤压工艺虽然红热的部分体积和形状基本差不多，但由于新旧模具的型腔容积在变化，无飞边很有可能报废。飞边大小随时间加长会变小，需要注意调整红热部份的体积。气门毛坯的飞边可以这样定义：气门红热材料充满模具型腔后的多余废料。

1. 气门毛坯飞边型式

气门毛坯飞边有两种形式出现，一种飞边方向与气门直径方向一致，此时，气门毛坯盘端面是平整的，直径方向是不规则的，这种飞边称为径

向飞边，国内气门制造公司主要采用径向飞边，如图1所示。另一种飞边方向与气门轴线方向一致，此时，气门毛坯盘外圆是光滑的，轴线方向是不规则的，这种飞边称为轴向飞边，国外称Up flash，如图2所示。

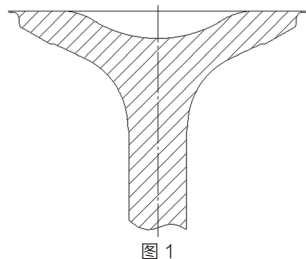


图 1

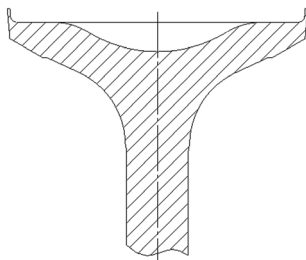


图 2

2. 不同型式飞边毛坯生产及应用

(1) 径向飞边气门毛坯

如图3所示，生产径向飞边气门毛坯由下模具和上模具组成，其中下模具为气门毛坯成型主模具，配合上模具由上向下的锻打成型所需的气门

毛坯。径向飞边气门毛坯的下模具和上模具配合的主要工作面与气门毛坯盘端面在同一平面上，从图3的放大图中可发现，通过下模具的上平面与上模具下平面配合，从而实现径向飞边气门毛坯的生产。

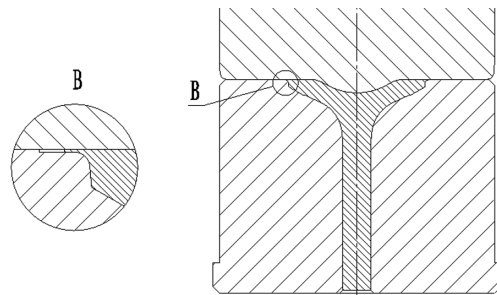
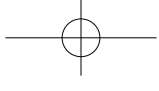


图 3

径向飞边气门毛坯的电锻上、下模具结构简单，对于相同的盘端面凹坑形状气门毛坯其电锻上模具可通用，实际生产应用中径向飞边气门毛坯模具使用寿命长、生产成本底，得到了广泛应用，国内气门制造公司主要是采用径向飞边气门毛坯。

(2) 轴向飞边气门毛坯

如图4所示，生产轴向飞边气门毛坯同样由下模具、上模具组成。从图4中可发现轴向飞边实现是通过在径向飞边模具基础上，将下模具行腔



下沉数毫米，同时对应的上模具毛坯盘端面位置凸起相应数毫米，通过这凹凸的下模具、上模具锻打出轴向飞边毛坯。

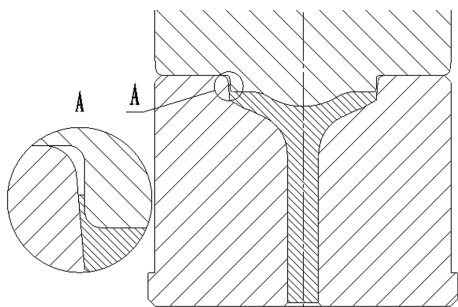


图 4

轴向飞边气门毛坯的上、下模具相对径向飞边模具要复杂，而且上模具的通用性不强，上、下模具使用寿命较径向飞边模具要低，因而相对模具使用成本要高，但轴向飞边气门毛坯有着独特的优势。

采用挤压工艺生产的气门毛坯，都是采用轴向飞边气门毛坯，因为轴向飞边上、下模具为密闭式锻造挤压，有利于毛坯挤压成型。为提高气门毛坯质量，本公司在国内率先采用轴向飞边毛坯电锻工艺技术方法，经过几年的生产应用发现轴向飞边气门毛坯有如下优点：①能较经济的获得盘端面凹坑与盘外圆同轴度在0.3mm以下的毛坯，如图5所示；②毛坯金属流线发生改变，金属流线往下压，气门颈部金属流线密度增强，尤其在气门第二工作高温区。如图6所示，左图为轴向飞边气门毛坯金属流线实物照片，右图为径向飞边气门毛坯金属流线实物照片，经对比明显可见轴向飞边的颈部金属流线密度比径向飞边毛坯金属流线密度大；③密闭式锻打金属是往下挤压，有利于气门长颈部锥体的锻造；④气门模具外圆与锥面一起加工出，毛坯外圆光滑，利于校正外圆以达到校正锥面目的；⑤气门毛坯盘外圆是光滑的，有利于自动上下料，便于后续自动化生产加工。



图 5

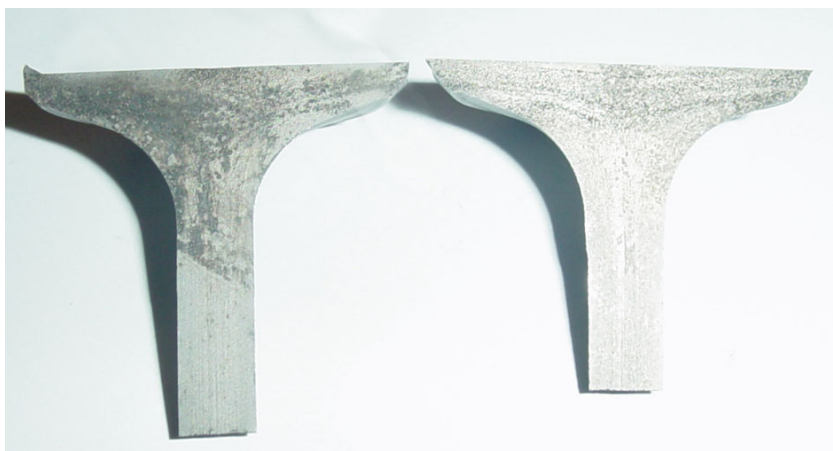


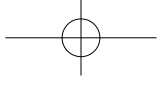
图 6

3. 结语

气门作为发动机配气机构的基础零件，本文对气门毛坯不同飞边型式应用进行了阐述，文中对常用电锻工艺的径向飞边气门毛坯、挤压工艺的轴向飞边毛坯、电锻工艺的轴向飞边毛坯进行了说明。实际生产中，各厂家根据自身情况及产品对毛坯质量要求的不同，而采用不同的毛坯生产工艺（电锻工艺和挤压工艺）或不同毛坯飞边型式（径向飞边毛坯和轴向飞边毛坯）。□

参考文献：

- [1] 陈国定. 机械设计基础[M]. 北京：机械工业出版社，2006.
- [2] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2004.
- [3] 蔡春源等. 机械设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2000.
- [4] 王景. 气门盘部凹槽结构的参数化设计及其应力与变形形态研究[D]. 武汉：武汉理工大学，2011.
- [5] 郭秀. 发动机气门颈部失效原因分析与对策[J]. 内燃机与配件，2012.



基于机床数控系统的电主轴控制技术

沈阳机床（集团）有限责任公司 马国艳

【摘要】现代数控机床需要同时能够满足低速粗加工时的重切削、高速切削时的精加工要求，因此数控机床的电主轴应同时具备低速大扭矩、高速大功率的性能。高速电主轴的大功率化已经是国际机床产业的一个发展方向，为了实现电主轴能达到较高转速的性能和在低转速时大扭矩的特点，电主轴配置安装星角转换装置。主轴星型连接时，具备低速大扭矩的特性，电主轴角型连接时具备高速大功率的特性。本文介绍了实现电主轴星切换的两种方式，一种是通过PLC逻辑控制程序控制星角的切换；另一种是通过数控系统驱动SINAMICS BICO技术控制的电主轴星角切换技术，这种方式可以实现电主轴星角切换的无级变速，提高电主轴的工作效率，具有较大的实用价值。

随着机床产业的不断发展，电主轴的应用越来越广泛。电主轴上配置星角切换装置后，不但具有低转速时高扭矩，还具备高转速时大功率的特性。高速运转的电主轴的主轴型式是将主轴电机的定子、转子直接装入主轴组件的内部，即把高速电机置于精密主轴内部，电主轴的电机转子就是主轴，主轴的壳体就是电机的机座，实现了变频调速电机和主轴一体，电机直接驱动主轴，形成电主轴。

电主轴取消了电机到主轴传动链中的齿轮、皮带等中间环节，动力源对主轴的直接传动，传动链长度为零，实现了机床主轴系统的“零传动”，具有高转速、高精密、噪声低、低温升、体积小、安装方便等特点，是现代高档数控机床主要的关键部件。它与早年应用于内圆磨床的内装式电机主轴的区别是采用了变频调速技术，主轴有较大的驱动功率和转矩，并有一系列监控主轴振动、轴承温升等参数的传感器及其检测控制系统。因此电主轴及驱动系统是一种技术含量很高的机电一体化产品，涉及机械、电机、驱动与控制、支承、润滑、材料热处理及振动等诸多领域，是一套相对独立、完整的智能型功能部件。

本文基于机床数控系统的研究，研究了两种控制电主轴星角切换的方法，第一种是通过PLC逻辑控制程序，并在加工程序中编辑相应M代码实现电主轴的星角切换；第二种方式是通过数控系统SINAMICS BICO连接技

术实现电主轴星角切换。

1. 逻辑程序控制的星角切换

逻辑程序控制电主轴星角切换首先绘制控制电主轴星角切换的电气原理图（见图1），其次是调用数控系统的星角切换功能块，最后编辑数控系统主轴部分星角切换的电机参数。

（1）星角切换原理

如图1所示，接触器K2.46吸合，电主轴角连接；接触器K2.47吸合，电主轴星型连接。

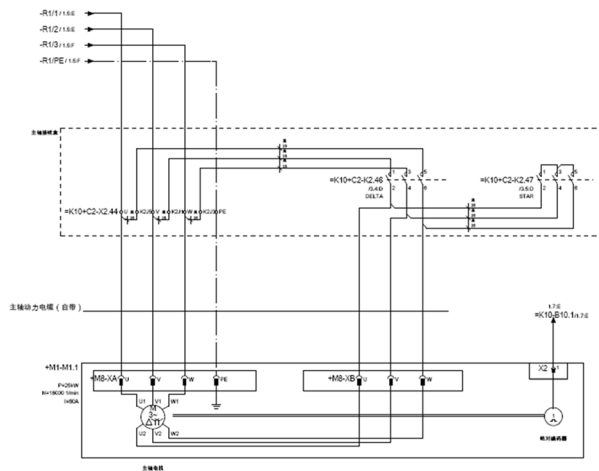
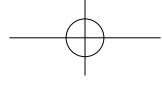


图1 星角切换原理图



(2) 逻辑控制程序

机床数控系统中集成了控制星角切换的功能块FC17, 编辑功能块生效的条件, 如下所示:

```
AN DB20.DBX 140.0; 是否调用星角转换功能块
JC M003; DB20.DBX 140.0=1星角转换生效
A DB21.DBX 200.6 ; M54星连接
A DB34.DBX 61.4 ; 主轴停止状态
R DB130.DBX 0.0 ; DB130.DBX0.0=0切换到星连接
A DB21.DBX 200.7 ; M55角连接
A DB34.DBX 61.4 ; 主轴停止状态
S DB130.DBX 0.0 ; DB130.DBX0.0=1切换到角连接
```

CALL FC 17 ; 数控系统集成的星角切换功能块

YDelta :=DB130.DBX0.0; 星角切换

SpindleIFNo:=4 ; 主轴轴号

TimeVal :=S5T#1S ; 延时时间

TimerNo :=300 ; 延时计时器T300

Y :=DB101.DBX15.4 ; 星连接接触器吸合

Delta :=DB101.DBX15.5 ; 角连接接触器吸合

Ref :=DB130.DBW2 ; 中间状态信息

综上所述, 在MDA或AUTO方式下, 执行M54时, 切换到星连接; 执行M55时, 切换刀角连接。特点是操作简单, 执行M代码就可实现电主轴的星角切换, 但是切换时需要主轴停下来。这样就降低了机床的工作效率。

(3) 星角切换主轴参数设置

由于参数设置与数控系统SINAMICS BICO连接技术的

参数设置基本相同, 这里就不赘述了。

2. 数控系统SINAMICS BICO连接技术控制星角切换

(1) 控制原理

星角切换控制原理图如2、图3所示, 接触器Q120A吸合, 数控系统NCU上X122.9输出继电器K120A吸合, 从而实现接触器Q120A吸合, 电主轴星型连接, 接触器Q120A的反馈触点将星型连接的状态反馈到X122.4; 数控系统NCU上X122.10输出继电器K120B吸合, 从而实现接触器Q120B吸合, 电主轴三角型连接, 接触器Q120B的反馈触点将角型连接的状态反馈到X122.3。

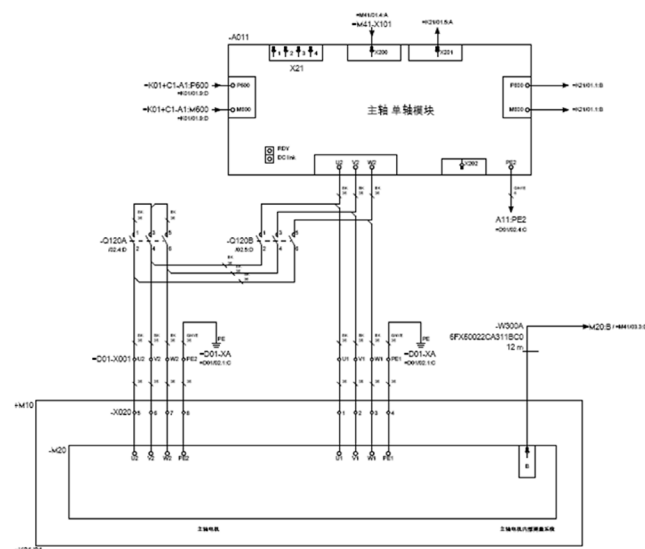
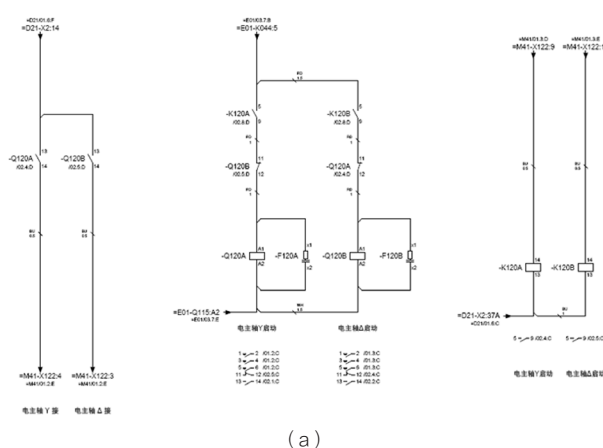
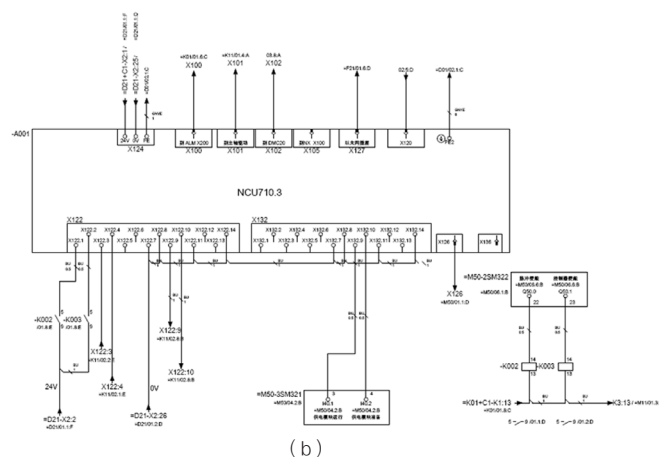


图2 电主轴星角连接原理图



(a)



(b)

图3 电主轴星角切换原理图

(2) X122特性设置

如星角转换原理图所示, X122.3为角型连接的接触器反馈, X122.4为星型连接的接触器反馈; X122.9为星型连接接触器吸合输出, X122.10为角型连接接触器吸合输出。那么, 数控系统的X122.3/4应设置为输入端口 (默认), X122的9/10设置为输出 (需要设置控制单元数据更改为输出端口)。X122端口特性如表1所示。

表1 数控系统X122接口特性

序号	信号名称	类型	说明
1	DI0	I	数字输入0
2	DI1	I	数字输入1
3	DI2	I	数字输入2
4	DI3	I	数字输入3
5	DI16	I	数字输入16
6	DI17	I	数字输入17
7	G1	GND	数字输入1-3、16-17接地
8	M	GND	接地
9	DI/DO8	B	数字输入/输出8（快速输入）
10	DI/DO9	B	数字输入/输出9（快速输入）
11	M	GND	接地
12	DI/DO10	B	数字输入/输出10（快速输入）
13	DI/DO11	B	数字输入/输出11（快速输入）
14	M	GND	接地

因为X122是控制单元NCU上的接口，所以要设置控制单元数据，控制单元参数p728（CU数字输入输出状态）根据电气原理图需求设定，X122.3/4为数据输入点（默认），9/10为数据输出点（相应位设置为1，代表更改为输出端口）。

（3）增加驱动数据组/电机数据组

配置时，对电主轴星角分别对应的参数要进行分别配置，因为星角切换相当于电主轴拥有两套驱动数据（DDS），在低转速大扭矩时切换到星型连接，在高转速大功率时切换到三角型连接。因此在配置星角两套电机数据时，首先要添加数据组（见表2），然后进行分别配置星型连接电机参数和角型连接电机参数，并分配电机编码器数据。

表2 数据组

电机数据组	驱动数据组	编码器数据组	备注
MDS0	DDS0	EDS0	电主轴星型连接的数据组
MDS1	DDS1	EDS0	电主轴角型连接的数据组

数据组扩展完毕，主轴驱动参数中的下列参数会自动设置：

- P130=2电机数据组（MDS）数量
- P180=2驱动数据组（DDS）数量
- P186[0]=0 电机数据组编号为MDS0
- P186[8]=1 电机数据组编号为MDS1

（4）配置电主轴星/三角连接参数

按照星角两套数据组分别添加星角切换的两套电机参数，以KESSLER品牌的18000r/min的电主轴星角切换的电机驱动数据为例，如表3所示。

表3 KESSLER 18000r/min电主轴星角切换的电机参数

电机参数号	Y（MDS0）	D（MDS1）	单位	参数说明
304	418	350	V	电机额定电压
305	52	60	A	电机额定电流
307	25	25	kW	电机额定功率
310	98	159	Hz	电机额定频率
311	2800	4700	r/min	电机额定转速
320	21.34	30.3	A	电机额定励磁电流
322	4700	18000	r/min	电机最大转速
326	50	110	%	电机失步转矩补偿系数
341	0.038	0.038	kgm ²	电机转动惯量
348	2859	5571	r/min	V _{dc} =600V 弱磁开始转速/n _{弱磁开始转速}
350	0.124	0.0615	Ω	冷态电机定子电阻
354	0.14	0.0442	Ω	冷态电机转子电阻/d轴阻尼电阻/转子R _{冷/阻尼R_d轴}
356	0.666	0.199	mH	电机定子漏电感
358	0.666	0.199	mH	电机转子漏电感/d轴阻尼电感/转子漏电感/电感d
360	16.666	6.066	mH	电机主电感/d轴饱和主电感/主电感/主电感d饱和
408	256	256		旋转编码器线数/旋转编码器线数

分别在各个参数的[0]输入星型连接电机参数，在[1]处输入角型电机参数。另外，从上表中可以看出，星角切换的临界转速为4700r/min。

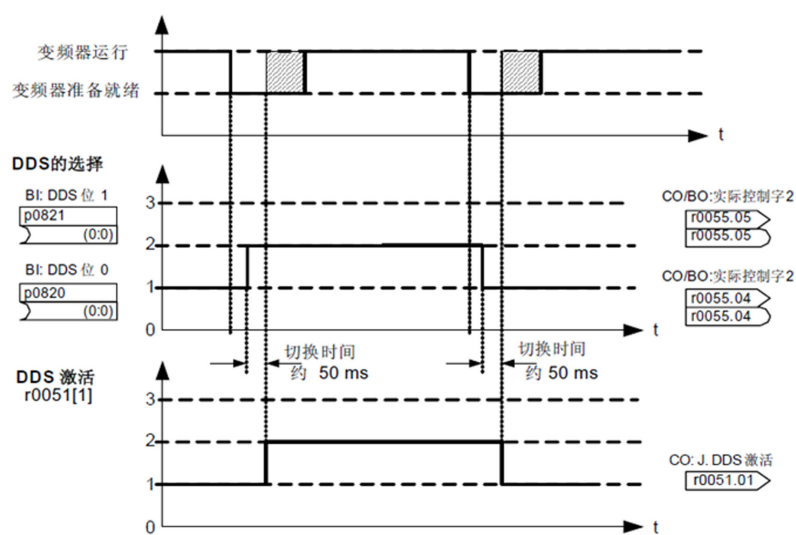
（5）星角切换关联参数

控制单元参数的设置如表4所示。

表4 控制单元数据的设置

参数编号	属性	说明	设定值	备注
p738	控制单元数据	端子X122.9（DI/DO8）的信号源	3:830.0	星型连接的信号源关联到主轴驱动器参数r830[0]
p739	控制单元数据	端子X122.10（DI/DO9）的信号源	3:830.1	三角型连接的信号源关联到主轴驱动器参数r830[1]。

主轴驱动数据：p820[0]驱动数据组选择DDS位1/选择DDS位1。设置为63:2197.2，即当主轴实际转速小于等于转速阈值p2155中的设定值时，p820[0]=0，DDS0（[0]）数据组生效；当主轴实际转速大于转速阈值p2155中设定的值，p820[0]=1，DDS1（[1]）数据组生效。参数r0051中显示激活的驱动数据组DDS。p820参数特性如图4所示。



在参数 r0051[1]中显示实际上已激活的驱动数据组（DDS）。

图4 参数p820特性

p821[0]=0:0.0驱动数据组选择DDS位1/选择DDS位1;
p822[0]=0:0.0驱动数据组选择DDS位2/选择DDS位2;
p823[0]=0:0.0驱动数据组选择DDS位3/选择DDS位3;
p824[0]=0:0.0驱动数据组选择DDS位4/选择DDS位4;
注意：在更改上述参数时，只有把参数p922改成999自定义报文，不能再改回原来的136报文，否则参数p820参数更改失败。
p827[0]电机切换状态字；
当p827[0]=0时，表示MDS0时接通r830.0；
p827[1] 电机切换状态字；
当p827[1]=1，表示MDS1时接通r830.1；
r830电机切换状态字，参数特性如图5所示。

r0830.0...15		CO/BO: 电机切换状态字 / 电机切换状态字	
SERVO_COMBI,	可修改: -	自动计算: -	存取权限: 2
SERVO_SINUMERIK828	数据类型: Unsigned16	动态索引: -	
P 组 显示, 信号	单位组: -	单位组: -	单位选择: -
不适用于电机类型: -	定标: -	定标: -	专家列表: 1
最小	最大	出厂设置	
-	-	-	
说明: 显示电机切换的状态字。 这些信号可以用于电机切换继续连接到数字输出端上。			
位数组	位 信号名称	1 信号	0 信号
	00 电机选择 位 0	高	低
	01 电机选择 位 1	高	低
	02 电机选择 位 2	高	低
	03 电机选择 位 3	高	低
	04 电机选择 位 4	高	低
	05 电机选择 位 5	高	低
	06 电机选择 位 6	高	低
	07 电机选择 位 7	高	低
	08 电机选择 位 8	高	低
	09 电机选择 位 9	高	低
	10 电机选择 位 10	高	低
	11 电机选择 位 11	高	低
	12 电机选择 位 12	高	低
	13 电机选择 位 13	高	低
	14 电机选择 位 14	高	低
	15 电机选择 位 15	高	低
相关性:	参见: p0827		

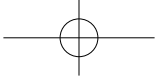
图 5

p831[0] 电机切换接触器反馈；
p831[0]=1:722.3表示星型连接
接触器反馈到X122.4；
p831[1] 电机切换接触器反馈；
p831[1]=1:722.2表示角型连接
接触器反馈到X122.3；
p839 电机切换接触器控制延时
时间；
星角切换延时时间，推荐
100ms，只有在出现星角切换时间报
警时设置，否则可不设置。

p2155[0]电主轴星角切换转速阈
值 从KESSLER电主轴参数表中显示
应设置4700r/min；
p2155[1] 电主轴星角切换转速
阈值 从KESSLER电主轴参数表中显
示应设置4700r/min；
p2140[0]转速阈值回差，磁滞速
度，不应太小，推荐为90r/min；
p2140[1]转速阈值回差，磁滞速
度，不应太小，推荐为90r/min；
p2000电主轴最大转速，从
KESSLER电主轴参数表中显示
应设置为18000r/min，配置完成
后，该参数应该自动写入最大转速
18000r/min，如果没有自动写入，
可手动输入。

3.结束语

综上所述，PLC逻辑控制程序控
制的星角切换，每次切换时，主
轴会将速度降为0，再进行切换，
会花费机床加工时间，降低机床
工作节拍和工作效率；数控系统
SINAMICS BICO连接技术控制的
电主轴星角切换，实现了切换时
的无级变速，节约了时间，提升
了机床的工作效率，推荐使用这
种切换方式。□



纳米流体材料在冷却器中的应用研究展望

东方电气集团东方电机有限公司 唐 东

【摘要】水火电用冷却器技术在近几年发展缓慢，各研发制造厂家重点放在散热片片形改进、冷却管材质改变、流量流速调节等等上面，国内外冷却器整体性能未有大的改动。由于科技的发展以及日益突出的能源问题，换热器的传热负荷逐渐增大，在某些方式下，传统的换热工质已经无法符合现有的市场需求。纳米流体是一种新型的换热工质，其导热系数非常高，在换热领域具有非常巨大的发展前景。纳米流体材料也可用于换热器领域，本文对未来发展方向进行展望。

在过去相当长一段时间，电站用传热技术的研究主要是从散热片片形改进、冷却管材质改变、流量流速调节等方面着手，如图1所示，但由于上述措施虽然在提高了传热系数，同时也造成的成本的提高、可靠性降低等负面因素，使得部分强化传热技术实施后反而“得不偿失”。

最近几年，随着纳米技术的出现和发展，制取纳米流体工质并研究其能量传递特性成为了传热学科中非常重要的研究方向之一。研究表明，在液体中添加纳米级别的金属或金属氧化物颗粒，可以强化液体的传热性能，并提高液体的导热系数，证明了纳米流体技术在能量传递领域具有广阔的应用前景。纳米材料技术能否应用于电站冷却器，需要进一步探索研究。

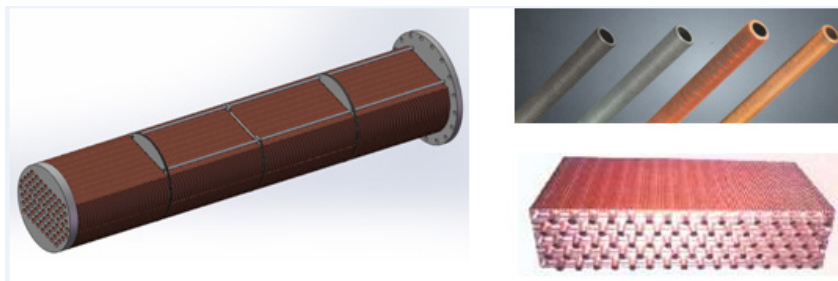


图1 电站用冷却器、冷却管、散热片

1. 纳米流体材料简介

(1) 纳米流体概念

20世纪90年代以来，随着纳米技术的兴起，研究人员开始探索将纳米材料技术应用于强化传热领域，研究新一代高效传热冷却技术。1995年，美国阿拉

贡国家实验室的S.U.S. Choi教授首次提出了“纳米流体”概念，从此将纳米技术与热能工程这一传统领域创新性地结合了起来。纳米流体技术在强化传热领域具有十分广阔的应用前景和潜在的重大经济价值，被称之为“未来的冷却散热技术”。

国内外的专家对纳米流体材料做了充足的研究，发现与传统换热工质相比，纳米流体主要有以下几个优势：①纳米颗粒间的布朗运动加速了颗粒之间的热传递；②纳米颗粒固有的热传递特性增强了纳米流体的热传递特性；③液体(基液)与纳米颗粒表面之间形成的纳米薄层，即高导热层液相结构，加速了热传递过程；④纳米流体中形成的纳米粒子簇效应使纳米颗粒的有效体积分数增加，从而增强了纳米流体的传热性能。图2简单的展示了三种原理：固液界面间形成的高导热层液相结构，加速热传递过程；固体颗粒中的弹道和扩散声子输运（纳米颗粒固有的热传递特性）；有效体积理论增强导热系数。

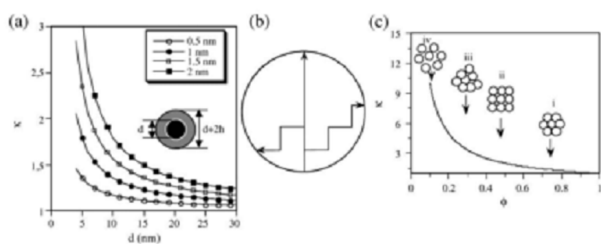
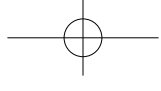


图2 三种纳米流体增强导热系数机理

(2) 纳米流体制备

目前国际上纳米流体的制备方法主要为：“一步法”和“两步法”。一步法是指从气体或金属盐中同时得到纳米粒子和纳米流体。目前代表性的纳米流体制备方法都属于一步法。由学者AKOH等人首先提出并称之为一步直接蒸发法：VEROS (Vacuum Evaporation onto a Running Oil Substrate)——动态油层上的真空蒸发。后来，WAGENER等人提出了改进的一步直接蒸发法；还有人使用了金属蒸汽凝结与纳米粒子沉降的方法：将金属蒸汽暴露在流动的低压液体表面，金属蒸汽、金属颗粒和液体交互作用而产出纳米流体；还可以用微波辐射来制备，即在乙二醇中通过分解无水硫酸铜来得到铜纳米流体。

两步法是先制备出纳米粒子，干燥后再分散到合适的基液中，这种方法可以很好地解决工业生产中纳米粒子的干燥、贮存和运输问题。两步法比一步法操作更加简单、成本更低，是最适合工业生产的方法。夏国栋等人将三氧化二铝分散到去离子水和乙二醇的混合基液中，制得体积分数为0.5%的 Al_2O_3 纳米流体，静置3天后，出现明显沉淀现象。在50℃时，体积分数为0.5%的 Al_2O_3 纳米流体的导热系数较去离子水提高了20%。一步法制备的纳米流体粒子纯度高、分散性好、悬浮稳定性高，且不必考虑纳米粒子的存放等问题，对于存放在空气中易变质的材料适合采用此种方法。但一步法有一定的局限性，也就是必须使用具有低蒸汽压的材料，因此实际制备纳米流体时，两步法更为常用。

水电站用冷却器换热介质是河水，属于循环水，所以制备而成的纳米流体不能大量甚至无限的使用，而且暂时未有研究表明流入河水的纳米颗粒对生态会产生多大或者多久远的影响，固暂时不考虑水电站用冷却器的换热介质替代。火力发电是中国的主要发电形式，根据国家统计局数据显示，2020年中国总发电量为74170.4亿千瓦时，其中火力发电量为52798.7亿千瓦时，占总发电量71.18%。火电站设备的冷却器大部分用的是闭式循环水，因为一步法的成本过于昂贵，所以不适合大规模高批量的制造。两步法是先制备纳米颗粒，再制备纳米流体，

制备程序简单，成本较低，操作方便，可以适用于冷却器用循环介质的制备。2009年S.H.Noie等人将 Al_2O_3 纳米颗粒添加到纯水中作为热管的工作液，体积浓度控制在1%~3%。研究表明，采用 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$ 两相闭式热虹吸热管与纯水相比，热效率提高了14.7%，蒸发段与冷凝段间的温差小于纯水，这表明添加纳米颗粒工作液替代纯水有很大的潜力。但是两步法所得到的悬浮液并不具备较高的稳定性，纳米颗粒在介质中的分散还需要借助一定的分散手段，比如添加分散剂、改变悬浮液pH、加表面活性剂等。

2. 纳米流体在热电站冷却器中的应用研究

(1) 管壳式油冷却器

管壳式油冷却器结构较简单，可分为整张串片式和光管式，生产成本低，清洗也方便。因此，国内外专家将纳米流体作为介质研究其在管壳式换热器的换热性能。

在试验研究方面，Farajollahi 等人在管壳式换热器中对水基 Al_2O_3 和 TiO_2 纳米流体进行了热传递的试验研究。实验结果表明，纳米流体的传热特性显著提高了Pe数，而且在相同的Pe数下，纳米流体在管壳式换热器的换热效率也要比纯水高。Shahrul等人研究了不同质量流量的纳米流体（ ZnO 纳米流体、 CuO 纳米流体、 Fe_3O_4 纳米流体、 TiO_2 纳米流体和 Al_2O_3 纳米流体）在管壳式热交换器中的换热效果，发现通过使用金属氧化物纳米流体可以提高壳管式换热器的换热效率，而且通过保持壳侧流体的较高质量流量和管侧流体的较低质量流量也可以实现更好的换热性能。在数值模拟研究方面，Bahrehmand 等人对管壳式换热器内 Al_2O_3 纳米流体的流动特性进行了研究，发现对应于最佳换热性能的质量流量为0.09kg/s，提高颗粒体积浓度和降低质量流量，管壳式换热器的换热性能也得到了提高。学者Azad等研究氧化铝纳米流体，它增加了努塞尔数，从而就增加了管壳式换热器的传热系数，用遗传算法对管壳式换热器进行优化，提高了热交换器的效率，同时也降低了能耗和总体成本。

以上大量的资料表明，使用纳米流体代替传统换热介质可以提升管壳式换热器的换热效率，改善换热性能，而且随着纳米颗粒体积浓度的提高，换热效率也会明显提升。专家们还研究了纳米流体分别在壳程和管程的流动特性，如图3所示，研究表明，纳米流体传热能力走壳程比走管程效果好，而且在同样流量下热负荷和传热流阻都比管程要强，另外纳米流体在壳侧保持高流速和管侧保持低流速均可实现良好的换热性能。但是，纳米流体对管壳式换热器内压降的影响，目前并没有一个统一的说法。我们需要考虑纳米流体在管壳式换热器的流动状态，这就需

要更多试验和数值模拟来确定压降的变化。而且纳米流体的工作温度对换热效率的影响有多大,也是没有资料和数据,更无法证明工作温度的具体影响,需要后期大量的试验来验证,也是我们一个研究方向。

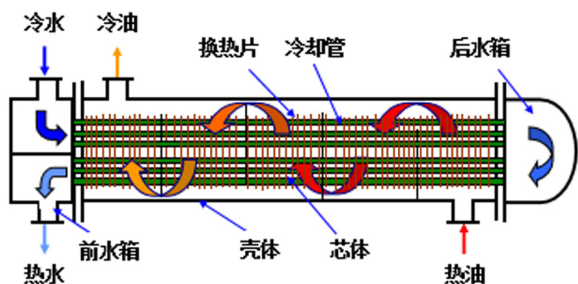


图3 油冷却器工作原理

(2) 板式冷却器

板式换热器作为一种新型高效换热器,其具有传热效率高、体积小、重量轻、拆卸方便、适用范围广等优点,与常规冷却器不同就是其用到了大功率的泵,可灵活调节流速流量,如图4所示。



图4 板式换热器外形

查阅相关文献, Fard 等运用计算流体力学研究ZnO-水纳米流体在板式换热器中的传热效率: 纳米流体的总传热系数随着热和冷纳米流体质量流量的增加而增加; 对于给定的热流体流速, 传热系数随冷流体流速的增加而增加。Tiwari 等运用数值模拟的方法将纳米流体应用于板式换热器中, 发现不同类的纳米流体具有不同的最佳体积浓度, 而且测算出纳米流体的湍流和旋涡也可提高换热器的换热效率。张冠男采用多相流模型模拟了Cu-水纳米流体在板式换热器内的传热和流动特性, 发现纳米流体可以提高不同流动形式下板式换热器的换热性能: 在提高流速、增大纳米流体浓度的同时, 考虑了增大压强对换热器性能的影响, 换热系数随着纳米流体浓度和流速的增大而提高。Pantzali 等运用数值模拟和实验研究结合的方法研究了CuO 纳米流体在微型板式换热器中的换热性能: 相较于纯水, 纳米流体具有更高的传热效率, 而且这种增强在较

低的流速下更为显著, 在较高流速下较弱, 对于给定的热负荷, 所需的纳米流体体积流量比水的低, 从而降低了压降和泵送功率。

综上所述, 纳米流体可以代替常规换热介质作为板式换热器的工作介质, 能有效地降低能量损失, 提升换热效率, 改善换热性能。国内外大量的资料说明, 换热效率随着纳米流体浓度的提升而明显提高, 换热效率也随着纳米流体温度的升高而显著增加。另外, 纳米流体在板式换热器中流速增加, 也提升了换热效率, 而且在低流速时比高速流效果增强更加明显。同时, 在传统换热介质中添加纳米颗粒会对板式换热器的摩擦系数和压降产生影响, 尤其是增加纳米流体的体积分数和纳米流体的体积流量将导致摩擦系数的增加, 进而流体压降上升和泵功耗量增加。针对不同流动形式的纳米流体在板式换热器的换热特性, 在多项实验中表明, 在层流状态下, 纳米流体可以改善板式换热器的换热特性。遗憾的是在湍流状态下, 目前并没有一个统一的说法。所以, 今后需要对湍流状态的纳米流体的换热特性进行大量的实验研究。

3. 结论

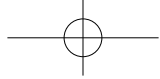
纳米流体的强化换热研究目前已经取得非常多的成果, 纳米流体在传热领域具有非常广阔的应用前景, 特别是在制冷和冷却方面。用纳米流体代替水作换热工质, 系统中的纳米流体和江河海水的压力损失和体积流量都会明显减少, 且变化量随纳米颗粒体积分数的增加而增大, 即冷却系统中可以使用管径更小的管路, 体积更小的换热器, 功率更小的泵。通过重新设计冷却器, 不但可以减小体积, 还可以进一步提高其换热效率。可见, 通过使用纳米流体可以有效减少冷却器的体积和重量, 节约了成本及制造周期。

纳米流体是一个新兴的研究课题, 本文只是对纳米流体在冷却器系统中的应用做了一些分析整理。还有一些工作需要继续完善:

(1) 改进纳米流体的制备工艺, 使其具有更好的稳定性。目前制备的纳米流体的悬浮稳定时间有限, 需要研究新的制备方法, 延长稳定性。在进入冷却器流路中设置监测系统, 以随时监控纳米流体的浓度。

(2) 研究纳米流体对各种不同材质冷却管的化学反应情况, 选择与相应材质不易反应的纳米颗粒作为纳米流体介质, 否则会对冷却器甚至整个机组产生隐患, 这需要大量的工作去一一验证。

(3) 研究纳米流体对管壳式换热器内压降的影响、纳米流体的工作温度对换热效率的影响、湍流状态的纳米流体的换热特性等, 需要大量实验数据来说明。□



气门切磨杆端面基准选择

湖南天雁机械有限责任公司 周雅智

【摘要】通过对气门杆端面切磨加工及其相关工序的综合分析，阐明了气门杆端切磨采用两种不同的轴向定位方式对本道工序及相关工序的影响，证明了它们的利弊，得出了选择原则。

1. 气门加工相关要求及存在问题

如图1所示，气门成品轴向尺寸重要的主要有长交点尺寸L1、短交点尺寸L2和卡槽位置尺寸L3，其公差一般为 $\pm 0.05\text{mm}$ ，它们的形成直接或间接受到杆端面切磨的影响，相关工艺不同则影响不同。一条新的气门线投产后锥面车削量变动较大，颈R部、颈锥面精加工量和锥面精磨量时大时小甚至加工不起来，加工完成的气门L1、L2常难以保证等现象有较显著的增加。

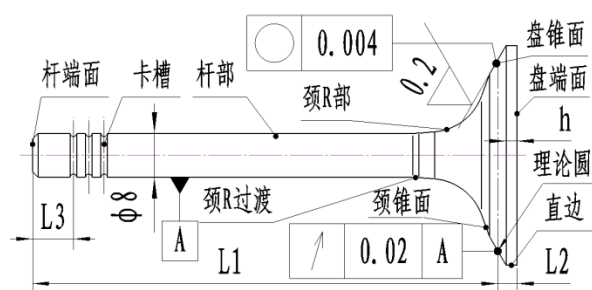


图1 气门简图

2. 气门切磨杆端面及相关工艺过程

下面按加工顺序叙述，略去无关工序。

(1) 锻锻成形

锻锻分为两步。第一步，如图2所示，砧子块与夹紧块之间的杆料通电加热的同时杆料被顶向砧子而锻出蒜头形，蒜头的形状和大小受到多因素的影响，一致性不是太好。



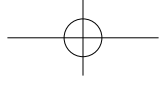
图2 杆料电热锻成蒜头形

第二步，如图3所示，带热蒜头形的气门毛坯在模具中被热锻成类似图1（不包括卡槽）所示形状。



图3 热锻蒜头盘部成形

由于锻造是在模具中完成，锻出的形状一致性一般较好，除盘端面外的表面质量也较好，差异大的主要是直边高度h和盘端面质量，它受到蒜头形状、温度、压力机和



模具等多方面的影响。 h 的公差 $\pm 0.10\text{mm}$ ，一般可达到。盘端面的表面则常有裂纹、过烧、折叠等缺陷，依产品不同而轻重多少不同。

(2) 切磨杆端面

锻造成形后的气门半成品由于多方面的原因， $L1$ 的一致性很差，需要从杆端切除一段使 $L1$ 的长度较一致。切磨时有两种定位方式控制长度。一种如图4所示，以锥面为长度定位基准，能较好地保证长度 $L1$ ；另一种是新气门线采用的，如图5所示，以盘端面为定位基准。显然，它保证的是总长度 $L1+L2$ ，而 $L1$ 一致性会较差。



图4 盘锥面为基准切磨杆端面



图5 盘端面为基准切磨杆端面

(3) 粗磨杆部和颈R过渡部分

用无心磨粗磨杆部，有些品种的气门颈R过渡部分也一同磨出，轴向定位以杆端面为基准。

(4) 车锥面

用数控车车锥面，以杆端面为基准。要求较高，主要是锥面对杆部跳动要求 0.04mm ，表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

(5) 车盘端面及盘外圆

车盘端面及盘外圆仅一道工序即到成品尺寸，车削时以锥面为基准。产品要求不高，主要是跳动要求 0.05mm 、 $L2$ 公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 、表面粗糙度 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

(6) 杆端帽形淬火

车盘端面及外圆后对杆端进行帽形淬火。淬火后有变形，尺寸有所变化，表面粗糙度增大。

(7) 粗磨杆端面

为降低杆端面粗糙度和跳动，消除淬火对后续工序的影响，需要磨削杆端面。和切磨杆端一样，磨杆端面有两种轴向定位方式，即锥面和盘端面定位，分别如图6、图7所示。图7所示为新气门线采用的加工方式。

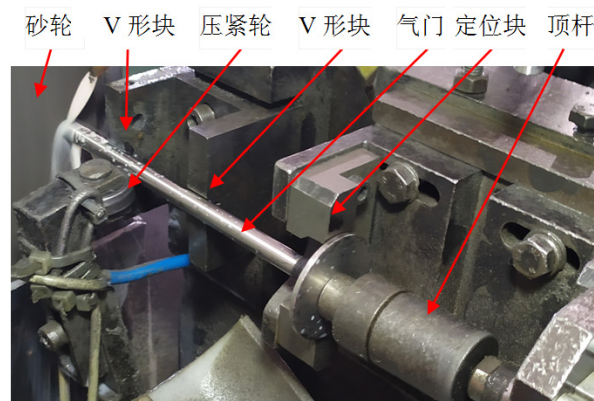


图6 盘锥面为基准磨杆端面

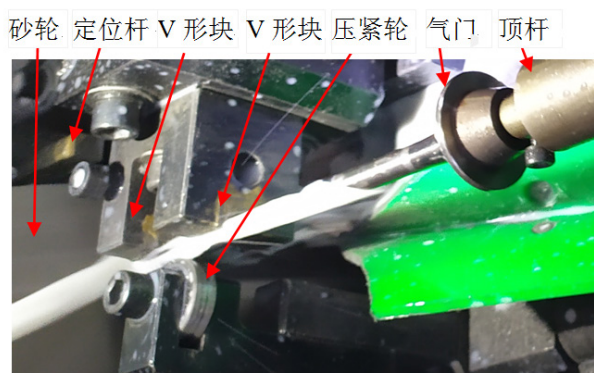


图7 盘端面为基准磨杆端面

(8) 磨卡槽

以杆端面为基准一次磨出所有卡槽和杆端面倒角部分，轴向保证 $L3$ 尺寸。卡槽间距由砂轮修整器保证。

(9) 精磨杆部和颈部R过渡部分

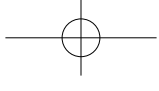
加工方式同粗磨杆部和颈部R部分工序。目的为提高精度。

(10) 精车颈R部及颈锥面

精车颈R部及颈锥面采用数控车，车的是锥面与杆部或颈R过渡部分之间的一段。精度要求主要是表面粗糙度为 $Ra0.8\mu\text{m}$ ，这是较难保证的。车削时以盘端面为轴向基准。也有气门不需车削颈部及颈锥面部分。

(11) 精磨锥面

精磨锥面提高锥面形位精度和表面精度，同时保证 $L1$ 的精度。磨削时以杆端面为轴向基准来保证 $L1$ 的精度。由于要求很高的锥面形位精度和表面精度，生产率低，尤其磨削量以及盘部材质对生产率影响大。



(12) 精磨杆端面

目的为消除前几道工序以杆端面为轴向定位基准时在杆端面留下的痕迹并进一步降低杆端面的粗糙度同时保证L1、L2的精度。其加工方式和设备、工装等与粗磨杆端面完全相同。图7所示为新气门线采用的精磨杆端面加工方式。

3. 两种基准的比较

(1) 对加工量、加工精度等的影响

很明显,从前述工艺流程可见,当采用盘端面为基准切磨杆端面(见图5)时,镦锻时直边h的误差将进入颈R过渡部分磨削量和车锥面、车颈部、颈锥或整个颈部的车削量。这会导致颈R过渡部分磨削量和颈部、颈锥或整个颈部车削量有的大有的小甚至断续切削,影响加工精度,特别是颈R部和颈锥面粗糙度。切削量过大时,刀片磨损快,切削量过小时易发生断续车削而打刀,严重时如图8所示。这都会导致刀片受损,加工后的表面太粗糙,颈部局部车削不到位。而恰恰我们对粗糙度要求很高,为Ra0.8 μm 。气门材料的车加工性能本就差,要达到Ra0.8 μm 本就困难。



图8 颈部局部车削不到位

对于需磨颈R过渡部分的气门,粗磨时由于磨削量随镦锻后h的误差变化,不得不加大粗磨削量。由于车削量随镦锻后h的误差变化,为了保证车得起来,不得不加大加工余量甚至增加一次走刀。而采用锥面为基准切磨杆端面(见图4)时,镦锻时直边h的误差将只进入车盘端面的车削量。

由于盘端面精度要求不高且由于端面镦锻质量不高切削余量本就较大,车削量变化影响不大。粗磨杆端面采用盘端面为基准磨杆端面(见图7)时,车盘端面及外圆时轴向误差影响杆端面淬硬层磨削量和L1的精度。其结果一是导致杆端淬硬层深一致性差,甚至不足,而层深又不能检测。为确保成品层深不得不加大淬火层深。二是精磨时由于车盘端面误差进入颈R过渡部分精磨削量,也不得不适当加大精磨削量。三是影响精磨锥面量,导致磨削量过大或磨不到而不得不加大精磨锥面的磨削量。

为了使精磨锥面的磨削量不致增加太多,不得不严控车盘端面时L2的公差,可控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 。精磨杆端面采用盘端面为轴向定位基准无法消除精磨锥面时对L1形成的误差,只能起到提高表面质量的作用。实际上,由于车锥面时难以保证跳动等原因,磨锥面量常常需依据实际情况加大,这就需要依据精磨锥面的实际磨削量来调整精磨杆端面的定位基准或者采用锥面为基准精磨杆端面,否则将会导致最终的L1超长。当然这会影响到L3的误差。

当然,上述分析未说到两种定位方式本身的加工精度及其影响的比较,不过实际上无明显差异。

(2) 对工装、设备等的影响

图5、图7所示的以盘端面为基准切磨方式相较于图4、图6所示的以锥面为基准切磨方式的优点在于工装简单,相应设备也较简单。但总的说来差异不大。

(3) 对生产率、成本等的影响

对切磨及粗、精磨本道工序来说,无疑以盘端面为基准时设备简单、调试简便、装夹速度较快,成本较低、生产效率较高。但是,就整过生产加工过程来说,如前所述,盘端面定位给后续工序精度保证、加工效

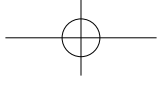
率和加工量不一致性带来了十分明显的不利影响。

采用盘端面作为基准,会导致后续加工量一致性差,这对于自动设备定次换刀片、修砂轮来说,要么需要增加换刀片和修整砂轮的频次,降低效率增加成本,除非牺牲质量。综合考虑就不见得能提高生产率降低成本。实际上,就现有镦锻设备h的公差只能保证 $\pm 0.10\text{mm}$ 及车盘端面h的公差只能保证 $\pm 0.02\text{mm}$ 来看,用盘端面作为切磨杆端面基准是明显得不偿失的。

4. 切磨杆端面基准选择原则

选择基准时首要考虑应选择工艺(加工)基准与设计(产品)基准重合。当不重合时,会使尺寸链延长,误差增大,相应地需要增加加工量或提高精度,效率下降,成本上升。其次零件上同一加工面的粗精加工应尽量采用同一基准,中间加工工序尽量不要引入不必要的误差。三是粗加工余量可大一点,而精加工余量尽量小而一致,特别是自动化大批量生产及难加工材料。最后是粗精加工应该考虑整个工艺过程各相关工序的质量可靠性和经济性而不可只考虑单一工序的质量可靠性和经济性。

对于本文中气门采用的工艺及其实际情况,切磨时采用盘端面为基准的加工方式对颈部不需切削加工的气门来说还勉强说得过去。当镦锻工序的误差能控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ 左右,切磨时采用盘端面为基准可行。粗磨杆端面采用盘端面为基准则完全不应该,因为精磨锥面质量和效率对磨削量很敏感。如粗磨杆端面一定要以盘端面为基准,那么车锥面和车盘端面与盘外圆两道工序应合并,以便消除基准不一引入的误差。精磨杆端面则应与粗磨杆端面一致或以锥面为基准为宜。□



数控系统CNC无法直接上电的原因分析与处理

昌河飞机工业（集团）有限责任公司 林超青

【摘要】一台中捷VMC2180机床配置的是FIDIA C2数控系统，该机床在每次开机运行过程中都要进行系统初始化操作，否则系统的CNC就无法上电，机床无法运行，但是上电完成后机床能够正常运行加工，该故障给操作带来极大的不便和风险，因此需要对该问题进行分析研究，以保证正常运行。由于该故障发生在CNC上电阶段，上电完成后机床正常运行，这样给问题的解决带来极大的困难，本文就该问题进行分析探讨。

1.故障现象

一台中捷VMC2180三坐标立式加工中心进入数控系统后CNC无法直接上电，每次都要进行系统初始化或进入数控系统前进行一次系统加载才能上电，机床无法正常上电使用。

2.故障原因分析及处理过程

数控机床系统CNC无法上电的原因比较多，机床输入信号问题、机床硬件损坏、软件问题、操作系统问题、通讯传输故障等，都可能导致数控系统CNC无法上电，具体原因需要按现场情况具体分析、测试和判断。

（1）外部输入条件不满足，导致系统无法上电

该中捷VMC2180机床大修完成后，开机进入数控系统后CNC无法直接上电，但是每次进行系统初始化或进入数控系统前进行一次系统加载机床又能上电。由于该机床刚刚进行

过大修，机床部件、电气电缆等都有重新安装调试，如果外部接线有问题或设置不对就有可能导致系统数据出错，系统无法启动。

（2）机床超程信号不对导致机床无法上电

开机进入系统后系统出现如图1报警提示，同时安全继电器运行显示灯不亮。

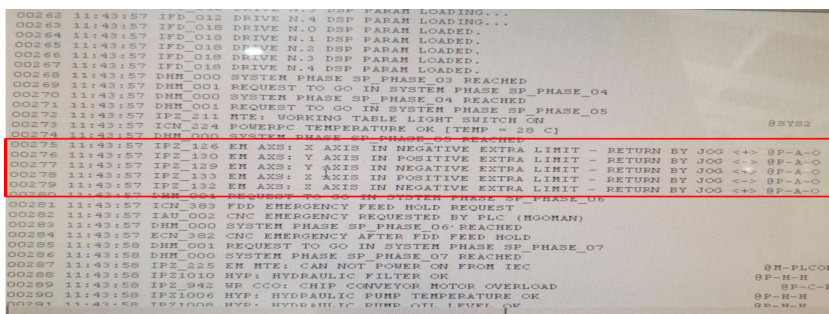


图1 开机报警信息

报警信息显示，机床由于X、Y、Z的正负限位报警导致伺服FDD急停进给保持，检查机床X、Y、Z的正负限位信号，发现状态均为1状态，I/O输入指示灯全亮。为验证是否是机床限位开关信号接反导致机床处于急停状态，因此把X、Y、Z的正负限位信号从I/O输入模块断开，使正负限位信号输入为零，重新启动机床进行测试，发现报警信息没有变化，系统依旧无法上电，同时安全继电器显示灯不亮（见图2）。

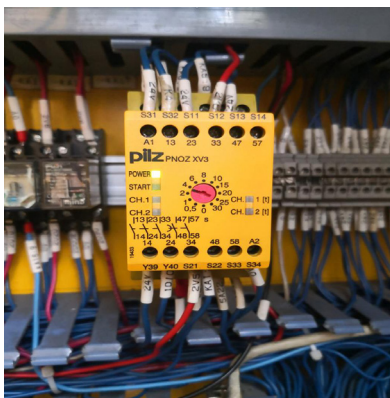
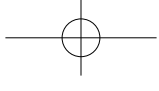


图2 安全继电器

查看机床的PLC，发现机床PLC的逻辑是对X、Y、Z的正负限位信号取高电平，输入信号为1时是正常状态，因此可以认为机床的急停不是由于机床X、Y、Z的正负限位信号导致。

(3) 外部输入信号不对导致机床无法上电

由于数控系统进行系统初始化或PCLOAD加载后，系统能够上电并正常运行，对比初始化前和初始化后的输入输出状态（见图3、图4）。



图3 系统初始化前的I/O状态



图4 系统初始化后的I/O状态

从图3和图4系统初始化前后的I/O状态可以看出，机床的输入信号及

状态没有变化，只是输出信号有变化，系统初始化前没有输出信号，但是初始化后系统PLC已经有五个输出信号（CUD模块，红色指示灯），因此可以认为机床无法上电的故障不是由于外部输入信号异常或外部硬件损坏导致，因为初始化前后输入信号没有变化。

(4) 机床接线不良导致机床无法上电

机床进行系统后拧钥匙开关系统没有任何反应，对CNC，PLC进行RESET复位，系统也没有任何反应，安全继电器的运行指示灯始终不亮（见图5）。



图5 系统初始化前的安全继电器状态

检查安全继电器的运行条件，条件如下图6所示，该继电器的运行条件主要有四组：S11与S12、S21与S22、S31与S32、S33与S34四组信号。其中S33与S34是上电使能信号，S21与S22、S31与S32是刀库急停信号，S11与S12由中间继电器KA5和KA6控制，只有KA5、KA6得电S11与S12才能闭合。

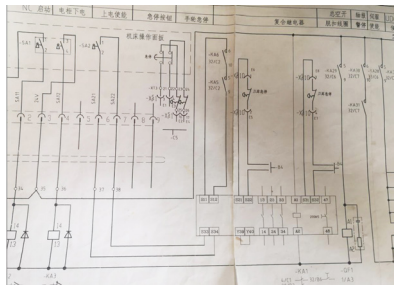


图6 安全继电器接线图

检查S33与S34上电使能信号，发现该信号是由斯通上电使能开关控制，用万用表测试发现，上电使能开关能正常闭合，因此可以认为故障不是由于上电开关接触不良导致。

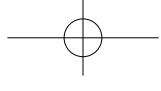
S21与S22及S31与S32，该信号是有刀库急停控制，用万用表测试发现，刀库急停开关正常闭合，因此可以认为故障不是由于刀库急停开关接触不良导致。

S11与S12由KA5、KA6控制，其中KA6是由PLC输出信号DUEXRE（超程释放信号）控制，KA5是由PLC输出信号DUPLCK（PLC准备好）控制，因此S11与S12开关无法闭合，安全继电器无法上电。

通过PLC程序得到，DUEXRE信号在机床开机后PLC无条件给出，并没有其余关联逻辑条件，而输出信号DUPLCK是由DIPLCK控制，DIPLCK接在KA6的常闭点1和9上，也就是机床开机CNC没有上电前该信号就应该有，但是通过观察输入信号指示灯，发现该信号没有。进一步检查电气线路，发现KA6的1触点悬空，没有接24V，与图纸不符，用线给1触点接上24V后（见图7），该信号得电，CNC上电后信号灯灭，与图纸逻辑相符。但是DIPLCK正常后，系统CNC依旧无法上电，DUEXRE和DUPLCK依然没有输出。因此可以认为DUEXRE和DUPLCK信号没有输出不是由于外部信号导致。



图7 KA6常闭点引入24V



为进一步确认系统CNC无法上电是否是由安全继电器引起,可以将该继电器的S11与S12、S21与S22、S31与S32、S33与S34四组信号全部短接(见图8),是该继电器的运行条件满,测试CNC能否上电。

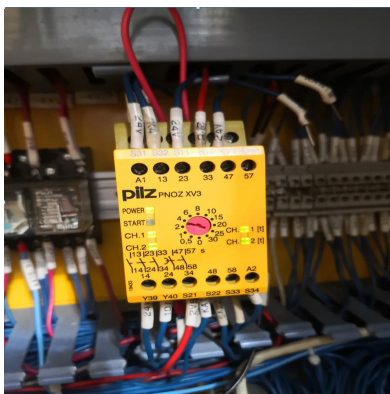


图8 安全继电器短接运行

把四组信号短接后,安全继电器的四个指示灯亮,理论上应该已经满足系统上电要求,但是复位CNC后,系统CNC依旧无法上电,关机重启故障显现没有任何变化,因此可以认为,故障不是由安全继电器造成。

(5) CNC无法上电是由操作系统或数控系统软件故障引起

为检查CNC无法上电是否由数控系统软件或参数缺陷引起,于是把该机床的CUSTOM和CNC文件更换成出厂备份文件,但是故障依旧,因此可以认为故障不是由CUSTOM和CNC文件或参数数据丢失导致。

而在进行数控系统和操作系统测试时发现,操作系统的文件无法用鼠标右键打开,只能使用“打开”按钮打开,同时在使用伺服驱动调试软件BRUCO时,该软件无法打开,MCLTR.DLL文件丢失;用输入输出工具导入数据时,杀毒软件也对该硬盘发出有病毒报警,对该硬盘进行病毒查杀,发现有大量的各式病毒。软件中病毒后会导致软件内部数据紊

乱、文件丢失,数控系统软件运行的时序错乱,系统无法上电。由于无法对该硬盘进行彻底的病毒查杀,杀毒软件进行病毒查杀时会把大量的数控系统文件判定为病毒软件而删除导致数控系统无法启动。

针对这种情况,于是使用全新的硬盘把WINDOWS系统和数控系统重装并激活,机床参数文件使用系统厂商的原始备份数据,确保系统没有病毒。

系统安装完成并激活后,机床上电测试发现,操作系统的文件能用鼠标右键正常打开,用伺服驱动调试软件BRUCO也能正常使用,因此可以认为由于病毒造成的问题已经解决。

虽然系统经过重装后,病毒问题解决,但是机床进行上电测试后发现,故障现象依然没有任何变化,因此可以认为CNC无法上电的故障不是又操作系统或数控系统内部文件丢失或病毒导致。

(6) CNC无法上电是由数控系统、伺服驱动及I/OLUX之间的通讯传输故障引起

FIDIA系统的数控系统、伺服驱动及I/OLUX之间的传通讯是通过FFB现场总线进行数据交换,如果该传输链路出现故障,就会导致机床在上电过程中数据紊乱或丢失,CNC无法上电,要对CNC数据进行初始化,消除出现的错误或紊乱以恢复正常。

对该链路的FFB总线进行检查,并重新插拔安装,总线没有发现问题,机床再次进行测试,故障现象没有变化。

在进行上一系列步骤和测试都没有发现故障原因后,再次研究系统初始化前后各模块的状态,发现FFB传输链路上的CC10模块有细微差别,系统初始化后该模块的L2灯变红并闪烁(见图9),初始化前L2灯不亮。通过对该模块的资料进行分析,

发现L2灯闪烁表示该链路在进行数据采样或数据通讯传输,CC10模块是I/O模块与FFB总线模块的接口模块,如果模块出现问题,就会导致采样、传输中断,I/O输出模块没有输出,导致系统的PLC输出指令无法到达输出模块,造成故障,系统CNC无法上电。



图9 CC10模块的L2灯闪烁

更换CC10模块后,机床上电测试发现,各模块状态正常,CC10的L2灯闪烁,表明采样、数据传输通讯正常,CNC能够正常上电,不用进行系统初始化,故障消除。

3.结论

数控系统的CNC不能正常上电原因非常多,特别是系统初始化后CNC又能正常上电运行,处理难度很大,需要对机床的电气系统,数控系统的软硬件分别进行测试,逐一排除可能的因素,才能最终找到故障原因,消除故障。□

参考文献:

- [1] 周济,周艳红.数控加工技术[M].北京:国防工业出版社,2002.
- [2] 成大先.机械设计手册(第六版)[M].北京:化学工业出版社,2016.
- [3] 机械工程师手册编委会.机械工程师手册(第3版)[M].北京:机械工业出版社,2007.

圆锥结合失效分析一例

珠海康晋电气股份有限公司 周晓琿
湖南天雁机械有限责任公司 周小伟

【摘要】针对某产品圆锥结合在使用中出现的失效问题，通过实物检查分析和对设计、加工以及检验的全面检查分析，找出失效的主要原因在于产品精度设计及检验方法不当。

1. 失效现象

某产品部分结构功能为电动机驱动轮子转动，如图1所示。该产品使用一段时间后出现轮子与电机轴伸结合松动的现象。

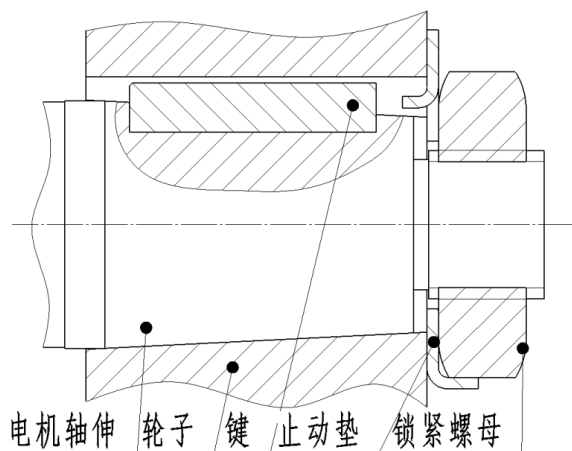


图1 圆锥结合简图

2. 检查、分析问题过程

首先调查工作期间有无反转、轮子承受过大轴向力、螺纹质量等问题，发现均无异常。其次检查发现设计的止动垫片材质硬度低、锁紧螺母预紧力小两问题。然而提高硬度和预紧力并对螺纹涂上螺纹胶后问题基本没有解决。最后检查圆锥配合情况发现孔与轴的有效接触面积很小，一般不到总面积的20%，孔、轴间的接触大多为线状或窄带状，接触面大多分布在大端部，少量全长分布，孔的内

表面高低不平十分粗糙，螺纹端孔轴间大多有明显间隙。

对于接触面全长分布的，也就是孔和轴锥度较一致的，通过二次或三次紧固后锁紧螺母不再松动。而对于只有大端接触的则只有通过铰孔使全长均有较大接触面才不再松动。

实际上，由于孔、轴锥度配合不良和孔表面不平且粗糙会造成下面的问题。一是接触面积不足使得使用过程中结合表面高点被压平后，接触面积虽然增加但轴孔间间隙增加使轮子向里移动而预紧力逐步消失最后导致松动；二是如图2、图3所示，如刚装配好时轮子偏一边，而在使用过程中轮子的锥孔渐渐和锥轴同心，那么如不考虑由于预紧力弹性拉长轴的话，锁紧螺母与轮子端面一定会产生间隙 δ 导致松动。

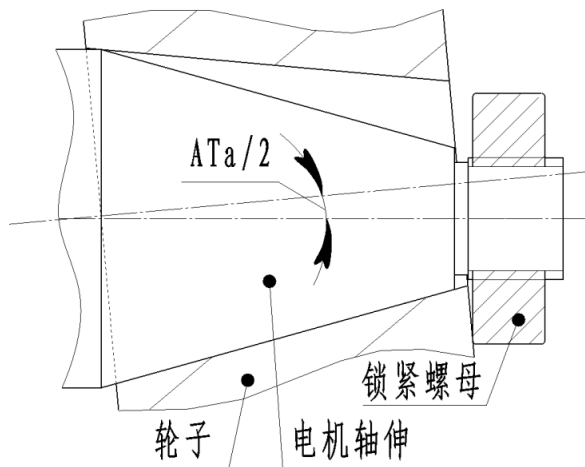


图2 轮子的锥孔和锥轴结合情况1

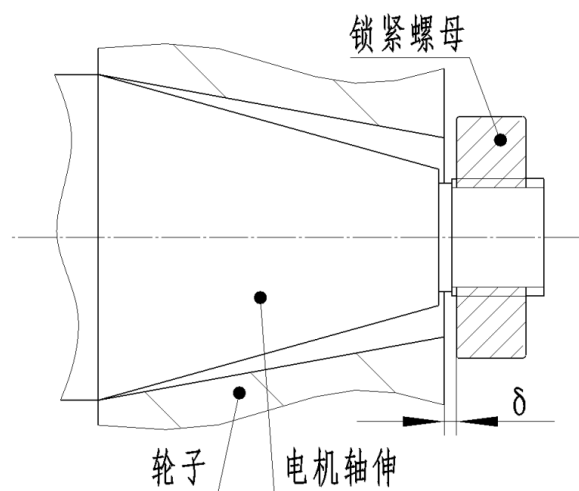
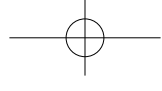


图3 轮子的锥孔和锥轴结合情况2

考虑预紧力弹性拉长轴的话,则是预紧力降低,甚至消失,严重时还是会产生间隙。间隙大小与初始配合间隙、预紧力、螺母与轮子端面摩擦力、轴和轮子等相关件弹性模量等有关。

实际上往往上面所说的几种因素可能同时起作用。初始间隙等因素与锥轴及锥孔的锥度不一致有关。对此,一方面要求零部件供应商保证质量,一方面制造锥度量规检验锥度。但在供应商声称产品合格,我们自己检验也合格后并未完全解决问题,只是有较大改善。这使得我们不得不考虑一个问题,就是设计与检验是否存在问题。

首先检查电机轴伸的设计制造和检验。检查发现制造商的设计和生符合GB/T757—2010《旋转电机 圆锥形轴伸》标准。其次检查轮子锥孔设计,发现没有锥度公差等级要求,表面粗糙度要求为 $Ra3.2\mu m$ 。GB/T757—2010标准虽然未明确轴伸锥度公差等级,但把其中的第5条(圆锥形轴伸锥度的检验)与GB/T11852—2003圆锥量规公差与技术条件对照可见要求电机轴伸锥度公差等级为AT6级,从GB/T11852—2003中可见工件表面粗糙度要求为 $Ra0.4\mu m$ 。AT6级圆锥公差轴伸符合动力传动圆锥结合中锥度公差等级一般为AT4~AT6级的要求,轮子锥孔的锥度公差等级要求也不应该低于AT6级,粗糙度不应大于 $Ra0.4\mu m$ 。显然,从表面粗糙度要求看,轮子孔的设计粗糙度要求太低,而实际产品更差。那么,未注锥度公差等级的锥度公差该是多少呢?从GB11334—2005可见,由直径公差(按GB/T1800.3选取)决定圆锥角公差,在本例中意味着ATD为0.039mm。从GB11334—2005可见对应角度公差等级AT9,本例实际锥孔长52mm(下偏差0,上偏差+0.5),大端直径为40mm(下偏差0,上偏差+0.039),对应角度公差ATa为 $2'49''$,低于AT6的要

求(本例中AT6角度公差ATa应为 $41''$)。

根据GB11334—2005可得本例中AT9级孔的ATD应在0.04mm以内,AT6级轴的ATD应在0.01mm以内,轴孔结合后的间隙应不会超过0.05mm。而实际经检验合格的孔轴装配后之间的间隙远远超出这一数值,估计大的要达到0.10mm。

最后检查量规设计和检验方法。先检查量规图纸发现角度公差为 $\pm 20''$,表面粗糙度 $Ra0.4\mu m$ 。这一锥角公差已经达到AT6,是不能用来检查AT6级工件的。按GB/T11852—2003要求,AT6工件用2级量规检验,对应本例2级量规角度公差ATa为 $10''$,表面粗糙度 $Ra0.05\mu m$,3级量规角度公差ATa为 $26''$,表面粗糙度 $Ra0.1\mu m$ 。如此看来,量规设计低于3级这一最低级,根本不能用于检查AT6级工件,但用来检查AT9级的工件还凑合。为何检验合格的轴孔结合后间隙会超出估算值很多呢?再看检验操作。实际操作为先在锥轴上沿锥母线方向抹上厚约0.1mm,宽约5mm的红丹,再把量规套在轴上旋转约 45° ,在锥轴上从已抹红丹开始约 45° 原来未抹红丹的区域留下70%以上长度的红丹即判定为合格。孔的检验与此类似。这显然与GB/T11852—2003所要求的检验方法严重不相符。检验要求大大放低了。如此检验合格的产品实际可能远远达不到要求。对锥孔的表面粗糙度没有进行检验评价。而实际很多孔表面留下了很明显的刀纹,就是 $Ra12.5\mu m$ 的粗糙度也谈不上。经这样检验合格的产品实际上会有很多不合格。

3. 结语

从上面的介绍可见,造成轮子与轴伸圆锥结合松动的主要原因在于轮子锥孔的锥度角度公差等级选择设计,以及表面粗糙度设计要求过低和检验方法不当造成的。实际上我们在采用圆锥结合设计时,首先要根据产品需要选择合适的锥度角度公差等级,然后除了要遵守上面提到的标准外,还应遵守诸如GB/T11360—2005《产品几何量技术规范(GPS)圆锥配合》等标准。□

参考文献:

- [1] 中国电器工业协会. 旋转电机圆锥形轴伸[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [2] 全国量具量仪标准化技术委员会(SAC/TC132)圆锥量规公差与技术条件[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [3] 全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会 产品几何量技术规范(GPS)圆锥公差[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

飞机铝合金结构修理方法研究

空军93199部队飞机修理厂 朱金华 胡云星 王小强

【摘要】飞机抢修具有时效性强、随机性大、标准特殊、环境恶劣等特点。铝合金材料是目前各型号飞机最常用的航空材料，因为其密度小、强度高的特点，在飞机上的蒙皮、长桁、梁等各构件的制造中得到广泛应用。为适应现代信息化战争条件下的飞机抢修，开展平战结合进一步探索研究铝合金结构损伤的修理方法，确保对飞机制订合理的修复工艺方案。

飞机抢修是高技术局部战争中损伤飞机“再生”的最佳途径，是保持和提高航空兵部队持续作战能力最直接、最有效、最经济的手段，是战斗力的“倍增器”。快速地恢复损伤飞机，及时将其补充到战斗序列中是取得持续制空权的重要保障。

为适应未来战争需要，确保飞机抢修任务快速准确地完成，平时加强飞机修理方法研究，抢修能力训练至关重要。

一、飞机铝合金的结构及特点

（1）蒙皮的结构及特点

蒙皮是包围在由桁梁、桁条、隔框等所组成的机身、机翼骨架外围的维形构件，用粘接剂或铆钉固定于骨架上。飞机蒙皮用来构成机身、机翼气动外形，使之具有很好的空气动力特性。蒙皮承受空气作用后将作用力传到相连的机身、机翼骨架上，并承受机身、机翼扭矩，受力复杂，加之蒙皮直接与外界接触，所以不仅要求蒙皮材料强度高、塑性好，还要求表面光滑，有较高的抗蚀能力。

（2）构架、部件结构及特点

大梁、桁条、翼肋和隔框等是组成飞机机体的构架，隔框还用来保持机体的截面形状，维持气动外形。通过焊接、胶接、机械连接技术组成飞机整体的框架结构，承受起飞、着落等各种飞行姿态的气动、剪切、弯矩等交变载荷。所以对装配必须达到质量稳定、高强度、长寿命、高

可靠性的要求。

二、飞机铝合金结构的修理标准

1.蒙皮的修理标准

（1）蒙皮表面光滑

在飞机蒙皮修理中，必须保持表面光滑。不能有压伤、划伤、鼓动、下陷等超标准现象，接缝的高低差要合乎技术要求。

（2）恢复原有外形

在飞机蒙皮修理中，必须保持原有外形。为保持机翼具有良好的空气动力性能，对机翼蒙皮的修理，前缘比后缘要求高；翼展方向比翼弦方向要求高；上表面比下表面要求高。

（3）接缝间隙均匀

在飞机蒙皮修理中，机身蒙皮、机翼蒙皮，接缝间隙都应均匀，并合乎的技术要求。

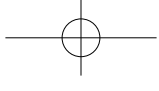
（4）保持原有强度

在飞机蒙皮修理中，其强度不低于原有强度。一般修理中要保持接缝处每边有两排铆钉。

2.构架、部件的修理标准

（1）保持足够的强度

大梁、隔框和桁条，主要用来承受飞机的载荷，所以经修理后，必须保持足够的强度。



(2) 保持构架的原有外形

外形正确与否,会直接影响飞机的飞行性能,所以经修理后必须保持构架的原有外形。

(3) 尽量少增加构架的重量

重量增加过多,会使飞机的飞行性能变差,因此在保持强度和外形的基础上,经修理后应尽量不使构架重量增加过多。

三、飞机铝合金结构的修理方法

1. 蒙皮的修理方法

蒙皮常见的损伤有:压坑、划伤、变形、裂纹和破洞等。

(1) 蒙皮轻微损伤的修理

蒙皮轻微损伤,是指蒙皮某些部位产生轻微的鼓动、压坑或划伤等。

蒙皮鼓动的修理:蒙皮鼓动主要是受到意外撞击时刚度不足而引起塑性变形。①鼓动微小,则用木锤及顶具敲平即可;②鼓动较重,可先在凸起处钻一小孔,以便敲打时材料在小孔周围有延伸的余地,敲平后,并用铆钉将孔铆住;③鼓动严重,主要采用整形加强,可采用挖补或更换蒙皮的方法修理。应根据鼓动情况、位置、蒙皮厚度等,采用角型铝或平板加强之。加强型材(或盒型材)的方向应垂直或平行于桁条,并至少与相邻的构件搭接一端;根据蒙皮的形状和搭接形式将加强型材制出相应的下陷或弧度。

蒙皮压坑的修理:蒙皮上的压坑,主要是破坏了蒙皮的光滑表面。①压坑微小,分布分散、且未破坏内部结构,则不必修理;②压坑较浅,范围较大,用无锐角且表面光滑的榔头和木顶块修整;③压坑较深,范围较小,不易整平时,可在压坑处钻直径为4~5mm孔,用适当的钢条打成钩形,拉起修平,然后用螺线空心铆钉堵孔。压坑较深,范围较大时,可在压坑处开直径为10~16mm的施工孔,用钩子钩住,锤击蒙皮四周使其恢复平整。然后安装堵盖铆钉堵孔。

蒙皮划伤的修理:蒙皮划伤应先确认损伤位置、划痕宽度、长度及深度,根据损伤情况判定损伤级别,修理方式。①划伤深度较浅,未超过规定划伤深度时,划伤允许存在不做修理;②划伤深度超过规定值,应用纱布将划伤部位打磨成圆滑过渡,避免应力集中,打磨后喷涂铝粉漆;③划伤过深超过规定值较多,需要在其内部铆上一块加强片,甚至进行挖补修理。

蒙皮裂纹的修理:蒙皮上的裂纹,降低了蒙皮的强度,而且在受力过程中,裂纹还会因应力集中而继续

扩展。修理时要根据裂纹的损伤程度、裂纹位置等情况采用不同的修理方法。①钻止裂孔:蒙皮上的裂纹较短时(一般小于5mm),可采用钻止裂孔(直径通常为1.5~2mm)的方法,完成止裂孔后对裸露金属进行保护,防止腐蚀;②铆接加强:蒙皮上的裂纹较长时,除钻止裂孔外,还需在裂纹部位的内部铆补一块与蒙皮材料相同、厚度相等的加强片。

(2) 局部损伤的修理

蒙皮上有破洞或变形较大,不能修整,需要切割修补时,广泛采用补洞的方法修补。一般破洞修补法是通过划线、开孔、制作补片及衬片、对缝、排列铆钉、铆接、检查等步骤来完成。

蒙皮较小破洞的无强度修理:①破洞直径在5mm以下,可使用铆钉、拉铆钉堵孔;②破洞直径在5~16mm之间,可使用拉铆钉、堵盖铆钉或螺栓堵孔;③破洞直径在16~30mm,可采用堵孔法。

破洞的一般修理方法:蒙皮上的破洞,如果直径较小,对蒙皮强度影响较小,可采用无强度修理。所谓无强度修理就是不考虑强度,只恢复表面气动性能的修理方法。其方法,通常采用托底平补法,首先将损伤部位切割整齐,然后用补片填补切割孔,用衬片托底,通过衬片将补片和蒙皮连成一体。

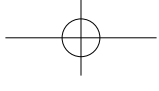
跨构架蒙皮破洞的修理:当蒙皮上的破洞跨越构架时,应该根据构架的损坏程度,采用不同的修理方法。若构架没有损坏,则可将衬片做成2块,其中一块衬片应搭在构架的弯边上。若构架和蒙皮同时损坏,衬片最好做成一整块。先将它与蒙皮铆接,再接补损伤的构架,最后铆接补片。

前缘蒙皮破洞的修理:由于前缘是气动力特别敏感区,对光滑性要求较高,因此修理时具有以下特点:①前缘蒙皮出现破洞后,均要采用托底平补法修理;②补片和衬片与前缘蒙皮的弧度一致,补片与被修理蒙皮同材料同厚度,衬片与被修理蒙皮同材料,但厚度一般加厚一级到二级。

特殊部位的破洞修理:由于弹孔、破洞的位置和损坏情况不同等原因,需要采用不同的修理方法。

叠补法:适合于内蒙皮的修补。其施工方法是:按损伤情况开成一定形状的洞,并锉修光滑;用与蒙皮同材料同厚度的铝板做一个大于开孔边沿补片,并将边缘倒45°角;排列铆钉并钻孔;冲制窝孔并铆接。

螺线装置补洞法(又称施工法)。适合于不易铆接的地方。高速飞机的蒙皮多半是封闭式,破洞后,因施工孔无法支撑,故用螺线装置补洞法进行。其施工方法是:开孔并锉修;做补片及衬片,并对好缝隙;衬片定位,并在



补片上同时钻出螺丝孔；将拖板螺帽铆在衬片上；将衬片铆在蒙皮上；在补片上划制埋头窝孔，装上螺丝。

蒙皮大范围损伤的修理：飞机因强迫着陆、作战弹伤所引起的严重损伤和变形或长时间飞行而铆钉松动，使大块蒙皮产生永久变形、鼓动等现象，需要重新更换部分蒙皮，才能恢复其强度和外形。蒙皮大范围损伤往往伴随骨架损伤，为了保持飞机的外形。首先检查蒙皮内部连接骨架有无损伤，若发现损伤应先修理内部骨架，再更换蒙皮。完成蒙皮更换前应落实蒙皮安装相应的工装设备、型架、施工工艺，保证飞机设计要求的气动外形。

2. 梁缘条和长桁的修理方法

桁条主要用来加强蒙皮的稳定性，并与隔框、翼肋相连接。损伤类型有：变形、缺口、裂纹、断裂等。

(1) 变形的修理

桁条如变形不大，则可进行矫正，不需加强。

桁条如变形较大，不能冷矫正时，则应采用切割接补法进行修理。

(2) 缺口的修理

宽度较窄的缺口（一般小于5mm），只需将缺口锉修成光滑的弧形，并用砂纸打光后涂上底漆即可。

宽度较宽的缺口，需把缺口切割整齐，用填片填上缺口，并铆上加强片，加强片的材料和厚度应与原构件相同，宽度则比缺口的宽度稍大。

(3) 裂纹的修理

裂纹长度较小（不大于2mm）时，采用锉修法。

裂纹长度大于2mm，小于构件宽度的2/3时，在裂纹的末端钻 $\Phi 2 \sim 2.5\text{mm}$ 的止裂孔后，用加强片加强。

裂纹长度大于构件宽度的2/3时，在裂纹的末端钻 $\Phi 2 \sim 2.5\text{mm}$ 的止裂孔后，用与构件相同的型材进行加强。

(4) 断裂的修理

更换修理：断裂的构件较短，便于整根取下，采用更换的方法修理，即取下断裂构件，用材料相同、规格相等的型材，制作新构件，按原孔铆接。

接补修理：断裂的构件较长，不便于整根取下，则用接补法或加强法进行修理。接补型材分为：外侧接补、内测接补、两侧接补。接补型材应选用与构件基体相同的型材，确保修理质量。

3. 隔框和翼肋的修理方法

隔框和翼肋主要用来维持机身、机翼和尾翼的截面形状，承受和传递局部空气动力载荷或集中载荷。典型损伤类型有：范围较小的变形、裂纹、破洞和断裂等，也可能产生范围较大的损伤。

(1) 隔框和翼肋小范围损伤时的修理

变形的修理：①框、肋的变形多出现在框、肋的腹板上，可采用整形的方法恢复平整；②如果整形后仍有鼓动，可在变形部位铆接加强片或型材，以提高框、肋的稳定性。

裂纹的修理：①框、肋上的裂纹长度 $< 5\text{mm}$ 时，对框、肋的强度削弱不多，修理时可在裂纹端头钻直径 $\Phi 1.5 \sim 2\text{mm}$ 止裂孔后使用；②对于在减轻孔、槽口等原切口边缘处出现的不大于5mm的裂纹，可使用锉修法，不必加强；③当框、肋上的裂纹长度 $> 5\text{mm}$ ，但未超过框、肋截面高度的1/3时，在裂纹末端钻止裂孔，在损伤区域铆接与基体材料、厚度相同的加强片；④当框、肋上的裂纹长度超过框、肋截面高度的1/3时，使框、肋的强度降低很多，应按框、肋的断裂方法修理。

破洞的修理：①破洞在框、肋腹板的中部，只需要将损伤部位锉修整齐，沿破孔四周用两排铆钉铆上补片；②当破洞损伤部分扩大到弯边或靠近弯边时，将损伤区切割整齐，并制倒角，用补片和一块连接片，与损伤框、肋铆成一体。

断裂的修理：隔框、翼肋断裂后，强度降低较多，需要进行接补修理。

(2) 隔框和翼肋大范围损伤时的修理

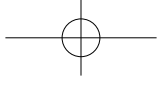
构件损伤面积较大、损伤形式复杂，通过修理不能满足原设计要求。必须更换损伤构件，以恢复框、肋的外形和强度。更换时通常分四个施工阶段，即切割与拆卸框、肋的损伤部分，配制一段新的框、肋，确定新框、肋的安装位置和进行铆接。

四、结束语

飞机无论是参战还是日常训练，受各种环境因素的影响上，飞机铝合金结构损伤是正常现象。损伤的部位、形式、原因错综复杂。发现任何结构损伤，首先应确定损伤区域、损伤形式、损伤程度；其次是查阅资料，确定损伤等级，进行损伤评估，制定修理方案；最后是准备航材、工装设备，组织具有资质的修理人员完成修理工作。使飞机尽快投入战斗或飞行训练中，确保飞行安全。□

参考文献：

- [1] 姚武文, 蔡开龙, 周平等. 飞机战斗损伤基本形式研究[J]. 新技术新工艺, 2012(4): 47-49.
- [2] 郎智明, 汪海, 陈秀华等. 飞机结构战伤快速修理的模块化方法[J]. 航空制造技术, 2007(10): 46-54.
- [3] 罗裕富. 小型飞机铝合金结构修理简析[J]. 科技创新导报, 2018(16): 9-10, 13.
- [4] 罗守华, 张伟, 赵德春. 飞机蒙皮修理补片对气动特性的影响分析[J]. 装备制造技术, 2011(6): 43-47.
- [5] 周广洲. 飞机蒙皮波浪式损伤辨析[J]. 航空维修与工程, 2014(3): 46-48.



汽车制造业组合机床的设计与制造史浅析

上海华普发动机公司 金延安

1. 初期组合机床设计标准的形成

新中国建设之初，百废待兴，工业基础薄弱，20世纪50年代，前苏联援建我国的156个建设项目，其中长春第一汽车厂和洛阳第一拖拉机厂都是引进由组合机床组成的生产线。

随之，前苏联机床工具局的组合机床标准资料也引入我国，当时，由原一机部大连组合机床研究所消化吸收并结合我国国情，编制了一整套的组合机床设计标准。

(1) 组合机床通用件标准包括：底座、立柱、中间底座、动力箱、主轴箱、零件输送装置、主轴、传动轴、刀具接杆、齿轮、隔套等。

(2) 组合机床专用件标准包括：1TX系列专用铣头、1TJb系列静压精镗头、1AHY系列液压回转工作台、1HYA系列长台面液压滑台等。

大连组合机床研究所编制了整套的组合机床设计标准，为我国组合机床的发展和普及奠定了坚实的基础。

2. 组合机床设计与制造历史

因为组合机床为多主轴，优于单主轴的通用机床，具有更高的加工效率。所以，组合机床受到制造业，特

别是大批量生产的内燃机行业的普遍欢迎。

20世纪50年代末，一种以组合机床和手动工件输送滚道组成的流水生产线，在我国内燃机制造行业得到广泛的推广和应用，到了60年代，一些内燃机厂都在设计制造组合机床自动线并相继投产，特别是上海柴油机厂设计制造多条组合机床自动线，加工零件涉及连杆、缸盖、凸轮轴等，多条组合机床自动线的顺利投产，在我国内燃机制造行业中起到引领和示范作用。

改革开放后，中国汽车制造业迅速发展，汽车行业普遍观点认为虽然组合机床自动线提高了生产效率，但是也存在不足。

(1) 产品不是一成不变的，创新主旋律，零件结构改变是经常发生的事，就需要对生产线相应的工序进行工步增加或减少的调整。但是组合机床自动线一旦建成，无法在线上增加工序也无法减少工序，增加的工序只能在线外重新增加设备和人员来完成。所以组合机床自动线只有刚性，没有柔性。

(2) 组合机床主轴箱设计标准明确了主轴箱两主轴间的最小中心距

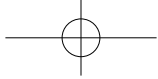
离值，因为两主轴距离受到安装到主轴箱内两主轴轴承外径之间在主轴箱体上的最小壁厚（强度）的限制，对于不同类型不同直径的两主轴中心距离，标准都分别做了规定，从箱体的强度出发，允许大于两主轴中心距离的规定值，不能小于中心距离的规定值。

这样对于零件上小于规定值的密集孔组就不得不分别设计在两台主轴箱上，既增加机床数量，也相应增加生产线的长度，如果零件孔组中心距有偏差要求，因为工件不能一次定位加工而是两次定位加工，重复定位结果是加大了工件的定位误差，往往孔组中心距达不到图样规定中心距的偏差要求。

由于组合机床自动线本身存在不足，当今，这种以组合机床单元组成的自动线，最终退出了我国的汽车制造业。

21世纪，随着中国改革大门的开放，国外的先进技术和设备也纷纷进入中国，国内设计制造生产线的企业，特别将国外的加工中心机床引进到设计和制造的生产线中，因此生产线也发生质的提升和变化。

加工中心的特点是：加工中心是



单主轴加工，工件上孔与孔之间的中心距不受限制，而且加工中心本身的加工系统的位置精度高，中心距可以得到保证；可以根据工件结构变更的需要，快速调整加工程序。

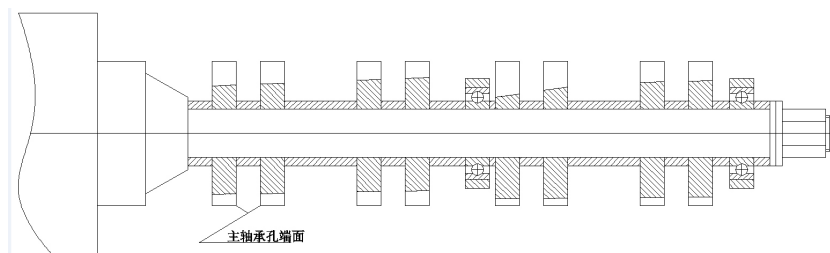
加工中心的柔性正好弥补组合机床的刚性，如果两种机床优势做到相互融合，就能建成既有组合机床的高效率，也有加工中心的高柔性的生产线。

3. 组合机床和加工中心组成混合生产线

我们公司的缸体、缸盖两条生产线都是以组合机床和加工中心组成的混合生产线。经过多年的生产证明，组合机床的高效率，同时加工中心可及时根据工件要素变更，快速进行工序的调整和更新。

（1）组合机床的高效率

缸体生产线上加工缸体主轴承孔8个端面铣削，选择的是立式组合铣床，由8把三面刃铣刀装配在铣床的主轴上，虽然切削负荷属于重负荷，但是主轴采用前后多支撑结构（见附图），主轴的刚性得到足够的保证。



立式组合机床主轴与刀具配置图

本工序：缸体以其顶面和缸套毛坯孔定位，液压夹紧，主轴箱主轴上8把三面刃铣刀从上一次垂直进刀就完成缸体主轴承8个端面铣削加工，完成后主轴箱退回，取下缸体，完成一个工作循环。

由于走刀时间很短，效率非常高。也保证了缸体8个端面间的相对轴向距离的要求。

如果用加工中心机床来加工，由于加工中心机床是单主轴加工，需多次走刀，耗时会很长，将大大影响整个生产线节拍，也将使本工序加工工艺安排十分艰难。

（2）加工中心机床的高柔性

我公司MR479Q发动机的原相位传感器装在排气凸轮轴的后端，造成后端面的封盖出现渗漏机油现象，为此重新设计了新的相位传感器。将相位传感器安装位置从排气凸轮轴后端移到缸盖后端面上安装，缸盖需要在其后端面工序增加安装相位传感器定位孔和相应的固定螺钉用螺孔，我们采用在加工后端面的工序上，增加了镗相位传感器安装孔用的镗刀和相应的安装螺孔用的钻头和丝锥，重新编制加工中心的加工程序，两天就完成并解决了问题。

我们的体会是，将缸体上的小平面、密集的螺孔、沟槽、主轴承半圆弧孔等工序安排在加工中心上加工，而缸体上重负荷工序和在加工中心上加工耗时较长的工序安排在组合机床上加工。

4. 总结与思考

组合机床和过去相比，在设计制造中不断突破旧的模式，也在发展中不断创新。

（1）采用的切削形式

组合机床原来的设计都是开式结构，采用干式切削，切削加工时不加冷却液，任切屑到处飞扬，对环境污染严重。

现在的组合机床在生产线上，采用加装机床防护罩的封闭式结构。加工时，加入冷却液，由于是湿式切削加工对刀具进行同步冷却，提高了加工质量和切削效率，也延长了刀具的寿命。每台组合机床都设有冷却液独立过滤系统和贮液箱，冷却液循环使用，加工环境得到明显的改善。

（2）组合机床零部件的轻量化

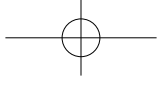
采用原标准，组合机床立柱、床身、中间底座都是铸件，尺寸大，重量重，铸件的制造周期很长。而且，大的铸造件必须与铸造车间的冲天炉的吨位和车间铸造面积相适应，在我们厂里无法完成，只有外协加工。

现在采用钢板切割成型后，焊接立柱、床身、中间底座，零部件实现了轻量化，焊接件的制造周期比铸件大大缩短，不用制造模具，降低了零件的成本，而且零件表面平整美观。

（3）组合机床的电气控制系统，由原来接触器加行程开关的简单控制电路，改为集成模块加传感器电气控制，大大提高组合机床的电气控制系统的精度和可靠性。

（4）生产线过去采用地面铺设电路到电气控制柜，再进入机床，费工费时，电缆容易遭遇人为损坏，事故多，生产安全性低。现在生产线采用空中桥架送电，直接进入机床集成控制模块，电缆不会遭遇人为损坏，减少事故的发生，大大提高生产线的安全性。

组合机床从引进到发展，由组合机床自动线发展到当今的组合机床和加工中心组成的混合生产线，每一次进步都推动着我国汽车工业的阔步向前。□



机械加工技术中的数控加工实践分析

贵阳航空电机有限公司 郭伟

【摘要】当前现代化的数字控制技术在我国的机械生产过程中已经得到了普遍的运用，通过现代化的信息技术与机械制造业充分地融合，不断提高了机械加工制造效率。本文主要分析了数控技术在机械加工过程中的价值和意义，对数控加工技术在机械制造工程中的应用进行了探讨。

为了能够让现代化的机械加工企业更好地转型，顺应时代发展的需求，就必需要创新机械加工过程中运用的技术，将现代化的信息技术运用到机械加工过程中，能够不断提高机械加工的质量和效率。传统的机械加工过程中，由于人为操作所带来的限制，已经无法顺应目前市场对于机械加工产品多样化的需求，为了能够在激烈的市场竞争中不断提升企业自身的软实力，帮助企业立足现代化的机械产品市场竞争中，将数控技术融合到机械加工的每一个环节，已经成为了机械制造企业未来的发展趋势。

1. 数字化控制技术与机械加工结合的价值

数字化控制技术对于整体的工作效率提升具有极大的促进作用，在相关的机械加工控制方面，也能够为机械加工提供有力的技术支持。

（1）提升生产效率

将数字化技术不断融入到我国机械加工的领域中，能够有效的提高生产的效率，不断推动我国工业化的可持续发展。目前随着我国市场经济的

不断发展，在市场中，对于机械产品的需求量规模不断扩大，对产品种类的要求也更加多元化。

随着我国经济的不断发展，传统的机械制造业已经无法适应当前我国发展的速度和需求，因此我们必须对传统的工艺进行相应的改革和创新。由于我国工业产品的市场需求量较大，并且在发展的过程中，市场竞争越加激烈。因此，如果产品的质量以及精度无法达到市场准入的水平，企业将无法有效地提升自身的竞争实力。这就有可能会使企业在激烈的市场竞争洪流中失去地位。将数字化控制技术融合到机械加工的过程中，能够提升加工的整体效率，不断提高产品的质量。

（2）解放劳动力

将数字化控制技术与现代机械加工工艺更好的融合，可以代替传统的人工机械加工操作，实现机械加工全过程的自动化管理。目前数控技术主要是结合了计算机技术与传感器技术，在实际的运用过程中，可以帮助机械加工的各个环节，实现良好的协

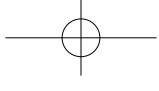
调功能，同时还能在一定程度上降低人工操作的工作量，避免由于人工操作，从而造成的生产误差。

在开展数字化控制技术时，需要建立后台控制中心，控制中心的主要功能就是将编程中的命令发布到传感器，利用传感器技术对加工过程中的各项数据进行收集。同时，为了能够对机械制造加工的全过程进行动态的管理，还能够通过智能检测的方法，对加工过程中出现的问题进行辨别，然后将数据返回到控制平台中，从而停止加工工艺，避免安全事故的发生。因此，从管理的角度来看，将数控技术融合到机械加工的过程中，能够在一定程度上减少企业的人工劳动力，降低企业的人力资源成本，实现机械制造加工全过程的柔性管理。

2. 机械加工制造业对数控加工技术的实践应用

机械加工制造业应用数控加工技术的领域极其广泛，包括汽车制造领域以及航空航天领域，还有工业生产领域，都体现出了相对应的价值。

（1）汽车制造领域



机械控制系统是汽车生产中最重要的一部分，对于汽车的质量以及行驶的安全有决定性作用。自动化技术运用到汽车机械控制中，不仅可以对汽车的行驶起到实时的监测效果，还能对汽车设备的运行状况进行监控，这在一定程度上避免了交通事故的发生，让人们的出行变得更有保障。

在传统加工制造时代，我国汽车产业主要将扩大汽车生产规模当作产业发展的核心，而随着时代的不断进步，国民在选择汽车时，更加注重汽车的整体性能以及美观程度。因此，传统的产业生产模式已经无法满足市场的高需求。想要不断提升汽车企业的经济效益，必须要将汽车加工与数字化控制技术相结合，通过制造精度更高的零部件（见图1）来提高汽车的整体性能，汽车企业在发展的过程中，可以根据自身产品的特征作为数控技术编程的核心，完成汽车零部件的制造工作。

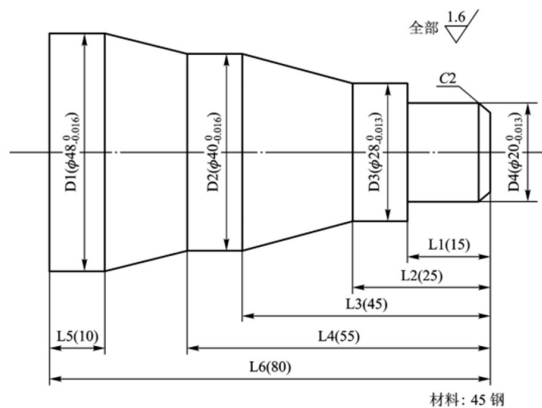


图 1

（2）航空航天领域

随着航空航天制造技术的不断发展，传统的生产工艺已经无法满足航空航天产品制造需求（见图2），比如轻质材料的大量应用。数字化控制加工技术在不断创造与发展中，并不断应用到航空航天材料生产制造的过程中，在一定程度上提高我国航空航天领域制造的综合能力，同时

还会对我国航空航天领域的可持续发展起到良好的促进作用。将数字化制造技术融入到传统的航天制造过程中，能够提高制造全过程的动态化管理，不断提高航天航空产品的质量。

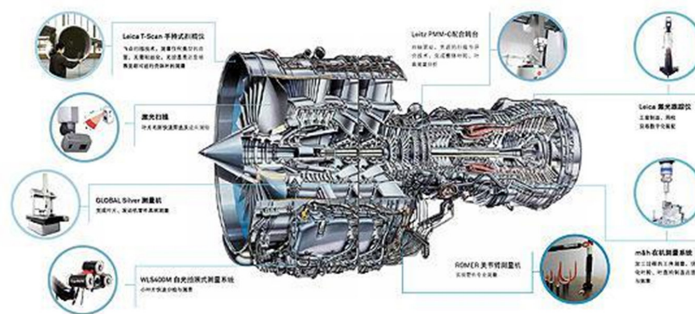


图 2

（3）在工业生产领域的应用

在数字化控制技术应用过程中，后台的中心控制平台将会通过终端发布相应的指令信息传递给操作机床对工业设备进行加工和生产，比如在制造加工过程中，对于机械臂的焊接工作以及涂料喷层工作等。除此之外，人工智能技术也是目前我国工业制造生产领域不可或缺的重要应用技术之一，工业机械设备能够不断在各种外界环境的影响下，对于产品进行生产加工工作，从而满足目前制造行业的生产和发展需求。与此同时，将数字化控制技术应用在工业生产中，还能够实现生产全过程的柔性管理，从而提高工业行业的整体生产效率以及质量。

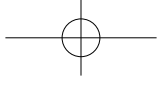
综上所述，数控加工技术在我国社会的发展过程中起到了至关重要的作用，数控加工技术可以对传统机械制造加工过程中出现的问题，进行一定程度上的补救，还能够根据企业生产的实际状况，对生产的全过程进行灵活的调整以及优化，从而确保企业的生产经济效益以及产品的质量。□

资讯

2021上半年挖掘机、装载机销量

据中国工程机械工业协会对26家挖掘机制造企业统计，2021年6月销售各类挖掘机23100台，同比下降6.19%；其中国内16965台，同比下降21.9%；出口6135台，同比增长111%。2021年1~6月，共销售挖掘机223833台，同比增长31.3%；其中国内193700台，同比增长24.3%；出口30133台，同比增长107%。

据中国工程机械工业协会对23家装载机制造企业统计，2021年6月销售各类装载机12160台，同比下降8.13%。总销售量中国国内市场销量8986台，同比下降22.1%；出口销量3174台，同比增长86.5%。2021年1~6月，共销售各类装载机84992台，同比增长26%。总销售量中国国内市场销量67211台，同比增长19.4%；出口销量17781台，同比增长59%。



磨工工艺在机械制造中的应用浅析

徐州巴特工程机械股份有限公司 刘友军 宋庆雷

1. 磨工工艺在机械制造中的主要应用

(1) 圆锥磨削

在机械制造中圆锥面的磨削方式较为广泛，同时也具有较多使用优势。如工件装夹方便，只需要将工件装夹在两顶尖就可以了，使用方便，并且在市场上使用率较高，配合度较为准密，还能够自动找准中心位置，方便进行操作。除此之外，在使用圆锥面磨削的时候，应该注意圆锥面的圆锥素线与中轴线之间的一个相交的角度，根据实际情况可以适当调节磨床的位置，接触面的大小，角度的准确程度，都对工作过程中的磨削效果影响很大。

在磨削过程中，对于具体处理的工件选择不同的磨削方式。进行不同圆锥面的磨削时应注意：①当锥体的精准度较低时。这种情况的出现可能是砂轮在进行工作时出现钝化或是在磨削过程中的精准度不行，也有可能是因为机床局部的热量增大而引起的，从而导致了变形。②圆锥的母线不直。这种情况也会使在磨削过程中，每一次的砂轮绕轴中心的高度不同时，造成不一样的制造结果，母线的曲度不同，所造成的母线垂直效果也会不同。

(2) 内圆磨削

内圆磨削方式与外圆磨削方式相比较，内圆磨削的半径相对于外圆磨削的直径小的多，转动速度也比较慢，但是最后制造出来的工件表面较为光滑，但是因为与工件接触的时间较长，很容易对接触面积造成一定的损坏，容易对工件的表面造成部分烧灼等情况。

内圆磨削如果不能很好地去除磨屑，长时间的使用会对砂轮的表面造成一定程度的损坏，使砂轮的精度大大降低，最后会造成运行速度降低。内圆磨削在具体应用时会出现以下三点问题，多加注意就会使磨削时的效率升高：①内圆磨削之间有一定的内孔的圆度差。这种情况出现

的原因可能是因为头架与轴承之间的间隙过大，运转不均衡而造成的，这就需要多注意这方面的问题，早发现早解决。②工件的表面容易出现烧灼的问题。这主要是由于转轴转速较低而引起的，或者是控制不好内部距离，或是砂轮本身的散热性较差有关。③表面粗糙程度较大，这个问题主要与转速有很大的关系。

(3) 外圆磨削

与内磨削方式极为相似，都属于一种常见的在机械制造过程中应用范围较广的磨削方式。外圆磨削方式主要是对工件进行削轴和套筒工作，这类技术主要在一般的外圆机床上进行操作，同时外圆磨削还可以削磨零部件的断面及内外圆柱面等。与内圆磨削技术不同的是，可以对有色金属进行加工处理。但在外圆磨削时也应注意恰当的使用，减少废品的出现。在使用外圆磨削技术时也应该注意：①当工作时工件的表面有部分波形振痕出现时，这种情况可能是因为砂轮表面出现了部分钝化，查看是否需要及时的更换磨轮，性能是否出现问题。②当工作时工件的表面出现大量螺旋痕迹，有可能是前轮的使用不规范，砂轮架的稳定性能又比较差，钢芯的数量较少，使得工件一直处于悬浮情况下造成的。③当在工件表面出现烧伤现象时，可能与内圆磨削技术的情况类似，主要是因为头架与轴承之间的距离未调整好，也可能是因为砂轮出现了钝化塞实，应该查看需不需要更换砂轮，也可能是因为切削液减少等情况所造成的。

(4) 平面磨削

附表为平面削砂轮的一些选择，根据不同种类的材料不同，所选择的磨工工艺也会有所不同，根据需要修改的工件，根据工件本身的性质，来选择所需要的平面磨削砂轮。

平面磨削砂轮选择表

	未淬火的碳素钢	调制钢	淬火碳素钢、合金钢	铸铁
磨料	A	A	WA	C
粒度	F36-F46	F36-F46	F36-F46	F36-F46
硬度	L-N	K-M	J-K	K-M
组织	5-6	5-6	5-6	5-6
结合剂	V	V	V	V

平面磨削技术是所有磨削技术当中较为普遍的一项加工技术，适用面广，可在平面磨床上进行的磨削工艺。根据不同的技术需求，磨床的使用形式多种多样。在平面磨削时也经常会出现一些问题：①工件平面具有中凹形形状，这种情况主要原因是由于进给量较大，对工件所需要的冷却时间较低而造成的。②当工件的侧面具有喇叭口形状，而造成这种情况的主要原因是由于砂轮钝化，是砂轮的主轴承之间空隙较大的一类问题。③当工件表面具有线性划伤，主要是由于冷却液含量较少，砂轮对于表面的磨屑的排除效果也不好。④当工件上出现走刀的痕迹时，主要是因为对于砂轮的母线的位置没有固定稳定。因而工作人员在进行平面磨削时，需要准确及时确定母线的位置，要定期保养砂轮和磨床等工具，发挥在磨削中最大的作用，提高工作效率。

(5) 其他磨工工艺

除了上述几种常用的磨工工艺之外，机加工中还会用到其他种类的一些工艺。例如，当对特种材料磨削、强力磨削、低粗糙度磨削、控制力磨削这些特殊要求时，应使用强力磨削的方式，这类磨削的效率较高，并且砂轮的使用寿命都较长。因此，在这些特殊的使用情况下，使用特殊的磨削工艺来切削工件，不但可以有效地保证工件的磨削精度，还可以促使其表面粗糙度满足规定要求。高速磨削工艺可以在确保电机功率足够大的条件下，极大地提高工件的生产效率、工件的精度、砂轮的耐用性能等基础性能，促使工件表面粗糙度大幅降低。这些工艺都具有各自的特点优点和适用条件，因此，当运用在实际情况中时，应根据具体所需要的工作环境来选择最佳的工艺。

2.磨工工艺的使用优势

磨工工艺主要有以下几种优势：

- (1) 磨削速度快，一般的加工就可以达到50m/min左右的速度。
- (2) 磨削温度一直处于高温状态，可达到1000~1500℃。同时磨轮的耐热性好，在高温的情况下仍然不会失去磨削快速的能力。
- (3) 通过磨工工艺的使用可以让所需加工的工件达到较高的精度。对于一

些表面较为粗糙的工件，也可以达到很高的使用精度。不仅能够加工软材料，同时还能够加工一些其他工具不易加工的工件，如陶瓷、合金制品等。

(4) 当磨削深度比较小时，每次切削的厚度都比较薄，磨削一般也主要分为平面磨削、无心磨削及内外圆磨削等几种基本方法，除此之外，还有对螺纹、凸轮、齿轮等小零件进行磨削而专属的磨床。

(5) 磨轮的磨粒是一种特殊的刀具，具有很高的硬度，能够顺利地切下具有高硬度的工件材料。尤其是对于一些高硬度、脆性较强的工件材料，能够获得其他加工方式所不能达到的加工质量和加工精度。在进行磨削工作时，参加切削的磨粒数量会有很多，因此能够进行磨削的刀刃数量也就变得越来越多，所以在磨工效率很高的同时，每个刀刃切下去的工件体积约为10.4~10.5mm³，精磨时，每个磨屑的体积则会更小。

(6) 当磨削中的磨粒切削速度很高时，砂轮圆周表面的转速极高，磨粒切刃与被加工工件之间的接触时间非常短，在如此短的时间内要进行切削，会使磨粒和工件间产生强烈的摩擦力，迅速产生塑性变形，并产生大量的磨削热，使磨削区域的磨削温度急剧升高（400~1000℃），并且80%以上的热量将传给工件。□

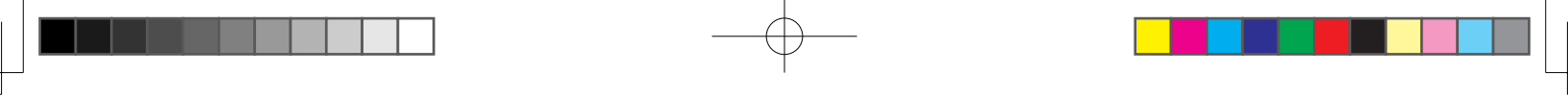
资讯 上半年美国新能源汽车销量同比翻倍

据报道，2021年以来，美国汽车业发力向新能源转型，新能源汽车销量开始明显飙升，上半年新能源车销量同比增加超过一倍。去年同期受疫情影响，美国车市整体销量偏低，新能源汽车在整个汽车市场中的占比较低。但

2021上半年，美国新能源汽车销量预估总数达68万余辆，市场份额约8.2%。其中纯电动汽车销售216917辆，市场份额为2.6%，混动和插电混动汽车销量为464492辆，市场份额达5.6%。

近几个月来，美国汽车业者表

示，消费者对新能源汽车接受度逐渐增加，有助于车市加速转型。美国的新能源汽车普及一直落后于欧洲和中国，因此拜登政府计划通过增加充电基础设施和给予消费者奖励等措施，来增加新能源汽车销量。



45Cr9Si3气阀钢调质回火温度和硬度分析

湖南天雁机械有限责任公司 刘谷艳 卢钟祎

【摘要】本文通过对常用气阀钢45Cr9Si3进行淬火加不同温度回火后检测其硬度，得到该材料的回火温度与硬度的对应关系表。为45Cr9Si3材料气阀热处理生产和发动机气阀温度场实验提供数据参考。

在热处理行业里，像45钢、40Cr等常用的钢材都可以在热处理工具书里查询到各种机械性能所对应的热处理参数。而对于一些特种钢就无法在工具书里查询得到。比如主要用来作为发动机气阀的45Cr9Si3气阀钢就是一个例子。作为一家气阀专业制造单位，为填补该块的空白，我们通过具体试验得出数据，以便供需求者参考。

气阀是发动机里比较重要的零件，所以在汽车发动机设计时，就需要通过气阀温度场试验来确保气阀选材和设计能达到性能要求。气阀温度场试验需要有个硬度与温度对应标准表才能进行。45Cr9Si3是排气阀温度场试验的主要用材，所以有一个45Cr9Si3气阀钢调质回火温度与硬度对应表，也是汽车发动机研究者的需要。

1. 试验过程

(1) 选材

选用直径为 $\phi 11.5\text{ mm}$ 的45Cr9Si3圆钢，热处理状态为退火态，用切断车刀切割成30mm长的圆柱形样件。

(2) 淬火

根据气阀用钢的国家标准，确定45Cr9Si3气阀钢的淬火温度为1030℃；根据圆钢直径确定了淬火保温时间：24min；冷却方式：油冷；淬火设备：甲醇和氮气气氛保护的连续式网带炉。

(3) 回火

回火温度设计在400~800℃，每50℃做一组试验，每组2件试样，共9组试验；回火时间都是2h；冷却方式：空冷；设备：箱式炉。

(4) 检测

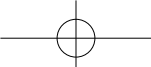
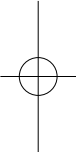
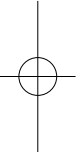
样件要求：将样件用工装固定，在平磨机床进行磨削，直至磨平、磨光，磨光面不得有氧化；检测设备：洛氏硬度计；样本：每件采集3个数据，每组6个数据。

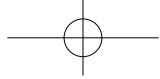
2. 数据整理

记录各个样件的硬度数据，求其平均值，结果见下表。

数据表										
工序	加热温度/℃	保温时间/min	冷却方式	硬度HRC						平均值
淬火	1030	24	油冷	60	61	60.5	59	60	59.5	60
	400	120	空冷	58.5	57.5	56	58.5	56.5	58	57.5
	450			56.5	57.5	57	58	58	57.5	57.4
回火	500			54.5	57	55.5	55.5	57	56	55.9
	550			43	45	44	44.5	45	43.5	44.2
	600			41	41.5	41.5	41.5	41.5	42	41.5
	650			37	38	38	37.5	39	39	38.1
	700			35.5	36	36	36	36.5	35	35.8
	750			31	31	31.5	30.5	32	30.5	31.1
	800			27	26	27.5	27	27	27.5	27

将上表回火“加热温度”和对应的硬度“平均值”进行折线图表示，再拟合成曲线，结果如附图所示。





柴油机曲轴主油道孔加工技术

中车资阳机车有限公司 丑洋洋 周 艺 王佳伟 陈代亮

【摘要】针对某系列柴油机曲轴主油道孔加工过程中不易定位、易振动、难排屑及加工效率低下等问题，通过对曲轴图纸分析，进行定位工装主轴孔钻模设计、程序设计及切削参数优化的研究，并采用在数控镗铣床上用不同长度的枪钻从曲轴两端钻通主油道孔和导向丝锥手动攻丝的方法，顺利完成曲轴主油道通孔的加工。

曲轴作为柴油机的关键零部件，被称为柴油机的心脏。曲轴每个部位的尺寸精度和形位公差精度要求都相当高，使用寿命要求也相当长。由于曲轴主油道孔与直油孔、斜油孔交叉接通，从而与各个轴瓦相通，所以贯穿了整个曲轴的主轴颈及曲柄。其通过回油起润滑和冷却作用，但加工工艺性差。

1. 某曲轴主油道孔加工难点分析

在加工曲轴主油道孔时，存在以下加工难点：

(1) 刀具无法定位

在钻通第1曲柄后，穿过空间到第2个曲柄再进入钻削状态时刀具容易下沉，造成钻孔位置偏下，进而导致刀具受力过大而断裂。

(2) 刀具易断裂、孔易钻偏

由于主油道孔钻削过程中与直油孔、斜油孔相互交叉贯穿（见图1），所以在钻孔至交叉位置时，由于刀具细长、刚性差及强度低，导致钻孔时刀具会产生偏移和振动，使刀具易断裂、孔易钻偏。

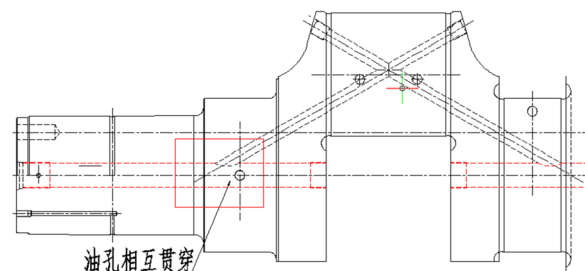
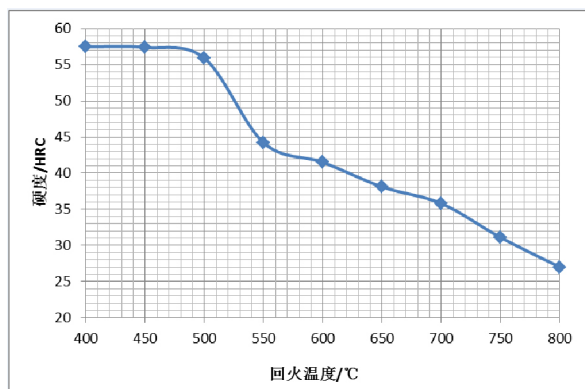


图1 三孔相互交叉贯穿示意图



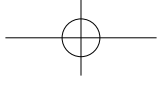
45Cr9Si3材料回火温度-硬度曲线图

3. 数据说明

附图45Cr9Si3材料没有二次硬化现象，随着回火温

度的提高，硬度呈降低趋势，表明其抗回火温度对材料的影响是显著的；45Cr9Si3气阀钢在高于500℃的环境里，硬度会急剧降低；到800℃时，其硬度大概为27HRC，已经是气阀行业要求里常见的最低要求，再低已经达不到机械性能要求，所以不给予研究；发动机的排气温度一般在600~800℃，配合45Cr9Si3气阀钢硬度较大变化温度区间可以看出，45Cr9Si3气阀钢适合作为发动机排气阀温度场试验用材。

通过试验，得出了45Cr9Si3气阀钢调质回火温度与硬度对应图表。虽然会因为材料成分和热处理参数或热处理设备的不同而有些差异，但差异不会很大，这个结果对45Cr9Si3气阀钢热处理参数设计和发动机排气阀温度场实验有参考借鉴价值。□



(3) 排屑难度大

在主轴孔加工过程中,由于主轴孔贯穿整个曲轴轴颈及曲柄,深孔较难断屑及控制切屑的断裂,导致切屑排除困难,因此易损伤已加工表面。由于刀尖在孔壁留下刀痕、振纹,切屑拉伤孔壁,导致表面质量较差。加之刀具散热条件差,在切削温度升高后,会降低刀具使用寿命。

(4) 攻丝难度大

由于曲轴连杆颈开挡小,主油道孔口螺纹加工空间小,导致无法进行自动攻丝加工,而手工攻丝难度大,导致孔口螺纹不易加工。

2. 加工方案设计

曲轴是发动机的主要旋转机构,是发动机中最重要的部件之一,承受连杆传来的力,并将其转变为转矩,再通过曲轴输出并驱动发动机上其他附件工作。曲轴主油道孔作为润滑油的通道,起润滑和冷却作用,所以其加工质量的好坏也极其重要。

(1) 尺寸分析

某种曲轴主油道孔直径要求 $\Phi 25 \pm 0.1 \text{ mm}$, 孔口螺纹 $M27 \times 2-6H$, 主油道孔壁距离连杆颈表面仅有 27.5 mm , 其孔深 2876 mm , 该曲轴主油道尺寸如图2所示。

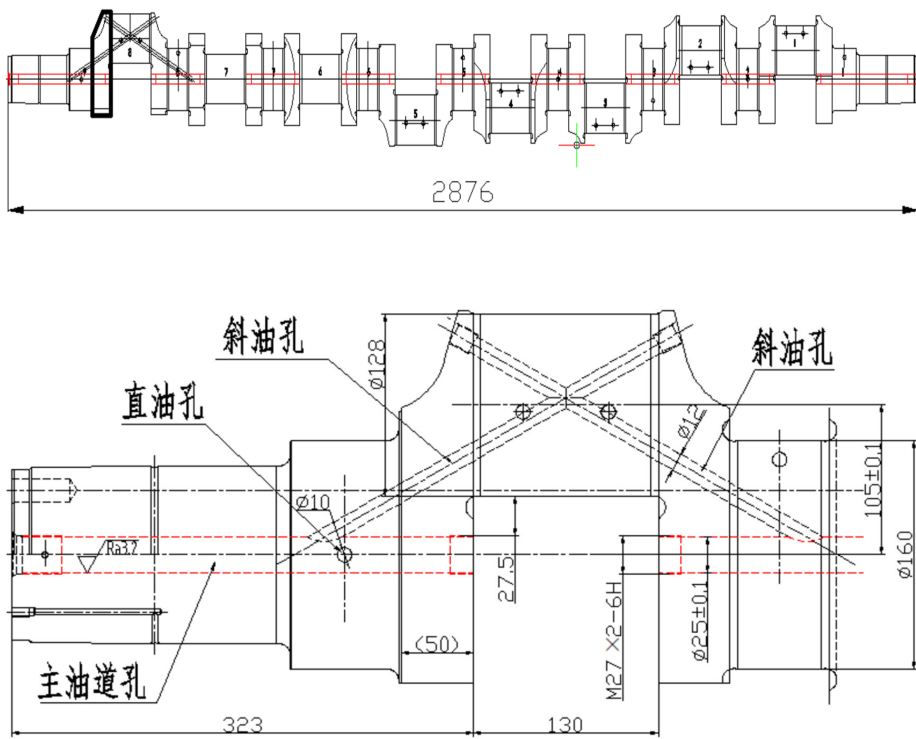


图2 曲轴主油道尺寸

(2) 表面粗糙度

曲轴主油道孔是润滑油的通道,起润滑和冷却作用,因此对其表面质量有较高的要求。例如,某曲轴的主油道孔表面粗糙度要求为 $Ra3.2 \mu\text{m}$ 。

(3) 加工方法的选择

曲轴主轴孔贯穿整个曲轴,根据工艺分析,可加工主轴孔的方法介绍如下。

一方面可以采用专用刀具在专用钻床上加工,但费用昂贵。另一方面可以使用长度不一的多根枪钻进行加工,但需要购买多支枪钻,经济性较低,且由于在加工过程中无导向定位支撑,刀具容易偏斜,导致刀具受力加大而断裂。另外可以制作主轴孔钻模做导向支撑,在数控镗铣床上使用枪钻从曲轴的两端钻削加工,这样可保证主轴孔加工质量,提高加工效率,缩短制造周期,且制造成本低。所以通过制作主轴孔钻模(见图3)做导向支撑,用枪钻从曲轴两端钻主油道孔的加工方法最为合理。

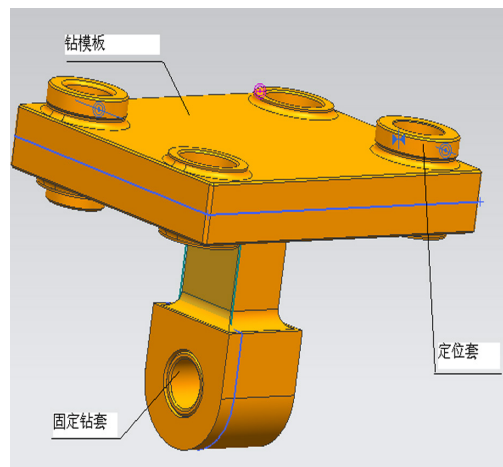


图3 主轴孔钻模示意图

(4) 装夹定位分析

采用数控镗铣床加工曲轴主轴孔时,支撑架支撑3个主轴颈,将主轴孔钻模用定位套固定在安装面沉孔中(见图4),并通过螺栓连接至安装面上,固定钻套孔口采用带锥度固定,枪钻钻出曲柄处时沿着固定钻套孔口进入钻套中继续钻入至下个曲柄中。钻套内径比枪钻直径大 0.03 mm , 小间隙配合钻孔, 钻孔装夹定位可靠。

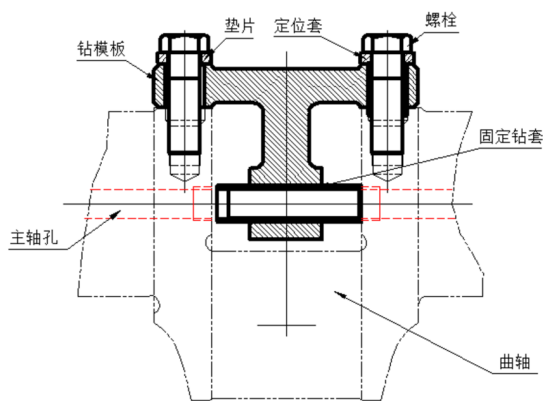
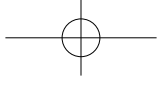


图4 主轴孔钻模安装示意图

(5) 编制数控加工程序

通过绘图测量曲轴两端距离曲轴中心的位置钻通主轴孔（见图5），从自由端钻孔钻至第8曲柄并钻通，从输出端钻孔钻至第7曲柄并钻通，从自由端钻孔刀具长度必须大于1523mm，从输出端钻孔刀具长度必须大于1223mm，确定好钻孔长度，进行钻孔加工程序编制。为了保证加工质量，程序编制时考虑交叉孔处、钻孔入口、出口处及钻削过程中设置不同的加工参数。

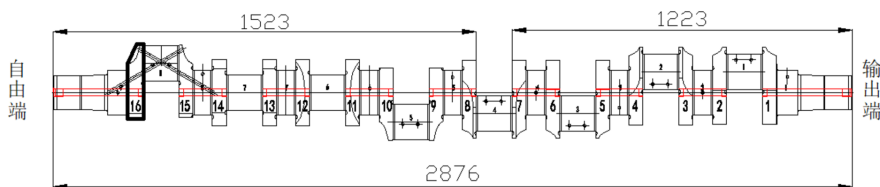


图5 钻孔长度示意图

由于在钻主轴孔时要使用主轴孔钻模做定位工装，在每钻通一个位置时，就需要移动钻模安装至下一个曲柄处，因此程序编制时采用钻通一段距离后刀具退出，并进行重复加工的方式。

3. 加工步骤

(1) 曲轴装夹找正

将曲轴吊装至数控镗铣床支撑架上，千分表装至镗铣床铣头上，第1连杆颈竖直朝上。然后通过测量曲轴连杆颈与主轴颈位置，找正曲轴中心等高，后用千分表绕轴颈圆周再次找正曲轴中心，找正后压紧曲轴。

(2) 对刀

将数控镗铣床铣头移动至曲轴端面，进行程序加工零点测量，对刀后将对刀参数输入机床。

(3) 钻孔

选择程序，先用 $\Phi 20\text{mm}$ 的浅孔钻钻30mm深的引孔，为枪钻起导向和支撑作用。再换长度1650mm、 $\Phi 25\text{mm}$ 的枪钻钻主轴孔，钻孔至16曲柄并钻通后退出刀具。钻孔入口处、交叉孔处及出口处，降低刀具切削参数为正常钻削参数的1/3，以减小刀具切削力的不平衡性，有效减少了断刀现象的发生，钻孔后检测孔的质量达到图纸要求。

(4) 安装定位导向工装

安装主轴孔钻模至第8连杆颈，并使钻模的固定钻套内孔中心与曲轴主轴孔

中心重合。

(5) 继续钻孔

选择程序，使用长度1650mm、 $\Phi 25\text{mm}$ 的枪钻钻主轴孔，钻孔至14曲柄并钻通后退出刀具，检测钻孔的质量达到图纸要求。

(6) 依次重复(4)、(5)步骤，从自由端钻孔至第8曲柄并钻通；镗铣床角度头旋转 180° ，重复(2)至(5)步骤，从输出端钻孔至第7曲柄并钻通，使得曲轴主轴孔钻孔完成。

(7) 使用前导向为 $\Phi 25\text{mm}$ 的 $M27 \times 2-6H$ 的导向丝锥进行手动攻丝，并检测螺纹通止合格，曲轴加工至成品状态如图6所示。



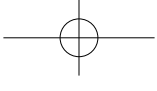
图6 曲轴成品状态

4. 结束语

通过对曲轴主轴孔加工技术的研究并结合生产实践进行验证加工，充分挖掘数控镗铣床的加工潜力，运用现代化数字加工技术，不仅顺利完成了曲轴主轴孔的加工任务，而且使数控镗铣床能够更加合理化应用于曲轴生产加工。曲轴主轴孔钻孔、攻丝后，经过质量检查、检测，尺寸及粗糙度均满足图纸要求。因此该主轴孔加工方法得到认可，并将其加工方式推广应用于其他类似曲轴主轴孔加工。□

参考文献：

- [1] 杨叔子. 机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2001.
- [2] 王先奎. 机械制造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2013.



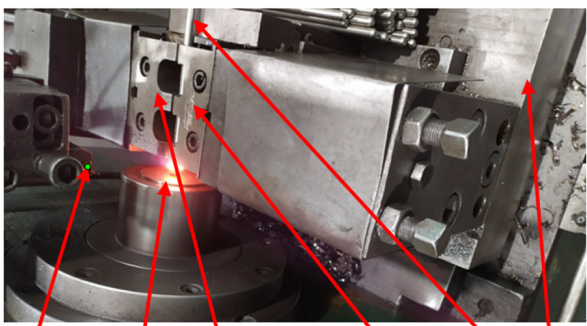
改进摩擦焊PLC控制程序拓宽设备用途

湖南天雁机械有限责任公司 周小伟 周雅智

【摘要】通过更改摩擦焊设备的PLC控制程序，在原设计为杆料对杆料摩擦焊的机器上快速经济地实现了杆料对盘料的摩擦焊接。

1. 摩擦焊设备和工艺简介

我们在用的摩擦焊设备为长春数控机床有限公司专为气门杆料对杆料摩擦焊并带有切焊疤功能设计的C-4D-Q摩擦焊。主轴旋转由电机驱动，移动工件由液压驱动，焊接过程由PLC程序控制。图1为杆料对杆料焊接时的局部照片。切刀用于焊疤切除，旋转夹头夹住一个待焊杆料，可在主轴电机的驱动下高速旋转。活动夹爪可在液压驱动下前后移动，与固定夹爪共同夹住另一待焊杆料。固定夹爪不能移动，夹爪及其底座装在滑台上，滑台带动夹爪及待焊杆料可向旋转夹头夹住的杆料移动。



切刀 旋转夹头 活动夹爪 固定夹爪 杆料 滑台

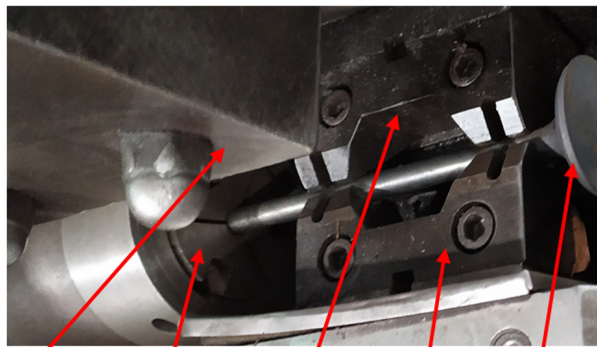
图1 焊料对杆料焊接局部图

整个焊接过程相关动作过程如下（开始焊接之前旋转夹具处于松开状态，刀架原位即处于远离工件位置，滑台处于原位即远离旋转夹具位）：旋转夹具夹紧→移动夹具夹紧→滑台快进→滑台工进→主轴旋转→摩擦进给→制动

→顶锻→保压→移动夹具松开→滑台快退→滑台原位→刀架快进→主轴旋转→刀架工进→刀架快退→主轴停止→旋转夹具松开→刀架原位→再次焊接起始位。

2. 新的工艺要求

一批急需的新产品工艺发生了变化，要求采用盘对杆摩擦焊，如图2所示。



切刀架 旋转夹头 活动夹爪 固定夹爪 盘料

图2 盘对杆焊接

由于固定夹爪不能移动，盘对杆焊接时如沿用前面的工作过程，则在滑台快退时夹爪和盘部将发生严重干涉，损坏焊好的工件甚至损坏旋转夹头。因此，在“保压”完成后把设备从“自动”切换到“手动”，然后手动进行下列操作：主轴停止→旋转夹具松开→移动夹具松开→滑台快退→滑台原位→取下工件→把工件装入旋转夹头→旋转夹具夹紧→刀架快进→主轴旋转→刀架工进→刀架快退→主轴停止→旋转夹具松开→刀架原位→再次焊接起始位置。

焦炉煤气流量调节孔板下料模具的设计与制作

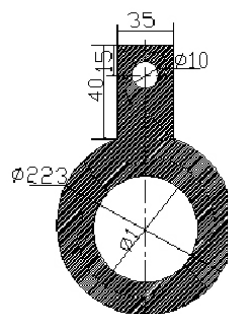
四川省攀钢（集团）工程技术有限公司修建分公司 周德华

公司高炉、焦炉专用煤气流量调节孔板以前是随设备配套而来,由于高炉、焦炉煤气属荒煤气,其中含有大量的腐蚀物质,煤气流量调节孔板使用周期短更换频繁,需求量较大。如到设备厂家订购,费用高、期限长等因素而无法保证生产的顺利进行。炼焦系统急需焦炉煤气流量调节孔板1000多块,为降成本保工期现由我们自行加工,存在工期紧、任务重、劳动强度大等缺陷。

1.零件分析

如图1所示,该零件要求用 $t=2\text{mm}$ 冷轧板制作,我厂无冲床设备,采用手工下料,使用电剪刀下料,由于铁板较厚要剪裁成形特别困难。采用剪板机下料,因为剪板机只能剪直线,将铁板剪成方形后还必须在插床上加工后才

能成形,使工期延长15天,劳动强度增加5倍。采用气割下料,氧气和乙炔消耗较大,增加了大量的生产成本,同时零件热变形严重。以上几种方案都不理想,劳动强度较大,工期长,生产成本高。



ø1	数量	ø1	数量	ø1	数量
62	20	92	80	107	60
65	20	93	60	109	40
69	20	94	40	111	40
76	40	96	120	113	60
78	60	98	160	115	120
80	60	101	100	117	40
83	20	104	100	119	60
86	20	105	140	123	80

图1 需加工零件

3.新工艺存在问题和解决办法

新的做法虽然能完成焊接任务，但存在两个主要问题：一是手动操作步骤较多，劳动强度大；二是有一个致命的问题，要保证在“保压”刚好完成时完成自动到手动的切换。如切换早了，“保压”时间不够则影响产品质量造成严重质量问题，其损失不可承受；如切换晚了则使产品报废并损坏旋转夹头，致使操作起来精神高度紧张。

为了解决前述问题,方法就是只保留前述手动动作中滑台回原位后的“取下工件→把工件装入旋转夹头”两步,其余各步均为“自动”。为此,在硬件上增加杆料对杆料焊接与盘料对杆料焊接选择开关,和已焊接

并保压完成的工件装入旋转夹头完成告知开关。这两个开关也可复用现有开关完成。对PLC程序当然要进行相应的修改,增加控制功能,更改部分如图3所示(部分略)。

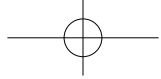
120	LD X022	120	AND X022
121	LD X035		没有数据
122	AND H401		没有数据
123	ORB		没有数据
124	ANB		没有数据
209	LDI X035		没有数据
210	SET S10		没有数据
212	LD X035		没有数据
213	SET S19		没有数据
215	STL S10		没有数据
216	SET H400		没有数据
217	STL S19		没有数据
218	SET Y004		没有数据
219	MPS		没有数据

220	ANI X030	沒有數據
221	OUT T15 K5	沒有數據
224	MPP	沒有數據
225	RST M401	沒有數據
226	STL S10	沒有數據

图 3

4. 结语

要实现盘对杆的焊接还有一个办法就是把固定夹爪改成移动夹爪。但是改动的工作量比加大，花费时间较长，对于急需的产品不合适。只对PLC程序进行更改（配合很少的硬件线路更改）来得快。省时省工，花费低。使用证明安全可靠，完全能满足工艺要求，能有效避免保压时间过短或过长影响产品质量或损坏夹具等问题。□



于是我们设计制作了组合式冲压模具来下料, 由于该零件孔径尺寸变化较大, 如果一次成形需制作若干组内压模具, 增加了制作模具的费用。遵循夹具设计制作的原则制作一组内压模具, 利用冲压模具冲压出无孔的零件板坯 (见图2)。

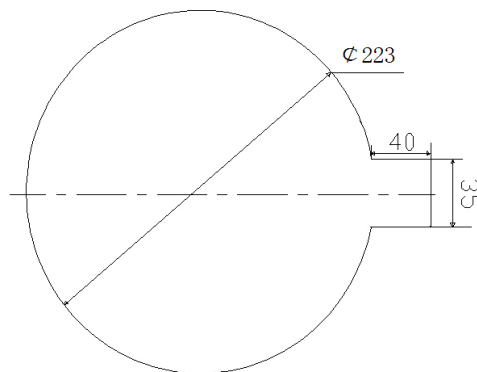


图2 利用模具冲压成形的零件板坯

2. 冲压模具结构与工艺安排

如图3所示, 冲压模具由锁紧装置、立柱、外模胎具、内压模具、受力支撑板等部件组成。

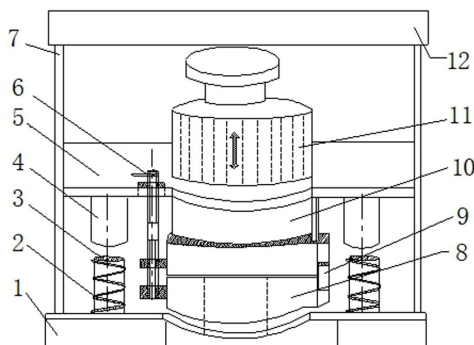


图3 冲压模具结构

1. 下底座 2. 弹簧 3. 弹簧轴 4. 弹簧外套 5. 上顶座 6. 锁紧装置 7. 立柱 8. 外模胎具
9. 弹簧钢板 10. 内压模具 11. 油压千斤顶 12. 受力支撑板

冲压模具工艺安排:

- (1) 按尺寸下料。
- (2) 外模胎、内压模冲头、弹簧套、弹簧轴、锁紧机构等由车床加工。
- (3) 外模胎具键槽、内压模冲头40mm×35mm由插床加工。
- (4) 外模胎2.5mm×260mm进料口、受力支撑板上300mm×200mm孔等由铣床加工。
- (5) 模具组合中涉及的焊接由电焊工完成。

3. 注意事项

- (1) 如图4所示, 加工外模胎具内径为 $\Phi 223 + 0.05\text{mm}$, 插键槽40mm×35mm, 然后在外模胎上铣削宽2.5mm、深260mm的小口作为进料口。

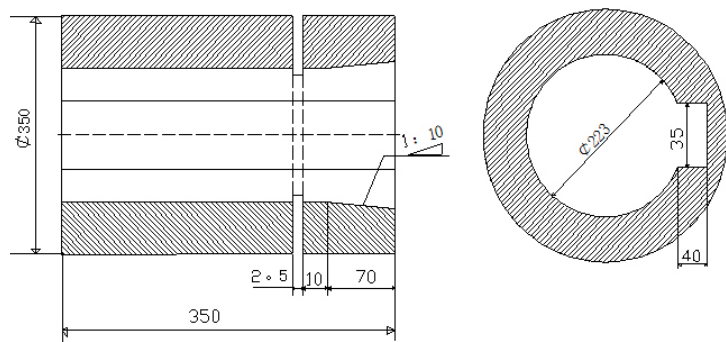


图4 冲压模具外模胎具

- (2) 加工内压模冲头外径为 $\Phi 223 - 0.08\text{mm}$, 与外模胎动配合, 确保有充分的活动余量, 但间隙不宜过大。

- (3) 外模胎具刃口和内压冲头处进行局部淬火, 其硬度为HRC40左右。

- (4) 选用YQ-100型油压千斤顶 (见图5), 千斤顶的放置应平正、牢固, 不得歪斜, 应采取稳固措施, 手柄长度不得任意加长或缩短。

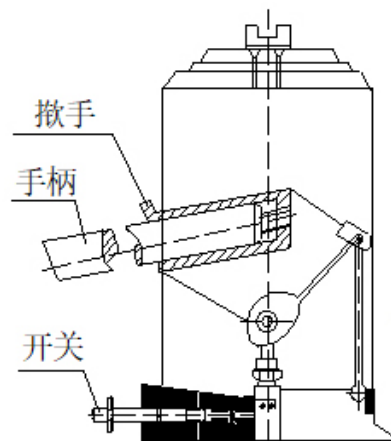


图5 冲压模具油压千斤顶

- (5) 利用剪板机将 $t=2\text{mm}$ 冷轧板剪成条状, 其尺寸为270mm×240mm。

- (6) 模具底部应留有出料口。

4. 结语

本模具利用油压千斤顶做剪切主运动, 弹簧做反冲作用来实现冲头自动回转, 经实践本模具冲压焦炉煤气流量调节孔板料坯一次成形, 符合图纸要求, 达到理想效果, 提高下料速度50倍以上。操作简单, 劳动强度低, 节省了大量的能源和动力消耗, 提高生产率。可运用于各种液体、气体流量控制调节设备, 供广大同行参考。□

静压矫正法在薄壁筒体畸变故障中的应用

襄阳航泰动力机器厂 王帮艳 户建军

【摘要】针对薄壁筒体的非正常变形，从航空装备修理的角度对故障进行分析研究，反复论证了畸变故障修复的可行性，并通过一系列的检查及试验，摸索出一套针对不同变形程度薄壁筒体的不同修理方案，且该修理方案非常适用于部队排故或战伤抢修，具有显著的装备修理指导意义。

航空发动机的加力筒体是高温部件，筒体除承受由燃气压力和轴向应力引起的静载荷外，还承受振动、热应力等交变载荷，从加力燃烧室喷出的高压、高温燃气流经筒体壁面，筒体轴线需与燃气流平行。筒体发生畸变，明显地改变了气流通道几何尺寸，其几何外形将直接影响到筒体内壁的温度分布，使得发动机易振荡燃烧，形成异常高温火舌，导致裂纹、烧蚀、变形、破裂及断裂情况的发生，特别是由于燃气流不规则引起的高频振荡或脉动燃烧，冷却不当而导致薄壁筒体的疲劳破坏和变形、烧蚀，最终结果是薄壁筒体破裂，高温燃气从破裂口喷出，烧坏飞机后机身和技术操纵系统，造成飞行事故。

一、故障描述

（1）故障特征

因运输过程中意外情况的发生，导致两台某型发动机的加力筒体前安装边摔损变形。其变形最大处径向凹陷60mm，轴向变形长度最长处为200

mm，弧长为220mm，变形区域多而且变形极不规则（见图1，左图为大面积整体变形，右图为安装槽变形）；加力筒体与对应的扩散器联接定位槽（前安装边槽）由图样规定的宽度4.0mm变为1.0mm，且因撞击拉伸导致壁厚尺寸发生变化。

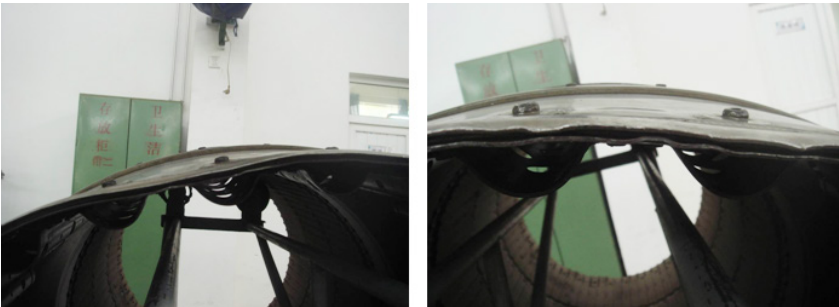


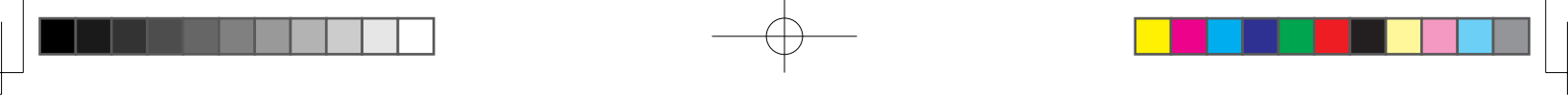
图 1

（2）修理现状

针对该故障特征，咨询原装备承制单位，建议更换新品，且交货周期为6个月。鉴于更换新品成本较高、周期长，修理工厂本着应修尽修、深修精修、修旧如新的理念，通过对故障进行分析研究，进行了故障修复的可行性论证，最终决定在现有修理能力的基础上对故障件进行修复。

（3）拟定修复方案

通过对故障件材料、结构、工作原理以及相关风险评估，结合工厂多年的装备维修经验，拟定了以下两个修复方案：方案一，再制造静压矫正修复；方案二，采用方案一无法修复时，切取更换相同寿命装备的前安装边，将轴向长度定位后重新组合焊接进行修复。



二、修复方案实施

1.再制造静压矫正修复

(1) 材料分析

该加力筒体的材料为镍基高温合金GH3030,厚度尺寸为1.5mm,具有良好的热强性和高塑性,易冷作硬化,矫正时避免剧烈敲击,焊接性能优良,氩弧焊时熔池流动性和成形性能均良好,裂纹倾向性小。

(2) 结构分析

加力筒体最大外圆处为 $\Phi 899\text{mm}$,由一段28mm长的安装边和3段筒体组合焊接而成,在各段筒体外壁上分别焊接有起支承作用的安装支板,筒体总长2250mm,最前端安装边为槽型结构(见图2)。根据前面故障特征分析,筒体变形区域多且变形极不规则,局部位置出现材料缺损。因此,在冷矫正时,需考虑受力点以保护安装边的特殊构造,在克服材料弹性变形的同时控制塑性变形量,否则易造成过矫正。

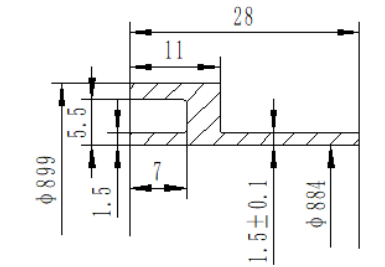


图2 安装边结构

(3) 修复实施

粗矫正:薄壁筒体的宏观变形主要来自于其安装边受力变形时,使筒体局部出现凹陷(轴向最长200mm,

弧长220mm,最大内陷60mm)。粗矫正时采用整体夹具内外静压的方式矫正筒体变形,避免冷作硬化。该夹具主要是采取螺旋机构,通过与筒体外径 $\Phi 899\text{mm}$ 相同的大圆弧(弦长250mm)定位压板限位,内侧采用与安装边内径尺寸 $\Phi 884\text{mm}$ 相同的短圆弧(弦长100mm)顶块配合矫正筒体变形,采用C形夹施以静压力压紧进行粗矫正。

精矫正:采用精矫正夹具内外顶压的方式矫正筒体变形。夹具上下顶板采用C形夹固定压紧后,对夹具上的螺钉进行调节,可形成很大范围内的圆弧变化,利用这些变化和上下螺纹的压紧使得薄壁筒体变形得以精确矫正,最终达到图纸尺寸要求。

安装边修复:安装边的变形情况较为复杂,大体分为三种:大面积宏观变形、前安装边与扩散器对接安装槽的变形、前安装边槽口处的材料缺损。

宏观变形是在矫正前用镶条滑块对安装槽进行填装后,再采用上述粗矫正、精矫正夹具相同的方法及工装进行矫正。

对接安装槽变形:因对接安装槽开口由4mm变形为1mm,矫正时需要采用夹具定位于安装边外圆,并用不同组别尺寸的刀口限位滑块在夹具体内滑动逐步扩充,保证滑块移动的轨迹与安装边设计的整体形状相同,起到限位、整形的作用。滑块体对安装边槽型进行限位修复,考虑到槽体变形的复杂性,对相应的变形采用相应的滑块,每种形式的滑块采用多个组别,分多次对槽体进行矫正。

槽口处的材料缺损:对于前安装边槽口处的材料缺损(见图3,左边为材料缺损,右边为修复后的薄壁筒体),采用先对其修锉、打磨,保证槽口平齐,在平台上用塞尺检查,对于槽口产生局部凹陷的位置应打磨后对该位置探伤,有裂纹的划出裂纹范围,打磨掉裂纹后补焊,再打磨修锉,使槽形的各尺寸不变。对无裂纹的应采用打磨,补焊再打磨修锉的方法,使槽形各尺寸不变,以上修复方法最后均要再次探伤检查有无裂纹。手工氩弧焊焊接参数见附表。

焊接参数表

厚度/mm	状态	焊丝		电流/A	电压/V	气流体(L/min)	钨极直径/mm
		牌号	直径/mm				
1.5	固融	GH3030	1.6~2.0	60~80	10~15	5~7	2.0

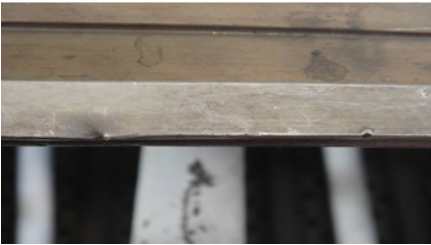
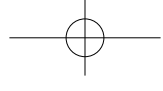


图3

2.更换安装边修复

对于采用方案一无法修复时,更换相同图号小寿命停修机的可用前安装边进行修复。

(下转第93页)



枪钻加工过程分析

常州铁道高等职业技术学校 葛成荣 徐亮亮

【摘要】在金属深孔加工中，排屑及刀具寿命一直是难题，枪钻作为深孔加工的刀具之一，其切削刃参数及断屑排屑能力是影响枪钻使用寿命的主要因素。通过对硬质合金枪钻钻头部分受力、断屑机理以及切削液供给的分析，提出合理的参数，改善枪钻切削条件。

枪钻加工系统由深孔钻机、硬质合金枪钻和高压冷却系统组成。加工时，硬质合金枪钻通过工件自身导孔或导套进入工件，由于枪钻的独特结构，在钻削时能自导向，减少震动。由于具有高压内冷却系统，枪钻能够连续进给且具有较高的切削速度，无需中途退刀排屑。冷却液通过内通道到达切削部位，并将切屑带出V形排屑槽，同时能对刀具冷却并在工件切削表面形成润滑膜，降低刀具磨损。本文主要分析外排屑枪钻的加工参数选择，其适用于加工 $\Phi 2 \sim \Phi 20\text{mm}$ 、长径比大于100、表面粗糙度 $Ra12.5 \sim 3.2\mu\text{m}$ 、精度IT10~IT8级的深孔。

1. 硬质合金枪钻结构

硬质合金枪钻由钻头、钻杆、钻柄三部分组成（见图1），钻头通常分为整体硬质合金、硬质合金镶片式、切削刃部分焊接CBN刀片整体硬质合金三种系列；钻头有单圆孔、双圆孔和肾形孔三种形式的冷却孔；钻头部分有小倒角，使钻杆外径小于钻头外径0.05~1mm，防止切削时摩擦

已加工孔壁。钻杆一般采用低碳或者低合金无缝钢管轧制成 $110^\circ \sim 120^\circ$ 的V形槽，要求钻杆有足够的强度在小变形下提供钻削所需的扭矩；同时钻杆应有足够的韧性，以便吸收高速旋转所产生的震动。

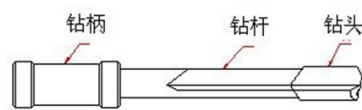


图1 硬质合金枪钻切削原理

2. 枪钻几何参数

枪钻钻头的几何参数如图2所示。其中 α_1 为外角， α_2 为内角， α_3 、 α_4 分别为外刃第一、二后角， α_5 为钻尖后角， α_6 为内刃后角， α_7 与 α_2 差值为油隙角， l 为外刃宽度， D 为钻头外径。

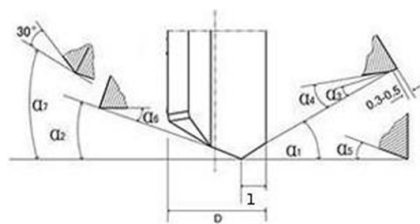


图2 枪钻几何参数

3. 受力分析

枪钻钻头受力分析如图3所示， F_1 为外刃法向力， F_2 为内刃法向力， F_{Y1} 为外刃径向力， F_{Y2} 为内刃径向力， F_{X1} 为外刃轴向力， F_{X2} 为内刃轴向力。

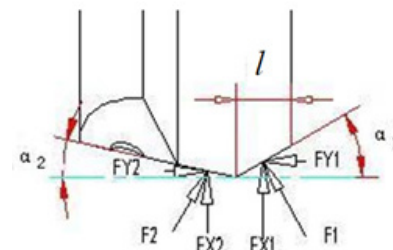


图3 枪钻钻头受力分析

钻头受力分析：

$$F_1 = Kfl, F_2 = Kf(D/2 - l), F_{Y1} = F_1 \sin \alpha_1 = Kf l \sin \alpha_1, F_{Y2} = F_2 \sin \alpha_2 = Kf(D/2 - l)$$

式中， K 为单位面积切削力， f 为进给量， l 为外刃宽度。

根据枪钻钻削受力平衡分析，理论上要求内刃径向受力等于外刃径向受力，会防止加工过程中的刀具颤动，但是在实际加工中因为各种因素的影响而很难保证。为了避免

钻孔偏心，通常要求外刃径向力大于内刃径向力，保证合力始终作用于待加工表面。由于枪钻钻头一般取 $l=D/4$ ，所以要保证 $F_{Y1}>F_{Y2}$ ，亦即是 $\alpha_1>\alpha_2$ 。

4. 钻削过程

枪钻钻削时需要专用导套，并保证冷却液充分，钻套底面和工件表面的距离不超过0.5mm，钻套和主轴的同轴度不超过0.005mm。所采用的钻套应是用硬质合金或高合金工具钢制造的精密枪钻钻套，其硬度为63~65HRC，内孔表面粗糙度为Ra1.6 μ m或更低，内外径最大允许不同轴度为0.002mm，前端面最大允许跳动为0.005mm。若导套的同轴度不满足要求，会导致枪钻开始接触工件发生颤动，导致加工时未按中心线旋转，使刀具发生撞击，造成崩刀或断裂。

当枪钻导入工件以后，由于钻头钻刃为偏心结构，当其绕中心轴线旋转切削时，其外切削刃与内切削刃同时对零件进行钻削，随着内切削刃的加工，工件孔中心切削部位形成锥形心柱，形成的心柱起到自定位和防止枪钻震动的作用；但是心柱直径不易过大，直径过大则造成较大切削阻力。

通常加工铸铁和普通钢材时，一般取硬质合金枪头的内、外角分别为 $\alpha_2=20^\circ$ 、 $\alpha_1=30^\circ$ ，加工特殊材

质时，可适当调节内外角度。枪钻钻削过程中所产生的切屑，由于加工硬化，经过较大的塑性变形，硬度有所提高而塑性韧性有所降低。产生的切屑由于切削液的冲击而碰到刀具V槽壁或者已加工工件内壁而断屑，断屑在高压切削液的冲击下沿V槽冲出。

以汽车变速器中的输出轴油孔为例，其材料是20MnCr5H，由于含碳量低，材质较软，材料的断屑较难，若枪钻钻头的几何参数不合理，则极易生成连续断屑，发生缠刀现象，导致刀具异常磨损或打刀。经过对刀具参数的多次修正，我们得出了合理的工艺参数， $\alpha_1=30^\circ$ 、 $\alpha_2=12^\circ$ 、 $\alpha_7=25^\circ$ 、 $\alpha_5=25^\circ$ 、 $\alpha_6=15^\circ$ ，同时在外刃前刀面增加弧形排屑槽，此时加工形成的铁屑为单个C形屑，可以顺利的自排屑中排出。

5. 切削液

切削液的有效供应应该满足排屑顺畅，若供应不充分则可能引起刀具失效，会使切屑堆积在排屑槽中，这些受挤压的切屑形成堵塞，使过大的扭矩作用于枪钻，当枪钻的V型槽被堵塞时，刀头将与刀杆分离。

枪钻切削液一般选用极压性能卓越，抗粘结性良好的切削油，切削油以石蜡级基础油（约65%~75%）、脂肪衍生物（约10%~20%）、氯化石蜡（约10%~15%）为主，切削时能在工件内孔表面形成油膜，减少工

件与刀具的摩擦阻力，减少刀具磨损，有效延长枪钻的寿命，并改善工件表面质量，同时切削油中应添加抗氧化剂，抑制加工部件的氧化速度。

枪钻加工过程中刀具无退刀排屑，这就要求切削液能对刀具起到良好的散热作用，同时对钻屑起到冲击断屑作用。枪钻切削液由叶片泵供给，根据枪钻孔径的不同而选用相应的泵，经过长期试验，我们得出了枪钻直径与切削液压强、流量的关系如图4所示，两条曲线分别是压强曲线与流量曲线，可以看出，随着枪钻直径增大，大的流量更能易于排屑，而枪钻直径变小，则增大压强便于排屑。

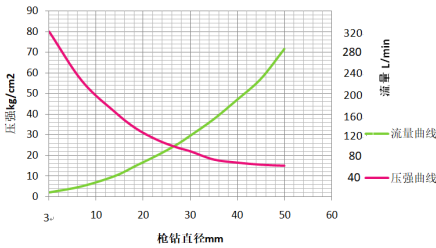


图4 枪钻直径与切削油压强、流量的关系

6. 枪钻的切削参数

合理的切削参数可以有效减少枪钻的损耗以及异常崩刀，其参数的选择根据切削材料的不同而各异，现总结附表所示，随着材料的硬度降低，由于切屑较软，需要提高枪钻转速以及进给量，可以形成较厚的切屑，在高转速下易于断裂并排出；随着钻孔直径愈大，应降低枪钻的转速与进给量，可以有效降低刀具磨损。

枪钻的切削参数表

孔径 mm	高温合金		不锈钢		高碳钢		中碳钢		低碳钢		铸铁		软金属	
	转速 r/min	进给 mm/r	转速 r/min	进给 mm/r	转速 r/min	进给 mm/r	转速 r/min	进给 mm/r	转速 r/min	进给 mm/r	转速 r/min	进给 mm/r	转速 r/min	进给 mm/r
6	1000	0.01	1650	0.015	2000	0.015	2450	0.02	2900	0.02	1900	0.05	4100	0.04
8	730	0.012	1210	0.025	1500	0.02	1850	0.03	2180	0.03	1400	0.075	3000	0.06
10	580	0.015	970	0.025	1200	0.03	1450	0.04	1740	0.04	1120	0.1	2400	0.1
12	480	0.018	800	0.03	1000	0.035	1200	0.045	1450	0.05	940	0.13	2000	0.13
16	350	0.03	600	0.04	730	0.04	900	0.05	1080	0.06	700	0.15	1500	0.15
20	270	0.03	460	0.04	580	0.05	700	0.06	850	0.075	560	0.2	1200	0.15
24	220	0.03	380	0.04	470	0.05	570	0.06	700	0.075	460	0.2	1000	0.15
30	160	0.03	280	0.04	360	0.05	440	0.06	540	0.075	380	0.2	800	0.15
40	100	0.03	180	0.04	240	0.05	300	0.06	380	0.075	280	0.2	600	0.15

7.枪钻刀磨

枪钻长时间使用，其切削刃以及后刀面会形成明显的磨损，一般规定在枪钻直径 $D<15\text{mm}$ 外刃后刀面磨损超过 $0.2\sim 0.4\text{mm}$ ，或者枪钻直径 $D\geq 15\text{mm}$ ，外刃后刀面磨损超过 $0.4\sim 0.6\text{mm}$ 时，需要对枪钻进行修磨，以便保证良好的切削性能。

枪钻修磨应选用万能工具磨床，以加工20CrMnTi材料的枪钻为例，枪钻参数： $\alpha_1=30^\circ$ 、 $\alpha_2=12^\circ$ 、 $\alpha_3=10^\circ$ 、 $\alpha_4=20^\circ$ 、 $\alpha_5=25^\circ$ 、 $\alpha_6=15^\circ$ 、 $\alpha_7=25^\circ$ ，修磨方式如图5所示，其中1、2为修磨外切削刃，3为内切削刃，4为油隙角，5为刀尖处后角，6为周边倒角。

以步骤1修磨外角 α_1 及第二后角 α_4 为例，枪钻装夹至工具磨床夹具台上，首先旋转夹具台角度 $+30^\circ$ ，保证与外角 α_1 相等，再旋转枪钻倾斜角度 $+20^\circ$ ，使其与外刃第二后角

α_4 相等，最后研磨刻度盘旋转 8° ，为了保证外切削刃后面形状。第1步修磨时使 $L>D/4$ ，给第3步磨削留一定余量，以便保证枪钻最后外刃宽度为 $D/4$ 。

步骤	旋转角度	倾斜角度	研磨刻度盘旋转角度	宽度
如图				
1		$+30^\circ$	$+20^\circ$	$+8$
2		$+30^\circ$	$+10^\circ$	$+8$
3		-12°	$+15^\circ$	-5°
4		-25°	$+15^\circ$	$+55^\circ$
5		0°	$+25^\circ$	0°
6		$+75^\circ$		

图5 枪钻刀磨步骤

8.毛坯对枪钻加工的影响

经过实际加工验证，毛坯硬度对

枪钻加工的排屑、磨损有着极其重大的影响。以20MnCr5H的输出轴为例，毛坯心部硬度在160~195HB时，枪钻排屑呈现团状，加剧钻头磨损，甚至由于枪钻受力过大而导致焊头处开裂。随着毛坯硬度在195~235HB范围内逐步增大，断屑性能开始改善，铁屑呈现片状，经高压切削液可顺利排出。而毛坯心部硬度大于235HB开始，尽管切屑状态仍较好，但是刀具磨损开始逐步加剧，大于265HB时，枪钻开始出现崩刃情况，已不适用加工。

9.结语

在实际的生产过程中，由于加工材料与环境的不同，需要对枪钻的各项参数进行逐步验证，以便实现最优加工性能。同时，需要对相关的工程技术人员以及操作人员进行专门培训，以便及时解决枪钻加工过程中产生的问题。□

(上接第90页)

(1) 对于需更换的薄壁筒体及其安装边进行校圆，矫正方法及使用工装与方案一相同，保证其可以顺利切除，并使得更换的安装边能够与筒体对接以保证焊接要求。

(2) 在大型卧式车床上采用专用工装以一夹一顶的方式对薄壁筒体定位，定位夹紧方式采用前后各六点可调支撑，方便对筒体和安装边定位基准进行矫正。定位支撑点必须支撑在筒体上，不得支撑在安装边上，防止在切掉安装边后，筒体无支撑后滚落，且安装边槽口处要紧靠花盘，保证设计基准与定位基准重合，采用相同的定位夹紧方式车掉停修机的可用安装边。

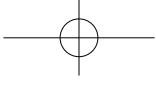
注意保证两者接焊后的筒体总长不变。

在切掉报废的安装边时，应根据安装边结构的不同(对接或套接)，恰当地选择切刀位置，一般选择距焊接位置两侧5~8mm处，切掉后均要对可用筒体和可用安装边进行探伤检查，保证两者的可用性。

(3) 筒体和安装边的焊接：在对筒体和安装边各自校圆后先试装，保证对接后无错位，用车修夹具定位、矫正，对其点焊后进行整体矫正，再完成全部焊接，由钳工打磨焊点用工装进行整体矫正，保证薄壁筒体与扩散器灵活对接安装，最后进行探伤检查。

三、结论

依照上述再制造静压矫正修复方案，完成了两台某型发动机的加力筒体前安装边摔损变形故障并通过修理评审。经讨论，形成如下研究结论：静压矫正修复方法针对薄壁筒体大变形量的修复，提供了一个较好的思路，提高了在役装备的可靠性及可维修性；通过修理技术研究，做了大量详实而细致的试验，摸索出一套针对不同变形程度筒体的不同修理方案；该修理方案及思路非常适用于部队排故或战伤抢修，具有显著的装备修理指导意义；因方案一已解决畸变故障，方案二未实施验证。□



数控中频淬火机床故障维修案例

东北工业集团 牛志斌 陈建国 钱鑫涛 刘德伟

【摘要】本文通过对几个数控中频淬火机床典型故障维修案例的维修过程分析，从PLC、数控系统以及淬火电源控制等不同角度介绍了数控淬火机床的故障维修思路。

现在越来越多的中频淬火机床采用数控系统进行控制，实现对淬火过程的自动化控制、淬火能量调控、淬火过程参数监控等。而中频电源采用IGBT作为逆变元件，由独立的中频电源控制器控制。我公司有多台数控中频淬火机床，在多年的维修实践中多次排除这些机床出现的故障，下面介绍几个典型的实际维修案例。

(1) 案例1：一台数控淬火机床执行淬火加工程序时偶尔出现停顿现象

数控系统：西门子810M系统。

故障现象：这台机床在运行自动加工程序对长轴工件进行扫描淬火时，偶尔感应圈在匀速扫描移动过程中停顿数秒，造成工件在此处过热出现融化现象。

故障分析与检查：因为故障只是时而发生，一天有时只出现一两次，人眼很难捕捉到故障现象。为此使用摄像头拍摄机床的运行画面，监控数控系统的运行，当再次出现故障时，停止拍摄，然后回放视频画面，发现在程序停顿时，数控系统屏幕上方出现英文信息显示“STOP: READ-IN ENABLE (停止: 读入使能)”，而在正常运行程序时从来就没有这条信息显示。

分析数控系统的工作原理，在运行加工程序时，PLC需要不时向NC发出读入使能信号 (READ-IN ENABLE)，西门子810M系统定义这个信号为Q87.5。使用系统DIAGNOSIS功能检查Q87.5的状态，发现在出现“STOP: READ-IN ENABLE (停止: 读入使能)”显示时，Q87.5的状态变为“0”。查看该机床PLC控制梯形图，关于Q87.5赋值的梯形图在PB2的5中，如图1所示，使用系统DIAGNOSIS功能检查标志位F245.5的状态发现偶尔变为“1”使Q87.5的状态变为“0”。关于F254.5的

梯形图在PB2的7中，如图2所示，其中Q5.5是支撑架上升PLC输出控制信号，为“1”没有问题，PLC输入I1.0连接的接近开关检测是否支撑架在上方，检查I1.0的状态发现偶尔变为“0”使F254.5的状态变为“1”，检查这个接近开关时发现其自带的连接电缆接触不良。



图 1

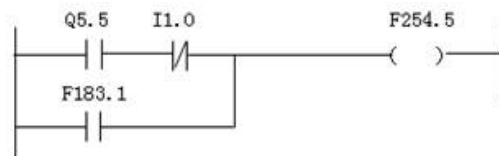


图 2

故障处理：将这个接近开关整体更换后，机床恢复稳定运行。

(2) 案例2：一台数控淬火机床出现报警“700153 TAILURE CLOSE INPUT MANIPULATOR CLIPPER (入口机械手卡爪卡紧故障)”

数控系统：西门子840D pl系统。

故障现象：这台机床在自动淬火加工过程中出现700153报警，指示上料机械手没有抓住工件。

故障分析与检查：这是一台全自动数控中频淬火机床。出现故障时，检查工件入口的抓取工件机械手，发现工件已经抓住没有问题，所以怀疑是检测回路有问题。

根据机床工作原理，接近开关S751检测机械手是否卡紧，这个开关接入PLC输入I75.1，如图3所示，利用系统Diagnosis (诊断) 功能检查PLC输入I75.1的状态为

“0”，说明确实是位置检测回路出现问题。

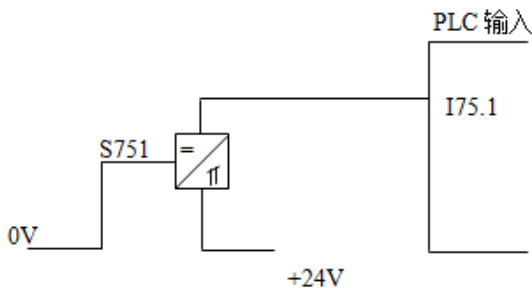


图 3

检查接近开关S751，发现这个开关并没有损坏，只不过锁紧螺母松动，使开关与被检测元件的间距变大，检测失灵。

故障处理：调整接近开关的检测间距，然后锁紧固定，这时启动循环，机床正常运行。

（3）案例3：一台数控淬火机床出现报警“25080 Axis AZ2 positioning monitoring（轴AZ2位置监控）”

数控系统：西门子840D pl系统。

故障现象：这台机床出现故障，在加工过程中出现25080号系统报警，中止加工程序的运行。

故障分析与检查：复位故障报警，重新启动加工程序，在AZ2轴运动时，发现噪音很大，然后出现25080报警，程序中止。检查AZ2轴滑台和滚珠丝杠都没有发现问题。

这是一台刚投入使用不久的新机床，怀疑AZ2轴经过一段时间磨合后，机械特性发生变化，机械惯性变小，使伺服系统产生振荡，产生噪音，而振荡过大又出现25080报警。所以为了解决问题，应该降低伺服轴的增益。

故障处理：将AZ2轴的增益机床数据MD1407从0.9调整到0.6，如图4所示。这时关闭系统，数分钟后重新启动，启动后运行机床，机床恢复正常工作，故障消除。

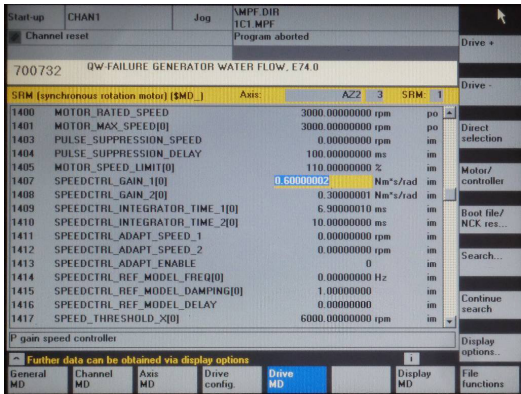


图 4

（4）案例4：一台数控淬火机床出现报警“25050 Axis A1 contour monitoring（A1轴轮廓监控）”

数控系统：西门子840D sl系统。

故障现象：这台机床在春节长假后开机移动A1轴时出现这个报警。

故障分析与检查：根据机床工作原理，A1轴控制机床顶尖轴的移动，在按下A1轴移动按钮时，屏幕上A1轴的坐标数值刚一变就出现25050报警，而且A1轴的坐标数值又恢复到原来的数值。观察A1顶尖轴，发现根本没有移动的迹象。

本着先机械后电气的诊断原则，将A1轴的伺服电机拆下，用手转动伺服电机的轴没有问题，当用手转动A1滚珠丝杠时发现阻力非常大，说明是机械故障。将滚珠丝杠拆下检查，原来由于长时间没有使用，滚珠丝杠的丝母被淬火液粘住。检查发现滚珠丝杠的密封防护出现问题，使淬火液喷到滚珠丝杠上，长时间不用，淬火液凝固便将丝母粘住。

故障处理：将滚珠丝杠进行清洗处理并充分润滑，改善密封，重新安装测试，机床故障消除。

（5）案例5：一台全自动数控中频淬火机床在自动加工时，中途停机，不能连续完成加工过程。

数控系统：西门子840D sl系统。

故障现象：这台机床在自动加工过程中，二工位淬火结束时，旋转工作台不旋转，自动加工循环中止。

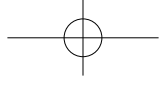
故障分析与检查：这是一台四工位全自动数控中频淬火机床，四个胎具安装在旋转工作台上，一、四工位是上下料工位，二、三工位是淬火工位，分别对一个工件的内腔和外花键部位进行中频淬火处理。观察故障现象，在循环开始时，在一工位送上一个工件，旋转工作台旋转到二工位，对工件内腔进行淬火，淬火结束后，旋转工作台不进行旋转，自动循环中止，没有报警。

切换到手动方式，然后再转到自动，这时旋转工作台转到下一个工位，但将二、三工位上的工件淬火完成后，旋转工作台又不再旋转了。

根据机床工作原理PLC输出Q12.6控制工作台旋转的驱动电机，利用系统梯形图在线显示功能跟踪查看Q12.6不得电的原因，最后检查到是数据位DB22.DBX197.6的信号状态没有变为“1”，导致二工位淬火结束后没有启动工作台旋转。

这台机床的数控系统第二通道控制二工位的淬火加工过程，而数据位DB22.DBX197.6是二通道的程序结束指令M30的译码信号。对加工程序进行检查，发现加工程序是使用M17指令结束的。原来这种工件是新型工件，在编制加工程序时没有使用M30指令结束程序，与PLC程序不匹配。

（下转第97页）



浅析发动机曲轴车车拉工艺及刀具优化方案

上汽通用五菱汽车股份有限公司青岛分公司 王刚 王禹亭 张文龙

【摘要】曲轴是发动机的核心零部件，它将活塞连杆受气体压力产生的往复运动转变为对外扭矩输出的旋转运动，并驱动发动机的配气机构及其他辅助装置。曲轴的主轴径一般使用车削方式加工，用以获得特定的形状和表面尺寸，轴径加工过程中经常伴随有崩刀、异常磨损等问题。本文针对汽车发动机曲轴轴径车车拉加工工艺及如何优化刀具结构解决崩刀问题进行了阐述。

车削是一种使用特定形状的切削刃在旋转工件表面移动切削的加工方法，是生产过程中最常见的零件加工方式。车削的切削运动工况由工件的旋转主运动和刀具的进给运动组成（见图1）。由于车削由刀具的单个切削刃沿着加工表面移动，所以刀具的几何形状及角度直接影响加工质量及刀具寿命。在某些情况下，合理的布置加工工艺及刀具选型可以有效避免刀具崩刀、降低刀具成本。

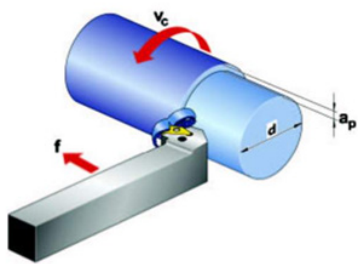


图1 车削加工

类型车刀片。开槽刀为最先加工主轴颈的粗加工刀片，刀片直接在毛坯曲面上扎入，受毛坯余量不稳定及铸造工艺分模线凸起影响，该刀片频繁发生崩刀问题，且该刀片崩刀后，毛坯余量未去除导致后工序刀片发生连锁崩刀，造成工件报废及刀具成本提高，不能满足当前生产需求。加工工艺如图2、图3所示。

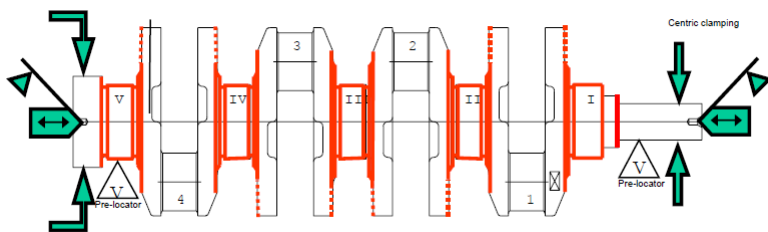


图2 曲轴车车拉工艺卡

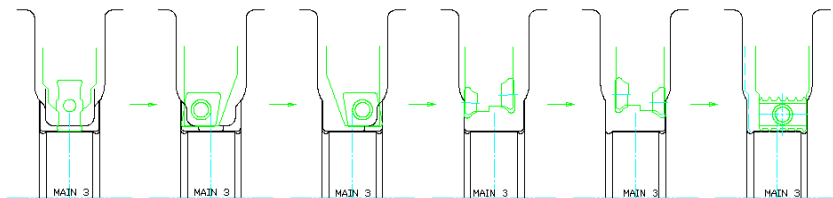


图3 刀具加工流程

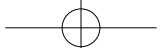
1. 曲轴车车拉工艺及存在问题

青岛发动机工厂曲轴线OP20工位为曲轴主轴颈粗加工工位，采用专用机床车车拉刀盘加工，包含开槽刀、侧壁刀、沟槽刀、拉刀等多种

2. 车车拉崩刀问题刀具优化方案

针对以上问题，从刀具切削刃受力角度分析，开槽刀粗加工刀片直接在毛坯表面上扎入，为满刃切削状态，刀片切削冲击力瞬间增大，超过刀片抗弯强度即会发生崩刀。为降低刀片切削冲击力，重新设计刀夹，选型R型圆刀片。

（1）自主开发设计一种新型车削刀夹及刀片，新形成的刀片支撑定位面为锥曲面，定位可靠性增大。



(2) 设计一种圆弧渐入式切削刃结构形式,使刀具切削初期的线接触变为点接触。

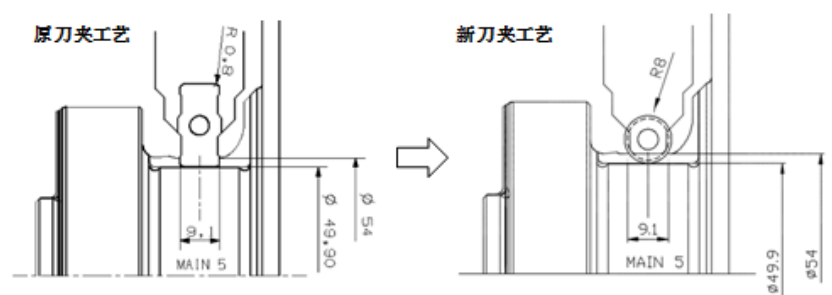


图4 刀具优化对比

通过此种设计,刀具加工时切削力曲线由跳跃增长式变为分散增长式,有效解决了毛坯面不平整导致的崩刀。新结构为360° 圆形刀片,结构简单,刀片安装方便,同时增加了刀具转角使用寿命,刀具CPU更低。



图5 刀夹结构设计及切削力对比

3.结束语

研究机加工刀具加工效率提升及刀具降成本是机械制造业刀具管理的重要课题。随着机加工自动化水平的不断提高,产品走线节拍要求越来越快,对刀具的快速调整及测量精度要求也越来越高。

针对于轴类零件的车车拉粗加工,在要求高效去除余量的同时,如果在加工过程中遇到崩刀、异常磨损等问题,可以尝试按照本文的改进方案优化刀片结构,根据产品加工工艺、刀具切削材料的特性、加工位置的形状等方面,确定适合的刀具方案,提升刀具加工寿命,降低刀具使用成本。

参考文献:

- [1] G.布思罗伊德. 金属切削加工的理论基础[M].山东科学技术出版社,1980 (09) .
- [2] 熊万武.刀具刃磨技巧[M].北京:机械工业出版社,1993 (07) .

(上接第95页)

故障处理:将二通道的加工程序结束指令M17替换为M30后,机床恢复正常运行。

(6) 案例6:一台数控淬火机床出现报警“700434 SHORTCIRCUIT IN GENERATOR (淬火电源发生器短路)”

数控系统:西门子840D sl系统。

故障现象:这台机床在对二工位工件淬火加工时出现700434报警,不能进行淬火加热。

故障分析与检查:这是一台四工位全自动数控淬火机床,一、四工位是上下料工位,二、三工位是淬火工

位,分别对一个工件的内腔和外花键部位进行中频淬火处理。两个淬火工位使用一套淬火电源发生器,通过切换分别对两个工位上的工件进行淬火。通过测试发现二工位对工件进行淬火时出现报警,淬火电源刚一启动就停止了,而三工位淬火正常进行没有报警,说明淬火电源发生器没有问题。

对淬火功率切换开关进行检查,没有发现问题。

对二工位的淬火电源反馈检测元件进行检查也没有发现问题,与三工位的电源反馈检测元件进行对换也没有解决问题,说明淬火电源反馈检测

元件也没有问题。

淬火电源功率切换开关另一端通过并联的三根水冷电缆连接到淬火中频变压器,检查中频变压器没有发现问题。

拆下水冷电缆进行检查,没有发现短路问题,但进一步检查发现有两根水冷电缆断路,而剩下的那根水冷电缆接触不良,原来是由于水冷电缆断路引起了短路报警。

故障处理:拆开水冷电缆发现是在电缆接头处脱焊造成断路。对电缆接头进行重新焊接处理。水冷电缆处理好后,安装测试,机床报警消除,恢复正常运行。□

浅谈日本著名机床厂商——OKUMA（大隈）

沈阳机床（集团）有限责任公司 祝贺 陈洪军

大隈（OKUMA）株式会社是日本著名的机床生产商，也是世界著名龙门加工中心生产商，至今已有100多年历史，生产各种通用数控车床、车削中心、立式、卧式、龙门式(五面体)加工中心、数控磨床等，并自行开发生产OSP数控装置，产品以刚性好、效率高、精度稳定、寿命长、操作方便而著称，深得世界各地用户好评。

经营数据

截至2020年底，大隈营业收入1233.9亿日元（约合人民币80.2亿元），比2019年同期减少28.3%，营业利润48.2亿日元（约合人民币3.13亿元），比2019年同期减少67.9%（见图1）。截止2020年9月，大隈在全球拥有3859名员工，人均营业额0.32亿日元（约合人民币208万元）。

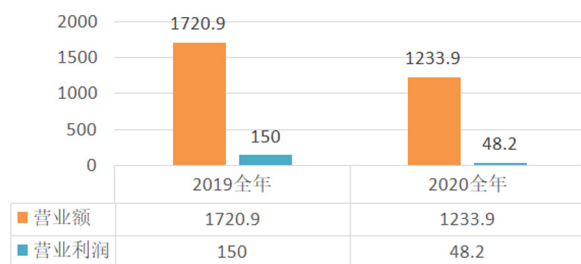


图1 2019、2020年经营业绩（亿日元）（参考汇率：100日元≈6.56人民币）

2017年初至2020年四季度，大隈营业额基本呈现先增后减再逐步上升的趋势，2019年一季度受全球疫情影响，呈现下降趋势，2020年二季度开始，随着中国市场的恢复，呈现上升态势（见图2）。

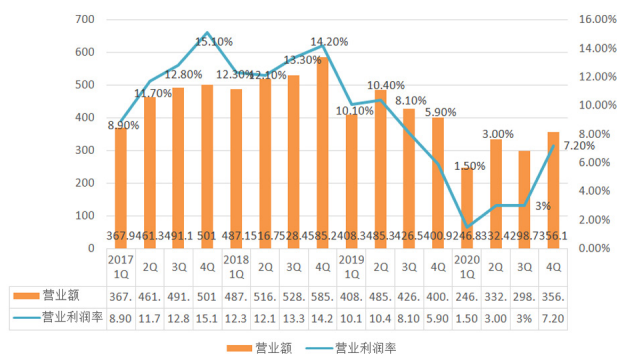


图2 2017~2020年经营业绩趋势图（亿日元）（参考汇率：100日元≈6.56人民币）

从大隈的全球布局来看，主要市场仍是日本本土，从2018年起呈现下降趋势，2020年二季度起呈现回暖趋势，订单额119亿日元（约合人民币7.74亿元），占订单总额的40%。美洲、亚太、欧洲区域基本呈现平稳态势，除了美洲之外均在2020年二季度时间点有所回升，这跟全球疫情的得到一定程度的控制有关（见图3）。产品类型方面，加工中心比例达到52%，是大隈的主打产品，28%服务于通用机械，24%服务于汽车，18%服务于半导体精密仪器（见图4、图5）。

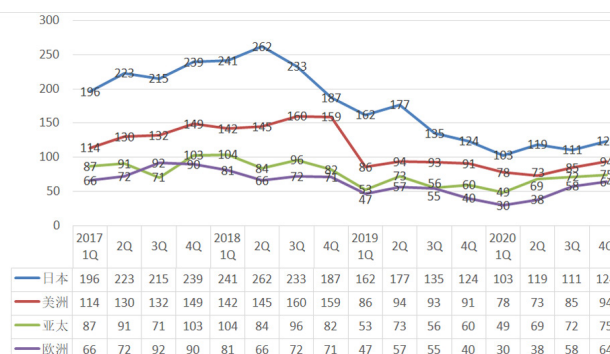


图3 2017~2020年订区域订单额趋势图（亿日元）（参考汇率：100日元≈6.56人民币）

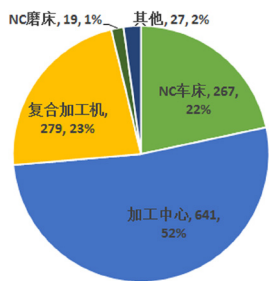
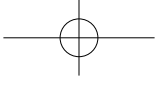


图4 2020全年订单类型占比 (亿日元)

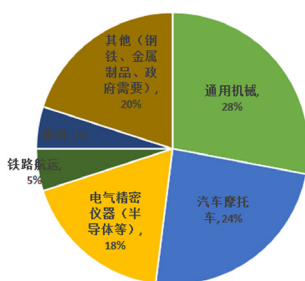


图5 2020全年服务行业占比

管理战略

(1) 营销战略

新冠疫情后,大隈在推行全球视野远程会谈、举办WEB展示、扩大客户体验的同时,开始扩充国内外销售服务据点,在当地代理公司成立分公司,强化海外销售网,开拓市场。

(2) 技术战略

大隈积极加速数字化应用,搭载独有的AI智能化技术,推进智能机床的研发,充实自动化无人化系统,为实现低碳社会,应对环境保护,承担社会责任。

(3) 制造战略

在智能工厂领域,大隈推进自动化无人化的技术革新,改进生产工艺,实现多品种少量的生产自动化,降本增效,同时建立稳定可靠的供应链基础。

技术特色

大隈是比较少有的机电一体化机床制造企业,利用自身的优势,创造了五大智能化技术,包括:热亲和技术、五轴调和功能、防碰撞系统、加工导航系统和伺服导航,其中,前四项是“only one”(独一无二)技术,是大隈核心竞争力的体现。

(1) 热亲和技术

热亲和技术的开发背景源于大型模具加工,许多工件要分区域加工,而且每个区域加工的时间很长,可能导致两个区域之间产生段差。大隈的热亲和概念并不是简单的电气补偿,而是基于设计这个层面,使热变形在不同温度下,是可以预见的。这是除补偿之外,热亲和概念更为突出的一个重点。

整个热亲和技术包括硬件和软件,因为大隈自行开发机床和数控系统,可以从设计结构上,让机床的床身、立柱等每个影响精度的部件都尽量响应热亲和概念。机床的热变形会有许多形态,有温度骤降的形态,也有温度缓慢提升的形态。大隈基于在工厂里长期、大量的数据采集分

析,把各种形态的热变形均纳入热亲和概念这个系统中。

(2) 五轴调和功能

这是大隈最新推出用于五轴加工中心的技术。五轴联动机床比三轴多了两根旋转轴,多了两个误差,随着机床状态的变化,如机床安装时水平的状态、调试的精度状态及地基的变化等都会投射到这些轴上,对加工精度的影响比三轴要更大一些。由于用户对工序的集中度(即一次装夹、在一台机床上完成尽可能多的工序的加工)的需求逐渐增加,使得五轴加工中心的使用范围变得越来越广泛。大隈抓住了这个时机,认为有必要开发五轴精度维护的功能。

五轴机床的精度是很难人工调整的,有了大隈的五轴调和系统之后,无论机床状态出现什么变化,都可以进行补偿,把它恢复到一个比较理想的工作状态,从而保证加工精度。大隈的五轴调和系统能实现11个项目的补偿,而且使用方便,画面均是对话框形式,任何水平的操作者,都可以很简单地根据系统设定的程序来完成操作。五轴调和系统这11个项目的补偿,是大隈自身优势的体现,更是其他五轴加工中心无法比拟的。

(3) 防碰撞系统

该系统是为避免因操作失误引发机床产生撞击而设计。一旦操作者操作失误,机床会借助于防碰撞系统自动停机。

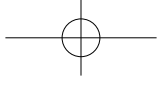
(4) 加工导航系统

用户在加工时,由于加工状态或刀具状态不匹配就会产生振刀现象,振刀会影响工件表面的质量和刀具寿命等诸多方面。

针对振刀问题,一般用户会对加工条件进行许多尝试,如提高主轴转速、或降低进给速度等。而加工导航系统的功能是根据工件的加工状态,为操作人员提出加工建议,以便尽快找到最合适的加工方式。在日本的用户中,加工导航系统很受欢迎,实际应用也非常多,因为它可以大大提高生产效率,提高操作者的能力水平。但是在中国市场,由于各种各样的原因,这个系统并没有更多地被中国用户所了解和选用。

(5) 伺服导航

伺服导航的设立可以应对机床的两种工作状态:一是对于轻的工件,可以让它走刀更快,加工效率更高;对于重的工件,可以让它走得更慢,加工质量更高。运用机床伺服导航,自动对工件称重,从而选择最合适的伺服参数和机床运行状态。二是如果机床长期使用之后,传动部件会有磨损,造成机床运动状态变化。伺服导航可以针对机床的磨损和运行情况,自动设定最合适的伺服参数和状态,有助于长期维持机床的加工精度。



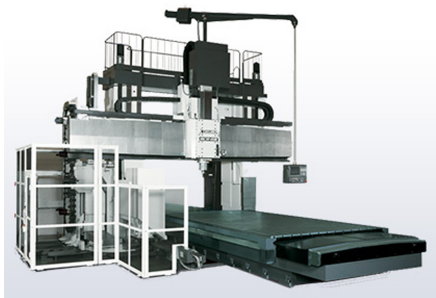
典型产品线

(1) 五轴数控立式加工中心 MU-V系列



MU-V系列采用坚固的门式结构和高刚性主轴部件，可确保足以媲美3轴加工中心的高刚性。5轴自动调整系统可自动调整5轴控制加工中心的各轴运行时产生的误差，将环境变化和主轴发热引起的精度变化控制到最低限度，实现高精度。

(2) 五轴龙门加工中心MCR系列



该系列方形立柱的龙门结构，对上下左右以及扭曲等的负荷具有足够的刚性，耐强力切削，能够确保高精度。横梁升降导轨面可确保足够的长度，无爬行运动可确保精度寿命。主轴头导轨是宽幅的高刚性矩形断面形状，并且通过横梁上的自重平衡装置支撑，由此可以获得高速高精度的运动与高质量的加工面。工作台和工件的重量全部由淬火磨削而成的导轨面上的滚柱轴承支撑，避免受工件重量变化的影响，可实现轻快流畅的运动

及准确的定位。通过更换型号丰富的主轴头，即可实现多样化的加工。通过自动装卸主轴头(AAC)，不但可以更换刀具(ATC)，还可以处理多种工序自动运转，提高生产率。在工作台中间铺设了驱动部件(滚珠丝杠)与窄导轨，可长时间保持稳定良好的直线运动。

(3) 复合加工中心MULTUS U系列



机床具备超大加工范围，适合铣削较多的复杂形状零部件加工。具备同级别最大Y轴行程并采用了灵活的高刚性立柱移动式结构，实现Y轴全程高精度强力加工。依靠B轴240°的超大旋转范围，使主轴和对向主轴拥有同等的加工区域。

NC-B轴规格中的B轴驱动采用零反向间隙的滚子齿形凸轮，实现高精度5轴联动。标准配置采用了主主轴和对向主轴均可实现精密分度的高精度C轴，可完成复杂形状工件的高精度加工。此外，支持强力铣削的机床支撑结构，使高精度和高效率加工同步实现。

车削功能是一项利用铣削主轴实现车削加工的OKUMA独有的功能。为使刀具的刀尖始终面向铣削主轴圆周运动的轴心，对进给轴圆周运动和主轴分度角度进行同步控制，通过倾斜B轴实现倾斜轴的车削加工。此外，使用1把刀具可加工所有直径，也可实现超出最大刀具直径的内外径加工。

(4) 数控车床LB EX系列



倾斜箱式床身结构，确保卓越的热稳定性和高刚性，采用OKUMA独特的机床设计和热位移控制技术，确保长时间连续运行的尺寸稳定性，多任务、副主轴的前后面加工，无需补偿或热机进行Y轴加工，且可实现完全的工序集约，不规则工件也能一次装夹完成全加工。

社会责任

(1) 自营工厂Dream Site 积极发展节能化



自营工厂DS1的墙面和屋顶分别铺设了约500块和3800块太阳能发电板。DS2厂内空调全部采用地热能。除此之外，还通过在外墙上铺设强效隔热板，使用LED照明，使用变频器控制空气压缩机，采用电动热泵等推进节能，相比以往能源成本进一步降低30%。

(2) 推动研究和教育

2017年4月，为促进机床工学的研究和教育，OKUMA株式会社与国立大学法人名古屋大学达成共识，在该大学设立“OKUMA机床工学馆”，并于2020年4月开始运营。此次，在全球制造业中心的名古屋设立“OKUMA机床工学馆”，旨在促进加强机床相关的基础研究，培育更多在全球发挥积极作用的人才。□