

AGI 时代的人工智能应用前景与风险研究

——从能力扩展到文明后果

AI Applications, Opportunities, Risks, and Civilizational Consequences in the Age of AGI

AI 的真正影响，不在于多了多少应用，而在于越来越多知识、判断、组织和行动开始经过 AI 完成。

现实合流深稿 V1.2

作者：子君赋

出品：文明跃迁研究组

证据截点：2026 年 8 月 26 日

摘要

人工智能正在从单一模型能力展示进入现实组织、科研、教育、医疗、政府、文化、关系与安全系统。2026年《AI Index》显示，AI已成为广泛采用的通用技术条件；企业采用、科学研究和教育使用都在快速扩展，但代理型系统的真实部署仍明显落后于模型能力展示[1]。国际劳工组织对生成式AI的任务级研究则表明，全球约四分之一就业位于某种暴露范围之内，但现阶段更有依据的判断是工作内容与组织方式被重构，而不是简单把暴露等同于岗位消失[2]。这些事实共同说明：AI应用的文明意义，不应由“能不能做”直接推出，而必须继续追问能力进入真实任务以后怎样改变组织、人机分工、资源、权力、关系与人的位置。

本文不是行业趋势清单，也不是把风险治理当作文明目标。文章从科研与知识、劳动与经济、教育与成长、医疗与生命、公共治理、关系与文化、安全与战争七类现实场景出发，分别考察应用前景与风险，再追踪这些变化怎样穿过其他领域形成反馈与聚合。本文的核心判断是：同一种AI能力既可能扩展人的理解、创造、照护和公共服务能力，也可能把人长期保留在末端确认、局部修饰、被动响应与低责任接口；局部应用分别合理，也可能在聚合后形成共同基础设施依赖、判断能力外包、责任漂移、权力集中、相关性失败与退出困难。真正需要被研究的，不只是某个应用是否提高效率，而是它最终增强了谁、改变了谁的责任、把什么交给了系统，以及这些变化共同塑造怎样的文明。现实按因果发生，不按学科发生；学科分别求真，文明共同承担后果。

本文同时把人类意义来源纳入应用研究。劳动、创造、知识、成长、照护、关系、公共参与、文化、信仰与生命历程都可能成为意义来源；AI改变这些活动的进入方式、成长路径和承载结构，也就会改变结构意义的来源与分布。文章因此提出两种需要持续比较的现实方向：一是AI扩展人的能力，使更多人获得时间、知识、参与和更厚的现实位置；二是系统能力持续加厚，而人的判断、责任、成长和共同方向生成逐渐变薄。两种方向都不是技术宿命，而取决于组织设计、制度选择、权力配置、文化规范和人的主动选择。

关键词：人工智能应用；AGI时代；跨学科因果；系统性风险；人机协作；结构意义；公共权力；文明跃迁

Abstract

Artificial intelligence is moving from model-level capability demonstrations into real organizations, science, education, health care, government, culture, social relationships, and security systems. The key civilizational question is therefore no longer simply what AI can do, but what happens after capability enters real tasks and becomes embedded in institutions, resource allocation, authority, relationships, and human life. This paper studies seven application domains and then traces cross-domain feedback and aggregation. It argues that the same capability can augment human understanding, creativity, care, and public service, or progressively relocate humans to shallow roles of confirmation, correction, and response. Individually reasonable applications may also aggregate into common dependencies, correlated failures, diffuse responsibility, concentrated power, and reduced exit capacity. The paper further examines how AI reorganizes the structural sources through which people gain roles, responsibility, contribution, growth, belonging, and meaningful participation. It concludes with a falsifiable research agenda that asks not only whether AI increases performance, but whose capabilities become thicker, which responsibilities remain real, whether alternative paths remain open, and what kind of civilization emerges from the aggregate.

Keywords: artificial intelligence applications; AGI era; cross-domain causality; systemic risk; human-AI collaboration; structural meaning; public power; civilizational transition

研究定位、对象边界与论证纪律

本文所称“AGI 时代”，不是对某个已经完成且具有统一定义的 AGI 实体的预设，而是指高级人工智能持续进入知识生产、组织行动、资源配置和高后果决策链，使不同领域之间原本可以分开处理的问题越来越多地在现实中重新连接。关于当前系统的事实判断，本文使用“当前高级 AI”“生成式 AI”“智能体系统”等具体称谓；未来 AGI 只作为前瞻研究对象。

本文区分四种论证身份。A 类是已有较稳定支持的事实、正式制度材料和可核验应用状态；B 类是前沿研究、竞争解释和仍需复现的经验结果；C 类是跨学科连接、未来情景和需要现实验证的结构判断；F 类是作者公开承担的哲学与规范承诺。A 类不能自动生成 B/C/F，F 类也不能冒充科学事实。本文关于“系统能力增强可能与主体能力增强脱钩”“多领域应用可能聚合为文明级依赖”“意义来源可能发生结构转移”等判断，主要属于 C 类；关于“技术应扩展人而不能以能力优势自动取得意义支配权或公共权力”等属于 F 类规范承诺。

论证身份	本文中的典型内容	能够支持什么	不能自动推出什么
A 稳定事实/正式材料	采用率、任务暴露、正式法规、已发表实验、现实应用范围	限定对象、时间、任务下的事实判断	完整社会后果、主体性、正当性、文明方向
B 前沿/竞争解释	教育效果异质性、AI 伴侣长期影响、科研创造力边界	提出竞争机制与进一步研究方向	写成已经收敛的普遍结论
C 跨域结构判断	组织依赖→权力变化；多应用聚合→系统性依赖；意义来源重组	生成可反驳的跨学科假说和压力测试	伪装成单一学科已经证明
F 哲学/规范承诺	人的基本地位不由市场价值或模型能力购买；公共权力必须另行证成	说明本文为什么关心某些后果与方向	替代经验研究、法律程序或专业事实

当前高级 AI 可以在责任可追溯、明确授权、可审计、可纠错、可退出的具体部署中承担理解、保护、传递、分析、生成和能力外延等功能角色。这些角色描述部署关系，不证明系统具有主观体验、不可转移的主体连续性或自身后果意识，也不自动生成法律人格、政治成员资格、公共职权或主权。未来主体性保持开放，当前制度资格与公共权力仍需分别证明。

这篇文章不问“AI 究竟好还是坏”。它问的是：同一种能力进入不同结构后，为什么会通向不同的文明结果。

目录

- 导论 | AI 为什么正在从技术问题变成文明问题
- 一 | 能力进入现实：从模型表现到真实行动链
- 二 | 科研与知识：发现速度、知识基础设施与研究方向
- 三 | 劳动与经济：生产率、岗位、人机分工、分配与被需要

- 四 | 教育与成长：知识普及、教师角色、判断能力与代际承接
- 五 | 医疗与生命：诊疗能力、责任、生命决定与照护关系
- 六 | 公共治理：预测、决策支持、依赖、合法性与事实权力
- 七 | 关系、文化与精神生活：陪伴、翻译、创作、纪念与真实关系
- 八 | 安全与战争：加速决策、竞争升级、误判与共同存续
- 九 | 前景怎样成为文明红利：能力提升之后还要发生什么
- 十 | 从行业影响到跨域反馈：一个变化为什么会穿过其他领域
- 十一 | 聚合风险：多个局部最优如何变成一个整体脆弱系统
- 十二 | 人类意义来源的重组：职业、关系、成长、责任与公共参与
- 十三 | 两种现实方向：扩展人的能力，还是让人长期退到浅接口
- 十四 | 什么事实能够改变本文：跨学科研究与现实验证议程
- 结语 | 技术给出能力，文明承担后果
- 附录 A | 应用—学科—文明后果矩阵
- 附录 B | 外发检查与动态事实复核
- 生成式人工智能使用声明
- 参考文献

导论 | AI 为什么正在从技术问题变成文明问题

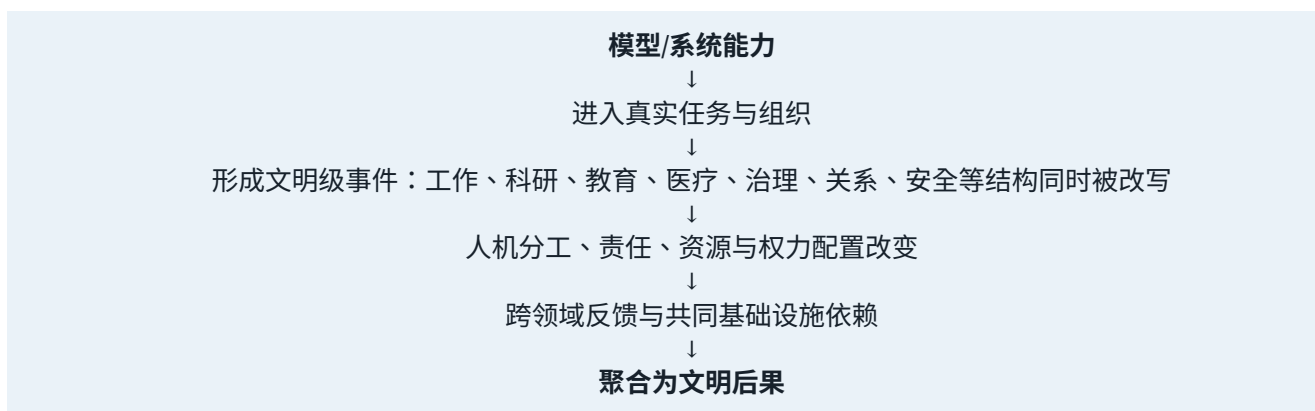
过去讨论一种技术，常常可以先问它提高了什么能力，再讨论行业采用。AI 正在改变这一顺序。生成式模型、工具调用、智能体、多模态系统与自动化基础设施一旦进入现实，它们不只提高某个局部环节的速度，而会继续进入组织分工、责任配置、资源分配、教育路径、公共服务和社会关系。Stanford HAI 2026 年《AI Index》报告称，受访组织中的 AI 采用继续上升，生成式 AI 已进入大量业务功能，但代理型 AI 在大多数业务功能中的部署仍处于较早阶段[1]。这说明现实同时存在两件事：能力扩展已经很快，完整组织重构仍在形成。真正关键的窗口恰恰在两者之间。

技术能够做什么，是计算机科学问题；组织为什么采纳，是管理、经济和制度问题；采纳后谁获得资源、谁失去岗位、谁掌握数据与基础设施，是政治经济问题；当 AI 参与教育、医疗和公共决定时，法律、伦理、政治与专业责任重新进入；当工作、关系、文化和成长路径被改写，社会学、教育学、心理与意义问题又重新出现。现实后果不会在某一门学科的边界处停止。

因此，本文采取一条由现实向文明推进的路径：先从一个具体应用事实开始，再追踪它进入组织以后如何改变人机分工；继续追踪这种分工如何改变收益、责任、权力、关系和人的成长；最后观察这些变化与其他领域同时发生时，会不会形成新的聚合结果。文明尺度在这里不是上位裁决，而是把已经分别成立的事实重新放回同一个世界。

这里所面对的是一批文明级事件：它们不是任何单一学科的外围背景，而是各学科正在共同进入的新现实。每一门学科仍须独立完成自己的事实与专业判断，但不能在本学科结论成立处停止，还要继续追踪这些判断怎样进入其他领域、形成反馈，并在聚合后产生新的共同后果。现实按因果发生，不按学科发生；融合的是现实问题与因果链，不是各学科的证据标准。

图1 从 AI 应用到文明后果：本文的基本观察链



这条链同时解释为什么“前景”和“风险”不能拆成两张互不相关的清单。同一个自动化系统可以减少繁琐劳动，也可能取消训练判断能力的中间环节；同一个 AI 教师可以扩大优质教育的覆盖，也可能让学生更少经历困难、讨论和关系性学习；同一个医疗辅助系统可以降低信息与专业门槛，也可能放大自动化偏误；同一个政府 AI 系统可以提高服务响应，也可能让事实权力更加依赖不透明的技术基础设施。机遇和风险往往从同一个能力源头分叉。

AI 最大的前景，不只是它能替人做多少，而是它能释放多少人的时间、能力和可能。
AI 最大的风险，也不只是它会做错什么，而是人类为了获得它的能力，把什么逐渐交给了它。

一 | 能力进入现实：从模型表现到真实行动链

1.1 模型能力不是现实后果

当前高级 AI 在语言、代码、图像、信息检索、摘要、规划和工具调用等任务上持续进步，但从“模型在测试中完成任务”到“现实系统可靠完成高后果任务”之间，还存在数据、环境、权限、工具、组织流程、用户行为、网络安全、监管和责任等多层条件。NIST 的 AI 风险管理框架和生成式 AI 专门配置文件都把风险管理放在完整生命周期和具体使用情境中，而不是把某一次模型得分当作系统可信度 [24][25]。系统工程研究也长期提醒：复杂系统事故往往来自交互、组织和控制结构，而不是一个部件单独失效 [30][31]。

所以，现实分析的最小对象不应只是“一个模型”，而是一条行动链：谁提出问题，谁选择数据，谁调用模型，模型获得什么工具和权限，谁审查结果，谁决定是否执行，谁承受后果，谁能够停止、修复和退出。AI 能力越强，这条链越不能被压缩成“模型做的”。

1.2 从辅助到依赖，是连续变化而不是开关

现实组织通常不会在一天内从“人做全部判断”切换到“AI 全自动决定”。更常见的路径是：AI 先提供检索和草稿；随后开始给出推荐；推荐表现稳定后，人类审核逐渐变成抽查；再之后，组织流程围绕系统输出重新设计，人员培训和岗位配置也随之改变。此时，即使名义上仍然“有人在环”，真正的判断位置、时间和替代方案可能已经缩小。自动化研究早已指出，人机分工会产生过度依赖、技能衰退、监督负担和“自动化悖论”等问题 [32][33]。

因此，判断 AI 是否“增强人”，不能只看使用 AI 的人短期完成任务是否更快，还要继续看：脱离系统后能力是否增长或下降；人是否仍理解任务全貌；错误发生时能否接管；组织是否保留替代路径；系统输出是否逐渐变成事实上的默认答案。

1.3 现实应用的四个共同变量

变量	首先看什么	继续追问什么
能力	AI 在限定任务上能否提高速度、质量、覆盖或可达性	能力增益是否进入现实结果，是否稳定跨场景
组织	系统如何嵌入岗位、流程、采购、绩效和责任链	谁因此获得决定权，谁退到末端接口
分配	收益、时间、成本、数据、风险如何重新分布	生产率收益是否转化为更广泛生活能力
主体位置	人是否仍有理解、判断、责任、成长和退出空间	系统更强以后，人是否也更强

这四个变量贯穿下文所有应用场景。它们不是新的评分体系，而是提醒研究者：每次看到“AI 提高了 X”，都要继续追问 X 进入现实以后改变了谁的能力、谁的权力、谁的责任和谁的生活。

1.4 组织是能力变成现实后果的中介

AI 通常不是直接从模型进入“社会”，而是先进入企业、学校、医院、政府、科研机构、平台和家庭等具体组织与关系结构。组织决定采购什么系统、把它放在哪个流程、允许调用哪些数据和工具、用什么指标评价结果、谁拥有否决权，以及节省下来的时间和成本怎样重新分配。相同模型在不同组织中可以形成完全不同的后果：它可以成为教师的备课与诊断助手，也可以成为学生获得答案的替代通道；可以成为医生的第二意见，也可以成为事实上的准入闸门；可以帮助员工处理重复劳动，也可以被用来把完整岗位拆成大量低责任任务。

因此，应用研究不能把“技术能力”直接连接到“社会结果”，中间至少还有组织激励和工作设计。一个组织若只奖励速度、成本与可量化产出，就更可能把 AI 用于替代和压缩；若同时保留学习、责任、冗余、解释、申诉和人的成长，它更可能把 AI 用于增强。组织不是中性管道，而是决定能力朝哪个方向被放大的现实中介。

这里还存在一个需要组织研究持续检验的 C 类机制：短期最容易被衡量和奖励的选择，可能系统性偏向“主体替代”。标准化的 AI 产出更容易进入成本、交付速度、KPI 与合规审计；而培养人的判断、带教、试错、冗余和长期责任，在短期预算与绩效表里往往先表现为成本。管理者即使没有“让人变薄”的主观意图，也可能在竞争、降本、问责和时间压力下反复选择更可量化、更可标准化、更易把责任写入流程的方案。若长期结果证明确实如此，组织激励就不是 AI 应用的背景变量，而是决定主体增强还是主体压缩的关键中介；若组织研究发现这些激励可以稳定反向设计，本判断也应相应缩小。

这也解释为什么管理学、组织科学和公共行政虽然当前仍不作为十六篇专业深稿中的独立一篇，却不能的现实研究中缺席。相关事实继续分域进入经济／政治经济、政治学、AI／计算机科学、社会学／人类学与教育研究；只有未来再次出现无法分解、无人承担、且足以改变文明级判断的独立专业事实，才应重新启动增篇判断。

二 | 科研与知识：发现速度、知识基础设施与研究方向

2.1 前景：让更多研究者进入原本过于昂贵或复杂的知识空间

AI 对科研的影响已经超出文献检索和文字润色。Nature 对“AI 时代的科学发现”综述指出，机器学习已被用于生成假设、设计实验、处理大规模数据和发现传统方法难以获得的模式[11]；2026 年《AI Index》首次设置独立“Science”章节，显示 AI 相关自然科学论文继续增长，并进入生物、化学、物理和天文学等领域[1]。大型语言模型也正在被讨论为科学方法中的辅助工具，从假设、文献、实验设计到结果解释都可能参与[12]。

真正重要的前景并不只是“科学家写得更快”。更深的变化是知识入口降低：一个小团队可以调用过去只有大机构才能承担的分析、代码、模拟和跨学科检索能力；非母语研究者可以降低表达与翻译成本；复杂文献可以被更快组织；实验与计算的候选空间可以被大规模搜索。若这些能力最终扩大独立研究者和边缘地区进入高质量科研的机会，AI 就可能扩大文明的知识生产面，而不是只提高中心机构的产出。

2.2 风险：知识加速不等于求真加速

科研的核心不是生成更多像论文的文本，而是提出值得检验的问题、建立可靠证据、识别异常、复现结果并允许失败。关于当前生成式 AI 能否独立完成根本性科学发现，现有研究并未收敛。一项 2025 年《Scientific Reports》研究在特定实验框架中发现，当前生成式 AI 更擅长在已有知识表示空间中做增量发现，而在从零提出真正原创假设、识别异常和形成根本性发现方面存在明显限制 [13]。这类结果不能被外推为“AI 永远不能科学发现”，但足以提醒：流畅解释、快速生成和真正发现不是同一件事。

第二个风险是研究基础设施集中。前沿模型、算力、数据和云服务需要巨大资本投入，AI 基础设施竞争研究也显示这一市场具有显著规模和集中趋势 [8]。如果科研越来越依赖少数模型、数据管线和云平台，研究方向、可重复性、访问成本和审查能力可能被技术基础设施重新塑造。知识民主化与知识基础设施集中可以同时发生。

2.3 跨学科因果：科研能力会继续改变经济、教育与公共权力

科研加速会提高新药、材料、能源和工业技术的发现速度；发现速度又会改变产业竞争与资本分配；产业优势进一步反哺算力和研究平台；研究工具进入教育后，又会改变下一代如何学习科学。于是“AI 帮助科研”不是科研领域内部的封闭利好，而可能形成“知识—资本—基础设施—人才—研究方向”的反馈环。

知识生产的文明问题，不是 AI 能不能写出更像科学家的答案，而是谁仍有能力提出问题、检验答案、看见异常，并改变研究方向。

三 | 劳动与经济：生产率、岗位、人机分工、分配与被需要

3.1 前景：生产率增益可能成为释放人的条件

生成式 AI 已经在部分知识工作中表现出可测的任务级生产率增益。Noy 与 Zhang 的实验发现，生成式 AI 可以在特定写作任务上提高速度和质量 [4]；Brynjolfsson 等对客服场景的研究发现，生成式 AI 辅助对较低经验员工帮助尤其明显 [3]；其他现场研究也显示，不同任务与能力层级之间存在明显异质性 [5]。这些结果不能直接换算成宏观增长，但足以说明：在一些任务上，AI 能够降低知识工作的边际成本，并可能把过去需要专业训练才能完成的部分能力向更多人开放。

如果这种生产率增益被用于缩短必要劳动时间、降低基本服务成本、提高小组织和个体的能力，它可能给人类带来真正的文明机会：更多时间可以进入照护、学习、创造、关系、公共参与和探索；更多人可以在较低资本门槛下完成复杂工作；小型团队可以处理过去需要大组织才能承接的任务。这是“能力扩展”最值得争取的一面。

3.2 风险：暴露不等于失业，但转型本身会重组角色

ILO 2025 年精细化指数估计，全球约四分之一就业处在某种生成式 AI 暴露范围内，高暴露集中于文职及部分高度数字化专业岗位；报告同时强调，大多数职业由仍需要人类投入的多种任务组成，因此现阶段更可能发生的是工作转型而非整岗自动消失 [2]。这一区分十分重要：把暴露写成必然失业会夸大事实；但把“不会全部失业”写成“问题不大”同样错误。

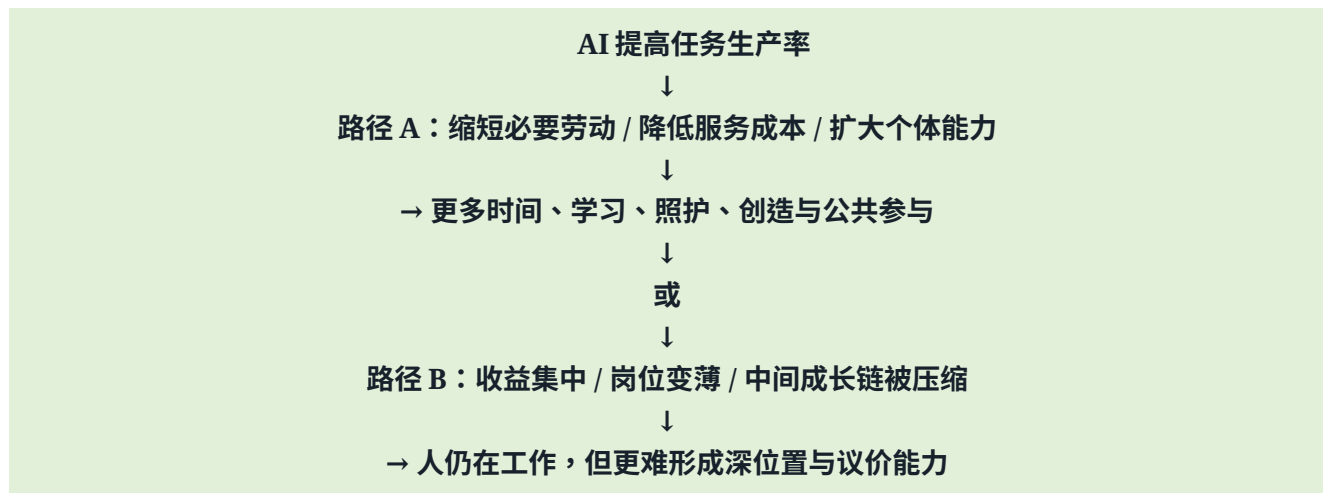
工作的文明意义从来不只是工资。职业通常同时承载日常时间结构、能力成长、同事关系、责任、身份、贡献和被需要感。AI 若把完整岗位拆成大量低判断、低责任、末端确认任务，人即使仍然就业，也可能失去从浅层工作进入深角色的成长路径。于是，劳动风险不只有“有没有岗位”，还有“岗位内部还剩多少判断、责任和学习”。

3.3 分配决定生产率最终变成谁的自由

AI 生产率收益如何分配，取决于所有权、市场结构、劳资关系、公共制度、税收与社会保障等条件。经济学长期研究表明，自动化既会替代任务，也可能创造新任务；技术冲击对工资和就业的结果取决于这种替代—重建关系及制度环境[39][40]。OECD 关于 AI、生产率与分配的研究同样强调，微观效率增益到宏观增长和社会福利之间存在扩散、互补、竞争和分配机制[6]。

所以，AI 让企业更高产，并不自动等于人类获得更多自由时间。也可能出现另一条链：生产率提高→利润集中→岗位议价下降→劳动时间未显著减少→教育竞争加剧→政治影响力进一步集中。技术打开的是可能，分配结构决定这种可能被谁实际拥有。UNDP《2025 年人类发展报告》同样把 AI 时代的问题放在人类选择、能力与可能性上，而不是把技术能力增长直接等同于人的发展[7]。

劳动场景中的两条分叉



四 | 教育与成长：知识普及、教师角色、判断能力与代际承接

4.1 前景：个性化支持与优质知识可能更普及

教育是 AI 前景最直观的场景之一。智能辅导系统在生成式 AI 出现以前就已经积累了较长研究传统，多项综述与元分析显示，在特定学科、设计与比较条件下，个性化计算机辅导可以改善学习结果[45][46][47]；生成式 AI 进一步降低了实时解释、练习、反馈、语言支持与材料生成的成本。2025 年的一些随机试验和现场研究显示，研究设计良好的 AI 辅导可以带来明显学习增益，而“人—AI”协作也可能把高质量教师的策略扩展给更多辅导者[16][17][18]。UNESCO 和 OECD 近年的教育文件都在讨论如何把生成式 AI 用于课程、教学、学习和研究，同时强调人本、年龄适切、数据保护与教师能力[14][15]。

如果 AI 使高质量解释、语言支持、个性化练习和无障碍服务更普及，教育资源差距可能缩小；一个偏远地区的学生也可能接触高水平知识解释；教师可以把更多时间从重复备课和行政工作中释放出来，转向观察、关系、讨论、设计和个别支持。这些都是实质性文明机会。

4.2 风险：答案更容易获得，理解却可能变薄

学习并不等于得到正确答案。认知负荷、情境学习和生产性失败等研究传统都提醒，学习效果不仅取决于答案是否可得，还取决于任务难度怎样被组织、学习者是否真正进入问题情境，以及失败、解释和修正是否成为能力形成的一部分[48][49][50]。2025 年 PNAS 的一项高中数学研究显示，在缺少适当护栏时，生成式 AI 可能提高短期任务表现却损害后续独立学习表现[16]。这类结果不能被外推为“AI 必然伤害学习”，但它清楚地说明：帮助完成任务与帮助形成能力不是同一个目标。

因此，教育应用必须问一个比“成绩是否提高”更深的问题：AI 撤除以后，学生是否更能独立理解、判断和解决问题？如果系统把提问、组织、写作、解题和反馈都提前完成，学习者可能得到更多答案，却失去形成这些能力的过程。

4.3 教师不是知识接口，教育也不是答案配送

教师承担的不只是知识供给，还包括观察学生、建立信任、形成要求、处理冲突、保护儿童、示范责任、连接家庭与共同体，并在长期中帮助学习者从“能够完成任务”走向“能够独立进入世界”。社会文化学习理论长期强调，人的成长发生在真实互动、共同实践与逐步获得能力的过程中[49][51]。AI 可以扩展教师能力，但“解释得更清楚”并不会自动产生教育关系、专业责任或公共资格。教育中的高效率若以减少真实师生关系、同伴世界、失败与讨论为代价，可能提高信息吞吐，却削弱成长本身。

教育与其他领域互为因果。AI 怎样进入教育，将决定下一代是否仍拥有足够的独立判断能力；而下一代的判断能力又决定未来社会如何治理 AI、如何参与政治、如何理解科学、如何形成新的技术。教育不是 AI 应用的一个普通行业，而是文明是否还能持续生产独立主体的重要中介。

五 | 医疗与生命：诊疗能力、责任、生命决定与照护关系

5.1 前景：降低专业稀缺与信息门槛

WHO 关于大型多模态模型的指导文件把潜在应用概括为诊断与临床照护、患者使用、行政文书、医学教育以及科研与药物开发[19]。在专业人员不足、资源稀缺和行政负担高的地区，AI 可能帮助解释影像、整理病历、提供语言支持、发现风险、辅助患者获取信息，并把稀缺专业能力扩展到更多地方[19][20]。在药物开发中，AI 也已经进入化合物发现、试验设计和研发流程[44]。

这类应用真正值得期待的地方，是让更多人更早获得高质量健康支持，让医护人员把时间从文书和重复检索中释放出来，重新投入诊断判断、沟通、照护和复杂病例。若 AI 用于增强医疗关系，而不是削弱医疗关系，它可能同时提高可及性和专业质量。

5.2 风险：高后果场景中的错误、偏差和自动化依赖

医疗与普通信息服务不同，错误可能直接伤害生命。WHO 明确提醒，大模型可能生成虚假、不完整或有偏见的信息，训练数据可能带有群体偏差，医疗人员和患者还可能产生自动化偏误，把本应由人承担的困

难判断交给系统[19]。网络安全、隐私、可及性与最佳模型的成本差异，也可能把技术优势转化为新的健康不平等。

医疗风险也不能只写成“模型准确率不足”。一个系统即使平均准确率更高，仍要回答：谁决定它进入什么环节，医生能否理解其限制，患者是否知道 AI 参与，错误如何发现和修复，少数群体的表现是否单独评估，最终临床决定由谁承担。生命相关选择不能因为模型表现更好，就把责任从专业关系中抽走。

5.3 医疗的文明问题：人是否被当作病例，还是仍被当作完整的人

医疗不仅处理生物指标，也处理疼痛、恐惧、家庭、尊严、选择和死亡。一个系统可以比人更快汇总病历，却不因此拥有替患者决定“什么样的生活值得继续”的权力。AI 越深入医疗，生命科学、临床医学、伦理、法学、经济与公共卫生就越必须同时进入。

这也是本篇现实压力测试暴露、并已由独立专业稿承接的一处事实责任：生命科学处理生命事实与个体化，伦理法学处理权利与责任，AI 科学处理模型与系统能力；临床有效性、患者安全、真实世界证据和人群健康则必须由医学／公共卫生／健康系统重新进入。本文只追踪医疗 AI 进入现实以后怎样继续影响资源、关系、责任与文明后果，不替临床专业完成裁决。

六 | 公共治理：预测、决策支持、依赖、合法性与事实权力

6.1 前景：更好的服务、预测与证据处理

AI 已经进入公共部门。OECD 2025 年对 200 个政府 AI 用例的分析发现，应用集中于公共服务、内部运营、决策支持、预测、异常检测和部分公众参与场景[21]；2026 年《Digital Government Outlook》进一步报告，在其覆盖的 36 个 OECD 国家中，35 个已在至少一个政府领域使用 AI，但政策制定和监督等高风险功能的采用仍更谨慎[22]。这说明 AI 在政府中的现实前景并非假想。

在公共服务中，AI 可以减少重复文书、帮助填写表格、提供多语言服务、识别欺诈和异常、预测自然灾害、辅助资源配置、整理公众意见。对能力不足的行政体系而言，这些功能可能显著提高响应速度和可达性。政府若能把 AI 用于让复杂制度更容易被普通人理解和使用，技术有机会降低公民面对制度的认知门槛。

6.2 风险：行政效率很容易转化为事实权力

公共治理的特殊性在于，政府 AI 输出可能影响权利、资格、资源和强制性决定。OECD 同时指出，倾斜数据、透明度不足、错误扩散、数字鸿沟和过度依赖会削弱问责和公众信任[21][22]。一个私人推荐系统出错，用户可能离开；一个公共系统若决定福利、许可、风险标记或执法优先级，退出并不总是可行。

真正需要警惕的不是“AI 是否成为正式政府官员”，而是技术系统可能先获得事实上的过滤、排序、预测和建议权重。组织长期依赖某套系统后，即使法律上最终决定仍由人签字，实际可见选项、信息结构和时间压力都可能已经被系统塑形。这就是技术能力向事实权力转化的路径。

6.3 公共权力必须另证

更准确的 AI 并不会自动获得更高的政治合法性。公共权力需要代表、授权、法律边界、申诉、问责、公开理由和可替代机制，这些都不是模型性能指标。EU AI Act、OECD AI Principles、UNESCO《人工智

能伦理问题建议书》、OECD/UNESCO 公共部门工具包和 NIST 风险框架虽来自不同法域和制度传统，但都把透明度、风险管理、监督、责任或人本治理置于高影响 AI 的制度要求之中[23][24][26][27][43]。这些文件之间并非同一法律效力，也不能替代具体法域判断。

政府因为 AI 而更聪明，是治理能力问题；政府为什么有权这样决定，仍然是政治与法律问题。

七 | 关系、文化与精神生活：陪伴、翻译、创作、纪念与真实关系

7.1 前景：让关心、表达、语言和文化抵达更远

AI 正在进入过去被认为高度“人际”的领域：陪伴、咨询、翻译、创作、纪念、宗教与文化资料解释。这里的积极面不应被技术悲观主义忽略。语言模型可以降低跨语言交流成本，帮助残障者表达，辅助孤独者获得即时回应，帮助家庭整理记忆，帮助小语种和地方知识得到更容易的检索与翻译，也可以让一个人的知识和关心更容易抵达远方。

对社会关系较弱或资源不足的人，AI 陪伴可能提供一定补充。2026 年一项日本大样本横断研究发现，AI 伴侣使用与部分主观幸福指标存在正相关，且在孤独程度较高的人群中关联更明显[36]。这类研究不能证明因果，也不能把伴侣 AI 直接写成治疗，但它说明“AI 只能破坏关系”的单向判断同样证据不足。

7.2 风险：补充关系与替代关系不是同一件事

另一组研究则提醒长期替代效应仍然不确定。2026 年一项预注册两周实验发现，与随机真人同伴持续交流在降低孤独方面优于高度支持性的聊天机器人[35]；关于 AI 伴侣与心理福祉的最新研究也显示，效果受既有社会网络、孤独程度、使用方式和关系期待影响[34][36]。当前证据更适合支持“效果异质、因果未收敛”，而不是宣布 AI 陪伴必然有益或有害。

文明层面的关键问题是：AI 是否帮助人重新进入真实关系，还是逐渐替代那些本来需要他人承担时间、风险、冲突和责任的关系。如果系统提供永远耐心、即时响应、极低摩擦的陪伴，人际关系的困难和不确定性可能显得“效率太低”。但真实关系恰恰包含不可完全优化的部分：等待、误解、修复、承诺、共同承担和对方的独立性。

7.3 文化与创作：更多表达，不等于更多文化多样性

生成式 AI 显著降低写作、图像、音乐和翻译的门槛，这可能使更多人参与创作，也可能帮助小型文化生产者扩大表达。但“产出数量增加”与“文化多样性增加”并不等价。一项 2024 年《Science Advances》研究发现，生成式 AI 可以提高个体创作表现，同时使群体层面的内容多样性下降[37]；递归使用 AI 生成数据还可能形成模型退化风险[38]。这些研究指向一个更一般的问题：当大量人使用相似模型、相似训练语料和相似优化目标时，个体表达更容易，整体文化却可能更加相关。两类证据的对象并不相同：前者观察人类创作结果，后者研究递归合成训练数据。本文只提出一个 C 类待验证连接：如果人越来越从相似模型获得表达，而模型又越来越从这些表达学习，文化表达空间与模型学习空间就可能同时收窄，并形成自我强化的认知盲区；这不是已经被单项实验直接证明的完整闭环。

因此，文化应用需要保留来源、差异、共同体授权、不可译余量和退出。平台可以帮助保存和传递传统，但不因技术能力获得代表某个共同体、宗教或逝者的天然资格。

宗教、精神陪伴和纪念场景还需要更严格地区分“帮助理解”与“取得代表资格”。AI 可以辅助检索经典、比较译文、整理历史材料、提供语言解释，也可以在经授权的纪念活动中帮助保存和传递记忆；但系统表现得再流畅，也不会因此取得某一信仰共同体的圣职、传统解释权、宗教成员身份，或替逝者继续作为本人发言的资格。这里的边界不是否定技术进入精神生活，而是要求技术进入以后仍让活的共同体、真实关系、良心与授权重新进入。完整宗教与终极关怀判断仍由相应专业深稿承担。

八 | 安全与战争：加速决策、竞争升级、误判与共同存续

8.1 前景：感知、预警、防御和高风险环境替代

AI 在安全领域可以用于情报整理、网络防御、异常识别、后勤、无人系统、灾害响应和高风险环境作业。减少人员直接暴露、提高预警速度、发现复杂威胁，本身具有明确价值。对于网络攻击、灾害和大规模基础设施故障，更快识别异常甚至可能显著扩大纠错窗口。

8.2 风险：速度优势会逼迫对手一起加速

战争与战略竞争中的 AI 问题与一般商业自动化不同。一个国家为了缩短决策时间采用 AI，竞争对手可能为了避免失去先手也必须加速；双方都在提高局部安全，却可能共同压缩核验、沟通和降级时间。这里出现的是典型的安全困境：个体理性可以聚合成整体危险。《International AI Safety Report 2026》对通用 AI 能力、滥用、代理行为与系统性风险进行综合评估，并特别强调在证据仍快速变化的条件下保留不确定性与风险管理[29]；它不能替代战略研究，却说明高能力 AI 的安全判断本身已经不能只留在模型层。

速度竞争的风险还在于它会反过来改变组织设计：当预警、情报整合、目标识别与响应窗口持续缩短，各方更有动力预先授权更多自动流程、减少人工复核层级，并把“等待确认”理解为失去先手的成本。对手观察到这种变化后，也会缩短自己的判断链。于是，单个系统即使提高了识别和响应准确率，整体仍可能因为核验时间减少、沟通窗口收缩和双边竞速而更不稳定。这一机制属于 C 类跨域结构判断，必须由国际关系、战略研究、危机稳定与军事组织研究继续检验。

ICRC 2025 年关于自主武器系统的立场文件指出，越来越自主的武器和 AI 进入目标识别过程，会加剧对人类控制、国际人道法、平民保护和冲突升级的担忧，并主张建立新的具有法律约束力的规则 [28]。其核心不是“机器一定错误”，而是当系统在激活后自行选择并攻击目标，人类对具体时间、地点和对象的判断与控制可能显著减少。

8.3 这一场景要求国际关系／战略安全重新进入

安全与战争问题需要 AI 科学、系统安全、国际法、政治学、伦理和认知决策研究共同进入，但威慑、危机稳定、军备竞赛、联盟互动、信号与归因属于国际关系／战略安全的独立事实责任。相关专业深稿已经建立；本文只负责显影跨域现实传导，不把模型安全、法律规范或政治合法性越权写成战略稳定本身。

当每一方都用 AI 让自己“更安全”，共同世界可能变得更不安全。这正是局部理性与整体后果必须重新连接的地方。

九 | 前景怎样成为文明红利：能力提升之后还要发生什么

前面的应用场景反复说明，AI 能力提高只是机会的起点，不是文明收益本身。模型可以更快、更便宜、更准确，社会却仍可能出现新的排斥、集中、依赖和主体变薄。反过来，只要组织、分配、教育和公共制度把能力增益转化为更广泛的生活能力，同一种技术也可能扩大自由、健康、知识、创造与参与。真正的“前景”因此不是模型参数，而是一条从技术能力到人的现实生活之间是否成功完成转换的因果链。

技术能力只有真正转化为人的生活能力，才成为文明红利。

9.1 第一重转换：从“系统能做”到“更多人能够用得上”

AI 降低知识与专业服务成本，并不自动等于可达性提高。使用者还需要设备、网络、语言、基本数字能力、可信入口和承担错误的现实能力；高质量模型若只对高资源组织开放，技术总体能力上升也可能扩大而不是缩小差距。科研、教育和医疗中的“普及”必须因此同时观察谁获得了新入口、谁仍然被价格、地域、语言、残障或制度门槛排除。

从文明角度看，可达性不是把同一个界面发给所有人，而是让过去因资源和能力不足无法进入复杂世界的人真正获得新的行动可能。只有在这个意义上，AI 降低门槛才是人的能力扩展，而不是技术消费扩张。

9.2 第二重转换：从“生产率提高”到“时间、资源与安全真正释放给人”

企业或政府的效率提高，只有在节省的成本、时间和资源被重新分配以后，才会进入人的生活。生产率可以转化为更短工时、更低服务价格、更好的公共供给、更稳定收入和更多照护时间；也可以转化为更高任务密度、更强监控、更少岗位和更集中的资本收益。两条路径都与同一个“效率提升”兼容。

因此，不能把生产率本身当作文明红利的代理指标。真正需要观察的是：必要劳动是否减少，基本服务是否更可负担，失败与转型的风险是否由更强系统共同承担，还是继续集中到个体身上。经济学提供生产率与分配事实，政治学和法学处理制度选择，社会学继续观察这些变化怎样进入家庭、关系与身份。

9.3 第三重转换：从“AI 帮助完成”到“人因此变得更有能力”

AI 最有价值的长期用途之一，是使更多人能够理解和处理过去过于复杂的问题。但这要求“辅助”最终留下能力，而不是只留下依赖。教育中的独立学习、医疗中的专业接管、科研中的异常识别、公共治理中的事实审查都指向同一问题：当 AI 撤除或出错时，人是否比使用之前更能理解、判断和修复。

这也是为什么短期任务成绩不能单独决定应用方向。一个系统如果不断提高结果，却长期取消形成判断的训练场，它可能为社会增加产出，同时减少深层主体。反过来，如果 AI 把复杂问题解释得更可进入，让更多人能够参与过去只有少数专家才能进入的任务，并保留挑战系统和重定义问题的能力，它就可能扩大主体而不是替代主体。这与 Sen 把发展理解为扩大人们真实自由与能力的传统形成可对话的接口 [41]：技术

红利不能只看产出，还要看人实际能够成为什么、做什么以及是否拥有选择。本文不把这一理论当作 AI 应用的经验结论，而把它作为检验“能力是否真正转化给人”的规范与分析参照。

9.4 第四重转换：从“释放时间”到“真实生活与新的意义路径”

自动化常被描述为“释放时间”，但时间本身不会自动变成幸福与意义。一个人离开旧岗位后，如果没有新的学习、关系、照护、创作、社区、公共参与和可持续协作路径，自由时间也可能变成失位、孤独和无方向。结构意义研究因此提醒，文明需要的不只是减少必要劳动，还要让新的现实入口能够成长为关系、角色、责任和被需要的持续位置。

这并不意味着制度替个人规定“什么才有意义”。恰恰相反，意义来源可以不同；文明真正需要扩大的是人能够进入不同意义来源的现实条件。家庭、朋友、知识、创造、照护、公共事务、信仰、自然、探索和存在本身都可能重要。技术释放人的目的，不应是再建立一个新的统一人生模板，而是扩大真实选择并让多种生活能够被承载。

9.5 第五重转换：从“深度集成”到“仍然能够退出、替代与重新选择”

AI 越有用，组织越会围绕它重建数据、流程、岗位和接口；这正是能力产生规模效应的原因，也是依赖开始形成的地方。一个真正改善文明能力的系统，不应以越来越无法离开作为成熟的标志。个人需要不使用某项服务的真实选项，组织需要替代供应商和人工接管路径，社会需要基础设施冗余和不同技术路线。

可退出不是反技术。它是保持技术继续接受人类选择和现实反馈的条件。没有退出，错误难以暴露，竞争难以成立，权力也更容易固化；没有冗余，局部效率越高，聚合后的脆弱性反而可能越大。

技术机会	必须继续发生的现实转换	转换失败时会发生什么	首先重新进入的学科
知识与专业能力降低成本	从“可生成”变成不同人群真实可达	高质量能力只向高资源主体集中	教育、经济、社会、公共政策
生产率与行政效率提高	转化为时间、资源、安全和服务可负担性	收益集中、任务密度上升、风险继续个人化	经济、政治经济、法学、劳动研究
AI 辅助判断与学习	转化为人的理解、判断、接管与成长	结果变好但独立能力和训练场萎缩	认知、教育、专业实践、AI 安全
自动化释放人的时间	转化为关系、创造、照护、学习和公共参与路径	自由时间增加但失位、孤独和浅参与扩大	社会、人类学、教育、文化、意义研究
系统深度集成	同时保留替代、退出、冗余与责任连续	锁定、相关性故障和事实权力集中	系统科学、竞争政策、法学、政治学

这五重转换不是新的“文明评分模型”，而是一条因果提醒：从模型能力到文明收益之间存在多个现实中介。任何一环失败，都可能使原本真实的技术机会在聚合后转向另一种结果。第二篇《AGI 时代人类文明跃迁的机遇、方向、方法与目标实现》将继续回答这些条件怎样进入更完整的文明方向；本文只负责先把现实传导关系做清。

十 | 从行业影响到跨域反馈：一个变化为什么会穿过其他领域

前八章如果只被理解为七个行业专题，本文仍然失败。真正需要显影的是：这些领域并不并列存在，而是持续互相改变。AI 进入工作，会改变收入、时间与教育选择；教育改变下一代的能力结构，又反过来决定企业和政府怎样使用 AI；政府使用 AI 会影响市场规则与数据基础设施；平台与文化又塑造公众对 AI 的信任、依赖和政治态度；能源与算力约束则从物理层重新限制所有应用。

学科分工帮助人把局部事实看清，但文明级事件不会按照院系目录依次发生。一个领域的结论一旦改变另一个领域的输入条件，后者就必须重新进入；多个领域再通过共同基础设施、组织激励、资源、关系和权力相互反馈，最终产生任何单一专业都无法独立观察的新性质。学科分别求真，文明共同承担后果。

10.1 经济—教育反馈：今天的自动化决定明天培养什么人

当企业大量自动化某类任务，教育系统会收到新的就业和能力信号，课程、学生选择和培训资源随之调整。如果教育进一步围绕“最难被 AI 替代”的少数能力竞争，可能提高尖端人才供给，也可能使大量中间成长路径消失。反过来，若教育把 AI 用于扩大更多人的复杂问题处理能力，劳动市场就可能获得更广泛的厚能力供给。经济结构塑造教育，教育又塑造未来经济。

10.2 科研—产业—基础设施反馈：知识优势会转化为资本与算力优势

AI 加速科研可以产生新产品、新药物和新材料，商业收益又会增加对算力和模型的投入；更强基础设施吸引更多人才和数据，进一步提高研究优势。这个正反馈可以推动技术突破，也可能使科研能力与资本集中互相强化。

10.3 公共治理—平台反馈：政府依赖会改变私人基础设施的公共地位

当政府越来越依赖少数商业云、基础模型和数据工具提供公共服务，这些公司即使没有正式公共权力，也可能获得事实上的基础设施地位；而政府采购、监管和公共数据又会反过来影响这些公司的市场结构。私人能力与公共权力之间不再是简单外部关系。

10.4 关系—劳动反馈：失位会增加陪伴需求，陪伴又可能改变现实关系

如果自动化使职业角色、同事关系和日常参与路径变薄，一部分人的孤独与失位可能增加，对 AI 陪伴和低摩擦数字关系的需求随之上升；若这些关系进一步替代现实共同体，社会资本与公共参与又可能变化。劳动市场变化可能最终通过关系结构反馈到政治和文化。

10.5 能源—AI 反馈：数字能力仍然有物质边界

AI 并不是脱离物理世界的“纯智能”。IEA 2025 年《Energy and AI》指出，模型训练和部署依赖数据中心、电网、能源与材料基础设施，并在基准情景中预计全球数据中心用电需求将从 2024 年的约 460 TWh 增长到 2030 年超过 1000 TWh[9]；2026 年 IEA 更新材料显示，数据中心投资和用电仍在快速上升[10]。与此同时，AI 也可能帮助电网优化、能源研发和效率提升[9]。

这条双向关系说明，AI 应用前景最终还会重新进入生态、能源安全、地区资源和基础设施布局。生态学、地球系统和资源环境科学是否需要独立深稿，也应由这种现实压力而不是学科名录决定。

十一 | 聚合风险：多个局部最优如何变成一个整体脆弱系统

聚合不是把七个风险相加，而是不同领域采用同类基础设施以后，产生原来任何一个领域都看不到的新性质。教育、医疗、政府、科研、企业和个人关系分别采用 AI，都可能有充分的局部理由；但如果它们共同依赖少数模型、云服务、身份系统、数据接口和标准，文明会出现新的相关性。

11.1 共同基础设施依赖

单个机构使用同一模型可以提高兼容性和降低成本；大量机构同时使用，则可能把局部供应商故障、模型漏洞或政策变化放大为社会级事件。复杂系统研究长期指出，共同组件和紧耦合会把局部错误传播为系统事故[30][31]。AI 基础设施集中还会与市场竞争、国家安全和公共采购相互作用[8]。

11.2 判断能力的同步外包

每个组织都可能认为，把一部分分析和判断交给 AI 是合理的；如果整个社会同时减少人类在这些环节中的训练，结果可能是文明层面的接管能力下降。系统出现新型错误时，理论上“人可以接管”，但现实中已经没有足够多的人理解完整过程。

11.3 责任漂移

模型建议、平台排序、组织流程、人类签字和自动执行叠加后，责任很容易被切成碎片：开发者说自己没有决定，部署者说自己依赖供应商，操作员说系统建议如此，管理者说流程已经合规。每一层都有部分理由，最终却可能没有任何人能够完整回答“为什么发生”。

11.4 相关性失败与文化同质化

当不同机构使用相似模型、相似训练数据和相似优化目标，错误不再独立。一个盲点可能同时进入教育材料、新闻摘要、企业分析和公共服务；一种表达偏好可能被规模化复制；一种指标逻辑可能跨行业扩散。效率提高的同时，认知和文化冗余可能下降。第 7.3 节已经分别列出“群体创作多样性下降”和“递归合成训练数据退化”的经验线索[37][38]。真正需要进一步研究的是两条链在真实文化—模型生态中是否发生耦合：人类表达若因共用模型而更相关，而这些表达又持续回流为未来数据，错误和风格相关性就可能被重复放大。本文把这一闭环作为 C 类假说，而不是已经确立的 A 类事实。

11.5 退出困难与事实锁定

一个人退出某个应用很容易；一个组织在流程、数据、人员和采购上围绕系统重构后，退出成本会越来越高。社会层面的依赖更强：当教育、医疗、政务和商业都以 AI 接口为默认入口，不使用 AI 的人可能在形式上仍有选择，实际上却越来越难参与。因而第 9.5 节所说的可替代、冗余与真实退出，不只是个人产品选择，而是防止制度事实锁定的结构条件。Ostrom 关于多中心治理的研究提供了一条可竞争的制度传统：复杂公共问题不必天然收束到单一中心，但多中心安排能否在 AI 基础设施中有效降低锁定，仍需具体制度和经验检验[42]。

聚合结果	局部为什么合理	聚合后为什么变成文明问题	需要重新进入的专业
共同基础设施依赖	统一平台更便宜、更兼容	单点故障、供应商政策和攻击可跨领域传播	系统科学、竞争政策、国家安全、能源
判断同步外包	每个岗位都节省时间	社会层面的人类接管和问题重定义能力下降	教育、认知、组织、AI 安全
责任漂移	每层只承担自己的局部任务	最终高后果决定缺少完整可回答者	法学、伦理、组织治理、系统工程
文化/认知相关性	统一模型提高质量和可达性	错误、偏见与表达方式高度相关，冗余下降	文化研究、传播、认识论、AI 评测
退出困难	深度集成提高效率	制度和生活开始依赖系统，形式退出不等于真实可退出	政治学、法学、经济学、社会学

局部最优不是文明最优。真正危险的系统性问题，往往只在很多“正确选择”同时发生以后才出现。

十二 | 人类意义来源的重组：职业、关系、成长、责任与公共参与

12.1 意义来源不是一项指标

人类意义来源很多。家庭、友谊、劳动、创造、知识、信仰、责任、公共参与、文化、成长、照护、探索和存在本身，都可能成为意义来源。本文不试图把这些来源合并成一个总分。这里特别关心的是“结构意义”：这些来源怎样通过现实中的角色、关系、路径、贡献、参与和制度得到持续承载。本文沿用《意义动力学》的中层含义，不把结构意义扩张为意义本体；哲学专业稿则进一步区分意义的来源、形成、承担、创造、理解、保护、传递、解释与支配等不同角色。两者承担不同层次的工作，本文只研究这些意义来源怎样进入现实结构。

AI 之所以会成为意义问题，不是因为模型要替人回答“人生有什么意义”，而是因为 AI 正在改变这些意义来源进入现实的方式。职业是现代社会的重要意义中心，它同时提供收入、角色、时间秩序、关系、责任、成长和被需要感。自动化如果只削弱其中的任务，却没有新的路径承接其余部分，人面对的就不仅是就业冲击，而可能是结构意义的整体变薄。

12.2 新的意义来源可能增长，但不会自动形成

AI 也可能打开新的结构意义来源：更低成本的学习让人长期成为学习者；创作工具让更多人进入表达；翻译和远程协作让边缘能力进入新的共同过程；医疗和辅助技术让更多人保持参与；自动化释放的时间可以进入照护、公共服务、社区、研究和探索。问题不在“有没有新活动”，而在这些活动能否形成持续路径、真实责任、成长、信用和共同体承载。

如果新的参与长期只停留在短时任务、平台曝光、微反馈和低责任接口，它可能带来高活跃却低结构意义。真正的转移需要新的角色和关系能够沉淀。

12.3 十三学科为什么最终都回到“一个人怎样活在文明中”

学科窗口	它显影的意义来源/结构	AI 进入后首先改变什么
哲学	选择、价值、存在、为什么值得承担	能力与目的是否被混同
认识论/科学哲学	求真、理解、修正错误	知识生产与判断入口
认知/神经/心灵	体验、自我、记忆、连续性	认知外包与主体能力
伦理/法学/政治哲学	尊严、责任、权利、公正	责任链与资格边界
政治学	公共参与、共同决定、公民位置	事实权力、合法性与退出
系统/复杂性	相互依存、反馈、共同过程	耦合、相关性与聚合风险
生命科学	成长、照护、疾病、衰老、生命历程	健康、身体与连续性
社会/人类学/文明研究	家庭、关系、共同体、文化与归属	关系中介、文化承接与共同世界
经济/政治经济/价值	劳动、创造、交换、供养、贡献	岗位、分配、所有权与被需要
AI/计算机科学	能力扩展、知识抵达、行动支持	系统能力、保证与行动权
物理/信息/时空	真实因果历史、资源、距离与不可逆后果	数字能力的物质边界
宗教/精神传统	信仰、超越、慈悲、终极关怀	解释、陪伴、传统与神圣边界
教育/学习科学	成长、学习、师承、代际承接	知识供给与成为一个人的过程

这个矩阵不是本文已经完成的“十三学科综合结论”，也不是让各学科围绕“意义”重新排队；它是一张重新进入与研究议程图，说明任何完整的 AI 文明影响研究都需要允许这些专业窗口在相关因果节点重新进入。一个真实的人同时生活在这些结构中，AI 改变其中任何一处，都可能通过其他意义来源继续影响完整生活。

十三 | 两种现实方向：扩展人的能力，还是让人长期退到浅接口

从前面的应用场景可以看出，AI 并不天然沿着同一方向发展。更准确的比较不是“使用 AI/不用 AI”，而是同一种 AI 能力进入现实后，是否继续增加人的理解、判断、责任、成长和真实参与。

13.1 方向一：主体增强

在主体增强方向中，AI 承担检索、计算、模拟、翻译、重复文书和部分高负荷处理，把复杂世界变得更可理解；人因此能够进入过去过于昂贵或困难的知识和行动空间。系统帮助人看见更多事实、比较更多方案、连接更多需要帮助的人，但最终判断、关系、责任和方向仍由真实主体承担。

这个方向的检验不在宣传口号，而在结果：使用 AI 后，人是否能解决以前不能解决的问题；能否理解更复杂的世界；能否在撤除 AI 时仍保留核心能力；是否获得更多自主时间；是否进入更厚的学习、创造、照护和公共参与路径。

13.2 方向二：主体替代

在主体替代方向中，系统越来越先做判断、先生成方案、先组织流程、先决定排序，人则退到确认、修饰、异常处理和执行层。短期结果可能仍然很好，甚至更稳定；但长期可能出现判断训练减少、责任漂浮、成长路径缩短、角色变薄和依赖加深。

这种风险的隐蔽之处在于，人并没有立即“消失”。就业、接口、账号、反馈和任务都可能继续存在，甚至更忙；只是人越来越少真正改变过程。系统更强，人却更薄。

13.3 两种方向的现实判别

观察问题	更接近主体增强	更接近主体替代
能力	AI 撤除后，人仍获得新的理解与能力	AI 撤除后无法独立完成核心判断
时间	节省时间转化为学习、关系、创造和休息	节省时间被更多任务、监控和响应吞没
责任	人理解并承担关键后果，可解释与修复	人只签字确认，责任却无法真正控制过程
成长	浅任务有通向深角色的路径	人长期停留在审核、修饰、响应接口
分配	能力红利广泛降低服务和参与门槛	收益、算力和决定权高度集中
关系	AI 帮助人抵达真实的人和共同体	AI 逐渐成为对真实关系的低摩擦替代
公共权力	AI 提供证据和推演，授权与价值判断另行承担	系统输出变成事实上的默认公共决定

真正的问题不是“人是否还在环里”，而是人是否仍然能够理解、判断、承担、成长，并在必要时改变方向。

十四 | 什么事实能够改变本文：跨学科研究与现实验证议程

如果本文只允许事实证明自己正确，它就不是研究。下面列出的不是“未来工作”装饰，而是足以削弱、修正或推翻本文结构判断的证据入口。

14.1 哪些结果会削弱“主体变薄”担忧

如果长期追踪研究显示，在高强度 AI 辅助环境中，人类使用者的独立理解、迁移、判断、责任和问题重定义能力持续增强；若 AI 撤除后这些能力仍保留，且成长路径并未收缩，那么“系统能力增强可能造成主体能力变薄”的适用范围应显著缩小。教育、科研、医疗和组织研究都可以直接挑战这一判断。

14.2 哪些结果会削弱“聚合依赖”担忧

如果多领域 AI 基础设施能够保持真正的供应商多样性、协议可替代性、低成本退出、故障隔离和独立审计；如果重大模型或云服务故障并不会跨领域传播；如果公共机构能在不依赖单一技术栈的条件下持续运转，那么本文关于共同基础设施依赖的系统性风险应被下调。

14.3 哪些结果会改变劳动与意义来源判断

如果自动化普遍带来工时下降、收入安全提高、社会参与扩展、照护和创造时间增加，同时新的角色与成长路径能够广泛形成，那么“职业意义中心变薄而承接不足”的风险将明显减弱。相反，如果人仍有收入和活动，却长期减少真实判断、关系和贡献沉淀，则需要进一步区分“经济稳定”与“结构意义稳定”。

14.4 哪些结果会改变 AI 伴侣判断

需要长期、跨文化、随机或准实验研究比较：AI 伴侣是把孤独者重新连接到真人关系，还是替代真人关系；不同人格、年龄和社会网络如何调节结果；产品商业激励、记忆和拟人设计是否改变依赖。当前混合证据不足以支持单向定论[34][35][36]。

14.5 哪些结果会改变公共治理判断

如果政府在大规模使用 AI 后能够同时提高服务质量、公众理解、申诉成功率、制度透明度和信任，并保持关键决定的真实可争议性，那么 AI 与公共权力之间的担忧会被部分缓解。相反，如果服务效率上升而申诉、解释和退出能力下降，则说明“高效治理”不能替代“可问责治理”。

14.6 三个已经由独立专业承担的现实压力方向

专业方向	本文暴露的独立事实责任	当前专业责任状态	现实压力顺序
国际关系／战略安全	安全困境、威慑、危机升级、联盟、军备竞赛与战略稳定	已形成独立专业深稿 V1.1；战略互动由该专业重新进入	第一压力
生态／地球系统／资源环境	算力、能源、水、材料、地区承载与 AI 反向优化能源系统	已形成独立专业深稿 V1.1；物质承载由该专业重新进入	第二压力
医学／公共卫生／健康系统	临床证据、患者安全、人群风险、卫生资源与专业责任	已形成独立专业深稿 V1.1；临床与人群证据由该专业重新进入	第三压力

这里的“第一／第二／第三压力”不是学科重要性排名，也不再承担“是否增篇”的决策功能。三类事实责任已经分别由国际关系／战略安全、生态／地球系统／资源环境、医学／公共卫生／健康系统独立承担。排

序只保留为当前现实不可逆压力的观察顺序：战略安全直接进入共同存续与危机升级；生态、地球系统与能源资源构成 AI 规模化的物理硬约束；医学与公共卫生直接进入患者安全与人群健康。任何后续事实都可以改变具体风险强度，但不能由相邻学科代替这三类专业事实。

14.7 共同研究方法：不从“支持本文”开始

最有价值的参与，不是赞同本文，而是足以改变本文的专业工作。工程师可以证明某些依赖可被低成本隔离；教育研究者可以证明 AI 辅助长期增强而非削弱独立能力；劳动经济学家可以发现新的任务和收入分配路径；社会学家可以发现 AI 陪伴反而增强真实关系；战略研究者也可能证明某些自动化在特定制度下提高稳定。任何这样的结果，都应迫使理论缩小、重写或分化。

结语 | 技术给出能力，文明承担后果

AI 应用已经不再只是一个产业问题。它开始同时进入知识、劳动、教育、医疗、公共服务、文化、关系和安全；这些领域又通过组织、资源、权力、时间和人的成长彼此连接。于是，AI 对文明的真正影响不会等于任何一项应用效果，也不会等于所有行业效果的简单相加。

对人类而言，最值得争取的前景是：把重复、昂贵、稀缺和高负荷的能力交给机器，让更多人获得知识、时间、健康、创造和参与的机会；让一个人的能力可以帮助更多人，让原本因资源和地域被排除的人进入复杂世界。最需要警惕的风险则是：系统越来越强，人却越来越少理解、判断、承担、成长和共同决定；每个应用都更高效，聚合后的文明却更加依赖、相关和难以退出。

技术不会自动选择这两条路中的任何一条。企业的商业模式、政府的采购和授权、学校的教学设计、医疗的专业责任、平台的界面、社会的分配制度、文化对关系和意义的理解，都会共同决定 AI 最终增强谁。

技术给出能力，文明承担后果。
真正成熟的 AI 应用，不只让系统做得更多，也应让人能够活得更自由、理解得更深、承担得更真实，并保有改变方向的能力。

附录 A | 应用—学科—文明后果矩阵

现实场景	直接前景	直接风险	跨域继续进入	可能的文明后果
科研/知识	加速检索、模拟、发现；降低研究门槛	错误扩散、方向依赖、基础设施集中	教育、产业、资本、公共知识	知识更普及，或研究能力向少数基础设施集中
劳动/经济	生产率、低成本能力、工时释放可能	岗位变薄、收益集中、议价下降	教育、家庭、政治、意义来源	更多自由时间，或“有工作但无深位置”
教育	个性化支持、优质知识普及	答案替代理解、关系与成长链削弱	劳动、政治、文化、下一代 AI 能力	扩大主体能力，或形成长期依赖
医疗	诊疗支持、行政减负、资源扩展	错误、偏差、自动化依赖、隐私	生命、伦理、法学、公共卫生	健康可及性提高，或生命决定技术化

现实场景	直接前景	直接风险	跨域继续进入	可能的文明后果
公共治理	服务、预测、异常识别、证据整理	事实权力、不透明、排除与信任下降	法学、政治、公共行政、平台	更可达政府，或技术基础设施事实扩权
关系/文化	陪伴、翻译、表达、记忆保存	依赖、替代真人、文化同质化	社会、心理、宗教、平台经济	关系可达性提高，或真实共同体变薄
安全/战争	预警、防御、高风险环境替代	速度竞赛、误判、控制下降、升级	国际关系、国际法、伦理、系统安全	共同安全提高，或安全困境加剧
能源/基础设施	AI 优化电网与资源配置	数据中心用电、集中、地区负担	能源、生态、竞争、国家安全	能力扩大，或新的资源/地缘依赖

附录 B | 外发检查与动态事实复核

- ☐ 是否把“AGI 时代”误写成已经存在统一完成态 AGI？
- ☐ 是否把模型能力、组织采用和现实结果混成一个对象？
- ☐ 是否把任务级生产率直接外推为宏观增长、工资或幸福？
- ☐ 是否把职业暴露写成必然失业？
- ☐ 是否把教育中的短期任务表现写成长期学习和独立能力？
- ☐ 是否把医疗平均准确率写成个体临床安全和完整责任？
- ☐ 是否把政府效率写成政治合法性或公共授权？
- ☐ 是否把 AI 陪伴的相关性研究写成因果治疗结论？
- ☐ 是否把安全领域的技术优势写成整体战略稳定？
- ☐ 是否说明能源、算力和基础设施的物质条件？
- ☐ 是否识别一个领域的好指标进入另一个领域可能失效？
- ☐ 是否至少追踪一个跨领域反馈环，并检查多个局部合理选择聚合后是否形成新的系统性后果？
- ☐ 是否把“结构意义”保持在中层，不替代人生终极意义？
- ☐ 是否同时呈现应用前景与风险，而不是只写安全治理？
- ☐ 是否让制度与工程服务思想，而不是成为思想本身？
- ☐ 是否明确什么数据、反例和现实结果可以削弱本文？
- ☐ 所有动态数据、法规、政策和产品能力是否在投稿日前再次复核？
- ☐ 当前高级 AI 承担功能角色时，是否仍绑定责任可追溯、明确授权、可审计、可纠错、可退出？
- ☐ 是否区分功能角色与主体性、法律人格、政治成员资格、公共职权和主权？
- ☐ 是否明确未来愿景不是当前事实证据？

续读与共同研究 | 从现实应用继续看见文明

本稿的续读同时保留研究求真链与文明未来链。研究求真链贯穿向下、向左、向右和向前；“向上”负责把局部问题放回文明整体论证，“文明未来链”则作为独立的贯穿入口，让读者看见这些专业判断进入工作、家庭、教育、关系和公共生活以后可能形成怎样的世界。两者不能互相冒充：愿景不是证据，整体也没有专业事实终审权。

向上 | 继续追问：这些文明级事件共同到来以后，人类应当往哪里走？进入第二篇《AGI 时代人类文明跃迁的机遇、方向、方法与目标实现》V1.1，以及文明跃迁五卷书。前者公开承担文明方向判断，后者提供理论纵深；《活的文明》承担未来生活图景。它们均不承担本文经验事实的证明。

向下 | 回到专业深处检验：AI 与计算机科学检验能力、系统保证与行动权；经济学检验生产率、岗位与分配；教育与认知研究检验独立学习和能力形成；医学与公共卫生检验临床与人群风险；政治学、法学检验公共权力和责任；社会、文化与宗教研究检验关系、共同体和意义来源；系统科学检验耦合、故障传播与聚合。任何专业事实都可以迫使本文缩小、分化或重写。

向左 | 沿相邻因果继续追踪：不要停在一个行业的直接效果。回到第十、十一章，检查劳动怎样改变教育，科研怎样改变产业与基础设施，政府依赖怎样改变平台的公共地位，失位怎样改变关系需求，能源怎样反向限制 AI；再检查这些局部变化是否通过共同模型、云、数据、组织激励或权力结构形成新的聚合后果。

向右 | 从最强反对意见继续：如果长期研究证明 AI 辅助持续增强独立判断和接管能力；如果基础设施多样性、故障隔离和低成本退出足以阻断系统性风险；如果自动化普遍降低必要工时并生成新的深角色；如果 AI 陪伴稳定促进真人关系；如果政府 AI 同时提高效率、透明度、申诉和信任，那么本文关于主体变薄、聚合依赖、意义来源承接不足等判断都应被下调或重写。第十四章给出更完整的可证伪入口。

向前 | 把阅读变成现实工作：研究者可以设计长期追踪、跨文化比较、组织采纳与基础设施故障研究；工程师可以构建可替代、可退出、可审计并保留人工接管能力的系统；政策制定者可以检验分配、竞争、公共权力和战略安全护栏；教育者、组织管理者和普通使用者可以从“AI 撤除以后，人是否更能理解、判断、承担和进入真实关系”开始记录现实结果。最有价值的参与，不是赞同，而是足以改变理论的专业工作。

稳定入口 | 文明跃迁五卷书：<https://www.civitas.top/documents/p02-five-001/> | 公众总入口：<https://www.civitas.top/documents/p01-entry-006/> | 完整文库：<https://www.civitas.top/library/>

最有价值的参与，不是赞同，而是足以改变理论的专业工作。

生成式人工智能使用声明

本稿在既有文件检索、文献线索整理、结构设计、部分文字起草与润色、跨稿一致性检索、引用线索核查和版式检查中使用了生成式人工智能工具。生成式人工智能输出未被作为经验数据、权威来源或独立证据。研究问题、理论命题、规范判断、材料取舍、引文采用和最终定稿均由作者审定；作者对事实准确性、引文真实性、论证及全部结论承担责任。人工智能不列为作者，也不承担学术责任。正式投稿时，将按目标期刊要求补充工具名称、版本、使用日期和具体范围。

参考文献

- [1] Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. (2026). AI Index Report 2026. Stanford University. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2026-ai-index-report>

- [2] Gmyrek, P., Berg, J., Kamiński, K., et al. (2025). Generative AI and Jobs: A Refined Global Index of Occupational Exposure. ILO Working Paper 140. <https://doi.org/10.54394/HETP0387>
- [3] Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. (2025). Generative AI at Work. *Quarterly Journal of Economics*, 140(2), 889–942. <https://doi.org/10.1093/qje/qjae044>
- [4] Noy, S., & Zhang, W. (2023). Experimental Evidence on the Productivity Effects of Generative Artificial Intelligence. *Science*, 381(6654), 187–192. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>
- [5] Dell'Acqua, F., McFowland III, E., Mollick, E. R., et al. (2023). Navigating the Jagged Technological Frontier. Harvard Business School Working Paper 24-013.
- [6] Filippucci, F., Gal, P., Jona-Lasinio, C., Leandro, A., & Nicoletti, G. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Productivity, Distribution and Growth. *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 15. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>
- [7] United Nations Development Programme. (2025). Human Development Report 2025: A Matter of Choice—People and Possibilities in the Age of AI. UNDP.
- [8] OECD. (2025). Competition in Artificial Intelligence Infrastructure. *OECD Roundtables on Competition Policy Papers*, No. 330. <https://doi.org/10.1787/623d1874-en>
- [9] International Energy Agency. (2025). Energy and AI. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- [10] International Energy Agency. (2026, April 16). Data centre electricity use surged in 2025, even with tightening bottlenecks driving a scramble for solutions [Press release]. IEA. <https://www.iea.org/news/data-centre-electricity-use-surged-in-2025-even-with-tightening-bottlenecks-driving-a-scramble-for-solutions>
- [11] Wang, H., Fu, T., Du, Y., et al. (2023). Scientific discovery in the age of artificial intelligence. *Nature*, 620, 47–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06221-2>
- [12] Zhang, Y., Khan, S. A., Mahmud, A., Yang, H., Lavin, A., Levin, M., Frey, J. G., Dunnmon, J., Evans, J., Bundy, A., Dzeroski, S., Tegner, J., & Zenil, H. (2025). Exploring the role of large language models in the scientific method: from hypothesis to discovery. *npj Artificial Intelligence*, 1, 14. <https://doi.org/10.1038/s44387-025-00019-5>
- [13] Ding, A. W., & Li, S. (2025). Generative AI lacks the human creativity to achieve scientific discovery from scratch. *Scientific Reports*, 15, 9587. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93794-9>
- [14] UNESCO. (2023). Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO. Updated 2026.
- [15] OECD. (2026). OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/062a7394-en>
- [16] Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakçı, Ö., & Mariman, R. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. *PNAS*, 122(26), e2422633122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122>
- [17] Kestin, G., Miller, K., Kiales, A., Milbourne, T., & Ponti, G. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: An RCT introducing a research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports*, 15, 17458. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6>
- [18] Wang, R. E., Ribeiro, A. T., Robinson, C. D., Loeb, S., & Demszky, D. (2025). Tutor CoPilot: A human–AI approach for scaling real-time expertise. *EdWorkingPaper* 24-1056. <https://doi.org/10.26300/81nh-8262>
- [19] World Health Organization. (2024). Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models. WHO. ISBN 978-92-4-008475-9.
- [20] Teo, Z. L., Thirunavukarasu, A. J., Elangovan, K., et al. (2025). Generative artificial intelligence in medicine. *Nature Medicine*, 31, 3270–3282.
- [21] OECD. (2025). Governing with Artificial Intelligence: The State of Play and Way Forward in Core Government Functions. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/795de142-en>
- [22] OECD. (2026). Digital Government Outlook 2026, Chapter 4: Adopting and governing AI in government. OECD Publishing.
- [23] OECD & UNESCO. (2024). G7 Toolkit for Artificial Intelligence in the Public Sector. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/421c1244-en>

- [24] National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0), NIST AI 100-1. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- [25] National Institute of Standards and Technology. (2024). Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile, NIST AI 600-1. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1>
- [26] European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on artificial intelligence. Official Journal of the European Union.
- [27] OECD. (2024). OECD AI Principles, updated 2024. OECD.AI.
- [28] International Committee of the Red Cross. (2025). Autonomous Weapon Systems and International Humanitarian Law: Selected Issues. ICRC Position Paper.
- [29] Bengio, Y., Clare, S., Prunkl, C., et al. (2026). International AI Safety Report 2026 (DSIT 2026/001). International AI Safety Report. <https://internationalaisafetyreport.org/publication/international-ai-safety-report-2026>
- [30] Perrow, C. (1984). Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies. Basic Books.
- [31] Leveson, N. G. (2012). Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/8179.001.0001>
- [32] Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19(6), 775–779. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(83\)90046-8](https://doi.org/10.1016/0005-1098(83)90046-8)
- [33] Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human Factors*, 39(2), 230–253. <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>
- [34] Zhang, Y., Zhao, D., Hancock, J. T., Kraut, R., et al. (2026). Interaction with AI companions and psychological well-being. *Nature Human Behaviour*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/s41562-026-02516-2>
- [35] Li, R.-N., Folk, D., Singh, A., Ungar, L., & Dunn, E. (2026). Is a random human peer better than a highly supportive chatbot in reducing loneliness over time? *Journal of Experimental Social Psychology*, 125, 104911.
- [36] Nakagomi, A., Akutsu, Y., Yasuoka, M., Abe, N., Ihara, S., Teroh, T., & Tabuchi, T. (2026). AI companions and subjective well-being: Moderation by social connectedness and loneliness. *Technology in Society*, 85, 103229. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2026.103229>
- [37] Doshi, A. R., & Hauser, O. P. (2024). Generative AI enhances individual creativity but reduces the collective diversity of novel content. *Science Advances*, 10(28), eadn5290. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn5290>
- [38] Shumailov, I., Shumaylov, Z., Zhao, Y., Gal, Y., Papernot, N., & Anderson, R. (2024). AI models collapse when trained on recursively generated data. *Nature*, 631, 755–759. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07566-y>
- [39] Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>
- [40] Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- [41] Sen, A. (1999). Development as Freedom. Alfred A. Knopf.
- [42] Ostrom, E. (2010). Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems. *American Economic Review*, 100(3), 641–672. <https://doi.org/10.1257/aer.100.3.641>
- [43] UNESCO. (2021). Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris: UNESCO.
- [44] World Health Organization. (2024). Benefits and risks of using artificial intelligence for pharmaceutical development and delivery. WHO.
- [45] VanLehn, K. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- [46] Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent Tutoring Systems and Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918. <https://doi.org/10.1037/a0037123>
- [47] Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>

- [48] Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- [49] Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- [50] Kapur, M. (2008). Productive Failure. *Cognition and Instruction*, 26(3), 379–424.
<https://doi.org/10.1080/07370000802212669>
- [51] Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

版本说明：V1.2 在 V1.1 现实合流基线之上完成“十六篇专业稿+两篇合流稿”跨稿一致性受控同步，不重写七类现实场景、五重转换、聚合风险与“主体增强／主体替代”主轴。主要同步包括：将战略安全、生态／地球系统／资源环境、医学／公共卫生／健康系统由“候选增篇”更新为已经建立的独立专业责任；修正医疗、战略与资源事实的判断交接；将文明未来链与“向上”整体论证重新分开；按 WHO 正式报告建议著录统一大型多模态模型指导文件为 2024；补入统一稳定公开入口；清理已失效的过程性增篇语言。A／B／C／F 继续作为论证身份，专业事实仍可反向修改本文。