



2024年1~8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1~8月,重点联系企业营业收入同比下降3.5%,利润总额同比下降9.9%,各分行业仍均保持总体盈利。金属加工机床新增订单同比增长3.5%,在手订单同比下降0.3%。

根据国统局公布数据,1~8月全国规模以上企业金切机床产量44.7万台,同比增长7.7%;金属成形机床产量11.2万台,同比增长6.7%。

根据中国海关数据,1~8月机床工具进出口总额207.5亿美元,同比下降2.3%。其中,进口额67.3亿美元,同比下降10.2%;出口额140.3亿美元,同比增长2.0%。

(来源:协会信息统计部)

尼得科旗下TAKISAWA开发出高精度CNC复合车床旗舰机型“TS-4000 II YS”

近日,尼得科集团旗下株式会社TAKISAWA开发出了追求高精度·高刚性的CNC复合车床“TS-4000 II YS”。该机型是为了满足累计出货量超1000台的畅销机型“TS系列”的高精度加工及自动化·省人化需求,从根本上对结构进行重新审视。另外,作为对高精度齿轮加工工序集约需求升高的集约机,与拥有齿轮加工技术的尼得科机床共同开发完成了将旋削、切削、倒角等齿轮制造工序集于一体的转塔车床。

该机型将于11月5日至10日在东京国际展示中心举办的日本国际机床展(JIMTOF2024)上亮相。作为开发概念的演示,将展示使用电机轴的外径齿轮和花键轴的滚切加工。



为了实现稳定的加工精度,新开发的CNC复合车床“TS-4000 II YS”更新了机械的主要部件以确保其具有足够的刚性。特别是在对精度产生较大影响的热对策方面,通过优化主轴冷却和利用AI技术进行热位移校正功

能,采用新型电机以抑制发热等。此外,为实现高速旋转时的长时间稳定加工,重新设计了床体的形状和刀架的结构等,提高了机械刚性。

此次,针对新开发的高精度齿轮加工规格,除了传统的车削和铣削加工之外,还准备了齿轮加工所需的专用刀具配置和交互式软件。具体来说,与尼得科机床共同开发了工件参数、刀具规格、加工条件等输入项目重视与滚齿机的兼容性、能够根据导向图直观地进行输入操作,保留工件(被加工物)的左右主轴与滚齿刀的同步控制机构以及去毛刺工具等。通过利用该公司在齿轮加工方面的专业技术和诀窍,完成了具有技术保障的、可进行高精度齿轮加工的高可靠性车床,可更加简便地集成工序。

此外,标准配备了将铣削转速提升至8000r/min的15角塔架,并为了追求易操作性,将数控操作盘扩大至15英寸彩色屏幕,还配备了1600mm和1700mm两种操作盘高度选项。同时,还具有在机器待机时控制伺服电机和照明等电力的功能,有助于为节能做出贡献,与现有机型相比可削减2%的耗电量。

Heller 成为 AMRC 最新一级会员

在2024年9月10日至14日于斯图加特举行的AMB展会上,谢菲尔德大学先进制造研究中心(AMRC)(www.amrc.co.uk)的商业总监 Matthew Farnsworth 宣布,四轴和五轴加工中心制造商 Heller 已成为该中心的最新一级会员。AMRC 位于英国罗瑟勒姆。



Heller这家德国机床公司拥有多个工厂,包括位于英国 Redditch 的工厂,每年在两条装配流水线上为全球市场生产超过300台四轴和五轴加工中心。该工厂拥有150多名员工,提供相关的机床解决方案、服务和支持。

根据与AMRC的协议,一台Heller F 6000五轴车铣



复合卧式加工中心（HMC）将于 2025 年 6 月安装在罗瑟勒姆中心，用于推进与航空航天相关的应用开发，特别是涉及钛合金结构件和航空发动机部件的加工。数字化、自动化以及解决工程和制造领域的技能短缺问题将是这一研究和知识转移实施中的关键主题。

BOST 在 FERRY-CAPITAIN 工厂安装了其最大的立式车床

2024年10月15日，西班牙Bost Machine Tools Company S.L.U. 在法国 Vecequville 的 FERRY-CAPITAIN 工厂安装了其迄今为止最大的立式车床——Bost VTL 100 C 8.000-2 Premium 型号。这是该工厂安装的第三台 BOST 机器，进一步加强了两家公司之间长期而成功的合作关系。



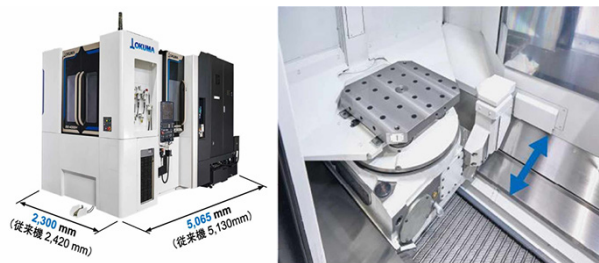
Bost VTL 100 C 8,000-2 Premium 是一台高精度机器，专为加工大型零件而设计，极大地提高了 FERRY-CAPITAIN 的生产能力。该型号代表了最新的加工技术，专注于复杂工业流程中的可靠性和多功能性，适用于采矿、钢铁、能源和水泥等关键行业。

随着这台新机器的安装，BOST印证了其作为大型机械制造商的领导地位，提供满足客户最苛刻需求的解决方案。BOST VTL 100 C 8000-2 立式车床能够处理大型重型零件，帮助客户优化生产流程，减少运营时间和成本。

Bost Machine Tools Company 已在市场上有超过 35 年的历史，凭借其定制化的机器开发能力，持续扩大其全球影响力，满足每位客户的特定需求。在 FERRY-CAPITAIN 工厂安装 Bost VTL 100 C 8000-2 车床，是 BOST 对创新和技术卓越承诺的有力证明。

日本大隈公司发布MA-4000H卧加新产品

日本大隈公司的新产品MA-4000H卧式加工中心是一款追求“提高生产率”、“脱碳节能”以及真正“长时间稳定自动运行（不停机机床）”的机床。



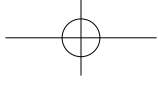
据介绍，MA-4000H通过稳定生产提高开机率，缩短实际和非加工时间，扩大可加工区域并节省空间，从而最大限度地提高生产加工的作业量。该机是一款可自主判断机器状态并实现脱碳和节能的智能机床，同时保持了高精度和高效率。

该机通过使用AI进行运动轴的机械诊断和钻头、丝锥的加工诊断，实现预防性维护。通过可顺利处理切屑的机内防护结构和创新性延长冷却液箱清洁周期的“无污泥槽”，最大限度地减少与切屑相关的生产损失。机床增加了自动夹紧工件的夹具接口数量，达到同类产品的最高水平。

通过大幅缩短加工时间，提高生产率。其高刚性工作台助力了高效加工，对S45C钢材的最大加工能力为 $483\text{cm}^3/\text{min}$ ，与前代机床相比提高72%。该机工作台 90° 分度时间最快0.8s，减少了非工作时间，比同型前代机床缩短27%（包括夹紧和松开）。

该机也是一款通过脱碳和节能实现精度稳定性和生产率提高的“绿色智能机器”。与前代机床相比，其主轴冷却系统的功耗降低了40%。除了传统的非加工工艺外，还新开发了主轴冷却系统的自动运行控制，该系统可在加工过程中使用。在稳定保持高精度的同时，还实现了加工过程中主轴冷却系统的节能。

此外，MA-4000H配备了先进的AI技术，可实现稳定的生产和高切屑加工性能，并具有高效加工能力，可以处理从铝零件到铁基零件的各种工件，满足电动汽车（EV）、半导体制造设备、工业机器人、建筑机械以及液压和气动设备等各领域市场需求。



部分机床上市公司智能化建设项目盘点

通用技术集团机床工程研究院 陈洪军 张弛 谭智 戴漫一

一、引言

作为行业发展方向，智能制造已成为全球机床制造企业的共识，目前国内机床企业也开启了智能化探索。本文根据近期发布的上市公司2023年报，初步整理部分国内机床行业上市企业近年来的智能制造发展情况如下。

二、机床行业智能化发展综述

新工业时代，智能化自动线能满足客户快速换产、节省人力成本、提高生产效率、提升产品质量等系列工艺要求，成为越来越多工厂的理想选择。智能制造已经成为制造业转型升级的一个必然选择，已成为全球机床制造企业的共识，MAZAK、DMGMORI、OKUMA、EMAG等国际机床企业已普遍建立了智能制造线、推出了自动线产品，展现工业4.0时代智能化生产的数字化之成果。中国机床制造业管理模式、制造水平不同于德国、日本，智能化起步晚，目前海天精工、海德曼、宝鸡、创世纪等国内部分机床骨干企业也开启了智能化转型探索。

三、部分上市公司2023年智能制造发展情况

本文结合近年国内机床行业上市公司自身制造能力提升开展智能化建设，及为客户提供智能化/自动化产品两个维度进行论述。

1.海天精工新增投资10亿元建设智能化生产基地



宁波海天精工股份有限公司主要产品为龙门、数控镗铣、卧加、立加、数控车及自动线等，2023年实现营业收入32.23亿元、同比增长4.6%，归母净利润6.1亿元、同比增长17.1%。2015年5月至今，海天精工已经在宁波大港、大连建立10余条柔性加工线，实现“8+16”小时运行。生产线白班8h由工人进行上下料、装夹、打码、调试等管理，晚上16h无人化加工。2022年9月，海天精工开工建设“高端数控机床智能化生产基地项目”，项目拟建设恒温智能化车间、国家级实验室、中试基地，打造数控机床及其关键零部件生产基地，总投资10亿元，建筑面积约27万平方米。该基地将打造成为集智能制造技术自主研发生产、成果转化、应用展示及系统集成服务等功能于一体的“灯塔工厂”，该项目正建设中，计划2024年上半年竣工投入使用。

2. 纽威数控新增投资7亿元建设研发生产基地

威数控装备(苏州)股份有限公司主要产品为龙门、卧加、立加、数控车、专机及自动线等,2023年实现营业收入23.21亿元、同比增长25.8%,归母净利润3.18亿元、同比增长21.1%;2023年纽威数控获批了江苏省绿色工厂、江苏省智能制造示范车间等多项荣誉称号。2023年公司启动新建四期高端智能数控装备及核心部件研发生产基地,新增产能数控机床及功能部件2500台套以上,建设6万多平方米智能制造车间、智能化仓储、自动物流配送线及配套设施,项目总投资7亿元。项目正建设中,预计2025年投产,项目达产后企业总产值将超35亿元。



3. 秦川机床投资10.53亿元建设创新基地



秦川机床工具集团股份公司主要产品为磨床、加工中心、数控车、刀具、功能部件、齿轮及仪器仪表等,2023年实现营业收入37.61亿元、同比减少8.3%,归母净利润0.52亿元、同比减少81%,其中机床类收入17.81亿元、同比减少17.8%。2021年11月秦川机床启动“秦创原·秦川集团高档工业母机创新基地”项目,建设高端数控机床及其关键功能部件产业化平台、智能制造及系统集成产业化平台,项目占地234亩、建筑面积12万平方米,总投资10.53亿元,分两期实施;至2023年末已建成项目一期,占地110亩、建筑面积6万余平方米,总投资5.9亿元,达产后新增五轴加工中心产能235台,年销售收入7.47亿元。

4. 创世纪新增投资24亿元建设生产基地

广东创世纪智能装备集团股份有限公司主导产品为钻铣、立加、卧加、龙门、数控车、精雕机及自动线、多通道高速精雕加工中心、多头高速精,2023年实现营业收入

35.29亿元、同比减少22%,归母净利润1.94亿元、同比减少42%。早在2015年7月创世纪成为工信部“智能制造首批试点示范项目”企业,智能工程示范车间拥有10条高速钻孔机床自动化生产线。目前创世纪拥有东莞、苏州、宜宾、湖州四个现代化生产基地,打造数十条自动生产线。

2021年10月创世纪在浙江省湖州市建设“高端数控机床制造产业化生产基地”项目(湖州产业园),总投资18亿元、分两期投入。建设立加、卧加、龙门自动化生产线,打造高端数控机床华东制造基地。项目达产后企业总产值将达45亿元。至2023年末厂房一期项目主体已建设完毕。2023年10月“深圳创世纪高端数控机床产业基地”项目奠基,创世纪使用自有土地,总投资额不超过6亿元,以高标准、高质量打造数字化、智能化标杆示范产业园,实现智能仓储、智能办公、智能供应链等功能。



5. 海德曼自动线营业收入突破9000万元



浙江海德曼智能装备股份有限公司主要产品为数控车床、自动化加工单元,2023年实现营业收入6.64亿元、同比增长5.2%,归母净利润2944万元、同比减少50.7%。2023年公司自动化生产线销售量126台套、同比减少15%,实现营业收入9622万元、同比增长69%。完成8个自动化项目设计,主要包括三轴高速桁架机械手系统、协作关节臂机器人工作站(3kg/5kg)、AGV标准料仓、自动柔性抓取系统(拍照多层取料)、标准桁架式料仓。与比亚迪等汽车行业客户签订批量订单、配套新能源汽车零部件配套企业。在华中数控系统平台上开发的海德曼系统1.0版本已投放市场,其功能包括自主开发的机械手一键启动功能、示教编程功能、自动防撞功能等。2023年沙门基地

通过浙江省未来工厂的验收，该基地打造“数字化设计、智能化生产、绿色制造、精益化管理”四项能力，通过工业互联网平台，将客户设备介入云端，为客户提供及时有效的服务。目前公司已经拥有玉环普青基地、玉环沙门基地、上海临港基地，形成年产9亿的产能规模。

6.科德数控募集资金6亿元建设生产基地



科德数控股份有限公司主营业务为五轴联动数控机床、数控系统、功能部件以及自动化产线等。2023年公司营业收入4.52亿元、同比增长43.4%；归母净利润1.02亿元、同比增长69%；其中自动化生产线营业收入410万元、同比减少82.6%，毛利率31.8%、同比减少2.1个百分点。2023年2月起，科德数控募集资金6亿元，用于大连、银川、沈阳等工厂实施五轴联动数控机床产品的产能扩建、智能制造项目建设。目前，大连厂区扩产进度稳步进行，卧加产线于2024年一季度试运行、龙门产线预计于2024年二季度开始安装调试；宁夏科德、和沈阳科德已完成土地购置。

7.亚威股份智能制造方案收入近7000万元



江苏亚威机床股份有限公司主营业务为金属成形机床、激光加工设备、智能制造解决方案三大业务板块。2023年公司营业总收入19.28亿元，同比增长5.35%；归母净利润9885.45万元，同比增长1221.5%。其中智能制造解决方案实现营业收入6975.6万元、同比减少16.1%，毛利率23.1%、同比减少2.2个百分点。直线机器人进入汽车动力总成机加行业，机器人第七轴业务在汽车主机厂初步形成

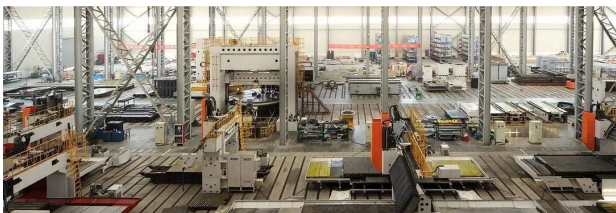
品牌效应。2023年3月开工“亚威金属成形机床智能制造项目”总投资20亿元，分两期进行。其中一期投资6.8亿元，建筑面积7.36万平方米，建设“伺服压力机及自动化冲压线技术改造项目”建设年产约2000台（套）伺服压力机、100条自动化冲压及落料生产线的产业基地，预计年产值达15亿元，将于2024年建成，目前工程建设正在加紧推进中。智能工厂建设成功入选工信部“2023年智能制造示范工厂优秀场景”、“2023年江苏省智能制造示范工厂”和“2023年江苏省数字化转型贯标试点企业”等荣誉。

8.国盛智科自动线收入突破8000万元



南通国盛智能科技集团股份有限公司由钣金焊接起家，主营业务为金属切削机床、自动化生产线及功能部件等，2023年实现营业收入11.04亿元、同比减少5%，归母净利润1.43亿元、同比减少23%。公司为发动机缸体缸盖、锂电池、光伏、高铁传动部件、汽车零部件等领域提供自动化生产线及智能单元，控股子公司切尔西机器人自动化（南通）有限公司自主研发制造机器人自动化焊接生产线及自动化搬运智能单元，为相关行业客户提供全套自动化解决方案。2023年智能自动化线销售量257台套、同比减少12.6%，实现营业收入8430万元、同比减少2.3%，毛利率17.7%、同比减少2.1个百分点。2020年国盛智科投资6亿元建设“中高档数控机床生产项目”，至2022年10月生产基地竣工投产、并完成验收，达产后新增年产能600台中高档数控机床。目前公司已建成大型数控机床生产基地、中小型数控机床装配制造基地、钣焊件生产基地（精密机械）及铸件生产基地等四大生产基地。

9.日发精机研发智能制造系统



浙江日发精密机械股份有限公司业务涉及高端智能装备及航空运营服务，2023年公司实现营业收入20.83亿元，同比减少2.61%；归母净利润-9.03亿元，同比增长

40.1%；其中数字化智能机床及产线营业收入11.63亿元，同比增长18.6%，占营业收入56%，毛利率23.7%、同比降低9.4%。目前，公司拥有飞机制造线、航空零部件自动生产线、汽车零部件自动装配线、轴承磨超加工及装配生产线等多种智能制造系统，在柔性线制造、系统集成、定制化系统解决方案等方面形成了优势。

四、结论

通过对以上9家上市公司智能制造情况的初步盘点，结合工作实践，笔者提出以下几点思考与感悟。

1.智能制造已经成为企业发展的共识

根据公开报道，2015年起，海天精工、创世纪等开启了智能化探索，建立柔性自动加工线，实现智能化运行。目前各企业均开展了智能化建设工作，一方面提升制造能力，厂房设备实施智能化改造，构建智能化制造线/智能工厂；另一方面服务客户，推出了不同类别柔性制造单元、自动生产线，带动产品档次与应用水平提升，初步统计如下。

部分机床行业上市公司智能制造建设一览表

单位：亿元 %

序号	单位	收入		归母净利润		智能制造建设情况
		数值	同比	数值	同比	
1	海天精工	32.23	4.6%	6.1	17.1%	已建设10余条自动化生产线，2022年投资10亿元建设智能化生产基地项目
2	纽威数控	23.21	25.8	3.18	21.1%	2023年投资7亿元新建研发生产基地，建设智能制造车间
3	秦川机床	37.61	-8.3%	0.52	-81%	2021年投资10.53亿元，启动创新基地项目，已建成项目一期
4	创世纪	35.29	-22%	1.94	-42%	已建造数十条自动线；2021年投资18亿元建设湖州生产基地、2023年投资6亿元建设深圳产业基地
5	海德曼	6.64	5.2%	0.29	-50.7%	2023年自动线销售收入9622万元，沙门基地通过浙江省未来工厂的验收
6	科德数控	4.52	43.4%	1.02	69%	科德数控募集资金6亿元，用于大连、银川、沈阳生产基地智能化建设
7	亚威股份	19.28	5.4%	0.99	1221.51%	2023年智能制造方案收入近7000万元，投资20亿元实施智能制造
8	国盛智科	11.04	-5%	1.43	-23%	2023年自动线收入8430万元，2020年投资6亿元建设生产基地
9	日发精机	20.83	-2.6%	-9.03	40.1%	在柔性线制造、系统集成、定制化系统解决方案等方面形成了优势

2.智能线成为重要的经济增长点

国内外机床企业纷纷转变商业模式，把智能制造线作为主攻方向，以摆脱单机竞争，从价值链的全程为用户提供解决方法，实施市场竞争，将智能线打造为企业重要的经济增长点。具体实例如下

- (1) 海德曼自动线营业收入9622万元、同比增长69%，占总营业收入的14.5%，毛利率达34.6%。
- (2) 国盛智科自动线收入突破8430元、同比减少2.3%，占总营业收入的7.6%，毛利率17.7%。
- (3) 日发精机数字化智能机床及产线营业收入11.63亿元，同比增长18.6%，占营业收入56%，毛利率23.7%。

3.新一轮智能化建设已经全面启动

2002~2011年机床行业黄金发展的十年期间，得益于市场需求爆发式增

长，机床产能急剧扩大，行业企业普遍实现了大发展；另外在房地产行业高速发展的大背景下，行业企业纷纷受到各地政府的重视，在退厂入园、土地置换等各种政策的支持下，各地纷纷打造机床产业群，行业企业普遍建立了现代化的新厂房、购置新设备，并实施技改与搬迁，装备水平、制造能力大幅提升。

当下，在工业4.0、工业互联网、云计算等热潮下，党中央、国务院高度重视智能制造的发展，政府出台一系列政策文件支持企业智能化建设，原有的厂房设备已经不能满足时代的需求，关键设备也需要大修与智能化升级。

工欲善其事、必先利其器，为了满足客户转型升级的需求、为了谋求企业跨越式发展，行业企业新一轮的智能化技术改造、智能工厂建设项目已如火如荼的全面展开。

- (1) 国盛智科2020年投资6亿元建设生产基地。
- (2) 秦川机床2021年投资10.53亿元启动“秦创原·秦川集团高档工业母机创新基地”项目。
- (3) 创世纪2021年投资18亿元建设湖州生产基地、2023年投资6亿元建设深圳产业基地。
- (4) 海天精工2022年投资10亿元建设智能化生产基地。
- (5) 科德数控2023年募集6亿元建设智能化生产基地。
- (6) 亚威股份2023年总投资20亿元建设智能制造项目。

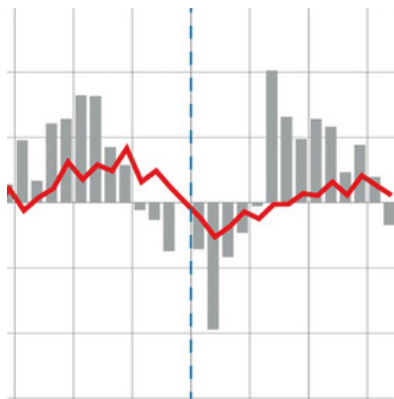
智能化建设是机床企业循序渐进、一步一个脚印的探索过程；智能化建设与推广，是从加工工艺简单的小件起步，逐步扩展至加工工艺复杂大型铸件；是从满足内部加工起步，逐步转化为改变公司商业模式的高附加值商品。以上机床行业上市公司通过探索实践，找到了属于自己的成功之路。□



瑞士科技行业复苏延迟

瑞士机械电气工程行业协会（Swissmem） 李华翔 编译

目前瑞士科技行业（机械和电气工程行业及相关技术领域）没有取得任何进展。与去年同期相比，2024年上半年销售额下降了5.1%，订单量减少了3.3%，商品出口下降了4.5%。该行业的采购经理人指数（PMI）在大多数欧洲市场处于非常低的水平，仅在亚洲和美洲的情况略好。因此，预计2025年之前复苏的希望不大。然而，技术行业公司仍然信赖瑞士作为商业中心：瑞士机械电气工程行业协会（Swissmem）成员公司中有四分之三计划在未来三年内瑞士投资。尽管面临技能短缺的挑战，但高素质的劳动力和自由的劳动力市场是瑞士的优势，后者必须得到维护。因此，Swissmem坚决反对工会要求将集体劳动合同普遍约束力及引入高成本新法规的提议。



瑞士科技行业在2024年上半年收到的新订单相比去年同期下降了3.3%。这是该行业连续第六个季度订单量下降。销售额也比2023年上半年减少了5.1%。大型企业受这一趋势的影响比中小企业更为严重。第二季度的公司产能利用率为84.1%，低于86.2%的长期平均水平。2024年第二季度，该行业共雇佣了329,900人，比上一季度减少了400人。

出口情况：亚洲表现优异，欧洲表现欠佳

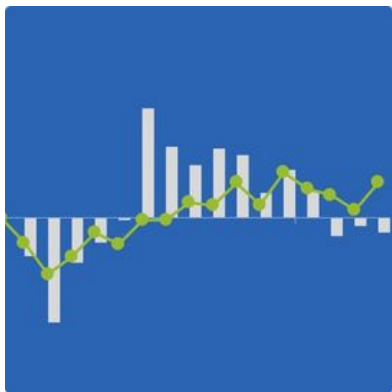
2024年上半年，瑞士技术行业的商品出口与2023年同期相比下降了4.1%，总额为346亿瑞士法郎。欧洲市场（欧盟-6.8%）的销售趋势尤其令人失望；德国的下降幅度为8.4%，表现尤为疲软。汽车行业的问题、能源密集型行业的高能源成本以及欧盟的反增长政策和法规增加都是负面因素。相比之下，亚洲市场——尤其是中国（+6.6%）和印度（+5.4%）在今年取得了显著进展。对美国的出口也有所增加（+2.3%）。几乎所有产品类别的出口都受到影响。机械工程类出口下降了5.2%，金属行业下降了5.0%，精密仪器类出口下降了3.3%。唯一微弱增长的出口类别是电气工程/电子类（+0.7%）。



复苏仍遥遥无期

Swissmem总裁斯特凡·布鲁普巴赫（Stefan Brupbacher）评论道：“瑞士技术行业的业务数据表明复苏仍然延迟。直截了当地说，我们企业的问题根源在德国，我们约四分之一的出口依赖德国市场。瑞士技术行业并没有面临结构性问题，但邻国的经济衰退显然对我们的业务产生了影响。”

关键指标并未带来2024年下半年复苏的希望。在大多数欧洲市场，该行业的采购经理人指数（PMI）仍然显示出收缩趋势。企业预计唯一的动力将出现在非欧洲市场，即印度和美国。斯特凡·布鲁普巴赫对明年持乐观态度：“我预计2025年将出现复苏。” Swissmem成员公司也支持这一判断。32%的公司预计未来12个月海外订单数量将增加，25%的公司预计订单量会减少，43%的公司预计业务水平将保持不变。



瑞士作为工业中心的吸引力

尽管面临下滑和地缘政治环境的挑战，Swissmem成员公司的利润率在2021年至2023年间仍相对保持稳定，这证明了瑞士科技行业具有相当的韧性和适应能力。然而，五分之一的公司处于亏损状态，四分之一的公司仅能维持微弱的盈利。

尽管如此，公司仍然信赖瑞士作为工业中心。根据Swissmem的调查，四分之三的公司计划在未来三年内在瑞士投资。这些投资主要集中在生产能力、设备设施、数字化和产品开发领域。尽管面临技能劳动力短缺，瑞士仍然具备许多优势，包括劳动力的高素质——这得益于双轨制职业教育系统，以及世界一流的大学。此外，自由人员流动政策使从欧盟招聘变得容易，瑞士的劳动力市场也比邻国更具灵活性。



公司决定不在瑞士投资的原因并不令人意外：主要是高工资成本和强势的瑞士法郎，后者对出口导向的技术行业经常带来不利影响。因此，对于Swissmem来说，重要的是瑞士国家银行在适当时候根据其使命采取适当的措施，以应对可能出现的汇率冲击。

Swissmem总裁马丁·希尔泽尔（Martin Hirzel）在调查结果中看到了确认：“瑞士仍然是一个非常具有吸引力的工业中心，这主要得益于总体上良好的运营条件。”调查发现，自由劳动力市场是主要的竞争优势之一。“对于Swissmem来说，自由劳动力市场的至关重要性，是明确的指令，不能在双边协议III的谈判中向工会做出让步。因此，我坚决反对工会要求将集体劳动合同普遍约束力化的要求。这将标志着自由劳动力市场的终结。” Swissmem支持联邦委员会在当前关于双边协议III的谈判中取得进展——但不是不惜一切代价。□

资讯

铂力特金属3D打印业务大增，上半年净利增加398%

2024年8月29日，铂力特发布了半年财务报告，2024年上半年营业收入约5.91亿元，同比增加34.68%，主要增长源自公司生产经营规模扩大，并持续开拓新的市场和应用领域，3D打印定制化产品和3D打印自研设备营业收入均实现增长。归属于上市公司股东的净利润约8819万元，同比增加398.07%。在铂力特上半年营业收入中，金属3D

打印服务占比高达53%，设备占比38%。按照行业划分的话，航空航天类的收入占比高达67%，工业类占比29%。

铂力特是专注于工业级金属增材制造（3D打印）的国家级高新技术企业，为客户提供金属增材制造全套解决方案，构建了较为完整的金属3D打印产业生态链，整体实力在金属增材制造领域处于领先地位。

促进欧洲制造业的竞争力与创新

—— CECIMO 布鲁塞尔论坛 2024 即将召开

西班牙先进制造技术协会（AMF） 李华翔 编译

2024年12月2日，CECIMO 布鲁塞尔论坛 2024 将在布鲁塞尔欧洲索菲特酒店举行，届时将汇集重要的政治领导人、行业专家和先进制造业的关键人物。

此次活动将聚焦欧洲制造业在不断变化的全球环境中所面临的挑战，探讨如何通过创新和可持续的解决方案来保持其竞争力。今年，发格公司（Fagor Automation）将作为黄金赞助商参与其中，彰显了其推动机床行业技术创新的承诺。

聚焦先进制造业领域的挑战

今年的论坛将围绕五个关键主题领域展开：数字化、网络安全、单一市场、可持续性和自动化。每个领域都在制造业的发展与转型中起着至关重要的作用，尤其是在可持续性转型和新技术采纳成为增长关键的时代背景下。



这些主题的重要性反映了行业当前的关切，制造业正面临全球性中断的抗压性、智能自动化的集成以及环境合规等挑战。此外，活动还将概述先进机械制造的趋势以及实现2050年净零碳排放目标的努力。

小组讨论：竞争力与未来工厂

论坛将包括两场小组讨论，重点讨论该行业最紧迫的问题。

第一场讨论题为“我们如何保持欧洲制造业的竞争力？”，将探讨欧洲公司在全球高度竞争环境中保持领导

地位的策略。在此背景下，创新、可持续性、法规以及影响先进制造公司的贸易壁垒等议题将被讨论。

第二场讨论“未来工厂会是什么样子？”将深入探讨新兴技术和新生产模式对行业的影响。专家们将讨论自动化和数字化的集成、对供应链管理的影响以及可持续性在塑造未来工厂中的角色。

确认的发言人

此次活动将有来自工业界和政界的知名人士参与。来自德马吉·森精机、微软、空客、发那科、通快、欧盟委员会的相关负责人将就如何应对当今挑战、从整合新兴技术到适应新法规和环境要求等议题发表看法。

机床创新奖

CECIMO 布鲁塞尔论坛 2024 的重要时刻之一将是机床创新（MTI）奖项，该奖项表彰行业内最具创新性的项目。该奖项已进入第二年，旨在突出机床行业的进步，这一领域对于欧洲先进制造业的发展至关重要。

此次活动不仅是对创新的表彰，还是行业专业人士之间的交流与知识共享平台。参与者将有机会借鉴最佳实践和策略，以提升其公司在日益严峻的全球环境中的竞争力。

2023年论坛回顾

2023年12月举办的上一届论坛取得了巨大成功，汇集了行业领导者，展示了制造领域一些最前沿的项目。活动期间，讨论了可持续性、数字化以及未来工作方式的进展。MTI 奖项的主要奖项颁给了 Aitak Robotics SL，该公司通过使用机器人制造复杂零件，消除了致癌风险。

CECIMO 布鲁塞尔论坛2024 承诺将成为欧洲先进制造业关键人物积极参与的盛会。通过小组讨论、专家演讲以及备受瞩目的 MTI 奖项，该活动将为思想交流、趋势识别和创新解决方案推广提供平台，帮助欧洲制造业在充满挑战的全球环境中保持领先地位。□

制造技术协会欢迎新政府对工业的承诺

英国制造技术协会 李华翔 编译

英国制造技术协会（MTA）对新政府表示热烈欢迎，并对其振兴英国制造业和技术行业的坚定承诺表示赞赏。一个多世纪以来，MTA 一直支持全面的工业战略，乐见这一愿景终于得到新政府的认可并开始实施。

工党宣言承诺通过新的工业战略建立战略伙伴关系，该战略既以任务为驱动，又以未来为导向。这一举措正是行业所需，旨在抓住新兴机遇，消除增长的障碍。通过建立具有法律地位的工业战略委员会，并确保来自各地区、企业和工会的代表参与，这标志着朝着长期经济规划和稳定迈出了重要的一步。



THE MANUFACTURING TECHNOLOGIES
ASSOCIATION

与 MTA 愿景一致的关键举措：

（1）对关键行业的投资：拟通过国家财富基金分配 73 亿英镑，用于升级港口、建设供应链以及支持汽车和钢铁行业，这是一个巨大的进步。对电池工厂和绿色氢能制造的投资将使英国成为全球可持续技术的领导者。

（2）公私合作伙伴关系：工党承诺通过公共投资来激发私营部门的资金，与 MTA 相信合作增长的力量理念相呼应。以每 1 英镑公共投资吸引 3 英镑私营投资为目标，这一举措将创造就业机会，并推动全国范围内的创新。

（3）支持创新的监管环境：承诺为企业提供支持性的监管框架，将促进先进制造业和其他高科技行业的创新

和投资。这与 MTA 的目标完全一致，即打造一个充满活力、竞争力和可持续性的制造业。

MTA 的《英国制造业的真实影响》报告强调了该行业在英国经济中的重要作用。制造业为英国经济增加了 2240 亿英镑的 GVA，提供了 260 万个就业岗位，并占全国研发投入的 43%。制造业不仅是经济稳定的基石，更是创新与增长的灯塔。此外，英国近一半的出口来自制造业，进一步凸显了该行业在全球贸易中的重要性。

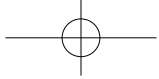
Make UK 的《制造者宣言2024》重申了行业准备好迎接变革并推动国家迈向更加绿色、繁荣的未来。英国制造业是吸收变革的海绵，随时准备实施最前沿的技术和可持续实践。我们的行业对于实现净零目标至关重要，同时通过增加贸易和创造高质量就业来提高生活水平。

Make UK 首席执行官 Stephen Phipson 就大选结果发表评论说：“我祝贺基尔·斯塔默爵士带领其政党取得决定性胜利。企业界将欢迎如此明确的结果，并期待结束过去几年政治和经济不稳定的局面，这对于企业推进急需的投资至关重要。展望未来，新政府面临许多需要解决的重大问题。首要任务是迫切需要启动英国近年来疲弱的增长水平，并加强对基础设施的投资，没有这些，我们无法解决国家和地区层面面临的许多紧迫优先事项。”

现代再工业化的呼吁

我们正处于新工业革命的边缘，这场革命将通过先进技术和可持续实践来现代化和再工业化英国。新政府对我们行业潜力的认可是一次行动号召。现在是时候利用我们在制造和技术领域的历史优势，打造一个具有韧性和面向未来的经济。

MTA 致力于与政府、行业伙伴和其他利益相关者密切合作，确保这些战略举措的成功实施。我们可以共同将英国转变为一个创新、可持续和经济繁荣的强国。□



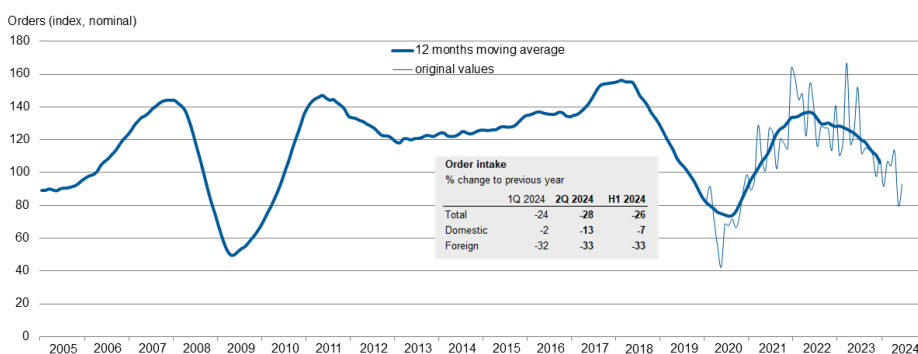
机床需求持续下滑，年底有望趋于稳定

德国机床制造商协会（VDW） 李华翔 编译

2024年第二季度，德国机床行业的订单量比去年同期下降了28%。来自德国的订单下降了13%，而来自国外的订单下降了33%。2024年上半年接到的订单比去年同期下降了26%。国内订单下降了7%，来自国外的订单比去年同期下降了33%。

German Machine Tool Industry
Clear decline in orders in second quarter, no stabilization apparent so far

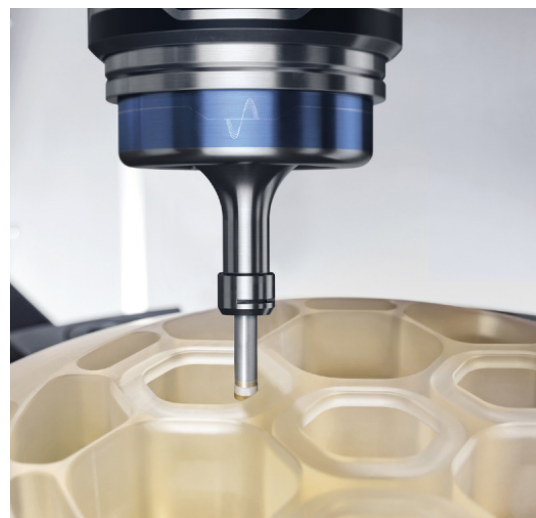
VDW



Note: Index basis shipments 2021 = 100, data until June 2024. Sources: VDMA, VDW

“订单量处于自2020年第四季度以来的最低水平，”德国机床制造商协会（VDW）执行董事马库斯·赫灵博士（Dr. Markus Heering）总结道。“国外订单大幅下降，而德国订单的表现相对较好。然而，这并非由于预期的转折，而是因为一些基于项目的业务交易，”赫灵继续说道。

整体而言，所有客户行业 and 市场的业务水平都在下降。航空、医疗技术、动力工程和造船等个别行业的前景略微明亮一些。电动汽车的需求目前疲软，销售数据也反映出这一点。与新机床业务相比，服务、组件、维修、维护和改造的表现显著更好。自动化仍然是该行业的关键驱动力。



VDW的预测合作伙伴牛津经济研究院预计，2025年和2026年全球各地区对机床的需求将显著回升。国际市场预计将再次强劲复苏，但德国的增长势头预计将明显疲软。

“然而，预计的增长将无法弥补过去两年的损失，”马库斯·赫灵说道。之前的峰值仍远未达到。国外市场在名义上几乎回到了2018年的水平，但国内市场由于结构性原因失去了竞争力，德国机床制造商协会执行董事总结道。

新订单疲软以及现有订单量的减少意味着生产商应接受今年出现显著下降的现实。预计下降幅度为8%。□

CCMT2024工业机器人及应用类 展品评述

中国机床工具工业协会工业机器人分会 高学 赵钦志

一、概述

第十三届中国数控机床展览会（CCMT2024）有工业机器人及应用展商约 20 余家，国内展商约占据 80%，共计展出品 60 余台套，其中国内展品 50 余台套，国外展品 10 余台套。

展品类别涵盖机器人本体产品、机器人关键部件及应用产品。工业机器人本体展品包含：关节式机器人（Articulated Robots）、直角坐标机器人（Cartesian Robots）、SCARA 机器人（Selective Compliance Assembly Robot Arm）、并联机器人（Parallel Robots）、协作机器人（Collaborative Robots）等。

机器人关键部件及应用展品包含：机器人控制系统、机器人驱动系统、机器人减速机、机器人视觉、机器人智能化集成。

广州数控设备有限公司、南京埃斯顿自动化股份有限公司、秦川机床工具集团股份有限公司（陕西秦川高精传动科技有限公司）、武汉华中数控股份有限公司（华数机器人有限公司）、新代科技（苏州）有限公司、北京凯恩帝数控技术有限责任公司、上海交大智邦科技有限公司、武创智达科技（玉环）有限公司、广州里工实业有限公司、深圳市华成工业控制股份有限公司、梅卡曼德（北京）机器人有限公司、库卡机器人（上海）有限公司、上海发那科机器人有限公司等。

CCMT2024 展会中工业机器人展品紧扣展会主题——数字·互联·智造。国产展品在本次展会中尤为突出，部分企业展品在细分领域实现了突破性创新，从跟跑转换为并跑，部分已实现领跑。

展品发展趋势逐渐向人工智能（AI）、物联网、标准化、模块化方向发展。

二、工业机器人展品

本届展会展出工业机器人主要来自中国、德国、日本等，且多数为中外精品。多数产品特点鲜明，细分优势明显。以下为部分展商特色展品概况。

1. 广州数控设备有限公司

（1）数控神焊配套 GSK RH06B1/MDC-500P



重磅产品数控神焊配套 GSK RH06B1/MDC-500P 七轴焊接机器人/全数字高端焊机。GSK RH06B1 七轴焊接机器人的结构优势可以解决六轴机器人在复杂运动轨迹中位置奇异点，高密作业环境中造成运动干涉以及在工作过程中无法完全进入焊接部位的问题，实现良好的焊接姿态，保证焊接成形效果。直线轨迹精度控制在 0.1mm 以

内。GSK MDC-500P 全数字高端焊机采用碳化硅作为主回路开关器件，输出回路开关频率高达 128kHz，具备优秀的动态响应能力。针对 MDC 焊接工艺(推拉丝)专门研制了送丝专用的伺服驱动和电机，使得送丝系统能够完成高频的送丝和回抽动作。采用 FPGA+DSP 双核控制，能够实现复杂的数字化焊接电流波形控制，配合上述送丝系统实现 MDC 直流推拉丝、脉冲、双脉冲和 MDC 脉冲复合等多种焊接工艺。适用于碳钢、不锈钢、铝、铜合金、镍基合金等金属材料电弧增材和0.3mm超薄钢板高速焊接。

(2) GSK RB350-3400 大负载工业机器人



机器人具有 6 轴自由度，重复定位精度达到 $\pm 0.2\text{mm}$ ，最大负载 350kg，臂展 3400mm。机器人的本体、控制器、电机、伺服等核心部件全部由广州数控设备有限公司自主研发。采用专门定制的大功率机器人电机，高惯量、高扭矩，负载能力强。本体采用了氮气缸和配重块组合平衡设计，大幅降低了电机的负荷要求，提高机器人末端有效负载；采用中空腕部结构设计，可容纳更多内部线缆，避免线缆与本体的缠绕和磨损。机器人本体刚度高，重复定位精度

高，臂展长，工作空间大，负载能力强，可满足超大负载领域应用需求，适用于大型工件搬运、搅拌摩擦焊、点焊等应用，可助力汽车、家电、航空、机床等行业的智能制造转型升级。

2. 南京埃斯顿自动化股份有限公司

埃斯顿重点展示了其研发的一款数字化折弯工作站。



埃斯顿集三十多年钣金加工行业经验。独创了三款全球独一无二的智能折弯专用机器人，他与普通的 6 轴机器人的区别是大幅度提高节拍、速度更快、效率更高，每刀速度在 8~10s。在满足同等工艺的情况下，无须垫高折弯机或者挖坑下沉机器人，只需水平安装；基于国家对数字化折弯需求，推出了数字化折弯工作站，具有工业数字化云平台 E-Noesis、工厂 MES 对接、数字孪生、工单管理、生产执行、设备远程运维、折弯程序管理、运维精灵、解决方案及价值呈现等功能。

本届展会，埃斯顿呈现钣金智能化完整解决方案，推动钣金加工进入高效、精准的新时代；智能移动复合机器人完整解决方案，以智能科技为工业生产注入新动力，实现机器人操作的全面智能化；更有折弯角度检测完整解决方案，凭借专业与精准，确保每一件产品都达到完美的折弯角度；金属成型数控完整解决方案，以先进的数控技术，打造一流金属成型解决方案；冲压数字化完整解决方案，数字化技术引领冲压制造的未来，让生产效率和质量双重提升。

3. 武汉华中数控股份有限公司（华数机器人有限公司）

公司展示了一脑双控直角坐标机器人（桁架机器人）。



华中“一脑双控”产品优势

高精度	利用数控系统的扩展功能进行螺补，提高定位精度。
协同性	用一套系统控制，内部指令实时通讯，效率更高，协同性更高。
稳定性	不需要外接 IO 线，无干扰，稳定可靠。
易用性	统一利用数控系统 G 代码进行编程，简单易学，操作上手快。
料仓管理	支持料仓管理。
自动断屑	系统自带自动断屑功能，配合桁架取料更安全。
二次开发	系统提供 HNCSCADA 组态开发工具，客户可实现定制化开发。
低成本	机床和桁架机器人共用一个数控系统，节省一套控制桁架的电器硬件，成本更低。

4. 武创智达科技（玉环）有限公司

该企业重点展示了两款产品。

（1）关节机器人上下料一体机——双层料仓供料



产品特点：常规上下料机器人的本体与供料装置大多为分体式设计，需要在用户现场进行布线和调试，存在装机周期长、空间占用量大等问题；并且，普通机器人轨迹和点位示教不方便，对点操作难度大，对有方向性和夹具间隙小的零件无法实现稳定上料。针对这些用户痛点，武创智达基于自主研发的机器人控制系统和六位力传感器，将关节机器人与供料装置进行整合，设计了关节机器人上下料一体机。

产品具有自动对点、拖动示教、柔顺上下料等独特功能。装机时，可利用这些功能，快速完成部署和投产；产品换型时，轨迹和点位示教简单，切换效率高；对有零件角度要求、夹具间隙小的复杂工况，能实现稳定上下料。

产品适配于水车、加工中心、车床、铣床、钻床等机床设备。

（2）智眼系列桁架机器人



产品特点：针对传统桁架机器人供料方式通用性差的痛点问题，武创智达将自主研发的机器视觉技术与机器人控制技术深度融合，推出了智眼系列桁架机器人，突破了多品种、少批量的产品应用自动化上下料的瓶颈，摆脱了定制料盘的束缚，开启了桁架机器人 4.0 时代。

产品基于机器视觉的柔性料盘适用于大多数零件，解决了定制化料盘设计周期长、制造管理费用高的问题；零件摆放无需按特定的位置姿态插入仿形槽，备料速度更快；生产不同产品时只需更换夹爪，大幅度提高了切换速度，适用于多品种、小批量的柔性化生产；对于少数不能使用视觉取料的零件，系统仍然支持定制料盘的有关功能。产品将机器人控制系统与视觉系统进行深度融合，突破传统视觉系统需借助电脑进行标定且操作复杂的局限性，只需让机械手加持住产品后进行简单操作，即可在几分钟内自动完成新产品的视觉标定，普通操作工可快速掌握。

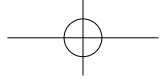
5. 广州里工实业有限公司

公司重点展示了两款产品。

（1）高寻复合移动机器人

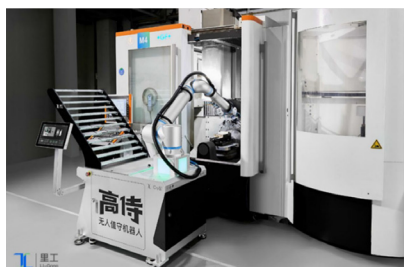


里工高寻复合机器人是一款融合了自动驾驶技术与工业 4.0 标准的高端工业协作机器人。利用先进的环境地图构建、



自主路径规划、智能安全避障、环境与物体识别以及语音控制技术，里工高寻复合机器人能够轻松完成各种任务，包括物体搬运、抓取、装配、设备操控等。这款机器人广泛应用于柔性智能制造、实验检测、巡检、物料分拣等多种场景，助力企业提升生产效率，实现智能化转型升级。

（2）高侍智能上下料机器人



针对金属加工上下料场景开发的智能上下料机器人，满足多品种、小批量的生产需求，适配不同品牌的 CNC 加工中心，以及各类车床、电火花机、三坐标检测等设备。

企业加速世界向数智化的转变。里工通过自主研发的智能机器人（包括：复合移动机器人、智能上下料机器人、AMR）、工业软件（包括：APS、MES、WMS、SCADA）以及柔性夹具方案，为金属加工领域用户提供一站式的数智化工厂解决方案，帮助用户实现工厂的高效、精准与柔性生产，进而推动金属加工行业的数字化转型与智能化升级。

6.库卡机器人（上海）有限公司

本届中国数控机床展览会中，库卡携全新自动化应用标准化搬运工作站、标准化重载铣削站、标准化机床上下料工作站、标准化打磨去毛刺站和 KMP 1500P 等多款智能制造产品，及 KUKA CONNECT EasyPro 和美云智数等数字化产品。



其中，标准化搬运工作站主要展示汽车后桥总成搬运，即通过利用库卡机器人 KR 800 R2800-2 实现机床加工搬运、流水线搬运、装配线搬运等作业，适用于大型加工件、铸件、结构件、汽车零部件总成等应用场景，主要解决的材质包括铜合金、锌合金、钛合金、铁、不锈钢、木制品、电镀件等。该工作站属于标准化机器人工作站，

便于安装、操作、学习，其安全可靠的控制系统，具有高效、灵活、不间断稳定运行等特点。此外，高柔性工件定位装置在一定范围内可实现多款产品兼容使用。而双臂大负载机器人的配置，彰显力量与美的化身，其先进的能源管理和节能技术能够轻松适应环保生产现场要求。

7.上海发那科机器人有限公司

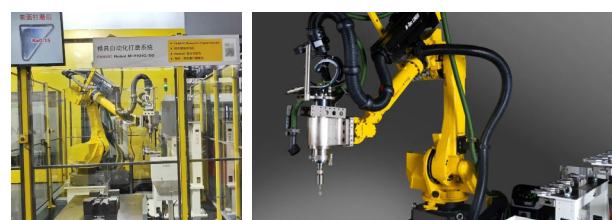
公司重点展示了两款产品。

（1）CRX 系列“工业”协作机器人



机床展上，时下炙手可热的 CRX 系列“工业”协作机器人也将重磅亮相。CRX 系列负载分布从 5~25kg，臂展分布从 994~1889mm，适应不同客户的负载、臂展需求。CRX 具备安全、可靠、易用三大特点，可针对小型部件的搬运、装配等应用需求，为用户提供精准、灵活、安全的人机协作解决方案。

（2）模具自动化打磨系统



金属模具高效、高质量打磨抛光自动化解决方案。通过 CAM 软件生成 NC 程序，通过 FANUC Robot NC Program Executor 将 NC 程序转化为机器人加工程序，使传统机床加工程序适配机器人加工。

三、工业机器人部件及应用展品

1.秦川机床工具集团股份有限公司（陕西秦川高精传动科技有限公司）

公司重点展示了其研发的BX 工业机器人关节减速器 N 系列产品，具有高刚度、高精度特点，以及紧凑化、轻量化优势。

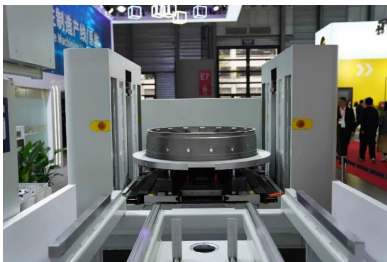


2. 上海交大智邦科技有限公司

公司重点展示了两款展品。

(1) 基于SKV200背负式子母AGV的柔性自动化物流系统

使用AGV小车，可以灵活定制机加工柔性生产线，可以将处于不同位置，不同种类的数控加工设备，检测设备，刀具配送和检测设备，物流仓储设备组建成无形的柔性生产线。适合于旧设备和空间狭小区域的柔性生产线改造和创建。主车运动灵活，子车停靠定位精度 $\leq \pm 1\text{mm}$ 。



(2) 无人机装配微缩工厂

该无人机装配微缩工厂展现了多种自动化物流、自动化装配、3D打印、柔性化调度和管控技术，运用上述先进制造技术可以为未来工厂的规划建设提供了高度集成的一体化验证平台。

该平台自身可以用于智能化产线的教学和演示；其蕴含的单元技术可以进行拆分、平移、扩展和重新组合，应用于各种工厂智能化产线的设计和建设。



该公司柔性生产线产品特点：对客户工艺和产品物流的理解深入，产线开发建立在对产品工艺流程深入

理解基础之上；对客户定制化的关键设备、关键工艺流程的研制和验证能力；软硬件结合，公司配置自身的柔性生产线管控软件，为产线的运营提供强大保障。

3. 北京凯恩帝数控技术有限公司

公司重点展示了三款产品。

(1) 机器人激光切割装置



机器人激光切割可以用于不同种类的金属材料切割，包括钢、铝、铜等。金属切割应用于汽车、航空航天、造船和金属加工等行业。凯恩帝激光切割专用包页面提供常用切割图形，如多边形、长方形、整圆等图形，根据设定图形参数完成指定图形的切割。也支持客户导入 DXF 文件，实现对轨迹的切割。

(2) 拖动示教免编程喷涂应用

在机器人工具末端安装六维力传感器，北京凯恩帝机器人系统通过解析传感器力的数据反馈实现对机器人的拖动示教，通过人工拖动使机器人末端按照需要的轨迹运动，然后机器人记录下运动的点，复原示教运动的过程。拖动示教操作灵活，更加直观，操作者可以直接迅速地使机器人记录下工作点位，尤其在喷涂行业，零件种类繁多、批量小的作业场景优势明显，大大提高了示教效率，节省了宝贵的生产时间。

(3) 机器人 3D 视觉识别产品



通过 3D 快速成像技术，获得物体高精度的三维点云数据，通过和视觉算法分析物体的形状、大小、位置坐标等信息，结合人工智能分析，机器人智能路径规划，自动防撞等技术，将移动指令发送给机器人，引导机器人精准走位，自动抓取，使机器人具备真正的立体视觉感知能力。

4. 深圳市华成工业控制股份有限公司

公司重点展示了其研发的驱控一体系统。

从定义来看，驱控一体控制系统，其相对于传统的运动控制将伺服驱动与运动控制集于一身，两者之间可以在内部进行高速数据通信，用户在使用时可以节省大量电缆、空间，拥有着体积小、成本低、效率高等诸多优势。

驱控一体的方案最早是日本厂商应用，如东芝、三菱、YAMAHA、EPSON 等，最早应用于 SCARA 机器人产品上。从 2015 年开始，中国厂商才逐渐开始驱控一体控制系统的研发，发展至今，驱控一体已步入产业化落地阶段，市场接受度大幅提高。

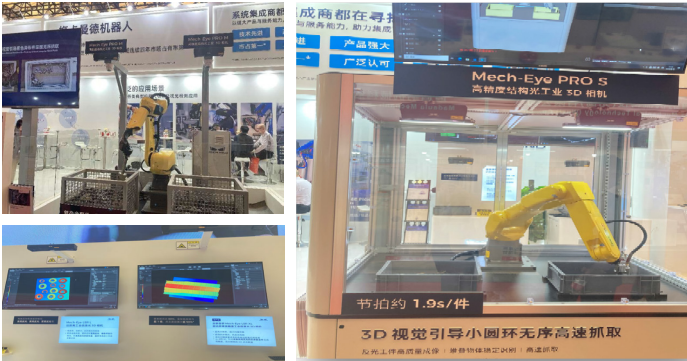
驱控一体并不仅仅是简单地把运动控制+伺服控制融合在一起达到降低成本的目的。驱控一体是极致性价比的来源，是根据客户的需求，对客户不关注的点进行减配，并对

用户特别关注的点进行增配，从而在整体上达到降本增效的目的。

5.梅卡曼德（北京）机器人有限公司

公司重点展示了两款产品。

(1) 3D 视觉引导小圆环无序抓取



采用自研 Mech-Eye LSR XL 超远距离高精度工业级激光 3D 相机。具有如下特点：超高分辨率，超大扫描范围；超强抗环境光，抗反光性能；适合对精度要求高的各类远距离应用场景；近 3m 处，可对表面高亮反光的长条钣金件生成高精度、高分辨率的 3D 点云数据。

(2) 微米级精度工业 3D 相机



高精度在线测量，梅卡曼德能够为汽车、新能源等行业客户提供软硬一体化在线测量系统，实现对白车身总成及其零部件关键特征的高精度测量。实时输出测量数据，为生产质量追溯提供数据支撑。

企业展品优势特点：Mech-Eye 工业级 3D 相机：高性能的工业级 Mech-Eye3D 相机，可对多种类型的物体输出高质量的 3D 数据。多种相机型号，可满足不同场景中抗环境光、高精度、高速度、小体积等多样化的需求。Mech-Vision 图形化机器视觉软件：通过完全

图形化的界面，无需编写代码即可完成拆垛、无序工件上料、免注册货品抓取、涂胶/喷胶、精确定位、缺陷检测、尺寸测量等先进的机器视觉应用。内置 3D 视觉、深度学习等前沿算法模块，可满足复杂、多样的实际需求。Mech-Viz 机器人智能编程环境，具有可视化、无代码的编程界面，一键仿真特点。内置轨迹规划、碰撞检测、抓取规划等智能算法，已适配国内外众多主流品牌机器人。

四、结语

在本次展会中，我们有幸见证了多家工业机器人展商呈现的一系列创新成果与前沿技术。整体来看，展出的工业机器人及应用产品不仅在技术上得到了显著的提升，更在应用的广度和深度上展现了惊人的潜力。通过对比各家展商的展品，我们可以看到以下几个明显的趋势：

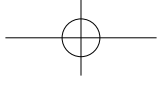
(1) 智能化和数字化水平的提升：几乎所有的展品都展示了高度的数字化和智能化能力，特别是在自适应学习、环境感知和复杂任务处理等方面的进展。这表明未来工业机器人将能更加系统化的完成更复杂的生产任务。

(2) 人机协作的进步：许多展商展出的机器人产品强调了安全性和操作的便利性，使得机器人可以更接近于人工操作，甚至在一些情况下与人工操作并肩作业，显示了人机协作技术的巨大进步。

(3) 模块化和灵活性：展出的机器人产品多具备高度的模块化设计，允许快速更换部件和功能升级，极大地提高了产品的适应性和未来升级的便利性。

(4) 定制化的解决方案：展出的展品更具有系统化，大部分已不是单一的产品展示，而是整套的解决方案。同时解决方案的定制化和针对性更强，大部分展商开始深挖客户需求，以客户需求为导向进行定制化的解决方案设计。

本次展会不仅展示了工业机器人领域的最新技术成就，也展望了该技术未来的发展方向和应用领域。对于行业内的企业来说，继续推动技术创新，增强产品的多功能性和智能化水平，将是抓住市场机遇的关键。对于用户而言，选择适应性强、操作简便且安全可靠的机器人产品，将更能满足日益多样化的生产需求。此次展会对整个工业机器人行业的发展无疑是一次重要的推动和展示，这预示着未来工业机器人技术将朝着数字化、互联化和智能化的方向深度发展。□



CCMT2024磨削类展品评述

北京第二机床厂有限公司技术发展部 柴艳华

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日在上海新国际展览中心举办，作为中国最大的机床工具展览会，CCMT2024共有来自28个国家和地区的近2000家机床工具企业同台亮相，全面展现当今全球机床工具业界最前沿的新产品、新技术、新工艺，以及行业数智融合的最新成果。

数控磨床作为机床工具中的精加工设备，正在探索寻求新的发展之路，加速数字化、智能化转型、绿色智造。此次磨削类机床展商近100家，展品200多台（不含齿轮磨床，将在齿轮类机床中介绍），展品包括卧式平面磨、立式平面磨、成形磨、导轨磨、双端面磨、圆台磨，内外圆类磨床（包括外圆磨、内圆磨、复合磨、磨削中心等），以及无心磨床（包括贯穿式和切入式），螺纹磨床（包括内、外螺纹磨），工具磨床（包括刀片磨、锯片磨、钻头磨、铣刀磨、车刀磨、丝锥螺纹磨、段差磨等），以及其他类磨床（包括坐标磨、曲轴磨、凸轮轴磨、中心孔磨等）。主要参展商有联合磨削、美国哈廷集团、达诺巴特、牧野、昂科机床、北二机床、秦川机床、上海机床、南京二机、浙江杭机、无锡机床、济四、北京广宇大成等。

从此次参展的磨床产品来看，参展磨床向着更高端、更智能、更环保的需求转变，是新质生产力的重要一环。进而提升国产机床精度保持性、可靠性和可修复性。

一、磨削类展品主要技术特色

1. 精密高效化

随着下游产业的转型升级及新能源、新材料、高端装

备制造业等新兴产业的快速发展，制造业对机床的加工精度、加工效率等要求也在逐步提高。磨床作为精加工设备，其精密特色在本届展会上再放异彩。主要精度指标，如砂轮主轴、工件主轴的径向/轴向跳动、运动轴的定位、重复定位精度等，多在0.0015mm左右甚至更高。高速大功率电主轴、静压技术、直驱技术广泛应用，传动链短，传动精度、刚度、工作平稳性及动态特性高。

2. 柔性集成化

柔性化技术是制造业适应动态市场需要及产品迅速更新的主要手段之一，有利于提高磨床应用的灵活性。如转塔式砂轮架，最多可同时安装4个砂轮，加工外圆、内孔、端面、螺纹、异形轮廓表面等，也可安装CBN砂轮实现高速磨削，轴套类零件在一次装夹中实现各种内外圆、端面多部位磨削，可中小批量甚至大批量加工。

3. 磨床软件日趋成熟

随着数字技术的发展以及用户加工需求日益复杂化，磨床制造厂开发具有自主知识产权的软件，完善和丰富机床功能，提高机床的精度和性能，控制软件、仿真软件、检测软件、补偿软件等发展迅速，精彩纷呈。

4. 智能化

磨床的智能技术如自动补偿、随动跟踪磨削技术、磨削软件、基于联网数据分析的设备智能运维技术，包括机床负载监控技术、生产管理、工艺优化、自学习功能、维护保养、在线编程等技术大量应用。

5. 专业化、定制化服务

本届展会将有众多专用磨床与观众见面，为用户提供专业的特色服务，其精湛的专业技能深刻体现了制造者对

服务领域需求的认知与机械设计制造技能的完美结合，满足用户个性化、定制化、差异化生产的需求，进而提高用户黏性。

下面就本次展会期间展出的具有代表性的专用磨床进行介绍：

二、部分专用磨床

1.随动磨削类专用磨床

(1) H393数控随动磨床



上海机床厂有限公司此次参展的H393数控随动磨床主要是针对各种机械设备上偏心轴类零件和异形长轴类零件的大批量加工。采用FANUCOi-TF(PLUS) 数控系统和PC屏， 配备搭载直线电机的砂轮架进给X轴和搭载力矩电机的头架回转C轴， 分别配备高精度光栅尺和角度编码器，实现X-C轴联动加工，满足异形零件的高精度联动磨削需求；搭载伺服电机控制工作台移动的Z轴，可实现一次装夹工件，完成多档偏心轴外圆表面的自动循环磨削；配置电主轴CBN砂轮和金刚滚轮修整器，实现高速磨削，极大地提高加工效率；配备自动量仪，实现自动对刀及测量工件的功能。该机床同时具备砂轮自动进给、工作台自动跳档、工件转速自动切换、砂轮自动修整及自动补偿和循环动作安全连锁等多种功能。机床规格及主要技术参数如表1所示。

表1

最大磨削直径	320mm
最大偏心量	30mm
最大工件重量	50kg
中心高	200mm
砂轮电机功率	15kW
砂轮线速度	80m/s
工作精度	
圆度	0.002mm
纵截面直径一致性	0.002mm
外圆粗糙度	Ra0.2um

(2) JKMG8220-300高精度曲轴偏心随动磨床



JACK杰克智能装备展出一台JKMG8220-300高精度曲轴偏心随动磨床,可实现对曲轴的单偏心、双偏心轴颈外圆的精密磨削，同时也可实现各种异型外圆轮廓(如凸轮、椭圆、多边形等)的精密磨削，广泛应用航空、医疗、压缩机、液压、模具、高端汽车制造、机器人减速机等行业的凸轮轴、曲轴、传动轴、偏心轴类工件的精密磨削。标准配置采用LYNUC数控系统，4轴2联动(砂轮架进给—X轴、拖板移动—Z轴、工件主轴—C轴、砂轮主轴—S轴，其中X与C轴联动进行随动磨削)。头架主轴采用高精度、高刚性的电主轴单元，配用英国密尼绍(Renishaw)圆光栅，闭环控制达到极高的回转精度和定位精度。采用JACK与LYNUC开发的最新一代用户友好的图形化编程软件。拥有简单快速的设置以及直观的用户界面。砂轮主轴采用高刚度、高精度的电主轴单元，实现在6000r/min的转速下高速磨削。砂轮架进给采用高精度的静压导轨+直线电机的精密进给系统，实现了高加速性能的微米级进给。机床防护采用干湿分离，合理将磨削区与工作区隔离，有效避免油水混合。整体结构紧凑，设计合理，外形美观，使用方便。机床规格及主要技术参数如表2所示。

表2

加工零件最大长度	300mm
加工偏心轴直径范围	φ 5~φ 50mm
加工零件最大重量	20Kg
偏心轴最大偏心量	20mm
砂轮规格；CBN砂轮(外径X内径X厚度)	φ 250x020xB(≤ 40)mm
砂轮最高线速度(适用于CBN砂轮)	90m/s
偏心轴直径尺寸误差	± 0.003mm
相对主轴的副轴跳动误差	≤ 0.008mm
偏心轴圆柱度(直径法)	≤ 0.003mm
偏心轴圆度	≤ 0.002mm
偏心轴平行度	≤ 0.003mm
相位角误差	± 20
表面粗糙度	Rz≤ 1.6um
偏心轴心量误差	± 0.005mm

(3) TSAB183D(数控随动) 内外圆复合磨床

江苏特贝尔科技参展了一台TSAB183D(数控随动) 内外圆复合磨床，可以用于磨削内凸轮。机床规格及主要参数如表3所示。



表3

中心高	180mm
最大磨削深度	≤150mm
磨削孔径范围	φ8~φ100mm
工件最大回转直径	φ320
头架主轴结构形式	A2-5
砂轮架进给速度	0.01~6000mm/min
砂轮架移动量	265mm
端面外圆砂轮尺寸范围	φ400X(15-40)Xφ203
端面外圆线速度	≤60m/s
端面外圆砂轮电机功率	4.6/9kW
内圆磨头最高转速	40000r/min / 30000r/min
内圆磨头电主轴功率	6kw/9kW
头架电机功率	2.8kW
头架转速	0~600r/min
工作精度圆度	≤1.5μm
工作精度圆柱度	≤2.5μm/50mm
表面粗糙度	Ra0.1~0.4μm
X轴重复定位精度	≤1.5μm
Y轴重复定位精度	≤1.5μm
Z轴重复定位精度	≤1.5μm

2.一次装夹完成全轴径零件磨削的专用磨床

(1) HBW2350-L数控高速外圆磨床

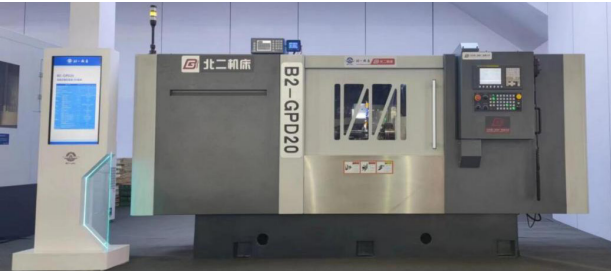


机床规格和主要参数如表4所示。

表4

中心高	230mm
最大磨削直径	200mm
最大磨削长度	500mm
砂轮尺寸	φ500X(5-40)Xφ40mm
砂轮线速度	120m/s
机床轴数	X轴—工作台纵向进给 Z轴—工作台横向进给 Y轴—尾架进给 头、尾架同步轴2轴
头、尾架转速	30~800 r/min
进给速度	X轴：0.01mm/min~16m/min Z轴：0.01mm/min~16m/min

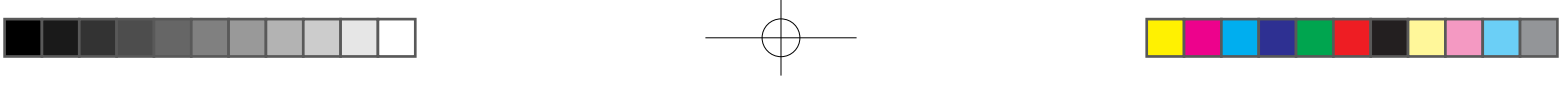
(2) B2-GPD20双驱数控高速CBN外圆磨床



北京第二机床厂有限公司此次参展的B2-GPD20双驱数控高速CBN外圆磨床，相比较传统的轴类零件全轴颈磨削工件需要二次装夹，B2-GPD20双驱式数控高速CBN磨床进行了磨削工艺、磨削技术的创新，通过双主轴同步驱动控制技术研究，CBN高效磨削和精密修锐技术的研究，实现了工件一次装夹完成全部轴颈的磨削，此磨削工艺适用于所有轴类两端需要高精度磨削的零件加工，提高了加工效率和加工精度。适用于新能源汽车、船舶、工具、量具、通用机械制造等行业。机床最大磨削工件直径φ200mm,最大磨削工件长度500mm,砂轮最大线速度：120m/s,右端主轴自动位移30mm,双主轴回转精度0.001mm, ,机床X轴定位精度≤0.004mm, X轴重复定位精度≤0.002mm, Z轴定位精度≤0.008mm, Z轴重复定位精度≤0.004mm, 工件磨削圆度≤0.001mm。机床规格和主要参数如表5所示。

表5

技术 参数	最大磨削直径：φ200mm
	最大磨削长度：500mm
	中心高：210mm
	顶尖间最大重量：50kg
	最小进给量： X、Z轴均为0.001mm
	进给速度： X、Z轴均为0.1mm/min ~ 10m/min
	砂轮线速度： 120m/s
	砂轮尺寸： φ480×30
	头架主轴速度：无级调速30 ~ 300r/min
	头、尾架主轴锥孔： 莫氏4号
	尾架套筒行程： 60mm
	头、尾架主轴速度：无级调速30 ~ 300r/min



重庆恒博机械制造有限公司和北京第二机床厂有限公司此次参展机床是针对新能源汽车行业电机轴的高精度、高效率、批量大的市场需求，进行磨削工艺、磨削技术的创新研究，实现工件一次装夹完成全部轴颈磨削，此磨削工艺适用于所有轴类两端需要高精度磨削的零件加工，相比较传统的二次装夹的磨削工艺，提高了加工效率和加工精度。

3. 珩磨机床

珩磨是利用安装于珩磨头四周上的一条或多条油石，由涨开机构将油石沿径向涨开，使其压向工件孔壁以使产生一定的面接触。同时使珩磨头旋转和往复运动，零件不动或珩磨头只作旋转运动，工作往复运动。从而实现珩磨。比较典型的应用有发动机缸体、缸套、连杆、齿轮、油泵油嘴、刹车泵、刹车鼓、油缸、转向器、增压器等。

(1) 聚研精机（重庆）智能装备有限公司此次参展的单轴双进给平移式程控珩磨JYHM42100-1-2。机床规格和主要参数如表6所示。



单轴双进给平移式程控珩磨JYHM42100-1-2

表6

珩孔直径	φ30~φ100mm
冲程长度	550mm
最大往复速度	25m/min可调
行程控制方式	伺服方式
主轴电机	伺服
珩磨条扩张方式	定量扩张（自动补偿）
珩磨条最小进给量	0.0001mm
主轴电机功率	5.5kW
主轴转速范围	80~1500r/min
工位数量	平移轴

(2) 高精度数控立式珩磨机MB4250

苏州信能精密机械有限公司参展的高精度数控立式珩磨机MB4250，加工孔径φ4~φ50mm，主轴转速100~2000r/min，主轴冲程长度200mm,主轴往复速度40m/min，主要适用于油嘴油泵、液压阀体、轴承、齿轮较小的汽车部件、密封件。



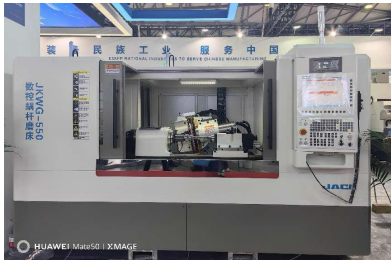
(3) M-50五轴镗珩一体加工机



大河数控机床有限公司展出的M-50五轴镗珩一体加工机，主要针对柱塞泵、阀体孔等高精度小孔的精密加工。珩孔直径范围10~50mm，最大珩孔深度300mm，主轴箱最大行程600mm，一次装夹完成半精镗、精镗、粗珩磨、半精珩磨、精珩磨的全工序加工，配套珩磨后高精度测量系统，加工后孔径尺寸一致性0.003mm,圆度0.001mm,圆柱0.002mm，粗糙度Ra0.1。配五轴转台，可对任意角度的孔进行精加工。

4. 蜗杆磨床

(1) JACK杰克智能装备数控蜗杆磨床JKWG550



JACK杰克智能装备数控蜗杆磨床JKWG550，主要用于磨削各种圆柱形的蜗杆，也可用于磨削各种类型的螺纹丝杆。采用高端数控系统，控制实现六轴三联动（Z\X\C）。控制轴数：6轴。Z轴：工作台纵向进给运动（配光栅尺、全闭环控制）；X轴：砂轮架横向进给运动（配光栅尺、全闭环控制）；C轴：工件主轴旋转运动（配圆光栅、全闭环控制）；A轴：砂轮架垂直摆动；S轴：砂轮旋转运动；S1轴：滚轮旋转运动。机床规格和主要参数如表7所示。

表7

可磨工件外径	φ6~φ200mm
可磨蜗杆模数	M1~8
螺纹头数范围	1~99
导程角范围	±40°
头架主轴转速	0.5~45r/min
最大顶尖距	550mm
砂轮规格	φ400Xφ203XB
最大移动行程（Z轴）	750mm
砂轮最高线速度	45m/s

(2) YK7210蜗杆砂轮磨齿机

四川普什宁江展出的YK7210蜗杆砂轮磨齿，提供高效、高精、高稳定、高性价比的中小规格齿轮磨削加工整体解决方案。面向汽车、减速

器、智能家电等行业。适用于中大批量渐开线圆柱齿轮的精密磨削，绿色、节能、环保。YK7210数控蜗杆砂轮磨齿机采用连续展成磨削原理，类似于滚齿机加工过程，适用于大批量齿轮的高效高精度磨削加工，主机采用高刚性、热对称性、模块化的设计理念。机床采用立式布局，主要由主机、电柜、吸油雾装置、液压系统、冷却系统等构成。配置 FANUC 31iB 数控系统，八轴控制五轴联动，分别为 X、Y、Z、X1 四个直线轴和 A、B、C 三个旋转轴及砂轮修整轴 B1，其中 B、C、X、Y、Z 轴为联动轴。机床可用于汽车、减速器、智能机器人等行业的齿轮零件加工。



表8

最大工件直径	φ 100mm
工件模数	0.5~2
X轴最大行程	270(100~370)mm
Y轴最大行程	190(0~190)mm
Z轴最大行程	300(150~450)mm
Z1轴最大行程	350(475~825)mm
X、Y、Z快速移动速度	10m/min
工件轴最高转速	2000r/min
最大砂轮规格	φ 275 × φ 160 × φ 125
砂轮主轴最高转速	7000r/min
修整器外径	φ 110mm
砂轮修整器最高转速	1500~6000r/min

(3) EMAG G160展成磨齿机



EMAG SU 的 G 160展成磨齿机采用了创新的新式轴理念。通过主立柱上的 Z 轴和 Y 轴的插补运动，生成一个虚拟切向轴。由此明显缩短了砂轮至机床立柱的距离，进而显著提高动态刚性并对制齿质量具有积极的影响。使用两个平行的工作台滑轨来替代工作转台，每个滑轨的主轴都采用直驱，它们通过两个线性电机进行驱动，负责将工件进给至砂轮位置。利用这种动力强劲的线性电机可以将工件从上料位置非常快速地移动到加工位置，这在加工小型行星齿轮或齿轮时特别节省时间。所有轴的同步移动可实现2s内完成。毛坯件的对刀会在上料工作台上，与另一工作台的加工同步进行。这不仅确保了工件的快速装配，还确保了工件的夹紧。在更换砂轮时，它会移动到一个符合人体工程学设计的更换位置，这样操作员就可以轻松进行更换。砂轮以浮动方式安装，被砂轮法兰夹紧在主轴上。在砂轮主轴上有一个自动的平衡系统。另外，在完成砂轮的修整之后，还会通过计算机数控轴来调整冷却剂喷嘴。最大工件直径160mm,模数范围1~3，工件最大长度300mm,最大齿宽180mm,蜗杆砂轮直径最大值/最小值：275/210mm,工件工作台数2，砂轮宽度160mm。

5.导轨磨

(1) YHJMKG5230-6数控定梁龙门导轨磨床



湖南宇环精密制造有限公司展出一台YHJMKG5230-6数控定梁龙门

导轨磨床，主要适用于机床制造、工业量具、交通运输、航空航天、军工等制造领域的中大型平面、导轨、模具的高精度磨削加工，广泛应用于金属、非金属等材料的精密加工。采用了高刚度、高承载的非恒流非恒压直线静压导轨、高精度的砂轮主轴、高刚度高稳定性的铸造床身，设备具备长期的精度保持性及稳定性，机床加工精度可达到IT3级。采用自主研发核心功能部件，大功率高精度电主轴，高刚性大承载静压直线导轨。高精度：磨削主轴跳动≤1μm，主轴振动≤0.15mm/s；同步直驱电机+在线动平衡；平+V组合静压导轨具有超过20吨的承载能力；专有的静压技术保证静压导轨无接触、无磨损；依靠液体静压技术，工作台浮于液压油之上，摩擦系数降低6到10倍；工作台液压驱动，可实现高速度的往复运动提升效率。机床主要参数规格如表9所示。

表9

最大磨削工件尺寸 (长X宽X高)	6100 × 3000 × 1000(mm)
最大磨削工件重量	20000kg
龙门间距	3300mm
卧式磨头砂轮主轴 最大转速	1500r/min
立式砂轮主轴最大 转速	2500r/min
卧式/立式万能磨头 主轴电机功率	23/18kW
加工工件的直线 度、平面度	0.005/1000mm， 0.01/1000 × 1000mm
立式万能磨头回转 角度	± 90°，最小分度值1°

(2) GLW-96I/400 CNC 直线导轨专用磨床

南京南特精密机械有限公司 GLW-96I/400 CNC 直线导轨专用磨床。可加工导轨最长为 4000mm、导轨规格为 15~65mm。机床采用静压主轴，两个立式主轴用于加工导轨面，另外一个磨头位于机床后面用于加工上下表面，三面同时磨削，工作

台移动水平面直线度和侧面直线度均达到 0.003/1000mm，最小进给量为 1μm。磨削工件精度可达导轨组合高度误差为 0.003~0.005/4000mm。



6.中心孔磨床

(1) 亚μ中心孔磨床
华辰精密装备（昆山）股份有限公司展出一台亚μ中心孔磨床。



(2) ZSM-M6-1000-SP150中心孔磨床



horma展出一台ZSM-M6-1000-SP150中心孔磨床。如表10所示，可磨削中心孔（顶尖孔）直径范围φ2~φ300mm，工件最小

直径φ5mm。磨削精度：中心孔圆度（视工件而定）<0.0005mm，中心孔粗糙度Ra 0.1~0.2。采用精密的气动磨头主轴，主轴头可以在0~90° 旋转，转速范围为0~60000r/min，当磨较小直径的中心孔（顶尖孔）时，可选配转速为0~80000/130000r/min的主轴，磨轮线速度最高可达约82m/min。机床采用整体铸造结构，标准型机型允许工件长度为1000mm；同时立柱允许加高，因而工件长度可以加大到1250mm、1500mm，最大3000mm（可选项）。特殊设计的顶尖支撑结构，允许最大的工件的重量高达400kg。

表10

主要规格	M6电主轴	M8电主轴
主轴转速	0~60000r/min	0~80000r/min
压缩空气工作压力	2Bar	5Bar
带柄砂轮（魔石）直径（最大）	12mm	12mm
弹簧夹头直径	6mm	6mm
自动往复磨削行程	0~10mm	
标准型工件最大长度	1000mm	
加高型工件最大长度	1250、1500、2000、2500、3000mm	
可磨削中心孔（顶尖孔）对大直径	200mm	
可磨削中心孔（顶尖孔）最小直径	2mm	
可夹最大直径（用三爪卡盘装夹）	150或者180mm	
可夹最大直径（用三点支撑架装夹）	200mm	
工件最小直径	5mm	
径向跳动	<1μm	
磨削后中心孔圆度	<0.5μm	
磨削后中心孔表面光洁度	Ra0.1~0.2	

7.其他专用磨床

(1) 2MK7135 CNC 刀片磨削中心

北京广宇大成数控机床有限公司2MK7135 CNC 刀片磨削中心，X 轴定位精度 / 重复定位精度0.005mm/0.003mm；Y 轴定位精度 / 重复定位精度：0.0035mm/0.0025mm，B- C 轮重复定位精度3角秒，探针重复定位精度0.002mm（测头精度）四轴的技术规格参数：纵向 X 轴行程：120mm；换向 Y 轴行程：300~400mm；B 轴转动范围：0° ~ 360° ；回转 C 轴转动范围：65° ~-85° 。设备加工范围：工作厚度范围：3.18~30mm；工件的允许回转直径：50 mm 加工内容：后角角度（0° ~65° ）可转位刀片。

(2) TYPHOON52~530DH超精密五轴双激光加工机

深圳市牧激科技有限公司展出一台TYPHOON52~530DH超精密五轴双激光加工机，提供各类超硬刀具一站式加工解决方案，具有自主软件，有铣刀、车床、铣磨头、断销槽、微铣刀圆弧后刀面等功能，双激光头，可实现精粗精工艺，有效减小刃口损伤，配备在线检测系统，可实现加工检测一体，大幅提升加工效率，具有多种刃口加工方式，尺寸加工精度±0.005mm,轮廓精度0.005mm以内。机床规格及主要参数如表11所示。

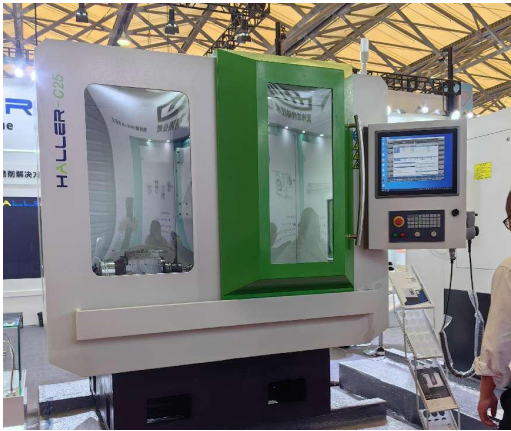




表11

机床直线轴行程	X500\Y350\U600\V600\Z600
B/C转台行程	B±135° /C360°
激光器类型/功率	光纤激光器/200W
加工方式	五轴联动
直线轴定位精度	0.001mm
转台定位精度	B轴2arc sec/C轴2 arc sec
转台重复定位精度	B轴0.5arc sec/C轴0.5arc sec
最大刀具重量	35kg/70kg(BT50)
最大刀具尺寸	自动HSK-63A:刀长615mm、刀径300mm
	手动BT50: 刀长600mm、刀径300mm
	转接BT40:刀长580mm、刀径300mm

(3) HALLER-C25五轴弧面凸轮磨床



苏州哈勒智能装备有限公司HALLER-C25五轴弧面凸轮磨床，哈勒智能是从事5轴数控智能设备设计、研发与生产。哈勒智能引进德国高端5轴数控装备技术，在中国组装消化吸收，智能更迭，升级换代，涉足工具磨削设备、医疗机械、传动机械、辅助配套设备以及相关应用软件领域

的自主研发与制造。现有成熟5轴数控磨床 PG 系列和 M 系列以及医疗、传动等多个领域的系列产品。定制化的弧面分割器凸轮/转台滚子凸轮曲线设计软件，设计生成磨削软件加工时所需要的五轴曲线代码，可以实现进出口区域修正，配置自动探测系统，可检测工件起始位置。拥基于 CAD-CAM技术，开发满足需求的五轴后处理软件，开放式编程，可以满足客户多样化需求。主要技术参数及规格如表12所示。

表12

数控系统	力士乐
X轴(前后轴)行程	420mm
Y轴(上下轴)行程	170mm
Z轴(左右轴)行程	470mm
C轴(工件轴)高刚性蜗轮蜗杆驱动	气动自动夹紧系统BT50
B轴(旋转轴)高刚性涡轮蜗杆驱动	-100° ~ +195°
高速高频主轴	7.5kW,最高转速30000r/min

三、总结

随着我国磨床行业的自主开发能力和产业技术水平显著提升，国内企业逐步专注于对高端机床的本地化发展。国家加大对工业母机行业的政策支持力度国家将针对工业母机行业产业链中的关键性和突破性环节持续加码。

数控系统由于其软硬件一体，技术壁垒极高，本地化发展必要性强，潜在的“卡脖子”风险会严重影响国防建设安全。丝杠、导轨、轴承等关键零部件则由于制造工艺难、产品的稳定性和可靠性验证周期较长，单一企业难以短时间实现全面突破，需要较大的外力支持联合攻关。

目前，在硬件方面，转台、刀库、刀塔和齿轮箱等核心功能部件及导轨、丝杠、轴承等传动部件以进口或境外品牌为主，其中，机械主轴精密轴承主要来自德国舍弗勒旗下集团旗下的FAG/INA和日本NSK等品牌。由于国内外技术水平存在一定差距，若企业将核心部件全部采用国内品牌产品，对于企业而言，其高端数控车床的精度水平、精度的稳定性、精度的保持性会有一定的影响，企业技术和产品的迭代升级需要大量的研发投入，新产品的市场接受也需要一定周期，进而会影响公司发展的可持续性。

随着新一代信息技术的发展，磨床行业将大大提高系统的自动化水平和运行效率。实施电机高效及节能改造，开发清洁生产技术。和新技术融合新技术如人工智能、增材制造、工业互联网等将与工业母机深度融合，推动其技术跨越式发展。行业正着力于数智技术与工艺深度融合，倡导加强全链条精益管理与核心自研技术，保障自主可控，响应个性化需求，提供降本增效方案，为用户提供极具竞争力的加工装备和技术解决方案。坚持技术创新与生态链构建引领行业迈入全新高质量阶段。□

双刀架车削中心的研究

沈阳机床成套设备有限责任公司 张 媛

【摘要】双刀架车削中心的电气系统采用FANUC 0i-TF(1)双通道数控系统，配有4个FANUC伺服轴电机，3个FANUC α 系列主轴电机。通过研究多主轴控制，多主轴控制下的刚性攻丝，Cs轮廓控制功能，X轴/Z轴同步控制功能，Z轴方向两路径防撞功能，C轴柔性路径分配功能，完成车削中心功能集成，实现汽车桥壳产品的车削、钻削、铣削及攻丝加工。

目前，国外的车削中心的制造技术已经进入成熟阶段，高档卧式车削中心的核心制造技术也大多由国外公司掌握，使我国机床制造业与国外竞争对手的差距在不断扩大，产品市场竞争能力下降。

我公司研制的双刀架车削中心将打破同类机床国外厂商垄断的局面，使我国机床制造业在高技术设备领域里取得进一步的发展，通过本文内容，其技术成果可为我司高档数控装备的开发提供有力支持，其技术成果的推广应用将大大提高我国高档数控装备的设计制造水平和国际竞争力，同时降低国内厂商设备引进成本、设备维修维护费用。该类车削中心为高精度、高柔性和高效率的汽车桥壳专用数控机床，满足行业客户工艺升级需求，提升行业客户体验。该类车削中心的应用将会为众多的汽车及新能源汽车行业做出巨大贡献，不仅是为这些行业提供了设备支持，关键是提供了技术支持与产品加工效率的支持，为这些行业的快速发展提供有利保障，为国有制造装备业提供有利保障。

一、机床简介

本机床如图1所示，采用45°斜角的整体床身；主轴采用伺服电机通过皮带轮直接带动主轴传动，主轴配置用于定向停车后锁紧的液压盘式制动器，满足液压锁紧后定向钻削、铣削功能；副主轴为随动主轴，其采用直线滚珠导轨，通过液压油缸驱动，在副主轴移动到装夹位置后通过气动导轨刹车锁紧；进给系统X轴和Z轴采用进口高精度丝杠，丝杠与电机直联，Z轴使用伺服电机内置编码器，X轴增加发格光栅尺；本机床配置双刀架，使用12工位动力刀架，且左右刀盘各配置一个无线测头；本机床通过使用液压抚平托料机构，可通过调整2处托料架距离及高度以及抚平位置的高度实现换产；同时，具备通用机床的液压系统、润滑系统、冷却及排屑系统。

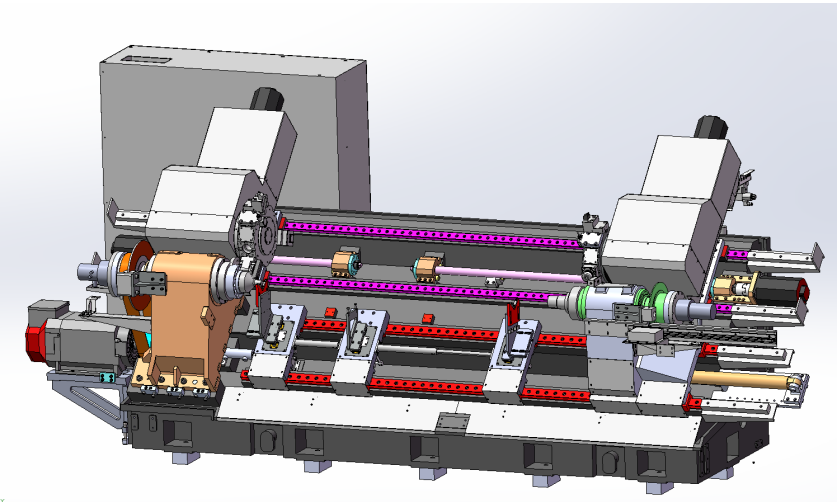


图1 机床构造图

二、数控系统连接

该车削中心的数控系统使用αi-B放大器+串行主轴接线方式，电源模块型号为AIPS 37，主轴模块型号为AISP26,动力头模块型号为AISP 11,伺服轴模块采用双轴模块，型号为AISV 80/80。由于X轴配置光栅尺，所以配置一个分离性检测器接口单元，另外，该机床需要2个I/O单元。连接方式如图2所示。

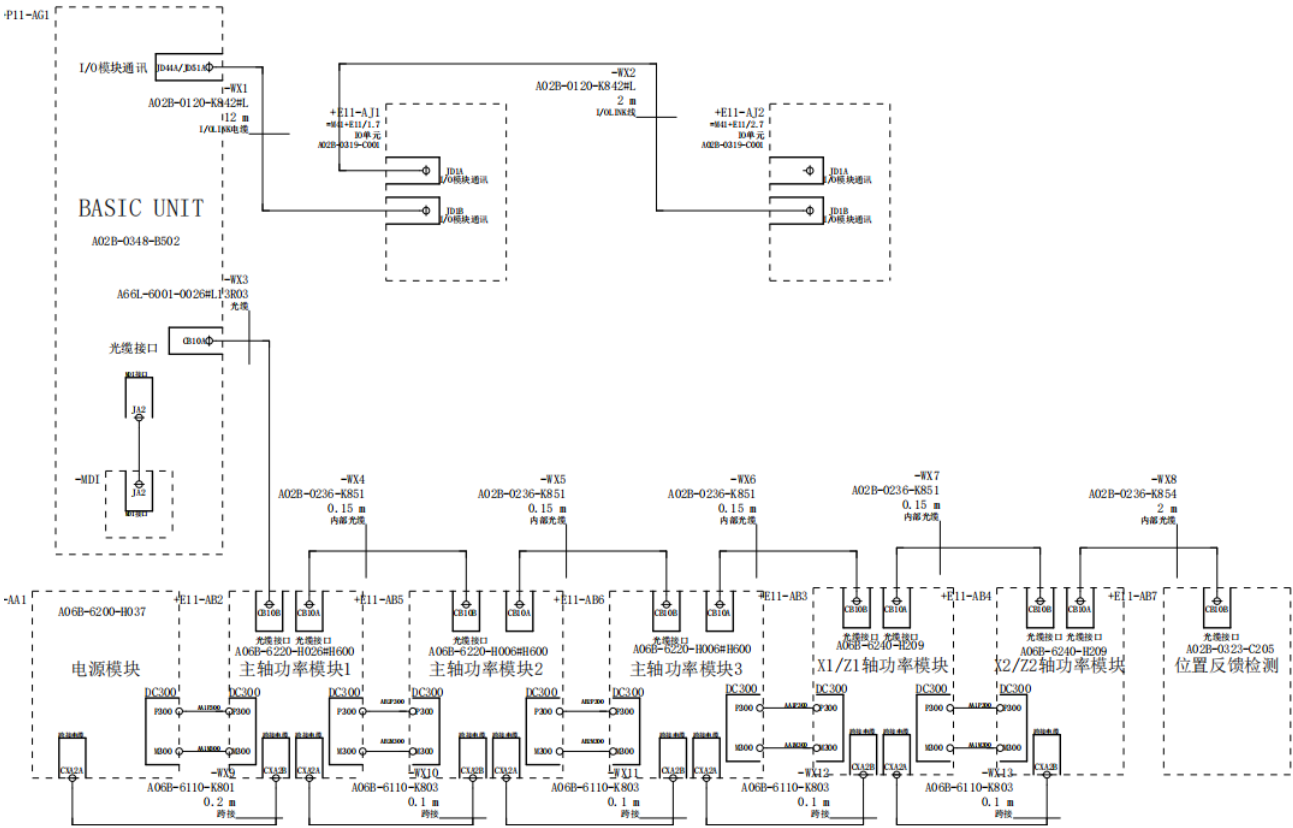


图2 FANUC数控系统连接图

三、研究内容

1.多主轴控制

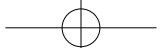
本机床配置3个主轴，左路径配置2个主轴，分别为主轴和左刀架动力头，右路径配置1个主轴，作为右刀架动力头。

(1) 多主轴控制参数设定

多主轴分配参数设置如表1所示。

表1 多主轴分配参数设置表

参数号	设定值	说明
8133#3	1	使用多主轴控制
988	3	使用主轴电机数量
982	S1=1,S2=1,S3=2	各主轴所属路径号
3702#1	0	使用多主轴控制
3701#1	0	使用第1、第2主轴串行接口
3701#4	1	在串行主轴控制中使用第2主轴
3703#3	0	使用G27.0~27.2,G26.3来进行主轴的选择
3716#0	S1=1,S2=1,S3=1	主轴电机类型, 1: 串行主轴, 0: 模拟主轴
3717	S1=1,S2=2,S3=3	各主轴放大器号
4002#3、2、1、0	S1=1110,S2=0001;S3=0001	主轴传感器的类型



(2) 多主轴控制PMC程序编辑

设定完成之后，初始化参数依然是 4019#7, 4133, 只不过 PMC 信号稍有不同。Gn70~Gn73 为第一主轴输入，Fn45~Fn48 为第一主轴输出。Gn74~Gn77 为第二主轴输入，Fn49~Fn52 为第二主轴输出。主要的信号如下：

Gn29.6 (*SSTP) 所有主轴停信号，如图3所示。



图3 所有主轴停信号图

Gn27.3~Gn27.5 (*SSTP1~*SSTP3) 各个主轴停信号，如图4所示。



图4 各个主轴停信号图

Gn71.1 (*ESPA) 第一串行主轴急停信号，Gn75.1 (*ESPb) 第二串行主轴急停信号。Gn70.7, Gn74.7 (MRDYA, MRDYB) 机床准备好信号，如图5所示。

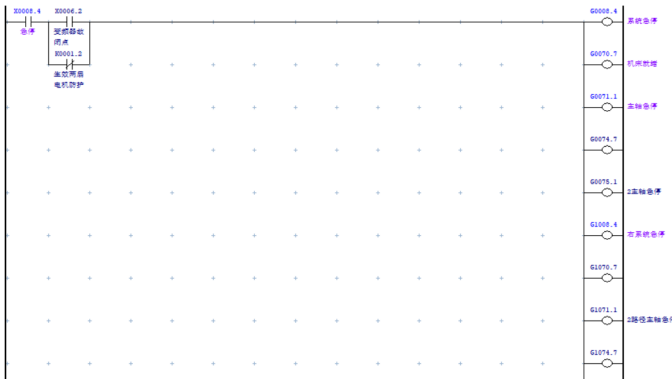


图5 急停信号与机床准备好信号图

Gn70.4, Gn70.5 (SRVA, SFRA) 第一串行主轴正反转信号，如图6所示。

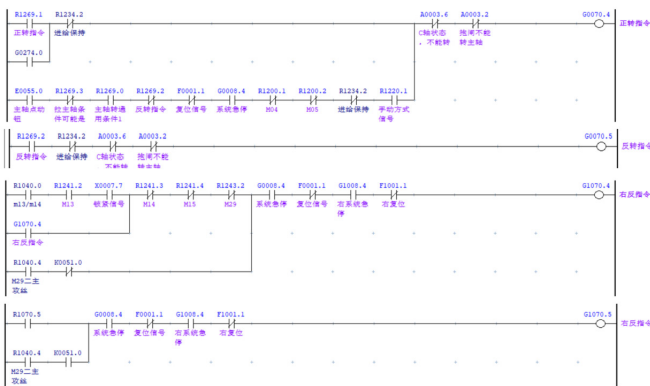


图6 第一串行主轴正反转信号图

Gn74.4, Gn74.5 (SRVB, SFRB) 第二串行主轴正反转信号，如图7所示。

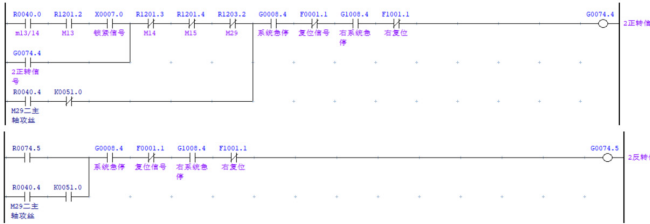


图7 第二串行主轴正反转信号图

Gn27.0, Gn27.1(SWS1,SWS2)主轴选择信号，必须对其处理以决定 S 代码输出的对象，如图8所示。

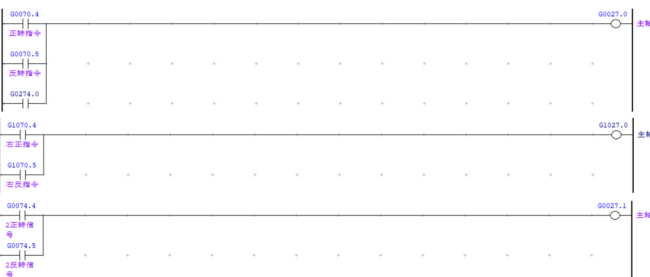


图8 主轴选择信号图

G28.7(PC2SLC)第2位置编码器选择信号，使用第二主轴时，增加了一个位置编码器接口，通过 G28.7 来选择编码器，如图9所示。

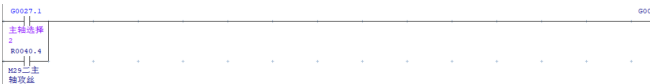
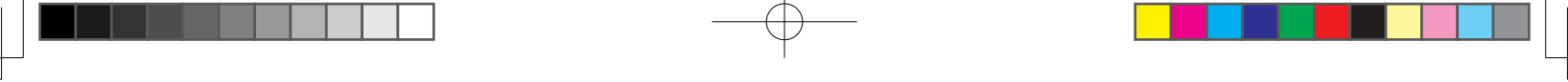


图9 第2位置编码器选择信号图

2.多主轴控制下的刚性攻丝

在多主轴控制方式下，T 系列第一和第二主轴都可以



使用 NC 进行控制，所以 T 系列可以用第二主轴进行攻丝。由于本机床为车削中心，1路径第一主轴不进行刚性攻丝，第二主轴与2路径主轴需要进行刚性攻丝。

(1) 多主轴控制下的刚性攻丝参数设定

多主轴控制下的刚性攻丝参数设置如表2所示。

表2 刚性攻丝参数设置表

参数号	设定值	说明
5241~5244	PATH1,S2=3000;PATH2,S1=3000;	刚性攻丝主轴最大速度
5261~5264	PATH1,S2=500;PATH2,S1=500;	刚性攻丝加减速时间常数
4044	PATH1,S2=10;PATH2,S1=10;	刚性攻丝时速度比例增益
4052	PATH1,S2=30;PATH2,S1=30;	刚性攻丝时速度积分增益
4085	PATH1,S2=60;PATH2,S1=60;	刚性攻丝时的电机电压
4016#4	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	电机电压可变控制
4065~4068	PATH1,S2=3000;PATH2,S1=3000;	刚性攻丝时的主轴位置增益
5280	PATH1,S2=2000;PATH2,S1=2000;	刚性攻丝时的攻丝轴位置增益
4344	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	先行前馈系数：降低前馈系数可以减缓主轴在孔底停止时的振动
4037	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	速度前馈系数
5203#2	PATH1,S2=1;PATH2,S1=1;	刚性攻丝中前馈有效
5204#0	PATH1,S2=1;PATH2,S1=1;	显示诊断453
5300	PATH1,Z1=20;PATH2,Z2=20;	刚性攻丝中攻丝轴的到位宽带
5301	PATH1,S2=20;PATH2,S1=20;	刚性攻丝中主轴的到位宽带
24203#0	1;	FSSB 高速刚性攻丝（CNC）功能有效
2429#1	PATH1,Z1=1;PATH2,Z2=1;	FSSB 高速刚性攻丝（伺服轴）功能有效（一般是Z轴）
4549#1	PATH1,S2=1;PATH2,S3=1;	FSSB 高速刚性攻丝（主轴）功能有效
24204	PATH1,Z1=2;PATH2,Z2=3;	与伺服轴同步的主轴的主轴编号（Z轴处输入）
2610	PATH1,Z1=5000;PATH2,Z2=5000;	FSSB 高速刚性攻丝中的伺服轴位置增益
2005#1	PATH1,X1/Z1/C1=1;PATH2,X2/Z2=1;	前馈功能有效：
4353#6	PATH1,S2=1;PATH2,S1=1;	磁束增强功能
4124	PATH1,S2=24575;PATH2,S1=24575;	磁束增强完成水平/磁束增强系数：
4099	PATH1,S2=300;PATH2,S1=300;	电机励磁的延迟时间
4000#2	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	磁通控制功能开启(1:开启，0：关闭)
4105	PATH1,S2=96;PATH2,S1=96;	磁通控制参数：
4167	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	磁通控制参数
2423#2	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	FSSB高速刚性攻丝反向动作补偿功能(1:开启，0：关闭)
2613	PATH1,X1/Z1/C1=0;PATH2,X1/Z2=0;	FSSB高速刚性攻丝反向动作补偿量
5206#1	0	智能刚性攻丝功能位开启 (1:开启，0：关闭)
5214	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	刚性攻丝同步误差允许范围值
4661	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	主轴停止允许误差
4666	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	智能刚性攻丝铃型加减速时间
4668	PATH1,S2=0;PATH2,S1=0;	智能刚性攻丝扭矩指令上限值
2611	PATH1,X1/Z1/C1=0;PATH2,X1/Z2=0;	智能刚性攻丝速度前馈系数
5200#7	PATH1=1;PATH2=1;	使用刚性攻丝主轴选择信号Gn061.4 ~ Gn061.7



(2) 刚性攻丝PMC程序编辑

设定完成之后，PMC处理主要信号如下：

G61.5, G1061.4刚性攻丝轴选信号,如图10所示。



图10 刚性攻丝轴选信号图

Gn61.0刚性攻丝信号，如图11所示。

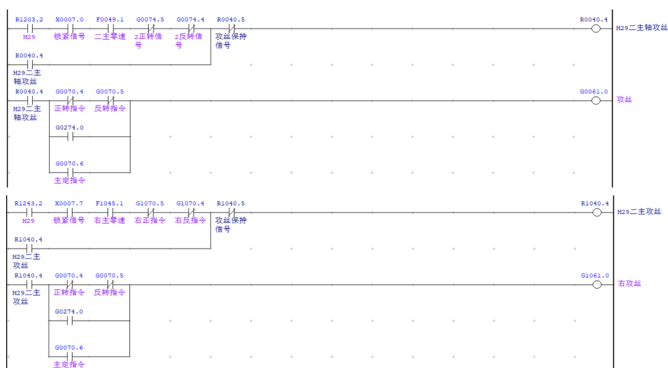


图11 刚性攻丝信号图

(3) 刚性攻丝程序

攻丝测试程序如下:

M15; 动力头回零
G0 Z-750;
M29 S300; 主轴开启攻丝
G84 Z-780 F1.0; 攻丝循环
G0 Z-750;
M15;
M2;

执行程序时，在诊断453中查看攻丝误差，不超过10为宜。

3. Cs轮廓控制

Cs轮廓控制是在串行主轴组合专业的检测器，通过主轴电机，对主轴的位置进行定位和控制的一种功能。其与主轴定位相比精度更高，也可以与其他伺服轴进行插补。Cs轮廓控制的开启和关闭，由PMC信号控制，手动及自动运行与通常伺服轴相同。系统配置如图12所示。

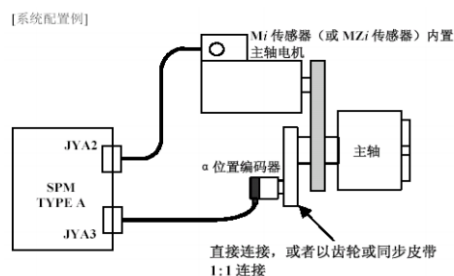


图12 Cs轮廓控制系统配置图

(1) Cs轮廓控制参数设定

Cs轮廓控制参数设置如表3所示。

表3 Cs轮廓控制参数表

参数号	设定值	说明
8133#2	1	主轴CS轮廓控制功能有效
987	5	系统控制轴数（X1/Z1/X2/Z2/C1）
11802#4	C1=0	使伺服轴有效
1005#0	C1=1	开机未返回参考点不报警
1006#0	C1=1	C轴为旋转轴
1020	67	轴名称
1022	0	轴属性
1023	-1	伺服轴轴号
1260	C1=360.0	旋转轴一转移动量
1420	C1=20000	快速移动速度
1421	C1=600	F0速度
1425	C1=360	回零低速
1620	C1=500	快速移动时间常数
1621	C1=500	快速移动时间常数T2
1820	C1=2	指令备乘比
1821	C1=360000	参考计数器容量
1825	C1=3000	各轴的伺服环路增益
1826	C1=100	到位宽度
1828	C1=2500	运动时位置误差限制
1829	C1=500	停止时位置误差限制
1850	C1=500	栅格偏移量
3700#1	PATH1=1	串行主轴切换为Cs轴轮廓控制后的最初移动指令（G00）中进行通常的定位动作
3712#2	1	Cs轮廓控制方式中，若已经建立原点，是否基于主轴的机械位置将自动设定机械坐标和绝对坐标的功能置于有效
3729#2	1	Cs轮廓控制方式OFF时是否进行到位检测
3729#7	0	Cs轮廓控制轴的设定单位
3900	1	与Cs轮廓控制轴进行插补的伺服轴号
3901~3904	5000	与Cs轮廓控制轴进行插补时的伺服轴用环路增益
4016#7	1	每次都检测一次旋转信号
4021	PATH1，S1=1	Cs轮廓控制时最高转速
4046~4047	PATH1，S1=30	Cs轮廓控制时的速度环路比例增益
4054~4055	PATH1，S1=50	Cs轮廓控制时的速度环路积分增益
4069~4072	PATH1，S1=5000	Cs轮廓控制时位置增益
4074	PATH1，S1=0	伺服方式时原点返回速度
4353#5	1	传输Cs轴的位置数据的功能置于有效（4016#7=0时有效）
3704#7	PATH1=1 PATH2=1	在各主轴中进行Cs轮廓控制

(2) Cs轮廓控制PMC程序编辑

设定完成之后,PMC处理主要信号如下:

G274.0, 串行主轴的Cs轮廓控制的控制信号, 串行主



轴通过这个信号实现主轴速度控制方式与主轴Cs轮廓控制方式的切换,当这个信号变为“1”时,对应的串行主轴变为Cs轮廓控制方式。F274.0,Cs轮廓控制状态的转换情况信号,该信号指示了Cs轮廓控制状态转换是否结束,当处于Cs轮廓控制方式时,该信号变为“1”。PMC处理如图13所示。

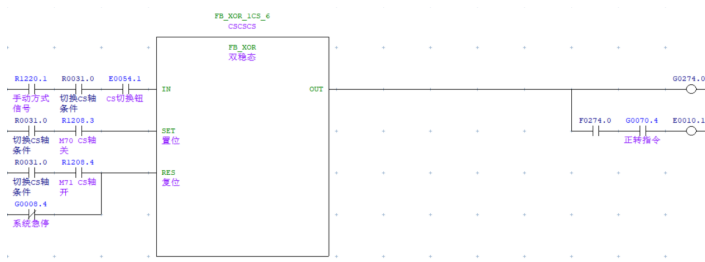


图13 Cs轮廓控制PMC处理图

4. X轴/Z轴同步控制

同步控制功能可以使属于其它路径或同一路径轴与某一轴同步第移动。

(1) X/Z轴同步控制参数设定

同步控制参数设置如表4所示。

表4 同步控制参数表

参数号	设定值	说明
8180	X1=0, X2=101 Z1=0, Z2=102	每个轴的同步控制中的同步主动轴
8304#5	X2=0 Z2=0	从动轴的进给轴同步控制选择信号 SYNC<Gn138>或进给轴同步控制手动 进给选择信号 SYNCJ<Gn140>为“1”时, 执行同步 运行[1]。
8162#0	X2=0 Z2=1	是否应用镜象的同步控制(0: 不进 行, 1: 进行)
8103#0	1	等待M代码的信号接口, 使用路径公共 信号借口
8110	100	等待M代码的范围(最小值)
8111	200	等待M代码的范围(最大值)

(2) X/Z轴同步控制PMC程序编辑

设定完成之后,PMC处理主要信号如下:

Gn138.0~Gn138.1, 同步控制开始信号, 当该信号从“0”变为“1”时, 同步控制开始, 同步解除, 该信号从“1”变为“0”。PMC处理如图14和图15所示。



图14 同步控制开始图

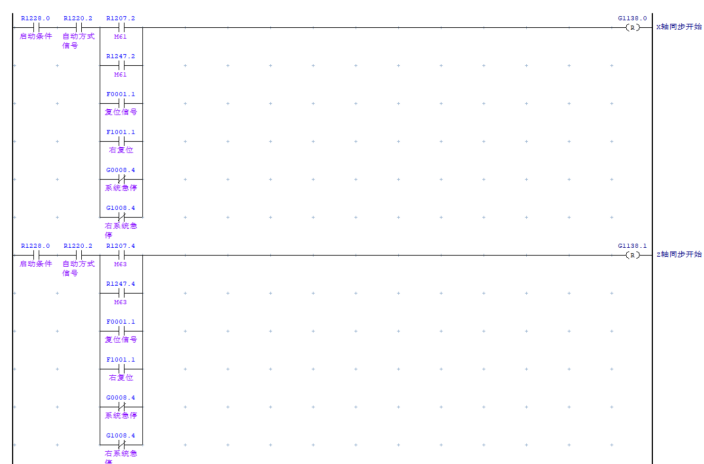


图15 同步控制解除图

F_n341.0~F_n341.1,同步主控轴确认信号,该信号为“1”时对应轴是同步主控轴,为“0”时对应轴从同步控制解除。F_n342.0~F_n342.1,同步从控轴确认信号,该信号为“1”时对应轴是同步从控轴,为“0”时对应轴从同步控制解除。PMC处理如图16所示。

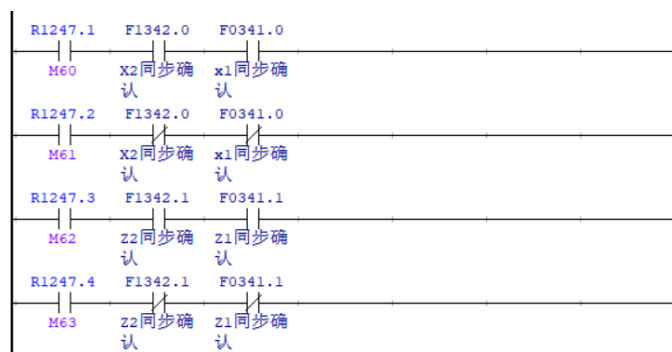


图16 同步控制确认信号图

(3) X/Z轴同步控制程序

X轴同步测试程序如下:

PATH1:	PATH2:
M100;	M100; 等待M代码
M03 S20;	M60; X轴同步开启
M101;	M101; 等待M代码
G01 G99 U-5.F10;	M103; 等待M代码
U5.;	M61; X轴同步解除
M103;	M104; 等待M代码
M104;	M30;
G01 U-5.;	
U5.;	
M30;	

Z轴同步测试程序如下:

PATH1:	PATH2:
M100;	M100; 等待M代码
M03 S20;	M62; Z轴同步开启

M101; M101; 等待M代码
G01 G99 W-10.F10; M103; 等待M代码
W10.; M63; Z轴同步解除
M103; M104; 等待M代码
M104; M30;
G01 W-10.;
W10.;
M30;

5. Z轴方向两路径防撞功能

本机床Z1/Z2拉罩长度有限，且空间狭小无法安装限位开关，故需要通过PMC程序实现Z轴方向两路径防撞功能。本文利用PMC窗口功能，读取Z1/Z2机械坐标值，通过计算、与两轴之间极限距离比较，并通过不同方向锁轴信号进行轴移动限制。

(1) 窗口功能配置数据表

按照窗口功能所使用的数据表的数据类型要求，将D地址设定为两字节长度的二进制数据[2]。按照窗口功能读写数据段的要求，将制定数据填入数据表，如图17所示。其中D800/D900=28表示读机械坐标，D808/D908=2表示读第二个伺服轴的坐标。

PMC维护			
PMC 参数 (数据表)			
组号	地址	数据	号
0	D8000	28	
1	D8002	0	
2	D8004	0	
3	D8006	0	
4	D8008	2	

PMC维护			
PMC 参数 (数据表)			
组号	地址	数据	号
0	D8010	-6507	
1	D8014	609001	
2	D8018	9	
3	D8022	0	
4	D8026	0	

PMC维护			
PMC 参数 (数据表)			
组号	地址	数据	号
0	D8900	28	
1	D8902	0	
2	D8904	0	
3	D8906	0	
4	D8908	2	

图17 配置数据表图

(2) 防撞功能PMC程序编辑

首先读取Z1/Z2机械坐标值，使用读数据指令-WINDR,如图18所示。由于读取的数据没有小数点，所以通过除法功能指令对读取坐标值进行处理，如图19所示。然后用Z1的机械坐标值减去Z2的机械坐标值，如图20所示。再对差值取绝对值，如图21所示。最后将取绝对值后的差值与预先设的比较值D866中的数据进行比较，如图22所示。当差值大于比较值时，R1015.3由“0”变为“1”，Z1的正方向轴锁G132.1和Z2的负方向轴锁G1134.1置“1”，点动模式下Z1负向移动或Z2正向移动可复位轴锁，如图23所示。计算后的数据存储如图23所示。



图18 读窗口功能指令图

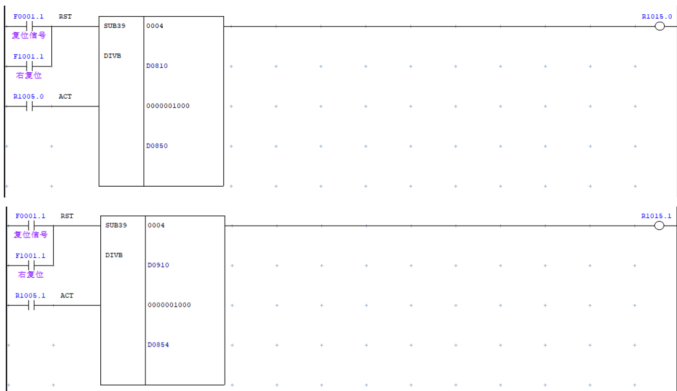


图19 除法功能指令图

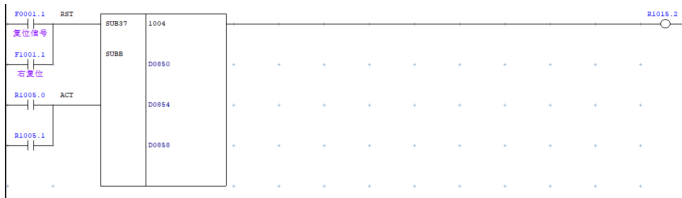


图20 两轴坐标值计算指令图

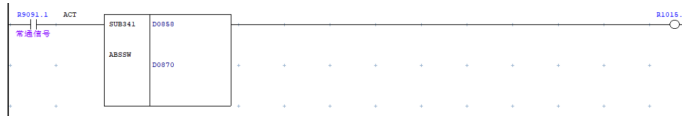


图21 差值取绝对值功能指令图



图22 两轴坐标计算结果与设定值比较图

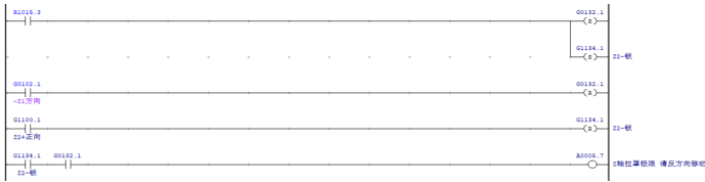


图23 锁轴与复位图

PMC维护			
PMC 参数 (数据表)			
组号	地址	数据	号
0	D8850	2	
1	D8854	-462	
2	D8858	462	
3	D8862	2032533504	
4	D8866	1700	
5	D8870	462	
6	D8874	0	
7	D8878	0	
8	D8882	0	
9	D8886	0	

图24 计算后的数据存储图

6. C轴柔性路径分配功能

柔性路径分配功能允许把控制路径下的轴分配到其他路径下去。通过这个功能可以使多个路径共用一个电机。在多路径系统中，利用此功能可以通过加工程序的控制，将当前路径中的任意伺服轴从该路径中移除，并添加到其他路径中去，达到在不同路径中控制同一伺服轴的效果^[3]。

(1) 柔性路径分配功能参数设定

柔性路径分配功能参数设置如表4所示。

表4 C轴柔性路径分配功能参数表

参数号	设定值	说明
11561#0	1	任意轴切换功能有效
11561#3	0	任意轴切换的程序指令方式，识别号方式
11560	C1=103	进行任意轴切换的识别号
11563#6	1	通过复位，对任意轴切换中被变更的轴配置恢复为初始状态

(2) C轴柔性路径分配程序

1路径中执行指令：G52.1 P103；释放C1轴。

2路径中执行指令：G52.2 P103 I3；作为第三个伺服轴获取C1轴。

如果一个控制轴被移除指令 G52.1 从原路径移除之后，在位置画面，被移除的轴左上角显示字母“R”。如图25中的 Z1 轴。

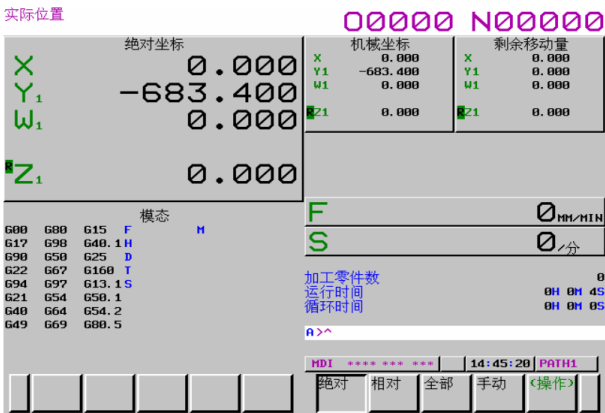


图25 移除指令G52.1执行图

四、结语

本机床主要用于汽车桥壳两端和大规格轴类零件的粗、精加工，本机床加工外圆精度可达到IT6级。本文通过研究多主轴控制，多主轴控制下的刚性攻丝，Cs轮廓控制功能，X轴/Z轴同步控制功能，Z轴方向两路径防撞功能，C轴柔性路径分配功能，完成车削中心功能集成，实现汽车桥壳产品的车削、钻削、铣削、及攻丝加工。该类机床可作为通用型机床，应用于汽车、摩托车、电子、航天、军工等行业对大规格轴盘零件进行高效、大批量、高精度的加工。□

资讯

天水锻压集团与麦积职专举行校企合作共建实训基地签约暨授牌仪式

10月11日上午，天水锻压机床（集团）有限公司与天水市麦积区职业中等专业学校就校企合作、技能人才培养等事宜进行了座谈交流并举行校企合作共建实训基地签约暨授牌仪式。

在座谈交流中，集团公司相关领导向校方介绍了集团公司的科技创新、产品结构、生产经营、人才队伍、劳模工匠工作室创建及产业工人队伍建设等方面情况，希望通过强化校企合作力度，推动校企育人更快更好融合。



学校方介绍了办学理念、发展历史以及贯彻落实国家关于职业教育改革发展的决策部署情况，希望校企双方充分发挥各自优势，进一步加强合作，积极探索共建实训基地、技能培训、授课指导、实训就业等合作项目。

会后，校方人员参观了集团公司高新产品展厅、各生产现场和安琪劳模工匠创新工作室，详细了解了集团公司的产品结构、岗位设置、薪资待遇及企业文化等方面情况，对企业各方面发展给予充分肯定。（任号杰）

覆盖件模具数控加工刀库自动化应用

东风汽车集团有限公司研发总院 杨兴 曹宇峰 吉宏 田金柱 孙红叶

【摘要】东风汽车公司武汉模具机加车间共有5台大型龙门进口数控加工中心，用于东风汽车集团新车型覆盖件模具开发，全部配备数控自动换刀系统ATC。鉴于公司数控加工已经逐步实现数字化工艺；全数字化数控加工；电子化流程管理，为了有效提升数控加工效率和加工安全，数控加工中心刀库自动化应用势在必行，该课题是实现数控加工自动化的先决条件。此次通过ATC方式实现数控加工自动化，对今后数控加工全面实现少人化和无人化做出有益的探索。

在中国汽车市场竞争加剧的当下，轿车覆盖件模具设计和制造水平为了适应市场不断提升。为适应市场对高端轿车模具提出的新要求，迈向自主开发、适应目标市场，提高数控加工效率和质量势在必行。数控加工自动化是公司重大课题，传统的刀具管理使用体系存在着一系列问题：占用数控主体作业时间；操作者凭经验选择刀具类型；无法进行刀具加工干涉判断；刀具寿命和修磨标准无法统一问题等。通过自动化加工换刀ATC的使用，不仅能彻底解决这些问题，通过刀具管理体系和配送制度的完善、能够合理管理使用数控加工刀具，提升数控主体作业时间和数控加工安全性。

一、数控加工刀具自动对刀的流程

数控加工刀库自动化对刀方式为机内对刀和机外对刀两种方式。课题实施前由于以往数控加工作业方式的惯性思维，现场对刀方式为操作工现场对刀作业，数控加工中心刀库没有充分发挥作用。为了充分提升对刀效率，此次课题研究采用机外对刀作为课题实施主要方式。



图1 数控加工自动加工阵地现场

1. 模具制造数字化加工经历的几个阶段

2017年数控加工数字化起步阶段 FMC整体泡沫的制作程序化，控制实物尺寸。

2018年全数字化加工开始应用阶段模具结构加工的全面数字化。

2020年精细化模面加工阶段数码测量技术使用，为数控编程提供现场实物尺寸。

2021年自动化数控验证阶段VERICUT软件的引进，防止数控加工干涉碰撞。

2022年自动化数控加工阶段数控机外对刀仪的使用，完善数控刀具管理。



图2 数控加工自动加工流程示意图

2. 实现数控加工中心刀库自动化基本要求

刀具使用的相关参数和相关信息需要和数控刀库进行

匹配，数控加工刀具具有相关的身份编码，使用参数需要与数控机床的刀具库信息相匹配。此外，刀具相关参数在数控编程的过程中需要引入，后续NC代码在运行过程中会通过程序传输过程把相应的刀具参数及加工信息植入数控加工中心的数控系统中，最终完成数控加工任务。数控刀具库建立相关制度具体要求如下：

- ①实施数控刀具配送制度，规范使用，由刀具技术人员进行现场支持。
- ②开发刀库自动化使用的数控加工程序模板，确定刀库应用相关参数。
- ③完善现场数控刀具管理、使用、保养制度，提升数控机床开动率。
- ④机外对刀装置使用成为数控刀具使用的控制中枢。

(1) 传统数控加工对刀方式的流程

传统数控加工对刀方式主要的特点，需要有经验的数控技能人员进行现场分析判断，还需

要来回奔波与工位和库房之间，整个换刀环节效率低下，在工序较为复杂的数控加工，频繁换刀，大幅降低机床实际开动率。

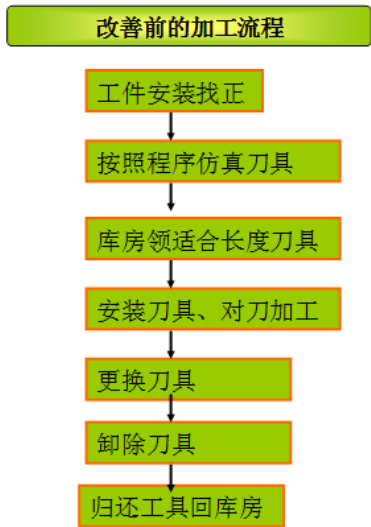


图3 数控加工自动加工流程示意图

(2) 传统对刀方式现场问题几种表现形式

①数控对刀的时间较长，机内对刀参数需要操作工核定，新员工容易发生对刀的失误。



图4 现场手工对刀设定高度

②防止数控刀具加工与工件干涉，操作人员再次确认刀具有效切削长度。



图5 数控加工人员确定刀具干涉长度示意图

传统数控对刀方式需要操作工有熟练的技巧，丰富的加工经验，操作工培训的周期相对较长，而且不利于数控作业标准化、规范化的实现，以技能人员经验为主导的生产不利于企业核心技术提升。

二、数控加工中心刀库自动化应用方案

1. 数控加工中心刀库自动化前提硬软件要求

- (1) 测量硬件方面：配备高端精密机外对刀仪作为整个对刀控制中枢。
- (2) 数控软件方面：解决数控加工程序的优化、并且把相应的数控指令整合到数控加工代码中，便于加工和检测。
- (3) 加工管理方面：设立专职的数控刀具管理员，集测刀、配送、管理、定损、新产品的定型，数据管理工作于一体。
- (4) 用户方面机加车间为了适应新作业方式，制定相应的管理使用、管理流程。

2022年东风模冲公司级管理改善课题措施展开												
序号	大课题	中课题	22年目标		小课题	22年目标		达成方策	完成时间	责任部门		
			必达	挑战		必达	挑战					
7	模具全自动化加工技术研究	刀具管理			刀具管理			机床机内测刀方法完善	2022.05	技术部		
								刀具加工切削参数的完善	2022.06	技术部		
					刀具测量补偿技术			操作人员手工操作补偿标准	2022.07	技术部		
								机外工作站补偿标准建立	2022.07	技术部		
								刀具检测鉴定标准的制订	2022.08	技术部		
								刀具配送制度的完善	2022.09	技术部		

图6 刀具库自动化行动计划书

2. 刀具库自动化具体实施的方案

- (1) 刀具配送制度的应用流程
- ①拆卸机床刀柄库数控加工刀具至工具运输专用小车。
- ②擦拭BBT50刀柄、数控加工刀具浮灰后运送至数控刀具室。
- ③拆卸相关的数控刀具，数控刀柄组件。
- ④仔细清洁数控刀柄、刀具，去除烧结油膜。
- ⑤鉴定数控刀具使用情况，给出刀具使用评估报告（每周所有机床一次）。
- ⑥重新组装相应的数控刀具和刀柄。

- ⑦组合好的工具组件在刀具预调仪重新测量刀具使用参数。
- ⑧测量好的刀具打印刀具标签，重新在刀具做好标识。
- ⑨网络传输刀具信息至对应的数控机床。
- ⑩运送检定后的数控刀具至现场，重新安装至机床刀柄库。



图7 刀具配送整体流程示意图

- (2) 刀库专用使用的数控加工宏程序开发
- 根据数控加工程序的特点，宏程序进行控制主程序的运行流程。包含自动预热、自动换刀、精度自动补偿，加工工件重量补偿的功能，附加刀具非正常破损检测分项。
- 从数控编程的参数（转速、进给、长短刀具选择等等）设置、刀具配送清单、程序清单、生产计划安排、数控刀具的动态管理、刀具的成本管控、数控标准化加工等，都必须严格按照标准化作业，否则任何一个环节的中间，都会导致数控加工中断。所以从开始的数控编程和机加结束的数控全自动加工入手，强制的要求的中间环节的标准化。
- 完善数控刀库使用的同时，必须建立与之相应数支撑控编程标准化库作为：
- ①数控软件添加机床3D数模，仿真实物加工场景。
- ②数控加工刀柄、刀具库作为标准模块，根据加工需求随时调用。
- ③数控加工机床头库和相应的附加头库。

MVR-FM 自动化参考主程序

O1200(TEST)

G91G28Z0W0Z,W轴参考点返回

G28X0Y0X,Y轴参考点返回

M1

M44打开热变位补偿功能

N1000

T33(R30 B-END)

M06

M1

S6000M3主轴旋转

M301暖机运转

M05

G250T0刀长测量

G00G90G54X0Y0G54坐标系

W0

G43Z300.H33打开刀长补偿

G510M0.B5.D5.W1.设定高速加工模式（精加工）

G05.IQ1打开高速加工

S6000M03F5000

M301暖机运转

M198P5411执行加工程序

M198P5412执行加工程序

G05.IQ0关闭高速加工

G510M1.B5.D5.W1.设定高速加工模式（标准）

G05.IQ1打开高速加工

M198P5313执行加工程序

G05.IQ0关闭高速加工

M5主轴停止

G91G28Z0Z轴参考点返回(关闭刀长补偿)

G250T0J-0.5刀具折损检测

G91G28Z0W0Z,W轴参考点返回

M6

M1

T34(R10 B-END)

- a). MVR-FM
在宏程序里监视热变位补偿量的变化。
补偿量稳定以后实行下面的程序。
暖机时间大概30分钟左右(最长1个小时)
- b). MVR-AICC
在宏程序里监视轴承的温度。
温度稳定以后实行下面的程序
暖机时间大概30分钟左右(最长1个小时)
- 需要G250的宏程序更改
(已设定的长度和测量出来的长度有一段差距的话,故意发生报警。标准的宏程序里面没有这个功能。)
※测量刀长之前,需要对该刀具设定长度(100mm以上)。
- 测量刀长的时间不影响主轴温度的话,可以删除。
- 加工后执行刀具折损检测。加工前后的刀长差距是J的数据以上时发生报警(指定J时需要设定适当的数值。J值过小时由于检测误差而发生报警。)

图8 数控刀库自动化使用数控程序开发流程示意图

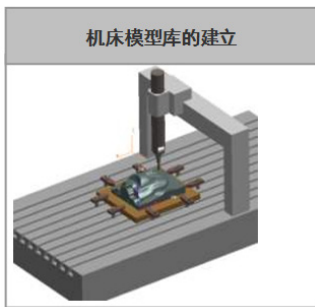


图9 数控机床库的建立



图10 数控机床刀具加工库的建立

(3) 制订相应的管理使用流程, 并且不断完善

工具名称	规格/型号	型号	数量	单位	品牌
面铣刀	φ160(面铣刀/刃)	ASF160R (内孔φ8.8)	1	个	日立
插齿刀片	插齿、前用	SD20N1502ZD7N-R15 SRB045	150	片	
φ160刀具配件	刀盘定位块	355-111	0	个	
	刀盘定位块螺钉	156-161	0	个	
	刀盘定位块螺钉接手	100-321	0	个	
	双头螺钉	100-143	0	个	
	刀片螺钉	555-141	0	个	
	刀片螺钉接手	105-T20L	0	个	
	楔块	175-121	0	个	
面铣刀	φ160(面铣刀/刃)	FF300R0402F (内孔φ8.8)	1	个	三菱
插齿刀片	插齿、前用	SPC051Z RT105T	100	片	
	刀头	FFC25	0	个	
	刀盘	FF25	0	个	
	齿条轴	FFP	0	个	
	刀头固定螺钉	100R04040	0	个	
	垫圈	FFP	0	个	

图11 刀具编码的确定

(4) 用户方面的流程改变

由于引进数控刀具机外对刀仪, 对刀的任务职责转移到刀具管理员和库房中; 刀具的补偿指令由刀具库直接发送到数控机床, 数控加工人员所执行的只是正常的装卸刀具, 流程简化。

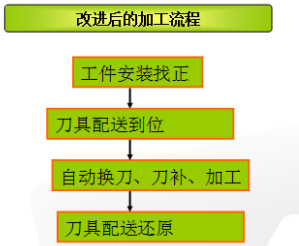
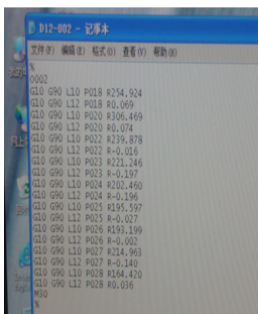


图12 现在的数控刀具使用流程

卓勒机外对刀仪测量数据



数据传输
全数字,
无人工干
预, 实现
网络数据
交换

三菱数控加工中心

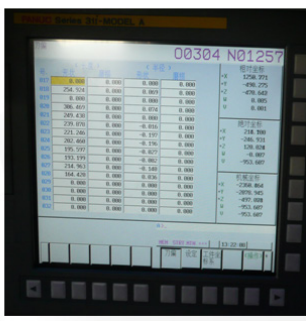


图13 刀具对刀的数据完全实现自动输入过程图

三、数控加工中心刀具自动化实现后的效果分析

1. 经济效果

- (1) 每日节省数控加工工时2h/台, 五台共计10h/天, 年工作时间300天。
- (2) 使用配送管理制度管理, 减少错误操作。
- (3) 程序优化节约加工工时2h/套。

全年按照班组加工能力每年50套工件数量240件。

总共节约: 300元/小时 * 10小时 * 300天 + 240件 * 2小时 * 300元/小时 = 1044000元。

2. 社会效益

(1) 符合当前节省人工重复劳动、防止出错、提升效率的要求。

(2) 节约人工成本和管理成本。

(3) 利用数字化管理方法, 提升企业的技术加工水平, 提升企业竞争力。

四、总结

通过各专业部门的通力合作, 经过一年多的实验和论证, 形成了有效使用数控加工中心刀具库有效方法, 及时满足数控机加车间要求, 良好的流程管理不仅降低了成本, 缩短了制造的周期。对于数控加工自动化而言, 刀库自动化是总课题一个重要的子系统, 开发应用成功为今后的全面数字化加工铺平道路。

(1) 通过本次课题, 优化数控加工方法和工艺流程。

(2) 提高了工作效率, 降低了管理费用, 且具有推广意义。

(3) 采用电子化的管理手段, 方便刀具现场管理和加工数据收集。

(4) 编程人员优化数控程序是提高加工效率的有效途径。

(5) 管理的流程拓展在今后一段时间需要不断地完善。□

参考文献

- 1) 胡涛主编. 数控机械加工工艺手册. 湖北: 机械工业出版社, 2004
- 2) 张伯霖主编. 高速切削技术及应. 北京: 机械工业出版社, 2002
- 3) 陈为国主编. 数控加工刀具应用指南. 北京: 机械工业出版社, 2021
- 4) 肖善华主编. 数控宏程序开发与应用实例. 北京: 化学工业出版社, 2022

基于S7-1200PLC的通信协议转换

北京工研精机股份有限公司 肖博 刘贺强 戴玉红 王楠楠 张胤

【摘要】通过S7-1200PLC的转换，实现S7协议和828D之间、S7协议和MODBUS-RTU之间的互联互通和信息交换，进而实现了828D和MODBUS-RTU设备之间的协同工作和信息共享，思路简捷，易于实现。

一、问题与方案

采用SINUMERIK 828D的加工中心，增加超声波控制器来实现超声波加工。从SINUMERIK828D发送指令，对超声波控制器的运行参数进行设置。同时，超声波控制器的实际工作参数和工作状态还需要实时显示在SINUMERIK 828D的显示器上，便于实时诊断或实时监控。这便涉及到了设备间通信的问题，该超声波控制器支持MODBUS-RTU (Remote Terminal Unit)通信协议，而SINUMERIK 828D系统并不支持MODBUS-RTU通信协议。如何建立SINUMERIK 828D和超声波控制器之间的通信？

本例采用S7-1200PLC作为桥梁，进行通信协议的转换，基本构架如图1所示。

S7通信协议是指西门子公司用于其S7系列PLC之间进行通信的标准通信协议或者说是专用通信协议，能够实现PLC之间的数据传输和互相控制。S7-1200PLC作为本地站，设置与828D通信的IP地址；828D为远程站。编写PLC程序于本地站，调用PUT和GET实现通信。

Modbus RTU是用于网络中通信的标准协议，使用 RS232 或 RS422/485 连接在网络中的 Modbus 设备之间，并进行串行数据传输。Modbus RTU 使用主/从站网络，其中整个通信仅由一个主站设备触发，而从站只能响应主站的请求。通过 Modbus 指令，S7-1200PLC与支持 Modbus RTU协议的超声波控制器进行通信，这里使用了 CM 1241 RS485 通信模块。其中，S7-1200PLC作为 Modbus 主站，超声发生器被作为从站，该项目中，程序的编写在作为主站的S7-1200PLC进行，通过指定MODE=0或1来实现读写通信。

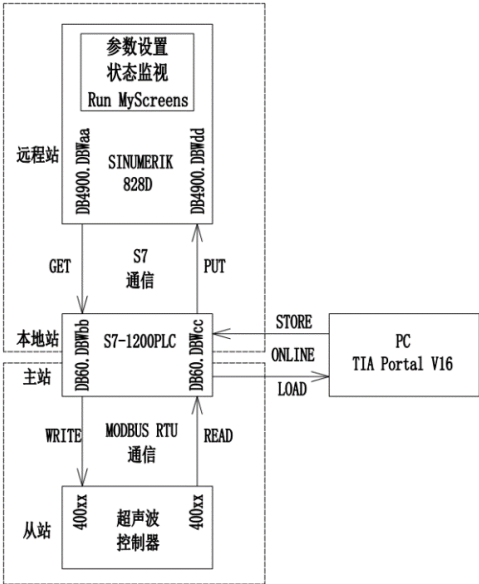


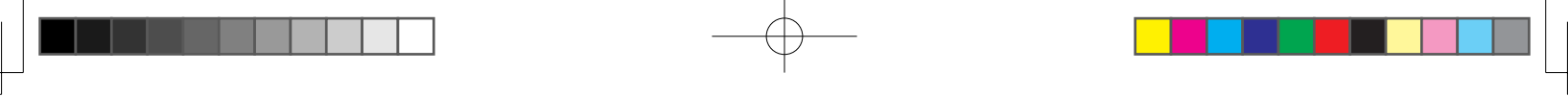
图1 基本构架

二、配置与连接

1.软件与硬件配置（见表1）

表1 该项目中主要配置

名称	型号	备注
TIA Portal V16	/	用于调试S7-1200
SINUMERIK 828D	6FC5370-5AA40-0AA0	抗干扰的 RJ45通讯接口，S7通讯协议
CPU 1214C DC/DC/RLY	6ES7214-1HG40-0XB0	抗干扰的 RJ45通讯接口，S7通讯协议
5端口以太网交换机	DES-1005D	同步通信
通信模块CM1241 RS485/422	6ES7241-1CH32-0XB0	RS485/422接口，9 针 D-sub 插座，Modbus RTU通讯
超声波发生器	CSDB-B4	RS485接口，9 针 D-sub 插座，Modbus RTU通讯



2.设备连接

(1) 通信总览

交换机被用来扩展 SIMATIC 以太网接口，以便实现与 CPU 1214C、828D或者计算机的同步通信，通讯总览如图2所示。

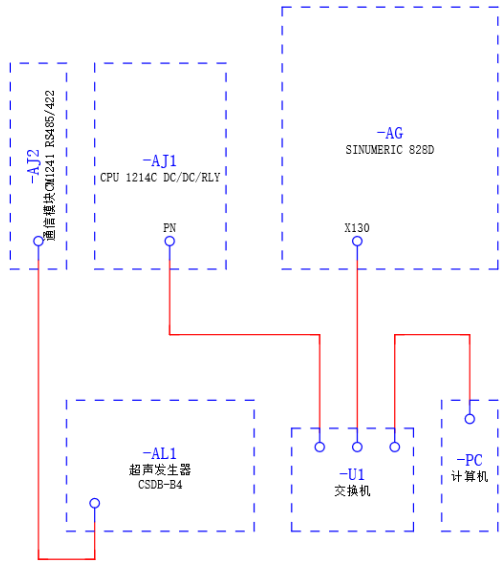


图2 通信总览

(2) RS485接口

对于CM1241通信模块的RS485接口和超声波控制器的RS485接口，需要焊接DB9插头。插头为针型，两侧对应的脚号如表2所示。

表2 DB9插头焊接

脚号		含义
CM1241通信模块RS485接口	超声波控制器RS485接口	
3	1	5V
8	2	0V
5	5	GND

注：屏蔽层两端接插头金属外壳

三、地址规划

1. Modbus地址

(1) 帧结构

S7-1200对超声波控制器进行读操作时，命令帧为表3所示：

表3

Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
从机地址	功能码	寄存器起始地址高字节	寄存器起始地址低字节	寄存器数量高字节	寄存器数量低字节	CRC 低字节	CRC 高字节
0x3A	0x03						

S7-1200对超声波控制器单个寄存器进行写操作时，

其命令帧为表4所示：

表4

Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
从机地址	功能码	寄存器地址高字节	寄存器地址低字节	数据 1 高字节	数据 1 低字节	CRC 低字节	CRC 高字节
0x3A	0x06						

在应用Modbus_Master 函数块时，并不能直接输入命令帧中的功能码。Modbus_Master 指令使用 MODE输入而非功能码输入。MODE和Modbus地址一起确定实际Modbus 帧中使用的功能码[1]，如表5中列出了部分内容。

表5 MODE、Modbus功能和Modbus地址之间的关系

MODE	Modbus 功能	数据长度	操作和数据	Modbus 地址
0	01	1 到 2000 1 到 1992 ¹	读取输出位： 每个请求 1 到 1992 或 2000 个位	1 到 9999
0	02	1 到 2000 1 到 1992 ¹	读取输入位： 每个请求 1 到 1992 或 2000 个位	10001 到 19999
0	03	1 到 125 1 到 124 ¹	读取保持寄存器： 每个请求 1 到 124 或 125 个字	40001 到 49999 或 400001 到 465535
0	04	1 到 125 1 到 124 ¹	读取输入字： 每个请求 1 到 124 或 125 个字	30001 到 39999
104	04	1 到 125 1 到 124 ¹	读取输入字： 每个请求 1 到 124 或 125 个字	00000 到 65535
1	05	1	写入一个输出位： 每个请求一位	1 到 9999
1	06	1	写入一个保持寄存器： 每个请求 1 个字	40001 到 49999 或 400001 到 465535
1	15	2 到 1968 2 到 1960 ¹	写入多个输出位： 每个请求 2 到 1960 或 1968 个位	1 到 9999
1	16	2 到 123 2 到 122 ¹	写入多个保持寄存器： 每个请求 2 到 122 或 123 个字	40001 到 49999 或 400001 到 465535

(2) Modbus功能

根据命令帧的格式可知，该项目所涉及的功能码为3或6。想要把Modbus功能设为3或6，命令帧中的寄存器地址就要转换为表中所要求的Modbus地址：40001到49999，或者400001到465535。

本文采用“40001到49999”。

超声波控制器的寄存器地址始于0x00，通过两步，将其转换至“40001到49999”：

第一步：将寄存器原地址由16进制转换为10进制。

第二步：加上40001。

转化前后的寄存器地址分别参见表6中的“寄存器原地址”和“寄存器新地址”两列。

2.通信地址

寄存器新地址确定后，进一步对“S7通信”的地址和“Modbus通信”的地址进行整体规划，使得在编写程序时更加具有条理性，更加高效，且不易出错，如表6所示。

表6 通信地址

地址规划表			Modbus写		PUT		
			GET		Modbus读		
			→		→		
变量名	寄存器 原地址	数据 类型	828D(ADDR)	S7-1200(RD)	寄存器 新地址	S7-1200(SD)	828D(ADDR)
设备启停	0x04	INT	DB4900.DBW14	DB60.DBW18	40005	DB70.DBW18	DB9043.DBW18
通讯连接	\	INT	DB4900.DBW28	DB60.DBW22	\	DB70.DBW22	DB9043.DBW22
控制模式	0x00	INT	DB4900.DBW10	DB60.DBW10	40001	DB70.DBW10	DB9043.DBW10
功率	0x01	INT	DB4900.DBW12	DB60.DBW12	40002	DB70.DBW12	DB9043.DBW12
终止频率	0x02	INT	DB4900.DBW16	DB60.DBW14	40003	DB70.DBW14	DB9043.DBW14
起始频率	0x03	INT	DB4900.DBW20	DB60.DBW16	40004	DB70.DBW16	DB9043.DBW16
手动频率	0x05	INT	DB4900.DBW24	DB60.DBW20	40006	DB70.DBW20	DB9043.DBW20
烟雾除尘	\	INT	DB4900.DBW30	DB60.DBW24	\	DB70.DBW24	DB9043.DBW24
谐振频率	0x0A	INT	\	\	40011	DB70.DBW30	DB9043.DBW30
工作状态	0x0B	INT	\	\	40012	DB70.DBW32	DB9043.DBW32
报警类型	0x13	INT	\	\	40020	DB70.DBW48	DB9043.DBW48
终止频率	0x1A	INT	DB4900.DBW18	DB60.DBW62	40027	DB70.DBW62	DB9043.DBW62
起始频率	0x1B	INT	DB4900.DBW22	DB60.DBW64	40028	DB70.DBW64	DB9043.DBW64
手动频率	0x1C	INT	DB4900.DBW26	DB60.DBW66	40029	DB70.DBW66	DB9043.DBW66
谐振频率	0x1D	INT	\	\	40030	DB70.DBW68	DB9043.DBW68

3. 辅助功能通信地址

另外，作为828D系统PLCI/O点的补充，S7-1200 PLC本体集成I/O点完全可以充分利用起来，这也有利于设计中的模块化，工程化，现场施工也更具有条理性，程序可读性也更好。项目中将S7-1200 PLC本体集成I/O点用于辅助功能的逻辑控制，地址规划如表7和表8所示。

表7 输入信号的地址

地址规划表		PUT	
变量名	数据 类型	S7-1200 (SD)	828D (ADDR)
除尘器供电	BOOL	I0.0	DB9043.DBX116.0
超声供电	BOOL	I0.1	DB9043.DBX116.1
电子锁按钮	BOOL	I0.2	DB9043.DBX116.2
前门关闭	BOOL	I0.3	DB9043.DBX116.3
\	BOOL	I0.4	DB9043.DBX116.4
\	BOOL	I0.5	DB9043.DBX116.5
\	BOOL	I0.6	DB9043.DBX116.6
\	BOOL	I0.7	DB9043.DBX116.7

表8 输出信号的地址

地址规划表		GET	
变量名	数据 类型	828D (ADDR)	S7-1200 (RD)
除尘器启动	BOOL	DB9043.DBX117.0	Q0.0
\	BOOL	DB9043.DBX117.1	Q0.1
\	BOOL	DB9043.DBX117.2	Q0.2
\	BOOL	DB9043.DBX117.3	Q0.3
电弧加工状态	BOOL	DB9043.DBX117.4	Q0.4
电子锁线圈	BOOL	DB9043.DBX117.5	Q0.5
外部控制端口	BOOL	DB9043.DBX117.6	Q0.6
电子锁按钮灯	BOOL	DB9043.DBX117.7	Q0.7

4.新建数据块

根据上节所述的地址规划，新建DB60、DB70数据块，数据块类型为全局，并取消“优化的块访问”，如图3所示，因为不允许在具有优化访问的块中对数据进行绝对寻址。

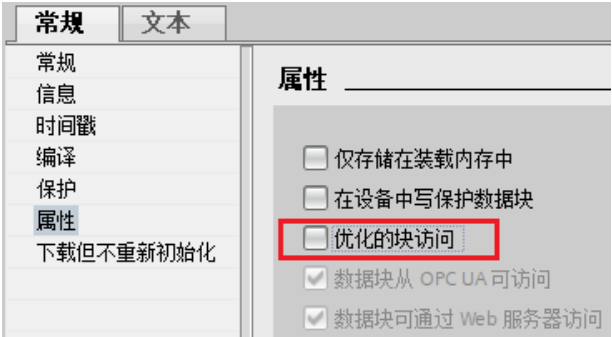


图3 取消“优化的块访问”

5.网络IP地址（见表9）

表9

	IP 地址
828D X130端口	10.89.27.151
S7-1200 PN口	10.89.27.150
计算机	10.89.27.149

6. PC侧设置

设置TCP/IPv4属性的IP地址，同时关闭计算机防火墙，如图4所示。



图4 计算机IP与防火墙

四、S7通信设置

S7通信设置主要有828D侧设置和S7-1200侧设置，其中主要是S7-1200侧设置。

1. 828D侧设置

对于X130端口，设置S7通讯（TCP/102）防火墙例外以及IP地址，如图5和图6所示。

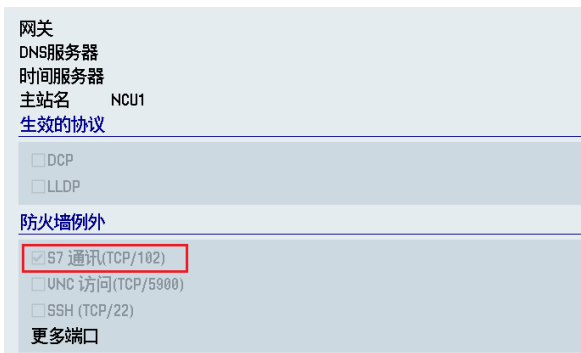


图5 防火墙例外

TCP/IP配置			
	公司网络X130	NCU 服务X127	NCU 服务X127
平均可用性	100.00%	0.00%	0.00%
计算机名称	-	-	ncu-ibn
DNS名称	-	-	ncu-ibn
MAC地址	00:1c:06:76:22:02	00:1c:06:76:22:04	00:1c:06:76:22:04
地址类型	手动 - 关	DHCP - 服务器	DHCP - 服务器
IP地址	10.89.27.151	192.168.215.1	192.168.215.1
子网掩码	255.255.255.0	255.255.255.224	255.255.255.224
DHCP服务器	-	-	-
DHCP服务器	-	-	-
状态	-	-	-
DHCP同步方式	-	-	-
DNS服务器 1	-	-	-
DNS服务器 2	-	-	-
网关	-	-	none

图6 X130端口IP地址

2.S7-1200侧设置

这一部分是通过TIA Portal软件来进行的，下面以TIA Portal V16为例说明。

(1) 添加新设备

添加CPU：打开TIA Portal V16-新建项目-添加新设备-控制器-CPU 1214C DC/DC/RLY，6ES7 214-1HG40-0XB0，如图7所示。

设置以太网地址：属性-常规-profinet接口[X1]-以太网地址，单击“添加新子网”并生成子网名称：PN/IE_1，填写IP地址：10.89.27.150，如图8所示。

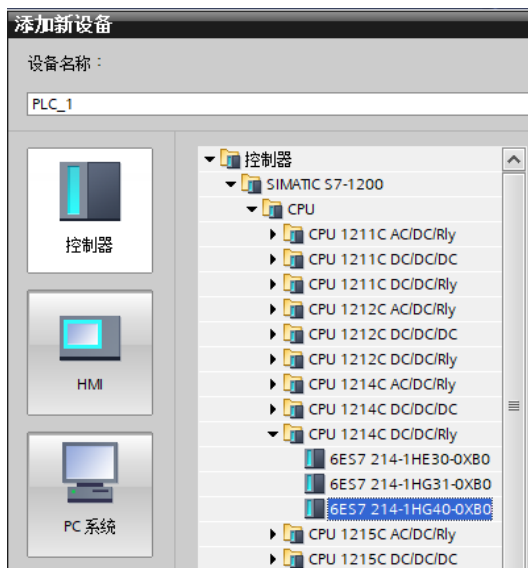


图7 添加CPU

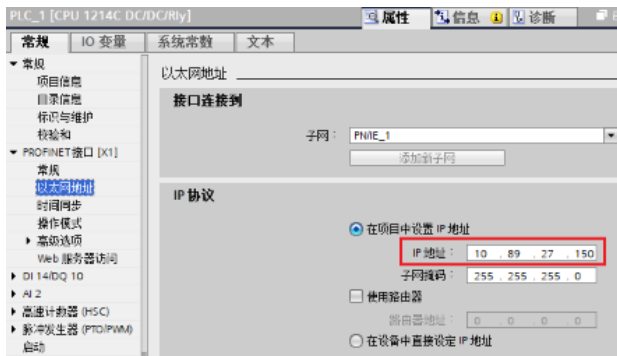


图8 S7-1200 PN/IP设置

(2) GET指令

GET指令用于从远程CPU读取数据，即从828D读取数据。调用该指令的路径为：指令-通信-S7通信-GET，同时，如图生成背景数据块。接着，开始组态，如图9和图10所示。

块参数用来定义程序块的函数引脚，如表10所示。

表10 块参数设置

引脚地址	含义	备注
REQ	启动请求	M0.5，通过上升沿信号启动操作，这里为1Hz时钟。
ADDR	读取区域	指向待读取伙伴 CPU（即828D）中的区域，参见表6通信地址。
RD	存储区域	指定本地（即S7-1200）CPU地址区用于接收数据，参见表6通信地址。
NDR	请求已完成	指示请求是否已成功完成。如果状态参数 NDR 的值变为“1”，则表示该动作已经完成。
ERROR	错误位	(1) ERROR=0的情形。 STATUS=0，正常；STATUS≠0，警告。
STATUS	错误信息	(2) ERROR=1的情形，出错。 STATUS为错误的具体信息。

这里，保存ERROR=1时STATUS的信息，便于调试诊断，如图12所示。

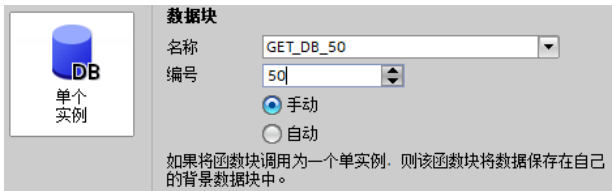
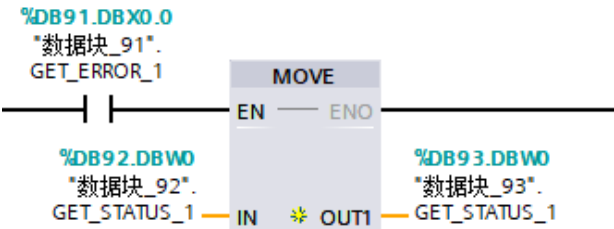


图9 背景数据块

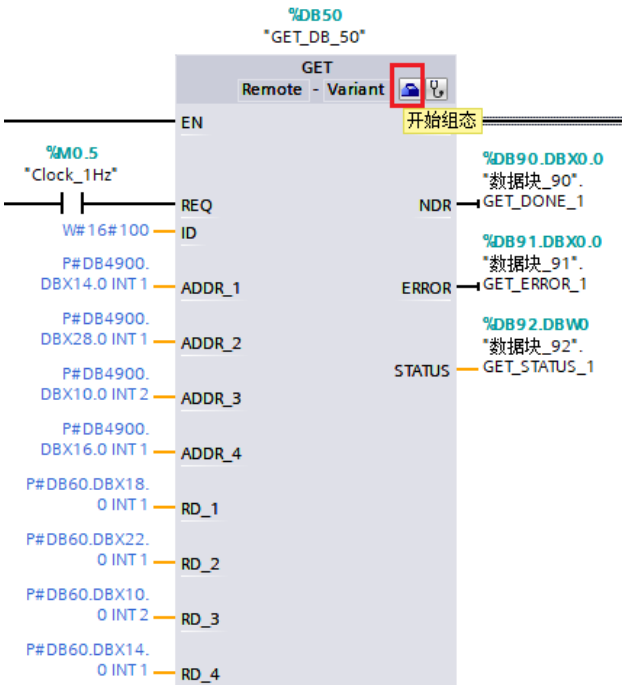


图10 开始组态

a) 连接参数设置

设置伙伴地址，即828D X130端口地址：10.89.27.151，如图11。

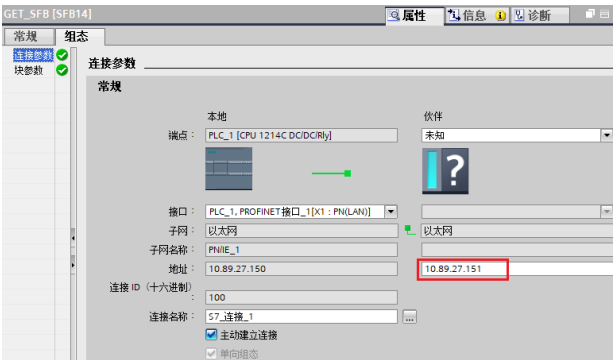


图11 伙伴地址

b) ID号

伴随着GET指令块的建立，本地ID号会自动生成并自动设置于ID引脚，比如该项目中ID号为W#16#100。

c) 块参数设置

篇幅原因，这里只列出部分引脚的设置，如图13所示。



图13 部分引脚设置

d) S7连接设置

设置伙伴的机架/插槽为0 2。路径为：设备和网络-网络视图-连接-属性-常规-地址详细信息，如图14所示。这里若设置不当，执行GET时有16#19报警。

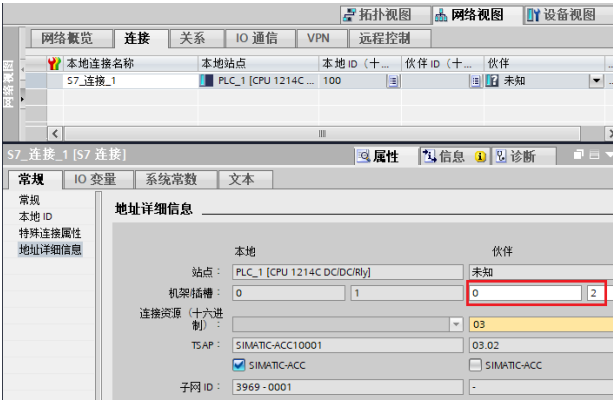


图14 机架/插槽

(3) PUT指令

PUT指令用于向远程CPU写入数据，即向828D写入数据。与GET指令是同样的道理，这里不做赘述。

五、MODBUS-RTU通信设置

MODBUS-RTU通信设置是在S7-1200侧进行的。

1.添加通信模块

单击设备组态-硬件目录-通信模块-点到点- CM1241 (RS485/422)，6ES7 241-1CH32-0XB0，如图15所示。

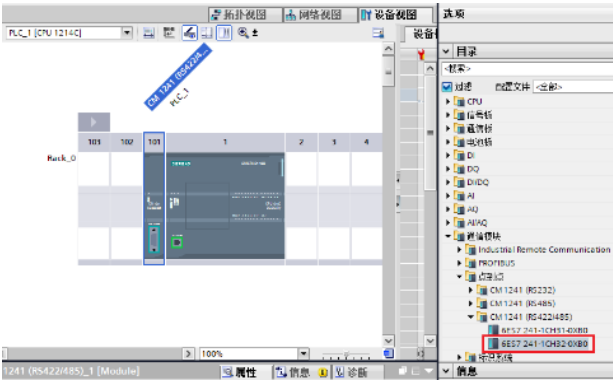


图15 添加通信模块

对该通信模块进行端口组态：单机该模块-属性-常规-RS485/422接口-端口组态，该模块与超声波控制器连接，根据超声波控制器厂家所提供的数据进行设置，如图

16所示。其中，

- 操作模式：半双工（RS-485）2线制模式
- 波特率：38400bps
- 数据位：8
- 校验位：无校验
- 停止位：1

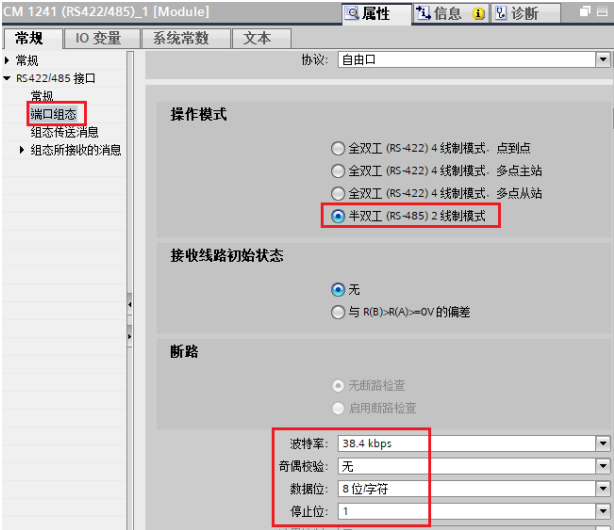


图16 端口组态

2.端口初始化编程

指令路径为：通信-通信处理器-MODBUS (RTU)，调用指令Modbus_Comm_Load，并自动或手动生成背景数据块：“Modbus_Comm_Load_DB_1”，即DB1。该指令用来组态Modbus的端口，即通过 Modbus RTU 协议对用于通信的通信模块CM1241 (RS485/422) 进行组态，以便 Modbus_Master指令可以使用该端口进行通信，如图17所示。

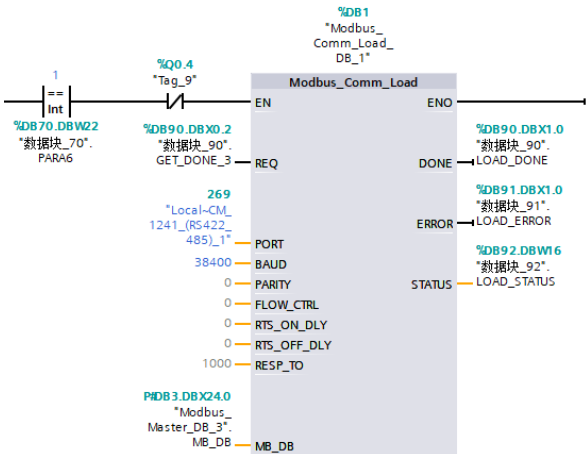


图17 端口初始化

(1) 输入输出引脚地址分配（见表11）

表11		
引脚地址	含义	备注
EN	使能端	通信连接
REQ	请求	M0.5，通过上升沿信号启动操作，这里为1Hz时钟
PORT	通信端口的硬件标识符	269
BAUD	波特率	38400
PARITY	奇偶检验选择	0
FLOW_CTRL	流控制选择	0
RTS_ON_DLY	RTS延时选择	0
RTS_OFF_DLY	RTS关断延时选择	0
RESP_TO	响应超时	1000
MB_DB	Modbus_Master所用背景数据块	"Modbus_Master_DB_3".MB_DB
DONE	完成位	执行正确完成后保持为TRUE 一个扫描周期
ERROR	错误位	错误时保持为TRUE 一个扫描周期
STATUS	错误代码值	错误代码仅在 ERROR = TRUE 的周期内有效

其中，单击CM1241-属性-系统常数，可知硬件标识符为269，此即PORT引脚的设置，如图18所示。



图18 硬件标识符

MB_DB 参数必须与Modbus_Master或 Modbus_Slave 指令的MB_DB 参数相连。

(2) 操作模式

数据块DB1中有一个Static变量：MODE。该变量表示操作模式，需要设置为4，表示半双工操作模式，如图19所示。

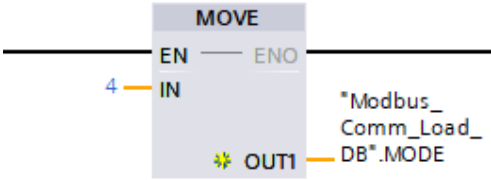


图19 操作模式

3.创建写指令

指令路径为：通信-通信处理器-MODBUS（RTU），调用指令Modbus_Master，并自动或手动生成背景数据块：“Modbus_Master_DB_3”，即DB3，如图20所示。

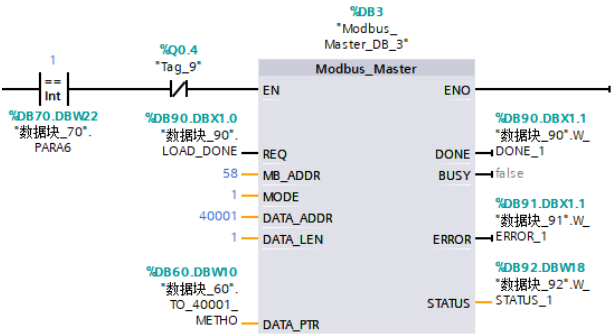


图20 Modbus_Master指令

输入输出引脚地址分配如图20所示，各引脚含义见表12。

表12 引脚含义

引脚地址	含义	备注
EN	使能端	通信连接和相关互锁
REQ	请求	Modbus_Comm_Load的完成脉冲DB90.DBX1.0
MB_ADDR	从站地址	由超声发生器说明书可知0x3A，即十进制58
MODE	请求类型	写入
DATA_ADDR	从站中的起始地址	40001
DATA_LEN	数据长度	1，类型：int
DATA_PTR	指向要写入或读取的数据的M或DB地址	DB60.DBW10，参见表6通信地址
DONE	完成位	执行正确完成后保持为TRUE 一个扫描周期
BUSY	执行位	操作正在进行，这里没有指定
ERROR	错误位	错误时保持为TRUE 一个扫描周期
STATUS	错误代码值	错误代码仅在 ERROR = TRUE 的周期内有效

4.创建读指令

仍然调用指令Modbus_Master，输入输出引脚地址MODE=0。与创建写指令是同样的道理，这里不做赘述。

5.轮询

RS485采用半双工传输[2]，同一周期只能有一条报文存在于线路中，主站发送报文，因此要用到轮询。

如图1基本框图中，S7-1200PLC中含有多个Modbus_Master指令调用，必须确保在任意给定时间，只有一个调用处于激活状态。因此需要通过上一条指令输出位

“DONE=1”来触发下一条指令。
至此S7-1200PLC可编译，下载，运行。

六、小结

以S7-1200PLC为纽带，实现了S7协议和828D之间，S7协议和MODBUS-RTU之间的互联互通和信息交换，进而实现了828D和超声控制器之间的协同工作和信息共享，原数控机床实现了稳定高效的超声加工功能。该方法也可

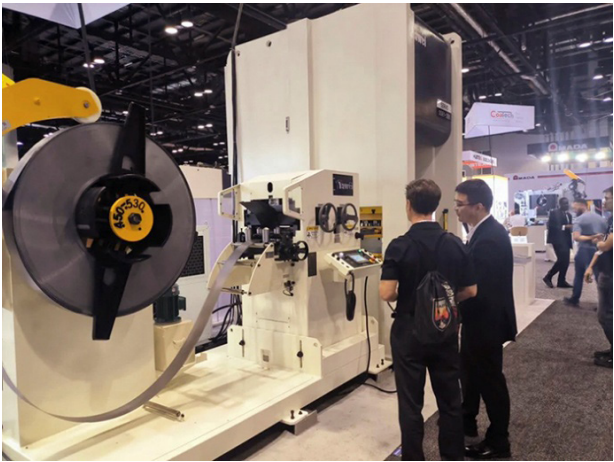
以应用于其他类似场合，比如，对于相关的力传感器、流量传感器数据的读取，就可以参考本文所述方法或者文中描述的部分章节，思路简洁，且易于实现。本文旨在抛砖引玉，触类旁通。□

参考文献
[1]系统手册 S7-1200可编程控制器_201609_chs:1357.
[2]徐涛.流量计 RS485 接口通讯程序的设计与实现[J]信息通信, 2017 年第 3 期: 69.

资讯

亚威等多家企业海外参展拓市场

2024年10月15-17日，亚威股份携旗下高端伺服压力机等产品参加在美国奥兰多举办的FABTECH 2024（北美国际金属加工展览会）。作为行业领军企业之一，亚威此次展示了其先进的制造技术和优质产品，引起了众多参观者的驻足。其重点展出的高性能伺服压力机，由高精度伺服电机驱动，采用全闭环控制、直驱技术，可以提高冲压精度，具有高柔性、高效率，低能耗的特点，广泛应用于汽车、白色家电、3C电子等领域的金属成形加工。亚威自2005年进入美国市场以来，通过持续深耕，在当地树立了深得信赖的中高端品牌形象，得到了客户的广泛好评。



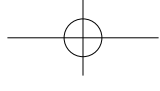
据了解，本届FABTECH展会吸引了来自全球各地的制造商和工程师前去参观交流。大族光子（大族激光旗下全资子公司）携新一代6000W光纤激光器及ABS系列光纤激光器2000/2000等产品参展，其6000W高功率光纤激光器所提供的高效切割解决方案，受到了海外客户的一致好评。



同样在该展会，星汉激光也以自主研发的焊接产品和定制化产品案例展示了公司实力，带来最新的激光技术解决方案。

此外，当地时间10月8日，2024北美电池展（The Battery ShowNorth America）拉开帷幕，作为锂电高端智造设备领域的代表企业之一，海目星以全面展出的前沿智造解决方案与最新技术成果，吸引了众多汽车、电池行业国际知名客户驻足交流。海目星围绕“高安全、高质量、可持续性”等用户领域关键痛点，集中展示“极耳激光切解决方案、方形电池装配解决方案、电池干燥解决方案、动力和储能电池的模组/PACK解决方案”，与多方客户合力探寻锂电智造进阶的“最佳路径”。此外，海目星精心展出了激光模切、激光裁切、狭缝极耳切、转接片焊接等13类激光技术样品，让观众直观感受到其技术实力。

另据了解，百超迪能（境外品牌“DNE LASER”）也将参加德国汉诺威第27届国际金属板材加工技术展览会（Euro BLECH 2024，10月22-25日），将以较大面积展出旗下多款智能装备——D-Trans、D-Soar、D-Tube 220、C-Bend、Handheld laser welder，凸显百超迪能在金属加工领域的深厚实力。以大族激光为代表的众多激光企业也将参展该展会。



复合车铣加工中心实现双C轴 高精度运行的研究

通用技术集团机床工程研究院有限公司沈阳分公司 王东 辉凌爽

【摘要】为实现复合车铣加工中心在铣削时C轴有更高的分度精度，这样的复合车铣加工中心一般都是通过齿轮传动，常时间转换会给设备带来机械磨损，从而导致机械精度下降，但是独立的双C轴传动机构，可以减少或者避免机械磨损，并且采用主从控制，保持高精度铣削分度。C轴传动机构前端的齿轮通过油缸的拉动与主轴后端的齿轮啮合，每个C轴都有独立的齿轮，再设定的位置内进行齿轮啮合脱开转换。本文主要论述采用西门子840D SL系统实现双C轴实现高精度铣削分度加工。

1. 前言

本文将基于西门子数控系统以复合车铣加工中心的车铣转换为例，系统地讲解复合车铣加工中心车铣转换及提高转换后精度的方法。首先本文将详细阐述车铣转换的机械结构；其次阐述车铣转换时应用的PLC、NC参数及异步子程序调用；最后阐述实例应用。

2. 车铣转换机械结构设计

目前国内外多个机床厂家生产的复合机床用到得C轴传动机构是单齿轮传动。单齿轮传动结构简单且价格便宜，但是车铣转换不稳定，故障率高。这样的结构虽然能实现车铣转换，但是啮合齿轮动作会有磨损，从而会加大传动齿轮之间的间隙，长时间运行会影响C轴的精度，如图1所示。

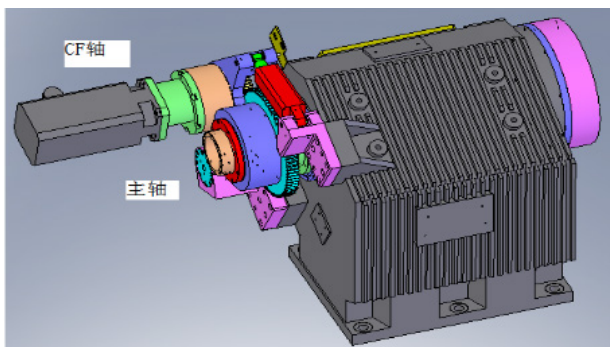


图1 传统C轴传动机构

为了提高复合车铣加工中心的C轴精度，我院在大量的客户回访和实体设备的验证下，最后在机械设计和电气设计共同的研究下，为HTM80系列复合车铣加工中心设计了一款新型双C轴传动机构如图2所示。西门子1PH8交流主电机通过弹性联轴器与主传动机构之间连接，主轴采用两挡减速机，两个C轴采用西门子1FT7伺服电机驱动，分别通过各自的减速机降速后，在油缸的前后运动时，主轴进行震荡，带动两个小齿轮分别与主轴上大直齿轮啮合。主轴后端安装有西门子角度编码器，该编码器作为主轴速度反馈和位置反馈，而C轴则采用海德汉绝对值圆光栅独立检测。C轴的两个传动杆与卡盘啮合到位及脱开到位均有各自的接近开关检测。相较传统的机械结构，多一组检测开关，能够提高车铣转换的稳定性。车铣转换可以通过手动方式和自动方式实现，两种方式均通过异步子程序调用NC子程序。C轴采用西门子双伺服电机主从控制，从而达到消除目的，并且提高C轴的精度。

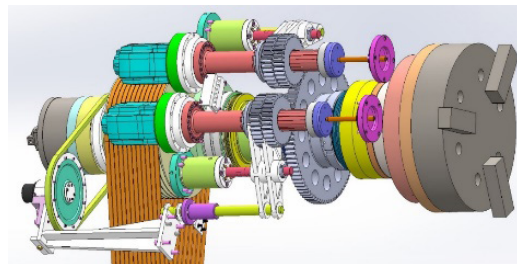
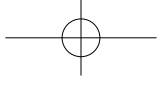


图2 (HTM80系列C轴传动机构)



3. NC参数设置

车铣转换的啮合动作是NC与PLC共同完成的，需要NC与PLC数据交换，因此要修改快速输入输出相关的机床数据；另外两个C轴需要设置为主从控制，也要修改相应的机床数据。需要修改的机床数据如下：

MD10350 \$MN_FASTIO_DIG_NUM_INPUTS=6

NCK有效的数字输入字节数

MD10360 \$MN_FASTIO_DIG_NUM_OUTPUTS=6

NCK有效的数字输出字节数

MD37250 \$MA_MS_ASSIGN_MASTER_SPEED_CMD=5（只从动轴设置）
转速设定值同步中的主动轴

MD37252 \$MA_MS_ASSIGN_MASTER_TORQUE_CTR=5（只从动轴设置）
主从转矩控制中的主动轴

MD37262 \$MA_MS_COUPLING_ALWAYS_ACTIVE=1

主从控制持续激活/暂时激活

4. 异步子程序

首先PLC激活主轴震荡，然后分别推动小齿轮啮合，通过两个啮合开关来判断是否啮合完毕，4秒内如果没有啮合到位，将执行脱开指令并重复啮合，直到动作完成。啮合开关状态会结束主轴震荡，整个程序利用异步子程序处理，利用操作面板按钮调用，也可用M指令调用，用M指令调用需设置以下参数：

MD10715 \$MN_M_NO_FCT_CYCLE=88（整数）

MD10716 \$MN_M_NO_FCT_CYCLE_NAME=ASUP_C1（子程序名）

这样，在MDA或自动状态下，也能实现加工中心的车铣转换，异步子程序ASUP_C1.SPF如下所示：

```
IF $A_IN[31]==1 AND $A_IN[33]==1GOTOF CLINK
```

```
IF $A_IN[32]==1 AND $A_IN[34]==1GOTOF CUNLINK
```

```
-----
```

```
;----$A_IN[31] C1脱开开关----
```

```
;----$A_IN[33]C2脱开开关----
```

```
;----$A_IN[32]C1啮合到位开关----
```

```
;----$A_IN[34]C2啮合到位开关----
```

```
-----
```

```
GOTOF END
```

```
; ---啮合动作---
```

```
CLINK:
```

```
M1=42
```

```
M66 ; PLC激活主轴震荡
```

```
M48 ; C1啮合
```

```
M28 ; C2啮合
```

```
G4F4
```

```
IF ( $A_IN[32]==1 ) AND ( $A_IN[34]==1 ) ; 检测啮合开关
```

```
GOTOF END
```

```
ENDIF
```

M47 ; C1脱开

M27 ; C2脱开

G4F1

GOTOF CLINK:

; ---啮合动作---

CUNLINK:

M27

M47

G4F0.5

GOTOF END

END:

M17

边旋转边啮合可以有两种方式，C轴旋转和主轴旋转。下面主要论述主轴旋转时的啮合。首先通过PLC切断两个C轴的使能，然后通过M66指令使主轴进入震荡模式，同时分别执行M28和M48辅助功能指令使C轴传动机构与主轴齿轮啮合。当两个啮合开关全部到位后，先通过PLC停止主轴震荡，并且去掉主轴使能，最后加载两个C轴的使能。啮合完成后，C轴会显示有剩余的余程，我们可以在子程序通过NC指令“DELDTG”进行删除，也可以在PLC中激活DB35.DBX2.2进行删除，最后完成啮合动作。

5. PLC程序编制

主轴震荡及C轴使能、测量系统及余程PLC程序。

```
A DB21.DBX 202.2
```

```
FP M 70.0
```

```
S DB300.DBX 222.0
```

```
CALL FC 18
```

```
Start :=DB300.DBX222.0
```

```
Stop :=FALSE
```

```
Funct :=B#16#3
```

```
Mode :=B#16#6
```

```
AxisNo:=6
```

```
Pos:=0.000000e+000
```

```
FRate :=MD184
```

```
InPos :=M190.0
```

```
Error :=M190.1
```

```
State :=MB192
```

图3是C轴啮合时的时序图，目前研究的是主轴震荡，然后分别执行C1轴啮合和C2轴啮合，根据时序图处理各个动作的顺序及每个伺服轴使能通断顺序，保证系统在激活使能时不会有报警，其中T是断主轴使能后给C1、C2轴使能的时间，理论上越小越好，经测试200ms为最佳时间。

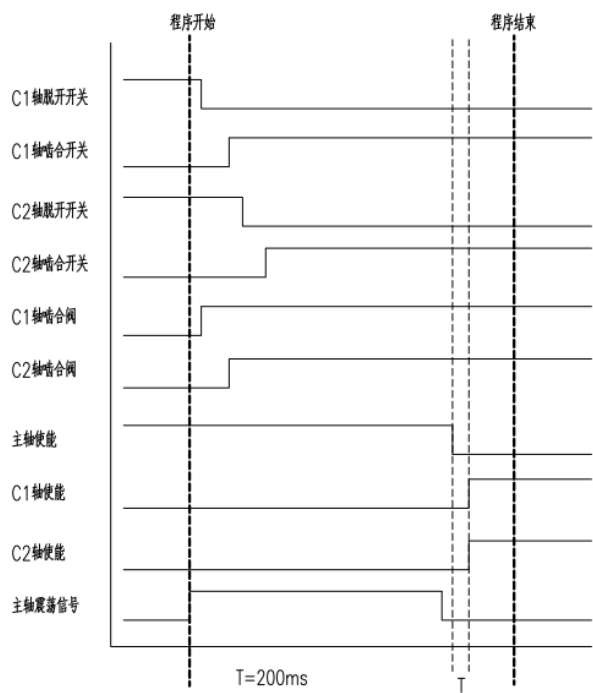


图3（PLC时序图）

在上述PLC中增加如下的PLC程序。图3为啮合脱开过程中PLC每个信号的时序图。

```
A Q 114.2
+E54-XG3:4    -- C1轴啮合
A I 105.2
+E54-XG3    -- C1啮合开关
FP M 112.3
O(
A Q 114.3
+E54-XG4:4    -- C1轴脱开
A I 105.3
+E54-XG4    -- C1脱开开关
FP M 112.4
)
O(
A DB256.DBX 2.1 "Axis_gen".A_ContrEnable
-- Controller enable
FP M 112.5
```

```
)
O(
A(
A Q 114.2
+E54-XG3:4    -- C1轴啮合
A I 105.2
+E54-XG3    -- C1啮合开关
L S5T#200MS
SD T 62
NOP 0
NOP 0
NOP 0
A T 62
)
FP M 112.6
)
= DB256.DBX 2.2 "Axis_gen".A_DelDTGSpReset
-- Delete distance to go/Spindle-Reset
S DB300.DBX 221.6 "lm".lk_11_1_6
```

6. ASUP异步子程序的调用ASUP相关参数

MD10702 \$MN_IGNORE_SINGLEBLOCK_MASK避免单步模式停止在特定程序段上

```
Bit0=1 Bit1=1 Bit4=1
MD11450 MN_SEARCH_RUN_MODE
Bit1=1；程序搜索后，自动启动 MD11620定义的异步子程序
```

MD11602 \$MN_ASUP_START_MASKASUP异步子程序启动

```
Bit0=1 Bit1=1
MD11604 $MN_ASUP_START_PRIO_LEVEL
ASUP_START_MASK开始生效的优先级
```

MD19340 PROG_MASK功能选项授权参数 Bit2=1

```
(1) ASUP PLC的编写
CALL FB 170 , DB1700 ASUP_WDH
_Start :=I7.5
_ChNo :=1
_Path :=P#DB261.DBX 16.0 BYTE 30
_Path_Name:=P#DB261.DBX 46.0 BYTE 30
_Reset :=I3.7
_No :=W#16#1
_No_start:=1
_FB4_Error:=M48.0
```

0.0		STRUCT	STRUCT
+0.0	STAT0	BOOL	BOOL
+0.1	STAT1	BOOL	BOOL
+0.2	STAT2	BOOL	BOOL
+0.3	STAT3	BOOL	BOOL
+0.4	STAT4	BOOL	BOOL
+0.5	STAT5	BOOL	BOOL
+0.6	STAT6	BOOL	BOOL
+0.7	STAT7	BOOL	BOOL
+1.0	STAT8	BOOL	BOOL
+2.0	STAT9	WORD	WORD
+4.0	STAT10	WORD	WORD
+6.0	STAT11	REAL	REAL
+10.0	STAT12	BOOL	BOOL
+10.1	STAT13	BOOL	BOOL
+10.2	STAT14	BOOL	BOOL
+10.3	STAT15	BOOL	BOOL
+10.4	STAT16	BOOL	BOOL
+10.5	STAT17	BOOL	BOOL
+10.6	STAT18	BOOL	BOOL
+10.7	STAT19	BOOL	BOOL
+11.0	STAT20	BOOL	BOOL
+11.1	STAT21	BOOL	BOOL
+12.0	STAT22	WORD	WORD
+14.0	STAT23	WORD	WORD
+16.0	STAT24	STRING[28]	STRING[28]
+46.0	STAT25	STRING[28]	STRING[28]
+76.0	STAT26	STRING[28]	STRING[28]
+106.0	STAT27	BOOL	BOOL
+106.1	STAT28	BOOL	BOOL
+106.2	STAT29	BOOL	BOOL
+106.3	STAT30	BOOL	BOOL
+108.0	STAT31	WORD	WORD
+110.0	STAT32	WORD	WORD
+112.0	STAT33	BOOL	BOOL
+112.1	STAT34	BOOL	BOOL
+112.2	STAT35	BOOL	BOOL
+112.3	STAT36	BOOL	BOOL
+112.4	STAT37	BOOL	BOOL
+112.5	STAT38	BOOL	BOOL
=114.0		END_STRUCT	END_STRUCT

图4 子程序文件调用

异步子程序调用文件的位置和文件名，在图4中的DB261中直接设置。

此PLC程序是利用按键点动，来执行宏程序，完成啮合脱开的动作。本程序是用单个按键来执行宏程序中的两个动作的，是靠啮合和脱开两个开关转换的。

(2) ASUP宏程序调用

通过一个宏程序的跳转指令，来完成两个动作的切换，而且文件名一定要写入ASUP的PLC中。ASUP是西门子的一种特殊功能，它能更方便更简洁的实现传动机构的动作。

7. 结语

随着数控机床不断发展，加工工艺要求不断增加，复合机床产量的加大已是大势所趋。实现复合机床在铣削时主轴输出更大的扭矩及C轴更高的分度精度，也是我们研究的一个方向。本文就我厂复合机床为实例，提出了提高机床加工精度的方法，限于篇幅有限，其中一些细节问题未能一一详述，仅供业界参考。□

参考文献

[1]Machine data and parameters Parameter Manual[Z].2013/03 .Siemens AG Division Digital Factory
[2]Milling Operating Manual[Z].2017/03.Siemens AG Division Digital Factory
[3]Fundamentals Programming Manual[Z].2017/03.Siemens AG Division Digital Factory
[4]SINUMERIK 840D solution line[Z].2016.Siemens AG Division Digital Factory
[5]SINUMERIK 828D/828D BASIC[Z].2013.Siemens AG Division Digital Factory
[6]siemens, DocOnCDsiemens[Z].2017.Siemens AG Division Digital Factory
[7] SINUMERIK 840D sl Commissioning CNC: ShopMill[Z].2016.Siemens AG Division Digital Factory
[8]SINUMERIK 840D sl Commissioning CNC: ShopTurn[Z].2016.Siemens AG Division Digital Factory
[9]Overview of functions SINUMERIK solution line[Z].2012.Siemens AG Division Digital Factory
[10]Basesoftware and operating software Commissioning Manual[Z].2013/03.Siemens AG Division Digital Factory
[11]Job Planning Programming Manual[Z].2013/03.Siemens AG Division Digital Factory
[12] FB1sl_1015_Basic Function_CN[Z].2015/03.Siemens AG Division Digital Factory
[13] FB2sl_1015_Extend Function_CN[Z].2015/03.Siemens AG Division Digital Factory
[14] FB3sl_Special function-US[Z].2015/03.Siemens AG Division Digital Factory

超长细长轴零件的车削工艺技术探究

通用技术集团机床工程研究院有限公司沈阳分公司 王 帅
沈阳第一机床厂 徐宝军
辽宁轨道交通职业学院 张开学

【摘要】本文以长径比80:1的超长细长轴零件为研究对象，以达到客户要求的加工精度和加工质量为目的，针对该类零件结构特点，不仅考虑了工艺辅助装置、切削用量及刀具对此类零件加工质量的影响，还考虑了加工设备相关部件精度及工艺因素与设备精度相配合对减少加工振动的影响，阐述了该类零件的工艺改进方案和取得的效果，为同类零件的加工工艺改进提供了借鉴。

1. 研究背景及目的

随着装备制造技术的发展，细长轴在各类机械设备中的应用越来越广泛，对加工长径比的比值需求也越来越大，一般车床经常加工的长径比大多数都是在20~25:1。细长轴加工一直是车床加工里的难题，尤其是长径比较大的零件。一般车床经常加工的长径比在20:1以上时就需要使用一些辅助装置。笔者曾经加工过 $\phi 40 \times 2400\text{mm}$ 长的轴，在机床上安装3个中心架才加工合格，长径比达到60:1倍。

近期江苏一公司委托我们单位为其研发一种能够加工长径比在80:1零件的车床。由于图纸涉密，用户没有给具体图纸，只是要求零件加工表面无振纹，长径比在80:1，最小直径 $\phi 10\text{mm}$ ，加工长度达800mm以上，表面粗糙度在Ra6.3以内。零件的长径比大于80，这类零件属于超长细长轴零件。实物图见图1。



图1 超细长轴零件实物图

2. 车削工艺分析

(1) 装夹方式

细长轴零件的装夹方式一般有两种，一种方式是一端用卡盘夹紧，另一端用车床尾架顶尖支承(俗称一夹一顶)；另一种方式是两端均由顶尖支撑(俗称双顶尖)。

(2) 加工方式

细长轴零件车削加工时一般有四种加工方式。

第一种：不借助任何辅助支撑的车削加工。

这种加工方式主要对轴类零件要求不是很高，后序有磨削工序的轴类零件。由于细长轴在车削过程中，其刚性差，在切削力和切削热的作用下，细长轴很容易产生弯曲变形、震动、竹节形、锥度等缺陷。除了上述缺陷外，通常中间还略大一些，两端略小呈纺锤形，中间大多少取决于长径比的倍数，一般情况下成正比，通常情况下在18倍左右的长径比，中间会大0.08~0.15mm左右，跳动值同时也会随着增加。

第二种：借助中心架支撑车削加工。

这种加工方式以增加中心架作为支撑(见图2)，随着长度的增加而增加多个中心架，这种加工方式调整难度较大，需要将若干个支撑点(中心架)调整在同一理论中心线上，否则、加工出来的工件直线度不合格，甚至会在相邻两个中心架位置处出现微小的台阶，这种轴在使用过程中会出现应力集中现象，从而造成轴的断裂。

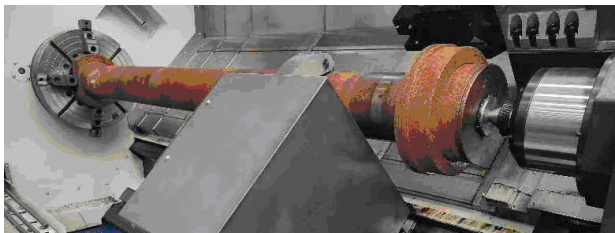


图2 借助中心架车削图

第三种：增加平衡支撑装置车削加工。

这种加工方式对机床配置要求较高，对机床的最基本需求要有上下刀架，双通道，协调性好，通常是四轴及以上机床才能具备这种加工能力（见图3）。这种加工方式精度较高，效率也很高，但生产成本也相应增加。

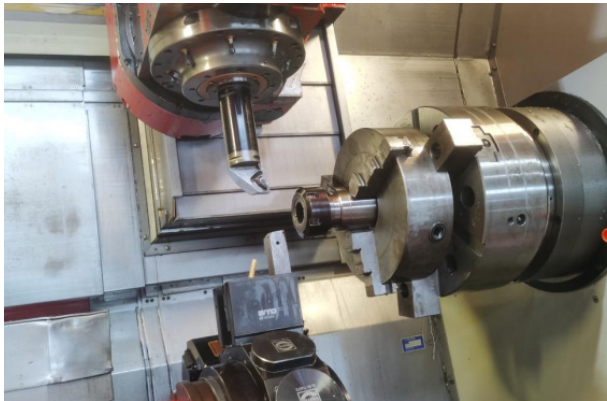


图3 增加平衡支撑装置车削加工图

第四种：配置跟随支撑车削加工。

这种加工方式俗称跟刀架（见图4），这种方法通常被广泛应用在普通机床加工中，并取得较好的加工效果。跟刀架在数控车床中由于受空间的限制很少使用。



图4 跟随支撑车削加工图

（3）合理选择切削用量

切削用量选择的是否合理，对切削过程中产生的切削力的大小、切削热的多少是不同的，引起的变形也是不同的。通过多年的加工经验总结出，在工艺系统刚度确定的

前提下，随着切削深度的增大，车削时产生的切削力、切削热随之增大，引起细长轴的受力、受热变形也增大。因此在车削细长轴时，应尽量选择小切削深度。

进给量增大会使切削厚度增加，切削力增大，但切削力不是按正比增大，因此适当增大进给量能使细长轴的受力变形系数有所下降。如果从提高切削效率的角度来看，增大进给量比增大切削深度有利。

提高切削速度有利于降低切削力。这是因为随着切削速度的增大，切削温度提高，刀具与工件之间的摩擦力减小，细长轴的受力变形减小。但切削速度过高容易使细长轴在离心力作用下出现弯曲，破坏切削过程的平稳性，所以切削速度应控制在一定范围。对长径比较大的工件，切削速度要适当降低。

刀具的几何角度中前角、主偏角和刃倾角对切削力的影响最大，选择合理的刀具角度，能减小车削细长轴产生的弯曲变形，车削时产生的切削力越小越好。

3.车削工艺实施

通过分析客户工件要求，选择一夹一顶装夹方式，车削加工时配跟刀架进行辅助支撑。根据毛坯材料和细长轴加工经验选择了合理的刀具刀片、切削用量和切削速度，进行试切，具体情况见下面详述。

先从20倍长径比开始试切，采用VBMT刀片，刀尖圆角分别为R0.4和R0.2。每5倍长径比为一个试切台阶。试切加工情况见表1。

表1 试切加工情况表

序号	加工参数	测试值	测试值
1	刀尖圆弧	R0.4 mm	R0.2mm
2	切削直径	φ 15mm	φ 14mm
3	切削速度	95m/min	50m/min
4	切削深度（背吃刀量）	0.4 mm	0.3 mm
5	进给速度	0.25~0.35 mm/r	0.35~0.4 mm/r
6	主轴转速	2000 r/min	1100 r/min
7	加工时状态	加工振动严重	加工振动严重

多次试切加工都有较大振动，考虑机床的主轴、卡盘、尾座顶尖、跟刀架及各部件之间位置精度都会使切削时产生振动，这时就考虑机床部件的静态和动态精度是否满足加工需求，对机床精度进行检测与调整。

4. 加工机床精度调整

首先，检测机床的卡盘跳动，具体见图5，使跳动范围在0.01mm以内。同时，检测主轴动平衡，具体见图6，使机床主轴在2000 r/min时，不平衡量不大于15g·mm。



图5 检测机床的卡盘跳动图



图6 检测主轴动平衡图

其次，检查尾座顶尖接触率，通过修磨使其达到80%以上，具体见图7。



图7 检测尾座顶尖接触率图

再次，检查三中心（主轴中心、中心架中心、尾座中心）的重合度，具体见图8，把千分表座安装在刀架上，随着Z轴方向移动，表针压到检棒表面上，检测A、B、C三个位置的上母线和侧母线，通过数据换算使三中心波动范围在0.01mm以内。其中B点检测时需要中心架处于夹紧状态，并且反复夹紧进行测试，精度稳定时统计数据。

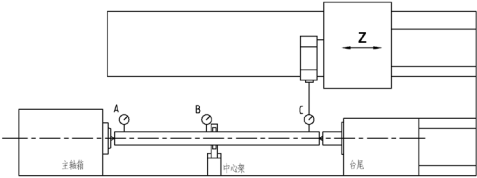


图8 检测三中心重合度图

www.cmtba.org.cn

最后，校对跟刀架在运动过程中的直线度，使其精度在0.01mm以内。确认机床各项精度到达要求后，再次进行试切，试切加工情况见表2。

表2 试切加工情况表

序号	加工参数	测试值	测试值	测试值
1	刀尖圆弧	R0.2 mm	R0.4mm	R0.4mm
2	切削直径	φ 14mm	φ 12.7mm	φ 10.8mm
3	切削速度	30m/min	15m/min	14m/min
4	切削深度（背吃刀量）	0.3 mm	0.3 mm	0.3 mm
5	进给速度	0.35~0.4mm/r	0.35~0.4 mm/r	0.35~0.4 mm/r
6	主轴转速	680 r/min	380 r/min	410 r/min
7	加工时状态	加工振动明显下降	无振动	无振动

随着工件直径的减小，刀尖圆弧略微显大了一些，工件表面粗糙度渐渐下降。分析是线速度直接影响了工件的直线度，说明工件在较大的离心力和切削力的作用下产生了弯曲并引起加工振动。

经过多次反复调整切削参数，最终完成长径比80：1的零件，加工零件见图9和图10，工件直径φ 10.4mm，工件长度835mm，无振纹、细长轴直线度在0.08mm以内，表面粗糙度达Ra3.5，满足客户需求。



图9 工件在机床测量图

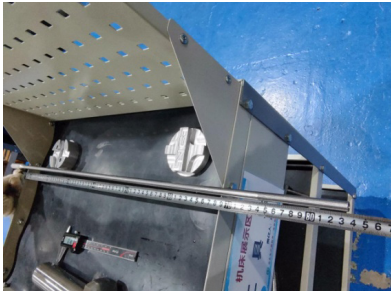


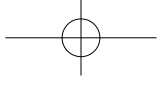
图10 工件加过完成图

5. 结语

经过机械工程师和工艺人员的共同研究和试验，成功避免超长细长轴加工振动现象，突破了这项技术难关。本案例中加工设备与工艺方案的成功应用，不仅满足了国内市场对超长轴类零件加工领域的需求，还为探索超长细长轴加工提供了经验，为车床产品在超长细长轴类零件加工领域的使用赢得了更多的机遇。□

参考文献

[1] 肖海斌, 张巧枝. 微型细长轴类零件的车削加工工艺实践探索[J]. 内燃机与配件, 2022(24): 73-75.
[2] 曹羽. 论超规格加工细长轴的车床加工性能拓展[J]. 内燃机与配件, 2022(24): 93-95.
[3] 梁满营, 吴鑫鑫, 葛新锋. 细长轴切削加工工艺方案研究[J]. 机电工程技术, 2020.09(17): 55-57.
[4] 王鹏, 方芳. 变径超细长轴类零件加工专用机床的设计[J]. 金属加工冷加工, 2020(9): 48-50.
[5] 赵锦伟. 数控车床加工细长轴研究[J]. 科技探索, 2021(11): 153-154.
[6] 刘莹. 提高细长轴加工精度的措施[J]. 模具制造技术, 2022 (12): 53-55.
[7] 李莉平. 细长轴车削加工动态变形研究[J]. 现代制造技术与装备, 2023(9): 104-106.
[8] 尹健, 周晓华, 张露等. 热力耦合作用下双刀车削细长轴的变形分析[J]. 兵工自动化, 2023 (2): 92-96.
[9] 张明艳, 张化平, 马延斌. 装夹方式对细长轴零件车削加工精度影响的分析[J]. 机械制造, 2022 (1): 56-58.
[10] 张正义. 细长轴车削加工尺寸误差分析及补偿研究[D]. 成都: 西华大学, 2015.



卧式车床尾座丝杆轴扭断可能性的研究及优化

陕西工业职业技术学院 朱凌
甘肃天水星火机床有限责任公司 李永真

【摘要】尾座是卧式车床的主要部件，其主要作用是顶持夹紧工件，工件重量的一半由尾座支撑。当工件顶持在机床上后，摇动手轮顶紧工件时，尾座中丝杆轴在使用过程中出现扭断的现象。针对此问题，根据机床尾座结构，机床的运动状态，对尾座进行受力和运动分析，理论计算论证。根据论证结果，明确了扭断的原因，提出相应改进措施。

机床是制造机器的机器，是工业母机。随着科学技术的进步，金属切削机床取得了飞速发展。机床的发展水平是一个国家装备制造业水平的标志，从某种意义上说，反映了一个国家的制造业发展实力，是提升国家综合实力的基础，对国家经济安全和国防建设具有重要影响。卧式车床作为各类金属切削机床之首，广泛应用于各个领域，如航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业。本文针对卧式车床尾座在顶紧工件时曾经出现过的丝杆轴扭断现象，主要通过计算论证，找出轴扭断的原因并重新进行了优化设计，同时通过增加电子测力设备进行保护，杜绝了丝杆轴扭断的现象。

既能车削各种零件的外圆、内孔、端面、车削公制、英制、模数和径节螺纹等，又可满足钻孔、镗孔、扩孔等工艺要求。尾座在机床的整体结构中有着重要的作用，主要是当机床切削工件时顶持和夹紧工件，还可以钻孔等切削工作。如图1机床布局所示，工件由尾座及主轴箱支撑夹紧。尾座支撑工件重量的一半。

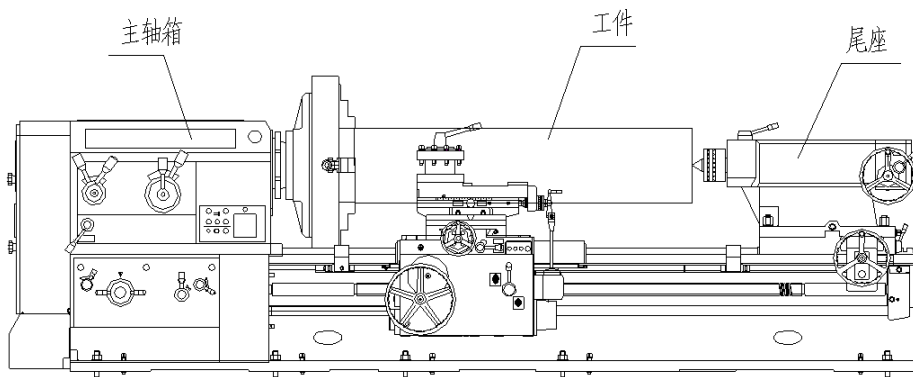


图1 卧式车床外形图

一、尾座在卧式车床的作用

卧式车床可承担各种车削工作，

二、尾座结构运动状态介绍

尾座结构如图2所示，通过摇动手轮1，有两条路线最终使顶尖22伸缩达到顶持夹紧工件的作用。对机床的运动状态分析如下。

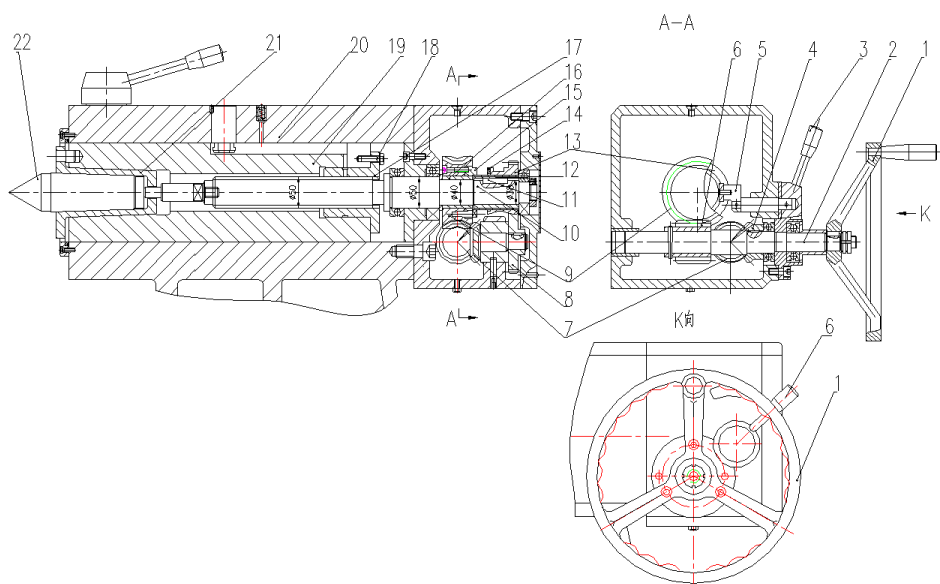
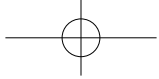


图2 尾座结构图

1. 第一条传动路线（蜗杆蜗轮传动路线）

转动手轮1，轴2上的蜗杆6与蜗轮9转动，此时，蜗轮9空套在套16上，所以当蜗轮9转动时套16不动，此时，转动手柄3，再通过拨叉5拨动滑移齿轮13向左移动（此时齿轮13和齿轮8的传动路线脱开），滑移齿轮13左端面和蜗轮9右端面各装有端齿离合器14和15，当滑移齿轮13左移时，端齿离合器相啮合，齿轮13会随着蜗轮9一起转动，套12和轴10通过键11联接，这样滑移齿轮13通过套12和键11带动尾座丝杆轴10转动，尾座丝杆轴前半部分为T50X8螺纹，而与丝杆相配合的丝母17通过螺钉18固定在尾座套筒19上，当尾座丝杆轴10转动，丝母17的旋转，达到套筒19轴向移动，从而推动顶尖22轴向前移或后退，达到顶紧或松开工件的作用。

2. 第二条传动路线（锥齿轮传动路线）

另外通过上面结构可看出还有一条传动路线达到顶持或松开工件作用，该路线为：转动手轮1，轴2转动时，除前面所述蜗杆和蜗轮传动外，轴上的锥齿轮4转动，带动锥齿轮轴7，带动齿轮8旋转，齿轮8和齿轮13啮合（此时拨叉5拨动滑移齿轮13向右滑移，齿轮13左端面和蜗轮9右端面脱开），齿轮13转动，轴10转动，套筒19前移或后退达到顶持工件的作用。

通过以上介绍，两条传动路线之间转换的关键是：通过拨叉2拨动滑移齿轮13向右或向左移动，通过端齿离合器，齿轮13和蜗轮9的传动路线脱开或啮合，来保证只能有一条传动路线保证套筒前移，当滑移齿轮13左移时齿轮8脱开，蜗杆蜗轮路线通，当滑移齿轮13右移时齿轮13和齿轮8接通，滑移齿轮13和蜗轮9间的离合器脱开，蜗杆蜗轮路线脱开。

三、两条路线运动状态计算

1. 第一条传动路线（蜗杆蜗轮传动路线）的运动计算

设计的参数为：蜗杆6头数 $Z_1=1$ ，蜗轮9齿数 $Z_2=20$ 齿，尾座丝杆轴为

T50×8。

手轮1每转1转：丝杆轴10转数为：手轮转数×(蜗杆头数/蜗轮齿数)=1/20 [1]，套筒轴向移动距离为：丝杆螺距8×丝杆轴转数1/20=8×(1/20)=0.4 mm。

2. 第二条传动路线（锥齿轮传动路线）的运动计算

滑移齿轮13右移传动，锥齿轮4和锥齿轮轴7的齿数模数相同，齿数 $Z_4=Z_7=16$ ，模数 $m=4$ ，齿轮8和齿轮13齿数相同 $Z_5=Z_6=32$ ，模数 $m=3$ 。

手轮1每转1转丝杆轴转数为：手轮转数1×(Z_4/Z_7)×(Z_8/Z_{13})=1，套筒轴向移动距离为：丝杆螺距×丝杆轴转数=8×1=8 mm。

四、丝杆轴在以上运动状态下扭断可能性论证研究

机床长期使用过程中，曾出现丝杆轴10严重变形甚至扭断现象，针对此现象，进行进一步计算论证。

以60° 顶尖为例分析计算，机床设计承重6吨时，工件最大重量为6吨，两条传动路线论证丝杆轴会出现严重变形或扭断现象的可能性。

1. 先以工件为受力对象进行分析

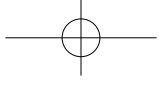
工件受力如图3所示，共受三个力，即工件重力 G ，尾座支撑力 $F_{尾}$ 和主轴支撑力 $F_{主}$ ， $F_{尾}$ 和 $F_{主}$ 在竖直和水平方向的分力分别为： $F_{尾竖}$ ， $F_{尾顶}$ ， $F_{主竖}$ ， $F_{主顶}$ 。

竖直方向： $F_{尾竖} + F_{主竖} = G$ (工件重力)

主轴和尾座对工件的支撑力应相等， $F_{尾竖} = G/2$ 。

水平方向： $F_{尾顶} = F_{主顶} = F_{尾竖} \tan 30^\circ = G/2 \times \tan 30^\circ$

根据经验公式，需要对顶持力进



行安全性修正, 取修正系数 $\mu=1.1$

$$F_{\text{顶}} = F_{\text{尾顶}} \times \mu$$

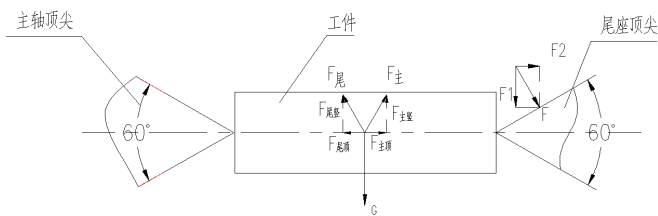


图3 机床夹持工作时的受力示意图

以60°和75°中心孔为例, 工件重量的不同, 分别按上述公式计算顶持力 $F_{\text{顶}}$, 计算结果如表1所示, 由表1的计算结果可知, 两顶尖对工件的最大水平方向的顶持力为19.05 kN, 竖直方向支撑力30 kN。

表1 顶持力 $F_{\text{顶}}$ 计算值

工件重量(t)	1	2	3	4	5	6
顶持力						
60° 顶尖	3.18	6.35	9.53	12.70	15.88	19.05
$F_{\text{顶}}$ (kN)						
75° 顶尖	4.22	8.44	12.66	16.88	21.10	25.32

2. 以尾座顶尖为受力对象进行分析

如图3顶尖部位受力图

$$F_2 = F_{\text{尾顶}} = 19.05 \text{ kN}$$

$$F_1 = F_{\text{尾竖}} = 30 \text{ kN}$$

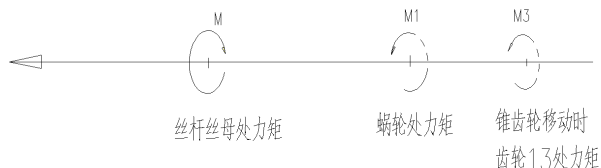


图4 丝杆轴10力矩图

从尾座结构图中可以看出, 尾座丝杆轴10所受力矩如图4所示, F_1 对丝杆10丝母17处的转矩 M , M_1 为丝杆10上蜗轮处力矩, M_3 为丝杆10上锥齿轮路线时齿轮13处的力矩, 根据运动平衡定律相求, 第一条路线时 $M=M_1$, 第二条路线时 $M=M_3$, 若不平衡时, 丝杆丝母会出现转动, 使顶尖伸缩, 而此时由于顶持工件后, 顶尖不能伸缩运动, 只能使丝杆丝母出现转动趋势, 丝母无法转动, 丝杆处于转动趋势, 丝杆因此而扭断。

(1) 先以第一条传动路线(蜗杆蜗轮传动路线)的力学计算。

① 丝杆丝母传动机构扭矩计算

已知: 丝杆外径 $d=50$, 内径 $d_1=40$, 中径 $d_2=46$, 螺距 $t=8$, 取头数 $n=1$, 取摩擦角 $\phi=5^\circ 43' = 5.72^\circ$

α ——中径处的螺纹升角(deg)

S ——丝杠的导程, 设螺纹头数为 n , t 为螺距, 则 $S=nt$
先求出螺纹升角 α ^[2]

$$\tan \alpha = S / (\pi * d_1) = nt / (\pi * d_1) = 1 * 8 / (3.14 * 46) = 0.05539$$

$$\alpha = \arctan 0.05539 = 3.2^\circ$$

设所受的轴向力为 P , 则螺纹中径 d_2 处的圆周力 Q 为

$$Q = P \tan(\alpha + \phi)$$

$$\text{驱动扭矩 } M = P \tan(\alpha + \phi) d_2 / 2$$

丝杆轴10上丝母17处的力矩

$$M = Pr \tan(\alpha + \phi) \quad (\text{其中 } P = F_1 = 19052 \text{ N},$$

$$r = d_2 / 2 = 23) \text{ 代入公式}$$

$$M = 19052 \times 23 \times \tan(3.2^\circ + 5.72^\circ) \times 10^{-3} = 68.9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

② 手轮上力 F_0 的计算

丝杆轴10上丝母17处的力矩 M 和丝杆轴10上蜗轮9处的转矩 M_1 相平衡, 此时 $M_1 = M = 68.9 \text{ N} \cdot \text{m}$; 轴2上的蜗杆6的力矩设为 M_2 ; 根据《机床设计手册》蜗杆与蜗轮转矩关系计算公式为 $T_1 = T_2 / i * \eta$ ^[3], 公式中 T_1 —蜗杆轴转矩, T_2 为蜗轮转矩

对应至本实际结构处 $T_1 = M_2$, $T_2 = M_1$ 蜗轮齿数 $Z_2=20$

蜗杆头数 $Z_1=1$ $i = Z_2 / Z_1 = 20 / 1$ 取转动效率 $\eta = 0.7$

$$M_2 = M_1 / i * \eta$$

$$\text{传动比 } M_2 = M_1 / i * \eta = 68.9 / 20 * 0.7 = 4.9214 \text{ N} \cdot \text{m}$$

手轮直径 $d_0=320 \text{ mm}$, F_0 为施加在手轮1上的力

$$M_2 = F_0 * (d_0 / 2)$$

$$F_0 = 2 * M_2 / d_0 = 2 * 4.9214 / 320 * 10^{-3} = 30.75 \text{ N} = 3.13 \text{ 公斤力}$$

由以上计算可知, 当工件重量为6000公斤, 顶尖顶持工件若要保持平衡, 手轮处需用3.13公斤力摇手轮, 正常情况下, 一般人手摇手轮的力远远大于3.13公斤力。破坏了平衡关系, 使丝杆轴处于相对转动状态, 丝杆丝母会出现转动趋势, 而丝母无法转动, 只能使丝杆转动, 丝杆因此而扭断。

(2) 第二条传动路线(锥齿轮传动路线)力学计算, 此时传动比 $i=1:1$:

此时的运动状态为蜗轮脱开, 齿轮8和齿轮13啮合, 根据图4所示, $M_1=0$, M_3 运动的扭矩平衡关系为 $M=M_3$,

$$\text{手轮力矩 } M_2 = M_3 = M = 68.9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = F_0 * (d_0 / 2)$$

$$F_0 = 2 * M_2 / d_0 = 2 * 68.9 / 320 * 10^{-3} = 430.625 \text{ N} = 43 \text{ 公斤力}$$

由以上计算可知, 当工件重量为6000公斤, 顶尖顶持工件若要保持平衡, 手轮处需用小于43公斤力摇手轮, 与正常情况下一般人手摇手轮的力相近, 能保持平衡关系。

由此可见，在两条传动路线中，尾座处于第一条蜗杆蜗轮传动路线时，破坏了平衡关系，丝杆存在扭断趋势。第二条锥齿轮路线能保持平衡关系，丝杆轴处于安全状态。

五、优化改进结构设计

1. 第一种优化改进方法，改动蜗杆头数为4

从机械理论计算公式推断，在不改变其余结构的情况下，最简单的方法是：改动蜗杆头数为4，按以上计算过程校核如下：

- 1) 丝杆螺母传动机构扭矩不变，力矩 $M=68.9\text{ N}\cdot\text{m}$
- 2) 蜗轮的力矩 $M_1=M=68.9\text{ N}\cdot\text{m}$ ；蜗杆的力矩设为 M_2

$$M_2=M_1/i*\eta$$

$$i=Z_2/Z_1=20/4$$

$$M_2=M_1/5*0.7=68.9/3.5=19.69$$

$$\text{手轮直径}d_0=320\text{ mm}$$

$$M_2=F_0\times(d_0/2),\text{顶紧工件需在手轮上施加的力}F_0$$

$$F_0=(19.69\times2)/(320\times10^{-3})=123.063\text{N}=12.3\text{公斤力}$$

由以上计算可知，当工件重量为6000公斤，顶尖顶持工件若要保持平衡，手轮处需用12.3公斤力摇手轮，在人工手摇力的正常范围内，能保持平衡关系，丝杆处于安全状态。此种改进力学角度满足，但存在的缺陷问题是改变了原结构中蜗杆蜗轮的传动比，改变了整个机构的转速，且当机床顶持工件重量为6000公斤以下的零件时若操作不当上述实际问题仍然存在。为了可靠采用以下改进方法。

2. 第二种优化改进方法，采用先进的电子产品测力仪解决此问题。

根据尾座实际使用情况，当尾座使用第二条传动路线（1:1）时，其目的是尾座套筒快速接近工件，等临近工件时，通过手柄切换至第一传动链（1:20）后开始施加顶紧力，操作时要微量进行调整，此时需要人工时刻观察，手动用力慢慢从小到大逐渐变化。为了提醒操作者，在尾座处安装警示标牌和顶持力标牌，并在尾座处安装测力仪，如图5所示。将工件重量和所需对应顶持力计算出来，数值刻在标牌上，操作者根据顶持力标牌所示力的大小，观察测力仪显示值，当显示值与标牌顶持力相符后停止移动，规范操作，防止丝杆扭断。



图5 测力仪安装图

如图6所示，测力仪由性能优良的AD转换器和单片机组成测量控制系统，并配合高精度力传感器，可对机床尾座力进行测量和加力控制，具有操作简便、功能齐全、可靠性高等特点，可用于对力值的测量和加力控制。具有尾座力监控和报警功能，当尾座力大于设定上限时，上限控制继电器常开接点闭合并报警，当尾座力小于设定下限时，下限控制继电器常开接点闭合并报警。当传感器受力时，输出信号经滤波、放大，送至A/D转换器转换成数字信号，由显示器内部单片微处理机进行数据处理后，显示输出测量结果，并在力值大于设定上限或小于设定下限时控制加力设备，同时给予报警。根据表1制作顶紧力标牌，正确标定测力仪数值，标定结束后用标准测力机检定测试仪表，以确定测试仪表准确度等级。顶紧工件时通过顶尖类型，估算工件重量，对应顶紧值，观察测力仪显示数值，当接近或到达显示值时，停止手轮转动，工件顶紧完成。

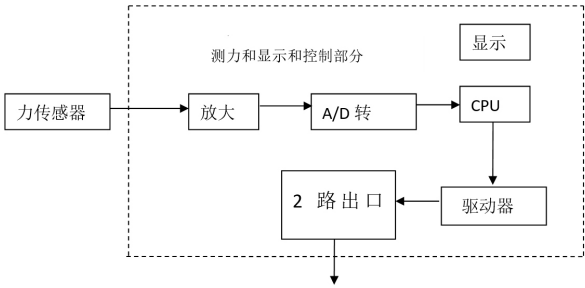


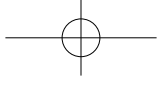
图6 测力仪工作原理图

六、结论

采用先进的电子产品测力仪优化改进后，通过用户现场使用验证，尾座摇动手轮顶紧工件时，尾座丝杆轴在使用过程中扭断现象得以彻底解决。通过这种比较经济、最简化的改进，提升了整机产品质量。□

参考文献

- 1 金属切削机床设计[M], 机械工业出版社,戴曙主编。
- 2 机床设计手册2零件设计(上册) [M],机械工业出版, 1979,《机床设计手册》编写组。
- 3 机床设计手册第五版第3卷(M), 化学工业出版社,2008,成大先 主编



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，轻松自如地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：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

自如地实现将移门归位到完全开门状态或完全关门状态。

2.工作原理及控制方法

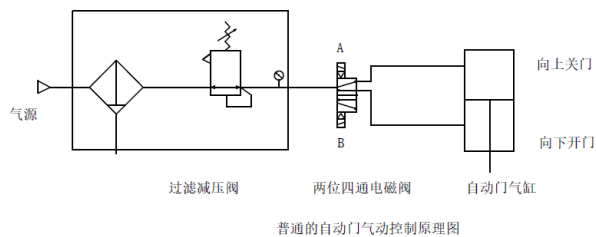


图 1

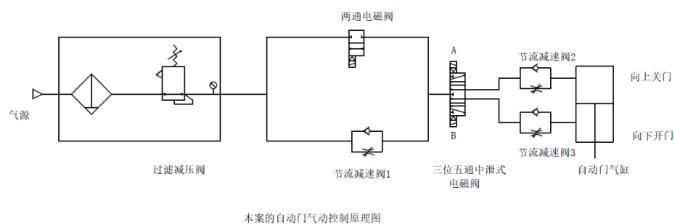


图 2

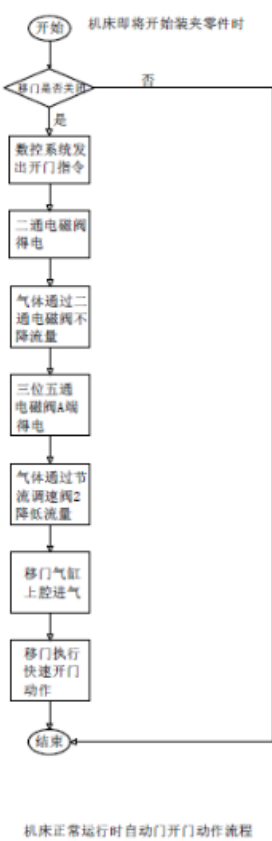
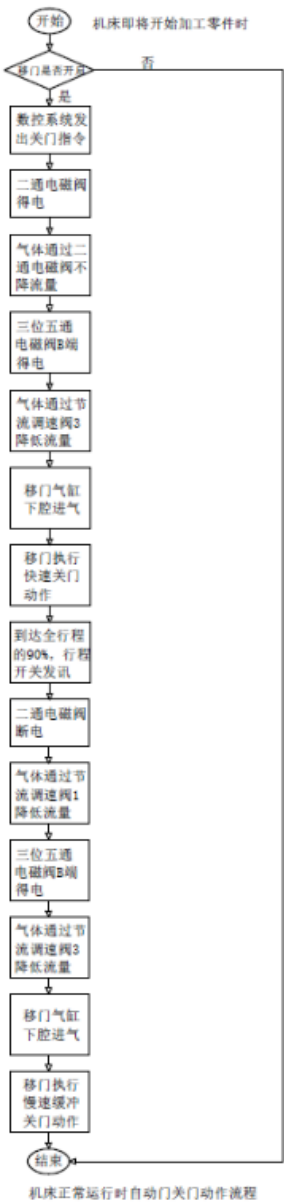


图 3

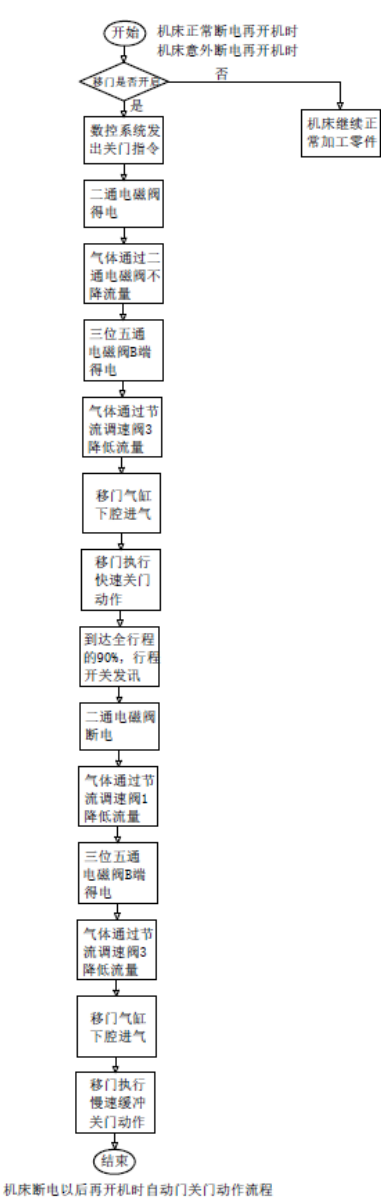


图 4

二、研究内容

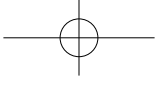
1.工作原理

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：

（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,在必要时可以将节流调速阀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。

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。

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。

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,可以继续正常的加工流程,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。

3. 结语

当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。□

参考文献

- 1、SMC气动控制元件选型样本
- 2、SMC气动执行元件选型样本

浅谈机床产品全生命周期

通用技术集团机床工程研究院
沈阳机床股份有限公司

张 弛
刘士玉

一、引言

根据美国哈佛大学教授雷蒙德·弗农提出的产品生命周期理论，产品和人的生命一样，要经历导入、成长、成熟、衰退、推出的全周期。就机床产品而言，也要经历一个从新产品研发、引入市场、增长、成熟、衰退、下线的过程。随着时代的进步，企业靠几款产品经营多年的局面已经一去不复返，定期推出新品，下线老产品已经成为行业发展的常态。

二、机床新产品研发

机床新品研发一般由营销部门牵头，以市场需求为依托，制定新产品需求、研发建议，组织技术、制造单位专题研讨，确定产品参数、结构及配置，明确销售价格、溢价空间及市场需求预期。之后由技术部门立项，组织开展技术论证、产品设计、图样绘制、制定工艺；研发完成后由公司组织样机制造、样机测试及验收等的相关工作。

新产品验收、检测合格后，由营销部门负责实施产业化承接，负责制定推广计划、竞争促销策略等，负责新产品协议评审、签订合同，做好客户推广、产品维护及服务反馈工作。

机床产品研发基本的实施路线为，市场→设计→工艺→制造→装配→检验→营销→服务→改善，是自上而下的组织流程。

具体的机床产品的设计一般是由设计主管（项目负责人）根据企业决策即机床设计任务书的总体要求来组织实施的，设计主管一般由机械工程师担任，设计过程中设计主管主要担负机床总体结构设计、参数的确定，机床总体性能、精度的确定，机床重点功能部件的选定，对电气、

液压系统提出功能要求，指导其它部件、电气液压、工艺设计员设计。

例如，立式加工中心的设计，首先，主管设计员确定机床的主要结构并绘制相应的机床结构图（即00部分）、机床的总体尺寸、各部分的相对位置、相互关系等；确定机床的参数如主轴转速、进给速度、工作台尺寸、快移速度、机床主要的精度指标等；确定系统、丝杠、导轨、轴承等主要外购件的厂家、规格型号等。然后，负责各部件的设计员根据设计主管的要求展开工作，完成详细的部件设计工作。设计完成后设计员负责配合样机制造、性能检测、验收等提供技术支持系列工作。

三、机床产品引入市场

1.导入期

新产品投入市场，在此阶段产品生产批量小，制造成本高，销售价格偏高，销量极少，企业获利空间有限。典型机床产品如五轴联动加工中心、成套设备自动线、专机等。

五轴联动加工中心的设计理念诞生于欧洲，日本在上世纪70年代末80年代初开始生产复合加工机。虽然我国起步较晚，但国内用户已经使用了大量进口的五轴联动加工中心用于复杂零件的加工。国内一些知名的五轴机床制造商包括科德数控、北京精雕、上海拓璞等企业，通过自主研发和技术创新推出了系列五轴产品，打破外国的技术封锁，服务国家战略行业，占领战略性新兴产业的至高点。

自动线已经成为行业发展新趋势，一方面自动线可以大幅提升生产效率，另一方面生产过程减少人工参与，工件的抓取、检验全部由机器人完成，避免了人为装卡误

差，加工尺寸一致性好，废品率低；第三可以减轻工人劳动负荷，大幅节约人力成本。近年来，沈阳机床、大连机床、安阳机床、普利森等国内主要机床企业，均推出了不同类别的柔性制造单元、生产线及自动生产线，带动了产品档次与应用水平的快速提升。

特色专用机床产品虽然市场规模小，但技术水平高、制造复杂、受市场波动少、利润高，是当前不景气市场环境下的看家本领。以石油行业管螺纹加工专机为例，该类机床适用于加工各种石油行业中油管、套管、管接箍，钻杆接头、牙轮、牙爪等零件。可以车削直线、斜线、圆弧、公英制螺纹、直锥螺纹，并具有刀尖半径补偿等多种功能。目前行业骨干企业纷纷发展专用机床。

2. 成长期

机床产品需求量和销售额迅速上升，生产成本大幅度下降，利润迅速增长。如龙门加工中心、卧式加工中心等系列产品。

国际上龙门加工中心按结构可分为定梁定柱工作台移动式、横梁升降的动梁定柱工作台移动式、动梁动柱工作台固定式及桥式龙门式结构等。根据机床工具工业协会相关数据，国内市场年需求量为2000台左右，国产机床规格集中在工作台宽度1.25~3m，产品主要是定梁定柱、工作台移动式。国外机床以动梁为主体，定梁结构受加工零件高度、加工精度等限制将逐步被动梁结构代替。

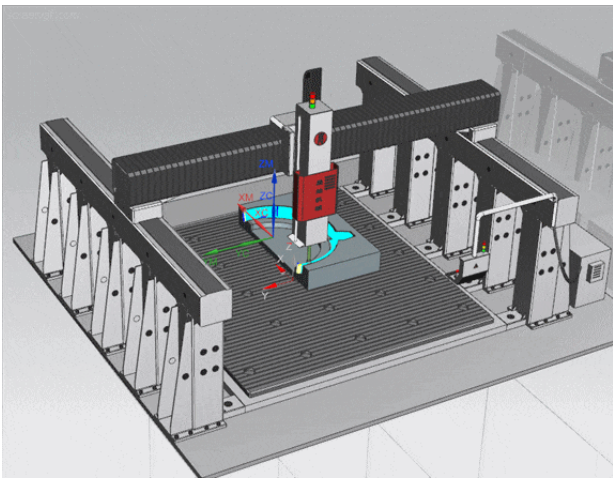


图1 动梁式龙门加工中心结构图

卧式加工中心按立柱运动分为固定立柱型和移动立柱型。据统计，根据机床工具工业协会相关数据，国内市场年需求量为2500台左右，卧加产品工作台规格集中在500×500mm~1600×1600mm，其中工作台尺寸

500×500mm、630×630mm、800×800mm三个规格的需求量最大。

3. 成熟期

经过成长期之后，随着机床产品产销量的持续增加，市场需求趋于饱和。此阶段销售量增速减缓，由于竞争加剧，导致产品利润下降，如普及型数控车床，立式加工中心等。

目前国内机床企业已经掌握了普及型数控车和立式加工中心的制造技术。普及型数控车、立式加工中心的产销量呈逐年上升趋势。国内企业生产的普及型数控车、立加机床在主要参数、结构性能等方面非常相近，同质化严重，竞争激烈。由于单主轴、单刀架、单工作台结构的机床加工效率低，国外该类机床只用于教学及小批量单件生产。

普及型数控车，国内企业普遍采用整体床身，45° (30° /60°)倾斜导轨布置。根据机床工具工业协会相关数据，国内市场年需求量为3.5万台左右，其中市场对规格在最大切削直径 $\phi 200 \sim \phi 300\text{mm}$ 的机床需求最旺盛。

立式加工中心按床身结构可分为金字塔式、C型及龙门型。根据机床工具工业协会相关数据，立式加工中心国内市场年需求量为4万台左右。通过初步市场分析，文教科研、普通机械加工等经济型立加机床是国内市场竞争焦点，占据大约30%的市场份额，同时VMC850规格的市场需求最大。

4. 衰退期

机床产品的生命周期陆续结束，以至最后完全撤出市场。如普通机床（普通车床、摇臂钻床、普通镗床、磨床、刨床等），经济型数控机床（经济型数控车床、钻床、铣床等）系列产品。

普通机床的应用已经从工业化大生产逐步转变为车间配套辅助设备、零配件维修工具，普通车床的市场需求量从最高峰2011年12.5万台，至今已滑落到3万台左右。

经济型数控机床是中国独有的，是普通机床的升级产品，是国内数控机床发展的起步产品，发展时间长，品种丰富；虽然其功能水平较低但其价格低廉，深受粗加工和一般加工用户欢迎。根据机床工具工业协会数据，经济型数控车床销量占数控车总量的60%，价值量占数控车的30%，其市场需求量从最高峰2011年12万台，至今已滑落到4万台左右。

5. 退出期

定期下线部分现有产品有利于企业持续创新，因为任何产品都逃不过生命周期的规律。对企业而言，永远不能

依靠单一产品生存。市场竞争的核心是快鱼吃慢鱼。因此，企业需在量大面广的市场型产品中打造几款龙头型产品，将有限的资源配属于销售额大、获利高、质量好的产品，服务细分市场的客户需求。

机床类产品的下线与上线同样重要。产品上线一般有着严格的管理流程与规范，涉及到市场分析、立项攻关、工程研发、样机制造、检验检测、产业化和持续改善。而产品下线意味着企业业务的调整，需要战略、营销、采购、技术、生产等部门之间的协调，它是企业突破自我、追求卓越，为用户提供更高端产品与服务的战略选择。

产品下线的条件是企业已经研发出迭代产品，并全面完成了检验检测、产业化布局等前期准备，以MAZAK机床为例，其在新品推出前，会安排在自己的车间进行试产、积累现场加工经验与数据。反之，盲目推出新品，将客户的车间当成装配现场，将服务当作救火队是得不偿失的。

遵循市场趋势，大部分国内骨干机床制造商已经逐步将普通机床下线，迭代为中高端数控产品，这是历史发展的必然结果。

西方发达国家在上世纪70年代末至80年代初，已经完成了从普通机床向数控机床的过渡升级，而我国大致在2013年以后才基本完成这一过程。用户技改批量采购普通设备的已经微乎其微。普通机床的应用已经从工业化大生产逐步转变为车间配套辅助设备、零配件维修工具。

四、结论

分析机床产品生命周期理论有利于机床制造商明确自身定位，对企业制定产品竞争战略有着重要的指导作用，可以针对现有产品找准差距不足，深刻剖析根源，对产品发展提出有效的对策和措施，强化产品特色，提高产品竞争力，并为企业深耕市场、谋划长期发展提供思路。□

资讯

北京精雕年度产品发布会暨成立三十周年庆典开放周启幕

10月21日，“三十而励 志在未来”北京精雕年度产品发布会暨成立三十周年庆典开放周在廊坊隆重启幕。来自行业协会的领导、河北省及廊坊市的政府领导、高校专家教授、科研机构代表、合作企业领导、媒体代表，及北京精雕高层管理人员、员工代表欢聚一堂，共同见证北京精雕这一荣耀时刻。中国机床工具工业协会常务副理事长兼秘书长（会长）毛予锋出席庆典活动并致辞。



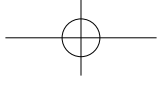
北京精雕从1994年成立至今，坚持以客户需求为导向，以技术发展为支撑，凭借产品与技术的持续创新，不断攀登

行业高峰，成长为国内精密数控机床领域知名企业。

启幕仪式上，北京精雕集团分别与伯恩光学控股有限公司、广西玉柴模具装备有限公司、软控联合科技有限公司、无锡贝斯特精机股份有限公司等18家企业签订战略合作伙伴协议，标志着双方的合作迈入崭新阶段。

本次活动的核心亮点是一系列北京精雕自研自制的里程碑式新产品、新技术集中发布，包括中型立式五轴加工中心——精雕五轴高速加工中心JDMR800、新一代全总线高实时的通用机床数控系统JD60、集CAD/CAPP/CAM为一体的数字化制造软件平台JDSoft SurfMill 10.0、北京精雕HSK63接口中大型高速精密电主轴，及数字化制造技术、工艺技术、整体解决方案等，标志着北京精雕从中小型整机产品向大型号整机产品跨越，从整机供应商向整机、关键功能部件全链供应商跨越，显示了北京精雕全面助力制造业智能转型、推动国产替代的决心与实力。

据悉，此次开放周将持续至10月25日，除了新产品发布，还将组织参观北京精雕的产品展厅、生产制造体系的关键车间，可近距离感受北京精雕的精益制造水平。



进口磨齿机旋转锁紧油缸的 更换修复与调试

中车戚墅堰所
江苏省常州技师学院

伏宇璐 符志晶 曹进士
韩渴望

【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，以及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按照拆卸预估方案进行梳理，预计需要对丝杠、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明确的计划：

- (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 will 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（见图1）。

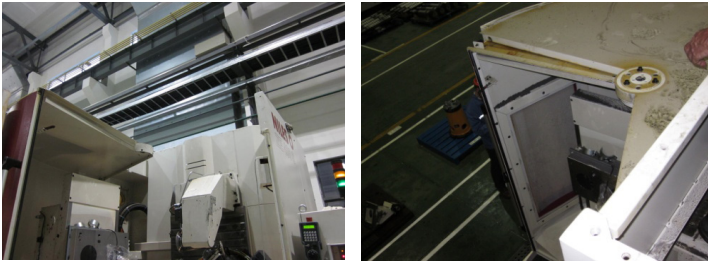


图1

(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（见图2）。

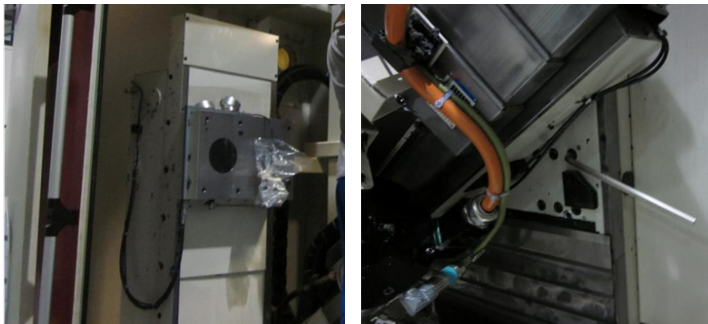


图2

(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（见图3）。

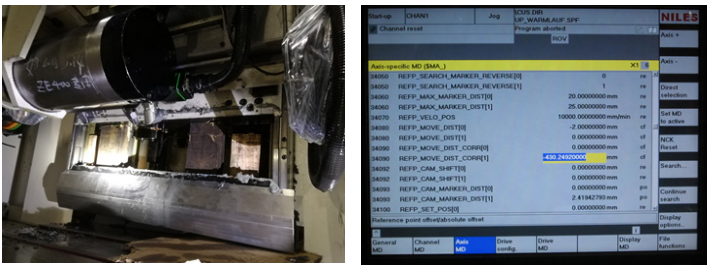


图3

(5) 进行B轴总成两侧间隙测量，同时拆卸润滑油管及滑座。对滚珠丝杠螺母拆卸，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（见图4）。



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，顶板部分好需要使用吊绳与床身部分捆绑牢固（见图5）。

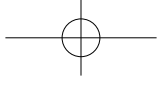


图5

(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（见图6）。



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。

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

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。

项目成功后的成效:

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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

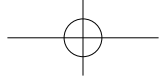
马卡五轴数控机床助力国产大飞机产业链建设与发展

近年来, 沈阳马卡智工科技有限公司(MAKA, 简称马卡机床) 聚焦进口替代, 成功中标中航沈飞民用飞机有限责任公司C919吊挂自动制孔设备项目, 并于8月23日参加了“C919大型客机装配效率提升系列攻关成果对接会”签约仪式。活动中, 沈飞民机与马卡机床围绕技术合作、产线设备签署了战略合作协议。

据悉, 马卡通过潜心钻研技术, 研发出SHARP系列航空发动机高强度材料机匣高精高效五轴加工中心、ECO系列超大型双横梁航空复合材料工装模具专用加工中心、M系列动梁式高速五轴加工中心等重点产品, 广泛应用于民



用航空航天结构件加工。未来, 马卡将持续发展新质生产力, 为解决更多民用航空航天领域“卡脖子”难题, 在高端智能制造装备研发创新上不断寻求突破。



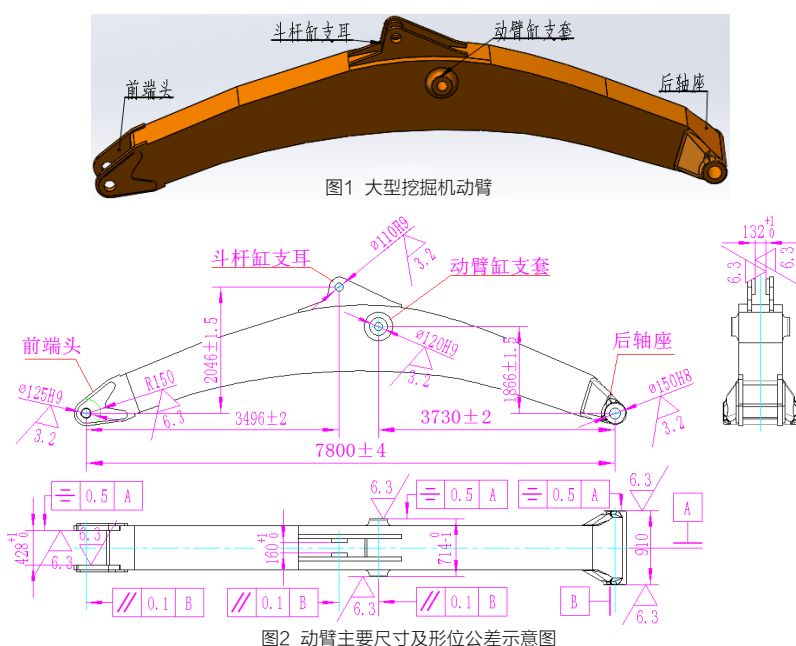
大型挖掘机动臂在中型数控对头镗床上的加工方案设计

泰安嘉和重工机械有限公司 赵忠刚 刘伟 张宇

【摘要】本文讲述了大型挖掘机动臂在中型数控对头镗床上的加工方案的设计分析，阐述了大型挖掘机动臂在中型数控对头镗床上的加工工装的关键件的结构设计及其加工概述，详细论述了在中型数控对头镗床上利用该装置装夹大型动臂进行一序、二序加工的装夹及校正过程，并描述了对动臂的吊装挂绳方式及相关注意事项。该工装设计新颖、定位稳准、操作简捷、装夹高效；既通过一序和二序的加工方式解决了大型动臂在中型数控镗床上难以镗削的问题，又采用锥形定位螺销定位线坠校正的方式解决了业界内该类削动臂装夹和校“费时”的问题。既保证了对动臂快速装夹的同时，又还保证了动臂各孔距及孔面的加工尺寸与图纸形位公差要求的一致性。该动臂镗削工艺方案开辟了工程机械加工行业中镗削类似产品的新识域。

数控类加工设备在工程机械制造行业已经广泛使用，但目前工程机械中的一些大型结构件镗削前的装夹和校正的占用时间较长是业内急需解决的问题，对于中型数控对头镗加工超大型动臂更是一道难题。

图1是某种大型挖掘机动臂的主体结构示意图，图2是动臂二主要尺寸和形位公差示意图。需要在工作台纵向行程6510mm、高度行程1660mm的中型数控对头镗床上加工该动臂，具体措施如下。



1. 大型挖掘机动臂在中型数控对头镗床上加工方案的设计分析

动臂虽然是在专用工装上组对的，也进行了适宜的放量，但其在焊接后各铰接孔的毛坯孔轴线会因为焊接变形的因素而发生空间交叉的现象，在加工前必须对其进行综合的借料校正：使每个孔系和每个孔的待加工端面均有加工量。在该动臂的装夹、校正过程中，先是采用了图3和图4所示的锥形定位螺销在工装上对其各孔先进行预调整 and 定位；然后，再通过其它附件对其进行可靠的定位夹紧。结合图3和图4说明一下：D1是螺纹的外径；D2是光轴段的外径，比对应的动臂毛坯孔径大1mm；在其螺纹端焊有用来旋拧的旋拧板；用45钢制做，其锥面须淬火处理，硬度为35~40HRC、深度0.8~1.2mm^[1]。

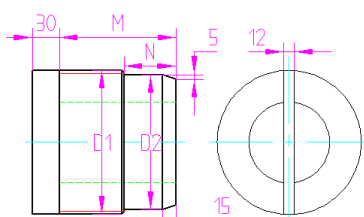


图3 锥式定位螺销

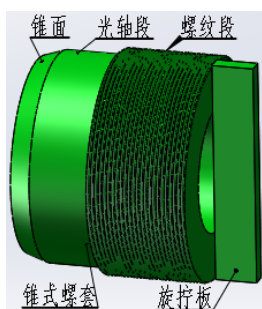


图4 锥式定位螺销

因为动臂在焊后发生了变形，各待加工孔系轴线的平行度发生了空间交叉的现象，使各孔系两端的中心高度发生了不相等的状态，在以往的装夹校正过程中，需要反复测量其同一孔系的两端孔边等高且孔端面与工作台中心立面对称的方法，非常繁琐。为此，发明了采用两端同轴的锥式定位螺销对其进行定位，可通过锥式定位螺销自动借偏和定心的方式快速将动臂“定正”；其沿动臂纵向垂直中心面的对称可定其各孔的同侧面，均与另一组的最远孔的垂直中心面和机床工作台的纵向垂直中心面共面^[2]。

动臂后轴座铰接孔与挖掘机平台主梁铰接孔连接, 动臂缸支套孔与安装在挖掘机的平台耳板上的动臂缸的活塞杆耳孔连接, 形成“动臂-动臂缸-平台”是一组铰接体; 动臂的前端头铰接孔与斗杆的后轴套孔连接, 动臂的斗杆缸支耳孔与安装在斗杆上的斗杆缸的活塞杆耳孔连接, 形成“动臂-斗杆缸-斗杆”是一组铰接体。因此, 该动臂可以分两次装夹加工两组铰接体, 动臂的后轴座和动臂缸支套在第一次装夹中全部加工完成, 定名一序镗削; 动臂的前端头和

斗杆缸支耳可在第二次装夹中全部加工完成，定名二序镗削。

2.大型挖掘机动臂在中型数控对头镗床上镗削的装夹方式

结合上述分析,该动臂的加工分为一序镗削(如图5所示装夹)和二序镗削(如图6所示装夹),一序镗削只加工动臂的“动臂-动臂缸-平台”这组铰接组合体的关联孔和端面,即动臂的后轴座孔及端面、动臂缸支撑套孔及端面;二序镗削加工动臂的“动臂-斗杆缸-斗杆”这组铰接组合体的关联孔、面,即动臂的前端头孔及内档面、耳板孔及内档面。

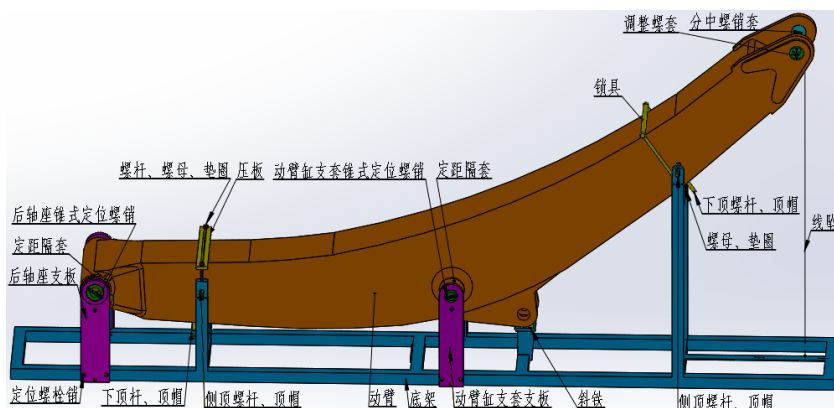


图5 镗削动臂后轴座及动臂缸支套装夹示意图

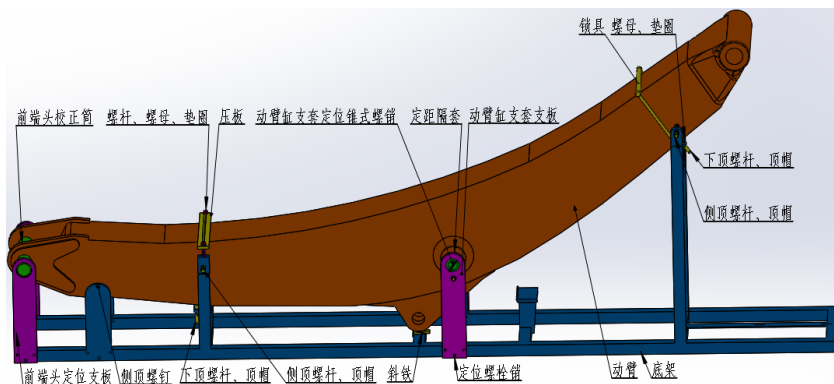


图6 镗削动臂前端头及斗杆缸支耳装夹示意图

3.大型挖掘机动臂在中型数控对头镗床上镗削的专用装夹工装的设制

(1) 底架的设制简述

底架如图7所示,由图中所示的各件组焊而成,中板及横梁上面刻画纵向中心线,其纵梁和横梁的底面及纵梁外侧面须加工平整,左端支撑板和中部支板上的横板的外侧面须加工平整,其均以纵向中心线对称;在纵梁侧面加工三组螺销孔(注:须点焊上对应的定位支板一起加工;由于此孔与定位螺栓销的轴的配合较紧密,且该孔必须为通孔,防止安装稳销时有“内压”存在)。

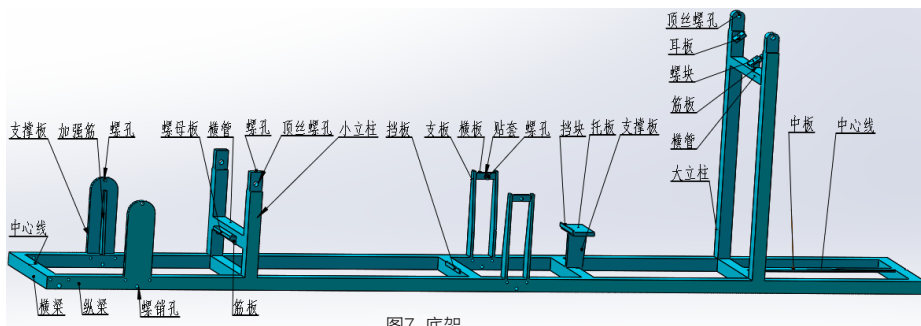
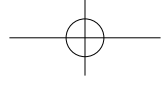


图7 底架



(2) 各支板、定位螺栓销的结构设计及加工简述

图8前端头定位支板、图9动臂缸支套定位支板、图10后轴座定位支板，其主孔皆是与安装锥式定位螺销（如图4所示）相匹配的螺纹孔，其孔径比对应的动臂毛孔大15mm。它们各孔均是将其点焊在底架上的对应位置后，与底架上的对应孔（丝孔和安装图11定位螺栓销 $\phi 20$ 光轴段的光孔）一起加工的，并在各支板与底架的对应处打印编码标记。

图11为定位螺栓销，其采用45钢制做，且经过260~300HBW调质处理；其M20螺纹旋拧在底架的螺销孔内，其 $\phi 20$ 光轴入底架的销孔中，其 $\phi 25$ 光轴在对应的支板孔中， $\phi 35$ 台阶是压紧支板的，六方头为旋拧用的。M20螺纹段比 $\phi 20$ 光轴段和 $\phi 25$ 光轴段长5mm以上。这样，在拆卸它时，可使光轴在螺纹即将完全退出螺孔时，其光轴已经退出其定位孔，便于拆卸；另外，采用阶梯形设制，装卸快速，安装时，定位螺栓销的螺纹端直接插入到底架的螺纹孔口，然后用与其六方头匹配的风动扳手速拧至紧固。

各定位支板的稳销孔与底架的螺销孔是一起加工的，各定位支板的孔与定位螺栓销的配合公差为H7/g6^[1]。

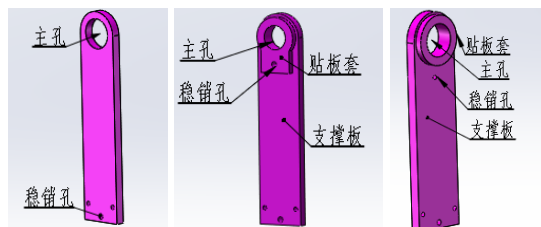


图8 前端头定位支板 图9 动臂缸支套定位支板 图10 后轴座定位支板

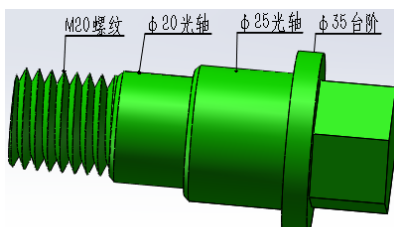


图11 定位螺栓销

(3) 后轴座锥式定位螺销、动臂缸支套锥式定位螺销加工简述

图12为后轴座锥式定位螺销，图13为动臂缸支套锥式定位螺销，它们均是由锥式螺套和旋拧板组焊而成的。锥式螺套采用45圆钢锯料后粗加工，各面均留3~4mm余量，然后进行调质处理260~300HBW和精加工，并对其锥面进行中频淬火处理，其硬度为36~40HRC，深度为1~2mm^[1]；最后组焊上旋拧板。图12中的后轴座锥式定位螺销和动臂缸支套锥式定位螺销主要起着调整和定位动臂的后轴座孔轴心线和动臂缸支套孔轴心线的作用，既保证动臂在镗削前其后轴座孔轴心线和动臂缸支套孔轴心线在加工前的平行状态，又使二孔均处于正确的加工位置。

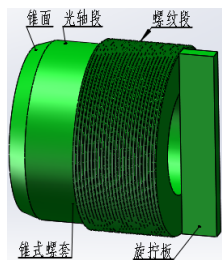


图12 后轴座锥式定位螺销

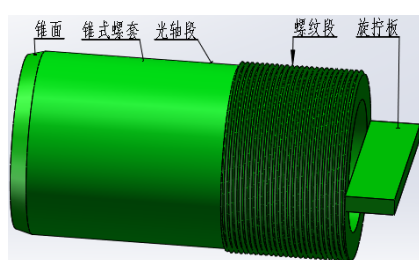


图13 动臂缸支套锥式定位螺销

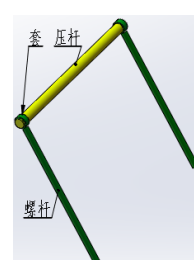


图14 锁具

(4) 锁具的作用及结构简述

图14锁具是由一个压杆和两个组焊了套的螺杆构成的，套在压杆上是可以自由转动和滑动的，其配合条件为H8/d8^[2]，属于间隙配合，能够使锁具在捆绑动臂的过程中，使其压杆尽最大可能地与动臂接触，且杜绝了螺杆与底架大立

柱上的斜板孔“范别”的情况，提升了锁具对动臂捆绑的牢固性，保证了动臂在装夹过程中的稳定性。它与底架大立柱部分配合，起着对动臂“上半身”进行捆绑、定位的作用。

(5) 分中螺销套和调整螺套的作用及其结构设计和加工简述

图15为分中螺销套与图16调整螺套在校正动臂的过程中是配合使用的，如图5所示，分中螺销套安装在动臂前端头的铰接孔中，在动臂前端头孔的两端拧上调整螺套，对分中螺销套进行轴向调整，使其中心槽处于动臂前端头内档的中心位置（目测其刻度线数值在动臂前端头两侧板内档的数值一致），将前端头孔两端的调整螺套均适当拧紧，防止分中螺销套轴向窜动即可，便实现了挂线坠的要求。

分中螺销套是加工了一段内螺纹、外圆上加工了中心槽和刻度线的管体，其长度比动臂前端头铰接孔的全长短30mm、外圆直径比动臂前端头的毛坯孔直径小0.5mm（便于装卸），其外圆上比照钢板尺对其进行简易的刻线处理。调整螺套的结构更加直观，其由一个螺套和一个旋拧板组焊而成，加工制做更为简捷。

它们是在动臂吊装前安装在动臂前端头上并调整完毕的，且挂上图5中的线坠。

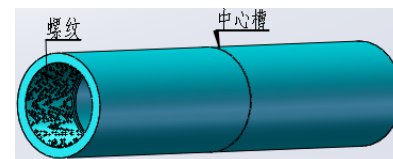
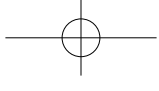


图15 分中螺销套



图16 调整螺套



(6) 各螺杆和顶帽的作用及其结构设计和加工概述

图5和图6中的侧顶螺杆和下顶螺杆均起着对动臂进行紧调整和紧固的作用,其结构均如图17.螺杆示意图所示,采用材质为45钢、规格为Tr30*6的螺杆锯后车削的,其左端圆柱段是插入到顶帽中的,其槽是定位安装在顶帽上的定位螺钉的,防止顶帽在使用过程中脱落;其左端的顶头部位必须倒角,在旋拧过程中仅使其端面与顶帽接触,以防止顶帽在其旋拧过程中被带动旋转;其右端组焊了一个螺母,用以旋拧螺杆的。左端进行了中频淬火处理,深度1~2mm,硬度36~40HRC^[1]。

顶帽的结构如图18所示,也是45钢,其内孔比螺杆的左端圆柱段直径大0.1~0.2mm,左端进行了较大的弧形倒角,其端面的平面直径约为6mm,其壁厚上面的顶丝孔为M6,是安装M6定位螺钉用的(螺钉与螺杆槽部接触的部分车去螺纹)。其用45钢车制,左端也进行中频淬火处理,深度1~2mm,硬度36~40HRC^[1]。

在使用过程中,螺杆只是在顶帽中旋转,顶帽与工件接触后便不再旋转,保证了工件在夹紧过程中的稳定性。



图17 螺杆示意图

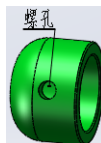


图18 顶帽

(7) 定距隔套的作用及其结构设计和加工简述

定距隔套是定位动臂单侧的钢套,端面淬火处理35~45HRC,为了装夹工件后便于将其取下,其实际长度比理论上要短0.2mm。二序镗削中使用的动臂缸支套端的定距隔套比一序镗削中使用的定距隔套长2mm(因为二序定位时,动臂缸支套的端面已经分别去除了2mm)。

4. 镗削概述

使用该装置镗削动臂时,首先,将底架吊装在卧式对头镗床的工作台上,依其纵梁外侧面进行定位(在镗床工作台的T型槽中安装上挡块,使纵梁靠紧挡块),并将其压紧,此时底架纵向中心线也与镗床的纵向行程处于平行的状态,接近工作台纵向垂直中心面。因为在设计底架时,其两纵梁的外侧宽度尺寸与镗床工作台的外侧两T型槽的内边距离尺寸保持一致。这样,在加工动臂的过程中,可使两主轴的伸出长度达到基本统一的最短状态,最大限度地维持了镗床主轴在镗削动臂过程中的刚性。然后,安装上动臂缸支套定位支板和后轴座定位支板,再分别按照图5和图6的装夹方式对动臂进行一序镗削和二序镗削。

(1) 一序镗削概述

在一序加工动臂时,其装夹状态如图5所示,其纵向中心线处于工作台纵向中心立面上。

首先,按照图19的方式对动臂进行起吊,动臂的后轴座孔中心要比其动臂缸支套的孔中心低一些(50~200mm均可),把分中螺销套与调整螺套组装在动臂的前端头上,调整两侧的调整螺套,使分中螺销套上的中心槽处于动臂前端头内档的中心位置(看其上面的刻度线),将栓有线坠的线缠在该中心槽中。

其次,将动臂吊于工作台上的底架上,使其后轴座孔与后轴座支板孔大体对正后,旋拧上后轴座锥式定位螺销,并套上定距隔套,将动臂的后轴座孔进行粗定位;点动行吊,逐渐下落动臂,使其动臂缸支套孔与动臂缸支套支板孔大体对正后,旋拧上动臂缸支套锥式定位螺销(也要套上定距隔套)。调整后轴座锥式定位螺销和动臂缸支套锥式定位螺销,分别使锥式定位螺销的外圆锥面与动臂缸支套孔口的闪隙在上、下方向上、对称方位上的一致,并使线坠顶尖对正底架上板上的中心线。拧紧无定距隔套一侧的侧顶螺杆,塞实工装上的斜铁,紧固底架上的下顶杆、侧顶杆及压板和锁具上的螺母,将动臂紧固在工装上。

然后,旋拧下各锥式定位螺销,卸下各定位支板。

最后,依次对动臂的后轴座孔和动臂缸支套孔的端面铣削,再对其孔进行镗削。

完成后,卸下工件,安装上前端头定位支板和动臂缸支套定位支板,准备二序镗削。

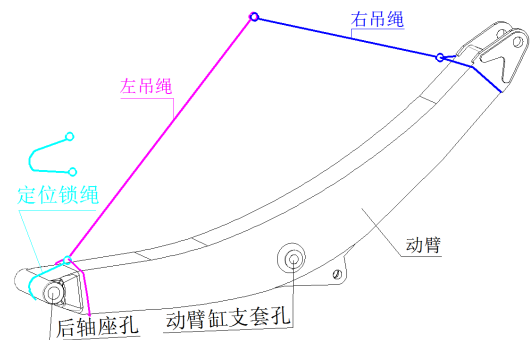


图19 动臂一序镗削吊装示意图

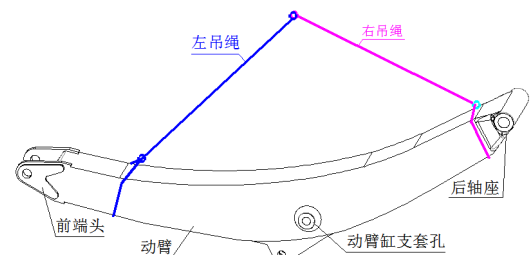
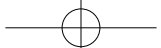


图20 动臂二序镗削吊装示意图



(2) 二序镗削概述

在二序加工动臂时，其装夹状态如图6所示。

首先，按照图20的捆绳方式对动臂进行起吊，使动臂缸支套孔比前端头的铰接孔低，将其安置于工装上后，先将其动臂缸支套孔对正动臂缸支套支板的孔，并装上动臂缸支套锥式定位螺销和定距隔套（此隔套比一序镗削所用的隔套长2mm，也是动臂缸支套的单侧端面加工量）。

然后，点动下落动臂，并调整其后轴座处工装上的下顶螺杆，使动臂的前端头孔与前端头定位支板孔对正，按照图6的状态将前端头校正筒安装上（为便于安装校正筒，由于前端头两侧的毛孔在焊后已不再同轴，根据动臂新式制做工艺后的两孔同轴

度的最大变形量（2mm），确定校正筒的外径和前端头定位支板孔的孔径均比前端头的毛孔尺寸小3mm（毛孔有5mm的加工量），且校正筒的外径比前端头定位支板的孔径小0.1mm左右），调整前端头处工装上的下顶螺杆，使前端头的两侧孔壁与校正筒外圆的上、下距离对称且近似相等。

随后，塞实动臂耳板下的斜铁，紧固侧顶杆及压板和锁具上的螺母，将动臂紧固在工装上，卸下动臂缸支套定位螺销及支板、定距隔套、前端头定位支板及前端头校正筒等；为防止前端头在加工中方式震颤，在前端头右下侧的两侧支撑板中旋拧上侧顶螺钉，加强对动臂的夹紧作用。

最后，加工动臂的前端头孔及内

档、耳板孔及内档。

5. 结语

该工装设计新颖、定位稳准、操作简捷、装夹高效；其吊装挂绳的方式也牢靠、科学，既解决了大型动臂在中型数控镗床上难以镗削的问题，又比以往业界内镗削该类动臂的方式有了创新。该新工艺装备的应用，大大提高了该类动臂的镗削工效。这种倒个装夹校正的方法也开拓了工程机械加工行业中镗削类似产品的新领域。□

参考文献：

- [1] 李益民. 机械制造工艺设计简明手册[M]. 北京：机械工业出版社，2004.
- [2] 朱耀祥. 浦林祥. 现代夹具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2016.

资讯

北一机床在国企开放日活动中推出精品路线

为热烈庆祝中华人民共和国成立75周年，8月25日由北京市国资委、北京市市委宣传部联合主办的2024年“首都国企开放日”活动正式启动。此次活动将持续至9月底，展示进入新时代以来首都国企的新作为、新成效、新风貌。北京北一机床有限责任公司围绕“向‘新’而行”特色主题推出1条精品路线，展示北一机床在服务首都装备制造业发展和国际科创中心建设过程中所作出的积极贡献。

北一机床成立于1949年6月30日，是我国机床“十八罗汉”骨干企业之一，是中国第一个制造数控铣床、重型龙门机床的企业，也是中国第一批生产加工中心的企业之一。历经75年发展，北一机床产品广泛应用于汽车、船舶、发电、轨道交通、新能源、模具、机械等国民经济重点行业，在推动国家经济发展和“制造强国”建设中做出了贡献。



北一参观时间：8月28日13:30-16:00至9月11日13:30-16:00。参观路线：重型机床制造部厂史展板、高精度高速桥式五轴加工中心、精密部件制造部生产车间、北一大隈生产车间。

基于现场的切削液寿命快捷管理

炫景公司 范一诺 郑梦娇

机械加工业的竞争越发白热化，如何破“卷”，其中可持续的产品生产已经成为了企业竞争力的重要组成部分，特别是伴随着世界范围内对环境保护、社会责任与公司治理问题的广泛关注，如何践行可持续的产品生产，机械加工业已经从被忽视的细节之处开始了行动，通过技术创新与管理理念的进步开启了绿色转型。

1. 问卷调查

车间现场往往充斥着噪音、铁屑与油污，是污染的重灾区。而从另一个角度看，零件的生产过程汇聚了员工、设备、技术与管理这些要素，正是制造业绿色转型最为实际的出发点。

针对机加业工作环境与存在的环境污染问题，我们进行了一系列企业的实地参访，同时面向航空航天领域大中型制造企业各个层级人员进行了问卷调查，收到73份有效问卷，他们大多数是一线操作人员与工艺技术人员（占比67%），管理层占比23%，年龄集中分布在30岁～49岁，承诺所提供的为真实信息。

问卷调查结果如图1~图4所示，工人在机加车间的日常工作中有可能接触到污染有废液、固体污染物（切屑、碎渣等）、废气与噪音，其中接触到各种废液的情况最为常见（见图1）。在工作环境接触污染后，有30%的受访者反映发生了应激性的身体不适，例如刺激性气味导致的恶心

等，15%的受访者则表示会出现各种过敏反应，例如接触废液后的皮肤刺痛以及由异味导致的咳嗽等，在污染环境中工作导致对身体健康产生忧虑情绪甚至是抵触工作的受访者分别达到了36%与19%（见图2）。约57%的受访者表示目前生产环境中污染物防护的措施主要是配备劳动保护用品，建立规章制度在生产工作中对各种操作进行规范以避免污染危害的占到了22%，表示所在单位通过采用自动化技术以及建立规章制度以降低工人直接接触污染物风险的受访者则仅有18%（见图3）。在另一方面，受访对象也普遍表达了对进一步改善生产环境的期待，受访者普遍指出的问题中，“用于污染防治的技术与设备的投入不足”占48%，“培训不足”占29%，“劳动防护用品的数量与质量不能令人满意”则占16%（见图4）。

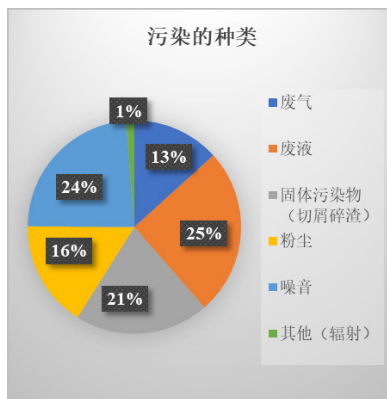


图1 工作环境中的污染物

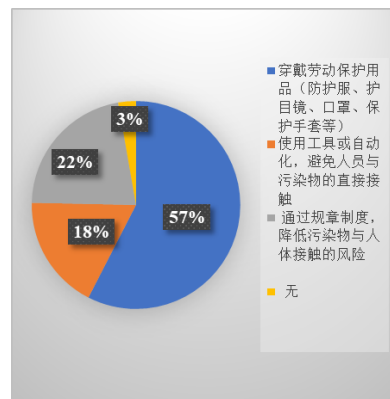


图3 加工车间采用的劳动保护措施

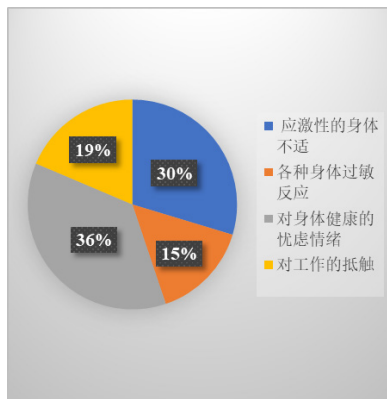


图2 工作环境污染对工人身体与心理的影响

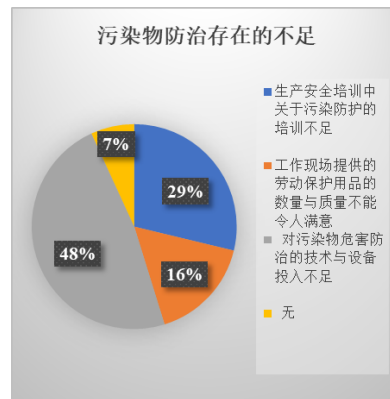


图4 对车间污染治理与防护的意见

调研显示，变质的切削液是机加工中的主要污染源。在零件加工中喷射切削液能够起到润滑与冷却刀具的作用，从而保证零件加工表面的质量，并且延长刀具的使用寿命。然而在长期使用后，机床泄露的油污在切削液的表面积聚形成油膜，切削液池中隔绝空气的环境非常适宜厌氧菌的繁殖，菌群的代谢产物混杂着油污，产生浓重的异味。切削液中各种添加剂和所携带的油污在加工中高压喷射产生大量的气溶胶，对于呼吸道有非常强的刺激作用，甚至可能诱发气道不适与突发性哮喘^[1]。长期暴露在高油雾浓度的加工环境中时，工人发生慢性支气管炎、肺部不适的可能性将激增^[2]。

如图5所示，空气动力学直径小于10 μm 的颗粒物（即PM10）可进入人体的呼吸系统；空气动力学直径在2.5 μm ~ 10 μm 的颗粒物在人体的上呼吸道沉积；空气动力学直径小于2.5 μm 的颗粒物（即PM2.5）能进入人体的下支气管，并造成永久性伤害；而小于0.2 μm 的颗粒物则能自由进入肺泡，甚至进入血液污染血液。出于安全原因，操作机床等旋转机械不能佩戴手套，因此工人在机床上进行拆卸工件等工作时将不可避免地接触到切削液。切削液的配方中通常都会添加氯化物杀菌剂，使得切削液具有强刺激性。因此与切削液发生皮肤接触后会有不同程度的过敏变态反应。总而言之，变质切削液作为机械加工生产环境中的主要污染源，对现场工人的身体健康与心理状态产生了显著的负面影响。

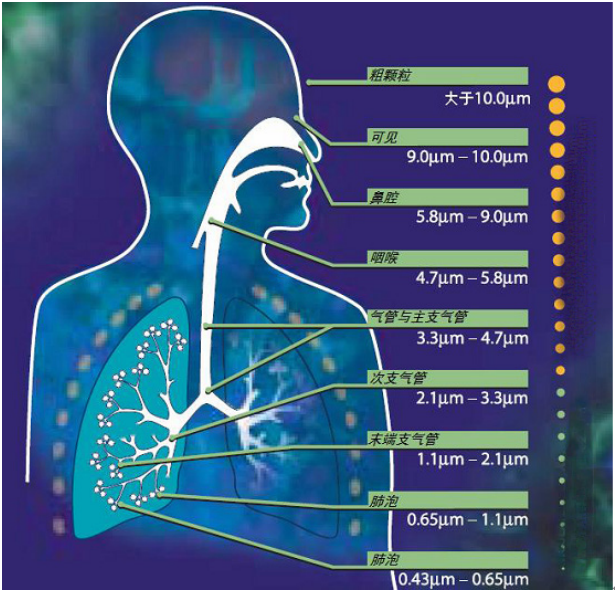


图5 颗粒物进入呼吸系统的部位示意图^[3]

2.判断分析

综合车间一线工人与生产管理人员的反馈，我们认为，变质切削液导致的作业现场环境污染并非完全不可避

免，通过使用高品质的生物安全切削液并且对切削液进行全生命周期管理能够使切削液在尽可能长的时间能保持高品质，从而改善加工车间现场的环境问题。这就需要切削液品质开展定期检测，但是在许多企业以生产为主的作业准备中往往忽视了对切削液的检测，并没有配置检测的工具并安排员工培训，因此导致了难以及时掌握切削液的状态并在品质下降后及时采取干预措施。这既是一个生产观念问题，也是一个经济成本问题，仅仅依靠人的主观判断进行换液将产生极大的浪费与污染物。在降本增效的大背景下实现具有成本优势的切削液全寿命周期管理，对推动机械加工企业生产的绿色转型具有重要价值。

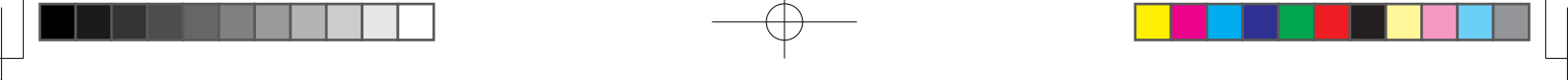
金属切削加工中最为常用的是半合成式切削液，通过浓缩液（含有少量矿物油与油性剂、极压润滑剂、防锈剂、表面活性剂和防腐杀菌剂等成分）与水按照一定的比例配比，均匀融合后使用。影响切削液品质的因素包括切削液的浓度、PH值以及亚硝酸盐含量。此外，勾兑切削液所使用的水的硬度（即水中含有的矿物盐的浓度）对切削液的品质有着重要的影响，切削液过高的浓度与不适宜的PH值将导致切削液具有较高的生物刺激性。同时，在使用过程中，切削液中积聚的亚硝酸盐含量逐步升高，接触后有刺激癌症的风险，是严重的健康隐患。此外，过高的水体硬度则会影响合成型切削液的稳定性，促使“水油分离”的情况产生，加速油膜的积聚。^[4-8]

对于切削液浓度的测定可以使用分光浓度计，而PH值、亚硝酸盐与水体硬度则可以通过常见的水质检测试纸完成。当然，对于非化学检测专业的一线技术人员，如何对检测结果进行判别与及时、高效地记录并且保存记录是实施切削液全寿命周期管理的关键所在。

3.解决方案

今天，智能手机上各种移动应用APP的便利在生活中无处不在，作为伴随着数字技术成长的Z时代，我们认为，可以开发一款移动端应用小程序，帮助生产一线人员便捷地实现对切削液地全寿命周期管理。为了帮助加工车间实现切削液全寿命周期的管理，APP设计了以下的功能：

- （1）记录分光浓度计的读数，并且自动根据浓度的数值对用户进行提示，帮助他们判断浓度是否合适。
- （2）使用手机拍摄PH、亚硝酸盐与水体硬度检测试纸的照片，APP能够读取照片并对试纸的颜色进行解析并提示用户，帮助用户对这些指标是否合适进行判断。
- （3）依据时间轴存储这些检测数据，帮助用户在换液间隔期间跟踪切削液品质的变化趋势，从而及时进行补水、补液、过滤与换液的决策。



在完成开发与调试后，我们回到同一家机械加工厂的金属切削车间，对这套APP进行了试用。首先，对车间技术员与工人进行了简单的培训。由于智能手机的普及，只需要采购一支分光浓度计、一盒常见的检测试剂，一线的操作人员下载APP即可完成检测切削液品质的工作。由于在开发环节中预置了切削液各项检测指标的判断阈值，对切削液品质的判断变得非常简单，一线操作人员只需要拍摄照片与记录数据，APP就可以提示他们切削液的各项检测指标是否处于正常的区间。图6为其中一次测试的截屏示例。

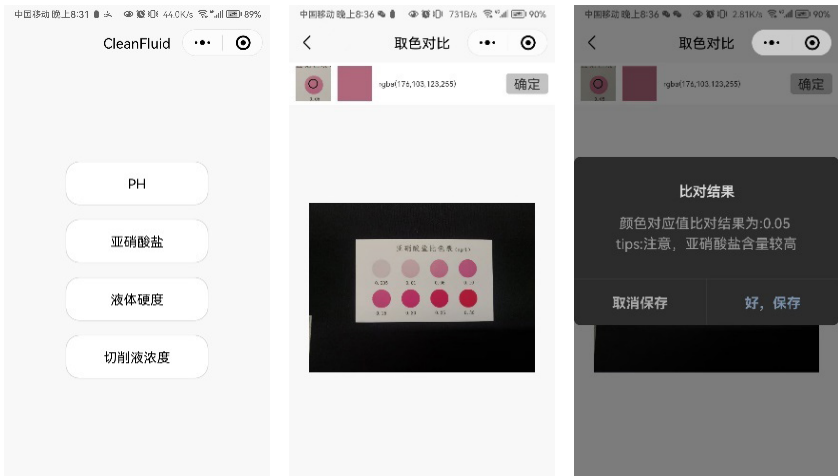


图6

在APP投入试用后，生产管理人员只需要设定检测的周期，当班的操作工就可以高效地完成切削液品质地检测与记录工作。通过对切削液各项指标的跟踪分析，车间的生产管理人员及时发觉了浓度与PH值存在偏高的问题，由于以往切削液变质的时间较短，现场技术人员往往勾兑浓度偏高的切削液原液，希望高浓度的切削液能够抑制厌氧菌的繁殖。这也是一线车间操作人员反映异味浓重，皮肤与呼吸道过敏的原因所在。分析情况后，及时做出了对切削液进行补水的决定。随后在对切削液用水进行水体硬度检测时则发现了当地自来水水质偏硬的问题，及时购买了水体软化剂对补液用水进行处置。在完成水体软化与补液后，切削液进行了长达1个小时的机床内部循环从而使得补充的水分与原有的切削液融合均匀。由于切削液达到了适当的浓度，同时水质硬度也得到

了调控，切削液的刺激性与乳化稳定性问题得到了解决，车间工人反映强烈的刺激性气味与皮肤过敏问题与以往相比得到了改善，操作人员表示，由于环境的改善，他们工作时的心理负担也得到了不同程度的消解，能够更为积极地进行操作。同时切削液的品质也得到了相比以往更长时间的保持，操作工人认为试用中调配的切削液能够维持其品质更长时间，根据对切削液品质的监控，预计的夏季换液间隔从1个月提升到了1.5个月至2个月，这给了车间管理人员相当大的信心在生产管理中进行更合理的切削液换液规划，减少了换新切削液与废液处理的花费，从而实现更有竞争力的生产成本控制。

将化学与生物知识、数字化手段以及传统加工行业的绿色转型紧密地结合，此次我们成功地实践了环境保护、社会责任与公司治理的理念，改善了一家机械加工工厂的生产环境，促进了一线员工的健康福祉，同时也帮助管理人员在一定程度上实现了生产成本控制的目标。相信随着更多工厂建立起绿色生产的理念——可持续、负责任的生产与经济效益并不矛盾，通过绿色转型，传统制造业在未来同样存在着广阔的增长空间。□

参考文献

[1] 王瑜. 机械加工车间空气净化系统的综合治理研究 [D]; 西安工程大学, 2016.

[2] 傅树琴, 周炜, 严丽珍, et al. 金属加工润滑油雾控制的现状与进展 [J]. 润滑油, 2003, (06): 1-5.

[3] BARRAZA CASTELO F, F. Human exposure assessment related to oil activities in Ecuador: from the air quality monitoring to the study of metallic contaminants transfer in the soil-plant continuum

Évaluation de l'exposition humaine liée aux activités pétrolières en Équateur : de la surveillance de la qualité de l'air à l'étude du transfert des contaminants métalliques dans le continuum sol-plante [D]; Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier), 2017.

[4] The most important measured values for your coolant [EB/OL], <https://liquidtool.com/en/liquidpedia/measured-values/>.

[5] 健康安全和环境问题 — 氨气和有机胺的弥散刺激气味 [EB/OL], <https://www.masterfluids.com/cn/zh/technical-information/technical-bulletin.php?tbid=050>.

[6] 健康、安全和环境问题——导致皮炎的原因 [EB/OL], <https://www.masterfluids.com/cn/zh/technical-information/technical-bulletin.php?tbid=068>.

[7] 金属加液的细菌和真菌 [J].

[8] pH值和碱值对金属加工液的重要性 [EB/OL], https://pdocs.masterfluids.com/mcc/docs/db-docs/tb_cn/Characteristics_of_Metalworking_Fluids_the_Importance_of_pH_and_Reserve.pdf.