

灵巧手：人形机器人核心执行末端

分析师：杨 睿 SAC NO：S1120520050003

联系人：王涵 邮箱：wanghan@hx168.com.cn

2025年5月27日

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

灵巧手是机器人的核心执行末端。由于人们赋予了人形机器人拟人化灵活操作的预期，因此需要末端执行器具备高灵巧性、强适应性、高智能化的特征。灵巧手以人手的结构和功能为模仿对象，是机器人实现精细操作的基础，其需要完成抓、握、捏、拧、旋转等不同动作，以满足多元化的场景需求。灵巧手在机器人研发工程和整机成本中占据重要份额。国内外企业均在积极布局，灵巧手产品处于持续迭代过程中。

灵巧手关键组成部分包括驱动系统、传动系统、感知系统和控制系统，为了使灵巧手更契合落地场景和量产需求，其关键组成部分持续优化：

- ✓ **驱动系统：**自由度提升，电机需求增加；考虑性价比因素，除了空心杯电机外，无刷有槽电机应用有望提升；
- ✓ **传动系统：**关注微型丝杠&腱绳复合传动方式应用提升带来的精密传动零部件需求提升；
- ✓ **感知/控制系统：**随着灵巧手的功能性提升，触觉传感器作为感知环境的关键零部件，其需求将增加。

我们认为，灵巧手是人形机器人的落地关键，后续的更新迭代仍具备较高的技术难度，具备灵巧手本体设计、生产能力的厂商有望在产业链中具备较大的话语权，盈利能力或处于领先水平。此外，为了提升灵巧手的功能性，关键零部件例如丝杠、减速器、电机、腱绳、触觉传感器等的应用需求也将增加，持续看好产业布局领先的技术优势企业。

人形机器人的发展将为零部件制造商提供新的应用市场，技术同源、具备领先优势的相关企业有望受益。随着后续产业链下单&定点，机器人厂商更新产品近况，预计相关产业催化不断，重点看好各个产业链带来的增量机遇。

受益标的：①**丝杠：**浙江荣泰、恒立液压、震裕科技、五洲新春、贝斯特等；②**本体&电机：**雷赛智能、伟创电气、兆威机电、捷昌驱动、鸣志电器、江苏雷利等；③**减速器：**绿的谐波、豪能股份、科达利等；④**腱绳：**大业股份、南山智尚等；⑤**触觉传感器：**汉威科技、日盈电子等。

风险提示：人形机器人量产不及预期、市场竞争加剧、政策变化风险AI技术发展不及预期等。

01 灵巧手是人形机器人核心执行末端

- **灵巧手是人形机器人的核心执行末端。**人们赋予了人形机器人拟人化灵活操作的预期，其实现应用落地的关键在于可完成复杂、多变的操作指令，这就需要高灵巧性、强适应性、高智能化的末端执行器。灵巧手是以人手的结构和功能为模仿对象，是实现精细操作的基础，其需要完成抓、握、捏、拧、旋转等不同动作，满足多元化的场景需求。
- **灵巧手在人形机器人成本占比14-18%。**在特拉斯人形机器人开发过程中，马斯克曾透露，Optimus灵巧手的工程量可能会占到整机开发工程的一半。据亿欧统计，灵巧手成本占人形机器人整体成本的14%-18%。
- **灵巧手需求多样化&具备多维应用场景。**不仅服务于人形机器人，灵巧手可独立应用于医疗、工业自动化、危险作业环境等领域。

表：灵巧手应用领域多元

应用领域	具体情况
医疗领域	灵巧手在假肢方面有较大应用前景。据中科院之声，中国科学技术大学及合作者成功研发了一套具备19自由度的轻质仿生灵巧手；它能复现人手级别的功能，不仅能提高人形机器人的灵巧操作能力，还有望为全球千万上肢截肢患者提供手部功能重建与日常生活辅助服务。未来随着脑机接口赋能，我们认为，灵巧手在医疗领域具备极大的发展潜力。
工业自动化领域	灵巧手较传动机械臂可实现更加精细化的操作。在电子制造、汽车制造等领域，相比于传动的机械臂，灵巧手因其更具灵活性，可完成精密零部件组装、检测等任务，以提高生产效率和良品率。
危险作业环境领域	灵巧手可保障作业安全与效率。灵巧手可应用于核电站检修、化工品搬运、消防救援等，从而替代人工进入高危区域，保障作业安全与效率。

资料来源：中科院之声公众号、人形机器人行业应用联盟、高工机器人产业研究所、华经产业研究院

- **Optimus灵巧手持续进行迭代更新。**据EVH1000机器人公众号，2024年11月28日，特斯拉机器人官方账号发布Optimus可接住扔给它的网球的视频新动态，特斯拉Optimus工程师Milan Kovac解释，Optimus灵巧手的主要变化：
- ①自由度增加，由原来的11个增加至22个；
 - ②驱动装置前置；
 - ③触觉传感器需求增加；
 - ④需要通过肌腱实现更精细的控制等。

图：特斯拉第二代Optimus可实现用手捏鸡蛋



表：特斯拉Optimus灵巧手迭代进程

时间	详细说明
2022/10	Optimus原型机发布，手部有6个电机、11个自由度。
2023/03	Optimus 的手部灵活性和抓握能力有所改进，使其能够处理较小的物体和执行更精细的操作，如拾取杯子、使用工具等。
2023/09	Optimus 的手部功能增强，能够执行更复杂的操作，如精细抓取和轻拿轻放物体。视频中展示了机器人在复杂任务中的灵活性，例如处理易碎物品和完成精细的机械任务。
2023/12	发布第二代 Optimus，配备了全新的双手，能够抓握更重的物体并进行更加精细的操作；演示视频中，机器人用手指捏起鸡蛋的能力受到广泛关注。
2024/11	特斯拉机器人官方账号发布视频新动态：Optimus已经可以稳稳地接住迎面抛来的网球并放下，手指可相对灵活地弯曲；自由度由11个增加至22个。

资料来源：36氪，华西证券研究所

1.3 国内多家厂商推出灵巧手产品，技术方案多元

➤ **国内灵巧手产品技术方案多元。**国内多家企业包括因时、帕西尼、灵巧智能、星动纪元、兆威机电、雷赛智能、宇树科技均发布了灵巧手，产品方案多元，其中，①主要相似点在于自由度呈提升趋势、驱动方式以电机为主、感知技术呈现多维度/多模态的发展趋势；②主要不同点在于传动方式的选择，连杆、腱绳、齿轮、丝杆都有应用。

表：国内各主要厂商灵巧手产品参数情况（详细情况见报告末尾附录）

企业	产品系列	手指数	自由度	驱动方式	传动方式	感知技术
因时机器人	RH56BFX系列	5	6	电机	连杆	6个压力传感器
	RH56DFX系列	5	6	电机	连杆	6个压力传感器
帕西尼	DexH5系列	4	12（主动5）	电机	/	多维度触觉传感器 180 个
	DexH13系列	4	主动13	电机	行星齿轮箱+丝杠+连杆	1140个ITPU触觉传感单元+800万像素高清AI手眼相机
灵巧智能	DexHand 021量产版	5	19（主动12）	电机	腱绳	位置、触觉、力觉
星动纪元	XHAND1	5	主动12	电机	齿轮	每个手指配备一个高分辨率(>100点)触觉阵列传感器提供精确的三维力触觉和温度信息
兆威机电	ZW hand	5	主动17	电机搭配微型减速器和丝杆驱动		公司将继续研究更符合人体工学的电子皮肤
雷赛智能	DH116普及型	5	11（主动6）	无刷空心杯电机	/	FOC电流与触觉融合的力位混合控制算法；标配6个触觉传感器
	DH2015高端型	5	20（主动15）	无刷空心杯电机	/	FOC电流与触觉融合的力位混合控制算法；标配触觉传感器
	DH2012通用型	5	20（主动12）	无刷空心杯电机	/	FOC电流与触觉融合的力位混合控制算法；标配触觉传感器，多模态传感器可选
	DH2420旗舰型	5	24（主动20）	无刷空心杯电机	/	FOC电流与触觉融合的力位混合控制算法；标配触觉传感器，多模态传感器可选
宇树科技	Dex 3-1	3	7	电机	齿轮	9个阵列传感器（共33个压力传感器）
	Dex 5-1	5	20（主动16）	电机	复合/齿轮	12个阵列传感器（共94个压力传感器）

2 灵巧手产业链拆分&解析

图：灵巧手产业链解析

**灵巧手本体**

相关公司：雷赛智能、捷昌驱动、兆威机电、因时机器人、宇树科技、灵心巧手、帕西尼等。

电机：空心杯电机（单手价值量预估1000-2000元*17）、无刷有槽电机（单手价值量预估200-500元*17）

相关公司：鸣志电器、江苏雷利、鼎智科技等。

丝杠（单手价值量预估300-500元*17）+减速器（单手价值量预估300-500*17）

丝杠相关公司：浙江荣泰、震裕科技、五洲新春、贝斯特等。

减速器相关公司：绿的谐波、科达利、豪能股份、中大力德等。

腱绳（单手价值量预估30-50元*17）

相关公司：南山智尚、大业股份等。

触觉传感器

相关公司：汉威科技、柯力传感、日盈电子、苏州固得等。

资料来源：鸣志电器官网、爱采购、证券之星资讯，华西证券研究所预测 注：上图为特斯拉第一代Optimus灵巧手示意图，仅供参考；上图测算中，我们预计单个灵巧手关节为17个。

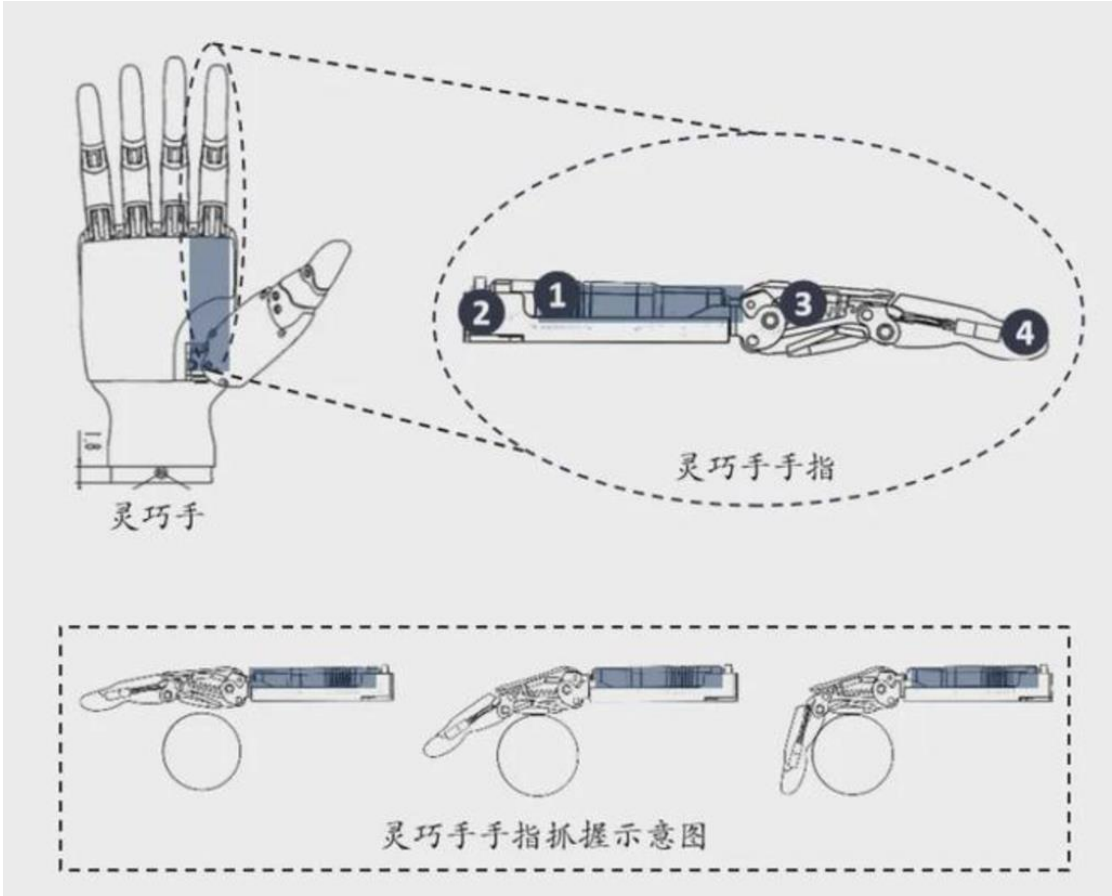
➤ 灵巧手的关键组成部分包括驱动系统、传动系统、感知系统、控制系统，具体如下：

- **驱动系统：**负责提供动力，用于实现各手指的运动；按照驱动源不同可分为电机、液压、气压以及形状记忆合金等，目前以电机驱动为主。
- **传动系统：**将动力转化为手指关节运动。灵巧手的传动方式较多，包括连杆传动、齿轮/蜗轮蜗杆传动、腱绳传动等。
- **感知系统：**需要配置传感器实现感知能力，包括触觉传感器、力觉传感器等。
- **控制系统：**处理传感器传来的各种信息，并根据预设的算法和指令，控制电机和传动装置，实现对灵巧手动作的精准控制。

表：灵巧手关键组成部分

灵巧手关键组成部分	作用
驱动系统	负责提供动力，用于实现各手指的运动
传动系统	将动力转化为手指关节运动
感知系统	需要配置传感器实现感知能力
控制系统	处理传感器传来的各种信息，并根据预设的算法和指令，控制电机和传动装置，实现对灵巧手动作的精准控制

图：灵巧手抓握示意图



资料来源：来觅数据、人形机器人产业通，华西证券研究所

资料来源：因时机器人官网、华西证券研究所

2.2.1 灵巧手驱动系统：以电驱为主

- **灵巧手驱动系统**，负责提供动力，用于实现各手指的运动。
- **灵巧手自由度呈提升趋势**。手部自由度越高，越能做出精细、复杂的动作，特斯拉Optimus的手部自由度呈现明显的提升趋势，一代灵巧手的自由度为11个自由度、二代Optimus的灵巧手达到22个自由度；同时，国内企业的也将自由度提升作为灵巧手产品迭代的关键更新。
- **灵巧手目前以电机驱动为主**。灵巧手的驱动方式主要包括电机驱动、液压驱动、气压驱动、形状记忆合金驱动。液压驱动和气压驱动需要额外配备存储设备和驱动装置，设备总体体积较大；形状记忆合金存在运动精度不高和易疲劳等问题；电机驱动体积小、质量轻、控制方便、响应速度快、运动精度高，与减速装置配合，输出力矩大，可以满足灵巧手指对于驱动器体积、质量、输出力矩以及运动精度的要求。

图：人手自由度分析



表：不同驱动方式对比

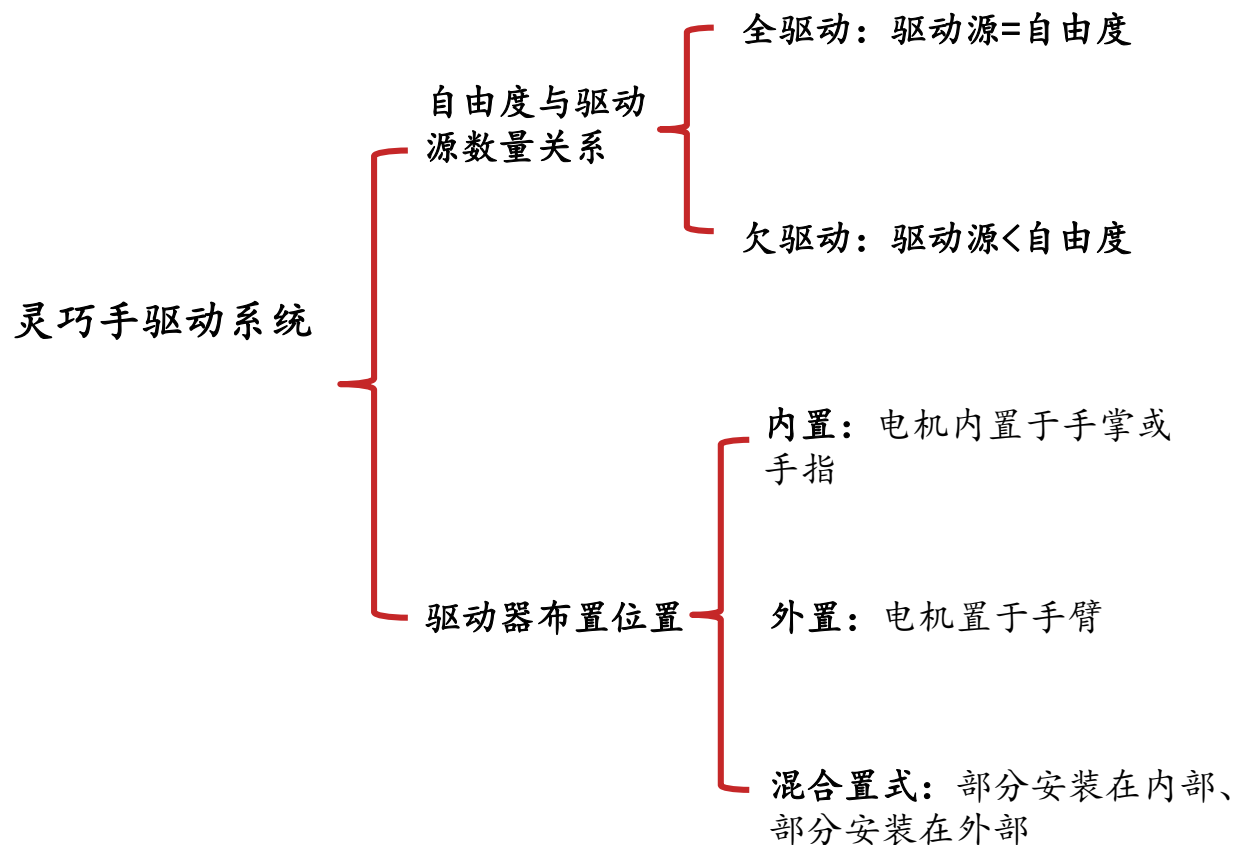
分类	优点	缺点	应用现状
电机驱动	响应快、精度高、控制能力强、输出力矩稳定	质量体积较大，成本较高，控制复杂	目前应用最为广泛，适用于多种场景，包括工业、医疗、服务机器人等
液压驱动	输出力矩大，适合大型抓取作业	体积大，成本高，控制精度不足	主要应用于工业机械手，较少用于小型或精密操作
气压驱动	易于控制，能量存储方便，接近人体肌肉驱动方式	刚度低，动态性能差，可操作性不强	广泛用于轻工业和物流分拣抓取
形状记忆合金驱动	体积小，重量轻，反应快速，适合高精度作业	易疲劳，使用寿命低，成本高	适用于需要高精度、小体积的场合，如微型机器人、精密装配等

资料来源：小米技术公众号，华西证券研究所

2.2.1 灵巧手驱动系统：以电驱为主

- 根据自由度与驱动源数量，可将灵巧手分为全驱动和欠驱动两大类。
 - 全驱动灵巧手：驱动源数量=自由度数量。每个手指关节都有驱动器，使其能够实现主动控制，但结构复杂、成本较高。
 - 欠驱动灵巧手：驱动源数量<自由度数量。缺少驱动源的部分进行耦合随动，硬件集成度较高，但限制了精度，不适用于对精细化操作要求比较高的场景。
- 根据驱动器布局，灵巧手驱动方式可分为驱动器内置、驱动器外置、驱动器混合置式。
 - 驱动器内置：电机位于灵巧手内部，手指的体积较大，控制精度较高，但不同手指均可使用同样的模块化设计，可维修性较强。
 - 驱动器外置：电机位于手臂，空间较大，可以选用更大的驱动电机，且手指可以设计的更纤细，但控制精度较低。
 - 驱动器混合置式：以韩国RoboRay hand 为代表，大功率驱动器布置在前臂中，其余小功率驱动器则布置在手掌中。其优点在于能充分地利用电机功率、手部尺寸与人手相近、可自由配置各个手指关节的自由度，但是腱绳引线较难而且驱动系统和控制系统比较分散。

图：灵巧手驱动系统分类



资料来源：李柏毅《腱传动灵巧手指的传动分析与结构设计》、刘伟等《机器人灵巧手研究综述》，华西证券研究所

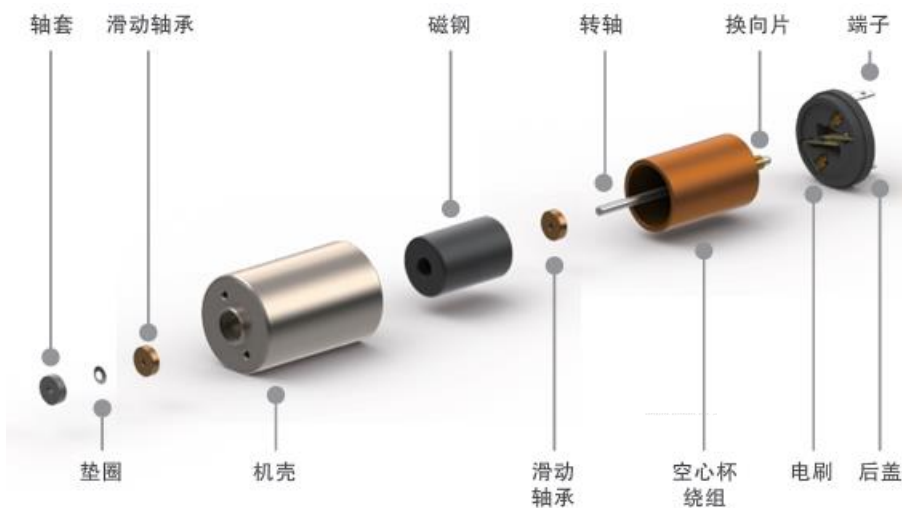
2.2.1 灵巧手驱动系统：关键部件-微型电机

➤ 电机：空心杯电机为目前主流方案，无刷有齿槽电机具备明显成本优势

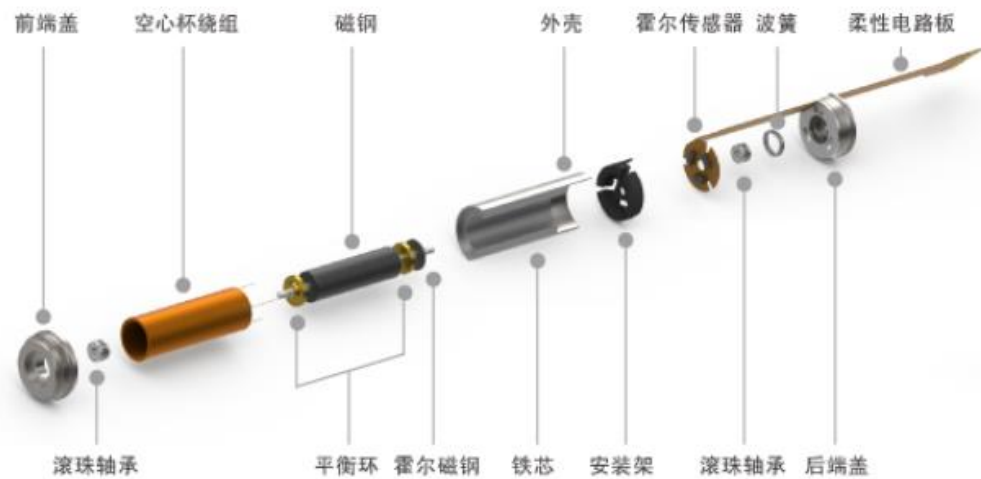
• 空心杯电机

- ① **定义&结构**：属于一种新型微特电机，其采用了无铁芯转子，也叫空心杯型转子，这种新颖的转子结构彻底消除了因铁芯形成涡流而造成的电能损耗；同时空心杯电机重量和转动惯量大幅降低，从而减少转子自身的机械能损耗，由于转子结构变化而使电机的运转特性得到极大改善，不但具有突出的节能特点，更为重要的是具备了铁芯电机所无法达到的控制和拖动特性。
- ② **分类**：按照其换向方式可以分为两种，分别为采用机械电刷换向的空心杯有刷电机和采用电子换向的空心杯无刷电机。空心杯无刷电机使用电子器件代替了电刷实现换相，避免了有刷电机运行时产生的电火花，减少了噪声，增加了电机的使用寿命，并且空心杯无刷电机具有无需维护和保养等特点，目前灵巧手主流方案为无刷空心杯电机，无刷空心杯电机又称为直流无刷无齿槽电机。

图：空心杯有刷电机结构



图：空心杯无刷电机结构



资料来源：鸣志电器官网，华西证券研究所

资料来源：鸣志电器官网，华西证券研究所

2.2.1 灵巧手驱动系统：关键部件-微型电机

➤ 电机：空心杯电机为目前主流方案，无刷有齿槽电机具备明显成本优势

- 空心杯电机

③ 市场布局情况：欧洲老牌龙头企业主导全球空心杯电机市场，国内厂商如鸣志电器、伟创电气、江苏雷利、鼎智科技、雷赛智能、拓邦股份等积极布局空心杯电机产品，多家企业相关产品已进入送样、小批量产阶段。

表：部分企业产品进展情况

相关企业	空心杯电机相关进展
鸣志电器	根据241104投资者关系活动记录表，公司在机器人业务领域，特别是人形机器人及灵巧手方面，业务进展情况正常；公司与中美两地该领域超20家企业建立了实质性的合作关系，其中包括该行业的头部企业。
伟创电气	根据241214公司公告的投资者关系活动记录表，公司在空心杯电机产品方面可以提供完整的模组解决方案，通过电机、编码器驱动器、减速机的高效组合，打造了先进的8-16mm直流无刷空心杯电机系统。目前，适用于灵巧手8-16mm的空心杯电机模组正在推向市场，已经取得小批量订单。
江苏雷利	根据2024年年报，公司围绕“多应用领域”市场战略，推出工控领域用无刷电机、空心杯电机、线性传动机构及高效工业水泵等新产品，实现销售收入 4.19 亿元，同比上升24%；在人形机器人领域，公司自主研发空心杯电机、精密齿轮箱、T 型丝杆、滚珠丝杠、行星滚柱丝杠、无框力矩电机等产品，同时报告期内公司成立控股子公司安徽中科灵犀，依托中国科学技术大学科研成果，利用公司核心零部件产业资源赋能，开展灵巧手的研发，目前正在推进连杆式、绳驱式、软体式三种技术路线灵巧手的研发工作，相关产品正在测试或送样阶段。
雷赛智能	根据250509投资者关系活动记录表，公司专门成立了子公司深圳市灵巧驱控技术有限公司，定位是核心零部件与解决方案提供商，公司主要聚焦空心杯电机以及灵巧手解决方案；公司无框力矩电机、空心杯电机等组件与解决方案已经取得若干较大规模商业订单，形成一定的销售收入。
鼎智科技	根据240514投资者关系活动记录表，公司的空心杯电机处于小批量送样和产品研发阶段，公司与母公司江苏雷利合作开发空心杯电机自动绕线设备，在大批量生产阶段具备较大的产能弹性。
拓邦股份	根据250401投资者关系活动记录表，人形机器人板块，以空心杯电机产品平台为基础，已新建8mm和10mm空心杯电机产品，处于行业领先地位且已获得批量订单，且公司在加大低压多轴总线伺服驱动技术、灵巧手驱动模组的投入，其中灵巧手驱动模组集成了空心杯电机、减速机、丝杠及编码器等核心部件，形成高精度、高出力、低功耗的小型模块化驱动单元。

资料来源：各公司公告，华西证券研究所

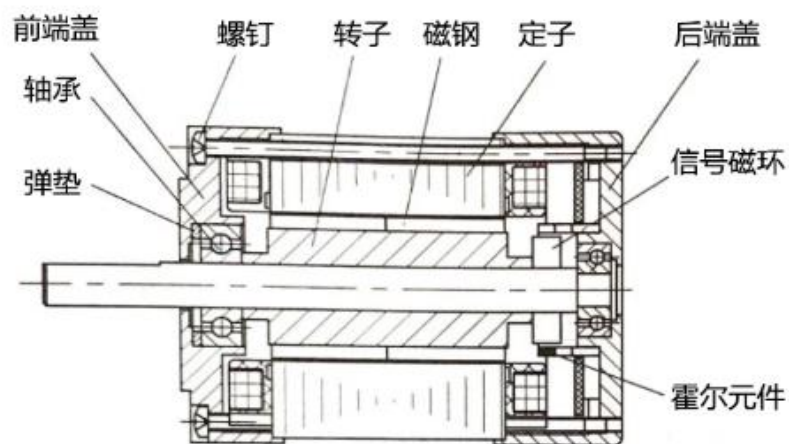
2.2.1 灵巧手驱动系统：关键部件-微型电机

➤ 电机：空心杯电机为目前主流方案，无刷有齿槽电机具备明显成本优势

• 无刷有齿槽电机

- ① 定义&结构：直流无刷电机系统是由转子、定子以及电机控制部分组成。其中，转子主要由永磁体等构成，定子则由线圈绕组和铁心组成，电机控制部分由换相和检相元件以及无刷电机控制器组成。
 - ② 分类：直流无刷电机分为有槽和无槽。最初的直流无刷电机是有槽设计，目前市场上大多数直流无刷电机仍是这种设计。相比于无槽，有槽设计的主要缺点在于存在齿槽扭矩效应的影响，导致电机转速不平稳，使平滑运动较难实现，尤其在低速运动时；其优点在于磁流量密度更高，扭矩生产更有效、更高效。
- 考虑性价比，无刷有齿槽电机应用有可能提升。Ø8mm、Ø10mm空心杯电机单价大部分在1000-2000元不等，而直流无刷电机的单价范围大部分在500元以下，直流无刷电机具备明显的成本优势。我们认为，后续若机器人降本需求迫切，无刷有齿槽电机的应用有可能提升，但仍需综合考虑价格因素、平滑运行和齿轮消除因素对应用的影响等。

图：直流无刷电机结构图



资料来源：鸣志电器官网，华西证券研究所

2.2.2 灵巧手传动系统：关注微型丝杠&腱绳复合传动

- **灵巧手传动系统，将动力转化为手指关节运动。**
- **腱绳传动是目前应用最广泛的传动方式之一。**灵巧手的传动方式较多，包括连杆传动、齿轮/蜗轮蜗杆传动、腱绳传动等，腱绳传动是目前灵巧手研究中应用最为广泛的一种传动方式。与其他传动形式相比，腱绳传动的最突出的优势在于它适用于远距离传动，在驱动器外置的腱驱动灵巧手指内，腱绳传动能够利用有限的空间进行远距离传动。

表：灵巧手不同传动方式对比

传动方式	特点
连杆传动	多用于工业和商业用途，多个连杆串并联混合的使用形式较为常见。手指的运动和动力由刚性连杆传递，能够抓取大型的物体且结构设计紧凑，可以完成包络抓取。但是在远距离的控制上就比较困难，容易发生弹射，抓取的空间较小。
齿轮传动	在工业机器人中应用比较广泛，它能获得稳定的传动比，传递效率高，可靠性更强。但齿轮本身的质量加大了整体的质量和惯性。
带传动	结构简单且传动平稳、可以起到缓冲作用，能在大的轴间距和多轴间传递动力，同时具有价格便宜、不需润滑和维护便利等优点
线绳驱动	线绳在一定程度上模拟了人手的肌腱结构，线绳传动使得大型的驱动器远离了执行机构，减轻末端的负载和惯量，提升了抓取的速度，它排布灵活，适合空间狭小且需要驱动自由度数目较多的传动场合。但它也有自身的局限性，如带负载能力弱，预紧力变化大，负载越大效率越低等

图：代表性灵巧手的主要参数

时间	灵巧手	手指数	自由度	传动形式	传动方式	驱动位置
1974	Okada Hand	3	11	腱绳	腱传动	外置
1982	Stanford/JPL Hand	3	9	腱绳	腱传动	外置
1983	Utah/MIT Hand	4	16	腱绳	腱传动	外置
1988	Barret Hand	3	4	齿轮	直接传动	内置
1992	UB-II Hand	3	11	腱绳	腱传动	外置
1998	DLR- I Hand	4	12	腱绳	腱传动	外置
1998	DIST Hand	4	16	腱绳	腱传动	外置
1998	BH-3 Hand	3	9	腱绳	腱传动	内置
1999	Tokyo Hand	5	12	腱绳	腱传动	外置
1999	Robonaut Hand	5	14	腱绳	腱传动	外置
2000	DLR- II Hand	4	13	齿形带	腱传动	内置
2000	Ultralight Hand	5	13	齿轮	直接传动	内置
2001	GIFU- II Hand	5	16	齿轮	直接传动	内置
2001	BH-4 Hand	4	16	腱绳	腱传动	内置
2004	UBH3 Hand	5	24	腱绳	腱传动	外置
2004	HIT/DLR-I Hand	4	13	齿轮	直接传动	内置
2004	Shadow Hand	5	21	腱绳	腱传动	外置
2009	HIT/DLR-II Hand	5	15	腱绳	腱传动	内置
2009	TWENDY-ONE Hand	4	13	齿轮+连杆	直接传动	内置
2010	DLR HASy Hand	5	19	腱绳	腱传动	外置
2010	Robonaut2 Hand	5	14	腱绳	腱传动	外置
2011	DEXHAND	4	12	腱绳	腱传动	内置
2014	RoboRay Hand	5	12	腱绳	腱传动	外置
2014	The CEA dexterous Hand	5	20	腱绳	腱传动	内置
2015	Spacehand	4	12	腱绳	腱传动	内置
2015	KBHR hand	5	5	腱绳	腱传动	内置
2016	Ethohand	5	7	腱绳	腱传动	外置

资料来源：刘伟《机器人灵巧手研究综述》、华西证券研究所

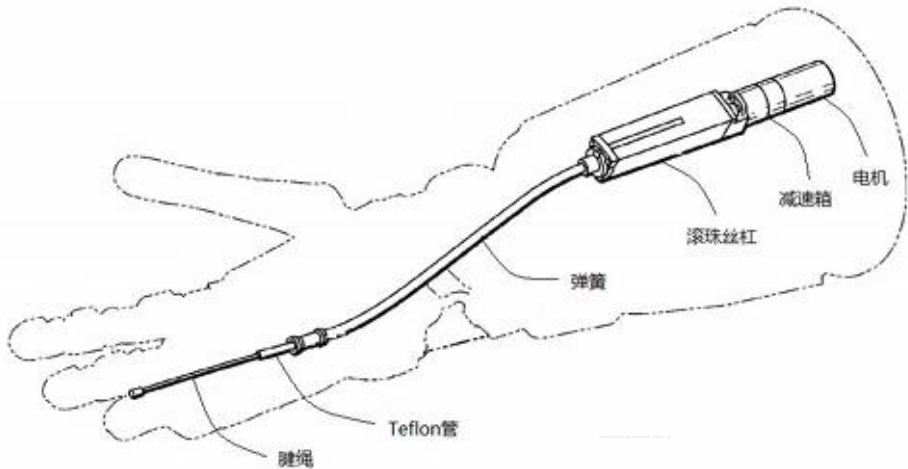
资料来源：李松彪《腱传动灵巧手指的传动分析与结构设计》、华西证券研究所

2.2.2

灵巧手传动系统：关注微型丝杠&腱绳复合传动

- 关注微型丝杠&腱绳复合传动。**腱驱动原理为电机和滚珠丝杠外置于手臂中，电机通过减速箱带动滚珠丝杠，电机轴的转动被转化为丝杠螺母的平移运动，丝杠螺母拉动腱绳，腱绳另一端连接到手指指骨上，拉动手指绕关节轴旋转。整体来看，传动过程主要从电机→减速箱→丝杠→腱绳→手指指骨。
- 腱绳的传动方案对于腱驱动手指动力与运动的传递至关重要。**目前，主流的腱绳传动方案有三种：N型、N+1型、2N型。其中，N、N+1、2N分别代表驱动N个独立自由度所需的驱动单元数目。

图：腱驱动原理



图：三种传动方案对比

传动方案	原理简图	驱动器数目	腱绳数目	特点
N 型		N	2N	驱动器数目少； 需要预紧机构
N+1 型		N+1	N+1	腱绳数目少； 单根腱绳负载大
2N 型		2N	2N	承载能力强、 动态性能较好； 驱动器数目多

资料来源：冯敦超《腱驱动空间多指灵巧手控制技术研究》，华西证券研究所

资料来源：孙成远《腱驱动灵巧手指结构设计及其运动分析与试验》，华西证券研究所

2.2.2 灵巧手传动系统：关键部件-微型丝杠

- **微型丝杠：**丝杠用于把旋转运动转化为直线运动，可增加负载和精度。
 - ✓ 目前部分灵巧手方案会应用微型丝杠，比如兆威的ZW hand。
 - ✓ 丝杠包括滚柱和滚珠两种，虽然滚柱丝杠的负载更高，但是受微型螺纹加工难度较高等因素的影响，目前灵巧手中以微型滚珠丝杠应用为主。
 - ✓ 国内企业包括浙江荣泰、雷迪克、震裕科技、五洲新春、贝斯特等积极布局微型丝杠产品。

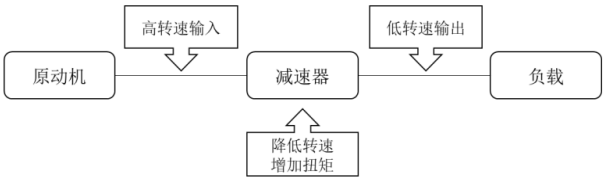
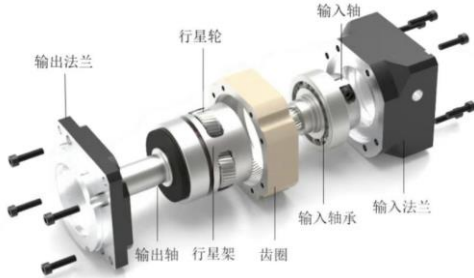
表：部分企业丝杠相关布局进展情况

相关企业	丝杠相关产品布局
浙江荣泰	2025年4月，公司发布公告拟收购51%上海狄兹精密机械有限公司（KGG）51%的股权。
雷迪克	2025年3月，公司发布公告拟收购51%誉展精密科技（深圳）有限公司51%的股权。
震裕科技	据震裕科技250429投资者关系活动记录表，联合客户开发成功微型丝杠产品并已送样。
五洲新春	250312发布公告，公司与杭州新剑机电传动股份有限公司签订了《战略合作框架协议》，协议签署后，双方进一步推动行星滚柱丝杠、微型滚珠丝杠等零部件产品和智能汽车用丝杠产品的生产配套，双方根据相互需要完成相应产品开发、送样等工作。 250301发布公告，公司拟投资建设行星滚柱丝杠、微型滚珠丝杠及智能汽车丝杠建设项目，项目计划总投资约15亿元。
贝斯特	2022 年 1 月，公司设立全资子公司“无锡宇华精机有限公司”，充分发挥公司在工装夹具、智能装备、工业自动化集成等领域的技术优势和在汽车行业的生产管理体系优势，全面布局直线运动部件（产品包括：高精度滚珠/滚柱丝杠副、微型丝杠、高精度直线导轨副等），瞄准中高端机床领域、自动化产业、人形机器人、智能网联汽车等领域进行大力开拓，高举高打，快速切入新赛道。

资料来源：各公司公告，华西证券研究所

- **微型行星减速器：**由于微型行星减速器具备价格优势&技术成熟度相对较高，是灵巧手中应用的主要减速器类型。
- **微型谐波减速器：**与行星减速器相比，谐波减速器结构更紧凑，能在有限的空间内实现更高的传动比，适用于对空间要求苛刻的灵巧手部位，未来随着技术成熟度提升，应用需求有望增加。
 - 绿的谐波在其24年半年报中表示，已有超小型谐波产品，外径最小可达6mm，可应用于智能机器人手指关节等。
 - 据高工机器人公众号，兆威机电的灵巧手采用微型谐波减速器，外径仅8mm，实现±0.05mm定位精度，该灵巧手可适用于工业生产、特种作业、生活服务等复杂多变的操作环境。

表：行星减速器VS.谐波减速器

	微型行星减速器	微型谐波减速器
减速器功能		
示意图		
主要构成	由太阳轮（中心齿轮）、若干个行星轮以及内齿圈组成。	由波发生器、柔轮及钢轮组成。
工作原理	当电机启动后，动力首先传递给太阳轮，带动其高速旋转。由于行星轮同时与太阳轮和内齿圈相啮合，在外力作用下会产生一种复杂的复合运动：一方面随太阳轮公转，另一方面沿自身轴线自转。这种双重运动模式使得输出轴（通常连接在行星架上）获得较低的转速和较高的扭矩输出，从而实现了减速增扭的目的。	当波发生器旋转时，柔轮被迫从圆形变为椭圆形，长轴两端的齿与刚轮完全啮合，短轴两端的齿则脱开。随着波发生器的持续转动，柔轮与刚轮的啮合点不断变化，形成“错齿传动”，最终实现减速效果。
传动比	行星减速器<谐波减速器	
价格	行星减速器<谐波减速器	

2.2.2 灵巧手传动系统：关键部件-腱绳

➤ **腱绳材料：**腱绳材料通常选择高强度和低摩擦材料，可分为钢丝绳和高分子纤维绳（超高分子量聚乙烯纤维为代表）两大类：

①钢丝绳：

- 钢丝绳没有内摩擦，且与滑动表面的摩擦系数较小，同时强度高，可提供较大承载力，是腱绳材料较优选择。从材料和工艺看，钢丝绳常见的材料有碳素钢丝绳、不锈钢钢丝绳、镀锌钢丝绳、合金钢丝绳等，钢丝绳通常用多股绞合形成线缆，以达到更优的性能。
- 手术机器人线绳与灵巧手工况类似，通常采用钨钢丝绳，具有优异的断裂强度和超长的循环寿命，以da Vinci SP系统为代表的钢丝驱动型设计有较多系统采纳，十余股钢丝绳穿过手术工具内部的小孔牵拉实现关节的弯转运动。
- 2024年9月2日，据上证e互动，大业股份表示机器人产业领域用特种钢丝处于研发和市场拓展。

②超高分子量聚乙烯纤维（UHMWPE）：

- 具备高强度、低蠕变性、耐磨损以及折叠不受损等特性，能够满足灵巧手动力传动的要求。
- 从全球供应来看，荷兰DSM公司是全球领先的高性能材料供应商之一，其核心产品Dyneema广泛用于腱绳传动系统中。美国Honeywell公司生产的Spectra纤维，也广泛应用于腱绳传动系统中。
- 据2025年2月南山智尚在互动易（深交所）的回答，公司表示“目前拥有超高分子量聚乙烯纤维产能合计3600吨，远期规划10000吨，现有3600吨超高纤维均已全面投产并实现满产满销。其产品性能对标国际领先企业，在纤维强度（断裂强力达 $\geq 40\text{cN/dtex}$ ）、耐磨性、轻量化等关键指标上达到国际水准”；“目前国际某新能源公司及海外部分灵巧手公司采用的主流腱绳材料是UHMWPE。公司生产的纤维强度可以满足相关领域的应用，公司正关注机器人领域发展动态，同时精进超高分子量聚乙烯纤维生产工艺及新产品的研发，正积极推进机器人领域相关下游的应用”。

2.2.3 灵巧手感知系统：呈现“触觉+”发展趋势

- 灵巧手感知系统，需要配置传感器实现感知能力。
- 触觉传感器是灵巧手感知系统的核心，用量显著提升。
 - 触觉感知技术对确保灵巧手与人、环境之间的安全交互以及智能控制起着至关重要的作用，其核心是触觉传感器。
 - 触觉传感器能够在非结构化的场景中为人们提供多模态信息感知，如接触状态（稳态、滑动、扭转等）、表面特征（粗糙度、纹理、曲率等）以及物理属性（温度、形状、重量、刚度等）。
 - 为使灵巧手实现拟人化灵活操作，国内外灵巧手产品均呈现触觉传感器用量提升的趋势，比如宇树新一代灵巧手Dex 5应用的触觉传感器达94个，较上一代的33个，用量大幅提升；特斯拉也表示其新一代Optimus灵巧手的触觉传感器需求增加。
- 呈现“触觉+”多模态发展趋势，终局可能为电子皮肤形态。
 - 目前市场上灵巧手感知系统呈现“触觉+”的多模态发展趋势，例如帕西尼DexH13搭载了1140颗专业级ITPU多维触觉传感器，同时还集成了800万高清AI手眼相机；智元SkillHand引入基于MEMS原理的触觉感知和视触觉感知技术。
 - 电子皮肤可通过高密度传感器、柔性材料与多模态感知能力的有机结合，赋予灵巧手近似人类皮肤的感知与交互能力。根据电子发烧友网，兆威机电表示在与触觉传感器厂商合作定制电子皮肤，实现力反馈数据融合。

表：不同企业灵巧手产品传感器应用情况

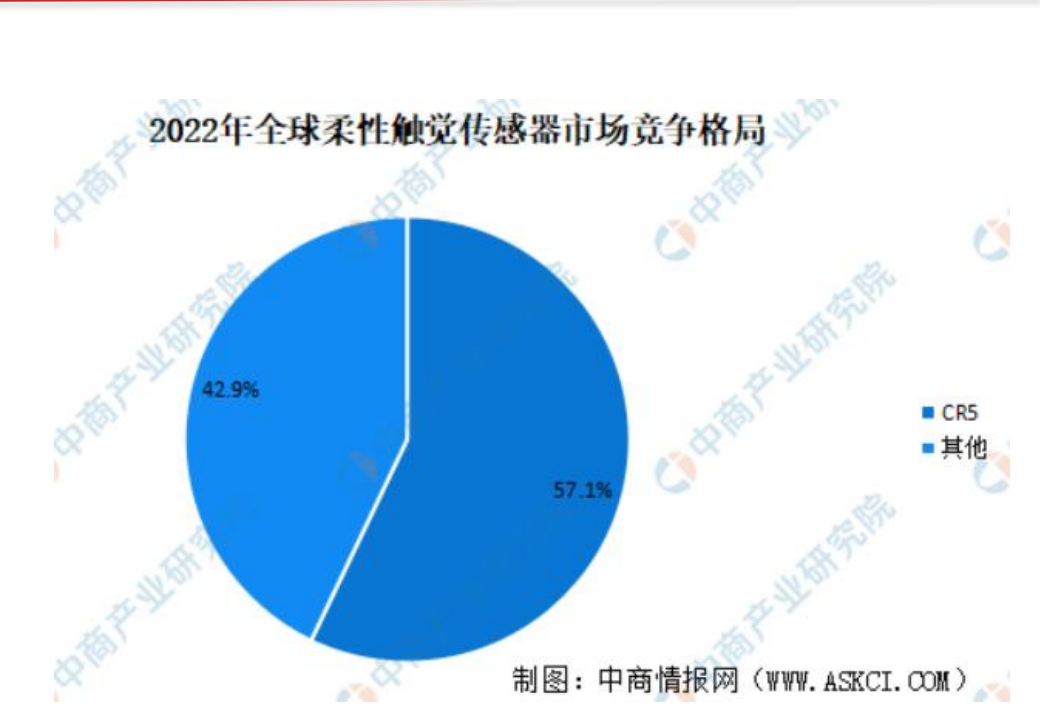
企业	发布产品	相关说明
腾讯	TRX-Hand	灵巧手在指尖、指腹和掌面均覆盖了自研的高灵敏度 柔性触觉传感器阵列 ，掌心处安装有微型激光雷达和接近传感器，同时每一个关节均集成了角度传感器，保证灵巧手在抓取和操作过程中能准确地感知自身与物体状态信息
因时机器人	RH56BFX/RH56DFX	集成 力传感器
智元机器人	SkillHand	SkillHand灵巧手自由度数为19个，主动自由度为12个，并引入 基于MEMS原理的触觉感知和视触觉感知技术
帕西尼	DexH5	手指表面配备了自研高精度 三维力传感器 ，精度可达0.01N，确保了精准控制握持力
	DexH13	搭载了1140颗专业级ITPU 多维触觉传感器 ，同时还集成了800万高清AI手眼相机，结合先进的零样本位姿估计视觉算法，使其具备了卓越的AI视觉物体位姿估计能力

➤ **触觉传感器市场以海外企业为主导，国内企业有所突破。**据中商产业研究院，全球范围内柔性触觉传感器生产商主要包括Novasentis、Tekscan, Inc.、JapanDisplayInc. (JDI)、BaumerGroup、FrabaGroup等，2022年，全球前五大厂商占约57.1%的市场份额。国内企业在技术研发和市场开拓方面不断努力，逐渐崭露头角；汉威科技在250401投资者关系活动记录表中表示，公司旗下控股子公司能斯达是国内柔性触觉传感工程化程度最好的公司之一，成功解决了柔性传感器的可靠性、一致性和批量供货问题。

表：不同传感器优缺点对比

传感方式	原理	优点	缺点
压阻式	导电材料的电阻值与施加的力/压力成比例	1) 适合大批量生产 2) 设计简单	1) 脆弱性 2) 信号漂移滞后
压电式	压电材料生成的电荷与施加的力/压力成比例	1) 灵活性强 2) 适用于动态触觉感知	对温度敏感
电容式	压力使电容极板间介质压紧，导致电容变化	1) 灵敏度非常好 2) 可以设计为非常轻薄小巧	信号滞后，电路复杂
光学式	利用不同折射率介质的光强变化来测量压力	1) 不受电磁干扰 2) 灵活、灵敏、快速	1) 体积较大 2) 微弯曲造成信号失真
超声式	通过超声波监测表面的运动和滑动	1) 动态响应快 2) 分辨率高	传感器材料造成电路小型化困难
磁式	施加的力会引起磁通量密度的变化	1) 灵敏度高 2) 动态范围好 3) 无机械滞后性	使用仅限于非磁性介质

图：柔性触觉传感器市场竞争格局



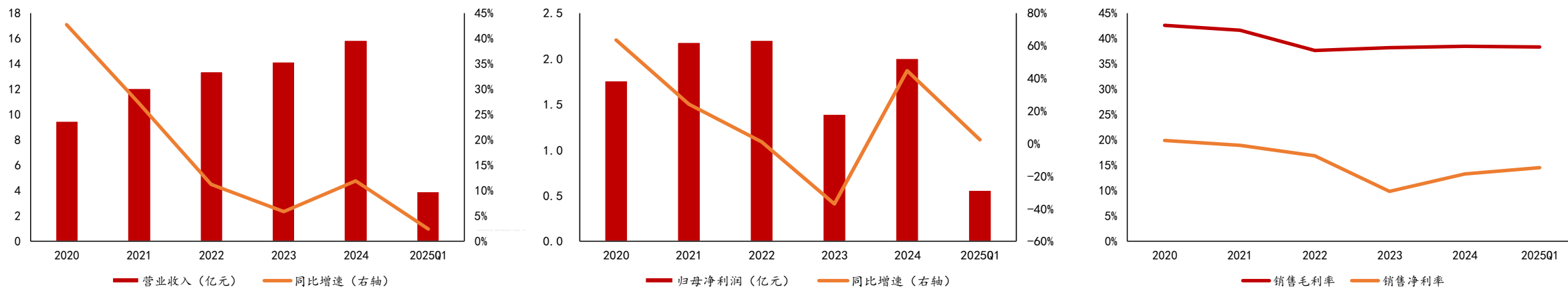
资料来源：谢心如等《智能机器人目标抓取关键技术研究》、中商产业研究院

资料来源：中商产业研究院，华西证券研究所

3 相关受益标的

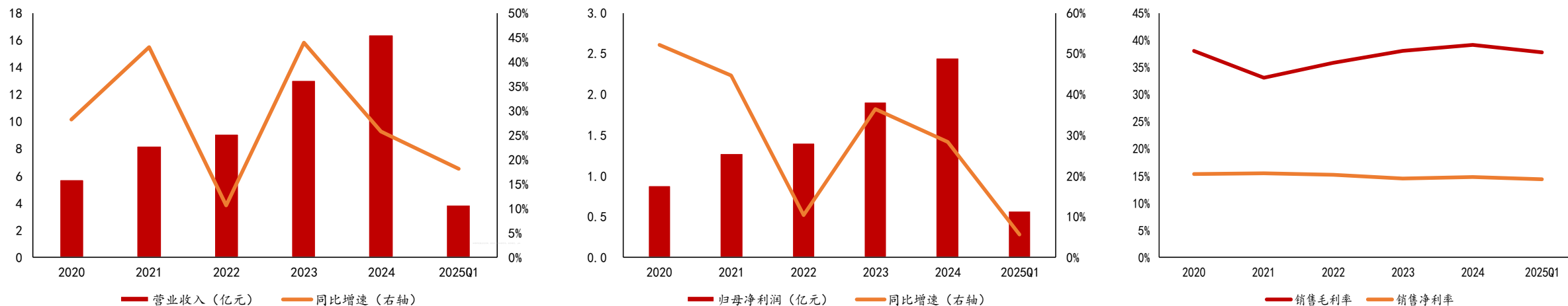
- **业绩情况：**2020-2024年公司营收由9.46亿元增长至15.84亿元，CAGR为13.8%；归母净利润由1.76亿元增长至2.00亿元，CAGR为3.2%。2025Q1公司实现营收3.90亿元，同比增长2.4%；实现归母净利润0.56亿元，同比增长2.3%。
- **机器人布局：**公司机器人的业务布局和产品规划主要包括：①成立子公司上海雷赛机器人科技有限公司，主要聚焦“超高密度”无框电机、驱动器和关节模组解决方案；②成立子公司深圳市灵巧驱控技术有限公司，主要聚焦空心杯电机以及灵巧手解决方案，公司在3月底的深圳工业展上推出了极具竞争力的产品，获得广大客户的好评以及商业订单，后续也将持续推出更有竞争力的产品和解决方案；③基于公司在运动控制技术领域的多年积累和经验，已成立专门的团队，研发机器人“小脑”的相关产品。公司通过三种业务模式，与数百家国内外机器人企业，以及模组厂家进行长期的业务合作：第一种模式是提供以无框电机、空心杯电机、微型驱动器、编码器为代表的高质价比的核心零部件和解决方案；第二种模式是为大客户提供关节模组和灵巧手联合开发；第三种模式是为广大客户提供代工与组装服务。据250509投资者关系活动记录表，公司无框力矩电机、空心杯电机等组件与解决方案已经取得若干较大规模商业订单，形成了一定的收入。

图：公司历史营收、归母净利润以及盈利能力情况



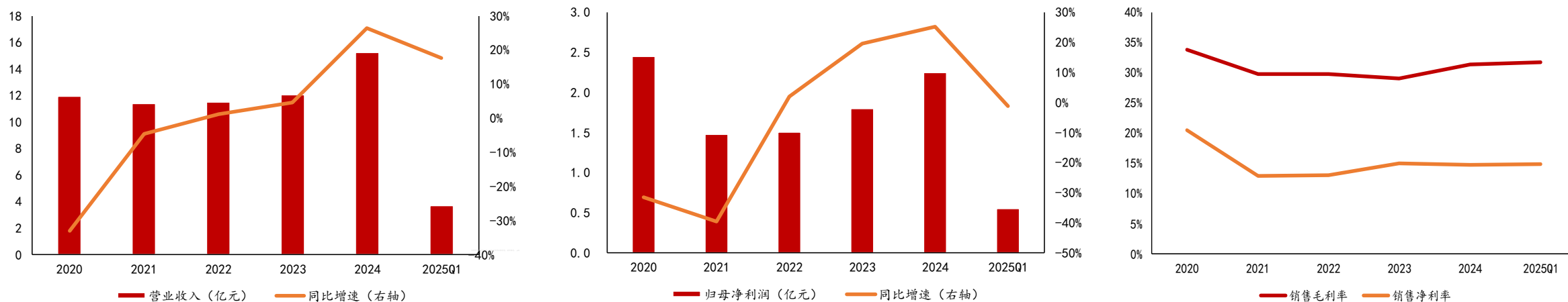
- **业绩情况：**2020-2024年公司营收由5.72亿元增长至16.40亿元，CAGR为30.1%；归母净利润由0.88亿元增长至2.45亿元，CAGR为29.2%。2025Q1公司实现营收3.87亿元，同比增长18.2%；实现归母净利润0.57亿元，同比增长5.6%。
- **机器人布局：**根据20241206投资者关系活动记录表，目前公司在空心杯电机产品方面可以提供完整的模组解决方案，通过电机、编码器、驱动器、减速机的高效组合，打造了先进的8-16mm直流无刷空心杯电机系统，为优化机器人整体解决方案起到了重要作用，已获得了小批量订单；此外，公司还布局了无框力矩电机、超高功率密度驱动器、中空编码器等产品来满足不同客户的需求。同时，基于全球市场人形机器人在工业领域未来的发展前景，公司成立了伟达利合资公司，集合各方优势，针对于机器人迭代发展及机器人有关的精密机械零部件、机器人关节、控制器、驱动器、减速器等关键组件，打造具备强竞争力的机电一体化核心零部件产品，如旋转关节模组（谐波/行星），直线关节模组等。

图：公司历史营收、归母净利润以及盈利能力情况



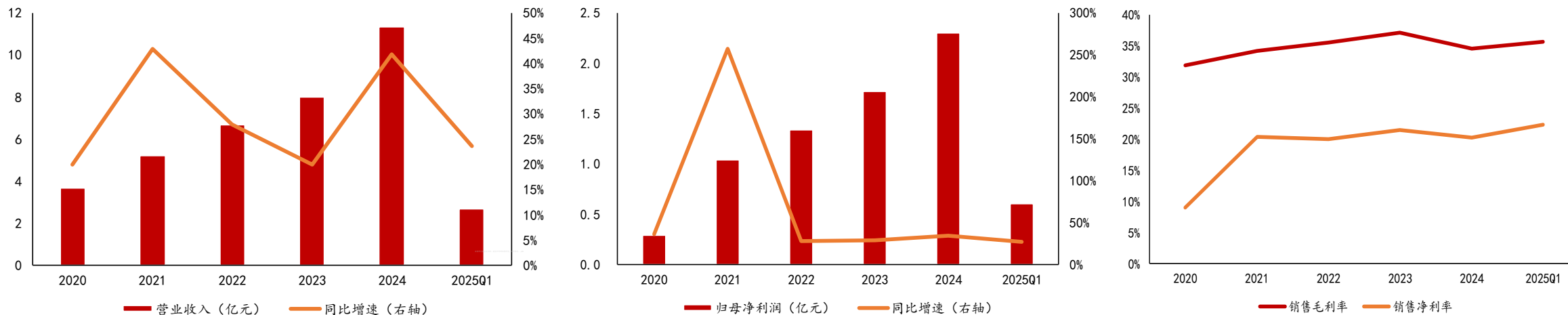
- **业绩情况：**2025Q1公司实现营收3.68亿元，同比增长17.7%；实现归母净利润0.55亿元，同比下滑1.2%。
- **机器人布局：**公司微型传动及驱动系统布局领先，2024年11月发布了灵巧手产品ZW HAND。此外，根据2024年年报，公司完成了0.5mm以下小模数齿轮精密插齿、磨齿等技术的研究；完成了大负载工况下环面蜗杆斜齿轮传动的应用研究；在螺纹传动效率、小模数齿轮高效传动等技术上取得提升；电机产品已完成直流有刷电机、无刷直流电机以及无刷空心杯电机的系列化平台建设，系列化电机均实现量产；4mm无刷空心杯电机已完成技术攻关，突破了国外技术壁垒，实现小批量产，未来无刷空心杯电机会聚焦于开发4极产品，提升产品性能；无刷直流电机向小直径产品突破，定子采用拼块工艺，提升电机转矩密度。

图：公司历史营收、归母净利润以及盈利能力情况



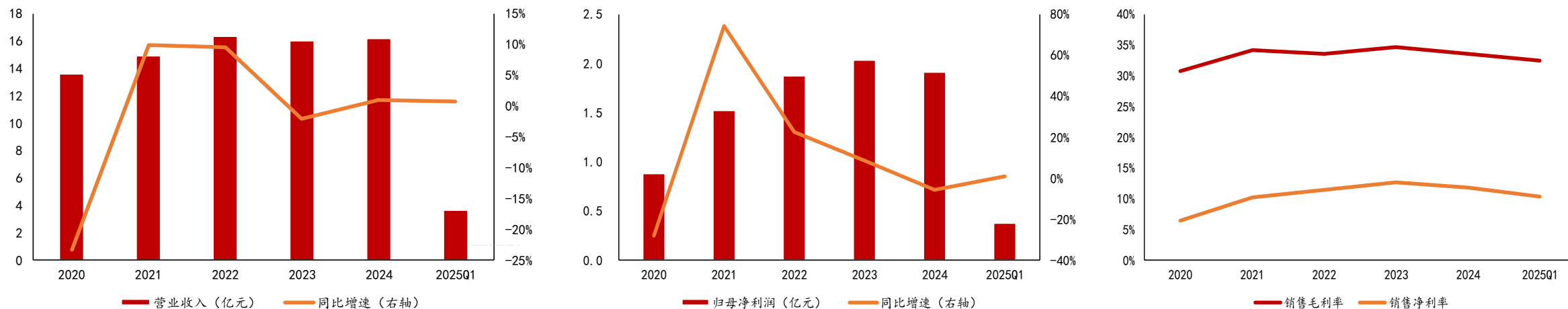
- **业绩情况：**2020-2024年公司营收由3.65亿元增长至11.35亿元，CAGR为32.8%；归母净利润由0.29亿元增长至2.30亿元，CAGR为67.8%。2025Q1公司实现营收2.66亿元，同比增长23.6%；实现归母净利润0.60亿元，同比增长27.1%。
- **机器人布局：**2025年4月，公司发布《关于收购上海狄兹精密机械有限公司51%股权的公告》。上海狄兹精密机械有限公司（KGG）专注于精密传动产品的研发&生产，成立于2008年，与日本KSS、中国台湾CPC达成深度合作，成为当时率先采用日本品质标准进行轴端加工的国内厂家；2016年进入Apple供应链，并成为日本知名品牌的单轴机械手OEM工厂。KGG在国内率先掌握了轴径3mm及以下的微型滚珠丝杠的C1级精密加工工艺并实现标准化量产，微型丝杠布局领先，借助公司在主业上积累的客户资源，两者有望实现机器人领域的资源双向导入，融合资源和技术优势，助力公司快速切入人形机器人零部件赛道。

图：公司历史营收、归母净利润以及盈利能力情况



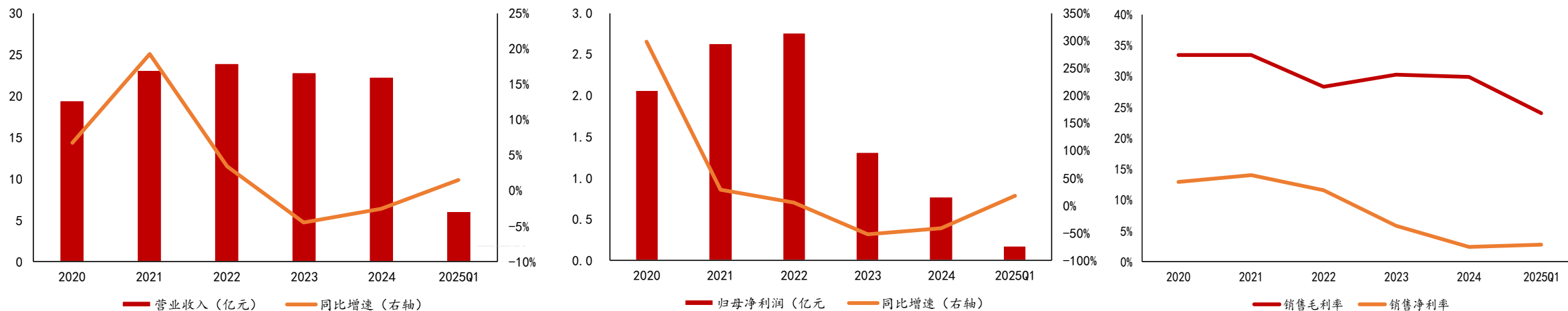
- **业绩情况：**2020-2024年公司营收由13.58亿元增长至16.16亿元，CAGR为4.4%；归母净利润由0.88亿元增长至1.91亿元，CAGR为21.4%。2025Q1公司实现营收3.62亿元，同比增长0.72%；实现归母净利润0.37亿元，同比增长0.86%。
- **机器人布局：**公司生产的超高纤维具备腱绳材料所需的高强度、低蠕变性、耐磨损、折叠不受损等特性，在高精度、频繁使用、长期受力的情况下，能够满足灵巧手动力传动的要求。2025年3月25日公司在互动易上表示，凭借产品的卓越性能与优势，已产生在手订单，实现从零到一的突破。未来随着灵巧手量产推进，腱绳需求提升将为公司注入新增长动力。

图：公司历史营收、归母净利润以及盈利能力情况



- **业绩情况：**2025Q1公司实现营收6.03亿元，同比增长1.5%；实现归母净利润0.17亿元，同比增长16.9%。
- **机器人布局：**公司在具身智能中应用了五类传感器，分别是嗅觉传感器、视觉传感器（非制冷红外成像传感器）、姿态 IMU 传感器、力觉传感器（包括多维力传感器）以及柔性触觉传感器。其中，柔性触觉传感器是公司布局的重要产品，公司旗下控股子公司能斯达深耕柔性触觉传感器领域十余年，成功解决了柔性传感器的可靠性、一致性和批量供货问题，产品技术处于行业领先地位。根据250408投资者关系活动记录表，公司表示目前电子皮肤产品在机器人行业以试样、小批为主。

图：公司历史营收、归母净利润以及盈利能力情况



资料来源：，华西证券研究所

4 投资建议

我们认为，灵巧手是人形机器人的落地关键，后续的更新迭代仍具备较高的技术难度，具备灵巧手本体设计、生产能力的厂商有望在产业链中具备较大的话语权，盈利能力或处于领先水平。此外，为了提升灵巧手的功能性，关键零部件例如丝杠、减速器、电机、腱绳、触觉传感器等的应用需求也将增加，持续看好产业布局领先的技术优势企业。

人形机器人的发展将为零部件制造商提供新的应用市场，技术同源、具备领先优势的相关企业有望受益。随着后续产业链下单&定点，机器人厂商更新产品近况，预计相关产业催化不断，重点看好各个产业链带来的增量机遇。

➤ **受益标的：**①**丝杠：**浙江荣泰、恒立液压、震裕科技、五洲新春、贝斯特等；②**本体&电机：**雷赛智能、伟创电气、兆威机电、捷昌驱动、鸣志电器、江苏雷利等；③**减速器：**绿的谐波、豪能股份、科达利等；④**腱绳：**大业股份、南山智尚等；⑤**触觉传感器：**汉威科技、日盈电子等。

➤ **风险提示**

人形机器人量产不及预期、市场竞争加剧、政策变化风险、AI技术发展不及预期等。

5 附录-案例分析

➤ 因时机器人灵巧手具备6个自由度、12个关节数、驱动方式为电机、传动方式为连杆。RH56BFX、RH56DFX系列灵巧手产品的主要区别在于，前者抓握力小但手指弯曲速度快，而后者抓握力大但手指弯曲速度慢。据高工机器人公众号，2024年8月，因时机器人正式发布了灵巧手产品的全新系列“FTP系列仿人五指灵巧手”，单只零售价为4.8万元；相较于之前的系列，FTP系列的创新升级主要在于触觉感知、指尖抓握力和寿命方面：①**触觉感知**，相较于以往两个系列灵巧手仅内置力传感器的设计方案，FTP系列在此基础上首次集成了触觉传感器模块，单手拇指3个、四指各含2个、手掌1个，共计12个触觉传感器布置于手掌表面；②**指尖抓握力**，五指指尖输出力均达到了3kg；③**寿命方面**，可达百万次以上。

表：因时机器人灵巧手参数、性能情况

产品名称	RH56BFX系列	RH56DFX系列	FTP系列
手指数	5	5	/
自由度	6	6	/
关节数	12	12	/
驱动方式	电机	电机	电机
传动方式	连杆	连杆	/
拇指最大抓握力	6N	15N	五指指尖输出力均达到了3kg
四指最大抓握力	4N	10N	
拇指弯曲速度	150度/S	70度/S	/
四指弯曲速度	570度/S	260度/S	/
感知技术	6个压力传感器	6个压力传感器	力传感器+触觉传感器

资料来源：因时机器人官网、因时机器人公众号、高工机器人公众号、华西证券研究所

➤ 帕西尼灵巧手有DexH5、DexH13系列，均为4指灵巧手。相较于DexH5系列，DexH13系列的创新升级主要在于自由度、感知技术、寿命方面，具体来看：①自由度，DexH5仅有5个主动自由度，DexH13增加至13个；②感知技术，DexH5有180个多维度触觉传感器，而DexH13搭载了1140个ITPU触觉传感单元、800万像素高清AI手眼相机，实现了多维触觉+AI视觉双模态；③寿命方面，DexH5使用寿命为10万次，而DexH13可进行超百万次按压使用。

表：帕西尼灵巧手相关参数/说明

产品名称	DexH5 系列	DexH13 系列
手指数	4	4
主动自由度	5	13
自由度	12	/
驱动方式	直线电机驱动	电机驱动
感知技术	多维度触觉传感器 180 个	1140个ITPU触觉传感单元； 多维触觉+AI视觉双模态

资料来源：帕西尼官网，华西证券研究所

图：DexH13系列产品示意图



资料来源：帕西尼官网，华西证券研究所

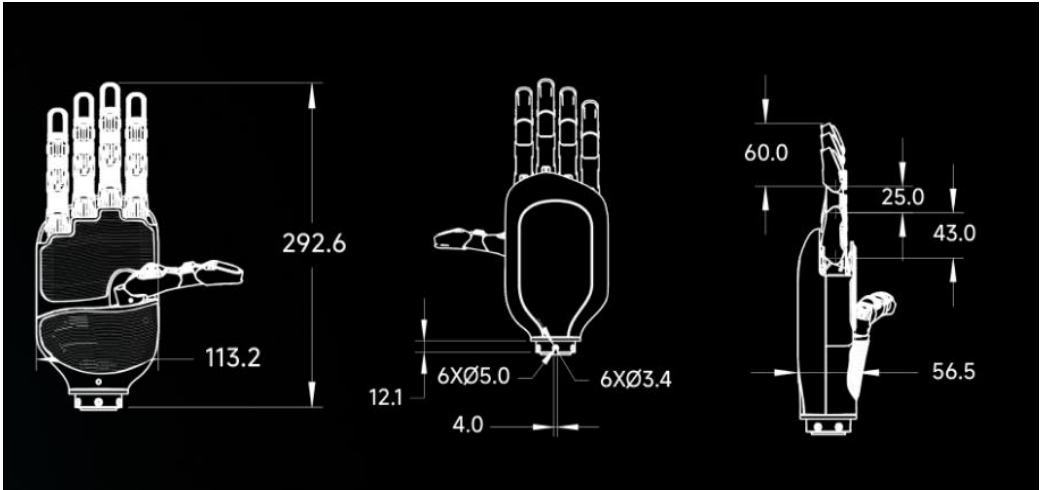
➤ 灵巧智能2024年10月宣布灵巧手DexHand 021全球发售，首批50只体验价为6.8万元/只。DexHand 021量产版为5指灵巧手，共有15个关节，19个自由度（含12个主动自由度和7个被动自由度），23个传感器（位置、触觉、力觉），采用电机驱动、腱绳传动的方式，使用寿命超15万次。据灵巧智能公众号，捷昌驱动与灵巧智能达成合作联合投资成立了浙江灵捷机器人零部件有限公司，专注于机器人科技领域内零部件，如机器人灵巧手、关节模组及驱动器等核心零部件的研发与制造，目前已与国内外下游的主机厂积极合作开发相关产品；已建成一条具备月产2000只灵巧手的中试线，为大规模量产做好充分准备。

表：DexHand 021相关参数

产品名称	DexHand 021量产版
手指数	5
主动自由度	12
自由度	19
关节数	15
驱动方式	电机
传动方式	腱绳
负载	5kg
感知技术	位置、触觉、力觉

资料来源：灵巧智能官网，华西证券研究所

图： DexHand 021结构尺寸示意图



资料来源：灵巧智能官网，华西证券研究所

➤ 星动纪元于2024年11月发布XHAND1，具体情况如下：①**自由度&手指情况**：拥有12个全主动、全自驱的自由度，其中大拇指和食指各3个，其余手指各2个，食指多一个侧摆自由度，可以做旋拧的动作；拇指实现和小拇指对指，增强抓握的稳定性。②**驱动/传动方式**：采用纯齿轮准直驱传动，主动关节均在本位且全部解耦，同时每个关节均可以反驱；关节高反驱透明度与低阻尼的特性，可以直接采用电流环做力控。③**感知技术方面**：五个指尖均配有阵列式高精度高分辨率触觉传感器，每个指尖上采集120-300个均匀分布的三维力信息，最小分辨率为0.05N, 可以支持机器人做更精准的力控，同时拥有更多的感知能力比如接触觉、滑动感知，并通过面阵力的解算可以得到接触面表面纹理等更多信息；每个触觉传感器上有20个分布的温度阵列，可以感知到接触物体的温度。

表：XHAND1相关参数

产品名称	XHAND1
手指数	5
主动自由度	12（拇指和食指3个、其他三指均2个）
最大握力	15N（指尖）；80N（整手）
最大负载	5kg（指尖）；25kg（整手）
驱动方/传动方式	齿轮和电机驱动
感知技术	每个手指配备一个高分辨率(>100点)触觉阵列传感器提供精确的三维力触觉和温度信息

资料来源： XHAND1官网， 华西证券研究所

图：XHAND1示意图-12个自由度分布



资料来源：XHAND1官网， 华西证券研究所

➤ 兆威机电于2024年11月发布灵巧手ZW hand，配备17个主动执行单元，其中单指节拥有3个及以上主动执行单元，整手的关键部组件全自主研制。每个指节的控制采用电机搭配微型减速器和丝杆驱动；微驱控制器主频高达600M，结合高密度、高集成与布局优化的PCB设计，实现精确的动力输出和快速响应，充分提升仿人灵巧手的灵巧性。

表：兆威机电灵巧手相关参数/说明

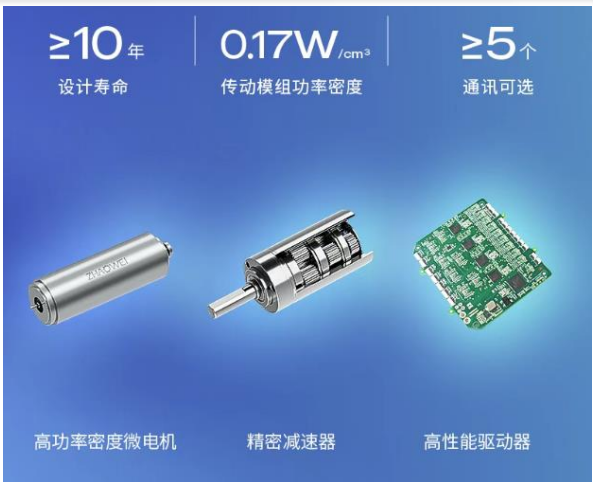
	相关参数/说明
手长	238.5mm
手宽	88mm
手厚	40.7mm
手指数	5
自由度	17或20个自由度（17个主动执行单元，其中单指可达3个及以上主动执行单元）
驱动/传动系统	每个指节的控制采用电机搭配微型减速器和丝杆驱动
感知系统	*公司将继续研究更符合人体工学的电子皮肤

资料来源：兆威机电官网、电子发烧友网公众号，华西证券研究所

图：兆威机电发布灵巧手模组



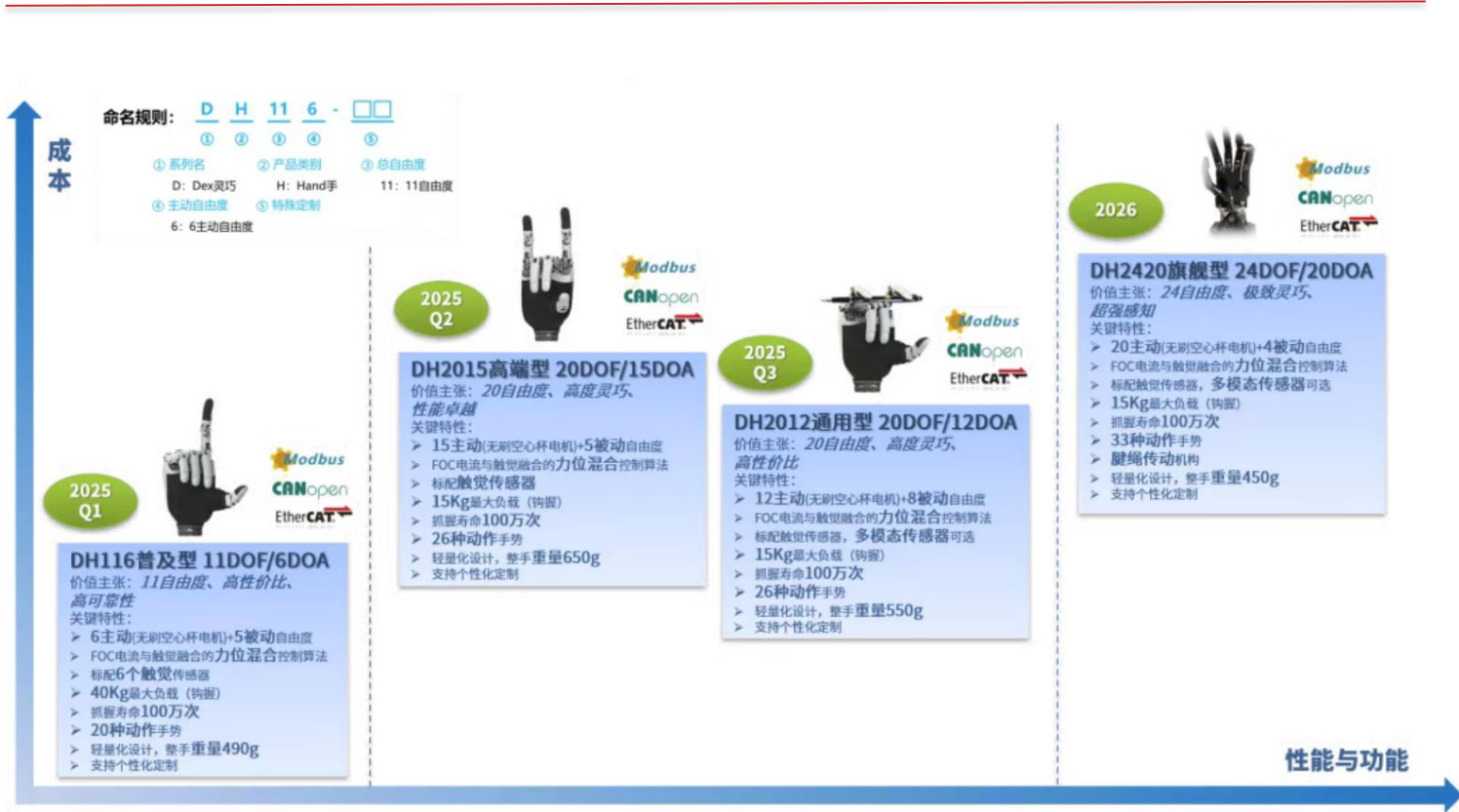
图：兆威机电灵巧手传动模组



资料来源：兆威机电公众号，华西证券研究所

➤ 雷赛智能于2025年3月13日发布DH系列（Dex Hand）灵巧手解决方案。该系列解决方案包括11、20、24自由度等多款型号，覆盖工业、商业与家庭等各类应用场景。首款型号将于Q2起进行试产试销。DH系列灵巧手应用前景广阔，主要针对四类场景：人形机器人、四足机器狗、移动机器人、协作机器人。

图：雷赛智能灵巧手产品解决方案族谱图



资料来源：雷赛智能公众号，华西证券研究所

- 宇树科技于2025年4月1日发布Dex 5灵巧手，以Dex 5-1P为例，具体情况如下：①自由度&手指情况：单手有20个自由度（16个主动自由度+4个被动自由度）；其中，拇指4个自由度均为主动的、剩余手指均为3主动自由度+1被动自由度；②驱动/传动方式：采用12个自研微型力控复合传动关节、4个微型力控关节齿轮传动；应用的零部件包括高功率密度空心杯电机、高功率密度驱动器与高精度编码器、低阻尼小间隙减速器等。③感知技术方面：单手有94个触觉传感器，覆盖指尖、指腹、指根、掌心。
- 相较于宇树科技之前发布的Dex3-1，主要区别体现在：
- 自由度增加：Dex3-1的单手自由度为7个、而Dex 5-1P自由度达20个。
 - 驱动/传动方式变化：Dex3-1采用的是6个微型无刷力控关节直驱+1个微型无刷力控关节齿轮传动；而Dex 5-1P采用12个自研微型力控复合传动关节+4个微型力控关节齿轮传动。我们认为，其中复合传动方式的应用值得关注。
 - 传感器数量增加&覆盖范围更广：Dex3-1单手应用33个压力传感器、分布于掌心、指腹、指尖；：Dex 5-1P单手覆盖应用94个触觉传感器，除掌心、指腹、指尖外，还覆盖了指根。

表：宇树科技灵巧手产品参数对比图

产品名称	Dex 3-1	Dex 5-1	Dex 5-1P
手指数	3	5	5
自由度	7自由度	20自由度(16主动+4被动)	
传动机构	6个微型无刷力控关节直驱 1个微型无刷力控关节齿轮传动	12个自研微型力控复合传动关节 4个微型力控关节齿轮传动	
负载情况（常温掌面向下，抓5cm的圆形硬性物体	最大重量500g	最大重量3.5kg	
负载情况（常温掌面向左，抓5cm的圆形硬性物体）	最大重量500g	最大重量4.5kg	
阵列传感器数量	9个（共33个压力传感器）	/	12个（共94个压力传感器）
阵列分辨率	2*2（掌心）*3 2*2(单指腹)*3 3*1(单指尖)*3	/	2*5（掌心） 2*3(单指腹)*5 2*3(单指尖)*5 2*3(单指根)*5
示意图			

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持最新状态。同时，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，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

THANKS