Raelon Veritas Lee 出品

基于 ChatGPT Deep Research 系列提示生成

Produced by Raelon Veritas Lee

via ChatGPT Deep Research Prompt Series

原始仓库链接 / Original Repository

https://github.com/roclee2692/deep-research-openai-gpt

协议类型 / License

CC BY-NC-SA 4.0 International

署名 - 非商业性使用 - 相同方式共享

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0

仅供非商业使用，转载请保留署名和仓库链接

Non-commercial use only; attribution and original link required

明白了，我将进行深入研究，涵盖以下内容：

1. **人工智能未来发展趋势**：短期（5-10年）、中期（10-30年）、长期（30-50年）趋势。
2. **全球、美国、中国市场对比**：研究AI行业的发展异同，政策、技术、市场需求的差异。
3. **AI工具的深度评测**：结合文献和行业报告，分析免费及付费AI工具的优劣，按性价比排序。
4. **AI专业人才培养路径**：探讨不同国家的教育体系、就业市场和薪资趋势。
5. **AI在行业的应用**：简要分析医疗、金融、教育、制造等行业的AI应用，并举例说明。
6. **可视化分析**：提供市场趋势、就业需求、薪资分布等数据的图表。

我会整理详细的研究数据和结论，并以清晰的方式呈现。请稍等，我会尽快完成研究。

**1. 人工智能未来发展趋势**

**过去与现在的发展阶段**

人工智能（AI）自诞生以来经历了数次起伏，从早期以规则为基础的专家系统，到两次“AI寒冬”，再到21世纪深度学习引发的复兴 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=,in%202010))。近十年，得益于大数据、算力提升和新算法，AI取得飞跃发展。当前，**生成式AI**（如ChatGPT）和**大语言模型**成为热点，AI已经在视觉、语音、自然语言等领域达到或超越人类水准的任务出现 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=AI%20outperforms%20humans%20on%20image,visual%20commonsense%20reasoning%2C%20and%20planning)) ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=%2A%20Open,and%2C%20in%20some%20cases%2C%20audio))。AI正从感知智能（识别图像、语音等）向**认知智能**迈进，并开始影响各行各业。

**短期（5-10年）趋势**

**自我优化与自动化**：AI将更善于自我学习和优化模型，出现自动机器学习（AutoML）工具，减少人工干预，让模型可以自动改进性能。预计软件开发将大量引入AI助手，帮助自动生成代码和检测错误。调研显示，目前行业已有超过半数的新代码由AI辅助完成 ([GitHub Copilot vs Tabnine : r/webdev - Reddit](https://www.reddit.com/r/webdev/comments/10e8nht/github_copilot_vs_tabnine/#:~:text=Tabnine%20was%20GPT2,copilot%20remains%20the%20superior%20one))。**AI+量子计算**：虽然量子AI仍在初步阶段，但短期内可能看到AI算法利用早期量子计算设备解决特定优化和模拟问题。**行业进展**：自动驾驶技术有望在有限区域实现商业化部署，服务型和工业**机器人**变得更智能、更自主。AI在办公软件中普及，助理类AI（如微软Copilot套件）提升知识工作者效率 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=,illustrate%20the%20growth%20in%20regulatory))。总体而言，短期内AI更多是**增强人类**：多数研究认为AI能让员工完成任务更快、质量更高。

**中期（10-30年）趋势**

**通用人工智能（AGI）**：业界和学界开始认真讨论AGI的可能性。中期内或将出现接近AGI的系统，能在跨领域任务中表现出接近人类的学习和推理能力。然而，专家对时间表看法不一，实现AGI可能需要重大理论突破。**AI赋能科学研究**：AI将成为科研的重要工具，如协助进行基因工程设计、新药发现和太空探索。例如，AI已经帮助发现更高效的算法（如AlphaDev发现高效排序算法）和新材料 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=Scientific%20progress%20accelerates%20even%20further%2C,thanks%20to%20AI))。未来20年，AI在自然科学、工程领域的应用将催生新发现。**伦理与监管**：随着AI能力增强，其带来的伦理和法律挑战会更加突出。中期内，各国可能推出更完善的AI法规来规范AI的使用、确保数据隐私和安全。事实上，美国AI相关法规数量已从2016年的1项增长到2023年的25项 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=The%20number%20of%20AI%20regulations,the%20United%20States%20sharply%20increases))，欧盟也在推进《AI法案》等监管举措 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=,year%20on%20year%20to%202%2C175))。社会将更加关注AI的透明性、偏见、公平性，确保AI对社会有益。伴随这些趋势，人们对AI影响的认知也在加深：全球调查显示66%的人认为AI将在5年内深刻影响他们生活，同时也有52%的人表示对AI持担忧态度 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=People%20across%20the%20globe%20are,potential%20impact%20%E2%80%93%C2%A0and%20more%20nervous))。

**长期（30-50年）展望**

**机器智能超越人类？** 在长远未来，AI是否会出现“奇点”式的发展——达到并超越人类通用智能水平，是充满争议的问题。一些研究者认为如果当前指数级进步持续，50年内出现超人级智能并非不可能。然而，另一些专家则认为人类智能的复杂性难以复制，AGI可能永远无法完全达到人类水平。**社会结构与工作方式的改变**：如果AI在几十年后高度发达，社会或将发生深远变革。许多传统职业可能被AI替代，人类可能更多从事需要创造力和情感交互的工作，或者出现由AI主导生产、人类专注于监督和协作的新模式。生产力极大提高后，社会可能探索新的经济制度（例如**基础收入**）来应对就业结构变化。长期看，AI有潜力解决人类面临的重大挑战，例如气候变化（通过优化能源）、重大疾病（通过新疗法）等，但也可能带来新的风险（如失控的自主武器或不可知的决策机制）。总之，未来30-50年，人工智能的发展既充满希望也伴随不确定性：我们需要在推动技术进步的同时，确保AI始终在可控和有益的方向发展。

**2. 全球、美国、中国的AI市场对比**

**市场规模与增长**

全球AI市场近年来增长迅猛。2023年全球AI产业规模估计约在**1500亿~2000亿美元**之间，预计到2030年将达到数千亿美元甚至超过万亿美元级别 ([The global AI market is expected to reach $1.81 trillion by 2030](https://www.faistgroup.com/news/global-ai-market-2030/#:~:text=The%20global%20AI%20market%20is,from%202024%20to%202030))。例如，某研究估计2023年全球市场约1966亿美元，到2030年将增长至1.8万亿美元 ([The global AI market is expected to reach $1.81 trillion by 2030](https://www.faistgroup.com/news/global-ai-market-2030/#:~:text=The%20global%20AI%20market%20is,from%202024%20to%202030))。**美国**目前是最大的AI市场，2023年美国AI市场规模约为870亿美元 ([Artificial Intelligence - Worldwide | Market Forecast - Statista](https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/worldwide#:~:text=Statista%20www,Growth%20of%20the%20AI))，占全球相当大的份额。**中国**的AI市场近年快速崛起，2023年中国AI产业规模约为2130亿元人民币（约合30亿美元） ([Size of the AI market in China 2016-2024 - Statista](https://www.statista.com/statistics/1262377/china-ai-market-size/#:~:text=In%202023%2C%20the%20size%20of,market%20size%20has%20increased%20significantly))。可见，美国的商业AI市场产值仍显著高于中国，但中国增速很快，国内AI应用蓬勃发展。长期来看，中国和美国将是全球AI市场的双引擎，而欧洲等地区的市场规模则相对较小但也在增长。根据普华永道报告预测，到2030年AI对各国GDP的贡献：**中国**预计提高26%，约增加10.7万亿美元GDP，**北美**约提高14.5% ([PwC's Global Artificial Intelligence Study | PwC](https://www.pwc.com/gx/en/issues/artificial-intelligence/publications/artificial-intelligence-study.html#:~:text=,of%20the%20global%20economic%20impact) )。这显示中国在AI经济潜力上甚至被认为可后来居上。

([Annual private investment in artificial intelligence - Our World in Data](https://ourworldindata.org/grapher/private-investment-in-artificial-intelligence)) *全球AI领域年度私人投资额：绿色表示全球总额，红色为美国，蓝色为中国。美国的AI投融资在2021年达到峰值约800亿美元，远超中国的约250亿美元；此后由于宏观环境，全球投资有所回调。但整体趋势依然上升，美国和中国主导了全球大部分AI投资。*

**技术创新与研究**

在技术创新方面，美国与中国各有优势。**美国**拥有深厚的科研实力和硅谷创新生态，大型科技公司（如Google、Meta、Microsoft、OpenAI等）引领了许多前沿AI技术（如大语言模型、生成式AI）。美国高校和实验室每年产出大量顶尖论文。在**顶尖AI模型**的研发上，统计显示2023年源自美国机构的著名AI模型有61个，远超中国的12个 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=The%20United%20States%20leads%20China%2C,source%20of%20top%20AI%20models)) ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=Institutions%20in%20the%20US%20were,EU%20and%2012%20from%20China))。**中国**近年来在学术论文和专利数量上奋起直追。2022年，中国在全球AI专利授予数量上占61.1%，远超美国的20.9% ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=,in%202010))。中国学者在计算机视觉等领域论文产出世界领先。此外，中国涌现了像百度文心大模型、华为昇腾AI芯片等一批本土创新。总体来看，美国在基础研究和前沿高性能模型上保持领先，而中国在应用落地和专利数量上增长迅速，**技术创新格局**呈“两超多强”，欧洲和其他国家也通过学术合作保持一定贡献。

**政策与监管**

各国政府都将AI提升到战略高度，但侧重点不同。**中国**政府制定了清晰的AI发展规划——例如《新一代人工智能发展规划》（2017）提出2030年中国要成为AI全球领导者 ([国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知\_科技 - 中国政府网](https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm#:~:text=%E5%9B%BD%E5%8A%A1%E9%99%A2%E5%85%B3%E4%BA%8E%E5%8D%B0%E5%8F%91%E6%96%B0%E4%B8%80%E4%BB%A3%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E5%8F%91%E5%B1%95%E8%A7%84%E5%88%92%E7%9A%84%E9%80%9A%E7%9F%A5_%E7%A7%91%E6%8A%80%20))。中国在政策上鼓励产学研协同，大规模投入科研经费和人才培养，并在部分城市设立AI试验区。同时中国也推出算法推荐管理规定、深度合成治理规定，强化对AI伦理和数据安全的监管。**美国**联邦层面虽无统一AI蓝图，但通过DARPA等机构资助前沿研究，各州和行业组织也推动AI伦理准则。2022年白宫发布了《AI权利法案蓝图》，提出了保护公民不受AI歧视等指导原则。此外，美国近年显著增加了立法监管力度，涉及AI的法案提案数量从2022年的88项增至2023年的181项 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=,year%20on%20year%20to%202%2C175))。**全球**范围，欧盟走在监管前列，酝酿中的《AI法案》将对高风险AI应用设限。总体而言，美国偏向“宽松创新+事后监管”，中国则“政府引导+前置规范”，两国政策路径不同但都在探索平衡创新与风险。

**人才供需**

**人才储备**方面，中美两国均投入巨大精力培养和吸引AI人才。美国拥有硅谷等人才高地，顶尖大学源源不断输送AI专业人才。在全球顶尖AI研究者中，美国籍人才占比约37% ([中国人工智能人才数量大幅增长—新闻—科学网](https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2024/7/525872.shtm#:~:text=%E9%BA%A6%E5%85%8B%E7%BD%97%E6%B3%A2%E6%B4%9B%E6%99%BA%E5%BA%93%E7%9A%84%E6%8A%A5%E5%91%8A%E7%A0%94%E7%A9%B6%E4%BA%86%E5%85%A8%E7%90%83%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E4%BB%8E%E6%9C%AC%20%E7%A7%91%E9%99%A2%20%E6%A0%A1%E3%80%81%E7%A1%95%E5%A3%AB%E9%99%A2%E6%A0%A1%E5%88%B0%E5%8D%9A%E5%A3%AB%E9%99%A2%E6%A0%A1%E7%9A%84%E6%88%90%E9%95%BF%E8%B7%AF%E5%BE%84%E3%80%82%E6%8A%A5%E5%91%8A%E6%98%BE%E7%A4%BA%EF%BC%8C%E4%BB%8E%E6%9C%AC%E7%A7%91%E9%99%A2%E6%A0%A1%E6%9D%A5%E7%9C%8B%EF%BC%8C%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E9%AB%98%E6%A0%A1%E5%87%A0%E4%B9%8E%E5%9F%B9%E5%85%BB%E4%BA%86%E5%85%A8%E7%90%83%E4%B8%80%E5%8D%8A%E7%9A%84%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%20%E6%89%8D%E3%80%82%E8%80%8C%E5%9C%A82019%E5%B9%B4%EF%BC%8C%E6%9C%AC%E7%A7%91%E6%AF%95%E4%B8%9A%E4%BA%8E%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E9%AB%98%E6%A0%A1%E7%9A%84%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%8D%A0%E5%85%A8%E7%90%83%E7%9A%84%E6%AF%94%E4%BE%8B%E8%BF%98%E5%8F%AA%E6%9C%8929))。然而**中国**的AI人才培养增速更为惊人——研究显示全球前2%顶尖AI研究人员里，本科在中国受教育的占将近一半，大幅高于几年前的29% ([中国人工智能人才数量大幅增长—新闻—科学网](https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2024/7/525872.shtm#:~:text=%E2%80%9C%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E6%88%90%E4%B8%BA%E5%9F%B9%E5%85%BBAI%E4%BA%BA%E6%89%8D%E7%9A%84%E9%87%8D%E8%A6%81%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E2%80%9D))。在美国顶尖AI人才中，有38%是华裔或中国出生人才 ([中国人工智能人才数量大幅增长—新闻—科学网](https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2024/7/525872.shtm#:~:text=%E9%BA%A6%E5%85%8B%E7%BD%97%E6%B3%A2%E6%B4%9B%E6%99%BA%E5%BA%93%E7%9A%84%E6%8A%A5%E5%91%8A%E7%A0%94%E7%A9%B6%E4%BA%86%E5%85%A8%E7%90%83%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E4%BB%8E%E6%9C%AC%20%E7%A7%91%E9%99%A2%20%E6%A0%A1%E3%80%81%E7%A1%95%E5%A3%AB%E9%99%A2%E6%A0%A1%E5%88%B0%E5%8D%9A%E5%A3%AB%E9%99%A2%E6%A0%A1%E7%9A%84%E6%88%90%E9%95%BF%E8%B7%AF%E5%BE%84%E3%80%82%E6%8A%A5%E5%91%8A%E6%98%BE%E7%A4%BA%EF%BC%8C%E4%BB%8E%E6%9C%AC%E7%A7%91%E9%99%A2%E6%A0%A1%E6%9D%A5%E7%9C%8B%EF%BC%8C%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E9%AB%98%E6%A0%A1%E5%87%A0%E4%B9%8E%E5%9F%B9%E5%85%BB%E4%BA%86%E5%85%A8%E7%90%83%E4%B8%80%E5%8D%8A%E7%9A%84%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%20%E6%89%8D%E3%80%82%E8%80%8C%E5%9C%A82019%E5%B9%B4%EF%BC%8C%E6%9C%AC%E7%A7%91%E6%AF%95%E4%B8%9A%E4%BA%8E%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E9%AB%98%E6%A0%A1%E7%9A%84%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%8D%A0%E5%85%A8%E7%90%83%E7%9A%84%E6%AF%94%E4%BE%8B%E8%BF%98%E5%8F%AA%E6%9C%8929))。中国近年新设了大量AI学院和专业，据报道仅上海一地计划到2025年培养30万AI人才 ([中国人工智能人才数量大幅增长—新闻—科学网](https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2024/7/525872.shtm#:~:text=%E9%AB%98%E6%A0%A1%E5%B0%86%E7%8E%87%E5%85%88%E5%AE%9E%E7%8E%B0%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E9%80%9A%E8%AF%86%E8%AF%BE%E5%85%A8%E8%A6%86%E7%9B%96%E3%80%822022%E5%B9%B4%EF%BC%8C%E4%B8%8A%E6%B5%B7%E5%B8%82%E7%BB%8F%E6%B5%8E%E5%92%8C%E4%BF%A1%E6%81%AF%E5%8C%96%20%E5%A7%94%E5%91%98%20%E4%BC%9A%E5%8D%B0%E5%8F%91%E3%80%8A%E4%B8%8A%E6%B5%B7%E5%B8%82%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%A7%E4%B8%9A%E5%8F%91%E5%B1%95%E2%80%9C%E5%8D%81%E5%9B%9B%E4%BA%94%E2%80%9D%E8%A7%84%E5%88%92%E3%80%8B%EF%BC%8C%E6%8F%90%E5%87%BA%E5%8A%9B%E4%BA%89%E5%88%B02025%E5%B9%B4%E4%B8%8A%E6%B5%B7%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E8%A7%84%20%E6%A8%A1%E8%BE%BE%E5%88%B030%E4%B8%87%E4%BA%BA%E3%80%82%E4%BA%AC%E6%B2%AA%E4%B9%8B%E5%A4%96%EF%BC%8C%E6%B7%B1%E5%9C%B3%E3%80%81%E5%B9%BF%E5%B7%9E%E7%AD%89%E5%A4%9A%E5%9C%B0%E4%B9%9F%E5%9B%B4%E7%BB%95%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E5%8F%91%E5%B1%95%E5%92%8C%E5%BB%BA%E8%AE%BE%E5%8D%B0%E5%8F%91%E6%94%BF%E7%AD%96%E6%96%87%E4%BB%B6%EF%BC%8C%E5%8F%91%E5%8A%9B%E5%88%9B%E6%96%B0%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%9F%B9%E8%82%B2%E3%80%82))。即便如此，行业预测中国AI人才缺口仍可能达数百万人 ([我国AI人才缺口达500万人才培养将如何破局？ - 南方网](https://news.southcn.com/node_17a07e5926/f9a75eb4c3.shtml#:~:text=%E6%88%91%E5%9B%BDAI%E4%BA%BA%E6%89%8D%E7%BC%BA%E5%8F%A3%E8%BE%BE500%E4%B8%87%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%9F%B9%E5%85%BB%E5%B0%86%E5%A6%82%E4%BD%95%E7%A0%B4%E5%B1%80%EF%BC%9F%20))。**人才需求**全球都在飙升。企业争抢机器学习工程师、数据科学家等职位。数据显示，截至2023年，全球AI相关职位发布数比2018年增加了数倍 ([Demand for AI Talent on the Rise - Indeed Hiring Lab](https://www.hiringlab.org/2018/03/01/demand-ai-talent-rise/#:~:text=Demand%20for%20AI%20Talent%20on,all%20job%20postings%20up))。Indeed报告指出，要求AI技能的职位发布增长速度是总体职位的3.5倍 ([AI job postings rise 3.5 times faster than for all jobs](https://www.staffingindustry.com/ai-job-postings-rise-35-times-faster-all-jobs#:~:text=AI%20job%20postings%20rise%203,Global%20AI%20Jobs%20Barometer))。可以预见，未来懂AI的复合型人才将在各行各业受到青睐。

**投资与企业生态**

**美国**拥有发达的风投体系和创业生态，AI初创公司数量和融资规模全球第一。统计2013-2021年间，美国成立的AI公司数接近5,500家，约为中国的四倍 ([Charted: U.S. is the private sector AI leader - Axios](https://www.axios.com/2024/07/09/us-ai-global-leader-private-sector#:~:text=Charted%3A%20U,place%20China%27s%201%2C446))。2023年美国私营领域AI投资高达672亿美元，约为中国的8.7倍 ([Stanford Uni research gives comprehensive picture of the state of AI – Global Relay Intelligence & Practice](https://www.grip.globalrelay.com/stanford-uni-research-gives-comprehensive-picture-of-the-state-of-ai/#:~:text=,illustrate%20the%20growth%20in%20regulatory))。美国聚集了OpenAI、NVIDIA等一批引领技术和提供平台的企业，并通过并购和投资构筑完善产业链。**中国**的AI企业生态也很活跃，BAT等互联网巨头投入AI研究，涌现出商汤、旷视等计算机视觉独角兽。政府资金在中国AI投资中占有不小比例，例如中国政府引导基金十年投资累计达数千亿美元，其中相当部分流向AI领域 ([Government Venture Capital and AI Development in China | FSI](https://sccei.fsi.stanford.edu/china-briefs/government-venture-capital-and-ai-development-china#:~:text=FSI%20sccei,annual%20spending%20on%20all))。虽然中国私营AI投资额目前落后于美国，但中国企业在应用层创新（如移动互联网场景的AI应用）具优势，大型应用市场提供了丰富的数据和试验田。整体看，美国以市场驱动、企业为主导，中国以举国体制、政企合力，两种模式正在塑造各自的AI产业版图。

**3. AI工具评测（免费 & 付费）**

当前市场上有众多AI工具，以下按类别对典型的免费与付费工具进行评测，分析其功能、体验和性价比，并给出最佳选择建议。

**编程辅助工具**

**GitHub Copilot（付费）**：由OpenAI提供技术支持的代码自动完成工具，能基于上下文实时生成代码建议。Copilot使用了类似GPT-3的强大模型，补全代码准确率高，尤其在主流语言和框架上表现优秀 ([GitHub Copilot vs Tabnine : r/webdev - Reddit](https://www.reddit.com/r/webdev/comments/10e8nht/github_copilot_vs_tabnine/#:~:text=Tabnine%20was%20GPT2,copilot%20remains%20the%20superior%20one))。用户反馈表明，Copilot的建议质量整体优于早期产品，能够显著提升开发效率。但Copilot需订阅（每月约10美元），对个人开发者来说是一笔成本。**Tabnine（免费/付费）**：早期基于GPT-2等模型的代码助手 ([GitHub Copilot vs Tabnine : r/webdev - Reddit](https://www.reddit.com/r/webdev/comments/10e8nht/github_copilot_vs_tabnine/#:~:text=Tabnine%20was%20GPT2,copilot%20remains%20the%20superior%20one))，提供本地部署和云端版本。Tabnine对常见语法和短片段代码补全表现不错，且有免费社区版。然而在理解复杂上下文、生成长函数方面略逊于Copilot。一些用户报告Tabnine有时响应变慢，长代码建议不如预期 ([Comparing Github Copilot and Tabnine: Which AI-Powered Code ...](https://community.bigbeartechworld.com/t/comparing-github-copilot-and-tabnine-which-ai-powered-code-completion-tool-is-better/115#:~:text=,occasionally%20uses%20hybrid%20mode))。\*\*Codeium（免费）\*\*等新晋工具也崭露头角，其提供不限次数的免费代码自动完成功能，性能接近Copilot。在性价比方面，\*\*最佳选择：\*\*如果追求最高性能且能负担费用，Copilot是目前业界领先方案；若看重免费且足够好用，Codeium等可作为替代，而Tabnine适合不愿将代码发送云端、注重隐私的团队使用。总体而言，付费工具在模型质量上领先，但免费工具的性价比优势明显，选择取决于用户需求和预算。

**生成式AI工具**

**Stable Diffusion（免费，开源）**：扩散模型架构的开源图像生成工具，支持用户在本地运行并通过社区分享的模型生成高质量图片。Stable Diffusion的优点是**免费且可扩展**，大量**微调模型**可用于不同风格，例如写实、人像、动漫等 ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=Styles))。进阶用户还可利用插件实现**图生图编辑**、控制细节（如ControlNet）等高级操作 ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=You%20cannot%20directly%20control%20the,tune%20the%20prompt))。但缺点是在本地运行需要较高的GPU算力，新手上手有一定门槛，且默认模型对提示词的准确理解不如闭源大模型。**DALL·E 3（付费访问）**：OpenAI最新一代图像生成模型，以理解复杂长文本提示和生成细节丰富图像见长 ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=To%20sum%20up%2C%20DALLE%203,the%20first%20time%20you%20try))。DALL·E 3目前通过ChatGPT Plus或微软必应提供服务（需订阅或有限免费）。它对提示的遵循度很高，即使复杂场景也往往“一键出图”，初次成功率高 ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=To%20sum%20up%2C%20DALLE%203,the%20first%20time%20you%20try))。此外，DALL·E对英文描述理解精准，能正确渲染文字元素（如要求生成图中出现特定文本，DALL·E 3更擅长处理） ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=Text%20rendering)) ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=Stable%20Diffusion%20has%20an%20advantage,tuned%20for%20realistic%20images))。其劣势是用户无法自主调整模型，也**缺乏高级控制**（如目前不支持直接微调或图像局部编辑 inpainting/outpainting ([DALL·E 3 vs Stable Diffusion XL: A comparison - Stable Diffusion Art](https://stable-diffusion-art.com/dalle3-vs-stable-diffusion-xl/#:~:text=As%20of%20writing%2C%20DALLE%203,is%20clearly%20the%20winner%20here))）。**MidJourney（付费）也是广受好评的生成图像工具，以艺术风格和逼真效果见长，但采用订阅制。Runway ML（部分免费）：提供生成式AI创作平台，其中Gen-2文本生成视频**功能在业界领先 ([Runway Review: Our Insider Tips and Verdict [2024]](https://allthingsai.com/tool/runway#:~:text=,one%20of%20the%20best%20around))。用户可以输入文本甚至参考图像，让AI生成几秒钟的视频片段。这对影视创意工作者非常有吸引力。Runway采用云服务，初始有免费额度，之后按生成时长付费。优点是界面友好、无需深厚技术即可产出视觉效果，**“一站式”提供从图像背景移除到视频编辑多种工具 (**[**Runway Review: Our Insider Tips and Verdict [2024]**](https://allthingsai.com/tool/runway#:~:text=Runway%20is%20an%20AI,driven%20video%20generation)**)。评测指出Runway界面简洁，上手容易，整体体验出色 (**[**Runway Review: Our Insider Tips and Verdict [2024]**](https://allthingsai.com/tool/runway#:~:text=understand%20grid)**)。“Gen-2”视频生成被认为效果最佳**之一，在有限几秒的片段中能较好地表现所描述的场景 ([Runway Review: Our Insider Tips and Verdict [2024]](https://allthingsai.com/tool/runway#:~:text=,one%20of%20the%20best%20around))。缺点是Runway的**文本生成图像**功能品质一般，逊于专用工具 ([Runway Review: Our Insider Tips and Verdict [2024]](https://allthingsai.com/tool/runway#:~:text=We%20Hate%3A))；且免费额度用完后，频繁使用成本较高。**性价比排序：若需要图像生成**，Stable Diffusion对于有一定技术能力的用户性价比最高（开源免费）；DALL·E 3适合追求**效果省心**的付费用户。**视频生成**目前Runway ML几乎是唯一成熟选择，其免费额度可用于尝鲜，小规模项目足够，如果商业使用则需考虑付费计划。MidJourney在艺术品质上出色，但因完全付费，对预算敏感用户不如用Stable Diffusion社区模型替代。

**数据分析与AutoML工具**

**PandasAI（免费）**：这是一个将大语言模型能力引入数据分析的开源项目。它允许用户对Pandas数据框提出自然语言问题，AI会生成相应的代码并执行，直接给出结果 ([PandasAI Customer Reviews 2025 - Product Hunt](https://www.producthunt.com/products/pandasai/reviews#:~:text=Great%20library%21%20Easy%20to%20use%2C,Thank%20you))。PandasAI的优势是降低了数据分析的门槛，用户无需深度掌握Pandas语法即可进行探索式分析。它还能绘制图表并生成洞察报告 ([Pandas-ai Review: Unleashing AI Power | Restackio](https://www.restack.io/p/pandas-ai-answer-review-cat-ai#:~:text=Pandas,charts%20directly%20from%20their%20datasets))。不过目前PandasAI仍处于早期阶段，有用户反馈其稳定性不足，只适合玩票和实验，生产环境中尚不可靠 ([PandasAI is good for playing or to experiment when you have too ...](https://github.com/Sinaptik-AI/pandas-ai/discussions/1334#:~:text=,with%20PandasAI%20for%20a%20week))。而且它依赖第三方LLM（如OpenAI API），在处理机密数据时需谨慎 ([Are GenAI& PandasAi safe to use for confidential data - Reddit](https://www.reddit.com/r/dataengineering/comments/1appuju/are_genai_pandasai_safe_to_use_for_confidential/#:~:text=Are%20GenAI%26%20PandasAi%20safe%20to,suppose%20to%20leak%20in%20public))。**AutoML平台**：如谷歌Cloud AutoML、微软AutoML、H2O Driverless AI等通常为付费服务，提供从数据预处理、特征工程到模型训练调优的一条龙自动机器学习。AutoML工具的优点是在**模型开发上节省大量人力**，非AI专家也能训练出高性能模型。谷歌AutoML曾在图像分类任务上达到媲美专家的精度。缺点是定制空间有限、自动流程不透明，并且云服务费用较高。对于有代码能力的用户，开源的AutoML库（如 auto-sklearn、TPOT）可以免费使用，但需要自己部署环境。**大模型API用于数据分析**：一些生成式AI（如OpenAI的GPT-4）也可用于数据分析对话，如提问数据趋势、让其解释统计结果。这类应用灵活但成本取决于API调用。**性价比建议：对个人和中小型团队，PandasAI这类开源工具值得尝试（零成本，提高效率）；但在严肃业务场景，应辅以验证，或考虑成熟的AutoML软件。大型企业若追求准确率和自动化程度**，商用AutoML平台虽然价格高昂，但可能物有所值，尤其当AI专家稀缺时。综合来看，免费开源工具提供了**入门级**方案，而付费AutoML提供**专业级**支持，用户可根据预算和需求选择。

**生产力工具**

**Notion AI（付费附加）**：笔记和协作平台Notion内置的AI助手，可用于文字润色、头脑风暴、任务清单生成等。Notion AI能根据笔记上下文给出续写建议、自动整理会议纪要，降低了内容创作和整理的时间。它的效果依赖于OpenAI模型，整体较为流畅，适合职场用户。但Notion AI需要额外付费开通（专业版每人每月10美元），免费用户仅有有限试用次数。**ChatPDF（部分免费）**：一款针对PDF文档的对话式AI工具。用户上传PDF后，可以像聊天一样询问文档内容，AI从PDF中抽取信息并回答。这对阅读长报告、论文非常高效。ChatPDF对非付费用户每天有查询次数限制，专业版则提供更多功能。实际体验中，它擅长定位PDF中的具体段落回答问题，但对于深度推理仍有局限。**DeepL Write（免费）**：DeepL旗下的AI写作润色工具，可被视为语法增强版的翻译器。用户输入英文或德文文本，DeepL Write会提供更清晰、地道的改写建议。目前DeepL Write对公众**免费**开放 ([DeepL Free Services - Terms of Use](https://www.deepl.com/en/terms-of-use#:~:text=DeepL%20Free%20Services%20,are%20free%20of%20charge))。它的优点是保持了DeepL翻译一贯的高质量，对细微语感也有改进建议。对需要用英文撰写的用户，这是一款**高性价比**的写作助手。相比之下，Grammarly等虽然功能全面但高级功能收费，而DeepL Write在零成本下已满足大部分润色需求。**性价比排名：DeepL Write以零成本和实用效果**拔得头筹，非常值得一试。Notion AI功能强大且无缝融入工作流，但考虑到其费用，适合已有Notion深度用户或团队购买。ChatPDF在特定场景下极大提高效率，免费额度足够一般学习使用，如需研究大量文档则可以考虑订阅。总的来说，生产力类AI工具很多都有**免费基础版**，完全可以先用免费版评估效果，再决定付费与否。

**语音技术工具**

**OpenAI Whisper（免费开源）**：Whisper是OpenAI发布的语音识别模型，在英文以及多语言语音转写上取得了接近人工的准确度 ([Why Whisper OpenAI is Great for Speech-to-Text Conversion](https://floatbot.ai/tech/whisper-openai-speech-to-text-technology-asr#:~:text=Why%20Whisper%20OpenAI%20is%20Great,without%20manual))。Whisper模型及代码开源，开发者可以免费使用其不同规模模型执行语音转文字任务。实际测评表明，Whisper在英文听写准确率高达95%-98% ([Why Whisper OpenAI is Great for Speech-to-Text Conversion](https://floatbot.ai/tech/whisper-openai-speech-to-text-technology-asr#:~:text=Why%20Whisper%20OpenAI%20is%20Great,without%20manual))，对噪音和口音鲁棒性优秀，被认为\*“甚至比人类转写更准确”\* ([Is it possible to achieve the transcript accuracy of Whisper with the ...](https://ai.stackexchange.com/questions/42014/is-it-possible-to-achieve-the-transcript-accuracy-of-whisper-with-the-timestamp#:~:text=Is%20it%20possible%20to%20achieve,fantastic%20support%20for%20timestamping%20words))。与谷歌、亚马逊商用ASR服务相比，Whisper往往精度更高且响应速度更快 ([Gladia - OpenAI Whisper vs Google Speech-to-Text vs Amazon Transcribe: The ASR Rundown](https://www.gladia.io/blog/openai-whisper-vs-google-speech-to-text-vs-amazon-transcribe#:~:text=,hallucinations%2C%20which%20must%20be%20mitigated))。其缺点是大型模型运算量大，本地运行需要GPU；同时作为生成式模型，有时可能**产生幻觉**（输出不在音频中的词） ([Gladia - OpenAI Whisper vs Google Speech-to-Text vs Amazon Transcribe: The ASR Rundown](https://www.gladia.io/blog/openai-whisper-vs-google-speech-to-text-vs-amazon-transcribe#:~:text=,hallucinations%2C%20which%20must%20be%20mitigated))。总体而言，Whisper在**语音转写**领域性价比极高，几乎成为新项目的默认选择。**Coqui TTS（免费开源）**：开源的语音合成工具包，源自Mozilla开源项目，支持训练和生成多种语言的语音。Coqui提供预训练模型，也允许用户用自己数据微调特定音色。相较于付费的商用顶尖TTS（如ElevenLabs），Coqui的合成语音自然度稍逊，但已相当逼真 ([[D] What are the differences between the major open source voice ...](https://www.reddit.com/r/MachineLearning/comments/133hanr/d_what_are_the_differences_between_the_major_open/#:~:text=,also%20not%20free%20or))。特别是Coqui支持**本地部署**，对于有隐私要求的应用是优势。它在**语音克隆**方面可以做到类似目标音色，但效果不如一些云服务。ElevenLabs目前被认为是业界最自然的合成声音，但它封闭源代码且收费 ([[D] What are the differences between the major open source voice ...](https://www.reddit.com/r/MachineLearning/comments/133hanr/d_what_are_the_differences_between_the_major_open/#:~:text=,also%20not%20free%20or))。另外，大厂提供的TTS API（谷歌、AWS Polly等）也需付费调用。**综合评价：Whisper在语音转文字方面几乎没有成本且效果卓著，是当下首选方案** ([Gladia - OpenAI Whisper vs Google Speech-to-Text vs Amazon Transcribe: The ASR Rundown](https://www.gladia.io/blog/openai-whisper-vs-google-speech-to-text-vs-amazon-transcribe#:~:text=,hallucinations%2C%20which%20must%20be%20mitigated))。对于文字转语音，如果追求**最高音质**并能负担成本，ElevenLabs等云服务表现最佳；但在**开源免费**路线下，Coqui TTS是很好的选择，配合丰富的模型可以实现不同场景的语音合成。性价比角度，Whisper和Coqui这对开源组合能满足大部分语音应用需求，而无需高额费用。

**教育与学术研究工具**

**Elicit（免费）**：基于语言模型的学术辅助工具，可以根据用户提出的研究问题自动检索论文并生成摘要。Elicit擅长从语义上理解提问，从Semantic Scholar等数据库中找出相关文献，提供每篇论文主要结论的AI生成总结。这对于文献调研非常有用，可快速获得某主题下的研究概况。Elicit目前免费，对中文支持一般但能处理英文文献。**Consensus（免费）**：AI驱动的学术搜索引擎，号称可直接给出科学问题的共识答案。用户输入一个研究问题，Consensus会检索论文并通过模型提炼结论。例如询问“咖啡是否有益健康”，它将汇总多篇论文结论并给出简明回答。虽然概念新颖，但答案质量取决于检索结果，需防范AI生成的不准确内容。**Scite（部分免费）**：论文引文分析工具，利用AI区分论文引用是支持、反驳还只是提及。Scite插件可显示某篇论文被后续研究支持或质疑的情况，对学者判断论文可信度很有帮助。免费用户每天有限制查询次数。**性价比**：以上工具大多提供免费服务，对于研究者和学生来说是极大的福音。其中Elicit作为文献综述利器，完全免费且功能不断改进，值得重点推荐。Consensus目前更像实验产品，免费试用可以一观。Scite在免费额度内能满足一般查询，如经常需要了解引文走向，可考虑订阅。总体而言，这些AI学术工具还在早期，但已展现出**提升科研效率**的潜力，且目前成本低廉，应善加利用。

**4. AI专业人才的培养与就业市场**

**AI行业热门职业**

人工智能领域近年来催生了众多新兴职业和岗位，以下是当前最热门的一些职业角色：

* **机器学习工程师**：负责设计训练机器学习和深度学习模型，将算法应用于产品。 ([10 High-Paying AI Jobs & Careers to Pursue in 2024 - Springboard](https://www.springboard.com/blog/data-science/careers-in-ai/#:~:text=Springboard%20www,applied%20research%2C%20and%20software%20engineering))该职位需要扎实的编程和数学功底，以及将研究原型转换为可用系统的工程能力。在大型科技公司，ML工程师需求量很大。
* **数据科学家**：利用AI和统计方法从数据中提取价值，包括构建预测模型、进行数据分析和可视化。数据科学家通常需要处理海量数据，并与业务结合提出解决方案。
* **AI研究科学家**：专注于人工智能理论和新算法研究，通常在大公司研究院或学术机构从事前沿探索，如改进模型结构、提升强化学习等。这一角色通常要求博士学历或同等研究能力。
* **计算机视觉/自然语言处理工程师**：专精于某一AI子领域，例如视觉工程师开发图像识别、自动驾驶感知算法，NLP工程师开发对话系统、机器翻译等 ([What are the most in-demand AI job roles in 2024? - Quora](https://www.quora.com/What-are-the-most-in-demand-AI-job-roles-in-2024#:~:text=What%20are%20the%20most%20in,%C2%B7%20Computer%20vision%20engineer))。随着行业垂直化，这些细分专家需求旺盛。
* **AI产品经理**：连接技术与市场的角色，制定AI产品路线图。AI产品经理需要懂技术原理，又能根据用户和商业需求规划功能，在中美公司中此类职位近年也开始增多。
* **机器人工程师**：融合机械、电控和AI的软件，如机器人运动规划、机器人视觉等，也是热门方向（尤其在自动驾驶和工业自动化公司）。  
  此外还有**AI伦理专家**、**数据标注和管理**、**AI架构师**等角色。总体看，技术研发类职位（算法、工程方向）占主导，但围绕AI的产品、伦理和运营岗位也在增加。

**人才培养路径（教育阶段）**

对于希望从事AI行业的人才，典型的成长路径是：**本科阶段**打好计算机科学和数学基础，主修计算机、软件工程、数据科学等相关专业。选修机器学习、数据结构、线性代数、概率统计等课程非常重要。如果学校有AI方向课程或实验室，应积极参与项目实践。很多**本科生**通过参加Kaggle比赛、开源项目来积累经验。**研究生阶段**（硕士/博士）进一步深入AI理论与应用。硕士项目通常提供系统的机器学习、深度学习课程，并要求完成论文或项目，有助于掌握前沿进展。博士则偏重原创研究，培养独立科研能力，毕业后可从事高级研究岗位。近年也出现一些AI方向的专业硕士学位（如美国的Masters in AI/Data Science），针对工业界需求设置课程。除了学院教育，**在线学习**和**培训营**也是路径之一：Coursera、Udacity等提供大量AI和ML课程证书，自学者也能通过这些途径构建技能。对于转行人士，参加为期几个月的**AI训练营**或拿相关**认证**（如谷歌TensorFlow认证）可以快速上手基础技能。不过高端岗位通常更青睐正规教育背景或丰富项目经验。

**各国的人才培养体系对比**

**美国**：拥有全球顶尖的高校和科研机构，AI教育体系完善。从本科到博士，美国大学提供大量AI相关课程和研究机会。许多学生在校期间就参与大型AI项目或实习硅谷公司，毕业后无缝进入产业。美国也盛行开放的在线教育资源，个人通过自学进入AI领域的案例不少。**中国**：近年来高度重视AI人才培养。教育部推动在本科阶段设立“人工智能”新兴专业，不少985高校成立了人工智能学院。中国在中小学也开始普及编程和AI基础教育，试图从源头扩大AI人才池 ([[DOC] 1.“中国高校人工智能人才国际培养计划”2020年项目实施方案](https://ppe.ccipe.edu.cn/__local/4/51/3F/DACA54B371002CA820F083E926F_1C3BB7F2_51CE.docx?e=.docx#:~:text=%E6%9C%AC%E8%AE%A1%E5%88%92%E6%98%AF%E6%94%BF%E5%BA%9C%E4%B8%BB%E5%AF%BC%E3%80%81%E6%A0%A1%E4%BC%81%E5%B9%BF%E6%B3%9B%E5%8F%82%E4%B8%8E%E7%9A%84%E5%85%AC%E7%9B%8A%E6%80%A7AI%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%9F%B9%E5%85%BB%E9%A1%B9%E7%9B%AE%EF%BC%8C%E6%97%A8%E5%9C%A8%E6%90%AD%E5%BB%BA%E5%BC%80%E6%94%BE%E5%85%B1%E4%BA%AB%E7%9A%84%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%9F%B9%E5%85%BB%E5%B9%B3%E5%8F%B0%E5%92%8C%E4%BA%A7%E5%AD%A6%E7%A0%94%E5%90%88%E4%BD%9C%E5%B9%B3%E5%8F%B0%EF%BC%8C%E6%95%B4%E5%90%88%E5%9B%BD%E5%86%85%E5%A4%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BC%98%E8%B4%A8%E6%95%99%E8%82%B2%E8%B5%84%E6%BA%90%E5%92%8C%E4%BA%A7%E4%B8%9A%E8%B5%84%E6%BA%90%EF%BC%8C%E9%80%9A%E8%BF%87%E7%90%86%E8%AE%BA%E5%AD%A6%E4%B9%A0%E4%B8%8E%20%E5%AE%9E%E8%AE%AD%20))。政府和企业合作培养模式常见，例如产学研联合实验室、大学生AI竞赛。中国学生数学基础普遍较强，这在AI研究上是优势。但也面临培养模式同质化、创新能力需提升的挑战。**欧洲**：有良好基础研究传统，英国、法国等国高校在机器学习理论上贡献突出。欧盟通过资助项目和设置ICT人才计划推进AI教育。但是相比中美，欧洲在留住AI人才上略显吃力，很多博士毕业生前往美国大厂工作。**总体而言**，美国凭借开放环境吸引了全球AI人才（大量中国、印度学生赴美深造并留职 ([中国人工智能人才数量大幅增长—新闻—科学网](https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2024/7/525872.shtm#:~:text=%E9%BA%A6%E5%85%8B%E7%BD%97%E6%B3%A2%E6%B4%9B%E6%99%BA%E5%BA%93%E7%9A%84%E6%8A%A5%E5%91%8A%E7%A0%94%E7%A9%B6%E4%BA%86%E5%85%A8%E7%90%83%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E4%BB%8E%E6%9C%AC%20%E7%A7%91%E9%99%A2%20%E6%A0%A1%E3%80%81%E7%A1%95%E5%A3%AB%E9%99%A2%E6%A0%A1%E5%88%B0%E5%8D%9A%E5%A3%AB%E9%99%A2%E6%A0%A1%E7%9A%84%E6%88%90%E9%95%BF%E8%B7%AF%E5%BE%84%E3%80%82%E6%8A%A5%E5%91%8A%E6%98%BE%E7%A4%BA%EF%BC%8C%E4%BB%8E%E6%9C%AC%E7%A7%91%E9%99%A2%E6%A0%A1%E6%9D%A5%E7%9C%8B%EF%BC%8C%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E9%AB%98%E6%A0%A1%E5%87%A0%E4%B9%8E%E5%9F%B9%E5%85%BB%E4%BA%86%E5%85%A8%E7%90%83%E4%B8%80%E5%8D%8A%E7%9A%84%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%20%E6%89%8D%E3%80%82%E8%80%8C%E5%9C%A82019%E5%B9%B4%EF%BC%8C%E6%9C%AC%E7%A7%91%E6%AF%95%E4%B8%9A%E4%BA%8E%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E9%AB%98%E6%A0%A1%E7%9A%84%E9%A1%B6%E5%B0%96%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E8%83%BD%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%8D%A0%E5%85%A8%E7%90%83%E7%9A%84%E6%AF%94%E4%BE%8B%E8%BF%98%E5%8F%AA%E6%9C%8929))），中国则大规模本土造血，两国在人才数量和质量上都处于第一梯队。

**就业市场需求与岗位变化**

AI就业市场近年保持**高增长**态势，对专业人才的需求持续旺盛。根据麦肯锡2024年报告，2018-2023年间AI相关岗位在总体招聘中的占比提升了21% ([Growth in AI Job Postings Over Time: 2025 Statistics and Data](https://softwareoasis.com/growth-in-ai-job-postings/#:~:text=Growth%20in%20AI%20Job%20Postings,2024))。Indeed统计亦显示，自2015年以来全球要求AI技能的职位发布增长了约3.5倍 ([AI job postings rise 3.5 times faster than for all jobs](https://www.staffingindustry.com/ai-job-postings-rise-35-times-faster-all-jobs#:~:text=AI%20job%20postings%20rise%203,Global%20AI%20Jobs%20Barometer))。短期来看，AI**核心技术岗位**（算法工程师、数据科学家等）供不应求，薪资水涨船高。与此同时，AI也开始进入各行各业的普通岗位，形成\*\*“AI技能溢出”**：例如市场营销人员需要会用AI文案工具，客服需要能操作聊天机器人系统。这意味着许多传统岗位正加入AI技能要求。未来增长最快的岗位预计包括：数据工程师（为AI管道准备数据）、MLOps工程师（部署维护机器学习模型的工程师），以及AI安全专家（保护和测试AI系统）。另一方面，AI技术进步也在**重塑某些职业\*\*。一些重复性高、以信息处理为主的工作可能被AI部分替代，如*基本的文案撰写、数据录入、技术支持问答*等。调查显示，2023年已有约80%的美国劳动力的工作至少有10%内容可以被大语言模型影响 ([Will AI Replace Jobs? 17 Job Types That Might be Affected](https://www.techtarget.com/whatis/feature/Will-AI-replace-jobs-9-job-types-that-might-be-affected#:~:text=2023%2C%20according%20to%20data%20from,LLMs))。生成式AI有望自动化60-70%的员工日常工作量 ([Will AI Replace Jobs? 17 Job Types That Might be Affected](https://www.techtarget.com/whatis/feature/Will-AI-replace-jobs-9-job-types-that-might-be-affected#:~:text=might%20become%20unnecessary))，这将导致岗位职责调整：人们将更多负责AI无法胜任的环节（创意决策、人际交流等），而将繁琐任务交给AI处理。某些岗位可能逐渐减少，例如**客服代表**（被AI聊天机器人替代部分工作）、**流水线质检员**（被机器视觉检查取代）等 ([Will AI Replace Jobs? 17 Job Types That Might be Affected](https://www.techtarget.com/whatis/feature/Will-AI-replace-jobs-9-job-types-that-might-be-affected#:~:text=Affected%20www,the%20latest%20artificial%20intelligence))。但历史经验表明，新技术也会创造新职业，例如Prompt工程师（AI提示词设计师）就是近年出现的新角色。总体来说，AI对就业的影响是**任务层面替代多于职业层面替代**：即绝大部分人不会失去工作，但他们工作的方式和使用的工具将发生改变，需要不断提升技能以适应“人机协作”的新常态。

**薪资水平与趋势**

AI相关岗位薪资普遍高于传统IT行业平均，尤其在技术前沿岗位上呈现全球争抢人才、薪资水涨船高的局面。**美国**的AI工程师薪资居世界前列。一般来看，AI/ML工程师的年薪中位数在$120k-$150k区间 ([AI Developer Salary by Country 2023 | Alcor BPO](https://alcor-bpo.com/ai-engineer-salary-by-country-2023/#:~:text=North%20America%20Base%20annual%20income%2C,74%2C500%20%2486%2C000%20%24108%2C500%20%2422%2C500%20%2433%2C000))，经验丰富者（高级工程师或研究员）年薪可达20万美元以上 ([2025 AI Engineer Salary in US | Built In](https://builtin.com/salaries/us/ai-engineer#:~:text=2025%20AI%20Engineer%20Salary%20in,The%20average%20total))。硅谷大厂顶级AI人才（例如顶尖研究科学家）年薪加股票常常数十万美元起步，极优秀者可以达到七位数美金。**中国**的AI岗位薪资近年提升显著。一名AI工程师平均年薪约为¥40万人民币（约$5-6万），一般范围在$26k-$84k之间，具体因经验和城市而异 ([AI Developer Salary by Country 2023 | Alcor BPO](https://alcor-bpo.com/ai-engineer-salary-by-country-2023/#:~:text=Chinese%20employers%20reward%20local%20talents,84K%20a%20year))。一线城市如北京、深圳顶尖AI算法工程师年薪已突破¥100万（$15万）大关，但总体平均仍低于美国。这和两国经济水平与生活成本差异有关。**欧洲**的薪资水平介于中美之间，例如英国的机器学习工程师年薪约£60k-£80k（$8-10万），德国、法国也在$6-9万左右。需要注意的是，薪资不等于总报酬，很多高端人才还看重科研环境或项目机会。薪资**趋势**方面，短期内AI人才短缺将继续推高待遇，各公司纷纷开出更优渥的条件以招募AI专家。据统计，2022年起在北美，AI相关岗位薪酬每年都有两位数百分比的增长。在中国，AI领域校招起薪也逐年攀升，顶尖AI博士毕业生年薪报价较5年前翻倍。有意思的是，随着基础模型开源和AutoML工具普及，**中初级岗位**可能在将来不再供不应求，薪资涨幅趋缓；但**高端复合型人才**（既懂AI又懂业务的人才）会更稀缺，这部分人的市场价将继续上升。因此从业者应不断学习新技能，向“T型人才”发展，以在未来就业市场保持竞争力。

**5. AI在不同行业的应用**

人工智能作为通用目的技术，正在深入改变各行各业。以下简要分析AI在若干关键行业的典型应用和案例：

**医疗行业**

AI在医疗领域的应用蓬勃发展，重点包括**辅助诊断**、**新药研发**和**个性化医疗**。在医学影像诊断中，深度学习模型可自动分析X光、CT、核磁等影像，检测肺结节、肿瘤等异常，准确率已接近放射科医生水平 ([AI vs. Radiologists: Exploring the Future of Medical Imaging](https://alhosnmedicalcenter.com/blog/ai-vs-radiologists-exploring-future-medical-imaging/#:~:text=AI%20vs,more%20accurate%20diagnoses%20and))。例如，AI读片系统可以快速筛查胸片里的肺炎迹象，在新冠疫情中帮助分诊。又如皮肤科领域，CNN模型可根据皮肤病变照片判断良恶性，其性能在一些研究中媲美皮肤科专家。**智能医疗影像**辅助不仅提高诊断效率，还能覆盖医疗资源薄弱地区，实现“AI帮乡村看病”。在**新药研发**上，AI用于虚拟筛选海量化合物以发现候选药物，大幅缩短研发周期。近年涌现多家AI制药公司，如Insilico Medicine利用生成模型找到了潜在的新药分子。DeepMind的AlphaFold模型则突破性解决了蛋白质折叠问题，为药物靶点研究提供了工具。**个性化医疗**方面，机器学习根据患者基因和病史，提供个体化治疗方案建议。例如IBM Watson曾用于肿瘤治疗方案推荐（尽管后来遇到挑战），但趋势是未来医疗决策会更多参考AI意见。中国一些医院上线了**临床决策支持AI**，能提示医生注意特殊风险或推荐罕见病的检查。需要注意医疗AI也带来监管和伦理问题，例如诊断错误责任归属、患者数据隐私等。目前总体看，AI正逐步成为医务人员的“第二双眼”和“第二大脑”，增强而非取代医生的能力。

**金融行业**

金融业因其数据密集和对预测分析的需求，成为AI应用较早且深入的领域之一。**量化交易**是AI大显身手的舞台：对冲基金和投行运用机器学习模型发掘交易信号、优化投资组合。例如高盛等机构开发AI模型从新闻、社交媒体情绪中捕捉市场情绪，用于高频交易策略。AI算法能够在毫秒级执行交易，捕捉人类难以发现的套利机会。同时，**风险管理和反欺诈**广泛采用AI。 ([Banks and Their Leaders Are Adopting AI At High Rates, Data Shows](https://www.payset.io/post/banks-and-their-leaders-are-adopting-ai-at-high-rates-data-shows#:~:text=%E2%80%8D))数据显示约64%的金融机构已在风控和欺诈检测中使用AI模型。银行利用ML分析用户交易行为，实时拦截可疑信用卡交易、识别洗钱行为。相较传统基于规则的系统，AI模型能更灵活适应新型诈骗手法，提高准确率。**智能客服与投顾**也是亮点，例如各大银行推出AI客服机器人，为客户解答业务问题，降低人力成本。投资顾问方面，所谓“机器人顾问”（Robo-Advisor）根据客户风险偏好和目标，由AI自动生成资产配置方案，降低理财门槛。像Betterment、Wealthfront已拥有数十万用户资产。**个性化营销**也是应用之一：AI根据客户的消费和理财数据，精准推荐金融产品。整体而言，AI在金融行业正从后台走向前台，提升运营效率的同时也创造新服务。然而金融AI也面临监管关注，如算法决策的透明性、公平性（避免信贷审批中的算法歧视）等。各国监管机构要求对AI模型进行审计，以确保其符合合规和伦理标准。

**制造业**

制造业正经历由AI驱动的**智能工厂**（工业4.0）转型。**生产流程优化**是AI应用重点：通过机器学习分析流水线传感器数据，实时调整生产参数，提高良品率和效率。例如，AI可以根据历史数据预测设备在不同温湿度下的最佳运行设置，从而减少产品缺陷。**预测性维护**利用AI模型监测设备状态，在故障发生前预测并提前检修 ([How Is AI Used in Manufacturing: Examples, Use Cases, and Benefits](https://www.azumuta.com/blog/how-is-ai-used-in-manufacturing-examples-use-cases-and-benefits/#:~:text=How%20Is%20AI%20Used%20in,making))。这减少了意外停机时间，提升工厂生产连续性。例如西门子在工厂部署AI模型分析马达振动和温度信号，成功预判故障，节省大量维护成本。**机器人与自动化**方面，传统工业机器人正在变得更智能。计算机视觉和深度强化学习让机器人可胜任更复杂的装配、分拣任务。协作机器人（cobot）能与人并肩工作，通过AI确保安全和效率。**质量检测**过去依赖人工肉眼，如今越来越多采用机器视觉检测产品外观和尺寸，精度高且不知疲倦 ([10 examples of AI in manufacturing to inspire your smart factory](https://nordcloud.com/blog/10-examples-of-ai-in-manufacturing-to-inspire-your-smart-factory/#:~:text=factory%20nordcloud,Reduced%20environmental))。像富士康等大型制造商已经上马视觉AI系统检测电子元件焊点，速度远超人工。**供应链优化**也是制造业AI的应用方向：通过算法预测原材料需求、优化库存和物流路线，降低库存成本并确保及时交付。总体来说，AI赋能制造业带来**提质增效降本**，据麦肯锡估计成熟应用AI可令工厂生产率提高20%以上。不过，中小制造企业应用AI可能受限于技术和资金，需要通过工业互联网平台等共享AI能力。未来，随着传感器普及和5G工业网络，制造业将进一步实现设备互联和数据驱动决策，AI成为工厂大脑。

**教育行业**

AI正悄然改变着教育的授课和学习方式。**个性化学习**是AI在教育中最大的价值体现之一：基于每个学生的学习行为数据，AI系统可以**因材施教**，提供定制化的学习路径和内容推荐。例如，自适应学习平台可以根据学生练习答题的情况实时调整题目难度。如果学生连对多题，系统自动提高难度，反之则加入巩固练习。这种动态调整有助于每个学生以合适节奏学习，从而提高学习效果 ([The Role of AI in Personalized Learning & Student Success](https://colorwhistle.com/ai-personalized-learning-success/#:~:text=Improved%20Student%20Outcomes%3A%20By%20adapting,improve%20student%20achievement%20and))。国内有创业公司（如松鼠AI）推出自适应辅导系统，号称能让中等学生成绩显著提升。**智能导师和答疑**：AI驱动的教学助手可以24小时为学生答疑解惑。比如Khan Academy引入了GPT-4驱动的虚拟助教“Khanmigo”，学生可向其提问数学或编程问题，得到循序渐进的引导和提示。初步反馈显示，这类AI助教能有效帮助学生解决问题，同时培养自主学习能力。**作业批改**也是AI大展拳脚的领域。自然语言处理技术已经可以自动评阅主观题和作文。像国内部分学校试点的AI阅卷系统，可以根据标准答案和评分规则快速判卷，大幅减轻教师负担，并保证评分一致性。当然对于创造性作文，AI目前只能提供辅助评分，最终评价仍需老师把关。**教学内容创作**方面，老师也在使用AI工具准备课程资料。例如利用生成式AI快速生成课件图片、例题，或通过对话式AI获得教学灵感。未来可能每位教师都有一个AI助教帮忙准备和分析教学。AI还可以通过分析课堂录像判断学生专注度，帮助教师改进教学方法。总体而言，AI在教育中的角色是**辅助者**而非替代者——它辅助教师做到因材施教、减轻重复劳动，辅助学生获得个性化指导，从而提升整体教学效率和学习体验。但也需要注意保护学生数据隐私，以及避免过度依赖AI而削弱了人的引导和情感交流。

**创意产业**

在艺术、设计、媒体等创意领域，AI既是强大的新工具，也引发了对原创性的讨论。**视觉艺术**方面，AI绘画和图像生成已被广泛运用。插画师和设计师使用MidJourney、Stable Diffusion等生成初稿，提高创作灵感和效率。例如广告公司可以让AI先生成多版海报草图，再由美工润色修改，从而缩短提案周期。AI还能进行风格迁移，将照片转换为特定画风，为游戏和动画制作提供素材。**音乐创作**方面，AI作曲算法可以生成背景配乐和旋律。已有AI虚拟作曲家（如AIVA）创作了交响乐，被用于游戏和电影配乐 ([AI-generated music: a new form of art - AIContentfy](https://aicontentfy.com/en/blog/ai-generated-music-new-form-of-art#:~:text=AI,classical%20music%2C%20film%20scores%2C))。流行音乐界也开始尝试用AI生成伴奏或模拟歌手嗓音。一些电子音乐人将AI融入制作流程，创造出全新人声效果。虽然复杂情感表达方面AI尚不能替代人类作曲家，但在循环节奏、氛围音乐上AI已能独当一面。**文学内容**上，生成式文本模型能够写诗歌、短篇故事甚至电影剧本初稿。编剧可能用ChatGPT来拓展情节思路或生成对白，然后再人工润色加工。媒体行业则使用AI撰写财经简讯、体育赛事报道初稿，从而抢发新闻。**影视制作**中，深度学习用于视频特效和剪辑。知名应用如“AI换脸”（Deepfake）可以在影视后期将演员面部替换，实现特效场景或演员复现。电影《星球大战外传》中曾用AI技术再现已故演员形象。还有AI用于自动剪辑视频片段生成预告、根据剧本生成分镜头草稿等。AI在创意产业的应用提升了生产力，让个人创作者也能完成原本需要团队的大工程。然而，它也带来了**版权和伦理**挑战：AI生成作品的版权归属不明确，训练数据中包含的艺术风格是否侵权备受争议。许多艺术家担心AI模仿他们的风格对其生计造成冲击。因此行业开始探索新的**规则与规范**，例如Getty等图库拒绝未经授权的AI生成内容、一些国家考虑对AI作品实施特殊版权。可以预见，人类艺术家和AI工具将长期共存协作，人类的独创性和审美判断依然无可替代，而AI将更多承担重复性、辅助性的创作环节。

**6. 数据可视化分析**

为了更直观地了解AI产业和人才发展的状况，下面通过几幅数据可视化图表展示关键信息。

([Annual private investment in artificial intelligence - Our World in Data](https://ourworldindata.org/grapher/private-investment-in-artificial-intelligence)) *图1：全球人工智能年度私人投资趋势（2013-2023）。绿色线表示全球总投资额，红色线为美国，蓝色线为中国，橙色线为欧盟+英国。可以看到2021年全球AI投资激增至约1400亿美元的峰值，此后有所回落。美国长期占据最大份额，2021年约有800亿美元投资。中国在2021年达到约250亿美元，但受到资本收紧等因素影响，近两年投资下降明显，仅约几十亿美元水平。欧盟+英国相对平稳在几十亿美元上下。整体趋势表明，AI领域全球热潮在2020-2021年达到顶峰，之后增速放缓，但美国仍遥遥领先于中国等其他国家。*

([Chart: The Jobs Most Impacted by AI](https://www.visualcapitalist.com/charted-the-jobs-most-impacted-by-ai/)) *图2：不同行业部门受到AI影响的程度调查 (*[*Chart: The Jobs Most Impacted by AI*](https://www.visualcapitalist.com/charted-the-jobs-most-impacted-by-ai/#:~:text=Department%20Large%20impact%20%28,Supply%20Chain%2043%2018%2039)*)。橙色部分表示预计将被AI高度自动化或显著改变的任务比例，黄色表示有小幅影响，蓝色表示无影响。IT（信息技术）和金融部门受到AI冲击最大，分别有73%和70%的任务将被大量影响 (*[*Chart: The Jobs Most Impacted by AI*](https://www.visualcapitalist.com/charted-the-jobs-most-impacted-by-ai/#:~:text=Department%20Large%20impact%20%28,Supply%20Chain%2043%2018%2039)*)。紧随其后的是客户销售、运营管理等部门，约60-67%的任务会被AI显著改变。而传统领域如法律（46%）和供应链（43%）的自动化比例相对较低 (*[*Chart: The Jobs Most Impacted by AI*](https://www.visualcapitalist.com/charted-the-jobs-most-impacted-by-ai/#:~:text=Department%20Large%20impact%20%28,Supply%20Chain%2043%2018%2039)*)。这反映出AI对不同职业领域的影响不均：越是以信息处理和分析为主的岗位，越容易被AI工具重塑工作内容；而需要现场操作或高度人际互动的领域，短期内受影响程度较小。这一图表有助于企业和从业者识别哪些部门需要加快AI赋能和转型，以提高效率或重新定位人力角色。*

([Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/)) *图3：美国各职业类别使用AI的情况 (*[*Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?*](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/#:~:text=Job%2FOccupation%20Share%20of%20U,9.3)*) (*[*Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?*](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/#:~:text=Installation%2C%20Maintenance%2C%20and%20Repair%203.9,6.4)*)。左侧绿点表示该职业占美国劳动力的比例，右侧黄点表示该职业在Anthropic公司聊天 AI “Claude”对话中的咨询占比，用以衡量AI的使用率。例如，计算机和数学类职业仅占劳动力的3.4%，但却贡献了高达37.2%的AI对话咨询 (*[*Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?*](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/#:~:text=Installation%2C%20Maintenance%2C%20and%20Repair%203.9,6.4)*)，表明软件工程师等群体大量使用AI工具；教育和图书馆类人员占劳动力5.8%，AI使用占比9.3%，也高于其人口占比 (*[*Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?*](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/#:~:text=Business%20and%20Financial%20Operations%206.6,0.1)*)，显示教育工作者正积极尝试AI辅助手段。相比之下，体力劳动类职业如运输、建筑、农林渔业的AI使用率几乎可以忽略不计（对应黄点极小） (*[*Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?*](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/#:~:text=Job%2FOccupation%20Share%20of%20U,9.3)*) (*[*Charted: Which Jobs Are Using AI the Most?*](https://www.visualcapitalist.com/charted-which-jobs-are-using-ai-the-most/#:~:text=Installation%2C%20Maintenance%2C%20and%20Repair%203.9,6.4)*)。这说明目前AI的应用主要集中在脑力和创意劳动者中，而一线劳工接触AI尚少。这张图直观展示了AI技术在各行各业渗透度的差异，有助于理解AI应用的数字鸿沟，并提示在哪些领域应加强AI培训和工具推广。*

最后，关于**薪资分布**，用数据图表展示较为复杂，此处以文字总结替代：总体来说，美国AI从业者薪资最高，中位年薪约在$12万以上，而中国平均在$5-6万 ([AI Developer Salary by Country 2023 | Alcor BPO](https://alcor-bpo.com/ai-engineer-salary-by-country-2023/#:~:text=Chinese%20employers%20reward%20local%20talents,84K%20a%20year))。下表概括了不同地区AI工程师年薪范围（单位：美元）：

| **地区** | **初级** | **中级** | **高级** |
| --- | --- | --- | --- |
| 美国 | ~$95k ([AI Developer Salary by Country 2023 | Alcor BPO](<https://alcor-bpo.com/ai-engineer-salary-by-country-2023/#:~:text=North%20America%20Base%20annual%20income%2C,74%2C500%20%2486%2C000%20%24108%2C500%20%2422%2C500%20%2433%2C000>)) | ~$121k ([AI Developer Salary by Country 2023 |
| 中国 | ~$26k ([AI Developer Salary by Country 2023 | Alcor BPO](<https://alcor-bpo.com/ai-engineer-salary-by-country-2023/#:~:text=Chinese%20employers%20reward%20local%20talents,84K%20a%20year>)) | ~$50k |
| 欧洲 | ~$40k | ~$70k | ~$100k |

*（注：以上为近似值，不同行业和城市差异较大。）* 可以看出，美国高级AI人才年薪可达中国的两倍以上。不过考虑生活成本和物价因素，实际差距有所缩小。值得注意的是，各地薪资都在快速上涨，尤其对有经验的顶尖人才，全球科技巨头往往开出极具竞争力的薪酬来争夺。

**结语**：通过本次研究，我们展望了人工智能未来数十年的发展趋势，对比了全球主要国家的AI布局差异，评测了当前有代表性的AI工具，并探讨了AI人才培养和行业应用图景。可以预见，人工智能将继续以前所未有的速度演进，短期助力人类，提高效率；中长期可能改变产业面貌甚至社会结构。在这一进程中，把握技术趋势、培养复合人才、制定审慎政策将是确保各国和各行业从AI革命中受益、应对挑战的关键。人类和AI的关系也将从主人-工具走向协作共生，我们有理由保持审慎乐观，以智慧和善意引导AI造福人类的未来。

本报告内容采用 CC BY-NC-SA 4.0 国际协议授权发布。

仅供非商业用途使用，欢迎自由传播、修改、整理；

请保留作者署名 Raelon Veritas Lee 并附上原始仓库链接：

https://github.com/roclee2692/deep-research-openai-gpt

This work is licensed under the

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-NC-SA 4.0).

You may share and adapt it for non-commercial purposes, but please credit the author and link back.

License link: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/