

电力之光

电力及公用事业行业洞察

文章包括：

人工智能和自动化：电力及公用事业行业的转型新引擎

智能电网：一把被遗忘的脱碳之匙

从威胁到反脆弱：公用事业企业的韧性框架



毕马威国际

kpmg.com/pluggedin

序言

借力科技，电动未来

欢迎阅读《电力之光》，本刊由毕马威国际编制，面向电力及公用事业行业的专业人员。本期探讨了人工智能、自动化和智能电网在推动电力及公用事业行业转型方面的潜力。

我们常说未来，但今天正是昨天憧憬的未来。社会生活的方方面面仍然依赖电力。电力行业责任重大，肩负着推动行业从化石燃料向可再生能源转型，同时提升发电能力，以替代交通运输和供暖使用的石油和天然气的双重使命。

我们认为，各国要实现《巴黎协定》的目标，上述转型至关重要。但是，可再生能源发电比重较高的电网应该进一步去中心化，以客户为中心，提升竞争力。然而，在追求进步的同时，电网也面临着新的复杂问题和风险，需要从战略高度着眼，应对不断变化的形势。

幸运的是，科技发展日新月异，为建立更安全、更可预测和更高效的电网，改进电网与客户和公众的互动为此提供了可能。在安全方面，科技有助于提升电网韧性，而当公用事业企业着力增加间歇性可再生能源的使用，打击和避免网络攻击时，电网韧性不可或缺。

在可预测性方面，启用物联网传感器、预测性资产管理和虚拟环境有助于潜在问题在萌芽前即得到解决。

公用事业企业可以借助一系列技术来提高效率，包括利用人工智能来实现资产优化。人工智能还可以改善客户互动（例如通过个性化建议）。在与社会互动方面，可以利用科技产生的海量数据，提高行业透明度，更好地监测企业在气候变化问题上做出的承诺，解决“漂绿”问题。

我们认为，市场的成熟度决定了技术的采用速度，但即使在小型试点项目中，我们也可以看到正在发生的重大变化。值得密切关注的是，每天都有新的市场机遇和竞争对手（其中一些来自其他行业）出现。与此同时，行业转型所需的技能和人才正变得日益稀缺。为此，我们更需要借力于科技。

鉴于各地转型速度不一（部分是监管框架变化导致），全行业参与者应该共享信息、知识和人才，互助共勉。

协作精神应该贯穿企业内部，融入与业务生态系统、软件提供商以及咨询机构（例如毕马威）的合作。通过协作，我们可以利用每天涌现的新技术来应对复杂挑战。作为咨询机构，我们可以发挥重要作用，支持不同企业开展对话与合作，了解企业面临的挑战，帮助企业选择合适的技术，或为新技术开发提供支持。

我们认为，电力及公用事业行业应抓住当下，采取集体行动，拥抱变革，利用创新力量推动能源转型。与其将进步视为竞争，不如将其视为共同追求的事业。通过汇集资源和专业知识，我们可以识别并部署最合适的技术方案，以可持续的方式有效满足我们的能源需求。

Franceli R. Jodas
电力及公用事业行业
全球主管合伙人
毕马威国际

目录

04

人工智能和自动化：电力及公用事业行业的转型新引擎

14

智能电网：一把被遗忘的脱碳之匙

20

从威胁到反脆弱：
公用事业企业韧性框架

人工智能和自动化： 电力及公用事业行业 的转型新引擎

以负责任的态度加速创新

Daniel Fisher, 毕马威美国智慧之光咨询服务负责人

Wafa Jafri, 毕马威英国能源行业交易咨询合伙人

Matt Pearce, 毕马威澳大利亚能源、采矿及房地产行业主管合伙人

在生活成本危机爆发，及社会从化石燃料向低碳能源转型之际，电力及公用事业行业正面临巨变。根据国际能源署的数据，全球未来五年新增的可再生能源发电装机容量有望超过自第一座商业化可再生能源发电厂100多年前建成以来的装机容量总和。¹从传统上依赖大型发电厂，到可再生能源发电设施四处开花，这一转型带来了新的挑战，包括输出间歇性问题、系统不稳定、可靠性问题以及洪水、风暴和野火等气候变化事件的影响与日俱增。我们预计，数字化转型，尤其是人工智能等新兴技术，对技术负责人应对这些复杂问题不可或缺。

数字化转型带来了诸多挑战，而客户为了降低自身温室气体排放，对可靠、不间断电力的需求不断增加，导致问题变得更加复杂。一些用电人亲自下场，走上自己发电储能的道路。与此同时，天然气公司正在努力应对输气网络脱碳问题，厘清减排目标对自身的影响。

根据《毕马威2023年首席执行官展望》，²近三分之二（64%）的能源行业首席执行官认同投资生成式人工智能是当务之急，48%的首席执行官希望三到五年内看到投资回报。然而，由于能力不足、理解有偏差或（在某些情况下）不愿意接受变革，许多公用事业企业的转型进展缓慢。例如，各类资产目前可以产生丰富的数据。

据估计，仅全球风力发电机组每年就产生超过4,000亿个数据点³，但如果没有收集整理，这些数据无助于改善决策。根据毕马威澳大利亚的研究，许多公用事业企业存在劳动生产率被掩盖起来的问题，而这可以借助科技推动流程和服务交付模式转型加以解决。⁴



¹国际能源署，《可再生能源 2023》，2024年。

²毕马威国际，《毕马威2023年年首席执行官展望》，2023年。

³国际能源署，《为什么人工智能与能源的结合潜力巨大》，2023年。

⁴毕马威澳大利亚与Salesforce，《驾驭数字前沿：数字化转型和人工智能对资产密集型企业的意义》，2023年。

⁵毕马威国际，《毕马威2023年年首席执行官展望》，2023年。

人工智能和机器学习对于实现短期目标至关重要

生成式人工智能可以像人类一样生成文本和图像，其不可思议的能力令人憧憬。然而，尽管生成式人工智能在某些应用场景中前景广阔，电力及公用事业企业还是可以探索更广泛的数字智能和自动化技术（包括各类人工智能，如机器学习和机器人流程自动化），并将从中受益。赋予生成式人工智能突出地位，有助于凸显探索更广泛的数字智能和自动化的重要性。

在下列技术中，您认为哪项技术对助力贵公司实现未来短期三年目标最重要？

人工智能/机器学习（包括生成式人工智能）

57%

边缘计算（包括物联网）

42%

机器人/自动化

41%

虚拟现实/增强现实（包括元宇宙）

37%

量子计算

35%

Web3（包括代币化）

32%

XaaS技术（包括公有云或多云）

30%

5G

27%

资料来源：毕马威国际，[《毕马威2023年全球技术报告》](#)，2023年。

公用事业行业如何利用人工智能

诸多例证表明，电力及公用事业企业应积极采用智能和自动化技术。不少公用事业企业正在扩大项目规模，并在全公司范围内对项目进行整合，这一举措对提高他们的利益具有巨大的潜力。结合它们的经验，行业参与者可以考虑以下具体应用场景：

- **投资决策：**电力公司可以使用人工智能来支持其投资决策过程。发电和电网资产成本高，使用年限可能长达数十年。向可再生能源转型使得工业电池和其他储能的选择更具吸引力，但是，商业案例需要稳健的预测。企业可以使用人工智能进行方案分析、场景规划和建模，这将帮助企业节省资金，改进监管合规、资产管理、供应商生态系统和电网连接等领域的规划。
- **客户信息和关系管理：**英国能源巨头 Octopus Energy Group 开发了一个名为 Kraken 的云数字平台，将智能和自动化技术应用于客户信息和关系管理。在支持自身发展的同时，Octopus 还将这个平台授权许可给英国和其他地区的公用事业企业使用，

并正在与部分企业合作开发风能。除数个国际收购项目外，毕马威还在所有筹资项目中为 Octopus 提供咨询。Octopus 在发电和供电中使用 Kraken 平台，使其成为在公用事业企业中使用人工智能技术的行业典范。

监管工作管理：公用事业企业可以使用生成式人工智能管理监管相关工作，包括协助处理费率案件（美国企业通过这一流程向州公用事业委员会申请提高费率，为服务改进提供资金）。费率案件可能需要分析监管文件（有时总计上万页），生成式人工智能可以摘录要点，并提供注释。一定程度的人工干预（例如将材料分块输入人工智能系统）有助于人工智能系统避免错误。使用生成式人工智能系统生成参考文献，还便于人工检查。

- **验证原理图：**公用事业企业正在探索利用自动化技术审核新建筑开发商提交的电网连接原理图和技术图纸。目前，此类工作可能需要工程师进行广泛而耗时的检查，包括纠正基本错误。生成式人工智能可应用于分析那些能为自动化提供一线支持的符号和图像。这有助于发现潜在错误，加速工作流程。这样的话，工程师可以专注于其他问题。整个流程可加以开发，成为行业共享的服务，有效分摊成本。



- 提升现场服务工程师差旅：公用事业企业还可以通过使用自动化技术来减少任务之间的通勤时间，从而提高现场服务工程师出行能力。这样不仅可以提高公司效率，还可以通过将系统与其他信息源连接起来，创造其他机遇。借助天气预报，现场服务工程师可以避免恶劣条件，结合维护方案协调施工任务，选择最便利的现场作业时间。当零部件出现磨损但尚未出现故障时，部件相关数据可用于对部件进行检查。企业还可以在工程师首次使用新零部件前，结合此类数据自动安排新零部件相关培训。⁶

公用事业企业还使用人工智能进行资产审计和管理，远程监控资产所在地，包括自动分析摄像机输出数据，数字模拟洪水影响，以及管理与合同电工的关系。尽管如此，许多项目都是由技术部门进行的小规模概念验证，通常没有进一步开发的计划。



⁶毕马威澳大利亚与Salesforce，《驾驭数字前沿：数字化转型和人工智能对资产密集型企业的意义》，2023年。



降低风险，建立信任，并以负责任的方式扩展人工智能

规模问题可能是智能和自动化技术面临的巨大挑战。公用事业企业往往规模大，因此要想产生显著效果，技术项目也要有相应的规模。我们认为，公用事业企业应该从小处着手，从大处着眼，有计划地对概念验证项目进行评估，然后将成功的项目付诸大规模应用。这是一种自上而下的方法，通常需要董事会的支持。然而，采用这种方法，意味着将其他阻碍因素一并解决。

公用事业企业应该推动技术架构现代化，以确保数据可靠、可实时访问。许多公司采用渐进式的方法开发技术架构，导致部门系统中的数据集碎片化。

部门系统应该通过模块化、可扩展的架构连接起来，以便于人工智能系统访问企业范围内的信息。

我们认为，为了有效运营数字化项目，公用事业企业需要更优质的数据。实现这一点的途径包括改进数据治理控制，提升历史数据的质量和可访问性，向员工解释这项工作的重要性，以便他们认识到确保数据准确性的重要意义，而不是将其视为工作中的阻碍。近年来进行技术投资（如企业资源规划或人力资源系统）的部分公用事业企业，可以从此类系统中获得高质量的数据，与人工智能一起使用。

客户对个人数据安全，以及公用事业企业的数据使用方式存在担忧，而他们对待智能手机和其他个人用途的科技则不然。公用事业企业可以通过公开个人数据的使用，以及采用匿名化和严格的访问控制等技术，在加强隐私的同时，实现数据的有效使用，以此回应客户的担忧。这一点可以纳入改善客户关系、提升客户信任的常规工作。在一些国家，企业没有树立以客户为中心的观念。



公用事业企业往往受到严格监管，内部文化决定了此类企业在采用技术方面不敢当出头鸟。这两点使得证明数字技术投入的必要性变得困难。许多公司还缺乏熟练的内部人才。企业可以着力提高员工人工智能素养，以减轻高管和其他员工的畏惧心理，从而解决文化问题。

要想有效使用人工智能，企业可能面临特定挑战，包括选择采用哪种人工智能。生成式人工智能擅长处理大量文本，用易于理解的语言解释任务，而其他人工智能系统则更擅长处理大量结构化数据，适合规划工作计划表等任务。

另一个关键问题是负责任地使用人工智能，特别是当人工智能被用于就重大问题（例如选择哪个地区停电）提供建议或做出决策。根据《毕马威2023年全球技术报告》，75%的企业表示，对人工智能系统决策方式的担心，导致自动化技术部署进度推迟。同样，60%的能源行业首席执行官认为，部署生成式人工智能可能会带来抄袭、数据保护、偏见和缺乏透明度等方面的道德难题。⁸对此类决策进行有效的人工监督，并对自动化系统使用的数据进行记录，是降低自动化决策风险的方法之一。

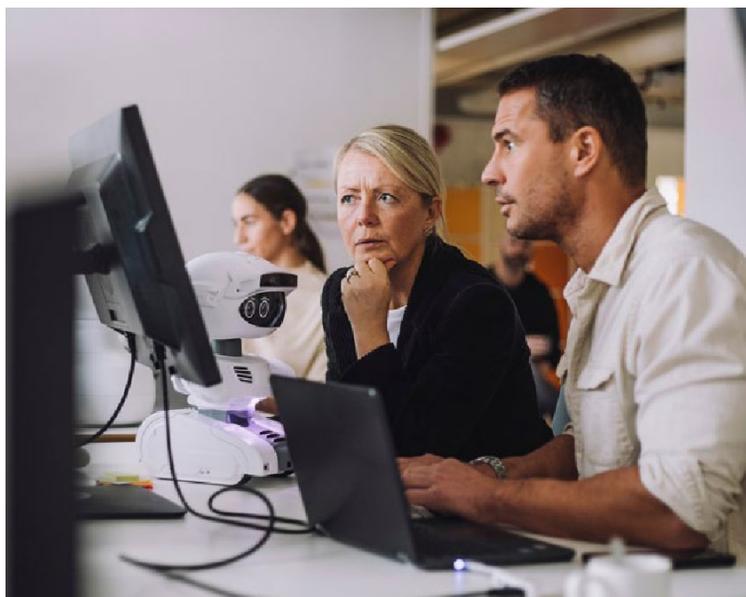


的企业表示，对人工智能系统决策方式的担心，导致自动化技术部署进度推迟。



的能源行业首席执行官一致认为，部署生成式人工智能可能会带来抄袭、数据保护、偏见和缺乏透明度等方面的道德难题。

资料来源：毕马威国际，《毕马威2023年首席执行官展望》，2023年。



⁷毕马威国际，《毕马威2023年全球技术报告》，2023年。

⁸毕马威国际，《毕马威2023年首席执行官展望》，2023年。

毕马威可信人工智能框架

以价值为导向



隐私：人工智能系统应遵守适用隐私和数据保护法律法规。



可持续：人工智能系统应有利于节能减排和环境保护。



公平：人工智能系统应减少或消除对个人、社区和群体的偏见。

以人为中心



透明：人工智能系统应包括负责任的信息披露，让利益相关方清楚了解每个节点发生的事情。



易于解释：人工智能系统的开发和交付方式应解释得出结论的方式以及理由。



负责：人工智能系统应包含人工监督和负责要素，以妥善管理风险，并遵守适用法律法规。

值得信赖



数据质量：人工智能系统中使用的数据应按适用法律法规获取并对其准确性、完整性、适当性和质量进行评估。



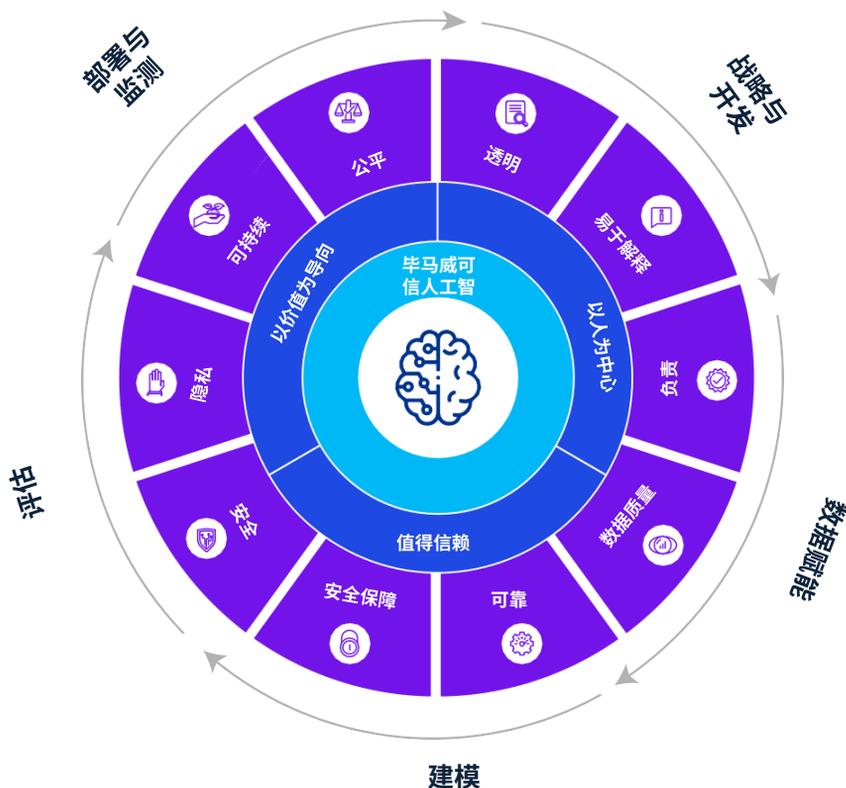
可靠：人工智能系统的运行应始终符合预期目的和范围，并达到所需的精度。



安全：部署实施稳健有力的规范，保护人工智能系统免于伤害和受到错误信息、不良事件的影响。



安全：人工智能系统的设计和部署应确保防止对人员、业务和财产造成伤害。



如欲了解更多关于毕马威可信人工智能框架的信息，请单击[此处](#)。



下一步：制定人工智能和自动化技术方案

在电力及公用事业行业快速演变之际，我们认为，从战略高度就采用智能和自动化技术进行决策，对于提高运营效率和保持竞争力至关重要。电力及公用事业企业可以采取以下步骤，有效解决“是外购还是自建”的问题，并开发一套前瞻性的技术整合方法。

通过采用易于实施的步骤和体现战略高度的方法，电力及公用事业企业可以有效利用智能和自动化技术，提高运营效率、可靠性和可持续性。

1

评估商业化产品：考虑购买可行的商业化产品（尤其是对于非核心领域），以精简运营并节省时间。

2

评估专有数据：对于涉及专有数据的核心领域，在内部构建模型，可以更有效地保持控制权，并最大限度挖掘适用于企业个体的洞察。

3

赋能快速决策：信息技术部门应帮助企业迅速作出“是外购还是自建”的决策，确保部门拥有管理所选方案的必要能力。这包括配备有能力的员工，支持用户使用购买的服务。

6

建立创新中心：建立专门的创新中心，系统测试新技术和新想法，有利于营造不断进取、顺势而为的文化。

5

注重灵活性：选择数字技术时应注重灵活性和适应性，确保有能力执行广泛的业务（包括目前尚未设想的任务）。这有助于防止被僵化的系统束缚，实现可扩展性。

4

关注价值创造：优先考虑价值潜力高的项目。技术投资应避免赶时髦；评估技术对公用事业运营的潜在影响。

7

建立战略合作伙伴关系：通过内部风险投资基金等举措，与数字技术提供商建立战略合作伙伴关系。这有助于企业获得尖端的解决方案，促进合作，改善公用事业运营。

敢为人先

我们认为，数字化是大势所趋，企业可以选择做领导者还是追随者。虽然这两条路都存在风险，但追随者可能被竞争对手远远抛在后面。对于敢于走在前列的企业，潜在裨益巨大，尽管企业需要协调整合企业范围内的项目，包括完善价值创造战略，确保资金来源，并与董事会和监管机构接触。我们认为，领导者需要以优质的企业技术和数据为基础，营造积极变革的组织文化。这包括管理物理和数据安全风险。而随着信息和运营技术融合，这对于公用事业企业是一项特殊的挑战。这项工作还涉及应对不断变化的人工智能监管环境，适当平衡风险与回报。

在着手部署人工智能前，建立控制和治理架构至关重要。如果有清晰的项目扩展途径，从小规模试点开始通常是谨慎的选择。我们认为，企业必须认识到，没有哪个人工智能方案可以满足一切需要。

部署数字智能和自动化技术是一个长期的过程，不可能一蹴而就。主动迈出第一步，开启数字化之旅，有助于企业奠定好基础，持续向前推进，并适应不断变化的环境。

“

部署数字智能和自动化技术是一个长期的过程，不可能一蹴而就。主动迈出第一步，开启数字化之旅，有助于企业奠定好基础，持续向前推进，并适应不断变化的环境。”



智能电网：一把被遗忘的脱碳之匙

部署智能电网，行之有道

Deven Chhaya, 毕马威新加坡基础设施行业咨询合伙人

Nicolas Leonetti, 毕马威法国运营与绩效战略咨询副合伙人

Ciarán Rabbitt, 毕马威爱尔兰可持续基础设施咨询副总监

沈诗文, 毕马威中国管理咨询合伙人



国际能源署《2050年净零路线图》认为，要实现《巴黎协定》设定的全球平均气温控制目标，全球可再生能源发电量需要在2030年前提高两倍。¹¹ 能否实现这一宏伟目标，并成功整合如此高水平的间歇性可再生能源发电量，取决于电网是否具有空前的灵活性和智能性。电网向净零转型，需要采用零排放能源，进行网络改造，

以应对取暖、交通和工业领域的电气化，而且还需要从集中式发电厂转向分布式能源。我们认为，这种系统将产生颠覆性影响，企业需要数字技术来生成和分析数据，助力网络运营商规划和运营日益复杂的智能电网，帮助消费者从去中心化中获益。简而言之，净零电网首先必须是智能电网。

“
智能电网赋能网络运营商应对可再生能源供应变动，维持供需平衡，以此应对上述挑战。”

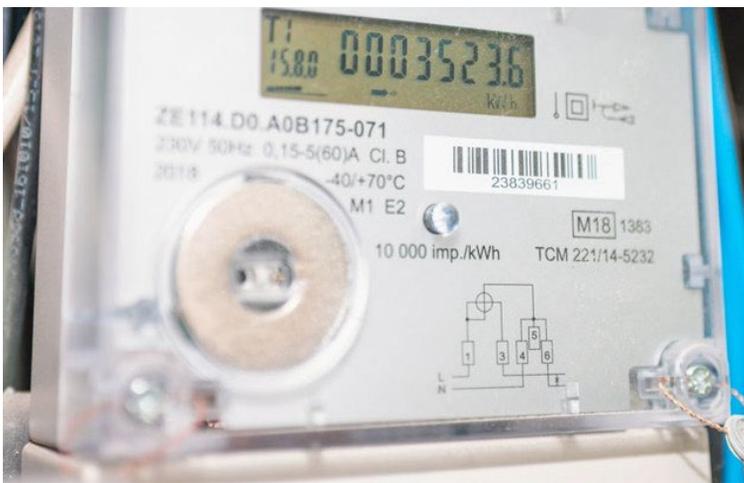
智能电网的作用

智能电网是全球电力管理和分配方式的重大转变，通过集成数字技术和数据分析，赋能消费者积极参与能源生态系统，为网络运营商提供手段，在可再生能源高渗透的情况下保持系统可靠性。

通过在家庭和企业中利用可再生能源和存储解决方案，个人不再仅仅是能源消费者，还可以成为电力生产者。国际能源署估计，实现电网数字化潜力，到2030年可以使可变可再生能源系统的规模减缩下降25%以上，以此提高系统效率，降低客户成本。¹²

能源供应的民主化有助于能源多样化，提升能源系统韧性和可持续性。

此外，随着人类日益依赖间歇性可再生能源，对先进电网管理系统的需求也在增长。智能电网赋能网络运营商应对可再生能源供应变动，维持供需平衡，以此应对上述挑战。智能电网凭借实时监控和自适应控制能力，有助于优化能源分配，在交通、供暖、制冷和工业生产等经济活动的电气化过程中增强电网稳定性和可靠性。将电池存储整合纳入智能电网，有利于最大化储能价值，促进可再生能源的无缝整合，进一步增强智能电网的上述优势，实现能源基础设施可持续性和韧性的提升。



¹¹国际能源署，《将升温幅度控制在1.5摄氏度以内的可靠途径：21世纪20年代四大行动支柱》，2023年。

¹²国际能源署，《挖掘新兴市场和发展中经济体智能电网潜力》，2023年。

如果没有将数字及数据技术整合纳入实体基础设施来建设智能电网，能源行业可能在多个重要方面面临重大挑战，包括：

- **创新和消费者选择：**智能电网的缺失有可能阻碍创新，限制消费者的选择。如果公用事业企业缺乏有效整合可再生能源和优化电网运行的能力，将使能源供应和消费方面的创新机遇受阻，使消费者无法受益于更多样化、更可持续的能源系统。
- **能源供应韧性：**没有智能技术支撑的传统电网往往韧性不足，无法抵御服务中断和适应不断变化的环境。面对自然灾害、网络攻击或其他不可预见的事件，僵化的电网将难以维

持可靠的能源供应，使消费者容易受到长时间停电和服务中断的影响。

- **传统能源供应：**如果没有智能电网来充分发挥需求侧灵活性、储能和互连器的潜力，电力供应的全面脱碳可能无法实现。这意味着部分消费者可能被迫使用传统能源，而随着时间推移，传统能源将影响环境，且可靠性降低。我们认为，如果不能有效将新能源解决方案整合纳入电网，这将造成消费者长期依赖化石燃料，使《巴黎协定》的目标面临风险。可以预见的是，不积极创造条件，帮助消费者使用上更便宜的新能源，势必将推升能源成本，带来更大的气候变化影响。

- **提升电网容量，助力净零排放：**国际能源署表示，要实现净零目标，全球电网容量在2040年前必须翻一番。¹³将电网容量提升到这样的规模，难度不容小觑，因为由于规划审批、法律挑战和地方反对等原因，新开发项目经常被推迟。突破性电网技术可以最大限度减少对新电网的需求，有助于释放额外容量，同时避免长时间延迟。更广泛地采用动态线路额定值和功率流控制器等技术，通过实现电网利用最大化，预计将在实现净零目标的过程中发挥日益重要的作用。能否有效部署灵活的电网解决方案，取决于能否将此类运营技术无缝整合纳入更广泛的系统控制和信息技术工具组合之中。



¹³国际能源署，《电网与安全能源转型》，2023年。

智能电网技术赋能企业和消费者

智能电网使用连接传感器、5G移动网络、人工智能和数字平台等技术收集和分析数据，然后与生产商、系统运营商和消费者沟通，以优化整体系统。通过采用此类技术，系统运营商可以部署前沿脱碳解决方案，同时消费者也可以控制个人能源使用，并积极与能源市场互动。部分裨益包括：

01

节约成本：通过优化能源分配，减少昂贵基础设施升级需求，智能电网可以为消费者节省大量成本。反映成本的电价设计可以激励用户减少高峰用电，最大限度减少对新电网和峰值电厂的需求，从而有助于避免额外投资。减少电网投资有利于最大限度降低电力公司需要电费回收的成本，从而对消费者产生积极影响。



02

改善决策：智能电网利用先进的数字技术（如人工智能、自动化和数据分析），为消费者提供能源使用模式的实时洞察。这可以赋能消费者就自己的能源消耗习惯做出明智的决定，发现提高能源效率的机会，并优化能源使用，以降低成本。改变能源使用模式，更好地协调可再生能源的产出与需求，有利于提升可再生能源的整合。



03

韧性和可靠性：智能电网通过集成数字平台和5G移动网络，实现更高效的能源分配和管理。凭借先进的监测和控制功能，电力公司可以对服务中断进行快速检测和响应，有助于维护电网安全，最大限度减少客户服务中断，确保电网高度可靠。



04

积极参与能源市场：使用智能计量工具的智能电网可以赋能消费者积极参与能源市场。通过需求响应方案和分时定价，消费者可以积极调整能源消费模式，还可以将屋顶太阳能电板产生的余电卖给电网。智能电网通过赋能运营商管理不同电压水平的多样化电流，并确保输电网与配电网之间具备充分的互操作性，从而为消费者灵活参与能源市场创造条件。



05

增加选择和灵活性：得益于智能电网，实时定价市场为消费者管理能源消耗提供了更大的灵活性。实时定价市场可以提供关于电力消耗模式的重要数据，有助于更准确地跟踪发电相关排放。智能电网可以加快实时定价市场的使用，鼓励用电需求转移至可再生能源发电量更高的时段，同时降低价格，帮助客户挖掘储能价值。



科技有助于降低脱碳对新电网的需求

许多电网正在计划快速增加可再生能源发电量。放在以前，鉴于可再生能源的间歇性输出特征，这种转型需要公用事业企业投入大量新电缆和变压器。然而，受益于数字技术驱动的干预机制，在某些情况下，仅需要较少的实体设备即可应对电压频率和谐波问题，从而降低成本。

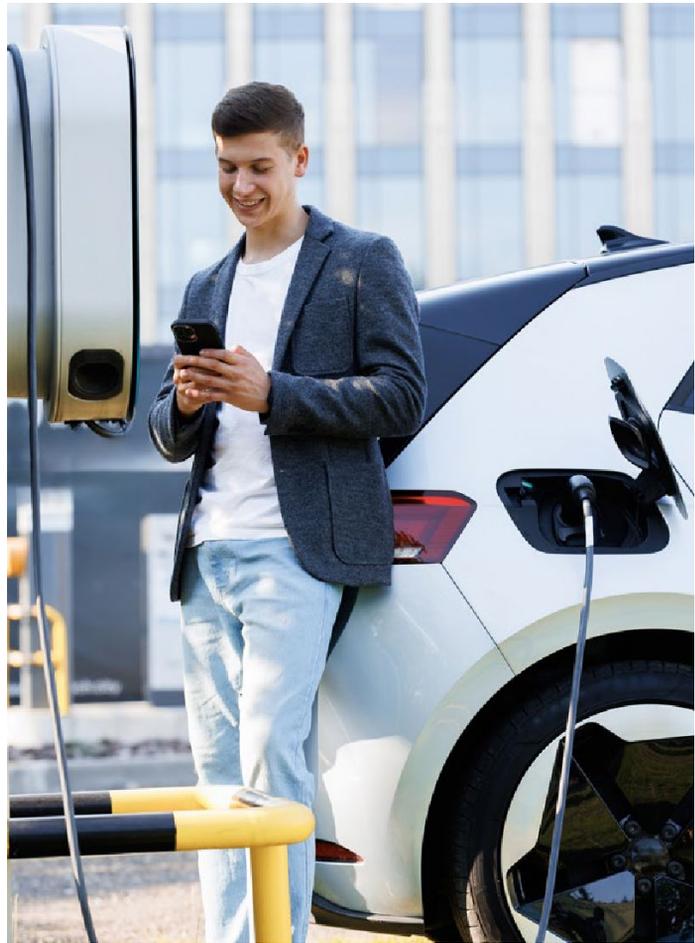
中国使用全长2,383公里的酒泉-湖南输电线路（绿色西电东送工程）产生的实时数据提高效率，最大限度降低损失。¹⁴

数字化技术有助于提升资产开发速度和效率，通过采用预测性维护取代定期现场施工，在为远程维护创造条件的时候，还有助于减少或避免停电的情况。远程维护可以使用数字孪生技术对设备进行模拟，降低运营风险。一般来说，智能电网更具韧性，自我修复能力更高，需要的人工干预较少。

未来之路：成功部署智能电网

智能电网为消费者和公用事业企业带来许多好处，包括电价更具性价比、可靠性提升、电网管理改善和可再生能源整合。尽管存在诸多优势，但部分公用事业企业迟迟认识不到智能电网的重要意义，无法理解可再生能源间歇性的影响以及消费者与供应方之间关系的转变。

随着能源格局快速变化，我们认为公用事业企业必须全力采用智能电网技术，以改善电网管理，降低运营成本，加快能源转型。



¹⁴毕马威中国，《智能电网：通过技术投资推动脱碳》之“中国 — 垂直整合的电力市场”章节，2023年。



公用事业企业通过系统解决以下重要领域存在的问题，可以为成功部署智能电网技术铺路，释放智能电网潜力。

1

推动文化转型：

- 开展全面培训计划，向员工普及智能电网技术知识。
- 持续提供支持，鼓励内部采用并适应新流程。对拥抱变革的员工给予认可和奖励。
- 培养创新型和敏捷型文化素养，对试用新技术的员工给予奖励。

2

加强网络安全：

- 实施网络安全认证和定期审计，以确保符合行业标准。
- 部署安全访问技术，如双因素身份验证。
- 进行常规渗透测试和漏洞评估。
- 持续对员工进行培训，让其了解领先网络安全实践，并建立明确的事件报告渠道。

3

职业道德和数据保护方面的考虑：

- 评估升级数据访问权限和控制的道德影响。
- 制定稳健的数据保护法律合规框架。
- 制定清晰的指引，确保以符合道德的方式处理消费者数据。
- 在数据流程中实施透明度和问责机制。

6

积极合作：

- 与能源生态系统中的利益相关方合作，包括能源生产商、监管机构、消费者和政策制定者。共同制定战略，快速扩大可再生能源发电和储能规模，建立更具韧性的能源体系。
- 促进融资便利，出台法规制度，以鼓励投资。监管机构可以发挥至关重要的作用，激励能源公司投资电网基础设施，推动能源体系低碳转型。监管机构可以提供资金、建立监管框架和实施基于绩效的激励措施，推动可持续电网基础设施投资，从而实现上述转型目标。

5

监测和评估：

- 制定衡量智能电网效率的性能指标和关键性能指标。
- 定期进行评估，识别需要改进的领域。
- 征求利益相关方反馈意见，主动解决问题。
- 关注新兴趋势，推动持续创新。

4

整合数字平台：

- 投资数字平台，实现无缝数据整合。
- 使用先进分析技术，生成可以付诸实践的洞察。
- 利用实时数据提升运营效率。
- 促进与技术合作伙伴的协作，建立稳健的数字基础设施。

7

启动电网开发战略：

- 确保电网投资战略有效响应能源政策，并部署灵活的智能电网，包括实现净零目标所需的先进解决方案。
- 在电网开发与数字战略之间建立必要的联系。
- 实施敏捷的投资决策框架和工具，评估传统电网解决方案以及新的先进解决方案的成本和效益。
- 制定有说服力且稳健的投资策略，为向监管机构提交的文件提供支撑。
- 确保在智能电网开发过程中咨询利益相关方和能源消费者，并确保整体开发战略体现他们的意见。
- 确保制定有效的方案和项目管治及鉴证程序，助力智能电网资产组合的交付。

从威胁到反脆弱： 公用事业企业韧性 框架

将韧性铸入企业

Janet Rieksts Alderman, 毕马威加拿大风险咨询合伙人兼董事会智领中心联席主席

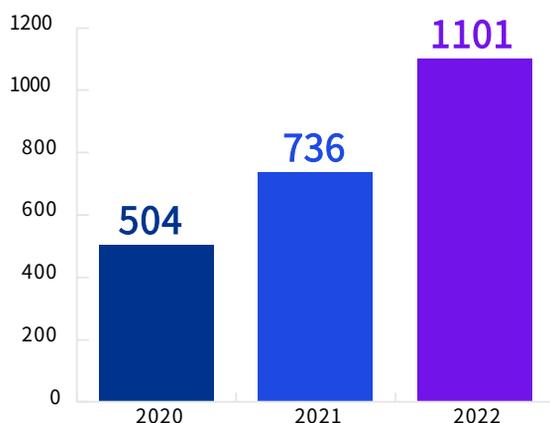
Vikas Gaba, 毕马威印度电力及公用事业行业主管合伙人

Ronald Heil, 毕马威国际能源及天然资源行业全球网络安全负责人兼毕马威荷兰合伙人

Ramit Malhotra, 毕马威印度总监

从自然灾害、技术威胁到人为造成的事件，再到近几年发生的紧急卫生事件，电力系统目前面临各种风险和威胁。此类威胁对电力公用事业的可靠性、安全性和韧性构成重大风险，可能导致大面积停电、经济活动中断，危及公用安全。2022年，全球能源行业内，单次数据泄露造成的平均损失创历史新高，达到472万美元。¹⁷幸运的是，电力及公用事业企业的首席信息安全官可以采取有效方法，帮助企业 and 所有干系人建立更强的抵御能力。虽说威胁的数量和复杂程度增长了不少，但可供使用的应对策略也不断涌现。毕马威专业人员确定了公用事业企业面临的增长最快、危害最大的威胁，并制定了实用的框架帮助公用事业企业做好准备，减轻并克服威胁。

2020年-2022年单个公用事业企业每周平均受到的网络攻击次数



*包括关键天然气和电力基础设施
资料来源：国际能源署分析（2023年）



2022年，全球能源行业内，单次数据泄露造成的平均损失创历史新高，

达到**472**万美元。¹⁸

“

从自然灾害、技术威胁到人为造成的事件，再到近几年发生的紧急卫生事件，电力系统目前面临各种风险和威胁。”

¹⁷国际能源署，《网络安全——电力系统目前是否落在后面？》，2023年。

¹⁸同上。



气候相关自然事件

电力系统历来易受地震和极端天气等自然事件威胁。在世界许多地区，气候变化正增加风暴和洪水的频率和严重程度。美国过去二十年内导致大规模停电（影响至少50,000名客户）的极端天气事件比例平均达到90%，这段时期内每年至少

达到75%，某些年份甚至达到（或近乎达到）100%。¹⁹为了更好地应对未来的风暴，地方公用事业企业可以建立紧急恢复系统和24小时控制室，实时监控关键变电站的故障和响应团队。

公用事业企业可以强化企业范围内的准备程度和战略规划（这是富于韧性的企业的两个关键特征），更好地预测和减轻气候灾害对电网基础设施和服务的影响。

技术威胁与日俱增

恶意行为者和犯罪集团对实体资产和业务流程构成持续风险。2015年12月，乌克兰多家电力公司遭遇一起网络攻击，影响该国西部20多万客户，持续时间达数小时。²⁰上述公司事后发现信息技术、监控与数据采集系统（SCADA）及设备控制系统存在安全漏洞，员工的应对方式也存在缺陷。基于此，企业后续着力改进恶意软件监测，并开展员工网络安全培训。

近年来，许多国家的能源公用事业企业均在努力确保数字基础设施安全，但由于客户大量采用数字设备，企业面临的威胁日益增长。

这在一定程度上是因为采用电动汽车、家用发电和电池储能系统的消费者需求增加，其中电池储能系统存在向电网供电和从电网取电两种情形。此类趋势可以提高客户的自主权，但也会引发新的风险，因为上述设备和其他设备大部分现在均连接至数据网络，显著增加网络攻击风险。

如果遭遇攻击，迫使市内数千辆正在充电的电动汽车在充电与向电网供电之间同时循环，可能造成本地电网出现大规模意外峰值，智能家电也可能受到类似攻击。公用事业企业应向技术制造商说明情况，劝说提高电动汽

车和其他联网电器网络安全标准，包括促进制造商遵守政府网络安全指令，并审视公司对此类攻击的抵御能力。

公用事业企业可以通过有力的技术投资和网络安全举措，并为员工和客户培训和支持，以缓解此类威胁。这些措施有助于加强公用事业企业对网络攻击的抵御能力，同时保护关键系统和客户数据。利益相关方还可以考虑制定法规，建立共同负责的生态系统，合力确保生态系统和个体公司的安全。

¹⁹国际能源署，《转型中的电力系统》，2020年。

²⁰信息系统审计与控制协会（CISA），《对乌克兰关键基础设施的网络攻击》，2021年。

为什么运营技术应该由运营团队掌管

运营技术是用于管理公用事业等行业的工业流程。当运营技术走向数字化时，信息技术服务部门通常接手一些工具的管理，并负责网络安全。在某些情况下，管理工作无人接手，因为谁是最最终负责人往往界定不清。然而，随着数字化规模扩大，现在有充分的理由将运营技术（包括用于运营的信息技术与专用运营技术硬件）与企业信息技术独立开来，明确由运营团队负责运营技术以及相关工作。企业信息技术是指公司经营所需的任何信息技术，但与发电、电力输送或产品制造等直接运营工作无关。此类系统移交有利于防止运营与企业信息技术之间不必要、不可控的连接不断增加，有助于提升安全、强化责任和降低复杂性。

例如，某仓库依赖条形码和扫描仪来管理库存变动。此类数字工具通常由信息技术部门管理。然而，当发生故障时，受影响的是运营部门。在最近几起供应链事件中，所涉公司有能力生产产品，但由于信息技术问题不能发货。某些首席信息安全官（CISO）不愿将此类运营技术的控制权交给首席运营官（COO），但鉴于COO是运营负责人，CISO和信息技术管理人员要做的是提供支持，而不是要求控制权，同时积极配合，让每个人了解情况，并在大方向上保持一致。

脱碳可能导致电网不稳定

发电脱碳需要用数量庞大、输出不稳定且往往不可预测的可再生能源机组取代数量小、高度可控的化石燃料发电厂，导致电网韧性降低。随着社会对可再生能源的依赖日益增长，供需匹配难度增加，尤其是在傍晚需求高峰期（此时太阳能输出通常很低或为零）。要解决这一问题，公用事业企业可以投资负载均衡基础设施（如抽水蓄能电站和电池），采用实时电价市场（高峰期定价较高），鼓励消费者将需求转移到其他时段。

随着社会日益依赖电力，并将实体流程数字化，其他现有威胁正在加剧，更加凸显电网有效运转的重要性。

据国际能源署估计，2021年，仅电网内部技术故障和设备故障引发的停电事故导致全球经济损失高达至少1,000亿美元。²¹停电事故的主要经济影响源于业务中断、供应链中断和设备损坏导致的生产力下降。

公用事业企业可以利用并加强战略规划和技术创新，以此适应向可再生能源转型带来的挑战，确保电网稳定可靠。

“

据国际能源署估计，2021年仅电网内部技术故障和设备故障引发的停电事故导致全球经济损失高达至少1,000亿美元。²²”

²¹国际能源署，《电网与安全能源转型》，2023年。

²²同上。

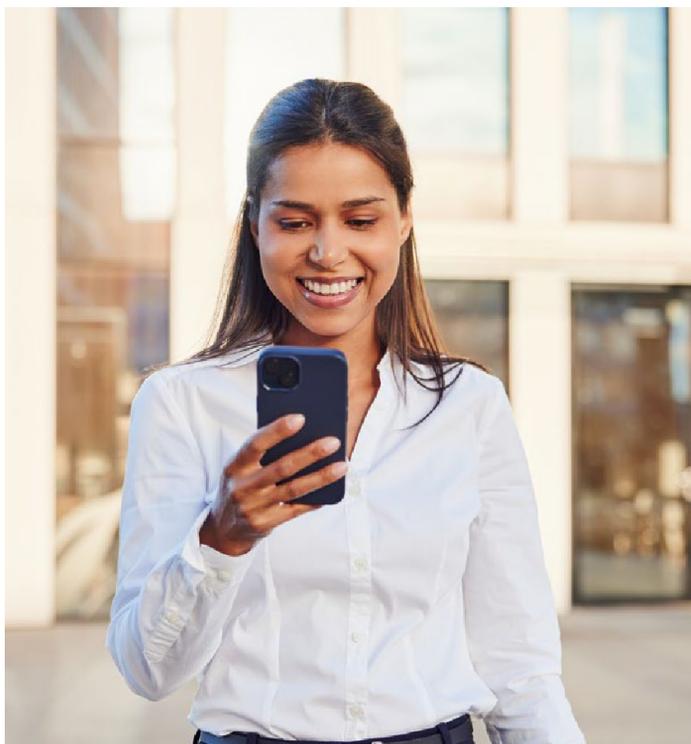
作为社会成员：在健康危机中转变认知

电力及公用事业行业应做好应对全社会紧急情况准备。虽然公共卫生事件没有威胁到电力供应，但给公用事业企业带来了各种问题，包括消费减少、延期支付和回款困难带来的收入下降。美国公用事业企业获得了短期债务融资的机会。印度部分公用事业企业向消费者提供折扣，鼓励消费者自己提供仪表读数，因为工作人员无法上门读数。

最后，电力及公用事业企业应该积极应对认知方面的威胁。实现净零排放需要大量投入，但客户、监管机构和政策制定者往往抵制收费上调，而收费不上调，公用事业企业的各种投入将无资金来源。在某些情况下，政府要求公用事业企业实现相互冲突的目标，例如既要推动脱碳，又要保障供应。但是，供应安全目前离不开碳排放高的燃料。

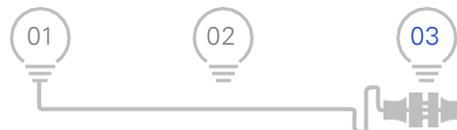
公用事业可以通过培养财务韧性和企业范围内的准备程度，抵御经济衰退和外部危机，保持服务连续性，并在需要时为社区提供支持。

韧性和反脆弱能力框架



为了应对种种威胁，电力及公用事业企业可以利用以下框架提高抵御能力，继而向构建反脆弱能力迈进，在整个组织中嵌入主动抵御能力。这个框架包括五个方面需要立即采取的行动以及考虑的因素：组织、技术、财务、规划以及员工和客户。

“
为了应对种种威胁，电力及公用事业企业可以利用以下框架提高抵御能力，继而向构建反脆弱能力迈进，在整个组织中嵌入主动抵御能力。
”



富于韧性的企业的重要特征：

组织	监测企业和业务部门层级的准备情况、灵活性和有效性
技术	部署数字赋能型系统，将重点放在升级现有基础设施上
财务	建立流动性管理和财务回款机制
规划	了解各个层面的运营风险，制定供应链缓解措施
员工、客户	实施领先的危机管理策略，确保员工和客户的健康和安全

韧性框架：需要采取的行动

组织	在投资规划阶段将韧性作为重要标准嵌入企业	制定并定期更新灾害应对计划，纳入新技术	明确界定专门负责实施韧性战略的治理架构
技术	通过部署先进计量基础设施和先进的信息技术/运营技术解决方案，增强网络可视性和远程控制能力	通过实施审批流程、文件管理和工作流程系统的数字化，来重视数字治理	通过部署无人机、停配电管理系统、预测性维护模型和传感器，提升关键运营的数字化水平
财务	提高客户意识，免除数字支付处理费用，提升数字支付的受重视程度	与中央和地方政府、企业社会责任基金、客户和其他机构合作建立抗灾基金	开发新保险产品，确保有能力快速调动资金
规划	确定并部署系统强化措施，如动态电路重构与网络孤岛	启用分布式能源解决方案，包括使用插电式电动汽车和微电网（尤其是对于临界负载）	进行漏洞测试 演练，包括模拟网络攻击和技术故障
员工、客户	制定客户和员工安全指南，确保员工接受应急响应计划方面的培训	制定稳健的客户互动机制，以及关于主动向客户提供最新信息的规定	确保定期进行独立的安全审计

虽然改进技术、财务机制和规划均很重要，但营造有韧性的企业文化是基础性工作。所谓有韧性的企业文化，是指企业拥有快速有效的治理流程，可以迅速做出决策，还指培养员工的能力和信心（因为在这一行，员工往往深思熟虑，一干就是多年）。这意味着企业需要谨慎进行变革管理。

我们认为，当机遇出现时，文化富于韧性的公用事业企业可以更好地抓住机遇，即使这需要企业改弦更张。某核电站运营商本来准备应对业务衰落，但当本国政府承诺开发核能，该公司转而计划建造商业性小型模块化反应堆，及时抓住机会。

目前，许多公用事业企业的策略是在危机发生后再做出反应，而不是将韧性融入日常工作和组织文化中。采取后一种方法有助于企业练就抗脆弱能力（即从挫折中吸取教训，并变得更加强大的能力），从容应对日常挑战和偶发性灾难。





毕马威，值得信赖

毕马威电力及公用事业行业专业人员与能源公司合作，协助制定和执行能源转型计划。毕马威员工帮助企业评估机遇，制定计划，分配资金，并撰写项目成果报告。凭借协助客户评估和解决能源转型挑战方面的经验，毕马威被众多分析师报告评为行业领导者。

毕马威获评为全球气候咨询领导者

根据Verdantix报告《Green Quadrant: 2023年气候变化咨询》，毕马威在气候风险与机遇评估及适应情况披露方面处于领先地位。毕马威咨询人员在企业、投资组合和产品层面拥有丰富的监管经验，涵盖自愿和强制性披露框架。毕马威在针对气候相关财务信息披露工作组（TCFD）建议组建的国际气候倡议（iCI）工作小组中担任领导角色，是毕马威领导力的证明。有关更多信息，请单击[此处](#)。

资料来源：

《Green Quadrant: 2023年气候变化咨询》2023年6月

毕马威再度获评为最受认可的能源及天然资源行业咨询品牌

在一项针对325名具有采购权限的能源及天然资源行业高管、董事和高级管理人员的全球调查中，毕马威在提示知名度方面排名第一。提示知名度是指受访者选择自己了解的服务机构的速度。这项由Source进行的研究要求参与者从全球15家顶尖咨询机构名单中选择三个他们最愿意深入讨论的品牌。除了在提示知名度这项指标中被列为全球能源和资源资源行业首选咨询品牌外，毕马威在协助客户建立未来适应力，以应对变革方面的实力也获得了高度认可。

有关更多信息，请单击[此处](#)。

毕马威获评为能源与环境领域全球最佳管理咨询公司

毕马威获《福布斯》评为世界最佳管理咨询公司之一，在包括能源和环境在内的所有27个行业和类别均获得星级赞誉。毕马威能源和环境专业人员因“全球数千名客户和顾问的力荐”，被《福布斯》授予五星评价。此次年度排名是对毕马威为全球商业和公用部门客户提供洞察和优质咨询服务的能力的认可。企业负责人信赖福布斯的年度榜单，以此帮助他们评估管理咨询公司，同时寻求合作伙伴来推动他们的战略计划。如需了解更多信息，并查看完整排名，请单击[此处](#)。



鸣谢

本刊的规划、分析、编纂和出版得益于全球各地同事的鼎力协助。特此鸣谢SA Mathieson、Lyndie Dragomir、Maria Mallinos、Erin Dods和Nicole Duke。

以下人士亦对本刊物有重要贡献：

Roy Ankan

副总监
运营咨询
毕马威澳大利亚

Meret Keeris

高级咨询师
网络安全运营
毕马威荷兰

Colm O'Neill

公用事业及电信行业
业主管合伙人
毕马威爱尔兰

Jihane Ben Amar

高级咨询师
运营与绩效战略
毕马威法国

Devan Kinghorn

副总监
科技行业管理咨询
毕马威爱尔兰

Kimberley Sorensen

总监
技术战略与架构咨询
毕马威美国

Tate Anderson

咨询主管合伙人
电力及公用事业行业
毕马威美国

Terence McGovern

总监
可持续发展
毕马威爱尔兰

Marine

Grzebieniewski

高级经理
运营与绩效战略
毕马威法国

Karyn Mercer

合伙人
数据与云咨询
毕马威澳大利亚

毕马威中国联系人



蔡忠铨

亚太区能源及天然资源行业主管
能源及天然资源行业主管合伙人
毕马威中国
电邮: alex.choi@kpmg.com



沈莹

能源及天然资源行业咨询主管合伙人
气候与可持续发展主管合伙人
毕马威中国
电邮: daisy.shen@kpmg.com



李晓晨

电力及公用事业行业主管合伙人
毕马威中国
电邮: xiaochen.li@kpmg.com



张龙华

能源及天然资源行业
信息化咨询主管合伙人
毕马威中国
电邮: longhua.zhang@kpmg.com



贲晓光

数字化咨询合伙人
毕马威中国
电邮: kevin.ben@kpmg.com



沈诗文

能源及天然资源行业
信息化咨询合伙人
毕马威中国
电邮: sophie.s.shen@kpmg.com



付强

能源及天然资源行业
审计主管合伙人
毕马威中国
电邮: oliver.fu@kpmg.com



李威信

能源及天然资源行业
香港审计主管合伙人
毕马威中国
电邮: wilson.lee@kpmg.com



成雨静

能源及天然资源行业
华东及华西区审计主管合伙人
毕马威中国
电邮: yvonne.cheng@kpmg.com



陈子民

能源及天然资源行业
华南区审计主管合伙人
毕马威中国
电邮: tyron.chen@kpmg.com



杨德银

工业、汽车和能源行业税务合伙人
毕马威中国
电邮: steve.d.yang@kpmg.com



谭礼耀

基建、电力及公用事业行业
国际税务咨询合伙人
毕马威中国
电邮: laiyiu.tam@kpmg.com

kpmg.com/drillingdown

kpmg.com/socialmedia



本刊所载资料仅供一般参考用，并非针对任何个人或团体的个别情况而提供。虽然本所已致力提供准确和及时的资料，但本所不能保证这些资料在阁下收取时或日后仍然准确。任何人士应在没有详细考虑相关的情况及获取适当的专业意见下依据所载资料行事。

© 2024 毕马威华振会计师事务所(特殊普通合伙) — 中国合伙制会计师事务所，毕马威企业咨询(中国)有限公司 — 中国有限责任公司，毕马威会计师事务所 — 澳门特别行政区合伙制事务所，及毕马威会计师事务所 — 香港特别行政区合伙制事务所，均是与毕马威国际有限公司(英国私营担保有限公司)相关联的独立成员所全球组织中的成员。版权所有，不得转载。在中国印刷。

毕马威是一个由独立的专业成员所组成的全球组织，提供审计、税务和咨询等专业服务。毕马威国际有限公司(“毕马威国际”)的成员所以毕马威为品牌开展业务运营，并提供专业服务。“毕马威”可以指毕马威全球组织内的独立成员所，也可以指一家或多家毕马威成员所。有关毕马威架构的更多详情，请访问 kpmg.com/governance。

毕马威的名称和标识均为毕马威全球组织中的独立成员所经许可后使用的商标。

在本刊中，“我们”、“毕马威”和“我们的”指全球组织毕马威国际有限公司或其一家或多家成员所。毕马威国际及各成员所均为各自独立的法律实体。

刊物名称: Plugged In magazine: (《电力之光》) | 刊物编号: 138492-G | 出版日期: 2024年4月

本刊物经毕马威国际授权翻译，已获得原作者(及成员所)授权。如本中文译本的字词含义与其原文刊物不一致，应以原文刊物为准。