

《麻省理工科技评论》 2024 年“十大突破性技术”

站在 2024 年的历史时点畅想未来，“科技改变生活”这句话似乎从未如此真切。

大语言模型浪潮掀起，以 ChatGPT 为代表的生成式人工智能工具席卷全球，将人工智能的可能性带入了一个新的维度。对于普通人而言，它不再如天上月那样可望而不可及，每个能访问互联网的人都能亲身体会到它的强大。

有人说，生成式人工智能就像电力一样，改变了世界的发展轨迹。可以肯定的是，它并非只是一项技术，更像是一颗石子，投入到人类社会的湖泊中，激起了一圈圈扩散的涟漪。

在科技圈，类似的石子还有很多。

本刊授权刊登《麻省理工科技评论》2024 年“十大突破性技术”榜单。这些技术展示出的无限可能性，为我们描绘出了一个更加绿色、健康、智能的未来。当然，这份榜单只是冰山一角，无法涵盖所



有正在改变世界的科技进展，但它描绘出了一幅当下科技进步如何影响我们生活的画卷，以及我们可以期待一个怎样的未来。这些不仅是技术的飞跃，更是对人类潜能的深刻挖掘。让我们以开放的心态和前瞻性的眼光，一同探寻这十个引领科技未来的创新力量，揭示它们在各自领域的闪光点、重要性以及对人类社会的深远影响。

1 无所不在的人工智能

重大意义：像 ChatGPT 这样的生成式人工智能工具在短时间内大规模普及，彻底改变了整个行业的发展轨迹。

主要参与者：谷歌、Meta、微软、OpenAI

成熟期：现在

2022 年 11 月，当 OpenAI 推出一款名为 ChatGPT 的免费网络应用时，没人能预料接下来会发生什么。然而，这一次低调的新产品推出彻底改变了一切。

时间来到了 2023 年 1 月，ChatGPT 成为了有史以来增长最快的网络应用，任何人都能通过浏览器访问这一最强大的神经网络。它

让我们眼前一亮，却也引发了一些焦虑和不安。

而这只是一个开始。在 2 月份，微软和谷歌分别披露了各自的竞争计划，也就是将聊天机器人与搜索相结合，试图重构我们与互联网的日常互动。



但早期的表现并不亮眼。微软的 Bing Chat 出现了问题，开始胡言乱语。谷歌的 Bard 被发现在宣传资料中犯了事实错误。但不管错误有多么奇怪，它们并没有因此就被关进“小黑屋”。

此后，微软和谷歌已经将业务拓展到了搜索之外，通过办公软件将基于聊天机器人的人工智能助手交到了数十亿人手中。该技术可以用来总结电子邮件和会议、起草报告和回复，甚至在几秒钟内生成带有标题、要点和图片的幻灯片。

微软和 Meta 发布了图像制作模型，用户只需点击一下即可生成可分享的各种图像。一系列滑稽的“大杂烩”图片源源不断地出现，社交平台上甚至出现了数十个关于米老鼠和海绵宝宝驾驶飞机撞

向双子塔的帖子。

谷歌的新手机现在也用上了人工智能，使用户可以用前所未有的方式编辑照片，将悲伤的表情转变为快乐，将阴天的下午转变为完美的日落。

如此激进的新技术，以前所未有的速度和规模从产品原型演变为消费产品。显而易见的是，我们甚至还没有开始理解关于它的一切，更不用说考虑它的影响了。

如今，这项技术的光环褪去了吗？或许吧。随着每一次相关新产品的发布，原本令人惊讶的事情正变得司空见惯。但是，2023 年对未来的影响却是显而易见的：让数十亿人接触到了人工智能。现在我们需要弄清楚，我们所接触到的究竟是什么。

2 首例基因编辑治疗

重大意义：随着 CRISPR 技术进入市场，镰状细胞病是首个被 CRISPR 战胜的疾病。

主要研究者：CRISPR Therapeutics、Editas Medicine、Precision BioSciences、福泰制药（Vertex Pharmaceuticals）

成熟期：现在

首例基因编辑治疗已经到来，心存感激的患者称其“改变了生活”。

11 年前，科学家们首次开发出了一种名为 CRISPR 的强大的 DNA 剪切技术。现在，他们已将 CRISPR 带出实验室并运用到真正的医学治疗中，创造出了一种治疗镰状细胞病症状的疗法。

镰状细胞病是由血红蛋白基因的两个拷贝发生突变（错误）引起的，症状包括一阵阵剧烈疼痛，病人的预期寿命仅有 53 岁。在美国，每 4000 人中就有 1 人患病，其中几乎都是非裔美国人。

那么，这种疾病是如何成为 CRISPR 的首个成

功案例的呢？部分原因是生物学上的偶然。我们的身体有另一种制造血红蛋白的方式，但这种方式在我们出生时就会被关闭。研究人员发现，对骨髓细胞进行简单的 DNA 编辑就可以使其重新启动。

许多 CRISPR 疗法正在试验中，但 2022 年，总部位于美国波士顿的福泰制药（Vertex Pharmaceuticals）第一次将一种 CRISPR 疗法提交至监管机构批准，这种疗法就是针对镰状细胞病的。在骨髓经过编辑后，几乎所有自愿参加试验的患者都不再感到疼痛。

这是个好消息，但基因编辑疗法的预计价格为 200 至 300 万美元。而且，在镰状细胞病最为常见、仍然导致许多儿童死亡的非洲，福泰尚未计划提供这种疗法。



该公司表示，这是因为治疗方案非常复杂。它涉及到住院、由医生取出骨髓、编辑细胞、然后将它们移植回来的复杂过程。在连基本健康需求都难

以满足的国家，该手术的要求显得过于苛刻。因此，接下来可能会出现更简单、更便宜的实施 CRISPR 疗法的方案。

3

热泵

重大意义：热泵是一项已经成熟的技术。现在，它们开始在家、建筑以及制造业脱碳方面取得真正的进展。

主要参与者：Daikin、Mitsubishi、Viessmann

成熟期：现在

我们已经进入到热泵时代。

热泵是可以利用电力来冷却和加热空间的设备。如今，许多建筑物仍然使用天然气等化石燃料供暖。改由可再生能源驱动的热泵可以帮助家庭、办公室和工业设施大幅减少碳排放。

虽然热泵自 20 世纪中叶以来就已经在建筑物中得到使用，但该技术目前正在以新的方式取得突破。2022 年，全球热泵销量增长 11%，这已是连续第二年实现两位数增长，尽管该增速可能在 2023 年有所放缓。其中，欧洲的变化最明显，2022 年的热泵安装量增长了 40%，主要是由俄乌冲突引发的能源危机以及摆脱天然气的因素引起的。

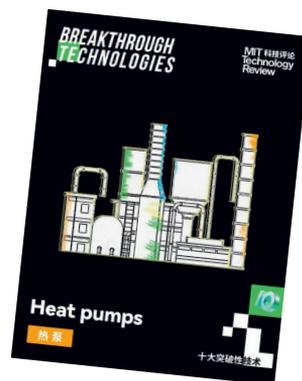
热泵的另一个热点区域是亚洲，中国的热泵安装量全球领先。自 2010 年以来，中国和日本合计占热泵技术新专利申请的一半以上。

新方法使热泵能够达

到更高的温度。例如，对于食品加工和造纸所需的蒸汽，新的热泵技术可以使用电力达成这一目标，从而让工业制造的过程更加清洁。

总的来说，到 2030 年，热泵有望减少全球 5 亿吨排放，相当于今天欧洲所有汽车的总排放量。这需要安装大约 6 亿台热泵，约占全球所有建筑物供暖需求的 20%。

目前，热泵仍然面临着巨大的挑战，包括提高产量以满足不断增长的需求，还要确保电网足够强大，能够为这些技术和其他应对气候问题的技术提供电力。但所有迹象都表明，热泵正在进入黄金时代。



4

推特“杀手”

重大意义：数百万人逃离了“小蓝鸟”，转而涌向去中心化的社交媒体平台。

主要参与者：Bluesky、Discord、Mastodon、Nostr、Threads

成熟期：现在

在过去的 17 年里，几乎所有的喧闹、暴躁、有趣、可怕、瞬息万变、永无休止的全球对话都有

一座中心广场，那就是推特（Twitter）。

如果你想知道世界上正在发生什么，以及人们现在都在谈

论什么，推特是互联网上最合适的地方。

但随后埃隆·马斯克（Elon Musk）收购了推特，



将其更名为 X，解雇了大部分员工，并或多或少地取消了其审核和验证系统。他建立了一个新的收益机制，激励创作者传播、放大谎言和政治宣传相关的内容。许多人已经开始寻找替代服务（商），最好是一种超出任何个人控制范围的服务（商）。

去中心化的社交媒体主要使用 ActivityPub、AT Protocol 或 Nostr 等网络协议进行跨（独立托管的）服务器通信或跨平台通信。它提供了更精细的审核机制，能够更安全地面对企业或政府审查员的突然抽查，以及避免它们掌握用户社交图谱的机会。去中心化的社交媒体甚至支持从一台服务器转移到另一台服务器，并继续关注相同的人。

可以肯定的是，实现一种类似推特的“去中心化服务”的梦想已经存在多年，但历史上写满了失败的尝试，其中最著名的是 App.net 和 Identi.ca。真正的竞争对手从未出现过，因为没有足够多的人

有充分的理由离开推特，或者他们离开了也没有其他平台可以选择，而现在他们两者都有了。

据 Sameweb 统计，如今更名为 X 的流量同比下降了近 20%。来自 Apptopia 的另一项研究发现，X 的每日活跃用户数量从 1.41 亿减少到 1.2 亿。与此同时，Mastodon、Bluesky 和一些 Nostr 客户端等去中心化服务的受欢迎程度激增。但来自 Meta 的 Threads 才是最大的赢家。Meta 在 9 月份透露，Threads 已经拥有近 1 亿月活用户。截至发稿时，Threads 尚未支持 ActivityPub，但它承诺会这样做。目前仍处于邀请制的 Bluesky 支持 AT 协议，拥有 200 万用户。技术宅最喜欢的 Mastodon 拥有 150 万活跃用户，离 Threads 还有很大的差距，不过该数字仍在增长。

那么，真正“杀死了”推特的人是谁？当然是埃隆·马斯克。

5 增强型地热系统

重大意义：这种先进的开采技术可以在更多地方释放地热的潜能。

主要参与者：AltaRock Energy、Fervo Energy、Utah FORGE Lab

成熟期：3 至 5 年

地热是一种丰富且零碳的能源，是化石燃料的替代品，并且不随天气或时间的变化而变化。然而，传统的地热发电厂需要特定的地质条件，特别是有地下水的高渗透性岩层。

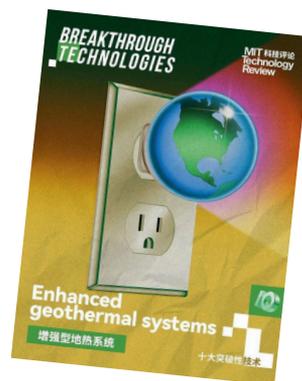
因此，地热发电在全球可再生能源总发电量的占比不足 1%。但一项新兴技术可以让我们更多地利用脚下的热量。

自 20 世纪 70 年代以来，增强型地热系统一直

在开发中。最近的进展表明，它们可以大幅增加可再生能源的产量。Fervo Energy 公司于 2023 年在美国内华达州测试了一套此类系

统，并证明了它的商业可行性。该公司正在美国犹他州建设另一个项目，目标是到 2026 年提供持续的清洁电力。

通过增强型地热系统，地热公司可以在更多地方获取地热。石油和天然气行业广泛使用的水力压裂技术可以被用来应对相对坚固的岩石，这些岩石的深度远远超过传统地热井，通过向岩石中注入水产生蒸汽，随后驱动汽轮机发电。



Fervo Energy 还希望利用增强型地热技术来制造用于电网的巨型地下电池。通过增加或减轻地热井的压力，它能够在电力负荷需求较低时储存能源，并在需求提高时增加发电量。

但是，该技术并非没有潜在风险，特别是科学界对于水力压裂将如何影响地震活动仍存在分歧。尽管一些人认为其导致地震的风险很小，但 2017 年韩国发生的一起地震的确与增强型地热项目有关。

目前，其他几家公司和实验室正在推进该领域的项目试点和研究工作。总部位于华盛顿的 AltaRock Energy 正在开发专门的技术，来获取极热的岩石里的地热能，这可以显著提高发电量。由美国能源部资助的犹他州 FORGE 实验室正在打一口地热井，可作为增强型地热技术的示范项目。虽然增强型地热系统的许多项目仍处于试验阶段，但越来越明显的是，它已成为能源界的热门话题。

6

减肥药

重大意义：减肥药物广受欢迎且有效，但其长期健康影响仍然未知。

主要参与者：Eli Lilly、Novartis、Novo Nordisk、Pfizer、Viking Therapeutics

成熟期：现在

三分之一的美国成年人患有肥胖症，这使他们更容易患上心脏病、糖尿病和癌症。抗肥胖药物（例如 Wegovy 和 Mounjaro）可以帮助解决这一公共卫生危机。从 Reddit 到 TikTok，成功案例在网上随处可见。制造商诺和诺德公司因这些药物获得了巨额利润，药店里甚至出现了一药难求的情况。

这些药物通过抑制食欲来帮助人们减肥，其中大多数最初是为了治疗 2 型糖尿病而开发的。但在 2021 年 6 月，Wegovy 成为自 2014 年以来第一种被批准用于体重管理的药物。司美格鲁肽（Semaglutide）是 Wegovy 和 Ozempic（一种糖尿病治疗药物，但通常也会被当作减肥处方药）的活性成分，可以模仿进食后肠道释放的一种激素，让人产生饱腹感。患者每周在家注射一次药物，体重可减轻约 12% 至 15%，许多人的体重在此之后会

趋于稳定。

这些药物并不完美，常见的副作用包括恶心、腹泻和呕吐。许多患者必须终生服

用药物才能减轻体重，而这些药物的长期影响仍然未知。此外，这些药物也很昂贵，每月花费超过 1000 美元，而且大多数保险计划都不报销将它们用于减肥的相关费用。

尽管如此，这些治疗方法可以改善数百万人的健康。一些研究甚至表明，它们可以减轻心衰的症状。目前，数十家公司正在开发这些减肥药物的新版本，其中一些可以口服。

2023 年 11 月，美国食品和药物管理局批准了礼来公司用于治疗肥胖症的糖尿病药物 Zepbound。大约有 70 种新的肥胖症疗法正在开发中，其中 6 种正在等待监管审查。未来一年，随着需求猛增，预计将有更多公司进入试验的最后阶段并寻求批准。



7

芯粒技术

重大意义：芯片制造商押注更小、更专业的芯片可以延长摩尔定律的寿命。

主要参与者：AMD、Intel、Universal Chiplet Interconnect Express

成熟期：现在

“封装”可能听起来很无聊，但它是构建计算机系统的重要组成部分。现在，一些公司正在定义它在新一代计算机里的样子。

几十年来，芯片制造商通过缩小晶体管的体积，并将更多晶体管布置到芯片上来提高性能。这种趋势又被称为摩尔定律。但属于摩尔定律的时代正在走向终结，进一步缩小晶体管和制造复杂芯片的成本非常高昂。

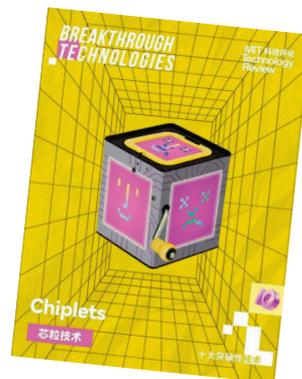
为此，制造商正在转向更小、更模块化的“芯粒（小芯片）”，这些“芯粒”专为存储数据或处理信号等特定功能而设计，并且可以链接在一起构建出完整的计算系统。芯片越小，包含的缺陷就越少，制造成本也越低。

多年来，AMD 和英特尔等公司一直在推广基于

芯粒的系统。但芯粒能否帮助芯片行业按照摩尔定律的速度保持性能提升，将取决于封装技术的进步。封装，指的是将半导体元件排列或堆叠，在它们之间形成快速、高带宽的电路连接，并将成品容纳于保护性塑料中的过程。

各家制造商仍在寻找平衡成本与性能的最佳方法。2022 年，美国颁布了 527 亿美元的《芯片法案》旨在支撑相关行业的发展，其中拨款 110 亿美元用于“先进半导体”的研究，并制定了国家先进封装制造计划，以促进学术界和工业界之间的合作。

到目前为止，由于缺乏封装技术标准，芯粒的应用一直困难重重。不过这种情况正在发生变化，业界已经开始采用名为 Universal Chiplet Interconnect Express 的开源标准。理论上，这种标准将使不同公司生产的芯粒更容易组合起来，从而让芯片制造商在人工智能、航空航天和汽车制造等快速发展的领域获得更大的发展空间。



8

超高效太阳能电池

重大意义：将传统的硅材料与先进的钙钛矿材料结合起来的太阳能电池，可以将光伏发电的效率推向新的高度。

主要参与者：Beyond Silicon、Caelux、First Solar、Hanwha Q Cells、Oxford PV、Swift Solar、Tandem PV

成熟期：3 至 5 年

2023 年 11 月，一项热门的太阳能技术打破了太阳能电池效率的世界纪录。之前的世界纪录只保持了大约五个月，而且很可能用不了多久就会被再次打破。

这种惊人的效率提升，来自一种特殊的下一代



太阳能技术：钙钛矿层叠太阳能电池。这些电池由传统的硅材料与具有独特晶体结构的材料相结合而成。

在科学家们研究钙钛矿太阳能技术的十年里，它不断地打破着自己的效率纪录。太阳能电池的效率，衡量的是有多少照射到电池上的阳光可以转化为电能。当今，太阳能市场 95% 的份额都被硅电池所占据，而钙钛矿吸收的光波长与硅电池吸收的光波长不同。当硅和钙钛矿在层叠的太阳能电池中一起工作时，它们可以利用更宽的阳光谱，让每个电池产生更多的电力。

硅基电池的技术效率水平最高不超过 30%，而纯钙钛矿电池的实验效率可达 26% 左右。但钙钛矿层叠电池在实验室中的效率已经超过 33%，这就是该技术的诱人前景。如果可以实现大规模部署，

钙钛矿层叠电池可以比传统太阳能电池以更低成本产生更多的电力。

不过，钙钛矿在实际部署方面却遇到了困难。硅太阳能电池可持续使用数十年，但很少有钙钛矿层叠太阳能电池面板通过室外环境测试。

尽管研究人员一直努力在其面板周围建造更好的屏障，并转向使用更稳定的钙钛矿化合物，但钙钛矿的电化学构成意味着它们对吸水和热降解很敏感。

2023 年 5 月，总部位于英国的 Oxford PV 公司表示，其商业规模的钙钛矿层叠电池的效率已达到 28.6%，该电池比实验室中测试所使用的电池大得多。该公司计划在 2024 年交付第一批电池板并扩大生产规模，而其他公司可能会在未来数年里推出类似产品。

9 苹果 Vision Pro

重大意义：Micro-OLED 技术已经发展了十多年，但苹果 Vision Pro 将是这项技术迄今为止能力最引人注目的应用。

主要参与者：苹果公司

成熟期：2024 年

历史上充斥着失败的“人脸计算机”。谷歌眼镜、微软 HoloLens，甚至 Meta 的 Quest 系列都未能真正成功。现在，轮到苹果来尝试了。

2024 年，苹果将正式推出其首款混合现实穿戴设备，全新的 Vision Pro 头显。尽管它能否在商业上取得成功尚未可知，但 Vision Pro 无疑是一款具有突破性的设备，其显示屏的质量超越了过去任何产品。

苹果公司在 2023 年 6 月的年度开发者活动上

展示了这款头显（被称为“空间计算机”），将其营销为观看电影、体验照片、与他人联系，甚至是阅读和创作的更好方式。



与虚拟现实不同，混合现实可以将数字内容叠加到现实世界的环境中。头显中嵌入的摄像头和传感器会捕捉房间内用户周围发生的情况，并在一对屏幕上重新创建（每只眼睛对应一个屏幕）。然后，头显会将用户选择的任何数字内容投影在眼前。

相比于大多数虚拟现实头显使用的液晶显示屏，Vision Pro 的双 micro-OLED 显示屏可以提供更高的分辨率和更清晰的对比度，这意味着除了提供

混合现实功能，该头显还可以给我们带来身临其境的体验。

然而，一个关键问题是：人们将用它来做什么？苹果已经准备好了一套应用程序，开发人员也可以创建自己的应用程序，但它的价值就是一个精美的视频播放器吗？另一个问题是：人们真的会戴它吗？苹果在其正面添加了虚拟眼睛，以显示佩戴者正在看的地方，但在 6 月份的活动中，它只

分享了人们佩戴头显的视频。我们不知道这些虚拟眼睛在真人身上看起来有多好或多奇怪？此外，Vision Pro 的售价为 3499 美元，比其他头显贵出数千美元。

话虽如此，多年以来，也没有其他公司在开发和营销消费技术方面能够做到如此成功。苹果的投资可能会给混合现实带来迄今为止最好的火爆起来的机会。

10 百亿亿次计算机

重大意义：每秒能够处理百亿亿次运算的计算机正在扩大科学家模拟的极限。

主要参与者：美国橡树岭国家实验室、德国于利希超级计算中心、中国无锡超级计算中心

成熟期：现在

2022 年 5 月，Frontier 的推出撼动了全球超级计算机排名。现在它是世界上最快的超级计算机，每秒可以执行超过百亿亿（ 10^{18} ）次浮点运算，它的单位是 exaflop，一个 1 后面有 18 个 0。本质上，Frontier 一秒钟内执行的计算量相当于 10 万台笔记本电脑。

随着美国田纳西州橡树岭国家实验室推出 Frontier，百亿亿次运算的时代正式开始。更多这样的百亿亿次计算机很快就会加入其中。在美国，研究人员正在安装运算速度约为 Frontier 两倍的机器：加利福尼亚州劳伦斯利弗莫尔国家实验室的 El Capitan 和伊利诺伊州阿贡国家实验室的 Aurora。欧洲第一台百亿亿次超级计算机 Jupiter 预计将于 2024 年底上线。同时，中国也拥有百亿亿次超算。

科学家和工程师们渴望使用这些超强的计算

机，来推进一系列领域的发展。天体物理学家已经在使用 Frontier 模拟进出银河系的气体流动，除了模拟银河系尺度的运动，他们的模型还可以重点关注爆炸的星体，这一应用案例展示了超级计算机同时模拟多个尺度的物理对象的独特能力。

进步不会止步于此。在过去三十年中，超级计算机的运算速度每四年左右就会提高约 10 倍。这些机器的管理者已经在计划下一批模型。橡树岭国家实验室的工程师正在设计一款超级计算机，其运算速度将是 Frontier 的三到五倍，可能会在未来十年内揭幕。

但一个巨大的挑战迫在眉睫：能源消耗。Frontier 已经采用了创新的节能技术，但它即使在待机时的耗电，也足以满足数千个家庭的用电量。工程师需要弄清楚，在建造这些庞然大物的时候，如何才能既追求速度又保证环境的可持续性。



【授权转载自 DeepTech，本刊有删节】