

CIMT2025招展工作全面启动

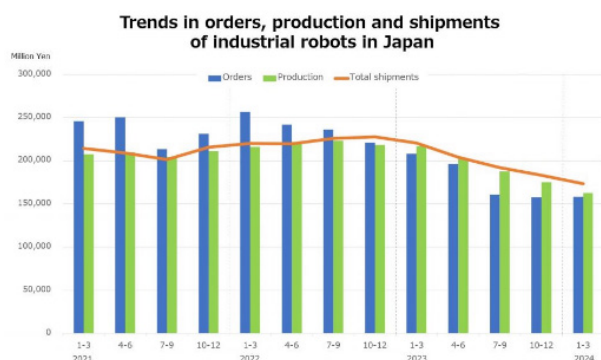
由中国机床工具工业协会主办并与中国国际展览中心集团有限公司共同承办的“第十九届中国国际机床展览会（CIMT2025）”，将于2025年4月21~26日在北京顺义·新国展二期（暂定名）举办，预计展览总面积21万平方米。

目前，展会的招展工作已全面启动。请各展团和有意向参展的企业登录展会官网www.cimtshow.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）》杂志发布的相关信息。

2024年第一季度日本工业机器人产量创10年来最大降幅

4月25日，日本机器人协会（JARA，会长：发那科社长兼首席执行官山口賢治）公布了2024年前三个月工业机器人新订单和产量的会员数据。

新订单同比下降24.0%至1,582亿日元，连续第六个季度同比下降。产量也连续第四个季度下降，下降25.0%至1,626亿日元。无论是订单还是产量都没有见底的迹象，产量的季度降幅是近10年来最大的。



总出货量同比下降21.5%至1,732亿日元，总出货量同比下降31.7%至45,535台。这是总出货量连续第四个季度同比下降，单位出货量连续第五个季度同比下降。日本汽车行业的出货量仅略有下降，但由于半导体行业低迷，电机行业的出货量大幅下降。

出口总额同比下降27.3%至1,202亿日元，出口数量同比下降36.5%至29,772台。除了对中国的出口缺乏动力

外，焊接应用的出口总额也大幅下降。

在COVID-19和地缘政治紧张局势等各种风险的背景下，全球对自动化的需求不断扩大。然而，即使今年过去了，一些应用的投资和全球经济的不确定性仍然继续严重影响增长前景。

天田工程推出DX支持系统“AIDA Data Analytics System AiCARE”

针对冲压加工，天田工程开发了DX支持系统“AIDA Data Analytics System AiCARE”。它配备了一个应用程序，可以使用独特的方法分析公司压力机的负载等运行数据，并持续监控模具的状况。它可用于预测模具的寿命，该寿命先前是根据累积的冲压次数和加工后工件的状况确定的。由于同一模具的状态会根据其使用方式而变化，因此有助于优化维护时间，稳定加工质量并降低维护成本。

利用U.S. Open AI开发的对话式AI ChatGPT，公司还建立了一个功能，可以回答有关冲压加工方法的问题，包括AIDAENG积累的技术知识。AIDAENG已开始接受该DX支持系统的订单，作为MSP等高速压力机的标准设备。它将预装通信设备和其他设备，并将作为订阅（统一费率）服务提供。

广汽埃安电动汽车品牌进军印尼市场

广汽埃安是中国汽车巨头广州汽车集团有限公司（GAC）的四家子公司之一，在国内该品牌与比亚迪和特斯拉竞争，其存在受到广汽埃安新能源汽车有限公司与Indomobil集团签署分销协议的约束。Indomobil集团总裁透露，初期阶段即今年将在印尼推出至少两款产品，预计将于2024年7月开始（GHIAS 2024），然后到年底将立即使用CKD（完全散装）生产。这两款车型分别是广汽Aion Y Plus和Hyper HT。

DMG森精机在三重/伊贺开设新工厂，集中加工内部零件

DMG森精机将在伊贺办事处（三重县伊贺市）设立新工厂，并逐步引进同样的5轴加工中心（MC）。总投资额约为55亿日元。对于某些零件，与传统方法相比，加工时间减少了约三分之一。公司已建立了自己的生产技术，并

正在扩大内部零件加工工艺的整合。这不仅可以提高生产力，还可以有效利用管理资源，从而提高竞争力。

新工厂引进了超大型5轴MC“DMU1000SE”。兼容最大长13米×宽3.5米×高2.5米的工件。全罩式结构，切屑等不会飞散到机外，可安全加工。自动换刀装置（ATC）可存储243把刀具。配备两个工件设置工作台，可以提高设置工作的效率。

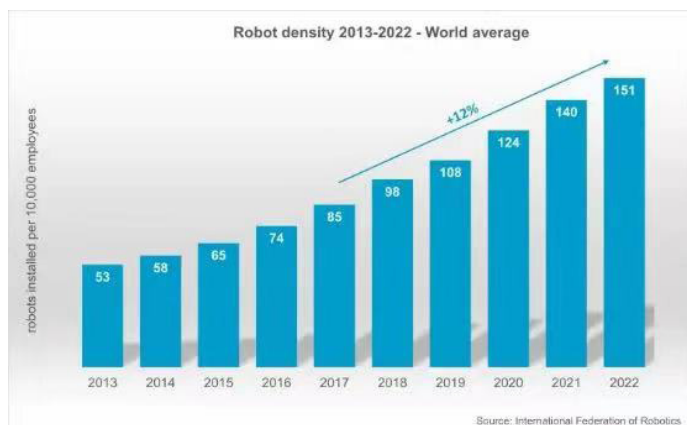
新工厂总建筑面积5,616平方米。为了安装5轴MC，挖了一个约2米深的坑，并注意使工作台的顶部几乎与地面齐平。一台5轴MC已投入运行。第二台机器于5月份全面投入运行，以前由五台五面加工机进行的铸件切割将合并到两台MC机器上。

公司还计划在2025年推出第三台5轴MC。磨削规格已改变，大型铸件的磨削工艺过去由四台其他公司生产的大型磨床完成，计划将逐步由一台MC代替。三台MC安装完毕后，预计年产铸件能力约为14,000吨。

国际机器人联合会发布最新机器人密度

据国际机器人联合会（IFR）2024年1月在法兰克福报道，2022年工业机器人装机量快速增长，全球在役机器人保有量创下390万台的新纪录。按机器人密度衡量，自动化程度最高的国家依次是：韩国（1012台/万名员工）、新加坡（730台/万名员工）和德国（415台/万名员工）。数据来自于IFR发布的《2023年全球机器人报告》。

国际机器人联合会主席Marina Bill表示：“机器人密度反映了全球自动化状况，使我们能够对各地区和国家进行比较。全球应用工业机器人的速度令人印象深刻：最新全球平均机器人密度创历史新高，达到每万名员工151台机器人，是六年前的两倍多。”



日立收购德国MA微型自动化加速机器人SI业务全球扩张

日立4月27日宣布，已签署股票购买协议，将以7150万欧元收购德国系统集成商MA微型自动化的全部股份，交易预计将于2024年下半年完成，尚待各国监管部门批准。

MA micro自动化是一家成立于2003年的系统集成商，其主要客户是医疗器械制造商，其优势在于构建用于医疗零部件生产的自动化系统，主要是隐形眼镜和体外诊断耗材。

通过此次收购，日立旨在扩大其在医疗领域的业务，特别是在欧洲市场。日立于2019年收购了美国JR Automation，并于2022年成立了日立自动化(日本东京；新井美帆社长)，负责整个机器人系统集成(SI)业务。近年来不断加强的机器人SI业务的全球扩张将进一步加速。

日立副总裁兼执行官、工业数字业务部首席执行官森田和信表示：“总部位于欧洲、提供高科技能力的机器人SI服务的MA Micro自动化公司已加入我们的集团。我们打算与JR Automation和日立自动化一起增强我们的全球竞争力”。

安川电机报告创纪录的销售额并为2024年底趋势做好准备

安川电机4月5日在日本北九州总部召开新闻发布会，公布截至2024年2月的财年（2023年3月~2024年2月）财务业绩。

采用国际财务报告准则（IFRS），公司净销售额同比增长3.5%至5,756.58亿日元，营业收入同比下降3.0%至662.25亿日元，归属于母公司所有者的净利润下降 同比增长2.1%至506.87亿日元。恢复正常生产使公司清理了积压订单，销售额创历史新高，但养老金计划的变化和出售未使用的房地产导致利润下降。

机器人业务销售额同比增长4.8%至2,346.8亿日元，营业收入同比下降3.7%至251.49亿日元。2024财年的优先行动项目包括扩大去年推出的“MOTOMAN NEXT”的销售。

截至2025年2月的财年，该公司预计净销售额将同比增长0.8%至5800亿日元，营业收入将同比增长5.7%至700亿日元，归属于股东的净利润将增长 母公司利润同比增长6.5%至540亿日元。小川社长热情地说：“自动化需求强劲，未来半导体相关需求可能会迅速增长；我们预计经济将在2024年下半年至2025年复苏，我们打算做好充分准备，同时在控制生产方面保持领先地位”。

立足新型工业化 实现高质量发展

中国机床工具工业协会 毛予锋

随着第四次工业革命的到来，大量新技术不断涌现，对经济范式的重新建构将产生哪些重大影响，引起了世界主要制造国的极大关注。经济增长动能的减弱和三年新冠疫情，使世界经济运行中的各种短期问题和长期矛盾交织叠加，加之地缘政治问题，国际政治经济形势更加严峻复杂。世界经济秩序在动态中不断调整，全球经济新格局正在形成，全球价值链结构化的分工体系正加速重塑。新型工业化是中国政府构筑制造业升级的重要战略之一。

一、新型工业化提出的逻辑背景

新型工业化概念始于2002年党的十六大报告，党的十七大报告、十八大报告、十九大报告都对新型工业化进行部署。党的二十大报告提出，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国。

工业化水平不断提升是经济发展和实现现代化的重要标志。新世纪以来，党和政府审时度势，提出了走新型工业化道路，不断探索新型工业化模式。

根据党的二十大报告，推进新型工业化已经成为“十四五”以至2035年指导我国经济发展和全面建设社会主义现代化国家的战略任务之一。

新型工业化的逻辑起点是国家自主创新能力的重构，有着深层次的国内、国际背景。

一是从国内经济发展趋势看，利用低成本比较优势的传统工业化优势已逐渐减弱，需转向发挥技术创新优势的新型工业化道路。中国工业发展在全球价值链分工中要实

现从较低附加值向较高附加值的转变，主要产业和关键产品要具有较强的国际竞争力。

二是新一轮科技革命和产业变革的影响正在显现，世界各国都在抢占科技革命制高点。一些重大科技突破和发展对产业链供应链的影响已上升到国家战略安全的高度来认识 and 对待。

三是全球政治经济格局发生深刻变化，全球产业链加速重塑，产业链供应链多元化、分散化、本地化和区域化趋势明显。经济和贸易的意识形态化有所抬头。

因此，新型工业化的逻辑起点是利用自身研发实力进行原始创新类型的自主性突破，并实现技术与市场的精准对接，研发与应用的交互迭代，不断提高技术的可靠性，这是后发国家发展定位的再审视。

面对世界百年未有之大变局，中国必须推进新型工业化，作为工业母机的机床工具，将为制造业转型升级提供物质基础和技术保障。

二、新型工业化引起的变化

随着新型工业化向纵深推进，将对行业发展产生深远影响，引起深层次的变化。

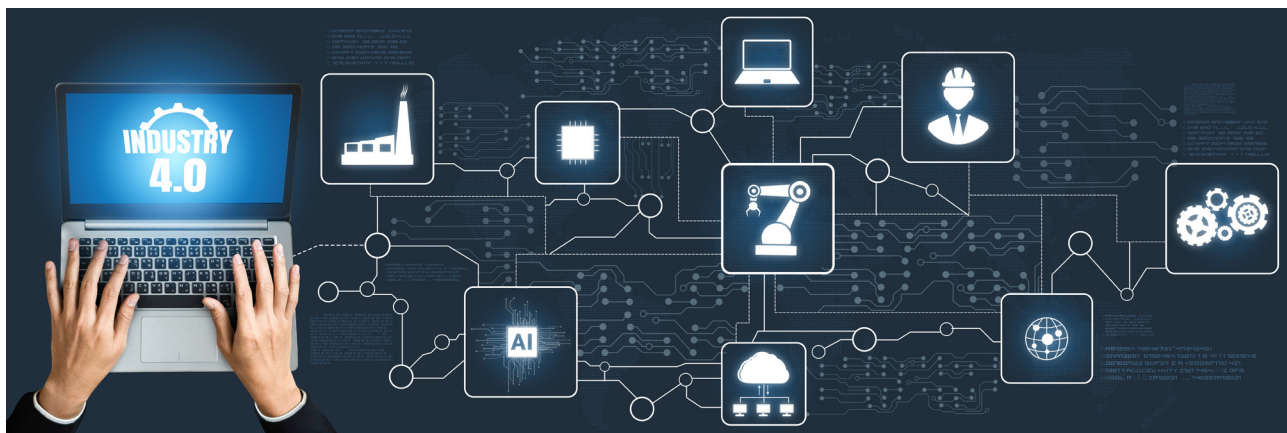
1. 对机床需求产生影响

从2009年以来，中国持续保持机床消费、生产、进口第一大国位置，中国机床消费占全球的35%，生产占全球的30%左右。制造业的发展使机床需求呈现新的特点：需求结构显著变化、需求水平加速升级。

推进新型工业化将加快改造提升传统产业。今年3月，

国务院印发关于《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》的通知，将为行业带来新需求。

推进新型工业化将培育新兴产业、布局未来产业。新能源、新材料、智能网联汽车、高端装备、生物医药及高端医疗装备、安全应急装备等新兴产业将为行业带来新需求；类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等引领的未来产业将为制造业提供新的应用场景。



应对自动化和高效加工需求以及强化远程响应能力的需要，数字技术将贯穿机床工具产品的全生命周期，与机床制造业深度融合，实现数据驱动的产品开发与技术创新，并不断迭代升级。实现机床工具产品设计、加工工艺与仿真、生产过程、生产管理、车间（工厂）管理等场景的数字化。

3. 生产方式变化

随着新型工业化的蓬勃兴起，制造业的发展模式将发生深刻变化，智能制造成为制造业生产组织方式的核心，并推动制造业产业模式和企业形态根本性转变，自动化和智能制造单元、更多的少人化或无人化车间、智能化工厂将不断涌现。

机床行业既属于制造业，又为制造业提供工作母机，必然要随之迈入智能制造。智能制造贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，涉及到软件、硬件、人才、管理等多方面的转型升级。

机床产品是加工技术和工艺的一种重要载体，越来越呈现出数字化的特征，未来的每一台机床都将配有通讯接口，可成为数字化的终端。

解决数控装备的互联互通，扩大互联网连接和数据利用，促进机床工具产品向数字化、智能化升级将成为发展趋势。

2. 技术变化

随着云计算、大数据、新一代互联网、物联网、人工智能、区块链、虚拟现实、智能机器人、3D打印等新一代数字技术的成熟，这些技术已经能够在工业领域获得日益广泛的应用，呈现出数字技术与制造技术深度融合的趋势，催生个性化定制、智能化生产、网络化协同、服务型制造等新模式、新业态，以及智能制造、绿色制造，促进制造业发展模式加速变革。

随着数据的大量积累和使用，将不断催化和重构生产要素，数据的驱动作用将日益增强，大幅提升全要素生产率。

三、新型工业化对机床行业提出的要求——创新驱动，高质量供给

工业化要从低水平的规模型扩张转向高水平的质量效益型发展，实现这一转变必须依靠创新驱动。

“创新驱动，高质量供给”是新型工业化对机床行业提出的要求。我们可以从产业层面和行业企业层面进行解读。

1. 产业层面：实体经济、科技创新、现代金融和人力资源“四要素”协同

党的十九大报告提出，“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段”“以供给侧结构性改革为主线，提高全要素生产率，着力加快建设实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的产业体系”。从要素协同的角度，明确了高质量发展阶段，现代化产业体系的发展方向。

科技创新是推动高质量发展的重要引擎，实体经济体系建设需要科技创新支撑，无论是传统产业改造升级，还



是新兴产业培育，或是未来产业布局，都离不开先进技术的迭代更新。

本轮政府机构改革和科技体制改革，是根据生产力发展的需要而进行的调整，旨在完善社会主义市场经济下的新型举国体制，更好发挥政府在关键核心技术攻关中的组织协调作用。推进新型工业化，需要在关键核心技术创新上持续加力发力。关键核心技术往往表现为产业共性技术，对产业技术发展起着决定性作用，解决“卡脖子”难题。

2.行业层面：产业链、创新链、资金链、人才链“四链”深度融合

“四链融合”是建立现代化产业体系中的最根本和核心问题，是现代经济增长中生产要素按什么机制进行有效配置的问题。

“四链融合”的前提或基础，是要厘清市场和公共问题的边界（技术创新活动与科学创新活动的划分），并在此基础上确定好企业与政府的不同职能和作用，进一步构建“四链”深度融合的机制。

如这些问题如何推进和改进都值得关注：金融领域要进行更多的创新，大力发展资本市场，发展直接融资市场。实体经济部门要增加直接融资的比例，以此支持

技术创新；提高产业经济部门的劳动者收入和福利待遇水平；拓宽“独角兽”、“隐形冠军”、“专精特新小巨人”企业融资渠道，降低融资成本；改变教育体制和教育形式，为顶尖人才的成长提供宽容的环境和空间。改革重大科技项目立项和组织管理方式，让优秀青年科技人才承担制度改革的领军人物。创造人才辈出的教育和创新环境，把最合适的人才配置在最需要的创新岗位上；搞对经费管理和成果分配的激励约束机制，激发人才的创新积极性和主动性。这些都是行业创新发展要解决的一些问题。

产业链与创新链融合、产业链与资金链融合、产业链与人才链融合、创新链与资金链融合、创新链与人才链融合、资金链与人才链融合都有其深刻的内涵。

3.企业层面：关注五个成熟度要求，完善五个体系建设

科技革命和产业变革，与产业基础、行业创新程度和企业的准备程度密切相关，从基础研究到工程化研究再到企业应用研究，最终实现产业化，这中间的每个步骤和环节，都要经历一系列的实验和中试验证，付出艰辛的努力，花费大量的精力、时间和资金，而且还不一定成功。因此“加强企业主导的产学研深度融合，强化目标导向，

提高科技成果转化和产业化水平。”就显得尤为重要。构建企业主导的产学研深度融合创新体系，就要对技术成熟度、制造成熟度、市场成熟度、业务成熟度和组织成熟度给予极大关注，相应的就要构建与创新驱动相适应的技术体系、制造体系、市场体系、业务体系和组织体系。

落实推进新型工业化，要强化企业科技创新的主体地位，突出企业主导的产学研高效协同，以及科技成果转化的产业化，实现可持续发展。企业要实现创新驱动的发展路径，就要对创新要素和相应的体系建设给予必要重视。营造创新环境和政策支持，如企业研发费用加计扣除等税收优惠政策，在企业布局建设更多国家级创新平台等。

4. 新型工业化产业布局，要求机床行业高质量供给

机床是技术和工艺载体，是用户的工艺师，是技术密集性、技能密集性和资本密集性产业。作为典型的离散型制造，中高端产品制造过程中的管理密度和强度也会随之增强。

制造业是国家竞争力的坚实基础。机床产业关乎制造业竞争力，对部分高端制造资源配置起“锚定”和杠杆作用。

这也是近年来高端数控机床与芯片上升到国家战略高度的一个原因，是现代化产业体系的核心枢纽和制高点。

今年的《政府工作报告》提出，大力推进现代化产业体系建设，加快发展新质生产力。充分发挥创新主导作用，以科技创新推动产业创新，加快推进新型工业化。积极培育新兴产业和未来产业。

巩固扩大智能网联新能源汽车等产业领先优势，加快前沿新兴氢能、新材料、创新药等产业发展，积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎。制定未来产业发展规划，开辟量子技术、生命科学等新赛道。

这些领域明显的或潜在的需求对供给端提出了高质量供给的新要求，将为机床工具行业带来新的需求和发展动能，如何发挥对制造业高质量发展的支撑作用，既是机床工具行业企业自身高质量发展的内在要求，也是产业基础高级化的重要一环。

在“分化、竞争、断链、聚合、重构”成为变局时代阶段性主线的大背景下，在全球制造业不断转移、区域化和本地化的背景下，新型工业化是中国经济转变发展方式的需要，是自身制造业转型升级的需要。中国机床工具企业要充分利用国内国际双循环契机，积极践行“引进来”和“走出去”的发展之路，加强战略互利合作，增强高质量发展动力，拓展高质量发展格局，立足新型工业化，与中国制造一起实现高质量发展。

中国的新型工业化和高质量发展，催生新的需求，将为世界机床产业发展带来新的市场机遇。□



彰显新活力，机床工具行业 迎来科技创新黄金时代

—— CCMT2024展会综合报道

机床协会传媒部 兰海侠

春光显赫，万物笙歌。第十三届中国数控机床展览会（CCMT2024）于2024年4月8日，在上海新国际博览中心盛大开幕。展会由中国机床工具工业协会主办，并与上海市国际展览（集团）有限公司共同承办。因疫情原因CCMT展会连续停办两届，时隔6年再次重回上海的CCMT2024积蓄了业界更多的成长与希冀，新技术、新产品、新业态在CCMT2024得以充分彰显，本届展会也成为见证行业转型升级、助推行业高质量发展的一场行业盛事。



CCMT2024吸引了来自28个国家和地区的近2000家机床工具企业同台竞技。德国、日本、瑞士、美国、西班牙、韩国、意大利、法国、捷克、印度、中国台湾地区和香港地区等12个国家和地区的机床工具行业协会和贸促机构组织展团参展，众多全球知名机床工具企业携其最新技术和产品悉数到场。

CCMT2024以“聚焦——数字·互联·智造”为主题，展示机床工具行业在数字化、互联互通、智能制造、高效加工方面所取得的最新成果，也体现了全球机床工具行业正以更坚定的步伐、更清晰的方向，迈向更加广阔的未来。本届展会是在中国经济进入新发展阶段，以科技创新推动产业创新，发展新质生产力，推动行业高质量发展的时代背景下举办的。CCMT2024的召开，恰逢其时，汇聚业界的智慧和力量，共同探寻机床工具行业未来发展新的增长动能和发展路径。

CCMT2024得到政府部门、国内各界 以及国际相关领域高度关注

4月8~12日，为期5天的CCMT2024，得到了政府部门以及国内各界的高度关注与参与。教育部原部长、中国工程院院士周济先生，原国务院派驻国有重点大型企业监事会主席贾成炳先生，工业和信息化部原副部长苏波先生专程出席开幕式，并参观展会。工业和信息化部装备工业一司司长王卫明先生、一级巡视员苗长兴先生，国家发改委、科技部、工信部、商务部、国防科工局等有关部门的领导，以及北京、上海、天津、广东、湖北、江苏、浙江、山东等地方政府相关部门的领导出席展会开幕式，或参观展会。中国机械工业联合会会长徐念沙先生、中国重型机械工业协会常务副理事长景晓波先生、中国铸造协会会长张立波先生、中国通用机械工业协会副会长兼秘书长孙放女士、中国液压气动密封件工业协会副秘书长刘伟林

先生、上海市国际贸易促进委员会副会长顾春霆先生、全国会展业标准化技术委员会秘书长陈峰先生等行业组织负责人出席开幕式，或参观展会。

CCMT2024也得到了各国家和地区机床工业协会及相关行业组织的广泛关注与大力支持。德国机床制造商协会、日本机床制造商协会、美国机械制造技术协会、欧洲机床工业协会、瑞士技术产业协会、意大利机床机器人及自动化制造商协会、韩国机床制造商协会、西班牙先进数字化机床制造商协会、捷克机械工程技术协会、俄罗斯机床协会、日本国际贸易促进协会、台湾区机械工业同业公会、台湾区工具机暨零组件工业同业公会等机床工业协会及相关行业组织负责人参加开幕式，并参观展会。

CCMT2024展会吸引了众多专业媒体及社会媒体的深度参与、广泛报道。中央电视台新闻频道以“工业母机”更新换代为主题用时3分半钟报道了CCMT2024召开的盛况。《经济日报》、《21世纪经济报道》、《第一财经》、中新社、央广网、央视网、人民网、环球网、第一财经电视台、东方财经电视台、《每日经济新闻》、《中国工业报》、腾讯视频等数十家主流媒体、视频号、网站等均对CCMT2024进行了报道。

CCMT2024展会规模、观众人数创历史新高，专业观众、海外观众均有效提升

CCMT2024是停办两届、相隔6年后的再度举办，因而受到了境内外机床工具界、产业链上下游制造厂商及用户领域更加热切的期盼。特别值得关注的是，本届展会首次使用上海新国际博览中心全部17个室内展馆，展会总面积达20万平方米，成为迄今为止中国乃至亚洲最大规模的机床工具专业盛会。

CCMT2024展会规模创历史新高，观众数量同样创历史新高。根据展馆门禁系统实际数据统计，CCMT2024展会4月8-12日累计进馆239318人次，与CCMT2018相比增长39.81%；累计进馆209459人，与CCMT2018相比增长66.60%；其中观众进馆124695人，与CCMT2018相比增长58.49%。

据参展商反应，本届展会专业观众占比非常高，海外观众身影频现，很多用户都是带着采购意向来实地考察设备、洽谈合同，也有很多专业技术人员到展览会现场参观，零距离深入了解机床设计、制造和应用中的关键技术。CCMT2024展会现场，观众人气火爆，诸多新品、首发产品备受关注，展机前驻足观看者络绎不绝，咨询了

解、洽谈合作随处可见，展品讲解员和商务洽谈人员在接待高峰期会分身乏术，各参展商洽谈区经常座无虚席，整个展会呈现出盎然商机。



展会期间，展商洽谈、签约，战略合作签署活动诸多，很多展商对参展效果给予高度肯定，下面是部分展商公布的现场签约以及开展战略合作情况。通用技术集团共接待了4000余家境内外客户，累计签约金额突破7亿。秦川集团累计签约合同和意向合同金额近1.2亿元。武重集团与船舶领域重点用户新签12.5米数控重型双柱立式铣车床项目，该项目是采用三维技术设计而成的新型机床。广州敏嘉公司与北京客户签约SMK1503A数控内螺纹磨床订单，与山东客户签约SWM1507A数控外螺纹磨床订单。济南二机床分别与华中数控、博俊科技、华晟复材签署战略合作协议。创世纪集团与广州霍鸿智能装备有限公司等6家企业分别签署了战略合作协议，与广东中泰、大前机床（江苏）共同签署了三方战略合作协议。瑞士托纳斯和浙江用户签订60台Swiss DT数控车床，重点用于汽车领域。达诺巴特集团与风电领域用户银川威力传动就重型立

式磨床千万级设备引进项目签约，包含机床主机、附件、服务和技术解决方案的定制开发；与半导体加工新兴机床企业湖南宇晶举办了索拉露斯落地镗铣床设备交付仪式，等等。

国内展品进步显著：高精、高效、复合化水平迈上新台阶，数字化、智能化持续深入赋能制造

近年来，国产机床工具产品水平整体迈上了一个新的台阶，这一点在CCMT2024展会上表现明显。国产机床展品在高精度、高效率、复合化水平上有了显著提升，其中五轴机床展品基本形成普及，并且很多展商的五轴展品已经形成系列化，涵盖各种机型；国产复合机床展品也大幅度增加，涵盖各种工艺类型的复合加工机床、多主轴多工位加工机床、组合机床等高效加工设备，并且很多高端复合加工机床展品不再停留在样机生产水平，已经能够实现批量化生产；同时，机床工具企业致力于研发数字技术产品，各种数字化解决方案日趋成熟，成为近年来发展最快的技术，国内展商展出的主流展品都已经具有数字化、智能化的功能与特征，国产柔性加工单元、智能产线展品数量增长明显，也代表了未来行业的发展方向。

此次参展面积最大的通用技术集团携20台（套）高端数控机床主机和智能产线，各类关键功能部件，量具量仪等数智新品参展，其中五轴及复合加工类机床6台、智能产线3台，75%的展品为首次展出。其主推的RAFP20/L30机器人式铺丝机拥有伺服送丝控制、张力PID控制、机器人高速动态响应、铺带头快速更换等自主核心技术，是碳纤维复合材料构件自动化生产的国产化解决方案，代表了集团在复合材料加工领域的最新成果。科德数控此次携10款五轴机床展品参展，作为五轴技术的早期践行者，科德数控有着多年的五轴技术积累和储备，此次展品涵盖了立式加工、卧式加工、车床、龙门各种类型的五轴机床，其中多台为首发产品。最大规格的一台KTM120五轴卧式镗铣车复合加工中心，集成了五轴车削、五轴铣削、深孔加工的能力，为用户解决关键工艺难题。北京精雕集团也携旗下多类型精雕五轴高速机以及自主研发的核心功能部件亮相，其JDGRMG300 五轴高速磨削中心适用于金属硬料、石英、硅、陶瓷等脆硬材料精密磨削加工，可稳定实现 $2-5\mu\text{m}$ 精密磨削；其JDMRMT600精雕五轴车铣复合加工中心配置北京精雕在机测量系统，采用了工序集约的设计理念，具有铣、车、镗、钻、铰、攻等复合加工能力。等等。



CCMT2024展会一个显著特点就是国内部分新兴企业表现亮眼，很多新兴企业展出的展品代表了高端化的发展方向。浙江博谷精密机械展出的超精密以车代精磨硬车削机床MICROTECH CNC 100 SP，对标欧美日等机床发达国家的高端高精度产品，具有超高的加工精度和精度稳定性，其定位精度小于 $1\mu\text{m}$ ，重复定位精度小于 $0.2\mu\text{m}$ 。广东埃弗里展出了新款五轴加工中心GMU900，展示了五轴加工技术领域的实力，GMU900还对转台、主轴、进给系统等关键部分进行了优化升级，使装备更具有扩容性，并通过对软件系统的革新，实现实时信号传递，瞬时响应，让加工中心更智能。朗快科技展出的TG10新能源汽车插拔阀零件自动生产线，推出后迅速进入国内高精度、高效率多主轴多工位车铣复合加工中心市场。等等。

在CCMT2024，还有一个群体值得关注——首次参加CCMT展会的新展商。CCMT2024展会面积比之前扩容了70%，新展商占比提升，很多新展商首次参展就表现惊艳。南京中科煜宸展出了先进制造技术——送粉式金属3D打印机LDM8060，采用LDM工艺，大功率激光器，成型效率高，粉末利用率高，可适用于不锈钢、钛、镍钴铬合金等材料的3D打印。南京蓝昊智能展出了LHA05-2000A柔性折弯中心，该产品应用了自动拼刀、三维导入编程、厚板折弯、动力合页刀等多项折弯高科技，蓝昊智能本身也是一家新企业，2018年正式成立，但2015年已开始相关技术研发，产品定位高端柔性折弯中心。



在CCMT2024，还可以感受到一批来自长三角、珠三角、环渤海地区的民营企业成长迅速，这些新兴民营企业已经走出价格战的泥潭，向高端切入，他们的快速成长也得益于这些地区产业链供应链的发展相对成熟。受益于跨国企业较早进入、下游制造业发展迅速以及当地政策驱动等有利条件，这些地区机床工业产业链上下游也在进一步完善与成熟中。这些发展成果都在CCMT2024展会上得以展现。

外资企业高度重视中国市场：带来诸多针对中国市场首发新产品，高端化、智能化、绿色化技术依然保持引领地位

外资企业高度重视中国市场，CCMT2024境外参展企业面积占比达40%。全球知名企业如马扎克、大隈、尼得科、联合磨削、格劳博、埃马克、利勃海尔、SW（埃斯维）、因代克斯、恒轮、GF加工方案、斯达拉格集团、达诺巴特、尼古拉斯克雷亚、哈斯、昂科、帕马、DN（迪恩）、友嘉、西门子、海德汉、THK、海克斯康、蔡司、伊斯卡、玛帕、万基万等均悉数参展。外资企业展品在智能化、数字化、绿色化、尖端化、自动化方面依然展现了强大实力。

作为全球知名企业的马扎克精心展示了丰富的产品线，包括五轴联动加工中心、混合式复合加工中心、FMS柔性制造系统、卧式加工中心、立式加工中心、车削中心等，其展品一如既往地展示了在复合加工、智能制造、绿色制造等方面的高水准。展台上一顶全新加工的欧洲王室皇冠工件吸引了大批观众，这正是AI技术赋能五轴加工应用场景的展现，VARIAXIS C-600五轴加工中心通过加载SmoothAi系统帮助机床采用软硬件结合的方式，可以针对零件进行远程虚拟编程和虚拟仿真，实现一系列智能化操作，这个皇冠加工是从一块整料开始，从装夹到所有工序完成仅用了100多个小时；马扎克还展示了新一代混合式复合加工机INTEGREX i-250H S AG，这台混合式复合加工机在车铣复合机INTEGREX的基础上融合了齿轮加工功能和齿轮测量功能，不仅能够进行车削、铣削、五轴加工，还具备刮齿加工、滚齿加工等齿轮加工功能，极大程度实现了工序集约；在绿色低碳方面，马扎克此次展出的VARIAXIS i-700 NEO是“NEO”系列的最新产品，是一款兼顾高生产性和高环保性的新一代五轴加工中心，产品全生命周期内，碳排放可以削减超30%。



外资企业对于中国市场的重视还体现在专门针对中国市场推出诸多首发新产品。格劳博中国带来了多款设备和技术的首秀，由紧凑型机器人单元GRC-R12搭配五轴联动通用加工中心G150组成的自动化解决方案产品组合、五轴联动通用车铣复合加工中心G550T和全新升级的格劳博G系列双主轴加工中心G320，它们均在现场进行了样件切削和实机技术演示。斯达拉格首秀了紧凑型加工中心T系列Heckert T55五轴卧式加工中心，可以在单台机床上进行多种功能的加工操作，比如车削、铣削、钻孔、插铣齿、齿成型加工等。达诺巴特集团首次展示了旗下镗铣品牌西班牙索拉露斯重达60吨并配置镗杆方案的落地式镗铣加工中心。SW展出两款全新机床分别是用于新能源汽车大型零件批量加工的BA space3和用于汽车、医疗等领域的高精度、小型零件加工的BA W03-22。GF加工方案中国区带来了中国首发适合高精冲压模具的CUT F 350。等等。



国产功能部件进步明显，展会产业链协同效应显现

CCMT2024展品类别丰富，除了主机展品，展品范围还涵盖机床零部件及附件、废弃物处理系统、磨料及制品、测量检测工具与设备、润滑与冷切、夹紧装置、控制盒驱动系统、软件、机床电器、电子电气装置等等。

CCMT2024展会上，可以感受到国产功能部件进步显著。展会的一个明显特征就是上下游供应链互相支撑、互相融合，很多上下游企业，以及和用户企业在展会现场签署战略合作协议，上下游企业以及用户之间的协同发展也是未来机床工具行业发展的一个主流方向。

CCMT2024针对展品进行的春燕奖评选也反映出展会的产业链效应。此次春燕奖共有69个项目获奖，获奖展品覆盖面非常广泛，除了各类主机展品，功能部件包括数控系统、五轴联动双摆铣头、刀具、导轨、检测和测量设备、卡盘、金属带锯条、刀库、纳米硬质合金制品、激光水冷却机、热装夹头及其加热装置、螺尖丝锥、抽吸循环带过滤装置、可转位浅孔钻、凸轮轴孔镗刀杆等展品也纷纷荣获春燕奖。

并且，CCMT2024很多主机厂都展出了自主研发的核心功能部件，包括数控系统、转台、摆头等，这些产品过去大多依赖进口，但是现在很多五轴机床制造商大部分核心功能部件实现了自主研发，体现了对机床产业链供应链的自主可控能力。比如，通用技术集团展出了旗下纳米时栅位移传感器、T342-PSC可自动换刀动力刀架、平旋盘、精密转台、UF200-01加工中心用电主轴、丝杠、导轨等自主研发生产的功能部件；北京精雕集团也专门展出了其自主研发的核心功能部件，包括油气润滑电主轴、精雕CAM软件SurfMill等支持精密、高效加工的关键配置。等等。

很多新兴企业也实现了自主研发制造核心功能部件。浙江博谷展出了液体静压车削主轴、液体/气体静压万能轴头、液体静压磨削主轴等精密功能部件；朗快科技展出

的TG10新能源汽车插拔阀零件自动生产线，其主轴、床身、转盘、夹具、工艺软件等部件均为自主研发，等等。

政策暖风频吹，CCMT2024见证机床工具行业发展新时代

近两年，机床工具行业的相关扶持政策密集出台，恰逢CCMT2024召开前夕，工业和信息化部等七部门联合印发《推动工业领域设备更新实施方案》。中国机床工具工业协会会长毛予锋表示，这次政策出台非常及时，对机床行业是重大利好，尤其在需求端给机床行业创造了非常好的应用环境。这次机床行业的更新行动，预计到2027年末，至少累计新增千亿级的市场需求。

展会的火热程度与时代背景密不可分。正如央视记者在报道中所述，不仅是国内的展商看好这次刚刚出台的工业领域设备更新方案，诸多外资企业也表示，这一方案给他们也带来了巨大商机，他们非常看好中国市场的前景和未来，这也促使不少外资企业考虑加大在中国的投资。

毛予锋表示，每次设备更新行动都对我国机床产业和消费市场壮大起到重要的促进作用。2009年的设备更新行动，我国成为了世界第一大机床生产国和消费国，还奠定了发展数控机床的产业基础。这次的更新行动方案，是在发展新质生产力、推进高质量发展的大背景下推出的，必将对高端数控机床的市场需求带来巨大商机。

更多新兴企业出现在CCMT2024也代表着机床工具行业的发展正在步入新时代，新展商、新兴企业为展会输入了新鲜的血液，增加了新的活力，而背后则具有更加深远的意义，意味着更多的资本、人才正在被吸引到机床工具行业中。伴随着信息技术、数字技术的迅速发展和与制造业的深度融合，机床工具行业也早已经从传统的机械行业跨入了具有高科技属性的高新技术产业。信心满满，恰逢其时，中国机床工具行业正在迎来科技创新的黄金时代。□

资讯

2024年1~4月机床工具行业经济运行简讯

中国机床工具工业协会重点联系企业统计数据显示，2024年1~4月，重点联系企业营业收入同比下降3.0%，利润总额同比下降3.7%，各分行业均保持总体盈利。金属加工机床新增订单同比下降4.9%，在手订单同比下降14.7%。

根据国统局公布数据，1~4月全国规模以上企业金切

机床产量21.1万台，同比增长6.0%；金属成形机床产量5.1万台，同比下降16.4%。

根据中国海关数据，1~4月机床工具进出口总额100.7亿美元，同比下降2.8%。其中，进口额33.5亿美元，同比下降9.6%；出口额67.2亿美元，同比增长1.0%。

（来源：协会信息统计部）

传承创新 协同赋能

——青年企业家圆桌会议在无锡召开

机床协会传媒部 李华翔



5月28日下午，由中国机床工具工业协会组织的“青年企业家圆桌会议”在无锡成功举行。会议邀请了工业和信息化部规划司原副司长宋志明、中国机床工具工业协会会长毛子锋、副会长王旭，以及科德数控股份有限公司董事长于德海等嘉宾，与来自机床行业各领域的12位民营青年企业家代表齐聚一堂。与会者围绕行业发展的热点问题，畅所欲言，各抒己

见，共同探讨未来发展方向。会议由王旭副会长主持。

机床工具行业作为制造业的战略基础性基础产业，具有独特的运行规律。一个优秀的机床工具企业往往需要通过时间的淬炼，因为技术的积累是一个漫长的过程，而这一过程是难以被超越的。这不仅是行业的门槛，更是机床工具从业者引以为豪的资本，行业优良的基因也因此深深植根于其

中。

回顾历史，伴随着改革开放的不断深入和中国作为世界工厂地位的逐步提升，中国机床工具行业稳步发展壮大，企业数量特别是民营企业显著增加，市场竞争力逐步提升。经过三十多年的快速发展，许多企业已经进入了掌门人新老交替的关键阶段。面对复杂多变的市场环境和不断更新迭代的新技术，青年民营企业家相较



于他们的前辈，面临更大的压力。他们需要以敢于担当的责任感和荣誉感，努力传承行业优良基因，主动拥抱新技术带来的变革，加强交流合作，通过产业链协同创新等手段，共同促进行业的健康发展。

在发言过程中，每位青年企业家结合个人成长经历，分享了本企业发展过程中遇到的一些难点和痛点，并就行业中的一些共性问题提出了自己的见解。讨论的话题涉及企业人才培养、产品转型升级、企业信息化和标准化管理、细分市场开拓、品牌宣传推广、产业链协同发展以及企业投融资等多个方面，形成了一定共识。



与十多年前相比，如今国产的机床，无论从外形、品种，还是性能都有了明显的进步，对此与会青年企业家们有着更深的认识。从他们的发言中不难看出，多年来，伴随着市场需求的快速提升，这些企业坚持走差异化战略，更加专注细分市场，对内通过数字化、信息化等手段提升管理水平，对外深挖客户需求，强化工艺研究，推出合用户特定需求的定制化产品。在生产同质化依然普遍的当下，这些企业在激烈的市场竞争中取得了不错的业绩。

但与此同时，面对国内外市场近年来的变化，企业家们多少也感受

到了一些压力和困惑。例如在某些特定市场的准入、人才吸引和培养、企业文化建设和品牌打造、资本如何匹配机床行业发展特点等多个方面。会上，青年企业家在发言中谈到，希望社会各方能为民营企业创造一个更加良好的营商环境。

创新是一个永恒的主题，没有创新就没有产品的进步，没有产品的进步，就谈不上市场的占有率。任何一个产品开发都需要创新的空间。会上，作为第一代民营企业家的于德海董事长谈了个人的感受，他认为青年企业家们应该带头并鼓励企业员工树立创新意识，通过一个好的文化将全体员工凝聚在一起，激励员工发自内心地去主动思考、主动工作。面对与发达国家机床的现有客观差距，企业产品开发要建立在正向设计，以及对装配、检测工艺的全面系统的消化吸收基础上，通过不断创新与长期坚守，最终实现突破。

通过这次对话交流，与会的青年企业家们开拓了思路，加深了彼此的了解，向外界展示了他们的自信、活力、责任与担当，同时为今后的合作奠定了良好的基础。大家对下次会议的召开充满期待！□



直线运动部件多领域应用高峰论坛 在无锡举办

机床协会传媒部 李华翔

5月28日上午，由无锡贝斯特精机股份有限公司主办的“新质生产力赋能行业新发展——直线运动部件多领域应用高峰论坛”在贝斯特全资子公司宇华精机厂区召开。本次论坛得到中国机床工具工业协会的指导。

中国机械工业联合会会长助理、工业和信息化部规划司原副司长宋志明，中国机床工具工业协会会长毛予锋、副会长王旭，省科技创新协会名誉会长、省知识产权局原局长朱宇，副市长周文栋，以及无锡地方政府相关部门负责人、国内外知名机床、新能源汽车等行业的嘉宾、企业代表和投资机构专家150余位嘉宾参加论坛活动。

毛予锋会长在致辞时谈到，新质生产力的代表，新兴产业和未来产业的实现离不开基础制造，机床装备是基础制造的坚实支撑。机床工具行业是支撑制造业发展的战略性、基础性产业，是产业基础高级化的象征，关乎经济发展和国防安全。多年来，中国制造业的发展，为全球机床工具行业贡献了市场需求，我国机床工具产业也得到快速发展，产业竞争力不断提升。在国内外形势发生复杂深刻变化的情况下，我国制造业发展面临重要关口，我们坚守制造业的决心不能动摇，要持续加大力度做强制造业。

在主旨演讲环节，中国科学院院士、华中科技大学学术委员会主任丁汉作了题为“两机高效智能加工技术——关键技术、软件与装备”的主旨演讲，重点介绍了产业关键技术创新、自主软件和装备软件，以及未来发展趋势，并从多个角度探讨了人形机器人的未来发展和市场空间。他认为，中国制造要实现向高端跨越，需要在核心部件、工业软件等方面寻求突破；先进工艺、工业软件、工业母机的深度融合、协同发展是高端装备研制的必由之路。

数控机床功能部件共性技术工业和信息化部重点实验室副主任、南京理工大学教授欧屹主旨演讲的题目是“新质生产力中的滚动功能部件新趋势”的主题报告。他主要介绍了



当前工业母机、新能源汽车、液压替代、智能丝杠导轨等重点应用领域对于直线运动部件在高速、高精、智能化、专用化、集成化等方面的新需求、新趋势。

在行业分享环节，来自北京精雕、海天精工、浙江海德曼三家机床主机企业主要负责人介绍了宇华精机直线运动部件在各自企业不同机床上的应用验证情况，分享了过去两年与无锡贝斯特在产业链协同创新方面的体会。

现场参观中，嘉宾们观摩了配置宇华精机三款不同的直线运动部件的北京精雕双主轴五轴加工中心、海天精工立式加工中心、海德曼双主轴车削中心的批量零件加工过程。另外，宇华精机研制的可应用于人形机器人直线运动关节的标准时、反转时两种不同结构的小型行星滚柱丝杠副；以及应用于新能源汽车EHB制动系统和EMB制动系统的两款典型滚珠丝杠副等产品实物也令人深刻印象。

未来，贝斯特将全面加快对直线运动部件的布局，导入“工业母机”、“人形机器人”、“新能源汽车”等新赛道。

近年来，随着我国科技创新能力的稳步提升，工业母机、人形机器人、新能源汽车等重点战略性新兴产业发展迅猛。作为这些重点产业中的关键核心技术，直线运动部件的自主创新，不仅能进一步提升产业发展的基础，并将对整个产业集群的高质量发展起到积极推动作用。□

2024年一季度机床工具行业经济运行情况

中国机床工具工业协会信息统计部



本文主要涉及四个方面的数据，一是中国机床工具工业协会（以下简称“协会”）根据相关信息经统计分析测算的全行业及主要分行业的营业收入、利润总额和利润率等。二是国家统计局公布的规模以上企业口径的金属加工机床产量。三是根据中国海关数据整理的进出口数据。四是协会重点联系企业口径（约300家）的月度统计数据。

一、机床工具行业运行情况

1. 营业收入

2024年1~3月，机床工具全行业完成营业收入2397亿元，同比下降13.8%。其中，金属切削机床同比下降9.2%，金属成形机床同比增长2.6%。

机床工具全行业及主要分行业的营业收入情况，详见表1。

表1 2024年1~3月机床工具全行业及主要分行业的营业收入情况

指标名称	单位	总计	金属切削机床	金属成形机床	机床功能部件及附件	切削工具	磨料磨具
营业收入	（亿元）	2397	349	193	132	251	1134
同比增减	（%）	-13.8	-9.2	2.6	-7.3	-0.3	-20.4

2. 利润总额

2024年1~3月，机床工具全行业实现利润总额84亿元，同比下降77.8%。其中，金属切削机床同比下降40.0%，金

属成形机床同比下降34.1%。
机床工具全行业及主要分行业的利润总额情况，详见表2。

表2 2024年1~3月机床工具全行业及主要分行业利润总额情况

指标名称	单位	总计	金属切削机床	金属成形机床	机床功能部件及附件	切削工具	磨料磨具
利润总额	(亿元)	84	13	5	7	20	23
同比增减	(%)	-77.8	-40.0	-34.1	0.8	-17.5	-92.1

3.利润率

2024年1~3月，机床工具全行业平均利润率为3.5%，较上年同期降低10.1个百分点。其中，金属切削机床降低1.9个百分点，金属成形机床降低1.3个百分点。
机床工具全行业及主要分行业的利润率情况，详见表3。

表3 2024年1~3月机床工具全行业及主要分行业利润率情况

指标名称	单位	总计	金属切削机床	金属成形机床	机床功能部件及附件	切削工具	磨料磨具
利润率	(%)	3.5	3.8	2.3	5.1	8.0	2.0
同比增减	百分点	-10.1	-1.9	-1.3	0.4	-1.7	-18.2

4.金属加工机床产量

根据国家统计局公布的规模以上企业统计数据，2024年1~3月金属切削机床产量15.3万台，同比增长9.3%；金属成形机床产量3.7万台，同比下降15.9%。
图1和图2，分别为近三年统计局公布的金属切削机床和金属成形机床产量的同比增速情况。

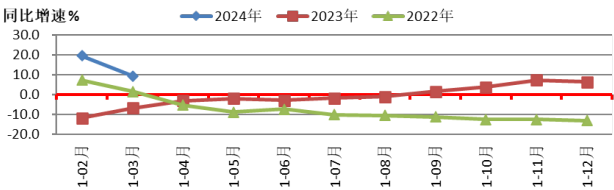


图1 金属切削机床产量同比增速情况

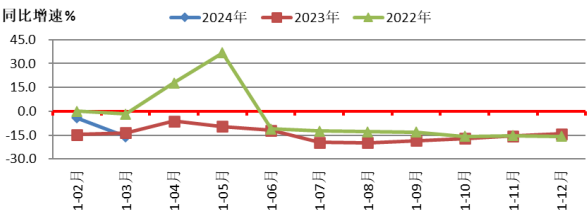


图2 金属成形机床产量同比增速情况

二、进出口情况

1. 总体情况

2024年1~3月，中国机床工具行业进出口总体略有下降，其中进口明显下降，出口保持增长，贸易顺差金额扩大。
根据中国海关数据，机床工具商品进出口的金额及同比变动情况，详见表4。

表4 2024年1~3月机床工具商品进出口金额及同比情况

指标名称	单位	进出口合计	其中：进口	出口	贸易差
金额	(亿美元)	75.5	25.1	50.4	25.3
同比增减	(%)	-0.7	-9.3	4.2	22.3

机床工具主要商品门类的累计进口情况和出口情况，详见图3和图4。

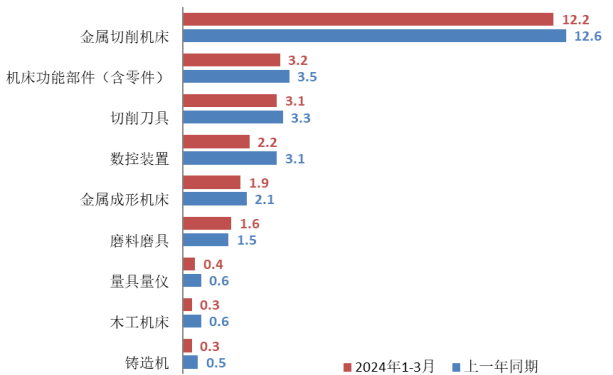


图3 机床工具产品累计进口情况（亿美元）

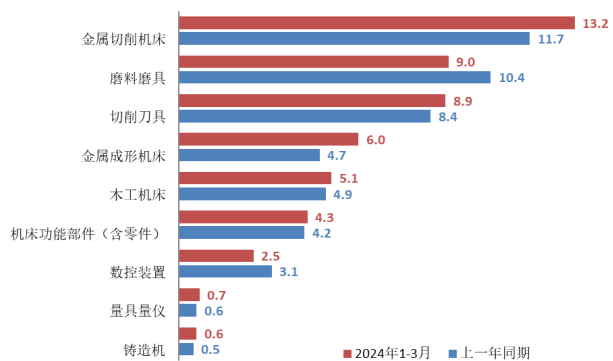


图4 机床工具产品累计出口情况（亿美元）

2. 金属加工机床进出口情况

2024年1~3月，金属加工机床总体进口小幅下降，出口持续大幅增长，保持贸易顺差。
根据中国海关数据，金属加工机床进口和出口的金额及同比变动情况，详见表5。

表5 金属加工机床进口和出口的金额和同比情况

产品名称	进口		出口		贸易差
	金额 (亿美元)	同比 (%)	金额 (亿美元)	同比 (%)	金额 (亿美元)
金属加工机床	14.1	-4.0	19.2	17.2	5.1
其中：金属切削机床	12.2	-3.1	13.2	12.6	1.0
金属成形机床	1.9	-9.8	6.0	28.6	4.1

(1) 进口金额排前五位的金属加工机床品种

2024年1~3月进口前五位的金属加工机床品种及其进口金额详见表6。

表6 2024年1~3月进口金额排前五位的金属加工机床品种

排名	金属加工机床品种	进口金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
1	加工中心	4.6	-10.1	32.8
2	磨床	2.4	35.8	16.9
3	特种加工机床	2.0	-22.6	14.4
4	车床	1.3	15.5	9.5
5	齿轮加工机床	1.2	11.8	8.8

(2) 出口金额排前五位的金属加工机床品种

2024年1~3月出口前五位的金属加工机床品种及其出口金额详见表7。

表7 2024年1~3月出口金额排前五位的金属加工机床品种

排名	金属加工机床品种	出口金额 (亿美元)	同比 (%)	占比 (%)
1	特种加工机床	5.3	4.3	27.6
2	车床	2.3	10.5	11.7
3	加工中心	1.9	8.1	10.0
4	成形折弯机	1.7	28.1	8.9
5	其他成形机床	1.3	43.6	6.8

三、协会重点联系企业运行情况

1. 主要经济运行指标

2024年1~3月，重点联系企业营业收入同比下降5.2%，降幅较1~2月收窄0.5个百分点。利润总额同比下降3.4%，由1~2月的增长转为下降。亏损企业占比为38.1%，同比扩大2.2个百分点。金属加工机床产量同比下降4.1%，产值同比下降18.0%，降幅较1~2月分别扩大2.0和6.0个百分点。其中，金属切削机床产量同比下降4.1%，较1~2月扩大2.8个百分点；产值同比下降8.0%，由1~2月的同比增长转为下降。金属成形机床产量同比下降4.3%，降幅较1~2月收窄1.7个百分点；产值同比下降36.1%，降幅较1~2月扩大0.4个百分点。

2. 订单情况

2024年1~3月，金属加工机床新增订单同比下降11.1%，在手订单同比下降20.1%，降幅较1~2月分别扩大1.5和5.2个百分点。其中，金属切削机床新增订单同比下降7.1%，较1~2月扩大3.0个百分点；在手订单同比下降8.5%，由1~2月的增长转为下降。金属成形机床新增订单同比下降19.8%，在手订单同比下降35.5%，降幅较1~2月分别收窄1.7和3.2个百分点。

四、一季度行业运行特点及全年预判

一季度全行业营业收入、利润总额指标同比均表现为下降，利润同比下降尤甚，说明一季度整体经营效益不佳。

重点联系企业一季度金属加工机床新增订单、在手订单同比均下降，企业的

亏损面也有所扩大，说明企业间的竞争加剧。

一季度的经营数据也可能预示部分产品产能过剩、供需不匹配、内需恢复仍不稳定等情况，同时一些同质化严重的产品为抢夺市场份额而打价格战，导致利润空间进一步压缩甚至亏损。

一季度的出口数据同比增长4.2%，其中金属加工机床同比增长17.2%，开局不错，但外贸的持续性增长很可能因地缘政治冲突受到影响，行业应引起关注。

一季度的经营数据环比呈现向好趋势，既符合行业运行特点，也符合当前行业预期。

中国物流与采购联合会发布的全球制造业PMI今年3月为50.3%，在17个月重回扩张区间。4月为49.9%，基本延续温和复苏走势。国家统计局发布的我国制造业PMI今年3月回升到50.8%，4月为50.4%，连续两个月位于扩张区间，制造业保持恢复发展态势。

国家统计局发布的2024年1~3月全国固定资产投资（不含农户）同比增长4.5%，其中工业投资增长13.4%，制造业投资增长9.9%，均较去年全年有所提升。其中，通用设备、专用设备、汽车、电气机械和器材、仪器仪表制造业固定资产投资均保持增长，同比增速分别为13.9%、14.1%、7.4%、13.9%、6.0%。

3月份，国家出台了支持大规模设备更新和消费品以旧换新的政策，有利于继续增强经济回升向好的动力。4月份，工业和信息化部等七部门推出了工业领域设备更新实施方案，重点提到了推动工业母机行业更新服役超过10年的机床，将给机床工具产品带来新的需求，也将大力促进机床工具产业的提质升级。

综合各方面情况，如外部环境无重大变化，协会仍维持2024年机床工具行业有望实现小幅增长的预判。□

东南亚市场简讯

信息来源：上海上搜展览有限公司提供

印尼成为中国在亚太的最大投资目的地

布里斯班格里菲斯大学和上海复旦大学的一份报告显示，到2023年，中国在亚太地区的投资增长37%，达到近200亿美元，约合312万亿印尼盾。中国约50%的投资流向东南亚，其中印尼是其中最大的接受国，即73亿美元或约113.88万亿盾。报告还预测，今年中国在亚太地区的投资和建设将进一步复苏，绿色转型日益紧迫以及国内需求疲软促使中国企业在海外寻找机会是催化因素。

比亚迪在印尼购买109公顷土地兴建工厂



来自中国的电动汽车公司比亚迪肯定会更加认真地开拓印尼市场，海事和投资协调部投资和采矿协调副代表表示，比亚迪在印尼建立独立工厂的计划就证明了这一点。

至少在2026年初，该工厂的目标是能够进行商业化生产。他们对在印尼的投资非常热情，下周他们将派一名技术总监来确保工厂位置合适。他还透露比亚迪的工厂设施占地约109公顷，这家特斯拉的竞争对手成为了印尼拥有最大工厂的四轮汽车公司之一。

广汽埃安电动汽车品牌进军印尼市场

该公司是中国汽车巨头广州汽车集团有限公司(GAC)的四家子公司之一，在国内该品牌与比亚迪和特斯拉竞争，其存在受到广汽埃安新能源汽车有限公司与Indomobil集团签署分销协议的约束。Indomobil集团总裁透露，初期阶段即今年将在印尼推出至少两款产品，预计将于2024年7月开始(GIIAS 2024)，然后到年底将立即使用CKD(完全散装)生产。这两款车型分别是广汽Aion Y Plus和Hyper HT。

中国已成为印尼最大贸易伙伴

印尼外交部长表示，中国是印度尼西亚最大的贸易伙伴，印度尼西亚与中国的贸易额超过1270亿美元，即2051万亿印尼盾。在经济领域，中华人民共和国是印度尼西亚的重要合作伙伴之一，中华人民共和国是印度尼西亚最大的贸易伙伴，贸易额超过1270亿美元。中国也是印度尼西亚最大的外国投资者之一，去年的投资价值超过74亿美元，即119.6万亿印尼盾。此外，印度尼西亚与中国的投资合作有几个重点将继续加强，投资合作的一些重点将得到加强。

印尼政府政策支持有利中国电动车开拓印尼市场

汽车专家以及万隆理工学院(ITB)院士表示,2024年第一季度电动汽车销售的积极趋势要归功于政府的各种努力。印度尼西亚政府发布了各种政策来鼓励使用电动汽车,如补贴、税收激励和SPKLU基础设施发展。然后,最有趣的是,近年来电动汽车价格大幅下降。此外,在该国日益蓬勃发展的中国品牌的作用也鼓励了在印度尼西亚购买电动汽车。这些品牌不仅展示车辆,还提供非常实惠的价格。

2024年一季度印尼GDP同比增长5.11%

印度尼西亚中央统计局6日公布的数据显示,印度尼西亚季度GDP同比增速2024年第一季度印尼经济同比增长5.11%,高于2023年第四季度的5.04%。来源:印度尼西亚统计局制图:北海居据了解,这也是2019年以来印尼在第一季度录得最高经济增速。

2019年第一季度印尼经济同比增长5.07%。印尼中央统计局负责人阿玛利亚表示,消费和投资是印尼今年一季度增长的主要支柱,前者贡献了经济2.62%的经济增长,后者贡献了1.19%。一季度,印尼迎来大选和开斋节,这两个重要节点推动了消费。此外,政府支出也相应加大。



比亚迪投资16万1亿盾在西爪哇建厂

专注于纯电动汽车(BEV)的中国汽车品牌比亚迪宣布将在印尼建设工厂,具体地点将在西爪哇省梳邦市。为了建设这家工厂,投资额达到16万1亿印尼盾。项目的确定是在PT BYD MotorIndonesia (BYD)与Subang Smartpolitan工业区开发商PT SuryabuatSwadaya签署合作协议后出现的。通过多方评估,该工业区无论是面积、距离、环境还

是基础设施都符合标准,比亚迪认为梳邦智慧都市工业区是比亚迪在印尼发展电动汽车产业的最佳地点。

雅迪将在印尼建设东南亚最大生产工厂

位于西爪哇省卡拉旺的雅迪电动摩托车工厂已开始建设,该生产设施将于2026年开始全面运营,每年可生产数百万辆摩托车。雅迪印尼总经理表示,雅迪位于卡拉旺的电动摩托车工厂每年可生产300万辆电动摩托车,该工厂不仅满足国内需求,还满足东南亚地区的出口需求,之后将出口产品到马来西亚、泰国和东帝汶。此外,他希望雅迪工厂的入驻能够吸纳3000名新工人,这个数字不包括生产部门以外的其他职位。



印尼一季度经济同比增长5.11%未达最佳水平

印尼企业家协会(Apindo)评估称,2024年第一季度的经济同比增长率为5.11%,显然未达到最佳水平,他们相信经济增长引擎仍能产生更高增长。Apindo经济政策分析师表示,5.11%的增长并不是最佳水平,因为在此期间,通货膨胀存在波动,给人们的购买力带来了压力。

2024年第一季度通胀率达到3%,这高于2023年仅达到2.61%的总通胀率。如果通胀趋势不下降,购买力将继续承受压力,经济高增长成为常态的趋势可能不可持续。

今年四月份印尼进口最多的五种商品进口最多的商品是机器/机械设备及零件,金额为20.1亿美元,占进口总额的16.81%;电机/设备及零件,金额为18.8亿美元,占进口总额的14.79%;钢铁商品6.624亿美元,占5.54%;谷物6.43亿美元,占4.92%;汽车及其零部件6.328亿美元,占4.45%。总体而言,2024年4月印尼货物贸易余额再次录得顺差35.6亿美元,这一数额低于2024年3月的45.8亿美元。印尼的贸易平衡自2020年5月以来已连续48个月或连续四年录得顺差。□

2024年4月美国切削工具订单总额为2.147亿美元 年初至今总额比2023年同比增长近5%

Christopher Chidzik

弗吉尼亚州麦克莱恩（2024年6月12日）——根据美国制造技术协会（AMT）与美国切削工具协会（USCTI）合作编制的《切削工具市场报告》显示，2024年4月切削工具的出货量达到了2.147亿美元。订单比2024年3月增长了1.1%，比2023年4月增长了13%。年初至今的出货总额为8.461亿美元，比2023年头四个月的出货量高出近5%。

“尽管2024年4月的出货数据确实比2023年有所增加，但由于2024年剩余时间内存在诸多不确定性，仍需保持谨慎。”美国切削工具协会主席史蒂夫·博耶表示，“2024年第一季度切削工具订单的增长不均且波动不断，并且航空航天领域的需求预期有所下调，导致新订单停滞。”

杰维斯切削工具公司总裁科斯基扬·杰维斯在博耶的分析基础上补充道：“工业经济继续横向发展。尽管切削工具出货量的价值比去年增长了约5%，但单位数的平稳增长率表明通胀压力仍然存在。”

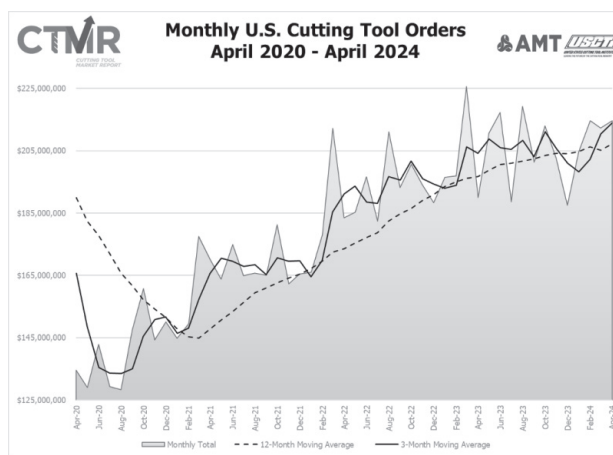
展望未来，杰维斯表示：“有两个重要的‘如果’可能会在下半年导致需求增加。第一是整体生产保持一致。第二是波音公司能否将737的生产提高到FAA规定的每月38架的限额。如果这两点能够实现，切削工具行业可能会在收入和数量上都实现增长。”

《切削工具市场报告》由AMT和USCTI共同编制，这两个贸易协会代表了切削工具技术和产品的开发、生产和分销。该报告每月提供美国制造商对制造过程中主要消耗品——切削工具的消费情况分析。切削工具消费量的分析是美国制造业活动波动的领先指标，因为它是真实生产水平的衡量标准。

《切削工具市场报告》的历史数据可追溯到2012年1月。AMT和USCTI的合作是这两个协会共同促进和支持美国切削工具技术制造商的第一步。

下图包括耐用品出货量和切削工具订单的12个月移动平均值。通过取最近12个月的平均值并随时间绘制这些值

来计算。



美国制造技术协会（AMT）代表并促进美国制造技术及其成员的发展——这些成员设计、制造、销售和服务不断发展的制造核心技术。该协会成立于1902年，总部位于弗吉尼亚州，专门提供有针对性的业务支持、广泛的全球支持以及业务情报系统和分析。AMT是传达鼓励研究和创新政策和项目的重要性以及制定教育计划以培养未来智能力量的声音。AMT拥有并管理IMTS——国际制造技术展览会，这是北美首屈一指的制造技术盛会。

美国切削工具协会（USCTI）成立于1988年，由代表切削工具制造业的两个全国性协会合并而成。USCTI致力于代表、促进和扩大美国切削工具行业，并促进购买其成员制造的美国切削工具的好处。该协会最近扩大了章程，包括任何北美的切削工具制造商和/或再制造商，以及后加工工具表面处理提供商。会员数量超过80名，分属七个产品部门：硬质合金工具、钻头和铰刀、铣刀、PCD和PCBN、丝锥和板牙、工具夹具及其他工具。广泛的活动包括综合统计计划、人力资源调查和论坛、产品规范和标准的制定以及分享理念和获取关键行业趋势信息的半年会议。□

意大利UCIMU：2024年第一季度机床订单下降（-18.9%）

Cinisello Balsamo

在2024年第一季度，由UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE（意大利机床协会）的经济研究与商业文化中心编制的机床订单指数显示，与2023年1月至3月期间相比下降了18.9%。该指数的绝对值为77.9（基准年2021=100）。这一负面结果是由于意大利制造商在国内和国外市场接到的订单减少所致。

具体来说，海外订单相比去年同期下降了18.5%，指数的绝对值为91。在国内市场，订单比2023年第一季度下降了19.4%，指数的绝对值为55.1。

UCIMU主席芭芭拉·科伦坡表示：“2024年对意大利机床制造商来说以负面开局，尽管这符合我们的预期，但我们现在必须克服僵局，向市场传递明确的信心和稳定信号，这是投资于先进机器的基本条件。”

“在国外市场，继2023年表现良好之后，今年初的订单表现较为谨慎，受到以色列-巴勒斯坦地区紧张局势扩大的风险和俄乌冲突持续的影响。但能源转型的不确定性以及欧洲在6月选举后的走向也无疑对市场造成了沉重压力。”

“尽管如此，就出口而言，我们对今年的预期是积极的：我们预计在美国的业务将以适度速度进行，并且对一些欧洲国家以及如土耳其、墨西哥和印度等正在逐步上升为‘意大利制造’目标市场的国家的销售将会增加。正因如此，UCIMU已开始在美国建立一个新公司网络，墨西哥正在经历与美国经济紧密相关的强劲制造业发展。”

“另一方面，国内市场需求则不同，”芭芭拉·科伦坡强调说，“它已经停滞了几个月，等待新的竞争力措施生效。尽管我们制造商不断收到客户的重要项目报价请

求，但这些请求都处于搁置状态，因为政府的激励措施尚不明确。”

“当前的情况竟然比一个半月前还要模糊，当时《过渡5.0框架》立法法令出台。在这方面，截至目前，尚未发布任何实施法令。而对于过渡4.0而言，‘沿途’规则的变化也阻碍了国内需求。”

“政府必须尽快解决这一关键问题，以便企业能够完成必要的生产技术投资。毕竟，意大利和外国展商申请参加将于今年10月在米兰Rho展览中心举行的第34届BI-MU展览会的数量不断增加，这证明了该行业公司对市场的信任。”

“对于5.0措施，时间确实已经差不多了。该措施旨在奖励结合数字化和节能的投资，但时间有限。根据《国家复苏与韧性计划》（NRRP）规定，为了利用5.0福利，商品交付的截止日期为2025年12月31日。这意味着利用这些措施的参与规则（即实施法令）必须尽快出台，否则订单和交货时间之间如此短暂的时间压缩将迫使我们放弃市场需求的一大部分。我们真的想冒这样的风险吗？”

“另一方面，对于4.0市场，政府决定包括提前通知投资金额和年度分期分配的义务，基于过渡5.0的规定，也使市场受到一定影响。”

“虽然我们理解国家总会计办公室需要提前掌握在4.0框架下进行的采购操作所需的经济资源情况，但在过程中改变‘游戏规则’会极大地影响那些正在考虑新投资机会的人。因此，我们要求当局立即采取行动，解释所有这些方面。我们相信，UCIMU主席最后总结道，政府对尚未明确的细节进行快速而清晰的解释，将使意大利对新生产技术的的需求以很大力度重新启动。” □

BP850 精密立式磨床的研发与应用

北平机床（浙江）股份有限公司

一、概述

BP850精密立式磨床（见图1）在原LM800立磨基础上，对机床床身、转台和砂轮库三个关键功能部件进行改进，并对机床相关性能参数和精度要求进行了优化。增加了砂轮交换系统，加大Z轴（砂轮升降轴）行程至750mm，加大工件轴旋径至850mm；加强直线导轨与丝杆刚性和精度等级，增加磨削区隔离装置。

为了进一步提高磨削精度，提高磨削效率及机床精度稳定性，BP850精密立式数控磨床采用五轴数字总线式控制系统，可根据客户需求选用BP智能/SY数控控制器，悬挂嵌入式工业触摸屏，配备人性化的友好操作界面。模块化设计的天然花岗岩结构件可根据客户需求选配，X/Z直线轴采用THK高精密级滚柱直线导轨、X轴可选配直线电机/C3高精密级滚珠丝杠+海德汉HEIDENHAIN/FAGE直线光栅，高精度磨轴采用德国气帘密封技术（选配探针）配置NSK/FAG70系列高精度轴承，2组砂轮轴配置，快速一次性完成工件内外圆分工序的粗、精及端面的磨削。

精密立式磨床主要用于机床的盘、套、主轴类零件的加工，对于保证机床精度具有重要作用。同时，该类设备也广泛应用于航空、航天、核

工业、汽车、轨道交通等领域，用户需求量大。可用于加工航空发动机的高温合金机匣、鼓筒轴类、篦齿盘类等关键零部件等，通过一次装卡实现以平面、内外圆、成形面、内外锥度、不规则曲面等的精密复合磨削。随着我国机床、航空、航天领域的发展，预计未来对精密立式数控磨床的年市场需求将达到800台。



图1 BP850 精密立式磨床外形图

精密立式磨床的技术关键在于高刚性精密电主轴及转塔系统、液体静压直驱转台及天然花岗岩复合床身技术。在液体静压直驱转台技术方面，本公司引进液体静压技术团队，在液体静压直驱转台、液体静压电主轴等核心部件进行了持续、深入的研究，

能够稳定负载状态下的油膜厚度及温度，保障直驱转台的回转精度，提升使用寿命。天然花岗岩复合床身采用三点支撑式结构设计，可靠性高，相比传统铸件床身，天然花岗岩材质有更优秀的吸震和抗热变形性能，复合材质为整机加工刚性提供保障，实现了精密立式磨床加工精度稳定性的提升和长期精度保持性的优化。

BP850精密立式磨床采用十余项创新技术和专利，核心技术自主可控，已授权发明专利2项，实现了天然花岗岩聚合混凝土复合床身、液静压直驱转台、精密回转砂轮轴和高效精密砂轮库等核心技术突破，产品经院士专家团队鉴定，技术达到国际先进水平，作为机床制造的工作母机，为国内制造业尤其是机床装备制造业的高质量发展提供有力支撑，也为企业开拓了新的产品市场，赢得良好的经济效益和社会效益。

二、产品性能介绍

BP850 精密立式磨床作为新一代产品，具有技术领先、精度高、复合化、柔性化等优势。采用液静压直驱转台和高精度回转砂轮轴技术，兼顾了传统机械式结构成熟可靠的优点和液静压技术快速响应、使用寿命长等

特性，并有其独特优势：

（1）高精度：通过适时控制伺服电机，仅在时启动并提供所需能量，冲 压完成后停止，节省了飞轮旋转积聚能量及液压系统保压的能耗。

（2）复合加工：通过创新设计的精密回转砂轮轴，在上下两端可分别配置内圆、外圆砂轮，一次装夹完成，即可通过砂轮轴回转实现内外圆的复合加工，不但提高了效率，同时对于内外圆的同心度也有充足的保障。

（3）柔性化：配置六工位砂轮库，可根据不同的加工工序自动更换相应砂轮，实现精密、高效、柔性化的磨削加工。

该产品已获立式磨床（CN202011171080.9）以及一种新型立式磨床（CN202110786086.5）等多项发明专利授权。突破精密磨床正向设计技术、自动交换砂轮系统技术以及柔性化复合加工技术，工件采用水平放置，在大重量、大尺寸零件的磨削加工中具有明显的优势，还具有更好的刚性、稳定性和更高的加工精度、表面光洁度等优点，通过工序革新，实现了一次装卡多工序加工，提高生产效率同时加工内/外径、端面，尤其在中大型工件的装夹和一次性精密磨削方面有较大的优势。

该产品主要技术参数如表1所示：

表1

序号	项目	参数
1	工件内孔磨削范围：	40~600mm；
2	工件内孔磨削长度：	300mm；
3	工件磨削最大外径：	850mm；
4	工件最大磨削长度：	500mm；
5	X轴行程：	850mm
6	Y轴行程：	750mm；
7	工件回转轴（C轴）最高转速：	550RPM
8	工件定位方式：	磁性吸盘或卡盘
9	内圆圆度	0.6 μm
10	内圆圆柱度	1.2 μm
11	粗糙度	Ra 0.2 μm
12	定位精度	0.003mm

主要技术指标与国内外同类先进产品对比如表2所示：

表2

对比项目	国外	国内	本产品
内孔磨削范围	50~800mm	40~800mm	40~800mm
X轴重复定位精度	0.0029mm	≤0.003mm	≤0.002mm
Z轴重复定位精度	0.0021mm	≤0.003mm	≤0.0025mm
工作台最高转速	200r/min	200r/min	550r/min/DD
圆度	0.001mm	≤0.002mm	≤0.001mm
圆柱度/表面粗糙度	0.002mm/0.2 μm	0.003mm/Ra0.4 μm	0.0015mm/Ra0.2 μm

该产品在采用创新专利技术的同时，还进行了多项新技术设计，使其具有以下特点：

（1）研发了直驱气体/液体静压高精度工件转台，提高了机床的磨削精度及效率。

（2）研发了高精度液压抱紧全闭环砂轮轴交换转台系统，可快速实现各砂轮轴的自动更换功能。开发出零点定位内外圆砂轮交换机构，交换定位精度高。

（3）研发了桥梁架式移动交换砂轮机构，其六工位砂轮库采用直驱分度，旋转定位时间短，砂轮交换速度快。

（4）设计了计量级花岗岩、铸件聚合混凝土复合三点支撑高精度吸震床身，大幅提高床身吸震及抗热变形性能，提高了整机精度保持性。

（5）配套先进的数控系统及伺服单元，并自主开发完善的控制及编程软件，使整机性能更完善，操作更简便，稳定性更高。

三、新技术应用情况

1. 带有高精度零点定位母盘的立磨工作台

（1）概要

如图2所示，精密立式磨床整合了内圆磨削、外圆磨削的功能，其中外圆磨削砂轮直径大，磨削力大，对主轴刚性要求高；而内孔磨削砂轮直径小，需要的主轴转速高，主轴长度大（深孔磨削时），因此内外圆磨削对主轴要求差别大，很难一根主轴满足所有要求。

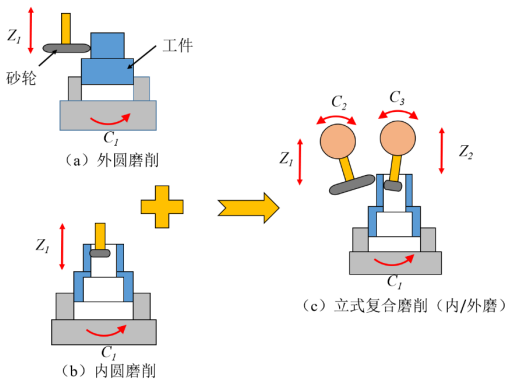


图2

针对内孔外圆磨削的需求，精密立式磨床设计了内外圆磨削砂轮自动更换系统，如图3所示。

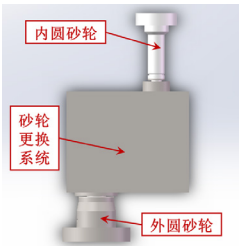


图3 内外圆磨削砂轮更换装置

内圆砂轮细长，内置高速电主轴，可以满足内孔的高速磨削；外圆砂轮粗短，具有较大的刚性，可以满足外圆磨削的要求。内外圆砂轮通过砂轮更换系统旋转180°完成换刀动作。由于砂轮更换系统旋转的定位精度直接影响机床的磨削精度，因此，对该系统提出了较高的定位需求。基于此需求，本项目开发了专用零点定位母盘系统，可以提高砂轮更换系统的定位精度，进而保障精密立式磨床的加工精度。

(2) 创新点

整个零点定位系统分为驱动系统、定位检测系统和抱死系统。目前常见的驱动系统有伺服电机和力矩电机，其中伺服电机可以通过蜗轮蜗杆、齿轮、减速机等与被驱动轴相连接。由于砂轮更换系统内部装有两个主轴系统和两套砂轮，质量重，转动惯量大，对驱动系统的力矩要求高。此外，砂轮更换要求平稳性高，对驱动系统转速要求不高，所以兼顾力矩和转速的需求，设计的零点定位驱动系统采用伺服电机搭配减速机的方式，实现砂轮更换系统的大扭矩和高稳定的驱动。

高精度编码器是实现零点定位母盘高精度定位的核心。为了满足精度要求，本课题研制的零点定位采用主磁式中空编码器，实现零点定位的绝对定位，保证定位的准确性，其主要结构如图4所示。

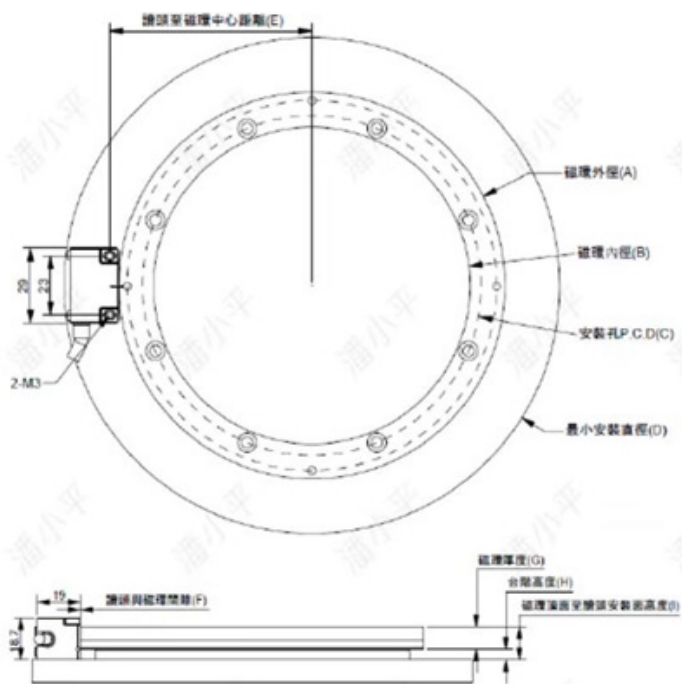


图4 编码器结构示意图

环抱式刹车的刹车环安装在工作轴上，通过液压压力使刹车面产生变形，从而达到刹车目的。

(3) 技术特点

零点定位系统在使用时运动速度慢，但外圆砂轮及砂轮轴重量大，对刹车载荷要求较大。因此环抱式刹车使用液压系统，在结构简单、清洁环保的情况下保证砂轮轴交换系统完成更换后稳定锁死。

2. 砂轮自动交换系统

(1) 概要

砂轮自动交换系统是立式精密磨床的重要功能部件，其主要作用在于减少加工过程中的非加工时间和多次装夹引起的定位误差，以提高生产效率、降低生产成本。自动换砂轮装置是实现磨削中心砂轮更换自动化的关键部件。主要包括夹持砂轮的砂轮柄、储存砂轮的砂轮库等部件。

(2) 创新点

精密立式磨床是内外圆均可实现高精度磨削的机床，但是不同的磨削效果需要不同的砂轮，因此需要砂轮自动交换系统进行砂轮更换。外圆砂轮在磨削过程中，转速较低，加工件较大，所以外圆砂轮需要具有高刚度特性；内圆砂轮在磨削过程中，转速较高，且通常内圆磨削砂杆较细长，很难与外圆磨削砂轮共用同一套主轴系统。因此本机床设计砂轮自动交换系统一共通过两种方式进行。

方式一：通过零点定位系统，实现内外圆磨削砂轮和主轴的更换。零点定位母盘系统包括驱动系统、精准定位系统和刹车抱死系统。通过零点定位系统的驱动和精准定位，使砂轮更换系统旋转180°，实现工作砂轮在砂轮1和砂轮2之间切换，其原理如图5所示。

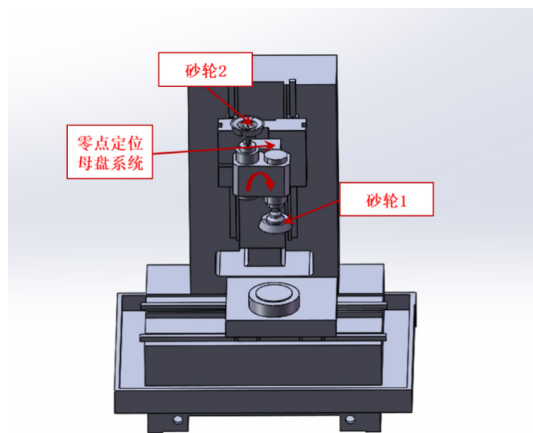


图5 通过零点定位母盘系统实现砂轮更换示意图

方式二：对某一砂轮轴设计成通用交换接口，交换接口为HSK接口，并配备砂轮库（见图6），进行自动更换砂轮动作。砂轮库可以同时容纳6把砂轮，配合控制系统砂轮自动更换功能，进行砂轮更换。

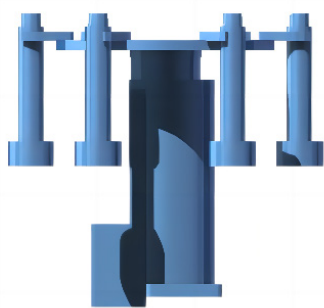


图6 砂轮库示意图

(3) 技术特点

砂轮自动交换系统可提供设备较强的柔性化加工能力，无论是回转砂轮轴的内外圆复合磨削加工，还是六工位砂轮库针对不同磨削工序的自动更换砂轮，可以更好地支持一次装夹完成复数次工序的磨削加工，且因装夹基准未变，因此对于内外圆复合磨削的同心度精度也有更好的保障。

3. 磨削加工的自动测量和在线补偿

(1) 概要

在实施测量后，机床所测的测量点实际上并非规划中测量点的实际值。由于测量过程的各个环节都会产生一定差异，实际测量条件与理想条件存在一定差距，若直接使用带有原始误差的测量数据进行计算，会直接影响最终精度的判断。因此在将所测数据用来计算工件精度前，需进行一些误差补偿措施。测量系统从开始测量到获得准确的精度信息主要步骤包括：机床校正与测头标定、规划测量路径及生成测量程序、实施测量。

(2) 创新点

①磨削工件测量过程中，测头是由机床调用并在测量程序的驱动下按一定的路径测量工件质量参数。测头自身是一个触发式开关传感器，当进给中的测头与被测工件上

的测量点接触时，测头即被触发，机床停止进给运动，质量参数测头系统便记录测头中心点的坐标值，并由通讯接口导入数控系统存储起来。整个测量过程完成之后，便可得到多个测量点的坐标值，这些坐标值在相应算法之下即可计算出工件的尺寸和精度信息。

②通过自动测量系统获取工件的磨削加工尺寸，然后对磨削工艺参数进行修改，以实现磨削加工误差的在线补偿，所以需要在通用数控上开发精密立式磨削加工中心的专用工艺软件，并且在专用工艺软件中集成加工误差测量和补偿功能。

③基于磨削工艺的工艺卡片式编程人机交互模块为用户提供良好的图形界面，用户只需在上面输入加工数据，无需学习和掌握数控编程语言，系统就会自动帮助用户完成一些关键的数值计算，最后由系统自动生成加工程序，从而大大地简化了数控编程。

(3) 技术特点

开展数控磨削磨床测头接入接口及分析软件的研究开发，研究高速远程I/O单元、测头信号标准通讯协议、实时位置锁存功能等，控制测头与待测工件的碰撞检测和高速停止运动，实时锁定测头接触点的位置信息，实现数控系统的量仪接入和数据分析的功能。基于以上数据接入和数据分析功能，把接触式测头集成于机床中，实现零件自动测量，并将信号反馈到智能数控系统中，并将测量结果与理论值进行比较，形成误差数据，生成补偿代码，采用华中数控双码联控技术，实现误差在线补偿。

4. 高刚性磨头座设计技术

为了保障磨床较高的刚度和稳定性，将床身、磨头座等关键零部件利用计算机三维实体软件进行建模，并

对关键零部件进行应力场和温度场分析，以获得高刚性和均匀的温度场结构，减少磨削力和工作过程中温度变化对加工精度的影响，提高加工精度和可靠性，磨头座三维示意图如图7所示。

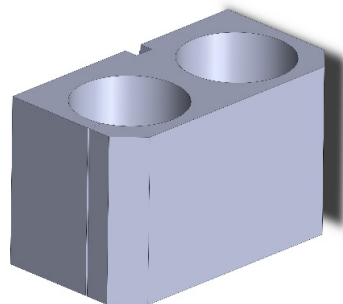


图7 磨头座三维示意图

便于维护、集成控制：摆动磨头座可以在竖直方向上旋转一定角度，方便不同磨头的更换和加工；磨头前端固定有3D探针，以适应工件批量加工对长度与外圆高精度的要求磨头座高刚性设计。

四、成果应用及推广情况

精密立式磨床关键功能优化设计与测试分析、空间误差分析与溯源研究、数控系统配套、磨削补偿功能开发、整机及主轴热分析等关键技术，提升了精密立式磨床正向设计、精密加工与精密装配及精密测试能力。目前精密立式磨床最大磨削直径为 $\phi 800\text{mm}$ ，最大加工高度为 500mm ，直线轴定位精度优于 0.003mm ，磨削内圆圆度优于 $0.6\mu\text{m}$ ；内圆圆柱度优于 $1.2\mu\text{m}$ （ $\phi 300 \times 100$ 试件），粗糙度优于 $Ra0.2\mu\text{m}$ 。精密立式磨床加工性能稳定，机床整体性能处于行业先进水平。基于客户需求，针对用户试件加工精度，开展磨削测试，检测精度达到满足客户要求，收到客户反馈用户报告，受到一致好评。□

BT40圆盘式刀库的研发与应用

江苏德速智能机械股份有限公司

一、产品简介

刀库及自动换刀装置是加工中心的关键功能部件之一，随着加工中心向高速、高精度、高可靠性方向的发展，对刀库及自动换刀装置也提出了高准确性、高可靠性、高效率、长寿命的要求。但国产刀库及自动换刀装置在精度、换刀时间、可靠性等方面与中国台湾地区以及发达国家的存在差距。境外企业凭借强大的关键核心技术，占领市场竞争制高点，价格居高不下。如何整体解决刀库及自动换刀装置设计、制造、试验、应用等全链条的关键技术问题，建立覆盖刀库产品生命周期全过程、全要素的标准和规范体系，是行业面临的共性技术问题。在国内数控机床刀库及自动换刀装置部件配套上，目前还存在很多不足，例如：

（1）刀库及自动换刀装置缺乏核心技术自主创新设计，刀库容刀数量少，换刀时间长、效率低，换刀装置定位精度差。

（2）批量生产水平能力较弱，ATC凸轮工艺水平低，CAD/CAM软件缺失，专用装备自主化弱。

（3）刀库产品性能与可靠性不足，试验耗时久，数据采集与系统管理缺失，缺乏成套标准规范。

本产品BT40圆盘式刀库，它是数控机床关键功能部件（见图1）。产品主要功能是在数控机床机械加工过程中储存刀具，并在数控系统控制下，把即将要使用的刀具准确的送到换刀装置并完成换刀动作。通过刀库及自动换刀装置，加工中心可以仅一次装夹就可以完成多道工序，不仅大大减少工装时间、测量和机床调整的辅助时间，而且减少多次安装造成的定位误差，从而提高加工精度。圆盘式

刀库配合自动换刀装置，可通过机械手臂同时拔出刀库中及主轴上的刀具，旋转180°后实现新刀具的更换和前序刀具再刀库中的储存，换刀速度、定位精度等指标远大于斗笠式刀库、链式刀库等其他类型刀库，广泛应用于机械、电子、轻工、纺织、冶金、化工等制造行业。



图1

BT40圆盘式刀库优点在于：

（1）作为一种高效、稳定、可靠的加工中心配件，具有显著的技术优势。其高效的存储容量和快速的转换速度极大地提高了生产效率，降低了生产成本。同时，圆盘式刀库在刀具夹持稳定性和加工精度方面表现出色，满足了高档数控机床对关键部件的日益增长需求。技术参数为：最大刀具重量：8kg，最大刀具直径： $\phi 80\text{mm}$ （相邻刀套装刀）、 $\phi 160\text{mm}$ （相邻刀套空刀）；最大刀具重力矩： $10.29\text{N} \cdot \text{m}$ ；最大刀库容量：24把；最大刀库容重192kg。

（2）BT40圆盘式刀库的市场需求巨大。随着制造业

的发展，对加工中心的需求不断增加，圆盘式刀库作为加工中心的重要配件，其市场需求也将持续增长。此外，随着科技的进步和制造业的转型升级，圆盘式刀库的性能和应用领域将得到进一步提升和拓展。

(3) BT40圆盘式刀库及其核心部件的自主研发与产业化，对于提升国内企业的市场竞争力具有重要意义。通过自主研发圆盘式刀库及其核心部件，不仅有望打破国际市场的垄断，还能提升国内企业的技术水平和创新能力。

综上所述，BT40圆盘式刀库产品具备良好的技术条件和优势，其自主研发与产业化将对我国制造业的发展产生积极的影响。

二、产品特点

1. 产品取得的关键技术原理

整体设计方面：圆盘式刀库主要由ATC自动换刀装置和刀仓组成（产品结构示意图见图2）。其中，ATC自动换刀装置由ATC凸轮、平面凸轮、四方转塔以及出力轴等其它零部件组成；刀仓包括本体、刀盘（含日内瓦槽轮、刀盘位置传感器）、刀套、减速机、驱动芯轴、电机组（含伺服电机）、气缸组（含止回阀）、刀臂等核心部件。不同型号产品参数如图3所示。

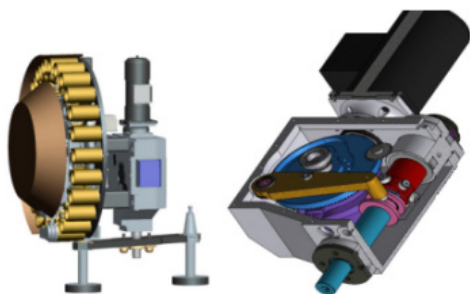


图2 产品结构示意图



图3 不同型号产品参数

电机驱动一对双曲面齿轮，实现凸轮组绕轴心旋转，ATC凸轮曲线凸轮驱动四方转塔实现输出轴旋转；与

此同时平面凸轮旋转驱动摆臂实现出力轴伸缩动作。

凸轮曲线设计方面：基于接触廓面最小相对法曲率的凸轮曲线设计方法（见图4）。根据凸轮分度曲线类型和啮合运动规律，完成了弧面凸轮机构包络运动数学表征，提出了基于接触阔面最小相对法曲率的分度期凸轮廓形（Profile）设计方法，实现了凸轮曲线接触率大于90%，显著降低了产品摩擦磨损率，保证了弧面凸轮运转精度和使用寿命。

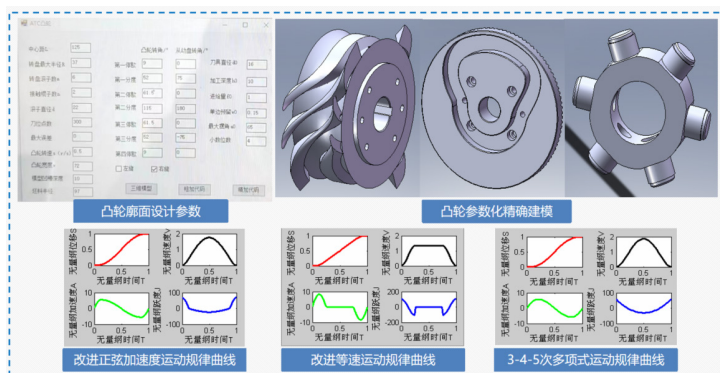


图4 基于接触廓面最小相对法曲率的凸轮曲线设计方法

(2) 基于云服务的可靠性数字化管理和分析技术。如图5所示，制定了可靠性数据收集和统计分析方法，搭建了基于云服务的刀库产品可靠性信息管理和分析系统，实现了高效的可靠性数据在线管理和准确分析，为产品优化和可靠性提升提供了数据支撑，促进数据在企业各部门的交互与应用，从而切实改善产品质量。



图5 可靠性信息数字化管理平台

(3) 建立面向全生命周期的关键技术标准体系(见图6)。面向全生命周期的关键技术标准体系。本成果针对刀库产品的全生命周期,建立了集产品工艺控制、性能试验、可靠性试验、使用维护、数据管理为一体的可靠性管控标准体系。

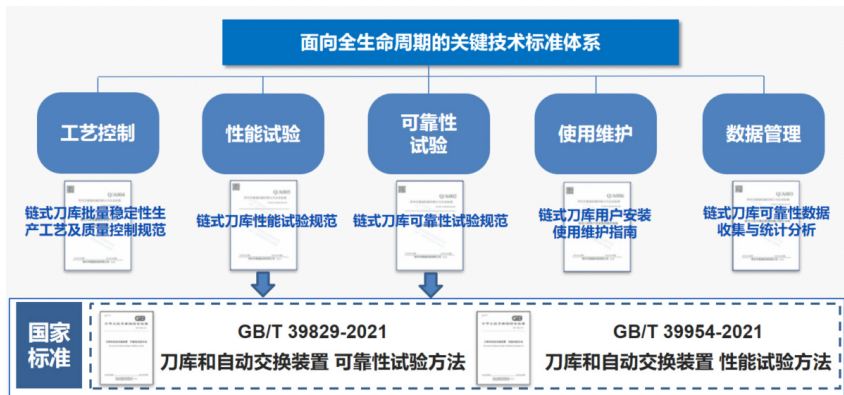


图6 面向全生命周期的关键技术标准体系

三、技术创新点

1.掌握了ATC自动换刀装置及其核心部件凸轮的设计技术

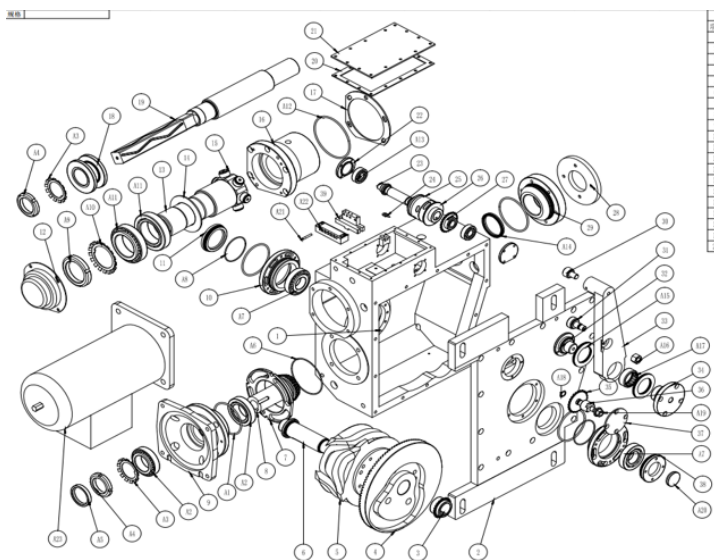


图7 产品组装示意图

公司突破了ATC自动换刀装置及其核心部件凸轮的曲线设计技术,其产品组装如图7所示。针对核心部件凸轮,采用数学建模、动态特性仿真等技术,完成凸轮曲线的设计,研制了平面凸轮和ATC凸轮,取得软件著作权;实现凸轮机构传动结构和伸缩导向机构的创新设计,采用一对准双曲面齿轮啮合传动结构,将两级变速改为一级变速,使齿轮啮合时重叠齿数较多,使其具有工作强度高、传动平稳、噪声小、磨损小等特点,并将原有伸缩导向机构优化成轴孔配合,降低接触面摩擦,提高换刀精度,降低生产成本,延长使用寿命;实现了ATC自动换刀装置中ATC凸轮机构(平面凸轮、ATC凸轮、四方转塔等)的结

构配合和传动设计(见图8、图9),凸轮动作时序图如图10、图11所示,满足自动换刀时序规定的动作(原点、扣刀、下拉、旋转、上插、回原点等动作),研制出具有自主知识产权的ATC自动换刀装置。



图8 凸轮组合(ATC凸轮和平面凸轮)

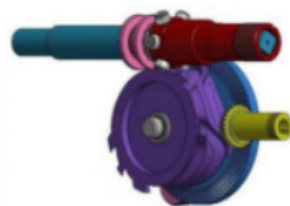


图9 ATC凸轮机构结构图

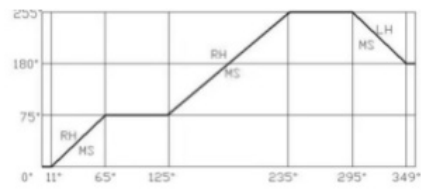


图10 ATC凸轮动作时序图

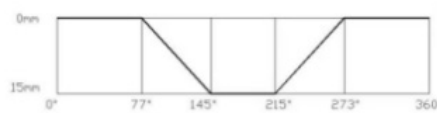


图11 平面凸轮动作时序图

2.研制出数控转台式ATC凸轮加工数控机床样机

首次研制出ATC凸轮加工数控机床(见图12、图13),其关键零部件高刚性主轴、零背隙凸轮滚子数控转台等(见图14、图15)均自主研发。通过伺服电机驱动加工深度进给,AB轴叠加联动控制零部件旋转,同时配合铣削主轴刀具形成特定的凸轮曲线,结合凸轮精密制

造工艺和配套专用夹具，实现了一次装夹即可完成整个凸轮产品的加工；掌握凸轮机床装配过程中铸件接合面铲刮技术，任意平方英寸接触点不少于16个，达到精密级要求，提高装配面的有效接触进而提高装配精度；配套专用夹具，实现快速装夹和定位，满足批量化生产，取得授权ATC凸轮仿形加工专利，解决ATC装置中核心部件凸轮的自主研发问题。



图12 ATC凸轮加工数控机床

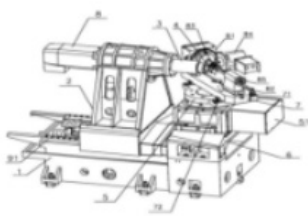


图13 ATC加工机床结构示意图

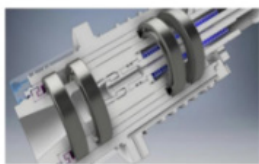


图14 高刚性主轴

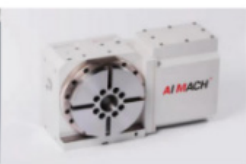


图15 凸轮滚子数控转台

3.实现了刀库的智能化管理，换刀时间（刀对刀）降低至1.3s

刀仓采用智能寻刀和预选刀技术，通过自主研发取得的刀库刀仓绝对值电机控制软件，读取编码器进行循环分度定位控制，实现刀具更换时，按最近距离旋转原则，实现就近寻刀；接收到机床指令时，机械臂抓取要选取的刀具，实现预选刀，从而减少刀库运行时间，节省机床换刀时间，实现换刀时间仅为刀对刀换刀时间；掌握伺服刀库的换刀控制方法，刀仓及ATC换刀装置均采用伺服电机控制，检测伺服电机的驱动电流值或扭力值来调节伺服电机的转速，并在刀臂接近机床主轴时降低速度，减少扣刀瞬间刀具对机床主轴的冲击，从而提高使用寿命；进行驱动器二次开发，设置不同速度区间（低转速1.3~4.0s/转，高转速1.3~0.5s/转），在刀臂带刀具旋转时检测伺服电机电流值或扭力值，判断与标准电流值或扭力值的大小关系，从而智能识别不同刀具重量，然后通过智能调节驱动电机转速来实现大刀重刀低速交换、小刀轻刀高速交换，实现智能识别大小刀、智能加减速等功能。产品整体换刀时间（刀对刀）由传统的1.4~1.8s降低到1.3s，取得发明伺服刀库换刀控制方法专利授权和刀库刀仓绝对值电机控制软件著作权。

4.初步建立了刀库的性能检测平台，开展了寿命测试和可靠性试验

开展产品的全生命周期评价，初步建立刀库的性能检测平台，进行老化试验、使用寿命等综合性能检测，刀库使用寿命（换刀次数）达100万次以上；完成高速圆盘式刀库及自动换刀装置的可靠性加速试验，进行最大刀具重量交换试验、最大直径（相邻刀套装刀）刀具交换试验、最大刀具重力矩交换试验、最长刀具交换试验、最大刀库容重交换试验、连续刀具自动交换试验等可靠性试验，从而对刀库及自动换刀装置进行可靠性分析与评价，为新产品的改进设计提供基础。

5.已熟练掌握了刀库准停控制方法、装置、设备等方法

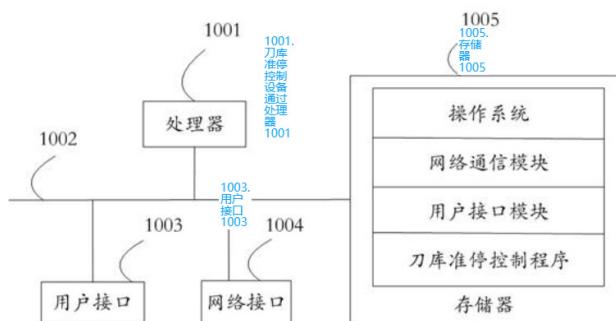


图16 刀库准停控制方法

在检测到刀库运行信号的下降沿信号时，控制刀库驱动电机停机；在刀库驱动电机完成停机时，获取刀库驱动电机反馈的停机脉冲数；根据停机脉冲数和锁存脉冲数确定反馈脉冲数，并根据反馈脉冲数和预设脉冲偏移数确定脉冲偏差数；根据脉冲偏差数控制所述刀库驱动电机驱动刀库停止在设定位置。由于发明是根据驱动电机的停机脉冲数与锁存脉冲数确定反馈脉冲数据，根据反馈脉冲数和预设脉冲偏移数确定脉冲偏差数，根据脉冲偏差数控制刀库驱动电机将刀库驱动至设定位置，解决了现有技术中由于控制信号出现异常，导致刀库损坏的技术问题，提高了刀库停止位置控制的准确度。该技术已获得刀库运行控制方法、装置、设备及存储介质发明，并技术成果已开始应用在新型圆盘式刀库产品中。

四、产品应用及产业化前景

目前，智能化高速圆盘刀库的国际市场主要由瑞士米克隆、德国哈默等第一梯队企业控制，而国内市场则由一些中国台湾地区企业控制着绝大部分份额。其中，ATC自动换刀装置是圆盘式刀库的关键核心部件，目前主要由

国外及中国台湾地区先进企业开发，国内大陆市场主要依靠进口，其成本约占整个圆盘式刀库的40%以上。而作为ATC自动换刀装置中最核心的凸轮部件，国内企业尚未在该领域进行过系统性研发，相关产品完全依赖从海外进口，并且目前市场上有限的凸轮产品规格无法满足日益提升的国内高档数控机床需求，且产品价格昂贵，2022年我国数控机床市场金属切削机床销售量45万套，刀库市场需求量约100万套，市场规模约200亿元，项目目标产品市场前景广阔。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020）》中提到：制造业的发展思路中要实现高档数控机床、关键材料与基础零部件的自主设计制造，重点研究开发重大装备所需的关键基础件和通用部件的设计，高档数控机床与基础制造技术是16个重大专项之一。《“十四五”国家战略性新兴产业发展规划》中也提到：推动智能制造关键技术装备迈上新台阶，加快高档数控机床与智能加工中心研发与产业化，突破多轴、多通道、高精度高档数控系统、伺服电机等主要功能部件及关键应用软件。《国务院“十四五”科技创新规划》中也提到：深入实施国家科技重大专项，高档数控机床与基础制造装备。因此，重点攻克高档数控系统、功能部件及刀具等关键共性技术和高档数控机床可靠性、精度保持性等关键技术，开展智能化高速圆盘式刀库的研究，符合国家相关产业政策。

五、产品研发及产业化情况

BT40圆盘式刀库在多个领域都有广泛的应用，并展现出良好的产业化前景。

首先，从产品应用角度来看，BT40圆盘式刀库在数控机床中发挥着关键作用。它能够快速实现刀具的自动换位，根据加工需要及时更换刀具，从而提高加工效率。此外，圆盘式刀库还广泛应用于电子半导体制造业，能够自动存储和更换刀具，提高生产效率并降低制造成本。在车间工业中，无论是模具、模具配套、汽车零部件还是铸件的生产，圆盘式刀库都能够根据不同的机械加工需求自动更换不同的刀具。该类刀库产品的生产工艺、生产能力、可靠性和产品质量得到大幅度提升，显著地降低了刀库产品的故障率，产品的可靠性MTBF达到了100万次。

其次，从产业化前景来看，随着制造业的快速发展，对加工中心的需求也在不断增加。圆盘式刀库作为加工中心的重要配件，其市场需求也将持续增长。同时，随着科技的进步，圆盘式刀库的性能也将得到进一步的提升，应用领域也将更加广泛。圆盘式刀库以其换刀速度快、存储容量大、稳定性和可靠性高等优点，正在逐步取代传统的刀库，成为加工中心的主流配置。

总的来说，圆盘式刀库在当前的制造业环境中具有广泛的应用和良好的产业化前景，但也需要不断适应和满足市场的变化和技术的发展。□

资讯

工程院孙以泽院士一行到访普什宁江机床公司

5月28日，中国工程院院士、东华大学教授孙以泽携手成都工业学院院长刘保县教授等12位专家学者组成的团队，前往四川普什宁江机床有限公司进行走访调研。普什宁江公司党委书记、董事长高超以及总经理冯卫东等公司领导热情接待了到访的专家学者。

调研人员依次参观了公司展厅、加工中心、齿轮机床、精密车床、科技公司以及数字化制造车间等现场，深入了解了公司的发展情况以及取得的显著经营成效。高超向来宾们介绍了近五年来公司总体运营情况，涉及产品领域、整体交钥匙工程、重大科研成果、突破的技术难点、承担的国家项目等，也介绍了现阶段在人才培养方面校企合作的互通、互动、整合等情况。

孙以泽院士对公司产品的发展方向以及取得的经营成效给予了高度评价，鼓励普什宁江沿着公司既定的“精密、高效、成套、智能化”产品发展方向，始终按照强化工业支撑、打造装备制造产业发展新高地的整体要求积极有效地开展工作。并提出三点建议：致力于打造拳头产品，构建整体解决方案与重大应用相结合、重大装备与科技成果相融合的格局，努力研发技术领先的拳头产品；针对现有机床技术的难点和痛点，联合高校的研发优势，达成重大装备的技术革新；充分发挥资源整合优势，开展边缘交叉的跨界发展，打破单一机床行业的竞争局限，以机床为基础延伸精密加工技术相关产品的范围。

（供稿：普什宁江机床）

无线传输系列数显量具在数字化测量中的应用

桂林广陆数字测控有限公司

一、引言

量具技术作为工业测量的基石，其发展历程一直围绕着精度提升和测量手段的现代化转型。在过去，精度的提高主要依赖于硬件的不断进步。然而，随着技术的发展，软件辅助的误差补偿技术已成为提高量具精度的新方向。数字化测量、智能化测量，已成为量具量仪行业乃至更广泛行业发展的重要趋势。本文将详细介绍无线传输数显量具的技术革新、产品性能、以及其在市场上的应用和推广情况。

二、无线传输数显量具的技术革新

在实现高精度测量的过程中，软件辅助技术的应用已成为一个突破口。通过先进的算法，无线传输数显量具能够在测量过程中实时识别和补偿可能出现的误差，从而确保数据的准确性。这种方法不仅提高了量具的精度，也极大地缩短了测量时间，提升了效率。

无线传输数显量具通过融合蓝牙技术、移动应用软件、WiFi网络、云存储等前沿技术，不仅实现了数据的实时采集和传输，而且提供了数据的安全存储和高效分析。这种技术转型，将测量数据的管理和应用推向了一个新的高度，实现了工业数据的数字化管理和价值创新。例如，通过移动端App或PC端应用软件，用户可以轻松绑定测量工具，实现数据的快速采集和传输。

数字化测量的核心在于将传统的手动读数和记录转变为自动化的数据采集和分析。无线传输数显量具通过内置传感器和无线通信模块，实现了数据的即时捕获和传输。这种转变不仅减少了人为错误，还为数据的远程监控和分析提供了可能，极大地提高了生产过程的质量控制能力。

三、产品性能详细介绍

广陆公司创新研发的全系列无线传输数显量具产品，兼容多种量具，包括蓝牙卡尺、千分尺、高度尺、万能角度尺、千分表等。产品具有超低功耗特性，比第一代产品功耗降低很多，同时功能丰富、操作简便，数据传输可靠，为工业生产提供了强大的支持。



广陆公司的无线传输数显量具采用了最新的 Bluetoothquandr® 5.3技术，确保了数据传输的高速与稳定。此外，产品设计考虑到了工业现场的复杂环境，因此具备了更广的工作温度范围和更高的防水等级，满足了各种苛刻条件下的使用需求。

该系列产品具备多种先进的技术特性。例如，产品具有超低功耗设计，在能效方面相比第一代产品节省了10%~20%的电能。此外，产品的数据传输稳定可靠，彻底告别了手动记录数据报告的低效率与高出错率。

广陆公司典型产品之一数显蓝牙卡尺的关键技术参数如表1所示：

CCMT2024电加工机床评述

CCMT2024特种加工机床评述组

由中国机床工具工业协会主办，以“聚焦——数字·互联·智造”为主题的第十三届中国数控机床展览会（CCMT2024）于2024年4月8~12日在上海新国际博览中心举行。本届展会展出总面积达20万平方米，来自世界28个国家和地区的近2000家机床工具制造商参展，众多全球知名机床工具企业携其最新技术和产品悉数到场。

一、数控电火花成形机床

本届展会共有12家厂商展出23台数控电火花成形机床、1款电火花专用CAM软件和3台（套）自动化单元，参展产品在成熟度、可靠性、稳定性和自动化等方面均有改善和提升。

（1）多款新品亮相展会

与2023年北京国际机床展览会相比，本届展会展出了几款新产品，其中有北京市电加工研究所/北京迪蒙数控生产的欧索(OVSO)系列ADV600数控电火花成形机床（见图1）、中国通用技术的AFU600五轴数控电火花成形机床（见图2）、浙江艾格森CNC-540S和CNC-450S数控电火花成形机床（见图3）以及苏州群基的LN-60S镜面电火花成形机床（见图4）等，从这些展品中可看出一些新的技术特点。

图4)等，从这些展品中可看出一些新的技术特点。



图1 北京电加工所/北京迪蒙数控ADV600电火花成形机床



图2 中国通用AFU600五轴数控电火花成形机床



图3 浙江艾格森CNC-540S/450S数控电火花成形机床

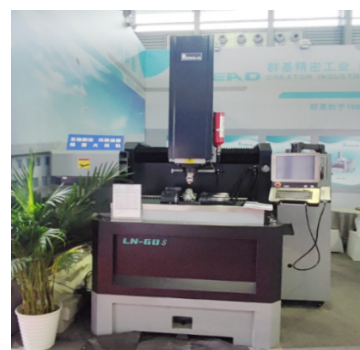


图4 苏州群基LN-60S数控电火花成形机床

ADV600电火花成形机床采用主机、电柜、油箱一体化设计，配备电极工具库，数控轴重复定位精度 $< 3 \mu\text{m}$ ，XY平面内由球杆仪检测摇动圆度达到 $7.7 \mu\text{m}$ ；工作液槽液位高度可编程控制升降，冲/吸液阀可自动控制，1min内即可完成油箱工作液的快速注入和泄放，脉冲电源单元和油液系统配置温控冷却装置。AFU600五轴数控电火花机床采用牛头式结构设计，数控轴全闭环伺服控制；脉冲电源具有高效率、低损耗、绿色的特点，可实现钛合金、高温合金等难加工材料的低损高效加工，升降油槽可编程控制，机床直线轴定位精度 $< 0.005\text{mm}$ ，重复定位精度 $< 0.003\text{mm}$ ，A、C旋转轴定位精度 $< 15''$ ，重复定位精度

$< 5''$ ，加工模具钢最佳粗糙度 $\leq Ra\ 0.08\ \mu m$ ，加工硬质合金最佳粗糙度 $\leq Ra\ 0.15\ \mu m$ 。CNC-540S 四轴电火花成形机床油槽自动升降，主轴内置C轴，直线轴定位精度 $0.005mm$ ，重复定位精度 $0.003mm$ ；CN450S三轴数控成形机采用一体式设计，具有智能定位功能，可自定义抬刀程式，可配电极库，并提供数控系统终身免费升级服务保障。LN-60S镜面火花机配置石墨、钨钢专用电路，加工效率高，表面粗糙度 $\leq Ra\ 0.3\ \mu m$ 以下；绝对式伺服控制，开机免机械回零；支持工业4.0通讯协议，支持远程诊断、监控和调试，实现智能化无人加工。

（2）自动化水平持续提升

以电火花成形机床为主体的自动化单元和产线逐步成为热点，本次展会有10家企业展示了配置自动升降液槽、快换精密夹具、ATC刀库和机械手等单元和部件的电火花成形机床，这为以后形成自动化加工单元或组成自动化产线打下了基础。

近年来制造商对机床的设计越来越重视，对床身和重要部件采用有限元技术分析和优化设计，并采用高刚性、低热膨胀系数的铸造材料，以减少因热变形造成的精度波动。闭环伺服控制系统已成为大多数中高端机型的标配，定位精度较高。部分参展厂商通过引入人工智能、物联网和CAM等先进技术，大大提高了机床的自动化、智能化水平，主要表现在自动监控、远程控制及易于编程等方面，如GF加工方案推出的独立软件编程模块FORM eCAM，可基于真实的放电去除量，以工件和电极的3D装配图及预铣造型作为参照，由专家系统匹配工艺数据库，进行EDM程序的模拟及优化，使机床发挥更优性能，大大提高了电极设计和加工程序编制的便利

性和快捷性。

（3）加工性能指标不断提高

电火花成形机床的加工精度和加工表面质量与机床的机械精度、脉冲电源性能、工艺技术等密切相关。针对用户的实际需求，通过大量工艺试验，对工艺参数、工艺路线和控制策略进行优化，从而有效提高加工精度，降低加工表面粗糙度，通用技术AFU600的最佳加工表面粗糙度小于 $Ra\ 0.08\ \mu m$ ，苏州汉奇的HQ-U40可加工出直径大于 $80mm$ 、表面粗糙度为 $Ra\ 0.07\ \mu m$ 的高表面质量镜面样件。

随着石墨制备工艺的提升，以及受铜价上涨因素影响，采用石墨作为电极材料更具性价比。诸多设备厂商开发或进一步优化了石墨电极回路，加工效率、电极损耗和加工精度有了进一步提升。北京电加工所和迪蒙数控的ADV600d配置了专用的石墨加工回路以及相关的工艺数据库和专家系统，广东商鼎的CNC400采用石墨电极加工，其粗加工效率比铜电极的加工效率高3倍，精加工效率高5倍。通用技术AFU600的硬质合金加工回路，可实现无裂痕、低损耗加工，苏州中谷EDM540H-ABC的NOW回路能够明显降低加工表面重铸层厚度，适用于特殊材料异形孔、簕箕孔的加工，深圳米尔迪克的高精密镜面火花机集成了镜面、硬质合金、石墨加工等功能，能满足多种工艺要求，并可实现深腔体的低粗糙度加工。

（4）数控系统功能日趋丰富完善

近年来，我国特种加工机床企业积极开展创新研发，在数控系统方面有了长足进步，自主创新能力也得到持续提升。本次展会上，国内参展机床的数控系统大多为基于Windows

操作系统而自主研发或合作开发，具有数控轴联动、三维摇动加工、螺距补偿、自动回加工起始点、原轨迹回退、自动调取和变换加工参数、抬刀自适应等控制功能，人机界面友好，易于操作。苏州群基的LN-60S采用绝对值编码器或光栅尺作为数控轴坐标位置的反馈器件，从而省去了开机回机械零的操作，苏州汉奇HQ-U40（见图5）在内的大多数展品的数控系统分辨率达到了100纳米级别，为机床的高精度加工提供了保障。迪蒙卡特的CTM550-ABC（见图6）、迪蒙斯巴克的DR400S（见图7）、苏州中谷的EDM640S-CNC（见图8）、深圳米尔迪克的AR50（见图9）、广东商鼎的CNC400（见图10）等展品都十分注重数控系统功能的实用性和融合性以及人机操作的便利性。

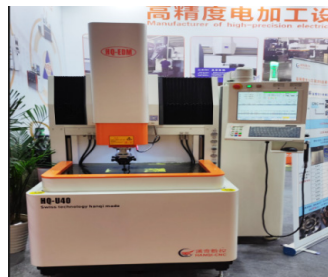


图5 苏州汉奇HQ-U40电火花成形机床



图6 迪蒙卡特CTM550-ABC五轴电火花成形机床

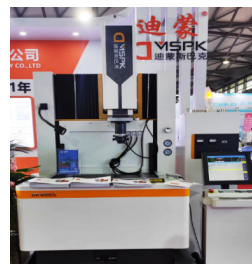


图7 迪蒙斯巴克DR400S电火花成形机床

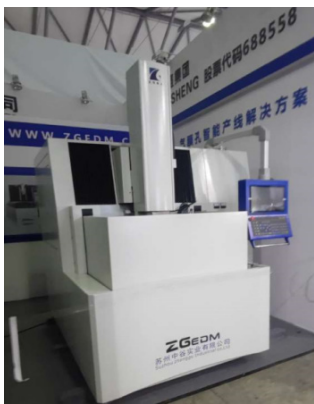


图8苏州中谷EDM640S-CNC电火花成形机床



图9 深圳米尔迪克AR50电火花成形机床



图10 广东商鼎CNC400电火花成形机床

二、电火花微小孔加工机床

本次展出的有英国Winbro、日本Elenix、苏州电加工所、北京电加工所、北京迪蒙数控、苏州中谷、苏州宝玛、苏州亚马森等8个国内外品牌，共计9台电火花微小孔加工机床。

(1) 结构形式和配置更趋科学合理

经过多年的优化改进，机床的结构形式更趋向于工作台固定的双转轴牛头式结构，配置高精度旋转头和电极扶持器。Winbro的HSD351（见图11）为新推出的电火花小孔高速加工

机床，一体式结构，转台可升降，直线轴定位精度0.008mm，重复定位精度0.006mm，旋转轴定位精度20"，重复定位精度15"。该机还配置了双14工位的传动架，可自动更换电极管，每个电极管桶可容纳15根、25根或49根700mm长的电极，导向器自动更换装置理论上可容纳13个导向器，电极更换时间小于15s；苏州电加工的SE-GK020B（见图12）为一体式六轴机床，配置了电极库、电极更换装置和电极扶持器。苏州中谷的ZGDS406（见图13）采用浸水式加工方式，工作液槽能根据放电位置自动升降，既保证了放电位置始终浸没在工作液中，又便于操作者现场观察，且特别利于工件的装夹和调校。北京迪蒙数控的HS600（见图14）采用一体化结构设计，配置了20把电极的刀库和四工位导向器更换装置，自主开发的数控系统功能齐全，自动化程度高，操作方便。

(2) 控制功能和加工性能日趋丰富完善

从展出的多轴数控电火花小孔加工机床可看出，经过几年的发展，这类机床的控制功能和加工性能正日趋丰富完善，在原有基础上，又新增了一些新的功能，能更好地满足用户的需求。机床Winbro的HSD351采用六点定位方法检测工件外型面，依据检测数据对孔位坐标进行补偿，加工中能对加工信号进行特征分析 精准判别孔的穿透。苏州电加工所的SE-GK020B、北京迪蒙数控的HS600和苏州宝玛的BMD703A-400CNC具备加工孔穿透自动检测和控制功能，采用多参数综合智能判断，控制其穿透深度，有效避免了放电灼伤叶片内腔对壁。苏州中谷的ZGDS406专门在导向器回转更换机构上安置了一个雷尼绍测头，以此对工件的加工型面进行测量，测量数据通过无线传输给

控制系统进行工件外形拟合，同时也作为工作液槽自动升降的依据。苏州亚马森的MS-DC435A（见图15）配有工艺数据库和专家系统，只需输入工件材质、电极直径、加工要求等条件，机床便能可自动调取加工参数，能实现 $\phi 0.1\text{mm}$ 的细小孔、深径比大于500mm的深孔和高温合金材料小孔的低电极损耗加工。苏州宝玛的BMD703A-400CNC电火花小孔加工机床采用自主研发的专用数控系统，采用数控编码器与数控播放器通过网线连接，可实现远程实时监控加工状态，加工过程中能同时进行绘图和编程，实现分时工作，可与CAD实现无缝连接，并兼容主流绘图软件输出的DXF图形。北京电加工所的MH10（见图16）对送丝机构做了改进和完善，连续送丝的稳定性和可靠性有了较大提高，30s之内可在不锈钢材料上加工1mm深、直径0.23mm的微孔，正反面公差 $\leq \pm 0.003\text{mm}$ 。



图11 Winbro的HSD351电火花小孔加工机床



图12 苏州电加工SE-GK020B六轴数控电火花小孔机床



图13 苏州中谷ZGDS406六轴数控电火花小孔机床



图14 迪蒙数控HS600六轴数控电火花小孔加工机床



图15 苏州亚马森MS-DC435A六轴数控电火花小孔机床

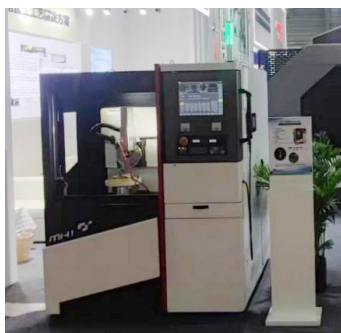


图16 北京电加工MH10六轴数控电火花微孔加工机床

(3) 加工范围和应用领域进一步拓展

随着新型发动机叶片的簸箕孔、化纤喷丝板喷孔等的异形孔加工需求在大幅度增加，各厂家推出的电火花小孔加工机床也开发了相应的功能模块，专门研发相应的工艺数据库和专家系统，实现异形孔的高效高质量加工。Winbro的HSD351在加工异形孔方面具有先进高效的解决方案，可加工出复杂的2D和3D扩散孔达到设计要求，操作人员可通过图形用户界面以3D方式查看零件，识别不满足要求的特征，并可自动修正不合格孔。苏州中谷的ZGDS406既能进行小孔的高速加工，还能进行气膜孔异形导流口的放电铣削加工。

三、数控电火花线切割机床

1. 单向走丝电火花线切割机床

展会上共有瑞士GF、日本发那科、日本西部、北京安德建奇、苏州三光、上海通用等6家国内外厂商展示了6台单向走丝电火花线切割机床，其中GF CUT F350、发那科 α -c400ic和西部M35HP等机型属于在市场销售量较大并具有技术代表性的机型。

(1) 高精度及高加工性能

单向走丝电火花线切割机床主要有高精度机械主体、高精度运动轴控制系统、高品质放电加工装置等三大部分组成。在提高机床精度上，瑞士GF加工方案CUT F350机床（见图17）采用低热变形矿物质床身，合理布局温度和湿度传感器，将冷却液在矿物床身内循环及调节防护罩内的空气，温度控制功能确保将机床温度稳定控制在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 范围内，搭载分辨率 $0.05\mu\text{m}$ 光栅尺、

最小编程单位 $0.1\mu\text{m}$ 的高精度数控系统，机床运动轴保持 $\pm 2\mu\text{m}$ 高位精度和重复定位精度，结合IPG智能脉冲电源的应用，实现最高切割效率 $400\text{mm}^2/\text{min}$ ，最佳表面粗糙度 $Ra0.08\mu\text{m}$ 的加工性能。日本发那科 α -c400ic机床（见图18）通过强化机械刚性，抑制主机各部分形变，并在机床上安装多个温度传感器及使用AI技术的热位移补偿功能，在室温变化较大的环境下，仍能实现高精度稳定加工；同时在加工区域全范围内，使用“步距误差补偿格子”的精细补偿步距误差补偿技术，保证加工区域任意位置都能获得高精度，实现间距 $260\text{mm} \times 160\text{mm}$ 的 $\phi 15\text{mm}$ 孔径加工，孔中心精度误差达到 $-1.2\mu\text{m} \sim +1.0\mu\text{m}$ ，使用iPulse3放电控制系统，对拐角控制、阶梯控制等实现高加工性能。日本西部M35HP机床（见图19）直线导轨安装跨距采用超宽设计，导轨安装面使用人工铲刮技术，确保机床多年稳定的步距加工精度。北京安德建奇AW400机床（见图20）、苏州三光LA500A机床（见图21）采用直线电机与精密光栅尺的高精度运动轴控制系统，在加工80mm厚拉链模具时，能够将如直线连接 $R1.5\text{mm}$ 小圆角的切割路径的尺寸精度控制在 $10\mu\text{m}$ 内。



图17 GF加工方案CUT F350单向走丝线切割机床



图18 发那科 α -c400ic 单向走丝线切割机床



图22 上海通用DK7632 单向走丝线切割机床



图19 西部M35HP 机床单向走丝线切割机床

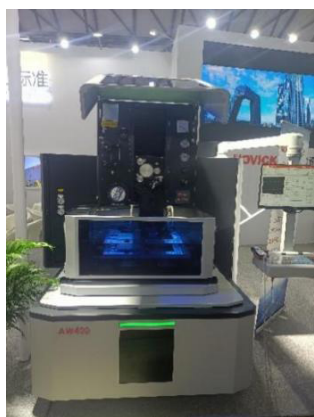


图20 安德建奇AW400 单向走丝线切割机床



图21 苏州三光LA500A 单向走丝线切割机床

（2）连续无人加工实现高运转效率

实现连续无人加工的高运转效率，需要不断完善、优化单向走丝电火花线切割机床运行过程中出现的断丝后自动穿丝及型芯自动处理等技术问题。日本发那科 α -c400ic 机床使用升级后的AWF3自动穿丝技术，实现500mm厚的水中穿丝和150mm厚工件的断丝后自动穿丝，通过电极丝前端的振动技术，实现喷嘴开放状态下的断线点穿丝或微小孔穿丝等难度较高的自动穿丝。瑞士GF加工方案CUT F350机床对于穿丝孔位置存在偏差而不能自动穿丝，可提前设定自动寻找孔新中心位置的范围，在此范围内自动寻找穿丝孔的新中心点，并在穿丝孔新中心位置自动穿丝后，自动切割到理论孔中心位置，并进行型腔后续加工。日本西部M35HP机床和GF加工方案CUT F350机床使用加工型芯熔合技术，型芯可在任意指定的位置焊接在型腔中，使得加工中的型芯不会掉落，机床可移动到下一个位置实现多个型腔连续加工，当所有型腔加工完毕后，操作人员一次性集中处理焊接着的型芯，提升了机床运转效率。GF加工方案CUT F350机床同时还提供型芯自动拾取ASM管理系统，利用自动化机械装置完成型芯切断后将型芯移除到加工区域以外的工作，机床实现了全自动化连续运行。北京安德建奇AW400机床对于

ϕ 3.0mm及以下尺寸型腔小孔加工，采用无芯加工技术，可自动生成小孔无芯加工路径，将型芯切割为料渣，无需处理型芯，实现小孔模板切割无人连续自动加工。

（3）产业化自动连接提升高可用性

智能化生产制造是未来的发展趋势，自动化生产单元及自动化生产线在制造业应用越来越多。GF加工方案使用Work Shop Manager软件对多台CUT F350机床、检测设备、料库、机械手组成的自动化生产线进行管理和监控，自动完成从料库托盘上转运装夹后的工件、三坐标测量机测量工件并将测量值发给加工机床、机床完成工件切割、机械手将完工的工件转运回料库的自动化产线工作流程，并监测加工过程和放电电源工作状态，对偏离标准设定的状态进行报警及采取对应的操作，避免自动化生产过程中出现废品。日本发那科ROBOCUT-LINKi线切割管理系统，实现模具工厂物联网管理，可组织、管理、监测多台线切割机床组成的加工生产线，完成产业化自动线的任务管理与动态调度、进度监控与信息提取、数控编程与工艺参数优化支持、加工程序传送、质量信息采集与分析等工作任务，提升了线切割机床在自动化加工生产线中的高可用性。

2. 往复走丝电火花线切割机床

展会上共有18家企业展出了37台具有多次切割功能的往复走丝电火花线切割机床（俗称“中走丝机床”），机床的加工性能、自动化水平、产品外观质量等方面都有了长足进步。

（1）加工性能指标进一步提升

最大加工效率与精细切割能力是中走丝机床二个重要的技术发展方向，近年来在脉冲电源最大输出电流、加工状态实时检测及自适应

进给伺服控制技术上有较大进步, 20A最大加工电流也能够正常稳定切割, 上海特略中走丝机床在特定加工工艺方式下, 最大加工效率达到 $650\text{mm}^2/\text{min}$, 其它厂家中走丝机床也能够 $300\sim 400\text{mm}^2/\text{min}$ 加工效率下长时间稳定切割。纳秒脉冲电源及抗电解电源等技术在走丝机床上运用, 提升了中走丝机床精细切割能力和表面粗糙度指标, 昆山瑞钧中走丝机床最佳表面粗糙度达到 $\text{Ra}0.4\mu\text{m}$, 苏州三光中走丝机床能够使用直径 0.05mm 细丝进行精细加工。中走丝机床在用户使用过程中, 用户更看重机床切一修一、切一修二的表面粗糙度及综合切割效率的性能指标, 在考虑精修刀后表面粗糙度的要求, 为了进一步提高综合切割效率, 北京安德建奇MWE6 Pro-400中走丝机床第一刀切割效率从过去 $100\sim 120\text{mm}^2/\text{min}$ 提高到 $180\text{mm}^2/\text{min}$, 切一修一综合切割效率 $> 100\text{mm}^2/\text{min}$, 切一修二表面粗糙度 $< \text{Ra}0.7\mu\text{m}$, 综合切割效率 $> 55\text{mm}^2/\text{min}$ 。苏州宝玛的BMA500C (见图23) 在脉冲电源方面进行了提升, 切实提高放电间隙采样信号的真实性和稳定性, 减小精修脉冲宽度, 降低无效能量的消耗, 有效提高了加工效率和稳定性, 加工表面粗糙度达到 $\text{Ra}0.6\mu\text{m}$ 。

(2) 新技术不断应用

为了进一步提高中走丝机床切割精度与表面质量, 重点放在了提高中走丝机床的主机精度及消除电极丝张力变化、抖动对切割表面质量影响这二个技术研究方向上。苏州三光、苏州汉奇等厂家将直线电机驱动技术应用在中走丝机床上, 其中苏州汉奇HQ-400FL机床 (见图24) $400\times 300\text{mm}$ 行程全程定位精度 $< 2\mu\text{m}$; 江苏南航来创LC400中走丝机床 (见图25) 将易受温度、内部

应力变化而影响精度的床身、托板、线臂等部件采用了矿物质材料, 机床精度稳定性有了进一步提高。机床加工过程中电极丝张力变化及抖动都会极大影响到切割表面质量和厚工件腰鼓度, 传统的机械弹簧式和重锤式张力机构正在被带张力传感器的智能闭环丝张力控制系统所替代, 智能闭环控制丝张力系统可依据切割材料、厚度不同而设定与其相适应的张力值, 保证粗切及精修过程中稳定控制在所需要的张力值, 浙江三奇2S00中走丝机床 (见图26) 使用带张力传感器的智能闭环丝张力控制系统并优化加工工艺参数, 在切割 150mm 厚工件腰鼓度可控制在 $3\mu\text{m}$ 内。苏州宝玛的BMA500C采用双向智能紧丝装置和钛合金加工回路较好解决了电极丝张力不稳的问题, 提高了切割精度和钛合金加工的表面质量, 配置的人工智能数据库可大大降低操作经验要求, 加工一致性高达98%, 同时还配置无电阻脉冲电源, 有效降低电能消耗40%以上, 机床的占地面积也省节20%。



图23 苏州宝玛BMT500C 往复走丝线切割机床



图24 苏州汉奇HQ-400FL往复走丝线切割机床

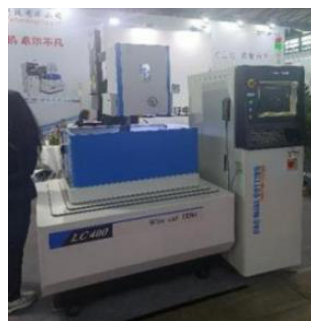


图25 江苏南航来创LC400往复走丝线切割机床



图26 浙江三奇2S00往复走丝线切割机床

(3) 自动化水平持续提升

近年来自动穿丝、工作液槽自动升降技术在中走丝机床上得到应用, 已有多台中走丝机床与机器人组成的产业化自动生产线在用户落地使用, 极大提升了中走丝机床的自动化技术水平。展会上共有北京安德建奇、昆山瑞钧、苏州赛维斯、河北卓勘等四家企业展出5台带自动穿丝装置的中走丝机床, 标志着自动穿丝技术在中走丝机床上已经实用化, 并且还在继续升级与迭代中。北京安德建奇MWE6 Pro-400 (见图27) 与昆山瑞钧FR400中走丝机床 (见图28) 对于 $\phi 3.0\text{mm}$ 及以下尺寸穿丝孔, 50mm 厚工件自动穿丝时间 $< 40\text{s}$, 穿丝成功率 $> 98\%$; 河北卓勘HJ650A-ZD中走丝机床) 能够满足阶梯型工件自动穿丝, 对于 $> \phi 3.0\text{mm}$ 穿丝孔、 100mm 厚工件自动穿丝时间 $< 50\text{s}$, 剪断丝后自动收丝到储丝桶仅需要 9s 。昆山瑞钧FL8560中走丝机床为

了解决大型机床一般需要2个人员协助完成人工穿丝问题，在上立柱与上导丝轮之间增加了一套自动夹丝与送丝机构，这样1名操作工就可以完成大型机床的手动穿丝。



图27 北京安德建奇MWE6 Pro-400往复走丝线切割机床



图28 昆山瑞钧FR400往复走丝线切割机床

(4) 快速应对市场新需求

大型压铸、塑胶模具加工和3D金属打印件基板切割，以及核电、航空航天一些大尺寸零件加工在中走丝机床上应用的场景越来越多，部分中走丝机床制造厂家快速响应市场这一新的需求，开发出大行程、重载并能够高厚度零件加工的中走丝机床。展会上苏州三光HB1600中走丝机床（见图29），X、Y轴行程1600mm×1200mm，最大切割工件尺寸2400mm×1540mm×1000mm，

最大工件重量8000kg，工作液槽自动升降，极大方便了重型、大尺寸工件装夹与加工；昆山瑞钧FL8560中走丝机床（见图30），X、Y轴行程850mm×630mm，按照重载机床结构设计，可满足最大重量5000kg工件的加工；杭州华方HF500AM中走丝机床（见图31）现场演示10mm×10mm方形1000mm厚零件切割，切割零件表面平整，尺寸误差及腰鼓度<0.06mm，切割效率≥75mm²/min；泰州江州展出为用户特殊定制的一台中走丝机床（见图32），X、Y轴行程1000mm×630mm，最大切割高度1500mm，机床带四连杆机构锥度切割装置，最大切割锥度±30°，满足用户高尺寸桶状零件内腔带锥度的精密加工需求。



图29 苏州三光HB1600往复走丝线切割机床



图30 昆山瑞钧FL8560往复走丝线切割机床

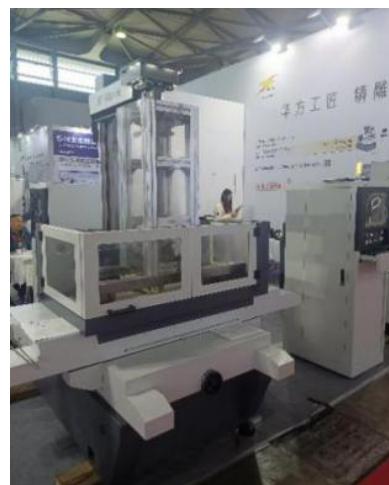


图31 杭州华方HF500AM往复走丝线切割机床



图32 泰州江州往复走丝线切割机床

四、结束语

特种加工机床作为工业母机的重要品类，是精密加工的关键设备，其技术进步与市场需求息息相关。随着技术的不断创新和市场的不断扩大，国内外厂商推出了各具特色的电火花加工机床，其中不乏创新技术和亮点，以满足不同行业的加工需求；高功率激光、超短脉冲激光、纳秒激光等新型激光技术的发展，提高了加工速度、精度和质量，使激光加工应用领域不断扩展。在智能制造、高质量发展的大背景下，工业领域将从传统制造向高端制造转型，特种加工装备将获得更为广泛的应用，前景广阔。□

CCMT2024 数控刀架和数控中心架 展品评述

烟台环球机床装备股份有限公司 臧克宝

本次展览会吸引了众多细分领域的企业参展，涵盖了数控机床的各个方面。从展品的技术特点来看，高精度、高速度、高效率成为了主流。数控机床的技术和工艺不断创新，展品在加工精度、生产效率和自动化程度上都有了显著提升。

在应用领域方面，数控机床的应用范围越来越广泛。除了传统的制造业，在航空航天、汽车、电子等领域的应用也日益增多。针对不同领域的需求，展品展现出了多样化的特点，满足了各种特殊加工的要求。从发展趋势来看，智能化、自动化将是未来数控机床的重要发展方向。展品中越来越多地体现出了智能化的设计，如自动检测、自适应控制等功能。同时，绿色环保也成为了企业关注的重点，节能减排的技术和工艺在展品中得到了广泛应用。

各企业在发展过程中也呈现出了自身的特色。一些企业注重研发创新，不断推出具有自主知识产权的产品；另一些企业则更注重提供全方位的解决方案，满足客户的个性化需求等。

一、数控刀架产品

1. 数控刀架的技术趋势

动力及运动复合已成为机床对数控刀架产品配置需求的主要方向。从车铣复合机床展品可以看出，未来几年动力刀架、Y轴刀架、B轴刀架将会是今后刀架生产商相互角力的主要方向。此类数控刀架具有多刀夹持、自动换位、动力输出、运动复合等功能，机床在配置Y轴动力刀架的情况下就可以实现车削中心的大部分功能。伺服数控刀架是当前发展的主流产品。全功能数控车床展品全部配套伺服数控刀架，基本没有电动数控刀架和液压刀架。国产伺服数控刀架展品在回转并刹紧动作的节拍时间、加减速回转运动及刹紧动作的平稳性、工作噪声等不错的直观感受，以及各家产品的运转性能良好，成为当前国产中高端数控车床配套数控刀架主流产品。

2. 展商及展品概况

参加本次展会的数控刀架的厂商主要有：烟台环球机床装备股份有限公司（烟台环球）、江苏宏达数控科技股份有限公司（宏达）、常州

市新墅机床数控设备有限公司（常州新墅）、温岭市文昌数控机床设备有限公司（文昌）、苏州堡威技术有限公司（堡威）、迈坤机械有限公司（迈坤刀塔）、温岭市三和数控机床设备有限公司（三和）、钺通工业股份有限公司（台湾钺通）、意大利BARUFFALDI、普拉盖蒂自动化私有有限公司（印度PARGATI）等。

本次展会展出的数控刀架主要集中在几个类型，主要有：立式电动、立式伺服、卧式液压、卧式电动、卧式伺服、卧式动力、Y轴动力刀架（线轨和硬轨）B轴动力刀架等产品。刀架朝着高速、高效、高性价比的方向发展，常规的手动的机械产品渐渐的退出了舞台，液压夹紧，转位快速、连续、平稳无冲击、夹紧力大，适用重切削的伺服刀架产品所占的市场比重也越来越大，其结构和性能指标基本成熟稳定，从展会现场看来，刀架产品的外观，国内外产品的差距还是比较明显；动力刀架方面国内尽管已经有包括烟台环球、常州宏达、常州新墅等几个厂家有产品展出，但是意大利的BARUFFALDI等的产品依然遥遥领先于我们，在中端

产品层次上看来，中国台湾地区厂家展出的Y轴刀架、伺服刀架、液压刀架的各项性能指标均优于国内的同类产品，我们国内的生产厂家更应该看到我们与台湾产品的差距。

在烟台环球、新墅、宏达、三和、钰通等展台，我们重点了解了一下伺服动力刀架、Y轴刀架、B轴刀架等。

(1) 烟台环球

本次展会烟台环球展出了新品Y轴线轨刀架、Y轴硬轨刀架、B轴刀架。

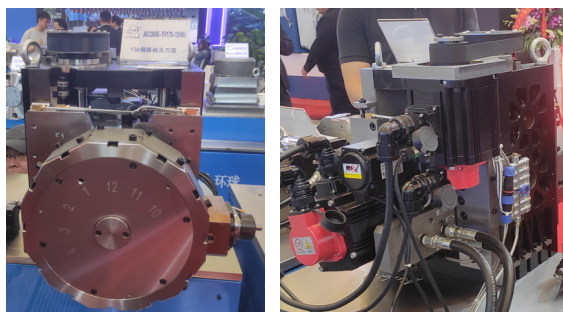


图1 Y轴刀架AK3380B-YH170-12(45) (硬轨)

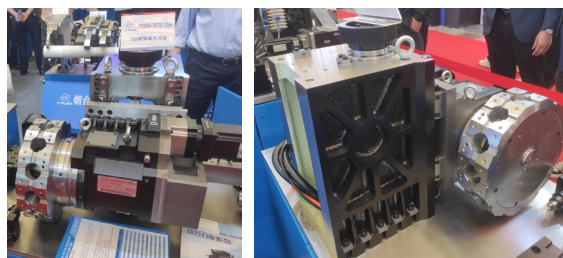


图2 Y轴刀架AK3380B-YX170-12(45) (线轨)

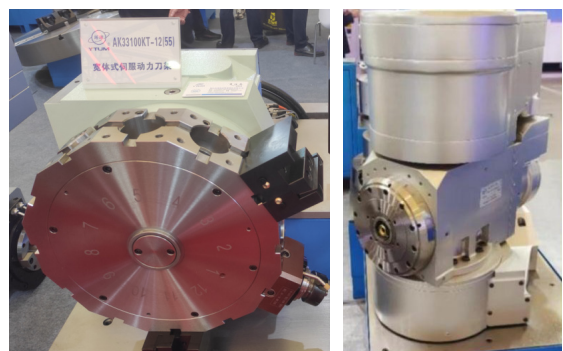


图3 伺服动力刀架AK33100KT

图4 B轴动力刀架

烟台环球的Y轴刀架刀架AK3380B-YX170-12(45) (线轨)采用全新的线轨布局立柱式结构，使用伺服电机，通过皮带丝杠传动。Y轴刀架可大幅提高复杂工件的加工能力，改善多项加工零件的加工精度，其结构紧凑、定位精度高。采用C3级精密大直径双端支撑丝杆，受力好，定位精度 可达0.01mm。±50mm的Y轴大行程，配合BMT刀具系统，加工范围大，使用灵活方便。产品

轨附加导轨锁（钳制器），可承受大的切削力，适合强力切削。分度采用三联齿盘结构，定位精度与重复定位精度高，可双向回转和任意刀位就近选刀，效率高。

同时烟台环球展出的Y轴刀架刀架AK3380B-YH170-12(45) (硬轨)采用了框架式中置结构，四个硬轨支撑，刹紧采用中部圆柱抱死，后面两个导轨锁紧的结构，刹紧可靠性高，它可配合主机完成车、铣、钻、镗等工序，是全功能数控车床的必备附件。其产品特点：①采用全新的硬轨布局结构，结构紧凑、定位精度高，适合斜车；②C3级精密大直径双端支撑丝杆，受力好，定位精度可达0.01mm；③±50mm的Y轴大行程，配合BMT刀具系统，加工范围大，使用灵活方便；④液压锁紧，可承受大的切削力，适合强力切削；⑤分度采用三联齿盘结构，定位精度与重复定位精度高，可双向回转和任意刀位就近选刀，效率高。

烟台环球除了以上Y轴刀架新品，还展出了新品伺服动力刀架AK33100KT，其除了具有传统液压伺服刀架的基本功能、还有动力刀架的径向动力输出功能，刚性高，主要配置中高档数控车床，可配合主机完成车、铣、钻、镗等工序，可极大地提升机床的加工能力及加工效率，是全功能数控车床的必备附件。

此外，烟台环球还展出了常规产品：AK3663A2-8T伺服刀架、AK3380B-12(45) BMT型数控转塔动力刀架、AK3680A2-12GG伺服刀架、AK3380D-12F2110 VDI型数控转塔动力刀架、AK3180X8A-2ELS数控转塔刀架、AK3080X6S伺服型简易刀架、AK23320X4D立式转塔刀架、AK26320X4-QY5立式伺服刀架等。烟台环球的刀架产品基本上涵括了所有型式的刀架产品。

(2) 常州新墅

常州新墅展出的Y轴刀架（线轨）是框架式中置结构，往年展会是两线轨，后来是三线轨，直到现在展出的四线轨Y12H-12-BMT40（见图5），每一次的进步都是实践操作中发现不足而进行的改进，其最终目的都是为了增强刚性。



图5 Y轴线轨动力刀架Y12H-12-BMT40

本次展会新墅也推出了硬轨Y轴刀架（见图6），应用在主机上，可增加Y轴方向的铣削功能，完成轴向、径向及圆周方向异形面或孔、槽、螺纹的全方位加工。采用框架式中置结构，Y轴包围式方滑枕淬硬矩形导轨立柱、导轨贴塑内置箱体；产品体积小，整体刚性强。并配置导轨刹紧装置，Y轴在任意位置可通过液压系统辅助刹紧导轨，保证重切工况下的加工精度；立柱主、侧导轨均配置镶条，满足随时性的间隙补偿及调整。Y轴传动采用2级精密预载滚珠丝杠，刚性强、重复定位精度高，可达到定位精度0.01mm，重复定位精度0.005mm的精度要求。径向动力产品配置标准BMT、VDI动力刀座及固定刀座，最高转速可达6000r/min；产品噪音小，稳定性高。刀塔转位采用伺服电机，内置减速机构；刀塔换刀速度快，定位精准无冲击。刀塔转位精度可达定位精度4"，重复定位精度2"。模块化设计，有直连、侧挂Y轴电机可选，12、15、16多工位可选，刀座型式及规格尺寸可选。

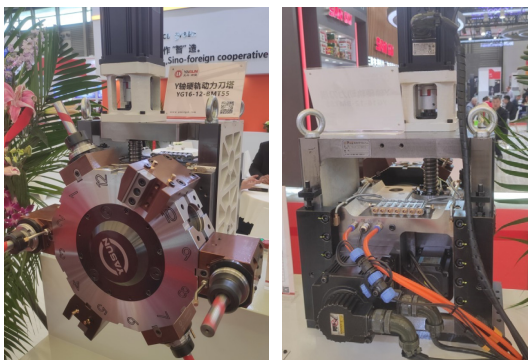


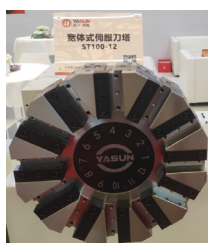
图6 Y轴硬轨动力刀架YG16-12-BMT55

本次展会新墅同时也展出了新品，如图7所示。



(a) 径向动力刀架（带冷却控温系统）

(b) 径向动力刀架



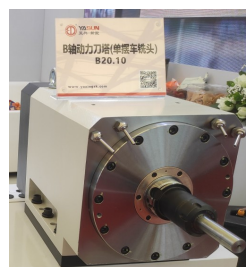
(c) ST宽体式伺服刀塔



(d) 长脖子伺服刀塔



(e) 内藏式动力直驱刀塔



(f) B轴动力刀架（单摆铣头）

图7

常州新墅的内藏式动力直驱刀塔，将动力主轴机械传动结构转化为高速同步电机传动，动力刀具独立驱动，实现铣削、钻削功能。动力刀具转速可达10000r/min，动力轴最大扭矩 $8\text{N} \cdot \text{m}$ 。电主轴单元采用特殊冷却设计，可实现24h连续加工，极大提升零件加工效率。刀塔转位采用伺服电机控制、精密三齿盘及液压定位锁固，定位精度高，锁紧刚性强，可靠保证切削刚性。该刀塔体积精巧，适合小规格主机的高转速加工需求。中心高70mm，刀塔工位12工位，定位精度4"，重复定位精度2"，换刀时间最近/最远 0.29/0.68s。

常州新墅B轴动力刀架（单摆铣头），适用于五轴卧式车铣复合加工中心，单摆角铣头形式，包含一个摆动轴和一个刀具主轴。产品外形结构紧凑，在机床大小不变的情况下可最佳利用加工区，减少干涉范围。B轴摆角最高可达 $-120^\circ \sim 120^\circ$ ，扭矩高达 $340\text{N} \cdot \text{m}$ ，动力主轴额定功率20.1kW，额定扭矩81.2N·m，最高转速10000r/min，配置刀柄接口为HSK-A63。B轴摆动轴采用力矩电机直驱，结构简单，实现容易，维修方便，反应速度快，可确保比较高的精度及动态特性，实现比较高地快移速度。铣削动力主轴采用电主轴，主轴前端高精精密角接触球轴承组支撑，可实现较高转速，在小切深、高转速方面有绝对优势。

(3) 三和公司

如图8所示，三和的直驱Y轴动力刀架DD直驱马达内置，为硬轨结构，采用减速机及电机直连。总起来看，刀架的体积比较小，更适宜机床布局。刀架可背向加工，比较适用于各类双主轴车铣复合机床。

三和还展出了立式伺服刀架等。



图8 三和直驱Y轴动力刀架

(4) 印度PRAGATI公司

印度PRAGATI公司也展出了Y轴刀架（4线轨）（见图9），Y轴部分没见专门的刹紧装置，完全靠伺服电机的刹紧系统，同时还展出了普通伺服动力刀架、宽体式伺服动力刀架、电机侧置式伺服动力刀架等等，其刀架使用的伺服电机都是PRAGATI公司自己生产的，从其展品看来，对深耕大陆市场的决心很大。



图9

(5) 台湾联碁

台湾联碁（文昌的中国台湾品牌）展出了其Y轴动力刀架（线轨和硬轨）。其线轨刀架LQDY80（L4-35）采用了框架式四线轨结构，并且在框架内还有两个硬轨（见图10），此为线轨Y轴刀架的创新点，其内部的两个硬轨起到辅助支撑和刹紧的作用，一举两得，并且此刀架采用了35的线轨，40的丝杠，样本介绍其为重切削加强版。



图10 台湾联碁的线轨Y轴刀架（框架内还有两个硬轨）

台湾联碁同时也展出了普通伺服动力刀架及宽体式伺服动力刀架,其样本上有硬轨Y轴刀架、三线轨Y轴刀架、宽体式刀架等等没有在本次展会上展出。

(6) 台湾钰通

台湾钰通展出了BMT-65MY-V12L-390和BMT-45MY-V16L-385两款四线轨Y轴刀架（见图11）。据工作人员介绍，其刹紧完全靠Y轴电机，45钢的切削量最深可以达到5mm，其同时展出了一台普通伺服刀架，其没有硬轨Y轴刀架产品。

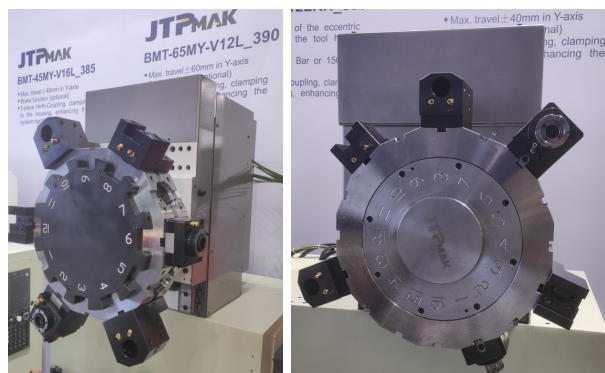


图11

3. Y轴刀架（线轨和硬轨）的特点

本届展会的刀架参展商展出最多的就是Y轴刀架（线轨和硬轨），应该说，这代表了刀架的一个发展方向，相当于给机床增加了一个轴。展出的Y轴动力刀塔基本上均采用箱体结构，Y轴伺服电机通过滚珠丝杆带动动力刀盘沿Y轴运动，以适应钻、铣、车、镗、攻丝等切削加工。

Y轴刀架的线轨和硬轨都有各自的优点：

(1) 线轨的优点：

- a) 精度高：能提供较高的运动精度，有助于确保加工质量。
- b) 速度快：可实现快速移动，提高加工效率。
- c) 摩擦小：运行时摩擦阻力小，减少能量损耗。
- d) 维修方便：易于维护和更换。
- e) 好装配：安装相对简单，可降低装配难度。

(2) 硬轨的优点：

- a) 承载能力强：能够承受较大的载荷。
- b) 刚性好：具有较好的刚性和稳定性。
- c) 成本较低：价格相对较为经济。
- d) 抗振性佳：在一定程度上能抵御振动。

就本届展会看来，各家的Y轴刀架的中心高及行程没有一家相同的，但相差不多，例如170mm左右中心高的行程一般都是 $\pm 50\text{mm}$ 左右，相同规格的产品选用的线轨及丝杠大小等级基本上都一样，剩下的就是在结构及细节上下功夫，想用户所想，才能将产品做精做细，才能做出好的产品。

在本届展会上，国外及台湾刀架厂家如雨后春笋般的增加，其展示的产品性能参数越来越好，我们国内各大刀架厂家也纷纷加大自己的设计创新能力，新产品层出不穷，我们要将产品做好，就应该根据自己的优势和条件，吸收国外的先进技术，参考现有的产品进行适当的调整，做出有自己亮点的产品推向市场。

二、数控自定心中心架

1. 展品概况

中心架作为数控机床的重要部件，在本次展会上也有很多的展示。从技术特点上看，展品的精度和稳定性都有了很大的提升，适用于高精度加工的需求。同时，一些展品还采用了新材料和新工艺，使得中心架的耐用性和可靠性更高。

在应用领域方面，中心架的应用越来越广泛，不仅局限于传统的机床加工，还在汽车、航空航天等领域得到了更多的应用。未来，随着制造业的不断发展，中心架的市场需求也将持续增长。

本次展会上展出数控自定心中心架产品主要厂家：烟台环球装备股份有限公司、宁波市精恒凯翔机械有限公司（宁波精龙）、欧特林精密机械有限公司（欧特林）、倍德福机械科技（常州）股份有限公司（常州倍德福）、韩国三千里(SAMCHULLY)、德国SMWAUTOBLOK、SCHUNK、印度的FENWICK AND RAVI (FAR) 等。

从其样本看来，在性能方面无太大差异，烟台环球、宁波精龙、德国SMW等中心架产品的结构类同，但就产品品质上看来国产的与国外的还是有一定的差距；从样本看来，烟台环球的中心架产品型号多达80余种，宁波精龙50余种，台湾欧特林也是80余种、德国SMW、印度FAR中心架基本上都是30余种。

2. 相关探讨

从SMW展出的产品（见图12）来看，对比其他各家产品，有以下几点值得探讨：

（1）侧臂与本体活动处的密封，SMW采用金属密封条的形式，密封条嵌在铣好的轮廓中，本此参展的韩国三千里也采用此类结构。据现场人员介绍，这是防止用户私自更换，以免更因换不合格的挡片而造成内腔的密封失效从而造成中心架故障。



图12 SMW中心架产品

（2）盖与本体的密封：从展出的几台中心架看，SMW的中心架本体与盖的贴合度非常好，不仔细看很难看出明显的分界线。SMW的技术人员介绍，新式的中心架在本体与盖之间均增加填料密封，最大限度避免中心架外部切削液渗与体内。

（3）轴承：SMW中心架采用的轴承通体为黑色，有点像硬质合金。从样本上给出的数据，其轴承最大线速度为700~800m/min，这是非常高的。通过和SMW技术人员的再三确认，对方非常肯定地说700~800m/min并非轴承在最小压力或空载下的允许值，只要润滑与散热合理，在中心架允许的压力下均可以达到700~800m/min。对比国内中心架生产厂家采用的轴承是德国INA生产的中心架专用的轴承，大部分轴承的理论也达不到此线速度（即使在最小载额、润滑条件良好的前提下）。如果轴承真能达到样本上所标识的线速度，那么其材质应该不会是普通合金材料。

（4）中心架侧臂外摆轮廓线：SWM中心架实物看其侧臂外摆是由一段圆弧曲线构成，在其侧臂外摆侧，有一段明显凸起的部分，其曲率半径明显变小（见图13）。SWM如此设计应该是有意为之，猜测可能是为了达到减小侧臂变形的目的而设计。

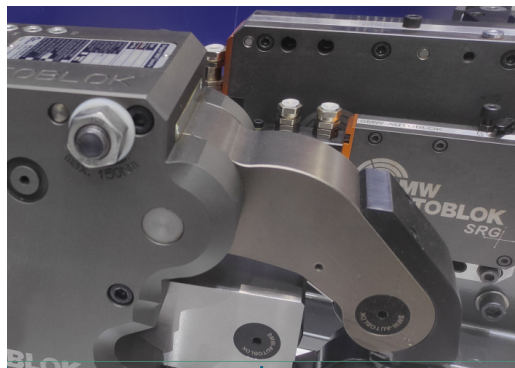


图 13

（5）本体、盖处的圆角及侧臂的弯转弧度及侧臂高压出水。

（6）安装螺钉孔的扭矩标识及安装时的向上的标识。FAR、烟台环球、常州贝得福等生产厂家均无扭矩标识及安装时的向上标识。

从展出的产品看，SMW的中心架产品最近几年并没有本质的改变。但细节处仍在不断改进，从其最新的样本数据上也可以看出，SMW也在推出新的中心架产品，在新样本上，原来的标准型SLU系列产品已经全部以“SLU-X”型代替，其中带接近开关成为中心架的标配。SMW的产品

系列也以功用的不同细分为不同的型号，尤其是新出的RX系列。2023年SMW样本上，只有RX5、RX6、RX6.1三个型号，2024年的新样本已经增加到6个型号，这说明SMW依然在对中心架不断的创新并对老产品不断的加以完善，以做到精益求精。

国内宁波精龙展出的中心架产品比较丰富，展台上展出了20余种中心架产品，夹持范围为 $\phi 1 \sim \phi 65$ 的跟刀中心架、夹持范围为 $\phi 12 \sim \phi 105$ 的跟刀中心架、各种油缸内置式中心架（超紧凑型中心架）、大张角型中心架、磨床专用中心架等，这是国内一家专门从事中心架生产的厂家。

从宁波精龙展出的产品来看，有以下几点值得探讨：

（1）为了防止中心架的夹持轴承腔、本体内腔进切削液、铁屑等，如图14所示，在中心架的轴承处及侧臂横臂部位加了类似于橡胶垫之类的东西，用于轴承腔与本体内腔的密封，以保证轴承的精度、寿命以及内部零件的使用寿命。

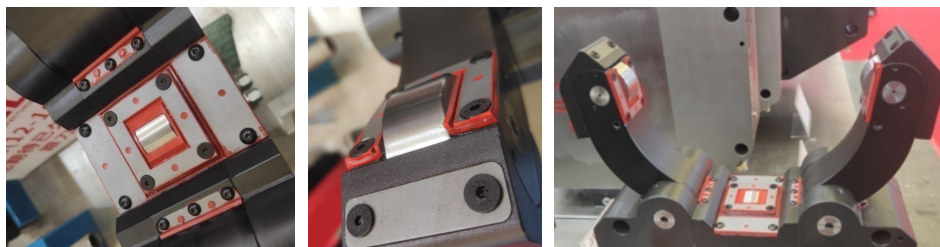


图 14

（2）为了保证成本降低，使用了模锻工艺生产中心架的本体等，材质为40Cr，其厂技术人员介绍，其侧臂与横臂采用的是高强度的合金钢及专业的热处理工艺，以增强侧臂和横臂的刚性。

（3）为了适应各种形势下的中心架使用，精龙开发了不同型式的支撑滚轮，其中以硬质合金型滚轮颇为罕见，但现场未见到展出。

烟台环球是一家有几十年中心架生产经验的生产厂家。本次展会展出的产品不是很多，但基本上油缸后置式中心架PK11A系列、油缸侧置式中心架PK11U系列，窄臂式中心架等均有展出，从其样本上看，系列产品多达80余种，包括、油缸内置式中心架（超紧凑型中心架）、磨床中心架、跟刀架等，还有对客户整体解决方案，包括定制液压箱、电器柜、弯板等。

在本届展会的中心架展品（包括样本）看来，在所有的中心架生产厂家里，只有烟台环球的中心架使用外置式分油器润滑，其余厂家的中心架均采用内置式计量单元润滑，这也就解释了为什么烟台环球的中心架产品没有安装时的向上标识。这里说一下内置式分油器的特点，在首次使用时，须通入1.2~2MPa的压力油1~2s，然后卸荷，再通油1~2s，再卸荷…反复通油、卸荷，直至三个卡爪的轴承处有润滑油流出为止，它可以在停止供油的时候，通过计量单元缓慢的给轴承供油，这种方式比较省油。而外置式分油器一直供油，直至三个卡爪的轴承处有润滑油流出为止，一旦停止供油，油路就无法给轴承处供油，但其优点在于可根据情况随时调节油量大小，检修的时候方便。

台湾欧特林本次展出的中心架10余种，包括油缸后置式中心架、油缸侧置式中心架、窄臂式中心架等均有展出，从其样本上看，系列产品多达80余种，包括、油缸内置式中心架（超紧凑型中心架）、磨床中心架、跟刀架等，

3. 几点感想

此次观展，在中心架方面有以下几点感想：

（1）从其样本看来，烟台环球PK11165X20U-S中心架、PK11165X20A-S中心架、宁波精龙C5中心架、CX5中心架、台湾的欧特林TSC-3.1中心架、SCR3.1中心架、韩国三千里STA3.1、STRA-3.1这些中心架的安装尺寸123、135、262，和SMW的SLU-X3.1中心架完全一样，在中心架领域，SMW目前还是当之无愧的老大，就趋势看来，国产替代进口是个大趋势，所以绝大多数中心架生产厂家设计的中心架都在向SMW中心架的尺寸靠拢，以保证其中心架的替换性。

（2）从各家的中心架样本看来，刹紧油口、松开油口、润滑油口均为G螺纹，即55度非螺纹密封管螺纹，此三个接口均为有压力的液压油，为什么不用NPT螺纹（60度锥管螺纹）或PT螺纹（55度密封圆锥管螺纹）呢，难道这也是因为SMW用的都是G螺纹的缘故吗？

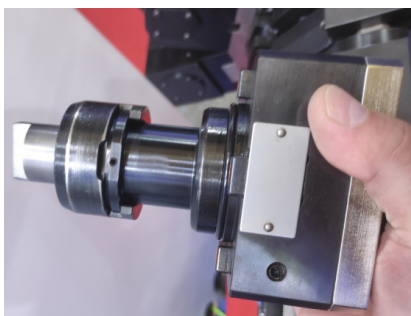
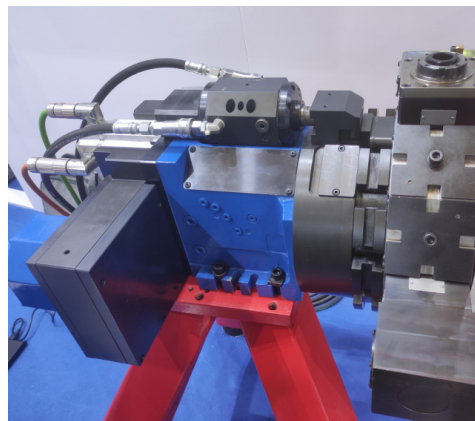
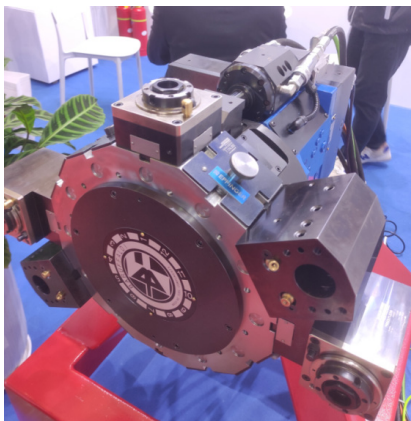
（3）就中心架的趋势看来，在机床内部空间相同的情况下，需要让中心架夹持更多的零件，也就是说在中心架体积相同的情况下要有更大的夹持范围，即SMW近年推出的双凸轮结构的RX系列中心架（超紧凑型中心架）。其有以下几点特点：超紧凑型设计；双凸轮结构；增压设计；油缸内置；国内中心架生产厂家烟台环球、宁波精龙、中国台湾欧特林等均有此类产品，印度FAR、韩国三千里等没有看到相关产品展出，其样本也没有找到类似的产品。

（4）像烟台环球、FAR、三千里、欧特林等老牌中心架生产厂家，其共同点都是细节处理得较好。其实像中心架这种结构高度成熟、功能相对单一的产品，在发展到一定阶段后只能是

往做好细节上发展。中心架作为功能单一机床夹具的一种，既不需要与信息技术结合，也无法在其他功能上进行扩展，所以各个厂家为了追求卖点，只能在细节上下功夫。比如现在国外产品无一例外的趋势有：外壳全部精加工以提高产品外观、所有标识能雕铣在壳体或侧臂上的就不打标牌、能用亮色的就不采用暗色外观处理、结构上能走圆弧的就不走直线等等。

4. 展会新技术、新动态

展会上BARUFFALDI公司展示了一种新型的使用BMT刀柄的伺服动力刀架。为了应对即将到来的自动化、智能化，BARUFFALDI公司推出这一款刀架，原先我们的BMT刀座是通过4个螺钉固定在刀盘上的，但下图所示的结构，刀座是通过刀架侧边的液压来锁紧刀座的，这样的好处就是，当通过液压松开刀座的时候，可以很方便的通过机械手换刀座。但这个刀座是一个特殊的刀座，不知能否推广开来，但自动化绝对是未来的发展方向。



参展期间，随处都可以看到高科技的机床在加工，这些是怎么来的？台上一分钟，台下十年功，是通过不断的技术积累和技术创新得来的，没有日积月累的辛苦耕耘，哪来的硕果累累的成功收获！我们现今只有不断创新，秉承科技是第一生产力，舍得在技术上下本钱下功夫，才能紧跟时代的步伐，共同进步。□

资讯

5月全球制造业PMI为49.8%，连续两月低于50%

中国物流与采购联合会网站6日发布的数据显示，2024年5月份全球制造业PMI为49.8%，较上月微幅下降0.1个百分点，连续2个月略低于50%。

分区域看，同上月相比，亚洲制造业PMI有所下降，但仍连续3个月保持在51%以上；欧洲制造业PMI有所上升，指数仍在50%以下；美洲和非洲制造业PMI均有不同程度下降，指数均在50%以下。

中国物流与采购联合会分析指出，综合指数变化，5月份全球制造业延续温和复苏趋势，亚洲制造业运行平稳，欧洲制造业恢复力度有所提升，美洲和非洲制造业恢复力

度有所减弱。1-5月，全球制造业PMI均值为49.7%，好于去年同期，但仍低于2019年同期水平。基于年初以来全球经济的温和复苏，继经济合作与发展组织和国际货币基金组织之后，联合国经济和社会事务部也上调了经济增长预期，将2024年世界经济增长预期从年初预测的2.4%上调至2.7%。同时，世界贸易组织对全球贸易前景展望也趋向积极，预计2024年和2025年全球商品贸易量将逐步复苏，2024年将增长2.6%，2025年将增长3.3%。但也要看到，地缘政治冲突、各国经贸政策的不确定性、债务困境以及通胀压力仍是扰动全球经济与贸易复苏的不稳定因素。

数控机床空间位置精度的快速评估与测量 不确定度的实际应用

雷尼绍公司 周汉辉

【摘要】数控机床定位精度的检测、补偿与评定大都采用激光干涉仪来完成，在机器定位精度校准的实际应用中，由于环境条件不同、仪器架设位置不同、激光束光路准直好坏不同等问题，经常出现机器校准的不确定度达不到出具合格的传统校准报告的要求。

长久以来，数控机床定位精度的检测与评定都是采用单光束激光干涉仪，检测结果也就根据单参数测量来对该机床的定位精度下结论。但在机床精度验证的实际应用中，经常出现换一个检测位置机床同一轴线的定位精度不一定相同，有时还相差很大，这一问题在五轴机床的精度评定中尤为突出。更新的机床标准对机器校准结果要求进行测量不确定度分析，就是为了弥补过去校准报告的漏洞。

国际处于领先地位的机器制造商已经转变观念，通过采用新版国际标准中测量不确定度的控制的方法，结合雷尼绍公司XM-60多光束激光干涉仪的先进功能，可以自动测量有关校准过程中的测量不确定度的主要分量，在无需人工介入计算的情况下，按ISO标准推荐的方法得到完整的测量不确定度报告，从而有效地控制机床空间上的定位精度。

一、背景

数控机床的直线位置精度是机床质量好坏的关键性指标之一。一般来说，对机床轴线某一坐标位置检测位置精度合格，就可以对机床该运动轴线检测合格下结论。

过去，行业中传统的位置精度检测方法都是采用单光束激光干涉仪逐个参数分项测量包括定位精度的各项几何误差，测量结果无法真实反映该轴空间不同位置的整体精度好坏。只要在当前位置检测定位精度并进行适当的线性螺距补偿后，机床位置精度满足要求就会通过机床精度验收。

但许多情况下，有些通过上述位置精度验收的机床在加工零件时还是会或多或少出现加工质量问题，其中许多机床是因为其运动轴线还存有比较大的角度误差，造成零件加工部位存在阿贝误差，机床器空间中的其它位置的定位精度不都能满足零件加工要求。

从图1中示例可见，在机床某两轴平面空间中不仅有位置误差，在不同位置还存在各不相同大小的角度误差。当在第一个激光干涉仪A位置对机床该轴线定位精度完成补偿，在激光干涉仪A处测量的位置误差得到改善，但激光干涉仪B测量的位置误差并未得到解决，在许多场合这种角度带来的阿贝误差还不小。

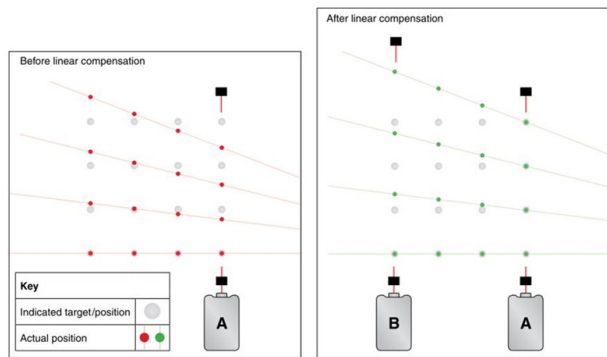


图1 空间不同位置定位误差不同示意图

二、测量不确定度分析的重要性

在几何量计量行业，每一份测量/校准报告都会随附一份测量不确定度分析报告。测量不确定度的值越小，代表测量结果越可靠；如果测量不确定度的值过大（一般会以测量结果的三分之一作为最起码的依据），则代表测量结果不太可靠，可信度低。单纯给出无测量不确定度的检测报告严格说来是不可靠的，甚至毫无使用价值。

正因为测量不确定度对检测结果是否可靠具有重要性和必要性，国际标准ISO230-9对数控机床定位精度的测量不确定度计算方法作出相关要求。不久，ISO230-2标准的2006年修订版规定了数控机床定位精度的测量不确定度的各项测量不确定度分量及其合成方法。我国的金切机床标准化委员会也在GB17421.2-2016及2023修订版中等效采用了国际标准的有关测量不确定度的方法。

三、激光干涉仪对机器定位精度校准的主要不确定度分量

采用激光干涉仪校准定位精度时，其不确定度分量大致有如下几个必须考虑的不确定度分量，如测量装置自身误差、激光光路的准直误差（余弦误差或移位误差等称谓）、被测对象的膨胀系数设置误差及仪器摆放的偏置带来的阿贝误差等等，参见图2。

测量不确定度的促成因素



图2 测量不确定度的主要促成因素

1. 测量装置自身精度

所采用的激光校准仪器的精度，如一般市场上经常使用的XM60或XL-80激光干涉仪精度为 $U_{\text{校准}}=0.5\text{ppm}$ 。根据被测机器的移动距离，可以得到该项不确定度分量。如测量距离 $L=1\text{m}$ 时， 0.5ppm 对应的不确定度分量为 0.5 微米。

$$U_{\text{装置}} = U_{\text{校准}} \cdot L$$

式中：

$U_{\text{装置}}$ ——由测量装置产生的不确定度，以微米(μm)计；

$U_{\text{校准}}$ ——校准的不确定度。依据校准证书，以微米每米($\mu\text{m}/\text{m}$)或百万分率(ppm)计，覆盖因子 $k=2$ ；

L ——测量长度，以米(m)计。

2. 移位误差（激光准直误差带来的余弦误差）

—余弦误差与光路准直后光路与导轨之间残留的相对角度相关，

$$\text{余弦误差} = \text{测量距离} \times (1 - \cos \theta)$$

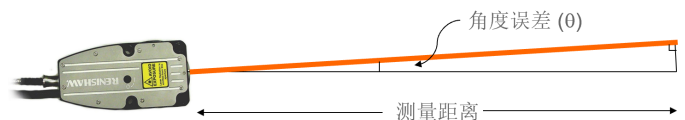


图3 激光光路准直问题所带来的余弦误差

表1 余弦误差与被测轴线长短的关系

Cosine Errors				
Distance \ Angular error	100mm	200mm	500mm	1000mm
0.01 degrees	0.002 μm	0.003 μm	0.008 μm	0.015 μm
0.02 degrees	0.006 μm	0.012 μm	0.030 μm	0.061 μm
0.05 degrees	0.04 μm	0.08 μm	0.19 μm	0.38 μm
0.10 degrees	0.15 μm	0.30 μm	0.76 μm	
0.20 degrees	0.61 μm	1.2 μm		
0.50 degrees	3.8 μm			

3. 膨胀系数误差

被测机器的材料膨胀系数是否准确直接会带来测量不确定度误差，机床标准建议按 20°C 的环境温度作为计量基准温度，有关被测机器的膨胀系数的不确定度按10%，建议最小不应低于 $2\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ 来处理。

$$u_{E, \text{MACHINE TOOL}} = \Delta T \cdot L \cdot u(\alpha)$$

$U_{E, \text{机器}}$ ——被测机器因膨胀系数不准带来的测量不确定度

ΔT ——测试环境与 20°C 间的差值

L ——被测长度单位为m

$u(\alpha)$ ——被测机器或零件的膨胀系数的不确定度，建议按膨胀系数10%或不小于 $2\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$

表2 由于热膨胀系数不确定度产生的测量不确定度

温度/℃	U_E 的系数/($\mu\text{m}/\text{m}$)				
	膨胀系数的误差范围/[$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$]				
	1±0.5	2±1.0	3±1.5	4±2.0	6±3.0
5	9	17	26	35	52
10	6	12	17	23	35
15	3	6	9	12	17
18	1	2	3	5	7
19	1	1	2	2	3
20	0	0	0	0	0
21	1	1	2	2	3
22	1	2	3	5	7
25	3	6	9	12	17
30	6	12	17	23	35
35	9	17	26	35	52
$U_E = \text{系数} \times L$					
U_E μm					
L m					

4. 阿贝误差

— 阿贝误差的大小与俯仰角或滚动角的大小与偏置距离的大小成比例

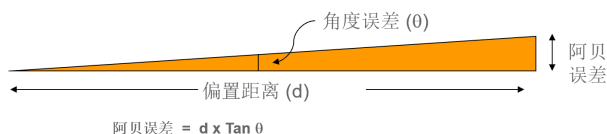


图4 机器不同位置的角度误差带来随不同偏置大小所带来的不同阿贝误差

表3 阿贝误差与对应阿贝偏置间的关系

Abbe Offset Errors				
Offset Distance	100mm	200mm	500mm	1000mm
Angular error				
1 arcsec	0.5 μm	1.0 μm	2.4 μm	4.8 μm
2 arcsec	1.0 μm	1.9 μm	4.8 μm	9.7 μm
5 arcsec	2.4 μm	4.8 μm	12.1 μm	24.2 μm
10 arcsec	4.8 μm	9.7 μm	24.2 μm	48.5 μm
20 arcsec	9.7 μm	19.4 μm	48.5 μm	97.0 μm
50 arcsec	24.2 μm	48.5 μm	121.2 μm	242.4 μm

四、XM-60 多参数测量直接给出激光测量不确定度各个分量的具体值

(1) 要得到激光干涉仪测量位置精度的完整的测量不确定度报告，以前所采用的单光束激光干涉仪是单参数测量，一来无法知道光路准直在两个方向的准确移位，也就无法给出光路在空间上的余玄误差大小；二来被测机器在测量行程中各位置的角度也无法同步测出，从而无法得到空间上的阿贝误差。从而使激光干涉仪的操作者设法能在短时间内得到一份准确可靠的测量不确定度分析报告就是一份可望但不可及的奢想。

(2) 图5所示是XM-60多光束激光干涉仪工作简图，它一次发出四束激光，机器一次运动测量直线位置误差的同时，也同时测量各位置的俯仰角、扭摆角、滚动角及水平直线度、垂直接线度等共六项几何误差；这些几何误差的测量原理都是通过激光直接测量出来而不是采用激光跟踪测量然后通过数学模型计算出来，所有测量项目都有可靠的溯源性。

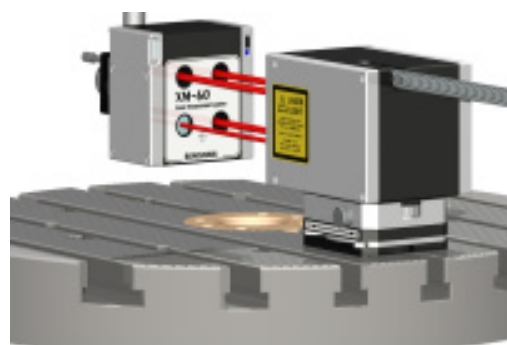


图5 XM-60多光束激光干涉仪

(3) XM-60采用CARTO软件平台，依据数控机床相关的GB17421.2-2016国家标准和ISO230-2 2006国际标准中的对测量定位精度相关的不确定度因素测量出来，如空气温度、机床温度、激光准直与导轨间平行带来的移位（余玄）误差、俯仰角及扭摆角误差等角度误差等等，从而可完全自动准确地给出测量不确定报告所需的各个不确定度分量，并自动对测量不确定度各分量进行合成，给出符合最新标准要求的完整的定位精度报告，软件界面见图6。

RAW	测量长度	500	mm	不确定度	估计数据				
ASME B5.54-2005	校准不确定度 (k=2)	0.5	$\mu\text{m}/\text{m}$	合成标准不确定度	0.00800	$\mu\text{m}/\text{mm} \cdot ^\circ\text{C}$	U		单位
ASME B5.54-1992	校准误差	0.01459	mm	工件温度	19.03906	$^\circ\text{C}$			
GB/T 17421.2-2016	机床膨胀系数	0.000	$\mu\text{m}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$	由于工作温度引起的定位的不确定度	0.05000	$^\circ\text{C}$	0.20000	μm	
GB/T 17421.2-2016	由于工作温度引起的定位的不确定度	0.00058	$\mu\text{m}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$	U (E, 膨胀)			-0.27867	μm	
GB/T 17421.2-2016	环境温度	19.03906	$^\circ\text{C}$	U (温度)			0.34301	μm	
GB/T 17421.2-2000	由于工作温度引起的定位的不确定度	0.05	$^\circ\text{C}$	EVE, 环境变化速率	0.00000	μm			
ISO 10791-4-1998	环境变化速率	0	μm	U(EVE)			0.00000	μm	
ISO 230-2-1988	阿贝误差	300	mm	装置安装的不确定性					
ISO 230-2-2006	最大角度误差 (ZRX)	10.49604	$\mu\text{m}/\text{m}$	最大角度误差	10.49604	$\mu\text{m}/\text{m}$			
				阿贝误差	300.00000	mm			
				U (膨胀)			1.28550	μm	
				U (E)			1.35376	μm	
				U(Rt, R)			0.00000	μm	
				U(R)			5.14199	μm	
				U(R)			5.14199	μm	
				U(E,ET,E)			2.70752	μm	
				U(M)			2.70752	μm	
				U(A,A1,A)			2.70752	μm	

图6 不确定度报告自动生成软件

(4) 为减少激光干涉仪自身发热所带来的测量不确定度分量，XM-60多光束激光干涉仪利用光纤将激光束传到干涉镜（发射头）上，从而在避免激光头的发热对干涉镜和被测机器的热稳定性的同时，也通过无线蓝牙

传输信号的技术使得移动镜上没有电缆的拖拽，从仪器科学的配置上在极大提高测量效率的同时，也充分保证了测量结果的稳定、可靠。

五、CARTO软件的不确定度报告的使用举例

对于机器某运动轴线按GB17421.2-2016标准评定其定位精度，需要同时附上测量不确定度分析报告，才算是一份完整准确地测试结论

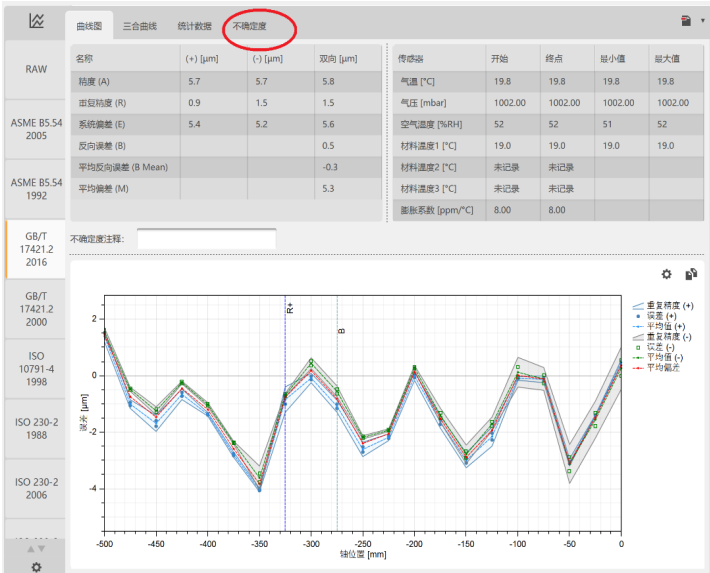


图7 GB17421-2 2016分析软件

名称	正向 (μm)	反向 (μm)	双向 (μm)
精度 (A)	5.7 (1.6 ~ 4.1)	5.7 (1.7 ~ 4.0)	5.8 ± 0.8
重复精度 (R)	0.9 (当i=14时)	1.5 (当i=1时)	1.5 ± 0.0
系统偏差 (E)	5.4 (1.4 ~ 4.0)	5.2 (1.5 ~ 3.6)	5.6 ± 0.8
反向误差 (B)			0.5 ± 0.0
平均反向误差 (B Mean)			-0.3
平均偏差 (M)			5.3 ± 0.8

图9 带有不确定度值的定位精度结果

调整图6中红色圈中评价该轴线的不同工作区域（“阿贝配置”），可多次分别”计算不确定度“。如需评估被测机器空间工作区域内的定位精度值的可靠性，一般按测量不确定度大小占双向定位精度的比值来综合考虑。

计量领域传统处理不确定度一般推荐按三分之一原则，重要场合按十分之一原则来进行。按表4举例的设备，在激光测量光束附近100mm的空间，按GB17421-2016国标评定该轴线双向定位精度为 $5.8 \pm 1.2 \mu\text{m}$ ($K=2$)；而在激光测量光束附近300mm的空间内，按GB17421-2016国标评定该轴线双向定位精度为 $5.8 \pm 2.7 \mu\text{m}$ ($K=2$)。

如果需要考虑对该轴线工作区域中空间定位精度进行测量不确定度分析，只需要在CARTO软件图6的不确定度分析页面的“阿贝误差”输入工作区域的范围，如图6中举例为300mm，则软件自动计算出的不确定度就包含了在激光光束300mm的范围内的空间定位精度的测量不确定度。

表4 轴线不同空间区域对应不同的测量不确定度

输入阿贝配置大小mm	双向精度 μm	测量不确定度 μm (K=2)
0	5.8	± 0.8
100mm	5.8	± 1.2
300mm	5.8	± 2.7

从表4中第三行列出的测量不确定度为 $\pm 2.7 \mu\text{m}$ ($K=2$) 占双向定位精度 $5.8 \mu\text{m}$ 的三分之一以上，可以判定该轴线在300mm工作空间范围内不能可靠地保证所有位置都达到 $5.8 \mu\text{m}$ 的定位精度，而在100mm工作空间范围内基本可以保证所有位置都达到 $5.8 \mu\text{m}$ 的定位精度。

按这种符合新国标要求带有测量不确定度结果的定位精度结果，在过去的传统判断激光测量位置的局部定位精度的基础上，也能够根据测量不确定度的大小，方便判断机器轴线全工作范围内的空间定位精度好坏。

六、新国标的的结果及其内在的含义

那如何来解读新国标的的结果及其内在的含义呢？笔者推荐按图10所示的流程图来按照有关标准对数控



图8 CARTO软件的测量不确定度计算页面

机床空间的定位精度进行评估。

注：对带有回转轴的机床有必要进行空间区域的定位精度评估，因为该类机床测头应用、机内对刀或翻转加工等都需要机器在较大空间范围内保持有准确的坐标位置

数控机床空间定位精度评估的测量不确定度应用

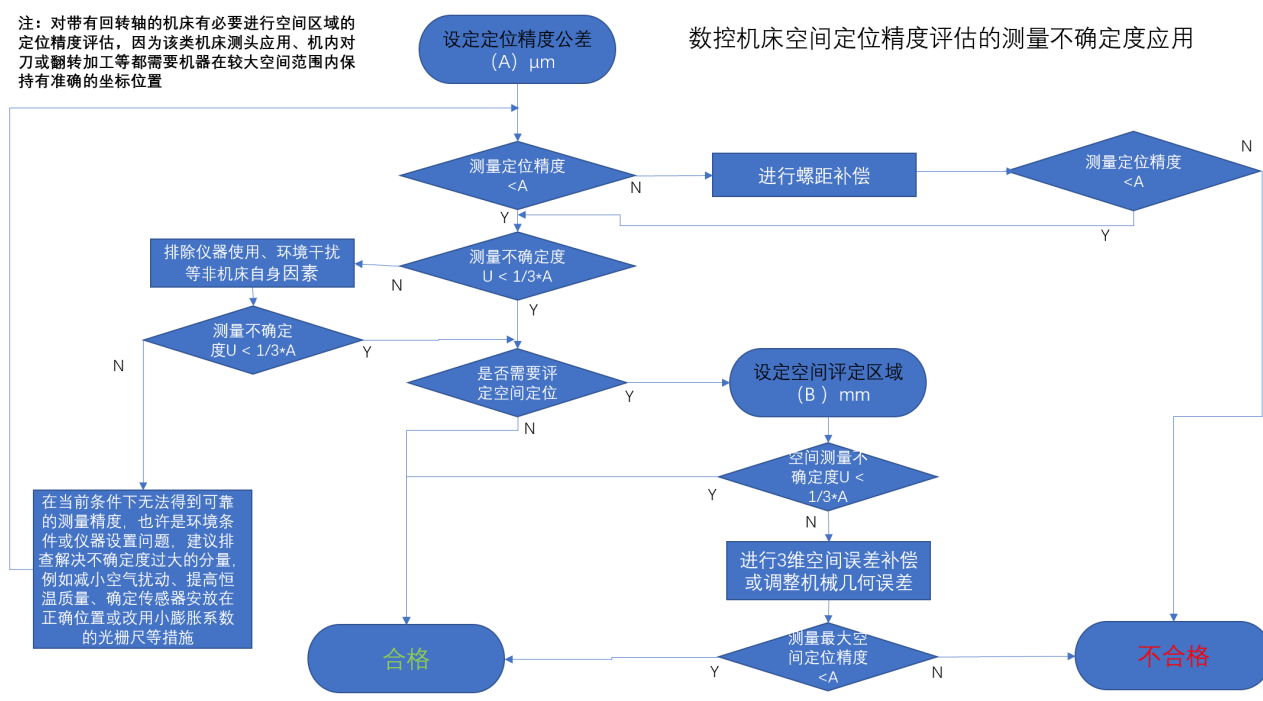


图10 定位精度评估的不确定度的应用指南

1.为待评估的机床定位精度确定指标A

如果在某位置架设激光干涉仪测量双向定位精度超出机器的公差范围A，可以尝试通过机器螺距补偿或调整反馈原件的精度来进一步改善定位精度，直至在该位置的双向定位精度满足机器的公差范围A。

(1) 根据最新的机床标准，需要对上述测量过程进行测量不确定度分析，当测量不确定度至少小于双向定位精度A的三分之一（重要场合十分之一）的双向定位精度时，才能说明前面的机器精度测量过程是可靠地，当不需要对空间精度进行评估时，可以确定该机器轴线在架设激光干涉仪位置的定位精度是测量合格的；

(2) 当测量不确定度至少大于双向定位精度A的三分之一的双向定位精度时，说明前面的机器精度测量过程是不可靠地，应当分析排除测量过程中非机床带来的测量误差过大的因素，如改善测量环境条件、确认仪器使用无误等，再次测量并分析计算测量不确定度，测量不确定度至少小于双向定位精度A的三分之一（重要场合十分之一）的双向定位精度时，才能说明前面的机器精度测量过程是可靠地。否则，即使测量出的定位精度即使小于公差要求A，但该结论也是不可信的。

2.确定待评估机床是否需要空间精度进行评估

我们知道，当机床是一台具有回转轴的多轴机床时，

由于其加工工艺的需求，该机床需要不时翻转零件或刀具来完成三维空间中的准确定位，来准确完成工件测头的测量、机内刀具的对刀及复杂零件的加工，从而需要确定该机器轴线在架设激光干涉仪方向空间定位精度是测量合格的才行。这类机床的精度评估，建议需要考虑最大工作范围的空间偏置，并评估其最大偏置后的测量不确定度是否小于双向定位精度A的三分之一（重要场合十分之一）的双向定位精度。

(1) 设定被测机器的可能最大工作空间偏置B。

(2) 将B输入雷尼绍激光干涉仪CARTO软件中根据最新机床标准中不确定度分量中的偏置中，自动进行不确定度合成计算。

(3) 当输入空间偏置后计算得到的新的测量不确定度值至少小于双向定位精度A的三分之一（重要场合十分之一）的双向定位精度时，说明该机器在整个空间工作范围内的定位精度及测量过程是可靠地。

如果当输入空间偏置后计算得到的新的测量不确定度值至少大于双向定位精度A的三分之一（重要场合十分之一）的双向定位精度时，说明该机器在整个空间工作范围内的定位精度及测量过程是不可靠地。该组测量结果的可信度低，该双向定位精度的测量结果不可以作为机器轴线的评估结果，而需要仔细分析影响测量不确定度的各个环节，排除因仪器使用不当、环境控制不好、膨胀系数设

置不正确等带来的问题。这种情况仅通过机器螺距补偿来改善定位精度是不够的，需要考虑对机器21项几何误差进行三维空间误差补偿或对机床的机械进行重新装调。

这种符合新国标要求带有测量不确定度结果的定位精度评定结果，是在过去的判断激光测量位置的局部定位精度的传统方法的基础上，根据测量不确定度的大小，方便判断机器轴线更大工作范围内的空间定位精度好坏的全新方法。

七、新仪器给机器校准带来的新局面

现在许多机床制造商在机器校准中已开始采用一次测量多参数的方法，特别是直接采用光学测量法，而不是靠多次跟踪测量计算误差的间接方法。多参数同时测量可以最大限度地减少间接测量需要机床多次运动所带来的重复精度带入计算结果的问题，可以更准确地得到角度误差来实现更可靠的阿贝误差测量结果。

利用XM-60多光束激光干涉仪还能开拓其它更多有益的思路：

(1) 如果被测机床的空间定位精度不合格，又不希望耽误时间来拆卸机床进一步调试几何误差，如果数控系统具备开通空间误差补偿选项的条件，建议利用XM-60多光束激光干涉仪配合相关软件和数控系统有关选项，快速实现对机床的空间误差补偿；

(2) 对于真要拆卸机床，需要进一步调试机械来改善几何误差的场合，XM-60多光束激光干涉仪的CARTO软件还可以通过偏置计算功能，对机器的误差来源进行分析诊断。例如，可以帮助判断位置精度的问题来源到底是光栅尺的质量问题还是导轨直线度没有调整到所需精度要求，需要进一步刮研、调整等等；

(3) 基础件的几何误差控制是一台机床综合精度的基

础和保证，而空间误差补偿只是最后没有办法的办法。随着机床制造工艺技术的不断改良、进步，多参数测量技术得到越来越多的广泛认可。新机器出厂时无需进行空间误差补偿就能保证精度，这是通过控制机器基础件的几何精度来实现的。即XM-60多光束激光干涉仪的另一重要用途就是帮助分析空间几何误差产生的主要来源，为成批制造合格的数控机床并具备精度的长期稳定性打下基础。

八、结语

在数控机床最新标准中将位置精度的评定引入测量不确定度的概念，要想全面推行新的机床标准，需要仪器使用者全面了解并准确得到测量不确定度分量来源，同时还需要让机床厂家认识到测量不确定度结果背后所带来的机床空间质量信息，传统的单参数激光测量法具有限制，从而制约了新机床标准的全面推广。

现在，雷尼绍XM-60多光束激光干涉仪具备位置精度测量相关不确定度分量的可溯源测量和自动分析，极大地降低了对检测设备操作者的个人技术要求，方便了新机床标准的推广。在检测机床定位精度的同时得到测量不确定度的分析报告，通过设定一定加工范围的测量不确定度的大小，可以快速判断机床空间误差的好坏，促使机床生产或维修人员从机器的几何误差基础着手去改善机床装配质量，从而延长数控机床的精度保持性，提高我国机床制造业的整体水平。□

【参考文献】

- 【1】GB17421.2-2016 数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定
- 【2】ISO/TR 230-9:2005根据ISO230簇基本公式进行的机床检验测量的不确定度估算
- 【3】雷尼绍CARTO软件使用说明书，2021年

上接第38页

客户的反馈是我们产品改进的重要指导。我们认真听取了用户的意见，并将其转化为产品的持续迭代和升级。自蓝牙产品推出以来，我们收到了大量用户的反馈，这些宝贵的信息帮助我们不断改进产品。例如：针对早期产品中出现的信号稳定性问题，我们通过技术升级显著提高了传输距离和稳定性。此外，我们还优化了电池使用效率，减少了因电流大引起的乱数问题，延长了电池寿命。我们承诺，任何升级都将兼容客户现有的软件系统，并保证供货的稳定性和价格的合理性。

随着工业4.0时代的到来，无线传输数显量具作为智

能化测量的代表，其市场前景广阔。无线传输数显量具为工业测量带来了革命性的变化，不仅提高了测量的精度和效率，还改善了数据管理和应用的方式。不仅仅是一项技术上的进步，更是制造业智能化转型的一个缩影。面对未来，广陆公司将继续投入研发，以客户需求为导向，不断提高产品性能，扩大应用领域，加强数据安全性，提升用户体验，以满足日益增长的市场需求，并推动整个行业向智能化、数字化的方向发展。我们相信，通过不断的技术创新和服务完善，无线传输数显量具将在全球范围内得到更广泛的应用和认可，为用户带来更大的价值。□

关于伺服尾座在数控机床上的实际应用

通用技术集团机床工程研究院有限公司大连分公司 杨 硕

【摘要】在加工细长轴时配置伺服尾座，利用伺服电机的扭矩保持功能顶紧工件。伺服电机输出的扭矩反映到尾座顶尖上的顶紧力会由于尾座及防护拉罩的摩擦阻力而减小，通过多次试验找到实际顶紧力与电机输出扭矩的关系，最终帮助用户可以根据实际加工需求选择合适的顶紧力。

在21世纪开始之后，随着工业产品的不断升级进步，航空、汽车、轮船、军工、核电等行业对各自产品的要求不断升级精细，进而对机床加工产品零件要求不断提高，在加工细长轴的时候，需要用到尾座顶紧工件以保证在切削过程中不会振刀，并且能够保证加工零件的精度、表面光洁度等。市场目前在全机能数控车床上配置的尾座多为液压套筒尾座和伺服驱动尾座，液压套筒尾座利用液压油的压力保持不断的将顶尖顶向工件，这种尾座多为手动插销床鞍拖动，移动到合适的位置后由液压锁紧机构锁紧到当前位置，液压尾座配置操作繁琐，在使用时存在液压管路漏油的隐患，并且尾座结构复杂，套筒、尾座体等零件加工精度不易保证。但是制作成本相对较低。伺服尾座配置则为伺服电机通过联轴器、丝杠驱动尾座整体移动，到达指定位置后利用伺服电机的扭矩保持功能通过顶尖顶紧工件。这种配置结构简单、零件数量少、不存在漏油的隐患、方便操作，可通过编辑宏程序即可使用尾座，但是由于多了一套传动系统，所以成本相对较高。两种尾座各有优缺点，本文主要讨论伺服尾座的伺服电机输出扭矩与尾座实际顶紧力的关系。不涉及丝杠、轴承、伺服电机的选型以及电机调试环节等。

性，一个是在一定范围内可以输出恒定不变的扭矩即扭矩保持功能，另一个是可以保持转子转到特点的角度停下来并且保持在当前位置即位置保持功能。伺服尾座需要电机提供扭矩保持功能，假设电机输出设定为位置保持功能，当切削细长轴时，主切削力在轴向的分力会使工件发生轴向的弹性变形，工件会向主轴方向发生弹性位移，这个时候由于伺服电机控制尾座保持位置不变，则顶尖会暂时脱离工件而造成工件的尾端没有约束发生震颤，对加工不利，而如果电机输出设定为扭矩保持功能则工件即使在切削过程中发生轴向位移，伺服电机会推动尾座及时跟进继续顶紧工件，保证整个加工过程的稳定。为验证伺服电机的扭矩保持特性，按图1所示做如下试验。

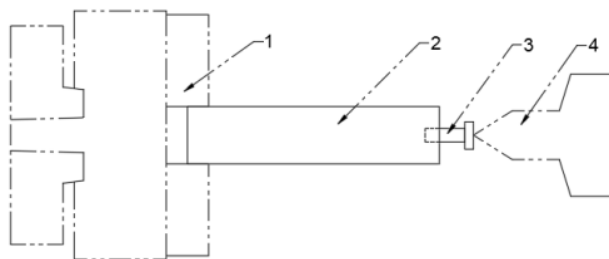


图1

1.卡盘 2.工件 3.螺栓 4.顶尖

一、伺服尾座理论顶紧力的计算

1.伺服尾座应用的电机特性

伺服尾座是由伺服电机驱动的，而伺服电机有两个特

如上图所示，将工件一端夹紧在卡盘上，另一端安装

一个M12的螺栓，用伺服尾座的位置保持功能顶紧工件，然后用扳手缓慢的拧入螺钉，这时螺钉会向卡盘一侧发生轴向位移，此时观察操作面板上W轴（尾座伺服轴）的位移没有发生变化，顶尖与工件脱离，如果是正常的切削过程中这种现象一定会造成工件的加工精度不对以及发生振刀现象甚至可能将刀具损坏。同样的试验条件，将伺服电机设置为扭矩保持功能，仍然用扳手拧入螺钉，这时尾座向卡盘侧移动并且始终顶紧工件，而W轴伺服电机的负载率并未发生变化。由此可见，在伺服尾座的使用时应该将伺服电机设置为扭矩输出保持功能来顶紧工件，即使工件由于切屑力发生轴向的位移，尾座仍然能够顶紧工件保证其加工精度。

2. 理论顶紧力的计算

理论顶紧力的基础计算公式为下式：

$$2\pi T=F\times L$$

式中：T为电机输出的扭矩；F为把负载沿直线方向移动的推力；L为电机转动一圈将负载移动的直线距离。此公式套用到伺服尾座上为伺服电机转子输出扭矩T转动一周所做的功等于丝杠推力F推动尾座移动丝杠螺距所做的功。但是由于整个传动环节中存在传动效率及摩擦损耗，所以，丝杠对尾座产生的推力应按照下列公式计算：

$$T_1=(K\frac{F_{a0}L_0}{2\pi}+\frac{PL_0}{2\pi\eta}+T_B)\frac{Z_1}{Z_2}$$

式中：T₁为匀速时电机输出的扭矩；K $\frac{F_{a0}L_0}{2\pi}$ 为丝杠的预紧力矩；F_{a0}为预紧力，可按照经验公式F_{a0}=(0.1~0.12)C₀计算，C₀为丝杠额定动载荷，根据丝杠的具体型号可在丝杠样本中查到；P为丝杠的轴向推力，在不考虑切削力时P=μW；W为尾座部件的重量；μ为动摩擦系数，这里考虑到尾座在顶紧时是静止的状态，但是由于伺服电机的扭矩保持功能使尾座始终有丝杠推力方向运动的趋势，所以此时的μ应近似等于静摩擦系数取μ=0.15；L₀为丝杠的导程；T_B为丝杠轴承的摩擦力矩，可在轴承样本中查到；η为丝杠的正效率约为0.9~0.95；Z₁为齿轮1的齿数；Z₂为齿轮2的齿数。

按照上述公式，已知尾座顶紧力的前提下，计算伺服电机理论输出的扭矩值，并实际测量当前扭矩值反应到尾座顶尖的实际顶紧力是多少。参照大连机床生产的DT-40/600规格配置FANUC数控系统的机床的伺服尾座结构，其伺服电机型号：丝杠型号：螺距为8，伺服电机额定扭矩11N·m尾座的理论顶紧力参照液压尾座配置时顶紧力为1700~2700N，各项顶紧力计算出的伺服电机输出的扭矩值如表1所示。

表1 理论顶紧力对应的扭矩值

理论顶紧力 <i>P</i> /N	丝杠螺距 <i>L</i> ₀ /mm	丝杠预紧力矩 (N·m)	轴承摩擦力矩 <i>T_B</i> (N·m)	电机输出 扭矩 <i>T</i> ₁ (N·m)
1700	8	0.34	0.2	2.95
1800	8	0.34	0.2	3.09
1900	8	0.34	0.2	3.23
2000	8	0.34	0.2	3.37
2100	8	0.34	0.2	3.51
2200	8	0.34	0.2	3.65
2300	8	0.34	0.2	3.8
2400	8	0.34	0.2	3.93
2500	8	0.34	0.2	4.08
2600	8	0.34	0.2	4.22
2700	8	0.34	0.2	4.36

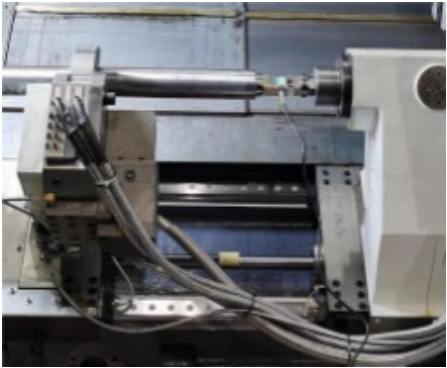
二、 伺服尾座实测顶紧力

1. 带防护拉罩的实测顶紧力

根据上表中理论顶紧力计算出的伺服电机对应的扭矩值将其转换为伺服电机的负载百分比（方便在系统面板中显示），并使用测量仪器分别测力不同扭矩输出下对应的实际顶紧力，由于机床的结构限制，尾座体安装有防护，为考虑到防护对顶紧力的影响，试验时分别在尾座体安装防护及尾座体未安装防护两种情况下分别测量顶紧力如图2所示。



(a) 带防护的尾座



(b) 不带防护的尾座

图2

尾座的防护罩多为多层拉罩以满足尾座行程的使用要求，由于拉罩层数多，受制造误差的影响，克服尾座防护拉罩伸缩时的摩擦所需要的力不可忽略。其试验条件如下：顶紧工件材质为45钢；棒料直径62mm；棒料长度500mm；主轴侧卡盘夹紧棒料压力3MPa；使伺服电机分别输出表1中理论顶紧力对应的电机扭矩值测量带尾座防护拉罩时尾座的实际顶紧力如表2所示。

表2 带尾座防护拉罩时测量的实际顶紧力

理论顶紧力 /N	电机扭矩 (N·m)	实测值 /N	实测值 /N	实测值 /N	平均值 /N	误差值 /N
1700	2.95	1130	1097	1084	1104	596
1800	3.09	1197	1210	1214	1207	593
1900	3.23	1313	1296	1304	1304	596
2000	3.37	1406	1390	1399	1398	602
2100	3.51	1541	1536	1532	1536	564
2200	3.65	1643	1646	1631	1640	560
2300	3.8	1751	1722	1729	1734	566
2400	3.93	1815	1850	1832	1832	568
2500	4.08	1941	1939	1931	1937	563
2600	4.22	2044	2040	2033	2039	561
2700	4.36	2142	2140	2135	2139	561

从上表可以看出，理论顶紧力选取连续的十个值，每个值实测三次取平均值，从上表中的数据来看理论力计算出的扭矩值在电机输出之后，最终转化到顶尖的实际顶紧力与理论计算值的差值近乎为一个定值，从图3中能更直观的看清两者之间的关系。

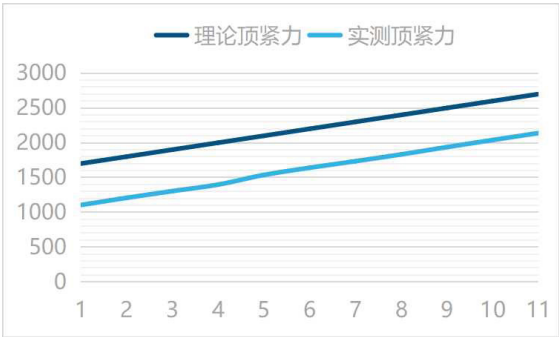


图3 理论力与实测力折线图

从图中可以看到，随着伺服扭矩的增大，尾座的顶紧力也相应增大，并且两者之间近乎线性的关系，其损耗的摩擦力几乎为一个定值，不会随着顶紧力的变化而变化。

2.去掉防护拉罩的实测顶紧力

将尾座防护拉罩拆卸掉，仅用伺服电机通过丝杠带动尾座顶紧工件，其余试验条件不变，测量此种工况下尾座顶尖的实际顶紧力，测量值如表3所示。

表3 尾座未安装防护拉罩时测量的实际顶紧力

理论顶紧力 /N	电机扭矩 (N·m)	实测值 /N	实测值 /N	实测值 /N	平均值 /N	误差值 /N
1700	2.95	1380	1400	1378	1386	314
1800	3.09	1498	1498	1506	1501	299
1900	3.23	1618	1549	1468	1545	355
2000	3.37	1522	1727	1721	1657	343
2100	3.51	1840	1817	1822	1826	274
2200	3.65	1892	1908	1908	1903	297
2300	3.8	1992	2002	2018	2004	296
2400	3.93	2113	2138	2090	2114	286
2500	4.08	2113	2217	2200	2177	323
2600	4.22	2322	2304	2320	2315	285
2700	4.36	2404	2404	2390	2399	301

从上表中可以看出在理论顶紧力相同的情况下，尾座实测顶紧力较带防护拉罩的情况明显增大很多，这意味着防护拉罩产生的阻力不可忽略，而且会消耗掉伺服电机相当一部分伺服电机输出的推力，当然尾座防护拉罩所产生的阻力在不同的机床结构上也会不同，并且随着结构设计的优化，制造误差的降低，尾座防护拉罩的阻力是可以被降低优化的，通过图4可以更直观地反应理论顶紧力与实测顶紧力在没有防护拉罩阻力的情况下二者之间的关系。

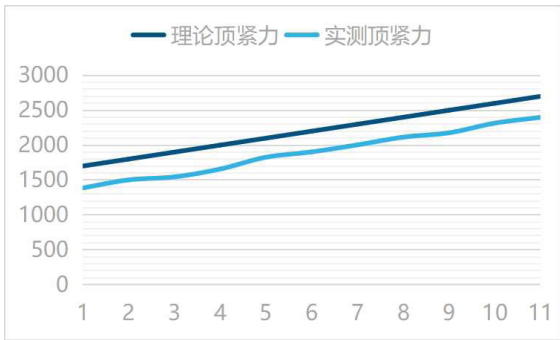


图4 理论力与实测力折线图

去掉防护拉罩后尾座的实测顶紧力之所以仍然小于理论顶紧力是因为前文提到的尾座顶紧的状态是一种静态却有着运动趋势，这意味着伺服电机在输出扭矩时，需要时刻消耗掉一部分扭矩来克服尾座由于自重而产生的最大静摩擦力即摩擦扭矩。

（下转第65页）

关于一种高压断屑加工方式的使用

通用技术集团大连机床有限责任公司 邵志骋

【摘要】机床在切削加工塑性、韧性较好的钢材时会产生大量的冗长铁屑，这样的铁屑不易折断会缠绕在刀尖上加快刀具的磨损，并会划伤已加工表面，甚至在清理铁屑时会划伤操作人员，威胁到操作人员的安全，所以断屑已成为切削加工过程中重要的一环。高压断屑加工是一种从刀具内部喷射出高压冷却水来冲断铁屑的加工技术，通过研究高压冷却的断屑试验来验证不同材质在不同切削参数及不同高压下的断屑效果。试验结果表明，在高压断屑加工过程中切深及进给都会影响断屑效果，冷却水的压力越大断屑效果则越好。

自21世纪初，随着工业产品的不断升级进步，重点行业对各自产品的要求不断提高，进而对机床加工产品零件的精度、粗糙度等的要求不断提高。在竞争越来越激烈的现代制造业中，企业都想提高竞争力和生产效率。为满足生产效率需求，提高切削参数就是其中的典型办法，而提高切削参数的关键点就是控热。切削热影响着切屑的形成和排放，如果仍按传统方式对温度高达上千摄氏度的切削区浇注切削液，切削液就会立即蒸发，从而形成一个高压蒸汽区，它会有效阻止低压冷却液的流动，使其无法到达切削刃。去除材料冷加工使用大流量水泵带走热量的办法已经过时，为了解决这一问题，人们为现代机床开发了高压冷却液系统，可更好地控热，改善切削工艺流程和提高加工企业竞争力。高压断屑的广泛应用代表着其正在被市场所接受并大受欢迎。

一、高压断屑的定义及冷却效果

1. 高压断屑的定义

有些材料的硬度脆性不高但是塑性却很好，例如：Q235钢、304不锈钢、铝合金等，它们在车削过程中经常出现铁屑折断难导致铁屑缠刀，加工表面划伤排屑困难影响自动化生产线的稳定运行等问题，尤其是加工薄壁类零件镗深孔时堆积在深孔内的铁屑不能及时排出而对已加工表

面造成划伤的现象尤为严重。为解决这些问题，我们使用高压断屑的配置，高压系统的组成部分如图1所示。

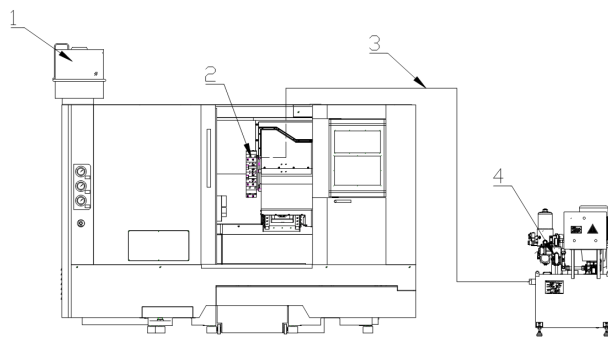


图1 高压系统的组成部分

1. 油雾收集器 2. 伺服刀塔 3. 液压管路 4. 高压单元

所谓高压断屑加工方式是指利用高压单元产生的高压冷却水通过液压管路到达具备高压出水能力的伺服刀塔中，并通过高通过中心出水刀具上的直径2mm左右的冷却水管高速喷射到切削区域，铁屑卷曲形成C型并形成“液压楔”，对高温的铁屑进行快速冷却淬火，然后压力冲断铁屑，将铁屑完全推离已加工完毕的表面区域，并对已加工表面进行良好的保护，进而实现连续的高效断屑加工。工过程中产生的水蒸气由油雾收集器负载收集并排出到机床外。高压断屑配置可无缝对接斜床身排刀式、动力刀塔式

数控车床、车铣复合机床及加工中心的使用。

2. 高压断屑的试验条件

为保证高压水能充分冲断铁屑，我们选用几种不同性能的材料使用不同压力的冷却水，试验在多大的压力下可以冲断铁屑。试验材料选择使用广泛的材质45钢及40Cr、延展性较好切削时易缠绕铁屑的材质304、20Cr以及铝合金AL6061。试验设备为大连机床生产的DT-40/600数控车床配沈阳机床伺服刀塔，使用市面上较常见及客户推荐的山特维克内出水车刀，配备独立的高压单元。试验条件为：

山高：PDJNR2525K15JETLB高压内冷刀具，刀片角度55°；

山特维克可乐满：QS-SDJCL 2525 11C高压内冷刀具，刀片角度55°；

山特维克可乐满：A25T-SDUCL 11HP高压内冷刀具，刀片角度55°。

系统出水压力与各刀具出水口压力情况见表1。

表1 冷却水压力 (MPa)

序号	系统压力	山高外圆刀	山特维克可乐满外圆刀	山特维克可乐满内孔刀
1	8	6.6	7	7
2	7	5.8	6	6
3	6	4.8	5.2	5.2
4	5	4	4.5	4.4
5	3	2.4	2.8	2.8
6	2	1.6	1.8	1.8

由于出水口形式及出口大小的不同，水压的损失程度略有不同，总体对测试结果影响不大。经试验，在控制主运动 $V_c=1000\text{ r/min}$ 、进给速度 $f=0.01\text{ mm/r}$ 和冷却水压力为7 MPa时，研究不同背吃刀量下的断屑情况。具体试验条件见表2（断屑效果：○断屑困难 △可以断屑 □断屑较好）。

表2 切削深度（ a_p ）变化对高压断屑的影响

参数 \ 材质	45钢	304	40Cr	20Cr	AL6061
系统压力：7 MPa 切削参数： $V_c=1\ 000\text{ r/min}$ $a_p=0.15\text{ mm}$ $f=0.01\text{ mm/r}$	□	□	□	□	□
系统压力：7 MPa 切削参数： $V_c=1\ 000\text{ r/min}$ $a_p=0.2\text{ mm}$ $f=0.01\text{ mm/r}$	△	△	△	△	□
系统压力：7 MPa 切削参数： $V_c=1\ 000\text{ r/min}$ $a_p=0.25\text{ mm}$ $f=0.01\text{ mm/r}$	○	○	○	○	△
系统压力：7 MPa 切削参数： $V_c=1\ 000\text{ r/min}$ $a_p=0.3\text{ mm}$ $f=0.01\text{ mm/r}$	○	○	○	○	△

结论：在能够达到断屑的情况下，相同压力下精加工不同材料，随着切削深度增加切屑越来越长，高压断屑效果变差。

下面研究进给速度变化对高压断屑的影响，切削条件：系统压力：7 MPa、 $V_c=1\ 000\text{ r/min}$ 、 $a_p=0.2\text{ mm}$ ，进给速度分别为 $f=0.05\text{ mm/r}$ 、 $f=0.1\text{ mm/r}$ 、 $f=0.15\text{ mm/r}$ 。选择45钢、40Cr、304、20Cr、AL6061作为切削对象，其试验结果如图2所示。

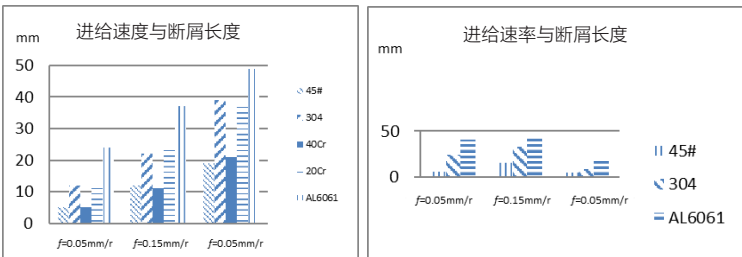


图2 进给速度变化对高压断屑的影响

结论：在能够达到断屑的情况下，相同压力下精加工不同材料，随着进给速度的增加切屑越来越长，高压断屑效果变差。

下面是压力变化对断屑效果的影响，切削条件： $V_c=1\ 000\text{ r/min}$ ； $a_p=0.15\text{ mm}$ ； $f=0.01\text{ mm/r}$ ，切削效果如图3所示。

材质 \ 压力	45钢	304	40Cr	20Cr	AL6061
干切无法断屑					
4 MPa 无法断屑					
5 MPa 断屑长度 5 cm					
6 MPa 断屑长度 2~3 cm					
7 MPa 断屑长度 2 cm 以下					

图3 冷却水压力对断屑的影响

结论：水压越高断屑效果越好，钢材质材料要达到断屑效果水压需要达到约5MPa左右。

内孔车削也是高压断屑技术能够发挥重要作用的一个领域，它有助于确保良好的切屑形成，不至于在孔内切屑堆积、打卷、难以排出，尤其是加工困难的材料例如钛合金时还能改善材料的剪切性能。为此，在进行镗削、车内外孔工序时可获得更高的加工安全性以及更长的刀具寿命。选用材料45钢薄壁件，壁厚5 mm的零件，用不同压力相同切削参数的工况来进行试验，通过实际切削实验来看，内孔断屑情况略差于外圆，但也能达到断屑的效果，内孔加工主要问题是，当孔径较小时排屑不畅，切屑被刀具挡住不能及时排出，很容易造成切屑缠绕成球，影响加工。采用高压断屑的方式，一方面可以使切屑断屑，另一方面高压水能够及时将切屑排出，对加工有利。

3. 试验结论

众所周知，切削三要素中，与进给速度及切深相比切削速度对切削温度和刀具磨损的影响更大。加快切削速度会导致刀具寿命急剧缩短，但是以类似的方式增加进给速度，刀具寿命的缩短就没有那么明显。因此，通过改变进给速度以改善金属去除率成为更具吸引力的方案。但是，使用高进给速度并非总是一种万全之策，进给速度的增加肯定会产生更大的切削力，也会影响切屑控制。所以切削深度越小断屑效果越好，进给速度越慢断屑效果越好，在冷却水压力低于5MPa时，切削不同工件的断屑效果都不好，会出现铁屑打卷缠绕刀具、成团掉落、堆积在排屑机入口的情况，非常不利于自动线的高效运行，需要每隔一段时间停止工作，由人工清理排屑机入口的铁屑。而在7 MPa左右的时候钢材的断屑效果较好，可以被打断成C型块，随高压冷却水一同落入排屑机中，在连续运行8 h左右的时间里，排屑器都可顺利将铁屑排出，不会出现堵塞情况。虽然有些材料质地较软在低于7 MPa的压力下也可将废屑打碎，但是为了方便操作者使用高压断屑配置，避免因更换不同材质的加工零件而频繁调整压力，可将高压统一设置为7MPa。

通过试验结果可以看出，高压断屑对车削精加工断屑的效果非常显著，工况稳定、可控，对工件表面质量、刀具寿命、加工效率等方面也有很大的帮助。

二、高压断屑的优缺点

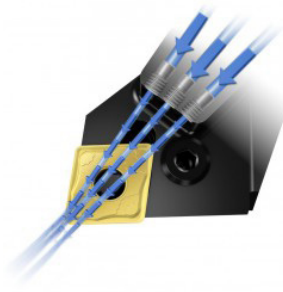
1. 高压断屑与传统冷却的比较

传统的冷却形式的冷却液流量大压力小且充斥切削区，是通过大流量水冲刷到刀具上带走大量的热，从而达到冷却刀具的目的。冷却液不能喷入断屑与刀片之间，并

有效地冷却刀片的最热区如图4所示。



(a) 传统外出水铝管喷嘴



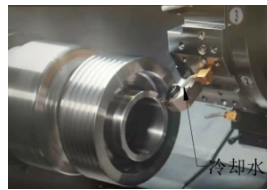
(b) 高压高速冷却液射流精确定向



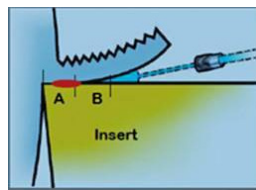
(c) 实拍的内孔镗刀杆
(上方两个喷嘴 ϕ 1mm)



(d) 实拍的外圆车刀
(上下各一个喷嘴均为 ϕ 1mm)



(e) 传统外冷方式



(f) 高压内冷方式

图4 高压冷却和传统冷却的比较

高压断屑冷却液的高速射流形成液压楔，提供刀片更为有效的冷却且靠近热接触区（A）。迫使切屑迅速离开刀面，从而减少在刀片磨损（B），有助于将切屑分裂成小块并从切削区域排出。

2. 高压断屑的优点

（1）冷却效果好，可以增加刀片的使用寿命降低加工成本。

（2）与常规冷却相比可提高切削速度和进给速度，提高加工效率、缩短生产周期。

（3）降低切削区的切削热，使切屑脆性增加，易于折断，可获得短小切屑，因此可改善排屑性能，使排屑容易。同时避免因切屑卡住排屑器造成的停机现象。

（4）与其他断屑功能相比，高压冷却加工对加工过程无干扰，可以获得连续的、理想的表面质量和尺寸精度。

（5）最适用于全自动精加工。粗加工及半精加工，仍有较大留量，可调整空间较大，而且不必保证表面质量和尺寸精度，是可以通过调整切削参数断屑。精加工是最后一道工序，留量只够加工一次，背吃刀量一般为0.05 mm、0.1 mm、0.2 mm、0.25 mm，而且同时需要保证表

面质量和尺寸精度，调整范围太小，普通方式一般很难断屑。高压冷却液稳定可靠地将精加工过程中产生的切屑打断，保证在全自动加工状态下，不缠刀，不划伤工件，不缠工件，不会对自动测量、自动对刀和自动上下料、自动清理、自动打包、自动运输环节等造成干扰，因此对工件的全自动加工整个过程都非常有意义，为加工车间采用无人值守或少人值守的自动化加工方式奠定坚实基础。

(6) 固定的喷嘴位置，无需操作者停机设置喷射位置，或零件更换后重新设置。宜人性好，减少调整时间，提高机床的利用率。

3. 高压断屑的缺点

高压断屑的缺点：

- (1) 对刀塔承压能力要求高。
- (2) 对冷却系统的过滤装置要求较高，避免细小切屑堵塞刀具出水口。
- (3) 高压断屑的使用对机床防护的密封性提出了更高的要求。基本上都要配置油雾收集器系统。
- (4) 高压断屑技术需要配置高压冷却单元，对用户而言购买机床的成本相应会提高，而且后期除需要定期维护保养机床，同时也需要维护高压单元装置，所以后期的维护费用也会相应地增加。

三、结语

通过高压断屑技术为车削及铣削加工带来非常大的益处。高压准确定位，使冷却液在刀刃和切屑之间构成隔断，及时带走热量及断屑，既可以减少刀具磨损又能提高切削效率，改善切屑形状便于排屑和满足工件质量要求。高压断屑非常适用于对表面粗糙度及加工精度有着严格要求的精加工工序。此项技术在车削和铣削中为实现更短的加工时间、改善零件质量一致性以及更高的加工安全性提供了解决方法。□

【参考文献】

- [1] 许世超, 刘润爱, 郭文亮. 高压内冷却车刀的断屑机理研究[J]. 工具技术, 2019
- [2] 彭锐涛, 陈皓鉴, 唐新姿, 等. 定向内冷车刀及其切削性能[J]. 中国机械工程, 2019.
- [3] 顾大齐. 一种用于低温冷风切削的专用车刀: 中国, 一种用于低温冷风切削的专用车刀[P]. 2020-06-02.
- [4] 张十连. 一种新型内冷高压水外圆车刀: 中国, CN212398161U [P]. 2020-09-05.
- [5] 吴明阳, 刘可可, 程耀楠, 等. 一种高压冷却下双面断屑弧形刃减磨车刀片: 中国, CN109834303A[P]. 2019-06-04.
- [6] 赵旭. 高压冷却下 PCBN 刀具切削镍基高温合金切屑形成与折断机理[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2017.
- [7] 郑永纯. 难加工材料高压冷却切削性能及试验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2015.
- [8] 冼健. 高压冷却技术在现代加工领域的优势[J]. 黑龙江科技信息, 2013.
- [9] 戚远大, 周永胜, 崔成林. 304 不锈钢车削的高压断屑技术[J]. 研究组合机床与自动化加工技术, 2022.
- [10] 刘星. 高压冷却对车加工切屑的形状影响探究[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 2021.

上接第61页

3. 切削力对顶紧力的影响

为验证加工时刀具切削工件所产生的切削力是否会影响尾座顶紧力的改变，利用走刀程序对工件分别进行粗加工和精加工并观察操作面板上伺服尾座电机的负载率变化情况，通过实测发现在粗加工和精加工过程中，尾座电机的负载不停的产生剧烈波动，切削时的轴向分力由于其方向与尾座顶紧力方向一致，会使尾座的顶紧力变小，而伺服电机具有输出扭矩保持的特性，在检测到顶紧力变小时会将电机的扭矩“复原”保持原有扭矩的输出，只要切削的轴向分力存在，电机输出的扭矩就会不断的减小再“复原”，这就造成了上述电机负载率剧烈波动的现象。一旦切削力消失，伺服电机的扭矩值马上恢复平稳。

三、结语

测量顶尖的实际顶紧力的大小与电机扭矩产生的理论顶紧力的误差是很有意义的，这可以让机床设计人员清楚的认识在操作面板上伺服尾座电机显示的负载率并非完全将推力提供给了顶尖，而是有相当一部分被尾座及防护

拉罩产生的摩擦阻力消耗掉了。为了方便用户更好的使用伺服尾座，设计人员可将伺服电机输出的负载率与实际产生的顶紧力相关数据分档整理成宏程序嵌入到PMC程序中，并将两者对应关系做出数据表放入机床使用手册中，用户只需要根据实际加工的工件选择相应档位的电机负载率，伺服电机即可输出相适应的顶紧力，这样即可方便用户正确的使用伺服尾座。□

【参考文献】

- [1] 北京第一通用机械厂. 机械工人切削手册[M]. 5版. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [2] 高兰兰, 赖玉洁, 罗晓龙. 实现数控车床的尾座自动化控制设计[J]. 液压与气动, 2012(7): 42-44.
- [3] 艾绍阳, 刘杰. 一种数控车床尾座结构的改进设计[J]. 机械工程师, 2013(6): 181-182.
- [4] 《机床设计手册》编写组. 机床设计手册第二册(上)[M]. 5版. 北京: 机械工业出版社, 1979.
- [5] 杨小娟, 曹爱. 数控机床滚珠丝杠副设计计算分析[J]. 机械研究与应用, 2020, 33(6): 202-205.
- [6] 马树德, 段广游, 高超. 床鞍拖板式可编程尾座[J]. 装备维修技术, 2020(1): 77-78.
- [7] 卢彦林, 苏锦智. 数控铣床进给驱动电动机的选择方法[J]. 湖南农机, 2011, 38(11): 138-139.
- [8] 崔德永, 王鸿娟. 新型随动尾座设计应用[J]. 新技术新工艺, 2022.
- [9] 余小强, 杨涛. PMC轴控制功能在车床伺服尾座控制上的应用[J]. 制造技术与机床, 2020.
- [10] 王建红. 可编程尾座装置在数控车床上的应用[J]. 制造技术与机床, 2021.

基于FANUC数控系统的信号跟踪功能的实现

北京发那科数控工程有限公司
顺德职业技术学院

王宝平 王卫红
胡建国 康世斌

【摘要】 本文简要介绍了信号跟踪功能作为FANUC 数控系统中一种分析信号变化、跟踪信号状态的专用工具的内涵及具体的使用方法，并以案例的方式介绍了该功能在调试或者维修工作中PMC输入点的对点、PMC调试工作中动作时序的确认、提升机床加工效率、维修工作中的故障原因分析四个方面的具体应用和作用，说明了该功能在设备调试、提速、维修等方面的重要性和必要性。

一、信号跟踪功能的内涵

随着数字技术的发展，发那科数控系统采用的CPU计算处理速度越来越快，数控系统的内置PMC的扫描时间也越来越短，技术人员对于PMC很多信号的快速变化已经无法通过肉眼的观察得到，需要采用信号跟踪的方法加以记录后才可以用于信号时序确认和故障报警的精确分析。

信号跟踪功能主要应用为记录信号的瞬时变化、记录信号随时间变化的周期、记录信号间时序关系等等^[1]，该功能对于调试和维修人员有着非常大的用途，下面介绍其使用方法并以案例的方式分享在实际工作中的应用与作用。

二、信号跟踪功能的使用方法

本文以数控机床普遍使用的FANUC Oi-F系统为例加以说明^[2]。

1. 信号跟踪功能的方式选择

首先按下MDI面板上的功能键 [SYSTEM]，再依次按下扩展软键[+]、[PMC维护]、扩展软键[+]、[跟踪设定] 软键后，显示PMC信号追踪(参数设定)画面页面1采样设定画面如图1所示。其中主要参数设定如下：



图1 PMC信号追踪 (参数设定) 页面1采样设定画面

(1) 采样方式分为：周期和信号变化两种方式，周期方式为按采样的时间记录信号；信号变化方式为按采样地址信号的变化记录信号。

(2) 分辨率设定范围为 (8~1000ms)，一般采用为8ms。该值设定越大对信号变化的敏感度会降低，造成可能追踪不到小于分辨率的信号的变化。

(3) 采样时间为采样方式为周期方式时，可以根据需要设定的采样时间，当分辨率为8ms时设定范围为 (1~2096s)。

(4)停止条件、采样条件（采样条件只有在信号变化方式时才有效）、START TRIGGER(触发开始)依据实际需要设定地址的变化方式。

2. 信号跟踪功能的采样地址的设定

信号跟踪功能的采样地址的设定有如下的两种方法：

(1) 在采样地址页面直接输入跟踪信号地址

例如根据跟踪图2中线圈A0.2报警的相关地址可在采样地址页面依次输入X70.1、F1.1、K0.2、A0.2得到如图3所示的内容。

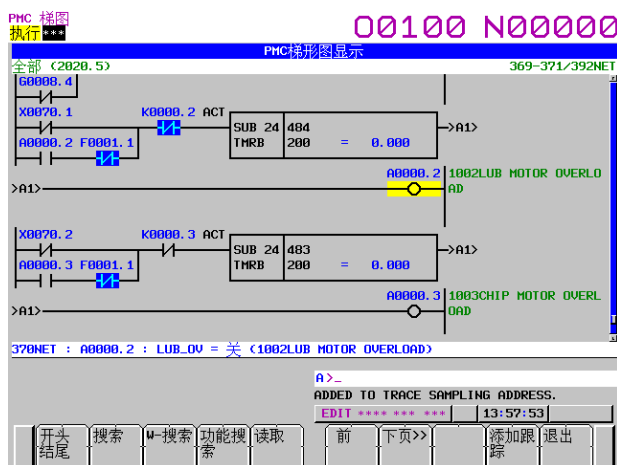


图2 追踪线圈A0.2报警相关信号地址梯形图

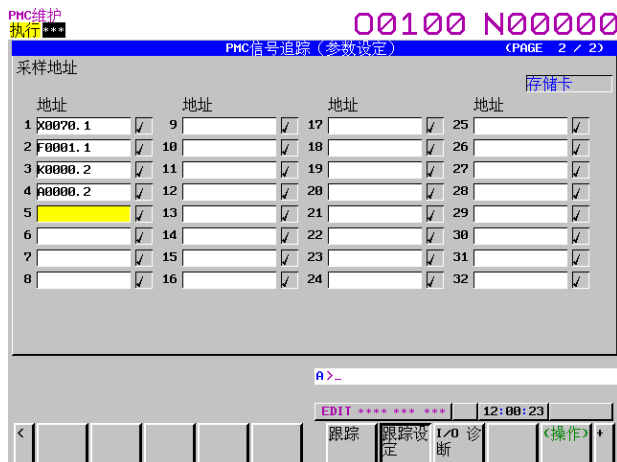


图3 PMC信号追踪（参数设定）页面2采样地址

(2) 在梯形图搜索菜单中通过光标选中地址添加跟踪的方法

例如在图2先通过[W-搜索]搜索到线圈A0.2，通过按下[添加跟踪]软键把A0.2添加到采样地址页面中，依次移动光标选中K0.2、F1.1、X70.1分别按下[添加跟踪]软键，也可以得到如图3所示的采样地址内容。

3. 信号跟踪功能启动与停止

(1) 手动跟踪

在[PMC配置]下级菜单[设定]中设定[跟踪启动]为手动，那么在[跟踪]画面中的[操作]中,通过按下[开始]或者[停止]软键来手动控制跟踪信号的启动和停止。

(2) 自动跟踪

在[PMC配置]下级菜单[设定]中设定[跟踪启动]为自动或者在[PMC维护]下级菜单[K参数]中设定K906.5为1，那么在系统上电后就可以自动启动信号跟踪功能了。

三、信号跟踪功能的作用与应用

1. 调试或者维修工作中PMC输入点的对点

在调试或者维修工作中需要确认数控设备外设的到位开关、操作按钮等进入数控系统的I/O模块的输入信号状态的好坏，如果数控设备体积较大一般需要两人来进行确认，一人在数控系统显示屏上观察输入点的状态，可通过[PMC维护]中的[信号状态]中的到位开关、操作按钮等输入信号相应的X地址的变化来进行确认；而另一人在设备外设（远端）来进行到位开关、操作按钮等硬件输入信号的接通或者闭合工作，通过两人密切配合很方便快捷的进行确认。

针对大型设备而言，如果只有一名技术人员时用以上确认的方法就有些顾此失彼了。因此可以采用先在数控系统上，把需要确认外设的输入点地址依次通过信号跟踪画面来进行设定（一般选择信号变化方式），启动信号跟踪后，技术人员再去大型设备的外围依次进行到位开关、操作按钮等硬件输入信号的接通或者闭合工作，再在数控系统上进行信号跟踪的停止，通过移动光标很方便的观察到刚才接通的输入信号的状态如图4所示，从而方便的完成硬件输入点的对点工作。



图4 PMC信号追踪用于PMC输入点确认

2. PMC调试工作中动作时序的确认

上海某知名汽配厂1条汽车制动盘自动化生产线是依靠日本发那科机器人来完成钻孔、精车、动平衡工序的上下料、检测及钢印道序,以取代传统的人工上下料。其中2台数控立车(配置FANUC Oi-TF系统),现在通过增加PMC I/O点的方式与上下料的机器人控制电柜(内有三菱外装PLC)进行协议通讯,以实现机器人参与的工件自动上下料的功能。

前期设计依据机器人上下料动作流程结合机床本体的加工工艺路线,编制了数控立车机器人上下料PMC动作时序图如图5所示。在原系统PMC的基础上依据时序图增加了机器人上下料的相关内容。加工程序中增加了联机方式下执行的M95代码(机器人上下料)。

在改造现场调试时,我们应用信号跟踪功能对更改后的数控系统PMC程序及加工程序编制的正确性进行验证,跟踪在执行M95相关的PMC I/O点时序是否和图5一致,通过不断在线修改PMC程序,直到信号跟踪画面显示正确的相关信号时序如图6所示(和图5所示时序保持一致)。

通过对相关信号进行信号追踪,可以快速验证改造技术方案、PMC程序、调用的动作宏程序的正确性,并能快速查找出动作信号时序上存在的各种问题,并通过不断分析、完善、优化直到满足设计要求,节约了现场调试时间,提高了工作效率。

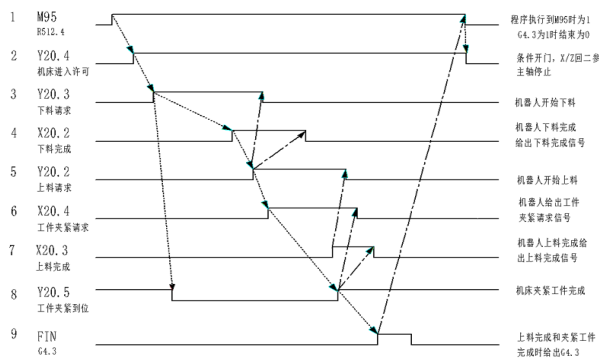


图5 机器人上下料系统PMC动作时序图



图6 PMC信号追踪用于机器人上下料PMC动作时序确认

3.在提升机床加工效率方面的应用

在拥有数控机床从事机械加工的企业,如何提升数控机床的加工能力,提高加工效率是一个永恒的课题。

一般工件的完整加工时间包含切削时间和非切削时间。切削时间为刀具加工接触工件的时间,而非切削时间由机床工件或者刀具快速定位时间和机床辅助动作(如刀具交换、工作台交换、自动门开关等)时间组成。在确保安全可靠的前提下如何减少机床辅助动作的时间,提高机床的使用性能也是提升机床加工效率的一个非常重要的有效途径。利用FANUC数控系统的信号跟踪功能的周期采样方式可以精准跟踪到机床辅助动作例如换刀动作的完整时间和分部动作的时间,加以分析研究找到制约总体换刀时间的关键因素^[3],对该分步动作的执行器件和到位检测开关等多方面进行针对性的分析和有效调整,以减少该分步动作的动作时间,从而达到减少机床总体的换刀时间提升机床加工效率的目的。

下面以一台配置FANUC 数控系统的斗笠式换刀的立式加工中心为例进行简要说明^[4-6]。

主轴上无刀,换刀位为1号刀具,主程序执行T2M06,T代码调用O9000号宏程序(以下程序经过简化)将刀库上的2号刀装载到主轴上。O9000号换刀宏程序^[7]如下(左边为宏程序内容,右边为内容注释)。

O9000

N10M19;主轴定向

N20 T#149G91G00G28Z0;执行T代码找新刀结束,Z轴回1参

N30M20;刀盘移到主轴侧

N40M25;主轴刀具松开并吹气

N50G91G00G30P2Z0;Z轴回2参

N60M26;主轴刀具夹紧

N70M21;刀盘移到待机侧

N80 G91G00G28Z0;Z轴回1参

N90M99; 返回主程序

PMC信号追踪(参数设定)页面1采用如图7所示的周期采样方式;分辨率采用168ms;触发开始条件为地址F94.2的上升沿;停止条件为地址X79.0信号的上升沿。记录的相关信号在换刀过程中的随时间变化的周期如图8所示。



图7 斗笠式刀库换刀PMC信号追踪 (参数设定) 页面1

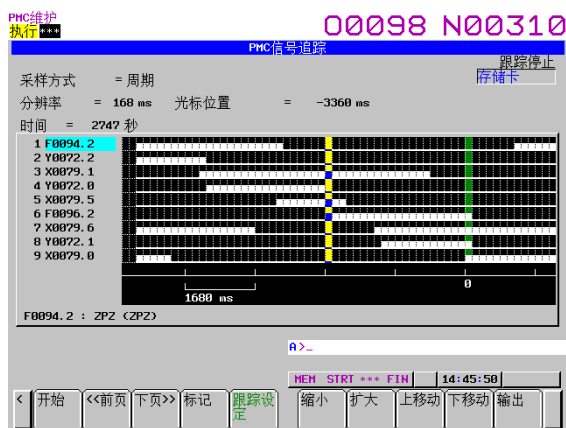


图8 斗笠式刀库换刀时PMC信号追踪图

相关信号说明如表1所示；斗笠式刀库换刀时PMC信号追踪计算时间表如表2所示。

表1 斗笠式刀库换刀时PMC信号追踪含义说明表

序号	地址	含义
1	F94.2	Z轴第1参考点
2	Y72.2	刀盘移到主轴侧输出
3	X79.1	刀盘移到主轴侧到位信号
4	Y72.0	主轴刀具松开并吹气
5	X79.5	主轴刀具松开到位信号
6	F96.2	Z轴第2参考点
7	X79.6	主轴刀具夹紧到位信号
8	Y72.1	刀盘移到待机侧输出
9	X79.0	刀盘移到待机侧到位信号

表2 斗笠式刀库换刀时PMC信号追踪计算时间表

序号	简称	时间 (ms)	含义
1	T 刀盘移主轴侧	1680	刀盘移到主轴侧时间
2	T 主轴松刀	1680	主轴刀具松开时间
3	T Z轴2参	1176	Z轴到达第2参考点时间
4	T 主轴紧刀	1176	主轴刀具夹紧时间
5	T 刀盘待机侧	2016	刀盘移到待机侧时间
6	T Z轴1参	1176	Z轴到达第1参考点时间
7	T 总	8904	从Z轴到达第1参考点时间起到刀具装载到主轴上Z轴再回到第1参考点总的时间

从表2计算分析出；从Z轴到达第1参考点的时间算起、到刀具装载到主轴上、随后Z轴再回到第1参考点，总的换刀时间为8.904s，组成为三部分分别为：Z轴从1参往返2参时间；主轴刀具松开/夹紧时间；刀库移动到主轴侧/待机侧的时间。综合分析该立式加工中心斗笠式换刀的机械结构和气动部件动作特点：主轴松拉刀动作打刀气缸动作行程较短，调整可节省时间非常有限，非影响换刀时间的关键因素；刀库移动到主轴侧/待机侧的时间分别为1.68s和2.016s，基于刀库移动到主轴侧/待机侧气缸行程较长的特点，在动作平稳可靠的前提下通过调节2个动作气缸端部的气流调节阀，使刀库移动到主轴侧/待机侧的时间分别提速到1.3s和1.4s，合计比原来节省了0.996s；Z轴从1参往返2参的动作执行的G00快速移动的速度，在运动平稳可靠的前提下，将参数1420即Z轴的快速移动速度由原来的4000mm/min提高到6000mm/min，使Z轴从1参往返2参的时间合计比原来节省了0.7s。总的节省时间为1.696s，从而节约了该机床的换刀时间，提高了该机床加工效率，使该机床日加工能力得到小幅提升。

4. 维修工作中的故障原因分析

配置FANUC数控系统的数控机床在实际维修工作中，经常遇到出现系统PMC报警时，要根据电气故障现象综合分析系统PMC逻辑关系才能最终锁定故障源头的情况，而往往无法用常规的用肉眼来观察PMC的逻辑关系和信号流向，因为有些信号是一闪而过，很难用肉眼来锁定它。尤其对于可能几个小时或者一、两天才出现一次的软故障而言，事后靠常规检修方法和分析PMC时可能存在多种可能性，很难及时准确判断故障点。而熟练使用FANUC数控系统的信号跟踪功能可以帮助维修人员快速跟踪故障报警的相关信号来源和流向，通过精准分析信号时序关系，有助快速的锁定故障源头，快速修复故障^[8-10]。

空调曲轴生产线上1台配置FANUC 数控系统的止推面磨床，在其生产过程中不定期的出现EX1015 CLAMP PRESSURE LESS! 的报警信息，含义为夹紧压力低，同时出现报警后磨床退回到X轴机械零点的故障现象。磨床的动作流程为：空调曲轴生产线的机械手先拿走主轴夹具上的已经加工完的工件，再放置未加工的工件，靠尾架前进来进行定位后主轴夹具再夹紧，夹具夹紧后尾架后退到位后，磨床前进进行磨削加工。维修人员现场分析认为：主轴夹具的夹紧/松开、尾架前进/后退的液压执行元件、相应的到位检测开关都和该EX1015号报警相关。维修人员检测相关线路接线和接触正常，报警复位消除后手动分部操作，动作和到位开关检测都正常，因此怀疑可能是联线生产加工过程尾架前进到位检测开关（PMC地址为X1.4）性

能不良引起的报警信息。

为了精准锁定故障来源验证分析的正确性,采用数控系统的信号跟踪功能^[11-12],选择“信号变化”采样方式,对和EX1015号报警相关的X、Y、R、A、G地址进行信号跟踪。在启动跟踪开始后该磨床继续联线生产加工,在加工几个小时后再次出现EX1015号报警和磨床退回到X轴机械零点的故障现象,此时跟踪结果画面如图9所示。维修人员结合PMC逻辑关系进行了分析,Y1.2尾架前进动作到位后,到位检测信号X1.4未发出,2秒后R251.3信号接通,A1.5报警(画面出现EX1015号报警)随后接通G66.4(X轴退回机械零点)。至此将故障原因精准锁定为尾架前进到位开关性能不良所致,随即进行了该开关的更换,后经长时间生产检验没有再次出现该故障报警。



图9 止推面磨床报警PMC信号追踪图

四、结语

本文简要介绍了FANUC数控系统的信号跟踪功能的内涵、使用方法及应用方面的具体案例,供大家在学习、科研、生产中加以参考和借鉴,这种方法有助于大家对PMC程序的相关信号的状态和时序关系进行精准微观的分析,可以结合常规检测、PMC程序分析,依据实际情况加以酌情使用,进而在多个方面提高工作效率及设备的加工效率,更好的为科研生产服务。本文基于FANUC数控系统的信号跟踪功能的实现使用的是FANUC Oi-F系统,其原理方法也适用于FANUC Oi-D、Oi-F Plus、30i/31i/32i/35i等系列系统。□

【参考文献】

- [1]FANUC Series Oi-MODEL F PMC PROGRAMMING MANUAL. B-64513EN.
- [2]FANUC Series Oi-MODEL F 维修说明书. B-64605CM.
- [3]史佳兆.对数控机床所用盘式刀库的换刀时间的研究[J].装备制造技术, 2013(02): 7-8,10.
- [4]周丽霞,周树强,覃琴.FANUC Oi-MD数控系统斗笠式刀库的PMC编程[J].机电工程技术, 2015(01): 82-85.
- [5]张建玲.FANUC OiMD数控系统斗笠式刀库实现自动换刀[J].机床自动化, 2013(10): 61-62.
- [6]王刘成,杨晋洋.基于宏程序和PMC控制的斗笠式刀库换刀的实现[J].电子世界, 2012(19): 12-15.
- [7]王宝平,王鸿博,阮卫平,胡润光.基于FANUC系统的数控机床电气虚拟调试技术的实现[J].制造技术与机床, 2021(7): 153-158.
- [8]张健,彭飞.发那科数控系统信号跟踪功能的设置及使用[J].设备管理与维护, 2021,(6)上: 53-55.
- [9]梁毅,黄贤超,曾力.加工中心自动运行故障维修[J].制造技术与机床, 2018(11): 170-172.
- [10]池文慧,陶庆才.运用FANUC PMC信号追踪功能解决CNC疑难故障[J].装备制造技术, 2012(6): 69-71.
- [11]杨丁,刘帅.基于FANUC的数控车床电动四方刀架电气故障诊断研究[J].四川职业技术学院学报, 2015(6): 159-162.
- [12]张瑞强,阳玲.发动机制造中孔系加工刀具的异常磨损研究[J].装备制造技术, 2016(5): 123-127,134.

资讯

通用技术首场工业母机产业链供需对接会在辽举办

5月28日,“通用好技术 智领焕新季”通用技术集团工业母机共链行动暨供需对接会在通用技术沈阳机床拉开帷幕。

本次供需对接活动分为中央企业和地方企业两个专场。首场活动中,通用技术机床公司作主题报告,新松机器人等用户企业代表分别作专题演讲;辽宁控股集团就保障辽宁省大规模设备更新进行宣介。

通用技术集团还就深化工业母机产业战略合作,与东方电气等客户分别签署供需协同责任书和战略合作协议,

促进产业链上下游协同和集群化发展,塑造工业母机产业链高质量发展新生态。

首场活动还组织板块企业通用技术机床研究院、天锻公司,产业链企业爱贝科精工、伊贝格、沈阳中科数控、南京工艺等围绕重点领域开展产品介绍,并邀请吉林大学、大连理工大学、东北大学等产业创新联盟成员围绕工程研究中心共建、校企科技成果转化等展开交流,推动产业链上下游“产学研用”主体精准对接,进一步提升产业链集群建设和发展水平。(供稿:通用技术集团)

进口磨齿机旋转锁紧油缸的更换修复与调试

中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司 伏宇璐 张学斌 符志晶 曹进士

【摘要】NILES磨齿机是德国进口的高精尖设备，是齿轮磨齿精加工的重要设备，整个公司一共有14台进口NILES磨齿机，由于设备长时间使用及使用年限的问题，设备使用性能下降，出现加工波纹和压力角偏差问题，这也是此类进口设备面临的共同难题，因此在面对此类问题的快速解决是我们维修人员面临的巨大挑战，也是高精度齿轮加工精度的瓶颈。

NILES磨齿机是德国进口的成型磨齿机设备，是齿轮加工的最后重要工序之一。磨齿精度的好坏关系着齿轮产品的加工质量，关系着齿轮箱组装后的传动精度，高精度设备的完好使用是齿轮产品质量精度的保证。其中各轴传动精度、轴锁紧功能的完好是直接影响齿轮磨削面加工精度的关键因素。NILES进口磨齿机加工时需要B轴动作完成对齿形角度的变化，B轴的锁紧主要由五只锁紧油缸完成锁紧动作，油缸由密封件、蝶形弹簧机连接螺纹接头组成。长时间使用后因密封件老化和蝶形弹簧损坏会导致液压箱漏油，锁紧压力偏小导致B轴锁紧动作异常，工件加工公法线及齿面精度降低。B轴的锁紧油缸的失效主要源于频繁使用后的疲劳损坏。设备厂家对B轴油缸的修复调试技术一直处于垄断现象，厂家修理费用为12.5万元每台。修理周期需要7-10天。因此如何破除厂家垄断，实现国内自主修复调试成为目前迫切需要解决的问题。

1. B轴结构的分析及方案制定

B轴的锁紧主要由五只锁紧油缸完成锁紧动作，油缸由密封件、蝶形弹簧机连接螺纹接头组成。长时间使用后因密封件老化和蝶形弹簧损坏会导致液压箱漏油，锁紧压力偏小导致B轴锁紧动作异常，工件加工公法线及齿面精度降低。B轴的锁紧油缸有三个在机床正后方，借助手电

筒照明即可探查，处于正后方的油缸损坏可直接查看到，对机床关机后确认压力归零后可直接进行检查更换。更换时注意步骤先拆卸连接油管，然后使用扭力扳手拆卸，记录扭力数值以便安装时校对安装力度。更换时只需先对油缸进行安装，调整安装力度，然后将油管安装紧固即可；有两个在导轨侧面，空间狭小难以查看，所以需要爬入机床内部，借助手机或内窥镜等电子设备进行探查，在明确两侧油缸疲劳损伤后，按照拆卸预估方案进行梳理，预计需要将丝杠、光栅、B轴电机、坦克链等进行拆卸和后期重新装配。

这涉及到总计近100余根线路及油管的拆卸，200多个小零件、部件的拆卸组装。如何做好这些工作需要制定以下明确计划：

- (1) 成立公关小组。
- (2) 1人专门负责研究电路图和液压图，充分熟悉线路和油路布局。
- (3) 1人专门负责机械结构的剖析，研究X轴丝杠、光栅、B轴电机、坦克链组成。
- (4) 1人负责咨询厂家相关的技术指导，获取有用信息。
- (5) 最后由组长整合资源，梳理所有获得信息，整理成册，集中讨论，制定拆卸修理的具体实施方案，以及预判拆卸中遇到问题的应急处理办法。

2. B的修复与调试

(1) 将机床内部冷却油排干，将机床开至合适的位置，确保后期拆卸时不会产生干涉、方便人员出入、拍照相关参数后关机。拆卸前先将机床内部的冷却回油充分排油，对可能拆卸的机械部件进行划线，做好标记和拍照。

(2) 防护门的拆卸主要在于顶部扇形板的拆卸和连接螺丝拆卸，拆卸前需要先将门开至最大后，不再移动门，以确保未拆卸部分不会出现变形和倾斜情况（如图1所示）。

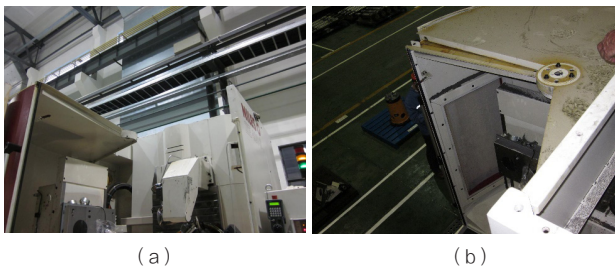


图1

(3) 接下来需要对顶尖总成部分进行拆卸，拆卸时将限位连接线使用自封袋扎好，避免磨削油及沙粒进入内部，造成后期安装时增加清理和安装不便。同时，将B轴滑块角落位置螺丝进行拆卸，防止后期断电后拆卸不便（如图2所示）。

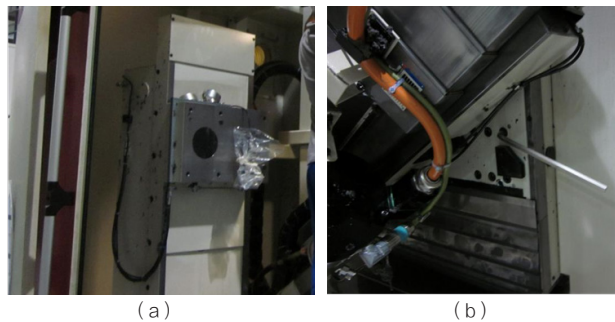


图2

(4) 拆卸X轴防护罩，将上部防护罩直接取下，下部防护罩拆卸后使用垫木将底部垫牢，确保在后期X轴丝杠拆卸后不会产生移动，此时记录X轴34090补偿参数（如图3所示）。

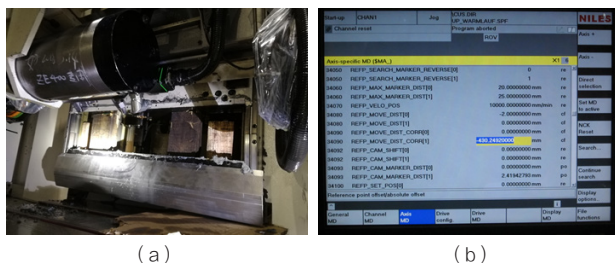


图3

(5) 进行B轴总成两侧间隙测量，同时拆卸润滑油管及滑座。对滚珠丝杠丝母拆卸，润滑管路拆卸。断电后拆卸X轴电机及法兰、丝母拆卸，拆卸前做好划线拍照记

录，关键尺寸进行测量，避免安装时出现位置错误，从而导致安装后的精度下降。X轴电机的固定螺栓安装扭矩为60N（如图4所示）。

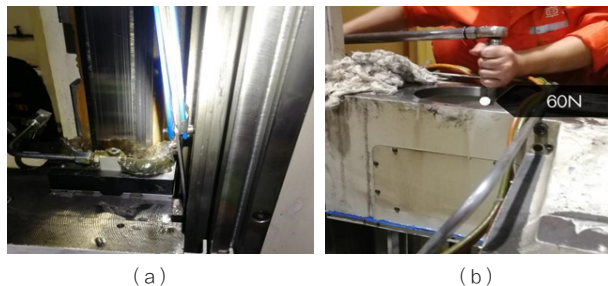


图4

(6) 对B轴总成部分进行拆卸，此处主要完成坦克链拆卸、B轴电机拆卸、油管护罩拆卸、连接线，拆卸时因位置狭小，进入拆卸时需要将内部擦拭，底部垫纸板，防止螺丝等附件掉入底部。对B轴前端总成部分进行拆卸，此处主要完成限位拆卸、连接油管拆卸、护罩拆卸，因此处限位油管较多，拆卸时需要进行拍照记录，拆下的限位、油管同样需要使用自封袋扎牢，顶板部分需要使用吊绳与床身部分捆绑牢固（如图5所示）。

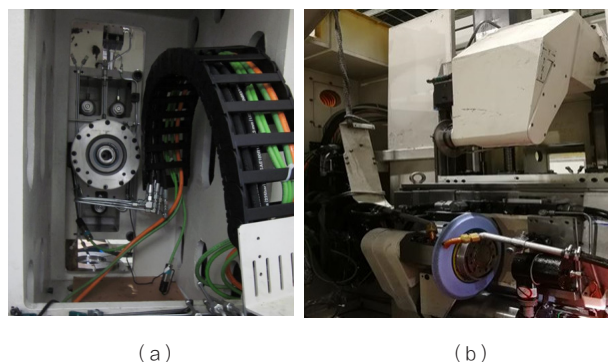


图5

(7) 以上步骤完成后，便可将总成部分吊装孔打开，使用2T以上吊绳起吊，同时拆卸滑块连接螺丝及润滑油管，拆卸后即可将总成部分吊出更换两侧油缸。油缸更换时需使用扭力扳手测量安装扭力，更换时将新油缸安装至同样扭力。需要按照相反的步骤逐一对拆卸的滑块、油管、限位等零件进行安装，安装时参考划线及其照片进行校对，防止安装出错造成的返工修理（如图6所示）。

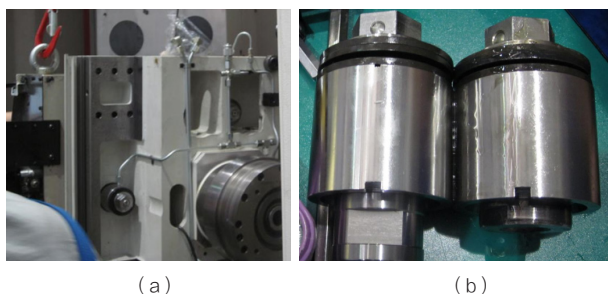


图6

(8) 对于使用深度尺、塞尺测量部分应至少测量两次, 确保安装精度。设备安装恢复后需要X轴参数进行效验, 如偏差过大需要手动更改。使用前需要对各轴重新进行标定检测, 需要对B轴旋转零位进行校正。确认正常后需要进行各轴全程移动, 确保安装后无线路、管路干涉, 无管路安装后的漏油现象。

此外, 需对机床进行至少一小时的热机, 并使用废件进行试加工, 后期还需进行持续观察。

3. 注意事项及成效

(1) 注意事项

人员爬高时确认踩踏位置合适, 不会破坏机床部件; 拆卸X轴丝杠前底部垫牢, 螺丝拆卸后使用自封袋标签纸写好存放, 拆卸时做一步拍一次照, 为安装做好准备, 安装时由两人相互确认安装; 电源驱动线安装时注意将连接口配合好后再安装; 重要部位螺丝拆卸时使用扭矩扳手, 确认拆卸力度做好记录, 为安装做好准备; 安装完毕后再次检查所有线路油管安装牢固可靠, 吊装过程中选用合适吊绳确保吊装安全, 开机后确认所有接头无滴漏情况。

(2) 项目成功后的成效

a) 机床油缸漏油部分得到解决。机床加工时涉及B轴锁紧油缸的反复动作, 在油缸损坏后伴随密封件的老化每次动作时都会出现漏油, 在更换后漏油问题得到解决。

b) 机床加工精度得到保证。机床加工波纹、压力角偏差问题得到解决, 机床使用精度恢复, 有效地保证产品加工稳定性。

c) 机床的总体精度复检。设备的修理过程也是检测的过程, 在排查过程中对各轴的使用情况进行了一次比较全面

的检测, 这有利于维修人员对同类机床精度方面的掌控。

d) 降低了设备停机率。B轴总成油缸拆装调试一次时间周期长, 更换一次两侧油缸需要五天, 如果需要等待德国厂家服务, 等待协调至少需要20天的周期, 自主维修可以降低设备60%的停机率。

e) 维修成本的控制。自主维修可以减少对厂家服务的依赖, 只需有计划的存储备件便可在同类故障发生时及早修复, 节约了维修成本, 至少可以减少厂家服务费用12.5万/台。

f) 维修人员对此类故障修理技能提升。此次故障的解决涉及系统参数、丝杠检测装调、总成安装等方面, 对于维修人员的技能提升有极大的促进作用, 也增强了大家对磨齿机复杂故障的维修信心。

4. 结论

通过本次修理全面检查了NILES进口磨齿机加工波纹、压力角偏差等问题的产生原因, 经过一段试机使用后, 彻底消除故障, 机床运行平稳可靠。目前齿轮传动事业部有14台NILES进口磨齿机设备, 同类故障不断出现, 目前此类设备重大疑难故障都可以参考这次的维修方案进行修理, 对于进口设备的核心技术掌控具有重大意义。突破了厂家的技术垄断屏障, 完全实现自主调试修复。同时据数据统计, B轴旋转锁紧油缸正常使用周期为5~8年。预计每个维修周期可节约维修成本120余万元, 缩短设备60%的停机时间。□

【参考文献】

[1]NILES ZE400 机床使用说明书(电路图).德国NILES kappa公司出版, 2010.5, 德国

资讯

甘肃省工信研究院等到天水锻压调研

5月29日, 甘肃省工信研究院装备制造研究所所长蔺峰、三级调研员刘亚丛及工业母机课题调研组成员到天水锻压机床(集团)有限公司调研工业母机(数控机床)产业发展情况, 甘肃省冶金机械工会副主任焦佳庆一同调研。

调研组分别深入集团公司新产品展厅、生产车间、第二联合分厂党员活动室、安琪劳模工匠创新工作室等进行实地查看, 全面了解集团公司生产经营现状、安全生产状况、企业文化建设及存在的困难等。

座谈会上, 集团公司负责人从产业规模和发展趋势、

创新能力和技术水平、行业竞争格局、市场需求和发展方向、政策支持和环境评估、企业现阶段存在的问题等方面介绍了企业相关情况, 与会代表围绕数控机床产业发展及企业生产经营情况进行了交流。

近年来, 天水锻压集团始终把科技创新摆在重要位置, 不断增强企业的核心竞争力。新研发的18000T超重型智能复合制管成形机床集预弯边、合缝、矫直等多功能于一身, 自动化程度高, 是一项创新突破, 能够较好地满足市场需求。
(供稿: 天水锻压机床)

一种新型机床防护自动门气动控制原理及其控制方法

江苏普拉迪数控科技有限公司 夏向阳

【摘要】文章介绍了一种新型机床防护移门自动控制原理和控制方法，实现根据客户实际需求来设置和调节不同的开门速度和关门速度。根据行程将关门动作分为两个阶段，在第一阶段实现快速关门动作以适应加工节拍需求，在第二阶段实现可即时调节缓冲效果的关门缓冲以避免冲击；机床意外断电时，轻松自如的实现将移门归位到完全开门状态或完全关门状态。

一、研究背景

随着加工类企业客户的自动化意识的提升，高档数控机床外防护配备自动移门的情况逐步得到普及，但是现有防护自动门是有一定的技术的缺点是：防护自动门可以实现自动开门和关门，但是无法实现根据客户实际需求来设置和调节不同的开门速度和关门速度；关门的缓冲只能通过气缸自带的缓冲结构来实现，缓冲效果不理想，而且无法调整缓冲时移门的速度；防护移门关门全程只有一个速度，且不可调节；机床意外断电时，如果机床移门处在打开状态又不处于移门开度最大的状态时，移门会被气缸顶住，操作人员或维修人员无法将移门归位到完全开门状态或完全关门状态。

笔者针对现有自动移门存在的问题，研究开发了一种新型机床防护移门自动控制原理和控制方法，实现根据客户实际需求来设置和调节不同的开门速度和关门速度。根据行程将关门动作分为两个阶段，在第一阶段实现快速关门动作以适应加工节拍需求，在第二阶段实现可即时调节缓冲效果的关门缓冲以避免冲击；机床意外断电时，轻松自如的实现将移门归位到完全开门状态或完全关门状态。

二、研究内容

1. 工作原理及控制方法

图1是普通的自动防护移门的气动控制原理图，气源的气体经过气动三联件过滤减压后通过一个两位四通电磁阀来控制气缸的推杆的运动方向，气缸的推杆的与自动移门通过螺钉连接带动移门移动。移门需要开门时两位四通电磁阀A端得电阀芯动作使气体与气缸上腔接通，气缸活塞推动推杆向下运动移门执行开门动作，移门需要关门时两位四通电磁阀B端得电阀芯动作使气体与气缸下腔接通，气缸活塞推动推杆向上运动移门执行关门动作。

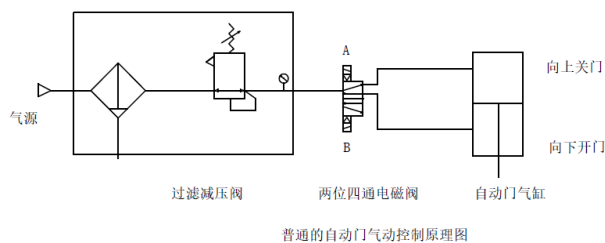


图1 普通的自动门气动控制原理图

图2是本案的自动防护移门的气动控制原理图，对图1控制原理进行了有针对性的优化设计：

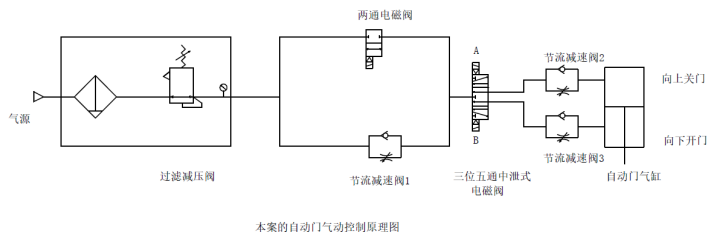


图 2 本案的自动门气动控制原理图

(1) 将起到换向作用的两位四通电磁阀换成有中位的三位五通中泄式电磁阀，主要是为了解决机床正常断电或者意外断电后气缸腔体内有气体顶住，移门无法复位到正常的开门或者关门状态。机床正常断电或者意外断电后三位五通电磁阀阀芯停在中位，气缸腔体内气体可以通过安装在三位五通电磁阀中位上消音器排放到空气中，从而泄压，操作人员或维修人员可以手动将移门推至到正常的开门或者关门状态。

(2) 在三位五通电磁阀的前端气路上设计一个二通电磁阀和节流调速阀1并联的气路控制单元，主要是为了实现移门的快速开门、快速关门、带有缓冲的移门关门动作。移门需要打开时二通电磁阀得电气路接通，气体直接从没有阻力的二通电磁阀通过执行快速的开门动作；关门动作分为两个阶段，第一阶段为关门行程前90%行程，这一阶段要求关门动作要快速，主要是为了满足加工节拍的需要，第二阶段关门行程后10%行程，这一阶段要求关门动作要慢速带缓冲，主要是为了关门时避免冲击。在关门动作第一阶段，二通电磁阀得电气路接通，气体直接从没有阻力的二通电磁阀通过执行快速的关门动作，在关门动作第二阶段，二通电磁阀不得电气路断开，气体只能从并联支路上节流调速阀1通过执行慢速缓冲关门动作。

(3) 在三位五通中泄式电磁阀的后端气路上设计一个节流调速阀2和节流调速阀3并联的气路控制单元，节流调速阀2用于开门速度的调节和控制，节流调速阀3用于关门速度的调节和控制，在执行开门动作时可以旋转节流调速阀2的调节把手通过气体流量调节将开门速度调到比较快的速度，在必要情况下可以将节流调速阀2流量调至最大，在执行关门动作时可以旋转节流调速阀2的调节把手通过气体流量调节将关门速度调到比较慢的速度，这样通过节流调速阀2和节流调速阀3组合使用获得开门和关门不同的速度。

2.自动门开门、关门动作的流程及控制方法

图3是本案给出的在机床正常运行工况下机床防护自

动门的关门动作流程和开门动作流程。具体的控制方法如下。

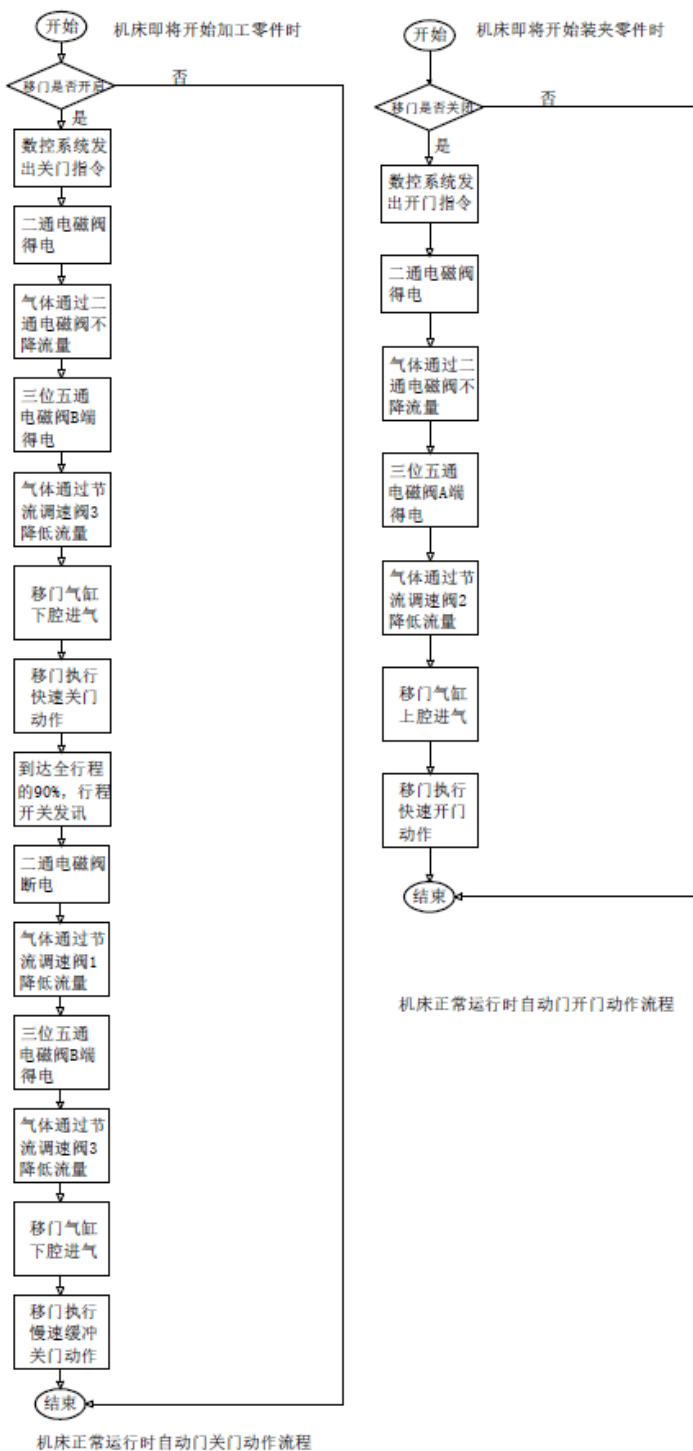


图 3

在机床正常运行工况下，当工件装夹完毕后，通过是设置在移门上的安全门锁的给出信号判断移门处于何种状态，如果移门为关闭状态，流程直接跳转到结束，如果移

门为开启状态，数控系统发出的关门指令，在关门整个行程的前90%的行程内图2所示的二通电磁阀得电气路接通，气体直接从没有阻力的二通电磁阀通过，由于气体不经过与之并联的节流调速阀1气体流量不降低，图2所示的三位五通中泄式电磁阀B端得电阀芯动作使气体经过节流调速阀3后进入自动移门气缸的下腔，推动气缸活塞向上运动执行较快速的关门动作，当关门行程进给到最后的10%的行程的时候（比如还剩30mm时）此时设置在这一位置的行程开关发讯，图2所示的二通电磁阀断电阀芯动作二通电磁阀将此路气路断路，气体从与之并联的节流调速阀1流过，气体流量降低，图2所示的三位五通中泄式电磁阀B端得电阀芯动作使气体经过节流调速阀3后进入自动移门气缸的下腔，推动气缸活塞向上运动执行较快速的关门缓冲动作。这就是正常运行工况下自动门关门动作完整的动作流程。

在机床正常运行工况下，当一个工件加工完毕后需要更换工件时，通过是设置在移门上的安全门锁的给出信号判断移门处于何种状态，如果移门为开启状态，流程直接跳转到结束，如果移门为关闭状态，数控系统发出的开门指令，图2所示的二通电磁阀得电气路接通，气体直接从没有阻力的二通电磁阀通过，由于气体不经过与之并联的节流调速阀1气体流量不降低，图2所示的三位五通中泄式电磁阀A端得电阀芯动作使气体经过节流调速阀2后进入自动移门气缸的上腔，推动气缸活塞向下运动执行快速的开门动作。这就是正常运行工况下自动门开门动作完整的动作流程。

图4是本案给出的断电后再次开机工况下机床防护自动门的关门动作流程和开门动作流程。

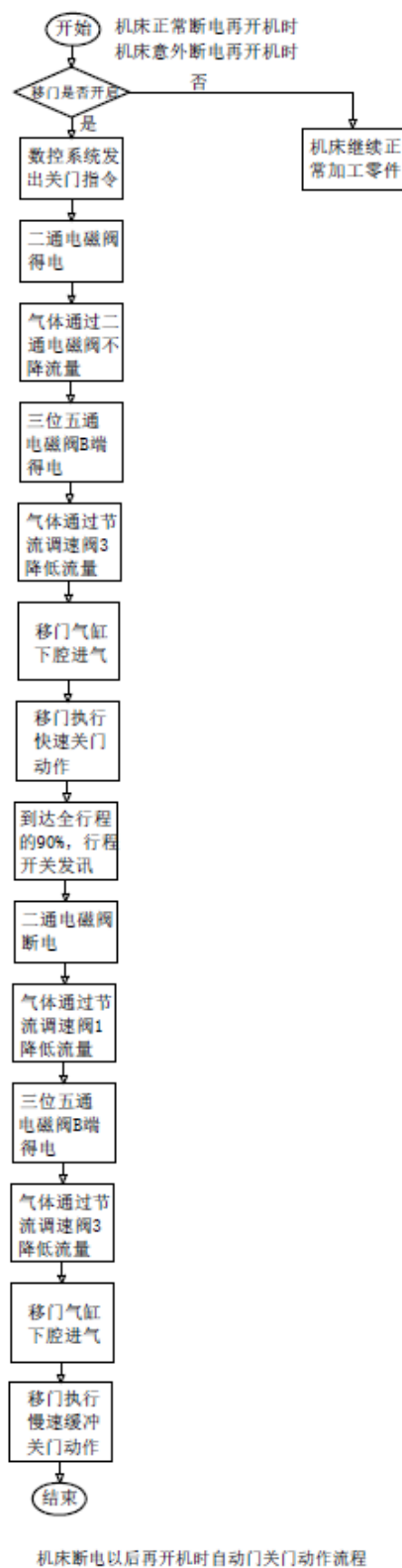


图 4

在机床断电后再次开机工况下，通过是设置在移门上的安全门锁的给出信号判断移门处于何种状

态，如果移门为关闭状态，可以进行正常的加工流程，如果移门为开启状态，数控系统发出的关门指令，在关门整个行程的前90%的行程内图2所示的二通电磁阀得电气路接通，气体直接从没有阻力的二通电磁阀通过，由于气体不经过与之并联的节流调速阀1气体流量不降低，图2所示的三位五通中泄式电磁阀B端得电阀芯动作使气体经过节流调速阀3后进入自动移门气缸的下腔，推动气缸活塞向上运动执行较快速的关门动作，当关门行程进给到最后的10%的行程的时候（比如还剩30mm时）此时设置在这一位置的行程开关发讯，图2所示的二通电磁阀断电阀芯动作二通电磁阀将此路气路断路，气体从与之并联的节流调速阀1流过，气体流量降低，图2所示的三位五通中泄式电磁阀B端得电阀芯动作使气体经过节流调速阀3后进入自动移门气缸的下腔，推动气缸活塞向上运动执行较慢速的关门缓冲动作。这就是正常运行工况下自动门关门动作完整的动作流程。这就是断电后再次开机工况下自动门关门动作完整的动作流程。

当机床机床正常断电或者意外断电后，如果移门处于关门动作的中间的位置时，如果不采用本案的原理，如图1所示，由于无法泄压，气缸腔体内有气体顶住，移门无法复位到正常的开门或者关门状态，采用本案原理后，

机床正常断电或者意外断电后三位五通中泄式电磁阀阀芯停在中位，气缸腔体内气体可以通过安装在三位五通中泄式电磁阀中位上消音器排放到空气中，从而泄压，操作人员或维修人员可以轻松的手动将移门推至到正常的开门或者关门状态。为操作人员或维修人员带来方便。□

浅谈企业标准化良好行为创建

三一重型装备有限公司
沈阳盛益维装备有限公司
沈阳凯姆罗机电设备有限公司

初光宇
杨勇
魏全昆

【摘要】本文主要介绍了企业在申报标准化良好行为过程中的主要工作流程，重点说明企业标准化体系的建立和运行、体系运行中的自我评价和改进以及创建标准化良好企业的意义。希望此文能够为企业申请标准化良好企业带来参考借鉴。

企业标准化良好行为是指企业按照《企业标准化工作指南》、《企业标准体系 要求》、《企业标准体系 产品实现》、《企业标准体系 基础保障》、《企业标准化工作 评价与改进》五项系列国家标准的要求，开展企业标准化工作，建立企业标准体系并有效运行；通过企业标准化工作各项活动有序开展并取得良好的经济效益和社会效益。企业标准化良好行为评价是对企业标准化工作、企业标准体系以及体系运行的效果是否符合《企业标准化工作 指南》等五项系列国家标准而实施的第三方评价活动。

企业在申报标准化良好行为企业工作主要有：活动策划、建立企业标准体系、标准体系运行、自我评价和改进、申请与确认等流程。

一、企业标准体系建立及运行

1.企业标准体系构建

(1) 企业标准化机构和人员

企业应根据生产、经营和管理的规模、复杂程度、标准化工作量，设置企业标准化工作机构和标准化管理人员。企业标准化工作涉及到企业各个环节，是企业管理的一项综合性管理基础工作。企业可设立独立的标准化机构

和专职标准化人员，也可由相关部门和人员兼任。

标准化机构工作有：

1) 贯彻落实标准化法律、法规、方针政策、强制性标准与本企业相关的要求；

2) 组织制定并落实企业标准化方针、目标、任务及企业标准化管理相关的制度等；

3) 组织构建企业标准体系、编制企业标准体系表，制修订企业标准，标准实施和标准体系运行，对标准化知识培训宣贯；

4) 进行标准化审查、建立标准化档案。

(2) 企业标准化培训

企业应自上而下组织标准宣贯和培训工作，使所有人对体系运行和标准实施的必要性、重要性和可行性有一个全面而正确的认识。

1) 领导的足够重视。企业标准化工作比较薄弱，标准化工作范围广、任务重、难度大，因此标准化工作必须有组织、有计划、有领导的进行。

2) 加大对标准和标准化工作宣传、贯彻、实施的力度。通过多种途径、多种形式和多种方法大力宣传标准化的基本知识，使企业员工了解和熟悉标准化工作的内涵、原理、目的和意义，从而使标准化工作成为主动的、自觉

的、积极的、有意识的开展下去。

(3) 建立企业标准体系

企业标准体系是由一个个单项标准按照相互依存、相互制约的关系建立起来的一个有着特定功能的有机整体，各项标准之间应协调统一才能确保标准实施有效。

企业标准体系是以产品实现标准体系为主，包括有为产品实现标准要求而建立的基础保障标准体系、岗位标准体系以及各种相关制度在内的企业标准体系。根据GB/T15496的规定，企业结合实际情况，形成企业标准体系结构图，如图1所示。

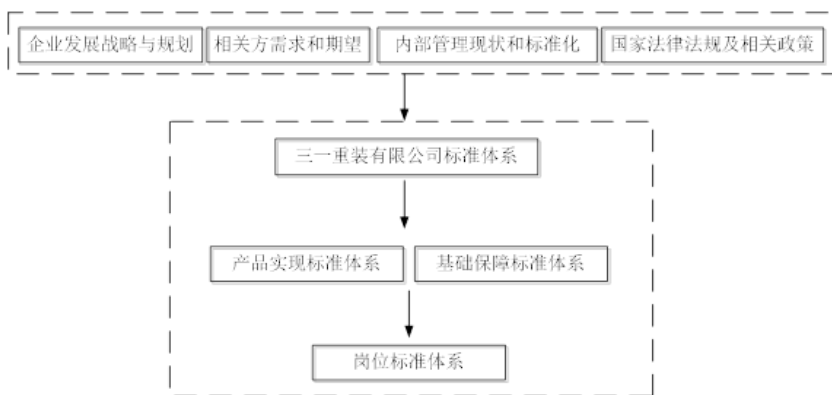


图1 企业标准体系结构图

(4) 制定企业标准化工作规划和计划

企业根据生产、服务、经营和管理对标准化工作的需要，有计划地开展标准化活动。规划和计划的内容如下：

- 1) 制定、修订公司标准体系以及标准的规划、计划；
- 2) 采用国际标准的规划、计划；
- 3) 标准化科研的规划、计划；
- 4) 实施标准计划；
- 5) 标准化培训计划；
- 6) 标准文本有效性检查计划。

企业标准化负责人组织编制公司三年以上的标准化规划，其结构包括：前言、标准化工作现状分析、规划的依据、今后几年公司标准化工作发展目标、完成目标的保障措施。标准化部门每年年初编制当年的标准化工作计划。

2. 企业标准体系运行

企业标准体系的运行是整个标准化活动的十分重要的环节，企业标准体系运行的好坏直接关系到整个标准化活动的成效。

(1) 企业标准化文件的分发和更换

纳入企业标准体系的标准化文件均应实施且受控。体系运行前应将新文件、标准及时下发到各部门、各单位、各岗位，保证相应部门和人员得到应执行的标准化文件。对已经不使用的文件、标准应进行更换、收回过期版本。

企业各部门实施的标准应是现行有效的，过期作废标准应及时收回处理。对于企业采用的国际标准、国外标准、国家标准、行业标准、地方标准和团体标

准，企业需要定期进行查新，以确保标准的有效性，尽量避免使用作废标准。对于企业自己编制的企业标准应根据内外部变化对企业标准进行及时修订、补充完善或废止，确保企业标准体系内的各项标准切实有效，满足企业发展需求。

(2) 企业标准化文件的培训

企业标准体系文件发布后，各部门、各单位应当进行一次全面培训，培训内容包含但不限于以下内容：

- 1) 标准化方针、目标、规划、计划；
- 2) 本期标准化管理文件及贯彻实施企业标准体系的要求；
- 3) 标准体系表：包括体系结构图、明细表、编制说明等；
- 4) 体系表中重要的标准的培训。

(3) 企业标准实施的监督检查

对标准实施的监督检查，是指对标准贯彻执行情况进行监督、检查和处理的活动的。建立企业标准体系文件只是标准化工作的第一步。标准束之高阁不实施，就违背了标准化的初衷。标准实施的好坏、是否有效，要靠监督检查来判断。监督检查需要有检查、分析原因、纠正改过的过程记录。通过PDCA循环，实现“凡事有标准、标准必执行、执行要检查、检查应处理”。

首先，建立监督检查机制。

企业对标准实施监督检查，可以根据企业的行业特点和企业规模开展，只要保证标准实施的监督检查能经常地、有序地进行就行，要建立监督检查制度，制度应将GB/T35778中监督检查的内容、方式、处理和标准体系的评价和改进做出具体规定，这样使标准实施监督检查工作发规划、制度化。

其次，明确监督检查方式。

GB/T35778的规定，监督检查应

明确检查的方式和频次，对标准的监督检查可以从以下两个方面开展：

a)产品设计、技术改造的标准化审查。产品在设计过程中的设计评审、设计验证、审批、设计更改的审查应包含标准化审查，审查产品设计和技术改造是否符合强制性标准要求，是否符合国家有关法律法规要求、是否积极采用了国际标准，设计中的参数是否与国际标准、行业标准一致。这些问题的审查应作出标准化审查结论。

b)过程检验。过程检验是指对部件、工序件、特殊工序和关键工序进行的检验和监控的活动。它是检验工艺文件实施过程质量的有效手段。例如工艺标准是企业工人进行生产制造和管理的依据，企业应在总结生产经验的基础上，运用标准化的方法对重复性特征的工艺文件、工艺要素、工艺过程制定和实施工艺标准。工艺标准是否实施，企业应由车间工艺员定期到现场进行工艺纪律检查或巡查，对发现有违反工艺操作标准的，应立即处理和纠正。工艺纪律检查过程中应认真填写工艺检查单，以作为产品质量审核或工人业绩考核的重要依据。

c)产品的最终检验。产品的最终检验是按产品标准开展的产品监督检查活动，是检验产品质量的必不可少的重要环节，无论是型式检验还是出厂检验，都必须按标准规定检验，不应漏检、少检或不检，否则，在标准实施监督方面是严重的不合格项。

d)岗位标准的实施考核多种多样。岗位标准的实施一般结合目标完成情况、月工作计划以及季度、半年、年度计划进行考核。

再次，确定检查的内容和要求

监督检查的内容包括以下几点：

a)判断实施标准的资源满足标准实施要求之间是否有差距，如果有差距，应在人力、财力、物力等方面给与补足。

b)分析关键点各项控制措施的完备情况：企业标准化工作重点考察标准体系核心关键点，如：产品实现的生产环节、基础保障的人力资源保障环节，以及标准中有关质量、安全、环保的要求，考察其是否落实到关键点并有相应措施予以保障。

c)检验员工对标准的掌握程度：通过标准实施的监督，从根本上检验员工对标准的掌握程度和可操作性。必要时应通过多种方式对标准化人员进行培训及相关标准操作人员培训。

d)检查岗位人员作业过程与标准的符合性：对于已有明确的产品标准和作业规程，检查产品标准中的技术参数，在作业规程中是否有对应的测试项目；检查作业规程中

的方法与产品标准中的方法是否一致；检查作业规程中的项目评判标准与产品标准中的是否一致。通过这三方面的对比，检查岗位人员作业过程与标准的符合性，同时建立可追溯体系，实现作业过程与标准的符合性和一致性。

e)验证作业活动产生的结果与标准的符合性：通过对产品标准、产品使用说明书、操作规程的检验，审查产品与产品使用说明书与产品标准的一致性，验证作业活动产生的结果与标准的符合情况。

二、自我评价和改进

自我评价是企业对其开展标准化工作特别是对其建立并实施运行的企业标准体系自主进行检查获得客观的证据，以证实企业标准体系的适应性和有效性而进行的系统、正式的客观评价。

自我评价的内容包括：企业标准化工作是否满足本企业有关的国家、行业、地方的法律法规和强制性标准的要求，是否满足本企业发展战略和方针目标的要求；企业标准体系内的标准是否在企业生产经营管理中能有效实施，是否解决了企业存在的问题、是否取得了效果。通过对标准实施的监督检查，尤其是标准体系运行过程中存在的和潜在的问题是否采取了有效的纠正和预防措施，是否推动了企业标准体系的持续改进。

自我评价的结果，对于取得的标准化效果，企业应继续发扬光大，对于检查过程中发现的不合格、不符合项目，企业应通过管理评审，明确规定拟采用的纠正措施和预防措施，充分应用PDCA管理模式，推动企业标准体系持续改进，以适应不断发展的生产、经营、管理的实际的或潜在的需求。

三、标准化良好行为申请与确认

1.申请确认的基本条件

a)企业已按GB/T19273完成对标准体系的自我评价，并有效运行3个月以上；

b)企业三年内未发生重大产品质量、安全健康、环境保护等事故，未受到通报、处分、媒体曝光；

c)企业产品近两年内无国家或地方产品质量监督抽查不合格记录。

2.申请确认需提供的材料

a) 标准化良好行为确认申请表；

b)企业自我声明和企业LOGO；

c)企业标准体系表及标准体系文件

- d)标准体系自我评价报告及评价文件;
- e)企业行政组织机构图和标准化组织架构图;
- f)企业标准体系发布令。

3. 确认流程

企业标准化良好行为评价流程包括:申请等级审核、企业材料初审、社会评价、非现场评价、现场评价、复核、公示、颁证等八个阶段。

四、创建标准化良好企业的意义

“标准化良好行为企业”是以“以标治企”的“法治”环境为基础,通过追求标准制修订、执行过程的有效性,随时保持企业标准的先进性、科学性和法规符合性,使企业赢得更广阔的市场和获得更大的效益。因此,“标准化良好行为”是建立在健全的企业标准体系的基础之上的,是一种企业全体追求卓越、高效的“标准化良好”行

为,是为了使企业获得最佳秩序和效益为目的的行为。

“标准化良好行为企业”是标准化事业发展新形势下企业标准化工作的创新,它从更高的层次去指导企业标准体系的建设,是推动提高核心竞争力的有效手段。企业标准体系不但是企业生产经营活动的行为准则,同时也是符合企业与外界贸易、交流的行为规范。

五、总结

开展创建“标准化良好行为企业”活动,一方面企业可强化标准化工作基础,提高质量总体水平和综合竞争力,在创建过程中结合自身特点,建立结构合理、完善配套、满足企业发展需要的企业标准体系并有效运行,在生产、经营的全过程实行标准化管理;另一方面,企业可以强化严格按照标准组织生产和检验的观念,使企业标准化工作得到加强,使生产、经营管理更加规范科学,真正从源头把住产品质量关。□

资讯

2024年机床工具行业信息统计工作会议在成都召开

为梳理总结前期机床工具行业信息统计工作,全面提升行业信息统计工作质量,中国机床工具工业协会于6月12~14日在四川成都召开了2024年机床工具行业信息统计工作会议。中国机床工具工业协会毛予锋会长、郭长城副会长出席会议,来自协会部分分会的代表和重点联系企业的统计员代表等百余人参加了会议,会议由协会信息统计部主任单希强主持。



郭长城副会长在主题报告中阐述了四个方面的主要内容:深入剖析了中国机床工具行业的历史沿革,概述了我国机床工具产业的行业划分及统计范围,分析了我国机床工具企业的分布情况,介绍了我国机床工具行业经济运行情况,让统计员们对行业的历史和现状都有了更多的了解和认识。

单希强主任向代表们做了2023年度行业统计工作总

结,讲述了行业信息统计工作的基本内容,介绍了统计成果的应用情况,强调了协会信息统计管理工作的主旨和要求,并提出下一阶段行业信息统计工作思路。

会议表彰了189名2023年度行业信息统计工作先进企业和先进个人,协会希望受到表彰的单位和个人在今后的工作中再接再厉、再创佳绩,希望广大行业企业和统计工作者继续努力做好行业信息统计工作,共同为行业高质量发展做出贡献。

会议邀请协会工具分会秘书长查国兵和特种加工机床分会秘书长卢智良分享了所在分行业的发展形势、对行业信息统计工作的认识以及做好信息统计工作的体会。

在会议交流环节,来自济南二机床集团有限公司的盖增玉、通用技术齐齐哈尔二机床有限责任公司的马晓茜和通用技术集团机床有限公司的庞龙等几位统计工作先进个人,向代表们分享了他们各自在统计工作中的心得、体会和先进经验。

会议最后,毛予锋会长站在全行业的高度论述了行业信息统计工作对于企业、行业乃至国家工业发展的必要性和重要性,分享了统计行业著名专家和学者的观点及见解,鼓励广大统计员们认真做好自己的本职工作,在平凡的岗位上发挥出不平凡的作用,为企业、行业及国家做好相关决策贡献力量。(协会传媒部:张芳丽)