

# 人形机器人丝杠行业深度报告： 核心传动精密部件，国产化未来可期

戴畅(证券分析师)

S0350523120004

daic@ghzq.com.cn

吴铭杰(联系人)

S0350124030004

wumj@ghzq.com.cn

## 最近一年走势



## 沪深300表现

表现	1M	3M	12M
汽车	-0.1%	-4.4%	-2.6%
沪深300	-3.4%	-1.8%	-8.6%

## 相关报告

《人形机器人行业深度报告：人形机器人从0到1，国产化&软件赋能带来行业变革（推荐）\*汽车\*戴畅》——2024-04-11

《汽车行业周报：国际智能网联汽车技术年会热议车路云一体化，华为云正式布局具身智能领域（推荐）\*汽车\*戴畅》——2024-06-23

《汽车行业深度报告-汽车出海系列 俄罗斯汽车市场展望：恢复向上的总销量，崛起放量的中国车（推荐）\*汽车\*王球，戴畅》——2024-06-23

《汽车行业周报：5月乘用车产销同环比微增，长安子品牌深蓝G318正式全球上市（推荐）\*汽车\*戴畅》——2024-06-16

《汽车事件点评：欧盟拟对部分中国车企纯电车加征进口关税，中国车企全球崛起大趋势不改（推荐）\*汽车\*戴畅》——2024-06-13

# 重点关注公司及盈利预测

重点公司代码	股票名称	2024/06/26	EPS			PE			投资评级
		股价	2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E	
603009.SH	北特科技	18.60	0.14	0.23	0.39	105.93	79.21	46.68	买入
300580.SZ	贝斯特	15.24	0.83	1.03	1.25	36.50	24.38	20.01	买入
603667.SH	五洲新春	16.34	0.40	0.53	0.66	58.50	31.01	24.66	未评级
301550.SZ	斯菱股份	49.55	1.68	1.92	2.22	27.61	25.80	22.29	未评级
300100.SZ	双林股份	11.12	0.20	0.71	0.91	52.15	15.71	12.19	买入

资料来源：wind资讯，国海证券研究所  
注：未评级公司盈利预测为wind一致预期

## ◆ 核心壁垒在于精加工&设备，未来硬车应用有望扩大：

- ✓ 定义及应用。丝杠是一种通过螺母、滚柱、丝杆等零部件将旋转运动转换为直线运动的机构，在人形机器人中主要应用于直线执行器，分布于全身大臂、小臂、大腿和小腿等14个部位。
- ✓ 分类。丝杠按照结构原理可以分为滚柱、滚珠、滑动三种类型，其中反向式行星滚柱丝杠承载高、体积小、精度高、寿命长，因此特斯拉人形机器人主要用反向式行星滚柱丝杠。
- ✓ 核心壁垒。丝杠壁垒主要在于螺母内螺纹精加工环节，目前磨削为主流技术路线，对应高精度磨床设备（中高端以外资为主），未来硬车工艺有望凭借效率高、能耗低等优势逐步扩大应用范围。

## ◆ 人形机器人丝杠市场快速扩容，国产替代未来可期：

- ✓ 市场空间预测。2025年特斯拉人形机器人将实现从0到1量产，根据我们测算，2025年和2030年全球人形机器人市场规模分别有望达到1.4亿元和249.5亿元，2025-2030年全球人形机器人CAGR有望达到182%。
- ✓ 竞争格局。从海外和国内竞争格局来看，中高端丝杠设备的主要供应商主要为日本、德国等外资厂商，国内厂商规模、工艺与外资厂商相比仍有一定差距，主要系外资供应商加工技术布局较早，技术成熟，产品类型丰富。
- ✓ 人形机器人浪潮带来丝杠国产替代机遇。人形机器人丝杠和汽车、机床丝杠的结构、精度、大小不同，我们认为未来人形机器人的量产是一场对丝杠技术的全新革命，有望间接缩短外资厂商和内资厂商之间的技术差距。此外未来人形机器人量产后或将将重心向规模化降本转移，与外资厂商相比，内资厂商具备人力成本低、国产设备采购价格低、工艺迭代速度快等多种优势，未来有望紧抓人形机器人产业化机遇，快速实现国产替代。

## ◆ 投资建议：

- ✓ 重点关注。拥有丝杠类似产品工艺的优质汽配公司，推荐北特科技（汽车转向齿条）、贝斯特（涡轮增压精密零部件）、双林股份（HDM、轮毂轴承）；建议关注五洲新春（汽车轴承、风电滚子）、斯菱股份（动力轴承、传动轴承、轮毂轴承）。
- ✓ 风险提示。汽车行业销量下滑风险；人形机器人新技术开发不及预期；供应链国产化进程不及预期；重点关注公司业绩不及预期；机器人行业与汽车行业不可简单类比；测算偏差风险。

- 01 核心壁垒在于精加工&设备，未来硬车应用有望扩大
- 02 人形机器人丝杠市场快速扩容，国产替代未来可期
- 03 投资标的关注
- 04 投资建议
- 05 风险提示

---

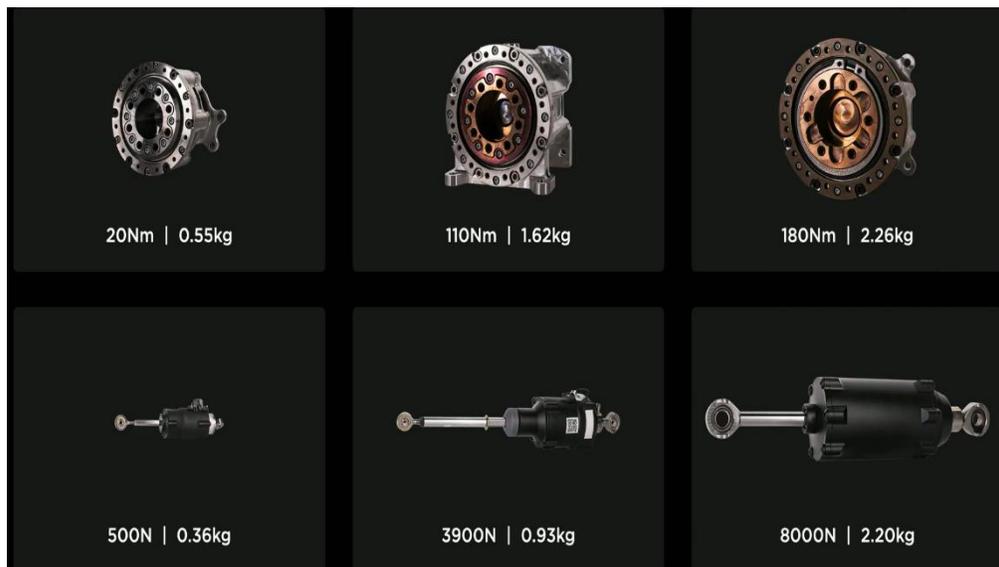
# 01 核心壁垒在于精加工&设备，未来硬车应用有望扩大

---

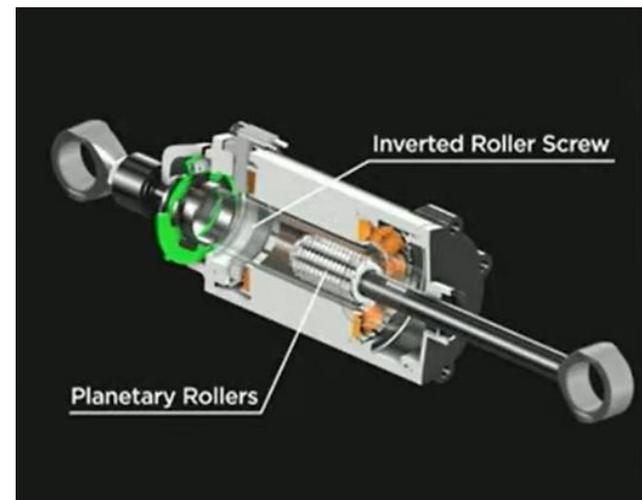
# 1.1、特斯拉人形机器人执行器与丝杠分布

- 特斯拉人形机器人有28个执行器，其中线性执行器搭载行星滚柱丝杠。根据特斯拉2022AIDAY，特斯拉人形机器人全身28个执行器（14个线性执行器+14个旋转执行器），旋转执行器=无框力矩电机+谐波减速器+扭矩传感器+编码器，直线执行器=无边框力矩电机+行星滚柱丝杠+力传感器+编码器，其中14个线性执行器分布在大臂（2）、小臂（4）、大腿（4）、小腿（4），对应14个行星滚柱丝杠。

图：特斯拉六种型号执行器（旋转+线性）



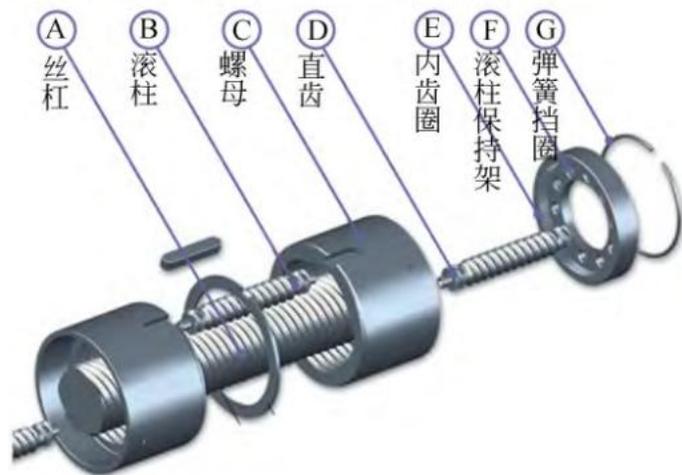
图：特斯拉人形机器人直线执行器内部结构



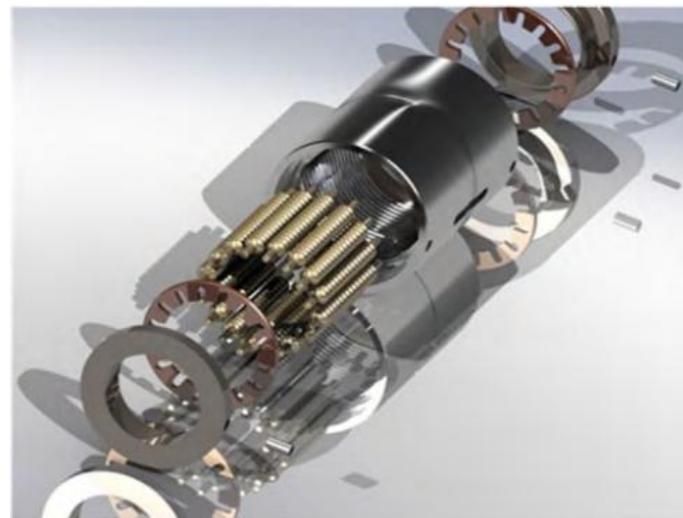
## 1.2、丝杠是将旋转运动转换为直线运动的机构

- **定义：**行星滚柱丝杠是一种通过螺母、滚柱、丝杆等零部件将旋转运动转换为直线运动的机构。
- **组成结构：**标准滚柱丝杠（PRS）主要由几个关键组件构成：丝杆、滚柱、螺母三个主要部件以及直齿、内齿圈、滚柱保持架和弹簧挡圈等辅助部件。其中，丝杆设计为牙型角 $90^\circ$ 的多头螺纹；滚柱则是具有相同牙型角的单头螺纹设计；螺母内部具备与丝杠头数和牙型相匹配的内螺纹。
- **工作原理：**由电机带动旋转的丝杠利用摩擦转矩驱动滚柱转动，继而将丝杠的回转运动转换为螺母的直线往复运动。

图：行星滚柱丝杠结构示意图



图：行星滚柱丝杠实物图



## 1.2、丝杠具备传动效率高、精度高、传动可逆性等特点

- 丝杠作为负责将电机旋转运动转化为直线传动的传动精密件，具备摩擦小、精度高、刚度高、传动可逆性等特点：
  - ✓ **摩擦损失小、传动效率高。**由于滚珠丝杠副的丝杠轴与丝杠螺母之间有很多滚珠在做滚动运动，所以能得到较高的运动效率。与过去的滑动丝杠副相比驱动力矩达到1/3以下，即达到同样运动结果所需的动力为使用滑动丝杠副的1/3，在省电方面很有帮助。
  - ✓ **精度高。**滚珠丝杠副一般是用世界最高水平的机械设备连贯生产出来的，特别是在研削、组装、检查各工序的工厂环境方面，对温度、湿度进行了严格的控制。完善的品质管理体制使精度得以充分保证。
  - ✓ **精确微进给。**滚珠丝杠副由于是利用滚珠运动，所以启动力矩极小，不会出现滑动运动那样的爬行现象，能保证实现精确的微进给。
  - ✓ **轴向刚度高。**滚珠丝杠副可以加与预压，由于预压力可使轴向间隙达到负值，进而得到较高的刚性（滚珠丝杠内通过给滚珠加予压力，在实际用于机械装置等时，由于滚珠的斥力可使丝母部的刚性增强）。
  - ✓ **不能自锁、具有传动的可逆性。**由于滚珠丝杠轴没有自锁能力，所以具有传动的可逆性。在垂直升降传动系统中使用时，必须增加自锁装置或制动装置，以防止反向传动。

## 1.2、丝杠核心参数是精度，各国标准不同

- 精度。**按国内分类，中国大陆精度等级为P1、P2、P3、P4、P5、P7、P10，中国台湾省采用JIS等级，精度等级为C0、C1、C2、C3、C5、C7、C10；日本、韩国采用JIS等级，即C0、C1、C2、C3、C5、C7、C10；欧洲国家的标准采用的是IT0、IT1、IT2、IT3、IT4、IT5、IT7、IT10。一般来说，普通机械采用C7、C10级，数控设备一般采用C5、C3级。航空制造设备，精密投影及三坐标测量设备等一般采用C3、C2精度。
- 丝杠轴径。**丝杠轴径和负载呈正比，而负载相关参数是动额定负荷和静额定负荷。常见的规格有（单位：mm）：8、10、12、14、15、20、25、32。
- 导程。**导程指的是丝杠旋转一周，螺母直线运动的距离。常见的导程有（单位：mm）：2、4、5、8、10、20、25、32。
- 预压等级。**预压等级越高，螺母与螺杆配合越紧；反之，等级越低越松。

表：中国大陆丝杠精度等级

P精度等级	1	2	3	4	5	7	10
精度(E300) (um)	6	8	12	16	23	52	210

表：中国台湾省丝杠精度等级

C精度等级	0	1	2	3	4	5	6
精度(E300) (um)	3.5	5	6	8	12	18	23

图：日本、韩国丝杠精度等级

C精度等级	0	1	2	3	4	5	6
精度(E300) (um)	3.5	5	6	8	12	18	23

注：E300为丝杠移动300mm行程内产生的行程变动量（误差）

# 1.3、丝杠分为滑动、滚珠、滚柱三大类

■ 丝杠按结构和工作原理可以分为滑动丝杠、滚珠丝杠、滚柱丝杠三大类。滑动丝杠的摩擦阻力较大，传动效率较低；滚珠丝杠通过滚珠进行传动，承载能力、传动效率和精度高于滑动丝杠，使用寿命长；滚柱丝杠相较于滑动丝杠与滚珠丝杠，具备高承载能力、小体积、高精度等优势，是综合性能最为优异的丝杠品种。

表：丝杠主要分类

	滑动丝杠	滚珠丝杠	滚柱丝杠
示意图			
特性	滑动丝杠结构简单、不复杂，安装简单方便，摩擦阻力较大，传动效率较低。	传动效率高，可消除轴向移动产生的间隙，定位精度高，刚度好，运动平稳，无爬行现象，传动精度高。再次，旋转运动变为直线运动，丝杠与螺母都可作为主动件，磨损小，使用寿命长。	结构尺寸小、接触线长、传动间隙小，具有结构尺寸小、承载能力大、传动精度高等优点。
主要结构	螺母、丝杆	螺母、滚珠、丝杆	螺母、滚柱、丝杆、内齿圈、保持架
工作原理	通过螺纹将螺杆的旋转运行变为螺母的直线运动。	螺纹之间放入滚珠，滚珠沿螺旋滚道滚动，带动螺母或丝杠轴向移动。	通过螺纹与丝杆和螺母相互啮合，自转的同时围绕丝杆公转，完成行星运动，将电机传递的扭矩转化为机构的推力。

资料来源：世界先进制造技术论坛公众号，铭启紧固件MQ公众号，《滚珠丝杠传动使用与发展》王志民，《行星滚柱丝杠螺纹的硬态车削加工技术研究》陈晖，山东博特官网，南京工艺官网，国海证券研究所

# 1.3、反向滚柱丝杠重量轻结构紧凑，未来有望应用于人形机器人

■ 根据滚柱丝杠结构组成及运动关系的不同，可以分为标准式、反向式、循环式、差动式、轴承环式5种类型，其中标准式行星滚柱丝杠是目前应用最广泛的类型，其他的4种类型均是为了适应于不同的应用环境而在其基础上演变而来，其中反向行星滚柱丝杠由于可将螺母作为电机转子实现电机丝杠一体化，具备重量轻结构紧凑等优点，未来有望应用于人形机器人领域。

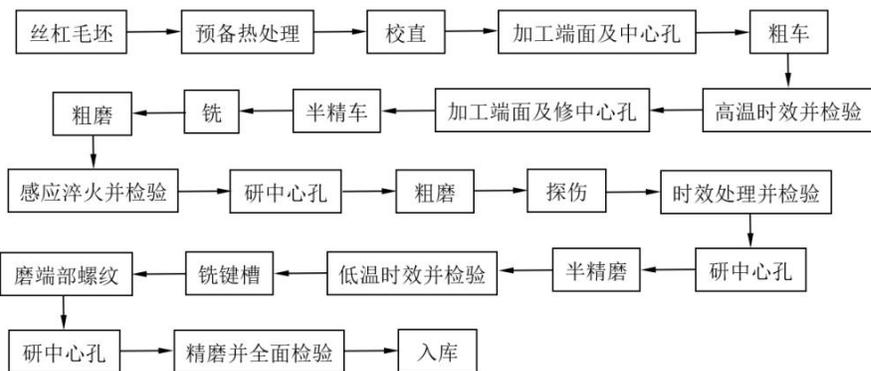
表：行星滚柱丝杠主要类型及各自特点

行星滚柱丝杠类型	结构	应用领域	结构图
标准式	其中丝杠、螺母为三角形多头螺纹，滚柱为具有一定螺旋升角的球形单头螺纹，并在其两端加工有直齿，内齿圈固定在螺母两端并与滚柱两端的直齿轮啮合。	一般情况下，丝杠为主动件，螺母为输出构件，能够实现较大行程，适用于环境恶劣、高负载、高速等场合，主要应用于精密机床、机器人、军工装备等领域，是目前应用最广泛的类型。	
反向式	其结构形式与标准式类似，不同在于其没有内齿圈，丝杠两端加工有直齿与滚柱两端的齿轮啮合，且螺母作为主动件，其长度比标准式的大得多。	一般情况下，反向式行星滚柱丝杠的螺母为主动件，丝杠为输出构件，滚柱、丝杠之间无相对轴向位移，其主要用于中小负载、小行程和高速的应用场景，其优势在于可将其螺母作为电机转子实现电机和丝杠一体化设计，形成结构紧凑的一体式机电作动器 (C-EMA)，C-EMA可替代传统液压、气压伺服作动系统用于航空、航天、船舶、电力等领域。	
循环式	相比于标准式，其去掉了内齿圈，增加了凸轮环结构，其功能类似于滚珠丝杠的返回器，目的是为了让滚柱在螺母内旋转一周后回到初始位置，另外其滚柱上无螺纹、齿轮结构，为环槽状，环槽间距与丝杠、螺母的螺纹匹配，其安装在具有凹槽结构的保持架上。	增加了参与啮合的螺纹数量，因此具有较高的刚度和较大的承载能力，主要应用于要求高刚度、高承载、高精度的场合，如医疗器械、光学精密仪器等领域。	
差动式	与标准式相比，其去掉了内齿圈，滚柱上也没有齿轮段。其滚柱、螺母均为环槽结构，且滚柱的环槽分为多段，其中小中径段与螺母啮合，大中径段与丝杠啮合。	差动式行星滚柱丝杠的结构特点使其可以获得更小的导程，适用于传动比较大，承载能力较高的应用场合。	
轴承环式	轴其滚柱与循环式相同，为环槽结构，相比于标准式，其螺母上去掉了内齿圈，增加了壳体、端盖及推力圆柱滚子轴承等部件。	轴承环式行星滚柱丝杠上的推力圆柱滚子轴承大大提高了其承载能力，同时也减小了各构件间的磨损，增大了传动效率，其主要适用于高承载、高效率等场合，如石油化工、重型机械等领域。	

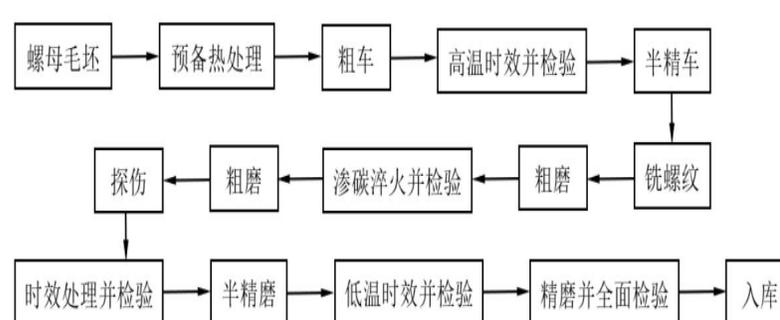
# 1.4、核心壁垒在于螺母内螺纹精磨加工，磨床是丝杠制造的核心设备

- 行星滚柱丝杠制造核心壁垒在于螺母内螺纹的精磨加工。目前大部分丝杠厂商采取先车后磨的方式进行加工制造生产，先把原材料车削到一定精度，再用专用丝杆磨床先粗磨再精磨到所需要的尺寸。其中粗车、铣等环节对精度要求低，相对简单，难度较高的环节是后端的精磨加工部分。需要精磨加工的零部件包括丝杠、滚柱、螺母及内齿圈等，其中螺母壁薄容易损坏，再加上螺纹位于内部导致砂轮磨削时需要保持一定倾角，对稳定性要求较高，因此内螺纹精磨加工是整个工艺流程中壁垒最高的环节。
- 磨床是丝杠制造的核心设备。丝杠制造过程中的工艺流程主要分为车、铣、磨三种加工工序，分别对应设备为车床、铣床、磨床，由于磨削直接影响到产品的加工精度、表面质量及生产效率，因此磨床是丝杠制造过程中的核心设备。

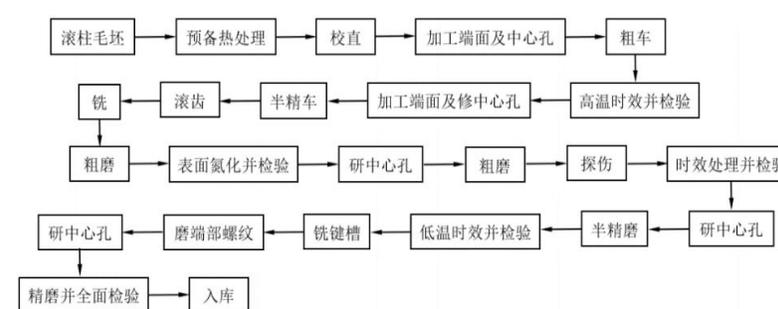
图：行星滚柱丝杠工艺流程图（丝杆）



图：行星滚柱丝杠工艺流程图（螺母）



图：行星滚柱丝杠工艺流程图（滚柱）



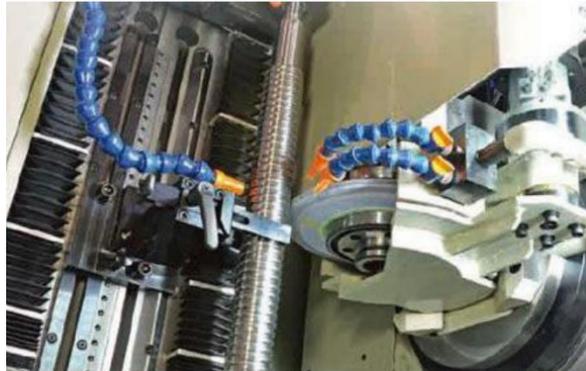
## 1.4、不同加工工艺对比：旋风铣vs磨削vs硬车vs冷轧

- **旋风铣**：旋风铣削是通过工件与刀具的旋转组合来执行加工，优点是将螺纹滚道一次成形铣削，减少了工序，而且不必反复修整刀具和校直，加工效率大幅提升，加工精度等级可以达到P3级。对应的设备为旋风铣床。
- **砂轮磨削**：是按照基准统一原则，以两端中心孔为加工工艺工序基准，通过热处理、车削、磨削等几十道工序逐一完成。优点是加工精度高（可以达到P1级别）。
- **硬车**：又称之为以车代磨，其采用螺纹滚道硬车削技术，最大优势是避免在磨削粗加工螺纹滚道过程中，因切削热导致丝杠硬度降低而引起可靠性差问题的发生，并且加工效率高，无油烟粉尘污染、绿色环保。对应的设备为车床。
- **冷轧/滚压**：冷轧滚珠丝杠是采用冷加工工艺模具制造，通过轧制、滚压进行精加工，开模工艺自动化程度高，批量生产后成本低，效率高，但制造精度低（停留在P7级左右），只能在设备中做传动部件。

图：旋风铣削



图：磨削加工



图：硬态车削



图：滚压成型



## 1.4、磨削是主流方案，未来硬车或将逐步扩大应用范围

- **磨削是主流方案，目前加工精度最高。**目前，常用的丝杠螺纹加工方法有：滚压、硬车削、旋风铣削和磨削，其中磨削加工精度最高，而冷轧、硬车削和旋风铣削多用于粗加工，因此，磨削是高精度丝杠螺纹的主要加工方法。磨削是使用螺纹磨床高速旋转的成型砂轮对加工工件表面进行高速切削，使用磨削加工的滚珠丝杠最高可达到P1级。
- **未来硬车或将逐步扩大应用范围。**为了提升行星滚柱丝杠的承载能力与可靠性，零件通常采用硬度在50HRC左右的高硬材料，但是淬硬钢等高硬材料具有高耐磨性与难加工性，磨削加工耗时长、污染高、成本高，并不是最佳的加工方式。利用PCBN等超硬材料作为刀片进行以车代磨，可以保证加工精度与表面粗糙度的同时，提升加工效率、降低制造成本、减小环境污染，广泛的应用到高硬材料加工制造的各个领域，未来硬车加工工艺的应用范围或将扩大。

表：丝杠精加工主要工艺对比

加工方式	示意图	设备与刀具	特点	精度	生产效率
砂轮磨削		丝杠磨床或开槽磨床	加工产品种类多，精度高；加工工序复杂、对砂轮品质要求高、生产能耗大、会产生粉尘污染等问题	高	低
硬车削		CBN刀具及数控车床	良好的热稳定性与较低的摩擦系数；表面残余应力分布更加均匀，增加了螺纹部件的疲劳寿命；加工过程中无需冷却液，降低对环境的污染与资源的浪费	中	中，效率是磨削的2-3倍
旋风铣削		CBN刀具及数控车床	切削产生的热量低；渐进式的切向断续切削方式使得切削深度小，加工精度与表面质量高；加工效率高，且刀具使用寿命提高了70%	低	高，效率是磨削的3-5倍

---

## 02 人形机器人丝杠市场快速扩容，国产替代未来可期

---

## 2.1、人形机器人丝杠市场空间预测

- 2025-2030年全球人形机器人丝杠市场规模CAGR有望达到182%。根据特斯拉公开披露，2025年特斯拉人形机器人将实现量产，我们认为未来在特斯拉optimus引领下，其他企业逐步布局人形机器人领域，全球人形机器人产业化步伐有望加速。根据我们测算，2025年和2030年全球人形机器人丝杠市场规模分别有望达到1.4亿元和249.5亿元，5年复合增速高达182%。
- ✓ 假设1：2025年特斯拉人形机器人有望量产，假设初期销量增速较快，后续年增速逐步下降，2030年全球人形机器人销量增长至130万台。
- ✓ 假设2：根据特斯拉2022AI DAY公开披露数据，假设单台人形机器人配套14个直线关节，每个直线关节对应一个丝杠。
- ✓ 假设3：参考爱采购目前滚珠丝杠销售价格，假设2025年人形机器人单个丝杠价格为2000元，后续随着规模化量产成本持续下降，2026E-2030E单个丝杠价格同比分别-10%/-8%/-7%/-6%/-5%。

表：全球人形机器人丝杠市场规模预测

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球机器人销量 (万台)	0.5	3.0	12.0	36.0	72.0	129.6
全球机器人销量YOY		500%	300%	200%	100%	80%
单台机器人配套丝杠数量 (个)	14	14	14	14	14	14
滚柱丝杠需求量 (万个)	7	42	168	504	1008	1814
单个丝杠平均价格 (元)	2000	1800	1656	1540	1448	1375
<b>市场规模 (亿元)</b>	<b>1.4</b>	<b>7.6</b>	<b>27.8</b>	<b>77.6</b>	<b>145.9</b>	<b>249.5</b>
<b>市场规模YOY</b>		<b>440%</b>	<b>268%</b>	<b>179%</b>	<b>88%</b>	<b>71%</b>

## 2.2、丝杠市场竞争格局：外资位于主导地位，内资奋起直追

- **国外主要“玩家”：**丝杠供应商主要为日资、德资公司。从国外滚珠/滚柱丝杠竞争格局来看，液压龙头博世力士乐、THK、NSK是海外丝杠产品的重要厂商，日本、欧洲作为精密制造优势地区，其开展精密加工技术研发的时期相对较早，上述企业成立时间较早，加工技术布局深，技术成熟，产品类型丰富。
- **国内主要“玩家”：**外资厂商占据中高端市场，内资厂商奋起直追。我国在50年代末期开始研究用于程控机床、数控机床的滚珠丝杠副，发展数十载，国内南京工艺、山东博特等多家企业已拥有高精密丝杠的研发及生产能力，但由于国内布局高精密丝杠领域相较国外较晚，厂商数量、产品类型和工艺水平和外资厂商仍有较大差距，国内中高端市场仍是外资供应商占据主要份额。近年来，在线控制动、人形机器人等新技术革命浪潮的引领下，五洲新春、贝斯特、北特科技、恒力液压、新剑传动等多家企业也陆续布局高精密滚珠/滚柱丝杠市场，国产替代或将加速。

表：主要外资丝杠供应商

公司名称	地区	主要产品	创立时间
THK	日本	LM滚动导轨、滚珠丝杠、滚珠花键、梯形丝杠、交叉滚珠导轨、交叉滚珠单元	1971年
NSK	日本	滚子轴承、球轴承、滚珠丝杠、直线导轨、直线模组	1916年
力士乐	德国	线性导轨、行星滚柱丝杠、电缸、线性轴、线性执行部件、自给式执行器	1795年
舍弗勒	德国	滚珠丝杠、滚柱丝杠、直线导轨、直线模组、高性能驱动器、圆柱滚子轴承、角接触球轴承、主轴轴承、推力调心滚子轴承	1883年

表：主要内资丝杠供应商

类型	公司名称	相关产品
非上市公司	南京工艺	滚动导副轨、精密滚珠直线导轨副、滚柱重载直线导轨副、滚柱交叉导轨副
	新剑传动	行星滚柱丝杠、滚珠丝杠、座椅水平驱动器、蜗杆齿轮丝杆
	山东博特	滚珠丝杠、直线导轨、梯形丝杠、电主轴、电动缸
	银泰科技	精密级滚珠螺杆、精密螺杆花键、线性滑轨、滚珠花键、交叉滚柱轴承
上市公司	五洲新春	梯形丝杠、滚珠丝杠、行星滚柱丝杠
	贝斯特	行星滚柱丝杠、高精度滚珠丝杠副、高精度滚动导轨副
	北特科技	行星滚柱丝杠、梯形丝杠
	恒力液压	滚珠丝杠、滚柱丝杠、导轨
	上银科技	滚珠丝杆、直线导轨、动力刀座、特殊轴承、工业机器人、医疗机器人及直线电机

## 2.3、人形机器人潮起，国产替代加速

- 人形机器人浪潮带来丝杠国产替代机遇。目前丝杠应用终端主要集中在汽车线控制动、工业母机等领域，其中线控制动主要使用梯型丝杠、滚珠丝杠，工业母机主要使用滚柱丝杠副及直线导轨副，而人形机器人丝杠预计不同于两者，预计以小型号反向式行星滚柱丝杠为主，我们认为未来人形机器人的量产是一场对丝杠技术的全新革命，有望间接缩短外资厂商和内资厂商之间的技术差距。
- 人形机器人量产后对降本要求提高，国内“玩家”有望凭借低成本、技术迭代快等优势实现国产替代。我们认为目前人形机器人丝杠的壁垒主要在于内螺纹精加工，若成功实现工艺突破和量产后，机器人生产商或将把重心转向规模化降本，因此对供应链的成本控制能力和良品率将提出较高要求。与外资厂商相比，内资厂商具备人力成本低、国产设备采购价格低、工艺迭代速度快等多种优势，未来有望紧抓人形机器人产业化机遇，快速实现国产替代。

图：梯型丝杠



图：滚珠丝杠



图：行星滚柱丝杠副



---

# 03 投资标的关注

---

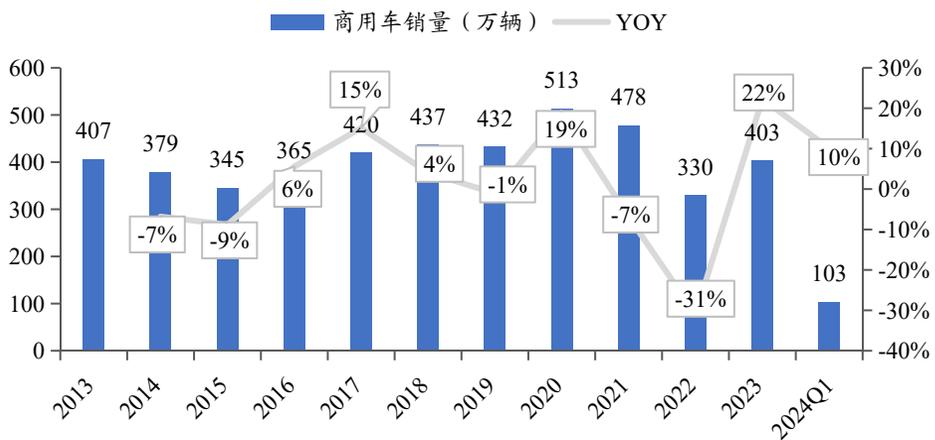
### 3、人形机器人丝杠环节具有较大预期差，看好技术同源汽零标的

- **人形机器人丝杠市场蓝海可期。**人形机器人行业是新兴产业，2025年特斯拉人形机器人将实现从0到1量产，我们认为未来在特斯拉optimus引领下，其他企业逐步布局人形机器人领域，全球人形机器人产业化步伐有望加速。而丝杠作为机器人硬件端的核心零部件，未来市场空间较大，根据我们测算（详见2.1），2025年和2030年全球人形机器人丝杠市场规模分别有望达到1.4亿元和249.5亿元，5年复合增速高达182%。
- **丝杠环节存在精加工、规模化降本等壁垒，预期差较大。**人形机器人丝杠多用反向式行星滚珠丝杠，其对轻量化、精加工等要求较高，此外量产后需要供应商具备持续降本的能力，因此丝杠环节壁垒较高。目前由于人形机器人丝杠属于新兴赛道，该行业尚无规模较大的供应商，舍弗勒、NSK等外资供应商与贝斯特、新剑传动、北特科技、五洲新春等内资供应商均在推进相关产品的布局，丝杠环节预期差较大。
- **内资厂商具备较强制造能力，看好与丝杠底层技术同源的汽零标的。**我们认为国内供应商相较于外资厂商具备人工成本低、技术迭代快等特点，在金属零部件制造及加工方面具备较大优势，因此通过分析汽零和人形机器人丝杠共有的底层核心技术，并寻找汽零行业中拥有底层核心技术的内资供应商，我们汇总出汽零行业中有潜力的人形机器人丝杠转型标的：北特科技（汽车转向齿条）、贝斯特（涡轮增压精密零部件）、五洲新春（汽车轴承、风电滚子）、斯菱股份（动力轴承、传动轴承、轮毂轴承）、双林股份（HDM、轮毂轴承）。

# 3.1、北特科技：汽车底盘零部件龙头，三大增量业务打开成长空间

- “商用+乘用”双轮驱动，空调压缩机业务迎来转机。**
  - 1) 商用车压缩机业务触底反弹。目前国内经济稳步恢复，商用车销量持续回升（2024年Q1国内商用车销量同比+10%），再叠加公共领域车辆电动化政策出台加速商用车新能源化进程，公司商用压缩机业务迎来量价齐升，触底反弹。
  - 2) 乘用车压缩机业务受益于新能源化快速增长。公司积极布局新能源乘用车压缩机产品，获得了上汽大通、赛力斯等客户的认可，未来乘用车压缩机业务有望受益于电动化浪潮快速增长。
- 铝锻轻量化从0到1，绑定大客户快速成长。**在铝锻轻量化业务方面，公司具备生产前转向节、后转向节、上控制臂、下控制臂、两点臂、三点臂、支架、防撞梁、电池包连接件、空调阀板、yoke等轻量化铝锻零部件的能力，并于2022年正式量产空调阀板和yoke。目前公司已经开始给比亚迪供应阀岛产品，覆盖全平台新能源车型，未来比亚迪放量有望带动公司铝锻业务高速增长。
- 汽车精密件和机器人零部件底层技术互通。**公司深耕底盘精密零部件领域多年，积累了大量材料研发和精密加工的成熟经验，以汽车转向齿条为例，其功能、形状、加工工艺和人形机器人部分核心零部件相近，底层技术相通。2023年公司迎来进军人形机器人产业链的机会，根据客户需求积极配合推进人形机器人用丝杠产品的样件研发工作，未来公司有望凭借在汽车领域积累多年的强大制造工艺快速布局机器人领域，获取较大增量。

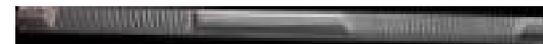
图：国内商用车销量及YOY



图：北特科技铝锻轻量化主要产品（转向节、控制臂）



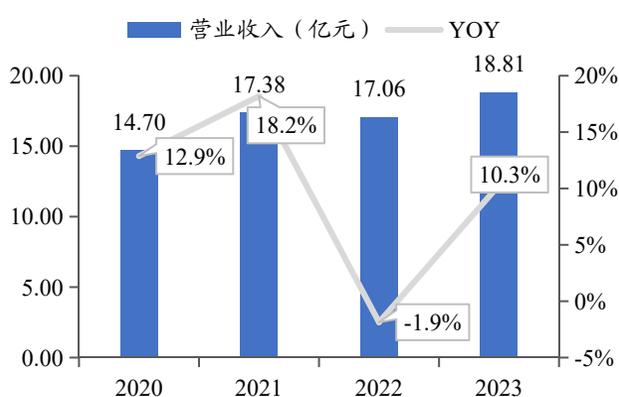
图：北特科技转向齿条产品



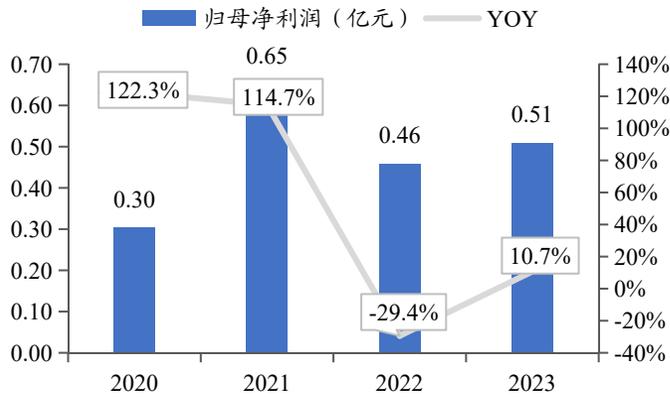
### 3.1、北特科技：2022年受商用车下滑影响业绩承压，2023年盈利水平边际改善

- 营收端：整体营收稳中有升。**2020-2023年，公司营业收入分别为14.7/17.4/17.1/18.8亿元，年复合增长率9%。
- 利润端：2020-2022年受汽车产销低迷、商用车行业下行等因素影响承压，2023年开始恢复向上。**2020-2022年，公司归母净利润分别实现0.30/0.65/0.46亿元，受到贸易战、商用车行业下行等因素影响，公司利润持续承压。2023年由于疫情政策放开，叠加轻量化业务盈利爬坡、出海增加等因素，公司归母净利润实现0.51亿元，同比+11%，恢复向上。
- 盈利端：2023年盈利水平边际改善。**2020-2023年公司毛利率维持在17%-19%左右，净利率维持在1.5%-3.3%左右，ROE维持在2%以上，其中2022年盈利水平小幅下滑主要系商用车行业下行所致，2023年起受益于商用车上行、轻量化业务爬坡等因素，盈利能力边际改善，毛利率、净利率、ROE同比分别+0.3pct/+0.2pct/+0.3pct。
- 费用端：费用管控得当，期间费用优化显著。**公司费用率整体呈逐年下降趋势，期间费用率由2020年的16.9%下降至2023年的14.8%。其中销售费用率下降主要系公司执行新收入准则，将原计入销售费用中的成品运输费及仓储费计入营业成本所致；管理费用率下降主要系公司收购上海光裕业务后加强内部管理，积极优化组织结构所致；此外公司重视产品研发，加大新产品的研发投入，研发费用率从2020年的4.2%上升至2023年的4.7%，呈上涨态势。

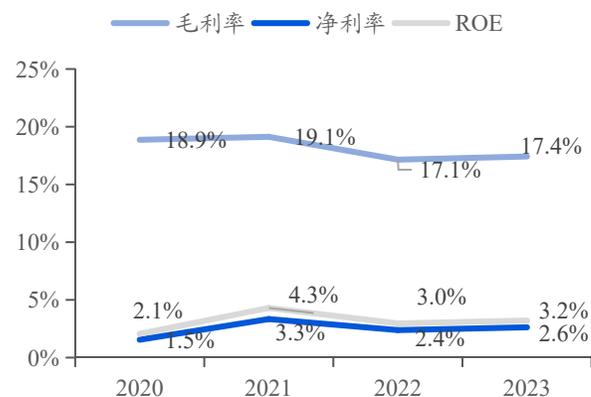
图：北特科技历年营收及YOY



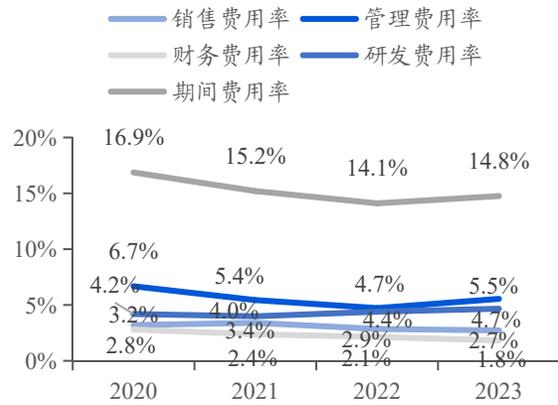
图：北特科技历年归母净利润及YOY



图：北特科技历年盈利水平



图：北特科技历年费用率



## 3.2、贝斯特：“新能源+工业丝杠”两条增长曲线共同驱动

- **新能源产能持续扩张，为公司第二梯次产业蓄势赋能。**为进一步夯实在新能源汽车领域的实体布局，公司在安徽省马鞍山市设立全资子公司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电池汽车核心部件等产品，进一步扩大新能源汽车零部件的产能规模，并围绕市场优化产品结构，围绕潜在或现有客户加快响应速度，为客户提供更高效和优质的服务、更稳定和优质的产品，提升公司在新能源汽车产业链中的竞争力。
- **滚柱丝杠打造公司第三成长曲线。**公司利用现有资源，发挥在工装夹具、智能装备领域的技术优势和在汽车行业的生产管理体系优势，全面布局直线滚动功能部件，导入“工业母机”新赛道。围绕该业务布局，公司以全资子公司宇华精机为独立平台，引进具有海内外知名企业工作经历的专业技术和管理人才加盟宇华精机，主营产品包括高精度滚珠/滚柱丝杠副、高精度滚动导轨副等直线滚动功能部件，瞄准高端机床领域、半导体装备产业、自动化产业、机器人领域等市场进行大力开拓。

图：贝斯特新能源汽车零部件



图：贝斯特行星滚柱丝杠



图：贝斯特营收结构



## 3.2、贝斯特：产能投放叠加订单释放，营收&利润稳步增长

- **营收端：产能投放叠加订单释放，营收规模持续增长。**2020-2023年，公司营业收入分别为9.3/10.6/11.0/13.4亿元，年复合增长率13%，主要系募投项目逐步建成达产产能增加，同时公司积极开拓市场，下游订单增加所致。
- **利润端：整体利润稳步增长。**2020-2023年，公司归母净利润分别实现1.8/2.0/2.3/2.6亿元，受益于营收规模持续提升，净利润实现稳步增长。
- **盈利端：盈利水平相对稳定。**2020-2023年公司毛利率维持在34%-36%，净利率维持在20%左右，ROE维持在11%左右，相对稳定，其中2022年净利率快速上升（同比+2.3pct）主要系当年税收优惠政策导致所得税费用下降。
- **费用端：费用率维持稳定。**2020-2023年公司期间费用率分别为15.1%/15.9%/16.1%/14.8%，费用率整体维持在15%左右，相对稳定。

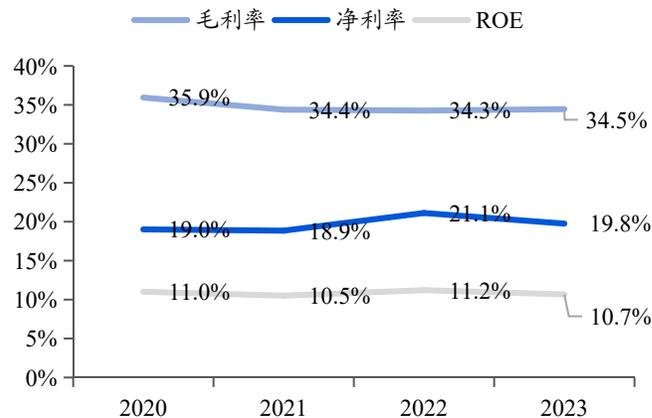
图：贝斯特历年营收及YOY



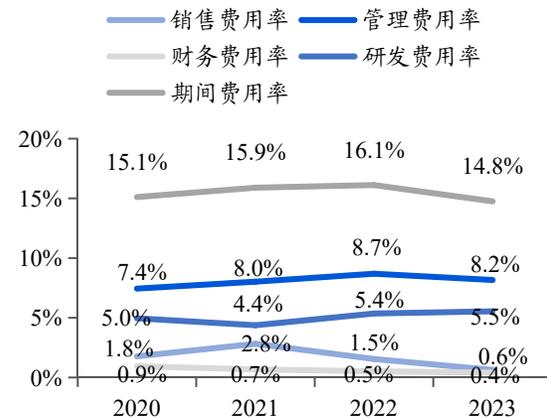
图：贝斯特历年归母净利润及YOY



图：贝斯特历年盈利能力



图：贝斯特历年费用率

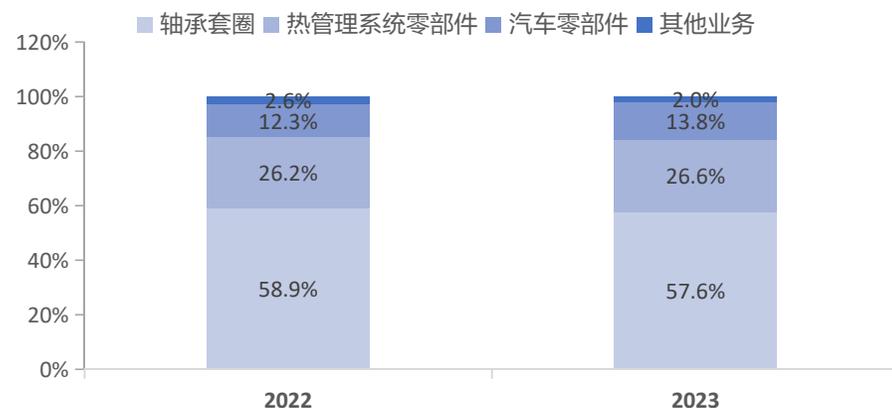


### 3.3、五洲新春：国内轴承套圈龙头，布局丝杠加速转型

- **积极开拓新业务的国内轴承套圈龙头。**公司依靠轴承套圈产品起家，逐步开拓轴承成品、风电滚子、安全气囊发生器、热管理管路等新业务，目前公司成品轴承销售前几大客户为德国BPW、意大利邦飞利（Bonfiglioli）、美国德纳（Dana）、英国吉凯恩（GKN）、意大利卡拉罗(Carraro)及日本捷太格特，均为全球行业领先的工业和汽车系统制造商，终端配套用户为欧洲主流工业主机厂和汽车整机品牌菲亚特、宝马，日本丰田及国内比亚迪等部分国内主流造车新势力新能源汽车整机厂，逐步进入全球主流配套体系；轴承套圈的前两大客户德国舍弗勒和瑞典斯凯孚是全球最大的两家轴承制造商。
- **丝杠产品布局丰富，平台化转型再出发。**公司凭借全产业链优势和技术储备，加快丝杠类产品的技术储备、加大研发生产投入及下游市场开拓。目前公司已拥有多种工艺、设计、研发等人才梯队储备；具备基于客户需求的自主设计、正向开发能力；拥有从锻件、机加工、热处理、硬车及各类磨削加工、装配和测试开发能力。公司丝杠产品主要包括以下三种类型：1) **梯形丝杠**。公司已经成功研发出梯形丝杠组件并向重点客户送样；2) **滚珠丝杠**。公司2021年开始前瞻性研发汽车转向系统丝杠螺母组件，公司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（REPS）所需的丝杠螺母组件和新能源汽车电子驻车（EPB）、电子机械刹车（EMB）及电子液压刹车系统（EHB）等领域滚珠丝杠产品。3) **滚柱丝杠**。公司依托以轴承为基础的精密制造行业经验，发展以高端行星滚柱丝杠产品为切入点的各类丝杠产品，为直线执行器、旋转执行器和灵巧手提供部件或者成套产品，2023年公司已完成相关丝杠产品组件及零部件的设计及持续送样改进工作。

图：五洲新春营收结构

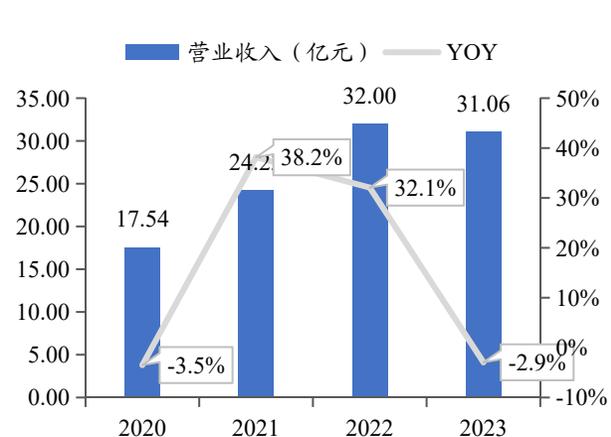
图：五洲新春球环滚针轴承



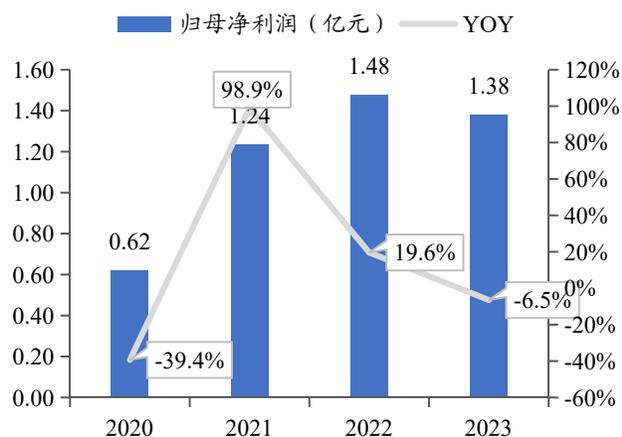
### 3.3、五洲新春：各类新产品快速增长，2023年业绩短期承压

- 营收端：受风电滚子海外需求下降影响，2023年营收同比承压。**2020-2022年，公司营业收入分别为17.5/24.2/32.0亿元，实现快速增长，主要系公司近年来致力于产品和管理的转型升级，不断开发新产品、进入新市场，围绕轴承产业链开发的风电滚子、汽车安全气囊气体发生器部件等新产品快速增长。2023年受风电滚子海外需求下降影响，公司营收同比-3%，短期承压。
- 利润端：2021-2022年利润快速增长，2023年整体利润承压。**2020-2022年，公司归母净利润分别实现0.6/1.2/1.5亿元，主要系各项新产品新业务持续开拓所致。2023年公司归母净利润为1.4亿元，同比-6.5%。
- 盈利端：2023年盈利能力承压。**2020-2023年，公司毛利率为20.1%/19.9%/17.8%/17.5%，净利率为3.6%/5.4%/5.0%/4.6%，ROE为3.5%/6.6%/7.0%/5.4%，其中2023年受风电滚子海外需求下降等不利因素影响，公司整体盈利能力承压。
- 费用端：费用率稳步下降。**公司期间费用率从2020年的14.1%下降至2023年的11.2%，呈稳定下行趋势，其中销售费用率、管理费用率、财务费用率均实现不同程度的下降，主要系公司降本增效工作持续推进叠加营收规模上升摊薄费用所致。

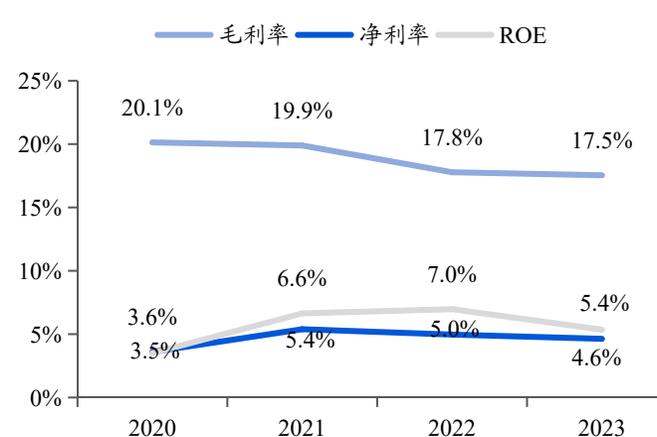
图：五洲新春历年营收及YOY



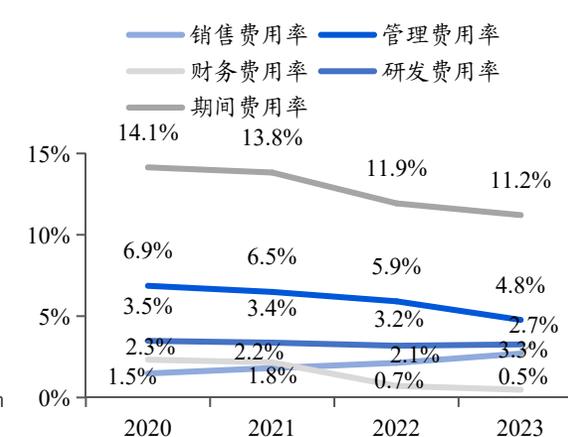
图：五洲新春历年归母净利润及YOY



图：五洲新春历年盈利能力



图：五洲新春历年费用率



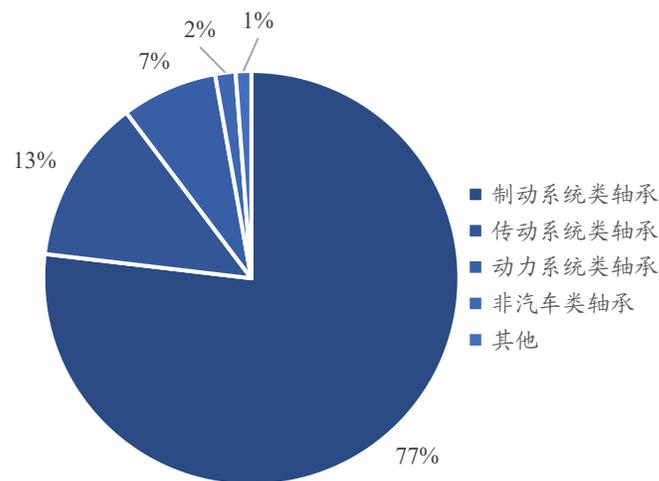
### 3.4、斯菱股份：国产汽车轴承优秀品牌，轴承&丝杠底层技术同源

- 全球化布局不断深化，打造国产汽车轴承优秀品牌。渠道方面，公司销售渠道经过多年的业务积累和并购整合，已实现北美、欧洲、亚洲等境外主要售后市场销售渠道的全覆盖。产能方面，公司于2019年设立泰国子公司，并在2023年公司加大海外工厂建设力度，对泰国子公司进行了第二期投资建设。此外公司已初步建立北美市场的本地服务能力，进一步加快公司主业全球化产业布局的节奏。
- 汽车轴承强大研发实力有望助力公司快速布局人形机器人丝杠。公司专注于汽车轴承行业多年，积累了丰富的行业经验，培养并逐步形成了优秀的生产及研发团队，不断精进生产技术，提升研发水平，形成了独特的核心竞争力。我们认为汽车轴承和人形机器人丝杠产品技术存在一定同源性，未来人形机器人放量后，公司或将凭借自身在汽车轴承领域积累的多年技术经验快速布局人形机器人丝杠。

图：斯菱股份第三代轮毂轴承单元



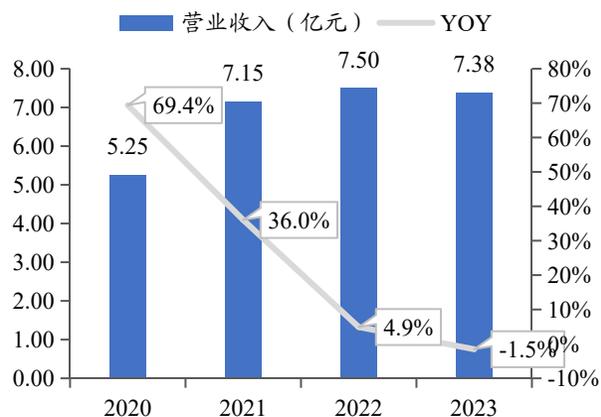
图：斯菱股份2023年营收结构



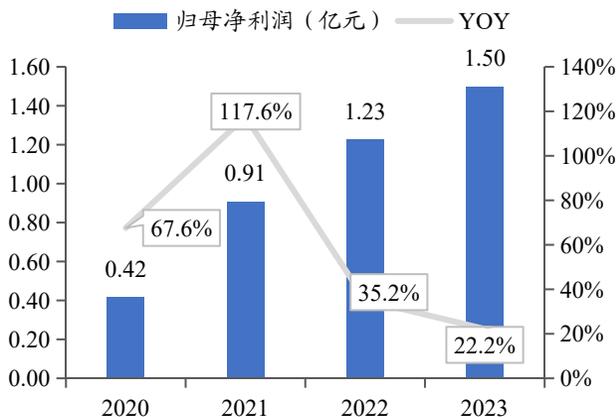
### 3.4、斯菱股份：产品&客户结构改善，盈利能力逐年提升

- **营收端：全球化布局不断加速，海外需求充沛驱动营收稳步增长。**2020-2023年，公司营业收入分别为5.3/7.1/7.5/7.4亿元，年复合增长率12%，公司多年来持续加快全球化布局开拓海外客户，海外需求高涨驱动业绩稳中有升。
- **利润端：整体利润稳步增长。**2020-2023年，公司归母净利润分别实现0.4/0.9/1.2/1.5亿元，复合增速高达53%，主要系营收稳中有升的背景下自身盈利水平快速提升所致。
- **盈利端：产品&客户结构改善，盈利水平逐年提升。**2020-2023年，公司毛利率分别为25%/25.3%/26.2%/32.1%，净利率分别为7.9%/12.7%/16.3%/20.3%，主要系公司对客户和产品结构不断地进行合理调整，盈利能力不断改善。
- **费用端：费用率快速下降。**公司期间费用率从2020年的14.9%下降至2023年的7.7%，其中财务费用率从2020年的2.7%下降至2023年的-2.7%，呈快速下降趋势，主要系利息收入、汇兑损益增加所致。

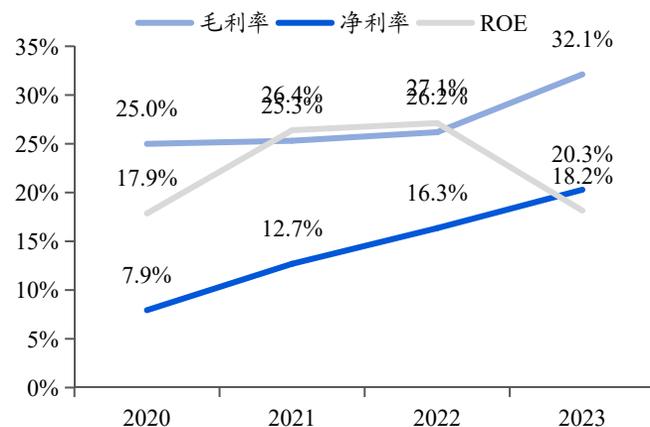
图：斯菱股份历年营收及YOY



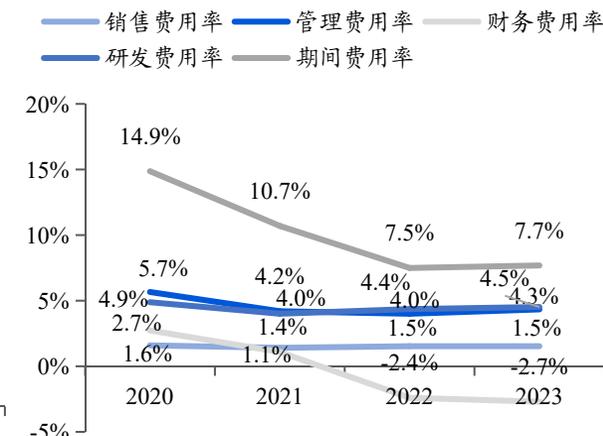
图：斯菱股份历年归母净利润及YOY



图：斯菱股份历年盈利能力



图：斯菱股份历年费用率



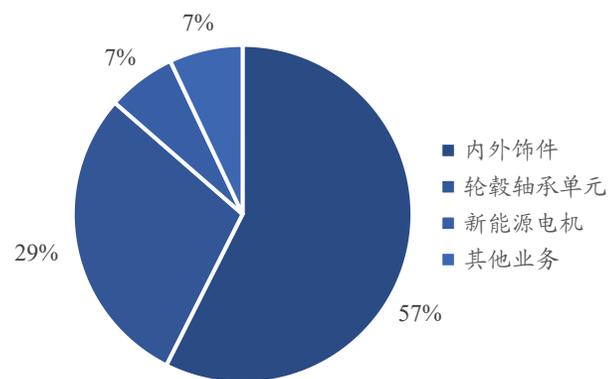
### 3.5、双林股份：汽车HDM龙头，“滚珠+滚柱”丝杠布局加速

- 深耕细分产品HDM数十载，龙头效应显著。公司自2000年开展汽车座椅水平驱动器（HDM）立项研发工作，是国内自主研发该产品最早的民营企业。通过20多年的不断成长，公司深耕技术创新与沉淀，积极拓展市场空间，提升公司的核心竞争力，据公司2023年报，公司已经成为国内生产和销售汽车座椅水平驱动器规模最大的企业之一，2023年出货量超过3000万件。公司生产的HDM主要供货包括佛瑞亚、李尔、安道拓等多家国内外知名企业，产品配套包括某北美新能源头部汽车品牌、比亚迪、长安、吉利、长城、广汽、奇瑞、通用、日产、小鹏、理想、蔚来、赛力斯等终端车企，处于行业领先地位。
- “滚珠+滚柱”丝杠双重布局，打造平台化轴承供应商。根据公司2023年年报，公司在充分调研下游客户需求，考虑到轮毂轴承与滚珠丝杠生产工艺的同源性之后，公司决定进军车用滚珠丝杠领域。2023年7月，公司对滚珠丝杠轴承单元项目进行立项，启动相关研发及制造工作，计划从EHB制动用滚珠丝杠轴承到EMB制动用滚珠丝杠、转向用滚珠丝杠轴承、机器人用滚柱丝杠产品逐步进行开发。目前公司已完成设备的安装调试，预计于2024年12月实现批量配套生产能力（EHB制动用滚珠丝杠轴承），此外在机器人滚柱丝杠方面，公司亦逐步推进，未来或将落地为公司贡献增量。

图：双林股份座椅水平驱动器产品示意图



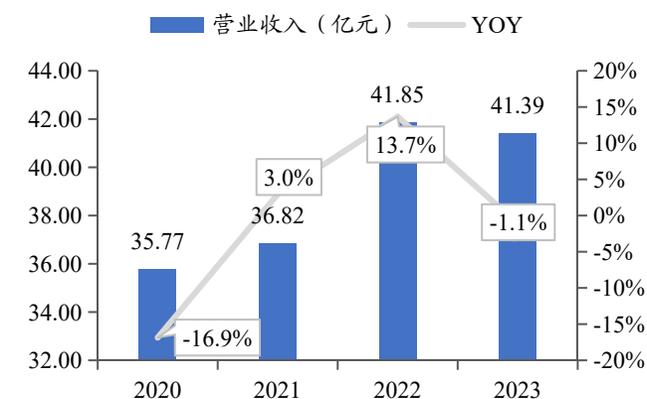
图：双林股份2023年营收结构



### 3.5、双林股份：短期因素对业绩影响有限，未来利润有望企稳回升

- **营收端：海外需求高增&新能源电机放量，营收规模稳中有升。**2020-2022年，公司营业收入分别为35.8/36.8/41.9亿元，受益于海外需求高增、新能源电机放量等因素，公司营收快速增长。2023年公司收入同比下滑1%，主要系轮毂轴承和变速箱业务营收下滑所致。
- **利润端：整体利润逐步企稳。**2020-2023年，公司归母净利润分别实现0.9/1.3/0.8/0.8亿元，其中2022、2023年公司整体利润较低主要系变速箱产线计提减值、新能源电机业务爬坡初期毛利率较低、轮毂轴承营收下滑等因素所致，目前公司利润逐步企稳。
- **盈利端：受多重因素影响，盈利水平短期承压。**2020-2023年公司毛利率维持在18%左右，相对稳定，净利率和ROE分别为2.4%/3.4%/1.8%/2%和5.1%/7.1%/3.4%/3.8%，呈下降趋势，主要系变速箱产线计提减值、轮毂轴承营收下滑、新能源电机毛利率仍在爬坡等短期因素所致，未来不利因素解除后，盈利水平有望回升。
- **费用端：整体费用率维持稳定。**2020-2023年，公司期间费用率分别为14.2%/14.8%/12.9%/14%，整体费用率维持稳定。

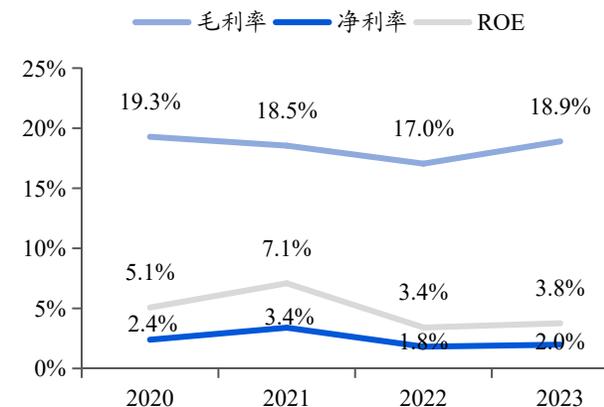
图：双林股份历年营收及YOY



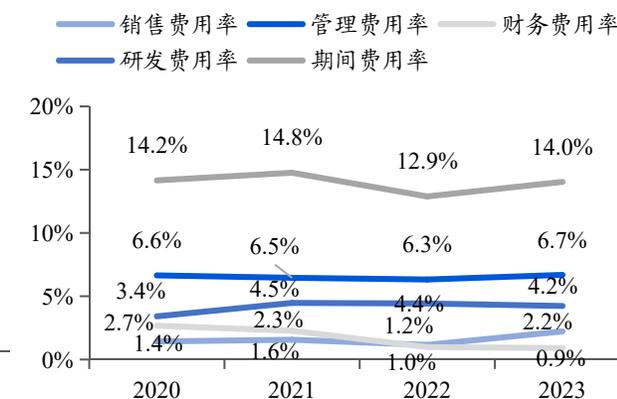
图：双林股份历年归母净利润及YOY



图：双林股份历年盈利水平



图：双林股份历年费用率



---

# 04 投资建议

---

■ **行业评级：**2025年特斯拉人形机器人量产在即，在特斯拉引领下人形机器人行业有望实现从0到1的突破，再现新能源车板块大行情。其中丝杠是人形机器人产业链的重要环节，存在螺母内螺纹精加工、规模化降本等核心壁垒，是预期差和超额收益较大的细分赛道，未来伴随丝杠技术路线和定点的落地，国内有望涌现优秀的核心供应商。

■ **重点关注：**拥有丝杠类似产品工艺的优质企业，推荐北特科技（汽车转向齿条）、贝斯特（涡轮增压精密零部件）、双林股份（HDM、轮毂轴承）；建议关注五洲新春（汽车轴承、风电滚子）、斯菱股份（动力轴承、传动轴承、轮毂轴承）。

---

# 05 风险提示

---

## 5、风险提示

- **汽车行业销量下滑风险：**若汽车行业销量下滑，将影响部分机器人标的的汽车主业。
- **人形机器人新技术开发不及预期：**若人形机器人新产品/技术的研发进度低于预期，将影响销量及订单。
- **供应链国产化进程不及预期：**若供应链国产化进程较慢，可能影响规模产业化进程。
- **重点关注公司业绩不及预期：**若人形机器人产业链相关公司业绩下滑，相关业务布局可能受到影响。
- **机器人行业与汽车行业不可简单类比：**由于人形机器人行业和汽车行业的技术、应用终端仍存在一定差异，两者之间不能简单进行类比。
- **测算偏差风险：**测算结果或和实际数据存在一定偏差。

## 汽车小组介绍

戴畅，首席分析师，上海交通大学本硕，9年汽车卖方工作经验，全行业覆盖，深耕一线，主攻汽车智能化和电动化，善于把握行业周期拐点，技术突破节奏，以及个股经营变化。  
王球，汽车行业分析师，中国人民大学管理学硕士、新加坡管理大学财务分析专业硕士、吉林大学汽车设计专业学士。3年主机厂汽车设计经验，2年汽车市场研究经验。曾任职于一汽汽研负责自主品牌造型设计工作，目前主要覆盖整车及重点主机厂产业链。  
吴铭杰，汽车行业研究助理，上海财经大学金融专业硕士，1年汽车市场研究经验，擅长发现个股边际变化，从底部挖掘潜力个股，目前主要覆盖汽车热管理及机器人产业链。

## 分析师承诺

戴畅，本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

## 国海证券投资评级标准

### 行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；  
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；  
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

### 股票投资评级

买入：相对沪深300指数涨幅20%以上；  
增持：相对沪深300指数涨幅介于10%~20%之间；  
中性：相对沪深300指数涨幅介于-10%~10%之间；  
卖出：相对沪深300指数跌幅10%以上。

## 免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（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。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，也不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。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。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的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、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

## 风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

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、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

## 郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

国海证券 · 研究所 · 汽车研究团队

# 心怀家国，洞悉四海



## 国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋  
国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

## 国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银  
行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

## 国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168  
号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597