

特斯拉 Optimus 亮点及未来进步点并存，建议关注核心零部件环节

增持（维持）

2022 年 12 月 12 日

证券分析师
陈睿彬

(852) 3982 3212

chenrobin@dwzq.com.hk

■ 特斯拉 Optimus 首次亮相，预计 3-5 年内实现量产。

2022 年 9 月 30 日，特斯拉举行第二届“人工智能日”，并发布最新版本的 Optimus 人形机器人，全身包含 28 个执行器、双手、大脑和电池组等部件，驱动方式采用减速机+电机，可实现直立行走、搬运、洒水等复杂动作。相较于原型机，Optimus 在体重、行走速度和载重等方面存在优化空间，但也在自由度和执行器数量方面取得进步。尽管目前特斯拉与波士顿动力等老牌人形机器人厂商相比技术还稍显落后，但考虑综合实力和速度，我们仍十分看好 Optimus 未来在工厂、物流和智慧康养等领域的应用。

■ Optimus 亮点及未来进步点并存，看好人形机器人长期成长性。

(1) Optimus 亮点：电动车和人形机器人在底层技术有共通之处。特斯拉作为汽车龙头，将诸多汽车技术融合到人形机器人上，例如自动驾驶技术转化为视觉识别+自主导航技术，车祸安全模拟技术转化为硬件安保技术。

(2) Optimus 未来进步点：
①降低成本：新版 Optimus 仍使用减速机+电机的驱动模式，尽管执行器数量有所减少（较概念机减少 12 个），但硬件成本依旧较为昂贵。根据我们的测算，在乐观/中性/悲观情况下，人形机器人执行器的硬件成本达到 3.6/6.9/10.1 万元；
②运控能力有待提升：据会场技术人员披露，Optimus 平衡性问题可能需要 18-36 个月才能解决，主要系机器人在实际情况下不可避免会受到外力干扰，面对特殊情况机器人需要在数据库中调用已有的指令。目前特斯拉已建立机器人数据库，还需要时间来扩充数据样本。
③应用场景需拓展：此次 Optimus 推出的同时明确给出应用场景为工厂内的基础性工作，然而目前来看人形机器人在工业领域“性价比”不足，期待后续特斯拉在落地应用方面的进一步拓展。

综合而言，尽管 Optimus 距离真正实现产业化仍有诸多困难需要克服，我们仍十分看好，若其能在未来明确市场需求，并且在成本控制和技术水平之间形成有效平衡，就能够实现规模化量产。根据全球市场研究机构 Marketsandmarkets 的预测，全球人形机器人市场规模（仅考虑单机）将从 2022 年的 15 亿美元提升至 2027 年的 173 亿美元，CAGR=63.5%。

■ 产业链视角：核心零部件重要性凸显。

机器人产业链主要包括上游核心软硬件（硬件包括伺服电机、减速机、控制器、传感器等；软件包括机器视觉、人机交互、机器学习、系统控制等）；中游本体制造商和下游应用（包括迎宾接待、高校科研等）。其中核心零部件重要性十分突出，一方面高性能的零部件是实现机器人感知与运动的基础；另一方面核心零部件成本占比较高。以传统工业机器人为例，核心零部件占据了工业机器人整机 70% 以上的成本。

①减速机：主要包括谐波减速器和 RV 减速器，目前被日本企业所垄断，近年来绿的谐波和双环传动等带领下国产化率逐步提升。考虑到人形机器人将带来较大增量，根据测算 2025 年全球谐波减速器市场空间有望达 147.5 亿元，2022-2025 年 CAGR=59.5%。
②控制器：主要控制机器人在工作空间中的运动位置、姿态和轨迹，国外企业占据主导地位，国内外差距主要体现在软件算法，今年汇川、埃斯顿等国产机器人龙头正逐步追赶。

③伺服系统：主要包括驱动器和伺服电机，国内外差距较大，近年来汇川、埃斯顿等国产品牌迅速发展，在中低端伺服领域已实现大规模量产，并不断投入研发向高端伺服系统迈进。

■ **投资建议：**重点推荐绿的谐波、埃斯顿、汇川技术（东吴电新组覆盖）；建议关注双环传动。

■ **风险提示：**人形机器人产业化不及预期，核心零部件国产化不及预期，人形机器人或存在舆论阻力。

行业走势



特此致谢东吴证券研究所对本报告专业研究和分析的支持，尤其感谢周尔双和朱贝贝的指导。

特斯拉 Optimus 首次亮相，预计 3-5 年内实现量产。2022 年 9 月 30 日，特斯拉举行第二届“人工智能日”，并发布最新版本的 Optimus 人形机器人，其可实现直立行走、搬运、洒水等复杂动作。据马斯克预计，Optimus 将于 3-5 年内实现量产上市，其最终数量将会达到百万级，而成本将降至 2 万美元左右。

Optimus 亮点：特斯拉汽车技术完美融合至人形机器人。简化来看，汽车即为带有轮子的机器人，因此汽车和人形机器人在底层技术方面有诸多共通之处。特斯拉作为全球汽车龙头，将诸多汽车技术完美融合到人形机器人上。**(1) 自动驾驶技术的迁移（视觉识别+自主导航）：**人形机器人自主导航定位是真正实现“拟人”应用的基础，特斯拉通过汽车自动驾驶技术的迁移快速掌握人形机器人自主导航定位功能。**(2) 车禍安全模拟技术的迁移（安全保障）：**人形机器人在工作中碰撞或者摔倒无法避免，特斯拉通过车禍安全模拟技术的迁移，来保证机器人碰撞损坏在可控范围内。

Optimus 进步点：成本&技术&应用场景问题仍待解决。**(1) 尽管执行器数量有所下降，但硬件成本依旧高昂。**相较于传统的六轴机器人，人形机器人对减速器、电机等核心零部件的需求量成倍增加。为实现降本市场会着重关注以下三点：①是否有更具性价比的新型驱动方式来代替传统的减速器+电机驱动模式；②若仍然使用传统的机械传动，能否减少执行器的数量；③能否降低减速器和电机的成本。**(2) 人形机器人运动控制能力有待提升。**目前人形机器人在现实工作中保持平衡仍有很多挑战。根据会场技术人员披露，Optimus 平衡性问题仍需 18-36 个月才能解决。目前特斯拉已经建立起机器人运动数据库，但面对纷繁复杂的现实世界，还需要更长时间来扩充数据样本。**(3) 特斯拉 Optimus 未实现应用场景的拓展。**特斯拉此次发布会中明确给出的人形机器人大规模应用场景为特斯拉工厂内的搬运和上下料等工作，即工业应用中的“基础性工作”，并未展示出有刚需且人形机器人有性价比的应用场景。

图 1：在乐观/中性/悲观情况下，Optimus 执行器的硬件价格就达到 3.6/6.9/10.1 万元

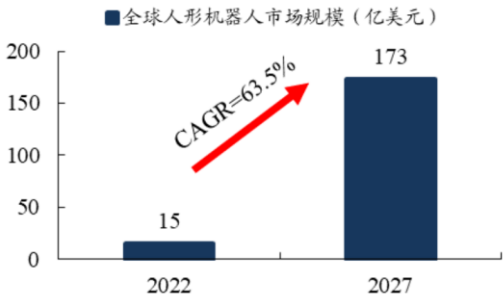
	品类	数量	乐观	中性	悲观
			单价（元/件）		
上半身	伺服电机	8	300	500	700
	线性推杆电机	2	150	200	250
	精密减速器	10	1000	2000	3000
	上半身价格（万元）		1.3	2.4	3.6
下半身	线性推杆电机	6	150	200	250
	精密减速器	6	1000	2000	3000
	下半身价格（万元）		0.7	1.3	2.0
手部	空心杯电机	12	400	600	800
	精密减速器	12	1000	2000	3000
	手部价格（万元）		1.7	3.1	4.6
人形机器人零部件总价格（万元）			3.6	6.9	10.1

数据来源：特斯拉 AI Day 发布会，东吴证券（香港）

综合而言，尽管人形机器人距离真正实现产业化仍有诸多困难需要克服，我们仍十分看好特斯拉新一代 Optimus 人形机器人，若其能在未来明确市场需求，并且在成本控

制和技术水平之间形成有效平衡,就能够实现商业化的落地和量产。根据全球市场研究机构 Marketsandmarkets 的预测,全球人形机器人市场规模(仅考虑单机)将从 2022 年的 15 亿美元提升至 2027 年的 173 亿美元(约合人民币 1211 亿元),CAGR=63.5%。

图 2: 根据研究机构 Marketsandmarkets 预测, 2022-2027 年人形机器人市场规模 CAGR=63.5%



数据来源: Marketsandmarkets, 东吴证券(香港)

图 3: 按照乐观/中性/悲观假设, 至 2030 年全球人形机器人市场空间分别达 750/500/250 亿美元

假设	乐观	中观	悲观
全球人形机器人销量(万台)	500	250	100
人形机器人单价(万美元/台)	1.5	2	2.5
全球人形机器人市场空间(亿美元)	750	500	250

数据来源: 东吴证券(香港)

产业链视角: 核心零部件重要性凸显。机器人核心零部件主要包括精密减速机、交流伺服电机和控制器,三者成本占比分别为 36%/24%/12%,合计超 70%。**①精密减速机:**主要包括谐波减速器和 RV 减速器,目前被日本企业所垄断,近年来绿的谐波和双环传动等带领下国产化率逐步提升。考虑到人形机器人将带来较大增量,根据测算 2025 年全球谐波减速器市场空间有望达 147.5 亿元,2022-2025 年 CAGR=59.5%。**②控制器:**主要控制机器人在工作空间中的运动位置、姿态和轨迹,国外企业占据主导地位,国内外差距主要体现在软件算法,今年汇川、埃斯顿等国产机器人龙头正逐步追赶。**③伺服系统:**主要包括驱动器和伺服电机,国内外差距较大,近年来汇川、埃斯顿等国产品牌迅速发展,在中低端伺服领域已实现量产,并不断投入研发向高端伺服系统迈进。

投资建议:重点推荐【绿的谐波】突出重围的国产机器人龙头,【埃斯顿】玉汝于成,国产机器人集大成者,【汇川技术】变革赋能,国产电控&工控龙头(东吴电新组覆盖);建议关注【双环传动】高精度齿轮龙头, RV 减速机开启第二成长曲线。

图 4: 相关公司估值情况(截至 2022.9.30 收盘价)

股票代码	公司名称	市值 (亿元)	股价 (元)	归母净利润(亿元)			PE			投资建议
				2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E	
688017.SH	绿的谐波	198.5	334.7	2.4	3.5	4.8	124	86	64	重点推荐
002747.SZ	埃斯顿	28.3	246.0	2.2	3.4	4.9	95	63	45	重点推荐
300124.SZ	汇川技术	66.1	1,744.6	43.0	56.1	73.0	41	31	24	重点推荐
002472.SZ	双环传动	39.6	307.8	5.4	7.7	10.3	58	41	30	建议关注
	平均						79	55	41	

数据来源: Wind, 东吴证券(香港)

风险提示:人形机器人产业化不及预期,核心零部件国产化不及预期,人形机器人或存在舆论阻力。

分析师声明:

本人以勤勉、独立客观之态度出具本报告，报告所载所有观点均准确反映本人对于所述证券或发行人之个人观点；本人于本报告所载之具体建议或观点于过去、现在或将来，不论直接或间接概与本人薪酬无关。过往表现并不可视作未来表现之指标或保证，亦概不会对未来表现作出任何明示或暗示之声明或保证。

利益披露事项:

刊发投资研究之研究分析员并不直接受投资银行或销售及交易人员监督，并不直接向其报告。

研究分析员之薪酬或酬金并不与特定之投资银行工作或研究建议挂钩。

研究分析员或其联系人并未从事其研究 / 分析 / 涉及范围内的任何公司之证券或衍生产品的买卖活动。

研究分析员或其联系人并未担任其研究 / 分析 / 涉及范围内的任何公司之董事职务或其他职务。

东吴证券国际经纪有限公司（下称「东吴证券国际」或「本公司」）或其集团公司并未持有本报告所评论的发行人的市场资本值的 1% 或以上的财务权益。

东吴证券国际或其集团公司并非本报告所分析之公司证券之市场庄家。

东吴证券国际或其集团公司与报告中提到的公司在最近的 12 个月内没有任何投资银行业务关系。

东吴证券国际或其集团公司或编制该报告之分析师与上述公司没有任何利益关系。

免责声明

本报告由东吴证券国际编写，仅供东吴证券国际的客户使用，本公司不因接收人收到本报告而视其为客户。如任何司法管辖区的法例或条例禁止或限制东吴证券国际向收件人提供本报告，收件人并非本报告的目标发送对象。本研究报告的编制仅供一般刊发，并不考虑接收本报告之任何特定人士之特定投资对象、财政状况、投资目标及特别需求，亦非拟向有意投资者作出特定证券、投资产品、交易策略或其他金融工具的建议。阁下须就个别投资作出独立评估，于作出任何投资或订立任何交易前，阁下应征求独立法律、财务、会计、商业、投资和/或税务意见并在做出投资决定前使其信纳有关投资符合自己的投资目标和投资界限。本报告应受香港法律管辖并据其解释。

本报告所载资料及意见均获自或源于东吴证券国际可信之数据源，但东吴证券国际并不就其准确性或完整性作出任何形式的声明、陈述、担保及保证(不论明示或默示)，于法律及 / 或法规准许情况下，东吴证券国际概不会就本报告所载之资料引致之损失承担任何责任。本报告不应倚赖以取代独立判断。

本报告所发表之意见及预测为于本报告日的判断，并可予更改而毋须事前通知。除另有说明外，本报告所引用的任何业绩数据均代表过往表现，过往表现亦不应作为日后表现的可靠预示。在不同时期，东吴证券国际可能基于不同假设、观点及分析方法发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。分析中所做的预测收益可能基于相应的假设，任何假设的改变可能会对本报告预测收益产生重大影响，东吴证券国际并不承诺或保证任何预测收益一定会实现。

东吴证券国际的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面表达与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观

点, 本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。东吴证券国际及其集团公司的各业务部门, 如有投资于本报告内所涉及的任何公司之证券或衍生产品时, 其所作出的投资决策可能与本报告所述观点并不一致。

本报告及其所载内容均属机密, 仅限指定收件人阅览。本报告版权归东吴证券国际所有, 未经本公司同意, 不得以任何方式复制、分发或使用本报告中的任何资料。本报告仅作参考用途, 任何部分不得在任何司法管辖权下的地方解释为提呈或招揽购买或出售任何于报告或其他刊物内提述的任何证券、投资产品、交易策略或其他金融工具。东吴证券国际毋须承担因使用本报告所载数据而可能直接或间接引致之任何责任, 损害或损失。

特别声明

东吴证券国际可能在法律准许的情况下参与及投资本报告所述证券发行人之融资交易, 也可能为有关发行人提供投资银行业务服务或招揽业务, 及/或于有关发行人之证券或期权或其他有关投资中持仓或持有权益或其他重大权益或进行交易。阁下应考虑到东吴证券国际及/或其相关人员可能存在影响本报告及所载观点客观性的潜在利益冲突, 请勿将本报告视为投资或其他决策的唯一信赖依据。

本报告及其所载信息并非针对或意图发送给任何就分派、刊发、可得到或使用此报告而导致东吴证券国际违反当地法律或规例或可致使东吴证券国际受制于相关法律或规例的任何地区、国家或其他司法管辖区域的公民或居民。接收者须自行确保使用本报告符合当地的法律及规例。

评级标准:

公司投资评级:

- 买入: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15% 以上;
- 增持: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5% 与 15% 之间;
- 中性: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -5% 与 5% 之间;
- 减持: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -15% 与 -5% 之间;
- 卖出: 预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 -15% 以下。

行业投资评级:

- 增持: 预期未来 6 个月内, 行业指数相对强于大盘 5% 以上;
- 中性: 预期未来 6 个月内, 行业指数相对大盘 -5% 与 5%;
- 减持: 预期未来 6 个月内, 行业指数相对弱于大盘 5% 以上。

东吴证券国际经纪有限公司

Level 17, Three Pacific Place, 1 Queen's Road East, Hong Kong

香港皇后大道东 1 号太古广场 3 座 17 楼

Tel 电话: (852) 3983 0888(公司) (852) 3983 0808 (客户服务)

公司网址: <http://www.dwzq.com.hk/>

