

通用人工智能在能源互联网和“双碳”领域的应用及建议

曹军威

清华大学信息国家研究中心研究员

2023.8.10

摘要：去年 ChatGPT 的兴起开启了通用人工智能的新时代，人工智能在能源和双碳领域的应用由来已久，本文在简要介绍人工智能技术发展脉络的基础上，结合双碳背景下能源互联网发展面临的机遇和挑战，一方面借鉴信息和互联网领域从技术创新到商业突破过程中的理念和方法，另外也指出能源互联网和双碳领域发展过程中面临的瓶颈和痛点，展望通用人工智能技术在其中应用和解决问题的前景。

关键字：通用人工智能、能源互联网、碳达峰碳中和

一、背景介绍

人工智能技术的发展迎来里程碑意义上的又一次质的飞越，美国人工智能公司 OpenAI 于 2022 年 11 月 30 日正式推出 ChatGPT，因其极其出色的文本生成、对话交互能力以及在很多专业领域的杰出表现，在世界范围内迅速走红，五天内用户破百万，两个月用户破亿，被认为是开启了通用人工智能的新时代。据悉，GPT-5 将于今年年底完成训练，将拥有更多的参数，接受更广泛的训练数据集，因此能够处理更复杂的任务并生成更准确的回答。

我国 2020 年开始提出将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，争取在 2060 年前实现碳中和。党的二十大报告提出，“积极稳妥推进碳达峰碳中和”“加快规划建设新型能源体系”。我国能源活动碳排放占二氧化碳排放总量的 88% 左右，而电力行业碳排放又占能源行业碳排放的 42% 左右。因此，实现双碳目标，能源是主战场。

能源领域借鉴信息和互联网理念、应用人工智能技术的尝试由来已久，近年来兴起的能源互联网，随着分布式新能源、电动汽车充电、储能等技术和服务的兴起，衍生出很多新的能源业态，综合能源服务、智慧能源管理、能源托管和运营等成为主流趋势，但同时也在产业化、商业化层面面临诸多挑战。2023 年 3 月 28 日，国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》，强调推动数字技术与实体经济深度融合，赋能传统产业数字化智能化转型升级。

二、人工智能技术发展

传统人工智能技术的发展可以追溯到上世纪四五十年代，经过了多次发展过程中的起伏，仍然达不到任何领域可用的程度，与人类智能相比更是相差甚远。不过

值得一提的是，1997年IBM公司研制的超级计算机“深蓝”击败了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫，但对于更加复杂的围棋普遍认为计算机无能为力了。

新一代人工智能的开启以AlphaGO的诞生为标志，2016年谷歌公司的AlphaGO在与人类围棋冠军对弈中取得历史性的胜利，后续发展出一系列游戏等领域的人工智能开始表现出超过人类智能的水平，但总体来说都被认为是特定领域特定任务下的AI，跟所谓的通用人工智能（Artificial General Intelligence，简称AGI）还有距离。

通用人工智能是指拥有与人类智能相当的智能水平的人工智能技术，具备跨领域和跨任务的学习、推理、判断和决策能力。通用人工智能有两个层面上的理解，一个简单的对通用的理解是同一个AI在很多不同的领域都表现出一定程度上的智能，这个在ChatGPT中体现的最为淋漓尽致，对任何问题的回答，ChatGPT基本都能表现出超过普通人的知识性和逻辑性，OpenAI公布了GPT-4多项专业考试的模拟考试结果，很多都能打败大多数考生；但更深层次的通用人工智能不仅仅表现在知识层面，而是在知识的基础上具备审美、判断甚至想象和创造等方面的深度智能（又称强人工智能），这些ChatGPT的表现还有差距，毕竟ChatGPT还主要着眼于一个基于自然语言处理的对话系统，无论怎样，评价ChatGPT开启了通用人工智能时代的大幕也不为过。

通用人工智能关键技术包括机器学习和深度学习、自然语言处理（NLP）、计算机视觉（CV）、推理和逻辑推断、自主决策和规划、自主学习和持续改进等等。通用人工智能的技术基础是大模型，大模型通常指容量较大，用于深度学习任务的模型，通常具有海量的参数和复杂的架构。大模型具有更好的通用性、精度和效率，可以通过预训练或其他方式在大型数据集上进行学习，再通过微调高效地处理计算机视觉、自然语言处理等复杂任务。大模型的技术特征主要包括以下三个方面：

- **涌现性：**强化技术的融合：有效集成自然语言处理等多个人工智能核心研究领域的多项技术，实现1+1>2的融合呈现；
- **扩展性：**解决传统AI问题：大模型可以有效支撑智能终端，平台、系统等产品应用的落地，解决壁垒多、部署难的问题。
- **复合性：**增强AI的能力：在海量通用数据上预训练以具备多种基础能力、摆脱人工智能能力碎片化、作坊式开发的局限。

总之，ChatGPT能够成为爆点更重要在于其将技术优势转化为商业价值的前景，ChatGPT的用户体验是前所未有的质的飞越，这是人工智能技术积累了几十年过程中不曾有过的，而2个月能聚集1亿用户的能力也超越了整个互联网发展过程中的所有产品。用户体验是互联网价值的核心，也是互联网商业模式形成的关键，而这些也都是未来能源互联网发展中可以借鉴和应用的。

三、双碳背景下的能源互联网发展

双碳目标是宏观的和长期的，同时又是可以分行业、分区域形成量化的目标，因此双碳战略为绿色发展提出倒逼挑战和量化机制。但同时，双碳涉及领域众多，除了能源外还有工业、制造、建筑、交通、农业等等，很难形成深入全面的认知，因此在推动相关工作的时候遇到障碍。

能源互联网是以互联网理念构建的新型信息—能源融合“广域网”，它以大电网为“主干网”，以微网、分布式能源、智能小区等为“局域网”，以开放对等的信息—能源一体化架构真正实现能源的双向按需传输和动态平衡使用，因此可以最大限度地适应新能源的接入。能源互联网借鉴互联网理念的开放、对等、互联、分享，希望实现能量的交换像互联网信息交换一样方便快捷，最终为用户提供更多价值服务。近年来，能源互联网发展已经成为主流趋势，但在产业化、商业落地和价值实现方面还存在痛点和瓶颈。

首先，能源互联网是信息能源基础设施一体化的体现，既在能量层面强调冷热电、风光储、源网荷的统筹协调，又叠加信息、业务和价值多层次功能，功能要求全面复杂、协同性要求高，这跟我国传统能源系统专业条块分割的现状不相适应，导致认知层面上的障碍。虽然经过多年发展，可以汇集各方面专业人才力量针对能源互联网和双碳领域开展定制化规划设计和运营服务，但在行业推广和产业促进方面仍然有很大的发展空间。

其次，就是认知不足导致在能源互联网和双碳领域项目规划、实施、运行、维护等生命周期各个方面带来的人才不足、组织机制的不适应、以及用户体验的差距，使得能源互联网在商业化落地过程中成本上升，进而价值实现不明显。即便在分布式光伏、用户侧储能、电动汽车充电等要素均开始进入产业拐点并实现盈利，综合这些要素的能源互联网在推进过程中仍然面临投资回报这些商业价值层面的挑战。

四、通用人工智能在能源互联网和双碳领域的应用

人工智能技术在能源领域的应用由来已久，比较典型的有以下几个方面：

1. 能源需求预测：人工智能可以通过分析历史能源需求数据和相关因素，预测未来能源需求。这对能源系统的规划和供应调度非常重要，以确保能够满足未来的能源需求，并优化能源利用和分配。

2. 故障预警和维护：分析能源设备和系统的运行数据，识别异常和故障模式，并提前发出警报，以便进行及时的维护和修复。这有助于减少停机时间和能源设备的能源浪费。

3. 能源系统优化：通过学习和适应性优化算法对能源系统进行优化。通过对能源系统的数据进行分析和建模，可以提供智能的能源调度和优化方案，以提高系统的效率、降低能源消耗和碳排放。

4. 能源市场交易：在能源市场中进行智能化的交易和决策支持。通过分析市场数据和趋势，可以提供交易策略和风险评估，帮助参与者做出更明智的能源交易决策。

5. 个性化用户服务：分析消费者和企业的能源使用数据，并提供个性化的能源管理建议。例如，通过智能家居的能源管理系统，可以调整家庭设备的能源使用模式，以优化能源消耗和降低碳足迹。

总之，人工智能在能源领域的应用潜力巨大。通过分析能源系统的数据、优化能源利用和供给、预测能源需求、提供能源管理方案等方面，人工智能可以为能源行业的可持续发展和减碳工作做出重要贡献。在可预见的未来，ChatGPT 相关技术可以进一步给能源互联网和双碳领域带来新的支撑能力和发展机遇。

首先就是在提升用户体验方面。互联网的本质是人的互联，能源互联网的本质是基于能量的互联，最终价值实现还是体现在为人的服务方面。用户交互体验的提升可以直接促进能源互联网的发展，比如在需求侧管理领域，能够打通智能家居与电力负荷管理之间的壁垒，使电器的优化能够从智能设备与人的交互中学习到更多的用户信息，以制定适合用户的优化调节策略。同时用户不仅仅是终端用能用户，还包括源网荷储各个环节上的运营方、中间方、服务提供方等，都可以通过能量管理平台的接入提升交互体验。

其次就是在打破专业壁垒、突破认知障碍方面，会大大加速能源互联网和双碳领域的推广。目前 ChatGPT 的输出还不能避免泛泛而谈，虽然对于初学者具有一定的指导意义，但远不足以指导专业化的操作和执行。基于现有 GPT 的技术和平台，必将很快衍生出面向个人或企业的个性化大模型，面向领域的行业大模型等，可以提供无所不在、低成本、同时兼具专业深度的知识服务，例如在设备检修领域，检修人员能够将实际故障情况讲给 AI，并获得专业化的指导。从这个意义上讲，水平方向的通用和垂直领域的深度都是相对的，互联网发展历程已经验证了这个过程，往往是随着技术的进步和需求的迭代交替出现并相互促进的。

最后就是在降低能源互联网发展成本，体现投资回报和商业价值方面，ChatGPT 相关技术和平台又提供了一层强有力的支撑手段，很可能颠覆现有的商业模式。虽然新一代信息技术“云大物移智链”仍然会在能源互联网和双碳领域中发挥作用，ChatGPT 的出现很可能重构其中的商业逻辑，进而影响技术架构、人才架构，并深刻影响区域能源互联网和双碳项目实施和组织管理方式、运行维护方式，最终强化以用户体验为核心、价值、信息、能量三流合一的运行模式。另外换一个角度，

ChatGPT 相关技术和平台对算力的需求也是前所未有的，而算力的基础是能源，因此也需要能源互联网的支撑，这也是能源互联网提出的初衷之一，信息能源基础设施的一体化可以反过来促进人工智能基础设施层面的降本增效，两个方面是相辅相成，可以相互促进的。从这个意义上讲，能源不仅仅是通用人工智能的某个垂直应用领域，同时还是人工智能基础设施之基础设施，发挥着更为关键和基础性的作用。

五、未来展望

通用人工智能技术的发展还面临着诸多挑战，包括知识表示和推理、复杂性和可扩展性、数据需求和隐私问题、公平性和偏见、伦理和价值观、自主性和透明度以及法律和政策等等诸多问题。解决这些挑战需要跨学科的研究和合作，以确保通用人工智能的发展和能够积极推动社会的进步。

通用人工智能的未来将围绕技术融合、自主学习、可解释性、伦理与责任、人机交互以及法律和政策建设等方面发展。这些趋势将推动通用人工智能的不断进步，并在各个领域和行业中发挥更加广泛和重要的作用，具体体现在：

1. **跨领域融合：**通用人工智能将更加强调不同领域和任务之间的交叉融合。将不同的人工智能技术（如自然语言处理、计算机视觉、推理和规划）结合起来，使得通用人工智能具备跨领域理解和处理能力。
2. **自主学习和持续进化：**通用人工智能将具备自主学习和持续进化的能力。通过利用强化学习和元学习等技术，通用人工智能能够从环境和用户的反馈中学习，并不断改进和提升自身的智能水平。
3. **可解释性和透明度：**随着对通用人工智能的需求增加，对其决策和行为的可解释性和透明度要求也将增强。未来的发展将关注如何使通用人工智能的决策过程可解释，并提供清晰的解释，帮助用户和开发者理解其工作原理。
4. **伦理和责任关注：**随着通用人工智能的广泛应用，伦理和责任的关注也将增加。未来的发展将更加重视人工智能的伦理问题，涉及到隐私、偏见、公平性、道德判断等方面的考虑。
5. **合作与人机交互：**通用人工智能将更加注重与人类的合作和人机交互。未来的发展将促使通用人工智能具备更自然、更智能的人机交互能力，使其与人类能够更加无缝地合作，共同完成任务。
6. **法律和政策建设：**随着通用人工智能的发展，相应的法律和政策建设也将变得更为重要。政府和相关机构将制定相应的法律和政策框架，以规范通用人工智能的应用和发展，保护数据隐私、应对伦理和社会问题。

从长远来看，实现具有或超越人类智能的通用人工智能仍然是大方向。通用人工智能的未来将不仅仅局限在知识层面，审美和判断能力、甚至想象力和创造力都是有可能的。

现有 ChatGPT 背后是通用语言大模型，在综合了各个方面的数据和信息后，往往不具有任何的审美偏好和判断能力，输出综合、系统、正确但不免泛泛而谈。未来通用人工智能在能源行业应用应该具有深层次的审美偏好，比如绿色低碳发展是能源发展未来的主旋律，能源互联网的发展也偏重新能源的应用和双碳目标的实现。在能量管理、调度、控制和优化等更深度的功能实现方面，能源系统的要求比较高，不允许出现故障和失误，因此通用人工智能在判断和决策方面要发挥主导作用，还需要进一步提升完备性和可解释性。

有人认为人工智能是不可能无中生有的，所以不可能具有想象力和创造力，这不完全正确，因为所谓想象力和创造力很多也是相对的，往往是现有事物的组合、叠加和关联，在某些艺术领域，人工智能已经开始崭露头角。比如能源电力系统的运行也是影响因素众多、环境复杂，为了能够指导调度保证安全稳定运行，一方面需要简化规则便于操作执行，一方面要增加冗余提高安全稳定裕度，这些都是以增加成本减少收益来换取的。而通用人工智能尤其擅长处理复杂的场景和决策过程，可以针对不同的需求和情况，自动生成最优的调度方案和清晰的决策规划，可以在精准性、实时性和减少失误方面达到超越人类智能的程度。

六、总结

通用人工智能在能源互联网和绿色低碳发展方面有望带来更智能化、高效化和可持续发展的解决方案。这些应用有助于优化能源系统、提高能源利用效率、降低碳排放，并推动可再生能源和清洁能源的发展和应用。

总之，信息能源基础设施一体化以及信息能源技术的相互融合发展是大势所趋。ChatGPT 引爆了新一轮信息技术变革和互联网经济的浪潮，预示着不可限量的商业价值和前景，很快会在各行各业渗透和体现。同时在能源电力领域，加快推进能源数字化智能化发展已经成为行业共识，更应该快速借鉴 ChatGPT 技术和理念的最新进展，发展能源互联网行业大模型，打造关键杀手级应用，着力提高用户体验和深度智能，进一步放大通用人工智能的商业价值，解决能源互联网发展中的痛点瓶颈问题，促进信息能源基础设施和技术的融合发展，为能源行业的绿色低碳发展服务。

作者简介：

曹军威，男，博士，清华大学信息国家研究中心研究员。主要研究方向能源互联网技术与应用。中国电机工程学会电力信息化专委会委员、中国能源研究会能源

大数据专委会委员、中国自动化学会能源互联网专委会常务理事、中国电力发展促进会人工智能与大数据分会专家委员、中国人工智能学会智慧能源专委会委员。发表学术论文 300 余篇，出版编著 10 本，引用 8 万次以上，申请发明专利 100 余项，授权 60 余项，获得省部学会科技奖励 4 项，获得 2016 年基础物理学特别突破奖。

参考文献：

- [1]. F. Zobaa and J. Cao. *Energy Internet Systems and Applications*. Springer, 2020
- [2]. 曹军威等，电力物联网概论，中国电力出版社，2020.
- [3]. 曹军威等，城市电网电能质量综合治理，中国电力出版社，2017.
- [4]. 曹军威、孙嘉平，能源互联网与能源系统，中国电力出版社，2016.
- [5]. 曹军威等，能源互联网大数据分析技术综述，南方电网技术，9(11)，1-12，2015.
- [6]. 曹军威等，软件定义的能源互联网信息通信技术研究，中国电机工程学报，能源互联网专刊，35(14)，3649-3655，2015.
- [7]. 曹军威等，能源互联网——信息与能源的基础设施一体化，南方电网技术，8(4)，1-10，2014.
- [8]. 曹军威等，能源互联网与能源路由器，中国科学：信息科学，44(6)，714-727，2014.
- [9]. J. Cao and M. Yang. *Energy Internet – towards Smart Grid 2.0*. Proc. 4th Int. Conf. on Networking and Distributed Computing, Hongkong, China, 105-110, 2013.
- [10]. 曹军威等，智能电网信息系统体系结构研究，计算机学报，36(1)，143-167，2013.