

中国电子 China (Overseas) Technology

AI+编程：生成式 AI 带来颠覆式生产力跃迁

AI + Programming: Generative AI Ushers in Disruptive Productivity Leap

观点聚焦 Investment Focus

股票名称	评级	目标价	市盈率 P/E	
			PE(2025E)	PE(2026E)
小米集团	Outperform	60.00	35	24
中芯国际	Neutral	19.50	n.a.	n.a.
联想集团	Outperform	10.70	74	61
比亚迪电子	Outperform	46.20	11	8
舜宇光学	Outperform	72.10	21	17
ASMPT	Neutral	68.00	13	n.a.

(Please see APPENDIX 1 for English summary)

生成式 AI 将加速软件生产力革命，推动市场迈向 2 万亿美元。 软件作为核心生产力工具，其变革效应将在生成式 AI (Gen AI) 时代被进一步放大。根据 Precedence Research 统计，2024 年全球软件市场规模约为 7370 亿美元，预计到 2030 年将突破 2 万亿美元。其中，企业软件（如 ERP、CRM、SCM）与云服务（涵盖 SaaS、PaaS、IaaS）将成为增速最快的细分赛道，预计 CAGR 分别达到 12.3% 和 20.7%。

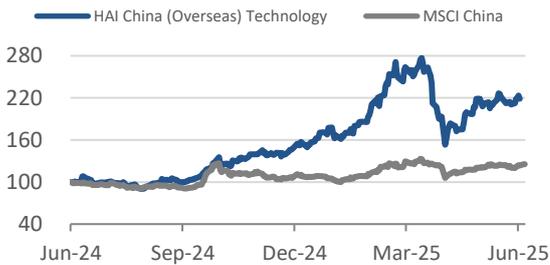
AI 正在重塑软件开发流程，核心依赖大语言模型 (LLM) 与智能体 (Agent) 能力。 LLM 在自然语言到代码的转化上持续进化，具备生成高质量代码的能力；Agent 则在环境感知、模块协同、跨项目调度等方面展现出更强的执行力，更契合复杂工程的落地需求。当前主流应用场景包括代码生成、漏洞检测与修复、测试自动化、项目管理、DevOps 与 CI/CD 管理，以及数据库等。展望未来，AI 有望进一步渗透至操作系统开发与底层汇编等更底层的技术领域。

AI+编程正成为生成式 AI 率先落地的领域。 目前，该赛道的参与者可分为大模型厂商与初创公司两类：前者包括 Claude Code、OpenAI Codex、GitHub Copilot (Microsoft)、Google Gemini，以及阿里的 Qwen3 等；后者则涵盖海外的 Cursor、Windsurf，以及国内的智识神工等。目前海外大模型能力仍处领先地位，但在垂类应用层面，国内的智识神工也以人机联合体 (CHR) 概念，在代码智能体领域实现对标 Cursor 的能力表现。

AI 将从应用层渗透至系统底层与边缘设备，重塑开发范式与互联网软件生态结构。 未来，AI 赋能将不再局限于应用开发层面，还将向操作系统、基础设施和边缘侧设备延伸，支持普通用户通过低代码甚至零代码方式构建应用，实现“所想即所得”的软件开发体验。这将大幅拓展软件覆盖范围，降低软件开发门槛，从而促进需求爆发式增长，并重塑互联网软件生态结构。

AI 有望为中国关键技术领域提供突围路径，打开自主创新窗口。 在操作系统、数据库、工业软件、芯片指令集等关键领域长期受制于海外技术的背景下，生成式 AI 能显著提升研发效率、降低开发门槛，为构建自主可控的软硬件生态体系提供技术路径和发展加速器。

风险提示： 1) AI 应用可能带来数据泄露、权限绕过等安全隐患；2) 低质量 AI 生成软件可能导致同质化严重、污染存量代码库，增加维护成本；3) 商业化不及预期；4) 产品落地节奏可能受限于算力供给、行业适配性或客户部署周期，实际应用推广低于预期。



资料来源: Factset, HTI

Related Reports

- DeepSeek-R1 能力跃升，支撑“小模型大能力”的新路径
- DeepSeek-R1 Surges Ahead, Paving a New Path for "Small Models with Big Capabilities" (1 Jun 2025)
- 国产智能体再突破，阿里 WebAgent 打造端到端自主搜索框架
- Another Breakthrough for Domestic AI Agents: Alibaba's WebAgent Builds End-to-End Autonomous Search Framework (1 Jun 2025)
- 小米 15 周年发布会：玄戒芯片驱动“人车家”全生态战略升级
- Xiaomi's 15th Anniversary Event: XRING Drives the Evolution of the "Human x Car x Home" Full Ecosystem Strategy (28 May 2025)

姚书桥 Barney Yao
barney.sq.yao@htisec.com

吴靛霖 Louis Ng
louis.yl.ng@htisec.com

邓雅文 Linda Deng
linda.yw.deng@htisec.com

纪雨岑 Grace Chi
grace.yt.chi@htisec.com

目录

摘要	5
市场概览与增长动力	5
技术突破和应用	6
硬件基础与成本结构	9
产业影响与未来展望	10
投资机会与策略建议	10
1. AI 加速软件演进.....	12
1.1. 全球软件行业蓬勃发展.....	12
1.2. 软件行业市场预测及增长动力	12
1.3. 细分市场规模对比	14
1.3.1. 企业软件.....	15
1.3.2. 应用开发软件.....	17
1.3.3. 系统基础设施软件.....	18
1.3.4. 生产力软件.....	18
1.4. 区域市场分布以及特点	21
1.4.1. 北美市场分析.....	22
1.4.2. 欧洲市场分析.....	23
1.4.3. 亚太市场分析.....	24
1.4.4. 其他新兴市场分析.....	27
1.5. 软件行业生态系统	27
1.5.1. 基础软件层.....	27
1.5.2. 平台软件层.....	28
1.5.3. 应用软件层.....	30
1.5.4. 服务软件层.....	30
1.6. 软件商业模式演变	31
1.6.1. 传统许可证模式.....	31
1.6.2. 订阅模式（SaaS）	32
1.6.3. 开源增值模式.....	34
1.6.4. 平台生态模式.....	36
1.7. 软件行业发展历史与演进脉络	37

1.7.1.	大型机时代（1950s-1980s）	37
1.7.2.	PC 时代（1980s-2000s）	40
1.7.3.	互联网时代（1990s – 2010s）	42
1.7.4.	移动互联网+云计算时代（2010s- 至今）	45
2.	软件商业化场景以及 AI 赋能方式	50
2.1	AI+Coding 技术路径	51
2.1.1	LLM 通过学习语料理解代码	51
2.1.2	模型训练数据与知识来源	52
2.1.3	代码模拟器	52
2.2	商业场景和市场规模	53
2.2.1	智能代码补全与自动生成	53
2.2.2	自动化测试与代码审核	54
2.2.3	低代码/无代码平台赋能开发	56
2.2.4	AI 在汇编语言开发中的作用和效率提升	57
2.2.5	AI 辅助操作系统（OS）构建的加速与挑战	59
2.2.6	AI 在通信协议栈与移动终端开发中的应用	62
2.2.7	市场规模（全球 vs 中美）	62
2.3	降本增效&增量成长	63
2.3.1	对软件开发的降本增效	63
2.3.2	AI+Coding 创造新岗位需求	64
3.	智变、协作与繁荣的行业发展现状	66
3.1	AI 编程发展历程	66
3.1.1	从代码补全到全流程开发	71
3.1.2	软件级工具与系统级 Agent 平台	72
3.2	国内外 AI Coding 能力与横向对比	75
3.2.1	2025 AI Coding 胜出者：Claude Code/OpenAI Codex/GitHub Copilot/Google Jules	75
3.2.2	国内外大模型 coding 能力对比	77
3.2.3	国内外初创公司 coding 能力对比	94
4.	AI+编程的成本对比和商业逻辑	99
4.1	调动 LLM 的成本	100
4.2	LLM Token 价格	100
4.3	LLM 一体机自研趋势	102

4.4 一体机 GPU 成本:	105
4.5 硬件于不同模型的运用及其行业改变	106
4.5.1 CPU: 协调芯片间的运作.....	107
4.5.2 GPU: 短期需求波动	107
4.5.3 FPGA.....	107
4.5.4 ASIC	108
4.5.5 SoC	108
4.5.6 MCU	108
4.5.7 RISC-V.....	108
4.6 LLM 和 Code gen 发展影响.....	109
4.7 结论	109
5. 对产业生态带来的机遇与挑战	110
5.1 ToB 和 ToP 领域的机遇	112
5.2 对特定行业的机遇	115
5.2.1 对游戏行业的影响	115
5.2.2 对 IT 外包行业的影响	118
5.2.3 对操作系统行业的影响	120
5.2.4 对工业软件行业的影响	121
5.2.5 对移动互联网及软件行业的影响.....	122
5.3 推动更多“一人公司”的出现.....	124
5.4 人力需求将不降反升	125
6. 对软件开发岗位的影响分析.....	127
6.1 AI Coding 对软件开发岗位的影响分析.....	127
6.1.1 AI+Coding 当前的影响.....	128
6.1.2 AI+Coding 带来行业转型	129
6.1.3 全球 AI Coding 的市场空间与增长预测	133
6.2 潜在风险与安全监管	138
6.3 专业人才短缺风险	139
6.4 知识产权与合规困境	139
6.5 AI +Coding 的安全监管	140

摘要

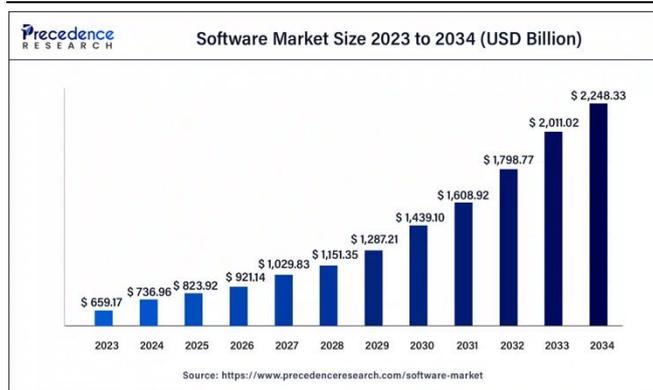
AI+Coding 正在引领软件开发范式的根本性变革，从“手工编码”向“意图驱动开发”转变。这不仅是效率工具的进步，更是整个软件产业生态的重构。随着技术持续演进，我们预计未来三年将是 AI+Coding 从早期采用向主流应用过渡的关键窗口期。企业和开发者正积极探索这一变革，重新思考软件开发的本质与价值创造模式，在新范式下构建竞争优势。

这场变革的本质是价值再分配：当重复编码被自动化取代，人类智能将向系统设计、伦理治理等高阶领域迁移，推动产业向“人机共生”的新范式进化。在这个新时代，软件不再仅仅是人类智慧的编码表达，而是人类创造力与人工智能协同进化的产物。

市场概览与增长动力

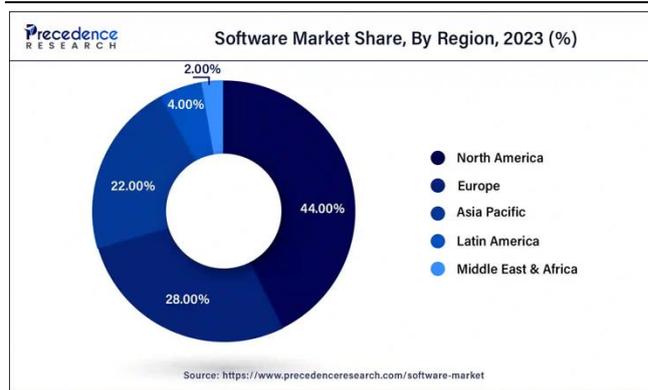
AI+ Coding 作为新质生产力的核心驱动力，正引领一场前所未有的软件开发革命。随着大型语言模型（LLM）技术的快速发展，AI 辅助编程工具已从简单的代码补全进化为全流程开发助手，不仅提升了开发效率，更重构了软件开发的基本范式。

Fig.1 2023-2034 年全球软件市场份额



Source: Precedence, HTI

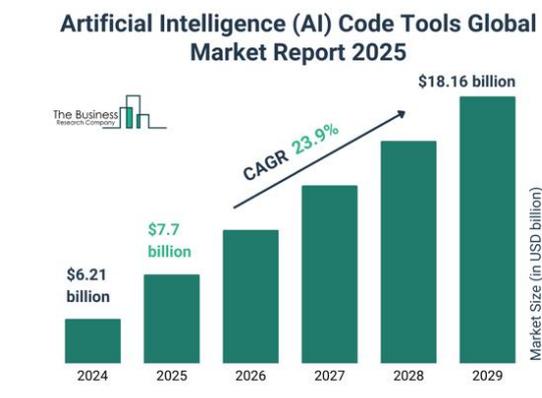
Fig.2 北美软件市场仍占主导地位



Source: Precedence, HTI

全球软件市场高速扩张，正迈向万亿美元规模。根据 Precedence 数据，2024 年全球软件市场规模约达 7370 亿美元，预计到 2033 年将突破 2 万亿美元，CAGR 为 11%。这一增长主要由全球数字化转型、远程办公普及、云计算降低使用门槛以及新兴技术拓展应用边界等因素驱动。其中北美占比最高达 44%，欧洲和亚太分别为 28% 和 22%，构成主要市场；拉丁美洲和中东非洲占比较小，分别为 4% 和 2%。整体来看，软件市场高度集中于发达地区。

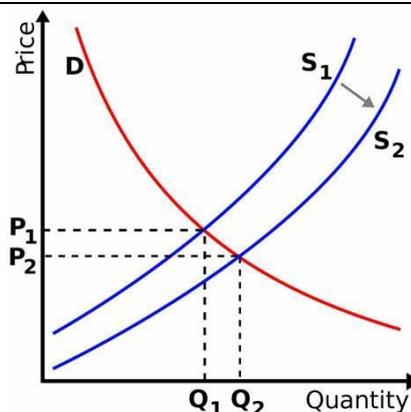
Fig.3 AI + Code 工具市场空间预测



Source: The Business Research Company, HTI

AI 编程工具市场正进入高速增长通道。根据 The Business Research Company 的数据，AI 编程工具市场规模预计将从 2024 年的 62.1 亿美元增长至 2029 年的 182 亿美元，对应 CAGR 为 24.0%。过去几年市场增长的驱动力包括：AI 技术的早期采用、软件开发中对自动化的需求增加、软件项目复杂度上升、开源 AI 框架的兴起，以及云计算服务的普及扩张。

Fig.4 需求将随成本降低而增加，软件市场弹性较大

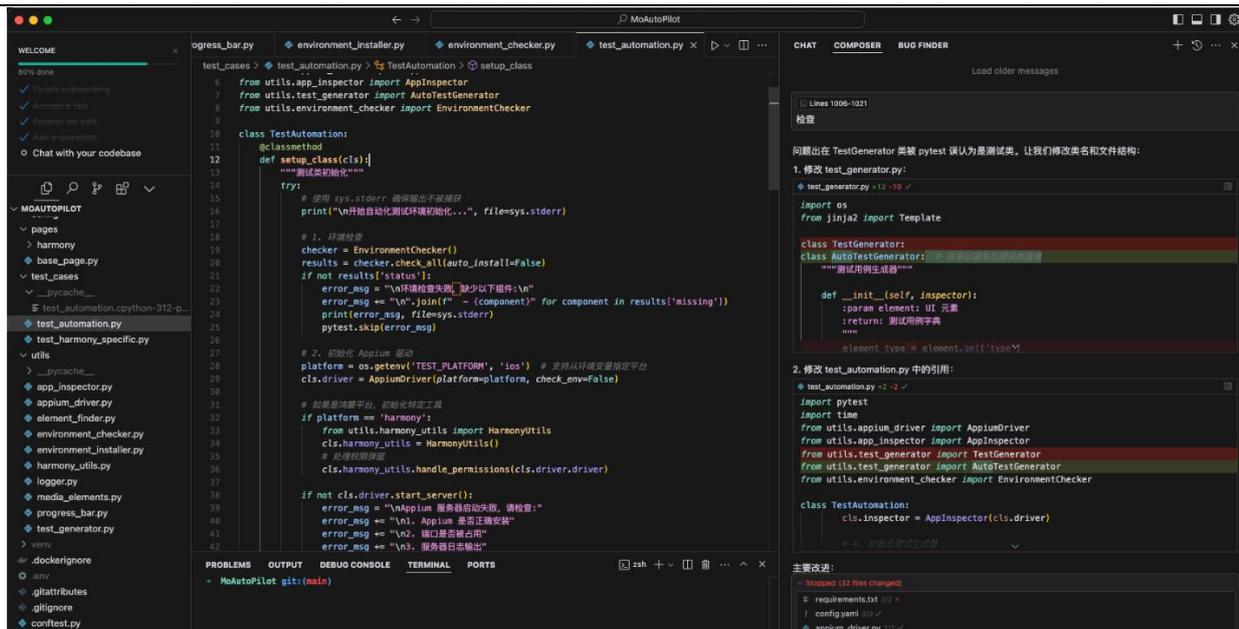


Source: BCIS notes, HTI

我们预计，在 AI 工具的辅助下，项目的开发周期和人力成本有望降低约 90%，显著改善单位供给成本。这相当于供给曲线从 S₁ 右移至 S₂，开发门槛下降、价格（时间+成本）下探，进而释放出大量因高成本被抑制的潜在需求。考虑到软件行业本身具有较高的需求弹性，我们判断，全球软件项目年均新增数量有望在原有基础上提升 1.5 至 2 倍。

技术突破和应用

Fig.5 Cursor 依照指令生成代码效果图



Source: CNblog, HTI

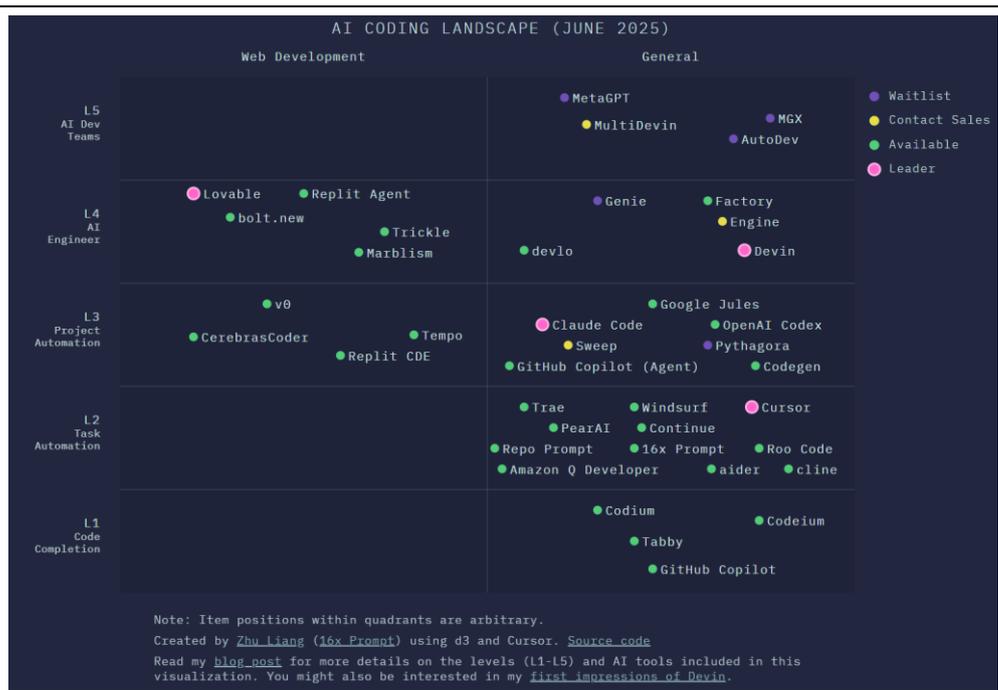
AI+ Coding 的核心技术基于 LLM 对代码的深度理解与生成能力。这些模型通过 Transformer 架构，从海量代码语料中学习编程模式、语法结构和逻辑关系，进而能够理解开发者意图并生成相应代码。以 OpenAI 的 Codex 模型为例，它基于 GPT-3 微调，

使用 GitHub 上百万个公共代码仓库的数据进行训练，能够理解和生成多种编程语言的代码。同样，国内的 CodeGeeX 模型参数规模达 130 亿，以 23 种编程语言的 8500 亿个词元进行预训练，展现了强大的代码理解与生成能力。

AI 编程的技术发展路径可分为三个阶段和五个层级：

1. **基础代码补全阶段：**早期 AI 编程工具如 TabNine 和 Kite 主要提供简单的代码补全功能，基于统计模型预测下一行可能的代码。
2. **智能代码生成阶段：**随着 GPT、Codex 等大型语言模型的出现，AI 编程工具如 GitHub Copilot 能够根据注释或上下文生成完整的函数和代码块，大幅提升了开发效率。
3. **全流程开发助手阶段：**最新的 AI 编程工具如 Cursor 和 GitHub Copilot X 已进化为全流程开发助手，不仅能生成代码，还能解释代码、重构代码、生成测试用例，甚至参与架构设计，实现了“写-测-改”的闭环迭代优化。

Fig.6 AI 编程的层级 L1-L5

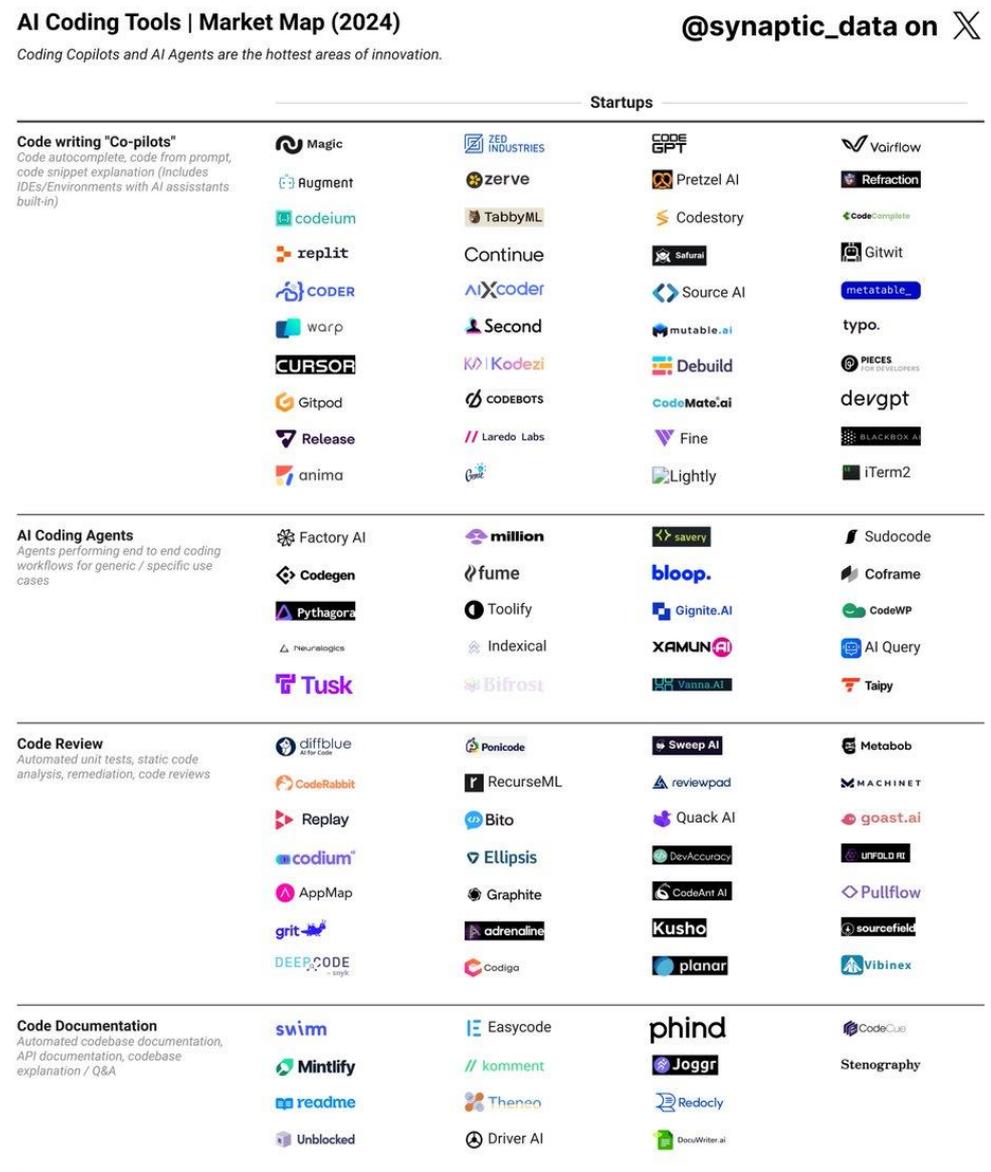


Source: Github, HTI

2025 年，AI 编程工具正加速迈向系统化与智能协同。当前生态可分为五个等级，从 L1 代码补全（如 Copilot、Codium）逐步演进至 L5 的 AI 开发团队（如 MetaGPT、AutoDev）。工具能力正从单点生成向端到端开发、类人协作演化。功能上，Replit 更偏 Web 开发，Devin、Claude Code 等则面向通用场景。值得关注的是，大量产品已迈入 L3 以上阶段，AI 开始具备组织任务、协同调试的能力，不再只是写代码的助手。

未来，AI+ Coding 技术将向三个方向发展：1) **多模态理解：**AI 能够理解和处理图像、音频等非文本信息；2) **领域专业化：**AI 在特定领域如游戏开发、金融软件等方面具备更深入的专业知识；3) **自主编程：**AI 能够独立完成从需求理解到代码实现的全过程，实现真正的“意图即代码”

Fig.7 2024 年 AI 编程工具市场参与者一览



Source: Synaptic, HTI

AI+ Coding 已在多个场景展现出强大的商业价值，主要应用场景包括智能代码补全与自动生成、自动化测试与代码审核以及低代码/无代码平台赋能。

在智能代码补全与自动生成方面，GitHub Copilot 已成为最具代表性的工具。研究表明，Copilot 使开发者完成任务的速度提升 56%，超过 90%的开发者表示他们在使用 Copilot 后更快地完成了任务，73%的人表示这有助于节省他们的精力。更值得注意的是，90%的开发者表示他们曾将 Copilot 生成的代码提交到代码库，这表明 AI 生成的代码质量已达到生产级水平。

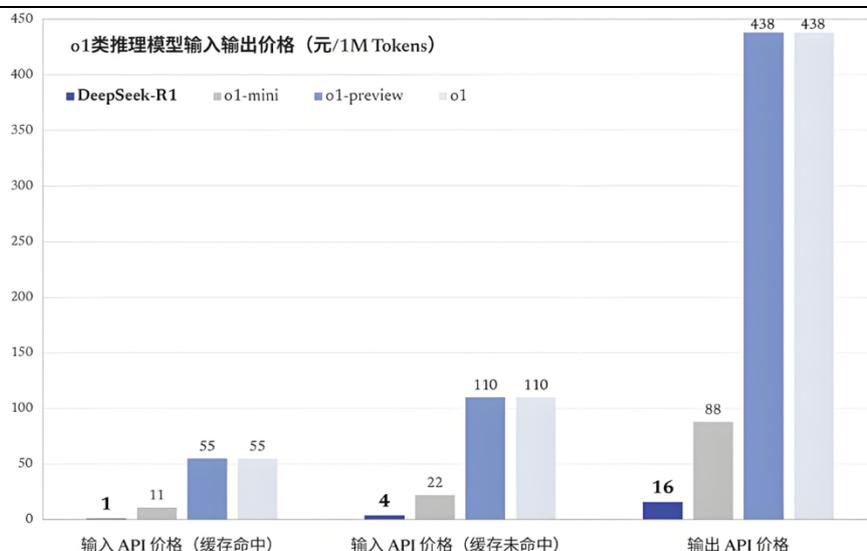
自动化测试与代码审核是 AI+ Coding 的另一个重要应用场景。AI 可根据代码逻辑自动生成单元测试用例或根据需求文档生成测试脚本，大幅提高测试覆盖率和效率。例如，Amazon CodeGuru Reviewer 使用机器学习模型分析提交的代码，自动给出优化建议，帮助开发者发现潜在的性能问题和安全漏洞。百度“文心·快码(Comate)”则支持单元测试代码的生成和代码解释说明等功能，为开发者提供全方位的测试支持。

低代码/无代码平台与 AI 的结合正在降低软件开发门槛，使更多非专业人员能够参与软件开发。传统低代码/无代码平台多依赖模板式配置，难以精准理解用户意图，灵活性受限。而生成式 AI 的引入显著提升了平台的智能化水平。以微软 Power Platform 为例，已集成 GPT-4，有效简化了应用开发流程，降低了非技术人员的使用门槛。Gartner 预计，到 2025 年，全球约 70% 的新企业应用将通过低代码/无代码平台构建，远高于 2020 年的不到 25%。这一趋势将加速 AI+Coding 在更广泛人群中的普及与应用落地。

硬件基础与成本结构

AI 编程工具的成本结构主要由模型训练推理和订阅定价构成。根据沙利文研究，AI 代码生成的硬件成本约占全成本的 70%，以 CPU、GPU 及存储为主，其余为软件成本。随着模型优化技术的进步，推理成本正在显著下降——DeepSeek R1 模型每百万输入/输出 token 成本仅为 \$0.55/\$2.19，仅为 OpenAI GPT-o1 价格的 3%。

Fig.8 DeepSeek R1 输入/输出成本显著低于 OpenAI GPT-o1



Source: 晓观点, HTI

硬件架构角度，AI+编程正深刻改变算力生态：

- **CPU 领域：控制核心角色强化，在推理场景重要性提升。**RISC-V 架构凭借灵活定制特性成为新势力，如达摩院在搭载 RISC-V 的玄铁 C920 芯片上对 DeepSeek 模型适配仅需 1 小时。根据 IDC 数据，CPU 成本在各类 AI 服务器中占比分别为：基础型 32%、高性能型 23.3%、推理型 25%、训练型 9.8%。
- **GPU 市场：训练主导地位稳固，但推理场景竞争加剧。**DeepSeek 等技术创新大幅降低训练需求（与 Llama 3 相比减少 90%），通过低精度训练和 MOE 架构优化，使推理成本下降 82.5%，内存需求下降 30%，削弱对高端 GPU 的依赖。
- **FPGA 与 ASIC：FPGA 凭借半定制特性适合算法快速迭代，在云端推理和边缘端渗透率提升；ASIC 在推理场景功耗比 GPU 低 30% 以上，成为大模型部署首选，但面临 AI 算法迭代周期（6 个月）快于芯片研发周期（18 个月）的挑战。**

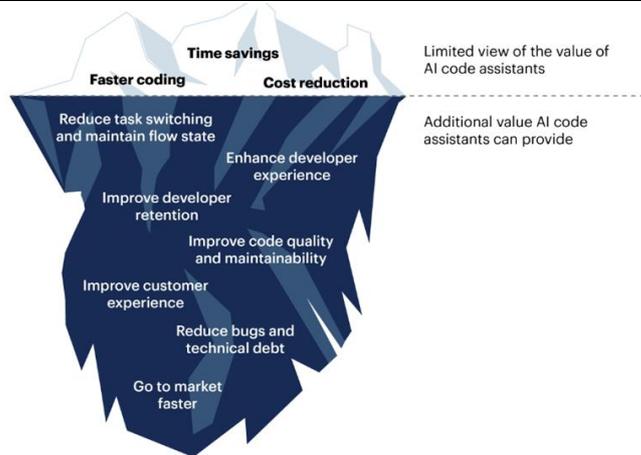
产业影响与未来展望

我们认为，AI+编程可将开发时间缩短 5-10 倍，企业开发成本有望降至原来的 10%。这一变革正重塑整个软件产业生态，并带来五大结构性变革：

- **开发效率与成本结构变革：** AI 辅助开发使企业单项目人力成本降低 37%，缺陷修复周期缩短 62%。微软 Azure 的 AI 运维系统能预测 83% 的生产环境故障，使企业年度运维支出平均减少 \$2.4M。这种成本优化具有乘数效应：当开发、测试、运维全链条实现 AI 赋能，企业可将更多资源投入创新性功能开发。
- **人才结构与技能需求转型，但并非所有人都能顺利转型。** 我们预计，不超过 50% 的现有开发者能适应 AI 赋能型工作方式，剩余群体将被迫向产品管理、业务分析或基础行业岗位转移。

Gartner 预测，到 2028 年，75% 的企业软件工程师将日常使用 AI 编程工具，而在 2023 年初，这一比例还不到 10%。AI 工具显著改变了工作时间结构：高级工程师在架构设计上的投入从 35% 提升至 68%，而日均代码调试时间从 3.2 小时降至 0.9 小时。这一变化正在推动开发者从“代码编写者”向“系统设计师”与“AI 提示工程师”转型。

Fig.9 AI 编程的价值展示



Source: Gartner
805502_C

Gartner

Source: Gartner, HTI

- **创新模式与团队结构变革：** AI 扮演“能力放大器”角色，使单开发者能够管理过去需要 5 人团队维护的微服务架构。Gartner 预测 2027 年 70% 软件创新将源自 10 人以下团队，小型精英团队借助 AI 工具的创新效率将超越传统大型开发组织。
- **安全合规与知识产权挑战：** 斯坦福大学研究显示，AI 生成代码的安全漏洞率比人工编码高 41%。GitHub Copilot 的集体诉讼案暴露开源协议合规风险，但行业正通过 CodeDNA 检测系统（识别准确率 83%）和区块链存证技术构建新标准。

投资机会与策略建议

基于对 AI+Coding 产业全景的分析，我们识别出三大投资主线：

1. **平台型 AI 编程工具及 IDE 提供商：** 如 GitHub（微软）、JetBrains、Replit 等，这类企业拥有庞大的开发者用户基础和完整的工具链生态，能够通过 AI 功能实现用户价值快速变现。预计到 2026 年，全球超过 60% 的专业开发者将订阅某种形式的 AI 编程助手服务，年均订阅费在 \$100-\$300 之间，形成稳定的现金流模型。

2. **垂直行业 AI 解决方案提供商：**如 Unity（游戏开发）、Intuit（金融科技）、Siemens（工业软件）等，这类企业将 AI 编程能力与特定行业知识深度结合，创造差异化竞争优势。在游戏行业，AI 辅助开发工具预计将使内容创作效率提升 40%，开发周期缩短 30%；在金融科技领域，合规代码自动生成将使监管适应成本降低 25%。
3. **IT 外包领域：**传统外包模式主要以“人力外包 or 流程外包”为核心，依赖大量开发人员分阶段交付项目。然而，AI 的引入正在打破这一模式。AI 工具显著提升开发效率，减少了对人力投入的依赖。随着 AI 能力逐步成熟，企业对外部服务商的评估重心也从服务付费，转向以结果为导向的智能交付。这标志着 IT 外包正从传统的人员密集型模式，向 AI 驱动的高效成果交付模式转型。

对企业决策者，我们建议：

1. **战略性采用 AI 编程工具：**从小规模试点开始，逐步扩大应用范围，建立明确的 ROI 评估框架，关注开发效率、代码质量和创新能力三个维度。
2. **重构开发流程与团队结构：**将 AI 视为团队成员而非简单工具，重新设计工作流程，强化架构设计、业务理解和 AI 提示工程等高阶能力培养。
3. **建立 AI 代码治理框架：**制定 AI 生成代码的质量标准、安全审查流程和知识产权管理策略，平衡效率提升与质量保障。
4. **培养“人机协作”文化：**鼓励开发者将 AI 视为增强工具而非替代品，建立知识共享机制。

1. AI 加速软件演进

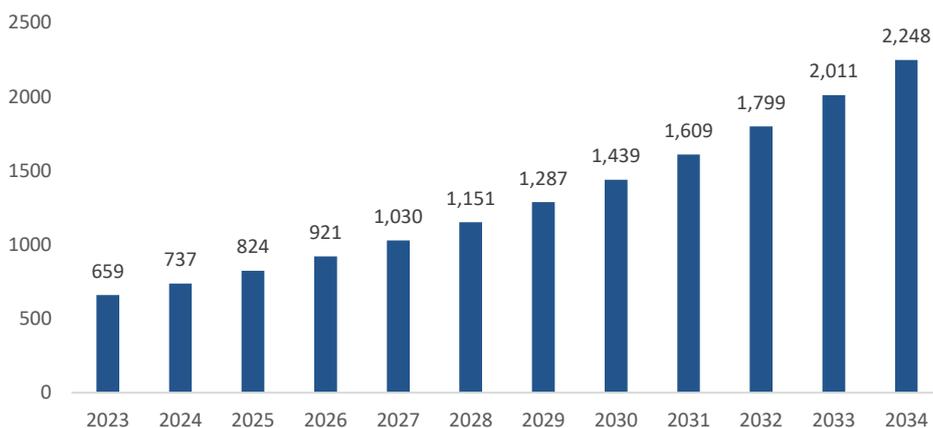
行业格局演变：企业软件存量占比最高，增速明显。企业级软件（如 ERP、CRM）及 SaaS 云服务仍是软件市场的核心支柱。Gartner 预计，2024 年企业软件支出将增长 7.7%，跑赢整体 IT 支出。按区域来看，亚太是增速最快的市场，中国软件市场至 2028 年预计将保持 15% 以上的年均增长。此外，垂直行业解决方案、本地高安全部署需求及开源增值模式正加速行业生态分化。传统 IT 外包也正借助 AI 向“Result-as-a-Service”模式转型，推动从人力密集型服务向智能交付跃迁。

生产力升级：AI + Coding 驱动知识工作自动化。生产力软件市场正从传统办公工具向智能化平台转型。AI+Coding 在此领域加速落地：微软 Copilot、谷歌 Gemini 等工具正将 AI 融入日常办公、项目管理、文档生成等流程，大幅降低重复性工作负担。尤其是在软件开发环节，开源 AI 编程工具链（如 CodeFuse）集成了 RAG、代码沙盒和自动化测试，覆盖从需求生成到部署的完整周期，使代码生成、错误修复、单元测试等任务进入“自动补全”时代，显著提升研发效率与代码质量。生产力的核心，正从工具跃升为智能助手。

1.1. 全球软件行业蓬勃发展

全球软件市场在过去五年间呈现出持续、稳健的增长态势。根据 Precedence 数据，2024 年全球软件市场规模约达 7370 亿美元，预计到 2033 年将突破 2 万亿美元，CAGR 为 11%。首先，全球数字化转型浪潮持续深化，各行各业对软件的依赖程度不断提高。新冠疫情虽然对全球经济造成冲击，但却加速了远程办公、在线教育、电子商务等数字化场景的普及，进一步刺激了对软件产品和服务的需求。云计算的普及降低了软件使用的门槛，使得更多中小企业和新兴市场用户能够负担得起高质量的软件服务。

Fig.10 2023 年至 2034 年软件市场规模（单位：十亿美元）



Source: Precedence, HTI

1.2. 软件行业市场预测及增长动力

展望未来，全球软件市场有望持续保持强劲增长态势。预计 2025–2028 年间，随着 AI 技术加速普及，3 年 CAGR 达 11.78%，显著跑赢全球 GDP 增速。AI 的规模化落地不断拓展软件应用边界，成为驱动行业中长期发展的核心动力。

Fig.11 全球 GDP 增长率与软件行业增长率



Source: Statista, HTI

我们认为在未来五年，全球软件市场的增长将主要由以下几个因素驱动：

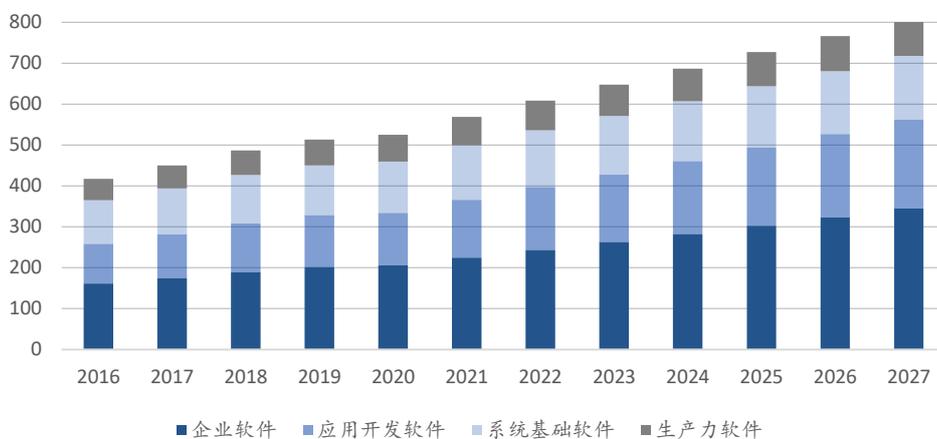
- **生成式 AI 的广泛应用：**生成式 AI 技术将在软件开发、内容创作、设计、客户服务等多个领域实现规模化应用，创造巨大的新增市场空间。根据麦肯锡全球研究院的预测，到 2030 年，生成式 AI 有望为全球经济创造 2.6-4.4 万亿美元 GDP 增量，其中相当部分将通过软件产品和服务实现。
- **低代码/无代码平台的普及：**低代码/无代码平台正加速推动软件开发民主化，使非专业开发者也能参与应用构建。AI 的引入进一步增强平台灵活性：相比固定模板，AI 能基于自然语言理解需求、生成更具适配性的组件，实现“模板 + AI”双轨协同，显著提升可用性与扩展性。Forrester 预测，到 2028 年低代码市场规模将达 500 亿美元，年复合增长率超过 25%。
- **边缘计算与物联网的融合：**随着 5G 网络的普及和物联网设备的爆发式增长，边缘计算将成为新的计算范式，催生大量针对边缘场景的软件需求。IDC 预测，到 2025 年，全球将有超过 550 亿台物联网设备联网，为软件市场创造巨大增量机会。
- **数字孪生技术的成熟：**数字孪生技术将从工业领域向城市管理、医疗健康、零售等更广泛的领域扩展，推动模拟软件、可视化软件以及相关分析工具的需求增长。
- **新兴市场的快速增长：**中国、印度、东南亚、拉美等新兴市场的数字化转型正处于加速期，对软件的需求增长将显著快于成熟市场。特别是中国市场，在政策支持和技术创新的双重驱动下，软件市场年均增速预计将保持在 15% 以上。

然而，全球软件市场的增长也面临一些潜在风险和挑战。首先，全球经济不确定性增加，可能影响企业 IT 支出决策；其次，地缘政治紧张局势可能导致技术脱钩和市场分割；第三，人才短缺问题日益突出，可能制约行业扩张；最后，数据隐私和安全问题日益受到重视，相关监管趋严可能增加合规成本。

1.3. 细分市场规模对比

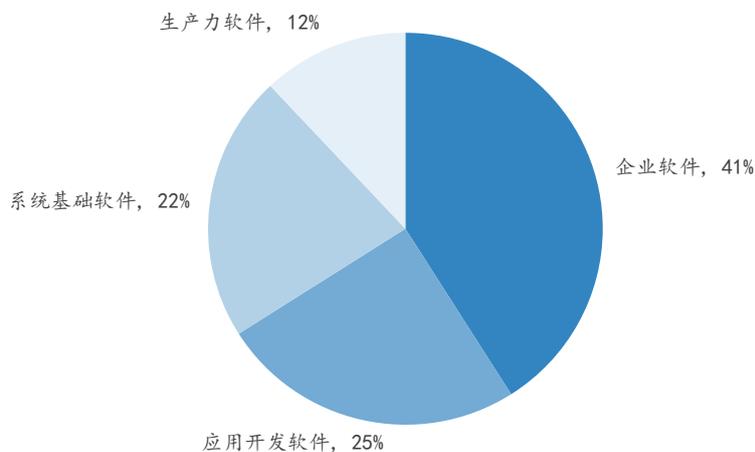
全球软件市场可从多个维度进行细分，不同细分市场在规模、增长趋势、行业应用及区域表现等方面呈现出显著差异。其中占比于增速最快是企业软件应用，预计从未来五年增速为7.1%，高于软件市场平均增速6%。

Fig.12 2016年至2027年全球软件市场收入（按细分市场划分，单位：十亿美元）



Source: Statista, HTI

Fig.13 全球软件收入中企业软件占比最大

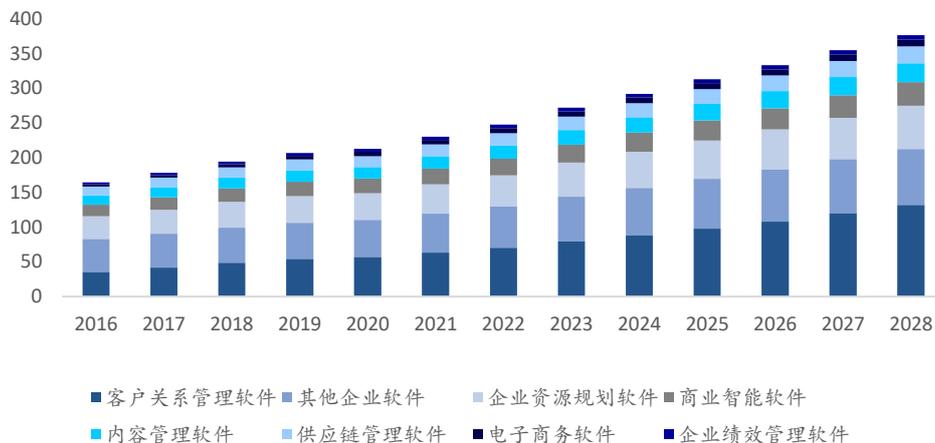


Source: Statista, HTI

1.3.1. 企业软件

企业软件市场规模与增长：根据 Statista 的数据，2024 年市场规模为 2920 亿美元，预计到 2028 年将达到 3764 万亿美元，复合年增长率（CAGR）达 7.1%。

Fig.14 2016 年至 2028 年期间，企业软件收入预计将以 7.1% 的复合年增长率增长



Source: Statista, HTI

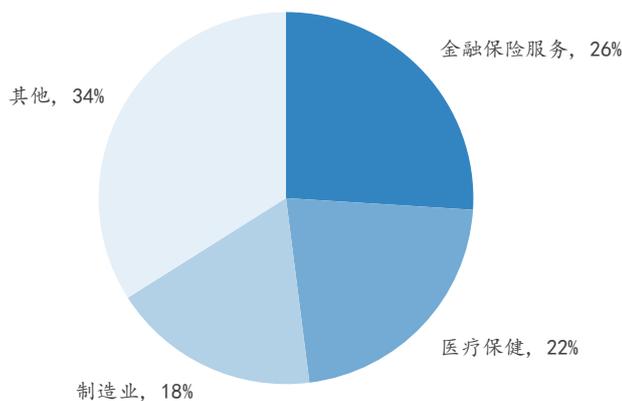
企业软件在数字化商业环境中至关重要，因为它能帮助企业在竞争中脱颖而出。就收入份额而言，企业软件是软件市场中最大的细分市场，并且在过去几年中一直稳步增长。

这种持续增长的主要驱动力在于，企业软件应用程序在公司业务高效且经济地运营中发挥着至关重要的作用。即使在经济危机时期，企业软件细分市场也保持稳定。这可以归因于企业软件应用程序的使用已变得不可或缺，许多公司如果没有合适的软件工具来开展业务，就会遭受巨额损失。

软件提供商提供的基于云的软件产品和订阅定价模式也促进了该细分市场的稳定，因为它们为中小型企业提供了灵活性和可扩展性。随着越来越多的公司提供基于云的软件解决方案，预计未来五年该领域的增长率将超过 5%。

行业细分及驱动因素：金融、保险与服务（BFSI）行业占比 26%，主要受监管合规（如 GDPR、PCI-DSS）驱动；医疗行业占比 22%，HER 在医院 95% 的高渗透率是主要增长动力；制造业占比 18%，Industry 4.0 和预测性维护推动行业发展。

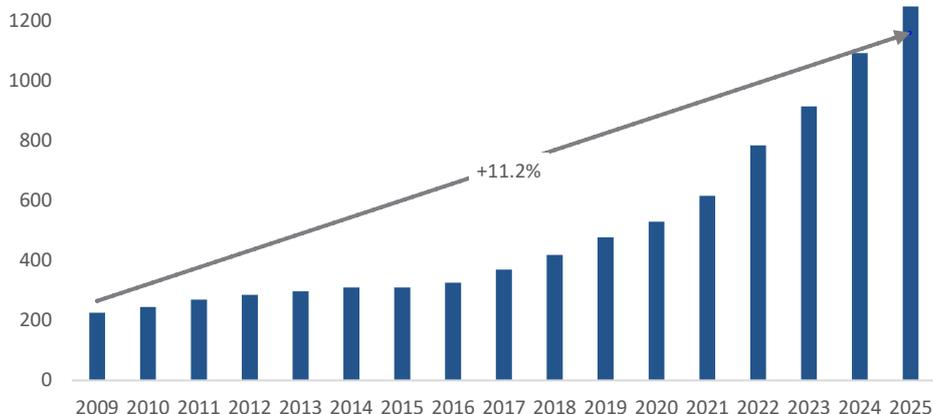
Fig.15 2024 年企业软件垂直市场软件市场份额（按行业）



Source: Statista, HTI

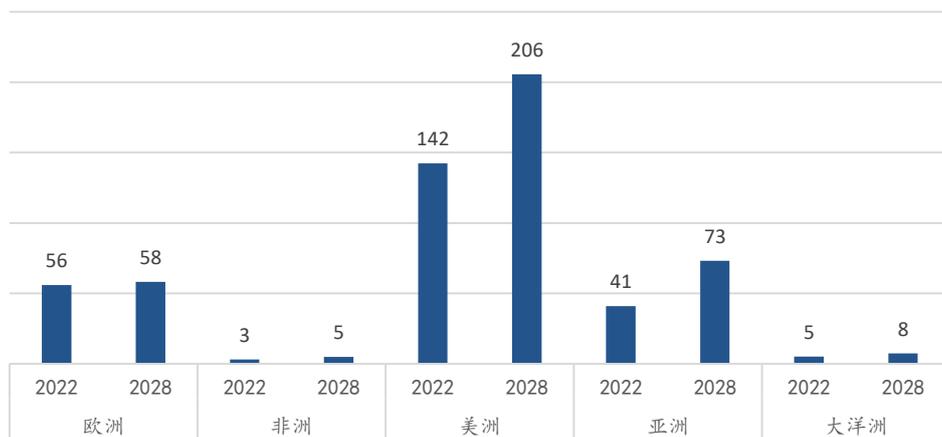
典型解决方案与区域趋势：在法律领域，合同生命周期管理工具（如 DocuSign）在北美以 18% 的 CAGR 增长；农业领域，精准农业软件（如约翰迪尔运营中心）实现 13% 的投资回报率提升。区域方面，德国通过中小企业网络，在制造业垂直软件领域实现 8.3% 的 CAGR；澳大利亚得益于政府数字化拨款，在采矿 / 物流软件领域 CAGR 达 16.4%。

Fig.16 2009 年至 2025 年全球企业软件信息技术 (IT) 支出 (单位: 十亿美元)



Source: Statista, HTI

Fig.17 2022 年美洲市场收入达 142 亿美元，是各地区中最大的市场

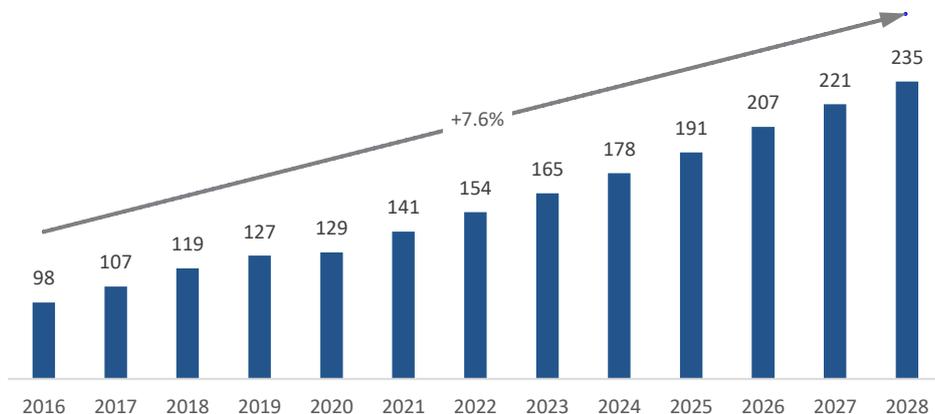


Source: Statista, HTI

1.3.2. 应用开发软件

市场规模与增长：根据 Statista 的数据，2024 年市场规模为 1780 亿美元，预计到 2028 年将达到 2350 亿美元，复合年增长率（CAGR）达 7.6%。

Fig.18 应用程序开发软件收入预计将以 7.6% 的复合年增长率增长（单位：十亿美元）

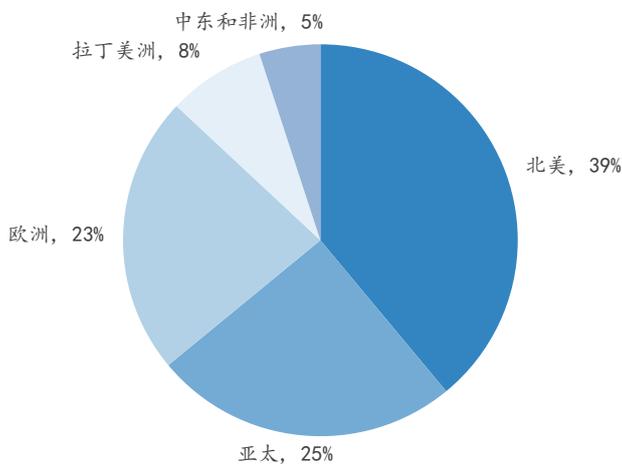


Source: Statista, HTI

关键行业应用：在 IT 与电信行业，DevOps 和物联网集成推动其应用占比达 28%，低代码平台（CAGR 为 12.4%）助力快速部署面向客户的应用程序；医疗行业借助远程医疗平台和符合 HIPAA 标准的电子健康记录（EHR）系统，实现 19% 的应用增长；零售行业受移动应用需求推动，行业 CAGR 达 14%，像 Shopify 的软件开发工具包（SDKs）简化了全渠道体验流程。

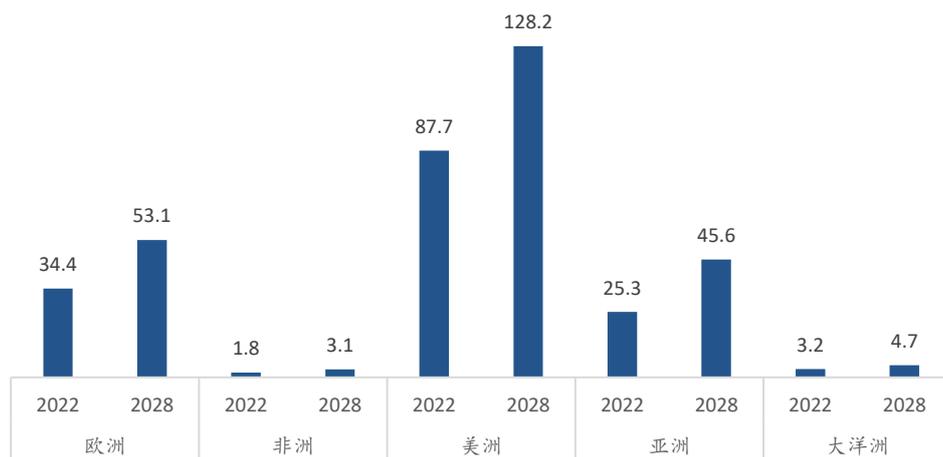
区域发展重点：亚太地区凭借印度 46.5% 的智能手机渗透率，在应用开发工具领域以 10% 的 CAGR 快速增长；北美地区通过诸如思科的 Panoptica 等人工智能驱动工具，占据 34% 的市场份额。

Fig.19 2023 年各地区应用程序开发软件市场份额 (%)



Source: Gartner, HTI

Fig.20 美洲是最大的市场，收入达 877 亿美元，亚洲的复合年增长率为 10.3%

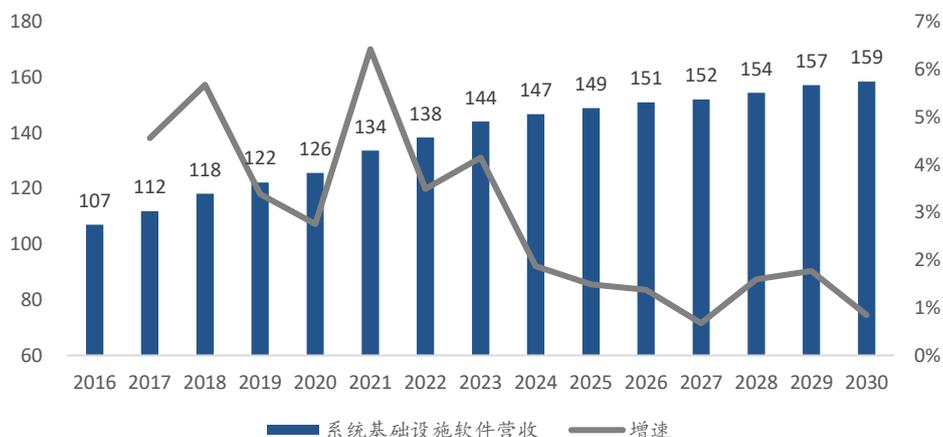


Source: Gartner, HTI

1.3.3. 系统基础设施软件

系统基础设施软件市场规模与增长：根据 Statista 的数据，2025 年市场规模预计为 1489 亿美元，预计到 2030 年将达到 1585 亿美元，复合年增长率（CAGR）达 1.25%。

Fig.21 2025 年，全球系统基础设施软件市场预计收入将达到 1489 亿美元



Source: Statista, HTI

行业应用模式：金融服务行业凭借混合云管理工具（如 HPE GreenLake）占据 34% 的市场份额；医疗行业在数据隐私软件（符合 HIPAA、GDPR 标准）方面增长 12%。

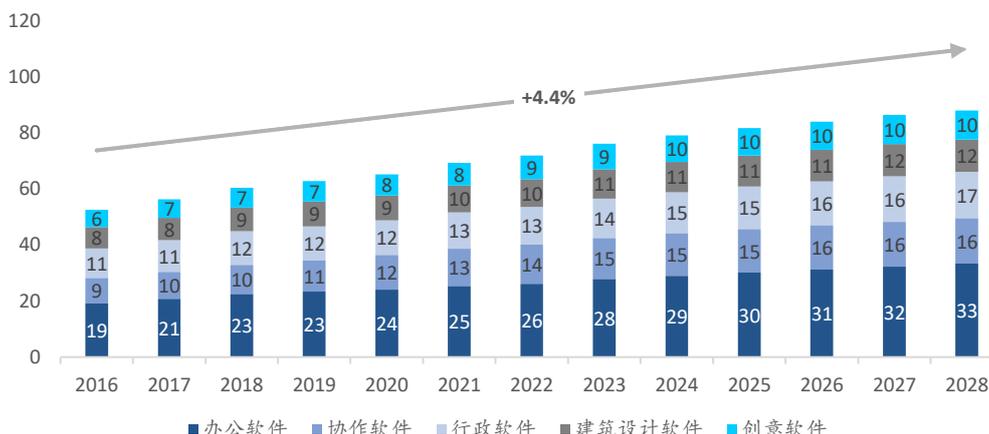
关键技术进展：人工智能驱动的安全技术中，零信任架构使银行业务的违规风险降低 61%；边缘计算方面，物流企业使用 AWS Outposts 后延迟降低 27%。

1.3.4. 生产力软件

生产力软件市场涵盖旨在帮助个人和组织提高执行任务效率和效益的软件应用程序。该市场涵盖了从常见的办公软件到复杂的创意软件等各种类型的应用程序，这些应用程序既可用于个人用途，也可用于商业用途。生产力软件市场的产品可以通过两种方式获得：通过交易许可证或订阅方式销售的本地软件，以及基于云的软件（SaaS）。

生产力软件市场规模与增长：根据 Statista 的数据，2025 年市场规模预计为 819 亿美元，预计到 2028 年将达到 880 万亿美元，2016-2028 复合年增长率（CAGR）达 4.4%。

Fig.22 生产力软件收入预计在 2016 年至 2028 年期间以 4.4% 的复合年增长率增长

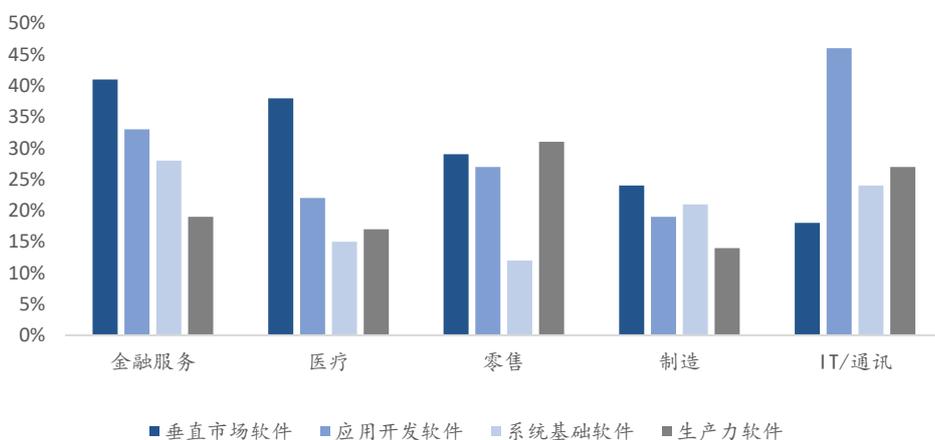


Source: Statista, HTI

行业应用与部署趋势：教育行业通过学习管理系统（LMS，如 Canvas），借助混合学习模式推动 22% 的行业增长；建筑行业使用 Asana/Trello 等工具，通过实时协作减少 19% 的项目延误。在部署上，中小企业中 68% 采用基于云的解决方案，而受监管行业 32% 仍使用本地部署。在企业环境中，微软 Teams 的 Copilot 功能减少 37% 的会议冗余。

跨行业软件采用情况：通过跨行业软件采用图可见，不同行业对各类软件的采用程度有所不同。在垂直解决方案方面，BFSI 行业采用率为 41%，医疗行业为 38%；应用开发软件在 IT 与电信行业采用率达 46%；系统基础设施软件在金融服务行业占比 28%；生产力工具在零售行业采用率为 31%。

Fig.23 跨行业软件采用率（2024 年）

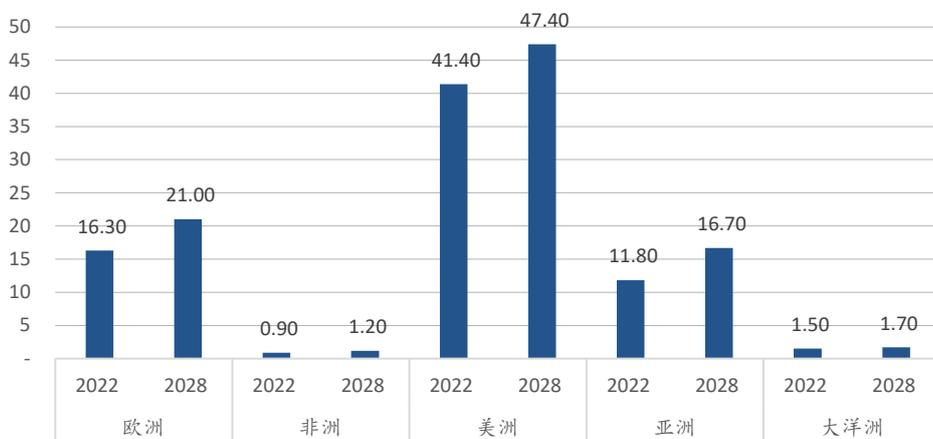


Source: Imarcgroup, Precedence, Future Market Insight, HTI

各行业增长驱动因素与挑战：BFSI 行业中，RegTech 垂直软件（如 FeedZai 欺诈检测）以 15.1% 的 CAGR 增长，但遗留系统集成成本消耗 23% 的 IT 预算；医疗行业里，远程医疗平台推动亚太农村地区 21% 的 EHR 采用率增长，然而 34% 的医院网络受互操作性问题影响；零售行业中，增强现实（AR）驱动的应用程序使转化率提高 29%，但 PCI 合规性使全渠道数据流复杂化。

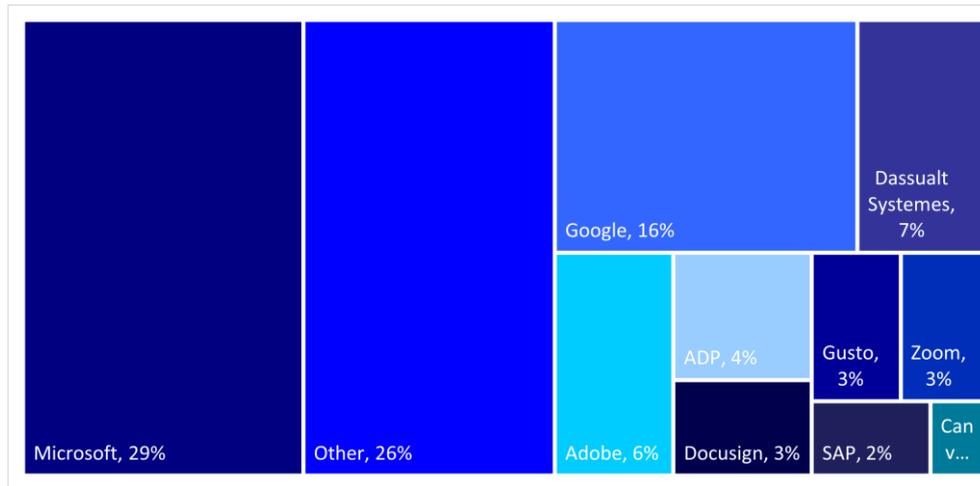
区域软件投资重点与新兴趋势： 区域投资方面，北美 41% 的研发集中于垂直软件的人工智能 / 机器学习集成；欧洲 38% 的制造商优先投资工业物联网（IIoT）平台以满足可持续发展合规要求；亚太地区 67% 的新数据中心部署自动化基础设施工具。新兴趋势上，AI 驱动的定制化在法律和农业领域成果显著，如 Luminance 的合同审查 AI 减少 44% 的起草时间，约翰迪尔的 See & Spray 技术减少 32% 的除草剂使用；28% 的 BFSI 公司试点量子抗性加密工具；45% 的医疗保健提供商对 AI 诊断工具进行偏差审计。

Fig.24 美洲是最大的市场，而亚洲的复合年增长率最高（单位：十亿美元）



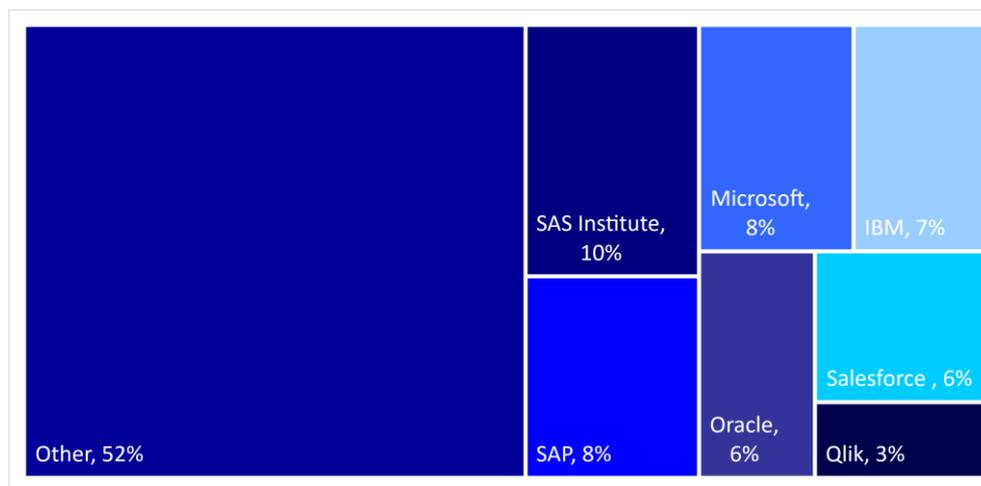
Source: Statista, HTI

Fig.25 微软在生产软件市场占有最高份额



Source: Statista, HTI

Fig.26 2023 年商业智能软件市场的市场份额

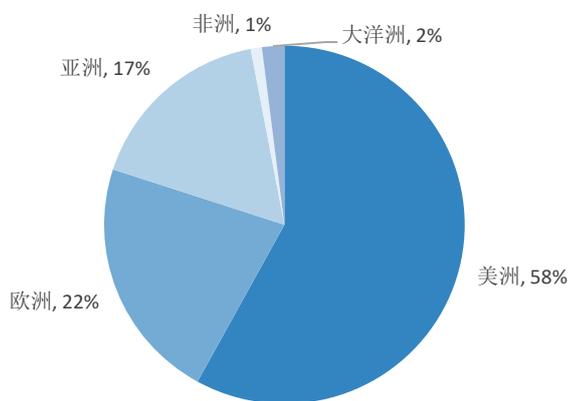


Source: Statista, HTI

1.4. 区域市场分布以及特点

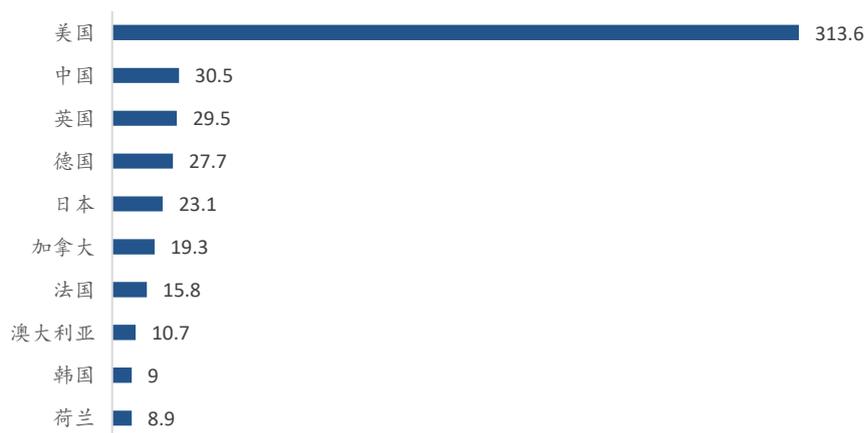
全球软件市场呈现出明显的地域分布特征：北美（尤其是美国）凭借其庞大的信息技术产业基础和众多科技巨头，长期占据主导地位和技术创新中心；亚太地区（如中国、印度、日本）得益于庞大的用户基数、快速发展中的企业和政府数字化需求，已成为全球增长最快的引擎；西欧则拥有成熟的数字化市场和稳定的企业客户，增长相对平稳但基数庞大。各地区市场特点鲜明，北美侧重尖端创新与高附加值解决方案，亚太以巨大规模和强劲增长见长，西欧关注深度的垂直行业应用、法规遵从性和 ESG 等新兴需求，同时中东、拉美等新兴市场也展现出巨大的潜力。这种差异化格局正伴随着技术的普及和企业的全球化运营而加速融合与渗透。

Fig.27 2023 年的软件市场收入份额



Source: Statista, HTI

Fig.28 全球 2023 年软件行业收入

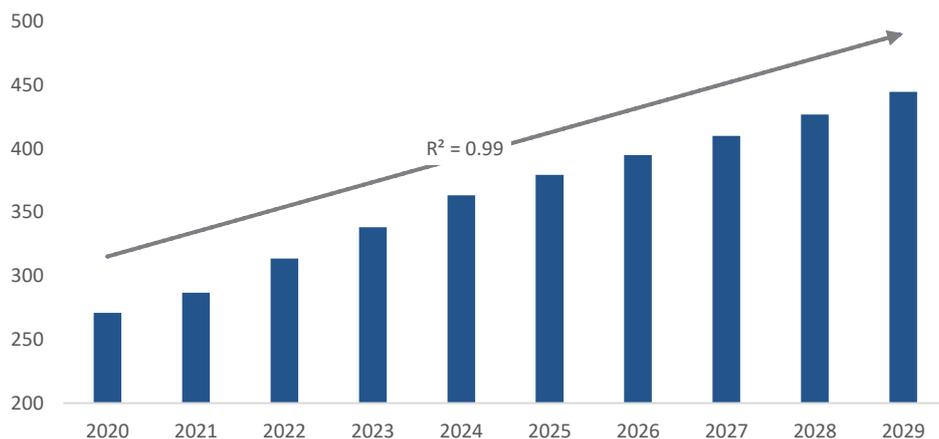


Source: Statista, HTI

1.4.1. 北美市场分析

北美地区，特别是美国，是全球软件产业的核心区域和创新中心。2024 年，北美软件市场规模约为 1.08 万亿美元，占全球市场的 40%，虽然这一份额较 2022 年的 44% 有所下降，但北美仍然是全球最大的软件市场。美国一家独大，占北美市场的 90% 以上，加拿大市场规模相对较小，但在特定领域如人工智能研究和游戏开发方面具有独特优势。

Fig.29 2020-2029 年美国软件行业收入



Source: Statista, HTI

北美软件市场的主要特点包括：

- **技术创新引领全球：** 硅谷、西雅图、波士顿、奥斯汀等创新中心汇聚了全球顶尖的软件人才和企业，持续引领软件技术的前沿发展。从操作系统到数据库，从搜索引擎到社交网络，从云计算到人工智能，几乎所有重大软件创新都源自北美。
- **完善的创新生态系统：** 北美拥有世界一流的研究型大学、活跃的风险投资市场、成熟的知识产权保护机制以及开放的创业文化，形成了软件创新的完整生态链。2023 年，美国软件相关领域的风险投资达到 1250 亿美元，占全球同类投资的 60% 以上。

- **企业软件市场成熟：**北美企业对软件的采用率和成熟度全球领先，企业软件支出占IT总支出的比例超过30%。特别是在金融、医疗、零售等行业，软件已深度融入核心业务流程。
- **SaaS 模式普及率高：**北美是 SaaS 模式的发源地和最成熟市场，企业对云服务的接受度远高于其他地区。2023 年，SaaS 在北美企业软件支出中的占比达到 65%，而全球平均水平为 45%。
- **巨头主导市场格局：**微软、谷歌、亚马逊、Oracle、Salesforce 等科技巨头在北美市场占据主导地位，通过持续创新和平台化战略构建护城河。同时，北美也是软件创业最活跃的地区，不断涌现新的颠覆者。

未来五年，北美软件市场预计将保持 7% 的年均增长率，略微低于全球平均水平，主要原因是市场已相对成熟，增长空间有限。然而，在生成式 AI、量子计算、元宇宙等新兴领域，北美仍将保持领先优势，创造新的增长点。

1.4.2. 欧洲市场分析

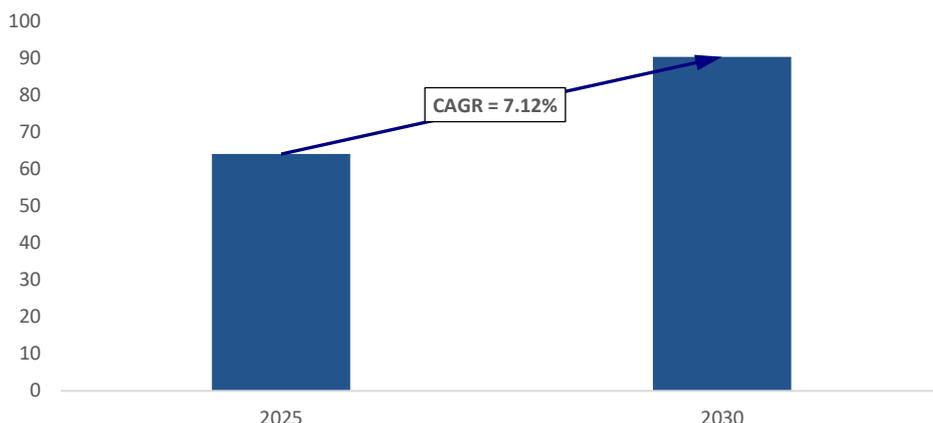
欧洲是全球第二大软件市场，2024 年市场规模约为 6210 亿美元，占全球市场的 23%。欧洲软件市场以西欧为主，德国、英国、法国是最大的三个国家市场，合计占欧洲市场的 60% 以上。东欧市场规模相对较小，但增长潜力巨大，特别是波兰、罗马尼亚等国家正成为软件外包的重要目的地。

欧洲软件市场的主要特点包括：

- **注重隐私与安全：**欧洲在数据保护和隐私方面的法规全球最严格，GDPR（通用数据保护条例）已成为全球数据保护的标杆。这一特点使得欧洲在隐私增强技术、合规软件等领域具有独特优势。
- **工业软件优势明显：**欧洲在工业自动化、制造执行系统、产品生命周期管理等工业软件领域具有传统优势。德国的 SAP、西门子，法国的达索系统等企业在各自领域处于全球领先地位。
- **开源软件贡献突出：**欧洲是开源软件运动的重要参与者和贡献者，Linux、MySQL 等知名开源项目均有欧洲开发者的深度参与。欧盟也积极推动开源战略，将其视为实现数字主权的重要途径。
- **市场分散且多元：**相比北美市场的巨头主导，欧洲软件市场更加分散和多元化，中小型软件企业占据重要位置，特别是在垂直行业解决方案领域。
- **公共部门需求强劲：**欧洲各国政府对数字化转型的投入力度大，公共部门是软件的重要采购方。特别是在智慧城市、电子政务、数字医疗等领域，政府主导的项目为软件企业提供了稳定的市场。

未来五年，欧洲软件市场预计将保持 7% 的年均增长率，略高于北美但低于亚太地区。增长的主要驱动力来自数字化转型加速、工业 4.0 推进以及欧盟数字战略的实施。同时，欧洲在数字主权、可持续发展软件、人工智能伦理等方面的探索，也将为软件市场创造新的机会。

Fig.30 欧洲软件市场预测 (单位: 十亿美元)



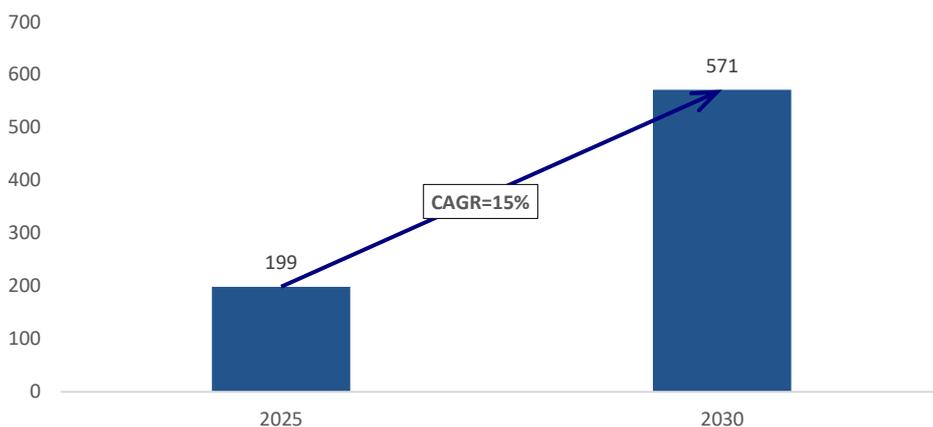
Source: Modern Intelligence, HTI

1.4.3. 亚太市场分析

亚太地区是全球软件市场增长最快的区域，2024 年市场规模约为 8910 亿美元（包括中国市场的 3780 亿美元），占全球市场的 33%。其中，中国、日本、印度、韩国是最大的四个国家市场，合计占亚太市场的 85% 以上。

未来五年，亚太软件市场预计将保持 15% 的年均增长率，显著高于全球平均水平。增长的主要驱动力来自中国和印度等新兴市场的快速发展、数字基础设施的完善、中产阶级的崛起以及政府对数字经济的大力支持。

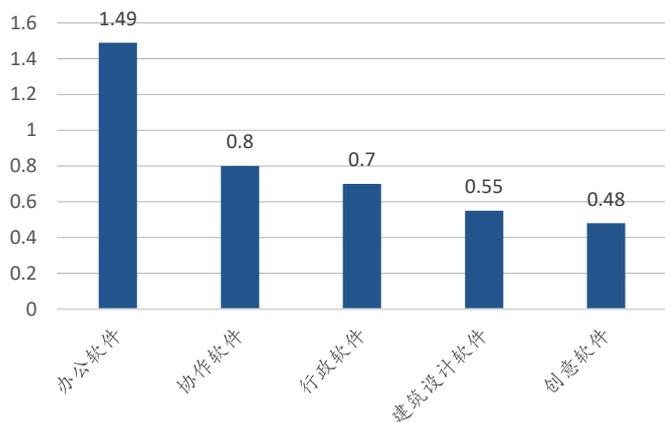
Fig.31 亚洲软件市场规模预测 (单位: 十亿美元)



Source: Market Data Forecast, HTI

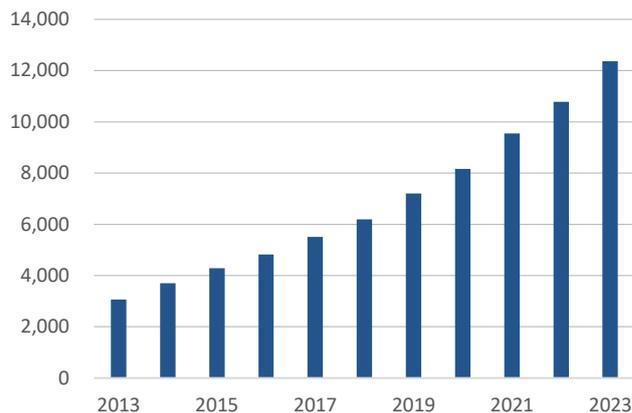
中国市场：2024 年中国软件市场规模约为 3780 亿美元，占全球市场的 14%，年增长率达到 18.7%，远高于全球平均水平。中国软件市场的特点包括：（1）政策支持力度大，“十四五”规划将软件定位为战略性新兴产业；（2）自主可控成为主旋律，基础软件国产化进程加速；（3）移动互联网应用繁荣，消费级应用创新活跃；（4）产业互联网快速发展，传统行业数字化转型提供巨大市场空间。中国软件市场的主要参与者包括阿里巴巴、腾讯、华为、百度等互联网和科技巨头，以及用友、金蝶等专注于企业软件的公司。

Fig.32 2023 年中国生产力软件行业领先细分市场收入 (十亿美元)



Source: Statista, HTI

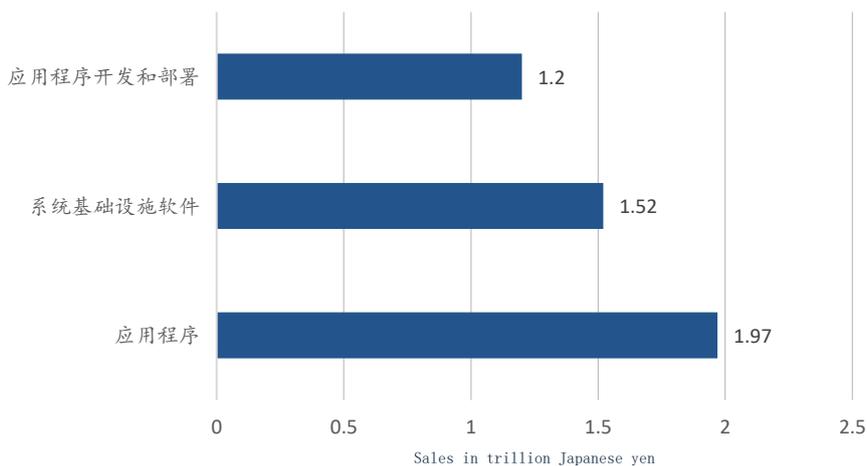
Fig.33 2013-2023 年中国软件行业市场规模 (亿元)



Source: Statista, HTI

日本市场: 2024 年日本软件市场规模约为 1350 亿美元, 占全球市场的 5%, 年增长率约为 5%, 低于全球平均水平。日本软件市场的特点包括: (1) 企业 IT 系统老旧, 数字化转型相对滞后; (2) 定制开发比例高, 软件产品化程度低; (3) 垂直行业解决方案优势明显, 特别是在制造、零售等领域; (4) 对软件质量和可靠性要求很高。日本软件市场的主要参与者包括富士通、NEC、日立等传统 IT 巨头, 以及 Rakuten、LINE 等互联网企业。

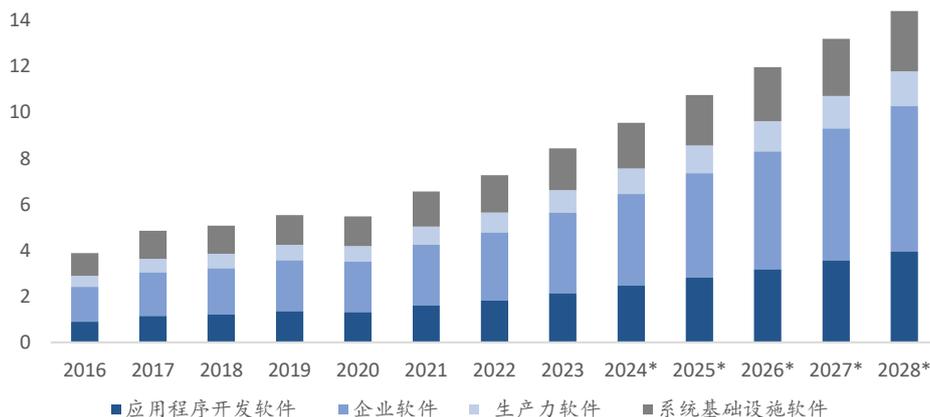
Fig.34 2023 年日本软件市场价值 (按细分) (单位: 万亿日元)



Source: Statista, HTI

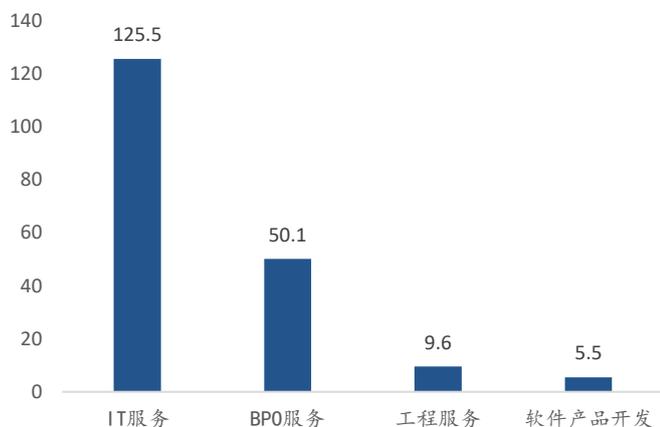
印度市场: 2024 年印度软件市场规模约为 810 亿美元, 占全球市场的 3%, 年增长率超过 15%。印度软件市场的特点包括: (1) 软件服务出口强劲, 是全球最大的 IT 外包目的地; (2) 本土市场快速增长, 政府数字化项目提供强劲动力; (3) 创业生态活跃, SaaS 创业企业涌现; (4) 人才优势明显, 软件工程师数量和质量全球领先。印度软件市场的主要参与者包括 TCS、Infosys、Wipro 等 IT 服务巨头, 以及 Zoho、Freshworks 等 SaaS 企业。

Fig.35 2016年至2022年印度软件行业收入（预计到2028年）按行业划分（单位：十亿美元）



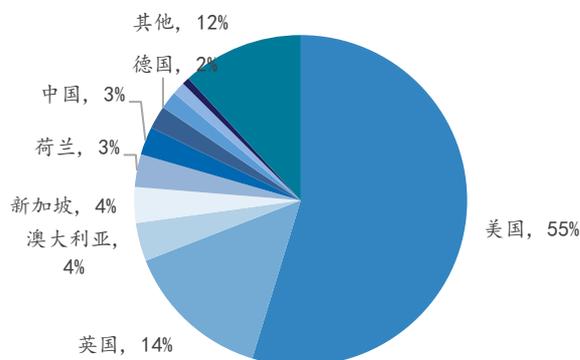
Source: Statista, HTI

Fig.36 2024 财年印度 IT 软件和服务出口额（按类型划分）（十亿美元）



Source: Statista, HTI

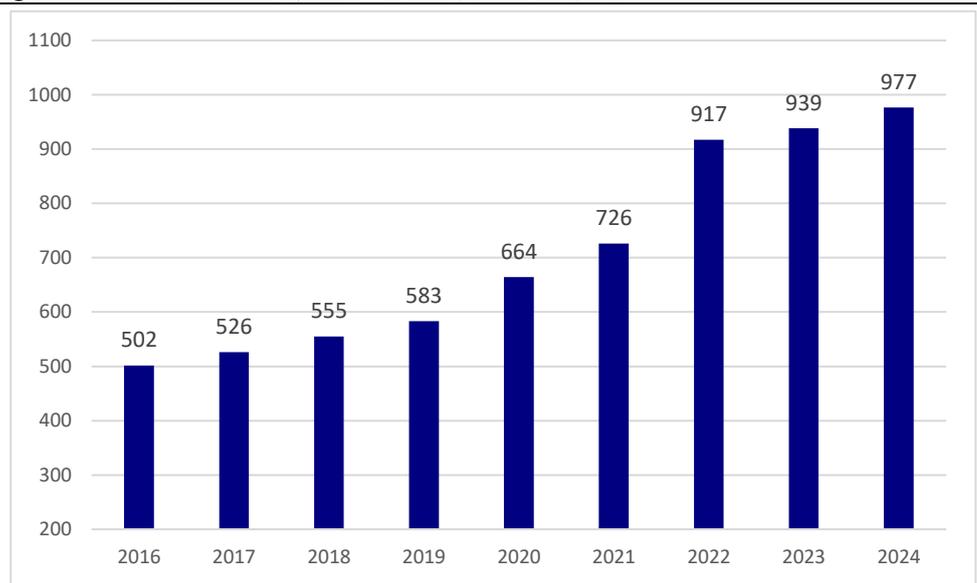
Fig.37 2024 财年印度 IT 软件和服务行业出口收入各地区占比



Source: Statista, HTI

韩国市场：2024 年韩国软件市场规模约为 540 亿美元，占全球市场的 2%，年增长率约为 8%。韩国软件市场的特点包括：（1）移动应用发达，智能手机普及率全球领先；（2）游戏产业强势，全球市场份额高；（3）大企业集团（财阀）主导市场，中小企业发展空间有限；（4）政府推动软件产业发展，投入大量资源支持研发和创新。韩国软件市场的主要参与者包括三星 SDS、LG CNS 等财阀 IT 子公司，以及 Naver、Kakao 等互联网企业。

Fig.38 2016年至2024年韩国软件产值（单位：十亿韩元）



Source: Statista, HTI

1.4.4. 其他新兴市场分析

除亚太地区外，拉美、中东和非洲等其他新兴市场也展现出巨大的增长潜力。2024年，这些地区的软件市场规模合计约为 1080 亿美元，占全球市场的 4%，年增长率约为 10%。

拉美市场：巴西、墨西哥、阿根廷是最大的三个国家市场。拉美软件市场的特点包括：（1）移动优先的发展路径，移动互联网普及率高于 PC；（2）金融科技发展迅速，解决传统金融服务覆盖不足的问题；（3）本地化需求强烈，语言和文化因素重要；（4）政治经济环境不稳定，影响长期投资决策。

中东市场：以色列、阿联酋、沙特阿拉伯是最具代表性的国家。中东软件市场的特点包括：（1）以色列是全球网络安全和军事软件的重要研发中心；（2）海湾国家数字化转型投入大，智慧城市项目众多；（3）政府主导的大型项目是市场主要驱动力；（4）人才短缺问题突出，依赖外部技术支持。

非洲市场：南非、尼日利亚、肯尼亚、埃及是主要市场。非洲软件市场的特点包括：（1）移动支付领先全球，解决基础金融设施不足的问题；（2）创新解决方案针对本地特定挑战，如离网能源管理、农业信息服务等；（3）市场高度分散，区域差异大；（4）基础设施限制明显，但移动互联网快速普及。

未来五年，这些新兴市场预计将保持 10-12% 的年均增长率。增长的主要驱动力来自数字基础设施的改善、年轻人口的增长、移动互联网的普及以及解决本地特定问题的创新解决方案。

1.5. 软件行业生态系统

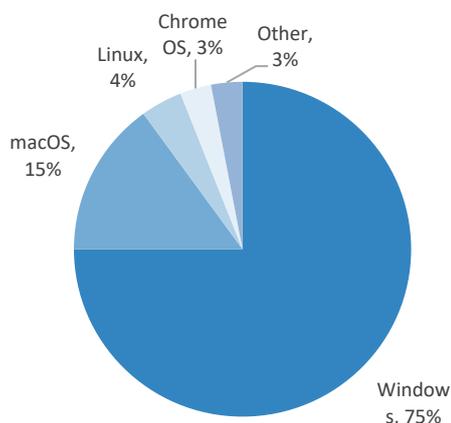
1.5.1. 基础软件层

基础软件层是整个软件生态系统的底层支撑，主要包括操作系统、数据库管理系统、中间件、开发工具等。这一层的特点是技术门槛高、研发投入大、产品生命周期长，因此长期被少数巨头企业主导。

- 操作系统领域：微软 Windows 在桌面端占据主导地位，市场份额约为 75%；苹果 macOS 占据约 15%；各种 Linux 发行版占据约 10%。在服务器端，Linux 占据主导地位，市场份额超过 70%；Windows Server 占据约 25%。在移动端，谷歌 Android

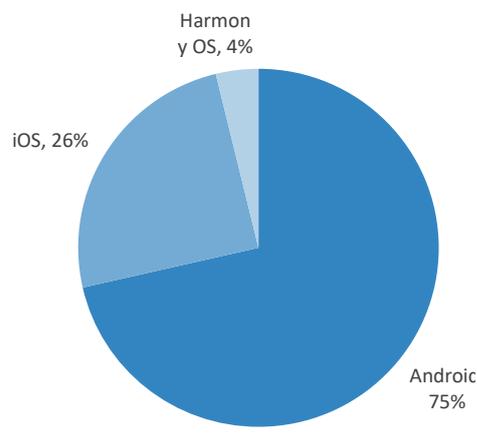
和苹果 iOS 几乎瓜分整个市场，前者占据约 75%，后者占据约 25%。在物联网和嵌入式领域，Linux、RTOS 等操作系统占据主要市场。

Fig.39 桌面/笔记本操作系统市场份额



Source: Statista, HTI

Fig.40 移动操作系统市场份额



Source: Statista, HTI

- 数据库管理系统领域：Oracle、Microsoft SQL Server、IBM Db2 等传统关系型数据库仍占据企业市场的主导地位，合计市场份额约为 60%。同时，开源数据库如 MySQL、PostgreSQL 的影响力不断增强，市场份额约为 25%。此外，NoSQL 数据库（如 MongoDB、Redis）和 NewSQL 数据库（如 Google Spanner、CockroachDB）在特定应用场景中快速增长，市场份额约为 15%。
- 中间件领域：IBM WebSphere、Oracle WebLogic、Red Hat JBoss 等传统中间件产品市场份额逐渐下降，而基于云原生架构的新一代中间件如服务网格（Istio、Linkerd）、API 网关（Kong、Apigee）、消息队列（Kafka、RabbitMQ）等快速崛起。
- 开发工具领域：集成开发环境（IDE）市场由 JetBrains、Microsoft、Eclipse Foundation 等主导；版本控制工具中 Git 已成为事实标准；持续集成/持续部署（CI/CD）工具中 Jenkins、GitLab CI、GitHub Actions 占据主要市场份额；容器技术中 Docker 和 Kubernetes 已成为行业标准。

基础软件层生态的最新趋势包括：

- **AI 增强功能：**AI 正在被集成到各类基础软件中，提供智能推荐、自动优化、异常检测等功能。
- **开源模式主导：**几乎所有新兴的基础软件项目都采用开源模式，商业公司通过提供企业版、托管服务或技术支持来实现商业化。
- **云原生架构普及：**基础软件正在向云原生架构转型，强调可扩展性、弹性、可观测性和自动化运维。
- **安全性强化：**随着网络安全威胁的增加，基础软件正在加强安全特性，如零信任架构、加密通信、漏洞自动修复等。

1.5.2. 平台软件层

平台软件层是连接基础软件和应用软件的中间层，主要包括云计算平台、开发平台、人工智能平台等。这一层的特点是平台化程度高、生态系统价值突出、网络效应明显。

- 云计算平台：全球公有云市场由 AWS、Microsoft Azure、Google Cloud 三大巨头主导，合计市场份额超过 65%。其中，AWS 市场份额约为 33%，Azure 约为 22%，Google Cloud 约为 10%。中国公有云市场则由阿里云、腾讯云、华为云、百度智能云等本土企业主导。私有云和混合云市场则更加分散，VMware、Red Hat、Nutanix、HPE 等传统 IT 厂商占据重要位置。

- 开发平台：低代码/无代码平台市场快速增长，主要参与者包括 Microsoft Power Platform、Salesforce Lightning、OutSystems、Mendix 等。传统应用开发平台（如 Java EE、.NET）市场相对成熟，增长放缓。移动应用开发平台中，跨平台解决方案如 React Native、Flutter、Xamarin 的采用率不断提高。

Fig.41 企业低代码应用平台



Source: Gartner, HTI

- 人工智能平台：通用 AI 平台市场由科技巨头主导，包括 Google Cloud AI、Microsoft Azure AI、AWS AI Services、IBM Watson 等。垂直领域 AI 平台则更加专注于特定行业或功能，如医疗影像分析、金融风控、智能客服等。开源 AI 框架如 TensorFlow、PyTorch、Hugging Face 在开发者社区拥有广泛影响力。
- 物联网平台：物联网平台市场相对分散，主要参与者包括 AWS IoT、Microsoft Azure IoT、Google Cloud IoT、IBM Watson IoT、PTC ThingWorx 等。同时，各行业也在发展针对特定场景的垂直物联网平台，如工业物联网、车联网、智能家居等。

平台软件层生态的最新趋势包括：

- 平台整合与融合：不同类型的平台正在相互融合，如云计算平台集成 AI 能力，低代码平台集成物联网功能等。
- 垂直化与专业化：针对特定行业或场景的垂直平台正在涌现，提供更加专业化的功能和服务。
- 开发者体验优先：平台之间的竞争越来越聚焦于开发者体验，包括文档质量、工具链完善度、社区活跃度等。

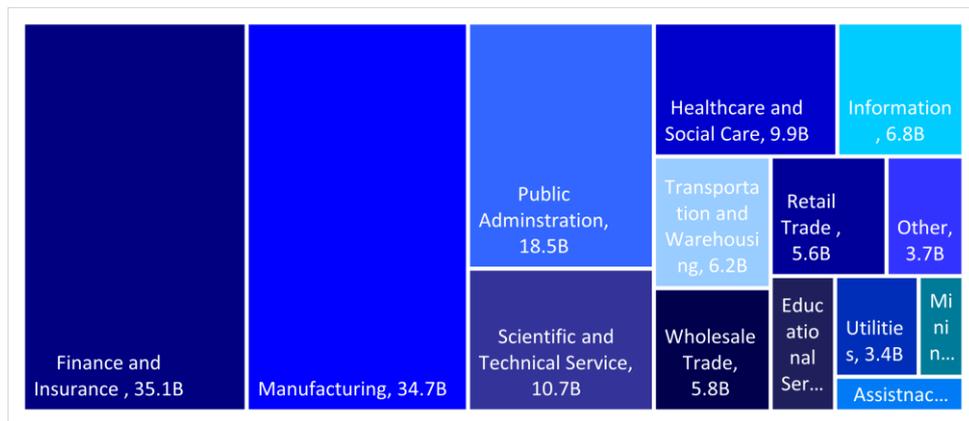
- 生态系统战略：平台提供商正在通过市场、应用商店、开发者计划等方式构建生态系统，增强平台粘性。

1.5.3. 应用软件层

应用软件层是直接面向最终用户的软件层，主要包括企业应用、消费应用、行业解决方案等。这一层的特点是市场高度分散、创新速度快、用户体验至关重要。

- 企业应用：企业资源规划（ERP）市场由 SAP、Oracle、Microsoft Dynamics 等传统厂商主导，同时 Workday、NetSuite 等云原生 ERP 厂商快速崛起。客户关系管理（CRM）市场则由 Salesforce 一家独大，市场份额超过 20%，其他参与者包括 Microsoft Dynamics、Oracle、HubSpot 等。人力资源管理（HRM）市场主要参与者包括 Workday、SAP SuccessFactors、Oracle HCM Cloud 等。供应链管理（SCM）市场主要参与者包括 SAP Ariba、Oracle SCM Cloud、JDA Software 等。
- 消费应用：办公软件市场由 Microsoft Office（包括 Office 365）主导，市场份额超过 80%，Google Workspace 是主要挑战者。创意设计软件市场由 Adobe Creative Cloud 主导，市场份额超过 70%。社交媒体应用市场主要参与者包括 Meta（Facebook、Instagram、WhatsApp）、Twitter、Snapchat、TikTok 等。视频会议市场主要参与者包括 Zoom、Microsoft Teams、Cisco Webex、Google Meet 等。

Fig.42 ERP 软件在行业中应用占比



Source: HG Insights, HTI

行业解决方案：金融行业解决方案主要提供商包括 FIS、Fiserv、Temenos 等。医疗行业解决方案主要提供商包括 Epic、Cerner、Allscripts 等。制造业解决方案主要提供商包括 Siemens、Dassault Systèmes、PTC 等。零售行业解决方案主要提供商包括 Oracle Retail、SAP for Retail、Manhattan Associates 等。

应用软件层生态的最新趋势包括：

- SaaS 模式主导：几乎所有新兴的应用软件都采用 SaaS 模式交付，传统软件也在加速向 SaaS 转型。
- AI 功能普及：AI 正在被集成到各类应用软件中，提供智能分析、预测、推荐、自动化等功能。
- 用户体验升级：应用软件越来越注重用户体验设计，包括界面美观度、操作便捷性、个性化程度等。
- 垂直 SaaS 崛起：针对特定行业或细分场景的垂直 SaaS 正在快速增长，提供更加专业化的功能和服务。

1.5.4. 服务软件层

服务层是围绕软件产品提供各类支持服务的层次，主要包括实施服务、运维服务、咨询服务、培训服务等。这一层的特点是人力密集、本地化程度高、增值空间大。

- 实施服务：企业软件实施服务市场主要参与者包括埃森哲、德勤、IBM Global Services、普华永道等全球咨询公司，以及各软件厂商的专业服务团队。同时，各区域市场也有众多本地化的实施服务提供商。
- 运维服务：软件运维服务市场正在从传统的人工运维向自动化、智能化运维转变。主要参与者包括 IBM、HPE、DXC Technology 等传统 IT 服务商，以及 New Relic、Datadog、Dynatrace 等专注于可观测性和性能监控的新兴企业。
- 咨询服务：软件相关的咨询服务市场主要参与者包括麦肯锡、波士顿咨询、贝恩等管理咨询公司，以及埃森哲、德勤、IBM 等技术咨询公司。这些公司提供数字化转型战略、技术选型、架构设计、变革管理等服务。
- 培训服务：软件培训服务市场正在从传统的线下培训向在线学习平台转变。主要参与者包括 Pluralsight、Udemy、Coursera、LinkedIn Learning 等在线学习平台，以及各软件厂商的官方培训项目。

服务层生态的最新趋势包括：

- 服务自动化：通过 AI 和自动化技术，提高服务交付的效率和质量，降低人力依赖。
- 远程服务普及：受新冠疫情影响，远程服务交付模式得到广泛采用，并将在后疫情时代继续存在。
- 成果导向定价：服务定价模式从基于工时向基于成果转变，更加注重价值创造和风险共担。
- 生态系统合作：服务提供商之间以及与软件厂商之间的合作日益紧密，形成互补的服务生态系统。

1.6. 软件商业模式演变

1.6.1. 传统许可证模式

传统许可证模式是软件行业最早的商业模式，其核心特征是通过用户通过一次性付费获得软件的永久使用权。这一模式在 20 世纪 80 年代至 21 世纪初占据主导地位，至今仍在特定领域和场景中存在。

运作机制：软件厂商开发产品后，通过销售永久许可证获取收入。用户购买许可证后，可以在指定数量的设备上永久使用该版本的软件。软件厂商通常会提供一定期限的技术支持和更新，之后用户需要额外付费获取这些服务。对于大型企业客户，许可证通常基于用户数量、处理器核心数或其他度量标准进行定价。

优势分析：

- 对用户而言，一次性投资后长期使用，总拥有成本可能较低
- 软件部署在用户自己的基础设施上，数据安全性和控制权较高
- 不依赖互联网连接，适用于网络条件受限的环境
- 可以根据特定需求进行深度定制和集成

劣势分析：

- 前期投资大，对中小企业和创业公司形成财务压力
- 部署和维护复杂，需要专业 IT 团队支持
- 升级周期长，难以快速获取新功能
- 软件厂商收入波动大，研发投入受限

代表性案例：Microsoft Office（2010 年前）、Oracle Database、SAP ERP、Adobe Creative Suite（CS6 前）等。这些产品在转向订阅模式前，都采用传统许可证模式销售。

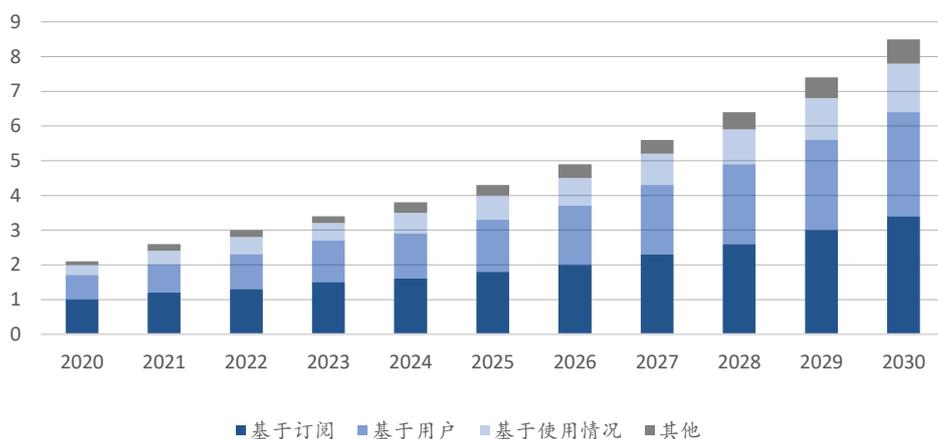
Fig.43 传统许可模型示例

软件产品	许可类型	
Microsoft Office (早期版本)	永久许可	一次购买, 后续升级需额外付费
Adobe Creative Suite (2012年前)	永久许可	后续转向订阅模式
AutoCAD (Autodesk)	永久许可 (历史)	2016年后逐步转向订阅模式
Windows OS	专有永久许可	用户拥有使用权, 软件版权归微软所有

Source: Company Data, HTI

市场趋势: 传统许可证模式的市场份额持续下降, 从2010年的80%以上降至2023年的不到30%。预计到2028年, 这一比例将进一步降至15%左右。然而, 在某些特定领域, 如军工、金融、政府等对安全性和控制权要求高的行业, 以及一些专业工具软件领域, 传统许可证模式仍将长期存在。

Fig.44 软件许可管理市场 (按许可类型划分) (十亿美元)



Source: Grand View Research, HTI

1.6.2. 订阅模式 (SaaS)

订阅模式, 特别是软件即服务 (SaaS), 是当前软件行业的主流商业模式。其核心特征是通过用户通过定期付费 (通常是月付或年付) 获得软件的使用权, 软件通常部署在云端并通过互联网访问。

运作机制: 软件厂商负责开发、部署、维护和升级软件, 用户只需通过浏览器或轻量级客户端访问服务。用户根据实际需求选择适合的套餐, 可以根据业务变化灵活调整用户数量或功能模块。计费通常基于用户数、功能模块或使用量等因素。

优势分析:

- 前期投资小, 降低了采用门槛, 特别适合中小企业
- 部署简单快速, 无需复杂的IT基础设施
- 自动更新, 用户始终使用最新版本
- 可从任何地点、任何设备访问, 支持远程办公
- 对软件厂商而言, 收入更加稳定可预测, 有利于长期研发投入

劣势分析:

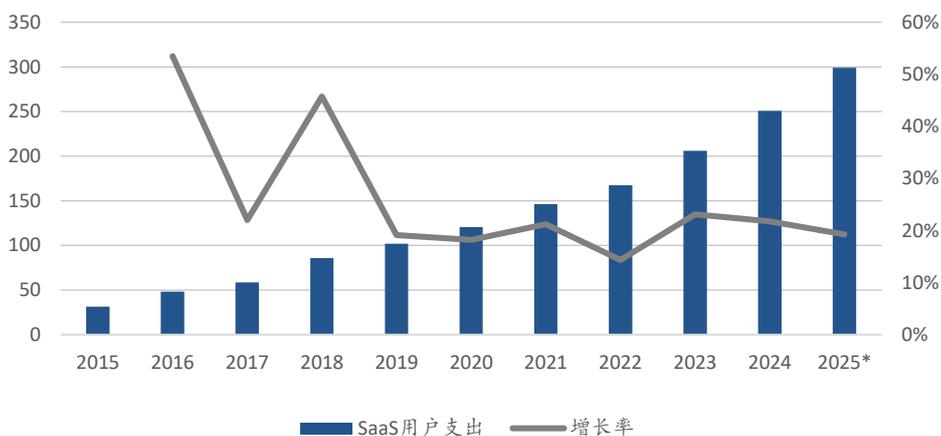
- 长期总拥有成本可能高于传统许可证模式
- 数据存储在第三方服务器上, 安全性和合规性存在顾虑
- 依赖互联网连接, 网络中断会影响使用

- 定制化和集成能力可能受限

代表性案例：Salesforce CRM、Microsoft Office 365、Adobe Creative Cloud、Zoom、Slack 等。这些产品都是 SaaS 模式的典型代表，通过订阅制获得巨大成功。

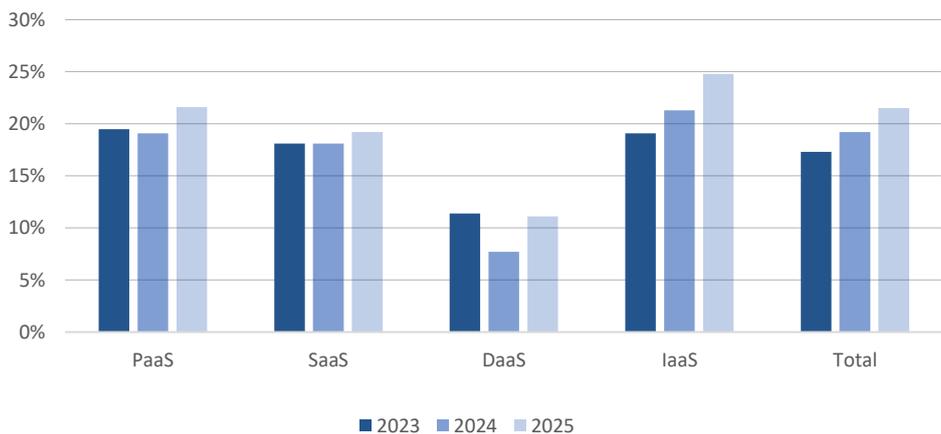
市场趋势：SaaS 模式的市场份额持续增长，从 2010 年的不到 10% 增至 2023 年的 45% 以上。预计到 2028 年，这一比例将进一步增至 60% 左右。增长最快的细分领域包括协作工具、客户关系管理、人力资源管理和财务管理等。同时，SaaS 模式也在向更加垂直化和专业化的方向发展，针对特定行业或功能的垂直 SaaS 正在快速崛起。

Fig.45 2015 年至 2025 年全球公共云应用服务/软件即服务 (SaaS) 终端用户支出 (十亿美元)



Source: Grand View Research, HTI

Fig.46 2023 年至 2025 年全球公共云服务年增长率 (按细分)



Source: Statista, HTI

Fig.47 2016年至2023年全球公共IT云服务市场收入（按细分市场划分）（单位：十亿美元）



Source: Statista, HTI

1.6.3. 开源增值模式

开源增值模式是基于开源软件的商业化策略，其核心特征是软件的基础版本以开源方式免费提供，企业通过提供增值服务或企业版功能获取收入。这一模式在 21 世纪初开始兴起，近年来随着开源软件在企业 IT 中的广泛应用而快速发展。

运作机制：企业开发并维护开源软件项目，将核心功能以开源许可证（如 MIT、Apache、GPL 等）发布。同时，企业提供增值服务（如技术支持、培训、咨询）或企业版功能（如高级安全特性、管理工具、集成能力）获取收入。常见的具体模式包括开源核心（Open Core）、托管服务（Hosted Service）、支持订阅（Support Subscription）等。

优势分析：

- 利用社区力量加速产品开发和创新
- 降低市场推广成本，开源本身就是强大的营销工具
- 提高产品透明度和可信度，便于安全审计
- 避免厂商锁定，增强用户信任
- 培养开发者生态系统，扩大潜在用户基础

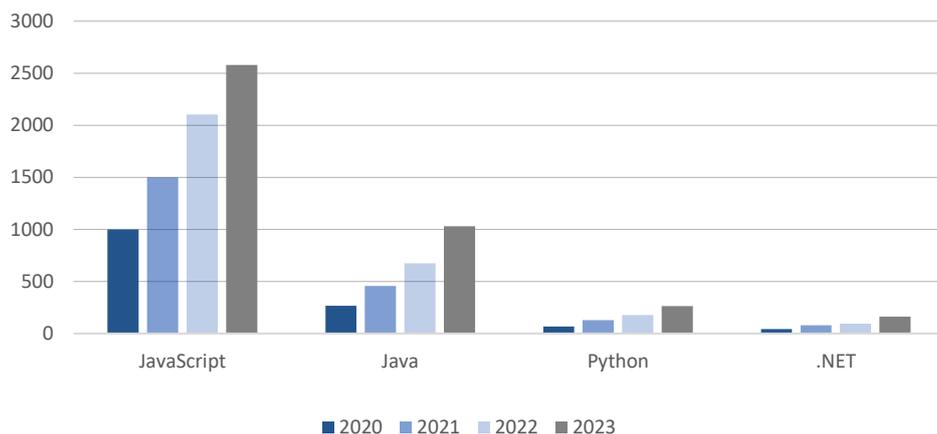
劣势分析：

- 商业化路径不确定，需要平衡开源与商业利益
- 核心功能与增值功能的边界划分困难
- 面临来自云服务提供商的竞争，可能被“劫持”
- 开源社区管理复杂，需要专业团队维护

代表性案例：Red Hat（Linux 发行版和企业软件）、MongoDB（文档数据库）、Elastic（搜索和分析引擎）、HashiCorp（基础设施自动化工具）、Confluent（Kafka 生态系统）等。这些公司都成功地将开源软件转化为商业价值，部分已成为上市公司或被大型科技公司收购。

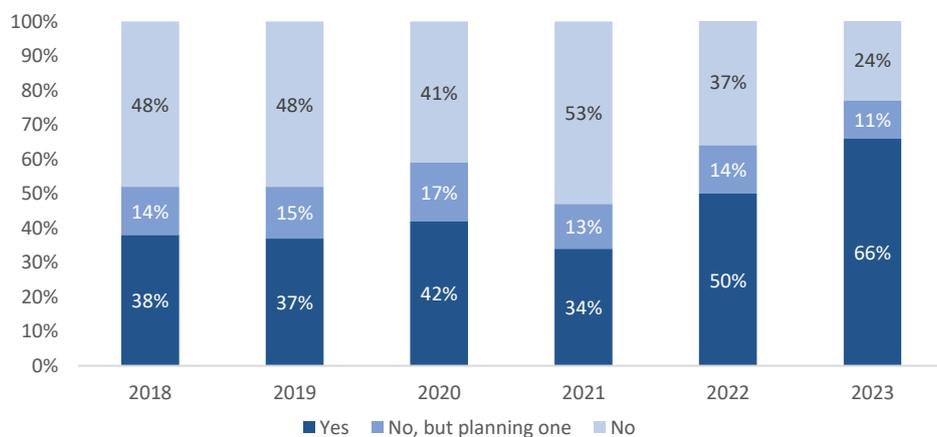
市场趋势：开源增值模式的市场份额持续增长，从 2010 年的不到 5% 增至 2023 年的 15% 左右。预计到 2028 年，这一比例将进一步增至 20% 以上。增长最快的领域包括数据库、容器编排、大数据处理、人工智能框架等。同时，开源许可证策略也在演变，一些公司开始采用更加限制性的许可证（如 SSPL、BSL 等）来应对云服务提供商的竞争。

Fig.48 2020年至2022年全球各生态系统开源软件年度下载量(百万)



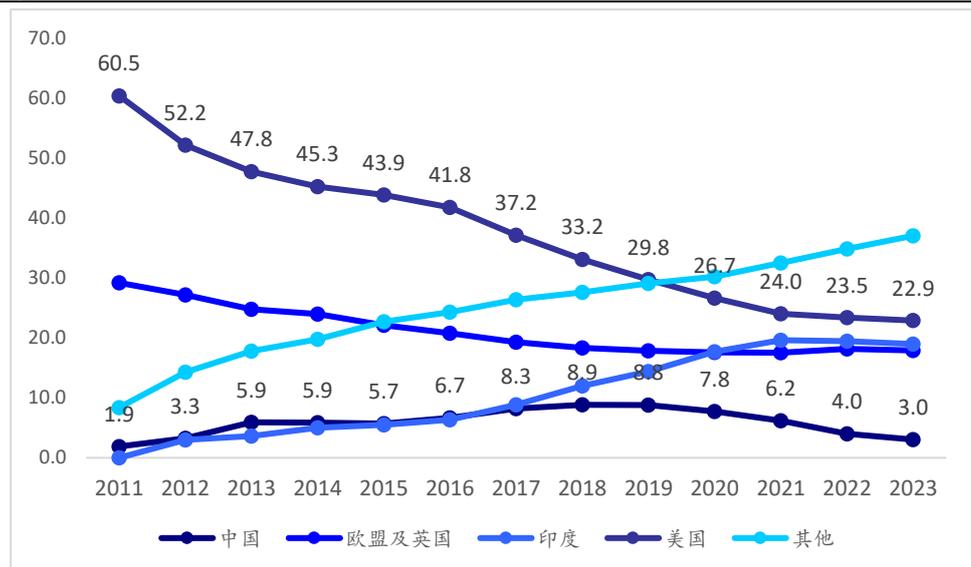
Source: Sonatype, HTI

Fig.49 2023年全球拥有开源项目办公室(OSPO)或开源软件(OSS)计划的组织



Source: Linux Foundation, HTI

Fig.50 2023 年 GitHub AI 项目占项目总数的比例（按地理区域划分）



Source: GitHub; Stanford University, HTI

AI 驱动的开源增值模式已形成“开放基础，闭环变现”的核心路径：企业通过开源核心 AI 模型或算法（如 HuggingFace 的 BLOOM、StarCoder）构建开发者生态，继而依靠专有增值服务实现商业闭环。具体表现为两条主流路径：一是 Open Core 模式，即开放基础模型代码，通过销售配套的闭源工具（如企业级支持服务、可扩展性解决方案）获利，例如 HuggingFace 通过开源模型平台吸引用户，再出售计算资源与技术订阅服务；二是 API 服务化，将开源模型封装为标准化接口（如京东 JoyCoder 支持集成文心、GPT 等模型），采用按调用量或功能分级的收费模式，在降低用户使用门槛的同时保障持续收益。

AI 编程技术显著强化了开源模式的商业价值：开源智能开发工具链（如 CodeFuse-ChatBot）通过集成检索增强生成（RAG）、沙盒环境等技术，覆盖从设计、编码到测试、部署的全流程开发生命周期。此类工具通常将基础功能开源免费，而对高级能力（如企业级协同调度、私有知识库管理）设置付费门槛；同时，AI 编程赋能的开源模型（如 OpenAI Codex）进一步拓展了增值服务深度——通过新增容器化代码执行、自动化测试验证及错误修复等闭环能力，使用户通过云端调用即可实现“写-测-改”的高效迭代，大大提升开发效率与代码质量，从而构建更坚实的商业竞争力。

1.6.4. 平台生态模式

运作机制：平台提供商构建基础设施和核心服务，吸引第三方开发者在平台上开发应用或服务。平台连接开发者和用户，为双方创造价值。平台提供商通过多种方式获取收入，包括向开发者收取上架费或分成、向用户提供增值服务、销售自有应用或服务、收取广告费等。

优势分析：

- 利用网络效应快速扩大用户基础和应用生态
- 分散研发风险，让第三方开发者满足长尾需求
- 多元化收入来源，商业模式更加稳健
- 构建高壁垒的竞争优势，用户和开发者迁移成本高

劣势分析：

- 平台启动困难，需要解决“鸡与蛋”问题
- 平台治理复杂，需要平衡各方利益
- 面临反垄断审查风险，特别是平台达到主导地位后

- 与第三方开发者的关系管理挑战大

代表性案例：Apple App Store、Google Play Store、Salesforce AppExchange、Microsoft Power Platform、Shopify App Store 等。这些平台成功地构建了繁荣的应用生态系统，为平台提供商创造了巨大价值。

市场趋势：平台生态模式的影响力持续扩大，从移动应用领域扩展到企业软件、开发工具、物联网等多个领域。平台之间的竞争也日益激烈，各平台通过降低开发者门槛、提供开发工具、举办开发者大会等方式吸引开发者。同时，平台提供商与开发者之间的利益分配也成为焦点，一些主流平台已开始降低分成比例或提供更多开发者支持。

1.7. 软件行业发展历史与演进脉络

软件行业的发展史是一部技术创新、商业模式变革与生产力提升相互交织的宏伟史诗。从最初服务于少数大型机构的复杂系统，到如今渗透到社会生活方方面面的无处不在的应用，软件经历了数次重大的范式转换。理解这段波澜壮阔的历史，不仅有助于把握软件产业的内在发展规律，更能为 AI+ 洞察未来趋势提供重要的参照系。

Fig.51 各时代软件发展的对比分析

特征	大型机时代 (1940s-1980s)	PC 时代 (1980s-2000s)	互联网时代 (1990s-2010s)	移动互联网+云计算时代 (2010s 至今)	AI 时代 (2020s-)
计算范式	集中式计算	分散式计算	网络化计算	服务化计算	智能化计算
核心技术	大型机、分时系统	微处理器、GUI、LAN	TCP/IP、Web、浏览器	虚拟化、分布式、XaaS	大模型、生成式 AI
主导企业	IBM	微软、英特尔、苹果	Google、Amazon、Yahoo!	AWS、Azure、Google Cloud	OpenAI、Nvidia、巨头
软件形态	定制化、与硬件绑定	产品化、标准化	Web 应用、在线服务	SaaS、云原生应用	AI 原生应用、智能体
商业模式	硬件销售、软件分开定价	许可证销售	广告、电子商务、SaaS 萌芽	订阅(SaaS)、按需付费	订阅、按 Token 付费、API 调用
用户体验	专业操作、交互性差	图形界面、易用性提高	在线访问、信息丰富	移动优先、跨终端、个性化	自然语言交互、主动服务
生产力影响	提高大型机构管理效率	提升个人办公效率	加速信息传播与协作	降低 IT 成本、提高敏捷性	自动化知识工作、激发创造力

Source: HTI

1.7.1. 大型机时代 (1950s-1980s)

大型机时代是软件行业的萌芽期，时间跨度大约从 20 世纪 40 年代计算机诞生到 80 年代初个人电脑兴起。这一时期的计算能力高度集中，软件作为依附于昂贵硬件的附属品，其形态和应用场景都受到很大限制。

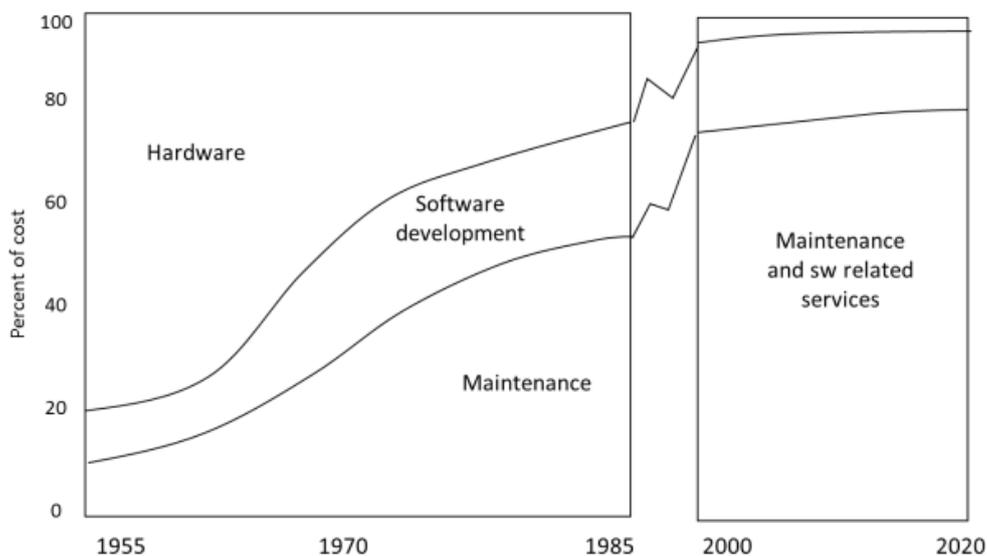
技术特征与架构

大型机时代的技术核心是集中式计算。计算机体积庞大、价格高昂，通常只有大型企业、政府机构和研究机构才能负担得起。其技术架构具有以下特征：

- **硬件主导：**软件与特定硬件紧密绑定，通常由硬件制造商提供或定制开发，缺乏标准化和通用性。
- **软件拆分：**直到 1969 年，软件都是与硬件捆绑销售的。IBM 决定单独销售软件，这催化了独立软件供应商 (ISV) 的出现，尽管垂直特定解决方案 (例如 SAP 面向制造业的 R/2) 仍然是特定市场。
- **批处理为主：**早期的计算机主要采用批处理方式，用户将任务提交给操作员，等待计算机批量处理后获取结果，交互性差。

- 分时系统出现：随着技术发展，出现了分时操作系统（Time-Sharing Operating System），允许多个用户通过终端同时访问一台大型机，提高了资源利用率和交互性，如 IBM 的 OS/360。
- 专有架构：各大型机厂商采用封闭和专有的硬件架构和指令集，软件难以在不同厂商的机器间移植。

Fig.52 基于计算机的信息系统趋势



Source: Boehm 1976, HTI

市场格局与主导企业

大型机时代的市场格局高度集中，IBM 凭借其 System/360 系列大型机取得了绝对的统治地位，市场份额一度超过 70%。IBM 不仅提供硬件，还提供配套的操作系统、数据库（如 IMS）和应用软件，形成了软硬件一体化的解决方案。其他参与者包括所谓的 "BUNCH" 公司（Burroughs, UNIVAC, NCR, Control Data, Honeywell），但它们的市场份额远不及 IBM。

这一时期，软件尚未形成独立的产业，软件开发人员通常是硬件工程师或数学家，软件的价值被严重低估。1969 年，IBM 为了应对反垄断诉讼，宣布将软件和硬件分开定价，这一举措被认为是软件产业诞生的标志性事件，催生了独立的软件和服务公司。

软件特点与应用场景

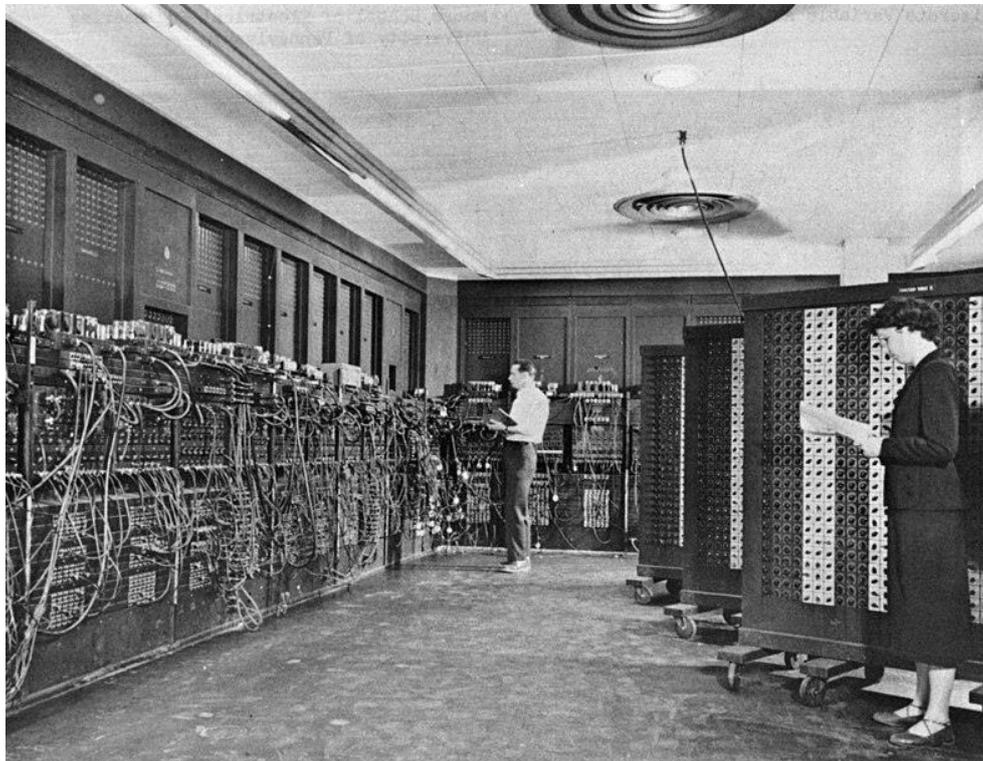
大型机时代的软件具有以下特点：

- 定制化程度高：软件通常是特定用户的特定需求定制开发的，通用性差。
- 复杂度高：大型机软件系统庞大复杂，开发和维护成本高昂。
- 可靠性要求高：由于服务于关键业务，大型机软件对稳定性和可靠性的要求相当高。
- 编程语言：早期主要使用机器语言和汇编语言，后来高级语言如 FORTRAN（科学计算）、COBOL（商业数据处理）、PL/I 开始出现。

主要应用场景集中在：

- 科学与工程计算：如天气预报、核物理模拟、航空航天设计等。
- 商业数据处理：如银行账户管理、保险精算、企业库存管理、工资发放等。
- 政府与军事应用：如人口普查数据处理、密码破译、导弹弹道计算等。

Fig.53 1960s 计算机硬件



Source: Ars Technica, HTI

对生产力的影响分析

大型计算机被广泛部署，尤其是在历史悠久、规模较大的美国公司中。它们坚固耐用、值得信赖且可靠。对于老牌公司来说，它们是其部署的计算基础设施的基石。在被采用的时候，它们就代表着尖端技术。

Fig.54 手动流程的自动化

任务	大型机之前	大型机之后	效率提升
工资单处理	2周	4小时	98%
库存管理	10天	1天	90%
银行交易	3天	10秒	99.99%

Source: IBM System/360 case studies (1965-1975), HTI

截至1985年，美国国内生产总值（GDP）中约有13万亿美元（按2024年价值调整）依赖于大型机驱动的产业，这一数字凸显了其在经济结构中的支柱地位。

同时大型计算机也带来更强的生产力。大型机自动化技术推动制造业、物流等关键行业的劳动力生产率年均增长1.2%-1.8%，通过流程优化和数据处理效率提升，为产业升级提供了持续动力。

尽管大型机价格昂贵且使用不便，但它首次实现了大规模数据的自动化处理，对特定领域的生产力产生了革命性影响：

- 大幅提高计算效率：将原本需要数月甚至数年的人工计算任务缩短到数小时或数天。
- 提升管理效率：使大型组织能够更有效地管理海量数据，如银行处理数百万账户，航空公司管理复杂的航班预订系统。
- 推动科学研究：为复杂的科学模拟和数据分析提供了可能，加速了科学发现的进程。

然而，由于成本和使用门槛的限制，大型机对社会整体生产力的提升作用相对有限，主要受益者是大型机构。

代表性案例：IBM 与 System/360

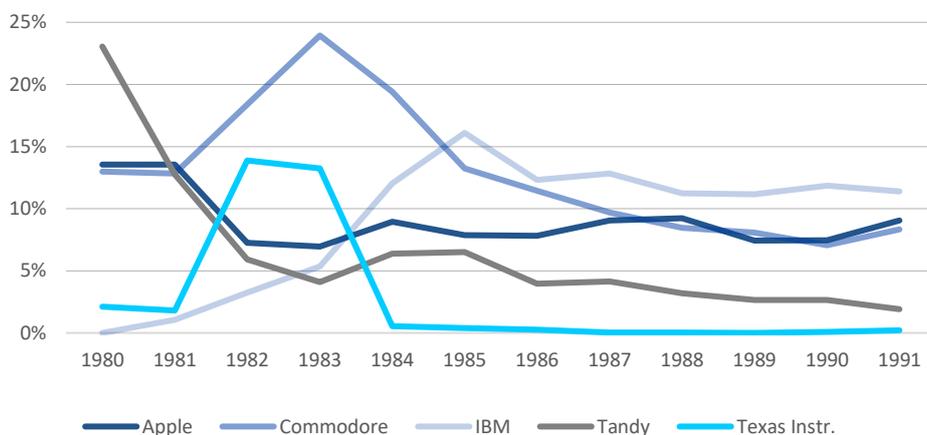
IBM 的 System/360 系列是大型机时代的巅峰之作，也是软件产业发展史上的里程碑。1964 年发布的 System/360 并非单一型号，而是一个具有兼容指令集架构的计算机系列，覆盖了从低端到高端的不同性能和价格范围。这意味着用户可以在不同型号的 System/360 机器上运行相同的软件，这在当时是革命性的创新。

伴随 System/360 硬件，IBM 还开发了强大的操作系统 OS/360，提供了多道程序设计、分时处理等先进功能。此外，IBM 还为 System/360 开发了大量的应用软件和开发工具。System/360 的成功巩固了 IBM 在计算机行业的霸主地位，也深刻影响了后续软件开发的方法论和标准化进程。将软硬件分开定价的决策，更是直接催生了独立的软件产业。

1.7.2. PC 时代（1980s-2000s）

PC（个人计算机）时代的到来，标志着计算能力从中心化走向分散化，计算机开始从大型机构的专属工具转变为个人和小型企业的生产力工具。这一变革深刻地改变了软件的形态、分发方式和商业模式。

Fig.55 1980-1991 年全球 PC 市场份额历史趋势



Source: Sanosemi, HTI

技术特征与架构

PC 时代的技术核心是微处理器和个人计算机。随着英特尔（Intel）等公司推出功能日益强大的微处理器，以及苹果（Apple）、IBM 等公司推出个人计算机，计算成本大幅下降，计算机开始进入办公室和家庭。

- 计算能力分散化：计算任务主要在个人电脑终端完成，服务器的作用相对减弱。
- 标准化架构：IBM PC 及其兼容机的开放架构（基于 Intel x86 处理器和微软 MS-DOS/Windows 操作系统，即"Wintel"联盟）成为市场主流，促进了硬件和软件的标准化。
- 图形用户界面（GUI）：苹果 Macintosh 率先普及了图形用户界面，随后微软 Windows 也采用了 GUI，大大地降低了计算机的使用门槛。
- 局域网（LAN）：办公室内的 PC 通过局域网连接，实现了文件共享、打印机共享等功能，促进了协同工作。

市场格局与主导企业

PC 时代的市场格局由"Wintel"联盟主导。微软凭借 MS-DOS 和 Windows 操作系统占据了操作系统市场的绝对优势，市场份额超过 90%。英特尔则在 PC 处理器市场占据主导地位。苹果公司凭借其独特的软硬件一体化策略和创新的用户体验，在高端市场和特定领域（如图形设计、教育）保持着一定的市场份额。

在应用软件领域，微软凭借 Office 办公套件（Word、Excel、PowerPoint）取得了巨大成功，成为事实上的行业标准。其他重要的应用软件厂商包括 Lotus（电子表格）、WordPerfect（文字处理）、Borland（开发工具）、Adobe（图形设计软件）等。软件开始通过零售渠道（如软件商店）以打包产品的形式销售。

软件特点与应用场景

PC 时代的软件具有以下特点：

- 产品化与标准化：软件不再是定制品，而是标准化的产品，可以大规模生产和销售。
- 易用性提高：图形用户界面的普及使得软件操作更加直观和便捷。
- 功能丰富：文字处理、电子表格、数据库管理、演示文稿、图形设计、游戏等各类应用软件层出不穷。
- 单机应用为主：软件主要安装在本地计算机上运行，网络功能相对有限。

主要应用场景包括：

- 办公自动化：文档撰写、数据分析、演示制作、邮件收发等。
- 个人生产力提升：个人财务管理、日程安排、信息管理等。
- 教育与娱乐：教学软件、百科全书、电脑游戏等。
- 专业领域应用：计算机辅助设计（CAD）、桌面排版（DTP）、科学计算等。

对生产力的影响分析

PC 的普及对社会生产力产生了广泛而深远的影响：

- 个人生产力革命：大大地提高了白领工作者的办公效率，自动化了许多繁琐的事务性工作。
- 信息处理民主化：使普通人也能方便地创建、处理和存储信息。

- 促进知识传播：电子文档、教学软件等加速了知识的传播和获取。
- 催生新行业：如软件零售业、PC制造业、IT培训等。
- PC时代将计算机从少数精英的工具转变为大众化的生产力工具，为后续互联网时代的到来奠定了基础。

生产力的提升：自1990年代起，个人计算机（PC）的普及显著提升了企业生产力。数据显示，PC的采用使企业级劳动生产率年均增长0.5%-1.4%，这一效应在制造业、物流和服务业中尤为突出。通过自动化流程、优化数据管理和加速信息处理，PC技术成为推动生产效率持续提升的核心工具。

对于GDP影响：至2000年，PC技术通过生产力增益对美国GDP的贡献达到3%-5%。这一增长源于多行业效率的整体跃升：从供应链管理的数字化到办公流程的标准化，PC不仅降低了运营成本，还催生了新的商业模式（如电子商务），进一步扩大经济附加值。

成本下降与中小企业普及：PC单机成本从1980年的1,500美元大幅降至2000年的600美元，降幅达60%。这一价格拐点使得中小企业能够负担并广泛采用PC技术，从而缩小了与大企业的技术鸿沟。例如，1990年代后期，超过70%的美国中小企业通过PC实现了库存管理和客户服务的初步自动化。

技术迭代与需求叠加：硬件性能的指数级提升（如处理器速度每18个月翻倍）与软件生态的成熟（如Windows操作系统和Office套件）共同降低了企业数字化转型的门槛。同时，自然换机周期（约5年）和线上化需求的兴起（如早期互联网应用）进一步刺激了PC市场的渗透率。

总体而言，PC技术通过成本优化、性能升级和场景适配，成为20世纪末美国经济结构性升级的重要推手，并为后续信息技术革命奠定了基础。

代表性案例：微软与Windows/Office

微软是PC时代的最大赢家。通过MS-DOS和Windows操作系统，微软控制了PC软件的底层平台。Windows 3.0（1990年）和Windows 95（1995年）的发布，凭借其改进的图形界面和多任务能力，迅速占领了市场。

更重要的是，微软推出了Microsoft Office办公套件，将Word、Excel、PowerPoint等核心应用捆绑销售。Office凭借其强大的功能、良好的兼容性和与Windows操作系统的深度集成，击败了Lotus 1-2-3、WordPerfect等竞争对手，成为全球办公软件的事实标准。通过操作系统和办公软件的双重垄断，微软构建了强大的"Wintel"生态系统，获得了巨额利润，并深刻影响了全球数亿用户的日常工作方式。

1.7.3. 互联网时代（1990s - 2010s）

互联网时代的到来，将分散的个人计算机连接成一个全球性的网络，彻底改变了信息的传播方式、商业模式和软件的形态。

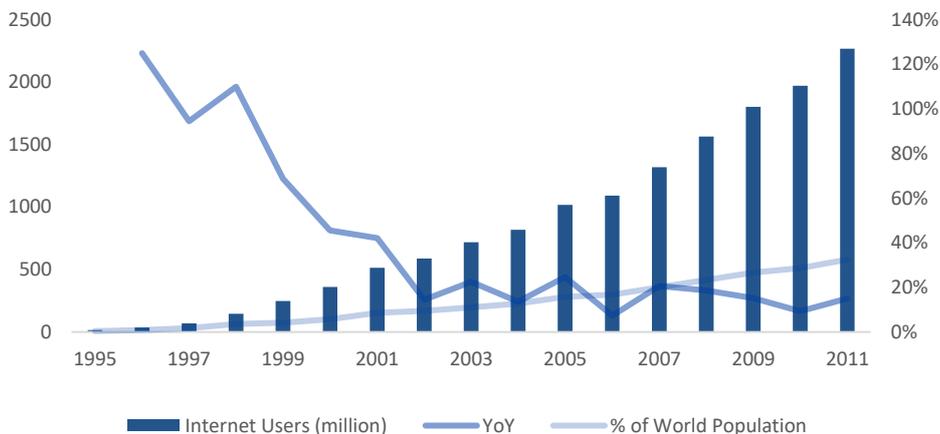
技术特征与架构

互联网时代的技术核心是TCP/IP协议、万维网（World Wide Web）和浏览器。

- 网络化计算：计算模式从单机转向网络化，客户端/服务器（Client/Server）架构和浏览器/服务器（Browser/Server）架构成为主流。
- Web技术普及：HTML、HTTP、URL等Web标准得到广泛应用，浏览器成为访问信息和应用的重要入口。
- 搜索引擎兴起：Google等搜索引擎的出现，解决了信息过载问题，成为互联网的关键基础设施。

- 电子商务发展: Amazon、eBay 等电子商务平台的兴起, 改变了商品交易方式。
- 移动互联网萌芽: 随着手机功能增强和移动网络发展, 移动互联网开始出现, WAP 等早期移动 Web 技术得到应用。

Fig.56 全球互联网用户数量



Source: Wind, HTI

市场格局与主导企业

互联网时代催生了一批新的科技巨头。Google 凭借其领先的搜索引擎技术和创新的广告模式成为互联网入口的霸主。Amazon 通过电子商务颠覆了零售业。雅虎 (Yahoo!)、美国在线 (AOL) 等早期门户网站也曾盛极一时。

传统软件公司面临转型压力。微软虽然凭借 Windows 和 IE 浏览器在桌面端保持优势, 但在互联网搜索、电子商务等新兴领域反应迟缓。一些传统软件公司开始尝试将软件通过 Web 交付, SaaS (软件即服务) 模式开始萌芽, 如 Salesforce 的 CRM 服务。

软件特点与应用场景

互联网时代的软件呈现出新的特点:

- Web 应用程序 (Web App): 许多功能通过浏览器访问, 无需在本地安装完整软件。
- 信息获取与共享: 软件的核心价值从本地计算转向信息的获取、处理和共享。
- 在线服务: 电子邮件、即时通讯、在线论坛、博客等在线服务普及。
- 数据驱动: 用户行为数据被广泛收集和分析, 用于改进产品和精准营销。
- SaaS 模式兴起: 软件开始以订阅方式通过网络提供服务。

主要应用场景包括:

- 信息检索与浏览: 通过搜索引擎和门户网站获取新闻、资料等。
- 在线交流与沟通: 电子邮件、即时通讯、社交网络等。
- 电子商务与在线交易: 网上购物、在线支付、网络银行等。
- 在线娱乐: 在线音乐、在线视频、网络游戏等。
- 企业在线应用: 在线 CRM、在线项目管理、Web 会议等。

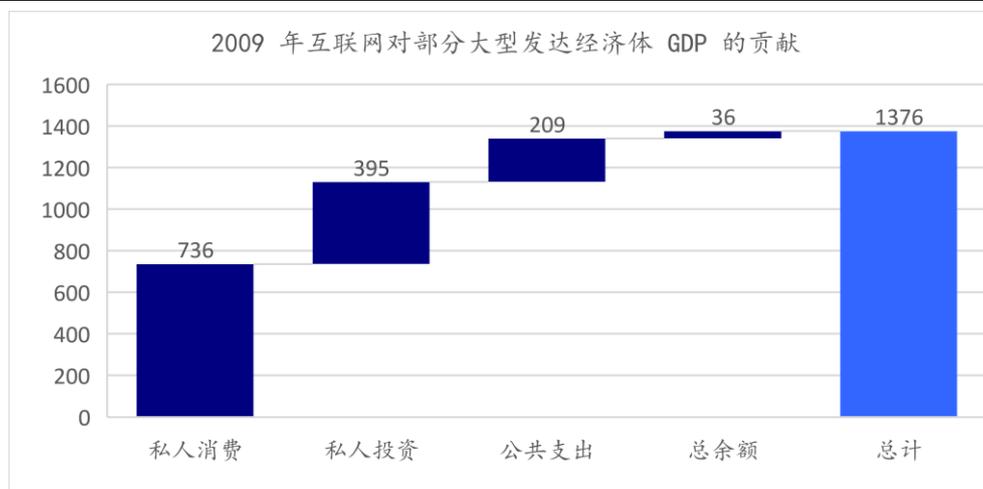
对生产力的影响分析

对 GDP 增长的强劲贡献 在许多大型发达经济体中，互联网对经济增长率有着显著的影响。我们的研究表明，在占全球 GDP 70% 的大型经济体中，互联网平均贡献了 3.4% 的 GDP。如果将互联网消费和支出作为一个行业，其在 GDP 中的比重将大于能源或农业行业。互联网对全球 GDP 的总贡献大于西班牙或加拿大的 GDP，而且其增长速度超过了巴西的 GDP。

互联网对生产力的影响是革命性的，主要体现在：

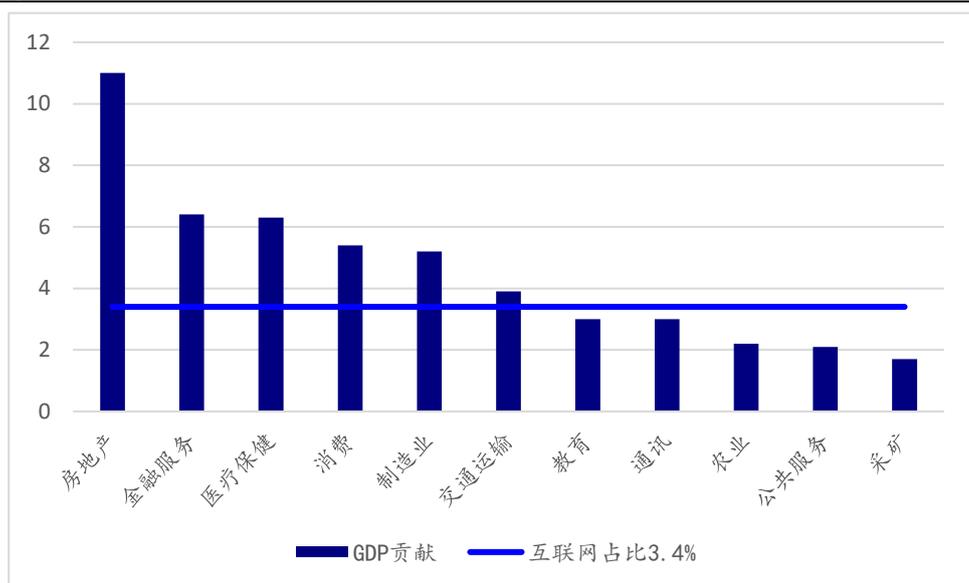
- 信息获取效率大大提升：搜索引擎使人们能够以前所未有的速度和广度获取信息。
- 沟通协作效率提高：电子邮件、即时通讯、Web 会议等打破了时空限制，促进了远程协作和全球化分工。
- 交易成本降低：电子商务减少了中间环节，提高了市场效率。
- 知识共享与创新加速：开源社区、在线论坛、维基百科等促进了知识的共享和协同创新。
- 催生新经济模式：如平台经济、共享经济、数字广告等。
- 互联网将世界连接成一个整体，深刻地改变了商业运作、社会交往和个人生活方式。

Fig.57 互联网占大型发达国家 GDP 的 3.4%



Source: McKinsey, HTI

Fig.58 如果互联网是一个行业，那么它在 GDP 中的比重将大于农业或公用事业



Source: McKinsey, HTI

代表性案例：Google 与搜索引擎

Google 是互联网时代最具代表性的公司之一。成立于 1998 年的 Google，凭借其创新的 PageRank 算法，提供了远超当时竞争对手的搜索结果质量，迅速成为全球领先的搜索引擎。

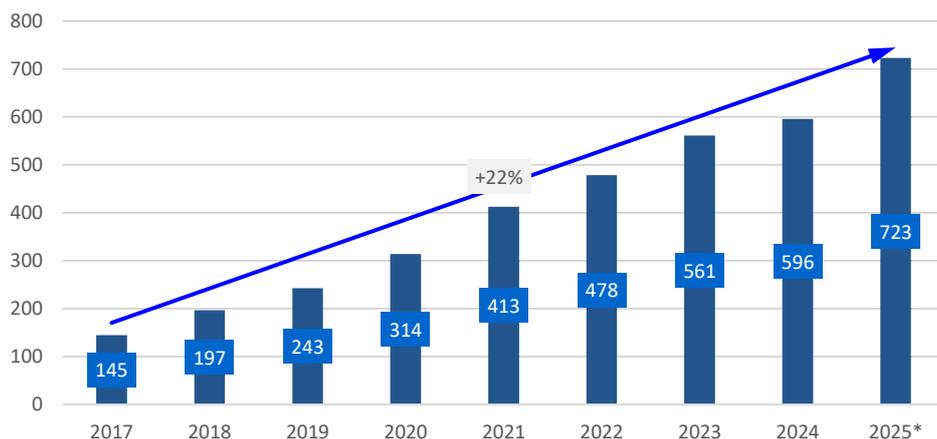
Google 的成功不仅在于技术领先，更在于其创新的商业模式。Google 开创了基于关键词拍卖的搜索广告模式（AdWords，后更名为 Google Ads），将搜索流量转化为巨额广告收入。这一模式精准地连接了用户需求和广告主信息，实现了用户、广告主和平台的三赢。

围绕搜索引擎这一核心业务，Google 不断扩展其产品线，推出了 Gmail、Google Maps、Google Docs、Android 等一系列成功的互联网服务和产品，构建了一个庞大的数字生态系统。Google 的崛起象征着互联网时代信息获取方式的变革以及数据驱动商业模式的巨大成功。

1.7.4. 移动互联网+云计算时代（2010s- 至今）

云计算时代是当前软件行业所处的阶段，其核心特征是将计算资源（服务器、存储、网络、软件）通过互联网以服务的形式提供给用户，实现了计算能力的按需获取和弹性伸缩。

Fig.59 2017年至2025年全球公共云服务最终用户支出（单位：十亿美元）



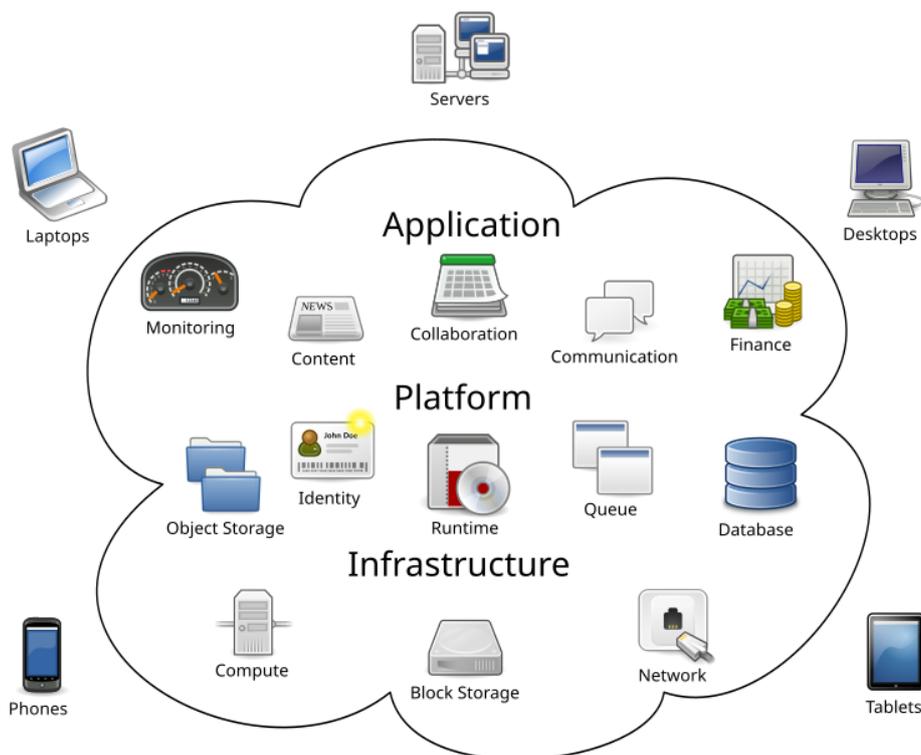
Source: Gartner, HTI

技术特征与架构

云计算时代的技术基础是虚拟化、分布式计算和高速网络。

- 资源池化与虚拟化：通过虚拟化技术将物理资源（计算、存储、网络）抽象成资源池，按需分配给用户。
- 分布式架构：大规模数据中心采用分布式架构，通过软件定义的方式管理和调度海量资源。
- 服务化交付（XaaS）：计算能力以服务的形式提供，主要包括基础设施即服务（IaaS）、平台即服务（PaaS）和软件即服务（SaaS）。
- 弹性伸缩与按需付费：用户可以根据业务需求动态调整资源使用量，并按实际使用量付费。
- 移动优先与多终端：移动设备成为重要的计算终端，应用需要适应多种屏幕尺寸和交互方式。
- 大数据与人工智能：云计算为处理海量数据和运行复杂的 AI 模型提供了强大的基础设施支持。

Fig.60 云计算



Source: Wikipedia, HTI

市场格局与主导企业

云计算时代的市场格局由少数几家超大规模云服务提供商（Hyperscaler）主导。亚马逊的 AWS（Amazon Web Services）是市场的开创者和领导者，市场份额约为 33%。微软凭借其在企业市场的优势，通过 Azure 平台快速追赶，市场份额达到 22%。谷歌云（Google Cloud）位居第三，市场份额约为 10%。中国的阿里云、腾讯云、华为云等也在本土市场占据主导地位，并积极拓展海外市场。

在 SaaS 领域，Salesforce、Microsoft、Adobe、Workday、ServiceNow 等公司占据领先地位。同时，大量专注于特定领域的垂直 SaaS 公司也蓬勃发展。

PaaS 领域则呈现出更加多元化的格局，除了大型云厂商提供的 PaaS 服务外，Heroku、Red Hat OpenShift、Cloud Foundry 等独立 PaaS 平台也占有一席之地。

软件特点与应用场景

云计算时代的软件呈现出以下特点：

- 云原生（Cloud Native）：软件设计、开发和部署都围绕云计算环境进行，采用微服务、容器化、DevOps 等实践。
- SaaS 成为主流：绝大多数新软件都以 SaaS 模式交付。

- 数据驱动与智能化：软件普遍集成数据分析和 AI 能力，提供个性化、智能化的服务。
- API 经济：软件功能通过 API（应用程序编程接口）开放，便于集成和构建新的应用。
- 持续交付与快速迭代：软件开发周期缩短，通过 CI/CD 实现频繁的功能更新和修复。

主要应用场景几乎覆盖所有领域：

- 企业数字化转型：ERP、CRM、HRM 等核心系统迁移上云。
- 大数据分析处理：利用云平台处理和分析海量数据。
- 人工智能与机器学习：在云端训练和部署 AI 模型。
- 物联网应用：连接和管理海量物联网设备。
- 移动应用后端：为移动应用提供可扩展的后端服务。
- 在线教育、远程医疗、协同办公等。

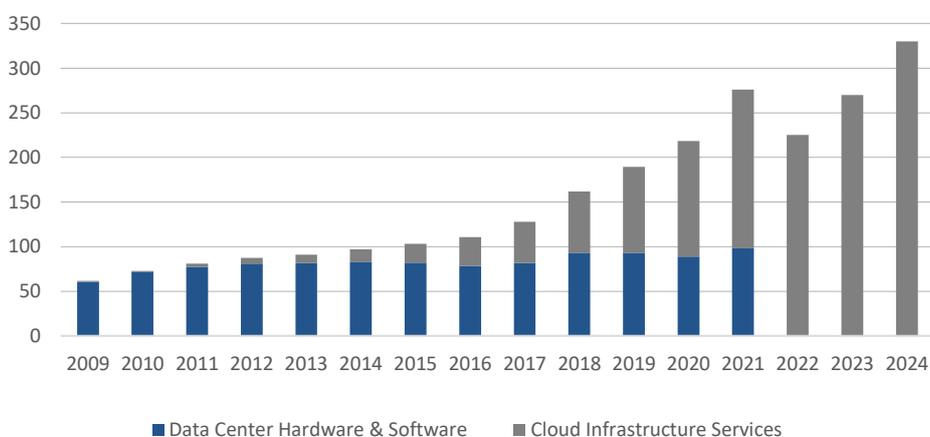
对生产力的影响分析

云计算对生产力的提升体现在多个层面：

- 降低 IT 成本和门槛：企业无需投入巨资购买和维护硬件，按需付费模式降低了 IT 成本，使中小企业也能使用先进的计算资源。
- 提高业务敏捷性：快速部署应用、弹性伸缩资源，使企业能够更快地响应市场变化。
- 促进创新：云平台提供了丰富的工具和服务（如 AI、大数据），降低了创新门槛，加速了新产品和服务的开发。
- 提升协作效率：基于云的协作工具打破了地域限制，提高了团队协作效率。
- 增强业务韧性：云服务的高可用性和灾备能力提高了业务的连续性和抗风险能力。

云计算正在成为驱动数字经济发展的核心基础设施，深刻地改变着各行各业的运作方式。

Fig.61 2009 年至 2024 年企业在云计算和数据中心方面的支出（按领域划分）（单位：十亿美元）



Source: Synergy Research Group, HTI

代表性案例：AWS 与云计算服务

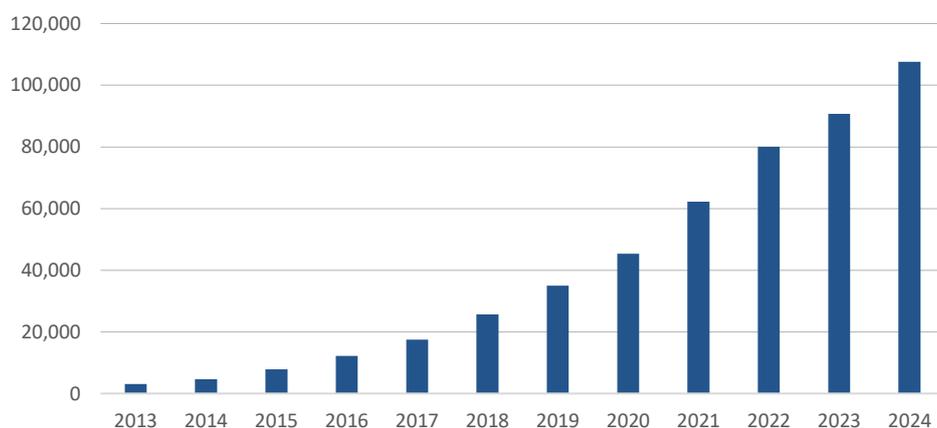
亚马逊网络服务（AWS）是云计算时代的开创者和领导者。AWS 最初是亚马逊为了支撑其庞大的电子商务业务而构建的内部基础设施，2006 年开始对外提供服务。

AWS 率先推出了 IaaS（EC2 弹性计算云、S3 简单存储服务）和 PaaS（如 RDS 关系数据库服务）等核心云计算服务，以其按需付费、弹性伸缩、丰富的功能和高可靠性迅速吸引了大量初创公司和企业客户。

AWS 的成功在于其持续的技术创新和客户至上的理念。AWS 不断推出新的服务，覆盖计算、存储、网络、数据库、大数据、人工智能、物联网等几乎所有 IT 领域，构建了庞大的服务组合。同时，AWS 通过完善的文档、活跃的社区和强大的合作伙伴网络，构建了繁荣的生态系统。

AWS 的崛起不仅改变了 IT 基础设施的交付方式，也催生了 Netflix、Airbnb、Dropbox 等一大批基于云计算的创新企业。AWS 的成功证明了将 IT 资源作为一种可计量的公共服务提供的巨大商业价值，并引领了整个云计算产业的发展。

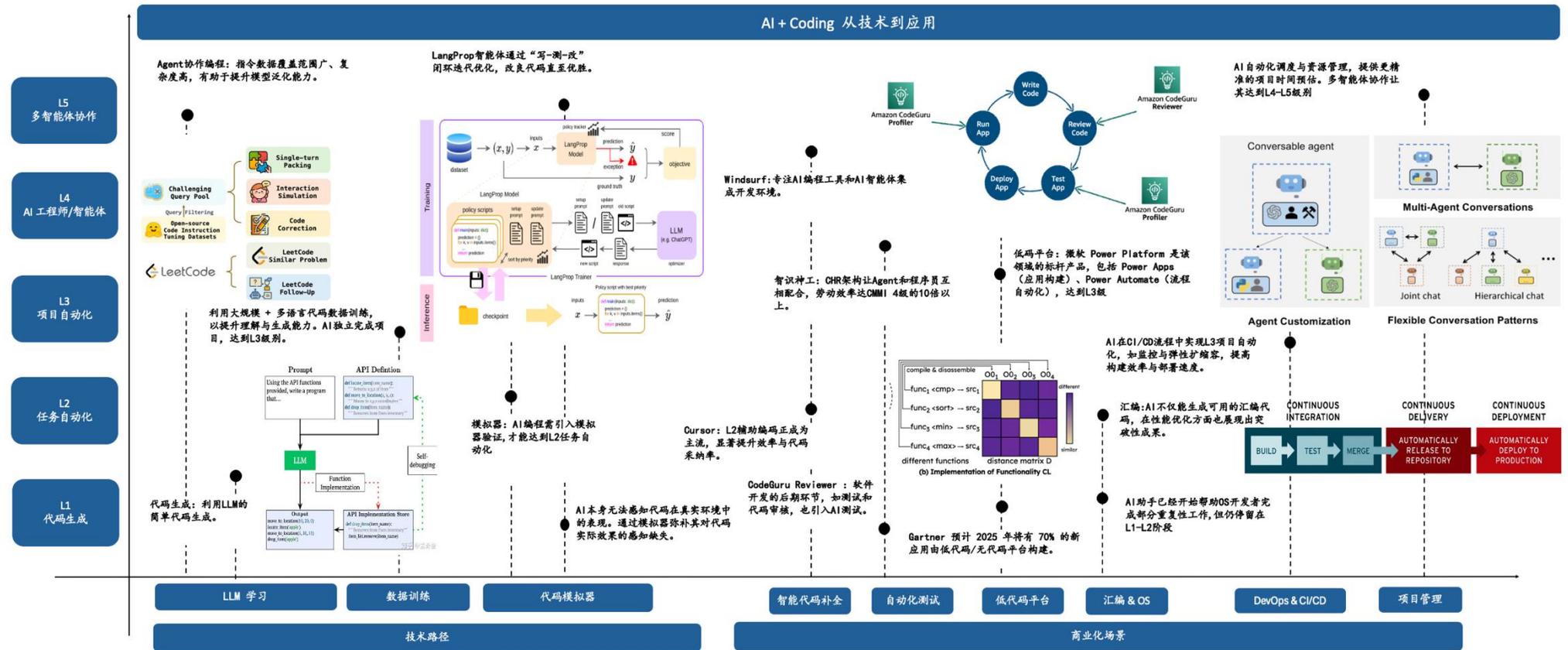
Fig.62 2013-2024 年亚马逊网络服务年收入（单位：百万美元）



Source: Company Data, HTI

2. 软件商业化场景以及 AI 赋能方式

AI+Coding 关键技术以及潜在应用场景



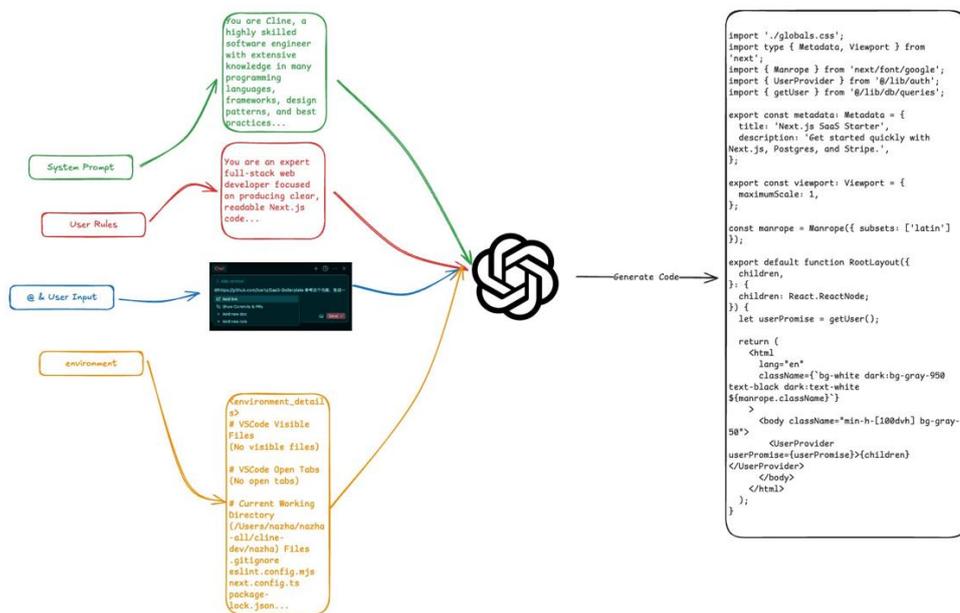
Source: 《Making LLMs Write Better and Better Code for Self-Driving Using LangProp》, 《CodeGeeX: A Pre-Trained Model for Code Generation with Multilingual Benchmarking on HumanEval-X》, AWS, levels.fyi, HTI

2.1 AI+Coding 技术路径

2.1.1 LLM 通过学习语料理解代码

AI 技术带动了编程领域的变革。从 v0、bolt.new，到集成 Agent 技术的编程工具如 Windsurf，AI Coding 展现出了在软件开发流程中扮演关键角色的巨大潜力，尤其是在快速原型开发和概念验证阶段。

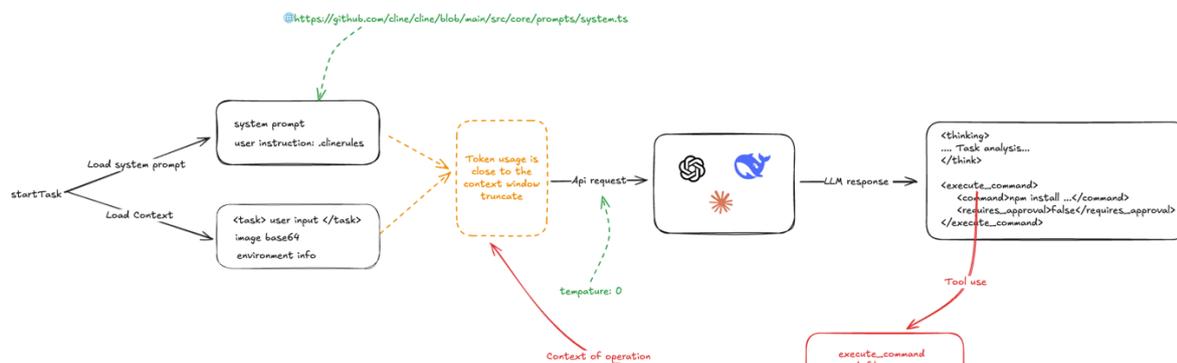
Fig.63 大模型如何理解生成代码



Source: OpenAI, HTI

LLM 通过类语言方式深度理解代码结构，是 AI 编程的核心基础。大语言模型与代码理解：“AI+Coding”的核心是大型语言模型（LLM）对源代码的理解和生成能力。事实上，编程语言本质上是一种特殊的“语言”，LLM 可以通过 Transformer 架构从海量代码语料中学习编程模式和结构。这些模型拥有多层神经网络，每层节点与下一层全部相连，通过赋予不同连接权重来学习代码的语法规则和逻辑关系。

Fig.64 代码生成时的工作流程



Source: OpenAI, HTI

因此，模型在训练中逐步掌握了诸如函数定义、控制流、数据结构等编程概念。当用户以自然语言描述需求时，LLM 已能“理解”这段描述对应的编程意图，并据此预测生成符合语法规则的代码片段。这种自然语言到代码的转换，正是通过模型在训练中学到的词元预测能力来实现：模型将编码后的自然语言输入，依靠上下文关联来逐 token 地输出代码。

2.1.2 模型训练数据与知识来源

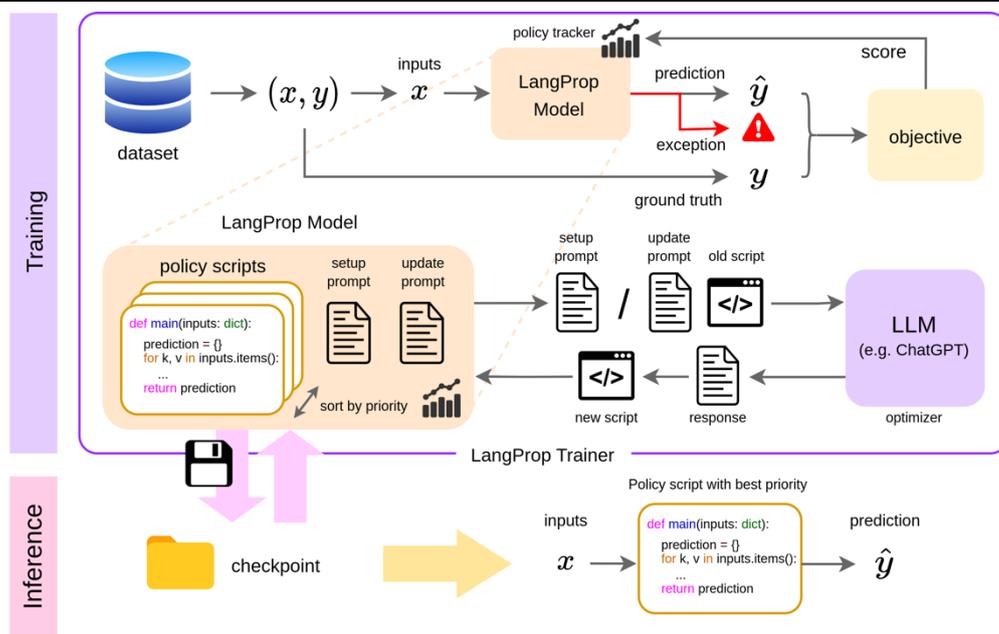
AI 编码助手依赖超大规模代码语料。为了具备上述能力，AI 编码助手背后通常进行了大规模的代码语料训练。例如，OpenAI 的 Codex 模型是基于 GPT-3 的变体微调而成，使用了来自 GitHub 上百万个公共代码仓库的大规模数据。其中仅 Python 语言的训练数据就达到了 159GB，涵盖了各种算法实现、库函数调用和注释文档。类似地，开源的 CodeGeeX 模型（清华大学等研发）参数规模达 130 亿，在 2022 年前以 23 种编程语言的 8500 亿个词元进行了预训练。

2.1.3 代码模拟器

AI 编程需引入模拟器验证，弥补其对代码实际效果的感知缺失。由于 AI 代码是利用语言模型和数据库生成的，AI 并不能直接知道这些代码是否有效，因为它本身无法感知代码在真实环境中的表现。为了验证代码质量，需要进一步引入模拟器步骤。

例如在一个利用 AI+Coding 编写自动驾驶程序的软件 LangProp 中，它引入了 CARLA 自动驾驶模拟器：它接收 AI 生成的代码作为指令，在虚拟环境中模拟驾驶过程。模拟器会记录各种表现，比如是否闯红灯、是否与车辆或行人相撞、是否出现卡顿等，再根据这些表现给出打分。

Fig.65 大模型如何理解生成代码



Source: 《Making LLMs Write Better and Better Code for Self-Driving Using LangProp》, HTI

LangProp 通过“写-测-改”闭环迭代优化，改良代码直至优胜。上图展示了 LangProp 框架如何通过策略脚本驱动 LLM 不断优化自动驾驶代码生成：模型以输入数据 X 为起点，通过当前最优策略脚本生成预测 \hat{Y} ，并与真实值 Y 比较得分；LangProp 用这些分数作为反馈，告诉大模型当前代码的优劣，帮助它在下一轮生成更好的代码。这个过程反复迭代，让 AI 和模拟器共同形成一个「写-测-改」闭环，最终得到能够在自动驾驶任务中表现优异的控制代码。

目前主流的 IDE 环境如 IntelliJ IDEA 和 VS Code 都提供了一定的 AI 辅助开发能力，华为在仓颉的开发过程中也布局 AI 辅助编程能力，后续主要在代码生成、知识问答领域做深入探索，当前已经预研了代码生成的初步能力。

Fig.66 华为仓颉的 AI 赋能 IDE

- 单行代码生成

当键入“(a:”以后会触发当前行的代码生成，按下 tab 键即可补全代码。

```
func add(a: Int64, b: Int64): Int64 {
```

- 代码片段生成

在仓颉语言开发过程中，按回车键，生成模型会根据前文内容，在当前位置生成后续代码片段，以灰度显示的形式展示，可以通过 tab 键补全，或者 Esc 键取消。

```
func add(a: Int64, b: Int64): Int64 {
    return a + b
}

main() {
    let x = 1
    let y = 2
    let z = add(x, y)
    println("${z}")
}
```

Source: 白皮书, HTI

2.2 商业场景和市场规模

2.2.1 智能代码补全与自动生成

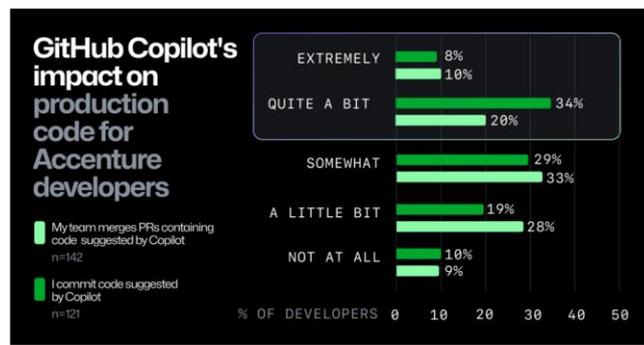
智能补全是目前最成熟的 AI 编程应用，即根据当前上下文自动建议代码。开发者在编辑器里输入几行代码或注释，AI 助手即可实时给出下一行甚至整个函数的建议。以 GitHub Copilot 为代表的产品通过嵌入式插件，实现了与开发环境的无缝结合。它背后的 OpenAI Codex 模型接受自然语言注释或函数签名作为提示，能够续写出相应功能的代码，实现类似“AI 驱动的对端编程”。

Fig.67 70%的开发者表示 Copilot 显著减少了脑力消耗



Source: GitHub, HTI

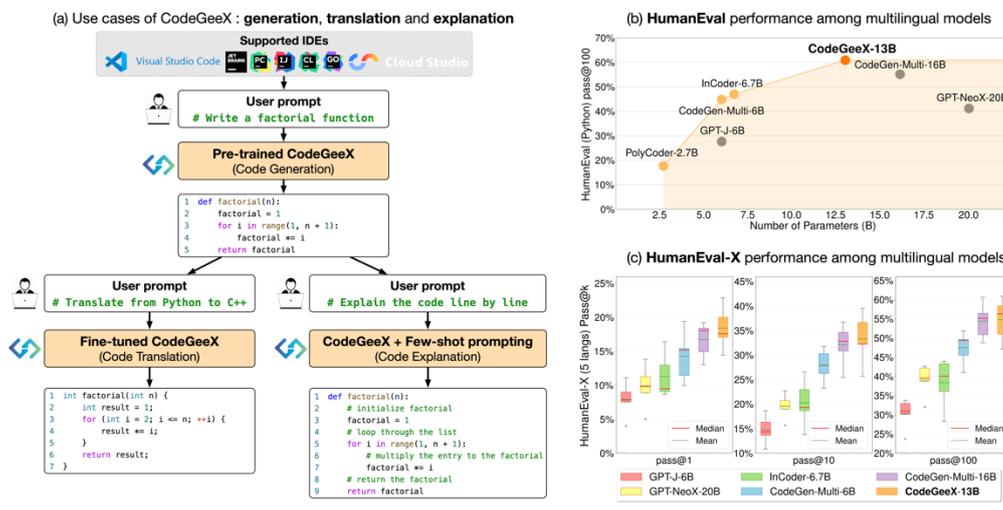
Fig.68 GitHub Copilot 驱动的开发者的赋能与生产力提升



Source: GitHub, HTI

AI 辅助编码正成为主流，显著提升效率与代码采纳率。 这类工具显著提升了编写常规代码的效率：据微软与 OpenAI 的实验，使用 Copilot 的开发者完成任务的速度提升了 56%。开发者不再需要从头敲出每行代码，许多样板代码和重复性逻辑由 AI 自动补齐。Copilot 自 2021 年推出预览版后迅速普及，到 2023 年已有超过 50% 的开发者开始采用 AI 辅助开发。Copilot 的建议接受率在 30% 左右，即用户对大约三成的 AI 提议代码采纳合并到了项目中。更重要的是，这些生成的代码片段质量颇高——在一项企业级研究中，90% 的开发者表示他们曾将 Copilot 生成的代码提交到代码库，团队也成功合并了这些更改。可见智能补全已经深入日常开发流程，成为“标配”工具。

Fig.69 中国智谱 AI 发布的 CodeGeeX 模型表现优异



Source: 《CodeGeeX: A Pre-Trained Model for Code Generation with Multilingual Benchmarking on HumanEval-X 》, HTI

AI 编程助手百花齐放，功能趋同但定位各异。 市场上还有多种类似助手，比如 Amazon CodeWhisperer, Tabnine 和 Codeium 等第三方插件。这些工具大同小异，均支持主流 IDE 和多种语言，有的强调本地部署保证代码隐私，有的采用免费增值模式来快速获取用户，如 Codeium 提供免费版，从而在短时间内累积了 70 万+开发者用户及 1000 多家企业客户。

智能编码助手在中国快速发展，技术成熟并加速商业化。 以清华大学和智谱 AI 联合发布的 CodeGeeX 为例，这一模型支持超过 20 种编程语言，不仅具备代码补全、注释生成、跨语言翻译（如 Python 转 C++）的能力，还在 VS Code、JetBrains、Cloud Studio 等主流 IDE 中通过插件形式落地，方便开发者直接调用。根据用户反馈，CodeGeeX 自发布以来已吸引每天数万名活跃用户使用，83.4% 的用户认为显著提升了编码效率。

从性能表现来看，CodeGeeX 在 HumanEval-X 多语言基准测试中取得了优于同类多语言大模型的效果，在 pass@100（功能正确率）指标上超过了同类开源模型（如 GPT-NeoX、CodeGen-Multi）。同时，智能编码助手的商业化路径日渐清晰：一方面，面向个人开发者以订阅费或云 API 按量计费（如 GitHub Copilot 每月约 10 美元订阅）

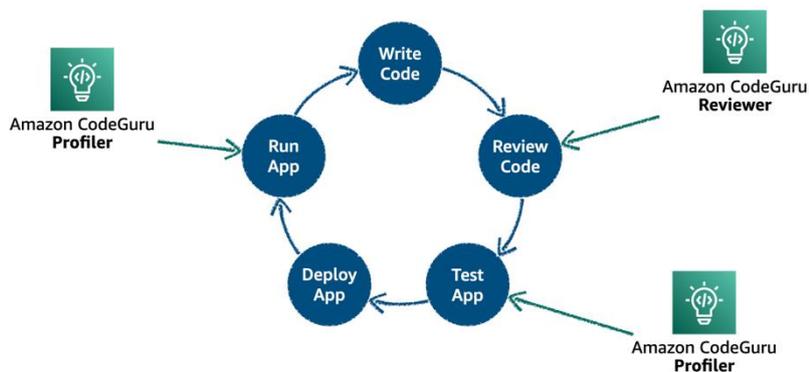
2.2.2 自动化测试与代码审核

AI 深入测试与代码审核，助力开发提效与质量保障。 软件开发的后期环节，如测试和代码审核，也开始引入 AI 自动化工具。

1) 在测试自动化上， AI 可以根据代码逻辑自动生成单元测试用例，或者根据需求文档生成测试脚本。比如英国公司 Diffblue 推出的 Cover 工具，利用深度学习为 Java 工程自动编写 JUnit 单元测试，大幅减少了开发者编写测试的工作量，其母公司也已将该技术商业化提供企业许可证。

2) 在代码审核/静态分析上, AI 辅助工具可审查代码风格、一致性, 并发现潜在缺陷。Amazon 的 CodeGuru Reviewer 是云上服务的一个示例: 它使用 ML 模型分析提交的代码, 自动给出优化建议(例如指出低效的数据库查询、检测资源泄露风险等), 帮助开发者在代码合并前改进质量。

Fig.70 亚马逊 CodeGuru Reviewer 工作原理



Source: AWS, HTI

国内 AI 编程工具加速覆盖测试与审核环节, 助力开发降本增效。 百度推出了“文心·快码 (Comate)”智能编程助手, 基于其大模型 ERNIE-Code, 除了代码生成外, 也支持单元测试代码的生成和代码解释说明等功能。通过让模型理解代码意图, Comate 可以对给定函数生成相应的测试函数, 或者对一段复杂代码用自然语言加以解释, 方便代码审核者理解。此外, 开源的 CodeGeeX 模型本身也提供了代码解释和问题问答模式, 可以用于审查代码逻辑、回答与代码相关的问题。科大讯飞的星火大模型则在最新版本中专门强化了编程能力, 据官方介绍新增了代码纠错、代码解释和单元测试生成等功能。

Fig.71 代码审查和测试是 AI+Coding 最重要的步骤



Source: 腾讯云 AI, HTI

相比智能补全，自动化测试和审核类 AI 工具目前的技术成熟度略低但提升迅速。原因在于测试和代码审查往往需要对代码逻辑有更深层的理解，甚至涉及运行时行为，这对模型能力要求更高。尽管如此，已有初创公司的产品（如 Diffblue）被业界验证有效并愿意付费采购，说明该方向具有明确的商业价值：直接为企业节省测试人力、降低漏 bug 风险。

目前商业化主要面向 To B 企业服务，通过发行软件许可证或云服务订阅收费。例如 Diffblue、Snyk 等均采用向大型开发团队出售工具的模式，客户愿意为更高的代码可靠性和开发效率买单。在未来几年，随着基础大模型对程序语义理解的深化，我们预计自动化测试与审核 AI 的能力会进一步增强，从目前侧重于辅助逐步走向半自动替代部分人工工作（例如自动修复简单漏洞、自动根据变更生成回归测试等），这将使软件开发流程的“后半段”也逐步实现自动化闭环。

2.2.3 低代码/无代码平台赋能开发

生成式 AI 赋能低代码平台，进一步降低开发门槛。低代码/零代码平台让非程序员也能参与软件构建，通过图形化界面拖拽组件或配置参数即可生成应用。AI 的引入进一步降低了使用门槛，例如通过自然语言描述让平台直接生成相应的应用逻辑或界面。目前微软 Power Platform 是该领域的标杆产品，包括 Power Apps（应用构建）、Power Automate（流程自动化）等。开发者只需描述业务流程，平台便可推荐适当的模块和代码，大幅减少手工编码量。微软近期在其低代码平台中集成了 GPT-4 等生成式 AI，用于自动撰写公式、SQL 查询，甚至根据一句话构建出简单的应用界面。

Fig.72 Microsoft Power Platform 是低代码平台的行业标杆



Source: Microsoft, HTI

Gartner 预计 2025 年将有 70% 的新企业应用由低代码/无代码平台构建（相比 2020 年不到 25% 的占比有巨幅提升）。这表明低代码正从辅助工具变为企业开发的主力方案之一。AI 的加入为其再添一把火，使业务人员可以通过对话式的方式定制应用，实现所谓“公民开发者”的愿景。在美国市场，除微软外，Salesforce、Google、甲骨文等公司也推出了低代码产品并嵌入 AI 助手，例如 Salesforce 的 Einstein GPT 可以根据业务需求自动生成工作流程。

IBM 指出，生成式 AI 更灵活、面向开发者，低/无代码更依赖模板、面向非技术用户。低代码与无代码工具依赖预设的模板和组件库，主要服务于非技术背景的业务用户，用户通过拖拽式可视化界面构建应用，底层代码对其不可见。而生成式 AI 工具则不依赖模板，而是通过理解开发者输入的自然语言提示，从零生成代码片段，更适合具备开发能力的用户。

国内市场上，低代码平台同样蓬勃发展。涌现了用友 YonBuilder、阿里巴巴钉钉宜搭等代表性平台。用友 YonBuilder 提供图形化拖拽和模型驱动相结合的开发模式，支持无代码+低代码+全代码混合开发以满足复杂场景。这些平台也在探索集成大模型：例如通过自然语言对话生成表单、报表，或智能推荐最佳实践组件。

Fig.73 国内&海外主流低码开发平台



来源：以上厂商顺序不代表排名，仅展示部分典型代表厂商，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

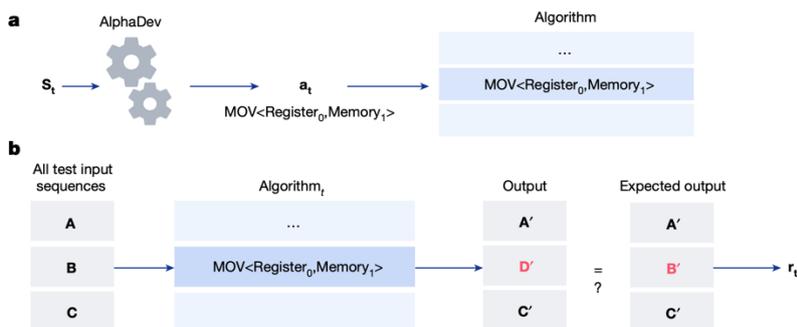
Source: 艾瑞咨询, HTI

商业化路径上，低代码平台多采取 To B 订阅或项目制收费——企业按开发者席位或应用数量付费，平台提供基础开发环境和运行支持。随着 AI 功能的融入，厂商也可能将其作为高级功能单独收费。总体而言，低代码/无代码在 AI 助力下的技术成熟度偏高，应用企业众多且多为大型组织，其商业价值在于大大扩展了软件开发的参与人群，让不会编码的业务专家也能直接创建软件解决方案。

2.2.4 AI 在汇编语言开发中的作用和效率提升

汇编语言编程在驱动硬件性能、实时嵌入式系统和安全领域仍有重要地位，但手工编写和优化汇编代码对人类程序员来说耗时且容易出错。近年来，AI 开始参与汇编级代码的生成与优化，带来了新的效率提升契机。例如，有开发者借助亚马逊的 AI 助手 (Amazon Q) 编写 Commodore 64 的平台汇编游戏代码。起初 AI 产出的代码大小写格式不当，但经过调整，AI 最终将逻辑转换为 6502 汇编语言并成功驱动屏幕上精灵 (sprite) 移动。这种人机协作表明，即使在低级汇编环境下，生成式 AI 也能充当编程助理，加速开发迭代。

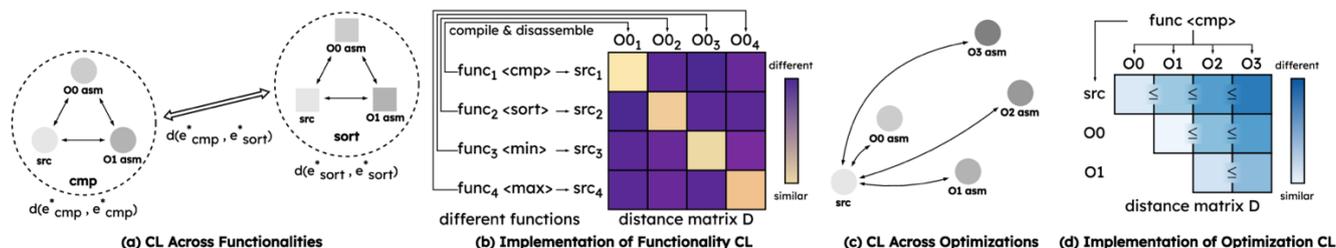
Fig.74 通过“AssemblyGame”在 CPU 指令层面搜寻更快的算法



Source: 《Faster sorting algorithms discovered using deep reinforcement learning》, HTI

AI 不仅能生成可用的汇编代码，在性能优化方面也展现出突破性成果。DeepMind 的 AlphaDev 项目将汇编指令级算法优化 formul 化为强化学习问题，通过“AssemblyGame”在 CPU 指令层面搜寻更快的算法。AlphaDev 从零发现了比人类基准更快的短序列排序算法，并将其汇编代码移植回 C++ 标准库。结果显示，新算法对短数组排序速度提升高达 70%，即使对长度较大的序列也有约 1.7% 的性能增益。这是十多年来标准库排序子程序的首次重大改进，且首次由 AI 自动发现的算法替换了人写的代码。这一案例证明，在性能-critical 的场景下，AI 优化汇编代码可取得人类难以实现的效率飞跃。

Fig.75 功能性 (functionality) 与优化级别 (optimization) 上的对比学习 (Contrastive Learning, CL) 设计



Source: 《Nova: Generative Language Models for Assembly Code with Hierarchical Attention and Contrastive Learning》, HTI

在安全和逆向工程领域，AI 对汇编的理解和生成能力同样取得进展。由于汇编指令信息密度低、优化形式多样，通用大语言模型 (LLM) 直接用于汇编效果不佳。为此，研究者开发了面向汇编的专用模型 Nova，引入分层注意力机制和对比学习来更有效地捕捉汇编语义和优化模式。上图中“asm”表示汇编代码 (assembly)，这套对比学习设计用于训练模型理解不同程序间的语义差异和优化相似性。Nova 在二进制反汇编和相似性检测任务上分别比既有技术提高了 146.54% 和 6.17% 的性能，展示了对汇编代码的生成和理解能力。这意味着在恶意代码分析、漏洞挖掘等需要处理纯汇编的安全场景中，AI 辅助工具有望显著提升效率和准确度。

Semidynamics: AI 优化 RISC-V 开发流程，提升端侧智能计算能力。 Semidynamics 构建了一个高度灵活的 RISC-V 平台，专为 AI 场景优化。其自研 Cervell 处理器将 RISC-V CPU 核心与张量与向量单元深度融合，具备出色的 AI 推理性能和可定制性。为了提升 AI 模型在 RISC-V 架构上的部署效率，Semidynamics 还推出了配套的 Aliado SDK 工具链，支持 ONNX 模型的加载、量化和优化，并提供编译器、仿真器、内核库等开发工具。该平台充分发挥 AI 在模型编译、资源调度和性能优化方面的能力，为端侧智能设备提供更高效率的推理支持，加速 AI 功能在 RISC-V 生态系统中的落地。

Fig.76 All-In-One RISC-V AI 芯片架构: Tensor+Vector+Core 三位一体



Source: Semidynamics, HTI

2.2.5 AI 辅助操作系统 (OS) 构建的加速与挑战

AI 可辅助但难以完全替代传统 OS 设计的人工主导流程。传统 OS 设计主要依赖经验丰富的程序员进行架构设计、并发控制和底层调优。目前 AI 能够在一定程度上替代繁琐的编码工作、提供智能化辅助，但尚不足以完全取代人工主导的流程。

Fig.77 Kgent 的工作流展示

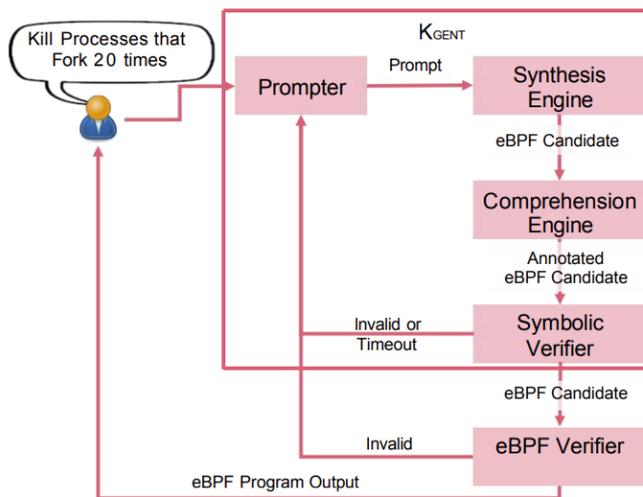


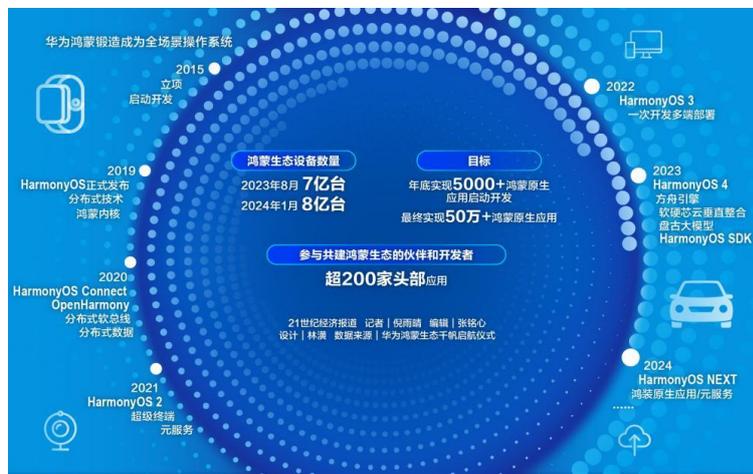
Figure 1: The Workflow of Kgent

Source: Simplifying Kernel Programming: The LLM-Powered eBPF Tool, HTI

在代码生成层面，AI 助手已经开始帮助 OS 开发者完成部分重复性工作。例如 Kgent 项目将大型语言模型应用于 eBPF 内核扩展编程。开发者只需用自然语言描述意图，Kgent 的 LLM 代理就能产出对应的 eBPF 代码，从而降低编写内核代码的门槛。针对内核 API 繁琐、约束严格的问题，Kgent 结合了“检索增强生成”（RAG）技术，引入 Linux 内核文档和 eBPF 示例库供模型查询，避免模型胡乱调用不存在的内核函数。这种方案显著减少了 AI 生成内核代码时的幻觉错误，使生成的 eBPF 代码更加准确可用。

当前的 AI 尚无法自动胜任诸如编写全新的设备驱动、实现复杂内存管理子系统等高难度任务。这些领域牵涉大量硬件规范和隐含知识，AI 生成代码很可能遗漏关键细节或引入隐患。因此，AI 在 OS 开发中的定位更适合作为辅助工具：加速简单模块和样板代码的实现，提供文档和代码查询支持，甚至尝试优化局部算法，但核心架构和关键逻辑仍需由人类主导把关。

Fig.78 华为鸿蒙生态

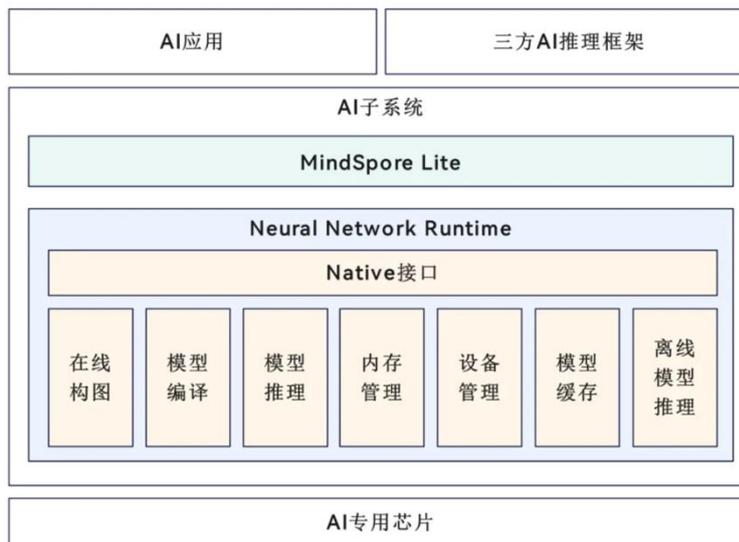


Source: 南方财经网, HTI

华为以 AI 技术全面赋能鸿蒙系统开发与应用生态建设。通过将盘古大模型深度嵌入系统底层，鸿蒙在多模态理解、智能化能力和系统性能方面实现大幅跃升，标志着 AI 与操作系统融合进入实用化阶段。

华为通过神经网络运行时 (NNRt) 服务，将 AI 推理框架与底层 AI 芯片高效打通，构建起从模型到算力的完整执行链路，降低开发门槛，加速 AI 在设备端落地。同时，华为推出了 AI 辅助编程工具 DevEco CodeGenie，支持鸿蒙原生应用开发，具备智能问答、ArkTS 代码补全与万能卡片自动生成等功能，可有效减轻开发者编码负担、提升开发效率，并进一步推动鸿蒙系统底层和应用层的协同发展。

Fig.79 华为端侧 AI 推理架构图：从模型到芯片的执行路径



Source: 量子位, HTI

Fig.80 AI 辅助开发与传统人工开发的效率对比

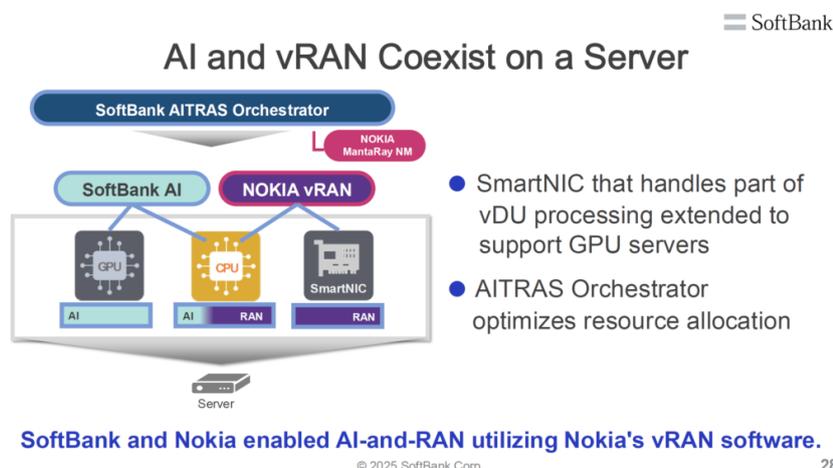
对比维度	AI辅助开发	传统人工开发
开发速度	<p>AI工具（如GitHub Copilot）可实时提供代码片段建议，帮助开发者快速完成实现。据企业研究，Copilot可使编码速度提高最多55%。</p> <p>AI能自动生成重复性代码，减少查阅文档和手工敲代码的时间，整体开发周期显著缩短。</p>	<p>人工编写代码速度取决于个人经验和熟练度，复杂功能可能需要多次迭代才能完成。开发者需要自行检索资料、编写和调试代码，耗费更多时间在样板和重复逻辑上。</p>
代码质量	<p>AI生成的代码往往结构清晰、模块化，具有良好的错误处理和注释风格。在对比研究中，ChatGPT产出的代码倾向于更模块化设计，并且异常处理更健全。DeepMind的AI甚至自动发现了人类未发现的更优算法用于排序。</p> <p>不足：AI模型可能产生看似正确但实际上有漏洞的代码。研究发现，在真实项目中，Copilot生成的代码有约32.8%（Python）存在安全隐患，涵盖诸多严重漏洞类别。因此AI输出仍需人工审查和测试。</p>	<p>人工编写的代码质量依赖开发者的技能和严谨程度。经验丰富的程序员能够依据需求编写高质量代码，并通过代码评审和测试发现问题。</p> <p>通过严格的代码审查、单元测试和性能分析，人工开发能够逐步提高代码质量和安全性，但这些流程也增加了时间成本。</p>
规模化能力	<p>AI具备高度的并行生成能力，能在短时间内提出多种实现思路或生成大量代码片段。例如，DeepMind的AlphaCode可以生成成千上万候选程序并自动筛选，通过这一策略在编程比赛中达到平均选手水准（排名前54%）。</p> <p>借助AI，一个开发者可以更快地覆盖多个模块的初始开发，实现以一抵多的效果。这在大型项目中意味着更快的原型迭代和更广的知识覆盖，因为模型训练涵盖了众多语言和框架。</p>	<p>软件项目的规模化主要依靠人力团队扩充和协作来实现。大型系统通常划分由多个开发人员并行工作，但人与人协作会引入沟通成本，进度受制于团队最慢部分。</p> <p>在人力主导下，保证项目一致性和集成需要严格管理；相比之下，AI生成的代码如果风格一致且接口契合，反而可能减少一定的集成摩擦（但目前AI一致性仍需人为控制）。</p>

Source: Github, 《Faster sorting algorithms discovered using deep reinforcement learning》 HTI

2.2.6 AI 在通信协议栈与移动终端开发中的应用

在移动通信和边缘设备领域，AI 辅助编码的应用还处于起步阶段。这一领域的软件（如通信协议栈、基站控制软件、设备侧操作系统）通常对性能和可靠性要求相当高，代码复杂且高度定制，因此自动化生成难度较大。尽管如此，一些探索已经展现出 AI 技术在该领域的潜在价值，包括开发自动化、性能调优和代码生成等方面。

Fig.81 Nokia AI-RANAI 将 AI 引入无线网软件的开发



Source: Softbank, HTI

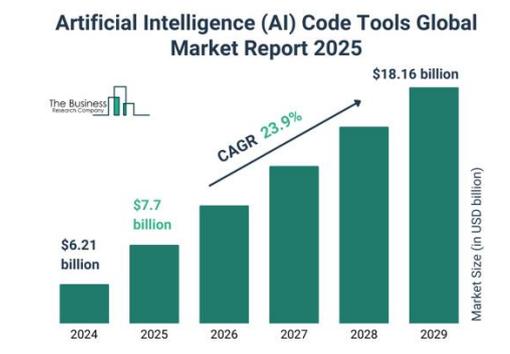
通信协议与基站软件开发：当前尚无公开报道显示 AI 大模型直接生成了完整的通信协议栈代码或基站控制软件模块。然而，业内已经认识到在 5G/6G 时代引入 AI 的重要性。比如“Nokia AI-RAN”等计划将 AI 引入无线网软件的开发和运行，以实现更智能、高效的网络。在 6G 研究中，更是提出打造“AI 原生”的无线系统架构，将 AI 嵌入网络协议中以优化频谱和资源利用。这意味着未来的基站软件可能大量包含由 AI 驱动的组件，如智能功率控制、动态频谱分配等，开发者需要同时掌握通信和 AI 建模。

在软件开发实践上，AI 目前更多用于辅助设计和验证：例如利用深度学习模型替代传统信号处理模块，以提升接收算法性能。NVIDIA 最近展示了一种 5G 基站上行链路的神经网络接收机，无需逐行硬编码算法，而是用可训练模型自动学习实现部分物理层功能。虽然这属于用 AI 模型取代代码逻辑的范畴，但从开发流程看，其实是开发者编写了模型结构和训练代码，让 AI 自主“生成”了符合协议要求的功能。

2.2.7 市场规模（全球 vs 中美）

AI+Coding 市场高速增长，年均增速达 26.8%。随着 AI 在编码领域的广泛应用，相关市场正迎来快速成长。根据 The Business Research Company 的数据，**市场规模预计将从 2024 年的 62.1 亿美元增长至 2029 年的 182 亿美元，对应 CAGR 为 24.0%**。过去几年市场增长的驱动力包括：AI 技术的早期采用、软件开发中对自动化的需求增加、软件项目复杂度上升、开源 AI 框架的兴起，以及云计算服务的普及扩张。

Fig.82 AI + Code 工具市场空间预测



Source: The Business Research Company, HTI

中国市场崛起，亚太将成第二增长点。在区域结构方面，目前北美仍为 AI+Coding 最大的市场，受益于其领先的 AI 研发能力与庞大的开发者基础。然而，亚太市场，尤其是中国，正加速追赶。根据《2024 年中国 AI 代码生成市场观测报告》显示，2023 年中国 AI 代码生成市场规模约为 65 亿元人民币，预计到 2028 年将达 330 亿元，五年增长超 5 倍，CAGR 约为 38%，高于全球平均水平。这一趋势背后是本土大模型技术突破、开发者基数庞大及企业数字化转型对高效开发工具的旺盛需求。未来，中国市场有望与美国形成“双轮驱动”的全球 AI+Coding 产业格局。

2.3 降本增效&增量成长

2.3.1 对软件开发的降本增效

AI 编程助手正重塑开发岗位规模与结构。大模型编程助手的崛起将深刻影响软件开发从业者的工作方式和行业结构。在未来 3-5 年内，其对开发岗位的替代率和角色转变成成为各界关注焦点。麦肯锡的一项研究指出，得益于生成式 AI，对软件工程职能的直接生产力提升可能达到 20%-45%。换言之，同样规模的开发团队有望产出远超以往的工作量。这意味着企业在完成一定项目所需的工程师人数上可能有所减少。

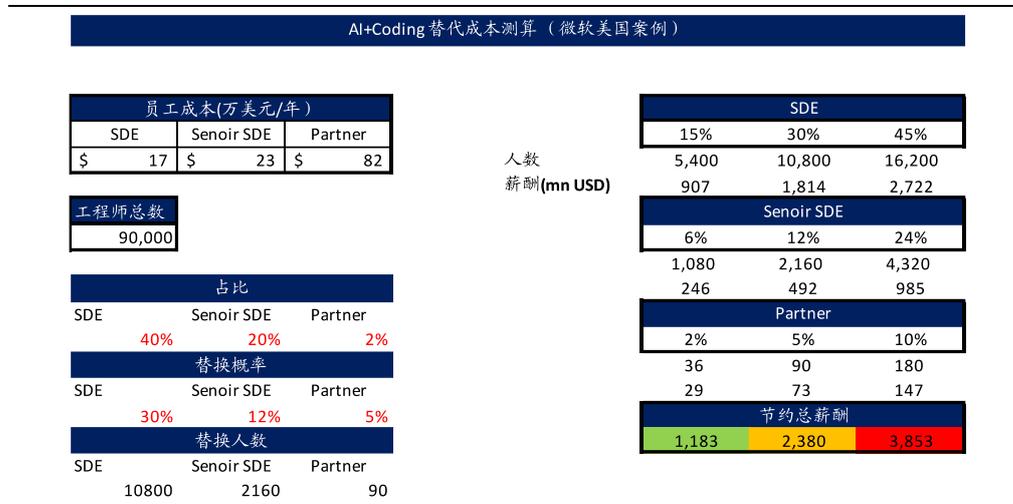
Fig.83 Microsoft 初级程序员（SDE）到高级程序员大致薪资

Level Name	Total (/mo)	Base (/mo)	Stock (/mo)	Bonus (/mo)
SDE 59 (Entry Level)	US\$1.4万	US\$1万	US\$2389.1	US\$797.2
60	US\$1.4万	US\$1.1万	US\$2811.7	US\$461.7
SDE II 61	US\$1.6万	US\$1.2万	US\$2357.9	US\$1398.8
62	US\$1.7万	US\$1.4万	US\$2318.2	US\$1235.2
Senior SDE 63	US\$1.9万	US\$1.5万	US\$2800.9	US\$1597.9
64	US\$2.4万	US\$1.7万	US\$4585.3	US\$2417.8
Principal SDE 65	US\$2.9万	US\$1.8万	US\$7658.3	US\$3225
66	US\$3.2万	US\$1.9万	US\$1万	US\$2990.8
67	US\$4.8万	US\$2.1万	US\$2万	US\$6677.8
Partner 68	US\$6.8万	US\$2.5万	US\$3.4万	US\$1万

Source: levels.fyi, HTI

AI 高度渗透编程岗位，企业已将 AI 纳入裁员与替代策略。 目前已有大型科技公司已经开始酝酿相应策略：例如 IBM 和 BT 集团在近年宣布的裁员中就明确提到将由 AI 承担部分被裁减岗位的职责。对于软件开发这类“数字原生”职业，生成式 AI 的渗透率预期更高——Business Insider 调查中，专家将软件开发、网页开发、程序员等列为“最易被 AI 取代的职业”之一。他们认为编程工作对 AI 技术“高度适应”，AI 有能力承担相当比例的编码任务。

Fig.84 AI + Coding 替代程序员成本测算



Source: levels.fyi, HTI

美国为 AI+Coding 落地的首要场景，全球降本空间仍有上行弹性。 我们以微软美国工程师团队为例，测算 AI+Coding 对人力成本的节约效应。假设微软当前共拥有 9 万名工程师，其中 SDE（软件开发工程师）占比 40%、Senior SDE 占比 20%、Partner 级别占比 2%。参考市场薪酬中枢，三类岗位的年均薪资分别为 17 万美元、23 万美元和 82 万美元。

在 AI 编程工具辅助下，我们假设 SDE、Senior SDE 和 Partner 岗位的可替代比例分别为 30%、12%和 5%，对应可替代人数分别为 10,800 人、2,160 人和 90 人。在此基础上，进一步构建低（15%-6%-2%）、中（30%-12%-5%）、高（45%-24%-10%）三档替代率情境，测算显示，微软每年可分别节省薪酬支出 11.83 亿美元、23.80 亿美元和 38.53 亿美元。

考虑到微软研发重心高度集中于美国，AI+Coding 技术在本土的渗透预计将最先展开。然而，随着 AI 技术影响力持续扩大，工程师替代有望在欧洲、印度、中国等海外研发中心逐步推进，全球降本效应有望进一步释放，节约空间仍具上行弹性。

2.3.2 AI+Coding 创造新岗位需求

虽然 AI+Coding 能够从传统程序员层面帮助公司降低成本，但与此同时，它也孕育了新的工作模式和岗位。 随着生成式人工智能技术的不断发展，AI 在代码生成、优化和自动化测试等环节的应用，正改变着软件开发的面貌。生成式 AI 不仅能提高开发效率，还推动了全新的工作角色的产生。这些岗位不仅弥补了传统开发流程中的空白，还促使开发人员与 AI 的深度协作，开创了“人机协作”模式的新篇章。

Fig.85 智识神工提出 CHR 人机协作的概念



Source: 智识神工, HTI

AI 技术转型开发岗位，未来工程师将更多聚焦创意、战略和跨领域协作。 AI 初创公司 Anthropic 的首席产品官 Mike Krieger 指出，未来的工程师将更多地关注创意、设计、任务委派和大规模审查，而非传统的编码任务。然而，AI 并非完全取代开发人员，而是促使其角色转变。开发人员需要具备更强的系统思维、跨领域协作能力和对 AI 工具的熟练使用能力。例如，Cisco 的首席产品官 Jeetu Patel 强调，未来工程师需要具备想象力、同理心、战略视野和适应能力，而非仅仅依赖于传统的语法技能。

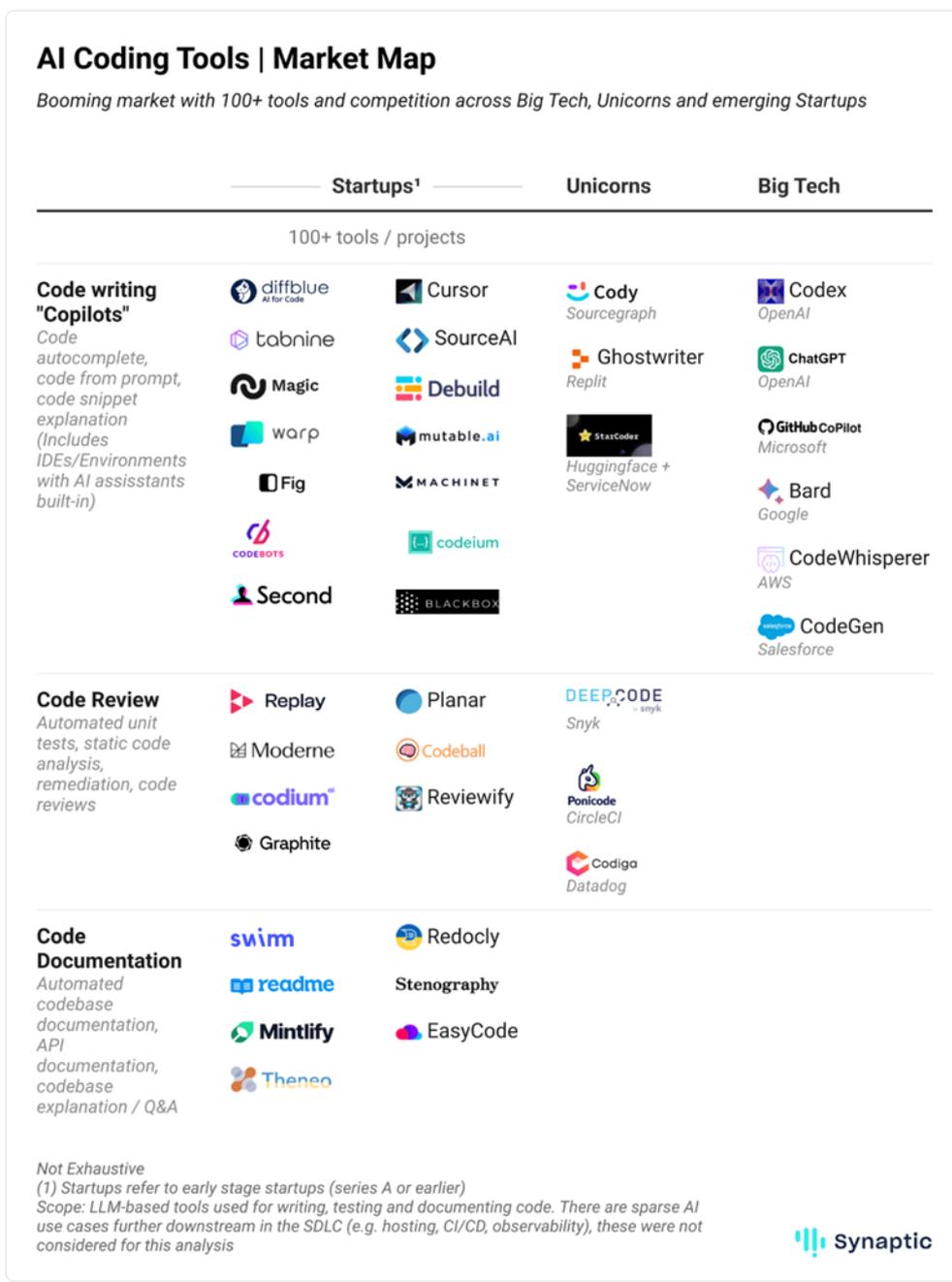
3. 智变、协作与繁荣的行业发展现状

3.1 AI 编程发展历程

从 2023 年开始，AI 编码工具市场进入爆发式增长阶段。微软与 OpenAI 凭借 Copilot 和 ChatGPT 等产品在“代码助理”领域遥遥领先，占据市场主导地位，结合 GitHub 和 VS Code 的强大分发渠道，建立起了稳固的生态系统。与此同时，谷歌、亚马逊 AWS、Salesforce 等科技巨头也纷纷入局，分别推出如 Codey、CodeWhisperer、CodeGen 等大模型和开发工具，试图从模型能力和平台集成方面抢占市场份额。巨头们的竞争核心集中在底层大模型能力、开发者生态分发渠道、以及 IDE 深度集成等维度。

与此同时，独角兽企业和初创公司也在 AI 编程领域积极布局。Replit、Sourcegraph 等公司通过自主开发、收购（如 CircleCI 收购 Ponicode）以及与大厂合作，快速为原有工具注入 AI 能力。初创公司则更加关注垂直领域与自动化场景创新，例如 Warp 和 Fig 专注命令行界面的代码生成，Replay 与 Moderne 推进代码审查与测试的自动化。此外，大量个人开发者也活跃于开源社区，围绕大模型构建轻量化插件，提升 IDE 使用体验。这种“巨头引领—独角兽加速—初创创新—个人开发者活跃”的多元格局，共同推动 AI 编码从实验走向实际生产力工具。

Fig.86 2023 年 AI Coding 工具市场概览



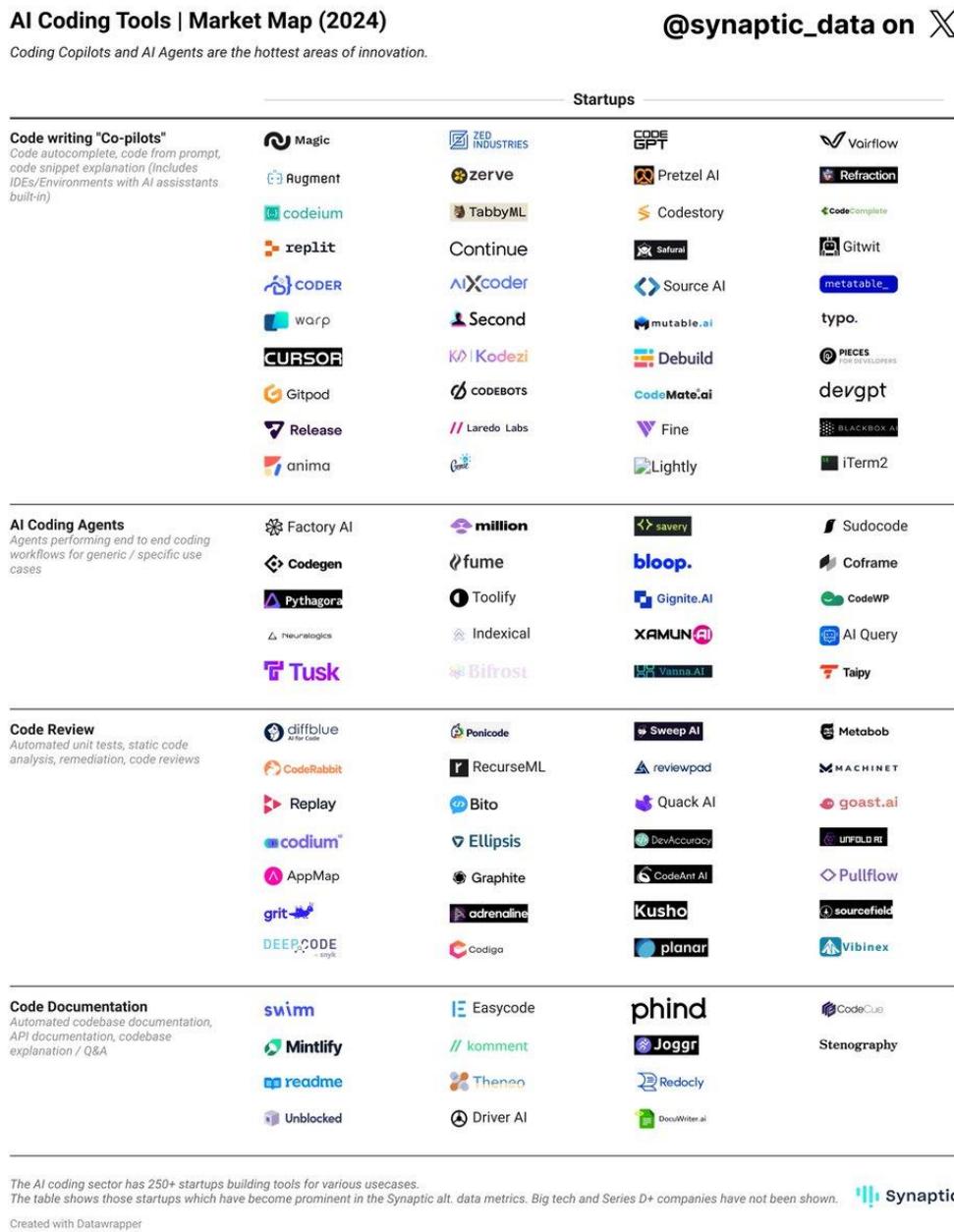
Source: Synaptic, HTI

2024 年 AI 编码生态系统正在快速分化并高度专业化。相比 2023 年侧重于通用型代码助理的格局（如 Copilot、CodeWhisperer 等），2024 年的工具发展更趋向于垂直化与模块化：工具被明确分为四大类——代码写作、AI 编码代理、代码审查和文档生成。例如，CodeGPT、Warp、Cursor 等专注代码补全与解释，而 Toolify、Fume、Factory AI 等则在任务代理方面发力，Replay、Codium、DeepCode 等致力于代码审查自动化，Mintlify、Swimm、Readme 等则聚焦文档生成。这种细分趋势标志着 AI 编程围绕开发生命周期中的每个环节提供专用智能工具。

与 2023 年相比，2024 年的市场更为繁荣、多元，也更加商业化和产品成熟。2023 年我们看到的是一个由大厂（如微软、Google）主导、独角兽快速布局、初创探索新用例的格局；而 2024 年，整个行业已形成一个系统性的创业生态，明星初创公司超过百家，涵盖 250+ 不同用途的 AI 编码工具。尤其值得注意的是，许多工具已经深入到

了开发过程的“中后端”环节，如测试、审查、文档、查询接口等，不再局限于代码生成本身，说明 AI 工具正逐步成为开发流程中的基础设施。这标志着 AI 编程从代码补全迈向全流程开发的新阶段。

Fig.87 2024 年 AI Coding 工具市场概览



Source: Synaptic, HTI

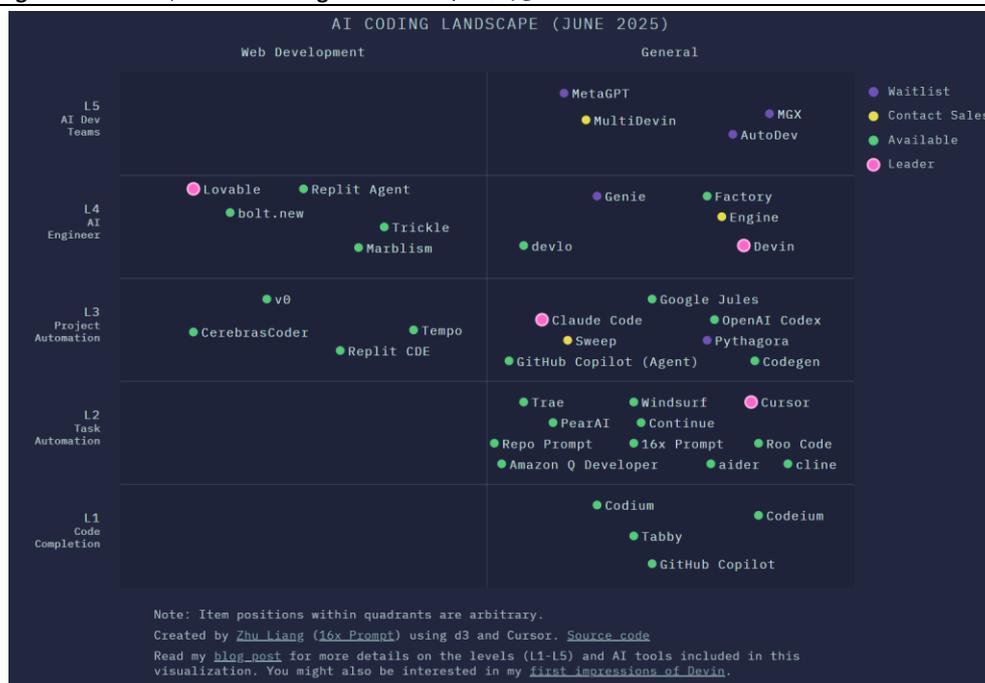
2025 年 AI 编程工具正朝着更加系统化和智能化的方向发展。整个生态被划分为五个能力等级，从基础的 L1 代码补全（如 GitHub Copilot、Codium、Tabby），逐步演化到 L5 级别的“AI 开发团队”（如 MetaGPT、MultiDevin、AutoDev），显示出 AI 工具从单点功能向端到端自动化、甚至类人协作的复杂开发流程演进。

不同工具按功能分布于“Web 开发”和“通用用途”两个维度：比如 Replit 系列工具在 Web 开发端表现活跃，Devin、Claude Code、Genie 等则更偏向通用场景。值得注意的是，大量工具已经进入 L3 及以上层级（如项目自动化、AI 工程师辅助、AI 团队协

作), 意味着 AI 不再只是“写代码”的工具, 而逐渐具备“组织代码生产”、“分配任务”、“协同调试”的能力。

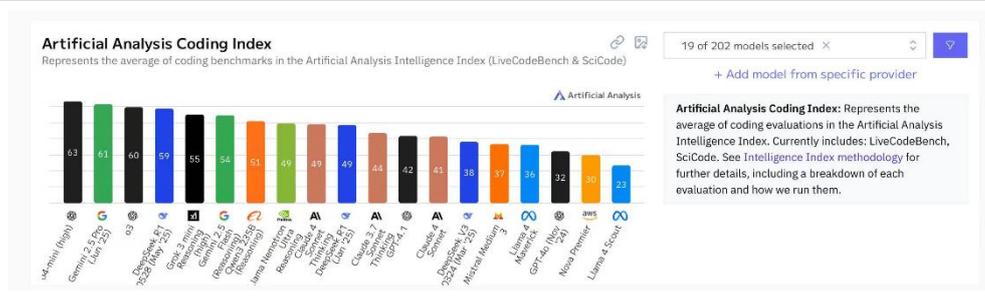
这一趋势揭示了未来 AI 编程的核心特征: 从工具到智能体, 从辅助到主导。AI 将不仅参与编程细节, 更将在开发流程中扮演“虚拟团队成员”甚至“项目负责人”的角色, 带来生产力质变。这也预示着, 未来的软件工程将是人类开发者与 AI 系统深度协作的新范式。

Fig.88 2025 年 6 月 AI Coding 工具 L1-L5 等级概览



Source: Github, HTI

Fig.89 The average of coding benchmarks in the Artificial Analysis Intelligence Index (LiveCodeBench & SciCode)



Source: Artifici Alanalysis, HTI

Fig.90 Detailed AI code generator tool comparison matrix

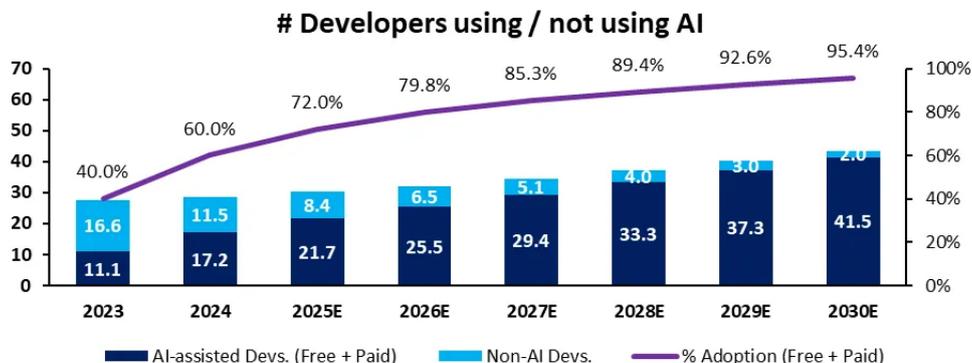
Attributes	Codeium	GitHub Copilot	Tabnine	Amazon Code Whisperer	Bit.ai	Sourcegraph Cody	Cursor	Replit	AskCodr	TabbyML	FauxPilot	BlackBox AI	Clara-Copilot	Android Studio Bot	CodeTS	Code Complete	SapientAI	testRigor	Codium AI	Machinet
Total normalized score	8	7.93	7.48	7.04	7.08	7.37	6.03	6.82	6.14	5.51	2.88	0.45	0.27	6.21	3.07	6.15	3.96	2.28	6.38	4.85
Quality	9	9	7	7	5	9	9	9	6	5	3	4	4	6	0	5	7	0	8	6
Quality of the generated output	9	9	7	7	/	9	9	9	6	5	3	4	4	6	0	5	7	0	8	6
Stability and Latency	8	9	8	8	/	9	9	9	5	/	2	3	/	/	/	/	/	/	8	/
Context awareness	8	6	7	6	8	8	5	6	6	5	0	3	3	8	0	7	7	0	8	7
Codebase indexing	Yes	No	Yes	/	/	Yes	Yes	/	No	Yes	No	No	No	Yes	/	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Context size	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	SP1-4 context size
IDE support coverage	9	7	8	6	7	6	0	0	5	5	2	5	2	2	0	3	3	0	5	3
IntelliJ	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	No	Yes	Yes	No	No	No	/	No	Yes	No	No	Yes	Yes
Visual Studio	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	/	No	Yes	No	No	No	No	/	No	Yes	No	No	No	No
Visual Studio Code	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	No	/	Yes	Yes	Yes	Yes	/	No	No	No	No	Yes	No
PyCharm	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	/	No	Yes	No	No	No	No	/	No	No	No	No	Yes	Yes
Programming languages	10	10	8	7	10	9	10	7	9	6	6	9	5	5	7	10	2	0	10	5
Python	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	No	Yes	Yes
Java	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
JS / TS	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	Yes	Yes	Yes	/	No	Yes	Yes
C#	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	Yes	Yes	Yes	/	/	Yes	Yes	/	No	Yes	Yes
Trust	7	9	8	9	7	8	7	8	7	4	2	3	3	8	8	2	4	6	7	5
Year established	2022	2021	2017	2023	2021	2013	2022	2023	/	2023	2022	2017	/	2023	2021	2023	2015	2022	2021	
Adoption (number of users)	>100k	>1M	1M	/	+100k	/	/	/	20k	/	/	/	/	/	/	0.3k	3.6k	29k	+600k	105k
Vendor reputation	7	10	8	10	7	8	7	9	5	10	2	8	10	10	10	10	10	10	10	
Long term viability	7	10	7	10	/	9	8	9	4	10	3	10	10	10	10	10	10	10	10	
Transparency	8	9	8	/	/	7	9	9	/	9	10	/	10	9	10	7	6	/	8	7
Feature set	9	8	7	7	9	9	6	8	8	6	5	4	3	6	5	8	2	2	7	3
Code completion	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	/
Error/bug detection	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	/	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	/
Test generation	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Chat	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Code review	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	No	No	Yes	/
Security review	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	Yes	/
Document generation	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No	/
UX (Usability)	9	9	7	9	7	9	8	9	6	4	2	6	2	7	0	8	5	0	8	5
Dedicated UI	9	0	0	0	/	0	7	10	8	0	0	0	0	/	0	8	5	0	8	5
Statistics and Configuration	Yes	No	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No	/	No	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	
IDE plugin	9	9	9	8	8	8	/	0	8	7	6	6	7	0	8	6	0	8	5	
Learning curve	9	9	8	9	7	8	8	9	8	8	8	9	8	8	9	8	9	/	8	9
Support	8	9	7	8	7	8	7	7	5	4	3	2	1	7	3	4	4	6	6	3
Guaranteed uptime (SLA)	/	99.9%	/	/	/	/	/	/	/	/	/	No	/	/	/	/	/	Yes	/	/
Guaranteed performance	/	No	/	/	/	/	/	/	/	/	/	No	/	/	/	/	/	/	/	/
Documentation and training resources	7	8	9	8	7	8	6	7	7	5	1	2	1	7	3	0	5	6	6	5
Official support	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	/
Community	Medium	Strong	Weak to medium	Strong	Yes	Strong	Weak to medium	Medium	Weak	Weak	Weak	No	No	Strong	Yes	No	No	/	Yes	No
Regular updates	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	/	No	Yes	/	Yes	Yes	Yes
Offline functionality	5	0	5	0	0	0	0	0	0	10	7	0	0	0	10	10	0	0	5	0
Offline capable	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No	No	/	Yes	No	No	No	Yes	No
Price	0	9	0	0	0	5	8	7	0	0	0	0	0	8	5	3	4	4	7	3
Free	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No
Pricing model (subscription or free)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F	F	S	F	F	S	S	S	S	S	S
Developer / month price	\$12-\$15	\$10-\$39	\$12-\$39	\$19	\$15	\$0-\$59	\$16-\$40	\$0-\$15	\$8-\$33-\$24.99	\$0	\$0	\$4.00-\$10	\$0	/	/	N/A	\$0-\$20	\$0-\$ Custom	\$0-\$19	\$10-\$35
Tiers (usage limits)	Individual, Teams, Enterprise	Individual, Business	Starter, Pro, Enterprise	Individual, Professional	/	Free, Pro, Enterprise	Basic, Pro, Business	Starter, Core, Teams, Enterprise	Basic, Premium, Ultimate	Free	Free	Student	Free	/	/	/	/	/	14-day Teams trial	Pro Max
Languages	7	7	7	5	9	9	9	7	7	5	6	7	6	10	6	6	6	6	7	10
Specific language or language agnostic	En	Lang. agnostic	En	En	4 lang.	10 lang.	Lang. agnostic	En	En	En	En	Lang. agnostic	En	Gemini-compliant	En	En	En	En	En	Lang. agnostic

Source: HTEC (Leading AI code generators in 2024) , HTI

3.1.1 从代码补全到全流程开发

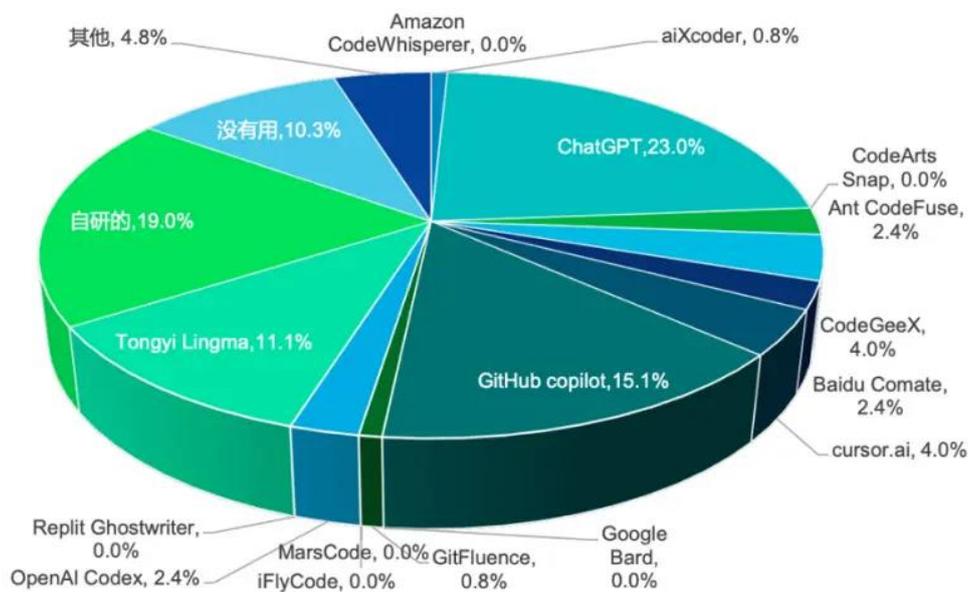
AI Coding 已从初期的语法补全工具跃升为覆盖软件全生命周期的智能引擎。据 GitHub 2024 年报告，全球 55% 的开发者将 AI 工具深度集成至设计、生成、调试及部署全流程，中国企业中 AI 编码工具渗透率亦达 31% (IDC 2024)。这一变革的核心在于多层次技术协同机制，推动代码生成从“行级补全”升级为“系统级开发支持”。以字节跳动为例，其内部 AI 工具豆包 MarsCode 覆盖 70% 开发者，贯穿编码、测试评审到线上问题定位全环节，显著缩短迭代周期并降低人工干预需求。

Fig.91 全球开发者 AI 使用情况



Source: Invdotai estimates, HTI

Fig.92 国外编程助手使用状况



Source: 《Flows:Building Blocks of Reasoning and Collaborating AI》, HTI

代码补全已从简单的语法提示工具演进为覆盖设计、生成、调试、部署全生命周期的智能引擎。其核心是通过机器学习模型分析上下文语义，动态生成符合编程意图的代码片段。技术实现分为三层：1) 静态分析层：解析语法树 (AST) 和变量作用域，定位补全位置。2) 模型推理层：基于统计语言模型 (如 N-gram) 或神经网络 (如 LSTM、Transformer) 预测候选代码。3) 动态优化层：结合用户历史行为与项目级上下文 (跨文件依赖、API 文档) 优化建议相关性。

静态分析层通过抽象语法树（AST）与变量作用域分析实现代码逻辑的精准解构。AST 解析将代码转化为树状拓扑，追踪变量声明与函数调用链（如 ESLint 的规则检测机制），而作用域分析则识别局部/全局变量生命周期，规避命名冲突风险（典型如 Pylint 的变量作用域检查）。实际应用中，VSCode 依托 AST 实现语法错误实时检测，例如当用户输入 `for(i=0;)` 时自动定位缺失分号并提示修正；安全领域工具 SonarQube 则通过 AST 分析 SQL 语句，高效识别未参数化查询的注入漏洞，将潜在安全风险前置拦截。

模型层经历了从统计匹配到语义生成的范式跃迁。早期工具如 Tabnine 依赖 N-gram 统计局部代码频率（如预测 `print()` 高频调用），而 Transformer 架构通过注意力机制突破长距离依赖瓶颈。以 GitHub Copilot 为例，输入注释 `# 读取 CSV 文件并转换为 JSON` 即可生成完整 `pandas` 处理代码，据 Hugging Face 2024 年测试其函数级生成准确率达 79.8%；通义灵码则能基于函数签名 `def calc_tax(income):` 自动生成边界值测试用例，大幅提升单元测试覆盖率。值得注意的是，开源模型生态的繁荣（如 StarCoder、Code Llama）正加速模型小型化与成本优化，2025 年新一代代码模型的推理效率较年初提升超 40%。

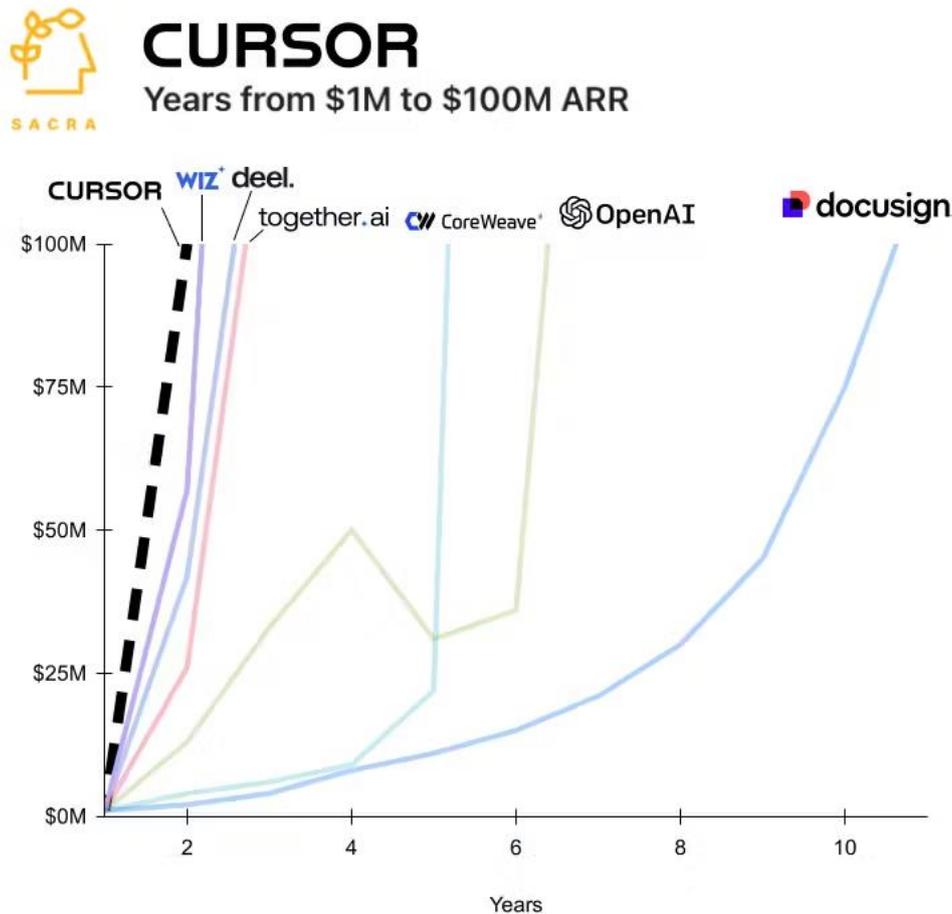
动态优化层通过融合用户行为数据与项目级知识库，实现建议的精准适配。关键技术包括历史行为学习（记录开发者偏好如 `lambda` 函数使用习惯以优化排序优先级）和跨文件关联（索引项目内 API 调用链，如 Spring Boot 中 `@Autowired` 依赖关系）。典型案例中，通义灵码可感知用户修改 `UserService.java` 行为，自动关联 `UserController.java` 的接口参数变更并提示同步更新；IntelliJ IDEA 则根据当前文件的 `import` 语句动态推荐相关工具方法（如 `StringUtils.isEmpty()`）。Gru.ai 实践表明，此类动态优化使复杂系统重构效率提升 60%，调试成本降低 30%，凸显 AI Agent 在工程实践中的协同价值。

3.1.2 软件级工具与系统级 Agent 平台

（1）软件级工具重新定义开发者与代码的交互范式

Cursor 通过深度集成自然语言交互能力，实现了从指令响应到意图理解的跨越。其核心突破在于构建了项目级 RAG（检索增强生成）系统：当开发者输入“优化用户登录模块”时，工具能自动关联项目中的 `auth.py`、`session_manager.js` 等文件，结合代码上下文生成包含 OAuth2.0 集成方案的重构建议，这种基于语义的代码理解使复杂模块开发效率提升 70%。

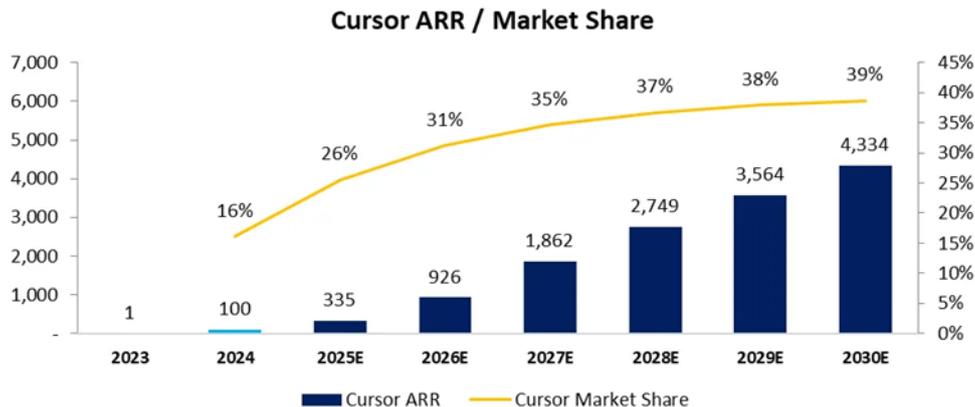
Fig.93 Cursor ARR 与市占率预测



Source: Sacra, HTI

Copilot 则凭借生态融合优势建立起技术护城河。作为 VSCode 等 IDE 的嵌入式插件，其通过实时解析抽象语法树（AST）实现精准补全。例如在 Spring Boot 项目中输入 @GetMapping 时，不仅补全注解语法，更能关联当前项目的 DTO 结构生成参数校验逻辑。这种深度集成使开发者减少 35% 的机械编码操作（GitHub 2024），但其局限性在于仍依赖开发者主导任务分解，难以自主处理跨文件级复杂需求。

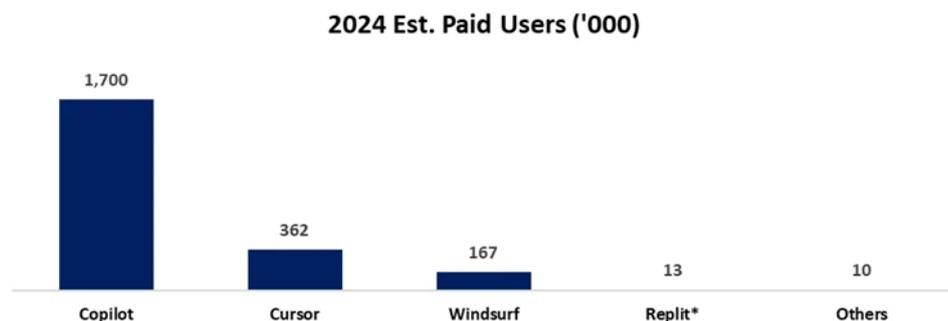
Fig.94 Cursor ARR 与市占率预测



Source: Invdotai estimate, HTI

Copilot 是 AI 辅助开发领域的领军企业，预计到 2024 年将占据所有付费用户的 80%。Cursor 排名第二，拥有约 36 万付费用户（约占 18% 的市场份额）。其他参与者包括 Replit、Codeium（Windsurf）和 Tabnine。

Fig.95 2024 年 AI 辅助工具的付费开发者数量



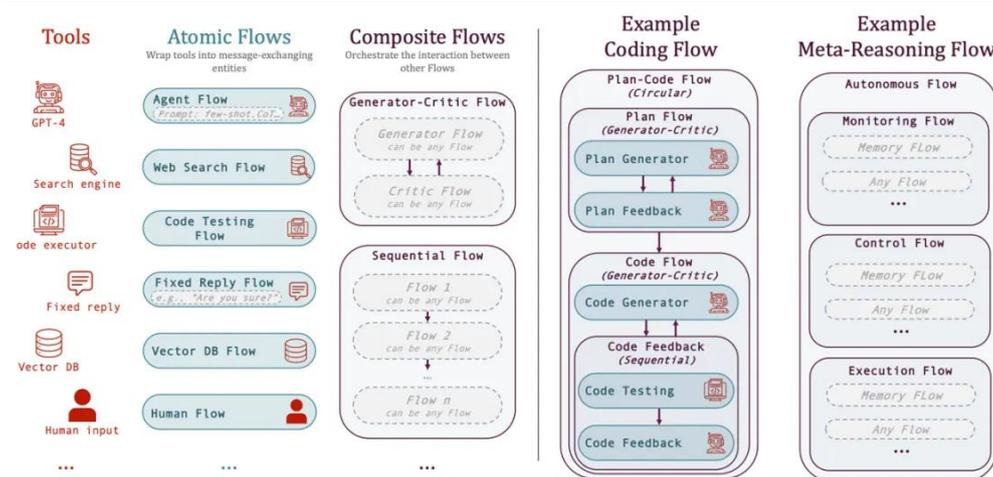
Source: Invdotai estimates, HTI

(2) 系统级 Agent 标志着从“工具辅助”到“智能体自治”的范式跃迁

Agent 的概念源于分布式系统中的智能体，其核心在于能够基于预设目标驱动自身行为。这类智能体的典型应用如处理企业客户服务升级请求：在接收到用户提升服务等级的目标后，系统能够自主规划关键步骤（如核实客户历史记录、分析潜在价值、生成定制化方案），并调用内部或外部接口（如 CRM、计费系统、确认邮件发送）完成全过程，实现高度自动化，无需人工干预。这种自主性依赖于其核心架构的三大部分：由大型语言模型驱动的决策系统负责规划与推理，集成了多种实用 API 和服务的工具库负责执行具体动作，以及用于存储过往交互和执行细节的记忆模块。凭借这种能力，Agent 能够直接对接企业系统数据、深度分析客户行为，自动触发并执行复杂的响应策略，展现出在自动化客户支持、智能运维及金融交易等多个业务领域的革新潜力。

通用 Agent 在智能计算架构中承担着类似操作系统的核心角色，负责底层资源调度、任务规划与环境管理。它通过集成大模型的推理能力，自主分解复杂目标为可执行步骤，并动态协调工具、记忆系统及权限控制模块，为上层应用提供统一接口。例如：Manus 作为代表性通用 Agent，可调用数十种工具（如 PDF 解析、爬虫 API），将“分析 15 份简历”的指令拆解为数据抓取、信息提取、排名生成等子任务，最终输出结构化 Excel 报告。ChatGPT 则通过插件体系（代码解释器、DALL·E）实现跨领域任务闭环，如调用金融数据 API 生成图文并茂的投资分析报告，其企业版还提供数据沙箱隔离等安全管控功能。这类 Agent 的核心价值在于构建“意图→结果”的自动化流水线，成为连接用户需求与垂直能力的智能枢纽。

Fig.96 未来将由多个智能体、工具协同完成工作



Source: 《Flows: Building Blocks of Reasoning and Collaborating AI》, HTI

垂直 Agent 如同运行在操作系统之上的应用软件，深度聚焦特定领域的业务逻辑，通过行业知识库与专用工具链解决高复杂度问题。其优势在于对场景的极端优化，不可替代性源于其对行业 Know-How 的编码能力，但能力边界严格受限。例如：IBM Watson for Oncology 专攻肿瘤诊疗，整合临床指南、病理数据与科研文献，辅助医生制定个性化化疗方案，其诊断准确率在癌症领域显著超越通用模型。Harvey 法律助手嵌入法律裁判系统与合同审查工具，可自动识别条款风险并生成修正建议，大幅缩短跨境并购的法务周期。

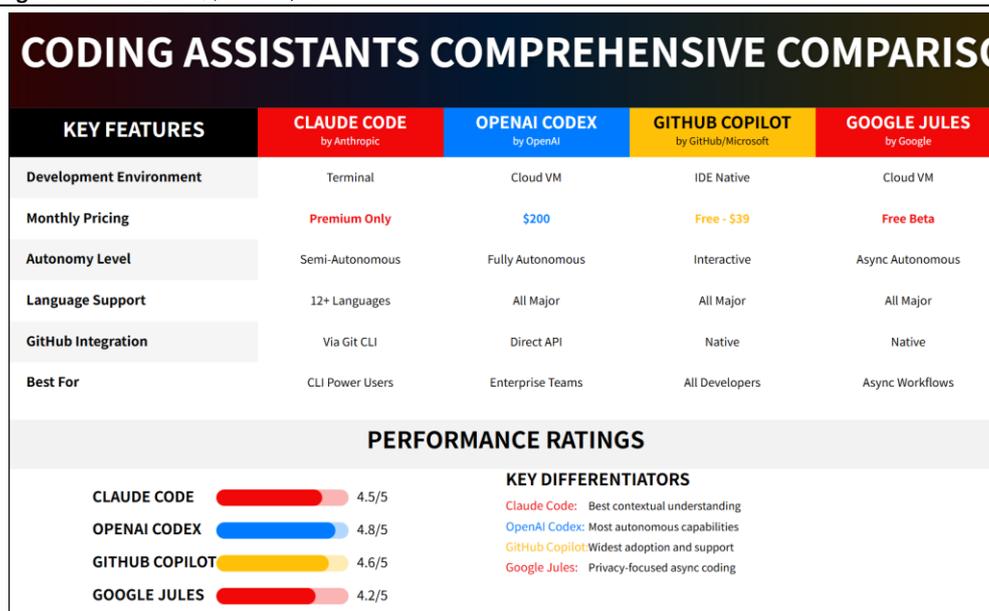
3.2 国内外 AI Coding 能力与横向对比

3.2.1 2025 AI Coding 胜出者：Claude Code/OpenAI Codex/GitHub Copilot/Google Jules

(1) 应用场景

四款工具在应用场景中展现出各自鲜明的定位与优势，整体而言，Claude Code 强调代码理解深度，Codex 注重自主执行能力，Copilot 提供最广泛的集成生态，而 Jules 主打异步协作与隐私优先。Claude Code 强调终端原生体验，适用于偏好命令行操作、需要处理大型多文件项目的资深开发者。其深度上下文理解能力在复杂重构任务中表现尤为突出。OpenAI Codex 则凭借云端虚拟环境和高度自动化能力，适合需要处理多任务和持续测试的研发团队。它能自动执行 bug 修复、特性添加及文档生成等任务。GitHub Copilot 深度集成于主流 IDE 和 GitHub 流程，适合依赖 GitHub 进行版本管理的开发者和团队，尤其在实时补全和注释驱动开发中表现优异。Google Jules 则通过异步任务执行和云 VM 并行处理特性，适合习惯并行开发的团队或重视隐私保护的企业，尤其在处理多个代码库或执行多任务时表现强大。

Fig.97 四大 AI 编程工具对比



Source: empathy first media , HTI

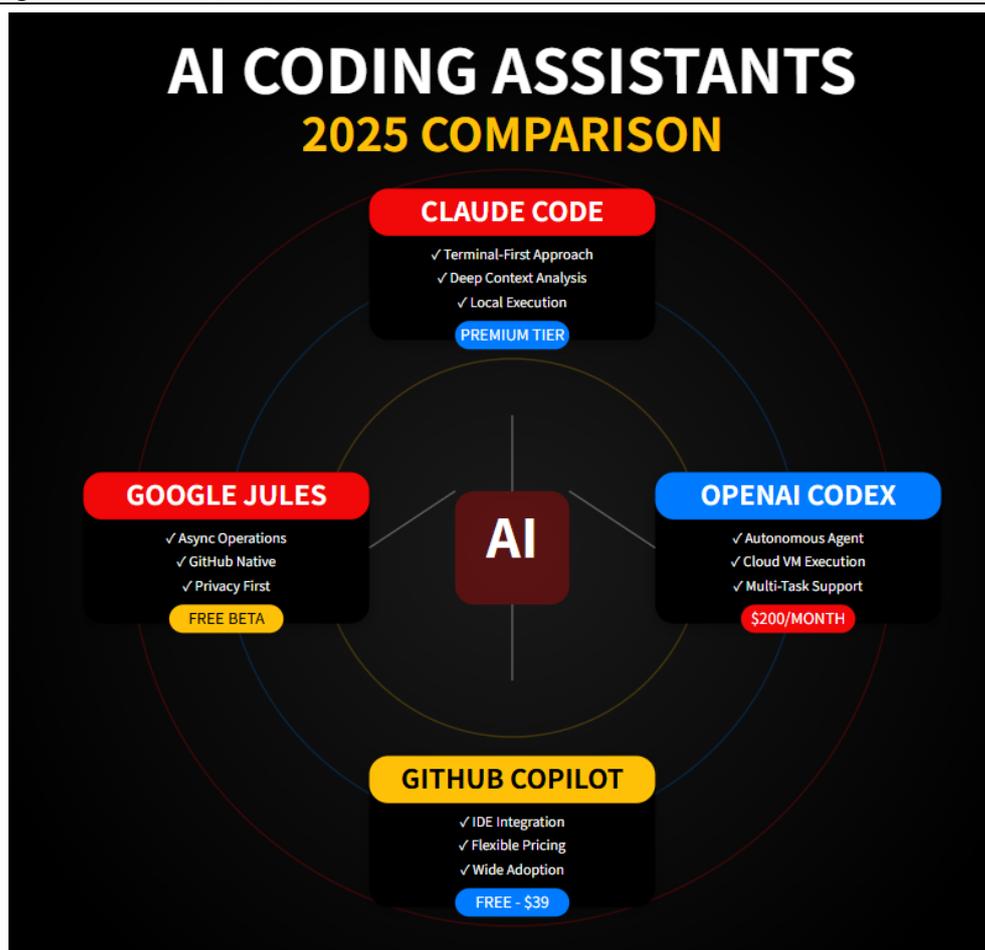
(2) 价格体系

从价格体系上看，四款工具定位差异明显。Google Jules 目前处于公测阶段，免费提供，每日最多执行五项任务，性价比很高；未来或将引入付费模式。GitHub Copilot 提供从免费到企业级的多层定价，包括 Copilot Free（有限功能）、Pro（\$20/月）、Pro+（\$39/月）和企业版（\$39/人/月），覆盖个人到大型企业的用户需求。OpenAI Codex 属于高端定位，需订阅 ChatGPT Pro（\$200/月），其 CLI 模式使用 API 时的费用为每百万输入 token \$1.50、输出 token \$6，适合预算充足、追求最强性能的用户。Claude Code 仅对 Claude Max 订阅用户开放（含 Claude Opus 4 等模型），没有单独付费选项，对已经投资 Anthropic 生态的企业更为友好。

(3) 市场趋势对比

在市场趋势方面，这四款工具反映了当前 AI 编程工具的发展方向。Claude Code 代表的是向“代码理解+命令行原生”演进的趋势，适合资深技术团队；OpenAI Codex 则推动“自主智能体”范式，其 agent 能执行多步任务，预示未来开发流程将逐步实现全自动化；GitHub Copilot 凭借庞大用户基础和微软生态的整合，正进一步巩固其“AI 编码行业标准”的地位，并通过引入新 Agent 模块（如自动处理 Issue 并提交 PR）增强产品力；Google Jules 则探索“异步+隐私优先”的全新路径，标志着企业用户对安全性与并行性能的新诉求。此外，所有平台都在强化模型上下文窗口、引入多模态输入和定制化模型，预示 AI 编码工具未来将在个性化和通用性之间寻求更佳平衡。

Fig.98 四大 AI 编程工具对比



Source: empathy first media, HTI

3.2.2 国内外大模型 coding 能力对比

(1) Anthropic

Claude 4.0 是 Anthropic 公司于 2025 年 5 月 23 日推出的最新对话式 AI 模型，在 AI coding 方面具有高准确率、较强的长任务处理能力和工具集成并行处理等优势。软件工程任务中，Claude Opus 4 和 Sonnet 4 在 SWE-bench verified 测试分别达到 72.5% 和 72.7% 的准确率，启用并行测试时间计算后进一步提升至 79.4% 和 80.2%，显著优于 Claude Sonnet 3.7 (62.3%)、OpenAI GPT - 4.1 (69.1%) 和 Gemini 2.5 Pro (63.2%)。在终端编码任务 (Term - bench) 中，Claude Opus 4 准确率为 43.2%，优于 Sonnet 4 (35.0%) 和其他对比模型，展现出在命令行操作中的强大能力。Claude 4 的模型具备长 - 记忆编码能力和长时间的任务执行能力，能够连续稳定运行长达数小时，适合处理复杂且持续时间长的任务和 Agent workflows。例如，在 Rakuten 进行的高要求开源重构任务中连续稳定运行 7 小时。

Claude 4 支持并行使用工具，能同时调用各种 API 或插件，加速复杂操作并减少错误。Anthropic 推出的 Claude Code 集成到主流 IDE (如 VS Code、IntelliJ)，提供实时代码补全和调试建议。其还拥有代码执行工具、MCP 连接器、文件 API 和提示缓存功能等，方便开发者进行代码生成、错误检测与修复等工作，能够理解大型代码库上下文，适合多文件项目管理。

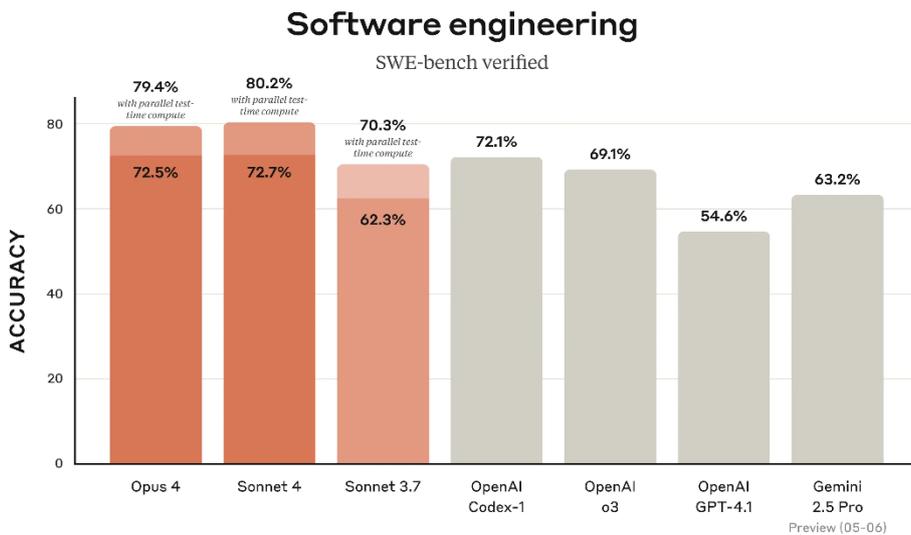
Fig.99 Claude 4.0 与其他主流大模型的评分对比

	Claude Opus 4	Claude Sonnet 4	Claude Sonnet 3.7	OpenAI o3	OpenAI GPT-4.1	Gemini 2.5 Pro Preview (05-06)
Agentic coding <i>SWE-bench Verified^{1,5}</i>	72.5% / 79.4%	72.7% / 80.2%	62.3% / 70.3%	69.1%	54.6%	63.2%
Agentic terminal coding <i>Terminal-bench^{2,5}</i>	43.2% / 50.0%	35.5% / 41.3%	35.2%	30.2%	30.3%	25.3%
Graduate-level reasoning <i>GPQA Diamond³</i>	79.6% / 83.3%	75.4% / 83.8%	78.2%	83.3%	66.3%	83.0%
Agentic tool use <i>TAU-bench</i>	Retail 81.4%	Retail 80.5%	Retail 81.2%	Retail 70.4%	Retail 68.0%	—
	Airline 59.6%	Airline 60.0%	Airline 58.4%	Airline 52.0%	Airline 49.4%	—
Multilingual Q&A <i>MMMLU⁴</i>	88.8%	86.5%	85.9%	88.8%	83.7%	—
Visual reasoning <i>MMMU (validation)</i>	76.5%	74.4%	75.0%	82.9%	74.8%	79.6%
High school math competition <i>AIME 2025^{4,5}</i>	75.5% / 90.0%	70.5% / 85.0%	54.8%	88.9%	—	83.0%

Methodology
 1. Opus 4 and Sonnet 4 achieve 72.5% and 72.7% pass@1 with bash/editor tools (averaged over 10 trials, single-attempt patches, no test-time compute, using nucleus sampling with a top_p of 0.95).
 2. Opus 4 and Sonnet 4 score 39.2% and 33.5% pass@1 with the same agent as non-Claude models, the above reported 43.2% and 35.5% with Claude Code as agent framework.
 3. Claude scores on MMMLU are the average over 14 non-English languages.
 4. Opus 4 and Sonnet 4 were run on AIME using nucleus sampling with a top_p of 0.95.
 5. On SWE-Bench, Terminal-Bench, GPQA and AIME, we additionally report results that benefit from parallel test-time compute by sampling multiple sequences and selecting the single best via an internal scoring model.

Source: Anthropic, HTI

Fig.100 Claude 4.0 与其他主流大模型的软件工程任务得分对比



Source: Anthropic, HTI

Fig.101 Claude 4.0 与其他主流大模型在 Aider 代码修复测试中得分与成本对比

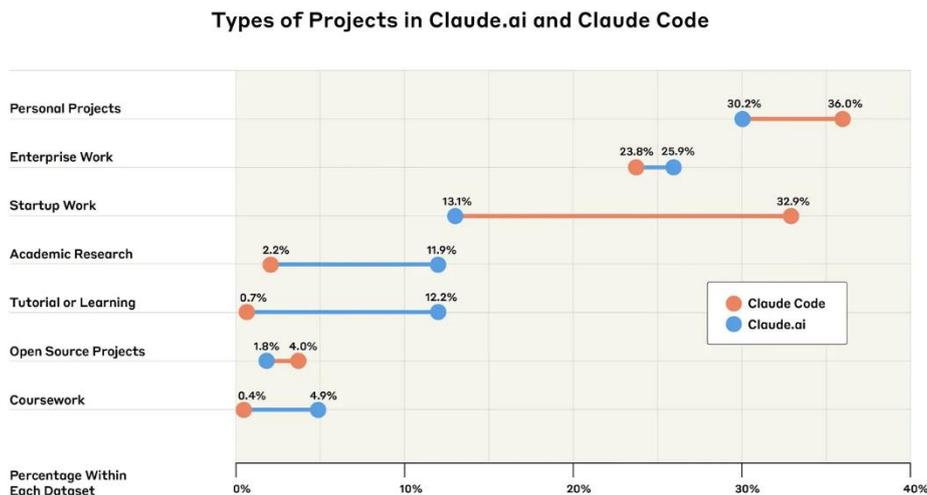
Aider polyglot coding benchmark results (selected)



Source: Claude 4.0, HTI

Claude Code 是 Anthropic 针对开发者推出的编程专用界面，它聚焦于代码生成、调试、测试、重构等功能，同样使用 Claude 4.0 模型作为引擎，但界面和提示词更专注于开发需求（例如提供多文件结构支持、长上下文代码分析等）。在不同界面上的使用场景中呈现出明显的差异化趋势：1）初创企业用户活跃度显著提升，在 Claude.ai 上仅占 13% 的初创项目会话，在 Claude Code 中跃升至 33%，而个人项目的占比也从 30% 增至 36%，显示出开发者在编程环境中更倾向于进行创业探索与个人创作。2）企业级用户则保持稳定，在两个平台中的使用占比始终维持在 24% 至 26% 之间，表明企业应用在通用对话与编程辅助间都有均衡分布。3）学习与研究类使用则高度集中在 Claude.ai，例如教程、课程作业与学术研究等内容在 Claude.ai 中占比达 12%–15%，但在 Claude Code 中迅速下降至 3% 以下，说明此类需求仍以自然语言交互为主，对代码环境依赖较少。

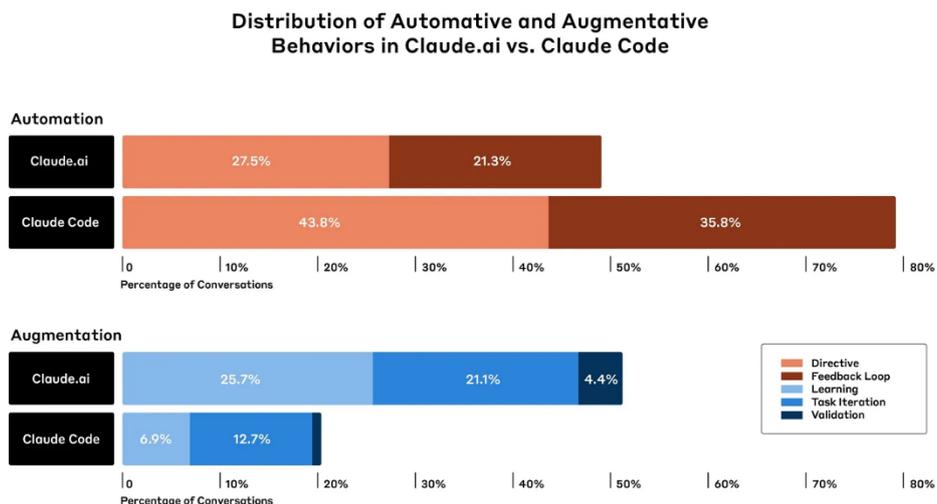
Fig.102 Claude.ai 和 Claude Code 的项目类型



Source: Anthropic, HTI

在 Claude Code 中，高达 79% 的交互属于“纯自动化”模式，即用户以明确指令驱动，并结合 AI 的自动反馈完成任务；相比之下，Claude.ai 中仅有 49% 属于该类模式。而在 Claude.ai 中，约 47% 的使用场景体现为“增强式协作”（包括学习探索、方案迭代与验证），显著高于 Claude Code 的 20%。这说明 Claude Code 更适合执行性任务，而 Claude.ai 更强调人机共创与认知支持。

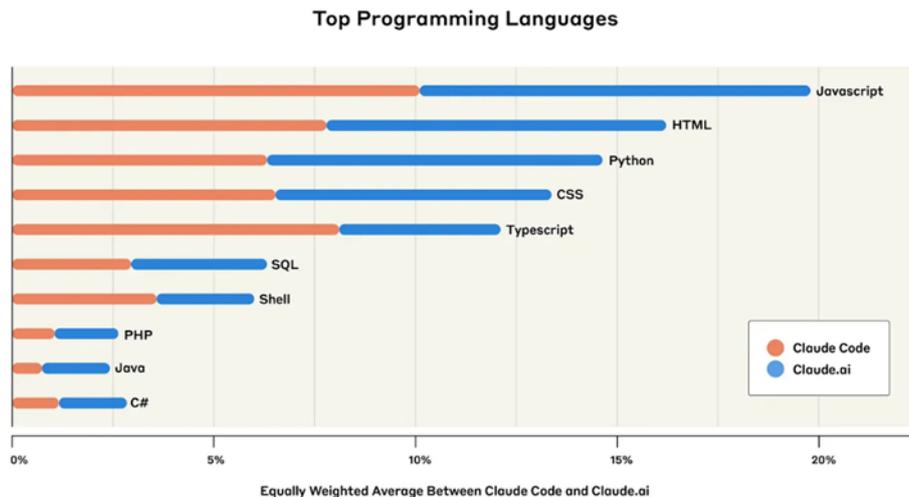
Fig.103 Claude.ai vs Claude Code——自动化 vs 增强式协作



Source: The Prompt Engineering Substack, HTI

在语言使用方面，JavaScript、HTML、CSS 和 TypeScript 四大 Web 栈语言占据超过 60% 的会话份额，展现出网页开发在 Claude 平台上的主导地位。其中，JavaScript 在 Claude.ai 中的查询量高达 22%，但在 Claude Code 中降至 10%，反映出其更常用于语法学习与代码解释场景。而 Python 与 Shell 脚本则在 Claude Code 中表现更强劲，表明用户倾向于在 Agent 环境中使用其进行自动化处理。此外，Java、C# 和 PHP 占比均不足 5%，进一步突显了 Web 优先的技术偏好。

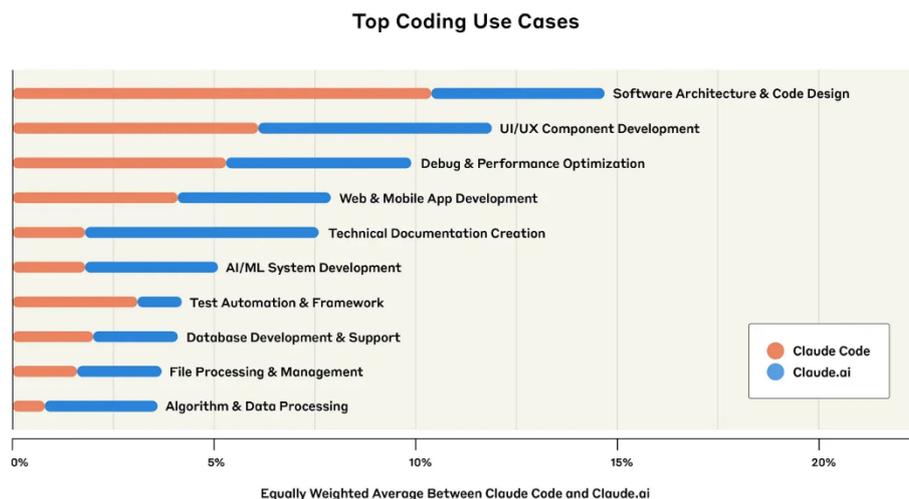
Fig.104 编程语言偏好：Web 技术栈主导，自动化脚本语言更偏向 Agent



Source: The Prompt Engineering Substack, HTI

Claude.ai 侧重策略与沟通，Claude Code 擅长执行与原型开发。在具体编码用途中，系统架构设计类任务在 Claude.ai 中占比约为 14%，而在 Claude Code 中降至 10%，说明用户更倾向在对话式环境中构思与讨论方案；反之，完整应用模板搭建在两平台上分布均衡。用户界面设计与调试任务则更偏好 Claude.ai，以便实现即时反馈与交互式优化，而原型开发与自动化脚本则更适合通过 Claude Code 高效完成。技术文档编写与测试框架构建主要集中于 Claude.ai，显示这类任务依赖多轮交流与内容协同。

Fig.105 Claude.ai 和 Claude Code 的项目类型



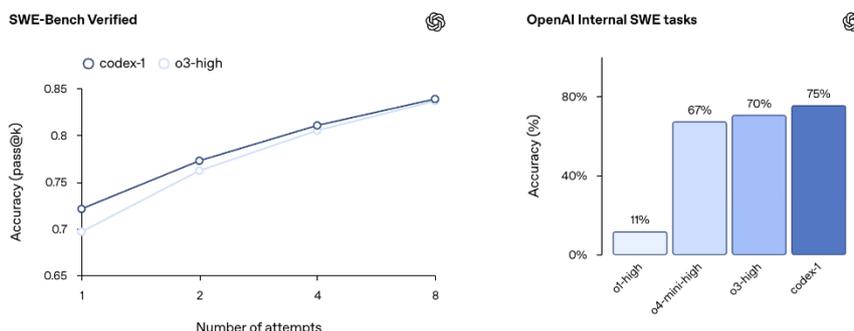
Source: The Prompt Engineering Substack, HTI

(2) OpenAI

OpenAI 的 AI 编码能力在行业内处于领先地位，其核心模型如 GPT-4.1 和 Codex 通过持续优化，在代码生成效率、复杂任务处理、多语言支持等方面表现卓越。以 GPT-4.1 为例，其在 SWE-bench Verified 基准测试中得分达到 54.6%，相比 GPT-4o 的 33.2% 实现大幅跃升，显示出其在理解大型代码库、生成可运行程序方面的实际应用能力。同时，在 HumanEval 编码评估中，GPT-4o 已接近人类高级工程师水准，而 GPT-4.1 通过优化 diff 编辑和减少无效操作，进一步提高了代码质量。此外，OpenAI 的 o3 模型也

在编程竞赛中展现卓越表现，IOI 2024 得分达金牌线，Codeforces ELO 接近人类顶尖选手。更为重要的是，GPT-4.1 支持最长达 100 万 Token 的上下文窗口，大大增强了其在处理长任务和多文件工程中的能力，尤其在网站前端开发中，其生成的 UI 被超过 80% 的用户认为优于前代模型。

Fig.106 Openai 核心模型编码能力对比

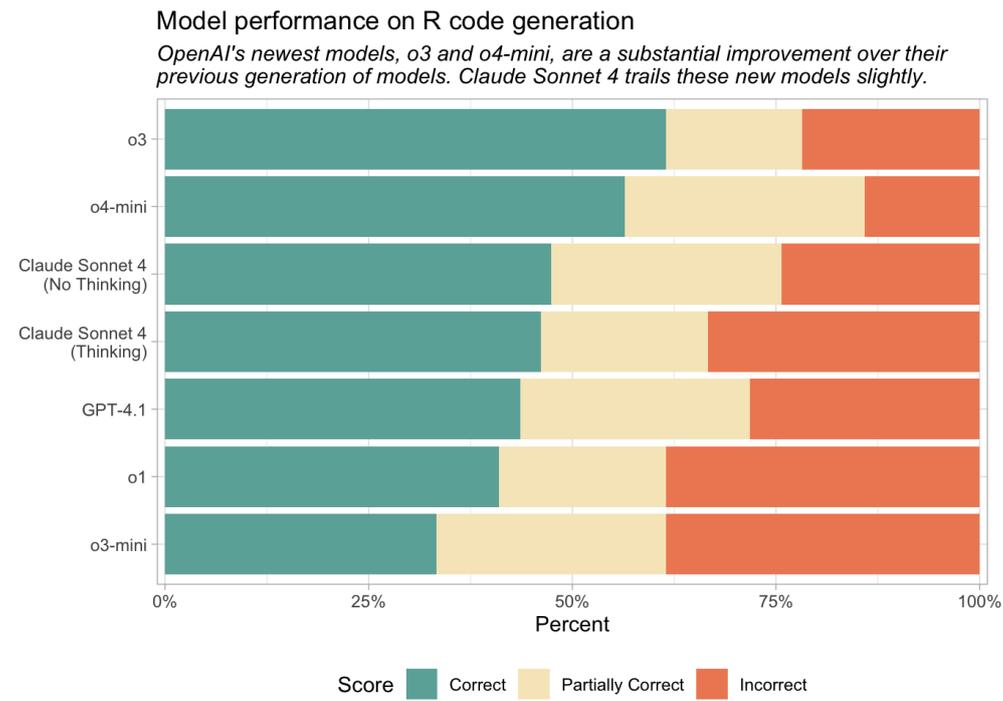


Source: Openai, HTI

在实际应用层面，GPT 系列模型已经深度嵌入软件开发流程。例如，开发者可通过 Codex 快速完成版本迁移、系统搭建与接口集成，12 分钟内即可完成 Python 版本升级，3 小时搭建完整 CRM 系统，并通过 Next.js 与 Supabase 等框架实现自然语言到代码的闭环开发。此外，Codex 驱动的 AI 工程师能够自动克隆 GitHub 项目、运行测试并生成 PR，甚至能在三天内产出 43 个 PR 并通过全部用例验证。在开发环境集成方面，OpenAI 推出的 Canvas 工具与 GPT-4o 配合使用，可实现代码审查、转换与优化建议，显著提升开发效率。而 GitHub Copilot 也持续迭代，尽管最新版本已引入 Claude Sonnet 模型，Codex 作为其早期核心依然在补全效率与准确率上具有广泛认可。

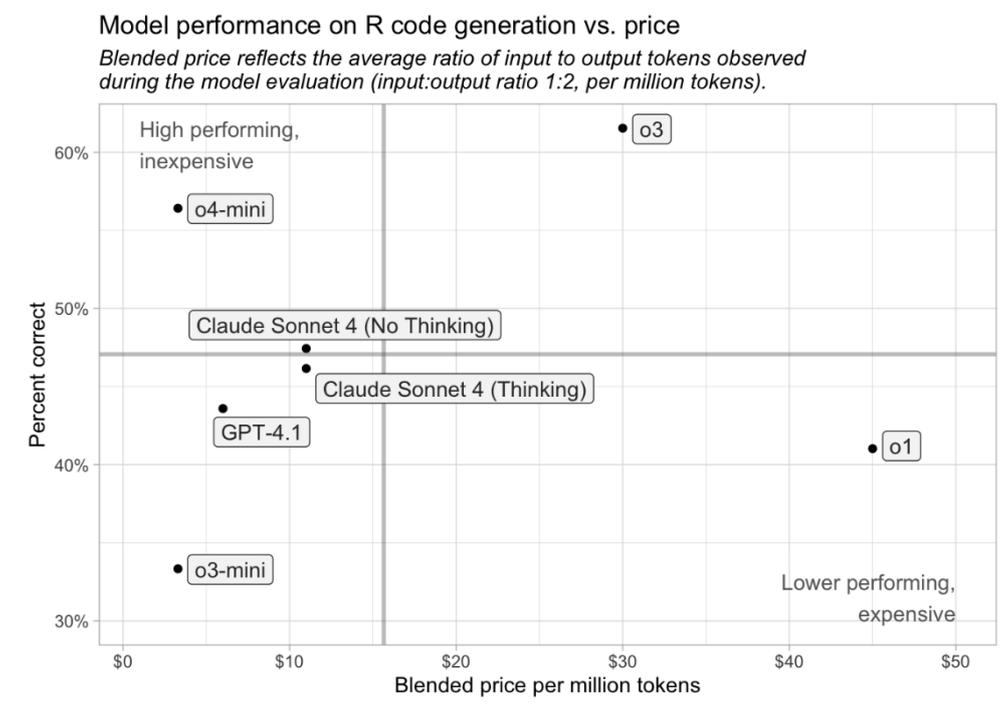
与 OpenAI 相比，Anthropic 的 Claude 系列模型在代码稳定性和复杂任务处理上更具优势。Claude Opus 4 和 Sonnet 4 在 SWE-bench Verified 上的得分均超过 72%，显著领先 GPT-4.1。OpenAI 的 o3 模型在准确性方面表现最佳，但其成本相对较高；o4-mini 和 Anthropic 的 Claude Sonnet 4 两者在性能和成本之间取得了良好的平衡。

Fig.107 Openai 与 Claude 在 R 语言编程表现对比



Source: Opsit, HTI

Fig.108 Openai 与 Claude 在 R 语言编程的代码生成能力与定价对比



Source: Opsit, HTI

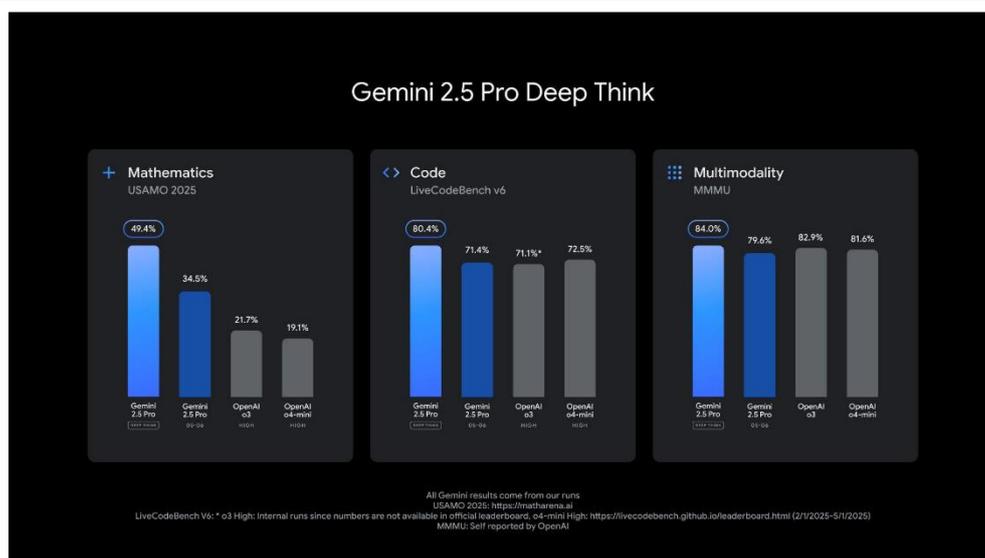
然而，OpenAI 在前端开发、自动化构建以及数学推理领域依然占据领先地位。两者的行业定位逐渐分化：OpenAI 更专注于通用开发能力和生态工具链整合，面向快速开发与自动部署场景；而 Claude 更强调长文本稳定性与推理透明度，适用于科研、高端工程及多轮复杂交互任务。未来，随着 OpenAI 以 30 亿美元收购 Windsurf，强化超大规模

模代码库处理能力，目标是实现“代理式”IDE 体验，让 AI 独立完成从需求分析到部署的全流程，AI 助手将加速向智能代理式 IDE 方向演进。

(3) Google

Google 最新的 Gemini 系列模型在代码生成基准上展现出卓越性能。Gemini 2.0 Pro 在权威的 LiveCodeBench 编码测试中取得 36.0% 的准确率，较前代模型成绩显著提升。在将自然语言转换为数据库查询的 Bird-SQL 基准上，Gemini 2.0 Pro 达到 59.3% 的正确率，超过了同时期 GPT-4 的 57%，凸显其在数据库查询生成任务上的优势。此外，Gemini 2.0 Pro 拥有高达 200 万 Tokens 的超长上下文窗口，可一次性处理近 6 万行代码或 2 小时的视频内容。这一能力使其能够分析复杂的大型代码库和多文件项目，在长文本推理任务中表现突出，这种超长上下文能力配合 Gemini 模型内置的链式思维推理优化，大大提升了模型在复杂任务下的正确性和实用性。

Fig.109 Gemini 2.5 pro 与 Openai 系列对比

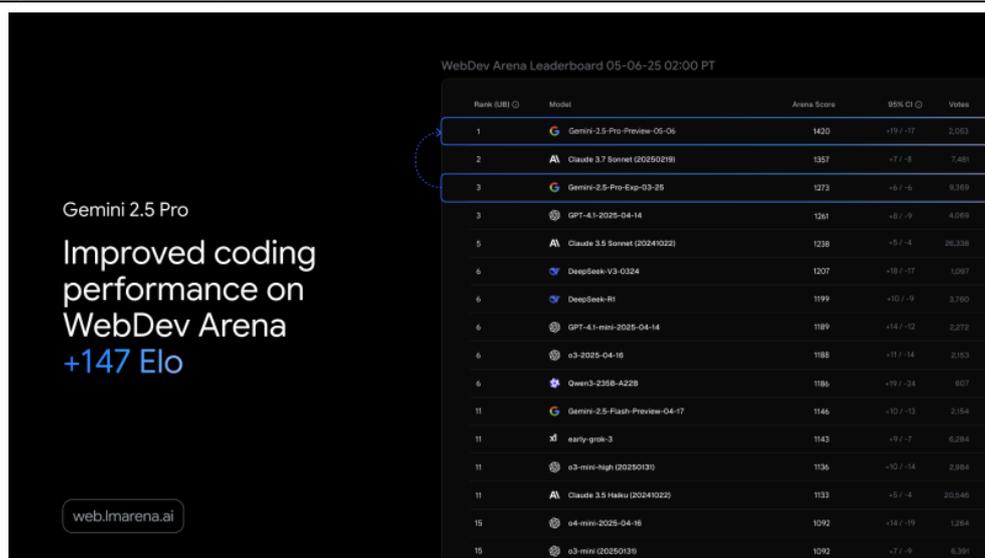


Source: Google, HTI

Google 正将其 AI 编码模型深入融入开发者工具链，显著提高开发效率。在 Google Colab 中集成的 Codey 模型支持一键代码生成和智能补全。用户只需点击“生成”按钮并以自然语言描述需求，模型即可产出相应的代码块。一些多模态场景下，Gemini 2.5 Pro 还能结合图像等输入生成代码：例如根据手绘的界面草图直接生成对应的前端页面，或读取一段用户界面截图并产出相应的 HTML/CSS/JS 代码，实现初步可交互的原型。此外，Gemini 模型强大的代码理解能力使其可以结合视频、音频等内容完成跨模态编程任务——Google 官方演示中，模型甚至可以将一段教学视频自动转换为完整的交互式学习应用。在开发工具方面，Colab 提供的免费 GPU 计算支持使开发者能够即时运行和调试由 AI 生成的代码。Google Vertex AI 平台也为企业用户提供了调用 Gemini 和 Codey 模型的接口，用于代码生成、单元测试自动化和代码审查等场景。例如欧洲零售商 Leroy Merlin 利用 Vertex AI 开发了拉取请求（PR）分析工具，自动总结代码变更，大幅加快了代码评审速度，提升团队生产力。

在综合编程能力上，Google Gemini 系列正迅速赶超对手。最新发布 Gemini 2.5 Pro I/O 版在 WebDev Arena 榜单中以 1420 分的成绩排名第一（Elo 提升 +147），明显领先第二名 Anthropic Claude 3.7 Sonnet 的 1377 分。但 Anthropic 的 Claude 4 系列在部分编码基准（如 SWE-Bench 软件工程挑战）上依然表现强劲：最新 Claude Sonnet 4 的准确率达到 72.7%，显著高于 Gemini 2.5 Pro 的 63.2%。Claude 模型以清晰的思维链著称，推理过程透明且代码输出干净，对于需要过程解释的场景更有利。相应地，Google 的 Gemini 模型则侧重多模态整合和超长上下文应用，在复杂前端生成、跨文件理解以及创意编程方面优势突出。

Fig.110 Gemini 2.5 pro WebDev Arena 评分



Source: Google, HTI

Google 于 2025 年 5 月在 Google I/O 大会上正式推出了其 AI 编程代理工具 Jules，目前已进入公开测试阶段，全球开发者均可免费试用。Jules 是一款异步编码助手，旨在自动执行诸如修复 Bug、编写测试、构建新功能等任务，帮助开发者专注于更具创造性的工作。与传统的代码补全工具不同，Jules 能够在后台独立运行，完成复杂的多文件修改，并通过 GitHub 提交 Pull Request。其核心由 Google 最新的 Gemini 2.5 Pro 模型驱动，具备强大的代码理解和推理能力。

与 OpenAI 的 Codex 和 GitHub Copilot 等工具相比，Jules 更强调其“代理式”能力，即能够在获取任务指令后，独立完成从计划制定到代码实现的全过程。而 Codex 和 Copilot 更多地作为实时的代码补全助手，依赖于开发者的逐步引导。此外，Jules 的异步执行特性使其在处理复杂任务时，不会打断开发者的工作流程，提高了整体开发效率。在性能方面，Jules 在 SWE-bench Verified 基准测试中取得了 52.2% 的准确率（数据来源：麻省理工 AI Agent Index 网站），显示出其在处理复杂软件工程任务中的潜力。

Fig.111 Jules 在 SWE-bench Verified 基准测试中取得了 52.2% 的准确率

Lite	Verified	Full			
Model			% Resolved	Org	
NEW	🔗	🤖	CodeStory Midwit Agent + swe-search	62.20	-
NEW	🔗	🤖	devlo	58.20	🔗
NEW	🔗	🤖	Emergent E1 (v2024-12-23)	57.20	🤖
NEW	🔗	🤖	Gru(2024-12-08)	57.00	🔗
NEW	🔗	🤖	EPAM AI/Run Developer Agent v20241212 + Anthopic Claude 3.5 Sonnet	55.40	<epam>
NEW	🔗	🤖	Amazon Q Developer Agent (v20241202-dev)	55.00	aws
			devlo	54.20	🔗
	✅	🤖	OpenHands + CodeAct v2.1 (claude-3-5-sonnet-20241022)	53.00	🤖
NEW	🔗	🤖	Google Jules + Gemini 2.0 Flash (v20241212-experimental)	52.20	Google
NEW	🔗	🤖	Engine Labs (2024-11-25)	51.80	🔗
NEW	🔗	🤖	Agentless-1.5 + Claude-3.5 Sonnet (20241022)	50.80	🤖
			Solver (2024-10-28)	50.00	🔗
NEW	🔗	🤖	Bytedance MarsCode Agent	50.00	🔗
			nFactorial (2024-11-05)	49.20	🔗
			Tools + Claude 3.5 Sonnet (2024-10-22)	49.00	AI
	✅	🤖	Composio SWE-Kit (2024-10-25)	48.60	🔗
	✅	🤖	AppMap Navie v2	47.20	🔗
			Emergent E1 (v2024-10-12)	46.60	🤖
	🔗	🤖	AutoCodeRover-v2.0 (Claude-3.5-Sonnet-20241022)	46.20	🤖
			Solver (2024-09-12)	45.40	🔗
			Gru(2024-08-24)	45.20	🔗
			Solver (2024-09-12)	43.60	🔗

Source: MIT AI Agent Index, HTI

(4) Llama

Llama 系列模型在开源 AI 编码领域中凭借其生态开放性和高效的本地部署能力，逐步确立了技术标杆地位。特别是最新的 Llama 4 Maverick 模型，通过引入混合专家 (MoE) 架构，在保持推理效率的同时显著提升了复杂逻辑处理能力。在 HumanEval 编码评估中，Llama 4 Maverick 取得了 82.4% 的高分，逼近 GPT-4 系列，在动态规划等复杂任务中的表现尤为稳健。在 LiveCodeBench v5 综合测试中，Llama 4 Maverick Instruct 得分为 43.4，虽低于 DeepSeek-R1-0528 (73.1) 和 Gemini 2.5 Pro (63.4)，但已远超前代 Llama 3.3-70B (33.3)，展示了显著的迭代提升。其在 Apple M3 Ultra 上推理速率达每秒 50 token，且内存成本仅为 NVIDIA H100 的 5.9%，使其在本地部署与边缘计算场景中具备广泛适用性。

在实际应用中，Llama 4 在代码生成与自动化构建方面具备较强通用性。开发者可通过自然语言输入功能需求，如“开发用户注册模块”，由模型自动生成包含数据库操作、表单构建和验证逻辑的完整代码块。在 Aider 代码修复评测中，Llama 4 得分为 15.6%，仍显不足，但在生成结构性代码方面表现稳定。在多模态方面，其支持图像输入并可基于设计图快速生成网页组件。在 BFCL 多模态测试中得分 88.5，略低于 Claude 3.5 Sonnet 的 90.2 分。在开发工具集成上，Llama 模型通过 Ollama + Continue 插件深度适配 VS Code，支持 40 多种编程语言，并在 MultiIF-8 多语言测试中得分 68.2，尤其在小语种如 Haskell 和 Racket 上表现优异。虽然在代码精度和工程应用上略逊 DeepSeek R1，但其低部署成本和模型开放性使其更适合对本地运行和开源集成有高要求的中小团队使用。

Meta 首先基于 Llama 2 的通用基础模型 (覆盖 7B、13B、34B、70B 等规模)，进行了大规模代码补训练 (使用 500B~1T tokens)，并引入代码填空 (infill) 能力作为核心机制之一。在此基础上，Meta 为不同应用场景构建了三个主要子模型方向：一是通过 Python 语言专属训练 (100B tokens) 并配合长上下文微调 (20B tokens) 生成了

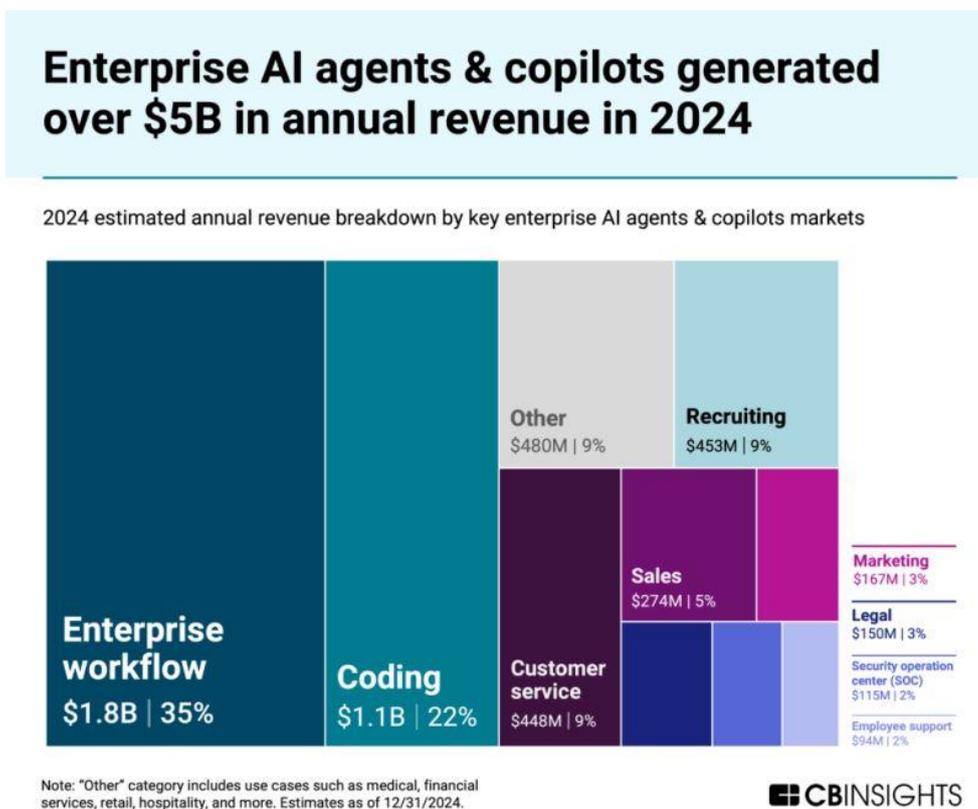
Code Llama – Python，适合纯 Python 开发者与数据科学、AI 场景使用；二是基础模型结合长上下文微调后直接形成了 Code Llama 基础版，适配多种语言，适合通用代码生成场景；三是在以上任一分支上继续引入 5B tokens 的 instruction fine-tuning（指令微调）后，产出 Code Llama – Instruct，具备对话式响应和提示理解能力，更适合构建类 ChatGPT 的代码助手。

然而，在参数规模达到 70B 时，尽管该版本在多个评测中被视为“游戏规则改变者”，并在 HumanEval 等测试中取得优异成绩，但其运行所需的硬件资源远超多数开发者的本地配置。尽管 Meta 在语言模型细分化策略上做了系统设计，用户在模型选择时依然面临的两难问题：一方面，高参数模型（如 Code Llama 70B）具备更强的代码理解与生成能力，在工程落地和多语言支持上表现优异；但另一方面，其对显存、计算和内存带宽的高要求也使得部署门槛居高不下，尤其对中小型团队与个人开发者来说，可能更现实的选择是运行 7B 或 13B 的轻量版本，或使用 QLoRA、GPTQ 等量化压缩后的模型，在代码生成质量和上下文保留上往往难以与原模型完全一致。

(5) GitHub Copilot

GitHub Copilot 是由 GitHub 与 OpenAI 联合开发的 AI 编程助手，旨在通过实时代码补全、多模型集成和全流程开发自动化等功能，提升开发者的编码效率和代码质量。

Fig.112 Coding AI agents & copilots market grew from virtually 0 to \$1B in revenue in 2024



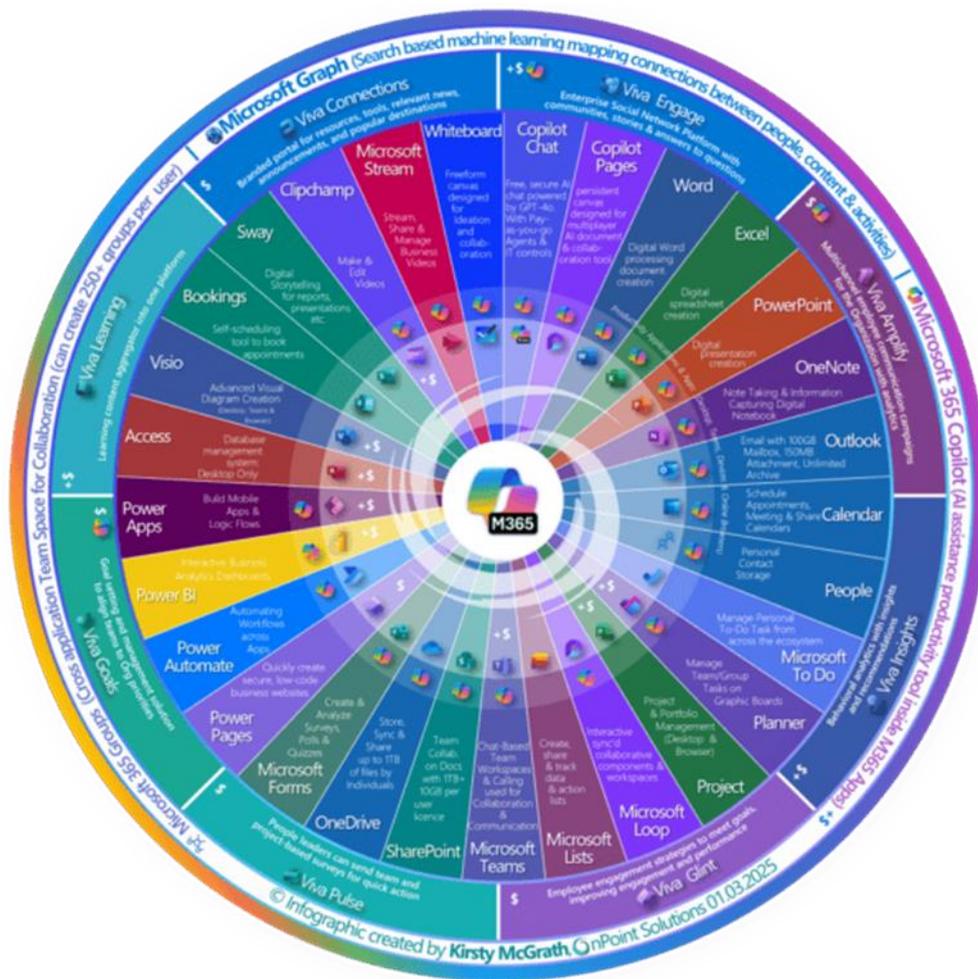
Source: CBINSIGHTS, HTI

在编码准确性方面，Copilot 基于 OpenAI 的 GPT-4.1 模型，在 HumanEval（Python 代码生成评估）中取得了 87.6% 的得分，接近人类高级工程师的水平。此外，生成的代码冗余编辑率从早期版本的 9% 降至 2%，显著提升了代码的精炼度和可用性。在复杂任务处理方面，Copilot 在 SWE-bench 测试中的完成率达到 79.4%，支持连续 7 小时自主执行代码编写、调试和测试任务。响应速度方面，升级后的模型延迟时间缩短 13%，代码生成速度提升 55%，在 Java 等语言中代码接受率高达 61%。Copilot 还具备强大的长上下文处理能力，支持 200 万 Token 的上下文窗口，能够分析整个代码库（如 6 万

行代码或多文件项目），并结合 GitHub 代码搜索实现跨文件逻辑推理。在多模态开发方面，Copilot 通过 Model Context Protocol (MCP) 接入外部工具，可直接处理图像（如根据设计稿生成 React 组件）或调用数据库接口，增强了其在多样化开发场景中的适用性。

在实际应用中，Copilot 支持基于自然语言的高效功能构建和自动化开发。例如，输入自然语言描述（如“添加用户注册功能”），Copilot 可在 15 分钟内生成包含数据库交互、前端表单和验证逻辑的完整代码模块。在 Aider 基准测试中，Copilot 的代码修复准确率达 61.8%，并能自动生成单元测试用例（如覆盖边界条件和异常场景），减少了开发者的工作量。在工具集成方面，Copilot 与 VS Code 深度整合，通过插件实现代码补全、重构建议和实时调试。例如，输入注释“# 从 CSV 加载数据”后，Copilot 可自动生成 Pandas 代码块，节省 80% 的输入时间。此外，Copilot 的 Coding Agent 可直接处理 GitHub Issue，自动创建拉取请求并提交代码修改，支持通过日志追踪 AI 决策过程，实现全流程的开发自动化。

Fig.113 Microsoft 365 中所有核心应用、AI 工具（尤其是 Copilot）以及协同组件



Source: Microsoft 365, HTI

Copilot 于 2025 年 6 月全面升级为 GPT-4.1 模型，数学推理能力（AIME 测试准确率 87.5%）和代码生成质量显著提升。其 Agent 模式通过 GitHub Actions 实现全自动化开发，例如自动修复 bug、扩展测试套件和生成文档，减少每周约 25 小时的人工工作量。

Fig.114 2025 年生产力对决：GitHub Copilot 与高级开发人员

Criteria	GitHub Copilot (2025)	Senior Developer (2025)
Speed of Code Generation	⚡ Extremely fast for templated code	🕒 Thoughtful and deliberate coding
Code Quality	🔗 Depends on prompts and training data	🏆 Typically high, refined with experience
Problem Solving	📄 Pattern-based logic	💡 Complex problem solving and innovation
Project Understanding	📁 Context-limited to local file/folder	🌐 Deep domain and system architecture knowledge
Team Collaboration	🚫 Not designed for human interaction	👑 Strong team player and mentor
Debugging Skills	🔍 Suggestive, not investigative	🔎 Expert at root cause analysis and performance tuning
Scalability of Output	📦 Excellent at scaling simple code patterns	🏢 Excellent at scaling people, systems, and strategies
Learning Curve	👶 Eases junior dev onboarding	📚 Takes years of real-world learning
Best Use Case	🚀 Quick scaffolding and suggestions	🧠 Architecture, critical thinking, leadership
Overall Productivity Impact	📈 Augments dev productivity significantly	🌟 Key driver of long-term project and team success

Source: Medium, HTI

(6) Qwen

通义千问 (Qwen) 在 AI 编码领域的的能力已跻身全球开源模型的第一梯队，尤其以 Qwen3-235B-A22B 和 Qwen2.5-Coder 为代表的模型，在真实开发任务中的代码生成准确率、多语言覆盖能力以及任务通用性方面表现出色。在 LiveCodeBench v5 编码基准中，Qwen3-235B-A22B 以 70.7 分刷新开源模型历史最佳成绩，甚至略超 Gemini 2.5 Pro 的 70.4 分和 GPT-4o 的 63.9 分。这一成绩的取得不仅反映了 Qwen 对代码语义、结构和工程上下文的深入理解能力，也标志着其在工业级开发任务中的实用性已可媲美开源领先模型。而在 HumanEval 代码生成任务中，Qwen3 取得 87.6% 的准确率，生成代码的冗余编辑率大幅下降至 2%，说明其输出更加精炼和工程可用，几乎已接近人类高级程序员的水平。在 LiveCodeBench v5 中，Qwen3 得分略低于 Claude 4.0 Sonnet。与 Claude 系列模型相比，Qwen 更适合部署在中小企业、开源项目或需要低成本高性能的本地环境，而 Claude 更适合处理长流程、对解释透明度要求较高的科研或工程任务。

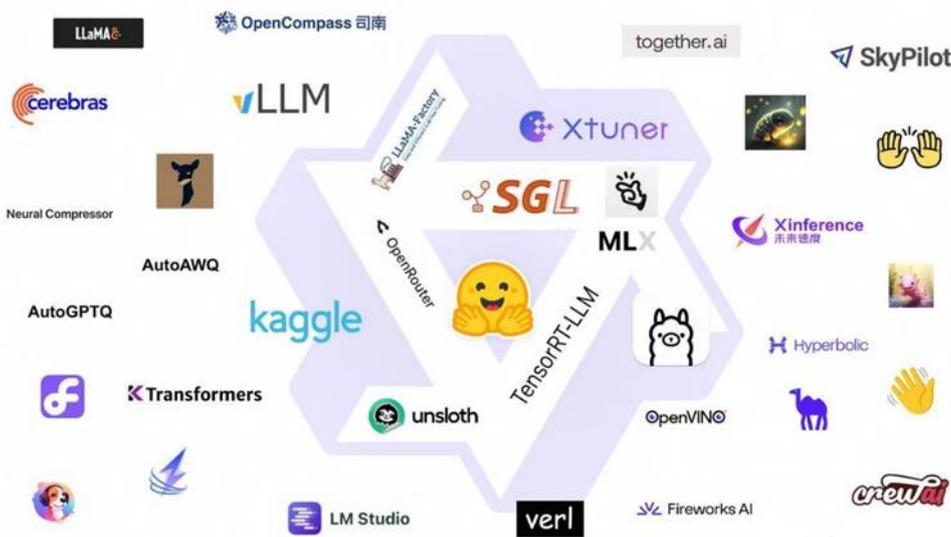
Fig.115 Qwen (253B/22AB) 在编码和数学方面击败或匹敌顶级模型

	Qwen3-235B-A22B MoE	Qwen3-32B Dense	OpenAI-o1 2024.12.17	Deepseek-R1	Grok 3 Beta Think	Gemini2.5-Pro	OpenAI-o3-mini Medium
ArenaHard	95.6	93.8	92.1	93.2	-	96.4	89.0
AIME'24	85.7	81.4	74.3	79.8	83.9	92.0	79.6
AIME'25	81.5	72.9	79.2	70.0	77.3	86.7	74.8
LiveCodeBench v5, 2024.10-2025.02	70.7	65.7	63.9	64.3	70.6	70.4	66.3
CodeForces Elo Rating	2056	1977	1891	2029	-	2001	2036
Aider Pass@2	61.8	50.2	61.7	56.9	53.3	72.9	53.8
LiveBench 2024-11-23	77.1	74.9	75.7	71.6	-	82.4	70.0
BFCL v3	70.8	70.3	67.8	56.9	-	62.9	64.6
Multif 8 Languages	71.9	73.0	48.8	67.7	-	77.8	48.4

Source: Qwen, HTI

Qwen 系列模型在长上下文处理和跨语言编程支持方面同样具备显著优势。其最大支持 128K 的上下文窗口，足以一次性处理 6 万行代码或 2 小时的视频内容，使其非常适合用于大型项目审查、长文档注释生成或跨文件逻辑理解任务。同时，Qwen3 支持多达 119 种编程语言，并在 MultiIF 多语言评估中以 71.9 分的成绩大幅领先 LLaMA3 (48.4) 和 Claude3.7 (73.0)，在 Haskell、Racket 等非主流语言处理上表现尤为稳定，这种跨语言的能力也使 Qwen 成为国际开发者社群中越来越受欢迎的开源选项。

Fig.116 Qwen3 模型生态



Source: Qwen, HTI

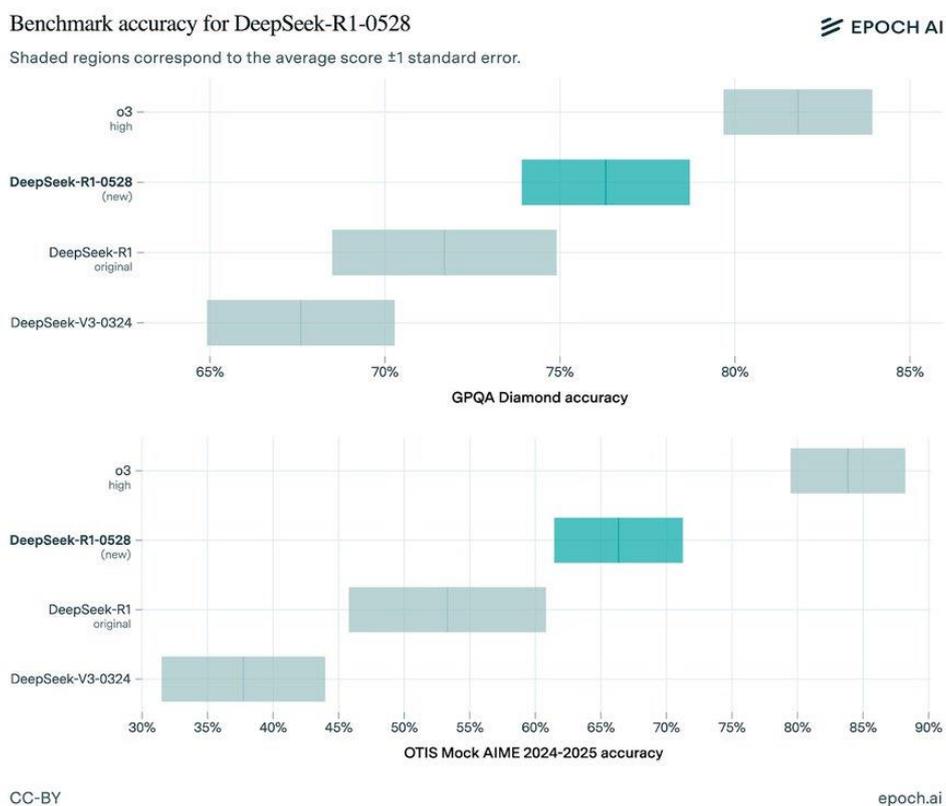
在实际应用中，Qwen3 展现出优秀的自动化项目构建与代码修复能力。以 Qwen3-Coder 为例，其可在 15 分钟内生成完整的 Python 扫雷游戏，包括图形界面与难度逻辑，支持用户以自然语言描述构建需求，并根据实时反馈自动调整结构逻辑。在 Aider 代码修复测试中，Qwen3-235B 的准确率达 61.8%，略高于 GPT-4o，说明其在修复类型错误、逻辑漏洞等方面具备高容错和稳定性。此外，通义灵码插件也实现了与 VS Code、JetBrains 等主流 IDE 的深度集成，支持代码补全、重构建议与 SQL 自动生成，大大提升了开发者的效率。Qwen3 还具备多模态能力，可结合手绘草图生成交互式网页、从图像中推导物理模拟代码，助力低门槛原型开发与创意创作。

Qwen3 在技术实现方面引入了混合专家模型 (MoE) 架构, 仅激活 22B 参数即可完成高质量推理, 大大降低了推理成本, 部署资源仅为 DeepSeek-R1 的 25%。此外, Qwen3 还原生支持 MCP 多模态通信协议, 在 BFCL 任务中实现 70.8 分的新高, 显著降低了多工具调用门槛, 展现出强大的智能代理特性。尽管如此, Qwen3 在 SWE-Lancer 测试中仍表现出对多模块依赖理解不充分的局限性, 尤其在跨组件联动逻辑与树形算法、动态规划等场景中与人类顶尖程序员存在约 15% 的性能差距。未来, 若能进一步提升结构性推理能力和复杂工程任务理解力, Qwen 有望在开源 LLM 编码领域持续引领发展。

(7) Deepseek

DeepSeek 在 AI 编码领域展现出强劲的技术实力, 凭借其混合专家模型 (MoE) 架构和原生多模态支持, 迅速跻身全球领先开源模型之列。基于最新版本的 DeepSeek-R1-0528 模型, 其在 HumanEval 编码评估中取得 83.5% 的高分, 接近 GPT-o3 的 86.2%, 并将冗余编辑率从早期版本的 9% 降至 2%, 显著提升了代码生成的精炼度与可用性。在 MBPP 编程测试中得分 78.9%, 超过 GPT-o3, 尤其在动态规划和边界逻辑处理方面表现优异。在最新 LiveCodeBench v5 测试中, DeepSeek 以 73.1% 的 Pass@1 准确率排名第四, 显示其在真实开发任务中的可靠性和工程适配性。其 200 万 Token 的上下文处理能力, 支持跨模块项目理解与集成推理, 适用于微服务架构与长代码审查。

Fig.117 DeepSeek-R1-0528 数学、科学和编码基准测试



Source: epoch.ai, HTI

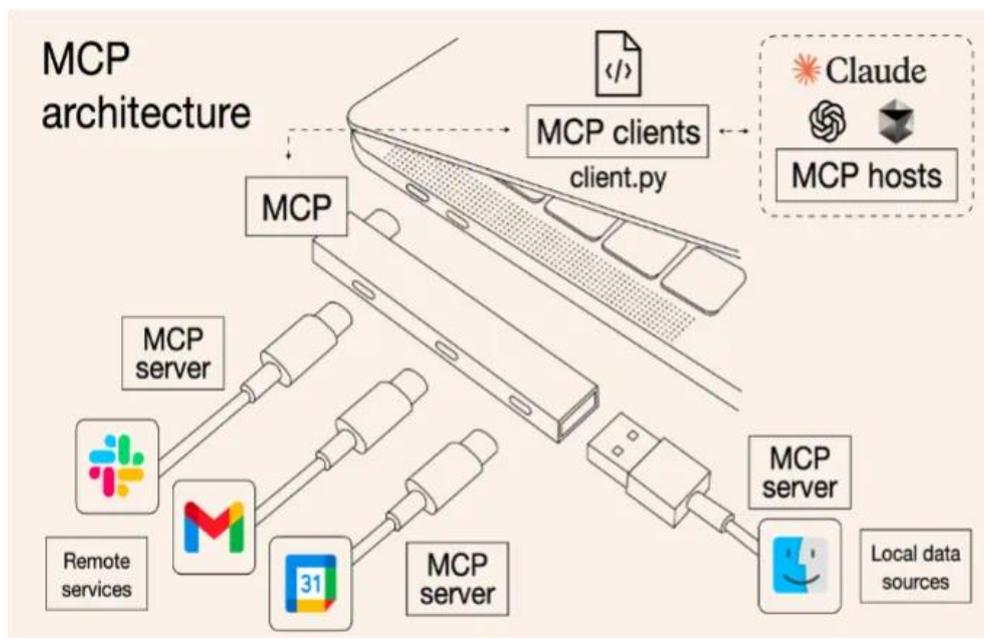
在应用层面, DeepSeek 支持以自然语言快速生成项目模块, 并具备良好的多模态能力。例如, 输入“添加用户注册功能”, 模型可自动构建数据库模型、后端逻辑和前端表单, 实现端到端代码交付; 在 Python 游戏生成、GUI 构建等任务中也具备稳定表现。在 Aider 代码修复测试中, 准确率达 61.8%, 并可自动生成边界测试用例, 节省大量人力验证工作。此外, 其在多语言支持方面表现领先, 覆盖 40 多种语言, 在 MultilF-8 多语言测评中取得 71.9 分, 远超 LLaMA3, 尤其在 Haskell、Racket 等小众语

言中优势明显。在成本方面，DeepSeek-R1-0528 输出 token 成本仅为每百万 \$2.19，显著低于 Claude 3 Opus 的 \$75 和 Sonnet 的 \$15，为高性价比开源模型提供了有力的开源替代方案。

(8) 腾讯

腾讯近年来在 AI 编程领域快速推进，自研的“混元代码大模型”具备千亿参数规模，采用混合专家 (MoE) 架构，支持中英文代码理解与生成。在 CodeEval (腾讯自建基准测试集) 中，混元代码模型在 Python、Java、C++ 三种主流语言上的任务准确率超过 87%。此外，其推出的“CodeFuse”模型在多轮编程任务中的成功率达到 73%，并已落地于腾讯云、WeTest 平台和企业级内部研发系统中，平均为开发者节省约 30% 的代码编写时间。

Fig.118 腾讯 MCP 架构



Source: 腾讯, HTI

与百度“文心一言”及华为“盘古代码模型”相比，腾讯的 AI 编程能力在中文代码生成的准确率和工业落地深度上表现更优。例如，在 HumanEval-CN (中文编程评测集) 中，腾讯 CodeFuse 的 Top-1 准确率为 63.2%，高于文心 (56.7%) 和盘古 (52.9%)。此外，腾讯已在超过 20 个业务线完成模型集成，而其他厂商仍主要处于技术预研与试点阶段，落地成熟度略逊一筹。

Fig.119 腾讯 AI Coding 生态



Source: 腾讯, HTI

尽管腾讯在中文编程任务中领先，但与 OpenAI 的 Codex (GPT-4) 或 GitHub Copilot 相比仍有差距。在 HumanEval 原版测试中，GPT-4 模型得分高达 87.6%，而腾讯 CodeFuse 在相同英文任务中得分约为 74.1%。在 SWE-bench (软件工程复杂任务测试) 中，Copilot-X 解决率为 43%，而腾讯尚未公开该项指标。此外，Google 的 Gemini Code 模型在多语言编程支持方面表现出色，支持超过 20 种语言并具备语义搜索、代码解释、单元测试生成等复杂任务自动化能力，生态体系更为丰富。

(9) 百度

百度在 AI 代码生成方面以“文心代码大模型”为核心，其技术基于文心大模型 (ERNIE) 系列演进而来，采用千亿级参数规模并结合领域适配的精调策略。其子模型“ERNIE-Code”在 2024 年 HumanEval-CN 测试中 (中文编程能力) 取得了 Top-1 准确率 56.7%，在多轮复杂任务生成上成功率达到 68%。文心代码模型支持 Python、C++、Go、Java 等主流语言，可用于补全、生成、解释、单测自动化等任务，已集成至百度内部的飞桨 (PaddlePaddle) 开发平台与百度网盘自动脚本系统，重点赋能自动化运维与 AI 工程研发场景。

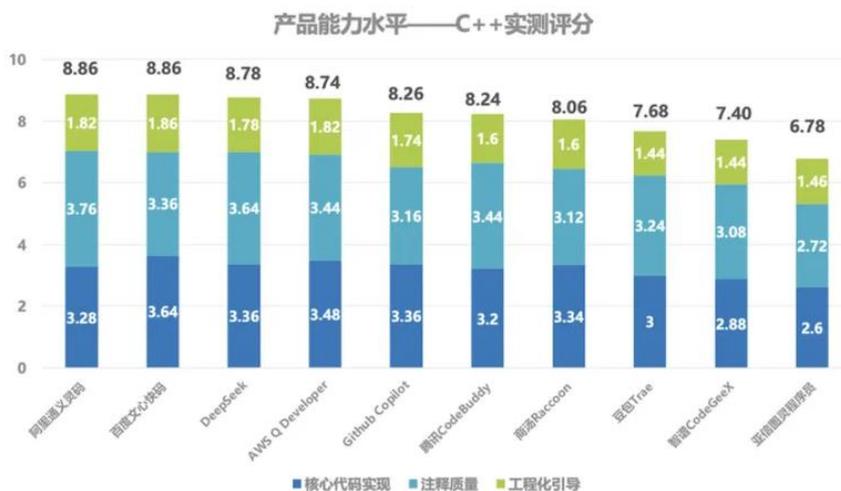
Fig.120 文心快码 3.5 架构图



Source: 百度, HTI

相较于腾讯“混元代码模型”与华为“盘古编程助手”，百度文心在语言模型训练深度和自然语言理解 (NLU) 结合方面优势明显，但在工业落地方面略逊一筹。例如，百度在 CodeXGLUE 多任务评测中表现稳定，代码摘要任务 BLEU 得分达到 24.1，高于华为的 22.8，略低于腾讯 CodeFuse 的 24.6。而在中文编程任务 HumanEval-CN 测试中，百度文心得分为 56.7%，腾讯 CodeFuse 为 63.2%。腾讯已在超过 20 个产品线部署代码生成模型，而百度更多应用仍集中于内部实验与平台层支持，未大规模对外开放商用 API。

Fig.121 文心快码的 C++产品能力实测总分第一



Source: ODC, HTI

在国际对比中，百度的文心代码模型仍处于追赶阶段。例如百度在英文 HumanEval 原版测试中的得分仅为 49.8%。在多语言任务支持方面，Google 的 Gemini Code 支持 20+ 语言并在 CodeNet 和 MBPP 数据集上取得领先性能，而百度的多语言适应能力仍以中英为主，跨语种性能有待提升。此外，百度缺乏 GitHub Copilot 式的开发者平台与插件生态，也尚未形成类似微软的 IDE 一体化分发体系，这限制了其 AI 编程能力的广泛渗透。

(10) 字节跳动

字节跳动依托自研的“豆包”大模型和其代码子模型“CodeDoubao”，积极布局 AI 编程领域。CodeDoubao 在 2024 年发布时，已支持 Python、Java、C++、Go 等主流语言，具备自动补全、单元测试生成、代码审查建议等能力。根据官方数据，其在 HumanEval 测试中的 Top-1 准确率为 61.3%，在中文版本 HumanEval-CN 上得分达到 58.5%，显示出较强的通用性。该模型目前已集成至飞书文档、火山引擎开发平台以及字节内部 IDE 中，用于服务前后端开发、数据工程和算法团队，显著提升了研发效率。

与腾讯的“CodeFuse”和百度的“ERNIE-Code”相比，字节的 CodeDoubao 在代码生成准确率上表现居中，但在产品化速度和工具链集成方面更为灵活。例如，在 HumanEval-CN 中，腾讯得分 63.2%，百度为 56.7%，字节为 58.5%，略优于百度，略逊于腾讯。然而，字节强调轻量化部署与高频交互的用户场景，已将 AI 编程能力嵌入多个开发辅助插件（如 Feishu Dev Helper），并在火山引擎中以 API 形式对外提供代码生成服务，覆盖中小企业客户，是国内首批实现“模型即服务”（Model-as-a-Service, MaaS）产品化的厂商之一。

在国际对比中，字节跳动的 CodeDoubao 仍有差距。Gemini Code 也在多语言代码任务中展现出领先性能，尤其是在跨语言迁移、函数生成、多轮编程任务中优于字节模型。CodeDoubao 在多语言任务上仍以中英为主，尚未全面覆盖 TypeScript、Rust 等前沿开发语言。此外，GitHub Copilot 和 Gemini 已构建起成熟的插件生态与 IDE 集成环境，而字节当前主要服务于内部平台与轻量化 API 场景，缺乏类似 VS Code 插件或大规模开源开发者社区的渗透能力。

3.2.3. 国内外初创公司 coding 能力对比

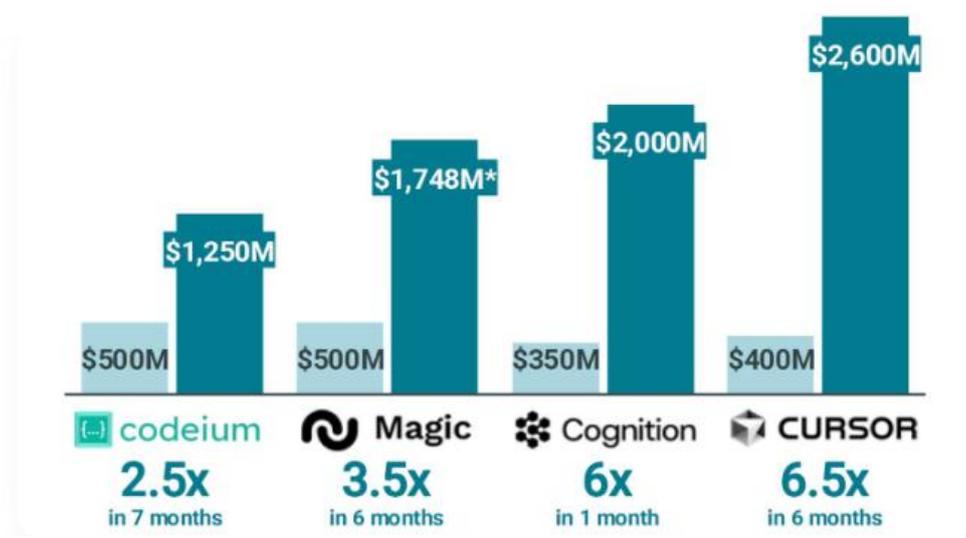
(1) Cursor

Cursor 是由 Anysphere 开发的一款基于 Visual Studio Code 的 AI 编程工具，因其强大的代码生成能力和对大型项目的支持，迅速成为开发者首选。在企业评估中，平均有 83% 的开发者将 Cursor 视为首选 AI 编程工具。Cursor 的 AI 编码能力通过深度整合自然

语言处理与代码开发逻辑，重新定义了现代编程范式。其核心功能 Composer 能够根据自然语言描述生成完整的应用程序架构，例如用户仅需输入“创建一个支持用户身份验证的 React 任务管理应用”，Cursor 即可自动生成包含前端组件、后端 API、数据库模型及 Docker 部署脚本的全栈项目。这种端到端的代码生成能力在实际测试中表现惊人：开发者通过 Composer 将数据集导入 PostgreSQL 并构建 REST API 时，平均耗时从传统开发的 8 小时缩短至 45 分钟，且生成代码的可维护性评分（基于 SonarQube）提升了 40%。技术实现上，Cursor 采用多模型协作系统，同时集成 GPT-4 与 Claude 3.5 引擎，针对不同场景智能切换最优模型——例如算法类代码生成时，Claude 3.5 的准确率比 GPT-4o 高 12.7%，而复杂业务逻辑生成则由 GPT-4o 主导。

Fig.122 AI 编码初创公司的估值显著增长

Comparison of Valuation Growth for AI Coding Startups in 2024.



Source: CBINSIGHTS, HTI

在代码补全与优化层面，Cursor 的上下文感知技术展现出卓越的精准性。其全工程级索引系统可分析项目中数十万行代码的依赖关系，实现跨文件的智能补全。更值得关注的是智能重构功能，当开发者选中一段嵌套循环过多的代码并触发优化指令时，Cursor 会自动建议将链表替换为跳表等数据结构，平均减少 60% 的循环层级，同时保持功能一致性。

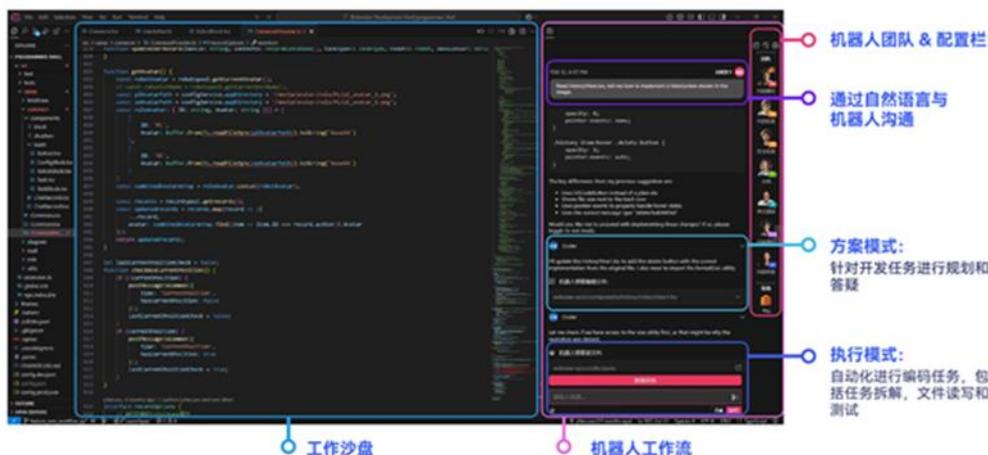
企业级应用场景中，Cursor 展现出对大规模项目的强大驾驭能力。其智能索引技术可处理数千万行代码的复杂代码库。安全性方面，Cursor 通过 SOC2 Type II 认证，采用 TLS 1.2 传输加密与 AES 256 静态加密，确保代码零留存。

从技术架构看，Cursor 的多模型协作系统允许用户接入自定义模型，例如通过 Azure OpenAI 服务调用企业私有模型，在确保数据安全的同时满足特定领域需求。其增强上下文功能更是颠覆传统交互模式——开发者可在提示中引用代码库中的具体文件、外部文档甚至网络搜索结果，使 AI 生成的代码精准匹配项目实际需求。随着 AI 技术的迭代，Cursor 正在推动编程从“代码编写”向“意图表达”的范式转变，其持续进化的 Agent 模式已能独立完成从需求分析到部署上线的全流程，让开发者真正聚焦于创造性问题解决。

(2) 智识神工

智识神工是一家专注于 AI 编程及智能化软件开发的人工智能企业，也是首家企业级的 AI 软件智能体开发公司。智识神工自主研发的企业级 AI 软件开发智能体平台 SWOR 一是业界首个拥有全栈“自研芯片-自研模型-自研 Agent 应用”的 AI 软件开发生产力系统，打破国外技术依赖，实现了从需求分析到运维部署的完整 AI 闭环。整套系统主要由自研 AI 处理器芯片 KPU+专有领域小模型+AI 原生的 IDE 构成。

Fig.123 智识神工机器人团队



Source: 智识神工, HTI

智识神工提出“CHR 程序员”概念，重构软件开发流程。角色分工中，人类负责业务决策与创新，机器人团队处理标准化任务（如代码生成、安全审查）。单人在机器人辅助下可升级为高效团队，劳动效率达 CMMI 4 级的 10 倍以上。另外辅助书山自主学习系统：通过分析企业历史代码库与规范，使机器人快速掌握私有开发逻辑。实测中，新工程师借助该系统可在 20 万行代码项目中高效修复缺陷。SWOR 已应用于金融、工业、政务等领域，V1.0 版本使开发效率提升 10 倍以上，V2.0 版本目标提升 20 倍，支持“产品经理级”编程体验。

2025 年 5 月 28 日，在上海浦东张江模力社区举办的 AI 编程对抗赛中，智识神工 SWOR 2.0α 版与 Anysphere Cursor 0.50.7 版围绕真实商业级代码（超 150 万行）展开实战较量。赛题覆盖新代码开发与旧代码维护两大核心场景，任务复杂度显著高于常规测试：单任务最大推理步骤超 40 步，需关联 27 个代码文件并修改 19 个文件，深度模拟企业级开发中的多模块协作与系统级优化挑战。此次对抗不仅验证了 AI 在复杂工程中的实用性，更揭示了不同技术路线在实际生产力场景中的效能差异。

Fig.124 智识神工 SWOR 2.0α 版与 Anysphere Cursor 0.50.7 编程对抗赛结果

赛题	SWOR胜	Cursor胜	平局
新项目开发			☑
架构分析	☑		
新增需求	☑		
安全漏洞			☑
性能优化	☑		

Source: 智识神工, HTI

产品架构层面，SWOR 采用全栈自研技术体系（含关键芯片、模型、Agent 平台），形成闭环的技术生态；而 Cursor 主要依赖第三方模型（如 Claude、GPT、Gemini 等），其优势在于集成灵活性但受限于外部模型能力。这种差异在实战中直接体现为三项核心能力的分野：1) 架构分析能力：SWOR 通过功能架构图与 MVC 分层图，多视角解析目标代码的业务逻辑与模块交互关系，输出结果符合系统工程师的设计范式；Cursor 仅生成通用性描述，未结合代码业务逻辑，对实际工程缺乏指导价值。2) 需求迭代兼容性：SWOR 的需求分析报告与代码实现方案兼顾前后端协同及业务场景适配，新代码可无缝嵌入旧系统并保持技术风格统一；Cursor 虽考虑前后端协同，但方案脱离项目实际架构，导致系统兼容性失效。3) 性能优化精度：SWOR 精准定位引发 SQL 性能瓶颈的代码段，结合业务上下文提出索引优化、语法重构等针对性方案；Cursor 虽提供通用优化建议（如索引添加），但因错误识别问题代码位置，解决方案失效。

智识神工的全栈自研技术体系在复杂工程场景中的优势经此次比赛得到验证。SWOR 通过芯片-模型-Agent 的垂直整合，实现对业务上下文的理解深度与代码生成稳定性；而 Cursor 的第三方模型依赖导致其在系统级任务（如架构解析、跨模块兼容）中表现受限。Cursor 的语义检索技术（RAG）虽能辅助代码片段定位，但面对多文件关联推理与业务逻辑重构时，仍缺乏对系统级复杂性的整体把控力。未来 AI 编程工具的核心竞争力，或将取决于能否将技术深度与工程化能力融合，推动 AI 从辅助工具向生产力主体演进。

(3) Genie

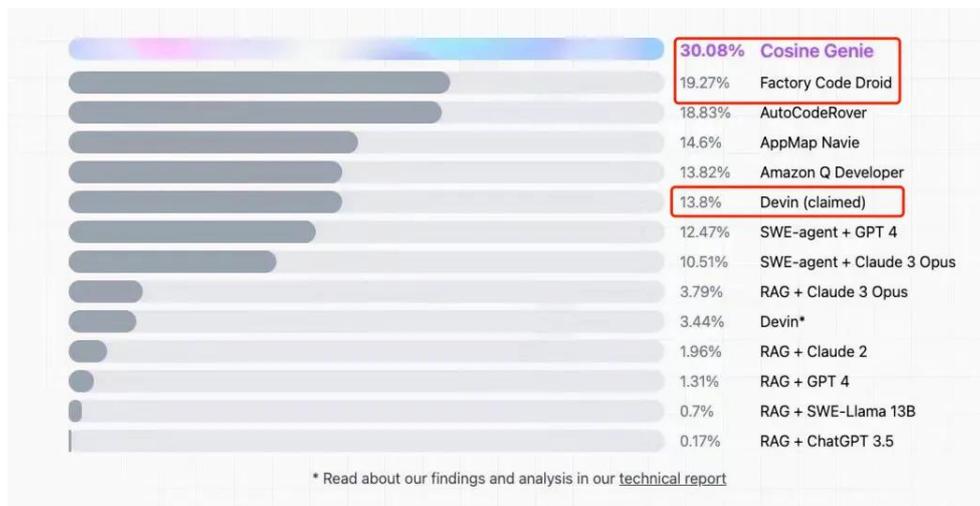
Genie 是由 Cosine AI 在 2024 年 8 月推出的革命性 AI 编程助手，其核心能力在于高度模拟人类工程师的认知与工作流程，实现了全自主的代码问题解决闭环。它能够自动解析 GitHub Issue 等任务描述，精准识别软件问题本质，并通过迭代分析确定所需代码文件及解决方案路径；随后自主编写代码并运行，若遇到错误会即时定位问题、修正代码并重新测试，直至问题完全解决。整个过程平均仅需 84 秒，且无需人工干预。

其底层技术融合了真实人类编程行为数据集训练与渐进式学习机制，通过分析海量工程师的开发活动（如成果分析、静态分析），复现了人类的问题分解、逻辑推理和决策制定能力。

Genie 的突破性体现在其对复杂情境的适应性及自我进化机制。在权威基准测试 SWE-Bench 中，它以 30.07% 的解决率大幅领先同类模型（如 Devin 的 13.8%），尤其在长上下文处理与代码检索方面表现卓越——可精准定位超 14 万行代码中的关键片段。其“自我改进”技术通过生成含错误的合成数据迭代训练模型，使初始方案准确率持续提升，大幅减少修正需求。这种能力已覆盖 JavaScript、Python、TypeScript 等主流语言，支持从缺陷修复、功能构建到代码重构的全流程开发任务，并可通过 GitHub Issue、API 等多渠道无缝集成至现有 workflow。

与 Devin 相比，Genie 更强调人机协作的“同事”属性，可主动通过 Slack 提问澄清需求，响应代码审查意见，并将代码直接存入用户 GitHub 仓库确保安全；Devin 虽支持 Slack 任务分配，但交互以单向执行为主。Genie 在 SWE-bench 测试中以 30.08% 的解决率碾压 Devin（13.8%），尤其在代码检索任务中准确率达 64.27%（需定位 14 万行代码中的关键片段），而 Devin 未公布类似能力。此外，Genie 支持 15 种编程语言（含 Java/Rust 等系统语言），且计划通过开源社区微调适配遗留代码库；Devin 则侧重自动化小任务（如单元测试生成）。Genie 凭借人类推理复现技术和长上下文处理能力，在复杂工程任务中展现出代际优势，标志着 AI 从“工具”向“协作体”的进化；而 Devin 作为先驱，仍聚焦基础编码自动化，两者定位已拉开差距。

Fig.125 Genie 与其他 AI 代码模型比较



Source: Cosine AI, HTI

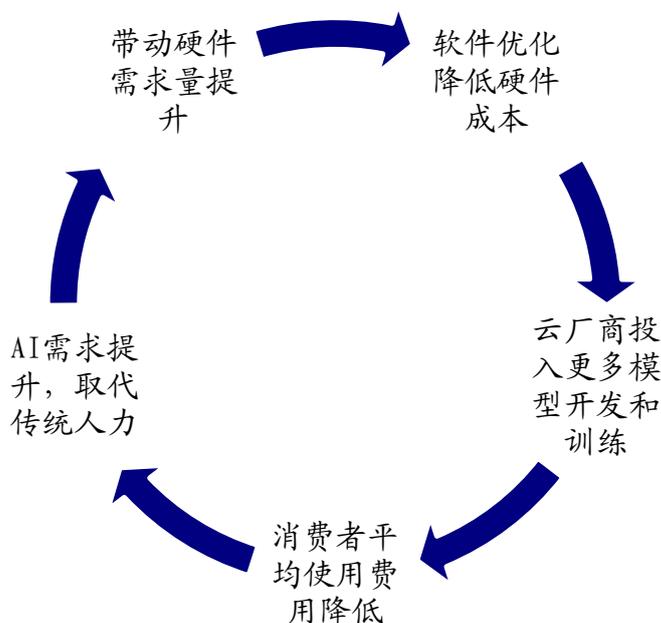
4. AI+编程的成本对比和商业逻辑

AI 编程工具（如 Cursor、GitHub Copilot）的成本主要由模型训练推理和调动 LLM 构成：

AI 模型推理需消耗大量算力，此由云厂商承担，而下游使用者需付订阅费用，此为云厂商收入，因此，云厂商需根据总 AI 需求市场分析投入的训练成本是否符合经济效益，若硬件成本过高或是终端需求过低无法带来收益，终端 AI 需求市场份额将被传统人力服务给侵蚀，而目前 AI coding 的发展已经证明硬件算力的需求可大幅的由软件的迭代所减少，这对云厂商来说是更利好其投入软体发展的关键因素，例如：

- DeepSeek R1 模型每百万输入/输出 token 成本为\$0.55/\$2.19，仅为 OpenAI GPT-o1 价格的 3%
- DeepSeek V3 训练成本为 557.6 万美元（278.8 万 H800 GPU 小时），效率显著高于同行

然而低推理成本依赖模型优化，但高并发请求仍需大量 GPU 资源支撑，因此对于硬件和软件的发展来说均向好。由于目前 AI 市场仍属于早期阶段，因此导致正向循环直至总人口数降低所导致的基础条件改变。



	印度外包 IT	AI 编码工具
成本类型	人力工资为主	GPU 租赁、模型调用、基础设施
典型单位成本	工程师月薪: \$1000-\$3000	GPU 租赁: \$3/小时; 模型调用: ¥0.003/千 tokens
效率提升	人力产出有限, 提升依赖培训	采纳率 40%-70%, 编码速度提升 3-5 倍
规模效应	低 (人力成本线性增长)	高 (模型复用降低边际成本)
风险与挑战	质量风险、裁员替代风险 (AI 威胁)	初始投资高、幻觉问题、企业规范适配不足

4.1 调动 LLM 的成本

以 Cursor 软件为例，Cursor 是一种 AI 增强型集成开发环境（IDE），它提供代码生成、编辑等功能，并集成多种 LLM（如 GPT-4、Claude 等）。其成本主要由两部分构成：一是硬件部署成本，二是其 LLM 调用费用。

Cursor 并非自身运营所有 LLM，而是集成外部模型（如 OpenAI 的 GPT-4 或 Anthropic 的 Claude），并通过 API 调用实现功能，因此成本取决于调用次数和模型类型。

对于高级模型（如 Claude Max），每次请求（prompt）或工具调用收取固定费用，一般为每次 0.05 美元。例如，用户使用 Claude 模型进行代码编辑或执行命令时，每触发一次调用就需支付这笔费用，如果使用 200 次工具调用，总成本可达 10 美元。费用随模型选择而异；Cursor 支持多模型（如 GPT-4、Claude3.7 Max），且 API 调用价格受时间折扣影响（如 DeepSeek 提供夜间优惠）。行业已展现 LLM 价格下降趋势，因 AI 行业价格战，LLM API 调用成本可能降低（如 DeepSeek 的 API 降价最高 75%），长期或减轻用户负担。

4.2 LLM Token 价格

当前 LLM token 价格呈现“两极分化”：高端模型（如 GPT-4.5）仍较高（输入超 37.5 美元），而优化版和开源模型（如 Gemini 2.0 Flash、DeepSeek R1）已降至 0.1 美元以下，国内模型更具价格优势（多数输入 0.3-20 元）。趋势上，成本年均降低 10 倍。LLM token 价格差异主要源于模型规模、推理深度和优化策略。复杂推理模型（如谷歌 Gemini 开启思考模式）消耗更多 tokens（最高达传统 LLM 的 20 倍），导致价格更高（如 Gemini 2.5 Flash 开启思考输出 3.5 美元/百万 tokens vs. 关闭模式 0.6 美元）。同时，缓存机制显著影响成本，缓存命中价格可降低 50% 以上（如 GPT-4.5 输入价 37.5 vs. 75 美元）。

		Gemini 2.5 Flash Preview (05-20) Thinking	Gemini 2.0 Flash	OpenAI o4-mini	Claude Sonnet 3.7 64k Ext. Thinking	Grok 3 Beta Extended thinking	DeepSeek R1
Benchmark							
Input price	\$/1M tokens	\$0.15	\$0.10	\$1.10	\$3.00	\$3.00	\$0.55
Output price	\$/1M tokens	\$0.60 No reasoning	\$0.40	\$4.40	\$15.00	\$15.00	\$2.19
		\$3.50 Reasoning					
Reasoning & knowledge Humanity's Last Exam (no tools)		11.0%	5.1%	14.3%	8.9%	—	8.6*
Science	single attempt (pass@1)	82.8%	60.1%	81.4%	78.2%	80.2%	71.5%
GPQA diamond	multiple attempts	—	—	—	84.8%	84.6%	—
Mathematics	single attempt (pass@1)	72.0%	27.5%	92.7%	49.5%	77.3%	70.0%
AIME 2025	multiple attempts	—	—	—	—	93.3%	—
Code generation	single attempt (pass@1)	63.9%	34.5%	—	—	70.6%	64.3%
LiveCodeBench v5	multiple attempts	—	—	—	—	79.4%	—
Code editing		61.9% / 56.7%	22.2%	68.9% / 58.2%	64.9%	53.3%	56.9%
Aider Polyglot		whole / diff-forced	whole	whole / diff	diff	diff	diff
Agentic coding		60.4%	—	68.1%	70.3%	—	49.2%
SWE-bench Verified							
Factuality		26.9%	29.9%	—	—	43.6%	30.1%
SimpleQA							
Factuality		85.3%	84.6%	62.1%	78.8%	74.8%	56.8%
FACTS Grounding							
Visual reasoning	single attempt (pass@1)	79.7%	71.7%	81.6%	75.0%	76.0%	no MM support
MMMU	multiple attempts	—	—	—	—	78.0%	no MM support
Image understanding		65.4%	56.4%	—	—	—	no MM support
Vibe-Eval (Reka)							
Long context	128k (average)	74.0%	36.0%	49.0%	—	54.0%	45.0%
MRCR v2	1M (pointwise)	32.0%	6.0%	—	—	—	—
Multilingual performance		88.4%	83.4%	—	—	—	—
Global MMLU (Lite)							

Methodology

Gemini results: All Gemini scores are pass @1 (no majority voting or parallel test time compute unless indicated otherwise). They are all run with the AI Studio API for the model-id gemini-1.5-flash-preview-05-20 and gemini-2.0-flash with default sampling settings. To reduce variance, we average over multiple trials for smaller benchmarks. Vibe-Eval results are reported using Gemini as a judge.

Non-Gemini results: All the results for non-Gemini models are sourced from providers' self-reported numbers unless mentioned otherwise below. All SWE-bench Verified numbers follow official provider reports, using different scaffolding and infrastructure. Google's scaffolding includes drawing multiple trajectories and re-scoring them using model's own judgement.

Thinking vs not-thinking: For Claude 3.7 Sonnet, GPQA, AIME 2024, MMMU come with 64k extended thinking, Aider with 32k, and H.E with 16k. Remaining results come from the non-thinking model due to result availability. For Grok-3 all results come with extended reasoning except for SimpleQA (Based on vAI reports) and Aider.

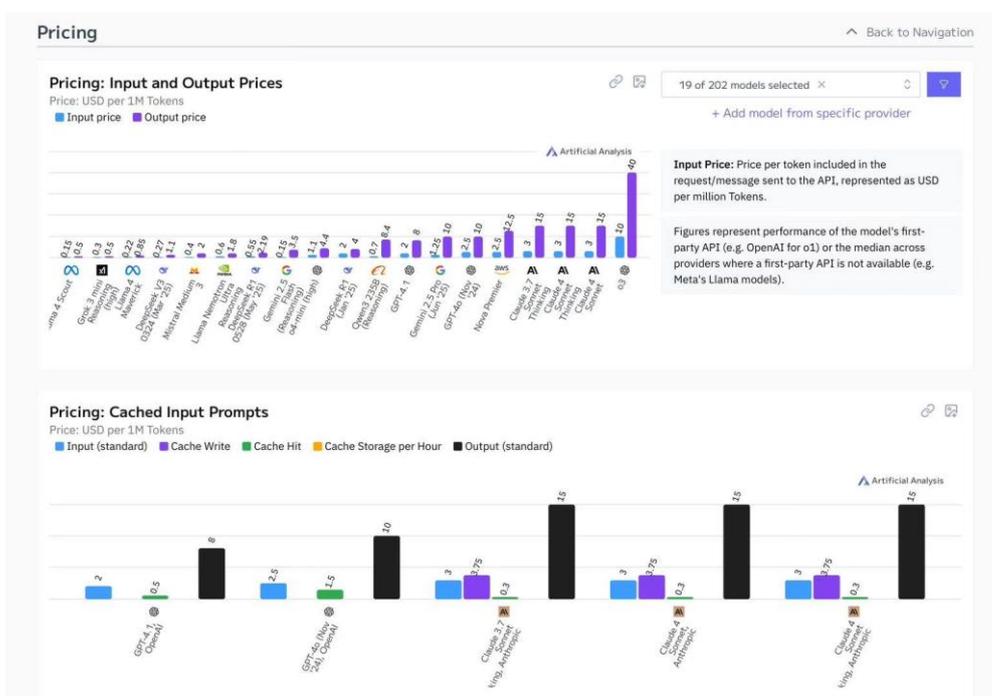
Single attempt vs multiple attempts: When two numbers are reported for the same eval higher number uses majority voting with n=44 for Grok models and internal scoring with parallel test time compute for Anthropic models.

Result sources: Where provider numbers are not available we report numbers from leaderboards reporting results on these benchmarks: Humanity's Last Exam results are sourced from <https://big.safel.ai/> and https://scale.com/leaderboard/humanitys_last_exam, AIME 2025 numbers are sourced from <https://matharena.ai/>, LiveCodeBench results are from <https://livecodebench.github.io/leaderboard.html> (10/1/2024 - 2/5/2025 in the US), Aider Polyglot numbers come from <https://aider.chat/docs/leaderboards/>, FACTS come from <https://www.kagggle.com/benchmarks/google/facts-grounding>, For MRCR v2 which is not publicly available yet we include 128k results as a cumulative score to ensure they can be comparable with previous results and a pointwise value for 1M context window to show the capability of the model at full length.

API costs are sourced from providers' website and are current as of May 20th.

* indicates evaluated on text problems only (without images)

模型名称	输入价格 (\$/百万 tokens)	输出价格 (\$/百万 tokens)
GPT-4.5 (OpenAI)	37.5 -75	150
GPT-4o (OpenAI)	1.25 -2.5	10
o1 (OpenAI)	15	60
o3 (OpenAI)	10	40
Gemini 2.0 Flash (Google)	0.025 -0.1	0.4
Gemini 2.5 Flash (Google)	0.15	0.6 -3.5
Claude 3.7 Sonnet (Anthropic)	3	15
Claude 3.5 Sonnet (Anthropic)	3	15
Claude 3.5 Haiku (Anthropic)	0.8	4
DeepSeek R1 (DeepSeek)	0.14 - 0.55	2.19
Llama3.2B (Meta)	~0.06	-
Llama3.170B (Meta)	<1	-



Source: Artificial Analysis, HTI

4.3 LLM 一体机自研趋势

LLM 自研趋势正加速，主要受技术创新（如 DeepSeek 的优化训练）、成本降低和行业定制需求驱动。端侧和本地部署成为热点（如 Apple、DeepSeek），开源模型（如 Meta 的 Llama、NVIDIA 的 Nemotron）促进生态扩散。

目前，如 Cursor 这样的 AI 编程助手，虽专注于集成大型语言模型（LLM）提升开发效率，但 Anysphere 也开发了专有 LLM 以增强 Cursor 功能，包括 Cursor-Fast 和 cursor-small 模型。这些模型降低了对第三方模型的依赖，优化计算效率。

模型	细节描述	状态与目标
Cursor-Fast	代码生成能力介于 GPT-3.5 与 GPT-4 之间；专注于高效生成和低计算消耗	开发中；集成 MoE 算法以降低资源需求
cursor-small	轻量级模型，用于基本代码补全和快速建议	已部署；在免费和付费版本中提供，支持日常编程任务

LLM 对硬件要求的影响主要体现在实时性、计算能力、内存需求、成本及能效等方面。优先考虑工作负载特性。稳定负载选 ASIC 降低成本；复杂多变负载选 GPU；需低功耗或端侧部署选 NPU；FPGA 用于动态优化场景。训练千亿级模型需超 2000 块 H800 GPU 集群，私有化部署强需求场景（企业服务器）进一步推高成本。

- **性价比与 TCO:** ASIC 在长期部署中成本优势显著（参考：ASIC 比 GPU 便宜 40%），尤其对超大规模用户。但小型企业可能因前期投入高而倾向于 GPU 或云方案。NPU 和 FPGA 在特定场景下能效更好，如 NPU 能降低延迟 40%+，支持快速迭代。
- **灵活性与适应性:** GPU 和 FPGA 更灵活，适应快变工作负载（e.g. 新模型发布）；ASIC 固化后难升级。芯片融合是趋势（如 CPU+GPU+NPU 超异构架构），以兼容多样化需求。
- **安全与国产化:** 国产芯片（如昇腾、海光）在私有化部署中崛起，保障数据安全；一体机深度适配国产硬件（e.g. DeepSeek 模型适配昇腾芯片）。NPU 因能效优势，在移动/边缘端受青睐。
- **性能指标:** 推理效率关键在显存容量、并行能力（e.g. 每用户响应时间、并发处理量）；GPU 显存容量大，适合 70B+ 参数模型。自研芯片（如定制 CPU）可提高计算密度，适合大规模节点。

	一体机部署	云调用
初期成本	高（需硬件投入）	低（按需付费）
长期成本	低（TCO 优化）	高（API 按 token 计费）
数据安全	高（私有网络隔离）	中（云安全依赖供应商）
部署灵活性	中（需硬件适配）	高（弹性扩容）
性能效率	高（本地优化）	可变（网络延迟影响）
可控性	高	低（依赖云平台）
适用客户	政府、金融、大型企业（数据敏感）	初创企业、个人用户

- **成本维度:** 云调用初期无硬件投资（token 付费约 <\$0.5/1M tokens），适合小规模测试。但长期使用（如频繁推理）成本飙升，例如云 API 成本比本地部署高 60%。一体机前期投入大（e.g. GPU 服务器采购），但随业务量增加，TCO 更低
- **安全与控制:** 云调用依赖供应商安全措施，可能受数据泄露风险

- **效率与部署**：一体机通过本地优化（如模型并行策略、显存优化）提升效率（e.g. GPU 利用率达 85%+）云调用易受网络延迟影响，但弹性扩容优势明显（e.g. 云集群支持万卡 GPU）然而，云推理硬件未必优化（e.g. 节点规模大但性价比可能不如专用一体机）
- **技术与生态**：云平台整合算力、模型和工具（e.g. 阿里云、腾讯云支持 DeepSeek 模型），降低开发门槛。一体机需自建生态（e.g. UCloud 预装工具链），但国产化适配更好

一体机主要供应商

供应商名称	代表性产品	主要特点与应用场景
商汤	小浣熊一体机	搭载国产银河麒麟操作系统，内置 SenseNova V6 大模型，能够加速模型推理，显著降低延迟和算力成本。
华为	昇腾 DeepSeek 一体机	全栈国产化，支持 DeepSeek 全系列模型，覆盖语言理解、图像分析等全场景；应用于金融、科研、医疗
浪潮信息	海若一体机	基于沐曦国产 GPU，支持 DeepSeek 671B 单机推理，适用智能客服、工业质检
联想	擎天 IT 引擎一体机	全球产能布局，兼容 NVIDIA 及国产芯片，适用企业私有化部署
中国电信	息壤智算一体机	基于昇腾 910B 芯片，提供全栈国产推理服务，支持 DeepSeek-R1/V3；面向大型企业和政府
中国移动	智算一体机-DeepSeek 版	国产 CPU/GPU 核心，“开箱即用”，支持快速 AI 应用部署
拓维信息	兆瀚 AI 服务器	基于昇腾芯片，针对政务和教育高并发需求，支持 DeepSeek-R1/V3 全系列
京东云	智算一体机	支持多种国产 AI 加速芯片，帮助企业高效部署 AI 方案
百度智能云	百舸 DeepSeek 一体机	搭载昆仑芯 P800，成本优势显著，支持 500 人并发使用
紫光股份	UniCube 一体机	适配 DeepSeek-R1，提供私域部署方案，面向政企用户
软通动力	AI 一体机 DeepSeek 版	预装 DeepSeek 模型，内置 ISSAIAgent，覆盖金融、财务领域
科大讯飞	星火+DeepSeek 双引擎一体机	融合行业大模型，支持办公室和机房灵活部署
开普云	开悟 AI 大模型一体机	超小型“开悟魔盒”支持端侧部署，内置 100+模型库，适用高安全场景
恒为科技	昇腾 DeepSeek 训推/推理一体机	“开箱即用+高并发低时延”，覆盖政务、医疗垂直行业

多款 DeepSeek 一体机面向开发者场景，集成模型、硬件与部署环境。火山引擎推出的 DeepSeek 版 AI 一体机内置“满血”DeepSeek-R1 模型，具备本地高效推理能力，支持任务管理、低代码开发与模型安全控制，开箱即用、几小时内即可部署应用，显著提升开发效率。太米智能（TYMII）则提供高度集成的一体机产品，结合高性能硬件、算法框架与应用软件，支持本地化部署并提供多种配置，便于企业按需选择，降低运维难度。

云调用主要供应商

供应商名称	AI 调用服务	主要平台与特点
阿里云	通义千问大模型 API	支持按 Token 付费调用，与通义千问深度融合，适用电商、短剧制作
百度智能云	文心一言+DeepSeek 接入	提供 MaaS（模型即服务），降低训练技术门槛
华为云	昇腾云服务	结合昇腾芯片优化 AI 训练/推理成本
腾讯云	TI 平台 API	整合多模型，支持 AI 虚拟试穿等电商应用
京东云	智算云 API	容器化服务贴合场景需求，促进模型快速部署
火山引擎	字节跳动大模型 API	服务于字节生态，专注内容创作与翻译优化
运营商云	移动云/天翼云/沃云	提供公有云托管服务，企业可结合私有化需求混合部署
深信服	AICP 算力平台	超融合架构提升并发性能 5-10 倍，对比 Ollama 方案

当前主流云端 AI 服务的 API 定价采用输入/输出分离计价模式，典型模型定价如下（按每百万 tokens 计费）：

模型名称	输入价格（缓存命中）	输入价格（缓存未命中）	输出价格
DeepSeek-V3	0.5 元	2 元	8 元
DeepSeek-R1	-	-	约 16 元
字节 Seed1.5-VL	3 元	-	9 元
阿里云百炼-qwen-max	2.4 元	-	9.6 元
GPT-4o	9 元	18 元	72 元
Claude-3.5-Sonnet	10.8 元	21.6 元	108 元

4.4 一体机 GPU 成本：

推理一体机：行云蚂蚁一体机（双路 AMD CPU+消费级 GPU）价格<10 万元，典型国产大模型一体机（如昇腾/寒武纪方案）价格区间为几十万至数百万元。训推一体机（支持训练+推理）：价格可达数百万元（如中国电信“息壤”方案）

GPU 型号	租赁价格	货币单位	优势
NVIDIA H100	≈3 美元/小时	美元	市场主流，生态成熟
AMD Instinct MI300X	≈1.5-2 美元/小时	美元	高性价比，适合大模型训练

业务模式	成本构成	适用场景
云端 API 按 Token 计费	纯使用量付费（如输出 8 元/百万 tokens）	短期弹性需求、中小型企业、开发测试环境
一体机私有化部署	一次性硬件投入（如 100 万元）+ 运维能耗费	长期高并发、数据敏感型场景（政务/金融）

使用量经济阈值（以 DeepSeek-V3 为例）

平衡点测算：假设企业 5 年需处理 1,250 亿 tokens：云服务成本：1,250 亿 tokens × 8 元/百万 tokens = 100 万元；一体机成本：行云蝼蚁一体机（10 万元/台）需 40 台满负荷运行 5 年，总硬件投入 400 万元。结论：低于该阈值选云服务更经济，高于则一体机摊薄成本优势显现。

4.5 硬件于不同模型的运用及其行业改变

根据沙利文研究指出，AI 代码生成的硬件成本约占其全成本的 70%，以 CPU、GPU 以及存储为主，其余为软件成本，包括操作系统、开发工具、第三方服务费用和维护升级。而适当的超前部署硬件设施能有效提供业务扩展的可能性，预留足够资源确保未来系统稳定运行。

AI Coding 正深刻改变算力架构，通过大模型优化代码生成、调试与部署流程，大幅提升开发效率（效率提升 30%-40%），但其底层依赖的算力需求正推动硬件生态系统性变革。尤其推动硬件向高效能、低功耗、定制化方向演进。以下针对各类硬件的影响变化逐一分析：

	GPU 通用型	FPGA 半定制化	ASIC 全定制化	CPU 通用型
成本	高	中	低	高
功耗	高 800W	中	低 < 200W	中
性能	计算性能强、产品成熟	平均性能较高、功耗较低、开发周期短	平均性能强、功耗低、体积小、开发周期长	RISC-V 崛起，推理效率优化
缺点	效率不高、功耗高、成本高	量产成本高(ASIC+40%)、算力较低	研发成本高、灵活性低	算力局限
应用场景	云端训练、推理	云端推理、边缘端推理	云端训练、推理、边缘端推理	通用控制、端侧部署

4.5.1 CPU: 协调芯片间的运作

- 控制核心角色强化: AI 计算中, CPU 不再承担核心计算任务但仍负责数据调度与任务协调, 但在推理场景重要性提升。例如 DeepSeek 模型在 CPU 上部署高效, 降低算力需求并发挥同构计算优势。
- RISC-V 架构: 开源 RISC-V 凭借灵活定制特性, 成为 AI 计算新势力。例如达摩院在搭载 RISC-V 的玄铁 C920 芯片上对 DeepSeek R1 系列蒸馏模型进行适配仅需 1 小时, DeepSeek 系列模型将能够顺利部署并流畅运行在全系列玄铁 CPU 平台及其他搭载 RISC-V 架构芯片的各类 AI 端侧设备上
- 成本占比关键: 根据 IDC 数据, 在各类服务器中, CPU 成本占比达基础型 32%, 高性能型 23.3%, 推理型 25%, 训练型 9.8%, 是 AI 任务基础硬件

4.5.2 GPU: 短期需求波动

- 训练主导地位稳固: GPU 凭借并行计算优势仍是 AI 训练主力。但根据 DeepSeek 的技术新影响来看, 优化计算效率, 能大幅降低训练需求 (-90% 与 Llama 3 相比)。
- 推理场景竞争加剧: 然而, 随着 AI 需求的普及, 推理算力的需求增长成为主要竞争市场。ASIC 和 FPGA 在推理端凭借低功耗优势分流市场, GPU 需优化能效。
- 影响: 云厂商放缓 H100 服务器采购, A100 等老款 GPU 价格承压。例 DeepSeek R1 通过低精度训练 (FP16 至 INT8)、MOE 架构优化, 使推理成本下降 82.5%, 内存需求下降 30%, 削弱对高端 GPU 的依赖

指标	训练阶段	推理阶段
算力需求	集中式 (数千万 GPU 小时)	持续性 (日活用户达千万级应用)
硬件响应	GPU 为主	GPU 主导云端 ASIC/FPGA 抢占边缘
能效要求	高吞吐	低延迟 (GPU<1ms)

- **目前 CUDA 生态构筑硬件壁垒:** AI 工作负载 (如矩阵运算) 需定制指令集提升效率。PTX 指令针对英伟达 GPU 优化算力吞吐, 但移植其他硬件需重写底层代码, 增加开发成本。例 FlashAttention 3 迁移至 Ampere 架构需重构指令。英伟达禁止通过翻译层在其他硬件运行 CUDA 软件, 封堵国产芯片 (如海光/登临) 的兼容路径。需反编译模拟算子实现, 但闭源 CUDA 持续更新导致算子不兼容风险。
- 未来随着软件层改变: 构建 CUDA 替代生态 (如华为升腾 CANN), 通过细粒度控制硬件资源 (如 GPU 或 AI 芯片), 汇编层减少了高级语言的抽象层开销。这使得模型推理和训练速度更快, 例如在 AI 场景中, 汇编层能动态调度计算资源, 避免缓存问题并提升整体吞吐量。

4.5.3 FPGA

- 灵活性与边缘计算优势: FPGA 半定制特性适合算法快速迭代, 在云端推理和边缘端 (如工业、汽车) 渗透率提升。
- 技术追赶与价格压力: 中国内 28nm FPGA 已量产, 但与 7nm 国际差距明显; AI 对 FPGA 而言也是个利好的趋势, 只不过通常 FPGA 市场相较于其他芯片市场是更加稳定的, 很难出现大幅起落, 因此主要影响市场价格的因素为同业压价竞争。
- 开发瓶颈: Verilog 等硬件描述语言门槛高于 CUDA, 开发周期长, 量产成本高于 ASIC 30%

4.5.4 ASIC

- 定制化浪潮兴起：云厂商（如 AWS、谷歌）自研 ASIC 芯片（如 TPU、寒武纪思元），针对特定负载优化性能与功耗，降低对 GPU 依赖。为特定任务（如 Transformer 模型）定制计算单元，功耗较 GPU 降低 50%，延迟优化至 1μs
- 推理市场主导：ASIC 在推理场景单位算力功耗比 GPU 低 30%以上，成为大模型部署首选，这是由于 Datacenter 的电费成本特别高，导致低功耗成为重要竞争优势。
- AI 算法迭代周期（6 个月）快于 ASIC 研发周期（18 个月）

ASICs	优势	缺点
定制化	性能/功耗最优	研发周期长（2-3 年）
灵活性	无	算法迭代后难以修改
成本	量产单价低	初期投入成本高

4.5.5 SoC

- 异构集成趋势加速：SoC 芯片包含中央处理器(CPU)、图像处理器(GPU)、音频处理器(DSP)、深度学习加速单元(NPU)、图像信号处理器(ISP)、专用集成芯片(ASIC)及半定制电路芯片(FPGA)等，AI 驱动 SoC 整合 CPU+NPU+加速单元（如自动驾驶芯片采用 CPU+ASIC 架构），满足端到端算力需求。
- Chiplet 技术突破：通过 2.5D/3D 封装集成 CPU、GPU、NPU 模块，系统性能提升 40%，研发周期缩短 50%
- 端侧 AI 爆发：智能手机、车载设备通过 SoC 提升边缘推理能力，如 Axelera AI 的 Titania 芯片支持从边缘到云的线性扩展。

4.5.6 MCU

- 低功耗场景升级：传统 MCU 主导车身控制等低算力场景，但 AIoT 需求推动其集成轻量 NPU（如 RISC-V 核），支持端侧基础推理。
- 主要用于智能家居和穿戴设备中，MCU 难以支撑复杂 AI 任务，市场份额面临挤压。

4.5.7 RISC-V

- 开源生态颠覆格局：
 - 高性能突破：RISC-V 是一种开源技术，用于设计一系列复杂度较低的芯片，包括智能手机芯片到 ai 服务器的 CPU，它的竞争对手包括 x86 以及 Arm。欧盟 DARE 项目投入 2.4 亿欧元开发 RISC-V HPC 芯片，瞄准 AI 与超算市场。
 - AI 相关设计：Semidynamics 最近宣布推出 Cervell™，这是一款完全可编程的神经处理单元 (NPU)，旨在处理从边缘到数据中心的可扩展 AI 计算。该架构植根于开放的 RISC-V 生态系统
 - 替代加速：RISC-V 的根本优势在于成本，且能降低芯片设计门槛降低，市场推动 RISC-V 替代 ARM/x86。在 AI 编程更迭趋势下，将加速 RISC-V 的渗透率。

场景	硬件需求重点
云端训练	高性能 GPU (如 H100、B100)
云端推理	ASIC (TPU、昇腾)、FPGA
边缘推理	NPU、低功耗 ASIC、RISC-V
终端推理	SoC 集成 NPU (如苹果 M 系列)

4.6 LLM 和 Code gen 发展影响

LLM 大语言模型的底层技术发展速度略快于 AI 代码生成应用，但后者在商业化应用层面的增速正迅速追赶。AI 代码生成作为应用层工具，发展势头强劲，尤其低代码平台正在快速主导市场，但增速略低于 LLM 底层技术。LLM 硬件需求集中在数据中心级别（如 GPU 集群和高带宽内存），目的是应对模型规模扩增；而 AI 代码生成应用更多面向终端用户，硬件轻量化利于快速部署

	LLM (训练和推理)	AI 代码生成应用 (主要为推理)
训练需求	相当高：需大规模 GPU/TPU 集群（如 2048 个 H800 GPU 训练 DeepSeek-V3），强调 FP8 低精度计算和并行架构。	低：通常不涉及训练，仅需小规模云服务或边缘设备；模型预训练由 LLM 厂商提供。
推理需求	较高：需高带宽、低延迟网络（如 Nvidia NVLink72 互连），内存容量要求大（HBM 带宽需 1000+GB/s），支持长上下文窗口（16K+词元）。	中低：轻量化推理，依赖优化模型（如移动端 FastVLM）；带宽需求中等（LPDDR5 带宽~66GB/s），更适合云服务或智能手机。

4.7 结论

- 算力架构多元化：AI 推动 GPU、ASIC、RISC-V 等并行发展，场景分化加剧。预计未来云端 GPU+边缘 FPGA/ASIC+端侧 RISC-V 的混合架构成为主流
- 推理市场成为焦点：终端应用爆发带动硬件向低功耗、高效能演进，ASIC 与 RISC-V 最受益
- 国产替代方案：随着软件层的递进，未来突破 CUDA 的封锁，能多发展取代的生态架构，例如华为，以支持国产芯片的兼容路径

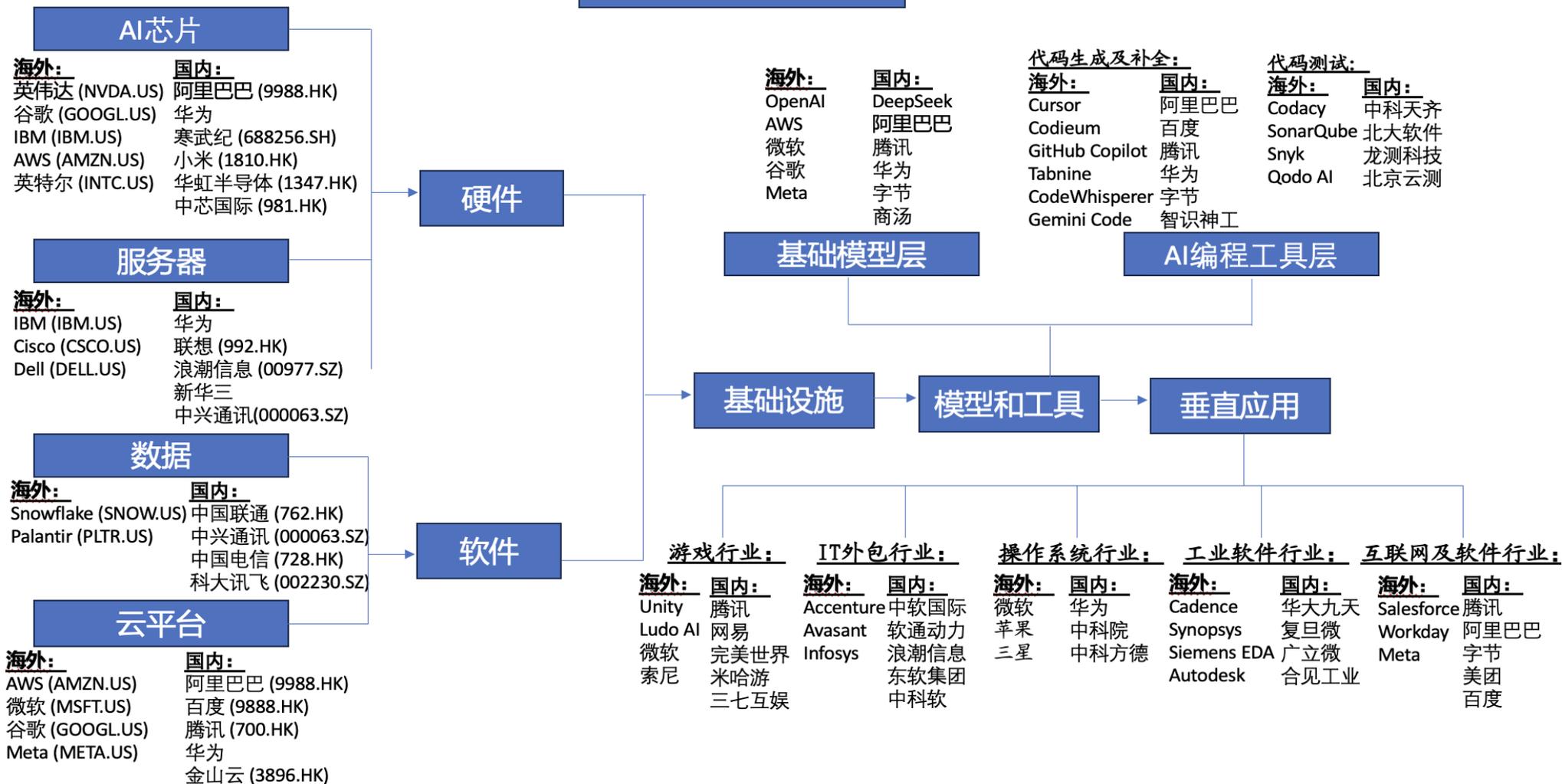
5. 对产业生态带来的机遇与挑战

AI 编程技术正在重塑全球软件产业生态，为行业带来前所未有的创新机遇。根据 Markets and Markets 数据显示，AI 编程工具市场规模预计从 2023 年的 43 亿美元激增至 2028 年的 126 亿美元，年复合增长率达 24%。这一增长背后，To B（To Business）与 To P（To Professional）领域率先形成成熟市场生态。专业开发者群体凭借代码理解能力与工程化思维，能够精准运用 AI 工具实现“能力放大”而非“从零学习”。GitHub Copilot 已积累超过 1500 万用户，其代码补全功能使开发者任务完成速度提升 55%，印证了 AI 与专业技能的协同效应。在垂直行业应用中，游戏、IT 外包、操作系统、工业软件及互联网软件的开发成为 AI 编程技术渗透的先行领域。例如，游戏行业通过神经渲染技术将 AAA 级项目开发周期压缩 40%，Unity 引擎集成 AI 工具实现 GPU 负载降低 37% 的同时保持视觉保真度，推动产业从效率优化向创新驱动跃迁。

技术演进也伴生结构性挑战，需产业协同应对。斯坦福大学研究显示，AI 生成代码的安全漏洞率比人工编码高 41%，GitHub Copilot 的集体诉讼案暴露开源协议合规风险，但行业正通过 CodeDNA 检测系统（识别准确率 83%）和区块链存证技术构建新标准。人才短缺压力催生教育创新，纳米学位项目使技能迭代速度提升 40%，亚马逊 AWS 再培训计划提升开发者生产力 39%。尽管 Gartner 预测 2027 年 70% 软件创新将源自 10 人以下团队，但企业需平衡效率与质量。这场变革本质是价值再分配：当重复编码被自动化取代，人类智能向系统设计、伦理治理等高阶领域迁移，推动产业向“人机共生”的新范式进化。

AI 编程的产业生态图

AI Coding产业生态图

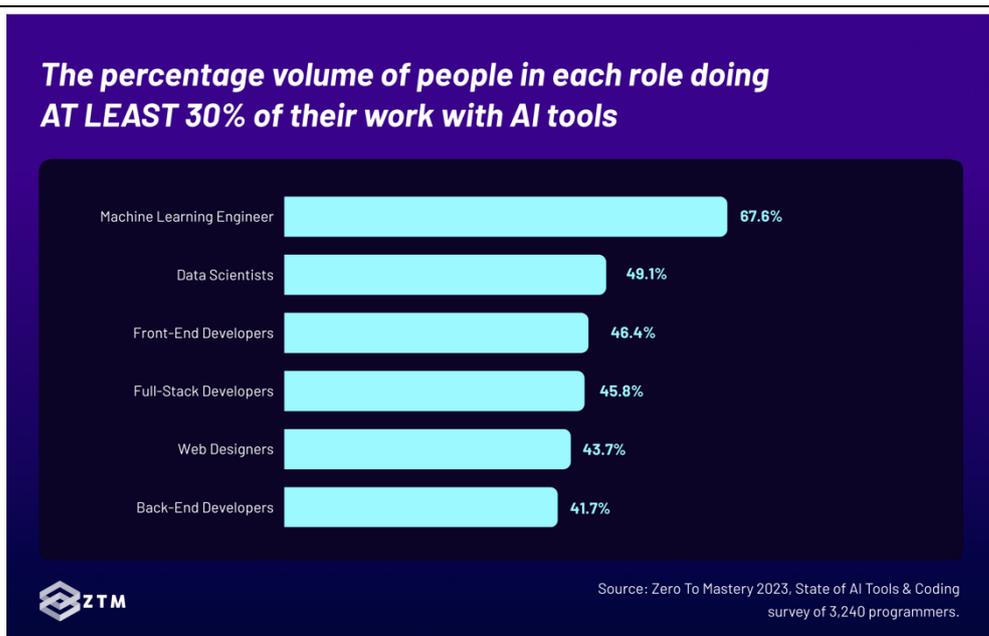


Source: Wind, HTI

5.1 ToB 和 ToP 领域的机遇

在 AI coding 工具的演进图谱中，ToP（To Professional）与 ToB（To Business）产品会率先形成成熟的市场生态。专业开发者群体天然具备代码理解能力与工程化思维，使其能够精准运用 AI 工具实现“能力放大”而非“从零学习”——GitHub Copilot 的商业化路径印证了这点，其个人版与商业版分别以 \$10/月与 \$19/月的定价策略，精准捕获了 200 万付费开发者用户。反观 ToC 领域，即便如 Replit Agent 等工具降低了代码编写门槛，但缺乏系统化工程思维的普通用户仍需跨越“需求抽象-逻辑拆解-调试优化”的全链路认知鸿沟，这导致工具使用往往止步于片段生成而非完整项目交付。更深层的商业逻辑差异在于价值锚点：企业客户愿为 AI 编码工具支付溢价，因其直接对应可量化的成本削减——微软 Azure 的实践显示，AI 辅助开发使企业单项目人力成本降低 37%，缺陷修复周期缩短 62%，而个体用户的付费意愿则受限于非刚需属性与替代方案（如通用大模型）的免费可用性。这种市场分化本质揭示了软件开发领域的“能力杠杆效应”：当工具使用者本身具备高阶技能时，AI 的边际效用将呈指数级放大。

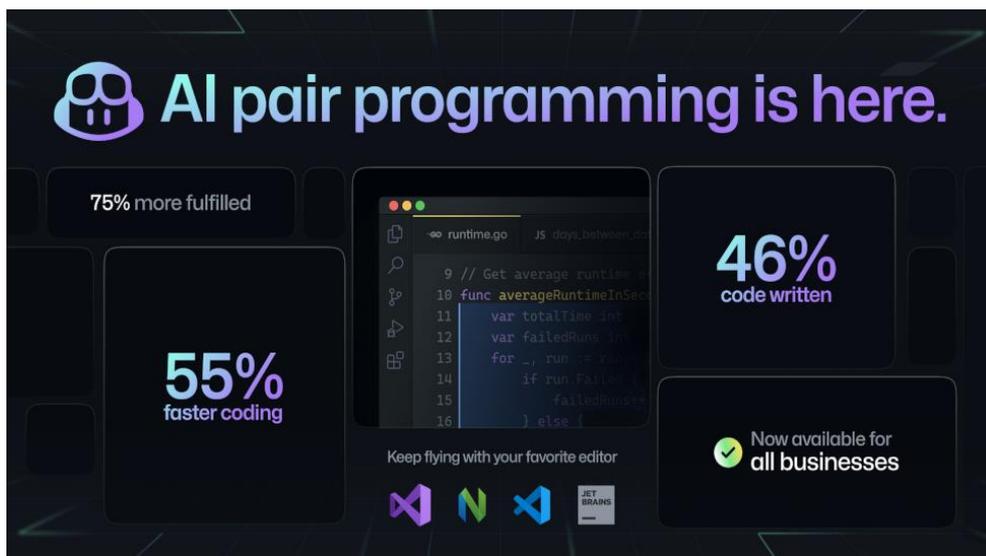
图：67.6%的机器学习工程师正在使用 AI 工具来帮助完成至少 30%的工作



Source: Zero To Mastery, HTI

AI coding 工具通过自动化代码生成与智能补全功能，显著压缩传统开发周期。以 GitHub Copilot 为例，其基于大规模代码库训练的语言模型能够根据上下文生成完整函数模块，90%的开发者表示他们在帮助下更快地完成任务，73%的人表示这有助于节省他们的精力。75%的人还表示由于工作效率提高使他们更有成就感。从具体实施效果来看，Copilot 使开发者解决特定问题的速度提升 55%，且有 46%的代码是在其帮助下编写的。在 ToB 场景中，这种能力直接转化为客户需求的快速响应——金融科技公司 Intuit 通过部署生成式 AI 工具，将功能交付周期从数周缩短至数天，同时保持代码合规性。更值得注意的是，AI 驱动的实时代码重构工具（如 Amazon CodeWhisperer）可在开发过程中动态优化架构设计，使大规模企业系统的迭代效率提升 30%。这种“开发即优化”的模式正在重新定义软件交付的 SLA 标准。

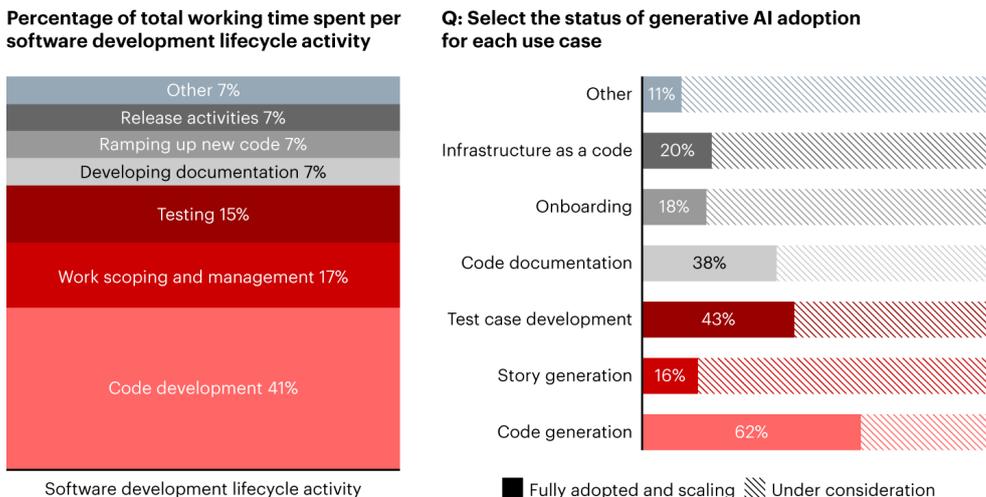
图：Copilot 显著提高开发者工作效率



Source: TechRadar, HTI

低代码平台与 AI 测试工具的融合，正在颠覆传统软件开发的经济模型。 Aegis Softtech 的实践表明，结合 AI 辅助编码与自动化测试，可将电商平台开发成本降低€150,000，同时通过智能 SEO 优化提升销售额。对专业开发者而言，AI 工具在代码审查环节的异常检测准确率已达 92%，相比人工审查节省 75%的时间成本。更深远的影响体现在维护阶段——微软 Azure 的 AI 运维系统能预测 83%的生产环境故障，使企业年度运维支出平均减少\$2.4M。这种成本优化具有乘数效应：当开发、测试、运维全链条实现 AI 赋能，企业可将更多资源投入创新性功能开发。

图：AI coding 主要用于代码生成及测试用例



Note: Excludes respondents who are not directly working with generative AI (n=199)
Source: Bain Software Developers Survey, 2024 (n= 209)

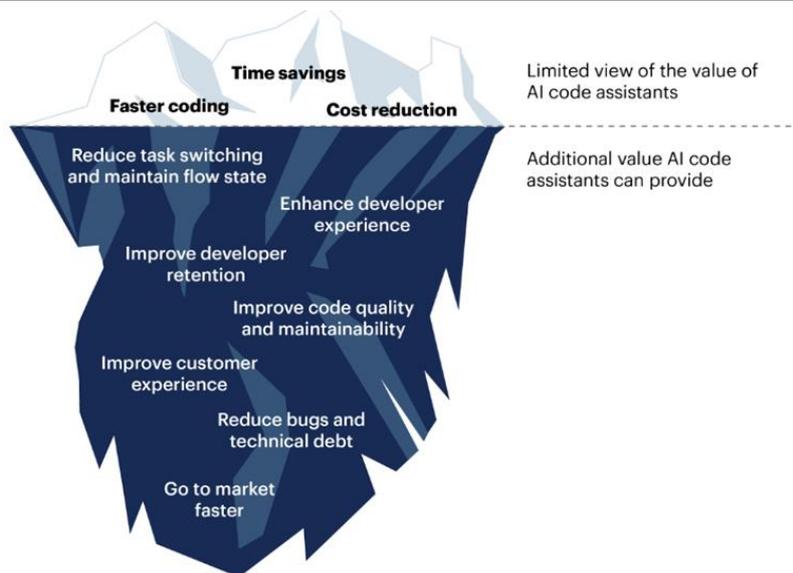
Source: Bain&Company, HTI

通过接管重复性认知任务，释放开发者的创造性潜能。 Gartner 研究显示，使用 AI 助手的工程师在算法设计环节的认知负荷降低 57%，使其能够更专注于业务逻辑创新。在 ToP 领域，这种改变尤为显著：Stack Overflow 的开发者调研表明，AI 工具使高级工

工程师在架构设计上的时间占比从 35% 提升至 68%，同时将代码调试耗时从日均 3.2 小时降至 0.9 小时。更值得关注的是群体智能的激发——GitHub 的 AI 结对编程实验显示，开发者群体在 AI 辅助下提出的创新解决方案数量增加 2.3 倍，且方案可行性提升 41%。

AI 技术正在突破人类开发者的能力天花板。在复杂系统领域，Google 的 AlphaCode 已能自主解决 Codeforces 竞赛中前 54% 的算法难题，这种能力正被转化为企业级遗留系统重构工具。对专业开发者而言，AI 扮演着“能力放大器”角色：初创公司 Replit 的 AI 编程环境使单开发者能够管理过去需要 5 人团队维护的微服务架构，通过智能接口生成将系统耦合度降低至 0.2。在跨平台开发场景，微软的 Power Platform 利用 AI 自动转换不同框架的代码实现，使多端一致性开发效率提升 400%。这种能力拓展不仅改变个体开发者生产力，更在重塑整个软件行业的产能格局。

图：降本增效之外，AI coding 工具还带来代码质量、开发者体验及产品上线等多方面提升



Source: Gartner
805502_C

Gartner

Source: Gartner, HTI

到 2028 年，75% 的企业软件工程师将使用 AI coding 工具，而这一比例在 2023 年初还不到 10%。Gartner 咨询公司在 2023 年第三季度对 598 名全球受访者进行的调查显示，目前有 63% 的组织正在进行 AI 代码助手的试点、部署或已经完成部署。AI 代码助手不仅能提供代码生成和补全功能，还能作为协作助手，通过激发头脑风暴和提升代码质量来提高开发者效率，并使开发者能够持续提升技能，熟练掌握各种编程框架。这些优势有助于提高工作满意度和员工留存率，从而节省与人员流失相关的成本。Gartner 高级主任分析师菲利普·沃尔什表示，软件工程领导者在推广 AI coding 工具时，必须确定投资回报率（ROI）并建立商业案例。然而，传统的 ROI 框架通常引导工程领导者关注以成本削减为中心的指标，这种狭隘的视角未能全面体现 AI 代码助手的价值。

5.2 对特定行业的机遇

5.2.1 对游戏行业的影响

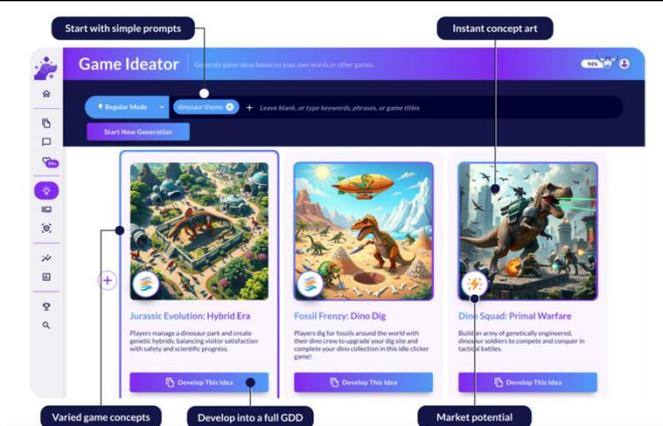
AI coding 有望重塑游戏开发流程，为整个行业带来质的飞跃。现代游戏开发的复杂性不断增加，单个 AAA 级游戏的开发成本已经超过 1 亿美元，开发周期往往长达数年。以 Ludo.ai 为代表的集成化工具链，通过自然语言处理技术将游戏概念直接转化为可执行的 Unity 代码。开发者仅需输入“开放世界 RPG+动态天气系统+物理破坏效果”等描述性指令，系统即可自动生成对应的场景管理模块、粒子效果控制器及刚体碰撞检测算法。这种“意图即代码”的开发模式，使得原型验证周期从传统数周压缩至 48 小时内完成。在资产生成维度，Rosebud AI 的神经渲染引擎实现了 3D 模型与材质贴图的端到端生成。其基于扩散模型的生成架构，能够根据“中世纪骑士盔甲带有魔法符文”等文本描述，直接输出符合 PBR 渲染标准的 GLB 格式模型文件，多边形优化水平达到 AAA 游戏标准。这种技术突破使得中小团队能够以相当低的成本获得专业级美术资源，将资源投入重点转向玩法创新。

图：Ludo AI 游戏开发界面



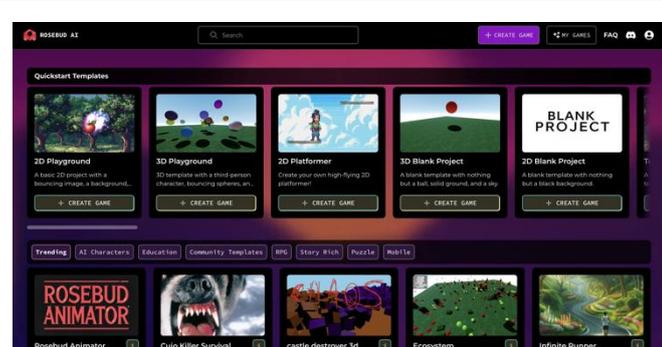
Source: Lugo.ai, HTI

图：输入关键词或选择相关主题即可快速生成



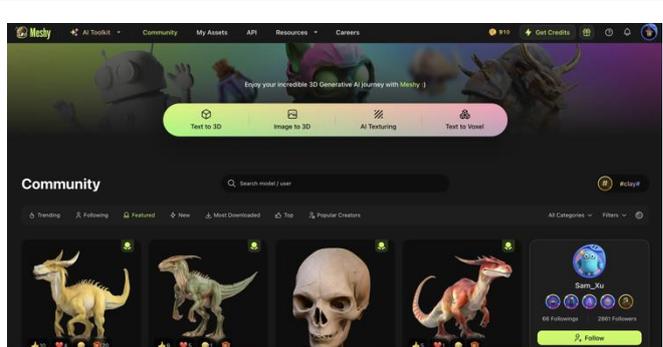
Source: Lugo.ai, HTI

图：Rosebud AI 游戏开发界面



Source: Meshy.ai, HTI

图：Meshy AI 专注于 3D 模型生成

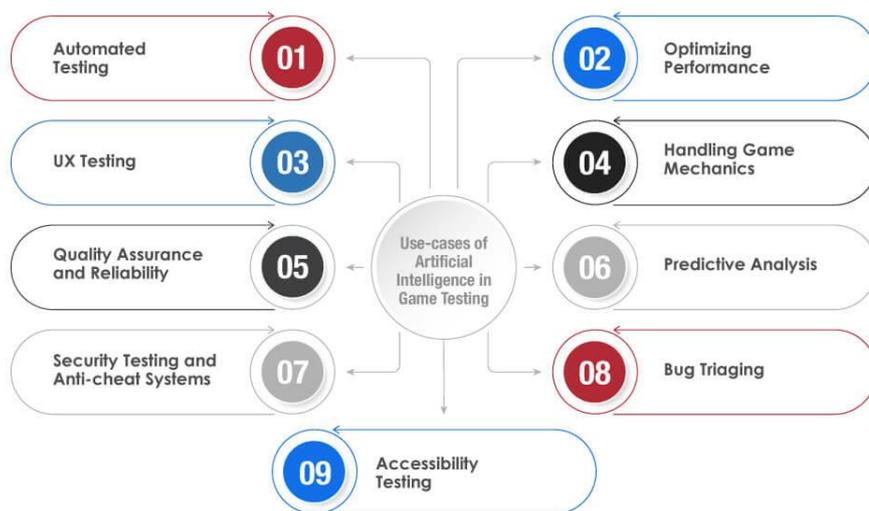


Source: Meshy.ai, HTI

此外，AI coding 驱动的自动化检测系统正在颠覆传统游戏测试流程。传统的游戏测试需要大量人工投入，往往占据开发周期的相当比例。AI 驱动的工具能够自动化执行数千种测试场景，识别那些人工测试可能遗漏的边缘情况问题。机器学习算法通过分析大量游戏数据，能够预测潜在的 bug 出现位置，使测试人员能够更有针对性地进行检测。这种预测性测试能力不仅提高了 bug 检测的准确性，还能够在问题实际影响玩家之前就将其解决。实时监控系统能够持续分析游戏性能，即时检测异常情况，这种主动式的质量保证方法确保了游戏能够更快上市，同时保持更高的质量标准。

在实际场景中，modl:test 平台通过强化学习算法构建的测试智能体，能够在 72 小时内完成相当于 3000 人工小时的测试覆盖量。其独特之处在于构建了基于玩家行为概率分布的测试场景生成模型，能够自动识别高概率用户路径与边缘用例组合。在《暗影之境》MMO 项目的测试中，该系统提前 46 天发现会导致服务器集群崩溃的副本触发条件，避免上线后可能造成的数百万美元损失。更值得关注的是 AI 在性能优化领域的深度应用。Unity 引擎集成的 AI Profiling 工具，通过时序预测模型对渲染管线进行动态优化。在《赛博都市 2077》项目中，该工具将 GPU 峰值负载降低 37%，同时维持视觉保真度不变。其核心技术在于构建了基于神经架构搜索的着色器优化算法，能够自动生成适配不同硬件架构的最优计算路径。

图：AI coding 驱动的自动化监测系统正在颠覆传统游戏测试流程

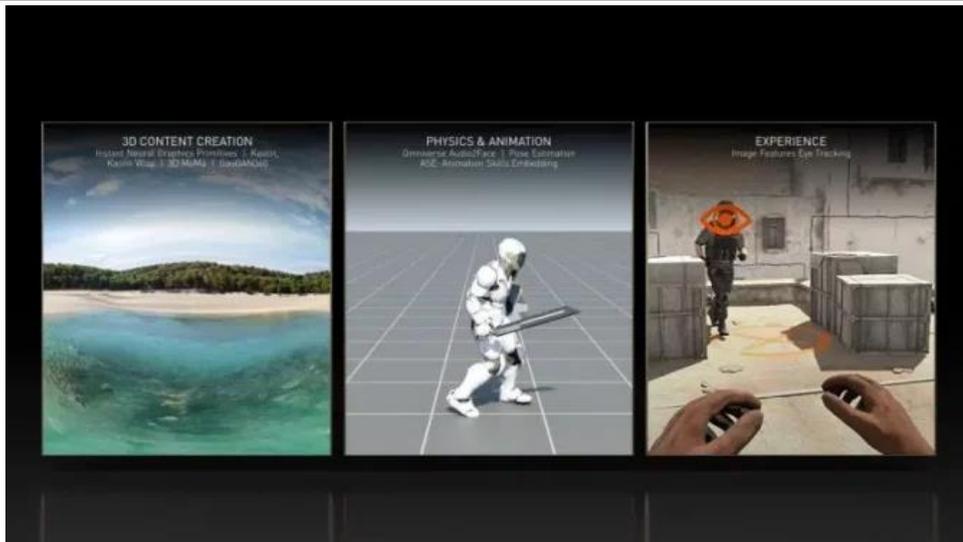


Source: TestingXperts, HTI

在代码规范性与安全性方面实现突破，构建全新的质量基准体系。 GitHub Copilot X 通过代码风格迁移学习技术，能够将项目现有代码库的编码规范自动应用于新生成代码。在《星际指挥官》项目中，该工具使代码规范符合率从人工编码的 78% 提升至 96%，显著降低后期重构成本。同时，基于图神经网络的漏洞检测模型，能够在编码阶段实时识别潜在的安全风险。测试显示，其对内存泄漏和 SQL 注入漏洞的检出率分别达到 89% 和 93%。在性能优化层面，AI Coding 展现出超越人类工程师的算法设计能力。TensorFlow 与 Unreal Engine 的深度整合框架，能够自动生成适配光线追踪硬件的并行计算着色器。在基准测试中，AI 生成的体积光散射算法相比人工优化版本，帧率提升 42% 且噪点降低 65%。这种优化能力源于 AI 系统对 GPU 指令级并发的微观建模能力，能够突破传统优化策略的思维局限。

神经渲染技术的突破正在重新定义游戏画质标准。 NVIDIA 的 Neural Graphics SDK 实现了基于 AI 的实时全局光照计算，其核心是训练于数十万场景光照数据的条件生成对抗网络。在《光影传说》DEMO 中，该系统以传统光栅化 1/3 的算力消耗，实现了路径追踪级别的软阴影与次表面散射效果。更革命性的是 Google 的 NeRF 引擎，能够将 2D 概念图直接转化为带物理属性的 3D 场景，使得美术设计迭代速度提升 400%。在动画系统领域，AI Coding 带来了前所未有的自然运动表现。Epic 的 MetaHuman Animator 通过少量动作捕捉数据训练出高保真运动模型，能够自动生成符合生物力学的复杂动作序列。测试显示，其生成的攀爬动画在真实度评估中达到专业动作数据的 92% 匹配度，而制作成本仅为传统方法的 1/20。这种技术突破使得独立工作室也能制作出媲美 3A 大作的动画品质。

图：英伟达神经图形 SDK 使非专业人士也能轻松创建 3D 内容



Source: Nvidia, HTI

游戏中的非玩家角色（NPC）设计和行为模式也将迎来新的范式改革。传统 NPC 通常遵循预设的脚本和有限的行为模式，而 AI coding 驱动的 NPC 能够根据玩家行为实时调整自己的策略和反应。这种自适应能力使得游戏世界更加生动和真实，NPC 不再是简单的任务分发者或商店管理员，而是能够与玩家进行复杂互动的智能实体。自适应 AI 系统能够通过模式识别和行为分析来理解玩家的游戏风格和偏好。例如，如果 AI 检测到玩家偏好快节奏的战斗风格，系统可以动态调整游戏难度或创造更具挑战性的对手。这种个性化的游戏体验不仅提高了玩家的参与度，还显著增加了游戏的重玩价值。更突破性的进展体现在情感计算与叙事耦合领域。例如，Neoverse Games 的“灵魂引擎”系统，通过多模态情绪识别模型，使 NPC 能够解析玩家语音语调并作出情感化反馈。在剧情关键节点，NPC 的决策会永久性影响故事走向，形成超过 1200 种分支可能性。该技术使玩家留存率提升 58%，创造了单作平均游戏时长 127 小时的记录。

同时，AI coding 在程序化内容生成方面展现出了巨大的创新潜力。通过机器学习算法，开发者能够创建几乎无限的游戏内容，包括关卡设计、任务生成、角色创建等。这种技术不仅节省了大量的手工设计时间，还确保了游戏内容的丰富性和多样性。更进一步，AI 技术能够基于玩家的行为数据和偏好进行实时的内容个性化定制。系统可以分析玩家的游戏习惯、技能水平和兴趣点，动态生成符合个人口味的游戏内容。这种深度个性化不仅提高了玩家满意度，还能够显著提升游戏的用户留存率和参与度。未来的游戏可能会为每个玩家提供独一无二的游戏体验，每次游戏都会根据玩家的当前状态和历史行为进行动态调整。

图：AI 从内容、视觉艺术、故事情节、质量测试等方面加速游戏开发过程



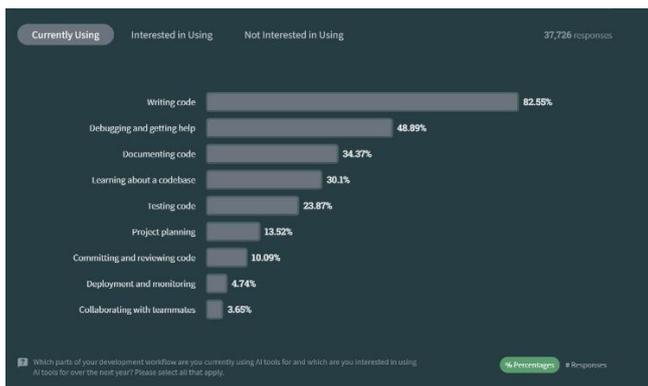
Source: Quy Technology, HTI

虽然 AI Coding 技术显著降低了游戏开发的专业门槛，但在技术狂飙的同时游戏同质化现象上升。根据游戏公司 Valve 研究，过度依赖 AI 生成导致 28% 的独立游戏出现机制同质化现象。为此，学界正在开发创造性评估模型，通过计算生成内容的拓扑复杂性指数，建立创新性量化标准。产业联盟则推动“人类核心创意”认证体系，确保 AI 工具作为辅助而非主导角色。版权归属的立法进程明显滞后于技术进步。Epic 与 Unity 的联合白皮书提出“生成链溯源”框架，通过区块链记录 AI 训练数据来源与生成过程。在《星海编年史》纠纷案中，该技术成功识别出涉案 AI 模型使用了未授权美术资源，为司法判决提供关键证据。这种确权机制的完善，将成为 AI Coding 可持续发展的重要基石。

5.2.2 对 IT 外包行业的影响

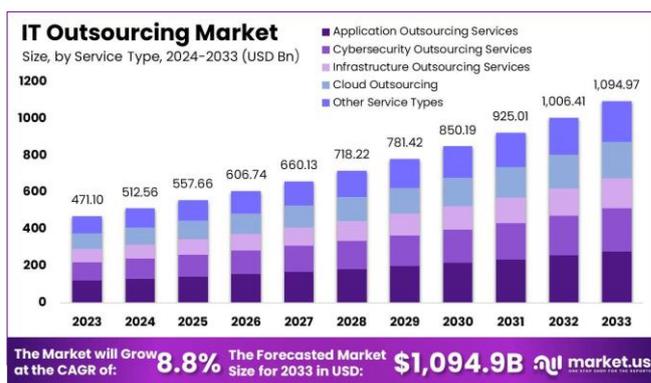
AI coding 技术正在大幅提升 IT 外包行业的效率与成本结构。通过自动化代码生成、测试、数据处理和客户支持等流程，AI 显著减少了对传统人力的依赖。例如，AI 工具如 OpenAI Codex 和 GitHub Copilot 能够自动补全代码、检测错误并生成测试用例，使得一个五人 AI 增强团队的产能可以超越传统十人团队。在实际案例中，Accenture 通过引入 AI 自动化工具，将项目处理时间缩短了 40%，错误率降低 50%，直接带来 25% 的项目周转率提升和显著的成本节约。此外，AI 驱动的自动化还优化了流程的可扩展性和弹性，企业可以根据业务需求灵活调整外包规模，而无需大幅增加人力投入。这种效率革命不仅提升了交付速度和质量，也让外包企业在激烈的全球竞争中获得成本优势。

图：编程开发人员工作采用 AI coding 工具的比例高达 82.55%



Source: Twendee, HTI

图：IT 外包行业市场规模



Source: Market.us, HTI

我们预计 IT 外包将从传统“劳动力供应商”模式向“智能协作伙伴”转型。外包服务不再局限于简单的人力补充，而是通过 AI 与人协作，实现更高层次的业务创新和价值创造。例如，Avasant 帮助全球客户将传统 IT 托管服务升级为 AI 驱动的“体验级服务”，通过 AIOps 和生成式 AI 实现主动故障预测、自动化服务台响应，并用 AI 动态衡量和优化用户体验（XLA），真正实现了从 SLA（服务水平协议）到 XLA（体验水平协议）的转型。在客户服务领域，AI 聊天机器人不仅能自动响应标准化问题，还能分析客户数据、实现个性化推荐，显著提升客户满意度和留存率。这种模式升级要求外包公司具备 AI 系统集成、数据洞察和业务流程重塑能力，成为客户数字化转型的战略合作伙伴，而不仅仅是低价人力的供应者。

随着 AI coding 取代大量重复性岗位，IT 外包企业的人才结构正在向高附加值、创新型岗位转型。AI 开发、数据科学、系统架构等复合型技能需求持续增长，而传统的初级开发和测试岗位需求则大幅下降。例如，Infosys 等头部外包企业正在大规模培训员工掌握 AI 开发与管理技能，推动员工向 AI 训练师、数据分析师等新型岗位转型。与此同时，AI 驱动的全球协作工具（如 AI 自动翻译、智能项目管理平台）提升了跨时区、跨文化团队的协作效率，减少了沟通障碍和项目延误。此外，全球 AI 人才短缺促使企业通过外包获取国际 AI 专家资源，外包公司成为连接全球 AI 人才与本地项目的桥梁。这种结构性变革使外包行业从“人力密集型”向“知识密集型”转型，提升了整体行业的创新能力和竞争壁垒。

图：企业 IT 外包招聘 AI 人才的主要原因

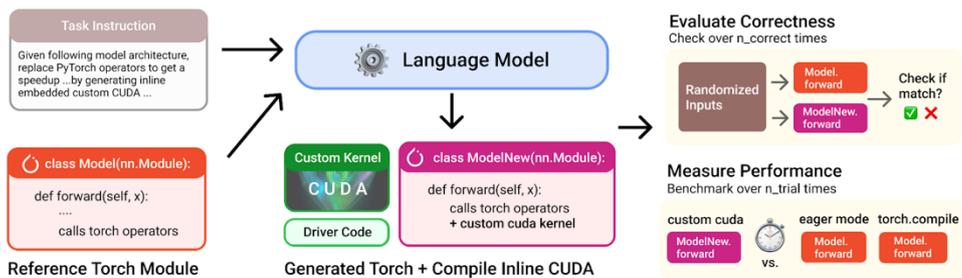


Source: ValueCoders, HTI

5.2.3 对操作系统行业的影响

AI Coding 技术正在引发操作系统内核设计的根本性变革。传统操作系统基于静态资源分配与固定调度策略的架构模式，在 AI 时代面临算力动态分配与实时优化的挑战。Waltur 研发的 AI OS 通过神经架构搜索技术，实现内核参数的动态调整——在 L40S GPU 测试中，其进程调度延迟较 Linux 内核降低 72%，内存碎片率下降 58%。更革命性的突破体现在硬件抽象层的重构：VAST Data 的 AI 操作系统通过向量化存储引擎，将文件系统访问速度提升 3 个数量级，使实时 AI 推理可直接运行在存储介质之上。这种架构革新使得操作系统从被动资源管理者转变为主动性能优化者，NVIDIA 的 CUDA 内核开发工具显示，AI 生成的 GPU 驱动代码较人工优化版本能多释放 23% 的硬件算力。

图：AI 编程生成的 GPU 驱动代码较人工优化版本释放更多的硬件算力

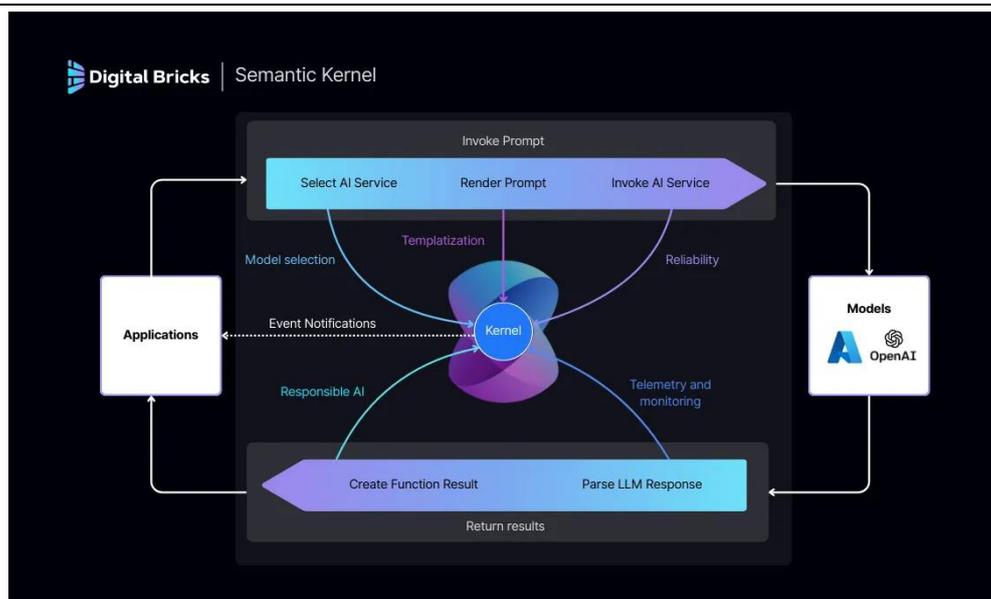


Source: Stanford University, HTI

操作系统开发正从手工编码向"意图即系统"模式演进。微软 Semantic Kernel 平台允许开发者用自然语言描述系统调用需求，微软 Semantic Kernel 平台通过意图解析引擎，将"优化 NVMe 队列深度"的语音指令转化为包含 23 个 ioctl 调用的内核模块代码，开发周期从传统 3 周压缩至 47 分钟。GitHub 统计显示，2025 年 Linux 内核补丁中 41% 的驱动代码由 AI 生成，但其中 0.3% 存在 GPL 协议冲突，迫使社区引入 128 维向量相似度检测系统。

这种变革催生了"神经架构搜索即服务"新业态。AE-NAS 算法在 NAS-Bench-201 测试中，将神经网络架构搜索效率提升 72%，通过注意力机制精准捕捉计算图中的关键路径。操作系统开发者开始采购预训练架构生成模型，如 Red Hat 推出的 RHEL-AI 工具链，使容器调度算法迭代速度提升 400%。

图：微软 Semantic Kernel 平台通过意图解析引擎使得开发周期大幅缩短



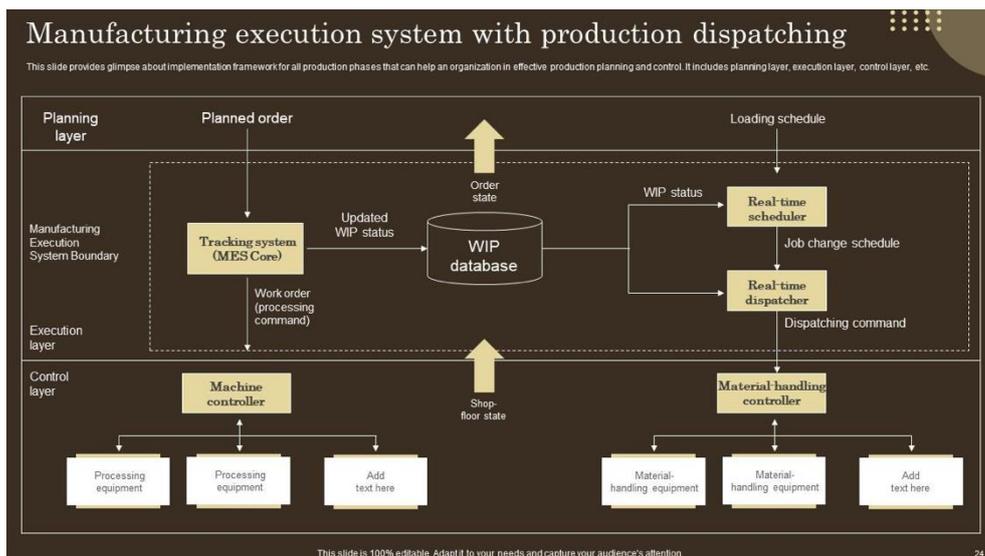
Source: Digital Bricks, HTI

根本性转变在于：操作系统将不再是功能集合，而是具备环境感知、自主优化与情感交互能力的数字生命体。当技术民主化遇见人类智慧，我们见证的不仅是工具进化，更是人机共生生态的诞生。

5.2.4 对工业软件行业的影响

AI Coding 技术正在重构工业软件的核心架构，推动其从静态规则驱动向动态认知驱动进化。西门子 Industrial Copilot 的实践显示，AI 生成的 PLC 代码在 SCL（结构化控制语言）场景下，开发周期缩短 65%，错误率降低 42%。其突破性在于将自然语言指令直接转化为可执行代码：工程师输入"构建三轴机械臂运动控制逻辑"等描述，系统自动生成包含位置环 PID 控制、碰撞检测算法及安全互锁机制的完整代码模块。在电子设计自动化（EDA）领域，Cadence 的 Allegro X AI 工具通过生成对抗网络（GAN）优化 PCB 布局，将传统需 3 天的手动元器件布局压缩至 75 分钟，且布线长度减少 14%。更革命性的进展体现在生成式设计领域，Autodesk 与空客合作案例中，AI 通过拓扑优化算法生成的飞机支架结构，在满足同等强度要求下重量减轻 45%，材料成本节约 37%。这种架构革新使工业软件从被动执行工具进化为主动创新引擎，GE 的《2025 中国风电度电成本》白皮书显示，AI 优化的风机控制代码使运维成本降低 42%，设备寿命延长 28%。

图：未来工业软件将借助 AI 编程具备自我学习和适应能力



Source: CSDN, HTI

自然语言编程正在颠覆传统工业软件开发范式。 AWS 的生成式 AI 辅助 PLC 编程方案允许工程师用自然语言描述控制逻辑，自动生成结构化文本代码，将开发门槛降低 70%。西门子与微软合作的 PLC 代码生成工具，通过 ChatGPT 接口实现自然语言到 ST 语言的转化，在化工厂 DCS 系统改造中，使代码编写时间从 120 小时缩短至 18 小时，且首次通过率达 89%。这种变革催生了新型开发生态——GitHub 数据显示，2025 年工业软件相关开源项目中，AI 生成代码占比达 41%，其中 ANSYS 的 AI 驱动流体仿真模块错误率较传统方法降低 67%。但技术平权带来新的法律风险：Linux 社区审计发现 0.3% 的 AI 生成代码存在 GPL 协议冲突，迫使企业引入 128 维向量相似度检测系统，误判率控制在 17% 以内。

技术开源化正在颠覆传统工业软件市场格局。 GitHub 上开源的 AI 驱动 EDA 工具链（如 AIOS-EDA），使中小设计公司的芯片 tape-out 成本降低 62%，推动全球芯片设计企业数量从 2020 年的 1,200 家激增至 2025 年的 3,800 家。在垂直领域，GE Predix 平台通过时序卷积网络分析风机振动频谱，使故障预测准确率达 92%，维护成本降低 42%。这种变革倒逼传统巨头转型——达索系统将 CATIA 的曲面建模模块 AI 化，使汽车外形设计迭代速度提升 5 倍，特斯拉 Model Y 的空气动力学优化周期从 6 个月压缩至 23 天。

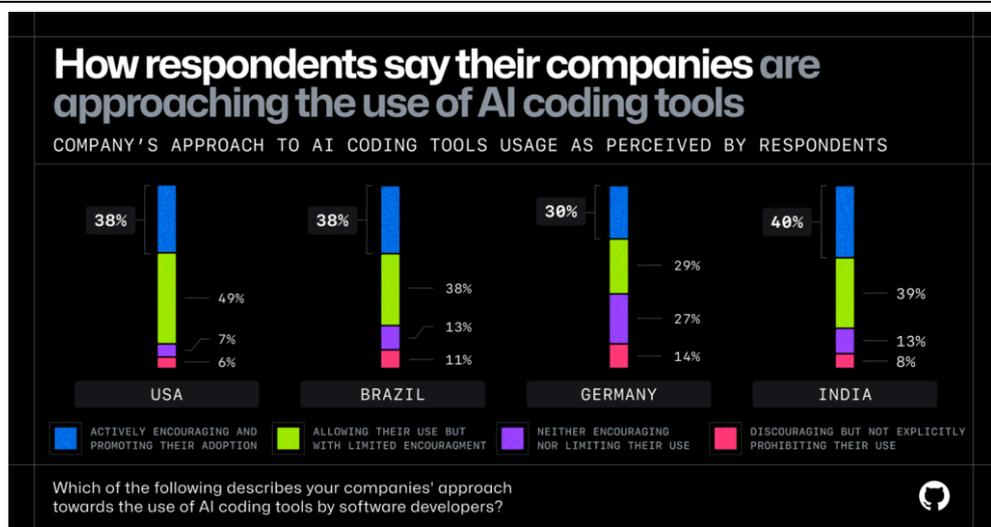
这场由 AI Coding 引发的工业软件革命，本质是生产力范式的升维。 当每行代码都蕴含神经网络的认知能力，当每个设计决策都经过百万次虚拟迭代，工业软件正从工具进化为“数字工程师”。技术狂飙与产业适应的动态博弈中，唯有深度融合 AI 能力、重构人才体系的企业，才能在这场智能革命中占据制高点。

5.2.5 对移动互联网及软件行业的影响

AI Coding 技术正在重塑互联网软件开发的底层逻辑，推动行业从“人工编码”向“智能协作”范式跃迁。 GitHub Copilot 的实证研究显示，开发者在使用 AI 工具后任务完成速度提升 55%，代码首次通过率达 78%，这种效率革命源于神经网络对代码语义的深度理解。当开发者输入“构建 OAuth 2.0 授权流程”时，AI 能自动生成包含 PKCE 扩展、令牌刷新机制和安全头配置的完整模块，较传统开发节省 83% 的时间。在电商领域，某头部平台通过 AI 重构推荐系统，将模型推理延迟从 230ms 降至 89ms，同时将转化率提升 28%，印证了技术对商业价值的直接赋能。

更深层的变革发生在架构设计层面。AWS 的生成式设计工具通过强化学习算法，在 17 分钟内完成微服务架构的自动生成与优化，容器编排效率提升 39%。这种智能化的架构演进不仅缩短了设计周期，更突破了人类工程师的认知边界——AI 能根据流量模式预测自动调整服务网格配置，在“双十一”等峰值场景下将系统弹性提升 4.2 倍。值得关注的是，这种能力正在催生“神经架构即服务”新业态，Red Hat 推出的 RHEL-AI 工具链使企业用户快速部署自适应架构，运维成本降低 35%。

图：全球各国软件公司鼓励其工程师使用 AI 编程工具



Source: XB Software, HTI

在移动端，AI Coding 正重新定义人机交互的极限。TikTok 通过多模态内容理解算法，将用户日均使用时长从 32 分钟提升至 58 分钟，其核心技术在于每秒处理 2.3PB 行为数据并动态调整内容权重。更革命性的突破来自 AR 领域，Snapchat 的神经渲染引擎在移动端实现 16ms 延迟的实时 3D 表情捕捉，较传统方案流畅度提升 3 倍。

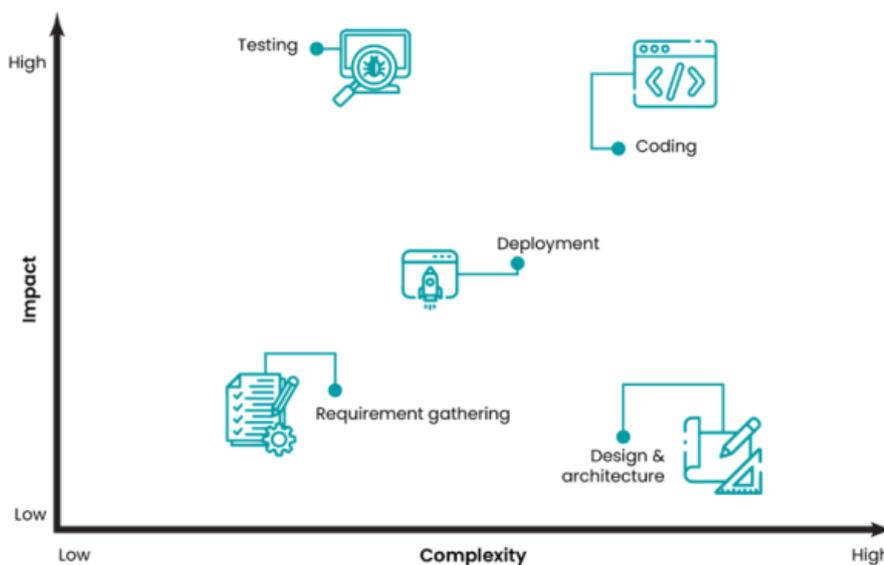
开发流程的时空压缩效应在移动互联网尤为显著。Flutter 与 CodeParrot 的集成案例显示，开发者通过自然语言描述“构建社交应用的图片编辑功能”，AI 在 23 分钟内生成包含滤镜算法、手势识别和云存储集成的完整模块，效率提升 400%。

AI Coding 正在构建跨平台的价值网络。微信小程序平台通过 AI 辅助工具，使第三方开发者数量年增长 189%，其中 87% 的商户应用包含智能客服模块。在支付领域，支付宝的 AI 风控系统每秒分析 1.2 亿条交易数据，欺诈识别准确率达 99.97%，同时通过联邦学习技术确保用户隐私数据不出域。这种生态进化在物联网领域更具颠覆性——华为鸿蒙系统的 AI 调度引擎，能根据场景动态分配手机、智能家居与车载设备的算力资源，使跨设备任务执行效率提升 53%。

开源社区的角色正在发生质变。Hugging Face 平台的 AI 内核插件市场，日均成交额突破 120 万美元，其中 GPU 张量计算插件的平均加速比达 1:7.3。这种去中心化的技术流动，使得边缘计算节点能够实时共享优化后的模型参数，在 5G 基站部署中实现微秒级响应，运营商 CAPEX 降低 35%。当 AI 生成代码占比突破 41%，开源协议合规成为新焦点，Linux 基金会引入的代码 DNA 检测系统，通过 128 维向量分析将 GPL 冲突误判率控制在 17%。

图：AI 编程在软件开发环节中的影响最为深刻

Generative AI Impact Across the Software Development Lifecycle



Source: Calsoft Inc, HTI

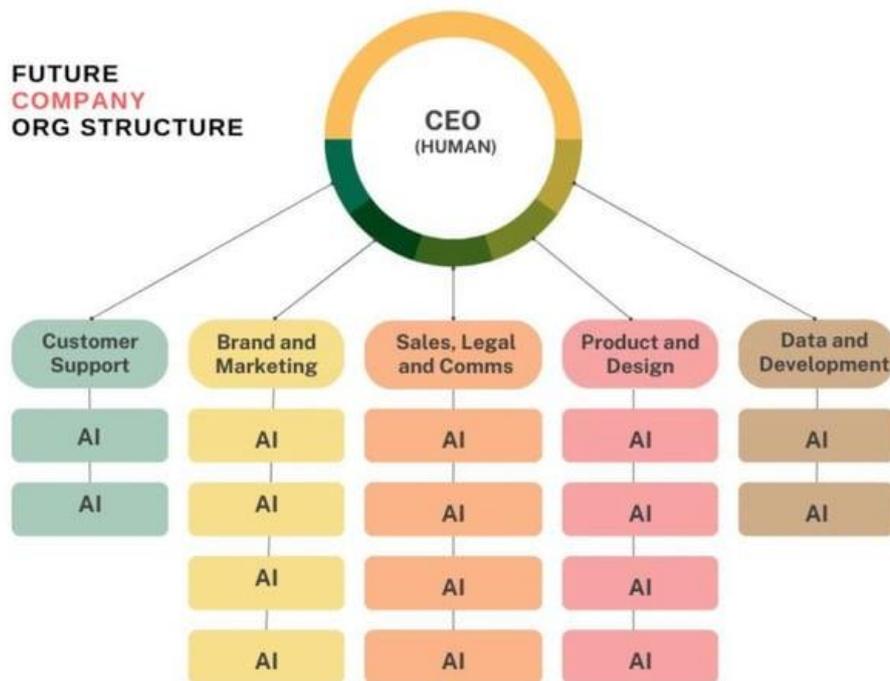
站在 2025 年眺望，AI Coding 将推动互联网与移动互联网走向“认知增强”新纪元。神经渲染技术将在 18 个月内突破人眼识别阈值，使虚拟试衣间的布料物理仿真达到毫米级精度；程序化内容生成将在 2026 年超越人类设计总量，短视频平台日均 UGC 内容产出预计突破 50 亿条。更值得期待的是边缘智能的进化——通过端侧模型的联邦学习框架，移动设备将形成自主进化的智能网络，在保护隐私的前提下实现模型性能的指数级提升。

这场变革的本质是数字世界认知模式的升维。当每行代码都承载神经网络的集体智慧，当每次交互都蕴含深度学习的预判能力，软件开发的边界正在消融。未来的互联网服务将不再是功能集合，而是具备环境感知、自主优化与情感交互能力的数字生命体。在这场变革中，能率先构建“人机共生”生态、在效率提升与伦理治理间找到平衡点的企业，将主导下一个十年的数字文明演进。

5.3 推动更多“一人公司”的出现

AI coding 让“一人公司”比以往任何时候都更有可能实现。通过代码生成、自动化测试和智能调试等核心功能，AI coding 正在降低传统软件开发的准入门槛。Y Combinator 2025 年数据显示，其孵化项目中 24% 的初创企业 95% 代码由 AI 生成，这些团队平均规模仅 3.2 人，却实现年均 300 万美元营收。典型案例如深圳开发者利用 Deepseek 工具，仅用 47 分钟即完成奶茶消费管理应用的开发迭代，从需求描述到 iOS/Android 双端部署全程无人工编码介入。这种技术民主化使个体创业者能够突破“技术合伙人”依赖，直接将创意转化为产品。GitHub 统计显示，2025 年全球个人开发者仓库数量同比增长 217%，其中 83% 的项目使用 AI 辅助编程工具，验证了技术平权带来的创新爆发。

图：在 AI coding 发展下未来的企业结构图



Source: r.AutoGPT on Reddit, HTI

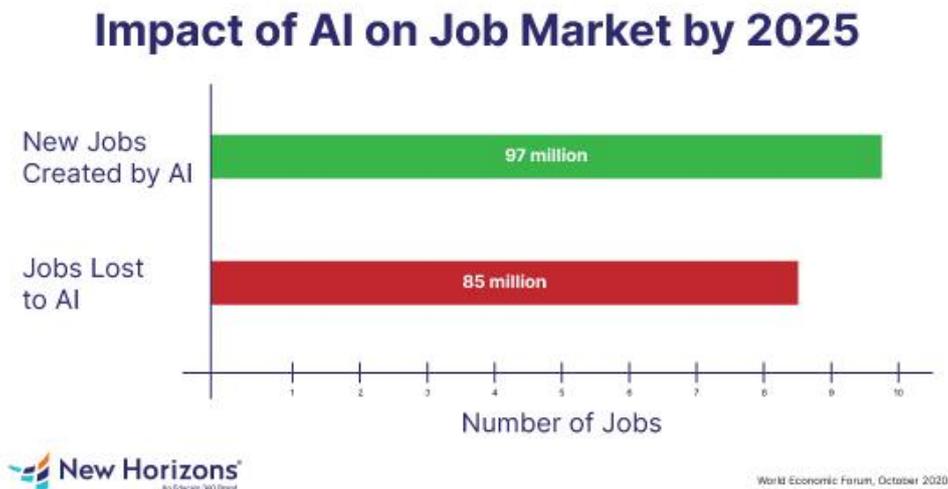
开发流程将产品迭代周期压缩至传统模式的 1/5，显著提升市场试错效率。 杭州创业者使用 Framer AI 工具，仅 72 小时即完成跨境电商平台从概念设计到支付系统集成的全流程开发，较传统外包模式节约 91% 的时间成本。这种敏捷性使微观创新得以快速验证，2025 年全球应用商店新增应用中 68% 由个人或 3 人以下团队开发，较 2020 年提升 42 个百分点。典型案例 Good Daily 新闻服务，单人以 AI 工具实现全美 47 州地方新闻的自动化生产，日更内容量相当于传统 10 人编辑团队产出，凸显 AI 对市场供给侧的扩容效应。

软件开发边际成本大幅降低，重塑商业基础逻辑。 典型案例显示，单人开发者使用 Brancher.ai 构建的智能客服系统，运营成本仅为传统方案的 4%，却实现 98.7% 的问题解决率。这种成本优势使微型团队能够切入利基市场，如教育科技领域 LinguaBot 项目，单人以 AI 工具开发 23 语种自适应学习平台，获客成本较同业降低 76%，验证了“小微即美”的新经济范式。Hugging Face 社区数据显示，2025 年个人开发者贡献的 AI 模型占比达 63%，较企业模型平均推理效率提升 28%。Gartner 预测，到 2027 年 70% 的软件创新将源自 10 人以下团队，标志着产业权力结构的根本性转移。

5.4 人力需求将不降反升

我们预计 AI coding 技术的普及不会如预期般导致大规模失业，反而在技术落地的关键阶段催生了新型劳动力需求。 根据 PwC 2025 全球 AI 就业晴雨表数据显示，尽管 AI 暴露度高的岗位数量增长 38%，但其中涉及 AI 系统部署与优化的岗位增长率达到 72%。这种矛盾现象源于 AI Coding 从技术原型到商业化产品转化的复杂过程，需要大量专业人才完成系统集成、调试与场景适配。在技术产品化阶段，人类工程师承担着不可替代的桥梁作用。

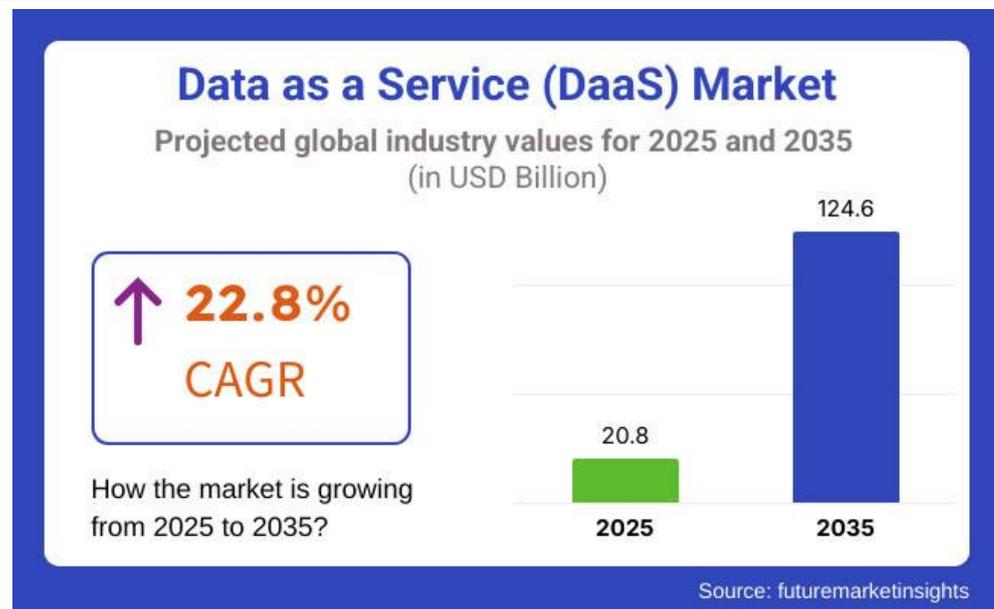
图：AI 带来的工作机会多于被其抢走的职位



Source: New Horizons, HTI

以微软 Azure 的 DaaS 解决方案部署为例，其与金融机构签订的 1.1 亿美元合同中，60%预算用于人力投入，包括数据管道工程师、模型验证专家和业务逻辑适配师等新型岗位。这些角色需要深度理解 AI 代码生成机制，同时具备将技术输出转化为商业价值的的能力。MLOps 工程师的需求量在 2025 年达到历史峰值，其岗位职责涵盖从 AI 代码版本控制到生产环境监控的全生命周期管理，此类复合型人才年薪中位数较传统 DevOps 工程师高出 42%。产品化过程还催生了"AI 技术翻译"这一新兴职业。这些专业人员既掌握自然语言处理技术，又精通垂直行业知识，能够将业务需求转化为精准的 AI 编码指令。在医疗 AI 领域，此类人才的稀缺性导致企业支付高达 30% 的薪资溢价，其核心价值在于降低 AI 模型与临床实践间的语义鸿沟。这种人力需求的结构转变，使得 AI coding 技术反而成为就业市场的新增长极。

图：DaaS 市场规模预计将以 22.8% 的复合增长率扩大

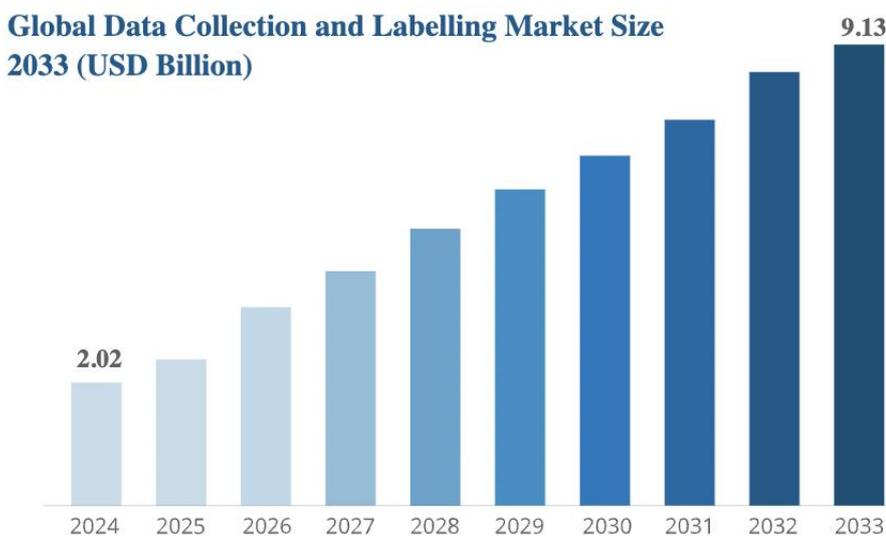


Source: Future Market Insights, HTI

AI Coding 技术的纵深发展将推动数据服务产业进入爆发式增长周期。全球数据标注市场规模预计从 2024 年的 20.2 亿美元激增至 2033 年的 91.3 亿美元，年复合增长率达 18%。这种指数级扩张催生了多层次的数据服务职业体系，形成从原始数据采集到价值挖掘的完整就业链条。在数据预处理环节，专业标注师的技能要求发生质变。传统基于规则的数据标记逐步被“语义标注工程师”取代，这类岗位需要掌握多模态数据融合技术，并能设计符合 AI 模型认知逻辑的标注体系。亚马逊 Mechanical Turk 平台数据显示，具备计算机视觉基础的数据标注师时薪从 2020 年的 12 美元跃升至 2025 年的 45 美元，薪酬增幅反映技能要求的升级。更高级别的“数据治理架构师”岗位应运而生，负责构建符合 GDPR 等法规的数据生命周期管理体系，其岗位需求在金融领域年增长率达 67%。

数据清洗技术也经历着专业化蜕变。基于强化学习的智能清洗系统需要“数据质量工程师”进行监督训练，这类岗位要求同时掌握统计学原理和机器学习算法。在电商领域，商品数据清洗专家的介入使推荐系统准确率提升 23%，其工作内容涉及构建噪声识别模型和设计数据修复管道。数据服务产业链的延伸还孕育出“数据伦理评估师”等新兴职业，专注于审查 AI 训练数据的偏见问题，确保模型决策的公平性。

图：全球数据标注市场规模在 AI coding 驱动下将以 18%复合增长率扩大



Source: Business Research Insights, HTI

这场由 AI coding 驱动的就就业革命，本质上完成了劳动力价值的空间转移。当重复性编码任务被自动化取代，人类智能向更高维度的系统设计、伦理治理和跨领域创新迁移。这种动态平衡不仅消解了技术性失业的担忧，更开启了知识经济时代的新型就业图景。

6. 对软件开发岗位的影响分析

6.1 AI Coding 对软件开发岗位的影响分析

AI+Coding 技术正在重塑软件开发行业，在创造新机遇的同时推动开发者向更高价值的 AI 协作角色转型。AI 技术正在推动软件开发行业从劳动密集型向智能增强型转变，当前阶段主要表现为“增强人力”而非“替代人力”。在增量市场方面，AI 催生了提示工程师、AI 训练师等新兴职业，推动了 DaaS（数据即服务）模式的兴起，并带动全球 AI 云服务市场持续扩张。在降本增效方面，AI 编码工具使开发效率提升高达 55%，微

软、谷歌等企业 25-30%代码由 AI 生成，整体显著降低开发成本。行业生态格局正在发生深刻变革：IT 外包公司转型为"Result as a Service"解决方案提供商，开发者角色从"代码编写者"转变为"AI 训练师+解决方案架构师"，初级岗位需求下降但高阶技术岗位预计增长 17%，同时开发技能需求更强调提示工程、代码审查等 AI 协作能力。这一转型过程创造了一个更高效、更具创新性的新生态，要求企业和开发者积极适应变革，把握 AI 协作带来的新机遇。

Fig.126 全球人工智能指数趋势分析（2020-2025）

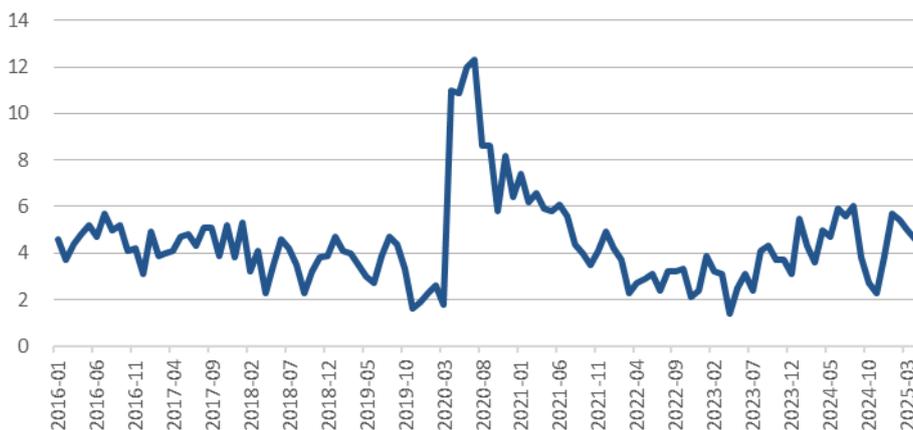


Source: Wind, HTI

6.1.1 AI+Coding 当前的影响

AI 技术尚未对信息业就业市场造成显著冲击，反而呈现出就业稳定的发展态势。通过对 2000-2025 年美国信息业失业率数据的分析可见，尽管 AI 技术在该领域得到广泛应用（如自动化任务和数据分析），但失业率整体呈现下降趋势——从 2020 年疫情高峰期的 11% 降至 2025 年 4 月的 4.6%，且长期低于 2008 年金融危机时的峰值（11.5%）。这一现象主要源于行业成功实现了双重适应：一方面企业通过创造 AI 相关新岗位（如数据科学家、机器学习工程师）弥补技术替代的岗位流失，2021-2025 年新增岗位使失业率持续下降；另一方面劳动力通过技能升级（学习 AI 技术应用）完成职业转型，使信息业在技术变革中保持了就业市场的动态平衡。值得注意的是，当前 3.9%-4.6% 的失业率水平仍优于疫情前 2019 年的 1.9%，表明 AI 带来的产业结构调整仍在持续，但尚未形成破坏性影响。这种韧性既体现了高科技行业的自适应能力，也反映出 AI 技术当前仍处于"增强人力"而非"替代人力"的发展阶段。

Fig.127 美国信息业自 2016 以来的失业率



Source: Wind, HTI

6.1.2 AI+Coding 带来行业转型

AI 技术在显著提升生产力的同时也带来就业结构的转型。研究表明，AI 编码工具可使开发者效率提升高达 55%，微软和谷歌已有 25%-30%的代码由 AI 生成，部分项目甚至实现全自动化开发；尽管初级岗位面临更高替代风险，美国劳工统计局仍预测 2023-2033 年软件开发岗位将增长 17%，这主要得益于 AI 催生的新型技术岗位（如 AI 训练师、提示工程师）和对高阶技能（系统架构、跨领域协作）的需求增长。当前行业争议集中于生产力提升的实际效果（部分研究显示错误率增加 41%）及人才培养体系的适应性，但整体而言，AI 正推动软件开发从“人工编码”向“人机协同”的新范式演进。AI 编码技术通过机器学习生成代码、补全函数和调试错误，正在重塑软件开发行业。工具如 GitHub Copilot 和 TabNine 提高了开发效率，但也引发了关于其对软件开发岗位影响的讨论。AI 会取代开发者，还是增强其能力？本文通过数据和图表分析 AI 编码对生产力、代码生成、就业前景和技能需求的影响。

生产力提升

AI 编码工具通过自动化代码生成、补全和调试显著提高了开发效率。AI 编码工具显著提升了开发效率。McKinsey 研究表明，生成式 AI 工具使开发者完成任务的速度提高高达 55%，具体包括：

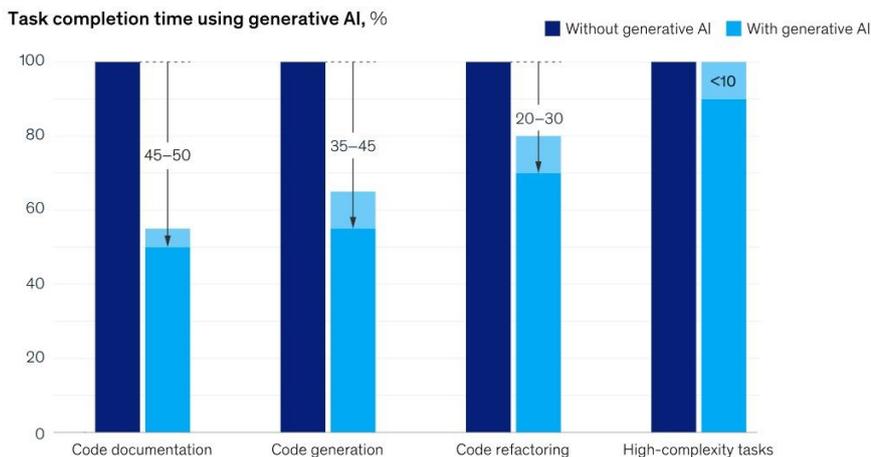
代码编写	速度提高近 50%。
代码优化	速度提高近 66%
文档编写	速度提高 50%
复杂任务	时间节省不到 10%，因复杂性高
初级开发者	使用 AI 工具可能使任务耗时增加 7-10%

此外，开发者使用 AI 工具完成复杂任务的概率提高 25-30%，幸福感提高超过两倍然而，Uplevel 研究指出，GitHub Copilot 未显著提升生产力，且增加了 41% 的错误。这表明 AI 工具的效果因使用场景和工具类型而异。

研究机构	生产力提升	Bug 率变化	备注
McKinsey	高达 55% 更快	未指明	多种任务类型
Uplevel	无显著提升	41% 更多 bug	800 名开发者，PR 周期时间和吞吐量
GitHub/Accenture	编写代码 55% 更快	未指明	专注于代码编写速度

Fig.128 利用 AI 完成任务与不用 AI 的对比

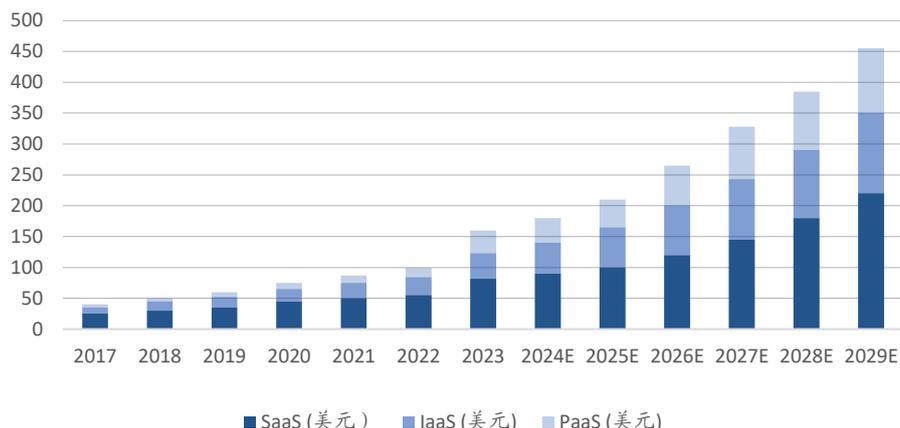
Generative AI can increase developer speed, but less so for complex tasks.



Source: 麦肯锡, HTI

大型科技公司已经采用 AI 编程生成大量代码。微软 CEO 称其代码库中高达 30% 由 AI 编写，部分项目甚至 100% 由 AI 完成。谷歌 CEO 报告超过 25% 的新代码由 AI 生成。这显示 AI 在代码生成中的重要性日益增加。根据市场研究数据，全球企业员工在软件服务方面的年度支出呈现显著增长趋势。Statista 统计显示，2023 年每位员工在 SaaS、IaaS 和 PaaS 服务上的平均支出分别为 81.68 美元、41.47 美元和 36.49 美元。行业预测表明，到 2029 年，SaaS 服务的人均年支出可能攀升至 220 美元左右。这一增长动力主要来自人工智能技术与办公软件的深度整合，如 Microsoft Office 和 Adobe 等主流办公软件的智能化升级。与此同时，随着云计算应用范围的不断扩大，基础设施即服务 (IaaS) 市场也将保持稳健的发展势头。

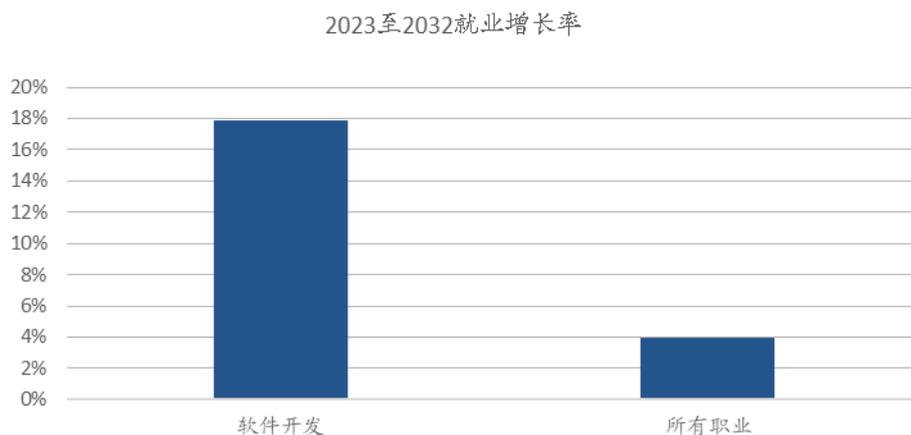
Fig.129 2017-2029E 全球度员人均云费用支出预测



Source: Statista, HTI

AI 自动化虽冲击初级开发者岗位但整体软件开发者需求仍强劲。 AI 自动化虽然冲击了初级开发者岗位，但软件开发者的整体需求仍然保持强劲。尽管 AI 能够处理部分简单任务，美国劳工统计局 (BLS) 预测，2023-2033 年软件开发者、质量保证分析师和测试员的就业将增长 17%，远高于所有职业 4% 的平均增长率，预计每年产生约 140,100 个职位空缺。这表明 AI 并未显著减少行业需求，反而随着软件应用的扩展推动了岗位增长。然而，初级开发者可能面临更大挑战，因为 AI 更擅长自动化基础性任务。

Fig.130 2023 至 2032E 软件开发与所有职业的就业率变化

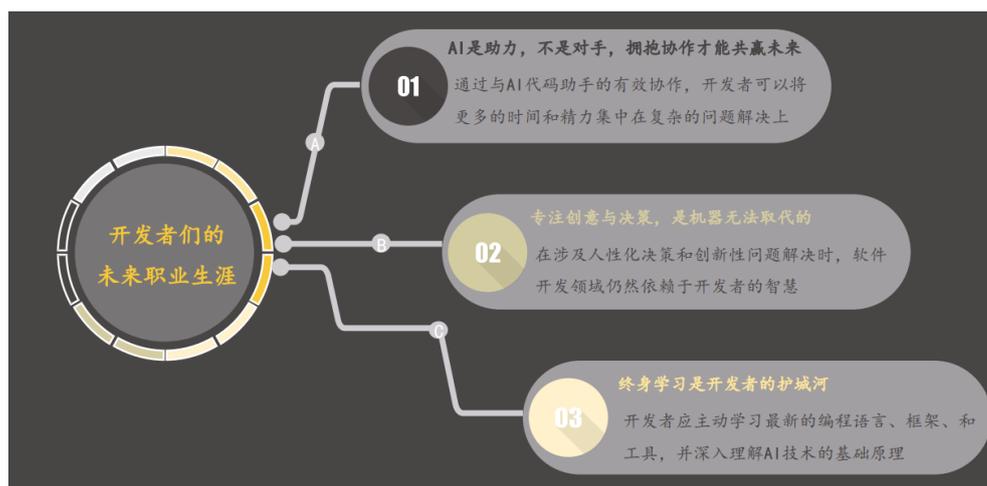


Source: 美国劳工统计局, HTI

AI 时代要求开发者掌握新技能。 技术技能包括提示工程、代码审查和测试安全；软技能包括沟通、问题解决和适应性。AI 不会取代开发者，而是推动角色从“代码编写者”向“AI 训练师+解决方案架构师”转型。成功的关键在于技术能力与人文素养的平衡发展，特别是伦理考量和用户共情能力的培养。GitHub 学习路径等资源可帮助开发者系统掌握 AI 协作技能。这些技能帮助开发者与 AI 协作，确保代码质量和创新。AI 时代要求开发者掌握新技能。

技能类型	具体技能	描述
技术技能	提示工程	设计 AI 输入以生成高质量代码
技术技能	代码审查	检查 AI 生成代码的正确性和安全性
技术技能	测试与安全	确保代码覆盖率，识别漏洞和偏见
软技能	沟通	与团队协作，明确需求
软技能	问题解决	处理复杂问题
软技能	适应性	学习新工具和方法
软技能	伦理思考	关注 AI 的偏见、隐私和公平性
软技能	同理心	理解用户需求，确保用户中心设计

Fig.131 AI 代码生成产品对“开发者们”的职业影响



Source: 沙利文, HTI

AI 编程对程序员薪资的影响呈现显著的两极分化趋势。一方面，初级/中级程序员面临薪资下降甚至失业风险，AI 代码生成工具（如通义灵码、Cursor 等）已能完成简单任务，Meta、谷歌等公司正用 AI 替代部分编码工作，导致基础岗位需求减少。另一方面，高端 AI 技术人才薪资持续飙升，算法工程师平均月薪超 2.3 万元，顶尖人才年薪可达 700 万，复合型人才（AI+金融/医疗）薪资涨幅超 25%。未来，依赖 AI 生成代码的“操作员”类岗位可能被淘汰，而掌控 AI 工具、优化复杂系统的工程师薪资将进一步提升。

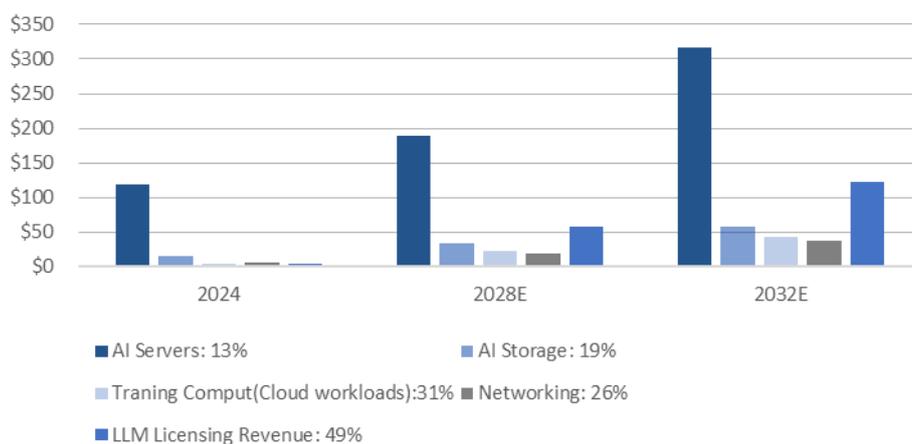
岗位类型	AI 影响	薪资趋势	案例
初级/中级程序员	AI 可替代部分编码工作	薪资增长停滞或下降	Meta 计划 AI 替代中级工程师
AI 算法/大模型工程师	供不应求	年薪 40 万-700 万	DeepSeek、字节跳动高薪招聘
复合型人才（AI+行业）	需求激增	薪资涨幅超 25%	金融、医疗 AI 应用岗位

编码通过自动化常规任务和提高生产力正在改变软件开发。 研究显示生产力提升高达 55%，但效果因工具和场景而异。微软和谷歌的代码库中，AI 生成代码占 25%-30%，显示其重要性。尽管初级岗位可能面临风险，BLS 预测软件开发者就业将增长 17%，表明需求依然强劲。开发者需掌握提示工程、代码审查等技术技能，以及沟通、适应性等软技能，以在 AI 时代保持竞争力。通过将 AI 视为协作伙伴，开发者可更高效地创新和解决问题。

6.1.3 全球 AI Coding 的市场空间与增长预测

AI coding 的未来市场将深度依赖大型语言模型的演进，其训练过程的数据密集特性使拥有海量数据的云服务巨头（微软-OpenAI、Meta、谷歌、亚马逊）持续领先。多模态输入（图像/音频/视频）大幅提升模型复杂度，进一步巩固基础设施厂商的优势地位。检索增强生成（RAG）技术将成为企业级 AI 编程的核心，通过结合专有数据训练降低模型幻觉，微软等厂商将优先推出 RAG 优化版本。模型训练的高迭代成本将推动行业整合，最终形成由掌握云计算能力和第一方数据的头部企业主导的基础模型生态。

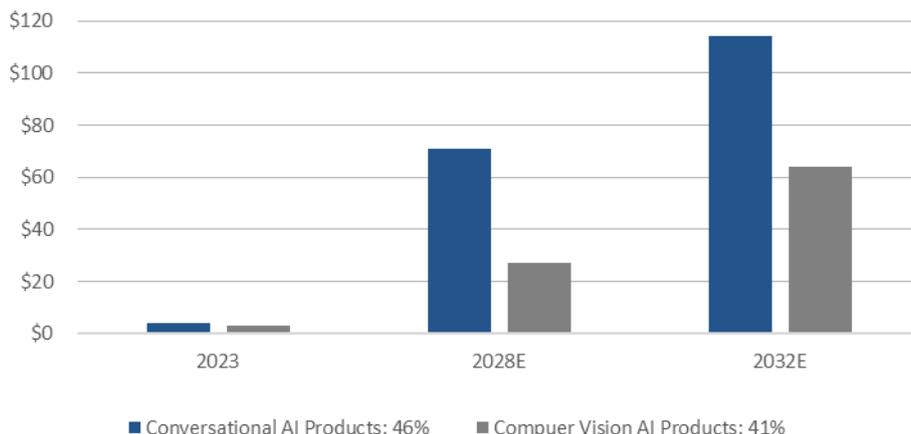
Fig.132 2024 到 2032 年训练计算市场的年复合增长率将接近 31%



Source: IDC, HTI

AI 编程的未来市场将呈现多领域融合发展的态势。 面向特定领域的大语言模型将推动新型推理类产品涌现，包括对话式 AI 语音助手和计算机视觉产品，苹果、三星等消费电子巨头可能整合这些技术。随着精简版大语言模型的推出，消费电子设备市场（包括智能音箱、可穿戴设备和优化后的边缘设备）将获得显著提振，预计市场规模达 1 万亿美元。在亚洲市场，本土化模型如阿里巴巴的 SeaLLM 展现出区域优势。零售业将成为 AI 应用的重要领域，13% 的 AI 投入将用于提升搜索、营销等环节的效率和客户转化率。数据显示采用 AI 的企业收入增长 700 个基点，利润率翻倍，三分之二零售商计划部署生成式 AI 功能，这将持续推动市场扩张。

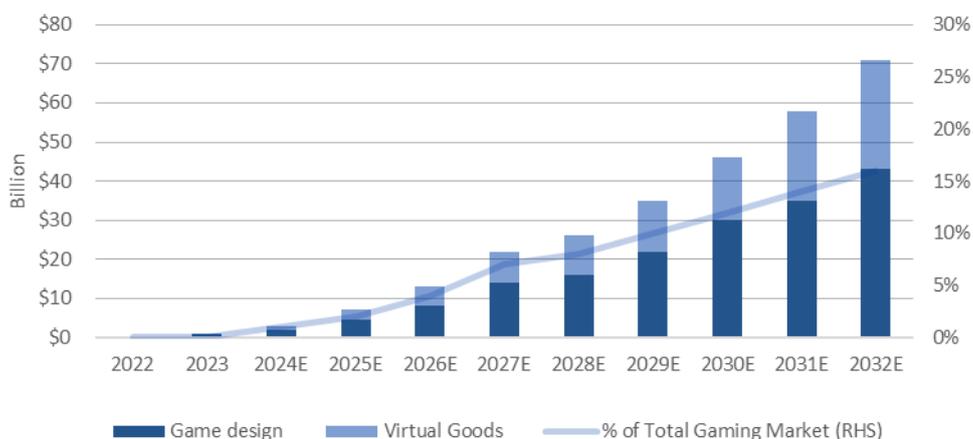
Fig.133 端侧推理可能创造近 1,800 亿美元收入



Source: IDC, HTI

AI 编程技术正快速重塑游戏和创意产业生态并推动 UGC 内容爆发式增长。 AI coding 的未来市场将受益于生成式 AI 技术的快速发展，初创公司利用开放互联网数据生成合成内容，显著提升手游、社交媒体及 XR 应用的开发效率。游戏行业将迎来变革，AI 工具不仅赋能大型游戏公司，更推动用户生成内容（UGC）的爆发，苹果、谷歌、索尼等平台正通过 SDK 整合大语言模型降低创作门槛。微软基于 7 年游戏数据训练的 Muse 模型展示了 AI 在游戏原型设计和交互测试中的潜力，玩家甚至可通过自然语言和控制器直接参与迭代。尽管谷歌、Meta 在多模态模型上有所布局，但 Stability AI、MidJourney 和 OpenAI (DALL·E、Sora) 目前在图像/视频生成领域保持领先。Adobe 等专业软件厂商正通过 Firefly 等产品构建基于专有数据的 AI 能力，预计更多企业将效仿这一模式，推动生成式 AI 在创意工具中从图形界面向自然语言交互转型。

Fig.134 AI 有望推动游戏在知名发行商之外进行扩张



Source: IDC, HTI

AI 编程正在重塑全球软件开发格局，推动云平台和自动化工具市场爆发式增长，为数字经济创造全新发展机遇。根据全球技术收入预测数据，AI Coding 相关领域将迎来爆发式增长，主要驱动力来自云计算、自动化开发工具和安全需求的持续升级。PaaS（平台即服务）作为 AI 模型训练和部署的核心载体，2024-2028 年将以 28% 的 CAGR 高速增长，2032 年市场规模预计达 9430 亿美元，反映出企业对 AI 开发平台的强烈需求。SaaS 领域（如 GitHub Copilot 等 AI 编程工具）同样保持 16% 的年均增速，2032 年市场规模将突破 1 万亿美元，表明 AI 辅助编程的普及化趋势。应用开发与部署板块（CAGR 20%）和 IaaS（CAGR 22%）的快速增长，进一步验证了 AI Coding 对云基础设施和自动化开发流程的依赖。此外，网络安全（CAGR 12%）和教育科技（CAGR 14%）的同步扩张，凸显了 AI 生成代码的安全审查需求和技术人才培养市场的潜力。综合来看，AI Coding 正推动软件开发向“云原生+自动化”范式转型，到 2032 年，其核心关联市场（PaaS/SaaS/IaaS）总规模将超 2.5 万亿美元，成为数字经济的核心增长引擎。企业需加速布局云化开发工具、AI 代码质检及技能培训，以抢占这一技术变革红利。

Worldwide Revenue by Technology Group

	2024	'24-'28 CAGR(%)	2028E	'28-'32 CAGR(%)	2032E
Hardware	\$1,681	6%	2134	10%	3178
Devices	\$1,131	3%	1248	4%	1461
Infrastructure	\$550	13%	\$886	18%	\$1,718
Software	\$1,145	13%	1893	13%	3069
Application Development & Deployment	\$282	20%	\$581	16%	\$1,069
PaaS	\$159	28%	\$426	22%	\$943
On-premise	\$123	6%	\$155	-5%	\$126
Applications	\$591	11%	\$903	10%	\$1,320
SaaS	\$350	16%	\$636	14%	\$174
On-premise	\$241	3%	\$267	-2%	\$246
System Infrastructure Software	\$272	11%	\$409	14%	\$680
IaaS	\$135	16%	\$248	22%	\$548
On-premise	\$137	4%	\$162	-5%	\$132
IT Services	\$884	5%	\$1,085	5%	\$1,341
Business Services	\$414	5%	\$502	5%	\$622
Digital Ad Spending	\$677	10%	\$993	12%	\$1,571
Search	\$276	10%	\$399	10%	\$585
Display	\$377	11%	\$563	14%	\$951
Classified and Other	\$24	6%	\$30	4%	\$36
Cybersecurity Spending	\$117	13%	\$191	12%	\$301
Gaming Spending	\$264	5%	\$326	8%	\$444
Life Sciences Spending	\$179	11%	\$271	11%	\$412
Education Technology Spending	\$140	14%	\$233	14%	\$389
Total	\$5,501	9%	\$7,630	10%	\$11,327

Source: IDC, eMarketer, and Statista, HTI

颠覆传统软件商业模式，推动行业向开源化与专业化两极发展。AI Coding 的普及将深刻重塑软件行业格局，一方面通过 Copilot 等智能工具显著提升开发效率，使企业能够更便捷地开发内部应用，这可能冲击传统按用户收费的 SaaS 商业模式，尤其对单点解决方案提供商（如 Asana、MongoDB）构成挑战；另一方面，开源工具的易用性提升（如 Grafana）将加剧可观测性等领域的竞争，迫使 Datadog 等企业强化产品创新。随着 AI 降低开发门槛，普通用户获得应用开发能力，开发者将转向更高价值的架构设计

和 AI 模型优化工作，同时企业对代码安全监控（如防范 AI 生成代码风险）和云成本优化的需求将激增。未来市场将呈现两极分化：基础编码工具趋于标准化和开源化，而围绕 AI 开发生命周期（从训练部署到安全监控）的专业解决方案将成为新的增长点，推动云平台 and AI 基础设施持续扩张。

Fig.135 不断变化的商业模式

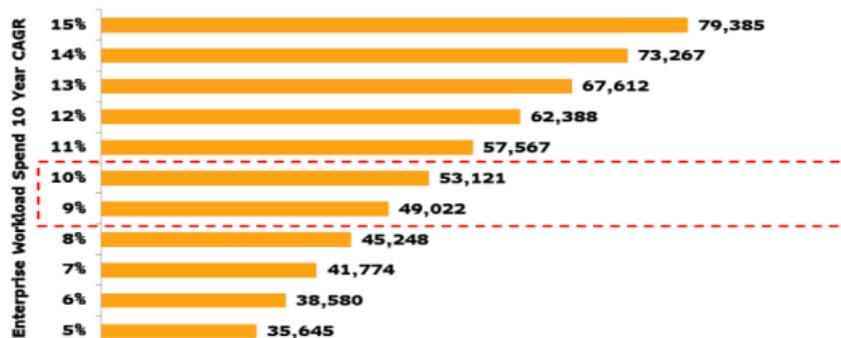
		Companies Exposed To The Theme
Seat Based Models	AI could act as double-edged sword. While it does bring prospects for streamlining cost base, the productivity gains that come with AI and the standardization of AI features across technology platforms could potentially narrow product edge (differentiation) and curb the seat and headcount expansion led growth.	Atlassian GitLab Monday Asana Smartsheet
Opensource, AI Disruption	Adoption rates on solutions like Grafana in observability, OpenTofu in infrastructure provisioning, Apave Icerberg, PostgreSQL, Apache Spark, Trino for data workloads, Apache Cassandra, Weaviate and Milvus for Vector search -- need monitoring and could potentially become more pervasive and limit incremental growth fro managed service solutions.	Confluent MongoDB
Point Solutions	The integration of AI capabilities into existing technology solution and as large technology vendors enter into adjacent verticals, they could stand to reap from customer moves to consolidate technology stack and vendors.	C3.ai UiPath
AI Infrastructure	The rising capex towards AI infrastructure could also drive up demand for infrastructure provisioning and solutions that help monitor and optimize those costs.	Datadog Dynatrace Elastic Cisco HashiCorp Flexera IBM (Apptio) ServiceNow

Source: Bloomberg Intelligence, HTI

重塑软件开发监控体系，加速可观测性平台与 AI 基础设施的深度融合。随着 AI 应用和智能体的快速普及，AI Coding 将催生巨大的监控市场需求，预计到 2033 年该领域规模将增长至 530 亿美元。大语言模型对计算和存储资源的高消耗将推动对专业可观测性解决方案的需求，特别是在 AI 应用从试点转向规模化部署阶段，实时监控模型性能、预防服务中断和消除 AI 幻觉变得至关重要。领先的可观测性平台如 Datadog、Dynatrace 已率先推出 LLM 监控工具，帮助开发者和 ML 工程师确保 AI 应用的安全稳定运行。未来 AI Coding 市场将形成双轮驱动：一方面是 AI 开发工具本身的创新，另一方面是配套的监控、优化和安全解决方案的快速发展，这将为可观测性平台创造持续的变现机会，并推动整个 AI 基础设施生态系统的完善。

Fig.136 2033 年可观测性领域的潜在市场规模情景 (BI 预测)

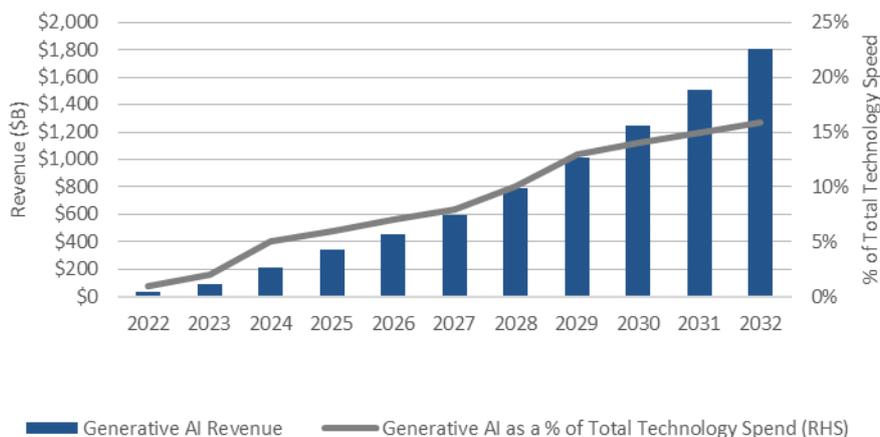
Observability Market (\$ Million) Under Different Enterprise Workload Spend Scenarios



Source: Bloomberg Intelligence, HTI

未来市场将因基础大模型和创新应用推动而呈现强劲增长态势。 AI coding 的未来市场将呈现强劲增长态势，基础大语言模型训练仍是核心驱动力，而 GitHub Copilot 等工具的普及和 Perplexity、Sora 等创新应用的涌现正持续扩大市场边界。根据彭博行业研究预测，到 2032 年生成式 AI 市场规模将达 1.8 万亿美元（年复合增长率 30%），占相关行业 IT 支出的比例将从不足 2% 跃升至 14%-16%。这一增长将全面带动硬件、软件、服务、广告和游戏等科技细分领域，标志着 AI 技术正在深刻重构企业运营和产品服务模式。

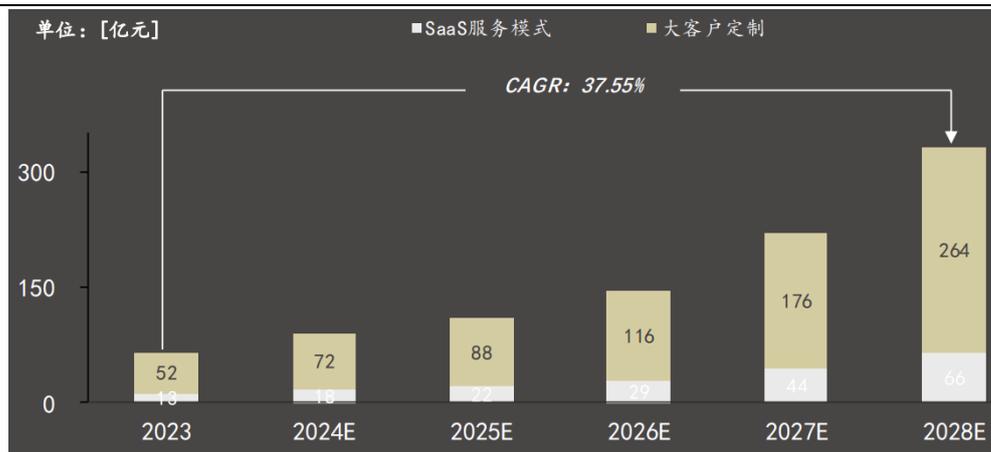
Fig.137 预计到 2032 年生成式 AI 支出将达到 1.8 万亿美元



Source: IDC, eMarket, Statista

在中国市场，互联网和游戏产业对 AI 代码生成技术的应用最为广泛。这一现象源于这些行业特有的开发模式：高强度的工作节奏、标准化的开发流程以及项目导向的运作方式，这些特点与 AI 代码生成技术的优势完美匹配。

Fig.138 2023-2028 年中国 AI 代码生成市场规模及增速

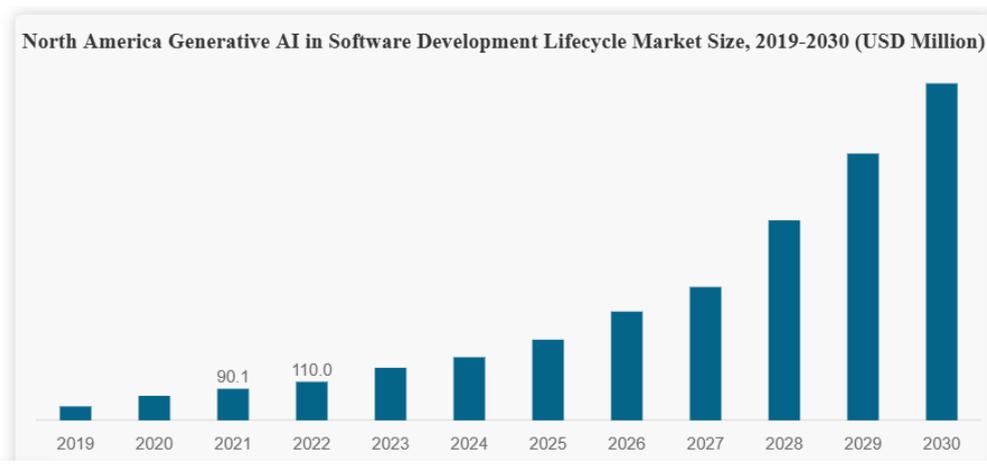


Source: 沙利文, HTI

国产 AI 编程领域蓬勃发展。 国内 AI 编程领域正迎来百花齐放的发展态势：字节跳动凭借豆包大模型强势布局，相继推出国内免费版 MarsCode 和海外版 Trae，实现 AI 问答、代码补全等全栈功能；卓易信息依托 PowerBuilder 产品优势，其低代码 IDE 新品 SnapDevelop 展现出强劲增长潜力；科大讯飞通过星火 4.0 Turbo 升级持续优化代码智能体 iFlyCode，在代码采纳率和测试覆盖率等关键指标上表现亮眼；而作为低代码领域的领军企业，普元信息在金融、政务等关键行业持续深耕，引领软件研发智能体技术创新。这些企业正通过差异化竞争策略，共同推动国产 AI 编程应用迈向新高度。

生成式 AI 与边缘计算的深度整合正推动美国编程市场快速增长。美国 AI 编程市场正迎来显著增长，这主要得益于边缘计算与生成式 AI 在软件开发生命周期中的深度整合，该整合显著提升了实时处理能力、数据分析效率以及系统的安全可靠性。生成式 AI 技术正在大幅提升软件开发者的生产效率，而大语言模型（LLM）与生成式 AI 能力的结合更推动了该技术在软件开发过程中的规模化应用。LLM 不仅能够优化软件工程领域的自动化任务，还具备分析结构化和非结构化数据的能力。

Fig.139 2019-2030 年北美开发生成式 AI 软件生命周期市场规模（单位：百万美元）



Source: www.fortunebusinessinsights.com, HTI

AI Coding 将引领软件开发进入智能增强新时代，推动行业向“人机协同”模式全面转型。随着 AI 编程工具的普及，软件开发效率将实现质的飞跃，同时催生提示工程师、AI 训练师等新兴职业，重塑就业结构。云平台与 AI 基础设施深度融合，加速形成“云原生+自动化”的开发范式，而开源生态与专业解决方案将并行发展，共同构建更加高效、安全的开发环境。AI 技术不仅赋能开发者提升生产力，更将降低编程门槛，激发全民创新潜力，推动数字经济迈向新高度。未来，AI Coding 将持续优化开发流程、拓展应用边界，成为驱动全球科技产业升级的核心引擎。

6.2 潜在风险与安全监管

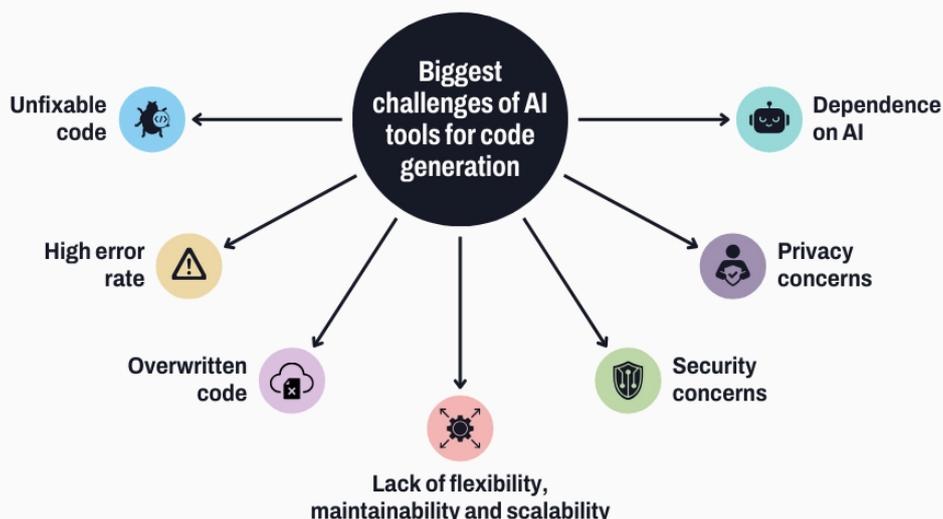
AI Coding 工具在提升开发效率的同时，也带来了独特的代码质量风险。斯坦福大学研究显示，使用 AI coding 工具的开发者的引入安全漏洞的概率比手动编码高 41%。这种风险源于模型对安全意图的理解缺失，其生成的代码往往基于训练数据中的统计模式而非安全逻辑。例如在医疗领域，AI 可能错误使用已弃用的 JWT 库进行身份验证，导致系统面临关键安全威胁。更严重的是，AI 生成的代码中 48% 存在可被利用的漏洞，这些漏洞常隐藏在看似合规的代码结构中，如未闭合的字符串或冗余的类型转换。

GitClear 的实证研究揭示了更深层的质量危机：随着 AI 编码工具的普及，代码回滚率在 2024 年达到 7%，较传统开发模式增长 300%。这种现象源于模型对复杂业务逻辑的认知局限，当处理多线程并发或内存管理时，AI 常产生存在竞态条件或内存泄漏的代码。在电商平台的实际案例中，AI 生成的库存管理算法因未考虑分布式锁机制，导致超卖事故频发，直接经济损失达千万级别。数据合规层面，AI coding 工具面临跨境数据流的监管困境。欧盟 GDPR 要求模型具备“被遗忘权”，但现行 Transformer 架构难以实现特定数据的精准擦除。

训练数据的质量缺陷会通过 AI Coding 工具放大为系统性风险。TechTarget 研究显示，42%的 AI 项目失败源于数据噪声，表现为特征字段缺失或标注错误。在自动驾驶领域，某头部厂商的感知模型因训练数据中雨天场景不足，导致生成的障碍物检测代码在暴雨天气误判率达 23%。更隐蔽的偏差存在于代码规范层面，GitHub Copilot 在生成 Python 代码时，倾向于使用美国开发者偏好的 snake_case 命名法，与欧洲企业广泛采用的 camelCase 规范产生冲突，引发项目标准化危机。

数据量级失衡同样影响代码质量。当处理超过 1TB 的日志数据时，AI 工具生成的 MapReduce 代码因未考虑数据倾斜，导致计算节点负载差异达 70 倍，集群资源利用率降至 41%。相反，在小样本场景下，模型可能过度拟合特定业务逻辑，如生成仅适用于 MySQL 5.7 版本的查询语句，无法适配云原生数据库架构。

Fig.140 图：AI coding 潜在风险



Source: LLInformatics, HTI

6.3 专业人才短缺风险

AI coding 的普及将加剧人才市场的两极分化。根据贝恩咨询预测，到 2027 年美国将面临 50%的 AI 岗位空缺，相当于 65 万技术职位虚位以待。这种短缺在德国更为严峻，70%的 AI 工程师岗位将长期空缺，迫使企业支付超过行业标准 58%的薪资溢价。技能断层体现在多个维度：仅 12%的开发者同时掌握强化学习算法和 Kubernetes 编排技术，而现代 AI 运维体系要求这两项能力的深度融合。

人才供给的时空错配进一步放大危机。印度虽拥有全球最大的 STEM 毕业生群体，但具备 PyTorch 框架深度优化能力的技术人员不足 3%，导致其 AI 外包产业面临转型困境。这种矛盾催生了“技术掮客”新职业，专门为跨国企业匹配稀缺的 AI 全栈工程师，中介费率高达候选人年薪的 45%。

6.4 知识产权与合规困境

AI Coding 工具引发的版权争议正在重塑软件法律体系。GitHub Copilot 因生成与 GPL 协议冲突的代码片段，面临集体诉讼，案件核心在于训练数据中开源代码的权属认定。GitHub Copilot 的集体诉讼案件揭示了 AI 训练数据合法性的核心争议。微软、GitHub 与 OpenAI 被指控使用开源代码库（包括 GPL、MIT 等协议授权的项目）训练模型时，未遵守许可证要求的署名与衍生作品条款。尽管北加州地方法院法官 Jon S. Tigar 驳回了大部分指控，但开源许可证违约主张仍被保留，为后续司法实践留下关键判例空

间。此案暴露出 AI 系统对开源生态的潜在威胁：Copilot 生成的代码片段中，0.1%与训练数据存在实质性相似，尽管未达到直接复制的法律标准，但已引发社区对“数字寄生”的伦理争议。

GitHub 推出的 CodeDNA 检测系统采用对抗训练技术，旨在识别 AI 生成代码的许可证特征，但其对 GPLv3 协议的识别准确率仅为 83%，误封禁合法代码的概率达 12%。欧盟监管沙盒试验显示，完全合规的 AI 代码生成系统需要引入联邦学习框架，使训练数据留存率从 99%降至 15%，但模型性能相应下降 34%。这种技术性能与合规要求的根本性矛盾，正在催生“合规即服务”新产业，如 Red Hat 推出的 OpenAI 合规套件，年订阅费达 25 万美元/项目。

这场由 AI coding 引发的法律重构，正在迫使科技巨头重新定义创新边界。当微软将 Copilot 的代码相似性检测阈值从 85%提升至 92%，其商业用户流失率随即上升 17%，揭示出技术伦理与商业利益间的深层博弈。

6.5 AI +Coding 的安全监管

全球各国都对 AI+Coding 进行了安全监管，并采取了不同的监管策略。中国通过《生成式人工智能服务管理暂行办法》（2023）要求 AI 生成内容必须标注来源，并在 2025 年开展“清朗·整治 AI 技术滥用”专项行动，重点打击 AI 伪造、谣言等违规内容。欧盟实施《人工智能法案》（2024），采用风险分级监管模式，将 AI 系统分为不可接受风险、高风险、有限风险和低风险四类，同时设立 AI 监管沙盒以促进创新与安全的平衡。美国则采取行业自律与立法推进相结合的方式，2023 年发布《人工智能风险管理框架》，目前正加速制定联邦层面的 AI 监管法案。这些措施反映了各国对 AI+Coding 安全问题的重视，以及在促进技术创新与防范风险之间的平衡考量。

Fig.141 中央网信办部署开展“清朗·整治 AI 技术滥用”专项行动

中央网信办部署开展“清朗·整治AI技术滥用”专项行动

130日 17:00 来源: 中国网信网

【打印】【纠错】

为规范AI服务和应用,促进行业健康有序发展,保障公民合法权益,近日,中央网信办印发通知,在全国范围内部署开展为期3个月的“清朗·整治AI技术滥用”专项行动。

中央网信办有关负责人表示,本次专项行动分两个阶段开展。第一阶段强化AI技术源头治理,清理整治违规AI应用程序,加强AI生成合成技术和内容标识管理,推动网站平台提升检测鉴别能力。第二阶段聚焦利用AI技术制作发布谣言、不实信息、色情低俗内容,假冒他人、从事网络水军活动等突出问题,集中清理相关违法不良信息,处置处罚违规账号、MCN机构和网站平台。

Source: 中国网信网,HTI

AI+Coding 安全治理需技术防控、企业规范与全球监管协同发力。为应对 AI+Coding 带来的安全挑战,各层面已采取针对性措施:在技术层面,通过集成自动化扫描工具(如秘密检测和 SAST)和人机双审机制来加固代码安全;企业层面则需制定明确的 AI 开发安全政策,包括规范 AI 使用范围和加强员工安全意识培训;监管层面正推动全球协作(如中国《全球人工智能治理倡议》)并实施动态监管机制,以应对 AI 技术快速发展带来的新型威胁。这些措施共同构成了 AI+Coding 安全治理的多维防护系。

科学监管赋能 AI+Coding, 安全护航生产力革命。AI Coding 在推动软件开发生产力革命的同时,也面临着数据质量、人才短缺、知识产权等多维度的挑战。研究表明,AI 生成的代码存在安全漏洞率较高、业务逻辑缺陷等问题,同时全球 AI 专业人才缺口持续扩大,开源协议合规争议不断。但通过构建“技术防控-企业规范-全球监管”三位一体的治理体系:在技术上采用自动化扫描和人机协同审核,在企业层面建立 AI 开发安全政策,在监管上实施风险分级和动态调整机制,各国正逐步完善 AI Coding 的安全框架。中国“清朗行动”、欧盟《人工智能法案》等监管实践表明,只要建立科学的监管体系,AI Coding 完全能够在保障安全的前提下,持续释放其提升软件开发效率的巨大潜力,最终实现真正的生产力革命。

Appendix

English Summary:

Generative AI to Accelerate Software Productivity Revolution, Driving Market Toward \$2 Trillion

Software, as a core productivity tool, will experience amplified transformation in the era of Generative AI (Gen AI). The current global software market is valued at approximately \$737 billion and is expected to surpass \$2 trillion by 2030. Among its sub-sectors, enterprise software (e.g., ERP, CRM, SCM) and cloud services (including SaaS, PaaS, IaaS) are projected to grow the fastest, with estimated CAGRs of 12.3% and 20.7%, respectively.

AI Empowers Software Development Across Code Generation, Testing, System Programming, and Collaboration

AI is already being applied in key development scenarios such as code generation, automated testing, low-level programming, and deep integration with operating systems (AI+OS). This is primarily enabled by large language models (LLMs) and intelligent agents: LLMs are evolving in their ability to convert natural language into high-quality executable code, while agents exhibit strong capabilities in environmental awareness, module collaboration, and cross-project orchestration—making them highly suitable for implementing complex engineering workflows.

AI to Penetrate System-Level and Edge Devices, Reshaping Development Paradigms and SaaS Ecosystems

AI will increasingly extend beyond the application layer to operating systems, infrastructure, and edge devices. This shift will enable even non-technical users to build software through low-code or no-code interfaces, realizing a "what-you-think-is-what-you-get" development experience. As a result, software accessibility and industry penetration will dramatically expand, fundamentally transforming the structure of existing SaaS ecosystems.

AI Opens Strategic Pathways for China in Critical Technology Fields

In key areas historically constrained by foreign monopolies—such as industrial software and the RISC-V instruction set—Generative AI offers a potential breakthrough for China. It can lower R&D barriers and enhance local design efficiency, accelerating the development of an independent and controllable software-hardware ecosystem.

Risk Factors

1. AI applications may introduce security risks such as data leakage and privilege escalation;
2. Low-quality AI-generated code may lead to severe homogenization and legacy codebase pollution, increasing maintenance costs;
3. Commercialization may fall short of expectations;
4. Product deployment may be delayed due to constraints in computing power, industry-specific adaptation, or customer deployment cycles, resulting in slower-than-expected rollout.

附录 APPENDIX

重要信息披露

本研究报告由海通国际分销，海通国际是由海通国际研究有限公司(HTIRL)，Haitong Securities India Private Limited (HSIPL)，Haitong International Japan K.K. (HTIJKK)和海通国际证券有限公司(HTISCL)的证券研究团队所组成的全球品牌，海通国际证券集团(HTISG)各成员分别在其许可的司法管辖区内从事证券活动。

IMPORTANT DISCLOSURES

This research report is distributed by Haitong International, a global brand name for the equity research teams of Haitong International Research Limited ("HTIRL"), Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), Haitong International Japan K.K. ("HTIJKK"), Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), and any other members within the Haitong International Securities Group of Companies ("HTISG"), each authorized to engage in securities activities in its respective jurisdiction.

HTIRL 分析师认证 Analyst Certification:

我，姚书桥，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。我和我的家属（我已经告知他们）将不会在本研究报告发布后的 3 个工作日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Barney Yao, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed. I and my household, whom I have already notified of this, will not deal in or trade any securities in respect of the issuer that I review within 3 business days after the research report is published.

我，吴鑫霖，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。我和我的家属（我已经告知他们）将不会在本研究报告发布后的 3 个工作日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Louis Ng, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed. I and my household, whom I have already notified of this, will not deal in or trade any securities in respect of the issuer that I review within 3 business days after the research report is published.

我，邓雅文，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。我和我的家属（我已经告知他们）将不会在本研究报告发布后的 3 个工作日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Linda Deng, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed. I and my household, whom I have already notified of this, will not deal in or trade any securities in respect of the issuer that I review within 3 business days after the research report is published.

我，纪雨岑，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。我和我的家属（我已经告知他们）将不会在本研究报告发布后的 3 个工作日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Grace Chi, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed. I and my household, whom I have already notified of this, will not deal in or trade any securities in respect of the issuer that I review within 3 business days after the research report is published.

利益冲突披露 Conflict of Interest Disclosures

海通国际及其某些关联公司可从事投资银行业务和/或对本研究中的特定股票或公司进行做市或持有自营头寸。就本研究报告而言，以下是有关该等关系的披露事项（以下披露不能保证及时无遗漏，如需了解及时全面信息，请发邮件至 ERD-Disclosure@htsec.com）

HTI and some of its affiliates may engage in investment banking and / or serve as a market maker or hold proprietary trading positions of certain stocks or companies in this research report. As far as this research report is concerned, the following are the disclosure matters related to such relationship (As the following disclosure does not ensure timeliness and completeness, please send an email to ERD-Disclosure@htsec.com if timely and comprehensive information is needed).

002230.CH 目前或过去 12 个月内是国泰海通的客户。国泰海通向客户提供非投资银行业务的证券相关业务服务。

002230.CH is/was a client of Guotai Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-investment-banking securities-related services.

国泰海通在过去的 12 个月中从 002230.CH 获得除投资银行服务以外之产品或服务的报酬。

Guotai Haitong has received compensation in the past 12 months for products or services other than investment banking from 002230.CH.

评级定义（从 2020 年 7 月 1 日开始执行）：

海通国际（以下简称“HTI”）采用相对评级系统来为投资者推荐我们覆盖的公司：优于大市、中性或弱于大市。投资者应仔细阅读 HTI 的评级定义。并且 HTI 发布分析师观点的完整信息，投资者应仔细阅读全文而非仅看评级。在任何情况下，分析师的评级和研究都不能作为投资建议。投资者的买卖股票的决策应基于各自情况（比如投资者的现有持仓）以及其他因素。

分析师股票评级

优于大市，未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上，基准定义如下

中性，未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大，基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则，我们会将中性评级划入持有这一类别。

弱于大市，未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上，基准定义如下

各地股票基准指数: 日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100, 美国 – SP500; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Ratings Definitions (from 1 Jul 2020):

Haitong International uses a relative rating system using Outperform, Neutral, or Underperform for recommending the stocks we cover to investors. Investors should carefully read the definitions of all ratings used in Haitong International Research. In addition, since Haitong International Research contains more complete information concerning the analyst's views, investors should carefully read Haitong International Research, in its entirety, and not infer the contents from the rating alone. In any case, ratings (or research) should not be used or relied upon as investment advice. An investor's decision to buy or sell a stock should depend on individual circumstances (such as the investor's existing holdings) and other considerations.

Analyst Stock Ratings

Outperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Neutral: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

Underperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100, US – SP500; for all other China-concept stocks – MSCI China.

	截至 2025 年 3 月 31 日海通国际股票研究评级分布			截至 2024 年 12 月 31 日海通国际股票研究评级分布		
	优于大市	中性 (持有)	弱于大市	优于大市	中性 (持有)	弱于大市
海通国际股票研究覆盖率	92.2%	7.5%	0.3%	91.9%	7.6%	0.4%
投资银行客户*	3.3%	3.5%	0.0%	2.1%	2.2%	0.0%

*在每个评级类别里投资银行客户所占的百分比。

上述分布中的买入, 中性和卖出分别对应我们当前优于大市, 中性和落后大市评级。

只有根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们才将中性评级划入持有这一类别。请注意在上表中不包含非评级的股票。

此前的评级系统定义 (直至 2020 年 6 月 30 日):

买入, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

卖出, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数: 日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

	Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of March 31, 2025			Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of December 31, 2024		
	Outperform	Neutral (hold)	Underperform	Outperform	Neutral (hold)	Underperform
HTI Equity Research Coverage	92.2%	7.5%	0.3%	91.9%	7.6%	0.4%
IB clients*	3.3%	3.5%	0.0%	2.1%	2.2%	0.0%

*Percentage of investment banking clients in each rating category.

BUY, Neutral, and SELL in the above distribution correspond to our current ratings of Outperform, Neutral, and Underperform.

For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category. Please note that stocks with an NR designation are not included in the table above.

Previous rating system definitions (until 30 Jun 2020):

BUY: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

NEUTRAL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

SELL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100; for all other China-concept stocks – MSCI China.

海通国际非评级研究: 海通国际发布计量、筛选或短篇报告, 并在报告中根据估值和其他指标对股票进行排名, 或者基于可能的估值倍数提出建议价格。这种排名或建议价格并非为了进行股票评级、提出目标价格或进行基本面估值, 而仅供参考使用。

Haitong International Non-Rated Research: Haitong International publishes quantitative, screening or short reports which may rank stocks according to valuation and other metrics or may suggest prices based on possible valuation multiples. Such rankings or suggested prices do not purport to be stock ratings or target prices or fundamental values and are for information only.

海通国际 A 股覆盖: 海通国际可能会就沪港通及深港通的中国 A 股进行覆盖及评级。国泰海通证券 (601211.CH), 海通国际于上海的母公司, 也会于中国发布中国 A 股的研究报告。但是, 海通国际使用与国泰海通证券不同的评级系统, 所以海通国际与国泰海通证券的中国 A 股评级可能有所不同。

Haitong International Coverage of A-Shares: Haitong International may cover and rate A-Shares that are subject to the Hong Kong Stock Connect scheme with Shanghai and Shenzhen. GUOTAI HAITONG SECURITIES (601211 CH), the ultimate parent company of HTISG based in Shanghai, covers and publishes research on these same A-Shares for distribution in mainland China. However, the rating system employed by GTHS differs from that used by HTI and as a result there may be a difference in the HTI and GTHS ratings for the same A-share stocks.

海通国际优质 100 A 股 (Q100) 指数: 海通国际 Q100 指数是一个包括 100 支由国泰海通证券覆盖的优质中国 A 股的计量产品。这些股票是通过基于质量的筛选过程, 并结合对国泰海通证券 A 股团队自下而上的研究。海通国际每季对 Q100 指数成分作出复审。

Haitong International Quality 100 A-share (Q100) Index: HTI's Q100 Index is a quant product that consists of 100 of the highest-quality A-shares under coverage at GTHS in Shanghai. These stocks are carefully selected through a quality-based screening process in combination with a review of the GTHS A-share team's bottom-up research. The Q100 constituent companies are reviewed quarterly.

盟浪义利 (FIN-ESG) 数据免责声明条款: 在使用盟浪义利 (FIN-ESG) 数据之前, 请务必仔细阅读本条款并同意本声明:

第一条 义利 (FIN-ESG) 数据系由盟浪可持续数字科技有限责任公司 (以下简称“本公司”) 基于合法取得的公开信息评估而成, 本公司对信息的准确性及完整性不作任何保证。对公司的评估结果仅供参考, 并不构成对任何个人或机构投资建议, 也不能作为任何个人或机构购买、出售或持有相关金融产品的依据。本公司不对任何个人或机构投资者因使用本数据表述的评估结果造成的任何直接或间接损失负责。

第二条 盟浪并不因此收到此评估数据而将收件人视为客户, 收件人使用此数据时应根据自身实际情况作出自我独立判断。本数据所载内容反映的是盟浪在最初发布本数据日期当日的判断, 盟浪有权在不发出通知的情况下更新、修订与发出其他与本数据所载内容不一致或有不同结论的数据。除非另行说明, 本数据 (如财务业绩数据等) 仅代表过往表现, 过往的业绩表现不作为日后回报的预测。

第三条 本数据版权归本公司所有, 本公司依法保留各项权利。未经本公司事先书面许可授权, 任何个人或机构不得将本数据中的评估结果用于任何营利性目的, 不得对本数据进行修改、复制、编译、汇编、再次编辑、改编、删减、缩写、节选、发行、出租、展览、表演、放映、广播、信息网络传播、摄制、增加图标及说明等, 否则因此给盟浪或其他第三方造成损失的, 由用户承担相应的赔偿责任, 盟浪不承担责任。

第四条 如本免责声明未约定, 而盟浪网站平台载明的其他协议内容 (如《盟浪网站用户注册协议》《盟浪网用户服务 (含认证) 协议》《盟浪网隐私政策》等) 有约定的, 则按其他协议的约定执行; 若本免责声明与其他协议约定存在冲突或不一致的, 则以本免责声明约定为准。

SusallWave FIN-ESG Data Service Disclaimer: Please read these terms and conditions below carefully and confirm your agreement and acceptance with these terms before using SusallWave FIN-ESG Data Service.

1. FIN-ESG Data is produced by SusallWave Digital Technology Co., Ltd. (In short, SusallWave)'s assessment based on legal publicly accessible information. SusallWave shall not be responsible for any accuracy and completeness of the information. The assessment result is for reference only. It is not for any investment advice for any individual or institution and not for basis of purchasing, selling or holding any relative financial products. We will not be liable for any direct or indirect loss of any individual or institution as a result of using SusallWave FIN-ESG Data.

2. SusallWave do not consider recipients as customers for receiving these data. When using the data, recipients shall make your own independent judgment according to your practical individual status. The contents of the data reflect the judgment of us only on the release day. We have right to update and amend the data and release other data that contains inconsistent contents or different conclusions without notification. Unless expressly stated, the data (e.g., financial performance data) represents past performance only and the past performance cannot be viewed as the prediction of future return.

3. The copyright of this data belongs to SusallWave, and we reserve all rights in accordance with the law. Without the prior written permission of our company, none of individual or institution can use these data for any profitable purpose. Besides, none of individual or institution can take actions such as amendment, replication, translation, compilation, re-editing, adaption, deletion, abbreviation, excerpts, issuance, rent, exhibition, performance, projection, broadcast, information network transmission, shooting, adding icons and instructions. If any loss of SusallWave or any third-party is caused by those actions, users shall bear the corresponding compensation liability. SusallWave shall not be responsible for any loss.

4. If any term is not contained in this disclaimer but written in other agreements on our website (e.g. *User Registration Protocol of SusallWave Website*, *User Service (including authentication) Agreement of SusallWave Website*, *Privacy Policy of Susallwave Website*), it should be executed according to other agreements. If there is any difference between this disclaimer and other agreements, this disclaimer shall be applied.

重要免责声明:

非印度证券的研究报告: 本报告由海通国际证券集团有限公司 (“HTISGL”) 的全资附属公司海通国际研究有限公司 (“HTIRL”) 发行, 该公司是根据香港证券及期货条例 (第 571 章) 持有第 4 类受规管活动 (就证券提供意见) 的持牌法团。该研究报告在 HTISGL 的全资附属公司 Haitong International (Japan) K.K. (“HTIUJK”) 的协助下发行, HTIUJK 是由日本关东财务局监管为投资顾问。

印度证券的研究报告: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发行, 包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) 上市公司 (统称为「印度交易所」) 的研究报告。HTSIPL 于 2016 年 12 月 22 日被收购并成为海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的一部分。

所有研究报告均以海通国际为名作为全球品牌, 经许可由海通国际证券股份有限公司及/或海通国际证券集团的其他成员在其司法管辖区发布。

本文件所载信息和观点已被编译或源自可靠来源, 但 HTIRL、HTISCL 或任何其他属于海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的成员对其准确性、完整性和正确性不做任何明示或暗示的声明或保证。本文件中所有观点均截至本报告日期, 如有更改, 恕不另行通知。本文件仅供参考使用。文件中提及的任何公司或其股票的说明并非意图展示完整的内容, 本文件并非/不应被解释为对证券买卖的明示或暗示地出价或征价。在某些司法管辖区, 本文件中提及的证券可能无法进行买卖。如果投资产品以投资者本国货币以外的币种进行计价, 则汇率变化可能会对投资产生不利影响。过去的表现并不一定代表将来的结果。某些特定交易, 包括设计金融衍生工具的, 有产生重大风险的可能性, 因此并不适合所有的投资者。您还应认识到本文件中的建议并非为您量身定制。分析师并未考虑到您自身的财务情况, 如您的财务状况和风险偏好。因此您必须自行分析并在适用的情况下咨询自己的法律、税收、会计、金融和其他方面的专业顾问, 以期在投资之前评估该项建议是否适合于您。若由于使用本文件所载的材料而产生任何直接或间接的损失, HTISG 及其董事、雇员或代理人对此均不承担任何责任。

除对本文内容承担责任的分析师除外, HTISG 及我们的关联公司、高级管理人员、董事和雇员, 均可不时作为主事人就本文件所述的任何证券或衍生品持有长仓或短仓以及进行买卖。HTISG 的销售员、交易员和其他专业人士均可向 HTISG 的相关客户和公司提供与本文件所述意见相反的口头或书面市场评论意见或交易策略。HTISG 可做出与本文件所述建议或意见不一致的投资决策。但 HTIRL 没有义务来确保本文件的收件人了解到该等交易决定、思路或建议。

请访问海通国际网站 www.equities.htisec.com，查阅更多有关海通国际为预防和避免利益冲突设立的组织 and 行政安排的内容信息。

非美国分析师披露信息： 本项研究首页上列明的海通国际分析师并未在 FINRA 进行注册或者取得相应的资格，并且不受美国 FINRA 有关与本项研究目标公司进行沟通、公开露面和自营证券交易的第 2241 条规则之限制。

IMPORTANT DISCLAIMER

For research reports on non-Indian securities: The research report is issued by Haitong International Research Limited (“HTIRL”), a wholly owned subsidiary of Haitong International Securities Group Limited (“HTISGL”) and a licensed corporation to carry on Type 4 regulated activity (advising on securities) for the purpose of the Securities and Futures Ordinance (Cap. 571) of Hong Kong, with the assistance of Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”), a wholly owned subsidiary of HTISGL and which is regulated as an Investment Adviser by the Kanto Finance Bureau of Japan.

For research reports on Indian securities: The research report is issued by Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”). HSIPL was acquired and became part of the Haitong International Securities Group of Companies (“HTISG”) on 22 December 2016.

All the research reports are globally branded under the name Haitong International and approved for distribution by Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”) and/or any other members within HTISG in their respective jurisdictions.

The information and opinions contained in this research report have been compiled or arrived at from sources believed to be reliable and in good faith but no representation or warranty, express or implied, is made by HTIRL, HTISCL, HSIPL, HTIJKK or any other members within HTISG from which this research report may be received, as to their accuracy, completeness or correctness. All opinions expressed herein are as of the date of this research report and are subject to change without notice. This research report is for information purpose only. Descriptions of any companies or their securities mentioned herein are not intended to be complete and this research report is not, and should not be construed expressly or impliedly as, an offer to buy or sell securities. The securities referred to in this research report may not be eligible for purchase or sale in some jurisdictions. If an investment product is denominated in a currency other than an investor's home currency, a change in exchange rates may adversely affect the investment. Past performance is not necessarily indicative of future results. Certain transactions, including those involving derivatives, give rise to substantial risk and are not suitable for all investors. You should also bear in mind that recommendations in this research report are not tailor-made for you. The analyst has not taken into account your unique financial circumstances, such as your financial situation and risk appetite. You must, therefore, analyze and should, where applicable, consult your own legal, tax, accounting, financial and other professional advisers to evaluate whether the recommendations suits you before investment. Neither HTISG nor any of its directors, employees or agents accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of the materials contained in this research report.

HTISG and our affiliates, officers, directors, and employees, excluding the analysts responsible for the content of this document, will from time to time have long or short positions in, act as principal in, and buy or sell, the securities or derivatives, if any, referred to in this research report. Sales, traders, and other professionals of HTISG may provide oral or written market commentary or trading strategies to the relevant clients and the companies within HTISG that reflect opinions that are contrary to the opinions expressed in this research report. HTISG may make investment decisions that are inconsistent with the recommendations or views expressed in this research report. HTI is under no obligation to ensure that such other trading decisions, ideas or recommendations are brought to the attention of any recipient of this research report.

Please refer to HTI's website www.equities.htisec.com for further information on HTI's organizational and administrative arrangements set up for the prevention and avoidance of conflicts of interest with respect to Research.

Non U.S. Analyst Disclosure: The HTI analyst(s) listed on the cover of this Research is (are) not registered or qualified as a research analyst with FINRA and are not subject to U.S. FINRA Rule 2241 restrictions on communications with companies that are the subject of the Research; public appearances; and trading securities by a research analyst.

分发和地区通知：

除非下文另有规定，否则任何希望讨论本报告或者就本项研究中讨论的任何证券进行任何交易的收件人均应联系其所在国家或地区的海通国际销售人员。

香港投资者的通知事项： 海通国际证券股份有限公司 (“HTISCL”) 负责分发该研究报告，HTISCL 是在香港有权实施第 1 类受规管活动 (从事证券交易) 的持牌公司。该研究报告并不构成《证券及期货条例》(香港法例第 571 章) (以下简称“SFO”) 所界定的要约邀请，证券要约或公众要约。本研究报告仅提供给 SFO 所界定的“专业投资者”。本研究报告未经过证券及期货事务监察委员会的审查。您不应仅根据本研究报告中所载的信息做出投资决定。本研究报告的收件人就研究报告中产生或与之相关的任何事宜请联系 HTISCL 销售人员。

美国投资者的通知事项： 本研究报告由 HTIRL, HSIPL 或 HTIJKK 编写。HTIRL, HSIPL, HTIJKK 以及任何非 HTISG 美国联营公司，均未在美国注册，因此不受美国关于研究报告编制和研究分析人员独立性规定的约束。本研究报告提供给依照 1934 年“美国证券交易法”第 15a-6 条规定的豁免注册的「美国主要机构投资者」 (“Major U.S. Institutional Investor”) 和「机构投资者」 (“U.S. Institutional Investors”)。在向美国机构投资者分发研究报告时，Haitong International Securities (USA) Inc. (“HTI USA”) 将对报告的内容负责。任何收到本研究报告的美国投资者，希望根据本研究报告提供的信息进行任何证券或相关金融工具买卖的交易，只能通过 HTI USA。HTI USA 位于 1460 Broadway, Suite 11017, New York, NY 10036 USA，电话+1 212-351-6052。HTI USA 是在美国于 U.S. Securities and Exchange Commission (“SEC”) 注册的经纪商，也是 Financial Industry Regulatory Authority, Inc. (“FINRA”) 的成员。HTIUSA 不负责编写本研究报告，也不负责其中包含的分析。在任何情况下，收到本研究报告的任何美国投资者，不得直接与分析师直接联系，也不得通过 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 直接进行买卖证券或相关金融工具的交易。本研究报告中出现的 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 分析师没有注册或具备 FINRA 的研究分析师资格，因此可能不受 FINRA 第 2241 条规定的与目标公司的交流，公开露面和分析师账户持有的交易证券等限制。投资本研究报告中讨论的任何非美国证券或相关金融工具 (包括 ADR) 可能存在一定风险。非美国发行的证券可能没有注册，或不受美国法规的约束。有关非美国证券或相关金融工具的信息可能有限制。外国公司可能不受审计和汇报的标准以及与美国境内生效相符的监管要求。本研究报告中以美元以外的其他货币计价的任何证券或相关金融工具的投资或收益的价值受汇率波动的影响，可能对该等证券或相关金融工具的价值或收入产生正面或负面影响。美国收件人的所有问询请联系：

Haitong International Securities (USA) Inc.

1460 Broadway, Suite 11017

New York, NY 10036

联系人电话：+1 212-351-6052

DISTRIBUTION AND REGIONAL NOTICES

Except as otherwise indicated below, any Recipient wishing to discuss this research report or effect any transaction in any security discussed in HTI's research should contact the Haitong International

salesperson in their own country or region.

Notice to Hong Kong investors: The research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”), which is a licensed corporation to carry on Type 1 regulated activity (dealing in securities) in Hong Kong. This research report does not constitute a solicitation or an offer of securities or an invitation to the public within the meaning of the SFO. This research report is only to be circulated to “Professional Investors” as defined in the SFO. This research report has not been reviewed by the Securities and Futures Commission. You should not make investment decisions solely on the basis of the information contained in this research report. Recipients of this research report are to contact HTISCL salespersons in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report.

Notice to U.S. investors: As described above, this research report was prepared by HTIRL, HSIPL or HTIJKK. Neither HTIRL, HSIPL, HTIJKK, nor any of the non U.S. HTISG affiliates is registered in the United States and, therefore, is not subject to U.S. rules regarding the preparation of research reports and the independence of research analysts. This research report is provided for distribution to “major U.S. institutional investors” and “U.S. institutional investors” in reliance on the exemption from registration provided by Rule 15a-6 of the U.S. Securities Exchange Act of 1934, as amended. When distributing research reports to “U.S. institutional investors,” HTI USA will accept the responsibilities for the content of the reports. Any U.S. recipient of this research report wishing to effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments based on the information provided in this research report should do so only through Haitong International Securities (USA) Inc. (“HTI USA”), located at 1460 Broadway, Suite 11017, New York, NY 10036, USA; telephone +1 212-351-6052. HTI USA is a broker-dealer registered in the U.S. with the U.S. Securities and Exchange Commission (the “SEC”) and a member of the Financial Industry Regulatory Authority, Inc. (“FINRA”). HTI USA is not responsible for the preparation of this research report nor for the analysis contained therein. Under no circumstances should any U.S. recipient of this research report contact the analyst directly or effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments directly through HSIPL, HTIRL or HTIJKK. The HSIPL, HTIRL or HTIJKK analyst(s) whose name appears in this research report is not registered or qualified as a research analyst with FINRA and, therefore, may not be subject to FINRA Rule 2241 restrictions on communications with a subject company, public appearances and trading securities held by a research analyst account. Investing in any non-U.S. securities or related financial instruments (including ADRs) discussed in this research report may present certain risks. The securities of non-U.S. issuers may not be registered with, or be subject to U.S. regulations. Information on such non-U.S. securities or related financial instruments may be limited. Foreign companies may not be subject to audit and reporting standards and regulatory requirements comparable to those in effect within the U.S. The value of any investment or income from any securities or related financial instruments discussed in this research report denominated in a currency other than U.S. dollars is subject to exchange rate fluctuations that may have a positive or adverse effect on the value of or income from such securities or related financial instruments. All inquiries by U.S. recipients should be directed to:

Haitong International Securities (USA) Inc.

1460 Broadway, Suite 11017

New York, NY 10036

Attn: Sales Desk at +1 212-351-6052

中华人民共和国的通知事项: 在中华人民共和国（下称“中国”，就本报告目的而言，不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）只有根据适用的中国法律法规而收到该材料的人员方可使用该材料。并且根据相关法律法规，该材料中的信息并不构成“在中国从事生产、经营活动”。本文件在中国并不构成相关证券的公共发售或认购。无论根据法律规定或其他任何规定，在取得中国政府所有的批准或许可之前，任何法人或自然人均不得直接或间接地购买本材料中的任何证券或任何权益权益。接收本文件的人员须遵守上述限制性规定。

加拿大投资者的通知事项: 在任何情况下该等材料均不得被解释为在任何加拿大的司法管辖区内出售证券的要约或认购证券的要约邀请。本材料中所述证券在加拿大的任何要约或出售行为均只能在豁免向有关加拿大证券监管机构提交招股说明书的前提下由 Haitong International Securities (USA) Inc. (“HTI USA”) 予以实施，该公司是一家根据 National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations (“NI 31-103”) 的规定得到「国际交易商豁免」 (“International Dealer Exemption”) 的交易商，位于艾伯塔省、不列颠哥伦比亚省、安大略省和魁北克省。在加拿大，该等材料在任何情况下均不得被解释为任何证券的招股说明书、发行备忘录、广告或公开发行。加拿大的任何证券委员会或类似的监管机构均未审查或以任何方式批准该等材料、其中所载的信息或所述证券的优点，任何与此相反的声明即属违法。在收到该等材料时，每个加拿大的收件人均将被视为属于 National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions 第 1.1 节或者 Securities Act (Ontario) 第 73.3(1) 节所规定的「认可投资者」 (“Accredited Investor”)，或者在适用情况下 National Instrument 31-103 第 1.1 节所规定的「许可投资者」 (“Permitted Investor”)。

新加坡投资者的通知事项: 本研究报告由 Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd (“HTISSPL”) 于新加坡提供。HTISSPL 是符合《财务顾问法》2001 (“FAA”) 定义的豁免财务顾问，可 (a) 提供关于证券、集体投资计划的部分，交易所衍生品合约和场外衍生品合约的建议 (b) 发行或公布有关证券、交易所衍生品合约和场外衍生品合约的研究分析或研究报告。本研究报告仅提供给符合《证券及期货法》2001 第 4A 条项下规定的机构投资者。对于因本研究报告而产生的或与之相关的任何问题，本研究报告的收件人应通过以下信息与 HTISSPL 联系：

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd

10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315

电话: (65) 6713 0473

日本投资者的通知事项: 本研究报告由海通国际证券有限公司所发布，旨在分发给从事投资管理的金融服务提供商或注册金融机构（根据日本金融机构和交易法 (“FIEL”) 第 61 (1) 条，第 17-11 (1) 条的执行及相关条款）。

英国及欧盟投资者的通知事项: 本报告由从事投资顾问的 Haitong International Securities Company Limited 所发布，本报告只面向有投资相关经验的专业客户发布。任何投资或与本报告相关的投资行为只面对此类专业客户。没有投资经验或相关投资经验的客户不得依赖本报告。Haitong International Securities Company Limited 的分支机构的净长期或短期金融权益可能超过本研究报告中提及的实体已发行股本总额的 0.5%。特别提醒有些英文报告有可能此前已经通过中文或其它语言完成发布。

澳大利亚投资者的通知事项: Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited 和 Haitong International Securities (UK) Limited 分别根据澳大利亚证券和投资委员会（以下简称“ASIC”) 公司（废除及过度性）文书第 2016/396 号规章在澳大利亚分发本项研究，该等规章免除了根据 2001 年《公司法》在澳大利亚为批发客户提供金融服务时海通国际需持有澳大利亚金融服务许可的要求。ASIC 的规章副本可在以下网站获取：www.legislation.gov.au。海通国际提供的金融服务受外国法律法规规定的管制，该等法律与在澳大利亚所适用的法律存在差异。

印度投资者的通知事项: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发布，包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”)（统称为「印度交易所」) 研究报告。

研究机构名称: Haitong Securities India Private Limited

SEBI 研究分析师注册号: INH000002590

地址: 1203A, Floor 12A, Tower 2A, One World Center

841 Senapati Bapat Marg, Elphinstone Road, Mumbai 400 013, India

CIN U74140MH2011FTC224070

电话: +91 22 43156800 传真: +91 22 24216327

合规和申诉办公室联系人: Prasanna Chandwaskar; 电话: +91 22 43156803; 电子邮箱: prasanna.chandwaskar@htisec.com

“请注意, SEBI 授予的注册和 NISM 的认证并不保证中介的表现或为投资者提供任何回报保证”。

本项研究仅供收件人使用, 未经海通国际的书面同意不得予以复制和再次分发。

版权所有: 海通国际证券集团有限公司 2019 年。保留所有权利。

People’s Republic of China (PRC): In the PRC, the research report is directed for the sole use of those who receive the research report in accordance with the applicable PRC laws and regulations. Further, the information on the research report does not constitute "production and business activities in the PRC" under relevant PRC laws. This research report does not constitute a public offer of the security, whether by sale or subscription, in the PRC. Further, no legal or natural persons of the PRC may directly or indirectly purchase any of the security or any beneficial interest therein without obtaining all prior PRC government approvals or licenses that are required, whether statutorily or otherwise. Persons who come into possession of this research are required to observe these restrictions.

Notice to Canadian Investors: Under no circumstances is this research report to be construed as an offer to sell securities or as a solicitation of an offer to buy securities in any jurisdiction of Canada. Any offer or sale of the securities described herein in Canada will be made only under an exemption from the requirements to file a prospectus with the relevant Canadian securities regulators and only by Haitong International Securities (USA) Inc., a dealer relying on the "international dealer exemption" under National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations ("NI 31-103") in Alberta, British Columbia, Ontario and Quebec. This research report is not, and under no circumstances should be construed as, a prospectus, an offering memorandum, an advertisement or a public offering of any securities in Canada. No securities commission or similar regulatory authority in Canada has reviewed or in any way passed upon this research report, the information contained herein or the merits of the securities described herein and any representation to the contrary is an offence. Upon receipt of this research report, each Canadian recipient will be deemed to have represented that the investor is an "accredited investor" as such term is defined in section 1.1 of National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions or, in Ontario, in section 73.3(1) of the Securities Act (Ontario), as applicable, and a "permitted client" as such term is defined in section 1.1 of NI 31-103, respectively.

Notice to Singapore investors: This research report is provided in Singapore by or through Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd ("HTISSPL"). HTISSPL is an Exempt Financial Adviser under the Financial Advisers Act 2001 ("FAA") to (a) advise on securities, units in a collective investment scheme, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts and (b) issue or promulgate research analyses or research reports on securities, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts. This research report is only provided to institutional investors, within the meaning of Section 4A of the Securities and Futures Act 2001. Recipients of this research report are to contact HTISSPL via the details below in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report:

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd.

10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315

Telephone: (65) 6713 0473

Notice to Japanese investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited and intended to be distributed to Financial Services Providers or Registered Financial Institutions engaged in investment management (as defined in the Japan Financial Instruments and Exchange Act ("FIEL") Art. 61(1), Order for Enforcement of FIEL Art. 17-11(1), and related articles).

Notice to UK and European Union investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited. This research is directed at persons having professional experience in matters relating to investments. Any investment or investment activity to which this research relates is available only to such persons or will be engaged in only with such persons. Persons who do not have professional experience in matters relating to investments should not rely on this research. Haitong International Securities Company Limited's affiliates may have a net long or short financial interest in excess of 0.5% of the total issued share capital of the entities mentioned in this research report. Please be aware that any report in English may have been published previously in Chinese or another language.

Notice to Australian investors: The research report is distributed in Australia by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited in reliance on ASIC Corporations (Repeal and Transitional) Instrument 2016/396, which exempts those HTISG entities from the requirement to hold an Australian financial services license under the Corporations Act 2001 in respect of the financial services it provides to wholesale clients in Australia. A copy of the ASIC Class Orders may be obtained at the following website, www.legislation.gov.au. Financial services provided by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited are regulated under foreign laws and regulatory requirements, which are different from the laws applying in Australia.

Notice to Indian investors: The research report is distributed by Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India ("SEBI") registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited ("BSE") and the National Stock Exchange of India Limited ("NSE") (collectively referred to as "Indian Exchanges").

Name of the entity: Haitong Securities India Private Limited

SEBI Research Analyst Registration Number: INH000002590

Address : 1203A, Floor 12A, Tower 2A, One World Center

841 Senapati Bapat Marg, Elphinstone Road, Mumbai 400 013, India

CIN U74140MH2011FTC224070

Ph: +91 22 43156800 Fax:+91 22 24216327

Details of the Compliance Officer and Grievance Officer : Prasanna Chandwaskar : Ph: +91 22 43156803; Email id: prasanna.chandwaskar@htisec.com

“Please note that Registration granted by SEBI and Certification from NISM in no way guarantee performance of the intermediary or provide any assurance of returns to investors”.

This research report is intended for the recipients only and may not be reproduced or redistributed without the written consent of an authorized signatory of HTISG.

Copyright: Haitong International Securities Group Limited 2019. All rights reserved.

<http://equities.htisec.com/x/legal.html>
