

研究报告 / 2026 年 7 月

GLOBAL INDUSTRIAL INTELLIGENCE

全球 FDE 发展研究报告

Forward Deployed Engineer

FDE 研究课题组

2026 年 7 月

课题团队

首席专家

吴力波 上海市大数据社会应用研究会会长，复旦大学校长助理、经济学院教授，上海创智学院副院长，上海科学智能研究院理事长

高奇琦 上海市大数据社会应用研究会副会长、秘书长，复旦大学国际关系与公共事务学院教授，国家新一代人工智能治理委员会委员

课题策划与统筹

卢星龙 上海市大数据社会应用研究会青年专委会主任，前沿部署工程师

史皓天 上海市大数据社会应用研究会特约研究员，复旦大学中国研究院博士生

陈志豪 上海市大数据社会应用研究会特约研究员，博士

课题组核心成员

李 阳 上海市大数据社会应用研究会副秘书长，博士

卢星龙 上海市大数据社会应用研究会青年专委会主任，前沿部署工程师

史皓天 上海市大数据社会应用研究会特约研究员，复旦大学中国研究院博士生

陈志豪 上海市大数据社会应用研究会特约研究员，博士

孙启正 上海市大数据社会应用研究会技术专家

杨正源 上海市大数据社会应用研究会特约研究员，复旦大学马克思主义经济学中国化研究院博士生

摘要

进入 2026 年下半年，人工智能基础模型在推理能力、输出稳定性和调用成本方面持续进步，产业化的主要矛盾正由模型能力不足转向应用端组织能力不足。企业真正缺少的，不再只是一次模型演示，而是把行业知识、企业数据、既有信息系统、生产环境部署、业务验收和持续迭代连成一条完整责任链。前沿部署工程师（Forward Deployed Engineer, FDE）承担的正是这项工作。本报告的核心判断是：中国不应照搬海外大型科技企业的驻场模式，而应依托四十余年产业积累，以行业原生型 FDE 为主要人才来源，以编程智能体和共享生产团队为工程支撑，推动企业由局部试点走向全面智能化。

FDE 是直接进入客户真实业务环境，参与形成需求规格和验收标准，将人工智能应用部署至生产环境，并在系统运行中持续迭代、对实际业务结果负责的复合型交付者。FDE 的工作可以追溯到 Palantir 自 2003 年开始的现场工程实践；生成式人工智能普及后，它连接的对象进一步扩展到基础模型、行业知识、企业数据和智能体系统。2024 年以来，相关岗位和资本投入同步增加，表明全球人工智能竞争正在从比较模型能力，转向比较谁能稳定地把技术转化为产业生产力。

FDE 受到重视，是因为不同主体同时卡在人工智能落地端。政府需要把产业智能化目标落实到真实场景；不以人工智能产品为主营业务的各行业企业，需要把自身经验、业务流程和数据转化为能够运行的系统；人工智能技术供应商通常不掌握客户现场的隐性知识，需要借助生产交付使模型和软件进入客户业务并形成持续收入；金融资本需要看到技术投入转化为项目、续约和现金流；劳动者则要适应知识劳动被重新组织后的人机分工。更深层的变化在于，人工智能开始进入过去主要由劳动者掌握的知性生产资料领域，FDE 因而成为连接行业知识、人工智能技术与生产责任的重要组织者。

全球实践已经形成五类以 FDE 为关键交付环节的商业模式：平台产品型、模型服务型、云服务型、咨询实施型和独立 FDE 服务型。前三类企业分别通过平台订阅、模型服务和云服务取得主要收入，FDE 负责降低技术产品进入客户生产环

境的门槛；后两类企业直接出售咨询、实施、诊断、版本建设和持续运营服务，FDE 本身就是创造收入的核心交付者。五类模式的共同点，是都要从客户现场发现问题、完成生产部署，并把项目经验转化为后续客户可以复用的产品功能、工程组件、行业方法和交付流程。

中国特色 FDE 道路的核心，是让行业专家在补齐基本人工智能认知后承担经营问题界定、行业经验提取和业务验收，让编程智能体加速原型与迭代，让共享生产团队负责复杂集成、安全、测试、部署和运维。由此形成的效率收益不应被简单理解为低价外包，而应同时用于缩短交付周期、增加用户反馈、完善自动化测试和加固生产系统。随着这一道路展开，FDE 将向更多中小企业和细分行业扩散，岗位名称会随行业分化，直接接触真实业务、共同形成需求与验收、完成生产交付、持续迭代四项责任则会逐渐收敛。企业、政府、投资机构和技术平台需要据此共同建设可验证、可复用、可持续运营的人工智能生产体系。

关键词：前沿部署工程师；FDE；人工智能落地；中国特色 FDE 道路；企业全面智能化；五类商业模式；生产级交付

目 录

摘 要.....	3
前 言.....	7
第一章 为什么是 FDE：人工智能落地需要新的生产组织者	8
一、FDE 为什么突然火了：从小众岗位到全球竞逐	8
二、FDE 是什么：把人工智能能力变成产业结果的关键角色	9
三、为什么需要 FDE：四类主体共同卡在落地端	11
四、为什么 FDE 会成为时代必然：人工智能正在改写生产组织与劳动分工 ..	13
第二章 全球 FDE 的发展格局：FDE 参与的五类商业模式	17
一、平台产品型：现场交付如何转化为平台订阅	18
二、模型服务型：生产部署如何转化为模型收入	19
三、云服务型：工作负载落地如何转化为云服务收入	20
四、咨询实施型：FDE 如何承接系统实施与长期服务	21
五、独立 FDE 服务型：直接交付如何形成持续业务	21
六、五类商业模式如何协同：从单项交付到联合服务	22
第三章 FDE 的交付组织与单位经济：从单兵协作到质量再投入	26
一、FDE 如何从个人走向组织：四种压力推动五次进化	26
二、FDE 如何被组织起来工作：从个体到工业化的五个阶段	27
三、FDE 如何收费：从工时计价到结果共担	30
四、怎样定量估测 AI-FDE：成本、质量与价格必须分账	32
五、从重复驻场到跨项目复用：判断交付组织是否积累了能力	34
第四章 中国特色 FDE 道路：从四十年产业积累到企业全面智能化	37

一、中国企业为什么仍需要 FDE：人工智能基础模型供给日益充分，落地仍 卡在企业现场.....	37
二、中国为什么能够发展 FDE：四十年产业积累形成的比较优势	38
三、中国 FDE 的发展现状：岗位建制初步形成，同构能力分布于多类组织 ..	41
四、中国 FDE 如何规模化：行业原生 FDE 与共享生产团队协同	43
五、谁来做中国 FDE：四类行业的能力起点与转型路径	44
六、中国 FDE 究竟解决什么：把经验、流程和数据变成可验收的生产系统 ..	47
七、部分中国 FDE 前沿探索案例	49
第五章 FDE 的未来：市场扩散、行业分化与资产沉淀	56
一、未来会发生什么：六项趋势判断.....	56
二、企业如何行动：从采购一个项目到建设持续能力.....	58
三、政府如何行动：从补贴一个岗位到建设落地生态.....	58
四、从业者如何行动：从工具使用者到行业原生 FDE	59
结 语.....	61
免责声明.....	62

前言

人类历史上的工业革命，从来不只是生产工具速度的提高，而是生产资料构成、劳动组织方式与社会分配关系的结构性重组。第一次工业革命以蒸汽动力和机器生产替代分散的手工作业，使生产集中到工厂，并扩大了资本所有者与雇佣劳动者之间的分工；第二次工业革命以电气化、流水线和标准化生产扩大企业规模，使现代大企业成为组织社会生产的主要形式；第三次工业革命以计算机、通信网络和互联网降低信息处理与跨地域协作成本，使供应链、平台企业和网络化组织成为新的生产结构。三次工业革命的技术对象不同，但共同之处在于：新的生产力会重新规定生产资料由谁掌握、劳动怎样被组织、企业边界如何形成以及新增价值如何分配。

人工智能革命正在进一步撼动企业存在的生产资料基础。过去三次工业革命主要提高机械性生产资料的效率，劳动者掌握的知识、判断和经验仍然是企业无法脱离的知性生产资料。企业主提供资本、机器、软件和基础设施，劳动者提供相对不可替代的知性劳动，两者结合构成企业组织生产并取得剩余价值的基本条件。生成式人工智能开始规模化执行文字、代码、分析、决策辅助和流程操作等知识任务以后，劳动者对知性生产资料的相对不可替代性第一次受到系统性挑战。由此发生的变化远不只是企业内部重新划分岗位责任，而是企业为何需要雇佣知识劳动者、哪些任务必须留在组织内部、劳动收入如何形成以及企业主与劳动者如何重新建立生产关系。

进入 2026 年下半年，大语言模型、多模态模型及其支撑的智能体系统已能执行更多知识任务，模型调用成本持续下降。国家发展改革委在解读“人工智能+”行动时指出，人工智能正从试验探索迈向价值创造，同时仍存在供需对接不畅和应用落地“最后一公里”等问题。技术供给增加以后，企业还要完成经营场景选择、行业知识提取、企业数据与既有信息系统接入、生产部署和业务验收。本报告由此把目光投向 FDE：他们进入客户真实业务环境取得行业知识，将其转译为需求规格、企业数据结构和验收标准，再把 AI 应用部署到生产环境并持续迭代，成为连接人工智能技术与产业生产的关键角色。

第一章 为什么是 FDE：人工智能落地需要新的生产组织者

本章先从全球岗位、组织和资本投入的变化说明 FDE 为什么在 2024 年后进入更广泛的产业视野，再从既有企业实践中归纳 FDE 的定义与责任边界，继而说明政府、企业、金融资本和劳动者为什么共同需要技术——产业接驳者，最后在政治经济学框架中展开五项判断：AI 如何进入知性生产资料、如何改变企业组织生产的基础、如何影响就业与分配，以及 FDE 为什么会成为人工智能革命过渡阶段的重要生产组织者。

一、FDE 为什么突然火了：从小众岗位到全球竞逐

FDE 并非 2026 年才出现。Palantir 早在 2003 年便以工程师直接进入客户真实业务环境的方式，解决复杂软件系统交付问题。真正的市场变化发生在 2024 年以后：生成式 AI 显著降低代码编写、系统配置和原型构建成本，企业却发现，经营问题识别、企业数据接入、业务流程改造、生产部署和持续验收仍无法由模型自动完成。AI 产业化的主要瓶颈，正在从模型能力不足，转向 AI 技术与行业知识、企业数据和真实业务流程无法稳定衔接。

国际岗位市场首先给出 AI 产业化重心变化的信号。2024 年以来，OpenAI、Anthropic 等模型公司，云计算服务企业、数据软件平台企业和专业服务机构持续招聘 FDE，岗位职责集中在客户现场调研、AI 应用开发、生产部署和业务结果改进。岗位数量上升说明，企业正在把更多资源投向 AI 技术与真实产业流程之间的接驳工作。

企业组织调整和资本投入随后给出更强信号。OpenAI、Anthropic 等模型公司不再只以模型参数、评测成绩或应用演示证明价值，而是通过扩大 FDE 团队、建设生产交付工具和收购相关能力，把模型能力转化为企业业务结果。OpenAI Deployment Company、AWS 专项部门和 Microsoft Frontier Company 分别代表独立

公司、内部部门和大规模现场组织三种路径^[1-3]。资本流向 FDE 团队和交付基础设施，反映出 AI 产业的价值实现正在从技术供给进一步延伸到生产落地。

中国市场采用 FDE 头衔的时间较晚，但相同的生产责任已经存在于人工智能解决方案团队、软件实施团队、企业数字化部门、行业科技团队和独立人工智能服务商中。判断中国 FDE 的发展情况，不能只统计职位名称，还应识别哪些团队实际承担了客户现场调研、需求与验收标准形成、生产系统交付和上线后持续改进四项责任。

因此，FDE 职位增长不能只理解为招聘市场对新头衔的追逐。更广泛的组织开始关注 FDE，是 AI 产业价值链重心移动的外在表现：模型能力仍在继续进步，但企业价值只有在 AI 系统进入真实业务流程、承担真实生产任务并形成可验证结果后才能实现；通用软件和模型调用越来越便宜，行业知识提取、组织协调、生产系统集成和结果责任反而成为更加稀缺的生产要素。

二、FDE 是什么：把人工智能能力变成产业结果的关键角色

界定 FDE 不能只依据某一家公司的岗位说明书。FDE 先以企业实践存在，后被不同企业赋予统一名称；现有实践包括 Palantir 的深度驻场交付、OpenAI 与 Anthropic 的人工智能模型部署、AWS 的工业化交付小组、咨询公司的生产系统建设和中国独立服务商的结果导向服务。市场同时存在两类边界模糊的用法：一类只依据“是否承担客户结果责任”判断 FDE，忽略生产环境部署；另一类继续从事传统售前工作，却采用 FDE 头衔。

这些不同企业中的 FDE 实践具有共同责任：进入真实业务环境取得行业知识；把行业知识转译为需求规格、企业数据结构、业务流程和验收标准；把 AI 应用部署到生产环境，并依据运行结果持续改进。为了与软件工程师、售前工程师、驻场外包和咨询顾问进一步区分，第一章随后把三组连续责任拆分为四项核心判定条件。

本报告将 FDE 定义为：直接接触客户真实业务环境，基于现场信息形成需求规格与验收指标，将系统部署至客户生产环境，并在运行中持续迭代、对实际结果负责的复合型交付者。四项条件共同成立，才构成实质意义上的 FDE。

条件一，直接接触真实业务环境。工作输入来自真实数据、真实系统和真实业务人员。远程工作并不等于不在场，只要从业者直接进入客户生产系统并与业务人员持续互动；坐在客户办公室却只接收项目经理转述，也不构成真正的在场。

条件二，参与生产需求与验收标准。FDE 不是被动执行一份预先完整的需求文档，而是把现场观察转化为需求规格，并与客户共同确定“做到什么程度算成功”。

条件三，交付生产系统。演示、原型和报告可以是中间产物，最终交付物必须进入客户生产环境、承担真实负载，并被真实业务人员使用。

条件四，上线后持续迭代。系统运行产生的新问题、新数据和新业务变化必须进入下一轮改进。交付方至少要承担续约结果，责任不能在里程碑验收当天终止。

表 1-1 FDE 与其他相关岗位的四项核心判定条件对照

岗位	条件一 直接接触	条件二 需求与标准生产	条件三 生产交付	条件四 持续迭代
FDE	✓	✓	✓	✓
软件工程师	×	×	✓	✓
售前工程师	✓	✓	×	×
驻场外包	✓	×	✓	×
咨询顾问	✓	✓	×	✓

FDE 与相邻岗位的边界可以依据四项责任直接判断：软件工程师通常不直接进入客户现场共同形成生产需求，售前工程师通常不负责交付和持续运营生产系统，驻场外包通常执行客户预先给定的需求和验收标准，咨询顾问通常把报告或方案作为最终交付物。软件工程师、售前工程师、驻场人员和咨询顾问都可能承担部分 FDE 工作，但只有直接接触真实业务环境、参与需求与验收标准形成、交付生产系统并在上线后持续迭代四项责任同时成立时，相关工作才构成实质意义上的 FDE。

在本报告中，FDE 是承担上述四项连续责任的职业角色。企业会把这一角色嵌入自身的软件平台、模型产品、云服务、咨询业务或独立交付服务；当客户和项

目增多，团队还会形成共享生产平台、专业分工和跨项目复用机制。本文所说“中国特色 FDE 模式”，指行业专家主导业务判断、编程智能体加速实现、专门生产团队托底集成、测试、部署和运维的协作机制。职业责任、企业经营与交付组织由此构成相互衔接的三个层次。

FDE 的四项核心责任相对稳定，具体岗位形态会随产业和技术条件变化。不同产品与客户业务环境之间需要补足的内容不同，FDE 承担的行业调研、系统集成和组织协调比重也会不同；人工智能工具每承接一部分标准化执行任务，人类 FDE 就会进一步转向经营问题界定、行业经验提取、组织协调、验收设计和结果责任。FDE 岗位外观的多样性，不是定义失效，而是同一组生产责任在不同产业和人工智能技术阶段中的具体表现。

三、为什么需要 FDE：四类主体共同卡在落地端

2026 年世界人工智能大会上，习近平主席提出全面促进人工智能科技创新、产业发展和场景应用，协同推进传统产业改造升级，让人工智能赋能千行百业^[4]。这项要求不仅指向人工智能模型性能提升，更指向人工智能技术进入真实产业流程并形成生产力。中国的“人工智能+”行动把产业全要素智能化、人工智能应用服务商培育、人机协同和就业风险治理同时纳入政策框架；美国的人工智能行动计划则把技术创新、基础设施与全栈人工智能输出置于国家竞争力框架内^{[5][6]}。中美两国采取的政策路径不同，但都已把人工智能竞争从单一技术竞赛推进到国家产业能力竞争。

政府面临的困难，是国家层面的人工智能产业目标缺少进入具体企业和生产流程的微观传导机制。政府希望通过人工智能提高全要素生产率、推动传统产业升级并形成新的就业结构，但公共场景开放、企业数据规范、政府采购制度、项目效果评价和安全责任分别由不同部门管理。若缺少能够进入行业现场并把政策目标转化为生产系统的交付主体，算力、人工智能基础模型、产业资金和企业场景仍然会彼此分离。

企业内部存在两类不同的落地难题。对于不以人工智能产品为主营业务的各行业企业，管理层希望使用人工智能，并不等于组织已经具备智能化转型能力：生产部署仍要处理业务流程、访问权限、数据质量、历史信息系统、岗位利益和验收口径，决定系统能否工作的关键知识也往往存在于一线人员经验、行业规范与组织惯例中。它们需要 FDE 从经营问题出发，持续完成需求澄清、系统接入、生产上线、业务验收和运行改进。人工智能技术供应商面对的是后一层问题：它们掌握模型和软件，却通常不掌握每个客户现场的隐性知识，必须通过 FDE 把技术接入客户业务、完成项目验收并形成持续收入。两类企业分处供需两端，FDE 连接的是客户现场知识与技术供给。

金融资本面临的困难，是人工智能企业的技术估值最终必须回到客户收入、续约和现金流。人工智能基础模型训练与算力基础设施投入持续扩大以后，资本市场更加关心人工智能模型能否进入企业预算、形成长期使用，并把不同客户项目中反复出现的需求写入标准化产品。FDE 一方面推动人工智能产品进入客户生产系统，另一方面把客户现场问题反馈给产品研发团队，因此连接人工智能技术投入与商业回报。

劳动者的困境是工作被重组，而转型路径尚未成形。国际劳工组织估计，全球约四分之一劳动者所在职业对生成式人工智能具有一定暴露度，但更可能发生的是任务重组而非职业整体消失^[7]。对劳动者而言，风险不仅是岗位数量变化，也包括原有经验无法被人工智能系统识别、技能价值快速重估，以及缺乏参与新流程设计的机会。

一人公司（OPC）是供给侧的前一轮探索。人工智能压缩了销售、内容、开发和运营的执行成本，个人或小团队因而能够覆盖更多环节。但 OPC 并不自动解决企业需求发现、数据接入、生产部署、组织协调和结果验收。拥有人工智能工具的人可以更快地做事，却未必知道客户真正需要做什么、如何把系统放进生产环境以及如何让客户持续使用。

政府、企业、金融资本和劳动者面对的困难，最终指向同一种尚未被传统分工完整承接的生产责任：有人必须进入真实业务环境取得行业知识，把行业知识转译

为人工智能系统，并在生产环境中对业务效果持续负责。FDE 不是所有人工智能问题的唯一解决方案，但 FDE 的四项核心责任与这组生产责任高度一致。一人公司（OPC）主要回答“一个人借助人工智能工具能够覆盖多少执行环节”，FDE 则回答“谁能把人工智能系统真正嵌入企业生产，并对系统上线后的经营结果负责”。

四、为什么 FDE 会成为时代必然：人工智能正在改写生产组织与劳动分工

要解释 FDE 为什么不仅是阶段性的招聘热点，需要把人工智能放回市场经济组织生产的政治经济学结构中。企业长期把两类生产资料结合起来：企业主掌握资本、机器、软件和基础设施等机械性生产资料，劳动者掌握知识、判断、经验以及体力和脑力劳动等知性生产资料。企业主通过组织生产取得剩余价值，劳动者通过工资获得生活资料并进入消费市场，生产与再生产由此形成循环。过去的工业革命主要提高机械性生产资料的效率，但劳动者掌握的知性生产资料仍是企业组织生产无法脱离的条件。

观点一，人工智能正在打破劳动者对知性生产资料的相对不可替代性。人工智能是否具有与人类相同的主观意识，并不是判断人工智能能否改变产业组织的必要前提。对企业而言，关键标准是某项知识任务能否被人工智能稳定完成、能否通过测试验证、能否被纳入统一业务流程。微软对 4867 名开发者开展的三项现场实验显示，人工智能工具使完成任务数量平均提高 26.08%；对 5179 名客服人员的研究显示，生成式人工智能使平均生产率提高 14%，新手和低技能人员的增益更高^{[8][9]}。这些研究不能证明人工智能已经具备完整人类智能，却足以说明人工智能可以进入并重组相当一部分知识生产过程。

凡是具有明确任务主线、输入输出和质量标准的知识劳动，都更容易被人工智能成批处理。能够长期产业化的工作通常都包含相对稳定的标准操作流程，因此人工智能的影响不会停留在写作和编程，而会继续进入研究、客服、财务、运营和内容生产。当前人工智能仍需要人类处理流程之外的例外情况、隐性行业知识、价值

判断和责任边界，但这些保留环节并不改变人工智能已经进入知性生产资料领域的方向。

观点二，人工智能将永久改变企业组织生产的基础以及企业主与劳动者之间的关系。企业过去必须雇佣大量知识劳动者，是因为机器、软件和管理制度无法独立完成这些劳动者掌握的判断与经验。人工智能开始规模化执行知识任务以后，企业可以把更多生产过程写入人工智能系统，原来由岗位、部门和层级承担的职能可能被重新组合，企业边界也可能随之收缩或扩张。人工智能改变的不是某个岗位是否使用新工具，而是哪些知性生产资料必须依附于劳动者、哪些知性生产资料可以被资本所有者以人工智能系统的形式直接组织。

人工智能对知性劳动的替代与重组，会在一定时期内形成显著的社会震荡。部分岗位不会整体消失，却会因为任务被拆分而减少人员需求；原有行业经验若没有进入人工智能系统，劳动者的技能价值还可能快速下降。就业数量、工资形成、职业教育、社会保障和人工智能生产率收益的分配方式，都将成为人工智能革命必须处理的制度问题。

观点三，人工智能新增岗位未必足以抵消其替代的知识劳动岗位。这一判断并不是说所有工作今天都能被人工智能自动完成，而是指出一种长期机制：新岗位一旦形成稳定的标准操作流程，也可能再次成为人工智能自动化的对象；高度依赖不确定环境且无法形成稳定流程的岗位，又很难被大规模组织起来吸收就业。高度依赖物理环境的高级技工目前仍具有较强不可替代性，但这种不可替代性部分来自具身智能尚未充分发展，而且仅依靠此类岗位扩张也难以承接全部知识劳动者。

世界经济论坛预计，到 2030 年多种宏观趋势可能创造 1.70 亿个岗位、替代 9200 万个岗位，形成 7800 万个净新增岗位；国际劳工组织则强调，现阶段更有把握的判断是职业内部任务重组，而不是职业整体消失^{[7][10]}。这些材料说明就业结果仍存在不确定性，但不能直接否定本报告提出的结构性风险：世界经济论坛统计的是多种宏观趋势的综合预测，国际劳工组织描述的是当前阶段的任务暴露，两者都不能证明人工智能高度产业化以后新增岗位必然覆盖被替代岗位。本报告因此不对

某一具体年份的净就业数量作确定预测，但明确主张提前建设再培训、收入分配和社会保障机制。

观点四，人工智能革命的积极方向，是把劳动者从基础知性劳动中解放出来，使更多劳动者成为人工智能任务的设计者、调度者和验收者。人工智能产业升级并不以排除人为目标，而是以人工智能承担重复执行、人类转向问题界定、例外处理、价值判断和责任承担为目标。客服研究中，新手借助人工智能更快获得优秀员工的实践知识，说明人工智能可以把少数行业专家的经验扩散给更广泛的劳动者^[9]。如果行业经验能够被准确采集并写入人工智能系统，人工智能有可能提高平均劳动能力，并进一步提升企业和国家的综合生产率。

观点五，人工智能生产力能否真正释放，取决于人工智能技术能否完成产业化落地。人工智能技术专家往往不了解细分行业的隐性规则，行业专家又难以独立把经验开发成可以在生产环境中运行的人工智能系统。技术—产业接驳端因此成为人工智能产业化的主要瓶颈。FDE 把行业调研、需求与验收标准形成、人工智能系统开发、生产环境部署和运行结果改进纳入同一条责任链，使人工智能基础模型能力能够进入企业生产过程。

从政治经济学意义上看，FDE 是人工智能革命过渡阶段的重要生产组织者。FDE 一方面帮助企业把劳动者掌握的行业经验转化为能够由 AI 系统调用的需求、规则、数据结构和评估标准，另一方面保留人类对经营问题、例外情况、价值判断和结果责任的控制。随着工具成熟，FDE 的岗位名称和编码工作比重可能变化，但行业经验如何进入系统、系统如何进入真实生产、生产结果由谁验收和负责，仍然是人工智能产业化必须承接的组织问题。

本章参考文献

- [1] OpenAI. OpenAI Launches the Deployment Company[EB/OL]. 2026-05-11. <https://openai.com/index/openai-launches-the-deployment-company/>.
- [2] AWS. AWS Commits \$1 Billion to Forward Deployed AI Engineers[EB/OL]. 2026-06-30. <https://www.aboutamazon.com/news/aws/aws-1-billion-forward-deployed-ai-engineers>.
- [3] ALTHOFF J. Microsoft Frontier Company: AI Engineering that Amplifies and Protects Your Intelligence[EB/OL]. Microsoft, 2026-07-02. <https://blogs.microsoft.com/blog/2026/07/02/microsoft-frontier-company-ai-engineering-that-amplifies-and-protects-your-intelligence/>.
- [4] 习近平. 携手构建公正合理的全球人工智能治理体系——在 2026 世界人工智能大会暨人工智能全球治理高级别会议开幕式上的主旨讲话[N/OL]. 新华每日电讯, 2026-07-18(002). https://www.beijing.gov.cn/ywdt/dzyjs/202607/t20260718_4769687.html (2026-08-01 访问)。
- [5] 国务院. 关于深入实施“人工智能+”行动的意见[Z/OL]. 国发〔2025〕11 号, 2025-08-21. https://www.cac.gov.cn/2025-08/27/c_1758018277755538.htm.
- [6] The White House. Winning the AI Race: America’s AI Action Plan[R/OL]. 2025-07. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2025/07/Americas-AI-Action-Plan.pdf>.
- [7] ILO, NASK. Generative AI and Jobs: A 2025 Update[R/OL]. 2025-05-20. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-2025-update>.
- [8] CUI Z, DEMIRER M, JAFFE S, et al. The Effects of Generative AI on High-Skilled Work: Evidence from Three Field Experiments with Software Developers[R/OL]. Microsoft Research, 2025-06. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/the-effects-of-generative-ai-on-high-skilled-work-evidence-from-three-field-experiments-with-software-developers/>.
- [9] BRYNJOLFSSON E, LI D, RAYMOND L R. Generative AI at Work[R/OL]. NBER Working Paper 31161, 2023. <https://www.nber.org/papers/w31161>.
- [10] World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2025[R/OL]. 2025-01. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>.

第二章 全球 FDE 的发展格局：FDE 参与的五类商业模式

确认 FDE 的四项核心责任以后，还需要回答一个经营问题：企业为什么愿意长期投入这类高成本人才？比较的对象不是整家公司，而是 FDE 参与的具体产品或服务。现有实践可以概括为平台产品型、模型服务型、云服务型、咨询实施型和独立 FDE 服务型五类商业模式。它们的区别在于企业向客户出售什么、FDE 在交易中解决什么问题，以及一个项目留下的成果怎样支持后续收入。现实企业可以同时采用两种以上模式；判断具体项目时，只需回到合同与交易本身，看客户购买的主要产品或服务是什么。

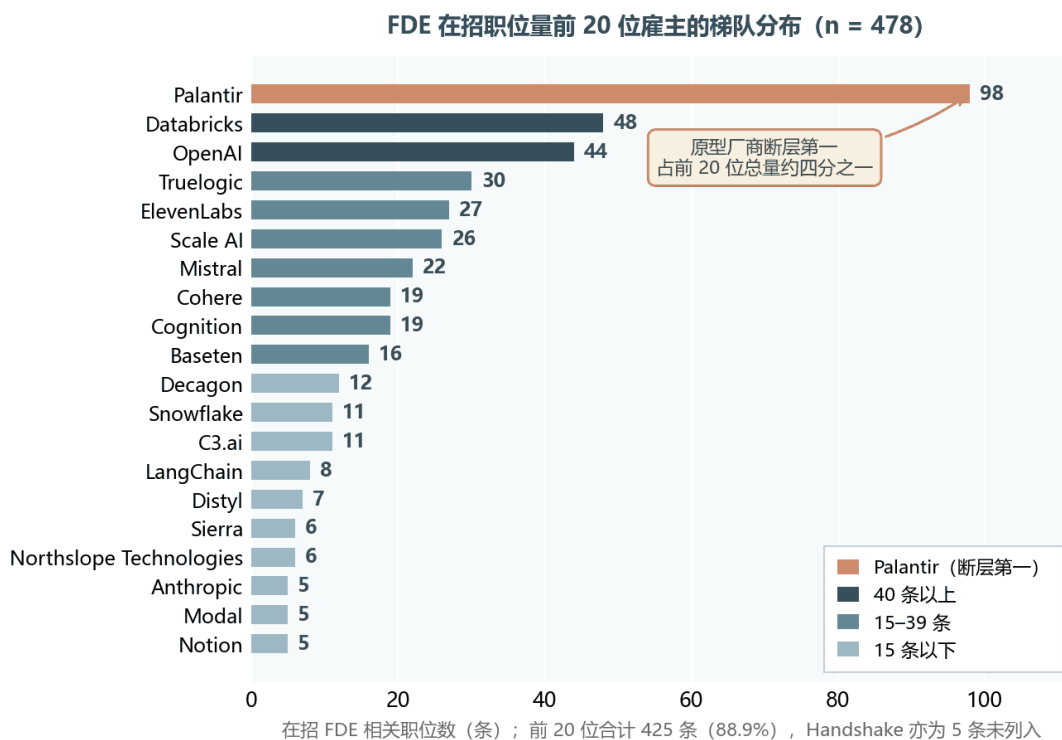


图 2-1 FDE 在招聘职位雇主前 20 位（首轮深度编码样本，n=478；标题或正文含 FDE 字样）

如图 2-1 所示，首轮 478 条深度编码样本中的 FDE 职位集中于少数头部雇主，相关企业覆盖数据软件平台、基础模型、云计算和专业服务等领域。职位分布反映

各类企业建设现场交付团队的力度；下文则依次比较它们向客户提供的产品或服务、主要收入来源、FDE 承担的作用，以及项目成果如何被后续客户复用。

一、平台产品型：现场交付如何转化为平台订阅

平台产品型企业以软件授权和订阅为主要收入。Palantir 是最早系统设置 FDE 岗位、且公开经营样本延续时间最长的企业之一。复杂客户若不能把自身数据、权限和工作流接入平台，就不会形成长期使用；FDE 因此进入现场完成这段实施，并识别多个客户反复出现的共性。项目中的业务语义进入本体、对象模型、权限体系和工作流引擎后，后续客户可以直接复用，现场交付由此转化为更深的平台采用和持续订阅。

该形态的财务表现具备较强说服力。过去五个财年，Palantir 营收从 2021 年的 15.42 亿美元增至 2025 年的 44.75 亿美元。GAAP 毛利率始终在 78% 至 83% 区间，2025 年达 82.4%，未曾跌入咨询公司的典型区间^[1]。2021、2022 年的运营亏损反映 FDE 重人力投入阶段的成本，2023 年首次实现 GAAP 运营盈利，2025 年运营利润率升至 31.6%。“接近客户时像咨询，扩张时像软件”的完整轨迹，在财报数据中得到完整呈现。

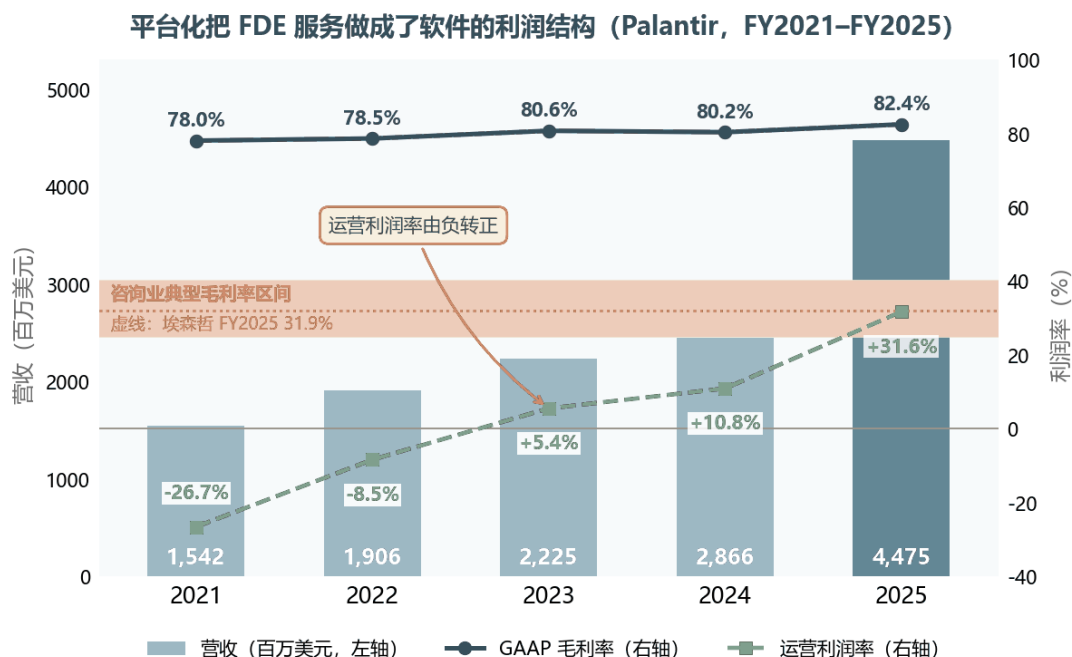


图 2-3 Palantir 2021 至 2025 财年营收与利润率 (来源: SEC 10-K/8-K)

Palantir 交付周期的变化, 来自现场经验不断进入软件平台。2003 至 2020 年的经典交付方式, 是 FDE 持续数月乃至数年深度驻场。2023 年 AIP 平台发布以后, AIP Bootcamp 把初始交付周期压缩到数天, 官方表述为“从零到用例只需数天, 跳过演示, 直接推送生产”^[2]。2025 年第四季度, Palantir 客户数同比增长 34%, 员工数仅增长 12.5%, 说明软件平台开始承担原来依赖现场人员重复完成的工作。交付周期能够被压缩, 是因为二十年客户项目积累的系统接口、业务对象和工作流已经转化为平台功能。

二、模型服务型：生产部署如何转化为模型收入

模型服务型企业主要通过模型调用和产品订阅取得收入。FDE 把客户问题转化为智能体、工具链和评估方法, 使基础模型真正承担生产任务; 部署过程中形成的评估数据和改进线索再返回产品团队, 推动模型与企业产品迭代。OpenAI 负责人 Colin Jarvis 对服务收入与产品经常性收入的区分, 以及 Klarna 项目由内部 Swarm 框架演化为 Agents SDK 和 AgentKit 的实践, 都说明生产交付能够同时扩大模型使用并改进产品^[3]。

两家实验室采取了不同的结构路径。OpenAI 于 2026 年 5 月 11 日设立多数控股子公司 Deployment Company，初始投资超 40 亿美元，19 家机构参与投资。公司同日收购英国独立 FDE 公司 Tomoro 并入其中，由此获得约 150 名 FDE 与部署专家，目标客群为大型企业^[4]。

Anthropic 于 5 月 4 日与 Blackstone、Hellman & Friedman、高盛等组建独立法人合资公司。据 CNBC 与 Fortune 转述《华尔街日报》报道，其承诺资本约 15 亿美元，官方公告未披露具体金额。该合资公司通过私募股权机构的被投组合公司网络向中型企业导流^[5]。

三、云服务型：工作负载落地如何转化为云服务收入

云服务企业通过计算、存储、人工智能基础设施及相关服务取得收入。FDE 负责把客户工作负载稳定部署到本企业的云环境，并建立覆盖大量客户的工业化交付节奏。生产系统持续运行会形成资源使用；现场积累的部署工具、云服务组件和运维方法，则降低后续客户迁移和运行工作负载的成本。

AWS 于 2026 年 6 月 30 日宣布投入 10 亿美元自有资金，组建数千人规模的专属 FDE 部门。交付高度工业化，节奏为 45 分钟产生创意、45 小时验证想法、45 天交付有业务价值的成果。每客户配 5 至 6 人小组，FDE 与 AI 智能体 混合工作。首批驻场客户包括 NBA、NFL、西南航空、理光等。能力转移被设计进交付流程，客户路径为“观察者、共建者、自主运营者”三步。交付清单明确包含运维手册、架构文档和训练完毕的内部骨干，合同结构上承诺客户离场后能够自立^[6]。

Microsoft 于 2026 年 7 月 2 日宣布成立 Frontier Company，投入 25 亿美元，6,000 名行业与工程专家嵌入客户现场，人员主要从现有工程团队抽调^[7]。此前 Microsoft 一直采取与 Accenture、EY 合作的借道路线。Frontier Company 的成立改变了外界“只借道、不自建”的判断，原有两条合作路线并未废止，构成“自建加联盟”的双层结构。

Google Cloud 采取内部扩张路径，FDE 归属市场进入团队内新建的 AI 组织，同时向合作伙伴生态投入 7.5 亿美元，将自家 FDE 嵌入系统集成商的交付体系^[8]。

四、咨询实施型：FDE 如何承接系统实施与长期服务

咨询企业的既有核心资产是长期客户信任与行业深度，具体表现为信息安全资质、合规接受度和数据访问权限。全球专业服务机构安永于 2026 年 4 月在英国和爱尔兰设立 FDE 职能，高级工程师嵌入客户交付团队，覆盖从概念到生产的全过程^[9]。麦肯锡和波士顿咨询也已在岗位命名中采用 FDE 职称，但相关职能仍处于从招聘标签向独立业务叙事演化的阶段。

咨询实施型企业直接从咨询、实施和长期服务中取得收入。它们依托既有客户信任、行业知识、合规资质和数据访问能力，把已经识别的经营问题继续推进到系统建设、生产运行和持续改进。项目方法、行业方案和工程组件进入内部平台后，可以减少后续项目的重复投入，并改善咨询业务的毛利和扩张能力。

五、独立 FDE 服务型：直接交付如何形成持续业务

独立 FDE 服务型企业把诊断、版本建设、订阅和结果奖励作为直接收入来源，FDE 交付本身就是主营业务。团队完成客户问题诊断、系统构建、上线和持续迭代，并在反复交付中积累接口、组件库、测试工具和行业模板。随着这些成果在多个客户中复用，新增收入所需的重复工时逐步下降，直接服务业务才获得持续扩张的空间。

Tomoro 是独立 FDE 公司完整生命周期的标本。这家英国公司 2023 年 10 月注册成立，从未进行外部融资，2026 财年平均雇员 89 人。据第三方估算，其 EBITDA 利润率约 40%、日费率约 2,500 英镑，为行业均值的四倍以上^[10]。2026 年 5 月，它被 OpenAI 收购并入 Deployment Company。英国工商登记档案显示，其创始董事已于 2026 年 7 月 1 日集体卸任，由 OpenAI 方代表接任，收购已完成交割^[13]。Tomoro 的历程证明了两件事。其一，独立 FDE 公司作为一个物种可以运营得极好，40% 的利润率说明供给受限的业务在需求爆发期握有定价权。其二，这个物种理性终局之一，为在稀缺性窗口关闭前将自身出售给更具规模的核心资产。

Sierra 将客户侧工程职能命名为 Agent Engineering，按问题解决率收费，大型企业客户从签约到生产部署为 40 至 60 天^[11]。

Distyl AI 由前 Palantir 员工创立，2025 年完成 1.75 亿美元 B 轮融资，明确使用 Forward Deployed AI Engineer 职称。其模式为服务端项目收费、产品端自研产品线，属于最接近 Palantir 飞轮的创业公司复刻^[12]。

中国独立 FDE 服务商与海外独立服务企业面对相似的资产约束：它们缺少现成的软件平台、基础模型、云资源和长期客户关系，必须从单个项目开始积累接口、行业模板、测试方法和交付流程。中国市场的特殊之处在于客户主体更分散、中小企业更多，行业专家和共享生产团队的分工因而更加重要，具体见第四章。

自由职业 FDE 的公开商业样本仍然较少，个体经营的关键挑战在于项目资产如何留存。由组织持续维护行业知识、系统接口和测试方法，可以让单个项目的成果进入后续交付；独立 FDE 服务企业也由此从出售个人工时，逐步走向积累能够跨客户复用的行业与工程资产。

六、五类商业模式如何协同：从单项交付到联合服务

表 2-1 FDE 参与的五类商业模式对比

维度	平台产品型 (Palantir)	模型服务型 (OpenAI/Anthropic)	云服务型 (AWS/GCP/Microsoft)	咨询实施 型	独立 FDE 服务型
主要收入来源	平台授权与订阅	模型调用与产品订阅	云资源与相关服务	咨询、实施与长期服务	诊断、版本、订阅与结果奖励
原有业务优势	软件平台与标准产品能力	基础模型与人工智能产品	计算、存储与人工智能基础设施	客户信任、行业知识与合规能力	直接理解问题并完成交付的能力
FDE 承担的作用	帮助复杂客户采用平台，并发现可产品化的共性	让模型进入客户生产任务，并取得评估与产品反馈	把客户工作负载稳定部署到云环境	把咨询方案推进到系统实施、运行和持续服务	直接完成诊断、构建、上线与迭代
可供后续客户复用的成果	本体、对象模型与工作流	智能体、评估方法与模型产品	云服务组件、部署工具与运维方法	内部平台、行业方案与实	接口、组件、测试集与行业

维度	平台产品型 (Palantir)	模型服务型 (OpenAI/Anthropic)	云服务型 (AWS/GCP/Microsoft)	咨询实施 型	独立 FDE 服务型
				施方法	模板
主要服务 对象	政府与大型商 业客户	大型及中型企业	各行业大中型企业	受监管行 业与既有 客户	细分行业 企业，重 点覆盖中 小企业

表 2-1 从客户购买的产品或服务出发，对比五类商业模式的收入来源、原有业务优势、FDE 承担的作用、可供后续客户复用的成果和主要服务对象。同一家企业可能同时经营平台、云服务和咨询实施等业务，具体项目按合同中的主要交付内容判断，不必给整家公司贴上单一标签。

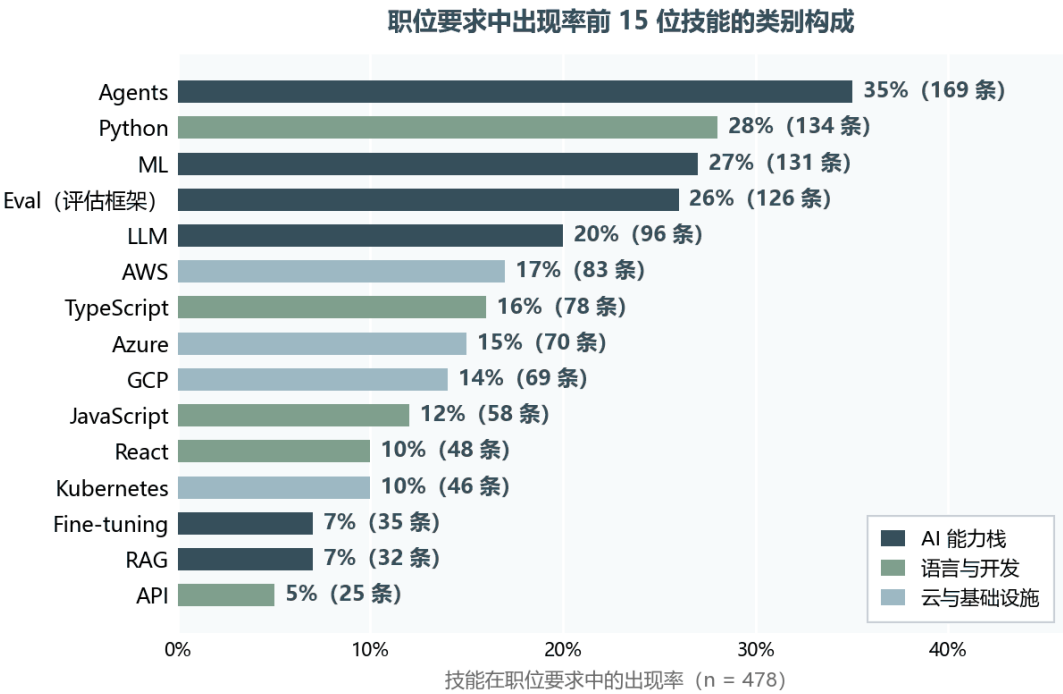


图 2-2 技能需求出现率前 15 位（首轮深度编码样本，口径同图 2-1）

技能需求分布显示，工程实现、客户协作与人工智能工具能力在不同雇主中同时出现。这说明五类商业模式虽然出售的产品与服务不同，FDE 的核心职业责任仍然一致：进入真实业务环境，共同形成需求与验收，完成生产交付，并依据运行结果持续迭代。

具体而言，本章形成以下三点结论：

其一，平台产品、模型服务和云服务三类商业模式都以既有技术产品为经营基础，但收入分别来自平台订阅、模型服务和云服务。FDE 在三类业务中都要降低客户采用技术产品的实施门槛，同时把现场反复出现的问题交回产品或基础设施团队。OpenAI、AWS、Microsoft 和 Anthropic 愿意为相关组织投入约 90 亿美元，是因为 FDE 既能提高核心产品的使用深度，也能持续提供来自真实业务环境的改进线索。

其二，咨询实施型和独立 FDE 服务型都直接从交付活动中取得收入，但起点不同。咨询企业依靠既有客户信任、行业知识和合规能力承接项目，再把服务延伸到系统实施与长期运营；独立 FDE 服务企业主要依靠交付团队赢得客户，并通过跨项目复用逐步减少重复劳动。两类业务能否扩张，取决于收入增长是否必须等比例增加人工投入。

其三，五类商业模式可以在同一家企业或同一个项目中协同。Microsoft 建设自有团队的同时保留咨询联盟；OpenAI Deployment Company 的股东包括咨询公司；EY 一方面建设自有 FDE 职能，另一方面执行 Microsoft 的方法论。这些合作说明，企业可以同时出售技术产品和服务。分析具体项目时，回到客户实际购买的产品、实施服务和持续运营责任，就能看清各方怎样取得收入、承担成本和分配风险。

本章参考文献

- [1] Palantir Technologies. Q4 2025 8-K 、 2025 Form 10-K[R]. SEC EDGAR, 2026-02. <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1321655/000132165526000011/pltr-20251231.htm>. 逐年数据另见 stockanalysis.com（2026-07-02 查核）。
- [2] Palantir. Palantir AIP Bootcamp[EB/OL]. 2026. <https://www.palantir.com/platforms/aip/bootcamp>.
- [3] JARVIS C. Forward Deployed Engineering: Bringing Enterprise LLM Applications to Production[EB/OL]. ZenML LLMops Database. <https://www.zenml.io/llmops-database/forward-deployed-engineering-bringing-enterprise-llm-applications-to-production>.
- [4] OpenAI. OpenAI Launches the Deployment Company[EB/OL]. 2026-05-11. <https://openai.com/index/openai-launches-the-deployment-company/>.

- [5] Blackstone. Anthropic 企业 AI 服务合资公司新闻稿 [EB/OL]. 2026-05-04. <https://www.anthropic.com/news/enterprise-ai-services-company>.
- [6] AWS. AWS Commits \$1 Billion to Forward Deployed AI Engineers[EB/OL]. 2026-06-30. <https://www.aboutamazon.com/news/aws/aws-1-billion-forward-deployed-ai-engineers>.
- [7] ALTHOFF J. Microsoft Frontier Company: AI Engineering that Amplifies and Protects Your Intelligence[EB/OL]. Microsoft, 2026-07-02. <https://blogs.microsoft.com/blog/2026/07/02/microsoft-frontier-company-ai-engineering-that-amplifies-and-protects-your-intelligence/>.
- [8] Google Cloud. How Google Cloud Partner Ecosystem Is Building the Agentic Enterprise[EB/OL]. 2026-04-22. <https://cloud.google.com/blog/topics/partners/how-google-cloud-partner-ecosystem-is-building-the-agentic-enterprise>.
- [9] EY. EY Launches FDE Roles[EB/OL]. 2026-04. https://www.ey.com/en_uk/newsroom/2026/04/ey-launches-fde-roles.
- [10] AI Enablement Insider. How Much Did OpenAI Pay for Tomoro?[EB/OL]. 2026-06-05. <https://www.aienablementinsider.com/p/how-much-did-openai-pay-for-tomoro>.
- [11] Latent Space. Forward Deployed Engineers and the Future of Software Engineering[EB/OL]. 2026-07-01. <https://www.latent.space/p/forward-deployed-engineers-aiewf>.
- [12] Distyl AI. Distyl AI Raises \$175 Million at \$1.8 Billion Valuation[EB/OL]. 2025-09-23. <https://www.prnewswire.com/news-releases/distyl-ai-raises-175-million-at-1-8-billion-valuation-to-help-global-enterprises-become-ai-native-302564270.html>; Distyl AI 职位页. <https://jobs.ashbyhq.com/Distyl>.
- [13] Companies House. TOMORO AI LTD (No. 15208678) 备案[Z/OL]. 2026-07. <https://find-and-update.company-information.service.gov.uk/company/15208678>.

第三章 FDE 的交付组织与单位经济：从单兵协作到质量再投入

FDE 作为职业角色进入不同企业后，项目由谁完成、经验怎样留下、风险由谁承担，仍取决于交付组织。随着客户和人员增加，原本集中在个人身上的调研、构建、部署与运营责任会被重新分配。本章先分析 FDE 怎样从个人走向团队和工业化协作，再讨论合同如何分配风险，最后用透明情景把成本下降、质量再投入与成交价格三本账分开。

一、FDE 如何从个人走向组织：四种压力推动五次进化

FDE 组织的初始形态，是由一名从业者承担完整生产交付责任。借助人工智能智能体（人工智能 Agent），一名 FDE 可以同时承担客户沟通、经营问题界定、软件系统构建、生产环境部署、运行维护和续约迭代，形成覆盖商务、产品与工程职责的“超级个体”。个体阶段的关键不是团队人数为一，而是端到端责任集中在同一主体：FDE 直接取得客户真实业务信息，参与形成需求与验收标准，把人工智能应用系统部署到生产环境，并在系统运行后持续改进。Ramp 的 FDE 团队中，16 人有 7 人具有创业经历^[1]，说明个体阶段要求 FDE 具备接近创业者的综合责任能力。

FDE 组织从个人走向工业化，依次受到四类组织成长压力推动。需求溢出要求团队扩编，人员流动要求组织保留项目知识，多人交付要求组织降低质量差异，大规模客户部署要求组织稳定交付周期。四类压力依次推动 FDE 组织从个体走向小队、内部中台、专业分工和工业化交付。

第一个压力为需求溢出。一个人接不住涌进来的订单，于是复制自身，组织由个体发展为小队。

第二个压力是项目知识随人员流动而流失。小队中的每名成员都能独立完成 FDE 交付，但成员在客户 A 项目中解决过的系统问题，可能被另一名成员在客户

B 项目中重复解决。若行业知识、系统接口和测试方法只保留在个人经验中，组织交付能力只能等于成员个人能力之和。解决办法是把项目经验写入不依赖具体成员的组件库、系统接口、测试框架和行业模板，FDE 组织由此形成内部中台。

第三个压力为质量方差。通才模式下交付质量取决于派了谁去，客户数量增多后方差本身构成商业风险，压缩方差的手段是把“什么都干的人”拆成“各干一段的人”，于是通才分流为专才。

第四个压力为渗透速度。FDE 承担获客与产品化职能、本身不作为利润中心时（第二章论点一），组织需要稳定的交付周期和上线节奏。要做到这一点，交付就必须标准化，于是组织走向工业化。

四个压力依次出现，排出了五个阶段：个体、小队、中台、分工分流、工业化。这条曲线的性质需要说明。它并非每家公司都必须走完的强制路线，绝大多数组织会停在曲线的某个刻度上，停在哪里取决于客户结构与资产形态。它也不属于时间表，OpenAI 用两年走过的刻度，Palantir 走了二十年。正确的读法为发育序列：一个 FDE 组织若要继续长大，它下一阶段将呈现何种形态、会遇到什么问题，可以从这条曲线上读出来。

二、FDE 如何被组织起来工作：从个体到工业化的五个阶段

阶段一，个体。组织尚未形成明确分工，一名从业者构成完整交付单元。其向下一阶段演进的关键，在于能否把项目经验写成话术模板、诊断清单、部署脚手架和行业知识库。若不同客户的交付始终从零开始，收入与工时将保持线性关系，组织仍停留在个人服务；这些工具形成并在多个项目中使用后，团队才有扩展为小队的基础。

阶段二，小队。标准形态为 2 至 6 人的全栈通才组，人人都能独立面对客户，分工靠默契。三个相互独立的样本给出了几乎相同的规模区间。

其一，OpenAI 的 FDE 职能从 2 人起步^[2]。

其二，AWS 的标准交付单元为 5 至 6 人小组^[3]。

其三，中国的飞书、钉钉以销售加技术的双人组进驻中大型企业^[4]。

2 至 6 人的小队规模，来自覆盖单个客户完整交付责任与控制沟通成本之间的平衡。业务专家与工程人员构成最低配置，在此基础上增加数据、系统集成和效果评估人员，可以覆盖多数企业人工智能项目。小队人数继续增加后，内部沟通和任务交接会削弱驻场交付的响应速度；小队人数过少时，又难以处理企业数据、历史信息系统和权限体系的复杂性。小队阶段的主要问题，是客户项目知识仍然停留在成员个人身上，尚未写入团队共同使用的清单、模板和工程工具。

阶段三，中台。FDE 组织开始设置不直接服务单一客户、专门维护公共工程工具和行业模板的人员。现场形成的方法进入内部平台，包括组件库、系统接口、评估框架和行业模板；跨客户资产由此获得专门团队、预算和人员。Palantir 本体是典型例子：工程师把不同客户现场反复出现的业务对象和关系写入平台功能，最终形成 Foundry 平台^[5]。中台阶段的主要矛盾，是公共平台建设与单个客户交付争夺资源。内部中台能够建立，后续客户的边际交付成本才会下降；否则，组织仍是一群共用品牌的个体顾问。

阶段四，分工分流。全栈通才开始拆分为构建者、部署策略、安全可靠性和行业专家等角色。扩采后的全球岗位数据形成 1290 条合并岗位观测，其中 841 条明确使用 FDE 头衔，共出现 332 种不同岗位名称，245 种名称只出现一次。名称的高度分散说明，组织会依据行业与责任重新命名岗位；与此同时，真实业务接触、共同形成需求与验收、生产交付和持续迭代四项责任仍然收敛。组织可以拆分专业环节，同时要为端到端结果保留明确的问责主体。

阶段五，工业化。交付被装进固定周期与标准单元，组织规模进入千人量级。AWS 的 45 天流水线、Palantir 的数天期 Bootcamp、Microsoft 的 6,000 人编制都对应这个刻度^{[3][6]}。典型病征有两个。

工业化交付的第一项风险，是固定周期可能迫使团队缩减真实业务问题。AWS 的 45 天交付周期无法容纳的复杂问题，可能被重新定义为能够在 45 天内完成的局部任务，真正涉及深层流程改造的内容则被留在工业化流程之外。独立

FDE 服务商和小队型 FDE 组织由此仍有生存空间：工业化交付不会消灭早期组织形态，而会把高度非标准化的客户需求留给更加灵活的团队。

其二为四项核心判定条件的稀释。周期固定后，责任期容易退化为“周期内负责”；模板化后，需求勘定容易退化为“从菜单里选用例”。工业化的 FDE 组织能否守住四项核心判定条件，构成判断它属于规模化的 FDE 还是换皮的实施外包的分水岭。

在目前公开样本中，Palantir 提供了相对完整的纵向样本。2003 至 2010 年，其在涉密现场全栈作战。2010 年之后，小队制度化。2016 年前后，本体论成为中台。此后双轨与专业化分工成熟。2023 年至今，以 Bootcamp 把交付工业化。其余各家为曲线不同刻度上的横截面。形态（第二章的横轴）与规模（本章的纵轴）正交，分析任何一家 FDE 组织，先定横轴再定纵轴，其建制、当前的病征和下一步走向基本都能推出来。

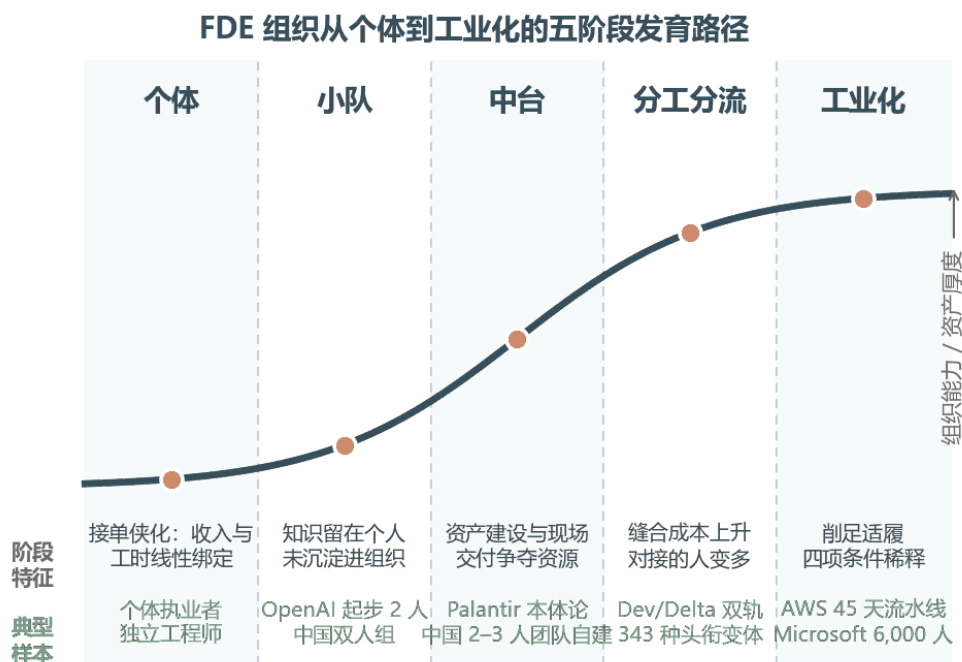


图 3-1 FDE 组织五阶段发育曲线示意

三、FDE 如何收费：从工时计价到结果共担

FDE 面对的需求常在项目中逐步明确，收费方式因而不只是定价，也在分配项目失败的风险。现有实践从工时制、订阅加部署费、按结果收费，到合资与持股，构成买方承担风险逐步转向双方共担的连续谱。

工时制是历史主流。按日费率或月费率计费，账目透明，但激励错位：卖方收入与客户成果脱钩，无论系统上没上线、上线后有没有效果，账单已经发出去了。这使 FDE 服务存在退化为高价驻场外包的结构性风险。

订阅加部署费居中。平台收入依赖续约，因此服务方仍要为上线后的使用效果承担部分责任。

按结果收费在激励对齐上最直接，卖方只有在合同约定的收益指标达到后才能取得相应收入。Sierra 按问题解决率计费，为西方市场较接近这一模式的实践^[7]。中国团队的对照组收费进一步通过 A/B 对照验证人效提升后再收费。某在线教育客户的人工智能组产出为对照组的 3 倍，单个销售月均覆盖客户从 1,000 人升至 3,000 人^[8]。该模式要求服务方以资本缓冲覆盖已投入交付成本但尚未获得收入的阶段，因此在早期创业公司中较少采用。

合资与持股模式把风险共担推向极致，服务方的回报直接依附于客户企业价值。OpenAI 的 Deployment Company 与 Anthropic 的合资公司，是 2026 年具有代表性的结构创新^[9]。

四种收费模式沿风险转移方向的排布

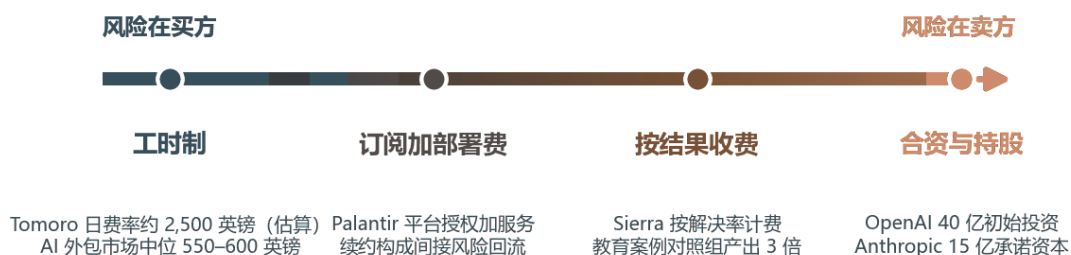


图 3-2 四种收费模式的风险转移谱系

区分里程碑合同与结果合同有三条判据。第一，验收锚定在交付物状态还是业务指标：“系统上线并通过测试”属于里程碑，“客户人效提升 20%”属于结果。第二，系统上线但指标未达成时，卖方要不要承担后果，哪怕只体现在客户不再续约。第三，需求能否在签约前完整写清；里程碑制通常以此为前提，而 FDE 面对的需求常在项目中逐步明确。三条判据构成一个连续谱，不宜视为非此即彼的开关。当里程碑被写成业务指标时，合同就开始约束卖方对结果负责。这里还需区分两件事：对结果负责不等于按结果收费。只要客户能在下一个周期选择不续约，FDE 就已经面对真实的结果压力。

AI 正在从三个方向改写此类业务的单位经济。第一，原型和基础编码成本快速下降，使过去预算不足以支持定制开发的细分流程可以先被验证。第二，同等质量的软件可以用更短时间交付；若维持原有周期，节省出的能力可以转投用户访谈、反馈闭环、自动化测试、安全和服务加固，使同等周期的交付质量上升。第三，行业专家借助编程智能体承担更多端到端责任，专门生产团队则以共享方式处理复杂集成、测试、部署和运维。

工具辅助提供了观察效率变化的经验锚点。微软对 4867 名软件开发者的开展的三项随机现场试验显示，AI 编码助手使完成任务数量提高 26.08%^[13]。在完整项目中，角色压缩、端到端责任减少交接、编程智能体承担执行任务、共享生产团队按需介入以及同行业技术资产复用，还会共同影响最终的人月、周期与质量。

生产级交付需要同时覆盖需求与验收、测试、安全、部署和运维。行业专家借助 AI 生成代码可以显著加快原型；当上述责任也由 FDE 与共享生产团队完整承接时，项目才具备比较生产软件人月、周期和质量共同口径。

这些变化首先降低最小经济可行项目的门槛，并扩大每个项目能够承载的迭代密度。原型和诊断可以用更低价格启动验证；进入生产交付后，价格覆盖系统集成、测试、安全、运维、失败风险与结果责任。成本下降形成的空间可以转化为更短周期、更高毛利，也可以重新投入更细颗粒度的定制和质量提升，具体选择由合同明确。

四、怎样定量估测 AI-FDE：成本、质量与价格必须分账

本报告采用 GB/T 36964—2018 的软件开发成本度量框架，把开发规模、工作量、人月费率和直接非人力成本分开^[11]。2025 年中国软件行业基准数据给出的上海软件开发人月费率为 3.13 万元；该费率已包含直接与间接人力、间接非人力、合理利润和税费，但不含项目直接非人力成本^[12]。国家统计局公布的 2024 年规模以上信息传输、软件和信息技术服务业专业技术人员年平均工资为 26.70 万元，可作为“工资并不等于完整人月费率”的下限参照^[14]。

传统交付资源成本可写为 $C_0 = M_0 \times R + D_0$ ；AI-FDE 交付资源成本可写为 $C_1 = (M_FDE + M_生产团队) \times R + D_模型工具 + D_其他$ 。其中 M 是人月， R 是同口径人月费率， D 是云资源、模型、差旅、软硬件等直接费用。人月杠杆为 $L = M_0 \div (M_FDE + M_生产团队)$ 。成交价格 P 不进入上述成本公式，它应另外由客户价值、交付边界、风险责任、知识产权和持续服务共同决定。

表 3-1 给出一个轻型部门级 workflows 系统的透明情景。传统情景假设前端、后端、产品、测试和运维等五类角色共同投入三个月；AI-FDE 情景把高频技术执行交给编程智能体，由一名 FDE 负责端到端闭环，共享生产团队按需承担复杂集成、安全、测试与部署。表中逐项列出可替换的工作量、费率和直接费用，具体项目可以据此调整参数并重新计算。

表 3-1 AI-FDE 交付成本与质量再投入的透明情景估测

比较情景	传统交付投入	AI-FDE 投入	周期与成本结果
原型验证	3 人月+0.50 万元直接费用	0.5 人月+0.20 万元模型与工具费	约 1 个月→约 2 周；9.89 万元→1.77 万元，约 5.6 倍压缩
同等范围、缩短周期	5 类角色×3 个月=15 人月；另计 2.00 万元	1 名 FDE 2 人月+共享生产团队 2 人月；另计 1.50 万元	约 3 个月→约 2 个月；48.95 万元→14.02 万元，约 3.5 倍压缩
同等周期、质量再投入	15 人月；另计 2.00 万元	FDE 与共享团队共 6 人月；另计 1.50 万元	均为约 3 个月；48.95 万元→20.28 万元，节余能力投入反馈、测试与加固

表中原型成本约压缩 5.6 倍，完整交付资源成本在缩短周期情景下约压缩 3.5 倍，在维持周期并进行质量再投入时约压缩 2.4 倍。原型与完整交付的压缩幅度不同，说明需求、集成、安全、测试、部署与运维仍会持续消耗资源；服务商可以把效率收益分别用于降低启动门槛、提高交付质量和改善经营回报。

质量再投入需要留下证据。建议至少记录从用户反馈到新版本的中位时长、每个周期的有效迭代次数、关键流程自动化测试覆盖、生产缺陷逃逸率、人工接管率、用户实际采用率和业务指标变化。这些指标能够区分功能产出速度与软件可靠性。

FDE 把高度定制的开发拆成更短、更可测试、更可回滚的迭代单元，使每轮反馈都能够进入下一版本。

定价可以分为四层：低价或定额的诊断与原型用于验证问题；版本建设费覆盖进入生产所需的工程与责任；运维订阅覆盖持续迭代；效果奖励分享可核对的业务增量。完整软件的成交价格由交付范围、业务价值、风险责任、知识产权和持续服务共同形成。AI-FDE 提高价值成本比，使企业能够在相近预算内完成更多轮反馈与测试，或在相同质量下缩短回收周期。

五、从重复驻场到跨项目复用：判断交付组织是否积累了能力

判断一套 AI 定制系统是否健康，不能只看项目是否上线，也不能把参与人员数量多寡当作单一答案。更可靠的做法是分开观察四类证据：业务结果是否达到约定目标，系统在真实环境中是否稳定，客户能否在常规场景下自主运营，以及项目形成的需求规格、测试、接口和组件能否被后续同类项目复用。

建设期需要密集调研、数据治理、流程梳理和工程建设，人工投入较高并不异常。系统进入稳定运行期后，若需求知识、测试、组件和异常处理已经写入系统与团队规范，相同业务规模下的重复人工介入、故障救火和返工应当减少，同时准确率、稳定性、业务收益和变更速度保持稳定或改善。

运行期应分别记录业务产出、人工接管、故障、返工、发布频率和客户自主运营情况。不同业务的产出单位并不相同：客服可以观察问题解决率，销售可以观察有效转化，制造可以观察良率与停机，专业服务可以观察完成周期与差错。各项证据应在同一系统、同一业务口径下连续比较，不应合并成一个跨行业通用数字。

跨项目复用是另一组关键证据。新客户或新场景到来时，团队应能够复用既有的需求模板、系统接口、测试集、权限方案和异常处理方法。若每个项目仍需从头访谈、手工拆解和重复开发，说明知识仍留在个人，组织没有形成可以扩张的交付能力；若复用增加但故障、返工或业务损失同步上升，则只是把成本转移给客户。

Resolve AI 提出，随着产品能力增长，FDE 对单个客户的重复支持应当下降，多数客户最终不再需要持续重度驻场；如果产品成熟以后仍然依赖同等规模的人工介入，企业就可能滑向传统服务公司^[10]。这一判断只能作为方向性信号：医疗、金融、复杂制造等高风险场景即便已经成熟，也需要保留较高水平的人类审查与责任投入。

因此，交付管理、产品建设和财务评价应分别保留可核对的运行证据。交付管理检查行业经验是否写入需求规格和测试用例，产品团队检查客户问题是否转化为公共组件，财务管理检查客户增加后收入、毛利和交付人力是否同步改善。把这些证据并列观察，可以防止企业把长期重复驻场误认为持续创造新价值。

本章参考文献

- [1] Ramp Engineering Blog. Forward Deployed Engineering Principles[EB/OL]. 2025-08-06. <https://builders.ramp.com/post/forward-deployed-engineering>.
- [2] OROSZ G. What Are Forward Deployed Engineers, and Why Are They So in Demand?[EB/OL]. The Pragmatic Engineer Newsletter, 2025-08-12. <https://newsletter.pragmaticengineer.com/p/forward-deployed-engineers>.
- [3] AWS. AWS Commits \$1 Billion to Forward Deployed AI Engineers[EB/OL]. 2026-06-30. <https://www.aboutamazon.com/news/aws/aws-1-billion-forward-deployed-ai-engineers>.
- [4] 投中网. 百万年薪抢人, FDE 到底是什么? [N/OL]. 2026-07-02. <https://www.chinaventure.com.cn/news/78-20260702-392107.html>.
- [5] Palantir Technologies. Form 10-K FY2025[R/OL]. SEC, 2026-02-17. <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1321655/000132165526000011/pltr-20251231.htm>.
- [6] ALTHOFF J. Microsoft Frontier Company: AI Engineering that Amplifies and Protects Your Intelligence[EB/OL]. Microsoft, 2026-07-02. <https://blogs.microsoft.com/blog/2026/07/02/microsoft-frontier-company-ai-engineering-that-amplifies-and-protects-your-intelligence/>.
- [7] Sierra. Outcome-Based Pricing for AI Agents[EB/OL]. <https://sierra.ai/uk/blog/outcome-based-pricing-for-ai-agents> (2026-08-01 访问) .
- [8] 53AI. 硅谷今年最火的岗位 FDE , 我们闷头干了三年 [EB/OL]. 2026-06-10. <https://www.53ai.com/news/Palantir/2026061023150.html> (服务商一手自述) .
- [9] Anthropic. Enterprise AI Services Company[EB/OL]. 2026-05-04. <https://www.anthropic.com/news/enterprise-ai-services-company> ; OpenAI. OpenAI Launches the Deployment Company[EB/OL]. 2026-05-11. <https://openai.com/index/openai-launches-the-deployment-company/>.
- [10] Resolve AI. Why Enterprise AI Needs Forward Deployed Engineers[EB/OL]. 2025-09-08. <https://resolve.ai/blog/why-enterprise-ai-needs-forward-deployed-engineers>.
- [11] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 36964—2018 软件工程软件开发成本度量规范 [S/OL]. 2018-12-28. <https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/std/newGbInfo?hcno=D60D4EE10E59882DC82C8237844F605F>.
- [12] 北京软件造价评估技术创新联盟. 2025 年中国软件行业基准数据[R/OL]. 2025. <https://www.bscea.org/uploads/soft/251029/%E3%80%8A2025%E5%B9%B4%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E8%BD%AF%E4%BB%B6%E8%A1%8C%E4%B8%9A%E5%9F%BA%E5%87%86%E6%95%B0%E6%8D%AE%E3%80%8B.pdf>.
- [13] CUI Z, DEMIRER M, JAFFE S, et al. The Effects of Generative AI on High-Skilled Work: Evidence from Three Field Experiments with Software Developers[R/OL]. Microsoft Research, 2025-06. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/the-effects-of-generative-ai-on-high-skilled-work-evidence-from-three-field-experiments-with-software-developers/>.

- [14] 国家统计局. 2024 年城镇单位就业人员年平均工资情况[EB/OL]. 2025-05-16.
https://www.stats.gov.cn/xxgk/sjfb/zxfb2020/202505/t20250516_1959826.html.

第四章 中国特色 FDE 道路：从四十年产业积累到企业全面智能化

全球经验表明，FDE 已经进入平台软件、模型服务、云服务、咨询实施和独立交付五类商业模式。中国市场拥有不同的软件产业史、企业规模分布、产业链结构、数字化基础和人才来源。本章先梳理企业软件长期依赖实施与服务的历史基础，再说明人工智能如何改变交付成本边界，进而分析行业专家、编程智能体与共享生产团队如何协作，推动各类企业由数字化基础建设走向全面智能化。

一、中国企业为什么仍需要 FDE：人工智能基础模型供给日益充分，落地仍卡在企业现场

中国企业的人工智能转型难题，并不是简单缺少人工智能基础模型。国家发展改革委指出，人工智能正从试验探索迈向价值创造，但仍存在认识不一致、供需对接不畅和应用落地“最后一公里”等问题^[21]。工业和信息化部对制造业数字化转型的判断更加直接：企业“不愿转”问题初步缓解，“不会转”已经成为关键堵点，具体表现为经营需求不明确、转型路径不清晰和解决方案不成熟^[22]。这些政策判断说明，人工智能基础模型供给增加以后，企业能否选定真实经营问题、组织行业专家与工程人员、完成生产环境部署并验证业务结果，正在成为更加突出的限制。

中国企业的困难并不只是技术不足，而是技术、组织和经营判断同时缺位。采购制度往往要求在立项时写清功能与价格，人工智能项目却需要在现场逐步发现问题；行业经验掌握在业务人员手中，工程团队难以仅凭需求文档复原；系统上线后，效果又受到流程执行、岗位调整和持续运营影响。

中国 FDE 的发展主要受到三方面制约。第一，采购制度仍以年度预算、既定品目和里程碑验收为主，难以为问题重构与结果责任计价；第二，行业知识与工程能力分布在不同人才群体，复合型人才仍然稀缺；第三，企业对人工智能的认知、信任和经营思维仍处于转型阶段。

对不少中小企业来说，人工智能转型的第一道门槛并不是能否买到工具，而是经营者是否愿意改变原有的认识和工作方式。上海晴幂科技有限公司 CMO 高木生在访谈中谈到，不少中小企业对人工智能等新技术仍较为陌生，同时又缺少既理解业务、又能够使用技术的高学历复合型人才。人才短缺固然会拖慢项目，但经营者能否理解人工智能的作用，并推动组织改变原来的工作方式，往往更直接地影响项目能否启动和继续推进（高木生访谈资料，20260713）。

因此，中国企业需要 FDE 把经营者对 AI 的认识、行业专家经验、企业数据和工程系统纳入同一个生产交付项目。FDE 并非只负责开发 AI 功能，而要帮助企业选择经营目标、重构业务流程、完成系统上线和持续运行改进，从而把单点解决方案演示转化为能够长期参与企业经营的生产系统。

二、中国为什么能够发展 FDE：四十年产业积累形成的比较优势

中国发展 FDE 的比较优势，来自中国特色社会主义市场经济四十余年发展形成的超大规模市场、完整产业链、多种所有制并存的企业结构，以及数量庞大、行业极细、数字化成熟度高度不均衡的经营现场。国务院“人工智能+”行动把完整产业体系、丰富数据资源和广阔应用场景列为中国优势^[20]。这些条件共同提供了大量需要现场理解、持续交付和行业复用的真实问题。

这项优势也建立在软件服务业的长期积累之上。2010 年，中国软件业收入为 1.3364 万亿元，其中信息系统集成服务收入 2910 亿元；到 2025 年，软件业务收入达到 15.4831 万亿元，信息技术服务收入 10.6366 万亿元，占全行业 68.7%^[24-25]。咨询、实施、集成、运维和本地适配伴随行业规模扩大，留下了可以转为 FDE 供给的行业人才、客户关系、系统接口和交付经验。

这一产业结构也塑造了中国企业软件的交付方式。中国信通院指出，2017 年以后 SaaS 企业持续面对标准产品与个性需求难以平衡、标准化和规模化不足、客户定制推高成本等问题；与此同时，2023 年中国企业级 SaaS 市场规模达到 581 亿

元^[26]。中国企业市场因而同时存在标准化产品需求和深度服务需求，复杂且差异化的现场为两者之间的持续适配留下了广阔空间。

中国 FDE 市场由两类既有需求汇合而成：一类是传统软件行业尚未完成的数字化需求，另一类是 AI 服务企业新增的智能化需求。软件服务商熟悉实施、集成和运维，AI 服务企业掌握模型与智能体；FDE 把行业知识、客户流程、旧系统接口和新技术能力接入同一条交付链。

AI 进一步改变了定制软件的成本函数。2025 年软件行业基准数据表明，同一行业相似项目背景可使调整因子降至 0.8，缺少相似背景则升至 1.2；行业经验和可复用技术资产由此形成约 50% 的相对工作量差异^[27]。编程智能体继续压低原型、编码和重复集成成本，使现场定制能够从大型客户扩展到更多细分行业和中小企业，同时把集成、安全、测试、部署和运维纳入共享生产能力。

上述条件形成中国特色 FDE 协作路径：行业专家在补齐基本 AI 认知后担任 FDE，依靠大模型和编程智能体迅速定位可智能化环节、形成原型并持续迭代；专门生产团队以共享方式承担复杂集成、安全、测试、部署和运维；同行业项目再把业务规则、数据接口、知识库、评估集和组件沉淀为可复用资产。行业判断与生产工程在同一项目中分工协作。

这一协作路径与中小企业市场的需求结构相适应。大型企业继续由平台、云厂商和咨询公司以大规模团队服务；产业集群、本地服务网络、行业协会、软件服务商和小型专业团队则能够以更短服务半径覆盖中小企业。短周期、可验证的版本降低初次投入门槛，版本建设、运维订阅和效果奖励支持长期经营。

因此，中国的比较优势同时包含需求侧和供给侧：复杂完整的产业体系提供了海量非标准问题，四十年软件服务业提供了交付基础，AI 降低了把行业知识变成软件的边际成本，数量庞大的行业专家则成为潜在 FDE。四者合在一起，使 FDE 有可能帮助中国企业补完数字化最后一公里，并继续走完智能化最后一步。

政策已经开始为这种分布式、行业化交付提供制度条件。2025 年中小企业数字化转型城市试点要求培育“既懂行业又懂数字化”的服务商，开发行业属性强、赋

能效果优的“小快轻准”解决方案，并使用真实场景验证技术^[23]。这项要求与行业原生型 FDE 的工作高度一致：先识别经营问题，再形成可验收的小步版本，并把同业共性沉淀下来。

与本报告主题关系最直接的公共实践来自上海创智学院。学院于 2024 年成立、9 月正式入驻，由市委、市政府推动，联合北京大学、清华大学等高校及人工智能企业共建，定位为培养人工智能领军人才^[7]。

2025 年 11 月 29 日，上海首期 FDE 前沿部署工程师专题培训班在上海创智学院正式开班。上海创智学院承担课程组织与实施，培训围绕 AI 模型与企业场景结合、定制部署及现场迭代展开^[8]。

在 FDE 概念进入中国市场的同一时期，上海市委、市政府围绕人工智能落地与人才培养开展了一系列系统性工作。这些工作起步早于市场对 FDE 概念的集中关注，为这一岗位在中国的发展提供了较为完整的制度支撑，因此在本章中予以专门梳理。

上海市的相关布局主要覆盖发展条例、长远规划和人才队伍建设三个方面。

立法方面，2022 年 9 月，上海通过全国首部省级人工智能产业立法《上海市促进人工智能产业发展条例》^[1]。

规划方面，2025 年 2 月，上海市政府办公厅印发《人工智能“模塑申城”实施方案》。方案提出建设世界级人工智能产业生态，聚焦金融、制造、教育、医疗、文旅、城市治理六大行业推进模型落地，明确了“模型加实践加语料”的落地架构^[2]。方案的取向与本报告的核心判断一致，即瓶颈不在模型，而在落地。

人才方面，上海已将人工智能训练师等新职业纳入急需紧缺高技能人才目录，全市人工智能人才规模接近 30 万，约占全国三分之一，14 所高校成立人工智能创新学院^[3]。2025 年 4 月 29 日，习近平总书记考察上海期间来到徐汇区“模速空间”大模型创新生态社区，强调加快建成具有全球影响力的科技创新高地^[4]。

徐汇区承担了产业载体的角色。2023 年 9 月挂牌的“模速空间”为全国首个大模型创新生态社区，截至 2025 年初已入驻企业百余家，配套算力超过 5 万张加速

卡，联动基金规模超千亿元^[5]。2025 年 7 月，模速空间五期启动，徐汇区同步提出“十百千万”计划，即新增十万平方米零租金即插即用空间，集聚百余个备案大模型，带动千家企业落地，辐射千亿级产业规模^[6]。大模型企业、算力、资本与场景在一个城区内的物理集聚，客观上为 FDE 型工作提供了最密集的需求现场。

2026 年 5 月 30 日，“3E”讲坛暨上海（长三角）中青年工程师创新创业大赛进一步启动 FDE 高级研修班。大赛首次设立 FDE 赛道，采取“以赛代育、以赛促评”的方式，优胜者可获工程师职称认定。长三角层面提出培育 100 支团队、400 名尖端工程师、5,000 名高水平数字技术工程师的目标^[9]。

三、中国 FDE 的发展现状：岗位建制初步形成，同构能力分布于多类组织

市场端的变化同样迅速。本报告 2026 年 7 月对国内招聘平台的专项采集显示，腾讯、蚂蚁集团、字节跳动、商汤、蔚来等 25 家以上的公司已直接使用 FDE 头衔或等价头衔招聘。腾讯的“人工智能 前线部署工程师 FDE”、蚂蚁的“FDE 解决方案工程专家”、字节跳动的“FDE 赋能专家”均把 FDE 三个字母直接写进岗位名。中位薪酬带约为月薪 3 万至 6 万元、15 薪，头部岗位年薪超过百万元。

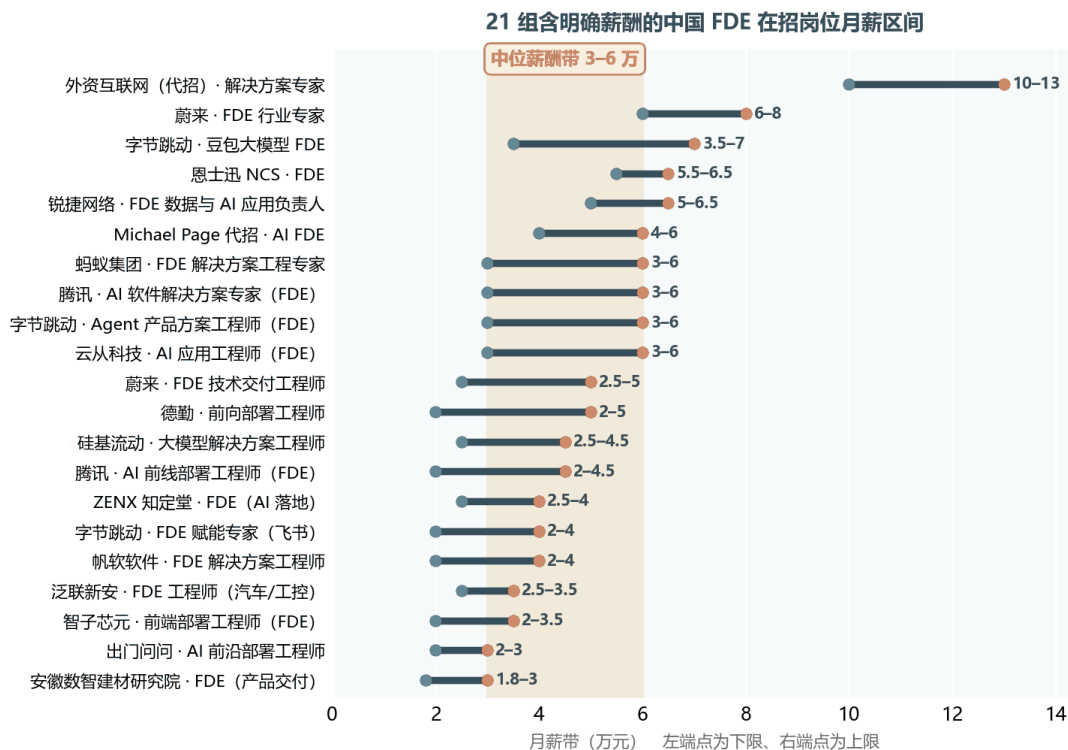


图 4-1 中国 FDE 在招岗位月薪带 (本报告 2026 年 7 月自采, 21 组含明确薪酬岗位)

同时, 行业对这一概念的理解尚未收敛。前线部署、前沿部署、前向部署、前端部署工程师四种中文译法并存, 甚至有雇主把 FDE 错误展开为“前端开发工程师”。后者通常对应 Front-end Developer, 与 Forward Deployed Engineer (FDE) 在职责、工作场景和责任边界上均属不同岗位。按第一章四项核心判定条件检验国内在招职位, 真正具有区分力的仍是条件二和条件四。

中国 FDE 市场最初主要出现两类供给主体。第一类是依托软件平台、云计算服务或人工智能模型产品的大型科技企业 FDE 团队, 通常以“销售人员加技术人员”的组合服务中大型企业; 第二类是由单人工作室或小团队构成的独立 FDE 服务商, 进入大型科技企业组织和合同规模难以覆盖的中小企业市场^[10]。

大型科技企业 FDE 团队与独立 FDE 服务商解决的问题不同。大型科技企业 FDE 团队主要完成标准化产品与客户信息技术环境之间的系统集成, 独立 FDE 服务商则往往还要帮助中小企业经营者理解人工智能、识别经营问题、提取行业经验

并完成工程交付。由于中国中小企业市场尚未形成稳定的业务诊断与工程交付分工，独立 FDE 团队通常需要同时配置行业业务能力与人工智能工程能力^[11]。

第三类供给主体是企业自建 FDE 团队，主要出现在软件产品公司、咨询公司以及制造、金融、法律等行业企业中。这类团队不以对外独立销售 FDE 服务为前提，而是把 FDE 能力嵌入自有产品交付、咨询项目或内部智能化改造。由此，中国市场形成大型科技企业 FDE 团队、独立 FDE 服务商和企业自建 FDE 团队三类供给主体。

三类主体的核心资产与服务对象各不相同。大型科技企业 FDE 团队依托模型、云服务或平台产品，主要服务中大型客户，并把现场需求交给产品团队；独立 FDE 服务商保持技术中立，面向多家中小企业提供诊断、开发与持续迭代；企业自建 FDE 团队则服务本企业或本公司产品线，把行业知识与工程工具留在组织内部。三类主体都从模糊业务诉求出发，最终要交付上线运行的系统，差异在于资产归属和服务边界。

独立 FDE 不只意味着个人承接项目，还要形成一套能反复使用的轻量工具。若从业者只是按照客户要求交付单个项目，其工作仍然没有超越传统软件外包。只有在现场反复识别相似问题，并把解法写成诊断清单、提示词、数据模板、插件、行业知识库或交付流程，才能减少后续项目的重复工作。为降低核心系统切换风险，独立 FDE 更适合从轻量插件、局部自动化和“数字员工”切入，依托客户原有的内部通信工具、办公系统和数据流程，以较低改造成本嵌入既有 workflow，再逐步积累数据、模板和接口^[17]。

四、中国 FDE 如何规模化：行业原生 FDE 与共享生产团队协作

中国传统产业和中小企业拥有大量需要行业判断才能界定的经营问题。行业专家在补齐基本 AI 认知后，可以担任 FDE，负责识别经营问题、理解行业边界并定义验收标准；大模型和编程智能体帮助其完成调研整理、原型、编码与迭代，专业生产团队和工程平台承担完整软件的安全、可靠性与持续运行。

行业原生型 FDE 从业务一线生长出来，将业务目标、专业知识、工作流程、数据条件与验收标准转译为 AI 系统，并对生产环境中的实际结果负责。他们持续缩短“发现问题—形成版本—用户反馈—测试修正”的循环，使软件开发从一次性需求交接转向连续迭代。

规模化交付采用明确的三方分工：行业专家型 FDE 主导问题定义、经验提取、流程设计、版本取舍和效果验收；编程智能体承担高频技术执行；共享生产团队负责权限、安全、可靠性、复杂集成、部署和运维。行业判断保证项目选对问题，生产工程保证系统稳定运行。

五、谁来做中国 FDE：四类行业的能力起点与转型路径

FDE 需要补足的内容取决于各行业的生产条件。制造业主要受企业数据基础和信息系统分散限制，专业服务业主要受业务人员高度自主的组织形态限制，金融业主要受数据安全、合规和低容错限制，医疗业还受到产品注册和医院准入限制。本节综合公开行业数据、企业案例与制度材料，分别分析四个行业需要何种 FDE 以及 FDE 应当承担哪些生产交付责任。

第一，制造业：信息化基线薄弱，价值集中在管理与办公环节。中小制造企业的一线生产自动化通常早于管理数字化，现实短板主要集中在跨系统数据孤岛、重复报表和大量事务性工作。人工智能的近期价值更适合从管理、办公和信息流转环节释放，而非直接替代已经自动化的产线环节。

中国信息通信研究院的调查数据支持上述制造业判断。该研究院 2024 年调查 9400 余家专精特新中小企业，结果显示：73.8% 的受访企业采用企业资源计划（ERP）工具，采用生产执行管理（MES）工具的企业仅占 25.3%；数字化运维工具使用率更低，通用设备制造业和汽车制造业分别只有 4.8% 和 3.6% 的企业使用相关工具^[12]。

专精特新企业已属中小企业中数字化基础最好的群体，一般中小制造企业的基线更低。赛迪研究院对 2026 年制造业数字化转型的展望进一步指出，转型的成本

看得见、收益藏得深、周期又长，相当多中小企业陷入“不敢转、不愿转”的困境^[13]。工业数据噪声大、格式不一、样本缺失，难以直接满足模型训练与应用的要求^[13]。

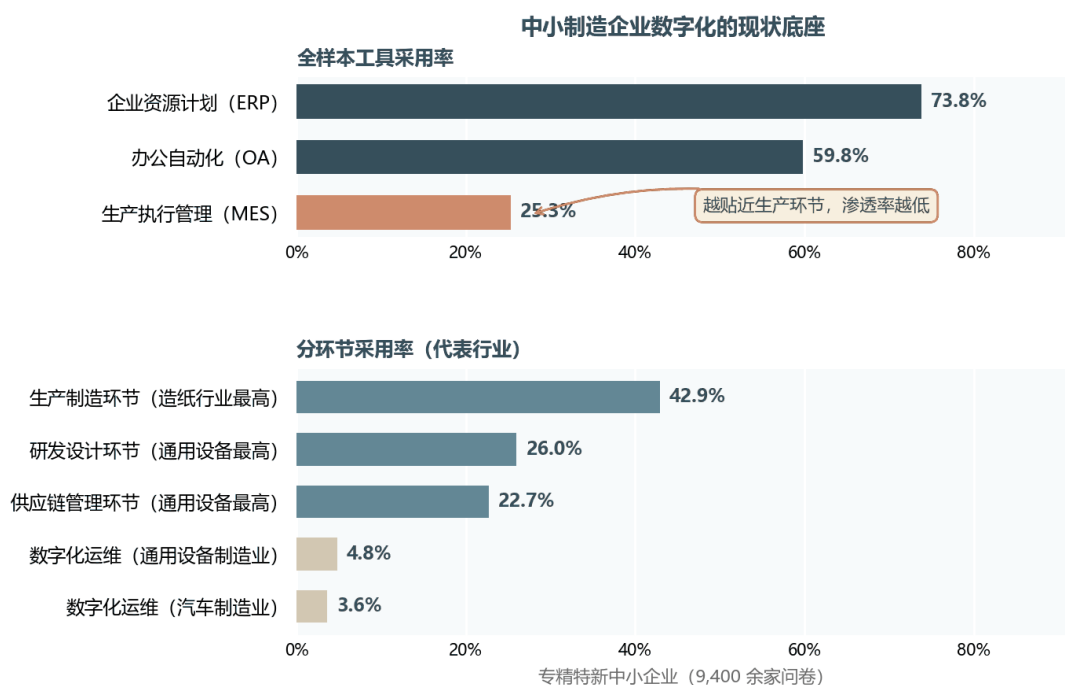


图 4-3 中小制造企业数字化工具采用率（来源：中国信通院，2024 年调查）

政策端已把这块短板列为公共任务。2025 年起，财政部与工业和信息化部把中小企业数字化转型城市试点扩大到 34 个左右城市，中央财政对每个试点城市支持 1 亿至 1.5 亿元，并要求专精特新中小企业在试点期内“应改尽改”^[23]。工业大模型的渗透仍处于早期，本报告仅将相关行业报告作为“市场仍可能较快增长”的方向性线索，不采用缺少原始报告页码与预测口径的单点数字^[14]。

上述调查数据明确了制造业 FDE 的主要工作范围。中小制造企业的信息系统彼此分离、生产与管理数据难以流通、数字化人才不足，因此制造业 FDE 的近期任务主要是连接既有信息系统、自动生成经营和生产报表，并把企业主与一线人员的行业经验整理成可以由人工智能系统调用的知识。完成这些工作以后，FDE 可以把已经对接的软件系统接口、数据模板和测试方法继续用于同类制造企业，降低后续项目成本。年营收一亿元以下的中小制造企业可以作为优先市场，因为这类企

业人工智能落地的边际收益较高，而大型科技企业的交付组织通常难以下沉到单个工厂的工艺与管理细节。

第二，专业服务业：组织形态分散，FDE 更可能从内部生长。专业服务机构的人工智能转型，技术问题往往和组织问题缠在一起。课题组走访金融、法律等行业机构时发现，在专业人员业务自主性较强的组织中，统一更换工作工具很难依靠行政命令完成。上海星瀚律师事务所参与组织数智化工作的李泽辰提到，律所合伙人和律师的工作方式各不相同，案件资料也较为分散，外部通用产品很难直接套用。该所没有强制律师更换既有平台，而是由具有法律背景的成员组成科技小组，逐一适配律师的实际场景，并通过本地部署和脱敏处理满足数据安全要求（李泽辰访谈资料，20260713）。

从 FDE 生产组织方式看，上海星瀚律师事务所的实践价值不在于该律所已经建立标准化 FDE 岗位，而在于法律业务判断和人工智能工程实施都被保留在组织内部。具有法律业务背景的成员可以先识别高频、批量和规则明确的事务性问题，再与工程人员共同修改人工智能系统，使系统随案件类型、律师工作方式和数据安全要求持续变化。

第三，金融业：预算与意愿充足，约束在数据与容错。金融业属于中国人工智能采购意愿较强的行业之一。腾讯金融研究院、腾讯研究院与毕马威 2025 年 8 月的联合报告统计，2024 年以来金融业大模型相关中标项目已达 191 个，银行先行，证券、保险跟进^[15]。同一份报告归纳的落地挑战集中在三处：高价值数据资源碎片化、低容错场景的技术适配困难、组织人才培养滞后^[15]。这决定了金融业 FDE 的形态：数据不出域，工作必须进场完成；验收标准围绕合规与准确率设计，需求与验收标准的生产在这一行业权重最高。

第四，医疗业：准入门槛制度化，交付以资质为前提。医疗行业的约束由监管制度直接书写。动脉网 2026 年 5 月的研究报告显示，医疗大模型在院内的商业化仍在等待规模化落地，商业模式尚未走出信息化系统、医疗器械、健康服务三类传统通道。深度临床合作能力与三类医疗器械注册构成医院准入的前提^[16]。对 FDE

而言，交付物不仅要进入生产环境，还要先通过注册与准入，行业制度为生产交付增加了一道前置门槛。

各行业的约束落点不同。制造业卡在数据基础，专业服务业卡在组织形态，金融业卡在容错与合规，医疗业卡在准入资质。教育、零售等产出易于量化的行业，则率先跑通了按结果收费，第三章的对照组收费案例即来自在线教育。这组差异指向同一个结论，FDE 进入各行业时会携带行业语境重新命名、重新配形，不存在一套跨行业通用的交付形态。

四个行业的差异说明，行业知识不是 FDE 的附加项，而是需求形成和验收设计的前提。制造业需要理解工艺、设备与管理信息流；法律行业需要理解案件、权限和律师工作方式；金融和医疗还要把合规、容错和准入写进系统边界。

行业专家要成为 FDE，至少要能画清业务流程、列出例外情况，掌握基本的数据和人工智能工具，并用准确率、处理时长或人工接管率验收结果。做到这些，行业经验才能主导项目；否则，行业资历本身不能替代交付能力。

工程团队和平台则要提供系统接口、权限模板、测试框架、部署脚手架、证据留存和回滚规则。工具越完整，行业专家越容易组织人工智能完成交付。中国 FDE 规模扩张不需要无限多全栈天才，而需要让行业专家在稳定的工程工具支持下承担更多端到端责任。

六、中国 FDE 究竟解决什么：把经验、流程和数据变成可验收的生产系统

中国 FDE 首先解决行业经验无法进入人工智能系统的问题。行业专家知道哪些业务信号重要、哪些例外情况危险、什么业务结果可以接受，但这些知识通常散落在口头交流、聊天记录、电子表格和个人工作习惯中。FDE 需要采集这些行业知识，把行业知识结构化为需求规格、业务规则、企业数据字段和人工智能系统评估集。

其次解决开发与业务彼此等待的问题。传统项目常以“业务先写完需求、技术再开始开发”为前提，模糊业务却无法一次写清。FDE 让调研与开发同步进行：访谈形成的新信息立即进入原型、测试和系统，运行结果再决定下一轮访谈问什么，从而减少等待和返工。

最后解决结果不可验收的问题。人工智能系统不能只以“功能已经上线”作为完成标准，还要明确准确率、处理时长、人工接管率、业务收益、故障与合规等指标，并记录相应证据。只有需求、开发、部署和验收处于同一责任链，定制系统才可能持续演进。

FDE 从经营问题诊断到人工智能系统持续运营的完整交付过程，还必须适应中国企业现行的采购和财务制度。企业通常无法在经营问题尚未明确时一次签订结果合同，FDE 服务商也难以在缺少现金流的情况下承担全部试错成本。中国市场因而逐步形成业务诊断、版本建设、运维订阅和效果奖励四个合同阶段，把同一个人工智能项目拆分为能够分别采购、验收和入账的部分。

第一阶段收诊断费：以低门槛付费咨询进入，完成业务诊断与可行性验证，走咨询采购品目。

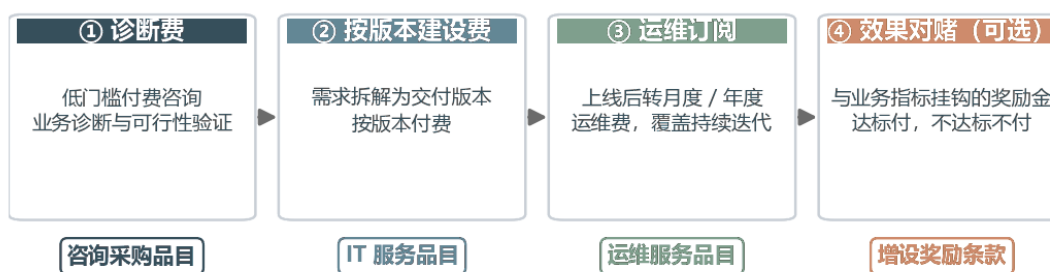
第二阶段收按版本建设费：需求拆解为交付版本，按版本付费，走 IT 服务品目。

第三阶段转运维订阅：系统上线后转为月度或年度运维费，覆盖持续迭代。

第四阶段为可选的效果对赌：增设一笔与业务指标挂钩的奖励金，达标付，不达标不付。

四阶段混合收费结构的价值，在于它不要求企业立即改变现行采购制度，却能在既有财务框架内逐步增加 FDE 对业务结果的责任。业务诊断、版本建设、运维订阅和效果奖励分别对应不同采购品目，第三章用于区分里程碑合同与结果合同的卖方责任，也被拆分到四个能够独立入账的合同阶段。

面向采购制度约束的四阶段合同拆分



从里程碑向结果的渐进转换：风险回流被拆分进四个可分别入账的合同阶段

图 4-2 四阶段混合收费结构

七、部分中国 FDE 前沿探索案例

以下案例分别对应 FDE 规模化过程中的三类问题：第一，HA7CH 探索怎样连接分散的行业专家、开发者和企业需求；第二，北斗探索怎样让行业经验直接进入稳定交付流程；第三，云梦引擎探索怎样把项目中的共性做法写进企业平台。案例及其中全部具名访谈材料均按原调研保留。

案例一：HA7CH 的独立 FDE 社群协作机制

该案例对应阶段一（个体）。HA7CH 通过社群与 FDE Accelerator 聚拢独立 FDE 开发者、行业专家和 AI 开发者，并与企业需求连接。成员以独立身份承接项目，也可依据场景临时组队。需求线索、行业经验和工程能力由此在社群内重新组合，使单个成员不必独自覆盖获客、业务判断与技术交付（Lawted 访谈资料，20260720）。其官网自称“AI-native Builder Lab born at Stanford”和“the world's first FDE Accelerator”，公开活动包括多地 meetup 与全国 FDE 专家研讨等活动^[18-19]。

社群通过能力标签、场景发布和临时组队，提高独立从业者获得需求、组合能力和建立信任的效率。单个从业者仍是基本交付单元，但可以借助社群共享客户线索、专业能力与项目声誉，从而降低完全依赖个人熟人网络的风险。

线下活动、黑客松和真实企业课题共同用于识别成员能力。小型需求供新人练习并留下方法文档，成熟成员则通过临时小队承接跨专业项目。社群因此为独立 FDE 提供了一套外部协作办法。

社群成员并不限于软件工程师。行业专家、咨询从业者和一线业务人员掌握必要的 AI 工具后，可以与工程人才组合完成交付；其中，商务沟通、产品洞察和业务问题界定仍是决定项目质量的关键能力。

HA7CH 的 FDE 九宫格用于区分不同企业目标下的商务、产品与研发任务。框架将企业目标分为战略、组织进步和降本增效三层，并分别分析商务、产品和研发三个环节，由此形成九种任务组合。

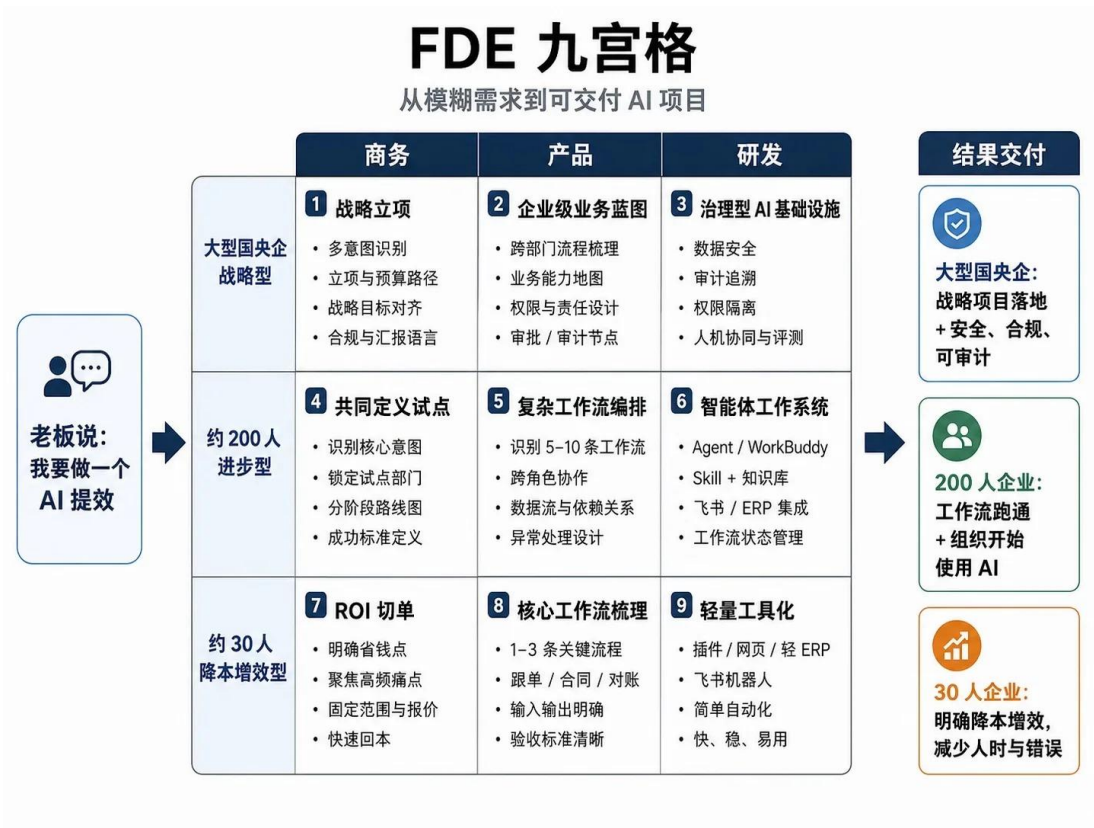


图 4-4 HA7CH 的 FDE 九宫格：企业目标与商务、产品、研发任务的交叉分类（来源：HA7CH 公开框架）

大型国有企业和中央企业通常处于战略层，商务环节重点处理多方意图、立项预算与合规要求，产品环节需要形成企业级业务蓝图，研发环节强调治理型 AI 基

基础设施。约 200 人的成长型企业更关注共同定义试点、编排复杂工作流和建设智能体工作系统。约 30 人的小型企业则以降本增效为主，优先依据投资回报确定试点范围，梳理核心工作流并采用轻量工具。

九宫格按客户规模与目标区分交付方式。面向小微企业时，方案应优先说明预计节省多少成本，避免配置超出实际需要的复杂中台；面向大中型企业时，则必须明确数据流转、权限控制、审计记录和系统稳定性。独立 FDE 据此组合商务、产品与研发动作，并选择结果收费、咨询陪跑或项目制交付。

HA7CH 创始人 Lawted 在访谈中回顾，他先后在深圳、上海、杭州和北京组织线下交流，逐渐发现，不同类型的企业谈到人工智能时关心的并不是同一件事：部分小微企业首先追问能省多少钱，成长型企业更关心组织能否跟上人工智能进程，国有企业和中央企业则更在意预算合规、审计记录和数据安全。这些差异影响获客方式、产品复杂度与验收口径，也成为九宫格分层的实践来源。Lawted 还强调，驻场的价值在于观察真实工作流，从“谁发来什么信息、经过怎样处理、再交给谁”入手，才能在企业成员说不清需求时找到值得改造的环节（Lawted 访谈资料，20260720）。

案例二：北斗 FDE 个人终端

北斗 FDE 个人终端由上海混沌方舟网络科技有限公司开发，是供单个 FDE 使用的多智能体协同交付系统。北斗覆盖需求澄清、规格形成、任务拆解、技术实现、系统集成、生产部署验证和业务结果验收，通过任务契约、多智能体调度、过程监督和证据收口统一技术执行。北斗为每项任务保留任务编号、代码提交、测试记录、部署结果和未解决问题，并依据事先约定的验收指标判断任务是否完成，以降低人工智能模型幻觉和工程师个人偏好造成的交付波动。

北斗把行业经验采集、语音记录处理和人工智能项目开发接在一起。FDE 与行业专家交流后，系统直接读取相应录音及其转写，将专家叙述拆成业务对象、流程、规则、异常、数据需求与验收问题，并据此生成调研待办、规格和开发任务。

行业调研与原型、编码、测试和部署同步进行：新访谈修改需求和系统，运行结果再决定下一轮访谈追问什么。

混沌方舟对 FDE 工程化交付的探索经历了三个阶段。三个阶段都在解决同一个问题：人工智能会出现幻觉，工程师也有各自的经验、技术偏好和工作状态，怎样避免这些差异导致交付结果忽高忽低，并让多人按同一套标准协作。

第一阶段是由工程师个人经验驱动的 FDE 不稳定交付。工程师依靠个人经验完成需求理解、技术选型、编码、系统集成和生产上线。人工智能编码工具提高技术执行速度，却没有自动解决结果可靠性问题：人工智能模型可能遗漏需求边界、虚构任务完成状态或跳过工程验证，不同工程师也会依据个人偏好理解需求和选择技术方案。同类需求由不同人员处理时，交付过程和交付结果存在明显差异；多人协作还会产生工程标准不一致、任务交接损耗和结果责任难以界定的问题。

第二阶段是企业自研全流程生产级交付 workflow 形成的稳定交付。团队把需求澄清、规格形成、任务拆解、技术实现、系统集成、生产部署验证和业务结果验收固定为统一流程，并为每个环节规定输入、输出、验证证据和完成条件。人工智能模型生成的文字声明不能作为任务完成依据，代码提交、构建结果、测试记录、部署地址和剩余问题必须随任务保存。人工智能模型幻觉由此会在测试和生产部署环节暴露，工程师的个人技术选择也必须写明理由并接受团队审查。

第三阶段为北斗 FDE 个人终端。团队将企业级 workflow 进一步产品化，把任务契约、多智能体调度、过程监督、异常升级、验证收口、长期记忆和语音经验采集做成单人终端。使用者负责进入真实业务现场、识别问题并作出关键判断，北斗把访谈和判断拆成具体任务，组织多个人工智能执行单元完成技术实现，最后按统一证据和验收标准检查结果。

三个阶段体现了从个人临场交付，到统一 workflow，再到个人终端的变化。北斗的重点并非单纯提高代码生成效率，而是用流程、契约、证据和验收指标约束人工智能幻觉、工程师个人偏好和临场状态造成的差异。每个项目都记录任务完成率、验证通过率、返工次数、交付周期及上线后的业务改善，用这些数据比较交付质量。

北斗还以重复劳动是否下降、项目资产能否复用来检验系统健康度。启动期需要密集调研和工程建设，投入较高并不异常；当访谈内容已经写入需求、测试和组件后，同类场景不应继续从头访谈、手工拆解和重度救火。若项目形成的方法和工具能够用于更多场景，同时业务效果保持稳定，才说明个人终端正在帮助团队积累组织能力。

案例三：云梦引擎

该案例对应阶段三（中台）。云梦引擎由上海云梦智联科技有限公司开发，定位为组织智能中台。平台把驻场中反复出现的工具接入、知识整理、任务编排和信息分发做成产品功能；同行业共性由平台和模板处理，客户差异仍由 FDE 适配。据企业与产品材料，公司成立以来累计交付企业级项目百余个，平均交付周期约两个月。

平台既能接入企业已有的办公与业务工具，也能把碎片化沟通整理成知识图谱，再按管理层、部门负责人和员工的职责分发信息。行业模板覆盖同行业的共性需求，并已在高定家居营销、制造业日报与巡检、文娱社区财务自动化等场景测试；最后一层的现场定制由 FDE 完成。

SaaS 订阅使系统上线后持续迭代，区别于一次性项目交付。交付中产生的数据、解法和业务知识都保存在云梦引擎平台，人员更替不会带走这些资料，即“人走数据不走”。平台因此能够不断吸收多个项目的成果，减少持续迭代对个别成员的依赖。

三个案例分别回答三类问题：HA7CH 让分散的行业专家、开发者和企业需求相遇；北斗把访谈形成的行业经验直接写入需求、开发和验收；云梦引擎把多个项目中反复出现的做法做成企业平台。

这三类探索说明，中国 FDE 的优势不在照搬美国公司的岗位设置，而在把行业专家、人工智能工具、工程底座与产业现场重新组合。行业原生型 FDE 可以从个体起步，但不能停留在个人经验：访谈内容要进入需求和测试用例，项目形成的系统接口、模板和评估集要继续服务同类项目，系统上线后应由客户持续运营。

本章参考文献

- [1] 上海市人民代表大会常务委员会. 上海市促进人工智能产业发展条例[Z]. 2022-09-22 通过, 2022-10-01 施行. <https://www.shanghai.gov.cn/rgznsj/20250610/a8b55b62dc07441c874a256d11e725a7.html>.
- [2] 上海市人民政府办公厅. 人工智能“模塑申城”实施方案[Z]. 2025-02. <https://www.shanghai.gov.cn/202502bgtwj/20250220/77b163177e954e8c929f90ec43fc92b7.html>.
- [3] 新华社《瞭望》. 上海人工智能人才发展报道[N/OL]. 2026-04-25. <https://www.news.cn/politics/leaders/20260425/df6dde0d465d4de4b4895fcb414d1ab3/c.html>.
- [4] 中央网信办转发新华社报道. 习近平总书记考察上海“模速空间”[N/OL]. 2025-04-30. https://www.cac.gov.cn/2025-04/30/c_1747718889717567.htm.
- [5] 上海市人民政府. 模速空间大模型创新生态社区进展[EB/OL]. 2025-05-01. <https://www.shanghai.gov.cn/nw4411/20250501/2117df16ee3e43f79b64db3b4a49e981.html>.
- [6] 上海市人民政府. 模速空间五期启动与“十百千万”计划[EB/OL]. 2025-07-24. <https://www.shanghai.gov.cn/nw4411/20250724/5cc2c8bd78f74a5ab92b38383ed37f3d.html>.
- [7] 上海创智学院. 学院概况[EB/OL]. <https://www.sii.edu.cn/xygk/list.htm>; 人民网. 上海人工智能学院成立一周年[EB/OL]. 2025-09-22. <https://sh.people.com.cn/n2/2025/0922/c134768-41359679.html>.
- [8] 上海创智学院. 打通 AI 落地“最后一公里”！上海首期 FDE 专题培训创智开讲[EB/OL]. 2025-12-09. <https://www.sii.edu.cn/2025/1208/c54a620/page.htm>.
- [9] 澎湃新闻. 2026“3E”讲坛暨上海（长三角）中青年工程师创新创业大赛启动，首设 FDE 赛道[N/OL]. 2026-05-30. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_33271383.
- [10] 投中网. 百万年薪抢人，FDE 到底是什么？[N/OL]. 2026-07-02. <https://www.chinaventure.com.cn/news/78-20260702-392107.html>.
- [11] 53AI. 【万字】大家都在吹的 FDE，又是什么万能解药？[EB/OL]. 2026-06-22. <https://www.53ai.com/news/Palantir/2026062295237.html>（服务商实践观察）。
- [12] 中国信息通信研究院. 专精特新中小企业数字化转型研究报告（2024 年）[R/OL]. 2025-01. <https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202501/P020250124516764358220.pdf>.
- [13] 中国电子信息产业发展研究院. 2026 年我国制造业数字化转型发展形势展望[J/OL]. 中国信息界, 2026-04-16. <https://www.zgxxjzz.com/m/tbch/412.html>.
- [14] 亿欧智库. 2026 中国工业大模型发展洞察报告[R/OL]. 2026-03. https://www.sohu.com/a/1009701765_121823490（仅定位到图文镜像，正文不采用其精确预测数字）。
- [15] 腾讯金融研究院, 腾讯研究院, 毕马威. 2025 金融业大模型应用报告：体系落地，价值共生[R/OL]. 2025-08. <https://www.tisi.org/32468/>.
- [16] 动脉网. 2026 医疗大模型场景落地研究报告[R/OL]. 2026-05. <https://36kr.com/p/3815459102433026>（转载页）。
- [17] AITNT News. 一个哈佛硕士转身去做“土 FDE”：AI 真正的机会，在工厂、货代和老板说不清的地方[N/OL]. 2026. <https://www.aitntnews.com/newDetail.html?newId=27026>.
- [18] HA7CH. HA7CH: AI-native Builder Lab & FDE Accelerator[EB/OL]. <https://www.ha7ch.com/>（2026-08-01 访问，组织自述）。

- [19] 21 财经. 大厂正在花百万年薪抢人, FDE 到底是什么? [N/OL]. 2026-07-08.
<https://m.21jingji.com/article/20260708/herald/bca2c7af9fb643b452a00127391de72c.html>.
- [20] 国务院. 关于深入实施“人工智能+”行动的意见[Z/OL]. 国发〔2025〕11号, 2025-08-21.
https://www.cac.gov.cn/2025-08/27/c_1758018277755538.htm.
- [21] 国家发展和改革委员会. 有关负责同志就《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》答记者问[EB/OL].
2025-08-26. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/202508/t20250826_1400058.html.
- [22] 工业和信息化部. 制造业数字化转型向规模化演进[EB/OL]. 2025-01-09.
https://www.miit.gov.cn/xwfb/mtbd/twbd/art/2025/art_521a1d14d70c4d64b7188155d18596b6.html.
- [23] 财政部办公厅, 工业和信息化部办公厅. 关于做好 2025 年中小企业数字化转型城市试点工作的通知[Z/OL].
财办建〔2025〕20号, 2025-05-07. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202505/content_7023527.htm.
- [24] 工业和信息化部. 2010 年我国软件产业发展情况[EB/OL]. 2011.
https://wap.miit.gov.cn/gxsj/tjfx/rjy/art/2020/art_867fab663b7b4120b588d4cd84d95052.html.
- [25] 工业和信息化部. 2025 年软件业经济运行情况[EB/OL]. 2026.
https://www.miit.gov.cn/gxsj/tjfx/rjy/art/2026/art_65a12a560865432bb1548fdddc74f19c.html.
- [26] 中国信息通信研究院. 中国企业级 SaaS 产业发展研究报告（2024 年）[R/OL].
2024-08.
<https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/202408/P020240815374016912879.pdf>.
- [27] 北京软件造价评估技术创新联盟. 2025 年中国软件行业基准数据[R/OL]. 2025.
<https://www.bscea.org/uploads/soft/251029/%E3%80%8A2025%E5%B9%B4%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E8%BD%AF%E4%BB%B6%E8%A1%8C%E4%B8%9A%E5%9F%BA%E5%87%86%E6%95%B0%E6%8D%AE%E3%80%8B.pdf>.

第五章 FDE 的未来：市场扩散、行业分化与资产沉淀

FDE 的成熟将同时体现在市场、岗位和资产三个层面。本报告提出两个相互关联的结构判断：其一，中国 FDE 的主要增量市场将来自中小企业和分布式行业服务网络；其二，FDE 会沿行业形成职业族群，岗位名称高度分化而核心责任收敛。通用交付流程连接两端资产，上端沉淀行业知识，下端沉淀可复用技术。

一、未来会发生什么：六项趋势判断

判断一：中国 FDE 的主要增量将来自中小企业和分布式行业服务网络。

Microsoft 以 6000 名行业与工程专家嵌入客户现场，代表大型科技企业服务大客户的规模化路径^[1]；数量庞大的中小企业则需要更短服务半径、更低启动门槛和更深行业理解。产业集群、本地软件服务商、行业协会、独立专业团队与共享生产平台将共同构成供给网络。

判断二：岗位名称将高度分化，核心责任逐渐收敛。扩采后的 1290 条合并岗位观测中，841 条明确使用 FDE 头衔，共出现 332 种不同岗位名称，其中 245 种仅出现一次。制造、金融、医疗、法律等行业前缀，以及解决方案工程、部署策略、应用 AI 等本地化名称将继续增加；四项核心责任为研究和用人提供跨名称识别标准。

判断三：行业知识和可复用技术资产将成为 FDE 职业分化的两端壁垒。上端是行业知识资产，包括业务对象、流程、规则、例外、合规与验收标准；下端是行业技术资产，包括数据结构、系统接口、知识库、评估集、智能体 workflows、权限模板和部署组件。中间的分析、构建、集成、验收、迭代流程具有通用性，但两端资产一旦进入具体行业就大相径庭。

判断四：FDE 工作重心将从编码执行转向问题界定、版本取舍、用户反馈、验收设计和智能体编排。通用编码能力会快速普及，能够把行业经验变成可测试规

格、把用户反馈变成下一版本的人将更稀缺。通用流程界定 FDE 的核心责任，两端资产决定其所属行业以及价值上限。

判断五：共享生产团队和工程平台将与行业专家型 FDE 形成稳定分工。FDE 借助编程智能体完成高频技术执行，共享生产团队集中承担复杂集成、安全、可靠性和运维责任，并按需服务多个 FDE。工具与资产逐步成熟后，单个客户所需的重复人工支持随之下降^[5]，形成中国特色 FDE 覆盖中小企业的成本基础。

判断六：交付效率将转化为更高迭代密度、质量与业务价值。原型价格会显著下降，生产软件继续承担数据、集成、安全、测试、部署、运维和失败风险。成熟服务商将效率收益用于缩短反馈周期、增加测试和深化定制，并通过版本费、订阅与效果奖励回收责任成本。

表 5-1 六条趋势判断的验证信号与时间窗口

趋势判断	验证信号	时间窗口
一、中国市场以中小企业与行业服务网络为主要增量	细分行业服务商数量；中小企业合同占比；产业集群复用率与续约率	已经发生，未来三至五年加速
二、岗位名称分化、核心职责收敛	行业前缀岗位增长；头衔变体数；四项核心责任覆盖率	已经发生，未来两至三年显性化
三、行业知识与技术资产成为上下两端核心壁垒	同行业规则、接口、评估集和组件复用率；新客户边际交付人月	十二至二十四个月可验证
四、FDE 重心转向问题界定、验收设计与智能体编排	行业案例题权重；业务背景人才占比；基础编码任务占比	已经发生，持续三年以上
五、共享生产团队与工程平台承接高风险环节	测试、安全、运维共用率；上线故障率；客户自主运营能力	未来两至三年
六、交付效率将转化为更高迭代密度、质量与业务价值	原型费与完整交付价差；单位周期迭代数；用户测试与生产缺陷指标	已经发生，未来两至三年形成稳定口径

二、企业如何行动：从采购一个项目到建设持续能力

第一，从一个边界清楚、收益能用数字核对的流程起步。优先选择高频、规则相对明确、能拿到所需数据、企业负责人有权限推动的场景。不要用“建设企业大模型”替代业务目标。

第二，用业务指标和运行证据定义合同。合同应明确需求如何共同形成、系统必须进入何种生产环境、效果如何验证、上线后谁负责迭代，以及未达成结果时卖方承担什么后果。

第三，把行业专家放进项目核心。企业内部应指定真正掌握流程和例外的业务责任人，使其与外部 FDE 共同生产需求和验收标准，而不是只在项目结尾参与评审。

第四，建立生产运行证据表。同时记录业务产出、人工接管、返工、故障、发布频率、同类能力复用和客户自主运营情况。重复人工减少必须与效果稳定同时成立，才能证明系统和交付组织在变得成熟。

第五，把退出路径写进项目。英国议会科技创新委员会 2026 年关于 Palantir 公共部门供应商锁定风险的报告表明，退出和替代能力不是附属要求^[2]。供应商应交付运行手册、知识资产、测试、权限与内部人才培养方案。一个成熟 FDE 项目的目标不是永久依赖外部驻场，而是让必要的人类投入逐步从救火转向新场景探索。

三、政府如何行动：从补贴一个岗位到建设落地生态

第一，开放真实场景并列需求清单。财政部、工业和信息化部 2025 年中小企业数字化转型城市试点已经要求围绕重点行业筛选典型场景、形成“小快轻准”解决方案^[4]。政府、国有企业和产业园区还应共同列明共性场景、数据边界与验收指标，降低服务商逐户获客和重复诊断的成本。

第二，培育行业原生型 FDE。上海创智学院已经举办首期 FDE 专题培训，说明地方层面开始把 FDE 作为专门能力建设对象^[3]。培训重点应从通用工具教学转

向行业问题界定、经验外化、人工智能编排、生产部署与结果责任。优先支持已有行业经验的人员完成技术转型，同时为工程人员提供真实行业现场。

第三，建设生产级公共底座。提供合规数据空间、系统接口、评估工具、权限与安全模板、测试环境和审计记录，让中小服务商直接使用这些公共工具交付。

第四，为结果导向合同提供制度空间。在诊断费、版本建设费和运维订阅基础上，允许设置与业务指标挂钩的奖励或续约机制，并明确效果核验、风险分担和退出规则。

第五，用业务结果与复用能力评价公共项目。补贴不应只看上线数量，还应观察系统进入稳定期后是否减少重复人工、提高客户自主运营能力，以及项目经验能否在同一细分行业复用。

四、从业者如何行动：从工具使用者到行业原生 FDE

第一，选择一个真实行业，而不是只学习一个工具。FDE 的壁垒来自对业务对象、流程、数据、异常和结果的持续理解。工具会快速变化，行业问题与责任结构更稳定。

第二，训练把经验变成系统的能力。访谈后应能形成业务对象、流程图、规则、异常、数据需求、验收集和待验证假设，并让人工智能直接读取语音转写、文档和运行反馈进入开发。

第三，用生产证据约束人工智能。代码生成不是完成。构建、测试、部署、监控、权限、回滚和剩余问题都要有证据；人工智能声明与工程事实必须分开。

第四，学会在双核团队中工作。行业专家不回避技术约束，工程人员不替代业务判断。双方围绕同一需求规格、验收标准、运行证据和复用目标协作，减少交接损耗。

第五，对结果负责，也对边界负责。在高风险行业中，应明确哪些判断必须由人作出，哪些数据不能进入模型，哪些结果只能作为辅助。FDE 的价值不仅在把系统做成，也在知道系统何时不应自主运行。

本章参考文献

- [1] ALTHOFF J. Microsoft Frontier Company: AI Engineering that Amplifies and Protects Your Intelligence[EB/OL]. Microsoft, 2026-07-02. <https://blogs.microsoft.com/blog/2026/07/02/microsoft-frontier-company-ai-engineering-that-amplifies-and-protects-your-intelligence/>.
- [2] UK Parliament Science, Innovation and Technology Committee. MPs Warn that Palantir's Increasing Presence in the UK Public Sector Is an 'Unacceptable Point of Weakness'[EB/OL]. 2026-06-03. <https://committees.parliament.uk/committee/135/science-innovation-and-technology-committee/news/214048/mps-warn-that-palantirs-increasing-presence-in-the-uk-public-sector-is-an-unacceptable-point-of-weakness/>.
- [3] 上海创智学院. 打通 AI 落地“最后一公里”! 上海首期 FDE 专题培训创智开讲[EB/OL]. 2025-12-09. <https://www.sii.edu.cn/2025/1208/c54a620/page.htm>.
- [4] 财政部办公厅, 工业和信息化部办公厅. 关于做好 2025 年中小企业数字化转型城市试点工作的通知[Z/OL]. 财办建（2025）20 号, 2025-05-07. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202505/content_7023527.htm.
- [5] Resolve AI. Why Enterprise AI Needs Forward Deployed Engineers[EB/OL]. 2025-09-08. <https://resolve.ai/blog/why-enterprise-ai-needs-forward-deployed-engineers>.

结 语

人工智能革命的深层意义，不是在既有生产结构中增加一种工具，而是进入过去主要由劳动者掌握的知性生产资料领域。人工智能系统承担的知识任务越多，企业主组织资本、机器和软件，劳动者提供相对不可替代知性劳动的传统关系就越会被重塑，企业边界、岗位分工、劳动收入和人工智能生产率收益的分配方式也将随之改变。

FDE 连接行业判断、技术实现和持续结果责任，并已进入平台产品、模型服务、云服务、咨询实施和独立 FDE 服务五类商业模式。前三类企业通过 FDE 让既有技术产品更深地进入客户生产环境，后两类企业直接以诊断、实施、版本建设和持续运营取得收入。现实项目可以由多类企业共同完成，但无论采用哪种商业模式，FDE 都必须把客户现场问题转化为可运行、可验收、可持续改进的生产系统。

中国特色 FDE 模式的核心分工已经清楚：行业专家在补齐基本 AI 认知后担任 FDE，利用大模型和编程智能体迅速识别业务流中可智能化的环节，形成版本并依据用户反馈持续迭代；专门生产团队承担复杂集成、安全、测试、部署与运维；同行业项目继续沉淀规则、接口、知识库、评估集和组件。这一路径既承接传统软件行业尚未完成的数字化需求，也承接 AI 服务新增的智能化需求。

定量上，成本、质量和价格需要分别核算。原型和基础编码成本可以大幅下降，完整软件的人月与周期也会下降，效率收益既能缩短同等质量软件的交付时间，也能在同等周期内增加用户反馈、测试和生产加固。成交价格由业务价值、交付边界和风险责任形成，使效率改善与持续服务能够同时进入合同。

因此，FDE 未来最重要的两项变化，是中国市场向中小企业和分布式行业服务网络扩散，以及岗位沿行业形成职业族群。名称会越来越多，职责会逐渐收敛；通用工作流程位于中间，上端的行业知识和下端的行业技术资产形成真正壁垒。更细颗粒度、更高频迭代、更可测试和更可回滚的定制软件由此获得规模经济，帮助中国继续推进数字化与智能化。

免责声明

本报告由上海市大数据社会应用研究会组织编制，具体研究工作由全球 FDE 发展研究课题组承担。所载数据、分析与结论基于公开信息、行业数据、课题组访谈及独立研究，仅供行业研究参考，不构成投资建议、商业决策建议或法律意见。

对于引用的企业披露、招聘平台数据、行业媒体报道和学术文献，课题组已尽合理努力核验来源，但不对其准确性、完整性和时效性作出保证。报告中的企业案例仅用于说明行业现象和发展机制，不构成对相关企业的背书或推荐。

引用本报告内容时应注明出处。涉及企业内部数据或可识别个体的信息，未经相关权利人许可不得另作使用。本报告版权归上海市大数据社会应用研究会所有。



上海市大数据社会应用研究会
Shanghai Association for Social Application of Big Data, SASAD

上海市大数据社会应用研究会（Shanghai Association for Social Application of Big Data, SASAD）成立于 2017 年 9 月，是在上海市民政局登记成立的学术性、公益性社会团体，业务主管部门为上海市社会科学界联合会。研究会现有会员 220 余名，涵盖经济学、法学、统计学、管理学、社会学、地理学、城市规划学、计算机科学、电子工程、建筑学、心理学、政治学、历史学、新闻学、哲学等 20 余个不同学科。近年来，研究会聚焦人工智能和大数据社会应用领域，发布多份重要研究报告等学术成果；举办多场高端论坛、专题研讨和参访交流等活动，产生了良好的社会影响力。

报告联系人：卢星龙（微信：Steel_Volition）。