

行业研究 | 行业深度研究 | 机械设备 (2164)

丝杠国产替代在即， 人形机器人带来星辰大海



| 报告要点

随着人形机器人的产业发展越来越快，特斯拉机器人 Optimus Gen2 选用行星滚柱丝杠作为直线传动的重要部件，丝杠行业规模和国产丝杠有望跟随人形机器人放量实现份额扩张和高速增长。丝杠产业建议关注实现量产或进入下游主导企业供应链的公司。

| 分析师及联系人



高登

SAC: S0590523110004



黄程保

SAC: S0590523020001



裴婉晓

SAC: S0590524030001

机械设备

丝杠国产替代在即， 人形机器人带来星辰大海

投资建议： 强于大市（维持）
上次建议： 强于大市

相对大盘走势



相关报告

- 1、《机械设备：工程机械7月数据点评：挖机内销同比增幅维持20%，出口下半年有望转正》2024.08.08
- 2、《机械设备：泵业千亿规模迎头部集中趋势》2024.07.23



扫码查看更多

报告要点

➤ 行星滚柱丝杠、滚珠丝杠需求拉动可观

丝杠是将回转运动转化为直线运动的重要精密传动零部件，主要用于精密机械内部传动。丝杠主要分为滑动丝杠、滚动丝杠、静压丝杠，受益于体积小、负载高、寿命长等特点，滚珠丝杠和行星滚柱丝杠的应用最广泛。行星滚柱丝杠主要应用于精密机床、机器人、汽车；滚珠丝杠主要应用在机床、汽车等精密制造，整体均用于精密仪器，近年应用场景随着我国高端制造行业发展而快速增长。

➤ 人形机器人为行星滚柱丝杠下一新需求增量看点

2022年行星滚柱丝杠全球市场规模达到12.7亿美元，2018-2022年间复合增速达到4.5%。2022年滚珠丝杠规模达到149亿元，下游主要分为机床、汽车等精密制造，滚珠丝杠规模或跟随制造业复苏稳定增长。机器人的量产或成为行星滚柱丝杠新的爆发增长点，另一大下游机床需求稳步复苏。特斯拉Optimus人形机器人直线关节总共选用14个行星滚柱丝杠，结合行星滚柱丝杠单价下降，对应市场规模或将超过100亿元。

➤ 行星滚柱丝杠等待国产替代，处于利基赛道第一阶段

行星滚柱丝杠主要由海外厂商垄断，国内厂商逐步实现量产及国产替代；前四大供应商市占率达到80%左右，均为海外龙头公司，国内厂商贝斯特、南京工艺、博特精工逐步崭露头角，逐步实现量产并进入主流供应体系放量生产。滚珠丝杠的格局更加分散，CR5接近45%左右，以日本和欧洲的企业为主。与减速器相比，国产丝杠行业正处于利基赛道第一阶段，等待基本面突破及业绩兑现。

➤ 综合壁垒较高，工艺、设备等多环节有改善

行星滚柱丝杠和滚珠丝杠的主要部件生产壁垒高，实现突破的厂商或能保持其竞争优势。丝杠主要部件高精度加工的工艺复杂，加工精度是保证其准确装配和精准传动的必要条件，精密加工的热处理工艺、研磨设备等多个环节都有待国产厂商提升。此外，行星滚柱丝杠的高精密最重要环节精磨，所需磨床进口自日本或欧洲，整体而言最卡脖子环节为高精度磨床的采购及使用。当前贝斯特、秦川机床、恒立液压均在行星滚柱丝杠和滚珠丝杠有相应的产业布局。

➤ 投资建议：关注实现量产及进入主流供应链的公司

行星滚柱丝杠中长期需求在机器人产业下有望爆发，建议关注实现量产或进入下游主导企业供应链的公司。产业链标的：（1）恒立液压：国内液压油缸龙头，逐步开启直线传动零部件部门，产品实现量产后公司有望进入特斯拉机器人供应链；（2）贝斯特：国内领先的涡轮增压零部件龙头，在滚珠丝杠、行星滚柱丝杠领域率先实现量产，并向下游机床、机器人领域送样。

风险提示：行业技术突破不及预期，行业竞争格局发生较大变化，商业应用场景拓展不及预期。

投资聚焦

核心逻辑

随着人形机器人的产业发展越来越快，特斯拉机器人 Optimus Gen2 选用行星滚柱丝杠作为直线传动的重要部件，丝杠行业规模和国产丝杠有望跟随人形机器人放量实现份额扩张和高速增长。我们认为，中长期具备精密加工工艺积淀、设备的龙头企业有望快速实现国产替代突破。

不同于市场的观点

(1) 技术层面，市场部分观点认为：人形机器人选用行星滚柱丝杠作为传动体系中的直线关节。我们认为：人形机器人的传动方案目前尚不确定，且后续仍会有变化，在越来越多的机器人直线关节选用行星滚柱丝杠的假设下，做相应的需求及市场分析。

(2) 行业层面，市场部分观点认为：国产行星滚柱丝杠的国产替代率等待兑现，业绩快速增长。我们认为：国产行星滚柱丝杠国产替代逐步提升市场份额的过程会相对缓慢，其次当国产替代逻辑逐步兑现的阶段，相应公司的对应业务估值会有一定程度的折扣，更关注业绩兑现。

投资看点

行星滚柱丝杠中长期需求在机器人产业下有望爆发。供给端更多需要关注份额提升较快的公司或者进入全球主导企业供应链的公司。

产业链标的：**(1) 恒立液压：**国内液压油缸龙头，逐步开启直线传动零部件部门，产品实现量产后公司有望进入特斯拉机器人供应链；**(2) 贝斯特：**国内领先的涡轮增压零部件龙头，在滚珠丝杠、行星滚柱丝杠领域率先实现量产，并向下游机床、机器人领域送样。

正文目录

1. 行星滚柱丝杠在人形机器人推动下规模有望扩至百亿.....	6
1.1 丝杠产品是精密器械的重要传动部件.....	6
1.2 行星滚柱丝杠：或成为人形机器人直线运动关节.....	8
1.3 滚珠丝杠：最大下游为精密机床，需求等待复苏.....	11
2. 利基赛道海外龙头占据主要份额，国产替代快速推进.....	13
2.1 格局：技术及工艺壁垒较高，海外龙头寡头垄断.....	13
2.2 突破：国内厂商逐步研发并实现量产.....	19
3. 投资建议：关注量产及进入主流供应链的公司.....	21
3.1 恒立液压.....	21
3.2 贝斯特.....	22
3.3 投资建议：建议关注恒立液压、贝斯特.....	24
4. 风险提示.....	26

图表目录

图表 1：丝杠系列产品的分类.....	6
图表 2：行星滚柱丝杠示意图及相关特征.....	7
图表 3：行星滚柱丝杠产业链.....	7
图表 4：行星滚柱丝杠及滚珠丝杠市场规模对比.....	8
图表 5：行星滚柱丝杠下游应用大致分布.....	8
图表 6：全球行星滚柱丝杠规模已达到 12 亿美元.....	9
图表 7：中国行星滚柱丝杠规模接近 4 亿元.....	9
图表 8：特斯拉 Optimus 主要关节用行星滚柱丝杠数量.....	9
图表 9：波士顿动力日前停止液压传动机器人开发.....	9
图表 10：Optimus 线性关节的行星滚柱丝杠结构.....	10
图表 11：日本哈默纳科对人形机器人的出货量预测.....	11
图表 12：人形机器人及其对应行星滚柱丝杠的销量和市场规模预测.....	11
图表 13：滚珠丝杠在数控机床上的应用.....	12
图表 14：中国数控机床的市场规模稳步增长.....	12
图表 15：数控机床产量同比已逐步出现周期拐点.....	12
图表 16：中国固定资产投资完成额同比增速逐步筑底回升.....	13
图表 17：2022 年行星滚柱丝杠的全球市场份额（预测）.....	14
图表 18：行星滚柱丝杠主要厂商基本信息.....	14
图表 19：行星滚柱丝杠副示意图.....	15
图表 20：丝杠的材料性能要求.....	15
图表 21：螺母和滚柱加工的工艺流程图.....	16
图表 22：全球主要精密磨床厂家集中在欧美及日本.....	17
图表 23：国内滚珠丝杠行业前五名约占份额一半.....	17
图表 24：内、外循环滚珠丝杠运行示意图.....	18
图表 25：滚珠丝杠加工过程.....	18
图表 26：国内主要进军丝杠业务的公司主要经营情况及当前进展.....	19

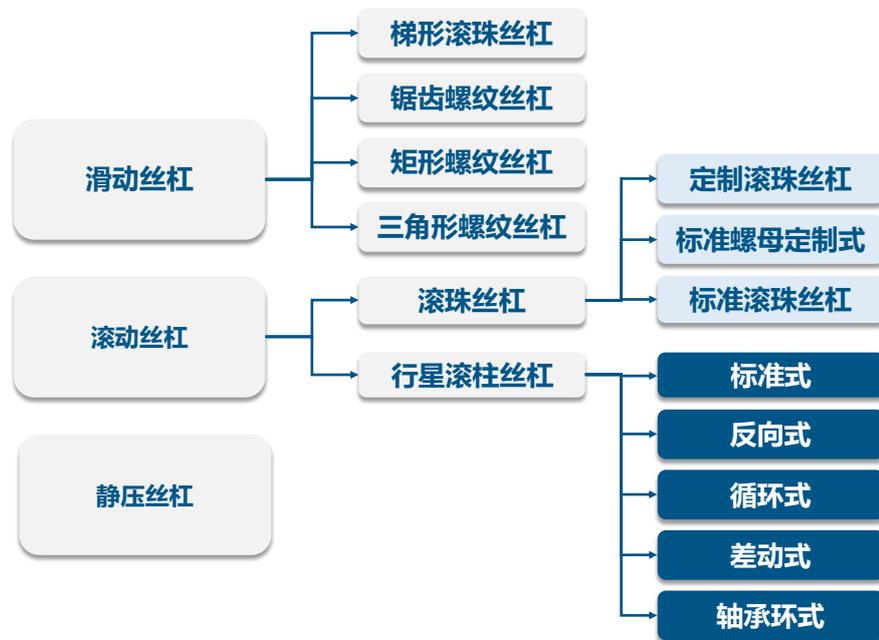
图表 27:	行星滚柱丝杠当前处于简单利基市场阶段（国产替代突破过程）	20
图表 28:	恒立液压近年收入及增速	21
图表 29:	恒立液压近年归母净利润及增速	21
图表 30:	恒立液压主要产品构成	22
图表 31:	恒立液压当前多个技术处于批量、中试阶段	22
图表 32:	贝斯特近年收入及增速	23
图表 33:	贝斯特近年归母净利润及增速	23
图表 34:	公司汽车零部件相关业务占比提升	23
图表 35:	贝斯特毛利率、净利率稳定	23
图表 36:	主要子公司业务及产品规划	24
图表 37:	贝斯特相关主营业务及直线滚动部件	24
图表 38:	丝杠板块相关标的	25

1. 行星滚柱丝杠在人形机器人推动下规模有望扩至百亿

1.1 丝杠产品是精密器械的重要传动部件

丝杠是精密机械上的最常使用的传动元件，主要作用是将回转运动转化为直线运动。丝杠主要分为滑动丝杠、滚动丝杠和静压丝杠；在机械传动中多有应用场景。滚动丝杠包含滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。

图表1：丝杠系列产品的主要分类



资料来源：前瞻产业研究院，国联证券研究所

行星滚柱丝杠是一种可将伺服电机的旋转运动转化为直线运动的机械传动装置，它主要依靠多个滚柱与丝杆、螺母之间的螺纹啮合传动来传递动力，相比传动丝杠等类似元件，其具有承载能力强、轴向刚度大、传递效率高、使用寿命长、动态性能好、适用性强和安装维护方便等诸多优点，是智能高端装备的理想功能部件，在精密数控机床、重型机械、医疗器械、武器装备、航空航天等领域有较强的应用场景。

行星滚柱丝杠受益于体积小、负载高、寿命长等特点，有望在日后人形机器人的领域被广泛使用。行星式滚柱丝杠含有可与精密研磨的螺丝和螺母啮合的精密研磨滚柱，能够处理重负荷。与同尺寸同导程的滚珠丝杠相比，滚柱丝杠部件的设计增加

了接触点，且接触半径更大。这导致每个接触点的应力更小，并使滚柱丝杠能够承受更大的负荷。此外行星滚柱丝杠使用寿命更长，从体积、寿命多维度综合，行星滚柱丝杠在后续精密传动中使用会越来越多。

图表2：行星滚柱丝杠示意图及相关特征

	滚柱丝杠	滚珠丝杠
动态负载等级	很高	中等
接触面	多	相对少
冲击负荷	很高	中等
寿命	很长，数倍于滚珠丝杠	中等
所需的相对空间	最小	中等
加速度	高	中等

资料来源：诺和科技官网，Tolomatic 公告，《行星滚柱丝杠传动精度分析与设计》柯浩，国联证券研究所

行星滚柱丝杠包含精密部件较多，下游主要应用在精密机床、机器人、汽车。在上游环节，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。

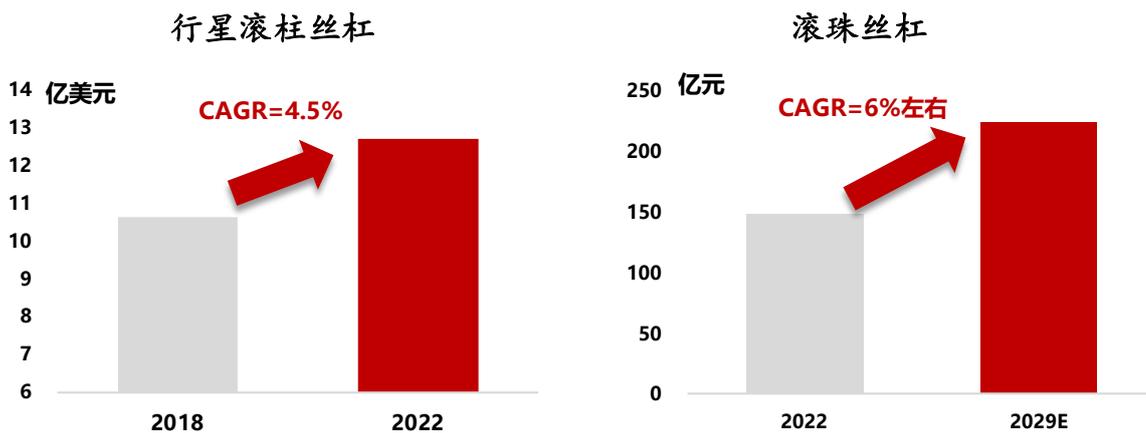
图表3：行星滚柱丝杠产业链



资料来源：前瞻产业研究院，国联证券研究所

当前行星滚柱丝杠与滚珠丝杠均平稳增长，行星滚柱丝杠应用场景更集中。行星滚柱丝杠全球市场规模在 2022 年达到 12.7 亿美元，2018-2022 年间复合增速达到 4.5%。2022-2029E 年滚珠丝杠的规模也可能保持 6%左右的复合增速，但规模相应更大，发展更成熟。后续人形机器人产业发展将更多带动行星滚柱丝杠市场增长。

图表4：行星滚柱丝杠及滚珠丝杠市场规模对比

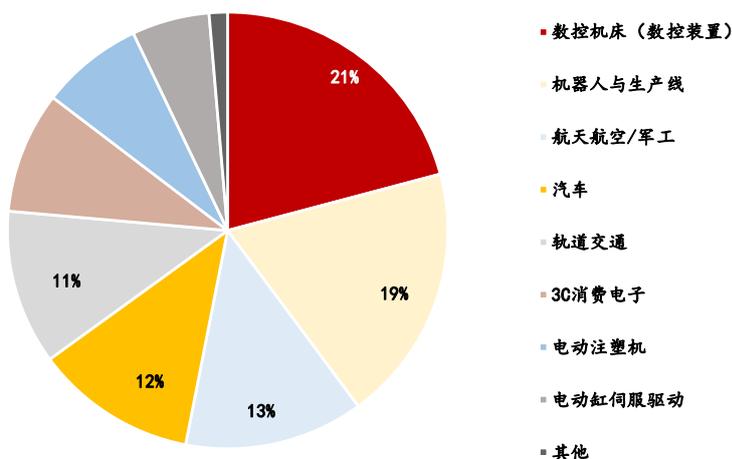


资料来源：DATAINTELO，前瞻产业研究院，国联证券研究所

1.2 行星滚柱丝杠：或成为人形机器人直线运动关节

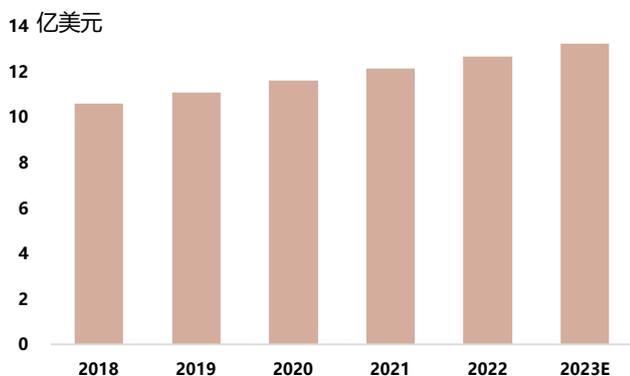
行星滚柱丝杠下游应用场景涵盖了多个行业，主要应用在机床、机器人、航空航天/军工、汽车等精密零部件传动的领域。

图表5：行星滚柱丝杠下游应用大致分布



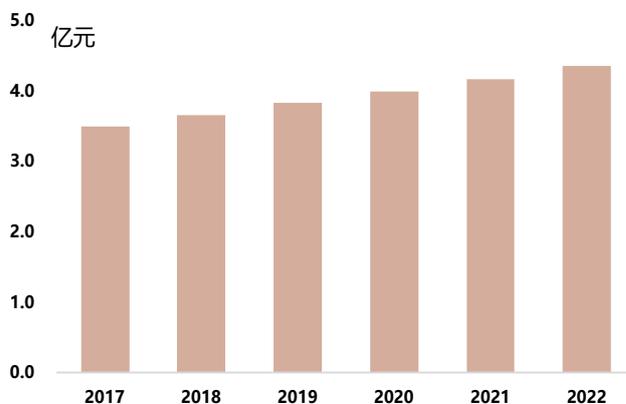
资料来源：金属加工杂志，前瞻产业研究院，国联证券研究所

图表6：全球行星滚柱丝杠规模已达到 12 亿美元



资料来源：DATAINTELO，前瞻产业研究院，国联证券研究所

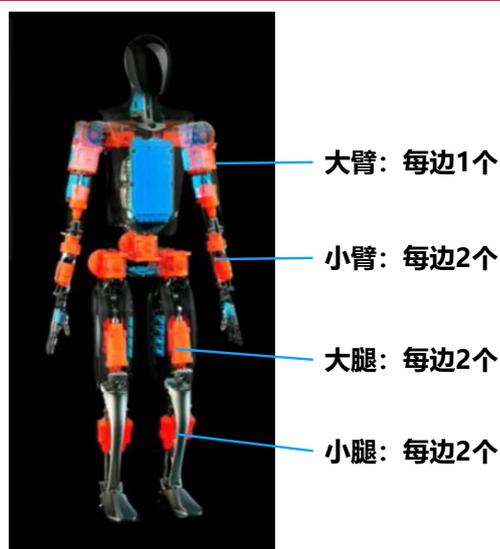
图表7：中国行星滚柱丝杠规模接近 4 亿元



资料来源：DATAINTELO，前瞻产业研究院，国联证券研究所 注：美元兑人民币汇率按 1: 7.34 换算。

特斯拉 Optimus 人形机器人直线关节选用行星滚柱丝杠传动。根据 OptimusGen2 的示意图，直线关节总共选用 14 个行星滚柱丝杠，大腿、小腿、小臂两边各 2 个，大臂选用 1 个行星滚柱丝杠。特斯拉机器人带来的想象力有望大幅拉动全球的行星滚柱丝杠市场空间。

图表8：特斯拉 Optimus 主要关节用行星滚柱丝杠数量



资料来源：特斯拉 AI Day，国联证券研究所

图表9：波士顿动力日前停止液压传动机器人开发

停止开发其液动力机器人Atlas



资料来源：波士顿动力官网，国联证券研究所

图表10: Optimus 线性关节的行星滚柱丝杠结构



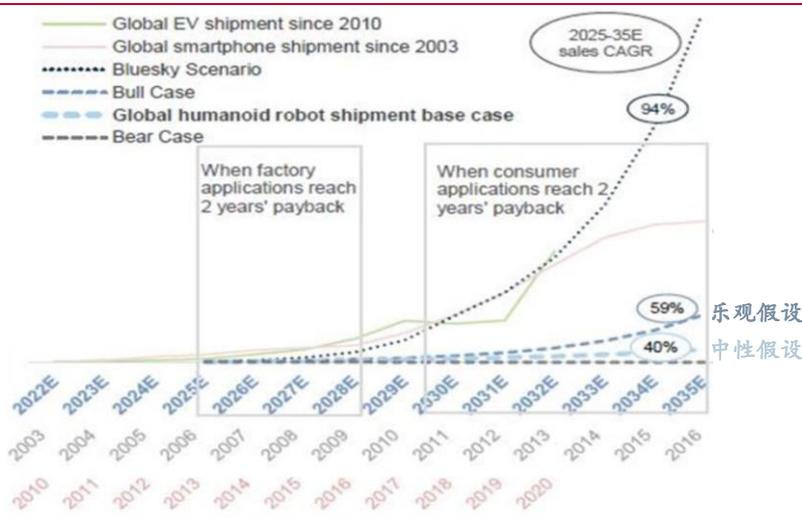
资料来源：特斯拉官网，国联证券研究所

按照不同类型机器人的整体数量预测，我们简单做了行星滚柱丝杠相关销量预测，基本假设为：

1. 中国人形机器人市场为全球人形机器人一半左右；
2. **增速**：根据哈默纳科公开资料显示，2025-2035 年人形机器人，乐观假设下 CAGR 增速能达到 59%；中性假设下 CAGR 增速能达到 40%；
3. **传动方案**：当前特斯拉机器人 Optimus Gen2 直线关节选用行星滚柱丝杠，但当前仍有部分机器人选用液压、连杆传动，当前设置行星滚柱丝杠的方案渗透率在 80%，后续逐步提升；
4. **价格**：当前行星滚柱丝杠单价仍高，工艺流程复杂且长，同时精磨设备供给有限，海外行星滚柱丝杠价格在 2 万/个左右；人形机器人量产的前提是核心精密零部件价格降至合理区间，测算会对行星滚柱丝杠降价过程进行设置。

乐观假设下，2035 年人形机器人销量达到 200 万台，人形机器人对行星滚柱丝杠市场规模拉动大约超过 600 亿元；

中性假设下，2035 年人形机器人销量达到 45 万台，人形机器人对行星滚柱丝杠市场规模拉动接近 140 亿元左右。

图表11：日本哈默纳科对人形机器人的出货量预测


资料来源：哈默纳科官网，国联证券研究所

图表12：人形机器人及其对应行星滚柱丝杠的销量和市场规模预测

标准配置	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2030E	2035E	
乐观假设——中国人形机器人需求量 (万台)	0.40	0.64	1.01	1.61	2.56	10.28	104.43	
乐观假设——全球人形机器人需求量 (万台)	0.80	1.27	2.02	3.22	5.11	20.55	208.86	
中性假设——中国人形机器人需求量 (万台)	0.40	0.56	0.78	1.10	1.54	4.22	22.68	
中性假设——全球人形机器人需求量 (万台)	0.80	1.12	1.57	2.20	3.07	8.43	45.36	
悲观假设——中国人形机器人需求量 (万台)	0.40	0.44	0.48	0.53	0.59	0.78	1.26	
悲观假设——全球人形机器人需求量 (万台)	0.80	0.88	0.97	1.06	1.17	1.56	2.51	
单台人形机器人需求渗透率	80%	83%	85%	90%	95%	100%	100%	
行星滚柱丝杠价格 (元/个)	20000	20000	15000	10000	5000	2000	1000	
行星滚柱丝杠-(14个/台)	乐观假设——丝杠市场规模 (亿元)	38.4	63.3	77.4	86.8	72.9	123.3	626.6
	中性假设——丝杠市场规模 (亿元)	38.4	55.8	60.0	59.3	43.8	50.6	136.1
	悲观假设——丝杠市场规模 (亿元)	38.4	43.8	37.0	28.7	16.7	9.4	7.5

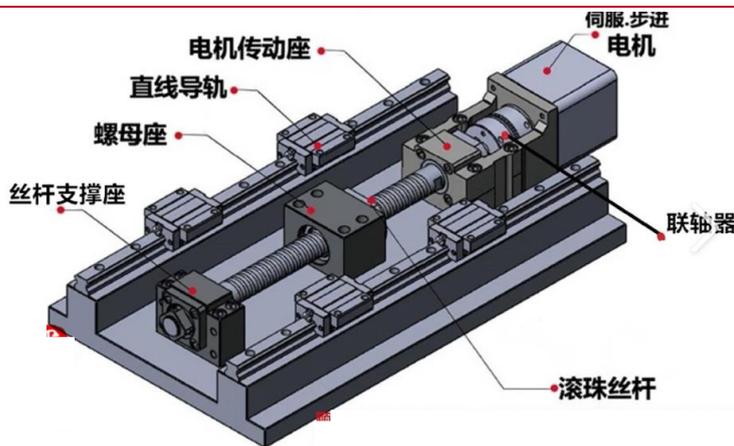
资料来源：哈默纳科公告，人形机器人研究院，国联证券研究所

1.3 滚珠丝杠：最大下游为精密机床，需求等待复苏

数控机床是滚珠丝杠最大的下游领域。滚珠丝杠广泛应用于各种工业设备和精密仪器，下游主要分为机床、汽车等精密制造。滚珠丝杠可实现旋转运动向直线运动

的转化，主要由丝杆、螺母、滚珠组成，机床上使用的滚珠丝杠尺寸较大，但精度要求更高。

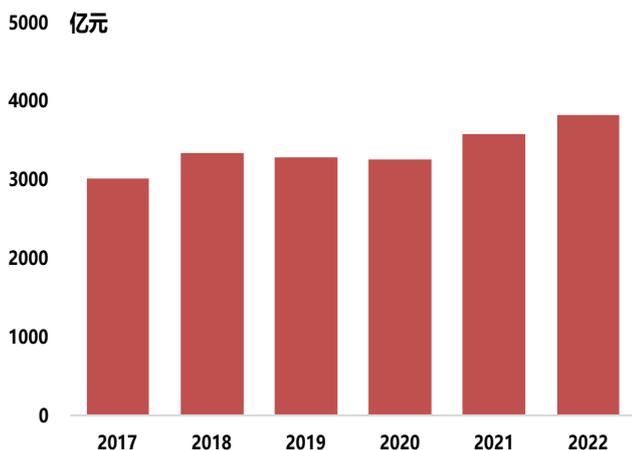
图表13：滚珠丝杠在数控机床上的应用



资料来源：深圳汉工，国联证券研究所

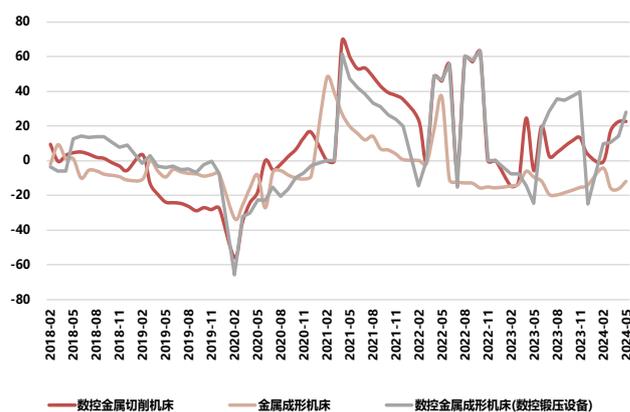
年初以来，数控机床的景气度逐步驻底开始上行。根据国家统计局数据，2024 年初至今，数控金属成形机床和数控金属切削机床增速开始回暖；加之后续设备更新替换政策的陆续发力，机床的更换需求有望带动行星滚柱丝杠需求增长。

图表14：中国数控机床的市场规模稳步增长



资料来源：CCID，前瞻产业研究院，国联证券研究所

图表15：数控机床产量同比已逐步出现周期拐点

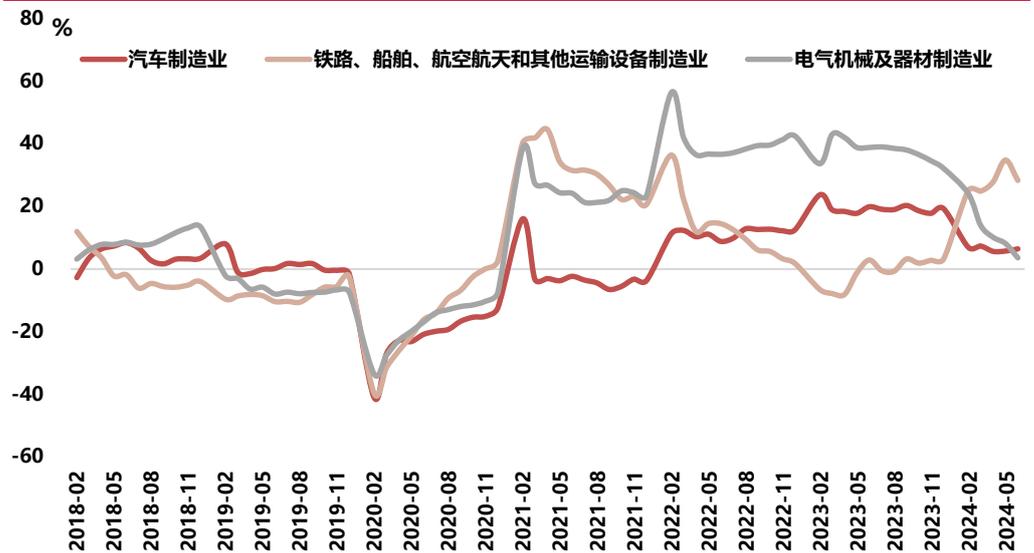


资料来源：Wind，国联证券研究所

其余下游，如汽车、航空运输、轨道交通等行业周期波动，对丝杠需求拉动相对稳定。2024 年航空和铁路运输业投资均呈现缓慢恢复增长的状态；2024 年 5 月，铁路、航空航天等制造业的投资增速仍处于高位；同时电气机械的行业投资在底部等待

反弹。

图表16：中国固定资产投资完成额同比增速逐步筑底回升



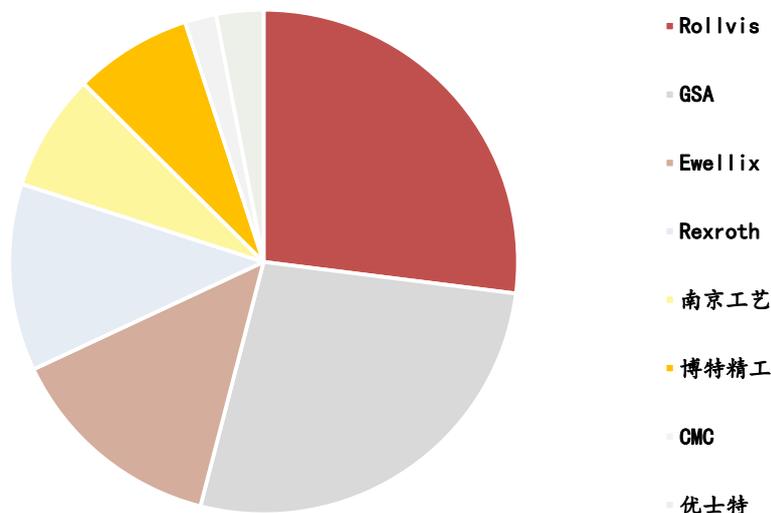
资料来源：Wind，国联证券研究所

2. 利基赛道海外龙头占据主要份额，国产替代快速推进

2.1 格局：技术及工艺壁垒较高，海外龙头寡头垄断

(1) 行星滚柱丝杠

行星滚柱丝杠主要由海外厂商垄断，国内厂商尝试突破。根据第三方研究数据，行星滚柱丝杠的前四大供应商分别是 Rollvis、GSA、Ewellix、Rexroth，前四名市占率达到 80% 左右，均为海外龙头公司。国内厂商南京工艺、博特精工逐步崭露头角，依靠较强的性价比优势有一定的市场份额突破，但高端行星滚柱丝杠市场仍有待继续发力。

图表17：2022年行星滚柱丝杠的全球市场份额（预测）


资料来源：《E公司滚柱丝杠产品营销策略研究》王有雪，国联证券研究所

主要龙头集中在欧美，以精密加工历史良久著称。Rollvis公司成立于1970年，是专业设计和生产滚柱丝杠的厂家，高精度产品系列齐全，主要应用于航空航天、军工设备、钢铁冶金等高端领域，近年也面向普通工业应用批量化供货。GSA是专业设计和生产滚柱丝杠的厂家，其研磨级滚柱丝杠产品最具价格竞争力。Ewellix公司是第一个设计生产滚柱丝杠的厂家，具有很强的技术积淀，产品主要应用在工业领域，具备系列齐全的产品范围、全面的销售和技术支持。Rexroth公司及品牌隶属于博世力士乐集团，除生产滚柱丝杠外，仍经营生产液压系统、减速机、电控技术以及机电一体化产品，具有很强的产品拓展研发应用的基础。

图表18：行星滚柱丝杠主要厂商基本信息

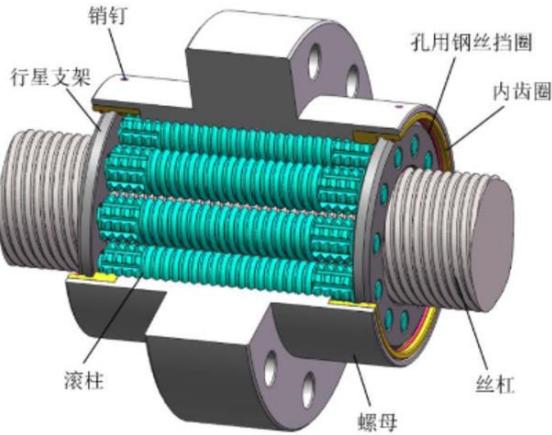
公司	国家	制造工艺	尺寸系列	产品应用	产品类型
Rollvis	瑞士	研磨	齐全	军工、工业	行星滚柱丝杠
GSA	瑞士	研磨	齐全	军工、工业	行星滚柱丝杠
Ewellix	瑞典	研磨	齐全	工业	滚柱丝杠、精密滚珠丝杆、支撑轴承
Rexroth	德国	轧制	较齐全	工业	直线导轨、滚珠和滚柱丝杠、电动缸和直线运动模组等，产品覆盖高端应用有限

资料来源：《E公司滚柱丝杠产品营销策略研究》王有雪，各公司官网，国联证券研究所

份额高度集中，主要是因为行星滚柱丝杠综合加工技术壁垒较高。根据整体的滚柱丝杠加工流程，丝杠、滚柱、螺母及内齿圈均为加工难度较大的元件。丝杠为带

有三角形螺纹牙的细长杆件，内齿圈为壁厚较薄、齿数较多的内啮合尺寸。螺纹和齿轮的加工精度对行星滚柱丝杠的装配、传动和承载特性产生直接影响，进而影响丝杠副的使用寿命。良好的加工工艺方案、参数、设备，是控制行星滚柱丝杠副的加工精度的关键，也是高精度行星滚柱丝杠的技术壁垒所在。

图表19：行星滚柱丝杠副示意图



资料来源：《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》郑伟，国联证券研究所

图表20：丝杠的材料性能要求

丝杠性能要求 丝杠应具有的性能 对丝杠材料要求

耐高荷重	抗形变强度高	硬度高
可进行高速回转	摩擦和磨损小	耐磨强度高
具有互换性	尺寸稳定性好	纯净度、均匀度好
可长期使用	具有耐久性	耐疲劳强度高

资料来源：上海慧腾，国联证券研究所

➤ **材料方面**

在选择滚珠丝杠材料时，应严格控制和消除钢中的夹杂物和缺陷，提高钢的纯度和组织均匀性。根据文献，为了保证轴承钢的质量，国家行业已颁发（更换）许多轴承钢生产许可证，对国内主要轴承钢制造商的产品质量提出了更高的要求，也使制造商采用大容量电弧炉和真空精炼设备生产轴承钢，确保滚珠丝杠钢的质量。

➤ **加工工艺**

行星滚柱丝杠的主要部件的加工工艺复杂，加工精度是保证其准确装配和精准传动的必要条件。选择并高效执行提高齿轮的承载能力、抗接触疲劳强度、表面硬度更高的热处理方式。加工环节难度较大的主要在：

- 1、高低温时效：**丝杠受到粗车的影响会产生较大的应力集中，需要用高温时效去除内应力；且丝杠经过高温处理和磨削加工后会产生盈利甚至表面裂纹，需对丝杠进行低温时效处理。高低温时效处理影响工件质量。
- 2、淬火：**螺母预备热处理阶段选择球化退火，可以降低硬度，改善螺母的切削加工性能，并为后面渗碳淬火做组织准备。滚柱需要更好的抗解除疲劳强度，需要使用渗氮淬火或者碳氮共渗。各个部件需要不同的淬火/退火处理工艺，

对加工技术要求很高。

- 3、**精磨**：行星滚柱丝杠属于高精度传动工件，主要部件在低温时效处理后，都需要精磨才可以正式入库，高精度磨床和高精度磨削均为当前较为卡脖子的领域和环节。

行星滚柱丝杠在材料、加工工艺、设备等多个维度上均有难度，整体而言批量生产难度和壁垒很高。

图表21：螺母和滚柱加工的工艺流程图



资料来源：《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》郑伟，国联证券研究所

➤ 设备磨床

行星滚柱丝杠的精磨是保证精度的重要环节，高端磨床仍依赖进口。全球前十大磨床公司基本分布在欧洲、日本、美国，精密磨床的采购是影响国产行星滚柱丝杠产品发展的主要因素。

图表22：全球主要精密磨床厂家集中在欧美及日本

公司	国家	滚珠丝杠
联合磨削集团	德国	世界领先的机床制造商之一，主要产品有精密磨床、电解机床、激光机床、测量机以及增材制造机床
哈挺集团	美国	在全球享有盛誉的机床设备制造商，能够为客户提供广泛而可靠的车削、铣削、磨削与工装夹具应用解决方案
法孚兰迪斯	英国/美国	公司已有超过100年的历史，主要为全球范围的汽车业制造公司提供曲轴、凸轮轴和传动轴等工件的加工设备
DVS集团	德国	在有屑加工技术领域里，DVS集团通过利用智能化协同效应在精密度、可靠性和经济性方面标新立异
埃尔温·勇克	德国	从外圆磨床、非圆磨床到无心磨床，相应每个磨削任务都能提供合适的磨床
梯伦豪斯科技	德国	超精磨床代表着世界上最尖端超精研技术
科美腾精密磨削	瑞典	轴承、油泵油嘴和汽车工业中全球高精度磨床的制造商
TOYO东洋	日本	日本一家历史悠久的机械制造企业
光洋	日本	积极推动高精度、自动化和省力化，尤其在无心磨床和双端面磨床领域确立了行业领头羊的地位
卡帕	德国	一家专业生产精密数控齿轮磨床的高科技龙头企业，也是全球知名工具机床制造厂商

资料来源：海默数控，国联证券研究所

(2) 滚珠丝杠

滚珠丝杠的 CR5 接近 45%左右，格局集中度相对分散。滚珠丝杠副，又称滚珠丝杆、滚珠丝杠；滚珠丝杆是由丝杆轴和螺母组成，而其中螺母又是由钢球、预压片、反向器、防尘器等组成。全球主要的滚珠丝杆厂商有 NSK、THK、SKF 等，CR5 市占率达到约 46%，其中主要来自欧洲和日本，其滚珠丝杆企业占据全球约 70%的市场份额。

图表23：国内滚珠丝杆行业前五名约占份额一半

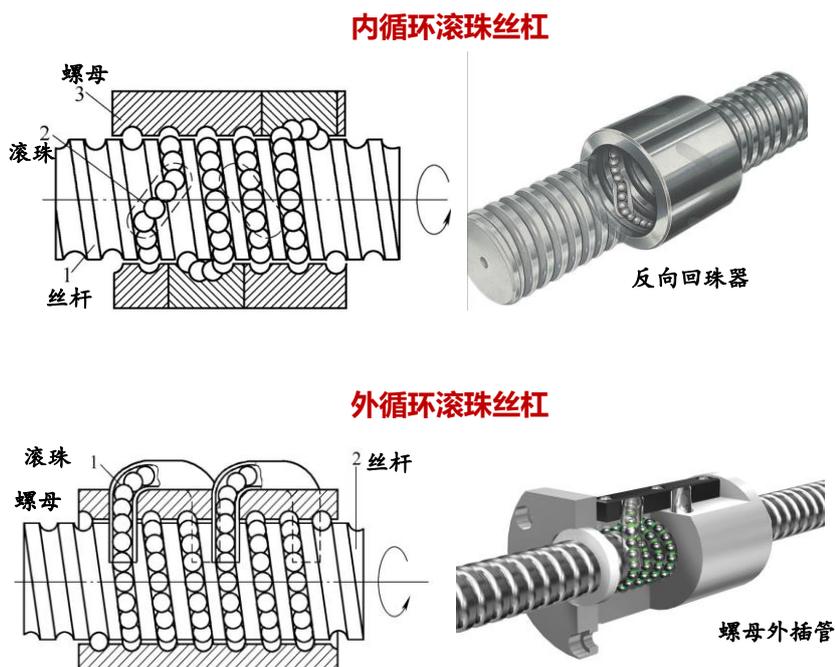


资料来源：华经产业研究院，国联证券研究所

滚珠丝杠主要结构包括螺杆、滚珠螺母、滚珠三部分。滚珠丝杠轴为螺母运动的

导向轴，其表面具有螺纹，滚珠在螺纹内运动；螺母由预压片、反向器、防尘器等组成，是直线运动的移动体，带动滚珠循环机制，此外其端部密封件用于封装润滑零件、防止异物进入；滚珠是利用低摩擦系数维持整个零部件运转的媒介，根据关注循环方式又分为内循环和外循环。

图表24：内、外循环滚珠丝杠运行示意图



资料来源：南京春信，天津龙创，国联证券研究所

图表25：滚珠丝杠加工过程



资料来源：《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》郑伟，国联证券研究所

2.2 突破：国内厂商逐步研发并实现量产

国内主要行星滚柱丝杠企业正逐步实现量产突破。国内恒立液压、贝斯特、北特科技等公司长期深耕在精密机械、汽车零部件的生产领域，其中恒立液压的丝杠产品在 2024 年试生产，贝斯特、长盛轴承已实现滚珠丝杠的量产。近年来，国产滚珠丝杠和行星滚柱丝杠或逐步实现国产替代突破，市场份额有所提升。

图表26：国内主要进军丝杠业务的公司主要经营情况及当前进展

公司名称	要点	年报或公告进展
恒立液压	专业生产液压元件及液压系统的公司，致力成为具有国际影响力高端液压成套装备及液压技术方案的提供商	滚珠丝杠、滚柱丝杠、导轨等部分样品在试制中，于2024年一季度试生产
贝斯特	专注于精密零部件和智能装备及工装产品的研发、生产及销售；利用在精密传动加工领域的技术积累，近年将业务延伸至高端线性传动及工业自动化装备领域	公司生产的滚珠丝杠副、直线导轨副等产品首台套已实现成功下线，部分产品已在送样验证过程中；自主研发的行星滚柱丝杠已顺利出样
长盛轴承	专注于自润滑轴承及高性能聚合物的研发、生产及销售，产品涵盖自润滑轴承，低摩擦副零部件及相关精密铸件	滚珠丝杠产品已实现量产，产品订单包括乘用车及商用车（截至5月9日）
秦川机床	以主机业务为引领，以高端制造与核心部件为支撑，打造“国内领先，国际知名”的高端装备制造领域的系统集成服务商和关键部件供应商	公司所属汉江机床生产的滚珠丝杠副（精度稳定达到P2级，部分达到P1、P0级），基本可以满足中高档数控机床的要求
禾川科技	研磨级滚珠丝杠和行星滚柱丝杠产品正处于设计规格评审阶段&单元概要设计评审阶段，后续尚需经过样机、中试、发布阶段。量产时间试研发进展进展而确定	直线导轨和丝杠研发项目：部分产品已量产
鼎智科技	依托常州智能驱动组件工程技术研究中心，专注于精密运动控制系列产品的研究和创新，实现丝杠、螺母等线性执行器核心零部件的自主可控	行星滚柱丝杠已研发完成，正在送样
北特科技	具备5万余吨转向器、减震器等零部件的生产能力，配合客户开展人形机器人用丝杠产品的研发工作	实现两种丝杠产品的量产，一是行星滚柱丝杠，二是梯形丝杠，灵巧手丝杠正在研发

资料来源：各公司公告，国联证券研究所

行星滚柱丝杠、滚珠丝杠与精密减速器类似，其供需格局类似于利基市场，但处于利基市场的不同阶段。其中利基市场的基本特质：

- （1）规模：**行业整体市场规模不大，如行星滚柱丝杠、滚珠丝杠全球整体规模分别不超过 200 亿元人民币；
- （2）供给情况：**综合壁垒不低，往往在技术、资金、渠道、品牌等某个维度具有较高的壁垒；
- （3）产业链情况：**更多出现在 B2B 的产业链某细分环节，如汽车零部件等。

从发展趋势上看，利基市场主要分为三个发展阶段：

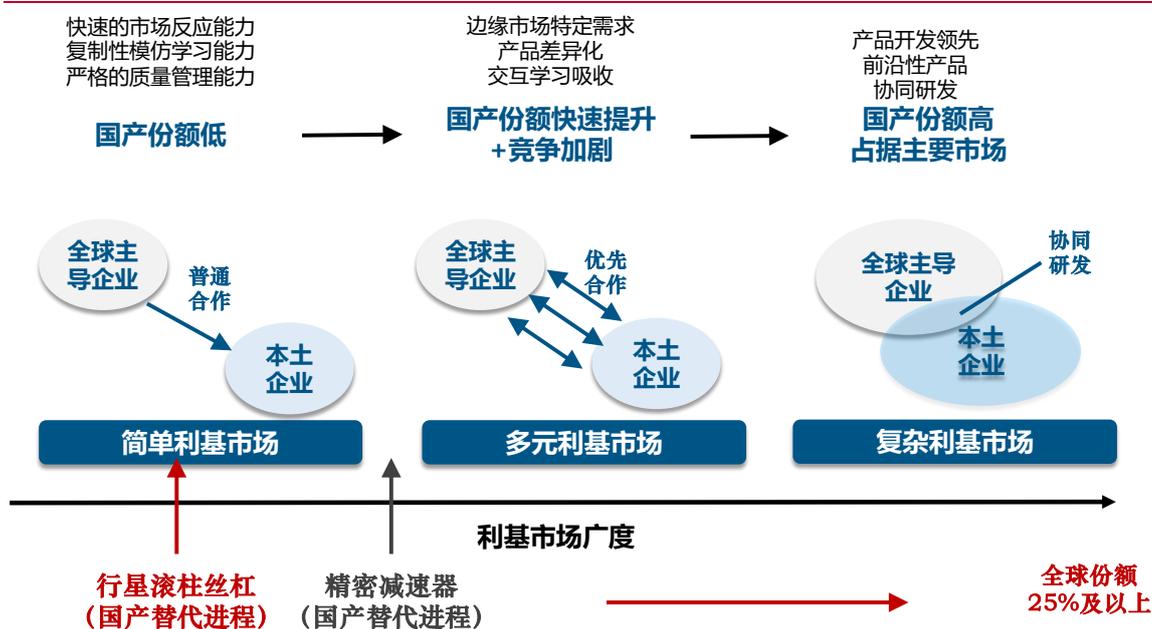
第一阶段：简单利基市场，国产份额尚小；下游主导大企业与本土零部件企业建立普通合作关系，整个利基市场仍由海外龙头主导；

第二阶段：多元利基市场，国产份额开始提升；下游主导大企业与本土零部件企业合作关系逐步深化，零部件对 C 端大企业提供定制化服务。国产零部件厂商完成技术或认证的首次突破，市场格局会在短期内出现变动，可能伴随竞争加剧的情形；

第三阶段：复杂利基市场，国产占据主要市场份额；下游主导大企业与本土零部件企业共同合作研发新技术产品，整个利基市场仍由海外龙头主导。

与精密减速器不同，行星滚柱丝杠处于利基市场发展的**第一阶段**。这个过程中，国产行星滚柱丝杠企业逐步实现量产突破，逐步与下游厂商送样并建立合作关系。减速器龙头当前已处于与全球主导企业（如特斯拉）建立优先合作的阶段，并逐步打破此前全球供应生态圈。后续国内零部件公司将逐步提高渗透率，取得进一步发展。

图表27：行星滚柱丝杠当前处于简单利基市场阶段（国产替代突破过程）



资料来源：《全球价值链下我国隐形冠军企业形成过程的多案例研究》贾依帛，国联证券研究所

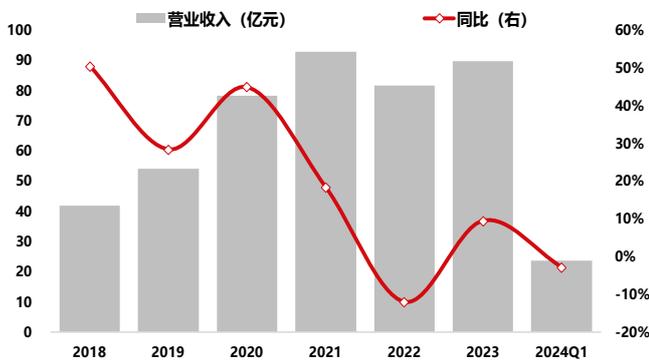
3. 投资建议：关注量产及进入主流供应链的公司

3.1 恒立液压

恒立液压是具有国际影响力高端液压成套设备的提供商以及液压技术方案的提供商。近年公司从主营液压油缸制造发展成为涵盖高压油缸、高压柱塞泵、液压多路阀、工业阀、液压系统、液压测试台及高精度液压铸件等产品研发和制造的大型综合性企业。作为大型机械核心传动装置，公司液压产品下游应用机械覆盖各个领域，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。

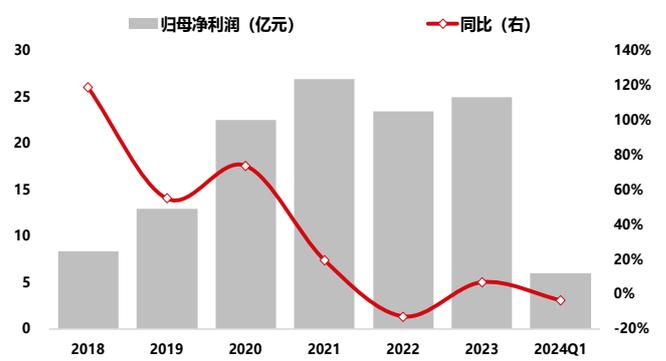
此外，公司先后投资建成了高压精密液压铸件生产基地，液压阀、泵生产基地，并通过并购德国茵莱等企业，在美国芝加哥、日本东京新设公司等方式进行海外市场的拓展和布局，进一步巩固具有国际影响力。

图表28：恒立液压近年收入及增速



资料来源：ifind，国联证券研究所

图表29：恒立液压近年归母净利润及增速



资料来源：ifind，国联证券研究所

公司主营油缸和泵阀，非标油缸销售稳定增长且出口占比提升。公司目前有可以实时收集工作装置的位置和速度的新型传感器油缸，实现辅助驾驶和远程操控主动精准控制，目前已通过主机厂的验证；另外具备轻量化、高加工精度生产的超高速油缸目前也已交付客户使用。

公司在电驱动领域做相关的长期战略布局线性驱动器项目，滚珠丝杠、滚柱丝杠、导轨等部分样品在试制中。该项目含有电动缸事业部、丝杠事业部和导轨事业部。电动缸事业部产品线不断延展，已完成高空作业平台客户全系列纯电车型的应用开发；海事电缸订单量持续上升，累计达到 36 条船。

公司积极进行国际化探索，在墨西哥建立液压件生产基地，2023 年主体工程基本完工，预计于 2024 年 2 季度试生产。同时在新加坡、巴西设立子公司，进一步扩大服务网络，更好的参与全球化竞争。

图表30：恒立液压主要产品构成



资料来源：恒立液压官网，国联证券研究所

图表31：恒立液压当前多个技术处于批量、中试阶段

项目名称	项目募集资金承诺投资总额 (万元)	2023 年年报累计投入募集资金总额 (万元)	截至 2023 年累计投入进度 (%)
恒立墨西哥项目	25000	25000	100
线性驱动器项目	140000	53359.74	38.11
超大重型油缸项目	10000	7942.5	79.42
合计	198962	108302.24	54.43

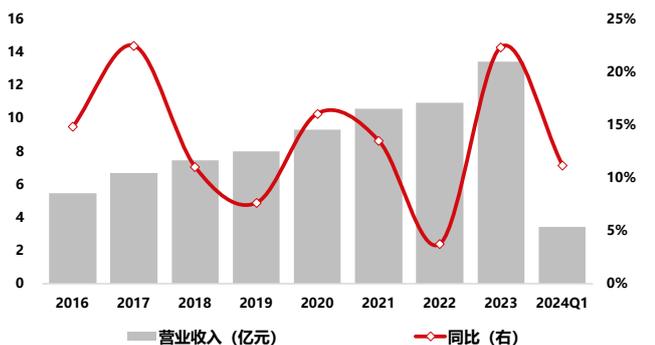
资料来源：恒立液压年报，国联证券研究所 注：表格中内容选自 2023 年年报。

3.2 贝斯特

公司持续专注于精密零部件和智能装备及工装产品的研发、生产及销售。近年公司产品拓展汽车涡轮增压器压气机壳以及新能源汽车铝合金结构件，2020 年公司加快布局新能源汽车产业，建设年产 700 万件新能源汽车功能部件及涡轮增压器零部件项目。此外，公司还利用在智能装备及工装领域的各类先发优势，将业务延伸至高端航空装备制造、工业自动化装备、工业母机以及人形机器人等领域。

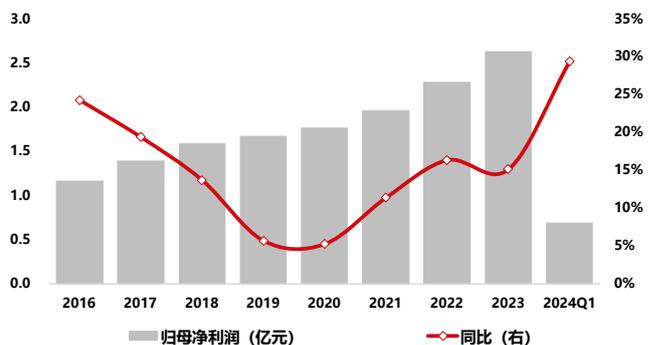
近年公司受新能源业务拉升，收入和业绩快速增长。2023 年公司实现收入 13.4 亿元，三年 CAGR 达到 13.0%；实现归母净利润 2.6 亿元，CAGR 达到 14.3%。同时汽车零部件的收入占比大幅提升，整体看公司具有较强的稳定经营基础。

图表 32：贝斯特近年收入及增速



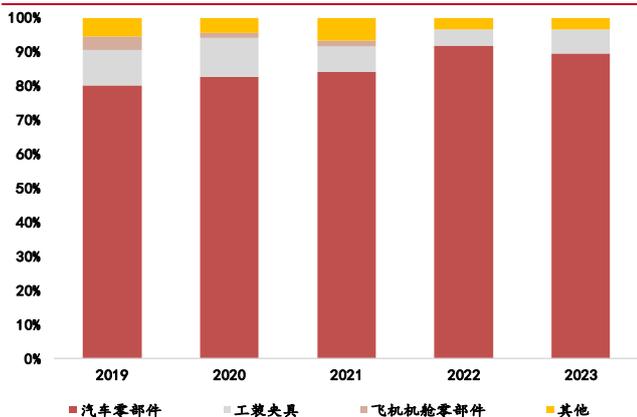
资料来源：ifind，国联证券研究所

图表 33：贝斯特近年归母净利润及增速



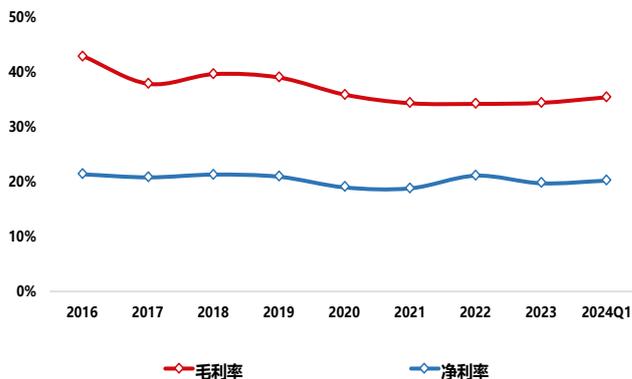
资料来源：ifind，国联证券研究所

图表 34：公司汽车零部件相关业务占比提升



资料来源：ifind，国联证券研究所

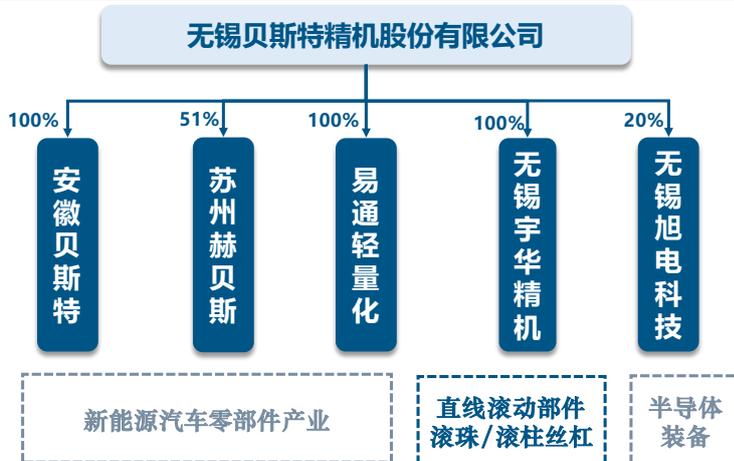
图表 35：贝斯特毛利率、净利率稳定



资料来源：ifind，国联证券研究所

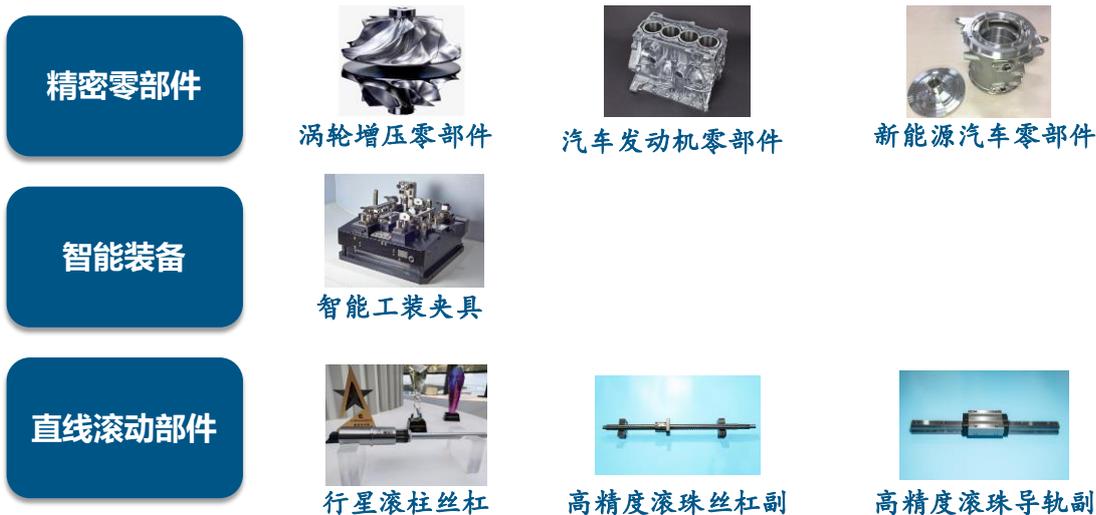
公司业务分为三大板块，零部件业务稳步发展，工业母机相关业务成为主要看点。一、各类精密零部件、智能装备及工装夹具等原有业务；二、新能源汽车零部件业务，重点布局新能源汽车轻量化结构件、高附加值精密零部件以及氢燃料、天然气燃料的汽车核心部件等产品；三、工业母机、人形机器人等领域，全面布局直线滚动功能部件，产品包括：高精度滚珠/滚柱丝杠副、高精度滚动导轨副等。

图表36：主要子公司业务及产品规划



资料来源：贝斯特公告，国联证券研究所

图表37：贝斯特相关主营业务及直线滚动部件



资料来源：贝斯特公告，国联证券研究所

3.3 投资建议：建议关注恒立液压、贝斯特

丝杠需求会受机器人拉动，建议关注进入海外龙头供应链及国产替代放量的公司。一方面，人形机器人产业趋势较强后续有望大幅提升行星滚柱丝杠需求。另一方面，行星滚柱丝杠、滚珠丝杠的国产渗透率快速提升，竞争格局短期变化有利于国产厂商份额快速提升，中期国内率先突破的公司有望的利润弹性，所以我们建议关注技术、供应链等多方面具有优势的龙头：恒立液压、贝斯特。

图表38：丝杠板块相关标的

公司名称	公司代码	营收 (亿元)	归母净利润 (亿元)	毛利率	净利率	营收增速	净利增速
恒立液压	601100.SH	89.8	25.0	41.90%	27.87%	9.61%	6.66%
贝斯特	300580.SZ	13.4	2.6	34.46%	19.76%	22.42%	15.13%

资料来源：ifind，国联证券研究所 注：数据显示报告周期为2023年年报。

4. 风险提示

行业技术突破不及预期：目前，人形机器人相关的主导公司对于其设计的方案是不断迭代更新的，兼具轻便、低成本、应用广等特性，若后续机器人传动方案发生变化，对于行星滚柱丝杠的需求假设及判断可能会发生变化。同时若技术进步不及预期，人形机器人量产的节奏可能会推迟，需求释放可能也会不及预期；

行业竞争格局发生较大变化：目前国产行星滚柱丝杠厂商的国产替代节奏逐步推进，若后续某上市公司技术或订单进度有较大变化，可能会对行业预期有影响；

商业应用场景拓展不及预期：人形机器人除了技术进一步突破外，还需要具备人工智能相关技术发展拓展机器人的应用场景，若应用场景较少，机器人销量低预期，则可能会影响需求预测。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们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，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，北交所市场以北证50指数为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于10%
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在5%~10%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%
	行业评级	强于大市	相对表现优于同期相关证券市场代表性指数
		中性	相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平
		弱于大市	相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

版权声明

未经国联证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

联系我们

北京：北京市东城区安外大街208号致安广场A座4层
无锡：江苏省无锡市金融一街8号国联金融大厦16楼

上海：上海市虹口区杨树浦路188号星立方大厦8层
深圳：广东省深圳市福田区益田路4068号卓越时代广场1期13楼