

0.1 执行摘要 (Executive Summary)

谁在为架构师赋能：从绘图板到推理引擎

archi-intelligence 研究系列·工作论文 2026-04

DOI: 10.5281/zenodo.21035221

本文以“设计工具”这一跨越六十年的工程造物为起点，追溯了从 1963 年 Sutherland 的 Sketchpad 内含的约束求解器，到当代 MBSE、EDA 与 AUTOSAR 工具链的演化主线，提出一个常被工具厂商的市场叙事所遮蔽的判断：设计工具最深的身份是约束维护，而非图形描绘。在此基础上，本文将三部曲所建立的 AI²-ML (Architecture Intelligence Maturity Levels, 架构智能成熟度) 框架，从丈量“被设计的架构”转用于丈量“设计架构的工具”，沿约束感知深度、参考架构整合、AI 辅助生成、AI 推理自主、互操作性五个能力维度 (D1-D5)，对汽车架构设计工具链中与该框架同源的核心物种——架构设计 / MBSE / 推理工具——逐一打分，并按以 D1、D4 为核心双轴的合成规则换算为 L0-L5 总级别。全部评分以标准规范与厂商官方技术文档为第一手依据，遵循 2024.1-2026.1 的时间窗与公开可复算的证据规程。

研究对 12 家工具的丈量得出三个相互印证的发现。其一，整个品类贴地分布而顶端空缺：唯有一家工具 (SCADE, 现属 Synopsys) 凭借其形式化定义的语言与模型检查器触及 L3，且其可验证性仅及于软件 / 模型层；其余十一家——涵盖大型 MBSE 套件 (Cameo、Rhapsody、Capella、medini)、E/E 与 AUTOSAR 配置工具 (PREEvision、SystemDesk、ETAS) 以及通用建模器——尽数落在 L1-L2，无一家达到整系统层面的 L4，更遑论 L5。其二，“AI 的热度”与“推理的能力”出现系统性脱钩：2025-2026 年各厂商密集发布的 AI 能力几乎无一例外落在生成 (D3)，无一抬升了推理自主 (D4)；工具越来越擅长“生成一个方案”，却仍不能“推出一次变更的后果并担保其正确”。其三，SysML v2 API & Services 虽于 2025 年由 OMG 最终采纳、并在 2026 年进入落地，但其互操作能力仍单薄，且因缺乏官方一致性测试套件，所有高分主张均属厂商自述。

据此，本文提出并论证：一件架构设计工具的终极形态，不是“自主生成”，而是“**可验证的约束履行**”——让设计及其每一次变更的正确性可被证明。这一判断由技术哲学、产业工具谱系、自适应系统三条独立路径交叉验证。本文将 AI²-ML 的顶端 (L5) 定义为“无未经验证的变更”，把 D1 (约束感知) 与 D4 (推理自主) 确立为核心双轴，并指出当前那片空缺的 L4-L5 高地，恰是被三部曲所揭示的、整个汽车产业“架构债务”从供给侧标记出来的空白。AI²-ML 是一把能力成熟度阶梯，刻意排除市场份额维度，以可观测证据与来源分级保证每一项评分可被独立复算。

关键词：架构设计工具；约束感知推理；变更影响分析；构造正确 (Correct-by-Construction)；MBSE；SysML v2；架构成熟度；AI²-ML