



2024年度机床工具行业自主创新和产品质量调研工作启动

为了全面、深入了解行业企业在技术创新、质量提升方面的工作情况，中国机床工具工业协会将开展2024年度机床工具行业自主创新和产品质量调研工作。

协会将组织专家通过调研考察、了解行业企业产品的自主创新和水平情况，分别梳理创新突出、质量优秀的行业企业、产品，遴选出行业“自主创新十佳和产品质量十佳”成果，并在协会媒体平台、CMT2025展会上予以通报表扬，以宣传先进典型，树立正确价值导向，推动行业高质量发展。

调研工作不向参与企业收取任何费用。会员企业自愿参与，并提供相关文字材料。请参与调研工作的会员企业在2024年10月25日前将文字材料报送至协会行业发展部。

DMG森精机获得SBT认证，目标50年内实现温室气体净零排

DMG森精机公司近日宣布，其到2050年将温室气体（GHG）排放量减少至净零的“净零”目标已获得国际环境组织基于科学的目标（SBT）倡议的认证。除了“Scope 1”和“Scope 2”（表示公司工厂和营业所的二氧化碳（CO₂）排放量）之外，“Scope 3”（包括供应链）的总期限为50年。目标是与2019年标准相比，二氧化碳排放量减少90%。据DMG森精机称，剩下的10%确定是通过去除大气中的碳来实现。

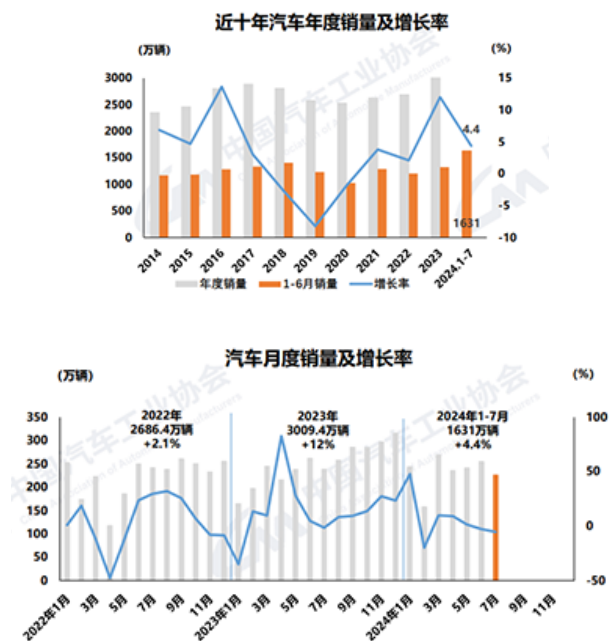
通过这项认证，该公司将到2030年Scope 3二氧化碳减排目标从2021年设定的13.5%减排量提高到27.5%。

该公司于2021年获得SBT认证，并制定了到2030年的温室气体减排目标。目标是到2030年将Scope 1和Scope 2的二氧化碳排放量减少46.2%，Scope 3的二氧化碳排放量减少13.5%。

2024年7月汽车工业产销环同比均下降

8月9日，中国汽车工业协会发布7月汽车产销情况报告，数据显示，车市进入传统淡季，产销节奏有所放缓，整体市场表现相对平淡，环比同比均呈现下降。当月，汽车产销分别完成228.6万辆和226.2万辆，环比分别下降8.8%和11.4%，同比分别下降4.8%和5.2%。1~7月，汽车产销累计完成1617.9万辆和1631万辆，同比分别增长3.4%

和4.4%。



松浦机械、山特维克可乐满和 CGTech 联合举办网络研讨会

近日，松浦机械、山特维克可乐满日本公司和 CGTech JAPAN联合举办了网络研讨会。

在网络研讨会上，三家公司使用各种先进的刀具和软件详细演示了高效的加工技术。演示重点介绍了松浦机械的“CUBLEX-35”5轴多任务加工中心、松浦的“GibbsCAM” CAD/CAM软件、山特维克可乐满的各种切削刀具以及CGTech的“VERICUT” NC模拟软件。演示重点介绍了不锈钢（SUS304）的高效加工。

CUBLEX-35 提供工艺集成，而 GibbsCAM 的“VoluMill”和“VoluTurn”提供高速粗加工路径生成，VERICUT 的“Force”功能根据切削负荷控制进给率，每种方式均可显著缩短加工时间。

通过利用这些先进工具和软件，联合网络研讨会展示了如何将尖端加工技术与高效的软件解决方案相结合，简化操作并提高加工效率。

上海机床厂与哈工大共建“超精密磨削联合实验室”

8月6日，上海机床厂有限公司与哈尔滨工业大学赵清亮教授团队共同创建的“超精密磨削联合实验室”正式签



约并揭牌成立，此次合作标志着双方在超精密磨削工艺领域的深度合作迈入崭新阶段。



上海机床厂与赵清亮教授团队的合作具有良好基础，此次成立联合实验室，将基于双方各自聚焦的领域和优势，以及前期已经形成的人才培养及项目合作基础，面向上机超精密磨削装备，对超精密磨削前沿技术进行深入研究与攻关。旨在进一步打造高水平科创平台，培养高素质创新人才队伍，营造良好的科技创新氛围。

济南二机床获山东省科学技术特等奖

7月26日下午，山东省科技大会在济南召开。济南二机床集团有限公司《大型高速智能全伺服冲压生产线关键技术产业化应用》项目获得2023年度山东省科学技术特等奖。

该项目研发了冲压专用高速重载机械臂、整线协同运动规划及控制技术、故障智能预测及维护系统等关键技术，并实现产业化规模化应用，在国际市场赢得广泛认可与好评。标志着济南二机床在大型高端伺服成形装备及关键技术领域建立了完备的知识产权体系，为我国高端成形装备与汽车工业高质量发展提供了关键支撑与动力。



近年来，济南二机床深入实施创新驱动发展战略，聚

焦国家战略和产业发展重大需求，坚定走新型工业化道路，持续研发新技术、新产品，拓展新领域、新市场，实现了系列关键核心技术突破，为工业强市、制造强省、制造强国建设贡献了积极力量。

大隈的移动式机器人加工单元OMR系列荣获第54届机械工业设计大奖的日本机床工业会奖

该系列移动协作机器人，可以在必要时轻松实现机床的自动化。在注册新工件时，只需按照指南输入信息，仅10分钟即可启动新工件的自动化。最多可登录30种工件信息、最多10台机床。可轻松实现繁忙加工机器的自动化并支持多品种、小批量生产。



天田冲压设备将外围设备生产能力提高70%

天田冲压设备投资17亿日元，用于扩建和翻新位于伊势原市伊势原铃川工厂的冲压周边设备制造基地。此次升级旨在简化工厂内的材料流动并扩大装配面积，使这些设备的国内生产能力与之前相比提高70%。6月份完成后已全面投入运营。增加的产能是为了应对劳动力短缺导致的国内外对自动化工件供应和运输系统日益增长的需求。此外，为配合工厂扩建和工序整合，公司实施“制造改革”，包括扩大模块化计划生产、在制品库存数字化管理、物流审核等，使装配交付周期较之前缩短了40%。

动力电池精密结构件制造技术与市场

中国汽车工程学会 赵宇龙

一、锂离子动力电池快速增长

锂离子动力电池具有高比能量、高比功率、低污染、低放电率等诸多优点，是目前最受电池厂商及汽车厂商青睐的车载动力电池系统。随着全球新能源汽车的快速发展，全球动力电池装机量也呈现出快速增长趋势，如图1所示，从2017年的59 GWh增长到2023年706 GWh，年复合增长率达51.2%。

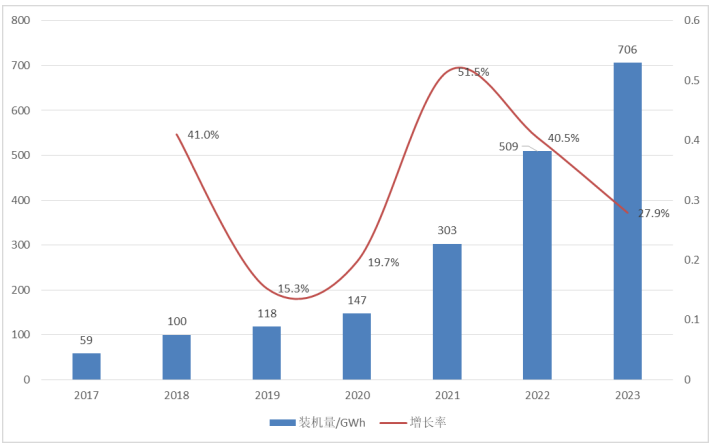


图1 2017~2023年全球动力电池装机量变化（来源：SNE Research）

2023年，全球动力电池产业继续保持高速增长。如图2所示，其中前十强中我国独占六席，其装机量合计超60%；宁德时代与比亚迪分别为第一、第二。另外还包括韩系三强：LG新能源、SK On、三星SDI和日本松下。2024年第一季度我国新能源汽车销售约183.3万辆，同比增长45%，带动国内动力电池装机量约84.3GWh，同比增长43%。其中，第一季度新能源汽车销量前十企业合计装

机约56.8GWh，占整个动力电池装机量的67.4%，宁德时代和比亚迪动力电池分别配套销量前十企业49%和37%的份额。

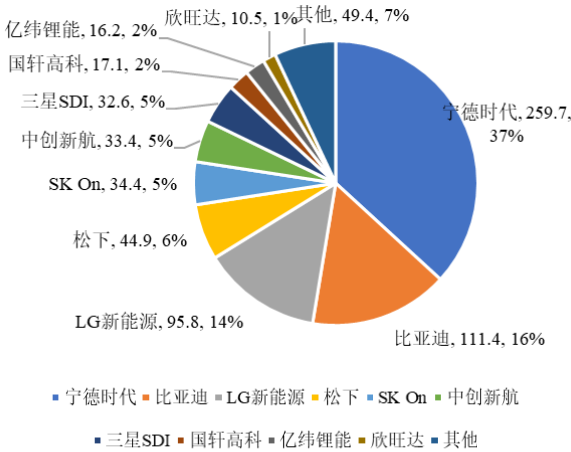


图2 2023年全球动力电池装机量排行（来源：SNE Research）

二、电池精密结构件制造技术

1. 锂电池封装形态

锂电池封装形态包含圆柱、方形、软包三种。根据锂电池封装形式技术路线不同，可以将锂电池分为方形、软包、圆柱三类。

（1）方形电池：多采用卷绕或叠片工艺制造，封装材料采用方形铝壳或钢壳制得的电池。方形电池具有强度高、内阻小、寿命长、空间利用率高等优点；但其生产工艺难以统一、且散热难度大。

(2) 圆柱电池：多采用圆柱钢壳来进行封装的电池。圆柱电池起步较早、技术成熟度高、成本低、产品一致性高；但产品的成组效率较低。

(3) 软包电池：使用铝塑膜作为封装材料的聚合物锂电池。软包电池具有形状灵活、能量密度高、安全性高等优势；但其制造难度较大、一致性相对较低。

目前市场上的动力电池仍以方形电池为主。由于宁德时代、比亚迪等方形电池厂商在国内的统治性地位，2022年方形电池在国内的份额达到了93.20%，相对其他两种封装形式的电池拥有绝对的优势。

2. 精密结构件制造技术

动力电池精密结构件（见图3）对终端电池产品性能会产生重要的影响，主要体现在电池的使用安全性、电性能（包括能量密度和功率密度）、使用寿命、一致性以及成本等各方面。锂电池主要由正极材料、负极材料、电解液、隔膜及结构件等部分组成，其中结构件主要包括壳体、盖板、连接片、安全阀等。制造企业要求在动力电池精密结构件的防爆设计、防漏液、壳体超长拉伸等方面有着丰富的技术经验，拥有高精密度、高一致性的生产工艺，以及先进的冲压加工、拉伸加工、注塑加工和模具制造技术。

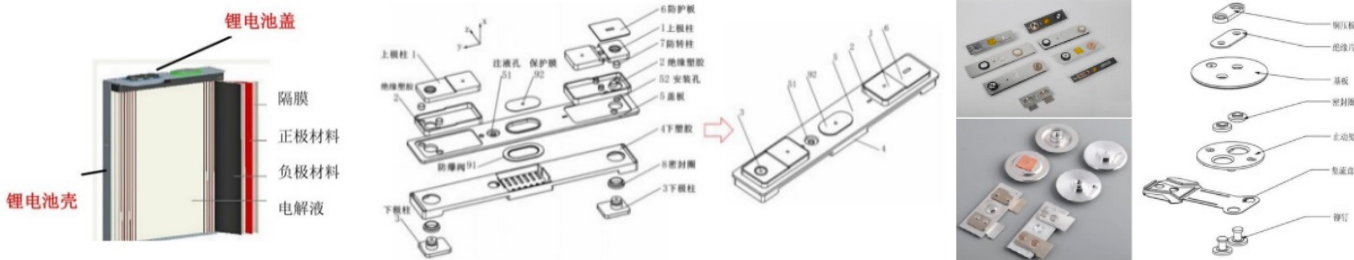


图3 精密结构件

(1) 壳体拉伸

壳体生产难度集中在连续精密拉伸，壁垒在于模具和拉伸设备。壳体的主要生产工艺包括原材料分切、精密连续拉伸、切口、清洗、烘干、检测，其中精密连续拉伸过

程需要保障壁厚的均匀性，防止出现断裂，相比常规一次冲压成型难度更大，其核心壁垒在于模具和拉伸设备。拉伸工艺如图4、图5所示。



图4

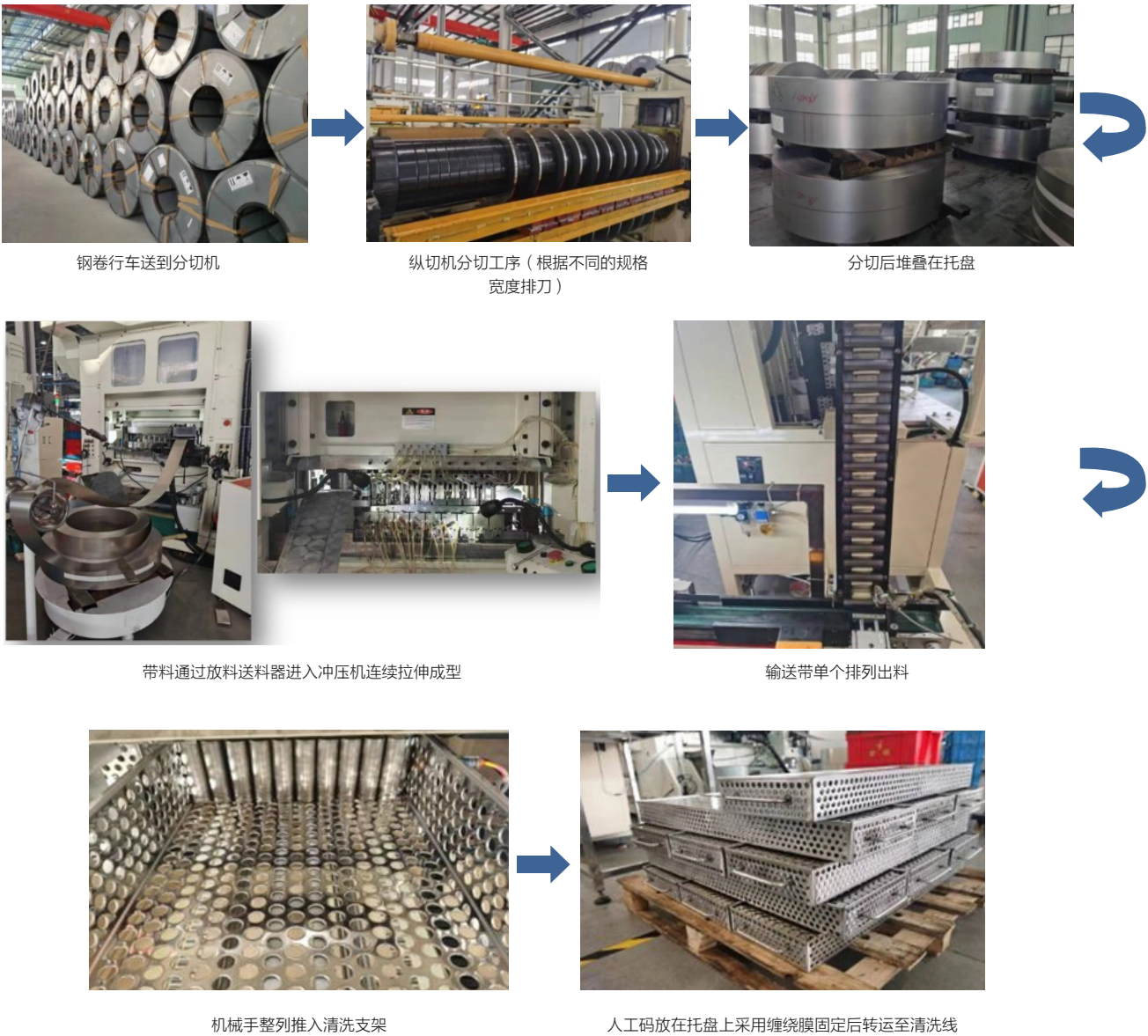


图5

当前主流电池壳体加工工艺为连续拉伸，加工步骤约14~16次，其中拉伸步骤约7~9次。设备也需要与模具高度匹配才能达到最优生产精度、速度。日本旭精机在模具、冲

床设备配套生产，设备的精度、良率控制行业领先。

目前的新技术是集中落料材料利用率提升，后期将同步应用于4680系列产品。

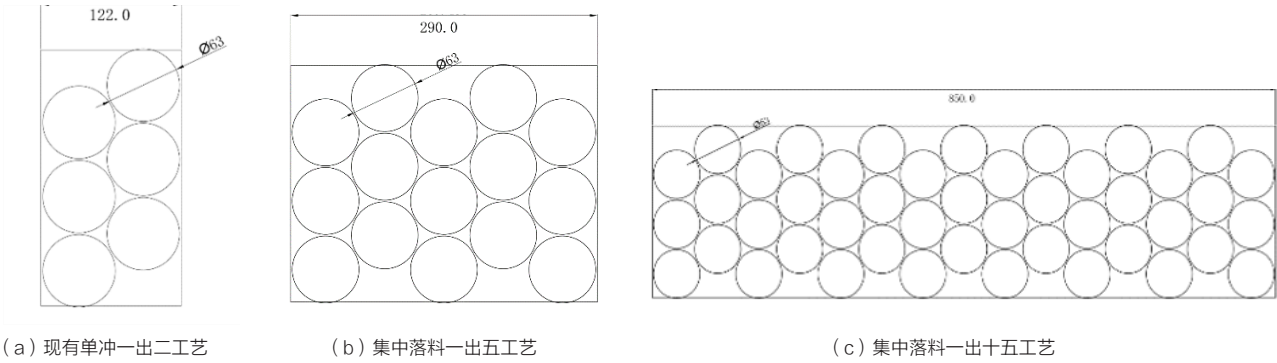


图6

以图6为例，经理论计算：一出五对比一出二材料利用率提升5%左右。一出十五对比一出二，材料利用率提升8%左右。

2022年2月7日，宁波精达国内领先的首条4680壳体冲压生产线交付。2月21日互动平台显示，公司新一代的圆壳拉伸设备即以冲杯机和凸轮机连续生产线，可达到每分钟1000个的生产效率，目前主机已完成试制。高速冲压线用于电池盖板、防爆盖板等零件的快速生产；专用伺服成形压力机、多连杆压力机及凸轮式多工位深拉伸压力机适用于圆壳的深拉伸成形。该生产线是一出多的设备，效率提升，且节约原材料；采用预冲杯工艺，使整线效率提升，盖板冲压设备效率可达100~120次/分。大圆柱电池壳体由从前的立式冲压有望变成卧式拉伸技术。立式冲压生产精度更高但生产速度较慢；卧式拉伸速度快，效率较高。

(2) 盖板工艺

锂电池结构件盖板的主要功能是保护电池芯，防止电池内部的化学物质泄露，避免外部环境对电池的影响。如图7所示，以方形锂电池为例，其顶盖主要由盖板、正负极极柱、注液孔、翻转片、防爆片等10余种元器件组合而成。作为将带有电芯的壳体密封，将内部能量输出，并保

证电芯安全的关键部件，动力电池盖板的制造工艺复杂度远高于壳体，其制造工艺对锂电池的安全性、密闭性、能源使用效率都具有直接影响。

如图8所示，盖板的生须经过精密模具设计及制造、精密冲压、精密拉伸和注塑成型等主要工艺和流程。其中模具质量高低很大程度上决定产品的精度、质量和生产企业的效益和新产品开发能力。后续的焊接工艺等会直接影响电池的导电性能、使用寿命及安全性，先进的焊接技术依然是厂商核心竞争力的重要体现。



图7 方形电池及盖板

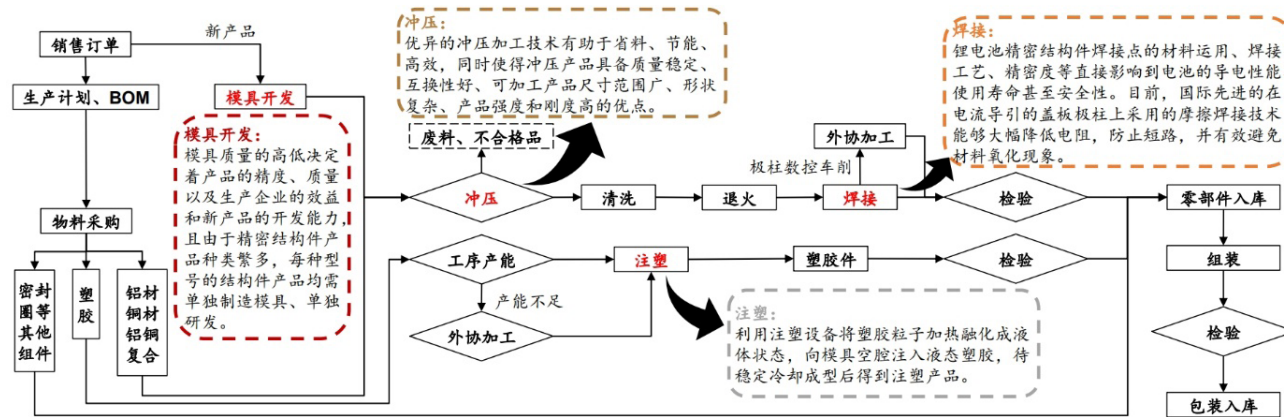


图8 盖板工艺流程（来源：科达利、上海证券研究所）

①模具：相较壳体，模具寿命对盖板生产效率的影响更大。由于盖板整体的生产流程较壳体更为复杂，任一中间环节的停修将较大影响生产效率（钢帽、防爆铝片、连接铝片冲制均需模具），因此模具寿命越高，停修时间越少，生产效率越高。

②摩擦焊：用于焊接极柱，为良率较低环节。摩擦焊，是利用工件接触面摩擦产生的热量为热源，使工件在压力作用下产生塑性变形而进行焊接的方法。根据科达利

的招股说明书，其主要利用该工艺将纯铜极柱改为铜铝复合高强度极柱（底部是铜，上部是铝，结合部的强度大于母材的强度），在使用中，在电池内部让铜和负极铜箔同种金属焊接，在电池外部让铝和铝软连接焊接，避免了铜软连接氧化产生内阻而导致电性能下降，并且通过采用铝软连接使得成本下降。摩擦焊一旦焊接不牢致脱落，是严重的品控事故，良率控制尤为重要。

③防爆阀：泄压、断电、防爆核心部件，需保障起爆精

度。当电池内压超过安全值时，电池盖帽的 CID 焊接点将自动断开，使电池断电，以防止内压进一步加大而使电池发生爆炸。当电池断电后，如果电池内压仍继续上升并超过防爆片的触发安全值时，电池盖帽的防爆片将会断开，使电池内部高压气体泻出，从而避免电池爆炸的风险。

④自动线：成本占比高。根据科达利的江苏二期项目，其在自动线上的投资额占其项目设备总投资额的 90%（该项目仅生产盖板），成本占比非常高。自动线由各家结构件企业与上游供应商联合设计调制，一般形成独家供应，需要企业拥有对于产线的较强的 know-how 积累。

表1 盖板自动线投资成本

项目	自动线设备	单价（万元）	数量（台）	总投资额（万元）	占设备投资额比例
科达利四川项目	盖板自动生产线	900	26	23400	45%
科达利江苏项目二期	盖板自动生产线	900	56	50400	90%
科达利惠州二期	盖板全自动装配线	1200	30	3600	68%
震裕科技IPO募投项目一	盖板自动线	1280	5	6400	30%

（来源：各公司公告）

⑤激光焊

盖板与壳体焊接：方形电池的壳体厚度一般在1mm以下，根据容量的不同有0.6mm和0.8mm这两种。激光焊接方形动力电池壳体主要可分为侧焊和顶焊：侧焊对电芯内部影响较小，飞溅物不会进入壳体内部，但焊接后容易产生凸起，对后续工艺造成影响；顶焊由于焊接在一个平面上，对前道工序入壳和定位要求很高，因此对自动化要求高。焊接飞溅的因素也很多，如材料自身的特性、材料

的清洁度等，其中主要决定因素是激光器的稳定性。用连续激光器焊接薄壳锂电池，效率可以提升5~10倍，且外观效果和密封性更好（见图9）。现在为了追求更快的焊接速度和更均匀的外观，大部分公司已经开始采用复合焊和环形光斑取代以往低速的单光纤焊接（见图10），目前大部分公司的量产线焊接速度已达200mm/s，而部分厂家光纤焊接的低速线，为保证焊道稳定，一般量产速度为70mm/s。



图9



图10

密封钉焊接：密封钉形状通常是圆形帽，直径为8mm，厚度约为0.9mm，通常使用传统的YAG脉冲激光器焊接密封钉，激光以间隔脉冲的方式输出，所获得的焊缝成形美观、一致性好，良品率高。但脉冲模式焊接密封钉具有以下不足：一是焊接速度较慢，以平均输出功率为600W的YAG激光器焊接为例，焊接速度仅7mm/s以内；二是YAG脉冲激光器光电转换效率较低(3%左右)，平均输出功率为600W的激光器电功率需要20kW，能耗较高；三是激光器体积较大，且需要经常更换耗材。大族激光发明了一种连续焊+脉冲焊的方法解决了上述问题。

防爆阀焊接：防爆阀是一种纯铝质（AL1060）圆形薄片，厚度在0.08~0.1mm之间，铝材对激光的反射率高，且材料很薄，激光焊接过程中容易出现过烧穿孔现象。因而这道工序对激光焊接工艺要求极为严格，要求焊缝密封，严格控制热输入量，保证焊缝的破坏压力值稳定在一定范围内（一般在0.4~0.7MPa），过大或过小都会对电池的安全性造成很大影响。多波长激光同轴复合焊接技术和蓝光激光器技术在电池防爆阀焊接中应用比较广泛，可解决铝材焊接过程中飞溅、气孔、裂纹等工艺难题。

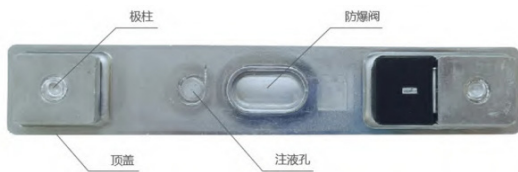


图11

三、电池精密结构件市场

1.市场方面

根据科达利测算，假设每 GWh 锂电池对应 0.3 亿元结构件价值量，参考目前行业内其他材料市场价格及锂电池企业成本水平，估算得结构件成本占比约为10%。电池封装类型方面，根据高工锂电数据统计，2022 年方形电池市场份额约为 92%，软包电池占比为 5%，圆柱电池占比 3%。2025年全球锂电结构件市场份额约为439亿元。

表2 全球锂电结构件市场测算

项目	2021	2022	2023	2024E	2025E
全球锂电池出货量/ GWh	540.2	883.6	1151.6	1345.5	1568.1
全球动力电池出货量/ GWh	371	647.4	846.6	998.4	1173.4
全球消费电池出货量/ GWh	125.2	114.2	119.9	127.1	134.7
全球储能电池出货量/ GWh	44	122	185	220	260
结构件单位价值量 (亿元/GWh)	0.4	0.35	0.33	0.3	0.28
全球锂电结构件市场空间 /亿元	216.1	309.3	380	403.7	439.1

2.市场格局方面

锂电结构件市场格局稳固，科达利市场份额领先。从方形电池结构件市场竞争格局来看，基本呈现一超多强局面。根据高工锂电数据，2022 年科达利方形结构件市场份额为36%，震裕科技/立翔科技/鑫东达/长盈精密分别为 11%/8%/7%/6%。圆柱电池结构件方面，金杨股份占比达 29%，中瑞电子达25%，科达利市场份额为 9%，科达利市场总份额约占结构件市场份额30%左右。

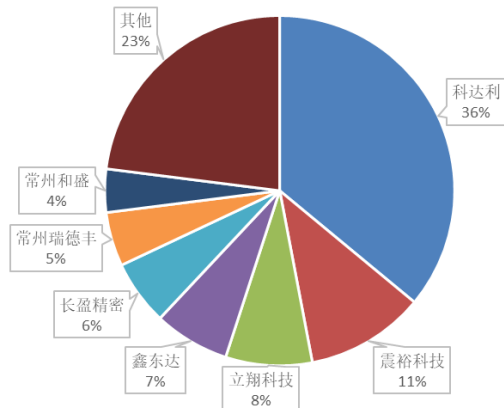


图12 方形电池壳体市场格局

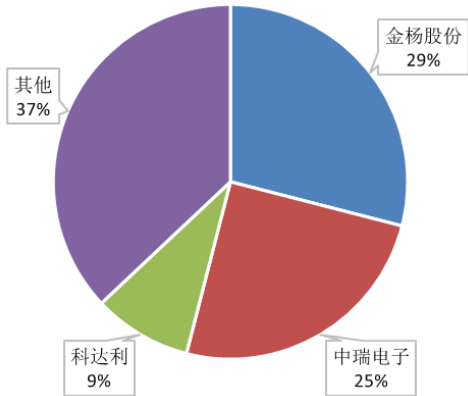


图13 圆柱电池壳体市场格局

电池精密结构件市场方面，国内企业竞争构成三大梯队。

(1) 第一梯队：科达利。产品体系全覆盖，且在宁德时代、中创新航、欣旺达、亿纬锂能、LG 新能源（中国）、松下（中国）等占据领先的供应份额，拥有行业领先的技术工艺和产能。

(2) 第二梯队：震裕科技。其产品集中在方形，覆盖壳体、盖板，为宁德时代的主力供应商；

(3) 第三梯队：包括东山精密、金杨股份、斯莱克、中瑞股份、瑞德丰、中泽精密、长盈精密、领益智造、宁波方正、常铝股份等，除东山精密、常铝股份、中瑞股份、宁波方正外，其余各家均已进入宁德时代供应链；东山精密进入北美大客户自产大圆柱电池供应链；常铝股份的刀片电池结构件已进入比亚迪供应链；中瑞股份主要供应 LG 新能源小圆柱电池盖帽；宁波方正主要供应比克电池。第三梯队企业在产品体系、客户、规模上较第一、第二梯队有所差距。海外的主要参与者韩国 Sangsin EDP、日本 Fuji Springs各自以配套韩国、日本客户为主。

另外，在上述的上市企业中，仅科达利、震裕科技、金杨股份、中瑞股份、斯莱克当前把结构件业务作为核心主营业务（收入占比 4 成以上），对于东山精密、长盈精密、领益智造、宁波方正、常铝股份，电池结构件非核心业务，其中东山精密、长盈精密、领益智造主营业务均为消费电子相关业务。

表3 精密结构件供应商及电池客户

精密结构件供应商	电池客户
科达利	宁德时代、比亚迪、LG新能源、松下、SKON、三星SDI、中创新航、国轩高科、欣旺达、孚能科技、亿纬锂能、瑞浦能源、瑞浦兰钧、海辰储能、蜂巢能源、力神电池、Northvolt、远景动力、楚能、广汽集团等
震裕科技	宁德时代、亿纬锂能、瑞浦兰钧、蜂巢能源、海辰储能、欣旺达等
金杨股份	宁德时代、比亚迪、LG新能源、松下、SKON、三星SDI、欣旺达、亿纬锂能、天能股份、比克电池、野马电池、力神电池
中瑞电子	LG新能源、比克电池、力神电池、能元科技等

（来源：各公司公告及招股说明书）

四、头部企业核心技术优势

(1) 科达利：公司实施精益生产、柔性化生产及信息化管理等先进及智能化生产模式，拥有经公司国内外客户认证的先进生产平台，拥有包括日本、韩国等进口的全自动连续拉伸设备、高精密度冲压设备、复合材料摩擦焊接设备、激光焊设备、精密注塑成型设备、数控加工中心及精密冲压配套体系等在内完整的精密制造设备体系，以及包括非接触式测量仪、轮廓测量仪等各种精密测量仪器；并具备设备控制数字化、管理信息化的行业领先的生产管理能力，可快速制造满足国内外客户需求的高品质产品。2023年主要项目包括动力电池结构件的全自动化生产，以及品质体系研发、46 系列圆形动力电池壳体制造全线自动化研发、高倍率快速充电电池盖板组件产品研发、动力电池结构件轻量化的铝壳研发、高空间利用率动力电池结构产品研发以及动力电池盖板防爆阀安全结构研发等。

(2) 震裕科技：公司有着数千套中高端精密级进冲压模具开发实践经历，模具研发与制造能力较高。综合运用先进技术、生产方式、管理手段，包括采用计算机辅助设计制造（CAD/CAM/CAE）技术、并行技术、快速成形技术、虚拟制造技术、精密制造技术等模具行业的先进技术、引进现代化生产设备、建立柔性生产系统和精益生产组织、开展信息化管理、构建模具生产制造各环节的专业团队等，实现了公司精密级进冲压模具制造以及精密结构件在设计技术和生产设备的先进性、生产过程的标准化和自动化、生产流程管理控制的信息化等特点。正在进行或已经完成的项目研究包括新能源锂电池新型极简顶盖防爆阀结构技术研究、新能源汽车锂

电池新型气缸抑制焊接技术研究、新能源锂电池顶盖新型引脚焊接结构技术研究、新能源锂电池顶盖新型焊接结构技术研究、注液孔顶盖68204-HOK-001 新型结构防爆阀高精密度冲压成型技术研究、新能源锂电池偏心摩擦焊工序顶盖结构技术研究等。

(3) 金杨股份：公司凭借先进的模具设计制造工艺与成熟的品质控制体系，打造了出色的工艺控制优势能力。掌握了锂电池断电释压三重防护结构件技术、低电阻高通流锂电安全阀技术、高容量锂电池封装壳体技术、镜面耐腐蚀锂电池封装壳体技术等 6项核心技术。大圆柱电池精密结构件方面，2021年助力比克电池实现了46系列大圆柱锂电池的国内首先发布，在46系列大圆柱锂电池精密结构件领域形成了领先的技术储备，2023 年公司加大了大圆柱电池精密结构件的开发力度，在开发客户数量20余家，部分客户实现了小批量供应。完成或正在进行的研发项目包括新能源电池用钢壳高效一体化冲压系统的研发、新能源电池用大容量薄壁铝壳连续拉伸模具系统的研发、新能源电池用大容量无极耳圆壳的研发、新能源电池用大容量盖板的研发等。

另外，精密结构件需要满足锂电池高能量密度、安全性和可靠性等要求，因此锂电池客户对精密结构件的认证周期较长。如 LG 新能源、松下等国外电池厂商，从送样到批量供应通常需要 1~3 年左右的时间，一旦供应商与客户确认供货关系后，出于供应链与产品质量安全的考虑，双方的合作关系相对稳定。再者，锂电池精密结构件的行业发展主要与下游锂电池客户需求息息相关，通常情况下，客户在开发新型产品时，需要提前与结构件供应商进行交流，讨论技术可实现性与产能规模的配套能力。因此，与客户的建立 长期密切的合作关系至关重要。□

资讯

日本兄弟公司年内计划在印度开设新工厂

日本兄弟工业公司正在努力提高机床业务的盈利能力，将于年底前在印度开设新工厂，目标定位于印度市场对汽车相关及其他产品的需求将增长。

该公司近日公布的2024年4-6月期间合并财务业绩中，销售收入同比增长7%至2147亿日元，净利润增长2%至165亿日元。机床收入保持在101亿日元，与上年基

本持平。

据悉，该公司约有一半的机床销售额来自中国。为了实现销售目的地多元化，他们将全球人口最多的印度定位为新的海外增长市场。目前该公司正在印度南部班加罗尔附近建设一座工厂，耗资约25亿日元，计划于12月开始运营。

工业物联网：让精益执行到底

北京星航机电装备有限公司 崔峰 袁毅 程实 周东宁

【摘要】本文通过介绍利用精益的思想，通过车间生产现场多种设备信息的数据采集方法，并对这些采集的数据进行统计分析，挖掘出这些数据背后深层含义，为企业现场管理持续改进指明了方向，将精益执行到底，达到企业增效、提质、降本的理想目标。

一、概述

精益思想源于20世纪80年代日本丰田发明的精益生产（Lean Production）方式，精益生产方式让丰田获得了汽车的质量与成本的巨大优势，得到了业界的广泛认可。精益思想更进一步从理论的高度归纳了精益生产中所包含的新的管理思维，并将精益方式扩大到制造业以外的所有领域，把精益生产方法外延到企业活动的各个方面，不再局限于生产领域，从而促使管理人员重新思考企业流程，消灭浪费，创造价值。

限于技术的原因，早期为了执行精益的思想，对于现场的数据收集更多的是采用手动记账、人工描点描图来执行的，效率很低，而且数据的准确性、客观性、实时性等方面均无法满足。

近年来，由于工业物联网的不断发展，设备本身的开放性也越来越好，已经可以很方便地采集到现场人、机、料、法、环、测等各方面的数据，而且很多数据还可以做到完全自动化采集，采集的频率可以自由设置，采集的广度、深度可以不断延

申，为精益思想的深入执行提供了可靠的技术保障。

本文试图从多源异构设备数据采集的角度来阐述数据采集的目的、意义和内容，帮助企业经营者去深层次解读这些实时采集的数据，从中发现生产现场内在的问题，让企业的生产现场的持续改进措施有的放矢，将精益思想执行到底。

二、工业物联网系统说明

1.系统总体架构

近年来，随着对万物物联的需求不断增加，工业物联网也得到蓬勃发展，其系统总体架构如图1所示。

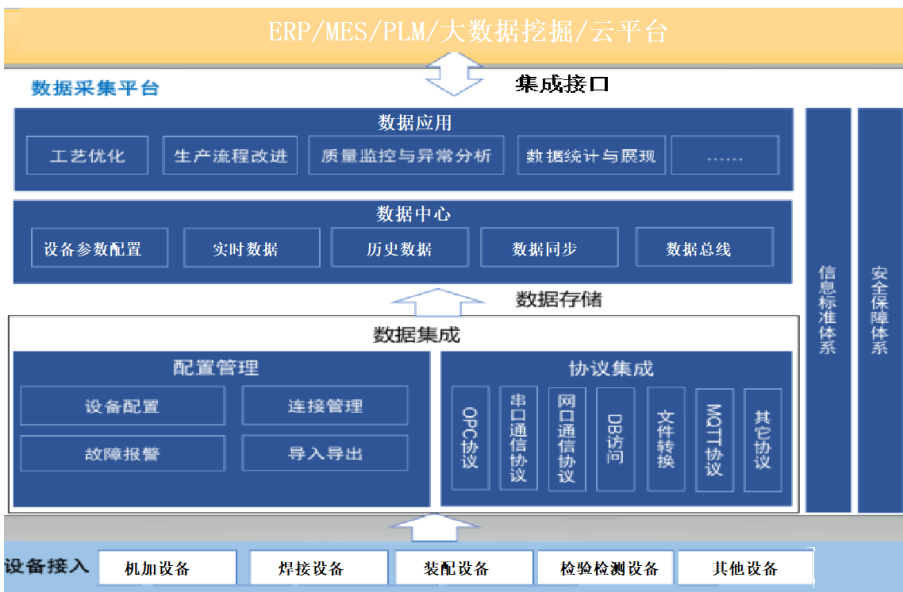


图1

2. 物联网采集内容

在生产现场，需要采集的信息类型主要包括：

- 1) 人员数据：参与生产的人员编码，排班情况，上下班情况，工位登录等信息。
- 2) 设备数据：设备（含各类生产设备及其附属工具（刀具，夹具，量具，辅具等）等）各种基本状态（开、关机，运行，故障等），运行参数等。由于设备类别众多，采集内容千差万别，多源异构类设备的采集内容详见下节描述。
- 3) 物料信息：物料编码，数量，位置，状态等。
- 4) 生产数据：任务工单号，各类生产过程信息等。
- 5) 环境数据：车间生产环境数据，如环境温度，湿度，洁净度，振动噪声，光照等。
- 6) 质量数据：各种质量检验检测结果信息。

3. 多源异构类采集设备分类

从上面的物联网采集内容来看，除了人员数据、物料数据和生产过程类数据等信息的采集，在现场数据采集中最常规的工作就是对多源异构类设备的各种相关信息的采集。生产现场多源异构型生产类设备包括下料设备，成型设备，机加设备，焊接设备，SMT设备，热处理设备，装配设备，检验检测设备，运输设备，存储设备等。

所有这些多源异构类设备的通讯接口形态、通讯协议（详见下节的描述）、传输内容等各不相同，为了满足所有这些多源异构类设备的信息采集，就需要根据设备具体接口形态，开发对应的数据采集应用系统，形成多种标准数据模型、标准采集协议模型，构成统一的工业物联网数据采集平台。

标准数据模型包括如表1所示：

表1

序号	模型类型	采集内容	备注
1	机加设备模型	设备基本状态，进给，转速，倍率，负载，坐标位置，报警信息（含报警号，报警内容），刀具信息（刀具号，刀具寿命，刀补），程序号，程序内容	设备基本状态包括关机，空闲，运行，故障，下同
2	焊接设备模型	设备基本状态，焊接电压，焊接电流，焊接速度，气体流量	同上
3	热处理设备模型	设备基本状态，各温区温度，升温曲线，降温曲线，炉压等	同上
4	检验检测设备模型	设备基本状态，检验检测结果报告	同上
			

三、应用实例

本文在此以我们企业在数字化车间项目的实施作为案例，说明我们企业通过这个项目的实施给我们所带来的精益生产的效果。

在本数字化车间项目的实施过程中，我们紧紧抓住持续改进这一精益思想的核心，不追求一口吃一个胖子，但必须保障在PDCA循环中能得到精益改进。工作思路基本上是按照如下循环执行：先将车间设备进行联网，采集相关人、机、料、法、环、测等多源异构数据，通过大数据分析发现相关问题，根据问题提出相关改进措施（即“P”）并执行（即“D”），再根据现场相关采集数据的反馈，对相关执行措施的效果进行评估（即“C”），调整（即“A”）改进措施并重新执行，反复按照这个PDCA循环持续改进。在这个循环过程中，数据采集就是日常工作中的一把尺子，它可以客观、实时、准确地反馈现场状态，让我们的计划、调整做到有的放矢。同时，随着现场精益工作的推进，它也会对数据采集提出更加严格、深入、细致的要求。

我们企业很早就对车间数控设备实施了数据采集，只是刚开始实施时只采集了网卡类数控机床，并且也只采集了设备的基本状态，对设备的运行关键参数未作深入关注。

后来，随着企业对车间生产精益化管理提升的要求，对于企业原有的网卡类数控机床（如FANUC，SIEMENS840D/DSL），我们都通过相关CNC所支持的通讯协议，如FOCASS，OPC，OPC UA等（详见上章采集方式说明）来采集设备的各种基本状态（如设备开关机，运行，故障等），同时对设备的关键运行参数都进行了详尽的数据采集，如常见的进给、倍率、转速、刀具信息（含刀具寿命，刀具补偿数据）等。

对于普通机床，我们通过设备改造，安装各类采集卡来采集，可以采集普通设备的基本状态和关键运行参数，如进给、倍率、转速和设备负载等信息。

对于检验检测设备的输出结果我们也开始实施了结构化数据的管理，将检测结果管理得更加精细。

同时，为了更完整、真实地反应设备的停机原因，我们将现场停机原因分为计划停机和计划外停机两大类，有计划的、每天固定时段的必须的停机定义为计划停机，如每天的早例会时间、中午必要的吃饭午休时间和下班前的固定交班时间等，其它类型的停机即为计划外停机。结合数控设备的DNC通讯功能，要求现场操作工人对于超过15分钟以上的计划外停机必须上报停机原因，进一步挖掘现场生产潜能。

通过上面这些内容的实施，多源异构类设备的基本状态和关键运行参数也都采集上来了，那么，如何解读、利用这些数据？如何来推进我们的精益思想，为我们企业的精益生产提供可循之道？

1.设备状态的解读与应用

生产车间设备布局图非常直观的展现了生产设备的状态及整体车间设备状态的全貌，如图2所示。

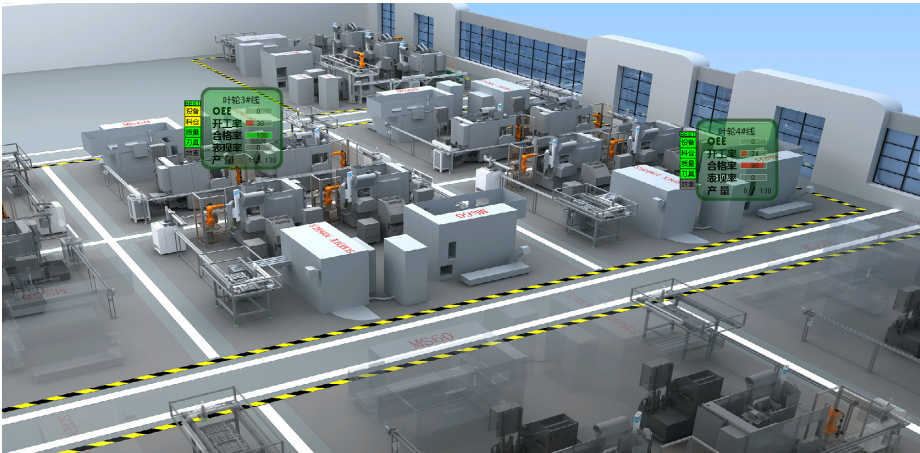


图2 生产车间设备状态看板

首先，从上述车间设备布局图中可以及时了解所有设备的当前状态，当设备无故停机或故障时可以及时发现，以便及时安排设备维护人员及时维修，缩短设备维修反应时间；同时通过点击布局图中具体设备，可以显示设备运行的详细信息，故障时可以查阅设备故障原因，可以提前准备设备故障维护的方法、零备件等，以方便及时修复。另外，通过长期的故障原因的积累，为设备

维修的零备件的准备都有了合理的指导，做到备件采购数量、采购时间合理及时；如果明明安排了设备生产任务，发现设备还迟迟进入不了生产状态（上班多时了，机床还未上电或还在待机），或者在正常开工后，遇到未知原因无故停机，发现这些问题时可督促现场工人加紧开工，也可尽快发现开工延误问题，帮助工人尽快完成生产准备，及早投入生产。

特别是当设备实时状态可以在移动端被工厂管理者24小时内全天候掌控时，管理者可以不分时间、地域及时掌控到设备运行状态，他可以及时安排资源去解决这些开工的障碍，减少设备的无故停机，从而提高设备的利用率，实现现场精益管理的目标。

2.设备开机率、故障率、利用率、OEE的监控与应用

通过对采集数据的归集分析可得出精准的设备开机率、利用率、故障率、OEE等数据，同时采用非常直观的图表方式展示给管理者每一台套设备的设备开机率、利用率、故障率、OEE等，如表2所示：

表2 设备利用率、OEE统计图表

机床编号	机床名称	运行率	完成率	合格率	综合效率	完成个数
HDCW-0000640-040	HDCW-0000640-040	100%	0%	100%	0%	0
HDCW-0000645-010	HDCW-0000645-010	100%	44.63%	100%	44.63%	95
HDCW-0000707-020	HDCW-0000707-020	100%	46.29%	100%	46.29%	171
HDCW-4800699-010	HDCW-4800699-010	100%	42.28%	100%	42.28%	90
HDCW-5800001-020	HDCW-5800001-020	100%	0%	100%	0%	0
HDCW-5800002-010	HDCW-5800002-010	100%	0%	100%	0%	0
HDCW_5800013_040	HDCW_5800013_040	100%	55.54%	100%	55.54%	331
HDSY-0000082-005	HDSY-TV-300-加工中心-0000082-005	100%	40.11%	100%	40.11%	166
HDSY-0000095-110	HDSY-LJ300-2SC800-数控车床-0000095-110	100%	32.18%	100%	32.18%	125
HDSY-0000096-040	HDSY-0000096-040	100%	51.4%	100%	51.4%	111
HDSY-0000102-080	HDSY-S33-数控磨床-0000102-080	89.92%	39.85%	100%	35.83%	112
HDSY-0000103-100	HDSY-S33-数控磨床-0000103-100	100%	31.24%	100%	31.24%	105
HDSY-0000104-120	HDSY-400FBL5-半自动平衡去里机-0000104-120	100%	25.17%	100%	25.17%	150
HDSY-0000106-050	HDSY-TG3-100-50-高频淬火机-0000106-050	100%	49.47%	100%	49.47%	351
HDSY-0000111-005	HDSY-0000111-005	100%	33.75%	100%	33.75%	141
HDSY-0000118-030	HDSY--X-24站绕专机-0000118-030	100%	56.44%	100%	56.44%	478
HDSY-0000638-080	HDSY-S33-数控磨床-0000638-080	94.29%	44.37%	100%	41.84%	110
HDSY-0000639-100	HDSY-S33-数控磨床-0000639-100	100%	50.41%	100%	50.41%	111
HDSY-0000644-110	HDSY-LJ300-2SC800-数控车床-0000644-110	100%	28.57%	100%	28.57%	124
HDSY-0000706-040	HDSY-LJ300-2SC800-数控车床-0000706-040	100%	52.15%	100%	52.15%	111

还可以很容易就计算出设备任意时间段的开机率、利用率、故障率、OEE的对比分析图，如图3所示：

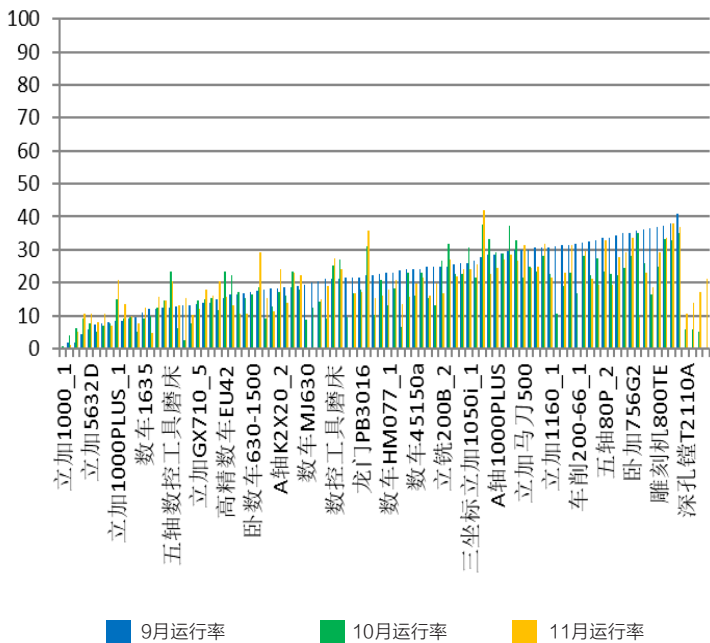


图3 生产车间设备利用率统计月度对比分析图表

设备的OEE（总体设备效率）是企业生产极为关心的内容，一般来说，OEE的计算公式为：

$$OEE = \text{时间开动率} \times \text{性能开动率} \times \text{合格品率}$$

合格品率概念比较清晰，一般没有异议。

时间开动率其实可以理解利用率，也有的厂家把它理解为开机利用率。

性能开动率有理解为：净开动率×速度开动率，也有的厂家简单处理为净开动率。速度开动率 = 理论加工时间 / 实际加工时间，净开动率 = $\sum \text{实际加工时间} / \text{开动时间}$ 。

但不能只停留于此，其实，计算开机率、利用率、故障率、OEE并非本系统的目的，要展开横向、纵向多维度的比较。分析各设备、各班组、各车间的总体、明细的在不同时段的开机率、利用率、故障率、OEE情况，分析在哪些时间段开机率、利用率、故障率、OEE高，哪些时间段开机率、利用率、故障率、OEE低，找到影响设备OEE的关键因素，从而找到有效的解决方法。在其它的分项统计中，就需要重点分析造成设备待机、故障、出现不良品的主要原因，从而制定出有效的改进制度，改善这些影响OEE的关键参数；与同行业中的平均开机率、利用率、故

障率、OEE对比，找准自己的定位；在开机率、利用率、OEE低时就不要盲目去采购新设备了，减少盲目的投资，尽量挖掘现有设备的潜力。

3.设备状态甘特图的解读



图4 设备状态甘特图

通过图4形象展示了各设备在不同时间段的状态，由此可以快速判断设备在各个时间段内的忙、闲、故障、关机状态，从而分析出各台设备的实际潜能；从设备各时段的加工、停机、故障等的时序分布，也能看出设备运行的平稳度、效率分布，从而为生产优化改进措施的制订、执行提供数据支撑。

4.设备加工记录的的监控与应用

车间生产过程中每台设备的开工数据、过程数据、完工数据的采集、统计分析报表。如表3所示：

表3 设备加工记录数据的采集、归集、统计分析表

机床名称	程序名称	开始日期	开始时间	结束日期	结束时间	间隔时间（分）	加工工
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	00:05:28	2019-05-25	00:11:49	3.68	6.35
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	00:15:04	2019-05-25	00:21:25	3.25	6.35
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	00:24:43	2019-05-25	00:31:05	3.3	6.36
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	00:34:09	2019-05-25	00:40:31	3.07	6.36
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	00:49:13	2019-05-25	00:55:35	8.7	6.36
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	00:58:46	2019-05-25	01:05:07	3.18	6.36
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	01:08:07	2019-05-25	01:14:28	3	6.35
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	01:18:52	2019-05-25	01:25:14	4.4	6.37
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	01:28:03	2019-05-25	01:34:24	2.82	6.36
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	01:38:53	2019-05-25	01:45:15	4.48	6.38
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	01:47:43	2019-05-25	01:54:04	2.47	6.34
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	02:05:47	2019-05-25	02:12:08	11.72	6.35
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	02:16:43	2019-05-25	02:23:04	4.58	6.36
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	02:26:14	2019-05-25	02:32:34	3.17	6.35
DNC01-025	LSA432.4.004-G-C2-F-01	2019-05-25	02:35:23	2019-05-25	02:41:44	2.82	6.36

通过记录设备加工开始和加工结束信号，我们可以很方便地得到一个个零件的加工记录，从分析每个零件的加工记录，我们可以得到每个零件的加工时间，两个零件之间的等待时间。这里的零件加工时间是零件的实际加工时间（即实际工时），非常有实用价值，比原来的理论工时、计划工时等各种拍脑袋、经验工时更准确、更客观，它完全可以作为我们车间生产排产的重要依据；这里的两个零件之间的等待时间就是实际的零件间的准备工时，准备工时越低说明效率越高，我们需要尽可能地减少这期间的准备工时时间。往往同一台设备在不同时段、不同的操作工人操作的实际工时、准备工时是有差异的，这个实际工时、准备工时的差异及稳定性就可以展示出不同工人之间的工作态度、熟练程度。而且分析这个实际工时、准备工时的异常值往往可以预测零件的质量问题，如过短的实际工时可能是工人刻意加大了进给倍率、转速等的结果，可能会产生质量问题隐患；过长的实际工时则往往预示着在工作过程中不顺利，有过其它停顿延误等状态（如换刀、排屑等操作），同样存在产生质量问题的隐患。

5.设备进给、转速、倍率、负载的的监控与应用

对于数控机床加工来说，所用的进给、转速、倍率、

负载等均应该是通过工艺严格验证过的，不可随意的变更，或者说只能在一定范围内变更，进给、转速、倍率、负载过低有怠工的嫌疑，但进给、转速、倍率、负载过高，超出一定范围往往就会存在质量隐患，甚至对刀具的损耗、设备的损耗都会产生不利的影响，故对进给、转速、倍率、负载等工艺参数需要进行严格管控，当进给、转速、倍率、负载过高或过低，或其它异常的运行参数（如在设备最高额定转速的附近，倍率长期极高或极低等）时，我们让系统产生风险报警，提醒操作者、管理者及时纠正，避免零件、设备的毁损。同时，结合最终质量检验结果，我们可以做到对切削参数进行持续优化，不断改进生产工艺，以及通过切削参数与质量的追溯，为生产质量的稳定性、可追溯性奠定基础。

类似的，对于现场监控的数控设备其它运行参数，像主轴温度、坐标范围、主轴噪声，焊接设备的焊接电压、焊接电流等等均有工艺范围要求，我们均需对它们进行有效管控，超出正常范围时及时报警，以避免设备、零件的不必要损失，同时对这个工艺范围也会有一个不断优化的过程。通过长期的数据积累，我们就可以形成合理的优化生产工艺参数知识库，为新产品的生产提供优化工艺参数。所有这些都是精益思想成果的结晶。

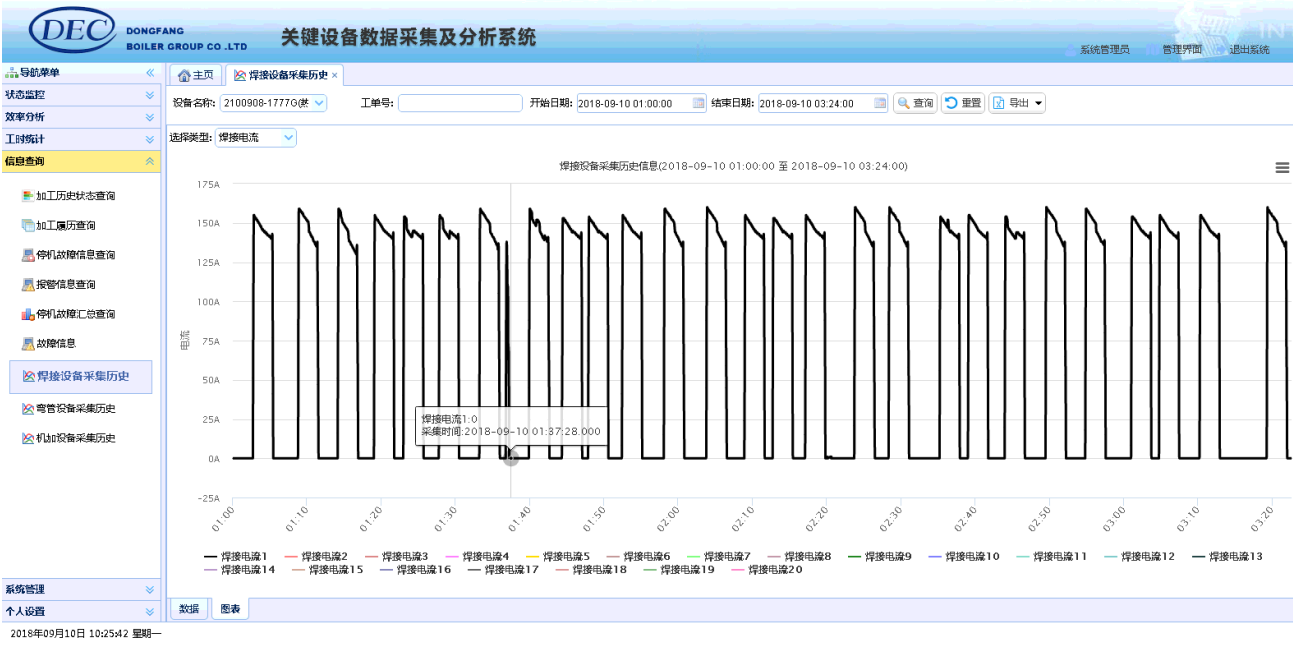


图5 设备焊接电流波动表

6.设备停机原因的的监控与应用

如前所述，由于计划停机是日常工作中不可避免的停机时段，故我们在日常对计划停机的考量是比较严格的，需要对日常工作流程进行认真规划，将计划停机压缩到最短，余下的就是对非计划停机的详细管控。

通过实时采集设备非计划停机原因，可以定期汇总设备日常停机的原因，将其发生的频率、时间进行从高到低的排序，找出前十项主要停机原因，这个就是我们日后需要优化改进的突破口，如何有效减少这前十项不必要的停机就是我们生产管理的一个重点。

如图6所示就是我们当前的状态：

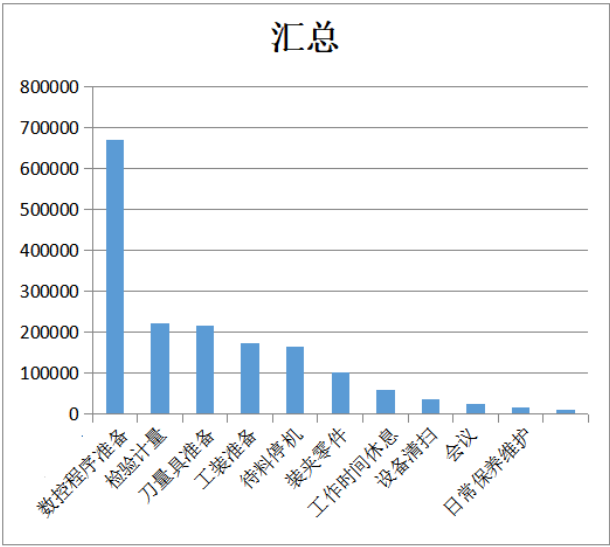


图6 设备停机原因汇总分析表

NC程序准备时间比较长，在我们的意料之中，原来采用在机编程或单机下载，NC程序准备时间更长，程序质量更是无法保障。我们实施DNC系统后已有较大改善，但还是偏高，现正设计通过MES与DNC系统的集成，实现NC程序在扫码开工后按照生产任务所需自动下载，减少了人工请求NC程序的环节，既提高了NC程序下载速度，也减少了人工请求下载可能的错误，此处的效率提升是可以预见的。

检验计量原来只是感觉不太顺畅，没想到居然占用了如此大量的生产等待时间，重点改进如下：一方面尽量减少送检，让计量人员多跑现场，另一方面增加和优化现场检验的手段和方法，通过检测设备的联网，实现检验检测数据自动入网，并且可以检测数据的结构化存储，大大提高现场检验的效率，也让现场质量管理形成闭环，精益思想进一步推进。

量具的准备时间问题一直是个难题，车间也开始了刀具管理的实施项目，准备成立刀具准备小组，提前一个班次准备刀具，改刀具领用制为刀具配送制；同时，计划将对刀仪的输出数据直接与CNC系统对接，在刀具换到机床后自动将对刀数据自动下发到数控机床中，减少了人工录入刀补数据可能产生的错误，也可以大大提高刀具准备效率。

如此这般抽丝剥茧的一顿操作，充分利用精益制造的持续改进的精髓，生产效率肉眼可见的提高了，月底再汇总时，非计划停机时间减少了20%，设备利用率平均提高

3%。原来设备主管经常抱怨设备不够，需要采购新设备的提议也自然减少了。当然，从中也发现了个别设备的利用率一直就很低，原因是这类设备的功能完全可以被其它更便宜的设备所替代，成本更低，效率还更高，也为后期设备的采购选型指明了方向。

上面我们只是列举了我们部分采集数据的应用，还有很多的我们采集数据可以为生产现场的精益管理带来助力，如设备能耗、主轴温度、刀具寿命等，我们也可以充分利用持续改进的理念，再挖掘更多的数据采集项，为现场生产改进所用，将精益执行到底，为企业带来更大的效益。

四、结语

本文通过介绍作者在本单位的数字化车间项目的实践，充分利用现场多源异构设备采集的数据为企业的精益生产提供了很多有益的改进思路。

总之，通过多种方式、多维度的数据采集，我们可以

实时、客观、准确地采集到生产现场的多源异构设备的各种数据，利用这些数据可以及时准确地发现生产现场存在的实际问题，为我们现场生产精益改进提供完善的数据支持，利用好数据采集这把客观的尺子，验证我们的改进方式、方向是否正确，灵活利用精益思想的PDCA循环流程，持续优化现场管理措施，优化生产决策。

最后，也希望大家能紧扣精益思想的持续改进的核心，通过不断改进现场数据采集的方法、内容，不断总结分析现场数据带给我们的各种启示，并且将持续改进的精益思想应用到企业经营管理的方方面面，为我们企业的精益思想的整体推进带来助力，从而实现企业内部的提质、降本、增效，为企业的健康发展贡献自己的聪明才智。□

参考文献

- [1] 袁毅，等，数据采集、助力企业降本增效[J]. 智能制造，2021(5): 56-63.
- [2] 周本华，吴旭光，等. 现场数据采集在智能制造系统中的应用[J]. 制造技术与机床，2016(6): 33-39.

资讯

济南二机床钢铝混合开卷落料线在蔚来智能工厂投入使用



近日，济南二机床集团有限公司自主研发的钢铝混合开卷落料线在合肥新桥蔚来第二工厂全线贯通，正式投入使用。用户对项目进度、安全管理、质量管控等表示充分肯定，并赠送锦旗。

钢铝混合开卷落料线由线首开卷、送料、800t压力机、真空堆垛等组成，首次应用自主研发的新型开式摆剪模、钢铝校平机、钢铝伺服送料、真空磁铁伸缩皮带机等

新技术，自主研发了集成化的钢铝混合码垛系统，可实现汽车外覆盖件钢铝板料的高速生产。

自2021年双方合作以来，济南二机床已为蔚来提供了3条大型冲压生产线，设备运行良好。未来，济南二机床将不断提升产品质量和技术水平，与用户携手推动汽车产业的智能化进程，助力其加快打造全球化智能电动汽车品牌。

2024年上半年机床工具行业经济运行情况

中国机床工具工业协会信息统计部

本报告统计汇总了机床工具行业2024年上半年全行业及主要分行业的营业收入、利润总额、利润率、进出口额、机床产量等数据及其同比变化情况，分析了上半年行业运行特点，并对全年情况做了预判。报告主要依据中国机床工具工业协会统计分析测算数据、国家统计局公布的规模以上企业金属加工机床产量、中国海关和协会重点联系企业统计等相关数据。

一、机床工具行业运行情况

1. 营业收入

2024年1~6月，机床工具全行业完成营业收入5019亿元，同比下降7.7%，降幅较1~3月收窄6.1个百分点。其中，金属切削机床同比增长0.5%，由1~3月的同比下降转为增长；金属成形机床同比增长3.0%，增幅较1~3月扩大0.4个百分点。

机床工具全行业及主要分行业的营业收入情况，详见表1。

表1 2024年1~6月机床工具全行业及主要分行业的营业收入情况

指标名称	单位	总计	金属切削机床	金属成形机床	机床功能部件及附件	切削工具	磨料磨具	其他
营业收入	亿元	5019	780	435	293	522	2257	732
同比增减	%	-7.7	0.5	3.0	3.2	2.2	-16.8	0.2
1~3月同比	%	-13.8	-9.2	2.6	-7.3	-0.3	-20.4	-13.1

2. 利润总额

2024年1~6月，机床工具全行业实现利润总额149亿元，同比下降78.2%，降幅较1~3月扩大0.4个百分点。

其中，金属切削机床同比下降11.6%，降幅较1~3月收窄28.4个百分点；金属成形机床同比下降14.3%，降幅较1~3月收窄19.8个百分点。

机床工具全行业及主要分行业的利润总额情况，详见表2。

表2 2024年1~6月机床工具全行业及主要分行业利润总额情况

指标名称	单位	总计	金属切削机床	金属成形机床	机床功能部件及附件	切削工具	磨料磨具	其他
利润总额	亿元	149	42	19	20	44	-15	39
同比增减	%	-78.2	-11.6	-14.3	31.4	-16.4	-103.0	-32.1
1~3月同比	%	-77.8	-40.0	-34.1	0.8	-17.5	-92.1	-43.2

3. 利润率

2024年1~6月，机床工具全行业平均利润率为3.0%，较上年同期降低9.6个百分点，较1~3月降低0.5个百分点。其中，金属切削机床同比降低0.7个百分点，较1~3月上升1.6个百分点；金属成形机床同比降低0.9个百分点，较1~3月上升2.0个百分点。

机床工具全行业及主要分行业的利润率情况，详见表3。

表3 2024年1~6月机床工具全行业及主要分行业利润率情况

指标名称	单位	总计	金属切削机床	金属成形机床	机床功能部件及附件	切削工具	磨料磨具	其他
营业收入	%	3.0	5.4	4.3	6.9	8.4	-0.7	5.3
同比增减	百分点	-9.6	-0.7	-0.9	1.5	-1.9	-18.7	-2.5
1~3月同比	%	3.5	3.8	2.3	5.1	8.0	2.0	4.9

4.金属加工机床产量

根据国统局公布的规模以上企业统计数据，2024年1~6月金属切削机床产量33.3万台，同比增长5.7%，增幅较1~3月回落3.6个百分点；金属成形机床产量8.3万台，同比下降6.7%，降幅较1~3月收窄9.2个百分点。

图1和图2，分别为近三年国统局公布的金属切削机床和金属成形机床产量的同比增速情况。

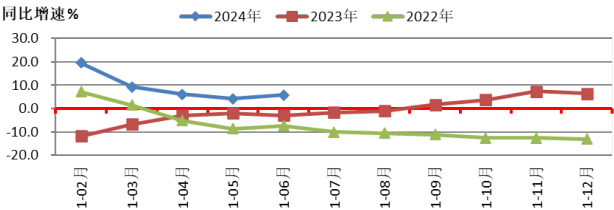


图1 金属切削机床产量同比增速情况

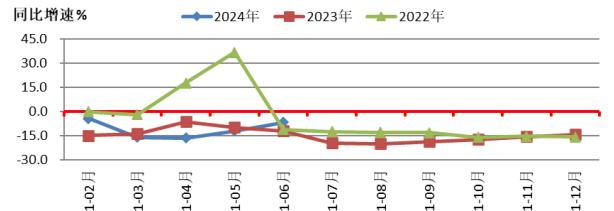


图2 金属成形机床产量同比增速情况

二、进出口情况

1. 总体情况

2024年1~6月，中国机床工具行业进出口总体小幅下降，其中进口明显下降，出口小幅增长，贸易顺差扩大。与1~3月相比较，进出口总体降幅扩大，其中，进口降幅扩大到两位数，出口增幅明显回落，贸易顺差增幅也有所回落。

根据中国海关数据，机床工具商品进出口的金额及同比变动情况，详见表4。

表4 2024年1~6月机床工具商品进出口金额及同比情况					
指标名称	单位	进出口合计	其中：进口	出口	贸易差
金额	亿美元	154.3	50.5	103.8	53.3
同比增减	%	-3.0	-11.1	1.4	17.1
1~3月同比	%	-0.7	-9.3	4.2	22.3

机床工具主要商品门类的累计进口情况和出口情况，详见图3和图4。

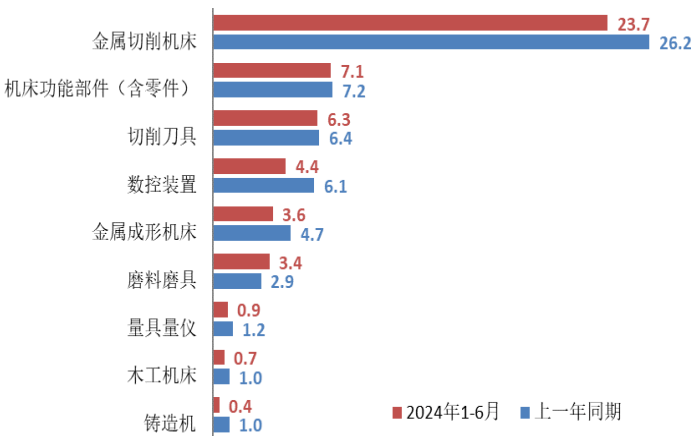


图3 机床工具产品累计进口情况（亿美元）

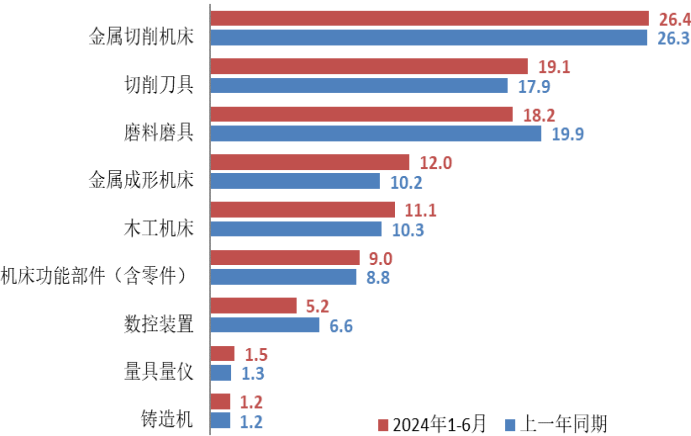


图4 机床工具产品累计出口情况（亿美元）

2. 金属加工机床进出口情况

2024年1~6月，金属加工机床总体进口大幅下降，出口小幅增长，保持贸易顺差。与1~3月相比较，进口降幅扩大到两位数，出口增幅回落至个位数。

根据中国海关数据，金属加工机床进口和出口的金额及同比变动情况，详见表5。

产品名称	进口			出口			贸易差
	金额 亿美元	同比 %	1~3月 同比 %	金额 亿美元	同比 %	1~3月 同比 %	
金属加工机床	27.3	-11.4	-4.0	38.4	5.5	17.2	11.1
其中：金属切削机床	23.7	-9.3	-3.1	26.4	0.6	12.6	2.7
金属成形机床	3.6	-23.1	-9.8	12.0	18.1	28.6	8.4

（1）进口金额排前五位的金属加工机床品种
2024年1~6月进口前五位的金属加工机床品种及其进口金额详见表6。

表6 2024年1~6月进口金额排前五位的金属加工机床品种

排名	金属加工机床品种	进口金额（亿美元）	同比（%）	占比（%）
1	加工中心	9.1	-11.7	33.2
2	磨床	4.4	9.2	16.0
3	特种加工机床	3.8	-24.0	14.0
4	齿轮加工机床	2.7	5.1	9.9
5	车床	2.6	0.7	9.7

（2）出口金额排前五位的金属加工机床品种

2024年1~6月出口前五位的金属加工机床品种及其出口金额详见表7。

表7 2024年1~6月出口金额排前五位的金属加工机床品种

排名	金属加工机床品种	出口金额（亿美元）	同比（%）	占比（%）
1	特种加工机床	11.0	-0.4	28.5
2	车床	4.1	-13.8	10.7
3	加工中心	3.8	-10.5	9.9
4	成形折弯机	3.4	19.1	8.9
5	金属冷加工压力机	2.4	2.4	6.2

三、协会重点联系企业运行情况

1. 主要经济运行指标

2024年1~6月，中国机床工具工业协会重点联系企业营业收入同比下降3.0%，降幅较1~3月收窄2.2个百分点。利润总额同比下降9.2%，降幅较1~3月扩大5.8个百分点。亏损企业占比为28.4%，同比扩大2.4个百分点，较1~3月收窄9.7个百分点。金属加工机床产量同比下降1.2%，产值同比下降13.9%，降幅较1~3月分别收窄2.9、4.1个百分点。其中，金属切削机床产量同比下降2.2%，产值同比下降3.1%，降幅较1~3月分别收窄1.9、4.9个百分点。金属成形机床产量同比增长3.0%，由1~3月同比下降转为增长；产值同比下降31.9%，降幅较1~3月收窄4.2个百分点。

2. 订单情况

2024年1~6月，金属加工机床新增订单同比增长4.1%，由1~3月的同比下降转为增长；在手订单同比下降5.4%，降幅较1~3月收窄14.7个百分点。其中，金属切削机床新增订单同比增长8.1%，在手订单同比增长4.9%，均由1~3月的同比下降转为增长。金属成形机床新增订单同比下降4.5%，在手订单同比下降20.9%，降幅较1~3月分别收窄15.3和14.6个百分点。

四、上半年行业运行特点及全年预判

上半年，全行业营业收入同比下降，但降幅较一季度

明显收窄。利润总额同比下降，降幅较一季度略有扩大。整体经营状况呈现恢复向好态势。

主要分行业中，营业收入，除磨料磨具外的其他分行业均恢复至增长。利润总额，仅磨料磨具的降幅有所扩大，其他分行业降幅均大幅收窄，有的分行业则大幅增长。各分行业间运行的分化程度明显加剧。针对磨料磨具分行业主要经济指标出现大幅波动的情况，协会下一步将开展专项调研。

上半年的出口同比增长1.4%，其中金属加工机床出口同比增长5.5%，增速均较一季度有所趋缓，但仍都保持在增长区间。在地缘政治冲突和贸易摩擦不断、债务压力上升的复杂国际形势下，出口保持增长实属不易。

协会重点联系企业，上半年金属加工机床新增订单由一季度的下降转为增长，实现增长的企业占比由一季度的47.8%提升至54.5%。在手订单降幅较一季度大幅收窄至个位数，实现增长的企业占比由一季度的49.0%提升至56.4%。整体市场需求呈现恢复性增长。

从宏观经济层面来看，上半年我国GDP同比增长5.0%。近日国际货币基金组织也将中国今年经济增长预期调高至5%。国家统计局发布的2024年1~6月全国固定资产投资（不含农户）同比增长3.9%，其中工业投资增长12.6%，制造业投资增长9.5%，投资整体实现平稳增长。其中，通用设备、专用设备、汽车、仪器仪表、电气机械和器材制造业固定资产投资均保持增长，同比增速分别为14.0%、12.6%、6.5%、4.5%、3.5%。国家统计局发布的我国制造业PMI，今年3、4月连续两个月位于扩张区间，5、6月回落至49.5%，7月降至49.4%，制造业景气水平略有回落，回升向好基础仍需巩固。

从政策层面上看，国家对工业母机的重视达到前所未有的高度。党的二十届三中全会，再次从健全提升产业链供应链韧性和安全水平角度，强调了工业母机的重要性。

近期来看，随着大规模设备更新政策稳步实施，设备工器具购置投资呈现较快增长。1~6月设备工器具购置投资同比增长17.3%，增速高于全部投资13.4个百分点。工业和信息化部部署开展“工业母机+”百行万企产需对接活动，推动工业母机创新产品推广应用，促进工业母机产业链企业融通发展。国家发展改革委和财政部共同印发《关于加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施》，明确由国家发展改革委牵头安排3000亿元左右超长期特别国债资金，加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新。

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

2024年机器人行业发展的五大趋势

中国机床工具工业协会市场部

【摘要】全球新装机机器人数量近些年增长迅速，反映了制造业自动化、智能化发展进程的加速。中国机床工具工业协会市场部根据国际机器人联合会（IFR）官网近期发布的2024年全球机器人产业发展趋势分析资料信息编译了本文，希望对行业企业了解机器人技术发展及应用有所帮助。

据IFR资料，2023年全球机器人安装量预计56万台，同比增长1%。

从订单情况看，亚洲市场下半年订单减少，欧洲四季度订单呈个位数增长，而美洲则出现两位数下降。

按行业分，电子、汽车、机械是机器人安装量最大的行业，分别为15.9万台、14万台和6.8万台，所占份额28%、25%和12%。

按地区分，亚洲40.4万台，占比73%，其次是欧洲8.6万台，占比16%；美洲6.3万台，占比11%。

目前，全球在运行的机器人保有量约390万台，不断刷新历时纪录。新技术简化了自动化解决方案，推动着机器人应用的快速拓展。

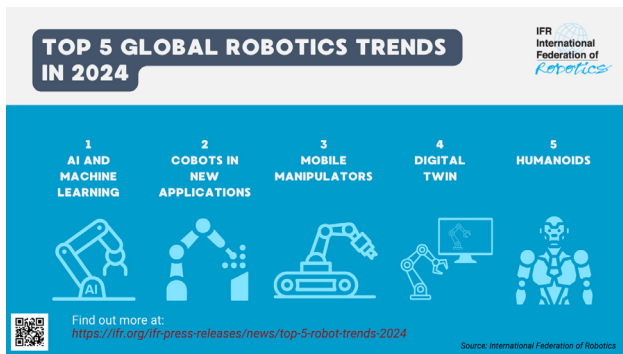
择和调整机器人动作。

（2）预测性维护

预测性AI可以通过分析机器人的性能数据，来预测设备的未来状况，从而降低设备停机损失。据相关资料显示，汽车零部件行业每小时计划外停机成本约为130万美元。这一数据表明，预测性维护具有巨大的降本潜力。

（3）机器学习

机器学习算法通过分析同时运行的多个机器人的数据，并在此基础上进行优化。一般来说，机器学习算法接收的数据越多，性能就越好。

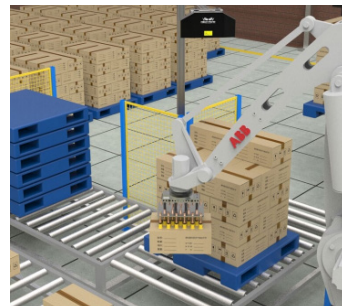


1.人工智能（AI）和机器学习应用日益广泛

（1）生成式AI

在机器人和自动化领域使用AI的趋势日益突出。生成式AI的出现开辟了新的解决方案。这种AI的细分研究领域是从训练中学到的东西再创造出新的知识，已被ChatGPT等工具所普及。

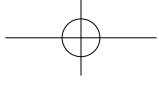
机器人生产厂正在开发生成式AI驱动界面，让用户可以通过使用自然语言而不是代码，更直观地为机器人编程。工人将不再需要专门的编程技能来选



2. 协作机器人扩展新的应用领域

（1）人机协作

人机协作仍然是机器人技术的主



要发展趋势。传感器、视觉技术和智能夹具的快速发展，使机器人能够对环境变化做出实时反应，从而安全地与人类一起工作。

(2) 新应用场景

协作机器人的应用为人类工人提供了一种新的工具，可以减轻人工的负担并提供支持。可以协助完成需要搬运的重物、重复动作或在危险环境中工作。

协作机器人的应用范围不断扩大。近期市场对焊接协作机器人需求不断增加，由于熟练焊工的短缺，协作机器人成为一种新的解决方法。

(3) 与传统互补

协作机器人将是对传统工业机器人的补充，而不是取代。相对而言，传统工业机器人的运行速度更快，对提高生产率和产品利润率至关重要。



3. 移动机械手增长潜力巨大

(1) 物料处理

移动机械手（Mobile manipulators 也称为“MoMa”）正在汽车、物流或航空航天等行业中实现自动化物料搬运。它结合了机器人平台的移动性与机械臂的灵活性。这使他们能够在复杂的环境中导航和操纵物体，这对于制造业的应用至关重要。

(2) 新的组合形式

移动机械手不仅配备了传感器和摄像头，可以对设备进行检查和维护。最显著的优势是，移动机械手是

协作机器臂和移动机器人（AMR）的组合，扩大了应用范围，在一定程度上解决熟练劳动力和工厂员工短缺的问题。这种解决方案有望大幅增加对协作机器人的需求。



4. 数字孪生提供更加智能的解决方案

(1) 重要工具

数字孪生技术正日益成为一种优化现实系统的重要工具，通过创建实际系统的虚拟环境来实现这一目标。随着机器人在工厂中的数字化集成程度不断提高，数字孪生可以利用机器人在现实世界中的操作数据来进行模拟，并预测可能的结果。

(2) 节约成本

数字孪生系统建造了一个计算机模型，可以对其进行压力测试和修改，无需担心对零件造成安全等影响，从而降低了成本和风险。通过在虚拟环境中进行所有实验，企业可以在实际安装之前验证和改进设计方案。



(3) 连接数字与现实

数字孪生作为数字世界与现实世界之间的桥梁，使得企业能够更加精准地掌握物理系统的运行状态，实现更加高效的监控、预测和维护。

5. 人形机器人快速发展

(1) 技术突破

机器人技术在人形机器人方面取得了重大进展，人形机器人可以在各种环境中执行各种任务。它拥有两只手臂和两条腿，可灵活应用于实际为人类创造的工作环境中。因此，可以很容易地集成到现有的仓库流程和基础设施中。

(2) 受到极大关注

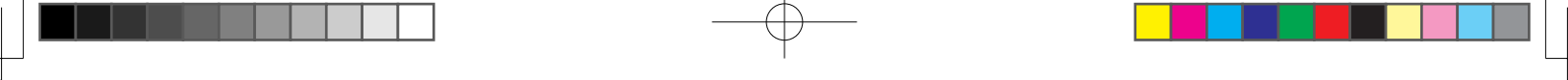
中国工业和信息化部（MIIT）最近公布了到2025年大规模生产人形机器人的详细目标。工信部预测，人形机器人很可能成为另一种颠覆性技术，类似于计算机或智能手机，可能会改变人们的生产方式和生活方式。

(3) 大规模应用仍具挑战

人形机器人对各行各业的潜在影响，使其成为一个关注度高的发展领域，但大规模应用仍然是一个复杂的挑战。成本是一个关键因素，与移动机械手等成熟机器人解决方案相比，其成功与否将取决于投资回报。



2024年，自动化领域的这些趋势表明，机器人技术是一个多学科领域，需要各种技术相融合，为各种任务创造出智能解决方案。技术的进步预示着未来机器人将在更多领域发挥更加重要的作用。□



2024年上半年工具进出口海关数据分析

中国机床工具工业协会工具分会秘书处

中国机床工具工业协会工具分会秘书处收集和整理了2024年上半年工具（刀具，量具，量仪）进出口海关数据，并进行了计算和分析，供行业参考。

2024年上半年刀具出口额123.91亿元，同比增长9.75%，进口额43.4亿元，同比2023年增长0.11%，量具和量仪出口额10.37亿元，同比增长19.6%，其中，量具出口额7.56亿元，同比增长16.15%；量仪出口额2.81亿元，同比增长30%；量具和量仪进口额6.59亿元，同比下降19.91%，其中量具进口1.22亿元，同比下降41.5%，量仪进口5.37亿元，同比下降12.59%。

1. 刀具进出口分析

（1）总体情况

2024年上半年刀具出口额123.91亿元（见表1和表

2），同比增长9.75%，刀具进口额43.4亿元（表3和表4），同比增长0.11%。出口额是进口额的2.86倍，出口增长较大，进口微量增长。

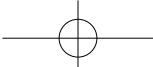
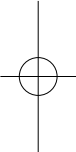
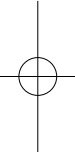
（2）2024年上半年刀具出口主要品种及金额

钻头（42.65亿元），圆锯片（22.41亿元），刀片（14.29亿元），互换工具（14.1亿元），铣刀（11亿元），攻丝工具（5.16亿元），超硬孔加工刀具（3.38亿元），超硬互换工具（2.65亿元），双金属带锯条（2.56亿元）。

大部分刀具品种出口同比增长，其中，超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具同比增长36.78%，其他铣削工具同比增长17.73%，其他材料制工作部件的未列名可互换工具同比增长17.39%，涂层刀片同比增长8.15%，非涂层刀片同比增长9.03%，钻头同比增长9.87%。但丝锥同比下降4.71%。

表1 2024年上半年刀具出口分类

序号	商品编码	商品名称	金额(元)	元/件	占比
1	82075090	其他材料制工作部件的钻孔工具	4,265,422,155	4.01	34.42%
2	82023990	未列名圆锯片，包括部件 (kg)	1,667,913,518	48.80	13.46%
3	82079090	其他材料制工作部件的未列名可互换工具	1,410,091,524	2.10	11.38%
4	82077090	其他铣削工具	1,099,814,445	13.74	8.88%
5	82081011	经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片 (kg)	960,406,407	1351.02	7.75%



6	82023100	带有钢制工作部件的圆锯片	(kg)	572, 830, 510	51.28	4.62%
7	82074000	攻丝工具		515, 703, 249	6.63	4.16%
8	82081019	其他硬质合金制的金工机械用刀及片	(kg)	355, 850, 038	359.97	2.87%
9	82075010	超硬材料制工作部件的钻孔工具		338, 397, 969	14.31	2.73%
10	82079010	超硬材料制工作部件的未列名可互换工具		265, 265, 410	6.97	2.14%
11	82022010	双金属带锯条	(kg)	256, 093, 600	92.86	2.07%
12	82078090	其他车削工具		156, 383, 796	29.87	1.26%
13	82077010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具		113, 866, 262	80.21	0.92%
14	82081090	其他金工机械用刀及刀片	(kg)	113, 044, 452	110.13	0.91%
15	82078010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具		108, 768, 272	23.59	0.88%
16	82076090	其他材料制工作部件的镗孔或铰孔工具		105, 244, 048	7.13	0.85%
17	82022090	其他带锯片	(kg)	77, 174, 401	42.47	0.62%
18	82076010	超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具		8, 358, 780	34.75	0.07%
总计				12, 390, 628, 836	----	100.00%

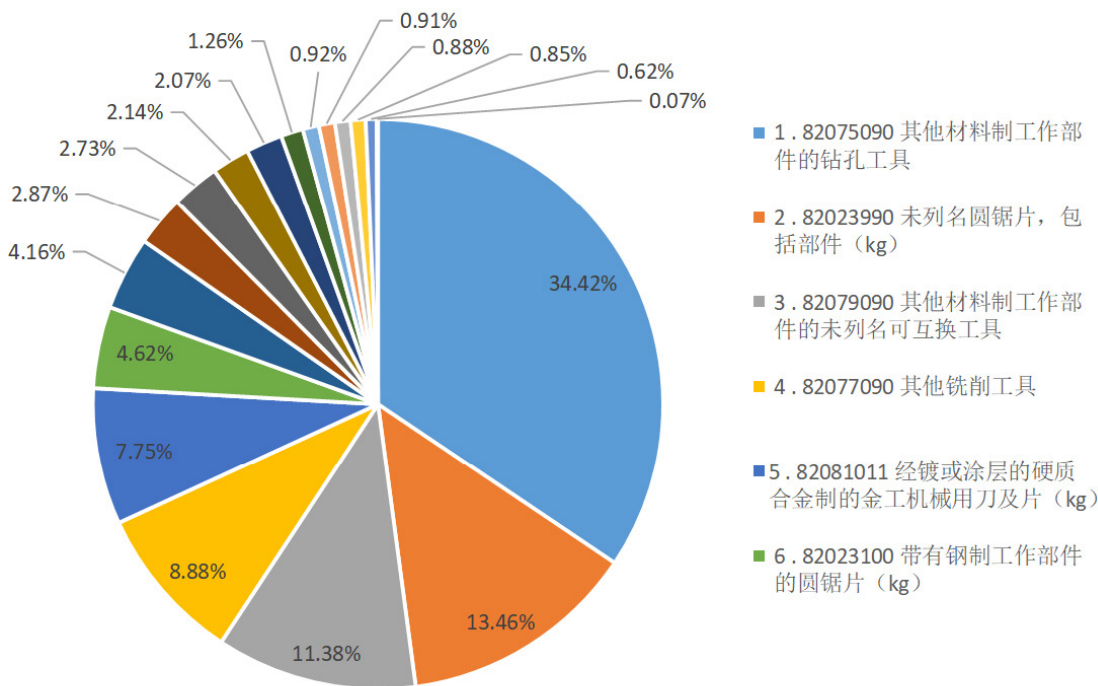


图1 2024年上半年刀具出口分类

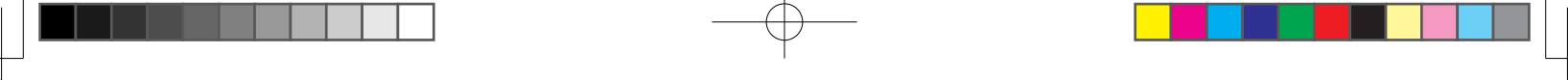


表2 2024年上半年刀具出口占比及增长

序号	商品编码	商品名称	2024年上半年 出口(元)	占比	2023年上半年 出口(元)	占比	2024年上半年 同比	2024年上半年 单价(元)	2023年上半年 单价(元)	单价 增长
1	82075090	其他材料制工作部件的钻孔工具	4,265,422,155	34.42%	3,882,247,841	34.39%	9.87%	4.01	3.86	3.87%
2	82023990	未列名圆锯片,包括部件	(kg)1,667,913,518	13.46%	1,579,971,430	14.00%	5.57%	48.80	49.16	-0.74%
3	82079090	其他材料制工作部件的未列名可互换工具	1,410,091,524	11.38%	1,201,212,158	10.64%	17.39%	2.10	2.25	-6.68%
4	82077090	其他铣削工具	1,099,814,445	8.88%	934,210,591	8.28%	17.73%	13.74	14.55	-5.62%
5	82081011	经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片	(kg)960,406,407	7.75%	888,051,473	7.87%	8.15%	1351.02	1396.76	-3.27%
6	82023100	带有钢制工作部件的圆锯片	(kg)572,830,510	4.62%	495,393,602	4.39%	15.63%	51.28	51.75	-0.91%
7	82074000	攻丝工具	515,703,249	4.16%	541,216,597	4.79%	-4.71%	6.63	7.18	-7.59%
8	82081019	其他硬质合金制的金工机械用刀及片	(kg)355,850,038	2.87%	326,392,126	2.89%	9.03%	359.97	354.95	1.42%
9	82075010	超硬材料制工作部件的钻孔工具	338,397,969	2.73%	289,099,192	2.56%	17.05%	14.31	15.94	-10.23%
10	82079010	超硬材料制工作部件的未列名可互换工具	265,265,410	2.14%	255,693,346	2.26%	3.74%	6.97	9.82	-29.01%
11	82022010	双金属带锯条	(kg)256,093,600	2.07%	266,408,370	2.36%	-3.87%	92.86	100.32	-7.44%
12	82078090	其他车削工具	156,383,796	1.26%	140,115,933	1.24%	11.61%	29.87	32.64	-8.50%
13	82077010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具	113,866,262	0.92%	107,347,494	0.95%	6.07%	80.21	63.44	26.45%
14	82081090	其他金工机械用刀及刀片	(kg)113,044,452	0.91%	123,064,691	1.09%	-8.14%	110.13	156.24	-29.51%
15	82078010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具	108,768,272	0.88%	94,925,375	0.84%	14.58%	23.59	23.34	1.07%
16	82076090	其他材料制工作部件的镗孔或铰孔工具	105,244,048	0.85%	90,240,176	0.80%	16.63%	7.13	7.95	-10.34%
17	82022090	其他带锯片	(kg)77,174,401	0.62%	67,706,746	0.60%	13.98%	42.47	37.17	14.26%
18	82076010	超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具	8,358,780	0.07%	6,111,209	0.05%	36.78%	34.75	20.85	66.68%
总计			12,390,628,836	100.00%	11,289,408,350	100.00%	9.75%	----	----	----

(3) 2024年上半年刀具进口主要品种及金额

刀片(19.54亿元),钻头(5.58亿元),铣刀(4.87亿元),攻丝工具(4.22亿元),互换工具(2.52亿元),

超硬互换工具(1.17亿元),镗铰刀(1.13亿元)。

涂层刀片进口同比增长7.12%,非涂层刀片进口同比下降10%。

表3 2024年上半年刀具进口分类

序号	商品编码	商品名称	金额(元)	元/件	占比
1	82081011	经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片	(kg)1,440,104,059	4045.86	33.18%
2	82075090	其他材料制工作部件的钻孔工具	557,901,905	4.09	12.86%
3	82077090	其他铣削工具	486,615,223	26.36	11.21%
4	82081019	其他硬质合金制的金工机械用刀及片	(kg)424,850,775	1607.74	9.79%
5	82074000	攻丝工具	421,852,004	58.91	9.72%
6	82079090	其他材料制工作部件的未列名可互换工具	251,768,058	2.00	5.80%
7	82023990	未列名圆锯片,包括部件	(kg)122,472,321	51.18	2.82%
8	82079010	超硬材料制工作部件的未列名可互换工具	116,926,968	390.34	2.69%
9	82076090	其他材料制工作部件的镗孔或铰孔工具	113,431,596	12.50	2.61%
10	82078090	其他车削工具	94,020,258	33.15	2.17%
11	82081090	其他金工机械用刀及刀片	(kg)89,251,281	1406.79	2.06%

12	82022090	其他带锯片	(kg)	62,025,625	124.31	1.43%
13	82077010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具		43,986,574	597.59	1.01%
14	82022010	双金属带锯条	(kg)	39,778,932	168.31	0.92%
15	82023100	带有钢制工作部件的圆锯片	(kg)	25,395,530	184.98	0.59%
16	82076010	超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具		21,922,995	1416.03	0.51%
17	82075010	超硬材料制工作部件的钻孔工具		14,257,733	39.30	0.33%
18	82078010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具		13,236,602	178.48	0.31%
总计				4,339,798,439	---	100.00%

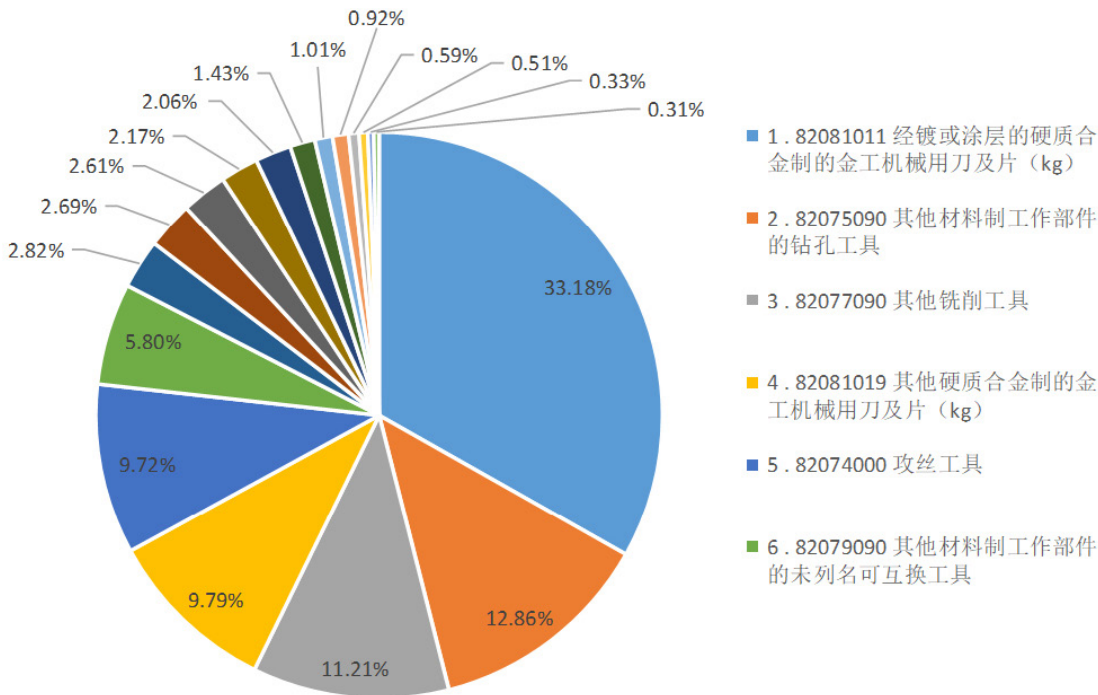
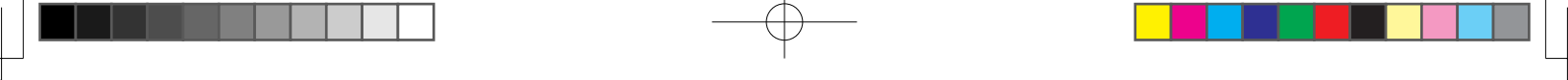


图2 2024年上半年刀具进口分类

表4 2024年上半年刀具进口占比及增长

序号	商品编码	商品名称	2024年上半年 进口(元)	占比	2023年上半年 进口(元)	占比	2024年上半年 同比	2024年上半年 单价(元)	2023年上半年 单价(元)	单价 增长
1	82081011	经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片(kg)	1,440,104,059	33.18%	1,344,380,316	31.01%	7.12%	4045.86	3903.75	3.64%
2	82075090	其他材料制工作部件的钻孔工具	557,901,905	12.86%	519,820,186	11.99%	7.33%	4.09	4.36	-6.19%
3	82077090	其他铣削工具	486,615,223	11.21%	493,208,443	11.38%	-1.34%	26.36	30.62	-13.92%
4	82081019	其他硬质合金制的金工机械用刀及片(kg)	424,850,775	9.79%	472,068,886	10.89%	-10.00%	1607.74	1754.43	-8.36%
5	82074000	攻丝工具	421,852,004	9.72%	460,811,076	10.63%	-8.45%	58.91	52.12	13.01%
6	82079090	其他材料制工作部件的未列名可互换工具	251,768,058	5.80%	201,730,473	4.65%	24.80%	2.00	1.89	5.93%
7	82023990	未列名圆锯片，包括部件(kg)	122,472,321	2.82%	107,426,822	2.48%	14.01%	51.18	68.70	-25.49%
8	82079010	超硬材料制工作部件的未列名可互换工具	116,926,968	2.69%	112,697,554	2.60%	3.75%	390.34	639.77	-38.99%



9	82076090	其他材料制工作部件的铣孔或钻孔工具		113,431,596	2.61%	119,635,987	2.76%	-5.19%	12.50	41.54	-69.91%
10	82078090	其他车削工具		94,020,258	2.17%	123,273,222	2.84%	-23.73%	33.15	25.02	32.49%
11	82081090	其他金工机械用刀及刀片	(kg)	89,251,281	2.06%	89,631,655	2.07%	-0.42%	1406.79	1586.18	-11.31%
12	82022090	其他带锯片	(kg)	62,025,625	1.43%	59,938,365	1.38%	3.48%	124.31	129.44	-3.96%
13	82077010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具		43,986,574	1.01%	63,470,901	1.46%	-30.70%	597.59	920.55	-35.08%
14	82022010	双金属带锯条	(kg)	39,775,932	0.92%	67,861,891	1.57%	-41.38%	168.31	115.67	45.51%
15	82023100	带有钢制工作部件的圆锯片	(kg)	25,395,530	0.59%	21,305,104	0.49%	19.20%	184.98	222.52	-16.87%
16	82076010	超硬材料制工作部件的铣孔或钻孔工具		21,922,995	0.51%	29,195,248	0.67%	-24.91%	1416.03	2049.36	-30.90%
17	82075010	超硬材料制工作部件的铣削工具		14,257,733	0.33%	22,938,072	0.53%	-37.84%	39.30	249.64	-84.26%
18	82078010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具		13,236,602	0.31%	25,544,325	0.59%	-48.18%	178.48	234.14	-23.77%
总计				4,339,798,439	100.00%	4,334,938,528	100.00%	0.11%	----	----	----

(4) 2024年上半年硬质合金刀片进出口情况

硬质合金刀片进口额（18.65亿元）是出口额（13.16亿元）的1.42倍。进出口刀片金额之比进一步缩小，涂层硬质合金刀片出口额同比增长8.15%（见表2），而进口额同比增长7.12%（见表4），出口持续增长，进口由降转增。

非涂层硬质合金刀片出口额同比增长9.03%（见表2），而进口额同比下降10%（见表4），出口增长，进口下降。

涂层刀片进口来源地（占比见表5）主要为：日本23.72%；瑞典17.92%；德国16.58%；以色列11.02%；印

度7.78%；美国7.48%；韩国4.9%。非涂层刀片进口来源地（占比见表6）主要为：日本72.56%；德国10.39%；韩国6.62%；泰国1.69%；中国台湾1.4%；美国1.24%；以色列1.17%。

涂层刀片出口目的地（占比见表7）主要为：俄罗斯34.67%；印度12.24%；德国10.98%；美国5.02%；土耳其4.9%；韩国3.28%；塞尔维亚2.99%。非涂层刀片出口目的地（占比见表8）主要为：俄罗斯15.46%；印度8.81%；美国8.7%；德国7.05%；日本5.67%；墨西哥4.37；新加坡3.74%。

表5 2024年上半年经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片(82081011)进口来源地统计

序号	进口来源地	重量(千克)	金额(元)	单价(元/千克)	占比
1	日本	117807	341,652,478	2900.10	23.72%
2	瑞典	42600	258,117,461	6059.10	17.92%
3	德国	43510	238,827,444	5489.02	16.58%
4	以色列	26998	158,696,126	5878.07	11.02%
5	印度	23254	112,089,984	4820.25	7.78%
6	美国	21450	107,708,108	5021.36	7.48%
7	韩国	35934	70,577,721	1964.09	4.90%
8	捷克	22184	41,007,227	1848.50	2.85%
9	波兰	895	22,303,527	24920.14	1.55%
10	奥地利	5019	22,107,506	4404.76	1.54%
11	法国	1074	11,231,271	10457.42	0.78%
12	瑞士	620	11,159,360	17998.97	0.77%
13	中国	2059	10,789,781	5240.30	0.75%
14	英国	3044	10,145,475	3332.94	0.70%
15	中国台湾	3498	5,091,364	1455.51	0.35%
16	意大利	1355	5,060,887	3734.97	0.35%
17	其它	4644	13,538,339	2915.23	0.94%
总计		355945	1,440,104,059	4045.86	100.00%

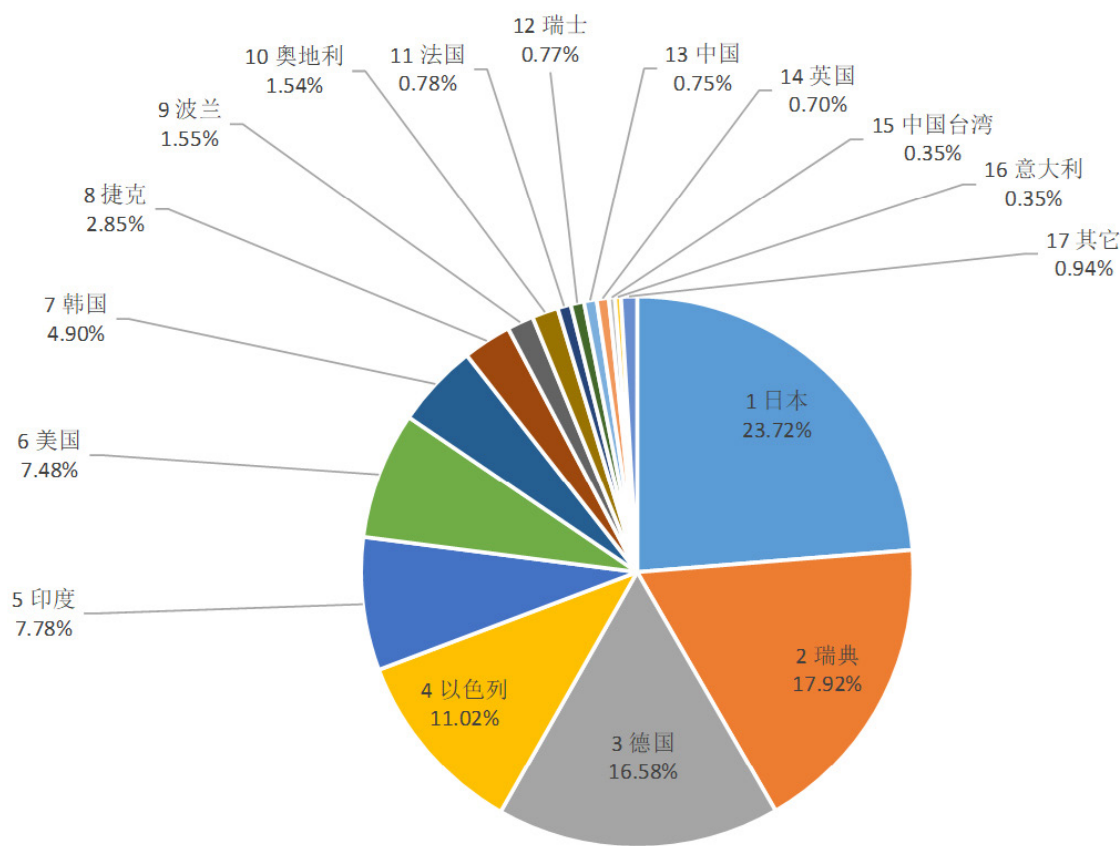


图3 2024年上半年经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片(82081011)进口来源地统计

表6 2024年上半年其他硬质合金制的金工机械用刀及片(82081019)进口来源地统计

序号	进口来源地	重量（千克）	金额（元）	单价（元/千克）	占比
1	日本	183546	308,271,658	1679.53	72.56%
2	德国	6338	44,127,747	6962.41	10.39%
3	韩国	20394	28,116,065	1378.64	6.62%
4	泰国	3888	7,187,783	1848.71	1.69%
5	中国台湾	25507	5,945,354	233.09	1.40%
6	美国	3560	5,286,484	1484.97	1.24%
7	以色列	1123	4,971,339	4426.84	1.17%
8	卢森堡	3333	3,657,044	1097.22	0.86%
9	西班牙	6903	2,533,961	367.08	0.60%
10	意大利	1634	2,326,718	1423.94	0.55%
11	奥地利	500	1,621,063	3242.13	0.38%
12	波兰	250	1,441,651	5766.60	0.34%
13	中国	555	1,428,979	2574.74	0.34%
14	印度	5130	1,357,061	264.53	0.32%
15	瑞士	86	1,343,459	15621.62	0.32%
16	法国	30	1,163,838	38794.60	0.27%
17	其它	1476	4,070,571	2757.84	0.96%
总计		264253	424,850,775	1607.74	100.00%

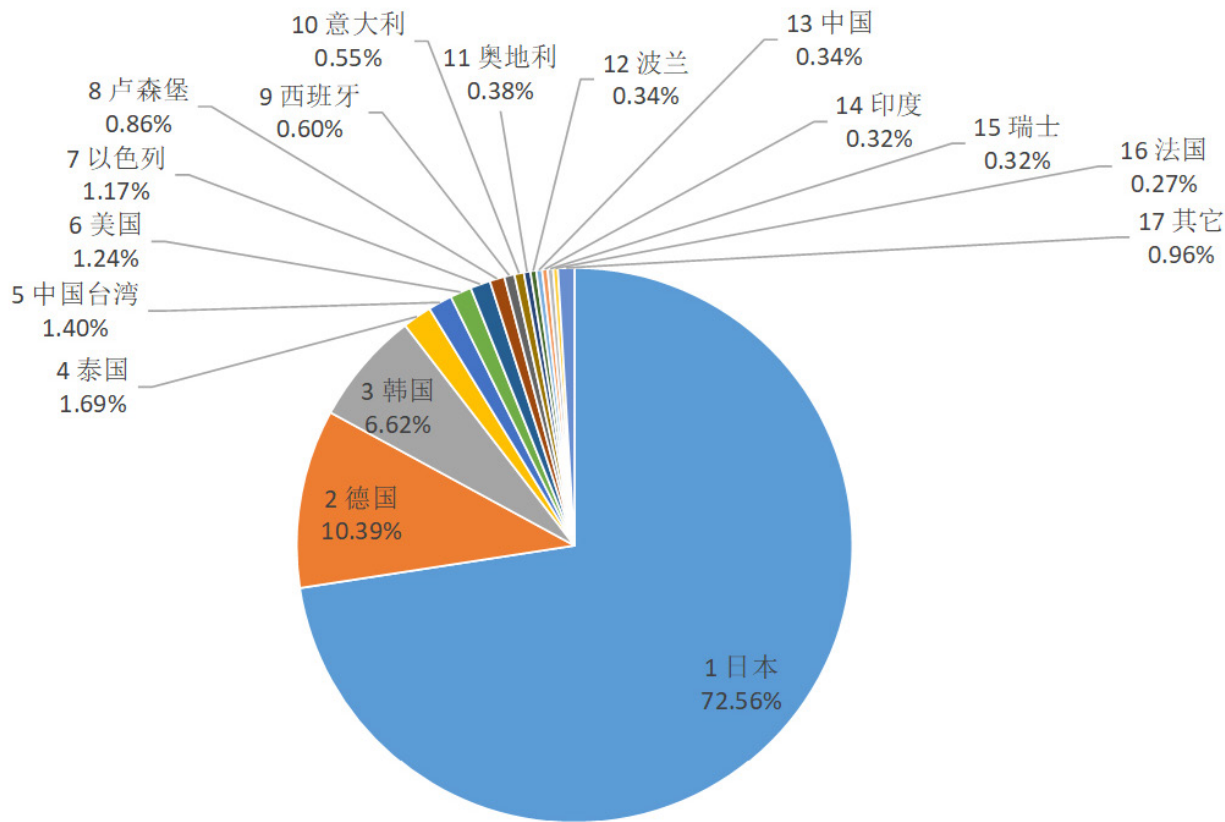


图4 2024年上半年其他硬质合金制的金工机械用刀及片(82081019)进口来源地统计

表7 2024年上半年经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片(82081011)出口目的地统计

序号	出口目的地	重量 (千克)	金额 (元)	单价 (元/千克)	占比
1	俄罗斯	163018	332,942,208	2042.36	34.67%
2	印度	167561	117,523,866	701.38	12.24%
3	德国	47408	105,447,752	2224.26	10.98%
4	美国	27820	48,212,405	1733.01	5.02%
5	土耳其	58977	47,105,669	798.71	4.90%
6	韩国	26488	31,494,046	1188.99	3.28%
7	塞尔维亚	7064	28,706,578	4063.79	2.99%
8	新加坡	10052	26,449,911	2631.31	2.75%
9	意大利	10441	20,200,291	1934.71	2.10%
10	荷兰	5949	18,507,130	3110.96	1.93%
11	泰国	12179	14,854,121	1219.65	1.55%
12	巴西	10598	14,647,497	1382.10	1.53%
13	阿联酋	15726	11,758,930	747.74	1.22%
14	伊朗	14393	11,095,563	770.90	1.16%
15	白俄罗斯	7152	10,661,997	1490.77	1.11%
16	中国台湾	7251	9,233,291	1273.38	0.96%
17	其它	118798	111,565,152	939.12	11.62%
总计		710875	960,406,407	1351.02	100.00%

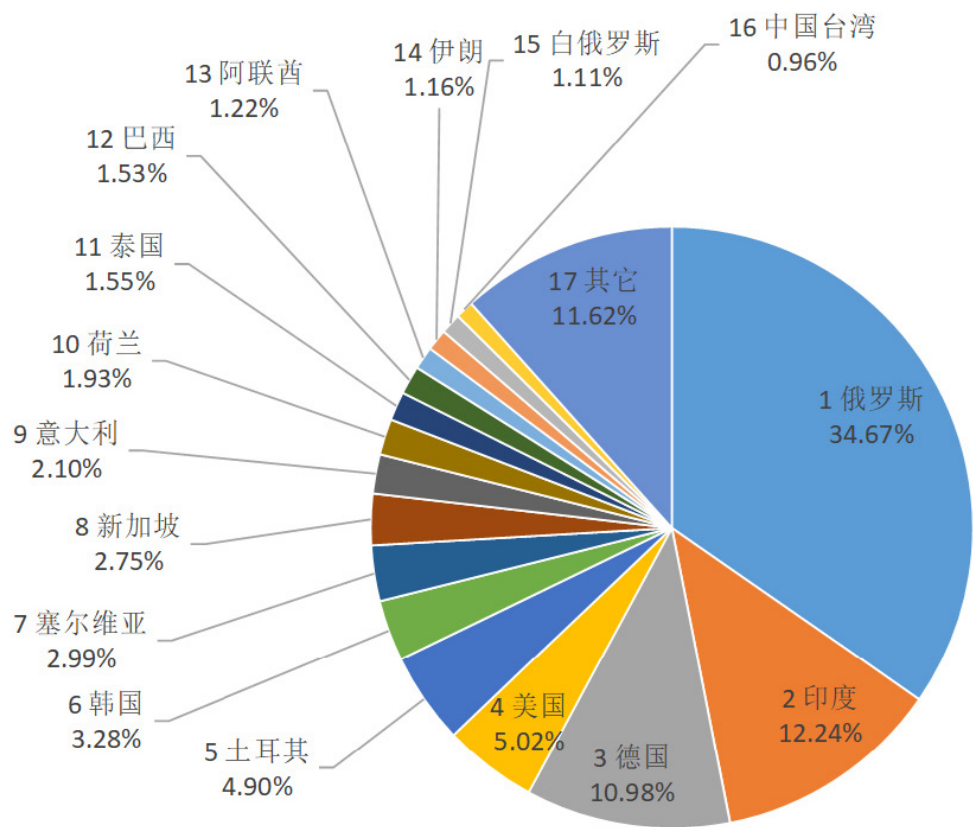


图5 2024年上半年经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片(82081011)出口目的地统计

表8 2024年上半年其他硬质合金制的金工机械用刀及片(82081019)出口目的地统计

序号	出口目的地	重量（千克）	金额（元）	单价（元/千克）	占比
1	俄罗斯	72826	55,020,625	755.51	15.46%
2	印度	143342	31,362,709	218.80	8.81%
3	美国	63122	30,942,916	490.21	8.70%
4	德国	31385	25,098,097	799.68	7.05%
5	日本	18087	20,168,208	1115.07	5.67%
6	墨西哥	20331	15,558,098	765.24	4.37%
7	新加坡	8119	13,311,170	1639.51	3.74%
8	印度尼西亚	59543	11,938,569	200.50	3.35%
9	越南	59004	11,458,543	194.20	3.22%
10	泰国	67122	10,679,409	159.10	3.00%
11	中国香港	10157	9,395,212	925.00	2.64%
12	韩国	11836	8,892,270	751.29	2.50%
13	意大利	13972	8,314,841	595.11	2.34%
14	土耳其	13647	8,281,181	606.81	2.33%
15	瑞士	8494	6,992,270	823.20	1.96%
16	英国	20405	6,327,185	310.08	1.78%
17	其它	367154	82,108,735	223.64	23.07%
总计		988546	355,850,038	359.97	100.00%

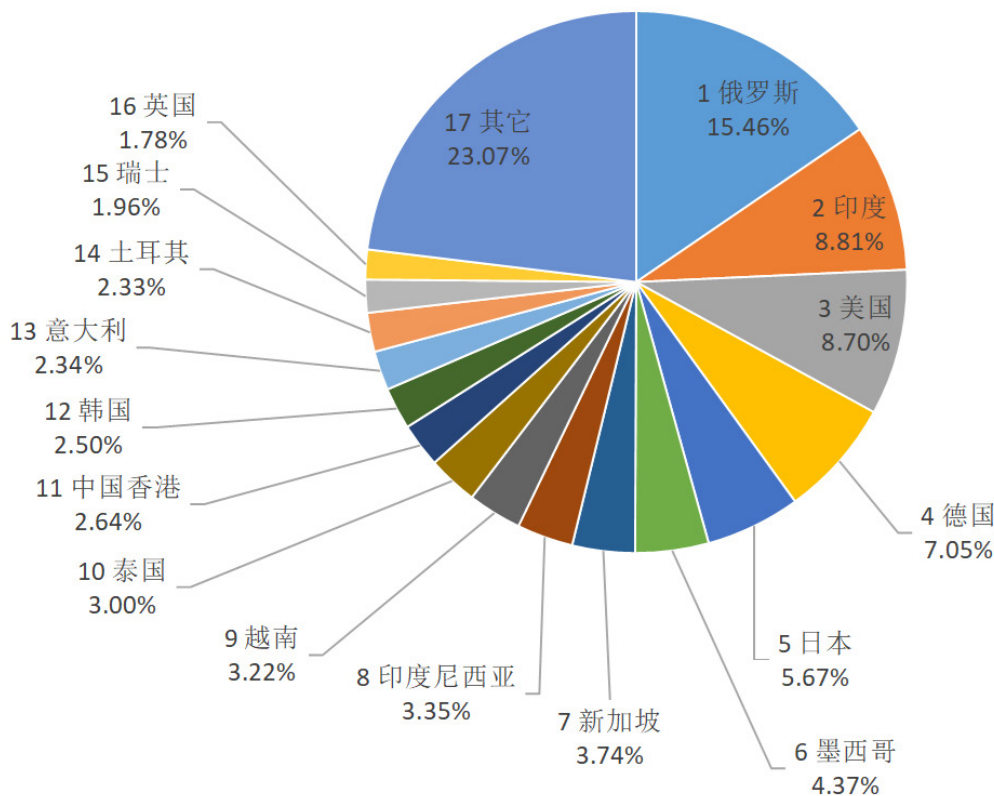


图6 2024年上半年其他硬质合金制的金工机械用刀及片(82081019)出口目的地统计

(5) 刀具进出口单价比较

比较相同商品编码产品，进口刀具价格远高于出口价格（见表9）。例如：涂层刀片的进口平均价格约为出口平均价格的2.99倍，未涂层刀片为4.47倍，攻丝工具为8.88倍。

出口单价变化较大的刀具品种有：铣刀单价同比下降5.62%，钻头单价同比增长3.87%，丝锥单价同比下降7.59%，双金属带锯条单价同比下降7.44%，涂层刀片单价同比下降3.27%，非涂层刀片单价同比增长1.42%。

表9 2024年上半年刀具进出口单价比较

序号	商品编码	商品名称	进口单价 (元)	出口单价 (元)	进口/出口 单价比
1	82022010	双金属带锯条 (kg)	168.31	92.86	1.81
2	82022090	其他带锯片 (kg)	124.31	42.47	2.93
3	82023100	带有钢制工作部件的圆锯片 (kg)	184.98	51.28	3.61
4	82023990	未列名圆锯片，包括部件 (kg)	51.18	48.80	1.05
5	82074000	攻丝工具	58.91	6.63	8.88
6	82075010	超硬材料制工作部件的钻孔工具	39.30	14.31	2.75
7	82075090	其他材料制工作部件的钻孔工具	4.09	4.01	1.02
8	82076010	超硬材料制工作部件的镗孔或铰孔工具	1416.03	34.75	40.74
9	82076090	其他材料制工作部件的镗孔或铰孔工具	12.50	7.13	1.75
10	82077010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的铣削工具	597.59	80.21	7.45

11	82077090	其他铣削工具	26.36	13.74	1.92
12	82078010	带有天然或合成金刚石、立方氮化硼制工作部件的车削工具	178.48	23.59	7.57
13	82078090	其他车削工具	33.15	29.87	1.11
14	82079010	超硬材料制工作部件的未列名可互换工具	390.34	6.97	56.00
15	82079090	其他材料制工作部件的未列名可互换工具	2.00	2.10	0.95
16	82081011	经镀或涂层的硬质合金制的金工机械用刀及片(kg)	4045.86	1351.02	2.99
17	82081019	其他硬质合金制的金工机械用刀及片(kg)	1607.74	359.97	4.47
18	82081090	其他金工机械用刀及刀片(kg)	1406.79	110.13	12.77
19	90173000	千分尺、卡尺及量规	452.13	29.06	15.56
20	90314910	轮廓投影仪	93893.56	1897.45	49.48
21	90318020	坐标测量仪	9118.63	2187.35	4.17

2. 量具和量仪进出口分析

(1) 2024年上半年量具和量仪出口情况

2024年上半年量具和量仪出口额（见表10和表11）

10.37亿元，同比增长19.6%。其中，量具（千分尺，卡尺及量规）出口额7.56亿元，同比增长16.15%；量仪（坐标测量仪，轮廓投影仪）出口额2.81亿元，同比增长30%。

表10 2024年上半年量具、量仪出口分类

序号	商品编码	商品名称	金额(元)	元/件	占比
1	90173000	千分尺、卡尺及量规	756,213,925	29.06	72.93%
2	90318020	坐标测量仪	251,744,165	2187.35	24.28%
3	90314910	轮廓投影仪	29,015,845	1897.45	2.80%
总计			1,036,973,935	----	100.00%

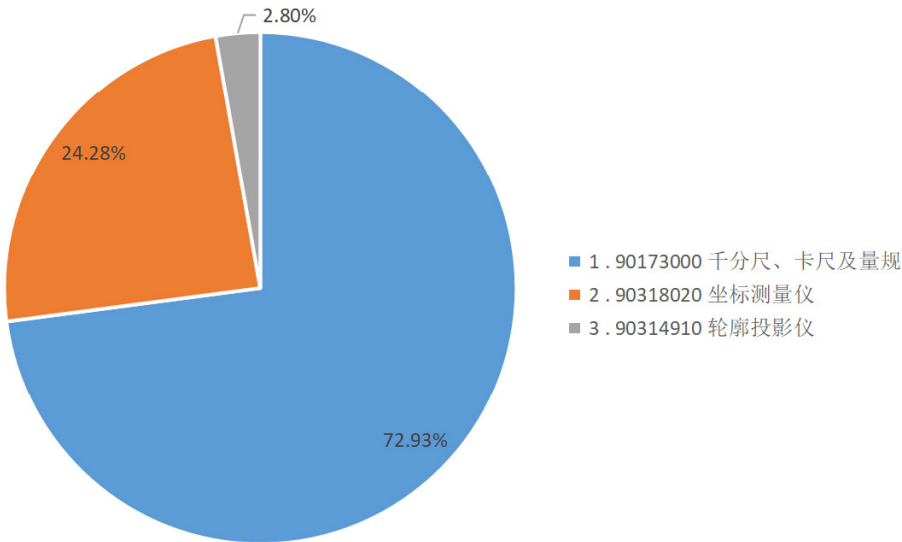


图7 2024年上半年量具，量仪出口分类

表11 2024年上半年量具、量仪出口占比及增长

序号	商品编码	商品名称	2024年上半年 出口(元)	占比	2023年上半年 出口(元)	占比	2024年上半年 同比	2024年上半年 单价(元)	2023年上半年 单价(元)	单价 增长
1	90173000	千分尺、卡尺及量规	756,213,925	72.93%	651,080,090	75.09%	16.15%	29.06	26.35	10.32%
2	90318020	坐标测量仪	251,744,165	24.28%	196,602,813	22.67%	28.05%	2187.35	7580.31	-71.14%
3	90314910	轮廓投影仪	29,015,845	2.80%	19,374,302	2.23%	49.76%	1897.45	2717.29	-30.17%
总计			1,036,973,935	100.00%	867,057,205	100.00%	19.60%	----	----	----

(2) 2024年上半年量具和量仪进口情况

2024年上半年量具和量仪进口额（见表12和表13）同比下降41.5%，量仪（坐标测量仪，轮廓投影仪）进口6.59亿元，同比下降19.91%。其中，量具进口1.22亿元，5.37亿元，同比下降12.59%。

表12 2024年上半年量具、量仪进口分类

序号	商品编码	商品名称	金额(元)	元/件	占比
1	90318020	坐标测量仪	322,781,106	9118.63	49.00%
2	90314910	轮廓投影仪	214,077,306	93893.56	32.50%
3	90173000	千分尺、卡尺及量规	121,912,320	452.13	18.51%
总计			658,770,732	----	100.00%

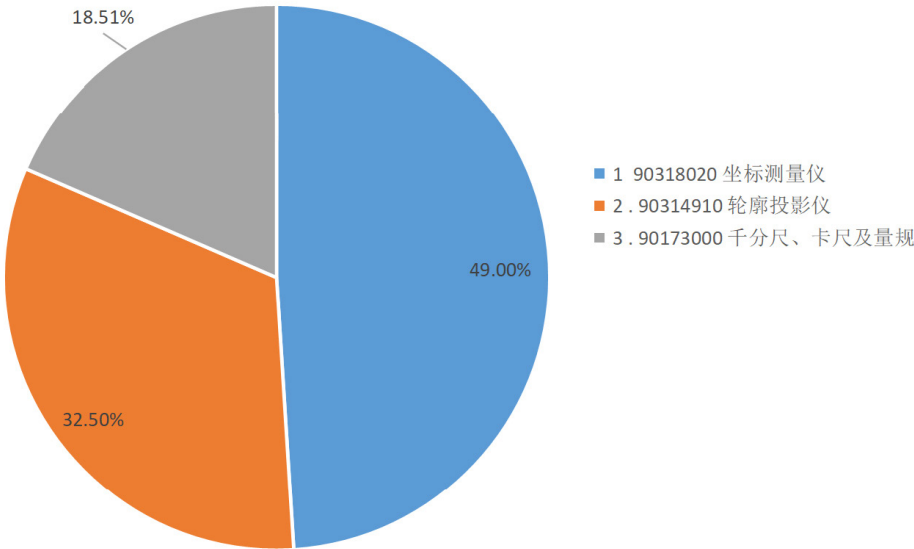
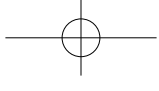


表13 2024年上半年量具，量仪进口占比及增长

序号	商品编码	商品名称	2024年上半年 进口(元)	占比	2023年上半年 进口(元)	占比	2024年上半年 同比	2024年上半年 单价(元)	2023年上半年 单价(元)	单价 增长
1	90318020	坐标测量仪	322,781,106	49.00%	389,161,718	47.31%	-17.06%	9118.63	150721.04	-93.95%
2	90314910	轮廓投影仪	214,077,306	32.50%	224,993,619	27.35%	-4.85%	93893.56	98898.29	-5.06%
3	90173000	千分尺、卡尺及量规	121,912,320	18.51%	208,384,493	25.33%	-41.50%	452.13	480.83	-5.97%
总计			658,770,732	100.00%	822,539,830	100.00%	-19.91%	----	----	----

(下转第59页)



工程领域首次成为德国机床制造商的最大客户

编译自德国VDW官网



根据德国机床制造商协会（VDW）对其成员进行的最新客户结构调查，去年德国机床行业约27%的产量供应给了汽车行业及其供应商。

这意味着在短短四年内，这一比例下降了约16个百分点。VDW主席Franz-Xaver Bernhard表示：“汽车行业仍然是德国机床行业最重要的客户领域之一。不过，这一结果反映了两个发展趋势。首先，向电动驱动的转型意味着汽车行业在加工领域的投资明显减少。然而，机床制造商也在多元化其客户组合。”事实上，自2019年以来，OEMs的份额已经减少了一半以上，仅占10%，而供应商的份额则从19.9%下降至17.2%。

一些机床制造商早在转型初期就进行了适应，并且已经为电动汽车市场提供服务。位于明德尔海姆的Grob公司董事会成员兼VDW经济委员会主席Wolfram Weber解释说：“早在2016年我们就进入了这一领域，我们在电机驱动转型的初期就做出了反应。如今，我们为驱动和能源存储系统提供全面解决方案。这也体现在我们的业务数据中。大多数加工系统也可以生产电动汽车的零件——这一领域在2023/24财年占我们18亿欧元产出的约60%。”

工程领域及其各个子行业首次成为2023年机床最重要的客户，占比约30%。自2019年以来，这一比例增

加了6个百分点。最重要的子行业包括工具和模具制造、机床行业本身、农业机械以及液压、气动和驱动技术等组件。

这一变化是工程领域为应对不断变化的工业格局所需的多元化和创新的典范。位于纽廷根的Heller集团首席执行官Dr. Torsten Schmidt亲身经历了向汽车行业交付比例的显著减少。他解释说：“2017年，我们80%的营业额仍然来自与汽车行业的业务。然而，到2022年，这一比例已降至50%。去年，内燃机仅占新订单的6%。尽管如此，卡车和农业领域对我们仍然具有重要意义。我们现在为工具和模具制造、航空航天工业、通用工程和其他许多行业制造铣/车加工中心以及4轴和5轴加工中心。”

在最重要的客户行业排名中，工程和汽车行业之后是金属产品制造商、航空航天工业、电气工程/电子和金属生产与加工。其他主要客户行业还包括精密机械、轨道车辆制造、能源工程和医疗技术。这些行业的份额都在增加。这反映了数字化、能源转型、气候保护、基础设施现代化和人口老龄化等主要趋势。

Bernhard总结道：“客户行业的多样性显示了机床行业作为推动者的角色，并展示了它在未来为增长型行业提供显著增值的能力。” □

意大利机床行业今年上半年订单量有所放缓

——来自意大利UCIMU会员会议的报道

编译自意大利UCIMU官网

2024年7月10日，Cinisello Balsamo。2023年对意大利机床、机器人和自动化行业来说是有利的一年。然而，新的生产记录仅归因于出色的出口表现；国内需求下降。

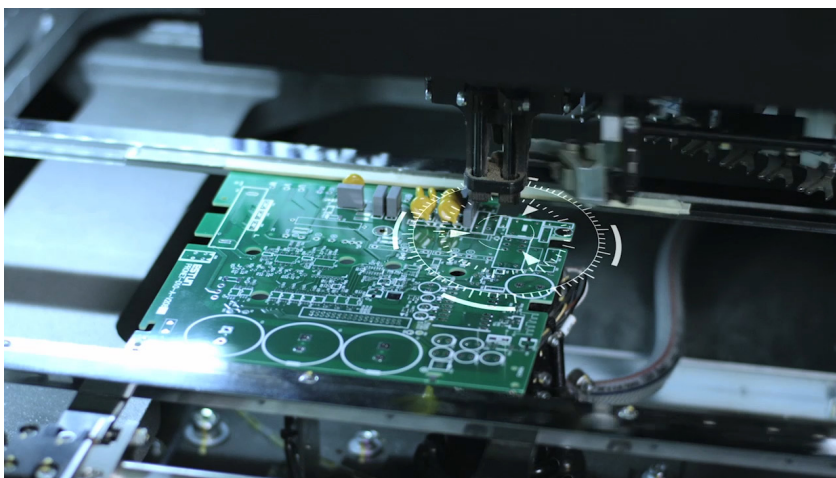
根据这些结果，意大利机床行业再次被确认为国际舞台上的关键角色之一，在世界生产排名中位居第五，出口和消费排名中位居第四。

2024年的预测显示生产将略有下降：积极的出口趋势被国内交付减少所抵消，而国内交付受到国内需求疲软的影响。另一方面，年初订单量的放缓是意大利国内外不确定环境的结果。

这是UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE主席Barbara Colombo在今天下午会员会议上总结的内容，意大利工业联合会（CONFINDUSTRIA）主席Emanuele Orsini也出席了会议，并接受了Radio 24的Simone Spetia的采访。

1. 2023年最终数据

根据UCIMU经济研究与商业文化中心编制的最终数据，2023年意大利机床、机器人和自动化系统的生产创下新纪录，达到76.15亿欧元，同比增长4.6%。这一结果完全归因于在海外市场取得的出色表现：出口创下42.23亿欧元的记录，比2022年增加了21.8%。



消费减少了7.8%，降至58.16亿欧元，影响了意大利制造商的交付量，下降了11%至33.92亿欧元，进口量也下降了3%至24.25亿欧元。

出口/生产比例再次上升，从2022年的47.6%上升到2023年的55.5%。

2023年，意大利产品的主要出口市场是美国（5.67亿欧元，+17.5%）、德国（3.59亿欧元，+17.2%）、中国（2.86亿欧元，+26.6%）、法国（2.47亿欧元，+28.2%）、波兰（2.15亿欧元，+14.5%）、土耳其（2.11亿欧元，+70.9%）、墨西哥（1.95亿欧元，+133.1%）、西班牙（1.30亿欧元，+9.4%）、印度（1.17亿欧元，+77%）和英国（0.85亿欧元，+44.1%）。

生产能力利用率仍然很高，年平

均值略有下降，从2022年的86.6%降至2023年的86.2%。订单积压也略有下降，从上一年的8个月下降到2023年的7.3个月。

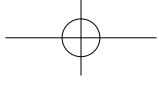
该行业的营业额达到了110.12亿欧元。

2. 2024年预测

根据UCIMU经济研究与商业文化中心的预测，2024年意大利机床、机器人和自动化行业将略有收缩，但其表现仍将保持在中高水平。所有主要经济指标的适度下降应该会被出口增长所抵消，预计出口将创下新纪录。

生产预计将达到74.50亿欧元（-2.2%）。出口预计将继续增长（+3%），达到创纪录的43.50亿欧元。

国内交付的趋势最差（-8.6%），



预计将降至31亿欧元，受国内消费减少（-7.1%）的影响，降至54.05亿欧元。进口预计也将下降，降至23.05亿欧元（-4.9%）。

另一方面，在今年上半年，意大利制造商的订单收集有所放缓。2024年上半年，UCIMU指数比上年同期下降了17.3%：国内订单下降18.7%；国外订单下降16.2%。这一平淡的结果主要是由于意大利和全球不稳定的总体状况所致。

3.对工业政策的评论和建议

（1）4.0和5.0转型

UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE主席Barbara Colombo表示：“在一个以两位数增长的两年期后，2023年再次被证实是意大利行业的有利一年，该行业创下了新的生产记录。然而，这一积极结果完全归因于出口的出色表现，出口录得了真正的激增。”

“这一爆发再次证明了意大利企业的灵活性，能够迅速将业务重新定位到最具活力的市场。”然而，主席补充道：“这同时也突显了意大利市场的明显疲软，该市场早在2022年底就已经开始显现出问题。”

“毕竟，过去六个月的订单趋势证实了需求的疲软，无论是在意大利还是国外，都受到环境不稳定的影响。对于国内市场，尽管这种放缓在一定程度上是预期的，考虑到过去两年的特殊扩张，但也确实存在对5.0转型的不确定性，对结果产生了影响。”

“长时间等待该措施的实施以及缺乏实施法令造成了双重负面影响。一方面，它导致用户暂停购买决定，等待措施的明确化。另一方面，它至少在一定程度上掩盖了4.0措施的可用性，该措施仍然有效，但对许多操作员来说已‘被遗忘’。”

“随着5.0转型的启动，我们希望能几天内实施，意大利制造企业

将有机会选择使用其中的任何一项措施，充分意识到5.0结合了数字转型和节能，而4.0继续专注于数字方面。而且将有显著的资源上限，总计约130亿欧元：估计4.0的资源为64亿欧元，而5.0的确定资源为63亿欧元，来自REPowerEU基金。”

“然而，问题是，如果不能立即实施，5.0转型可能会让相当大部分潜在利益消失。在措施可用性与机械交付和互联的截止日期（定于2025年12月）之间的紧凑时间框架中，意大利制造商将受到不利影响，他们专注于超定制化产品，生产时间约为6-8个月。”

“即使考虑到政府承诺支持‘意大利制造’，我们认为这种缓慢是一种真正的自我打击，因为实际上它可能尤其有利于拥有大型仓库的进口商。”

“因此，我认为，一旦5.0转型启动，CONFINDUSTRIA应该立即与当局进行干预，以便将欧洲为此措施拨款的使用期限延长至2026年。”

（2）熟练人员的可用性

最先进的机器需要能够管理、编程和操作它们的人。但它们也要求企业活动进行重大重组，需要创新方法，即使对于那些不直接与生产相关的角色也是如此。

“这就是为什么UCIMU加强了，并将在未来继续加强对UCIMU学院的承诺，这是一个包括所有旨在减少工作需求与供应之间差距的项目，包括学位论文奖，与高等技术学院（ITS）的合作以及我们在展览期间进行的所有工作。”

“其中有ROBOTGAMES，这是一个针对高中生的新机器人和自动化比赛，他们将展示他们的机器人自动化原型，应用于工业世界。ROBOTGAMES将在BI-MU展览会上首次亮相，该展会定于今年10月在fieramilano Rho举行。评审团将从

10个决赛团队中选出3个最佳团队。这些是来自意大利各地的热情年轻人。对我们所有在高科技领域工作的人来说，这是一个极好的消息：新一代准备跟随我们并努力工作，将他们的创造力应用于工业。我们企业家必须更加注意理解他们的愿望，接近并吸引他们。”

（3）国际化

“美国、中国、印度、越南和墨西哥，显然还有欧盟：这些是我们特别关注的国家。出口是我们在这些市场存在的方式，但它不应且不应该是唯一的方式。我们仍然需要在这方面有所改进。为了应对这一需求，并在协会的推动下，企业网络已经形成，聚集了在被认为特别有吸引力的市场中不同的行业公司。截至目前，我们有两个网络：ITC India，已经活跃了10多年，去年又加入了IMT Vietnam。”

Barbara Colombo说：“真正具备全球市场竞争力的结构化过程是一个漫长的过程。正因为如此，重要的是当局加强支持企业国际化活动的资源，包括外国操作员的入境任务，在意大利举行的国际贸易展览会，对意大利企业的访问游览，以及在国外举办的展示意大利制造最具吸引力行业的论坛。但我也想到与SACE合作的出口活动覆盖和与SIMEST合作的海外发展项目融资，以及参加世界各地的国际贸易展览会。”

UCIMU主席总结道：“此外，如果我们观察我们周围的巨人，我们必须意识到公司和国家的规模。此外，UCIMU主席总结道：“如果我们观察我们周围的巨头，我们必须意识到，无论是公司的规模还是国家的规模，都对我们不利。这就是为什么我们属于欧盟将变得越来越重要：在欧盟内部，我们可以通过参与各级战略会议，为制定项目、指令和经济工业计划作出贡献。” □

CCMT2024激光加工及增材制造机床评述

CCMT2024特种加工机床评述组

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

本届展会激光加工及增材制造机床展商近30家，展品近50台。整体来看，国产激光产业的发展越来越有活力，自主研发激光工艺软件和CAM软件逐渐成为主流，光纤激光器功率技术与相配的光学元器件技术不断取得突破，激光加工装备的工艺能力、光机电协同控制、模块化和智能化不断进步，特别是大功率激光加工装备的发展势头喜人。激光加工装备正在向自动化、智能化、定制化方向发展。

一、激光切割机床

随着超快激光器的快速发展，激光切割机床可对难加工材料如陶瓷、蓝宝石和玻璃等进行高精度加工，扩展了激光切割在微电子和消费电子行业的应用。三维激光切割机和超大功率激光切割机的出现，部分替代了传统的火焰切割、等离子切割、高压水切割等传统切割工艺。

从本届展会激光切割机床的技术参数和技术特点来看，高动态特性和万瓦级激光器成为激光切割机床的标配，智能化成为激光切割机的发展趋势。大功率激光切割在切割速度、应用成本、能量转换效率、材料适应性等方面具备综合优势，本届展会展出的激光切割设备普遍配置了20kW/30kW/40kW级激光器，部分切割机可配置80kW激光器。得益于先进的结构形式与新材料的应用，激光切割机床普遍采用直驱直联的驱动方式，在动态特性方面表现优异，使机床可实现较高的转速/线速度/加速度以及高

频动作，使激光切割机床的加工效率进一步提高。

大族激光智能装备集团有限公司的G6025HF高速激光切割机（见图1），最高可选配80kW激光器，与50kW、60kW激光器相比，在切割厚度、效率、精度等方面大幅提升，Mix-M混气高质量切割20~40mm碳钢，80kW相较60kW的切割速度提升20%~50%；氮气切割30mm以上不锈钢厚板，80kW相较60kW切割速度平均提升50%以上。机床加工幅面为4000mm×2000mm、工作台最大承重7000kg；机床采用中空一体床身结构的设计，可以最大限度地规避超高功率受热变形风险，满足超高功率使用要求；可实现最大加速度2.5G，160m/min的定位速度， $\pm 0.03\text{mm/m}$ 和 $\pm 0.02\text{mm/m}$ 的定位精度和重复定位精度；使用自主开发的数控系统，插补周期小于0.25ms；配置完整的万瓦级切割专家工艺数据库，拥有零秒穿孔、厚板稳定切割、低气压切割、洁净切割等多种独特工艺技术。



图1 大族激光G6025HF超高功率激光切割机

广东宏石激光技术股份有限公司的GV领航款G6025H全直驱激光切割机（见图2），可配激光器功率范围为6~60kW、加工幅面4064mm×2040mm、工作台最大载重约5000kg；X、Y、Z轴采用直线电机驱动，全闭环控制，最大联动速度300m/min，最大联动加速度6G，可实现±0.01mm的定位精度；设备集成自动更换喷嘴、视觉寻边、视觉余料、自动上下料和料库等模块提升了设备的灵活性和智能化水平。

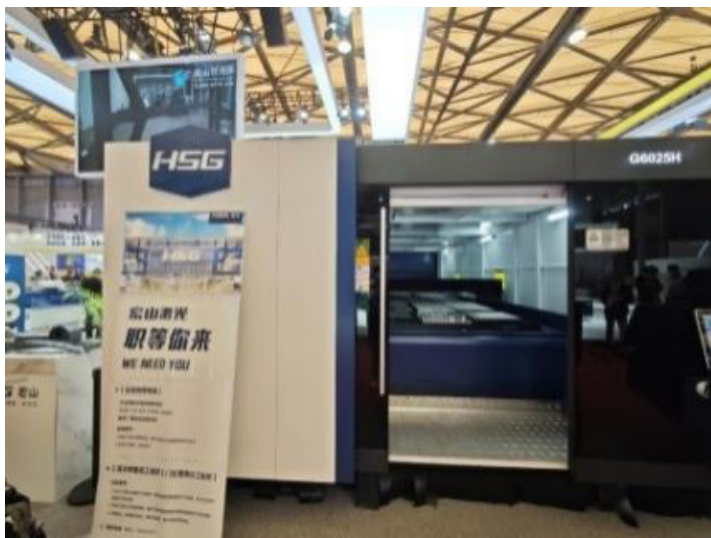


图2 宏山激光G6025H激光切割机

奔腾激光（浙江）BOLT VII 6025激光切割机（见图3），可选配2~60kW激光器、碳钢板最大切割厚度30mm、加工幅面为6000mm×2500mm、机械定位精度为0.06~0.08mm，重复定位精度为0.02mm。机床采用龙门移动式结构，运动系统部分与承载交换工作台分离，提高了机床的动态性能；采用直线电机驱动，X轴与Y轴最大加速度4G，X轴与Y轴最大联动速度160m/min；BOLT系列激光切割机配备PENTA超级切割头，可实现超速省气切割、超净切割、坡口切割、超快切割、无渣快速穿孔、精密零件切割；配置全新SM控制软件，集成云服务与远程运维系统，提升了设备的智能化水平。

随着现代工业的发展进步、航空航天、汽车制造、电子产品等领域三维自由曲面切割需求不断涌现，对激光切割设备的曲面加工能力提出了新的要求，三维五轴激光切割机在这种背景下出现。

华工激光SF系列三维五轴激光切割智能装备（见图4），适用于汽车热成形件、金属曲面、管件等异形件的三维加工和高精度切割，切割精度高、效率快、运行稳定，可完美解决金属曲面切口及修边等问题。该系列机床有多

种加工幅面，并可根据客户需求选择旋转式、平移式或固定工作台；配备全功能高可靠性数控系统与自主研发的高性能轻量化切割头，兼容焊接头和切割头可自由切换，极大程度提高了装备的柔性；集成自主研发的CAM软件，支持离线编程与在线修改；激光工艺软件，配置强大的专家激光工艺数据库，兼容焊接切割两种模式，可实现各种金属工件三维焊接与切割问题；采用龙门双驱结构，稳定性高，可保证长期高速、高精稳定加工，X/Y/Z轴定位精度和重复定位精度可达±0.05mm和±0.03mm，A/C轴定位精度和重复定位精度分别为0.03°和0.01°；采用四位一体智能化远程运维系统，实现设备监控服务、售后服务管理、常规保养和健康保障一体化管理操作；设备的拓展性较强，支持焊接、视觉检测、自动上下料等辅助功能的拓展，用户可根据实际生成需求进行选配。



图3 奔腾激光BOLT VII 6025激光切割机



图4 华工激光AUTOBOT3015

二、管材激光切割机床

管材激光切割机专用于圆管、方管的切割，从众多展品的技术参数和技术特点来看，加工精度确在不断提升。

高，模块化、自动化、智能化方面进步斐然，针对管材切割应用场景，开发高柔性的半自动上/全自动料模块、半自动/全自动下料模块、伺服托料模块、生产监控模块、上下游数据交换模块、管材内壁除渣模块，并可根据客户要求定制全自动管材切割产线。

济南邦德激光股份有限公司的旗舰管材激光切割机（见图5），四卡盘M系列激光切割机。可以针对圆管、方管、矩形管、槽钢、角钢、工字钢等进行激光切割加工；采用四卡盘结构，能实现四卡盘双工序并行加工和零尾料的加工；坡口角度和坡口形式可控，坡口角度范围 $\pm 45^\circ$ ，坡口形式包括V型、Y型、X型、K型等；可切割管材壁厚最高可达20mm，可加工管材最大长度为12000mm，管材最大重量为3000kg，最大落料长度12000mm；集成视觉防撞功能，确保下料绝对安全，规避人身伤害风险；上料下料侧均排布伺服随动托辊，并附有对中装置，有效解决管材的下垂和甩动带来的切割精度不良问题；集成智能制造生产管理软件和气压智能控制模块，工作时全程无须人工干预；控制软件集成高质量切割工艺包、视觉一秒寻边、无极穿孔模块，进一步提升机床的工艺范围和切割工艺质量。

江苏亚威机床股份有限公司的YTF激光切管机（见图6），加工范围圆管直径50~560mm，方管尺寸50~400mm，卡盘夹持管材重量为1600kg，定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ ，重复定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ ；机床选用侧挂式床身，方便搭配自动上下料结构，有利于各种管材的平行进出料；三卡盘设计，可实现零尾料加工；搭配摆动切割头，可实现管材的坡口切割；自动化配套，提高整体加工效率，特别是超长管、重型管、大口径管材的安全高效上下料。

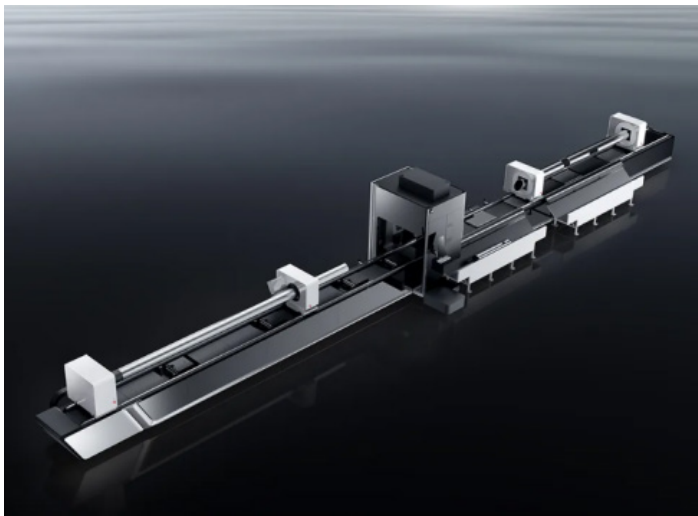


图5 邦德激光M系列管材激光切割机

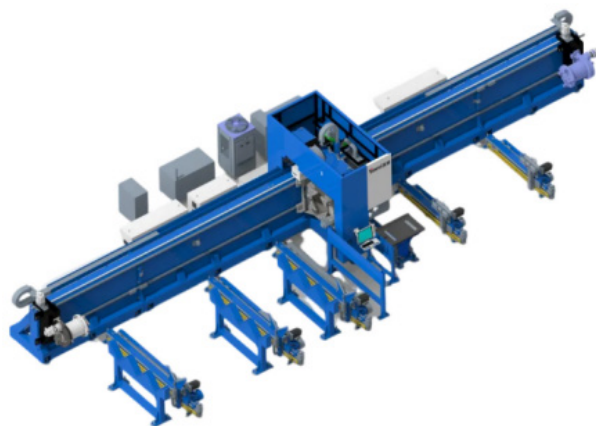


图6 亚威YTFD3-12050-6KW激光切管机

随着近年来国内工业智能化以及加工精密化发展趋势不断攀升，国内金属切割机市场渗透率不断提高、应用领域不断扩展，行业发展前景较好。未来随着国内新能源汽车、航空航天、轨道交通等高附加值工业不断发展，国内高功率激光切割机市场需求将不断增加，激光切割机行业将朝着大幅面、高功率、高效率、高智能化趋势不断发展，行业发展潜力巨大。

三、激光精密加工机床

随着超快激光技术的发展和进步，皮秒、飞秒等超快激光加工，凭借其超越衍射极限的加工精度和极高能量密度等特点在诸如以硬质合金、金刚石、陶瓷、蓝宝石、半导体材料及各种纤维复合材料等难加工材料的高精度、高效率加工中占有越来越重要的地位，在医学、微纳加工和航空航天等领域展现出巨大的应用潜力，如超快激光制备微流道在微纳尺度空间中精确控制流体，可应用于癌症早期诊断和预防、药物合成分析、药物筛选递送等，助力药物开发；超快激光制备功能材料，结合功能材料的设计，实现具有抗菌、自清洁或增强光吸收的功能表面；超快激光制备抗反射微纳结构，提高航空航天部件的电磁载荷、热控、推进性能。这些技术的发展不仅对制造业产生了深远影响，也为科学交叉应用提供了新的工具和方法，展现了其在未来发展中的巨大潜力和价值。本届展会中，广东原点智能、深圳牧激、南京中科煜宸、SYNOVA和北京安德建奇等厂家展示了一系列超快激光精密加工机床，GF、中科微精等厂家展出许多超快激光精密加工样品，充分展现了超快激光加工的应用潜力。

1. 水导激光加工机床

水导激光加工通过将大功率脉冲激光束耦合到水射流

之中后作用于工件表面进行加工，在保证加工精度的同时无需进行激光聚焦和距离控制。水导激光加工适用于无锥度孔的制备，水射流的存在降低了脉冲激光加工对材料的热损伤，提高了切割边缘的均匀性，有效防止激光烧蚀后熔融物附着在加工表面。水导激光加工机床的核心技术在于水射流水柱的直径和长度。近年来，水导激光加工机床应用领域逐步向精密精工领域靠拢，水柱的直径不断缩小，水柱的长度不断增加，光路同步控制性能不断增强，市场上水导激光机床制备微孔、深孔的能力不断提升，配合运动控制可实现任意锥度制孔。

南京中科煜宸激光技术有限公司的RJ305水导激光加工机床（见图7），X/Y/Z轴行程分别为350/430/350mm，A轴行程 $-120^{\circ} \sim +20^{\circ}$ ，C轴行程 $n \times 360^{\circ}$ ，工作容积（ $H \times \phi$ ）为 $260 \times \phi 260$ mm；机床采用直驱电机驱动、高精度传动部件、亚微米级光栅尺以及大理石铸造矿物床身，X/Y/Z轴的定位精度和重复定位精度分别可以达到 $5\mu\text{m}$ 和 $3\mu\text{m}$ （ISO测试标准）；数控系统采用国产的华中848五轴联动数控系统；集成了全自动偏移校准系统，可实现激光喷嘴校准、自动射流角度校正；喷嘴的最小直径为 $50\mu\text{m}$ ，切割面光滑，切割边缘 $Ra \leq 0.2$ ，可实现无锥度制孔，加工精度为 $\pm 0.005\text{mm}$ 。该系列水导激光机床解决了干式激光器加工过程中热损伤、微裂纹、碎屑沉积、锥度和精度不足等问题；同时专为自动生产大尺寸刀具、多齿金刚石刀具，以及其他3D加工而设计了激光微射流LMJ加工系统。



图7 中科煜宸RJ305水导激光加工机床

2.五轴超快激光加工机床

为满足三维异形构件日益增长的加工需求，融合五轴联动机床与超快激光加工系统可在发挥超快激光精密加工能力的基础上保证加工范围，针对曲面、复杂型面零部件的钻孔、焊接、切割、微结构加工和纹理加工。从展品的应用场景来看，刀具加工是五轴超快激光加工机床的主要应用方向，五轴联动加工系统与超快激光加工系统的集成、专用CAM软件和面向不用应用长江的功能模块开发是各个厂家五轴超快激光加工机床的技术高地。

深圳市牧微科技有限公司530DH超精密双激光五轴加工机床（见图8），集成双激光加工系统，可一次性实现超硬刀具的粗加工和精加工，提高加工效率；最大加工刀具尺寸为长度615mm、直径300mm，最小加工刀具直径为0.3mm，可加工PCD、PDC、CBN、PCBN、MCD、CVD刀具/刀片；机床的床身采用天然花岗岩，X、Y、B、C轴采用直驱技术，全闭环控制，X/Y/Z轴的定位精度为 0.002mm ，B轴定位精度 $3''$ ，C轴定位精度 $6''$ ；加工刀具尺寸精度为 $\pm 0.005\text{mm}$ ，轮廓精度为 0.005mm 。该公司的系列超快激光加工机床配置自主研发加工软件，集成铣刀、车床、铣磨头、断削槽、微铣刀圆弧后刀面加工等功能，可实现刀具装夹误差以及PCD等焊接变形刀具进行切削路径补偿；集成在线检测，样刀数据库，4K监视模块。

广东原点智能技术有限公司Light 5X 60V超硬刀具加工机床（见图9），面向超硬材料、硬质合金、超硬涂层和陶瓷刀具加工的复杂刀具轮廓的高精度加工，X/Y/Z行程为600/250/300mm，加工最大刀具直径200mm，最大刀具长度为350mm；床身为天然大理石材料，采用直线轴和旋转轴应用直驱技术，X/Y/Z轴的定位精度和重复定位精度分别为 $5\mu\text{m}$ 和 $3\mu\text{m}$ ，B/C轴的定位精度和重复定位精度分别为 $10''$ 和 $5''$ ；光路采用模块化设计，并配置CCD定位相机和探针；CAM加工软件和数控系统深度融合，可实现复杂结构刀具端刃和侧刃之间的平滑过渡连接以及轮廓间的圆弧过度连接；可实现整体PCD微刃刀等复杂型面结构和难加工材料的高质、高效制造；刀具加工后可达到轮廓度 $\leq 0.005\text{mm}$ ，表面粗糙度 $Ra < 0.3$ ，最大加工刃数达到180刃，最小切削刃宽度 0.01mm ，相较传统加工工艺，加工时长从675min/支缩短到85min/支，总体加工效率提升约7倍。北京安德建奇展出的五轴激光超硬刀具切割机CL2-400，能满足最大直径 $\phi 280\text{mm}$ 、最大长度350mm刀具上任意角度和复杂形状刀齿的精密加工，刀具加工尺寸精度 $\leq \pm 0.004\text{mm}$ ，刀具刃口崩口 $< 0.002\text{mm}$ 。



图8 深圳牧激530DH超精密五轴双激光刀具加工机床



图9 原点智能Light 5X 60V超硬刀具加工机床



图10 北京安德建奇CL2-400五轴激光超硬刀具切割机

四、激光增材制造机床

激光增材制造技术为轻量化、超强韧、耐极端载荷、超强散热等新型结构制造提高了新的解决方案，受益于其加工特性激光增材制造机床备受制造业青睐。通过对展会的激光增材制造装备的观摩发现，激光选区熔化技术（SLM）仍是主流增材制造技术，集成更多的激光光束与智能化监测控制系统成为激光增材制造机床的发展趋势。采用多光束技术提高了工件成形速度、增加了材料沉积率，改善了表面质量。实时检测系统可实时监测成形过程中的缺陷、温度变化和材料性能，有助于提升产品质量和一致性。

宁波海天精工股份有限公司C400M激光增材制造机床（见图11），配置四台500W或1000W光纤激光器，集成自动切换并联双中效反吹过滤、参数自检测、等功能，最大扫描速度7m/s、成型速率100cm³/h、铺粉层厚为0.02~0.12mm，可实现模具钢、不锈钢、铝合金、高温合金和钛合金等材料的加工。该机床配置自主研发的HTPrinter、HTCamera1等工艺软件，及质量监测软件，可实现24h无人化值守的高效生产。在无支撑SLM增材制造方面，该机床配置集成式SLM无支撑模块系统，可作为工艺流程环节内置于加工软件中，用户可以选择五种以上的无支撑成形方案，包括常见的跳扫方案等，且每种方案均可适用于不同的成形材料，某些特定材料最小实现角度已达到5°~7°。

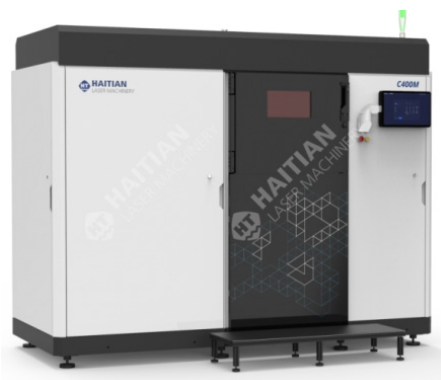


图11 海天C400M激光增材制造机床

五、结语

特种加工机床作为工业母机的重要品类，是精密加工的关键设备，其技术进步与市场需求息息相关。激光增材制造技术从宏观到微观层面充分发挥构件优化设计优势，进一步促进了多尺度结构、复杂内部结构设计在航空航天和高端装备等领域的应用。在智能制造、高质量发展的大背景下，工业领域将从传统制造向高端制造转型，特种加工装备将获得更为广泛的应用，前景广阔。□

CCMT2024数显装置展品评述

机床协会数显装置分会

一、参展概况

数显装置分会所属企业主导产品是位移传感器及测量装置，包括：光栅、磁栅、容栅、球栅、感应同步器及数显量具量仪等。位移传感器相当于数控机床的“眼睛”，直接关系到机床的加工精度，是数控机床的关键功能部件。

聚焦一数字·互联·智造，展示自己，拓展市场，中国机床工具工业协会数显装置分会组团亮相CCMT2024展会（第十三届中国数控机床展览会），展位面积近500平方米，参展企业来自我国五省一市，包括国家级制造业单项冠军示范企业、国家级、省级专精特新“小巨人”企业。

数显展团参展的企业有：长春禹衡光学有限公司、无锡市科瑞特精机有限公司、北京航天九斗科技有限公司、苏州怡信光电科技有限公司、成都华量传感器有限公司、成都鼎创光电设备有限公司、北京科森德电子科技有限公司、成都思迪机电技术研究所、东莞市特马电子有限公司、欧道（扬州）自动化有限责任公司、长春荣德光学有限公司、广州市信诺光栅数显有限公司、桂林市晶瑞传感器技术有限公司、桂林市恒准测量技术有限公司。国外行业头部企业有：约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司、西班牙发格自动化公司、雷尼绍公司等。

二、重点企业及主要展品

1.德国海德汉（HEIDENHAIN）公司

与位移传感器相关的产品包括：

（1）新一代LCxx6系列绝对式封闭直线光栅尺（见图

1）。近期海德汉推出的最新一代光栅尺LCxx6系列则是光刻领域产品中的集大成之作。由于其超强信号纠错能力不仅使客户的总体使用成本大大降低，并且有利于提高客户设备的总体可靠性。该系列光栅尺不仅继承了前几代产品（LCxx3、LCxx5）的综合优势，如单场扫描、高信号质量、低细分误差和方便安装等特点，还创新地使用了最新的光学扫描系统，这使得即便光栅尺内部存在液体或水珠类污染，其扫描质量仍不会受到影响。这将大大提高光栅尺的抗污染特性，以及对污染环境的耐受性等。该产品适用于当前市场上常见的数控系统，如海德汉，西门子，发那科等，可帮助客户达到更加稳定、便捷和可靠的使用效果。对于机床制造商则不再需要安装任何附加过滤器，例如DA 400，从而大大降低成本。此外客户无需更改安装工艺，因为所有装配尺寸与前代产品完全兼容。



图1

（2）新一代RCN5001系列绝对式角度编码器（见图2）。伴随着全新一代的光栅尺LCxx6在抗污染能力方面的不断推进，RCNxxx1同样具备了相似的抗污染能力，其超强信号纠错能力以及最新的光学扫描系统，使编码器即便在内部存在液体或水滴类污染，其扫描质量仍不会受到影响。因此通过提高编码器的抗污染特性，和对污染环境的耐受性，使客户设备的总体可用性加强，故障率和维护率降低，进而降低客户的使用成本。RCNxxx1系列和前代产

品兼容，且具备多种接口，适配于当前市场上常见的数控系统，如海德汉、西门子和发那科等。



图2

(3) ECM 2400绝对式磁栅角度编码器（见图3）。ECM系列磁栅编码器是作为降低用户总体使用成本的一个重要组成部分，该产品主要优势为磁扫描原理，对污染不敏感，其绝对式扫描技术可大大提高生产效率和系统稳定性。刻线鼓具有多种尺寸的，可提供较大的配合内径。产品具有功能安全性和机械故障排除结构，即使在高速下也可达到高精度。可以使用软件ATS和PWM 21检查安装情况。常见应用有车床：车削和铣削；5轴铣床：C轴（转台）或A轴（摆头）以及在其他类型机床的旋转轴。



图3

(4) KCI编码器——先进机器人技术的更多可能性。感应式旋转编码器的各种型号为用户的高级机器人应用开辟了新的可能性，带有电机反馈和位置测量功能的KCI 120 Dplus双编码器有多种尺寸可以选择。海德汉的KCI120Dplus双信号输出编码器在单个设备中提供电机反馈和位置测量。如图4所示，通过测量变速箱的位置，KCI 120 Dplus可补偿动态、高机动性机器人中与设计相关的误差。例如，具有串行结构的铰接机器人可能包含多达六个轴，每个轴都会影响最终精度。紧凑轻便的伺服编码器现在还包括新的KCI 1318 FOT和KBI 1335 FOT，例

如，它们可以直接用作电机的轴承盖。KCI 120和KBI 136是KCI1319和KBI1335的版本，设计用于直径为30 mm和40 mm的大型空心轴。

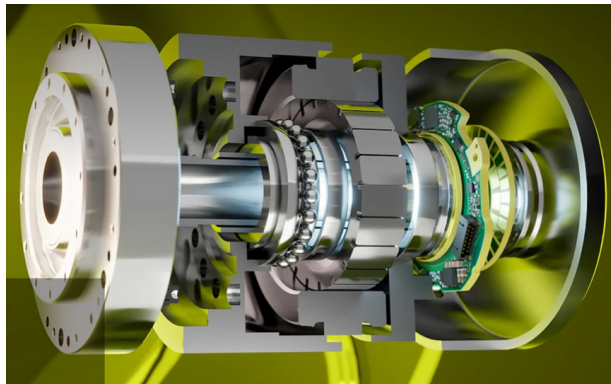


图4

(5) 敞开光栅尺（见图5）——可测量多达六个自由度的光栅尺进入新的精度维度。测量不止一个自由度的编码器，包括LIP 6000 Dplus和新的GAP 1000。它们的多自由度技术提供的额外反馈带来了更高的测量精度，使用户能够检测和补偿多个维度中与系统相关的位置误差。LIP 6000 Dplus光栅尺带有两个角度为+45° 和-45° 的独立刻度，专用读数头沿着整个测量长度测量主方向X和次方向Y。得益于EnDat 3接口，这种双位置反馈通过一根电缆发送到控制器，大大减少了布线，简化了安装，并优化了运动系统的动态性能。

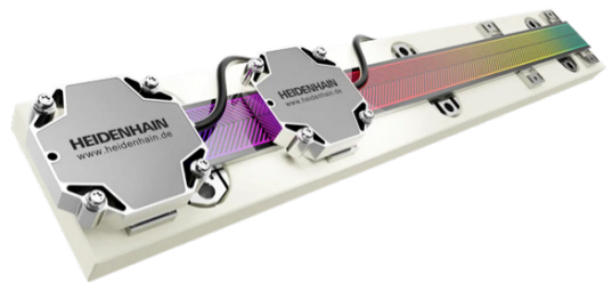


图5

(6) MS15紧凑型光栅尺（见图6）。当今日益提高的运动控制需求需要高精度敞开式直线光栅尺更高的运动速度，更高的作业周期，更小的机械反向间隙和零摩擦力。敞开式非接触的直线光栅尺满足全部这些要求。MS15系列光栅尺可达2 μm至0.1 μm的分辨率。3色LED直接指示易于安装，单场扫描方式使得抗污染能力更强，数据接口有TTL，1 Vpp的正弦波，允许速度达10m/s，参考点位置由用户选择，最大测量长度达20000mm，两个独立的开关信号（光学）。



图6

(7) 海德汉除位移传感器产品展示外, 主要还有TNC系列数控系统、RVM4000旋转轴精度检测单元、ETEL力矩电机、长度计等产品。

2. 英国雷尼绍 (RENISHAW) 公司

光栅类产品的产品包括:

(1) QUANTiC™光栅系列 (见图7)。QUANTiC光栅系统集成了雷尼绍的光学滤波系统设计与细分技术, 是一款超小型、坚固耐用的增量式开放光栅。QUANTiC光栅使用简便, 具有极宽松的的安装和操作公差, 而且自带校准功能。

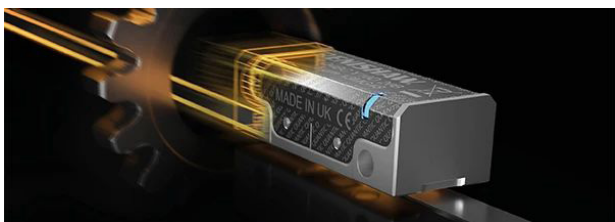


图7

(2) FORTiS™封闭式绝对直线光栅 (见图8)。FORTiS光栅搭载雷尼绍经过验证的绝对式光栅技术, 采用异常坚固的封闭式设计, 可在极其恶劣的环境中实现优异的测量性能, 与传统光栅系统相比优势明显。



图8

(3) 另外, 雷尼绍还展示了多光束激光干涉仪、搭载SPRINT™系统的OSP60测头、五轴坐标测量机。

3. 西班牙发格自动化有限公司 (Fagor Automation S.Coop)

发格自动化的主要产品包括数控系统、伺服/主轴驱动系统, 直线光栅尺、角度编码器及数显表等, 在机床数控领域, 发格自动化拥有丰富的经验、强大的研发能力, 公司可按客户需要, 提供量身定制的解决方案。发格自动化在全球拥有完善的销售与服务网络, 产品销售到50多个国家。

光栅尺采用封闭式和敞开式。精度等级 $\pm 3 \mu\text{m}$ 、 $\pm 5 \mu\text{m}$ 、测量长度玻璃光栅3040mm、钢带光栅50m。绝对尺兼容BISS—C及发那科、三菱等多种协议。角度编码器精度等级 $\pm 1''$ 、 $\pm 2.5''$ 、 $\pm 5''$ 、 $\pm 10''$ 等。有绝对式和增量式输出。

三、国内数显展团主要参展企业

1. 长春禹衡光学有限公司

长春禹衡光学有限公司, 是数显装置分会理事长单位, 是光栅编码器、光栅尺及旋转变压器的专业制造商。禹衡光学是国家级首批专精特新“小巨人”企业, 是制造业单项冠军示范企业, 是国家编码器工程中试基地, 博士后科研工作站。自十二五以来, 禹衡光学承担了光栅位移传感器领域的多个国家级重大攻关和高质量发展专项, 研制出了绝对式光栅尺、角度编码器、金属光栅角度编码器 (如图9所示)、旋转变压器等可对标国际领先品牌的高端位移传感器产品, 并且在高端数控机床、精密测量仪器等领域实现了自主可控国产化替代。



图9 绝对式光栅尺、角度编码器、金属光栅角度编码器

2. 苏州怡信光电科技有限公司

苏州怡信光电科技有限公司, 是一家研发设计、生产制造、销售、服务一体的制造型公司, 连续多年在精密零部件的测量领域深耕, 影像+激光的全自动复合测量仪器 (见图10) 填补了国内高精度测量的空白, 也是国产测量仪器首家成功应用二维+三维一体式测量的制造工厂。公司产品有测量仪器、高速CNC数控加工中心两大类业务: 三坐标测量机、影像测量仪、投影仪、闪测仪、刀具预调

仪，高速钻铣加工中心、高速精雕机、高速加工中心，为通讯、储能、新能源、医疗、航天、航空、汽车行业金属加工提供优质的产品和服务，赢得客户的信赖。



图10 影像+激光复合测量仪

3. 欧道（扬州）自动化有限责任公司

欧道（扬州）自动化有限责任公司展示了部分主导产品（见图11）。该企业是行业内重要的企业，主导产品为数显表。欧道数显表产品型号众多，选用超高主频FPGA芯片做信号采集，主芯片采用ARM Cortex-M内核微控制器，可接入磁栅、光栅、球栅、电感、容栅等各种信号的主流位移传感器；显示方式多样，有LED数码管、LCD液晶屏、TFT彩色液晶屏、外接显示器等；扩展接口丰富，有UART，USB，CAN，蓝牙，以太网等；另有其他多种扩展功能，如传感器报警提示、传感器限位提示、机床主轴控制、机床工作灯、水泵等控制。可以根据客户需求做个性化定制。



图11

4. 广州市信诺光栅数显有限公司

广州市信诺光栅数显有限公司是的一家集研发、生产、销售及服务于一体的光栅数显设备生产厂家，旗下著名品牌“SINO信和光栅”产品一直得到大众的关注及认

可，市场份额处于重要的地位。2023年，在针对数控机床、自动化及测量行业的飞速度发展，客户对产品精度要求越来越高的需求之下，广州市信诺光栅数显有限公司推出了封闭式绝对式直线光栅尺，其主要应用范围包括直线电机、数控机床、自动化生产线等。主要展品如图12所示。



图12 绝对式光栅尺、数显表、角度编码器

5. 成都华量传感器有限公司

成都华量传感器有限公司，专注于精密数显量具的研发和生产，是业内首家把编码光栅应用于量具的公司，拥有一批十年以上从事精密仪器研发的高级专业技术人员。所有产品均自主研发，拥有完整的自主知识产权，掌握全链条关键技术，已获得多项发明专利。目前公司现有的数显指示表，高精度数显指示表，位移传感器，直进式光栅杠杆千分尺，直进式快测万分尺、千分尺。数显双轴水平仪等量具量仪均已达到国内外一流水平，为国内外客户提供最优质的产品和服务。主要展品如图13所示。

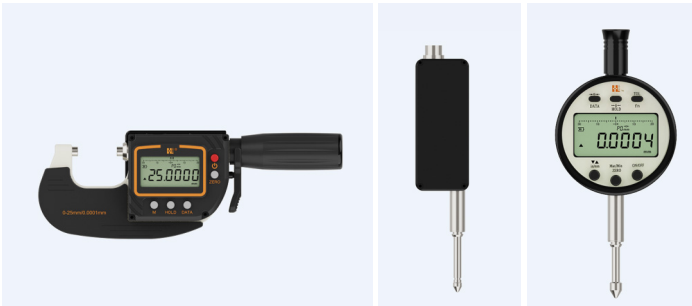


图13 光栅万分尺、高精度数字位移传感器、数显指示表

6. 成都鼎创光电设备有限公司

成都鼎创光电设备有限公司成立于2004年，由一支

经验丰富的专业技术队伍组成。该公司是中国工具设备领域的专业生产厂家。其主要产品包括测量系统-光栅尺、磁栅尺、数显表、卡尺、千分表和角度尺等。Ditron 的产品质量达到了国际领先水平，并通过了ISO 9001和CE标准认证，在全球客户中享有良好声誉。主要展品如图14所示。



图14 小型液晶数显表、数码管显示器、大屏液晶数显表

7. 北京科森德电子科技有限公司

北京科森德电子科技有限公司成立于2015年，一直秉承“诚信、求实、创新、高效”的工作标准，通过与科研机构及客户的合作，为航天航空、数控机床、机器人、水下设施、电梯、医疗、地铁、轻轨、纺织、半导体、包装机械、搬运机械、XY工作平台及工厂自动化等多个行业用户提供大量高度个性化计量解决方案。主要展品如图15所示。



图15

8. 北京航天九斗科技有限公司

北京航天九斗科技有限公司，前身是中国航天科工集

团三十三研究所下属的独立民品事业部。依托中国航天的技术研发能力，团队从2015 年开始投入位移测量产品的自主研发，包括NEWTECH球栅数显，HTD、JD 系列角度编码器等产品在中国市场已得到广泛的应用。公司是HAYLICEK 哈维利斯克光栅尺编码器的中国销售及技术服务中心，哈维利斯克的产品采用现代化的光电组件和处理技术制成，作为精密自动化测量及高端机床设备中的核心部件，其质量和可靠性获得了世界知名客户的广泛认可。主要展品如图16所示。



图16 光栅尺及编码器产品

四、展会反映出的数显装置分会企业及位移测量装置行业的发展趋势特点

(1) 国内行业领军企业重点发展高端位移传感器产品，实现技术进步和产业升级。以绝对式光栅尺、高精度角度编码器、高精度测量仪器为代表的高端产品，是数显展团的亮点。近年来，数显装置分会的企业，坚持技术创新，带动产品结构升级，使行业整体技术水平攀上新的台阶。

(2) 随着高档数控机床与重大装备的国家重大专项的立项实施，数显装置分会企业的高端产品，得到重点发展和示范推广应用，形成自主知识产权，同时制定位移传感器产品及通讯协议、可靠性设计等国家、行业和团体标准，满足了我国高端数控机床工业母机等重大装备自主可控的迫切需求，实现了国产化替代，补短板，保障了国家重大装备产业链安全。

(3) 国外参展的行业头部企业，整体技术水平与国内行业相比仍处于一定的优势地位。□

AI赋能 五轴引领 复合升级

——从CCMT2024看数控系统发展

武汉华中数控股份有限公司 肖明 张幼龙

第十三届中国数控机床展览会（CCMT2024）于2024年4月8日，在上海新国际博览中心盛大开幕。CCMT2024以“聚焦——数字·互联·智造”为主题，展示机床工具行业在数字化、互联互通、智能制造、高效加工方面所取得的最新成果，也体现了全球机床工具行业正以更坚定的步伐、更清晰的方向，迈向更加广阔的未来。此次吸引了来自28个国家和地区的近2000家机床工具企业同台竞技。

数控系统行业是技术含量较高、技术发展较快的行业，为了促进行业整体发展，做好技术交流工作，数控系统分会组织会员企业起草《展品评述》，对本行业参展展品的技术特点、发展现状与国外的差距等进行分析，提出行业发展建议。

展品难免有所缺漏，观点可能有所不妥，敬请指正。

一、数控系统部分主要展品

1. 西门子（德国）

西门子以“数字驱动，成就可持续发展未来”为主题亮相第十三届中国数控机床展览会，通过打造虚实结合的应用场景，全面展示西门子数控系统产品及数字化解决方案如何从实际需求出发，助力客户在研发创新、设计调试、工艺优化、生产制造等环节降本增效。

（1）西门子机床数控系统产品家族 SINUMERIK ONE/828/808

针对不同的客户需求和定位，西门子提供了丰富的SINUMERIK数控系统产品：新一代“数字原生”高端数控系统SINUMERIK ONE、中端数控系统SINUMERIK 828和标准型数控系统SINUMERIK 808。



SINUMERIK ONE“数字原生”数控系统，具有虚拟设计、虚拟调试，可创建相应数字孪生的多功能软件，可实现虚拟与现实的无缝交互；具体可以这样理解：收到业主新的工件需求后，先在软件里面设计，通过虚拟调试完成研发、设计与验证，客户确认后再投入生产，机床设计的准确率和研发时间与以前相比会大幅提升，对于紧急需求或要求很高的设备，这种优势会更加明显，可大幅减少试错成本和缩短制造时间。SINUMERIK ONE更新了多种操作面板和显示单元，并根据操作需要进行了优化，统一了操作界面，同时西门子还贴心推出操作界面的二次开发选项，进一步满足各种设备制造商的个性化要求。根据已经公开的资料显示SINUMERIK ONE性能得到了提升，插补的最快响应从0.3ms提升到0.2ms。功能上增加了切槽、车圆锥、雕刻、二维码加工、臻优极速、多通道、更多的铣削工艺包等多种可选工艺包；主要功能包括：臻优极速（Top Speed plus）与“臻优曲面”（Top Surface）、“智能负荷自适应”（ILC）功能和“智能动态响应自适应”（IDC）功能等，可以使机床达到更好的动态性能和更

高的精度。

（2）西门子面向机床行业的数字化解决方案 MACHINUM

MACHINUM是西门子面向机床行业的数字化解决方案的统称，包含了针对机床制造商和机床用户的所有机床数字化产品，涵盖了机床设计数字化、加工工艺数字化和生产过程数字化三大场景，可以为企业提供智能虚拟机床、智能机床加工和智能车间生产相配套的数字化解决方案。MACHINUM全面助力企业加速转型升级，让生产制造更高效、更灵活、更可持续。



西门子还带来了数字原生数控系统SINUMERIK ONE的全新硬件平台和多种创新功能，适配更多生产加工场景，满足客户对精度、效率和质量的更高需求。例如，在模具生产过程中，Top Speed功能通过新型算法的滤波器，能够显著提升机床的加工速度，与Top Surface功能协同工作，可同时保证加工效率及精度。



西门子还展示了面向标准型数控机床的第五代SINUMERIK 828D数控系统，全新的硬件设计和软件功能，能够全面提升机床的易用性及生产力。

同时，SINUMERIK 828D分体式控制器全面支持车削、铣削和磨削应用，并具有高度开放性和扩展性，能够

支持工艺与HMI的深度定制。此外，新升级的驱动和电机性能强劲，满足机床控制的更高要求。

2.发那科（日本）

在北京发那科展区，最新FANUC CNC—FANUC i0-F Plus STEP2正式亮相；北京发那科智能加工系统FX FANOV1、各大最新行业（FANUC功能群、车床、多轴、医疗、模具、新能源汽车、3C/5G、绿色机床等）解决方案、北京发那科智能制造DX数字化产品的实际应用和价值，均通过细致呈现与现场行业伙伴见面；Laser Interface Unit 2 (LIU2) /FANUC Laser Scanner (LS3Di-A) 两款激光类产品及其全新的应用场景做了首次展示；FANUC最新发布的数字孪生系列技术和产品—NCguide2、加工面推定、DDMS通过虚实结合的展示方式全面呈现在行业客户面前。



3.海德汉（德国）

在CCMT2024展会上，海德汉继续其“守正出新，行稳致远”的战略，专心助推中国制造产业基础高级化、产业链现代化，以智能制造为抓手，走上“大而有韧性”的高质量发展道路，助力中国用户获取智能化生产需求，全面实现降本增效、绿色低碳。

海德汉参展主题是：更高过程可靠性和更低碳排放。



海德汉TNC7数控系统新增了更强功能，并在CCMT 2024展会上重磅亮相。首先，此数控系统的硬件进一步丰富。除24英寸外，新增19英寸版且功能相同，这是一款中小尺寸的触控屏，全新TNC7基础版配16英寸触控屏，满足3+2轴机床应用的要求。TNC7基础版提供丰富的选装项，包括TNC7特色选装项，例如DCM碰撞监测、OCM摆线铣削和MAS 六自由度图形辅助设置功能。海德汉采纳客户反馈意见，这款数控系统新的18版软件提供多项增强功能，进一步提高过程可靠性和用户友好性。

4.三菱（日本）

三菱公司在本次上海国际机床展主要推出和介绍了新款M800V/M80V数控装置，在原有M800/M80基础上进行软硬件升级。



800V数控系统



80V数控系统

M800V/80V数控系统在产品易用性上增加了影像输入接口、MELSEC开发工具、多点触控、高精度参数调整画面、Windows安全功能等。在运动规划功能上新增了样条曲线插补、OMR-CC最佳机械响应轨迹控制、旋转中心误差补偿、运动开放功能。在功能应用中增加了NC Machine Tool Optimizer、切削负载控制、二维码（QR码）加工循环、3D 加工模拟。

5.马扎克（日本）



MAZATROL Smooth Ai数控系统

马扎克在CCMT2024中展示了其Smooth系列的新款数控系统，MAZATROL Smooth Ai，该CNC装置搭载了AI生产效率提升技术、先进数字模拟功能、数字孪生技术以及先进自动化适应能力。在人机交互方面，Smooth Ai搭配了触屏操作提供了直观的操作体验，同时搭载了Windows操作系统的电脑与CNC系统相融合；在生产方面，搭载了马扎克高速高精控制的最新软件和硬件，支持5轴高速进给的高精度加工，同时配置了可以根据加工工件特性进行微调加工参数的功能；在生产效率方面，Smooth Ai

提供了加工时各类试试数据的共享和统一管理软件MAZATROLS TWINS。

6.华中数控

此次CCMT2024上海展，华中数控以“AI赋能 五轴引领 复合升级”为参展主题，携“华中9型智能数控系统、华中8型高档五轴数控系统、华中8型车铣复合数控系统、iNC-Cloud数控云管家、机器人虚拟仿真”等展品亮相此次盛会。

（1）AI赋能、制高引领、深度开放、智能生态——华中9型智能数控系统。



华中9型领航智能数控系统，集成了AI芯片，融合AI算法，汇聚大数据，融合大模型，集成强算力，形成了真正的智能化数控系统平台，为构建智能化生态提供技术支撑。

1) AI赋能——基于大模型的数控系统AI会诊：

基于大型模型技术的故障诊断功能，准确理解用户对问题的语音或文字描述，通过知识库的查询和强大的思考功能，交互提供可能的故障原因及解决方案，让您的设备运行更加高效。



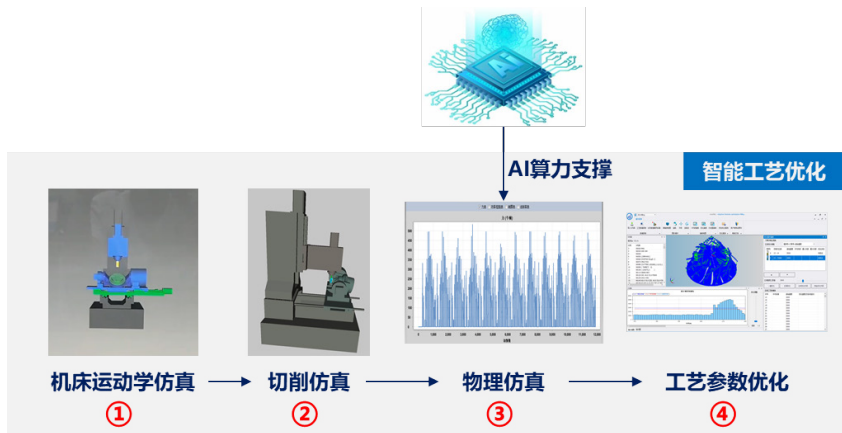
2) AI赋能——基于大模型的加工代码生成:

利用大型模型技术开发的辅助数控代码生成功能，用户使用手机可以通过语音或文字描述加工要求，快速生成数控加工代码，并可一键传送到数控编辑画面，极大地提高了编程、调试的效率。



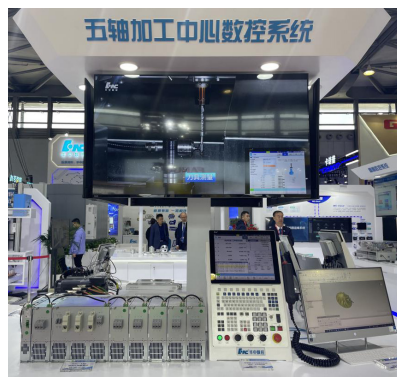
3) AI赋能——基于AI芯片的智能工艺优化:

加工工艺参数与数控机床实际加工能力的匹配，实现加工效率的最大化，是数控机床加工永恒的目标，也是智能化在数控机床发挥重要作用的重要场景。



华中9型通过建立机床的运动学模型、切削仿真模型和物理仿真模型，构建机床几何像、参数像和模型像的工艺系统数字孪生。在实际加工前即可对机床的运动学特性和切削物理响应特性进行精确的预测，并在此基础上对加工工艺参数进行优化，缩短加工准备时间，有效提高实际加工效率。

(2) 五轴引领、高端智胜——华中8型五轴数控系统:



华中数控全新高端五轴数控系统产品包由“硬成套”和“软成套”两部分组成。

“硬成套”部分由高性能IPC单元、模块化伺服驱动、高性能伺服电机、高速IO、高速高精智能化技术组成。系统突破曲面超匀顺插补、进给速度自适应、RTCP参数快速自动标定、五轴空间误差补偿、动态防碰撞等技术，使得五轴加工精度和加工效率比肩国际先进水平。

“软成套”部分由CAM自动编程、自动测量、大数据智能分析优化工具和远程运维工具构成。同时基于开放式二次开发平台，提供多场景数控系统定制开发解决方案，与用户深度融合协同创新，打造编程-加工-测量与补偿一体化的复杂五轴零件加工工艺成套化解决方案。

配套华中8型五轴系统的高性能五轴机床，可以实现叶轮、叶盘、发动机缸体缸盖、新能源汽车零部件等

复杂零件的高精、高效加工，零件加工品质媲美世界领先水平。

7.科德数控

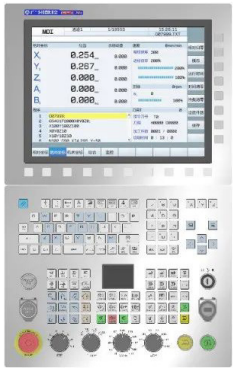
科德数控股份有限公司推出的GNC62数控系统经过多次迭代和优化，技术指标和性能达到了国际先进水平，展示了科德数控在高端数控系统领域的实力和对国内外市场需求的响应能力。



GNC62数控系统

主要技术亮点：多种高速高精优化策略提高加工质量；支持所有标准RTCP结构机型并进行了特种结构机型扩展；开放式平台支持用户工艺定制开发；智能优化工具包提质增效；最新CNC和伺服技术实现纳米级的指令和控制；实时物理量数据到加工轨迹映射；高分辨率扭矩监测系统；绿色节能；GMS高速高功率主轴电机系列；CAM-CNC协同部署。

8.广州数控



GSK27i高档数控系统

此次展会期间，广州数控展出了GSK 27i高端多通道数控系统，GSK 27i是面向多轴多通道复杂加工应用的高端智能化数控系统，可实现4通道32个进给轴控制、支持5轴联动的高精高效加工，支持通道间轴同步控制、混合控制、重叠控制、跨通道正副主轴位置同步和速度同步控制等功能。

该系统采用深度神经网络DNN算法实现机床实时进行碰撞检测，可在机床主轴碰撞后瞬时急停机床，以减少碰撞损失，保护机床和刀具。智能主轴负载自适应功能可根据主轴负载大小自动调节进给倍率，也可以恒功率切削，缩短加工时间，提高加工效率。

GSK27i数控系统在产品功能性能上对标欧洲高端数控系统产品，以进口替代和产业升级为目标市场，适用于高端五轴机床、高档加工中心、车铣复合、磨削、滚齿、磨齿及复杂加工设备的加工场景。

9.北京精雕

北京精雕展出的产品主要包括高效型五轴加工中心（JDMRET400DZ）、五轴高速磨削中心（JDGRMG300）以及机加自动化系统（JDGR400T），使用的数控系统为JD50。



JD50数控系统

10.沈阳中科数控

沈阳中科数控此次推出全系列数控系统产品，包括高档型、标准型及专用型产品。



GJ610支持多种类型的五轴机床结构，适合发动机机匣、叶片、模具等空间复杂曲面零件的加工，具备支持第三旋转轴参与的和支支持多轴耦合的RTCP控制、倾斜面加工、五轴手动进给、支持远程示教的空间圆弧插补等高档功能，同时具备进给轴换向冲击抑制、切削负载突变下进给率自适应、同步消除等智能化控制技术，满足客户对各种高档机床的配套需求。

GJ620则在精优曲面加工技术、随动误差补偿技术、高速刚性攻丝及刚性攻丝回退、攻丝诊断、车铣复合加工、多边形加工、尖角补偿、高速主轴定位、振荡断屑等功能方面深度开发，有效提高了机床的加工精度和生产效率。

11.上海铼纳克

本次上海国际机床展铼纳克主要以驱控一体解决方案、经济型伺服驱动解决方案等作为主要推广数控系统方案，主要以直驱驱动作为其主攻细分市场。

铼纳克本次参展的数控系统支持多种解决方案：随动磨、五轴联动、高精高速丝杠直驱运动控制、精密周边磨应用、钻攻加工中心等解决按方案，其中主要亮点为：基于PWM传输的驱控一体式伺服控制器、基于高性能开关器件的伺服放大器、高性能直驱技术。

12.天津泰森数控

泰森数控此次展会上首次推出了U3系列数控系统，是自主研发的搭载触摸屏交互方式的高档数控系统。



该系统具有以下特点：采用全新PC数控系统平台，产品稳定可靠；采用模块化、开放式的体系结构，可配置多种外设单元系统最大单通道轴数：8 轴，最大支持16通道共128个轴，程序存储量：40G；文件数不受限制；具有周期内千行的程序预读、改进型二阶连续可导S型加减速，五轴RTCP刀具跟随控制，五轴倾斜面加工技术，NURBS插补功能，手轮试切，动态图形对刀，引导式示教编程，高精度螺距补偿，基于总线通讯进行在机圆形（真圆度）调试、刚性攻丝优化调试、多插补运动轴图形监控及分析，动态跟随误差限制等功能，可实现高速的纳米级运动控制；系统具有二次开发扩展功能，可基于总线控制进行机床电器、电机负载、机床物理状态信息的在机监测，在机质量检测、加工运行优化与远程监控等智能化功能，可满足用户的各种个性化需求；支持总线式全数字伺服驱动单元和高位数编码器绝对式伺服电机、总线式全数字伺服主轴驱动器电机，支持总线式远程I/O单元，集成手持

单元接口；15寸高清触摸功能显示屏，操作便捷，开放式人机画面二次开发、支持组态数控界面；支持国际主流EtherCAT现场总线通讯，可适配国际品牌安川、松下、高创，国内主流品牌汇川、超同步、德欧、久同、雷赛等多款总线从站驱动装置；面向数字化车间网络通信能力，将人、机床、设备紧密结合在一起，最大程度的提高生产效率，缩短制造准备时间

二、国产机床配套数控系统统计情况

本次展会期间，数控系统分会秘书处组织对参展机床企业进行了信息收集，重点收集了E1、E3、E4、E5、E7、N1、N3、N4、N5、W1、W2等国内数控机床企业集中的展馆，经过初步整理，此次参展的数控机床总计1006台，其中车床263台，车铣复合120台，加工中心239台，五轴175台，磨床131台，齿轮机床62台，其他17台。

此次展会参展机床配置的数控系统主要分为国外系统和国产系统，其中，国外系统主要包括发那科、西门子、三菱、海德汉、法格、NUM、力士乐、OKUMA等国外品牌，统计配套约550余台套，国产系统主要包括及华中数控、广州数控、新代数控、凯恩帝数控、科德数控、精雕、铼纳克、天大精益、沈阳中科等，总计配套约450余台，国外系统和国产系统基本各50%的占比。

相比CIMT2023北京展，国外系统占比约三分之二，国产系统占比三分之一，此次展会国产系统占有率提升明显，尤其是五轴机床和车铣复合机床等高端机床配置国产系统占比越来越高，说明国产系统替代趋势越来越明显。

三、国内外企业典型产品的技术水平对比分析

1.技术对比

(1) 数字化技术

以西门子、海德汉、发那科为代表的高档数控系统，采用高性能的CPU处理器、高分辨率的插补指令、高频的精插补指令、先进的多轴协同控制体系架构、高性能的伺服控制算法、千兆的光纤现场总线、高分辨率位置检测装置和高过载倍数与低齿槽脉动的电机，整个控制系统的每个部件都做到极致性能，相较于国内的数控系统的控制精度、效率，具有优势。

在虚拟设计、虚拟仿真、虚拟调试等数字孪生的领域，西门子数控系统走在了世界前列，世界上其他的数控系统企业也都模仿跟随。

（2）网络化技术

网络化技术既是实现高性能控制的使能技术，又是打破信息孤岛、实现大数据汇聚的关键技术。一方面是高性能的现场总线技术，机床行业的现场总线五花八门，并未统一，倍福的EtherCAT，安川的MII，西门子的PN和DQ，华中数控的NCUC等等，尽管EtherCAT使用广泛，但是国产的总线技术还是有很大的发展空间；另一方面是车间网络技术，包括OPC UA，MTConnect，Umati，NC-Link等，OPC UA逐渐成为主流，NC-Link作为我国主推的车间网络技术，在生态构建上仍然任重道远。

（3）智能化技术

从展会来看，真正使用人工智能技术推出智能化应用的企业较少，比如华中数控推出基于大模型的故障诊断技术、发那科推出的基于AI的轮廓控制、西门子推出的基于人工智能的优化功能OptimizeMyMachining/Magazine，在这个方面，国产数控系统与国际数控系统相当，在大模型这个领域局部领先。在传统的智能化功能方面，西门子强化边缘端作为智能化功能的载体，也实现了APP的商业化，Okuma、Mazak、华中数控等企业，也都在自适应控制、刀具状态监测、热误差补偿、健康保障等方面推出智能化功能，国际与国内的数控系统在功能上相当。

2. 总体技术分析

国际先进数控系统厂商，如西门子、发那科、海德汉，基本做到了性能和品质的天花板，其展示重点从产品性能展示向有助于易用性的数字孪生、简单智能化方向发展；国内数控系统厂商，如华中数控、广州数控、维宏、科德、凯恩帝，其展示重点则仍然在性能提升层面。体现出了国际先进数控系统厂商与国内数控系统厂商的差异，进一步说明两个问题：①国内数控系统厂商主要还在数字化性能上对标追赶的阶段；②当前国际先进数控系统厂商的水平发展到达了数字化阶段的瓶颈，也给国内数控系统厂商对标追赶提供了绝佳的时间窗口。

对标追赶的同时，需要利用人工智能的最新技术实现创新超越，推动人工智能赋能新型工业化，如华中数控利用大模型开展故障诊断、代码生成等智能化应用，在智能化方面，国内的数控系统企业与国外的数控系统企业水平相当，甚至局部领先。

四、从机床展看数控系统发展趋势

1. 数控系统开放性越来越普及

随着数控技术的快速发展，数控系统正由专用型封闭式系统向灵活的开放式数控系统转变。开放式数控系统是

制造技术领域的革命性飞跃，其硬件、软件和总线规范都是对外开放的，由于有充足的软、硬件资源可被利用，系统软硬件可随着PC技术的发展而升级，不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持，而且针对用户的二次开发也带来方便，促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用，既可通过升档或裁剪构成各种档次的数控系统，又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统，开发周期大大缩短。

西门子、发那科、华中数控等企业都提供开发的开发式的数控系统技术平台供用户进行二次开发，比如华中9型数控系统作为深度开放平台，为机床厂家、行业用户及科研机构进行智能化研究和应用提供了集成开发平台，分类APP自主集成，形成一系列自主开发的APP，成就专精特新。

2. AI人工智能大模型赋能数控系统

通过多年的发展，传统数控系统解决了很多确定性较强的任务，剩下的难以解决的问题，通常是不确定性很强的任务。而人工智能（大数据智能、大模型等）的方法，则可以通过关联关系建模减少任务的不确定性，为当前难以解决的问题提供新的思路和方法，同时人工智能的方法还具有学习的特点，对感知、决策和控制过程中存在的问题，进行学习，使得控制系统不断进化，以适应质量提升、工艺优化、健康保障和生产管理等场景中的实际任务需求，因此人工智能大模型赋能数控系统将是重要趋势之一。

例如，华中数控推出的基于AI大模型的数控系统AI会诊和加工代码生成，用户使用手机可以通过语音或文字描述加工要求，快速生成数控加工代码，并可一键传送到数控编辑画面，极大的提高了编程、调试的效率。三菱推出的加工诊断工具NC MachiningAID，利用三菱电机专有的人工智能技术Maisart开发而成，无需复杂的专业知识，即可进行加工数据的分析、诊断。马扎克推出的MAZATROL Smooth Ai，搭载了AI生产效率提升技术、先进数字模拟功能、数字孪生技术以及先进自动化适应能力。广州数控也推出了智能热补偿、智能防碰撞检测等智能化功能。

3. 数字孪生技术使能数控系统

对于机床用户来说，存在机床设计、交付、运行中存在的设计效率低、交付成本高、过程难以监控的问题；对于最终用户来说，存在用户的零件设计、加工中存在的设计效率低、加工存在风险、过程难以监控的问题。面向上述痛点问题，需要在实际的交付运行之前，开展虚拟的设计、仿真、调试，对运行过程也可以进行监控和反馈控制，以提升设计与生产的效率、降低生产与加工的成本。

数控系统作为重要的中间环节，可以很好地将上下游进行衔接，将3D设计、运动仿真、切削仿真、PLC调试、G代码调试、防碰撞、实时监控等功能在数字孪生中进行集中体现，以达成更高的生产效率和更低的生产成本，这无疑是非常重要的发展趋势之一。

FANUC的FX DDMS利用数字孪生技术，可实现方案验证、销售演示、打样模拟、教育培训等功能，面向产业应用和教育培训提供数字化解决方案。Siemens依靠数字孪生技术的工业云是一种基于数字化和网络化技术构建的平台，充分利用数据，实现设计研发、生产制造、运营管理的一体化，有效帮助企业提高生产效率、降低生产成本、优化生产决策、提升质量和安全性。三菱提供系列IoT相关产品，利用数字孪生技术，实现生产活动各个环节监控与改善；利用虚拟仿真技术，再现真实机床效果，提高生产调试效率；天大精益推出的智能制造系统可适应规划仿真平台（VE²）为立足国际先进可视化仿真的智能制造系统高级仿真软件。该平台可以根据制造需求快速定制规划智能制造系统解决方案，通过高逼真度的可视化仿真对智能制造生产线的布局结构、工艺流程、生产节拍、加工效率等进行评估与优化，满足不同客户的个性化需求。

4.五轴数控普及化

高端五轴数控系统，是机床产业的“最强大脑”，相当于芯片工业中7nm、3nm制程所必须的光刻机，相当于大飞机的发动机，是高端制造所必需的尖端重器。而且五轴数控机床在加工精度、加工效率、一致性、稳定性等方面均优于三轴机床，因此越来越多的客户尤其是精密制造的客户更倾向于选择五轴产品。以前在全世界范

围内五轴加工机床都是一个应用稀少的高档数控机床，因为价格非常昂贵，而且非常难用，很难做到普及使用的，但中国现在发展的需求给他提出了强烈的需求，未来五轴高端数控机床可能会比较普遍的得到使用，这就给我们中国的五轴机床，五轴数控系统的的跨越发展提供了一个极好的机会。

例如本次展位上华中数控全新推出的高端五轴数控系统产品包，突破曲面超匀顺插补技术、智能前馈技术、高速高精高响应驱动和电机技术、五轴编程技术，融合五轴机床加工工艺及大数据智能分析工具，打造编程-加工-测量一体化的复杂零件制造解决方案。配套高性能五轴机床，可以实现叶轮、叶盘、发动机缸体缸盖等复杂零件的高精高效加工，零件加工品质媲美世界领先水平。

5.复合化已成为大势所趋

随着对加工效率和加工精度、降本增效的需求越来越高，复合化加工越来越多的被应用到各领域。复合加工是数控机床的一个重要技术发展方向。复合功能能够大大消除散列工序加工过程中的运输、装夹及等待时间，使加工周期大大缩短并降低加工车间的在制品数量。工件在机床上只有一次装夹定位，既减少了加工辅助时间，又提高了工件的加工精度。本次展会大量展出大量复合加工机床，包括车削中心，五轴车铣复合，铣车复合，磨削复合，车磨复合。

比如华中数控针对市场需求，推出全新的华中8型五轴车铣复合数控系统产品包，由数控装置、高性能驱动器、全规格电机、CAM与工艺库、单机自动化、丰富的软件包等部分组成，打造车铣复合新生态。□

上接第38页

(3) 量具和量仪进出口单价比较

比较相同商品编码产品，进口量具和量仪价格远高于出口价格（见表14）。

量具出口额（7.56亿元）远大于进口额（1.22亿元），量仪出口额（2.81亿元）远小于进口额（5.37亿元），量具和量仪出口大幅增长，量具和量仪进口大幅下降。□

表14 2024年上半年量具、量仪进出口单价比较

序号	商品编码	商品名称	进口单价 (元)	出口单价 (元)	进口/出口 单价比
1	90173000	千分尺、卡尺及量规	452.13	29.06	15.56
2	90314910	轮廓投影仪	93893.56	1897.45	49.48
3	90318020	坐标测量仪	9118.63	2187.35	4.17

附加说明：

海关数据是根据海关进出口商品编码进行分类，与行业习惯分类不完全一致。表中所列的产品可能未完全包括所有的工具产品，也可能包括了不属于工具行业的产品。附表中，在计算产品单价时，圆锯片，刀片，带锯条的单位采用公斤（kg），其它类产品以件为单位。

CCMT2024刀具展品述评

——行业切削加工刀具解决方案

工具分会CCMT2024评述组 赵庆军 王羽中 赵建敏（执笔）

切削加工整体解决方案是以切削加工工艺为基础，结合机床、刀具、夹具、量具、自动化等工艺装备，实现零件从原材料、半成品进行加工或处理，最终使之成为成品的方法与过程。本文主要从刀具角度介绍行业零部件切削加工刀具解决方案。

CCMT2024展会展商展出的零件切削加工刀具解决方案种类繁多，分布于汽车工业、航空航天、轨道交通、医疗器械、能源和3C等行业。下面介绍部分展商展出的切削加工刀具解决方案：

一、汽车工业

汽车行业仍然是刀具制造商关注的焦点，特别是针对新能源汽车驱动电机壳体、一体化压铸整体车身等新产品、新工艺零件的出现，各参展商展出了自己的十八般武艺。

森泰英格（成都）数控刀具股份有限公司（以下简称“森泰英格”）展出了汽车行业电机壳、缸盖和转向节切削加工刀具解决方案，森泰英格作为一家数控刀具和精密夹具综合性高新技术企业，为汽车行业关键零部件提供高效加工刀具、夹具解决方案，自主研发了曲轴孔、凸轮轴孔加工导条支撑式可调铰刀，进排气系统组合刀具，缸体缸盖结合面铣刀，电

机壳高效加工刀具等产品，解决了汽车零部件切削加工整体解决方案关键核心问题。



郑州市钻石精密制造有限公司（以下简称“郑钻”）展出了新能源汽车驱动电机壳切削加工刀具解决方案，粗加工镗刀刀体采用碳纤维制造，大大减轻刀具重量；精加工刀具中间采用镂空刀体、导条支撑可调多刃铰刀设计，在减轻刀体重量的同时，保证了电机壳形位公差要求，大大提升了加工效率。

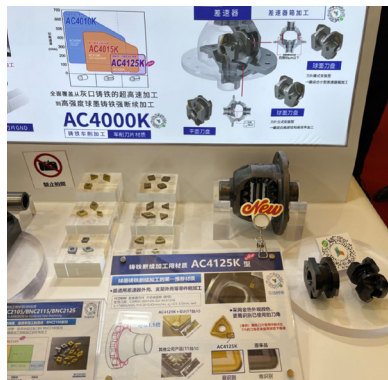


MAPAL Dr. Kress KG（德国，以下简称“MAPAL”）展出了万向

节切削加工刀具解决方案，包括用于加工球笼的硬铣刀，加工内外轮廓的CBN车刀，带有CFS和HFS连接接口CBN球铣刀，还有密封面、轴承表面和轴承座无痕加工的车刀。



另外，SUMITOMO ELECTRIC（日本，以下简称“住友”）针对差速器壳体加工，最新推出了高强度球墨铸铁强断续加工车削刀片材质AC4125K，寿命较同类竞品提升50%。



二、航空航天

航空航天涉及大量铝合金、钛合金、高温合金、耐蠕变钢及复合材料等关键零部件的切削加工，号称是当代刀具技术皇冠上的明珠。钛合金、高温超级合金和耐蠕变钢的切削加工困难，是整个飞机供应链的加工瓶颈；现代飞机，特别是无人机（UAV），复合材料的应用比例显著增加，复合材料的高效加工需要特殊刀具；航空级铝材仍是机身部件广泛使用的材料，铝的加工看似简单，但如何高

效加工铝是所面临的主要问题。机械加工性能差的材料、复杂的结构形状和高精度的需求相结合形成了生产制造这些零件的主要困难。

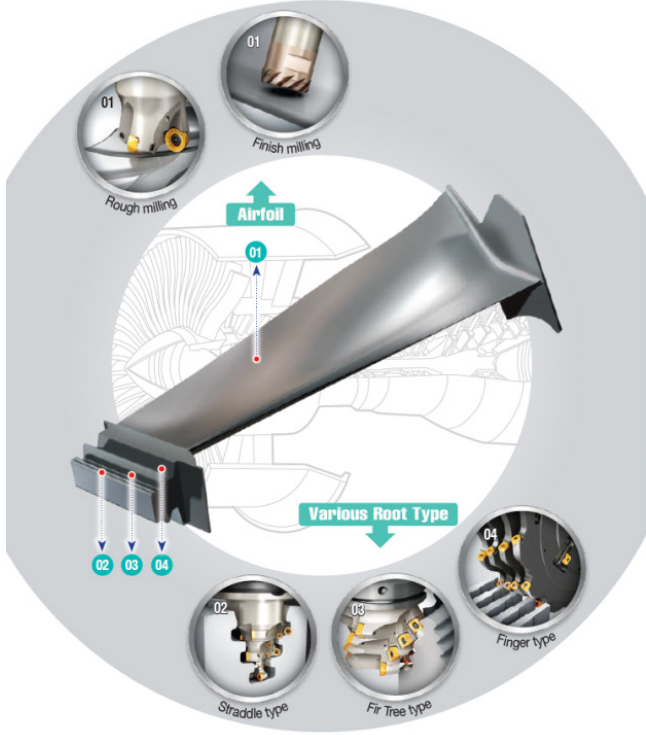
作为刀具及切削技术发展的制高点，各刀具厂商已经将航天航空产业作为重点开发的领域。从本次展会来看，伊斯卡、特固克、泰珂洛、春保森拉天时等国外刀具厂商已经具备了提供完整典型零部件切削加工解决方案的能力。



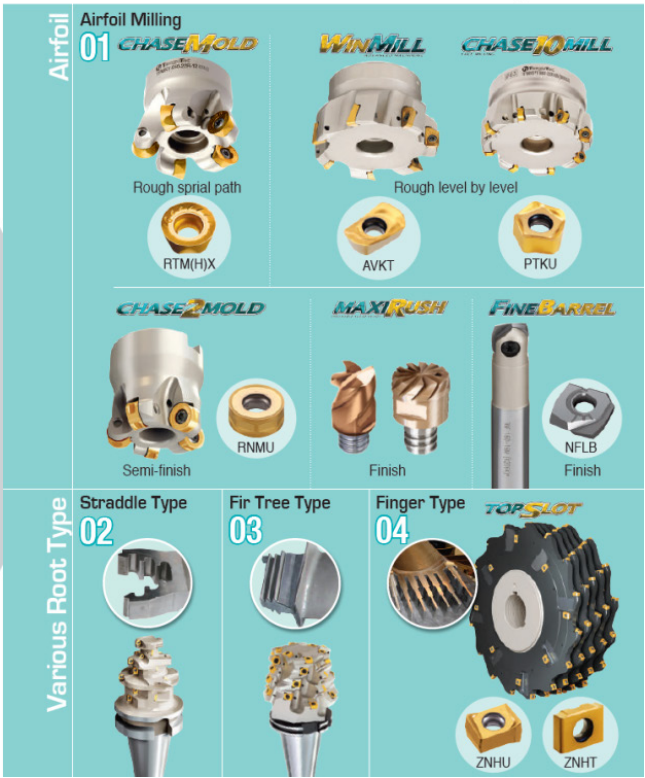
伊斯卡钛合金整体叶盘解决方案

Turbine Blade

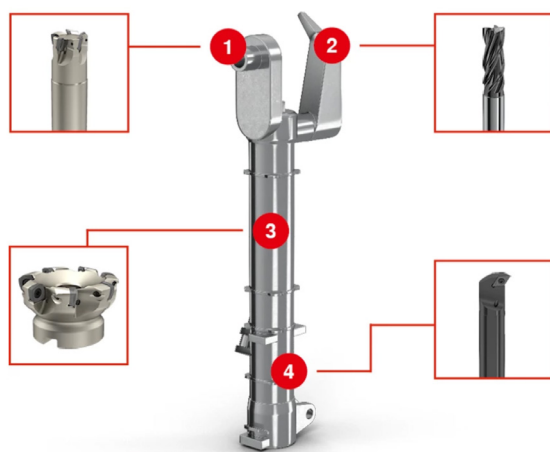
Heat Resistant Super Alloy / Titanium Alloy



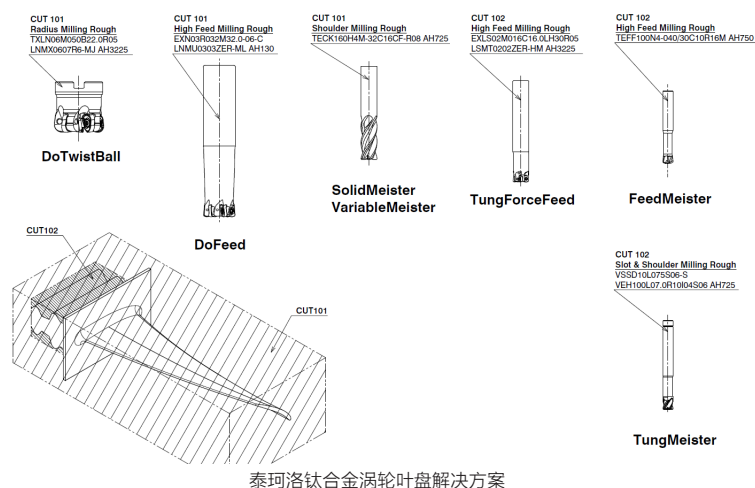
Engine Parts



特固克高温合金/钛合金涡轮叶片整体解



森拉天时钛合金起落架主缸整体解决方案



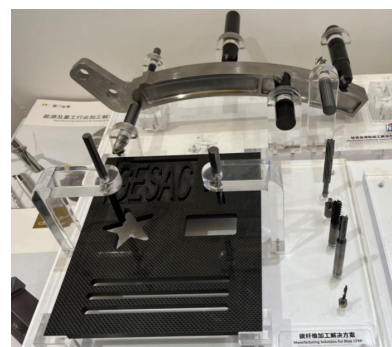
泰珂洛钛合金涡轮叶盘解决方案

国内刀具厂商也不甘示弱，纷纷展出了关键零部件加工解决方案，针对航空航天难加工材料，也推出了新的刀具结构、材质和涂层技术。

赣州澳克泰工具技术有限公司（以下简称“澳克泰”）展出了航空航天整体叶盘、叶轮及机匣等关键零部件切削加工刀具解决方案，并研发了针对钛合金及高温合金加工等难加工材料的刀具材质及涂层AP100S，解决了航空航天难加工材料切削加工难题。



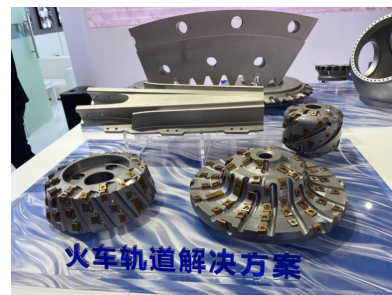
厦门金鹭特种合金有限公司（以下简称“厦门金鹭”）此次展会展出了钛合金框及碳纤维复合材料的切削加工方案，推出了钛合金加工可转位快进给铣刀，碳纤维复合材料加工PCD刀具，硬质合金“菠萝铣刀”以及CVD金刚石涂层，为航空航天行业零部件切削加工提出高效刀具方案。



三、轨道交通

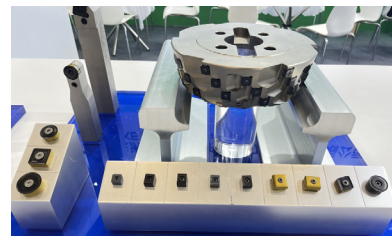
中国高铁运营总里程达4.5万公里，已经成为世界上最为发达和庞大的高铁网络之一。因此，轨道交通行业的制造和维护吸引着刀具制造商投入大量研发，研发产品也硕果累累。

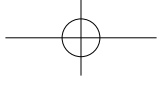
株洲钻石切削刀具股份有限公司（以下简称“株钻”）展出了轨道交通行业切削加工刀具解决方案，包括铁路道岔加工用复杂型线铣削刀具，采用高性能精密磨削刀片，实现铁路轨道高效加工。



火车轨道解决方案

株洲欧科亿数控精密刀具股份有限公司（以下简称“欧科亿”）以其旗下赛尔奇品牌展出了轨道交通行业解决方案，重点展示了轨道加工成型铣刀，火车轮重型车刀及相关刀片，刀片采用了先进的物理-化学复合涂层工艺，大大提升刀片性能和磨损可识别性。

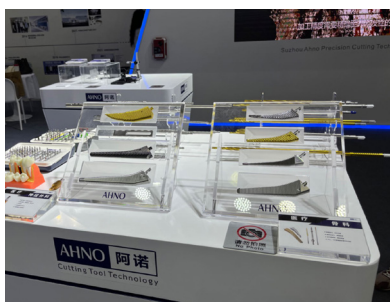




四、医疗器械

医疗器械行业刀具较为专业，且准入门槛较高，但由于近几年国内医疗器械行业蓬勃发展，医疗器械行业刀具也引来刀具制造商关注，特别是部分国内刀具制造商已经展出医疗器械刀具。

苏州阿诺精密切削技术有限公司（以下简称“阿诺”）是国内为数不多的展出医疗器械行业切削加工刀具解决方案的制造商之一，各类牙科、神经外科、骨科刀具种类齐全，行业刀具制造经验丰富。



Mitsubishi Materials Corporation（日本，以下简称“三菱”）展出了TC4人工膝盖骨高效加工方案，采用减振设计的粗精加工铣刀，并推出了iMX模块化可换立铣刀接口，iMX立铣刀刀头直接安装于BT30刀柄，以实现高刚性、高精度加工，交工效率提升3倍。

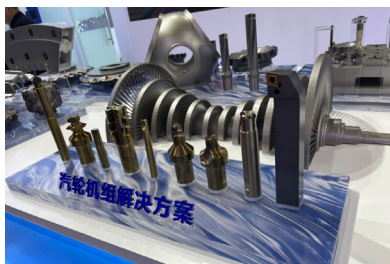


五、能源行业

能源行业涉及燃气轮机、风力发电等刀具使用大户，刀具制造商关注度较高，纷纷展出刀具解决方案，特

别是针对汽轮机转子、叶片、风电齿轮等。

株洲展出了汽轮机组、风电轮毂解决方案，切削刀具包括复杂型线可转位棒槽铣刀、高效加工玉米铣刀、仿形球头铣刀、可转位快速钻等产品。



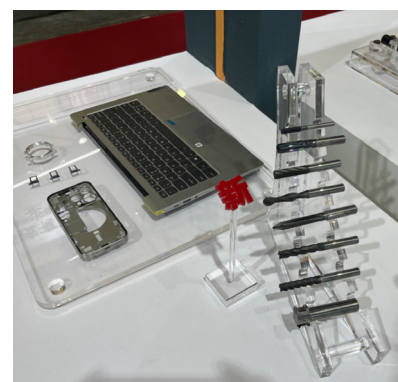
森泰英格公司针对风电齿轮切削加工，展出了高效加工可转位齿轮刀具以及高刚性PSC车削系统，可大幅提高齿轮加工效率，降低齿轮制造成本。



六、3C行业

3C及白色家电行业涉及众多小零件加工，本届展会针对小零件加工展出了很多刀具解决方案。

株洲华锐精密工具股份有限公司（简称“株洲华锐”）针对3C行业切削加工刀具解决方案，展出了CVD金刚石涂层硬质合金刀具、PCD超硬刀具等最新产品。



TaeguTec LTD.（韩国，以下简称“TaeguTec”）展出了小零件加工高压冷却刀具，解决了小零件切削加工断屑和排屑难题。



七、结语

总之，从本次展会明显看出，各刀具企业正在从传统刀具产品供应商，逐步向切削加工解决方案服务商转变，出发点立足于客户，靠方案和价值成交，价值承诺主要是“产品+服务”，服务为售前、售中及售后全程，靠有差异的定制化取胜。

本届展会行业切削加工刀具解决方案中，国内制造商和国外制造商各有千秋，除大家共同高度关注汽车、航空航天、能源行业以外，国外制造商对医疗器械关注度较高，国内制造商对模具、3C关注度较高，希望通过展会平台，相互沟通交流，“锻长板补短板”，共同为切削加工用户提供高效切削加工方案，创造自身价值。□

气缸体冲压工艺制定及拉深模设计

芜湖盛力科技股份有限公司（安徽 241002） 王华 王小虎 赵聪

【摘要】 气缸体是工程机械装载机空气加力泵关键零件，它的 $\phi 153\text{mm} \times 172.5\text{mm}$ 圆筒形成形至关重要。本文通过该零件的工艺性分析，制定了合理的拉深冲压工艺方案，并对拉深模具进行优化设计。

1. 引言

目前国内轮式装载机制动系统普遍采用气顶油综合制动形式。气顶油综合制动主要由空气压缩机、油水分离器组合阀、储气罐、脚制动阀、空气加力泵、制动管路等部件组成。其中空气加力泵是非常重要的一个制动元件，它可以直接将压缩空气推动气活塞产生的气体压力能转化为增压后的液体压力能，从而推动干式驱动桥上的钳盘式制动器进行制动。

空气加力泵是装载机制动系统的一部分。它一般安装在装载机的前端机壳内，作用是给装载机提供制动力矩。空气加力泵用于为车轮制动器提供制动驱动力，它由两部分组成如图1：气室腔a，液压腔b。

气缸体1是气室腔中一个关键零件，其几何形状及尺寸如图2所示，实物照片如图3所示，材料为冷轧碳素钢板：A-2-GB/T 13237-1991/SPCC-Q/BQB402-2003。由图1可以看出：该零件几何形状较简单对称，材料变形程度一般，均匀，但工艺流程较长，影响材料变形的因素甚多，尤其是 $\phi 153\text{mm} \times 172.5\text{mm}$ 圆筒形成形至关重要。

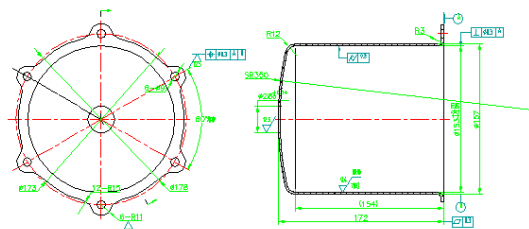


图2 气缸体零件图



图3 气缸体实物照片

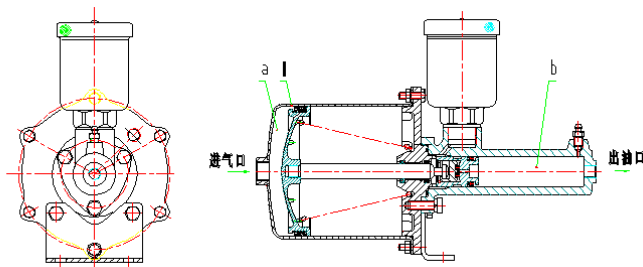


图1 空气加力泵装配图

2. 零件的工艺性分析

(1) 零件的拉深工艺性分析

由图2可知：该零件成形关键是 $\phi 153\text{mm} \times 172.5\text{mm}$ 圆筒形成形。 $\phi 153\text{mm} \times 172.5\text{mm}$ 圆筒形是凸缘筒形件如图4所示，由 $d_{\text{凸}}/d=198/155=1.278$ ， $d_{\text{凸}}=198\text{mm}$ ，查资料^[1]表4-5选取修边余量 $\delta=5\text{mm}$ ，因 $d_{\text{凸}}/d=208/155=1.34$ 在1.1~1.4范围内，属窄凸缘，采用多次拉深得到形状。

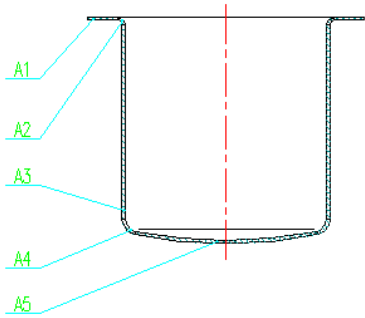


图4 气缸体拉深件毛坯展开尺寸的计算

(2) 该拉深件毛坯展开尺寸计算

图4该零件可看形状简单（规则）的旋转体拉深件。在不变薄的拉深中，材料厚度虽在变化，但其平均值与毛坯原始厚度十分接近。因此，毛坯的展开尺寸计算可根据毛坯面积与拉深件面积（加上修边余量 $\delta=5\text{mm}$ 查资料[1]表4-5得）相等的原则求出。即直接套用公式计算。见图3毛坯展开尺寸计算如下：

$$F_{\text{总}}=A_1+A_2+A_3+A_4+A_5=108865.2\text{ mm}^2$$

$$D=\sqrt{\frac{4}{3.14}\sum_{i=1}^5 A_i}=\sqrt{\frac{4}{3.14}\times 108865.2}=372.4\text{ mm}$$

所以我们取拉深毛坯直径 $D=372\text{mm}$ 。

(3) 确定 $\phi 153\text{mm}\times 172.5\text{mm}$ 能否一次拉出（见图4）

由资料[1]可知： $t/D\times 100=2/372\times 100=0.5377$

其中 $D=372\text{mm}$

$$d_{\text{凸}}/d_1=208/155=1.34\quad h/d=170.5/155=1.1$$

查资料[1]表4-20得： $h_1/d_1=0.45\sim 0.53$ ， $h/d>h_1/d_1$ ，

故零件 $\phi 153\text{mm}\times 172.5\text{mm}$ 一次拉不出来。因 $d_{\text{凸}}/d_1=208/155=1.34<1.4$ ，属窄凸缘筒形拉深件，可先拉成筒形，然后将凸缘翻出。

(4) 确定 $\phi 153\text{mm}\times 172.5\text{mm}$ 拉深次数、拉深直径等拉深工艺参数

① 确定 $\phi 153\text{mm}\times 172.5\text{mm}$ 拉深次数、拉深直径：

由资料[1]表4-15可知： $t/D\times 100=2/372\times 100=0.5377$ ， $[m_1]=0.55\sim 0.58$ ， $[m_2]=0.78\sim 0.79$ ， $[m_3]=0.80\sim 0.81$ 。考虑此零件选用的钢材塑性好， $[m_1]$ 数值可减少2%，故选 $[m_1]=0.54$ ， $[m_2]=0.77$ ，预算各工序的拉深直径：

$$d_1=[m_1]D=0.54\times 372=200.9\text{ (mm)}$$

$$d_2=[m_2]d_1=0.77\times 200.9=154.7\text{ (mm)}$$

$d_2=154.7\text{ mm}<155\text{ mm}$ （工件中性层直径），说明可以拉深到成形尺寸，圆整一下尺寸，选定各次拉深直径为： $d_1=201\text{ (mm)}$ ， $d_2=155\text{ (mm)}$ 。

通过以上计算可知 $\phi 153\text{mm}\times 172.5\text{mm}$ 拉深次数需为2次。

② 确定各次拉深工序的圆角半径：

选取各次半成品底部的圆角半径，根据 $r_{\text{凹}}=0.8[(D-d)/t]^{1/2}$ 、 $r_{\text{凹}n}=(0.6\sim 0.9)r_{\text{凹}(n-1)}$ 和 $r_{\text{凸}}=(0.6\sim 1)r_{\text{凹}}$ 的关系，取各次拉深工序的圆角半径 $r_{\text{凸}}$ 见表1。

表1 各次拉深工艺参数一览表

单位：mm

拉深次数	拉深系数 m	凹模内径 D	凸模外径 d	拉深高度 H	$R_{\text{凸}}$	$R_{\text{凹}}$	单边间隙 $Z_{\text{单}}$
1	0.54	$\phi 203.8$	$\phi 199$	135	20	15	2.4
2	0.77	$\phi 157.2$	$\phi 153$	159（圆柱面直线段尺寸）	10	10	2.1

③ 确定第一次拉深高度 h_1 及各次拉深高度：经计算试验验证各次拉深高度见表一（计算略）。

(5) $\phi 199\text{mm}\times 135\text{mm}$ 一次拉深工序图（见图5）。

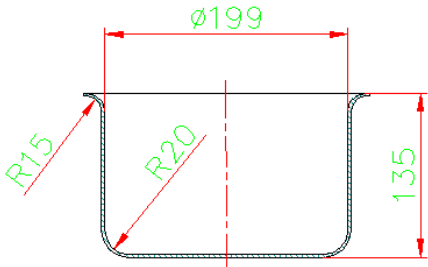


图5 $\phi 199\text{mm}\times 135\text{mm}$ 拉深工序图

(6) $\phi 153\text{mm}\times 159\text{mm}$ （圆柱面直线段尺寸）二次拉深工序图（见图6）。

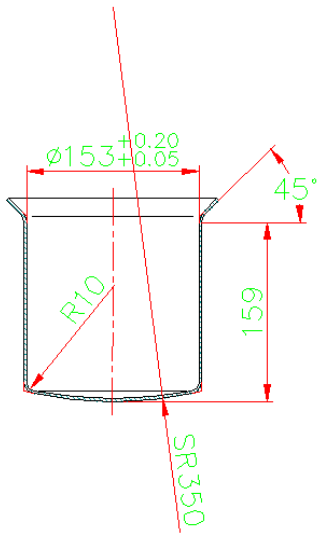


图6 $\phi 153\text{mm}\times 159\text{mm}$ （圆柱面直线段尺寸）拉深工序图

(7) 压边R3mm成形工序图(见图7)。

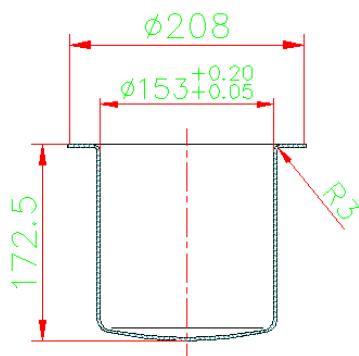


图7 压边R3mm成形工序图

3. 零件的冲压工艺制定

经过上面计算,知道该零件需二次拉深成形,然后进行压边R3mm成形,再切边冲孔,具体工艺如下:

(1) 卷板2mm×375mm×C,落料 $\phi 372$ (J23-200压力机)。

(2) 一次拉深 $\phi 199\text{mm} \times 135\text{mm}$ (YL100/280-WG双动液压拉伸机)。

(3) 二次拉深 $\phi 153\text{mm} \times 159\text{mm}$ (YL80/280-WG双动液压拉伸机)。

(4) 压边R3mm成形(YL160/280-WG双动液压拉伸机)。

(5) 切边(YL160/280-WG双动液压拉伸机)配废料接料机构。

(6) 冲六孔6- $\phi 9\text{mm}$ (YL80/280-WG双动液压拉伸机)

(7) 冲 $\phi 28\text{mm}$ 孔(YB20数控液压机)。

以上工序采用6台苏州新沁峰QF-5045-S3-5-4 机器人与送料机构、苏州越海拉伸机组合成自动化冲压生产线,只要1人管理,生产效率高,见图8。



图8 气缸自动冲压生产线

4. 模具结构设计

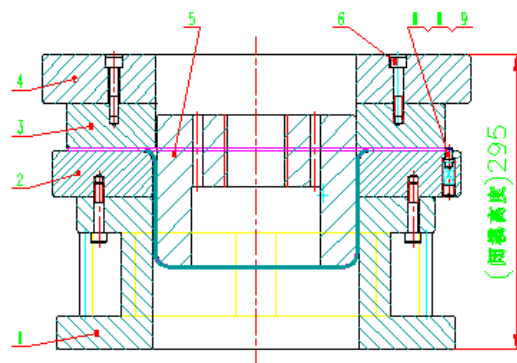


图9 一次拉深模具结构图

1. 下模座 2. 凹模 3. 压边圈 4. 上模板 5. 凸模 6. 螺钉M10×70
7. 定位销 8. 弹簧 $\phi 10 \times \phi 1 \times 20$ 9. 开槽平端紧定螺钉M12×10

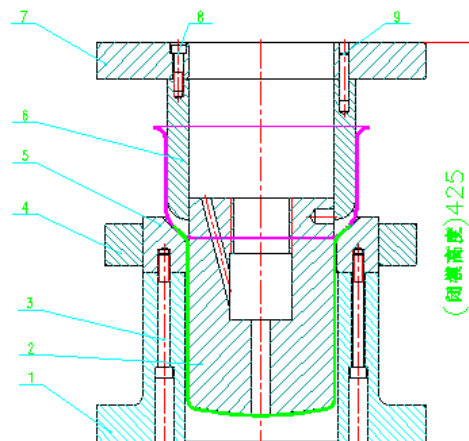


图10 二次拉深模具结构图

1. 下模座 2. 凸模 3. 螺钉M10×80 4. 凹模箍
5. 凹模 6. 压边圈 7. 上模板 8. 螺钉M10×50 9. 销10×50

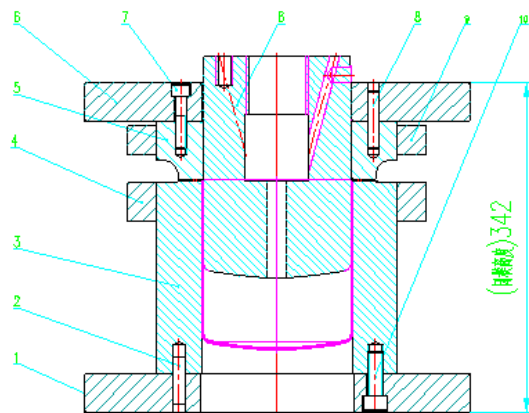


图11 压边R3mm成形模具结构图

1. 下模板 2. 销10×50 3. 凹模 4. 凹模箍 螺钉M10×100 5. 压边圈
6. 上模板 7. 螺钉M10×50 8. 凸模 9. 压边圈箍 10. 螺钉M10×50

拉深模具结构见图9，本拉深模具结构采用正装式，由上下模两部分组成，上模采用压边圈刚性卸料，该结构的优点是操作方便，出件畅通无阻，生产率高。下模采用顶件块刚性卸料（图9中未画出），该模在YL100/280-WG双动液压拉伸机上工作。凹模2、凸模5、压边圈3均采用Cr12MoV钢制作，热处理硬度：HRC58~62，采用先进TD碳化物覆层处理工艺，TD覆层表面硬度：HV2800-3200，具有极高的耐磨，抗拉伤性能。TD覆层厚度：4~20 μm ，覆层致密光滑，模具寿命高。

主要零件凹模2的制作工艺：

圆钢下料——锻打——热处理（退火）——车削加工——热处理（真空淬火和回火）——磨削加工——砂光（要求型腔 $\phi 203.8$ 、R15及相交处去除锐角，表面抛光 $Ra0.4\mu\text{m}$ 以下）——表面TD处理——表面抛光 $Ra0.2\mu\text{m}$ 以下。

5. 双动拉伸机特点及拉深模具工作原理

(1) 双动拉伸机特点



图12 YL80/280-WG双动拉伸机

该零件二道拉深是在YL80/280-WG双动拉伸机（见图12）上进行的，其特点是：YL系列液压双动拉伸机与普通液压拉伸机及机械式拉伸机相比，在结构上进行了突破性的改革和创新，双动（上下模具都能在垂直面内上下运动）机构的采用增加了拉伸工件的纵向尺寸，便于加工较大深度的拉伸件：拉伸力来源于液压油缸，使得拉伸速度和拉伸距离可在一定范围内可调，克服了可倾开式压力机

靠飞轮与曲轴动作而无法改变拉伸速度与行程的缺点；曲肘机构的采用使压边油缸（可使用小油缸）能以小的液压输出力就能满足拉伸时较大压边力的需要，同时在曲肘机构到达上止点时，压边油缸不再消耗能量。成形工艺工作循环为：压边-拉伸-回程-开模。

(2) 拉深模具工作原理

见图9，落料毛坯 $\phi 372\text{mm}$ 板料由送料机自动送料放在凹模2上。启动按钮，双动拉伸机工作台带动下模凹模2上升，压边圈3则始终使板料紧贴凹模2上，以防止起皱拉裂，此时压边力通过拉伸机立柱上螺母调整，使工件不皱不裂效果最好。此时上模凸模5下降使板料逐渐被拉入凹模2内成形，当上下模接触封闭后，工件成形，当下模凹模2返回时，通过顶杆10（图9中未画出）顶出工件，完成本次拉深过程。拉深时采用切削液配水作润滑剂，坯料送料前自动加注。

6. 试模中产生的问题及解决办法

试拉时压边力的调整：工作台在下置点状态下安装好模具，应该及时地把压边台板通过调节螺母向上移动，并使压边台板离处于下置点状态下的工作台距离应大于被拉伸金属厚度+模具（下模）高度+工作台行程，然后严格按照操作顺序再试有试拉时压边，当工作台处于压边位置后，应拧松压边台板的直端调节螺母，拧紧上端调节螺母，再进行一点点距离试拉伸，若发现成形工件有起皱现象，说明压边台板压的不紧。或者发现工件有拉破现象，说明压边台板压的太紧。应进行调节螺母调整。待上述缺陷消失后，方能进行正常的工作。

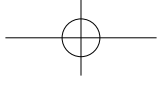
我们在试模过程中曾出现 $\phi 153$ 顶部SR处拉裂现象，经分析是顶部材料承受的径向拉应力太大，造成危险断面的拉裂，我们采用减少压边力，增加润滑等方法，避免了拉裂现象，收到了良好的效果。该套模具投入生产已十年，工作正常，达到理想的产品要求。

7. 结语

我们的体会是：对这种凸缘筒形件拉深件，通过对零件的工艺分析与计算，确定零件拉深加工方案，用拉深方法保证零件尺寸要求。经过生产实践验证，设计的模具结构合理，产品质量好，对于类似零件的模具设计有一定的参考价值。□

主要参考文献

[1] 王孝培 《冲压设计资料》 北京 机械工业出版社 1990年11月 第2版
[2] 徐政坤 《冲压模具及设备》 北京 机械工业出版社 2007年8月 第1版



从德马吉森精机、大隈近年研发情况 看相关机床发展趋势

通用技术机床工程研究院 戴漫一

当前，在加快发展以科技创新为核心要素的新质生产力理念指导下，我国机床行业正努力建设一批技术领先、具有国际竞争力的企业。跟踪和分析世界先进机床厂家研发情况，将有助于我们开拓视野、对标管理和决策借鉴。

德马吉森精机有限公司（“德马吉森精机”）和大隈株式会社（“大隈”）是世界著名机床制造商，年销售收入均处于全球Top10。本文以下对这两家企业近年研发战略、研发动态和产品发展趋势等方面进行了较为详细的梳理分析和总结，希望对更好地推进我国机床科技创新工作高质量发展有所助益。

一、企业概况

德马吉森精机由日本的株式会社森精机制作所与德国吉特迈股份公司合并而成，是全球最大的机床制造商之一，总部在日本东京。公司发展愿景是成为全球最大、最受尊敬的车削中心、加工中心、铣车中心、磨床、增材制造和自动化产品制造商。主要研制基地位于日本和德国，在美国、意大利、波兰、中国等地建有工厂，全球员工约一万三千人。

大隈是一家全球化综合型机床制造商，公司宗旨是成为世界制造业中的“解决社会挑战的公司”。产品主要有加工中心、复合机床、数控车床等。公司利用自主研发的数控系统（OSP）的一体化优势，开发创新产品和智能化技术。在美国、德国、中国等地建有工厂，全球员工约四千人。

如图1所示，2023年度德马吉森精机和大隈的营业收入分别为5395亿日元（约270亿元人民币，按1日元=0.05元人民币。下同）和2280亿日元（约114亿元人民币）。人

均年营业收入分别达208万、285万元人民币。近年营业收入情况详见图1。

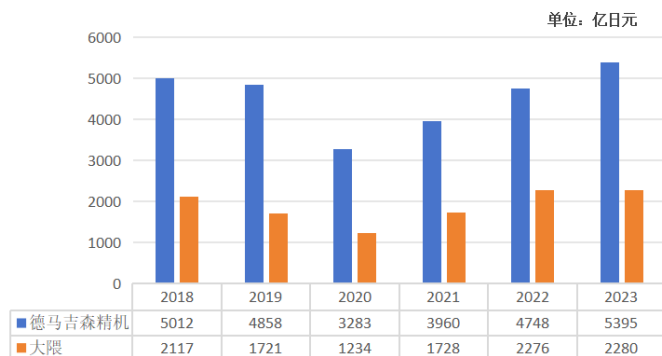


图1

二、研发情况

1. 研发战略

为应对新兴行业超精密加工技术需要，熟练机器操作人员短缺和亟待解决的环境问题等全球制造业面临的挑战，助力用户在快速变化的行业环境中发展，同时提升公司盈利水平，德马吉森精机和大隈近年制定了各具特点的研发战略。

德马吉森精机的“加工转型”（MX，machining transformation）战略是公司产品与服务创新的指导性理念。“加工转型”由工艺整合、自动化、数字化转型和绿色转型四部分组成，通过工艺整合和自动化集成，促进绿色转型。通过数字化转型来精简整个加工过程，为客户提

供附加价值更高的产品和服务。

在“加工转型”战略指引下，公司产品研发以五轴、铣车复合等工艺集成产品为核心，加强尖端加工技术、测量和增材技术、高附加值新型机床和软件产品发展，扩大能提供全部加工工艺的生产技术应用，通过高增值产品和服务，以更高的单价和更低的折扣率来提高盈利能力。

大隈提出以日式“造物”（monozukuri）精神发展从智能机床到智能工厂的数字化转型解决方案作为近期的基本战略。

公司规划的成熟度模型是该战略的行动指针，模型分六个发展层级，从智能机床、智能加工单元及其在工厂的全面采用，到智能制造、智能工厂等。每一层级对应提出了解决方案，包括提供智能机床，扩大五轴加工中心和多任务机床销售；智能加工单元及其全面使用；提供智能制造技术；智能工厂技术和加工工厂业务优化等。基于上述战略规划，公司将进一步丰富产品阵容，以“高精、节能”特质拓展市场。

2.研发强度

研发强度是指企业研发经费与营业收入之比，反映了企业在加大科技创新投入方面所作的努力。

德马吉森精机近年加大了研发投入力度，自2020年以来的研发强度保持在4.7%~5%（见表1）。计划从2023到2025年的三年间，研发总投资1000亿日元（约50亿元人民币）。

表1

德马吉森精机	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
研发费用（亿日元）	120	124	163	189	222
研发强度（%）	2.4	2.6	5	4.8	4.7

大隈2023财年研发投入约42亿日元（约2.1亿元人民币），研发强度1.8%。2018年~2022年的研发强度见表2。

表2

大隈	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
研发费用（亿日元）	46	46	47	46	48
研发强度（%）	2.2	2.7	3.8	2.7	2.1

3.研发动态

德马吉森精机近年通过开设和调整研发机构及其职能，整合资源，加大投入，不断推出新品。

新建的奈良产品发展中心主要用于先进数字技术，下一代五轴机床和铣车加工中心及周边设备，应用下一代通信技术、人工智能和数字孪生技术的软件研发。成立全

资子公司 WALC（华尔兹）公司，提供采用人工智能、物联网、云计算等先进技术的软件服务，推动制造业数字化转型。还在总部东京和伊贺园区成立了“增材制造实验室”。

据统计，公司在2022和2023年共完成五十余项研发项目，包括15款主机和6种功能部件、8种自动化解决方案、17项数字化创新（含技术循环软件）以及节能创新技术等。包括DMU40五轴加工中心，第二代DMU 65/75 monoBLOCK五轴加工中心等五轴产品；第六代万能车削中心CTX系列产品、NTX500卧式铣车复合加工中心等车削/复合类产品；LASERTEC 100/160 PowerDrill大型涡轮部件激光打孔机等激光加工产品和CTS中央刀库、compactMaster高性能紧凑型电主轴等功能部件。

大隈以加强信息与自动化高度集成技术、提高解决方案能力为目的，在KONAN工厂新建工程中心和创新中心，在国内外开设了多家技术中心和CS（communication&solution）中心，推动“开展制造业数字化转型解决方案”战略。

近年，公司相继推出以兼具高精度、高生产率和节能解决方案为特点的五轴加工中心MU-500VⅢ、GENOS M560V-5AX，新型卧式加工中心MA-8000H等产品；为公司销量最高的高精度数控车床LB3000EXⅢ和立式加工中心MB-46VⅡ更新换代。新研发的“OSP-P500”数控系统于2024年在产品中全面采用；还研发了操作简易的智能化加工单元控制器“smarTwinCELL”。公司计划到2025年共推出15~20款新机型。

三、产品发展趋势

1.主要应用行业

德马吉森精机产品主要应用领域是航空航天、精密电子与半导体、汽车与摩托车、模具和医疗等行业。2018~2022年公司在全球主要应用行业销售额与总销售额的占比情况见图2。

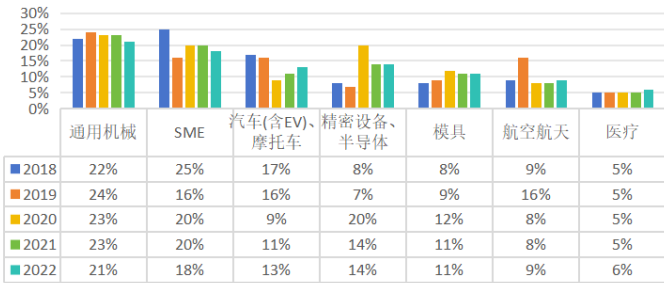


图2

2023年，如图3所示，公司来自航空、航天、汽车与摩托车（含电动车）、医疗等行业的订单量同比增长较大。

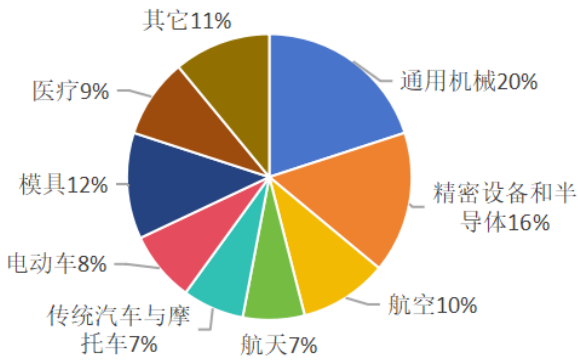


图3

大隈产品的主要应用行业有航空航天、汽车、模具、半导体等。在我国，从2018~2022年公司的相关行业订单占比情况在图4中可以看出，通用机械与加工、模具、液压/气动设备和汽车等行业是公司的主要销售对象。

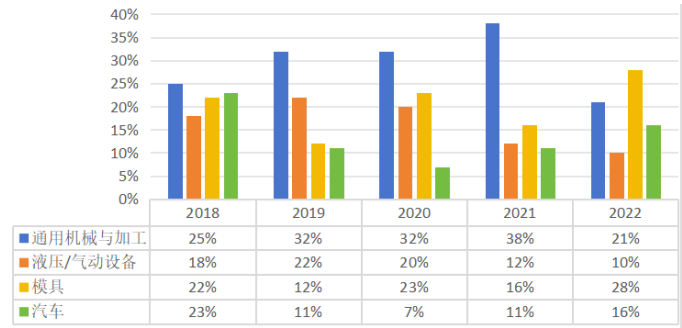


图4

2. 产品发展趋势

通过对两家公司近年研发和产品销售情况的分析，可以将其产品发展趋势归纳为四个方面：高端产品实力稳固增强、产品附加值显著提高、数字技术不断深化、绿色技术持续创新等。

（1）高端产品实力稳固增强

德马吉森精机的高端机床产品近年在全球市场上保持增长势头，其中五轴和铣车复合加工中心两类产品的订单额占比一直在59%以上，2023年达到了68%。

2023年各类产品订单额占比情况是：五轴加工中心为42%，上年为38%；铣车复合加工中心占比26%，同比持平；车削中心为10%，同比持平；卧式加工中心占比降低，从上年的11%降至9%；立式加工中心占比降低，由

上年的8%降到6%；先进技术（超声、激光等设备）占比7%，同比持平。

公司2020~2023年各类产品年度订单额占比情况（见图5）直观地反映了以五轴加工中心为代表的高端产品在公司产品家族中的不断增强的核心地位。

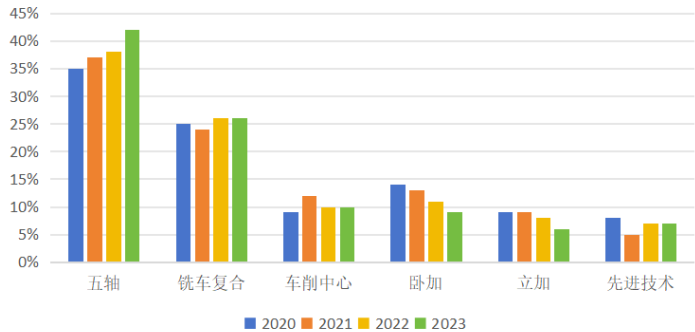


图5

为了进一步完善产品构成，壮大高端产品阵容，公司在2024年合并了日本仓敷株式会社，该公司主要产品有创台式卧式铣镗加工中心、深孔钻等，占日本相关产品市场40%。

大隈聚焦公司主营行业和成长行业发展需求，增强提供五轴加工中心和复合类机床等高端机床和系统解决方案能力，计划到2025年将共推出15~20款新机型。

为应对半导体制造设备行业在难加工材料先进加工技术，复杂形状零件加工和小批量、多品种生产等方面的需求，公司相继推出MU-5600V、MU-8000V、MCR-A5CII等五轴和多任务加工中心，提供控制、刀具、加工条件等方面的优化解决方案和自动化单元。电动汽车行业持续发展不断对机床厂家提出新要求，公司研发的五轴和复合加工产品能对一体铸件等大中型、复杂形状工件进行工艺集成的高精稳定加工；还为大型冲压模具的高效加工提供具备自诊断、精度自动修正功能、将高精加工和机内测量相结合的自动化解决方案。

（2）产品附加值显著提高

德马吉森精机和大隈通过加强提供自动化解决方案能力和拓展工程销售业务等措施，在不断满足用户行业需求的同时，也提高了自身产品附加值，带来了产品单台平均售价的提升。

扩大自动化解决方案应用范围。两家公司长期致力于提供全面灵活的自动化解决方案，德马吉森精机几乎所有的机床产品都可配备标准或定制的自动化系统，包括工件搬运系统、托盘交换系统、工件与托盘集成系统、刀具交

换系统等在内的14个产品系列、近60款产品。2023年，自动化解决方案在机床销售额（机床主机+自动化解决方案）的占比高达37%，计划在2025年将此占比提高到50%。大隈集成了自动化系统的机床产品的销售台份比例从2023财年的33%，计划提高到2025财年的45%。

工程销售占比不断提高。所谓工程销售是指在销售机床产品的同时，提供用户所需的相关自动化设计、加工方法优化、安调和运维等业务，是“全面交钥匙”。中小型企业是两家公司的主要用户群体，具有多品种、小批量的生产特点，又囿于自身能力所限，在购买新设备时，对相应的工程销售需求不断提高。而两家公司长期重视产品的行业应用，在用户工艺方面积累了丰富的“know-how”（专有知识），从而有能力为用户提供定制的高效整体解决方案。2022年，德马吉森精机的工程销售额占总销售收入的9.9%（约23.5亿元人民币），计划在2025年将这一占比提高到16.67%（约50亿元人民币）。大隈也持续拓展“制造业咨询”业务，协助中小型企业用户进行加工件生产工艺改善。

高附加值解决方案带来了公司产品单台平均售价的上升势头。如图6所示，德马吉森精机单台平均价格由2018年的3510万日元（约175万元人民币）增加到2023年的6190万日元（约310万元人民币）。公司计划到2025年，将产品单价提高至7500万日元（约375万元人民币），比2023年增长33.6%。

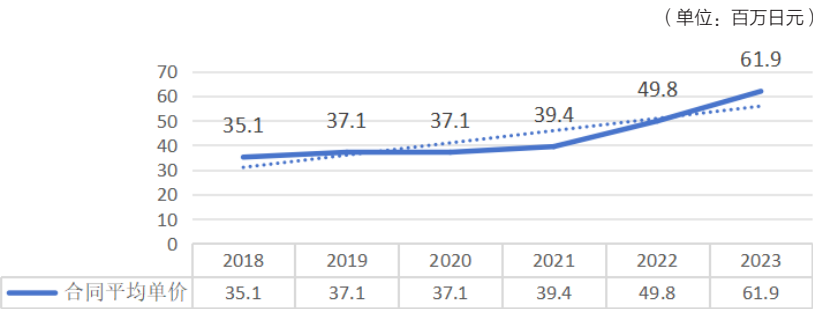


图6

与2015年相比，大隈在2022、2023财年的国内市场单台平均合同价格分别增长18.8%、30.3%；海外市场单台平均合同价格分别增长了27.1%和48.6%。

（3）数字技术不断深化

数字化技术已成为包括机床行业在内的制造业发展的必然选择。两家公司近年致力于数字技术产品研发，数字化解决方案不断丰富、日趋成熟。

德马吉森精机在这方面开展的创新工作主要包括CELOS X数字生态系统，数字工程，3D车间编程，数字孪生试切，以及多边形/椭圆形铣削、可提供智能校正值的齿加工工艺软件包等。

CELOS X数字生态系统是基于数字和数据的生态系统，在工业制造环境中整体集成了管理、计划、控制、操作、监控、机器间交互、工作流程和过程，为制造业企业数字化转型提供了整体解决方案。数字工程系统是节约资源的试生产和测试解决方案，能对整个制造系统进行数字仿真。3D车间编程是与西门子联合开发的3D车间编程，使用设计部门的工件三维模型，在底层数据基础上自动创建数控程序，自动化特征识别功能可将编程速度提高80%。数字孪生试切可生成全真数字版机床副本，仿真加工过程。在仿真中考虑了切削力、刀具振动、表面

质量等相关因素，具有显著缩短试切时间，无需刀具、材料和冷却液，且功耗显著低于实际加工，更环保等优势。

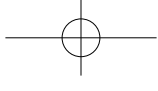
大隈是为数不多的机电一体化机床厂家，公司新一代数控系统OSP-P500的数字孪生技术，通过现场数控系统和PC端的高速高精模拟验证，迅速制定生产计划，缩短加工准备作业时间。此外，推出简易实用的smarTwinCell智能加工单元控制系统，有效解决了公司用户主体中小型企业面临的自动化和节省人工的需求。不需额外增加专业编程人工，利用该系统就能在经过数字孪生技术进行的产前准备后，让机床加工者完成所有机床、外设、机器人、过程控制等操作。

（4）绿色技术持续创新

绿色节能是当前全球制造业最强劲的发展趋势之一。两家公司的“绿色化”进展走在全球机床厂家前列。德马吉森精机是全球首批实现“碳中和”的工业企业之一。从2021年起销售的机床，从原材料到交付，实现碳中和。2023财年大隈在国内主要厂家完成了范围一、二（即企业直接和通过外购能源“间接”产生的温室气体排放）的碳中和。

产品方面，除了与“绿色化”息息相关的工艺集成、自动化和数字化转型所涵盖的创新外，两家公司还通过研发和配备具有更高能效的专门节能技术和设备，提高产品绿色化水平。例如德马吉森精机的自适应进给控制、自适应冷却液流量控制、高级能耗监测功能、空气泄漏监测、自动待机和唤醒功能、高效冷却泵泵、智能排屑系统等。大隈为其绿色智能机床配置了节能系统“ECO suite plus”、主轴冷却系统运行控制技术、免清洗冷却液箱等。

（下转第75页）



航空卡箍数字化设计与精密制造

大连长之琳科技股份有限公司 王洪久

【摘要】随着新一代飞机性能的不断提高，对管路设计的维修性、可靠性等要求也越来越高。这就要求管路系统中导管与导管、导管与附件之间的连接形式要安全可靠，对卡箍的设计制造提出了更高的技术要求。文章主要分析了航空管路刚性连接卡箍的设计及制造工艺，在此基础上剖析了数字化结合的设计分析方法，结合当今航空卡箍先进技术展开论述，阐述了飞机管路连接件设计制造需要控制的因素。

环控空气管路系统是飞机输送气体的重要系统，其连接结构设计的好坏直接影响飞机环控系统的使用性能、寿命和飞机安全可靠。如：引气系统对飞机的气密舱实施空气调节，为发动机提供各种气源通道、对发动机和APU滑油附件进行启动前预温、为特种设备进行增压和冷却；防冰系统的作用是提供热空气，防止飞机表面在可能结冰的气象条件下结冰，或除去飞机表面已结成的冰层，以保障飞行安全；空调系统的作用是为驾驶舱、货舱等提供新鲜空气，对电子设备进行通风冷却。而空气管路连接快卸卡箍则是飞机环控系统空气管路连接中不可缺少的关键标准件，对连接密封起着重要作用——确保管路连接的密封性，控制连接部位的泄漏量。

一、卡箍数字化设计

1.材料确认

航空用管路连接件使用环境特殊，导致卡箍选用材料是需要具备高强度低密度，出色的耐蚀性，在高温环境中具备可靠的性能，能够适应航空环境的苛刻要求。目前，国内外常用的金属材料包括不锈钢，钛合金，铝合金以及镍基高温合金，同时螺纹副及拆装部位需要涂覆防咬合的涂层材料，一般使用干膜润滑剂。

2.结构尺寸优化设计

目前，行业应用广泛的刚性快卸卡箍结构，其主要材料为镍基高温合金，能够在650℃条件下保持良好的工作性能。卡箍轮廓结构见图1。

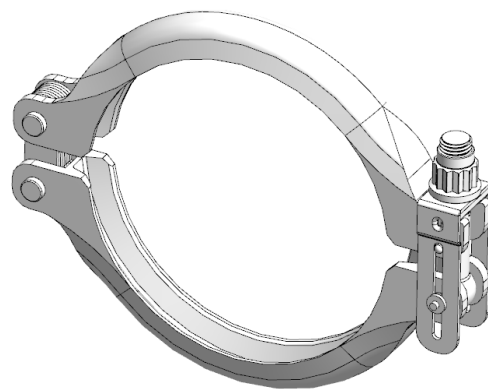
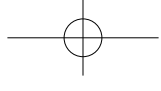


图1 卡箍结构图

根据系统需求，设计卡箍的接口尺寸，需要通过全方面的理论测算，外形设计，完成结构定型。

(1) 数字化分析

卡箍的强度、刚度以及密封性能是其重要的技术性能指标。强度失效和密封失效是最常见的两种失效形式。在设计



时要求必须具有足够的强度和刚度,以保证长期使用而不发生破裂或者产生变形,同时要求卡箍密封部位有合适的密封比压,以保证密封部件既不损伤又能有良好的紧密度,以阻止介质泄漏。关于卡箍的强度分析已经很成熟,而阻碍现代密封设计应用的因素有:密封结构中包含复杂材料特性的密封元件;有限元求解过程中包含接触分析;密封结构在工作状态中遇到的不稳定工况,如温度、压力、密封介质特性等。因此,大多数情况下设计人员沿用传统的凭借经验来确定密封结构的方法。而基于经典力学理论的常规设计计算方法由于其固有的局限性,对于复杂几何结构、多载荷作用下的计算是无能为力的,即使对于受简单边界条件的结构,也会因为结构较复杂使得计算不准确,甚至与实际相差甚远。随着有限元分析方法的发展,基于有限元法的数值模拟成为解决这些复杂问题的利器,利用仿真软件进行有限元计算和结构分析,从而解决工程实际问题。

(2) 卡箍密封性分析

通过ansys workbench有限元仿真技术模拟卡箍在各工况时的工作状态,通过仿真分析起密封作用的接触面的应力分布状况,对比其是否达到工程上规定的密封表面的密封比压标准,并通过卡箍右侧滑槽位移大小来衡量卡箍开口程度,并通过有限元仿真找出其最大位移量,并对不同规格的卡箍在若干工况下的密封性能做出合理评价。

依据网格划分确定分析精度。分析过程中,重点关注的是卡箍与接头接触表面的接触应力,并根据接触应力的分布来评价卡箍的密封性,所以需要卡箍与管路接触面的网格进行局部细化,尽量提高接触部位的网格质量,使该表面的应力仿真结果尽量精确,而其他位置的网格质量满足一般的分析要求即可。

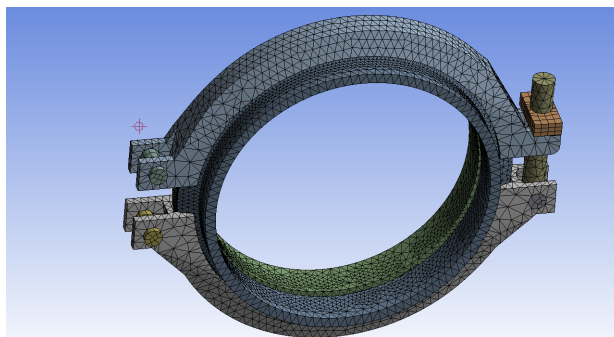


图2 网格划分结果

根据卡箍工作的受力状态,模拟其工作条件和所受载荷,对该有限元模型分别施约束条件。依据边界条件和荷载施加情况可求解卡箍各位置载荷分布情况,图中已标出最大、最小应力分布位置。

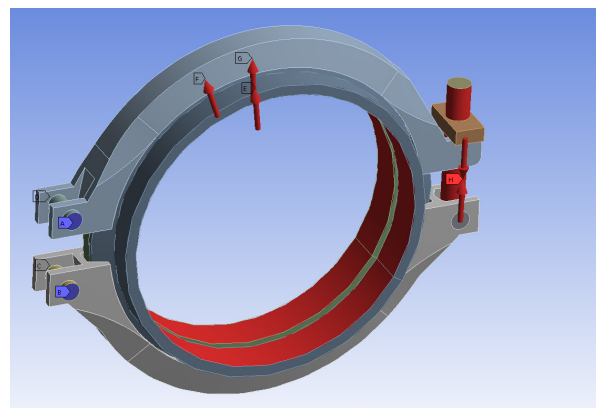


图3 施加边界条件和载荷

以上分析得出卡箍密封性薄弱点位置,在结构设计中对此进行重点分析,设计产品结构时控制铰链定位尺寸,及铰链销侧与耳环螺栓侧相对位置距离确保产品性能。

(2) 强度分析

卡箍在工作时,其所受载荷形式复杂,再加之卡箍复杂的外形结构,通过有限元软件仿真求解是一种高效又合理的方式。根据实际情况,重点关注在破坏载荷(三倍工作载荷)下卡半卡箍是否仍能满足强度要求。利用有限元软件仿真得出模型在给定外载和边界条件下的应力分布,考察其最大应力,对比强度极限做出判断。根据应力分布情况,卡箍结构设计时,在应力较大位置进行厚度补偿,确保产品结构强度满足标准要求。

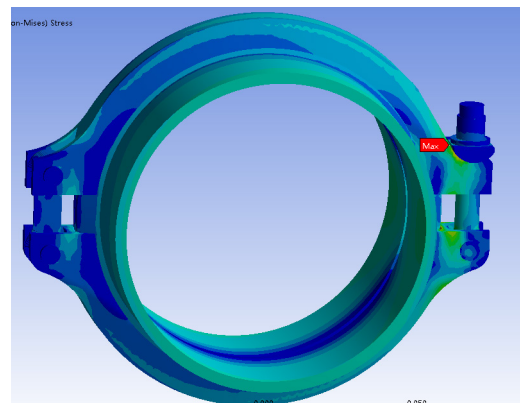
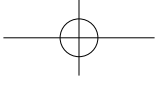


图4 破坏载荷下卡箍总体应力分布

3. 卡箍结构设计及工艺设计注意事项

(1) 结构设计

考虑受力合理性,卡箍确保在工作状态下能有效地紧固且受力均匀;避免复杂的几何形状导致应力集中;流出足够的安装和操作空间;设计合适的连接方式和接口,保证连接可靠,考虑与其他零部件的配合兼容性。



（2）工艺设计

结合制造能力和设备条件，确保设计可实现；优化工艺流程，减少工序间的等待和周转时间；考虑模具和工装设计便利性和通用性；对特殊工艺要求进行合理的规划和安排；预留适当的加工余量，避免因余量不足导致废品；工艺路线设计要求兼顾效率和质量；考虑装配公益性，使卡箍易于组装和拆卸；与结构设计协同，确保工艺能够实现结构的功能和性能要求。

二、航空卡箍精密制造

1. 卡箍制造工艺路线

通过对卡箍材料选型，结构的设计分析确定卡箍的基本结构尺寸，针对不同形式的零件形成专属加工工艺。卡箍主体的半联接头通过组合机械加工，销轴类连接定位件通过数控加工完成，钣金零件设计专用的冲压模具完成。

刚性快卸卡箍的主体半联接头选用耐蚀性优良的合金材料加工，选用不同材质的合金加工程序有所不同，根据材料的特性，高温合金硬度高，韧性好，切削加工困难，刀具磨损快，钛合金作为主要加工材料时其切削温度高，由于钛合金导热系数低，热量不易散出，切削区温度可达1000℃以上，加剧刀具磨损。加工效率低，数控切割时刀具转速一般不高于300r/min，切削量设置在10~30μm较为合适。而在工况强度和耐蚀性要求较低的管路连接区域，使用普通不锈钢材料作为卡箍主体即可，其加工工艺则相对容易控制。但是仍然需要考虑这种半环形结构的卡箍主体加工后的变形控制。

所有零件主要加工工艺：

（1）卡箍主体半联接头

毛坯粗加工→切割内孔和外轮廓→精加工外形内槽→切割槽口。

高温合金和钛合金切削的卡箍零件加工过程中产生大量的热量导致工件局部快速升温 and 冷却，热胀冷缩过程导致材料金相组织变化产生内部应力；同时在切削力作用下材料会产生塑性变形，在卡箍内部产生积聚应力；在加工工序间按照材质不同，增加热处理工艺，以便减小加工难度和去除加工应力。

（2）销轴类零件

热处理→数控切削→切割成型→倒角→研磨。

简单的机械加工零件，在产品组件中起到导向定位作用，通过结构分析并非受力强点，对产品精度控制可以稍微放宽，按照HB5800-1999《一般公差》控制零件加工。

（3）钣金类零件：

分条→落料→成型→折弯→热处理。

钣金类零件则设计专用的工装模具，通过冲压成型，为提高模具寿命，一般使用固溶状态的材料加工，在成型后对产品进行热处理，保证卡箍配件的机械性能。

（4）卡箍组装

螺栓侧组装→铰链侧组装→涂覆干膜润滑剂→整体装配→标印。

卡箍组装后的效果直接影响到其密封性能，所以在每个工序都需要控制尺寸的精密度，一般将装配公差控制在0.1mm以内，在组装过程中使用专用的自动化设备及配套工装夹具，控制卡箍组装的一致性，稳定性。

2. 航空卡箍生产制造过程中注意事项

严格遵循工艺标准：卡箍所有零组件在工艺定型后，每生产一批都需要按照既定的工艺规范和流程进行操作，确保每一步符合要求。

尺寸精度的控制：卡箍重要的外部接口尺寸使用高精度测量工具，常规手段无法测量的尺寸，设计专用的工装检具，检测尺寸的符合性。

材料确认：原材料入厂验收时对原材料进行严格的检验和筛选，确保材料质量合格，不存在内部缺陷，避免加工过程中裂纹，夹杂情况出现。

特殊过程确认：卡箍生产过程中涉及到的热处理、表面处理以及干膜润滑涂覆等特殊过程必须进行特殊过程确认，按照确认准则要求内容规范实施。

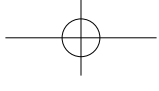
数据记录：航空卡箍生产制造需要具备可追溯性，严格履行工艺评审，生产试制前准备检查，首件鉴定以及质量评审的流程，并在每一个节点阶段做好评审记录，同时生产检验原始数据记录清晰并随产品合格证明材料一同保存，便于后续质量审查时查阅。

三、结语

航空工业飞速发展，飞机及发动机设计开发技术不断革新，航空管路连接快卸卡箍的结构设计与精密加工也需要不断提升能力，数字化结构设计较比传统的迭代设计模式能够更快更好地分析出卡箍的结构需求，精密的加工工艺更能够保证卡箍的基础性能达标，在迭代更新中快速提升，逐步赶超国外先进技术。□

参考文献

- [1]黄敏 卡箍类工件配套加工的工艺[J].机械工人：冷加工，1998（05）：31-32.
- [2]曹翌军；肖文；李博 转弯卡箍裂纹失效分析及加工优化[J].新技术新工艺，2021（10）：74-76.



新型等离子切管机技术的应用

滕州市三合机械股份有限公司 张成龙 徐宝卫 乔健 张威

一、概述

随着现代机械加工业地发展，对切割的质量、精度要求的不断提高，对提高生产效率、降低生产成本、具有高智能化的自动切割功能的要求也在提升。从现在几种通用数控切割机应用情况来看，火焰相贯线切割机功能及性能已比较完善，其材料切割的局限性（只能切割碳钢管），切割速度慢，生产效率高，适用范围逐渐在缩小，市场不可能有大的增加。

等离子相贯线切割机具有切割范

围广（可切割所有金属材料），切割速度快，工作效率高等特点，未来的发展方向在于等离子电源技术的提高、数控系统与等离子切割配合问题，如电源功率的提升可切割更厚的板材；精细等离子技术的完善和提高可提高切割的速度、切面质量和切割精度；数控系统的完善和提高以适应等离子切割，可有效提高工作效率和切割质量。

目前，我国机械工业钢材使用量已达到 3 亿吨以上，板材、管材的切割量非常大；随着现代机械工业的发展，对切割加工的工作效率和切割质

量的要求也同时提高，进一步提高生产效率、降低生产成本。

基于这种市场需求，并通过广泛的市场调研，我司决定开发新型等离子切管机。此种切割机具有切割范围广，切割速度快，工作效率高等特点，未来的发展方向在于等离子电源技术的提高、数控编程软件及系统与等离子切割配合问题；精细等离子技术的完善和提高可提高切割的速度、切面质量和切割精度；数控软件及系统的完善和提高以适应等离子切割，这些相关配套设施的发展会有效提高切割的工作效率和切割质量。

上接第71页

四、结语

作为全球机床行业头部企业的德马吉森精机和大隈两家公司，其研发战略和产品发展特点相当程度地反映了当今世界机床行业的发展趋势：

（1）具备高度工艺和工序复合能力的高精度五轴和复合类机床发展迅速。这类产品结合高度模块化设计，为机床赋予了更丰富的综合加工潜力，给用户带来了更灵活的可选择性，从而满足了当前用户不断增长的多元化高效加工需求。

（2）适用不同应用场景的自动化解决方案日益多元化，显著提高了生产效率，增强了生产设备的灵活性、可用性，同时弥补当前熟练操作者的短缺。方兴未艾的智能

制造发展也需要高度自动化的技术与装备做为支撑。“全交钥匙化”既满足了用户行业亟需的一揽子专业解决方案的需求，同时也全方位的体现了机床厂家综合技术实力，是未来必将不断壮大的新的增长极。

（3）数字化技术能显著降低制造成本，提高生产力和安全性，是近年制造业来发展最快的技术之一。机床及相关企业在设计、加工工艺与仿真、生产过程、生产管理等方面开展的数字化解决方案研发将深入持续。

（4）作为工业生产基础性产业的机床行业在努力实现企业自身低碳转型的同时，大力研发和提供低碳排放的绿色机床产品，以科技创新推动经济社会高质量发展。□

根据国内外市场上同类型产品具备的这些通用特点，公司成立了课题开发小组，小组技术人员借助公司已经开发的系列的PC等离子板类切割机的技术，以及制造过程中总结的钣金类制作的生产经验，从目前使用的设备中存在的问题和产品质量入手进行具体情况分析，结合目前国内国际市场上存在的等离子切管类相似产品的研究，形成了一个可调整、易实现的、符合我们企业制造特点的产品设计方案。

二、设备介绍

1. 总体设计方案

钢管由主轴带动旋转，同时割炬枪只需进行轴向移动即可实现切割要求，所以要实现两轴联动，并且要求能进行人机对话，编程及操作方便，诊断功能及纠错能力强，具有显示和通信功能，缩短非生产准备时间，提高生产率。标配为等离子切割方式，选配弧压手动调高实现等离子切割。

2. 适用材料

(1) 能在主管上切割多个不同方向、不同直径的圆柱相贯线孔，满足支管轴线与主管轴线偏心和非偏心的垂直相交的条件。

(2) 能在支管端部切割圆柱相贯线端头，满足支管轴线与主管轴线偏心和非偏心的垂直相交、倾斜相交的条件。

(3) 能在圆管端部切割斜截端面。

(4) 能在圆管上切割焊接弯头，“虾米节”两端斜截断面。

(5) 能切割与环形主管相交的支管相贯线端头。

(6) 能切割变角度坡口面。

(7) 能在圆管上切割方孔、腰形孔。

(8) 能进行钢管截断。

3. 主要结构

新型等离子切管机主要由主轴箱升降部分(1#)、割头部分(2#)、支架部分(3#)、电气箱部分(5#)组成。机械系统组成框图如图1所示

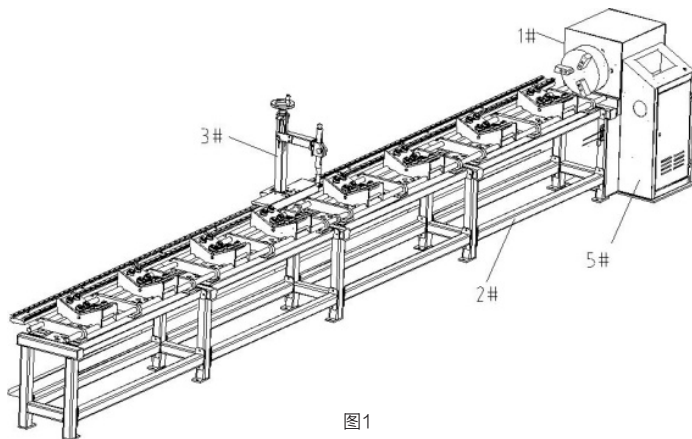


图1

机械系统的主要作用是支持割炬部分、主轴部分完成X-Y平面的联动，并且割炬可以在Z平面上独立控制升降，以调节割嘴和钢板间的距离。

三、设备各组成结构设计

1. 主轴箱升降部分

此部分结构(见图2)主要是完成X向工件的旋转。为实现工件的旋转，选用主轴和气动卡盘来实现。利用气动卡盘手动夹紧管件，气动卡盘安装在主轴一端，伺服电机通过齿轮带动主轴运动，主轴旋转带动卡盘旋转运动，实现管件切割时的旋转运动。

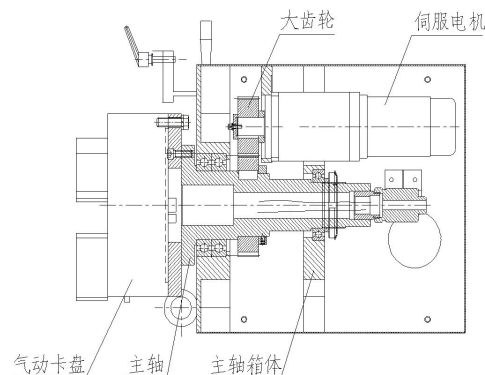


图2

为了完成装夹工件的切割位置的调整，采用两个锥齿轮相啮合，带动丝杠与丝母相配合，转动手轮，手动调整主轴箱的高度，来确定管件切割位置。这种结构不同于以往的相贯线切割机，以往的相贯线切割机大部分是通过调整支撑结构来调整管件的切割位置。这种调节方式，设置简单、易于操作，调节精度较高。如图3所示。

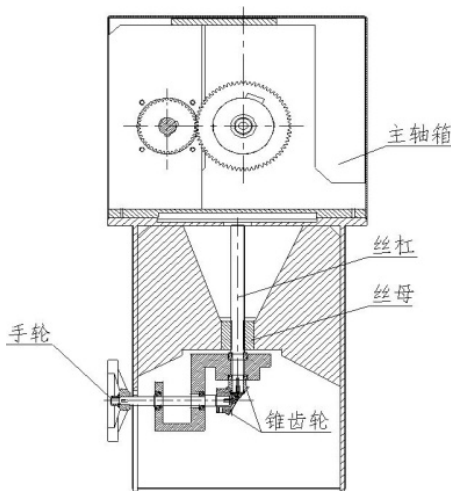


图3

2. 割炬部分设计

如图4所示，该部分可实现割炬 Y 轴方向的纵向移动。为实现运动的可靠性与稳定性，保证 Y 向运行精度，采用斜齿轮、齿条、线性滑轨相配合使用的结构。即左右两

条线性滑轨和齿条均安装在纵向支撑导轨上。伺服电机、割炬支撑架通过电机座固定在线性导轨的线性滑块上，伺服电机通过斜齿轮与齿条相啮合沿 Y 轴方向纵向移动，即实现割炬在 Y 轴方向的纵向移动。

Z 轴手动控制升降以调节割嘴和工件间的距离。为了保证割炬升降的精度与准确性采用丝杠与丝母相配合的结构，手轮旋转丝杠与母相配合，带动割炬升降，来调整割嘴与工件间的距离。

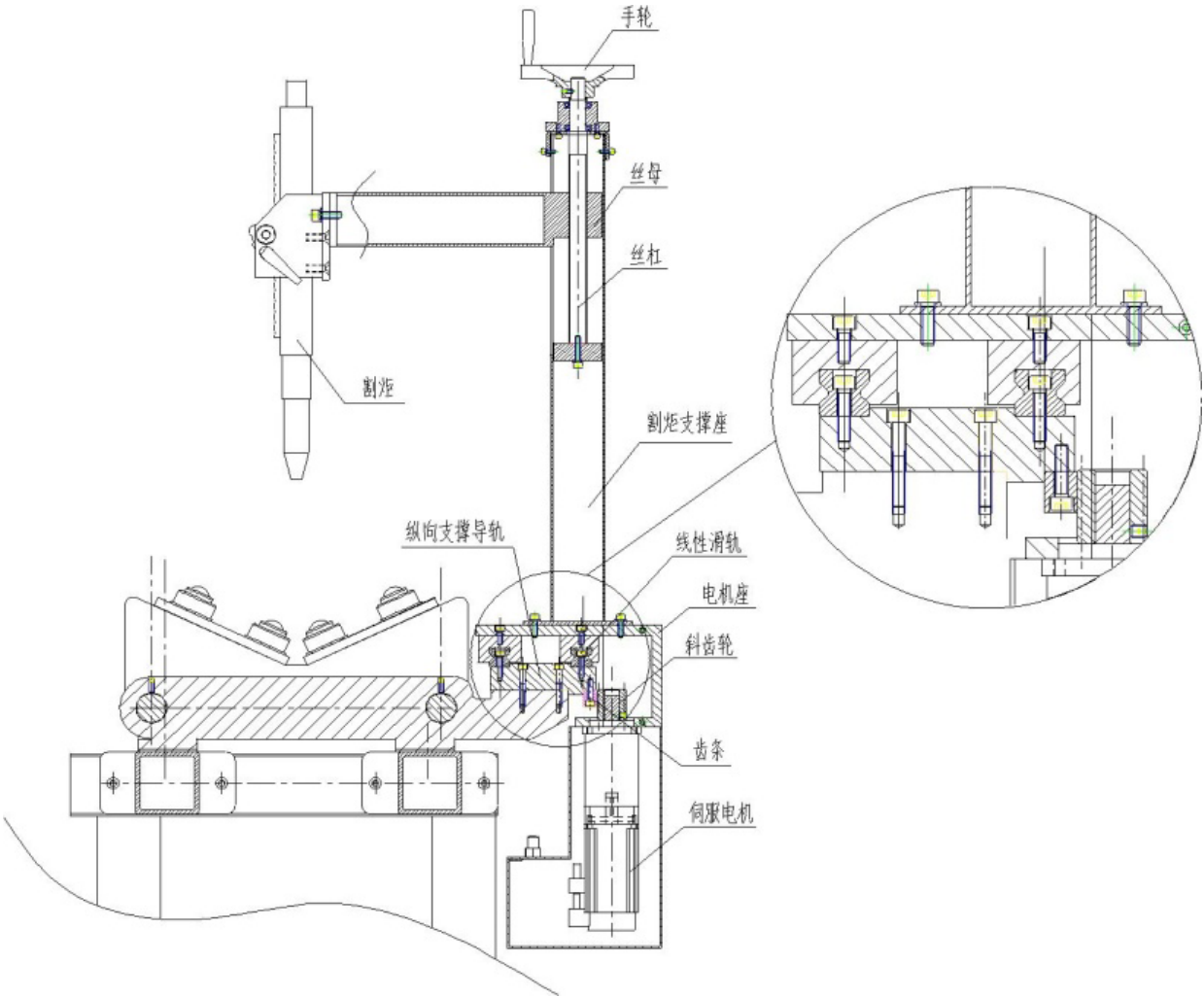


图4

3. 支撑部分结构

如图5所示，支撑结构主要由支撑底座、连接杆、圆管支架、万向球支撑座等组成。支撑底座是切割机的关键部件，它的作用是支撑工件实现旋转运动，并安装纵向导轨实现割炬横向运动。设计中要充分考虑支撑底座强度、刚度和工艺性，要对其强度及刚度进行校核。支撑底座采用矩管焊接，焊接牢固、稳定，支撑强度大，不易

变形。连接杆与圆管支架固定在支撑底座上端，万向球支撑座放在连接杆上，且在连接杆可轴向滑动。每个万向球支撑座上，固定8个万向球，左右对称排布，用于支撑管件，此结构能使在其上运行的工作板、物料箱等物体能非常灵活的滑移，从而大大减小工人的劳动强度，且安装方便（只需将万向球固定在平台上即可），传动灵活，性能可靠，维护简单。

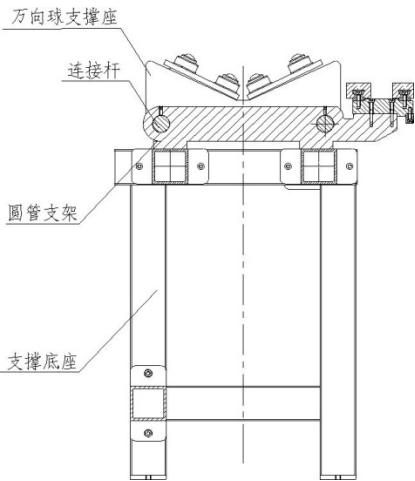
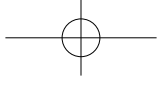


图5



4.控制系统的可靠准确性

机床控制元件均选用世界知名品牌 LG 的 PLC 控制,其他控制元件选用高品牌具有CE、UL 或 CSA 认证的产品,其高质量和高稳定性保证了机器运转的稳定性和可靠性。

5.技术参数性能指标

根据市场调研,结合用户参考建议,研发的新型等离子切管机技术参数和性能指标为:最大的有效切割直径 300mm;最小的有效切割直径 50 mm;主机导轨 6m,相贯线导轨 6m;数控等离子切割壁厚1~12mm;整机运行速度 5.08m/min;机器承重 150kg/m;机床体积(长×宽×高) 7000mm×930mm×1630mm。

6.主要创新点

(1) Y轴:斜齿轮与齿条相啮

合,线性滑轨,带动机头沿着钢管轴向移动。此结构,运动平稳,运行精度高。

(2) 采用两个锥齿轮相啮合,带动丝杠与丝母相配合,手动调整主轴箱的高度,来确定管件切割位置。这种结构不同于以往的相贯线切割机,以往的相贯线切割机大部分是通过调整支撑结构来调整管件的切割位置。这种调节方式,设置简单、易于操作,调节精度较高。

(3) 支撑结构。支撑结构主要包括支撑底座、连接杆、圆管支架、万向球支撑座等组成。支撑底座采用矩管焊接,焊接牢固、稳定,支撑强度大,不易变形。连接杆与圆管支架固定在支撑底座上端,万向球支撑座放在连接杆上,且在连接杆可轴向滑动。每个万向球支撑座上,固定 8

个万向球,左右对称排布,用于支撑管件,此结构能使在其上运行的工作板、物料箱等物体能非常灵活的滑移,从而大大减小工人的劳动强度,安装方便(只需将万向球固定在平台上即可),传动灵活,性能可靠,维护简单。

四、市场前景

新型等离子切管机功能可靠、软件易学易懂,机器操作方便,装卸管材比较简单,切口下料效率较高,管件相连接的切割面的质量以及弧线能较好的吻合,是管类焊接打破口的高效生产设备。

产品经用户使用,效果良好,满足了客户的使用要求,特别是简单易用的编程操作系统更是得到用户的青睐,具有较大的推广价值。□

资讯

海天精工举办工厂开放日活动

8月10-12日,宁波海天精工股份有限公司宁波工厂举办了全球工厂开放日活动,来自墨西哥、巴西、印度、印尼、美国、沙特、巴基斯坦等地的众多客户代表参与了活动,零距离感受海天的制造实力及产品。

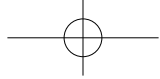
活动现场,海天精工精心筹备的多款新品集体亮相,这些产品以高稳定性、高刚性、高效率、高精度等特点,覆盖了从航空及轨道交通、汽车零部件、模具到精密加工、结构件加工等广泛的制造领域,为不同行业类型的转型升级提供了强有力支撑。

现场全新推出的HBM110数控卧式镗床、MOV850立式加工中心、



HF18卧式加工中心等产品吸引来宾们纷纷驻足观看。海天精工还结合市场终端需求,对VMC850HS-Plus高

速立式加工中心、H80II卧式加工中心、GRU32IIx40龙门加工中心等多款产品进行了性能升级。



一种薄片式刹车结构

宁波海天精工股份有限公司 陈小光
中航工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心 李文博

【摘要】针对卧式加工中心回转工作台高度空间有限，设计一种薄片式刹车结构，满足刹车功能，又有利于机床部件向小型化发展。

数控回转工作台主要用于卧式加工中心，数控镗铣床，一般侧下方是驱动系统，中间是转台轴承，上方是刹车系统，刹车部件中心是检测系统。因机床不同，可能以上系统的位置不尽相同，但由于这些系统的零部件繁多，导致回转工作台高度尺寸较大。对于整机的设计，各部件的布局产生较大影响。

为此，设计一种薄片式刹车结构可极大地缓解这方面的矛盾。本文以我厂500型卧加回转工作台为例，阐述该设计的具体结构。

1. 刹车结构

(1) 夹紧油缸

本设计施力机构为油缸。油缸截面为倒置L型（见图1），内径A为活塞运动提供导向，并且用密封圈密封住缸内的液压油。大内径B为油压区，液压油进入该区后，活塞向下移，向摩擦片施加压力。

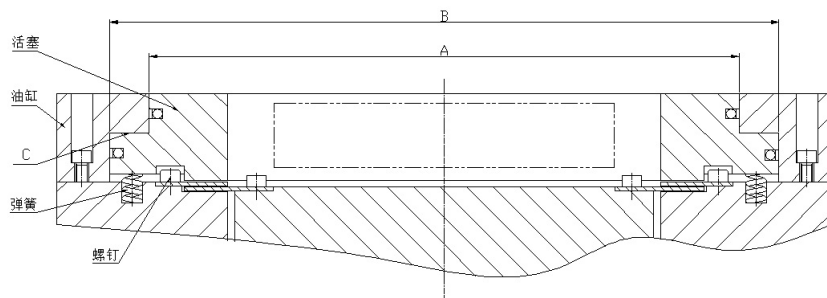


图1

(2) 夹紧活塞

活塞截面为L型，装在油缸内，活塞小径正好与油缸内径A相配合，保证活

塞在油缸内上下运动。C面为活塞上移极限位置，活塞下移夹紧摩擦片后，活塞到达下极限位置。

(3) 复位弹簧

活塞下，有若干弹簧，保证刹车松开功能时，活塞的复位，使摩擦片处于自由状态。

(4) 摩擦片

摩擦片分外摩擦片1（见图2）、内摩擦片2。摩擦片由厚度为2mm的、韧性好的碳钢制成，表面经热处理，增加其耐磨性。

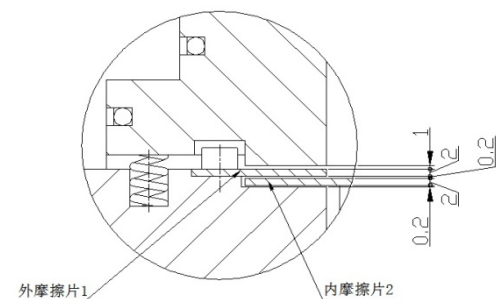
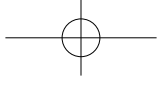


图2

2. 刹车系统的装配

(1) 摩擦片的安装



将内摩擦片装于旋转部件上，用螺钉拧紧安装。由于螺钉安装后，靠摩擦力保证摩擦片与旋件部件保持相对静止，因而螺钉的数量要足够，避免工作时摩擦片与旋转部件间产生位移。

将外摩擦片装于工作台固定部件上，用螺钉拧紧安装。

安装时，保证内、外摩擦片间的间隙在0.1–0.2mm间，即能保证刹车效果，又不影响回转体的回转精度。

(2) 复位弹簧的安装

外摩擦片安装完毕后，在其外侧孔位内装好若干数量的复位弹簧。

(3) 夹紧油缸和活塞的安装。

活塞与油缸可以预装，活塞在缸内活动自如，便可以将预装好的活塞油缸同时安装到摩擦片上方。

装好后，可以手动按压活塞，看活塞的运动是否顺畅，活塞下移时是否能将外摩擦片压在内摩擦片上。

3. 计算过程

刹车系统是靠摩擦力大于驱动力，保证刹车功能的。最大静摩擦力大于滑动摩擦力，我们计算出内摩擦片与外摩擦片发生滑动时的摩擦力矩(摩擦力×作用距离)，再除以安全系数，大于切削力矩即可。

本设计内、外摩擦片的工作时的外圈半径是 $R=220\text{mm}$ ，内圈半径是 $r=210\text{mm}$ ，活塞小径 $A=480\text{mm}$ ，油缸内径 $B=520\text{mm}$ ，液压系统压强 $P=6\text{MPa}$ 。

$$S=\pi R_1^2 - \pi R_2^2 = \pi \left(\left(\frac{520}{2} \right)^2 - \left(\frac{480}{2} \right)^2 \right) = 31416 \text{mm}^2 = 0.031416 \text{m}^2$$

活塞正压力 $F_1 = PS = 6000000 \times 0.031416 = 188496 \text{N}$

复位弹簧的推力 $F_2 = 1000 \text{N}$

活塞总推力 $F = F_1 - F_2 = 188496 - 1000 = 187496 \text{N}$

$$\text{摩擦力矩 } M_f = \frac{2}{3} f N \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right)$$

f 摩擦因数=0.1

N 压力= $F=187496 \text{N}$

R 摩擦副外径=220mm

r 摩擦副内径=210mm

$$M_f = \frac{2}{3} f N \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) = \frac{2}{3} \times 0.1 \times 187496 \times \left(\frac{0.22^3 - 0.21^3}{0.22^2 - 0.21^2} \right) = 4031.89 \text{N}\cdot\text{m}$$

本设计有2个摩擦面工作，因而摩擦力矩 $M=2M_f$ ，安全系数1.5， $M=2M_f \div 1.5=5375.85 \text{N}\cdot\text{m}$

4. 结语

摩擦片可以用碳钢、轴承钢等韧性好的钢材，热处理也是常见处理方法，成本不高，易于加工制造。

本设计总体高度尺寸小，适用于空间紧凑的回转机械结构中。也可以增加摩擦片数量，提高摩擦力矩，更增加了本设计的应用领域。□

参考文献

[1]王先逵.机械制造工艺学[M].北京:机械工业出版社,2006

[2]闻邦椿.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2006