

| 证券研究报告 |

# 人形机器人专题报告 ——空心杯电机&滚柱丝杠

2023.07.11

分析师：曾彪  
S0740522020001  
研究助理：农誉  
nongyu@zts.com.cn



1

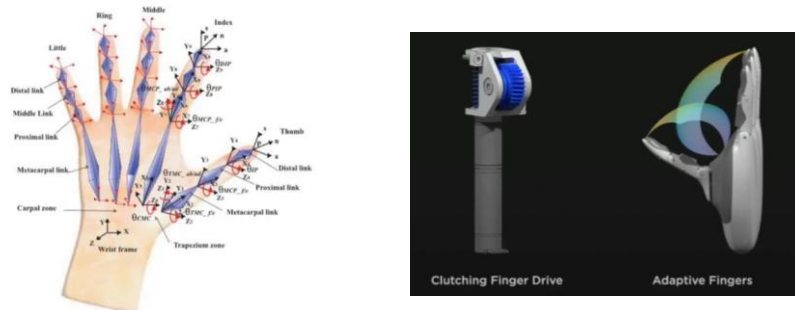
# 人形机器人关键环节拆解

## 人形机器人关键环节拆解

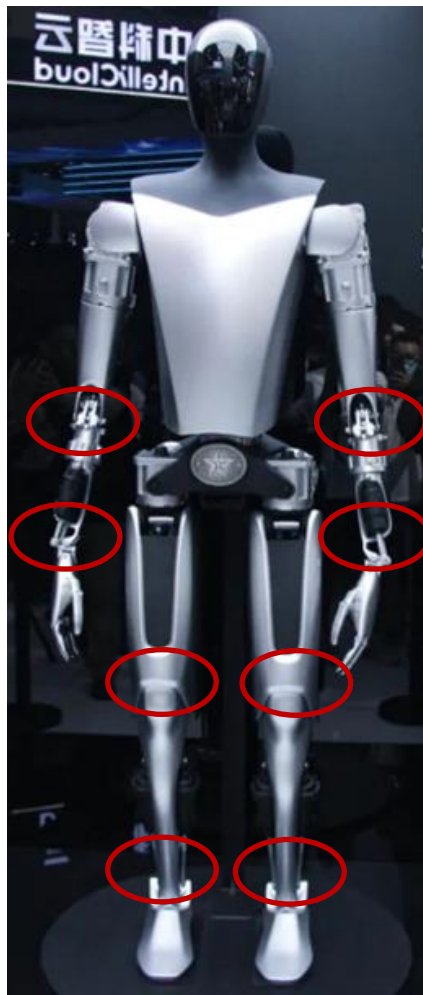
### ■ 关键环节：线性执行器+灵巧手

#### ➤ 灵巧手

- 相较具有20+个自由度的人手，特斯拉人形机器人灵巧手基于应用场景，保留11个自由度，在简化工序、优化成本的同时达到较佳的性能：
- 单手6个执行器，可使用工具，实现小物件的准确抓取，举起20磅的重量。



- 手部执行器：空心杯电机+精密减速器+蜗轮蜗杆+绳驱

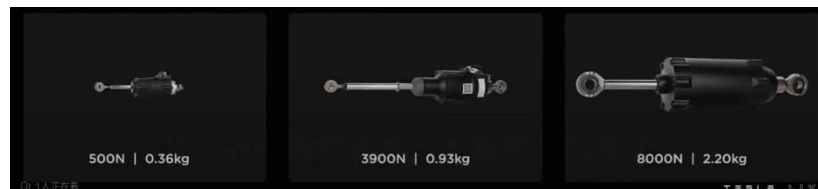


#### ➤ 线性执行器

- 参考人体膝关节结构，通过四个连杆+四个枢纽进行机械模拟，即可实现较好的动能转换；
- 特斯拉optimus通过手臂、腿上的线性执行器，对图示关节进行操控，模拟人类四肢运动。



- 线性执行器：电机+行星滚柱丝杠+轴承+传感器，相关部位对力矩的要求较高，关键零部件为丝杠





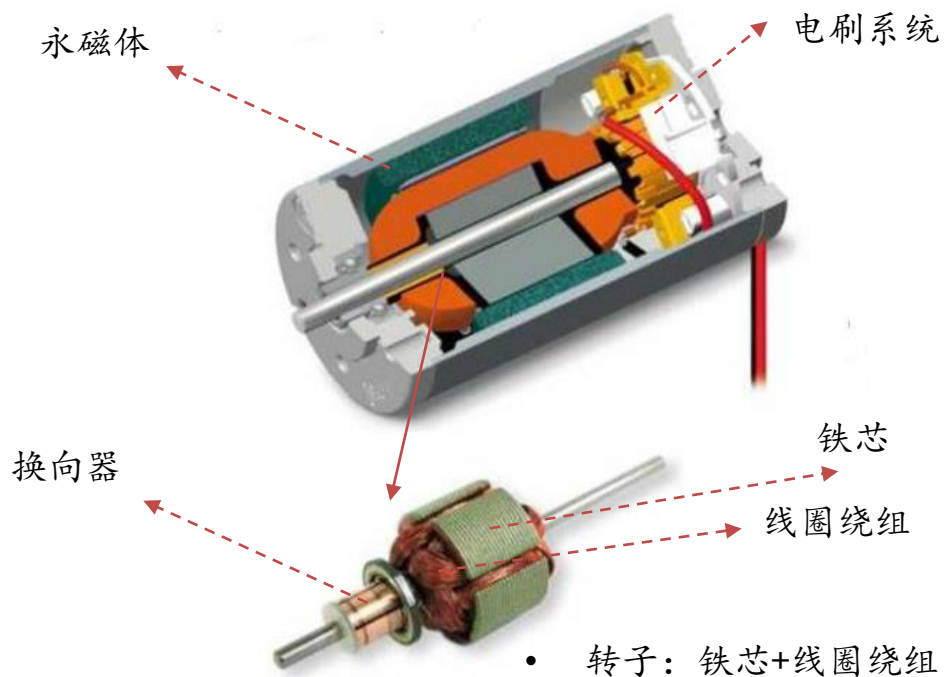
2

# 核心部件1：空心杯电机

## 空心杯电机：特点

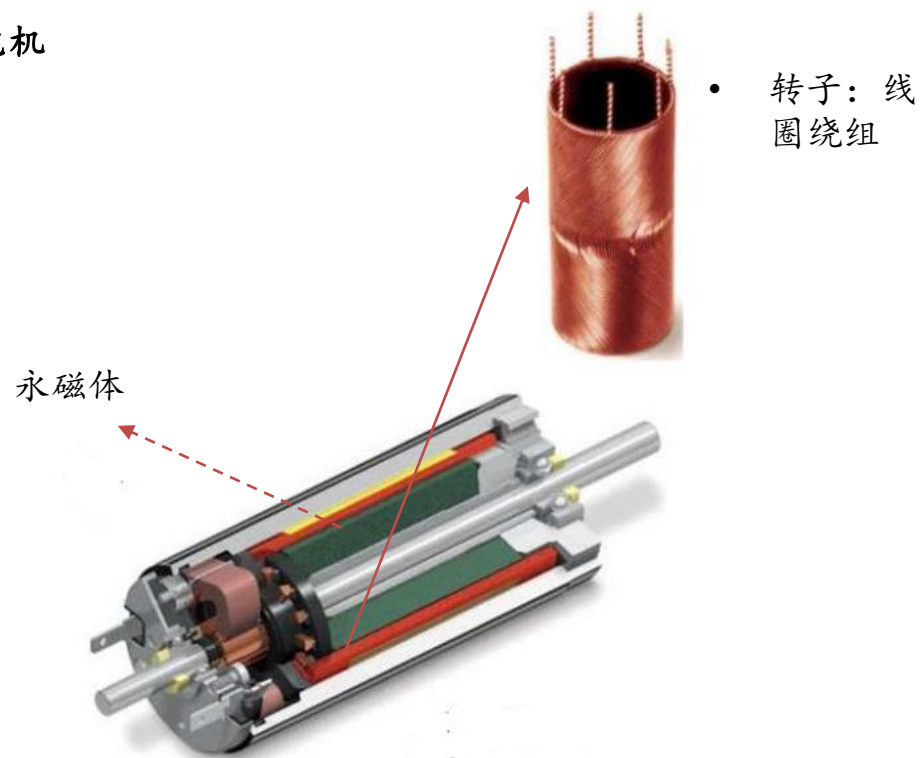
### ■ 空心杯电机的特点

#### ➤ 传统直流有刷电机



- 定子为永磁体：产生磁场；
- 转子含有安装在轴上的铁芯，线圈缠绕在开槽铁芯上，起到集中、增强流量的作用。

#### ➤ 空心杯电机



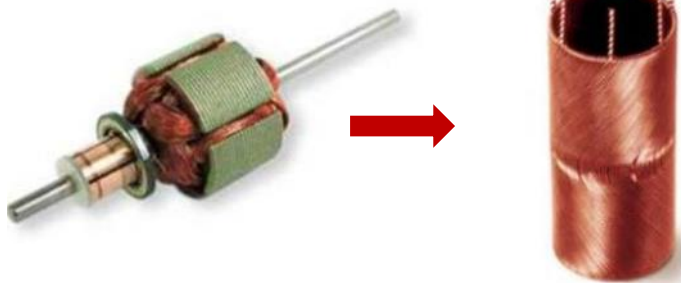
- 最大特点：转子不含铁芯，而是形似杯状的线圈绕组，没有结构支撑，完全由导线绕制而成。
- 转子通过连接板（换向盘，固定导线和传递力矩）与换向器和主轴连接（通过滚珠轴承支持）。

## 空心杯电机：优势

### ■ 空心杯电机的优点

#### ➤ 无齿槽效应：没有铁芯的开槽与永磁体相互反应

- 即便在低速也能平稳运行
- 低振动，低噪音
- 均匀扭矩可以轻易控制在任意位置的转子



#### ➤ 无铁损：铁芯会改变磁场，当轴旋转时磁滞回路被穿过，能量被消耗

- 绕组线圈磁场的影响可忽略，磁化是恒定、不变的
- 功率损耗更小，效率更高

#### ➤ 结构设计紧凑

- 永磁体置于中心，导致气隙中的高磁通密度，并可通过强磁体进一步增强，产生的扭矩增加
- 没有铁芯，转子质量惯量低，机械时间常数仅为几毫秒响应速度快

#### ➤ 安全、可靠性

- 电机的电刷和换向器之间发生电弧和火花的可能性较小
- 转子表面有空气流动，相较铁芯转子散热性能好

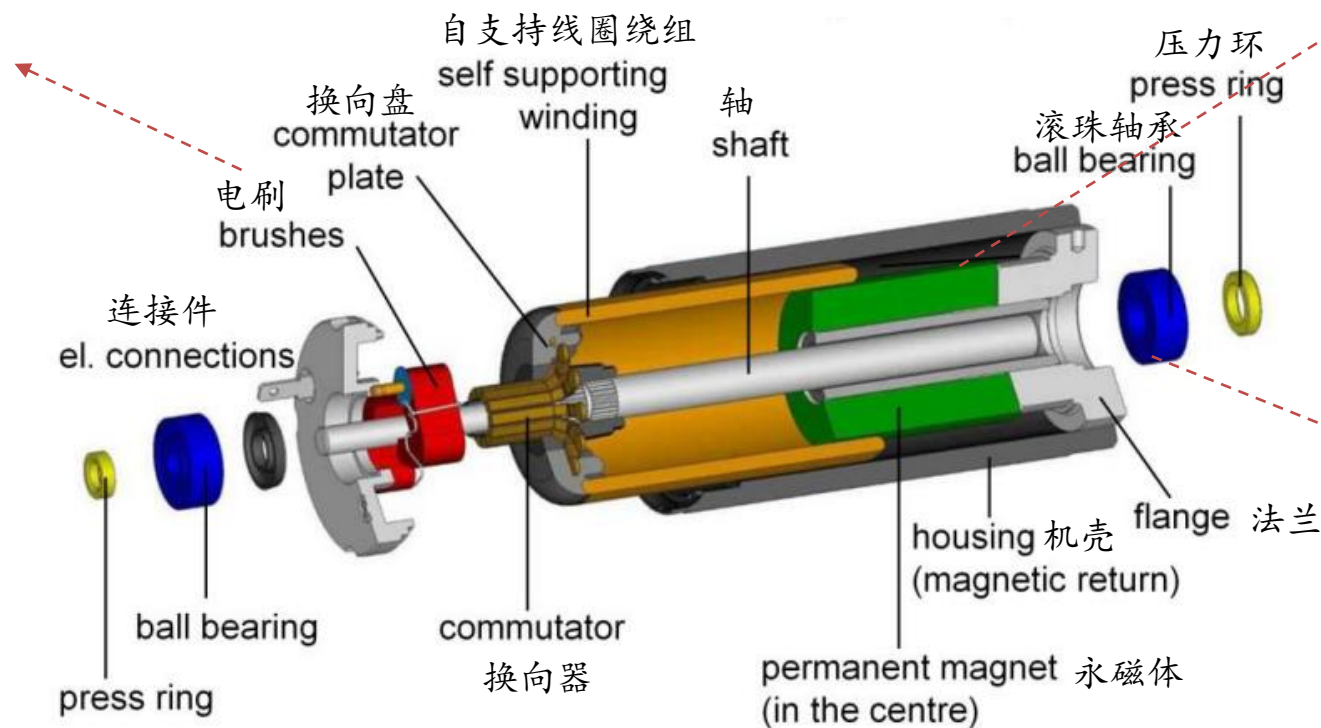
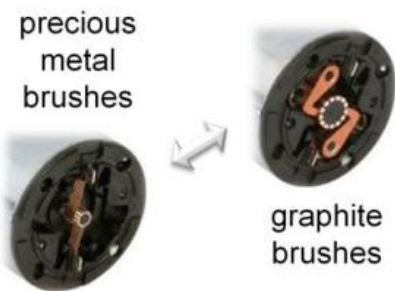


## 空心杯电机：拆解

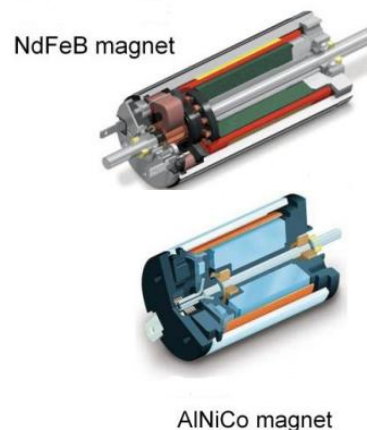
### ■ 空心杯电机的结构拆解

#### ➢ Maxon空心杯电机（RE35）及其衍生产品类别

##### • 金属电刷 vs 石墨电刷



##### • 钕铁硼永磁材料（NdFeB）vs 铝镍钴永磁材料（AlNiCo）



##### • 滚珠轴承vs 套筒轴承

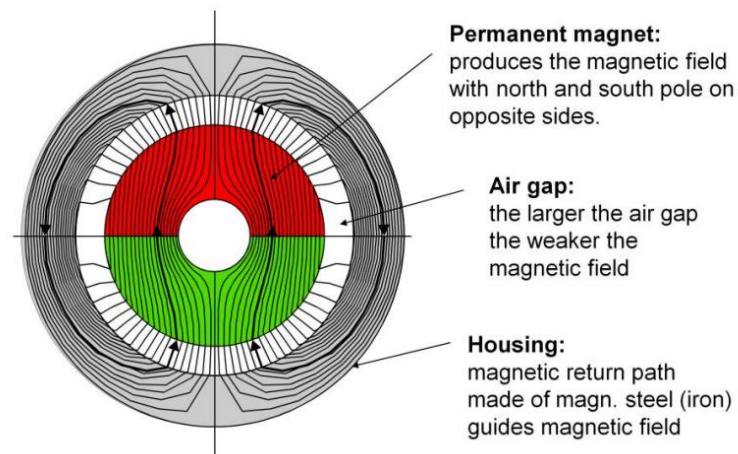
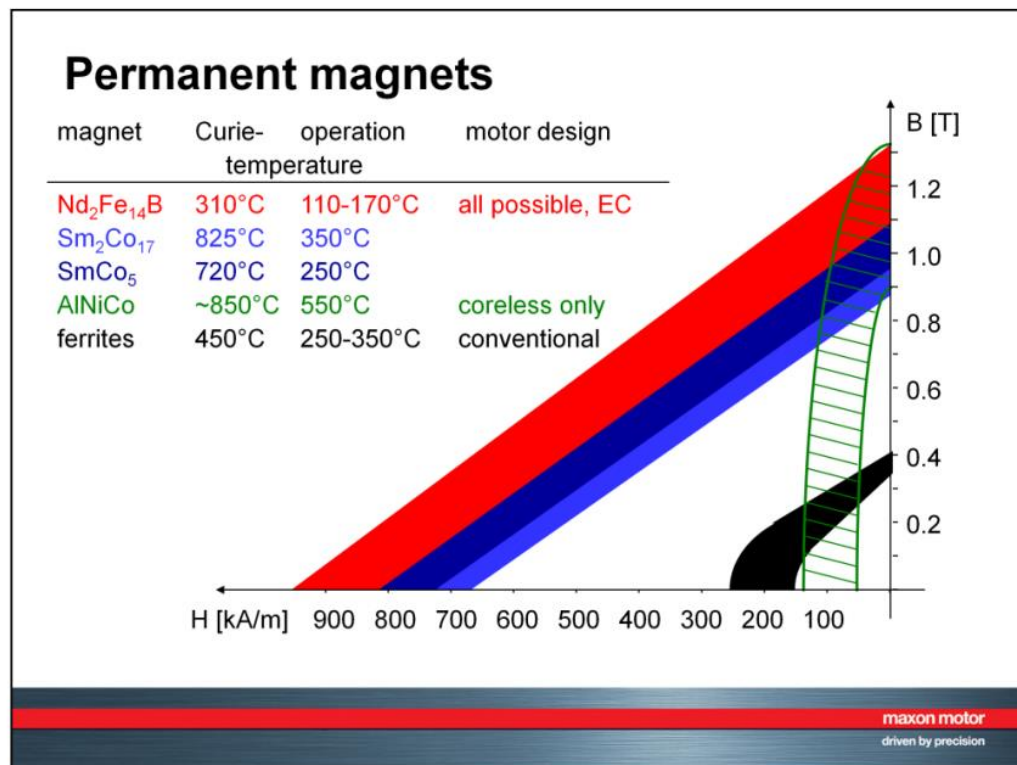


- 不同的应用场景，对运行条件、功率和成本有不同的诉求，空心杯电芯的结构部件有多种衍生；
- 用量：根据灵活程度的需求，常规单手搭载六件，即每个手指一颗/拇指两颗，单台人形机器人，预计搭载**12件**空心杯电机。

## 空心杯电机：材料选型

### ■ 材料

#### ➤ 永磁体材料



- AlNiCo和NdFeB均具有较高的剩余磁性；
- AlNiCo具有陡峭的退磁曲线，产生的气隙较窄，线圈绕组的厚度可做得非常薄（但电流密度变小，产生的力也变小）；
- 稀土磁铁具有非常高的矫顽场强，即很难消磁；其产生的气隙更大，线圈绕组需要做得更粗，整体更坚固；

- 不同永磁体的特点和性能存在差异，在保证产生的磁场稳定的同时，需根据应用场景对工作温度、环境的要求，合理的配置永磁材料，达到电机的性能和成本效应最大化。



## 空心杯电机：材料选型

### ■ 材料

#### ➤ 电刷



- 贵金属电刷:
  - 适用小电流、低电压
  - 适用连续运行模式
  - 低摩擦、噪声
  - 低电池干涉
  - 适用小型电机
  - 价格便宜
- 石墨电刷:
  - 适用高电流、峰值电流
  - 适用启停、反转运行模式
  - 高摩擦、无负载电流
  - 电损耗、噪声更高
  - 价格更贵

#### ➤ 轴承



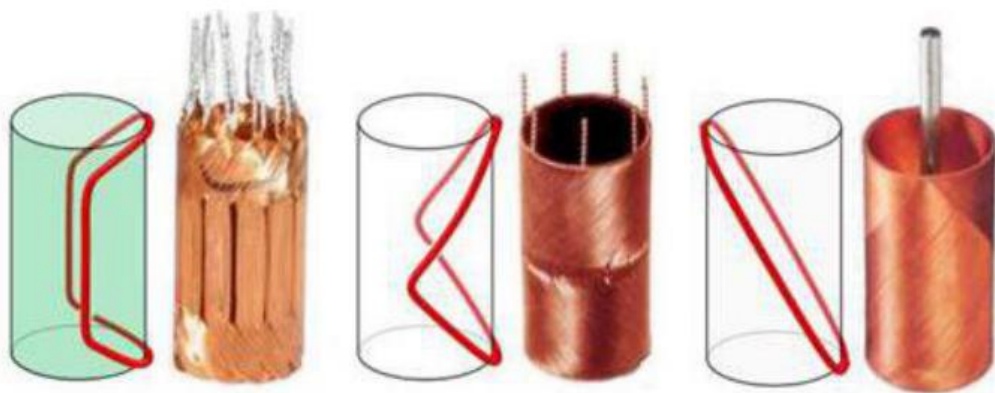
- 滚珠轴承:
  - 适用于较高的轴向和径向负载
  - 适用于所有运行模式
  - 使用于大型电机
  - 价格更贵、若无预加负载
- 套筒轴承:
  - 适用于连续高转速的运行模式
  - 适用于小型电机
  - 低摩擦、低噪声
  - 价格便宜
- 轴承的使用一定情况下也会影响电机寿命。

➤ 石墨电刷 (>26mm,>10W) 更适用于大电机, 贵金属电刷更适用于小电机 (<13mm);

## 空心杯电机：壁垒

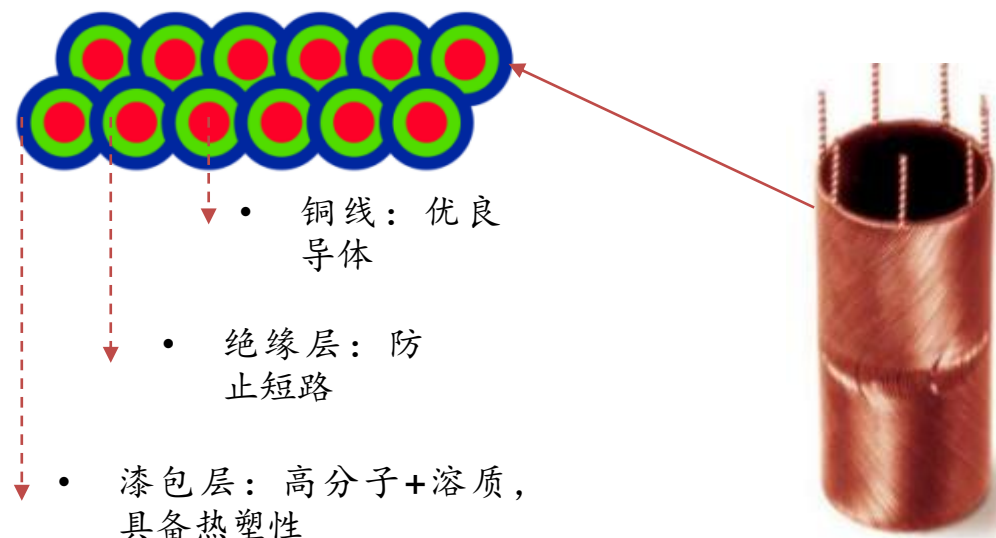
### ■ 线圈绕组

#### ➢ 典型的绕组方式（直线形、马鞍形、斜绕形）



- 直线形：
  - 六角线环状的绕线方式，更适用于长尺寸，长径比大的线圈柱体绕组；
- 马鞍形：
  - 斜方形式的绕线方式，Maxon 主要采用此种方法；
- 斜绕形：
  - 在圆柱体对角线上进行绕线排布，多见于 Faulhaber 的产品；

#### ➢ 漆包线结构

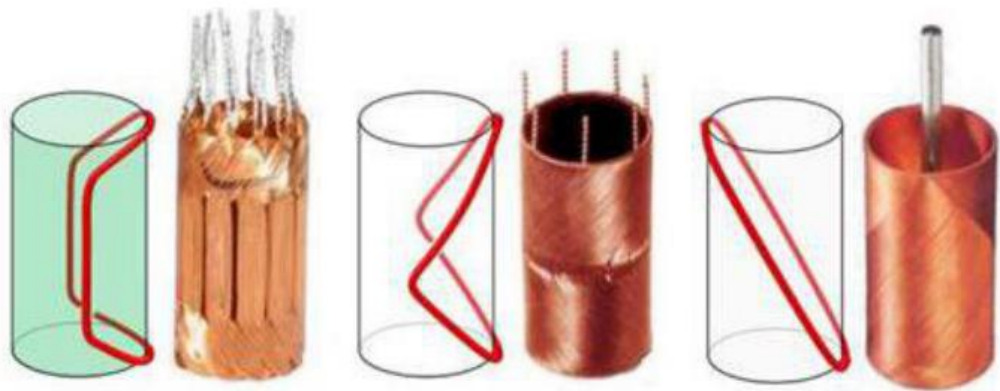


- 铜线：优良导体
  - 绝缘层：防止短路
  - 漆包层：高分子+溶质，具备热塑性
- 无铁芯的自支持线圈绕组由漆包线绕制而成；
  - 在线圈绕组的制备过程中，通过外加压力和加热，使得相邻的漆包线熔融并相互连接，同时复合高分子溶质溢出，冷却后获得一定的硬度和稳定性；
  - 可在柱体缠绕粘合带（胶带或玻璃纤维）以增强绕组的强度和形状稳定性，避免高电流负载造成的漆包线软化。

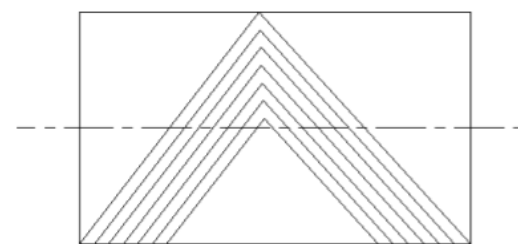
## 空心杯电机：壁垒

### ■ 线圈绕组

#### ➤ 直线形 Vs 马鞍形&斜绕形

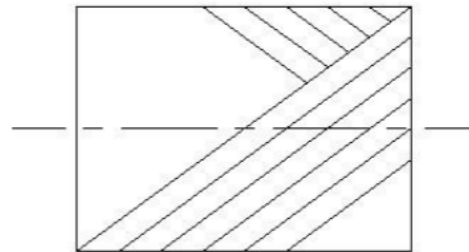


#### ➤ 马鞍形 Vs 斜绕式



(a) 马鞍形

$$K_m = 12.38 \frac{w_\phi P}{a_i} \phi_\delta \times 10^{-5}$$



(b) 斜绕形

$$P_{Cu\alpha} = 2I_\phi^2 \cdot r_\phi$$

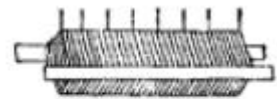
- 马鞍形：
- 线圈几何形状规整，相互独立排列，铜线间不发生干涉；
- 端部重叠率低，线圈厚度较薄，磁场气隙小，即永磁体定子的利用效率提高，同等面积下磁通量增大。根据转矩常数公式a，同输出功率，转矩输出能力强；
- 磁场切割长度增加，同等情况材料耗费小，即铜线总长减小，内阻降低；根据公式，铜损随电阻减少，输出效率提升。

- 直线形：上下两端部的绕组不产生力矩，却增加了电枢的整体重量，受限于此，常用于线圈匝数要求较少的场景；
- 马鞍形&斜绕形：无端部绕组，导线利用率高，重量优化，同等条件下具备转动惯量、时间常数小，输出力矩大等优势，为目前海外厂商主流的线型设计；
- 空心杯电机的设计要点在于追求小型化的同时提供效率更高、更大的输出，线圈绕组设计是核心影响因子，包括绕线方式（排布、槽满率等）、绕组参数（节距、匝数、抽头数等），掌握相关工艺的先进入者，存在先发优势。

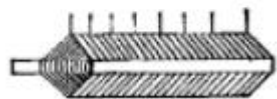
## 空心杯电机：壁垒

### ■ 绕组设备

#### ➤ 空心杯电机的绕线工艺



1) 卷绕-> 坯线圈



2) 压制-> 线板



3) 线板卷绕-> 线圈



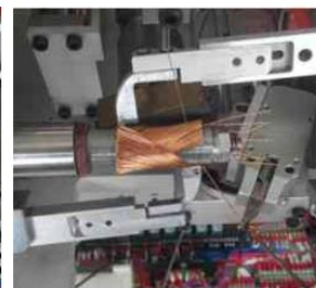
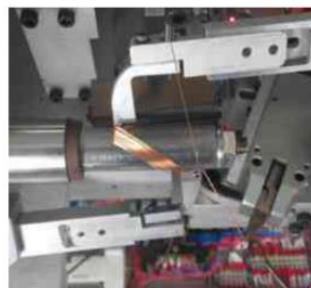
#### • 一次成型生产工艺

➤ 绕卷式生产工艺流程：优势在于设备简单，外形规整，但步骤繁琐、工艺复杂导致废品率、时间损耗高，不适合大批量自动化生产，人工劳动强度大；

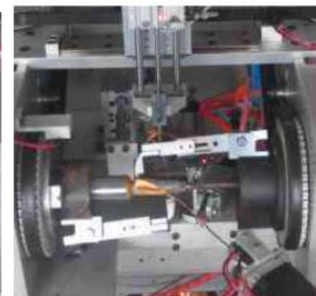
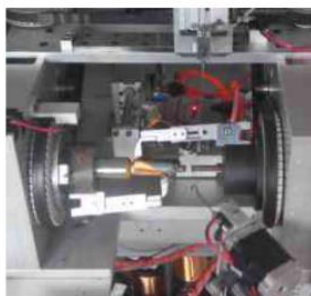
➤ 一次成型生产工艺：自动化程度高，一次性绕制成型，在生产效率和成本上具备优势。

#### • 绕卷式生产工艺流程

#### ➤ 一次绕线设备-总体方案设计



1) 线圈绕线



2) 线圈抽头

➤ 绕线运动规划：包括路径设计及速度控制，前者意味着合理规划形状和运动模式，提高线圈绕组质量；后者直接影响铜线轨迹、线圈精度和效率。

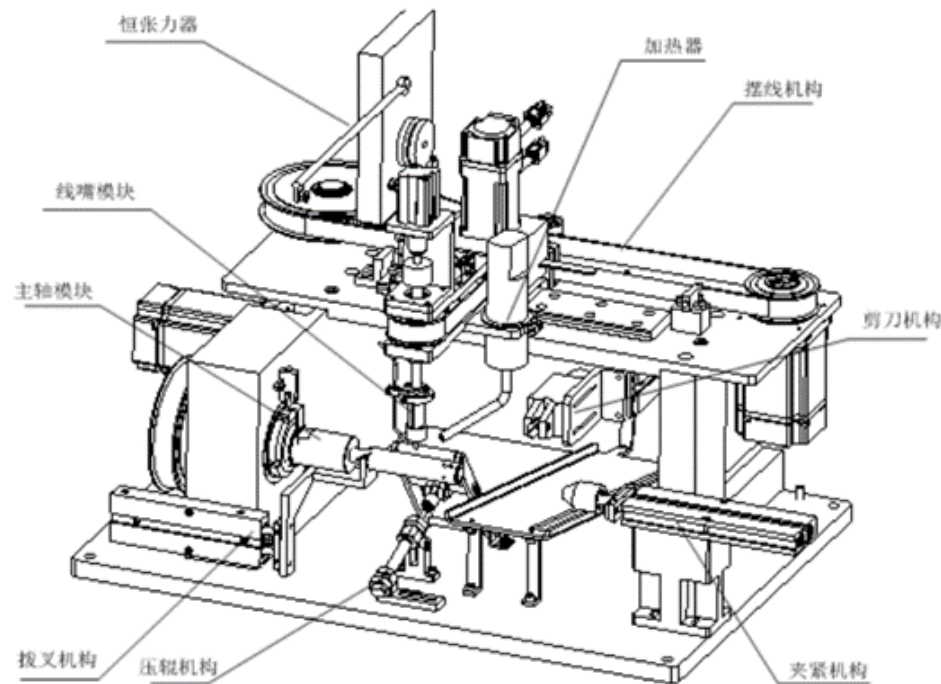
➤ 抽头：整个线圈绕组分为多个部分，每个部分留有抽头，其与一个换向片相连，因此通过对各抽头的通/断电，可起到控制线圈磁场的方向和旋转方向的作用。



## 空心杯电机：壁垒

### ■ 绕组设备

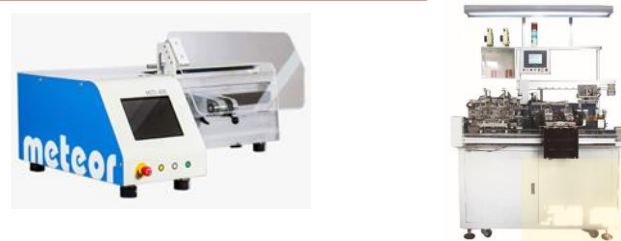
#### ➤ 一次绕线设备-机械结构设计



#### ➤ 绕线设备厂家

项目	瑞士Meteor	中特科技
产品型号	M22	DCU13020P12-S001
使用尺寸 (线径范围)	最小0.01mm	最小0.025mm
主轴个数	1	1
主轴转速	12000rpm	6000 rpm
工作电源电压	230 V/50-60Hz	220 V/50-60Hz
排线器最大移动范围	400-1600mm可定制	
绕线速度	90mm/s	
最大绕线直径	200mm	

图示



- **主轴模块&摆线机构：**线圈轨迹通过主轴的转动和线嘴的移动达成，主轴通常按匀速转动，摆线机构能否保证一定的速度和位置精度完成对于动作，决定了绕线轨迹的准确性；
- **辅助机制：**抽头产生，加工过程主轴、摆线运动在指定位置暂停，导线被拉出一定长度，对位置精度控制亦有要求；

- 海外空心杯电机生产设备供应商核心玩家为瑞士Meteor与日本Nippon Serbig，其技术成熟度高，产品系列齐全，可靠性高，受限于产能及技术保密，设备获取存在一定壁垒；
- 我国设备厂商起步晚于海外20-30年，在生产技术水平相比存在一定的差距，目前仍以卷绕式生产设备为主。



## 空心杯电机：壁垒

### ■ 产品丰富性

#### ➤ 小型化



- 鸣志电器有刷空心杯电机：
- Ø8mm~Ø24mm 等多种外径规格



- 鸣志电器无刷无齿槽电机：
- Ø13mm, Ø16mm, Ø22mm等多种外径规格

- Maxon：外径规格可选4-90mm，产品矩阵丰富；
- Faulhaber：无刷无齿槽电机外径低至3mm，同时提供匹配其应用的高度紧凑齿轮箱、速度控制器配件。

#### ➤ 功能性

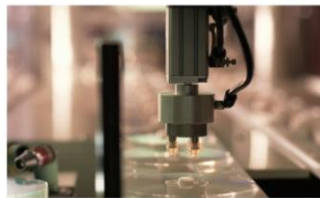
灭菌，耐温：

- 医疗应用



快速响应：

- 各种随动系统，如导弹、自动调焦、工业自动化



重量轻，体积小，能耗低：

- 飞行器



新兴应用：

- 光学仪器、人形机器人等



## 空心杯电机：相关标的

### ■ 鸣志电器：国内空心杯电机头部玩家

#### ➤ 同尺寸产品对标情况

项目	MAXON	鸣志电器
产品型号	RE 13	DCU13020P12-S001
电刷类型	稀有金属电刷	稀有金属电刷
电机长度	19.8mm	19.7mm
电机直径	13mm	13mm
空载转速	11200 rpm	12900 rpm
额定转矩（最大连续转矩）	1.25 mNm	1.1 mNm
额定电压	12 V	12 V
额定功率	1.2W	1.7W
堵转转矩	2.65 mNm	5.54 mNm
最大效率	68%	79%
绕组最高允许温度	85 ° C	100 ° C
热时间常数（电机）	179 s	76 s
热时间常数（绕组）	4.96 s	4.14 s
机械时间常数	13.6 ms	7.77 ms
重量	0.012 kg	0.014 kg
价格	709	583

- 在同等条件下，相关产品相较海外头部企业MAXON具备一定的竞争力；

#### ➤ 微型运动控制的一站式解决方案

##### 电机

有刷无铁芯电机 无刷无齿槽电机

##### 齿轮箱

行星齿轮箱 直齿齿轮箱

##### 传感器

磁性编码器 光电编码器

##### 控制系统

伺服驱动器（带嵌入式运动控制器功能）

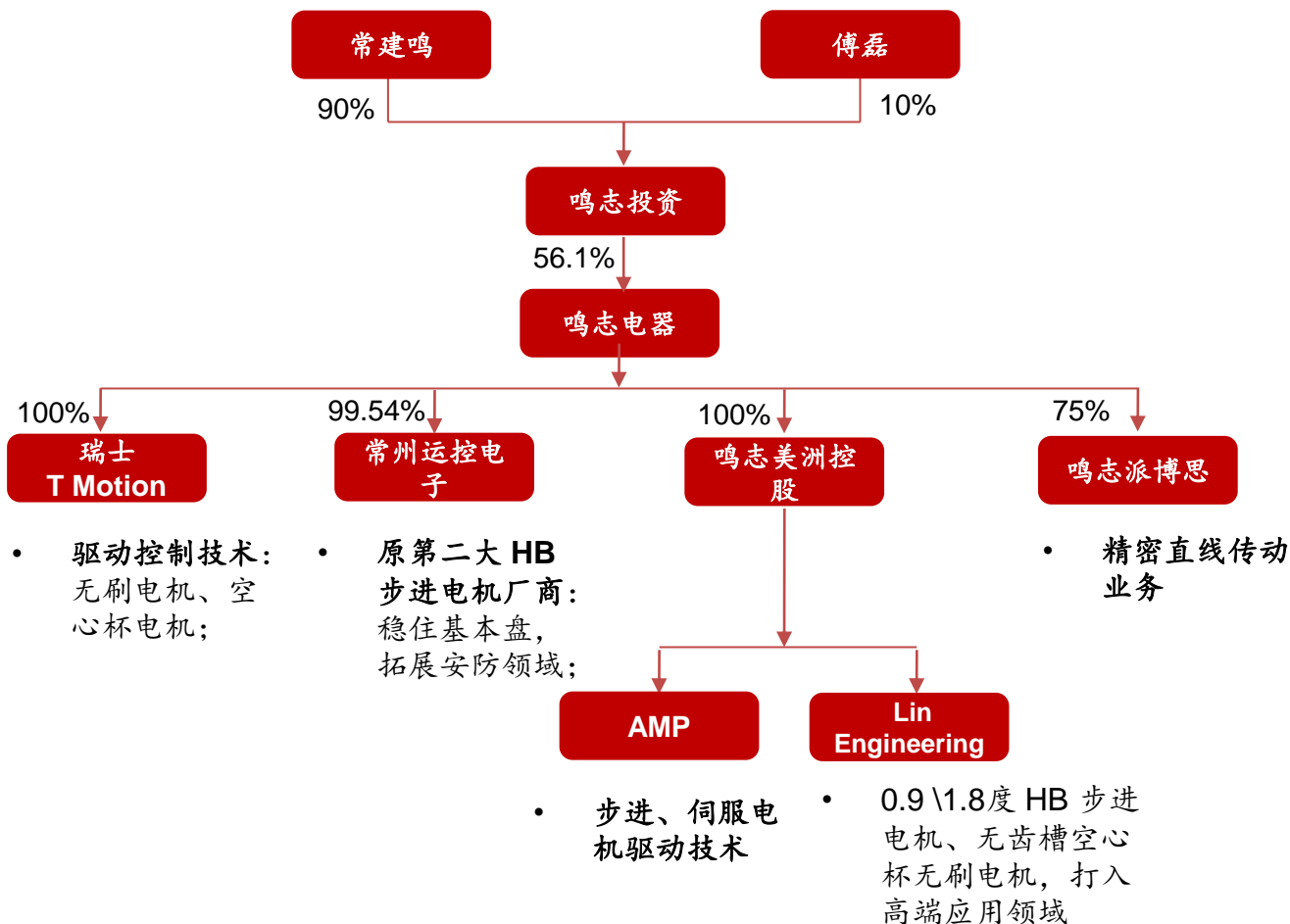
##### 传动机构

螺纹丝杆 滚珠丝杆



- 公司具备一体化整合能力：整合电机+减速机+控制器，输出一体机，产品竞争力、价值量提升。

- **鸣志电器股权架构：截至2023年7月**



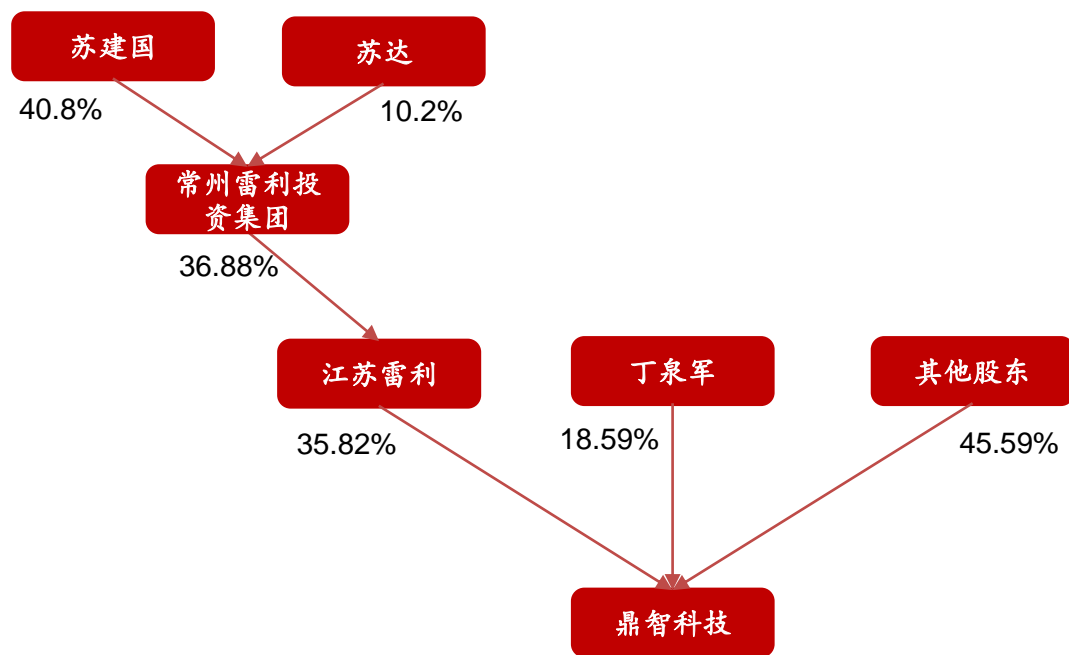
- **步进基本盘：**龙头地位巩固，22年混合式步进电机产量约1,800万台，跻身全球Top3；
- **海外销售体系完善：**美、意、日、新设立全资子公司负责全球销售服务，2022年海外收入14.2+亿，占比48.1%；收购AMP、Lin，解决进入北美工业自动化领域面临的客户服务障碍；
- **产能情况：**越南工厂，建设 400 万台/年混合式步进电机项目；太仓工厂，公司目前规模最大，产品线最完整的生产基地，22年Q3上海工厂主要产能按计划分期转移至该基地。



## 空心杯电机：相关标的

### ■ 江苏雷利/鼎智科技

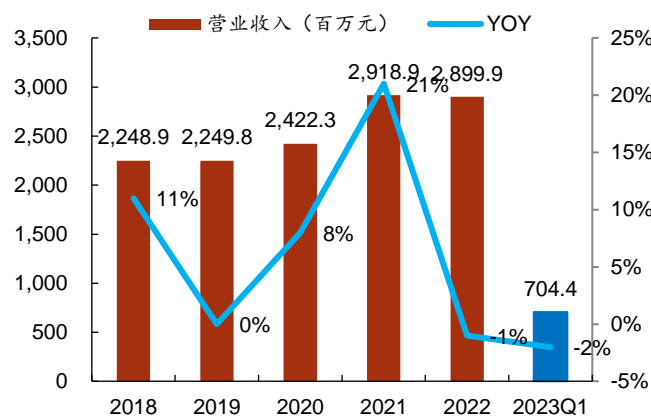
#### ➤ 鼎智科技股权穿透情况（截止2023年Q1）



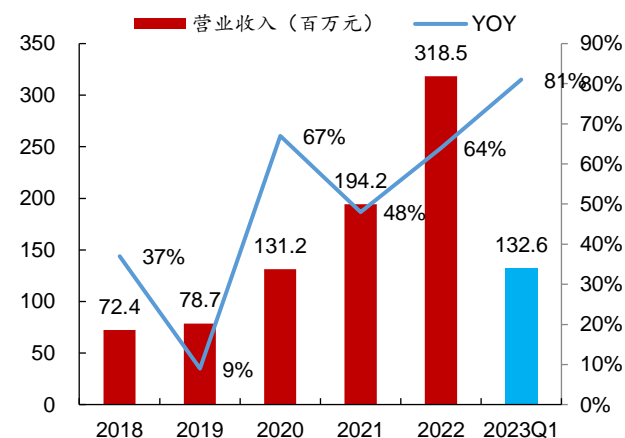
- 鼎智科技控股股东为江苏雷利电机股份有限公司；实控人为苏建国、苏达父子。

#### ➤ 业绩情况

##### • 江苏雷利



##### • 鼎智科技



#### ➤ 鼎智科技空心杯电机系列产品





3

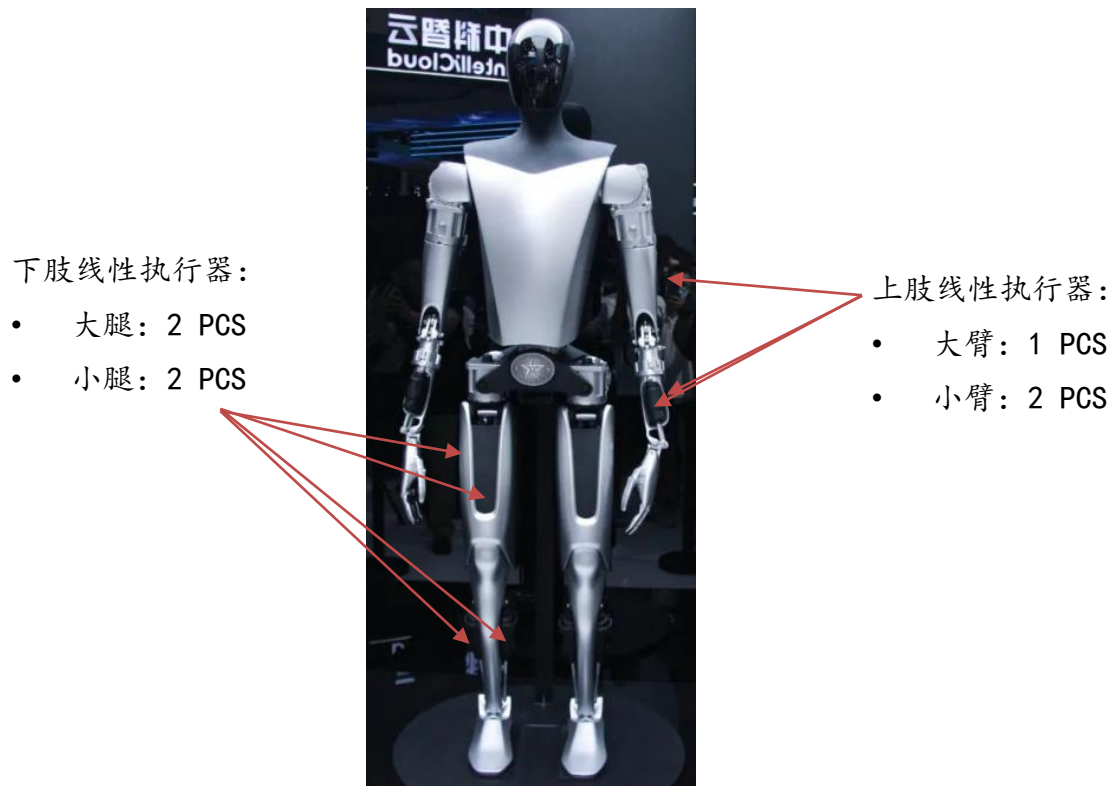
## 核心部件2：滚柱丝杆



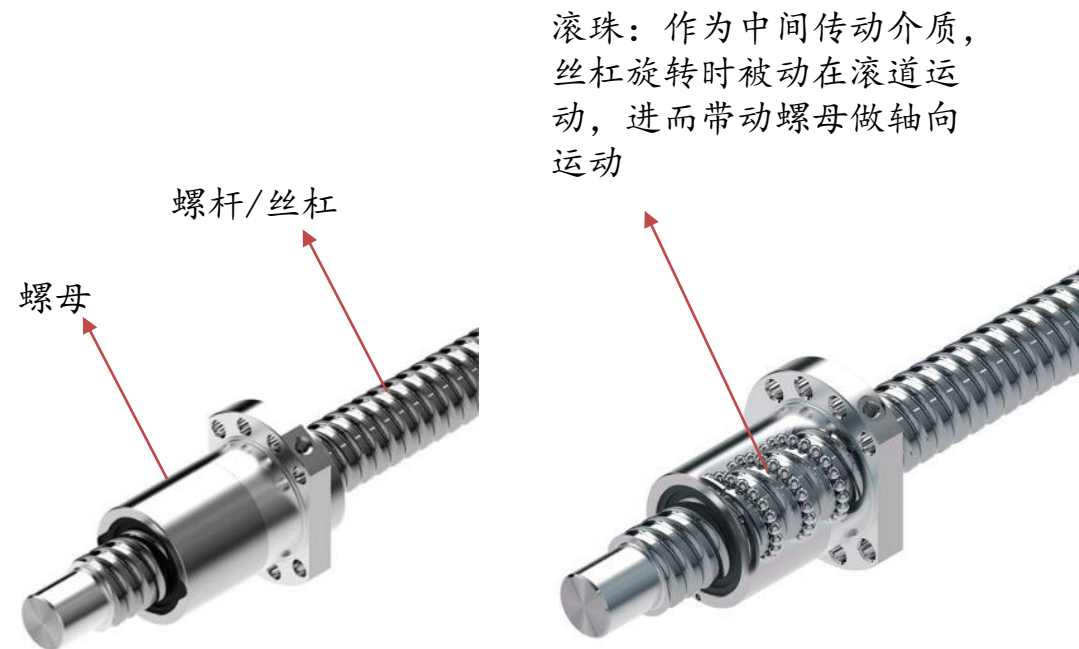
## 丝杆产品：原理

### ■ 原理

#### ➤ 人形机器人关节：线性执行器



#### ➤ 滚珠/滚柱丝杠：将旋转运动和直线运动进行相互转换



- 线性执行器：行星滚柱丝杠 + 伺服电机 + 传感器 + 结构件等。
- 单腿4个电缸，下半身合计8个；手臂3个电缸，上肢合计6个，单台人形机器人预计搭载14个线性执行器。

- 螺母（或丝杠）可与机械的移动部位相连，电机为丝杠（或螺母）提供旋转运动的动力，进而通过传动介质（滚珠、滚柱）与螺母间的摩擦力，控制螺母（或丝杠）的直线位移。

## 丝杆产品：分类

### ■ 分类：滚珠丝杠

#### 滚珠丝杠

##### 精度等级

轧制：冷挤压成型，表面更致密光滑，生产效率高

磨削：采用磨床对圆弧槽进行精密加工，精度更高

##### 滚珠循环方式

外循环：滚珠在循环过程中，与丝杠脱离接触，适用于大直径螺母

内循环：滚珠在循环过程中始终与丝杠保持接触，适用于小体积的滚珠丝杠

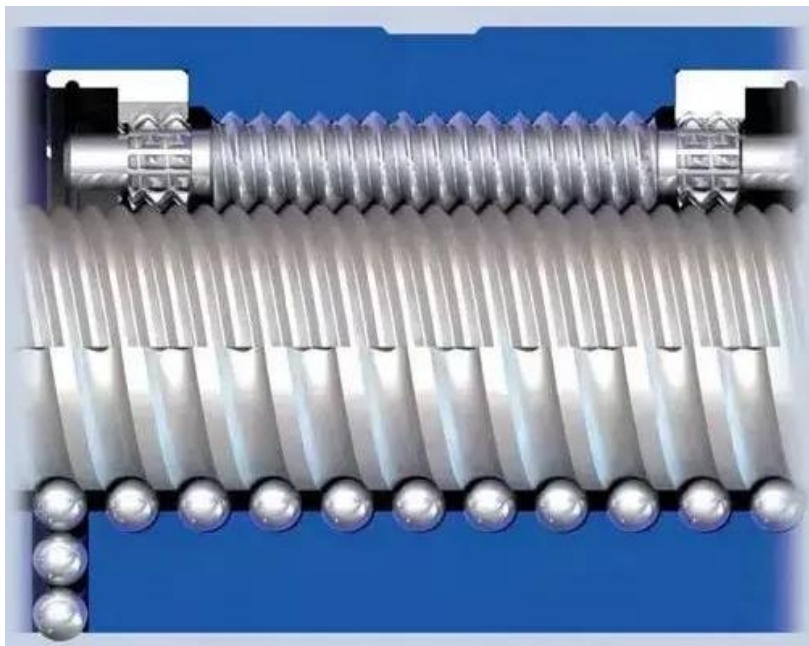
端盖式：在螺母盖板上加工出回程通道，两端开孔，适用于大导程的滚珠丝杠



## 丝杆产品：分类

### ■ 滚珠丝杠 vs 滚柱丝杠

#### ➤ 滚珠 & 滚柱



#### ➤ 滚柱丝杠相对优势

序号	变化	相对优势
1	点接触->线接触	承载能力提高，寿命延长~10倍 在同等的承载能力下转速比提高50%
2	滚珠->滚柱	加速比达高3倍 对运动方向变化操控性更佳，摩擦扭矩稳定，震动、噪声小
3	无再循环元件	消除潜在故障模式
4	小导程应用（循环式）	导程可低至1mm，与同等滚珠产品承载能力、轴向刚度高
5	适用尺寸范围广	最大直径达210mm

- **高载荷：**更多的接触点，接触总表面积增加，因而具有更大的动态载荷承载能力和静态载荷承载能力；
- **可靠性、寿命优化：**无再循环元件、卫星滚柱分布均匀，排除潜在的故障模式、因相互摩擦和冲击造成的故障率降低；
- **小导程下仍兼具较高的承载能力和轴向刚度：**最大限度地降低输入扭矩要求，同时保证定位精度。

## 丝杠产品：分类

### ■ 分类：滚柱丝杠

#### ➤ 滚珠丝杠分类

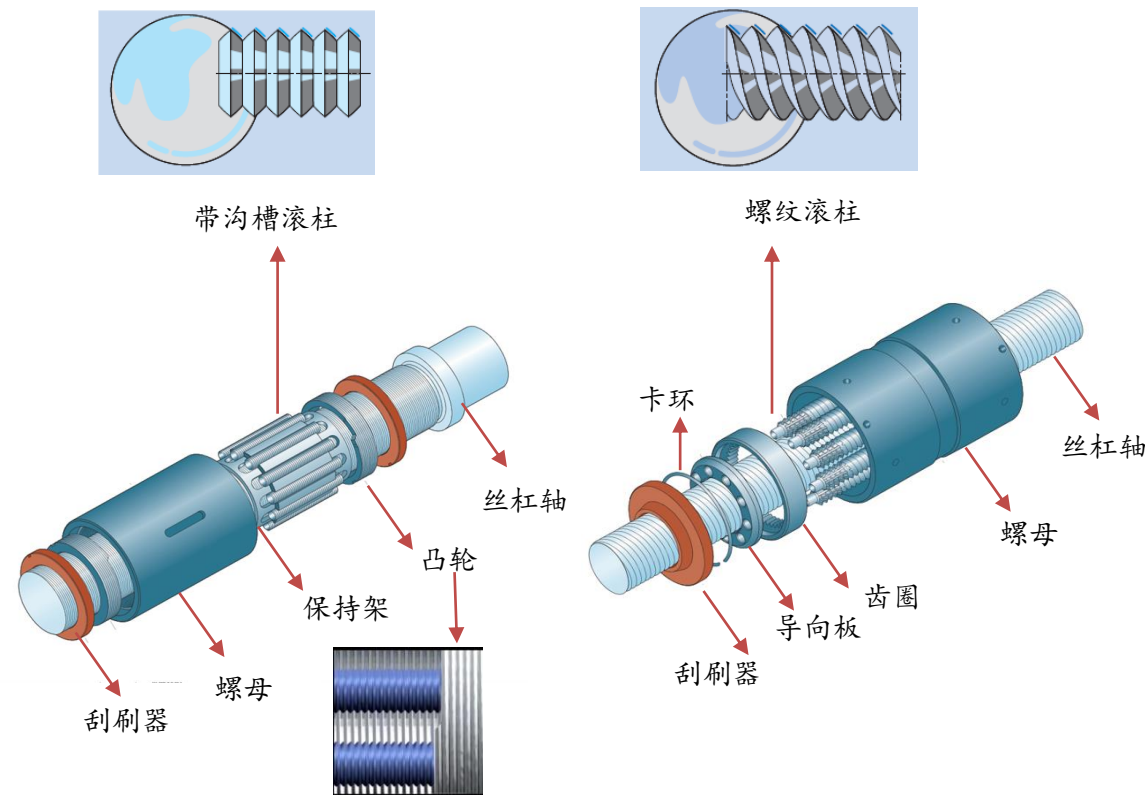
#### 滚柱丝杠

**标准型行星滚柱丝杠：**螺杆做旋转运动，滚柱驱动螺母做直线位移，适用于高负载、高速度和大行程应用；

**反转型行星滚柱丝杠：**螺母做旋转运动，滚柱驱动螺杆做直线位移，最大的优势结构紧凑、轻量化；

**循环式滚柱丝杠：**特点是导程相对小，定位精度高，常用于精密部件的调节，如调节望远镜分辨率。

#### ➤ 行星式 vs 插混式



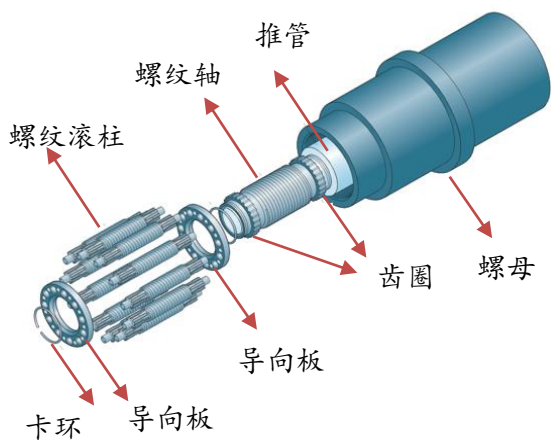
- **循环式滚柱丝杠 vs 标准式行星滚柱丝杠：**1) 滚柱结构是无螺旋角的环槽状；2) 无齿圈结构，滚柱通过保持架导向，其运动方式由凸轮控制（类似滚珠的循环机构，滚柱旋转一圈后被抬起，进入主轴螺母凹槽），具备高定位精度和分辨率；3) 导程可小至1mm，兼具刚度和高的负载力，适用于高精度，中低速运行。



## 丝杆产品：标准式 vs 反转式滚柱丝杠

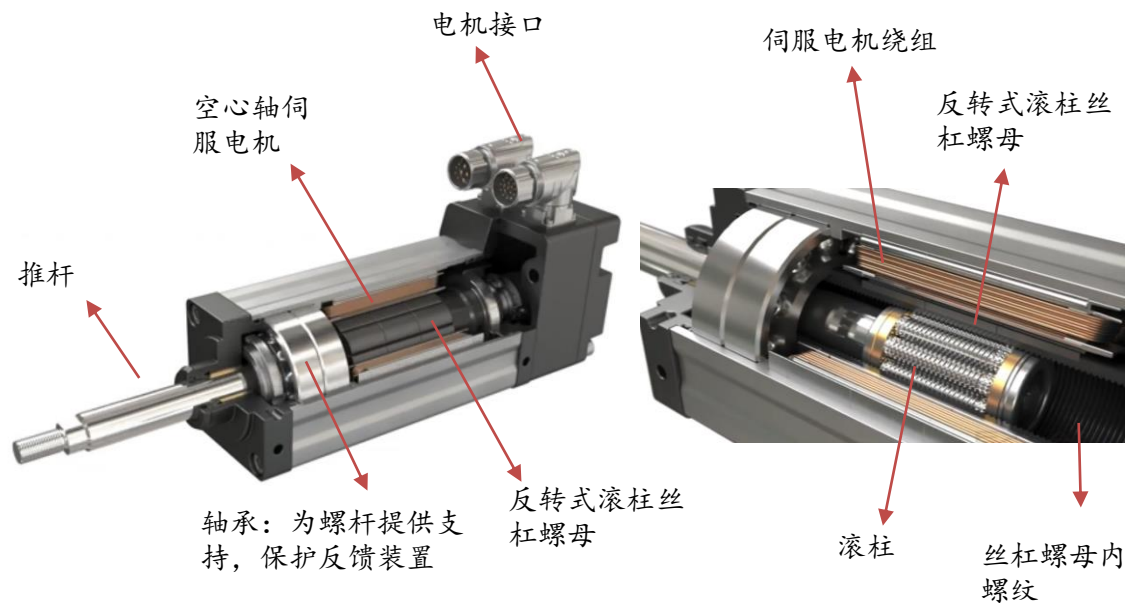
### ■ 标准式 vs 反转式滚柱丝杠

#### ➤ 反转式滚柱丝杠



- 区别于标准式，螺母轴向固定，电机驱动其做旋转运动，进而推动丝杠做直线运动；
- 可实现轴向的高额定载荷、小轴隙、高效率；

#### ➤ 一体化反转式行星丝杠电缸



- 空心轴电机与滚柱丝杠螺母集成，永磁体可以直接集成在滚柱丝杠圆柱外壳，整个电缸实现极大轴向紧凑性；

#### ➤ 传统vs一体化反转滚柱丝杠电缸对比（Ewelix产品）



- 相较传统式，没有变速器或联轴器，可以直接驱动，零部件更少，同时可以释放侧面或内侧的电机空间。



## 丝杆产品：壁垒

### ■ 精度等级

➤ 根据JIS（日本工业标准），以6个进行滚珠丝杠等级区分：C0、C1、C3、C5为精密滚珠丝杠、C7、C10为普通滚珠丝杠。

表1 导程精度(容许值)

单位：μm

精度等级		精密滚珠丝杠										轧制滚珠丝杠		
		C0		C1		C2		C3		C5		C7	C8	C10
螺纹部有效长度		代表运行距离 误差		代表运行距离 误差		代表运行距离 误差		代表运行距离 误差		代表运行距离 误差		运行距离 误差	运行距离 误差	运行距离 误差
大于	小于 等于	变动	变动	变动	变动	变动	变动	变动	变动	变动	变动	误差	误差	误差
—	100	3	3	3.5	5	5	7	8	8	18	18	±50/ 300mm	±100/ 300mm	±210/ 300mm
100	200	3.5	3	4.5	5	7	7	10	8	20	18			
200	315	4	3.5	6	5	8	7	12	8	23	18			
315	400	5	3.5	7	5	9	7	13	10	25	20			
400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	27	20			
500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	30	23			
630	800	7	5	10	7	13	9	18	13	35	25			
800	1000	8	6	11	8	15	10	21	15	40	27			
1000	1250	9	6	13	9	18	11	24	16	46	30			
1250	1600	11	7	15	10	21	13	29	18	54	35			
1600	2000	—	—	18	11	25	15	35	21	65	40			
2000	2500	—	—	22	13	30	18	41	24	77	46			
2500	3150	—	—	26	15	36	21	50	29	93	54			
3150	4000	—	—	30	18	44	25	60	35	115	65			
4000	5000	—	—	—	—	52	30	72	41	140	77			
5000	6300	—	—	—	—	65	36	90	50	170	93			
6300	8000	—	—	—	—	—	—	110	60	210	115			
8000	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	260	140			

注)螺纹部有效长度的单位：mm

➤ 根据国标GB/T 39961-2021，精度等级有P1、P2、P3、P4、P5、P7、P10。

表 1 轴颈直径尺寸公差带和粗糙度

单位为微米

滚珠丝杠副 精度等级	支承轴颈 $d_3$		轴颈 $d_4$	
	公差带	表面粗糙度 $R_a$	公差带	表面粗糙度 $R_a$
0	h5、js5 或 j5	0.4	h7	0.4
1、2、3	h6、js6 或 j6	0.4		0.4
4、5		0.8		0.8
7、10		0.8		1.6

## 丝杠产品：壁垒

### ■ 工艺：轧制 vs 磨削

- 丝杠的制造方式可分为轧制（或滚轧制造）和磨制（研磨制造），工艺差异形成不同的精度等级，磨制可以生产出更高精度的产品，而轧制的生产效率显著提高。



德国CNC10米高速硬体旋铣螺纹加工机床



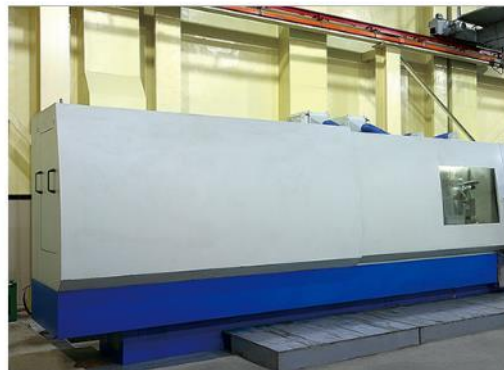
INDEX车铣复合加工中心



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

- 轧制方式能达到的最高精度是**C5级**，因此实际上滚柱丝杠的生产多以磨削为主，因螺纹的精细要求，轧制很难达到对应的轮廓度和螺距公差标准；一致性的缺失，导致机械高速运行过程中，滚柱出现卡顿、发热等隐患，进而影响使用寿命。

## 丝杆产品：壁垒

### ■ 工艺：精密丝杠加工工序

步骤	工序	步骤	工序
1	锻造	13	人工时效(t=260C)
2	热处理：球化退火	14	研磨两顶尖孔
3	车端面打中心孔	15	半精磨外圆
4	粗车外圆	16	半精磨螺纹
5	高温时效	17	人工时效(t=160C)
6	牢外圆打中心孔	18	研磨两顶尖孔
7	半精车外圆	19	精磨外圆，检查
8	粗磨外圆	20	精磨螺纹(磨出小径)
9	淬火(t=800C)，中温回火(t=260C)	21	研磨两顶尖孔
10	研磨两顶尖孔	22	终磨螺纹
11	粗磨外圆	23	终磨外圆
12	粗磨出螺纹槽	24	研磨止推端面

- **磨制加工：**1) 对外圆和螺纹的磨削可分多次进行，切削量逐步减少以降低切削力、内应力，加工误差；2) 粗加工外圆及螺纹后进行时效处理，消除内应力；3) 加工过程涉及人工校直及工艺参数调节，同时需开发专用的测试手段、设备，需要一定的know-how经验沉淀。
- **热处理：**使材料获得较高强度、优良的耐磨性。1) 材料选择：需要具备好的淬透性，且热变形小、不易裂纹；2) 需开发检测手段、设备，规避热处理后的微观裂纹，同时需要研磨中心孔，修复热处理产生的形变。

## 丝杆产品：壁垒

### ■ 设备

#### ➤ 磨床配件—砂轮



#### 砂轮关键要素：1) 材料；2) 制造工艺；3) 维护

- 材料：包括磨料+结合剂+气孔。磨料直接用作工件切削；结合剂赋予磨料一定强度和形状，保证砂轮在特定削磨速度下得以安全使用；气孔磨料与结合剂之间，有利于磨削锋利性和磨屑排除；
- 砂轮需要进入螺母内部进行磨削，有小型化的要求；
- 砂轮使用过程磨损，将影响磨削质量和精度，需要对此进行补偿和维持，保证产品一致性。

#### ➤ 高精度磨床—螺纹磨床

类型	精高效数控丝杠磨床	螺母内螺纹磨削
型号	SK7432×15GX	SKR7612A
可磨直径	Φ20mm~250mm	内螺纹：16--60mm 外圆：120mm
可磨螺纹的螺距	1.5~48mm	1~24mm
可磨螺纹最大导程	300mm	
角度	可磨螺纹最大螺旋升角： ±25°	可磨螺纹最大导程角： ±12°
可磨螺纹头数	1~99（任意）	1~45（任意）

图示



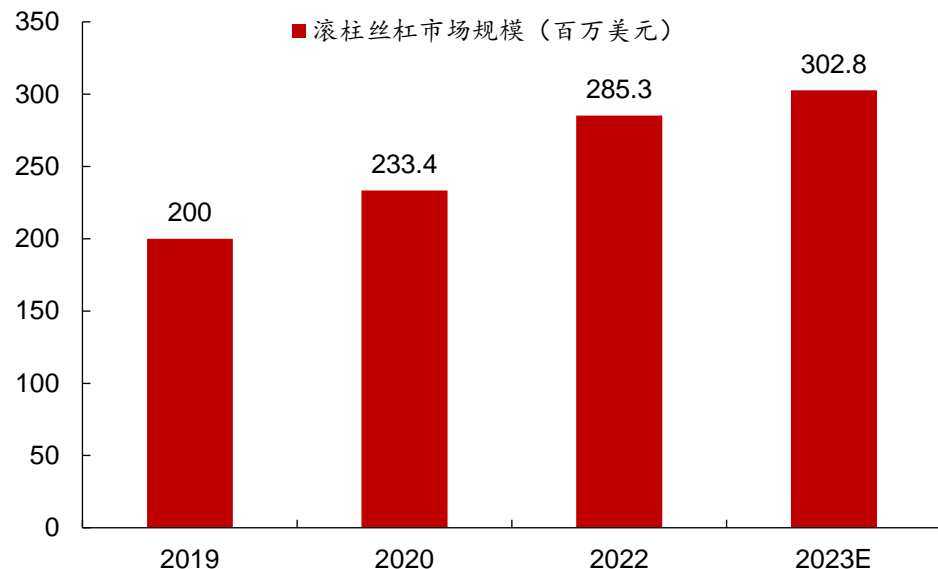
- 磨床表面的光洁度，与齿形的精度相关性大，齿轮的精度影响丝杠运行平稳性、噪声、顺畅性和寿命。



## 丝杠产品：相关标的

### ■ 滚柱丝杠市场情况

#### ➤ 滚柱丝杠市场份额



- 根据Persistence Market Research的统计数据，2022年滚柱丝杠全球市场规模接近2.85亿美元，预计2023年增长至3亿美元；
- 受限于制造工艺难度高，生产设备有限，市场需求有限，滚柱丝杠市场规模远低于滚珠（据华经产业研究院预测，22年全球规模18.6亿美元）；
- 滚柱丝杠导入人形机器人产业链，市场空间有望大幅提升。

- **品牌：**主要的丝杠厂家为SKF，瑞典GSA &Rollvis，德国博世力士乐 Rexroth，Ewellx（滚柱丝杠）；日本NSK，THK（滚珠丝杠）。

厂家	产品系列	精度水平	尺寸范围	导程范围	动载荷 (30x5m m产品为 例)	静载荷 (30x5m m产品为 例)	特点
Rollvis	标准式 反转式 循环式 微分式	G1- G5	螺杆: 3.5-210mm 螺母: 15-440mm	1-50mm	107kN	224.7kN	产品品类 齐全
Rexroth	行星式	T5\T7\ T9	15-75mm	5/10/10/20 mm			轧制工艺 领先
南京工艺	行星式 循环式		螺杆: 30.6-61.5mm 螺母: 97-180mm		106kN	174kN	
博特精工	行星式	G3- G5	螺杆: 24-63mm 螺母: 48-118mm	2-10mm			

- Persistence Market Research预计2023年Top3厂家市场份额接近47.4%；
- 国内厂商起步较晚，在产品型号覆盖面、载荷能力上与海外头部厂家存在一定差距。



## 丝杆产品：相关标的

### ■ 滚柱/滚珠丝杠相关标的

公司	相关进展	目标
恒立液压	投资14亿建设线性驱动器项目 项目处在基建阶段，预计2024年Q1度投产	工程机械领域电缸应用
贝斯特	大力布局直线滚动功能部件领域	滚珠丝杠
长盛轴承	2022年9月发布定增预案，拟投2.65亿建设自润滑轴承技改扩产项目，项目包含3万套滚珠丝杠产能，预计建设周期2年	滚珠丝杠
鼎智科技	微型行星滚柱丝杠的研发与生产上已有里程碑式达成，滚珠丝杠线性执行器领域已形成成熟的系列产品，精度等级G3-G5	滑动丝杠、滚动丝杠，行星滚柱丝杠
秦川机床	2023年5月发布定增说明，募投项目预计达产后子公司汉江机床新增滚珠丝杠/精密螺杆副产能28万件/年、滑动直线导轨产能13万米/年，建设周期36个月	滚珠丝杠



4

风险提示

## 4. 风险提示

- **下游制造业需求不及预期。**电机需求受下游制造业需求影响较大，若经济增速放缓，下游制造业需求不振，将影响电机行业整体需求，从而导致公司电机产品及其控制系统销量下滑，影响公司业绩。
- **国际贸易摩擦的风险。**公司的海外业务占比较高，且多在欧美、日本等发达经济体，若贸易摩擦、逆全球化趋势不能得到遏制，将可能对公司国际业务产生不利影响。
- **行业竞争加剧。**电机行业总体为成熟市场，竞争对手较多，若发生价格战等恶性竞争情况，将对公司盈利能力产生负面影响。
- **研报使用信息数据更新不及时的风险。**报告中部分内容来自于公开资料，可能存在公开资料信息滞后或更新不及时的情况。
- **技术进步带来的相关风险。**电机行业技术进步带来行业格局变化，若公司未能及时研发出适应下游需求的新产品，可能对公司产生不利影响。

## 重要声明

- 中泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。
- 本报告基于本公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，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，可能会随时调整。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。
- 市场有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。
- 投资者应注意，在法律允许的情况下，本公司及其本公司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投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司及其本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息。
- 本报告版权归“中泰证券股份有限公司”所有。事先未经本公司书面授权，任何机构和个人，不得对本报告进行任何形式的翻版、发布、复制、转载、刊登、篡改，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。