

证券研究报告·行业深度报告

# 空心杯电机迎国产替代机遇，人形机器人助力市场扩容

## ——工控&机器人系列深度

分析师：吕娟

lyujuan@csc.com.cn

021-68821610

SAC执证编号：S1440519080001

SFC中央编号：B0U764

发布日期：2023年10月21日



# 人工智能产业链联盟

星主： AI产业链盟主

 知识星球

微信扫描预览星球详情



# 概览

## □ 核心观点

- 空心杯电机结构紧凑、效率高，广泛应用于航空航天、工业自动化等高精尖领域和电动工具等民用领域。2021年全球空心杯电机市场规模约6.75亿美元，市场规模受限于较高的应用成本。空心杯电机契合人形机器人机械手需求，根据测算，当特斯拉人形机器人产量达到500万台时，空心杯电机市场扩容216亿元。瑞士MAXON、德国FAULHABER等外资龙头占据绝大部分市场份额，在技术积累、应用领域、定制服务及全球化布局等方面具有优势。以鸣志电器、鼎智科技等为代表的内资厂商持续加大研发投入，实现产品—设备—零部件国产替代三步走，从医疗领域快速进入产业链，收购&设立境外子公司走向全球市场，凭借价格优势有望加速国产替代。

## □ 摘要

- **空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛**
  - ✓ 空心杯电机属于直流、永磁、伺服微特电机，在结构上省去了铁芯，因此能消除涡流、磁滞效应而产生的能量消耗。空心杯电机还有结构紧凑、效率高、精度高等优点。空心杯电机分为有刷、无刷两种，其中有刷空心杯电机采用机械电刷换向，价格相对较低；无刷空心杯电机采用电子换向，转速上限高，转子惯量小，功率体积比大。空心杯电机应用场景广泛，主要应用于航空、航天、工业自动化等尖端行业，逐渐拓展至电动工具等民用领域。
- **市场分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容**
  - ✓ **市场规模：空心杯电机市场规模较小。**全球空心杯市场规模从2021年的6.75亿美元增长至2025年的9.36亿元，CAGR为8.52%。2021年全球空心杯电机市场规模仅占微特电机的1.73%，比重较小。
  - ✓ **规模受限原因：市场空间受应用成本限制，主要由于配套成本高+生产工艺复杂。**空心杯电机价格高于普通直流电机，主要受到配套成本和生产工艺影响。一方面，空心杯电机常与减速箱、编码器等配套设备搭配，配套成本较高；另一方面，空心杯电机生产工艺复杂，线圈生产技术要求较高。
  - ✓ **展望未来：人形机器人为空心杯电机市场空间带来新发展机遇。**空心杯电机和人形机器人的机械手需求高度契合，根据测算，当特斯拉人形机器人产量达到500万台时，空心杯电机市场可扩容216亿元。
- **竞争格局&复盘展望：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起**
  - ✓ **行业格局：外资厂商占据空心杯电机市场主要份额，内资厂商积极布局。**空心杯电机市场集中度高，2021年CR3为55.43%，主要被瑞士Maxon，德国Faulhaber、美国Portescap等外资厂商占据。鸣志电器、鼎智科技、拓邦股份等优质内资厂商积极布局空心杯电机业务，有望逐步实现国产替代。
  - ✓ **复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头。**①技术积累：外资厂商较早涉足空心杯电机业务，拥有数十年技术经验，高精度产品处于领先。②应用领域：外资龙头下游应用广泛，在航空航天等领域具有先入优势。③定制化服务：外资龙头定制化经验丰富，积累实现丰富的驱动配置方案。④全球化布局：外资龙头通过收购兼并不断拓宽区域覆盖，叠加全球化产销布局，筑高进入壁垒。
  - ✓ **展望内资厂商：技术进步、切入医疗领域、海外拓展，借助价格优势加速国产替代。**以鸣志电器、鼎智科技等为代表的内资厂商持续加大研发投入，推进产品—设备—零部件国产替代三步走。同时，内资厂商以医疗等领域作为切入点，积极并购&设立境外子公司完善产品布局，持续打造全球化服务网络，并有望凭借价格优势加速空心杯电机产业链国产替代。

# 目录

- 1. 空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛
  - 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件
  - 1.2 应用领域：广泛用于航空航天、医疗、自动化等高精尖行业，逐步拓展至民用领域
- 2. 行业分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容
- 3. 行业格局：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起
- 4. 重点公司
- 5. 投资建议及相关公司情况
- 6. 风险提示

# 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件

## 1.1.1 空心杯电机属于直流、永磁、伺服微特电机，具有结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定等特点

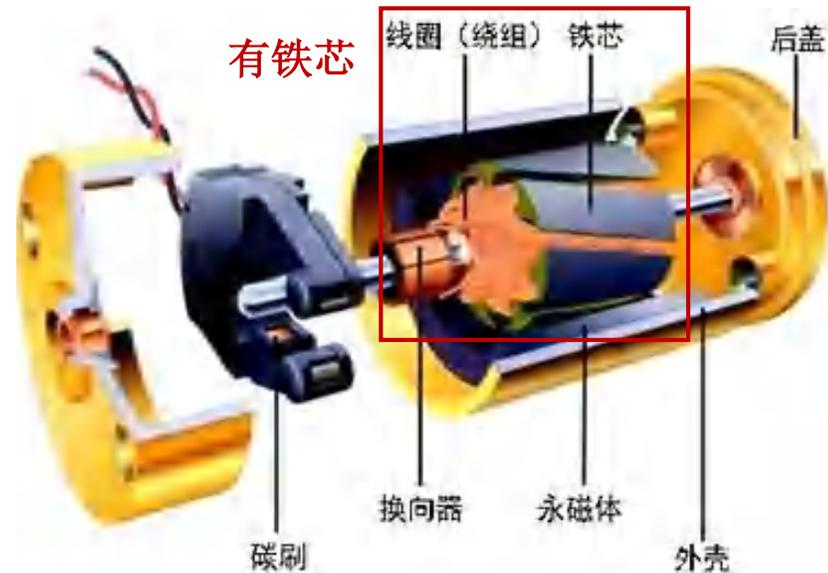
- **空心杯电机是一种无铁芯转子结构的直流电机。**空心杯电机，又称“无铁芯电机”、“无齿槽电机”，是一种特殊结构的直流电机。和传统直流电机相比，空心杯电机省去铁芯作为支撑结构，靠空心杯状的线圈绕组与连接板、主轴等共同组成转子或者定子。
- **空心杯电机属于直流、永磁、伺服微特电机。**根据《电机测试技术与标准应用》和科力尔招股说明书，电机可进行如下分类，①按照电源类型分类：电机可以分为直流电机和交流电机。②按照磁场产生方式分类：电机分为永磁电机和电磁电机。③按照电机用途分类：电机分为驱动电机和控制电机。④按照功率分类：根据科力尔招股说明书，电机分为大型电机、中小型电机和微特电机，其中微特电机功率通常在750瓦以下，外径一般不大于160mm。

图表：空心杯电机结构示意图



无铁芯

图表：传统直流有刷电机结构示意图



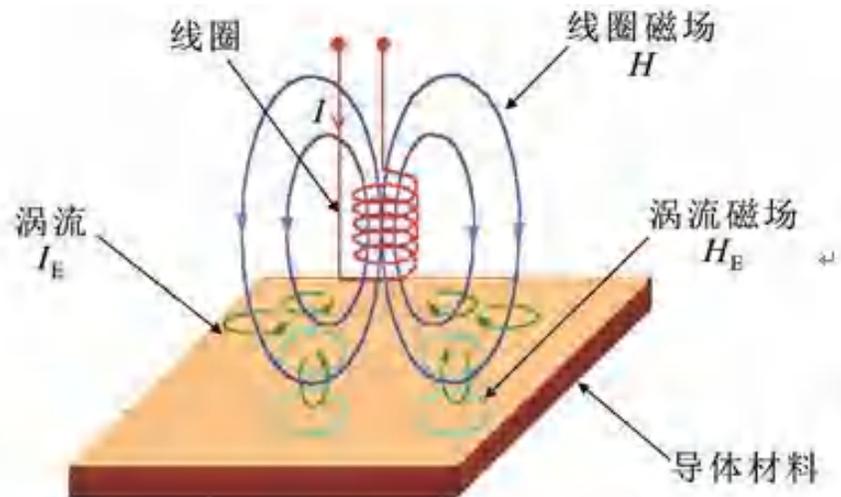
资料来源：鸣志电器官网，中信建投

# 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件

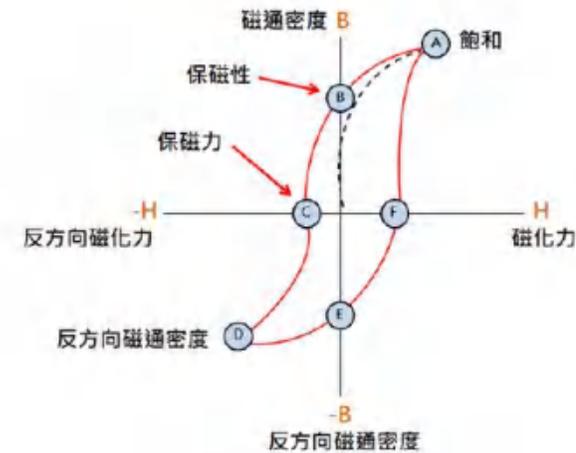
## 1.1.1 空心杯电机属于直流、永磁、伺服微特电机，具有结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定等特点

- **有铁芯电机存在着由于涡流效应、磁滞效应而产生的能量损耗。** ①**涡流效应**：线圈中间的导体在圆周方向等效成一圈圈的闭合电路，同时闭合电路中的磁通量在不断发生改变，因此在导体的圆周方向会产生感应电动势和感应电流，这个现象称为涡流现象。导体在非均匀磁场中移动或处在随时间变化的磁场中时，导体内部产生的电流使导体发热产生能量损耗，该现象称为涡流效应。②**磁滞损耗**：磁滞是指铁磁材料的磁性状态变化时，磁化强度滞后于磁场强度。磁滞损耗是指铁磁体等在反复磁化过程中因磁滞现象而消耗能量。经一次循环，每单位体积铁芯中的磁滞损耗正比于磁滞回线的面积，而这部分能量转化为热能，使设备升温，效率降低。
- **空心杯电机没有铁芯结构，几乎消除了涡流效应、磁滞效应而造成的电能损耗。** 空心杯电机采用空心杯线圈替代铁芯线圈，能几乎全部消除涡流效应和磁滞效应带来的能量损耗。因此，和传统有铁芯电机相比，空心杯电机效率更高。

图表：涡流效应示意图



图表：磁滞曲线



# 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件

## 1.1.1 空心杯电机属于直流、永磁、伺服微特电机，具有结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定等特点

- **空心杯电机结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定。**与传统直流有铁芯电机相比，空心杯电机具有以下优势：**①结构紧凑、重量小、功率体积比大**：空心杯电机没有铁芯，在同等条件下空心杯电机重量减轻1/3-1/2，体积减小1/3-1/2，因此功率体积比较大，代表在相同体积下空心杯电机功率更大，效率更高；**②节能、效率高**：空心杯电机的结构没有齿槽结构和铁芯，消除了由于铁芯形成涡流而造成的电能损耗。同时其重量和转动惯量大幅降低，减少了转子自身的机械能损耗。因此空心杯电机效率可达到85%，高于传统直流电机的75%左右；**③灵敏度高**：空心杯电机机械时间常数较小，仅为28ms，甚至小于10ms，远低于一般铁芯的100ms，因此空心杯电机响应速度快，灵敏性高；**④运行稳定**：空心杯电机转速波动率一般可控制在2%以内，转动稳定，噪声较小。

图表：传统直流电机与空心杯电机对比

电机类型	传统直流电机	空心杯电机
效率	一般在75%左右	效率可达85%以上
重量	同功率条件，较大	同功率条件，与同等功率的一般铁芯电机相比，空心杯电机重量减轻1/3~1/2，体积减小1/3~1/2
功率体积比	较小	较大的功率体积比，一般达30mW/cm <sup>3</sup>
响应速度	铁芯电机机械时间常数一般在100ms以上	灵敏度高，响应速度快，机械时间常数小，一般在28ms以内，部分产品机械时间常数甚至小于10ms
转速	一般在500rpm以上	最高可以达到30000rpm
转速波动	转速波动较难控制	转速波动容易控制，一般可控制在2%以内，噪声小

● 资料来源：《新型空心杯电机线圈精准机设计》、鸣志电器官网，中信建投

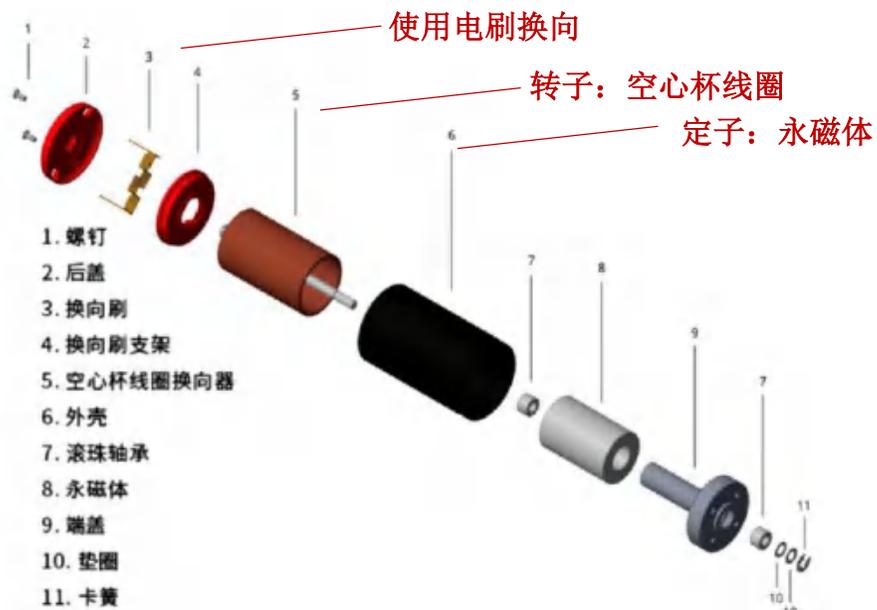
注：效率是指电机输出功率与电机输入功率之比；功率体积比，也称为“功率体积密度”，是指电机输出的功率与其体积之比；电机转速波动是指相比于额定电机转速，实际电机转速的变化比率，其中实际电机转速等于60/实际电源频率；机械时间常数是伺服电机在空载和额定励磁条件下，加以阶跃的额定控制电压，转速从零升到空载转速的63.2%所需时间。

# 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件

## 1.1.2 空心杯电机分为无刷和有刷两种，无刷空心杯电机在转速、重量、功率体积比等方面性能更好

- 空心杯电机可按照换向方式分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机，有刷、无刷空心杯电机结构的区别为定转子工作方式以及是否有换向器。根据鸣志电器官网，有刷空心杯、无刷电机的结构有所区别：  
①**有刷空心杯电机**：主要零件包括带有换向器的空心杯线圈、永磁体、换向刷和换向刷支架，其中换向器使用机械电刷，永磁体为定子，空心杯线圈为转子；  
②**无刷空心杯电机**：主要零件包括空心杯线圈、永磁体转子和霍尔传感器PCB。其中，换向器采用霍尔传感器探测转子磁场信号，将机械换向变成电子信号换向，进一步简化空心杯电机物理结构。无刷空心杯电机的转子为永磁体，定子为空心杯线圈。

图表：有刷空心杯电机结构示意图



图表：无刷空心杯电机结构示意图



# 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件

## 1.1.2 空心杯电机分为无刷和有刷两种，无刷空心杯电机在转速、重量、功率体积比等方面性能更好

- 相比于有刷空心杯电机，无刷空心杯电机性能更好，具备转速上限更高、重量更小、功率体积比更大的优点，但是价格偏高。以鸣志电器尺寸为16mm左右的产品为例，无刷空心杯电机相比有刷空心杯电机具备以下特点：①**转速上限更高**：无刷空心杯电机空载转速上限约为15000rpm左右，大于有刷空心杯电机转速的11000rpm左右；②**重量较小、转子惯量更小**：无刷空心杯电机重量较小，因此转子惯量仅为 $0.30g \cdot cm^2$ ，小于有刷空心杯电机转速的 $1.14g \cdot cm^2$ ；③**体积小、功率体积比更大**：在相近功率的条件下，无刷空心杯电机体积明显小于有刷空心杯电机，因此前者功率体积比更大；④**价格偏高**：无刷空心杯电机需要使用更复杂的电子元器件和高品质的磁性材料，制造工艺更为精细，因此无刷空心杯电机价格一般高于同规格的有刷空心杯电机。以鸣志电器ECU16024系列为例，无刷空心杯电机价格约为921元，较相近规格的DCU17035系列有刷空心杯电机的价格高约36%。

图表：鸣志电器无刷空心杯、有刷电机特性对比

分类	机座尺寸 (mm)	电机长度 (mm)	重量 (g)	额定电压 (V)	最大连续电流 (A)	功率 (W)	空载转速 (rpm)	转子惯量 (gcm <sup>2</sup> )	最大转矩 (mNm)	未税价格 (元)
有刷空心杯电机	17	35	41	24	0.421	7.5	11500	1.14	7.72	676
无刷空心杯电机	16	24	30	12	0.323	7.0	15250	0.30	3.50	921
有刷空心杯电机 +减速机	17	56.8	60.4	12	0.504	7.5	95	1.09	400	1081
无刷空心杯电机 +减速机	16	45.2	58	12	0.5	7.0	728	0.30	63	1580
有刷空心杯电机 +减速机+编码器	17	58.6-65.8	69-79	12-24	0.463-0.491	7.5	30-2516	1.11	27.7-500	-
无刷空心杯电机 +减速机+编码器	16	48.9-58.8	59-66	12	0.323	7.0	88-3860	0.30	-	1998-2163

●资料来源：鸣志电器官网，中信建投

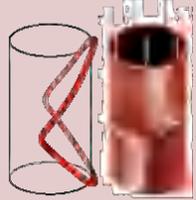
●注：电机转子惯量是指在电机中，转子所受到的外力变化时，转子所释放出在运动轨道上的旋转惯性力。电机转子惯量越大，需要的启动转矩越大，启动时间越长，调速响应变慢，同时在负载变化下转速的稳态精度相应降低。

# 1.1 原理及特点：结构紧凑、效率高、灵敏度高、运行稳定，空心杯线圈为关键零部件

## 1.1.3 空心杯电机的核心零件为空心杯线圈

- **空心杯电机的关键零件为空心杯线圈。**空心杯电机的主要零件包括空心杯线圈、外壳、轴承、下壳、上壳、永磁体等。其中，空心杯电机的关键零件为空心杯线圈，该零部件没有其他支撑结构，完全由导线绕制而成。根据《空心绕线杯无刷电机绕组设计技术》，空心杯线圈形状设计、排布整齐性、绕制槽满率为决定空心杯电机性能的关键要素。
- **空心杯线圈绕制方法包括直绕形、马鞍形、斜绕形三种。**①**直绕形线圈**：工艺较为复杂，多用于较长绕组结构，常为多次绕制而成，一般应用于匝数比较少的空心杯电机绕组。②**马鞍形线圈**：安装方便；增加切割磁场的长度，线圈内阻小；磁场的气隙较小，更好地利用定子磁性。③**斜绕形线圈**：工艺较为简单，斜绕组电枢与直绕组电枢相比，没有端部绕组，减轻电枢重量，具有转动惯量小、时间常数小、拖动特性好、输出力矩大等优势。

图表：空心杯线圈通用的绕制方法

线圈类型	直绕形	马鞍形	斜绕形
示意图			
特点	1、工艺较为复杂，多用于较长绕组结构，常为多次绕制而成； 2、一般应用于匝数比较少的空心杯电机绕组。	1、较为规整的几何形状，重叠率较低，减小了线圈的厚度； 2、在高功率密度电机上能有效减小磁路气隙的同时，极大地增加切割磁场的长度，因此线圈内阻小； 3、鞍形绕制方法两端线圈较薄，使得磁场的气隙较小，更好地利用定子磁性。	1、工艺较为简单； 2、与直绕组电枢相比，没有端部绕组，减轻电枢重量，具有转动惯量小、时间常数小、拖动特性好、输出力矩大等优点； 3、斜绕形和马鞍形是目前国外先进空心杯电机厂商较为常用的两种线圈形式。
代表性企业	MAXON和其他厂商	MAXON	FAULHABER、Portescap

## 1.3 应用领域：广泛用于航空航天、医疗、自动化等高精尖行业，逐步拓展至民用领域

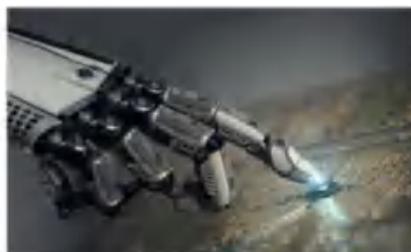
### 空心杯电机应用场景由高精尖领域逐步拓展至民用领域

- 根据鸣志电器官网，空心杯电机可在以下场景中使用：  
①需要快速响应的随动系统，如导弹的飞行方向快速调节，高倍率光驱的随动控制，快速自动调焦，高灵敏的记录和检测设备，工业机器人，仿生义肢等，空心杯电动机能很好地满足其技术要求。  
②对驱动元件要求平稳持久拖动的产品，如各类便携式的仪器仪表，个人随身装备，野外作业的仪器设备等，同样一组电源，使用空心杯电机较传统直流电机供电时间可以延长一倍以上。  
③各种飞行器，包括航空、航天、航模等，利用空心杯电动机重量轻，体积小，能耗低的优点，可以很大程度地减轻飞行器的重量。  
④光学仪器、医疗设备等，细分应用有牙科设备、微型泵、红外镜头、移液模块、电动夹爪、机器人手、点胶阀、手术工具等。

图表：空心杯电机应用领域



工厂自动化



人工智能



医疗技术



实验室自动化



航空航天



测量技术

## 1.3 应用领域：广泛用于航空航天、医疗、自动化等高精尖行业，逐步拓展至民用领域

### 空心杯电机应用场景由高精尖领域逐步拓展至民用领域

- 具体来看，目前空心杯电机主要应用于航空航天、医疗、工业自动化等高精尖行业，并逐步发展到电动工具等民用领域。根据MAXON、FAULHABER官网，空心杯电机具备高灵敏度、运行稳定、控制性强等特点，契合高精尖领域对电驱的严苛要求，因此主要应用于航空航天、医疗设备、工业自动化和机器人等高精尖领域。同时，空心杯电机也逐步应用在民用领域上，例如办公自动化、电动工具等。

图表：空心杯电机具体应用场景

应用领域		具体应用产品
航天航空	航空领域	飞机控制系统：用于小型舵面、各种类型的空气和液体阀门、电传飞行控制系统、阀门、空调系统等执行器；机上通讯和机舱设施：各种用于天线装置、窗户遮光板控制、电动座椅调节、卫生间、行李架关闭辅助装置的执行器。
	航天领域	用于火箭发动机阀门、光伏阵列驱动装置以及伸展机构的驱动装置。用于对接分离系统的执行器；应用于科研航天器和机器人探测器的任务执行机构，尤其是在月球和火星的探测任务中。
	无人机领域	基础设施：用于对接、维护、发射和降落系统的执行器，用于执行维护作业的机器人系统；有效载荷机构：舵面执行器、电子光学元器件、云台和负载驱动装置、绞盘和负载锁定装置；由电机、控制器和螺旋桨组成的优化驱动系统，可用于多轴飞行器、固定翼飞行器和无人垂直起降飞行器。
医疗设备	有源植入物	传感器或有源元件可以帮助有源植入物监控或支持人体功能，例如在心脏支持系统、主动阀、定位系统、泵系统等。
	外科系统	手术机器人，用于支持外科医生； 外科手持工具，用于去除组织和软骨、钻孔和固定螺栓。
	泵机和药剂配量系统	胰岛素泵，在必要时自动注射必要的胰岛素量，以使糖尿病患者的血糖水平保持在正确的水平； 全新泵机和药剂配量系统的开发，并专门处理客户的需求。
	复健和假肢	各种的假体，例如仿生手、仿生脚、外骨骼等。
工业自动化和机器人	实验室自动化	液体处理（移液机器人）、即时检测诊断（POC）、DNA测序、PCR分析。
	工业自动化	传送带、电动夹具、泵、半导体、纺织品、焊接设备。

●资料来源：MAXON官网，FAULHABER官网，中信建投

# 目录

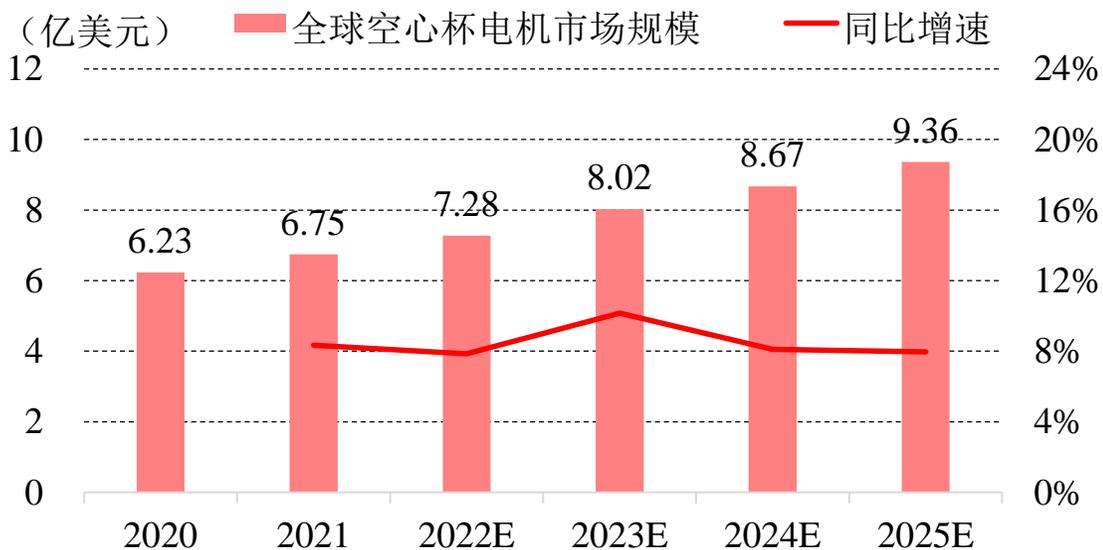
- 1. 空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛
- 2. 行业分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容
  - 2.1 市场规模：目前市场规模较小，亚太地区为全球空心杯电机的最大市场
  - 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高
  - 2.3 未来发展：蓄势迎接人形机器人发展机遇，有望实现空间扩容
- 3. 行业格局：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起
- 4. 重点公司
- 5. 投资建议及相关公司情况
- 6. 风险提示

## 2.1 市场规模：目前市场规模较小，亚太地区为全球空心杯电机的最大市场

### 2.1.1 2021年全球空心杯电机市场规模约6.75亿美元，在微特电机市场中占比较小

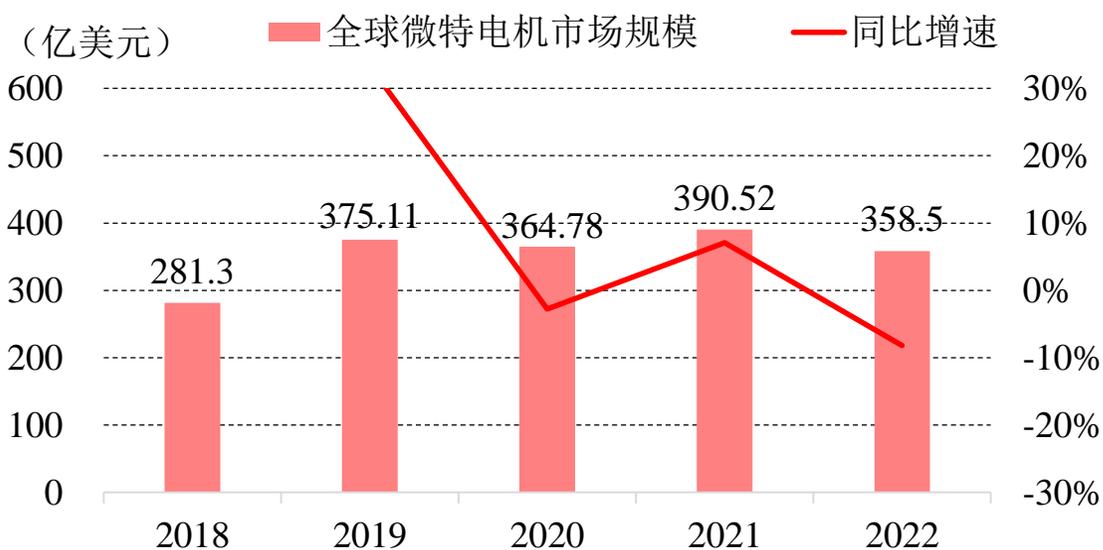
- 2021年全球空心杯电机市场规模约6.75亿美元。根据NTCysd披露的数据，2021年全球空心杯电机市场规模约6.75亿美元，如果不考虑人形机器人需求，预计到2025年全球空心杯电机市场规模将增长至9.36亿美元，2021-2025年CAGR为8.52%。
- 空心杯电机在微特电机市场中占比较小。根据Allied Market Research和Market.Us数据显示，2021年全球微特电机行业市场规模达到390.52亿美元，计算得当年全球空心杯电机仅占微特电机市场规模的1.73%，空心杯电机在微特电机市场中占比较小。

图表：全球空心杯电机市场规模及同比增速



● 资料来源：NTCysd，中信建投

图表：全球微特电机市场规模2021年约390.52亿美元



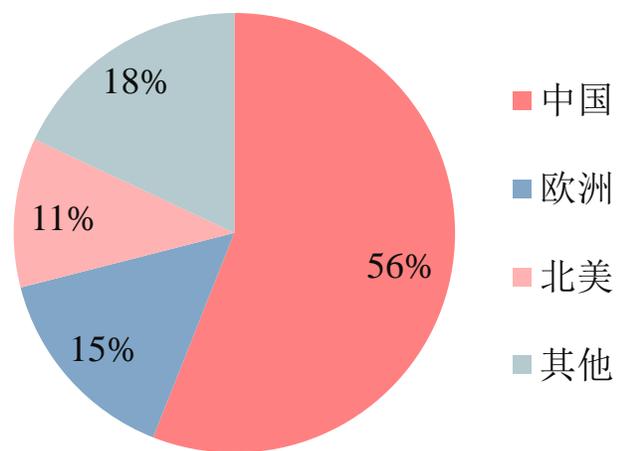
● 资料来源：Market.Us、Allied Market Research、深圳小电机磁材展，中信建投

## 2.1 市场规模：目前市场规模较小，亚太地区为全球空心杯电机的最大市场

### 2.1.2 亚太地区为全球空心杯电机的最大市场，无刷空心杯电机市场规模逐渐提升

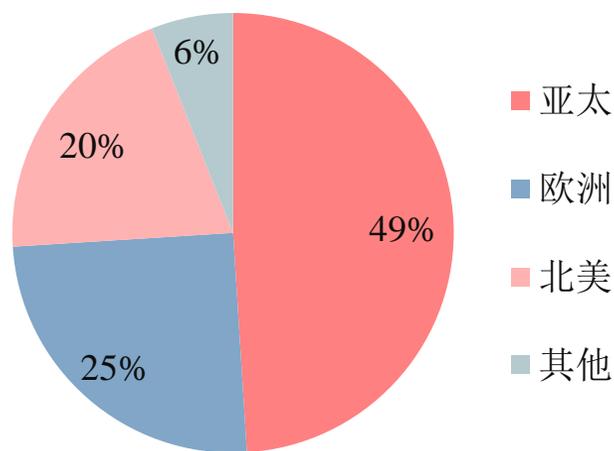
- **亚太地区为全球空心杯电机的最大市场。**根据QY Research，2022年中国空心杯电机产量占比为56%，成为全球最大的空心杯电机产地，欧洲和北美地区产量占比分别为15%和11%。亚太地区为全球范围内空心杯电机的最大市场，2021年中国、欧洲和其他地区市场规模分别占比34.80%、25.85%和39.35%，2022年亚太、欧洲、北美地区市场规模占比分别为49%、25%和20%。
- **无刷空心杯电机市场规模占比逐渐提升。**根据QY Research，2021年有刷空心杯电机市场规模达到4.56亿美元，占比67.33%；无刷空心杯电机市场规模为2.21亿美元，占比32.67%。无刷空心杯电机市场规模占比逐渐提升，2028年预计达到42.19%。

图表：2022年全球空心杯电机分地区产量占比



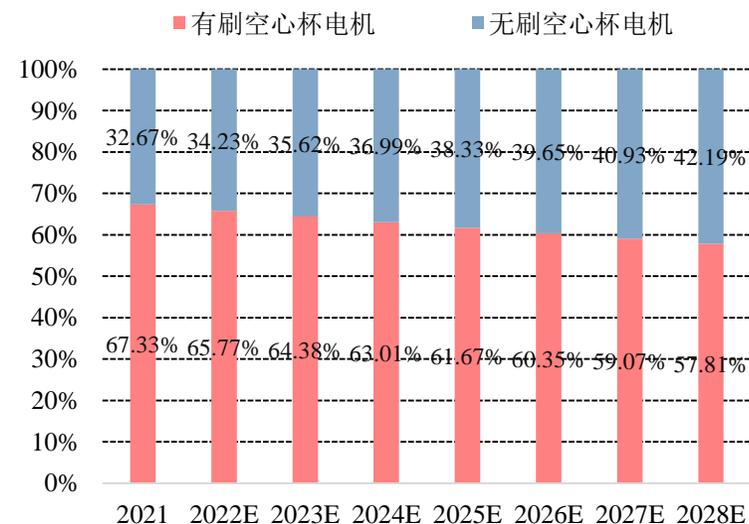
●资料来源：QYResearch，中信建投

图表：2022年全球空心杯电机分地区市场规模



●资料来源：QYResearch，中信建投

图表：2021-2028E年有刷和无刷空心杯电机占比



●资料来源：QYResearch，中信建投

## 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高

### 2.2.1 空心杯电机的价格较一般直流电机更高，应用成本偏高限制空心杯电机市场空间

- **空心杯电机价格一般高于普通直流电机。**根据鸣志电器官网，以功率为7.0W的电机为例，R22系列直流无刷电机价格约为278元，ECU16024系列无刷空心杯电机约为921元，是同功率普通直流无刷电机约3倍。因此，尽管空心杯电机可应用场景正在持续拓展，但是目前空心杯电机主要集中在航空、医疗、高端电动工具等领域，尤其对直径6mm-65mm的电机需要精密位置、转速、扭矩控制的场景，市场空间依旧较小。

图表：鸣志电器直流无刷电机、无刷空心杯电机价格及性能对比

功率	电机类型	电机型号	电机长度 (mm)	重量 (kg)	转子惯量 (gcm <sup>2</sup> )	额定转矩 (mNm)	未税价格 (元)
7W	直流无刷电机	R22BLB7L2	50	0.07	1.02	10	278
	无刷空心杯电机	ECU16024H12-S101	24	0.03	0.3	2.5	921
14W	直流无刷电机	R36BLB15L2 (15W)	50.2	0.18	5.25	29	251
	无刷空心杯电机	ECU16036H24-S101	35.6	0.044	0.6	-	1057
75W	直流无刷电机	R42BLD75L2	93	0.58	60.36	180	323
	无刷空心杯电机	ECH16056H24-S001	56	0.073	-	8	1358
100W	直流无刷电机	R57BLB100L2	72	0.7	122	240	544
	无刷空心杯电机	ECH22045H24-S001	44.5	0.098	1.88	10	1389

●资料来源：鸣志电器公司官网，中信建投

## 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高

### 2.2.2 空心杯电机常与减速器、编码器、驱动器等配套设备搭配，配套成本较高

- 空心杯电机配套成本较高，常与减速箱、编码器和电机驱动器等配套设备搭配以实现高扭矩、强控制。①**减速箱**：空心杯电机转速较高，通常需要搭配减速器成为减速电机，以满足高扭矩、低转速的输出需求。根据鸣志电器官网，有刷空心杯、无刷空心杯电机配备减速机后价格分别提高约60%和72%；根据MAXON官网，功率为5W的DC-max系列电机价格约为764-824元，搭配该电机的行星齿轮箱价格约为884-1932元，价格提高达到116%-253%。②**编码器**：编码器是一种适用于电动机上将信号或数据进行编制、转换为可用以通讯、传输和存储的信号形式的设备。空心杯电机内置编码器反馈装置，可实现对电机的定位控制和转矩控制。根据鸣志电器官网，无刷空心杯电机配备减速机和编码器后价格分别提高约117%-135%；根据MAXON官网，功率为5W的DC-max系列电机配置的ENX系列编码器价格约为1046元，空心杯电机配置编码器后价格提升超过1倍以上。③**电机驱动器**：电机驱动器能控制电机的旋转角度、运转速度和位置，通常使用晶体管、场效应管、IGBT、功率二极管等电子元件控制电机输出功率。无刷空心杯电机以电子换向器取代了机械换向器，因此需要用到驱动器；部分有特殊要求的有刷空心杯电机也需要电机驱动器。根据MAXON官网，搭配EC系列电机的数字放大器价格约为413-838元，ESCON系列伺服驱动器价格约为891-2704元。

图表：MAXON的DC-max系列空心杯电机及其配件价格



图表：空心杯电机常与减速箱、编码器和电机驱动器等配套设备搭配



鸣志电器PRE系列  
精密行星减速机



鸣志电器  
固定分辨率编码器



鼎智科技  
分体式直流无刷伺服驱动器  
(适配于200W以下直流电机)

## 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高

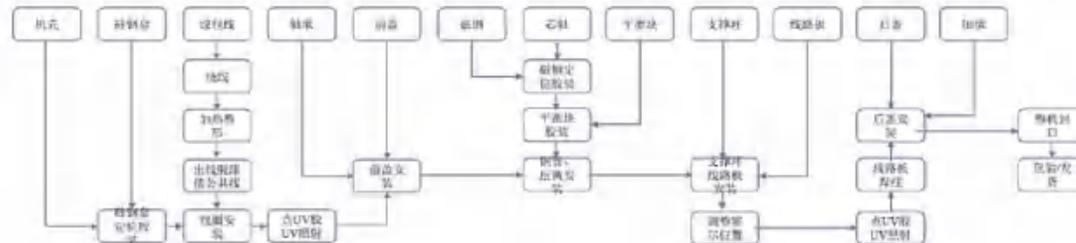
### 2.2.3 空心杯电机生产工艺较为复杂，线圈绕线机设备成本较高

- 相较于普通直流电机，空心杯电机生产工艺较为复杂。根据鼎智科技招股说明书，普通直流电机制造工艺主要包括绕线、线路板焊接、滴漆、点UV胶和包装等5个步骤，而空心杯电机安装步骤包含硅钢套定位胶装、线圈安装、点UV胶并UV照射、前盖安装、铜管和压簧安装、支撑环线路板安装、调整霍尔位置、点UV胶并UV照射、线路板焊接、后盖安装等12个步骤，工艺步骤较为复杂。空心杯线圈制造工艺是生产制造较为关键的技术，线圈安装前还包括漆包线、绕线、加热整形和脱漆接公共线等工艺。

图表：直流有槽电机生产流程图



图表：空心杯（直流无槽）电机生产流程图

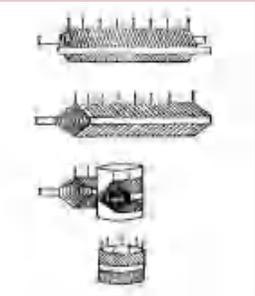


## 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高

### 2.2.3 空心杯电机生产工艺较为复杂，线圈绕线机设备成本较高

- 空心杯电机线圈绕制工艺壁垒高。**根据《马鞍形空心杯电机线圈绕制设备研究》，空心杯电机线圈绕制主要包括三种方法：人工绕线、卷绕式和一次成型自动化。目前，大部分空心杯电机厂商主要采用半自动化的卷绕式生产技术，依靠人工将线板绕成线圈，该方法需要线圈卷绕两次，因此该方法废品率高、生产效率低、人工成本较高；部分外资头部空心杯厂商能实现一次性绕制成型，该方法自动化程度相对较高、废品率低、生产效率高，但是技术难度大，需要使用全自动化绕线机、精准机等设备。

图表：空心杯线圈制造工艺对比

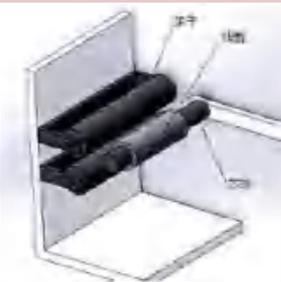
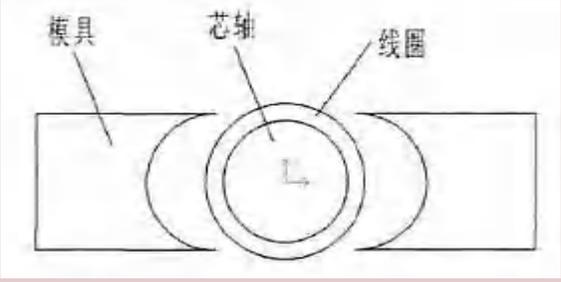
线圈制造工艺	人工绕线	卷绕式生产技术	一次成型自动化生产技术
自动化程度	纯人工	半自动化	全自动化
主要工艺	包括插针、手动卷线、手动排线等步骤。	将漆包线顺序绕到横截面为菱形的主轴上，达到需要的长度后将其取下，然后压扁成线板，最后将线板卷绕成杯状的线圈。	通过自动化设备将一根漆包线按规律绕到一主轴上，线圈卷绕成杯状后取下，完成一个线圈的绕制。
优点	门槛较低、设备要求低	效率较高、产品质量较好、人工成本降低	无需人工、效率很高、产品质量好
缺点	工艺复杂、废品率高、劳动强度大	生产效率较低	技术难度大、设备要求高
示意图			

## 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高

### 2.2.3 空心杯电机生产工艺较为复杂，线圈绕线机设备成本较高

- **空心杯线圈精准是空心杯电机生产工艺较为重要的工序之一。**根据《新型空心杯电机线圈精准机设计》，当绕线机上将空心杯线圈绕制出来后，需要对线圈进行最终精确整形。杯型转子的成型问题也是空心杯电机生产工艺的主要难点，杯型转子是将漆包线绕制杯状线圈，再将线圈焊接至电机轴上，而线圈受应力、松紧程度、牢靠程度等因素影响容易松散、尺寸一致性差，进而影响电机性能。
- **线圈精准工艺根据精准原理分为滚压型和挤压型。**①**滚压型**：将刚绕制的空心杯线圈通过动轴移动和转动并利用两个定轴将其滚平，该方法相对简单，容易控制，但是线圈内圈受力不均匀，经常发生线圈无法滚起的现象。②**挤压型**：将线圈放在一个固定的转轴上，由两个模具向中间挤压，该方法相对复杂，但是线圈受力均匀，精准效果较好。

图表：空心杯线圈精准工艺对比

线圈精准类型	滚压型	挤压型
原理	将刚绕制的空心杯线圈通过动轴移动和转动并利用两个定轴将其滚平。	将线圈放在一个固定的转轴上，由两个模具向中间挤压。
特点	优点：相对简单，容易控制； 缺点：线圈内圈受力不均匀，经常发生线圈无法滚起的现象	优点：线圈受力均匀，精准效果较好； 缺点：相对复杂，准备模具造成成本较大，成品率不高。
示意图	 A photograph showing a coil being processed on a machine with two rollers. Labels '定子' (stator) and '转子' (rotor) are visible.	 A schematic diagram of the pressing process. It shows a central core axis (芯轴) with a coil (线圈) on it, being pressed by two molds (模具) from opposite sides.

## 2.2 规模受限原因：市场规模受限于应用成本，配套成本+生产工艺导致成本偏高

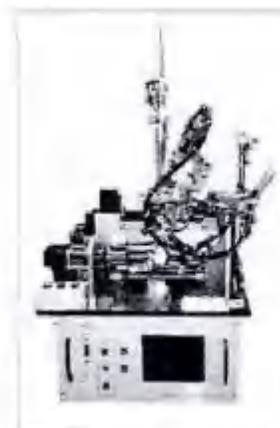
### 2.2.3 空心杯电机生产工艺较为复杂，线圈绕线机设备成本较高

- **空心杯线圈高质量、高效率、自动化生产的关键在于绕线机和精准机。**一次性绕制成型法生产的空心杯电机线圈主要依靠绕线机和精准机。①**绕线机**：将导线缠绕到特定的工件上，以绕制出毛坯线圈。②**精准机**：将绕线机绕制出的毛坯线圈精准成规则、美观、动平衡性能良好的薄壁圆筒以使空心杯线圈可以投入使用。精准机大都与绕线机配合使用，制作成一体绕线机，其生产空心杯线圈自动化程度高，可在提高生产效率的同时提高线圈的生产质量。
- **全球著名绕线设备生产商包括瑞士Meteor公司、日本田中精机株式会社等。**瑞士Meteor的M21型绕制设备的绕制范围较广、样式丰富，特别适用于较大的功率线圈制造；日本田中精机株式会社首次将计算机控制用于全自动绕线机上，发明了磁铁无摩擦张力器，并且研发出CNC可翻转的多轴绕线设备，研制的BAS系列绕线机采用交叉式绕线方式绕制各种空心线圈，能够实现一次成型。
- **全自动绕线设备价格较高，半自动绕线人工成本较高。**目前空心杯电机线圈绕制主要包括半自动化卷绕式和一次成型自动化。一次成型自动化绕线设备主要来自于瑞士Meteor公司、日本田中精机株式会社，而海外高质量设备价格较贵，线圈绕制工艺设备成本较高。大部分空心杯电机厂商主要采用半自动化的卷绕式生产技术，需要依靠人工将线板绕成线圈，并且该方法需要线圈卷绕两次。根据《绕卷式空心杯电枢制作工艺及其设备》，使用卷绕式工艺，一台绕线机需要配备4名工人，因此该方法人工成本较高，并且该方法局限于直接为20-30mm的空心杯线圈，不适合较小尺寸的空心杯线圈。

图表：Meteor大线圈全自动生产线



图表：日本产空心杯线圈绕线机精确机一体机



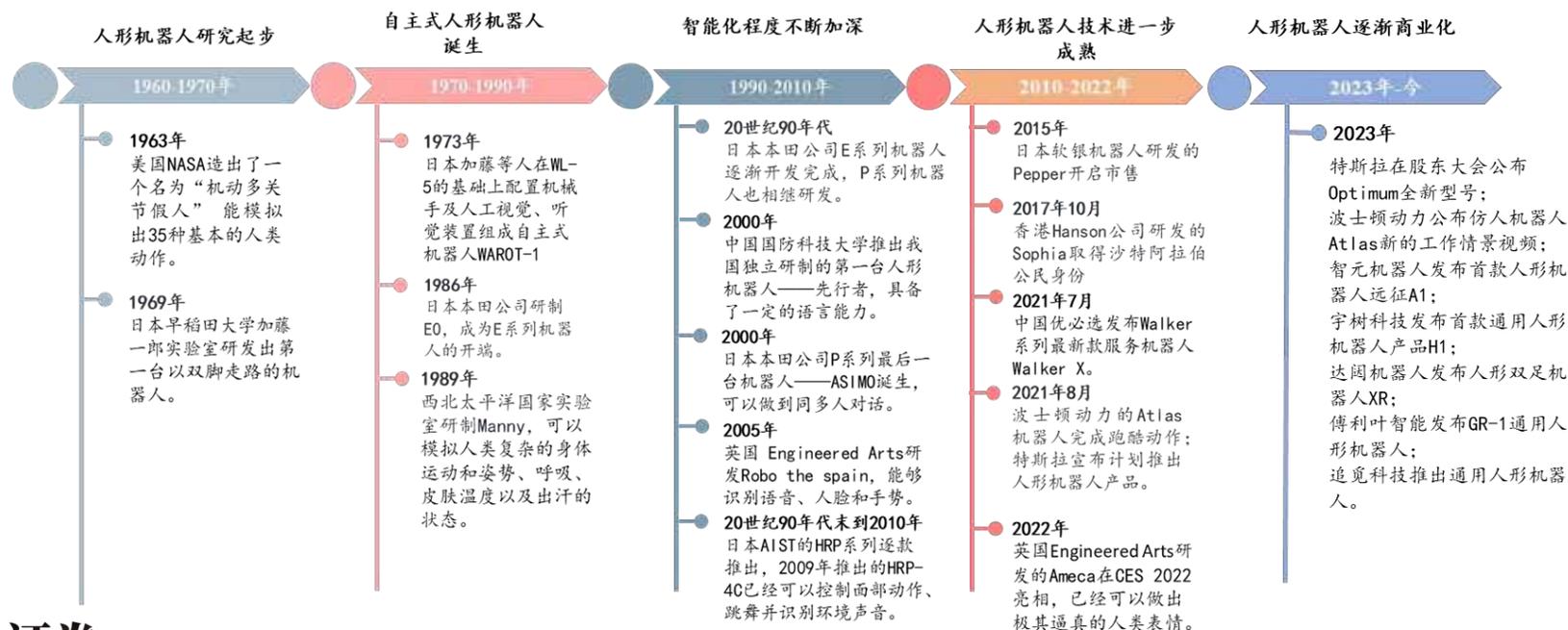
(a) PNS-61FA 型空心杯线圈绕线机 (b) PNS-111PK 型空心杯线圈绕线机

## 2.3 未来发展：蓄势迎接人形机器人发展机遇，有望实现空间扩容

### 2.3.1 人形机器人技术迅速发展，商业化条件日益成熟

- 人形机器人研究起步于双足行走的模仿，目前在控制方法和人工智能技术不断更迭的基础上取得了迅速发展，商业化条件日益成熟。由日本早稻田大学加藤一郎教授率先解决了人形机器人的双足行走问题，至此揭开了人形机器人研究的序幕。1990年以来，机器人的行走能力、智能化和功能也越来越强大，本田公司的ASIMO是行业的典范。2010年以来，互联网的发展推动人形机器人受到了更多大众关注，技术也愈发成熟，2015年，Pepper的市售是人形机器人走入大众市场的重大尝试，2021年波士顿动力旗下Atlas的跑酷视频一经发出便收获百万点赞，电动车巨头Tesla也于2021年宣布将推出人形机器人产品“擎天柱”，预计该项目的价值将超过电动车和FSD芯片。

图表：人形机器人技术不断发展

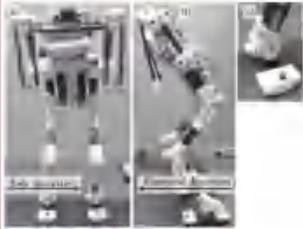


## 2.3 未来发展：蓄势迎接人形机器人发展机遇，有望实现空间扩容

### 2.3.2 空心杯电机或成为人形机器人机械手驱动的最佳选择

- **人形机器人包括液压，气动和电机三种驱动方式。**相比于液压驱动、气动驱动，电机驱动可采用多种灵活的控制方案，运动精度高，成本低，驱动效率高，能保证机器人能完成高复杂、高精度的动作。因此，基于电机驱动的人形机器人商业化机会更高。
- **电驱人形机器人产品品类较多。**液压驱动代表性机器人是波士顿研发的Atlas，Atlas依靠28个液压执行器实现各种高难度运动。气动驱动代表性机器人是东京大学研发的Liberobot，该机器人拥有8个关节，采用结构集成的气动电缆气缸进行驱动。除此之外，采用电机驱动的人形机器人占大多数，例如本田ASIMO、AgilityRobotics研发的Digit、优必选Walker、特斯拉Optimus等。以特斯拉Optimus为例，该机器人拥有40个机电执行器，身体关节部分采用减速器/丝杆+伺服电机的传动方式，共计28个执行器；机械手基于欠驱动方案，采用电机+腱绳驱动的传动结构，单手6个电机执行器，11个自由度。

图表：人形机器人三大驱动方式

驱动方式	液压驱动	气动驱动	电机驱动
特点	液压驱动系统通常由液动机(各种油缸、油马达)、伺服阀、油系、油箱等组成，以压缩机油来驱动执行机构进行工作。	气力驱动系统通常由气缸、气阀、气罐和空压机(或由气压站直接供给)等组成，以压缩空气来驱动执行机构进行工作。	电力驱动是利用电动机产生的力矩，直接或经过减速机构驱动机器人，以获得所需的位置、速度和加速度。
优点	操作力大、体积小、传动平稳且动作灵敏、耐冲击、耐振动、防爆性好。	空气来源方便、动作迅速、结构简单、造价低、维修方便、防火防爆、溜气对环境无影响。	电源易取得，无环境污染，响应快，驱动力较大，信号检测、传输、处理方便，可采用多种灵活的控制方案，运动精度高，成本低，驱动效率高。
缺点	液压驱动系统对密封的要求较高，且不宜在高温或低温的场合工作，制造精度较高，成本较高。	操作力小、体积大，由于空气的压缩性大、速度不易控制、响应慢、动作不平稳、有冲击。	动态形态有限、功率密度有限。
使用范围	液压系统具有较大的功率体积比，适合于大负载情形；安全要求高的场景。	因气力驱动系统的压强一般只有60MPa左右，此类机器人适宜抓举力要求较小的场合。	适合于中等负载，动作复杂、动作轨迹严格的机器人。
应用产品	波士顿研发的Atlas 	东京大学研发的Liberobot 	本田ASIMO、AgilityRobotics研发的Digit、优必选Walker、特斯拉Optimus 



## 2.3 未来发展：蓄势迎接人形机器人发展机遇，有望实现空间扩容

### 2.3.2 空心杯电机或成为人形机器人机械手驱动的最佳选择

- Tesla Bot手部使用空心杯电机解决方案，空心杯电机或成灵巧手驱动电机最佳选择。根据2022年特斯拉AI日的展示，Tesla Bot手指执行器一共有12个，单个手拥有6个执行器。从结构来看，Tesla Bot手指的执行器主要包括空心杯电机、蜗轮蜗杆、绳驱，具备“自适应能力”和“防反向驱动手指”的能力，能够携带20磅重的背包、使用工具、精确抓取小型零件；从工作原理来看，食指到小拇指的四根手指分别被一个空心杯电机模组驱动，四个空心杯电机模组沿手指方向纵置在手掌内，拇指有两个空心杯电机模组，驱动拇指的电机横置在手掌内；空心杯电机输出端连接蜗杆，带动蜗轮旋转，同时蜗轮上有绳驱的绕线轴会随其转动，当电机转动时，绕线轴会转动通过卷线来实现手指运动。这样设计的手指具有防反驱特性，可以避免电机在抓握物体时长时间堵转发热。
- 人形机器人的机械手需要具有高自由度的灵巧性、高抓重比的鲁棒性、高灵敏度的传感性、传动的可靠性、机构的环境顺从性以及机电系统的高度集成性等特点，因此电机应该尺寸小、重量轻、精度高、扭矩大。而空心杯电机正好满足体型小，功率体积比大、能量密度高、效率高等特点，和人形机器人的机械手需求高度契合，因此空心杯电机或成为未来人形机器人机械手驱动电机的最佳选择。

图表：特斯拉机器人手部使用12个执行器



图表：特斯拉机器人手部执行器工作原理



图表：德国DLR/HIT Hand II 灵巧手



## 2.3 未来发展：蓄势迎接人形机器人发展机遇，有望实现空间扩容

### 2.3.3 人形机器人发展有望推动空心杯电机市场空间扩容

- 空心杯电机高度契合人形机器人机械手驱动需求或将打开空心杯电机市场空间，预计带来超百亿元市场扩容。关键假设如下：
- ①数量：根据2022年Tesla AI Day，特斯拉CEO马斯克宣布3-5年内人形机器人将量产。根据2022年9月30日Tesla AI Day官方展示的机器人灵巧手配置，估计每个人形机器人将用到12个空心杯。我们按照人形机器人批量化生产水平，将人形机器人生产分为三个阶段，其中阶段一是量产前，产业链还不完善，各零部件成本主要参考目前市场价格；阶段二是实现批量化生产过程中，产业链还没有完全成熟，但是各零部件成本较目前已经有所降低；阶段三是已经完全实现批量化生产，产业链已经成熟，各零部件成本较目前大幅降低。以人形机器人年出货量分别达到10万台（阶段一）、50万台（阶段二）、100万台（阶段二）和500（阶段三）的几种情形进行测算。
- ②价格：根据鸣志电器官网，其DCU10017系列空心杯电机+减速器价格为1007-1192元，因此假设目前空心杯电机+减速器市场价格约为1000元/台，考虑到：①人形机器人如果批量生产，单一型号空心杯电机用量将大幅增加，规模化效应明显；②内资厂商切入供应链后会带来成本快速下降，因此按照40%的价格降幅测算不同阶段市场规模，即阶段一的空心杯电机+减速器价格为1000元，阶段二的空心杯电机价格为600元，阶段三的空心杯电机价格为360元。
- 综合考虑，当特斯拉人形机器人年产量达到500万台时，人形机器人可为空心杯电机带来216亿元的市场扩容，如果考虑整个人形机器人行业，空心杯电机总体市场空间扩容幅度预计更大。

图表：特斯拉人形机器人用空心杯电机市场估算

	人形机器人产量（万台）			
	10	50	100	500
每个人形机器人使用空心杯电机+减速器数量（台）	12	12	12	12
空心杯电机+减速器价格（元/台）	1000	600	600	360
特斯拉人形机器人用空心杯电机+减速器市场规模（亿元）	12	36	72	216

●资料来源：2022年特斯拉AI日、鸣志电器官网，中信建投

# 目录

- 1. 空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛
- 2. 行业分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容
- 3. 行业格局：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起
  - 3.1 竞争格局：外资厂商占据空心杯电机市场主要份额，内资厂商积极布局
  - 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头
  - 3.3 展望内资厂商：技术进步、切入医疗领域、海外拓展，借助价格优势加速国产替代
- 4. 重点公司
- 5. 投资建议及相关公司情况
- 6. 风险提示

## 3.1 竞争格局：外资厂商占据空心杯电机市场主要份额，内资厂商积极布局

### 3.1.1 全球空心杯电机市场集中度高，外资厂商占据大部分市场份额

- **外资空心杯电机厂商占据绝大部分市场份额。**根据QY Research，2021年全球空心杯电机CR3为55.43%，市场集中度较高，主要被瑞士Maxon，德国Faulhaber、美国Portescap等外资厂商占据。外资厂商成立时间较早，经过多年发展后掌握较多的空心杯电机专利技术，产品尺寸范围较大，应用场景较为广泛，占据主要市场份额。

图表：海外空心杯电机厂商基本情况

国家	公司名称	主要产品	空心杯电机情况	空心杯电机应用场景	营收情况
瑞士	MAXON	机电驱动系统、驱动装置、直流电机、AC电机、齿轮箱、传感器、控制器、配件等	公司产品包括有刷、无刷空心杯电机，直径从6mm到65mm，拥有中高端和经济型系列	医疗技术、航空航天、工业自动化和机器人、移动解决方案等	2021年全球总营收为6.26亿瑞士法郎；2016年中国境内营收为2亿人民币左右。
德国	FAULHABER	电机、减速箱、线性致动器、编码器、电子控制、配件等	公司包括有刷、无刷空心杯电机，直径从6mm到38mm，专注高端应用的牌	航天航空、工业和自动化、医疗、运动控制器、计量和测试等	2016年全球总营收为2亿欧元；中国境内营收为1亿人民币左右。
美国	Portescap	无刷直流电机、有刷直流电机、永磁步进电机、直线步进电机、配件等	公司包括有刷、无刷空心杯电机，直径从10mm到24mm	航空航天国防、自动化、工业电动工具、医疗输液系统、医疗设备、机器人、手术电动工具等	-
美国	Allied Motion	有刷和无刷直流电机，无刷伺服和扭矩电机，驱动器，运动控制器，编码器以及相关的运动控制相关产品	公司包括直径为29-66mm的CL系列有刷空心杯电机和12.7-22mm的SL系列无刷空心杯电机	航天航空、自动化、医疗设备、工业机械、机器人等	2022年全球总营收为5.03亿美元，其中工业运动解决方案业务（包括电机、减速器、驱动器等）营收为1.93亿美元占总营收比重38.37%。
日本	Citizen Micro	齿轮减速电机、电机、编码器、减速机等	公司包括直径为10-42mm的SC系列空心杯电机	医疗仪器、光学仪器、工业机器人等	-
日本	Orbray	工业宝石部件、DC空芯杯马达、光纤部件、医疗设备等	公司包括直径为7-16mm的CM系列有刷空心杯电机、直径为4-22mm的BMN系列无刷空心杯电机等	工业机器人、医疗、机械电气设备等	-
日本	Nidec	精密小电机，普通电机，设备，电气和光学元件，汽车配件及其它	公司包括无刷直流电机、有刷电机	电子设备、建筑设备等	2022年公司总营收为22428亿日元，其中精密小型电机（包括有刷电机、步进电机、电机驱动组件等）营收约为4253亿日元，占总营收比重18.96%。

●资料来源：Wind、MAXON、FAULHABER、Portescap、Citizen Micro、Orbray、Nidec、Allied Motion官网，中信建投

## 3.1 竞争格局：外资厂商占据空心杯电机市场主要份额，内资厂商积极布局

### 3.1.2 内资厂商积极布局空心杯电机领域，国内空心杯电机行业快速发展

- **鸣志电器、鼎智科技等内资厂商积极布局空心杯电机领域，国内空心杯电机行业快速崛起。**鸣志电器、鼎智科技等运动控制领域以及拓邦股份等智能控制领域的优质内资厂商开始布局空心杯电机业务，并且逐步实现自主设计并生产空心杯电机。目前内资厂商技术发展较快，能提供较大尺寸范围的空心杯电机产品，逐渐积累技术经验和拓宽应用场景，部分厂商能参与国际空心杯电机领域的竞争之中。

图表：国内空心杯电机厂商基本情况

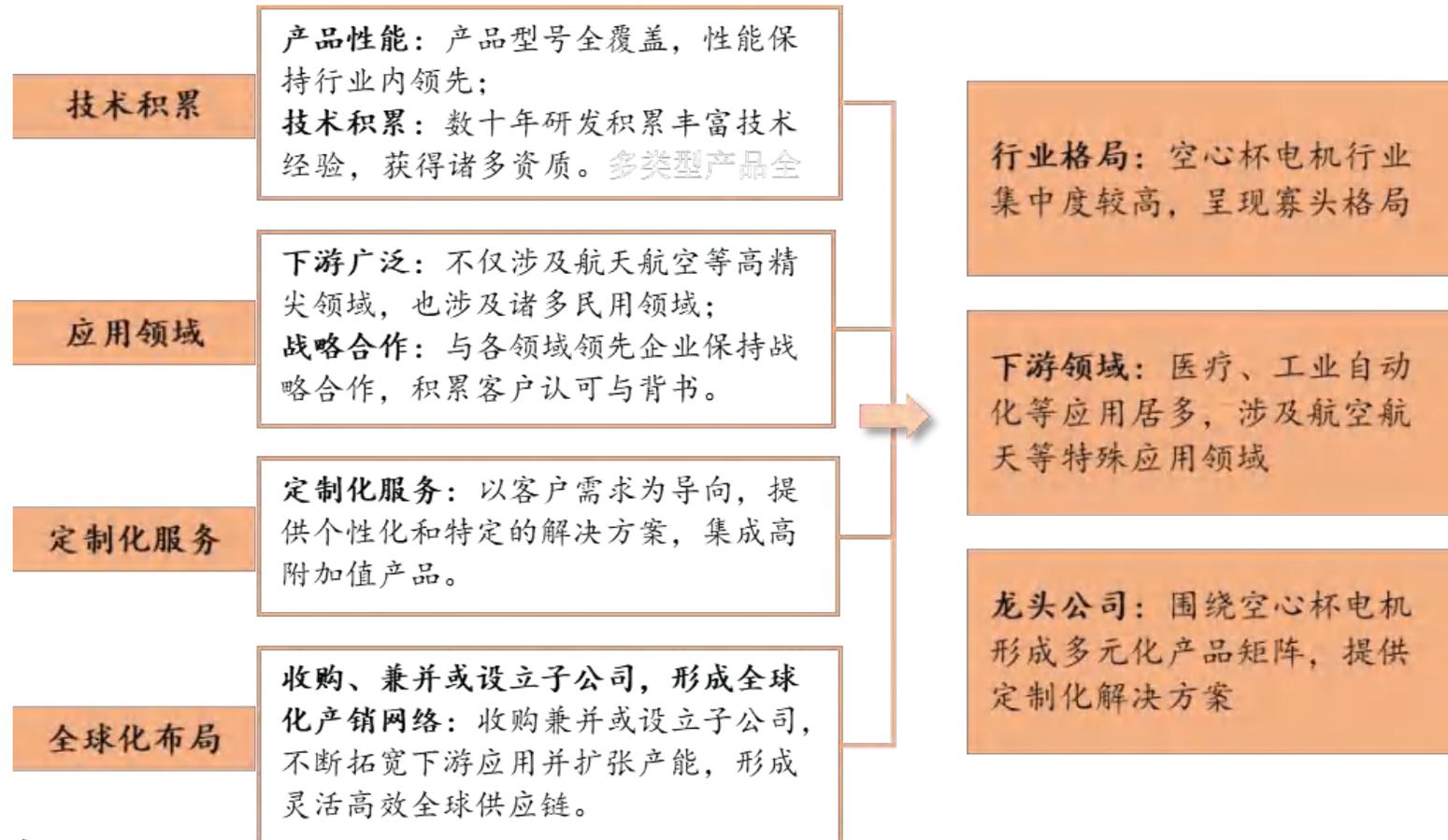
公司名称	主要产品	空心杯电机情况	空心杯电机应用场景	营收情况
鸣志电器	控制电机及其驱动系统产品、贸易代理业务、LED控制与驱动产品、设备状态管理系统产品等。	公司空心杯电机包括EC系列直流无刷无齿槽电机和DCU系列直流有刷空心杯电机两大类，提供直径为8-24mm多种外径及机身长度规格型号，主要用于医疗等场景。	医疗、工业机器人、自动化等。	2022年总营收为29.59亿元；控制电机及其驱动系统产品（包含空心杯电机）营收为23.2亿元，占总营收比重78.43%，同比增长10.66%。
鼎智科技	线性执行器、混合式步进电机、直流电机、音圈电机等。	公司产品包括直流无槽电机，提供直径为16-42mm等6个机座号。	实验室自动化、工程自动化、机器人、生物医学等。	2022年总营收为3.18亿元；直流电机（包含空心杯电机）营收为0.46亿元，占总营收比重14.47%，同比增长238.98%。
拓邦股份	工具、家电、新能源等。	公司包括有刷、无刷空心杯电机，提供直径为16-40mm多种外径及机身长度规格型号。	电动窗帘、工业机器人、工业夹具、电子换挡系统、医疗泵、口腔医疗设备、自动化设备等。	2022年总营收为88.75亿元，同比增长14.27%；电机、工具电池包及整机等非控制器产品（包含空心杯电机）营收约为29.29亿元，占总营收比重约33%。
兆威机电	微型传动系统、精密注塑件、精密模具及其他。	公司聚焦微型、高效电机领域，拥有专业的设计研发团队，现有微型PM步进、高速空心杯及高功率密度无刷直流电机等多个平台。	汽车电子、智慧医疗、消费电子、工业装备、智能家居等领域。	2022年总营收为11.52亿元；微型传动系统（包含空心杯电机）营收为7.08亿元，占总营收比重61.42%，同比减少4.25%。
伟创电气	变频器、伺服系统与运动控制器等产品。	公司产品可以达到13毫米8万转的功率密度，后续也会进一步推进研发10毫米、8毫米、6毫米，包括10万转的更高功率密度的产品。	公司首款产品主要推向医疗领域。	2022年总营收为9.06亿元，同比增长10.64%
禾川科技	服系统、PLC等。	空心杯电机有成熟产品但还没销售。	-	2022年总营收为9.44亿元，同比增长25.66%
北京奕山	电机、减速器、编码器、驱动器	公司空心杯电动机提供直径为16-40mm多种外径，共几百种不通规格的空心杯电动机。	智能运输、汽车部件、精密医疗、家居生活等工业制造和民用领域。	-
万至达电机	空心杯电机、无刷电机、混合步进电机、永磁步进电机减速电机、有刷电机、伺服电机等。	公司的主要产品是空心杯永磁有刷、无刷直流电机，提供多种外径及机身长度规格型号。	电动工具，纹身机，纹眉机，自动化设备，机器人，医疗设备，军工产品，美容仪，智能家居等。	-

●资料来源：鸣志电器官网，鼎智科技官网，拓邦股份官网，兆威机电官网，北京奕山科技官网，深圳万至达官网，中信建投

## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

- 我们认为，海外空心杯电机龙头在技术积累、应用领域、定制化服务及全球化产销网络等方面值得借鉴。

图表：数十年技术积累+应用多元化+定制化服务+全球化产销布局塑造空心杯电机龙头厂商



## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.1 技术积累：深耕空心杯电机数十年，高精度产品处于领先

- **外资厂商较早涉足空心杯电机业务，拥有数十年技术经验。** FAULHABER发展历史最早可追溯至1958年，Faulhaber博士在德国研发并注册“微电机”专利，目前公司在全球范围内共拥有超过50项专利。MAXON早在20世纪60年代开始自行设计DC迷你型电机，1970年DC电机成为MAXON商标下的注册商品。Portescap在1959年推出空心杯转子直流电机，闯入微型电机行业。外资龙头均在20世纪60年代左右布局空心杯电机，经过近80多年发展已经拥有丰富的技术经验，形成较为核心的技术体系。
- **空心杯电机龙头高精度产品处于领先。** 外资龙头的空心杯电机产品在精度方面处于领先，最小尺寸可至3mm，最小扭矩达到0.0018mN·m。相比于外资厂商，内资厂商生产的产品尺寸较少达到8mm以下，产品的最小扭矩达到0.3mN·m，与外资厂商产品性能存在一定差距。

图表：各公司空心杯电机产品性能对比

公司	电机直径 (mm)	转速 (rpm)	输出功率 (W)	转矩 (mN·m)
瑞士MAXON	6-65	4370-17600(负载)	0.3-250	0.194-839
德国FAULHABER	3-44	10000-100000(空载)	0.065-282	0.0018-217
美国Portescap	10-24	780-11049(空载)	0.7-19	0.9-13.29
美国Allied Motion	12.7-66	1800-65300(负载)	3-140	8.5-100
日本Citizen Micro	10-21	3070-14100(空载)	0.26-15.5	-
日本Orbray	4-22	8100-30800(负载)	0.04-15.4	0.01-5.50
鸣志电器	8-24	86-16000(空载)	0.3-9.5	1.24-583
鼎智科技	16-42	9000-58000	33-120	7.4-180
拓邦股份	16-40	1600-58000(负载)	0.26-568	0.3-1208

●资料来源：各公司官网，中信建投

## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.1 技术积累：围绕空心杯电机，打造多元化产品矩阵

- 龙头厂商围绕空心杯电机，实现产品矩阵多元化。根据公司官网，外资龙头构建直流电机、步进电机、齿轮箱、编码器、驱动器等多元化的产品矩阵，围绕空心杯电机个性化提供整套驱动设备，为定制化提供更多的选项。

图表：空心杯电机龙头厂商产品矩阵



## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.1 技术积累：外资线圈绕制工艺自动化程度较高

- **外资厂商线圈绕制自动化程度较高。**根据《马鞍形空心杯电机线圈绕制设备研究》，全球空心杯电机厂商使用的绕线设备能实现自动化、智能化、网络化，并且能绕制精密线圈和特殊用途线圈，外资厂商生产的空心杯线圈质量可靠、效率高。大部分内资空心杯电机厂商选择外购获得绕线设备，少数厂商选择联合开发、自主开发绕线设备。
- **内资厂商获得绕线设备主要有三种渠道：**①外购。根据鸣志电器招股说明书，募投项目包括外购日本进口的高速绕线机31台，特种绕线机1台；②联合开发。昆山库克自动化同哈尔滨工程大学合作研发斜绕形绕线机，可以绕制一定线径的空心杯线圈，实现较高的绕线效率，线圈一次成型；③自主开发。根据鼎智科技招股说明书，公司提出高速无槽无刷电机制造一体化技术，确定绕线原理，攻克了绕线工艺、绕线成型、线包固化等多项技术难点。
- **国产线圈绕线设备的效率等性能有待提升。**根据《马鞍形空心杯电机线圈绕制设备研究》，国产空心杯线圈绕制设备的主要厂商包括中特科技有限公司、勤联科技、昆山库克、东莞台立等。中特科技有限公司是我国从事电机设备研究与制造较早的企业，自主生产多款自动以及半自动绕线设备，公司生产的全自动双轴空心杯绕线机适用于 $\Phi 4\sim\Phi 18$ 空心杯电机线圈绕线，该绕线机的控制器采用国外的多轴运动控制器，具有相对较高的效率，运行过程十分稳定，但是该绕线机绕制方法需要多道工序，并且无法很好保证线圈的质量。勤联科技绕线机是国产空心杯绕线机中较少掌握采用一次性绕制成型生产技术的设备，但是线圈绕线的形式较为单一，线圈尺寸、线径有所限制。

图表：国内外空心杯线圈制造工艺对比

国家	公司	主要产品	绕线方式	不足
瑞士	Meteor	M21 型绕制设备、M22半自动绕线机设备、大线圈自动化生产线	全自动绕线、半自动绕线	-
日本	田中精机株式会社	BAS系列多轴绕线设备	全自动绕线	-
中国	中特科技工业有限公司	全自动双轴空心杯绕线机	半自动绕线	采用卷绕式线圈生产方法，需要多道工序，效率仍有提升空间。
中国	勤联科技	勤联科技绕线机	国产空心杯绕线机中较少掌握采用一次性绕制成型生产技术的设备	只能绕制尺寸较小、线径较细的线圈且线圈形状较为单一。
中国	昆山库克自动化	斜绕形绕线机	一次性绕制成型	绕线的形式较为单一，只能绕制斜绕形线圈的绕线设备。
中国	东莞市台立电子机械有限公司	全自动双轴飞叉绕线机	全自动绕线	绕制效果一般，绕制的线圈形式较为局限。

●资料来源：《马鞍形空心杯电机线圈绕制设备研究》，中信建投

## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.2 应用领域：下游应用广泛，涉足航空航天等高壁垒领域，优质客户为产品背书

- 外资龙头下游应用广泛，产品涉足航空航天领域。** 外资龙头的空心杯电机广泛应用于医疗技术、航空航天、工业自动化、机器人、实验室自动化、计量与测试以及民用等领域，尤其在航空航天领域具有先入优势。外资龙头MAXON、FAULHABER的产品已经较多地应用于太空探索等具有极端环境的应用场景，产品也能在该环境中实现正常运作。相比于外资龙头，内资厂商的空心杯电机产品主要应用于智能运输、汽车部件、医疗、家居生活等领域，较少涉及航天航空领域。

图表：内外资厂商空心杯电机下游应用对比

下游应用领域	医疗技术	航空	航天	工业自动化	机器人	实验室自动化	计量与测试	其他
MAXON	有源植入物、胰岛素泵、外科手术机器人、电动工具、仿生手脚等高精度设备	飞行控制系统、机上通讯及机舱设备、无人飞行器	火箭发动机阀门、科研航天器和机器人探测器	阀门控制、液压泵、半导体	袖珍型工业机器人、协作机器人、人形机器人、物流机器人	液体处理、即时检测（PoC）、DNA测序、PCR分析	3D测量、光学雷达、表面检测、扫描仪、全站仪、精密车	电动工具、防盗门、电梯门驱动器、移动检测系统、纹身机
Faulhaber	牙科器械、外骨骼和假肢、医学影像、医用泵、医疗康复、医用呼吸机、外科手术机器人等	飞行器机舱设备、无人机	遥感卫星、彗星探测器、火星探测车、火箭燃料阀	传送带、电动夹具、泵、半导体、纺织机械、焊接设备	紧凑型工业机器人、人形机器人、检查机器人、物流机器人、遥控机器人	自动化分析、即时检测（PoC）、样本传送	3D测量、材料成分分析、材料性能测试	工农业手用工具、纹身机
Portescap	治疗器械、机械循环支持装置、医用泵、电动手术工具、手术机器人、仿生和外骨骼系统	飞行器机舱设备、无人机、燃料管理系统、飞机起落架、飞行仪器仪表	卫星	气体探测、视频监控、传送带、土地测绘、配料和分送系统、纺织机械	人形机器人、机械手臂、检查机器人、服务机器人	-	自动光学控制、扫描仪	工业电动工具
鼎智科技	医疗诊断、乳房x线摄影、美容和牙科应用	-	-	半导体、智能包装机、3D打印机、智能工厂	工业型机器人，服务型机器人	各类分析仪、分光光度计、全息术、显微镜和分配器系统	-	移动设备
拓邦股份	医疗设备、医疗泵、口腔医疗设备	-	-	半导体、运输车	工业机器人、人形机器人	医疗分析设备、检测设备	-	纹身机、电动工具、移动设备、安全系统、智能家居

●资料来源：各公司官网，中信建投

## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.2 应用领域：下游应用广泛，涉足航空航天等高壁垒领域，优质客户为产品背书

- 外资龙头掌握丰富客户资源，产品获得客户认可和背书。**以瑞士MAXON为例，MAXON电机在医疗、航空航天、自动化等领域均掌握丰富的客户资源。在航空航天领域，MAXON与欧洲航天局、美国航天局积极合作，参与到火星探测器、国际空间站等航天项目中。除此之外，公司广泛和医疗行业内LPG、Ottobock等公司达成战略合作，同时也参与到粒子加速器、太空望远镜等科研项目。产品获得多领域客户的广泛认可，为公司品牌力的建立提供了强有力支持。

图表：MAXON空心杯电机主要客户

应用领域	主要客户				
医疗	 <p>Rex Bionics: 机器人外骨骼</p>	 <p>Ypsomed: 胰岛素泵</p>	 <p>Ottobock: 仿生机械手</p>	 <p>Procyrion: 主动脉泵</p>	 <p>LPG: 美容护理设备</p>
航空航天	 <p>欧洲航天局: 火星探测器</p>	 <p>NASA: 国际空间站</p>	 <p>欧洲航天局: 空间交会对接系统</p>	 <p>Sitec: 执行器和阀门</p>	 <p>Hamilton: 空调系统</p>
自动化及其他	 <p>VAT: 晶圆驱动系统</p>	 <p>IDT: 粒子加速器</p>	 <p>HETDEX光谱望远镜</p>	 <p>JST: 人形机器人</p>	 <p>Ruiz Lopez: 安全锁闭系统</p>

## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.3 定制化服务：围绕客户需求，提供定制化服务，实现个性化驱动配置方案

- **外资龙头定制化经验丰富，凭借数十年经验积累实现丰富的驱动配置方案。** MAXON除了开发和生产DC和BLDC电机、齿轮箱、传感器和控制器之外，还能将这些高品质驱动元件整合到机电一体化系统，为客户定制化配置的元件，保证能够让驱动系统发挥最大性能。FAULHABER的标准产品能够通过2500多万种组合方式为特殊应用提供最优的驱动系统，同时能够通过配置专门版本的产品来满足客户的具体需求。Portescap可满足精确的性能要求，可支持集成解决方案，公司的设计方案灵活，支持定制输出轴和接口等功能的模块化设计，可以定制电磁线圈等零部件来满足设备要求。

图表：MAXON定制化外骨骼驱动器



图表：Faul haber定制化内镜视野控制系统



图表：Portescap定制化工业机器人臂



## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.4 全球化布局：收购兼并不断拓宽区域覆盖，叠加全球化产销布局筑高进入壁垒

- **外资龙头通过收购兼并不断拓宽区域覆盖。**在海外空心杯电机公司发展过程中，收购兼并是公司扩大业务面的重要手段。以Faulhaber为例，根据其官网信息，Faulhaber自1999年以来陆续收购Feintechnik Bertsch GmbH & Co. KG、Precistep SA、Rolla Microgear AG、Minimotor SA等公司，不断丰富应用领域，提升核心技术、完善产品线、扩大市场覆盖范围。

图表：空心杯电机龙头收购对象基本情况

公司	收购对象	年份	业务范围	收购对象情况	目的
MAXON	瑞士zub machine control AG	2017	智能控制器	工业自动化领域中的运动控制和多轴控制系统专业供应商。	为公司既有产品组合增加智能主控制器。
	Parvalux Electric Motors Ltd.	2018	驱动电机	成立于1947年，作为英国最早的分马力电机的制造企业之一，提供定制直流和交流电机。	公司DC电机的产品范围扩展至1.5 kW性能领域，并且增加AC电机和蜗轮蜗杆齿轮箱。
Faulhaber	Feintechnik Bertsch GmbH & Co. KG	1999	微型驱动系统	专注于超小型及微型驱动系统的开发和生产，并且提供定制化解决方案。	扩大微型驱动系统制造研发实力。
	Precistep SA	2000	步进电机	成立于1988年，专注于精密及小型步进电机技术的开发，制造和销售。	扩大步进电机的产品性能。
	Rolla Microgear AG	2007	齿轮及传动装置	位于瑞士格伦兴，主要生产各种材料制成的齿轮、输出轴、中间传动装置和链轮。	扩大公司轴承和滚珠丝杠产品。
	Minimotor SA	2008	驱动电机	成立于1962年，致力于微型驱动系统的研发、制造和销售。	扩大微型驱动系统制造研发实力。
	MPS Décolletage SA	2008	轴承与滚珠丝杠	成立于1936年，主要产品包括直线轴承和微型滚珠丝杠领域。	扩大公司轴承和滚珠丝杠产品。
	Dimatech SA	2017	步进电机	公司主要生产高功率盘式磁铁步进电机。	扩大步进电机的产品性能以达到更高级别，从而满足纺织工业、医疗技术、机器人和自动化等新应用领域的需求。
	MicroMo Electronics inc	2019	驱动电机	成立于1961年，为医疗、机器人和航空航天工业提供小型直流电机，无刷直流电机，步进电机和定制微动解决方案。	丰富公司在医疗，航空航天，光学，机器人和半导体设备等应用场景。

● 资料来源：MAXON官网，Faulhaber官网，Portescap官网，中信建投

## 3.2 复盘海外龙头：技术积累、应用领域、定制化服务及全球化布局塑造行业龙头

### 3.2.4 全球化布局：收购兼并不断拓宽区域覆盖，叠加全球化产销布局筑高进入壁垒

- **外资龙头构建全球化产销网络，不断筑高进入壁垒，实现市占率提升。** 新设子公司是扩大业务面的重要手段。以Faulhaber为例，根据其官网信息，Faulhaber新设匈牙利、罗马尼亚、新加坡等全球范围内的子公司，以拓宽应用领域与区域市场。我们认为，收购兼并和新设子公司是空心杯公司拓展区域市场的重要手段，同时推行全球化产销模式有效控制区域综合运营成本，使海外空心杯电机龙头公司不断筑高进入壁垒，实现市占率提升。

图表：空心杯电机龙头全球化布局情况

公司	设立子公司/办事处	研发基地	生产基地
MAXON	瑞士、德国、匈牙利、韩国、美国、法国、荷兰、中国	瑞士、德国	瑞士、德国、匈牙利、韩国、美国、法国、荷兰、中国、英国
Faulhaber	匈牙利、罗马尼亚、新加坡、中国、荷兰、波兰、奥地利、马来西亚、意大利	德国、瑞士、美国、罗马尼亚和匈牙利	匈牙利、罗马尼亚、新加坡、中国、荷兰、波兰、奥地利、马来西亚、意大利
Portescap	美国、印度、瑞士、中国、韩国、日本	美国、印度、瑞士	美国、印度

●资料来源：MAXON官网，Faulhaber官网，Portescap官网，中信建投

### 3.3 展望内资厂商：技术进步、切入医疗领域、海外拓展，借助价格优势加速国产替代

#### 3.3.1 技术进步：内资厂商加大研发投入，提升产品及生产设备技术水平

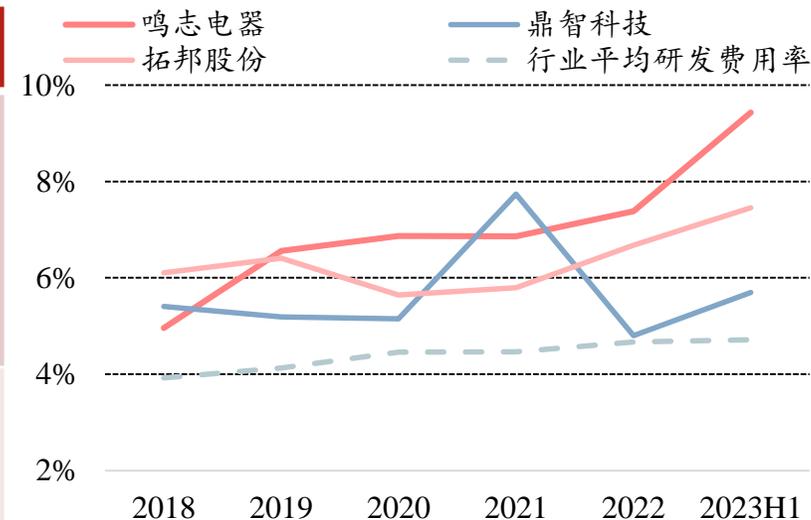
- 国内空心杯电机市场于21世纪初期开始发展，内资厂商持续加大研发投入，实现产品——设备——零部件国产替代三步走。
  - 产品国产替代**：鸣志电器2018年投放空心杯电机，逐步实现空心杯电机在医疗仪器等领域的应用，2021年空心杯产品已具备与全球一流同行竞争的能力。鼎智科技在2020年开展空心杯电机相关研究项目，项目投入近700万，2022年空心杯电机产线正在筹建。拓邦股份2007年在精密空心杯电机等产品上取得了一定的成果；2017年开展两对极空心杯电机项目，开发支出约580万元。
  - 设备国产替代**：鸣志电器2022年扩充空心杯电机和无刷电机的自动化生产设备和改善工程工艺。鼎智科技在2022年空心杯电机关键绕线工艺设备实现自制，能实现多工位自动化绕线成型。
  - 零部件国产替代**：鼎智科技实现微特电机产品的核心零部件自主可控，成为在全球线性执行器产品领域内，较少数具备丝杆部件和螺母部件独立生产能力的企业。鸣志电器通过收购兼并逐渐拥有高端电机定制化设计以及核心零部件自产能力。

图表：国内空心杯电机厂商布局情况

公司	第一阶段： 产品国产替代	第二阶段： 设备国产替代	第三阶段： 零部件国产替代
鸣志电器	2018年，公司拓展无刷电机在道闸控制、纺织机械、船用卫星天线领域的应用，将产品线由5个系列扩展到11个系列。 2018年，公司投放空心杯电机，逐步实现该型电机在医疗仪器、工业机器人高精度高速抓手、高速智能电动缸等领域的应用。 2020年，公司计划建设投资无刷电机新增产能项目，项目投资6156万元，形成新增年产227万台高标准无刷电机的生产能力。	2022年，公司将重点对接主要布局行业的新项目开发计划，加速推进新项目开发和量化的进度；加紧实施无刷电机新增产能项目，扩充自动化生产设备和改善工程工艺，继续提升产能和生产效率，提升产品质量和稳定性。在拓展无刷电机和空心杯电机的产品线平台的同时，增加减速机/直线传动、闭环控制等功能性、模组化产品项目的开发力度。	公司通过收兼AMP、LIN等，逐渐拥有高端电机定制化设计以及核心零部件自产能力。
鼎智科技	2020年，公司深入研发高速高效无槽直流无刷电机（即空心杯电机），研发周期处于2020年1月与2022年12月之间，预计项目投入700万。	2022年，公司空心杯电机关键绕线工艺设备实现自制，能实现多工位自动化绕线成型，同时空心杯电机产线正在筹建。	公司实现微特电机产品的核心零部件自主可控，成为在全球线性执行器产品领域内，较少数具备丝杆部件和螺母部件独立生产能力的企业。

●资料来源：鸣志电器招股说明书、鼎智科技招股说明书、鸣志电器2017-2022年年报、鼎智科技2021-2022年年报、鼎智科技2023年3月28日投资者问答，中信建投

图表：2018-2023H1年内资厂商研发费用率



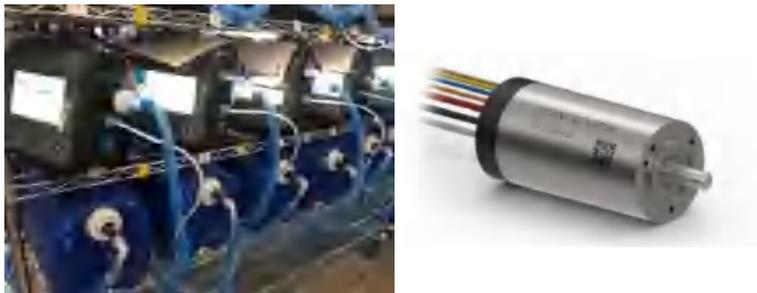
●资料来源：Wind，中信建投  
注：行业平均参考申银万国行业分类（2021）中“电机设备-电机”分类

### 3.3 展望内资厂商：技术进步、切入医疗领域、海外拓展，借助价格优势加速国产替代

#### 3.3.2 切入医疗领域：逐步突破医疗龙头客户，“由点到面”开启国产替代

- 内资厂商以医疗等领域作为切入点，快速进入产业链，“由点到面”开启国产替代。①鸣志电器自2020年与多家医疗仪器设备制造商合作，同时专为呼吸机打造ECU16024系列空心杯电机，并于2020年6月实现大批量生产。②鼎智科技聚焦医疗、工控领域，旗下产品与美国 Adaptas、意大利SERVO、万孚生物、三诺生物等医疗领域企业保持合作。③拓邦股份2008年为多家医疗客户提供其研发的空心杯电机样品也通过了测试，开始小批量生产，2010年空心杯电机率先应用于医疗产品并得到市场认可，2014年成为德语区空心杯电机核心供应商。由于医疗仪器设备为空心杯电机重要的应用领域，内资厂商选择医疗行业作为布局空心杯电机的重要抓手，快速进入医疗用空心杯电机产业链，在行业内逐渐积累客户资源，拓展市场份额。

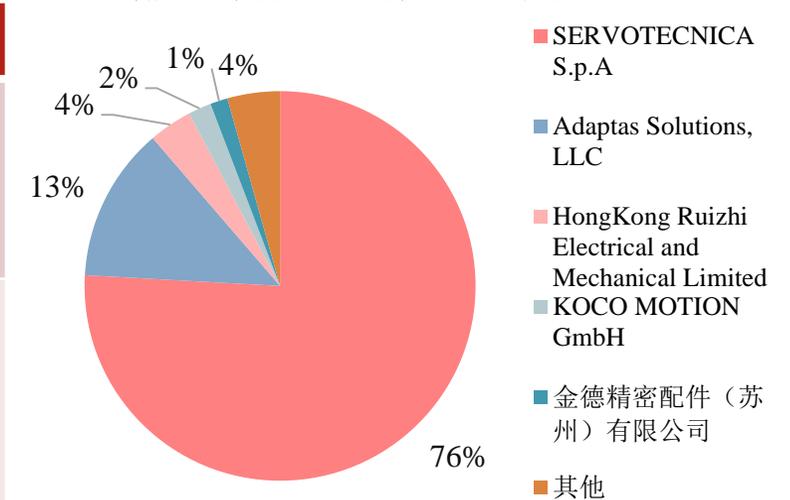
图表：鸣志电器和美国某呼吸机制造商合作重症监护呼吸机电机



图表：国内厂商的国际医疗龙头客户

公司	国际医疗龙头客户
鸣志电器	西门子医疗、迈瑞医疗等。
鼎智科技	线性执行器：迈瑞医疗、深圳新产业、美国 IDEXX、美国 Adaptas 等； 音圈电机：迈瑞医疗； 混合式步进电机、直流电机：万孚生物、三诺生物、美国 Adaptas、意大利 SERVO 等。

图表：鼎智科技直流电机2022年客户占比



## 3.3 展望内资厂商：技术进步、切入医疗领域、海外拓展，借助价格优势加速国产替代

### 3.3.3 海外拓展：收购&设立境外子公司逐步深入全球市场

- 内资厂商收购&设立境外子公司提升区域覆盖，“由浅入深”向全球市场发展。**鼎智科技设立海外全资子公司——美国鼎智、韩国鼎智，业务覆盖包括欧洲、北美、东亚及东南亚等50个国家或地区的2000多家客户，公司在美国加州设立第二生产基地，在美国和德国设有技术研究服务中心。鸣志电器2019年收购Technosoft Motion AG公司，该公司在空心杯和无齿槽电机的驱动控制领域始终保持着全球领先的技术水平，收购后帮助鸣志电器快速推进空心杯和无齿槽电机的批量化。拓邦股份在美国、英国、德国、瑞典、日本、新加坡、泰国、以色列、南非等地区设立子公司，形成全球化产销体系。内资厂商积极并购&设立境外子公司完善产品布局，持续打造全球化服务网络，深入全球空心杯电机产业链。

图表：内资厂商收购、设立子公司和研发基地情况

公司	收购情况				设立子公司	研发基地
鸣志电器	2014年	美国 AMP	电子电气连接器及内部连接系统供应商	补齐驱动层、控制层产品	美国、意大利、新加坡、日本、德国、印度、越南设立子公司	以美国AMP、美国LIN等子公司设立多处研发中心和制造基地
	2015年	美国 LIN	步进电机的研发、生产、销售	获取高端步进电机技术		
	2018年	常州运控电子	高精密伺服电机、无刷电机、步进电机、减速机的研究制造	HB 步进电机出货量再创新高		
	2019年	Technosoft Motion AG公司	在智能电机驱动和控制的技术研发和市场应用积累多年经验，专注于高端医疗/生命科学及实验室仪器、超细微加工、半导体设备、AGV和机器人等应用领域	帮助公司快速推进空心杯和无齿槽电机的批量化		
鼎智科技	2023年	一和起（常州）智能科技有限公司	主营业务为从事精密微型丝杆的研发、生产、销售	增强精密微型丝杆的研发、生产、销售	美国、韩国设立子公司	在美国加州设立第二生产基地，在美国和德国设有技术研究服务中心
	2023年	华传智感	研发、生产、销售光电编码器、磁编码器等各种类型的编码器，在医疗电子设备、自动化产线、机床设备、机器人等行业运用	实现公司机械、电子、软件整合，产品模块化，扩大微电机产业链		
拓邦股份	2010年	深圳煜城鑫电源科技有限公司	动力锂电池的技术开发及销售等	进军锂电池市场	美国、英国、德国、瑞典、日本、新加坡、泰国、以色列、南非等地区设立子公司	越南、印度、墨西哥、罗马尼亚设立生产研发中心
	2011年	众志盈科电气技术有限公司	专注于通信电源，集设计、制造、销售和服务	提升智能控制产品在更高端领域的应用		
	2015年	研控自动化科技有限公司	专业研发生产运动控制卡、步进驱动器、伺服驱动器、国产伺服、伺服电批、运动控制器、一体机、EtherCAT总线等	加速了公司向工业控制领域发展的步伐		
	2016年	深圳合信达控制系统股份有限公司	控制器、控制产品、智能家居温控产品、机电一体化产品、工业自动化产品的技术开发与销售等	公司进入燃气控制领域		
	2021年	宁辉锂电	研发生产和应用锂离子动力电池	拓宽锂电应用市场		

### 3.3 展望内资厂商：技术进步、切入医疗领域、海外拓展，借助价格优势加速国产替代

#### 3.3.4 内资厂商借助价格优势加速国产替代

- 内资厂商空心杯电机性价比优势明显，进入产业链后凭借价格优势加速国产替代。以直径16mm、性能相似的空心杯电机为例，外资厂商空心杯电机价格约为1200~1500元人民币，内资厂商产品价格约为1000元，相比于国外产品低15%~35%。我们认为，内资厂商主流尺寸的空心杯电机在技术指标上已经可与国外产品媲美，内资厂商产品具有明显价格优势，叠加未来空心杯电机行业竞争提升以及技术不断提升，国内厂商性价比优势进一步凸显，未来空心杯电机产业链有望加速国产替代。

图表：国内相似性能的空心杯电机价格较外资产品低15%-35%

公司	型号	直径 (mm)	转速 (r/min)	转矩 (mN.m)	功率 (W)	价格 (元)
瑞士MAXON	DCX 16 L Ø16 mm, 石墨电刷, 滚珠轴承	16	13100	11.6	10	¥1534
美国Portescap	16ECP36 8B 245 .01	16	12420	7.2	27.5	\$180.35 = ¥1283
鸣志电器	ECU16036H12-S101	16	15000	9.7	23	¥1057
鼎智科技	16ZWWC40	16	50000	7.4	33	¥1000

●资料来源：MAXON官网，Portescap官网，鸣志电器官网，鼎智科技官网，Wind，中信建投  
注释：根据Wind，2023年6月8日，1美元=7.1122元人民币

# 目录

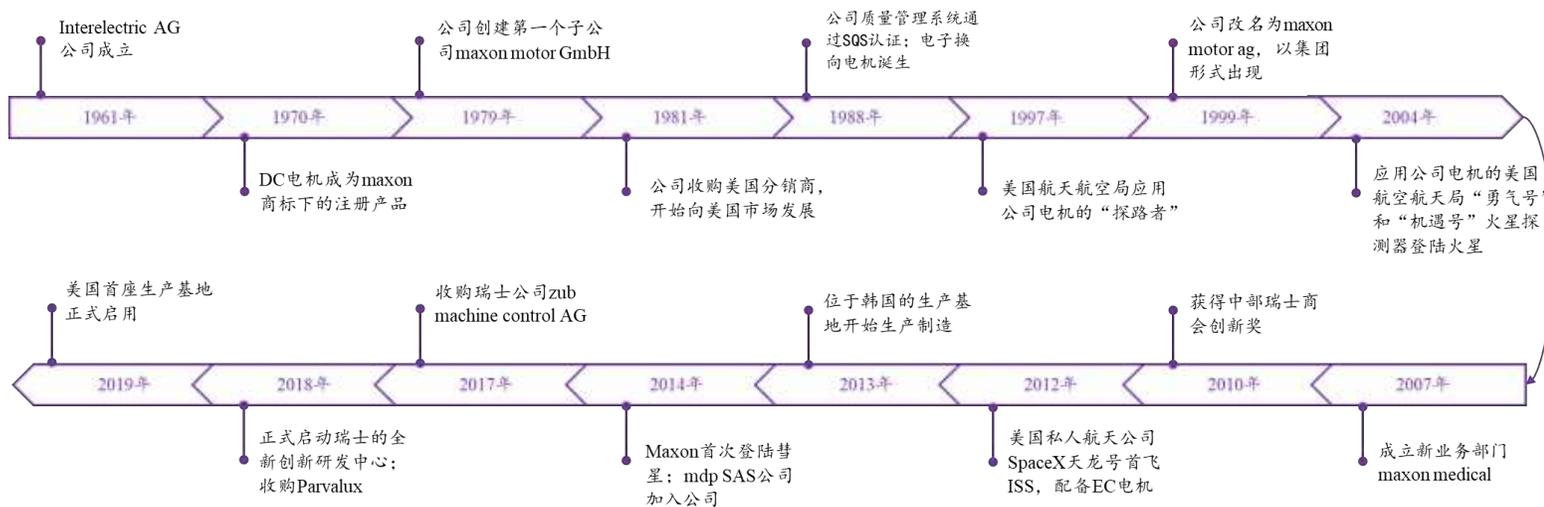
- 1. 空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛
- 2. 行业分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容
- 3. 行业格局：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起
- 4. 重点公司
  - 4.1 Maxon：全球行业龙头，产品谱系丰富，航天领域品牌优势突出，人形机器人应用抢先落地
  - 4.2 Faulhaber：空心杯电机发明起源，注重高端化+定制化，收购兼并拓宽区域覆盖
  - 4.3 Portescap：背靠Regal Rexnord集团，聚焦医疗&工控领域，打造全球化供应链
  - 4.4 鼎智科技：全球线性执行器领先企业，立足定制化开发，持续延伸新产品与新应用
  - 4.5 拓邦股份：国内智能控制器龙头，深耕家电+工具领域，发力拓展新能源+机器人方向
  - 4.6 鸣志电器：国内步进电机龙头，加速扩张运动控制产品矩阵
  - 4.7 田中精机：数控绕线机领军企业，秉承TNK优秀技术，拓展新能源汽车等新兴领域
- 5. 投资建议及相关公司情况
- 6. 风险提示

# 4.1 Maxon：全球行业龙头，产品谱系丰富，航天领域品牌优势突出，人形机器人应用抢先落地

## 深耕驱动领域数十年，打造多元化产品矩阵，发展为全球空心杯电机龙头

- **深耕驱动领域60多年，公司积极布局全球化产销网络，发展为全球空心杯电机龙头。** Interelectric AG为MAXON集团的前身，创立于1961年。公司总部位于瑞士，致力于研发并生产性能强大的电动驱动器，同时按客户要求专门提出定制的驱动器和系统解决方案。公司在瑞士、德国、匈牙利、韩国、中国等国家拥有8个生产基地，在全球40个国家拥有销售网络。
- **公司构建多元化产品矩阵，其中空心杯电机系列多、性能突出、应用场景广泛。** 公司产品涵盖无刷和有刷直流电机、齿轮箱、传感器、编码器、伺服放大器、位置控制等，产量超过500万件，约12000个品种。公司生产的空心杯电机直径范围在6mm-65mm，功率范围在0.3W-250W，寿命长、设计紧凑、效率高，质量可克服极端环境，能用于航天航空等严苛环境。

图表：MAXON公司发展历程



图表：MAXON空心杯电机产品



## 4.1 Maxon：全球行业龙头，产品谱系丰富，航天领域品牌优势突出，人形机器人应用抢先落地

### 营收受益于医疗、工控行业高景气保持增长，公司凭借持续技术研发&产能扩充逐步筑高壁垒

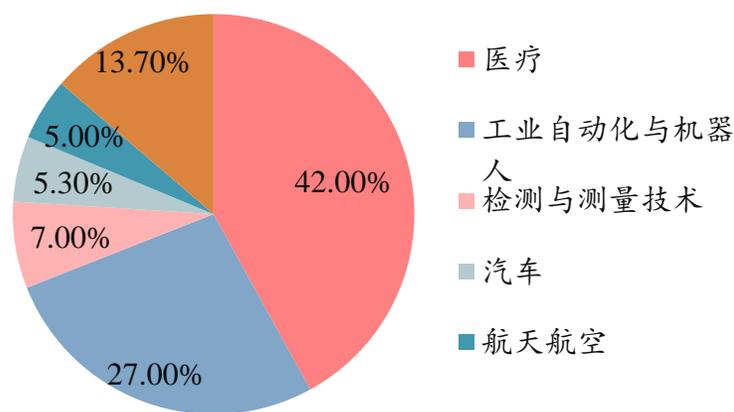
- **公司营收持续增长，医疗领域为公司主要营收来源。**根据官网，公司2022年全球营业额为7.08亿瑞士法郎，2013-2022年CAGR为7.79%，公司营收保持增长的主要原因为医疗技术、工业自动化和移动解决方案行业的迅猛发展。医疗、工业自动化与机器人为公司主要营收来源，占比分别为42%和27%，检测与测量技术、汽车和航空航天分别占比7%、5.3%和5%。
- **公司持续加大研发投入，注重产能扩张。**公司2022年研发投入和产能投入分别为5150万和3390万瑞士法郎，分别占总营收的7.3%和4.8%，近年来保持较高的水平。公司研发员工约有340名员工，占总员工的10.2%，并且在位于瑞士萨克瑟恩的maxon总部以及位于德国塞克绍的分公司内均设有研发机构。除了持续开发产品和改善制造工艺之外，该机构对用于生产和检测的设备也相当注重。

图表：2013-2022年MAXON营业收入及同比增速



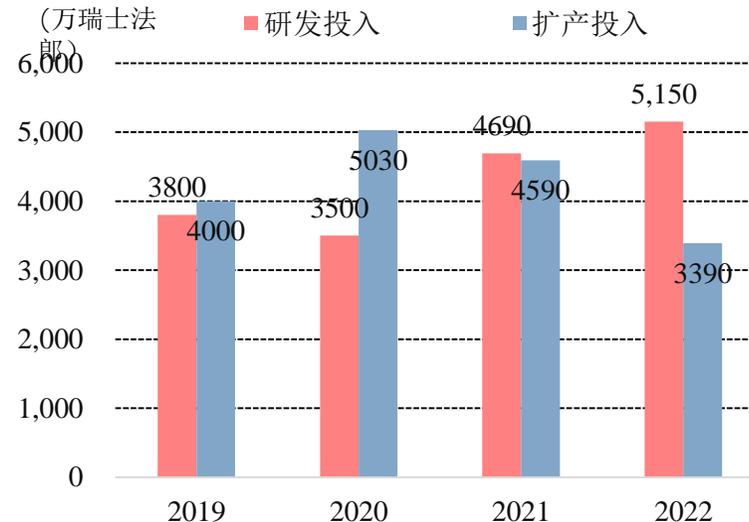
● 资料来源：MAXON官网，中信建投

图表：2018年MAXON业务结构占比



● 资料来源：MAXON官网，中信建投

图表：2019-2022年MAXON产能及研发投入



● 资料来源：MAXON官网，中信建投

# 4.1 Maxon : 全球行业龙头，产品谱系丰富，航天领域品牌优势突出，人形机器人应用抢先落地

## 公司空心杯电机在人形机器人领域应用抢先落地，快速进入产业链迎来新发展机遇

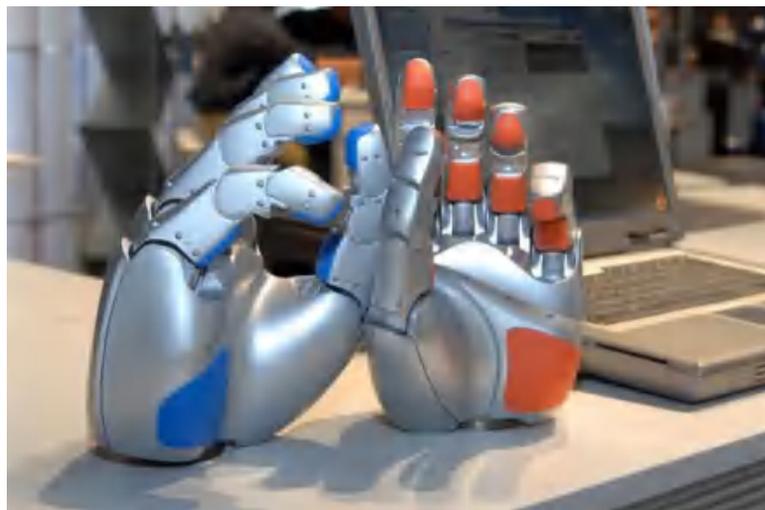
- **积极布局人形机器人领域，有望把握新兴领域发展机遇。** MAXON积极与人形机器人及其产业链内企业合作，掌握较丰富的应用经验，积累优质下游客户。随着人形机器人快速发展，公司有望快速进入产业链，实现空心杯电机业务的进一步飞跃。**①积累丰富的机械手开发经验：**公司与法国Aldebaran公司、东京大学、中国西安超人机器人公司等企业或机构合作，使用maxon无刷直流电机提供人形机器人的机械手臂驱动的方法；参与德国太空中心与哈尔滨工业大学合作共同开发的新机械手DLR-HIT-Hand II，每只手用15台maxon的无刷直流电机驱动。**②与意法半导体合作研发机器人电机控制方案：**意法半导体与maxon合作，加快机器人应用和工业伺服驱动器的研发周期。EVALKIT-ROBOT-1是一个即插即用的电机控制解决方案，旨在帮助用户轻松入门伺服驱动器和机器人精准定位及高端运动控制领域。套件中包含一个内置1024脉冲增量编码器的maxon 100W无刷直流电机。

图表：MAXON空心杯电机应用于人形机器人



● 资料来源：MAXON官网，中信建投

图表：maxon电机驱动仿真机械手



● 资料来源：MAXON官网，中信建投

图表：ST与maxon共同研发机器人电机控制方案

Plug-and-play servo control dev kit for drives, robotics and automation



● 资料来源：意法半导体官网，中信建投

# 4.1 Maxon：全球行业龙头，产品谱系丰富，航天领域品牌优势突出，人形机器人应用抢先落地

## 复盘：打造多层次空心杯电机产品矩阵，深耕航天用空心杯电机数十年

- **产品谱系齐全，从高性价比系列到高端系列全覆盖。**公司打造多层次的空心杯电机产品矩阵，不仅拥有定位于高端高性能的RE、DCX有刷系列和ECX无刷系列，而且拥有定位于中端的RE-max有刷系列和以高性价比为主的A-max、DC-max有刷系列和EC-max无刷系列，满足了不同层次客户的多重需求，实现从高性价比系列到高端系列全覆盖。
- **深耕航天用空心杯电机近20年，产品拥有NASA等客户背书。**公司凭借产品优异性能，成功深入高壁垒的航天用空心杯电机领域，并且深耕近20年。公司在1997年将空心杯电机应用于火星探测器，然后陆续应用于火星探测器、美国私人航天公司SpaceX天龙号、彗星着陆器、太阳轨道探测器等航天项目，与NASA、欧洲航天航空局达成深度合作，产品获得客户认可。

图表：MAXON空心杯电机产品矩阵



图表：MAXON航天用空心杯电机发展历程

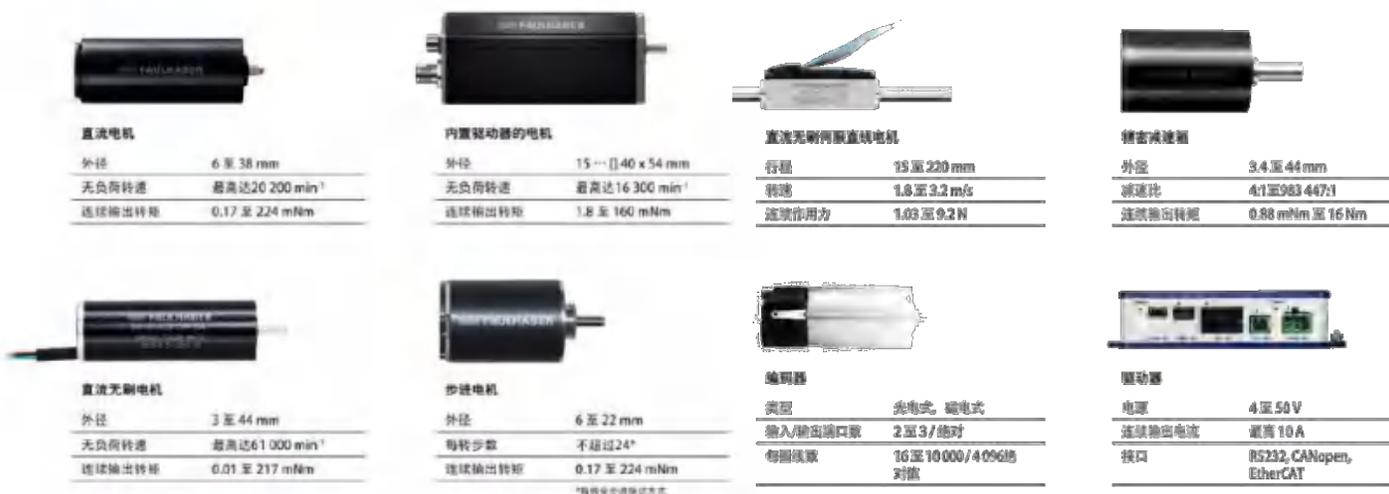


## 4.2 Faulhaber：空心杯电机发明起源，注重高端化+定制化，收购兼并拓宽区域覆盖

### 公司为微驱动系统领域龙头，产品掌握独有专利技术

- **公司为高精度微型和微驱动系统领域龙头，积极打造全球化布局。** FAULHABER是一家独立的由家族经营的集团公司，集团由FAULHABER Drive Systems（总部位于德国）和 Micro Precision Systems（总部位于瑞士）两个业务分部组成。公司在瑞士、美国、罗马尼亚、匈牙利开设研发生产基地，在全球30多个国家设有子公司。2014年公司收购北京众志恒公司，以完全直销的方式在国内开展业务，并且在上海、西安和深圳设有分公司。
- **公司构建多元化产品矩阵，空心杯电机掌握独有创新技术，性能突出。** 公司产品系列包括高性能DC电机、BLDC电机、线性电机、步进电机等。FAULHABER空心杯电机型号齐全，产品直径范围在 $\varnothing 3\text{mm} \sim \varnothing 44\text{mm}$ ，功率范围在 $0.065\text{W} \sim 282\text{W}$ ，并且能提供定制化驱动配置方案。公司空心杯电机转子由一个无铁芯、自承式、带斜绕组的铜线圈组成，这项技术由Fritz Faulhaber Sr.博士开发，并于1958年获得专利，成为公司产品的核心技术。得益于无铁芯自承式铜线圈，电机的总重量很轻。此外，这种结构确保最小惯性矩和无齿槽、高精度运行。

图表：FAULHABER直流无刷电机产品图



图表：FAULHABER空心杯电机性能对比

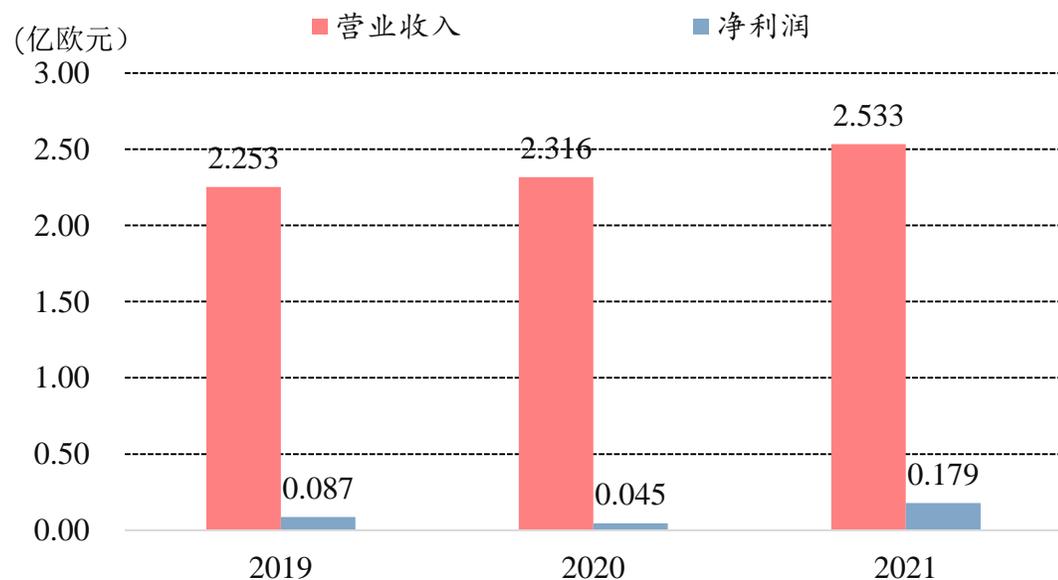
型号	直径 (mm)	转速 (r/min)	转矩 (mN.m)	功率 (W)	型号特点
FAULHABER R B-MICRO	3.0-5.0	77000-98000	0.018-0.13	0.065-0.44	尺寸缩至最小，适配高度紧凑场景。
FAULHABER R B	6.0-44.0	16000-100000	0.36-217	1.7-282	结构精密，使用寿命极长，可靠性高。
FAULHABER R BHX	16.00	76000-100000	8-18.7	58.5-91	适用于高速运行和快速精确定位，低振动，低噪声特性，高效率。
FAULHABER R BX4	22.0-32.0	12000-29000	18-96	23-62	使用寿命长、转矩高、结构紧凑。
FAULHABER R BP4	22.0-32.0	16000-34500	59-158	133-152	转矩极高，适用于涉及高功率和动态启停控制的场景。
FAULHABER R B-FLAT	15.0-26.0	40000	0.5-100	1.5-9	紧凑，转动惯量小，寿命长。
FAULHABER R BXT	22.0-42.0	10000	9.7-134	9-100	适合需要高转矩的短型驱动应用场合。

## 4.2 Faulhaber：空心杯电机发明起源，注重高端化+定制化，收购兼并拓宽区域覆盖

### 品牌价值保障公司高盈利能力，积极入局人形机器人等新兴领域

- **公司营收保持增长，盈利能力较强。**根据Craft数据，公司2021年营收为2.53亿欧元，净利润为1790万欧元，分别同比增长9.37%和297.78%。2020年，公司毛利率约73.4%，盈利能力较强，主要原因为公司技术领先，品牌竞争力强，具有较高的议价权，因此保持较高的毛利率。
- **公司下游应用广泛，积极入局人形机器人领域。**公司的产品广泛应用于手术机器人、呼吸机、ExoMars火星车、两栖飞机、HADES探测器等。2020年，公司与荷兰代尔夫特理工大学机器人研究中心展开合作，构建了良好的产学研体系与产业生态。公司与巴塞罗那的PAL机器人公司、Dongbu Robot等企业合作，致力于建设特殊应用的人形机器人。

图表：2019-2021年Faulhaber公司营收及净利润



图表：Faulhaber空心杯电机应用于人形机器人

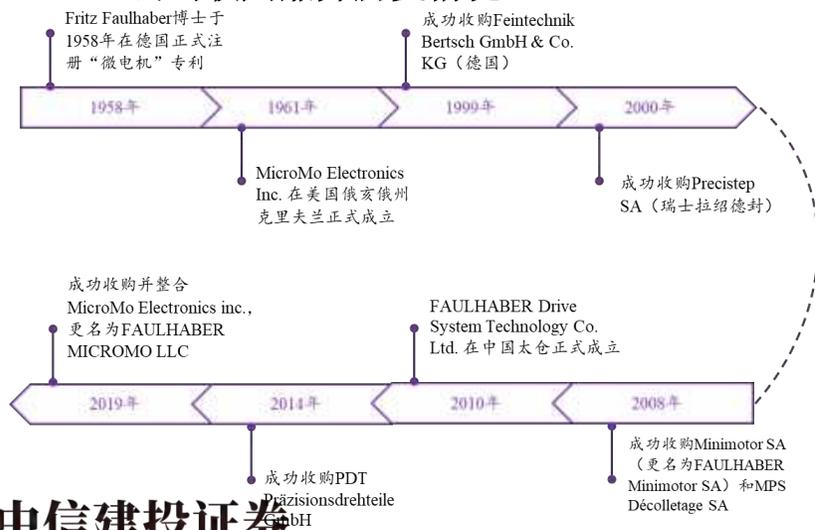


## 4.2 Faulhaber：空心杯电机发明起源，注重高端化+定制化，收购兼并拓宽区域覆盖

### 复盘：技术底蕴深厚，凭借收购兼并拓宽区域覆盖，高端化+定制化提升产品竞争力

- **公司拥有丰富技术底蕴。**德国Fritz Faulhaber Sr. 博士在1958年发明空心杯斜绕组线圈绕制技术，并发明了相应的空心杯电机产品，在1965年获得空心杯电机转子线圈斜绕组专利技术，标志着空心杯线圈技术的进步，同时也标志着空心杯电机的诞生，这项革命性的技术也实现以较小的体积和重量获得较大的功率并有优秀的动态特性。在Fritz Faulhaber Sr. 博士带领下，公司深耕空心杯电机近60年，目前共拥有超过50项专利，技术底蕴深厚。
- **公司在全球范围收购兼并，不断拓展区域覆盖和加强业务发展。**公司自1999年以来逐步收购MinimotorSA、PDT、MicroMo Electronics等多家掌握高精密小型和微型技术的企业，提升公司该领域的实力，并且在瑞士、美国、罗马尼亚、匈牙利开设研发生产基地，在全球30多个国家设有子公司，实现区域覆盖的拓宽。
- **公司专注于高端市场，致力于提供定制化服务，实现产品高附加值。**公司提供的驱动系统都致力于在实现最小尺寸和最轻质量设计的同时达到最大性能，通过2500多万种组合方式为特殊应用提供最优的驱动系统，由专用组件搭建的解决方案专门设计用于为各种需要自动生产复杂机电装配件的应用和合作伙伴提供支持。

图表：Faulhaber公司收购兼并历史情况



图表：Faulhaber公司子公司情况





## 4.3 Portescap：背靠Regal Rexnord集团，聚焦医疗&工控领域，打造全球化供应链

### 打造空心杯电机多元化产品矩阵，满足各应用场景定制化需求

- 公司空心杯电机性能优秀，多系列产品适配不同应用场景，突出定制化特点。**公司的主要产品包括无刷直流电机、有刷直流电机、永磁步进电机、盘式磁铁电机和步进直线执行器，其中空心杯电机产品包含Athlonix DCP电机、DCT电机和DCS电机等多个系列，电机直径范围在 $\varnothing 10\text{mm} \sim \varnothing 24\text{mm}$ ，空载转速范围在7810rpm~11049rpm，功率范围在0.7W~19W。根据公司官网，Athlonix DCP电机使用高效无铁芯设计，自支撑线圈和磁路优化后，最高连续扭矩高达6.5mN·m，产品系列性价比高；DCT高扭矩电机提供更长的寿命和更佳的可靠性，扭矩输出高达14.97mNm；DCS电机追求更高的功率体积比。公司的空心杯电机能够提供高达90%的效率，使用高能钕磁铁和改进的磁路设计减小电磁损失，同时可根据客户需求进行电机定制。
- 公司产品主要应用于医疗、工控等应用领域。**公司生产的空心杯电机的应用集中于医疗机械、机器人以及机械工具等，较少应用于航天航空等领域。Portescap拥有20年的设计经验制造手术用电机，公司产品主要用于各种医疗应用的电机，包括关节镜剃须刀，大型骨矫形钻头，耳鼻喉微型清牙器，耳鼻喉钻头，高速脊柱和神经钻头等产品。

图表：Portescap主要产品



图表：Portescap产品性能对比

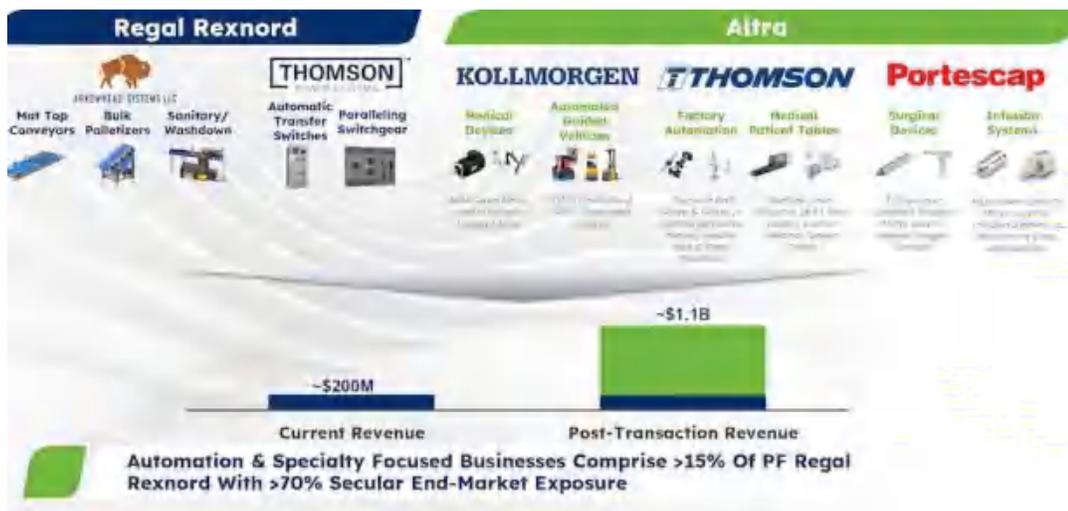
	Brushless DC Slotted	Brushless DC Slotless	Brush DC	Disc Magnet	Can Stack	Can Stack Linear Actuator
Efficiency/battery life	++	+++	++++	+	+	+
Motor lifetime	++++	++++	++	++++	+++	++
Autoclavability	++++		+			
Ability to withstand harsh environments	++++	+++	++	++	+	+
High power/weight ratio	++++	++++	+++	+++	+	+
High motor acceleration	++	++	+++	++++		
Open loop positioning	+	+		++++	++	+++
Simple control	+	+	++++	++	++	++
Low noise	+++	++++	+++	++	++	+
Ease of achieving linear motion						++++
Max rated continuous torque	++++	++++	+++	++++	+	
Max speed	++++	++++	+++	++	+	+

## 4.3 Portescap：背靠Regal Rexnord集团，聚焦医疗&工控领域，打造全球化供应链

### 复盘：加入Regal Rexnord集团，充分利用集团资源，向新兴应用领域进一步渗透

- 公司加入Regal Rexnord集团，在工厂物流等领域形成竞争优势：Altra为全球知名运动控制和动力传输解决方案制造商，旗下拥有微型运动技术供应商Portescap、著名运动控制品牌Kollmorgen、减速机品牌Bauer Gear等。2022年10月，Regal Rexnord收购Altra Industrial Motion，扩大集团的产品组合、客户覆盖范围和产品多样性。Regal Rexnord位于美国威斯康星州，为全球知名的电气及机械传动设备制造商Regal Beloit与Rexnord的过程与运动控制部门于2021年新合并组成，Regal Rexnord集团形成了强大的物料输送系统解决方案。Altra加入Regal Rexnord后使其在物流领域形成了竞争优势。Portescap可以充分利用Regal Rexnord集团在工厂自动化、医疗、航空航天和仓储物流等领域的客户资源，向新兴应用领域进一步渗透。

图表：Regal Rexnord集团旗下品牌



图表：Regal Rexnord集团主要产品情况

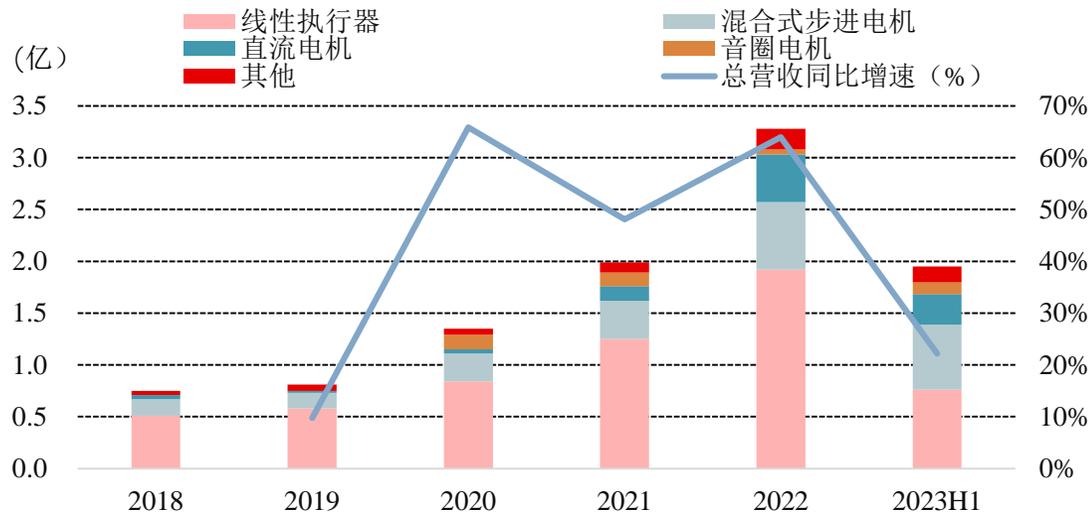


## 4.4 鼎智科技：全球线性执行器领先企业，立足定制化开发，持续延伸新产品与新应用

### 围绕微特电机，提供定制化精密运动控制解决方案

- 公司是以微特电机为主要产品的定制化精密运动控制解决方案提供商。公司主要从事线性执行器、混合式步进电机、直流电机、音圈电机及其组件等产品的设计、研发、生产和销售，公司以客户需求为导向，将成熟技术方案向客户进行推广应用，并针对特定需求开展定制化产品开发。
- 产品行业领先，直流电机营收保持高增长。公司产品主要包括线性执行器、混合式步进电机、音圈电机、直流电机等产品。公司多项产品在医疗器械、工业自动化等行业内具有较强竞争力，其中公司线性执行器为行业领先产品，在迈瑞医疗、深圳新产业、美国IDEXX、美国Adaptas、韩国三星等企业产品中得到应用；呼吸机配套音圈电机打破国外垄断，已在迈瑞医疗呼吸机中批量应用。2022年度公司营业收入3.18亿元，同比增长63.99%，其中线性执行器、混合式步进电机、直流电机和音圈电机等主营产品营收分别为1.92、0.65、0.46、0.05亿元，占比分别为60.38%、20.44%、14.47%、1.57%；2023年上半年度公司营业收入1.95亿元，同比增长22.19%，其中线性执行器、混合式步进电机、直流电机和音圈电机等主营产品营收占比分别为39.07%、32.18%、15.10%、5.75%。空心杯电机业务主要归属于直流电机业务，2022年直流电机业务营收同比增长229%，占总营收比重同比提升了7.25pct。

图表：鼎智科技分业务营收情况



图表：鼎智科技精密运动控制解决方案示意图



● 资料来源：鼎智科技招股说明书，中信建投

## 4.4 鼎智科技：全球线性执行器领先企业，立足定制化开发，持续延伸新产品与新应用

### 借助自研技术优势占据一席之地，攻克稀缺的绕线自动化设备

- **公司空心杯电机效率达到90%，主要应用于智能家电和医疗行业。**根据公司招股说明书，空心杯电机结构紧凑，可实现平稳的高低速转换、精准控制、高效率和功率密度，机座尺寸范围为 $\varnothing 16\text{mm} \sim \varnothing 42\text{mm}$ ，功率范围为33W-120W，电机最大效率达到90%，转矩波动 $< 3\%$ ，调速范围大于200，齿槽转矩 $<$ 额定转矩5%，适用于快速动作、功率较大的随动系统中，主要应用于智能家电、医疗泵、手术器械等领域。
- **公司攻克绕线自动化设备，有望实现空心杯电机全自动化生产，快速满足批量订单。**根据投资者调研，公司目前已经实现空心杯电机关键绕线工艺设备自制，能实现多工位自动化绕线成型，有望实现空心杯电机全自动化生产，极大提高空心杯电机的生产效率和产品一致性，为公司带来更大的市场竞争力。同时，由于核心工艺及设备自研，公司的空心杯电机产能建设周期较短，可以快速满足批量订单。

图表：鼎智科技直流电机产品

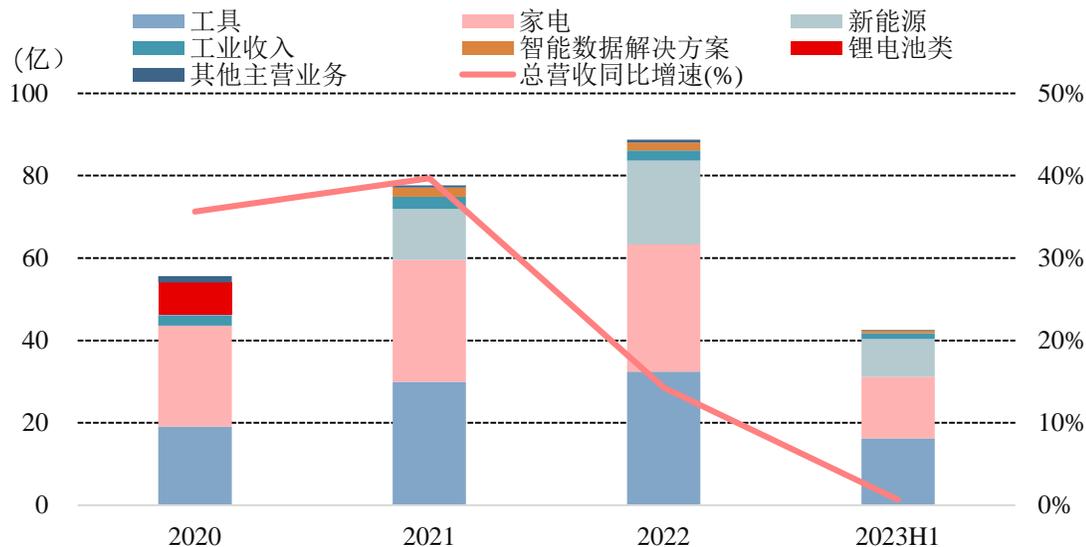
类型	尺寸	功率	电机效率	额定转矩	转动惯量	空载转速	示意图
直流有槽电机 (直流无刷电机)	16mm-130mm	30W-10kW	70% -86.5%	0.007N·m -1.5N·m	0.45g·cm <sup>2</sup> -4200g·cm <sup>2</sup>	3600rpm -16300rpm	
直流无槽电机 (空心杯电机)	16-42mm	33W-120W	75% -91%	7.4mN·m -180mN·m	0.583g·cm <sup>2</sup> - 96.3g·cm <sup>2</sup>	6800rpm -58000rpm	

## 4.5 拓邦股份：国内智能控制器龙头，深耕家电+工具领域，发力拓展新能源+机器人方向

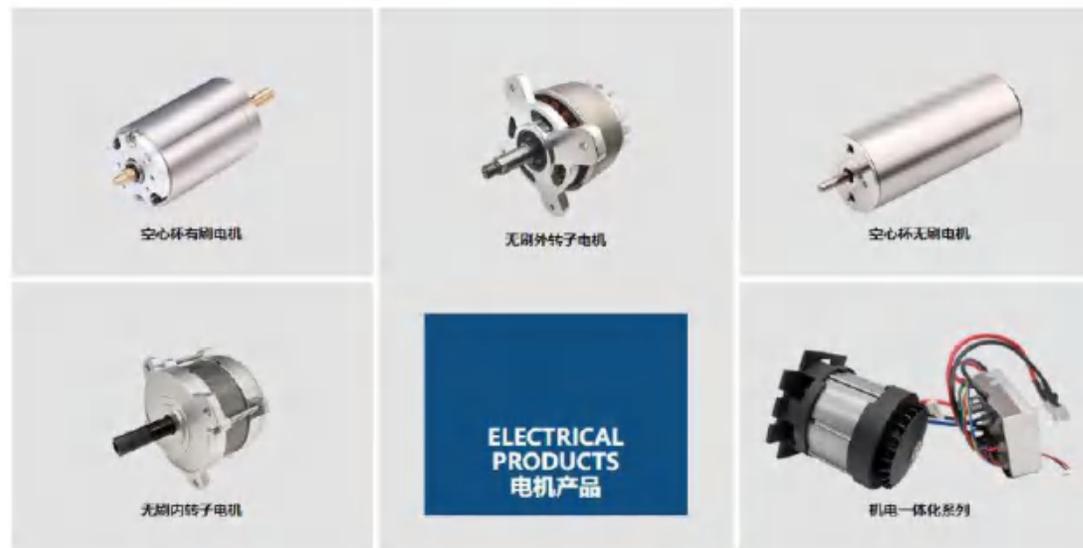
### 全球领先的智能控制解决方案商，借助新能源、机器人等行业再迎新机遇

- 公司是全球领先的智能控制解决方案商，形成“四电一网”（电控、电机、电池、电源和物联网平台）的综合技术体系，主要面向家电、工具、新能源、工业、智能解决方案五大行业。根据公司官网，从生产能力来看，公司拥有上百条DIP生产线、SMT生产线及AI生产线，所有生产流程符合RoHS和REACH标准；从研发能力来看，截至2022年末，公司拥有1776名研发人员，累计申请专利2946多项，研发投入营收占比达8.11%。
- 电动工具和运动控制领域的电机产品保持国内领先，应用领域广泛。根据公司2022年年报，从电机行业角度，公司重点围绕电机的高效、低噪声、高精度、高稳定持续创新，形成了直流无刷电机、步进电机、伺服电机等数十个先进的电机产品平台，并且成功应用于多个领域，电动工具、自动化设备、智能电器、新能源汽车、机器人等领域。其中，公司在电动工具和运动控制领域的产品处于国内领先地位，得到了广泛的市场认可。2022年公司营业收入88.75亿元，同比增长14.27%，其中工具、家电、新能源、工业和智能解决方案营收分别为32.40、30.92、20.36、2.48、1.89亿元，占总营收比重分别为36.51%、34.84%、22.94%、2.79%、2.13%；2023年上半年公司营业收入42.56亿元，同比增长0.67%，其中工具、家电、新能源、工业和智能解决方案营收占总营收比重分别为38.06%、35.25%、21.48%、3.21%、1.74%。

图表：拓邦股份分下游营收情况



图表：拓邦股份电机产品



## 4.5 拓邦股份：国内智能控制器龙头，深耕家电+工具领域，发力拓展新能源+机器人方向

### 空心杯电机型号齐全，聚焦医疗、自动化和民用领域

- 公司空心杯电机型号齐全，应用于机器人、医疗设备和机械工具等。根据公司官网，空心杯电机产品包括无刷空心杯电机和有刷空心杯电机，电机尺寸范围为 $\varnothing 16\text{mm} \sim \varnothing 40\text{mm}$ ，其中有刷电机包括CL16、CL22、CL32、CL35和CL40等5个机型，输出功率范围为0.26W-135.7W，负载转速范围为4000-11250rpm；无刷电机包括CB16、CB2050、CB2060、CB22、CB24、CB28、CB30、CB32、CB36和CB40等10个机型，输出功率范围为1.3W-568W，负载转速范围为1600-58000rpm。公司的产品广泛应用于机器人、医疗器械、电动螺丝刀等工具、电动窗帘等家居用品，并且在智能制造的电动夹爪、医疗健康的骨科动力工具、智能跟随的高尔夫球包车等领域实现批量应用。

图表：拓邦股份空心杯电机产品



CL40有刷空心杯电机



CB40无刷空心杯电机

图表：拓邦股份空心杯电机产品性能对比

电机种类	直径 (mm)	转速 (r/min)	电流 (A)	转矩 (mN.m)
空心杯有刷电机	16	4000-11250	0.08-0.83	0.3-5
	22	4000-11250	0.05-1.30	2-20
	32	4500-11250	0.49-3.93	29.4-78.4
	35	4500-11250	0.57-2.15	17.15-98
	40	4500-11250	2.02-5.3	98-186.2
空心杯无刷电机	16	3000-16000	0.3-0.66	4-10
	20	8500-34000	1.1-6	10-20
	20	9000-58000	3.4-15.7	15-80
	22	2500-23000	0.1-0.37	1-5
	24	3800-15000	1-2.4	2-5
	28	4600-17000	2.4-5.5	40-100
	32	1600-16500	1.5-9.2	30-1208
	36	2200-22000	2.5-4.1	29.4-54
	40	3000-11000	5.7-18	150-500

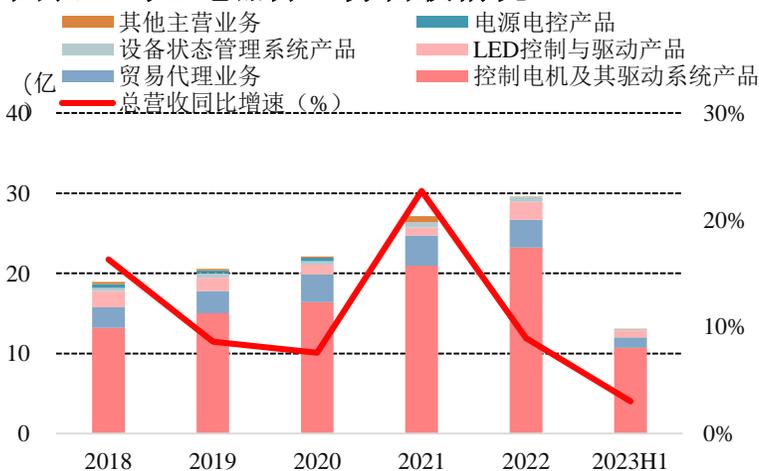
资料来源：拓邦股份官网，中信建投

# 4.6 鸣志电器：全球步进电机龙头，加速扩张运动控制产品矩阵

## 全球步进电机龙头企业，持续拓展无刷电机、空心杯电机等新产品

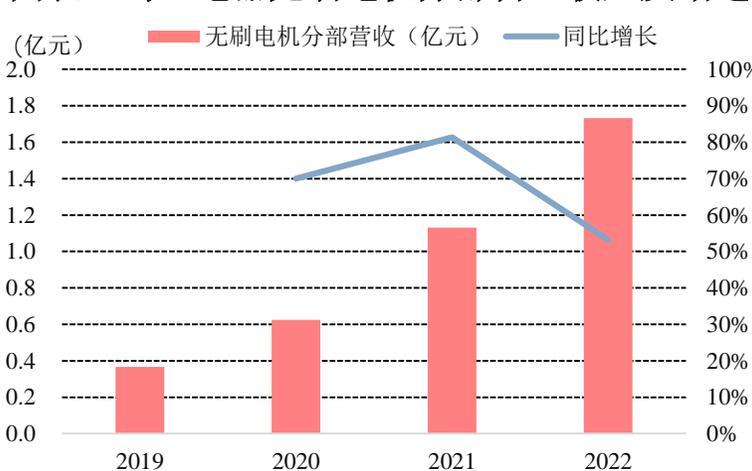
- 公司从事运动控制领域产品的研发、生产和经营，传统优势领域为步进电机。公司的主要产品混合式步进电机、步进电机驱动器、集成式智能步进伺服控制技术等均在全球居于前列水平，同时凭借着优秀的产品品质和完善的客户服务在国际市场上享有良好的声誉，根据国外市场研究机构日本富士经济的研究报告预测，2025年全球混合式步进电机出货数量将近1亿台，公司出货量约2000万台，全球市场份额接近20%。
- 公司积极开拓新产品，无刷、空心杯、伺服电机贡献公司未来业绩。基于海外子公司美国Lin、美国AMP和瑞士T-Motion各自在高端高精度控制电机和电机驱动控制系统领域的尖端技术和现有产品线平台，公司陆续开发了直流无刷电机、无齿槽无刷空心杯电机、直线电机模组/电动缸、通用伺服系统等新产品。2022年总营收为29.59亿元，同比8.95%，其中，控制电机及其驱动系统产品、贸易代理业务、LED控制与驱动产品业务营收分别为23.21、3.50、2.21亿元，分别占比78.44%、11.83%、7.47%。2023年上半年总营收为13.06亿元，同比3.02%，其中，控制电机及其驱动系统产品、贸易代理业务、LED控制与驱动产品业务营收分别占比79.37%、11.90%、4.18%。公司的控制电机及其驱动系统包含无刷电机（含空心杯电机）制造与销售，无刷电机业务营收自2019年以来保持高增长，2022年无刷电机分部营业收入1.73亿元，同比增长53.2%，占总营收比重为5.86%，同比提升了1.69pct。

图表：鸣志电器分业务营收情况



● 资料来源：Wind，中信建投

图表：鸣志电器无刷电机分部营业收入及增速



● 资料来源：鸣志电器2019-2022年年报，中信建投

图表：鸣志电器主要产品



● 资料来源：鸣志电器官网，中信建投

## 4.6 鸣志电器：国内步进电机龙头，加速扩张运动控制产品矩阵

### 以空心杯电机及驱动为主的高技术壁垒新品打开公司成长空间

- **公司空心杯电机型号齐全，技术水平居于全球前列，能根据客户需求提供定制服务。**根据公司官网，空心杯电机包括EC系列直流无刷无齿槽电机和DCU系列直流有刷空心杯电机两大类产品，其中EC系列直流无刷无槽电机提供 $\varnothing 13\text{mm} \sim \varnothing 22\text{mm}$ 等多种规格型号，DCU系列直流有刷电机提供 $\varnothing 8\text{mm} \sim \varnothing 24\text{mm}$ 等多种规格型号。根据公司官网，空心杯电机转速可达到16000rpm，功率范围在0.3-9.5W之间，价格（未税）区间为400-1700元，产品能够根据客户需求提供齿轮箱、编码器、高低速应用、高低温环境等定制选项。根据鸣志电器2022年年报，公司空心杯电机技术在全球已居于前列水平，公司也凭借优秀的产品品质和完善的客户服务在国际市场上享有良好的声誉。
- **公司收购瑞士企业T Motion，增强空心杯电机驱控技术实力。**公司于2019年3月完成以2.18亿人民币收购瑞士Technosoft Motion AG 100%股权的收购事项。T Motion在智能电机驱动和控制的技术研发和市场应用的最前沿积累了二十多年的经验，专注于高端医疗/生命科学及实验室仪器、超细微加工、半导体设备、AGV和机器人等应用领域，其客户遍及全球75个国家地区，在欧洲拥有重要市场份额和客户资源。吸纳T Motion在无齿槽和空心杯电机驱动控制器领域的技术将帮助公司快速推进空心杯和无齿槽电机的批量化，并帮助公司完善无齿槽和空心杯电机+驱动控制器的系统级平台产品，释放产品的协同效应。

图表：鸣志电器空心杯电机产品

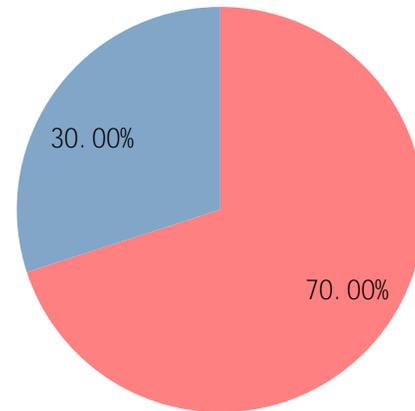


无刷空心杯电机



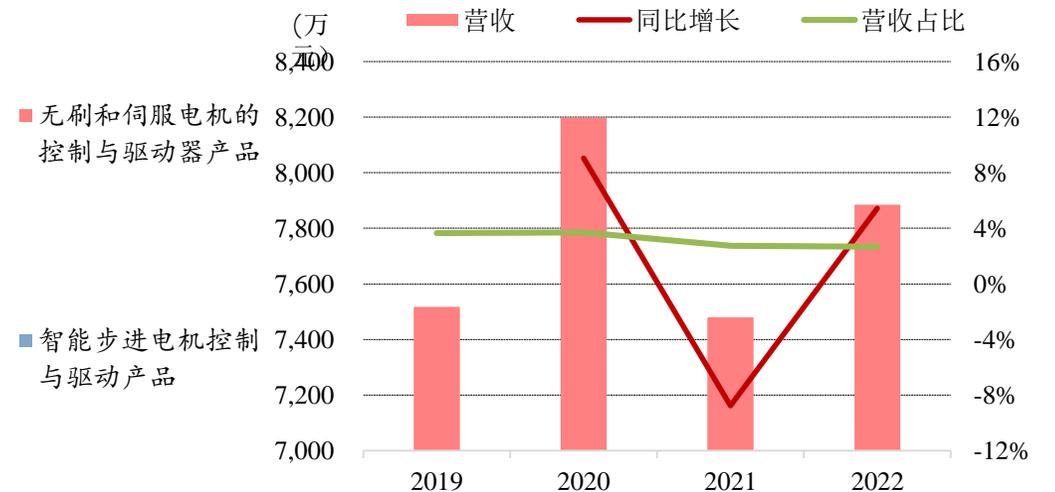
有刷空心杯电机

图表：T Motion产品结构



● 资料来源：鸣志电器公告，中信建投

图表：Technosoft SA对公司收入贡献



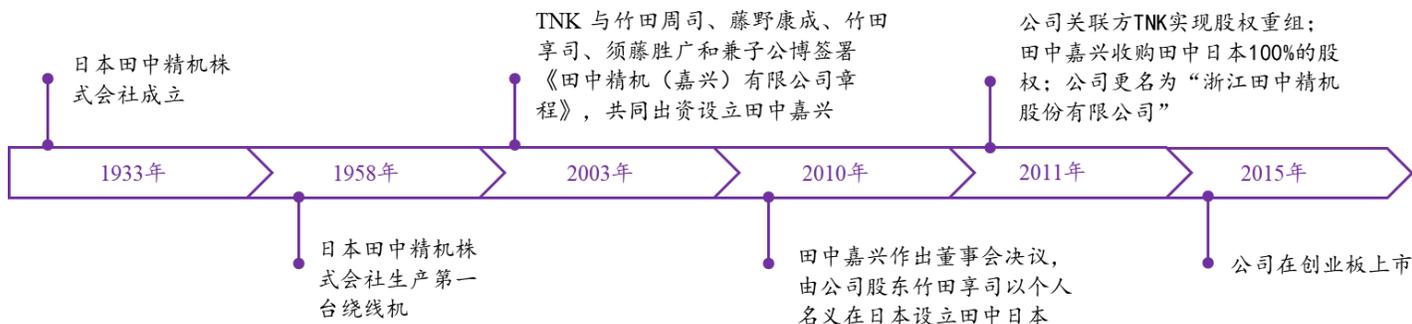
● 资料来源：鸣志电器公告，中信建投

## 4.7 田中精机：数控绕线机领军企业，秉承TNK优秀技术，拓展新能源汽车等新兴领域

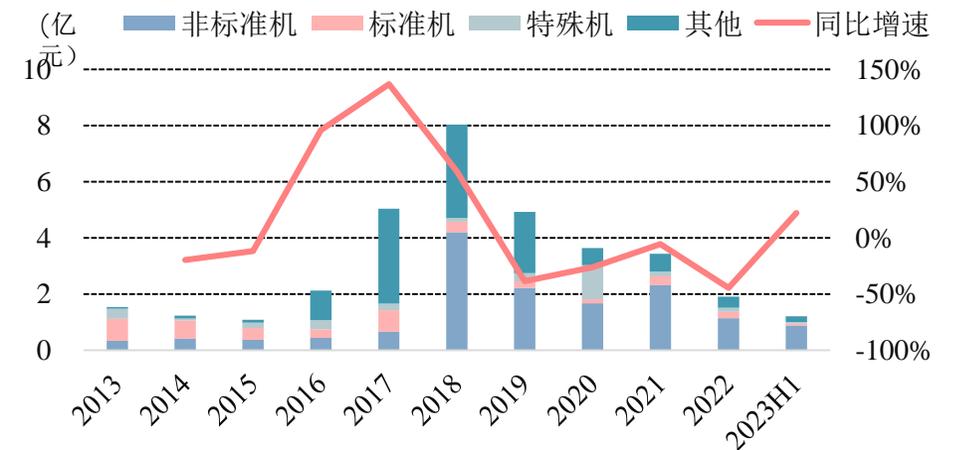
### 公司起源于日本田中精机，集研发设计、生产销售以及售后服务于一体，在数控绕线机领域处于领先地位

- 田中精机起源于日本田中精机株式会社，前身为国内数控绕线设备龙头。日本田中精机株式会社（TNK）成立于1933年，主要从事绕线机和工业打印机的制造和销售，为本公司股东竹田享司控制的企业。TNK自1958年生产第一台绕线机以来，不断发展技术，成为第一个把微电脑控制用于全自动绕线机上的公司，同时发明磁铁无摩擦张力器CNC翻转式多轴绕线机。TNK与竹田周司等共同出资设立田中嘉兴，2011年更名为浙江田中精机股份有限公司，即田中精机。2015年，田中精机成功在创业板上市。
- 田中精机是一家集研发设计、生产销售以及售后服务为一体的数控绕线集成方案专业提供商。公司产品主要分为标准机、非标机、特殊机等。标准机产品标准装配，方便多角度控制，主要实现基本的绕线功能，并且搭载田中精机自主开发的控制器，可应对客户的各种工艺要求。非标准机系根据客户的需求设计、研发，产品为定制化的包含绕线及相关功能的一体化设备。特殊机为不包含绕线功能的其他功能机型，可用于剥皮、焊接、检测、装配等电子线圈的其他生产过程，并可搭载绕线设备形成流水线。2022年公司营业收入1.91亿元，同比减少44.59%，2018-2022年CAGR为-30.2%，营收持续下滑的原因主要为宏观经济形势下滑和相关产业市场需求放缓，并且2019年子公司远洋翔瑞经营状况持续恶化，计提大额坏账准备；2023年上半年公司营业收入1.20亿元，同比增长22.12%，其中标准机、非标准机、特殊机占总营收比重分别为5.78%、72.69%、5.28%。

图表：田中精机发展历程



图表：田中精机分业务营收情况



资料来源：Wind，中信建投

## 4.7 田中精机：数控绕线机领军企业，秉承TNK优秀技术，拓展新能源汽车等新兴领域

### 产品矩阵丰富，突出一体化产品+定制化服务，主要覆盖消费电子、汽车产业，积极布局新能源汽车领域

- 公司业务包括消费电子、工业器件、汽车等相关领域，积极把握新能源汽车等新兴领域的发展机遇。**根据官网，公司产品在消费电子、传统汽车行业、工业器件、新能源汽车和其他领域占比分别为40%、20%、20%、10%和10%。公司与多家国内知名的汽车配件制造商和消费电子产品制造商建立了良好的合作关系，包括信维通信、禾赛科技、赛尔康技术、厦门TDK等公司，同时将积极把握新能源汽车行业领域快速发展的市场机遇，公司已研发成功多个项目。
- 公司拥有自研技术体系，打造兼具高品质和性价比的产品，巩固品牌地位，提供优质服务。**
  - ①打造自研技术体系：**公司在TANAC长期培育的技术基础上打造符合中国工业基础的产品，形成丰富的标准机、非标准机等产品系列，适用于空心杯线圈、功率电感线圈、继电器线圈等产品，能绕制不同尺寸的骨架。同时，公司在过程控制、张力控制、速度控制以及材料控制方面也积累了丰富的经验，各项综合技术指标处于国际先进水平。
  - ②注重产品性价比提升：**公司在保证高品质的同时，注重产品性价比的提升，形成价格优势。
  - ③巩固品牌地位：**公司通过多年的不懈努力以及核心技术积累，TANAC品牌获得全世界客户的认可，巩固世界品牌的地位。
  - ④强调售后服务，提供定制化方案：**公司强调售后服务，建立售后服务部，在全球多个城市设立了分支机构，以便快速提供售后服务。公司积极拓展产品线，根据客户特定需求，为其提供了一体化的产品和服务解决方案。

图表：田中精机标准绕线机产品示意图



BXC系列空心线圈绕线机

MX系列全自动多轴绕线机

图表：田中精机标准绕线机产品系列

产品系列	产品型号	产品名称	适用工艺	适用线圈类型
BXC	BXC02	空心线圈绕线机	适用于无骨架电子线圈绕线（空心杯线圈），可以绕制超小型线圈	各种细线径的空心线圈
	BXC03			
	BXC04			
	BXC05			
	BXC06			
MSC	MSC180	全自动多轴绕线机	适合小批量的中小型骨架绕线	功率电感线圈、继电器线圈、液晶显示器背光源高低压线圈、点火高低压线圈、传感器线圈、电磁阀线圈、汽车喷射器线圈
	MSC360		适合中批量的小、中、大型骨架绕线	
	MSC560		适合大批量的小、中、大型骨架绕线	
CX	CX560	全自动绕线机	适合大批量的小、中、大型骨架绕线	
MX	MX180	全自动多轴绕线机升级版	适合小批量的中、小型骨架绕线	
	MX360		适合中批量的小、中、大型骨架绕线	
	MX560		适合大批量的小、中、大型骨架绕线	
	MX880		适合大批量的中、大型骨架绕线	

# 目录

- 1. 空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛
- 2. 行业分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容
- 3. 行业格局：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起
- 4. 重点公司
- 5. 投资建议及相关公司情况
- 6. 风险提示

## 5. 投资建议及相关公司情况

- **行业情况：**①从市场规模来看，2021年全球空心杯市场规模达到6.75亿美元。空心杯电机市场规模仅占微特电机的1.73%，比重较小，主要受到生产成本、配套成本和应用空间的限制。②从新兴需求来看，空心杯电机性能与人形机器人机械手的需求契合度高，未来或成为人形机器人机械手的最佳选择。根据我们测算，当特斯拉人形机器人产量达到500万台时，可为空心杯电机市场扩容约216亿元人民币。③从竞争格局的角度来看，国产近年来厂商吸收国外先进技术，持续加大研发能力及提升生产能力，主流产品参数已经逐步接近外资一流水平，并有望通过价格优势加速国产替代。
- 我们看好已经率先布局的国产厂商：鼎智科技，拓邦股份（通信组覆盖）。相关公司还有：鸣志电器。

图表：相关公司盈利预测（截止2023年10月17日）

代码	公司	市值	归母净利润（百万元）				PE			
		（亿元）	2022	2023E	2024E	2025E	2022	2023E	2024E	2025E
873593.BJ	鼎智科技	30.04	100.87	106.00	137.70	176.20	29.78	28.34	21.82	17.05
002139.SZ	拓邦股份	132.54	582.66	652.00	950.00	1210.00	22.75	20.33	13.95	10.95
603728.SH	鸣志电器*	271.82	247.24	265.80	412.30	597.55	56.63	108.92	70.21	48.45

●资料来源：Wind，中信建投  
注：带“\*”的盈利预测来自Wind一致预期

# 目录

- 1. 空心杯电机：小体积、高效率、高精度驱动装置，高精尖应用领域广泛
- 2. 行业分析：市场规模受限于应用成本，人形机器人有望带来需求扩容
- 3. 行业格局：外资厂商占据全球大部分市场，内资厂商快速崛起
- 4. 重点公司
- 5. 投资建议及相关公司情况
- 6. 风险提示

## 6. 风险提示

- **空心杯电机技术发展不及预期。**国内空心杯电机技术仍处于发展阶段，空心杯线圈绕线技术、生产设备等环节与外资厂商存在差距，若国内厂商空心杯电机技术发展缓慢，导致空心杯电机供给受限。
- **人形机器人研发进展不及预期。**人形机器人作为空心杯电机的下游需求新增长点，而目前机器人领域，尤其是人形机器人领域，研发仍然面临较多的困难和不确定性。人形机器人研发受阻，导致空心杯电机需求不及预期。
- **原材料价格波动风险。**受全球宏观经济、贸易战、自然灾害等影响，若原材料紧缺，空心杯电机的关键物料供应持续出现失衡，将引起空心杯电机零部件制造业厂商生产成本增加甚至无法正常生产，经营业绩可能会受影响。

# AI人工智能产业链联盟

#每日为你摘取最重要的商业新闻#

更新 · 更快 · 更精彩



Zero

AI音乐创作人

水墨动漫联盟创始人

百脑共创联合创始人

人工智能产业链联盟创始人

中关村人才协会秘书长助理

河北北大企业家分会秘书长

墨攻星辰智能科技有限公司CEO

河北清华发展研究院智能机器人中心线上负责人

中关村人才协会数字体育与电子竞技专委会秘书长助理



主要业务:AI商业化答疑及课程应用场景探索, 各类AI产品学习手册, 答疑及课程



欢迎扫码交流

提供: 学习手册/工具/资源链接/商业化案例/  
行业报告/行业最新资讯及动态



人工智能产业链联盟创始人

邀请你加入星球, 一起学习

## 人工智能产业链联盟报 告库



星主: 人工智能产业链联盟创始人

每天仅需0.5元, 即可拥有以下福利!  
每周更新各类机构的最新研究成果。立志将人工智能产业链联盟打造成市面上最全的AI研究资料库, 覆盖券商、产业公司、科研院所等...

知识星球

微信扫码加入星球 ▶



## 分析师介绍

吕娟：中信建投证券研究发展部董事总经理，上海区域总监，高端制造组组长&首席分析师，机械行业首席分析师，复旦大学经济学硕士，法国EDHEC商学院金融工程交换生，河海大学机械工程及自动化学士，2007.07-2016.12曾就职于国泰君安证券研究所任机械首席分析师，2017.01-2019.07曾就职于方正证券研究所任董事总经理、副所长、机械首席分析师。曾获新财富、金牛、IAMAC、水晶球、第一财经、WIND最佳分析师第一名。

## 评级说明

投资评级标准		评级	说明
报告中投资建议涉及的评级标准为报告发布日后6个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数作为基准；新三板市场以三板成指为基准；香港市场以恒生指数作为基准；美国市场以标普500指数为基准。	股票评级	买入	相对涨幅15%以上
		增持	相对涨幅5%—15%
		中性	相对涨幅-5%—5%之间
		减持	相对跌幅5%—15%
		卖出	相对跌幅15%以上
	行业评级	强于大市	相对涨幅10%以上
		中性	相对涨幅-10-10%之间
		弱于大市	相对跌幅10%以上

## 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：(i) 以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，结论不受任何第三方的授意或影响。(ii) 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。

## 法律主体说明

本报告由中信建投证券股份有限公司及/或其附属机构（以下合称“中信建投”）制作，由中信建投证券股份有限公司在中华人民共和国（仅为本报告目的，不包括香港、澳门、台湾）提供。中信建投证券股份有限公司具有中国证监会许可的投资咨询业务资格，本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格证书编号已披露在报告首页。

在遵守适用的法律法规情况下，本报告亦可能由中信建投（国际）证券有限公司在香港提供。本报告作者所持香港证监会牌照的中央编号已披露在报告首页。

## 一般性声明

本报告由中信建投制作。发送本报告不构成任何合同或承诺的基础，不因接收者收到本报告而视其为中信建投客户。

本报告的信息均来源于中信建投认为可靠的公开资料，但中信建投对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载观点、评估和预测仅反映本报告出具日该分析师的判断，该等观点、评估和预测可能在不发出通知的情况下有所变更，亦有可能因使用不同假设和标准或者采用不同分析方法而与中信建投其他部门、人员口头或书面表达的意见不同或相反。本报告所引证券或其他金融工具的过往业绩不代表其未来表现。报告中所含任何具有预测性质的内容皆基于相应的假设条件，而任何假设条件都可能随时发生变化并影响实际投资收益。中信建投不承诺、不保证本报告所含具有预测性质的内容必然得以实现。

本报告内容的全部或部分均不构成投资建议。本报告所包含的观点、建议并未考虑报告接收人在财务状况、投资目的、风险偏好等方面的具体情况，报告接收者应当独立评估本报告所含信息，基于自身投资目标、需求、市场机会、风险及其他因素自主做出决策并自行承担投资风险。中信建投建议所有投资者应就任何潜在投资向其税务、会计或法律顾问咨询。不论报告接收者是否根据本报告做出投资决策，中信建投都不对该等投资决策提供任何形式的担保，亦不以任何形式分享投资收益或者分担投资损失。中信建投不对使用本报告所产生的任何直接或间接损失承担责任。

在法律法规及监管规定允许的范围内，中信建投可能持有并交易本报告中所提公司的股份或其他财产权益，也可能在过去12个月、目前或者将来为本报告中所提公司提供或者争取为其提供投资银行、做市交易、财务顾问或其他金融服务。本报告内容真实、准确、完整地反映了署名分析师的观点，分析师的薪酬无论过去、现在或未来都不会直接或间接与其所撰写报告中的具体观点相联系，分析师亦不会因撰写本报告而获取不当利益。

本报告为中信建投所有。未经中信建投事先书面许可，任何机构和/或个人不得以任何形式转发、翻版、复制、发布或引用本报告全部或部分内容，亦不得从未经中信建投书面授权的任何机构、个人或其运营的媒体平台接收、翻版、复制或引用本报告全部或部分内容。版权所有，违者必究。

### 中信建投证券研究发展部

北京  
东城区朝内大街2号凯恒中心B  
座12层  
电话：(8610) 8513-0588  
联系人：李祉瑶  
邮箱：lizhiyao@csc.com.cn

上海  
浦东新区浦东南路528号南塔2103室  
电话：(8621) 6882-1612  
联系人：翁起帆  
邮箱：wengqifan@csc.com.cn

深圳  
福田区福中三路与鹏程一路交汇处广电金融中心  
35楼  
电话：(86755) 8252-1369  
联系人：曹莹  
邮箱：caoying@csc.com.cn

### 中信建投（国际）

香港  
中环交易广场2期18楼  
电话：(852) 3465-5600  
联系人：刘泓麟  
邮箱：charlene.liu@csc.hk