

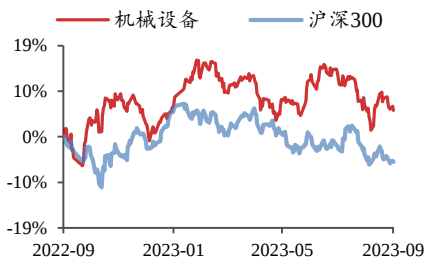
机械设备

2023 年 09 月 19 日

投资评级：看好（维持）

——行业深度报告

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《2023 传感器大会顺利召开，国产厂商大有可为——行业点评报告》-2023.9.18

《工博会召开在即，关注机器人及顺周期板块——行业周报》-2023.9.17

《人形机器人产业链揭榜挂帅，剑指产业生态、大时代开启——行业点评报告》-2023.9.14

丝杠：直线传动精密部件，人形机器人与汽车智能化带来历史性新机遇

孟鹏飞（分析师）

mengpengfei@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

熊亚威（分析师）

xiongyawei@kysec.cn

证书编号：S0790522080004

● **丝杠是将旋转运动转换为直线运动的精密传动部件，行星滚柱丝杠性能最优**
根据结构不同，丝杠可分为梯形丝杠、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠，行星滚柱丝杠是丝杠所有品类中性能最优的子类。以价值量和竞争格局分类，梯形丝杠和 C7-C10 级滚珠丝杠属于中低端丝杠，产品价格低，国内成熟供货。C3-C5 级行星滚柱丝杠与滚珠丝杠为中高端丝杠，国产化率低于 30%。C0-C3 级别的行星滚柱丝杠和滚珠丝杠为高端丝杠，制造难度大、产品认证周期长、价值量最高，国内仅少数厂商可供货，国产化率约 5%，日欧企业占据 90% 的份额。

● **智能汽车、人形机器人等新需求拉动，2030 年丝杠行业有望达 747 亿元规模**
我们测算，以智能汽车、人形机器人为主的新需求有望拉动国内丝杠市场规模由 173 亿元（2023 年）增长至 747 亿元（2030 年）。其中：（1）汽车智能化升级推动车载丝杠市场由 2023 年的 76 亿元增长至 2030 年的 389 亿元。（2）特斯拉人形机器人产量达到 100 万台时将新增 162 亿元行星滚柱丝杠市场，产量提升带动行星滚柱丝杠需求持续增长。（3）国产机床高端升级推动机床用滚珠丝杠规模从 2023 年的 97 亿元增长至 2030 年的 191 亿元。（4）工程机械电动节能化趋势推动行星滚柱丝杠替代液压，航空航天、半导体等高精密市场对高端丝杠需求提升。

● 产业机遇来临，从相对优势看主要国产参与者竞争实力

降低硬件成本是线控底盘渗透率提升以及人形机器人落地量产的核心推动因素。因此，丝杠厂商需要及时切入主要客户供应链，通过扩大规模效应来减少价格下降对利润和现金流的影响。人形机器人、智能汽车主机厂对丝杠供应商的核心要求是低成本大规模制造能力强，因此国产丝杠厂商相比海外更具优势。国产厂商按优势不同可分为 3 类：（1）以丝杠为主业的先发者最具优势。滚珠丝杠和行星滚柱丝杠的认证周期长，提前卡位的公司拥有成熟的丝杠产品，可缩短导入新客户的认证周期。同时，先发者更有可能以更短的时间获取海外设备来及时满足客户扩产需求。（2）由减速器拓展丝杠业务的公司和由轴承拓展丝杠业务的公司。在丝杠设计、加工工艺上具备技术优势。（3）批量化生产精密加工件实力强的公司能够满足客户大规模扩产需求。这三类企业中，已经切入汽车供应链并和客户配合度高的厂商优势更明显。**受益标的：**五洲新春、长盛轴承、恒立液压、贝斯特、恒而达、科峰智能（IPO 申报）、新剑传动（未上市）、人本股份（IPO 申报）等。

● 丝杠行业资本开支加大，上游设备厂商迎来增长机遇

国内可成熟供应丝杠前道设备，但后道核心设备数控螺纹磨床的国产化率低，特别是生产高端丝杠的高精度螺纹磨床基本完全依赖进口。在丝杠行业迎来大规模扩产需求、进口设备产能紧缺的背景下，国产前道设备商收入增速有望提高，后道设备国产替代进程有望加快。**受益标的：**秦川机床、日发精机等。

● **风险提示：**丝杠需求不及预期、丝杠厂商导入重要客户供应链进度不及预期。

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

目 录

1、 丝杠是将旋转运动转换为直线运动的精密传动部件.....	4
1.1、 行星滚柱丝杠是丝杠品类中性能最优异的子类.....	4
1.2、 成熟工艺、设备储备与高质量原材料是生产高端丝杠的三大壁垒.....	6
1.3、 日欧企业占据我国高端丝杠市场 90%的份额，国产替代空间大.....	7
2、 下游需求高增，2030 年我国丝杠行业有望达 747 亿元规模.....	9
2.1、 汽车智能化升级，2030 年国内车载丝杠市场有望增长至 389 亿元.....	9
2.2、 特斯拉人形机器人有望为行星滚柱丝杠带来百亿新市场.....	12
2.3、 机床产业高端化升级有望拉动机床用滚珠丝杠市场规模翻倍.....	14
2.4、 工程机械电动节能化趋势助力行星滚柱丝杠渗透率提升.....	15
2.5、 其他要求精准直线运动的领域：医疗、半导体、航空航天等.....	16
3、 产业机遇来临，从相对优势看主要国产参与者竞争实力.....	18
3.1、 五洲新春：轴承套圈、汽车空调管理零部件供货特斯拉.....	19
3.2、 长盛轴承：主营滑动轴承，滚珠丝杠产品应用于新能源车 EPB 系统.....	20
3.3、 恒立液压：国内液压件龙头，定增投资滚珠/滚柱丝杠电动缸.....	20
3.4、 贝斯特：深耕精密零部件加工，汽车、机床客户资源助力滚珠丝杠业务拓展.....	20
3.5、 恒而达：以金属切削刀具为主业，拓展直线导轨业务.....	21
3.6、 科峰智能（IPO 申报）：精密行星减速器隐形冠军，行星滚柱丝杠小批量生产.....	21
3.7、 新剑传动（未上市）：率先实现国产行星滚柱丝杠量产突破，供货主流车厂.....	22
3.8、 人本股份（IPO 申报）：国内汽车轴承主要供应商，具备滚珠丝杠技术储备.....	22
3.9、 南京工艺（未上市）：滚珠丝杠供货海外数控机床巨头.....	23
4、 丝杠行业迎资本开支潮，国产设备供应商受益.....	23
4.1、 秦川机床：同时具备螺纹磨床与滚珠丝杠量产能力.....	24
4.2、 日发精机：国产轴承磨床龙头，数控螺纹磨床进入试磨阶段.....	24
4.3、 恒进感应（北交所）：中高端数控感应热处理设备国产替代先锋.....	24
5、 风险提示.....	25

图表目录

图 1： 行星滚柱丝杠是丝杠品类中性能最优异的子类，根据应用场景不同可分为四类.....	4
图 2： 滚珠丝杠在丝杠和螺母之间使用滚珠来实现高效率传动.....	4
图 3： 梯形丝杠结构简单、传动效率低.....	4
图 4： 按照不同下游领域，丝杠可分为消费级、工业级和航天级丝杠.....	5
图 5： 行星滚柱丝杠以及滚珠丝杠的主要生产流程.....	7
图 6： 中国大陆厂商占国内高端滚珠丝杠市场的 5%.....	7
图 7： 中国大陆厂商占国内中端滚珠丝杠市场的 30%.....	7
图 8： 国产厂商位于国内丝杠市场第三梯队，主要生产中高端丝杠.....	8
图 9： 智能汽车、人形机器人等新需求拉动下，丝杠行业迎来高增长.....	9
图 10： 使用滚珠丝杠的 EHB 系统结构剖面.....	11
图 11： 第二代 i-booster 使用一级滚珠丝杠替代二级蜗轮蜗杆进行减速.....	11
图 12： 西门子 EMB 系统使用 1 根滚珠丝杠.....	11
图 13： 电子驻车系统使用滚珠丝杠副或螺纹副.....	12
图 14： 线控转向系统（SBW）使用 1 根滚珠丝杠.....	12
图 15： 特斯拉机器人灵巧手使用微型行星滚柱丝杠.....	13

图 16: 特斯拉机器人线性执行器使用行星滚柱丝杠.....	13
图 17: 滚珠丝杠在工业机器人市场的应用.....	14
图 18: 数控机床 X、Y、Z 轴分别安装一个高精度滚珠丝杠.....	14
图 19: 行星滚柱丝杠被视为真正能够替代液压系统的控制部件.....	15
图 20: 电动、节能化趋势推动行星滚柱丝杠电动缸对液压缸的替代.....	16
图 21: 滚珠丝杠与行星滚柱丝杠在医疗器械领域广泛使用.....	17
图 22: 光刻机驱动平台结构图.....	17
图 23: 日本、欧洲以及国产厂商生产的采用精密滚珠丝杠副的 X-Y 探针台.....	17
图 24: 轴承的主要生产流程.....	19
图 25: 国产丝杠行业参与者按照优势不同可分为三类.....	19
图 26: 公司自主研发生产高精度数控丝杠磨床、数控螺纹磨床.....	24
表 1: 根据价值量分类, 丝杠可分为高端、中高端、中低端丝杠.....	5
表 2: 机床用丝杠属于工业级丝杠, 一般根据机床精度要求的不同选择 P1-P5 级滚珠丝杠.....	5
表 3: 我们预计, 2030 年, 国内应用于乘用车线控底盘的丝杠市场规模将相比 2023 年扩大 5.1 倍.....	10
表 4: 特斯拉机器人全身 14 个旋转关节 14 个线性关节 12 个空心杯关节.....	12
表 5: 当特斯拉人形机器人产量达到 200 万台时, 带来 327 亿元行星滚柱丝杠市场.....	13
表 6: 2023 年我国机床用滚珠丝杠市场空间约 97 亿元, 2030 年有望增长至 190.6 亿元.....	15
表 7: 行星滚柱丝杠在工程机械、注塑机领域渗透率低, 渗透率提升速度受制于成本.....	16
表 8: 恒而达在金属材料与热处理领域形成技术体系.....	21
表 9: 移动机器人为公司产品第一大下游, 2021-2022 年海康威视为公司第一大客户.....	22
表 10: 人本股份轴承产品应用于下游龙头客户.....	23
表 11: 丝杠前道设备基本实现国产化, 后道设备国产替代空间大.....	24
表 12: 截至 2022 年年报, 公司滚珠丝杠淬火自动线项目处于功能测试验证阶段.....	25
表 13: 下游新需求为丝杠产业带来增长机遇, 丝杠厂商和设备厂商有望迎接高增长.....	25

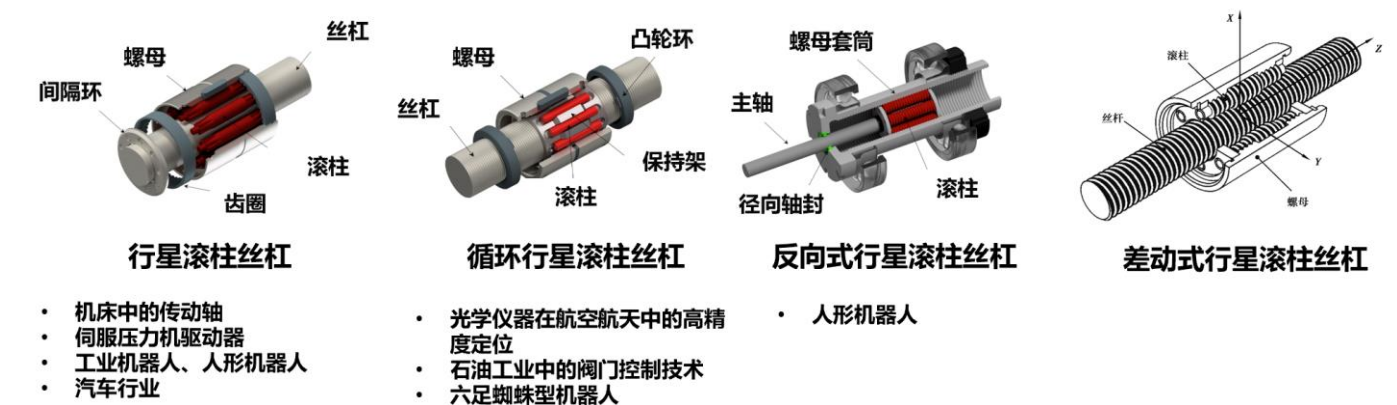
1、丝杠是将旋转运动转换为直线运动的精密传动部件

1.1、行星滚柱丝杠是丝杠品类中性能最优异的子类

丝杠是机械设备中将旋转、直线运动相互转换的传动部件，按照结构不同，分为行星滚柱丝杠、滚珠丝杠和梯形丝杠。

- 行星滚柱丝杠属于丝杠品类中性能最优异、最昂贵的一个子类。行星滚柱丝杠将行星减速器与丝杠的原理融合，在主螺纹丝杠的周围，行星式地布置了 6-12 个滚柱，由传统滚珠丝杠式的点接触变换成了精度与承载力更高的线/面接触。承载能力是同等精度滚珠丝杠的 6-15 倍，寿命比同精度滚珠丝杠提升 10 倍以上。

图1：行星滚柱丝杠是丝杠品类中性能最优异的子类，根据应用场景不同可分为四类



资料来源：Gewinde Ziegler AG 官网、《差动式行星滚柱丝杠承载特性分析》郑正鼎等、开源证券研究所

- **滚珠丝杠**：由螺母、螺纹丝杠、滚珠构成。工作过程中由电机带动丝杠部分旋转，通过在螺母内部滚道的滚珠带动螺母部分直线运动，从而完成高效率的直线传动。
- **梯形丝杠**：由螺母和螺纹丝杠构成，二者直接接触产生直线滑动。梯形丝杠的特点是自锁性好，但是传动效率低。

图2：滚珠丝杠在丝杠和螺母之间使用滚珠来实现高效率传动



资料来源：上海慧腾公众号

图3：梯形丝杠结构简单、传动效率低



资料来源：山东博特精工官网

根据价值量分类，丝杠可分为高端、中高端、中低端丝杠。其中，梯形丝杠和

中低端滚珠丝杠国内可成熟供货，中高端滚珠丝杠和行星滚柱丝杠国内可供货，高端滚珠丝杠和行星滚柱丝杠国内仅少数厂商可供货。

表1：根据价值量分类，丝杠可分为高端、中高端、中低端丝杠

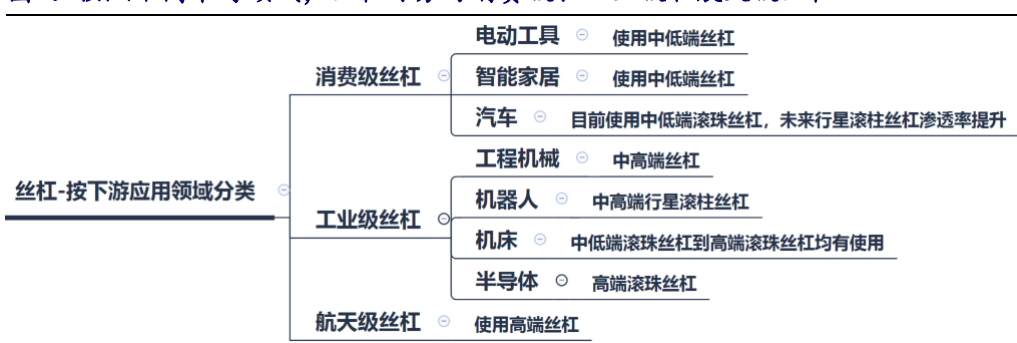
丝杠	所属类别	国内供应情况
梯形丝杠和 C7-C10 级滚珠丝杠	中低端丝杠	国内成熟供货。制造难度低、低价竞争激烈。
C3-C5 级滚珠丝杠、C3-C5 级行星滚柱丝杠	中高端丝杠	国内可供货。制造难度更大，价值量更高。
C0-C3 级滚珠丝杠、C0-C3 级行星滚柱丝杠	高端丝杠	国内极少数厂商可供货。制造难度最大、产品价值量最高。

同等精度的行星滚柱丝杠比滚珠丝杠性能更优、价值量更高

资料来源：金属加工微信公众号、米思米中国公众号、开源证券研究所

按照不同下游领域，丝杠可分为消费级、工业级和航天级丝杠。

图4：按照不同下游领域，丝杠可分为消费级、工业级和航天级丝杠



资料来源：南京工艺综合样本 2023、金属加工微信公众号、开源证券研究所

➤ **消费级丝杠**：汽车目前主要使用中低端滚珠丝杠，未来随着汽车智能化程度加大，行星滚柱丝杠渗透率将提升。智能家居、电动工具等领域目前主要使用梯形丝杠或中低端滚珠丝杠。

➤ **工业级丝杠**：主要包括机床、机器人、工程机械、半导体领域用丝杠。

国内丝杠的精度等级可分为 P1、P2、P3、P4、P5、P7、P10 这 7 个等级。JIS 标准将丝杠的精度分为 C0、C1、C3、C5、C7、C10 六种精度。

磨床、坐标镗床主要使用 P3 级以上高端滚珠丝杠，其他机床使用 P5 级以上中高端滚珠丝杠即可。以特斯拉机器人为代表的人形机器人使用中高端行星滚柱丝杠。工程机械主要使用中高端行星滚柱丝杠。半导体设备对丝杠精度要求高，主要使用 P2 级以上高端滚珠丝杠。

➤ **航天级丝杠**：对丝杠精度、承载力、恶劣环境下工作寿命等方面均有严苛的要求，因此主要使用高端行星滚柱丝杠或高端滚珠丝杠。

表2：机床用丝杠属于工业级丝杠，一般根据机床精度要求的不同选择 P1-P5 级滚珠丝杠

用途		NC 机床																		
		车床		铣镗床		加工中心		钻床		坐标镗床		磨床		电火花加工机械		线切割机		冲床	激光加工机械	木工机械
轴		X	Z	XY	Z	XY	Z	XY	Z	XY	Z	XY	Z	XY	Z	XY	Z	XY	XY	Z
精	P1	○		○		○				○	○	○	○	○		○	○			

度	P2	○		○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	
等	P3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
级	P4	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○
	P5	○	○	○	○			○	○				○	○	○
	T7														○
	T10														○

资料来源：南京工艺综合样本 2023、开源证券研究所 注：P5 精度介于 C5 和 C7 之间

1.2、成熟工艺、设备储备与高质量原材料是生产高端丝杠的三大壁垒

壁垒一：成熟的加工工艺。高端丝杠的制造难度大。以行星滚柱丝杠为例，螺纹牙型的设计通过决定滚柱-螺母间啮合点位置与轴向间隙大小来决定丝杠的性能。丝杠行业先进者凭借长期深耕提炼出成熟的螺纹牙型设计方式与加工工艺，抢占高端市场份额。这些厂商更容易导入终端龙头客户并且形成客户粘性，通过龙头客户的高质量反馈，再对加工工艺进行改进形成良性循环。

壁垒二：丝杠为重资产行业，对设备储备要求高。对于无精度要求的 C7-C10 级滚珠丝杠，国内一般采用车削后轧制的方式生产。对于 C0-C5 级精密滚珠丝杠和行星滚柱丝杠，国内主要采用先车削、后磨削的方式，如果加工带端齿的螺纹滚柱时还需要使用滚齿机或一体成型的滚压机。磨削为核心工艺，约占整个加工过程的 2/3，使用的设备是数控螺纹磨床，根据丝杠精度要求不同，选择中高端数控螺纹磨床或高端数控螺纹磨床。

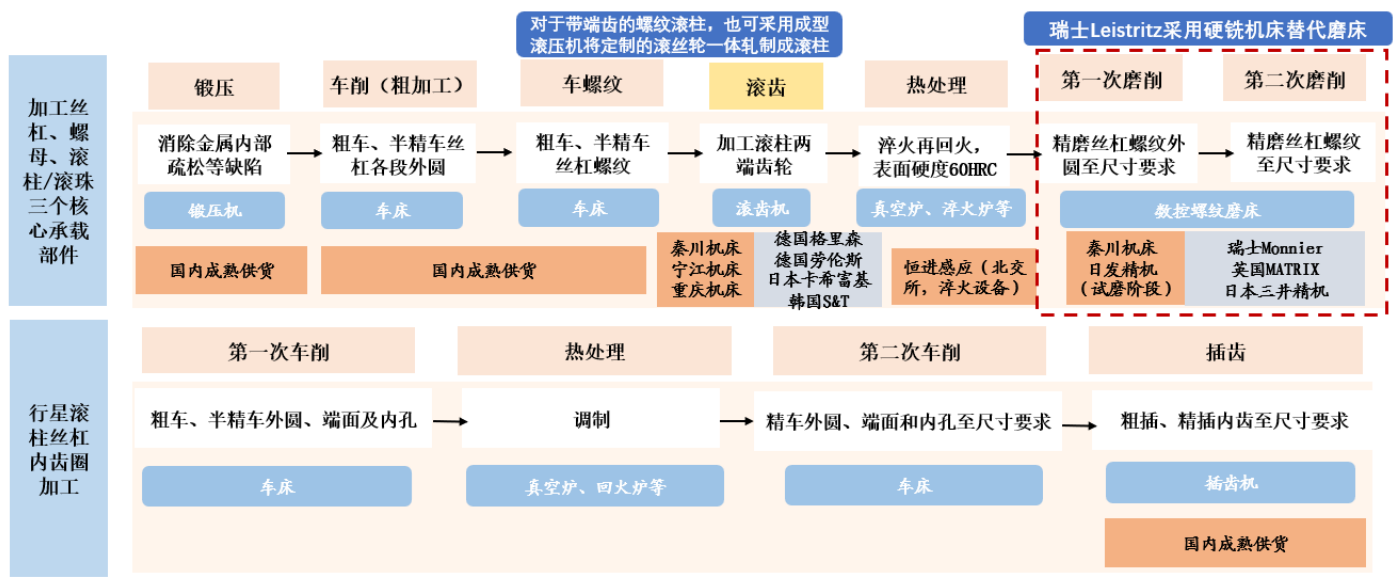
欧洲厂商还普遍使用旋风铣的方法来加工螺纹。旋风铣的加工时间是磨削加工的 1/3，且不影响加工质量。核心设备是高精度旋风铣床。硬铣削工艺是指由光杆进行感应淬火处理硬度达到 HKC60-HRC62，然后直接在数控旋风铣床上利用 CBN 成型刀以 180m/min 的切削速度将螺纹一次铣削成型。

高端检测设备对保障滚珠丝杠生产良率起到重要作用。以南京工艺为主的滚珠丝杠大规模量产厂商引入德国 MAE 滚珠丝杠高效在线检测自动校直机来进行滚珠丝杠的检测。

目前加工高端丝杠的设备被海外垄断，加工中高端丝杠的设备国内仅少数厂商可供货，海外设备仍为主流。海外设备商交期不断延长并且倾向于将产能首先满足长期合作的客户，因此丝杠行业后进入者可能因买不到符合精度要求的海外设备而无法满足不同客户需求。

壁垒三：原材料纯度、配方，材料热处理工艺。丝杠的主体材料需要具有高强度、硬度及良好的淬透性、耐摩擦性来保证长期稳定的工作。制造出上述高质量原材料的核心壁垒在于材料本身的纯度、配方以及球化退火、调质处理、中频淬火三项核心热处理工艺。

图5：行星滚柱丝杠以及滚珠丝杠的主要生产流程

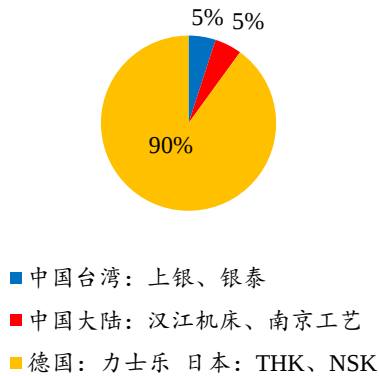


资料来源：《行星滚柱丝杠设计》王家健、莱斯特瑞兹机械微信公众号、中国机床网、新剑机电传动微信公众号等、开源证券研究所

1.3、日欧企业占据我国高端丝杠市场 90%的份额，国产替代空间大

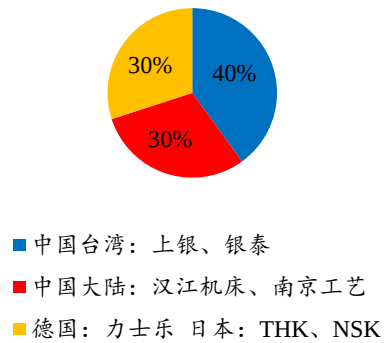
目前，中国大陆丝杠厂商仅在中低端市场有所突破，中高端市场国产化率提升空间大。2022 年，中国大陆厂商占国内高端滚珠丝杠市场的 5%，占国内中端滚珠丝杠市场的 30%。Ewellix（伊维莱）、Rollvis、GSA、博世力士乐四家欧洲厂商占据国内行星滚柱丝杠市场约 78%的份额。

图6：中国大陆厂商占国内高端滚珠丝杠市场的 5%



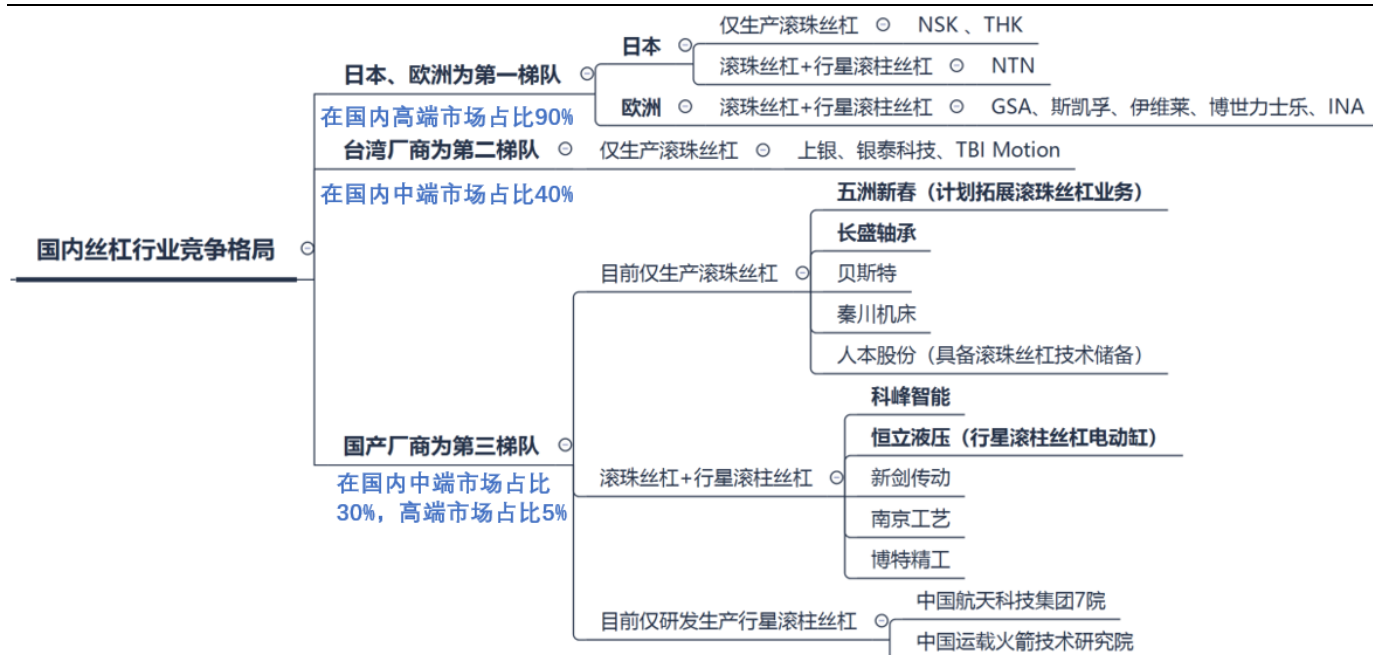
数据来源：金属加工微信公众号、开源证券研究所

图7：中国大陆厂商占国内中端滚珠丝杠市场的 30%



数据来源：金属加工微信公众号、开源证券研究所

图8：国产厂商位于国内丝杠市场第三梯队，主要生产中高端丝杠



资料来源：各公司官网、金属加工微信公众号、人本股份公告、开源证券研究所

中国大陆丝杠厂商尚未实现中高端突破的原因在于加工工艺不成熟、加工高端丝杠的核心设备自主化率低、国产原材料质量较差。

第一，对加工工艺理解程度不深，同时缺乏终端龙头厂商的反馈。日、欧厂商对滚珠丝杠和行星滚柱丝杠的研发可追溯到20世纪30年代，而国内最早从20世纪60年代开始研发滚珠丝杠，对行星滚柱丝杠的研发在2000年以后才开始，因此对于加工工艺的积淀较浅。加工工艺水平的提升也需要下游机床、汽车、机器人等终端客户的反馈，特别是终端龙头厂商的反馈。过去几十年国内终端市场也主要由海外厂商占据，国内丝杠厂商很难导入，无法形成“产品在客户产线上试验→客户反馈→根据反馈进行加工工艺改进”的良性闭环。

第二，高精度加工设备国产化率低，海外设备价格贵、交期长限制国内丝杠厂商扩产。目前，加工高端丝杠的核心设备的国产化率低。海外设备价格高昂使得丝杠厂商生产成本高企。海外设备商的交期延长造成设备紧缺，限制了国内丝杠厂商的扩产。

第三，原材料纯度低、热处理工艺不成熟导致国产丝杠生产过程中废品率高，实际使用过程中容易接触疲劳失效。

- 我国生产滚珠丝杠使用的原材料主要是轴承钢 GCrJ5（近年来又开发出掺杂 Mo 元素的 GCrJ5，实现高淬透性），为优质合金钢，不比日本 THK、中国台湾上银所用的材料差，但是我国的钢材纯净度整体水平较差。以氧含量举例，我国国家标准规定，高碳铬轴承钢氧的质量分数在 15×10^{-6} 以内，而日本、瑞典等工业发达国家轴承钢的氧含量普遍在 10×10^{-6} 以下，甚至达到 5×10^{-6} 以下。据日本相关报道，轴承钢氧的质量分数平均减少 2.5×10^{-6} ，则轴承寿命提高 1~2 倍。
- 旋风铣加工设备对滚珠丝杠原材料和刀具（主要为 PCBN 刀具）要求较高。国产材料和刀具达不到加工要求也是旋风铣这种高效加工方式渗透

率低的原因之一。

国内丝杠产业高端突破的核心要素：(1) 通过对材料学、摩擦学等底层基础学科进一步精进以及通过终端龙头客户反馈进行技术迭代的方式来提升丝杠加工工艺水平。(2) 高精度加工设备国产化，打破海外设备产能与交期对国内扩产的限制。(3) 国产原材料纯净度提升。

2、下游需求高增，2030 年我国丝杠行业有望达 747 亿元规模

根据我们测算，2023 年国内丝杠市场规模约 173 亿元，以人形机器人产量达到 100 万台假设，2030 年国内丝杠市场规模有望增长至 747 亿元。

图9：智能汽车、人形机器人等新需求拉动下，丝杠行业迎来高增长

丝杠行业 市场规模 与增长驱 动因素	下游	驱动因素	市场空间 2023 (亿元)	市场空间 2030 (亿元)	增长幅度
	汽车	汽车智能化趋势下，线控底盘渗透率提升、更高价值量的行星滚柱丝杠替代滚珠丝杠	75.8	389	扩大5.1倍
	机器人	以特斯拉为代表的人形机器人新市场对行星滚柱丝杠的需求	0	人形机器人产量达100万台时将新增163亿元市场	
	机床	我国机床产业升级，高端机床占机床总产量的比例提升	96.99	190.6	扩大2倍
	工程机械和注塑机	工程机械、注塑机电动化节能化趋势推动行星滚柱丝杠电动缸替代液压缸	0.25	3.8	扩大15倍
总量			173	747	扩大4.3倍

资料来源：佐思汽研、特斯拉 2022AI DAY、国家统计局等、开源证券研究所

2.1、汽车智能化升级，2030 年国内车载丝杠市场有望增长至 389 亿元

线控底盘是汽车智能化浪潮下的黄金赛道，其中最为关键的线控转向和线控制动系统目前均使用滚珠丝杠。

线控制动、线控转向、电子驻车系统渗透率提升以及更高价值量的行星滚柱丝杠对滚珠丝杠的替代将共同推动汽车用丝杠市场规模扩大。由于行星滚柱丝杠能承载的静载比滚珠丝杠高，寿命比滚珠丝杠长，能够提供更高的旋转速度和更高的加速度，使得制动器的制动响应更快，同时制动力更大。行星滚柱丝杠导程可以更小，使制动器高精度可控。因此，更高性能的线控底盘系统需要使用价值量更高的行星滚柱丝杠替代滚珠丝杠。

根据我们测算，2023 年，国内应用于乘用车线控底盘的丝杠市场规模预计为 75.8 亿元，2030 年有望增长至 388.9 亿元。

表3：我们预计，2030 年，国内应用于乘用车线控底盘的丝杠市场规模将相比 2023 年扩大 5.1 倍

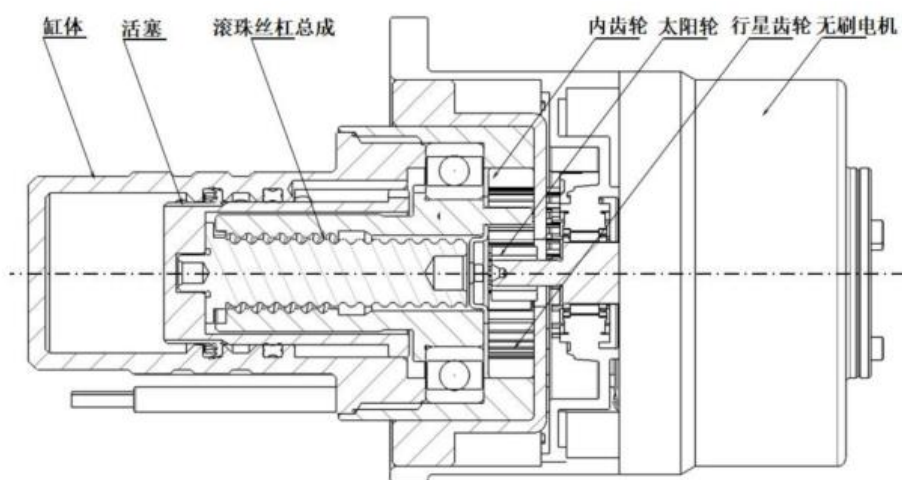
	2023E	2024E	2025E	2030E
中国乘用车销量（万辆）	2380.0	2427.6	2456.7	2607.7
线控制动（包括 EHB 和 EMB）前装搭载率	19.0%	27.0%	35.0%	80.0%
单车丝杠用量（根）	4	4	4	4
行星滚柱丝杠渗透率（%）	2%	5%	8%	32%
单根滚珠丝杠价值量（元）	300	285	271	232
单根行星滚柱丝杠价值量（元）	850	808	767	594
汽车线控制动所需丝杠市场空间（亿元）	56.3	81.6	106.8	290.2
EPS 在乘用车渗透率（%）	98%	98%	99%	99%
R-EPS 在 EPS 中渗透率（%）	14%	17%	21%	44%
SBW 在乘用车中渗透率（%）	3.0%	4.0%	6.0%	30%
行星滚柱丝杠渗透率（%）	2%	5%	8%	32%
单车丝杠用量（根）	1	1	1	1
汽车线控转向所需丝杠市场空间（亿元）	12.4	15.6	20.4	66.7
乘用车新车 EPB 前装搭载率（%）	82.2%	83.2%	84.2%	97.2%
滚珠丝杠在 EPB 中渗透率（%）	12.3%	15.3%	18.3%	54.3%
单车滚柱丝杠用量（根）	1	1	1	1
电子驻车所需丝杠市场空间（亿元）	7.2	8.8	10.2	31.9
应用于汽车线控底盘的丝杠市场空间（亿元）	75.8	106.0	137.5	388.9

数据来源：佐思汽研、高工智能汽车研究院、乘联会等、开源证券研究所 注：我们假设应用于线控制动、线控转向、电子驻车的行星滚柱丝杠价格、滚珠丝杠价格保持一致

线控制动：电子助力替代真空助力，解决了新能源车缺乏稳定真空源的问题，具备能量回收的功能，对提升新能源汽车续航里程至关重要。

线控制动分为 EHB 和 EMB 两种技术路线，EHB 为目前主流方案，分为 Onebox（EHB 与 EPS 共用一个 ECU，省去 EPS 的机械结构）和 Twobox（EHB 与 EPS 独立工作）方案。EMB 为长期趋势。以博世第二代 i-booster 为主的 EHB 系统使用一级滚珠丝杠替代二级蜗轮蜗杆进行减速。博世、大陆、西门子推出的 EMB 系统均采用行星齿轮组减速器配合滚珠丝杠。

图10：使用滚珠丝杠的 EHB 系统结构剖面



资料来源：《面向智能汽车的线控制动系统主动制动控制与应用》张荣林

图11：第二代 i-booster 使用一级滚珠丝杠替代二级蜗轮蜗杆进行减速



资料来源：焉知汽车微信公众号

图12：西门子 EMB 系统使用 1 根滚珠丝杠

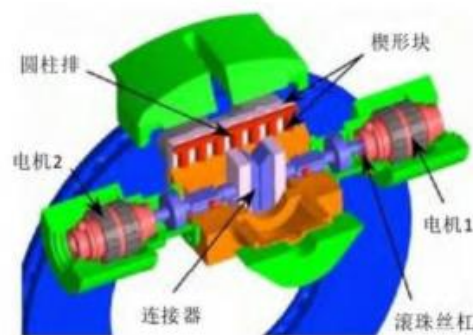


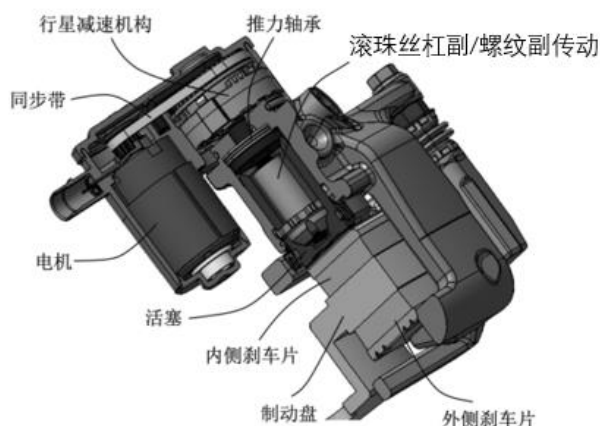
图 3 西门子楔形自增力 EWB

资料来源：《电子机械制动系统关键技术研究进展》赵立金等

线控转向。线控转向目前仍以 EPS（电动助力转向）为主，未来 SBW(线控转向) 渗透率将持续提升。EPS 系统中的 R-EPS（齿条式 EPS）是电机通过带式减速机构后经滚珠丝杠副带动齿条轴进行传动，因此需要 1 根滚珠丝杠。SBW 系统和 EPS 的区别是取消了管柱，无机械连接，但在底盘的转向执行总成中使用 1 根滚珠丝杠。由于 R-EPS 是三种电动助力转向系统中力矩传递路径最短，效率最高，前轴载荷能力最大的方法，因此 R-EPS 在 EPS 中渗透率提升。2020 年国内 SBW 渗透率约为 0.1%，根据电动汽车产业技术创新战略联盟发布的《电动汽车智能底盘技术路线图》，2025 年国内线控转向目标渗透率达到 5%，2030 年目标渗透率达到 30%，我们假设 2025 年 SBW 渗透率提升至 6%。

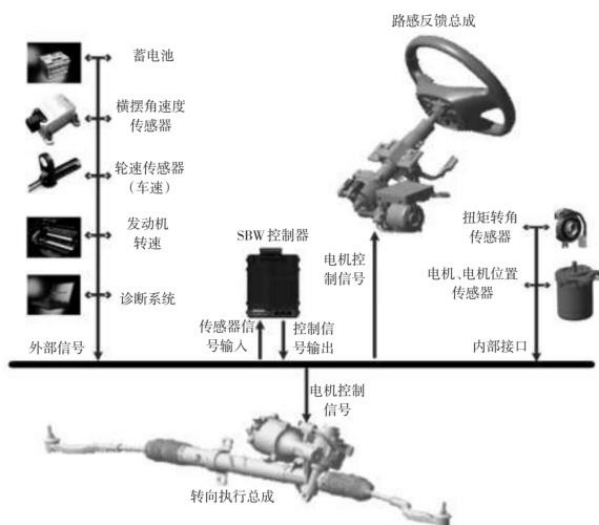
电子驻车制动（EPB）：中高端车型搭载的 EPB 系统一般使用滚珠丝杠副进行传动，其他车型使用螺纹副。我们假设乘联会规定的 30 万元以上高端乘用车渗透率为目前滚珠丝杠在 EPB 系统中的渗透率。

图13：电子驻车系统使用滚珠丝杠副或螺纹副



资料来源：《汽车电子驻车制动系统（EPB）驻车力研究》闵庆付等、开源证券研究所

图14：线控转向系统（SBW）使用 1 根滚珠丝杠



资料来源：《汽车线控转向系统研究进展综述》陈俐等

2.2、特斯拉人形机器人有望为行星滚柱丝杠带来百亿新市场

根据特斯拉 2022 AI day 发布会以及我们的预计，特斯拉人形机器人单机 14 个线性执行器中各使用 1 根行星滚柱丝杠，12 个灵巧手内的空心杯关节各使用 1 根微型行星滚柱丝杠。

以行星滚柱丝杠为核心的线性执行器具有精度高和负载大的技术特点，可以实现精准的速度控制、位置控制和力控制，满足人形机器人在不同应用场景下对运动能力的要求。

表4：特斯拉机器人全身 14 个旋转关节 14 个线性关节 12 个空心杯关节

自由度	关节部位	线性执行器	旋转执行器	空心杯关节
手臂 7*2	肩膀		3*2	
	肘部	1*2		
	手腕	2*2	1*2	
腰部 2	腰部		2	
脚部 6*2	髌部	1*2	2*2	
	膝盖	1*2		
	脚踝	2*2		
灵巧手 6*2	灵巧手			6*2
合计		14	14	12
			40	

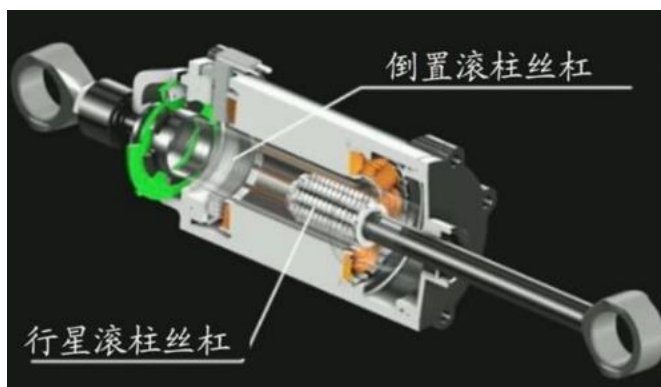
数据来源：特斯拉 2022 AI DAY、开源证券研究所

图15：特斯拉机器人灵巧手使用微型行星滚柱丝杠



资料来源：因时机器人微信公众号

图16：特斯拉机器人线性执行器使用行星滚柱丝杠



资料来源：特斯拉 2022 AI DAY、开源证券研究所

特斯拉人形机器人为行星滚柱丝杠带来百亿新市场。人形机器人发展早期对行星滚柱丝杠的定制化程度要求高，因此单价高。随着特斯拉机器人产量增加，单根丝杠价格呈下降趋势。根据我们预计，当特斯拉人形机器人产量达到 100 万台时，单根行星滚柱丝杠价格约降至 907 元，单根微型行星滚柱丝杠价格约降至 302 元，此后产量增加价格基本不再下降。当产量达到 100 万、200 万台时，所需行星滚柱丝杠市场规模分别达到 163 亿元、327 亿元。

表5：当特斯拉人形机器人产量达到 200 万台时，带来 327 亿元行星滚柱丝杠市场

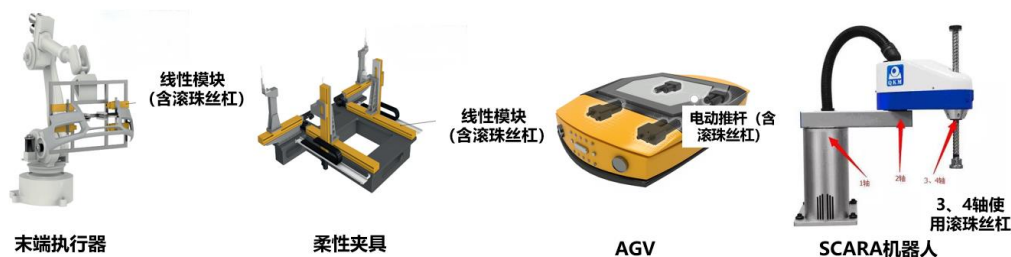
测算指标	数值				
特斯拉人形机器人产量（万台）	1	10	50	100	200
单机行星滚柱丝杠用量（根）	14	14	14	14	14
行星滚柱丝杠单根价值量（元）	12000	7200	1440	907	907
价格下降幅度（%）		40%	80%	37%	0%
单机微型行星滚柱丝杠用量（根）	12	12	12	12	12
微型行星滚柱丝杠价值量（元）	1500	1050	420	302	302
价格下降幅度（%）		30%	60%	28%	0%
人形机器人行星滚柱丝杠市场规模（亿元）	18.6	113.4	126.0	163.3	326.6

数据来源：特斯拉 2022 AI DAY、开源证券研究所

此外，滚珠丝杠在工业机器人、移动机器人市场也有应用。

- SCARA 机器人第 1、2 轴主要使用伺服电机加谐波减速器，第 3、4 轴使用 1 根滚珠丝杠（完成直线运动）和 1 根花键，或者一根滚珠丝杠花键。除此以外，其他多关节机器人的末端执行器中也有滚珠丝杠的应用。
- 根据伊维莱官网，部分 AGV 移动机器人使用滚珠丝杠。

图17：滚珠丝杠在工业机器人市场的应用

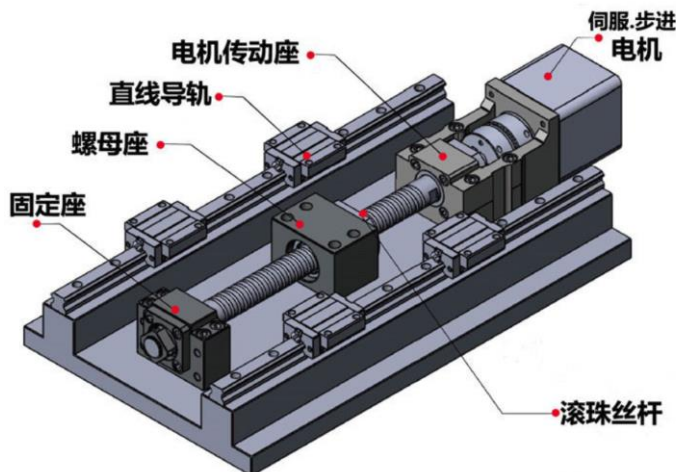


资料来源：伊维莱官网、开源证券研究所

2.3、机床产业高端化升级有望拉动机床用滚珠丝杠市场规模翻倍

滚珠丝杠是数控机床核心零部件，通常安装在高精度数控机床的直线轴中。如五轴联动机床由3个直线轴和2个旋转轴构成，一般会在X、Y、Z轴分别安装一个高精度滚珠丝杠。

图18：数控机床 X、Y、Z 轴分别安装一个高精度滚珠丝杠



资料来源：上海办顺机电科技有限公司官网

我们测算，2023 年我国机床用滚珠丝杠市场空间约为 97 亿元，2030 年有望增长至 190.6 亿元，市场规模翻倍。核心假设如下：

- 根据台湾上银年报，其滚珠丝杠产品均价约为 768 元。由于数控机床领域对滚珠丝杠要求较高，出货量小，而低端自动化领域对滚珠丝杠的需求量极大，因此上银的滚珠丝杠产品均价可以基本代表低端偏中端的丝杠产品价值量。参照自动化领域所用的中低端丝杠产品均价，我们假设，高端机床领域所用的高端滚珠丝杠单个价值量约 1.5 万元，中端机床所用滚珠丝杠产品约为 6500 元，低端机床所用滚珠丝杠约为 3500 元。
- 按中高端机床用 3 个滚珠丝杠，低端机床平均用 2.5 个滚珠丝杠（个别低端机床只安装 1-2 个丝杠）估算市场规模。
- 我们预测，2023 年高端、中端、低端机床分别占我国金属切削机床总产量的 10%、50%、40%。到 2030 年，高端、中端、低端机床分别占我国金属切削机床总产量的 40%、40%、20%。

表6：2023 年我国机床用滚珠丝杠市场空间约 97 亿元，2030 年有望增长至 190.6 亿元

测算指标	数值		
自动化领域所用的中低端丝杠产品均价（元）	768		
	高端	中端	低端
假设各部分滚珠丝杠价值量约为均价的（倍）	20.0	8.5	4.5
各等级机床滚珠丝杠均价（元）	15354	6525	3455
单个机床所需滚珠丝杠个数	3.0	3.0	2.5
各等级单个机床滚珠丝杠价值量（万元）	4.61	1.96	0.86
2023 年机床总产量中各等级机床占比（%）	10%	50%	40%
2023 年平均每台机床滚珠丝杠价值量（万元）	1.78		
2023 金属切削机床产量（万台）	54.34		
2023 年我国机床用滚珠丝杠市场空间（亿元）	96.99		
2030 年机床总产量中各等级机床占比（%）	40%	40%	20%
2030 年平均每台机床滚珠丝杠价值量（万元）	2.80		
2030 金属切削机床产量（万台）	68.12		
2030 年我国机床用滚珠丝杠市场空间（亿元）	190.6		

数据来源：上银科技官网公告、 、开源证券研究所

2.4、工程机械电动节能化趋势助力行星滚柱丝杠渗透率提升

工程机械、注塑机电动化、节能化趋势推动行星滚柱丝杠电动缸对液压缸的替代。工程机械领域长期使用液压缸作为液压系统中将液压能转变成直线、摆动往复机械运动的一种重要执行元件。行星滚柱丝杠电动缸是液压缸和气动缸的技术升级产品，更清洁、能效更高并且消除了液压系统中高压油易泄露的风险，在高空作业平台、叉车、挖掘机等工程机械上被逐步推广使用。

图19：行星滚柱丝杠被视为真正能够替代液压系统的控制部件

行星滚柱丝杠电动缸对比其他解决方案的技术优势

性能	滚柱丝杠电动缸	滚珠丝杠电动缸	液压缸	气缸
承载能力	很高	高	很高	高
寿命	很长	中等	维护好可较长	维护好可较长
速度	很快	中等	中等	很快
加速度	很高	中等	很高	很高
位置可控性	容易	容易	困难	很困难
机械刚度	很高	中等	很高	很低
抗冲击性能	很高	中等	很高	高
相对体积	小	中等	大	大
摩擦	小	小	小	中等
效率	> 85%	> 90%	< 50%	< 50%
安装	简单	简单	复杂	复杂



资料来源：新剑传动官网

图20：电动、节能化趋势推动行星滚柱丝杠电动缸对液压缸的替代



资料来源：伊维莱官网、开源证券研究所 注：图中的电动推杆使用了滚珠丝杠/行星滚柱丝杠

我们以挖掘机、叉车代表行星滚柱丝杠在工程机械领域的主要下游，测算得 2023 年国内工程机械行业用行星滚柱丝杠市场约 2500 万元，到 2030 年有望增长至 3.76 亿元。

表7：行星滚柱丝杠在工程机械、注塑机领域渗透率低，渗透率提升速度受制于成本

	2023E	2024E	2025E	2030E
我国挖掘机产量（万台）	27.6	28.2	28.7	31.7
我国叉车产量（万台）	117.2	123.1	129.2	164.9
行星滚柱丝杠在挖掘机行业渗透率（%）	2%	5%	10%	40%
行星滚柱丝杠在注塑机行业渗透率（%）	2%	5%	10%	40%
单根行星滚柱丝杠价格（元）	850	765	689	478
工程机械行业行星滚柱丝杠市场规模（亿元）	0.25	0.58	1.09	3.76

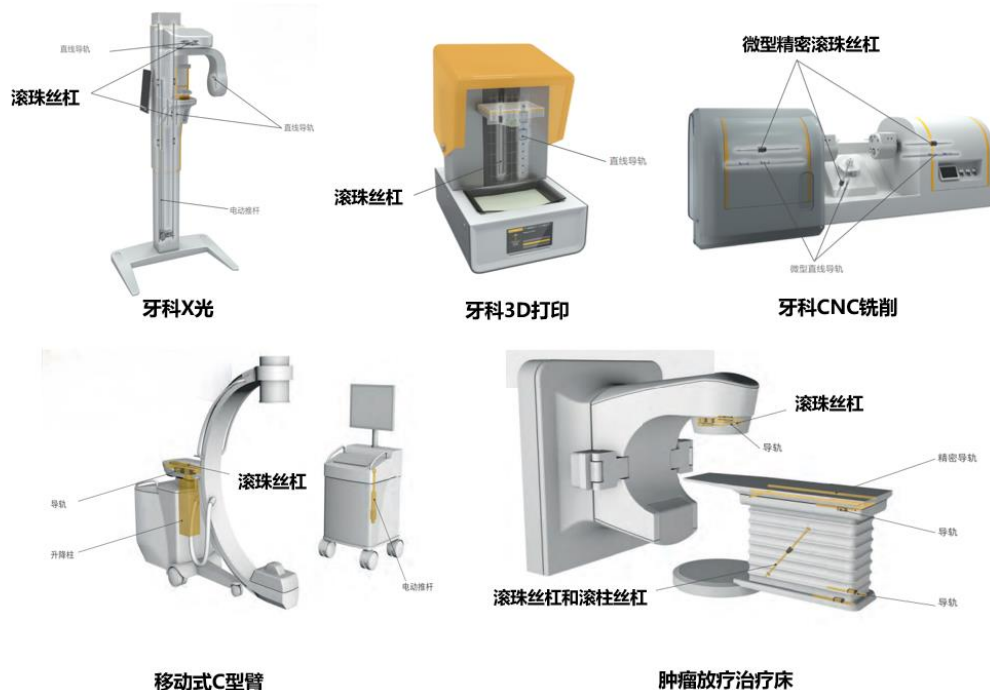
数据来源：国家统计局、开源证券研究所

2.5、其他要求精准直线运动的领域：医疗、半导体、航空航天等

除了以数控机床、机器人、注塑机为代表的自动化行业，以叉车、挖掘机为代表的工程机械行业以外，滚珠丝杠以及行星滚柱丝杠也应用在医疗器械、半导体设备以及航空航天等对线性驱动的精确性、准确程度要求极高的领域。

➤ **医疗：**影像设备、眼科、牙科检测设备等。

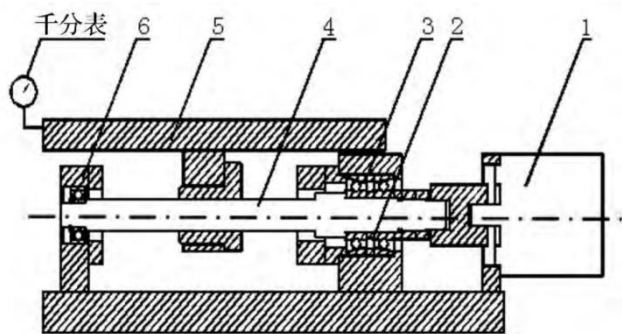
图21：滚珠丝杠与行星滚柱丝杠在医疗器械领域广泛使用



资料来源：伊维莱官网、开源证券研究所

- **半导体：**光刻机（光刻机驱动平台通常使用 P1 级别精密滚珠丝杠+光栅驱动）、焊线机（P1-P2 级滚珠丝杠）、测试探针台（P1-P2 级滚珠丝杠）等

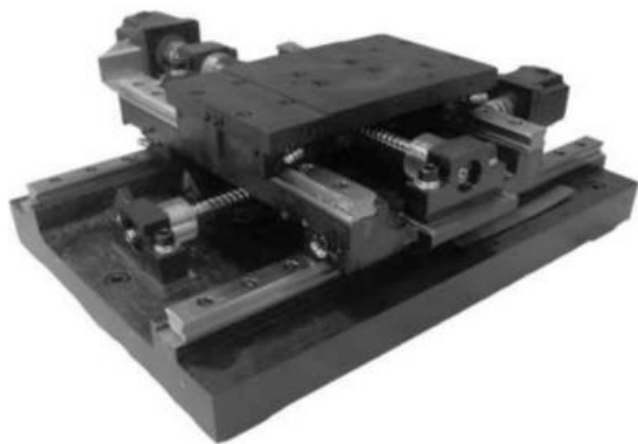
图22：光刻机驱动平台结构图



1. 伺服电机
2. 内隔套
3. 外隔套
4. 滚珠丝杠
5. 载物台
6. 支撑尾座

资料来源：《基于预紧理论的大尺寸光刻机驱动精度控制》皮利华等

图23：日本、欧洲以及国产厂商生产的采用精密滚珠丝杠副的 X-Y 探针台



资料来源：《探针测试台 X-Y 工作台电机控制》周豪

- **航空航天：**航空航天工况呈现出很强的非常态性，比如强过载，要求精密丝杠副在数倍甚至十倍以上的额定载荷下正常运行；高可靠性，保证无润滑条件下长期运行等。因此，行星滚柱丝杠在很多应用领域对滚珠丝杠进行替代。中国航天科技集团 7 院、中国运载火箭技术研究院也分别在 2010、2011 年开始着手行星滚柱丝杠的研发。

3、产业机遇来临，从相对优势看主要国产参与者竞争实力

智能汽车线控底盘渗透率提升，人形机器人量产落地都离不开一个核心推动因素：**硬件成本的下降**。对于没有及时切入主要客户供应链的丝杠厂商，在价格持续下降的背景下很可能因为缺少客户订单支撑造成利润和现金流的亏损。因此，丝杠厂商想要抓住新需求带来的产业机遇，需要及时切入主要客户供应链。

目前来看，人形机器人、智能汽车基本无需使用精度最高的高端丝杠。在下游需求高速增长背景下，主机厂对丝杠厂商的核心要求是大规模制造工艺能力和生产组织能力强，和客户配合度高，可以按照主机厂要求及时扩产。

国产厂商低成本大规模扩产实力强，相较日本、欧洲以及中国台湾厂商更有优势。日本、欧洲的丝杠产品定位高端，价格贵，主要厂商扩产计划谨慎，而且产能大部分在海外，用工贵。中国台湾厂商主打中高端市场，丝杠产品价格比日欧低，但高于国产，扩产成本也高于国内。国产厂商按优势不同又可分为 3 类：

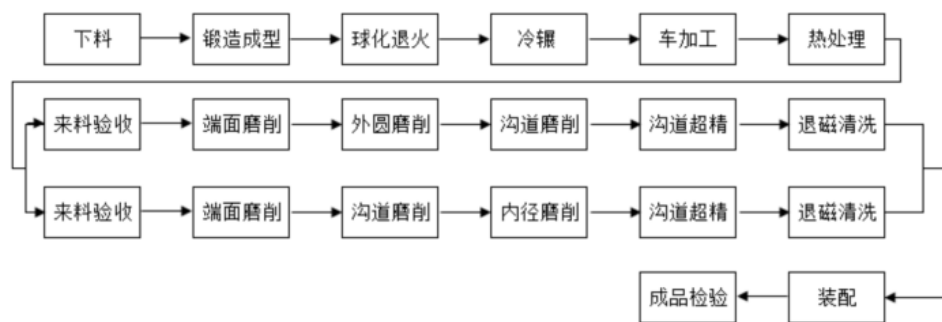
第一，以丝杠为主业的先发者最具优势。

- 滚珠丝杠和行星滚柱丝杠属于关键的精密传动部件，一般还要和电机等配套使用，因此对稳定性、品质要求高，在客户端进行产品认证周期长。资金实力强的后进入者即使能够快速把产品做出来，也必须经历一段长认证周期才能真正供货。而先进入者在丝杠行业深耕多年，产品已经通过多家客户认证，导入新客户的认证周期可以大大缩短。
- 丝杠是重资产行业，先进入者有多年积累的设备储备。目前海外设备商交期延长，先发者凭借和海外设备厂的长期合作有望以相比后进入者更短的时间采购到新设备，及时满足客户扩产需求。后发者采购新设备的折旧费用在未来几年内也会对利润造成影响。

第二，由减速器拓展丝杠业务的公司和由轴承拓展丝杠业务的公司，在丝杠设计、加工工艺上具备技术优势。

- **由减速器切入丝杠的企业：**行星滚柱丝杠是将行星减速器与丝杠的原理相融合的产品，由行星减速器切入行星滚柱丝杠的厂商在产品设计上具备优势。从生产工艺看，行星减速器生产过程的核心工艺为磨齿和热处理，也与行星滚柱丝杠近似。
- **由轴承切入丝杠业务的企业：**轴承和丝杠所应用的底层基础学科都为摩擦学和材料学，生产过程中的核心工艺均为热处理和研磨，全球知名轴承厂商斯凯孚、伊维莱（原隶属斯凯孚线性运动技术事业部，2019 年从斯凯孚独立）、INA（舍弗勒旗下）、日本 NSK、THK 均在滚珠丝杠行业占据重要份额。

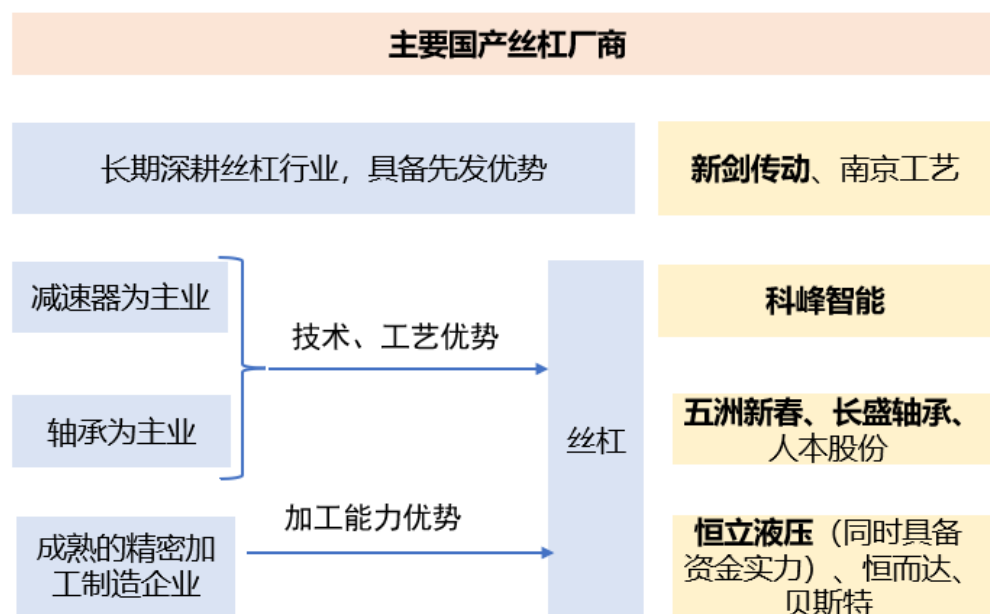
图24：轴承的主要生产流程



资料来源：人本股份招股书

第三，成熟的精密加工件制造企业切入丝杠业务。丝杠，尤其是中高端丝杠，属于精密传动部件。大批量生产过程中需要保证产品的一致性，这对厂商的加工能力提出高要求。海外以博世力士乐为代表的液压件龙头凭借强劲的精密部件大批量生产实力，在全球滚珠丝杠市场也占据重要份额。

图25：国产丝杠行业参与者按照优势不同可分为三类



资料来源：各公司官网、开源证券研究所

3.1、五洲新春：轴承套圈、汽车空调管理零部件供货特斯拉

公司掌握材料热处理核心工艺、锻造加工技术，以轴承套圈起家，逐步拓展到成品轴承、风电滚子、汽车零部件和热管理系统零部件业务。

公司部分产品已进入特斯拉汽车供应链：轴承套圈通过斯凯孚供应特斯拉，汽车空调管路零部件长期供应 Tier 1 厂商三花智控。

公司大规模制造工艺能力和生产组织能力强，和主机厂配合度高。五洲新春在墨西哥的子公司五洲新龙目前租赁了约 4000 平方米的厂房，相关产品年产能的价值约为人民币 1 亿元。目前已投放产线包括车加工、热处理、磨加工，未来将进

一步投放锻造产线，大规模制造能力提升。

滚珠丝杠业务：根据 2023 年 7 月的投资者交流公告，公司已经研发成功新能源汽车电子助力转向系统(EPS)中控制精度最高的齿条式电动助力转向系统(R-EPS)所需的丝杆螺母轴承组件，目前也在论证购买丝杆加工设备，从而具备生产滚珠丝杠系统所有配件的能力。

3.2、长盛轴承：主营滑动轴承，滚珠丝杠产品应用于新能源车 EPB 系统

公司主业为自润滑轴承。公司拥有成熟的自润滑轴承生产工艺技术，在自润滑材料上具备较强的研发实力。客户资源优质，和卡特彼勒、利勃海尔等工程机械巨头、美驰、博世、克诺尔、佛吉亚、伯尔克、韩国 HK、韩国万都、卡拉罗、三菱技术等国内外知名汽车及工程机械零部件生产商长期合作。

滁州华纳由长盛轴承和深圳威远子公司安徽威远共同投资建设。2022 年 8 月，滁州华纳建设的 50 万套新能源乘用车真空电子驻车 (EPB) 总成用滚珠丝杠副及 20 万套变速箱换挡滚珠丝杠副项目竣工投产。深圳威远精密是国内领先的直线运动产品供应商，是比亚迪、上汽集团、拓普集团等国内知名新能源汽车公司配套供应商，为滁州华纳带来优质的客户资源。

2022 年长盛轴承发布定增预案，项目之一为投资 2.65 亿元扩建自润滑轴承与滚珠丝杠产能，项目建成以后将具备年产自润滑轴承 16,700 万套、滚珠丝杠 3 万套的生产能力。公司预计 2023 年能够承接来自汽车行业客户滚珠丝杠供货订单，在滁州华纳优质汽车客户资源加持下，未来车用滚珠丝杠有望形成公司重要业绩增量。

3.3、恒立液压：国内液压件龙头，定增投资滚珠/滚柱丝杠电动缸

公司是我国液压件龙头。液压元件及系统是大型机械核心传动装置，工程机械为公司核心产品的第一大下游。下游客户包括：美国卡特彼勒、日本神钢、日立建机、久保田建机、三一、徐工、柳工、中铁工程、铁建重工等世界 500 强和全球知名主机客户。

电动缸是液压缸的升级产品，公司凭借在液压件领域多年积累，形成了包括高精密液压铸造技术、摩擦焊接技术、热处理技术、高压密封技术、测试技术和先进机加工工艺技术等在内的核心技术，投资配备了全球领先的生产制造设备。设备和工艺优势为滚珠丝杠产品的加工生产奠定了良好的生产基础，2020 年之前公司已成功完成 1.25T-75T 等电动缸样品生产和验证，已向客户交付成品并实现销售。

2022 年公司定增项目之一线性驱动器项目总投资 15.27 亿元，其中建设投资 14.1 亿元，该项目达产后将形成年产 104000 根标准滚珠丝杠电动缸、4500 根重载滚珠丝杠电动缸、750 根行星滚柱丝杠电动缸、100000 米标准滚珠丝杠和 100000 米重载滚珠丝杠的生产能力。公司业务拓展路径类似全球液压巨头博世力士乐，博世力士乐也在滚珠丝杠市场占有重要份额。

3.4、贝斯特：深耕精密零部件加工，汽车、机床客户资源助力滚珠丝杠业务拓展

公司为汽车、飞机、通信、气动工具等行业提供精密零部件和工装夹具，其中汽车零部件为公司第一大业务，2023H1 营收占比 91.8%。公司主要客户包括：盖瑞特、康明斯、博马科、长春富奥石川岛、博格华纳、皮尔博格、宁波丰沃、上海菱重、三菱重工等著名汽车涡轮增压器制造企业，上汽通用、潍柴动力等知名整车整

机厂，以及特斯拉、博世中国、海德韦尔、势加透博、美达、北极星等新能源汽车领域客户。

公司的工装夹具在行业内拥有绝对领军者的地位，不仅是国内主流机床厂商首选合作对象，更是德国和日本机床厂商等国外客户首选甚至唯一合作对象。

全资子公司生产的首台套滚珠丝杠副已成功下线。2022 年设立全资子公司无锡宇华精机，引进生产及检测等进口设备约 300 台套（其中研发设备 70 台），配套软件及系统、公辅设施等 30 余套，用于生产高精度滚珠/滚柱丝杠副、高精度滚动导轨副等）。根据贝斯特 2023 年中报，公司生产的滚珠丝杠副、直线导轨副等首台套已实现成功下线。

3.5、恒而达：以金属切削刀具为主业，拓展直线导轨业务

传统业务：金属切削工具与智能数控装备（包括 CNC 全自动圆锯机、高速数控带锯床等，产品持续扩充）。

凭借在金属材料与热处理研究及产业化应用领域二十余年的技术积累，公司发展为我国重型模切工具龙头。据中国轻工机械协会统计，公司重型模切工具连续多年在国际、国内市场占有率稳居首位。公司的模切工具被列入福建省制造业单项冠军企业（产品）名单。基于自制专用装备（主要为热处理设备）优势，公司自主研发了模切工具和锯切工具的自动化生产线，2022 年，模切工具与锯切工具总产量达到 7109.5 万米。

表8：恒而达在金属材料与热处理领域形成技术体系

	模切工具	锯切工具
金属材料研究	公司通过调整金属中元素成份配比，满足产品对耐磨性和刚性的要求，符合后续热处理、机械加工等加工工艺的需要。	公司通过研究实验，调整合金元素，使金属材料符合双金属工艺和机械性能。
热处理工艺技术	将金属材料通过特殊热处理工艺，获得金属切削工具所需的回火马氏体双相组织（刃口）、高回火，获得具有高硬度、红硬性、强韧贝氏体组织（基体），再经可控脱碳工艺处理，形成表面软层组织，满足强韧性要求。	通过特种高温加热及冷却淬火、回火，获得具有高硬度、红硬性和耐磨性的锯齿、一定强度和使用寿命的带锯背材。

资料来源：恒而达招股书、开源证券研究所

新业务：2022 年，公司正式将直线导轨副列为主营业务之一。直线导轨主要用于自动化领域、高端精密装备上的直线往复运动场合，与滚珠丝杠同属于精密传动部件。根据公司 2022 年年报，未来公司还将加强滚珠丝杠副的研发投入。

3.6、科峰智能（IPO 申报）：精密行星减速器隐形冠军，行星滚柱丝杠小批量生产

公司是国产行星减速器龙头。公司主营涵盖精密行星减速器、工程机械用行星减速器、谐波减速器、精密零部件四大系列产品。根据 QY Research 统计数据，公司 2022 年行星减速器销售金额在全球市场排第五，在中国市场排第二，在国产品牌中排第一。2022 年，公司减速器产品年产量 24.8 万台。

公司的“精密部件”产品系列包括滚珠丝杠副和行星滚柱丝杠副。根据公司招股书，已完成行星滚柱丝杠副和滚珠丝杠副的试制工作。

表9：移动机器人公司产品第一大下游，2021-2022 年海康威视为公司第一大客户

下游行业	主要客户	2022 年营收占比
移动机器人	海康智能、快仓科技、极智嘉、 国自机器人、ABB、库卡等	18.3%
新能源设备	海目星、嘉拓新能源等	19.1%
高端机床	弘亚数控、华中数控、华工法利 莱等	11.6%
工程机械	唐兴装备、中铁工程装备、海瑞 克等	10.1%
电子设备	-	6.9%
其他机械制造	-	13.3%
其他行业	-	20.7%

资料来源：科峰智能招股书、开源证券研究所

3.7、新剑传动（未上市）：率先实现国产行星滚柱丝杠量产突破，供货主流车厂

公司在国内率先实现行星滚柱丝杠批量化生产，HDM、行星滚柱丝杠均具备进口替代实力。凭借在滚冷轧技术上的多年工艺积淀以及长期高研发投入，公司目前已成功自主研发量产滚轧成型蜗杆齿轮、座椅水平驱动器（HDM）、行星滚柱丝杠电动缸、智能柔性模块化关节等产品。其中，行星滚柱丝杠是公司自 2008 年开始研发的产品，2022 年开始批量化生产，成为国内首家具备行星滚柱丝杠批量化生产能力的公司，年产能 300 万套。公司生产的行星滚柱丝杠已批量应用于吉利汽车多款车型。

产品实力强，与多家对产品质量、一致性要求高的日本企业长期合作。2016-2019 年，公司前五大客户包括佑能集团、日本东京兵兼、加拿大麦格纳集团、日本电产。

3.8、人本股份（IPO 申报）：国内汽车轴承主要供应商，具备滚珠丝杠技术储备

公司是中国产销规模最大的轴承企业。根据中国轴承工业协会 2023 年 2 月的统计显示，公司自 2013 年以来的轴承产销量在全国主要轴承企业中排名第一位，是中国产销规模最大的轴承企业。在汽车、轻工机械、重型机械、轨道交通等领域积累了稳定的优质客户资源。

公司是国内少数具备全产业链能力的轴承企业之一，拥有从材料轴承钢技术研发、轴承产品的设计、到轴承的锻造、车加工、热处理、精磨、装配等各个关键环节一体化的能力。

表10：人本股份轴承产品应用于下游龙头客户

应用领域	主要产品	主要客户
汽车	应用于传统汽车的动力系统、转向系统、传动系统、底盘系统、辅助系统及新能源汽车的驱动电机、减速器及全系列轴承配套	通用、大众、丰田、本田、东风、长城、吉利、比亚迪等
机器人	高精度 RV 减速器用圆锥滚子和滚针轴承、长寿命柔性轴承、高刚性交叉滚子轴承等机器人领域轴承均已实现批量供货	-
机床	具备 P4 及以上精度等级轴承及其配套用 I 级圆柱滚子的量产能力	-
重型机械	包括传动系统、工程机械、农业机械、矿业能源等机械制造领域	卡特彼勒、徐工集团、三一集团、中联重科、雷沃重工等
轻工机械	主要有家电、电机轴承领域，还包括摩托车、电梯、医疗机械等	美的、格力、海尔、夏普、松下、惠而浦、三菱、通用电气等

资料来源：人本股份招股书、开源证券研究所

公司具备滚珠丝杠生产的技术储备。根据人本股份招股书，公司拥有内循环式滚珠丝杠副技术专利。在 2019 年中国机器人产业发展大会，公司展出滚珠丝杠产品。

3.9、南京工艺（未上市）：滚珠丝杠供货海外数控机床巨头

南京工艺于 1964 年研制出中国第一套滚珠丝杠副，是我国滚珠丝杠行业标准的制定者。

公司材料热处理工艺强，引入旋铣机床大幅提高加工销量。在加工工艺方面，公司最早将感应淬火技术应用在滚珠丝杠副的热处理上，使得滚珠丝杠副生产效率大大提高。近年来，公司成功引进德国 Leistritz 公司高速硬体旋铣机床及硬体材料旋铣这一国际一流的加工技术，改变了几十年的传统加工技术，提高了产能和品质，大大缩短了产品生产周期。采用预先批量定尺加工，产品的供货周期可缩短至 15 天。

凭借多年来对先进生产工艺的研发积累和精密加工设备的储备，公司已发展成为目前国内品种最多、规格最全的滚珠丝杠副专业生产厂家，滚珠丝杠应用于德玛吉、韩国斗山等数控机床全球领先企业。公司可批量提供 2 米 P1 级、3 米 P2 级、5 米 P3 级、10 米 P5 级各类滚珠丝杠副。南京工艺和德玛吉自 2020 年开始合作至今，为德玛吉新一代三轴数控机床累计配套丝杠、导轨产品超 7000 套，为德玛吉五轴加工中心配套的丝杠、导轨产品正在测试验证中。除高精度数控机床外，公司的滚珠丝杠还应用于自动化设备、智能化生产线、半导体设备、核电、光伏、注塑等领域。

4、丝杠行业迎资本开支潮，国产设备供应商受益

目前国内可成熟供应丝杠生产所需的前道设备，但后道核心设备高精度数控螺纹磨床的国产化率低，特别是生产高端丝杠的高精度螺纹磨床，基本完全依赖进口。

在丝杠行业迎来大规模扩产需求，同时海外数控螺纹磨床产能紧缺的背景下，国产前道设备商的收入规模有望加速扩大，后道设备国产替代进程有望加快。

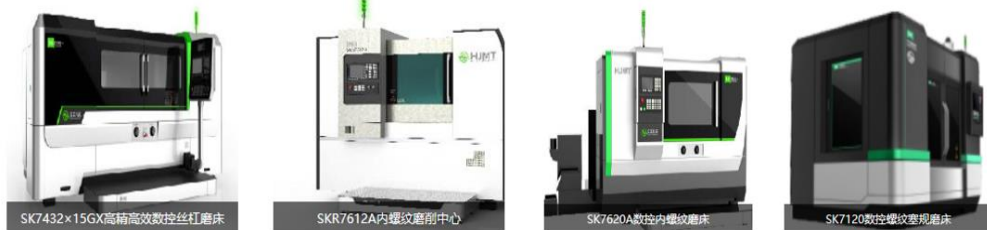
表11：丝杠前道设备基本实现国产化，后道设备国产替代空间大

丝杠生产工艺段	设备	国内供货情况
前道	锻压机、车床、滚齿机、真空炉、 淬火炉等热处理设备	成熟供应
后道	数控螺纹磨床（国产厂商主要使 用此设备），部分国产厂商效仿 欧洲使用数控旋风铣床	高端丝杠所需的高精度设备基 本完全依赖进口。中高端丝杠所 需设备国内仅少数厂家可供货。

资料来源：《行星滚柱丝杠设计》王家健、莱斯特瑞兹机械微信公众号、中国机床网、新剑机电传动微信公众号等、开源证券研究所

4.1、秦川机床：同时具备螺纹磨床与滚珠丝杠量产能力

公司精密磨床技术底蕴深厚。公司控股子公司汉江机床始建于1965年，是彼时国家唯一的螺纹磨床定点生产厂，深耕螺纹磨床领域60余年，精密螺纹加工技术一直处于国内领先水平，积累雄厚。

图26：公司自主研发生产高精度数控丝杠磨床、数控螺纹磨床


资料来源：秦川机床官网

公司能够批量生产滚珠丝杠，具备高精度滚珠丝杠生产能力。汉江机床目前滚珠丝杠/精密螺杆副产能10万件/年，募投项目投产后产能预计达38万件/年，竞争优势明显。此外，汉江机床生产的2级、3级精度的滚珠丝杠、直线导轨，具备较高的精度保持性，能够满足中高档数控机床要求，同时实现了在新能源汽车领域滚动功能部件和精密螺杆副的国产化推广应用。根据秦川机床2021年年报，公司高档滚珠丝杠副关键技术研究及示范生产线建设项目目标实现P1级滚珠丝杠副生产，MTBF（平均故障间隔时间）达到2000小时以上。

4.2、日发精机：国产轴承磨床龙头，数控螺纹磨床进入试磨阶段

在高端轴承磨超加工及装配生产线领域，日发精机的高端磨床产品在国内市场占有率第一。目前国内轴承行业规模靠前的30家企业中，有25家采用公司的高端轴承磨超加工及装配生产线产品。铁姆肯、福赛、SKF、人本集团、万向钱潮、天马轴承等在内的国内外客户和公司形成稳定合作。

2014年，公司与意大利MCM签署股权收购协议。MCM是全球领先的卧式加工中心制造商，服务于航空航天、超级跑车发动机厂和新能源等领域的高端客户。对MCM的收购使得公司在高端数控机床领域的研发实力进一步增强。

2023年公司推出新品数控螺纹磨床，可用于生产滚珠丝杠。该产品目前处于试磨阶段，尚未投产。

4.3、恒进感应（北交所）：中高端数控感应热处理设备国产替代先锋

公司是国内中高端数控感应热处理设备领军者，2020-2022年综合毛利率维持在

52%以上。公司产品在风电装备、工程机械、汽车制造等下游市场具有明显市场竞争优势，客户涵盖罗特艾德、新强联、洛轴集团、瓦轴集团、大冶轴、天马集团、三一集团、徐工集团、济宁锐博、山推股份、济宁松岳、万向集团、江淮汽车、东风汽车、航天科工、中国中车、太原重工、中国动力、经纬纺织等。

根据 2022 年年报，公司目前有三项研发项目目标实现进口替代，其中之一是在滚珠丝杠淬火自动线项目。

表12：截至 2022 年年报，公司滚珠丝杠淬火自动线项目处于功能测试验证阶段

研发项目名称	所处阶段/项目进展	拟达到的目标
滚珠丝杠淬火自动线项目	各项功能测试验证	实现高端滚珠丝杠类
		工件感应淬火自动化加工能力，达到国内领先水平，替代进口
新一代碳化硅感应加热电源的开发及应用	进入小试，已经开始在客户应用	取代进口满足国内高端客户需求
大直径无软带感应淬火设备研发	各性能调试验证阶段	实现进口替代；满足大直径轴承无软带淬火需要，特别是风电主轴轴承

资料来源：恒进感应 2022 年年报、开源证券研究所

表13：下游新需求为丝杠产业带来增长机遇，丝杠厂商和设备厂商有望迎接高增长

评级	公司代码	股票简称	总市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)			EPS (元)			PE (倍)		
				2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
买入	603667.SH	五洲新春	70.5	1.93	2.82	3.71	0.52	0.76	1.01	26.30	17.90	13.60
买入	300718.SZ	长盛轴承	53.0	2.50	3.18	3.96	0.84	1.07	1.32	23.30	18.30	14.70
未评级	601100.SH	恒立液压	874.8	26.99	32.33	39.01	2.00	2.40	2.90	32.5	27.2	22.5
买入	300580.SZ	贝斯特	79.0	2.85	3.61	4.36	1.43	1.80	2.18	16.70	13.20	10.90
未评级	300946.SZ	恒而达	39.9	1.21	1.72	2.18	1.02	1.45	1.84	32.6	23.0	18.1
买入	000837.SZ	秦川机床	130.7	2.50	3.15	4.11	0.25	0.31	0.41	50.20	39.80	30.50
未评级	002520.SZ	日发精机	46.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

数据来源：、开源证券研究所 注：五洲新春、长盛轴承、秦川机床、贝斯特盈利预测来自开源证券研究所，其他来自一致预期。收盘日为 2023 年 9 月 19 日

5、风险提示

各下游市场对丝杠的需求不及预期、丝杠厂商导入重要客户供应链进度不及预期。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、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）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。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取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于商业秘密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。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，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。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，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。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。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层

邮编：200120

邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层

邮编：518000

邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层

邮编：100044

邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层

邮编：710065

邮箱：research@kysec.cn