

1 架构的世纪迁徙：从工程本体论到具身智能的统一图景

跨产业架构演进、跨域基准与成熟度框架的学术综述

Architecture Intelligence Research Series · Working Paper 2026-01

1.1 摘要

本文以“架构”这一跨越两千年的工程概念为起点，系统梳理了从维特鲁威三原则到 ISO/IEC/IEEE 42010 架构描述本体论的概念史，并沿汽车电子电气（E/E）架构、智能手机/消费电子、互联网/云、机器人、具身人工智能五大产业剖面，建立了一个统一的横向基准框架。研究在**硬件、软件、数据/AI、生态、安全**五个维度上完成跨域对标，识别出三类架构原型——**垂直闭环型**（Tesla）、**跨设备生态型**（华为、小米）与**平台赋能型**（Google/Waymo、NVIDIA、Mobileye、Bosch、Aptiv）——并对其内在哲学差异、复用机理与限制条件进行了详细剖析。

研究的核心判断是：**当代各产业的架构正在经历“基础设施趋同、控制语义与证明义务分化”的双层演化**。在共享底座（异构 SoC、虚拟化、服务化接口、模型训练管线、OTA 流水线、数字孪生）上，汽车与机器人将长期保留独立的失效哲学、安全壳与责任归属层；消费电子与云则继续以 fail-soft 与快速恢复为主导。本文进一步提出 **AR0—AR5 架构能力门槛框架**，类比 SAE J3016 自动驾驶分级，但明确强调“能力门槛而非时间线，低阶不会消失而会与高阶长期共存”。在此基础上，本文引入 **Architecture Intelligence（架构智能，AI²）** 作为统摄性研究范式，并提出 **AI²-ML（Architecture Intelligence Maturity Levels）** 5 级 × 5 维评估框架，作为架构工具与方法论成熟度的独立度量维度。

关键词：架构本体论；电子电气架构；软件定义汽车；具身人工智能；架构成熟度；失效哲学；Architecture Intelligence

1.2 引言：为什么“架构”是这个十年最被低估的元问题

汽车正在变成机器人。机器人正在变成移动的数据中心。数据中心正以世界模型反向重建物理世界。智能手机、可穿戴设备、智能家居正以分布式微内核统一为单一“超级终端”。

这场跨产业的“架构大迁徙”——从分布式 ECU 到中央计算、从单体 OS 到分布式微内核、从规则驱动到端到端神经网络、从工业机械臂到通用人形——并非五个独立的产业故事，而是**同一条技术曲线在五个剖面上的投影**。然而，业界对这种深层同构性的讨论仍停留在概念口号层面，缺乏系统的本体论梳理、严谨的跨域基准、以及对收敛边界的清晰刻画。

更值得关注的是：在过去十年中，“架构”这一概念被频繁地降格使用。它有时被简化为“系统框图”，有时被等同于“零部件清单”，有时被混淆为“技术选型”。这种概念稀释的代价是巨

大的——架构决策的不可逆性、跨生命周期成本、以及对组织能力的长期塑造，都在简化叙事中被遮蔽。

本文试图重新激活”架构”作为元问题的严肃性。我们从两千年的概念史出发，进入当代工程语义的严谨定义，然后以汽车 E/E 架构为锚点（因其工程约束最严苛、监管最完整、产业演进最清晰），向手机、云、机器人、具身 AI 四个邻域作横向对标，最终回到一个统一的成熟度框架。

本文不是产业咨询报告，不为任何特定企业或地理市场服务。研究问题严格限定为：**当代各产业架构在演进中表现出怎样的同构与异构？这种结构性差异由何驱动？是否存在一个统一的方法论来刻画与比较？**
