

## 《特斯拉 Optimus 人形机器人调研》

### 一、项目整体进展与量产计划

Optimus V3 版本于 2026 年 5 月完成系统级设计冻结并导入 SOP 量产工作。当前已完成灵巧手与本体的系统级整合并输出 SOP 产品规格书，接下来四到六周启动预生产以解决工艺和失效问题。原计划 4 月开启 SOP，因 3 月底灵巧手技术图纸首轮审批未达标而推迟一个多月，经优化后灵巧手 PPM 失效率从上千降至 500 以内，达到可量产状态。商业化扩量节点维持不变，计划 2026 年 Q3 初(七八月份)启动，周产能从 100 台爬坡至 1000 台，贯穿七八九三月；Q4 冲刺周产 2000 台以上。年化产能规划从原定 15-20 万台上调至 30 万台，新增 10 万台年化产能部署在 Model S 和 X 车间，采用第三代高自动化设备。2026 年年度量产组装目标为 5 万台(正负 2 万)，因 SOP 推迟，生产部门提出从实际起始点连续 12 个月内完成 5 万台组装，实际 2026 自然年落地产量需乘 0.5 或 0.6 折扣系数，约 2 万台。但供应链采购计划未变，仍按 3-5 万台规模分年中、03 末、04 末三次下达订单。2027 年产量预计 15 万台，2028 年目标 40-45 万台，以满足 2030 年前累计出货超 100 万台的指令。产能扩建方面，2026 年弗里蒙特工厂年化产能扩建至 30 万台；2028 年弗里蒙特产能提至 60 万台；奥斯汀工厂 2027 年底启动建设，2029 年底落地 100 万台产能，2030 年启用，两厂总产能达 160 万台；1000 万台为远期目标，预计 2030 年后实现。

二、商业化模式、定价与技术现状 2026 年定义为商业化量产，绝大部分自用，部分定向交付 B 端企业客户(优先上游汽车或机器人零部件供应商)。对外交付采用租赁模式而非买断，租期四年。V3 版本 BOM 成本约 4-5 万美金，对外商业价定为 7-8 万美金(约 50 万人民币)，年度租赁费为售价 20%(约 1.5 万美金/10 万人民币)。前两年免费质保，后两年低费率售后，期满设备返还。此模式旨在规避技术迭代风险，加速部署以采集异

构数据反哺大小脑。技术层面，V3小脑(执行控制)已齐备，大脑(AI决策)成长快但处理高频复杂任务受限。V3采用AI4.0芯片，四芯片双模块，算力1000-1200 TOPS，不足以将世界模型完整嵌入端侧。未来V3.5或V4将采用AI5.0芯片，算力提升至3000-5000 TOPS。端侧算力当前强于车端(车端AI4.0双芯片单模块500 TOPSAI4.5三芯片600-1000 TOPS)。FSD V14目前可在AI4.0运行，但完整世界模型端侧嵌入需3000 TOPS以上，目前多与云端边缘协同。

### 三、产线调试与供应链整合

第三代高自动化生产设备调试面临工艺匹配不良、设备稳定性不足、一次直通率低、自动化水平未达预期等问题，风险点在于七月初前能否完成调试。供应链方面，众多企业获PPA进入ERP系统，下半年按增量订单派单。五六月预生产阶段看重供应商发现问题能力，海外企业占比高。2026年供应链整合三轮:六七月大规模审厂决定Q3爬坡名单及份额;Q3末至Q4初第二轮;12月底第三轮。仅获PPA公司可参与大订单分配。

### 四、核心部件供应商格局与国产化进展。

执行器:旋转关节以海外为主(尼得科、博世);线性执行器由舍弗勒、博世供应，博世份额受压扮演托底。国内三花、拓普获PPA，预计6或7月收SOP订单。丝杠:国产化较快。汉德液压、新劲传动及刚进会签的北特积极争取认证。振裕科技排国内第四或五，多牌号进C样中后期。谐波减速器:国产化缓慢但有突破。绿的谐波、双环传动、中技克美同梯队，处C样小批量测试。双环传动排号多进步显5月被要求提供更多排号。绿的和中技克美有退样，仅双环持续验证。国内产品在绝对精度和长期可靠性存挑战。绿的有一排号近C样末期，若优化顺利8月前可进SOP并获PPA，Q3内至少一家国产企业导入。电机:大关节无框力矩电机5月国内企业原有望拿PPA但不及预期。伟创电器5月测出特定频率段传动轴抖动致精度丢失(A类问题)，需20工作日FTA及8D分析，推迟至少一

月，仍是国产进度最快，若顺利 Q3 前获 PPA。步科、雷赛进度慢。2026 年是关键窗口期，延误可能导致席位减少。

结构件:国产化最快。长盈精密、旭升集团、鸣志电器、均胜电子、俊创等获 PPA 或进 D 样转 SOP。超捷紧固获 PPA。模塑科技获 PPA 供胸腔盖板，价值量降至 1000-1200 元因采用纤维包覆材料。魔术科技传统盖板合规，柔性织物面料进 A 末 B 初落后于恒辉安防，无 C 样但多 B 样。新泉 Q1 因纠纷暂停测试三月，现恢复优化测试，被科达利追上，同处 A 样。头部总成:由特斯拉自组，鸿海代工。大陆蓝思科技最快，5 月底 6 月初进 C 样小批量测试(此前获玻璃外板和壳体 PPA)最顺利年底进 D 样获 PPA。均胜电子因测试异常落后，立讯精密供线束并竞标无线充电且扩展至头部验证，领益智造获技术参数做公版样品，新益昌投中 RGB 灯带控制器并获头部技术参数。仅蓝思、均胜、立讯获完整图纸。关节总成:两家 B 样测试，立讯刚进 A 样，领益制造和新易股份下月进 A。新宇股份与捷卡传动合作开发，因铺开过广及新泉前车之鉴，投标受谨慎对待。

PCB 板:沪电股份未采购但处测试后期，区域控制器 PCB 进 CM 末 DM 准 SOP，HDI 板进 CM 初，单机价值 700-800 元，总测试价值 3000-4000 元。主供为中国台湾、日本及美国 TTM。传感器:柔性触摸传感器汉威科技(子公司能斯达)5 月进 C 样小批量，其余多在 B 样。一维力矩传感器安路科技进 C 样中后期，1-2 月后可 D 样转 SOP;3D 力矩传感器宇树技术快但安路报价优;六维力矩传感器因用量将减少且技术门槛高，国产替代积极性不强，柯力和安路测试均被退样。安路温敏压力传感器已获 PPA。

### 五、重点企业深度进展

兆威机电:大关节电机未获 PPA，但灵巧手电机 5 月从 C 样进 D 样转 SOP，30 天无问题年中可获 PPA 并于 Q3 获单。深度参与 V4 新型少稀土电机联合研发，竞标灵巧手传动模组，有望一月内获技术授权切入代工。尚未开放灵巧手总成投标，但在传动

模组有潜力。

振裕科技:丝杠排国内四五,多牌号进C样中后期。核心优势为线性执行器总成再加工,1牌号2数量线性关节总成进C样国内两家之一)。子公司振裕范斯特具“粘胶铁芯”技术改善发热,集成功率优,但V3难导入需海外授权,V3.5/N4用国产。短板为底层生产管理混乱。德昌电机、浙江荣泰、三花、拓普:位列灵巧手传动模块国内潜在供应商前排。兆威、恒力、正裕已获部分技术图纸,下半年进A/B样,订单待2027。

伟创力:初通过Tier1合作,现部分直接对接特斯拉,涉V4新型电机(如PCB印刷微型电机),与闻泰、三花、拓普、翰昂均有合作。

合川科技与拓邦股份:合川未送样在内部孵化较积极;拓邦通过Tier1间接验证,未获直接测试资格。

#### 六、V3版本能力水平与应用场景

物流搬运与分拣:物理搬运用户提升约42%(近1.5倍);传送带分拣货件重复率低20%,泛化更广;货架整理能拆包、扫码、贴标、导MES及分层摆放,物料处理率从G2.5的6%升至27%。效率上5-6台V3抵1名技师。质量检测:外观检测效率翻倍(原4-5台现2-3台完成);增动态组合检测(螺母螺栓配合);掌握柔性物体检测(胶条贴合度)。质量阀工站胜任率从3%-5%升至11%-12%,其中2%-3%优于人类。ToB组装应用:能完成旋拧、阿特拉斯枪打紧、20以上自由度线束及动偶装配(高压2/4/6pin插刀式端子接插,无法28/180/270pin低压线束)、轮毂及底盘羊角螺栓动静装配、柔性件装配(ABC柱饰板扣点按压,缺中央通道连接)。覆盖工站从30-50个增至70-80个,高准确率工站从不到10个增至20个。替代人效从需7台降至需4-5台,定向交付场景初显ROI基出。

协作模式:人机协作(人纠错机器学习);机与设备协作(冲压放件取件,操作设备定位压焊);V3实现联合作业(协作机器人搬运+人形机器人精密组装+AGV转运),现场配自然人1.2-1.5米处急停修正。目标非替设备,而是替人并与设备强强联合建高级别工厂。

续航:轻载 7-8 小时, 重载 4 小时, 较 G3 提升两倍。七、技术演进与未来规划

灵巧手与仿生技术:当前总成特斯拉自研自产, 未来增量外包但遇固化难。V4 拟用磁流体方案。下一代直驱路线意在取消丝杠, 但因电机散热和扭矩限制, 短期将并存, 远期植电机入指骨。仿生肌肉纤维仅部分验证用于传动, V3 关节应用体现在 3D 增材打印中空腔纤维微通道散热优化, 整机传动未落地。移动方案:优先双足以采集通用小脑控制模型, 轮式会使数据畸形, 未放弃但导入靠后。V3 始尝试关节解耦, 灵巧手可插拔换本体。

版本迭代:V3 非简单过渡, 工厂自用持续, 但对外租赁具过渡性。2027 年量产主体为 V3, 推出 V3.5 小幅改善并承接 V4 技术验证。V4 主攻 ToB 销售兼 ToC, 2027 年底设计 2028 年量产。技术升级含:AI5 芯片;磁流体灵巧手;关节数增至 36 个(旋转 20-22,线性 16);测盘式/斜波磁场/内超导磁阻电机,摆线/复合行星/复合谐波减速器, 等腰对轴丝杠(类广州塔结构);电子皮肤全身覆盖集成温湿痛觉纳米网丝及磁流体柔性触感;纯视觉升级 3D 结构光原生 3D 坐标。