

灵巧手硬件的五大方向

为什么关注灵巧手？ 1) 人形机器人的核心能力是泛化性，而灵巧手是体现这种泛化性的核心。2) 灵巧手是人形机器人成本占比最高的零部件。3) 当前阶段，灵巧手存在较大的升级优化空间，是产业链瓶颈环节。4) 从 AI 数据闭环角度，灵巧手是人形机器人和外界交互的桥梁，是从物理世界采集数据的窗口。

按传动方式分类，灵巧手包括齿轮、连杆、绳驱三类。 齿轮式一般将电机布置在手指位置，优点是传动效率高、容易布置，缺点是性能高度依赖电机，当前技术下该方案的手指粗大，手指惯性高、控制复杂；连杆式的优势是坚固易维护，但由于连杆较厚且坚硬，难实现高灵巧性；绳驱式可以实现高灵巧度，但腱绳寿命有限，装配复杂性高。从当前市面灵巧手方案来看，国内企业侧重连杆，而海外企业更侧重腱绳。

我们看好微型电机、驱控芯片、微型丝杠、腱绳、传感器五大方向。

(1) 随着手部自由度的提升，电机需求大幅度提升。由于灵巧手要求驱动单元具备大扭矩、小空间的特点，一般采用空心杯电机。随着灵巧手设计方案的改进，也出现了使用直流无刷电机的方案。微型电机价值量高，BOM 成本占比高，价值量显著。

(2) 随着自由度的提升，人形机器人对电机驱控芯片的需求大幅增长。人形机器人要求电机驱控芯片具备高性能、高可靠、低功耗、高集成、小尺寸的特点。驱控芯片当前国产化率低，国产替换空间广阔。同时头部企业有望依托产业链卡位，向产业链上下游进行延伸。

(3) 随着灵巧手自由度的提升，微型丝杠的需求弹性显著。微型丝杠工作环境相对精密，对材料的要求特别高，技术壁垒进一步提升。

(4) 腱绳是目前绳驱方案的短板所在。金属腱绳的摩擦小，但强度低、不能承受小回转半径、难以固定；超分子量聚乙烯纤维比强度大，但耐高温、抗蠕变性能较差。目前金属方案和超分子量聚乙烯纤维方案都在推进。

(5) 触觉传感器是机器人与外部互动实现灵巧操作不可或缺的关键零部件，从工艺上分为 MEMS 和柔性传感器，从材料可以分为压阻式、电容式、压阻式、光电式等。当前触觉传感器主要集中在指尖，未来有望覆盖手掌、甚至整手，使用量将会大幅提升。当前 MEMS 工艺较为成熟，电子皮肤在灵敏度、分辨率等指标性能已有大幅提升，但大面积阵列化部署还面临高成本、拼接问题、电路连通性等难题。

内容目录

灵巧手是机器人夹爪的升级，是人形机器人的核心价值之一	4
为什么关注灵巧手	4
灵巧手三大传动方案详解.....	4
灵巧手方案对比：国内侧重连杆，海外侧重腱绳.....	9
特斯拉：腱绳传动的代表.....	9
因时：基于微型伺服丝杠的 11 自由度方案	10
灵心巧手：连杆传动的高自由度方案	11
兆威机电：连杆+直驱组合方案.....	12
灵巧手硬件五大方向	13
微型电机：BOM 占比高，价值量显著	13
驱控芯片：国产替换空间广阔.....	16
微型丝杠：用量有望大幅提升.....	18
腱绳：绳驱方案的短板所在	20
触觉传感器：稀缺的价值增量环节.....	23

图表目录

图表 1：夹爪 VS 灵巧手	4
图表 2：灵巧手分类.....	5
图表 3：灵巧手三大传动方式对比.....	5
图表 4：DLR-HIT-Hand 第一代（左）和第二代（右）	6
图表 5：DLR-HIT-Hand II 的手指结构.....	6
图表 6：KITECH-hand 使用的伺服电机.....	6
图表 7：KITECH-hand 手部结构.....	6
图表 8： ILDA 灵巧手的连杆设计	7
图表 9： ILDA 灵巧手手指的零部件.....	7
图表 10：Robonaut2 灵巧手.....	7
图表 11：R2 手指的驱动器结构.....	7
图表 12：R2 手的电机布置.....	8
图表 13：R2 安装了传感器测量腱绳在管道中的张力	8
图表 14：DLR Hand Arm System 前臂集成了大量的电机.....	8
图表 15：DLR Hand Arm System	8
图表 16：拮抗驱动设计方案.....	9
图表 17：DLR Hand Arm System 手的掌指关节.....	9
图表 18：特斯拉第一代灵巧手手指零部件.....	10
图表 19：特斯拉第一代灵巧手采用蜗轮蜗杆.....	10
图表 20：特斯拉 WE ROBOT 活动展示的新一代灵巧手	10
图表 21：因时灵巧手内部结构.....	11
图表 22：Linker Hand Ultra	12

图表 23: Linker Hand O7.....	12
图表 24: 灵心巧手产品展示.....	12
图表 25: 兆威灵巧手伺服系统.....	13
图表 26: 兆威机电灵巧手.....	13
图表 27: 市场灵巧手方案对比.....	13
图表 28: 无刷空心杯电机 VS 有刷空心杯电机	14
图表 29: 无刷空心杯电机结构.....	14
图表 30: 有刷空心杯电机结构.....	14
图表 31: 空心杯电机绕线方式.....	15
图表 32: 直流无刷电机价格显著低于空心杯电机.....	15
图表 33: 有刷直流电机 VS 无刷直流电机	15
图表 34: 电机驱动控制示意图.....	16
图表 35: 电机控制板.....	16
图表 36: 峰岬科技的方案可以降低成本、减少元器件面积.....	16
图表 37: 峰岬科技的芯片集成角度传感器.....	17
图表 38: 峰岬科技的关节方案.....	17
图表 39: 2023 年中国市场前十大 BLDC 电机主控及驱动芯片公司.....	17
图表 40: 因时的微型伺服电缸.....	18
图表 41: 行星滚柱丝杠的指标优势.....	18
图表 42: 全球代表性行星滚柱丝杠企业区域分布.....	19
图表 43: 中国行星滚柱丝杠市场竞争格局.....	19
图表 44: 灵巧手用的微型行星滚柱丝杠.....	20
图表 45: 灵巧手微行星滚柱丝杠.....	20
图表 46: 机器人用钢丝绳.....	20
图表 47: 聚乙烯的分类.....	21
图表 48: 高性能纤维对比.....	21
图表 49: UHMWPE 纤维的应用领域	22
图表 50: UHMWPE 产能（万吨）	22
图表 51: 中国超高分子量聚乙烯十年发展对比.....	22
图表 52: 触觉传感器的分类.....	23
图表 53: 帕西尼的 mems 传感器.....	24
图表 54: 某压阻式传感器制作工艺流程图.....	24
图表 55: 智元机器人的视触觉传感器.....	24
图表 56: digit 360 视触觉传感器	24
图表 57: 不同原理柔性触觉传感器对比.....	24
图表 58: 四种典型柔性触觉传感器示意图.....	25
图表 59: 部分触觉传感器企业.....	25
图表 60: 华威科的电子皮肤.....	26
图表 61: 墨现科技的灵巧手指尖传感器.....	26
图表 62: 福莱新材的柔性传感器.....	26
图表 63: 他山科技触觉传感器芯片.....	26

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/788033006011007046>