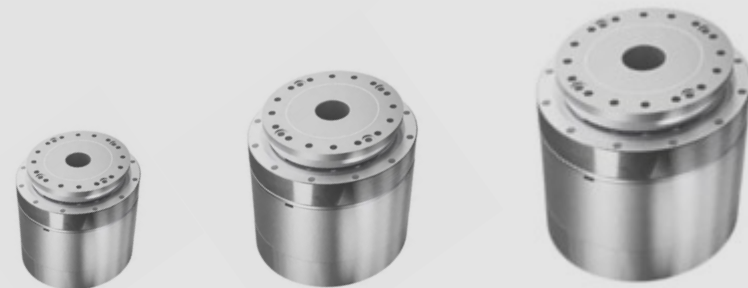


2026年全球及中国人形机器人关节模组市场发展白皮书

—by M2 觅途咨询具身智能研究院

2026年6月



全球及中国人形机器人及关节模组市场核心洞察：

人形机器人正加速进入规模化量产阶段，产业价值将从整机制造逐步迁移至关节模组等核心系统环节；在汽车Tier1模式复制与灵巧手需求爆发的双重驱动下，具备系统集成与工业化能力的关节模组企业有望成为未来十年最大的产业赢家。

洞察一、2026成为人形机器人规模化商业验证元年，产业化进程明显快于市场预期

2026年，人形机器人产业正式步入规模化量产元年。头部整机厂商普遍更新扩产计划，“万台级”年产能落地，商用订单已从百台级向千台级跃迁。以此节奏判断，2030年前商业化进程有望较此前预期提前2-3年。

洞察二、关节模组是人形机器人价值最集中的核心环节，决定整机性能边界与商业化上限

关节模组占整机BOM约35%-60%，同时决定运动性能、可靠性与成本水平；其高度耦合机械结构、控制系统与热管理方案，是整机厂最难替换、最具锁定效应的核心系统。

洞察三、混合关节架构将成主流，准直驱（QDD）是国产人形的核心方向

人形机器人不会收敛于单一技术路线，谐波（上半身精密关节）+ QDD准直驱（下肢高动态）+ 行星（成本敏感场景）的混合架构将成主流。准直驱已完成从学术路线到工程化验证的跨越，2026年在宇树、智元等主流机型上大规模落地。

洞察四、国产人形驱动市场七成需求，中国供应链是全球最大的关节模组市场

2025年全球关节模组需求~72万个，国产人形整机需求占70%。中国供应商在规模、响应速度和成本上具备天然优势，但需加快从零部件厂商向关节模组集成商升级。

洞察五、人形机器人产业价值中心正在迁移：2030年后关节模组Tier1将主导产业

类比汽车Tier1演化规律，人形机器人价值链将从整机厂全链路自研（当前阶段）→整机厂+关节模组共主导（规模量产阶段）→关节模组Tier1主导（产业成熟阶段）三阶段迁移。量产规模突破、成本压力和迭代速度共同驱动整机厂向链主定义+Tier1集成模式转型。

洞察六、竞争核心正从性能领先转向工业化领先，可复制的制造能力成为新护城河

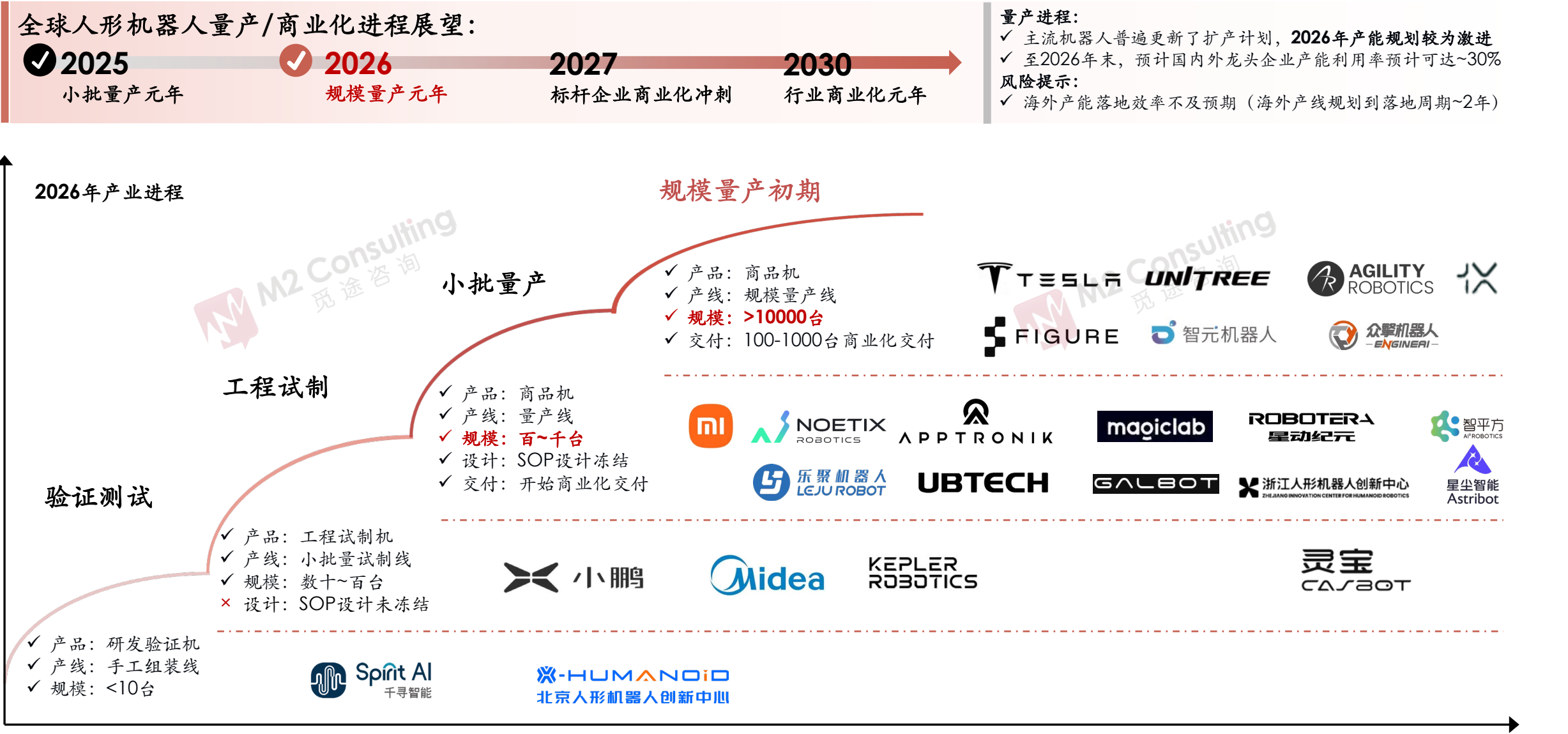
关节模组已进入驱控一体化阶段，未来竞争不再聚焦峰值性能指标，而是量产一致性、交付稳定性、良率水平与成本控制能力；工业化能力将成为企业间最重要的分水岭。

洞察七、下一个增长曲线：灵巧手微型关节将是下一个高壁垒、高价值、高增速赛道

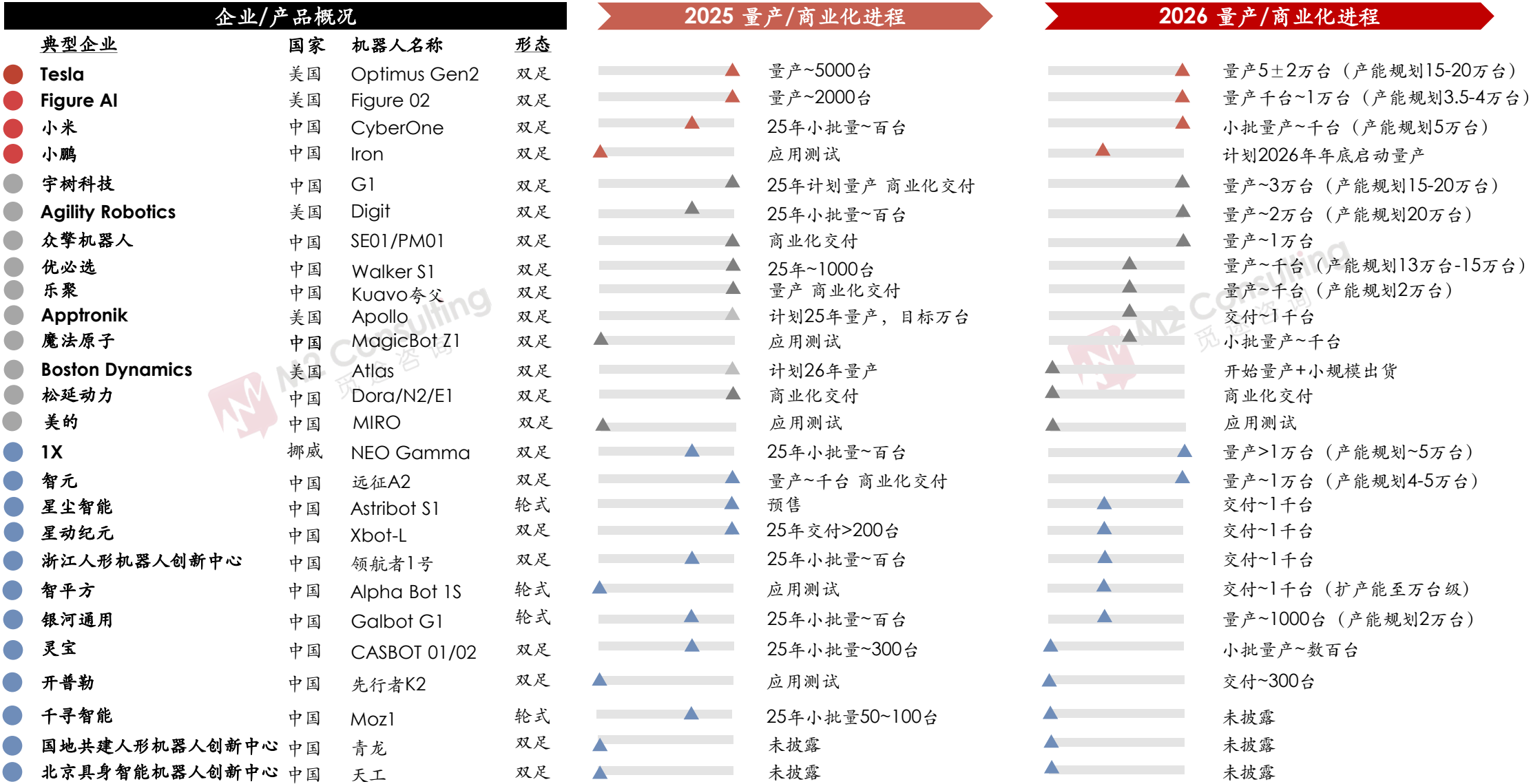
人形机器人产业正在从“运动能力竞争”走向“操作能力竞争”；灵巧手将成为下阶段主战场。微型关节占灵巧手成本40%~60%。精密制造、一致性与良品率构成的高壁垒，将使灵巧手微型关节成为下一阶段最具爆发力的增量赛道。

1. 市场全景与量产进程：2026开启规模量产元年，人形机器人正式进入商业验证周期
2. 技术路线与价值链重构：关节模组决定整机性能边界，是产业价值创造的核心载体
3. 产业链全景与供应链演进：Tier1模式正在形成，关节模组有望成为产业价值迁移中心
4. 竞争&降本路径：竞争焦点从性能领先转向工业化领先
5. 另一个机会点——灵巧手开启下一轮价值增长周期

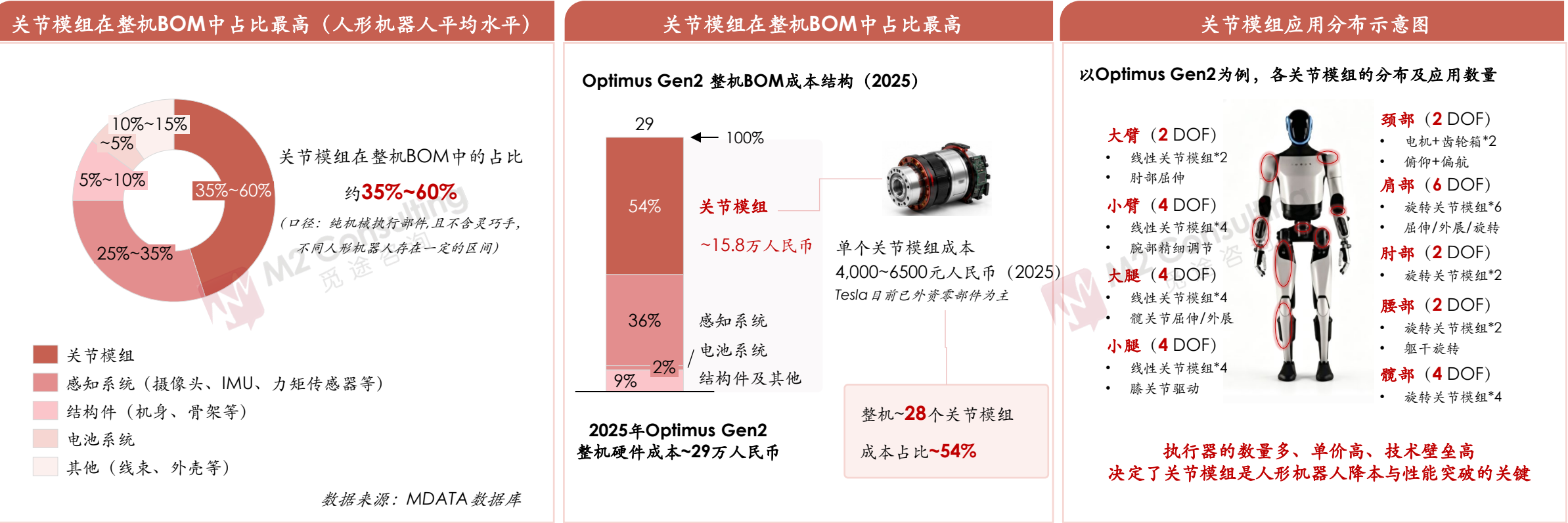
2026成为人形机器人规模化商业验证元年。头部整机厂商普遍更新扩产计划，“万台级”年产能落地，商用订单从百台向千台级跃迁。以此节奏判断，2030年前商业化进程有望较此前预期提前2-3年。



2026年全球头部人形机器人企业（特斯拉、优必选、宇树、智元等）合计规划产能突破10万台，实际下线交付预计达4-6万台，首次形成规模化供应能力。



Source: M2 研究分析；量产/商业化进程、场景信息基于企业公开信息、行业专家访谈，最新进展持续更新中；转载引用内容请标明来源



关节模组的
战略重要性

决定运动性能上限
扭矩密度、响应速度、精度、力控能力的核心载体

价值量最高
BOM占比最高，降本空间最大

技术壁垒最高
机电一体化、精密传动、力控算法深度耦合，一旦确定规格路线替换成本极高

影响整机可靠性与寿命
高负载、高频运动场景下的核心可靠性来源

产业链卡脖子环节
高性能电机、精密减速器、力矩传感器、控制算法仍需突破

关节模组不是零部件，而是机器人运动能力的系统级载体；电机、减速器、传感器与控制算法深度融合，共同决定机器人运动能力上限。

定义

人形机器人关节模组是**集成电机、传动机构、传感器、驱动控制与热管理**的一体化机电执行单元，用于实现机器人单自由度或多自由度的运动控制与力控制，是决定机器人运动性能、动态响应与负载能力的核心部件。



电机

提供动力输出



传动机构

减速增扭/变换运动形式 位置/速度/力矩感知



传感器



驱动控制

驱动与控制算法



热管理

散热与温控保障



关节模组的分类



一、按运行形式（一级分类）

1 旋转执行器

运动形式: 绕固定轴旋转摆动，1个旋转自由度。

核心结构: 电机+减速器+编码器+力矩传感器+驱动器

应用部位: 肩、肘、腕、腰等轻/中载，灵活摆动与精密控制

2 线性执行器

运动形式: 沿固定轴直线伸缩。1个平移自由度。

核心结构: 电机+滚珠/行星滚柱丝杠+编码器+力传感器+驱动器

应用部位: 膝、踝、髋等伸缩运动重载、高冲击、承重关节

二、旋转执行器按驱动/传动方案(二级分类)

①直驱型(DD)

- 无减速器，电机直接出扭矩
- 零背隙、高响应、力控优异
- 扭矩密度相对较低，成本较高

减速比	1:1
核心优势	零背隙、高响应
适用场景	精密力控、小负载

②准直驱型(QDD)

传动：低减速比行星/摆线减速机/同步带

- 低减速比方案，通常3-10:1
- 电流环直接力控，无力矩传感器
- 兼顾效率、力控与反驱性、成本低

减速比	3~10:1
核心优势	高效率、力控好
适用场景	中载、人机交互

③谐波减速机方案

- 高减速比，通常30-160:1
- 结构紧凑、精度高、轻量化
- 反向效率较低，抗冲击能力一般

减速比	30~300:1
核心优势	紧凑、高精度
适用场景	上肢、轻载精密

④RV减速机方案

- 高减速比，通常20-50:1
- 高刚性、抗冲击、大扭矩、寿命长
- 体积较大、重量较大

减速比	50~320:1
核心优势	抗冲击、大扭矩
适用场景	下肢、重载负载

⑤行星减速机方案

- 高减速比，结构成熟
- 成本较低，效率较高
- 精度与体积介于谐波与RV之间

减速比	3~20:1 (单级)
核心优势	成本低、通用性强
适用场景	通用场景、成本敏感

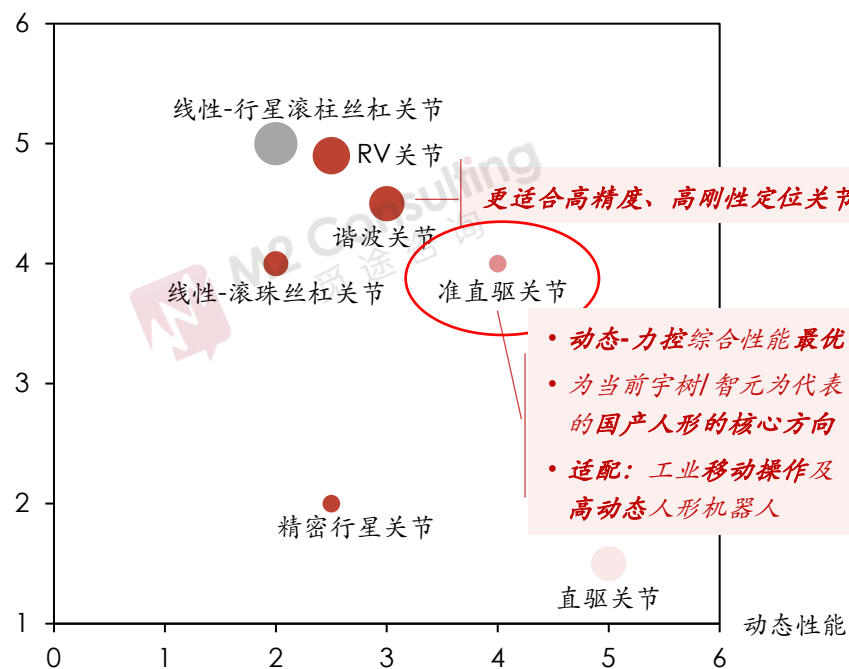
Source: M2研究 & 分析;

混合关节架构将成主流，准直驱关节是国产人形的核心方向；不同技术正围绕动态性能、负载能力、成本与场景适配形成长期分化。

主流关节模组的二维技术定位

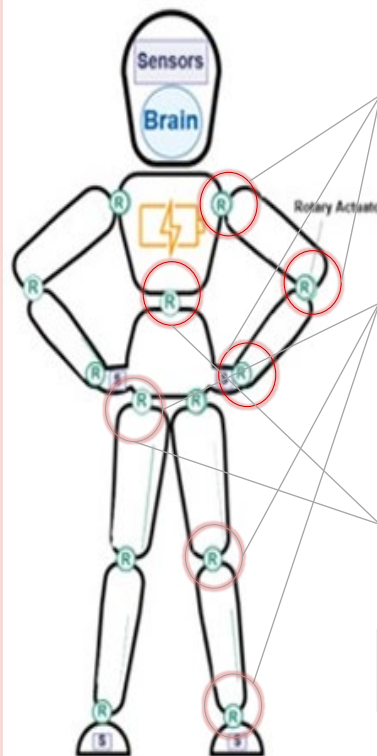
● 小规模探索 ● 快速产业化 ● 规模化 ● 早期阶段

负载/刚性



• 横轴：动态性能反应关节模组在高速、连续、复杂运动中控制与执行能力
• 纵轴：负载/刚性能力，反应关节在高负载、冲击与长期运行条件下维持稳定输出的能力
• 圆饼大小：成本的定性评估指标评分
上述指标基于当前主流人形机器人应用中的综合工程表现评估，结合动态响应、负载能力、系统复杂度与产业成熟度进行相对定位，不代表单一产品的绝对性能。

不同身体部位关节模组应用的技术路线分布



1) 上半身关节：肩、肘、腕关节

- 谐波关节为主
- 部分腕部向微型准直驱探索

2) 下半身关节：髋、膝、踝

- 准直驱从学术路线正式完成工程化论证；2026年在宇树、智元等机型上实现批量应用。
- 与高扭矩行星减速器形成互补。

3) 腰部/髋部大扭矩场景：行星滚柱丝杠受限于成本，仅用于重载工业机器人，非泛用方案。

4) 直驱关节：在灵巧手、踝关节有部分企业探索应用

注：当前分布以特斯拉、Figure、宇树、智元、傅利叶等为代表的量产/准量产机型为参考。

产业路径分化

工业制造

核心需求：

- 重载+高可靠性+长时间运行

主路线

- RV+谐波+准直驱占优

代表企业

- Figure、Tesla Optimus

商业服务

核心需求：

- 安全交互+成本敏感+轻量化

主路线

- 谐波+准直驱占优

代表企业

- 优必选、智元、宇树

科研/教育

特点：

- 通用性、开发便利、成本敏感

主路线

- 谐波+精密行星

实验室验证

单一技术探索

工程化降本

多路线工程化竞争

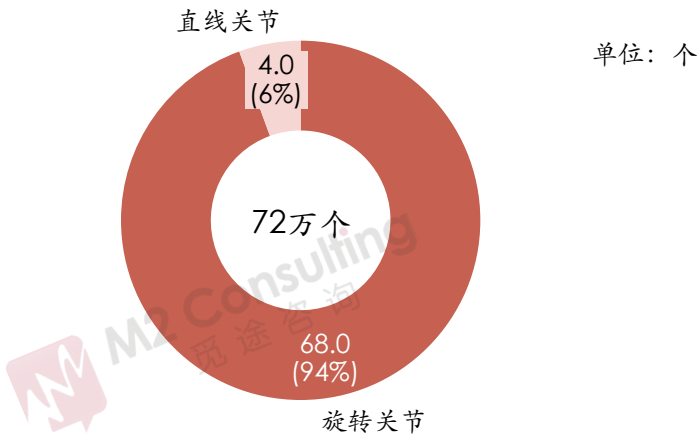
场景化长期分化（未来）

M2观点：准直驱关节是近四年最大的技术变量，其从实验室走向商业化产线的路径已走通，预计2027-2028年将占下肢关节30%以上份额。 Source: M2 研究 & 分析；

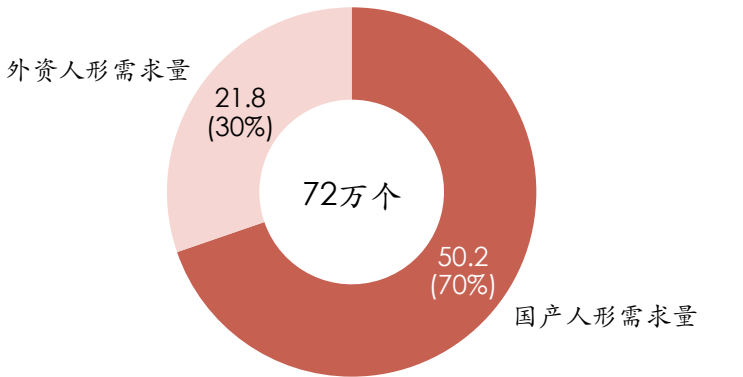
国产人形驱动市场七成需求，中国供应链是全球最大的关节模组市场。中国供应商在规模、响应速度和成本上具备天然优势，但需加快从零部件供应商向模组集成商升级。

人形机器人本体目标产品配置			
2025 全球本体产量	关节技术路线	不同产品形态产量 及典型企业	关节类型及 用量
~2.9万台	纯旋转关节	~70% (20k 台)：双足	旋转关节： 20~29
		~13% (4k 台)：轮式	旋转关节： 18~22
	旋转+直线关节	~17% (5k 台)：双足	旋转关节： 14~18
			直线关节： 8~14

2025年关节模组需求空间



2025年关节模组需求空间



产业链正复制汽车Tier1演进路径，关节模组有望成为最重要的产业入口；未来十年，价值创造将逐步从整机定义向核心系统集成迁移。

人形机器人产业链全景图：关节模组位于价值核心层

整机厂

产品定义
系统架构
生态管理



关节模组Tier1 (价值中心)

机电一体化
系统集成



核心零部件 Tier2

专业化供应
高性能部件

减速机



电机



丝杠



编码器



传感器



基础材料 Tier3

材料
标准件
加工件

轴承钢



稀土永磁材料



碳纤维



精密加工/标准件等



人形机器人价值中心迁移路径

技术验证阶段 (2025年以前) 整机主导阶段



价值中心：整机厂

- 技术验证为主
- 全链路自研探索
- 小批量试制

规模量产阶段 (2026~2030) 整机+关节模组共同主导阶段



价值中心：整机厂+关节模组

- 关节某种性能成为产品差异化核心
- 不分模组开始外部采购
- 专业化分工加速

产业成熟阶段 (2030+) 关节模组 Tier1 主导阶段



价值中心：关节模组 Tier1

- 标准化、模块化、平台化成熟
- 专业供应商主导核心架子
- 全球Tier1格局形成

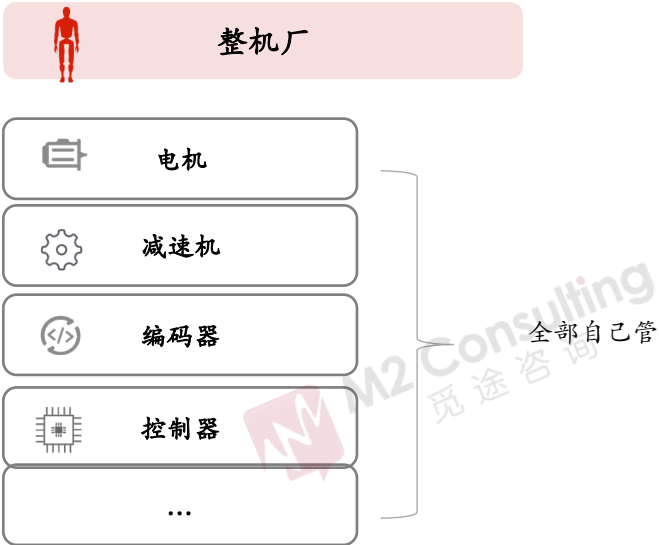
趋势
结论

价值中心必然向最能创造性能、最能控制成本、最能保障量产的环节迁移——关节模组

量产规模突破临界点后，专业化分工将成为产业发展的必然选择；采购逻辑将从“自研穿透”走向“链主定义+Tier1协同”，产业效率持续提升。

路径A：自研穿透模式（当前主流）

整机厂全链路自研，追求技术闭环



⚠ 面临的挑战

- ❌ 研发资源分散，核心能力难聚焦
- ❌ 供应链复杂，管理成本高
- ❌ 成本难以下降，规模效应弱
- ❌ 扩产销量低，难以快速响应市场

核心驱动：量产规模突破临界点，倒逼采购逻辑重构

① 量产规模驱动

3万台→30万台→300万台
规模效应要求专业化分工

② 成本压力驱动

5万美元→2万美元→1万美元
成本下降需要专业供应商效率优势

③ 迭代速度驱动

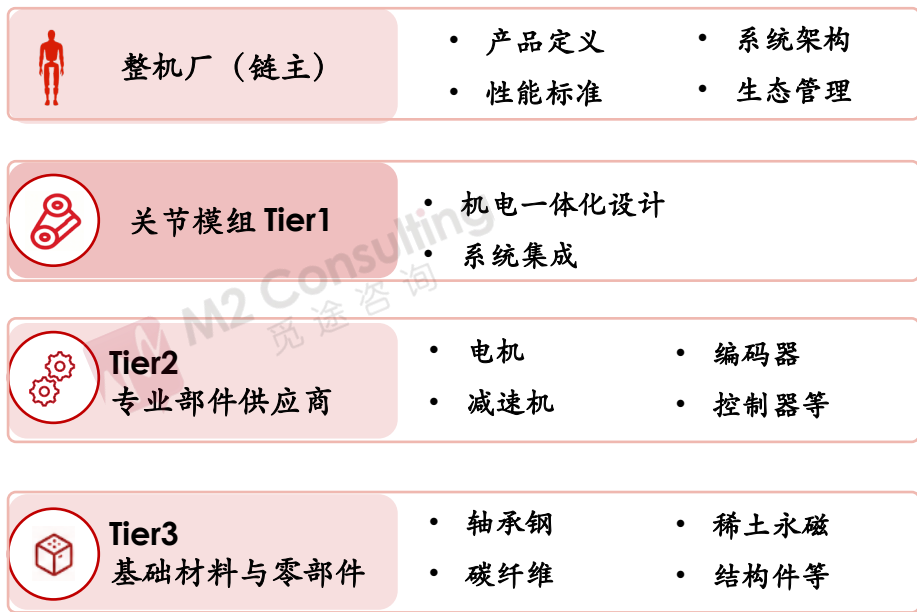
12个月→6个月→3个月
专业供应商更快迭代，更专注

④ 供应链安全驱动

全球化供应链波动加剧
需要多元化、稳定可靠的供应体系

路径B：链主定义+Tier1集成模式（未来发展）

整机厂聚焦定义与生态，Tier1承接系统集成与规模制造



🎯 市场特征

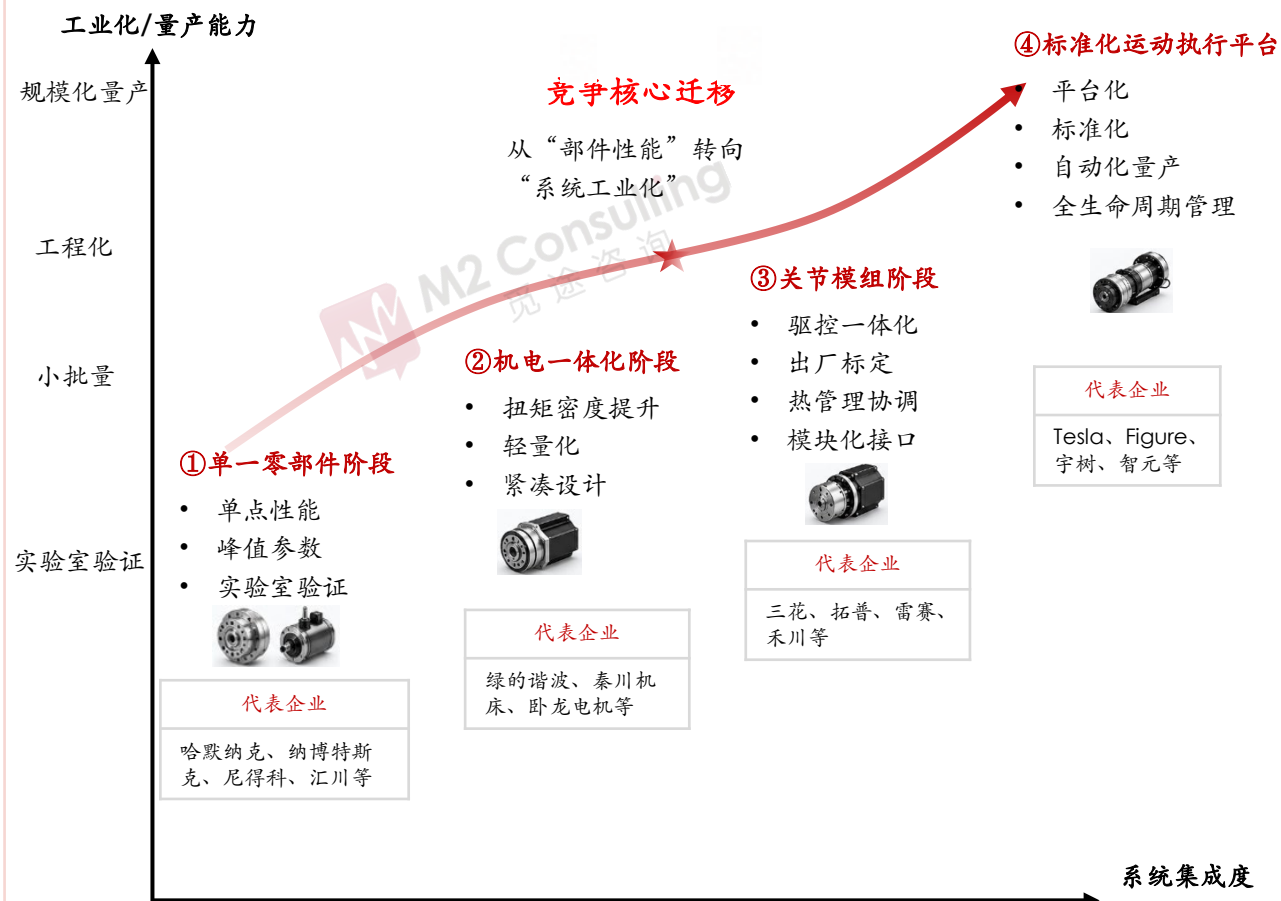
整机厂聚焦“定义与生态”，Tier1聚焦集成于交付

- 专业化分工，效率更高
- 规模化采购，成本更优化
- 资源聚焦，核心能力更强
- 供应链更稳健，响应更敏捷

竞争焦点正从“性能参数领先”转向“工业化能力领先”。可复制的制造能力将成为核心壁垒；产品一致性、成本控制与交付能力将决定下一阶段市场格局。

未来关节模组市场将呈现驱动/传动方案多路线分化，但结构封装形式将均趋于集成化、统一封装的格局

关节模组产品演进路径：竞争核心迁移



关节模组产品发展的三大趋势

① 供应链纵向一体化：价值中心从“零部件”转向“系统”



- 减速机厂商集成电机与驱动，向模组商升级
- 电机/驱动厂商切入关节模组，边界逐渐模糊
- 供应链从“单点供应”走向“系统级交付”

产业影响

- 竞争壁垒提高
- 客户粘性将逐渐增强

② 一体化关节成为主流架构：高自由度系统推动集成化



产业影响

- 降低BOM成本
- 提升一致性
- 加速量产落地

③ 工业化能力成为新门槛：验证重点从性能转向一致性和可靠性

传统竞争逻辑（实验室阶段）

- 峰值扭矩
- 功率密度
- 运动新能
- 极限指标

新竞争逻辑（产业化阶段）

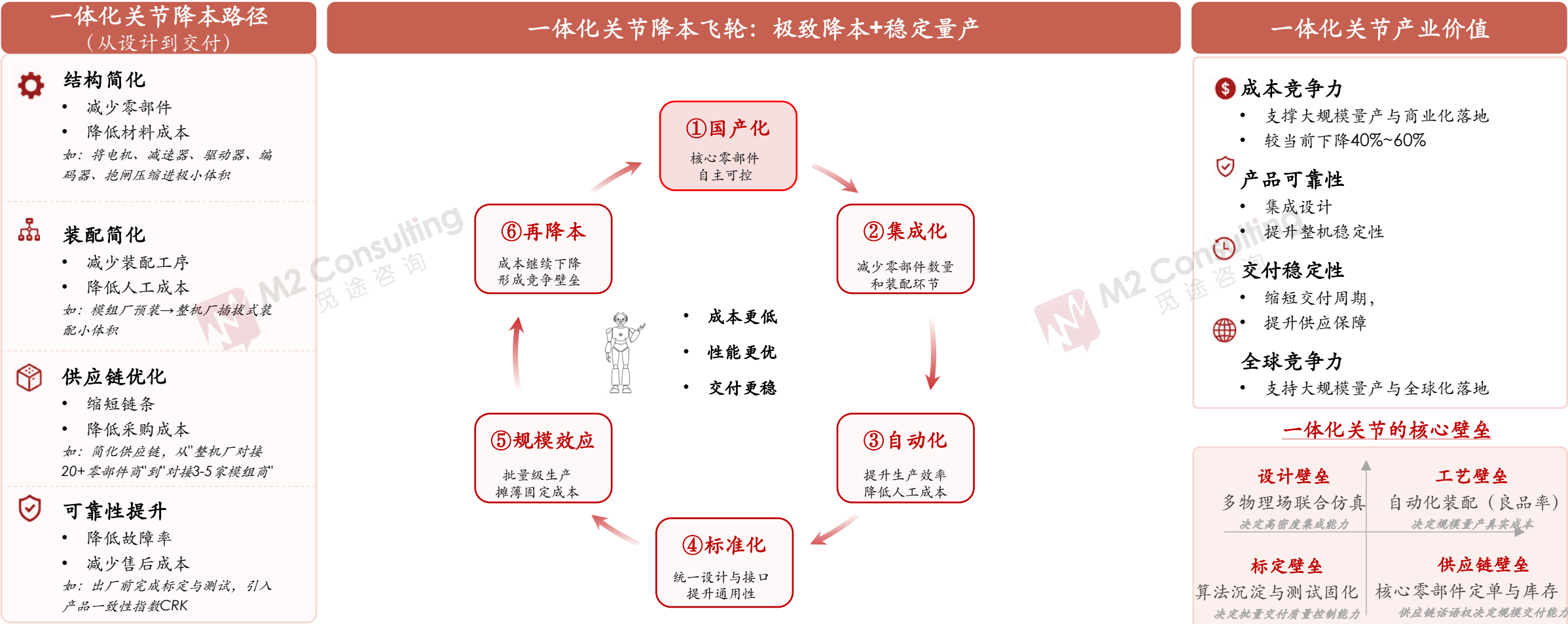
- 量产一致性
- 寿命
- 环境适应性
- 长期稳定性与漂移
- 自动化制造与良品率

产业影响

竞争重点从“能否做出来”转向“能否稳定规模化制造”

Source: M2研究 & 分析;

一体化关节不是“可选技术”，而是规模化量产的“必选项”。未来两年，不能提供一体化方案的模组厂商将迅速边缘化。



人形机器人完成从“行走”到“操作”的跨越，灵巧手是最后的闭环环节。而灵巧手的本质——微型化、多自由度、力控敏感的关节模组集合，是关节模组技术向末端的自然延伸。

行业共识：竞争焦点从“移动”走向“操作”

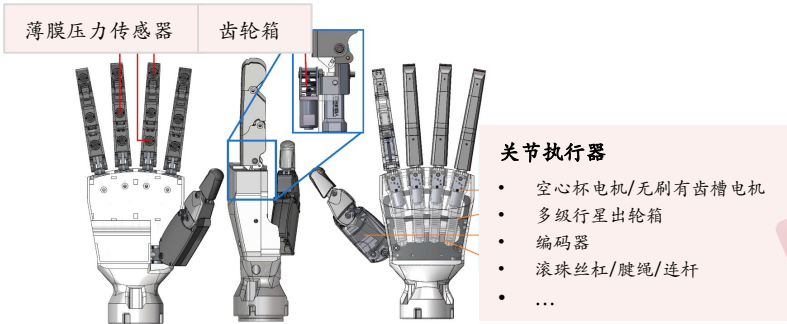
能力跃迁的关键：灵巧手微型关节模组

市场潜力大

人形机器人能力边界的下一次跃迁

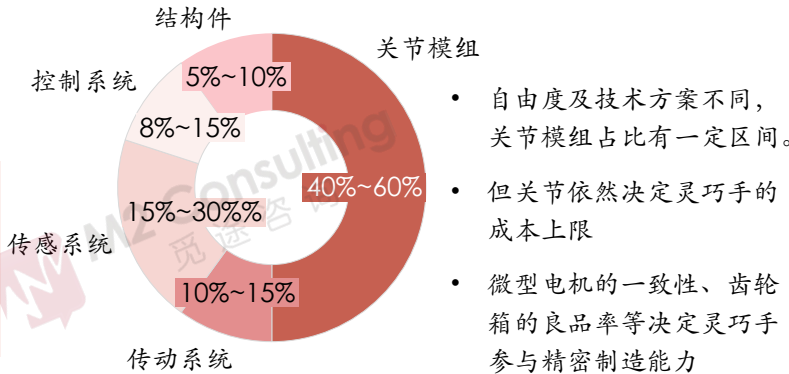


高自由度、高集成度的微型关节，决定灵巧手的灵活性与泛化能力



不同灵巧手方案执行器构成不同

灵巧手价值链分布(成本占比)



关键趋势对比：灵巧手阶段额技术门槛与价值量显著提升

战略结论：投资与建议

维度	当前人形本体（移动为主）	灵巧手阶段（操作为主）
单机关节数量	20~30	40~70
微型关节数量	极少	快速提升
单机执行器价值	以大关节为主	向末端迁移
精密零部件需求	中等	极高
核心目标	让机器人稳定运动	让机器人能够干活



高增长
伴随灵巧手高自由度化，微型关节模组需求指数级增长



高壁垒
精密制造、一致性、良率与集成能力构成核心壁垒



高价值
在灵巧手价值链中占比最高，是成本与性能的双重瓶颈

M2观点：灵巧手是关节模组是行业下一个“高壁垒、高毛利、高增长”的战略制高点。具备微型减速器与一体化力传感器能力的模组厂商，将在2027-2030年享受超额红利。

Source: M2研究 & 分析;

中观预期下到2035年，灵巧手市场需求量有望突破450万台，微型关节模组进入亿级市场规模...

基于技术突破速度、成本下降幅度、应用场景拓展、人形机器人商业化进程等因素，构建悲观、中观、乐观三种预测场景。



技术突破速度

传感器精度、多自由度关节协同控制算法等技术瓶颈的突破速度



成本下降幅度

核心零部件的进口依赖程度、规模化生产带来的成本优化空间



应用场景拓展

商业化路径明晰程度、应用场景的验证速度与多样性



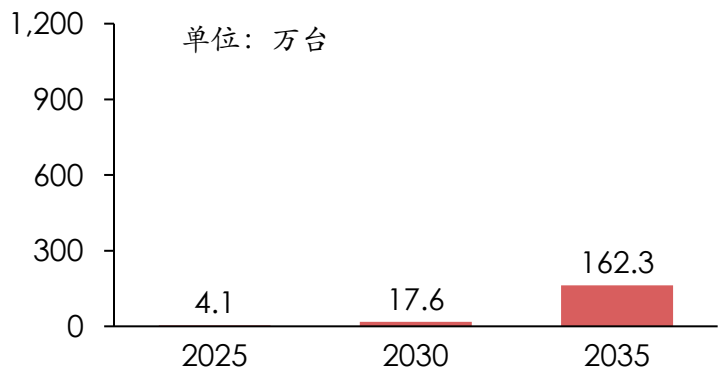
人形机器人商业化

人形机器人落地速度、渗透率增长、灵巧手需求带动效应



悲观预期

- ✗ 技术验证与场景打磨期延长3~5年
- ✗ 成本下降不明显，国产零部件进程慢
- ✗ 人形机器人商业化进程慢，工业以传统抓夹为主
- ✗ 行业标准建立滞后

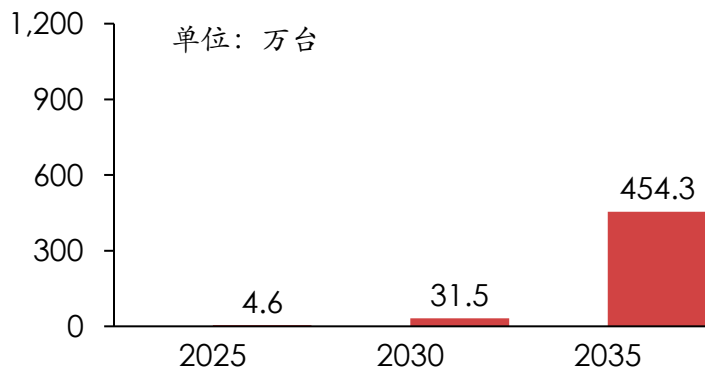


中短期内仍以医疗仿生和教育科研应用为主导



中观预期

- ➔ 技术成熟度逐步提升
- ➔ 规模化生产下成本有所下降
- ➔ 人形机器人进程符合当前预期
- ➔ 医疗、教育增长稳定，工业场景实现小规模应用

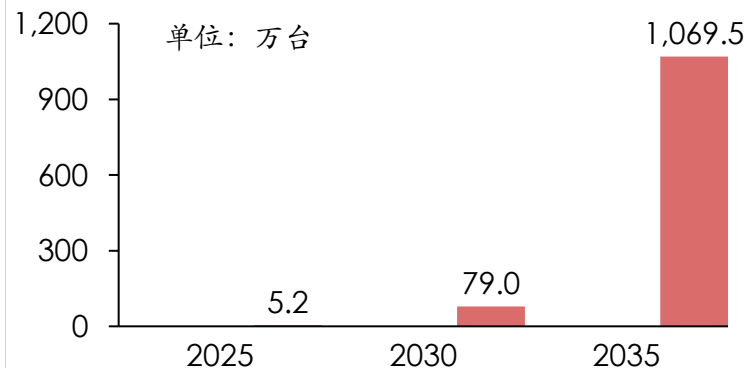


人形机器人主导增长；中国产业链崛起



乐观预期

- ✓ 技术实现颠覆性突破
- ✓ 成本大幅下降，政策支持力度空前
- ✓ 人形机器人商业化进程超预期加速
- ✓ 人形机器人进入家庭场景并迅速发展



人形机器人快速进入家庭场景；AI大模型与灵巧手深度融合，实现更高级智能操作

欢迎关注M2觅途咨询数据及白皮书。M2觅途咨询作为国内专业的咨询公司，相关数据及信息的采集均采用合规、科学的市场研究方法。所涉及企业数据不100%代表企业的真实业绩，允许一定范围的误差。为尊重知识产权、保障数据贡献者的权益，请内容使用方在引用相关信息及数据时（包括项目研究报告、财务报告，以及学术论文或毕业论文等）中**标注数据来源**，并按照文献引用方式标注来源。

法律免责：

1. 本报告内所有的数据仅供参考，受范围、定义、时效等的影响，M2觅途咨询不保证数据使用时的准确性、完整性、及时性、可靠性，以及对此提供任何明示或暗示的保证。用户需自行判断并承担使用的风险。
2. 本报告内包含的所有数据不构成任何投资建议，用户使用我们的数据进行交易决策应自行承担风险。M2觅途咨询不对任何因使用我们的数据而导致的任何直接或间接损失或损害承担责任，包括但不限于因数据错误、丢失或损坏而导致的利润损失、业务中断、商誉损失或其他任何损失。
3. 未经书面许可，任何单位及个人不得以任何方式或理由对本报告相关的数据、信息的任何部分进行复制、修改、抄录、传播、销售或用于其他任何商业目的。
4. M2觅途咨询保留对免责声明的解释权和修改权，该等解释和修改将不定期的进行并发布。如果用户不接受M2觅途咨询的免责声明或对我们的服务有任何疑问，请随时与我们联系。
5. 本报告所有的数据由中文、英文或其他语言组成，除非本报告对语言进行特殊标注，否则用户应当基于对语言的上下文或其普通含义来理解。
6. 任何对本报告及其所使用的数据提起的任何争议均适用于中华人民共和国的法律法规。
7. 请用户确认已阅读、理解并接受所有的条款。如用户不接受所有条款的，请用户立即停止对M2觅途咨询的服务，否则，用户的使用行为将被视为对本免责声明的接受，和对M2觅途咨询服务条款的接受。

具身智能人形机器人



细分行业：

- 人形机器人
- 服务机器人（医疗、外骨骼、扫地机器人）
- 关节模组（旋转、直线执行器）
- 灵巧手
- 丝杠（行星滚柱丝杠等）
- 减速机（谐波、行星、摆线针轮减速机等）
- 电机（无框力矩电机等）
- 传感器（六维力、触觉传感器等）
- 电池
- 新材料（Peek等）...

典型项目：

- 市场进入战略
- 新产品/业务战略
- 产品定位战略
- 供应链整合及优化战略
- 国际化/出海战略
- 业务单元竞争优势构建战略...

代表客户：

CATL 宁德时代

Haier

SoftBank Nabtesco OMRON

杭州市经济和信息化局

上海电气
SHANGHAI ELECTRIC



产业数据 & 信息服务

- 数据库——全球、全产业链核心部件数据
市场规模、竞争格局、技术路径、本土化趋势
- 成本库——全球头部整机企业成本分析
供应链成本、供应链管理体系研究
- 企业库——全球、全产业链具身智能企业
上游核心部件、中游整机、下游落地场景客户最新动态
- 专家库——全球、全产业链具身智能专家
研、产、供、销、服全方位职能专家资源



产业研究 & 战略咨询

- 市场进入战略
- 新产品/业务战略
- 产品定位战略
- 供应链整合及优化战略
- 国际化/出海战略
- 业务单元竞争优势构建战略
- 风险管理
- 具身智能产业报告
 - ✓ 上游核心部件市场发展报告
 - ✓ 中游整机企业竞争力评估白皮书
 - ✓ 下游场景白皮书（制造业、家庭、商业、特种...）



产业投资 & 并购

- 合作伙伴筛选
- 业务规划及评估
- 商业尽调
- 交易方式及谈判
- 并购后整合

《 针对全产业链客户，个性化定制解决方案 》

Thank You!



Shanghai Office: 801, Building F, Shanghai MIXC, No. 3999 Hongxin Rd. Minhang Dist., Shanghai, China

Beijing Office: 507, Xiuhui Times Center, No.37 Jianguo Rd, Chaoyang Dist., Beijing, China

Chengdu Office: 709, Tianzijie Building, No. 46 Yihuan Rd., Jinjiang Dist., Chengdu, Sichuan, China

Germany Office: Stuttgart, Königstrasse 35, 70173, Baden-Württemberg, Germany

Tel: +86 139 1664 5025

Email: yue.liu@m2investment.com