

滚柱丝杠：让运动更丝滑，国产替代蓄势待发 --人形机器人深度之四

电新首席证券分析师：曾朵红
执业证书编号：S0600516080001
联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

电动车首席证券分析师：阮巧燕
执业证书编号：S0600517120002
联系邮箱：ruanqy@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199793
2024年2月26日

- ◆ **从性能及壁垒排序，滚柱丝杠>滚珠丝杠>梯形丝杠，滚柱及梯形将受益于人形机器人爆发。**丝杠是一种常见的机械传动运动，用于将旋转运动转为直线运动，可分为梯形、滚珠、滚柱丝杠等。其中梯形丝杠是一种滑动运动，适用于慢速、精度要求不高等领域，主要为切销工艺，已经成熟广泛推广，价格低，特斯拉人形机器人中将使用4根左右/台；滚珠丝杠和滚柱丝杠其运动原理类似，均是滚动运动，且加工设备基本相同，工艺具备同源性，但滚柱丝杠综合性能更优，包括承载力大、寿命长、体积小、速度快等，其加工工艺难，市场需求远不及滚珠（不足10亿vs超100亿），成本远高于滚珠丝杠。特斯拉人形机器人中将使用8根反转式行星滚柱丝杠，随着规模化，降本空间广。
- ◆ **设备与工艺为滚柱丝杠核心壁垒，良率和效率是滚柱丝杠需突破的重点。**行星滚柱丝杠核心三大部件丝杆、滚柱、螺母行星，加工工艺分为冷轧和研磨，核心在于螺纹加工，特别是人形机器人使用反转式滚柱丝杠，螺纹长且是内螺纹，需用研磨工艺，且难度大。冷轧工艺工序简单、但精度低（一般C7级以上）；研磨工艺工序长、但精度高，工序包括预热处理、粗加工（车、铣、粗磨）、半精磨、精磨，前后工序共10-20道，耗时10h以上，其中热处理和精磨是核心环节，特别是精磨对滚珠丝杠的精度起到绝对性影响，对设备依赖度高，且对工艺要求高，需要knowhow积累。目前高精度螺纹磨床依赖进口，订货周期长达1-2年，厂商包括日本三井、美国Drake、德国SMS等。
- ◆ **滚柱丝杠将撬动人形机器人千亿市场，国产化蓄势待发，更看好拥有进口精磨设备厂商。**目前滚柱丝杠市场空间不足10亿元，预计2030年人形机器人销量110万台，滚柱丝杠价格跌至3k元，对应空间超300亿，随着良率效率提升，未来成本将至1k以内。格局看，德国舍弗勒依托子公司瑞士GSA、并先后收购瑞士ROLLVIS、Ewellix公司，几乎垄断滚柱丝杠市场，其余厂商均未形成大规模。参考滚珠丝杠发展历程，随着需求爆发，技术外溢至东亚，形成较分散的格局（CR5份额为46%）。目前国内厂商加大滚柱丝杠研发与布局，主要有三类厂商，一是滚珠丝杠厂商延伸，二是购买精磨设备的新厂商（贝斯特、恒立液压），三是代工组装方式（三花链的北特、五洲、斯菱等）。设备端看，我们预计2030年丝杠设备新增市场空间100-150亿，远期600亿，国内磨床公司精度提升后，或受益于国产化替代，此外以车代磨提升效率，车床设备也有望受益于工艺改进。
- ◆ **投资建议：1) 滚柱丝杠制造商：首推执行器集成商三花智控、拓普集团，其次推荐三花链潜在丝杠供应商，建议关注贝斯特、北特科技，二者弹性较大，同时建议关注五洲新春、斯菱股份。2) 设备：设备先行，但国产化设备精度提升仍需时间，两条主线，一是高精度螺纹磨床国产替代，关注受益标的华晨装备、日发精机，二是以车代磨，用车床替代粗磨环节，提高生产效率，关注受益标的浙海德曼。**
- ◆ **风险提示：人形机器人进展不及预期；滚柱丝杠国产化不及预期；未来竞争加剧，价格不及预期。**

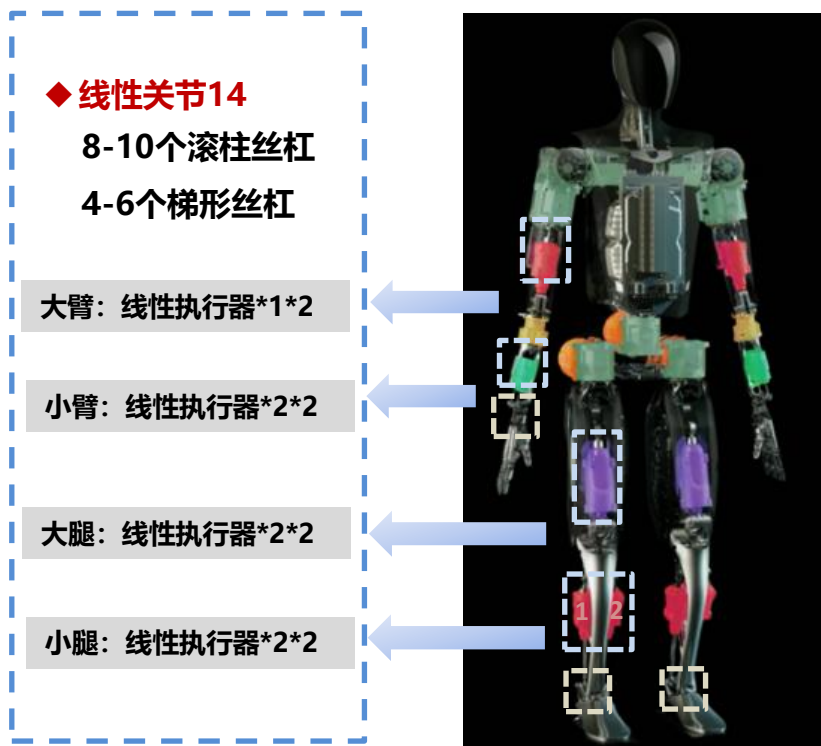


- 丝杠让运动更丝滑，滚柱综合性能最优
- 设备与工艺为核心壁垒，良率和效率是关键
- 千亿市场空间，国产化蓄势待发
- 投资建议：布局丝杠制造商及设备生产商
- 风险提示

丝杠让运动更丝滑，滚柱综合性能最优

- ◆ **丝杠是一种常见的机械传动运动，用于将旋转运动转为直线运动。**可以分为滑动丝杠（多为梯形丝杠）、滚珠丝杠、行星滚柱丝杠、静压丝杠。
- ◆ **人形机器人为丝杠新增放量点。**梯形丝杠和滚珠丝杠在机械机床领域已成熟应用，行星滚柱丝杠目前仅在航空等高端领域应用。特斯拉人形机器人14个线性关键将使用8-10个滚柱丝杠和4-6个梯形丝杠，而国内大部分人形机器人采用电流环方案，无需使用丝杠。

图：特斯拉人形机器人线性关节使用丝杠



图：丝杠分类

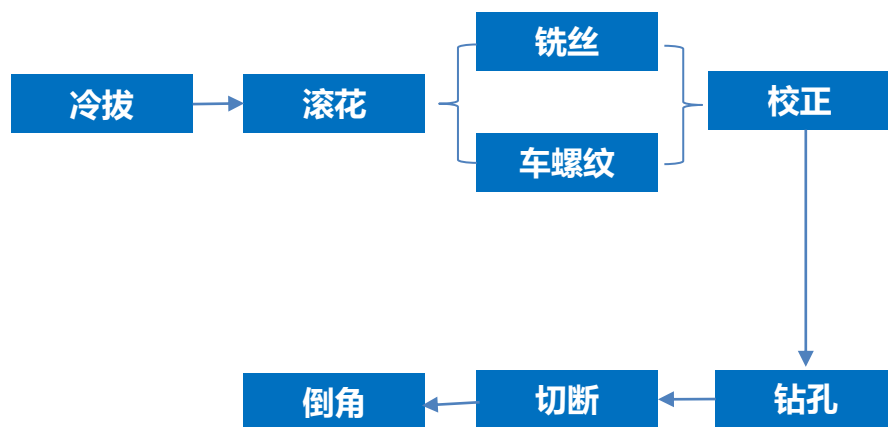


- ◆ **梯形丝杠是一种滑动运动，适用于慢速、精度要求不高等领域。**梯形丝杠由螺杆和螺母组成，螺杆上布有梯形螺纹，依靠螺母与螺杆的旋合传递运动和动力，是完全依靠机械接触产生滑动，是一种滑动运动，其传动效率30-70%（低于滚珠90%+），且其高速发热明显，更适用于低速运动，同时精度较低为C10以上（滚珠最高可到C0级），但其有自锁功能（滚珠无，需外加零件）。梯形丝杠多应用于数控机床、自动输送系统、测量设备等。
- ◆ **梯形丝杠加工工艺简单，主要为切销工艺，已经成熟广泛推广。**梯形丝杠加工方式有滚压、切削和研磨三种制造方式，从精度看研磨（15um/300mm）>切削（50um/300mm）>滚压（90um/300mm），但由于研磨成本高10倍以上，目前多采用切削方式，技术简单，工艺成熟。切削工艺中，目前多用旋风铣销丝杠设备，可替代此前的车削工艺，可将铣丝、滚花一次完成，减少表面粗糙度。

图：梯形丝杠工作原理

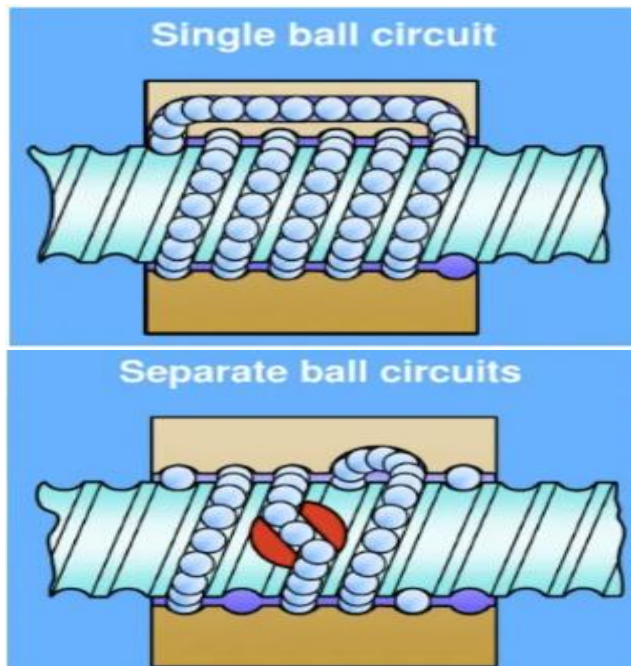


图：梯形丝杠生产流程

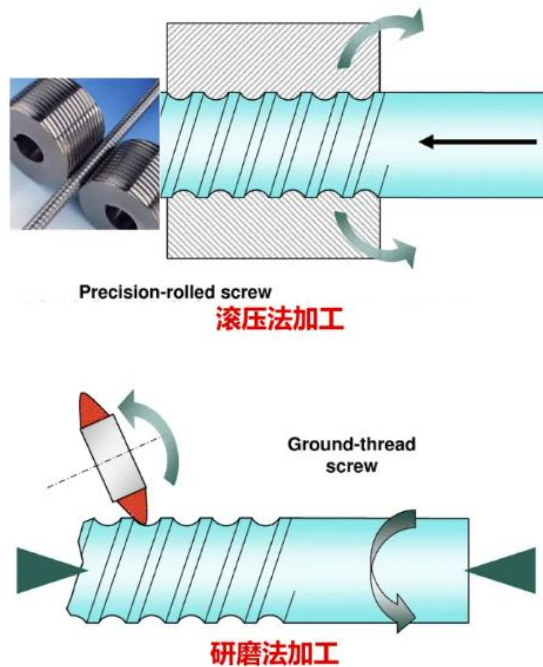


- ◆ **滚珠丝杠是滚动运动，传动效率高、精度高。**滚珠丝杠由丝杆、螺母、滚珠、回珠器主要部件构成，核心部分是滚珠，滚珠位于丝杆的螺纹槽内，同时与螺母的螺纹槽接触。当丝杠旋转时，滚珠在丝杆和螺母之间滚动，实现力的传递和直线运动。回珠器一般分为内循环式和外循环，在轻载和小型丝杠情况下用内循环，反之使用外循环。
- ◆ **滚珠丝杠工艺分为研磨与轧制，已国产化，但高精度产品技术仍待提升。**滚珠丝杠加工核心在于滚道制作，螺母的螺纹采用研磨技术，而丝杆可采用研磨和轧制两种工艺。轧制是采用冷加工工艺模具制造，自动化程度高，适合大批量生产，成本低，但精度偏低一般为C7级以上；而研磨工序长，从热处理、粗加工（车削）、到精磨（磨削），效率低，但精度高，一般为C7级以下，可达到C0级。国产技术已突破，但高精度产品技术仍需提升，全球滚柱丝杠市场空间超120亿。

图：滚珠丝杠工作原理

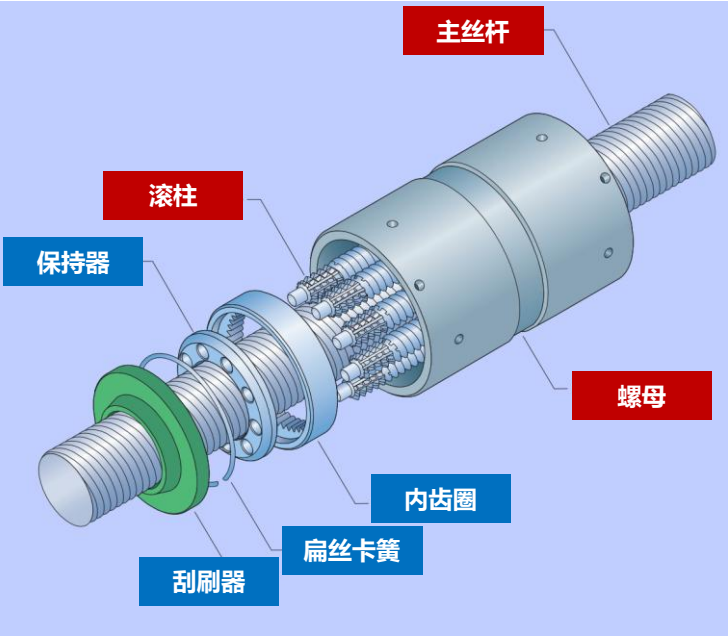


图：滚珠丝杠生产流程



- ◆ **行星滚柱丝杠是线接触的滚动运动，具备滚珠优势，同时承载力更强、寿命长、体积小。**行星滚柱丝杠由主丝杆，6-12根滚柱，螺母，轴承盖和齿套筒组成，与滚珠丝杠的结构相似，区别在于其载荷传递元件为螺纹滚柱，是线接触；而滚珠丝杠载荷传递元件为滚珠，是点接触。滚柱替代滚珠将使负载通过众多接触点迅速释放，从而能有更高载荷和抗冲能力，同规格的滚珠丝杠的载荷是滚珠的3倍，寿命是滚珠的15倍，同载荷情况下，体积是滚珠的1/3。
- ◆ **根据不同的结构设计，滚柱丝杠分为循环式、非循环式、反转式等，其中特斯拉人形机器人采用反转式，难度更高。**1) 反转式滚柱丝杠：螺母作为主动件（长度长，加工难度大），丝杆为输出构件（滚柱围绕丝杆旋转，区别于围绕螺母旋转），没有内齿圈，优势在于结构紧凑，用于小行程工作场景。2) 循环式：去掉了内齿圈，增加返回器（凸轮环结构），滚柱可在螺母内旋转一周后归位，增加螺纹数量，具有更高刚度，用于医疗器械、精密仪器等。3) 非循环：增加壳体、端盖、圆柱滚子轴承等部件，承载力强，应用于重型机械、石油化工等，成本高。

图：滚柱丝杠工作原理



丝杆：是牙型角为 90°的多头螺纹
滚柱：是具有相同牙型角的单头螺纹
螺母：是具有与丝杠相同头数和牙型的内螺纹。
丝杆、滚柱、螺母三者之间通过螺纹啮合实现传动

图：滚柱丝杠类别

	非循环式 • 承载力强 • 适用于重型机械
	循环式 • 体积小精密、刚度强 • 用于精密器械
	反转式 • 结构紧凑 • 用于机器人等

◆ **滚柱丝杠与滚珠有同源性，但综合性能更优，加工难度大及未大规模生产限制成本下降。**滚柱丝杠与滚珠丝杠其运动原理类似，且加工设备基本相同，工艺具备同源性。滚柱丝杠综合性能更优，包括承载力大、寿命长、体积小、速度快等，但其加工工艺难，市场需求远不及滚珠（不足10亿vs超100亿），因此成本远高于滚珠丝杠。未来随着人形机器人放量，滚柱丝杠有望规模化生产。

图：滚柱丝杠与滚珠丝杠对比

	滚柱丝杠	滚珠丝杠
原理与结构	1) 载荷传递元件为螺纹滚柱，优势在于有众多螺纹线支撑负载，为线接触，载荷强 2) 滚柱设计为非循环式，旋转速度是滚珠的2倍 3) 导程与行星滚柱丝杠的节距成函数关系，导程可以设计成整数或者小数，不需要任何丝杆和螺母的几何变化，导程可以设计的更小	1) 载荷传递元件为滚珠，是滚珠支撑负载，为点接触，载荷低 2) 滚珠是循环式，高速旋转时，滚珠发生碰撞，有磨损寿命短 3) 滚珠丝杠的导程受滚珠的直径限制，因此导程是标准的。
运动机理与受力状态	1) 滚动体为螺纹小滚柱，其围绕主丝杠轴心做行星运动 2) 滚动体受截面积大，任何时候都同时受截，无循环交变应力，具备更强的刚度和受冲击力 3) 行星机构阻止离心力	1) 滚动体为滚珠，借助反向机构实现循环滚动 2) 滚珠受截面积小，且轮流受截，产生循环交变应力 3) 高速运转时产生较大的离心力
优劣势	1) 同等规格下，承载力是滚珠的3倍 2) 同等条件下，使用寿命是滚珠的15倍（滚珠常用值为2万小时或5年） 3) 同等条件下，体积是滚珠的1/3	1) 工艺较滚柱丝杠成熟，适合大规模量产 2) 成本较滚柱丝杠低

设备与工艺为核心壁垒，良率和效率是关键

- ◆ **滚柱丝杠评估指标众多，人形机器人中看中高精度、负载大、结构紧凑等性能。**在滚柱丝杠选型时，重点关注几个指标**精度等级**（丝杠旋转一周后，定位精度误差的最大值，一般选300mm螺纹长度测量导程误差）、**效率**（各种接触界面处耗散的热功率，影响电机扭矩计算）、**速度**（转速）、**负载**、**额定寿命**、**刚度**等。这与丝杠的直径、导程、螺母设计（单螺母看轴向间隙、预紧螺母看预紧力）、工艺等有关。
- ◆ **精度是滚柱丝杠重要指标，在人形机器人应用时同时追求运动丝滑性。**按照中国台湾的JIS等级，精度可分为C0、C1、C2、C3、C5、C7、C10（若任300mm丝杠长度误差为3.5um以内，则为C0级），普通机械采用C7/C10级，数控设备一般采用C5/C3级，航空等领域采用C3/C2。而在人形机器人应用中，滚柱的精度与滚珠不同，滚珠是追求导轨精度，而滚柱同时追求运动的流畅性。目前滚柱丝杠精度可达C1级别（±5um/300mm），由于结构设计，实际精度表现优于滚珠同等级标定。

图：丝杠选型指标

图：丝杠的精度

指标	参数	说明
丝杠轴径	动额定负荷 静额定负荷	一般是轴径越大，负载越大。实际负载和额定负荷的比值越小，丝杠的理论寿命越长
导程	传动的线速度	导程指的是丝杠旋转一周，螺母直线运动的距离。导程和轴向间隙没有特别的关系，决定导程的大小是传动的线速度
精度	精度	任取一段丝杠300mm，误差都在等级代表的精度之内。C7，C10级一般采用轧制方法制造，C5级及以上采用研磨方法制造
预压等级	负载/精度	预压等级越高，螺母与螺杆配合越紧；反之，等级越低越松。负载会影响预压，进而影响精度。大直径、双螺母、高精度、驱动力矩较大当丝杠的应用出现以上的情况时，预压等级可以选高一点，反之选低一点

精度等级	C0	C1	C2	C3	C5	C7	C10
精度 (E300) um	3.5	5	7	8	18	50	210

丝杠精度影响因素

- **滚柱的精度：**决定精度的上限，包括6-8个滚柱的一致性、精度等级、几何误差等。
- **螺纹的精度：**丝杆、螺母、滚柱螺纹一致性、包括螺距、螺纹牙形误差等
- **材料形变：**需要具备较高的疲劳极限和抗多次冲击能力

- ◆ **材料性能要求高，多采用合金调质钢。**滚柱丝杠原材料对耐疲劳性、强度刚度、耐腐蚀耐磨性、机械加工性能等要求较高，因此原材料多采用不锈钢、合金调质钢、高碳铬轴承钢等。常见原材料为Cr（铬）/Mo（钼）合金结构钢、马氏体/渗碳不锈钢等，微量元素的应用有效增强合金钢的加工性能、强度刚度等。
- ◆ **Cr/Mo合金钢国产品质仍有差距，且高端产能有限。**国产Cr/Mo合金钢性能较海外仍有差异，体现在国产Cr/Mo钢存在明显的带状偏析组织，表面硬化层、过渡层到心部的金相组织分布不合理，各部位元素分布不均，在实际使用中易断裂。国产高端合金钢产能有限，设备需用电炉（精确把控温度、添加多种合金元素）、单吨成本较转炉高500-800元，此外由于合金钢配方不同，需长期调试试验，目前钛钢集团有所出货（一年出货量2万吨供日本THK）。根据爱采购网，合金结构钢42CrMo售价3-10万/吨，按照高端10万/吨、收得率50%、良率50%、丝杠重量2kg测算，原材料成本800元/个，远期完全成熟后原材料成本将降低至200元以内。

图：滚珠丝杠原材料供应商

公司	国家/地区
太钢集团	中国
YUSCO	中国台湾
AK钢铁公司	美国
阿勒格尼	美国
蒂森克虏伯	德国
浦项制钢	韩国
INI钢	韩国
阿克里诺克斯	西班牙
安赛乐米塔尔公司	荷兰
Outokumpu	芬兰

图：滚柱丝杠原材料成本测算

项目	2023年 成本	成熟后 成本
原材料（元）	200	100
单个重量kg	2	2
单价（万/吨）	10	5
收得率	50%	60%
良率	50%	90%
最终原料成本（元）	800	185

- 行星滚柱丝杠加工工艺分为冷轧和研磨，核心在于螺纹加工。滚柱丝杠核心三大部件丝杆、滚柱、螺母，其中人形机器人使用反转式滚柱丝杠，螺纹长且是内螺纹，需用研磨工艺，且难度大；而丝杆和滚柱可采用冷轧工艺或研磨工艺。
- 冷轧工艺：工序简单、但精度低。先在光杆上切出一定深度的槽，槽距与加工的丝距相等，后使用加工螺牙的搓牙机滚压。工序简单，销量高，适合大规模生产，但精度较低为C7级以上，极少可到C5级。
- 研磨工艺：工序长、但精度高。研磨是在压轧的基础上用专门的磨床对螺纹进行精密加工，其需要经过热处理、车削、磨削等十几道工序，耗时长，但精度高，一般高于C5级。其难点在于热处理的把控、螺纹研磨。

图：不同机加工对应的精度等级

基本尺寸	公差等级 (um)															
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	
250-315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	
加工方法	IT等级															
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
研磨																
珩																
圆磨																
平磨																
金钢石磨																
金钢石镗																
拉削																
铰孔																
车																
镗																
铣																
刨插																
钻孔																
滚压、挤压																
冲压																
压铸																
粉末冶金成形																
粉末冶金烧结																
砂型铸造、气割																
锻造																

图：螺纹加工方式

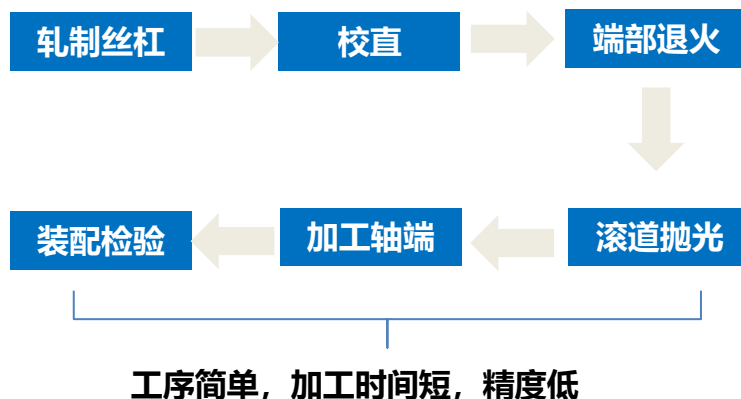
类别	特点
精密	1) 单线砂轮磨削：单线砂轮磨削能达到的螺距精度为5~6级，适于磨削精密丝杠
	2) 多线砂轮磨削：分纵磨法和切入磨法两种。纵磨法的砂轮宽度小于被磨螺纹长度，切入磨法的砂轮宽度大于被磨螺纹长度，砂轮径向切入工件表面，生产率较高，但精度稍低
粗加工	1) 用铸铁等较软材料制成螺母型或螺杆型的螺纹研具，对工件上已加工的螺纹存在螺距误差的部位进行正反向旋转研磨，以提高螺距精度。
	1) 成形车刀：刀具结构简单，是单件和小批生产螺纹工件的常用方法
粗加工	2) 螺纹梳刀：生产效率高，但刀具结构复杂，只适于中、大批量生产中车削细牙的短螺纹工件
	3) 精度：一般只能达到8~9级。专门化的螺纹车床上加工螺纹，生产率或精度可显著提高
粗加工	1) 盘形铣刀：主要用于铣削丝杠、蜗杆等工件上的梯形外螺纹
	2) 梳形铣刀：用于铣削内、外普通螺纹和锥螺纹，由于是用多刃铣刀铣削、其工作部分的长度又大于被加工螺纹的长度，故工件只需要旋转1.25~1.5转就可加工完成，生产率很高
	3) 精度：螺距精度一般能达8~9级，成批生产一般精度的螺纹工件或磨削前的粗加工
粗加工	1) 攻丝：用一定的扭矩将丝锥旋入工件上预钻的底孔中加工出内螺纹
	2) 套丝：用板牙在棒料（或管料）工件上切出外螺纹
粗加工	用成形滚压模具使工件产生塑性变形以获得螺纹，适用于大批量生产标准紧固件和其他螺纹联接件的外螺纹

- ◆ **研磨加工工艺工序长，耗时长，热处理与精磨是核心环节。**滚柱丝杠的研磨加工工艺与滚珠丝杠类似，需经过预处理、粗加工（车、铣、粗磨）、半精加工（半精磨）、精（研磨）加工和终加工阶段，前后工序共10-20道。为增加精度，可分多次对螺纹加工，同时每次粗加工后都需进行时效处理，消除内应力；后都需重新打（磨）中心孔，修正时效处理时的变形，因此加工流程长，前后需要10h以上。**其中热处理和精磨是核心环节，精磨螺纹和螺母影响精度，热处理影响寿命，装配影响一致性。**

图：滚柱丝杠生产工序及耗时（研磨方式）

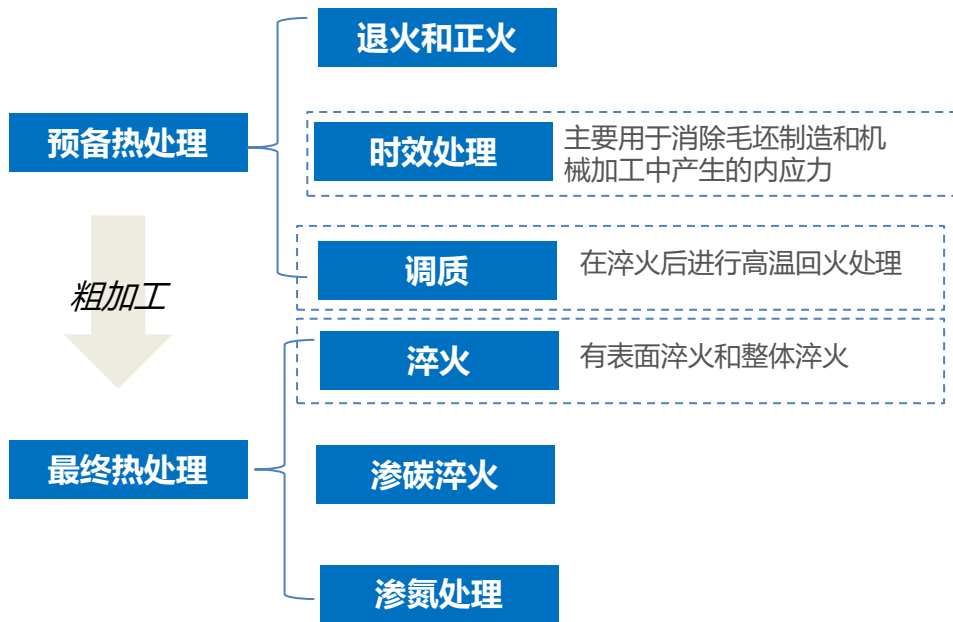
工序	工序名称	耗时 (h)
1	球化退火热处理	
2	粗车-高温时效-半精车	3.5
3	铣	1.5
4	粗磨	2
5	热处理：淬、回火	
6	粗磨v形槽-时效处理	2
7	半精磨螺纹-时效处理	2
8	铣键槽	1
9	精磨螺纹	1
合计		13h

图：滚柱丝杠冷轧工艺流程



- ◆ **热处理可提高材料的机械性能、消除残余应力和改善金属的切削加工性。**丝杠粗加工前，将进行预备热处理，通过退火/正火、时效处理，以此消除内应力、改善加工性能；在精磨前，进行最终热处理，主要选择表面淬火，表面淬火还具有外部强度高、耐磨性好，而内部保持良好的韧性、抗冲击力强的优点。
- ◆ **热处理工艺本身无壁垒，但如何最优化需经验积累。**根据材料特性，需控制好温度、加热时间、冷却速率等，加热和冷却时间过短或过长都将影响加工性能。

图：热处理流程

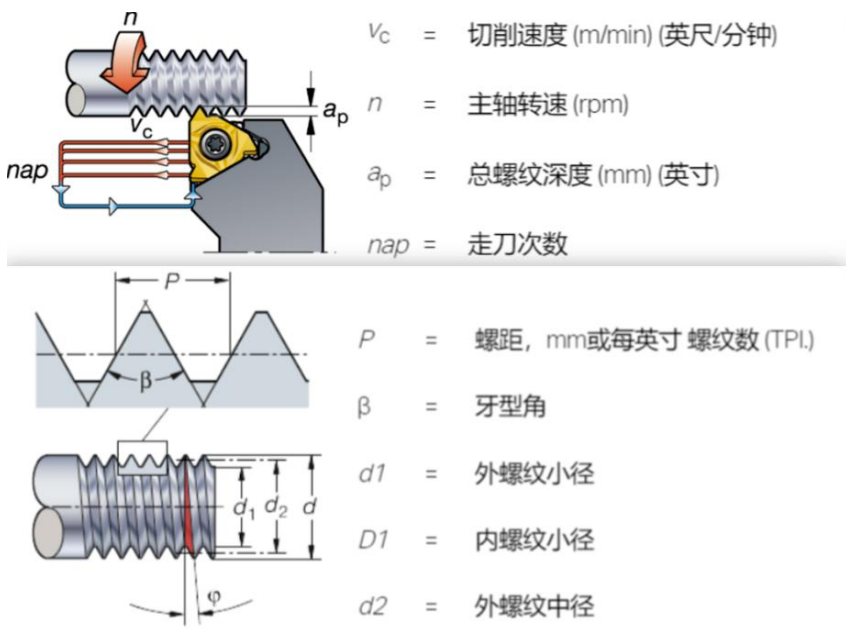


图：热处理价格

分类	项目	报价（元/kg）
预备热处理	高温退火	1.5
	箱式炉正火≥900°	1.2
	井式炉正火≥900°	1.2
	调质：箱式炉、台车炉≥950°	1.5-2.5
最终处理	工频淬火	2.5-3.5
	渗碳直接淬火（渗才能1-1.5mm）	7

- ◆ 精磨对滚珠丝杠的精度起到绝对性影响，包括螺纹的螺距误差、螺纹的牙形误差等，是丝杠生产的最核心环节，对设备依赖度高，且对工艺要求高，需要knowhow积累：
 - 螺母内螺纹：反式行星滚柱丝杠螺母长度长，其内滚道的内螺纹加工难度极大，需使用高精度的内螺纹磨床。其难点有：1) 倾斜角：为了磨削出具有精密牙型的螺纹，机床的磨轮安装位置必须按螺纹的螺旋角倾斜变化，这就需要有一个旋转轴，保证加工螺纹的进给与主轴旋转同步，而绝大多数通用磨床并不具备这一条件。2) 长度与孔径：磨削深孔内螺纹的主要挑战是螺旋角与孔径相互制约，随着螺纹长度的增加和孔径的减小，由于磨削轴比较容易与工件发生碰撞，同时冷却液难以进入。
 - 丝杆和滚柱：为了提高精度，丝杆与滚柱通常也使用精磨方式加工螺纹，除了控制螺纹精度，对滚柱的一致性的控制同样影响最终产品的精度。

图：外螺纹加工示意图



图：内螺纹生产技术分类

类型	特点
攻丝	初始投资低，连续切削工艺，工件材料由顺序排列的切削刀依次切除，通过一次走刀即可获得最终螺纹尺寸，精度低。
车削	在多轴机床或车床上，用可转位刀片式或整体式小型镗刀车削螺纹，精度低
铣削	螺纹铣刀采用螺旋插补方式来切削内螺纹，加工过程中需补偿调整
磨削	通常需要在专用磨床上进行
挤压成形	通过转移工件材料，挤压成形丝锥可以加工深度达4倍直径的内螺纹，强度高

- ◆ **高精度磨床为瓶颈，依赖进口：**设备端看，高精度磨床依赖进口。滚柱丝杠加工主要涉及车床、铣床、车铣复合加工中心、外圆磨床、内圆磨床、螺纹磨床等，其中螺纹磨床精度要求高，依赖进口，且采购价格高。
- ◆ **工艺积累同时影响磨床的效率。**研磨精度，不仅与磨床设备精度有关，同时与工艺相关，特别是内螺纹，加工过程中需人工干预调整砂轮直径、调整磨杆直径，避免干预等问题。在小批量阶段，通常为提高精度，而牺牲效率。如目前国内滚柱丝杠厂开发阶段，一个零部件精磨需2h，一个磨床一天最多磨一套滚柱丝杠，且良率低，成本居高不下。从规划项目看投入产出比1：1.5，资本开支大。

图：高精度磨床示意图



图：贝斯特/秦川机床投入产出比

公司	项目	投资 (亿元)	收入 (亿元)
秦川机床	新能源汽车领域滚动功能部件	2	5
贝斯特	直线滚动功能部件	3.5	5
恒立液压	线性驱动器项目	15.3	-

- ◆ **高精度磨床设备对控制系统等要求严格、追求自动化、标准化。**数控机床加工螺纹的过程中需要保证加工螺纹的进给与主轴旋转同步，其控制主要依靠数控机床的主轴编码器、运算器、伺服电机、滚珠丝杠四个部件来实现。
- ◆ **海外老牌磨床历史久、产品性能领先、但订货周期长。**滚柱丝杠与滚柱丝杠高精度磨床技术同源，欧洲厂商多使用德国SMS磨床、日韩多用日本三井、美国厂商多用美国Drake公司产品，订货周期长达1-2年左右，目前国内新进入滚柱丝杠环节厂商，多为进口设备。而国内高精度磨床技术还需提升。

图：海外螺纹磨床厂商

公司	国家	特点
MIKROMAT	德国	德国MIKROMAT密科码公司成立于1863年，其在螺纹及回转型面磨床以高工件生产质量、高性能、加工的多样性以及加工的便捷性为其特征。其G系列内外螺纹磨床，直径250/320mm，螺纹长度6000mm。
三井精机工业株式会社	日本	三井精机工业成立于1928年，业务由机床和压缩机两个部门组成，可以对三角螺纹、梯形螺纹、滚珠丝杠、螺纹量规、蜗杆等所有螺纹进行高精度、高效率研磨加工。在滚珠丝杠加工领域的销售业绩堪称世界第一。其设备磨削加工专用机床，具备超高精度、一次成型加工，尽管是研磨机却具备切削机同等的加工能力，与以往的研磨加工相比加工时间可以缩短到1/3以下，而且运行成本要远远低于切削机。
Drake公司	美国	成立于1972年，德拉克拥有内螺纹、外螺纹的精磨设备。其中外螺纹磨床GS:TE在一台机床上实现磨削螺纹、蜗杆、滚珠丝杠、螺纹规和其它工件，可实现在一台磨床上进行外、内柔性螺纹加工，磨削滚珠丝杠最长可加工 6m 丝杠。
SMS (Klingelnberg Group)	德国	克林贝格历史可以追溯到1863年，后其螺纹螺杆磨床业务被德国SMS收购。SMS的RG 系列的通用数控螺纹磨床特别适用于磨削蜗杆、丝杠、滚珠丝杠和螺纹辊以及滚刀，其高度稳定的基础结构可实现高生产率和最佳精度。
MATRIX	英国	螺纹磨床成立于1913年，在1934年开始从事螺纹磨床的制造，并从那时起就成为世界内、外螺纹磨床制造的领导者。近年来MATRIX的内外螺纹磨床实现了高度的数控化。如它的6950 高螺旋螺纹磨床，是第一台通过电脑控制磨削高螺旋的机床。自行开发的软件 NutOpt可以对多种工具预先做加工模拟，并一次装夹生成。
施力博格机床公司	瑞士	自1923年起，施利博格专注于顶级精密工具磨床的制造，产品用于刀具或零件的轮廓加工及全步骤生产。SCHNEEBERGER数控磨床可以磨削任何厚度的螺纹。通过砂轮修整器将砂轮修成所需要的形状。螺纹的形状是由QUINTO软件输入后自动生成的。特殊螺纹的生成是通过dxf图形生成轮廓去实现的。

千亿市场空间，国产化蓄势待发

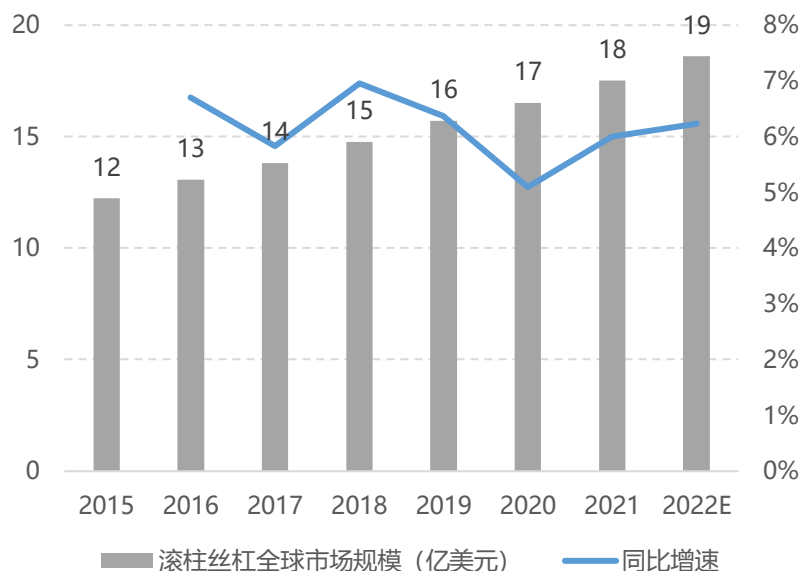
- ◆ **滚柱丝杠壁垒高。目前市场需求量小：**与滚珠丝杠这类型成熟产品不同，滚柱丝杠目前应用领域小，23年全年市场空间预计不足10亿元，按照单价2万，年需求仅5万套。
- ◆ **德国Schaeffler集团多次收购竞争对手、几乎垄断滚柱丝杠市场：**舍弗勒控股的瑞士GSA在欧洲市场滚柱丝杠份额第一，且聚焦高端市场；GSA于2016年收购欧洲滚柱丝杠规模第三的瑞士ROLLVIS公司，22年舍弗勒再收购滚柱丝杠规模第二的Ewellix公司，Ewellix前生为SKF行星滚柱丝杠部门（1968年SKF集团收购法国Transrol进入行星滚柱丝杠领域，2018年被欧洲Triton集团收购，2019年更名Ewellix），收购ewellix主要是要布局低端领域，如汽车制造，钢铁，化工等领域。至此，舍弗勒基本垄断中低端滚珠丝杠市场。规模第四的厂商为意大利VCS（2007年被美国MOOG集团收购）。其余厂商如美国CMC、Exlar，日本的THK、NSK等均未形成大规模。

图：欧洲主要滚柱丝杠厂商

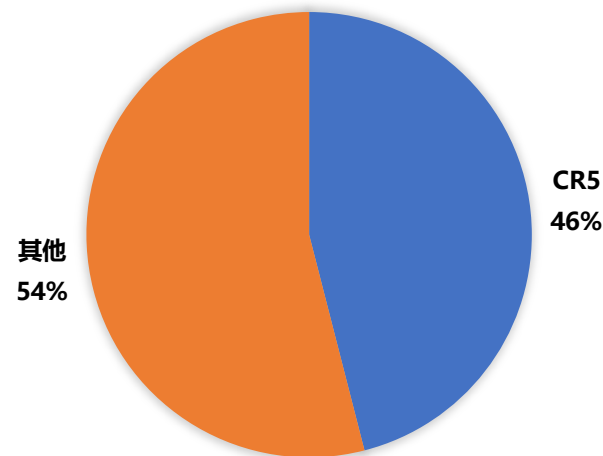
公司	介绍
瑞士GSA	GSA 公司成立于1982年，基于GZ 公司几十年螺纹加工方面的经验（GZ公司成立于1932年），致力于行星滚珠丝杠生产。产品型号齐全，包括滚柱非循环式、滚柱循环式、反转行星滚柱丝杠。导程精度等级从KL5至KL10(G1-G3)。GSA公司本身为德国舍弗勒Schaeffler集团优秀的供应商且有控股，2016年由GSA公司牵头于2016年对瑞士rollvis公司实现完全收购，至此GSA公司拥有了ROLLVIS品牌，和旗下代理公司LTK，美国3家，英国2家代理商的合作权。
瑞士ROLLVIS公司	成立于1970年，专注于行星丝杠；产品包括四大系列滚柱丝杠，RV、RVR、RVI、RVD，型号齐全。2018年员工数量达到120人，每年销售数量占到整个行业45%，为航空保密认证单位并在军用市场占据全球市场65%。2016年被瑞士GSA收购。
瑞典Ewellix公司	EWELLIX成立于五十多年前，前身为斯凯孚（SKF）线性技术部门“SKF运动技术”，是一家线性解决方案公司，是装配自动化、医疗应用和移动机械领域直线运动和驱动解决方案的全球创新者和制造商。EWELLIX在全球设有16个销售办事处和250个工厂。外部净销售额约为1.25亿欧元。2023年1月，德国舍弗勒集团完成对EWELLIX的收购。
意大利VCS	意大利VCS公司在设备制造领域已有80多年的历史，公司成立后，很快就在高精度的滚珠丝杠和行星式滚柱丝杠领域里扮演了专家角色，并从2002年开始进入中国市场。2007年VCS被美国MOOG收购（Moog是美国电液伺服阀公司）

- ◆ **滚珠丝杠应用广泛，技术成熟，市场空间超百亿。**滚珠丝杠22年市场空间18-19亿美元，合计人民币130亿+，其中国内市场30亿左右。格局看，日本和欧洲滚珠丝杠企业占据了全球约70%的市场份额，前三大为日本的NSK、THK、中国台湾的上银。国内厂商主要生产偏低端产品，格局较为分散，CR5份额为46%，其余份额为54%。
- ◆ **对标滚珠丝杠，上银科技后来者居上，随着后续市场需求爆发，国内有望诞生优秀的滚柱丝杠厂。**1940年美国开始批量生产用于汽车转向机构的滚柱丝杠，并随着精密螺纹床的应用，滚珠丝杠性能大幅提升，应用领域拓展至工业机械领域。50年代开始，美国、英国、日本的滚珠丝杠公司密集出现。80年代开始，滚珠丝杠的制造技术向东南亚渗透，1982年上银科技开始生产滚柱丝杠，到1989年已成为全球前三厂商。

图：2015-2022年滚珠丝杠市场空间

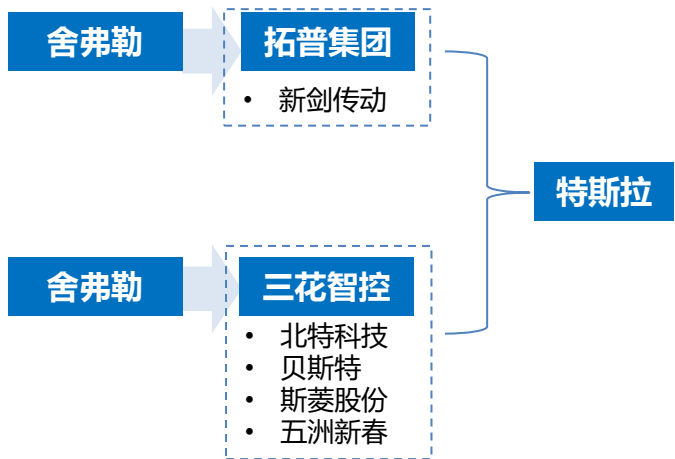


图：2022年滚珠丝杠国内竞争格局



◆ **国内厂商加大滚柱丝杠研发与布局，看好拥有精磨设备的厂商。**滚柱丝杠作为线性执行器最重要的零部件，壁垒高、价值量大，随着人形机器人产业兴起，国内厂商加速布局。主要有三类厂商，一是滚珠丝杠厂商延伸，二是购买精磨设备的新厂商，三是代工组装方式。滚珠丝杠厂商如秦川机床、鼎智科技、新剑传动，有一定的技术同源性，但技术待提升空间也较大；已购精磨设备新厂商，如贝斯特、恒立液压，其优势在于拥有进口的高精度精磨设备，但由于新进入，经验积累有限，因此进度相对较慢；第三，代加工方式，执行器厂商如三花，通过培养多个厂商，每个厂商分别生产两个零部件，由三花进行组装，同时其也购买精磨设备，同步开发，并且滚柱零部件商如北特等，也将精磨环节代工。我们更看好拥有精磨设备的厂商，未来突破可期。

图：特斯拉潜在国内滚柱丝杠供应商



图：国内主要的滚柱丝杠参与者及特点

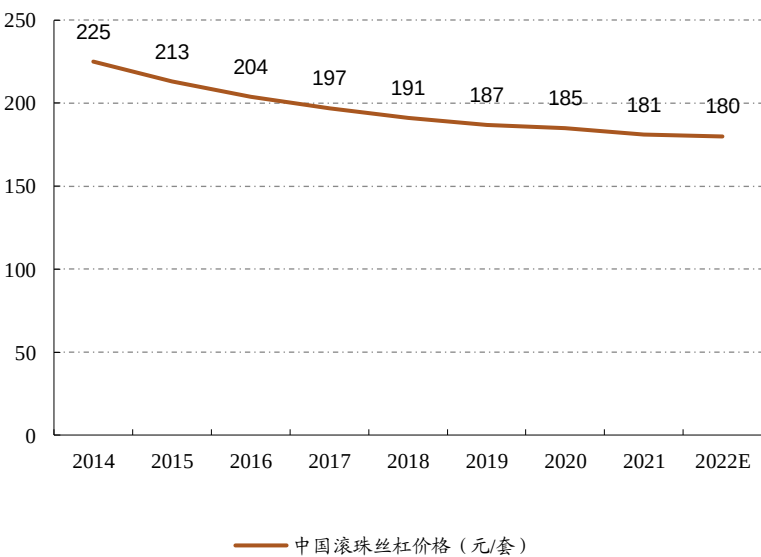
公司		介绍
有滚珠丝杠技术积累厂商	新剑传动	22年3月公司行星滚柱丝杠电动缸产线系列产品批量生产，已建成 350 万套的批量化生产能力，下游为汽车行业、人形机器人、工程机械等，22年形成收入0.2亿。公司目前与国内执行器集成商和终端均有接触。
	秦川机床	1) 子公司汉川机床可生产精度为2-3级别的滚珠丝杠，下游应用领域为汽车、机床。公司现有滚珠丝杠产能达10万件，主要应用于电动车领域计划投资2亿，再扩产28万件。 2) 公司拥有螺纹磨床生产能力，可提供设备。
	鼎智科技	公司布局小尺寸滚珠丝杠和滚柱丝杠，最小直径为 3mm，该产品精度与寿命等方面要求高，23年底推出；行星滚柱丝杠国内企业较少布局，公司已完成零部件研发并送样客户，成套行星滚柱丝杠在研发阶段。
拥有高精度进口磨床厂商	贝斯特	公司已投资3.5亿进口高精度机床设备，用于生产应用于工业母机的高端滚珠丝杠，23H2设备已陆续到位。同时公司已完成滚柱丝杠产品研发，并送样。
	恒立液压	公司拟投资15亿建设滚珠丝杠，并采用进口的高精度机床设备，24年设备将陆续到位，主要用于生产高端滚珠丝杠。
锁定潜在大客户	北特科技	公司主业为汽车零部件，已完成行星滚柱丝杠配件研发及送样。由于公司缺乏进口高精度磨床，故预计部分环节需代加工完成。
	五洲新春	公司主要配合滚柱丝杠厂商做前道粗加工。
	斯菱股份	公司主业为汽车零部件，具备精密加工能力，先拓展梯形丝杠并送样，后续也将布局滚柱丝杠。

◆ **生产效率和良率，是滚柱丝杠未来降本的关键所在。**如前文所述，滚柱丝杠对精度和一致性要求极高，因此产品良率低，需高精度设备与工艺积累。其次，高精度设备依赖进口，特别是高精度螺纹磨床，一台价格超1000万，叠加其他设备，整体设备投资1800万。目前生产效率低，平均一天1.5套，按照50%良率，生产成本高于1万/套；而远期技术成熟后，滚柱丝杠设备生产效率有望提升至8套/天，且整体设备投资降低至1000万以内，则成本将下降至800元以内，助力人形机器人降本。

图：滚柱丝杠成本测算

项目	2023年 成本	成熟后 成本
土地厂房 (万)	400	240
精磨设备 (万/台)	1,000	400
其他设备 (万)	800	320
生产效率 (套/天)	1.5	8.0
折旧 (元/套)	4,115	324
能源成本 (元/套)	80	15
人工成本 (元/套)	584	110
其他成本 (元/套)	50	25
原材料 (元/套)	400	167
单个重量kg	2	2
单价 (万/吨)	10	5
良率	50%	90%
合计成本 (元/套)	10,459	711

图：滚珠丝杠产品价格变化



- ◆ **滚柱丝杠空间远期空间超3000亿**：考虑降价影响，2025年单个滚柱丝杠价格预计为1万元；预计2030年人形机器人生产上百万台后，单个滚柱丝杠价格预计降至3000元+，后续将进一步降至1000元。对应2030年110万+人形机器人，市场空间超300亿，2040年2800万台机器人，对应滚珠丝杠市场空间超2200亿。
- ◆ **设备空间600-800亿**：考虑未来设备国产化降本，目前单套设备投资超1500万元，2030年将降至1000万以内，且目前生产效率低，平均一天为2个，未来将提升至8套，对应2030年设备的市场空间约150亿，长期将为600-800亿，其中磨床占比60%。

图：人形机器人对应的滚柱丝杠及相关设备市场空间

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2040E
全球机器人新增需求 (万台)	3	6	15	30	60	116	2,812
-单价 (万/台)	35	35	35	35	35	25	11
市场空间 (亿元)	89	215	516	1,038	2,114	2,903	30,459
行星滚柱丝杠需求量 (万套)	20	49	118	237	483	929	22,494
-单价 (元/套)	10,000	9,000	8,550	6,840	5,130	3,335	1,000
市场空间 (亿元)	20	44	101	162	248	310	2,249
梯形丝杠需求量 (万套)	15	37	88	178	362	697	16,870
-单价 (元/套)	1,000	950	903	857	772	617	201
市场空间 (亿元)	2	3	8	15	28	43	339
新增滚柱丝杠需求量 (万套)	18	29	69	119	246	446	4,949
单套设备生产效率 (个/天)	2	2	2	3	4	6	10
单套设备投资额 (万)	1,600	1,440	1,296	1,037	829	705	478
新增设备需求金额 (亿)	39	52	101	127	140	157	648
-磨床	24	31	61	76	84	94	389
-车铣及其他	16	21	40	51	56	63	259

相关标的弹性：贝斯特、北特科技相对弹性大

- ◆ **滚柱丝杠：贝斯特、北特科技相对弹性大。** 特斯拉供应链确定性相对更高，执行器送样的三花及拓普均在培养国内滚柱丝杠供应商，为未来降本准备。关注三花链包括北特科技、贝斯特、五洲新春、斯菱股份，其中贝斯特拥有进口精磨设备，看好未来放量弹性。
- ◆ **设备：设备先行，但国产化设备精度提升仍需时间。** 两条主线，一是高精度螺纹磨床国产替代，关注受益标的华辰装备、日发精机，二是以车代磨，用车床替代粗磨环节，提高生产效率，关注受益标的浙海德曼。

图：滚柱丝杠相关标的弹性测算（截至24年2月26日）

部件	标的	是否T链	市值(亿)	22年收入(亿)	22年归母净利润(亿)	2030年机器人份额	2030年机器人收入(亿)	归母净利润率	2030年机器人归母净利润(亿)	2030年机器人利润弹性
滚柱丝杠	三花智控（执行器）	是	931	213.5	25.7	40%	450	10%	45	175%
	贝斯特	车是	93	11.0	2.3	15%	46	20%	9	406%
	恒立液压	否	710	82.0	23.4	20%	62	20%	12	53%
	北特科技	否	46	17.1	0.5	5%	15	15%	2	506%
	斯菱股份	否	37	7.5	1.2	5%	15	15%	2	190%
	五洲新春	否	61	32.0	1.5	5%	15	10%	2	105%
	新剑传动(未上市)	是	0	1.8	0.2	5%	15	20%	3	1775%
	秦川机床	否	85	41.0	2.8	5%	15	20%	3	113%
	江苏雷利(鼎智科技)	否	81	29.0	2.6	5%	15	20%	3	120%
丝杠设备	浙海德曼（车床）	否	40	6.3	0.6	10%	16	15%	2	393%
	华辰装备（磨床）	否	62	3.4	0.5	10%	16	20%	3	663%
	日发精机（磨床）	否	38	21.4	-15.3	10%	16	20%	3	-

投资建议：布局丝杠制造商及设备生产商

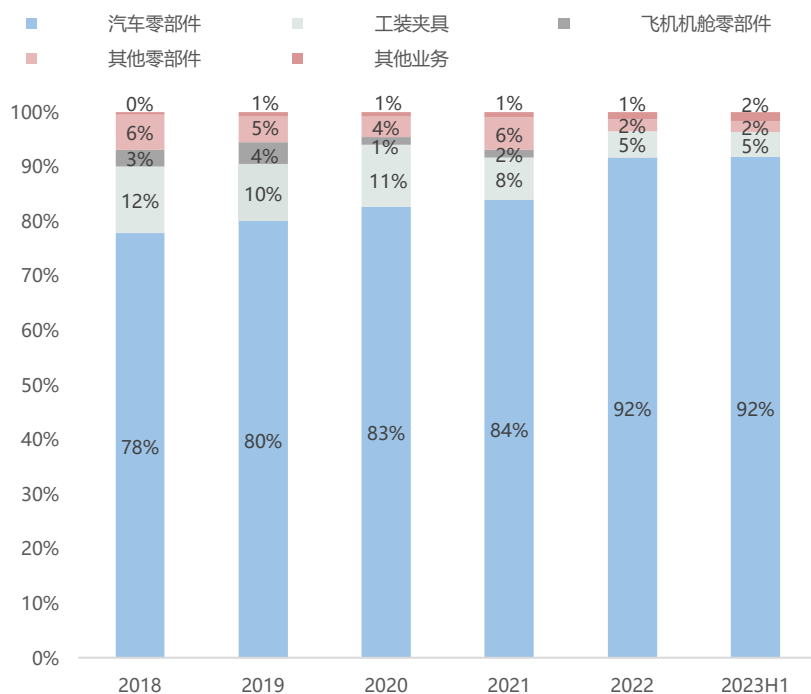
- ◆ **国内华为系、新势力24年目标高增，对冲大客户增速放缓，整体汽零目标30-40%增长。**预计23年公司汽零收入105-110亿，增长约45%；24年目标145亿，同比增30-40%，其中大客户指引220万辆，增近20%，但国内华为系、小米、头部新势力增长势头强劲，且美系客户开始发力潜力大。价格方面，依然维持正常年降，无额外降价，因此盈利稳定。
- ◆ **机器人如期推进，关注3月大客户供应商走访及Q2末B样结束后的定点。**公司是大客户人形机器人执行器最全面的合作方，28个执行器均配合开发，23年底密集交付大量样品，按进度Q2末B样结束，将确定供应商定点，年底开始正式量产。凭借公司强大的研发能力、多年服务大客户的经验、以及量产降本能力（核心零部件公司将培养外部供应商和自研自产双线并进），我们看好公司定点与放量。
- ◆ **投资建议：**23-25年公司传统制冷业务年复合10%稳定增长，汽零持续高增，机器人未来可期，我们预计公司23-25年归母净利润30.8/40.8/51亿，同比增20%/32%/25%，维持“买入”评级。风险提示：需求不及预期，降价超预期

图：公司盈利与估值

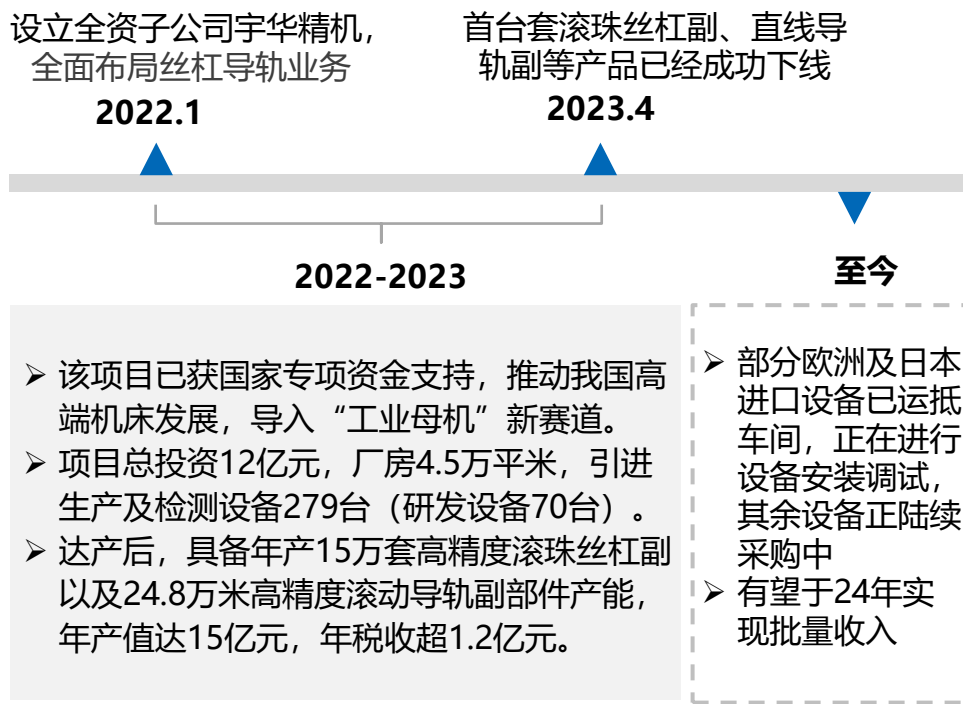
盈利预测与估值	2022A	2023E	2024E	2025E
营业总收入(百万元)	21,348	26,269	32,684	39,397
同比(%)	33.25	23.05	24.42	20.54
归属母公司净利润(百万元)	2,573	3,084	4,082	5,120
同比(%)	52.81	19.85	32.36	25.43
每股收益-最新股本摊薄(元)	0.69	0.83	1.09	1.37
P/E（现价&最新股本摊薄）	36.19	30.20	22.81	18.19

- ◆ **精密零部件制造龙头，积极布局工业母机赛道。**公司传统主业为汽车涡轮增压器零部件，主要包括精密轴承件、叶轮、中间壳等，近年拓展至新能源车零部件领域，后续有望持续受益于混动拉动，22年汽车零部件业务收入占比为92%，非汽车行业和非标设备制造行业收入占比为3%/5%。22年公司营业收入为11.0亿元，归母净利润2.3亿元，同比增长4%/16%，23Q1-3公司营收10.1亿元，归母净利润2.1亿元，受益于混动和天然气重卡拉动。
- ◆ **布局行星滚柱丝杠，人形机器人领域放量可期。**22年1月，公司设立全资子公司宇华精机，全面布局丝杠导轨业务，充分发挥公司在工业自动化集成、机器人等领域的技术和管理优势。公司拥有进口精磨设备，23年首台套滚珠丝杠副、直线导轨副等产品已经成功下线，部分产品已在送样验证过程中，有望于24年实现批量收入。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入

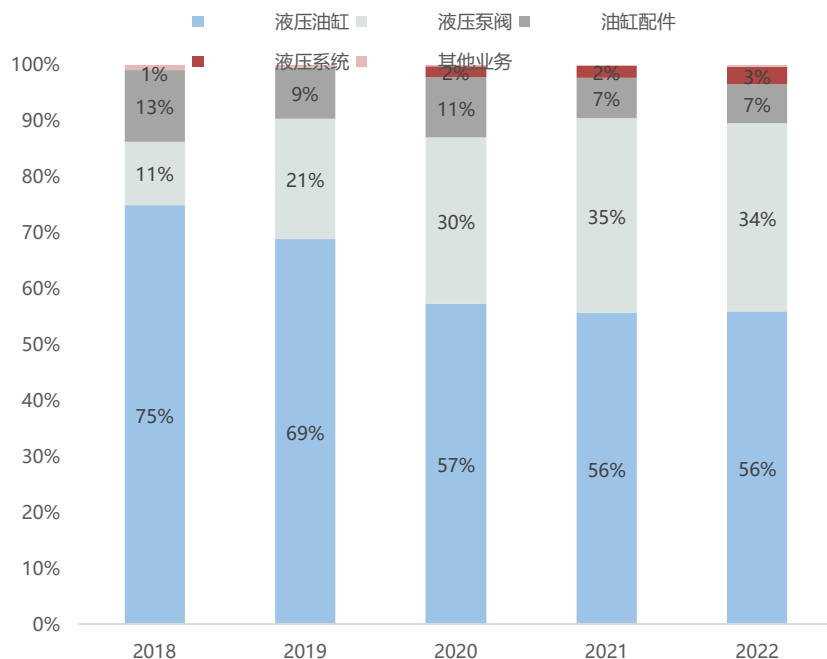


图：公司人形机器人布局进展



- ◆ **国内液压油缸龙头，横向拓展泵阀马达。**公司传统主业为液压油缸，并向液压泵阀、马达、液压系统集成等拓展。公司22年国内挖机专用油缸市占率达66%，位居第一，小型挖机泵阀市占率30%+。公司22年液压油缸占收入比例56%，液压泵阀占比34%，油缸配件和液压系统占比为7%/3%。22年公司营业收入为82亿元，归母净利润23亿元，同减12%/13%，23Q1-3公司营收63亿元，归母净利润18亿元。
- ◆ **定增布局线性驱动器，加速切入机器人赛道。**21年9月，公司定增募资50亿元，其中线性驱动器计划投入约15亿元，包括电动缸和丝杠。项目达产后将形成年产标准滚珠丝杠66万米、精密滚珠丝杠42.2万米、行星滚珠丝杠1万米、直线导轨100万米、标准滚珠丝杠电动缸10.4万根、重载型滚珠丝杠电动缸2.5万根和行星滚柱丝杠电动缸1750根产能，我们预计24年第二季度有望放量。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入



图：公司人形机器人布局进展

公司定增募资50亿元，其中线性驱动器计划投入约15亿元，包括电动缸和丝杠

项目主体已完工，正在进行设备的安装与调试

2021.9

2024.1

2022.8

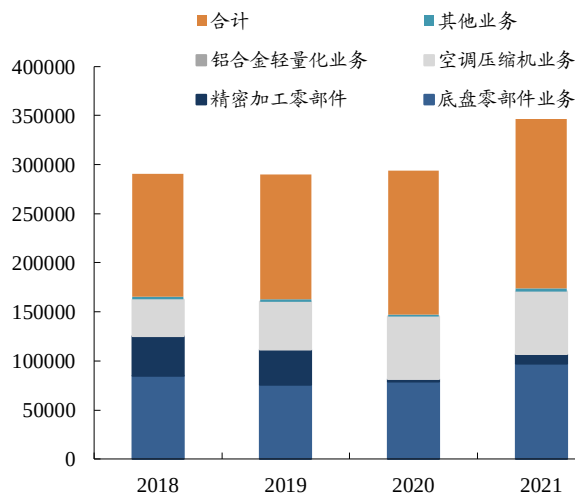
至今

- 成立江苏恒立精密工业有限公司，研发生产电动缸和滚珠丝杠等产品，实现丝杠内制化，形成稳定供应链。
- 厂房总面积118,000m²。

- 项目建成后，将形成年产滚珠丝杠100万米+，直线导轨100万米、滚珠丝杠/杆电动缸13万根+的生产能力。
- 项目将于24年正式投产，达产后预计年新增产值30亿元以上。

- ◆ **底盘零部件行业领先，专注于细分市场。** 公司主要业务包括底盘零部件业务、铝合金轻量化业务和空调压缩机业务。底盘零部件业务在更为细分的转向器齿条、减震器活塞杆行业内，处于绝对领先的市场龙头地位，空调压缩机业务在国内商用车领域也处于细分行业龙头地位。公司2022年营业收入17.06亿元，底盘转向减震零部件、底盘高精密零部件业务、铝合金轻量化业务和空调压缩机业务的营业收入占比分别为62.3%/8.13%/2.64%/25.03%。23Q1-3公司营收13.29亿元，归母净利润0.29亿元。
- ◆ **高精密制造和轻量化技术积累，具备机器人制造显著优势。** 机器人的关节和驱动系统需要极高的加工精度以保证机器人的运动精度和稳定性，公司在转向器类零部件和减震器类零部件的生产积累了足够的相关经验。公司在高精密类零部件制造方面的技术积累，可以促进高性能传感器的开发。公司专注于铝合金轻量化零部件如控制臂的开发，可用于人形机器人的机械臂和框架设计，通过使用轻质材料和优化结构设计，减轻机器人的重量，同时保持结构的强度和稳定性。
- ◆ **风险提示：** 人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入（万元）



图：铝合金机械臂

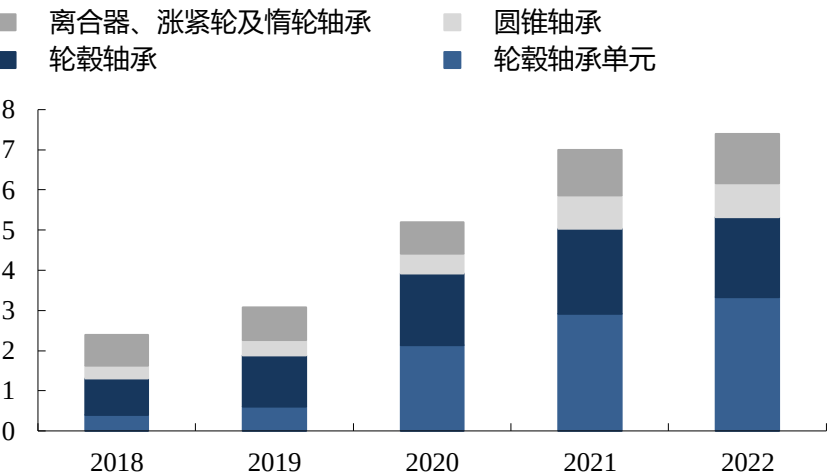


图：轻量化材料性能对比

材料种类	密度 (kg/cm ³)	抗拉强度 (Mpa)	材料成本	工艺难度	减重效果	应用前景
普通钢铁	7.80	552	低	低	无	逐步替代
高强度钢	7.85	1379	低	较低	较好	大量推广
铝合金	2.70	310	较高	较高	好	大量推广
镁合金	1.74	275	较高	较高	好	逐步推广
碳纤维	1.55	2069	高	高	最好	逐步推广

- 汽车后市场轴承龙头，业绩稳健增长。**公司主要产品为轮毂轴承单元、轮毂轴承、离合器、涨紧轮及惰轮轴承、圆锥轴承，产品型号多达5500余种。公司长年深耕海外车后市场，海外渠道优势明显，目前已经覆盖全球主流车系，2022年海外营收占比70%。22年公司归母净利润1.23亿元，18-22年复合增长率约38.54%；初步核算23年实现归母净利润1.49亿元，同比增长21.79pct。
- 人形机器人大势所趋，轴承制造企业迎来新机遇。**人形机器人的关键零部件行星滚柱丝杠、谐波减速器在材料、工艺、精度方面均与轴承制造高度重合。公司稳扎稳打轴承制造领域二十年，热处理、磨加工等技术基础深厚，目前正在积极研发行星滚珠丝杠及谐波减速器，我们预计后续将凭借丰富的原材料供应商资源和客户资源，适时切入机器人赛道有望发挥生产协同效应，带来新的利润增长点。
- 风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入（亿元）

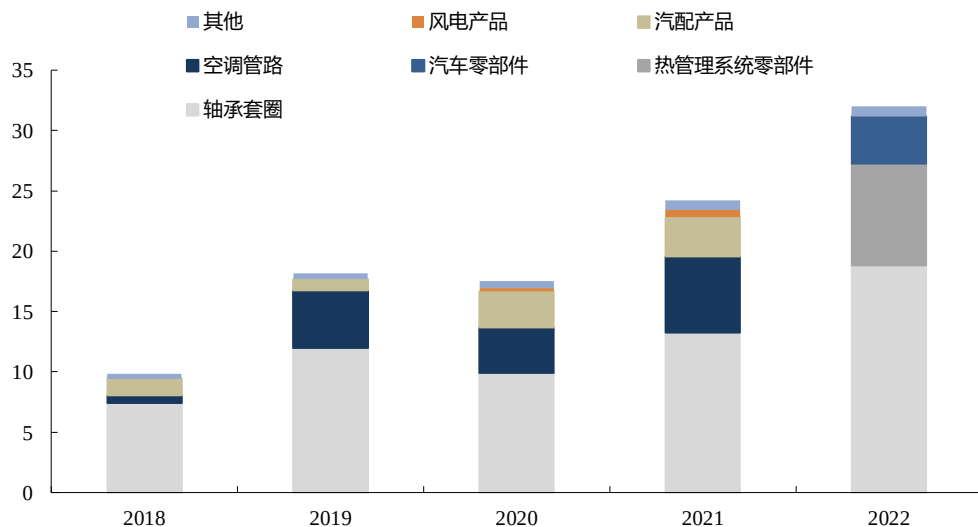


图：汽车轴承与机器人零部件制造对比

项目	行星滚柱丝杠	谐波减速器	汽车轴承
组成部件	丝杠、滚柱、螺母、保持架	刚轮、柔轮、波发生器	外圈、内圈、滚动件、保持架、密封件等
原材料	合金结构钢、高碳铬轴承钢	高纯净度合金钢等	高碳铬钢、铬镍合金钢和锰铬合金钢等
加工工艺	均涉及锻造、热处理、磨加工、装配等多道工艺		
精度参数	螺距精度、导程误差、轴向间隙等	齿轮传动误差、回程偏差、扭矩波动等	圆度、表面光洁度、内外径公差等

- ◆ **民营轴承领军企业，磨前工艺优势显著。**公司为国内轴承磨前产品龙头，业务以轴承套圈和轴承产品为基础，依托轴承核心关联技术逐步向风电滚子、汽车配件及空调管件等产品拓展，22年公司轴承/热管理/汽配业务分别实现营收18.85/8.38/3.93亿元，轴承占总收入的59%。公司轴承生产制造能力全线打通，产品优势突出，磨前技术一体化布局，在套圈毛坯成型、套圈车加工、热处理三步磨前技术具有先进工艺及设备优势。
- ◆ **特斯拉上游配套供应商，加工工艺优势有望参与机器人产业链核心环节。**公司与下游 SKF、FAG 等跨国轴承龙头长期合作，配套北美特斯拉驱动电机轴承套圈，实力已获得大客户认可。公司在热处理、机加工等方面优势显著，布局丝杠螺母轴承组件，参与T1客户丝杠产品的热处理、粗加工等前道工序，并完成对谐波减速器厂家的送样，未来有望参与人形机器人产业链的核心环节，打开公司远期成长空间。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入（亿元）

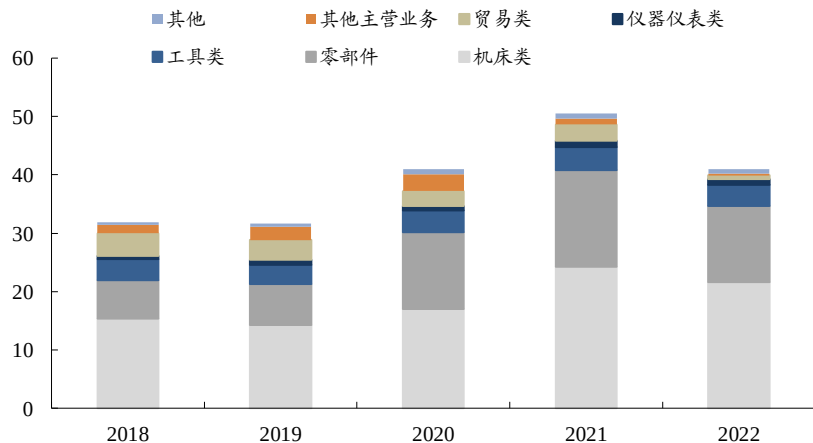


图：机器人谐波减速机轴承



- ◆ **老牌机床国企，业务布局全面+零部件高度自主可控。** 公司是国内老牌的机床国企，在齿轮加工机床、加工中心、螺纹磨床、复杂刀具等领域处于国内第一梯队。公司主营业务主要为机床、高端制造、核心零部件、智能制造及核心数控技术，22年机床/零部件/工具/仪器仪表/贸易分别实现营收21.67/12.98/3.62/0.97/0.7亿元，其中机床占总收入的53%。法士特入主后启动经营改革，2020年实现扭亏，经营质量有效提升。
- ◆ **RV减速机国产龙头，丝杠导轨业务积淀深厚。** 1) **RV减速机**：20世纪末公司研发出国内第一台RV减速机，并打通了单机加工、测量、整机装配的技术瓶颈。根据22年报，公司机器人关节减速器已有5大系列、23种规格、130种速比，核心零部件均为自制，整机技术已达国际先进水平。2) **丝杠导轨**：子公司汉江机床专门负责丝杠导轨业务，滚动部件处于国内第一梯队。公司凭借领先的螺纹磨削技术，丝杠导轨产品精度可达P2-P3，产品可用于航空航天、半导体设备等领域。我们认为随着人形机器人产品的大规模推广，丝杠导轨、RV减速器等核心零部件国产化替代是趋势，公司零部件业务有望成为第二增长曲线。
- ◆ **风险提示**：人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入（亿元）

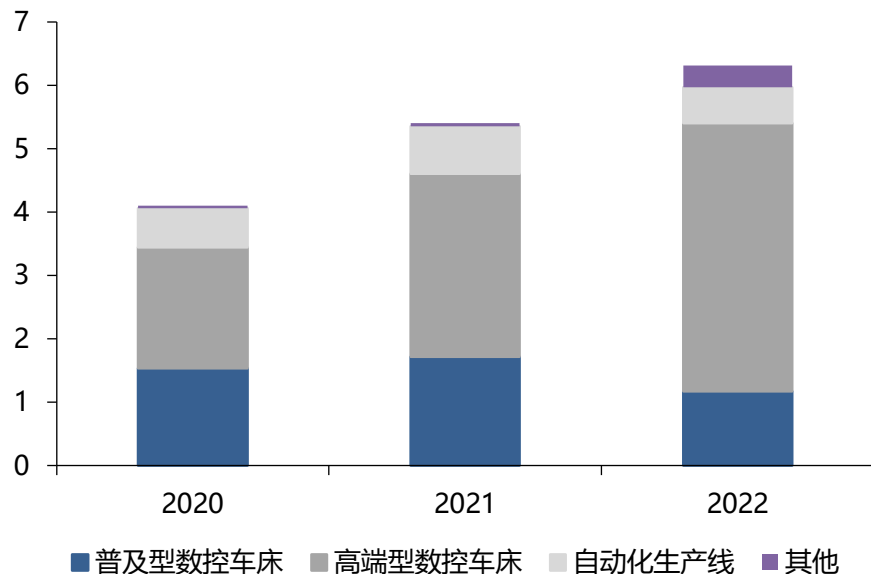


图：公司生产的机器人RV减速机

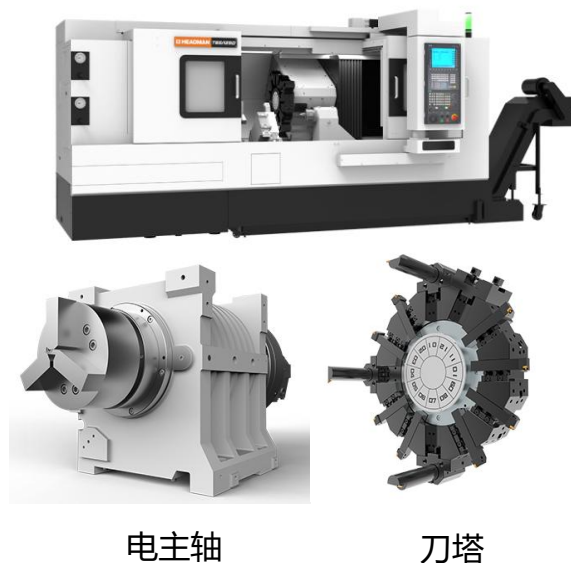


- ◆ **致力于高端精密数控车床的标准引领、核心制造和技术突破，产品定位“对标德日、替代进口”。**现有高端数控车床、自动化生产线和普及型数控车床三大品类、二十余种产品型号（均为数字化控制产品），应用于汽车制造、工程机械、通用设备等行业领域。22年公司营收6.3亿元，归母净利润0.6亿元；23年营收达到6.66亿元，同增5.57%，归母净利润3000万元，同降49.73%。其中22年高端数控车床、普及型数控车床与自动化生产线营收占比分别为67%/19%/9%。
- ◆ **公司已经掌握了高精度主轴技术，具备较强的以车代磨效果。**公司突破了高精密精度技术，成功开发了T65系列、T55系列高精密级数控车床，目前已经掌握了主轴端部跳动小于1微米的高精密数控车床主轴技术。公司的高精度高刚性的高精密级数控车床具备较强的以车代磨效果，贝斯特、五洲新春、双环传动等都与海德曼建立了多年的合作关系。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入（亿元）

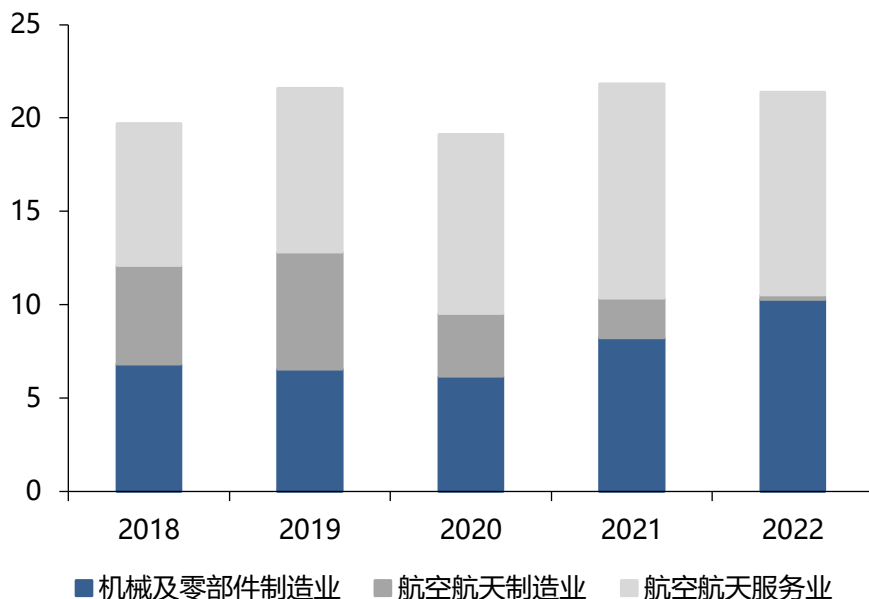


图：高精密级数控车床



- ◆ **公司主要产品是高端数控机床，对于高端轴承加工设备有多年技术沉淀。**定位于高端数控机床，拥有核心零部件自主开发能力，以及轻量化设计和模块化设计能力，用定制化设计、规模化生产、全方位服务逐步实现进口替代并占有优势的行业地位。22年营业收入为21.39亿，归母净利润亏损15.30亿；公司预告23年归母净利润亏损5.2-7.7亿，较上年同期减少亏损50%-66%。
- ◆ **公司已研发出了新产品数控螺纹磨床，用于丝杆和螺母，获得客户认可。**数控螺纹磨床用于新能源汽车与人形机器人领域，目前产品与人形机器人上的丝杠与螺母的试磨情况良好，高效且精度符合客户要求。公司在市场开拓上取得了一定的进展，目前与一些客户在做技术方面的交流。用于丝杠螺母的端面外圆磨床已向某客户交付，并与另一客户签订了螺纹磨床合同，订单额均较小，目前占公司整体营业收入比例极小。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：公司分产品收入（亿元）

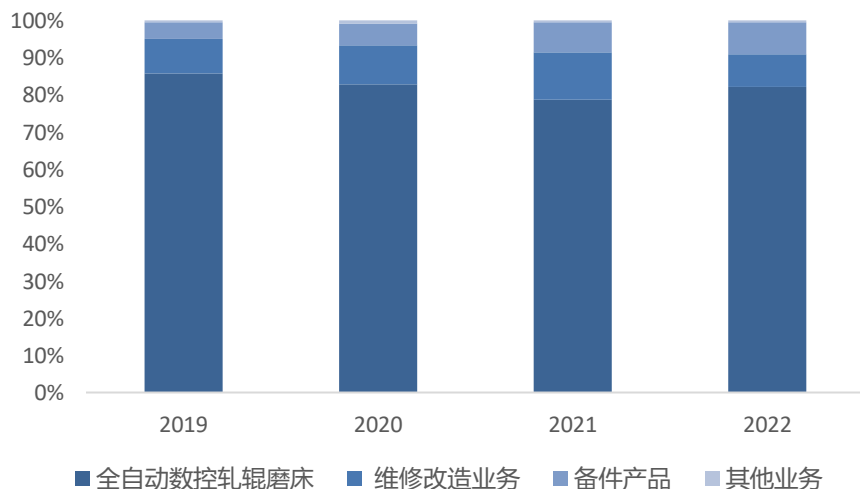


图：数控螺纹磨床



- ◆ **公司为国产压辊磨床领军企业，业绩有望持续改善。**公司主要产品为全自动数控轧辊磨床、内外圆复合磨床（亚 μ 磨削系列产品）、维修改造服务和备件，其中全自动数控压辊磨床收入占比8成左右，热轧领域和冷轧不锈钢领域可部分替代进口高端产品，已覆盖宝武集团、鞍钢集团、首钢股份、Tata集团等国内外知名钢铁集团客户。22年公司业绩受国内外局势及供应链不畅等多重因素影响，营业收入为3.6亿，归母净利润0.47亿；公司预告23年归母净利1-1.3亿，较上年同期增加111-175%。
- ◆ **合作贝斯特，丝杠导轨业务进一步打开成长空间。**行星滚珠丝杠为其线性执行器核心部件，当前高精度的丝杠及直线导轨生产用磨床仍以海外品牌供应为主。23年10月，华辰装备合作贝斯特引领丝杠设备国产化，计划1年内向其提供对标全球龙头领先水平的精密数控直线导轨磨床产品，届时为全球磨削长度最长、技术难度及磨削效率最高的产品。产能端，我们预计23年底全自动数控轧辊磨床产能扩至20台/年，24年6月高精度数控万能外圆磨床60台/年、数控连续轨迹坐标磨床20台/年。我们预计公司将顺应人形机器人产业化趋势，未来业绩有望受益人形机器人磨床拓展获得增量。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：各业务营业收入占比

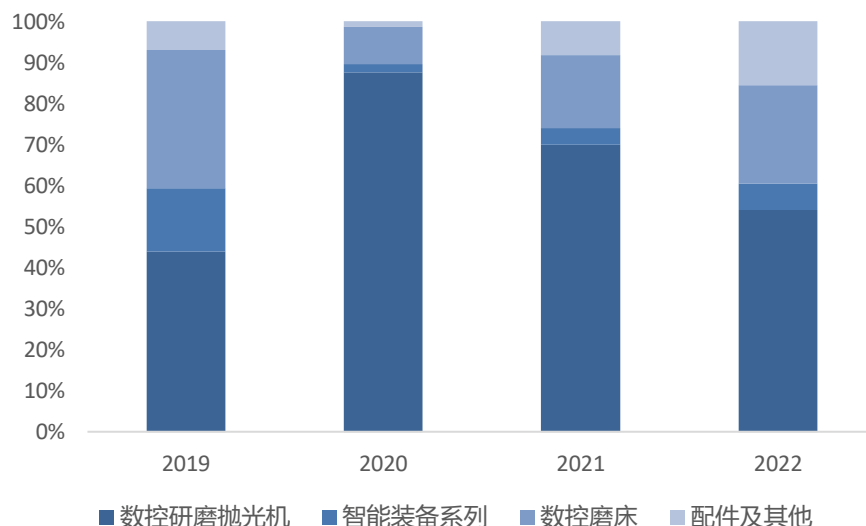


图：亚 μ 外圆磨床



- ◆ **国内数控磨床隐形冠军，产品技术壁垒高企。**公司深耕行业近二十年，主要产品为数控磨床、数控研磨抛光机和智能装备，广泛应用于消费电子、汽车工业、能源电力、新材料、粉末冶金等行业领域，消费电子领域已获捷普集团、富士康等苹果产业链公司的大额订单。公司技术壁垒高企，核心零部件自研，22年获国家级专精特新“小巨人”企业。22年归母净利润0.55亿元，19-22年复合增长率约140%，22年数控磨床和数控研磨抛光机合计营收占比78%，消费电子、汽车领域收入约2.77亿元/0.48亿元，占比77.27%/13.37%；23Q1-3公司营收3.00亿元，归母净利润0.38亿元。
- ◆ **看好高端精密磨床国产替代，业绩有望受益人形机器人产业化趋势。**公司于2014年成立湖南宇环智能入局机器人及智能装备产业，研发制造应用于滚珠丝杠和轴承提升精度的高端精密平面磨床，并开发高精度数控立式磨床，24年2月已实现首批产品出货。同时，公司自研导轨磨床，采用龙门式布局，加工精度可达IT3级，已实现小批量销售。此外，公司半导体磨床已实现进口替代，用于晶圆减薄、碳化硅衬底抛磨等工序，23年底已推出样机。预计公司有望受益人形机器人产业化趋势，看好公司高端精密磨床国产替代。
- ◆ **风险提示：**人形机器人进展不及预期。

图：各业务营业收入占比



图：高精度立式双端面磨床



- ◆ **投资建议：** 1) 滚柱丝杠制造商：首推执行器集成商**三花智控、拓普集团**，其次推荐三花链潜在丝杠供应商，建议关注贝斯特、北特科技，二者弹性较大，同时建议关注**五洲新春、斯菱股份**。2) **设备：**设备先行，但国产化设备精度提升仍需时间，两条主线，一是高精度螺纹磨床国产替代，关注受益标的**华辰装备、日发精机**，二是以车代磨，用车床替代粗磨环节，提高生产效率，关注受益标的**浙海德曼**。

表 相关公司估值表（截至2024年2月26日股价）

证券代码	名称	总市值	股价	归母净利润（亿元）			PE			评级	来源
		（亿元）		2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E		
002050.SZ	三花智控	939	25.2	30.8	40.8	51.2	30	23	18	买入	东吴
300580.SZ	贝斯特	96	28.2	2.8	3.6	4.6	34	26	21	买入	东吴
000837.SZ	秦川机床	94	9.3	1.7	3.1	4.2	55	30	22	增持	东吴
601100.SH	恒立液压	764	57.0	23.9	27.3	39.3	32	28	19	买入	东吴
300809.SZ	华辰装备	68	27.0	1.3	1.6	2.0	54	43	35	增持	东吴
603009.SH	北特科技	48	13.4	0.5	0.9	1.1	92	56	43	未评级	Wind
301550.SZ	斯菱股份	38	34.2	1.5	1.8	2.4	25	21	16	未评级	Wind
603667.SH	五洲新春	62	16.8	1.8	2.5	3.4	35	24	18	未评级	Wind
300660.SZ	江苏雷利	83	26.1	3.5	4.5	5.5	24	18	15	未评级	Wind
688577.SH	浙海德曼	41	76.0	0.3	0.6	0.8	137	70	50	未评级	Wind
002520.SZ	日发精机	42	5.3	-6.1	0.5	1.0	-	81	42	未评级	Wind

注：未评级公司的盈利预测来自 Wind 一致预期

- ◆ **人形机器人进展不及预期**，目前市场预期24年底开始小批量，2030年规模将超100万台，特斯拉引领全球，国内初创企业跟进。
- ◆ **滚柱丝杠国产化不及预期**。滚柱丝杠壁垒高，目前国内厂商均为研发送样阶段，尚不具备大规模批量生产能力。后续高精度设备、工艺依然为瓶颈。
- ◆ **未来竞争加剧，价格不及预期**。短期滚柱丝杠壁垒高，价格高企，未来若国产化突破，新进入企业众多，或将带动价格大幅下滑，造成盈利下降。

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园