

2023年中国空心杯电机行业概览：人形机器人核心零部件，本土市场需求爆发可期

China Coreless Motor Industry

中国中国中空カップモーター産業

(摘要版)

报告标签：空心杯电机、微特电机、人形机器人

主笔人：文上

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

报告要点速览

本篇报告主要关注以下问题：

1. 空心杯电机市场发展空间如何？
2. 空心杯电机产业链发展情况？
3. 空心杯电机竞争格局如何

观点提炼

1.空心杯电机市场发展空间如何？

由于高端工业技术快速发展，空心杯电动机避开有铁芯电动机的多种技术弊端，在多种应用场合拥有不可替代的地位，因此市场规模不断扩大，预计2027年全球空心杯电机市场规模达到70.4亿元。机器人是空心杯电机市场发展最重要的应用领域；在2022年空心杯市场规模中人形机器人领域占比为38.0%，预计该领域占比将持续扩大，到2027年占比达到49%，市场规模为34.8亿元。

2.空心杯电机产业链各环节发展情况如何？

空心杯电机上游主要包括原材料和零部件，上游总体议价能力一般，技术壁垒较低，产能较充足；中游为制造商，目前马鞍形和斜线形绕线方式是国际制造厂商主流；下游应用领域广泛，多为高端领域。

2.空心杯电机竞争格局是怎样的？

目前，空心杯市场以国际厂商占据主导，国际市场呈现Maxon、Faulhaber和Portescap三足鼎立格局；中国市场以鸣志电器为代表，此外还包括鼎智科技、拓邦股份兆威机电、伟创电气等上市企业。2022年全球空心杯电机CR5为67%，国际头部企业历史积淀悠久，技术积累深厚，营收规模处于前列；中国空心杯电机厂商发展较晚，在规模和技术积累等方面与国际头部企业相比存在一定差距。

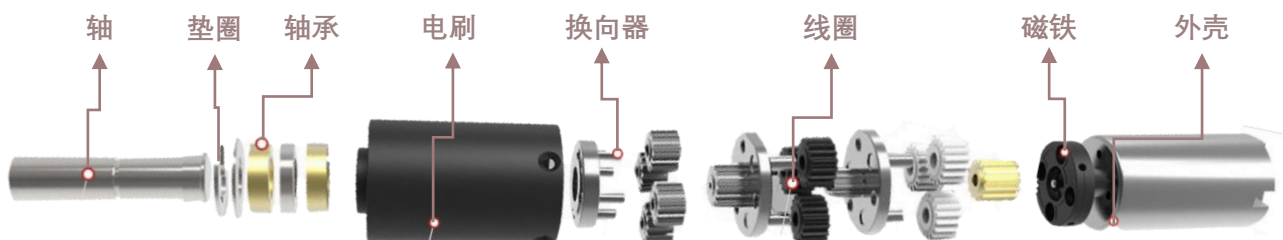
■ 精华摘要

空心杯电机是一种采用无铁芯转子的直流永磁伺服控制电动机，在结构上突破传统电机的转子形式，从而彻底消除铁芯形成涡流所造成的功率损耗，具有良好的控制特性和伺服性能

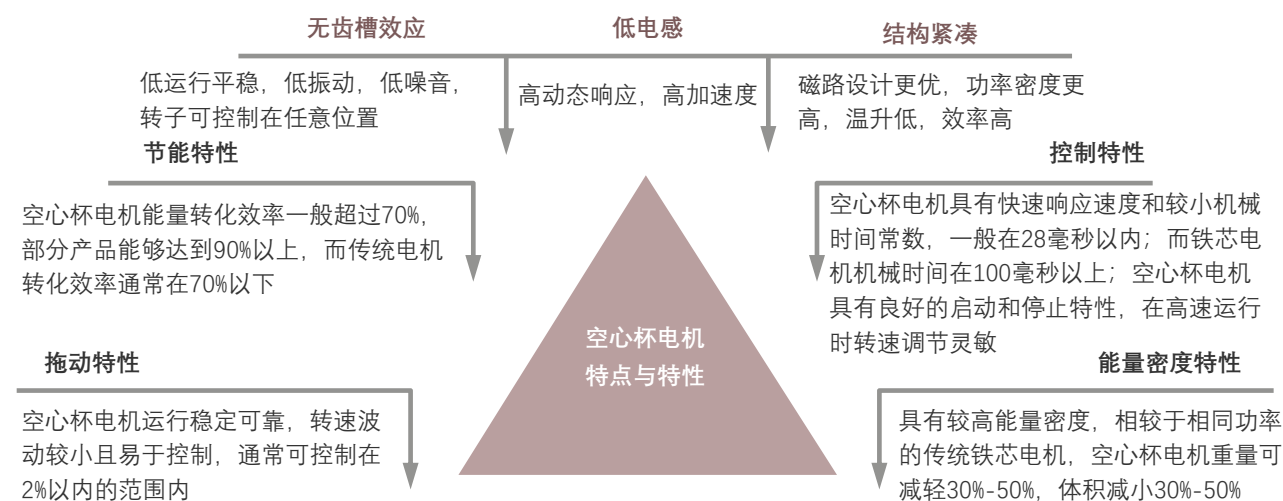
空心杯电机定义

- 空心杯电机是一种采用无铁芯转子的直流永磁伺服控制电动机，其尺寸较小，直径不超过40mm，可将其归类为微特电机的细分领域。空心杯电机主要由轴、轴承、电刷、换向器、杯形绕组（转子）、转轴、线圈、滑动轴承、外壳、磁铁（定子）等组成
- 空心杯电机磁体需在径向方向上进行磁化，因此圆环磁体的端面上设槽是它的显著特点之一。空心杯电动机具有突出的节能特性、灵敏方便的控制特性和稳定的运行特性，技术先进性十分明显。空心杯电机产生的转矩均匀分布，在低速下保持平稳运行，在高速运转下减少震动和噪音

空心杯电机结构图



空心杯电机特点与特性

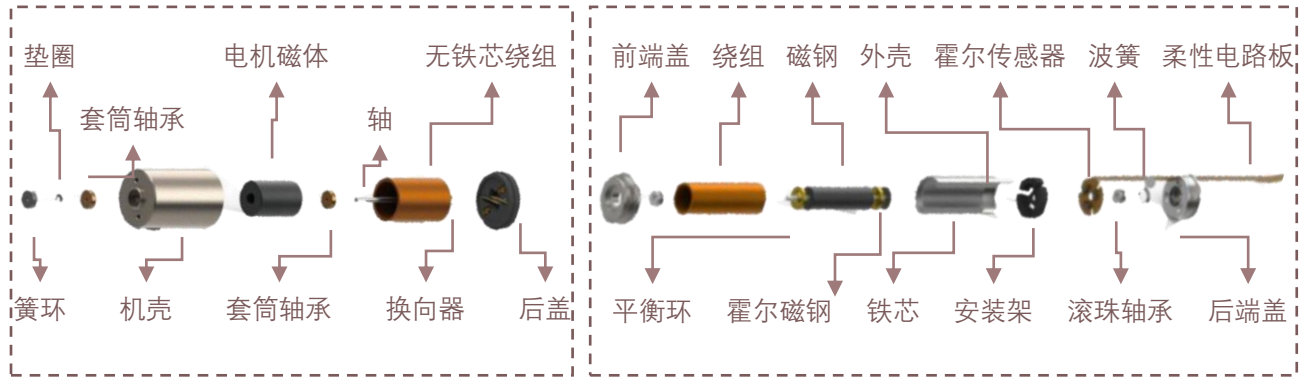


- 空心杯电机具有无齿槽效应、低电感和结构紧凑等特点，也具备节能、控制、拖动和能量密度等特性。在结构上，空心杯电机突破传统电机的转子结构采用无铁芯转子，从而彻底消除铁芯形成涡流所造成的功率损耗；同时，空心杯电机转动惯量大幅降低，且响应速度快，具有良好的控制特性和伺服性能

来源：头豹研究院

根据换向方式不同，空心杯电机可分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机，无刷电机适用于需长时间运行和具有较高控制要求的应用场景，有刷电机适用于对产品灵敏性和可靠性要求较高的行业

空心杯电机分类（按换向方式划分）



无刷空心杯电机	有刷空心杯电机
长寿命 (20000h)	电机寿命受限 (2000h)
高转速	电机转速有限
电磁干扰可忽略	有火花
有铁损	无铁损
需要驱动控制	控制简单

■ 根据换向方式的不同，空心杯电机可分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机

■ 无刷空心杯电机（采用电子换向，线圈固定，磁极旋转）

无刷空心杯电机利用电子设备、霍尔元件感知永磁体磁极位置，并根据感知结果使用电子线路适时切换线圈中电流方向，使其产生正确方向的磁力来驱动电机。由于采用自控式运行，电机无需像变频调速下的同步电机那样在转子上额外增加启动绕组，也可避免在负载突变时产生振荡和失步现象。无刷空心杯电机采用无齿槽结构线圈，消除齿槽转矩，并大幅提升电机效率和功率密度。它适用于需要长时间连续运行和具有较高控制要求或可靠性要求的应用场景

■ 有刷空心杯电机（采用机械换向，磁极固定，线圈旋转）

有刷空心杯电机通过换向器和碳刷的交替接触，使线圈电流方向随着电机的转动而变化。由于碳刷的摩擦会导致能量损耗，需要定期更换碳刷；此外，碳刷与线圈接线头之间的断续接触会产生电火花，并干扰电子设备。有刷空心杯电机采用空心杯线圈转子，具有无齿槽转矩、小转动惯量、灵敏反应和高扭矩的特点，适用于对产品灵敏性和可靠性要求较高的行业

空心杯电机上游主要包括原材料和零部件，上游总体议价能力一般，技术壁垒较低，产能较充足；中游为制造商，目前马鞍形和斜线形绕线方式是国际制造厂商主流；下游应用领域广泛，多为高端领域

空心杯电机产业链图谱

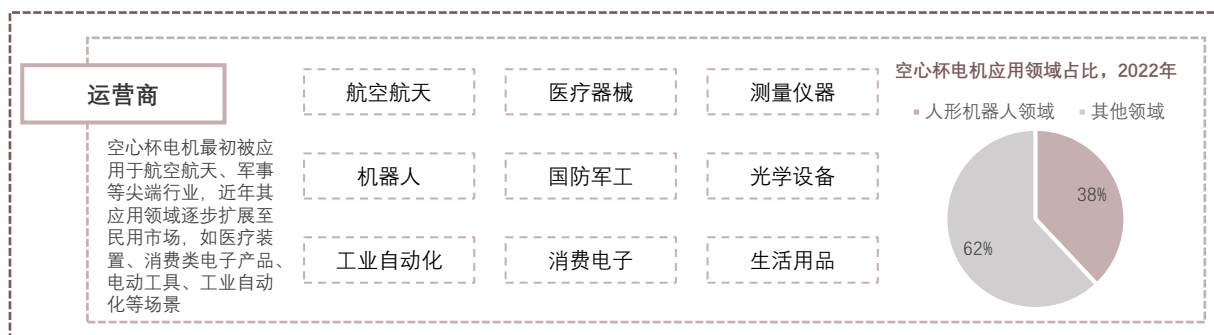
上游：原材料与零部件



中游：空心杯电机制造商

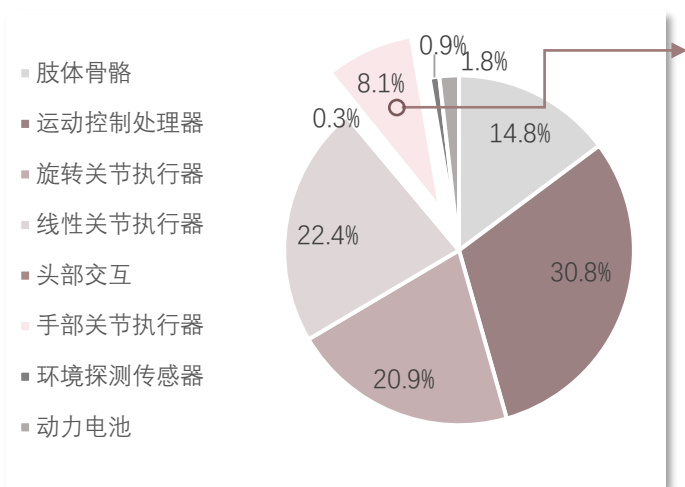


下游：应用领域

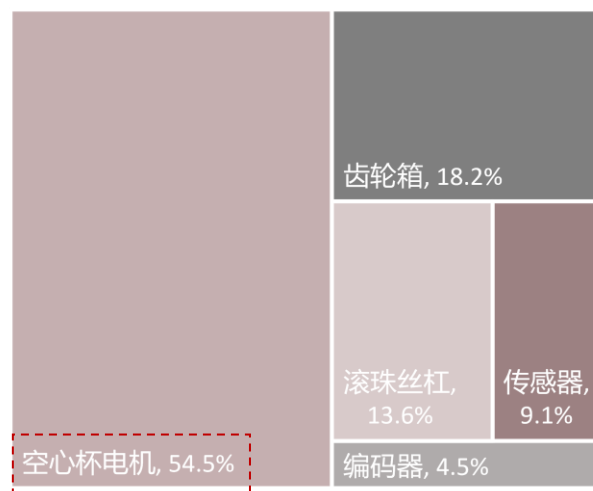


特斯拉Optimus人形机器人催化空心杯电机发展，产业进展大幅加速，空心杯电机作为人形机器人灵巧手关键零部件，在**手部执行器零部件成本占比达54.5%**，单台人形机器人需12个空心杯电机

特斯拉人形机器人成本占比情况



特斯拉人形机器人手部执行器零部件成本情况



■ 空心杯电机是人形机器人灵巧手的关键零部件，其成本占比达54.5%（以特斯拉为例）

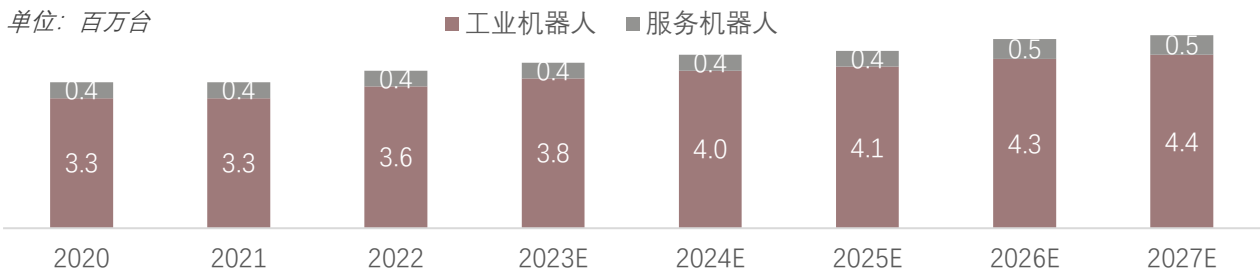
特斯拉Optimus手部关节



空心杯电机主要应用于人形机器人手部关节。人形机器人手指关节自由度提升，考虑到人形机器人的仿真性，其手指关节处需要配备体积小且能输出较大力的电机，空心杯电机具备较强契合度

特斯拉Optimus人形机器人中，灵巧手包含6个手部执行器，11个自由度，采用经典的六电机+金属腱绳方案。灵巧手主要由空心杯电机、精密行星减速器、滚珠丝杠、传感器和编码器构成。空心杯电机使手指拥有活动能力，其中大拇指外的每节手指对应一个空心杯电机模组，大拇指环节同时完成伸缩和翻转2个动作配备2个空心杯电机模组，每个灵巧手由6个电机驱动；精密行星齿轮箱可实现降速增矩的作用，使机械手定位更精准、运用更灵活，增大手指抓握力；编码器提供手部高精度位置反馈和速度反馈；传感器使机器人拥有类似人类的知觉功能和反应能力

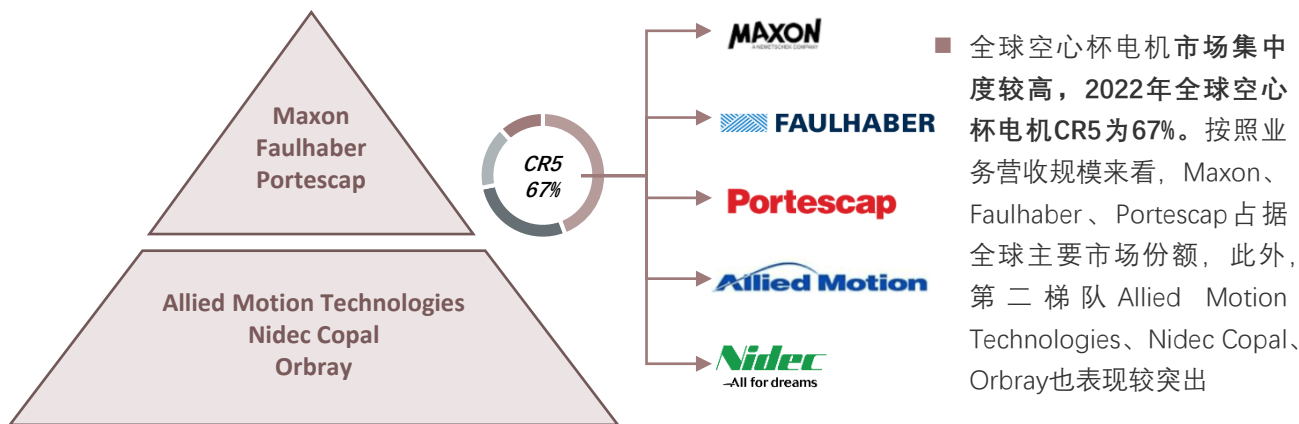
全球机器人市场产量



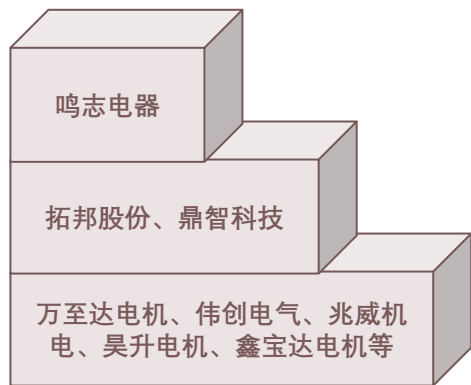
来源：头豹研究院

2022年全球空心杯电机CR5为67%，国际头部企业历史积淀悠久，技术积累深厚，营收规模处于前列；中国空心杯电机厂商发展较晚，在规模和技术积累等方面与国际头部企业相比存在一定差距

全球空心杯电机竞争格局，2022年



全球空心杯电机竞争格局



■ 中国空心杯电机厂商发展较晚，距国际厂商仍有一定差距

国际头部企业历史积淀悠久，技术积累深厚，营收规模处于前列，而中国空心杯电机发展较晚，在规模和技术积累等方面与国际头部企业相比有一定差距。在营收规模上，2022年Maxon营收7.1亿瑞士法郎（约52.8亿人民币），而鸣志电器、鼎智科技、拓邦股份营收分别29.6、3.2、88.7亿元，但目前中国厂商空心杯电机占营收比例极小，属于非主营业务，因此规模与国际头部企业相差较大

国际与中国空心杯电机产品对比——直径对比

空心杯电机厂商	有刷空心杯直径 (mm)	无刷空心杯直径 (mm)
Mason	6-65	4-90
Faulhaber	6-38	3-44
Portescap	8-35	12-35
鸣志电器	8-24	13-30
鼎智科技	/	16-42
拓邦股份	16-40	12-40

来源：头豹研究院

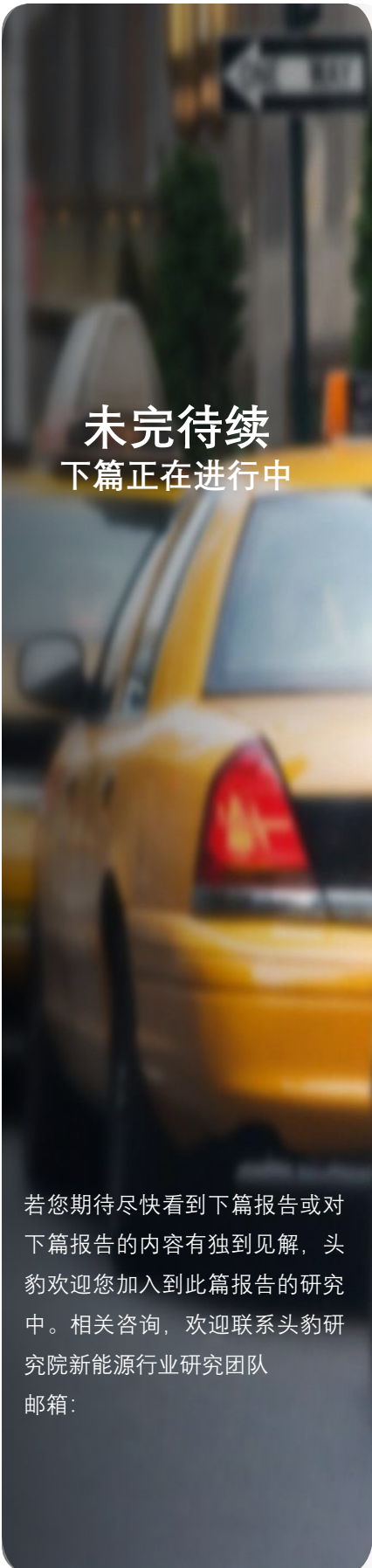
中国本土厂商中，鸣志电器产品性能参数较优，量产时价格可降至600+元/个，具备性价比优势；在人形机器人等下游应用领域的催化下，预计本土厂商持续研发投入，加速本土空心杯电机替代

国际与中国空心杯电机厂商产品对比——性能对比

	Maxon	Faulhaber	Portescap	鸣志电器
产品	ECX SPEED13L	Series 1218 B	12ECP48 8B 21	ECU13026H06
尺寸 (mm)	13	12	12	13
额定电压 (V)	18	6	9	6
额定电流/最大连续电流 (A)	1.42	/	3.3	1.34
额定转矩/最大连续转矩 (mNm)	5.16	/	8.1	2.77
空载转速 (rpm)	41,900	30,500	36,000	24,600
电机效率	79%	62%	/	69%
重量 (g)	34	8.3	30	19
外壳-环境热阻 (°C/W)	19.5	48.3	24.2	32
绕组-外壳热阻 (°C/W)	2	10.6	2.5	3.69
最大绕组温度 (°C)	155	125	125	155
机械时间 (ms)	3.25	7.7	1.1	5.67
零售价格 (元)	2,198	/	2,321	996

- 通过各厂商相似尺寸产品性能参数对比，鸣志电器空心杯电机基本与瑞士MAXON、德国FAULHABER、瑞士PORTESCAP对标，主要性能满足机器人应用要求。在额定转矩和额定电流（对应电机力矩）方面，鸣志电器与Maxon接近，略低于Portescap；在热阻（对应电机发热情况）方面，鸣志电器与Maxon和Portescap接近，优于Faulhaber。此外，国际厂商空心杯电机均价约为2,000元/个，国产均价为1,000元/个，鸣志表示量产时价格可降至600+元/个，具备性价比优势
- 2019年以来，由于国际宏观环境进口较难，中国本土厂商加紧研发、改进工艺，涌现出一批企业，实现较多技术攻关，本土空心杯电机国产替代空前发展。在人形机器人等下游应用领域的催化下，预计本土厂商将持续加大研发投入，改进设备工艺，加速高端应用领域的本土空心杯电机替代

来源：头豹研究院



未完待续
下篇正在进行中

完整版研究报告阅读渠道：

- 登录www.leadleo.com，搜索《2023年中国空心杯电机行业概览：人形机器人核心零部件，本土市场需求爆发可期》

若您期待尽快看到下篇报告或对下篇报告的内容有独到见解，头豹欢迎您加入到此篇报告的研究中。相关咨询，欢迎联系头豹研究院新能源行业研究团队
邮箱：

头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行企研报定制服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

四大核心服务

企业服务

为企业**提供定制化报告服务、管理咨询、战略调整**等服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项评选、行业白皮书**等服务

云研究院服务

提供**行业分析师外派驻场服务**，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划、园区企业孵化**服务