



丝杠方法论

如何看待齿轮和轮毂轴承厂商在丝杠赛道的竞争优势？

投资评级：推荐（维持）

报告日期：2024年07月30日

- 分析师：林子健
- SAC编号：S1050523090001

研究创造价值

行星滚柱丝杠是人形机器人优质细分赛道，国产替代前景广阔

以特斯拉Optimus为例，单台人形机器人需要14个行星滚柱丝杠，单价约2,000元/个，单台价值量在2.8万元以上。横向对比机器人其他部件，行星滚柱丝杠占人形机器人价值量较高，盈利能力位居前列。主要原因在于丝杠、螺母和滚柱的加工精度决定丝杠整体传动精度，高精度、传动效率、寿命要求使得行星滚柱丝杠的螺纹加工工艺壁垒极高，精密行星滚柱丝杠市场被国外所垄断，国产化率低。随着未来磨削、硬车等工艺趋于成熟，行星滚柱丝杠制造成本有进一步下探空间。

行星滚柱丝杠壁垒有三，分别在于设计、内螺纹加工和生产设备

壁垒一：行星滚柱丝杠副服役性能取决于其螺纹牙齿形及行星齿轮的设计，丝杠设计对厂商研发能力要求较高。行星滚柱丝杠副的传动性能与丝杠-滚柱、滚柱-螺母间啮合点位置及轴向间隙大小有关，而啮合点位置和轴向间隙大小取决于螺纹牙形。为加工出高精度、性能优越的行星滚柱丝杠副，需要根据啮合传动原理并考虑丝杠副啮合特性来设计出合理的螺纹副及齿轮副结构参数。

壁垒二：行星滚柱丝杠最大加工难点在于内螺纹，目前高精度内螺纹加工方式仍以磨削为主。在进行反向式行星滚柱丝杠螺母这种大长径比内螺纹磨削时，砂轮磨杆呈细长悬臂状态，极易发生由砂轮磨杆弱刚度特性引起的颤振问题，严重影响加工精度和加工效率。大螺旋角磨削工件十分困难，对厂商加工技术、磨床要求很高，并且需要在专用磨床上进行。

壁垒三：丝杠加工需要专用设备，国外磨床进口难度大、交付周期长。我国在高档数控机床行业面临“卡脖子”的难题，数控磨床核心部件主要包括数控系统、主轴、丝杆、线轨等，目前国内各核心部件技术距离国际水平存在一定差距。欧洲、日本是高端磨床主要产地，对中国采取出口限制措施。目前国产丝杠螺纹磨床精度已跟上，且设备价格较国外低很多，量产阶段国产设备可满足大规模磨床需求。

齿轮厂商的优势在于丝杠设计，轴承厂商优势在于内螺纹磨削

- **从丝杠设计角度看：齿轮设计的底层逻辑和丝杠相同。** 齿轮传动的设计分齿形设计、齿轮设计、结构设计和系统设计。齿轮传动的核心在轮齿，轮齿有一定的形状或者是由特殊的曲面构成的，并且齿形设计的理论基础是啮合理论，这一点与丝杠基本相同。
- **从内螺纹加工角度来看：轮毂轴承单元生产过程同样是将各个零部件加工集成的过程，其核心加工工艺与丝杠工艺类似。** 轮毂轴承中钢球的加工质量对轴承振动影响最明显，其次是套圈的加工质量，最主要影响因素是钢球和套圈的圆度、波纹度、表面粗糙度、表面磕碰伤等，轮毂轴承单元零部件质量要求高。**轮毂轴承单元的滚珠、内圈、外圈、轴轮与丝杠、螺母所采用的车、磨加工工艺接近，精度和质量要求均较高。**
- **从设备角度来看：**齿轮厂商和轴承厂商均有车、铣、磨等工艺加工设备丰富使用经验。**设备采购方面主要依靠厂商各自渠道，内螺纹磨床是专用磨床，外采设备现阶段以二手海外设备以及国产设备为主。**

投资机会

汽车和人形机器人产业链重叠部分较大，我们持续看好汽车行业，维持“推荐”投资评级。伴随着人形机器人产品趋于成熟，叠加端到端AI大模型赋能，人形机器人将成为“继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品”，**行星滚柱丝杠作为“执行侧”的关键部件，凭借“高技术壁垒&国产替代趋势显著&降本路径清晰”，将成为人形机器人赛道的重要细分投资赛道。**轴承赛道相关标的包括：双林股份、五洲新春、斯菱股份；齿轮赛道建议关注标的包括：夏厦精密、丰立智能，以及北特科技、贝斯特、新剑传动等精密加工能力较强的厂商。

重点关注公司及盈利预测

公司代码	名称	2024-07-30 股价	EPS			PE			投资评级
			2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E	
300100.SZ	双林股份	11.70	0.20	0.75	0.99	58.50	15.60	11.82	买入
300580.SZ	贝斯特	13.68	0.80	0.97	1.22	17.10	14.10	11.21	买入
301368.SZ	丰立智能	41.20	0.20	0.84	1.04	206.00	48.99	39.58	未评级
301550.SZ	斯菱股份	41.02	1.68	1.92	2.22	24.42	21.36	18.45	未评级
603009.SH	北特科技	15.54	0.14	0.20	0.30	111.00	78.48	51.39	未评级
603667.SH	五洲新春	14.60	0.40	0.53	0.67	36.50	27.51	21.88	未评级

资料来源：华鑫证券研究（未评级公司盈利预测取自wind一致预期）

机器人市场风险

机器人量产进度不及预期

原材料价格风险

丝杠原材料多采用高碳铬轴承钢，原材料价格上升会导致丝杠成本上升

投产进度不及预期

各个公司丝杠产能布局投产进度可能不及预期

地缘政治风险

丝杠属于高精密产品，生产设备需要高精度螺纹磨床，国内螺纹磨床的进口可能受到外国政策限制

01 从设计、内螺纹加工和生产设备， 看行星滚柱丝杠的核心壁垒

研究创造价值

1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

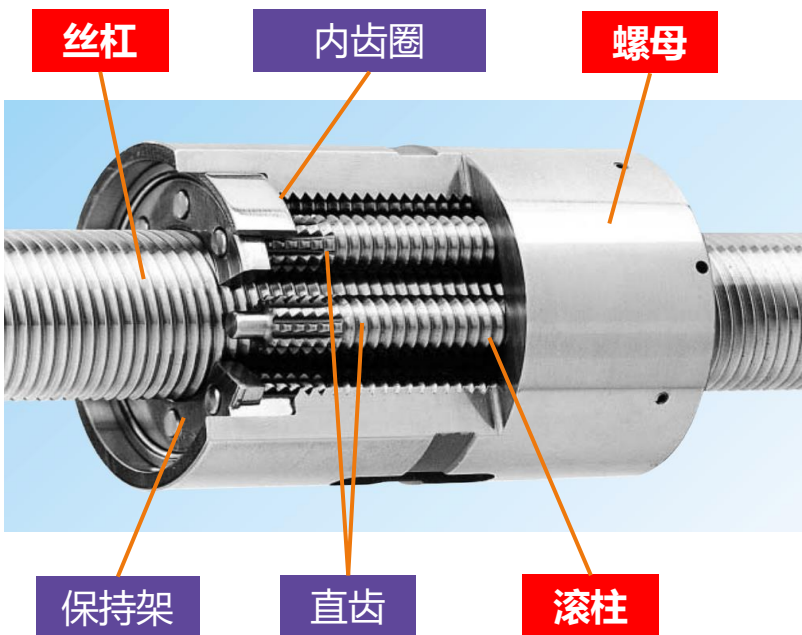
1.1 丝杠、螺母和滚柱是行星滚柱丝杠传动机构的主要部件

□ 行星滚柱丝杠是人形机器人线性关节模组核心部件

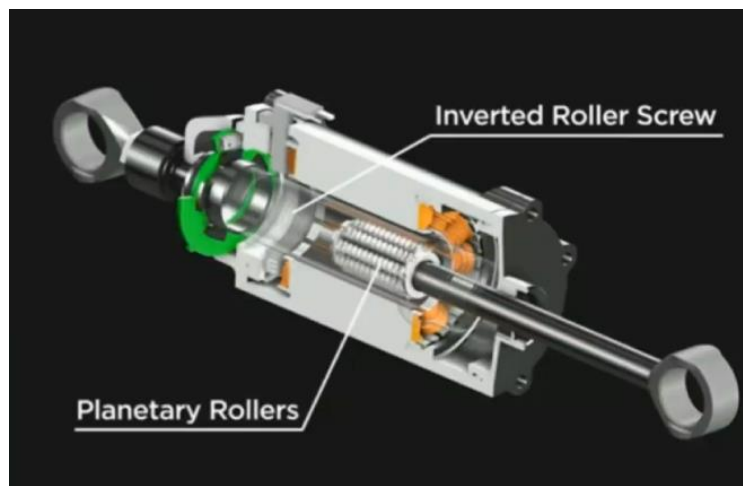
行星滚柱丝杠(PRSM)是一种可将旋转运动和直线运动相互转化的机械传动装置，具有螺纹传动和滚动螺旋传动的综合特征。行星滚柱丝杠中的滚动体是含有螺纹的多个滚柱体。螺母或丝杠旋转运动通过滚柱的行星运动转换为直线运动。行星滚柱丝杠传动中特有的滚柱结构，使得滚柱与螺母(或滚柱与丝杠)之间无相对轴向位移，滚柱能够在丝杠和螺母形成的封闭空间内反复循环运动，依靠滚动/滑动摩擦实现运动和动力的传递。

丝杠是线性关节中价值量占比最高的零部件。以特斯拉Optimus为代表，单个机器人丝杠数量： $2 \times 7 = 14$ 个，目前Rollvis单个行星滚柱丝杠价格较高，约2000元/个，单个机器人丝杠价值量为 $14 \times 0.2 = 2.8$ 万元。

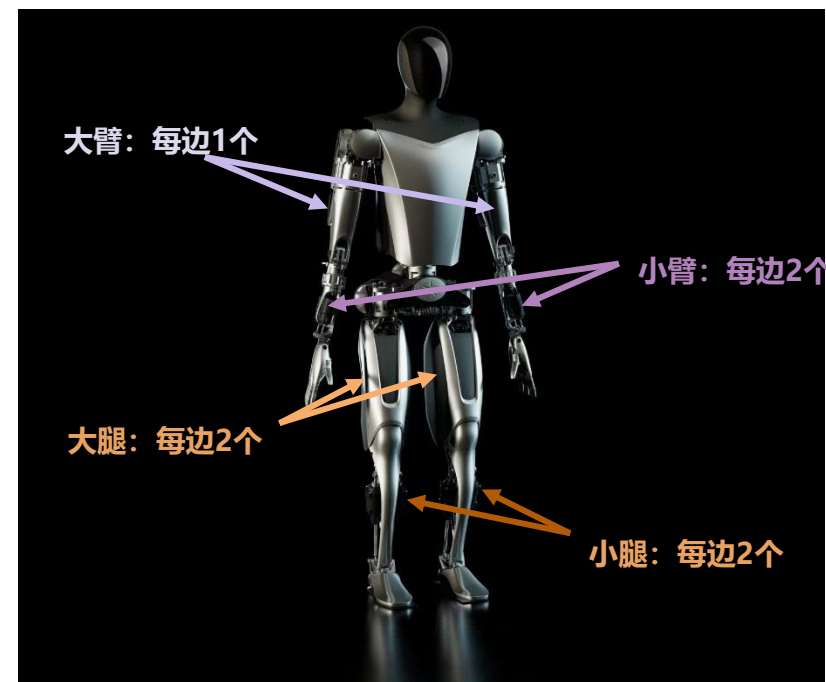
标准式行星滚柱丝杠传动机构的结构形式



特斯拉Optimus采用线性执行器



每台特斯拉Optimus包含14个丝杠



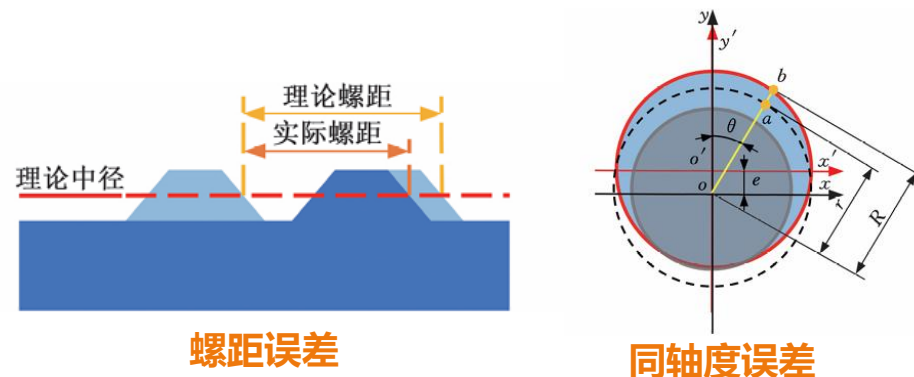
资料来源: SKF, 柯浩《行星滚柱丝杠传动精度分析与设计》, 特斯拉AI day, 工业机器人, 华鑫证券研究

1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

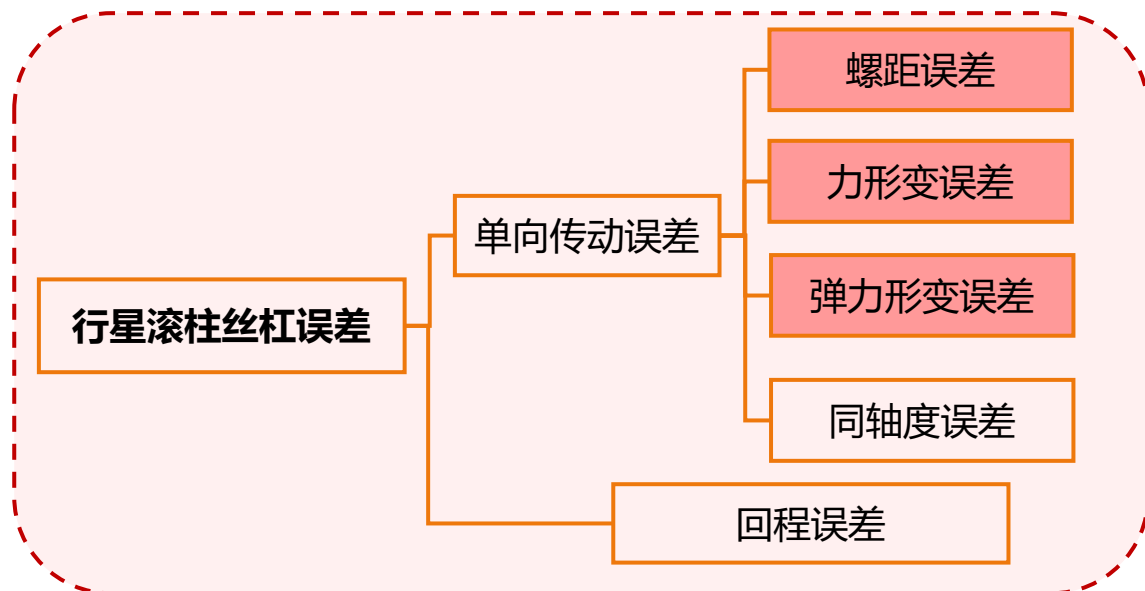
1.1、丝杠、螺母和滚柱是行星滚柱丝杠传动机构的主要部件

□ 丝杠、螺母和滚柱加工工艺决定行星滚柱丝杠精度

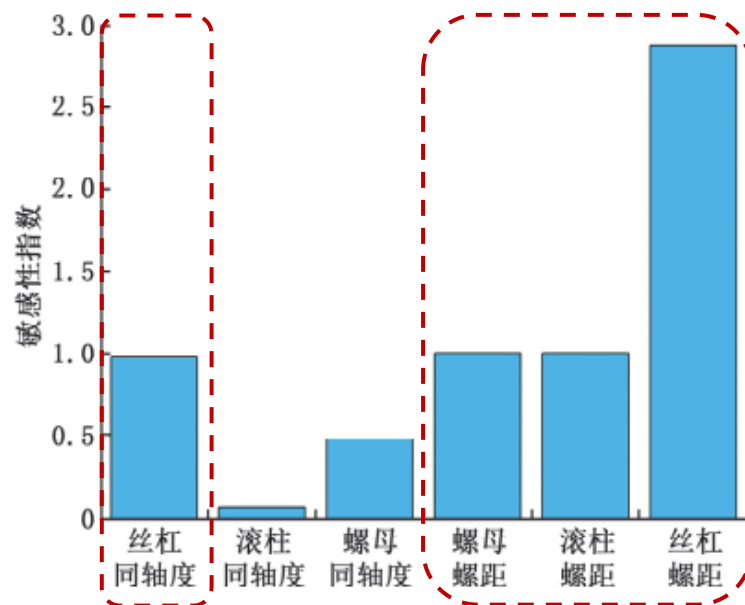
精度是衡量行星滚柱丝杠的核心指标，丝杠、螺母和滚柱的螺距及同轴度误差是影响丝杠精度关键因素。所有误差因素与行程误差均为正相关，其敏感性指数从大到小依次为：丝杠螺距 (2.8570)、滚柱螺距 (1.0000)、螺母螺距 (1.0000)、丝杠螺纹同轴度 (0.9800)、螺母螺纹同轴度 (0.4750)、滚柱螺纹同轴度 (0.0585)，滚柱同轴度敏感性指数小于0.1，可以忽略不计。**丝杠、螺母和滚柱的加工精度决定丝杠整体传动精度，从加工角度出发，这三个部件是行星滚柱丝杠主要工艺壁垒所在。**



标准式行星滚柱丝杠传动机构的结构形式



行程误差敏感性指数直方图



资料来源：李凯《精密行星滚柱丝杠的传动特性》，吴翰林《基于加工误差敏感度与模糊层次分析法的行星滚柱丝杠公差匹配优化方法》，华鑫证券研究

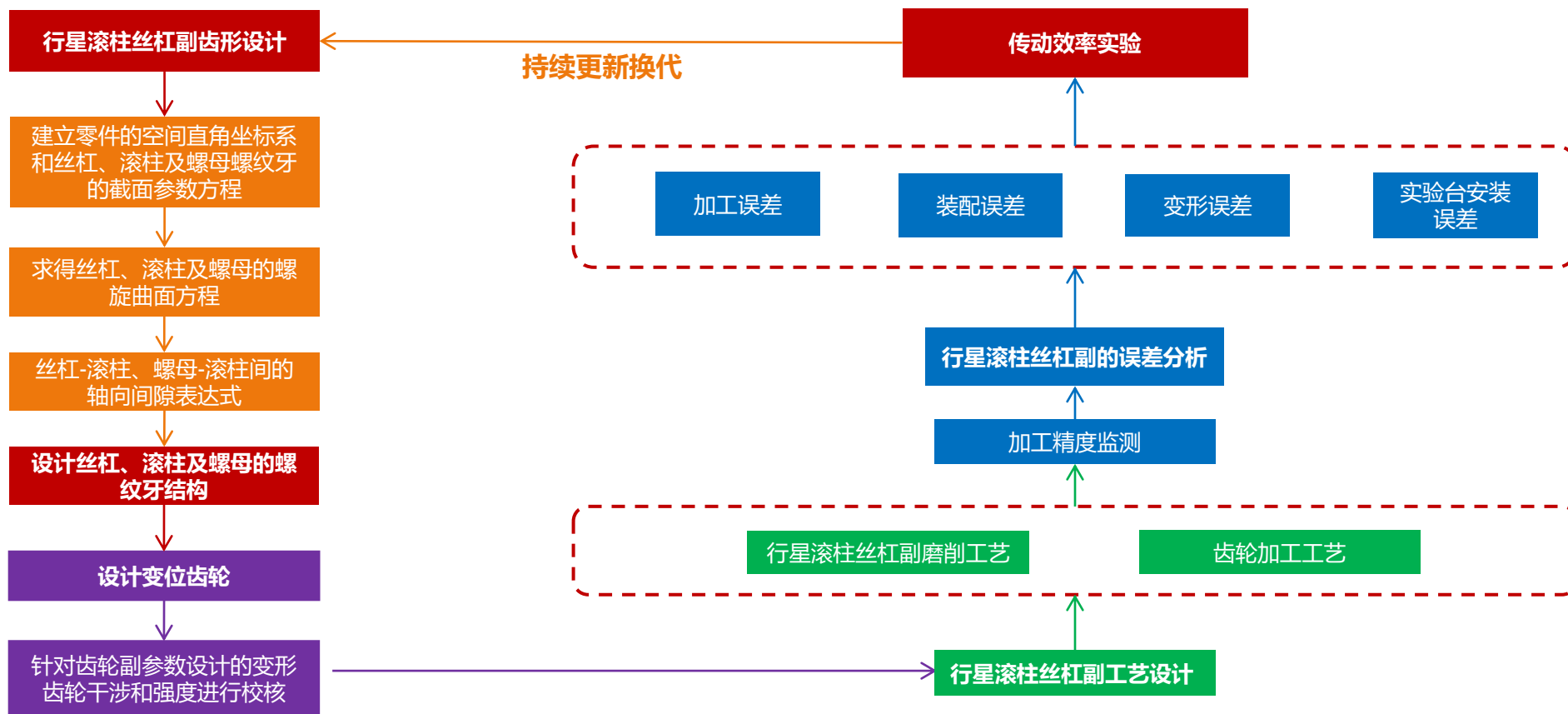
1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.2、行星滚柱丝杠核心壁垒一：丝杠设计

□ 滚柱丝杠设计难度大，需要丰富经验积累

行星滚柱丝杠副服役性能取决于其螺纹牙齿形及行星齿轮的设计。行星滚柱丝杠副的传动性能与丝杠-滚柱、滚柱-螺母间啮合点位置及轴向间隙大小有关，而啮合点位置和轴向间隙大小取决于螺纹牙形。为加工出高精度、性能优越的行星滚柱丝杠副，需要根据啮合传动原理并考虑丝杠副啮合特性来设计出合理的螺纹副及齿轮副结构参数。

行星滚柱丝杠设计流程繁琐，需要逐步改进



资料来源：郑伟《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，华鑫证券研究

1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.3、行星滚柱丝杠核心壁垒二：螺纹加工工艺

□ 外螺纹现阶段加工工艺包括硬车、磨削、滚轧、旋铣

外螺纹加工工艺主要为硬车、磨削、滚轧、旋铣，其中磨削精度高，滚轧效率高，硬车和硬旋铣较均衡。行星滚柱丝杠依靠零件间的螺纹啮合实现传动功能，螺纹的加工精度将直接影响系统的传动精度、使用寿命、与平稳性，故优化螺纹的加工技术是提升PRS整体性能的关键。PRS螺纹制造工艺方法主要为成型加工，例如目前应用于丝杠副螺纹制造技术主要有硬车、磨削、滚轧成型和旋风铣削技术。

外螺纹加工工艺对比

工艺项目	硬车	磨削	滚轧成型	旋风硬旋铣
对材料要求	对精胚外圆的圆度、圆柱度、直度及硬化层深度,硬度的均匀性有要求	无特殊要求	对精胚外圆尺寸、公差、圆度、圆柱度、直线度要求严格,材料塑性应变能力、延伸率要求较高	对精胚外圆的圆度、圆柱度、直度及硬化层深度,硬度的均匀性有要求
最高加工精度	精度与硬铣类似	P3级,P1级,PO级	P3、P5导程误差的波动小、线性好	P3级导程误差的波动小、线性好
齿形精度及表面质量	粗糙度 Ra=1.6μm	砂轮品质和使用寿命对其有直接影响	Ra=0.5-0.8um,表面光滑、处于压应力状态	Ra=0.4um,高速、渐近、低温切削,表面质量优于磨削
适宜加工对象	适于长度1m、螺距6mm以下长径比小的丝杠	常用规格高精度丝杠螺纹的精加工	超细长、大导程、超大导程双头和多头螺纹	整体大型超长丝杠,大钢球重型BS,各类异型螺杆
资源友好性	能耗低于磨削	湿切削,能耗、油耗、水耗均较高	低耗无屑加工、材料利用率高达80%以上	干切削,省工序,能耗、油耗、水耗低于磨削
环境友好性	污染小	有磨粒金属粉尘、油雾	无油雾和粉尘,污染小	噪声小,无油、少屑,污染小
生产效率与制造周期	削通常采用高转速、大切深,金属切除效率是磨削加工的3倍多,低于硬铣	效率低、工序多、制造周期最长	单机快速产出,库存性供货	生产效率高于磨削低于冷滚轧
装备及制造成本	硬车削生产制造成本是螺纹滚道硬磨削成本的1/3-1/2,是硬旋铣加工成本的1/3-1/4。	螺纹磨床已国产化,生产工序多、制造成本高	关键设备前期投入大,后期成本取决于轧辊寿命、研发制造能力	关键设备前期投入大,后期成本取决于PCBN刀片寿命及刃磨的自主化能力
量产	调整对刀比较麻烦,适用一定批量的产品,效率高于磨削。	更换工件规格较容易,不受生产批量限制	标准化,系列化大批量生产	调整对刀比较麻烦,适用一定批量的产品

资料来源：王伟《大型螺纹旋风硬铣削数值模拟及工艺参数优化》，华鑫证券研究

1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.3、行星滚柱丝杠核心壁垒二：螺纹加工工艺

磨削是内螺纹目前唯一行之有效的加工方式

内螺纹加工难度大，目前高精度内螺纹加工方式仍以磨削为主，磨削工艺效率低，精度高，对磨床设备要求高。未来看好内螺纹加工工艺看好铣削，铣削加工效率较高，设备要求较低，但若加工深度较长效率会下降。

内螺纹加工工艺对比

	攻丝	车削	铣削	磨削	挤压
介绍	一种连续切削工艺，工件材料由顺序排列的切削刃依次切除，通过一次走刀即可获得最终螺纹尺寸。	在多轴机床或车床上，用可转位刀片式或整体式小型镗刀车削螺纹。	采用螺旋插补方式来切削内螺纹和外螺纹。	一般来说，为了磨削出具有精密牙型的螺纹，机床的磨轮安装位置必须按螺纹的螺旋角倾斜变化，这就需要有一个旋转轴，绝大多数通用磨床并不具备这一条件。	通过转移（而不是切削）工件材料，挤压成形。
硬度要求	可以加工硬度低于HRC50的几乎任何工件材料，一些刀具制造商提供的丝锥甚至可以加工硬度高达HRC65的工件材料。	可在硬度达HRC50的工件或高温合金上车削螺纹	适合加工硬度HRC 65以下的工件材料，具有极好的通用性	通用性较好	工件硬度应限制在约HRC40以下
大小要求	螺孔直径一般小于16mm，大于6.35mm；内螺纹长度通常可达到其直径的3倍以上。	加工尺寸范围很宽，从最大直径到小至6mm的螺孔都能加工。直径6mm以下的螺孔需要用整体硬质合金刀具加工，其可加工的最小孔径可达1.25mm左右。采用硬质合金刀柄的螺纹车刀可以加工深度为4-5倍孔径的螺孔。	加工尺寸范围很宽，从小至0-80规格（切削直径1.524mm）的螺纹到最大孔径的螺纹都能加工。一般来说，螺纹铣刀适合加工的最佳孔深应控制在大约2.5倍孔径以内，单齿螺纹铣刀可以加工更深的螺孔，甚至可以加工深度达20倍孔径的螺孔。	在进行大长径比内螺纹磨削时，砂轮磨杆呈细长悬臂状态，极易发生由砂轮磨杆弱刚度特性引起的颤振问题，严重影响加工精度和加工效率。具有较好加工经济性的螺纹磨削内径尺寸通常为10-525mm。磨削深孔内螺纹的经验法则：磨轮轴的长度与直径之比不超过7：1。	可以加工深度达4倍直径的内螺纹。
加工效率	对于深孔螺纹而言，丝锥的加工速度比单齿螺纹铣刀更快。	使用多齿刀片可以减少完成螺纹加工所需的走刀次数，适合大批量生产。	与攻丝相比，铣削螺纹的加工周期通常更长一些	磨轮可以通过重新修形加工不同形状的螺纹而不必更换其他磨轮。	-
设备要求	丝锥按照螺纹的大径、小径和中径尺寸专门生产，丝锥必须在一次走刀的同时完成粗、精加工。	既可以使用单齿刀片，也可以使用多齿刀片。多齿刀片的每个切削刃上都有多个刀齿，每一个后续刀齿都比前一个刀齿的切削深度更大。	螺纹铣刀的耐用度是丝锥的十多倍甚至数十倍，而且在数控铣削螺纹过程中，对螺纹直径尺寸的调整极为方便。过去10-15年生产的大部分数控机床都具备螺纹铣削功能。	但大螺旋角磨削工件十分困难，对加工技术、磨床要求很高，需要在专用磨床上进行，磨床需要良好的刚性和热稳定性、较高的轴系运动精度、精确的闭环位置反馈以及温度可控的精密主轴。	挤压攻丝与切削攻丝相比，要求机床具有更大的扭矩和功率对工件夹持稳定性的要求更高，转移工件材料所需的力比切削工件材料更大，挤压攻丝对螺孔的钻削精度要求也更高。
特点	在加工硬度较低、粘性较大、易产生长条形切屑的工件材料切屑控制是大问题，丝锥容易折断导致工件报废。	加工尺寸范围很宽，高硬度材料对加工刀具要求高。	螺纹铣削可用于加硬度较高的材料；不受螺纹结构（外螺纹/内螺纹）和旋向（左旋/右旋）的限制；同一螺距的螺纹铣刀可加工不同直径的螺纹	对于经热处理后的高硬度螺纹面或硬脆材料螺纹面的高精度加工，磨削是目前唯一行之有效的加工方式。	与切削而成的螺纹相比，挤压成形螺纹的强度更高，因为挤压丝锥是通过压缩（而不是剪切）工件材料的晶粒结构来形成螺纹。

资料来源：《内螺纹精密磨削加工技术综述》李帅，《大导程滚珠丝杠副螺母成型磨削加工建模与仿真》范东风，《新能源汽车电动机轴内花键加工工艺与检测分析》罗应涛，《浅谈在数控加工中心上的内螺纹加工》孙浩，《滚珠丝杠滚道硬车加工技术研究》张广明，数控编程社区，华鑫证券研究

1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.4、行星滚柱丝杠核心壁垒三：磨床等先进加工设备

□ 国内高端磨床面临“卡脖子”问题，国外进口难度大

我国在高档数控机床行业面临“卡脖子”的难题。数控磨床核心部件主要包括数控系统、主轴、丝杆、线轨等，目前国内各核心部件技术距离国际水平存在一定差距，国内机床厂商为提高机床精度和稳定性，提高产品竞争力，核心部件以国际品牌为主，国产化率较低，对国际品牌部件依存度较高，特别是高档数控机床配套的数控系统基本为发那科、西门子等境外厂商所垄断。

国外磨床产品

国际厂商	产品型号	产品图片
英国 Matrix Machine Tool (Coventry) Limited	MATRIX TI-3060E CNC精密内螺纹磨床	
英国 Matrix Machine Tool (Coventry) Limited	MATRIX TI-5060E CNC精密内螺纹磨床	
日本三井精机 (Mitsui Seiki)	GSN-180IS-HIGH LEAD	
瑞士凯伦伯格 Kellengerber	VOUMARD 1000	

国内磨床产品

国内厂商	产品型号	产品图片
日发精机	SK7420/500数控外螺纹磨床、SK7620F 数控内螺纹复合磨床	
日发精机	SK7620F数控内螺纹磨床	
汉江机床	SK7612数控内螺纹磨床	
汉江机床	SK7605数控内螺纹磨床	
华辰精密装备	HC-450/1000T亚μ螺纹磨床	

资料来源：KELLENBERGER，Matrix Machine，Mitsui Seiki，日发精机，压缩机技术，华鑫证券研究

1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.4、行星滚柱丝杠核心壁垒三：磨床等先进加工设备

国内丝杠螺纹磨床精度已跟上，核心数控系统仍采用国外产品

欧洲、日本是高端磨床主要产地，对中国采取出口限制措施。2023年4月DMG的每台机床都配备RMS（机床搬迁安保）装置，出售给中国的所有机床都需要增加位置传感器，日本发那科高端五轴数控系统对华禁售。**数控系统是螺纹磨床提高精度的关键，但目前高档数控机床配套的数控系统由发那科、西门子等境外厂商所垄断。**采用国外数控系统前提下，国产磨床加工精度已达P1及以上精度。

- **上海机床厂SK7420型数控丝杠磨床：可磨削P1级甚至更高精度的滚珠丝杠。**适合于磨削三角螺纹、梯形螺纹、锯齿螺纹、圆弧滚珠丝杠以及其他螺纹齿形的外螺纹，可实现P1级精度滚珠丝杠的磨削。统采用西门子840D控制系统，可控制六轴三联动。
- **汉江机床SK7405数控丝杠磨床：可磨削P2精度丝杠，**采用西门子828D数控系统，实现三轴二联动，配置螺纹自动对刀装置，满足批量加工要求；配置金刚滚轮修整器，实现砂轮自动成型修整。可采用多线或单线磨削技术，实现丝杠高效磨削同时可实现丝杠高精磨削。

上海机床厂SK7420型数控丝杠磨床参数

主要规格：	
最大磨削直径	Ø200 mm
最大磨削长度	2 000 mm
顶尖距	2 200 mm
中心高	150 mm
工件最大重量	250 kg
砂轮规格	Ø500×10、15、24×Ø305 mm
砂轮线速度	35 m/s
工件转速(无级)	0.5~50 r/min
工作台纵向移动速度(Z轴)	0.1~4 000 mm/min
砂轮架横向移动速度(X轴)	0.1~4 000 mm/min

汉江机床SK7405数控丝杠磨床参数

1、最大安装直径	50mm
2、顶尖距	150mm
3、最大可磨直径	50mm
4、最小可磨直径	2mm
5、可磨螺纹最大长度	120mm
6、可磨螺纹的螺距	0.25~12mm
7、可磨螺纹最大导程角	左6° 右6°
8、可磨螺纹的头数	1~45（任意）
9、头架主轴转数	1~80 r/min
10、砂轮最大线速度	50m/s
11、砂轮尺寸	350×10×203mm
12、机床外形尺寸（长X宽X高）	1600mm×1700mm×1900mm
13、机床重量	约2500kg

资料来源：肖建军《高精度滚珠丝杠磨床的设计与开发》，汉江机床官网，华鑫证券研究

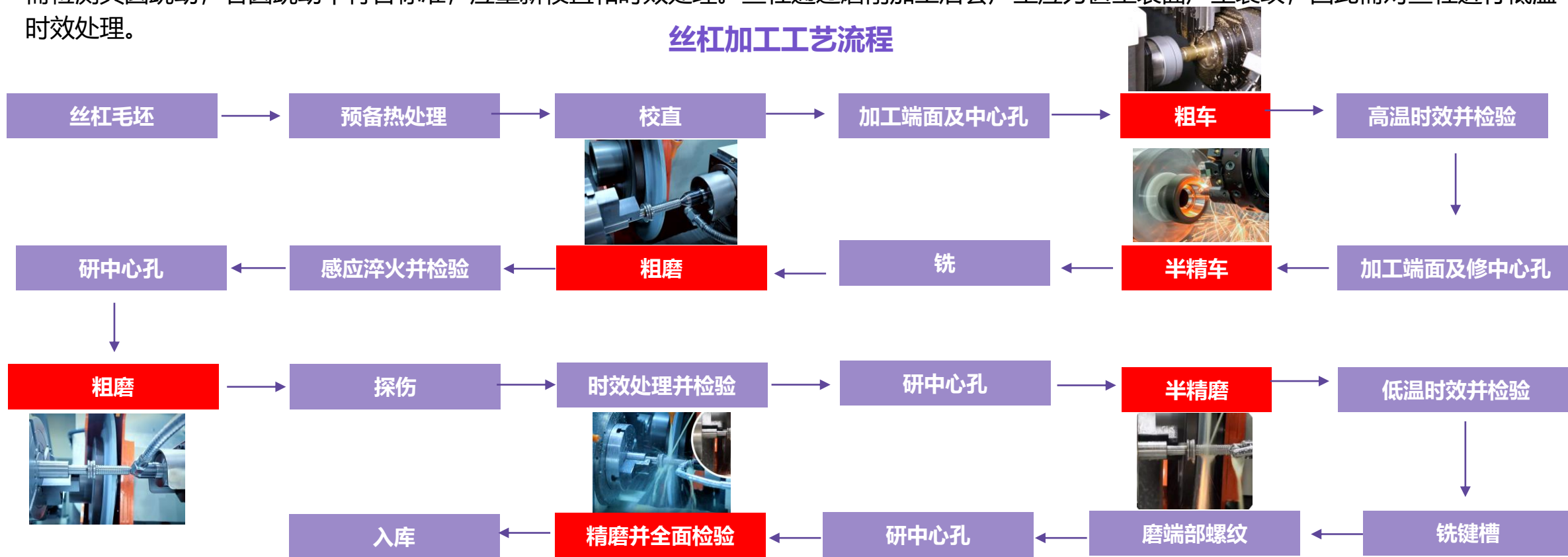
1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.5、丝杠、螺母和滚柱加工流程拆解

□ 丝杠加工工艺流程繁琐

一般来说，精度要求越高，时效处理次数越多，加工过程越繁琐。硬度要求高的丝杠（HRC56以上）必须进行淬火处理，淬火可以有效地保证丝杠的机械性能、硬度和稳定性。淬火工艺的丝杠需要多次回火以及冰冷处理以消除应力。预备热处理阶段选择调质处理，主要是淬火和高温回火，校直时应注意避免反复压校。丝杠受到粗车的影响会产生较大的应力集中，因此需通过高温失效来去除内应力，且丝杠经过高温处理后，需检测其圆跳动，若圆跳动不符合标准，应重新校直和时效处理。丝杠通过磨削加工后会产生应力甚至表面产生裂纹，因此需对丝杠进行低温时效处理。

丝杠加工工艺流程



资料来源：郑伟《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，日发精机，华鑫证券研究

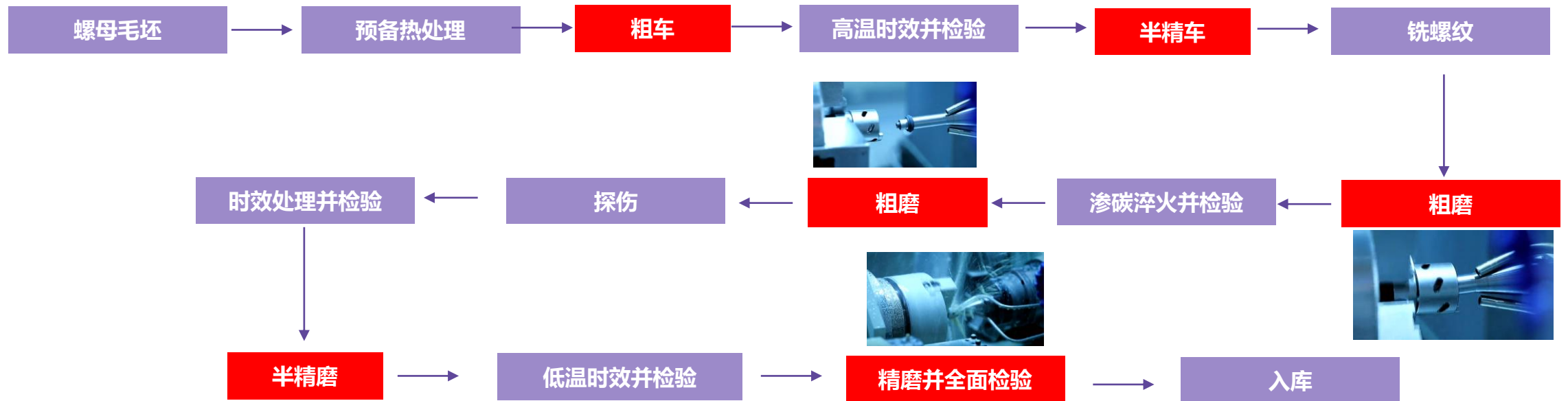
1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.5、丝杠、螺母和滚柱加工流程拆解

□ 螺母加工难度最大

螺母结构尺寸小且内部空间非常有限，加工难度大大提高。最常用的滚珠螺母内轨道的法截形为双圆弧，工艺路线为：**下料→锻造成型→粗车外圆→外圆磨削→钻孔→车90°的V型螺旋槽→内轨道渗碳或高频淬火→磨削内轨道**。在生产过程中由于车削后磨削余量大，易产生干涉。加工螺纹时，一般需要经过几次切削才能达到加工要求，此时要注意每次切削时进刀点要一致，即每次要保证从螺纹螺旋线的起点切入，否则就会损坏已切好的螺纹沟槽，造成通常所说的乱扣现象。在内滚道的螺纹车削粗加工和磨削精加工过程之间存在着一个二次装夹的问题，当工件因为热处理或精磨等工序安排进行二次装夹后，便不能再以上次加工时的刀具位置作为加工基准。所以为了避免“乱扣”导致的螺纹失效，有必要针对螺纹沟槽进行对刀操作，对刀是工件加工中的最重要的操作内容，其准确性决定了零件的加工精度，同时对刀效率还直接影响数控加工效率。

螺母工艺流程



资料来源：郑伟《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，日发精机，华鑫证券研究

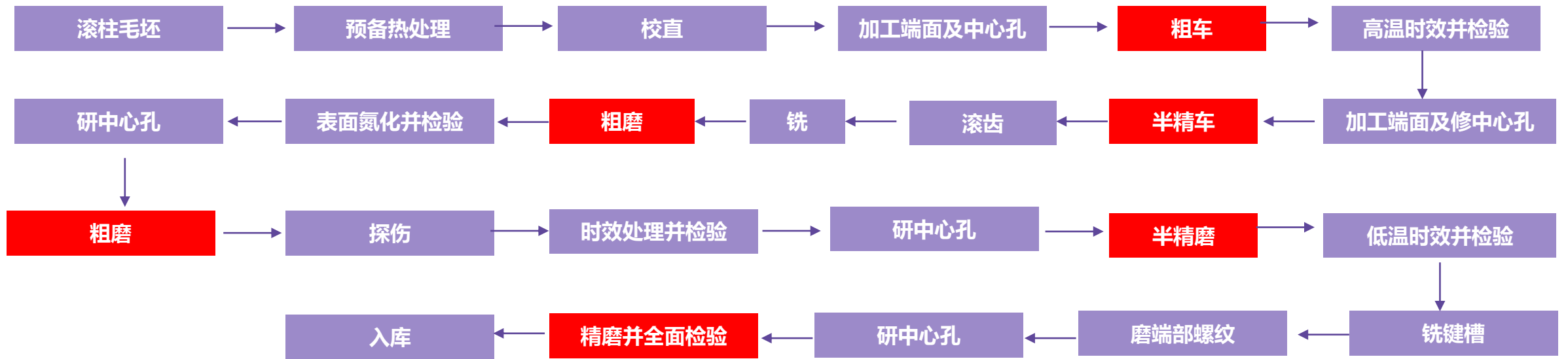
1. 从设计、内螺纹加工和生产设备，看行星滚柱丝杠的核心壁垒

1.5、丝杠、螺母和滚柱加工流程拆解

□ 滚柱加工流程与丝杠相似

滚柱与丝杠加工工艺类似，但后半部分有直齿需要滚刀加工。与滚珠丝杠传动相比，其滚动体是含有螺纹的多个滚柱体而非滚珠，滚柱是具有相同牙型角的单头螺纹，其牙型轮廓通常加工成球面，目的是提高承载能力、降低摩擦、提高效率。相较于滚珠丝杠滚，珠丝杠具有更大的接触面积，滚柱丝杠的寿命提高了十倍，载荷可提高三至五倍，相同载荷下体积可缩小1/3，**更加适用于人形机器人未来泛化的应用场景。**直齿是滚柱体上特有的构造。目前国内较常见的直齿锥齿轮的加工方法有如下几种：刨齿、成形铣刀铣齿、双刀盘铣齿、圆拉法铣齿等等，这几种加工精度大都停留在GB11365的7-8级，而且目前不具备直齿锥齿轮的硬齿面磨削，对于精度等级要求更高的直齿锥齿轮加工能力不足。

滚柱工艺流程



资料来源：郑伟《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，华鑫证券研究

02 齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

研究创造价值

2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.1、复盘国内外一流丝杠厂商发展历史，精密金属机加工能力是进军丝杠赛道的必要条件

GSA、Ewellix、Rollvis、Rexroth等国外企业代表滚柱丝杠制造一流水平。目前生产滚柱丝杠并参与市场竞争的厂家主要有：GSA（瑞士）、Ewellix（瑞典）、Rollvis（瑞士）、Rexroth（德国）、CMC（美国）、南京工艺（中国）、济宁博特（中国）、优仕特（中国台湾）。除这些品牌外，还有 Moog（美国）、Power Jacks（英国）也有生产滚柱丝杠的能力，但产品不外销，主要用于自身生产的电动缸等产品使用。

全球丝杠市场主要参与者

厂商	工艺	尺寸	主要应用场景	简介
GSA	研磨	齐全	军事和工业	GSA 公司成立于 1982 年，总部位于瑞士伯尔尼，目前是全球最大的行星滚柱丝杠专业制造厂家，产品推广商标为“GSA Swiss”。与 Rollvis 公司类似，GSA 的丝杠尺寸系列较全，可以向市场提供直径范围从 5mm 至 245mm，导程范围从 0.5mm 至 50mm 的产品系列。 GSA行星滚柱丝杠公司为德国舍弗勒集团的供应商。 产品主要销售到航空航天、军工设备以及钢铁冶金等行业中，也在尝试开发一般工业领域的应用。
Rollvis	研磨	齐全	军事和工业	Rollvis 公司成立于 1970 年，总部位于瑞士日内瓦，是专业设计和生产滚柱丝杠的厂家，产品推广商标为“Rollvis Swiss”。其向市场推出的产品系列较为齐全，可以提供直径范围从 5mm 至 245mm，导程范围从 0.1mm 至 50mm 的几乎全系列研磨级高精度产品。Rollvis 的产品主要应用于航空航天、军工设备、钢铁冶金等领域，近年来也面向普通工业应用如电动缸等提供批量化供货。 2016年，Rollvis被瑞士GSA公司并购。
Rexroth	轧制	较齐全	工业	公司和品牌隶属于博世力士乐集团，是一家主要生产液压系统、减速机、电控技术以及机电一体化产品的大型工业品公司。在线性传动技术领域，Rexroth 提供直线导轨、滚珠和滚柱丝杠、电动缸和直线运动模组等产品，其滚柱丝杠产品是在近 10 年内推出的新产品，采用轧制成型技术以满足追求更高经济性的客户需求，但在有高精度和高寿命要求的场景下无法使用产品主要销售到一般工业领域中，尤其在注塑机和伺服压力机械等应用中业务成长速度快。
Ewellix	研磨/轧制	齐全	工业	法国Transrol公司1968年被SKF集团收购，2018年被欧洲Triton集团收购，2019年更名为EWELLIX， 2022年又再次被舍弗勒收购。 公司总部位于瑞典哥德堡，全球范围内拥有 8 家工厂及 1200 名员工，2021 年实现滚柱丝杠收入在 3 亿人民币。公司的核心业务是设计、生产和销售直线传动类零部件产品，包括直线导向类（成型导轨、精密导轨、直线轴承）、滚珠和滚柱丝杠、电动推杆和升降柱、高性能电动缸以及直线模组等。产品主要应用于医疗设备、自动化生产线、非道路机械以及其他通用设备行业。

资料来源：《E公司滚柱丝杠产品营销策略研究》王有雪，华鑫证券研究

2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.1、复盘国内外一流丝杠厂商发展历史，精密金属机加工能力是进军丝杠赛道的必要条件

通过对南京工艺、济宁博特以及国外顶尖丝杠厂商发展历史分析，我们发现**丝杠厂商往往在早期具备精密金属零部件的加工能力，有较为丰富的机加工经验，螺纹产品加工工艺方面有深厚积累。**

南京工艺

1952年9月，南京工艺装备制造厂创建，其前身是南京市技工学校

1964年2月，开始生产**组合夹具、粉末冶金、高压紧固件、机床丝杠和滚珠丝杠**等产品。

1983年，集中主要精力发展滚珠丝杠产品，直线滚动导轨、滚动花键、滚动导套等产品也陆续开发试制成功

20世纪末，工厂又开发了新的产品系列陆续研制了数控雕刻机、数控水射流切割机^等数控设备产品。

2008年，引进德国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。

济宁博特

20世纪60年代，被指定为机床厂做配套，**后又扩展为为机床维修配套**

20世纪70年代末，产品品种由**C616车床丝杠发展到机床三杠、花键轴、机床主轴等。**

20世纪80年代末，公司决定新上滚珠丝杠副项目

21世纪初，先后成功开发了**行星滚柱丝杠副、重载滚珠丝杠副、高速机械主轴、电主轴等新产品**

外国厂商

厂商	历史起家
GSA	<ul style="list-style-type: none"> • 1932年，Linus Ziegler 获得专利并购买了六台生产丝锥和螺纹仿形的机器 • 1951年，购买第一台螺纹磨床 SIP
Rollvis	<ul style="list-style-type: none"> • 1939 年创建精密公司 CENTURION（圆柱和螺纹加工）。 • 1970 年 CENTURION 创建了 ROLLVIS 公司，专门生产行星滚柱丝杠。
Rexroth	<ul style="list-style-type: none"> • 1795-1964 从铸铁技术到液压解决方案从锻铁技术到铸铁铸造,力士乐于1950年代进入液压市场。 • 1965-1995 从液压制造商到多技术供应商公司通过增加电气驱动与控制、轴向柱塞泵和马达、线性传动和装配技术产品家族，发展成为工业和行走机械液压的全系列解决方案供应商。
Ewellix	<p>1946年成立，1949年制造出第一根行星滚柱丝杠。可生产G3精密轧制丝杠用于刀具及工件的精确定位，精密轧制丝杠的交货期仅为2个月。</p>

资料来源：《在艰苦创业中不断发展壮大——庆祝南京工艺装备制造厂创建50周年》张建平，《中国新型工业化道路的光荣与梦想》，各公司官网，华鑫证券研究

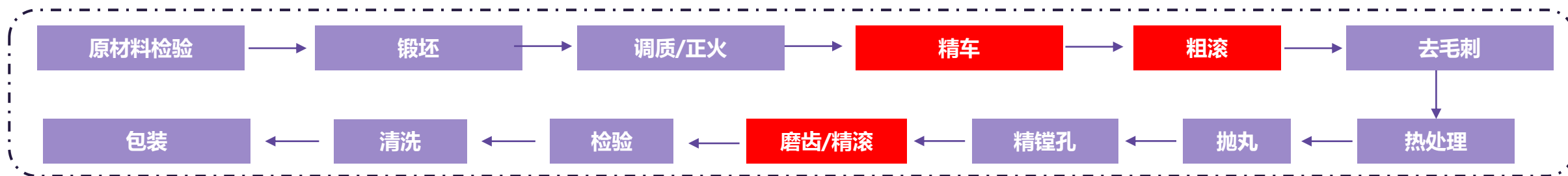
2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.2、**齿轮**在加工和设计方面与行星滚柱丝杠逻辑相通

□ 磨齿效率低、精度高，加工方式和丝杠磨削相近

磨齿是获得高精度齿轮最有效和可靠的方法。磨齿能加工淬硬齿轮，纠正齿轮预加工产生的各项误差，消除热处理变形，提高齿轮加工精度。当今磨齿工艺的状况是：对中小规格齿轮一般采用蜗杆砂轮磨齿，部分采用成形砂轮磨齿。对大规格齿轮一般采用成形磨齿方法。提高磨齿效率主要从两方面着手，一是采用CNC，二是采用新型磨削材料 CBN。目前碟形砂轮和大平面砂轮磨齿精度可达DIN2级，但效率很低。蜗杆砂轮磨齿精度达DIN3~4级，效率高，适用于中、小模数齿轮磨齿，但砂轮修正较为复杂。**磨齿的主要问题是效率低、成本高，尤其是大尺寸的齿轮。**

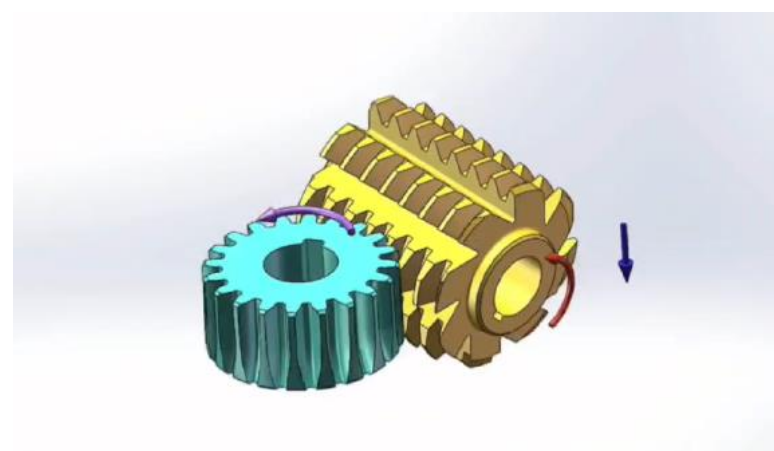
齿轮各部件加工过程



齿轮磨削加工过程



齿轮滚刀加工过程



资料来源：夏厦股份招股说明书，华鑫证券研究

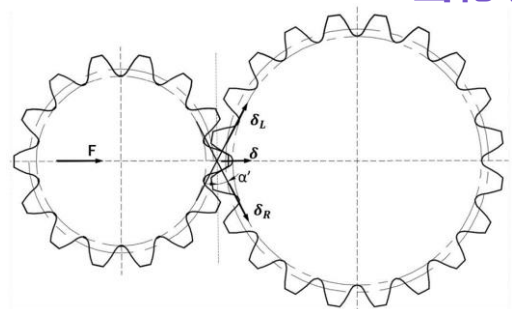
2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.2、**齿轮**在加工和设计方面与行星滚柱丝杠逻辑相通

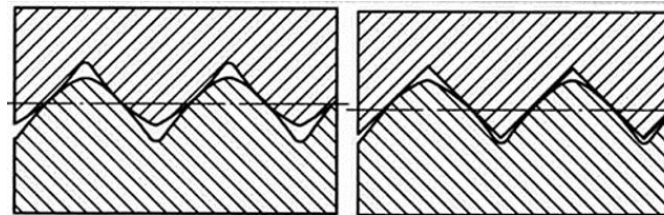
□ **齿轮和丝杠设计理念都属于啮合理论**

齿轮设计的底层逻辑和丝杠相同。 齿轮传动的设计分齿形设计、 齿轮设计、 结构设计和系统设计。 齿轮传动的核心在轮齿， 轮齿有一定的形状或者是由特殊的曲面构成的。 **齿形设计的理论基础是啮合理论， 这一点与丝杠基本相同。**

齿轮/条齿形和丝杠牙形相似



齿轮齿形

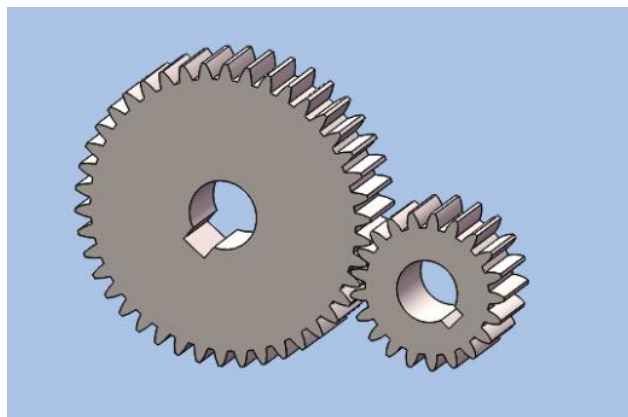


a) 两边弧形

b) 单边弧形

丝杠和滚柱牙型

齿轮啮合原理和丝杠啮合原理相似



资料来源：杨洁 齿轮双面啮合测量中测量力引入轮齿变形计算方法与流程，冯虎田《滚珠丝杠副动力学设计与基础》，机械时代网，Ewellix，华鑫证券研究

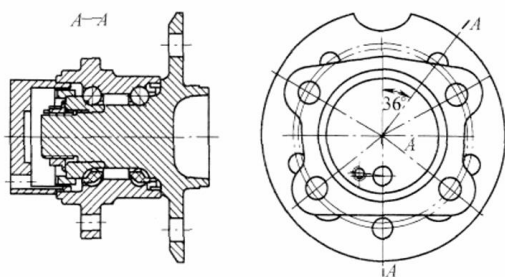
2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.3、轮毂轴承加工工艺和要求与丝杠螺母殊途同归

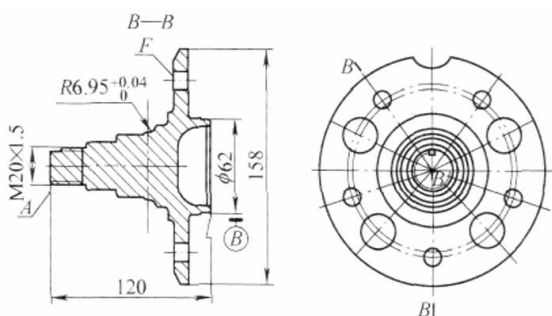
□ 轮毂轴承同样采取磨加工，高精度轮毂轴承需要三遍磨削加工

为保证产品加工精度，第三代轮毂轴承采用三遍磨削加工循环：初磨循环→细磨循环→终磨循环。第三代轮毂含有多达9个零件的双列角接触球轴承，外圈是双沟道，带有安装法兰盘，外径有多个台阶。内圈由内轴圈和内圈组成，内轴圈带有安装法兰盘。在初磨循环后附加回火，稳定材料组织，减少磨削应力产生的变形。由于结构特殊，内外圈的磨加工在外径表面、内径表面、沟道表面、轴台阶外径得加工留量上进行了增大。工艺安排初磨循环后返车工加工内圈轴端处螺纹，法兰盘以及法兰盘上的安装孔、定位孔，减小热处理变形影响。同时避免因磨削留量大可能引起的烧伤、裂纹等缺陷。

第三代轮毂轴承外圈



第三代轮毂轴承内圈



内外圈磨加工要求明细

	外圈磨加工工艺	内圈磨加工工艺
磨削加工留量调整	外径表面、内径表面留量增大两小级，沟道表面中频感应淬火变形存在不确定性，留量也适当增大	轴台阶外径都比正常工艺留量标准增加0.1 mm
初磨循环后返车工加工部位	法兰盘以及法兰盘上的安装孔、定位孔	轴端处螺纹及法兰盘、法兰盘上的安装孔
精度要求	两端面尺寸公差在0.02 mm以内，平行差要求在0.002 mm以内，法兰盘A面对端面的平行差要求控制在0.003 mm以内	法兰盘B面外径圆度要控制在0.001 mm以内，法兰盘A面、F面平面度控制在0.003mm以内

轮毂轴承磨削过程



资料来源：贾峰—《第三代轮毂轴承磨加工工艺》，华鑫证券研究

2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.3、轮毂轴承加工工艺和要求与丝杠螺母殊途同归

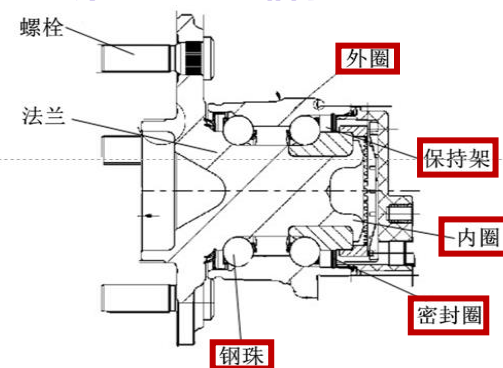
□ 轮毂轴承结构和质量要求与丝杠螺母相近

第三代轮毂轴承结构更为紧凑复杂，工艺编制和加工具有许多难点。针对第三代轮毂轴承的结构特点，有以下加工难点：①**热处理难度大**：第三代轮毂轴承材料采用50Mn，沟道表面中频感应淬火，套圈其他部位不进行热处理。因该产品结构紧凑，表面淬火将引起法兰盘以及法兰盘上的安装孔、定位孔的变形。②**检测难度大**：外圈沟道位置的检测，产品图要求以法兰盘A面为基准控制一沟道位置，在产品加工过程此尺寸无法直接检测。③**磨削难度高**：内轴圈长度长，轴一端面直径与另一端面法兰盘外径尺寸差100 mm以上。因此法兰盘端面及内轴圈端面、外径表面磨削加工困难。**从结构上来看，轮毂轴承单元所需部件和丝杠螺母有较多部分重合。**

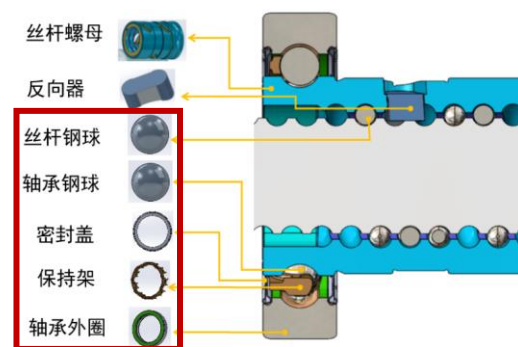
轮毂轴承磨削工艺与丝杠加工工艺难度对比

	轮毂轴承磨削工艺	丝杠加工工艺
结构难度	沟道表面需要中频感应淬火，因产品结构紧凑，表面淬火将引起法兰盘以及法兰盘上的安装孔、定位孔的变形；内轴圈长度长，轴一端面直径与另一端面法兰盘外径尺寸差100mm以上。因此法兰盘端面及内轴圈端面、外径表面磨削加工困难。	反向式行星滚柱丝杠螺母较长，一般磨床难以加工，磨杆伸进去加工容易发生震颤导致工件报废
精度要求	轮毂轴承精度等级可达到P4级，为保证产品加工精度，采用三遍磨削加工循环	较高精度丝杠要求一般在C5及以上
品质要求	轮毂轴承既承受轴向载荷又承受径向载荷，是一个非常重要的安全性零部件，在表面硬度、光滑度、使用寿命方面均有较高的要求。	滚柱丝杠载荷大，传动系数要求高，材质硬度高，耐用性和寿命方面要求较高

第三代轮毂轴承单元



滚珠丝杠整体式螺母

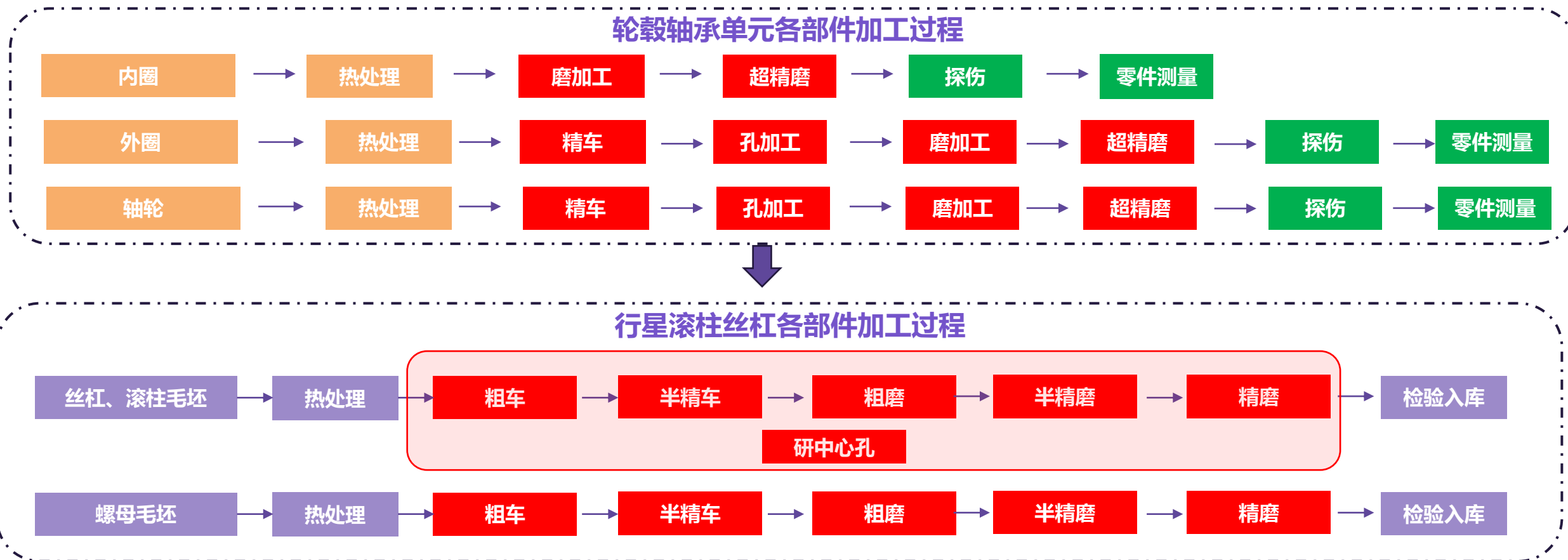


资料来源：贾峰一《第三代轮毂轴承磨加工工艺》，昆山五角星轴承有限公司，瓦房店科工局，华鑫证券研究

2、齿轮和轮毂轴承厂商进军丝杠赛道的优势何在？

2.3、轮毂轴承加工工艺和要求与丝杠螺母类似

轮毂轴承单元生产过程同样是将各个零部件加工集成的过程，其核心加工工艺与丝杠工艺非常类似。轮毂轴承中钢球的加工质量对轴承振动影响最明显，其次是套圈的加工质量，最主要影响因素是钢球和套圈的圆度、波纹度、表面粗糙度、表面磕碰伤等，轮毂轴承单元零部件质量要求高。从整个工艺流程看，轮毂轴承单元的滚珠、内圈、外圈、轴轮与丝杠、螺母所采用的车、磨加工工艺接近，精度和质量要求均较高。



资料来源：光洋股份定增说明书，郑伟《精密行星滚柱丝杠副工艺制造与传动性能研究》，华鑫证券研究

03 国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理？

研究创造价值

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.1、工艺&设备同源性促使齿轮、轮毂轴承厂商蜂拥入局

丝杠/滚柱/螺母加工的核心逻辑都是对高硬度材料表面进行精密的连续性加工，这一点与齿轮、轮毂轴承等精密部件具备工艺&设备上的同源性。与行星滚柱丝杠具有相似加工工艺且拥有相关设备的零部件厂商，如轮毂轴承、齿轮等厂商，纷纷进军丝杠赛道。

与行星滚柱丝杠具有相似加工工艺的零部件

丝杠/滚柱

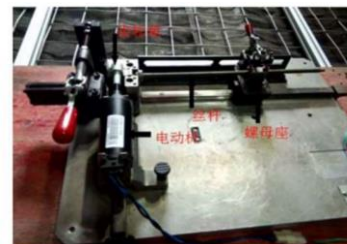
加工方式类似于：
花键、外螺纹、
外沟道、外圆等



减速机



小模数齿轮



HDM中的丝杠



机床主轴/电机轴

蜗杆/涡轮

相同的逻辑在于：对高硬度材料表面
进行精密、连续性加工



螺母

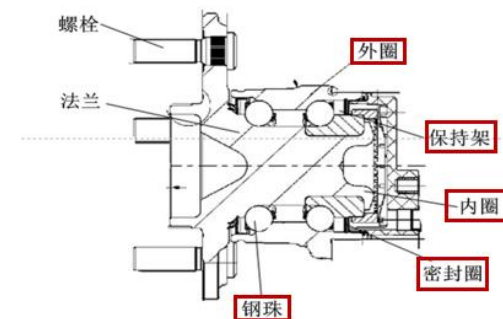
加工方式类似于：
内花键、内螺纹、
内沟道、内圆等



锁紧螺帽



精密轴承



轮毂轴承单元

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.1、工艺&设备同源性促使齿轮、轮毂轴承厂商蜂拥入局

相关公司主要机加设备一览

公司	加工设备	公司	加工设备	公司	加工设备	公司	加工设备
北特科技	数控车床 无心磨床 淬火/回火机床 铣床 深孔钻床 数控机床 全自动矫直机 拉拔机	丰立智能	喜基亚磨床 数控滚齿机 数控车床 热处理生产线 齿轮检测仪 锥齿轮加工设备 圆柱齿轮加工设备 齿轮研磨及清洗设备 精密机械件加工设备 公共及环保设备 信息化设备	厦厦精密	精密数控车床 立式精密数控滚齿机 卧式精密数控滚齿机 精密数控磨床	新剑传动	数控刀塔车铣机床 津上325数控机床 钻铣自动复合机床 四/六工位自动攻牙机 行星滚柱丝杠智能化在线检测组装线
公司	加工设备	公司	加工设备	公司	加工设备	公司	加工设备
斯菱股份	数控外圆磨床 外法兰沟道磨床 内圈滚道磨床 内圈挡边磨床 内圈内径磨床 外沟磨床 内沟磨床 配电设备 超精机	五洲新春	数控精密机床 可控气氛热处理自动生产线 全自动滚子探伤机 数控磨床 超精机 外观、尺寸自动检测机 检测仪 数控车床 高速锻锻机 加工中心	双林股份	加工中心 数控铣床 高速切削加工机 深孔钻床 数控卧式车床（普） 全自动轮毂轴承内外法兰磨床 数控轴承外圆双沟磨床 内圈磨加工生产线 数控轴承外圈双沟磨床 圆锥轴承内圈磨削自动线 数控全自动轮毂轴承单元外法兰沟道磨床 小内圈磨加工自动线 数控淬火设备	南京工艺	德国CNC10米高速硬体旋铣螺纹加工机床 INDEX车铣复合加工中心 10米数控外圆磨 10米激光丝杠(副)行程测量仪 5米数控螺纹磨床 10米CNC中频淬火机床 6米高精密数控打孔专机 德国EFD数控导轨小变形压淬机床 日本冈本4米数控导轨磨床 6米数控精密平面磨床 德国BLOHM公司数控滑块磨床 日本冈本6米数控导轨磨床 滚动直线导轨副综合测量机

资料来源：各公司官网，各公司公告，华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.2、新剑传动——研发经验深厚，行星滚柱丝杠产品已经量产

深耕机械传动技术，行星滚柱丝杠产品已应用于人形机器人。新剑传动主营业务是为半导体通讯、计算机、电子、汽车、工程机械、人机协作及服务机器人等行业提供蜗轮、蜗杆传动部件和精密零部件产品。目前公司丝杠产品汽车领域客户包括吉利、理想、华为、一汽等；机器人合作伙伴包括小米、小鹏、智元机器人、科沃斯机器人等。

新剑传动产品矩阵

成功应用于仿生机器人:反向式行星滚柱丝杠-直线型电驱动关节

Seenpin 新剑

反向式行星滚柱丝杠

灵巧手微分行星滚柱丝杠

机器人行业产品

汽车及新能源汽车、智能汽车行业成功应用案例产品

SUCCESSFUL APPLICATION CASES OF AUTOMOBILE, NEW ENERGY VEHICLE AND INTELLIGENT AUTOMOBILE INDUSTRY

- 后轮转向梯形丝杠
Trapezoidal screw for rear wheel steering
- 电尾门丝杠管子组件
Electric tailgate screw tube assembly
- 带有前后支架HDM
HDM with front and rear stents
- 方向盘锁止零件
Steering wheel locks parts
- 汽车智能充电插件
Car smart charging plug-in
- 电喷节流阀系统机构零件
EFI fuel saving valve system mechanism parts
- 后视镜蜗杆
Rearview mirror worm
- 各种形状小模数齿轮
Small modulus gears in various shapes
- 车视镜系统
Car vision mirror system
- 隐形门把锁蜗杆
Invisible door handle lock worm
- 助力转向系统零件
Power steering parts
- 行星滚柱丝杠
Planetary roller screw
- 旋风蜗杆
Whirling worm

汽车行业应用产品

资料来源：公司官网，华鑫证券研究

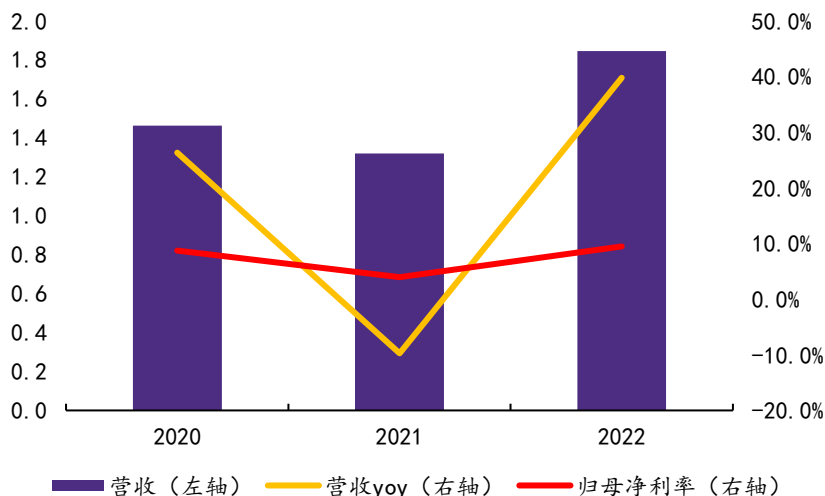
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.2、新剑传动——研发经验深厚，行星滚柱丝杠产品已经量产

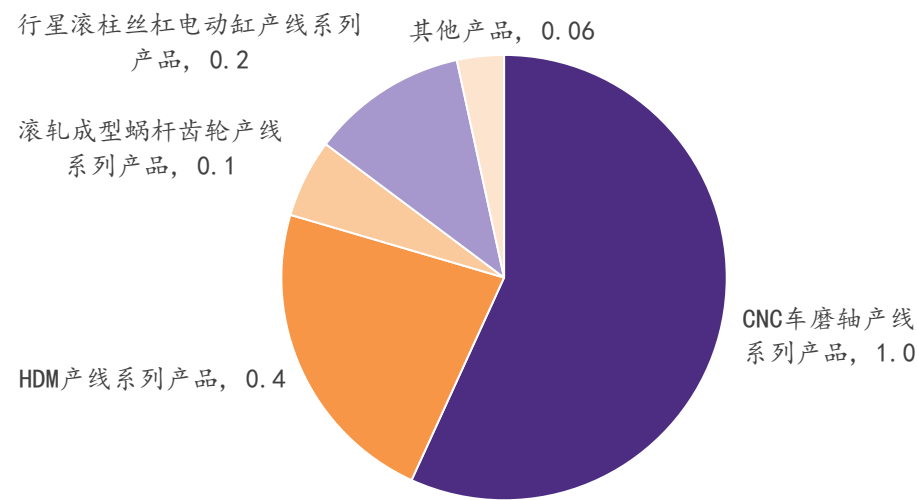
2022年，新剑传动的营业收入1.8亿元，归母净利0.2亿元。2021年，新剑传动的营业收入较2020年的1.5亿元略有下降，同比-9.7%。2022年，公司营收达到1.8亿元，同比+39.8%，主要得益于新产品行星滚柱丝杠系列的批量生产和HDM系列产品销售的增加。由于新产品的增量和量产带来的营业收入增长，公司归母净利润达到1745万元，同比大幅+232.9%。

新剑传动主营业务包括CNC车磨轴产线、HDM、行星滚柱丝杠电动缸等。CNC车磨轴产线系列作为传统精密零部件，2022年营业收入达到1亿元，同比+6.9%。HDM产线系列凭借自主知识产权和自动化流水线装配，销售收入达到0.4亿元，同比大幅+106.2%。滚轧成型蜗杆齿轮产线系列是公司研发重点，营业收入为0.1亿元，同比-3.5%。行星滚柱丝杠电动缸产线系列作为公司最新研发的产品，成功实现批量化生产，并在汽车行业得到应用，销售收入为0.2亿元，同比+100%。

2020-2022年新剑传动营收及盈利情况 (亿元, %)



2022年新剑传动分业务营收 (亿元)



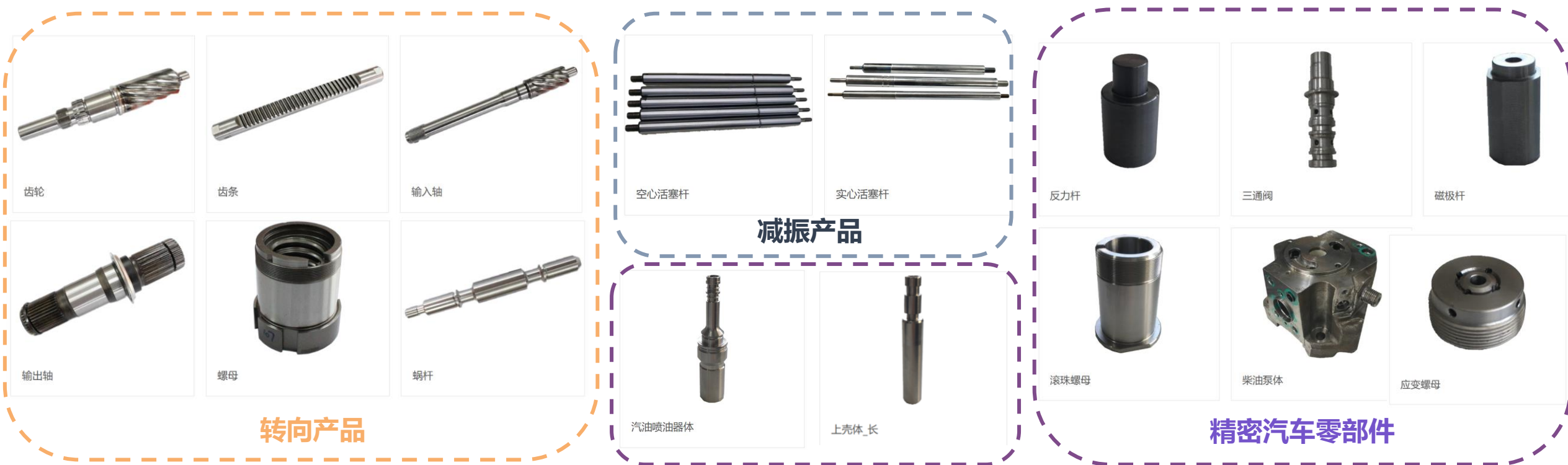
资料来源: wind, 公司公告, 华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.3、北特科技——丝杠产线已安装调试完成，具备全工序生产能力

北特科技专注汽车零部件研发与制造。其子公司北特零部件、长春北特和天津北特专注汽车转向器零部件与减震器零部件的生产。北特科技的核心产品包括转向器齿条和减震器活塞杆，覆盖了80多种车型的转向器零部件和110多种车型的减震器活塞杆，客户包括一汽大众、上海大众等国内主流整车制造企业。此外，公司的主要产品，包括转向器齿条、齿轮、输入轴、阀套以及减震器活塞杆等，均通过国际质量管理体系认证。

北特科技产品矩阵



北特科技产品矩阵展示了三大核心产品类别：

- 转向产品** (Turn Steering Products): 包括齿轮、齿条、输入轴、输出轴、螺母和蜗杆。
- 减振产品** (Vibration Reduction Products): 包括空心活塞杆、实心活塞杆、汽油喷油器体和上壳体_长。
- 精密汽车零部件** (Precision Automotive Parts): 包括反力杆、三通阀、磁极杆、滚珠螺母、柴油泵体和应变螺母。

资料来源：北特科技官网，华鑫证券研究

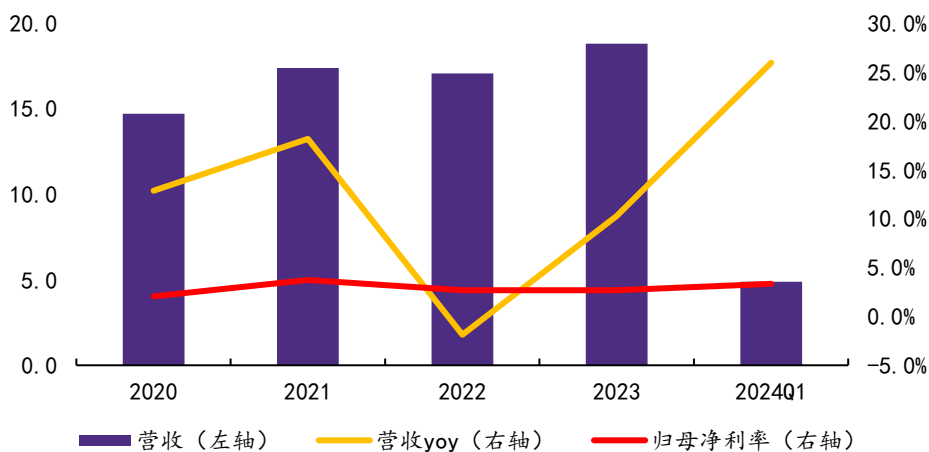
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.3、北特科技——丝杠产线已安装调试完成，具备全工序生产能力

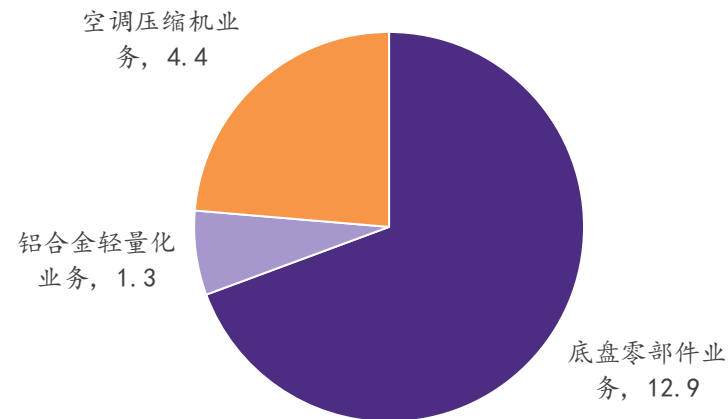
2021-2023年北特科技的营业收入稳步上升，归母净利率较为稳定。2021年，北特科技的营业收入为17.4亿元，同比+18.2%，归母净利润大幅增长，同比+114.7%。2022商用车市场低迷，对空调压缩机业有所冲击，公司营业收入下降至17.1亿元，同比-1.9%，归母净利润显著下滑，同比-29.4%。2023年，得益于营收增加和成本控制措施，公司营业收入恢复至18.8亿元，同比+10.3%，归母净利润0.5亿元，同比+10.7%。

北特科技主营业务为底盘零部件业务、铝合金轻量化业务、空调压缩机及集成热管理业务三大板块。2023年，公司底盘零部件业务营收12.9亿元，同比+7.0%；铝合金轻量化业务营收1.3亿元，同比+182.1%；空调压缩机业务随着商用车市场的回暖实现了4.4亿元营收，同比+3.7%。

2020-2024Q1年北特科技营收及盈利情况（亿元，%）



2023年北特科技分业务营收（亿元）



资料来源：wind，公司公告，华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.4、丰立智能——小模数齿轮龙头厂商，减速器产品已应用于机器人

丰立智能专注小模数齿轮及精密机械件研发，子公司众昊智能专注电动工具及智能家居领域的高端零部件制造。公司在精密零部件加工领域具有技术优势，在车削制造方面能够实现微米级公差零件的大批量生产，在传统的钢齿轮、齿轮箱及零部件领域深耕细作，成功研发并生产了粉末冶金制品、气动工具等多样化的精密机械产品。公司齿轮产品主要采用的是的切削加工技术。硬齿面切削使齿轮的制造精度和效率稳定提高，还能降低齿轮传动的噪声，同时也掌握铣齿、滚齿、磨齿等核心精密制造工序。

丰立智能产品矩阵



资料来源：丰立智能招股书，华鑫证券研究

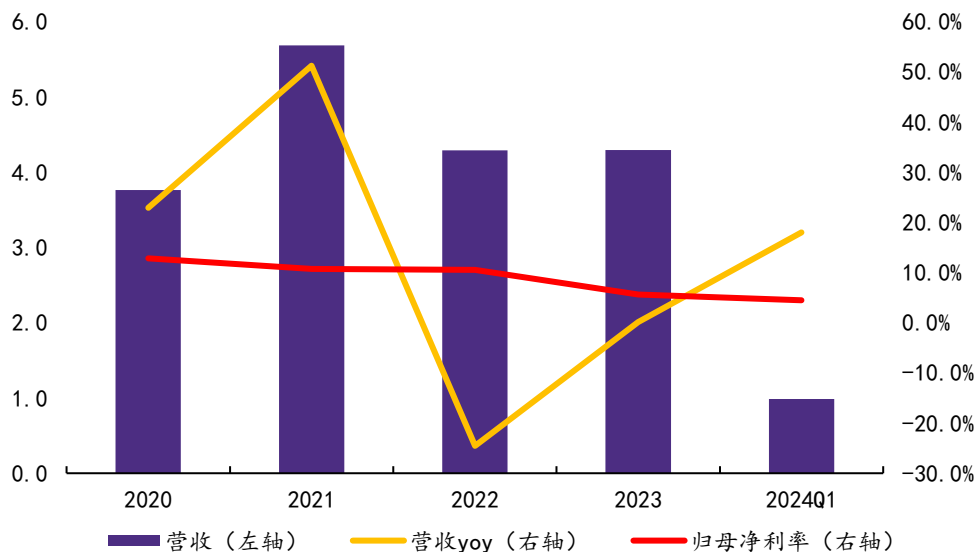
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.4、丰立智能——小模数齿轮龙头厂商，减速器产品已应用于机器人

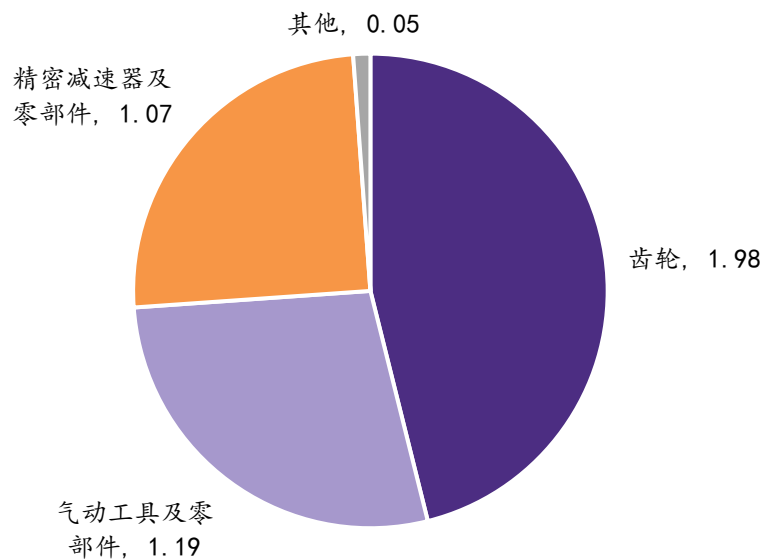
2023年公司受齿轮和精密减速器业务拖累，归母净利大幅下降。2021年由于市场需求扩张和公司业务扩展，主营业务钢齿轮业务增长39.64%，总营收也出现较大涨幅。2022年营收出现下降主要原因是三大主营业务营收都呈现不同幅度减少。2023年公司实现合并营业收入4.29亿元，同比增加0.12%，维持相对稳定状态。2023年公司实现归母净利润0.24亿元，比上年同期减少46.3%，净利润下降的主要原因为传统毛利较高产品收入占比有所下降，新项目、新产品生产前期的大量投入增加成本支出。

公司营业收入来源主要为齿轮、气动工具及零部件、精密减速器及零部件三大板块，同时布局谐波减速器。2023年齿轮业务实现营收1.98亿元，同比减少13.05%。气动工具及零部件业务实现营收1.19亿元，同比上升29.76%。公司在小模数齿轮的核心业务基础上，不断进行产业链延伸。

2020-2024Q1年丰立智能营收及盈利情况 (亿元, %)



2023年丰立智能分业务营收 (亿元)



资料来源: wind, 公司公告, 华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

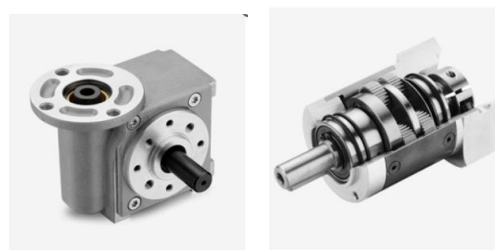
3.5、夏厦精密——布局机器人减速机以及车用丝杠

夏厦精密专注于高精度齿轮与机加工零件制造，服务于多元化高端应用领域。专业生产各种齿轮、齿轴、蜗轮蜗杆及其他机加工零件，齿轮模数0.4-2.5，精度可以达到DIN6级、JIS3级、GB4级。公司在齿轮加工制造和高精度加工领域具有专业技术优势，拥有自动化生产线的高效柔性加工能力，以“精密加工为特长、产业链整合为支撑、技术创新为驱动”作为发展理念。公司的产品广泛应用于电动工具、燃油汽车、新能源汽车、机器人、智能家居、医疗器械、安防等多个领域。

夏厦精密产品矩阵



汽车配件



减速机



滚刀



电动工具



装备

资料来源：夏厦精密招股书，华鑫证券研究

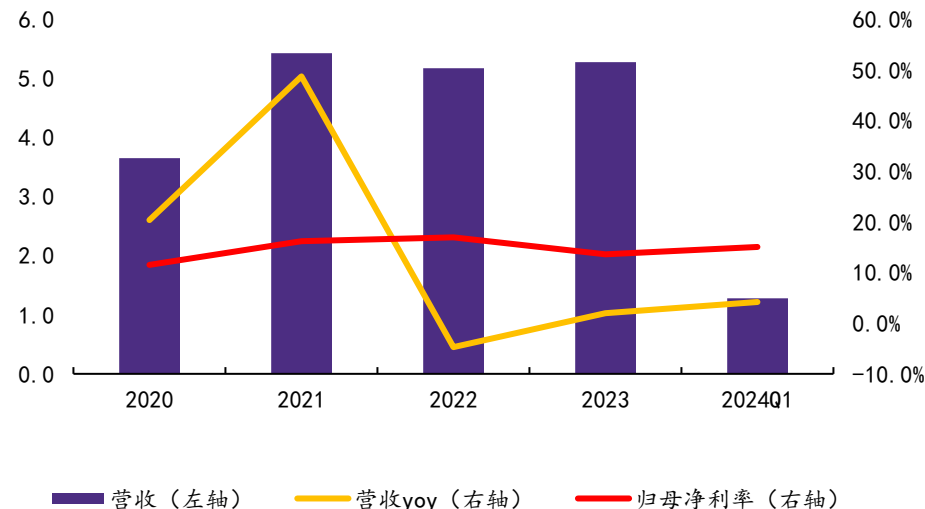
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.5、夏厦精密——布局机器人减速机以及车用丝杠

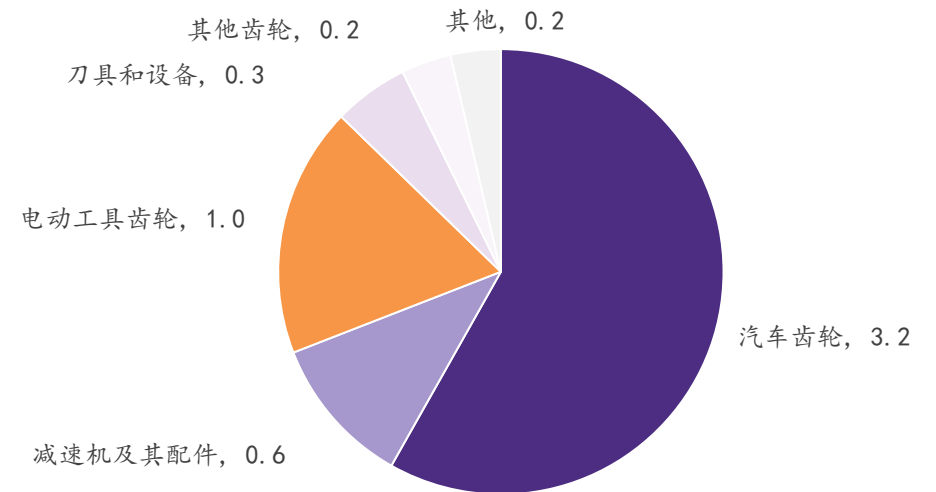
2021-2023年夏厦精密的营业收入和归母净利率整体处于稳健的态势。公司的营业收入从2020年的低点逐渐上升，到2021年达到最高点5.4亿元，然后维持稳定。公司的归母净利率一直维持在10%-20%的区间内。2023年，公司实现了5.3亿元的营业总收入，同比+2.0%，归母净利润为0.7亿元，同比-18.4%。

公司前期开拓的新汽车项目落地逐步放量，带动公司齿轮业务2023年同比+34.3%。2023年，夏厦精密的营业收入主要来源于汽车齿轮、减速机及其配件和电动工具齿轮，这三种产品合计占公司总营业收入的89.3%。其中，汽车齿轮的营业收入占比最高，达到3.2亿元，同比+34.3%，主要得益于新项目落地和产能提升。而减速机及其配件、电动工具齿轮、刀具和设备以及其他齿轮和产品的营业收入占比均有所下降，主要受到主要客户产品更新换代和终端需求下降的影响。

2020-2024Q1年夏厦精密营收及盈利情况 (亿元, %)



2023年夏厦精密分业务营收 (亿元)



资料来源: wind, 公司公告, 华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

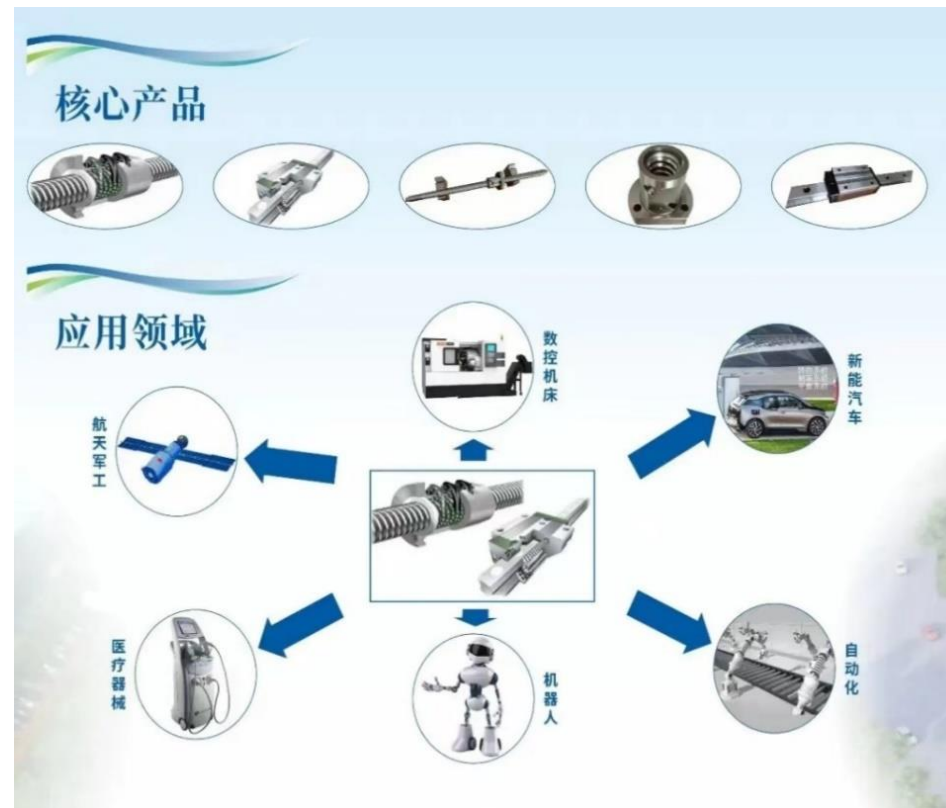
3.6、贝斯特——子公司高精度丝杠产品已送检

专注精密零部件研发，设立子公司宇华精机布局滚动功能部件。贝斯特深耕精密零部件和智能装备及工装产品的研发、生产及销售，具备精密零部件加工领域形成的技术优势及自动化生产线的柔性加工能力。公司充分发挥“精密加工为特长、铸造产业为支撑、智能装备为驱动”的产业联动发展的核心竞争优势，高举高打全面布局直线滚动功能部件，导入“工业母机”新赛道。公司具备车削制造-微米级公差零件的大批量的生产能力，高精度加工方面有深厚沉淀。2022年，子公司宇华精机成立，承载高端装备核心滚动功能部件项目，主要包括高精度滚珠丝杠副、高精度滚动导轨副等产品制造。

贝斯特精密零部件和智能装备产品



贝斯特子公司宇华精机相关丝杠产品



资料来源：贝斯特官网，贝斯特公众号，华鑫证券研究

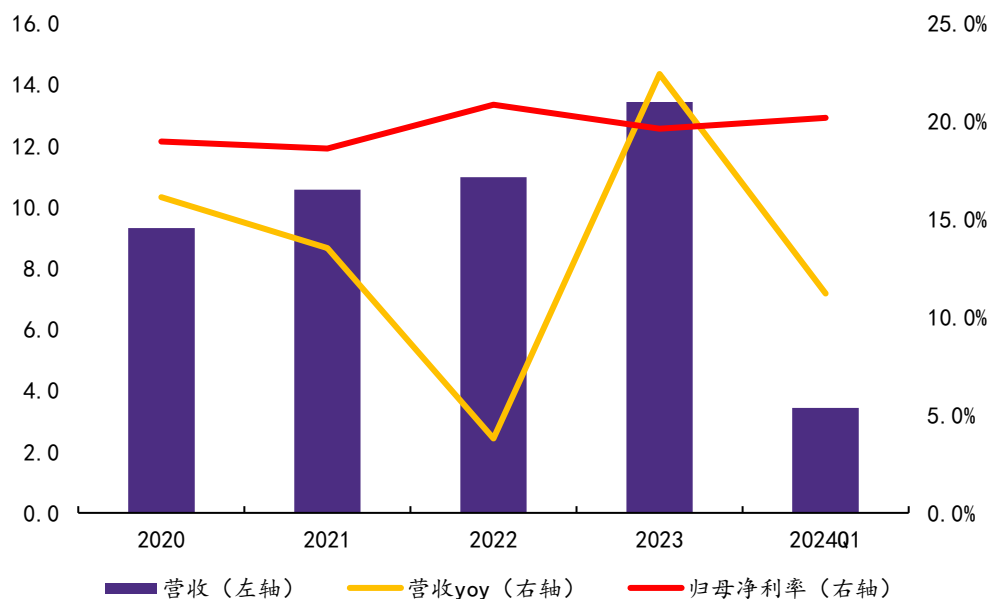
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.6、贝斯特——子公司高精度丝杠产品已送检

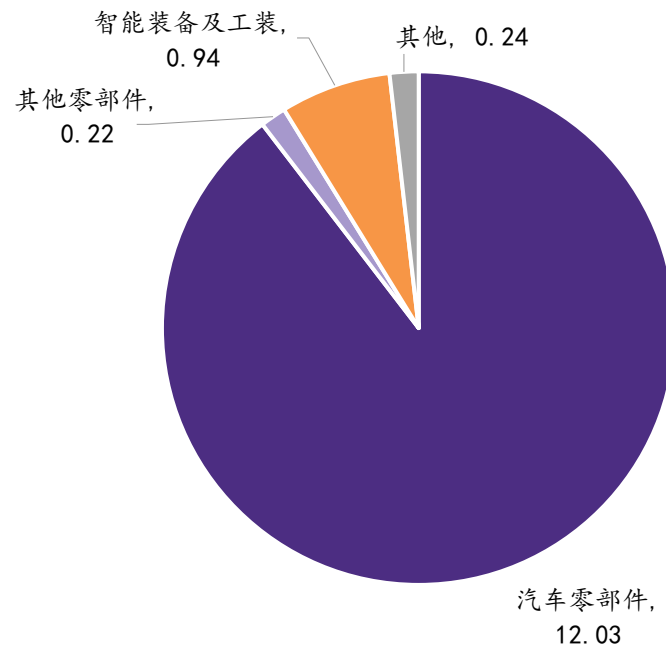
公司营收保持稳定增长，涡轮增压器零部件业务发展态势稳健。2023年，公司实现营业收入13.43亿元，同比上升22.42%，主要系汽车零部件和智能装备及工装两大主营业务营业收入的增加。其中，汽车零部件实现营收12.03亿元，占总营收的89.58%，同比增长19.54%。公司主营业务产品中的涡轮增压器零部件实现10.14亿元的营收，2021-2023年复合增长率达到13.95%。

公司开启三梯次发展新格局，子公司完成高精度滚珠丝杠副、直线导轨副等产品的首台套下线。公司综合竞争能力处于细分行业内领先地位。2023年智能装备及工装业务发展迅速，实现营收0.94亿元，同比增加77.76%。

2020-2024Q1年贝斯特营收及盈利情况 (亿元, %)



2023年贝斯特分业务营收 (亿元)



资料来源: wind, 公司公告, 华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.7、斯菱股份——计划开发谐波减速器、执行器模组、丝杠三类产品

斯菱股份专注汽车轴承制造，拥有全面产品线和先进智造系统，创新开发智能辅助驾驶适用轴承。公司拥有6000余种产品型号，主要产品可分为轮毂轴承单元、轮毂轴承、离合器、涨紧轮及惰轮轴承和圆锥轴承等4个系列。公司建立了包括车加工、热处理、磨加工、装配等轴承加工全产业链的先进智造系统，已成功开发出轻量化、高密封性、低摩阻轴承产品以及含智能芯片、适用于自动泊车和智能辅助驾驶的轴承产品。2024年6月，公司计划逐步开发和量产谐波减速器、执行器模组、丝杠三大类产品。

斯菱股份产品矩阵



资料来源：斯菱股份招股书，华鑫证券研究

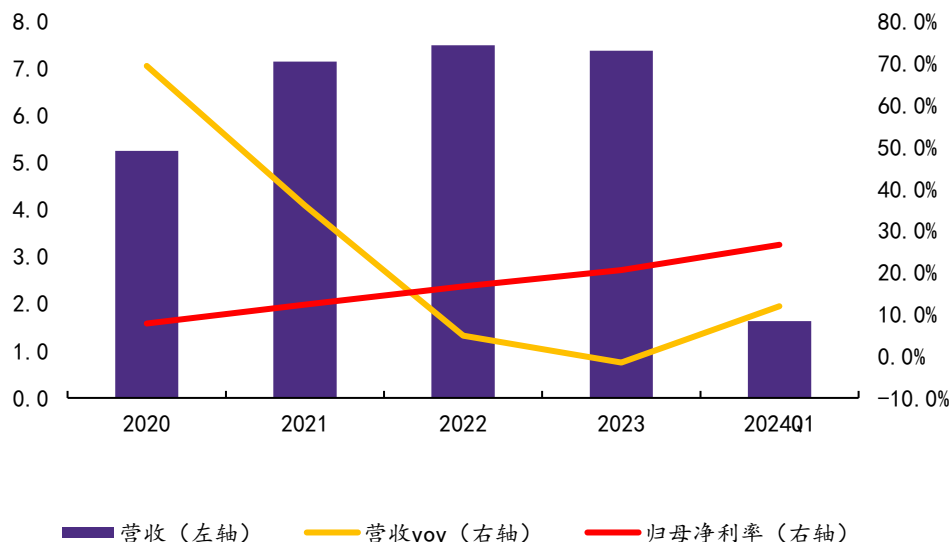
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.7、斯菱股份——计划开发谐波减速器、执行器模组、丝杠三类产品

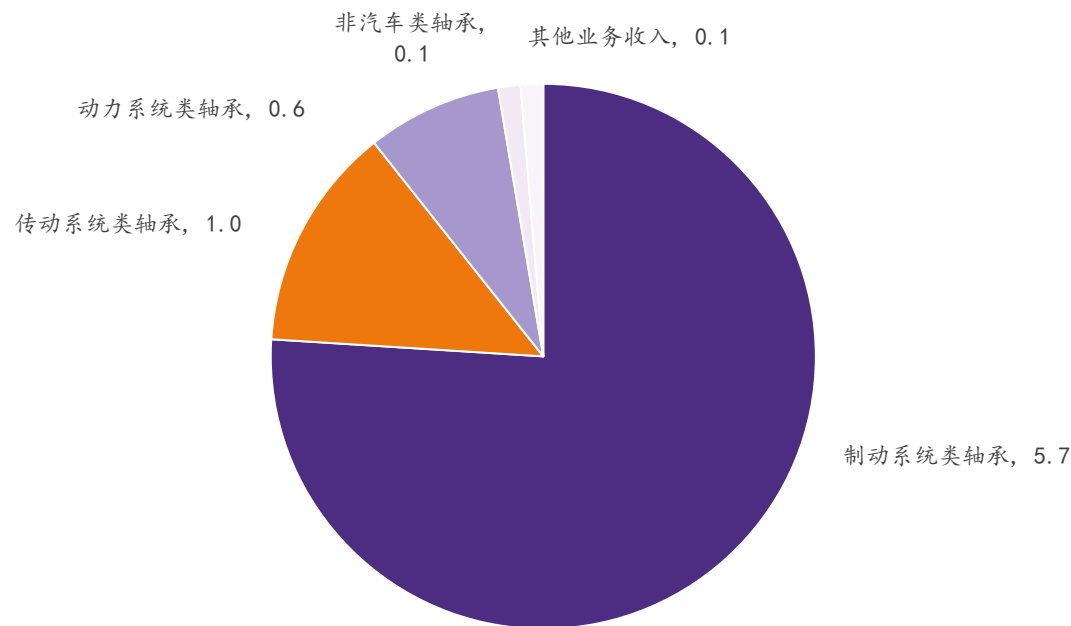
2021-2023年斯菱股份的营业收入稳健，归母净利率稳步上升。公司的营业收入从2020年的5.3亿元上升至2022年的最高点7.5亿元，随后略有下降。公司的归母净利率则从2020年的7.8%逐步上升至2023年的20.6%。2023年，公司营业收入为7.4亿元，同比-1.5%，归母净利润为1.5亿元，同比+21.5%。

制动系统类轴承是斯菱股份占比最大的业务。2023年公司营业收入主要来源于制动系统类轴承和传动系统类轴承。其中制动系统类轴承的营业收入占比最高，高达76.87%，具体收入为5.7亿元，同比+2.65%。传动系统类轴承的营业收入占公司总收入的12.87%，约为1亿元，同比-21.03%。

2020-2024Q1年斯菱股份营收及盈利情况（亿元，%）



2023年斯菱股份分业务营收（亿元）



资料来源：wind，公司公告，华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.8、五洲新春——热处理经验丰富，丝杠产品已经送样

五洲新春专业轴承套圈与成品轴承的制造，子公司布局滚动功能部件领域。公司的产品包括轴承套圈和成品轴承两大类，其中套圈分为汽车轴承套圈、非汽车轴承套圈两大类；成品轴承分为精密汽车轴承、精密电机轴承、其他轴承三大类。五洲新春公司还致力于精密零部件的创新与制造。公司秉承“技术领先、品质卓越、客户至上”的经营理念，设立子公司，如森春机械、富日泰等，深化在滚动功能部件领域的战略布局。目前，公司成功开发出滚珠丝杠、行星滚柱丝杠等组件及零部件，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，公司丝杠产品包括梯形丝杠、滚珠丝杠和行星滚柱丝杠。

五洲新春产品矩阵



丝杠类产品



精密轴承套圈



机器人谐波减速器柔性轴承



高速精密纺机轴承



精密数控机床轴承



精密电机轴承



精密汽车轴承



轴连轴承



机器人谐波减速器轴承



工业电机轴承

成品轴承

资料来源：五洲新春官网，华鑫证券研究

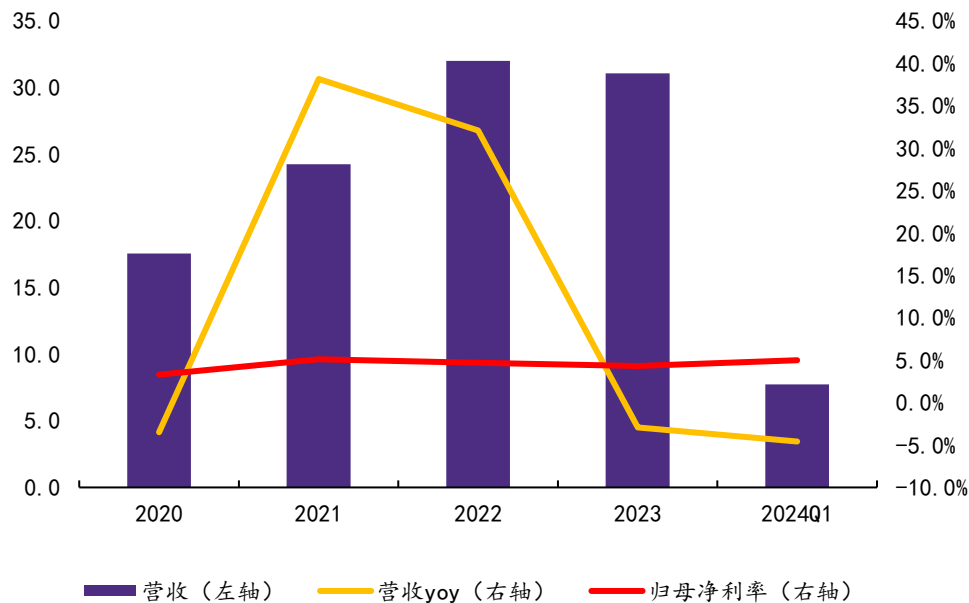
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.8、五洲新春——热处理经验丰富，丝杠产品已经送样

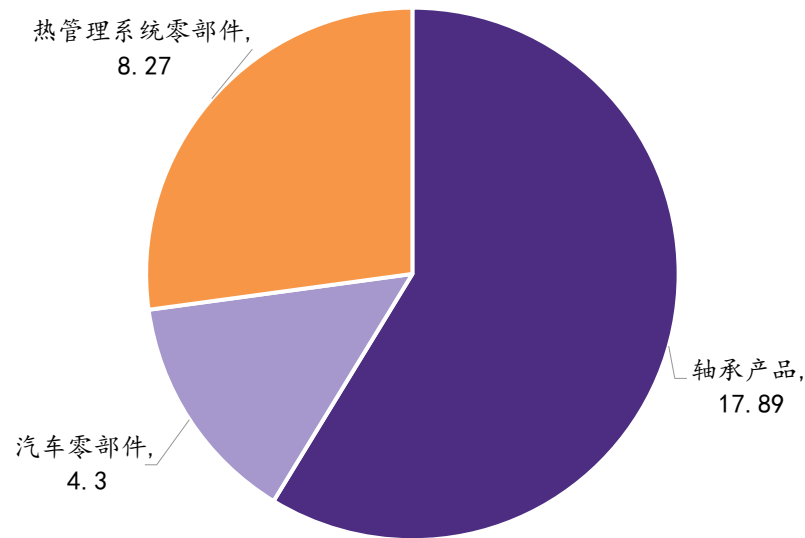
2020-2022年公司营业收入持续增长，2023年小幅下降。2023年公司实现营业收入31.06亿元，同比下降2.95%，主要原因是主营业务轴承产品营收下降。本报告期公司实现归母净利润1.38亿元，扣非归母净利润1.23亿元，同比增长29.07%。公司成功开发出滚珠丝杠、行星滚柱丝杠等组件及零部件等产品。丝杠在新兴产业中的应用前景好，公司未来在此方向业务发展空间大。

2023年业绩受轴承套圈业务下跌影响较大，Q4开始稳健修复。主要原因系轴承套圈业务2022年下半年以来受欧洲地缘政治及能源价格上涨等不利因素影响。轴承套圈业务营收占总营业收入的57.58%，除此之外，其它两大主营业务公司汽车零部件和热管理系统零部件营收基本持平。风电滚子受风电下游去库存、需求不足及竞争加剧影响，营收还存在上升空间。

2020-2024Q1年五洲新春营收及盈利情况（亿元，%）



2023年五洲新春分业务营收（亿元）



资料来源：wind，公司公告，华鑫证券研究

3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.9、双林股份：HDM和轮毂轴承龙头企业，滚柱丝杠已完成研发立项

双林股份深耕汽车零部件，主要包括四大产品系列：汽车内外饰及精密零部件、智能控制系统部件、动力系统、轮毂轴承。双林股份成立于2000年，主要产品包括汽车内外饰及精密零部件、智能控制系统部件、动力系统、轮毂轴承等。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。目前公司已完成车用滚珠丝杠样件制造，预计2024年12月实现批量配套生产能力（EHB制动用滚珠丝杠轴承）。在机器人滚柱丝杠方面，公司亦逐步推进，目前已完成内部研发立项。

双林股份产品矩阵

分类	动力系统		轮毂轴承	汽车饰件		智能控制系统部件	
	自动变速箱	新能源电驱系统		汽车内外饰件	汽车精密注塑件	座椅电机	座椅水平驱动器
产品							
介绍	相对于手动变速箱，自动变速箱能够自动根据汽车车速和发动机转速来进行自动换挡操纵的变速装置。	包括驱动电机、电机控制器、一体化电桥、VMS等，公司已有电机和减速器二合一电桥产品，同时正布局电机、减速器、电机控制器三合一产品	两套轴承做为一体，具有组装性好、可省略游隙调整、重量轻、结构紧凑、载荷容量大、为密封轴承可事先装入润滑脂、省略外部轮毂密封及免于维修等优点。目前企业已发展到第三代轮毂轴承	汽车内外饰件包括仪表盘、门板、立柱、中控、背门、侧围条等	主要生产汽车安全气囊盖、油桶、点火线圈、精密齿轮、发动机周边精密零部件、汽车冷却系统等产品	汽车智能化座椅的核心部件，公司产品主要包括水平电机、抬高电机、调角电机等	主要安装于汽车座椅底部的滑轨内，用于实现汽车电动座椅前后位置的自动调节，由精密蜗轮蜗杆齿轮和丝杆螺母螺纹等一系列零件组成

数据来源：公司公告，华鑫证券研究

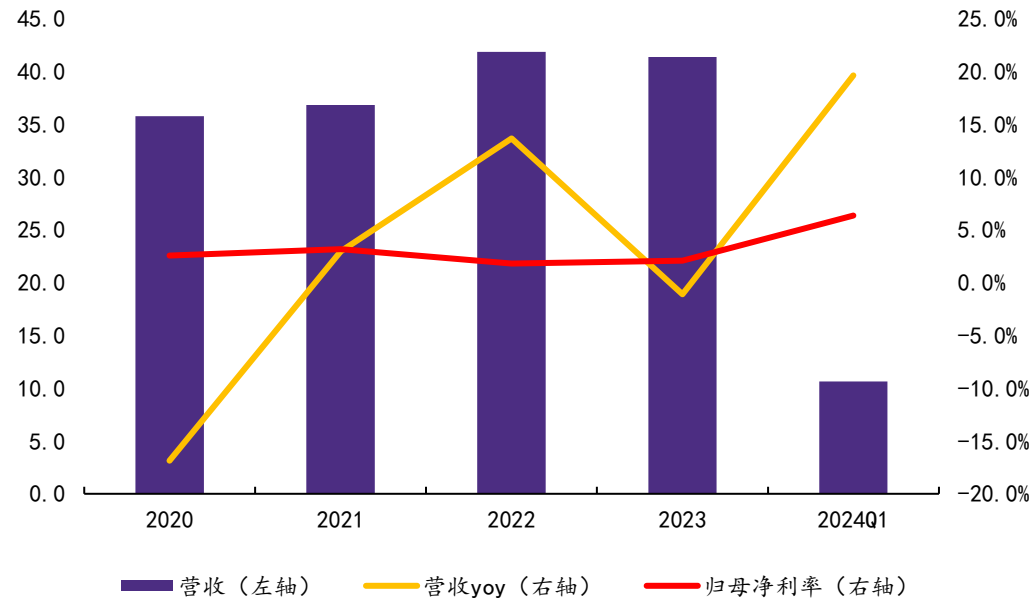
3、国内企业纷纷布局，潜在丝杠厂商全梳理

3.9、双林股份：HDM和轮毂轴承龙头企业，滚柱丝杠已完成研发立项

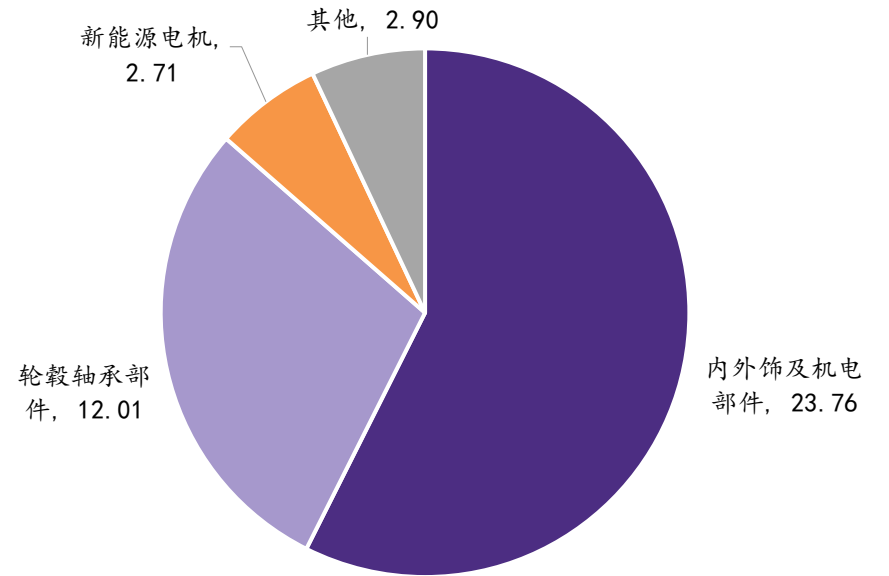
公司反转趋势确立。2020-2022年由于市场需求增长、产品竞争力提升等，公司营收持续增长。2023年，双林股份总营业收入为41.39亿元，同比下降了1.11%，但总体上仍保持在较高的水平。

2023年，公司两大主营业务内外饰及机电部件和轮毂轴承部件营收占总营收86.44%。其中内外饰及机电部件业务实现营收23.76亿元，同比增加7.70%，轮毂轴承部件实现营收12.01亿元。公司计划于2024年4月完成车用滚珠丝杠样件制造，12月实现批量配套生产能力（EHB 制动用滚珠丝杠轴承）。

2020-2024Q1年双林股份营收及盈利情况（亿元，%）



2023年双林股份分业务营收（亿元）



资料来源：wind，公司公告，华鑫证券研究

机器人市场风险

机器人量产进度不及预期

原材料价格风险

丝杠原材料多采用高碳铬轴承钢，原材料价格上升会导致丝杠成本上升

投产进度不及预期

各个公司丝杠产能布局投产进度可能不及预期

地缘政治风险

丝杠属于高精密产品，生产设备需要高精度螺纹磨床，国内螺纹磨床的进口可能受到外国政策限制

林子健：厦门大学硕士，自动化/世界经济专业，CPA，6年汽车行业研究经验。曾任职于华福证券研究所，担任汽车行业分析师。2023年加入华鑫证券研究所，担任汽车行业首席分析师。兼具买方和卖方行业研究经验，立足产业，做深入且前瞻的研究，擅长自下而上挖掘个股。深度覆盖特斯拉产业链/一体化压铸等细分领域。

张智策：武汉大学本科，哥伦比亚大学硕士，2024年加入华鑫证券。2年华为汽车业务工作经验，主要负责智选车型战略规划及相关竞品分析。

程晨：上海财经大学金融硕士，2024年加入华鑫证券，主要负责汽车&人形机器人板块。

证券分析师承诺

本报告署名分析师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、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。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到任何形式的补偿。

免责声明

华鑫证券有限责任公司（以下简称“华鑫证券”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。本报告由华鑫证券制作，仅供华鑫证券的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告中的信息均来源于公开资料，华鑫证券研究部门及相关研究人员力求准确可靠，但对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。我们已力求报告内容客观、公正，但报告中的信息与所表达的观点不构成所述证券买卖的出价或询价的依据，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。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并同时结合各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就财务、法律、商业、税收等方面咨询专业顾问的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华鑫证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。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。

本报告中的资料、意见、预测均只反映报告初次发布时的判断，可能会随时调整。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，华鑫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。华鑫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。

本报告版权仅为华鑫证券所有，未经华鑫证券书面授权，任何机构和个人不得以任何形式刊载、翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若华鑫证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，华鑫证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成华鑫证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。如未经华鑫证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。华鑫证券将保留随时追究其法律责任的权利。请投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的华鑫证券研究报告。

证券投资评级说明

股票投资评级说明：

	投资建议	预测个股相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	买入	>20%
2	增持	10%—20%
3	中性	-10%—10%
4	卖出	<-10%

行业投资评级说明：

	投资建议	行业指数相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	推荐	>10%
2	中性	-10%—10%
3	回避	<-10%

以报告日后的12个月内，预测个股或行业指数相对于相关证券市场主要指数的涨跌幅为标准。

相关证券市场代表性指数说明：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以道琼斯指数为基准。



华鑫证券
CHINA FORTUNE SECURITIES

研 究 创 造 价 值