

# 人形机器人催生丝杠需求，“卖铲人”有望优先受益

## ——2024年人形机器人专题策略（二）

国投证券研究机械团队

分析师 郭倩倩 S1450521120004  
联系人 陈之馨 S1450122060030

2024年1月24日



# 核心观点

**研究背景：**随着人形机器人底层技术成熟度不断进化，应用场景和商业模式日渐清晰，叠加国家政策催化，人形机器人量产渐行渐近。我们在《2024年人形机器人专题策略（一）：量产渐行渐近，未来不远》中提出，展望2024年，从投资机会来看，核心关注的方向之一是机器人上游机加工设备（卖铲人）。本篇报告围绕核心零部件上游机加工设备相关的磨床、车床、刀具、绕线机等，通过对加工原理、工艺、设备、市场规模、格局等做详实介绍和分析，同时对国内主要加工设备厂商进行梳理，希望挖掘出具备投资价值的优质国内制造企业。

**行星滚柱丝杠价值量占比高、技术壁垒高，是人形机器人核心零部件。**行星滚柱丝杠将电机的旋转运动转化为关节的直线运动，具备高承载、高刚度、高精度、长寿命等优势，主要应用于人形机器人线性关节和灵巧手部位。根据我们对特斯拉Optimus的成本拆分，丝杠总成本占比11.6%，其中行星滚柱丝杠占比9.47%，仅次于电机的成本占比，是目前人形机器人关键的降本环节。滚柱丝杠的技术壁垒主要体现在：①材料端：行星滚柱丝杠采用的钢材特性差异大，特种合金调质钢成为高端市场材料端的技术壁垒；②加工端：行星滚柱丝杠体积小、制造精密程度高，其中螺母的内螺纹加工为主要加工难点；③服务端：行星滚柱丝杠故障类型复杂，对供应商配套的装配、检修服务要求较高。

**高精度丝杠加工核心在于磨床，国产替代势在必行。**丝杠加工主要流程为前处理→粗加工→精加工→热处理→组装，粗加工环节存在磨削/铣削/滚轧等技术路线分歧，加工精度来看，磨削>铣削>滚轧，加工效率来看，滚轧>铣削>磨削；而精加工环节中磨床为必备设备。

- **市场空间：**人形机器人催生丝杠需求，磨床市场空间广阔。根据我们测算，假设到2030年人形机器人年产量100万台，单台人形机器人所需滚柱丝杠、行星小丝杠、螺母数量分别为14/112/14个，单台磨床加工上述零部件产量分别为8/2/10个/分钟，按单台磨床价值量100万计算，到2030年人形机器人滚柱丝杠用磨床的市场空间有望达到33亿元。
- **竞争格局：**进口磨床企业发展早、精度高、稳定性强，国内企业起步晚，在工艺流程和设备制作环节缺乏经验积淀，目前头部丝杠企业主要采用日本、欧洲的磨床设备。从需求端看，人形机器人降本诉求较强，对定制化程度、加工效率以及交付周期等要求较高；从供给端看，进口设备价格高、交付周期长，而国产企业具备一定磨床工艺技术积累，同时在性价比以及售后服务等方面更具优势，随着国产机床企业加工工艺、规模化生产能力持续迭代精进，人形机器人降本诉求驱动的背景下，磨床设备国产替代势在必行。

**投资建议：**人形机器人量产渐行渐近，卖铲人（核心零部件上游生产设备）有望优先受益。从价值量排序来看，机床>刀具>绕线设备；从国产替代进度来看，绕线设备>刀具>机床。复盘2023年机器人板块股价涨跌，主要呈现出业绩期回调，非业绩期催化的趋势，因此，我们建议重视行业因需求未恢复带来的业绩期股价回调时的低位布局投资机会。建议关注：①磨床：【日发精机】、【华辰装备】、【秦川机床】；②车床：【浙海德曼】；③刀具：【沃尔德】；④绕线设备：【田中精机】等。

**风险提示：**人形机器人产业进度不及预期、行业竞争加剧、政策风险、宏观经济复苏不及预期，市场空间测算误差风险。

1、行星滚柱丝杠价值量占比大、技术壁垒高，是人形机器人核心零部件

2、加工设备：研磨/切削/滚轧工艺各有优势，磨制精度最高，滚轧效率最高

3、丝杠制造主要瓶颈在于高精度磨床设备，进口替代空间广阔

- 3.1 市场规模：预计到2030年，人形机器人有望带来33亿磨床需求
- 3.2 竞争格局：磨床进口依赖度高，机床设备国产替代势在必行

4、国内相关机床/刀具厂商梳理

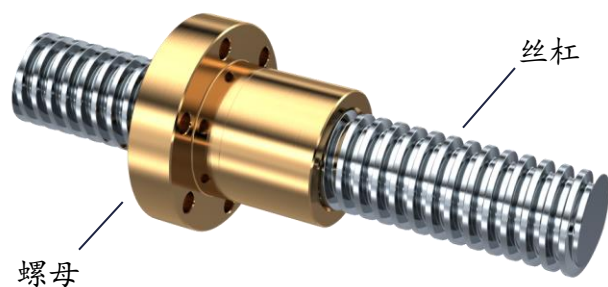
5、投资建议和风险提示

## 1.1 丝杠是将旋转与直线运动相互转化的机械传动装置

- **丝杠的定义：**能够将旋转与直线运动相互转化的高精密机械传动零部件，机械原理与生活中的螺丝与螺母通过旋转（“拧螺丝”）发生轴向位移类似；通过搭配电机（旋转丝杠）与导轨（固定螺母）即可实现传动功能。
- **常见的丝杠类型：**包括梯形丝杠（滑动丝杠）、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。梯形丝杠结构简单，但精度差；滚珠丝杠精度高、效率高、价格高；行星滚柱丝杠承载力强、耐冲击、体积小，但结构复杂、加工难度高、成本昂贵。

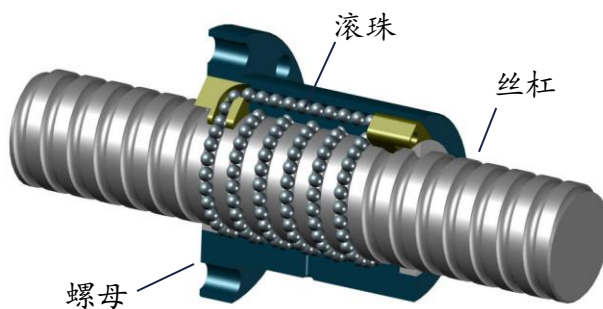
图：常见三类丝杠简要介绍

梯形丝杠



- **丝杠结构：**由丝杠、螺母组成，通过滑动摩擦实现旋转直线传动
- **应用场景：**大负载但工作转度和工作制要求很低的应用场景

滚珠丝杠



- **丝杠结构：**由丝杠、螺母、滚珠组成，还包括油孔与防尘片，通过滚珠链的滚动摩擦实现旋转直线传动
- **应用场景：**中等性能要求的应用场景

行星滚柱丝杠



- **丝杠结构：**由丝杠、螺母、滚柱组成，还包括行星架、挡圈、内齿圈等，通过滚柱的滚动摩擦实现旋转直线传动
- **应用场景：**高速重载工作的应用场景

## 1.1 丝杠精度等级可分为C0、C1、C2、C3、C5、C7、C10级

- 滚珠丝杠的JIS等级可分为C0、C1、C2、C3、C5、C7、C10级，精度表示方法为无论滚珠丝杠的长度为多长，任取300mm的误差都在等级代表的精度之内，如精度等级为7级时，任意300mm行程内行程变动量为0.050mm，即C7=0.05。

表：滚珠丝杠国际标准精度等级

等级		研磨级									
		任意300mm行程内误差					轧制级				
		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10
$\sigma_{300}$	ISO, DIN		6		12		23		52		210
	JIS	3.5	5		8		18		50		210
	HIWIN	3.5	5	6	8	12	18	23	50	100	210

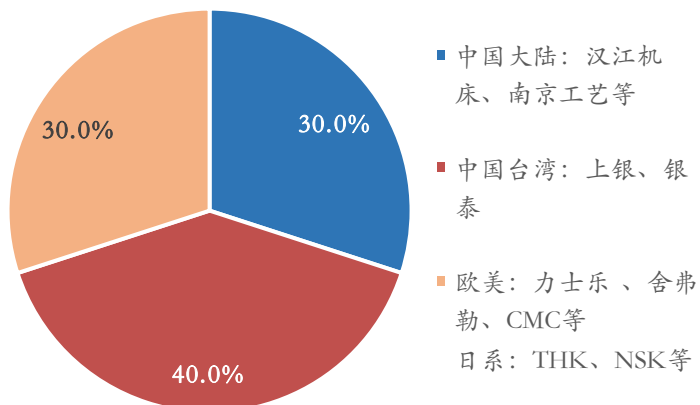
表：滚珠丝杠评价指标

指标	表征	影响因素
精度	导程精度	加工精度
寿命	耐久性	材料、热处理、加工精度
许容速度Dn值	运转速度	轴径、循环方式
摩擦波动	运转稳定性	加工精度 Ra
音响震动	低振动	加工精度
价格	-	精度、轴径、长度、特殊要求

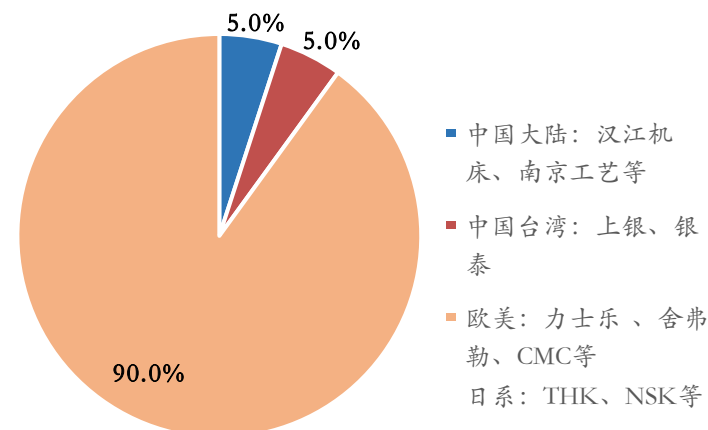
## 1.1 高端市场被外资占据，国产制造商加速布局

- 从市场格局来看，欧美系、日系、台系占据我国滚动功能部件（丝杠&导轨）中高端市场主导，大陆制造商产品竞争力不足。根据金属加工杂志社数据，在国内高端市场，欧美日企业市场占有率高达90%，中国大陆、中国台湾制造商市场份额各约5%，高端市场格局相对集中；在国内中低端市场，大陆制造商拥有过约30%，中低端市场格局相对分散。
  - 高端市场：对应下游市场主要为高精度切割、高速加工和高速定位的CNC机床、印刷机、精密机器人、航空航天、电动汽车、3C装备等重点领域。
  - 中低端市场：主要以生产率高、价格低廉，并能保持机械效率高、耐磨性好的产品为主，下游应用精度要求不高，下游主要为工程机械、普通机床、打包机、注塑机等领域，也包括医院病床、手术台、千斤顶、小型起重机、阀门开关等应用场景。

图：中国品牌在国内中低端市场占据一席之地



图：国内高端应用市场基本被欧美日系产品垄断



## 1.2 行星滚柱丝杠具备高承载、高刚度、高精度、长寿命等优势



□ 滚柱丝杠与滚珠丝杠的最大区别在于前者滚动体为“滚柱”而非“滚珠”，滚动体与丝杠与螺母的接触形式为“线接触”而非“点接触”，相比滚珠丝杠接触面积更大，能承受更大负荷和冲击。因此，相较梯形丝杠与滚珠丝杠，行星滚柱丝杠具备大承载、高刚度、高转速、长寿命等优势，更适用于高速重载的应用场景。

表：行星滚柱丝杠拥有更优综合性能

指标	梯形丝杠	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
传动效率	低，仅24%-26%	高，可达92%-98%，节能显著	较高，摩擦力较小时可达 <b>90%</b>
转速	慢，滑动摩擦发热验证，转速不超过3000RPS	较快，点接触滚动摩擦热效应小，转速为3000-5000RPS	快，线接触滚动摩擦热效应小且承载力强，转速可达 <b>6000RPS</b>
导程精度	低，品质参差不齐	较高，受滚珠直径限制，常为毫米级	高，可通过调整螺纹头数等因素使导程达到更小的微米级
使用寿命	短，滑动摩擦对元器件损伤较大	较长，滚动摩擦损伤小，但滚珠碰撞易缩短寿命	长，滚柱丝杠10倍以上，荷载运动可达1000万次以上， <b>5-10倍</b> 滚珠丝杠寿命
微进给	难以实现，滑动运动存在爬行现象	可实现，滚珠运动的启动力矩小	可实现，滚柱运动的启动力矩小
自锁性	有，与导程角大小和工作面粗糙度有关	无，需加装制动装置	无，需加装制动装置
国产化率	充分	60%以上	起步阶段

资料来源：《航天精密传动机构行星滚柱丝杠的设计与研究》，《行星滚柱丝杠承载与摩擦特性研究》，《循环式行星滚柱丝杠副的设计及运动连续性研究》，观研天下，国投证券研究中心

# 1.3 行星滚柱丝杠主要分为五类，其中反向式应用于Optimus

根据结构不同，滚柱丝杠分为标准式、反向式、循环式、差动式与轴承环式，反向式结构（螺母旋转，丝杠传动，与标准式相反）长度较大、结构更为紧凑，成为特斯拉Optimus人形机器人直线关节传动装置的解决方案。

表：行星滚柱丝杠主要分为五类

类别	特点	应用	图示
标准式行星滚柱丝杠	丝杠、螺母为三角形多头螺纹，滚柱为具有一定螺旋升角的球形单头螺纹，并在其两端加工有直齿，内齿圈固定在螺母两端并与滚柱两端的直齿齿轮啮合。丝杠为主动件，螺母为输出构件，行程较大	应用于环境恶劣、高负载、高速等场景，主要应用于精密机床、机器人、军工装备等领域，是目前应用最广泛的类型	
反向式行星滚柱丝杠	螺母无内齿圈，丝杠两端加工有直齿与滚柱两端的齿轮啮合，长度比标准式更大。螺母为主动件，丝杠为输出构件，优势为螺母作为电机转子实现电机和丝杠一体化设计，结构更为紧凑，劣势为行程受到螺母螺纹长度限制	应用于中小负载、小行程和高速的场景，可替代传统液压、气压伺服作动系统应用于航空、航天、船舶、电力等领域	
循环式行星滚柱丝杠	螺母无内齿圈，增加凸轮环结构，功能类似滚珠丝杠的返回器，使得滚柱在螺母内旋转一周后回到初始位置，滚柱上无螺纹、齿轮结构，为环槽状，环槽间距与丝杠、螺母的螺纹匹配，安装在具有凹槽结构的保持架上。该结构增加了参与啮合的螺纹数量，优势为较高的刚度和较大的承载能力，劣势为其凸轮环结构会产生振动冲击，存在噪音	应用于要求高刚度、高承载、高精度的场景，如医疗器械、光学精密仪器等领域	
差动式行星滚柱丝杠	螺母无内齿圈，滚柱无齿轮段。滚柱、螺母均为环槽结构，且滚柱环槽分为多段，小中径段与螺母啮合，大中径段与丝杠啮合，优势为导程较小，劣势为螺纹滑动，重载下易磨损，导致精度丧失，可靠性降低	应用于传动比较大，承载能力较高的场景	
轴承环式行星滚柱丝杠	滚柱与循环式相同，为环槽结构，螺母无内齿圈，增加壳体、端盖及推力圆柱滚子轴承等部件，较大提升承载能力，减小构件间的磨损，提升传动效率。但存在结构复杂，径向尺寸大，制造成本高等缺点	应用于高承载、高效率等场景，如石油化工、重型机械等领域	

图：特斯拉Optimus直线关节应用反向式行星滚柱丝杠



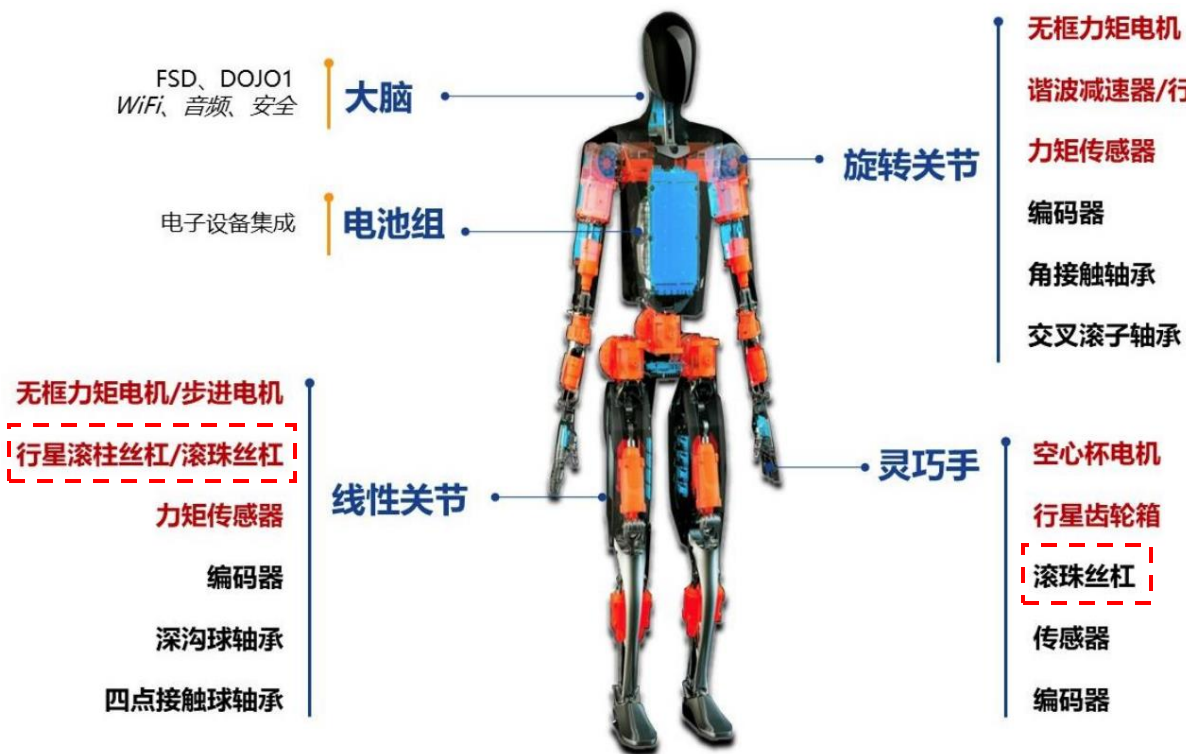
# 1.4 行星滚柱丝杠价值量占比大，技术壁垒高，是人形机器人核心零部件

□ 行星滚柱丝杠是直线执行器中的核心零部件。

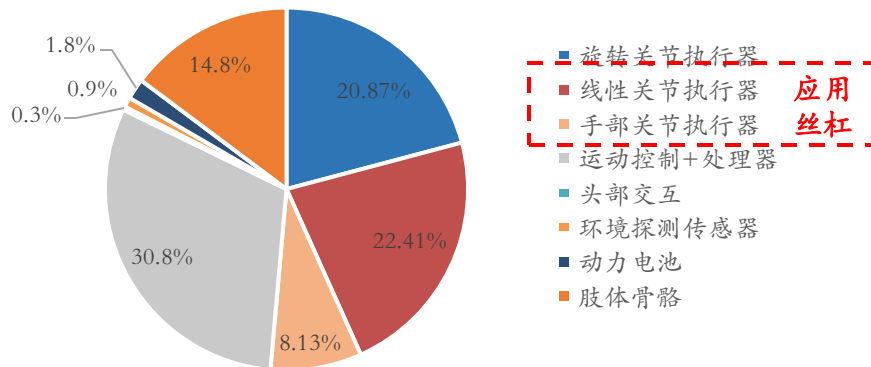
□ 从价值量占比来看：根据我们对特斯拉Optimus的成本拆分，可以得到旋转、线性、手部关节执行器的价值量占比之和达51.41%，其中占机器人总制造成本的12.07%；核心零部件方面，丝杠总成本占比11.6%，其中行星滚柱丝杠占比9.47%，滚珠丝杠占比2.13%，仅次于电机的成本占比，价值量较高。

□ 核心零部件壁垒排序：行星滚柱丝杠 > 六维力矩传感器 > 谐波减速器 > 空心杯电机 > 无框力矩电机 > 行星减速器 > 轴承

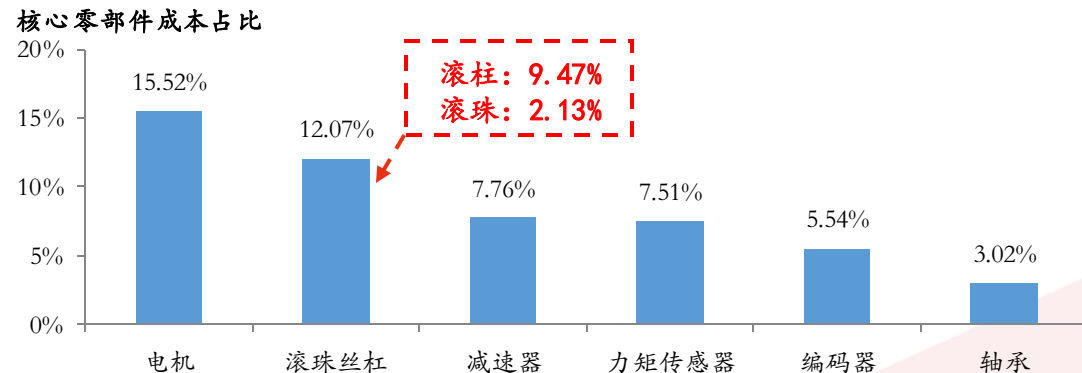
图：特斯拉Optimus中，丝杠主要应用于线性关节与灵巧手



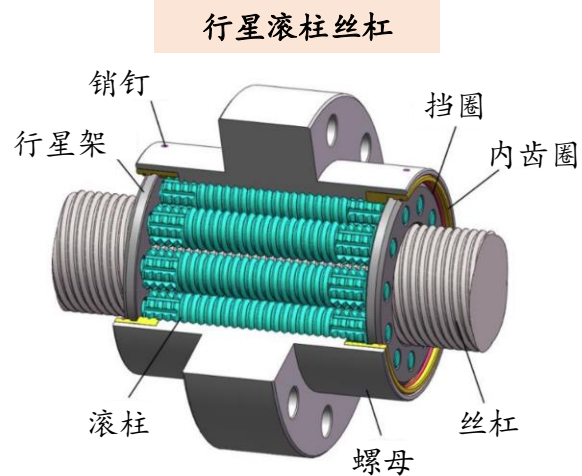
图：特斯拉Optimus中，关节成本占比过半



图：特斯拉Optimus中，丝杠在核心零部件成本占比第二，达12.07%



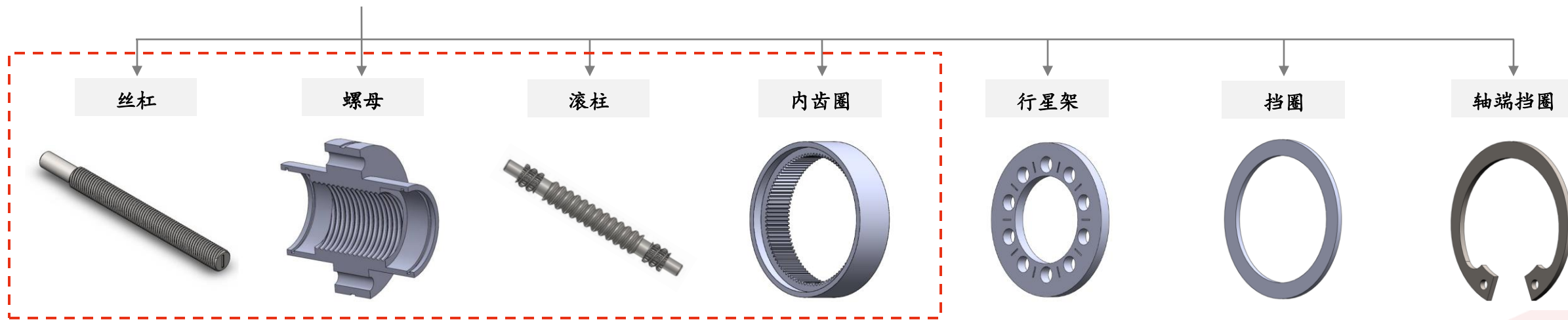
## 2.1 丝杠、螺母、滚柱、内齿圈为行星滚柱丝杠核心零部件



➤ 行星滚柱丝杠是通过螺纹牙之间的啮合来实现运动和载荷的传递的，因此螺纹和齿轮的加工精度会对其装配、传动及承载特性产生直接影响，进而影响到丝杠副的使用效果与寿命。

➤ 行星滚柱丝杠中加工难度较大的零部件为丝杠、滚柱、螺母及内齿圈：

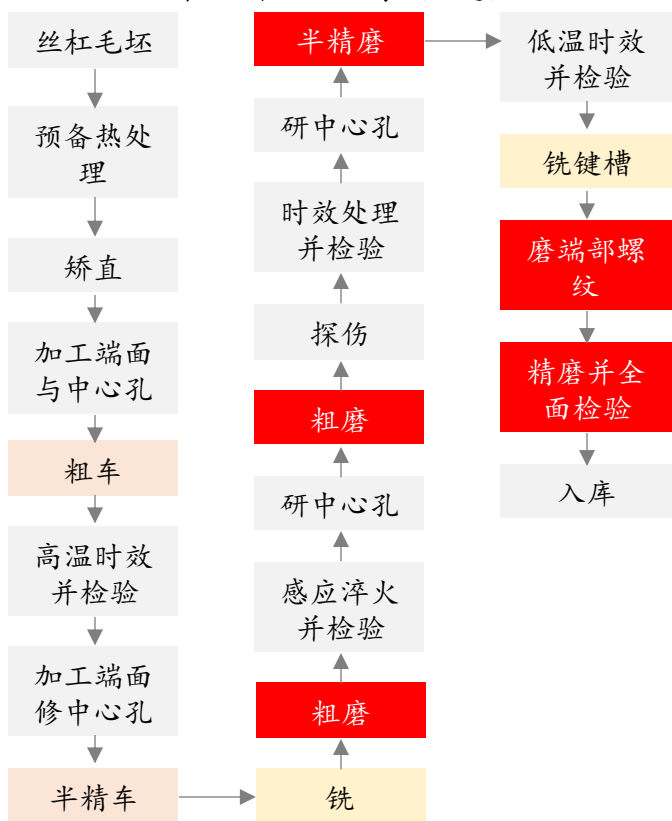
1. 丝杠：带有三角形螺纹牙的细长杆件（外螺纹）；
2. 滚柱：带有齿轮和圆弧形螺纹牙细小杆件（外螺纹）；
3. 螺母：带有三角形螺纹牙的内螺纹零件（内螺纹）；
4. 内齿圈：壁厚较薄、齿数较多的内啮合齿轮。



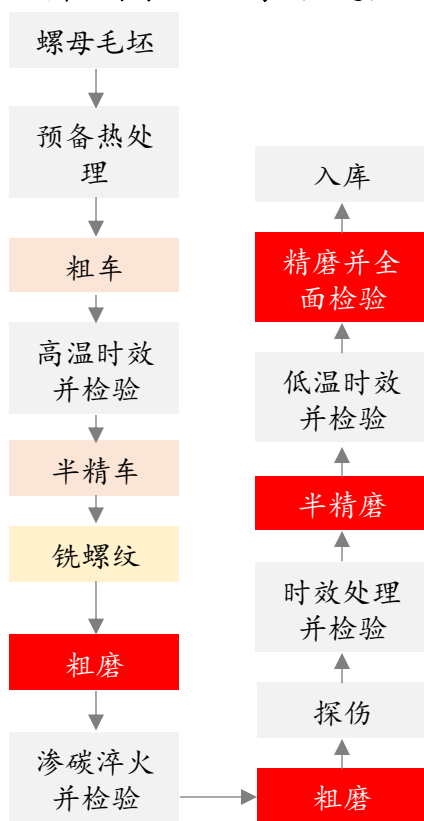
## 2.2 丝杠核心加工流程：前处理→粗加工→精加工→热处理→组装

□ 行星滚柱丝杠加工难度较大的零部件为丝杆、螺母、滚柱、内齿圈，加工流程基本一致，可大致分为前道的粗加工（车削和铣削）以及后道的精加工（磨削），以螺纹加工为例，先通过车削制出初步的螺纹滚道，再采取粗磨、半精磨、精磨的方法制成成品丝杠，根据《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，加工工艺周期约为30-45天。

图：丝杠加工工序（22道）



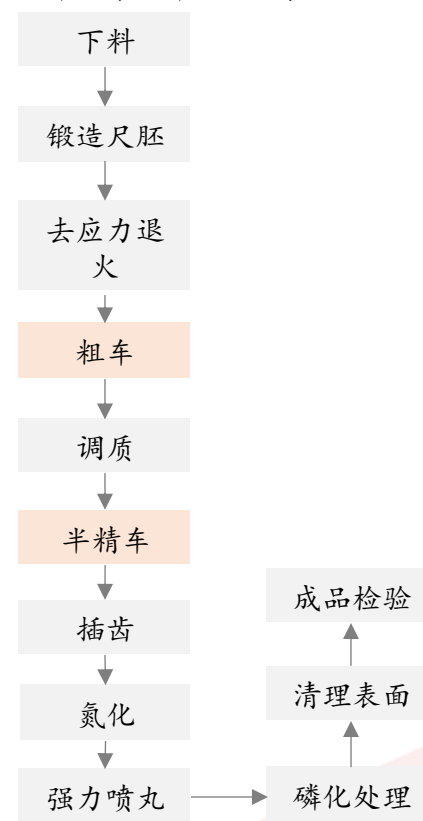
图：螺母加工工序（15道）



图：滚柱加工工序（24道）



图：内齿圈加工工序（12道）



资料来源：《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，国投证券研究中心

注释：上图工序均为磨制行星滚柱丝杠加工工序

## 2.2 粗加工环节技术路线存在分歧，精加工环节磨床为必须设备

- ❑ 粗加工环节，技术路线可分为磨削/铣削/滚轧三种路线，根据不同精度/加工效率/成本/应用选择路线。
- ❑ 精加工环节，针对高精度丝杠加工，目前磨床为关键必备设备。



## 2.3 工艺对比：磨削/铣削/滚轧工艺各有优势，磨削精度最高，滚轧效率最高

加工效率：滚轧>铣削>研磨

加工精度：研磨>铣削>滚轧

- 磨削工艺采用螺纹磨床，适用于C0-C2精度偏上的丝杠加工，需要粗磨和精磨多轮加工，加工效率较低；
- 铣削工艺采用旋风铣床，加工效率比磨床更快，适用于C5级别精度的丝杠加工；
- 滚轧工艺采用螺纹滚轧机，适用于C7-C10精度较低的应用场景，一般加工工艺周期约为1-3天，耗时与成本更低。

表：丝杠加工方案对比

工艺	对应设备	成本	精度	轴径	交期	生产效率	应用
磨削	螺纹磨床	A	C0-C2 (高精度)	200	30-45天	低	高端机床、 半导体
铣削	旋风铣床	0.5-0.7A	C3-C5 (中精度)	40	20天	中	中低机床
滚轧	螺纹滚轧机	0.3-0.5A	C7-C10 (低精度)	200	5天	高	汽车自动 化

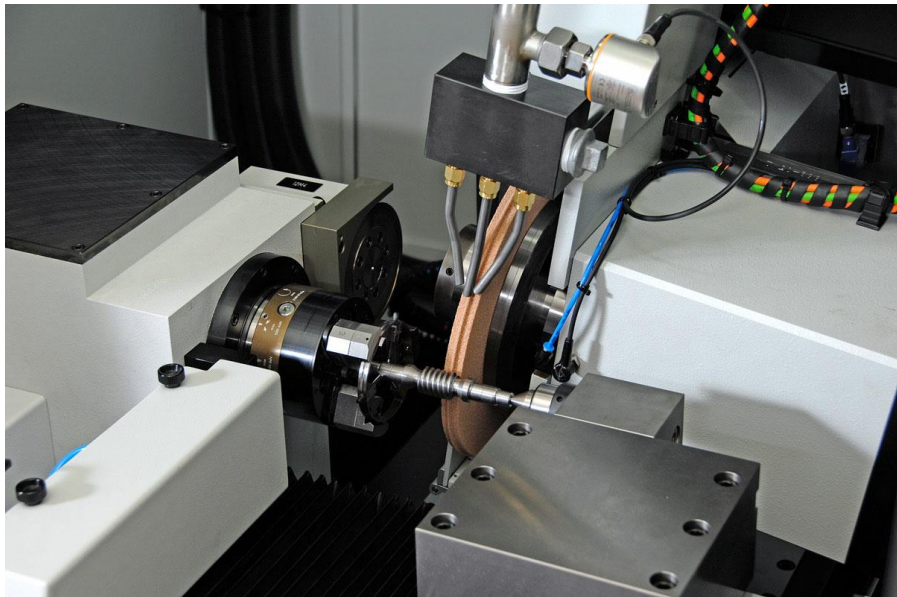
表：主流丝杠企业采用方案

地区	主流品牌	主流工艺
日本	THK、NSK、IKO	研磨为主，也有切削，但主要是为了提高加工效率
欧洲	Schaeffler, Rexroth	研磨为主，切削较少，滚轧用在汽车和自动化产品上
台湾	HIWIN、PMI、TBI	滚轧为主
国产	南京工艺、汉江、凯特	生产工艺路线较齐全

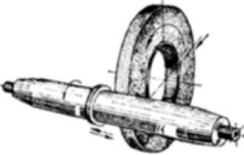

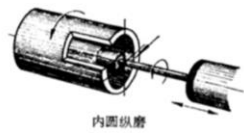
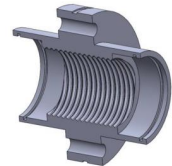
## 2.3 螺纹磨床：实现丝杠螺纹精密磨削工艺的唯一手段

磨削工艺对应的核心设备为**螺纹磨床**，根据加工类别主要分为外螺纹与内螺纹两类，使用螺纹磨床磨削得到的丝杠拥有最高的精密等级，也是行星滚柱丝杠生产工艺的关键必备设备。

图：磨削工艺对应设备为螺纹磨床



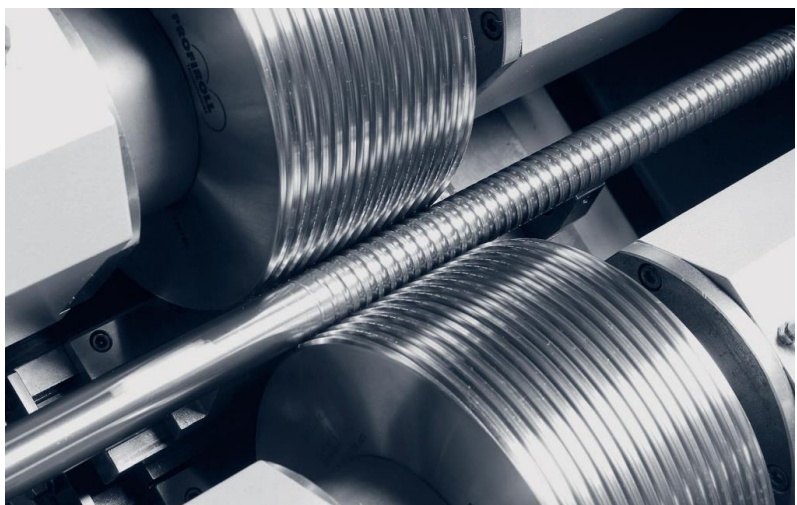
表：丝杠主要应用外螺纹与内螺纹螺纹磨床

类别	用途	加工原理	工艺图示	工件图示
外螺纹磨床	磨削加工工件外表面	利用工件两端的顶尖孔，把工件支承在磨床的头架及尾座之间，磨削时工件在主轴带动下作旋转运动，砂轮作横向进给。		
内螺纹磨床	磨削加工工件的内表面或内孔，准确去除工件内表面上的材料。	工作时工件固定不动，砂轮除绕本身轴线高速旋转外，还绕被加工孔的轴线回转，以实现圆周进给。		



- 滚轧工艺（**对应设备为滚压机**）主要加工步骤如下：滚压机将未经过热处理的金属棒轧制出螺纹滚道，后续进行热处理硬化。
  - 滚轧工艺一般针对低精度等级丝杠：一般而言，C5级别以上的丝杠都需进行磨削工艺，轧制丝杠的精度通常为C7/C10，但滚轧在生产效率上具有优势，一般加工工艺周期约为1-3天，耗时与成本低。
- 铣削工艺（**对应设备为旋风铣床**）主要加工步骤如下：对金属圆棒进行淬火和简单的外圆磨削，来保证丝杠表面的硬度、尺寸和公差；使用旋风铣将螺纹滚道直接铣削出来（精度为C5左右），最后需要用磨床对滚道进行最后精磨（精度能够达到C0）。
  - 旋风铣工艺兼顾效率和精度，但在行星滚柱丝杠加工存在局限性：旋风铣能够加工得到精度中等的螺纹滚道，配合磨削工艺能够得到高精度的丝杠成品，整体上兼顾效率与精度。但由于行星滚柱丝杠为多头螺纹，旋风铣工艺需要采取锯齿形铣刀才能够同时加工两条滚道，并且由于多头螺纹的螺距更短、铣刀刀头较为尖锐，易发生零件的磨损与崩坏。

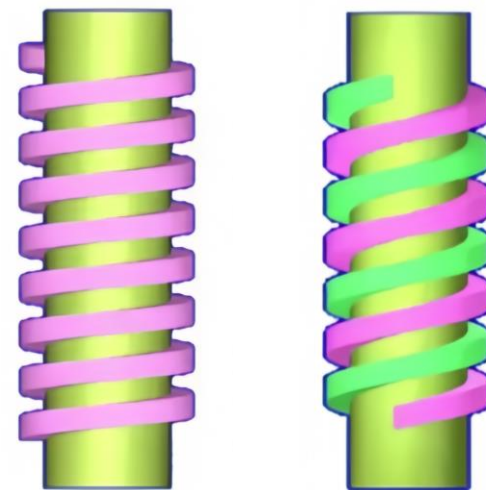
图：丝杠的滚轧制作工艺



图：丝杠的旋风铣制作工艺



图：单头螺纹（左）多头螺纹（右）



- 人形机器人催生大量丝杠需求，高精度磨床市场空间广阔。我们预计远期看人形机器人用螺纹磨床市场空间有望达到33亿元。
- 核心假设如下：
  - 远期看，假设人形机器人年产量100万台；
  - 根据我们此前报告《紧扣产业链安全，滚动功能部件国产化势在必行》中测算，单台人形机器人中滚柱主轴丝杠和螺母用量分别约14个，单个主螺纹丝杠的周围布置安装了约8个螺纹滚柱小丝杠，因此，单台人形机器人所需滚柱丝杠、行星小丝杠、螺母数量分别为12/96/12个；
  - 假设单台螺纹磨床制作核心零部件产量分别为8/2/10个/分钟；
  - 量产情况下，假设单台磨床价值量100万元。

表：远期看，人形机器人用螺纹磨床市场空间有望达到33亿元

远期人形机器人用磨床空间测算			
人形机器人年产量（万台）	100	100	100
零部件品类	滚柱主轴丝杠	行星小丝杠	螺母
零部件用量（个/台）	14	112	14
零部件需求量（万个）	1400	11200	1400
磨床每年工作时间（分钟）	144000	144000	144000
注：假设每年工作300天，每天工作8h			
单台磨床产量（个/分钟）	8	2	10
单台磨床年产量（个/台产量）	18000	72000	14400
磨床需求量（台）	778	1556	972
磨床价值量（万元/台）	100	100	100
人形机器人用磨床市场空间（亿元/年）	7.78	15.56	9.72
		合计	33.06亿元
		包含装配线	38.22亿元

我们预计人型机器人的发展，或将催化出数亿元的旋风铣刀具市场。

核心假设如下：

- 1、单体人型机器人加工长度：机器人滚珠丝杆滚珠丝杠为机器人重要传动装置，从类人体四肢的排布结构出发，我们预计在单台人型机器人中可能将有12个滚珠及滚柱丝杠，其中四肢（双大小臂、双大小腿）预计有8个，四肢和躯体连接处预计有4个。根据Tesla AI Day 2022所展示的数据，其人形机器人约高170厘米，据此为测算依据，我们假设平均单个丝杠长度约为15厘米。目前现有市面常见且符合条件的可选4005丝杆，即丝杆直径为4厘米，螺距为0.5厘米。则加工一根丝杆的刀具加工总长度计算公式为，可得到单个丝锥的加工长度约为3.77米，则每台机器人的总计加工长度为45.24米；
- 2、人型机器人总生产量：我们假设在保守、中性以及乐观情况下，人型机器人年产量有望达到50/100/150万台；
- 3、刀片用量、价格及消耗：以产业调研数据为基础，我们预计旋风铣单刀盘使用八枚旋风铣刀片，由于旋风铣刀片属于超硬刀具且需要进行特别设计，因此预计单片产品售价约为500元。刀片使用寿命层面，我们分别假设一组刀盘可连续加工300及500米丝杠。

表：人形机器人或将催化出数亿元的旋风铣刀具市场

	假设一			假设二		
	保守预测	中性预测	乐观预测	保守预测	中性预测	乐观预测
人型机器人台数（万台）	50	100	150	50	100	150
滚珠及滚柱丝杠数量（根）	12	12	12	12	12	12
丝杆加工长度（米）	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77
单台所需加工长度（米）	45.24	45.24	45.24	45.24	45.24	45.24
总加工长度（万米）	2262	4524	6786	2262	4524	6786
单旋风刀盘加工长度（米）	500	500	500	300	300	300
刀盘所需刀片数量（片）	8	8	8	8	8	8
刀片单价（元）	500	500	500	500	500	500
旋风铣潜在空间（亿元）	1.81	3.62	5.43	3.02	6.03	9.05

## 3.2 格局：丝杠主要瓶颈在于缺乏高精度磨床设备

从竞争格局看，目前我国高精度数控磨床仍依赖进口。

- 海外磨床企业发展成熟，技术研发水平处于全球领先地位。19世纪60年代，美国在车床的基础上制成了第一台磨床。发展至今，德国、日本位居磨床领域研发、设计、制造和应用方面技术最先进、经验最丰富的国家之列，在高端磨床产品市场上掌握着较高的话语权。国外主要厂家包括日本三井、日本精尚、德国克林贝格、瑞士莱斯豪尔等，进口设备精度高、可靠性好，可保障批量加工的稳定性。
- 国内企业起步较晚，规模较小，仍需时间和机会迭代设备工艺。国内磨床厂商数量较多且同质化严重，整体市场集中度不高，产品仍以中低端为主，目前具备磨床工艺的供应商包括日发精机、华辰装备、秦川机床等，批量产能力较弱。我们认为，国产供应链具备较强的创新及降本能力，有望驱动人形机器人的降本及量产，看好国内厂商市场份额提升。

表：丝杠供应格局梳理

丝杠厂家	机床供应厂家
NSK	三菱重工、森精机、喜基亚、日本三井
THK	日本三井
南京工艺	BLOHM（保宁）、日本三井、冈本
汉江	秦川机床
五洲新春	日发精机
斯菱股份	日发精机、日本三井、日本津上
贝斯特	华辰装备

表：磨床行业格局梳理

### 国外企业

- 德国、日本等发达国家起步较早，技术水平领先，产品附加值高。
- 下游覆盖航空航天、汽车、模具等，主要厂家包括日本三井、日本精尚、德国克林贝格、瑞士莱斯豪尔、德国埃马克等。

### 国内国有企业

- 主要由曾以“十八罗汉”为代表的国有控股机床企业改制而来，发展历史悠久，规模居于国内前列，代表公司包括秦川机床、无锡机床、上海机床等。

### 国内民营企业

- 民营数控磨床企业快速发展，在细分领域占据重要地位，代表公司包括华辰装备、日发精机、宇环数控等。

## 3.2 格局：丝杠主要瓶颈在于缺乏高精度磨床设备

表：海外磨/车床主要企业梳理

公司	地区	公司介绍
Precision Surfacing Solution (PSS)	美国	成立于1948年，生产微米级精密表面处理技术开发的全球行业领导者，拥有Lapmaster、Peter Wolters、ELB、aba、REFORM、KEHREN、MICRON、ISOG、Barnes等9大品牌家族，能够提供面向各种场景的精密加工解决方案。
United Grinding Group (联合磨削集团)	瑞士	成立于1978年，世界领先的机床制造商之一，主要产品包括精密磨床、电解机床、激光机床、测量机以及增材制造机床，集团在20多个制造、服务和销售地点拥有约2300个员工。
Hardinge (哈挺机床)	美国	成立于1980年，全球一流的高精度、高可靠性金属切削机床及相关的工具附件制造商，拥有超过125年丰富经验，产品包括数控机床、铣床、磨床以及夹持工具配件，为全球超过65个国家和地区提供优质解决方案。
Fives (法孚)	法国	成立于1812年，在磨削领域已有超过120多年的经验，并在广发的应用和材料制作中设计提供磨削技术，在全球磨削领域拥有141项有效专利，能为不同行业客户提供解决方案。
Hamai Company (滨井产业株式会社)	日本	成立于1921年，主要产品包括研磨抛光机、滚齿机和双面铣床，具有90多年的双面研磨机、滚齿机制作经验，产品适合加工各种晶体、硅片、玻璃、蓝宝石、电脑磁盘、液晶等。
AM Technology	韩国	成立于2000年，产品包括单/双面精磨系列设备、研磨抛光系列设备以及精密切削切面系列设备等，产品应用于工件的精磨、研磨、切割和抛光领域，其中ADL双面精磨，研磨地光系列设备和VRG半自动减薄系列设备达到欧盟CE标准。
Mitsui Seiki (三井精机)	日本	成立于1928年，专注制造高精度母机。在丝杠螺纹磨床中占有较高份额，尤其是在日本的份额接近100%。
TOYO (东洋先进机床)	日本	成立于1953年，凭借在汽车生产制造中孕育出来的加工制造技术，在超精密加工领域持续突破，尤其是内圆磨床市场认可度较高，2006年内圆磨床累计产量达到10000台，2022年销售额255亿日元。

表：国内磨/车床主要企业梳理

公司	相关机床布局	公司介绍
日发精机	丝杠磨床	2000年成立，轴承磨床起家，目前在高端轴承磨床领域的国内市占率80%。切入丝杠磨床领域，螺纹磨床丝杠试磨情况良好，螺母外圆磨床已签订订单。
华辰装备	滚轧磨床	产品包括全自动数控轧辊磨床、亚μ磨削中心，应用领域机械设备、汽车工业、船舶工业、家电行业、电力设备、高铁机车、建筑、航空航天、纺织造纸等行业，与贝斯特签订导轨磨合作协议，螺纹磨床开发中。
浙海德曼	车床、铣床	1993年成立，以仪表车床起家，目前产品包括T系列高端数控车床、并行复合加工机、普及型车床等，应用领域包括汽车、工程机械、通用设备、航空航天等领域。
秦川机床	螺纹磨床	1965年成立，我国精密数控机床与复杂工具研发制造基地、中国机床工具行业的龙头骨干企业，数控磨床、滚珠丝杠等领域领先。子公司汉江机床滚珠丝杠2022年营收过亿，同时募投滚柱丝杆项目，达产后滚珠丝杠/精密螺杆副产品产能将提升至38万件/年，滑动直线导轨产能将提升至18万米/年
宇环数控	潜在丝杠磨床	苹果产业链磨抛设备龙头，导轨磨落地存在螺纹磨突破可能。
科德数控	专用磨床	国内五轴数控机床领先企业，产品包括四大通用机床机型和三大专用机床机型，其中工具磨、叶尖磨专机技术实力国内领先。
同益股份	-	主营业务为中高端化工及电子材料销售，主要产品有工程塑料、弹性体塑料、油漆等化工材料、太阳能电池银浆、偏光片等电子材料。公司当前携手德国知名机床厂商惠乐喜，加速在高端制造领域布局。

## 4.1 日发精机：轴承磨床龙头，聚焦中高端机床国产替代

□ **高端轴承磨床龙头**。公司成立于2000年，以轴承磨床起家，目前公司在高端轴承磨床市占率达到80%，国内轴承行业内规模靠前的30家企业中有25家采用公司的高端轴承磨超加工及装配线产品。2010年公司登陆A股市场；2014年收购意大利MCM，成立日发航空；2018年并购新西兰Airwork，目前已形成涵盖高端数控机床及产线、航空装备及连线、航空零部件加工以及航空运力服务四大业务板块，产品广泛应用于汽车、航空航天、工程机械、纺织服装、注塑机、风电设备等行业。

表：日发精机主营业务及营收占比

主营业务	主要产品	图示	应用领域	客户	运营主体 (子公司)	2023H1 营收及占比
通用工具机械	卧式、龙门、立式加工中心 卧式、立式车床 数控卧式镗床等		纺织机械、注塑机、 工程机械、精密冲床、 数控机床、低压铸造设备、 冶金装备、风电装备、 船用装备等	爱科集团、中航复材、深圳光启、 日月重工、三一重机、洛阳轴研、 安徽应流、大精数控、三江航天、 上海商飞、三一汽车、沃尔沃、 浙江斯菱等	日发机床 意大利MCM	4.84亿元 54.23%  毛利率：20.46%
数控磨床	轴承磨超自动线 轴承装配自动线 滚子磨超自动线 单机数控磨床 数控通用磨床		轴承（风电、新能源 汽车零部件）	SKF、FAG、铁姆肯、NSK、 JTEKT、BOSCH、人本、哈轴、 瓦轴、洛轴、ZYS、CSC、Fersa 等		
航空航天制造	软件管控系统 物流存储系统 发动机机匣类加工 航空航天结构件加工		航空航天	欧洲宇航防务集团、空中客车、 中国航空工业集团公司、达索集团、 古德里奇、赛峰集团、MTU、 阿莱尼亚·马基、Ruag、卡斯蒂亚 和莱恩、GE、RR航空、法拉利、 成飞、沈飞等	日发航空 意大利MCM	3.56亿元 5.92%  毛利率：18.26%
航空航天服务	固定翼飞机运营租赁 飞机和发动机的MRO		民用航空、物流货运	联邦快递、新西兰邮政、 Freightways、DHL、拓亚集团、 ASL、Blue Air航空等	新西兰Airwork	0.53亿元 39.85% 毛利率：5.04%

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/098061030143006041>