

2024年10大突破性科技

编译 | 李建

《麻省理工科技评论》每年锁定可望造福全世界的创新科技，2024年入选名单正式出炉，无不代表着科技进展有成，有机会在目前或未来几年发挥影响力。

无所不在的人工智能

ChatGPT等生成式人工智能(AI)工具以空前速度普及化，颠覆整体产业的走势。

主要研发单位：

Google、Meta、微软、OpenAI

成熟期：现在

2022年11月，OpenAI低调推出一款自由网应用程序，名为ChatGPT，万万没人料想得到它会掀起巨变。

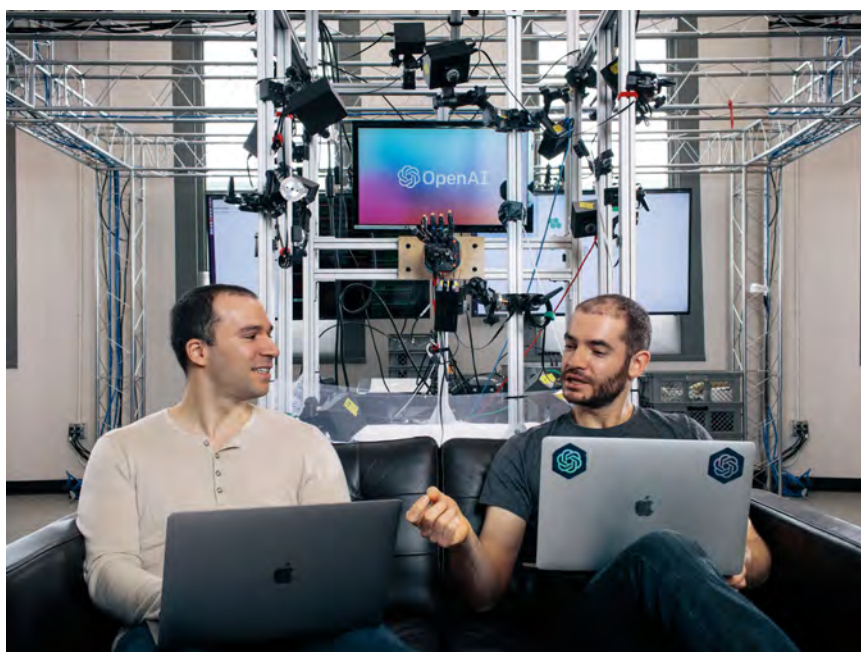
到了1月，ChatGPT已成为史上成长最快速的网络应用程序。只要有浏览器，每个人都能使用这个有史以来数一数二强大的神经网络。大家赞叹之际难掩忧心。

殊不知，AI争霸战这时才刚要起跑。2月时，微软与Google不甘示弱，宣布要将聊天机器人整合于搜寻功能，重新定义我们与网络的日常互动。

初期的展示成效不佳，微软的

Bing Chat 捅出篓子，胡乱给答案，而Google的Bard在展示时，被人抓到回答内容有地方与事实不符。但精灵既出，就算怪模怪样，就不会再回到神灯。

微软与Google后续把应用范围从



搜寻拓展到办公室软件，将聊天机器人助理交到几十亿用户的手上，可望为电子邮件与会议做出摘要、草拟报告与回复、制作出完整投影片（标体、要点与图片一样也不少），几秒钟就搞定。

微软与 Meta 发表图像制作模型，用户按个键，就能生成可分享的创意图像。网络现在充斥着无厘头的混搭图像，甚至有数十张是米老鼠或海绵宝宝开飞机飞向双子星大楼。

Google 新款手机采用 AI 技术，提供前所未见的照片编辑功能，可以把丑脸换成笑脸、把阴暗午后换成完美夕阳。

生成式 AI 从实验原型跃升到消费者产品，速度之快、规模之大，非历史其他颠覆型技术所能比。可以确定的是，我们才正要一窥堂奥，更别谈了解它的冲击了。

AI 光环是否变淡了？或许吧。技术每更新一次，就更不容易有惊艳感。但数十亿人在 2023 年首度第一手接触 AI，无疑是重大里程碑。我们现在要摸索清楚的是，它是敌是友？

第一个基因编辑疗法

CRISPR 疗法问世，首先锁定镰形血球贫血症。

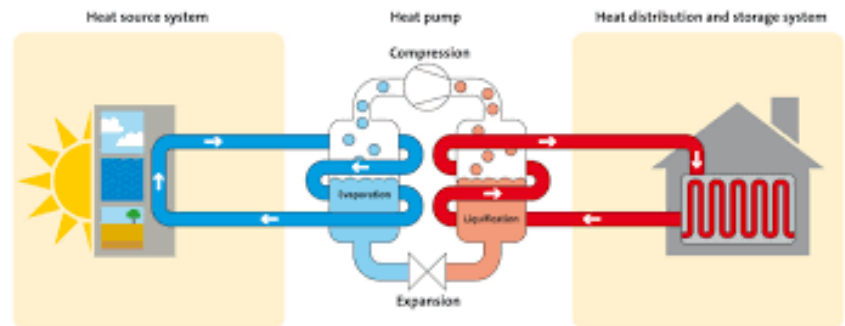
主要研发单位：

CRISPR Therapeutics、Editas Medicine、Precision BioSciences、Vertex Pharmaceuticals

成熟期：现在

第一个基因编辑疗法来了！病患心存感激，称它彻底翻转人生。

短短 11 年前，科学家研发出强大的 DNA 剪辑技术，称为 CRISPR，如今这项技术已走出实验室，能够实际



用于治疗镰形血球贫血症。

之所以罹患镰形血球贫血症，是因为从父母双方同时遗传到变异的血红蛋白基因，症状包括剧烈疼痛，患者平均寿命只有 53 岁。美国每 4 千人有 1 人得病，几乎全数是非裔民众。

镰形血球贫血症是如何成为首个 CRISPR 成功案例的？生物学的巧合是原因之一。人体还有另一种方法可以制造血红蛋白，只是出生时关闭了。研究人员发现，只要在骨髓细胞进行简单的 DNA 编辑，就能重新开启机制

许多 CRISPR 疗法处于实验阶段，但在 2022 年，位于美国波士顿的福泰制药（Vertex Pharmaceuticals）率先将相关疗法送审核准，便是锁定镰形血球贫血症。骨髓细胞经过剪辑后，自愿参加试验的患者几乎全数不再疼痛。

这固然是好消息，但治疗费用预计动辄 200 到 300 万美元。此外，福泰制药短期并没有在非洲推出的计划，偏偏镰形血球贫血症在非洲最为常见，而且仍会夺走幼童性命。

该公司指出，这是因为疗程过于复杂，患者必须住院，而医生必须取出骨髓、编辑细胞，再植回人体。对于仍旧无法因应基本医疗需求的国家，这项手术仍旧太过先进，未来有待更简单、更

便宜的 CRISPR 疗法问世。

热泵技术

热泵是行之有年的技术，如今在减碳领域出现实质进展，住家、建筑大楼，甚至制造业都可望受惠。

主要研发单位：

大金、三菱、Viessmann

成熟期：现在

热泵时代来临！

热泵设备以电力供应冷气或暖气。许多建筑目前的暖气系统仍采用化石燃料，又以天然气为主流。

若能改用以再生能源为电力来源的电热泵，有助于住家、办公室，甚至是制造工厂大幅降低碳排放。

热泵从 20 世纪中叶便已应用于建筑，但相关技术如今出现新突破。2022 年热泵空调全球销量成长 11%，连续第二年达 10 位数增幅（然 2023 年成长力道可能放缓）。欧洲的转变最大，2022 年热泵装置数量激增 40%，主要是因为俄乌战争引爆能源危机，欧洲各国亦设法降低对天然气的依赖。

亚洲是另一个成长亮点，中国的装置数量领先全球，而中国与日本亦合占 2010 年以来热泵技术新专利申请数逾半。新型热泵能够加温到更高温度，因

此可望供电产生用于食物加工与造纸的蒸气，进而降低工业生产的碳排。

热泵有机会在 2030 年前降低全球碳排达 5 亿吨，相当于欧洲目前的汽车总碳排。要做到这点，热泵装置数量必须在 2030 年前达 6 亿台左右，形同全球所有建筑约两成的供热需求。

热泵技术未来仍旧面临重大考验，包括必须扩大产能，因应逐渐攀升的需求，也要确保电网够强大，足以供电到其他气候友善技术。但从种种迹象来看，热泵技术正要步入全盛期。

推特杀手

数百万人弃守“鸟地方”，涌入去中心化的社群媒体服务。

主要研发单位：

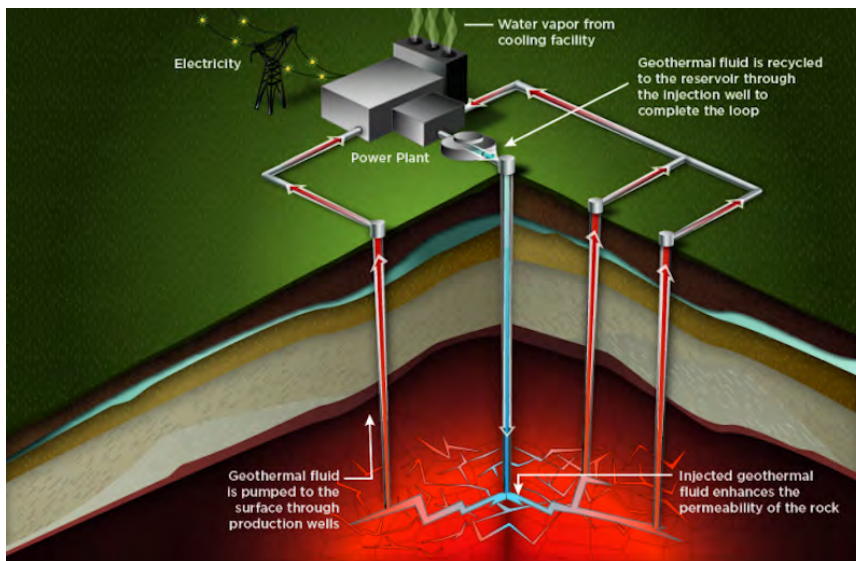
Bluesky、Discord、Mastodon、Nostr、Threads

成熟期：现在

有长达 17 年的时间，推特是全球对话的重镇，内容或喧闹或繁杂或暴躁，时而有趣时而吓人，永远没有中断的一刻。想及时掌握生活大小事和热门话题，推特是社群媒体霸主。

但马斯克（Elon Musk）买下推特后，重新更名为“X”、开除大多数员工，还在一定程度上取消了审核与验证系统。他订下新的财务结构，却变相鼓励了创作者散播与放大谎言与外宣。许多人已开始另寻其他选项，最好是一种能不受任何个人控制的服务。

在去中心化、“联邦式”（federated）社群媒体里，服务器主机或平台独立运作，但透过 ActivityPub、AT Protocol、Nostr 等网通协议彼此沟通。这类社群媒体的审核更精细、更能避免企业主或政府审查



单位的一时兴起，也有机会掌握自己的社交图谱，甚至转换服务器后还能追踪同样一群人。

多年来，不少人期盼市场出现有如推特的去中心化服务，许多业者尝试过都无疾而终，App.net 与 Identi.ca 是最著名的例子。市场一直没有出现实力相当的竞争对手，因为大家没有离开推特的强烈理由，即使离开了，也没有其他服务可用。如今这两个理由都成立。

根据网站分析平台 Similarweb，X 的流量较去年同期萎缩近两成。市场研究公司 Apptopia 的研究亦指出，X 的每日活跃用户人数从 1.41 亿人降至 1.2 亿人。相较之下，去中心化服务如 Mastodon、Bluesky 与几家 Nostr 客户端程序的人气飙涨。不过，Meta 旗下的 Threads 才是最大赢家。Meta 在 9 月透露 Threads 每月使用人数将近 1 亿人（截至本刊发稿前，Threads 尚未采用 ActivityPub 协议，但承诺会导入）。宅男宅女最

爱的 Mastodon 远远位居第二，活跃用户人数达 150 万人，但逐渐增加。仍旧只采邀请制的 Bluesky，使用 AT Protocol 协议，有 200 万名用户。

话说回来，真正的推特杀手是谁？正是马斯克自己。

增强型地热系统

拜进钻探技术之赐，地热能可望在更多应用领域发挥潜力。

主要研发单位：

AltaRock Energy、Fervo Energy、Utah FORGE lab

成熟期：3 到 5 年

地热是一种储量丰富的无碳能源，可以取代化石燃料，也不会因为天气或每日早晚而变化。然而，传统地热发电厂必须搭配特定的地质条件，特别是需要具有水源的透水岩。

有鉴于此，地热能只占全球再生能源产能的不到 1%。所幸，有项新兴技术可望进一步利用就在我们脚下的热

能。

增强型地热系统自 1970 年代以来发展至今，近期技术进展有成，新型系统可望大幅提升再生能源产能。费沃能源（Fervo Energy）在 2023 年选在美国内华达州测试一款系统，结果证实具有商用价值。该公司目前正在犹他州兴建另一座新厂，目标在 2026 年前稳定供应洁净电力。

有了增强型地热系统，相关企业能够在新地点取得地热。受到石油天然气产业广泛采用的水力压裂技术，目前也用于裂解相对坚固的岩石，而且比现行地热钻井更深许多。接着是将水注入岩石，产生蒸气，进而驱动涡轮机发电。

此外，费沃能源希望借重增强型地热技术，研发出可以连通电网的大型地下电池。透过累积或释放钻井的压力，该公司可以在需求较低时储存电力，需求攀升时增加发电。

这项技术并非没有潜在风险，尤其是水力压裂技术对地震活动的影响，科学界尚无定论。尽管有些人认为地震风险很小，但南韩在 2017 年大地震后调查发现，原因与一座增强型地热发电厂难脱关系。

另外几家企业与实验室正在推动相关试办计划与研究。位于华盛顿州的 AltaRock Energy，正在研发能够钻探极高温岩石的特殊技术，预计得以大幅提升能源产量。接受美国能源部资助的 Utah FORGE，则正在开挖新井，未来将用于测试增强型地热技术。许多相关计划仍在实验阶段，但愈来愈能确定的是，增强型地热是能源产业此刻的热门话题。

减重新药

效果显著的新型减重药大受欢迎，但对健康的长期影响仍是未知数。

主要研发单位：礼来、诺华、诺和诺德、辉瑞、Viking Therapeutics

成熟期：现在

美国成年民众有三分之一人口过重，罹患心脏病、糖尿病、癌症的风险较高。包括 Wegovy 与 Mounjaro 在内的新型减重药，有助于打击这场健康危机。打开 Reddit 与 TikTok 等网络平台，到处可见减重成功案例。市面上的高人气减重药当中，有两款便出自药厂诺和诺德（Novo Nordisk），公司利润一路长红，药局也常常供不应求。

这类减重药的原理在于抑制食欲，其中大多数原本以治疗第二型糖尿病为主，但 Wegovy 在 2021 年 6 月获准用于减重，成为 2014 年以来首例。Wegovy 与 Ozempic（糖尿病药物，但经常开药用于减重）都含有 Semaglutide，这种活性成分模仿肠道在饭后释放的一种荷尔蒙，产生饱足感。患者每周在家注射一次，能够减去约 12% 到 15% 的体重，不过许多人后来就进入停滞期。

新型减重药并非万灵丹，常见副作用包括恶心、腹泻、呕吐等。许多患者必须终生用药，才能避免复胖，而且这些药物的长期影响仍是未知数。此外，新型减重药的价格不菲，每个月要 1 千美元以上，多数保险并不支付减重用途。

尽管如此，新型减重药可望改善数百万民众的健康，有些研究甚至指出能减缓心脏衰竭的症状。目前有几十家企业正在研发次世代减重药，其中有几个采口服形式。

2023 年 11 月，美国食品药品监督管理局（FDA）核准礼来（Eli Lilly）的糖尿病药物 Zepbound 用于减重。目前研发中的减重新药约有 70 款，其中 6 款正在等待审核。展望 2024 年，预计有更多企业的试验进入最终阶段，寻求核准上市，因应飙涨的市场需求。

小芯片

芯片厂力求延长摩尔定律寿命，纷纷看好体积更小、功能更专精的芯片。

主要研发单位：超威、英特尔、Universal Chiplet Interconnect Express

成熟期：现在

封装听来无趣，却是计算机系统制程不可或缺的一环，如今拜技术进展之赐，企业正在定义新一代电子产品的样貌。

过去几十年，芯片厂不断缩小晶体管体积，在芯片塞进更多晶体管，进而提升芯片性能，形成所谓的「摩尔定律」。但这股趋势逐渐式微，现在的高科技产业需要复杂芯片，进一步缩小晶体管与制造芯片的成本庞大。

有鉴于此，芯片厂逐渐转向体积小、模块化较高的“小芯片”（Chiplet），这种芯片旨在执行特定功能（例如储存数据或处理讯号），也能互相链接而组成一套系统。芯片体积愈小，出现瑕疵的机率愈低，因此能够降低生产成本。

包括超威（Advanced Micro Devices）与英特尔（Intel）在内的芯片厂，销售小芯片系统已经多年，但小芯片能否发挥助攻效果，让芯片产业维持摩尔定律的效能提升速度，必须仰赖封装技术，也就是把小芯片并排或堆栈起来，在彼此之间形成快速又高带宽的



电路链接，以塑料保护膜包覆。

芯片厂目前仍在设法找到成本与效能的平衡点。美国在 2022 年通过金额高达 527 亿美元的《芯片法案》(CHIPS Act)，旨在扶植国内芯片产业，其中 110 亿美元将用于“先进半导体”研究，另计划成立“国家先进封装制造计划”(National Advanced Packaging Manufacturing Program)，促进产学合作。

缺乏封装技术标准，是小芯片目前不易提升采用率的原因，但这点正在转变，因为芯片产业逐渐采取称为“通用小芯片互连”(Universal Chiplet Interconnect Express)的开源标准。有了共通标准，不同芯片厂的小芯片理论上更容易整合，业者更能灵活布局人工智能、航天、汽车等快速变迁的领域。

超高效率太阳能电池

新型太阳能电池结合传统硅晶与先进钙钛矿，可望将太阳能板的效率提升到新高。

主要研发单位：

Beyond Silicon、Caelux、First Solar、韩华 Q Cells、Oxford PV、Swift Solar、Tandem PV

成熟期：3 到 5 年

2023 年 11 月，有项太阳能技术的效率再创世界新高，备受注目，打下只保持了约 5 个月的纪录，但这项新纪录恐怕也维持不久。效率能有惊人成长，主要是拜一项次世代太阳能技术之赐，亦即钙钛矿串迭型太阳能电池。这类电池在传统硅晶上堆栈拥有同样独特晶体结构的材料。

过去 10 年，科学家持续试验钙钛

矿太阳能技术，转换效率亦不断打破纪录，亦即有多少阳光能转换成电池电能。钙钛矿电池所吸收的光波长不同于硅电池，后者占目前太阳能市场的 95%。硅晶与钙钛矿在串迭型太阳能电池共同运作时，能够利用更多太阳光谱，每个电池得以产生更多电力。

硅晶电池的技术效率最高不到 30%，而全钙钛矿电池的实验效率约 26%，但钙钛矿串迭型太阳能电池在实验室的效率已超过 33%。这项技术的前景令人期待，倘若大规模部署，预计能比传统太阳能电池生产更多电力，成本亦更低。

然而，钙钛矿电池的部署不易。硅晶太阳能电池的寿命长达数十年，反观在室外测试过的钙钛矿串迭型太阳能板仍属少数。

碍于钙钛矿的电化学组成，这类太阳能板容易吸附水气，在高温下也容易受损，但研究人员持续努力，希望为太阳能板研发出更好的阻隔层，并改用更稳定的钙钛矿化合物。

2023年5月，英国牛津光伏（Oxford PV）指出，旗下商用规模的钙钛矿串选型电池已达28.6%的转换效率，面积亦远大于测试用电池。该公司计划在2024年推出第一款太阳能板，并扩大产能。其他业者亦可望过几年推出类似产品。

苹果 Vision Pro

有机微发光二极管（micro-OLED）技术已经发展逾10年，如今随着 Vision Pro 问世，它的能见度将高于以往。

主要研发单位：苹果

成熟期：2024年

头戴式装置的失败案例不胜枚举，Google 眼镜、微软 HoloLens，甚至是 Meta 的 Quest 系列，全都雷声大雨点小。如今换苹果以 Vision Pro 试身手。

苹果已经在2月2日开始出货这款旗下的第一款头戴式装置。它能否热卖还是未知数，但无疑代表技术上的一大突破，性能大幅优于其他既有产品。

苹果在6月的年度开发者大会首度展示 Vision Pro，称之为空间计算机，宣称可以提升生活体验，包括观赏电影、浏览照片、与他人互动，甚至是阅读与创作。

不同于虚拟现实，混合实境将数字内容迭加到真实世界的环境。内建相机与传感器捕捉室内动态，重现于两个屏幕，一眼各一个。装置接着加入你所选

择的数字内容，例如冲浪影片，再虚拟投影在正前方。

Vision Pro 采用两个 micro-OLED 显示器，分辨率与对比度大幅高出多数虚拟现实装置的液晶显示器，除了呈现混合实境之外，还能提供前所未有的沉浸式体验。

但有个关键问题有待回答：大家会拿它做什么？苹果旗下有许多现成的应用程序可供使用，开发人员也能自创，但 Vision Pro 会沦为只是拿来看影片的奢侈装置吗？其次，真的会有人愿意戴吗？苹果在前屏幕添加了虚拟眼睛，可以显示出用户的视线方向，但在6月的开发者大会上，苹果只秀出展示影片。虚拟眼睛实际上看起来是逼真、还是奇怪？此外，Vision Pro 要价3,499美元，价格比其他头戴式装置高出几千美元。

尽管如此，苹果多年来研发与营销消费型科技产品有成，非其他企业所能比。在苹果的投资下，混合实境可能总算有机会掀起热潮。

百万兆级计算机

每秒能够运算 100 京次的超级计算机，正在拓展科学家所能模拟的极限。

主要研发单位：

橡树岭国家实验室、Jülich Supercomputing Centre、中国国家超级计算无锡中心

成熟期：现在

2022年5月，全球超级计算机排名因为“前沿”（Frontier）的登场而大洗牌。它现在是全球最快的超级计算机，每秒可达100京（10的18次方）次浮点运算，也就是 Exaflop，等于每秒运算能力媲美10万台笔电。

位于美国田纳西州的橡树岭国家实验室（Oak Ridge National Laboratory）推出前沿后，正式开启百万兆级操作数年。还有几个百万兆级计算机很快会加入阵容。美国的研究人员正在安装2台超级计算机，指令周期比前沿快1倍，一个是加州劳伦斯利佛摩国家实验室（Lawrence Livermore National Laboratory）的 El Capitan，一个是伊利诺伊州阿冈国家研究所（Argonne National Laboratory）的 Aurora。Jupiter 是欧洲的第一台百万兆级超级计算机，预计在2024年底启用。中国据传也有百万兆级超级计算机，但尚未公布标准指标测试的结果。

科学家与工程人员摩拳擦掌，希望透过这些超级计算机推动众多领域的发展。天体物理学家已经在使用前沿模拟银河系内外的气体流动，不只模拟大如银河系的移动，也能聚焦在爆炸的新星。从这个应用可以看出超级计算机的特性，能够同时以多种规模仿真物体。

进展不会到此止步。过去30年，超级计算机的速度每4年左右就增加约10倍。次世代超级计算机已经在酝酿当中：橡树岭国家实验室正在研发一款超级计算机，指令周期是前沿的3到5倍，预计在未来10年推出。

不过，能源足迹仍旧是一大挑战。前沿虽然已经采取节能的创新技术，但闲置时仍旧需要庞大电力，足以供电给几千户住家。工程人员打造这些巨无霸时，除了考虑速度之外，恐怕还要设法兼顾环境永续性。MFC