



SEAGATE

数据脱碳

AI时代数据中心可持续发展战略考量

SEAGATE 报告

目录

前言	03
关于本报告	04
关键点	05
第 1 节：数据中心脱碳挑战	09
第 2 节：可降低数据中心碳足迹的解决方案	15
第 3 节：重新审视数据中心的可持续发展策略	18
第 4 节：化挑战为机遇	21
结语：可持续数据圈发展之路	27



前言

随着数据密集型人工智能 (AI) 技术在全球范围内的加速发展，数据中心运营正面临着前所未有的能源需求和不断增长的碳足迹。数据中心一边在努力应对不断升级的环境问题，一边在努力扩展计算能力和存储容量，以实现总体拥有成本 (TCO) 目标。

据麦肯锡¹预测，到 2030 年底，数据中心的电力需求预计将增加两倍。该分析机构指出：“计算和数据需求的激增，正因计算能力的提升而进一步加速，而相较于功耗的降低，芯片效率的提升却相对滞后。”

作为全球数据存储领域的领导者，Seagate 为全球领先的数据中心提供服务，在数据中心可持续性，以及

对经济高效的数据存储不断增长的需求方面处于前沿地位。除此之外，在与客户的合作过程中，我们认识到，总体拥有成本和可持续发展目标并不是相互排斥的，通常情况下它们是相辅相成的。

为了更好地了解总体拥有成本与可持续性之间的联系，我们决定针对数据中心专业人士进行调研。这份报告基于他们的洞察，揭示了人们对数据中心可持续性挑战方面的理解上存在关键差距，以及这些挑战将如何影响整个供应链。这些洞察能够为决策提供依据，同时支持业务增长与环境目标，

这二者并非不可兼得。

¹《Data centers and AI: How data centers and the energy sector can satiate AI's hunger for power》，麦肯锡，2024 年。

关于本报告

本 Seagate Technology 报告基于一项由独立研究公司 Dynata 开展的全球调查，以及由全球传播咨询公司 Current Global 开展的实地调研，后者隶属于 The Weber Shandwick Collective。

该研究包括定性和定量研究，以探讨 AI 对数据中心可持续性造成的压力，以及提高运营效率的机会。

这项研究首先进行了深入的定性访谈，采访了来自美国、德国、中国和日本的五位数据存储和基础设施方面的资深专家。每位专家在数据中心规划、运营和可持续发展方面都拥有超过十年的经验，从而能够洞察行业挑战和新兴趋势。这些洞察为全球量化调查的设计提供了依据。

Seagate 是可扩展大容量数据存储领域的全球领导者，在过去 45 年中已交付超过 45 亿 TB 的存储容量。

量化调查收集了来自 11 个市场的 330 名数据中心专业人士的反馈，涵盖澳大利亚、中国、法国、德国、印度、日本、北美、新加坡、韩国、中国台湾和英国。所有受访者均来自管理至少 50TB 存储容量的企业，其中大多数管理的存储量高达 5PB。参与者包括数据存储公司和数据存储解决方案供应商的首席信息官 (CIO)、首席技术官 (CTO)、IT 副总裁、总监、高管、首席运营官 (COO)、业务部门负责人、存储架构师和解决方案架构师。

该研究探讨了数据中心效率和可持续性的整体状况，旨在为行业领导者提供数据驱动型洞察，以指导促进业务发展的可持续决策。



SEAGATE



关键点

数据中心是当今 AI 经济的支柱。现代 AI 技术的快速应用导致数据中心面临前所未有的能源需求和不断增长的碳足迹。本次调查结果明确显示两点：

- 94.5% 的受访者表示其企业面临着不断增长的数据存储需求。
- 97% 的受访者预计 AI 的增长将进一步影响存储需求，

这与能源需求的增长相对应。根据 IEEE 的数据，到 2030 年，数据中心的能源需求预计将显著增长，可能占到全球碳排放的 8%，高于 2022 年的 0.3%。²

为了跟上 AI 创新的步伐，组织必须在扩展数据基础设施的同时，确保与公司可持续性目标保持一致。越来越多的企业面临着运营数据中心既要具备成本效益，又要符合可持续性要求的期望——有时甚至是监管要求。要平衡这两者的期望是具有挑战性的，因为数据中心使用的能源越多，减少碳足迹就越困难。

因此，总体拥有成本 (TCO) 有时被认为与可持续发展目标相冲突。本报告所依据的调查发现：

- 近 95% 的受访者表示，环境影响是一个关注点。
- 但仅有 3.3% 的数据中心专业人士表示，其组织在数据中心采购决策中会优先考虑低环境影响。

尽管如此，本次调查的其他结果表明，总体拥有成本与可持续性目标远非相互竞争的优先事项。总体拥有成本与可持续性考量往往能够相辅相成，并且在许多情况下能够达成一致目标，从而为提升运营效率和降低环境影响创造了机遇。

研究表明，数据中心的运营受到五个关键因素的显著影响，这些因素充分体现了总体拥有成本与可持续性目标的有机结合。

- 1. 能耗。**高能耗会推高运营成本和碳排放，53.5% 的受访者认为这是一个重大问题。
- 2. 原材料需求。**近 49.5% 的受访数据中心专业人士认为，基础设施所需的大量原材料是一个关键问题。
- 3. 物理空间限制。**近 45.5% 的受访者强调，空间有限会造成财务和后勤负担。
- 4. 基础架构成本。**可持续基础架构的高昂构建成本（28.5% 的受访者表示认同）和数据中心组件的购置成本

（27% 的受访者表示认同）会严重影响资本支出 (CapEx)。

- 5. 生命周期延长。**超过 92% 的受访者认为，延长存储设备的生命周期很重要，并强调通过提高耐用性来减少更换和维护成本。相比之下，只有 15% 的受访者认为，更长的使用寿命是数据存储基础设施或设备的首要采购因素，12% 的受访者则认为耐用性是一项重要因素。

² 《Toward a Systematic Survey for Carbon Neutral Data Centers》，IEEE Communications Surveys & Tutorials，第 24 卷，第 2 期，2022 年第二季度。



关键点

这些关注点凸显了总体拥有成本的多维特性，涵盖了资本支出 (CapEx) 和运营成本，还直接关系到可持续性。提高能效可减少排放和运营成本，而延长设备生命周期可最大限度地减少电子废弃物和原材料需求。

这并不是说可持续性不会使总体拥有成本的计算变得更加复杂——实际上，它会增加计算的难度。

- 例如，功耗是总体拥有成本计算中的固有部分，但绿色能源的前期成本可能更高。在这种情况下，对于本已具有挑战性的成本效率问题，关注采购能源的性质会带来更多的成本和效率制约。

从成本计算到碳排放衡量

在当今的数据中心，总体拥有成本与可持续发展目标可谓是一体两面。



生命周期延长

延长硬件使用寿命可降低更换成本和电子废弃物。

基础设施成本

更智能的基础设施投入可降低资本支出并减少浪费。

能源消耗

降低电力使用可减少运营成本和碳排放。

原材料需求

高效设计可减少原材料使用，降低成本和浪费。

物理空间限制

更智能的先进存储方案可优化空间利用率，降低物流成本。



长期投资回报更高

资本支出减少

运营支出减少

经济性更可预测

更高效的空间使用



电子废弃物减少

资源消耗更少

碳排放降低

减少稀有矿物消耗

保留更多绿地

AI 应用的激增正在推动数据生成，并增加对数据处理和存储的需求。这一需求反过来加剧了数据中心的成本和碳足迹。我们调查的数据中心专业人士识别出了一些关键问题，这些问题对总体拥有成本和可持续性都有影响。每一个因素——优化硬件寿命、基础设施成本、能源使用、材料效率和空间利用——都可以进行精细调整，以同时提高成本效率和减少环境影响。在解决成本效益问题时，有可能同时实现更环保的数据中心运营。



总体拥有成本优势



可持续发展效益



三重选择

随着 AI 的广泛使用推动了数据生成，组织需要更多空间来存储不断扩大的数据量，而许多组织在空间限制方面面临困境。空间限制影响了其扩展和实施更具可持续性的存储解决方案的能力。此外，与可持续基础架构相关的高额前期成本仍然是取得进展的重大障碍。

- 约 82.5% 的受访者表示，他们缺乏构建可持续数据存储基础设施的物理空间。

当被问及可持续数据中心运营的三大障碍时，受访者指出：缺乏物理空间（45.5% 的受访者表示认同）；数据存储基础设施的构建成本（28.5%）；以及数据中心组件的购置成本（27%）。

由于这些障碍，组织通常面临三重选择。为了适应激增的数据量，他们必须在以下三者中选择其一：

1. **纵向扩展**（在现有数据中心占地空间内增加更多存储容量）
2. **横向扩展**（增加建筑面积或扩展数据中心占地空间）
3. **将数据迁移到云端**

这些选择中的每一项都伴随着总体拥有成本与可持续性的权衡。

可持续发展战略。 调查显示，企业正在越来越多地采用各种策略，来使可持续性与总拥有成本目标保持一致。

可再生能源。 近 62% 的受访者表示，其组织当前使用可再生能源为其数据基础架构供电。

可再生能源基础设施。 近 58% 的受访者表示，其组织正在投资可再生能源基础设施。

支持 AI 的存储和可持续性运营。 此外，55.5% 的受访组织正在实施基于 AI 的系统，以优化存储运营，并增强可持续性监控。

尽管付诸了这些努力，但挑战仍然存在。高昂的基础设施和组件成本，以及空间限制令许多公司备受牵制。



未来之路

要解决这些挑战，行业需要在总体拥有成本和可持续性方面采取不同的思路。这两者越来越紧密相连。当可持续性目标确实使总体拥有成本的计算变得复杂时，需要在整个生态系统中关注以下方面：

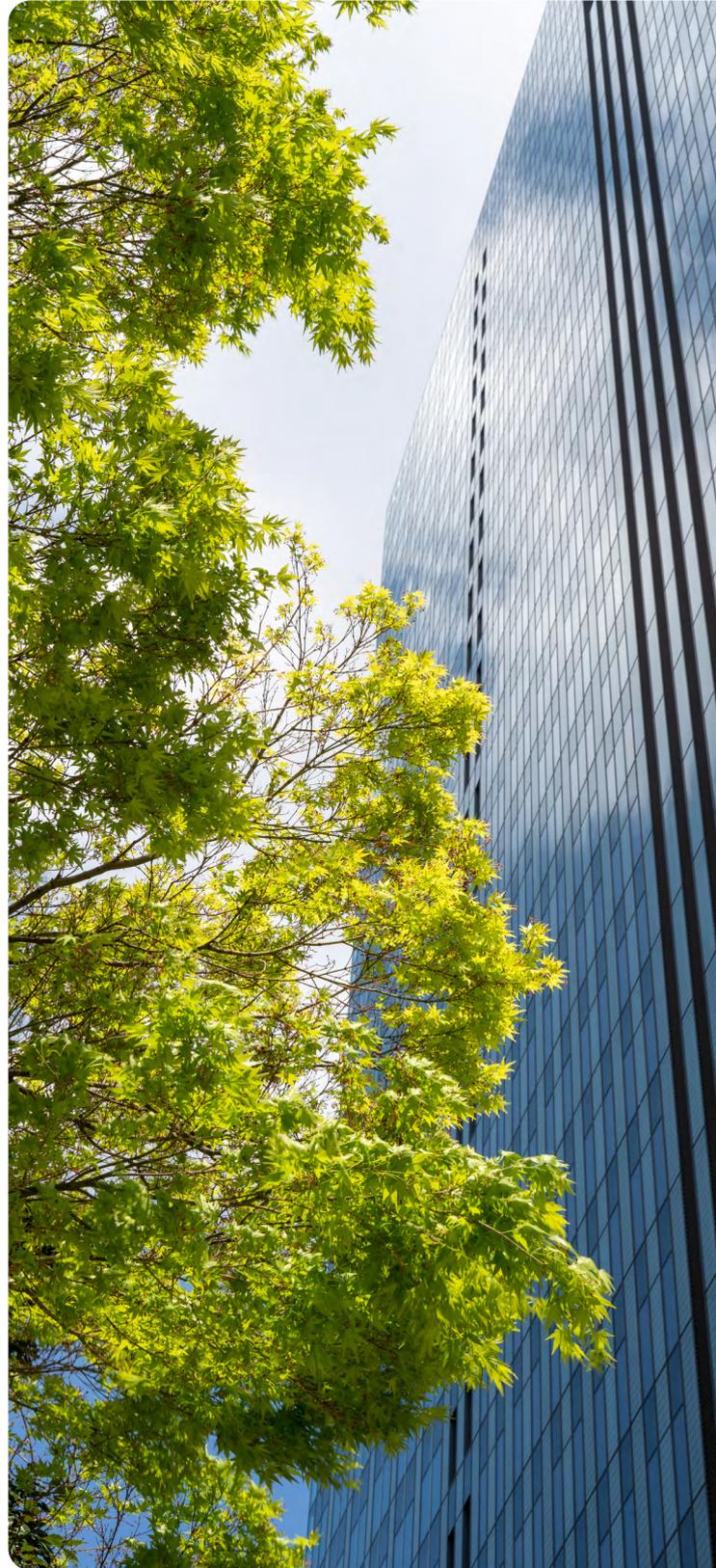
范围 1: 组织通过其直接拥有或控制的排放源释放的温室气体 (GHG)。

范围 2: 组织通过采购电力、热力或制冷产生的温室气体。

范围 3: 组织非直接拥有或控制的排放源在业务运营中释放的温室气体。

AI 对数据中心可持续性的影响会放大，这需要对数据中心实践进行创新和全面思考。除其他外，这意味着要超越运营碳排放（范围 2 和范围 3），纳入对隐含碳的评估——即在产品生命周期的上游提取、生产、运输、物料清单、制造、包装和分销阶段所排放的碳（范围 3）。

随着 AI 应用的蓬勃发展刺激了数据中心的生长，整个供应链的协作和创新将成为实现可持续和更高效数据圈的关键。



数据中心脱碳挑战

在当今的 AI 经济中，智能技术的快速采用正在推动数据存储需求的急剧增长。几乎所有受访者（超过 97%）都预计 AI 将对存储需求产生重大影响。

但数据总是会留下足迹： 数据中心会消耗能源并 产生碳排放。

在 AI 的驱动下，对数据存储不断增长的需求直接增加了数据中心的

碳足迹。随着数据量的增长，维护数据所需的能源也在增长。当然，AI 的能源需求不仅限于数据存储。最耗能的领域包括计算、联网和数据处理。

整个供应链也很重要。AI 组件的制造（例如，专用处理器和硬件）是能源和资源高度密集型的，这增加了这些组件的隐含碳。隐含碳是指与产品生命周期的上游提取、生产、运输、物料清单、制造、包装和分销阶段相关的温室气体排放量。因此，AI

系统的生产和运行都会产生更大的碳足迹，加剧了数据中心面临的环境挑战。

为了应对这一新需求，数据中心已开始优先考虑可持续性和脱碳。几乎所有受访者（接近 94.5%）表示，其组织正在努力降低数据存储运营的碳足迹。

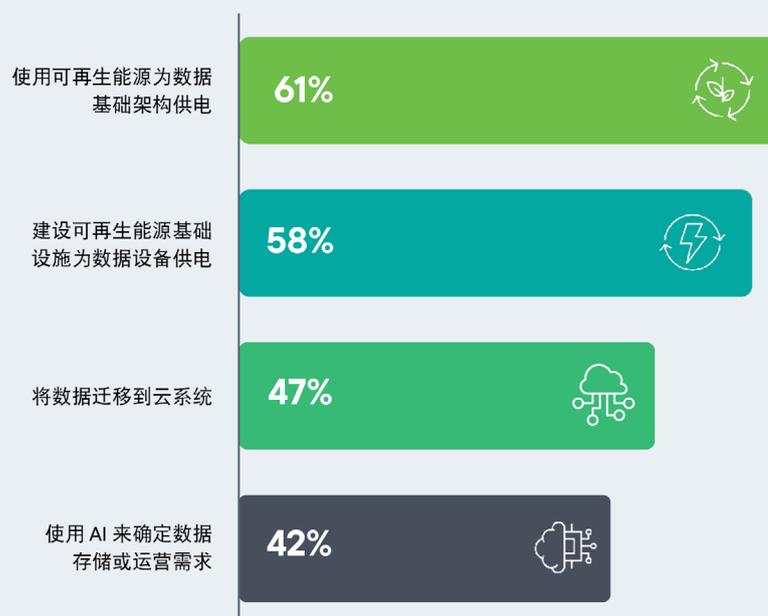


调查发现，为了减少对环境的影响，各组织纷纷主要采用可再生能源（见图 1）：

- 61% 的受访者表示，其组织使用可再生能源为数据基础架构供电。
- 近 58% 的受访者表示，其组织正在建设新的可再生能源基础设施来为数据设备供电。
- 近 42% 的受访数据中心专业人员表示，其组织正在实施 AI 驱动型解决方案，以更好地确定其数据存储或运营需求。

图 1

贵公司当前正在实施哪些方法来减少数据运营对环境的影响？



资料来源：《The Seagate Decarbonizing Data Survey》，Dynata，2025 年。

另一个策略是云迁移。近一半的受访者超过 47% 认为，将数据迁移到云系统有助于减少公司的碳足迹。云服务提供商，凭借其卓越的实践和基础架构，在降低数据运营对环境的影响方面具有优势。

但是，计划部署此策略的企业需要记住，迁移到云端可以被视为一种责任转移，但不会消除环境影响。虽然云提供商可以更高效地运营，但环境负担仍然存在。这样做只是

从单个组织转移到云提供商，而云提供商同样需要管理能源和资源需求。这强调需要采取一种整体的可持续性方法，在这种方法中，云提供商及其客户需要共同努力，以最小化数据的碳足迹。

在过渡到更可持续的数据存储运营的过程中，企业面临着重大挑战。其中包括物理空间限制、成本、高能耗和有效评估。让我们来详细探讨每一项因素。



挑战：空间和成本

数据中心可持续运营的三大障碍是：缺乏物理空间 (45.5%)；数据存储基础设施的构建成本 (28.5%)；以及数据中心组件的购置成本 (27%) (见图 2)。

毫不奇怪，物理限制（例如，构建新基础设施的空间限制）被列为最大的挑战，45.5% 的受访者将“缺乏物理空间”视为最大的障碍。这一障碍在

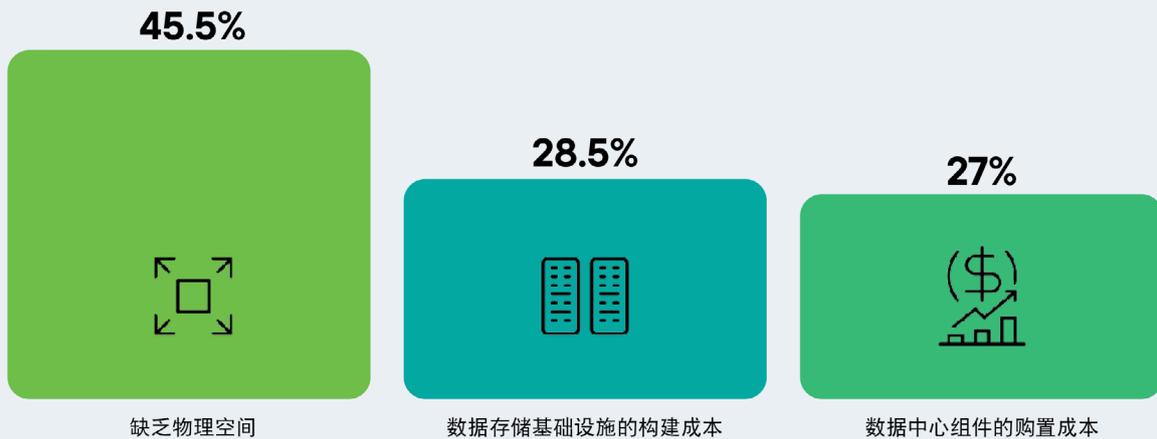
日本 (60%) 以及中国台湾和法国（均接近 57%）尤为突出，在这些国家/地区这是最关心的问题。

为数据中心建造额外的物理空间会显著增加直接温室气体排放（范围 1），因为这涉及大量的建设活动，需要消耗资源和稀土矿物，并释放温室气体。

考虑到必须在以下三者之间进行艰难的选择：a) 扩展原有空间的容量（其成本不断增加），b) 构建新的扩展空间（同样昂贵，通常比第一选择成本更高），或 c) 将数据迁移到云端（将可持续负担转移到云供应链），调查指出，企业需要创新型解决方案来优化现有空间。

图 2

您认为阻碍贵公司构建或实施可持续数据存储解决方案的障碍是什么？

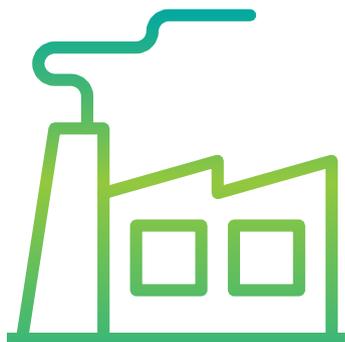


资料来源：《The Decarbonizing Data Survey》，由 Dynata 受 Seagate 委托开展，2025 年。



在回答另一项调查问题时，82.5% 的受访者同意或非常同意这一表述：“我的公司没有足够的空间来构建可持续的存储基础设施”。





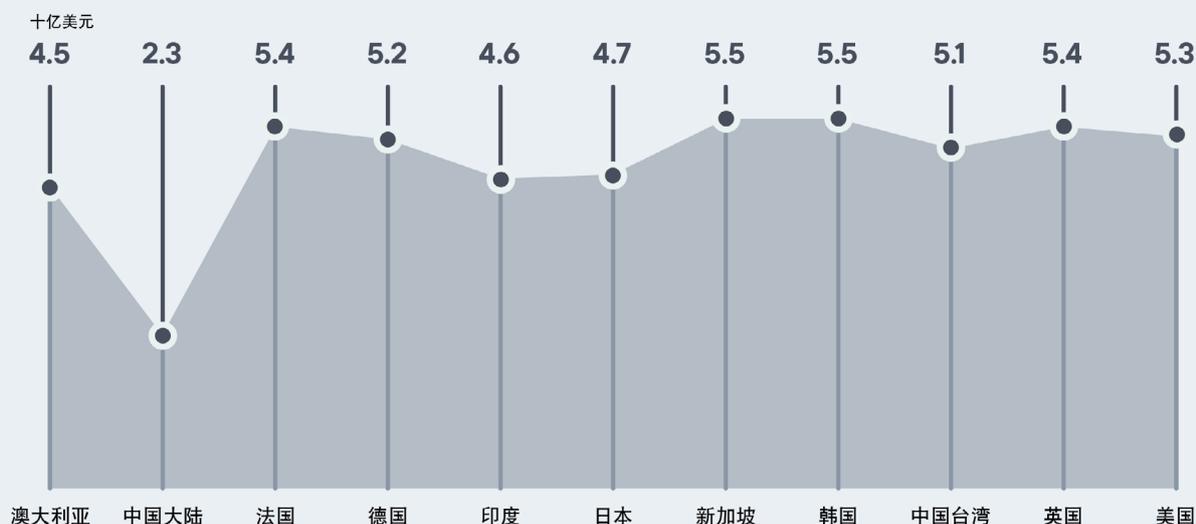
容纳更多服务器、存储设备和网络设备的需求，加剧了有限空间带来的挑战。在空间本已紧张的城市地区，为新数据中心寻找合适的位置显得尤其困难。包括新加坡、日本、中国台湾、法国和德国在内的多个国家/地区，政府对数据中心的建设数量和地点施加了限制。这些法规寻求在数据中心资源增加带来的益处，与环境保护和高效土地使用之间找到平衡，强调需要寻求创新型解决方案，来满足不断增长的数据存储需求。

构建和维护绿色基础设施需要高昂成本，这仍然是实施可持续解决方案的主要障碍。这些支出包括：对可再生能源的前期投资，以及可持续 IT 基础架构的持续支出。

调查预测，全球平均需要 49 亿美元的投资，才能实现更可持续的数据存储运营（见图 3）。虽然此数据缺乏明确的预算考量，但其规模突出了挑战的严峻性，需要投入大量精力、时间和资源。

图 3

您认为贵公司需要多少预算来进行更可持续的数据存储运营？



资料来源：《The Decarbonizing Data Survey》，由 Dynata 受 Seagate 委托开展，2025 年。



其他分析数据

- 美国 (略低于 47%)、韩国 (40%)、中国和澳大利亚 (均接近 37%) 的受访者将“数据存储基础设施的构建成本”视为其组织构建或实施可持续发展数据存储解决方案的最大障碍。
- 一位德国数据中心专家在分析公司常见的数据运营成本时指出：“这包括首席数据官的费用、能耗、摊销和年度基础设施投资，总计约 550,000 至 600,000 欧元。此估算还包括安全措施。如果过渡到 100% 绿色 IT 产品，这些成本将增加大约 60,000 欧元到

65,000 欧元，导致预算大约增加 10% 到 11%。”

设备采购成本是数据中心总体拥有成本的最大组成部分。购买服务器、存储系统和网络设备所需的初始资本支出占总体投资的很大一部分，尤其是大规模的情况下，硬件采购可达数千万美元。

采购先进的节能硬件、可再生能源和创新技术通常需要付出高昂代价。尽管有长期节省和环境效益的潜力，但这些更高的成本可能会令数据中心运营商望而却步。为了跟上技术进步，持续升级的需求进一步增加了财务负担。

一位受访的数据中心专家指出：

“股东通常专注于最小化成本这使得很难证明为减少能源使用或投资可再生能源等举措所需的大量支出是合理的。”

挑战：高能耗

数据中心的持续运行会消耗大量能源，在电力、热力或冷却方面产生显著的间接温室气体排放 (范围 2)。包括服务器和云系统在内的数据中心基础设施会“全天候运行”，这使得节能工作更加复杂，亟需创新型解决方案。

在这项多市场调查中，受访者确定了他们最关心的三个环境问题：

1. 高能耗带来的碳排放 (约 53.5% 的受访者表示认同)。
2. 数据中心基础设施所需的大量原材料 (约 49.5%)。

3. 数据中心运营消耗的大量能源需求 (约 35%)。

专家警告支持，如果不立即采取行动，数据运营对环境的影响将持续加剧。

令问题更加复杂的是，许多组织表示他们在寻找可再生能源，但发现其自身并没有能力来选择可持续能源。

- 近 80% 的受访者表示，其组织无法选择更可持续的电源，因为他们所在的地区不具备这种电源。

与采购可再生能源相关的高成本可能是一个重大障碍。

- 超过 61% 的受访者表示，其组织正在使用可再生能源作为其能源组合的一部分，来为数据基础架构供电，这对减少间接温室气体排放具有最显著的影响。
- 然而，可再生能源可能更为昂贵，因为其基础设施需要较高的初期投资，还需要可靠的能源储存解决方案，并且必须进行复杂的改造以与现有系统进行整合。



挑战：衡量与评估

虽然数据存储本身在整个数据中心运营中只占相对较小的部分（计算和处理工作负载需要更多的能源），但该调查还是询问了受访者对数据存储的环境影响的想法和衡量标准。

- 大多数受访者（接近 61%）表示，其组织已经通过“定期发布报告，详细说明数据存储运营的环境足迹”，以此来衡量其数据存储的环境影响。
- 半数受访者（超过 50%）还表示，其组织正在使用“内部软件来监控数据存储运营的环境影响”，而三分之一（约 33.5%）的受访者表示，其组织已将评估工作外包给外部机构。
- 然而，企业之间的跟踪现状仍然不一致，因为约 32.5% 的受访者表示，不确定或不知道其组织是否在跟踪这些指标。

此外，调查还发现，明显缺乏用于评估数据存储实践的环境影响的工具和程序。如果没有适当的评估方法，企业将难以评估其可持续发展工作的有效性，也无法就可持续实践的未来投资做出明智的决策。

一位受访的美国数据中心专家呼吁要披露更多实时信息，强调需要了解电力消耗量、波动情况以及任何其他相关详细信息：“应当记录此类信息，以便了解随着时间推移的变化趋势。

数据中心需要看到披露这些信息的重要性，企业也需要这样做……实时监控和报告对于高效的可持续管理至关重要”。

一位来自亚太地区的可持续发展专家重申了保障报告透明度的重要性：“透明的报告制度可以带来诸多益处……涵盖综合环境影响报告、生命周期评估、成功实施的案例研究。还有用于计算可持续解决方案的潜在效益和成本节省的工具。”



第2节

可降低数据中心 碳足迹的解决方案

调查明确指出，大多数数据中心都可以重新审视传统的数据管理实践，进而从中受益。尽管许多组织认识到可持续发展的重要性，但他们往往采取孤立措施，而不是采取整体措施。





生命周期管理的重要性或缺乏生命周期管理

具有讽刺意味的是，虽然至少 92% 的受访者认为延长存储设备和基础架构的生命周期会显著影响数据中心的可持续性，但只有 15.5% 的受访者将“更长的生命周期”视为采购决策的关键因素。

一位来自德国的数据中心专家强调，此类决策往往基于短期考量，并指出：



“遗憾的是，许多消费者经常倾向于最便宜的选择，而忽略长期影响。他们可能购买更便宜的产品，却发现在两三年后由于故障而不得不重新购买。这种不断更换的循环做法是不可持续的，但大多数人不会考虑到这一点。采购新产品就意味着需要消耗更多资源，例如从非洲等地开采更多组件、更多制造流程和更多劳动力。这会影响到整个生态系统。当前的方法并没有我们想象中那么高效。”

延长数据中心解决方案和基础架构的生命周期，可显著减少电子废弃物和碳排放。通过最大限度地利用现有基础设施，生命周期延长有助于减少经常被忽视的上游和下游碳排放。

这突出了在采购决策中考虑设备生命周期的益处。数据中心运营商可以评估所有组件的生命周期，包括供电、数据处理和存储密度，以更好地了解这些因素对总体碳排放的影响。如果可能，他们应选择附带循环利用计划的供应商设备。

循环利用计划可以带来显著的可持续效益。这些供应商可确保硬盘等解决方案以对环境负责的方式得到翻新、再利用或回收。通过遵循循环利用原则，数据中心就可以减少电子废弃物和对新原材料的需求，同时最大限度地减少与处置旧设备相关的环境影响。

这种整体方法不仅推进了可持续发展目标，还促进了资源的有效利用。



了解隐含碳的作用

调查中发现的另一个差距是，环境影响因素如何影响采购决策：

- 约 95% 的受访者表示，其组织关注数据中心运营对环境的影响。
 - 主要关注点是：碳排放（接近 53.5% 的受访者表示认同）、

原材料使用（接近 49.5%）和高能耗（接近 35%）。

- 但是仅 3% 的受访者认为，低环境影响是做出采购决策时的关键因素。
 - 持续关注设备和基础设施的隐含碳（范围 3）排放，有助于数据中心超越运营排放

（范围 1 和范围 2），发现减少总体碳足迹的机会。隐含碳是指与产品生命周期的上游提取、生产、运输、物料清单、制造、包装和分销阶段相关的温室气体排放。存储和基础设施制造商以及其他数据中心供应商应当披露有关其产品隐含碳的信息。

SEAGATE 观点解析

存储介质和隐含碳

下表比较了固态硬盘 (SSD)、机械硬盘和磁带存储的隐含碳排放量，突出显示了存储介质选择会如何影响数据中心的总排放量。Seagate 基于五年生命周期内的不同容量和使用模式，衡量了每台设备和每年每 TB 的隐含碳排放量。

存储介质	各产品隐含碳 (Kg CO ₂)	每 TB 隐含碳 (CO ₂ /TB)	每年每 TB 隐含碳 (CO ₂ /TB/年)
固态硬盘 ³	4,915	160	32
机械硬盘 ⁴	29.7	<1	<0.2
LTO (磁带) ⁵	48	2.66	<0.6

这些数据来自 Seagate 基于以下产品的分析：

- 通用数据中心固态硬盘：30.72TB
- 机械硬盘：Seagate 30TB Mozaic 3+™ (魔彩盒 3+)
- 线性磁带开放技术 (LTO) 9 磁带驱动器 + 1 个存储介质：LTO Ultium

关键洞察

- **固态硬盘**无论是隐含碳总量还是每 TB 隐含碳都最高，是三种存储介质中碳排放最密集的选择。⁶
- **机械硬盘**无论是碳足迹总量还是每 TB 碳足迹均达到最低水平，是最具碳效率的可持续存储解决方案。
- **LTO 磁带的**隐含碳排放量适中，但年度影响高于机械硬盘。

此分析强调了选择适当的存储介质组合对于总体拥有成本和可持续性的重要性。

³《The Dirty Secret of SSDs: Embodied Carbon》，HotCarbon Workshop on Sustainable Computer Systems、威斯康星大学麦迪逊分校、英属哥伦比亚大学，2022 年。

⁴Seagate 30TB Mozaic (魔彩盒) 硬盘在五年生命周期内每 TB 的隐含碳预测

⁵基于 Seagate 对 IBM 关于 IBM 物理磁带及其电力消耗和冷却需求的二氧化碳排放和其他积极可持续性影响的分析；对于 1 个 LTO 9 驱动器 + 1 个 LTO 9 介质的预测，基于所有技术的隐含碳排放总量，并假设 5 年生命周期，LTO 9：37 瓦运行时功率和 18 瓦闲置功率。

⁶由于在数据中心固态硬盘产品方面，没有可公开访问的生命周期评估 (LCA) 数据，因此我们使用了《The Dirty Secret of SSDs: Embodied Carbon》研究中的公共数据来计算 30.72TB 固态硬盘的隐含碳。我们的目标是为用户提供准确的数据，以帮助其做出明智的决策。然而，并不像 Seagate 在硬盘方面所做的那样，NAND 行业既不发布 LCA 数据，也不接受第三方审核。

重新审视数据中心的可持续发展策略

调查发现，企业正在寻求两项关键策略来提高数据中心的可持续性：

- 1. 采用可再生能源。**越来越多的企业开始整合可再生能源，为其数据基础架构供电。大约 62% 的受访者表示，其组织目前正在使用可再生能源为其数据基础架构供电，58% 的受访者表示，其组织正在建设可再生能源基础架构来为数据设备供电。
- 2. 部署技术驱动型解决方案。**技术驱动型解决方案正逐步受到关注，

包括将数据迁移到云系统（超过 47% 的受访者提到这一方案）、采用多种存储介质 (47%)，以及利用 AI 系统优化数据存储操作 (42%)。正如前文所述，无论选择何种方案，都需要权衡利弊，并考虑财务和可持续性方面的成本。

将可再生能源整合到数据基础设施中，可显著减少对化石燃料的依赖，从而降低碳足迹。但这一举措也带来了一些挑战。例如，太阳能电池板和风力涡轮机等基础设施的初始成本可能高得令人望而却步。



此外，可再生能源的间歇性也带来了挑战，因为太阳能和风能发电具有不可预测性，并且受天气条件影响。这就需要可靠的能源存储解决方案，以确保持续的电力供应，但这会进一步推高成本。此外，将可再生

能源与现有数据中心系统整合可能需要复杂的改造和升级，使这一转型过程耗时漫长。监管和后勤方面的障碍也增加了复杂性，因为不同地区的政策和要求各不相同。

除了投资可再生能源外，数据中心还可以着眼于在设备和基础设施层面降低能耗。降低功耗不仅可以减少运营成本，还能降低整体需求，从而提高可再生能源利用的效率。



SEAGATE 观点解析

存储介质和功耗

根据 Seagate 对三种存储介质在不同使用模式下的功耗分析，表格基于五年生命周期对比了以下内容：

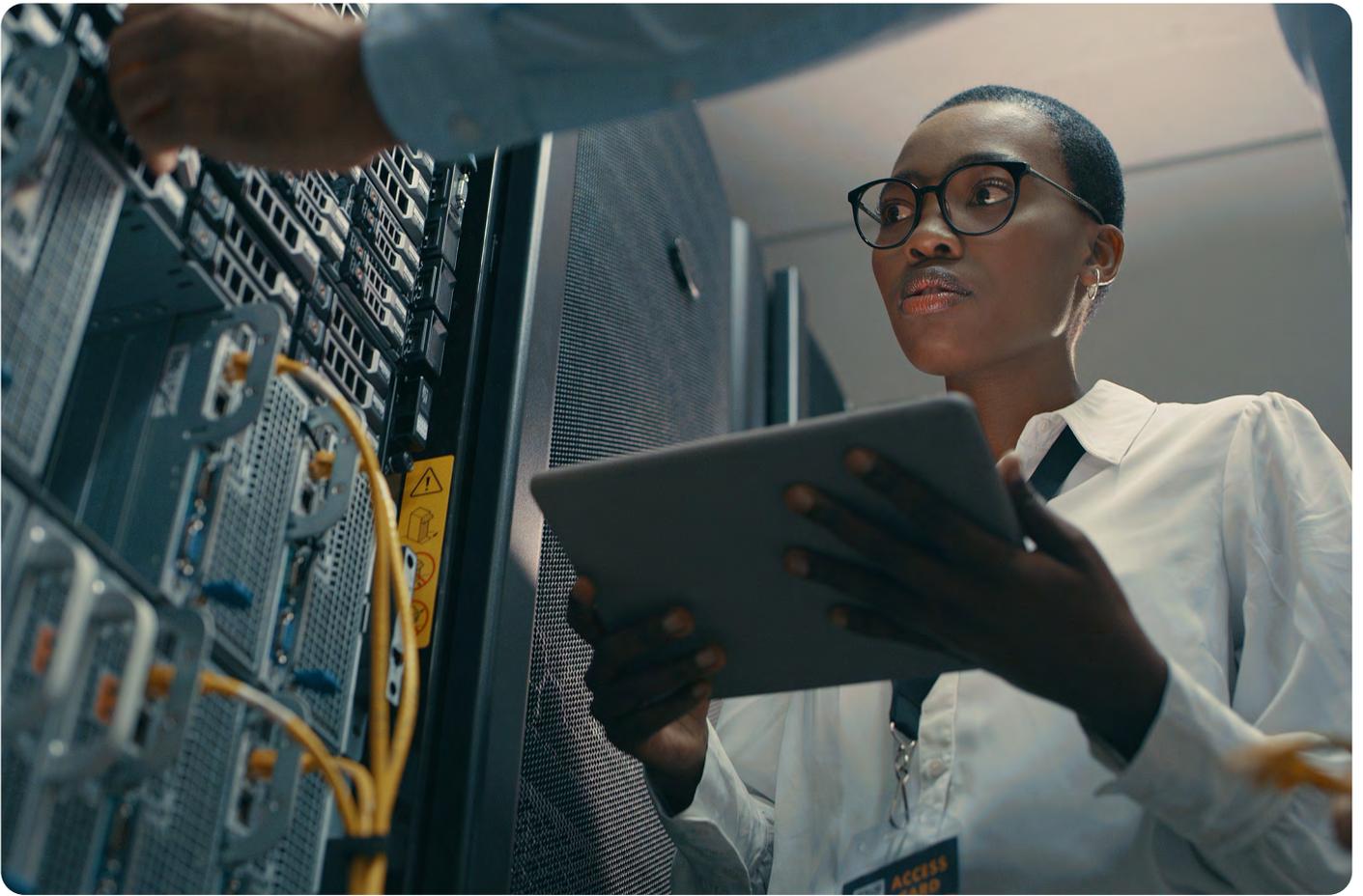
- **运行时功耗（瓦）**，是指硬盘在主动读取或写入数据时的总能耗。
- **能效**，表示为写入或读取 1TB 数据的平均功耗（瓦）。

存储介质 ⁷	运行时功耗（瓦）	能效（瓦/TB）
固态硬盘	20	0.5
机械硬盘	9.6	0.32
LTO（磁带）	37	1.1

这些数据表明，机械硬盘是最节能、最环保的存储方案，其次是固态硬盘，而 LTO 9 磁带的单位存储容量的能耗最高。

⁷基于 Seagate 对以下设备的分析，包括：LTO 9 磁带：IBM LTO Ultrium 产品规格；30TB 机械硬盘：Seagate 30TB Mozaic 3+（魔彩盒 3+）；以及 30TB 固态硬盘：Micron 6500 ION 30.72TB。





调查还发现，在减排方面，许多数据中心并未能充分利用基于基础设施的解决方案。

- 仅有 23% 的受访者使用 HVAC（暖通空调）系统为数据基础设施降温。
- 约 16.5% 的受访者采用了液冷或浸没式冷却系统。

- 仅有 11.5% 的少数受访者表示会回收利用数据基础设施产生的热量。

基于基础设施的解决方案在降低能耗、减少碳排放以及降低整体环境影响方面发挥着关键作用，从而有助于提升数据中心的可持续性。

传统的数据中心冷却方式，如机房空调 (CRAC) 和机房空气处理 (CRAH) 单元，主要专注于冷却数据中心内的空气，以维持设备所需的理想温度。这些方法虽然有效，但往往

耗能较高，并且在整体环境调控方面效率较低。

相比之下，先进的基础设施型解决方案（如 HVAC 系统）不仅提供冷却功能，还能管理供暖和通风，从而实现更全面的调控。这些系统通常集成了变速驱动、节能器和能量回收换气机等先进技术，可优化能源使用并减少总体碳足迹。调查还发现，许多数据中心在减少排放方面未能充分利用基于基础设施的解决方案。



第 4 节

化挑战为机遇

要想在可持续发展方面取得可衡量的进展，企业需要结合短期和长期策略。

从中短期来看，需要采取更全面的方法，即延长硬件生命周期、优化能效，以及实施循环利用计划。

长期来看，则需要行业范围内、跨供应链的协作、财政激励措施，以及 AI 驱动型可持续性创新，以确保持续减少数据中心的环境足迹。

数据中心应制定全面的可持续发展战略，而不仅仅是采用可再生能源。

短期战略方面

虽然整合可再生能源是基础步骤（尽管在成本方面可能存在挑战），但仅依赖这一措施不足以应对可持续性的多重挑战。

首先，数据中心可以对所有组件（包括服务器、存储设备和网络设备）的生命周期进行定期评估和监控。了解每个组件的完整生命周期，数据中心便能够找到机会来延长其使用寿命并减少其环境足迹。通过定期维护、

升级和翻新计划延长存储设备的使用寿命至关重要。这种方法可以减少电子废弃物，最大限度地减少对新材料的需求，并减少与制造新设备相关的高能耗流程。在采购策略上，数据中心可以优先选择耐用、高质量、使用寿命更长的组件，确保可持续性成为采购决策的重要考量因素。



其次，降低能耗是可持续发展工作中的关键环节。数据中心可以投资于高效节能技术，例如液冷/浸没式冷却系统和 HVAC 系统，这些技术在散热方面比传统冷却方式更高效。与传统冷却方法相比，这些系统能显著减少能源消耗，从而降低运营成本和碳排放。

将太阳能、风能等可再生能源整合到数据中心运营中，可以进一步减少对化石燃料的依赖，降低整体碳足迹。优化能源管理实践，例如采用基于 AI 的系统来监测和精准调节能源使用，也有助于提升运营效率，实现更可持续的发展。

第三，数据中心应优先采购创新的、低成本的、可促进可持续发展的高效解决方案。（有关数据存储领域的示例，请参阅第 23 页上的“面密度



创新与数据中心可持续性”部分。)

最后，建立数据中心组件的循环利用计划将极具价值。此类计划可以确保组件经过翻新、再利用或负责任地回收处理。通过制定有效流程，从报废设备中回收宝贵材料，有助于减少对新材料的需求，并降低处置过程对环境的影响。通过再利用和

改造来减少电子废弃物，不仅能支持可持续发展目标，还能提升资源利用效率。

专注于这些领域，数据中心将能够大幅提升可持续发展能力，并努力减少整体环境影响。



面密度创新与数据中心可持续性

机械硬盘是最环保的存储介质⁸。尽管机械硬盘对数据中心的整体环境负担贡献相对较小，但硬盘记录技术方面的创新有助于优化数据中心的总体拥有成本，并改善可持续性。

凭借卓越的规模效益，面密度创新已成为 AI 创新和可持续数据中心的關鍵。

硬盘中的“面密度”是指在任何介质上每单位表面积存储的数据量，

特指单个磁盘的数据容量。面密度创新将直接影响有限物理空间内的存储效率，使企业能够使用更少的材料和更低的功耗，在相同空间内增加数据存储容量，从而有效减少每单位数据存储的碳排放。

这一进步直接解决了调查中提出的几个可持续性挑战。通过在不增加物理空间的情况下增加存储容量，更高的面密度有助于缓解数据中心的

空间限制，而 45.5% 的受访者认为“缺乏物理空间”是其组织发展的障碍。此外，这一技术降低能耗的效果，与减少能源使用和碳排放的目标一致，而这也是约 53.5% 受访者关注的核心问题。



扩展规模的同时降低全球能源与碳排放影响

对于需要处理大规模工作负载的数据中心而言，将传统存储设备升级为新一代 HAMR（热辅助磁记录）硬盘，有助于整体减少能源消耗。在大规模部署下，这些技术改进可显著降低数据中心的绝对能源消耗和运营碳足迹，即使存储基础设施的规模在不断扩大。

从全球角度来看，这种影响将在整个数据生态系统中不断累积。随着更高面密度硬盘的应用，尽管预计到 2028 年全球云存储总需求将增长

167%⁹，但全球数据中心的总能耗占比仍可能从约 8% 降至 3%。这意味着，存储基础设施的整体能耗将减少 62%。

这一转变至关重要：存储不仅变得更加高效，同时还能在全球数据中心数据存储量持续增长的情况下，推动整体能源使用和碳排放的净减少。这无论是在数据中心的总体拥有成本，还是可持续发展方面，都是一个重大利好。

⁸通过考察隐含碳和能耗来衡量。

⁹《IDC Cloud Infrastructure Index》，IDC，2024 年。



设备级别的效率提升强化了这些大规模优势。根据 Seagate 对多种存储介质的功耗分析（请参阅第 19 页的“存储介质和功耗”部分），机械硬盘是最节能高效的高容量存储方案。硬盘级别的能效因素——包括运行功率（即在主动读取或写入数据时的总功耗，单位为瓦）以及每 TB 功耗（瓦/TB）——表明更高的存储密度能够减少单位存储数据的能耗。

通过采用更高面密度的存储解决方案，数据中心可以在不增加物理空间的情况下扩展存储容量，同时减少总能源消耗和运营碳排放，并满足 AI 工作负载增长及云计算扩展带来的需求。

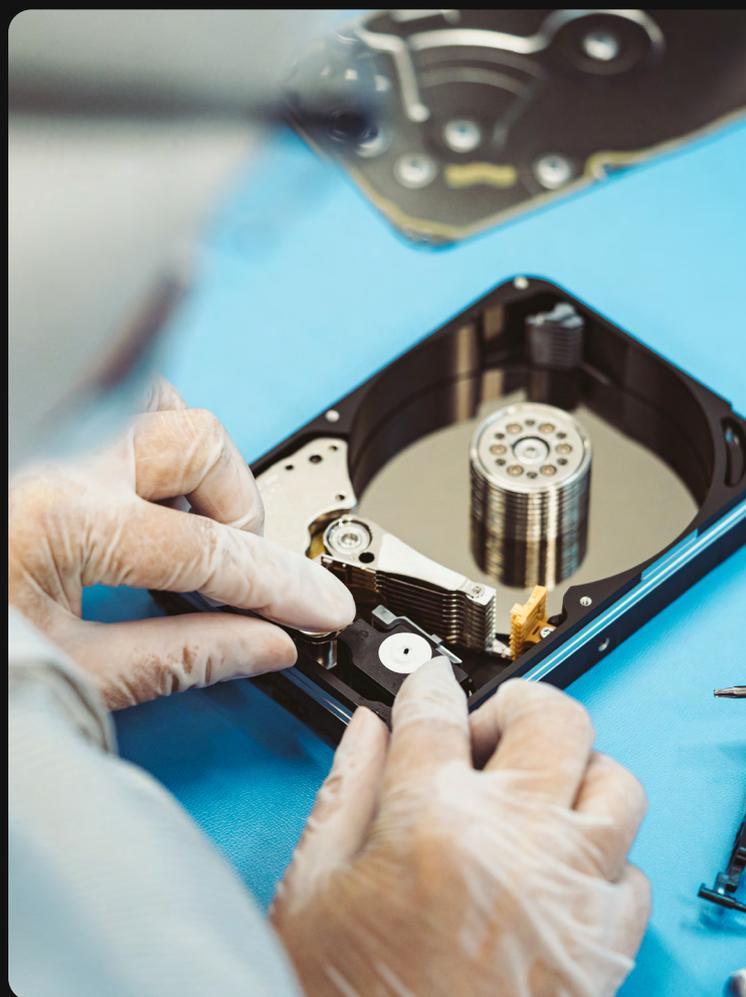
在大规模存储环境下，更高面密度的影响尤为深远。更高的面密度使数据中心能够在不增加物理占地面积的情况下显著增加容量，并通过最小化空间、能源和自然资源的使用实现可持续性目标。

假设有一款包含 10 个磁盘的硬盘，其中每个磁盘（也称为盘片）可保存 3TB 数据。该硬盘总共可存储 30TB 数据。如果一个数据中心将其队列中的每个硬盘从 10TB 升级到 30TB，这将是当前现实可行的现代化升级方案面密度飞跃实现了以下突破：

- 在相同的数据中心占地空间内，拥有三倍或以上的存储容量¹⁰
- 每 TB 功耗降低 60% 以上
- 每 TB 隐含碳减少超过 70%¹¹
- 单位 TB 成本降低 25%¹²

现在，考虑当 HAMR 技术使硬盘容量提升至 40TB 或 50TB 时，这些优势将如何成倍增长。

- 设想同样的一款硬盘，但每张磁盘的存储容量从 3TB 提升至 4TB。在相同的物理空间下，这款 10 磁盘硬盘的总容量提升至 40TB，相较之前增加了 30% 以上。
- 随着单磁盘 5TB 面密度技术即将实现，这款 10 磁盘硬盘很快将能存储 50TB 甚至更高，进一步提升数据中心的存储能力，并带来更显著的能效优化。



¹⁰ Seagate Exos X10 与 Seagate Exos X 30TB Mozaic（魔彩盒）硬盘的比较

¹¹ Seagate Exos X10 与 Seagate Exos X 30TB Mozaic（魔彩盒）硬盘的比较

¹² 《IDC Worldwide 1Q24 HDD Shipments and 4-Quarter Outlook by HDD Segment》，IDC，2024 年



长期战略方面

从长期来看，企业应积极探索并运用 AI 来遏制碳排放，展现技术在推动可持续发展中的作用。调查显示，55.5% 的受访者认为 AI 能够优化数据存储运营，从而提升可持续性。尽管 AI 在推动可持续发展方面潜力巨大，但需要意识到，如果未以高效性为核心进行开发，AI 反而可能导致更高的能耗和温室气体排放。

因此，优化 AI 的能效表现将成为平衡 AI 发展与可持续性目标的关键。通过节能型资源规划、优化训练流程和

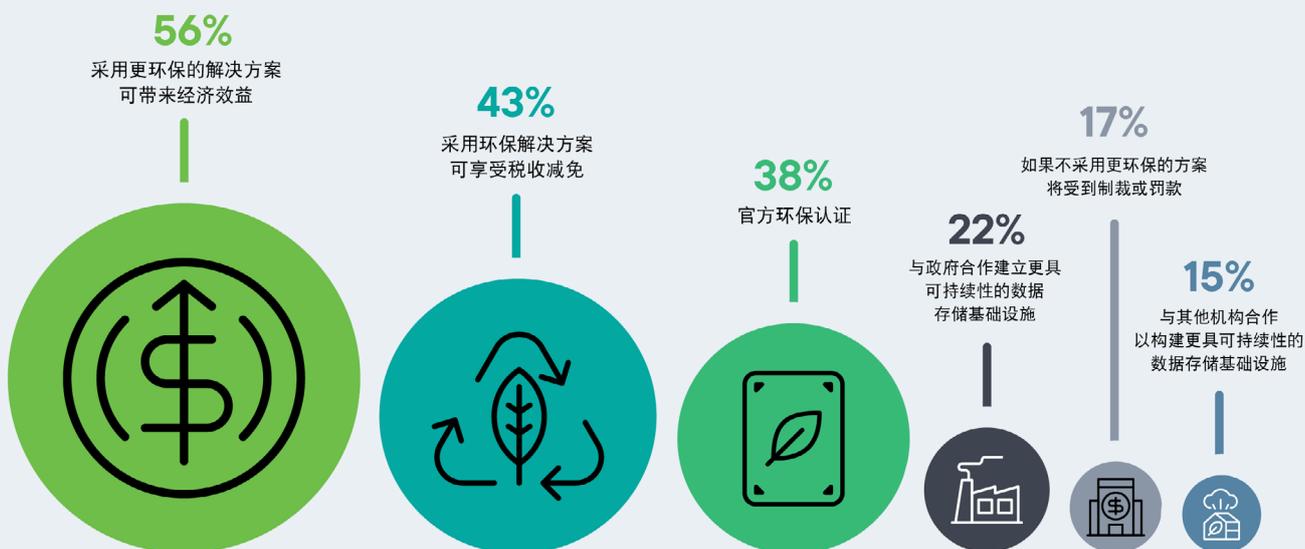
生命周期管理，AI 创新可以与可持续发展实践相结合，确保技术带来的益处不会以牺牲环境为代价。

长期的可持续发展规划，还涉及思维方式和企业文化的转变。当可持续性措施能够提升运营效率时，往往更容易获得管理层的认可，反之亦然。为了鼓励企业领导层采用更可持续的方法来扩展运营和存储基础设施，全球数据中心专业人士总结了三大激励因素：

- 超过 56% 的受访者认为，采用绿色解决方案所带来的财务收益是重要驱动力。
- 超过 40% 的受访者提到，政府针对绿色方案的税收减免是关键激励因素。
- 至少 38% 的受访者强调，官方环保认证具有重要价值。

图 4

是什么说服了贵公司的领导者考虑为其数据存储实践采用更环保的方案？



资料来源：《The Decarbonizing Data Survey》，由 Dynata 受 Seagate 委托开展，2025 年。



一位来自美国的专家详细阐述了财务收益的重要性：



“企业可能不愿意投入一大笔资金来建设太阳能设施，但他们可能确实有这方面的意愿，只是无法执行，因为得不到股东的支持。如果这笔投资能基本实现收支平衡，那就毫无疑问值得去做。从政府层面来看，如果能在太阳能设施上获得 30% 的税收抵免，虽然成本仍然很高，但这笔抵免多少能够缓解一部分开支。”

专家们强调，税收减免、政府补贴等财政激励措施的重要性，这些政策可来自各国政府或东盟、欧盟等区域贸易组织。

例如，德国 KfW 45 标准规定了建筑能耗目标，数值越低意味着环保效率越高。符合该标准的企业可获得税收减免和政府补贴，从而推动更多企业采用可持续发展实践。

此外，合作也是企业减少排放的重要途径。数据显示，约 22% 的数据中心专业人士认为，与政府合作具有重要价值，而超过 15% 的人看重与其他机构的合作，以共同开发更可持续的数据存储基础设施。

数据中心还可以与行业伙伴合作，制定统一的工具和标准化流程，用于评估数据存储对环境的影响。这种协作有助于建立行业基准和最佳实践，使企业能够更有效地评估自身表现，并找出改进方向。



结语

可持续数据圈发展之路

这项研究的发现强调了行业协作在推动可持续数据圈方面的重要作用。

数据中心、技术供应商、组件供应商和监管机构通力合作，可以开发并实施创新解决方案，以降低能源消耗、减少碳排放，并提高资源利用效率。这些举措包括：采用先进的冷却解决方案、整合可再生能源、延长存储设备的使用寿命、优先选择可持续发展承诺较强的供应商、实施循环利用计划，确保组件得到妥善处理 and 再利用。供应商的创新在推动数据中心向更高效、更可持续的发展方向发挥着关键作用。

此外，透明化报告和实时环境监测也是管理数据中心可持续性的有力

工具。通过提供全面的环境影响报告、开展生命周期评估，以及分享成功案例，可以促进供应链中的责任意识 and 持续改进。财务激励、税收减免和官方环保认证也能进一步推动数据中心采用更可持续的运营方式。

企业通过综合性的可持续发展策略，并积极与行业利益相关方合作，可以在满足 AI 及数据中心业务不断增长的需求的同时，兼顾环境责任。

通过行业协作和技术创新，数据中心可以助力构建一个可扩展、高效且可持续发展的数据圈。



SEAGATE

[seagate.com](https://www.seagate.com)

© 2025 年希捷科技有限公司版权所有。保留所有权利。Seagate、Seagate Technology 和希捷标记是希捷科技有限公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标。Mozaic 3+ 是希捷科技有限公司或其附属公司在美国和/或其他国家或地区的商标或注册商标。所有其他商标或注册商标归各自所有者拥有。在用于衡量硬盘容量时，一千兆字节（或 GB）等于十亿字节，一兆兆字节（或 TB）等于一万亿字节。由于计算标准的不同，您的电脑操作系统可能会显示低于标注的容量。此外，一些列出的容量用于格式化和其他功能，因此无法用于数据存储。希捷保留更改产品类别或规格的权利，恕不另行通知。SC100.1-2503CN