

人工智能会让人类追寻“理想能源” 梦想成真吗

核聚变作为一种清洁、绿色的理想能源，已被人们期待了几十年，但实现核聚变的技术一直面临巨大挑战。人工智能的兴起意味着这些挑战最终可能被克服，驾驭核聚变的巨大能量，为世界提供取之不尽、用之不竭的新能源，指日可待。

■ 宇辰/编译

人类驾驭可持续核聚变的梦想持续了 30 年。

这个梦想何时能够实现，我们无法预期，但留给我们的时间真的不多了。人类对能源的需求正在耗尽地球资源，并有可能对地球造成无法修复的破坏。风能、太阳能和潮汐能虽然可以带来一些缓解，但这些能源都是有限且不可预测的。水力发电也可能对自然生态造成破坏，而核裂变会伴随反应堆堆毁、放射性废物危害等巨大风险。

但核聚变不同，它可以为我们提供几乎无限的能量，不会释放二氧化碳温室气体，也不会产生放射性废物。这正是人类梦寐以求的理想能源。但长期以来的一个关键问题是：我们将核聚变之梦变成现实吗？

经过几十年发展，已经有无数初创企业逐步参与到这个有望给他们带来巨大利润的市场机会中，各种创新方法、材料和技术也在不断激发人们的乐观情绪。如今，一个“新玩家”的加入，可能会改变现在的游戏规则，使我们最终能够掌握曾经难以逾越的复杂核聚变技术充满信心。

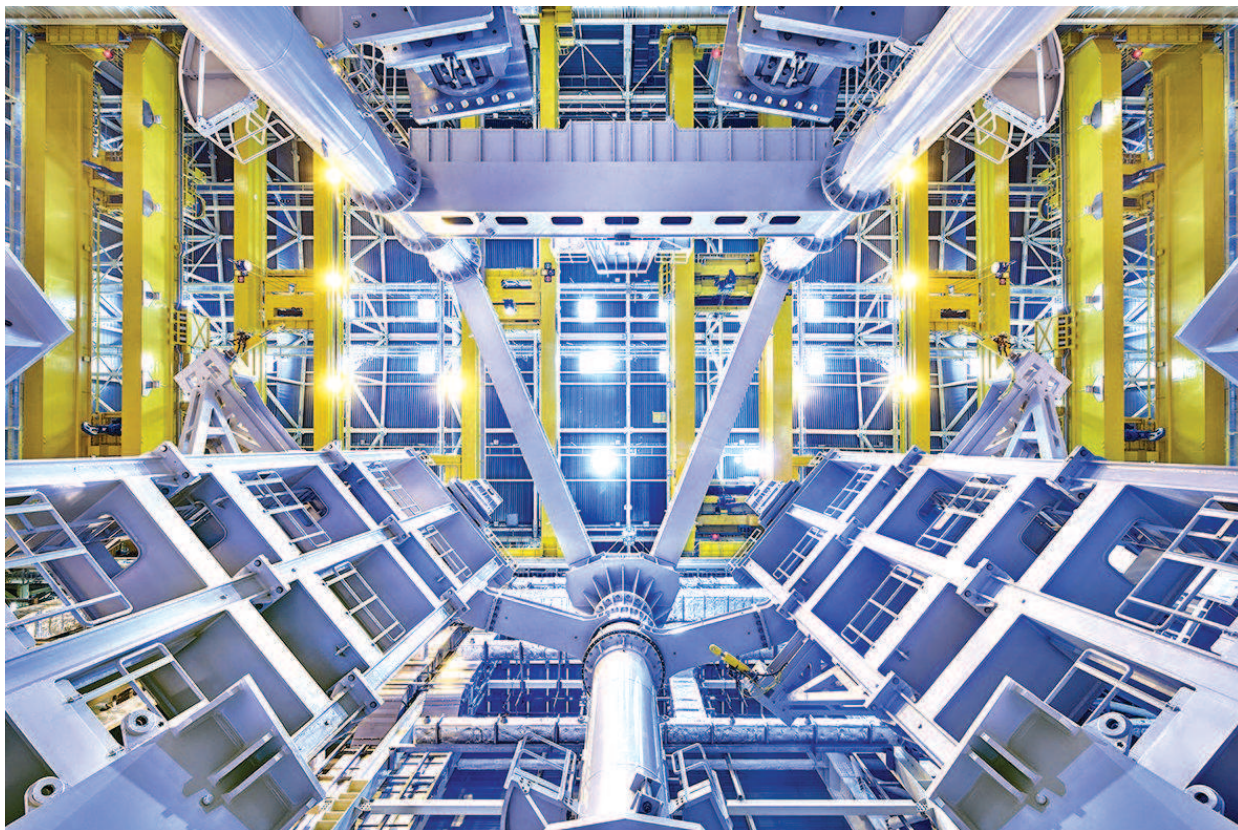
或许，我们终于可以说，梦想即将成真——那就是人工智能。它将在未来 30 年里让科学技术迈入一个飞跃发展的时期。

等离子体的“约束之战” 实现可控核聚变征途漫漫

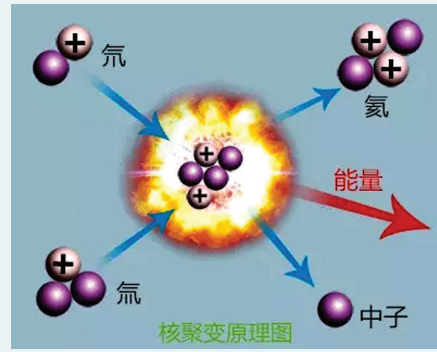
核聚变是宇宙中分布最广泛的能源，也是最有效率的能源之一：只需几克燃料，经过核聚变反应后所释放出的能量，就相当于好几吨煤燃烧所生产的能量。如此巨大的能量来源于小到完全可以忽略不计的存在——一个原子的原子核。

几十年来，核聚变超乎寻常的巨大潜力，让科学家们对开发核聚变技术保持着强烈兴趣。然而，在地球上实现核聚变困难无比，因为人们需要提供一个极端高温和高压的条件，从而创建一个由裸原子核组成的“等离子体”。这既难以实现，也难以控制。

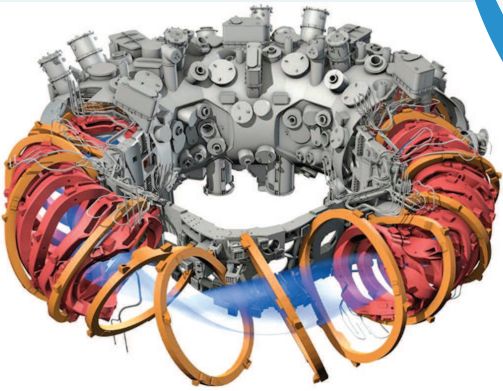
目前，最流行的方法是使用磁约束聚变装置。20 世纪 50 年代早期的核聚变技术研究中，最受欢迎的设计是一种被称为“仿星器”的装置。这种甜甜圈状的仿星器装置可产生复杂的磁场，理论上可使带电荷的等离子体保持稳定。不过，那种扭曲形状太奇特，这导致仿星器装置实际



▲国际热核聚变实验堆 (ITER) 内的 800 吨真空容器组装机具(来源:ITER 网站)



▲氘氚聚变反应的产物是氦，不会带来任何污染。



▲世界上最大的仿星器装置文德斯坦 7-X

核聚变为何如此之难？

一般情况下，原子核的融合反应并不那么容易实现。两个原子核中带正电的质子静电排斥，要让两者融合，必须要有足够的能量来克服这个障碍，让另一种力可以介入。这种力被称为强核力。如果两个原子核相隔较远，强核力是很弱的，但当两个质子相距不到万分之一毫米时，这种强核力产生的拉力会压倒静电斥力，让质子融合。

启动这个过程，或者说更重要的是，让这个过程中在聚变链式反应中持续发生，需要极高的温度和极大的密度。例如，在太阳的核心，温度高达 1500 万摄氏度，而密度则相当于将 500 毫升水压缩到一个茶匙里。在这样的条件下，电子有足够的能量与它们的原子分离，留下一大群带正电的原子核以及被称为等离子体的电子。

恒星需要一百万年时间才能启动最初反应。如果我们想在地球上复制核聚变反应，就需要加速这个过程，这意味着产生等离子体的温度要达到太阳中心温度的 10 倍，即 1.5 亿摄氏度。这也是实现核聚变如此困难的重要原因之一。

几百分之一秒。

有了这一成功，达到真正的“收支平衡”似乎已经在望。但 JET 的等离子体中出现了奇怪的不稳定性，这阻碍了计划的进一步进行。

现在，经过多年对设计和材料的改进，JET 的核聚变实验反应堆又回来了。据《自然》杂志报道，2020 年 12 月，JET 已开展关键聚变实验。今年 6 月，JET 将再次尝试提高核聚变反应的输出功率。其目标是打破其以往产生能量的纪录，二是让核聚变反应持续更长时间。

与此同时，其他国家也在纷纷迎头赶上。2018 年，中国的实验性先进超导托卡马克装置东方超环 (EAST) 在 1500 万摄氏度的温度下，维持等离子体稳定运行达 100 秒，创下了迄今为止最长的等离子体约束时间纪录。而中国的聚变工程试验堆 (CFETR) 是继 EAST 之后的又一个托卡马克装置，其规模是 EAST 的三倍，预计

将于本世纪 20 年代后期建成。

在这场核聚变技术的研究开发竞争中，最具实力的是全球核聚变旗舰项目——国际热核聚变实验堆 (ITER)。ITER 于 1985 年由包括中国、美国、俄罗斯和欧盟在内的 31 个国家和地区合作发起建造，原本预计于 2016 年开始试验，但之后遇到一系列挑战，可能建设要持续到 2025 年。“ITER 是个一流的设施，要完全运行起来还需要至少 10 年时间。”英国约克大学的霍华德·威尔逊说。

ITER 近期目标是在 2035 年开始核聚变反应，但它更宏大的目标是：超越“收支平衡”，达到 10 倍效率。科学家们有信心达成这一目标。

不过，ITER 等离子体物理学分部负责人西蒙·帕奇斯认为，目前的问题是“我们是否拥有建立商业化可行的核聚变发电厂技术”。因为即使 ITER 能达成其目标，真正实现核聚变的征途还很漫长。核聚变反应堆的设计不是用来捕获以电的形式所产生的能量，而是为未来建立核聚变发电厂铺平道路。

仿星器研究复兴 核聚变行业创新带来新曙光

不过，留给人类的时间真的不多了。随着气候变化形势严峻，寻找替代化石燃料新能源的任务日益紧迫。

可喜的是，整个核聚变行业正在出现一系列创新，这将使廉价、可持续反应堆成为现实的时间从几十年提前到几年。最重要的是，科学家发现了能在更高温度下工作的超导体，那么核聚变装置就可以在不太极端的超冷条件下产生强磁场。利用新的超导材料可让磁铁体积更小，从而托卡马克装置的设计更为紧凑。

最近，从施工技术到可以检查和维修反应堆部件的机器人系统等一系列技术突破，也使得核聚变生产成本进一步降低。“核聚变研究已经从政府资助研究的纯学术活动，变成了私营部门也可以投资加入的活动。”帕奇斯说。

这引发了私营企业之间竞争先实现可持续核聚变的角逐。美国联邦核聚变系统公司就是其中一名表现突出的选手。

它是美国麻省理工学院旗下的一家创业公司，其部分资金来自比尔·盖茨、杰夫·贝佐斯和理查德·布兰森等亿万富翁。它使用了与 JET、ITER 和 EAST 相同的托卡马克技术，目标是在未来 10 年内建成一座核聚变反应堆。其他核聚变技术开发竞争者，如温德里奇托卡马克能源公司也在争取到 2030 年能为电网供电。

不过，也有不少人对于私营企业的承诺持谨慎态度。负责 JET 计划的 Eurofusion 财团的项目经理托尼·多恩表示，即便是那些已经建立较长时间的公司，也需要 10 年时间才有望建成一座反应堆。

那些设计托卡马克装置的公司或机构都面临同样的问题，其中最主要的是如何处理等离子体的不稳定性。

托卡马克磁场的等离子体在高温下容易出现行为异常——这些行为有时像湖面上的小涟漪，有时则像阵阵汹涌的潮汐，将等离子体一波波射向反应堆壁。等离子体的这种不稳定性是困扰反应堆的设计难题，而理解核聚变的复杂反应需要大量数据和长时间。“目前建立一种完整的预测模型可能需要数周时间。”帕奇斯说。因此，科学家们正在寻找目前磁约束的替代技术。

上世纪 80 年代开始，研究人员对早已被放弃的等离子体仿星器重新产生了兴趣。美国普林斯顿大学的阿米塔瓦·巴塔查吉说，计算能力的提高，意味着在更复杂结构中对等离子体行为进行建模已成为可能。与此同时，新材料和新的建造方法意味着建造一个仿星器也比以前要容易得多。“这是仿星器研究的复兴。”巴塔查吉透露，他们基于仿星器开发的复杂设计，将可产生能够稳定等离子体的磁场模式。

虽然仿星器技术曾经比托卡马克装置落后了几十年，但如今正在迎头赶上。2015 年，世界上最大的仿星器装置文德斯坦 7-X 在德国马普等离子体物理研究所启动，准备维持等离子体 30 分钟。这一里程碑式的进展预计将于今年实现。之后，它的目标是开始核聚变运行。

然而，建造理想的核聚变反应堆仍是一项极其复杂、耗时的工作。巴塔查吉介绍，要实现仿星器的最佳设计通常需要反复研究大约 50 个参数，直到找到最佳设计方案。

核聚变实验仿真呼之欲出 人工智能为最终突破助力

过去几年里，一个新的合作伙伴正在为等离子体物理学家们提供越来越多的助力，帮助将一个可持续运行的反应堆设计推向终点，这个新伙伴就是人工智能。“人工智能可以更快的速度对各种可能性进行更深入的探索。”巴塔查吉说。

例如，总部位于美国加州的核聚变研究公司 TAE Technologies 自 2014 年起就与谷歌的人工智能 DeepMind AI 建立了合作关系。加拿大的通用核聚变公司也在与微软开展合作。TAE 的戴维·尤因指出，他们的研究已经有了一些进展，特别是在模拟等离子体的行为反应，以及温度、密度和磁场的不同配置方面，“在使用机器学习之前，优化特定实验装置的性能可能需要一个多月，而现在只要数小时就能完成”。

建模时间大幅减少的关键，在于人工智能强大的模式识别能力，以及对未来行为的预测能力。我们不能将温度计放在托卡马克装置内部去检测温度变化情况，只能通过其他属性来推断温度，比如聚变反应过程中释放的光。对于人类研究人员来说，这可能是一项极为困难的任务，但经过海量数据集训练之后，人工智能可极大地缩短完成这项任务的时间。2019 年，普林斯顿大学的一个研究小组将美国最快的超级计算机与神经网络对接，实现了对等离子体行为的准确预测，准确率达到了前所未有的 95%。

人工智能也在为 ITER 的研究提供助力。帕奇斯指出，对于某些任务，例如模拟等离子体较小波纹所导致的后果，人工智能可使模拟结果的速度快 1000 倍。现在的关键是提高整个预测模型的速度，这样，研究人员就能够预测出所有的问题并避免它们，而无需实际运行实验。

这些迅速崛起的创新成果带来了新的乐观前景，实现核聚变梦想的时间正在不断缩短。“过去十年里，我们看到了科学实验的进步，再加上诸如人工智能等关键技术支持技术的出现，为我们带来了最强大的助力，取得最后突破的时机已经到来。”尤因说。

用算法“打开”300 年前密封信件

借助一种计算方法，研究人员首次在不打开信的情况下阅读了欧洲文艺复兴时期的密封信件。《自然-通讯》近期发表的这项研究让我们对历史上的通信安全有了更好理解。

用一种复杂方式折叠信件也称为“锁信”，这是现代信封开始使用前的一种常见做法。在此之前，只有将这些信件剪开才能研究并看到里面的内容，而这通常会破坏这些历史资料。

通过开发一种自动计算方法，科学家成功通过虚拟展信的方式阅读了“布里耶纳收藏”中保存下来的信件，包括一封已有 300 年没打开的信——“布里耶纳收藏”是指一个邮件管理者的箱子，里面装有 1680 年到 1706 年从欧洲寄往海牙的未递送信件。

研究人员的具体做法是：先用 X 射线显微层析成像技术扫描这些信件，生成三维重建，再让该算法识别并区分密封信件的每一层。由于大部分墨水和水渍形成了不同的反差，信里的内容也得以展现。这个虚拟展信的方法不仅让作者读到了未打开的信，还可使折痕可视化，逐步重现锁信步骤。

该研究有望在不破坏文化遗产的同时，理解历史上的物理加密方式。

中年睡眠时长与失智风险相关

《自然-通讯》发表的一项新研究，对近 8000 名英国成人进行了超过 25 年的追踪调查，发现中年时期每晚睡眠时长经常少于 6 小时的人群与更高失智风险有关。这些发现不能建立因果联系，但可表明睡眠时长与失智风险之间存在关联。

全球每年约新增 1000 万例失智/痴呆症报告，其中一个常见症状为睡眠改变。然而，越来越多的证据表明，失智症发病前的睡眠模式或对疾病有加速恶化的作用。老年人 (65 岁及以上) 的睡眠时间与失智风险相关，但目前还不清楚这一关联在较年轻人中是否也成立。

科学家分析了英国大学学院的“压力与健康”研究数据。该研究调查了 7959 名英国成年人自 1985 年以来的健康状况。参与者自我报告睡眠时长，有些人会佩戴手表加速度计过夜，以确认时长估算是否准确。研究表明，在 50 岁或 60 岁时，每晚睡眠少于 6 小时的人患上失智症的风险更高。研究还发现，从中年至老年 (50-70 岁间) 一直处于较短睡眠模式的人失智风险会增加 30%，而且这与心血管代谢或精神健康问题 (已知的失智风险因素) 无关。

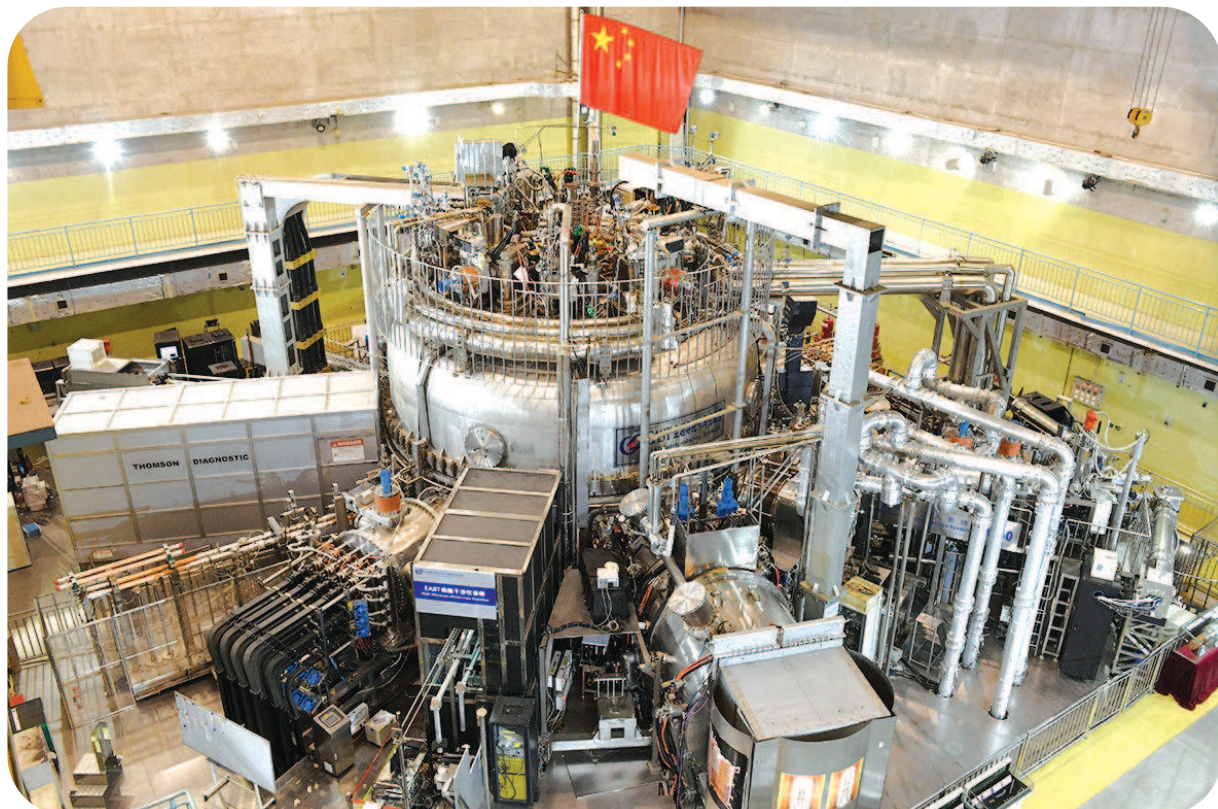
这一发现表明，睡眠对中年大脑健康可能很重要。未来的研究或许能确定改善睡眠习惯是否有助于预防失智症。

植物和土壤或能互换储碳能力

近期发表在《自然》上的一项针对 100 多个实验的分析研究显示，当二氧化碳水平升高导致植物生物量增加时，土壤的储碳量反而会减少。由于当前的陆地碳汇模型并没有计入这种此消彼长的关系，因此未来的预测数据可能需要修改。

陆地生态系统每年大约能从大气中去除约 30% 人为活动排放的二氧化碳。植物在借助光合作用促进自身生长的过程中，能固定二氧化碳，而土壤则可把碳作为分解的生物量封存起来。不过，人们目前并不清楚这种碳会对二氧化碳排放的持续增加有何反应。

有一种假说认为，大气二氧化碳水平升高，将增加植物和土壤的固碳能力，但科学研究表明，事实可能并非如此。论文作者分析了 108 个提高二氧化碳水平的实验数据后，发现了一种相反的关系——当植物生物量随二氧化碳水平升高而增加时，土壤的储碳量反而会下降。在相关实验中，二氧化碳水平升高会使土壤的储碳量增加约 8%，但森林土壤的储碳量不会增加，这还是在森林生物量增加了约 23% 的情况下。作者指出，这种互为消长的关系可能与植物获取营养的方式有关。生长过程中，植物的根部会从土壤中汲取营养元素，而作者认为这可能会降低土壤的固碳能力。(杨霞彦/整理)



曾创下了最长等离子体约束时间纪录的中国实验性先进超导托卡马克装置东方超环 (EAST)。

新华社发