



汽车及汽车零部件行业研究

买入 (维持评级)

行业深度研究

证券研究报告

新能源汽车组

分析师: 陈传红 (执业 S1130522030001) 联系人: 江莹

chenchuanhong@gjzq.com.cn

jiangying2@gjzq.com.cn

机器人 vs 汽车系列报告 (四): 丝杠迎汽车+机器人双轮驱动, 国产替代打开千亿市场空间

投资逻辑

滚珠/柱丝杠主要性能指标为精度保持性及疲劳寿命, 受到加工工艺影响。滚珠/柱丝杠可以化旋转运动为直线运动, 化滑动摩擦为滚动摩擦, 因此提高了传动效率。滚珠/柱丝杠的主要性能指标为精度保持性及疲劳寿命, 加工工序包括淬火、粗磨、精磨等, 常用加工工艺包括砂轮磨削、车削、旋风铣等, 其中主要由淬火、磨削环节决定性能差异。**汽车智能化渗透率提升, 促进滚珠丝杠应用, 未来车端市场空间有望超百亿元。**车中滚珠丝杠应用主要为: 1) 转向: REPS 采用滚珠丝杠, 输出的推力可达 16KN (DP-EPs 最大推力为 12KN)。2) 驻车制动: 目前市场 EPB 制动钳主要采用螺纹、滚珠丝杆两种传动, 其中滚珠丝杠效率高、寿命长、运动平稳等, 但成本较高。未来随着国内企业的技术突破, 有望带动渗透率提升。3) 行车制动: one box 及 EMB 产品都会使用滚珠丝杠, 未来渗透率提升将促进滚柱丝杠的应用。4) 其他: 滚珠丝杠在座椅、移门、高端减震系统也有望使用。整体看, 未来汽车用滚珠丝杠单车价值量有望达 1000 元, 车端滚珠丝杠市场有望超百亿元。若考虑座椅、移门、悬挂等领域的使用+为了安全冗余, 备用部件也使用滚珠丝杠, 那么滚珠丝杠的单车价值量将会更高。

人形机器人打开滚珠/柱丝杠发展空间, 未来空间或超 800 亿元。与滚珠丝杠相比, 滚柱丝杠在承载能力、传动精度、轴向刚度、速度及加速度等方面具备优势。人形机器人使用的反向式行星滚柱丝杠, 因为其螺母更长, 可以用更小的扭矩实现更大的负载, 且占用体积更小。根据特斯拉 AI Day 2022 信息, 特斯拉人形机器人下肢腿部将采用无框电机与行星滚柱丝杠的线性执行器。在假设特斯拉单个人形机器人需 4 个滚珠丝杠+10 个行星滚柱丝杠, 全球人口约 82 亿人, 机器人渗透率 12 台/万人的情况下, 测算得机器人贡献滚珠丝杠、行星滚柱丝杠应用空间有望超 800 亿元。

目前市场基本被外资企业占据, 国产替代主要难点在于精加工工艺及磨削设备购买。目前汽车用滚珠丝杠多为国外企业供应: 1) 转向: 多采用舍弗勒、NSK、上银科技等企业; 2) 线控制动: 以博世自制为主。国内厂家的产品在质量稳定性、精度保持性、疲劳寿命等方面还有差距, 差距来源于: 1) 材料端: 目前国外厂商采用合金钢, 国内轴承钢在配方、除杂上有所差距; 2) 工艺端: 淬火方面, 国内滚珠丝杠在热处理加工中存在淬硬层浅、硬度分布不合理、耐磨性差等缺点; 螺母磨削方面, 人形机器人采用的反向式行星滚柱丝杠需要加工的螺纹线较长, 且单螺母需磨削 5 道螺纹线, 加工周期长, 生产节拍低, 成本较高; 3) 设备端: 国产设备相对落后, 进口的单台磨削设备价值千万元以上。

汽车用滚珠丝杠领域已开启国产替代, 快于机器人领域。丝杠精度等级要求从高到底排序为: 机床、机器人、汽车。汽车领域: 五洲新春、新剑传动、宁波慈兴、长盛轴承等已具备车用丝杠的量产能力, 其中前两家公司已开始批量销售, 长盛轴承预计今年内拿到主机厂定点; 机器人领域: 秦川机床、新剑传动、恒立液压、贝斯特、鼎智科技等正在布局, 其中秦川机床、新剑传动已实现批量销售, 其他三家在研, 未来有望突破技术壁垒, 实现国产替代。

投资建议与估值

智能汽车渗透率提升, 促进丝杠应用+人形机器人打开丝杠需求, 未来市场空间有望达千亿元。目前国内企业刚起步, 未来国产替代空间广阔。国内部分企业已开启汽车用滚珠丝杠国产替代, 建议关注五洲新春、新剑传动等; 部分企业已布局行星滚柱丝杠, 有望应用于机器人, 建议关注秦川机床、新剑传动、恒立液压、贝斯特。

风险提示

人形机器人落地不及预期; 人形机器人销量不及预期; 行业竞争格局恶化; 国内企业技术突破进度不及预期; 技术方案存在不确定性。



内容目录

一、滚珠/柱丝杠：化旋转运动为直线运动，热处理、磨削环节决定性能差异	4
二、滚珠丝杠：受益于汽车智能化渗透率提升，单车价值量上千	5
三、行星滚柱丝杠：负载大精度高，人形机器人有望打开应用空间	11
四、国内外产品差异来源于工艺、设备，低成本助力国产替代加速	13
五、投资建议	19
六、风险提示	19

图表目录

图表 1： 梯形丝杠（利用滑动摩擦）	4
图表 2： 滚珠丝杠结构图（利用滚动摩擦）	4
图表 3： 磨削滚珠丝杠机械加工工艺过程	4
图表 4： 砂轮磨削、硬车削、旋风铣削三种粗加工工艺对比	5
图表 5： 冷轧滚珠丝杠机械加工工艺过程	5
图表 6： 不同转向系统对比	6
图表 7： 各类 EPS 对比	7
图表 8： EPB 制动钳总成原理示意图	8
图表 9： EPB 用滚珠丝杠副拆分图	8
图表 10： EMB 结构	9
图表 11： EMB 用滚柱丝杠	9
图表 12： Continental Teves 公司的电子机械制动系统	9
图表 13： Siemens 公司的电子机械制动系统	9
图表 14： 第二代 iBooster	10
图表 15： 汽车滚珠丝杠市场测算	11
图表 16： 滚珠丝杠（通过滚珠传递负载）	12
图表 17： 行星滚柱丝杠（通过螺纹滚柱传递负载）	12
图表 18： 行星滚柱丝杠电动缸性能更优	12
图表 19： 标准式行星滚柱丝杠	13
图表 20： 反向式行星滚柱丝杠	13
图表 21： 不同行星滚柱丝杠分类	13
图表 22： 机器人滚珠丝杠、行星滚柱丝杠市场测算	13
图表 23： 海外丝杠企业在国内布局	14
图表 24： 日本 NSK 不同用途区分的滚珠丝杠精度等级表，全面覆盖各个精度范围	14
图表 25： 2022 年全球、中国的滚珠丝杠规模	15



图表 26: 滚珠丝杠行业日欧企业占比 70%.....	15
图表 27: 不同不锈钢材料特性	15
图表 28: 在不同的钢材下, 不同类型丝杠的加工工艺要求及性能不同	15
图表 29: 丝杠不同加工工艺图	16
图表 30: 国际主流丝杠精度等级划分	17
图表 31: 汽车、机器人、机床丝杠性能要求对比	17
图表 32: 车用滚珠丝杠行业主要企业介绍	18
图表 33: 机床领域滚珠丝杠主要企业介绍	18

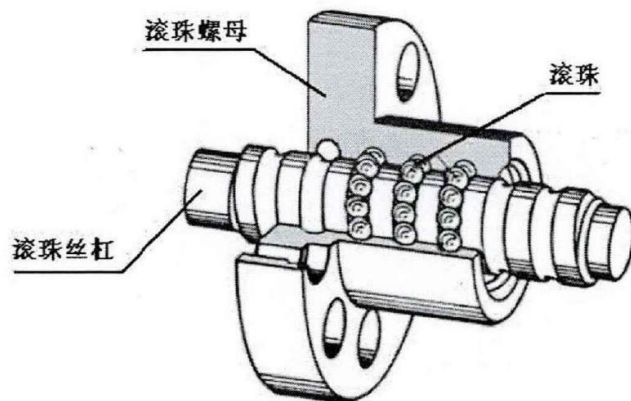
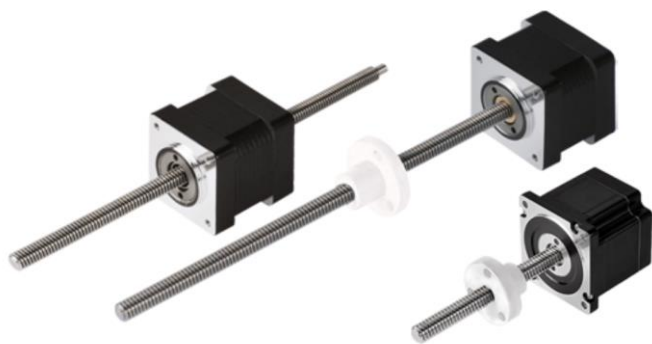


一、滚珠/柱丝杠：化旋转运动为直线运动，热处理、磨削环节决定性能差异

滚珠/柱丝杠主要作用在于化旋转运动为直线运动，化滑动摩擦为滚动摩擦。滚珠丝杠副（以下均简称滚珠丝杠）是由滚珠丝杠、滚珠螺母和滚珠组成的部件，它可以将旋转运动转变为直线运动，也可将直线运动转变为旋转运动。相对传统的滑动摩擦，滚珠丝杠因为滚珠的存在变为了滚动摩擦，大大提高了传动效率。在机器人应用方面，滚珠丝杠的主要作用是控制机器人的运动轨迹和姿态。

图表1：梯形丝杠（利用滑动摩擦）

图表2：滚珠丝杠结构图（利用滚动摩擦）



来源：鼎智科技官网，国金证券研究所

来源：《滚珠丝杠关键制造工艺优化及精度控制方法研究》，国金证券研究所

根据郑红《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，滚珠丝杠从加工工艺角度划分为磨削滚珠丝杠和冷轧滚珠丝杠两大类，磨削滚珠丝杠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，也可简单分为粗加工（主要是热处理、粗磨）及精加工（主要是精磨），制造精度高达 P1 级，非常适合给高精度设备做定位部件。

热处理、磨削环节决定性能差异。滚珠丝杠副的精度保持性及疲劳寿命是至关重要的两项验收指标，丝杠的表面硬度、耐磨性及螺距精度等级是影响以上两种验收指标的关键所在。其中材料及热处理工艺决定丝杠表面硬度、耐磨性，而磨削工艺及加工设备决定螺距精度。

图表3：磨削滚珠丝杠机械加工工艺过程

序号	工艺内容	备注	序号	工艺内容	备注
1	下料	GCr15	12	粗磨 90° V 形槽	两顶尖
2	球化退火热处理并检验校直	降低硬度	13	磁力探伤	
3	加工端面，钻中心孔		14	时效处理并检验	去应力
4	粗车		15	研磨中心孔	
5	高温时效并检验	去应力	16	半精磨滚道	两顶尖
6	加工端面，修研中心孔		17	低温时效处理并检验	
7	半精车		18	铣键槽	
8	铣		19	磨端面螺纹	
9	粗磨	两顶尖	20	研磨中心孔	
10	工作表面（滚道）与加工基准（中心孔）淬、回火—检验		21	精磨滚道，全检	两顶尖
11	研磨中心孔		22	装配—跑合—检验—防锈包装—检验—入库	
备注	磨制滚珠丝杠的加工工艺周期约为 30-45 天，周期长，效率低，成本高。				

来源：《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，国金证券研究所

热处理：根据郑红《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，滚珠丝杠材料常常选用 GCr15 高碳铬轴承钢，轴承钢经过淬火加低温回火后具有硬度高、组织均匀、耐磨性强、接触疲劳强度高的优点，但轴承钢材料塑性一般，切削性能中等，焊接性能差，有回火脆性，所以磨削滚珠丝杠粗加工之前要对轴承钢材料进行预先热处理，通过球化退火把 GCr15 材料中的碳化物球化，得到在铁素体基体上均匀分布的球状或颗粒状碳化物组织，降低材料



组织硬度，提高材料塑性机能，改善材料金属切削机加工性能。

加工方式：根据郑红《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，磨削滚珠丝杠加工常用方法有：砂轮磨削、硬车削、旋风铣削。

(1) 砂轮磨削：精度最高，用于精度要求较高的精加工，生产效率较低。按砂轮截面形状不同分单线头砂轮磨削和多线头砂轮磨削两种，以单线头砂轮磨削为例，其能达到的螺距精度为 5~6 级，表面粗糙度为 Ra1.25~0.1 微米，砂轮修整较方便。这种方法适于磨削精密丝杠、螺纹量规、蜗杆、小批量的螺纹工件和铲磨精密滚刀。

但这种工艺方法经磁力探伤检测后，会发现在滚珠丝杠滚道的圆弧上，有沿着轴线方向的或网状的裂纹，可以通过“小磨量多次进给”的工艺方法，或采用“磨—工作滚道表面温度稳定—磨”的技术方法解决，最大幅度降低滚珠丝杠工作滚道表面的磨削应力及磨削热量，最大程度避免磨削裂纹或烧伤现象的产生。

(2) 硬车削：用于粗加工及精度要求较低的精加工，生产效率高。硬车削是指把淬硬材料的车削作为粗加工或最终加工、精加工的新技术新工艺，回避了使用磨削加工技术。硬车削通常采用高转速、大切深，金属切除效率是磨削加工的 3 倍多；硬车削加工时一次装夹即可完成零件多个表面的加工（比如车外圆、车内孔、车槽等），而磨削加工需要多次安装才能完成，会产生二次安装误差；硬车削产生的热能一半以上被切屑带走，不会产生像磨削加工那样的表面裂纹与烧伤，所以硬车削可使工件获得良好的加工精度与表面粗糙度，能够保证形位公差技术要求（比如圆度、位置精度）。

(3) 旋风铣：用于粗加工及精度要求较低的精加工，生产效率最高。滚珠丝杠工作滚道粗加工还可以采用旋风铣，旋风铣是在数控车床上配套安装高速铣削螺纹动力头，用装在高速旋转刀盘上的硬质合金成型刀具，从工件上铣削出螺纹的加工方法，旋风铣一刀成型，采用压缩空气排屑冷却，而且无需加工螺纹退刀槽，解决了退刀槽部位的应力集中缺陷。

图表4：砂轮磨削、硬车削、旋风铣三种粗加工工艺对比

粗加工	设备与刀具	粗加工	生产效率	备注
砂轮磨削	丝杠磨床或开槽磨床	磨制 90° V 型槽	低	需要半精磨和精磨
硬车削	CBN 刀具及数控车床	车制 90° V 型槽	中	适于长度 1m、螺距 6mm 以下、长径比小的滚珠丝杠
旋风铣削	CBN 刀具及数控车床	工作滚道一次铣削成型，加工达到半精磨精度	高	适于较长以及长径比大的滚珠丝杠

来源：《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，国金证券研究所

冷轧滚珠丝杠效率高，精度低。采用冷加工工艺模具制造，开模工艺自动化程度高，批量生产后成本低，效率高，但制造精度不甚理想，总停留在 P7 级左右，只能在设备中做传动部件。采用硬车削大余量加工淬硬钢工艺简单效率高，可选择 CBN 高硬刀具，适合的加工硬度范围为 HRC45-79，省去了退火淬火热处理工艺，避免了退火后再二次淬火的弊端，解决了采用砂轮进行大余量磨削加工的工艺难题。目前低精度丝杠主要采用轧制工艺。

图表5：冷轧滚珠丝杠机械加工工艺过程

序号	工艺内容	备注	序号	工艺内容	备注
1	轧制滚珠丝杠	GCr15	4	滚道抛光	
2	检验校直		5	加工轴端	
3	端部退火	降低硬度	6	装配--跑合--检验--防锈包装--检验--入库	
备注		轧制滚珠丝杠的加工工艺周期约为 1-3 天，周期短，效率高，成本低。			

来源：《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，国金证券研究所

二、滚珠丝杠：受益于汽车智能化渗透率提升，单车价值量上千

转向：当前以 EPS 为主流，其中 R-EPS 采用滚珠丝杠。转向系统当前以 EPS 为主流。转向系统发展经历了机械转向系统、液压助力转向系统（HPS）、电动助力转向系统（EPS）、电子液压助力转向系统（EHPS）、线控转向系统（SBW）等多个阶段，逐步实现从机械件到电动化再到智能化。目前，液压助力转向系统（HPS）和电子液压助力转向系统（EHPS）广泛应用于商用车，电动助力转向（EPS）则大量地运用于乘用车上。



图表6：不同转向系统对比

类别	主要结构	主要特点	优/缺点
机械转向系统（MS）	转向操纵机构 转向器 转向器传动机构	纯人力驱动，通过将人力放大、变向等操纵轮胎转向	结构简单、造价廉价，但操作费力，稳定性、精确性无法保障
液压助力转向系统（HPS）	液压泵 油管 压力流量控制阀体 V型传动皮带 储油罐	结合驾驶员体力和发动机动力为转向能源，放大驾驶员传递的力	安全性高、成本低廉、转向动力足，但能耗高、维护成本高
电子液压助力转向系统（EHPS）	储油罐 助力控制转向单元 电动泵 转向机 助力转向传感器	转向油泵由电动机驱动，并加装电控系统	能耗低、灵敏，但稳定性不如机械液压，且维护成本高
电子助力转向系统（EPS）	扭矩传感器 车速传感器 电动机 减速机构 电子控制单元	通过电子控制电机产生辅助动力实现转向	结构精简、重量小、占用空间少，但辅助力度有限、成本较高
线控转向系统（SBW）	转向盘模块 前轮转向模块 主控制器 自动防故障系统	取消方向盘	占用空间少、安全性高，但需要功率反馈电机和转向电机

来源：佐思汽研，国金证券研究所

根据王虎《汽车电动助力转向系统选型研究》，电动助力转向系统根据电机位置不同和减速机构的差异，大致可以分为六种类型：管柱式电动助力转向系统（C-EPS）、单小齿轮式电动助力转向系统（P-EPS）、双小齿轮式电动助力转向系统（DP-EPS）、齿条式电动助力转向系统（R-EPS）、线控式电动助力转向系统和轮边电机式电动助力转向系统。其中以C-EPS、DP-EPS、R-EPS使用相对广泛。

（1）C-EPS：价格便宜、空间布置容易，工作环境良好；但电机工作噪音传递明显，受齿轮承载能力限制不易实现大助力，适用车型为紧凑型、小型车；

（2）DP-EPS：工作噪音小，价格适宜，助力响应速度快，可实现大助力；但电机工作环境恶劣，密封要求严格，受周边环境影响空间布置困难，适用车型为中型、中大型车；

（3）R-EPS：工作噪音小，助力响应速度快，可实现更大助力；但价格昂贵、减速机构结构复杂、空间布置难度大，适用车型为中大型、大型车。

R-EPS 采用滚珠丝杠，输出的推力更大。电机越靠近转向器，助力传动效率越高，因而电动助力转向系统中C-EPS、DP-EPS到R-EPS转向性能依次提升，前两者的减速机构都采用蜗轮蜗杆形式，R-EPS则是由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，其输出的齿条推力达9-16KN，显著高于DP-EPS。

R-EPS在汽车转向中渗透率有望逐步提升，从而带动滚珠丝杠在转向上的应用。随着新能源车续航里程不断提升，车身重量也随之增加，需要扭矩推力更大的R-EPS。因此随着新能源车占比逐步提升，REPS在汽车转向中渗透率有望加速，从而带动滚珠丝杠在转向上的应用。



图表7：各类 EPS 对比

项目	C-EPS	DP-EPS	R-EPS
结构图			
助力位置	驾驶室内	机舱内	机舱内
特点	成本低，工作环境可靠，路感差、噪音大	价格适中，路感好，模块化程度高	传动效率高，齿条力大，工艺难度大
燃油消耗	0.2~0.5L/100Km	0.2~0.5L/100Km	0.2~0.5L/100Km
适用车型	紧凑型、小型、中小型（轿车、SUV 等）	中型、中大型（轿车、SUV 等）	中大型、大型（轿车、SUV 等）、
单价	低	中	高
整车内布置灵活性	中	高	低
NVH	差	好	好
助力范围	5~11KN	8~12KN	9~16KN
电机惯性	大	小	小
功能拓展	差	好	好
重量	低	中	高
开发周期	约 24 个月	约 30 个月	约 30 个月
开发费用	低	中	高
模块化程度	较好	较好	较好
动态响应	一般	较好	很好
市场现有车型搭载率	高	中	低
电机工作环境	好	差	差

来源：《汽车电动助力转向系统选型研究》，国金证券研究所

驻车：EPB 用滚珠丝杠副用于中高档汽车电子驻车系统。

根据《汽车电子驻车制动系统（EPB）驻车力研究》，EPB 驱动部件包括电动机、减速机构和驻车制动器组成。当驾驶员按动电子驻车制动系统按钮时，电子驻车制动系统控制模块接到来自按钮的信号，控制模块会向执行机构的电动机施加电流让其转动。电动机释放的转矩通过减速增扭机构将电机的速度减少、扭矩增大，然后通过输出轴螺纹副或滚珠丝杠副将电动制动单元输出的扭矩转化为直线推力，从而推动制动活塞运动将推力转化为制动块压紧至制动盘上的压力，进而完成实现车辆减少或驻车制动。

目前市场 EPB 制动钳主要采用两种传动方式，一种是螺纹传动，另一种是滚珠丝杆转动；这两种均属于螺旋转动，由螺杆与螺母组成，是通过螺杆和螺母的旋合传递运动和动力的。它主要是将旋转运动变成直线运动，以较小的转矩得到很大的推力。

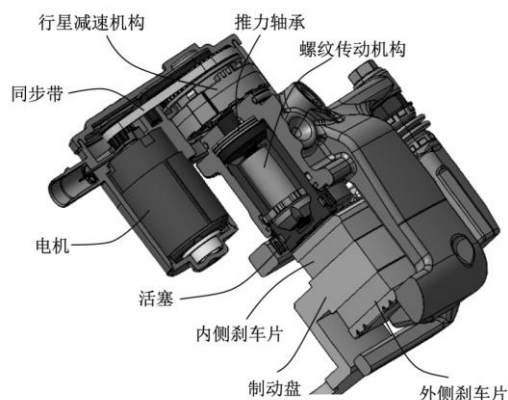
与传统螺纹传动相比，使用滚珠丝杠的 EPB 具备效率高、寿命长、运动平稳等优势。螺纹传动的特点是：结构简单，加工方便；易自锁；螺纹有侧向间隙，反向时有空行程，定位精度和轴向刚度较差；摩擦阻力大，传动效率低；磨损快；滚珠丝杆传动的特点是：摩擦阻力小，传动效率高；结构较复杂，制造工艺要求高，成本较高；运动平稳，启动时无振动；寿命长；不自锁，要求自锁时需附加自锁装置。

EPB 用滚珠丝杠副用于中高档汽车电子驻车系统。EPB 用滚珠丝杠副结构与常规滚珠丝杠副不同，该特殊结构保证其拥有更强的承载能力，在电子制动过程中，卡钳电机通过丝杆

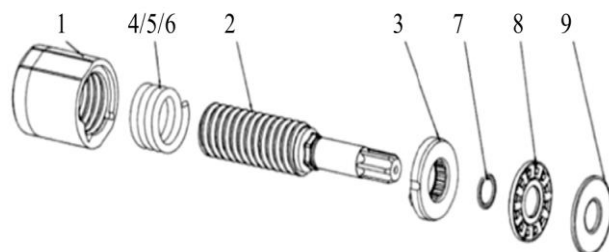


花键带动丝杆旋转，丝母的轴向运动为驻车系统提供制动力。EPB 用滚珠丝杠副是电子驻车系统中的核心传动部件，质量关乎整套电子驻车系统的性能。目前仅有大陆集团电子制动系统采用滚珠丝杠传动结构，其余制动器厂均使用螺纹传动。

图表8: EPB 制动钳总成原理示意图



图表9: EPB 用滚珠丝杠副拆分图



1.丝母 2.丝杆 3.支撑垫圈 4、5、6.各类弹簧与钢球（丝母沟道内弹簧与钢球均匀分布） 7.卡簧 8.平面轴承 9.平面垫片

来源：《汽车电子驻车制动系统（EPB）驻车力研究》，国金证券研究所

来源：《影响 EPB 滚珠丝杠副耐久性能的原因分析与改进》，国金证券研究所

制动：滚珠丝杠应用于线控制动、EMB。

根据《电子机械制动器的建模、仿真和实验研究》，传统液压机械制动及当前部分市场化的电子液压制动，在制动时，其液压管路油压上升与下降都会存在迟滞现象，导致制动延缓、事故率高；并且复杂的液压管路也增加了汽车布置防抱死制动系统（ABS）、车身稳定控制系统（ESP）等控制装置的难度。

电子机械制动系统（EMB）取消了复杂的液压执行机构，具有结构简单、体积小、响应速度快、控制精度高、节能环保等优点，而且更容易和 ABS/ESP 进行集成，简化结构、节省空间。EMB 主要由电机、减速增矩装置、运动转换装置和制动器组成，其工作过程为：电机将电能转化为机械能，并以扭矩的形式输出；减速增矩装置接收电机扭矩，并进行减速增扭；运动转换装置将电机的旋转运动转化为直线运动；制动器由制动钳体、制动钳块和制动盘组成，制动钳块在直线推动力的作用下，压紧制动盘产生制动力，制动结束后，电机反转使制动钳块与制动盘产生固定间隙，等待下一次制动。

由于滚珠丝杠具有精度高、寿命长、工作平稳及可靠性高等特点，EMB 的运动转换装置可用滚珠丝杠。根据赵立金《电子机械制动系统关键技术研究进展》，EMB 从传动原理上通常有两大技术路线，分别为线性自增力式和非线性增力式，均使用了滚珠丝杠：

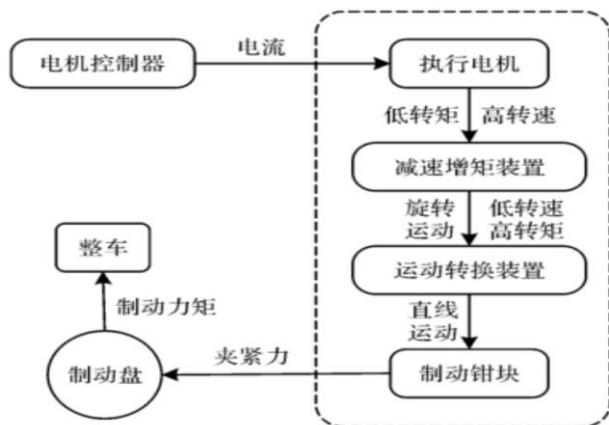
（1）线性自增力式：线性增力式电子机械制动系统结构简单，是目前国内外研究与专利较多的类型，电机输出的旋转力矩经过行星或者定轴齿轮机构减速增扭、再通过滚珠丝杠将旋转运动转化为平动位移传递给摩擦制动器。

博世 EMB 方案采用电机外置匹配行星齿轮构与滚珠丝杠副，利用电磁离合器接合断开可以实现 4 种工况；大陆集团 EMB 方案采用电机内置匹配行星齿轮构与滚珠丝杠副，间隙调整方式为智能控制，有棘轮机构实现制动力保持和驻车；

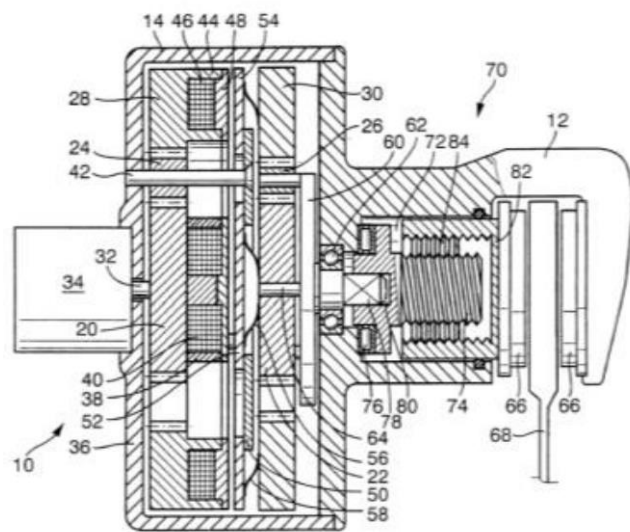
（2）非线性自增力式：利用楔形块的自增力原理，取消齿轮减速增扭机构，是近年来研究的热点，以 Siemens VDO 的楔形自增力结构（EWB, Electronic Wedge Brake）为代表，楔形自增力结构可以匹配低功率小型电机配合滚珠丝杠驱动楔形块。



图表10: EMB 结构



图表11: EMB 用滚柱丝杠

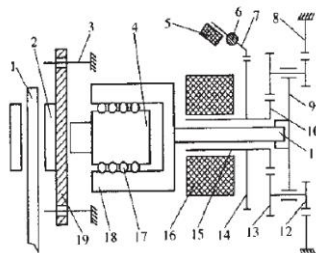


来源:《电子机械制动器的建模、仿真和实验研究》, 国金证券研究所

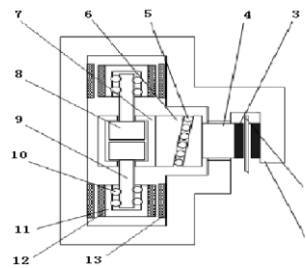
来源:《电子机械制动系统关键技术研究进展》, 国金证券研究所

图表12: Continental Teves 公司的电子机械制动系统

图表13: Siemens 公司的电子机械制动系统



1-制动盘 2-制动钳块 3-销杆 4-螺旋心轴 5-电磁铁 6-销钉 7-棘轮 8-齿圈 9-行星轮架
10、14-齿轮 11-螺母顶端 12、13-行星轮 15-转子 16-定子 17-钢珠 18-螺旋螺母 19-压盘



1-制动器壳体 2-制动盘 3-制动衬块 4-楔块传动机构从动楔块 5-滚子 6-楔块传动机构主动楔块 7-传动机构壳体 8-推块 9-丝杠 10-滚珠 11-丝杠螺母 12-电机转子 13-电机定子

来源:《电子机械制动器的建模、仿真和实验研究》, 国金证券研究所

来源:《电子机械制动器的建模、仿真和实验研究》, 国金证券研究所

使用滚珠丝杠的 one-box 产品具备体积小、精度高、噪音小、成本低等优势。日立汽车旗下的东机工 (TOKICO), 早在 2008 年就开发成功 E-ACT 的线控制动系统, 采用滚珠丝杠做力矩变换, 将电机旋转力矩转换为水平移动力矩; 2016 年初, 博世推出了第二代 iBooster, 从二级蜗轮蜗杆改用一级滚珠丝杠减速, 体积大幅度缩小, 控制精度有所提高。相较于蜗轮蜗杆-蜗杆涡轮+齿轮齿条传动机构, 齿轮齿条部分涉及零部件较多, 结构相对复杂, 而采用丝杠的传动机构更紧凑, 结构更简单, 负载更大, 相当于一根丝杠代替了“蜗杆+涡轮+齿轮+齿条”的作用。若采用滚珠丝杠的传动结构, onebox 产品将减少使用一个蜗轮蜗杆及多个齿轮结构, 性价比得到进一步增强。



图表14: 第二代 iBooster



来源：新智驾公众号，国金证券研究所

未来汽车用滚珠丝杠单车价值量有望达 1000 元，车端滚珠丝杠市场有望超百亿元。在假设 1) 汽车销量 8744 万辆；2) EPB: EPB 渗透率 91%，滚柱丝杠在 EPB 渗透率 15%，单车用 1 个；3) EMB: EMB 渗透率 12%，滚珠丝杠在 EMB 渗透率 80%，单车用 1 个；4) onebox: onebox 渗透率 40%，滚珠丝杠在 onebox 渗透率 96%，单车用 1 个；5) EPS: EPS 渗透率 92%，R-EPS 在 EPS 渗透率 13%，R-EPS 均需滚珠丝杠，单车用 1 个的情况下，对应车端滚珠丝杠市场约 147 亿元。若考虑座椅、移门、悬挂等领域的使用+为了安全冗余，备用安全部件也使用滚珠丝杠，那么滚珠丝杠的单车价值量将会更高。


图表15：汽车滚珠丝杠市场测算

汽车销量（万辆）	7584	7727	8023	8166	8310	8457	8564	8623	8683	8744
驻车-EPB										
EPB 渗透率	70%	73%	75%	78%	80%	83%	85%	88%	90%	91%
在 EPB 渗透率	2%	3%	4%	5%	6%	7%	9%	11%	13%	15%
单车用量（个）	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
价格（元）	200	200	200	196	192	188	184	181	177	174
市场空间（亿元）	2	3	5	6	8	9	12	15	18	21
制动-EMB										
EMB 渗透率						1%	2%	3%	6%	12%
在 EMB 渗透率						60%	63%	68%	72%	80%
单车用量（个）						1	1	1	1	1
价格（元）						200	196	192	186	181
市场空间（亿元）						1	2	3	7	15
制动-onebox										
onebox 渗透率	2%	4%	6%	8%	11%	15%	20%	26%	33%	40%
在 onebox 渗透率	100%	100%	96%	94%	92%	90%	91%	93%	95%	96%
单车用量（个）	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
价格（元）	200	200	196	192	188	179	170	161	153	146
市场空间（亿元）	3	6	9	12	16	20	26	34	42	49
转向-R-EPS										
EPS 渗透率	83%	85%	87%	90%	91%	91%	91%	92%	92%	92%
R-EPS 在 EPS 渗透率	3%	3%	4%	4%	4%	5%	6%	7%	9%	13%
单车用量（个）	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
价格（元）	800	800	800	784	768	730	693	659	626	595
市场空间（亿元）	13	16	20	23	23	28	32	37	45	62
车端合计（亿元）	18	25	33	41	47	59	73	89	112	147

来源：产业链调研，国金证券研究所测算

三、行星滚柱丝杠：负载大精度高，人形机器人有望打开应用空间

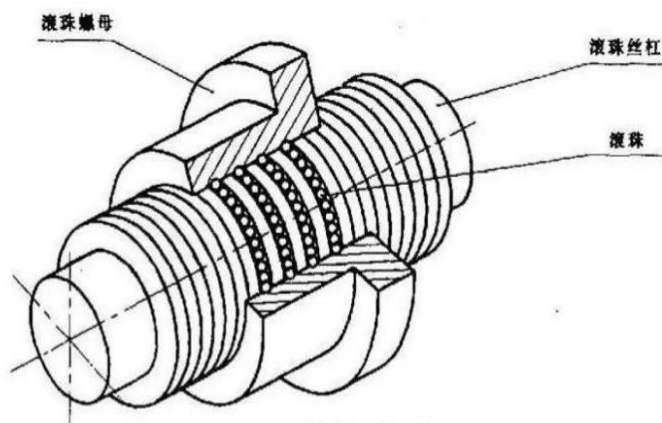
相较滚珠丝杠，行星滚柱丝杠负载更大、精度更高。

1) 优势：行星滚柱丝杠通过多个滚柱与丝杠和螺母之间的多点螺旋曲面啮合来传递运动及动力。与滚珠丝杠相比，由于滚柱丝杠不需循环装置且滚柱之间不会发生相互碰撞，接触点较滚珠丝杠副多，其在承载能力、传动精度、轴向刚度、速度及加速度等方面明显优于滚珠丝杠；

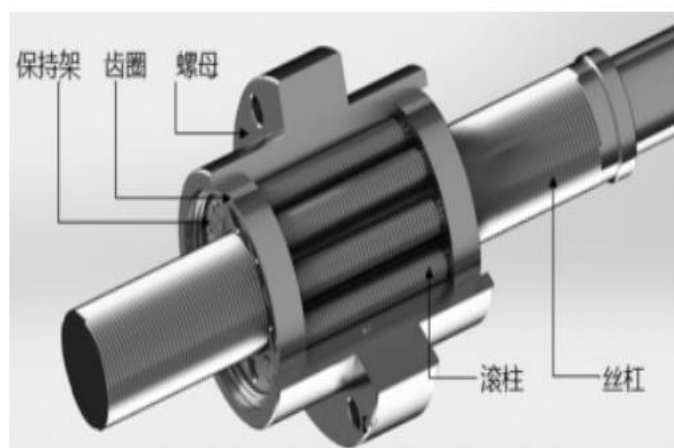
2) 劣势：由于结构复杂、加工难度大和成本高，一直没有得到广泛应用。



图表16: 滚珠丝杠 (通过滚珠传递负载)



图表17: 行星滚柱丝杠 (通过螺纹滚柱传递负载)



来源: 陈传涓《行星滚柱丝杠副产品产业化应用分析》, 国金证券研究所

来源: 陈传涓《行星滚柱丝杠副产品产业化应用分析》, 国金证券研究所

图表18: 行星滚柱丝杠电动缸性能更优

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

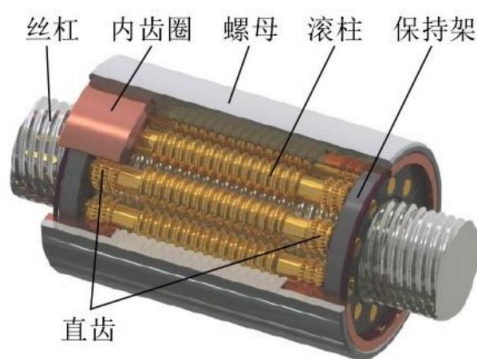
来源: 新剑传动官网, 国金证券研究所

反向式行星滚柱丝杠适合紧凑场景, 如人形机器人。

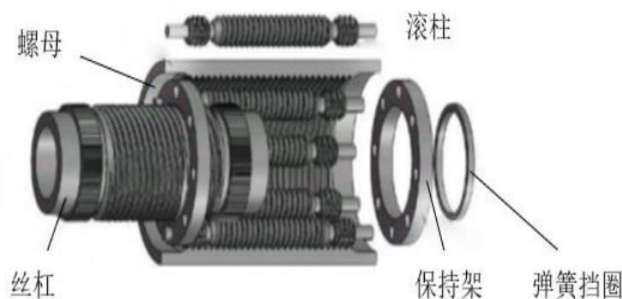
- 1) 反向式行星滚柱丝杠的螺母更长, 可以用更小的扭矩实现更大的负载。反向式的行星滚柱丝杠的结构与标准式类似, 但是无内齿圈, 丝杠两端加工有直齿与滚柱两端的齿轮啮合, 螺母作为主动件, 长度比标准式大得多, 优势在于通过较小的导程实现更高的额定负载, 从而降低驱动扭矩, 适用于紧凑情况下。
- 2) 丝杠和电机可实现一体化集成。反向式行星滚柱丝杠的齿轮设计于滚柱和丝杠之间, 可以提供更平顺稳定的同步旋转运动, 主要用于中小负载、小行程和高速的应用场景。同时, 该结构可实现电机和丝杠一体化设计。



图表19：标准式行星滚柱丝杠



图表20：反向式行星滚柱丝杠



来源：柯浩《行星滚柱丝杠传动精度分析与设计》，国金证券研究所

来源：柯浩《行星滚柱丝杠传动精度分析与设计》，国金证券研究所

图表21：不同行星滚柱丝杠分类

分类	结构特点	适用场合	适用领域
标准式行星滚柱丝杠	能够实现较大行程	环境恶劣、高负载、高速等场合	精密机床、机器人、军工装备等
反向式行星滚柱丝杠	可将其螺母作为电机转子实现电机和丝杠一体化设计	中小负载、小行程、高速的场合	航空、航天、船舶、机器人等
循环式行星滚柱丝杠	具有较高的刚度和较大的承载能力	高刚度、高承载、高精度的场合	医疗器械、光学精密仪器等
差动式行星滚柱丝杠	可以获得更小的导程	传动比较大，承载能力较高的场合	航空航天、武器装备等
轴承环式行星滚柱丝杠	承载能力高	高承载、高效率等场合	石油化工、重型机械等

来源：柯浩《行星滚柱丝杠传动精度分析与设计》，国金证券研究所

特斯拉人形机器人有望打开滚珠丝杠、行星滚柱丝杠应用空间。根据特斯拉 AI Day2022 信息，特斯拉人形机器人下肢腿部将采用无框电机与行星滚柱丝杠的线性执行器。在假设特斯拉单个人形机器人需 4 个滚珠丝杠+10 个行星滚柱丝杠，全球人口约 82 亿人，机器人渗透率 12 台/万人的情况下，测算得机器人贡献滚珠丝杠、行星滚柱丝杠应用空间有望达 74、756 亿元。

图表22：机器人滚珠丝杠、行星滚柱丝杠市场测算

全球人口(亿人)	79	80	80	81	81	82
机器人渗透率(台/万人)	0.07	1	2.5	4.5	8	12
机器人销量(万台)	6	80	200	363	651	982
滚珠丝杠市场空间(亿元)	0.5	6	16	28	50	74
单价(元/个)	200	200	200	196	192	188
单台机器人使用数量(个)	4	4	4	4	4	4
行星滚柱丝杠市场空间(亿元)	7	96	200	327	527	756
单价(元/个)	1200	1200	1000	900	810	770
单台机器人使用数量(个)	10	10	10	10	10	10

来源：iFind，产业链调研，国金证券研究所

四、国内外产品差异来源于工艺、设备，低成本助力国产替代加速

国内尚起步，国产替代空间大。目前，国外的行业巨头(如德国 Schaeffler、美国 Exlar、瑞士 Rollvis、瑞典 SKF 等)已形成成熟的滚珠丝杠、行星滚柱丝杠产品系统，并在精



度等级、润滑维护、应用平台等方面形成了一定的理论体系，在滚珠丝杠领域占据主导，更是在行星滚柱丝杠领域形成了技术垄断。国内厂家的高速、高精度滚珠丝杠产品在质量稳定性、精度保持性、疲劳寿命等方面还未达到海外龙头企业的制造水平，对行星滚柱丝杠的研制还处在初始阶段。

海外丝杠企业在中国已有所布局。自 1978 年进入中国市场以来，博世力士乐已在北京、常州和西安建立了生产基地。舍弗勒主要为在太仓、苏州、银川、南京、湘潭、平湖、桃园等地设有 13 座工厂。THK 则主要晋中在华北、华东地区，如辽宁、常州、无锡、大连等生产基地。NSK 生产基地有昆山、苏州、杭州等地；上银科技于 2017 年 11 月 8 日举行苏州厂启用典礼位于苏州工业园区，占地面积为 80,000 平方米。

图表23：海外丝杠企业在国内布局

公司名称	国内生产基地布局
博世力士乐	北京、常州、西安
舍弗勒	太仓、苏州、银川、南京、湘潭、平湖、桃园
THK	辽宁、常州、无锡、大连
NSK	昆山、苏州、东莞、张家港、常熟、杭州、沈阳、合肥、杭州
上银科技	苏州

来源：各公司官网，国金证券研究所

图表24：日本 NSK 不同用途区分的滚珠丝杠精度等级表，全面覆盖各个精度范围

用途	NC 机床																						
	车床		铣床 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		电火花加工		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	Z	XY	XY	Z		
精度等级	C0	○								○	○	○											
	C1	○		○		○				◎	◎	○	○	○		○	○						
	C2	○		○	○	○	○				◎	○	○	○	◎	○							
	C3	◎	○	◎	○	○	○	○				◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○			
	C5	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						◎		○	◎	◎	◎	◎	◎	
	Ct7								○													◎	
	Ct10																					○	

用途	通用机械・专用机械	半导体 / 印刷板制造装置						工业用机器						冶金设备机械	注塑机	三维测量仪	办公设备	图像处理装置	原子能		飞机
		曝光装置	化学处理装置	焊线机	探测器	电子零件插件机	印刷板开孔机	正交坐标型		垂直多关节型		圆筒坐标型									
								组装	其他	组装	其他										
精度等级	C0		○			○										○		○			
	C1		◎		◎	◎		○								◎		◎			
	C2				○	◎	○	○	○							○					
	C3	○		○			○	◎	○		○		○						○		○
	C5	◎		○			◎	○	◎	○	◎	○	◎	○	○		○		◎		◎
	Ct7	◎		◎					○	◎	○	◎	◎	◎	○	◎		◎		○	◎
	Ct10	○		○						○					◎	○		○			○

来源：NSK 官网，国金证券研究所

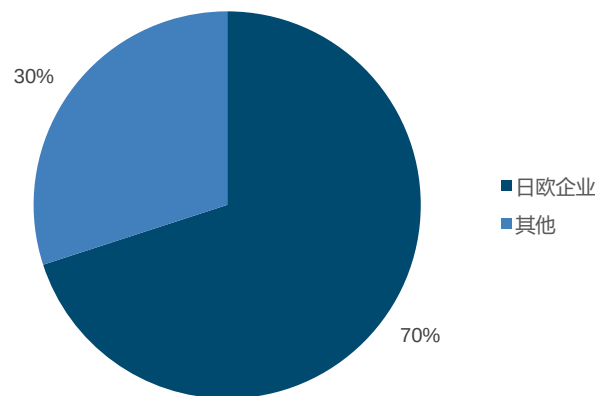
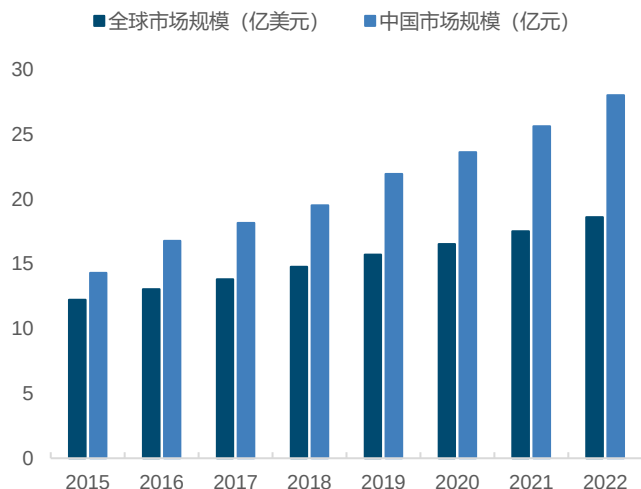
由于在精度保持性、寿命等关键性能指标上落后于境外产品，国产品牌市场占有率低。根



据华经产业研究院预测，2022 年全球滚珠丝杠市场空间约 19 亿美元，中国滚珠丝杠市场空间约 28 亿元。目前全球主要的滚珠丝杠厂商有 NSK、THK、SKF 等，日本和欧洲滚珠丝杠企业占据了全球约 70% 的市场份额。国内相关企业较少，主要有秦川机床、新剑传动、恒立液压、贝斯特、鼎智科技等。

图表25：2022 年全球、中国的滚珠丝杠规模

图表26：滚珠丝杠行业日欧企业占比 70%



来源：华经产业研究院，国金证券研究所

来源：华经产业研究院，国金证券研究所

整体看，国产差距在于淬火工艺、精加工工艺、检测设备。

1) 材料端：国外厂商采用合金钢，国内轴承钢有所差距。钢材质量的差距将导致丝杠产品在使用过程中抗热形变能力的差异，进而导致产品寿命的差异。瑞典 SKF 公司标准丝杠主要是由预处理的 50CrMo4 (或 42CrMo4) 表面硬化处理加工的，螺母和滚柱采用硬化处理的 100Cr6 轴承钢为材料，德国 Bosch Rexroth 丝杠材料采用高品质、经热处理钢，高碳铬合金钢或渗碳钢，丝杠和螺母的洛氏硬度通常大于 HRC58，丝杠两端不做硬化处理。国内滚珠/柱丝杠采用的轴承钢，在配方、除杂方面有所差距，但可以通过进口解决。

图表27：不同不锈钢材料特性

钢材 (ISO 标准)	描述	丝杠硬度 [HRC]	相对耐腐蚀性
X105CrMo17	马氏体不锈钢	58-60	**
X30Cr13	马氏体不锈钢	50-55	***
X12CrNiMoV12-3	渗碳不锈钢	58-60	***
X40CrMoVN16-2	氮不锈钢	58-60	****
X5CrNiCuNb16-4	沉淀硬化不锈钢	38-45	*****
X17CrNi16-2	马氏体不锈钢	40-45	*****

来源：Ewellix catalogue，国金证券研究所

2) 工艺端：

淬火：国内淬火工艺与海外有差距。国内滚珠丝杠在热处理加工中普遍存在淬硬层浅、硬度分布不合理、组织均匀性差、耐磨性差等缺点，在滚珠丝杠传动系统运行过程中通常发生以磨损、接触疲劳为主的表面损伤失效。

图表28：在不同的钢材下，不同类型丝杠的加工工艺要求及性能不同

部件	钢	供货状态	热处理	最高允许工作温度	标准回火温度下的表面硬度[HRC]	优势
标准丝杠	50CrMo4 或 42CrMo4	预处理 拉伸强度 880 至 1030MPa 屈服强度>650Mpa	感应淬火	110℃	58 至 60	耐磨性好，回弹性好



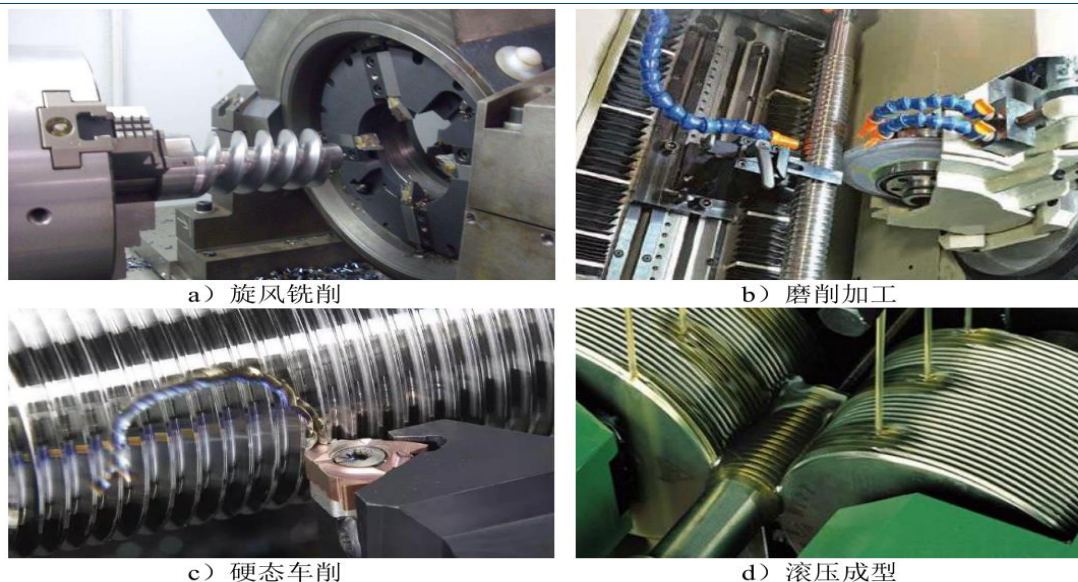
部件	钢	供货状态	热处理	最高允许工作温度	标准回火温度下的表面硬度[HRC]	优势
定制丝杠	50CrMo4	预处理 拉伸强度 880 至 1030MPa 屈服强度>650MPa	感应淬火, 更高的回火温度	150℃	58 至 60	良好的耐磨性和中温操作弹性
特殊丝杠	100Cr6	预处理 拉伸强度 840 至 970Mpa 屈服强度>500MPa	感应淬火	180℃	59 至 63	更高的耐磨性, 适应更高的工作温度但更脆
螺母和滚轮	100Cr6	退火	通过淬火	180℃	58 至 62	良好的耐磨性和高温运行

来源: Ewellix catalogue, 国金证券研究所

磨削:丝杠、滚柱主要采用轧制或车削,螺母在精加工环节需磨削,而磨削加工难度更大。目前海外的滚珠/行星滚柱丝杠,在低精度领域(如传动)应用轧制或车削工艺,在高精度领域(如机床)应用磨削工艺。在人形机器人领域,丝杠、滚柱主流用轧制或车削,而螺母用磨削。

工艺瓶颈在于螺母磨削。人形机器人采用反向式行星滚柱丝杠,特点为螺母比丝杠长,如采用车削会引发震刀,因此磨削更适合,然而磨杆、砂轮需深入螺母内部,需做小直径,而砂轮的磨削线速度最低要求 20m/s,因此转速需达 4-5 万转,高转速下保持加工稳定性具备很高难度。另外,在行星滚柱丝杠中,由于螺母较长,因此需要加工的螺纹线较长,且单螺母需磨削 5 道螺纹线(滚珠丝杠螺母仅一道),加工周期长,生产节拍低,成本较高,生产难度较滚珠丝杠更难。

图表29: 丝杠不同加工工艺图



来源: 侯源君《钛合金梯形内螺纹振动挤压加工技术基础研究》, 陈晖《行星滚柱丝杠螺纹的硬态车削加工技术研究》, 王伟《大型螺旋旋风硬铣削数值模拟及工艺参数优化》, 国金证券研究所

3) 设备端:“卡脖子”环节。国产加工设备及检测仪器相对落后,当前最先进设备集中在日欧,但海外对精密设备一方面存在出口限制,另一方面即使出口少量设备至国内,单台高精度磨削设备甚至达千万元,且不向国内企业出口最优设备,国内企业在获得设备后需经过大量的调试提升至目标精度,非常依赖 know-how 的积累。国产设备目前主要由汉江机床提供,设备价格较海外更低。

汽车、机器人、机床丝杠性能要求方面,机床最高,机器人次之,汽车要求最低。机床丝杠精度要求最高,高精度磨床要求在 C0-C2 级,车床、铣床、线切割机一般在 C1-C5 等级;机器人精度要求次之,机械手臂(精密级)精度要求在 C1-C4 级,机械手臂(一般级)精



度要求在 C5-C8。汽车丝杠精度要求最低，其中动力转向器、线性制动器精度要求 C6-C8、C5-C8。

图表30：国际主流丝杠精度等级划分

等级（单位： 0.001mm）		研磨级（磨削加工）						转造级（挤压成型）			
		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10
V ₃₀₀	ISO, DIN		6		12		23		52		210
	JIS	3.5	5		8		18		50		210
	HIWIN（上银）	3.5	5	6	8	12	18	23	50	100	210

来源：上银科技官网，国金证券研究所

图表31：汽车、机器人、机床丝杠性能要求对比

一级分类	二级分类	轴别	精度等级（ISO）									
			研磨级（磨削加工）						转造级（挤压成型）			
			C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10
机床	车床	X	√	√	√	√	√					
		Z				√	√	√				
	铣床	X/Y		√	√	√	√	√				
		Z			√	√	√	√				
	综合加工机	X/Y		√	√	√	√					
		Z			√	√	√					
	磨床	X	√	√	√							
		Y		√	√	√						
	线切割机	X/Y		√	√	√						
		U/Z		√	√	√	√					
机器人	机械手臂（精密级）			√	√	√	√					
	机械手臂（一般级）							√	√	√	√	
汽车	动力转向器								√	√	√	
	线性制动器							√	√	√	√	

来源：上银科技官网，国金证券研究所

汽车领域：五洲新春、宁波慈兴、长盛轴承三家轴承企业已具备车用丝杠产品的量产能力。由于在沟槽加工、滚动摩擦等技术上存在共通，已有部分轴承企业进入了丝杠行业，如海外舍弗勒、SKF 等、国内五洲新春、长盛轴承等。目前车用领域中的滚珠丝杠多为国外企业供应：1) 转向领域：多采用舍弗勒、NSK、上银科技等企业；2) 线控制动领域：以博世自制为主。但是已有多家国内企业具备量产能力，有望开始给车企供货：

1) 五洲新春：已成功研发车用滚珠丝杠产品，并在推进产品商业化销售。已经研发成功丝杆螺母转向系统轴承组件，并应用于新能源汽车转向系统、电子刹车和驻车系统、变速箱和主动悬架系统等。目前已经在 EPB、EMB 及 EHB 领域均已在和国内知名系统集成商及主机厂进行深入沟通，进展顺利。

2) 宁波慈兴：已批量生产车用滚珠丝杠产品。生产汽车刹车等部件用的滚珠丝母组件，具有年生产能力 500 万只滚珠丝杠。



3) 长盛轴承：预计今年内会有相关定点落地。目前公司已经取得商用车主机厂的滚柱丝杠产品定点，其他乘用车客户正在开发及交样过程中，预计今年年内会有得到汽车行业客户的量产计划。

图表32：车用滚珠丝杠行业主要企业介绍

公司名称	国家	成立时间	主要线性驱动器产品
博世力士乐	德国	1795	线性导轨、丝杆传动、集成测量系统、传动球座和公差环、线性轴、多轴系统、电缸
上银科技	中国台湾	1989	滚珠丝杠、直线导轨、轴承、末端效应器
黑田精工	日本	1925	滚珠丝杠、直线运动设备
NSK	日本	1916	轴承、滚珠丝杠、精密机械及零件、转向系统、自动变速器
舍弗勒	德国	1946	微型/大型轴承、滚动轴承
五洲新春	中国	1999	滚珠丝杠、轴承及配件、精密机械及零件
宁波慈兴	中国	1984	滚珠丝杠、高端汽车轴承
长盛轴承	中国	1995	滚珠丝杠、润滑轴承

来源：各公司官网，华经产业研究院，国金证券研究所

机器人领域：目前看国内企业已开始布局。国内秦川机床、新剑传动、恒立液压、贝斯特、鼎智科技等正在布局/在研滚柱/行星滚柱丝杠，有望突破技术壁垒，实现国产替代。

1) 秦川机床：滚柱丝杠产品的精度达到领先水平，已批量应用于机床领域。目前子公司汉江机床的核心产品滚珠丝杠和导轨，一方面用于公司自身产品，另一方面外销应用于机床、自动化及新能源汽车等高端制造领域。目前公司的丝杠产品由 P1 级提升到 P0 级，精度水平达到国际先进水平。

2) 新剑传动：行星滚柱丝杠系列产品已从技术、成本、量产上重点突破。主要产品为行星滚柱丝杠电动缸产线系列产品、CNC 车磨轴产线系列产品、HDM 产线系列产品、滚轧成型蜗杆齿轮产线系列产品。目前公司行星滚柱丝杠产品已形成年产 350 万套，与吉利汽车等开展了深入合作，所搭载产品应用于吉利汽车多款车型；产品还应用于汽车电控机械制动 EMB、轨道交通的 EMB、人形机器人等领域。

3) 恒立液压：募资投向滚珠丝杠领域。2023 年 1 月 6 日，恒立液压完成以 56.4 元/股增发为 3546 万股、募集资金总额为约 20 亿元的非公开发行。其中，线性驱动项目拟投入 15 亿元实现产品的电动化升级，包括电动缸和滚珠丝杠的生产。该项目达产后将形成年产 104,000 根标准滚珠丝杠电动缸、4,500 根重载滚珠丝杠电动缸、750 根行星滚柱丝杠电动缸、100,000 米标准滚珠丝杠和 100,000 米重载滚珠丝杠的生产能力。

4) 贝斯特：公司已开始布局机床等领域用的滚珠丝杠产品。目前公司全面布局直线滚动功能部件，通过全资子公司宇华精机落实“高端装备核心滚动功能部件研发及产业化项目”，产品主要包括高精度滚珠丝杠副、高精度滚动导轨副等，面向高端机床、半导体、自动化等下游领域。

5) 鼎智科技：布局行星滚柱丝杆。主营医疗及工业自动化用线性执行器、编码器、驱控器等。公司在微型行星滚柱丝杆的研发与生产上已有里程碑式进展，产品寿命长、精度高、负载大，其应用领域包括机器人、飞机起落架、部分工业场景等。

图表33：机床领域滚珠丝杠主要企业介绍

公司名称	国家	成立时间	主要线性驱动器产品
秦川机床	中国	1998	丝杠、导轨、精密机械及零件
新剑传动	中国	1999	行星滚柱丝杠、精密零部件
恒立液压	中国	2005	滚珠丝杠、电动缸、精密铸件
贝斯特	中国	1997	滚珠丝杠、滚动导轨、精密零部件
鼎智科技	中国	2008	行星滚柱丝杆、轴承、电机、精密机械及零件

来源：各公司官网，公司公告，国金证券研究所



五、投资建议

智能汽车渗透率提升，促进丝杠应用+人形机器人打开丝杠需求，预计 30 年全球丝杠市场空间达到 977 亿元以上。目前国内企业刚起步，未来国产替代空间广阔。国内部分企业已开启汽车用滚珠丝杠国产替代，建议关注五洲新春、新剑传动等；部分企业已布局行星滚柱丝杠，有望应用于机器人，建议关注秦川机床、新剑传动、恒立液压、贝斯特。

六、风险提示

人形机器人落地不及预期风险。特斯拉人形机器人目前尚存在运动控制能力不足和成本过高的情况，若技术和成本发展情况低于预期将导致量产无法按预期推进，进而影响丝杠环节的投资机会。

人形机器人销量不及预期风险。特斯拉人形机器人目前定位于替代人们从事重复枯燥、具有危险性的工作，但其最终性能能否达到该目标以及是否能找到大批量应用的场景还具有不确定性，从而给人形机器人用丝杠带来需求不及预期风险。

国内企业技术突破进度不及预期风险。当前国内滚珠丝杠国产化率低，行星滚柱丝杠仍处于起步阶段，国内企业如果在产品性能、寿命上进展不及预期，或是量产进展不及预期，国产替代节奏将放缓，国内企业相关业务收入将不及预期。

行业竞争格局恶化风险。轴承与丝杠在制造工艺上存在一定共通性，当前国内部分轴承类企业已逐步布局滚珠丝杠业务，潜在新进入者较多，行业面临竞争格局恶化风险。

技术方案存在不确定性风险。如果其他成本更低或效率更优的传动结构未来对丝杠传动形成替代，将对丝杠市场空间形成冲击。



行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员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。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海

电话：021-60753903
 传真：021-61038200
 邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
 邮编：201204
 地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号
 紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话：010-85950438
 邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
 邮编：100005
 地址：北京市东城区建内大街 26 号
 新闻大厦 8 层南侧

深圳

电话：0755-83831378
 传真：0755-83830558
 邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
 邮编：518000
 地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心
 18 楼 1806



【小程序】
 国金证券研究服务



【公众号】
 国金证券研究