

标配 (维持)

高技术壁垒核心部件，有望迎来百亿级别市场空间

机器人系列报告（四）之丝杠

投资要点：

2024年12月30日

分析师：谢少威
SAC 执业证书编号：
S0340523010003
电话：0769-23320059
邮箱：
xieshaowei@dgzq.com.cn

■ **滚动丝杠优势明显，技术壁垒仍待突破。**丝杠是一种机械传动元件，主要用于将旋转运动转换为直线运动。丝杠按摩擦特性可分为滑动丝杠、滚动丝杠及静压丝杠。其中滚动丝杠相较于滑动丝杠优势相对明显。滚珠丝杠传动效率一般能达到90%-96%，约为滑动丝杠的2-4倍。行星滚柱丝杠在承载能力及寿命、在导程和空间、速度等方面均优于滚珠丝杠。精度为丝杠性能的关键指标之一，精度高低决定丝杠的使用场景。低精度丝杠应用领域包括智能家居、电动工具等消费类领域，高精度丝杠应用场景多为高精度工业加工、高端产品生产等。目前来看，生产高精度丝杠的三大技术壁垒为原材料、工艺流程、生产设备。

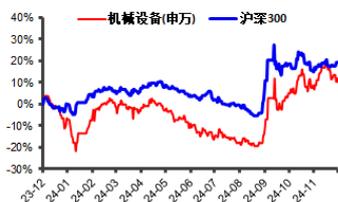
■ **滚珠丝杠：下游推动空间提升，国产替代进程可期。**国内数控机床、机器人生产线、航天航空与军工领域对滚珠丝杠需求较大，随着下游领域持续拓展，有望推动滚珠丝杠市场空间进一步提升。目前，国内滚珠丝杠需求量高于产量，供需缺口相对明显，2023年国内滚珠丝杠缺口为566万套，同比增长24.40%。受益于国家对高端装备制造支持，推动国内企业生产力和技术水平提升，2023年中国滚珠丝杠行业市场规模约为31.00亿元，同比增长10.71%，2016-2023年复合增长率为9.18%。竞争格局方面，中国大陆厂商在国内滚珠丝杠中低端市场已有突破，高端市场国产化率仍有巨大上升空间。

■ **行星滚柱丝杠：依赖进口，人形机器人将打开市场空间。**由于行星滚柱丝杠的制造厂商相对较少及多方面因素，目前行星滚柱丝杠厂商难以形成协同效应，较难提高产品供给，无法快速提升市场规模。行星滚柱丝杠产能主要集中在欧洲、美国等，国内品牌起步较晚，规模较小，国内市场主要依赖进口。从人形机器人角度来看，特斯拉擎天柱使用的是反向式行星滚柱丝杠，满足高承载、小体积等方面要求。我们通过对人形机器人单机所需行星滚柱丝杠用量、均价等情况考虑，预计2030年特斯拉人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模将为289.91亿美元，2026-2030年复合增长率为83.71%。

■ **投资建议：维持标配评级。**丝杠为核心传动部件，技术壁垒高，国产化率相比其他核心部件低，我们认为随着国内高端机床/高端设备产量提升，将拉动滚珠丝杠需求；未来人形机器人逐渐迈向产业化，以特斯拉擎天柱为代表的人形机器人顺利实现产业化并逐渐放量，行星滚柱丝杠行业空间将迎来巨大提升。建议关注：禾川科技(688320)、秦川机床(000837)、恒立液压(601100)、浙海德曼(688577)。

■ **风险提示：国产替代进程不及预期风险；下游需求不及预期风险；人形机器人发展不及预期风险；核心零部件价格上涨风险；原材料价格上涨风险。**

机械设备（申万）指数走势



资料来源：iFind，东莞证券研究所

相关报告

本报告的风险等级为中高风险。

本报告的信息均来自已公开信息，关于信息的准确性与完整性，建议投资者谨慎判断，据此入市，风险自担。

请务必阅读末页声明。

目录

1. 滚动丝杠优势明显，技术壁垒仍待突破	3
1.1 丝杠发展历程	3
1.2 丝杠分类与区别	3
1.3 丝杠生产技术壁垒	7
2. 滚珠丝杠：下游推动空间提升，国产替代进程可期	7
3. 行星滚柱丝杠：依赖进口，人形机器人将打开市场空间	10
4. 投资建议	14
5. 风险提示	14

插图目录

图 1：丝杠分类	4
图 2：滑动丝杠	4
图 3：静压丝杠	4
图 4：滚珠丝杠和行星滚柱丝杠	4
图 5：滚珠丝杠内循环示意图	5
图 6：滚珠丝杠外循环示意图	5
图 7：滚珠丝杠产业链	9
图 8：2022 年中国滚珠丝杠下游需求情况（%）	9
图 9：2017-2024 年 1-11 月机床累计产量（台，%）	9
图 10：2023 年中国滚珠丝杠产需情况（万套）	10
图 11：2014-2022 年中国滚珠丝杠价格走势（元/套）	10
图 12：2016-2023 年全球滚珠丝杠市场规模及增速（亿美元，%）	10
图 13：2016-2023 年中国滚珠丝杠市场规模及增速（亿元，%）	10
图 14：行星滚柱丝杠产业链	12
图 15：2022 年国内行星滚柱丝杠市场竞争格局	12

表格目录

表 1：行星滚柱丝杠分类	5
表 2：不同类型丝杠对比	6
表 3：滚珠丝杠相关政策	8
表 4：行星滚柱丝杠相关政策	11
表 5：行星滚柱丝杠市场规模预测	13
表 6：特斯拉人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模预测	13
表 7：推荐个股盈利预测及评级	14

1. 滚动丝杠优势明显，技术壁垒仍待突破

1.1 丝杠发展历程

从发展史来看，在一百多年前，海内外均有记载滚珠丝杠传动的相关原理和专利，受限于制造工艺技术和生产力水平，当时并未制造出真正使用的滚珠丝杠。

滚珠丝杠发展共经历四个阶段，萌芽期（1874-1950）：1874年滚珠丝杠在美国获得专利，滚珠丝杠首次用于汽车的转向机构上；1940年美国开始大批生产用于汽车转向机构的滚珠丝杠，1943年滚珠丝杠开始在飞机上应用。精密螺纹磨床的出现使滚珠丝杠在精度和性能上得到较大提升。随着数控机床和各种自动化设备的技术进步，促进滚珠丝杠的研究和生产。

启动期（1950-1982）：自50年代起，滚珠丝杠厂商在工业发达国家迅速崛起，如美国 WARNER-BEAVER、GM-SAGINAW、英国 ROTAX、日本 NSK、TSUBAKI 等。50年代末，我国开始研制用于程控机床、数控机床的滚珠丝杠；1964年开始，以北京机床研究所、南京工艺设备制造厂和南京理工大学为主导，以日本的产品技术为范例，中国开始制定行业标准，逐渐形成具有中国特色的产品工艺格局。

发展期（1982-1998）：1982年随着行业标准 JB3162-1982《滚珠丝杠副》颁布，预示着中国滚珠丝杠的发展向前迈进一步。1991年在原有的行业标准基础上，行业内骨干企业、机床厂家和科研院所合作完成更为详细的部颁标准 JB3162-1991《滚珠丝杠副》。在“八五”、“九五”期间，多个中国企业先后从发达国家引进关键的加工和检测设备；1998年，业内制定相应滚珠丝杠副国家标准 GB/T17587-1998《滚珠丝杠副》。中国大力扶持螺纹磨床制造业发展，持续完善检测设备，积极推动与发达国家进行技术合作，滚珠丝杠产品在精度和性能方面取得大幅提升，生产逐步达到国际标准。

平台期（1998-至今）：20世纪90年代，随着中国数控机床系统的发展，对丝杠制造、性能方面均有更高的要求。随着中国进入 WTO，海外先进、技术领先的厂商纷纷涌入中国，叠加国家发展需要，作为关键传动系统构件的滚珠丝杠技术需进一步提升。随着2020年中国运载火箭技术研究院提出的一种行星滚柱丝杠及其载荷均布方法获国家发明专利，中国滚珠丝杠行业迎来发展机遇与挑战。

以前，国内企业技术相对落后，同时需面对海外企业进入中国市场竞争，处于内忧外患阶段。目前来看，随着国内企业崛起、技术和制造工艺不断精进，国内企业也逐渐走向国际市场，叠加下游市场需求不断扩展，中国丝杠产品国产化率有所突破。

1.2 丝杠分类与区别

丝杠是一种机械传动元件，主要用于将旋转运动转换为直线运动。结构上丝杠通常由螺杆（或称丝杠轴）和螺母两部分组成。其传动原理为螺杆旋转时，螺母沿螺杆的轴线移动，实现直线运动。这种转换是通过螺纹副的配合实现的，螺纹副能够将旋转运动转化为直线运动，实现机械装置的传动功能。

丝杠按摩擦特性可分为滑动丝杠、滚动丝杠及静压丝杠。

图 1：丝杠分类



数据来源：头豹研究院，东莞证券研究所

滑动丝杠：结构简单，制造方便，牙型多为梯形。滑动丝杠具有成本低、承载力大、结构简单，同时能结合具体要求进行结构调整，被广泛用于普通机床的进给传动、分度机构和一般机械的丝杠传动。而缺点也较为明显，滑动丝杠传动效率较低、定位精度和轴向刚度较差，摩擦力较大使其发热量大（长时间用时需冷却），对应的较大磨损导致使用寿命缩短。

静压丝杠分为液体静压丝杠与气体静压丝杠两种类别。（1）液体静压丝杠具有良好的减震性与定位精度等优势，缺点主要是装置大得多、容易造成环境污染、供应商少和价格较高。（2）气体静压丝杠装置简单，且对环境友好，但与液体静压丝杠相对比，其刚度和承载能力相对较弱。

图 2：滑动丝杠



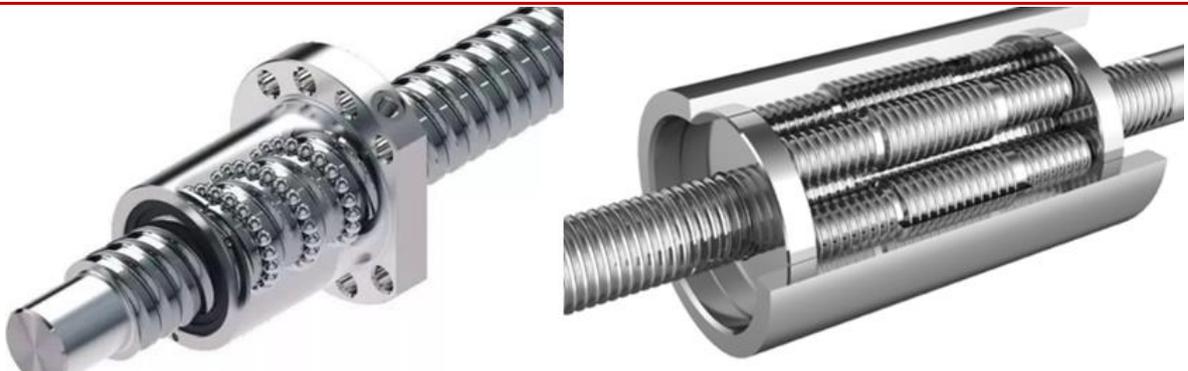
数据来源：知乎@云子奕 INT，东莞证券研究所

图 3：静压丝杠



数据来源：CSDN，东莞证券研究所

图 4：滚珠丝杠和行星滚柱丝杠



数据来源：知乎@云子奕 INT，新剑机电官网，东莞证券研究所

滚动丝杠分为滚珠丝杠和滚柱丝杠两种类别。

(1) **滚珠丝杠**一般由螺杆、螺母、钢球（滚珠）、预压片、反向器、防尘器等六个部分组成。由于将滚珠置入螺母与丝杠之间以滚动摩擦取代滑动摩擦，摩擦阻力较小，能解决粘滑现象；滚珠丝杠传动效率一般能达到 90%-96%，约为滑动丝杠的 2-4 倍，改善滑动丝杠定位精度低及损耗高的情况。受益于摩擦系数小、效率高、精度高等优点，滚珠丝杠广泛应用于机床、汽车等行业。

滚珠丝杠载荷传递元件是滚珠，以多个滚珠接触点来支撑负载。**按照滚珠循环方式可对滚珠丝杠分为内循环和外循环两个类型。**1、**内循环**为滚珠在循环过程中始终不脱离丝杠表面的循环方式。2、**外循环**为滚珠循环过程中脱离丝杠螺纹滚道，从而在螺母体内或体外循环。简而言之，内外循环以在循环过程中是否脱离或接触丝杠表面为判断依据。内循环滚珠丝杠尺寸一般来说小于外循环滚珠丝杠，适合于空间比较紧凑的场景；同时其需要反向器固定相对来说比较牢靠、刚性好且不易损坏。而外循环滚珠丝杠适用于需要抗冲能力大、高负载丝杠的使用场景。

图 5：滚珠丝杠内循环示意图

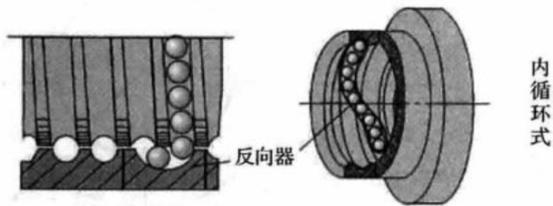
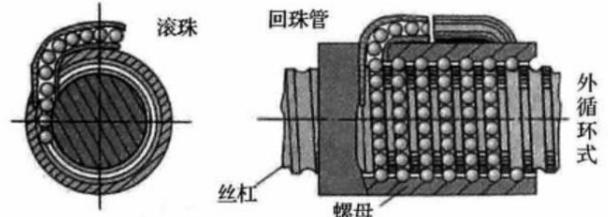


图 6：滚珠丝杠外循环示意图



数据来源：《滚珠丝杠副动力学与设计基础》（冯虎田等），东莞证券研究所

数据来源：《滚珠丝杠副动力学与设计基础》（冯虎田等），东莞证券研究所

(2) **行星滚柱丝杠**是一种低摩擦式精密丝杠式传动装置，将旋转运动转换为直线运动或反之亦然机械装置。在相同体积情况下，行星滚柱丝杠接触面积更大，能将承载力平均分散，从而减小摩擦力并延长使用寿命，同时能承受更高的输入转速从而实现更大的直线速度，可适用于高精度、高速、重型、耐用和重度使用的场景。由于其性能原因，行星滚柱丝杠制造工艺相对复杂，成本相对较高。

根据行星滚柱丝杠结构组成和零件相对运动关系的不同，主要分为 5 种结构形式，分别为标准式、反向式、循环式、轴承环式、差动式。其中，特斯拉擎天柱使用的为反向式行星滚柱丝杠。

表 1：行星滚柱丝杠分类

类型	特点&使用场景
标准式行星滚柱丝杠	是一种高精度大负载的设计，可以提供稳定的驱动扭矩，丝杠多应用于大负载，高速及高加速度应用。滚柱和螺母上的特殊齿轮使丝杠即使在恶劣环境下也能保持良好的运动状态。
反向式行星滚柱丝杠	滚柱不沿丝杠进行轴向运动，其行程运动是在螺母的内螺纹。这一设计通过较小的导程实现更高的额定负载，从而降低驱动扭矩。更紧凑的尺寸使直接导向成为可能。齿轮设计于滚柱和丝杠之间，可以提供更平顺稳定的同步旋转运动。
循环式行星滚柱丝杠	滚柱是导向在一个托架中，其运动方式由一套凸轮来控制，此设计结合极高的定位精度，分辨率和刚度并且同时保证极高的负载力。适用于高精度，中低速运行。

轴环式行星滚柱丝杠 适用于承载能力要求极高的工作场景。增加滚子轴承、端盖、壳体等部件，承载能力大，在高负载的情况下，大大减少磨损率，但其结构复杂，制造成本高。

差动式行星滚柱丝杠 具备差动运动，可以获得比一般行星滚柱丝杠更小的导程，当应用于机电作动器时，在其他条件不变的情况下，可以获得更大的减速比，且因其紧凑的结构可以使机电作动器具有更高的功率体积比和功率质量比，更适应高速重载的工作场合。

资料来源：融中研究，新浪，东莞证券研究所整理

从结构上滚珠丝杠和行星滚柱丝杠类似，性能方面行星滚柱丝杠优势较为明显。在承载能力及寿命方面，滚珠丝杠载荷传递元件是滚珠，而行星滚柱丝杠载荷传递元件是螺纹滚柱，线接触能够在相同条件下提供更高的承载能力。同时行星滚柱丝杠在设计上能提供更高刚度，保持较好的抗冲性能。此外，行星滚柱丝杠的寿命最高可为滚珠丝杠的 15 倍，在相同工况下，行星滚柱丝杠的维护周期更长。在导程和空间方面，行星滚柱丝杠可设计更小的导程，且导程可为整数或小数，能实现更精细化的控制。在相同负载条件下，行星滚柱丝杠的体积更小，有助于减少机械设备的总体尺寸。在速度方面，行星滚柱丝杠可实现更高速旋转，对需要快速响应的场景非常重要。

表 2：不同类型丝杠对比

类型		优点	缺点
滑动丝杠		结构简单、成本低、具备自锁能力	磨损高导致使用寿命较短，且无法达到高精度传动效果
滚动丝杠	滚珠丝杠	传动效率高、线性运动精度高于滑动丝杠；传动可逆，可实现高速进给和微进给；价格比滚柱丝杠低	制造难度大，承载力较低
	行星滚柱丝杠	定位精度、速度、加速度、使用寿命、承载力、传动效率、刚度等方面优于滚珠丝杠	结构复杂，生产难度高；成本及售价高
静压丝杠	液体静压丝杠	摩擦阻力与磨损小，效率高；传动精度高	对油膜要求高；油膜厚度受温度和压力影响大，对工作环境要求较高；需要液压系统提供压力又，增加系统的复杂性和成本

资料来源：融中研究，新浪，东莞证券研究所整理

精度为丝杠性能关键指标之一。根据国际标准化组织（ISO）、德国工业标准（DIN）、日本工业标准（JIS）规定，行星滚柱丝杠和滚珠丝杠的精度等级划分大致相同，主要通过丝杠任意 300mm 长度的导程误差分类。其中，ISO 和 DIN 将精度等级均划分为 6 类（C0、C1、C3、C5、C7、C10），两种标准除 C0 外其他等级划分基本相同。国内滚珠丝杠的精度等级分为 7 类（P1、P2、P3、P4、P5、T7、T10），1-10 精度依次递减，数字越小代表精度越高。

对丝杠的精度要求相对较低的应用领域为智能家居、电动工具等消费类领域，目前主要使用梯形丝杠和中低端滚珠丝杠为主。一般来说，工业机械设备对丝杠精度有一定要求，不同类型设备对精度的要求不同。通用机械或普通数控机床选 C7 或以下，高精度

数控机床选 C5(± 0.018) 以上 C3(± 0.008) 以下, 光学或检测机床选 C3 以上。机器人机械手臂(精密级)精度要求在 C1-C4 级, 机床高精度磨床要求在 C0-C2 级。

1.3 丝杠生产技术壁垒

目前来看, 生产高精度丝杠主要三大壁垒为原材料、工艺流程、生产设备。

原材料: 丝杠在反复运动过程中会受到连续振动、冲击和摩擦, 对于材料的强度、刚性、耐磨性、耐腐蚀性、抗疲劳性、承载力等方面均有一定要求。丝杠的原材料会根据不同工作环境、精度、负载等要求存在一定的区别, 常见材料有渗碳钢、硬化不锈钢、非合金(碳素)结构钢、低合金工具钢、轴承钢等。稀有元素铬/钼的元素配比及加工工艺等因素将影响材料的稳定性、熔点和刚度等性能。根据《国产铬/钼钢滚珠丝杠与国外同类产品的质量分析》, 带状组织会降低钢的力学性能、切削性能、淬透性, 使零件淬火变形倾向增大, 降低强韧性。国产丝杠产品中的带状偏析组织导致丝杠性能不佳, 为国内丝杠产品与国外产品存在一定差距的重要因素之一。

工艺流程: 丝杠轴的加工技术分为冷轧和研磨两种, 冷轧法的退火工艺和研磨法的螺纹切割为加工难点。冷轧法效率高、精度低, 螺纹一次成型, 无需后续的切削加工, 可以批量制造, 成本较低, 通常精度等级在 C9 至 C5。研磨法效率低、精度高, 首先需通过切削加工形成粗螺纹, 随后使用精密研磨工艺提高螺纹的精度, 可实现 C9 至 C0 的精度跨度。相比之下, 研磨法工艺复杂、交货期较长、成本相对较高。此外, 热处理也是工艺流程中核心要素之一, 可以改善丝杠材料性能、切割性能等。落后的设备、热处理工艺参数不同都会导致热处理结果差异, 从而影响行星滚柱丝杠使用寿命。

生产设备: 磨床是丝杠加工的核心技术壁垒, 决定丝杠的加工精度和效率。磨床的精度直接影响丝杠的轴向精度、径向精度以及整体的运动平稳性。目前, 国内高端磨床制造商相对较少, 在精度、稳定性等方面与全球领先企业仍有差距。根据 GGII, 国产磨床能满足 C3-C4 精度的中端丝杠加工, 如需批量加工高端丝杠(C0-C2)会存在出品不稳定情况。

2. 滚珠丝杠: 下游推动空间提升, 国产替代进程可期

近年, 国家及各地方政府不断推行相关政策, 促进高端装备制造业发展, 为滚珠丝杠行业发展提供大力支持。2023 年 6 月, 工信部等五部门印发《制造业可靠性提升实施意见》, 提出要重点提升工业母机用滚珠丝杠、导轨、主轴、转台等机械器件, 农业机械及工业机器人的关键专用基础零部件和高端轴承、精密齿轮、高强度紧固件、高性能密封件等通用基础零部件的可靠性水平。2024 年 3 月, 山西省人民政府办公厅印发《山西省 2024 年经营主体深化年行动方案》, 提出要布局创新链、完善供应链、配置要素链、健全产业链, 发展壮大高端装备制造、电子信息、现代消费品、废弃资源综合利用等战略性新兴产业。

表 3：滚珠丝杠相关政策

时间	部门	政策	内容
2022.01	安徽省人民政府办公厅	《安徽省“十四五”科技创新规划》	支持高性能轴承、型密封件、高端泵阀、先进传动件、高端液压气动件、智能传感器、滚珠丝杠、线性导轨、高精度模具、自动变速箱等核心零部件攻关和产业化。开展先进基础制造工艺与技术的研究和应用。
2022.06	深圳市人民政府	《深圳市莞寓发展壮大战略性新兴产业集群和培育发展未来产业的意见》	聚焦数控机床、锂电池制造装备、半导体制造装备、显示面板制造装备等重点领域，突破主轴、丝杠导轨等关键零部件制造技术，加强装备数字化技术攻关，建设新型显示技术智能装备总部基地、集成电路检测装备研发及生产基地等重点项目，支持宝安、龙华等区建设集聚区，增强工业母机对先进制造业的基础支撑能力。
2023.02	工信部等七部门	《智能检测装备产业发展行动计划（2023-2025年）》	到2025年，智能检测技术基本满足用户领域制造工艺需求，核心零部件、专用软件和整机装备供给能力显著提升，重点领域智能检测装备示范带动和规模应用成效明显，产业生态初步形成，基本满足智能制造发展需求。
2023.04	工信部等三部门	《关于推动铸造和锻压行业高质量发展的指导意见》	到2025年，铸造和锻压行业总体水平进一步提高，保障装备制造业产业链供应链安全稳定的能力明显增强。产业结构更趋合理，产业布局与生产要素更加协同。
2023.06	工信部等五部门	《制造业可靠性提升实施意见》	重点提升工业母机用滚珠丝杠、导轨、主轴、转台等机械器件，农业机械及工业机器人的关键专用基础零部件和高端轴承、精密齿轮、高强度紧固件、高性能密封件等通用基础零部件的可靠性水平。
2024.03	山西省人民政府办公厅	《山西省2024年经营主体深化行动方案》	布局创新链、完善供应链、配置要素链、健全产业链，发展壮大高端装备制造、电子信息、现代消费品、废弃资源综合利用等战略新兴产业。

资料来源：华经产业研究院，智研咨询，东莞证券研究所

滚珠丝杠行业的产业链结构主要为上游的原材料和零部件（钢铁、丝杆、螺母和滚珠等），中游的滚珠丝杠生产制造商，下游的应用领域包括数控机床、注塑机、机械工业等行业。上游的原材料质量直接影响到滚珠丝杠的性能和精度，而下游的应用领域则决定滚珠丝杠的市场需求量和发展方向。

图 7：滚珠丝杠产业链

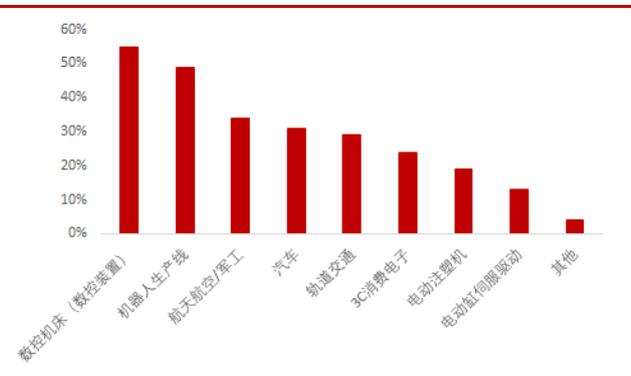


数据来源：华经产业研究院，东莞证券研究所

下游领域拓展推动行业空间提升，机床高端化转型促进行业技术升级。具体来看，国内数控机床、机器人生产线、航天航空与军工领域对滚珠丝杠需求较大，随着下游领域持续拓展，有望推动滚珠丝杠市场空间进一步提升。作为滚珠丝杠需求最大领域，我国机床产量提升不仅扩大滚珠丝杠用量需求，同时随着国内机床技术高端化转型，有望推动行业技术升级，以满足高端机床所需求的高精度、高稳定性和耐用性需求。2024年1-11月中国金属切削机床、金属成形机床累计产量分别为611890台、144000台，分别同比增长1.81%、5.88%。

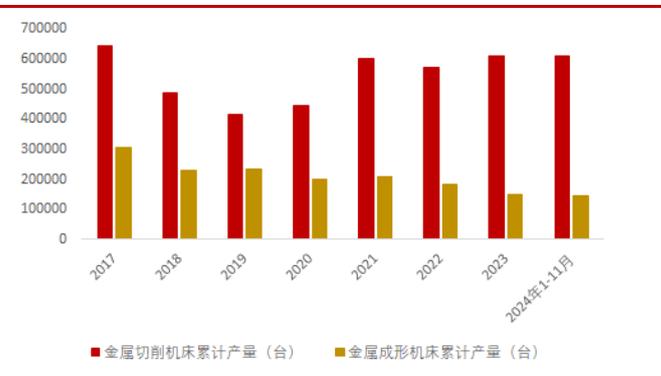
国内滚珠丝杠市场供需缺口明显，价格呈下降趋势。从国内市场供需情况来看，国内滚珠丝杠需求量高于产量，供需缺口相对明显。根据观研天下、华经产业研究院统计，2023年滚珠丝杠产量为1121万套，需求量为1687万套，其缺口为566万套，同比增长24.40%。价格方面，根据观研天下数据，国内滚珠丝杠价格从2014年的225元/套下降至2022年的180元/套，年复合降幅为-2.75%。我们认为随着行业竞争加剧，国内产品走向国际舞台，海外企业进入中低端产品市场，叠加技术更新迭代等多方面因素推动，未来滚珠丝杠价格将呈持续下降态势。

图 8：2022 年中国滚珠丝杠下游需求情况（%）



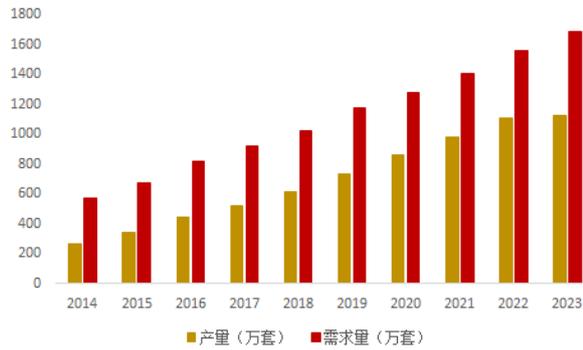
数据来源：智研咨询，东莞证券研究所

图 9：2017-2024 年 1-11 月机床累计产量（台，%）



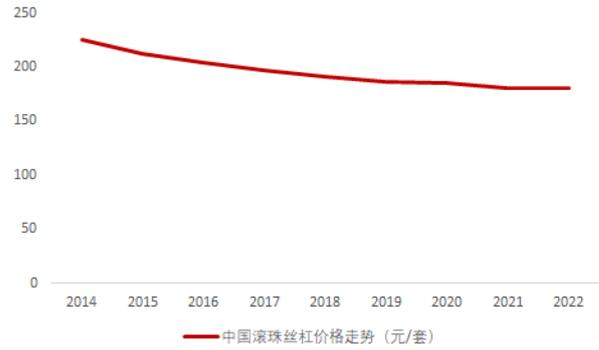
数据来源：iFind，东莞证券研究所

图 10：2023 年中国滚珠丝杠产需情况（万套）



数据来源：观研天下，华经产业研究院，东莞证券研究所

图 11：2014-2022 年中国滚珠丝杠价格走势（元/套）



数据来源：观研天下，东莞证券研究所

受益于国家对高端装备制造支持，国内市场规模快于全球规模。受益于自动化生产需求增加及高端制造业的快速发展，全球滚珠丝杠行业市场规模稳定增长。2023 年全球滚珠丝杠行业市场规模约为 19.60 亿美元，同比增长 5.43%，2016-2023 年复合增长率为 5.98%，预计随着世界各国加大对精密制造和自动化设备的投入，全球滚珠丝杠行业空间将进一步提升。中国政府持续颁布对高端装备制造的支持政策和对智能制造的普及，推动国内企业生产力和技术水平提升，中国滚珠丝杠市场规模增速快于全球市场。2023 年中国滚珠丝杠行业市场规模约为 31.00 亿元，同比增长 10.71%，2016-2023 年复合增长率为 9.18%。

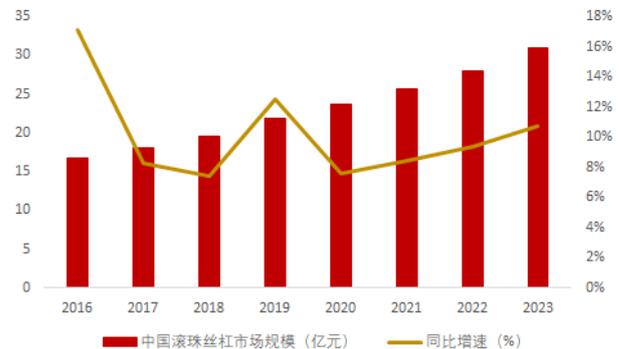
根据华经产业研究院数据，中国大陆厂商在国内滚珠丝杠中低端市场已有突破，高端市场国产化率仍有巨大上升空间。中国大陆厂商在国内中端滚珠丝杠市场份额为 30%、高端产品市场份额 5%。德国力士乐，日本 THK、NSK 等海外企业在我国中端滚珠丝杠市场份额为 30%，高端产品市场份额为 90%。

图 12：2016-2023 年全球滚珠丝杠市场规模及增速（亿美元，%）



数据来源：华经产业研究院，东莞证券研究所

图 13：2016-2023 年中国滚珠丝杠市场规模及增速（亿元，%）



数据来源：华经产业研究院，东莞证券研究所

3. 行星滚柱丝杠：依赖进口，人形机器人将打开市场空间

国家有关部门积极颁布一系列政策推动高端装备制造业发展，助力行星滚柱丝杠行业加快发展。2022 年 3 月，工信部颁布《先进装备制造业高质量发展三年行动计划（2022-2024 年）》，明确先进装备制造业高质量发展的具体目标和重点任务，推动装备制造业

实现升级转型。2023 年 11 月，工信部颁发《人形机器人创新发展指导意见》中提出，到 2025 年，人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，确保核心部组件安全有效供给。

表 4：行星滚柱丝杠相关政策

时间	政策	内容
2020.07	《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	培育先进制造业集群，推动集成电路、航天航空、船舶与海洋工程装备、机器人、先进轨道交通装备、先进电力装备、工程机械、高端数控机床、医药及医疗设备等产业创新发展。
2021.06	《关于加快培育发展制造业优质企业的指导意见》	加大基础零部件、基础电子元器件、基础软件、基础材料、基础工艺、高端仪器设备、集成电路、网络安全等领域关键技术、产品、装备攻关和示范应用。
2021.12	《“十四五”智能制造发展规划》	到 2025 年，供给能力明显增强，智能制造装备和工业软件市场满足率分别超过 70%、和 50%，培育 150 家以上专业水平高、服务能力强的智能制造系统解决方案供应商。
2022.09	《关于深化电子电器行业管理制度改革的意见》	发挥政府投资基金引领作用，鼓励地方投资基金和社会资本投资，着力培育行业优质企业，支持产业链“链主”企业、制造业单项冠军企业和“专精特新”中小企业发展。
2023.02	《智能检测装备产业发展行动计划（2023-2025 年）》	到 2025 年，智能检测技术基本满足用户领域制造工艺需求，核心零部件、专用软件和整机装备供给能力显著提升，重点领域智能检测装备示范带动和规模应用成效明显，产业生态初步形成，基本满足智能制造发展需求
2023.04	《关于推动铸造和锻压行业高质量发展的指导意见》	到 2025 年，铸造和锻压行业总体水平进一步提高，保障装备制造业产业链供应链安全稳定的能力明显增强。产业结构更趋合理，产业布局与生产要素更加协同。
2023.06	《制造业可靠性提升实施意见》	重点提升工业母机用滚珠丝杠、导轨、主轴、转台等机械器件，农业机械及工业机器人的关键专用基础零部件和高端轴承、精密齿轮、高强度紧固件、高性能密封件等通用基础零部件的可靠性水平。
2023.11	《人形机器人创新发展指导意见》	（1）推动实施人形机器人创新工程；（2）聚焦人形机器人专用传感器，突破视、听、力、嗅等高精度传感关键技术；（3）聚焦 3C、汽车等制造业重点领域，在典型制造场景实现深度应用；（4）开发基于人工智能大模型的人形机器人“大脑”；（5）到 2025 年，人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，确保核心部组件安全有效供给。

资料来源：前瞻产业研究院，东莞证券研究所

行星滚柱丝杠产业链构成主要为上游的原材料与零部件，行星滚柱丝杠中丝杠选用的材料多为合金结构钢，螺母和滚柱选用的材料为高碳铬轴承钢；零部件包括丝杠、螺母等关键部件。中游的行星滚柱丝杠制造，下游的应用领域涵盖多个行业，包括机器人、石油天然气、医疗器械、机床设备、汽车等行业。

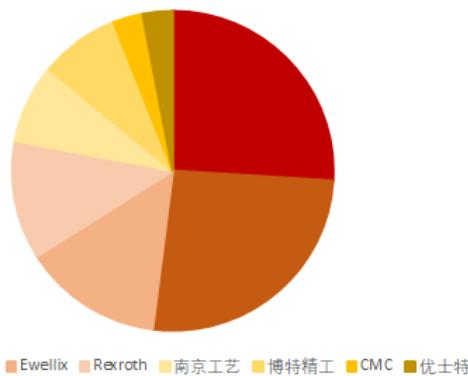
图 14：行星滚柱丝杠产业链



数据来源：前瞻产业研究院，东莞证券研究所

中国行星滚柱丝杠市场规模相对较小，较为依赖进口。与滚珠丝杠产品相比，行星滚柱丝杠的制造厂商相对较少，而国内每个品牌产品的特性与所在细分市场也有所不同。目标市场的分散导致在目前为数不多的行星滚柱丝杠厂商难以形成协同效应，较难提高产品供给，无法快速提升市场规模。根据 Persistence Market Research、DATAINTELO、前瞻产业研究院数据，2022 年中国行星滚柱丝杠市场规模为 4.40 亿元，占全球市场规模的 5.00%。根据 Persistence Market Research、DATAINTELO 预计，2028 年我国行星滚柱丝杠行业市场规模将达 6.70 亿元，2023-2028 年复合增长率为 7.50%。目前，行星滚柱丝杠产能主要集中在欧洲、美国等，国内品牌起步较晚，规模较小，国内市场主要依赖进口。国产品牌以南京工艺和博特精工为代表，主要应用于机床装备。

图 15：2022 年国内行星滚柱丝杠市场竞争格局



数据来源：前瞻产业研究院，观研天下，东莞证券研究所

人形机器人打开行星滚柱丝杠行业市场空间。从人形机器人角度来看，特斯拉擎天

柱使用的是反向式行星滚柱丝杠，满足高承载、小体积等方面要求。相同丝杠直径下，与滚珠丝杠相比，反向式行星滚柱丝杠具有更高的承载、更高的精度；与标准式行星滚柱丝杠相比，反向式行星滚柱丝杠体积更小。根据 Morgan Stanley，预计特斯拉擎天柱二代（按零部件分类）传感器、电机、丝杠、减速器的成本占比分别为 37.00%、20.30%、20.20%、12.60%，共占总成本的 90.00%。根据 GGII 预测，2030 年全球及中国人形机器人市场规模分别为 200 亿美元、50 亿美元。根据上述市场规模结合成本占比计算，预计 2030 年全球和中国人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模分别约为 40.40 亿美元、10.10 亿美元。

目前，特斯拉人形机器人在肘部、手腕、髌部、膝盖、脚踝预计共使用 10-14 个反向式行星滚柱丝杠。根据前瞻产业研究院预测，假设人形机器人（以特斯拉人形机器人为代表）使用 14 个行星滚柱丝杠，考虑规模生产、技术更新迭代等因素，均价逐年下降，预计人形机器人年产量为 5 万台、100 万台、500 万台全球行星滚柱丝杠市场规模分别为 16.25 亿元、171.36 亿元、667.80 亿元。

表 5：行星滚柱丝杠市场规模预测

	人形机器人产量 5 万台 /年	人形机器人产量 100 万台 /年	人形机器人产量 500 万台 /年
单机用量（个）	14	14	14
行星滚柱丝杠均价（元/套）	2322	1224	954
行星滚珠丝杠需求量（万个）	70	1400	7000
全球行星滚柱丝杠市场规模（亿元）	16.25	171.36	667.80

资料来源：前瞻产业研究院，东莞证券研究所

特斯拉人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模测算：我们假设特斯拉人形机器人单机所需行星滚柱杠为 14 个，均价从 2026 年的 6060 美元下降至 2030 年的 1079 美元（每年下降 25%），预计 2030 年特斯拉人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模将为 289.91 亿美元，2026-2030 年复合增长率为 83.71%。

表 6：特斯拉人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模预测

	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2029E	2030E
特斯拉人形机器人出货量（台）	30000	60000	120000	240000	480000	960000	1920000
行星滚柱丝杠用量（个）	14	14	14	14	14	14	14
行星滚柱丝杠均价（美元）	6060	4545	3409	2557	1917	1438	1079
全球特斯拉人形机器人用行星滚柱丝杠市场规模（亿美元）	25.45	38.18	57.27	85.90	128.85	193.28	289.91

资料来源：Morgan Stanley，前瞻产业研究院，GGII，东莞证券研究所

4. 投资建议

丝杠为核心传动部件，技术壁垒高，国产化率相比其他核心部件低，我们认为随着国内高端机床/高端设备产量提升，将拉动滚珠丝杠需求；未来人形机器人逐渐迈向产业化，以特斯拉擎天柱为代表的人形机器人顺利实现产业化并逐渐放量，行星滚柱丝杠行业空间将迎来巨大提升。建议关注：禾川科技（688320）、秦川机床（000837）、恒立液压（601100）、浙海德曼（688577）。

表 7：推荐个股盈利预测及评级

股票代码	股票名称	股价(元)	EPS (元)			PE			评级	评级变动
			2023A	2024E	2025E	2023A	2024E	2025E		
688320	禾川科技	42.30	0.35	-0.32	0.27	115.61	-133.06	153.93	买入	首次
000837	秦川机床	9.51	0.05	0.09	0.15	207.74	110.20	65.36	增持	首次
601100	恒立液压	52.99	1.86	1.96	2.31	29.34	27.05	22.93	买入	维持
688577	浙海德曼	39.81	0.54	0.40	0.83	173.44	98.88	47.95	增持	维持

资料来源：Wind，东莞证券研究所

注：数据为Wind一致预期数据

5. 风险提示

（1）国产替代进程不及预期风险：若国内核心零部件厂商产品研发进度不及预期、产品技术无法达到海内外整机厂商标准，将影响机器人国产替代进度；

（2）下游需求不及预期风险：受宏观环境、下游景气度较低、机器人功能不完善等多方面影响，下游需求趋弱；

（3）人形机器人发展不及预期风险：若人形机器人发展不及预期，技术更新迭代失败或未按时完成，将影响人形机器人产业化进度；

（4）核心零部件价格上涨风险：若核心零部件价格上涨，产业链企业业绩将承压。

（5）原材料价格上涨风险：原材料价格大幅上涨，业内企业业绩将面临较大压力。

东莞证券研究报告评级体系：

公司投资评级	
买入	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 15%以上
增持	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 5%-15%之间
持有	预计未来 6 个月内，股价表现介于市场指数±5%之间
减持	预计未来 6 个月内，股价表现弱于市场指数 5%以上
无评级	因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，导致无法给出明确的投资评级；股票不在常规研究覆盖范围之内
行业投资评级	
超配	预计未来 6 个月内，行业指数表现强于市场指数 10%以上
标配	预计未来 6 个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
低配	预计未来 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

说明：本评级体系的“市场指数”，A股参照标的为沪深 300 指数；新三板参照标的为三板成指。

证券研究报告风险等级及适当性匹配关系	
低风险	宏观经济及政策、财经资讯、国债等方面的研究报告
中低风险	债券、货币市场基金、债券基金等方面的研究报告
中风险	主板股票及基金、可转债等方面的研究报告，市场策略研究报告
中高风险	创业板、科创板、北京证券交易所、新三板（含退市整理期）等板块的股票、基金、可转债等方面的研究报告，港股股票、基金研究报告以及非上市公司的研究报告
高风险	期货、期权等衍生品方面的研究报告

投资者与证券研究报告的适当性匹配关系：“保守型”投资者仅适合使用“低风险”级别的研报，“谨慎型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中低风险”的研报，“稳健型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中风险”的研报，“积极型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中高风险”的研报，“激进型”投资者适合使用我司各类风险级别的研报。

证券分析师承诺：

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，以勤勉的职业态度，独立、客观地在所知情的范围内出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点，不受本公司相关业务部门、证券发行人、上市公司、基金管理公司、资产管理公司等利益相关者的干涉和影响。本人保证与本报告所指的证券或投资标的无任何利害关系，没有利用发布本报告为自身及其利益相关者谋取不当利益，或者在发布证券研究报告前泄露证券研究报告的内容和观点。

声明：

东莞证券股份有限公司为全国综合性证券公司，具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供东莞证券股份有限公司（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。本报告所载资料及观点均为合规合法来源且被本公司认为可靠，但本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可随时更改。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可跌可升。本公司可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与本公司其他业务部门或单位所给出的意见不同或者相反。在任何情况下，本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并不构成对任何人的投资建议。投资者需自主作出投资决策并自行承担投资风险，据此报告做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，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。本公司及其所属关联机构在法律许可的情况下可能会持有本报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、经纪、资产管理等服务。本报告版权归东莞证券股份有限公司及相关内容提供方所有，未经本公司事先书面许可，任何人不得以任何形式翻版、复制、刊登。如引用、刊发，需注明本报告的机构来源、作者和发布日期，并提示使用本报告的风险，不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权刊载或者转发本证券研究报告的，应当承担相应的法律责任。

东莞证券股份有限公司研究所

广东省东莞市可园南路 1 号金源中心 24 楼

邮政编码：523000

电话：（0769）22115843

网址：www.dgzq.com.cn