

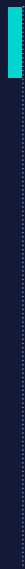
AI 遇上

电网：塑造数据中心

电力博弈

实现它

目录





我们衷心感谢行业
高管小组与我们分
享宝贵的见解



Saurabh Chaugule

全球战略与业务负责人
能源开发,
AWS公用事业与AI



Shalabh Jhalawad

全球电力和能源负责人
AWS解决方案



Cameron McInnes

巴克莱银行工程全球负责人



Raj Raheja

Camus Energy首席财务官



Ethan Tiao

Emerald AI产品经理



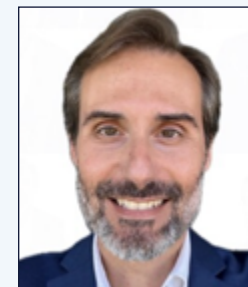
Inês Muggli

SSE plc市场开发经理



Jason Jackson

西门子项目总监
能源部



Pedro Almeida Fernandes

伊比利亚天然气与电力市场高管

我们衷心感谢行业 高管小组与我们分 享宝贵见解



Rigor Lois Alamar
壳牌能源高级客户经理



Alyson Freeman
数据中心总监
戴尔科技可持续发展部门



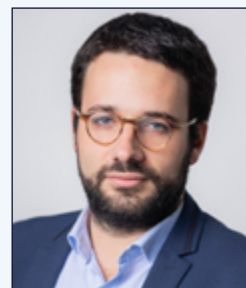
Bijit Ghosh
董事总经理/首席信息官兼主管
建筑与工程
富国银行



Kevin Marquardt
CyrusOne 能源政策与监管事务总监



威尔逊·莱亚
国际数据中心权威机构 (I
DCA) 拉美区负责人



马蒂厄·加列戈
The Blob 公司所有者

执行摘要

人工智能将每个数据中心转变为不稳定的工业负荷：80%的公用事业公司预计会出现更极端且更难以预测的需求峰值，直接影响电网韧性

数字基础设施的快速崛起，尤其是运行人工智能工作负载的数据中心，正在给全球电力系统带来压力。绝大多数行业领导者——70%的电力高管和83%的数据中心高管——预计，未来3至5年内，以人工智能为主导的高密度数据中心站点将显著增加区域电力需求。此外，近80%的电力高管预计，随着人工智能使用的增长，波动性和负荷“峰值”将大幅增加

因此，电力公司看到供需缺口在扩大：77%的人担心数据中心需求的增长将超过他们扩大供应的能力，68%的人甚至预计未来几年内某些地区将出现电力短缺

年。这些压力在不同地区的表现各不相同。在美国，尽管仍存在局部发电过剩，但数据中心驱动的负荷增长已超过现有发电和可交付能力¹。在欧洲，电网约束已成为成熟数据中心枢纽的主要障碍²。与此同时，在亚太地区，能源获取本身被广泛视为进一步扩展数据中心的最直接制约³

挑战不仅在于新需求的绝对规模，还在于其地理集中性：大规模的新数据中心集群正在对当地电网造成压力。超过一半的电力高管将这种局部负荷集中视为可靠服务的主要障碍

然而，人工智能不仅推动需求，它也是解决方案的一部分：超过60%的公用事业公司预计人工智能将带来显著的效率和运营收益

对于能源供应商来说，人工智能正在成为电网规划和可靠性的倍增器：在我们的全球调查中，至少六成的电力高管预计，先进人工智能分析将在减少故障、提高运营生产率和预防停电方面带来超过10%的改进。然而，目前只有45%的公用事业公司在使用人工智能或机器学习进行电网优化和可靠性提升，这表明在扩大数字化和人工智能驱动的运营以跟上蓬勃发展的需求方面存在重大机遇。大规模利用人工智能在负荷预测、预测性维护、实时电网控制及其他方面的优势，对于推动下一阶段的数字增长至关重要。最终，人工智能的规模化将依赖于气候技术的进步，以提供可靠、可负担且可持续的电力，而人工智能本身也将在提高能源系统效率和韧性方面发挥核心作用

执行摘要

电网现代化速度决定价值实现周期：78%的数据中心负责人认为电网基础设施建设时间表是关键制约因素

能源企业同样认识到满足这一激增需求需要前所未有的速度，但基础设施与执行层面的挑战形成完美风暴，制约其快速响应能力。关键制约因素包括：

- 老化的基础设施：过时的电网是数据中心可靠供电的首要问题，全球74%的电力高管提及（美国79%，欧洲75%）
- 连接和许可延迟：全球和欧洲84%的电力高管报告新项目许可缓慢或困难，全球76%（欧洲79%）因冗长的电网互联研究而受挫，成为容量扩展的瓶颈

- 薄弱的可靠性裕度：84%的受访者表示，随着大型持续负载收紧可用缓冲容量，备用容量不足已成为挑战

这一担忧在欧洲尤为突出（90%的欧洲电力行业高管提及此项风险）

- 供应链压力：74%的企业面临关键基础设施成本上升和设备延迟（欧洲高管报告的比例更高，达78%）

当约20%的数据中心负载请求可能永远不会发生（根据我们约三分之二的受访者），如何有效规划电力需求和分配资本？

随着数据中心电力需求激增，电力组织还必须管理不确定性。并非所有负载请求都是可信的。三分之二（67%）的电力高管认为，大约五分之一收到的数据中心负载请求中有19%从未实现。由于

这些投机性请求，全球77%的电力高管（美国为79%）表示，他们很难准确预测需求。投机性需求导致的过度预测可能引发资本错配和产能过剩：60%的电力行业高管指出投机性需求带来的资产搁浅风险

数据中心转向现场发电，重塑公用事业关系：29%已部署，39%计划在一到两年内增加现场容量

面对这些电网限制和延迟，数据中心运营商越来越多地采用现场或近场发电——从备用柴油发电机转向主要的表后（BTM）4能源解决方案。最初作为临时措施的做法，正迅速成为增长和可靠性的战略要务。在我们的研究中，全球29%的数据中心高管表示他们已经部署了现场发电（从燃气轮机和燃料电池到

执行摘要

可再生能源和混合微电网），另有39%计划在未来一到两年内增加现场或表后电力。超过七成的数据中心领导者预计在未来五年内通过此类解决方案大幅减少对电网的依赖。

这一趋势标志着能源生态系统的结构性转变，有效地在公用事业公司与其最大客户之间形成了合作与竞争并存的动态关系。一方面，现场发电可以通过满足中央电网无法立即容纳的需求来帮助电力公司——在受限区域作为电网供应的宝贵补充。另一方面，广泛的自我发电侵蚀了电网的可见性和控制力：数据中心无协调地切换到备用电源可能会使调度、储备管理、电价结构以及系统的实时平衡复杂化。电力公司将需要新的方法来整合这些客户拥有的资源，否则将面临负荷和收入损失，并出现零散的“影子电网”

超出其管辖范围之外运作。

单一来源不够：82%的数据中心和66%的公用事业领导者支持平衡、稳定且更清洁的能源组合

电力和数据中心领导者都认为，没有一种单一的能源能够可靠地为下一波高密度计算提供动力。多数人：全球82%的数据中心高管（美国为86%）和全球66%的电力高管（欧洲为69%）表示，平衡且多样化的能源组合对于长期的可靠性和韧性至关重要

- 快速的可再生能源增长无法满足始终在线的数据中心需求：虽然新的可再生能源容量至关重要且正在增长，但78%的电力供应商和73%的数据中心运营商承认，仅靠可再生能源还不能确保大规模数据中心的24/7供电

数据中心和AI工作负载。因此，许多组织正在投资储能以稳定可再生能源：超过一半的电力行业高管

（54%）和56%的数据中心领导者报告部署电池储能系统（BESS）以帮助弥合间歇性差距。

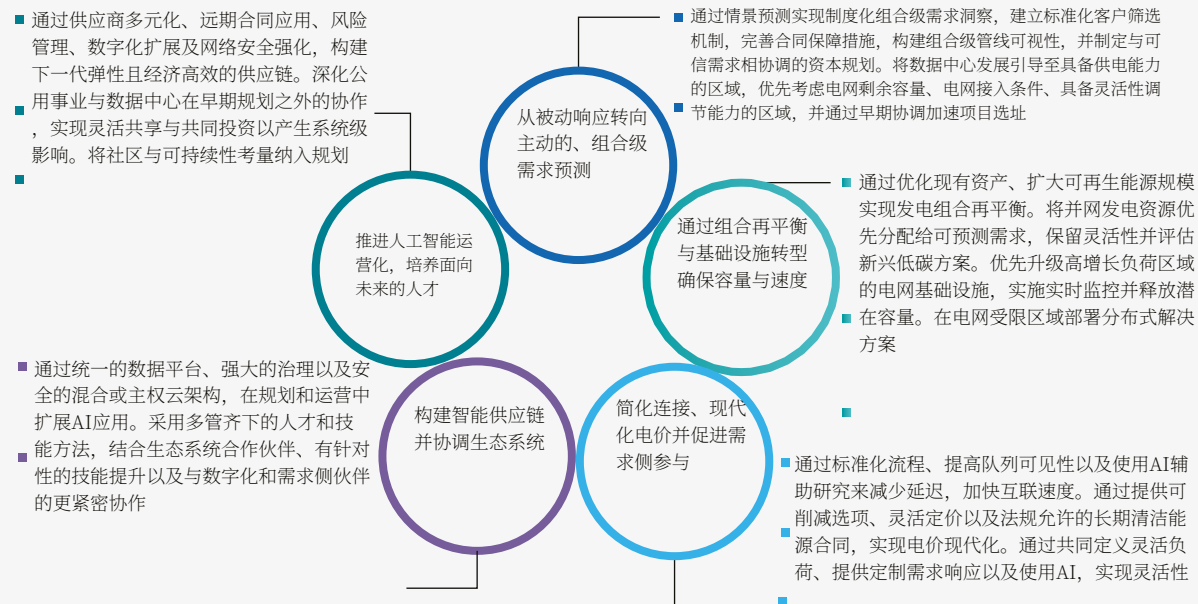
- 核能时间线仍不匹配：下一代核能可提供清洁基荷容量，但对其近期作用的预期仍然较低——82%的电力行业高管（以及61%的数据中心高管）认为，即使小型模块化反应堆（SMR）也无法在未来3-5年内以支持数据中心所需的速度部署。
- 天然气填补了近期的缺口：因此，绝大多数（全球68%的能源和数据中心领导者，以及美国超过十分之七）认为天然气对于满足紧迫的容量需求和快速开发时间表至关重要。然而，对天然气的依赖是一把三刃剑：近60%的能源行业

执行摘要

高管们承认，增加天然气使用与脱碳承诺存在冲突；同时这可能增加人工智能与数据中心运营商的二氧化碳排放，带来额外可持续性压力。此外，燃气轮机较长的交付周期以及持续的地缘政治紧张局势，正削弱部分地区对天然气的依赖可行性。

真正的人才短缺不是电工——而是能够将电网工程、数字智能和价值创造整合为一个系统的领导者

推动数据中心下一阶段增长需要主动的系统管理，涵盖需求规划、资本排序和电网现代化——以资本效率为统一准则。同样，数据中心领导者必须优先考虑硬件、基础设施和软件方面的能效杠杆，从源头遏制日益增长的电力需求。我们的研究指出了五个优先事项：

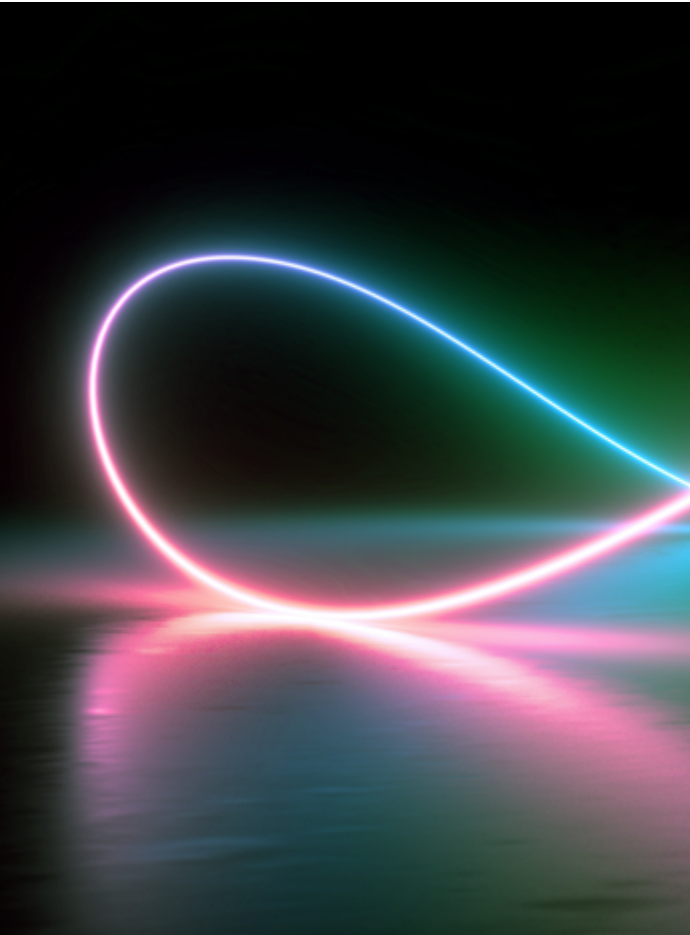




“数据中心客户将在未来十年推动指数级需求，未能适应的能源公司将很快被甩在后面。障碍固然存在——但这就是游戏规则，适应已不再是可选项。赢家将是那些完美执行、选择正确项目、尽早接触新客户、并提供电网接入、可靠电力和竞争性解决方案的恰当组合的公司。”

Pedro Almeida Fernandes

伊比利亚天然气和电力市场的一位高管



谁应阅读本报告及原因

适用对象

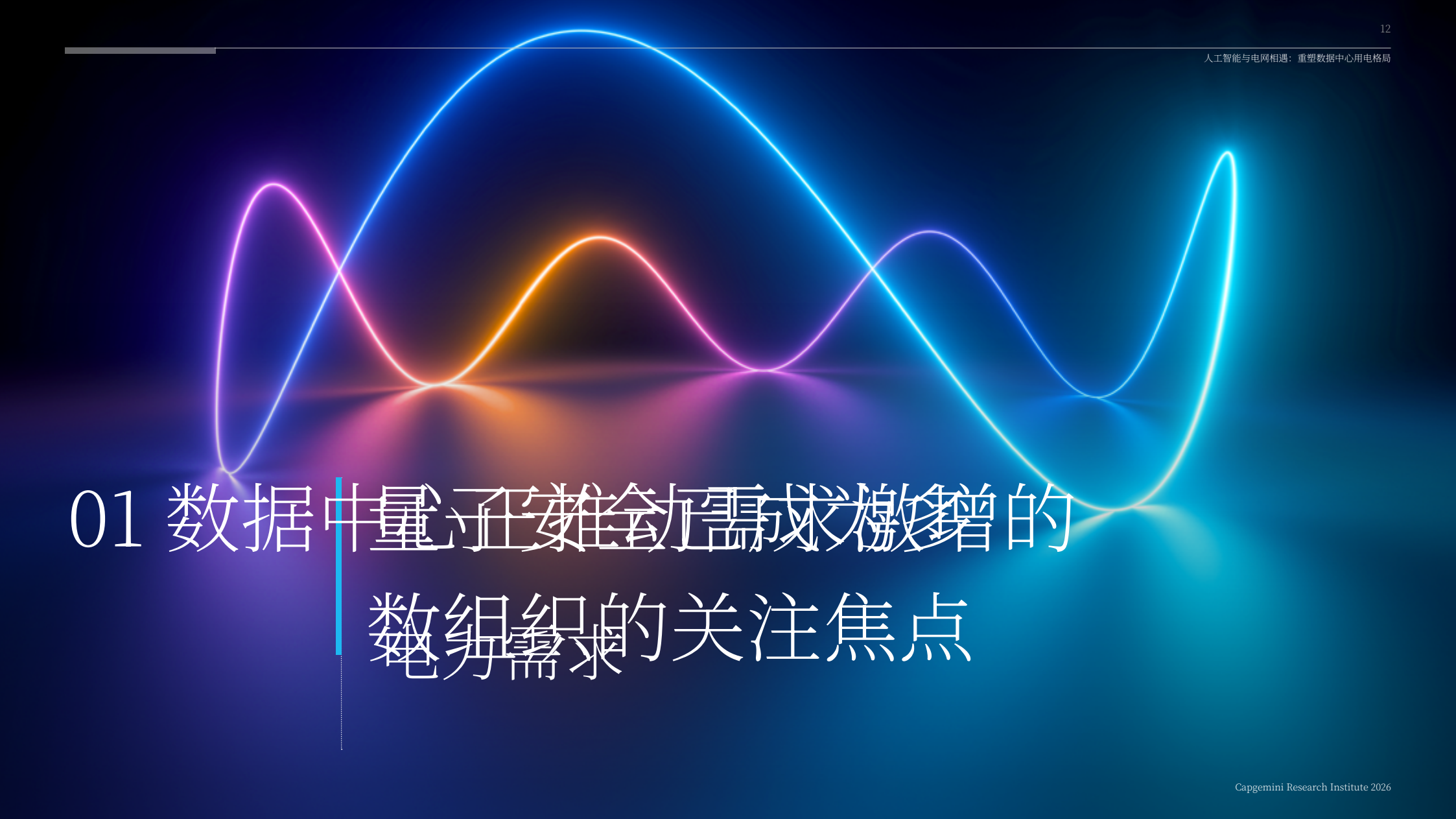
本报告面向能源组织（包括综合公用事业、电力生产商与开发商、电网机构、能源供应商与聚合商及能源服务提供商）的首席高管与高级领导者，尤其适用于负责战略规划、投资优先级、系统规划、电网运营、可靠性及增长的管理者。除能源企业外，监管机构与政策制定者、数据中心所有者、运营商与超大规模企业、能源采购与可持续发展领导者、投资者、开发商、原始设备制造商及供应链合作伙伴亦能从中获取宝贵洞见。

原因

本报告探讨了快速增长的数据中心运营（尤其是AI工作负载）如何重塑电力需求，分析了能源组织面临的关键挑战及其应对策略，研究了可再生能

源、天然气和小型模块化反应堆在未来数据中心供电中的作用，并重点展示了AI、生成式AI及AI代理等先进技术如何创造价值。

本报告提出了为未来数据中心供电的详细方案，基于综合研究、内部专业知识及对612位年营收超5亿美元且已涉足数据中心的能源组织高管（总监级以上）的调研结果，同时涵盖对175位来自年营收超2.5亿美元的数据中心所有者或运营组织的高级行业主管的调研发现。这些组织分布于北美、欧洲、亚太及拉美21个国家。报告还整合了约20位行业领袖的定性见解。

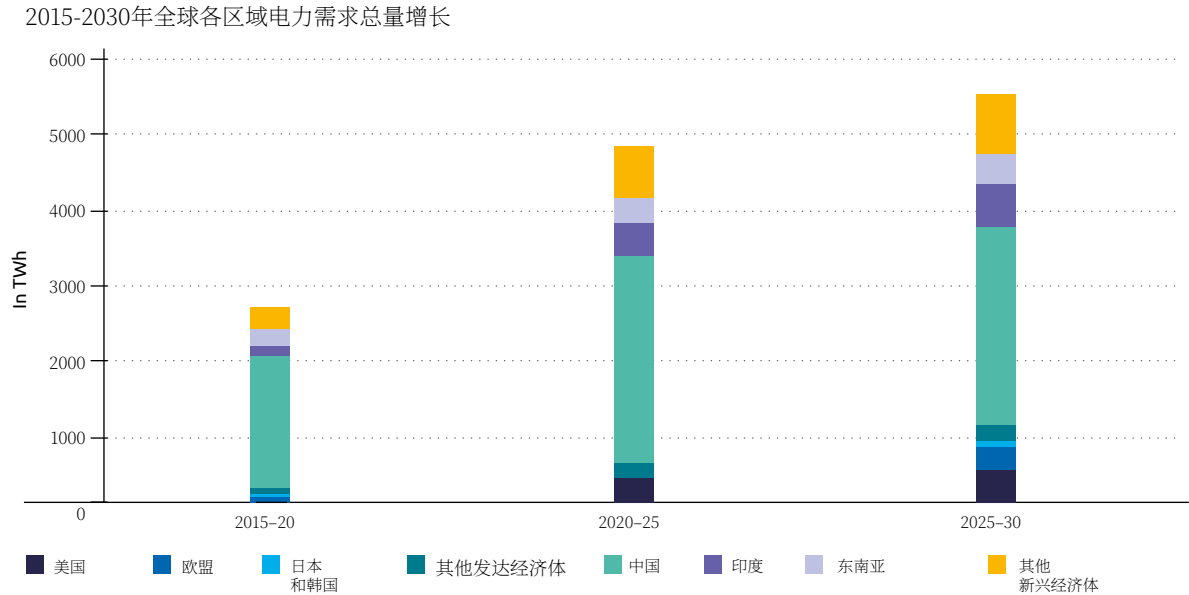


01 数据中量正在安全需求激增的 数组织的需求的关注焦点

1.1. 电力需求加速增长

随着工业、交通和建筑领域的全面电气化，以及电动汽车、数据中心等数字基础设施和人工智能驱动技术的快速扩张，全球电力需求持续增长——在2024年增长4.4%之后，2025年预计将增长3%⁵。这一增速几乎是2013年至2023年平均年增量的两倍⁶。尽管新兴经济体仍是增长的主要驱动力，但发达经济体在经历15年停滞期后，电力需求再度回升，其在2025年全球需求增长中的占比将从2024年的17%升至近20%（见图1）⁷。

图1.
发达经济体电力需求再度攀升



来源：国际能源署

在我们的研究中，近六成（58%）电力行业高管表示，过去三年电力需求激增。其中大多数高管（75%）将这一增长归因于数字化和数据中心的发展，其次是工业扩张（68%）、制造业及供应链的本土化或回流（67%），以及出行解决方案的电气化（65%）（见图2）。一家全球领先的综合能源解决方案提供商的副总裁兼采购、寻源与供应战略负责人对此表示赞同：“由于气候变化，亚洲和非洲的冷却需求显著增加，随着经济发展，越来越多的人能够负担空调。与此同时，快速工业化、数据中心发展以及加密货币所需的备用电力进一步加速了电力需求。”

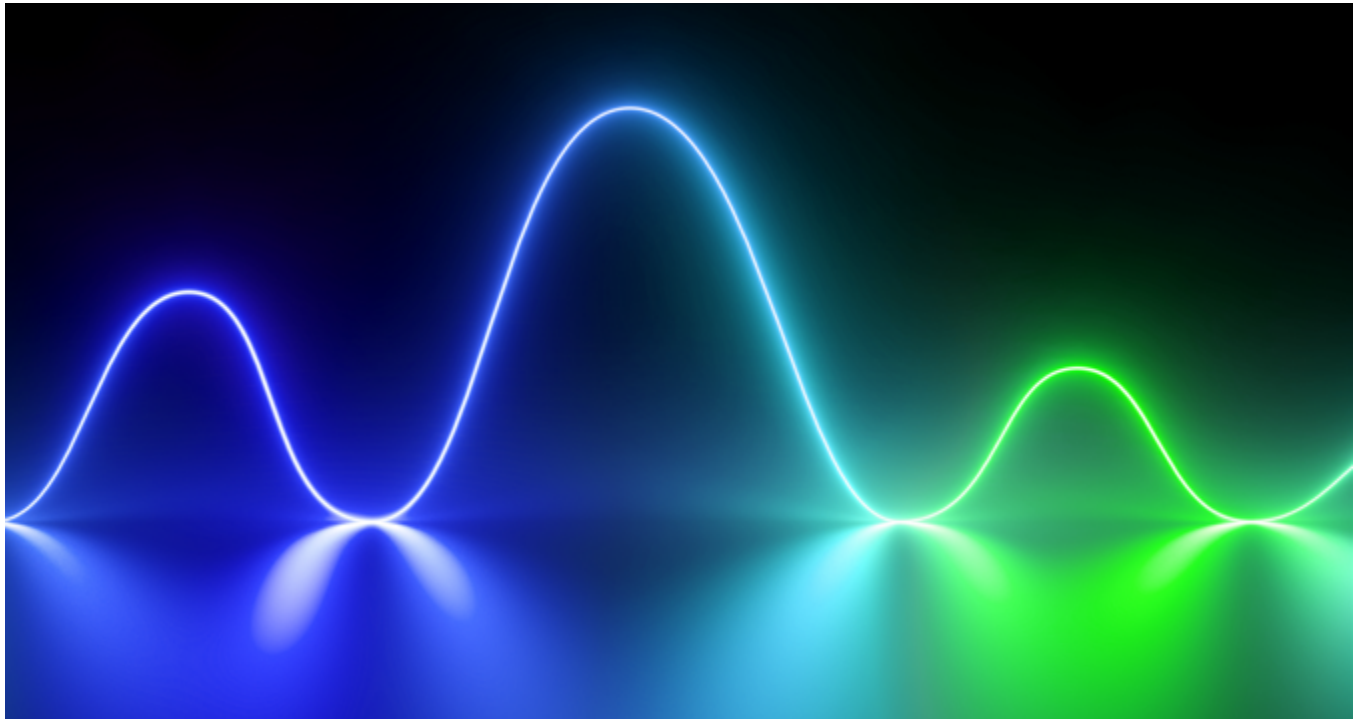
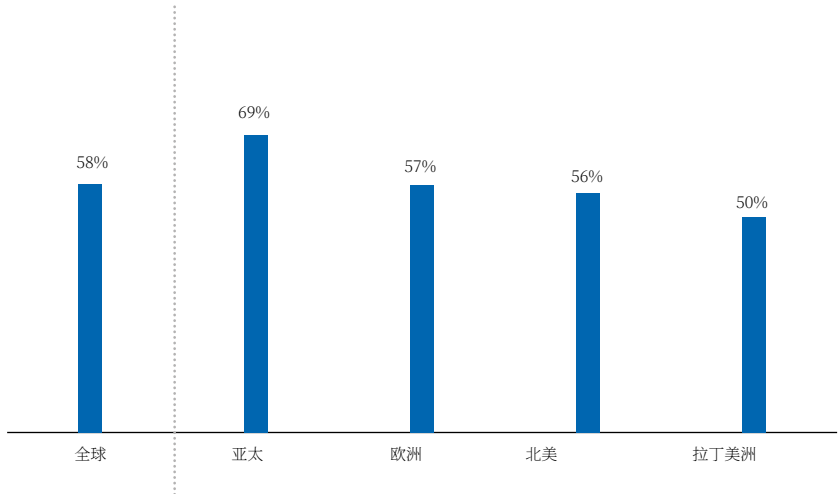


图2.
数字化和数据中心的发展正在推动电力需求增长

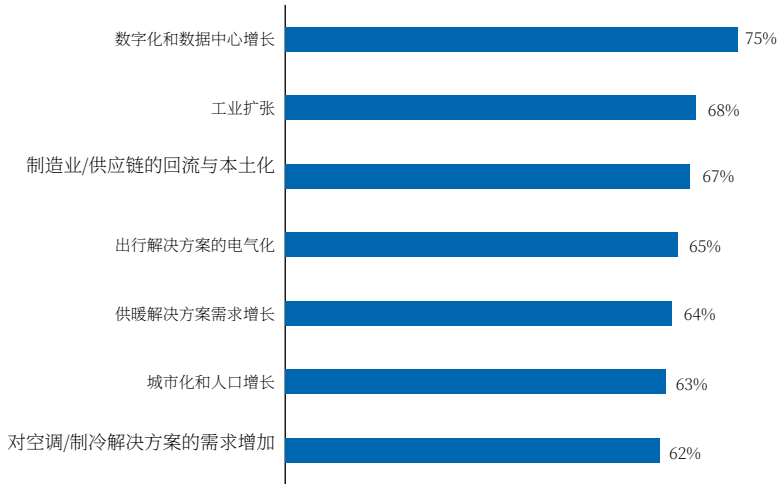
过去三年中表示电力需求有所增长的高管占比



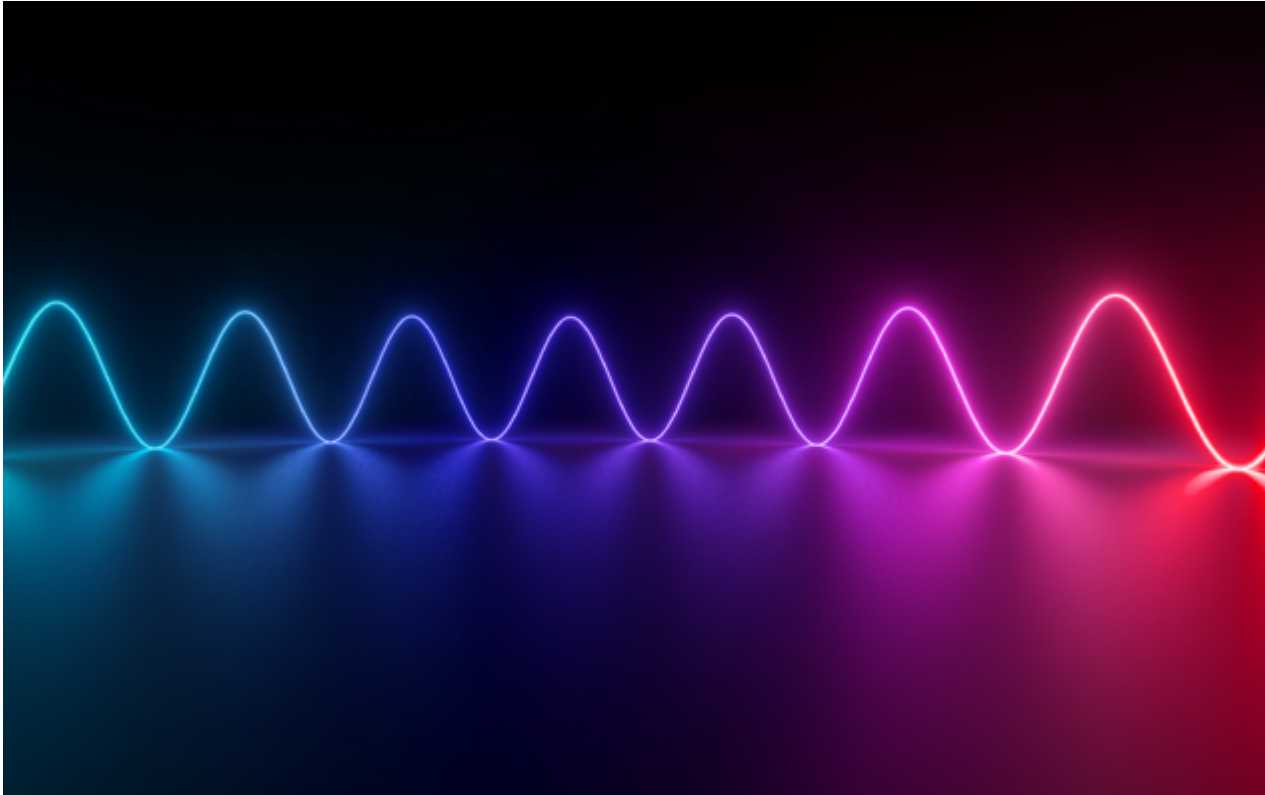
*注：本次调查中，亚太地区包括澳大利亚、新西兰、中国、日本、新加坡和印度；欧洲包括英国、法国、德国、西班牙、意大利、瑞典、挪威、芬兰、丹麦、爱尔兰、冰岛和荷兰；北美包括美国和加拿大；拉丁美洲包括墨西哥、巴西、阿根廷、秘鲁和哥斯达黎加

来源：凯捷研究院，《赋能数据中心》，2026年1月，N=612名来自全球电力组织的高管（北美：232；欧洲：220；亚太：90；拉丁美洲：70）

高管们认为过去三年中对电力需求增长影响最大的因素占比



来源：凯捷研究院，《赋能数据中心》，2026年1月，N=352名来自全球电力组织的高管，这些组织在过去三年中经历了电力需求的增长



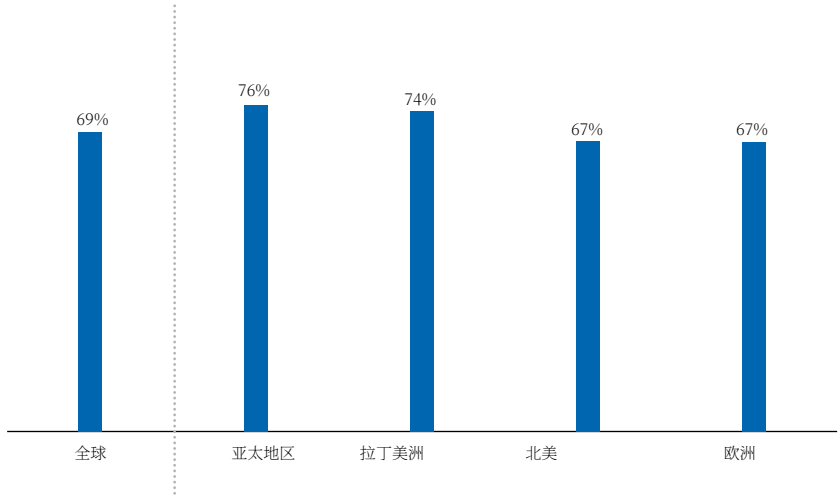
国际能源署预计未来电力需求增长将逐步加速。2026至2030年间各行业年度电力需求增速预计比过去十年快约50%。参与我们调查的电力行业中，十分之七（69%）的高管预计未来三至五年电力需求将增长，主要驱动力来自数据中心（见图3）。

58%

的电力行业高管表示，过去三年电力需求已出现增长。

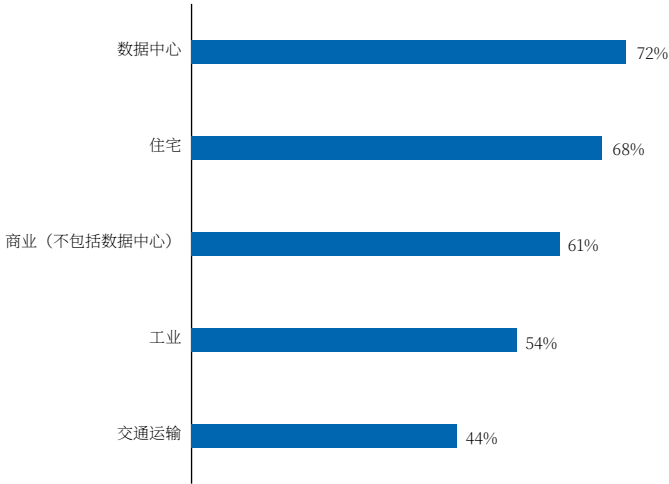
图3。
数据中心预计将在未来3至5年内推动电力需求增长

预计未来3至5年电力需求增加的高管比例



来源：凯捷研究院，《赋能数据中心》，2026年1月，调查对象为全球电力行业612名高管（北美：232人；欧洲：220人；亚太地区：90人；拉丁美洲：70人）

未来3至5年哪些行业将出现电力需求激增？（前三位排名）



来源：凯捷研究院，《赋能数据中心》，2026年1月，调查对象为全球电力行业424名预计未来3-5年电力需求将增长的高管

1.2. 未来3-5年，数据中心电力需求预计将增长约30%

2005年至2025年，全球数据中心容量扩张了近五倍，达到约14吉瓦。这一增长是由云计算的快速普及、人工智能和生成式AI的日益使用，以及数字服务和企业系统带来的数据爆炸所推动的。对数字服务、远程和混合工作的需求不断增长，以及企业数字化转型，继续加速这一趋势，而低延迟和数据本地化要求、超大规模云服务商的扩张、监管压力以及5G和光纤连接技术的进步进一步推动了容量增长。预测表明，2026-2030年将投资约3万亿美元，这意味着将新增近100吉瓦的数据中心容量，使全球容量翻番。

这种前所未有的数据中心设施扩张自然推高了电力需求。2018年，全球数据中心仅消耗约200太瓦时（TWh；

约占全球电力的1%），而同期互联网流量增加了两倍，工作负载增加了一倍以上。11到2025年，数据中心

约占448太瓦时（全球电力消耗的1.5%）。预计到2030年将翻一番以上，达到980太瓦时，略高于日本当前的用电总量。到2035年，全球数据中心预计将占电力需求的4%以上——足以让它们作为一个国家，在电力消耗方面排名第四，仅次于中国、美国和印度。

- 美国能源部预测，到2030年将新增20吉瓦的数据中心负荷，并预计到2028年数据中心将消耗美国总发电量的6.7-12%，而2023年这一比例为4.4%。尽管存在一些过剩发电能力，但数据中心驱动的负荷增长已超过现有的发电和可输送容量。
- 欧洲数据中心的电力需求在2024年也达到了96太瓦时（TWh），并预计到2030年将增至168太瓦时。2024年，欧洲数据中心的电力需求占整体电力需求的3.1%，其中五个国家（德国、法国、英国、爱尔兰和荷兰）占了该欧洲电力需求的60%以上。16电网已成为传统数据中心枢纽的主要障碍。近年来，都柏林和阿姆斯特丹不得不暂停新项目，理由是缺乏电网可用性且无法整合新的大型电力负荷。17在比利时，监管机构正在讨论限制新建数字校园的电网接入，而在北欧地区，电网运营商已

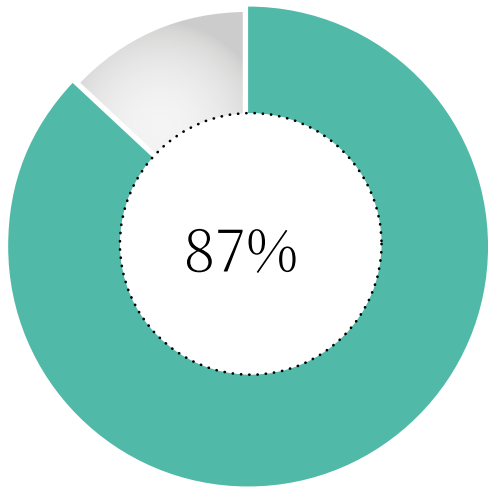
警告称，由于数据中心需求不断增长，他们可能面临比预期更快的容量限制。
· 在亚太地区，到2030年，较低端的数据中心需求预计将从2025年的267太瓦时增加到493太瓦时。能源获取被视为亚太地区数据中心扩张最直接的制约因素。在之前的暂停之后，新加坡正在一个严格管控、以可持续发展为主导的框架下扩大数据中心容量，该框架受土地限制和碳减排目标驱动，要求申请人满足严格的能效标准，并且至少50%的电力来自绿色能源。

在我们的研究中，大多数（87%）数据中心高管预计，未来三到五年内，其电力消耗将增加约30%（见图4）。正如GE Vernova日立核能公司的一名项目主管所分享的：“数据中心行业正受到来自两方面的压力。AI芯片的功耗高出30%到50%，而数据中心的规模也在不断扩大。”
“现在的需求曲线几乎是指数级的。”

数据中心的水消耗量也在迅速上升。市场研究公司Mordor Intelligence的估计显示，北美数据中心在2025年使用了近一万亿升水，大致相当于纽约市的年用水量，22预计到2030年，这一用量将增至近1.7万亿升。23这种快速增长加剧了当地水系统的压力，尤其是在已经面临结构性水压力的地区。

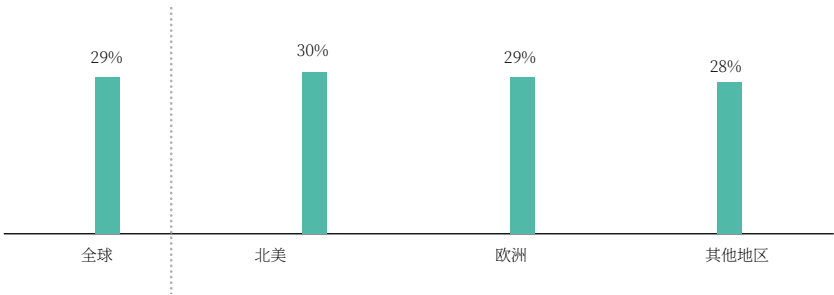
图4
数据中心高管预计未来3-5年内用电量将增加约30%

预计未来3-5年用电量增加的数据中心高管比例



来源：凯捷研究院，《数据中心供电》，2026年1月，样本量N=175
来自全球拥有/运营数据中心组织的高管

未来3-5年数据中心用电量预期增长



*注：“其他地区”包括亚太和拉丁美洲的高管

来源：凯捷研究院，《数据中心供电》，2026年1月，样本量N=153，来自全球拥有/运营数据中心组织的高管（北美：64人；欧洲：65人；亚太：21人；拉丁美洲：3人），预计未来3-5年电力消耗将增加

1.3. AI工作负载将变革数据中心的电力需求

在未来3-5年内，人工智能可能占据所有数据中心工作负载的近60%

我们之前的研究显示，生成式人工智能的采用率从2023年的6%跃升至2025年的30%，93%的跨行业组织正在探索、试点或部分/全面启用生成式人工智能功能。人工智能代理的采用也在迅速推进。2025年，14%的组织已部分或全面部署了人工智能代理，另有23%的组织正在进行试点。在扩展人工智能代理的组织中，近45%同时也在试点或扩展多代理系统。24

已发布的估算显示，2025年AI约占所有数据中心工作负载的四分之一，其中AI训练是主要需求驱动力。然而，预计到2030年将发生重大转变，届时AI可能占有所有工作负载的一半，而AI推理将成为主要驱动力。我们的研究也证实了这一点。如图5所示，未来三到五年内，AI训练和推理的电力消耗预计将从总需求的25%上升至60%，大幅替代其他IT工作负载。

预计未来三到五年，AI推理将成为数据中心的主要工作负载，但AI训练仍将占据重要地位。

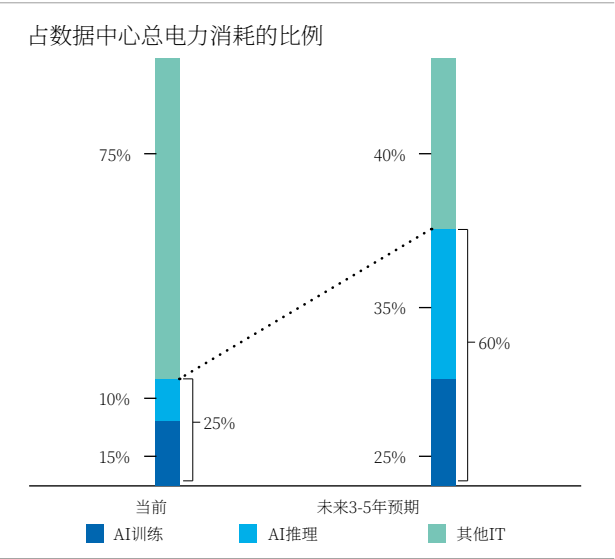
- 只有22%的数据中心高管认为，大型AI训练将在未来三到五年内完成。
- 相反，超过半数（53%）预计人工智能培训将持续大规模展开，其中欧洲地区（63%）的信心比美国（48%）更强。

人工智能数据中心将在未来3-5年内激增

十分之九（90%）的数据中心高管认为，人工智能数据中心将成为未来三到五年内增长最快的市场领域。我们看到科技巨头正在大举投资：

- 亚马逊在AI领域的支出预计将在2026年达到2000亿美元，在超大规模云服务商中居领先地位。2026年2月，亚马逊公布了投资120亿美元在美国路易斯安那州建设AI数据中心的计划。3月，亚马逊宣布总投资337亿欧元（约380亿美元），用于扩展西班牙的数据中心并推动AI创新。
- 在其最新的财报电话会议中，谷歌宣布计划在2026年投入高达1850亿美元的人工智能相关资本支出，是其2025年支出的900亿美元的两倍多。28

图5
未来3-5年，AI工作负载预计将主导数据中心的电力消耗



Capgemini研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N = 77位来自全球已承载AI工作负载的数据中心拥有/运营机构的高管；

N=140位来自全球目前正在或计划在未来12个月内承载AI工作负载的数据中心拥有/运营机构的高管。

· 微软已宣布计划到2028年投资800亿美元，用于建设和扩建面向AI优化的数据中心²⁹

· OpenAI与英伟达已建立战略合作伙伴关系，计划部署至少10吉瓦的AI数据中心³⁰。OpenAI还与甲骨文达成协议，在美国额外开发4.5吉瓦的星际之门数据中心容量³¹

高密度人工智能数据中心的爆炸式增长还需要大量电力，既用于运行其计算硬件，也用于保持系统冷却——其用电量是传统数据中心的五到十倍。³² 美国部分设施消耗

超过1吉瓦的持续电力，大约相当于满足85万户家庭用电需求³³

AI实验室Anthropic在2025年3月发布预测称，仅在美国训练最新AI模型，到2027年就需要新增50吉瓦的电力容量，而运行这些模型所需的电力将更多。在我们的研究中，70%的电力行业高管和83%的数据中心高管表示，未来三到五年内，AI数据中心将显著增加所在地区的电力需求。如图6所示，欧洲高管对此的认同比例略高。

一家全球电力公司的IT经理分享道：“我们认为，即使某些领域实现了能效提升，数据中心的能耗仍将持续同比增长。

这一增长很大程度上源于高性能计算（HPC）的快速扩张，以及传统IT工作负载的密集化——后者正经历异常强劲的加速发展。”

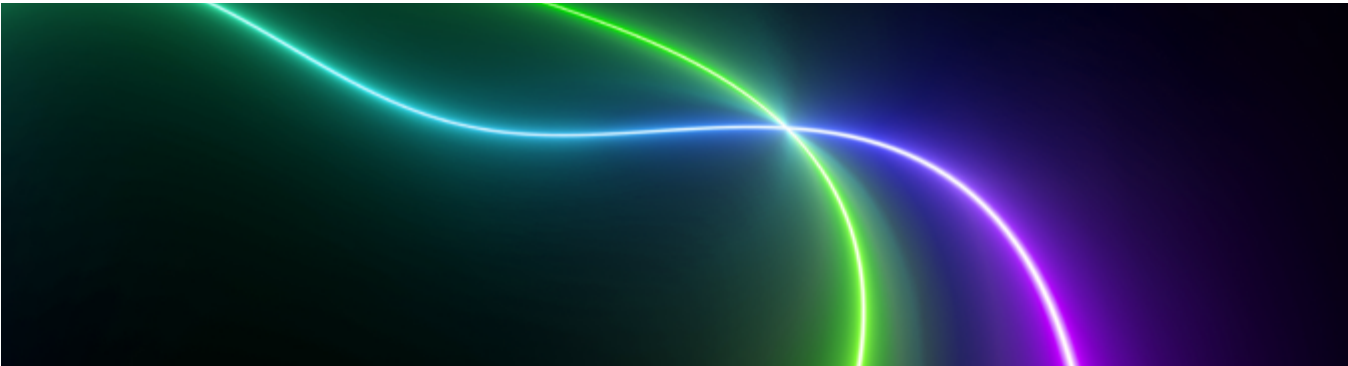
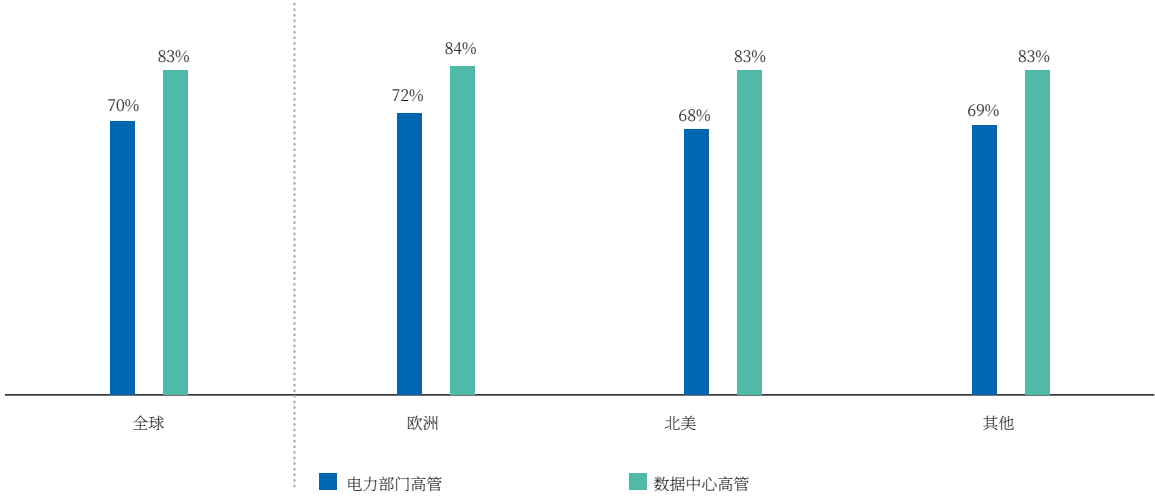


图6。
大多数电力和数据中心高管预计人工智能数据中心将推动电力需求增长

% of executives who agree with the statement: "AI data centers will significantly increase electricity demand in our region in the next 3-5 years"



83%

数据中心的高管表示，人工智能数据中心将在未来三到五年内显著增加其所在地区的电力需求。

*注：“其他”包括来自亚太和拉丁美洲的高管。
来源：凯捷研究所，《为数据中心供电》，2026年1月，N=612位来自电力组织的全球高管（北美：232；欧洲：220；亚太：90；拉丁美洲：70），N=175位来自数据中心拥有/运营组织的全球高管（北美：75；欧洲：70；亚太：25；拉丁美洲：5）。

技术效率提升可降低数据中心电力消耗

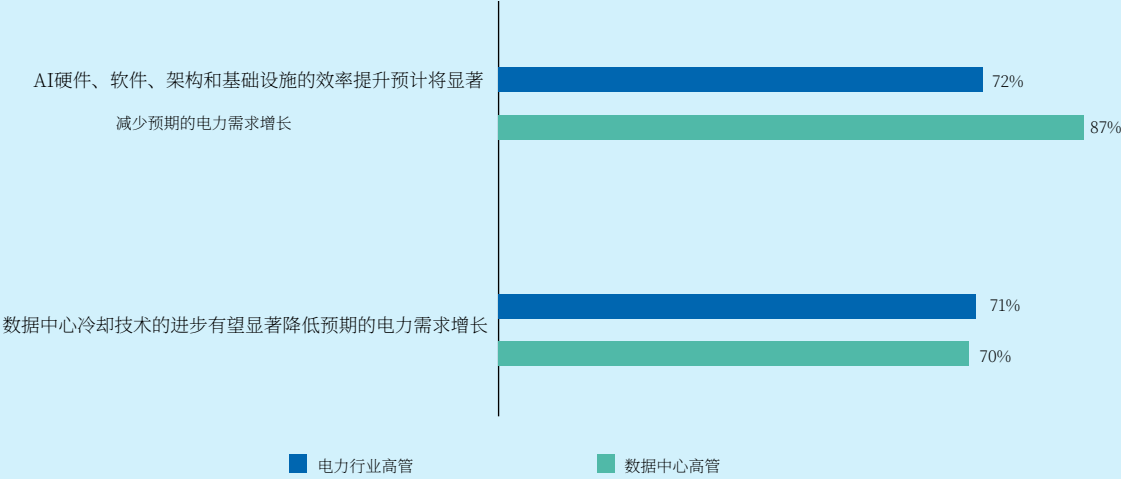
尽管数据中心和AI能源需求急剧上升，但高管们认为效率提升是重要的调节力量。如图7所示，近四分之三的电力行业高管（72%）和87%的数据中心高管认为，涵盖AI硬件、软件、系统架构和基础设施设计的数据中心技术栈的改进将有助于遏制不断增长的电力需求。此外，超过70%的高管对冷却技术的进步持乐观态度

然而，效率提升并不会转化为电力需求的同步减少。随着人工智能系统能效提高且运营成本降低，各机构很可能大幅增加工作负载，扩展模型复杂度，并在新应用场景中加速人工智能的部署。

这种通常被称为“杰文斯悖论”的回弹效应意味着，每单位计算产生的较低能源强度可能刺激总计算需求大幅上升，从而部分或完全抵消效率提升带来的效益。

图7
超过七成高管认为效率和冷却技术的突破将减缓数据中心能源增长

同意以下说法的高管百分比



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球电力机构高管N=612人，全球数据中心所有/运营机构高管N=175人。

尽管如此，数据中心全栈创新仍在快速推进：

• 硬件与架构：

- NVIDIA的新 Blackwell 芯片性能提升了30倍，大型语言模型（LLM）工作负载的性能，且能耗比上一代降低25倍。34
- 慕尼黑工业大学的研究人员开发了AI Pro芯片，这是一种受人类大脑结构启发的神经形态处理器，能够在不依赖云服务器或互联网连接的情况下，实现安全、节能的设备端AI。35
- 高通的AI200和AI250芯片将其Hexagon NPU架构扩展到机架级数据中心部署，实现高能效AI推理，其中AI250声称在更低功耗下提供超过10倍的有效内存带宽。36
- 谷歌的第七代Ironwood TPU几乎相比2018年的第一代Cloud TPU，效率提升了30倍，而第六代Trillium能效提高了67%，每瓦计算能力比早期型号高出14倍

- 软件与工作负载管理：超大规模企业已开始采用模型优化技术，例如模型剪枝（移除不重要参数以减小模型尺寸）、量化（在可行时降低精度）和蒸馏（将知识从大型模型迁移至小型模型），以降低成本和能耗。

除了大型模型之外，更小型、更高效模型的日益普及以及工作负载编排的改进，正在进一步降低每个任务的能耗需求。

微软基于机器学习（ML）的Project Forge软件，可在硬件空闲时调度AI模型训练和推理工作负载，将利用率提升80-90%。38

- 冷却：壳牌、埃克森美孚和英国石油等能源巨头正大力投资于数据中心的高级冷却剂。

两相直接到芯片冷却已成为管理人工智能工作负载和高密度服务器机架日益增长的热需求的主流解决方案

展望未来，浸没式冷却可以提供

比传统风冷方法效率高出高达75%39

历史趋势既印证了能效提升的潜力，也暴露了其局限性。库米定律表明，过去几十年间计算效率大约每18个月翻一番，推动单位计算能耗大幅下降。与此同时，杰文斯悖论指出，效率驱动的成本下降可能加速需求增长，尤其是在AI工作负载跨行业、跨地区扩展的背景下。40

综合来看，这些动态表明，能效和冷却技术的突破可能会缓解——但不会消除——数据中心能源需求的增长。因此，技术进步必须与电网扩张、灵活运营模式和电力优先规划方法相结合，以防止能效提升被AI驱动的工作负载增长的速度和规模所淹没。

AI的变异性是一个重大挑战

AI系统的需求以及执行AI任务的成本在不同时间、用户、模型和环境之间波动显著。AI工作负载高度可变，因为它们依赖于不可预测的数据、动态的模型行为、突发的用户需求、专用硬件以及不断演进的系统。真实世界的输入、机器学习模型的行为以及人类需求模式都是不可预测的，而且AI任务在计算强度上差异巨大，使得总负载极不稳定。因此，使用同一模型的两个用户查询可能具有截然不同的计算需求。

超过六成的高管（62%来自电力机构，60%来自数据中心）认为，AI和生成式AI工作负载在未来三到五年内将变得更加多变和不可预测。

- 79%的电力高管认为，未来三到五年内数据中心需求的变化将带来挑战
- 72%的人表示，人工智能/生成式人工智能的兴起将要求电力组织重新思考如何预测、规划和向数据中心供电

1.4. “虚幻”的数据中心负载请求扭曲了需求预测

当公用事业公司为数据中心电力需求的激增做准备时，它们还必须管理不确定性。并非所有负载请求都是现实的。数据中心开发商现在提前两到三年就售罄容量，并被迫提前五到七年规划和供应电力。⁴¹ 由于项目成熟度的不确定性和电网容量的提前预留，电力供应商正被投机性的“虚幻”负载请求淹没，使电力需求规划和资本分配复杂化。即使资金已承诺到位，执行限制依然存在。彭博社最近报道称，计划于2026年建设的美国数据中心项目中，近一半预计将面临延迟或取消，变压器、开关设备和电池等关键电气设备的短缺成为主要瓶颈。⁴² 此外，社区和政治阻力正日益影响数据中心的交付时间表。最近的一项分析发现，过去两年中，近640亿美元的美国数据中心项目被阻止或延迟，主要原因是与电力供应、环境影响、水资源消耗和可负担性相关的地方反对。⁴³ 对电力公司而言，这意味着已公布的项目管线不能被视为

确定的需求——它们必须从噪音中过滤信号，并分阶段投资以反映不确定性。

如图8所示，三分之二（67%）的电力行业高管认为，他们所收到的数据中心负载请求中至少19%永远不会成为现实。

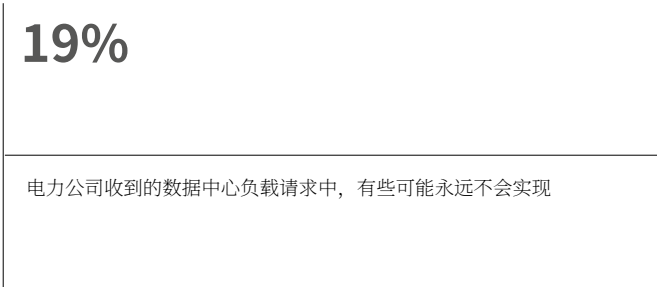
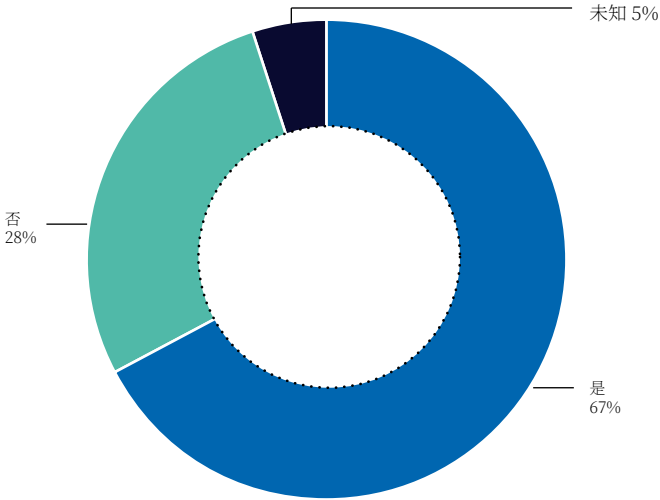


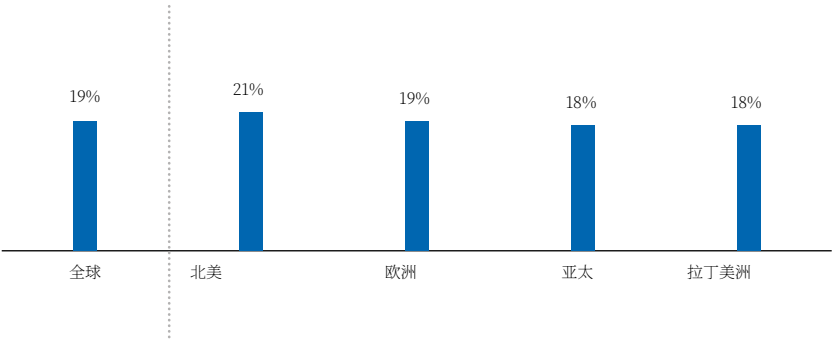
图 8.
公用事业公司估计近五分之一的数据中心用电需求将不会实现

认为部分数据中心用电负荷请求属于投机性的电力机构占比



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=400
来自全球综合公用事业公司、电力生产商和电网组织的电力行业高管。

可能不会实现的数据中心用电负荷请求预估比例



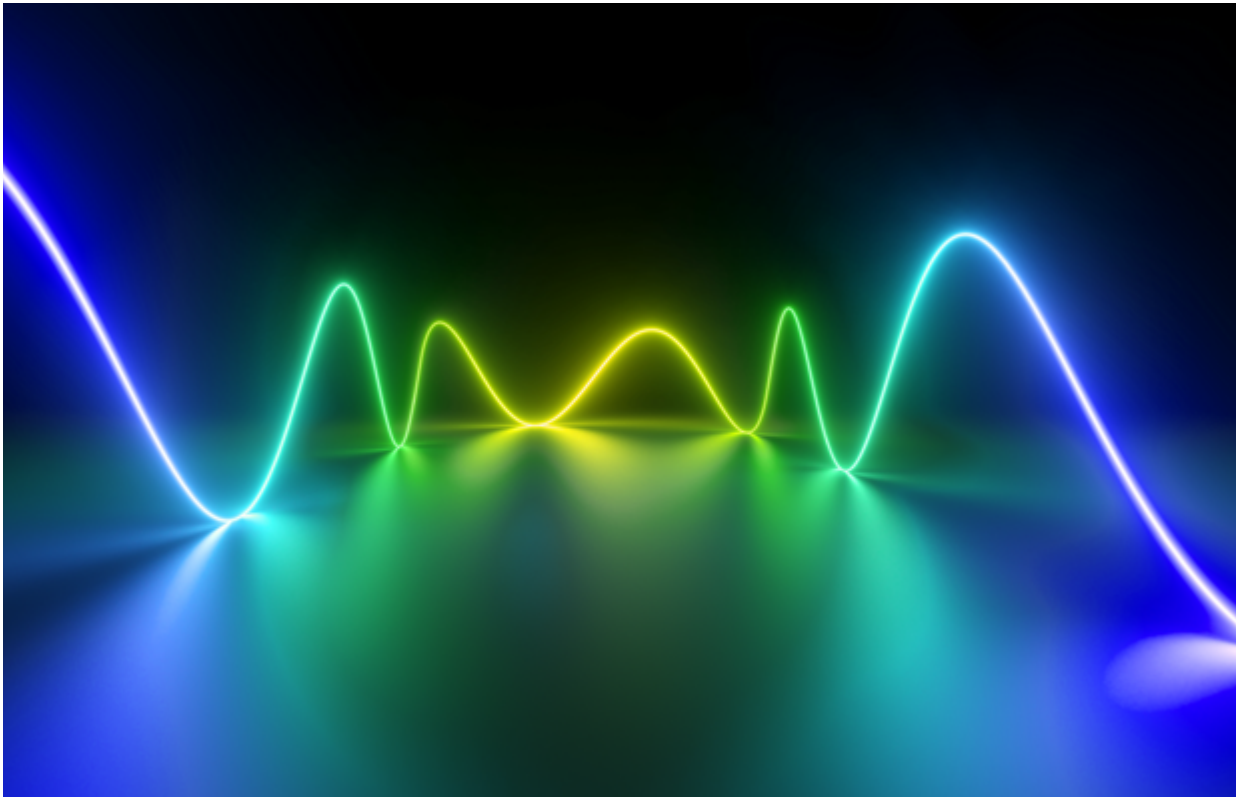
来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=269名全球电力行业高管（北美：99人；欧洲：100人；亚太地区：44人；拉丁美洲：26人），他们一致认为数据中心开发商存在一定程度的投机性负载需求。



“能源企业可通过硬件领域（如先进储能或超导技术）的突破性创新，结合新一代软件优化与AI驱动的智能编排，使数据中心实现动态能耗最小化、释放灵活性，并作为自适应系统运行。”

弗洛朗·安德利永

凯捷集团气候科技业务执行副总裁兼全球负责人

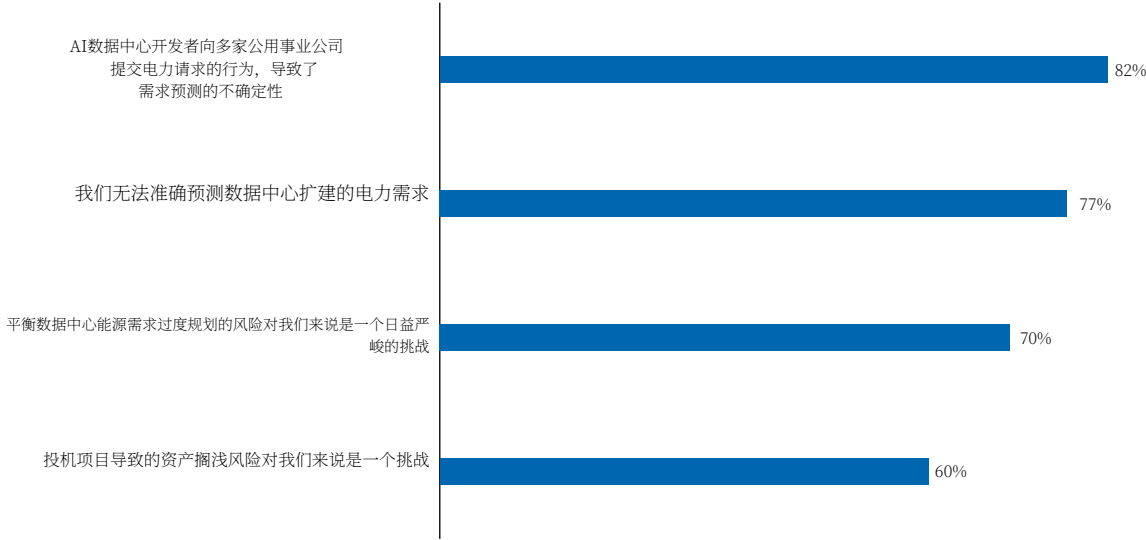


投机性的负荷请求还会拖慢电网建设，影响长期客户的接入，损害经济和脱碳目标，推迟化石能源的退役，如果管理不善，还会使电力组织面临监管审查、处罚或罚款。这些影响最终会导致更高的规划风险和次优的资本配置决策。如图9所示：

- 大多数人（82%）认为，AI数据中心开发商向多家电力公司提交电力请求以争取“速度优先供电”的做法，加剧了对稀缺电网容量的竞争，并放大了预测膨胀，从而导致需求预测的不确定性。因此，全球77%的电力组织高管（美国为79%）表示，他们难以准确预测需求。
- 由于投机性请求导致的过度预测，可能会错误配置资本，引发监管审查，并造成搁浅资产或过剩产能，从而增加公用事业企业和用户的成本。如果资本投资后来被认为不必要或规模过大，监管机构可能会阻止成本回收——将财务风险转嫁到资产负债表上，最终转嫁给用户。大多数（全球70%，北美79%）电力行业高管表示，平衡数据中心电力需求过度规划的风险对他们所在组织来说是一个日益严峻的挑战。此外，60%的高管表示，“因投机性项目导致的搁浅资产风险”十分显著。

图9.
电力机构难以预测需求

同意以下陈述的电力行业高管占比



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N = 612 位来自全球电力组织的高管。

快速增长的电力需求预测引发了人们对电网可靠性和公平成本分配的担忧，因为公用事业公司对数据中心需求进行投机性押注，可能导致所有客户的电费成本上涨。电力公司正开始采用更现实的需求预测——例如，美国电力公司（AEP）俄亥俄州分部已大幅修正其数据中心预期，将预计负荷从约30吉瓦削减至仅13吉瓦，减少了一半以上。⁴⁴ 在一些地区，监管机构更加重视审查负荷预测背后的假设。宾夕法尼亚州的《负荷预测问责法案》允许监管机构在需求预测推高容量成本之前对其进行审查，⁴⁵ 而得克萨斯州的新立法要求数据中心开发商在推进项目前披露重叠的电力请求，并证明其具备坚实的财务承诺。⁴⁶

这些动态强化了对更先进规划工具的需求，特别是AI驱动的分析 and 情景建模，以支持需求预测、压力测试多种建设情景，并指导资本配置决策。

02

数据中心电力需求考验电网极限，重新定义公用事业优先级

2.1. 数据中心驱动的负荷增长正在造成供应紧张

包括公用事业公司、电网运营商、发电企业和能源零售商在内的供应商，必须在电网及输配电基础设施压力日益增大的情况下维持不间断的电力供应。七成电力高管承认，不断增长的数据中心用电需求已经给他们的运营带来了显著压力。

如图10所示，在未来三到五年内：超过四分之三（77%）的电力高管认为数据中心需求增长将快于供应，68%的人预计因此会出现短缺。PJM Interconnection管理着美国13个州约180吉瓦的电力，已警告数据中心需求激增可能造成

未来几十年内可能出现高达60吉瓦的电力短缺，并最早在2027年就对容量和规划储备造成压力。47 美国NERC警告称，数据中心正在增加停电和断电的风险。48

数据中心驱动的负荷增长在地理上日益集中，给当地的发电、输电和配电基础设施带来不成比例的压力，迫使公用事业公司优先投资高负荷地区，可能导致其他地区成本更高、基础设施发展更慢、电网弹性更弱。超过一半（55%）的电力高管指出，这种集中是未来三到五年的主要挑战。

在德国，集中化正在转化为系统层面的压力。在法兰克福等主要枢纽——该国数据中心密度最高的地区——可用并网容量已基本分配给未来几年，加剧了当地电网和电力成本的压力。49

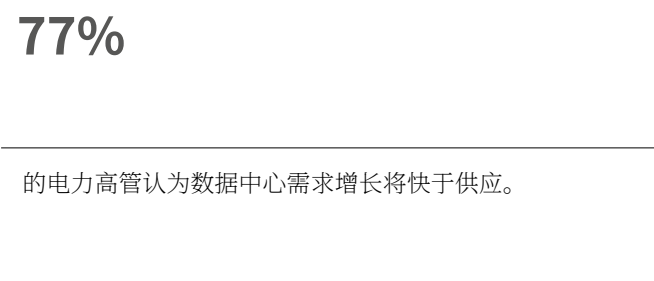
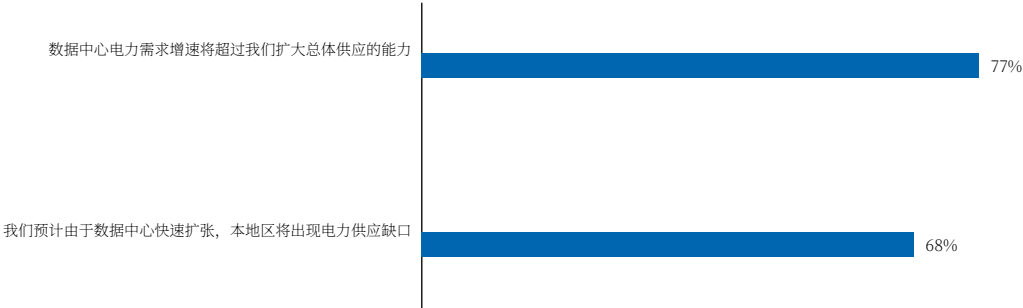


图10
电力组织预计数据中心需求将超过供应扩张速度

同意以下陈述的电力高管比例：在未来3-5年内……



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，受访对象为全球电力行业612名高管。

2.2. 电力组织必须应对多维挑战

电力组织指出，基础设施、执行、可靠性和供应链方面的多重制约，正限制其满足快速增长的数据中心电力需求的能力。2025年，Exelon报告其跨州区域内数据中心负载管道容量达33吉瓦，其中17吉瓦已进入互联排队流程，另有16吉瓦正在进行正式研究。然而，预计到2028年只有10%的容量能投入运营，到2030年升至三分之一，到2034年约为四分之三，凸显了需求增长与电网准备之间日益扩大的差距。

老化的电网基础设施已难以跟上工业增长和电气化的步伐，更不用说全球能源转型了。据欧盟委员会预测，到2030年，欧盟40%至55%的低压线路将超过40年历史，而2021年至2022年间电网线路总长度仅增长了0.8%。该委员会估计，到2040年，电网投资将需要超过1.2万亿欧元（约合1.39万亿美元）。2025年4月28日，一次突然的电压浪涌导致伊比利亚半岛电网不稳定并引发连锁停电，造成近乎

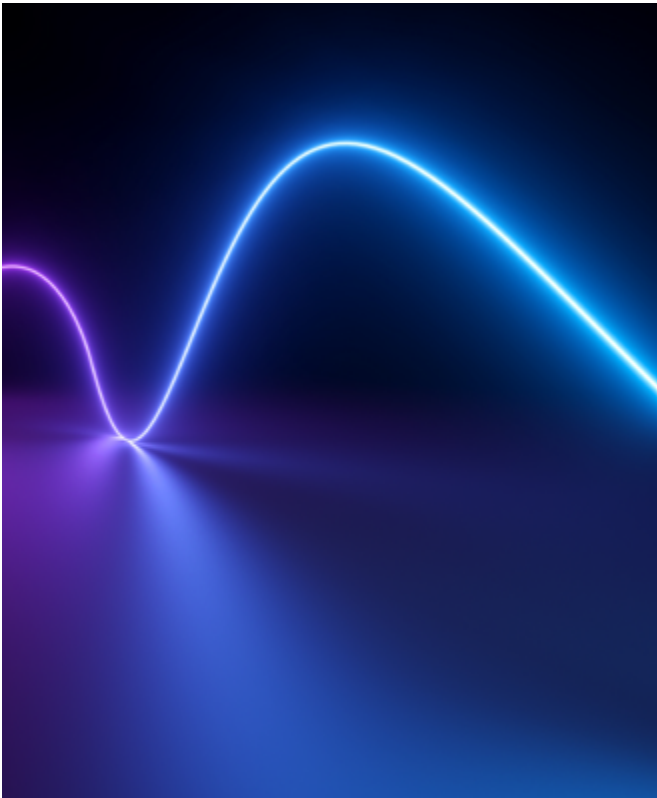
停电12小时，其恶化原因包括电压控制不协调、手动响应缓慢、电压耐受性有限以及无功功率不足。在此背景下，数据中心的快速扩张将进一步加剧受限电网的压力。为应对这一挑战，我们调查中74%的电力行业高管将电网基础设施陈旧列为主要挑战（见图11）。

漫长且日益拥堵的并网排队进一步加剧了电网限制。国际能源署（IEA）估计，全球超过2500吉瓦的项目（包括可再生能源、储能和数据中心）目前正卡在并网排队中，可能导致约五分之一计划中的数据中心容量延迟。如图11所示，84%的电力行业高管指出基础设施升级新许可证的获取延迟，76%的人认为冗长的并网研究时间表是影响容量上线的主要挑战。

这些基础设施和执行方面的挑战也延伸到了可靠性问题。如图11所示，84%的电力行业高管表示备用裕量不足是一个挑战，这反映出随着大型、持续运行的数据中心负载增速快于可交付容量，运营缓冲空间正在收窄。北美电力可靠性公司（NERC）警告称，尽管努力加快新容量建设，但数据中心的需求仍可能在十年后使资源裕量降至目标以下。

电力供应商也面临着日益严峻的供应链限制。过去两年燃气轮机订单的急剧增长已超出制造商有限的生产能力，导致交付延迟长达数年，并将通用电气（GE Vernova）和三菱等主要供应商的积压订单推至2028年甚至2030年。同时，风电涡轮机关键原材料——钢铁和铝的关税上调推高了项目成本，以Dominion Energy的2.6吉瓦弗吉尼亚海岸海上风电项目为例，近期关税上调后资本成本从109亿美元增至112亿美元。如图11所示，74%的高管表示基础设施组件成本上升是一个挑战。

壳牌能源高级客户经理Rigor Lois Alamar解释道：“数据中心是强大的经济催化剂，推动投资、就业和关键技能发展，因此推动超大规模增长已成为能源供应商、开发商和政府的共同优先事项。真正的挑战在于规模与速度——超大规模企业不再规划30或50兆瓦，而是希望在一到两年内快速扩容至100甚至300兆瓦，这对现有基础设施和电网准备程度提出了考验。”





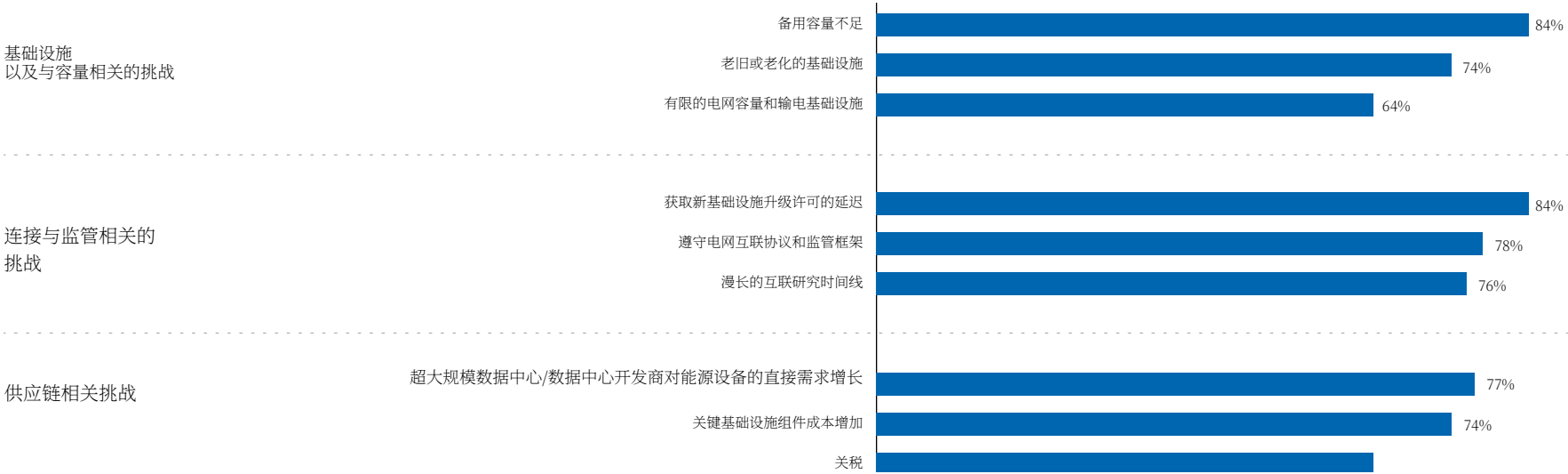
“数据中心是强大的经济催化剂，能够带动投资、就业和关键技术发展，因此推动超大规模增长已成为能源供应商、开发商和政府的共同优先事项。真正的挑战在于规模和速度——超大规模企业不再规划30或50兆瓦的规模，而是要求在一到两年内快速扩容至100甚至300兆瓦，这给现有基础设施和电网准备能力带来了压力。”

Rigor Lois Alamar,

壳牌能源高级客户经理

图11
多重结构和运营障碍正制约电力供应

提及以下数据中心供电关键挑战的电力行业高管占比



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月。全球400名电力高管回答了基础设施和容量相关挑战问题；全球511名电力高管回答了连接和监管相关挑战问题；全球612名电力高管回答了供应链相关挑战问题。全球范围内回应并网与监管相关挑战问题的电力企业高管；N = 612名全球范围内回应供应链相关挑战问题的电力企业高管

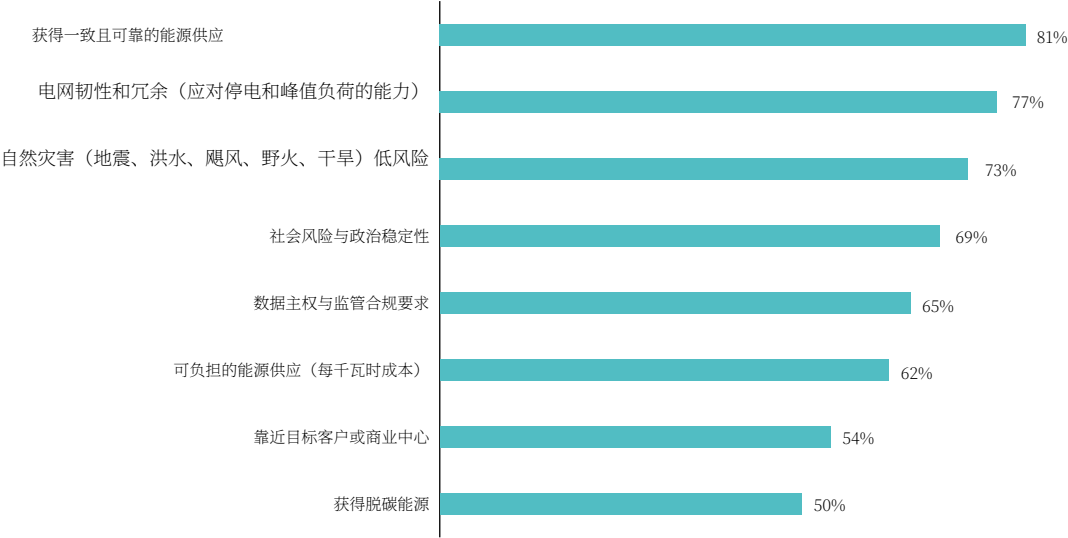
2.3. 电力可靠性和电网韧性如今驱动数据中心选址决策

随着电网容量收紧且输电限制持续存在，电力可靠性和韧性已成为数据中心投资流向的决定性因素。The Blob Company的所有者Matthieu Gallego专门从事EMEA和GCC地区的数据中心项目开发，他解释道：“AI公司倾向于跟随电力路径，因为上市时间至关重要，而获得可靠且停机时间最短的电力是选址决策的关键驱动因素。”

数据中心需要连续运行，几乎不容许中断。能够接近这一可靠性水平的电力供应商可能有权协商激励措施。反之，电力不可靠的地区则难以吸引数据中心投资。58 即使是短暂的数据中心中断也可能造成严重的财务后果，停机成本高达每分钟9000美元。59 如图12所示，数据中心选址决策现在取决于持续可用性、电网韧性和冗余能力。

图12.
数据中心运营商正根据持续供应、韧性和冗余来选择地点和合作伙伴

数据中心高管在选择数据中心地点时考虑的首要因素

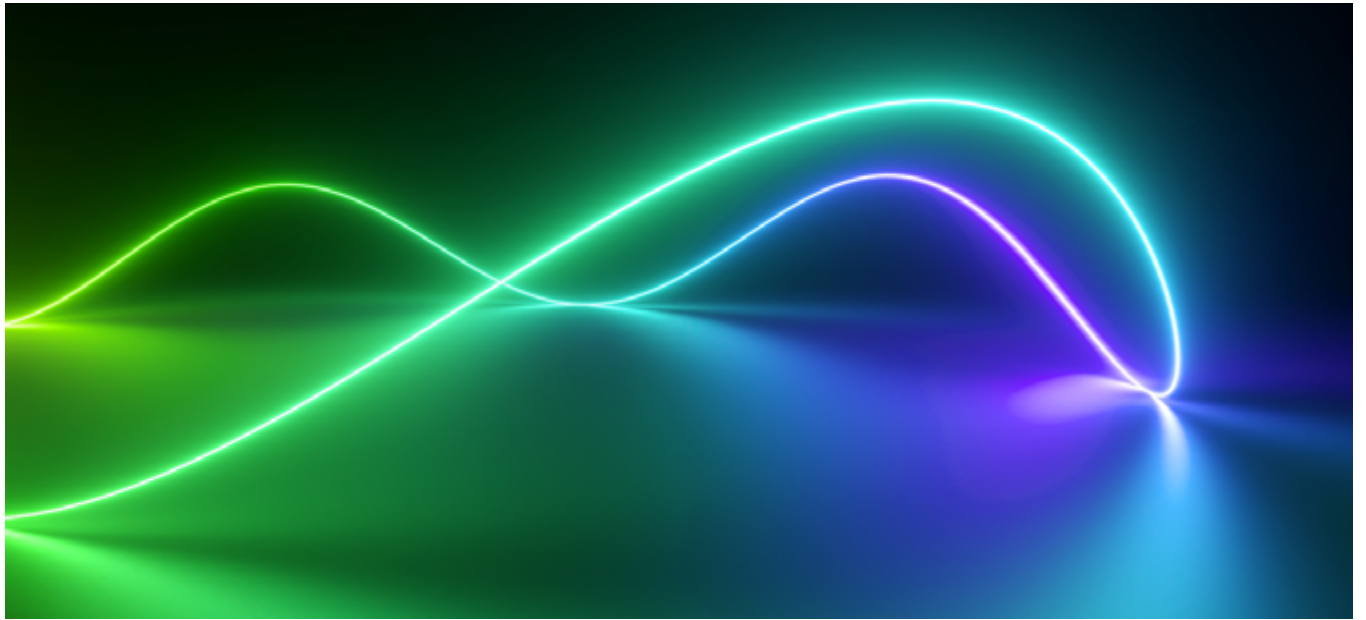


来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=175名来自数据中心拥有/运营组织的高管

为成为数据中心投资的首选地，电力组织日益被期望提供：

- 不间断供电（近乎零停机）
- 快速故障检测与恢复，包括电网扰动期间的优先恢复
- 稳定的电压和精确的频率控制，以保护敏感的IT设备
- 关于容量可用性、升级时间表和服务级别（包括SLA）的透明度和可预测性

公用事业公司必须将韧性控制、应急路径和实时系统可视性嵌入电网规划与运营中，以保障系统稳定性。数据中心的需求不再仅仅是另一个大型负荷；它代表了一种全系统范围的可靠性风险，加速了对灵活发电、先进储能和数字化电网控制的需求，从根本上重塑了规划、运营和投资优先级



03

现场及多元化能源走上前台

3.1. 现场供电优势凸显

数据中心及类似设施通常配备现场备用电源以应对电网中断。但研究表明，高达86%的数据中心高管担忧电力可用性问题的在未来三至五年限制人工智能发展潜力。国际数据中心管理局拉美区负责人威尔逊·莱亚解释道：“数据中心是数字经济的基石基础设施——实为‘数字心脏’

在当今技术驱动的世界中。没有充足可靠的电力，数字服务的韧性以及国家经济增长都将面临风险。从人工智能驱动的工作负载和超大规模计算，到云平台和实时数字生态系统，几乎所有的现代创新都依赖于互联互通、富有韧性的数据中心，这些中心必须设计有足够的冗余，以确保持续可靠的运营。”

日益增长的并网排队需求、老化的电网基础设施、因公用事业审批流程冗长导致的严重延误，以及许多情况下的社区反对，意味着英国数据中心开发商等待电网接入的时间长达10年。60在欧盟，电网接入的长期延迟也给数据中心业主和运营商带来了挑战。61

此外，部分区域正在推行“自备发电”机制，将容量、可靠性和灵活性方面的更大责任转移给大负荷用户：

·美国最大电网运营商PJM Interconnection近期公布一项计划，要求大型新增电力用户（如数据中心）或自带新能源接入电网，或限制高峰时段用电——实质上是鼓励数据中心与专用电源（如天然气、核能或可再生能源）共址建设，或直接购电，减少对现有电网的依赖。62得克萨斯州于2025年6月通过的参议院第6号法案也将其并网成本和供电可靠性责任转移给大型负载用户（≥75兆瓦）。63

·2025年12月，爱尔兰公用事业监管委员会（CRU）推出了一项政策，要求任何寻求并网的数据中心必须安装能够完全满足其用电需求的现场发电或电池系统。

此外，数据中心运营商将被要求在必要时将多余电力输送回国家电网。64

·韩国也对大型数据中心设施引入了强制性现场发电要求，起始比例为2%，到2040年将逐步增加至每个设施供电量的20%。65

在此背景下，数据中心正考虑采用现场发电和表后解决方案，不仅用于备用电源，还将其作为促进增长和运营韧性的战略手段。CyrusOne公司能源政策与监管事务总监Kevin Marquardt表示：“速度和规模如今已成为衡量项目执行成功的关键指标。无论是通过电网供电、表后方案，还是与现有大型发电机共址，能源获取和通电时间已成为关键的推动因素。

快速获取可靠电力的能力将决定项目交付速度和发展广度。” Omdia预测，到2030年，超过35吉瓦的数据中心电力将通过自发电方式供应。66许多数据中心正在考虑或积极部署现场基荷电源或过渡电源，67以支撑大型园区在多年电网升级期间持续运营：

• **通过收购独立发电商或联合开发实现垂直整合：**2025年12月，谷歌母公司Alphabet宣布收购独立发电商Intersect Power LLC，在利用后者数吉瓦级综合能源与数据中心项目储备的同时，加快数据中心与电力产能的并网速度。68

• **临时（过渡）现场发电以缩短通电时间：**2024年，埃隆·马斯克的xAI公司通过使用数十台便携式天然气发电机，在数月内（而非通常所需的数年）将位于田纳西州孟菲斯的一个数据中心投入使用，从而在很大程度上绕过了电网。69 Meta计划为其俄亥俄州的数据中心供电，由天然气供应商Williams建造并运营一座专用的表后天然气发电厂，目前已获得州政府批准。70 OpenAI和甲骨文在德克萨斯州的星际之门项目也采用了模块化天然气涡轮机。71



“数据中心是数字经济的基础设施——实际上是当今技术驱动世界的‘心跳’。如果没有充足可靠的电力，数字服务的韧性以及国家的经济增长都将面临风险。从人工智能驱动的工作负载和超大规模计算，到云平台 and 实时数字生态系统，几乎所有现代创新都依赖于互联互通、具有韧性的数据中心，这些数据中心设计有足够的冗余，以确保持续可靠的运行。”

威尔逊·莱亚

国际数据中心权威机构（IDCA）拉丁美洲地区负责人

- 永久性现场专用电力系统：在德国，CyrusOne与E.ON合作，在其法兰克福FRA7数据中心开发一个61兆瓦的现场燃气发电系统。根据这项优选合作伙伴协议，E.ON将建设IQ能源中心，包含多个4.5兆瓦燃气发动机模块，预计到2029年全面完工。在都柏林，Pure Data Centre Group与AVK启动了欧洲首个大规模（110兆瓦）现场数据中心微电网，旨在在全面接入电网前提供可调度电力。

- 混合微电网与灵活能源系统：在中国，腾讯天津数据中心启用了结合太阳能、电池储能和人工智能能源管理的微电网，以减少对电网的依赖并转向绿色能源。该微电网总容量为10.54兆瓦，预计每年发电1200万千瓦时，相当于满足6000户家庭的用电需求。

我们的研究还显示，受访数据中心中有29%已采用某种形式的表后电源（见图13）。

另有39%计划在未来一到两年内探索现场发电。巴克莱银行全球工程主管Cameron McInnes表示：“作为以脱碳和效率为核心、现代化升级自有数据中心战略的一部分，我们正在三个数据中心（两个在美国，一个在英国）最大化利用现场太阳能，资金正在推进审批。我们有意远离天然气和化石燃料，优先发展可再生能源和电气化。”

为构建这些“自备电力”解决方案，大多数数据中心业主和运营商计划与可再生能源开发商（51%）或能源服务组织（32%）建立合作关系。

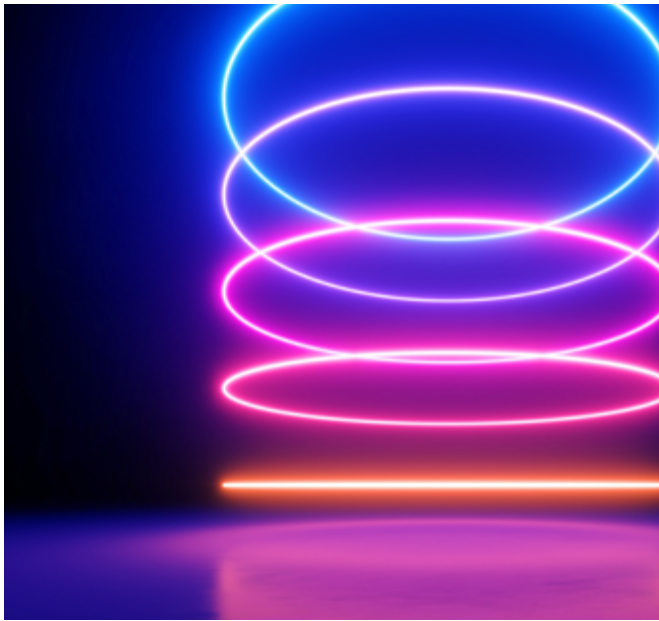
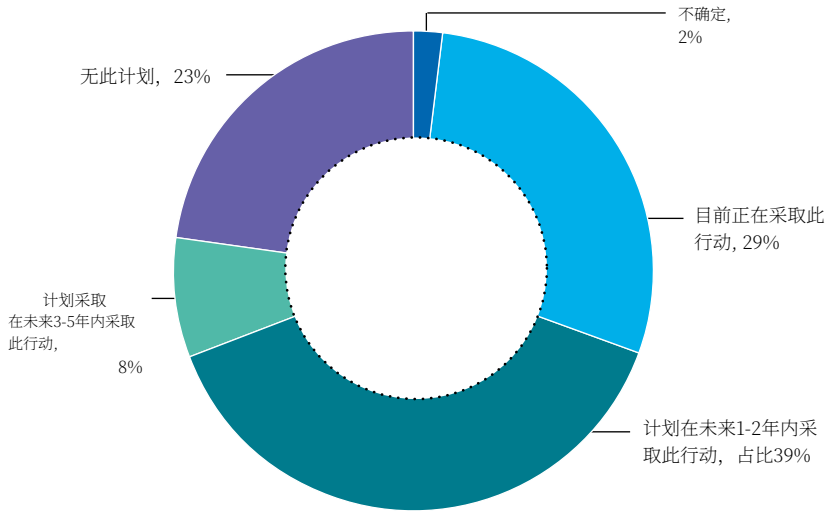


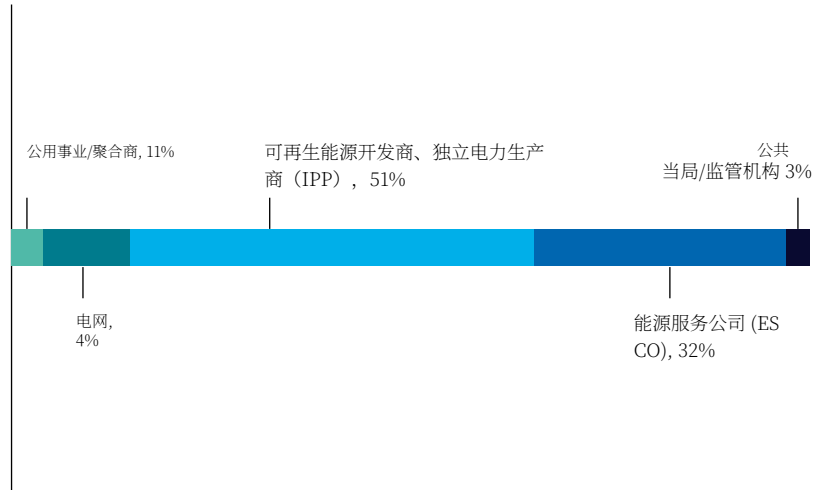
图13.
近3成数据中心已参与BTM电力合作

参与BTM或现场发电合作的数据中心占比



来源：凯捷研究院，《数据中心赋能》，2026年1月，N=175位
来自数据中心拥有/运营组织的全球高管

目前/计划与以下合作伙伴进行BTM或现场发电合作的数据中心占比



来源：凯捷研究院，《数据中心赋能》，2026年1月，N=132位来自数据中心拥有/运营组织的全球高管，这些组织已参与或计划参与BTM或现场发电合作



作为以脱碳和效率为核心的自有数据中心现代化战略的一部分，我们正在最大化三个数据中心的现场太阳能利用率（其中两个在美国，一个在英国），相关资金正在推进审批。我们有意逐步摆脱天然气和化石燃料，优先发展可再生能源和电气化。

Cameron McInnes,

巴克莱银行全球工程主管

我们的研究还显示，全球86%的数据中心高管和北美88%的数据中心高管认为，在停电期间能够与电网“孤岛”运行

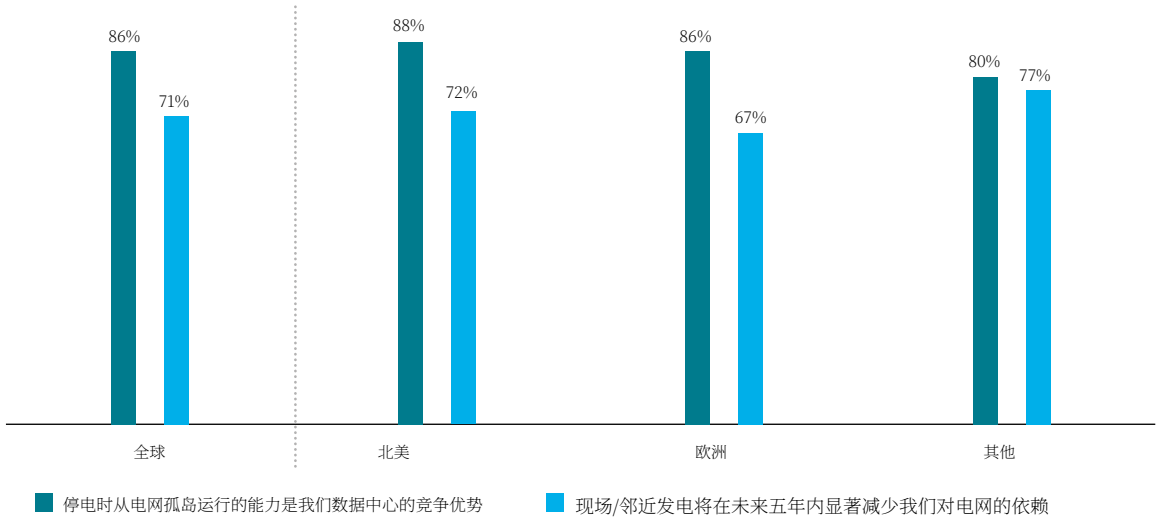
在停电期间从电网脱离是一项关键的竞争优势。此外，超过七成受访者表示，现场或邻近发电将在未来五年内显著减少对电网的依赖（见图14）。

71%

数据中心高管表示，现场或邻近发电将在未来五年内显著减少对电网的依赖。

图14. 大多数数据中心期望现场发电能够减少对电网的依赖并增强韧性

同意以下说法的数据中心受访者百分比



*注：“其他”包括来自亚太和拉丁美洲的高管。

来源：Capgemini研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=171位来自数据中心拥有/运营组织的全球高管（北美：75；欧洲：66；亚太：25；拉丁美洲：5）。

数据中心越来越多地采用现场发电模式，标志着一种结构性转变，将现场电力定位为电力组织的合作与竞争模式：

· 一方面，现场发电——无论是燃料电池、燃气轮机还是混合系统——提供了一条务实的途径，来满足电网无法立即满足的需求，特别是在输电能力受限或并网延迟的地区。当现场发电资产可见、可管控并集成到电网运营中时，由电力公司拥有或联合运营的现场发电可提供过渡性容量、产生合约收入、保护费率基础，并确保关键负荷的可见性。这些资产还可以纳入需求响应和虚拟电厂项目，使电力组织能够在系统压力期间灵活调度。随着时间的推移，此类资产可以整合到更广泛的电网中，提供补充容量并增强本地韧性——将大型高需求客户转变为长期系统资产，而非短期规划风险。

· 另一方面，大规模现场发电部署带来了新的运营和市场挑战。

在电网供电、需求响应/虚拟电厂参与和完全孤岛运行之间不协调地切换，降低了负荷可预测性，使调度、备用规划和实时平衡复杂化。

在美国，北弗吉尼亚的数据中心走廊（拥有超过200个数据中心设施）在2025年夏季展示了这一风险，当时常规安全触发导致约60个数据中心同时切换到现场发电机。这导致了过剩电力，迫使PJM和Dominion Energy削减发电量以防止更大范围的停电。随着大型、部分自供电的数据中心负载渗透率增加，此类“险些发生”事件的频率急剧上升。75

如果协调不当，现场发电可能会分裂需求、侵蚀电力组织的收入，并将成本转嫁给其他客户。这强化了电力组织需要积极协调混合供电模式，通过定义明确的DR/VPP参与规则、切换协议、遥测标准和排放限制，而不是继续充当被动的电网供应商。

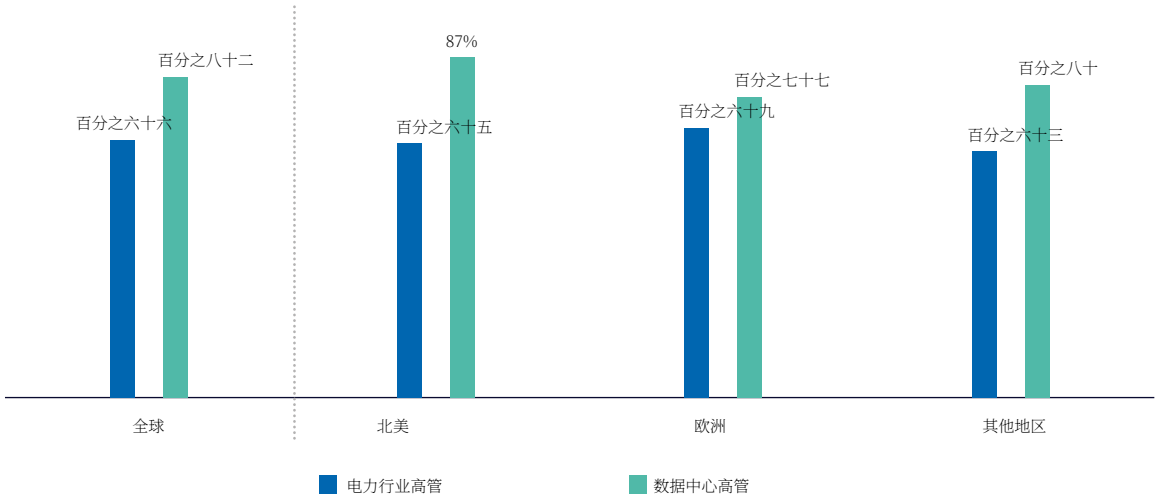
3.2. 可持续的数据中心增长需要平衡、多元化的能源组合

电力行业和数据中心的高管都认为，没有任何单一能源能够满足不断增长的需求。印度电网有限公司多家子公司的执行董事兼董事会成员Gyaneshwar Payasi分享道：“数据中心可能需要混合不同的电源来管理其波动性、满足绿色能源要求并控制商业影响，同时还需要长期储能和快速提升电力容量的解决方案。”

如图15所示，超过五分之四的数据中心专业人士（全球82%，美国86%）认为，维持平衡的能源结构对于满足数据中心的电力需求至关重要。这一观点也得到了66%的全球和69%的欧洲电力高管认同。

图15.
多数电力与数据中心高管认为需要均衡的能源组合

同意以下表述的高管比例：“均衡的能源组合对满足数据中心电力需求至关重要”



*注：“其他地区”包括亚太和拉丁美洲的高管

来源：凯捷研究院，《数据中心供电》，2026年1月，全球电力行业高管调研样本量N=612（北美：232；欧洲：220；亚太：90；拉丁美洲：70），全球数据中心拥有/运营机构高管调研样本量N=175（北美：75；欧洲：70；亚太：25；拉丁美洲：5）

可再生能源的快速增长无法满足数据中心持续运转的需求

公用事业公司及数据中心正在扩大可再生能源装机规模，以可持续方式满足不断增长的需求：

- 根据国际能源署的数据，在创纪录的太阳能光伏装机推动下，全球可再生能源发电量现已超过煤炭发电量。⁷⁶
- 道达尔能源签署了一项大规模太阳能协议，为谷歌不断扩张的得克萨斯州数据中心提供电力。该组织签署了两项长期购电协议，总容量达1吉瓦，相当于15年内约280亿千瓦时的电量。这是道达尔能源迄今为止在美国签署的最大可再生能源购电协议百分之七十七

但电力需求也在快速增长，超过了可再生能源提供稳定、高密度电力的能力。由于间歇性和季节性变化，可变的可再生能源在没有储能、核能或天然气等辅助资源的情况下，难以满足数据中心和人工智能工作负载的持续高负荷需求。如图16所示，四分之三的高管

（78%的电力行业高管和73%的数据中心高管）承认仅靠可再生能源无法满足数据中心的需求。74%的公用事业公司和68%的数据中心组织还指出，可再生能源发电场的审批流程存在延误。在我们的研究中，65%的

发电和电网组织强调可再生能源的间歇性是关键供应挑战。

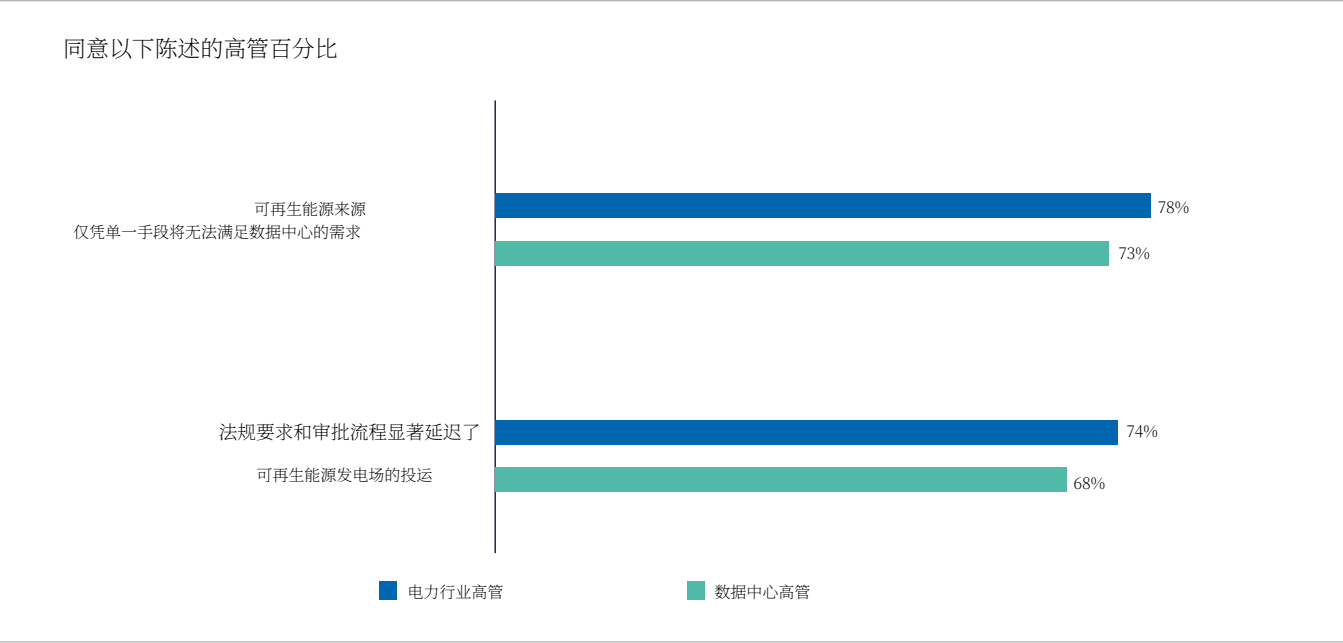
电池储能系统（BESS）市场在2024年增长了44%
扩张，全球新增BESS装机容量超过69吉瓦。[78]电池储能是AI时代基础设施的关键组成部分，支持电力可靠性和质量、电网稳定性、数据中心负载管理，并实现未来电网-数据中心协作模式。投资公司杰富瑞发现，“超大规模数据中心为BES S提供了到2035年20吉瓦的机会”。[79]

在我们的研究中，超过半数（54%的电力行业高管和56%的数据中心高管）正在投资储能解决方案，以弥补可再生能源的间歇性问题。ABB公司负责电网基础设施和电力系统的电气工程师布莱恩·纳尔逊表示：“灵活性将成为一种货币形式。好消息是，有限的需求转移结合储能技术，可以延迟或避免昂贵的电网升级需求。现场储能使运营商能够维持电能质量、应对扰动，并在断电期间继续运行。” 80

核能发展势头正在增强——但时机和可扩展性是挑战

国际能源署估计，到2030年，核能及可再生能源将共同贡献全球约一半的电力，较

图16。
四分之三的高管表示，仅靠可再生能源无法可靠满足数据中心需求



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球电力机构612位高管参与调查，全球数据中心拥有/运营机构175位高管参与调查。

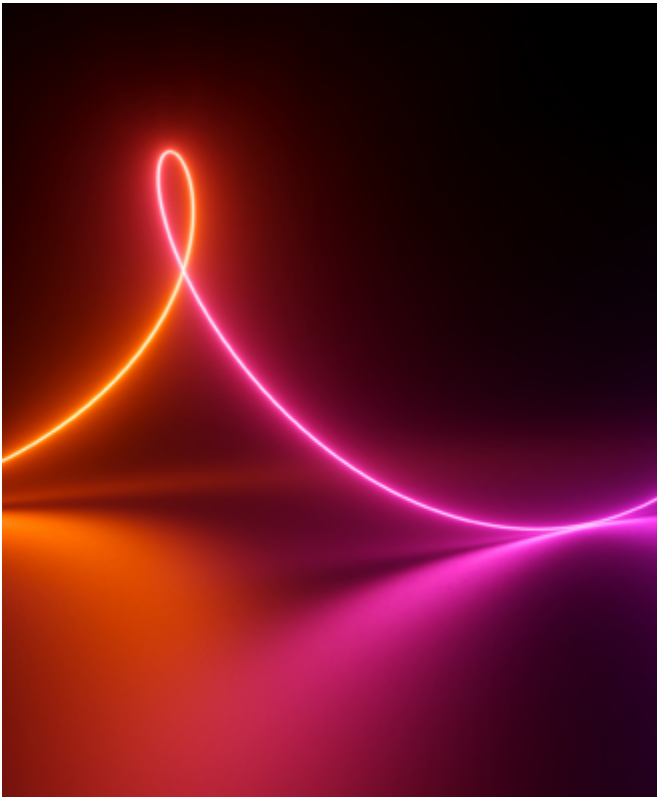
目前这一比例仅为42%。81 欧盟委员会预计，欧洲核能装机容量将从2025年的98吉瓦增至2050年的109吉瓦。82 GE Vernova与日立核能公司的一位项目总监阐述了核能土地效率优势：“核电机组或燃气轮机仅需40英亩土地即可产生1000兆瓦电力，而配备储能的风电或太阳能则需要约2万英亩。”GE Vernova与日立已签署谅解备忘录，计划在东南亚部署BWRX-300型小型模块化反应堆。83 在我们的调研中，41%的数据中心高管表示，小型模块化反应堆是其企业的关键投资领域。

- 2026年1月，Meta签署了一份为期二十年的电力协议，以获取高达6.6吉瓦的核能产能。84
- 2025年10月，谷歌与NextEra Energy合作重启爱荷华州一座已退役核电站。85 谷歌还与小型模块化反应堆初创公司Kairos Power达成合作，计划到2030年建成一座先进核电站，并入田纳西河谷管理局电网。86
- 2024年，微软与星座能源公司签署了一项160亿美元的协议，以重启宾夕法尼亚州的三里岛核电站。87 2023年，微软还签署了一项购电协议，涉及由Helion Energy开发的计划中的聚变设施，这反映出微软愿意大规模投资高密度能源。88
- 亚马逊主导了X-energy公司约5亿美元的投资轮，该公司正在开发先进的SMR和

高纯度低浓缩铀燃料。89 AWS全球电力与能源解决方案负责人Shalabh Jhalawad指出：“核能是我们无碳能源战略的关键支柱，因为它能提供安全、可靠、充足且可规模化部署的基荷电力，这对数据中心全天候运营至关重要。2024年，我们与Energy Northwest达成重大合作，将开发首个小型模块化反应堆，预计本世纪30年代初投入运营。与此同时，我们通过宾夕法尼亚州一座现有960兆瓦核电站等项目确保近期无碳基荷容量，并正与其他电力公司共同探索未来规模化部署小型模块化反应堆的可行性。”

但核能（包括大型反应堆和小型模块化反应堆）仍面临成本高昂、建设周期长、供应链制约及废物处理等重大挑战。专家一致认为，核电站特别是小型模块化反应堆需要数年才能实现规模化部署。如图17所示：

- 大多数人（82%的电力行业高管和61%的数据中心高管）认为，小型模块化反应堆的部署时间表落后于未来三到五年内预期的数据中心超速增长。
- 大多数人（78%的电力行业高管和66%的数据中心高管）还认为，供应链限制可能减缓小型模块化反应堆和先进核能的部署，限制其在短期内为数据中心供电的作用。





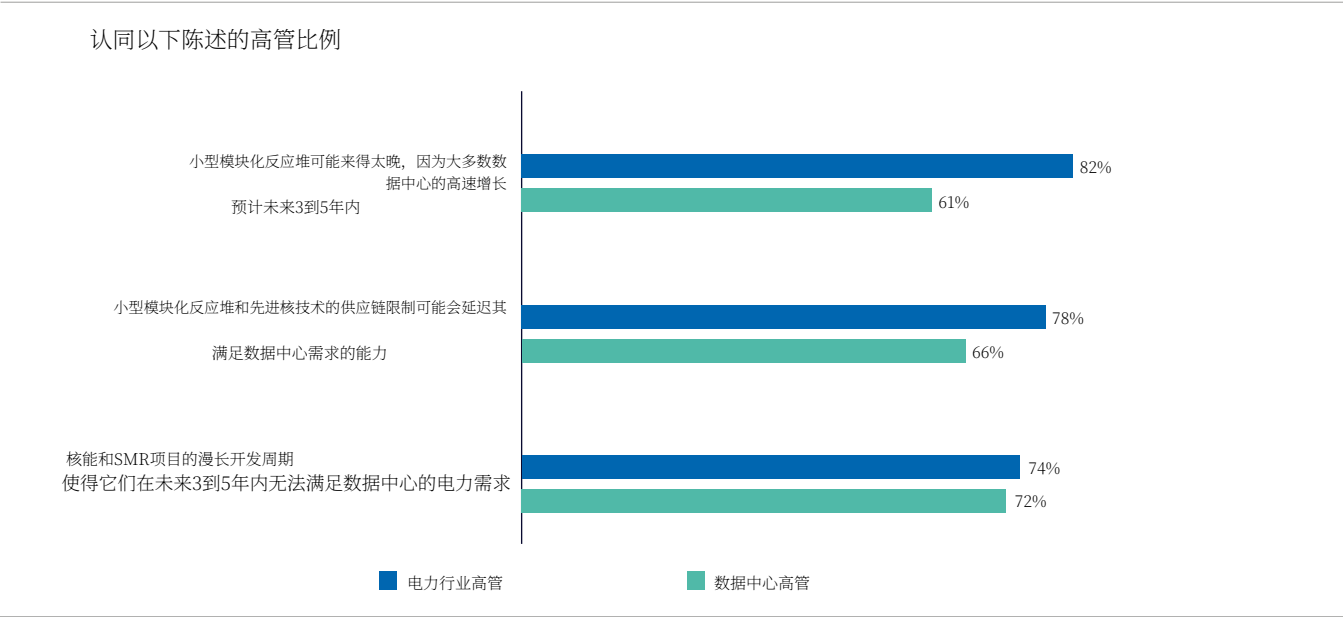
“核能是我们无碳能源战略的关键支柱，因为它能提供安全、可靠且规模化的充裕基础负荷电力，这对数据中心的全天候运营至关重要。2024年，我们与西北能源公司达成重大承诺，开发首个小型模块化反应堆，预计在2030年代初期投入运营。

与此同时，我们通过宾夕法尼亚州一座960兆瓦的现有核设施等项目获得了近期的无碳基础负荷容量，并正在与其他公用事业公司合作，探索未来如何大规模部署小型模块化反应堆。”

沙拉布·贾拉瓦德

AWS全球电力与能源解决方案负责人

图17
多数高管认为核电和小型模块化反应堆规模化速度不够快



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球电力机构高管N=612，全球数据中心拥有/运营机构高管N=175。

公用事业和数据中心将天然气视为短期解决方案

全球范围内，68%的电力与数据中心高管一致认为，天然气更快的开发时间线使其成为未来三到五年数据中心的关键电力来源。这一观点在美国更为突出，71%的电力高管和73%的数据中心高管持相同看法。数据中心高管还强调天然气发电灵活性的重要性：77%的人表示天然气发电厂的灵活性对于弥补可再生能源资产的不稳定性至关重要。此外，72%的人同意，天然气发电厂的灵活性对于管理IT负载的波动性至关重要。

美国在2025年拥有全球最大的在建天然气发电容量，总计近252吉瓦，占全球总量的近四分之一。其中超过三分之一的容量计划用于数据中心的自备电源。90根据我们的研究，62%的美国综合公用事业公司、电力生产商和能源服务组织正在投资天然气，以满足未来的数据中心需求。新的天然气容量——无论是公用事业拥有的资产（“表前”）还是数据中心拥有的电力供应（表后）——都在增长：

· 美国弗吉尼亚州的Dominion Energy推迟了Clover发电站的关闭，这是一座燃煤的“调峰”电厂。91

除了推迟调峰电厂的退役，Dominion公司还提议新建燃气发电设施，包括在切斯特菲尔德建造一座1吉瓦的调峰电厂92。总部位于休斯顿的NRG能源公司计划通过以120亿美元从LS Power公司收购18座天然气发电厂，将其发电能力翻一番93。

在表后燃气发电方面，正在开发全球最快客机的Boom Supersonic公司与开发商Crusoe签署了一项价值12.5亿美元的协议，后者正在为OpenAI建造一系列数据中心。Boom同意向Crusoe提供29台喷气发动机燃气轮机，开发商可将其部署在美国各地的数据中心94。Meta位于德克萨斯州埃尔帕索的数据中心将从800多台不同的移动微型涡轮机中获取燃料。在最初的五年“过渡期”（从2027年开始），该数据中心将保持与电网断开连接，并采用表后模式运行95。

机遇巨大，但执行风险依然存在。
如前所述，大型燃气轮机的交付周期

的扩建，从而限制了新电厂的建设速度。此外，持续的地缘政治紧张局势也对某些地区依赖天然气的做法提出了挑战。在当前危机爆发前，全球约20%的天然气供应以液化天然气（LNG）的形式通过霍尔木兹海峡。自2026年2月28日冲突爆发以来，全球液化天然气价格已上涨约80%96。

高管们还承认天然气存在可持续性方面的挑战。在我们的研究中，59%的电力行业高管和63%的数据中心高管表示，对关键市场燃气发电的依赖增加，与其脱碳承诺相冲突。配备碳捕获、利用与封存（CCUS）的天然气提供了一种潜在的解决需求，同时实现脱碳目标。2025年10月，谷歌宣布在伊利诺伊州建造一座配备碳捕获的400兆瓦燃气发电厂，明确将配备CCS的天然气定位为未来数据中心增长所需的清洁、可靠电力的关键来源97。然而，这是一条在技术和经济上都具有挑战性的道路。低利用率、分散的厂址以及高昂的运输和捕获成本意味着大规模部署仍然有限。

大多数高管（电力行业75%，数据中心63%）将天然气主要视为一种过渡性解决方案，直到可再生能源和储能技术能够规模化应用。这种看法直接影响了投资考量：79%的电力行业高管和58%的数据中心高管认为，当前对天然气基础设施的投资可能会在未来十年内造成重大的搁浅资产风险。

68%

电力行业和数据中心高管一致认为，天然气更快的开发周期使其在未来三到五年内成为数据中心的关键电力来源。

能源主权成为战略优先事项

地缘政治冲突持续加剧全球能源市场波动，并扰乱关键咽喉要道的海运物流（例如霍尔木兹海峡因近期伊朗战争受到影响）。为此，能源主权已上升为国家议程，各国政府优先保障国内供应安全、建设韧性供应链，并加强对关键能源和清洁技术资产的控制。

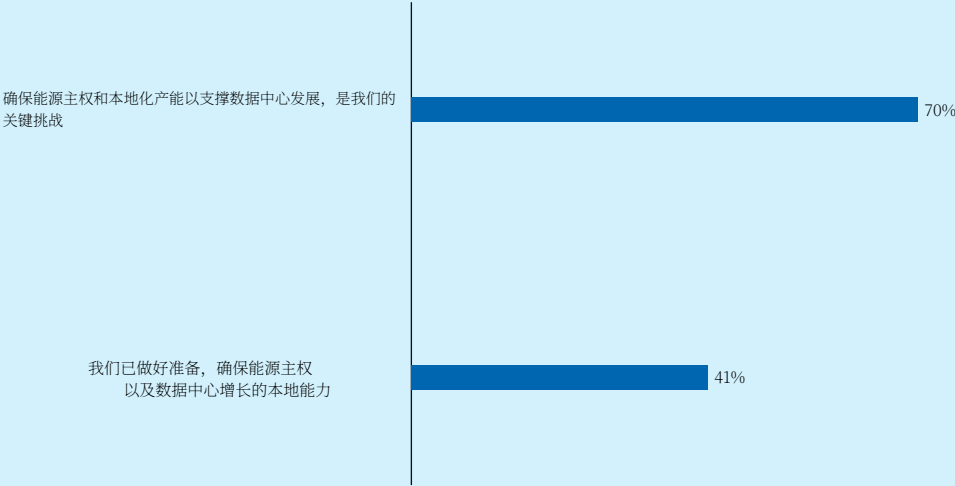
这一转变正在重塑电力行业经济格局。中国在清洁能源制造和关键矿产领域的主导地位加剧了欧洲对进口依赖的担忧，促使欧洲推行以主权为导向的政策实现供应链本地化，同时推进脱碳进程。相比之下，美国则将主权优先立场与气候怀疑论相结合，倾向发展国内化石燃料、液化天然气出口和核电，并配合更严格的贸易和关税制度。

对于电力组织而言，这些动态正转化为更长的设备交付周期、更大的成本差异，以及日益增长的压力，需要多元化技术、燃料和供应商，以可靠支持数据中心扩张。欧洲组织对能源主权的重要性感受最为深切

图18

多数欧洲电力机构认为能源主权是重大挑战

同意以下表述的电力行业高管占比



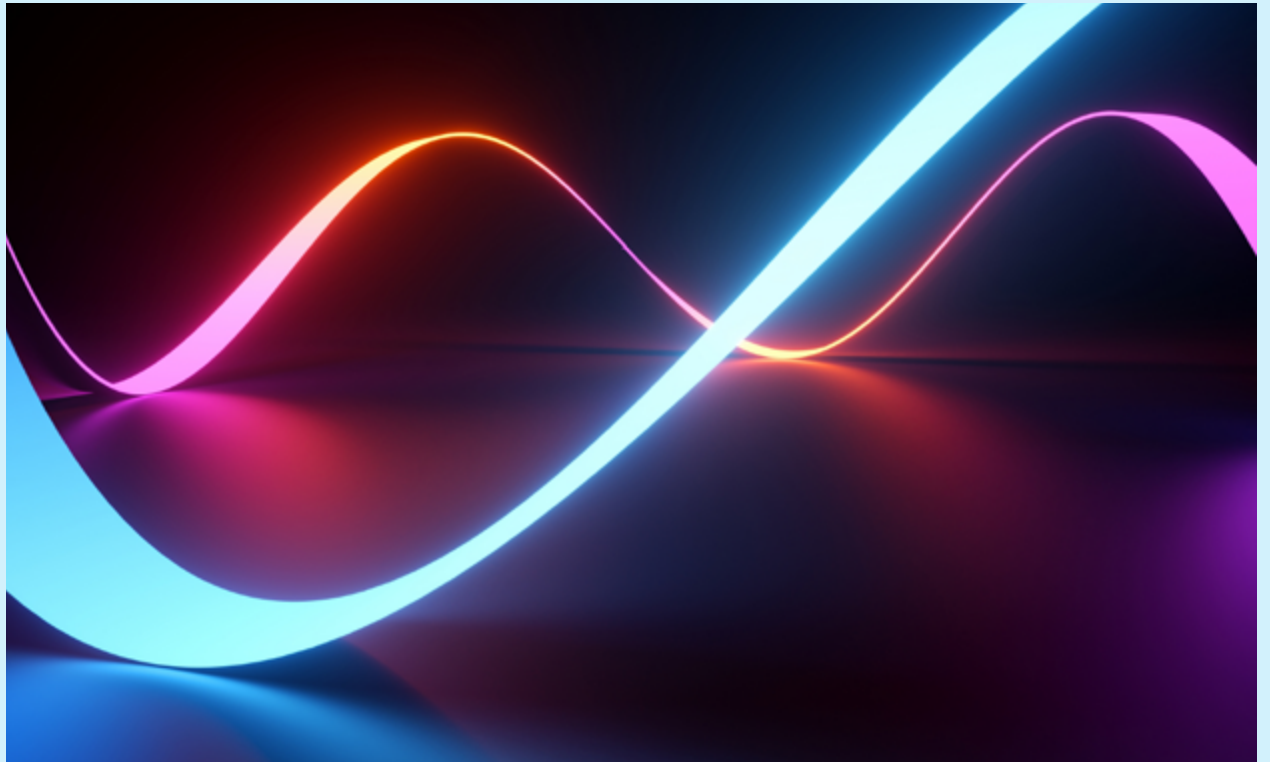
来源：凯捷研究院，《数据中心供电》，2026年1月，N=220位欧洲电力组织高管

电力组织：研究中近四分之三（70%）的欧洲电力组织高管承认，确保能源主权和本地数据中心发展能力是当前的关键挑战，只有41%的高管认为已做好准备（见图18）。法国的准备水平略高，50%的高管表示已做好准备，但德国明显较低，仅26%的高管表示已做好准备。

欧洲电力公司需通过加速可再生能源部署、多元化供应来源及现代化电网来加强能源主权，以提高效率、安全性并减少对进口化石燃料的依赖。将主权考量融入采购、技术选择和容量规划的组织将更有能力可靠地为数据中心供电。

41%

的欧洲电力组织高管表示，他们已准备好确保能源主权和本地数据中心发展能力。



04

AI 承诺为未来提供动力

4.1. AI或能带来显著的效率和运营提升

AI既是压力点也是问题解决者。它能够实现更灵活的运营、更早的风险检测和更明智的决策，并正成为复杂电网运营不可或缺的一部分。根据国际能源署的数据，到2035年，AI驱动的运营和维护每年可节省高达1100亿美元的成本，并在现有线路上释放175吉瓦的额外输电容量，从而增强系统可靠性和运营效率。99 美国能源部估计，AI驱动的储能运营改进可在未来十年内将可再生能源弃电率降低多达50%。100

AI有望显著增强网络韧性和电网性能。在我们的调查中，至少六成电力行业高管预计，AI在减少故障、提高生产率和恢复停电方面将带来显著提升（>10%）（见图19）。

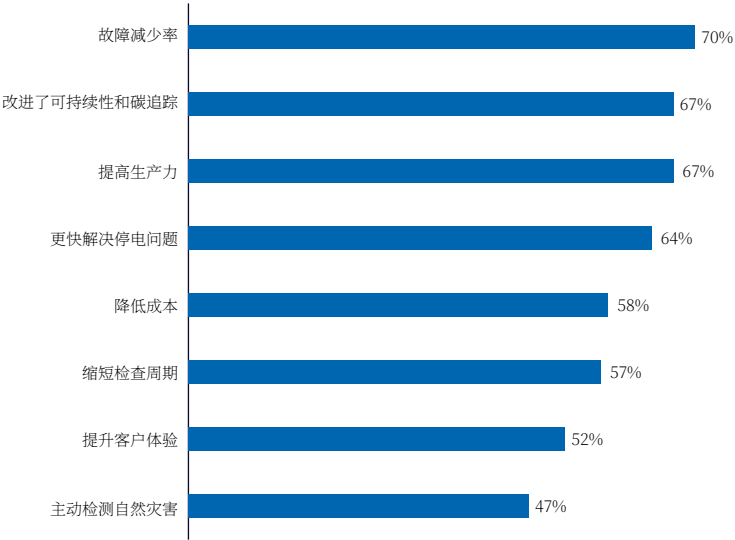
AI还可以通过实时优化潮流并在可再生能源占比高的网络中平衡供需，从而在电网运营和资产绩效方面释放重大效率提升。

AI驱动系统动态管理电压、频率和阻塞，增强稳定性并实现更快的故障检测。这进而减少了停机时间并改善了客户体验。一家领先的全球综合能源解决方案供应商的采购与供应战略副总裁兼负责人表示：“我们使用AI和机器学习进行电力和天然气价格预测，结合天气、负荷、可再生能源输出和市场数据。这已将预测误差降低了15%至30%，并改善了我们价格飙升和机制变化的响应能力。”



图19。
大多数组织期望AI能减少故障，提升可靠性与资产性能

%的高管预计AI将在以下领域带来显著（>10%）提升：



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=612位来自全球电力机构的高管。

以下是所获效益的一些实例：

- 一家大型公用事业公司利用机器学习模型监控500多台变压器的振动数据，提前三到四周检测出轴承故障，将应急维修次数减少60%，并在200万美元投资基础上实现每年800万美元的节省，同时避免了影响超过5万用户的停电事故。
- 加拿大公用事业公司Hydro-Québec的AI驱动负荷预测模型提高了对突发...的可见性需求变化和整体系统可靠性。在2024年热浪期间，Hydro-Québec报告称传统模型未能捕捉到非典型负荷模式，需要大约1,500兆瓦的手动修正，而基于AI的模型正确预测了该问题。102

4.2. 尽管兴趣日益增长，大多数电力公司尚未达到高级人工智能成熟度

人工智能正为能源行业带来显著动力，尤其是在管理数据中心能源需求方面。

例如，国家电网合作伙伴已投资Aina Climate AI Ventures，作为其1亿美元承诺的一部分，旨在

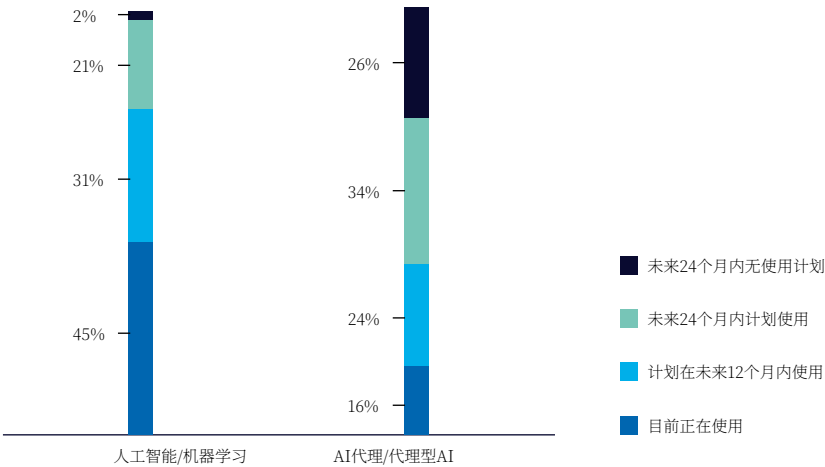
支持AI驱动的能源初创企业。103 Aina的旗舰初创公司GridCARE使用人工智能识别未充分利用的电网容量，从而在低需求区域实现更快的数据中心部署，并缓解数据中心和电动汽车充电带来的电网压力。104

然而，目前的采用水平表明，电力组织才刚刚开始将这些技术投入运营。Gartner预测，即使到2027年，也只有40%的组织会在控制室中拥有AI驱动的操作员，这反映了该行业的谨慎态度。105 如图20所示：

- 电力机构中45%的高管表示，他们目前正在使用AI/ML（包括概念验证、试点以及部分或全面推广项目）进行电网优化和可靠性提升，另有51%的高管计划在未来几年内采用这些技术。
- AI智能体/代理型AI的采用仍处于初期阶段；目前只有16%的机构将这些技术（包括概念验证、试点以及部分或全面推广项目）用于电网优化和可靠性，而58%的机构计划在未来两年内进行部署。

图20.
目前不到一半的电力组织在其电网优化中使用AI/ML

目前使用或计划使用以下技术进行电网优化和可靠性的组织百分比



来源：凯捷研究院，《数据中心供电》，2026年1月，N=612位来自全球电力机构的高管

4.3. 选择成功用例：从试点到影响力落地

在可靠性不容妥协的行业中，组织应聚焦与运营KPI直接相关的用例，并辅以强有力的治理与安全管控。同时需识别功能价值匹配成本的用例，使组织能基于明确的回报与可负担性优先配置投资。

图21所示案例展示了AI如何嵌入能源基础设施核心——不仅支撑自动化，更构建能响应动态条件的自适应、情境感知系统。

45%

的电力行业高管表示其所在机构已在电网优化与可靠性领域应用AI/ML技术。

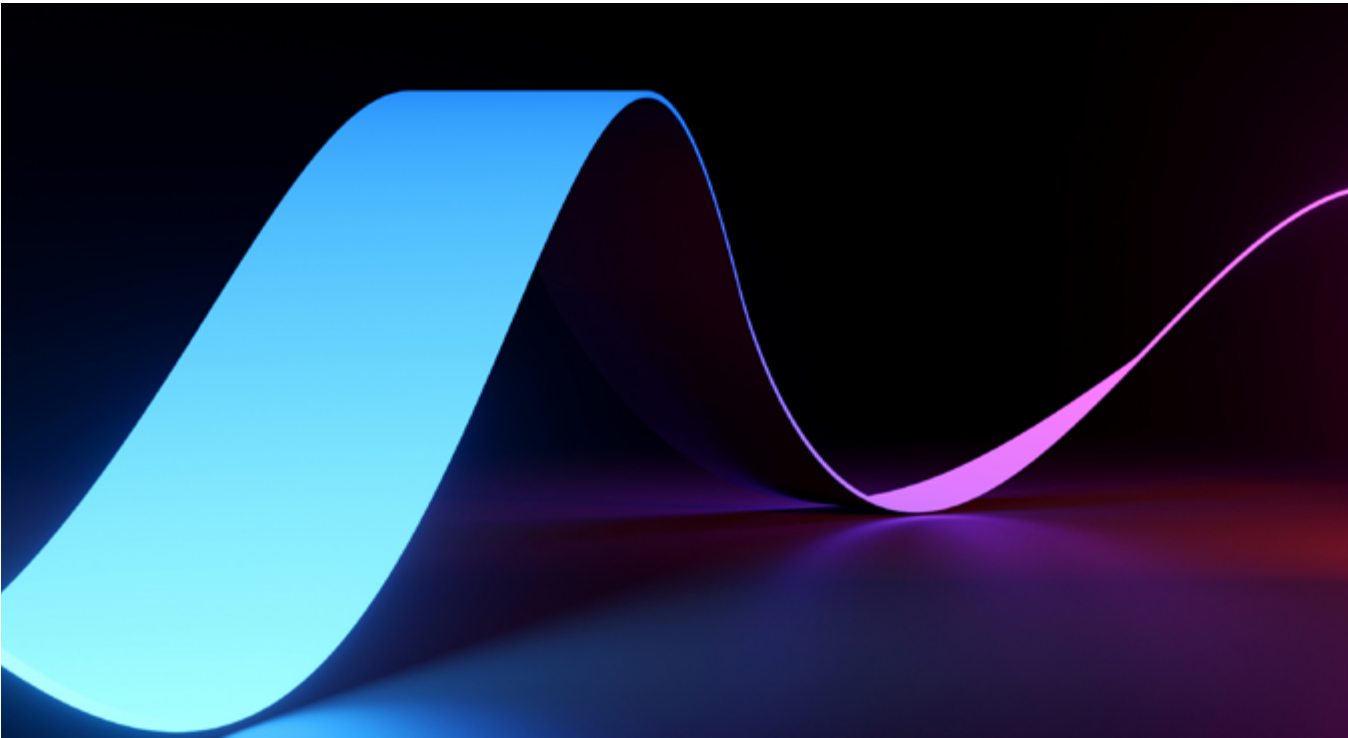


图21
能源组织中AI用例示例

 用例	 组织	 应用	 益处
能源需求预测	英国电网，一家英国配电系统运营商（DSO）	通过天气、用电时间和用户行为预测能源需求	提高实时供需平衡107
预测性维护	美国能源组织AES	分析来自风力涡轮机制造商的现有数据，并利用基于物理的模型，结合H2O AI云，生成预测性诊断	减少停电并提高维护效率108
危机情景模拟	西门子能源与英伟达	使用AI驱动的数字孪生模拟电网扰动	优化公用事业运营、维护及应急和自然灾害响应计划109
操作员决策支持	RTE，一家法国电力传输系统运营商（TSO）	投资Apogée，一种智能助手，用于筛选信息并利用AI将优先级最高的数据传达给调度员	在关键情况下实现更快、更明智的决策110
可再生能源优化	BP，一家英国跨国石油和天然气组织	应用AI驱动分析预测其太阳能和风能运营的产出	优化能源流动并确保高效整合到电网中111
资本分配建模	一家多能源公司	运用人工智能将35%的投资投向低碳项目，评估每个项目时不仅考虑财务回报，还考量其对能源转型的贡献	在优化回报与风险的同时，将资本配置与脱碳目标保持一致112



“我们正在使用基于AI的工具和均值平均模型来生成五年能源预测，事实证明这非常有效。AI对我们分析和预测消耗的方式产生了重大影响，提高了准确性和决策能力。”

Jason Jackson,

西门子能源项目总监

我们的研究表明，已部署人工智能/机器学习/智能体人工智能技术的电力企业目前正聚焦于少数高影响力应用场景。如图22所示，在已应用人工智能的电力企业中，十分之六的企业利用它进行负荷预测和需求变化预判，另有38%的企业计划在未来12至24个月内开展此类应用。

西门子能源项目总监杰森·杰克逊表示：“我们正借助人工智能工具和均值建模来生成五年期能源预测，实践证明这一方法非常有效。”

人工智能对我们分析和预测消费的方式产生了重大影响，既提高了准确性，也改善了决策。

预测性维护还能帮助公用事业公司将停机时间减少一半以上，并将资产寿命延长40%。113超过一半（54%）已在使用AI的电力组织将其用于预测性维护，而41%的组织预计在未来12至24个月内效仿。太平洋天然气与电力公司部署了机器学习模型，将历史资产性能与实时传感器数据相结合，以预测设备故障，使计划外停机时间减少了30%。114

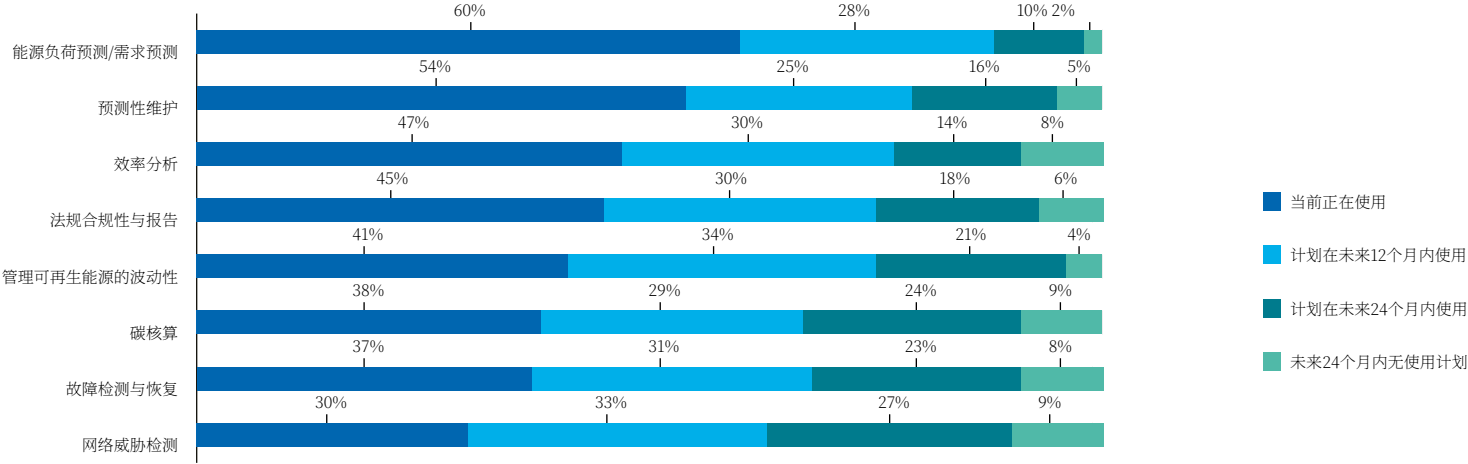
此外，人工智能驱动平台通过持续学习运营数据，能够检测

异常、防止未授权访问，并实现更快速、更自主的网络风险响应。印度正准备将人工智能嵌入其国家电网——全球最大统一电网——的运营中，以实现实时风险检测、故障预测和市场操控监控。印度电网公司董事长兼董事总经理萨米尔·钱德拉·萨克塞纳指出：“我们正目睹威胁边界日益模糊。某一节点的网络攻击或价格操纵可能在数秒内波及整个系统。人工智能对于监测人类无法实时捕捉的模式至关重要。”在我们的研究中，30%已应用人工智能的电力企业将其用于网络威胁检测。



图22.
电力组织正聚焦于多种高价值的AI应用场景

您已部署以下哪些AI应用场景来满足数据中心电力需求？



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=341位全球电力机构高管。这些机构目前正在使用人工智能/机器学习或智能体/代理型人工智能，或认同以下表述：“我们正在使用人工智能驱动的工具和分析来优化电网容量并管理日益增长的数据中心需求”或“我们将人工智能作为决策支持工具，而非自主控制器。”



“能源领域的人工智能不仅是一场技术升级，更是系统设计、规划和运行方式的根本性变革。要充分发挥其价值，企业必须构建坚实的数据基础，优化工作流程以在安全框架内实现更快速的决策，并创造实际的运营价值。

如果运用得当，人工智能将带来全新的电网智能水平——使电力系统更具预测性、更灵活，并能应对数据中心需求日益增长的复杂性。我们首次能够端到端优化能源价值链——将工程、数字化和资本效率相结合，在规模上平衡增长、波动性和可持续性。”

克莱尔·戈蒂埃，

凯捷咨询全球能源与公用事业执行副总裁

05

能源公司必须如何演变以适应数据中心增长的下一阶段

基于我们的调研分析、与能源机构、数据中心所有者及运营商的访谈、行业专家的见解，以及我们在该领域的自身经验，我们建议电力行业采取以下行动，为数据中心下一阶段的发展提供电力支持

图23
五大支柱建议框架

01 预测并塑造需求：从被动响应转向主动的、投资组合层面的需求预见	02 安全可靠且有弹性的能源供应：通过投资组合再平衡和基础设施转型确保容量和速度	03 解锁灵活性：简化连接，现代化资费结构，并促进需求侧参与	04 强化生态系统：实现智能供应链及全生态系统协调	05 构建面向未来的运营模式：实现人工智能运营化并规模化培养面向未来的人才
制度化需求预测和客户筛选	重新平衡能源投资组合以适应数据中心负荷特征	简化连接和监管流程	为电网和数据中心交付构建弹性智能供应链	在规划和运营中推广人工智能和数字技术
引导数据中心向电力就绪的地点发展	加速电网和基础设施现代化	引入简化、创新的资费和定价模式	深化数据中心价值链的生态系统协作	培养系统转型所需的人才和能力
	部署分布式容量以加速交付	扩展数据中心的需量响应和灵活性计划	将社区和可持续性考量纳入规划	

来源：凯捷研究院分析

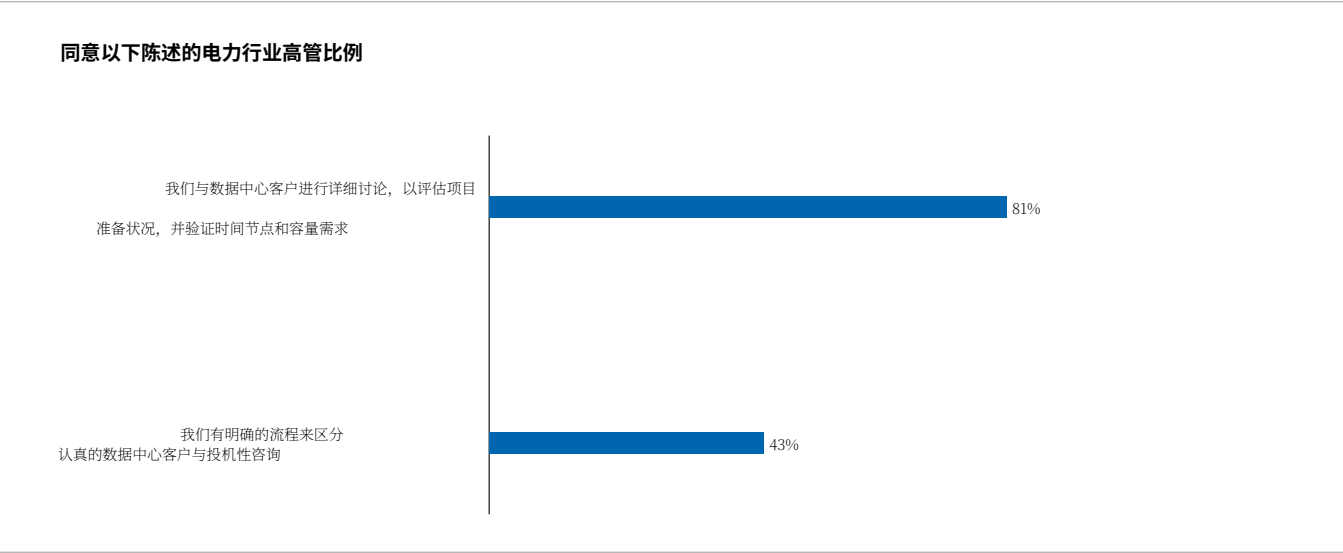
5.1. 预测并塑造需求：从被动响应转向主动、组合层面的需求前瞻

制度化需求预测与客户筛选

准确的需求预测使电力组织能够预防停电、加强电网安全，并更高效地规划基础设施投资，从而带来长期成本和可靠性方面的益处。然而，数据中心经常向多个公用事业公司提交并网申请，而实际建设的项目仅占提议项目的一小部分。这些“幻影负荷”和云管道可见性增加了电网运营商和监管机构过度规划或规划不足的风险。

虽然大多数（81%）电力组织表示他们会与数据中心客户进行详细讨论，以评估项目准备情况、需求和时间表，但只有不到一半（43%）表示拥有明确的、成文的流程来区分严肃项目与投机性咨询（见图24）。

图24
仅43%的电力企业拥有识别大型数据中心客户的明确流程



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N = 612名来自全球电力组织的高管。

公用事业公司应通过以下方式将需求分析制度化：

- **应用情景导向的需求预测，**
针对人工智能发展、选址和时间节点的不确定性，对容量需求进行压力测试
- 标准化客户筛选与准入流程，明确区分已承诺需求（兆瓦、时间表、融资、许可）与试探性咨询
- 引入就绪评分与基于里程碑的队列管理，优先推进可信项目并释放停滞项目占用的产能
- 要求押金与“真实兆瓦”声明，并通过与数据中心客户的标准数据交换提供支持
- 嵌入合同规模调整与违约金条款，遏制投机性需求，在项目推进过程中实现中期产能动态调整
- 保持对需求管线的整体可见性，以优化受限产能的分配并降低搁浅资产风险
- 将资本规划与需求智能对齐 CyrusOne 的 Marquardt 详述行业期望：

“公用事业公司应采纳更具前瞻性的政策框架，主动考虑电网和数据中心的灵活性，识别受限容量，并推进针对性的解决方案，包括采用电网增强技术缓解输电拥堵，以及战略性部署上游电池储能系统，以管理由更广泛客户需求驱动的系

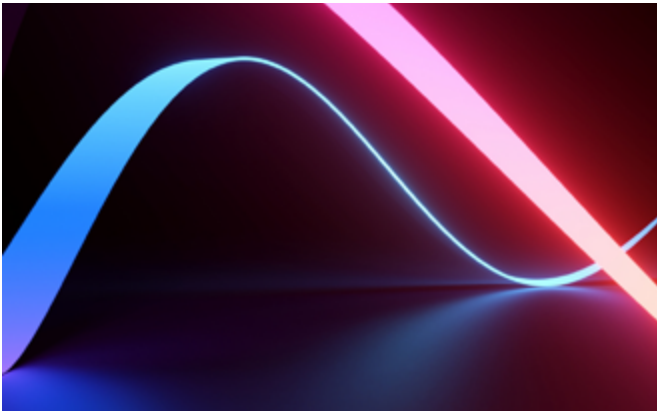
统波峰波谷。同时，公用事业公司应现代化电网规划实践，改革互联流程，以更好地区分可行项目与投机性请求，认识到行业投资周期现在的速度已远超传统的五年规划周期。”

引导数据中心向具备电力条件的区域聚集

优先发展“可即刻供电”的电力就绪区域，可帮助电力机构通过提升电网可靠性、优化资本配置、加速并网流程、确保扩张与可持续发展及本地资源限制相协调，从而有效管理数据中心增长

然而仅有三分之一的电力机构正在积极识别和推广此类区域（见图25）
协作机制同样不成熟：仅36%的机构与数据中心客户开展选址合作，另有31%计划在未来一到两年内实施

“电力供应商需要从被动连接模式转向主动规划，通过开发预先批准、快速通道的数据中心区域，提前确保电网容量、变电站和电力基础设施。提前降低电力可用性风险对于加速部署和支持由人工智能驱动的需求快速增长至关重要，” The Blob Company 的 Matthieu Gallego 表示。



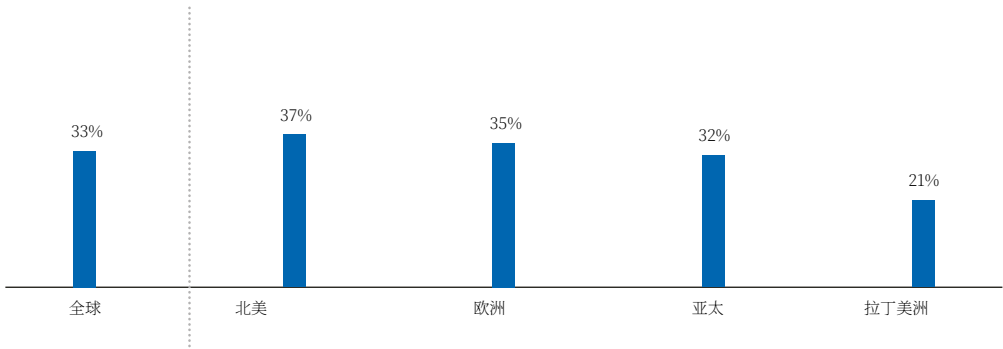
43%

的电力组织表示，它们拥有清晰、规范化的流程来区分严肃项目与投机性咨询。

图25

仅有三分之一的能源企业正在优化数据中心选址。

% 的电力机构正在识别并推广适合数据中心开发的“即用型区域”。



来源：凯捷研究院，《数据中心供电研究报告》，2026年1月，全球612位电力行业高管受访

电力组织应：

- 优先选择具备备用变电站和馈线容量或近期有明确升级空间的
可支持阶段性负荷增长的区域，并通过长期电网增量升级
来适应发展。
- 鼓励在高压输电线路和主变电站附近开发数据中心，以降
低连接成本和时间，同时减少许可和施工风险。
- 评估并公布电网可靠性指标，引导数据中心选址向具有
韧性、低拥堵的区域倾斜，并远离存在单点故障的片区
，除非已规划升级改造。
- 推广灵活性优先区域，通过现场或就近储能、需求响应
及表后发电等方案，在保障电网稳定性的前提下整合大
规模可变负载。
- 为提升供电就绪度，应与地方部门合作预先划定工业用地，
优先推进已通过环评预审的地块，并确保供水、冷却可行性
、光纤网络、交通及技术劳动力等配套条件。



5.2. 安全可靠且富有韧性的能源供应：

通过投资组合再平衡与基础设施转型保障容量与速度

重新平衡能源组合以匹配数据中心负荷特性

电力组织必须重新平衡其能源组合，以适应数据中心需求在规模、波动性和可靠性方面的要求。这需要采用敏捷的、以情景为导向的方法，使公用事业公司能够适应不断变化的需求、技术和政策条件。

在实践中，这意味着在优化现有发电资产的同时，加速扩大可再生能源投资，并配合灵活性天然气发电、储能及其他可调度资源等固实解决方案。我们的研究显示，64%的电力机构表示

正在投资长时储能（简称LDES，通常定义为能够持续放电八小时或更长时间的储能技术），以解决高需求期间的可靠性缺口，并减少可再生能源弃电现象

投资组合再平衡决策还应指导需求满足方式，优先为大型可预测基荷需求部署集中式并网供应，同时在需求时效、不确定性或系统约束增加投资风险时保留部署替代方案或模块化配置的灵活性。

长期来看，公用事业公司还应评估采用新兴低碳方案（如小型模块化反应堆）的可能性，确保在数据中心需求加速增长的背景下，能源供应组合仍能保持可靠、可扩展且投资高效。

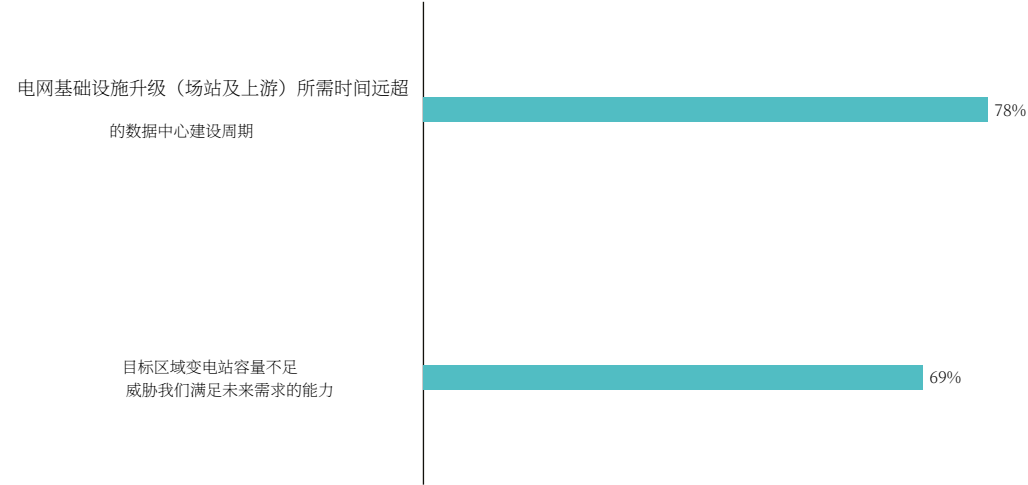
加速电网与基础设施现代化改造

能源组织必须加速电网和基础设施升级，以缓解可再生能源瓶颈，适应人工智能数据中心和电气化带来的需求快速增长，同时减少新负荷的拥堵和接入延迟。

图26.

对于许多数据中心而言，电网升级滞后于数据中心建设时间表

同意以下表述的数据中心高管比例：



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球175位数据中心拥有/运营机构高管受访

以下是我们认为电力机构应优先采取的行动：

- 将电网投资直接用于具有大规模、可预测基荷需求的高增长负荷领域，例如人工智能数据中心、电动汽车枢纽、工业集群和可再生能源园区。通过创新电价（在可行情况下）和监管机制推动前瞻性电网建设，使投资模式与长期需求相匹配。
- 通过智能变电站、自动化和实时监控对电网进行现代化和数字化改造，并在适当情况下辅以非导线替代方案以管理波动性和拥堵。ESB网络公司在波特劳伊斯变电站完成了为期24周的快速升级，将变压器容量从31.5兆伏安翻倍至63兆伏安，以支持新用户接入、提高中部地区电网可靠性，并随着爱尔兰推进低碳转型，满足日益增长的电力需求和可再生能源整合。¹¹⁶
- 在启动新项目前，通过采用先进大容量导线改造现有线路来释放现有资产容量，无需新建塔架或漫长审批即可提升50-100%输电容量。'如果能让电厂或线路多挤出1%的效率，就是胜利。这并非免费，但比新建发电设施便宜得多。数据分析与建模帮助我们理解如何优化一切——从电表读数到电厂出力，'

资深副总裁兼首席
美国杜克能源公司信息官¹¹⁷



“目前最大的瓶颈在于互联请求的处理方式。系统设计为先入先出，无差别对待，在需求和新项目有限时运行良好。但如今同样的监管和ISO RTO框架已不再适用，美国目前约有1200至1400吉瓦的装机容量，而互联排队积压了约2600吉瓦。”

Saurabh Chaugule,

AWS能源、公用事业与人工智能战略与业务发展全球负责人

- 通过与监管机构、地方政府和社区早期协作，缩短审批流程，加速电网建设。与大型客户和开发商合作，通过共享投资模式和长期协议共同开发基础设施。

部署分散式容量以加速交付

能源企业还应加速推进分散式解决方案，以缓解电网拥堵，在电网扩张受限的情况下增加容量，提升韧性，增强系统灵活性，同时让客户和社区在能源管理与基础设施投资中发挥更积极的作用。

尽管70%的电力组织表示他们正在加速投资输配电基础设施以满足数据中心的负荷增长，但分散化替代方案的进展仍然不均衡。只有47%的电力组织在高需求区域部署微电网。

分散化解决方案，包括分布式能源、微电网、虚拟电厂（VPP）和灵活需求资产，能够实现本地发电、更快的容量增加以及更灵敏的负荷管理。公用事业公司越来越多地评估数据中心的现场和表后解决方案，这些方案注重供电速度、弹性要求、

许可和并网延迟使得集中式电站在短期内难以落地。大规模部署时，这些方案能减少对远距离输电的依赖，提升电网稳定性，更有效地整合可再生能源，并作为传统电网扩张的更快速、低风险补充方案。I18在技术和监管条件允许的情况下，剩余分散式容量也可共享至更广泛的电网，在高峰用电期或本地系统压力时期为周边社区提供支持。

能源领导者日益将分散化视为应对电网限制的更广泛、基于组合的策略的一部分。“我们的优先事项是在日益受限的系统中更快地为数据中心供电。这意味着要探索多种途径，从电网连接和表后解决方案，到新建发电和重新利用现有资产，以释放容量并加速数据中心通电。但仅靠速度是不够的——我们提供的电力还必须支持数据中心实现净零排放，同时为它们运营的社区创造持久价值，” SSE plc市场开发经理Inês Muggli表示。

5.3. 解锁灵活性：简化并网流程，优化电价机制，促进需求侧参与

精简并网流程和监管程序

简化连接流程可减少延误，帮助清理电网排队，并释放停滞的可再生能源和储能容量。

这反过来又促进了更快、更低成本的数据中心增长，提高了可靠性，降低了系统成本，加速了可再生能源整合，并增强了整体市场效率和竞争力。

但77%的数据中心高管表示，漫长的连接排队正在延迟新容量的部署。AWS能源与公用事业全球战略合作伙伴关系高级经理Saurabh Chaugule分享道：“目前最大的瓶颈是互联请求的处理方式。该系统设计为先到先得，没有选择性处理，这在需求和新建项目有限时运行良好。但同样的监管和ISO RTO框架如今已不再适用，因为我们美国约有1,200至1,400吉瓦的装机容量，而互联排队积压约2,600吉瓦。”



“要充分挖掘现有电网容量的潜力，关键在于更智能的数据、对电网状况更深入的洞察、更快速且更具针对性的投资，以及利用数字工具、电价机制和需求侧灵活性来主动控制和优化系统。”

雷内·克梅斯特，

凯捷全球能源转型与公用事业综合电力副总裁

电力机构也认识到这一挑战：85%的机构正计划对变电站和大负荷客户连接点进行重大升级，80%的机构表示正积极与监管机构沟通以缩短许可和审批时间（见图27）。

然而，流程与技术现代化进展仍不均衡：

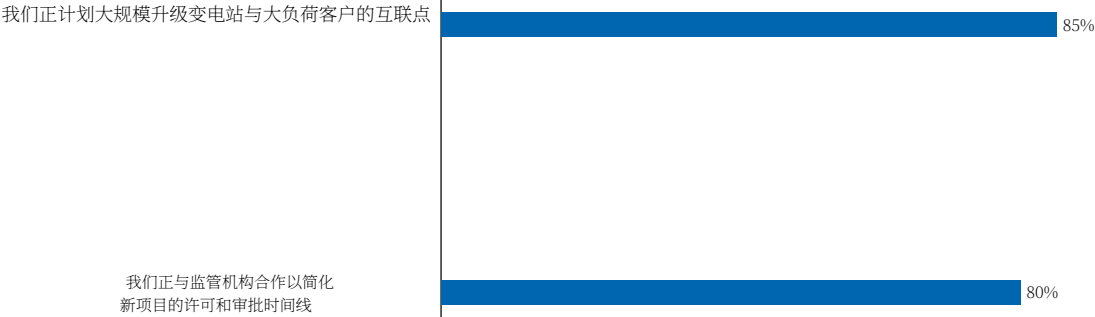
- 仅49%的电力机构表示正在简化互联流程。
- 只有36%的企业使用AI或自动化来加速互联研究。

为缩小这一差距，电力公用事业应：

- 从手动、碎片化的流程转向数据驱动、标准化且有时限的连接模型（包括更清晰的时间表、标准化数据要求和更少的交接环节）
- 通过创建定期更新且公开可查的电网容量、约束及升级需求视图，提高数据透明度
- 缩短并标准化互联研究，以提高可预测性、减少延迟并降低总体成本

图27
电力机构承认存在连接瓶颈

同意以下陈述的电力高管比例



来源：凯捷研究所，《为数据中心供电》，2026年1月，N=400，来自全球综合公用事业、电力生产者和电网组织的电力高管

引入简化、创新的电价和定价模式

数据中心运营商需要可预测的长期能源定价，以支持投资规划和快速扩容。然而，在我们的调查中，68%的数据中心客户指出，跨司法辖区的各种电价结构是一项主要挑战，使成本预测和投资决策复杂化。这种复杂性因公用事业公司应对准备不足而加剧。在我们的研究中，只有37%的电力高管表示，其所在组织已准备好为数据中心客户探索创新的定价和融资模式。

简化和标准化的定价模式能降低成本波动、改善长期财务规划，同时更好地匹配数据中心独特的负荷特征——高基载需求、快速扩容需求，以及通过工作负载转移、冷却优化和现场资产日益增长的灵活性。

在监管框架允许的情况下，电力公用事业公司应提供有限且清晰的标准定价和合同结构，使灵活性具有可投资性，同时保持运行时间和可靠性。这些包括：

- 基于容量或容量预留的结构，提供可预测的定价，并在受限地点或时间窗口内提供更清晰的容量信号
- 可中断或可削减结构，以较低的固定费用换取严格限定、预先定义的削减权，并对关键运营提供保障
- 与灵活性挂钩的定价结构，其中费用、回扣或信用额度与特定节点和时段经核实的负荷转移或拥堵缓解情况挂钩

在受监管市场中，这些结构通常通过电价机制实施，而在竞争性和

混合市场中，类似的结果通常通过长期购电协议（PPA）或包含嵌入灵活性条款的结构化双边合同实现。捆绑可再生能源供应、长期PPA或低碳溢价的定价模式，既能帮助数据中心运营商实现脱碳目标，同时为电力组织提供稳定的需求信号以支持清洁能源投资。

扩大数据中心的需求响应和灵活性项目

需求响应（DR）机制是基于激励的项目，数据中心等大型用户在特定高压时段（如峰值需求时段或电网紧急情况）减少或转移其用电量。

一项近期分析强调，在美国，未来十年部署负荷转移灵活性可使峰值需求增长密切相关。119 需求响应可在数月内建立，并显著抵消峰值需求增长，压和并网延迟，此类项目通常需五年以上）。

然而，数据中心参与灵活性项目的程度仍十分有限，因为运营商将关键IT工作负载的持续运行时间和服务水平承诺放在首位。

实践中，灵活性主要局限于能够减少电网需求而不干扰核心IT工作负载的现场表后资产。因此，有意义的参与通常来自有限的工作负载转移或支持性基础设施优化等选项，而非核心服务。巴克莱银行（Barclays）的卡梅伦（Cameron）分享道：“需求响应的经济激励往往被运营和声誉风险所抵消，尤其是当停机成本远超任何潜在节省时。”

为扩大参与规模，电力公司应重点关注：

- **共同定义什么是“灵活负载”**，清晰区分不可转移的核心服务与符合条件的灵活性来源。来自亚马逊云科技（AWS）的沙拉布·贾拉瓦德强调了需求响应和灵活性项目合作的重要性：“从设计上看，数据中心负载本身并不具备灵活性——许多核心云服务无法在不影响客户的情况下进行转移。定义有效的负载灵活性需要政策制定者、公用事业公司、电网运营商、数据中心运营商以及依赖我们云服务的客户之间紧密合作。”
- 为数据中心客户提供量身定制的DR计划，包括性能安全选项、短期预约事件以及延迟受限迁移。如今，只有50%的电力公司表示正在设计针对数据中心的DR计划。

- 大规模实现“自带灵活性”参与，允许数据中心将表后电池、备用发电和蓄热系统纳入需求响应/虚拟电厂项目，并配备清晰的遥测、基线定义和结算规则。在我们的研究中，有75%的电力组织承认，需要提升其需求响应数据中心合作伙伴关系的敏捷性。
- 利用人工智能和自动化在项目及系统层面实现灵活性。AI可以通过改进预测、编排和测量，使需求响应参与更具可预测性和可验证性。AI还能通过支持地理和时间维度的负载移动性来实现系统级灵活性——允许符合条件的负载根据电力可用性和电网约束，在跨区域间转移，同时需考虑延迟、数据主权和客户服务水平协议。

50%

的电力公司表示正在设计针对数据中心的DR计划。



“我们正与国家电网合作，探索数据中心如何从被动负荷转变为电网运行的积极参与者。如果数据中心能在每年有限的峰值压力时段提供灵活性，电网运营商就能从现有基础设施中释放更多容量，加速电力供应，同时避免长达数年的电网增容建设。”

Ethan Tiao,

Emerald AI 产品经理

重新定义电网与数据中心协作的创新初创企业

越来越多的创新初创企业正在重塑电网与数据中心的接口，支持数据中心运营商与电力公用事业公司之间更紧密的合作，同时提升整个价值链的效率、灵活性和供电速度。其中许多创新处于人工智能与气候技术的交汇点，能够实现更高效、更具韧性的能源系统。下面我们重点介绍几个典型案例：

- 在英国，国家电网宣布与初创公司Emerald AI建立战略合作伙伴关系，旨在展示人工智能数据中心如何与输电网络协同工作，以优化现有容量的利用，并支持英国不断增长的数字需求。Emerald AI的系统充当电网与数据中心之间的智能中介，实现对能源需求的灵活管理。

Emerald AI 产品经理 Ethan Tiao 表示：“我们正在与国家电网探索如何让数据中心成为电网运营的积极参与者，而非被动负载。如果数据中心能够在每年有限的高峰压力时段提供灵活性，电网运营商就能从现有基础设施中释放出更多容量，从而加快供电进程，同时避免多年的电网扩建。”

- 将一个新数据中心接入电网通常需要五到七年——并非因为电网缺乏容量，而是因为公用事业公司规划新客户的方式。传统公用事业规划假设每个新客户都可能在电网已处于最大压力负荷的瞬间抽取最大功率。这种最坏情况的假设会引发昂贵的升级工程，耗时数年才能完成。美国初创公司 Camus 提供了一条不同的路径。其 FlexConnect 平台通过考虑数据中心可以运行自有能源（如电池和现场发电机），或在电网承压的每年不足 100 小时内转移 AI 训练负载，帮助公用事业公司更快批准新连接。其余时间，数据中心则完全依靠电网供电运行。

Camus Energy 首席财务官 Raj Raheja 表示：“公用事业公司与数据中心之间的差距源于一个假设：数据中心的用电需求可能会在电网压力最大的时刻激增。但 AI 数据中心拥有真正的灵活性。如果将这种灵活性作为互联互通的先决条件，而非事后考虑，公用事业公司便能在现有电网容量下接入更多客户需求。数据中心可以提前数年获得电力供应，而所有客户都能因电网固定成本分摊到更多用户身上而节省电费。各方都能得到更多所需。”

- 爱沙尼亚储能公司 Skeleton Technologies 推出了 GrapheneGPU，这是一种面向数据中心的新型电源架，利用其石墨烯超级电容器来针对 AI 数据中心能效低下问题。该系统可将 AI 能耗降低高达 45%，并将电力连接需求降低 44%，同时提供 40% 更高的计算性能。

“人工智能数据中心目前使用的能源是实际需求的两倍，这是因为它们正在浪费能源。通过采用调峰和智能能源管理，我们每年可以节省数百亿美元，” Skeleton联合创始人兼首席执行官Taavi Madiberk表示。120

· 美国初创公司Phaidra使用代理型AI持续监控数据中心状况，并自主调节冷却基础设施以降低能耗。在中东，一项涉及阿联酋能源与基础设施部、国有Khazna数据中心和物流公司Agility的试点项目，正在选定的数据中心园区和区域冷却系统中测试Phaidra的AI控制技术。该举措旨在降低冷却能耗、提升IT容量，并改善高温环境下的运营可靠性。121

· 美国VEIR公司正在开发下一代超导电力传输系统，在相同电压下可实现5-10倍的容量提升，同时线路损耗降低约90%，有助于释放输电容量，支持电网韧性、脱碳以及人工智能数据中心和重工业等高需求领域。

· 美国初创公司GridStrong为并网资产提供合规自动化平台。它通过自动化工作流、智能文件管理和实时协作，简化NERC、ISO/RTO及输电合规流程，降低成本和复杂性及风险，同时加速能源转型。对数据中心而言，该平台支持更快、更准确的合规管理和并网流程。122



“公用事业与数据中心之间的差距归结为一个假设：数据中心需求可能在电网压力最大的时候急剧上升。但AI数据中心具有真正的灵活性。如果将这种灵活性作为互联的条件而不是事后才考虑，公用事业可以利用现有电网容量满足更多客户需求。数据中心可以提前数年获得电力，所有客户都能看到账单节省，因为电网的固定成本分摊给了更多的费率支付者。每个人都能得到更多所需。”

Raj Raheja,

Camus Energy首席财务官

5.4. 加强生态系统建设：实现智能供应链和全生态系统协调

为电网和数据中心交付构建有韧性的智能供应链

随着电气化进程加速，及时获得关键设备对电网扩张、可再生能源部署和数据中心增长变得至关重要。但供应链中断的频率使得延误和成本超支对基础设施交付构成日益严重的威胁。

我们的研究证实了这些压力：77%的电力组织认为设备直接需求的增长是主要挑战；74%指出关键基础设施组件成本上升；70%强调供应商和供应商系统中的漏洞

电力组织正在务实应对：

- 84% 正在实现供应商多元化
- 73% 正在预购长周期物料，如变压器和开关设备
- 61% 正在使用远期合同来降低交付风险并锁定产能

然而，数字化应用仍然有限。只有38%的电力企业使用数字工具实时跟踪供应商和库存风险；30%的企业关注供应链网络安全；仅26%的企业部署了基于AI或生成式AI的供应链解决方案。扩大人工智能、分析和物联网的应用可以提高设备可用性的可见性，实现更早的风险检测，并支持更快、更协调的响应。结合更深入的供应商合作伙伴关系和持续的生态系统协调，智能供应链有助于稳定成本，确保电网和数据中心项目按计划推进。

深化数据中心价值链上的生态系统协作

随着数据中心需求加速，电力组织必须从电力供应商演变为系统协调者，协调基础设施、土地接入、供应组合以及整个生态系统的灵活性。与数据中心所有者及运营商进行早期结构化协作，对于将基础设施建设与加速的需求对齐、提高系统效率以及实现可靠、经济高效的增长至关重要

富国银行董事总经理/CIO兼架构与工程主管Bijit Ghosh进一步解释说：“强大的合作伙伴关系有助于在多年时间范围内预留电网容量，设计专用变电站和输电线路，并构建长期购电协议（PPA），以确保可靠性和连续性”

然而在实践中，数据中心价值链上的协作仍然分散且不均衡，电力组织和数据中心运营商往往在开发周期的后期才参与进来，此时选址决策、负荷假设和升级范围已经确定。这种错位反映在成本预期上：76%的数据中心客户将电网升级成本视为重大的财务负担。

图28显示，虽然在早期规划阶段出现了协作，但在更深层次的系统级参与方面却急剧下降。

- 电力优先选址和早期规划协调：超过三分之一（34%）的数据中心组织已经在选址、土地可用性、电网裕度、升级路径和时间安排方面与电力组织进行早期协调
- 共享灵活性和互惠模式：仅有四分之一（26%）的数据中心作为电网级储能或系统支持合作伙伴，22%参与虚拟电厂（VPP）
- 共享电网基础设施的共同投资：尽管数据中心负荷规模和集中度很高，但只有18%的数据中心客户报告参与了联合基础设施开发，如共同出资的变电站或输电升级



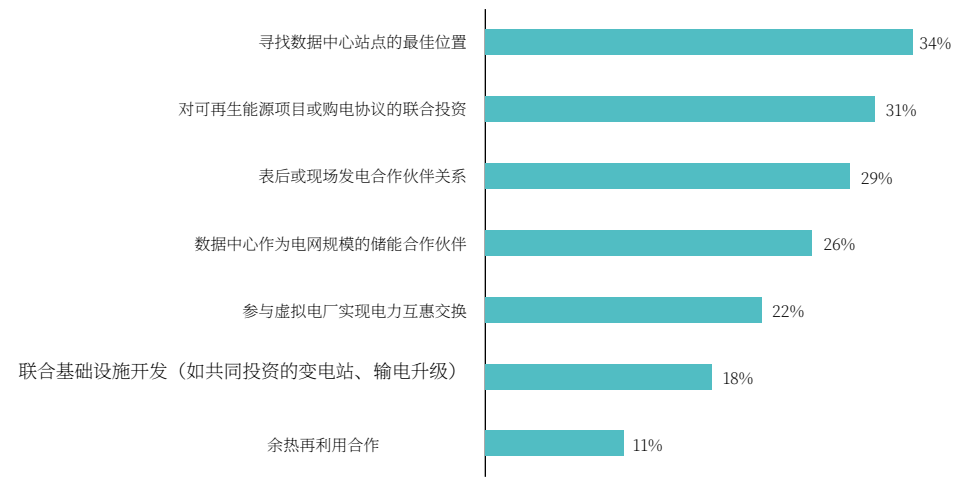
“强大的合作伙伴关系有助于在多年时间跨度内预留电网容量，设计专用变电站和输电线路，并构建长期购电协议以确保可靠性与持续性。”

比吉特·高希，

富国银行董事总经理/首席信息官兼架构与工程主管

图28.
数据中心与电力组织之间的合作仍然有限

表示其组织目前与电力组织在以下领域开展合作的数据中心高管比例：



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=175位来自数据中心拥有/运营组织的全球高管。

令人鼓舞的是，近期行业合作表明领先的公用事业公司和超大规模企业正转向“电力优先”合作模式，早期协调土地、电网接入和供应方案，以加速开发并降低风险。示例如下：

- NextEra能源公司与谷歌合作，双方在土地收购、电网互联及配套发电（包括核电容）方面早期协调，共同开发多吉瓦级数据中心园区，以增强长期供应保障。
- 通过与Intersect Power和TPG Rise Climate达成的200亿美元合作，谷歌正在开发与清洁能源共址的数据中心园区124
- 在法国，法国电力公司将其前热电厂址用于数据中心开发，提供可快速部署且具备强大电网连接的土地、定制化电力供应和服务以及端到端项目支持，大幅缩短了开发周期125

IDCA的莱亚解释道：“大型数据中心通常需要专用变电站和与能源供应商的深度整合。整个生态系统的紧密合作对于确保电力可用性和可扩展性至关重要。共享基础设施投资可加速部署时间表，实现更快的上线速度和更高的投资回报率。有效执行时，这种协作模式将为所有相关利益方创造价值。”

将社区与可持续发展考量纳入规划

随着数据中心项目的规模、可见度和能源密集度不断提升，社区接受度日益影响着交付时间，尤其是在对电价和环境限制敏感的地方的共识。因此，公众曝光度高的电力组织应超越被动应对，在数据中心选址和项目规划的早期阶段就纳入可负担性、可持续性和透明度考量。这包括：

- 主动与当地社区和政策制定者沟通，解释电网影响、缓解措施和长期系统效益，而不是在许可周期后期才做出回应
- 将排放强度、水资源管理和灵活性贡献等可持续性指标纳入数据中心连接、选址和供应讨论
- 与数据中心运营商合作，展示更清洁的供应、需求侧参与和高效设计如何减少本地影响，同时支持增长

5.5. 构建面向未来的运营模式：

推动人工智能运营并规模化培养面向未来的人才

在规划与运营中规模化应用人工智能和数字技术

电力组织面临在规划和运营中大规模部署人工智能的压力，但进展受到数据、架构、治理和信任等方面基础准备不足的制约。

人工智能在电网运营中的有效性取决于高质量、协调一致的数据。然而，许多公用事业公司仍面临数据质量和治理挑战，例如资产管理系统孤立、命名惯例不一致以及地理信息系统记录过时。我们之前的研究表明，在数据治理、数据基础设施、数据质量、数据集成和互操作性等数据就绪性的各个方面，只有18%的能源和公用事业组织具有较高的成熟度。

此外，部署AI的电力组织必须考虑数据驻留和网络安全要求，这可能会限制架构选择，并增加对安全、隔离环境的需求。同时，监管框架（如欧盟《人工智能法案》和《通用数据

保护条例》）强化了对可解释性、偏见缓解、强力治理和人工协同监督的要求——进一步凸显了在AI运营部署中，稳健的模型控制、可审计性以及明确问责机制的重要性。

要充分发挥人工智能在能源系统中的变革潜力，该行业必须首先解决人员、政策和信任方面的基础性准备不足问题，而这需要从数据入手。

正如一家欧洲领先跨国电力公司的数字化转型副总裁所分享的：

“公用事业公司需要一条务实的、分步走的路线图，在逐步构建能力的同时创造价值。最重要的是，这需要从早期对坚实数据基础的投资开始——统一的数据平台、标准化的模型以及实时数据管道——以创建干净、结构化且可靠的历史数据。然后是根据敏感度对数据进行分类：将关键运营数据保留在本地，将敏感数据置于主权或混合云中，并使用公有云处理非敏感的汇总数据。”

- 在整个能源价值链中实施人工智能：人工智能应嵌入整个能源价值链的核心运营系统，以驱动优化、提升资产绩效并简化市场参与。
- 制度化AI治理：公用事业需要强大且跨职能的治理体系，以在AI全生命周期中对其进行管理。这包括模型验证、监控和风险阈值设定，尤其对于生成式AI和智能体AI而言，可追溯性和人工监督至关重要。



“随着数据中心成为核心增长领域，我们正在全公司范围内调整对人才技能的重视方向。除了传统的资产和发电专长，我们正强化以客户为中心的能力与技能——让员工能更精准理解需求侧诉求并定制解决方案，而非依赖一刀切的模式。”

伊内斯·穆格里，

SSE plc 市场发展经理。

- 协调数据生态系统：为增强预测和韧性，公用事业公司必须将外部数据（如天气、卫星和市场信号）集成到运营平台中。这需要跨运营技术（OT）和IT系统的互操作架构和实时数据管道。
- **确立数据与云架构的主权：**
随着云采用率增长，公用事业机构必须确保遵守数据属地法规，并保持对遥测数据和AI环境的控制权。应通过安全、灵活且具有弹性的架构，将主权嵌入数字化战略。

构建系统转型所需的人才与能力

未来竞争力将取决于兼具深度能源领域专业知识与先进数字技能的人才。

在我们的研究中，76%的电力行业高管承认需要这种复合技能组合，但仅有40%表示目前公司内部具备这些能力。随着智能电网、自动化、数据驱动效率提升及网络安全成为核心

运营的关键要素，能源与数字化岗位的融合正在加速推进。

人才短缺已经制约了进展。近期分析强调，数据中心开发商与电力组织之间对电工、技术人员、电网工程师和电厂操作员的竞争日益激烈——这些角色对于大规模建设、调试和运营高能耗数字基础设施至关重要。

在我们的研究中也发现，72%的电力机构报告存在技术和数据技能短缺，56%的机构将员工老龄化列为主要挑战。随着公用事业机构设立能源数据科学家、数字电网与自动化工程师、AI专家和网络安全专业人员等新岗位以支持现代化软件定义能源系统，这些技能缺口正在扩大。128

为缩小这些差距，公用事业机构必须采取多管齐下的人才策略：

- 利用生态系统合作伙伴关系获取稀缺的数字人才并加速能力建设，这是我们研究中68%的电力组织已采用的方法。
- 根据不断变化的角色和未来系统需求，开展有针对性的技能提升和再培训。
- 与超大规模企业和数据中心客户合作，共同打造能源-数字领域共享专业知识及系统级技能——目前仅有33%的电力机构在把握这一机遇。

来自SSE的Inès Muggli补充道：“随着数据中心成为核心增长领域，我们正在全公司范围内提升所重视的技能组合。除传统资产和发电专业知识外，我们也在强化以客户为中心的能力与技能——让员工能更好地理解需求侧要求并定制解决方案，而非依赖‘一刀切’模式。”

最终，胜出的公用事业机构将是那些将人才视为战略赋能要素（而非支持功能），并像部署资本一样审慎调动能力的组织。



“没有可持续的数据中心，就没有可持续的人工智能；它们是负责任创新的隐藏引擎。随着人工智能模型在复杂性和需求上的扩展，数字基础设施的环境足迹已从技术上的事后考虑转变为战略关注。节能、低碳和水资源负责任的数据中心确保人工智能的增长与气候和资源目标保持一致。这样一来，可持续基础设施将人工智能的雄心转化为长期的商业和社会价值。”

Maik Schwalm,

凯捷云基础设施服务全球可持续发展负责人

能源和水效率——数据中心战略要务

数据中心必须精简能源和水效率，以应对因AI和云增长而上升的电力需求和成本，应对电网和连接限制，并减少对水资源短缺和监管风险的暴露。高效的冷却和电力使用可提高极端天气下的可靠性和韧性，同时降低排放和资源强度。这些措施共同增强了社区的接受度，并日益成为竞争差异化的来源，有助于吸引关注可持续性的客户，同时满足投资者和监管机构对低影响、可持续数据中心运营的期望。

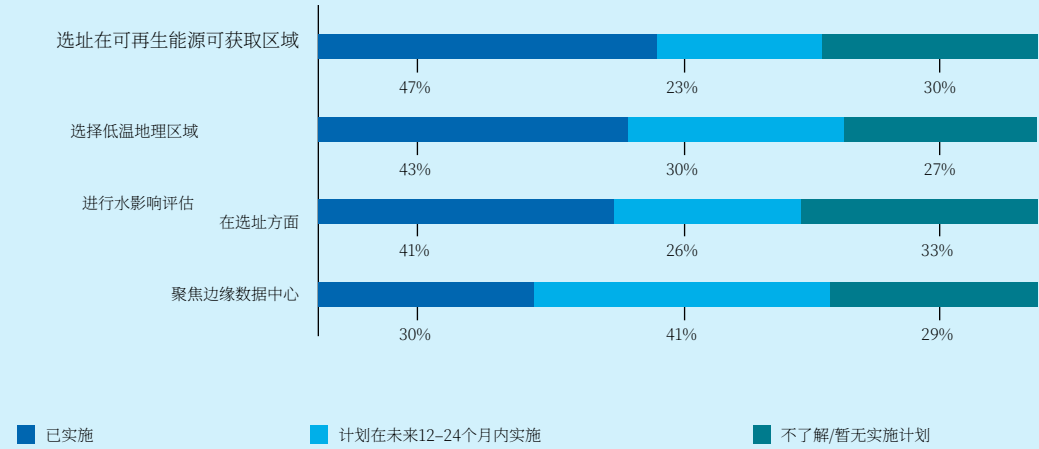
对于数据中心高管而言，这意味着将可持续性视为与成本、安全性、可用性、性能同等重要的首要设计需求，并通过持续测量、需求减少、平台选择、生命周期思维以及清晰的治理/问责制将其付诸实践。戴尔科技数据中心可持续发展总监Alyson Freeman表示：“创建更高效的数据中心需要审视整个系统，从能源采购和设施级水管理，到计算基础设施在其整个生命周期内的运行效率。最大的环境影响发生在使用阶段，这就是为什么使用多样化能源、闭环水系统、更智能的冷却以及软件驱动的工作负载优化至关重要。”

当这些要素结合在一起时，数据中心可以快速扩展，而无需成比例地增加能源和水足迹。”

下面，我们概述了在数据中心生命周期内降低能源和水强度的关键点。虽然创新案例开始涌现，但这些措施的成熟度在大多数组织中仍参差不齐且大多处于早期阶段（如下图所示）。



与选址相关措施的采用成熟度



•将可持续性纳入选址决策：

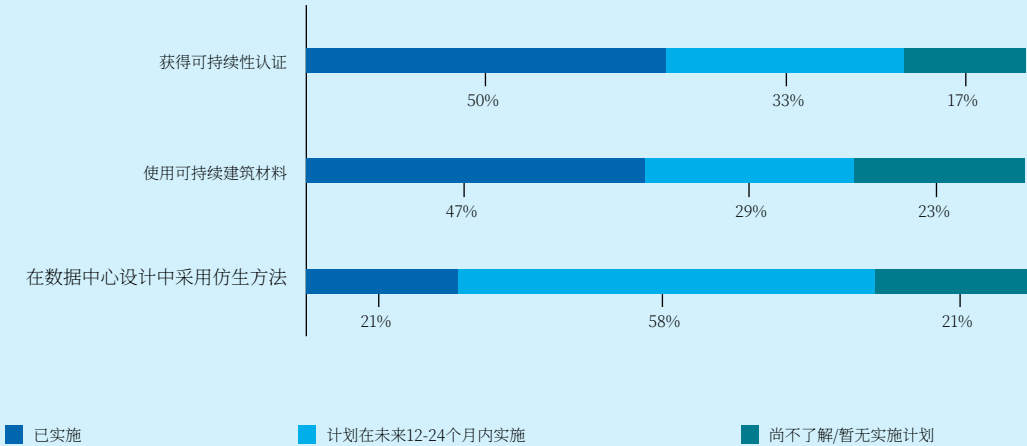
可再生能源对齐选址、更凉爽的气候以及水资源影响评估，有助于数据中心减少能源和水资源消耗，降低成本、环境影响和风险，同时增强韧性和利益相关方接受度。

例如，挪威的莱夫达尔矿数据中心建在距离地面150米深的废弃橄榄石矿中，完全由当地可再生能源供电。通过利用附近深峡湾的冷海水进行冷却，其能耗比传统数据中心低约30-40%，同时减少了水资源压力。

展望未来，一些运营商正在探索更激进的选址方案，以进一步使数据中心增长摆脱陆地限制。埃隆·马斯克的Space X已向联邦通信委员会（FCC）提交计划，拟部署多达100万颗“轨道数据中心”卫星。130

来源：凯捷研究院，《为数据中心赋能》，2026年1月，N=175位来自数据中心拥有/运营机构的全球高管

设计与建筑相关措施的采用成熟度



·设计和运营节能节水的数据中心：

— 据普华永道：全球数据中心运营能耗和PUE、WUE、SLI、ISO 14001和ISO 50001等认证情况。与2021年相比，低碳材料和模块化建筑减少了隐含资源使用，降低了生命周期排放，并增强了利益相关者的信任。2024年底，微软开始宣传在数据中心建设中使用木材的努力。131

运营商正在使用LEED、BREEAM、ISO 14001和ISO 50001等可持续发展认证来提高能源和水资源效率。与此同时，低碳材料和模块化建筑减少了隐含资源使用，降低了生命周期排放，并增强了利益相关者的信任。2024年底，微软开始宣传在数据中心建设中使用木材的努力。131

来源：凯捷研究院，《为数据中心提供动力》，2026年1月，全球175位来自数据中心拥有/运营组织的高管参与调研

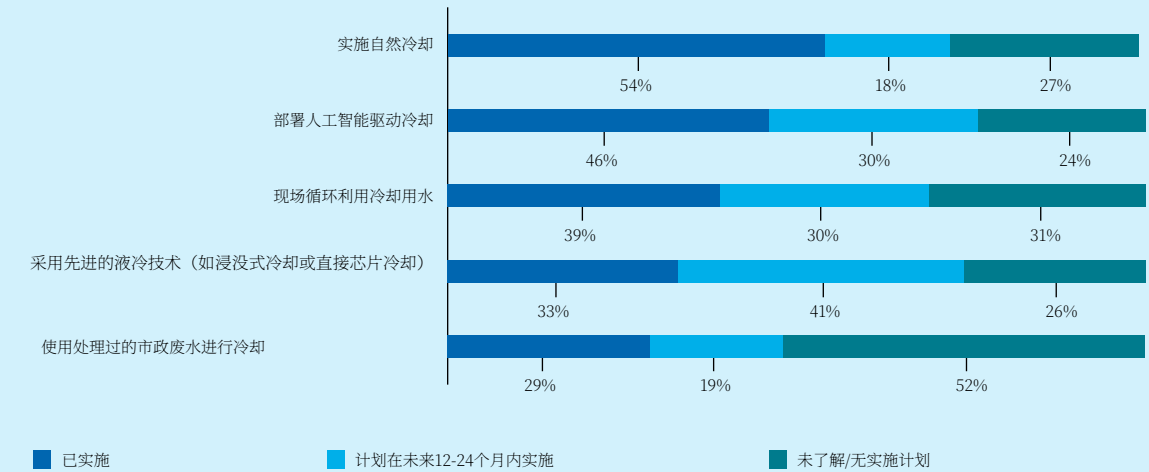
– 冷却相关措施：自然冷却利用

自然冷空气或冷水来减少对高能耗冷水机组的依赖，从而降低用电量、运营成本、耗水量和排放，尤其在气候适宜的地区效果显著。与此相辅相成的是，人工智能驱动的冷却系统利用实时传感器数据动态优化气流、设定点和设备使用，在削减能耗的同时，提升了峰值负荷和热浪期间的可靠性与恢复能力。先进的液体冷却技术，例如浸入式冷却或直接芯片冷却，也正日益受到关注。在甲骨文公司目前正在建设的人工智能数据中心中（包括新墨西哥州、密歇根州、威斯康星州和得克萨斯州的设施），该公司采用了闭环设计的演进方案，配备直接芯片冷却、闭环非蒸发式冷却系统。132 2025年11月，Meta宣布

在威斯康星州投资超过10亿美元打造人工智能优化园区，采用干式冷却技术，实现冷却用水零需求

富国银行的Ghosh还讨论了混合冷却方法：“我们正朝着下一代混合冷却架构迈进，覆盖自有设施和超大规模数据中心。这包括针对常规工作负载的风冷、针对人工智能集群的液冷、以及针对超高密度部署的浸没式冷却。这种方法使我们能够有效划分工作负载，并在不同冷却方式之间优化经济效益。”

冷却相关措施的采纳成熟度



来源：凯捷研究院，《为数据中心提供动力》，2026年1月，N=175位来自数据中心拥有/运营组织的全球高管

数据中心也在探索回收利用当地市政废水和海水淡化作为替代水源，以减少对饮用水的需求。例如，谷歌声称其超过25%的数据中心园区使用再生水或非饮用水。134

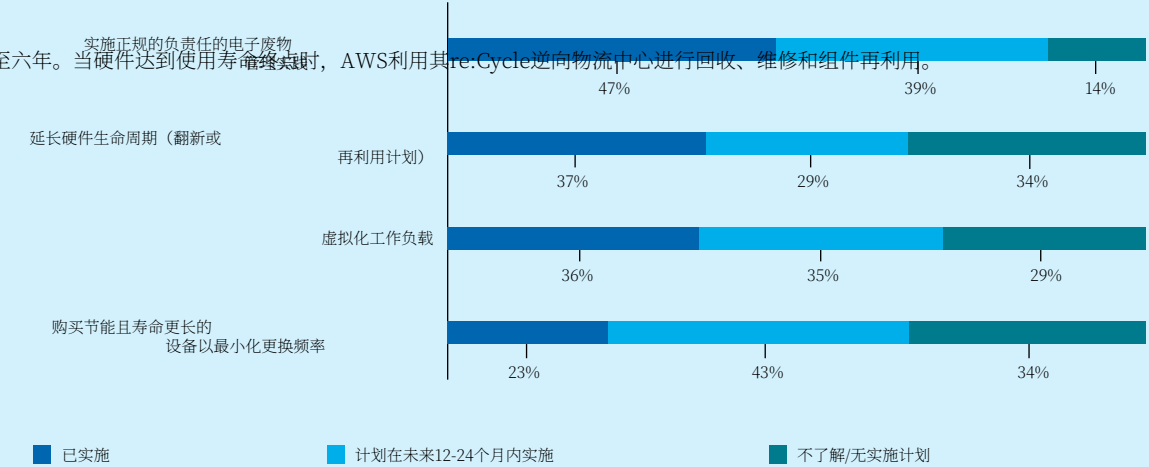
– 循环经济相关措施：AWS已将其数据中心的服务器平均预期寿命从五年延长至六年。当硬件达到使用寿命终点时，AWS利用其re:Cycle逆向物流中心进行回收、维修和组件再利用。平均预期服务器寿命已从五年延长至六年。当硬件达到使用寿命终点时，AWS利用其re:Cycle逆向物流中心恢复、维修和再利用组件。

2024年，有2350万个组件被回收或在二手市场上出售。135使用专为AI/生成式AI设计的高能效和可回收硬件，有助于减少运营碳足迹和隐含碳足迹。

•在优化供给前先降低需求

– 在应用层简化和合理化需求：
通过淘汰冗余系统、合并重叠工作负载及消除不必要或闲置环境来简化应用架构，同时通过使容量与实际使用量对齐来解决长期过度配置的问题。

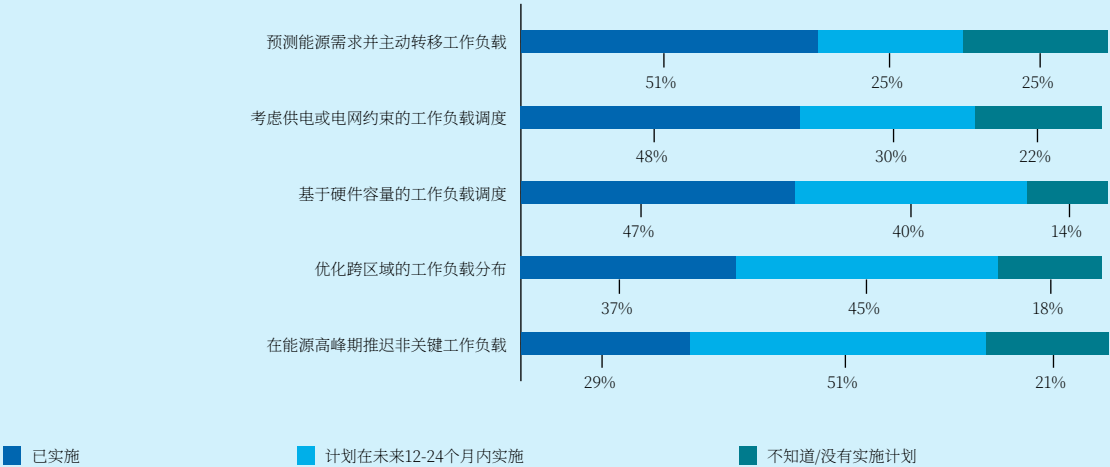
循环经济相关措施的采用成熟度



来源：凯捷研究院，《赋能数据中心》，2026年1月，N=175位来自拥有/运营数据中心组织的全球高管

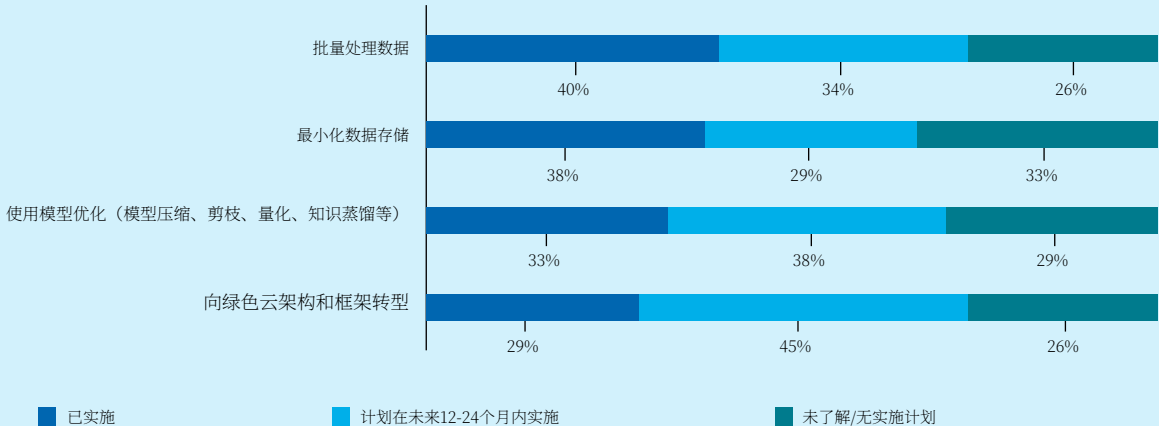
- 将工作负载转移至更高效的计算平台（在适当情况下使用云）：将合适的工作负载转移到结构上更高效的超大规模平台，这些平台受益于更高的利用率和优化的基础设施。将云迁移与应用合理化相结合，以避免将遗留的低效问题带入云端。
- 动态管理和调度工作负载
 - 使用人工智能：数据中心运营商越来越多地使用人工智能驱动的预测和分析来预测能源需求，使灵活的工作负载能够跨时间或地点转移。通过将工作负载与实时硬件利用率、热容量、电力可用性、电网约束和可再生能源供应保持一致，运营商减少了高峰用电、冷却和用水需求、拥堵成本和排放。Salesforce在低碳数据中心训练其AI模型，这些数据中心使用的电力碳排放比全球平均水平低68.8%。136

运营措施的采纳成熟度



来源：凯捷研究院，《为数据中心提供动力》，2026年1月，N=73位来自数据中心拥有/运营组织的技术高管

数据与模型效率相关措施的采纳成熟度



*注：

- 。模型压缩是一种能够减小大型神经网络规模和复杂度的技术，使其更适合在手机等资源受限的设备上部署。
- 。模型剪枝是从神经网络模型中移除不重要的参数，以减小模型体积。
- 。量化是一种通过将模型权重从高精度浮点数表示（32位FP）转换为低精度浮点数或整数表示（8位）来减小模型体积的技术。
- 。知识蒸馏是将知识从大型模型迁移到小型模型的过程。

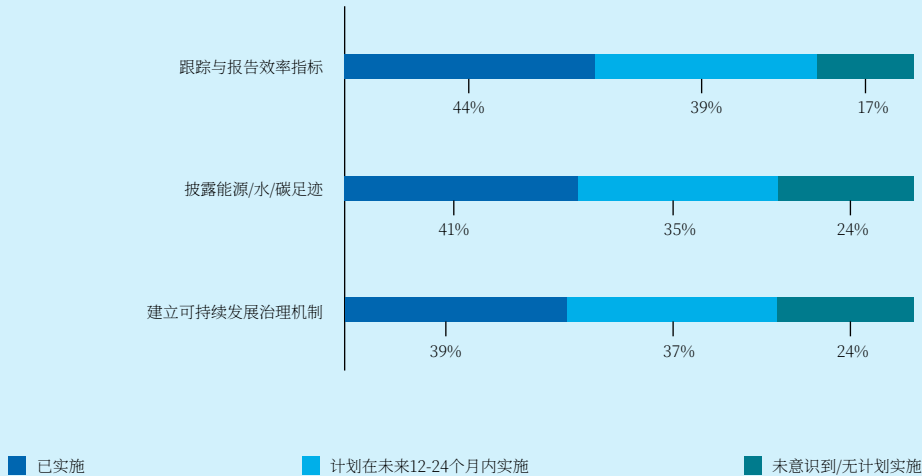
来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=73位来自数据中心拥有/运营组织的技术高管。

•适当调整模型规模并优化数据

通过模型优化技术（如压缩、量化、蒸馏和剪枝）来合理调整AI模型规模，有助于削减电力与资源需求。2025年4月，AI初创公司Multiverse Computing基于Meta的Llama和Mistral推出了压缩版AI模型，利用其Compact ifAI算法降低了计算成本并将能效提升了84%，仅带来2-3%的精度损失。137

批量处理数据还能提高计算效率。AWS AI与行业解决方案及GTM全球负责人拉胡尔·萨林表示：“客户可以使用SageMaker分布式库（如数据并行和流水线并行），在多个GPU或实例上运行并行计算。其中一些方法通过将训练批次拆分为微批次，有助于最大化GPU利用率。”138 Meta开发了AI研究存储（AIRStore），通过端到端加密优化数据传输并最小化跨区域数据流量。

衡量与治理相关措施的采用成熟度



·实现数据中心可持续治理的运营化：

– 衡量并报告关键指标：建立对公认指标（如电能使用效率（PUE）、水使用效率（WUE）、碳使用效率（CUE）或能源再利用效率（ERE））的持续监测和报告。对IT负载与设施负载进行精细的子计量，有助于实现实时分析和性能管理。

与同行进行绩效对标有助于发现差距并确定投资优先级。在美国，联邦政府正计划要求大型数据中心披露其能源使用情况。140 此类披露制度可能会加速对精细测量、人工智能驱动效率以及数据中心运营持续绩效管理投资。

- 建立跨职能治理团队：多跨IT、设施、采购和ESG的学科性可持续发展团队，具有明确的问责制，有助于推动所有权和协调决策
- 凯捷的数据中心可持续发展评估帮助组织识别排放和电力热点，优化效率，跟踪绩效，并展示可量化的可持续发展成果

来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=175名来自拥有/运营数据中心组织的全球高管



•强化社区成果：

– 合作进行热能回收：在巴黎，2024年奥运会期间，Equinix数据中心产生的余热被用于为游泳池供暖。Meta在丹麦的一座数据中心为区域供暖网络提供热能，服务约1.1万户当地家庭。德国诺德施泰特市的市政公用事业公司也已开始将自有数据中心的废热重新用于当地区域供暖网络。在科罗拉多州，落基山脉国家实验室通过回收高性能计算系统产生的热量来加热建筑空间并融化积雪。我们的研究显示，目前仅有38%的数据中心向附近设施提供余热。

– 减轻本地电价影响：Anthropic已承诺全额支付其数据中心所需电网升级费用，通过采购全新发电量来匹配自身用电需求，并投资于限电措施和电网优化方案，以缓解高峰时段的电网压力。



“打造更高效的数据中心需要审视整个系统，从能源采购和设施级水资源管理，到计算基础设施在其生命周期内的运行效率。使用阶段对环境的影响最大，因此采用多元化能源、闭环水系统、更智能的冷却方案以及软件驱动的工作负载优化至关重要。当这些要素协同作用时，数据中心便能在不相应增加能源和水资源消耗的情况下实现快速扩展。”

Alyson Freeman,

戴尔科技数据中心可持续发展总监

结论

本报告揭示了电力行业的一个决定性时刻。过去十年的大部分时间里，许多成熟市场的电力需求增长缓慢，效率提升和能源结构变化使整体消费保持相对稳定。如今，这一平衡正在被打破。在人工智能训练和推理的推动下，数据中心正成为定义系统格局的关键客户。其规模、地理集中度以及对停电近乎零容忍的特性，正在考验电网容量、接入流程、备用裕度和价格稳定性。与此同时，“幽灵”负载请求和人工智能工作负载的波动性使预测和资本规划变得复杂，增加了投资结果欠佳的风险：既可能出现投资不足，也可能形成搁浅资产。

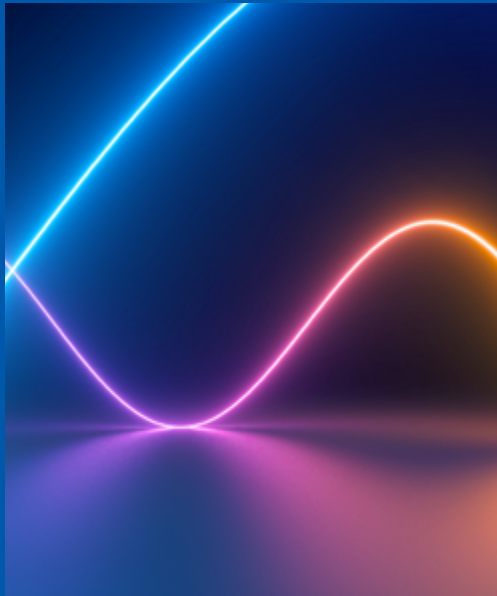
要满足这一阶段的电力需求增长，需要从根本上从被动适应转向主动的系统管理。电力组织必须加强需求情报，更严格地筛选请求，并引导增长向具备电力条件的区域集中，以减少规划波动性和资本错配。供应策略必须超越增量扩展，转向投资组合

再平衡，将可再生能源与储能和保障资源相结合，以及短期的灵活发电、分散式容量（在适当情况下），以及先进核能（在可行情况下）等长期选择。解决水资源和供应链约束必须成为首要考量。

执行将起决定性作用。公用事业公司和系统运营商必须实现网络的现代化和数字化，简化接入和许可流程，并通过量身定制的电价、需求响应和协调的BTM解决方案来释放灵活性。

成功还将取决于跨生态系统的更紧密协作，并得到更具韧性和智能化的供应链的支持。

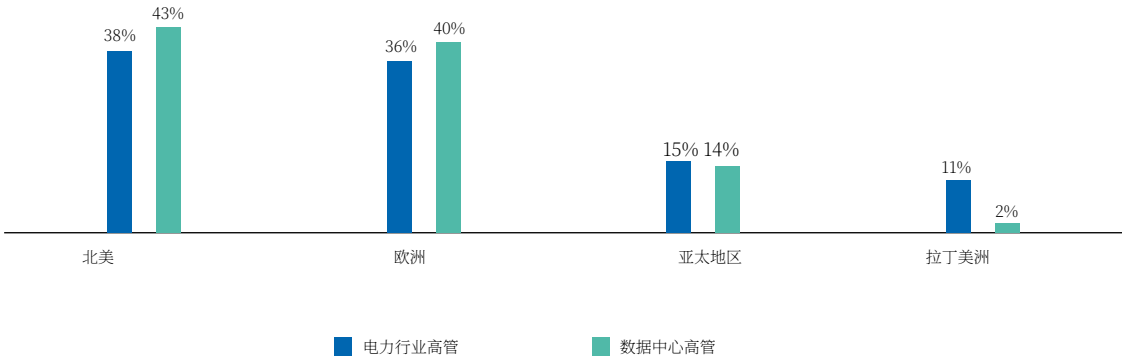
最终，那些将严谨的需求塑造与更快、更灵活的交付相结合——并以人工智能驱动的运营和面向未来的人才能力为基础——的电力组织，将最有能力为数据中心的下一阶段增长提供动力，在人工智能时代的速度下实现可靠性、韧性、可负担性和可持续性。



研究方法

本研究调查了612位来自年营收超过5亿美元且积极从事数据中心业务机构的高级电力高管（总监及以上级别）。同时整合了175位来自营收超过2.5亿美元的数据中心拥有及运营机构高管的见解。受访者代表北美、欧洲、亚太及拉丁美洲共21个国家。全球调研于2026年1月开展。此外，我们还对近20位来自全球领先机构的高级行业高管进行了深度访谈。

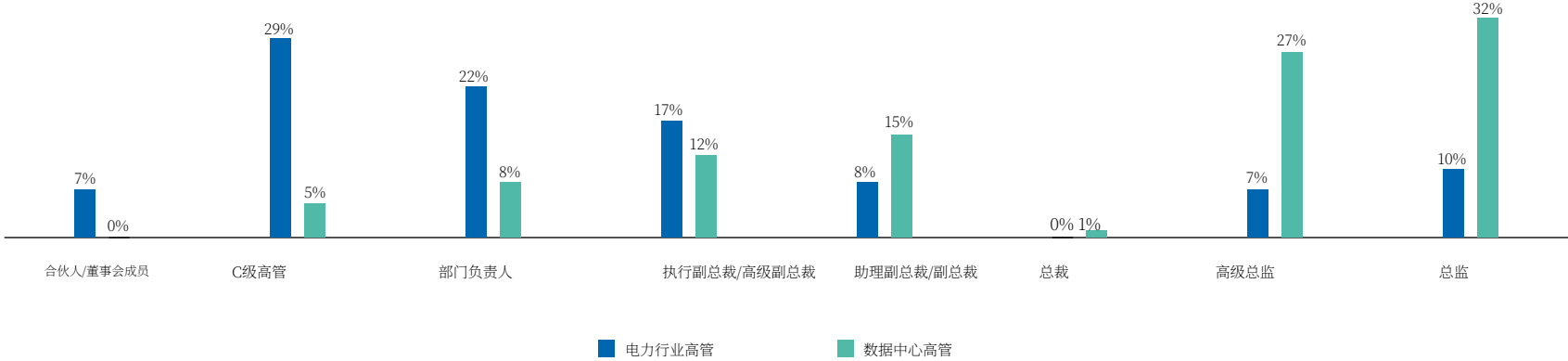
按当前机构总部所在地划分的高管比例



*注：本次调研中，亚太地区包括澳大利亚、新西兰、中国、日本、新加坡和印度；欧洲包括英国、法国、德国、西班牙、意大利、瑞典、挪威、芬兰、丹麦、爱尔兰、冰岛和荷兰；北美包括美国和加拿大；拉丁美洲包括墨西哥、巴西、阿根廷、秘鲁和哥斯达黎加。

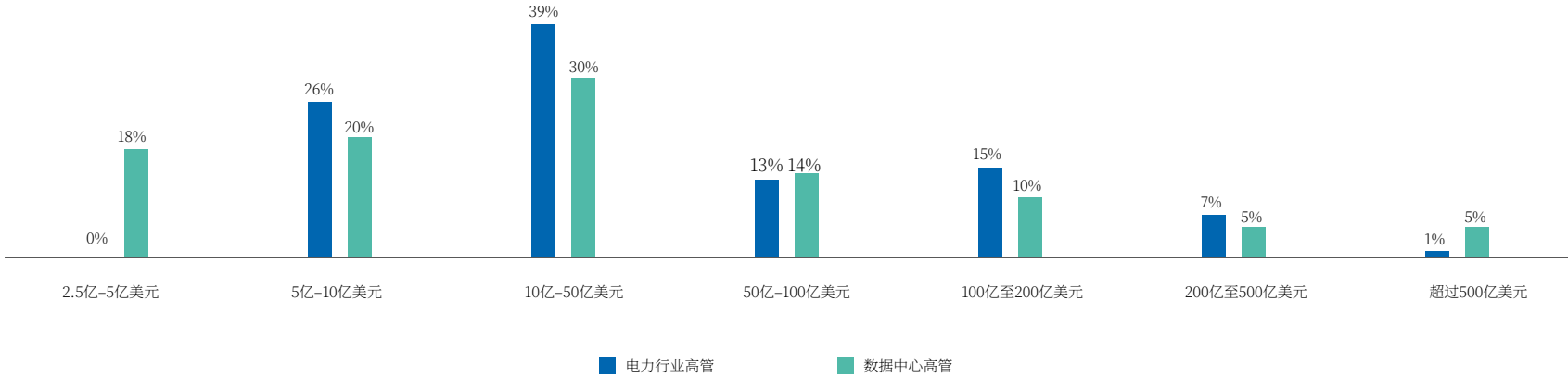
来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球电力行业高管受访人数N=612，全球数据中心拥有/运营机构高管受访人数N=175。

按当前职位/角色划分的高管比例



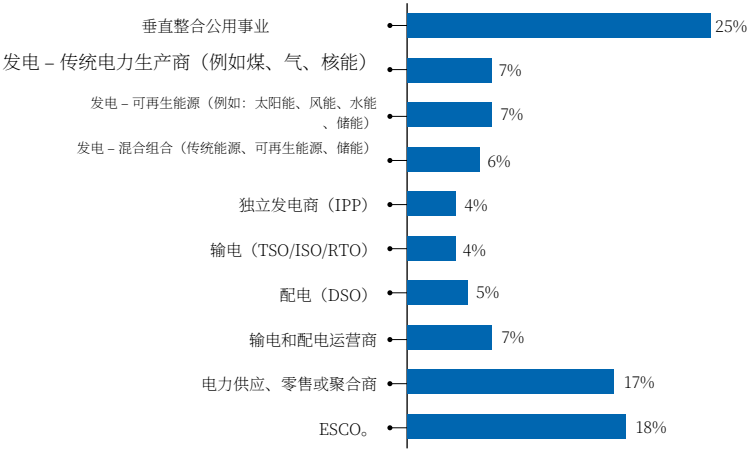
来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球电力机构受访高管612人，全球数据中心拥有/运营机构受访高管175人

按组织年收入划分的高管百分比

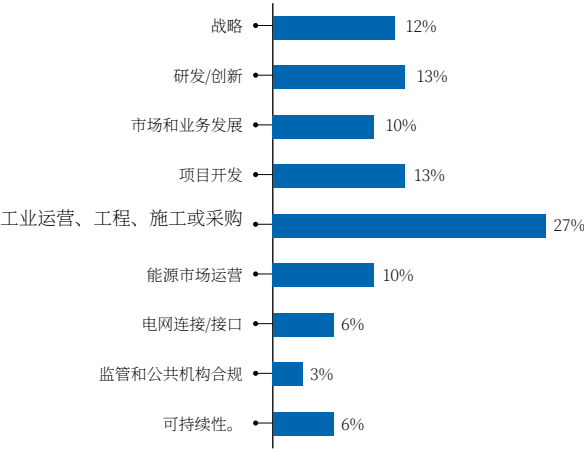


来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，N=612名全球电力行业高管，N=175名全球数据中心拥有/运营机构高管

按电力组织类型划分的电力高管占比

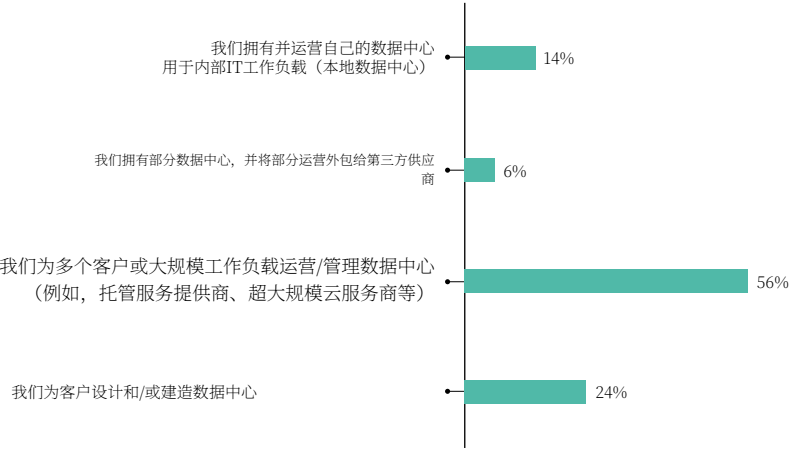


按业务职能划分的电力高管占比

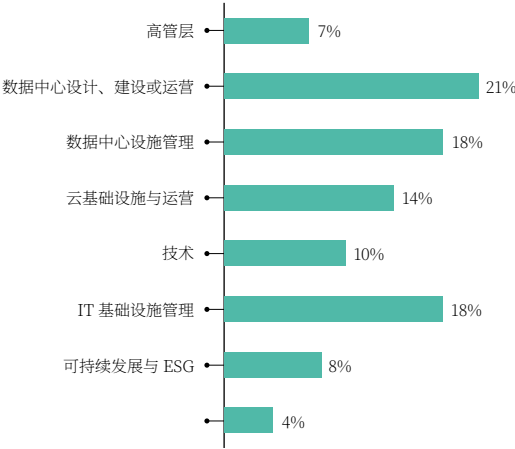


来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球来自电力组织的612名高管参与调查。

按数据中心类型划分的数据中心高管百分比



按业务职能划分的数据中心高管百分比



来源：凯捷研究院，《为数据中心供电》，2026年1月，全球175名来自数据中心拥有/运营组织的高管参与调研。

参考文献。

1。 标普全球，“应对美国数据中心电力紧张：现场解决方案提供更快的通电途径，” 12月 2025年

2日 国际能源署，“克服能源约束是实现欧洲数据中心目标的关键”， 2025年 11月

3。 Sustainability Online，“能源规划将在亚太数据中心繁荣中发挥核心作用”， 2026年3月。

4。 表后（BTM）电力解决方案包括现场发电、储能或能源管理系统，可直接向客户场所供电，无需流经公用电网。

5。 国际能源署，《2026年电力：分析及预测至2030年》， 2026年2月

6。 凯捷，《世界能源市场展望 – 第 27 版》，第二章， 2025 年 11 月。

7。 国际能源署，《电力2026》

8。 国际能源署，《电力2026》

9。 The Network Installers，“数据中心增长统计：了解推动我们数字未来的爆炸性扩张，” 2025年10月。

10。 仲量联行，2026年全球数据中心展望：应对人工智能需求、电力约束及全球机遇， 2026年1月。

11。 国际能源署，“数据中心与能源——从全球头条到地方头疼？” 2019年 12月。

12月 Gartner，“Gartner表示2025年数据中心电力需求将增长16%，到2030年翻一番”， 2025年11月

13日 彭博社，“AI数据中心导致电费飙升”， 2025年9月

14。 路透社，“大型科技公司与电网采取措施抑制需求激增”， 2025年 8月。

15。 标普全球，《应对美国数据中心电力短缺：现场解决方案提供更快的供电途径》， 2025年12月

16。 《电力》杂志，《数据中心消耗欧洲3%的能源：了解地理热点以及 AI 如何重塑需求》， 2025 年 1 月。

17。 国际能源署，《克服能源限制是实现欧洲数据中心目标的关键》， 2025 年 11 月。

18。 世界经济论坛，“如何将数据中心的能源需求转化为战略资产？”， 20 26年3月

19。 标普全球，“全球数据中心电力需求预计到2030年将翻番，” 2025年11月。

20。 Sustainability Online，“能源规划将在亚太数据中心繁荣中发挥核心作用，” 2026年3月。

21。 Lexology，“新加坡宣布数据中心容量分配呼吁，” 2026年3月。

22日 路透社，“投资者就美国数据中心用水用电问题向亚马逊、微软和谷歌施压”， 2026年4月

23日 Mordor Intelligence，“北美数据中心水消耗市场规模与份额分析”， 2025 年12月。

24。 凯捷研究院，《释放AI价值：解锁可扩展优势》， 2025年9月。

25。 仲量联行，《2026年全球数据中心展望：应对人工智能需求、电力制约及20 26年全球机遇》， 2026年1月

26。 CNBC，《亚马逊将在路易斯安那州斥资 120 亿美元建设人工智能数据中心》， 2026 年 2 月。

27。 路透社，《亚马逊将额外投资 210 亿美元在西班牙建设数据中心和人工智能》， 2026 年 3 月。

28。 福布斯，“谷歌的数据中心建设可能超过1万亿美元”， 2026年3月

29。 Datacenters.com，“微软800亿美元投资AI数据中心：多模态世界的数字骨干，” 2025年7月。

30。 英伟达，“OpenAI与英伟达宣布战略合作，部署10千兆瓦的英伟达系统”， 20 25年9月。

31. OpenAI, “星门项目通过与甲骨文达成4.5吉瓦合作取得进展,” 2025年7月。
32. Energy Exemplar, 《数据中心激增: 最新能源困境与前进之路》, 2025年1月
33. 路透社, 《美国人工智能热潮面临电力危机》, 2026年2月
34. 英伟达, “英伟达Blackwell平台问世, 开启计算新时代”, 2024年3月
35. 福布斯, “类脑AI芯片实现节能离网处理”, 2025年5月
36. 高通公司, “高通发布AI200和AI250——重新定义AI时代机架级数据中心推理性能”, 2025年10月。
37. 数据中心杂志, “尽管人工智能激增, 谷歌削减数据中心碳排放,” 2025年10月。
38. 微软, 《可持续发展设计: AI能效创新之路, 第一部分》, 2024年9月。
39. 凯捷, 《全球能源市场》
40. 同上。
41. Latitude Media, “幽灵数据中心正涌入负载队列,” 2025年3月。
42. msn, “美国2026年计划建设的近半数数据中心已被取消或延迟, 且情况预计将进一步恶化,” 2026年4月
43. Data Center Watch, 《640亿美元数据中心项目因当地反对受阻或延期》, 2025年3月
44. DCD, “AEP俄亥俄州将数据中心项目规模削减过半——报道”, 2025年10月
45. 克莱曼能源政策中心, “宾夕法尼亚新法律旨在保护纳税人免受投机性数据中心需求影响”, 2026年1月
46. 美联社, “未来数据中心推动能源需求预测上升。各州要求证明它们将会建成”, 2025年11月。
47. 路透社, 美国人工智能热潮。
48. 商业内幕, “一家主要监管机构称数据中心正在对北美电网造成严重破坏”, 2026年5月。
49. 算法观察, 《德国数据中心繁荣正将电网推向极限》, 2025年11月。
50. DCD, 《美国公用事业公司Exelon报告数据中心达33吉瓦》, 2025年8月。
51. 路透社, “通向廉价电力的道路将非常昂贵,” 2025年6月
52. BBC报道称, “多种因素”导致2025年西班牙和葡萄牙大停电, 报告指出, 2026年3月据报告, 2026年3月发生停电
53. 路透社, 美国人工智能热潮。
54. 备用容量是指电力系统中未使用的可用容量占总容量的百分比。
55. POWER, 《NERC警告: 长期电网可靠性风险因需求激增与资源滞后而加剧》, 2026年1月
56. 电力技术, “2025年关键主题: 数据中心、关税与电网瓶颈对能源转型意味着什么”, 2025年12月
57. 同上。
58. 世界经济论坛, “电力供应商如何适应全球数据中心建设扩张”, 2026年2月。
59. Ketchum与Walton, “数据中心停机成本是多少及如何预防,” 2025年9月12日。
60. 牛津经济研究院, “为数据中心供电的挑战日益严峻,” 2026年1月。
61. 路透社, 《电网延迟阻碍亚马逊在欧数据中心扩张》, 2026年2月。
62. 《海峡时报》, “特朗普称他已告知大型科技公司自行建造发电厂,” 2026年2月。
63. Data Center Knowledge, “得克萨斯州对数据中心用电采取强硬态度——下一个是谁?” 2026年1月。

64. 清洁技术网，“爱尔兰要求数据中心开发商自带清洁能源”，2026年1月。

65. 《基础设施投资者》，“投资者计划如何为韩国的人工智能建设提供电力，”2025年12月。

66. 《数据中心知识》，“数据中心绕过电网获取所需电力，”2025年5月。

67. 基础负荷额定功率适用于在恒定负荷水平下长时间或无限时运行、接近额定输出的发动机（通常为燃气发动机）。在数据中心，这些设备连续运行以满足整个站点需求——这在常见场景中“临时供电”情景，即当永久电网连接不可用时。这些电厂像小型发电站一样运行，具有可预测的负荷。

68. Alphabet投资者关系部，“Alphabet宣布收购Intersect以推动美国能源创新，”2025年12月

69. 《华盛顿邮报》，“硅谷正在为美国各地的数据中心建设影子电网”，2026年2月。

70. 《数据中心动态》，“俄亥俄州监管机构批准建设200兆瓦天然气发电厂，为Meta的新奥尔巴尼数据中心供电”，2025年6月。

71. 彭博社，“人工智能的电力需求推动脏燃气轮机回归”，2025年6月。

72. 《数据中心动态》，“CyrusOne与E.ON合作建设61MW法兰克福数据中心现场供电系统，”2025年6月。

73. 美通社，《Pure DC与AVK部署欧洲首个数据中心微电网》，2026年3月。

74. W.Media，《腾讯在天津推出微电网为云数据中心供电》，2024年2月。

75. 路透社，“大型科技公司的数据中心建设热潮对美国电网运营商构成新风险”，2025年3月20日。

76. 国际能源署，“全球电力需求将持续强劲增长至2030年，凸显对电网和灵活性的投资需求”，2026年2月。

77. Electrek，“随着得克萨斯州数据中心负荷激增，谷歌锁定10亿瓦太阳能交易，”2026年2月

78. Data Center Dynamics，“深入探讨电池储能的多种用途，”2025年9月

79. 《纬度媒体》，“数据中心开始采用电池作为现场电源”，2025年11月。

80. 福布斯，《灵活数据中心即将依靠可再生能源与储能运行》，2026年2月。

81. 国际能源署，“全球电力需求至2030年将强劲增长，凸显电网和灵活性投资需求，”2026年2月。

82. 欧盟委员会，“核能投资需求，”2025年6月。

83. GE Vernova,《GE Vernova与日立探索在东南亚部署BWRX-300小型模块化反应堆》，2026年3月。

84. Meta,《Meta宣布核能项目，释放高达6.6GW电力以支持美国人工智能创新领导地位》，2026年1月。

85. NextEra,“NextEra能源与谷歌宣布新合作，加速美国核能部署”，2025年10月。

86. CNBC,“谷歌与凯洛斯电力计划到2030年为田纳西河谷管理局电网建设先进核电站，”2025年8月

87. 《纽约时报》，“对能源如饥似渴，亚马逊、谷歌和微软转向核能，”2024年10月

88. 《电力》杂志,“微软已达成从Helion购买聚变能源的协议”，2023年5月。

89. 能源数字杂志,《亚马逊投资5亿美元用于核能，目标到2040年实现清洁人工智能》，2025年7月。

Capgemini Research Institute 2026

90. 全球能源监测机构, 《押注数据中心, 美国在新增天然气发电方面领先全球》, 2026年1月。

91. 提供高峰需求供应支持。

92. Utility Dive, “燃煤和燃气发电厂的新挚友: 数据中心”, 2025年7月。

93. 《休斯顿纪事报》, “NRG Energy 将以120亿美元收购18座天然气发电厂, 用于服务数据中心及其他领域, ” 2025年5月。

94. Boom Supersonic, “Boom Supersonic 将利用超强天然气涡轮机为AI数据中心供电; 新增3亿美元融资, ” 2025年12月。

95. 数据中心动态, “Meta将在德克萨斯州埃尔帕索部署366MW模块化燃气机组, 为1GW数据中心供电”, 2026年2月。

96. 路透社, 《行业高管称伊朗停火缓解担忧, 但液化天然气行业伤痕累累》, 2026年4月。

97. Lexology, “超大规模服务商、可靠性与天然气的回归” 117.

98. 凯捷咨询, 《世界能源市场展望》

99. 国际能源署, “AI助力能源优化与创新”, 访问于2026年3月

100. Hydromo, 《AI如何助力更智能的可再生能源预测》, 2025年11月。

101. Dataforest, 《AI驱动预测性维护: 物联网与机器学习在公用事业管理中的应用》, 2025年8月。

102. Power Technology, “重新定义负荷预测与管理: 人工智能如何让智能电网更智能”, 2026年1月。

103. 美通社, “公用事业创新报告: 64%的公用事业领导者已扩大创新预算, 且几乎所有人都将AI视为战略重点, ” 2025年10月。

104. AInvest, “国家电网战略转向Aina气候AI风险投资公司, 作为能源行业转型的催化剂”, 2025年10月。

105. 高德纳 (Gartner), 《高德纳预测: 到2027年, 40%的电力与公用事业控制室将采用人工智能》, 2025年1月。

106. 凯捷, 世界能源市场展望。

107. PV杂志, “人工智能帮助英国DSO一年内实现4.4 GWh日前灵活性, ” 2025年4月。

108. H2O.ai, “AES利用AI和H2O.ai实现能源业务转型” 访问于2026年3月

109. EE Power, 《AI驱动的数字孪生助力弹性能源基础设施与野火预防》, 2025年5月。

110. RTE, “为未来电网创新准备”, 2026年3月访问。

111. SmartDev, “能源领域的人工智能: 你需要知道的顶级应用案例”, 2025年1月。

112. IFS Copperleaf, “网络研讨会回顾: 提升能源转型中的资本配置, ” 2025年7月。

113. Dataforest, “公用事业服务中的预测性维护: 用于机器学习的传感器数据”, 2025年1月。

114. 同上。

115. 《面对面》, “印度将部署人工智能用于电网实时风险检测、网络安全和市场监控”, 2025年9月。

116. 爱尔兰电力供应局 (ESB), 《ESB网络完成波特劳伊斯关键基础设施升级工程, 为客户容量翻倍》, 与碳捕集相结合, ” 2026年3月。

福布斯, 杜克能源的ESB网络完成数字化和人工智能转型, ” 2025年10月

118. 塞内卡, “去中心化能源: 可再生能源的未来” 2025年3月

Capgemini Research Institute 2026

119. Utility Dive, “效率和需求灵活性可以满足不断增长的数据中心负荷——且成本低廉: ACEEE, ” 2026年2月。

120. InnoEnergy, 《从瓶颈到突破: Skeleton如何推动下一个工业时代》, 2025年6月。

121. 数据中心动态, 《阿联酋与Phaidra和Agility合作, 在Khazna数据中心启动人工智能效率试点》, 2026年2月。

122. 公司网站 (GridStrong AI), 2026年4月访问。

123. Data Center Dynamics, 《NextEra Energy与谷歌合作开发至少三个千兆瓦级数据中心园区》, 2025年12月。

124. 韩华数据中心, 《能源公司如何为AI数据中心的未来提供动力》, 2025年7月。

第123页EDF, “EDF持续调动土地资产支持数据中心, ” 2026年3月访问

第126页敏捷, 《世界能源市场展望》

第127页敏捷, 《自主AI的崛起: 信任如何成为人机协作的关键》, 2025年7月

128. Taggd, 《能源行业的数字技能缺口: 首席人力资源官面临日益严峻的招聘挑战》, 2026年3月

129. ABB, 《ABB解决方案为欧洲最环保的数据中心提供动力》, 2018年6月

130. 数据中心动态, “SpaceX申请百万卫星轨道AI数据中心巨型星座, ” 2026年1月。

131. 数据中心知识, 《木质数据中心是科技基础设施的下一个重大创新吗? 》2025年7月。

132. 甲骨文, 《Oracle AI数据中心中的闭环冷却》, 2026年2月。

133. Meta, 《Meta的第30个数据中心: 提供人工智能, 创造社区效益, 支持湿地修复》, 2025年11月。

134. 谷歌, 《我们对气候意识数据中心冷却的承诺》, 2022年11月。

135. Data Centre Magazine, 《AWS如何回收99%的数据中心硬件》, 2024年12月。

136. Salesforce, “揭开Salesforce可持续AI蓝图: 责任与创新交汇之处, ” 2023年12月

第137页财富, “从WhatsApp好友到估值超5亿美元: 这些创始人证明他们的小型AI模型对客户和地球更友好, ” 2025年10月

138. 凯捷咨询, 开发可持续的生成式人工智能, 2025年1月

139. Meta, 《推出AI研究超级集群——Meta用于AI研究的尖端AI超级计算机》, 2022年1月

140. Tech Crunch, “联邦政府将要求数据中心出示电费账单, ” 2026年4月。

141. 数据中心动态, “德国市政公用事业公司在诺德施泰特的数据中心部署区域供暖试点, ” 2025年6月。

142. 对话, 《废弃的宾夕法尼亚矿场与余热回收可使该州庞大的新数据中心更具可持续性》, 2026年3月。

143. Anthropic, 《覆盖我们数据中心的电价上涨》, 2026年2月。

作者

认识专家



Claire Gauthier

凯捷全球能源与公用事业负责人执行副总裁
claire.gauthier@capgemini.com

作为领导凯捷全球能源与公用事业业务的执行副总裁，克莱尔·戈蒂埃拥有超过二十年的电力、石油天然气及新兴能源技术领域经验，业务遍及五大洲。

从天然气与可再生能源到能效提升与电网服务，Claire主导了贯穿能源价值链的战略转型与大型项目——涵盖投资、运营及绩效优化环节。

凭借将战略转化为执行的卓越全球业绩，她融合工程、数字化与资本配置经验，助力企业在市场变革与投资者预期中驾驭颠覆性趋势，规模化发展以技术驱动的长期价值。



Florent Andrillon

凯捷集团气候科技主管
florent.andrillon@capgemini.com

弗洛朗在能源与公用事业领域拥有超过20年经验，帮助公司实现可持续发展目标并过渡到低碳经济。他就企业的气候、环境及能源转型战略提供跨行业咨询。

Florent毕业于法国里昂商学院，职业生涯始于能源行业，2005年加入凯捷。他经常在世界气候基金会的活动中担任演讲嘉宾和讨论组成员（包括世界气候峰会）。



Hariharan Krishnamurthy

凯捷工程能源与公用事业行业副总裁
hariharan.krishnamurthy@capgemini.com

哈里·克里希纳穆尔蒂是一位在能源与公用事业领域拥有25年经验的资深领导者，通过技术驱动转型。作为凯捷工程能源与公用事业全球行业负责人，他制定战略、促进客户互动，并领导解决方案、大型交易及合作伙伴关系，以顺应市场趋势。



Alain Chardon

能源、气候与资源转型副总裁
凯捷
alain.chardon@capgemini.com

Alain帮助企业客户规划能源、气候及资源转型的下一步行动，涵盖从战略制定到实施的全流程。他与各行业企业、专业组织及公共机构均有合作，已基于协作方法和量化建模完成多项战略项目（包括使用凯捷的系统建模平台BFPM）。他尤为自豪的是主导并交付了多项创新报告，例如被比尔·盖茨转推的《55项适合净零排放的技术》、在2023年达沃斯论坛上发布的循环经济战略方法RACES，以及2022年与法国国家循环经济研究所合作的《低碳循环经济》。

作者

专家介绍



彼得·金

副总裁，能源转型与公用事业，
凯捷 Invent

peter.king@capgemini.com

Peter专注于能源系统变革，与客户携手在复杂环境中推动业务和技术转型，涵盖监管、高管协同、转型计划及行业思想领导力等领域。Pete曾担任我们年度《世界能源市场观察报告》2025年版的主编。

他定期发表关于能源和公用事业相关各种主题的博客



迈克·施瓦姆

全球可持续发展负责人，云基础设施
凯捷服务

maik.schwalm@capgemini.com

Maik Schwalm将可持续发展置于云和数字化转型计划的核心。

他的工作聚焦于IT脱碳、云环境优化、可持续人工智能，以及实现量化的业务、成本和可持续性成果。凭借在可持续IT领域的深厚专长，Maik帮助组织通过负责任且创新的技术应用，在提升性能、韧性和长期价值的同时减少环境影响。



菲奥娜·奥利弗

电网现代化战略咨询负责人，
凯捷

fiona.oliver@capgemini.com

Fiona在能源与环境交叉领域拥有25年经验，始终坚持以客户为中心的工作方法。她曾担任公用事业公司高管（Enbridge Gas首位能源转型负责人）及国际能源企业高管，近期还担任独立电力系统运营商的董事会成员。她主导了Enbridge Gas首个综合资源规划、多年期需求侧管理计划以及价值十亿美元的碳合规投资组合。Fiona的工作涵盖能源市场与基础设施领域的战略规划到项目执行，能够将分散的要素整合统一，持续实现实质性成果。

作者

认识凯捷研究院



Jerome Buvat

凯捷研究院院长

jerome.buvat@capgemini.com

Jerome 是凯捷研究院的负责人。他与行业领袖和学术界紧密合作，帮助组织了解新兴技术带来的商业影响。



Subrahmanyam KVJ

高级总监，
凯捷研究院

subrahmanyam.kvj@capgemini.com

Subrahmanyam 是凯捷研究院的高级总监。他热衷于探索在一个被软件吞噬的世界中，技术对各行业商业和消费者行为的影响。



Nancy Manchanda

, 凯捷研究院

nancy.manchanda@capgemini.com

Nancy 在市场研究、咨询和数字化转型领域拥有超过16年经验。她与企业领导者合作，共同理解与科技、人员及可持续发展转型相关的机遇与挑战。



Amrita

高级经理
凯捷研究院

amrita.a.amrita@capgemini.com

Amrita 在市场研究和消费者洞察领域拥有丰富的跨行业和跨地域经验。她的博士研究工作融合了关键兴趣领域，深入探索消费者行为与数字支付，尤其关注移动钱包。

主要贡献者感谢凯捷研究院的 Amol Khadikar、Sroddha Patra、Kshitij V Banzal 和 Parvathi M Kaloor 对本研究的贡献。

主要贡献者还要感谢 Philippe Vie、Chad Klekar、Rene Kerkmeester、Vincent Charpiot、James Forrest、Bragadesh Damodaran、Thomas Hernandez、Colette Lewiner、Hubert Clement、Rayan Cherif、Laurent Bromet、Luke Oregon、Sophie Cravarie、Samia Parizot、Pierre Tilly、Aniket Mahato、Amit Gupta、Torben Schuster、Jordi Benet Nebot、Izzet Biyikbeyoglu、Skander Guetari、Simon Fletcher、Christopher Scheefer、Vincent De Montalivet、Etienne Grass、Gunnar Menzel、Neelam Gupta、Arnaud Balssa、Caroline Vateau、Vikram Rajan、Steve McIntyre、Paul Gittins、Neha Bhatt、Genevieve F Chamard、Bobby Ngai、Tracy A Perez-Diana、Herschel H Parikh、Franco Amalfi、Salomon Salinas、Robert Engels、Periyasamy N、Yashowardhan Sowale、Philippe Cordier、Dattatraya Kulkarni、Priya Bohra、Edouard Le Bonte Lorinquer、Niklas Meyer-Breitkreutz、Alok Tripathy、Satya Bandi、Enrique A Capo、Phil Redman、Julie Laurie、Lucy Colling、Vijayalakshmi、K Sapna Shode、Mayank Shah、Tricia Stinton、Geetha Bhat、Emmanuel Lochon、Rashmi Adarsh Shetty、Theresa Ignatius、Bharati Solanki、Caren Hochheimer、Dominique Banon、Punam Chavan、Subhadra Chakraborty、Vibha Palekar、Manish Saha、Suparna Banerjee 和 Amitabha Dutta 对本报告的贡献。

如需更多信息，请联系：

全球。

克莱尔·戈蒂埃

执行副总裁兼全球能源与公用事业
凯捷集团领导人 claire.gauthier@capgemini.com

西里尔·加西亚

全球可持续发展服务与企业责任负责人，
凯捷集团 cyril.garcia@capgemini.com

弗洛朗·安德里永

凯捷集团气候科技负责人 florent.andrillon@capgemini.com

文森特·夏尔皮奥

执行副总裁兼负责人
集团可持续发展业务
加速器负责人 vincent.charpiot@capgemini.com

Thomas Hernandez

法国能源与公用事业副总裁
凯捷创新 thomas.hernandez@capgemini.com

Hariharan Krishnamurthy

副总裁，能源与公用事业部全球负责人 -
凯捷工程 hariharan.krishnamurthy@capgemini.com

Rene Kerkmeester

副总裁，集成电力主管，凯捷 rene.kerkmeester@capgemini.com

Jordi Josep Benet Nebot 数据中心转型、基础设施服务及网络服务线全球负责人 jordi.benet@capgemini.com

迈克·施瓦姆

可持续发展全球负责人，
CIS，凯捷 maik.schwalm@capgemini.com

伊泽特·比伊克贝奥卢

数据中心产品组合负责人，
基础设施服务转型负责人，
及网络服务部 izzet.biyikbeyoglu@capgemini.com

如需更多信息，请联系：

区域

澳大利亚与新西兰

John Wareing

john.wareing@capgemini.com

比利时。

Filip Travers

filip.travers@capgemini.com

加拿大。

卢克·奥雷根

luke.oregan@capgemini.com

法国。

泽维尔·亨里昂 xavier.henrion@capgemini.com

德国

桑德罗·林德纳

sandro.lindner@capgemini.com

印度

Ananth Chandramouli ananth.chandramouli@capgemini.com

anant.chandramouli@capgemini.com

意大利

Alberto Matassino alberto.matassino@capgemini.com

alberto.matassino@capgemini.com

拉美地区

Ricardo Fernandez ricardo.fernandez@capgemini.com

ricardo.fernandez@capgemini.com

挪威

Eivind Gjesteland eivind.gjesteland@capgemini.com

eivind.gjesteland@capgemini.com

葡萄牙

Paulo Fão

paulo.fao@capgemini.com

西班牙

安娜·莫斯克拉·冈萨雷斯 ana.mosquera@capgemini.com

ana.mosquera@capgemini.com

荷兰

巴斯·莫塞尔特

bas.morselt@capgemini.com

英国

保罗·哈格蒂

paul.haggerty@capgemini.com

美国

布莱恩·米勒

brian.miller@capgemini.com

为何选择与凯捷能源与公用事业合作

我们是全球领先能源与公用事业组织的商业合作伙伴，支持整个行业生态系统的转型——从传统基础设施到新一代能源体系

行业经验与覆盖范围

30+

业务覆盖国家
在欧洲和美洲的强劲影响力

32,000+

全球深度专业人才

全球前20大公用事业企业中占12家

服务全球企业

8%

凯捷全球收入来自能源与公用事业部门

优先事项

- 综合电力
- 石油天然气运营效率
- 核能复兴
- 资本项目
- 未来价值链

解决方案

- 咨询与顾问
- 数字化转型与创新
- （通用人工智能）战略与发展
- 洞察与数据
- 客户体验
- 基础设施与网络安全

关键分析师认可



被ISG评为电力与公用事业领域技术领导者
2025年转型领导者

- 被评为全球能源领域领导者
2025年转型专业服务
- 被定位为公用事业创新者
数字服务2025

- 被认可为市场领导者
能源与公用事业服务领域
提供商，2025
- 被评为发电领域的领导者
和存储2025

关键合作伙伴关系



即刻开启您的旅程，体验凯捷数据中心 可持续性评估。

凯捷的数据中心可持续性评估对数据中心基础设施的能耗、碳足迹和运营效率进行结构化评估。

它能建立可靠的基准，识别高能耗和高排放热点，并提供可操作的见解，以优化电力使用，同时支持

监管和可持续发展目标。该评估有助于做出明智决策，推动更具韧性、更节能、更低碳的数据中心运营。

我们还可以就以下主题为您提供帮助：

<u>可持续数据与人工智能</u>	<u>公用事业智能基础设施工程</u>	<u>综合能源</u>
<u>公用事业</u>	<u>智能工业</u>	<u>核能</u>
以及您任何可持续业务的需求		

凯捷在《Forrester Wave™：IT 可持续发展服务，2026 年第一季度》中被公认为“领导者”

我们汇聚旗下各品牌无可比拟的专业能力…

Capgemini invent

凯捷创新（Capgemini Invent）是集团旗下的数字化创新、咨询与转型品牌，致力于帮助决策者设计并构建其组织的未来。

Capgemini engineering

凯捷工程（Capgemini Engineering）借助最新的数字与软件技术，助力全球创新型组织释放研发潜力，设计并打造面向未来的产品与服务。

sogeti Part of Capgemini

Sogeti为需要快速实现创新并寻求兼具全球规模与本地化服务能力的组织，通过技术创造商业价值。

CLOUD^{4C} Part of Capgemini

作为凯捷旗下品牌，Cloud4C是AI驱动、自动化赋能、应用导向型托管服务与云基础设施领域的全球领导者，在29个国家提供主权级、安全可靠的行业混合云解决方案。

frog Part of Capgemini Invent

frog是Capgemini Invent的一部分，与全球品牌和风险企业合作，通过创新和以人为本的设计工作，大规模推动以客户为中心的转型

cambridge consultants Part of Capgemini Invent

作为凯捷创新旗下品牌，剑桥咨询（Cambridge Consultants）提供咨询与开发服务，帮助全球最具雄心的企业拓展技术创新边界，打造突破性产品与服务。

Syniti Part of Capgemini

作为凯捷旗下品牌，Syniti专注于为全球一些最大的企业处理复杂的数据质量、数据迁移和数据治理项目。

WNS Part of Capgemini

作为凯捷旗下品牌，WNS是一家基于智能体人工智能（Agentic AI）的智能运营与转型公司。WNS深度融合行业知识、技术、分析与流程专长，共同打造创新的数字化主导转型解决方案。

……科技驱动的创新塑造着我们的一切行动

凯捷创投

投资并与初创企业及生态系统合作，
在市场中实现共同创新。

8000万欧元企业风险投资基金（投资组合中有8
家初创公司），并作为有限合伙人投资2家风投基
金（覆盖80多家初创公司）

直接投资组合包含生态系统风险投资的14项少数
股权

90+研究实验室

- 3个5G实验室
- 1个量子实验室
- 1个AI未来实验室
- 1个AI机器人与体验实验室
- 1 元宇宙实验室

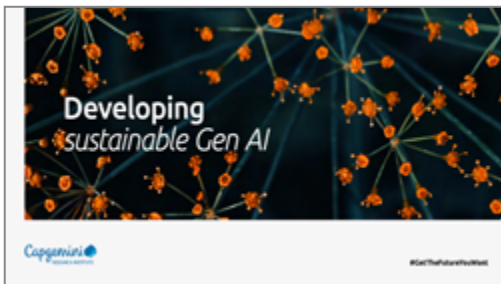
新兴技术雷达与数据库

提供技术领域的整合视图及深度
分析，为我们的认证架构师提供
洞察与视角支撑。

应用创新交流中心

借助全球专家与合作伙伴网络以及行动
框架，我们与客户携手合作，帮助测试
创新并将其转化为商业价值。

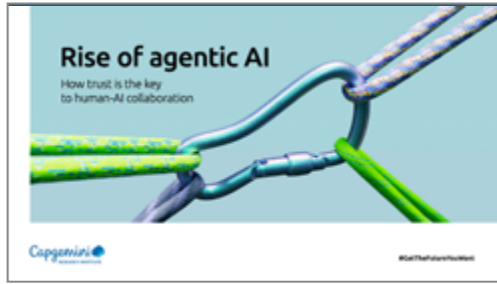
更多凯捷研究院出版物



开发可持续的生成式AI



气候科技



代理式AI的崛起



重塑未来



低碳氢



平衡中的世界：2025



气候AI



可持续IT

订阅最新研究 来自凯捷研究院



扫描二维码或访问以下网址获取我们的报告副本

<https://www.capgemini.com/capgemini-research-institute-subscription/>

Capgemini Research Institute

Fields marked with * are required

First Name *

Last Name *

Email *

☐ By submitting this form, I understand that my data will be processed by Capgemini as indicated above and described in the [Terms of use](#).

Submit



关于凯捷

凯捷是一家人工智能驱动的全球商业和技术转型合作伙伴，致力于提供切实的商业价值。我们畅想组织的未来，并通过人工智能、技术和人才将其变为现实。凭借近60年的悠久历史，我们是一个负责任且多元化的团队，在50多个国家拥有超过42万名成员。我们凭借深厚的行业专业知识和强大的合作伙伴生态系统，整合战略、技术、设计、工程和业务运营能力，提供端到端的服务和解决方案。该集团2025年全球营收为225亿欧元。

付诸实践 | www.capgemini.com