

AI for Future Cities

Energy

Arup
2025年5月





人工智能 (AI) 的快速发展承诺提升效率、速度和创新。但这意味着什么？对于城市而言：它们是如何规划、设计、建设和管理的？机遇和风险分别是什么？在喧嚣和猜测中，我们应如何确保这些技术支持我们实现共同目标——创造更宜居、更环保的城市？

由阿特金斯前瞻团队汇编，《面向未来城市的AI》是一系列关于人工智能在我们城市各方面应用和影响的深度反思与专家见解。——从规划到运营，从基础设施到资源流动。这并非一份深入且全面的报告，而是旨在让读者通过专业引领的探索与激发思考来阅读这些议题。它将为您展现AI在当前城市环境中如何运作的丰富理解，塑造其未来使用的趋势，以及对长期可能性的富有见地的推测。

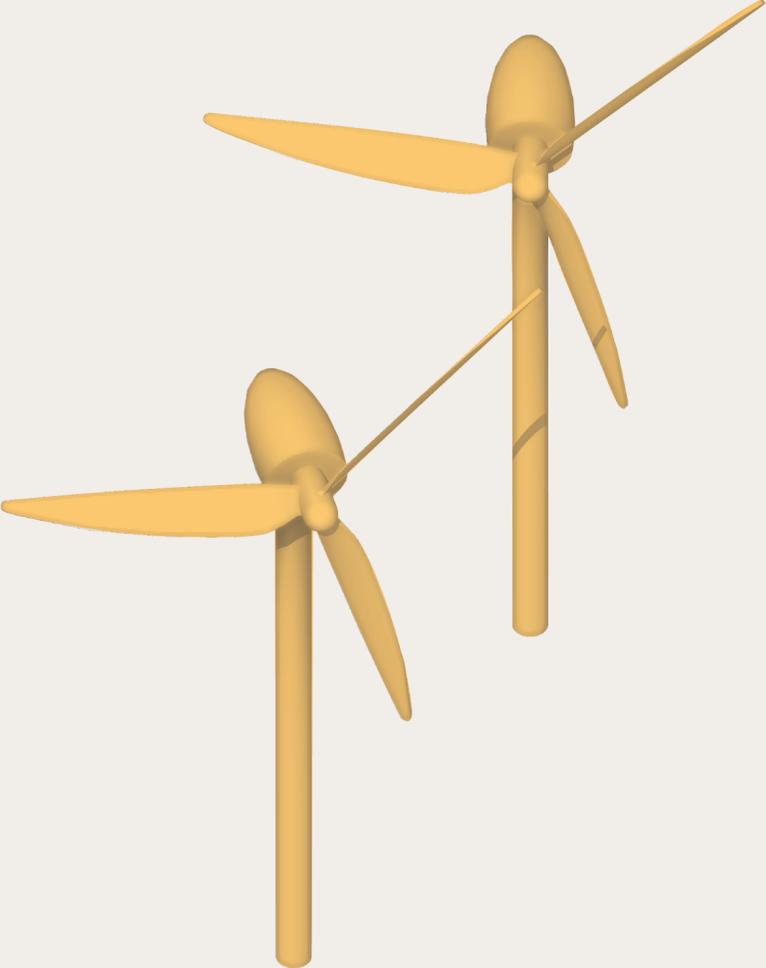
这是第02期 一个系列关于未来城市的AI。即将出版的出版物将关注水资源、循环经济、自然和工作场所。

在此处探讨其他问题。

06	Workplace
05	Nature
04	Circularity
03	Water
02	Energy
01	Planning and design

本系列第二期重点关注 **energy**：人工智能如何改变我们城市能源的消耗和生产方式？新型的人工智能赋能能源系统可能如何改变我们城市的实体结构和居民的体验？未来设计师为了创造和工作与人工智能增强的能源系统可能需要哪些新能力？我们又如何确保人工智能始终是我们智能使用的工具？

前瞻性视角	05
前瞻扫描证据：塑造未来城市能源人工智能趋势	07
2035年的城市：人工智能如何塑造城市，以及哪些新现实会出现？	08
专家见解：互操作性是释放人工智能全部潜力的必要条件。	09
案例研究：我们今天正在通过人工智能做些什么来使城市变得更好？	11
专家见解：AI是实现无碳能源转型的关键	12
案例研究：我们今天正在通过人工智能做些什么来使城市变得更好？	14
建议	15
参考文献与贡献者	18



前言

运用人工智能应对能源挑战

近三年过去了，围绕AI的兴奋情绪因ChatGPT的出现而爆发。自那以来，激增的投资引发了一系列不同的AI模型，这些模型能够改进我们的工作方式和交付内容。

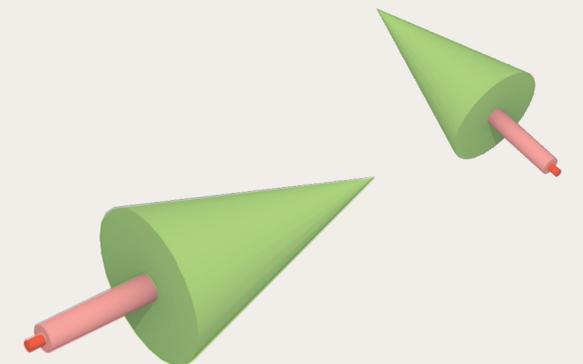
将人工智能应用于现实世界是 opportunity

此系列由阿普尔大学的前瞻团队明确专注于人工智能在加速脱碳和支持气候韧性方面具有实际、现实意义的应用。本期专题聚焦城市能源，这一议题是塑造未来世界的两大趋势——电气化和城镇化——的核心。人工智能在城市能源生成和分配的新方法中可发挥重要作用，我们已开始运用其规划、选址及运营能源基础设施。我们曾参与可行性研究，为英国电网的AI集成做准备，并已使用机器

学习大规模减少建筑能耗。我们在英国虚拟能源系统计划和数据共享基础设施方面的工作，为将人工智能应用于电网奠定了基础，并借此帮助整合可再生能源及其所需的大量储能，以实现电网平衡。在交通领域，人工智能使得我们的电动汽车和公交车队中庞大的电池量能够作为城市能源系统的备用储能，同时支持更优化的交通需求管理、乘客流动以及交通网络运营维护。

我们面临着巨大的可持续性和韧性挑战，同时还需要以最快的速度为全球社区提供基础设施和繁荣。如果没有人工智能的力量来增强人类的创新、创造力和生产力，我们很难想象如何能够成功满足这些需求。

。



前瞻视角： 人工智能如何帮助我们应对电网快速变化的形态和城市需求？

没有电力，现代城市是不可想象的。充足且负担得起的能源使我们得以向上和向外发展。电梯塑造了我们的天际线；电气化的公共交通系统使数百万人（如果不是数十亿人）能够居住在远离工作场所和娱乐场所很远的地方，而充足的照明则增强了城市夜生活和安全。

然而，尽管能源系统对我们生活和城市至关重要，但城市在能源系统中的角色在一个世纪里几乎未发生变化：电力在热电厂生成，而城市则消耗它。因此，城市消耗了全球四分之三的原生能源供应。¹它们仍然是历史上集中化和可预测的能源系统的主要最终节点。

现在，这种情况正在改变，因为全球某些地区的能源转型以实现净零排放已经步入正轨，而在另一些地区则刚刚起步。

可再生能源的技术进步意味着能源可以以清洁、分布式的方式以具有竞争力的价格进行生产；而电池技术的创新使分布式电能存储的商业化成为可能。这意味着实现净零电网以及使城市能源脱碳越来越成为一个社会和政治挑战，而非技术挑战。进展将取决于我们整合清洁、波动、空间分布的能源发电的能力和意愿，以及将全新的分布式能源需求领域（从交通到供暖到工业电气化）纳入家庭和汽车的新型互联存储形式——同时在整个过程中平衡电网，并使其在气候变化背景下保持韧性。

人工智能已经正在重塑城市能源。

人工智能正逐渐成为连接多尺度新能源资产与需求的纽带，将能源转变为城市肌体的灵活、动态层次，而非刚性基础设施。在国家尺度上，人工智能有助于规划能源生产装置的最佳安装位置，并以更高的精度预测每日可产生的电量，从而帮助整体平衡电网。在城市尺度上，人工智能将城市与居民转变为电力网中的主动节点而非终点。通过家庭和办公场所的分布式、动态存储与发电管理，人工智能使波动性管理变得可行：它有助于将建筑物的储能系统（BESS）和电动汽车电池整合入电网，控制屋顶太阳能板，优化供暖和冷却网络。

1. IEA (2024), Empowering Urban Energy Transitions, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/empowering-urban-energy-transitions>, Licence: CC BY 4.0

AI是推动从管理一个世纪已久的集中且可预测的能源生产系统向适应去中心化转变的关键技术，其中城市及其居民既是消费者也是节点。

想象一个城市，人工智能已全面融入能源系统，建筑和街区能够自主发电并相互交换电力，随着生活的起伏而运行。在这个城市里，能源产生的盈余收入可以补贴贫困居民，或投资于社区项目。想象一个通过人工智能赋能的能源去中心化城市，使消费者更具韧性，而电网运营商借助跨领域预测，对能源供需拥有完全透明度，预见近中和远期需求。在这个城市，我们将能控制自然灾害、停电或网络攻击造成的干扰；备用能源供应可以更快地启动。再想象城市电网利用人工智能与智能建筑和基础设施接口，预测并调配供能。

需求。这只是人工智能在能源领域为我们城市解锁的众多未来机遇中的一些。

加速，但需警惕风险

但人工智能融入城市能源系统会带来新的风险。人工智能本身就是电网的耗能因素，我们必须确保其部署具有净积极效应。类似地，在关键基础设施运行中依赖人工智能进行决策可能引入新的网络安全漏洞。此外，如同任何技术一样，人工智能可能被行为者不当利用，他们可能会利用它来优化与系统整体利益和公共利益相悖的结果。

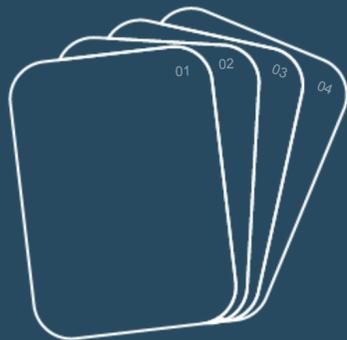
我们如何确保在资产和参与者之间实现正确的数据共享和互操作性，以使人工智能在我们城市能源系统中充分发挥其潜力？我们如何利用人工智能来充分利用对电动汽车、热泵、太阳能和家用储能的投资？我们能源系统的利益相关者需要为今天做好准备，需要哪些新的技能和责任？

想象一个城市，人工智能已全面融入能源系统，建筑和社区能够自行生成和交换电力，这一切在后台自动进行。



前瞻扫描证据： 塑造人工智能在能源领域未来的趋势

这只是我们目前正在追踪的关于AI在城市环境中运行方式的关键数据的一小部分（现在→）、我们正在观察的新兴趋势（近→）、以及我们基于变化信号对未来可能性所做出的有根据的推测（远→）。



联系我们，探索我们不断扩大的趋势数据库，涵盖《面向未来城市的AI》系列的所有议题。

Data centre demand surge 02

AI is accelerating demand for data centres, particularly those located close to urban centres that provide low latency. While uncertain, demand in 2028 could increase by 100% - 239%.

Semi Analysis, 2024;
McKinsey & Company, 2024

NOW

Building energy optimisation 06

New AI tools such as Arup's Neuron can analyse building occupancy and external data to optimise heating, ventilation and air-conditioning performance as well as cutting energy consumption

JLL, 2024

NOW

Decentralised grids 23

Cities will become vital to electricity generation and storage through decentralised grids, with AI optimising the integration of renewables and batteries.

Mousavi et al., 2025

NEAR

Metamaterials 30

AI enables the discovery of new metamaterials with properties rarely seen in nature. They can improve energy harvesting (thermoelectrics and solar) and energy storage (batteries). They could even enable wireless power transfer.

Bosman, 2024

NEXT

Small modular reactors 31

AI might enable the integration of new energy sources such as Small Modular Reactors (SMRs) that could offer a more compact and flexible way to generate low-carbon electricity.

World Nuclear News, 2025

NEXT

Predictive maintenance 08

AI is being used to predict when urban energy assets are likely to fail. Predictive maintenance helps to reduce interruptions, improve the efficiency of energy systems and lower overall energy consumption.

IEA, 2023

NOW

Smart grids 16

Smart grids, powered by AI, can balance supply and demand in real-time, reducing energy waste and integrating renewable energy sources more effectively.

MIT Technology Review, 2023

NEAR

Virtual Power Plants 26

Virtual Power Plants stitch together a group of distributed resources that work together to balance energy supply and demand on a large scale. AI is increasingly becoming the tool that manages such plants.

Calma, 2024

NEAR

Kinetic harvesting 39

Connected kinetic harvesting captures energy from mechanical motion, like foot traffic, converting it into electricity for various indoor and outdoor applications.

Liu, L., Guo, X., Liu, W., & Lee, C, 2021

NEXT

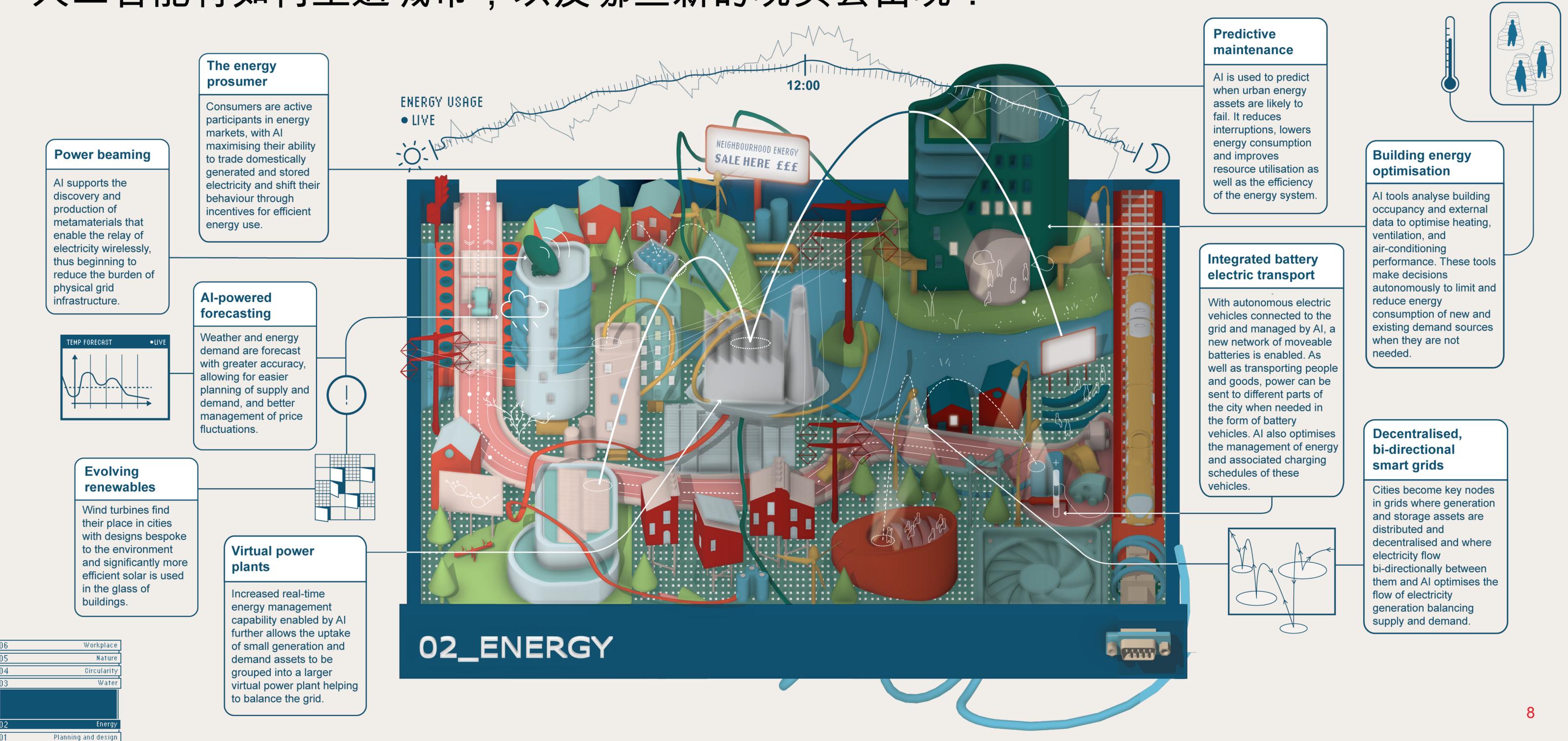
Batteries on Wheels 42

Autonomous EVs as 'batteries on wheels' might supply up to 9% of Europe's power needs by 2040 when managed through AI, enhancing grid stability and reducing costs.

Fraunhofer ISE & Fraunhofer ISI, 2024

NEXT

2035之城： 人工智能将如何塑造城市，以及哪些新的现实会出现？



专家见解： 互操作性对于释放人工智能的全部潜力至关重要。

新出现的不可预测的需求、稀缺资源和可持续发展需求的融合，正在推动城市和工业规划的重大再思考，包括其能源需求。

人口波动、经济和生活方式的变化以及气候变化带来了传统规划模型未能设计的挑战。

在这个复杂的格局中，人工智能凭借其实时数据分析能力和预测能力，已不再是科幻式的奇观，而是应对当前及未来挑战的关键工具。

具体而言，在能源领域，转型正在进行。向由太阳能和风能等可再生能源驱动的去中心化能源发电的转变，引入了供应的波动性。同时，受电动汽车采用和现代生活方式模式等因素的影响，需求模式正变得不可预测。

AI对于平衡能源及其他城市规划领域的动态平衡方程至关重要。

释放AI的全面潜力

人工智能的真正潜力取决于互操作性。当人工智能系统处于孤立状态，局限于特定行业或项目时，它们会在数据孤岛中创建和运行，阻碍全面规划。能够使行业共享数据并开发兼容性人工智能平台的协作框架，对于实现动态响应系统至关重要。这种互操作性培育了对整体的理解

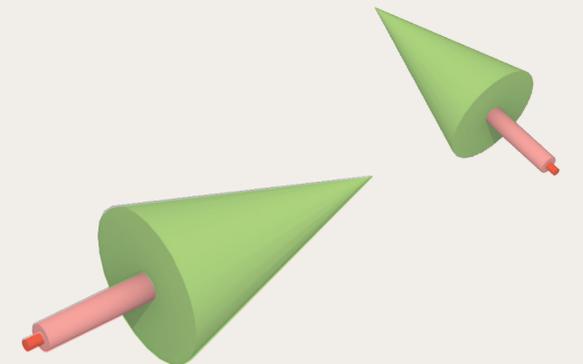
在城市化系统中，促进优化资源配置和适应性基础设施建设。

基于机器学习的智能电网管理系统能够预测需求、优化能源分配，并高效整合可再生能源。这不仅是愿景，更是当前的技术和社会必需。缺乏人工智能，在这些挑战中维持电网稳定性和保障可靠能源供应将变得极其困难。

模型超越了电网效率。

Lyndon Ruff
人工智能卓越中心经理
国家能源系统运营商

Magnus Cormack
高级经理，人工智能与分析，
国家能源系统运营商



当不同行业无缝地交换数据和洞察时，创新和效率的潜力会呈指数级增长：供应链可以得到优化，资源消耗得以最小化，循环经济原则可以得到更有效的实施。例如，将人工智能驱动的物流与智能制造系统集成可以减少浪费并提高生产力。同样，建筑行业与能源部门之间的信息交换可以促进未来规划、设计和运营的效率提升。

对共同标准的需要

实现这种互操作性需要行业、政府和研究机构共同努力，但建立开放共享的数据共享标准和协议，如NESO数据门户和能源数据共享基础设施，是关键。除了数据互操作性，AI模型兼容性也至关重要。最终目标是实现代表整个系统的互联数字孪生，正如我们的“虚拟能源系统计划”或英国国家数字孪生计划所设想的那样。

总之，建筑环境、能源部门和城市规划所面临的挑战需要转向人工智能驱动的解决方案。然而，要实现人工智能的全部潜力，关键在于促进跨部门和系统的互操作性和兼容性。这意味着需要更多的协作努力和对数据共享的承诺，以实现未来能源韧性、可持续和公平的城市环境。



案例研究： Arup 目前正在通过 AI 为城市做些什么？

Arup与全球的合作伙伴和客户合作，共同开发用于实际应用的AI驱动解决方案，为城市带来更优成果。

这些尖端项目为我们提供了深刻的洞察力，让我们了解到人工智能如何塑造从业者的未来预期，以及这些预期如何可迁移至城市的其他领域。



开放数据与数据基础设施如何为效率、可持续性 & 创新引入新的机遇？

数字脊柱可行性研究
英国，2023

[Read more](#)

阿普 (Arup) 与能源系统加速器 (Energy Systems Catalyst) 及巴斯大学 (University of Bath) 合作，探索了“数字骨干”的概念，识别了能源行业的需求和挑战，以通过数字基础设施促进数据共享。

在英国能源系统脱碳进程中至关重要的一环。最终，这将减少数据共享的障碍和摩擦。通过更完善、更可靠的数据共享以及跨网络协作，实现网络内能源更高效、更敏捷的流动和更智能的系统平衡，将为一众消费者、企业和能源公司解锁一系列益处。

这份报告由英国政府的能源、安全与净零部门 (DESNZ) 委托，是能源数字化工作组及其提出为该行业构建“数字化骨干”建议的结果。该研究突出了能源行业在促进数据共享方面面临的挑战，以及如何通过支持性基础设施克服这些挑战。该能源行业数据共享基础设施将提供一种安全且富有弹性的数据共享方法，这将是

该研究中所详细阐述的数据共享基础设施概念现已成为 Arup 和 NESO 的虚拟能源系统计划的基础，该计划旨在将数据共享基础设施应用于现实世界。



人工智能赋能的数字孪生技术如何改变我们建模和优化电网的方式？

虚拟能源系统计划
英国，2022年至今

[Read more](#)

阿普 (Arup) 正在支持英国国家能源系统运营商 (NESO) 开发虚拟能源系统计划，这是世界上首个针对国家能源系统的互联数字孪生生态系统。这将实现数据驱动决策和全系统监测，同时支持运营优化，并确保未来高效可靠的能源系统。

实现 NESO 虚拟能源系统所必需的流程、数据和技术的核心。其成果是一条合作发展治理框架、数据标准、访问政策、安全措施、技能以及更广泛支持的途径，旨在高效地实现构成工作虚拟能源系统的一系列用例。

我们的工作始于组织层面，专注于一个能够驱动这场大规模转型的框架。通过研究、专家访谈以及广泛的行业参与，我们开发了一个“通用框架”：我们确定了14个关键的社会技术因素，涵盖人员、

从这项工作中也可以清楚地看出，该系统所依赖的日常运营洞察和未来规划——例如供给与需求的位置及其变化——将越来越多地依赖于一个通用的、行业范围内的数据共享基础设施。

专家见解： AI是实现无碳能源转型的关键。

人工智能既是对能源产业的挑战也是机遇。一方面，为支撑人工智能模型运行的数据中心激增，在美国、欧洲及其他工业化国家首次导致了电力负荷增长。这种快速增长的步伐正挑战着传统电网结构以及新增发电能力并网的速度。另一方面，人工智能有潜力彻底革新电力系统的规划与运营，使分布式能源生产与消费能够实现真正的实时互动模式，在可持续的未来中尊重城市复杂性，并满足建筑物、车辆等的能源需求。

能源行业正处在史无前例的拐点。所有事物的快速脱碳意味着车辆和供暖系统的电气化与数据中心能耗的激增同步进行。这种惊人的交集需要多种解决方案，而且没有万能药。

对于运营商而言，应用案例包括识别电网中电器的需求特征以评估电气化趋势，并利用数据主动预警变压器或电网设备故障风险。目前这些应用案例已扩展至融合计算机视觉技术，通过遥感与无人机影像预测极端事件（如损害电网基础设施的野火）的风险。这种人工智能应用提升了电网的安全性与可靠性，有潜力预防类似2018年加州Camp Fire等悲剧。

然而，随着解决方案的增加而来的是复杂性的增加，而我们传统的单向电力流模型可能不再有效或高效。

进入人工智能

人工智能已经迅速提升了我们模拟和优化能源系统的方式，以利用更高的互动性以及更复杂和间歇性的供需来源。在过去20年里，我们一直使用机器学习模型来帮助规划需求，并主动识别可能导致系统故障的电网状况。

在Arup，我们利用语义互操作性和机器学习，以帮助实现系统灵活性，并预测在建筑物和城市开始电气化的同时，最具成本效益的能源消耗降低方式。在美国，我们与Whole Foods和国家资源保护委员会（NRDC）的合作中，运用机器学习训练模型，搜索节能策略的新颖组合，以在成本和部署限制内实现建筑物能源消耗的深度降低。这项研究表明，机器智能与人工审核相结合

Rob Best
美洲数字能源领袖Arup

Simon Evans
全球数字能源领导者Arup

并且指导可能使得在相同预算下每栋建筑节省高达10%。虽然这可能听起来很小，但每栋建筑额外节省10%意味着电网需要新增的发电量远少于满足激增的电力需求。在英国，我们开发了一种用于能源灵活性市场的语义数据模型，该模型提供透明度和标准化，支持所需的可扩展数据交换和AI有效使用的信息层互操作性。

借助人工智能实现积极影响扩展。

人工智能有潜力将这种方法指数级扩展到建筑之外，涵盖基础设施和车辆，以实现整个城市或地区的需求规划，同时结合分布式供应和存储。

需求建模假设能够完美预知电网的天气和条件——而在实际运行中这些条件从未被满足。人工智能结合建筑物恒温器、车辆、太阳能电池板、储能及其他分布式设备中部署的传感器，能够比人类操作员更有效地、更及时地管理电网需求。学习自

历史数据以及识别行为、外部条件和电网响应之间的新关系，AI可以帮助电网运营商识别和部署分布式资源，从而缓解当地配电和输电投资。

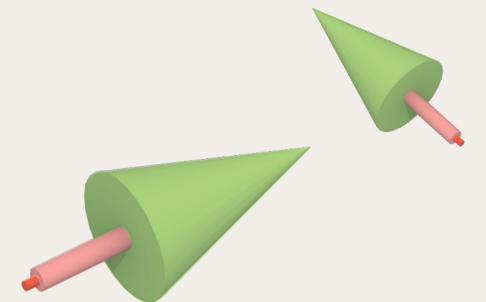
拉远视角，电网在互联新增可再生能源方面正面临显著延迟。造成这些延迟的核心驱动因素是各类故障条件的分析与测试，但人工智能解决方案正开始部署以支持电网规划者更快速地评估潜在连接点和解决方案。鉴于许多公用事业电网正快速老化并需迅速适应未来需求，这一点日益重要。

实现无碳经济的可能性

随着合适的AI工具的开发和使用，到20年内，我们可能会生活在一个世界，在那里，支撑完全无碳经济的电力和绿色分子燃料会分散在整个能源网络中，按需适度供应，不会过度建设，并在复杂系统中运行，同时尊重终端用户的需求、车辆充电和运输要求，以及（能源）的间歇性

在太阳能和风能领域。这个真正互动且数字化互通的能源系统，如果我们将人类的创造力与数据的广阔潜力以及人工智能相结合，就指日可待。

人工智能有潜力迅速提升我们建模和优化电网系统的能力，以便利用更高的互动性以及更复杂和间歇性的供需来源。



案例研究： Arup 目前正在通过 AI 为城市做些什么？

Arup 与全球合作伙伴和客户共同合作，致力于开发人工智能驱动的解决方案，用于现实世界的应用，以实现城市的更好成果。

这些尖端项目为我们提供了深刻的洞察力，让我们了解到人工智能如何塑造从业者对未来的期望，以及这些期望如何可转移至城市其他领域。



Arup Mass Energy
美国，2019年至今

创建能源模型是一个耗时过程，而修改这些模型所需的工作量往往会显著限制可研究方案的范围。Arup的Mass Energy工具为这一限制提供了自动化、数据驱动的解决方案。该工具利用专有的、基于人工智能的遗传算法，快速分析广泛的设计方案，并识别出数千种实现项目可持续性目标的不同途径。这些方案通过交互式界面呈现，支持轻松过滤和对比。在众多满足可持续性目标的方案中，项目团队可以探索并选择针对成本或其他项目标准（如首选建筑系统一致性）优化的方案。

Mass Energy 工具近年来已在多个项目中开发使用，包括 Colegio Village、NYSERDA、纽约公共图书馆、波士顿市和 Whole Foods，用于运行多个 EnergyPlus 模型，以编程方式模拟和测量能源消耗、碳排放和其他指标。

如果全市所有建筑和项目都经过优化以最大化建筑性能会怎样？

在能源项目中，阿鲁普公司利用数字技术取得显著成果的其他实例可在此处找到：

SCALE
海上风电部署

[Read more](#)

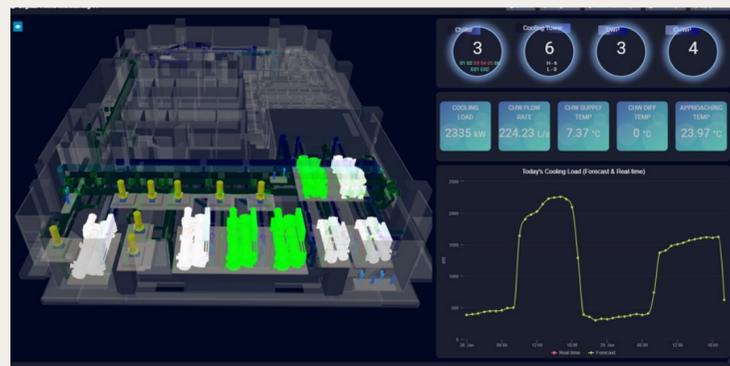
无碳波士顿
美利坚合众国

[Read more](#)

One Taikoo Place
香港
灵活性市场解锁计划
United Kingdom

[Read more](#)

[Read more](#)



ELEMENTS, MTR
香港，2025

位于九龙站和机场快线之上，由Arup与Neuron合作的ELEMENTS是一个集购物、餐饮、滑冰场和文化景点于一体的百万平方英尺商场。为提升能源性能和热舒适度，Neuron AI Chiller Plant Platform得以实施，首年空调及机械通风（ACMV）系统节能9%，计划升级后预计可达15%。

反馈，同时强化学习使系统能够根据绩效结果调整其操作。

因其先进工程与智能技术的融合而获得认可，该项目在2025年荣获ASHRAE工程卓越奖和技术奖，标志着在东亚建成环境中数据驱动能源优化方面取得了显著里程碑。

[Read more](#)

如果每栋建筑都有一个AI大脑，让它能够与全城其他建筑沟通并共享资源，会怎样？

使用循环神经网络和长短期记忆网络，Neuron AI模型以30分钟为间隔预测制冷负荷，依据实时天气预报、太阳辐射和历史数据。数字孪生通过场景测试和操作员培训实现持续的人工智能训练

建议： 当今实践者的实用步骤

人工智能将深刻影响城市能源。尽管我们无法准确预测这些影响，但我们可以今天就采取前瞻性措施，为未来的城市做好更充分的准备。

这些建议旨在提供**基础要素**和**使能因素**，那些在人工智能全面规模化地增强我们的能源系统方面所必需的条件，包括互操作性、数据质量、可访问性、监管标准和系统弹性。

1 支持立法以促进大规模数据共享和互操作性。

政府和监管机构应通过建立通用数据共享基础设施、为市场参与者提供明确性，来加强数据共享和互操作性。平衡安全、成本和可持续性的能源三难问题应贯穿其中。在推进这些改革的过程中，监管机构、公用事业公司和电网运营商必须为具有多元参与者、复杂系统和黑箱的新型电网的安全挑战制定备选方案。

2 建立信任框架和透明的数据共享协议

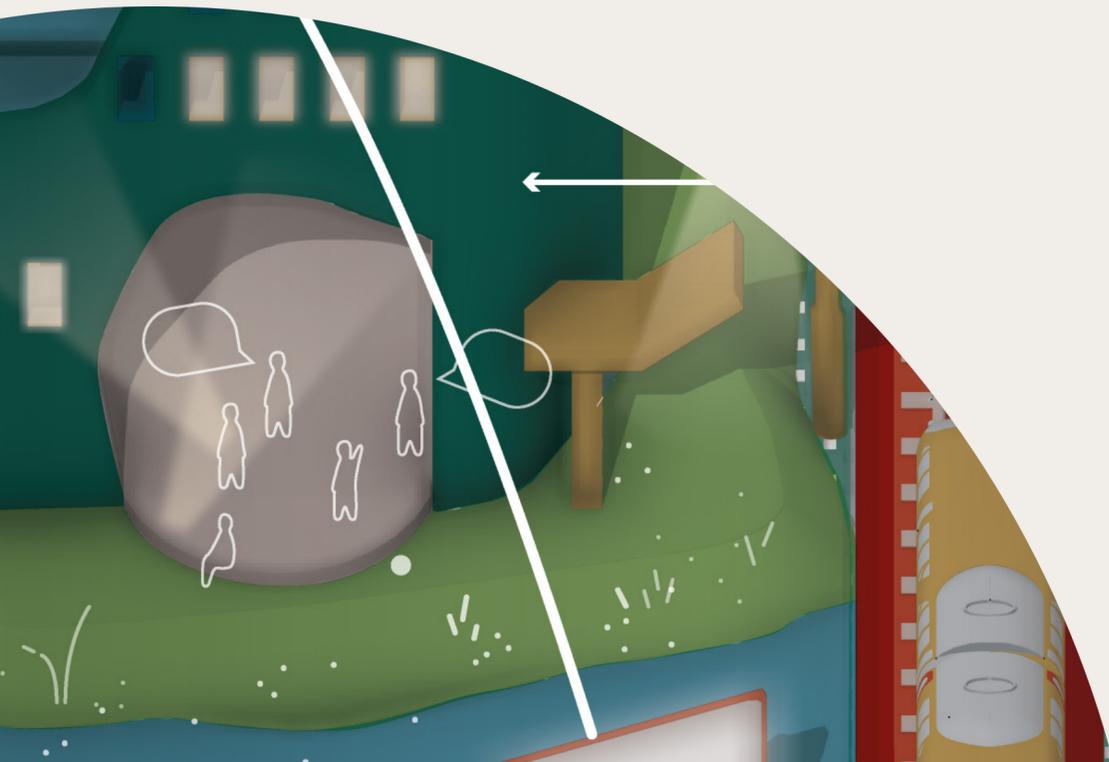
要在支持人工智能的能源系统中实现跨平台的规模化成功，分布更广泛的都市能源价值链上的所有参与者应该在数据共享协议、框架和标准方面拥有完全的可见性。这应涉及创建共享的关键概念（本体论和分类法等），以及通用的交换机制和数据共享基础设施，以使人工智能能够更无缝地融入网络，并减少来自利益相关者的数据囤积。

3 投资于培训、技能提升和提升公众意识

人工智能将向能源电网引入新的数据、参与者和领域，这些在历史上被认为彼此无关，包括从气象学到人口统计学到街道人流量等所有方面。这将要求公众对人工智能的潜在影响有更高的意识，同时也需要加大对掌握人工智能优势所需技能的投资。组织需要投资于从业者的技能提升，从业者将越来越需要深入理解能源网络、人工智能应用的范畴以及与人工智能辅助决策相关的治理和伦理挑战。

4 利用分布式能源和更深入的洞察来满足本地需求

城市及市政领导应积极探索主动参与人工智能赋能能源系统发展的机遇，该系统正变得越来越开源、分布式和自动化。随着城市能源数据日益丰富且互操作性增强，将出现新的可能，用以了解当地需求，并开发针对社区能源挑战的创新项目、工具和举措。





5 超越资产

人工智能已经在如何管理资源使用和资产及建筑层面的运营方面提供了宝贵的见解，但需要转变以实现人工智能在更广泛规模上的承诺效益。这种转变是从建筑规模规划转向更大规模的规划，通过地方区域能源规划（LA EPs）和区域能源战略规划（RESPs）等倡议，着眼于邻里、区域或城市规模。

6 在更分散的网络中构建韧性

随着我们利用人工智能支持从集中式能源基础设施向分布式能源基础设施的转型，监管机构、公用事业公司及市政府应采取措施建立新的冗余和韧性机制，并强化网络连接。这可能包括强制要求冗余基础设施的政策、实时监测系统的开发、自愈电网以及能在中断期间提供备份的增强型储能系统。

7 为消费者和产消者提供使用便利的设计

从给车辆充电，到在城市的家庭中使用热泵和太阳能电池板，一个配备人工智能的城市能源系统将需要改变行为，并给用户带来过渡性干扰。因此，人工智能的推广应该易于学习和以用户为中心，系统设计应透明地最大化用户利益并最小化输入。能源系统中的各利益相关者应使用人工智能来支持打破采用障碍，同时赋予用户在消耗、产生和销售其能源方面的更大自主权。