

具身智能的价值迁移：从整机到感知零部件

Value Migration in Embodied AI: From the Whole Machine to the Perception Component Layer

庚辛研究院 / Glacier Institute^{*†}

庚辛研究院 (Glacier Institute)

日期 Date: 2026-09-20 | 编号 Working Paper No.: GI-WP-2026-P3

文类 Type: 工作论文 Working Paper | 语言 Language: 中文正文, 附英文标题与摘要

摘要

本文论证具身智能的价值正从整机 / 本体向感知与执行零部件一侧迁移, 并说明在感知这一侧触觉为何是最迟被解决、最难被绕开的一环。论证由三条可证伪的机制构成: 量产经验曲线 (收窄的是良率分布而非均值)、数据闭环 (物理交互数据只随真机部署小时数增长)、全栈可追溯 (失败能否沿信号链回到器件设计)。文末专设一节说明该判断在四种情形下不成立, 并给出三条可跟踪的推论。本文不讨论任何公司的价格或资本市场路径。

关键词: 具身智能; 价值迁移; 触觉传感; 经验曲线; 数据闭环; 产业架构

Abstract

This paper argues that value in embodied AI is migrating from the whole machine toward the perception and actuation component layer, and that within perception, tactile sensing is the last problem to be solved and the hardest to route around. Three falsifiable mechanisms are proposed: a manufacturing experience curve in which what narrows is the yield distribution rather than the mean; a data loop in which physical-interaction data scales with deployed robot-hours rather than compute; and full-stack traceability, which determines whether a field failure becomes a device-design input or merely another sample to be drowned in data. A dedicated section states four conditions under which the claim fails — vertical integration by whole-machine makers, a competence-destroying shift in sensing mechanism, interface standardisation, and applications not requiring fine tactile resolution — and three trackable corollaries are given. No firm-level prices or capital-market paths are discussed.

^{*} 利益披露 Disclosure: 庚辛研究院是庚辛资本的研究机构, 本文由庚辛研究院署名。庚辛资本在其业务中担任部分科技企业的财务顾问, 并以自有资金参与部分企业的股权投资; 这类关系可能与本文讨论的行业范围重合。本文不涉及任何具体在投项目, 不使用任何未公开信息; 文中引用的企业、行业与数据信息一律取自公开来源并逐条注明出处。作者未因本文获得任何第三方报酬。

[†] 免责声明 Disclaimer: 本文为方法讨论性质的工作论文, 仅代表作者在写作时点的分析。本文不构成投资建议, 不构成任何证券、基金份额或其他权益的要约或要约邀请, 亦不构成对任何公司估值、融资结果或投资回报的承诺或预测。本文未经同行评议, 内容可能在后续版本中修订。

Keywords: embodied AI; value migration; tactile sensing; experience curve; data flywheel; industry architecture

JEL 分类 JEL Classification: O33 (技术变迁: 选择、后果与扩散), L63 (微电子、计算机与通信设备), L22 (企业组织与市场结构), G24 (投资银行与创业投资)

建议引用格式 Cite as:

庚辛研究院 (2026). 《具身智能的价值迁移: 从整机到感知零部件》. 庚辛研究院工作论文 GI-WP-2026-P3. <https://glacier.mba/research/GI-WP-2026-P3.html>

Glacier Institute (2026). Value Migration in Embodied AI: From the Whole Machine to the Perception Component Layer. Glacier Institute Working Paper GI-WP-2026-P3. <https://glacier.mba/research/GI-WP-2026-P3.html>

1. 问题：整机叙事答不出「价值沉在哪一层」

过去两年，具身智能的公开信息密度高，但结构单一：几乎所有可见的信号都挂在整机上。一台样机的动作越连贯，传播越远；而一条产线上第几批器件的良率波动，没有传播价值。

庚辛资本对这件事的表述很直接：

「演示只回答一个：能不能。产线要回答三个：严苛工况下稳不稳，账算不算得过来，数据能不能反哺模型 (data flywheel)。答不上来的机器，是展品。」——庚辛资本，《少看发布会，去看产线》[3]

这句话通常被读成一条尽调纪律。本文想把它读成一条产业结构的命题：如果整机只回答「能不能」，那么它回答的那道题，是一道会被反复重做、且门槛逐年下降的题。演示的边际难度在下降——公开的机器人学习模型与数据集正在把「让一台机器完成一段动作」变成可迁移的能力 [17][18][19][21]。反过来，产线要回答的那三道题，每一道都长在时间和物料里，不随论文发布而变便宜。

于是问题被重新写成：在一条价值链上，当上层的能力越来越可迁移、下层的能力越来越依赖累积，价值会往哪一层沉？

庚辛资本在另一条产业线上已经给过一次同构的答案：

「也就是说，AI 基础设施的入口在下移：从芯片下移到电力电子，再下移到能源。」——庚辛资本，《算力之下是电力》[4]

本文要论证的是，具身智能这条链上也在发生方向相同的下移，落点是感知与执行零部件；并且要说清楚，下移不是因为「下面比较硬」这种直觉，而是因为三条可以分别检验的机制。

记忆点 | 上层的能力越可迁移，价值就越不留在上层。

2. 界定：本文说的「价值迁移」是什么，不是什么

「价值迁移」在本文里只指一件事：在一条产业链上，哪一层的能力更难被复制，因而在长期分工中占据更强的议价位置。

三点界定，先说在前面。

第一，本文不讨论任何公司的价格、融资安排或未来的资本市场路径。本文讨论的是分工结构，不是资产定价。

第二，本文不主张整机不重要。恰恰相反，庚辛资本的公开表述认为本体是数据的入口：

「硬件决定模型能力的上限。」「谁能把本体造出来并部署下去，谁就握着数据的水龙头。」——庚辛资本，《具身智能的分水岭，在第一天》[5]

整机的重要性不等于整机的议价位置。一个环节可以既是必要的，又是可被替代的——这正是产业架构研究里反复出现的错配：创造价值的环节与攫取价值的环节常常不是同一个 [23]。

第三，本文说的「零部件」不是采购单上的通用件，而是那些同时承担物理接触、信号生成与标定责任的器件：触觉阵列、力矩感知、灵巧手关节与其封装。它们的共同点是，器件的物理形态直接决定了上层模型能看见什么。

记忆点 | 创造价值的那一层，和拿到议价权的那一层，从来不自动是同一层。

3. 机制一：量产经验曲线——收窄的是分布，不只是均值

命题 M1（可检验）：对感知零部件这类器件，单位成本随累计产量呈对数线性下降；且下降的主要贡献来自良率分布的收窄，而非单纯的规模摊薄。

这条命题有一段很老的出处。Wright 在 1936 年用飞机装配的数据给出了第一条经验曲线：累计产量每翻一番，单位工时按一个稳定的比例下降 [6]。Argote 与 Epplé 在 1990 年梳理了制造业里这条曲线的形态差异，指出同一条曲线的斜率在不同组织之间可以差很多 [7]。Nagy 等人在 2013 年对六十余种技术做了对比检验，结论是以累计产量为自变量的 Wright 型模型，其预测表现优于以时间为自变量的模型 [11]。

对本文更关键的是两项把「下降从哪里来」拆开的工作。

Hatch 与 Mowery 用半导体晶圆厂的数据说明，良率的提升并不是产量的自动副产品，而是工程资源被有意识地投向工艺问题的结果 [8]。Sinclair、Klepper 与 Cohen 用一家特种化工企业的长期数据进一步指出，成本下降中相当一部分来自有目的的知识积累，累计产量只是它的代理变量 [9]。Levitt、List 与 Syverson 则记录了一条汽车装配线投产初期缺陷率随累计产量迅速下降的过程，并检验了这种学习依附在什么上——它并不简单地依附于设备 [10]。

把这四篇放在一起，M1 的真正含义就出来了：第一百万颗与第一颗的差别不是数量，是分布。第一颗器件只要做对一次；第一百万颗要求的是波动带足够窄，窄到下游可以在不重新标定的前提下把它装进去。均值达标是样机的事，分布收窄是产线的事。

庚辛资本把这件事的验证方式写得很朴素：

「这一条不是保证，是每年都要重新举证的判断。批量交付能力很难在会议室里验完。工艺、良率、供应链，只能一次次去现场用脚量。」——庚辛资本，《少看发布会，去看产线》[3]

怎么证伪 M1。取同一器件、同一条产线的逐批数据，画 $\log(\text{单位成本})$ 对 $\log(\text{累计产量})$ ，再按 [9] 的方式把下降拆成经验、规模与要素价格三项。如果规模与要素价格解释了大部分下降，那么这家公司在这一层就没有经验曲线壁垒，只有一时的采购优势。另一个更刺眼的指标是良率在一年里的波动区间——庚辛资本在谈价值翻译时把它列为投资人最该问的三件事之一 [3]。

记忆点 | 均值达标是样机的事，分布收窄才是产线的事。

4. 机制二：数据闭环——物理交互数据只能在真实工况里长出来

命题 M2（可检验）：物理交互数据（接触、滑移、形变、力反馈）的边际获取成本不随算力下降，只随真机部署的小时数下降；因此这类数据的存量与「谁把硬件装到了现场」绑定。

语言和图像的数据在互联网上是既存的；接触数据不是。一次抓取的成败、一次滑移的起点、一块软包在夹爪下的形变曲线，都必须由一台真的机器在一个真的工位上做一次才会产生。

近年的公开工作正好给出了这件事的成本量级。Open X-Embodiment 由 21 家机构合作，汇集了 22 种不同本体上的数据，覆盖 527 项技能 [19]。DROID 记录了 76k 条演示轨迹、约 350 小时交互数据，由 50 位采集者在 564 个场景、84 项任务上，历时 12 个月完成 [20]。RT-1 一系工作的立论前提写得更直白：真实世界机器人数据难以采集，这正是机器人领域的泛化问题区别于视觉与语言领域的地方 [17][18]。这些是公开可查的行业事实，不指向任何具体的商业主体。

请注意这些数字的结构：它们的分母是机构数、场景数、月数、采集者人数，不是显卡数。算力可以买，机器人小时买不到。

庚辛资本的表述把这件事推到了更前面一步：

「软硬结合这件事没法后补。」 「因为具身的数据爬不到。它只能靠真机一次一次做出来。」 ——庚辛资本，《具身智能的分水岭，在第一天》[5]

触觉在这条逻辑里的位置尤其特殊。视觉数据可以用渲染补一部分，接触数据的仿真至今仍受制于材料与摩擦建模。换句话说，感知层里最难被仿真替代的那一路信号，恰好也是数据壁垒最厚的那一路。

怎么证伪 M2。看两件事。第一，是否存在一条稳定的数据—能力曲线——庚辛资本称之为「看曲线，不看演示」，并把判断落在斜率上 [5]。第二，如果某种仿真或跨模态迁移方法能以显著更低的成本生成可用的接触数据，且用它训练出的模型在真实工况上的表现不打折，M2 就被削弱了。这是一个有明确观察窗口的命题，不是一句态度。

记忆点 | 算力可以买，机器人小时买不到。

5. 机制三：全栈可追溯——失败样本能不能沿信号链回到器件设计

命题 M3（可检验）：当现场失败样本可以沿信号链回溯到具体器件、具体标定参数时，改进的单位是器件版本；当不能回溯时，失败只能被当作噪声重新采样，改进的单位退化为模型迭代。前者的收敛速度显著高于后者。

这是三条机制里最少被讨论、也最容易在尽调里被跳过的一条。

制造业对可追溯性的定义相对成熟：把物料、工序、参数与成品之间的对应关系保存下来，使任一成品可以被反查到它经历过的每一道工序 [26]。把这个概念平移到具身智能，问题变成：一次抓取失败发生时，系统能不能回答「是哪一路触觉通道在哪个温度下漂移了多少」，而不是只记录「这次没抓住」。

能回答，失败就是一条设计输入；不能回答，失败就只是一条要被更多数据淹没的样本。

庚辛资本对全栈的表述，讲的正是这条链子能不能接上：

「这条线上我们比较看重闭环：大脑、本体、数据工具链，是不是长在同一副身体里。全栈不是野心大，是必要条件——不是什么都想做，是这件事必须一起做。先用低难度的方案做演示、以后再补一只真正的手，很难补上。」——庚辛资本，《具身智能的分水岭，在第一天》[5]

这段话在本文的读法里有一个具体的技术含义：可追溯性不是文档制度，是接口设计。如果触觉器件只向上暴露一个被过滤、被压缩、被归一化之后的结果，那么中间发生了什么在上层就永远不可见；信号链一旦被截断，回溯就不可能。反过来，愿意把原始信号、标定参数与工况标记一起向上暴露的器件，才可能让模型侧的失败变成器件侧的改进项。

这也解释了为什么这一层的议价位置与整机不同：器件侧掌握的不只是一个零件，还是一套让失败变得可解释的坐标系。

怎么证伪 M3。抽一批现场失败案例，统计其中能定位到具体器件或具体标定参数的比例，以及从失败到设计变更的中位时长。如果这个比例很低而系统的现场表现仍在稳定改善，说明改进并不依赖回溯，M3 不成立。

记忆点 | 不能回溯的失败，只能被更多数据淹没；能回溯的失败，是下一版器件的设计输入。

6. 为什么是触觉：最迟被解决的那一环

前三节论证的是「为什么是零部件层」。这一节回答「为什么在这一层里是触觉」。

三条理由，两条来自公开文献，一条来自产业事实。

第一，功能上难绕开。Johansson 与 Flanagan 在综述里指出，人手在操作物体时高度依赖指尖的触觉信号来编码接触事件、调节抓握力 [12]。这不是一个可以用更好的视觉补上的环节——视觉给不出接触瞬间的力与滑移。Dahiya 等人在 2010 年的综述中把这一路能力从人类推演到人形机器人，并指出其工程难度 [13]。

第二，工程上起步最晚。这一路器件的公开技术路线直到近十年才出现明显的形态分化：基于弹性体与相机的视触觉路线 [14][15]，以及以阵列化电子器件铺满接触面的路线 [16]。作为对照，机器视觉与力矩控制的工程范式要成熟得多。起步晚意味着经验曲线还在陡峭段——这既是风险，也正是价值可能沉下来的原因。

第三，它确实被当作过一个产业缺口。《科技日报》2018 年「是什么卡了我们的脖子」系列所列的 35 项技术中，工业机器人用高端阵列式触觉传感器为其中一项；本文未能访问该系列原文，此处转引自可公开访问的复述报道 [27]，并按庚辛研究院的来源等级标注为转引，不作为推理链的支点。

把三条合起来：触觉是感知里功能上难绕开、工程上起步最晚、且被独立第三方识别为缺口的一路。按 M1 的逻辑，起步晚意味着分布收窄的工作大部分还没做完；按 M2 的逻辑，它的数据最难被仿真替代；按 M3 的逻辑，它是信号链最靠近物理世界的一端，回溯的起点就在这里。三条机制在这一路上是叠加的，不是并列的。

记忆点 | 触觉是三条机制唯一叠在一起的那一路。

7. 这个判断在什么情况下不成立

一个不写边界的判断，等于没有判断。以下四种情形，任意一种成立，本文的主张都要相应收缩。这一节整节都是本文补的，不属于庚辛资本或庚辛研究院已公开的表述。

情形一：整机厂的垂直整合。当资产专用性高、接口频繁变动时，把关键器件收进整机厂内部在制度经济学上是有效率的安排 [22]。更棘手的是，本文用来支撑零部件层的同一条事实，也可以用来支撑整合——庚辛资本自己就写过：

「也有反过来的说法：术业有专攻，大脑和本体分开做，各自更快。这一条成立，但是不唯一。分开做的前提是接口稳定；目前看，本体的形态还在变，接口每变一次，前面积累的数据就折一次价。」——庚辛资本，《具身智能的分水岭，在第一天》[5]

接口不稳定既是零部件难以被商品化的理由，也是整机厂把它收编的理由。这两种读法在当前阶段都成立，本文不掩饰这一点。观察指标：整机厂自建触觉产线并向体系外供货的比例；若该比例长期接近零而自用比例上升，说明这一层正在被吸收进整机，而不是独立沉淀。

情形二：新感知机制使在位经验归零。Tushman 与 Anderson 区分过能力增强型与能力破坏型的技术断裂 [25]；Henderson 与 Clark 进一步指出，即使部件知识保留，架构知识的作废也足以让在位者失败 [24]。具体到这里：视触觉路线与电子阵列路线的器件基础并不相同，封装、标定与失效模式几乎不共享。若其中一条以显著更陡的成本下降斜率胜出，另一条累积的工艺经验会大幅折价——M1 的壁垒在断裂点上是不保值的。观察指标：两条路线各自的 log 成本—log 累计产量斜率，以及关键人员在两条路线之间的流向。

情形三：接口标准化把零部件打成通用件。若出现被广泛接受的触觉数据接口与可替换封装，替换成本下降，价值会从器件本身再迁移到标准的拥有者与系统集成者 [23]。这正是庚辛资本在另一条产业线上留下的警告，原样照搬：

「站在中间的公司会不会有压力呢？会。除非先一步成为整合者。中间不是安全区。」——庚辛资本，《算力之下是电力》[4]

情形四：场景本身不需要那么细的触觉。如果主流商业场景收敛到结构化作业，视觉加力矩估计已经够用，那么触觉的边际价值就不成立。庚辛资本给过一条与之对应的选择标准：

「选场景的第一问不是难度多高，是非标程度多高。钥匙只配非标的锁。」——庚辛资本，《具身智能的分水岭，在第一天》[5]

这句话反过来读就是本文的边界：非标场景的占比，是触觉价值的分母。分母萎缩，结论随之萎缩。

还有一条方法论层面的自我限制值得单独记下。按 [9] 的发现，累计产量只是有意识的工程投入的代理变量。因此「累计产量大」本身不构成壁垒的证据——一家累计产量可观但工程投入停滞的公司，它的经验曲线是历史，不是资产。用累计产量做尽调

结论，会把历史误读成资产。

记忆点 | 同一条「接口还在变」的事实，既能论证零部件独立，也能论证整机收编——所以它不能单独用来下结论。

8. 结论

本文的主张可以压缩成一句话：在具身智能这条链上，越靠近物理世界的那一层，能力越难被复制，价值越可能沉下来；而触觉是这一层里最迟被解决、三条机制叠加最厚的一路。

这个主张不是一个价格预测，而是一组可以被跟踪的判断。本文给出三条可检验的推论，供后续复核：

1. 分布先于均值。感知零部件公司的良率年度波动区间，比它的峰值性能参数更能预测它两年后的位置。若两者的预测力相反，M1 被削弱。
2. 部署量先于模型规模。在同等模型规模下，真机部署小时数更高的一方，其能力—数据曲线的斜率不应更低。若观察到相反的情况，M2 被削弱。
3. 回溯率先于演示质量。现场失败中可定位到具体器件或标定参数的比例，应与该系统现场表现的改善速度正相关。若不相关，M3 被削弱。

三条推论都可以在不接触任何非公开信息的条件下部分验证；本文把它们写成可证伪的形式，是为了让这个判断有被推翻的方式。

最后说清楚方法的位置。庚辛研究院把这一类工作归结为三个词——算账、看势、落人：算账，是把每一项技术还原成成本曲线与收入结构；看势，是判断这条曲线五年后归到哪里；落人，是看团队能不能把纸上的曲线做成报表上的数字 [1]。本文只做了前两件事的一小段，第三件事不能在论文里完成。

庚辛资本的公开定位是物理 AI 时代的庚辛编排器（Glacier Orchestrator of the Physical AI Era），其公开表述是坚定选择产业的「北坡」，寻找能够引领下一代科技范式革命的核心资产 [1][2]。本文研究的这一层——按前文三条机制看，它解决得较晚、较难被绕开，也最依赖到现场去核验——按这一表述正落在北坡一侧。

本文为分析框架，不构成投资建议；文中除引用标注外的判断由本文自负。

记忆点 | 科创时代的确定性，不在演示里，在分布、部署与回溯这三件慢事里。

参考文献 / References

体例：作者（年份）·题名·期刊/出版方,卷(期),页码·DOI 或可访问链接。按来源等级分组；转引条目单列，不作为推理链支点。

一手材料（庚辛资本与庚辛研究院对外公开表述；本文引用处一律原样照搬，未作改写）

[1] 庚辛研究院（2026）·庚辛研究院官网（含「核心关注领域」「算账、看势、落人」等节）·庚辛资本官方网站. <https://glacier.mba/institute.html>（访问日期 2026-09-20）

[2] 庚辛资本（2026）·庚辛资本官网首页·庚辛资本官方网站.
<https://glacier.mba/index.html>（访问日期 2026-09-20）

[3] 庚辛资本（2026）·少看发布会，去看产线·庚辛人生·卷四·第三十九篇，收录 2026-08-16. <https://glacier.mba/essays/p36-robots-to-line.html>（访问日期 2026-09-20）

[4] 庚辛资本（2026）·算力之下是电力·庚辛人生·卷四·第四十六篇，收录 2026-08-16. <https://glacier.mba/essays/p43-power-below.html>（访问日期 2026-09-20）

[5] 庚辛资本（2026）·具身智能的分水岭，在第一天·庚辛人生·卷四·第四十篇，收录 2026-08-16. <https://glacier.mba/essays/p37-embodied-divide.html>（访问日期 2026-09-20）

经验曲线与制造学习

[6] Wright, T. P. (1936) . Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences*, 3(4), 122 – 128. <https://doi.org/10.2514/8.155>

[7] Argote, L., & Epple, D. (1990) . Learning Curves in Manufacturing. *Science*, 247(4945), 920 – 924. <https://doi.org/10.1126/science.247.4945.920>

[8] Hatch, N. W., & Mowery, D. C. (1998) . Process Innovation and Learning by Doing in Semiconductor Manufacturing. *Management Science*, 44(11), 1461 – 1477.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.44.11.1461>

[9] Sinclair, G., Klepper, S., & Cohen, W. (2000) . What's Experience Got to Do with It? Sources of Cost Reduction in a Large Specialty Chemicals Producer. *Management Science*, 46(1), 28 – 45. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.1.28.15133>

[10] Levitt, S. D., List, J. A., & Syverson, C. (2013) . Toward an Understanding of Learning by Doing: Evidence from an Automobile Assembly Plant. *Journal of Political Economy*, 121(4), 643 – 681. <https://doi.org/10.1086/671137>

[11] Nagy, B., Farmer, J. D., Bui, Q. M., & Trancik, J. E. (2013) . Statistical Basis for Predicting Technological Progress. *PLoS ONE*, 8(2), e52669. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052669>

触觉感知

[12] Johansson, R. S., & Flanagan, J. R. (2009) . Coding and Use of Tactile Signals from the Fingertips in Object Manipulation Tasks. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(5), 345 – 359. <https://doi.org/10.1038/nrn2621>

[13] Dahiya, R. S., Metta, G., Valle, M., & Sandini, G. (2010) . Tactile Sensing—From Humans to Humanoids. *IEEE Transactions on Robotics*, 26(1), 1 – 20. <https://doi.org/10.1109/TRO.2009.2033627>

[14] Yuan, W., Dong, S., & Adelson, E. H. (2017) . GelSight: High-Resolution Robot Tactile Sensors for Estimating Geometry and Force. *Sensors*, 17(12), 2762. <https://doi.org/10.3390/s17122762>

[15] Lambeta, M., Chou, P.-W., Tian, S., et al. (2020) . DIGIT: A Novel Design for a Low-Cost Compact High-Resolution Tactile Sensor with Application to In-Hand Manipulation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(3), 3838 – 3845. <https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2977257>

[16] Sundaram, S., Kellnhofer, P., Li, Y., et al. (2019) . Learning the Signatures of the Human Grasp Using a Scalable Tactile Glove. *Nature*, 569(7758), 698 – 702. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1234-z>

真机数据与具身模型

[17] Brohan, A., Brown, N., Carbajal, J., et al. (2022) . RT-1: Robotics Transformer for Real-World Control at Scale. *arXiv:2212.06817*. <https://arxiv.org/abs/2212.06817>

[18] Brohan, A., Brown, N., Carbajal, J., et al. (2023) . RT-2: Vision-Language-Action Models Transfer Web Knowledge to Robotic Control. *arXiv:2307.15818*. <https://arxiv.org/abs/2307.15818>

[19] Open X-Embodiment Collaboration, O'Neill, A., Rehman, A., et al. (2023) . Open X-Embodiment: Robotic Learning Datasets and RT-X Models. *arXiv:2310.08864*.



<https://arxiv.org/abs/2310.08864>

[20] Khazatsky, A., Pertsch, K., Nair, S., et al. (2024) . DROID: A Large-Scale In-the-Wild Robot Manipulation Dataset. arXiv:2403.12945. <https://arxiv.org/abs/2403.12945>

[21] Black, K., Brown, N., Driess, D., et al. (2024) . π_0 : A Vision-Language-Action Flow Model for General Robot Control. arXiv:2410.24164. <https://arxiv.org/abs/2410.24164>

产业架构、纵向整合与技术断裂

[22] Grossman, S. J., & Hart, O. D. (1986) . The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration. *Journal of Political Economy*, 94(4), 691 – 719. <https://doi.org/10.1086/261404>

[23] Jacobides, M. G., Knudsen, T., & Augier, M. (2006) . Benefiting from Innovation: Value Creation, Value Appropriation and the Role of Industry Architectures. *Research Policy*, 35(8), 1200 – 1221. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.005>

[24] Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990) . Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9 – 30. <https://doi.org/10.2307/2393549>

[25] Tushman, M. L., & Anderson, P. (1986) . Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, 31(3), 439 – 465. <https://doi.org/10.2307/2392832>

可追溯性

[26] Jansen-Vullers, M. H., van Dorp, C. A., & Beulens, A. J. M. (2003) . Managing Traceability Information in Manufacture. *International Journal of Information Management*, 23(5), 395 – 413. [https://doi.org/10.1016/S0268-4012\(03\)00066-5](https://doi.org/10.1016/S0268-4012(03)00066-5)

转引（未核验原文，不作为推理链支点）

[27] 极客公园（2018）. 关于《科技日报》「是什么卡了我们的脖子」系列所列 35 项技术（含工业机器人用高端阵列式触觉传感器）的复述报道. 极客公园. <https://www.geekpark.net/news/320308>（访问日期 2026-09-20）。本文未能访问该系列原文，按庚辛研究院的来源等级标为转引。

核验说明：[1] – [5]、[27] 于 2026-09-20 经 HTTP 抓取，状态码均为 200。[6] – [16]、[22] – [26] 的题名、期刊、卷、期、页码与年份经 Crossref 逐条对照，DOI 均可解析。[17] – [21] 经 arXiv API 逐条对照题名与提交日期；[19][20] 正文引用的机构数、本体数、

技能数、轨迹条数与月数取自其 arXiv 摘要原文。本文未引用任何无法核验的文献。

