

人形机器人系列专题之六维力传感器

高价值和高壁垒的力控核心部件，国产供应商持续发力

优于大市

核心观点

六维力传感器系人形机器人感知核心部件，重要性高、价值量大。传感器是人形机器人与外界交互的重要桥梁，人形机器人需搭载多种传感器（视觉、力觉、惯性、温度等），其中力传感器重要性高（感知并度量力）、价值量大（头豹研究院测算其在机器人中价值量占比16%）；力传感器按测量维度可分为一至六维，其中六维力可给出最全面力觉信息，在人形机器人上主要安装于手腕、脚踝等部位，助力机器人实现精准感知和柔顺控制。

六维力传感器的性能指标、技术路线、结构拆解以及工作原理分析。六维力传感器可测量空间坐标系中3方向力+3方向力矩，1) **性能指标**：包括串扰、精度、准度、灵敏度、分辨率、过载能力等衡量指标；2) **技术路线**：应变式、电容式、压电式、光电式等类型，其中应变式技术成熟，精度高、成本较低、应用较为广泛；3) **结构拆解**：应变式六维力传感器主要元件包括弹性体、应变片、底盘、基座、顶盖等，其中弹性体和应变片是核心；4) **工作原理**：基于弹性体形变，弹性体上粘贴的应变片发生形变导致电阻值变化，通过测量电路转为电压信号，算法解耦后得到六维力信息。

设计、工艺、检测等维度均有较高壁垒。六维力传感器在结构设计、解耦能力、标定检测、工艺等方面具较高 Know how，本质上是一项“系统工程”：1) **设计**：涉及多个关键点，如弹性体选择与优化、应变片设计与选择等，弹性体需平衡刚度与灵敏度，应变片种类较多且影响工艺路线选择；2) **解耦**：六维力需解决的核心问题，①结构解耦加工难度大、成本较高；②算法解耦需对解耦模型改进，Know how 较深；3) **标定与检测**：六维力的标定和检测，需六维联合加载，工艺过程复杂，且设备需自研；4) **工艺**：核心部件弹性体和应变片工艺流程长、精细化要求高；金属应变片贴片仍需人工，一致性批量生产难度高；**展望后续**，硅应变片精度、灵敏度高，与玻璃微熔工艺结合可提高量产效率，有望成为未来批量出货的工艺演进方向。

人形机器人带来增量需求，国产玩家持续布局。六维力传感器高端市场以外资为主，近几年国内玩家逐步入局，产品性能不断迭代并缩小与外资品牌差距；**成本层面**，当下六维力传感器单价约1-2万元，随后续机器人出货量以及搭载率的提升带来的成本摊销，其单价有望逐步下探至千元左右级别；结合GGII测算2030年人形机器人领域六维力传感器市场规模将达138亿元。

风险提示：行业进展和技术迭代不及预期、供应商订单不确定性的风险。

投资建议：关注人形机器人进展带来的投资机遇。看好在技术升级迭代下人形机器人发展，看好机器人量产带来的潜在供应链零部件的需求和投资机会，推荐在六维力传感器等领域有持续布局的公司凌云股份、中鼎股份等。

重点公司盈利预测及投资评级

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘(元)	总市值(亿元)	EPS		PE	
					2024A	2025E	2024A	2025E
600480.SH	凌云股份	优于大市	16.12	152	0.70	0.88	25	20
000887.SZ	中鼎股份	优于大市	19.00	250	0.95	1.15	20	16
603121.SH	华培动力	无评级	22.93	78	0.19	0.29	128	86

资料来源：Wind、国信证券经济研究所预测

行业研究·行业专题

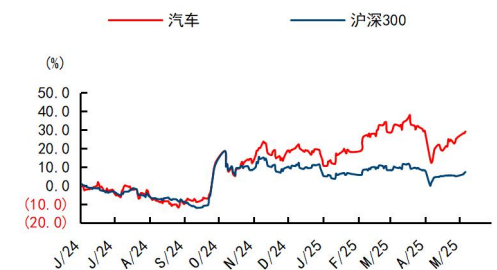
汽车

优于大市·维持

证券分析师：唐旭霞
0755-81981814
tangxx@guosen.com.cn
S0980519080002

证券分析师：孙树林
0755-81982598
sunshulin@guosen.com.cn
S0980524070005

市场走势



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

相关研究报告

- 《人形机器人行业周报（第十三期）-奇瑞墨甲机器人全球批量交付，关注奇瑞机器人产业链》——2025-05-07
- 《特斯拉专题研究系列三十三-销量下滑压制盈利，静待新品放量带来全新驱动力》——2025-05-04
- 《汽车行业周报（25年第17周）-上海车展新车密集发布，多部门推动智能辅助驾驶规范化》——2025-04-29
- 《人形机器人行业周报（第十二期）-特斯拉展示机器人产线，小鹏机器人Iron亮相上海车展》——2025-04-28
- 《人形机器人行业周报（第十一期）-北京人形机器人马拉松举行，众擎机器人正式上市》——2025-04-21

内容目录

传感器：人形机器人感知层、控制层关键部件	6
传感器是人形机器人与环境交互的重要桥梁，力传感器价值量高	6
人形机器人打开力传感器广阔应用空间	7
六维力传感器：高壁垒、高价值的精准力控传感器	10
六维力传感器是人形机器人精准力控的关键	10
应变式六维力传感器精度高、较成熟，应用广泛	12
难点：设计、算法、标定以及工艺多维壁垒	16
结构设计：弹性体和应变片设计涉及多个关键点	16
解耦：结构、算法双解耦难度高	18
标定与检测：六维联合加载标定复杂度高，设备需自研	20
生产加工工艺：一致性自动化生产难度高	22
格局：国产玩家进展较快，人形机器人催生广阔空间	24
竞争格局：国产替代进程加速	24
市场规模：人形机器人打开增量空间	27
投资建议	28
■ 凌云股份	28
■ 中鼎股份	35
■ 华培动力	43
风险提示	49

图表目录

图 1: 人形机器人关节感知、驱动原理	6
图 2: 人形机器人传感器类型及价值量占比	7
图 3: 一维、三维、六维力传感器作用示意图	7
图 4: 力传感器产业链	8
图 5: 机器人由自动化向智能化进化	8
图 6: 人形机器人中六维力传感器应用位置	9
图 7: 六维力传感器在机器人末端的应用	9
图 8: Optimus 旋转关节采用力矩传感器	9
图 9: Optimus 直线关节采用力传感器	9
图 10: 优必选人形机器人产品使用六维力传感器情况	10
图 11: 六维力传感器测量原理	10
图 12: 飞行器中六维力传感器同时测量六分量	10
图 13: 六维力传感器能够同时测量力和力矩	11
图 14: 六维力传感器串扰测量指标	12
图 15: 六维力传感器精度与准度区别	12
图 16: 六维力传感器性能指标对比	13
图 17: 应变式力传感器基本工作原理	14
图 18: 应变式六维力传感器结构	15
图 19: 应变式六维力传感器主要采用硅应变片或金属应变片	15
图 20: 应变片包括金属和半导体两类	17
图 21: 弹性体采用不同材料时应变片的温度漂移	18
图 22: 六维力传感器补偿应变片法	18
图 23: 六维力传感器无耦合条件下的输入输出系统	18
图 24: 六维力传感器存在维度耦合时的输入输出关系	18
图 25: 具有滑移结构的六维力传感器整体结构图	19
图 26: 非线性解耦效果通常好于线性解耦	19
图 27: 解耦算法比较	19
图 28: 标定流程图	20
图 29: 六维力传感器的联合加载标定和检测工作量大	21
图 30: 六维力传感器的联合加载标定和检测理论基础更深	21
图 31: 各国六维力传感器标定设备形态不一	21
图 32: 应变式力传感器加工工艺流程	22
图 33: 人工贴片流程	23
图 34: 人工贴片示意图	23
图 35: 硅基应变片玻璃微熔工艺制备方法	24
图 36: 全球六维力/力矩传感器主流厂商	25
图 37: 2020 年、2023 年中国六维力传感器市场格局	25

图 38: 六维力传感器应用领域	27
图 39: 2025-2030 年全球人形机器人六维力传感器市场规模预测 (亿元)	27
图 40: 凌云股份历史沿革	28
图 41: 凌云股份股权结构图及控股公司情况	28
图 42: 凌云股份产品矩阵	29
图 43: 凌云股份主要客户情况	30
图 44: 凌云股份营业收入及同比	30
图 45: 凌云股份归母净利润及同比	30
图 46: 凌云股份毛利率及净利率	31
图 47: 凌云股份期间费用率	31
图 48: 中鼎股份历史沿革	35
图 49: 中鼎股份股权结构	36
图 50: 中鼎股份 2024 年主营业务及营收占比	37
图 51: 中鼎股份营业收入及同比	38
图 52: 中鼎股份归母净利润及同比	38
图 53: 中鼎股份毛利率及净利率	38
图 54: 中鼎股份期间费用率	38
图 55: 华培动力历史沿革	43
图 56: 华培动力股权结构图及控股公司情况	44
图 57: 华培动力产品矩阵	44
图 58: 华培动力营业收入及同比	45
图 59: 华培动力归母净利润及同比	45
图 60: 华培动力毛利率及净利率	46
图 61: 华培动力期间费用率	46
表 1: 六维力传感器关键技术指标及含义	11
表 2: 力传感器分级和主要技术指标	12
表 3: 不同类型六维力传感器原理、特点、优劣势对比	13
表 4: 不同弹性体结构的力传感器对比	16
表 5: 应变式力传感器具体工艺步骤	22
表 6: 国内六维力传感器主要玩家相关信息梳理	25
表 7: 凌云股份业绩拆分 (亿元)	32
表 8: 未来 3 年盈利预测表 (单位: 百万元)	32
表 9: 情景分析 (乐观、中性、悲观)	33
表 10: 公司盈利预测假设条件 (%)	33
表 11: 资本成本假设	33
表 12: FCFF 估值	34
表 13: 绝对估值相对折现率和永续增长率的敏感性分析 (元)	34
表 14: 可比公司估值	35
表 15: 中鼎股份人形机器人布局梳理	37

表 16: 中鼎股份业绩拆分 (亿元)	40
表 17: 未来 3 年盈利预测表 (单位: 百万元)	40
表 18: 情景分析 (乐观、中性、悲观)	41
表 19: 公司盈利预测假设条件 (%)	41
表 20: 资本成本假设	41
表 21: FCFF 估值	42
表 22: 绝对估值相对折现率和永续增长率的敏感性分析 (元)	42
表 23: 可比公司估值	43
表 24: 华培动力业绩拆分 (亿元)	47
表 25: 未来 3 年盈利预测表 (单位: 百万元)	48
表 26: 情景分析 (乐观、中性、悲观)	48
表 27: 可比公司估值	49

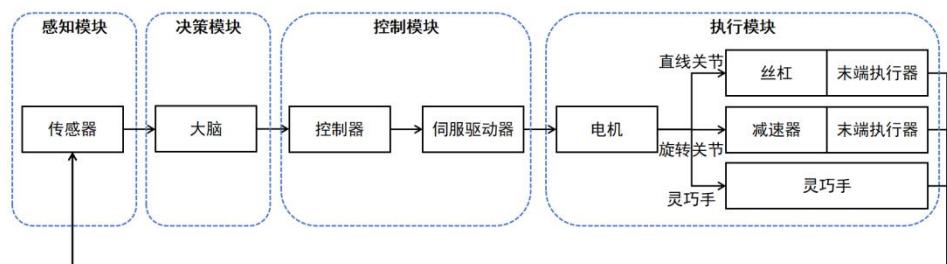
传感器：人形机器人感知层、控制层关键部件

总结：传感器是人形机器人与外界交互的重要桥梁，人形机器人需搭载多种传感器（视觉、力觉、惯性、温度等），其中力传感器重要性高（感知并度量力）、价值量大（头豹研究院测算其在机器人中价值量占比16%）；力传感器按测量维度分为一至六维，其中六维力可给出最全面力觉信息，在人形机器人上主要安装于手腕、脚踝等部位，助力机器人实现精准感知和柔顺控制。

传感器是人形机器人与环境交互的重要桥梁，力传感器价值量高

传感器是一种能够感知外部信息的测量工具，可将物理、化学、生物等非电信号转化为便于精确分析的电信号。作为获取外部信息的关键起点，传感器在很大程度上决定了控制系统整体的性能。随传感器技术的不断进步，传感器已在汽车电子、工业控制、消费电子、国防军事、航空航天等诸多领域得到广泛应用。作为人形机器人与外部环境交互的重要桥梁，传感器是感知层和控制层不可或缺的关键部件。人形机器人可分为感知、决策、控制、执行模块，传感器作为感知模块的核心部件采集机器人的内外部信息，信号输入人形机器人“大脑”后由大脑做出决策，再由控制模块的控制器和伺服驱动器输出控制指令，如关节的启动顺序、速度和力矩等控制指标，从而控制电机提供动力，驱动直线关节、旋转关节和灵巧手等执行模块执行具体动作，再通过传感器获取反馈信号，比较输出和输入状态，以达到精准控制的目的。

图1：人形机器人关节感知、驱动原理

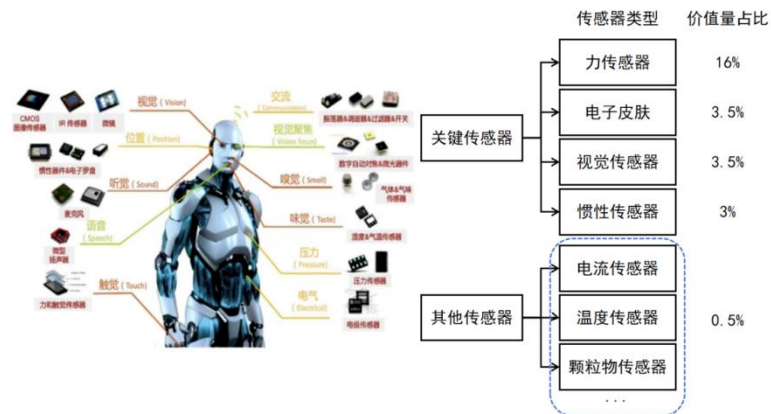


资料来源：秦智超，《关节机器人伺服系统的动态特性分析和参数优化》，沈阳工业大学，2020：1-70，国信证券经济研究所整理

人形机器人的传感器相当于人的感知器官，种类繁多。人形机器人需要传感器采集并处理机器人自身和周围环境的状况，以及机器人自身状态，包括对视觉、听觉、触觉等信息的处理和分析。因此人形机器人往往搭载多种类型的传感器，更全面、准确地感知周围环境和操作对象的状态。例如，在抓取易碎物品时，视觉和触觉传感器的协同作用使人形机器人能够精确控制抓取力度，避免物品损坏。

力传感器在人形机器人中的重要性高、价值量大。人形机器人用到的传感器类型众多，除了满足传统机器人需求的比如电流传感器、温度传感器、颗粒物传感器之外，还包括价值量较高、对于性能提升较为关键的传感器，如力传感器、电子皮肤、视觉传感器、惯性传感器等。其中力传感器价值量高，与人形机器人的智能化、高精度控制紧密相连，对提升机器人性能具有决定性作用。因此本报告重点研究力传感器。

图2：人形机器人传感器类型及价值量占比



资料来源：Yole, GGII, 头豹研究院, 国信证券经济研究所整理

人形机器人打开力传感器广阔应用空间

力传感器可感知并度量力，将力的量值转换为相关电信号输出，从而检测压力、重力、扭矩等机械量；力传感器测量系统可实现从最初载荷到弹性应变、应变片的电阻值、输出电压，到最终的力/力矩信号的变换过程。按测量维度可分为一至六维力传感器，在指定的直角坐标系内，力传感器能够测量几个维度，它就是几维力传感器：一维力传感器较常见的是称重传感器，只能测量垂直于地面的重力；三维力传感器则可测量 X、Y、Z 空间坐标系内的力觉信息。而六维力传感器能同时测量沿三个坐标轴方向的力和绕三个坐标轴方向的力矩，能给出最为全面的力觉信息。六维力传感器的研发难度大，不是三个一维力传感器和三个扭矩传感器结构的简单叠加，非线性力学特征明显要考虑多通道信号的温漂、蠕变、交叉干扰、数据处理的实时性等问题，六维联合加载标定也较为复杂，坤维科技认为六维力传感器的技术难度是一维力传感器难度的“六次方”。

图3：一维、三维、六维力传感器作用示意图



资料来源：坤维科技, GGII, 国信证券经济研究所整理

力传感器产业链拆解：

- **上游是原材料与零部件：**包括半导体、陶瓷、有机、金属材料等；零部件包括弹性体、应变片、电路板、粘接、外壳等。力传感器原材料成本占比高，以柯力传感为例，其直接材料成本占73.6%；零部件层面，如应变片式传感器主要材料为应变片等；国际高端传感器主要使用硅应变片，中国企业多使用较为便宜的金属应变片。
- **中游为力传感器的生产制造：**关键工艺流程主要为弹性体的制造与加工、应变片的贴片、检测等环节。
- **下游应用领域较为广泛：机器人为重要应用场景。**当前力传感器主要应用于高精度抛光打磨、铣削、焊接及高精装配等场景多关节机器人，以及对传感性能要求更高的协作机器人。

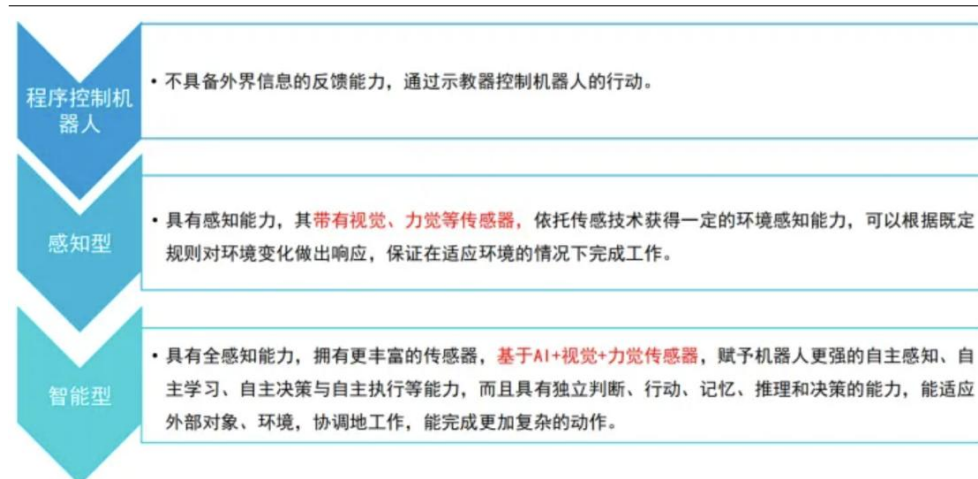
图4：力传感器产业链



资料来源：智研咨询，头豹研究院，国信证券经济研究所整理

在机器人应用领域，六维力传感器是机器人实现柔顺化、智能化控制的重要组成，为机器人的力控制和运动控制提供了力信息。力控技术的发展赋予机器人更强的感知、决策、执行能力，对机器人完成复杂精细作业、实现智能化起重要作用。

图5：机器人由自动化向智能化进化

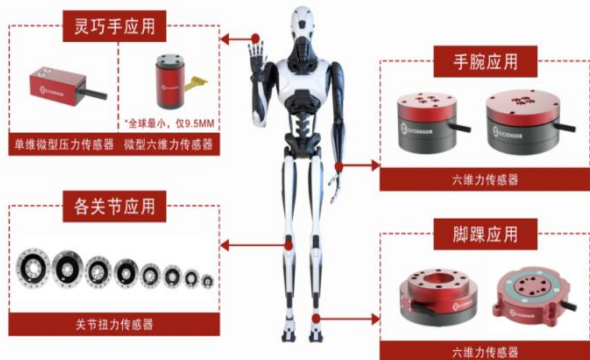


资料来源：高工机器人，国信证券经济研究所整理

在人形机器人领域，六维力传感器主要装于手腕、脚踝等关键部位，可提升机器人手部操作的精细化与柔性化程度、测量脚踝处的力和力矩，提高脚部行走的稳定性，实现人形机器人精准和柔顺控制。在机器人末端关节上使用的六维力传感

器一般需要连接一个执行机构，例如打磨头、夹爪等，执行器工作过程中的力臂（力的作用线到支点的距离）在几十到两三百 mm 之间。

图6: 人形机器人中六维力传感器应用位置



资料来源：鑫精诚官网，GGII，头豹研究院，国信证券经济研究所整理

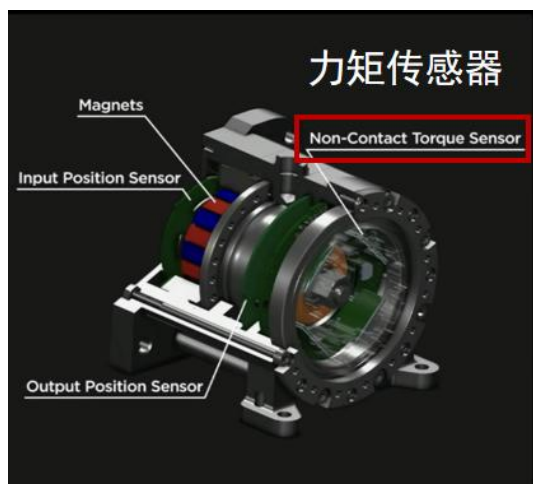
图7: 六维力传感器在机器人末端的应用



资料来源：坤维科技公众号，国信证券经济研究所整理

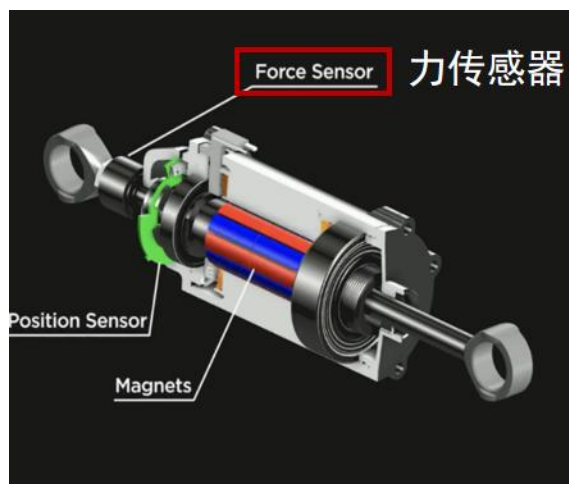
当前部分人形机器人厂商明确披露在机器人产品中使用力传感器，如特斯拉、优必选、智元等。以 Optimus 为例，其在旋转关节上采用力矩传感器，在直线关节上采用力传感器，同时预计在手腕和脚踝部位有望采用六维力传感器。

图8: Optimus 旋转关节采用力矩传感器



资料来源：特斯拉 AI Day，国信证券经济研究所整理

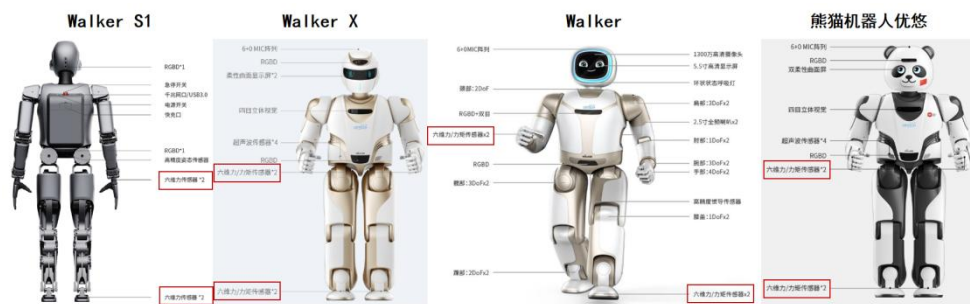
图9: Optimus 直线关节采用力传感器



资料来源：特斯拉 AI Day，国信证券经济研究所整理

优必选在人形机器人产品上均配备 4 个六维力传感器，分布在手腕和脚踝处。智元在远征 A2-W 机器人上配备 7 自由度双臂，配合六维力传感器，A2-W 能够精准执行多种力控任务。

图10: 优必选人形机器人产品使用六维力传感器情况



资料来源: 优必选官网, 国信证券经济研究所整理

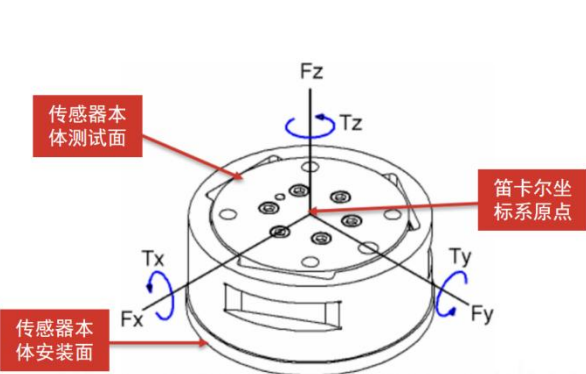
六维力传感器：高壁垒、高价值的精准力控传感器

总结：六维力传感器可测量空间坐标系中3方向力+3方向力矩，1) **性能指标：**包括串扰、精度、准度、灵敏度、分辨率、过载能力等衡量指标；2) **技术路线：**应变式、电容式、压电式、光电式等类型，其中应变式技术成熟，精度高、成本较低、应用广泛；3) **结构拆解：**应变式六维力主要元件包括弹性体、应变片、底盘、基座、顶盖等，其中弹性体和应变片是核心部件；4) **工作原理：**基于弹性体形变，弹性体上粘贴的应变片发生形变导致电阻值变化，通过测量电路转为电压信号，算法解耦后得到六维力信息。

六维力传感器是人形机器人精准力控的关键

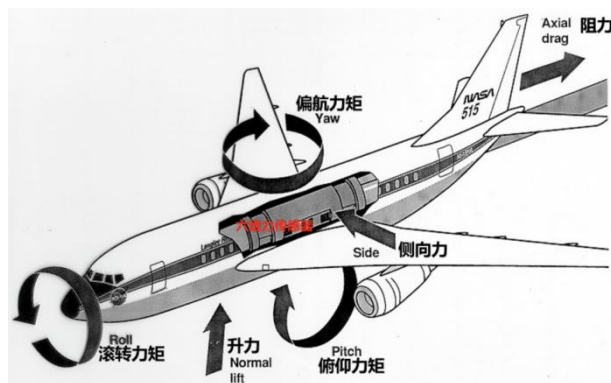
六维力传感器能够检测力在空间作用的全部信息，即在笛卡尔空间坐标系所形成的三个力分量 (F_x 、 F_y 、 F_z) 和三个力矩分量 (M_x 、 M_y 、 M_z) 都可以被完整描述，从而对力进行精密测量与控制；六维力测量的需求最早来自航空航天飞行器领域，飞行器内部的六维力传感器用来测量飞行器的空气动力学特性，包括正交三方向力（升力、阻力、侧向力），以及三方向力矩（俯仰力矩、偏航力矩和滚转力矩）。

图11: 六维力传感器测量原理



资料来源: ATI, 国信证券经济研究所整理

图12: 飞行器中六维力传感器同时测量六分量

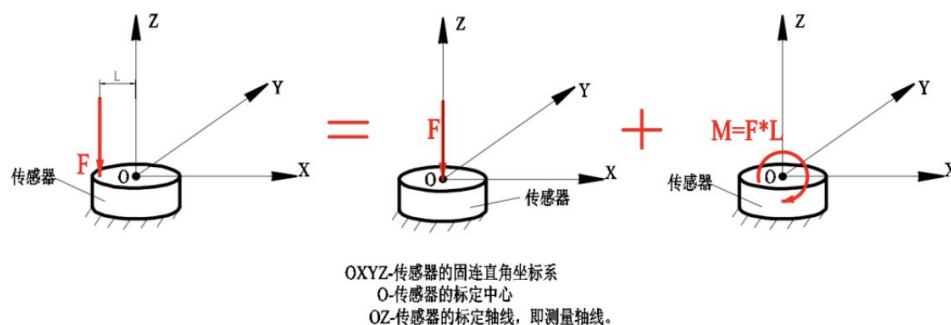


资料来源: 坤维科技公众号, 国信证券经济研究所整理

六维力传感器相对于三维力传感器增加对三方向力矩的测量，能够更精准地测量

力觉信息。举例来看，当力的方向与传感器的测量轴线平行但不重合（即力的作用点与传感器标定参考点不重合）时，仅采用三维力传感器可能测量出现误差，因为基于理论力学中力的平移等效原理，相当于有一个力和弯矩同时作用在传感器上，此弯矩对传感器产生一定变形作用。三维力传感器加载标定时无法考虑弯矩，使得标定出的模型和参数无法将弯矩的干扰修正消除，导致误差。力经正交分解并平移后，传感器既要承受力 $F_x/F_y/F_z$ 三分量作用，又要承受 $M_x/M_y/M_z$ 三个弯矩作用，弯矩越大，三维力的测量越不准确。六维力传感器可精准地修正三方向力和三方向弯矩之间的耦合误差，很大程度上消除弯矩对力测量干扰。

图13: 六维力传感器能够同时测量力和力矩



资料来源：坤维科技公众号，国信证券经济研究所整理

核心指标：六维力传感器的核心指标包括串扰、精度、准度、满量程、满量程输出、灵敏度、迟滞、分辨率、过载能力等。

表1: 六维力传感器关键技术指标及含义

技术指标	含义
串扰	衡量多维力传感器各测量方向间的耦合影响，可以反映测量误差水平，是体现产品性能的关键指标之一。比较优秀的串扰指标在 1% FS 左右，2~5% FS 比较常见。
精度	衡量测量结果之间的重复性。进行多次重复联合加载同一组载荷后，计算传感器测量值的标准差除以量程。六维力传感器的精度主要受到结构设计、加工精度、解耦算法、电路设计、温度、标定和校准、材料选择等因素影响。
准度	衡量测量结果与理论真值的偏离程度。对传感器进行多组多维联合加载，计算传感器测量值与理论真值之间的标准偏差除以量程。
满量程	传感器能有效测量的最大加载力(转矩)。
满量程输出	在受到最大规定加载的力(转矩)时，传感器各通道输出的电信号值。
灵敏度	传感器在稳定工作条件下，输出微小变化增量与引起此变化的输入微小变化增量的比值。
迟滞	又称回差或变差，指传感器在正、反行程的输入输出特性曲线的不一致程度，用正向与反向施加相同输入时对应输出的最大偏差值与最大量程的比值计算。
线性度	反映了传感器输入与输出之间的线性程度，通常用非线性误差表示（实际输入输出关系曲线与拟合线的不一致程度）。
分辨率	传感器能分辨的最小信号，反映被测量的最低极限量。

资料来源：坤维科技公众号，谷向飞等，《六维力传感器静/动态性能指标综述》，机械工程与自动化，2019，(2)：224-226，国信证券经济研究所整理

串扰：用来衡量多维力传感器各测量方向间的耦合影响，可反映测量误差水平，是衡量六维力传感器性能关键指标之一。串扰需分别对六维力传感器的六个测量方向精确加载至各自的额定载荷，记录六个方向测量结果。如载荷组 1（图 14）中，仅对 F_x 方向加载到额定载荷，并假设加载方向和载荷值准确，所以理论上 F_x 是 100%FS，其它方向是 0%FS；而实际测试结果显示， F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z 测量结果并非为 0%FS，其值大小即为在 F_x 作用下的串扰。根据坤维科技，比较优秀的串扰指标在 1%FS 左右，2~5%FS 比较常见。

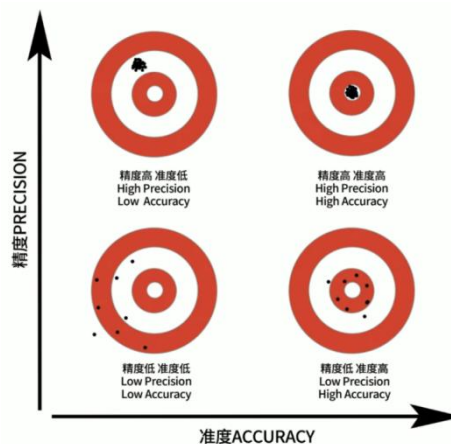
精度与准度：精度强调测量结果的重复性，准度强调测量结果与理论真值之间的偏离程度。准度涵盖滞后、线性、蠕变等误差因素，更能体现产品的综合性能，是多维力传感器最为核心的技术指标之一。

图14：六维力传感器串扰测量指标

组别	标定载荷（理论真值）						测试结果					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	100% FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	99.8% FS	1.2% FS	2.3% FS	1.7% FS	2.6% FS	2.9% FS
2	0%FS	100% FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0.3% FS	100.1% FS	2.7% FS	1.1% FS	2.7% FS	1.4% FS
3	0%FS	0%FS	100% FS	0%FS	0%FS	0%FS	1.8% FS	1.2% FS	99.7% FS	1.9% FS	2.6% FS	2.7% FS
4	0%FS	0%FS	0%FS	100% FS	0%FS	0%FS	2.1% FS	1.6% FS	2.1% FS	100.5% FS	2.6% FS	1.2% FS
5	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	100% FS	0%FS	1.2% FS	2.1% FS	1.6% FS	1.7% FS	100.6% FS	2.5% FS
6	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	100% FS	1.3% FS	1.3% FS	2.5% FS	2.3% FS	2.6% FS	99.9% FS

资料来源：坤维科技，国信证券经济研究所整理 注：FS(Full scale)表示六维力传感器各方向的额定量程。

图15：六维力传感器精度与准度区别



资料来源：坤维科技，国信证券经济研究所整理 注：假设理论真值是圆环的中心，黑点表示测量值。

精度等级：根据国家标准《GB/T33010-2016 中华人民共和国国家标准·力传感器的检验》，力传感器可分为0.01~1八个级别；2023年9月工信部发布的《关于开展2023年未来产业创新任务揭榜挂帅工作的通知》中，《人形机器人揭榜挂帅任务榜单》提到：到2025年，完成人形机器人系列化力传感器的设计与制造，满足驱动关节、手指、足底等肢体末端力测量需要，并在人形机器人上开展实际应用。传感器采用低成本、高性能的设计，精度达到0.5%FS，响应时间优于0.03s，具有智能信息采集与处理能力，提升力传感器的智能化水平。

表2：力传感器分级和主要技术指标

分级	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.3	0.5	1
零点输出 (%FS)			±1.0			±2.0		±5.0
零点漂移 (%FS)	0.005	0.01	0.015	0.025	0.05	0.15	0.25	0.5
重复性 (%FS)	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.3	0.5	1.0
直线度 (%FS)	±0.01	±0.02	±0.03	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5	±1.0
滞后 (%FS)	±0.01	±0.02	±0.03	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5	±1.0
长期稳定性 (%FS)	±0.02	±0.04	±0.06	±0.1	±0.2	±0.6	±1.0	±2.0
蠕变/蠕变恢复 (%FS)	±0.01	±0.02	±0.03	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5	±1.0

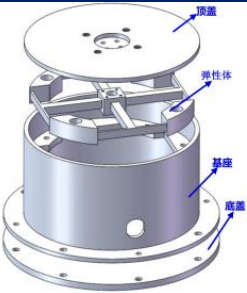
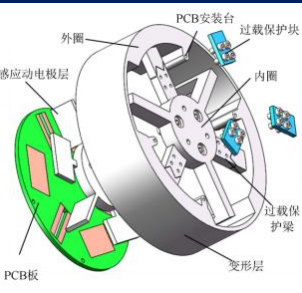
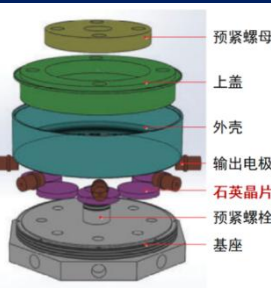
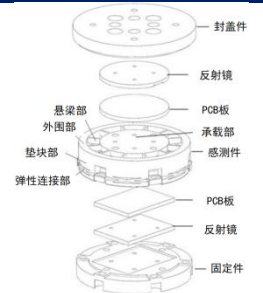
资料来源：《GB/T33010-2016 中华人民共和国国家标准·力传感器的检验》，国信证券经济研究所整理

应变式六维力传感器精度高、较成熟，应用广泛

根据测量原理不同，六维力传感器可以分为应变式、电容式、光电式、压电式等

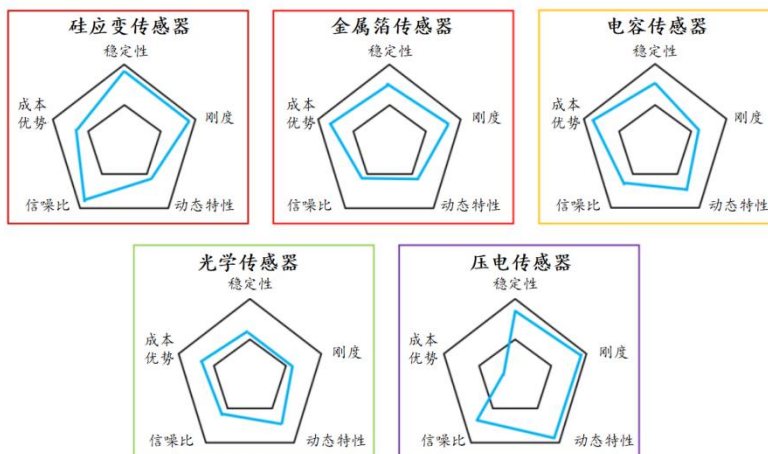
类型。在产品性能方面，应变式传感器综合性能较优，其中硅应变和金属箔传感器的刚度接近，成本上金属箔占优，硅应变片在稳定性和信噪比方面更优。总体而言，应变式传感器较成熟，应用广泛，具有精度高、测量范围广、成本低、高频响特性好的特点（QYResearch 预计其使用量约占力传感器总量的 80%+）。

表3: 不同类型六维力传感器原理、特点、优劣势对比

核心指标	应变式	电容式	压电式	光电式
结构图				
原理	<ul style="list-style-type: none"> 采用金属应变片或硅应变片，传感器受力时，弹性体上的应变片发生形变，电阻值产生变化，通过电路输出电压，解耦后获得受力信息 	<ul style="list-style-type: none"> 受外力作用后，敏感元件（如弹性变形梁）发生变形，带动电容器产生运动，使电容器的动电极与静电极之间发生相对位移，电容值产生变化，计算获取力值 	<ul style="list-style-type: none"> 力作用下，压电材料（如石英晶体）产生变形，其内部产生极化现象，两个表面产生数量相等、方向相反的电荷，形成电场，不受力时恢复到不带电状态，从而产生电信号，处理后得到六维力信息 	<ul style="list-style-type: none"> 力作用于弹性体使其形变，改变光信号，通过转换电路将光信号转换成电压或电流信号，实现作用力测量
优点	<ul style="list-style-type: none"> 精度高，技术成熟 测量范围广 成本低 	<ul style="list-style-type: none"> 动态范围广 灵敏度高，结构简单 耐用性强 	<ul style="list-style-type: none"> 动态范围广 适合动态测量 结构简单，可靠性高 	<ul style="list-style-type: none"> 高分辨率，精度与灵敏度高 抗电磁干扰能力强，可靠性高
缺点	<ul style="list-style-type: none"> 受温度干扰大 应变片粘贴易老化脱落 生产工艺复杂 	<ul style="list-style-type: none"> 易受温度等环境因素影响 电容变化量微弱，调理电路复杂 易信号漂移 	<ul style="list-style-type: none"> 仅能测量动态力，不适合静态力测量 阻抗高 	<ul style="list-style-type: none"> 对光照等环境要求高 价格较高 结构刚度偏弱

资料来源：GGII，头豹研究院，孙永军，《空间机械臂六维力/力矩传感器及其在线标定的研究》，哈尔滨工业大学，2016：1-137；汤建华等，《多维力传感器研究现状及其小型化存在的问题与对策》，衡器，2021，50(12)：40-45；张宇航等，《面向压电式六维力传感器的动态建模与性能分析方法》，中国惯性技术学报，2023，31(05)：481-489，华力创科学专利文件，国信证券经济研究所整理

图16: 六维力传感器性能指标对比



资料来源：刘涛，《针对智能假肢的六维力传感器设计与标定技术研究》，浙江大学，2023：1-83，高工机器人，国信证券经济研究所整理

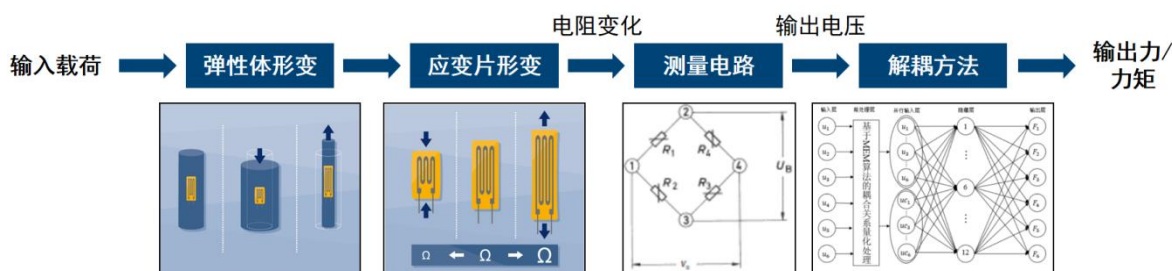
应变式六维力传感器的工作原理主要基于弹性体形变，整体过程包括 4 个阶段：

✓ **阶段①载荷→弹性体形变：**力的作用下，弹性体发生与所受力成一定关系的

微小应变。

- ✓ **阶段②弹性体形变→应变片电阻值的变化：**在弹性体变形较灵敏的部位粘贴**电阻应变片**，弹性体发生形变时应变片同样发生形变，应变片由于应变效应（金属应变片）或压阻效应（半导体应变片）产生电阻值的变化。
- ✓ **阶段③应变片电阻值的变化→电压输出：**应变片被接入到一个电桥电路中，该电路通常由四个电阻组成，其中两个固定电阻，另外两个应变片电阻。当弹性体受到力作用时，应变片的电阻值发生变化，导致电桥电路失去平衡，从而产生一个与力成比例的电压信号。
- ✓ **阶段④电压输出→力/力矩信息输出：**由于传感器包含多维力和力矩信息，每一个施加的力/力矩都可能对所有输出信号产生影响（即耦合）。因此需通过解耦算法将传感器输出电压向量进行解耦，得到实际加载的准确的力/力矩信息。最后力信号将会反馈给控制系统，控制系统根据感知到的力信号调整运动轨迹和力度，实现对力的精确控制。

图17: 应变式力传感器基本工作原理

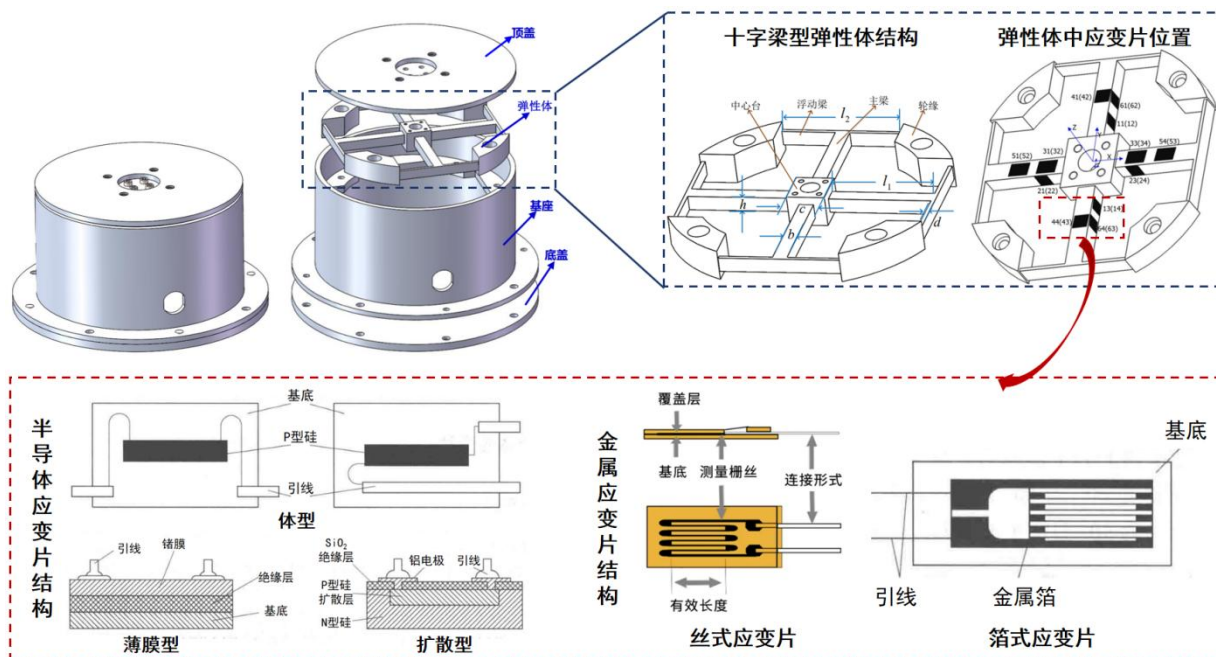


资料来源：付立悦，《多维力传感器的静动态性能研究》，东南大学，2021：1-120；王佳瑞，《六维力传感器结构优化设计及其标定解耦研究》，浙江科技大学，2024：1-82，HBK 测试与测量，国信证券经济研究所整理

结构拆解：以应变式六维力传感器为例，其主要机械元件包括弹性体、应变片、底盘、基座、顶盖等：

- **顶盖**通过中心四个定位孔与弹性体直接连接，且顶盖与基座之间有一定缝隙，因此顶盖可直接受力并将力传递给与之相连的弹性体；
- **弹性体**目前主要是**十字梁型**，包括四个主梁、八个浮动梁、中心台、轮缘等。在每个主梁的正反面及两个侧面各贴有多个应变片。
- **应变片**通常由金属箔或半导体材料制成，具较好的力学和电学性能，可将机械应变转换为电阻变化。金属应变片主要包括**丝式、箔式等**，由敏感栅、导线、覆盖层、基底等部分构成。作为应变片的核心，敏感栅是将应变量转换成电阻变化量的电阻体，可以感知微小的应变变化，主要为金属或半导体材料；敏感栅的引出部分即为导线，可将应变片接入测量电路；覆盖层主要保护敏感格栅；半导体应变片则主要包括**体型、薄膜型、扩散型等**，采用半导体材料作为敏感栅，灵敏度较高。
- **基底**一方面能保护内部敏感元件，另一方面可传导被测单元的应变。

图18: 应变式六维力传感器结构

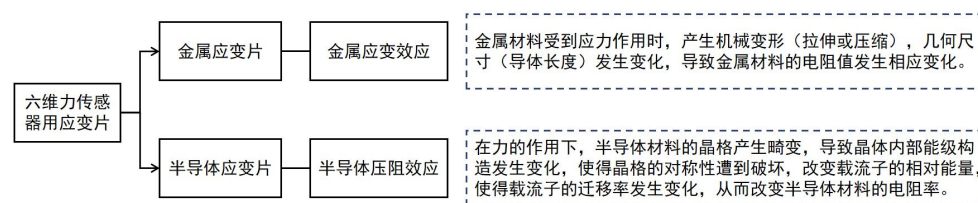


资料来源: 付立悦, 《多维传感器的静态性能研究》, 东南大学, 2021: 1-120; 王丰等, 《传感器技术基础》, 化学工业出版社, 2023: 1-222, HBK 测试与测量公众号, 国信证券经济研究所整理

应变片系六维力传感器核心部件, 主要包括金属应变片或硅应变片方案:

- ✓ **金属应变片: 应变效应, 受力后尺寸变化导致电阻变化。**传统金属应变片以金属应变效应为原理, 金属受力后发生尺寸变化, 产生电阻变化, 这种应变效应引起的材料电阻值的变化幅度较小(相对于硅应变片)。
- ✓ **硅应变片: 压阻效应, 受力后半导体的电阻率发生变化。**以半导体压阻效应为原理: 力作用下半导体晶格产生畸变→晶体内部能级构造变化→晶格对称性被破坏→改变载流子相对能量、迁移率→改变材料电阻率。**相对金属应变片, 硅应变片灵敏系数更高, 且机械滞后性(外力消失后不会立即恢复原样)、体积等都比较小;**缺点是温度稳定性弱, 温度变化会导致电阻值变化, 且承受较大外力时会导致其输出的非线性误差增加, 需要采用温度补偿等措施。

图19: 应变式六维力传感器主要采用硅应变片或金属应变片



资料来源: 刘晓东等, 《光电效应对半导体应变片内载流子的影响》, 工程机械, 2024, 55(01): 18-22+6; 覃永坚, 《基于压阻的敏感结构应力测试及分析》, 大连理工大学, 2014: 1-68, 国信证券经济研究所整理

难点：设计、算法、标定以及工艺多维壁垒

总结：六维力传感器的价值量高、技术难度大，Know how 要求多，技术壁垒主要体现在设计、算法、工艺的精湛结合，结构设计、解耦、标定检测、加工工艺等多个方面共同构成六维力传感器制造“系统工程”：1) 结构设计方面，六维力传感器的结构设计涉及多个关键点，包括弹性体的选择与优化、应变片设计与选择等，弹性体需要平衡刚度与灵敏度，应变片种类较多且影响工艺路线选择；2) 解耦方面，消除维间耦合（即解耦）是六维力传感器需解决的核心问题，包括结构解耦和算法解耦；结构解耦存在加工难度高、不易实现、成本较高等难点，壁垒较高；算法解耦种类较多，各有优劣，尚未收敛，厂商也需要对模型改进，Know how 较深；3) 标定与检测方面，六维联合加载标定和检测的复杂程度高，设备需自研；4) 工艺方面，加工工艺流程长、复杂度高，弹性体和应变片的加工 Knowhow 较深，金属应变片贴片仍需依赖人工，大批量一致性自动化生产的壁垒较高。硅应变片精度、灵敏度高，与玻璃微熔工艺结合可提高自动化生产能力，有望成为未来大批量出货时的工艺方向。



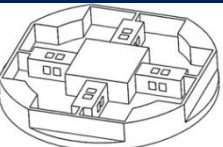

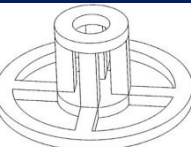
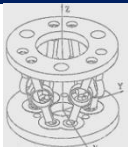
结构设计：弹性体和应变片设计涉及多个关键点

六维力传感器结构设计涉及多个关键点，如弹性体的选择与优化、应变片设计与选择等，共同构成六维力传感器高精度、高稳定性和高可靠性的基础。其中弹性体的结构直接影响传感器的灵敏度、刚度、动态性能、维间耦合等特性。

弹性体的结构设计是六维力传感器的核心，需要平衡刚度与灵敏度。弹性体的刚度决定传感器的测量范围，刚度越大，量程越大，但灵敏度就越小，因此如何在刚度和灵敏度之间平衡，成为弹性体的设计的壁垒之一，在结构设计和材料选择方面具较多 Know how：1) 结构：结构设计时需考虑量程、重量限制、尺寸限制、安全载荷下的强度、电路板放置、与其它结构的机械配合等多种因素，也需充分考虑力传递的均匀性和灵敏度，确保传感器能够准确感知多维力的变化；2) 材料：需考虑材料力学性能、刚度、稳定性及加工精度等因素，比较好的弹性体材料应具备良好的弹性恢复能力和缓解疲劳性能，以确保传感器在长期使用过程中保持高精度和稳定性。

当前弹性体的结构有多种类型，各有优劣，尚未收敛。美国斯坦福大学人工智能研究所设计的交叉交叉梁结构的六维腕力传感器，其采用“马提斯十字梁” (Maltess Cross) 结构，是应用最广泛的一种结构，优点是结构对称，同时降低了高度使得传感器结构紧凑，并且维间耦合小，易于实现温度补偿，但也存在抗过载能力较差，动态特性难于提高等缺点。

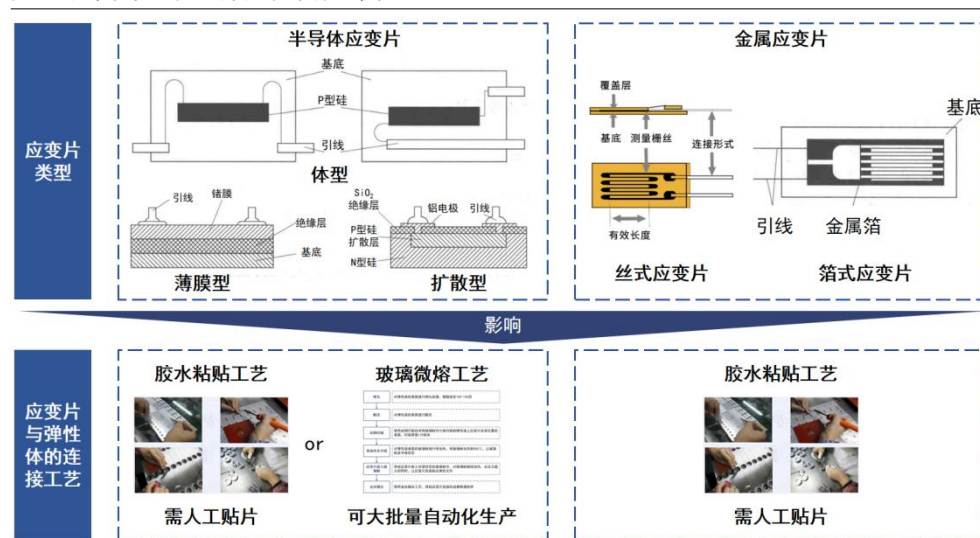
表4: 不同弹性体结构的力传感器对比

	竖梁	圆筒式弹性梁	十字弹性梁	非径向梁式	复合梁型	Stewart 并联
典型设计						
优点	承载能力强，结构简单，横向效应和抗冲击性好	耦合小	高对称性，结构紧凑，刚度大，易加工，由于柔性连接简化了力学模型	刚度大	可实现无耦合测量	刚度大，稳定性好，负载能力大
缺点	纵向灵敏度低，存在维间耦合问题	刚度较差	存在维间耦合和径向效应	输出存在非线性问题	结构复杂，受加工和装配精度的影响大	较难实现力和力矩的各向同性，适用静态力测量

资料来源：付立悦，《多维力传感器的静动态性能研究》，东南大学，2021：1-120，国信证券经济研究所整理

应变片设计与选择方面，应变片类型较多，且影响工艺路线，knowhow 较深。应变片主要包括金属应变片和半导体应变片，其中金属应变片主要包括丝式、箔式等，半导体应变片则主要包括体型、薄膜型、扩散型等，种类较多。不同类型的应变片影响其与弹性体的连接工艺。金属应变片在与弹性体相连接时主要采用胶水粘贴的工艺，需人工贴片；而半导体应变片则可以采用玻璃微熔工艺，可实现大批量自动化生产。因此，应变片的设计与选择也具有较深壁垒。

图20: 应变片包括金属和半导体两类



资料来源：HBK 测试与测量公众号，王丰等，《传感器技术基础》，化学工业出版社，2023：1-222，国信证券经济研究所整理

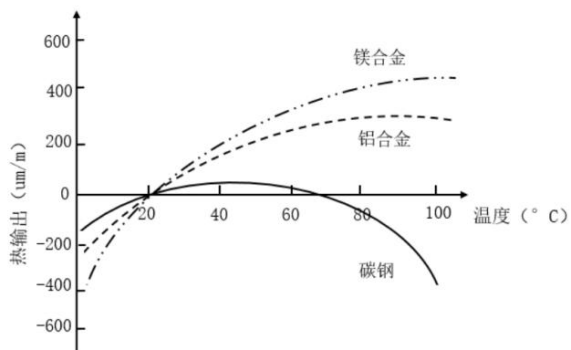
弹性体和应变片的选择会影响六维力的温度漂移与补偿。温度漂移是指不同环境的温度变化会对影响传感器性能，是传感器需要解决的重要问题之一。以应变式六维力传感器为例，应变片电阻值变化主要有两个来源，其一是正常的金属应变效应或者半导体压阻效应，另一来源则是温度漂移：

- ✓ **应变效应、压阻效应：**受力时，弹性体形变带动应变片形变，金属应变效应或者半导体压阻效应导致应变片的电阻值发生变化；此原因即为常温下力传感器的测量原理，应变片的形变仅由弹性体带动。
- ✓ **虚假应变（温度漂移）：**当环境温度变化时，一方面引起材料电阻系数的变化，直接导致电阻值变化（而不是力作用）；另一方面会引起应变片与弹性体的体积发生不同程度变化，产生不同应变值，导致电阻值变化。此时应变片的形变是虚假应变，又被称为**热输出**，需要通过**温度补偿**进行消除。

弹性体的材料可能影响温度漂移。同样的应变片粘贴于不同材料弹性体上时，温度变化会影响弹性体材料的弹性模量，进而导致六维力的产生不同程度的虚假应变。因此，弹性体设计时需注重材料选择。

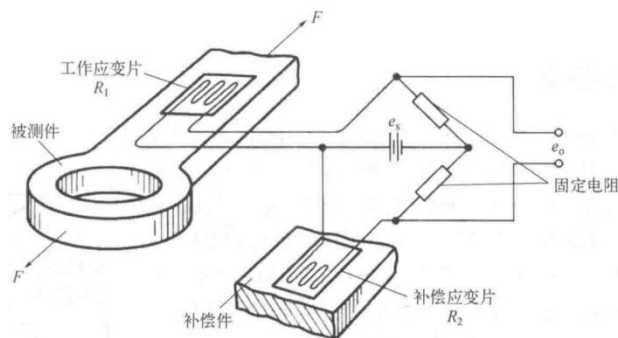
补偿应变片法是常用的温度补偿方法，高精度补偿需具备较高 Know how。补偿应变片法是使用两个相同的电阻应变片，一片为工作应变片，粘贴在需要测量应变的地方；另一片为补偿应变片，粘贴在与同材料、同温度条件但不受力的补偿件上，并与工作应变片作为邻臂接入电桥中，补偿应变片不承受应变，只感受温度变化。由于两个应变片处于相同的温度场中，所以温度变化引起的应变相同，因而可以消除温度的影响。然而整体来看，通过硬件设计进行温度补偿较难做到高精度补偿，高精度温度补偿还需结合软件算法，具备较高 Know how。

图21: 弹性体采用不同材料时应变片的温度漂移



资料来源：汪正全，《六维力传感器静态特性与温度补偿研究》，合肥工业大学，2021：1-79，国信证券经济研究所整理

图22: 六维力传感器补偿应变片法

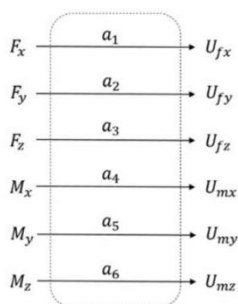


资料来源：王丰等，《传感器技术基础》，化学工业出版社，2023：1-222，国信证券经济研究所整理

解耦：结构、算法双解耦难度高

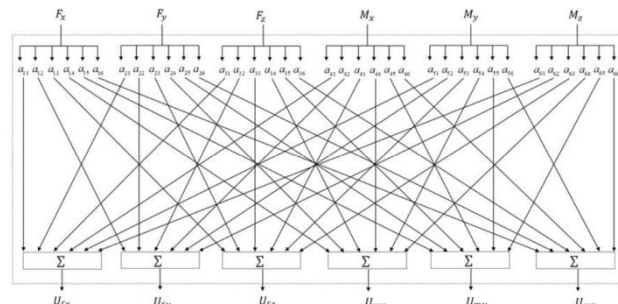
消除维间耦合（即解耦）是六维力传感器需解决的核心问题。理想情况下，六维力传感器各通道间不存在维间干扰，每个通道电压输出只与本通道的加载力/力矩有关，与其它通道无关；但事实上由于弹性体机械结构、传感器机械加工精度、应变片粘贴技术、测量方法等原因，几乎任何通道输出信号会受各个方向力/力矩的影响，某一通道的输出信息可认为是由该通道输入的力/力矩和其余耦合通道输入的力/力矩共同作用之和，即存在维间耦合。

图23: 六维力传感器无耦合条件下的输入输出系统



资料来源：韩明，《灵巧手指尖六维力传感器的设计》，哈尔滨工业大学，2020：1-83，国信证券经济研究所整理

图24: 六维力传感器存在维度耦合时的输入输出关系



资料来源：韩明，《灵巧手指尖六维力传感器的设计》，哈尔滨工业大学，2020：1-83，国信证券经济研究所整理

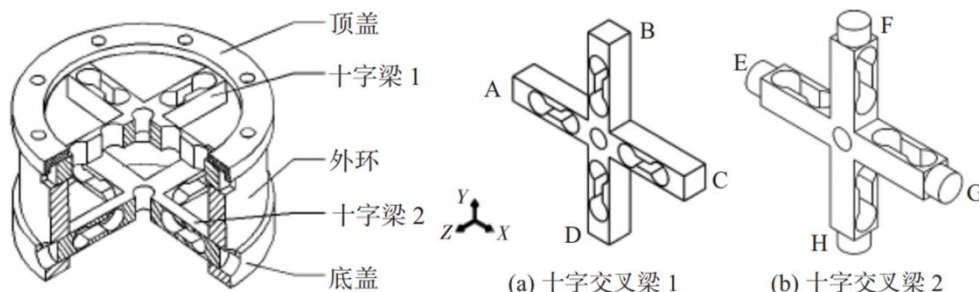
多维力传感器的耦合问题产生的原因包括结构性耦合和误差性耦合。结构性耦合主要是因为弹性体是一体化结构，在结构设计上某些方向存在耦合；误差性耦合产生的原因主要是制造工艺和贴片水平的限制。因此要提高六维力传感器感知的精确性需要进行解耦，主要包括结构解耦和算法解耦。

方案一：结构解耦

在解耦结构设计方面：由于结构加工和工艺误差等原因，不同维度之间的力信号可能会相互干扰，影响测量精度。可通过结构设计来提高解耦的精度，结构解耦是从误差根源入手，通过合理布局、制造工艺和机械设计，将不同维度的力信号分离开，减少相互间干扰。通过弹性体结构的设计，多维力传感器能够在受到外

力作用时，将多维力及力矩分量转换为可测量的电信号。例如，一种具有滑移结构的六维力传感器通过滑移结构将十字梁进行限制，使其只在需要的方向移动，具备结构解耦的特性。但结构解耦存在加工难度高、不易实现、成本较高等难点，壁垒较高。

图25: 具有滑移结构的六维力传感器整体结构图



资料来源: 何小辉等,《一种小量程六维力传感器的设计与分析》,传感器与微系统,2012,31(01):20-22+25,国信证券经济研究所整理

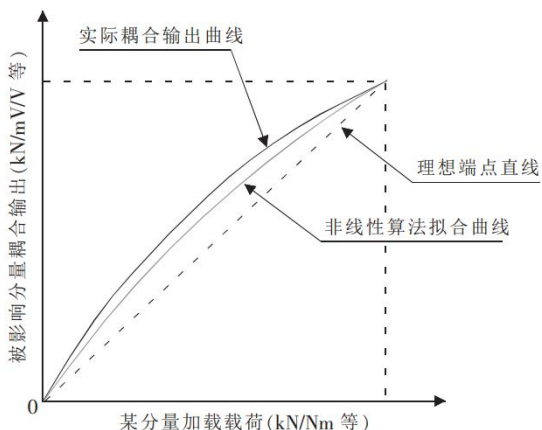
方案二：算法解耦

算法解耦通过软件算法的设计对六维力传感器进行解耦。相比结构解耦，算法解耦灵活性高、成本低、更易实现，分为线性解耦和非线性解耦：

1) **线性解耦**假设六维力传感器的输入和输出呈线性关系，基于最小二乘法来计算系数矩阵的广义逆，是最简单、应用最广泛的解耦算法。但不同通道的输入、输出数据之间并不总是线性关系，出现微小扰动可能使得解耦精度发生偏差。

2) **非线性解耦算法种类较多，各有优劣，尚未收敛。**非线性解耦算法包括反向传播神经网络（BP）、径向基函数（RBF）、支持向量机算法（SVR）、极限学习机算法（ELM）等等，可处理非线性映射关系，误差相比线性解耦有明显改善，但也存在计算复杂、所需训练样本多、耗时长等缺点，厂商也需要对解耦模型进行改进，增加解耦成本。

图26: 非线性解耦效果通常好于线性解耦



资料来源: 刘思博等,《多分量力传感器线性解耦算法研究》计量与测试技术,2025,51(02):88-91,国信证券经济研究所整理

图27: 解耦算法比较

解耦算法		数据要求	优点	缺点	硬件成本
线性解耦	最小二乘法	单轴标定数据	模型简单、数据获取容易	解耦精度不足	低
	支持向量回归 (SVR)	大量的六轴载荷数据集	泛化能力较强	依赖于超参的选择和优化,数据获取难	高
非线性解耦	神经网络 (NN)	大量的六轴载荷数据集	泛化能力强	数据获取难	高

资料来源: 左盟,《六维力/力矩传感器的应变分析与数据驱动下的维间解耦》,浙江大学,2020:1-72,国信证券经济研究所整理

标定与检测：六维联合加载标定复杂度高，设备需自研

六维力传感器在设计、制造完成后，或者使用一段时间后，需对其进行标定和校准，以确定其输入、输出间的关系是否变化，确保各项性能指标满足要求。

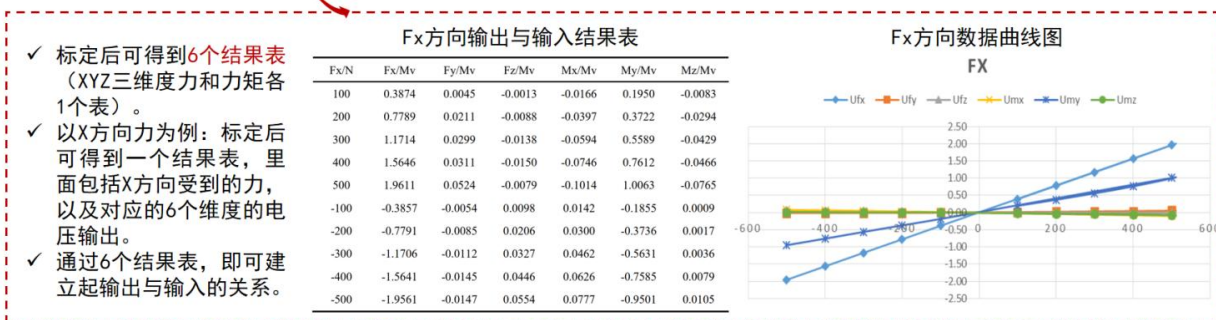
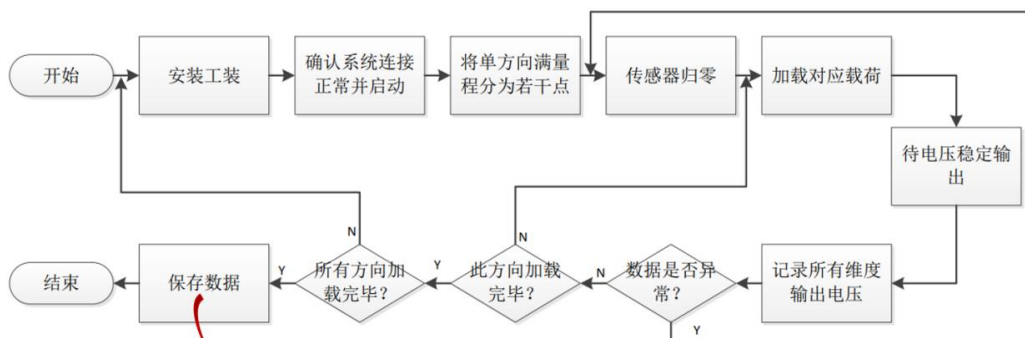
标定是指通过试验方法记录输入-输出数据，将已知的被测量（即标准量）输入传感器，得到传感器的输出量，建立输出量与输入量之间的对应关系，从而得到一系列表征两者关系的标定曲线，进而得到获得六维力传感器内部算法的各个参数，也就是建立传感器原始信号和受力之间的映射关系。

检测是指加载已知理论真值的载荷（输入）并同时记录传感器测量结果（输出），统计、比较测量结果和理论真值的差异，获得传感器的精度和准度，也就是测试传感器准不准。简单来说，**标定是获得传感器参数，检测是获得传感器的精准度。**

■ 标定

从原理上来看，六维力传感器在测量时，弹性体上会受到六维力/力矩的作用，以 F 来表示；而传感器输出的电压信号则用 V 表示。六维力的输入矩阵 F 和输出矩阵 V 之间的关系为： $F=C \times V$ ， C 即为标定矩阵。传感器的标定就是求标定矩阵 C ，即根据加载在传感器上的已知力 F （标定力）和传感器六通道的电压输出值 V ，求解出矩阵 C 。 C 已知后，在传感器上施加任意方向大小的载荷，就可以根据输出电压 V 得到传感器上加载的力 F 的大小。

图28: 标定流程图



资料来源：陈昌俊，《六维力传感器标定技术研究》，浙江理工大学，2022：1-79，国信证券经济研究所整理

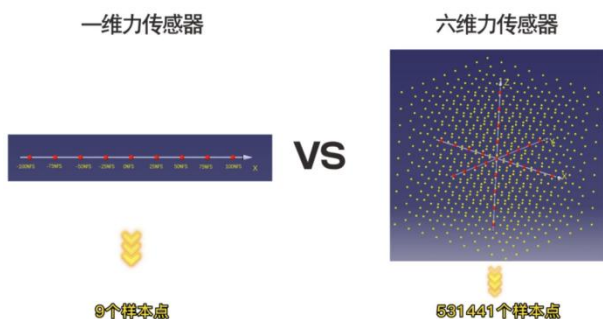
六维力传感器的标定需要同时考虑六个维度，六维联合加载标定的样本空间复杂程度高。对于六维力传感器而言，在标定时需要**六维联合加载标定**，即三个方向的力（ F_x 、 F_y 、 F_z ）和三个方向的力矩（ M_x 、 M_y 、 M_z ）同时加载。**从难度对比来看**，假如同样每个维度取9个样本点，一维力传感器的样本空间包含9个样本点来，而六维力传感器的样本空间则包含531441个样本点，难度呈指数型上升。

六维联合加载标定难度较高的主要原因在于非线性特性，六维力传感器并非多个单维传感器的简单叠加，需要通过交叉样本点的加载标定来充分体现非线性效应，然后采用解耦算法的数学模型进行深入研究，之后还要精确拟合模型参数，才能标定出高准度的六维力传感器，实现高准度。

■ 检测

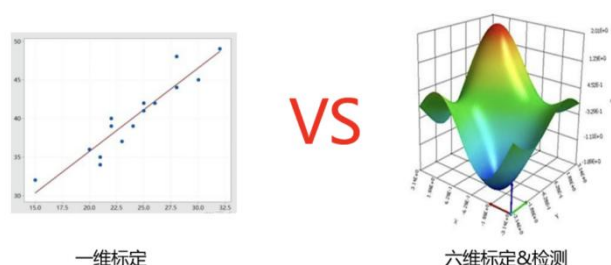
检测的主要功能是评价传感器的标定效果。检测也要采用六维联合加载的方式，所用到的设备与标定设备一样，但检测样本点需要与标定样本点都不相同。每个检测样本点都是三个方向力（ F_x 、 F_y 、 F_z ）和力矩（ M_x 、 M_y 、 M_z ）的组合。检测样本点的选择应该满足随机性和非相关性的要求，并且较为均匀地分布在样本空间中，才能准确、客观的评估标定结果的优劣。

图29: 六维力传感器的联合加载标定和检测工作量大



资料来源：坤维科技公众号，国信证券经济研究所整理

图30: 六维力传感器的联合加载标定和检测理论基础更深



资料来源：坤维科技公众号，国信证券经济研究所整理

■ 标定设备

标定设备方面，目前六维联合加载设备无标准产品，需厂商自研。六维联合加载设备是高精度六维力传感器研发和生产的必要条件，但是目前没有标准产品可以直接采购，一般由六维力传感器的厂商自行研制，因此不同厂商的六维联合加载设备的形态差别非常大。六维联合加载设备的研发涉及到空间光学定位、载荷位移补偿、机电一体化等多项综合技术，Knowhow 较深，依赖工程经验。一旦细节考虑不周全，加载效果就不理想，加载设备自己产生的耦合误差可能超过 1%FS，进而无法标定出高准度的六维力传感器。

图31: 各国六维力传感器标定设备形态不一



资料来源：坤维科技公众号，国信证券经济研究所整理

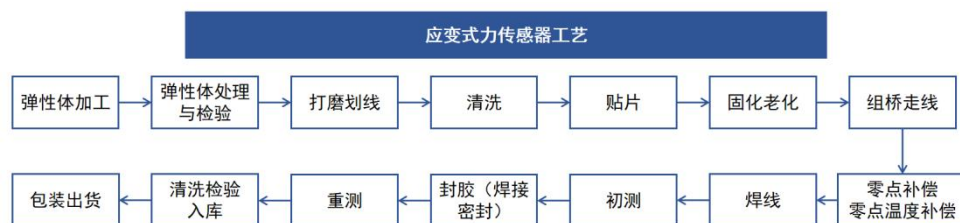
生产加工工艺：一致性自动化生产难度高

六维力传感器加工工艺流程长、复杂度高，核心零部件弹性体和应变片加工 Know how 较深，且当前小批量出货下，金属应变片的贴片工艺仍依赖人工，大批量一致性自动化生产的壁垒高；硅应变片+玻璃微熔的工艺路线可实现自动化贴片，有望提高大批量生产的能力。

1) 弹性体加工方面，弹性体在加工中会产出各种加工应力，其加工应力的积蓄与大小会影响到传感器的测试性能指标，因此加工中应尽量避免加工应力积蓄或减少加工应力；此外在贴片、组桥、补偿、调试、封胶等环节上需控制环境温度、湿度洁净度和流程节拍，Knowhow 较深。

2) 应变片贴片方面，当前小批量出货情况下，大部分应变式六维力厂商仍采用金属应变片+人工贴片的方式，尚未完全实现自动化生产，仍需人工操作，带来对人才、经验的要求，提升大批量、一致性出货的难度。

图32: 应变式力传感器加工工艺流程



资料来源：柯力传感招股说明书，国信证券经济研究所整理

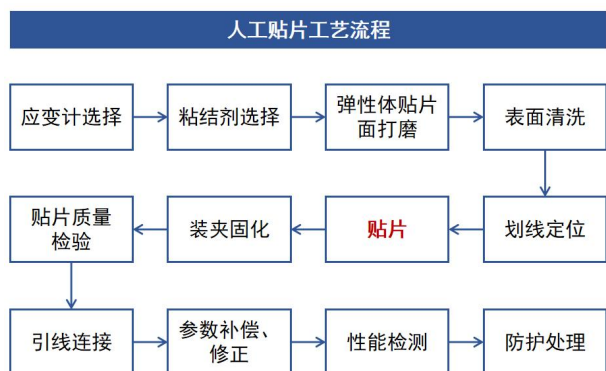
表5: 应变式力传感器具体工艺步骤

工艺步骤	具体内容
弹性体加工	按照传感器设计，将特定材料进行机械加工，成为满足应变测试用的弹性元件。
打磨、划线	打掉弹性体上加工产生纹路及电镀层，活化金属表面，改善贴片区表面的微观凹凸不平。划线目的为对应变计的粘贴位置进行定位，作为贴片时的基准线。
贴片	将敏感元件粘贴在弹性元件上，通过金属机械变形改变阻值，获得电信号的改变($\Delta R \rightarrow \Delta U$)从而得到一个应变量。
固化、老化	将贴片后的弹性体放入一定的温度环境中，将贴片胶烘干，使应变计与弹性体紧密粘合。老化是通过人为升温降温来消除应变计、胶水的残余应力，以达稳定的目的。
组桥走线	连接敏感元件(应变计)，组成惠斯通电桥，将电信号有效地输入输出。
零点补偿、零点温度补偿	平衡桥臂电阻温度系数，使其输出满足特定要求。
焊线	通过导线连接，介入外部的输入、输出。
初测	测出传感器满量程的灵敏度，并进行补偿达到一个统一的标准值以满足多个产品互换灵敏度的一致性及便于组秤使用时角度调整。
封胶、焊封	通过传感器贴片孔、补偿孔的密封，隔离外界，形成独立的内部气候环境。
重测	检测产品各项特性或指示是否符合或满足国际的要求或企业的内部控制指标(非线性、重复误差、滞后误差、蠕变、灵敏度、零点等)。

资料来源：柯力传感招股说明书，国信证券经济研究所整理

金属应变片主要是在基底的塑料薄膜上贴上由薄金属箔材制成的敏感栅，然后再覆盖上一层薄膜做成迭层构造。主要生产工序包括基底制作、匀光刻胶、腐蚀、调阻、加盖层等。金属应变片主要通过胶水粘贴的工艺与弹性体相连接，而胶水粘贴是一项工艺性较强的作业，主要凭借贴片工人的经验，工艺 knowhow 较深。

图33: 人工贴片流程



资料来源：华兰海官网，国信证券经济研究所整理

图34: 人工贴片示意图



资料来源：华兰海官网，国信证券经济研究所整理

硅应变片精度、灵敏度高，与玻璃微熔工艺结合可提高自动化生产能力，有望成为未来大批量出货时的工艺方向。金属应变片存在成本较高、灵敏度低、抗干扰能力和稳定性较差等劣势，而硅应变片有更好的压阻效应，在高精度和高灵敏度的力学测量的领域可实现对金属应变片的替代。硅应变片目前主要通过光刻单晶硅技术或蚀刻单晶硅技术制造；与传感器连接时，硅应变片常采用有机胶粘贴或玻璃微熔方式，其中玻璃微熔能够通过自动化工艺生产，提高批量化生产能力。

- ✓ **有机胶粘贴**是将硅应变片放置在固定胶上，通过加热使传感器上的固定胶熔化，从而将硅应变片固定在固定胶中；但高温环境中固定胶可能会熔化，使应变片位置发生改变，影响性能。
- ✓ **玻璃微熔**是使用高温熔化的玻璃粉作为黏合剂，将弹性体与硅应变片紧密结合。玻璃微熔工艺能够通过自动化工艺生产，消除传感器的零点漂移，改善稳定性，还使得传感器能够兼容各种气体和液体环境，拓宽应用场景。

安培龙在其发明专利《一种基于玻璃微熔工艺的六维力传感器及其制备方法》中详细介绍通过玻璃微熔工艺中将硅应变片和弹性体进行连接的方法：**采用 MEMS 硅基半导体应变片和玻璃微熔工艺相结合的技术，有效解决传统树脂粘接工艺带来的老化、蠕变影响，具有优异的稳定性和抗冲击能力：**

- **步骤 1：对弹性梁表面喷丸处理。**喷丸加工是一种在材料表面喷射高速颗粒来改变其表面形貌的方法，让弹性梁表面粗糙，提高后续与玻璃粉粘附性；颗粒大小 100-150 目可获得适度粗糙度，以提供良好的附着性和表面质量。
- **步骤 2：对弹性梁的表面进行酸洗。**喷丸处理后弹性梁的表面可能存在碎屑，通过清洗去除弹性梁表面的碎屑，避免对后续玻璃粉印刷造成影响；酸洗处理可以去除表面的氧化物、污垢和其他杂质，清洁表面并提高其粘附性。
- **步骤 3：使用丝网印刷技术将玻璃粉印刷到弹性梁的表面。**使用丝网印刷技术将玻璃粉均匀地印刷到弹性梁上应变片安装位置的表面，丝网印刷是常见的印刷技术，在网孔上涂覆墨漆并压榨使其通过网孔传输到弹性梁的表面上。
- **步骤 4：对弹性梁表面的玻璃粉进行预加热，将玻璃粉加热成半熔状态，从而更好地与应变片嵌入并固化。**相比粉末状，半熔状态的玻璃粉能够更好地对应变片进行预固定。
- **步骤 5：将应变片放在玻璃粉上，对玻璃粉继续加热，使应变片嵌入玻璃粉**

中。将硅应变片嵌入半熔状态的玻璃粉中，去应力退火的同时，让其贴合弹性元件，与玻璃粉有效结合。对弹性梁表面玻璃粉预加热（加热到 550°C）使其呈半熔状态，以确保它在后续可与应变片嵌入在一起，由于硅熔点远高于玻璃粉加热温度（550°C），因此无需担心高温加工对硅应变片造成损伤。

- **步骤 6：使用金丝键合工艺，将硅应变片连接形成惠斯通电桥。**金丝键合是一种常用的微电子封装技术，通过将金属线键合到应变片的焊盘上，使得传感器上的四个应变片实现电连接，形成惠斯通电桥，从而测量力的变化。

图35：硅基应变片玻璃微熔工艺制备方法



资料来源：安培龙发明专利，国信证券经济研究所整理

格局：国产玩家进展较快，人形机器人催生广阔空间

总结：六维力传感器高端市场以外资为主，近几年国内玩家逐步入局，产品性能不断迭代；当下六维力传感器单价约 1-2 万元，随后续机器人出货量以及搭载率的提升带来的成本摊销，其单价有望逐步下探有望下探至 1000-2000 元；结合 GGII 测算 2030 年人形机器人领域六维力传感器市场规模有望达 138.4 亿元。

竞争格局：国产替代进程加速

六维力传感器外资品牌先发优势明显，国内仍处产业早期，但已有国产替代趋势。全球六维力传感器厂商品牌主要分布在欧美、中国、日韩三大地区。根据 QYResearch，目前六维力传感器行业高端市场以外资品牌 ATI Industrial Automation、Epson 等为主，但外资品牌近几年市占率持续下降。近年来，国产入局者逐渐增加，但受限于该领域的高技术壁垒，真正具备批量化产品供应能力的厂商依然偏少。国内厂商包括坤维科技、鑫精诚、宇立仪器、柯力传感等。据智研咨询，2023 年国内六维力传感器 67.9% 市场份额由外资品牌占据，相比 2020 年国产替代趋势明显（增长 13pct）。国产产品性能不断提升，2023 年国产六维力

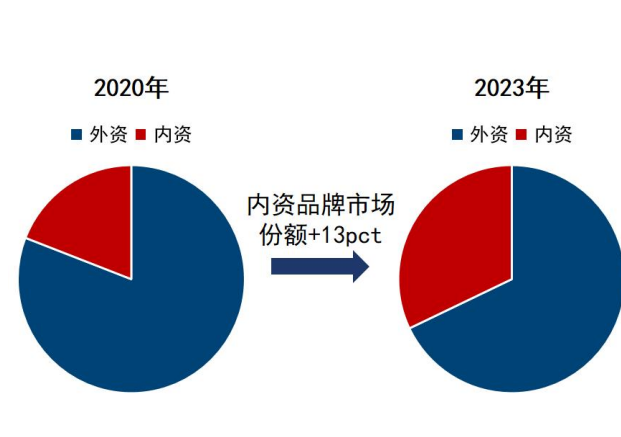
传感器品牌市场份额 32.1%，本土企业宇立仪器市场份额仅次于 ATI，排名第二，占比 12.2%，其在工业机器人磨抛行业和汽车碰撞测试行业应用较多；蓝点触控、坤维科技也具备较强竞争力，分别占比 4.8%、4.7%；尽管国产品牌与外资产品在精准度方面已基本对齐，但在灵敏度、串扰、抗过载能力及维间耦合误差等指标上仍有提升空间。

图36: 全球六维力/力矩传感器主流厂商



资料来源：高工机器人，国信证券经济研究所整理

图37: 2020年、2023年中国六维力传感器市场格局



资料来源：智研咨询，国信证券经济研究所整理

部分中国玩家如坤维科技、宇立仪器、蓝点触控等国产品牌厂商未上市，上市公司中如柯力传感、凌云股份等上市公司也依托前期在传感器产业的积累，积极布局六维力传感器。国内六维力传感器入局者逐步增多。

表6: 国内六维力传感器主要玩家相关信息梳理

公司	市值	营收	归母	研发投入	分业务收入	六维力传感器进展
柯力传感	192	13	2.6	1.1	力学传感器及仪表 6.3+其他物理量传感器 0.6+工业互联网及系统集成 5.3+平台型产品系列 0.1	<ul style="list-style-type: none"> 主营业务属于应变式传感器行业。公司从称重传感器出发，研发试制了多维力传感器、力矩传感器、微型力传感器等产品。2011年起连续14年保持力学传感器国内市场占有率第一，海外市场收入在力学传感器领域占比超30%，每年高质量生产三百万只力学传感器。 2024年，公司六维力/力矩传感器已完成人形机器人手腕、脚腕，工业臂、协作臂末端的产品系列开发，掌握了结构解耦、算法解耦、高速采样通讯等技术要点，并已给50多家国内人形机器人、协作机器人、工业机器人客户送样，部分客户已进入批量订单阶段。2025年4月，公司购置并启用六维力自动化测试设备及机加工设备，将对六维力传感器实现全自动化标定检测，有助于提高产品精度、稳定性和可靠性，并将大幅提高公司生产六维力传感器的效率和产能。 六维力传感器的技术路线、工艺、ADC采集都属于力学传感器技术，柯力有成熟的技术基础和健全的研发团队。同时公司从应变计、弹性体、采集模块、封装测试，均有自主化设计和生产能力，可控制产品成本、质量、定制开发周期，有力学传感器全自动化生产经验。 公司将继续投入研发力量，向微型、高频响应、MEMS硅基、力控算法集成等方向进行突破，尝试以新的工艺、路径探索六维力传感器、扭矩传感器等高端力学传感器研发和生产制造。 产品矩阵包括关节扭矩传感器、六维力传感器、单轴力传感器、指端力传感器等。 坤维拥有多个核心技术点，包括多学科优化设计、非线性力学模型、六维联合加载标定检测、嵌入式智能电路等，六维力传感器产品准度达到0.5%FS（含串扰，行业普遍2-2.5%FS）。 坤维科技的六维力传感器直径从36mm到200mm，量程范围30N~20KN，可基本覆盖协作机器人应用场景和小负载六轴工业机器人及人形机器人的应用场景，已为近300家知名企业及院校提供解决方案。 坤维的自动六轴联合标定检测系统已具备1.5万台/年的产能。 公司主要从事多轴力传感器、力控打磨设备和汽车测试设备的研发和生产。多轴力传感器产品包括六维力传感器、三维力传感器、一维力传感器和关节扭矩传感器。 宇立仪器的M33XX系列工业级六维力传感器可做到10倍过载保护。即便是超薄型的M35XX系列，宇立仪器也做到了最大3倍过载。 宇立仪器是优必选的六维力传感器供应商。 2023年，凌云股份联合华工科技成立凌云华工智能系统（武汉）有限公司，开展智能制造业务；并作为牵头单位，联合相关单位开展传感器业务。 凌云股份作为牵头单位，联合中国科学院合肥物质科学研究院和中兵智能创新研究院，以“低成本高精度智能化人形机器人力感知关键技术及制造方法研究”项目，联合揭榜“人形机器人”方向力传感器创新任务，完成了拉压力传感器批量样件送货和小规模产线布局，六维力传感器设计任务也在进行中，将为公司带来新的增长点。
坤维科技	-	-	-	-	-	
宇立仪器	-	-	-	-	-	
凌云股份	165	188.4	6.6	8	汽车金属及塑料零部件 171.1+塑料管道系统 11.1+其他 0.1	

华培动力	84	12.4	0.7	0.8	动力总成业务 9.94+传感器业务 2.44	<ul style="list-style-type: none"> ● 公司专注于压力传感器等传感器技术和生产工艺的研发。作为国内陶瓷压力传感器的主流厂商，始终坚持在研发领域的持续投入，子公司华培无锡拥有陶瓷压阻压力传感器、陶瓷电容压力传感器、基于金属基底的高压传感器及专用信号调理芯片技术相关的多项专利，具备“敏感元件—变送模块—变送器”全工艺链优势。子公司华培传感无锡具备包含陶瓷电容、MEMS 压阻及其充油芯体技术和玻璃微熔的核心技术能力，实现了全量程压力传感器的覆盖。 ● 利用公司已有的车规级 MEMS 压力芯片和硅应变计的自主设计及封装测试的能力，寻求从玻璃微熔 MSG 高压压力传感器向六维力矩传感器延展的突破。
中鼎股份	250	188.5	12.5	8.5	空悬系统 10.7+轻量化 25.2+橡胶业务 40.6+冷却系统 50.7+密封系统 38.1+其他+23.3	<ul style="list-style-type: none"> ● 2025 年 5 月，公司与核心技术团队合资设立合肥星汇传感技术有限公司，以推进人形机器人力觉传感器产品的进一步落地。合肥星汇传感技术有限公司主要产品为机器人力觉传感器，包括六维力传感器、扭矩传感器以及一维拉压力传感器等。其中六维力传感器产品综合准度将高于 0.5%，达到国内产品第一梯队水平，扭矩及一维力传感器精度将达到 0.1%以内。#公司产品将应用于人形机器人手腕和脚踝（六维力）、直线执行机构末端（一维拉力）以及旋转执行机构末端（扭矩）。
昊志机电	74	13.1	0.8	1.2	主轴 6.8+转台、直线电机、减速器等功能部件 1.8+维修、零配件 1.1+运动控制产品 3.1+其他 0.1	<ul style="list-style-type: none"> ● 昊志机电于 2024 年 3 月 1 日审议通过了《关于对外投资设立全资子公司的议案》，拟设立全资子公司“广州市昊志机器人有限公司”承接机器人事业部业务，负责机器人核心功能部件（包括但不限于谐波减速器、无框力矩电机、刹车机构、编码器、电磁快换模块、六维力传感器、控制系统、关节模组、末端执行机构（气动手指、快换模块）以及 RV 减速器等机器人领域功能部件）研发、生产、销售等。 ● 昊志机电攻克了智能机器人用六维力传感器等一系列核心功能部件技术。开发的六维力传感器具有以下特点：（1）力控精度≤0.1Nm；（2）温度自补偿，蠕变小，结构解耦；（3）18 或 24 位 A/D 转换，采样率高达 1KHz；（4）通信协议：Ethercat、以太网、CAN、R485 等多种选择；（5）卡尔曼和巴特沃双重滤波算法，力/力矩输出更平顺；（6）6 通道模拟信号输入，低噪声仪表放大。
安培龙	92	9.4	0.8	0.6	热敏电阻及温度传感器 4.5+压力传感器 4.7+氧传感器及其他 0.2	<ul style="list-style-type: none"> ● 公司的压力传感器包括陶瓷电容式压力传感器、MEMS 压力传感器、玻璃微熔压力传感器。 ● 力传感器包括单向力传感器、力矩传感器以及六维力传感器。公司基于 MEMS 硅基半导体应变片+玻璃微熔工艺的单向力传感器以及力矩传感器已开发完成，用于机器人领域的单向力传感器及力矩传感器也与多家客户进行送样以及技术交流，六维力传感器公司目前正在研发过程及客户技术交流过程中。六维力传感器已有多项发明专利通过正式授权发布。
东华测试	59	5.0	1.2	0.6	结构力学性能测试分析系统 3+结构安全在线监测及防务装备 PHM 系统 0.7+电化学工作站 0.9	<ul style="list-style-type: none"> ● 公司主要产品包括多维力传感器、压力传感器、扭矩传感器等。 ● 六维力传感器是基于金属薄膜应变片设计，处于小批量试制、局部市场推广阶段，串扰：<2%FS；非线性：<0.5%FS；迟滞：<0.5%FS。从成本考虑暂时采用人工贴片，后续根据产品需求情况逐步推进半自动化。 ● 2025 年公司将开发压电式力传感器、压力传感器、超低温传感器等高性能传感器。
索辰科技	74	3.8	0.4	1.1	工程仿真软件 2.2+仿真产品开发 1.4+技术服务 0.1+机加工服务 0.02+其他业务 0.01	<ul style="list-style-type: none"> ● 自 90 年代开始，在 863 计划支持下研究了六维力和力矩传感器，如今已经在产业化方面取得进展，不仅可以测量力，还能够区分重力和惯性力，去除末端影响，直接测得接触力。当前公司六维力传感器技术已成熟，后续发展将集中在力控算法，并将结合视觉控制实现多模态控制来构建完善的机器人控制系统。六维力传感器已经实际运用在工程项目，比如可以在数字孪生中进行信息采集，目前正在生产小批次的传感器，为客户送样准备过程中。
海伯森	-	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ● 海伯森推出六维力传感器产品系列，通过解耦算法创新，突破<0.5%FS 非线性误差极限，同时通过结构创新，改善零漂零漂。 ● 自主研发的六维力传感器已批量应用于 20 余家头部机器人企业，为人形机器人、协作机器人及高端工业场景提供克级力控精度。海伯森依托深圳“50 公里产业生态圈”的供应链优势，以 80%零部件本地化采购实现高效协同，大幅提升国产化响应速度，将六维力传感器交付周期压缩至最快一周内。
鑫精诚	-	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ● 产品矩阵方面，鑫精诚的六维力传感器产品直径跨度覆盖 9.5mm-300mm，力量程跨度从 5N 到 50KN，力矩量程跨度从 0.1N.m 到 1000N.m，覆盖大部分应用领域。产品结构包括中空式、法兰式，IP68 防水、微型式、自带紧固螺钉式等，几乎覆盖常规六维力传感器的所有结构。 ● 客户方面，在人形机器人领域，鑫精诚有对应的产品开发，已给行业头部的多家人形机器人企业打样合作中。2023 年鑫精诚已陆续给大族机器人、遨博智能、法奥意威、长广溪智能、越疆机器人等头部厂商打样。其主要配合协作机器人，针对焊接环节进行拖拽示教，完成焊接轨迹规划。 ● 自动化生产方面，已实现全自动化生产，可做到保证品质的批量交付。 ● 产品研发方面，鑫精诚坚持“多技术路线”创新开发，研发团队年轻且学习能力强，以压电六维力传感器为例，从研发到落地仅花了 6 个月。
杭州柯林	58	5.4	0.7	0.4	电网数字化智能感知产品 1.1+储能系统 3.8+电力相关技术服务 0.4+电站运营 0.1	<ul style="list-style-type: none"> ● 公司充分发挥智能传感与数字化平台技术的领先优势，基于高精度微弱信号采集、多维数据信号处理和深度学习力位神经网络解耦算法的既有技术储备，开发了六维力传感器、扭矩传感器等机器人核心部件，实现智能传感产品矩阵升级。 ● 公司六维智能传感器项目于 2024 年 9 月立项，产品研发正稳步推进，目前正处于老化内测阶段，贴片与标定等生产环节的自动化工艺正同步研发中，且相关小批量试产设备已陆续到场。公司将于近期启动下游客户的适配送样，预计 2025 年下半年会产生相应收入。

资料来源：wind，各公司公告，各公司官网，高工机器人，ITES 深圳工业展，国信证券经济研究所整理 注：市值数据截至 2025 年 5 月 8 日，市值、营收、归母、研发投入、分业务收入均为 2024 年数值，单位为亿元人民币

市场规模：人形机器人打开增量空间

六维力传感器应用领域广泛，未来人形机器人将为六维力传感器带来广大应用空间。当前主要应用于汽车行业的碰撞测试、轮毂测试和零部件测试等，以及航空航天、生物力学、医疗康复、科研实验、机器人与自动化等领域。人形机器人对精准力控要求高，未来预计能够为六维力传感器带来庞大增量需求。

图38：六维力传感器应用领域



资料来源：高工机器人，国信证券经济研究所整理

根据 QYResearch，2024 年全球六维力传感器销量近 6 万套，其中国内销量约 1.7 万套。目前六维力传感器市场基数仍较小，规模效应不明显，价格依然较高，据 GGII，现阶段的六维力传感器价格基本在 1~2 万之间；2025 年预计为人形机器人量产元年，随后续机器人出货量以及搭载率的提升带来的成本摊销，六维力传感器单价有望逐步下探有望下探至 1000-2000 元）；结合 GGII 测算 2030 年人形机器人领域六维力传感器市场规模将达 138.4 亿元。

图39：2025-2030 年全球人形机器人六维力传感器市场规模预测（亿元）



资料来源：GGII，国信证券经济研究所整理

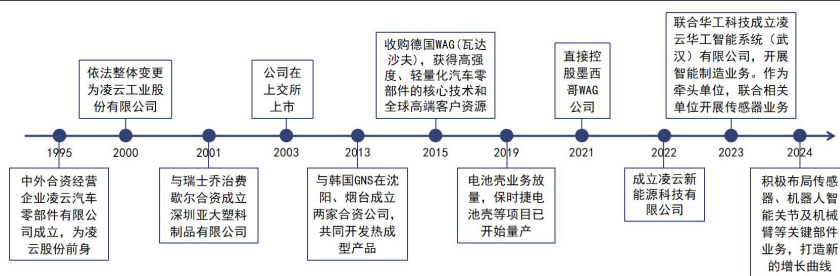
投资建议

车端和机器人部分零部件生产、制造等环节共通性高，看好产业升级机遇，看好人形机器人进展带来的投资机会。部分人形机器人零部件与汽车零部件在原材料、设计、工艺、设备及成本管控、质量要求上具有一定相通性，二者往往具备相似的底层制造逻辑，带来相关零部件（电机、减速器、传感器、丝杠等）从汽车向人形机器人领域的产业升级机遇；后续在大厂入局（特斯拉+英伟达等）、技术迭代、政策催化的加持下，人形机器人产业后续有望迎来“新能源汽车时刻”。我们看好在技术升级迭代下，人形机器人持续发展，看好机器人量产后带来的潜在供应链零部件的需求和投资机会。

■ 凌云股份

凌云股份成立于1995年，2003年上市，是中国兵器工业集团公司所属的上市公司，下辖37家全资及控股子公司、3家参股公司，分布于德国、墨西哥、印尼以及国内30多个省市和地区，其中与瑞士、美国、德国、韩国等合资成立15家中外合资公司。公司主导产品有车身安全结构产品、新能源车电池产品、汽车管路系统等，公司积极布局新能源电池管理系统及封装系统、汽车流体控制系统、汽车热管理系统、汽车线控转向系统及智能制造工程以及传感器、机器人智能关节及机械臂等关键部件研发销售以及相关业务。2024年公司实现营收188.4亿元，同比+0.7%，归母净利润6.6亿元，同比+3.8%。

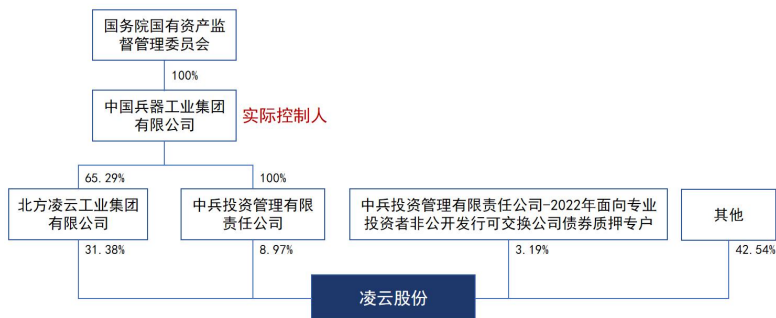
图40: 凌云股份历史沿革



资料来源：公司官网，公司公告，国信证券经济研究所整理

公司股权集中架构稳定，拥有国资背景。凌云股份是北方凌云工业集团有限公司所属的汽车零部件专业上市公司，第一大股东北方凌云工业集团有限公司持有凌云股份31.38%股份，第二大股东中兵投资管理有限责任公司持有公司8.97%股份。中国兵器工业集团有限公司为公司的实际控制人。

图41: 凌云股份股权结构图及控股公司情况

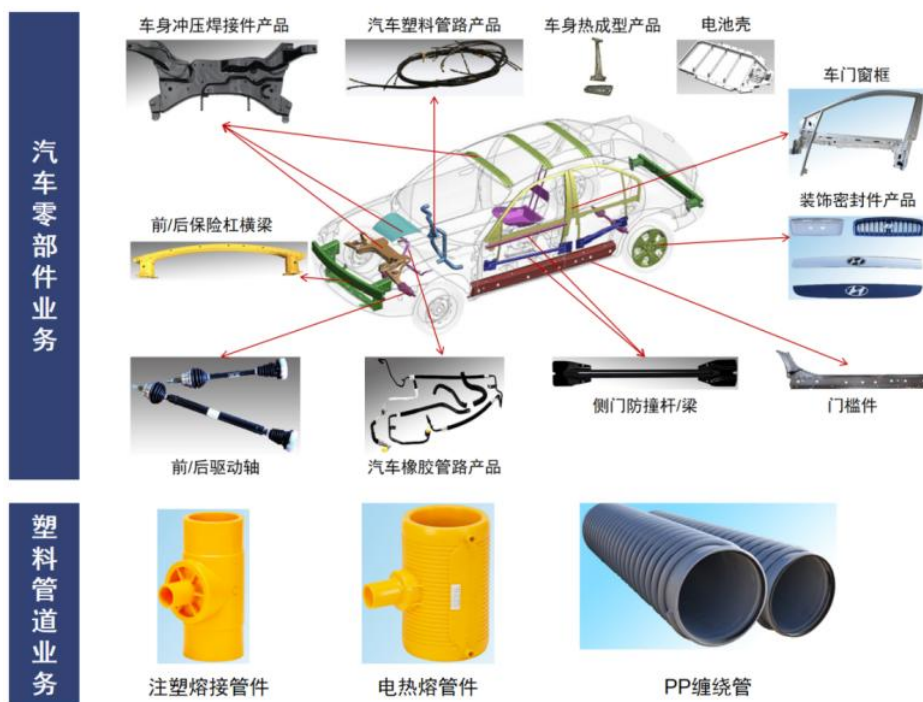


资料来源：公司公告，天眼查，wind，国信证券经济研究所整理

公司主要业务包括汽车零部件、塑料管道系统两大板块。

- ✓ **汽车零部件业务**主要涵盖金属零部件、非金属零部件两大类，包括汽车车身结构件、新能源汽车电池系统配套产品、汽车尼龙管路系统、汽车橡胶管路及总成、汽车装饰密封件等系列，主要用于整车车身结构、管路系统等汽车零部件的供应配套。
- ✓ **塑料管道业务**是市政管道的重要组成部分，塑料管道具有耐腐蚀、抗老化、导热系数低等优点，广泛应用于城市供水、排水、燃气管网等领域，同时因其稳定的性能逐步取代了金属管道占据了行业主导地位。
- ✓ **凌云积极拓展布局力传感器，进军机器人业务。**2025年4月3日，公司拟在经营范围中增加传感器、机器人智能关节及机械臂等关键部件研发销售以及相关业务，完成了经营范围工商变更登记手续及《公司章程》备案手续。公司作为牵头方联合相关单位成立传感器项目工作组，组织制定项目计划，推进项目开发，聚焦主责主业，依托现有技术、人才基础，结合公司市场开发优势，发挥互补优势和协同效应，实现资源优化配置和有效整合。现已生产出相关样件，公司积极把握潜在市场机会，加强与行业内相关企业沟通交流。传感器业务处于产品研制、产线布局、客户对接阶段。

图42：凌云股份产品矩阵



资料来源：公司公告，天眼查，wind，国信证券经济研究所整理

客户方面，凌云品牌影响力进一步提升，产品与客户结构持续优化。公司拥有高强度、轻量化汽车零部件的技术和全球高端客户，国际市场与保时捷、宝马、奔驰、奥迪、丰田等国际高端品牌客户实现战略合作，国内市场实现与重点客户在高层次、宽领域同步设计、同步研发、同步验证的重点跨越。

- **汽车金属及塑料零部件客户：**主要客户是国内外主流车企和新能源汽车电池厂商，包括宝马、奔驰、奥迪、保时捷、TSL、Stellantis、上汽大众、一汽大众、比亚迪、长安汽车、奇瑞、长城、东风乘用车、东风本田、东风日产、江铃股份、上汽通用、长安福特、一汽红旗、一汽丰田、广汽丰田、广汽本田、广汽乘用车、上汽通用五菱、上汽乘用车、北京现代、悦达起亚、广汽埃安、东风岚图、理想汽车、小鹏汽车、蔚来汽车、宁德时代、蜂巢能源等、光束汽车、北汽股份、赣锋锂电。
- **塑料管道系统客户：**聚乙烯（PE）燃气管道系统客户包括港华燃气、华润燃气、中国燃气、新奥燃气等；聚乙烯（PE）给水管道系统客户包括首创环保、华衍水务、中国水务、北控水务等；其他产品客户包括上海塑普瑞米新型材料有限公司、中国石油化工股份有限公司等。

图43: 凌云股份主要客户情况



资料来源：公司官网，国信证券经济研究所整理

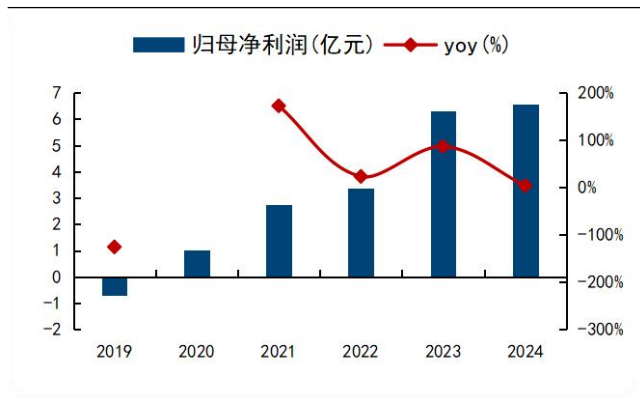
财务方面，2019-2024年凌云股份营收复合增速为8.1%，规模实现稳定增长，利润率稳中有升。自2020年起，归母净利润扭亏并逐步上升，利润率稳中有升，各项费用率得到稳定控制。2024年公司实现营收188.4亿元，同比+0.7%；归母净利润6.6亿元，同比+3.8%；扣非净利润5.5亿元，同比-4.1%。分业务看，2024年公司汽车金属及塑料零部件业务高附加值产品比例增长，实现营收171.1亿元，同比+2.8%；塑料管道系统业务营收11.1亿元，同比-15.1%。

图44: 凌云股份营业收入及同比



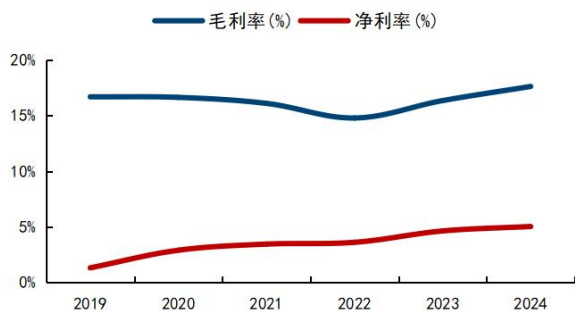
资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

图45: 凌云股份归母净利润及同比



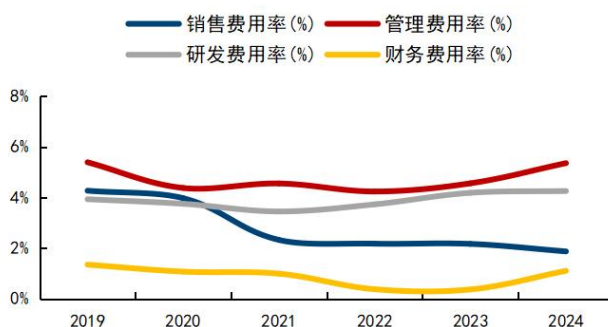
资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

图46: 凌云股份毛利率及净利率



资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理

图47: 凌云股份期间费用率



资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理

估值和投资建议:

假设前提

我们的盈利预测基于以下假设条件:

汽车金属及塑料零部件业务: 主要涵盖金属零部件、非金属零部件两大类。包括汽车车身结构件、新能源汽车电池系统配套产品、汽车尼龙管路系统、汽车橡胶管路及总成、汽车装饰密封件等系列, 主要用于整车车身结构、管路系统等汽车零部件的供应配套。公司与奔驰、宝马、TSL、STLA、大众、本田、日产、丰田、长安等国内外重点客户建立起立体式交流渠道, 战略合作关系进一步加强。全年累计新获订单 510 亿元, 汽车金属中标项目生命周期产值超 350 亿元, 优质客户定点占比超 97%; 汽车管路板块中标项目生命周期产值超 150 亿元。宝马某项目冲压产品、某项目热成型产品成功实现谱系突破; 一汽红旗某项目、国内新能源头部车企某项目成功填补热成型双门环产品谱系空白; 公司成功进入小鹏汇天低空飞行项目配套体系; 汽车管路在新能源储能领域新项目订单量大幅增加; 公司主导产品有车身安全结构产品、新能源车电池产品、汽车管路系统等, 公司积极布局新能源电池管理系统及封装系统、汽车流体控制系统、汽车热管理系统、汽车线控转向系统及智能制造工程以及传感器、机器人智能关节及机械臂等关键部件研发销售以及相关业务, 预计公司后续零部件业务持续提升, 预计 25/26/27 年业务收入为 186.5/202.6/216.7 亿元, 同比分别+9%/+8%/+7%; 考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销, 毛利率有望略有提升, 假设毛利率分别为 18%/18%/19%。

塑料管道系统业务: 公司塑料管道具有耐腐蚀、抗老化、导热系数低等优点, 广泛应用于城市供水、排水、燃气管网等领域, 同时因其稳定的性能逐步取代了金属管道占据了行业主导地位。市政管道海外市场取得新突破, 成功中标阿布扎比国家石油公司油田注海水主体工程, 国际市场进一步拓展, 预计后续本业务维持相对稳定, 预计 25/26/27 年业务收入为 11.3/11.5/11.6 亿元, 假设毛利率维持稳定, 分别为 15%/15%/15%。

其他业务: 主要是包括公司其他的一些零部件加工业务, 预计 25/26/27 年营收为 6.0/6.0/6.0 亿元, 假设毛利率分别为 15%/15%/15%。

整体来看, 预计 25/26/27 年公司整体营收为 204.2/220.1/234.4 亿元, 同比分别+8%/+8%/+6%, 考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销, 毛利率维持相对稳定的状态, 假设毛利率分别为 18%/18%/19%。随产业进展提速叠加公司研发投入的持续, 公司积极布局新能源电池管理系统及封装系统、汽车流体控制系统、汽车热管理系统、汽车线控转向系统及智能制造工程以及传感器、机器人智能关节及机

械臂等关键部件研发销售以及相关业务，公司有望开拓全新增长曲线。

费率方面：我们认为公司费率有望逐渐趋稳，得益于规模上量后对于成本的摊销，假设 25/26/27 年公司研发费率为 4.4%/4.6%/4.6%，主要考虑到公司进行新业务布局需要一定的研发投入；管理层面，公司持续推进降本增效，保证公司运行效率，假设 25/26/27 年公司管理费率为 4.9%/4.8%/4.8%；销售费率层面，考虑到公司新产品拓展需投入一定资源，假设 25/26/27 年销售费率为 1.9%/1.9%/1.9%。

表7: 凌云股份业绩拆分（亿元）

	2020	2021	2022	2023	2024	2025E	2026E	2027E
汽车金属及塑料零部件								
收入	113.3	135.4	146.3	166.5	171.1	186.9	202.6	216.7
YOY	18%	20%	8%	14%	3%	9%	8%	7%
成本	95.6	114.0	124.9	138.6	140.5	152.9	165.5	176.0
毛利	17.8	21.4	21.5	27.9	30.6	34.0	37.1	40.7
毛利率(%)	15.7%	15.8%	14.7%	16.8%	17.9%	18.2%	18.3%	18.8%
塑料管道系统								
收入	15.9	15.0	14.1	13.1	11.1	11.3	11.5	11.6
YOY	-2%	-6%	-6%	-7%	-15%	2%	2%	1%
成本	12.2	12.3	12.1	11.4	9.4	9.6	9.8	9.9
毛利	3.8	2.7	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
毛利率(%)	23.5%	17.7%	14.6%	13.1%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%
其他主营业务								
收入	1.6	1.0	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
YOY	-2%	-39%	-39%	-31%	-88%	-10%	-10%	-10%
成本	1.2	0.7	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
毛利	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
毛利率(%)	21.4%	31.2%	31.4%	17.2%	15.2%	15.0%	15.0%	15.0%
其他业务								
收入	4.6	6.2	5.9	7.1	6.1	6.0	6.0	6.0
YOY	8%	33%	-5%	20%	-13%	-2%	0%	0%
成本	3.9	5.2	4.9	6.2	5.2	5.1	5.1	5.1
毛利	0.7	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
毛利率(%)	14.8%	16.3%	16.5%	12.3%	14.6%	15.0%	15.0%	15.0%
合计								
收入	135.4	157.5	166.9	187.0	188.4	204.2	220.1	234.4
YOY	15%	16%	6%	12%	1%	8%	8%	6%
成本	112.9	132.2	142.2	156.5	155.2	167.6	180.4	191.0
毛利	22.5	25.3	24.7	30.6	33.2	36.6	39.7	43.4
毛利率(%)	16.6%	16.1%	14.8%	16.4%	17.6%	17.9%	18.0%	18.5%

资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理和预测 注: 因机器人量产节奏未明确, 因此本次预测存在暂未充分体现机器人业务带来的收益的不确定性, 具体以公司为准, 仅供参考。

按上述假设条件与假设, 预计公司 25/26/27 年整体营收为 204.2/220.1/234.4 亿元, 同比分别+8%/+8%/+6%, 考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销, 毛利率分别为 18%/18%/19%, 归母净利润分别为 8.3/9.4/10.5 亿元, 同比增速为 +26%/+14%/+11%, EPS 分别为 0.88/1.00/1.11 元。

表8: 未来 3 年盈利预测表(单位: 百万元)

	2024	2025E	2026E	2027E
营业收入	18837	20423	22010	23439
营业成本	15521	16762	18040	19099
销售费用	84	91	98	105
管理费用	352	388	418	445
研发费用	1009	1035	1090	1159
营业利润	1069	1351	1537	1707

归属于母公司净利润	655	827	941	1045
EPS	0.70	0.88	1.00	1.11
ROE	7%	12%	14%	15%

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理和预测

盈利预测的敏感性分析

表9：情景分析（乐观、中性、悲观）

	2023	2024	2025E	2026E	2027E
乐观预测					
营业收入(百万元)	18702	18837	20455	22076	23537
(+/-%)	12.1%	0.7%	8.6%	7.9%	6.6%
净利润(百万元)	632	655	1067	1201	1323
(+/-%)	86.4%	3.8%	62.8%	12.5%	10.2%
摊薄 EPS	0.67	0.70	1.13	1.28	1.41
中性预测					
营业收入(百万元)	18702	18837	20423	22010	23439
(+/-%)	12.1%	0.7%	8.4%	7.8%	6.5%
净利润(百万元)	632	655	827	941	1045
(+/-%)	86.4%	3.8%	26.2%	13.7%	11.1%
摊薄 EPS(元)	0.67	0.70	0.88	1.00	1.11
悲观的预测					
营业收入(百万元)	18702	18837	20392	21944	23340
(+/-%)	12.1%	0.7%	8.3%	7.6%	6.4%
净利润(百万元)	632	655	590	685	771
(+/-%)	86.4%	3.8%	-9.9%	15.9%	12.7%
摊薄 EPS	0.67	0.70	0.63	0.73	0.82
总股本(百万股)	941	940	940	940	940

资料来源：国信证券经济研究所预测

估值与投资建议

考虑公司的业务特点，我们采用绝对估值和相对估值两种方法来估算公司的合理价值区间。

绝对估值：21-22 元

未来估值假设条件见下表：

表10：公司盈利预测假设条件（%）

	2022	2023	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E
营业收入增长率	5.96%	12.06%	0.72%	8.42%	7.77%	6.49%	4.00%	3.00%
营业成本/营业收入	85.22%	83.66%	82.40%	82.07%	81.96%	81.49%	83.00%	83.00%
管理费用/营业收入	4.02%	4.37%	5.18%	4.90%	4.80%	4.80%	5.00%	5.00%
研发费用/营业收入	3.73%	4.19%	4.26%	4.40%	4.60%	4.60%	5.00%	5.00%
销售费用/销售收入	2.18%	2.17%	1.87%	1.90%	1.90%	1.90%	2.00%	3.00%
营业税及附加/营业收入	0.49%	0.49%	0.45%	0.45%	0.45%	0.45%	0.45%	0.50%
所得税税率	16.50%	9.42%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%
股利分配比率	105.01%	64.50%	78.81%	78.81%	78.81%	78.81%	78.81%	78.81%

资料来源：国信证券经济研究所预测

表11：资本成本假设

无杠杆 Beta	0.8	T	11.22%
无风险利率	2.50%	Ka	8.10%

股票风险溢价	7.00%	有杠杆 Beta	0.87
公司股价 (元)	17.51	Ke	8.59%
发行在外股数 (百万)	940	E/(D+E)	90.99%
股票市值 (E, 百万元)	16468	D/(D+E)	9.01%
债务总额 (D, 百万元)	1630	WACC	8.24%
Kd	5.30%	永续增长率 (10年后)	2.0%

资料来源：国信证券经济研究所假设

根据以上主要假设条件，采用 FCFF 估值方法，得出公司价值区间为 20.9–22.1 元，估值中枢为 21.5 元。

表12: FCFF 估值

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E
EBIT	1,249.0	1,350.6	1,552.3	1,076.1	844.8	871.2	889.3	961.6	1,475.5
所得税税率	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%	11.22%
EBIT*(1-所得税税率)	1,108.8	1,199.0	1,378.0	955.3	750.0	773.4	789.5	853.6	1,309.8
折旧与摊销	464.5	508.1	538.6	569.8	602.5	635.5	668.6	699.4	727.1
营运资金的净变动	1,278.6	(22.1)	(45.3)	(1,869.0)	(25.0)	(57.6)	(37.0)	(44.8)	(91.5)
资本性投资	(618.4)	(451.0)	(451.0)	(501.0)	(501.0)	(501.0)	(501.0)	(401.0)	(401.0)
FCFF	2,233.5	1,234.1	1,420.3	(844.9)	826.5	850.3	920.1	1,107.2	1,544.4
PV (FCFF)	2,063.4	1,053.3	1,119.9	(615.5)	556.3	528.7	528.5	587.6	757.2
核心企业价值	19,514.0								
减：净债务	(734.2)								
股票价值	20,248.2								
每股价值	21.53								

资料来源：国信证券经济研究所假设

绝对估值的敏感性分析

该绝对估值相对于 WACC 和永续增长率较为敏感，下表为敏感性分析。

表13: 绝对估值相对折现率和永续增长率的敏感性分析 (元)

		WACC 变化					
		21.49	8.1%	8.2%	8.25%	8.4%	8.5%
永续 增长 率变 化	2.3%		22.98	22.58	22.18	21.80	21.43
	2.2%		22.72	22.33	21.94	21.57	21.21
	2.1%		22.47	22.09	21.71	21.35	21.00
	2.0%		22.23	21.85	21.49	21.14	20.79
	1.9%		22.00	21.63	21.27	20.93	20.59
	1.8%		21.77	21.41	21.06	20.73	20.40
	1.7%		21.55	21.20	20.86	20.53	20.21

资料来源：国信证券经济研究所分析

相对估值：22–23 元

对于相对估值，我们选取传感器领先公司柯力传感、主业具备一定相似性的结构件公司祥鑫科技、机器人执行器与热管理领先的公司三花智控为可比公司。凌云股份依托国家级技术中心的创新研发优势，成功推动汽车高强度轻量化安全防撞系统、热成型结构件、门槛件等核心产品的自主研发，产品技术指标达到国际先进水平；上海建立电池 PACK 机械验证实验室，系列化新能源电池产品实现国内外联动同步开发；实现了汽车尼龙管路系统和橡胶管路系统的低渗透、低排放国际化标准；提升了装饰密封件等产品的核心技术地位；凌云股份拥有高强度、轻量化汽车零部件的核心技术和全球高端客户资源，国际市场与保时捷、宝马、奔驰、奥迪、丰田等国际高端品牌客户实现战略合作，国内市场实现与重点客户在高层

次、宽领域同步设计、同步研发、同步验证的重点跨越。公司主导产品有车身安全结构产品、新能源车电池产品、汽车管路系统等，公司积极布局新能源电池管理系统及封装系统、汽车流体控制系统、汽车热管理系统、汽车线控转向系统及智能制造工程以及传感器、机器人智能关节及机械臂等关键部件研发销售以及相关业务，若后续业务进展顺利，则该业务后续有望给公司带来全新的增长动力。预计公司 25/26/27 年整体营收为 204.2/220.1/234.4 亿元，同比分别 +8%/+8%/+6%，归母净利润分别为 8.3/9.4/10.5 亿元，同比增速为 +26%/+14%/+11%，EPS 分别为 0.88/1.00/1.11 元，参考可比公司估值，考虑到后续公司在机器人板块的持续布局，有望带来新的成长动力，给予公司 2025 年估值 25-26x PE，对应每股合理估值 22-23 元，相较当下具有 26%-31% 的上行空间。

表14: 可比公司估值

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘收盘(元)	总市值(亿元)	EPS			PE		
					2024	2025E	2026E	2024	2025E	2026E
002050.SZ	三花智控	优于大市	27.05	1,010	0.83	1	1.17	33	27	23
603662.SH	柯力传感	无评级	68.07	192	0.92	1.31	1.57	74	52	43
002965.SZ	祥鑫科技	无评级	55.51	113	1.76	2.41	2.92	32	23	19
	平均							46	34	28
600480.SH	凌云股份	优于大市	17.51	165	0.70	0.88	1.00	25	20	18

资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理和预测; 注: 数据时间为 5 月 8 日收盘价; 未评级公司采用 wind 一致预期的盈利预测。

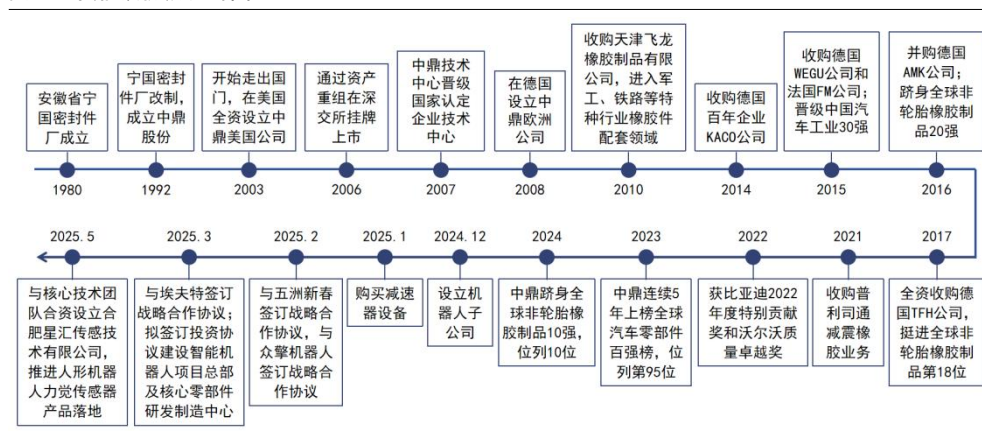
投资建议:

综上所述，预计凌云股份 25/26/27 年整体营收为 204.2/220.1/234.4 亿元，同比分别 +8%/+8%/+6%，归母净利润分别为 8.3/9.4/10.5 亿元，同比增速为 +26%/+14%/+11%，EPS 为 0.88/1.00/1.11 元，参考可比公司估值，考虑到公司后续机器人业务的布局和突破，给予公司 2025 年估值 25-26x PE，对应每股合理估值 22-23 元，相较当下具 26%-31% 上行空间，首次覆盖，给予“优于大市”评级。

中鼎股份

中鼎股份创建于 1980 年，2006 年通过资产重组在深交所挂牌上市。经过 44 年发展，中鼎现已成为拥有下属企业百余家，以机械基础件和汽车零部件为主导的跨国民营企业集团。除宁国总部基地外，中鼎还在上海、天津、江苏、广东等地建立产业基地，并通过海外并购在美国、德国等地拥有 KACO、WEGU、AMK、TFH 等 20 余家多个细分领域的隐形冠军企业。2024 年开始中鼎通过入局人形机器人领域，拓展新的增长曲线。2024 年实现营收 188.54 亿元，同比+9.33%。

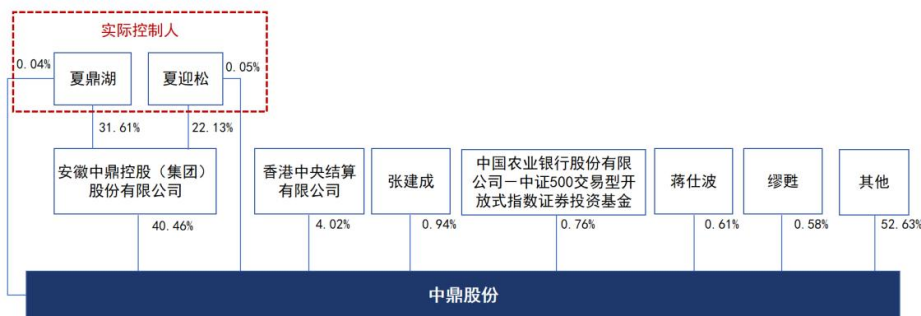
图48: 中鼎股份历史沿革



资料来源：公司官网，公司公告，国信证券经济研究所整理

公司股权集中架构稳定。中鼎股份实际控制人为夏鼎湖（终身名誉董事长）和夏迎松（董事长、总经理）两人，分别直接持有公司股份 0.04%和 0.05%。中鼎股份第一大股东为安徽中鼎控股（集团）股份有限公司，持有公司 40.46%股份，夏鼎湖和夏迎松分别持有安徽中鼎控股（集团）股份有限公司 31.61%和 22.13%股份，成为公司实际控制人。

图49：中鼎股份股权结构



资料来源：公司公告，天眼查，wind，国信证券经济研究所整理

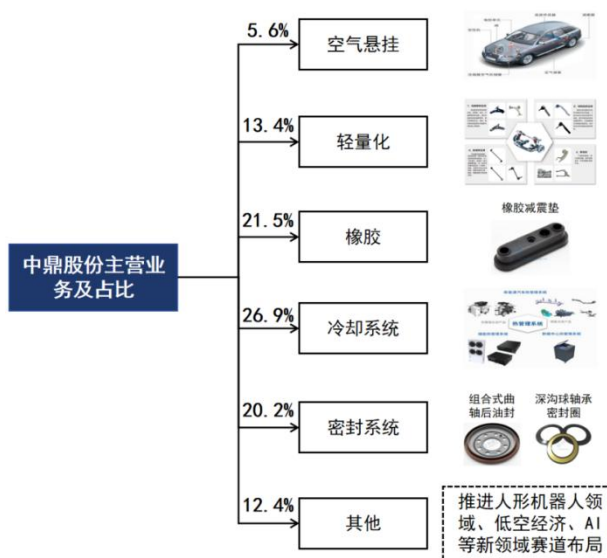
公司主要业务包括空悬系统、轻量化、橡胶、冷却系统、密封系统、其他业务。

- ✓ **智能底盘系统业务-空气悬挂系统：**中鼎旗下德国 AMK 作为空气悬挂系统的高端供应商，是行业前三的领导者，自九十年代进入空悬系统业务领域以来，不断提升产品总成技术，深耕行业二十多年，为捷豹路虎、沃尔沃、奥迪、奔驰、宝马等世界顶级主机生产商配套。AMK 中国已取得国内多家造车新势力及传统自主品牌龙头企业订单。公司旗下子公司鼎瑜科技依托中鼎在橡胶领域的研发、制造等核心优势，专注于空气弹簧的研发、生产，并持续推进技术突破，不断提升产品性能，目前空气弹簧及储气罐产品已获得项目定点，同时公司也在加快布局磁流变减震器项目，目前项目产线建设正在加速推进中。截至目前公司国内空悬业务已获订单总产值约 152 亿元，其中总成产品订单总产值约 17 亿元，未来有望拿到更多项目定点。
- ✓ **智能底盘系统业务-轻量化底盘系统：**中鼎近年来大力发展底盘轻量化系统总成产品，旗下子公司四川望锦公司核心技术为球头铰链总成产品，是底盘系统核心安全部件及性能部件，拥有全球领先的技术，技术门槛高。随着公司在底盘轻量化系统总成产品业务的不断推进，已经取得奔驰、长安、广汽、比亚迪等多个传统及新势力主机厂订单。公司在保持国内轻量化业务稳步发展的同时也在积极布局海外轻量化市场，目前公司在斯洛伐克及墨西哥的轻量化工厂正在有序建设中。2024 年轻量化业务累计获得订单约 142 亿元。
- ✓ **热管理系统：**中鼎多年来一直推进热管理管路产品的研发与生产，旗下子公司德国 TFH 是发动机及新能源汽车电池热管理管路总成产品优秀供应商，拥有自主专利的独家生产技术 creatube 工艺以及 TPV 软管和尼龙管的核心技术，公司在所处细分领域行业全球排名前二。公司大力推进新能源汽车热管理管路系统总成业务，目前已经给宝马、沃尔沃、奥迪、大众、吉利、小鹏和理想等新能源汽车平台配套。公司子公司中鼎流体及中鼎智能热系统主导热管理系统总成业务的发展，积极布局热管理系统总成及核心零部件产品的研发与生产，拥有自主知识产权。目前已推出系列化储能液冷机组、超算中

心浸没式液冷机组、热管理控制器、温压一体传感器、冷媒流道板等产品。公司也正在积极推动更多新能源汽车热管理产品的落地。2024 年公司热管理系统业务累计获得订单约 117 亿元。

- ✓ **密封系统：**中鼎旗下子公司德国 KACO、美国 ACUSHNET 拥有国际前三的密封系统技术。KACO 为代表密封系统旗下企业积极推进新能源布局，已经开发配套成功高性能新能源电机密封。同时，公司目前已开发批产新能源电池模组密封系统和电桥总成等产品，为沃尔沃、蔚来、上汽、广汽等新能源汽车平台配套。公司近年不断加大业务拓展速度，尤其在美系车及自主品牌客户上有较大突破，行业市占率稳步提升。

图50: 中鼎股份 2024 年主营业务及营收占比



资料来源：公司公告，公司官网，国信证券经济研究所整理

- ✓ **其他业务：**公司将积极推进人形机器人领域、低空经济、AI 等新领域赛道的布局，尤其将人形机器人领域将作为公司的核心战略目标。中鼎旗下子公司安徽睿思博专注于拓展人形机器人部件总成产品相关业务，公司目前技术团队在谐波减速产品领域具备核心竞争优势，相关产线设备正在调试中。同时公司现有密封、橡胶业务及轻量化业务在机器人领域也有运用。公司及子公司已与浙江五洲新春集团股份有限公司、深圳市众擎机器人科技有限公司、埃夫特智能装备股份有限公司签署战略合作协议。**力传感器方面**，2025 年 5 月，公司与核心技术团队合资设立合肥星汇传感技术有限公司，以推进人形机器人力觉传感器产品的进一步落地，星汇传感主要产品为机器人力觉传感器，包括六维力传感器、扭矩传感器以及一维拉压力传感器等。其中六维力传感器产品综合准度将高于 0.5%，达到国内产品第一梯队水平，扭矩及一维力传感器精度将达到 0.1% 以内。公司产品将应用于人形机器人手腕和脚踝（六维力）、直线执行机构末端（一维拉压力）以及旋转执行机构末端（扭矩）。

表15: 中鼎股份人形机器人布局梳理

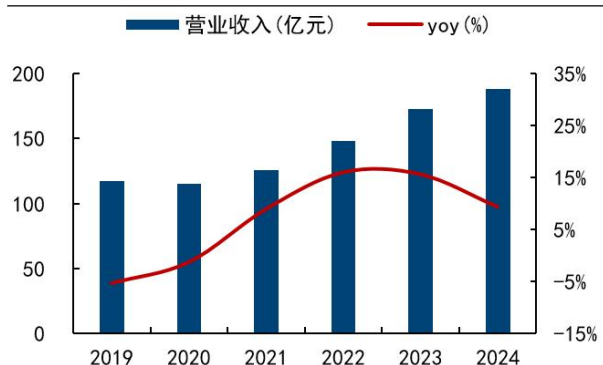
时间	布局	具体内容
2024 年 12 月	设立机器人子公司	以自有资金 5000 万元人民币设立全资子公司安徽睿思博机器人科技，推动机器人部件产品的生产配套。
2025 年 1 月	购买减速器设备	以 1289.28 万元购买安徽聚隆机器人持有的机器人减速器生产制造设备，同时安徽聚隆机器人将其机器人业务转入公司旗下子公司。

2025年2月	与五洲新春签订战略合作协议	现阶段针对人形机器人部件总成产品展开多维度的全方位战略合作，针对人形机器人部件总成产品进行合作探讨，核心产品优势互补，进一步加强在产品开发、技术规范和标准、质量管理等方面的合作，同时在后续人形机器人业务拓展中，若涉及双方相关产品，双方优先选择对方作为核心配套商。
2025年2月	与众擎机器人签订战略合作协议	双方团队建立定期沟通机制且提供充足的资源支持，提升人形机器人相关产品的生产工艺和交付质量水平，进一步促进合作，保障深度合作战略落地。同时众擎在寻求机器人及关节相关产品生产供应时，在同等条件下优先选择中鼎。
2025年3月	与埃夫特签订战略合作协议	双方将针对工业机器人及人形机器人部件总成产品展开多维度的全方位战略合作，针对机器人部件总成产品进行合作探讨，进一步加强在产品开发、技术规范和标准、质量管理等方面的合作。
2025年3月	拟签订投资协议	在合肥市包河区投资建设智能机器人项目总部及核心零部件研发制造中心，该项目预计投资总额为10亿元；第一阶段完成年产不少于15万颗谐波减速器产线建设、关节总成产品的产线布局。
2025年5月	成立力传感器合资公司	与核心技术团队合资设立合肥星汇传感技术有限公司，以推进人形机器人力觉传感器产品的进一步落地。合肥星汇传感技术有限公司主要产品为机器人力觉传感器，包括六维力传感器、扭矩传感器以及一维拉压力传感器等。其中六维力传感器产品综合精度将高于0.5%，达到国内产品第一梯队水平，扭矩及一维力传感器精度将达到0.1%以内。#公司产品将应用于人形机器人手腕和脚踝（六维力）、直线执行机构末端（一维拉压力）以及旋转执行机构末端（扭矩）。

资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

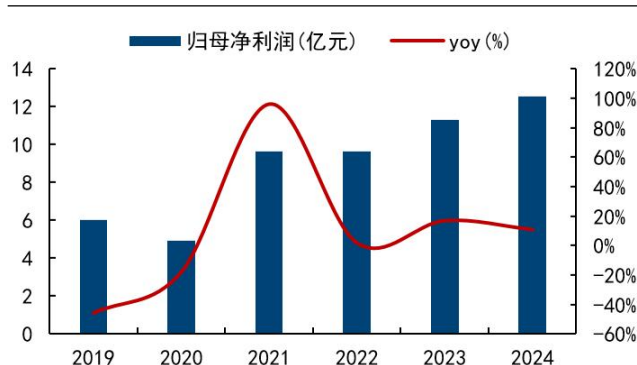
财务方面，2019-2024年中鼎股份营收复合增速为10.0%，规模实现稳定增长，利润率稳中有升。2024年公司实现营收188.5亿元，同比+9.3%；归母净利润12.5亿元，同比+10.6%；扣非净利润10.8亿元，同比+10.1%。分业务看，2024年公司橡胶制品业务营收142.7亿元，同比+7.8%；其他业务营收1.9亿元，同比+24.4%，增速显著高于主业，主要系公司布局新能源及智能网联汽车赛道，新业务加速放量。2024年公司新能源车业务营收达72.5亿元，占汽车业务40.2%，同比增长显著，彰显在热管理及轻量化底盘等核心赛道的全球竞争力。

图51：中鼎股份营业收入及同比



资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

图52：中鼎股份归母净利润及同比



资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

图53：中鼎股份毛利率及净利率

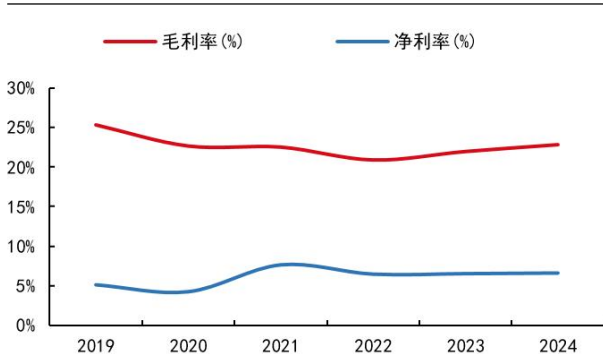
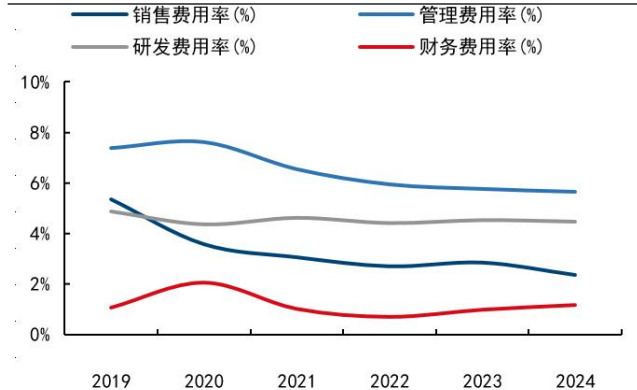


图54：中鼎股份期间费用率



资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

估值和投资建议：

假设前提

我们的盈利预测基于以下假设条件：

空悬系统：中鼎旗下德国 AMK 作为空气悬挂系统的高端供应商，截至目前公司国内空悬业务已获订单总产值约 152 亿元，其中总成产品订单总产值约 17 亿元，未来有望拿到更多项目定点。公司旗下子公司鼎瑜科技依托中鼎在橡胶领域的研发、制造等核心优势，专注于空气弹簧的研发、生产，并持续推进技术突破，不断提升产品性能，目前空气弹簧及储气罐产品已获得项目定点，预计 25/26/27 年业务收入为 14/18/23 亿元，同比分别+31%/+29%/+24%，考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销，毛利率有望逐步提升，假设毛利率分别为 21%/21%/22%。

轻量化底盘系统：中鼎近年来大力发展底盘轻量化系统总成产品，旗下子公司四川望锦公司核心技术为球头铰链总成产品，随着公司在底盘轻量化系统总成产品业务的不断推进，已经取得奔驰、长安、广汽、比亚迪等多个传统及新势力主机厂订单。公司也在积极布局海外轻量化市场，目前斯洛伐克及墨西哥的轻量化工厂有序建设中；2024 年轻量化业务累计获得订单约 142 亿元，预计 25/26/27 年业务收入 35/47/58 亿元，同比分别+39%/+34%/+23%，轻量化毛利率的提升主要依赖业务体量增长后带来的规模效应，假设毛利率分别为 14%/15%/16%。

热管理系统：中鼎旗下子公司德国 TFH 是发动机及新能源汽车电池热管理管路总成产品优秀供应商，拥有自主专利的独家生产技术 creatube 工艺以及 TPV 软管和尼龙管的核心技术，目前已经给宝马、沃尔沃、奥迪、大众、吉利、小鹏和理想等新能源汽车平台配套。2024 年公司热管理系统业务累计获得订单约 117 亿元。预计 25/26/27 年业务收入 53/55/58 亿元，同比分别+5%/+4%/+6%，假设毛利率维持相对稳定，为 17%/17%/17%。

密封系统：中鼎旗下子公司德国 KACO、美国 ACUSHNET 拥有国际前三的密封系统技术。KACO 为代表密封系统旗下企业积极推进新能源布局，已经开发配套成功高性能新能源电机密封。同时公司目前已开发批产新能源汽车模组密封系统和电桥总成等产品，为沃尔沃、蔚来、上汽、广汽等新能源汽车平台配套。公司近年不断加大业务拓展速度，尤其在美系车及自主品牌客户上有较大突破，行业市占率稳步提升。预计 25/26/27 年业务收入 42/44/47 亿元，同比分别+9%/+6%/+7%，预计毛利率一方面受到年降的影响，一方面受益于公司体量提升带来的规模效应，整体来看假设毛利率维持相对稳定，为 27%/27%/27%。

橡胶业务：汽车非轮胎橡胶制品的研发、生产和销售，本业务为公司的基盘业务之一，客户资源丰富，供货能力强，预计 25/26/27 年业务收入 46/52/57 亿元，同比分别+13%/+13%/+10%，整体来看假设毛利率维持相对稳定，为 18%/18%/18%。

整体来看，预计 25/26/27 年公司整体营收为 213.5/241.1/268.5 亿元，同比分别+13%/+13%/+11%，考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销，毛利率维持相对稳定的状态，假设毛利率分别为 22%/22%/22%。随产业进展提速叠加公司研发投入的持续，公司积极人形机器人相关业务，公司有望开拓全新增长曲线。

费率方面：我们认为公司费率有望逐渐趋稳，得益于规模上量后对于成本的摊销，假设 25/26/27 年公司研发费率为 4.8%/4.7%/4.5%，主要考虑到公司进行新业务布局需要一定的研发投入；管理层面，公司持续推进降本增效，保证公司运行效

率，假设 25/26/27 年公司管理费率为 5.2%/5.0%/4.9%；销售费率层面，考虑到公司新产品拓展需投入一定资源，假设 25/26/27 年销售费率为 2.2%/2.2%/2.1%。

表16: 中鼎股份业绩拆分 (亿元)

收入拆分	2022	2023	2024	2025E	2026E	2027E
空悬系统	6.8	8.2	10.7	14.0	18.1	22.5
YOY	8.5%	20.1%	29.5%	31.4%	29.3%	24.3%
毛利率	21.4%	22.7%	20.1%	20.5%	21.0%	21.5%
毛利	1.5	1.9	2.1	2.9	3.8	4.8
轻量化	11.2	19.2	25.2	35.0	47.0	58.0
YOY	41.7%	71.9%	31.0%	39.0%	34.3%	23.4%
毛利率	13.5%	9.4%	14.0%	14.0%	14.5%	15.5%
毛利	1.5	1.8	3.5	4.9	6.8	9.0
橡胶业务	34.3	36.0	40.6	46.0	52.0	57.0
YOY	24.5%	4.8%	12.8%	13.3%	13.0%	9.6%
毛利率	18.6%	18.7%	18.4%	18.4%	18.4%	18.4%
毛利	6.4	6.7	7.5	8.5	9.6	10.5
冷却系统	43.2	51.9	50.7	53.0	55.0	58.0
YOY	31.2%	19.9%	-2.2%	4.5%	3.8%	5.5%
毛利率	16.4%	16.5%	17.0%	17.0%	17.0%	17.0%
毛利	7.1	8.5	8.6	9.0	9.4	9.9
密封系统	31.8	36.3	38.1	41.5	44.0	47.0
YOY	4.1%	14.2%	4.7%	9.1%	6.0%	6.8%
毛利率	25.6%	26.0%	27.1%	27.3%	27.3%	27.3%
毛利	8.1	9.5	10.3	11.3	12.0	12.8
其他	21.7	20.8	23.3	24.0	25.0	26.0
YOY	6.1%	-4.1%	12.2%	2.9%	4.2%	4.0%
毛利率	30.6%	45.1%	46.9%	46.9%	46.9%	46.9%
毛利	6.6	9.4	10.9	11.2	11.7	12.2
合计	149.1	172.4	188.5	213.5	241.1	268.5
YOY	18.6%	15.6%	9.3%	13.2%	12.9%	11.4%
毛利率	20.9%	22.0%	22.8%	22.4%	22.1%	22.1%
毛利	31.1	37.9	43.0	47.8	53.3	59.2

资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理和预测 注: 因机器人量产节奏未明确, 因此本次预测存在暂未充分体现机器人业务带来的收益的不确定性, 具体以公司为准, 仅供参考。

按上述假设条件与假设, 预计 25/26/27 年公司整体营收为 213.5/241.1/268.5 亿元, 同比分别+13%/+13%/+11%, 考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销, 毛利率有望维持稳定, 分别为 22%/22%/22%, 归母净利润分别为 15.2/17.8/20.5 亿元, 同比增速为+21%/+17%/+15%, EPS 分别为 1.15/1.35/1.56 元。

表17: 未来 3 年盈利预测表(单位: 百万元)

	2024	2025E	2026E	2027E
营业收入	18854	21350	24110	26850
营业成本	14552	16567	18783	20930
销售费用	442	470	530	564
管理费用	1064	1178	1274	1384
研发费用	845	1025	1133	1208
营业利润	1526	1872	2193	2525
归属于母公司净利润	1252	1520	1780	2049
EPS	0.95	1.15	1.35	1.56
ROE	9.6%	10.9%	11.9%	12.6%

资料来源: Wind、国信证券经济研究所整理和预测

盈利预测的敏感性分析

表18: 情景分析（乐观、中性、悲观）

	2023	2024	2025E	2026E	2027E
乐观预测					
营业收入(百万元)	17244	18854	21400	24222	27029
(+/-%)	16.1%	9.3%	13.5%	13.2%	11.6%
净利润(百万元)	1131	1252	1848	2160	2480
(+/-%)	17.3%	10.6%	47.7%	16.8%	14.8%
摊薄 EPS	0.86	0.95	1.40	1.64	1.88
中性预测					
营业收入(百万元)	17244	18854	21350	24110	26850
(+/-%)	16.1%	9.3%	13.2%	12.9%	11.4%
净利润(百万元)	1131	1252	1520	1780	2049
(+/-%)	17.3%	10.6%	21.4%	17.1%	15.1%
摊薄 EPS(元)	0.86	0.95	1.15	1.35	1.56
悲观的预测					
营业收入(百万元)	17244	18854	21300	23999	26671
(+/-%)	16.1%	9.3%	13.0%	12.7%	11.1%
净利润(百万元)	1131	1252	1196	1407	1628
(+/-%)	17.3%	10.6%	-4.5%	17.7%	15.7%
摊薄 EPS	0.86	0.95	0.91	1.07	1.24
总股本(百万股)	1,316	1,316	1,316	1,316	1,316

资料来源：国信证券经济研究所预测

估值与投资建议

考虑公司的业务特点，我们采用绝对估值和相对估值两种方法来估算公司的合理价值区间。

绝对估值：24.7-26.4元

未来估值假设条件见下表：

表19: 公司盈利预测假设条件（%）

	2022	2023	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E
营业收入增长率	18.09%	16.11%	9.33%	13.24%	12.93%	11.36%	8.50%	4.00%
营业成本/营业收入	79.13%	78.05%	77.18%	77.60%	77.90%	77.95%	78.00%	78.00%
管理费用/营业收入	5.49%	5.36%	5.27%	5.20%	5.00%	4.90%	4.90%	4.90%
研发费用/营业收入	4.43%	4.54%	4.48%	4.80%	4.70%	4.50%	4.50%	4.50%
销售费用/销售收入	2.69%	2.83%	2.34%	2.20%	2.20%	2.10%	2.00%	2.00%
营业税及附加/营业收入	0.62%	0.60%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%
所得税税率	14.77%	18.69%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%
股利分配比率	40.59%	43.37%	39.65%	39.65%	39.65%	39.65%	39.65%	39.65%

资料来源：国信证券经济研究所预测

表20: 资本成本假设

无杠杆 Beta	0.8	T	19.05%
无风险利率	2.50%	Ka	8.10%
股票风险溢价	7.00%	有杠杆 Beta	0.94
公司股价(元)	19	Ke	9.06%
发行在外股数(百万)	1316	E/(D+E)	82.52%
股票市值(E, 百万元)	25013	D/(D+E)	17.48%
债务总额(D, 百万元)	5297	WACC	8.23%
Kd	5.30%	永续增长率(10年后)	2.0%

资料来源：国信证券经济研究所假设

根据以上主要假设条件，采用 FCFF 估值方法，得出公司价值区间为 24.7-26.4 元，估值中枢为 25.5 元。

表21: FCFF 估值

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E
EBIT	1,940.0	2,197.8	2,550.4	2,787.5	2,901.7	2,834.8	2,600.4	2,817.7	3,678.1
所得税税率	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%	19.05%
EBIT*(1-所得税税率)	1,570.4	1,779.2	2,064.6	2,256.5	2,349.0	2,294.8	2,105.1	2,281.0	2,977.4
折旧与摊销	641.2	692.1	724.0	755.6	788.1	821.0	853.9	884.5	912.0
营运资金的净变动	149.1	(619.0)	(618.9)	(3,693.7)	(344.7)	(238.7)	(248.6)	(171.3)	(213.9)
资本性投资	(657.5)	(451.0)	(451.0)	(501.0)	(501.0)	(501.0)	(501.0)	(401.0)	(401.0)
FCFF	1,703.2	1,401.2	1,718.7	(1,182.6)	2,291.4	2,376.1	2,209.5	2,593.3	3,274.5
PV(FCFF)	1,573.8	1,196.3	1,355.8	(862.0)	1,543.2	1,478.6	1,270.4	1,377.8	1,607.5
核心企业价值	37,395.8								
减：净债务	3,841.1								
股票价值	33,554.6								
每股价值	25.49								

资料来源：国信证券经济研究所假设

绝对估值的敏感性分析

该绝对估值相对于 WACC 和永续增长率较为敏感，下表为敏感性分析。

表22: 绝对估值相对折现率和永续增长率的敏感性分析（元）

		WACC 变化					
		25.49	8.1%	8.2%	8.25%	8.4%	8.5%
永续 增长 率变 化	2.3%	27.72	27.11	26.52	25.95	25.40	
	2.2%	27.33	26.74	26.16	25.61	25.07	
	2.1%	26.96	26.38	25.82	25.28	24.76	
	2.0%	26.60	26.03	25.49	24.96	24.45	
	1.9%	26.25	25.70	25.17	24.65	24.15	
	1.8%	25.91	25.37	24.85	24.35	23.86	
	1.7%	25.58	25.06	24.55	24.06	23.58	

资料来源：国信证券经济研究所分析

相对估值：24-25 元

对于相对估值，我们选取热管理全球领先公司三花智控、空悬业务国内优秀玩家保隆科技，以及轻量化+人形机器人借由布局的精锻科技为可比公司。近年来，中鼎股份一方面通过自身布局，一方面通过海外并购在美国、德国等地拥有 KACO、WEGU、AMK、TFH 等 20 余家多个细分领域的隐形冠军企业；打造出来包括空悬系统、轻量化、橡胶、冷却系统、密封系统等业务的平台型供货体系，同时公司积极推进人形机器人领域布局，旗下子公司安徽睿思博公司专注于拓展人形机器人部件总成产品相关业务，公司目前技术团队在谐波减速产品领域具备核心竞争优势，相关产线设备正在调试中。同时公司现有密封、橡胶业务及轻量化业务在机器人领域也有运用，人形机器人相关密封产品、橡胶产品及连杆产品也在同步开发中，部分产品已经完成定点配套。2025 年 5 月公司与核心技术团队合资设立合肥星汇传感技术有限公司，以推进人形机器人力觉传感器产品的进一步落地。合肥星汇传感技术有限公司主要产品为机器人力觉传感器，包括六维力传感器、扭矩传感器以及一维拉压力传感器等。其中六维力传感器产品综合准度将高于 0.5%，达到国内产品第一梯队水平，扭矩及一维力传感器精度将达到 0.1%以内。

公司产品将应用于人形机器人手腕和脚踝（六维力）、直线执行机构末端（一维拉压力）以及旋转执行机构末端（扭矩），预计 25/26/27 年公司整体营收为 213.5/241.1/268.5 亿元，同比分别 +13%/+13%/+11%，归母净利润分别为 15.2/17.8/20.5 亿元，同比增速为 +21%/+17%/+15%，EPS 分别为 1.15/1.35/1.56 元，参考可比公司估值，考虑到后续公司在机器人板块的持续布局，有望带来新的成长动力，给予公司 2025 年估值 21-22x PE，对应每股合理估值 24.2-25.4 元，相较当下具有 28%-34% 的上行空间。

表23: 可比公司估值

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘 收盘(元)	总市值 (亿元)	EPS			PE		
					2024A	2025E	2026E	2024A	2025E	2026E
002050.SZ	三花智控	优于大市	27.05	1,010	0.83	1	1.17	33	27	23
603197.SH	保隆科技	优于大市	39.70	85	1.43	2.26	2.69	28	18	15
300258.SZ	精锻科技	优于大市	14.90	77	0.33	0.45	0.53	45	33	28
	平均							35	26	22
000887.SZ	中鼎股份	优于大市	19.00	250	0.95	1.15	1.35	20	16	14

资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理和预测; 注: 数据时间为 5 月 8 日收盘价。

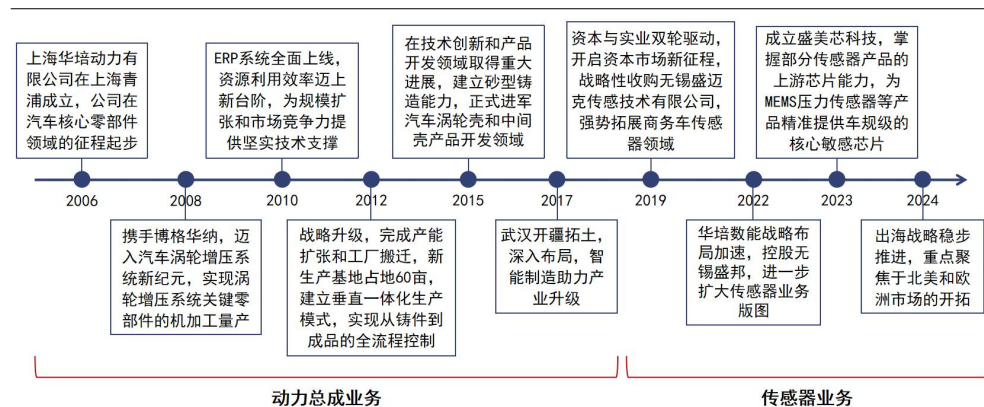
投资建议:

综上所述，预计中鼎股份 25/26/27 年公司整体营收为 213.5/241.1/268.5 亿元，同比分别 +13%/+13%/+11%，归母净利润分别为 15.2/17.8/20.5 亿元，同比增速为 +21%/+17%/+15%，EPS 分别为 1.15/1.35/1.56 元，参考可比公司估值，考虑到后续公司在机器人板块的持续布局，有望带来新的成长动力，给予公司 2025 年估值 21-22x PE，对应每股合理估值 24.2-25.4 元，相较当下具有 28%-34% 的上行空间，首次覆盖，给予“优于大市”评级。

■ 华培动力

华培动力成立于 2006 年，2019 年上市，是一家创新驱动的多元化产业集团。2023 年华培动力更名为“上海华培数能科技（集团）股份有限公司”；华培动力业务覆盖汽车涡轮增压零部件、放气阀零部件、涡轮壳、中间壳，汽车动力总成系统、变速箱、排放系统、底盘系统等系统的多品类压力传感器、温度传感器、速度传感器、位置传感器的研发与生产。2024 年公司营收 12.4 亿元，同比 -1.6%，归母净利润 0.7 亿元，同比 -43.4%。

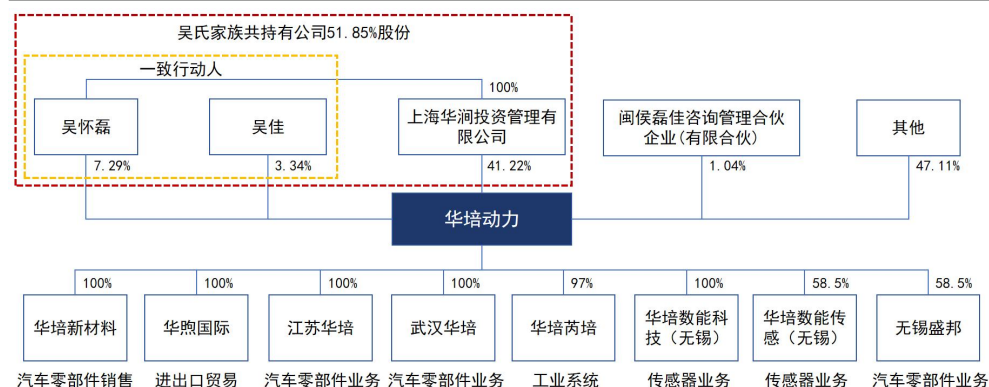
图55: 华培动力历史沿革



资料来源: 公司官网, 公司公告国信证券经济研究所整理

公司股权较为集中，子公司分工明确。华培动力实际控制人为吴怀磊，担任公司董事长兼总经理职务，直接持有公司 7.29% 的股权，通过上海华润投资管理有限公司间接持有公司 41.22% 的股权，吴怀磊直接和间接合计持有公司 48.51% 的股权。同时，吴怀磊与吴佳为夫妻关系，为一致行动人。吴怀磊通过一致行动人吴佳间接控制公司 3.34% 的股权。吴氏家族共计持有公司 51.85% 股权。华培动力子公司分工明确，公司治理架构合理。

图56: 华培动力股权结构图及控股公司情况



资料来源：公司公告，天眼查，wind，国信证券经济研究所整理

公司主要业务为动力总成及传感器业务，积极向机器人领域拓展业务。

- ✓ **动力总成业务**主要产品为汽车发动机涡轮增压系统的核心零部件，包括放气阀组件、涡轮壳和中间壳及其他零部件等。放气阀组件的功能主要是用于避免涡轮壳内部压强过大、温度过高，从而稳定涡轮增压器进气端的压强；涡轮壳为涡轮增压器工作的腔体；中间壳为涡轮增压器轴承壳体。
- ✓ **传感器业务**以子公司华培无锡、华培传感无锡、盛美芯为业务基础，主要产品涵盖全压力量程范围的压力传感器、速度位置传感器、温度传感器、尿素品质传感器等多品类传感器及部分核心芯片。

图57: 华培动力产品矩阵



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

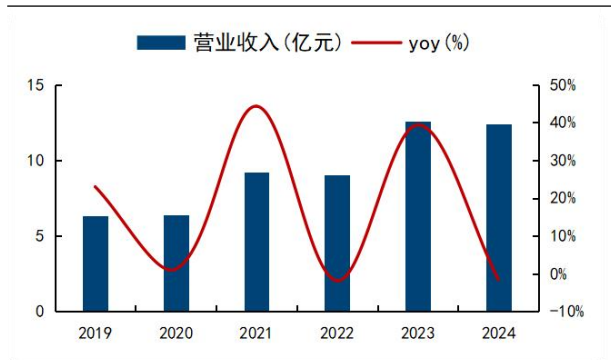
- ✓ **公司向机器人领域积极拓展业务。**基于头部机器人厂商实际需求和已有技术能力积极推进研发工作，同步整合内外部资源，开启机器人子公司或机器人事业部的筹备工作。公司利用已有的车规级 MEMS 压力芯片和硅应变计的自主设计及封装测试的能力，寻求从玻璃微熔 MSG 高压压力传感器向六维力矩传感器延展的突破，力争在 2025 年内实现产品的研发落地。在技术储备上，公司有深厚的压力传感器技术底蕴，拥有至少四条压力传感器技术路线，从传感器组装到核心压力传感器制造完全掌握且有百分百自主知识产权。从汽车压力传感器转向机器人六维力传感器并非完全跨界，在惠斯通电桥设计印刷、对应采样电路芯片设计上有超十年应用和设计经验，还有长时间出货量积累的市场匹配和应用经验，对六维力传感器的设计和工艺设计有延续性好处。此外，公司在商用车领域掌握了金属应变片工艺和技术，对金属弹性体研究有独到见解和工艺控制诀窍，可避免在六维力传感器研发上从零开始摸索。

客户方面，公司精益求精，持续拓展优质客户。

- **动力总成业务：**产品最终应用于福特、沃尔沃、戴姆勒-奔驰、长城、东风、宝马、上汽、大众、捷豹、比亚迪、理想等终端汽车整车品牌。公司作为二级供应商供应放气阀组件、涡轮壳和中间壳等产品给一级供应商，客户包括博格华纳、盖瑞特、三菱重工、石川岛播磨、博马科技等全球知名涡轮增压器整机制造商。此外公司还作为三级供应商，供应放气阀组件类产品给二级供应商，包括美达工业、科华控股等涡轮增压器零部件制造商。
- **传感器业务：**公司传感器业务主要服务于国内商用车前装市场，客户涵盖一汽解放、中国重汽、陕汽、三一重工等商用车主机厂，潍柴动力、康明斯、玉柴、锡柴、云内、常柴等国内外主流发动机厂商以及 Bosch、秦泰等汽车尾气排放系统厂商。同时，公司已在乘用车市场获得初步突破，未来将在继续乘用车市场扩大投资，获取更多客户和市场。

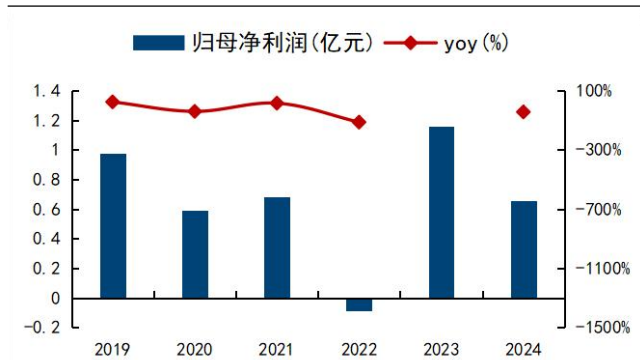
财务方面，2019-2024 年华培动力营收复合增速 11.9%，2024 年实现营收 12.4 亿元，同比-1.6%。分业务看，2024 年发动机进气系统业务营收 9.9 亿元，同比-2.3%。汽车传感器业务实现增长，实现营收 2.4 亿元，同比+1.0%。2024 年公司归母净利润 0.7 亿元，同比-43.4%，主要系业务拓展的人工成本和市场开拓费增加，人工成本及折旧摊销增加，加大研发投入所致；扣非净利润 0.5 亿元，同比+7.9%。未来随着机器人传感器业务逐渐布局、成熟，公司盈利能力有望稳步提升。

图58：华培动力营业收入及同比



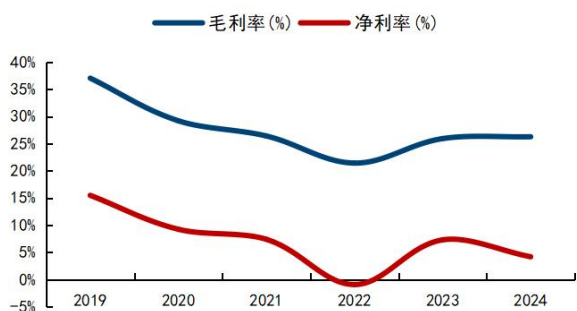
资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

图59：华培动力归母净利润及同比



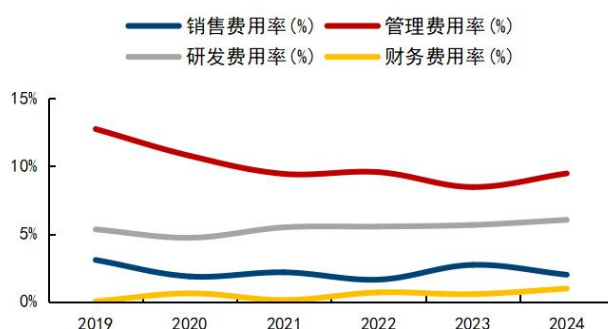
资料来源：wind，国信证券经济研究所整理

图60: 华培动力毛利率及净利率



资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理

图61: 华培动力期间费用率



资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理

估值和投资建议:

假设前提

我们的盈利预测基于以下假设条件:

动力总成业务: 动力总成业务涵盖的主要产品为汽车发动机涡轮增压系统的核心零部件, 包括放气阀组件、涡轮壳和中间壳及其他零部件等。一方面持续夯实与博格华纳、盖瑞特等国际头部客户的合作关系, 依托核心产品竞争力稳固市场标杆地位; 另一方面陆续成功开发 Scania、三菱重工、利纳马、克诺尔、石川岛播磨等客户新项目并顺利投产, 业务增长动能持续强化。2024 年 1 月公司功赢得“戴姆勒酒杯项目”全部订单并签署定点, 该项目在 2024 年为公司带来近 1 亿元销售额, 预计后续公司底盘零部件业务有望稳定增长, 但考虑到行业的原因, 我们预计此业务有望逐步提升, 预计 25/26/27 年业务收入为 11/11/12 亿元, 同比分别 +7%/+5%/+4%; 考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销, 毛利率有望维持相对稳定, 假设毛利率分别为 30%/30%/30%。

传感器业务: 以子公司华培无锡、华培传感无锡、盛美芯为业务基础, 主要产品涵盖全压力量程范围的压力传感器、速度位置传感器、温度传感器等多品类传感器及部分核心芯片。传感器业务在国内商用车领域市场占有率保持领先的已有优势下, 持续积极按照由国内到国际、由商用车领域向乘用车领域进行拓展。

- 1) 持续获得定点: 公司作为博世在中国的陶瓷压力传感器供应商, 取得了显著的业务进展。基于公司在新品开发上的技术优势, 公司为博世开发的天然气发动机压力温度传感器项目已于 2024 年二季度成功实现量产, 标志着公司在高精度传感器领域的制造能力迈上新台阶; 同时公司竞标获得博世排气温度传感器项目, 预计在 2025 年二季度完成小批交付并在年内实现批量供货; 在国内自主品牌汽车市场方面, 公司于 2024 年第三季度陆续获得比亚迪压力传感器及雨量阳光传感器的项目定点并同步完成开发, 两个项目均将于 2025 年年初开始小批量供货。2024 年下半年公司完成全新自主品牌乘用车 M 公司的审厂及供应商代码准入工作并获取项目报价机会, 预计 2025 年完成项目定点及量产交付; 2) 潜在并购: 同时公司以扩充传感器品类、促进获取全球客户和业务、实现规模效应为战略目标, 根据公司年报, 公司将积极探索利用外延式并购的方式, 寻求国内及海外汽车传感器标的, 进一步提升公司在汽车传感器领域的行业地位及市场份额。

结合以上，预计公司传感器业务板块 25/26/27 年业务的营业收入分别为 3/4/6 亿元，同比分别+20%/+40%/+35%；考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销，毛利率有望略有提升，假设毛利率分别为 15%/16%/17%。

此外在机器人领域，公司基于头部机器人厂商实际需求和已有技术能力积极推进研发工作，同步整合内外部资源，开启机器人子公司或机器人事业部的筹备工作。

整体来看，预计 25/26/27 年公司整体营收为 14/15/17 亿元，考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销，毛利率维持相对稳定的状态，假设毛利率分别为 26%/26%/25%。

费率方面：

- 公司 2024 年业绩的下滑核心因素在于费用的提升，其中研发费用同比+5%，主要系加大研发投入所致；其中管理费用同比+10%，主要系人工成本及折旧摊销增加所致；其中销售费用同比+17%，主要系报告期内业务拓展的人工成本和市场开拓费增加所致，如公司 24 年完成了对华培无锡、华培传感无锡和盛美芯的深度整合，通过全面上线 OA、ERP、PLM 等信息化系统，实现了从人力资源管理、供应链管理、研发创新、生产制造、产品质量控制到销售团队协作的全流程一体化整合，跨部门协同效率显著提升；
- **我们认为随着公司业务的持续放量，整体费率有望逐渐得到控制并趋稳**，假设 25/26/27 年公司研发费率为 6%/5%/5%；管理层面，公司持续推进降本增效，保证公司运行效率，假设 25/26/27 年公司管理费率为 7%/7%/6%；销售费率层面，考虑到公司新产品拓展需投入一定资源，假设 25/26/27 年销售费率为 2%/2%/2%。

表24: 华培动力业绩拆分（亿元）

	2022	2023	2024	2025E	2026E	2027E
发动机进气系统						
收入	8	10	10	11	11	12
YOY		22%	-2%	7%	5%	4%
成本	7	7	7	7	8	8
毛利	2	3	3	3	3	3
毛利率(%)	20.5%	28.1%	29.2%	29.5%	29.5%	29.5%
汽车传感器						
收入	1	2	2	3	4	6
YOY		290%	1%	20%	40%	35%
成本	0	2	2	2	3	5
毛利	0	0	0	0	1	1
毛利率(%)	33.5%	16.9%	14.5%	15.0%	15.5%	16.5%
其他业务						
收入	0	0	0	0	0	0
YOY		-88%	100%	5%	5%	5%
成本	0	0	0	0	0	0
毛利	0	0	0	0	0	0
毛利率(%)	25.0%	21.5%	14.6%	15.0%	15.0%	15.0%
合计						
收入	9	13	12	14	15	17
YOY		39%	-2%	10%	13%	12%
成本	7	9	9	10	11	13
毛利	2	3	3	4	4	4
毛利率(%)	21.4%	25.9%	26.2%	26.4%	25.7%	25.3%

资料来源：wind，国信证券经济研究所整理和预测 注：因机器人量产节奏未明确，因此本次预测存在暂未

充分体现机器人业务带来的收益的不确定性，具体以公司为准，仅供参考。

按上述假设条件与假设，预计 25/26/27 年公司整体营收为 14/15/17 亿元，考虑到后续产品持续放量带来的成本摊销，毛利率维持相对稳定的状态，假设毛利率分别为 26%/26%/25%；归母净利润分别为 1.0/1.4/1.7 亿元，同比增速为 +49%/+43%/+18%，EPS 分别为 0.29/0.41/0.49 元。

表25: 未来 3 年盈利预测表(单位: 百万元)

	2024	2025E	2026E	2027E
营业收入	1240	1359	1529	1718
营业成本	915	1001	1136	1283
销售费用	9	10	12	13
管理费用	25	27	30	34
研发费用	117	106	110	121
营业利润	65	98	141	166
归属于母公司净利润	66	98	140	165
EPS	0.19	0.29	0.41	0.49
ROE	5%	8%	12%	14%

资料来源: Wind、国信证券经济研究所整理和预测

盈利预测的敏感性分析

表26: 情景分析(乐观、中性、悲观)

	2023	2024	2025E	2026E	2027E
乐观预测					
营业收入(百万元)	1261	1240	1361	1535	1728
(+/-%)	39.4%	-1.6%	9.7%	12.8%	12.6%
净利润(百万元)	116	66	123	168	197
(+/-%)	-1476.1%	-43.4%	87.0%	37.0%	17.2%
摊薄 EPS	0.34	0.19	0.36	0.50	0.58
中性预测					
营业收入(百万元)	1261	1240	1359	1529	1718
(+/-%)	39.4%	-1.6%	9.6%	12.5%	12.3%
净利润(百万元)	116	66	98	140	165
(+/-%)	-1476.1%	-43.4%	49.2%	43.0%	18.1%
摊薄 EPS(元)	0.34	0.19	0.29	0.41	0.49
悲观的预测					
营业收入(百万元)	1261	1240	1356	1523	1707
(+/-%)	39.4%	-1.6%	9.4%	12.3%	12.1%
净利润(百万元)	116	66	73	112	134
(+/-%)	-1476.1%	-43.4%	11.9%	52.9%	19.3%
摊薄 EPS	0.34	0.19	0.22	0.33	0.40
总股本(百万股)	343	339	339	339	339

资料来源: 国信证券经济研究所预测

估值与投资建议

投资建议:

选取力传感器领先公司柯力传感、温度及压力传感器领先玩家安培龙、在机器人核心部件丝杠中具有深度布局的北特科技作为可比公司:

我们认为基于 1) 公司积极布局机器人领域, 推进研发+整合内外资源; 2) 公司具备车规级 MEMS 压力芯片和硅应变计的自主设计及封装测试的能力, 具备六维力传

感器的研发实力和技术禀赋；具体来看，1) 在机器人领域，基于头部机器人厂商的实际需求和已有技术能力积极推进研发工作，同步整合内外部资源，开启机器人子公司或机器人事业部的筹备工作；2) 公司利用已有的车规级 MEMS 压力芯片和硅应变计的自主设计及封装测试的能力，寻求从玻璃微熔 MSG 高压压力传感器向六维力矩传感器延展的突破，力争在 2025 年内实现产品的研发落地。3) 在技术储备上，公司有深厚的压力传感器技术底蕴，拥有至少四条压力传感器技术路线，从传感器组装到核心压力传感器制造完全掌握且有百分百自主知识产权，还有长时间出货量积累的市场匹配和应用经验，对六维力传感器的设计和工艺设计有延续性好处；此外公司在商用车领域掌握金属应变片工艺和技术，对金属弹性体研究有独到见解和工艺控制诀窍，可避免在六维力传感器研发上从零开始摸索。预计 25/26/27 年公司整体营收为 14/15/17 亿元，归母净利润分别为 1.0/1.4/1.7 亿元，同比增速为+49%/+43%/+18%，EPS 分别为 0.29/0.41/0.49 元，考虑到目前公司估值水平较高，潜在机器人业务目前尚未贡献核心利润增量，暂“无评级”。

表27：可比公司估值

公司 代码	公司 名称	投资 评级	昨收盘 收盘（元）	总市值 （亿元）	EPS			PE		
					2024	2025E	2026E	2024	2025E	2026E
603009.SH	北特科技	无评级	47.35	160	0.21	0.33	0.48	225	143	99
603662.SH	柯力传感	无评级	68.07	192	0.92	1.31	1.57	74	52	43
301413.SZ	安培龙	无评级	93.90	92	0.84	1.33	1.73	112	71	54
	平均							137	89	65
603121.SH	华培动力	无评级	24.84	84	0.19	0.29	0.41	128	86	60

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理和预测；注：数据时间为 5 月 8 日收盘价；未评级公司采用 wind 一致预期的盈利预测。

风险提示

估值的风险

我们采取了绝对估值和相对估值方法，多角度综合得出凌云股份合理估值在 22-23 元，中鼎股份合理估值在 24-25 元，但二者的估值是建立在相关假设前提基础上的，特别是对公司未来几年自由现金流的计算、行业贝塔估算、加权平均资本成本（WACC）的计算、TV 的假定和可比公司的估值参数的选定，都融入很多人的判断，进而导致估值出现偏差的风险，具体来说：

可能由于对公司显性期和半显性期收入和利润增长率估计偏乐观，导致未来 10 年自由现金流计算值偏高，从而导致估值偏乐观的风险；

加权平均资本成本（WACC）对公司绝对估值影响非常大：

- 凌云股份：我们在计算 WACC 时假设无风险利率为 2.5%、风险溢价 7%，可能仍然存在对该等参数估计或取值偏低、导致 WACC 计算值偏低，从而导致公司估值高估的风险；
- 中鼎股份：计算 WACC 时假设无风险利率为 2.5%、风险溢价 7%，可能仍然存在对该等参数估计或取值偏低、导致 WACC 计算值偏低，从而导致公司估值高估的风险

我们假定未来 10 年后公司 TV 增长率为 2.0%（中鼎股份为 2%，凌云股份为 2%），公司所处行业可能在未来 10 年后发生较大的不利变化，公司持续成长性实际很低或负增长，从而导致公司估值高估的风险；

相对估值方面：

- 凌云股份：我们选取传感器领先公司柯力传感、主业具有一定相似性的结构件公司祥鑫科技、机器人执行器与热管理领先的公司三花智控为可比公司，选取了可比公司 2025 年平均 PE 作为相对估值的参考，最终给予公司 2025 年估值 25-26x PE，可能未充分考虑市场及该行业整体估值偏高的风险。
- 中鼎股份：我们选取热管理全球领先公司三花智控、空悬业务国内优秀玩家保隆科技，以及轻量化+人形机器人借由布局的精锻科技为可比公司，选取了可比公司 2025 年平均 PE 作为相对估值的参考，最终给予公司 2025 年估值 21-22x PE，可能未充分考虑市场及该行业整体估值偏高的风险。

盈利预测的风险

对于凌云股份：

- ◆ 我们假设公司未来 3 年收入增长+8%/+8%/+6%，可能存在对公司产品销量及价格预计偏乐观进而高估未来 3 年业绩的风险。
- ◆ 我们预计公司未来 3 年毛利率分别为 18%/18%/19%，可能存在对公司成本估计偏低、毛利高估，同时考虑到公司未来将在人形机器人等新领域保持投入布局，可能存在对公司费用估计偏低，从而导致对公司未来 3 年盈利预测值高于实际值的风险。
- ◆ 公司布局人形机器人业务（力传感器、机器人智能关节及机械臂等），若机器人行业发展不及预期或新业务进展不及预期，存在高估公司未来业绩风险。

对于华培动力：

- ◆ 我们假设公司未来 3 年收入增长+10%/+13%/+12%，可能存在对公司产品销量及价格预计偏乐观进而高估未来 3 年业绩的风险。
- ◆ 我们预计公司未来 3 年毛利率分别为 26%/26%/25%，可能存在对公司成本估计偏低、毛利高估，同时考虑到公司未来将在人形机器人等新领域保持投入布局，可能存在对公司费用估计偏低，从而导致对公司未来 3 年盈利预测值高于实际值的风险。
- ◆ 公司布局人形机器人业务（六维力矩传感器等），若人形机器人行业发展不及预期或公司新业务进展不及预期，存在高估公司未来业绩风险。

对于中鼎股份：

- ◆ 我们假设公司未来 3 年收入增长+13%/+13%/+11%，可能存在对公司产品销量及价格预计偏乐观进而高估未来 3 年业绩的风险。
- ◆ 我们预计公司未来 3 年毛利率分别为 22%/22%/22%，可能存在对公司成本估计偏低、毛利高估，同时考虑到公司未来将在人形机器人等新领域保持投入布局，可能存在对公司费用估计偏低，从而导致对公司未来 3 年盈利预测值高于实际值的风险。
- ◆ 公司布局人形机器人业务比如减速器、关节、六维力矩传感器等，若人形机器人行业发展不及预期或公司业务进展不及预期，存在高估公司未来业绩风险。

经营风险

行业竞争加剧的风险：

- 凌云股份：主营业务竞争格局相对分散，行业内存在一定体量的其他供应商，随着行业竞争加剧，若公司未来不能持续维持竞争优势，提高自身竞争力，在更加激烈的市场竞争中，公司将面临市场份额下降的风险。
- 中鼎股份：主营业务中比如橡胶、密封业务处于相对成熟的市场中，行业有一定的竞争，若公司未来不能持续维持竞争优势，提高自身竞争力，在更加激烈的市场竞争中，公司将面临市场份额下降的风险。
- 华培动力：公司主营业务中的中的动力总成业务涵盖的主要产品为汽车发动机涡轮增压系统的核心零部件，处于相对成熟的市场中，行业有一定的竞争，若公司未来不能持续维持竞争优势，提高自身竞争力，在更加激烈的市场竞争中，公司将面临市场份额下降的风险。

新产品的研发及市场推广的风险：

- 凌云股份：拟在经营范围中增加传感器、机器人智能关节及机械臂等关键部件研发销售以及相关业务，依托现有技术、人才基础，结合公司市场开发优势，发挥互补优势和协同效应，实现资源优化配置和有效整合。现已生产出相关样件，公司积极把握潜在市场机会，加强与行业内相关企业沟通交流。传感器业务处于产品研制、产线布局、客户对接阶段，如果不能顺利获得市场认可，将会对公司长期成长性带来一定影响。
- 中鼎股份：旗下子公司安徽睿思博公司专注于拓展人形机器人部件总成产品相关业务。合资设立合肥星汇传感技术有限公司，推进力觉传感器产品的进一步落地；星汇传感主要产品为机器人力觉传感器，包括六维力传感器、扭矩传感器及一维拉压力传感器等。公司持续发力机器人相关布局，如不能顺利获得市场认可，将会对长期成长性带来一定影响。
- 华培动力：在机器人领域，公司基于头部机器人厂商的实际需求和已有技术能力积极推进研发工作，同步整合内外部资源，开启机器人子公司或机器人事业部的筹备工作。公司持续发力机器人相关布局，如不能顺利获得市场认可，将会对长期成长性带来一定影响。

地缘风险：从国际来看，世界政治局势、地缘冲突等潜在风险仍然存在，汽车行业供应链全球化等市场竞争加剧，汇率、通货紧缩等风险依然存在。从国内来看，汽车市场内卷不断加剧，价格不断下探，零部件企业利润空间进一步被压缩。

金融风险：受市场供求因素、国际收支、国际竞争等各项因素交织叠加，全球经济发展面临巨大挑战，复杂多变的政经环境或将加剧汇率市场波动；随着金融监管制度的限制日趋严格，金融机构内保外贷政策收紧，银行审批的程序复杂、时间长，境外企业项目资金缺口及内保外贷续贷存在压力。

技术风险

关键技术人才流失风险：关键技术人才的培养和管理是公司竞争优势的主要来源之一。随着行业竞争格局的变化，对行业技术人才的争夺将日趋激烈。若公司未来不能在薪酬、待遇等方面持续提供有效的奖励机制，将缺乏对技术人才的吸引力，可能导致现有核心技术人员流失，这将对公司的生产经营造成重大不利影响。

核心技术泄密风险：经过多年的积累，公司自主研发积累了一系列核心技术，这些核心技术是公司的核心竞争力。如果未来关键技术人员流失或在生产经营过程中相关技术、数据、图纸、保密信息泄露进而导致核心技术泄露，将会在一定程度上影响公司的技术研发创新能力和市场竞争力，对公司的生产经营和发展产生不利影响。

免责声明

分析师声明

作者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，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12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（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.CSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票 投资评级	优于大市	股价表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	股价表现弱于市场代表性指数10%以上
		无评级	股价与市场代表性指数相比无明确观点
	行业 投资评级	优于大市	行业指数表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	行业指数表现弱于市场代表性指数10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中所提及的意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层
邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层
邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层
邮编：100032