

Pathfinder  
白皮书

2023年7月



# 构建可持续型企业边缘

委托方：



# 执行摘要

随着企业数据量呈指数级增长，以及基础架构变得越来越分散，清晰的边缘战略对于实现 IT 和 OT 成功至关重要。虽然超分布式基础架构有诸多优势（轻型、去中心化、低延迟），但也面临特殊的可持续发展挑战。尽管许多组织已经开始有意识地改善传统基础架构的可持续性，但他们仍需多加关注发展势头正劲的企业边缘的可持续性。企业边缘正越来越多地为全新的任务关键型数字工作负载和应用程序提供支持。

要全面了解边缘计算对企业可持续发展目标的影响，企业必须将“边缘部署”和“边缘使用”场景纳入考量。

在“边缘部署”方面，需要考虑如何在兼顾可持续发展的同时，更好地构建边缘计算能力；在这方面，企业不仅会面临挑战，也会获得同等的机遇。新的边缘位置可以采用现代化的电源管理和散热方法，包括利用更容易再生的能源和更高效的计算。在边缘本地处理数据可以最大限度地减少数据传输，帮助网络和云合作伙伴改善脱碳工作，从而降低企业的范围 3 排放量。与此同时，边缘基础架构更加分散，缺乏云的群聚效应和集中化的可持续发展优势，这是企业做决策时不得不考虑的现实问题。

在“边缘使用”方面，支持边缘和物联网的应用场景可以提高效率、优化流程，并提供可执行的数据驱动型可持续发展见解，这对于帮助企业达成可持续发展目标非常重要。如今，大约四分之一的企业将可持续发展和/或 ESG 指标跟踪作为边缘和物联网计划的一项驱动因素。虽然利用技术来支持可持续发展目标这一做法尚不成熟，但随着企业战略与不断发展的 ESG 要求和目标逐渐达成一致，支持 IT 和边缘的可持续发展方法可能会越来越重要。

## 主要研究结果

- **企业数据量和相关电力需求正在呈指数级增长。** 低延迟的边缘关键型工作负载所需的数据量预计到 2027 年将以 80% 的 CAGR 增长，能源需求预计将以 87% 的 CAGR 增长。
- **边缘将处理大量计算需求。** 在此期间，62% 的数据量和 68% 的电力需求来自本地或附近的边缘地点（其余来自核心数据中心和/或云）。
- **对于可持续发展规划，企业必须考虑边缘和云位置的布局。** 例如，新建的边缘位置可以利用现代化数据中心技术来促进“绿色发展”。但是，相较于更为集中化的云基础架构，边缘位置更加分散，带来了独特的可持续发展挑战和机遇。
- **支持边缘的应用场景可以有效促进可持续发展。** 更加完善且支持边缘的生产线可以更高效地运行；智能建筑可以在本地分析照明、能源使用情况和其他数据，从而促进可持续发展。
- **企业的可持续发展规划，以及可推进规划进程的边缘使用均处于初期阶段，这些都带来了重大发展机遇。** 仅 43% 的企业正式设立了环保目标，还有 52% 的企业仍处于目标规划阶段。借助边缘/物联网直接影响可持续发展的举措同样处于初期发展阶段，仅 25% 的企业将可持续发展作为边缘/物联网部署的一项驱动因素。

# 边缘计算的诞生

边缘计算广义上是指在数据产生的位置附近，以及在超大规模云等集中式位置之外运行的计算资源。现在，历经演变，边缘包含多种地点和形态。本地可以指从单个系统服务器或网关，到室内微型数据中心装置在内的任何设备。但是如今，边缘的定义更加丰富，它还包括提供边缘即服务的附近地点，比如区域数据中心/托管设施或电信提供的多接入边缘计算 (MEC) 地点。

随着企业收集更多高价值的边缘数据，并将这类数据馈入新的任务关键型数字应用场景，他们面临一个重要的问题：最适合运行这类工作负载的地点在哪里？很多情况下，这类数据最适合的存储、处理和分析地点是数据生成的位置，即附近的边缘地点，而且这种情况越来越多。在大多数边缘应用场景中，依赖本地之外的网络会带来不可接受的可用性风险。在某些场景中，将数据发送到云的成本过于高昂，也可能带来性能或延迟问题。在其他情况下，出于数据主权或隐私考虑，或者带宽不足或其他限制因素，数据无法离开边缘。

除了其驱动作用，边缘计算还意味着重要性日益增加的基础架构层，可满足不断成熟的数字转型项目和许多企业每日生成的海量数据需求。因此，边缘被部署到各个行业和应用场景的多种环境中。它可能是医院走廊中的服务器机柜，可以在本地存储患者数据以降低风险；可能是生产线上的本地边缘设备，可降低任务关键型应用程序的延迟；或者是新兴的 MEC 基础架构，可处理日益互联的设备的实时数据需求。随着人们对边缘需求的增长，企业对边缘的采用正日渐成熟，并将在短期内使其成为现实。

- 根据 451 Research 《Voice of the Enterprise: Edge Infrastructure and Services, Sourcing 2022》的调查结果，2023 年，56% 的企业在使用边缘计算基础架构，28% 的企业在进行试运行或概念验证。
- 随着 79% 的企业计划在 2023 年加大对边缘的投资（根据上述调查，32% 的企业计划“大幅”增加边缘投资），投入边缘的资金预计将进一步增长。

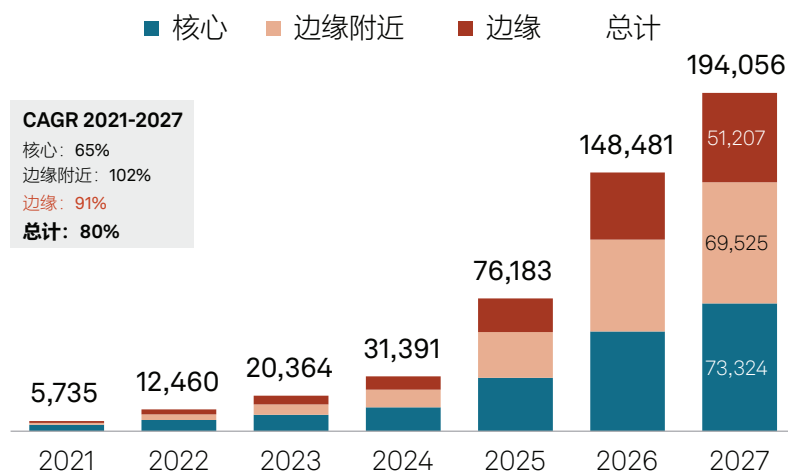
由于数据巨幅增长，同时企业认识到数据带来的巨大商业和经济价值，边缘采用和支出也随之增加。

例如，451 Research Market Monitor 针对美国八个关键行业的低延迟工作负载进行了分析，得出以下预测结果：到 2027 年，总数据量将从 5,700 PB 增至 194,000 PB，以 80% 的年复合增长率 (CAGR) 增长。2022 年，52% 的数据在核心或云处理；到 2027 年，该比率预计下降到 38%，因为各种本地和附近的边缘位置将承担更多的负载处理工作（见图 1）。

具体来说，虽然整体的低延迟工作负载数据量预计将以 80% 的 CAGR 增长，但在这期间，边缘数据量预计将以每年略低于 100% 的平均速度增长。

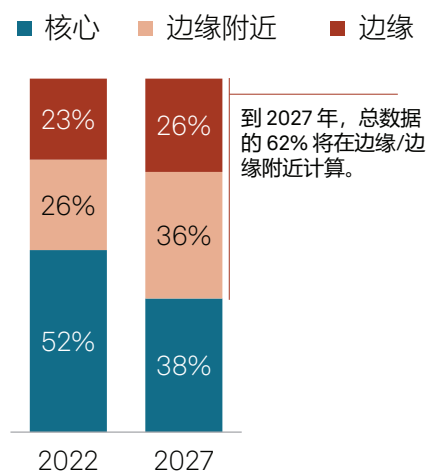
图 1：2021-2027 年美国低延迟工作负载的数据计算总量（按位置划分）

### 数据计算总量 (PB) 初始分析和后续分析（按位置划分）



**CAGR 2021-2027**  
 核心: 65%  
 边缘附近: 102%  
 边缘: 91%  
 总计: 80%

### 不同位置的数据计算总量 (PB) 占比

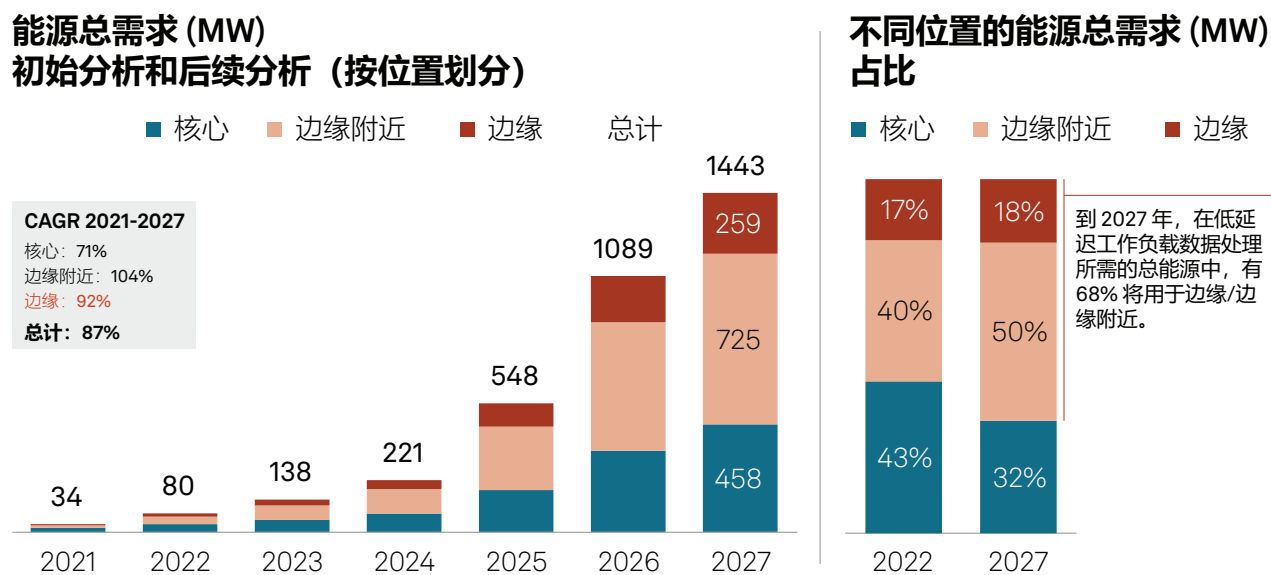


到 2027 年，总数据的 62% 将在边缘/边缘附近计算。

来源：451 Research 《Edge Workload Total Addressable Market (TAM) Analysis》，2023 年。

数据的大规模增长带来另一项挑战：处理所有这些数据所需的服务器和数据中心需要大量的电力才能运行。根据该 451 Research 分析报告，在这期间，全新的数字驱动型、数据密集型工作负载对于电力的需求将以 87% 的 CAGR 增长，从 34 MW 增长到超过 1,400 MW；到 2027 年，68% 的总电力需求由各种边缘位置产生（见图 2）。

图 2：2021-2027 年美国低延迟工作负载的总电力需求（按位置划分）



来源：451 Research 《Edge Workload Total Addressable Market (TAM) Analysis》，2023 年。

要评估如此大规模的数据处理对电力和能源带来的影响，需要进行非常复杂的计算。不只需要考虑主计算基础架构及其相关的电力负载，还要考虑影响企业可持续发展评估结果的各种辅助事项。首先，大型数据中心具有巨大的散热需求，会对当地的供水系统造成压力。数据也会在不同的地点之间移动，在电信网络和超大规模业者的云位置之间来回回传和传输。这类数据输送如今由包括耗电的无线网络和数据中心在内的电信设施进行处理。使用云服务并来回发送数据的企业，必须考虑合作伙伴基础架构在可持续发展方面对其脱碳目标的影响。

# 企业可持续发展和边缘

环境、社会和治理 (ESG) 问题几乎已成为企业董事会讨论的一项首要议题。在全球层面，2015 年就气候变化议题达成的《巴黎协定》以及随后召开的联合国气候变化大会，使得政府和立法机构设定了 2030 年让全球的碳排放减少 50% 的减排目标。该目标已写入各国的法律条文中。例如，2020 年订立的《欧洲绿色协议》不仅设定了排放目标，也开始针对循环经济、建筑改造、生态多样性、农业和创新制定相关法律。循环经济和創新方面的法律推动了企业 IT 变革。

这些规定推动可持续发展成为各领域企业的要务。世界经济论坛发布的《Global Risks Report for 2023》称，无法缓解和适应气候变化是企业在下一个十年面临的两项首要风险。但是，对 S&P Global Sustainable<sup>1</sup> 数据的 [2023 年 2 月份分析结果](#) 显示，仅有五分之一的企业针对适应气候变化引发的物理风险制定了相关计划。

针对该白皮书中提出的目标，温室气体核算体系以范围 1、2 和 3 排放量为标准，对可持续性进行衡量。包含现场发电设备的企业数据中心或设施适用于全部三种范围：范围 1 适用于直接生成的电力；范围 2 适用于所消耗的但并非由自身生成的电力；范围 3 适用于材料施工和系统产生的碳排放，及其停用、翻新、再利用、回收和处理过程产生的碳排放。与此同时，云和多租户数据中心提供商也为三种范围的排放负责；但是，他们的客户通常会将他们的碳排放划分为范围 3 排放（企业价值链）。

企业考虑 IT 工作负载（尤其是全新的数字工作负载）的放置地点时，必须核算边缘和云位置的性能和成本/效益。更适合保留在本地边缘或附近边缘服务位置的工作负载，适用于全部三种范围：

- 需要低延迟和/或高带宽的应用程序，比如金融行业的超低延迟、高频交易系统，或生产线上的高带宽计算机视觉工作负载。除这些技术考量因素之外，缺少可行的国家/地区内云选项或需要高额的数据迁出费用，也会使工作负载留在本地或边缘。
- 任务关键型旧式系统，通常是无法承受任何形式中断的本地生产控制系统（如 SCADA 系统）。这类工作负载通常在本地的安全隔离网络中运行，或有其他安全需求，或因为使用非标准协议所以不得不在本地进行数据处理。
- 政府和行业监管部门设立了相关法律，要求数据驻留或数据主权，禁止将数据迁移到超大规模云提供商。

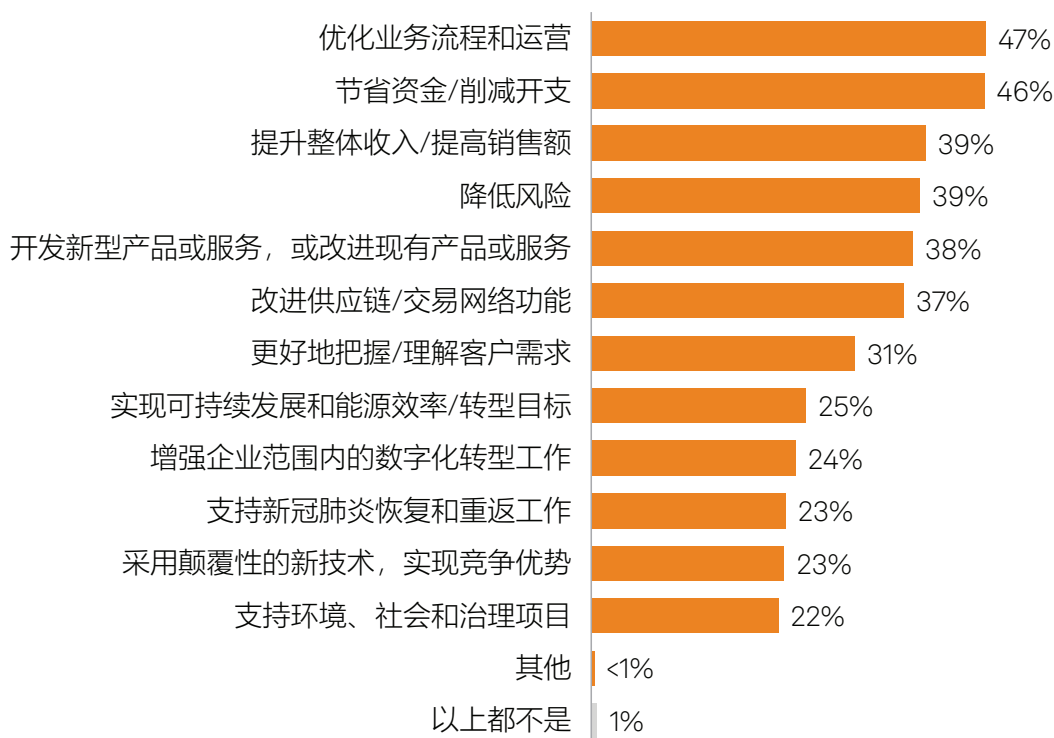
在很多情况下，这类工作负载位于非受限、非数据中心位置（例如零售后台办公室）或工厂车间附近。相较于云和多租户数据中心提供商的超大规模所带来的经济性，以及他们所拥有的电力和散热专业知识，以这种方式部署的“边缘”通常很难具备可持续发展方面的优势。也就是说，我们需要的是更为现代化、精心打造的边缘（本地和附近即服务边缘位置）部署方法，以此打造边缘特有的优势。要实现这一点，离不开清晰的规划：

- **如果规划不当，会造成本地边缘位置的基础架构倍增，引发更多的可持续发展问题。**例如，任务关键型数据中心或附近边缘位置可能需要不间断电源、本地发电和设计冗余，其中的每一项都会带来可持续发展挑战。即使边缘位置最初不需要这种基础架构，随着它为更多的关键工作负载提供支持，也很可能会发展为这种基础架构。来自 451 Research 的《Voice of the Enterprise: Edge Infrastructure & Services, Budgets and Outlook 2023》调查报告显示，在不断增长的边缘地点更新现有技术的基础架构是如今导致边缘支出增加的首要原因，特别是在边缘支持的业务关键型工作负载越来越多的情况下尤为如此。
- **对于具有大量和/或高度分散的边缘处理需求的企业来说，边缘即服务提供了更具可持续性的替代方案。**随着本地带宽提高，以及本地数据中心/托管/MEC 设施增加，企业可以转而采用托管型边缘计算方案。因为这类地点有着和更大型的云/数据中心位置相同的诸多优势（共享基础架构、一定程度的集中化、强大的网络互联功能等），所以他们很可能会提供比高度分散的未受限本地边缘计算更具可持续性的边缘优势。边缘计算基础架构从完全本地演变为新型即服务模式，这种演变降低了成本，提高了效率，因而可以为更多的高度分散化本地部署提供支持。
- **电信运营商也在构建边缘计算位置，其为企业提供了额外的边缘即服务选项，进一步推动范围 3 可持续发展目标的实现。**对电信公司来说，边缘计算是尤其需要重点关注的事项，特别是在与新兴的 5G 网络基础架构相结合时。在很多情况下，5G 确实意味着更可观的边缘工作负载；在这种情况下，虚拟网络功能不仅在运营商的边缘位置（尤其是在分散各地的信号塔处）运行，而且也在托管的第三方边缘位置（例如本地数据中心伙伴）运行。对于需要边缘计算的企业来说，边缘/MEC 服务 + 5G 这一组合尤其实用，因为它将覆盖范围广泛的高速 5G 网络与附近边缘计算的高性能、低延迟优势相结合，又经常能够借助光纤回传数据，或将数据快速发送到云。此外，电信边缘/5G 设施可为企业带来直接的脱碳优势，因为其共享设施很可能更密集、更集中，所以比高度分散化的本地计算设备更具可持续性。最后，电信运营商可以受益于其自身的边缘部署，并帮助企业使用电信边缘和构建/运行自己的边缘。
- **全新边缘基础架构版本可提供重大的可持续发展机遇：使用现代化数据中心技术构建新的边缘位置。**这包括新的能源利用方法，比如使用气体发生器、免费的风冷散热和通过园区加热来抵消热量。此外，通过新型性能升级款芯片对服务器基础架构进行现代化改造，可以在能耗不变的情况下提升潜在的能源效率；改善服务器的整体设计，以此利用新型材料技术实现散热；使用相对更为先进的散热技术，例如液冷或浸没冷却技术。

# 边缘生成的见解助力实现企业级可持续发展优势

边缘是物联网诞生的助推剂之一，其将数据入口、数据处理和决策引入不受延迟和带宽限制或无需高额云成本的位置。支持物联网和边缘的可持续发展举措仍处于发展早期，但它可以利用数据见解来优化各个行业（制造业、公共事业、石油和天然气、运输等）的生产流程，并影响流程的整体构建和站点能源效率。根据 451 Research 发布的《Voice of the Enterprise: Internet of Things, the OT Perspective, Use Cases and Outcomes 2023》，相对来说，可直接影响可持续发展和 ESG 目标的项目发展还不够成熟，仅 25% 的企业称其物联网项目致力于达成可持续发展或能源转型目标，22% 的企业提到了要通过支持物联网的特定项目来助力 ESG 举措实施（见图 3）。但是，随着可持续发展成为更具分量的企业要务，希望这些数字也能随之改善。

**图 3：可持续发展、能源转型和 ESG 支持是工业物联网的关键驱动因素**



问题：以下哪些是贵组织物联网计划的驱动因素？请选择所有适用项。

受访者：所有受访者 (n=588)。

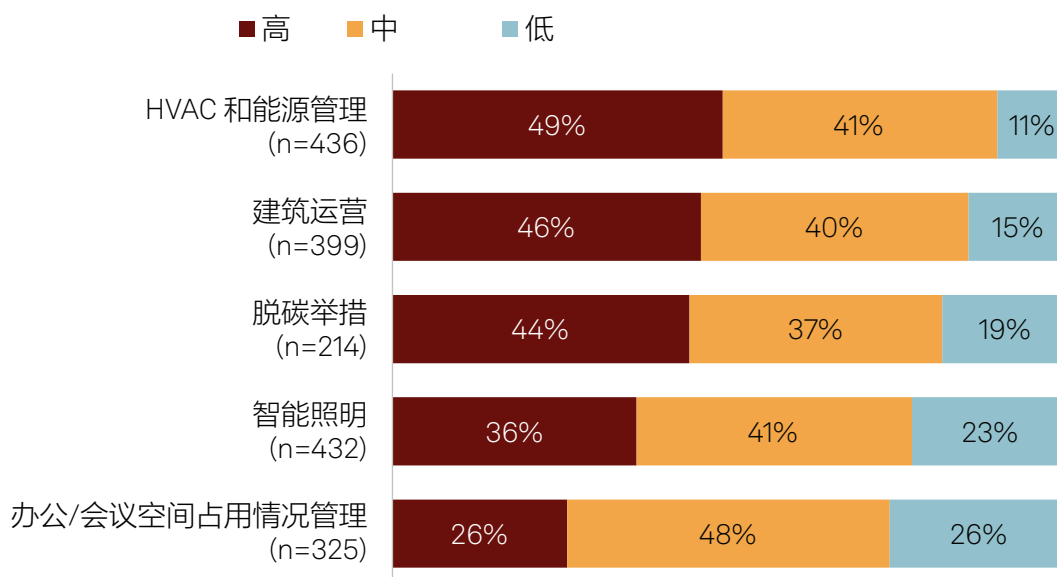
来源：451 Research 的《Voice of the Enterprise: Internet of Things, the OT Perspective, Use Cases and Outcomes 2023》。



其他应用场景间接但有力地影响可持续发展，包括利用边缘和物联网技术来优化企业流程和运营并降低风险（合规性、安全性、数据保护等）。无论是针对单个工厂还是整个供应链而言，打造更具可持续性的运营都是关键的工业优化目标。物联网和边缘也可以针对政府下达的 ESG 目标，推动企业在合规性风险管理方面的整体企业举措，包括降低数据泄露或不合规风险。

在推动工作的早期，可能会难以得出边缘可持续发展带来的确切节约成本，但我们可以清楚地看到边缘和物联网技术对企业可持续发展举措的影响。比如，从办公楼到工厂再到仓库，改善建筑物的可持续性。部分可持续发展应用场景，尤其是促进建筑物脱碳和优化整体建筑物运营的应用场景，对于企业建筑和站点方面的可持续发展举措具有显著影响（见图 4）。

**图 4：企业希望支持物联网/边缘的应用场景对建筑物的可持续性具有显著影响**



问题：对整体业务的影响。

受访者：所有受访者 (n=601)。

来源：451 Research 的《Voice of the Enterprise: Internet of Things, OT Perspective, Use Cases and Outcomes 2023》。

控制能源使用所带来的成本节约不仅对设施预算有直接影响，而且可以将节省的资金用于其他需要更长时间见效的可持续发展举措。

# 启示

虽然边缘计算正逐步走向成熟，并开始在多个行业垂直领域部署，但在边缘对可持续发展的影响方面，我们的观察和研究才刚刚开始。打造更高效、“更绿色”的边缘基础架构——无论是在自行管理的本地或附近位置，还是从数量攀升的边缘服务提供商处购得——是我们向前迈出的重要一步。除此之外，边缘可以提供促进关键企业流程转型和优化的见解，强力推进组织的可持续发展进程。

1. [西门子智能建筑基础架构, Desigo CC](#): 通过边缘解决方案打造高性能建筑

例如, 教育行业的设施管理者可以将教室调度软件同步到建筑物系统。通过了解教室何时占用, Desigo CC 可以在使用者到达教室前按照其喜好打开灯具, 重置温度, 禁用任何运动检测器, 或者调节百叶窗。下课后, 它能为教室门上锁, 将房间还原为空闲模式, 通过降低维护费用来减小开销, 并提高安全性, 降低能耗。Desigo CC 还可以使用需求响应程序, 帮助客户实现可持续发展目标。通过在用电低峰期从本地电力系统获取能源, 并在电力需求到达峰值时将获取的能源返还, 以此降低能源成本和碳排放。

2. [ATOS 案例分析](#): 通过边缘自动化流程, 减少 480 公吨二氧化碳排放

“得益于自动化和端到端监视功能, 在边缘环境维护和合规性方面, 我们节省了 66,000 小时的时间, 这意味着我们每年可减少约 480 公吨的二氧化碳排放, 对于零售业客户来说, 这个量相当可观。”Arnaud Langer, Atos 全球边缘与物联网高级产品总监

3. [Nature Fresh Farms](#)

Nature Fresh Farms 是一家种植非转基因生物的企业, 可持续发展是其头号要务。要推进可持续发展举措, 该公司需要可实现温度控制、电源管理和水利灌溉效率自动化且支持 AI 的边缘解决方案。

# 关于作者



## Tiny Haynes

### 全球边缘基础架构和服务首席分析师

Tiny Haynes 是全球边缘基础架构和服务部门的首席分析师。过去 12 年里，他一直从事数据中心、云和边缘计算、可持续发展和数据主权方面的工作。在此之前，他担任了 10 年的产品主管，负责构建和管理产品组合，实现托管。



## Rich Karpinski

### 物联网和工业转型首席分析师

Rich Karpinski 是物联网和工业转型部门的首席分析师，负责领导 S&P Global Market Intelligence 451 Research IoT and Applied Infrastructure 团队。在任职期间，Rich 跟踪、分析和预测各个行业和应用场景中物联网和数字技术采用的速度和方向。他还负责监管 451 Research 的物联网采用者季度调查和一年两次的运营技术 (OT) 专家调查。

## 关于本文

Pathfinder 白皮书将为决策者讲述有关特定技术或业务案例的相关问题，探索技术采用的商业价值，并针对决策过程中要考虑的事项和后续的具体措施提供建议。

## 关于 S&P Global Market Intelligence

S&P Global Market Intelligence 深知，准确、深刻且充满洞见的信息对客户十分重要。我们的专家团队能为客户带来新颖独到的洞见，以及卓越的数据和技术解决方案，他们将与客户携手合作，助力客户扩展视野、从容运营并果断决策。

S&P Global Market Intelligence 是 S&P Global (NYSE: SPGI) 的下属部门。S&P Global 是全球资本、商品和汽车市场中顶尖的信用评级、基准、分析和 workflow 解决方案提供商。我们精心打造每一项产品和服务，致力于帮助全球卓越组织把握经济形势，立足当下，制定面向未来的发展计划。更多详细信息，请访问 [www.spglobal.com/marketintelligence](http://www.spglobal.com/marketintelligence)。

## 联系人

美洲: +1 800 447 2273

日本: +81 3 6262 1887

亚太地区: +60 4 291 3600

欧洲、中东和非洲: +44 (0) 134 432 8300

[www.spglobal.com/marketintelligence](http://www.spglobal.com/marketintelligence)

[www.spglobal.com/en/enterprise/about/contact-us.html](http://www.spglobal.com/en/enterprise/about/contact-us.html)

版权所有 © 2023 S&P Global Inc. 的下属部门 S&P Global Market Intelligence。保留所有权利。

这些资料依据已公开正式发布以及来自可靠来源的信息编制，仅作参考之用。未经 S&P Global Market Intelligence 或其关联公司（统称 S&P Global）的事先书面许可，不得通过任何手段、以任何形式修改、逆向工程、复制或分发任何内容（包括指数数据、评级、信用相关分析和数据、研究、模型、软件或其他应用程序或由此得出的结果）或其任何部分（“有关内容”），或将有关内容存储在数据库或检索系统中。有关内容不得用于任何非法或未经授权的用途。S&P Global 及任何第三方提供商（统称 S&P Global 相关方）概不保证有关内容的准确性、完整性、时效性或可用性。不论任何原因，S&P Global 相关方概不对使用有关内容获得之结果的任何错误或遗漏负责。有关内容按“原样”提供。S&P Global 相关方不对涉及有关内容的运作不受中断，或有关内容可与任何软件或硬件配置兼容方面作出任何及所有明示或默示保证，包括但不限于对任何适销性、针对特定目的或用途的适用性、无故障、无软件错误或无瑕疵的保证。在任何情况下，S&P Global 相关方概不对任何一方使用有关内容招致的任何直接、间接、附带、惩戒性、补偿性、惩罚性、特殊或继发损害、费用、开支、法律费用或损失（包括但不限于收入损失或利润和机会成本损失，或因疏忽造成的损失）承担责任，即使在已获悉可能发生该等损害的情况下亦然。

S&P Global Market Intelligence 的意见、评价和信用相关分析以及其他分析仅代表发布当日的意见，而非事实的陈述或购买、持有或出售任何证券或做出任何投资决定的建议，并且不保证任何证券的适合性。S&P Global Market Intelligence 可能会提供指数数据。不可以直接投资于指数。对指数所代表的资产类别的投资，可通过基于该指数的投资工具进行。有关内容以任何形式或格式出版后，S&P Global Market Intelligence 不承担更新义务。当做出投资和其他商业决策时，不应依赖有关内容，且不应以有关内容代替用户、其管理层、员工、顾问及/或客户的技能、判断和经验。S&P Global 将其各个部门的活动相互隔离，以保持其各自活动的独立性和客观性。因此，S&P Global 的某些部门可能拥有其他 S&P Global 部门无法获得的信息。S&P Global 已制定政策和程序，确保通过每个分析流程获取的非公开信息的保密性。

一般情况下，S&P Global 可能向证券发行人或承销商或债务人收取评级和某些信用相关分析的报酬。S&P Global 保留传播其意见和分析的权利。S&P Global 提供的公开评级和分析会在其网站发布：[www.standardandpoors.com](http://www.standardandpoors.com)（免费）和 [www.ratingsdirect.com](http://www.ratingsdirect.com)（订阅），也可能通过其他渠道（包括 S&P Global 出版物和第三方再分销商）分销。有关我们评级费用的其他信息，请参见 [www.standardandpoors.com/usratingsfees](http://www.standardandpoors.com/usratingsfees)。