

Brad Johns Consulting, LLC

现代磁带存储
完善信息技术可持续发展

Brad Johns
brad.johns@bradjohnsconsulting.com

2021 年 7 月

概要

随着全球范围内对抗新冠疫情 (COVID - 19) 取得显著进展, 世界经济正得以复苏, 而气候变化以及更大范围的环境、社会和公司治理(ESG)主题已成为全球企业的关键问题。信息技术(IT)行业因其规模和对全球消费的巨大影响力则体会更为深刻。随着云计算、人工智能、大数据的发展、5G网络扩张带来的海量信息, IT 行业正在迅速发生变化。据行业分析师估计, 到 2025 年, 存储的数据量可能会增长到 17ZB¹。而这些信息中的大部分最终将存留于硬盘或磁带存储系统中。考虑到对可持续性的关注, 以及未来几年存储更多数据对大量存储设备的需求, 各类公司机构通过将访问频率较低的(冷数据)从硬盘驱动器(HDD)迁移到现代磁带存储, 以此获得碳排放量的降低、提高可持续性并同时降低成本。业内分析人士认为, 存储在硬盘上的数据有 60-80%是冷数据。我们这里来假设需要对 100PB 信息进行 10 年的保存, 并对其存储介质的影响进行评估。与仅使用硬盘的解决方案相比, 将硬盘上 60%的数据动态归档到磁带上, 那么将减少 57%的碳排放、48%的电子垃圾以及 44%的总拥有成本(TCO)。此外, 如果所有的数据都是冷数据, 并被转存到磁带上, 则碳排放量将减少 95%、电子垃圾减少 80%, 总拥有成本(TCO)则降低 73%。放眼全球, 将硬盘上 60%的数据转存到磁带上, 可以减少 7200 万吨的碳排放, 这对全球碳排放的降低有着极大的贡献。对于企业来说, 在帮助全球降低碳排放和电子垃圾的同时, 通过实施这一迁移所节省的 TCO, 其财务收益也十分瞩目。

对气候变化的重新关注

现如今, 气候变化和可持续性問題已再度成为重中之重。2020 年的新冠疫情、全球经济衰退和美国竞争激烈的选举成为热点。随着全球范围内的新冠疫苗接种、世界经济的复苏以及美国政府换届这一系列事件的发生, 应对气候变化的重要性再次成为焦点。

气候变化的潜在影响已经引起了金融界的关注。美国证券交易委员会(United States Securities and Exchange Commission)要求公众就气候信息披露发表意见²。证券交易委员会的此项倡议寻求从所有选民中获取意见, 以制定一套有关气候风险和机遇的披露标准。虽然上市公司对环境影响的报告已有时日, 但它们使用的格式和信息均不相同。这就使得投资者和分析师很难对公司和行业进行比较。由此制定一套标准的报告要求可以帮助利益相关者对特定公司的环境影响进行评估。

¹ IDC, 希捷分析师日报 2021,
https://s24.q4cdn.com/101481333/files/doc_downloads/2021/2/2021-Seagate-Analyst-Day.pdf

² 《气候变化:于证券交易委员会满足投资者对气候和 ESG 信息的需求》, 美国证券交易委员会, 3/15/2021,
<https://www.sec.gov/news/speech/lee-climate-change>

美国民众支持政府在气候变化问题上采取更加明确的行动。皮尤研究中心(Pew Research center)³ 2020 年的一项调查发现，三分之二的成年人认为联邦政府在应对气候变化方面乏善可陈。此外，52%的人认为保护环境应该是政府的首要任务。商界已经对气候变化的挑战做出了回应。根据美国商会(U.S. Chamber of Commerce)的数据，超过 90%的标普 500 指数公司都已发布了可持续发展报告。这些报告传递了公司的碳排放政策，并将如二氧化碳排放、水资源利用、有害物质和报废产品处理的环境影响包含在内。为了支持这些努力，国际标准组织(ISO)创建了一套标准，即 ISO 14001 系列，以帮助企业发展、实施和管理其可持续发展相关举措。此处使用的管理工具之一即为产品生命周期评估(LCA)。该方法旨在识别产品或服务对环境的所有影响。全球已经颁发了 30 万份 ISO14001 证书⁴。

主要的 IT 公司已经启动了减少碳排放和提高可持续性的项目。例如，微软承诺到 2030 年实现碳中和。亚马逊宣布，到 2040 年减少 50% 碳排放量，到 2025 年 100%使用可再生能源，这比原来的目标提前了 5 年。IBM 宣布一项到 2030 年实现温室气体净零排放的计划，其中包括到 2025 年在 2010 年的基础上减少 65%的目标。谷歌已承诺，到 2030 年，在其全球所有数据中心和园区内实现 24/7 无碳能源运营。另外，零售、航空和电信等其他行业也发起了类似的行动。例如，沃尔玛的“十亿吨计划”旨在到 2030 年减少 10 亿吨温室气体排放。西南航空公司宣布支持美国能源部的国家可再生能源实验室(NREL)开发商业上可行和可扩展的可持续航空燃料的举措。美国电话电报公司(AT&T)承诺，到 2035 年，其全球业务将实现碳中和。



³ 《美国人如何看待气候变化和环境的 7 个图表》，皮尤研究中心，2020 年 4 月 21 日，<https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/04/21/how-americans-see-climate-change-and-the-environment-in-7-charts/>

⁴ 《促进可持续发展的生命周期评估 ISO 标准》，ISO，2006 年 7 月 7 日，<https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>.

数据的爆炸性增长

与社会上对气候变化日益关注相伴的是另一项重大发展，即数字信息的急剧增长。这种增长是由视频、医疗影像、视频监控、自动驾驶汽车、物联网(IOT)、人工智能、数据分析、科学研究、互联网应用拓展和 5G 网络所推动的。据国际数据公司 (IDC) 预估⁵，这类“数据圈”的信息量将从 2018 年的 33 ZB 增长到 2025 年的 175 ZB。然而其中的信息只有一部分被存储了下来。他们进一步估计，到 2025 年，大约 10% 的“数据圈”(datassphere)，或者说大约 17 个 ZB 将予以存储。尽管这些预估的数字已经很大了，而在其他方面的进步仍可能加大这一比重。例如，汽车边缘计算联盟(Automotive Edge Computing Consortium)估计，到 2025 年，全球联网的自动驾驶汽车每月可以产生高达 10EB 的数据⁶。此外，到 2025 年，物联网每年可生成多达 73.1 ZB⁷。

1ZB 的信息量是巨大的。存储 1ZB 的数据，需要超过 8300 万盘 12TB LTO 8 磁带，或 6250 万盘 16TB 的硬盘驱动器。LTO 8 磁带的长度是 960 米。如果将存储 1ZB 的 LTO 磁带介质全部取出，并将其首尾相连，可以抵达火星(地球到火星的最短距离为 5460 万公里)。

所有存储的数据必须保存在某种存储介质上。据国际数据公司(IDC)估计，到 2021 年，8.3 ZB 的数据将被存储，62% 的数据将存储在硬盘上，9% 存储在固态硬盘(SSD)上，15% 存储在磁带上，其余则存储在 NVM 和光盘上。不同的存储类型各自具有在技术层面和经济层面的寿命。例如，硬盘通常提供五年的质保期，并且在大多数情况下，到期即被替换。磁带存储则有所不同。现代磁带介质的寿命超过 30 年。然而，尽管磁带介质寿命如此之长，但其通常在 10 年内就会由于新一代的磁带和磁带机的经济性、技术性以及维护方面的优势而被替换。



⁵ IDC，希捷分析师日报，第 7 页，2021 年。

⁶ 《打破汽车尖端技术应用的障碍白皮书》，中国航发，2021 年 6 月 2 日。

⁷ 《2021 年物联网统计—拆解物件》，DataProt，2021 年 3 月 24 日，<https://dataprot.net/statistics/iot-statistics>

存储行业可持续发展倡议

存储行业坦然接受可持续发展的巨大挑战，所有的领军企业都已建立了积极的可持续发展目标。例如，希捷科技，最大的硬盘制造商之一，已经承诺减少 scope 1, scope 2, 和 scope 3 的温室气体排放，到 2025 年将减少 20%，2040 年减少 60%⁸。另一家大型硬盘供应商，西部数据(Western Digital)在其 2020 年可持续发展报告中⁹强调了硬盘每 PB 的能耗减少了 44%。富士胶片作为 LTO 磁带介质的领军厂商，实施了 2030 年可持续价值计划¹⁰，其中涵盖了在 2013 年的基础上减少 45% 的二氧化碳排放，以及到 2030 年将 50% 的能源采购转变为再生能源。

为了解决可持续性方面日益增长的透明度需求，存储行业供应商已经提供了其产品在整个产品生命周期内的二氧化碳排放估计值。例如，希捷科技提供了大容量企业 Exos X16 硬盘驱动器的生命周期二氧化碳当量(CO₂e)估算¹¹。他们估计，在 5 年的使用寿命中，每年将产生 2.32kg 二氧化碳当量/TB。对于 LTO 磁带，根据富士胶片对 LTO 8 二氧化碳当量(CO₂e)的生命周期估计，包括磁带驱动器使用产生的二氧化碳，在 10 年的生命周期内将产生 0.114kg CO₂e/TB/年的二氧化碳当量(CO₂e)，比硬盘少 95%¹²。



生命周期评估(LCA)法通常用于开发可持续发展的完整图景。LCA 确定并衡量产品制造对环境的一系列影响，包括生产过程中原材料的提取、消费者的使用情况以及产品的回收或处理。对于存储介质，这既包括其在数据中心的运用中所产生的二氧化碳排放，也包括图 1 所示的采购、生产、分销、使用和处理环节。

图 1 — 存储介质生命周期

⁸ 希捷科技，2020 财年全球公民年度报告，
<https://www.seagate.com/files/www-content/global-citizenship/en-us/docs/fy-2020-gc-annual-report.pdf>

⁹ 西部数字，2020 年可持续发展报告，
https://documents.westerndigital.com/content/dam/doc-library/en_us/assets/public/western-digital/collateral/company/western-digital-2020-sustainability-report.pdf

¹⁰ 富士胶片，2020 年可持续发展报告，
https://www.fujifilm.com/files-holdings/en/sustainability/report/2020/sustainability_activity_report_2020_ff_sr_2020_all_a4_E.pdf
<https://holdings.fujifilm.com/en/sustainability/plan/svp2030/environment>

¹¹ 希捷科技，可持续发展报告，<https://www.seagate.com/global-citizenship/product-sustainability/exos-x16-sustainability-report/>

¹² CO₂ 和 CO₂e 之间的区别在附录中作了讨论。

将冷数据转存到现代磁带存储的益处

如上所述，我们正在创建、传输、复制、存储和管理大量的数字信息。然而，尽管信息量的增长巨大，仍有很多信息是“冷数据”，访问频次低，仍具有价值，且不能删除。据行业分析人士估计，在存储的所有信息中有 60%至 80%是冷数据，这些数据通常保存在硬盘上。

将冷数据存储在磁带上，为全球企业提供了一个真正的机会去通过减少碳排放和对环境的影响来为社会做出重大贡献。为了阐明这一机会，我们假设了一个数据中心的环境影响并进行相关计算，该数据中心必须存储 100PB 的数据并保存十年。首先，我们估计了将所有数据保存在硬盘上所产生的二氧化碳排放当量 CO₂e。

然后，我们计算一个动态归档解决方案的二氧化碳排放当量，其中 60%的数据存放在磁带上，40%在硬盘上。我们也计算了磁带存储 100%信息的深度归档方案。该分析包括介质使用期间能源消耗所产生的二氧化碳当量 CO₂e，以及与原材料获取、制造和最终存储介质处理相关的排放。需要注意的是，该分析只包括与存储介质相关的排放，而不包括 IT 基础设施支持相关排放，如控制器、磁带库、磁带机(能源使用除外)、服务器、网络和支持基础设施。

在上述假设的例子中，将 100%的数据存储在硬盘上，十年内将产生 2507 吨的二氧化碳当量 CO₂e。动态归档解决方案则将 60%的信息存储在磁带上，同时将 40%的活跃数据保留在硬盘存储上，这产生了 1078 吨的二氧化碳当量 CO₂e，同比减少了 57%。将所有数据存储在磁带上的深层归档解决方案只产生了 126 吨的二氧化碳当量 CO₂e，同比减少了 95%。图 2 详细阐述了减少的量。

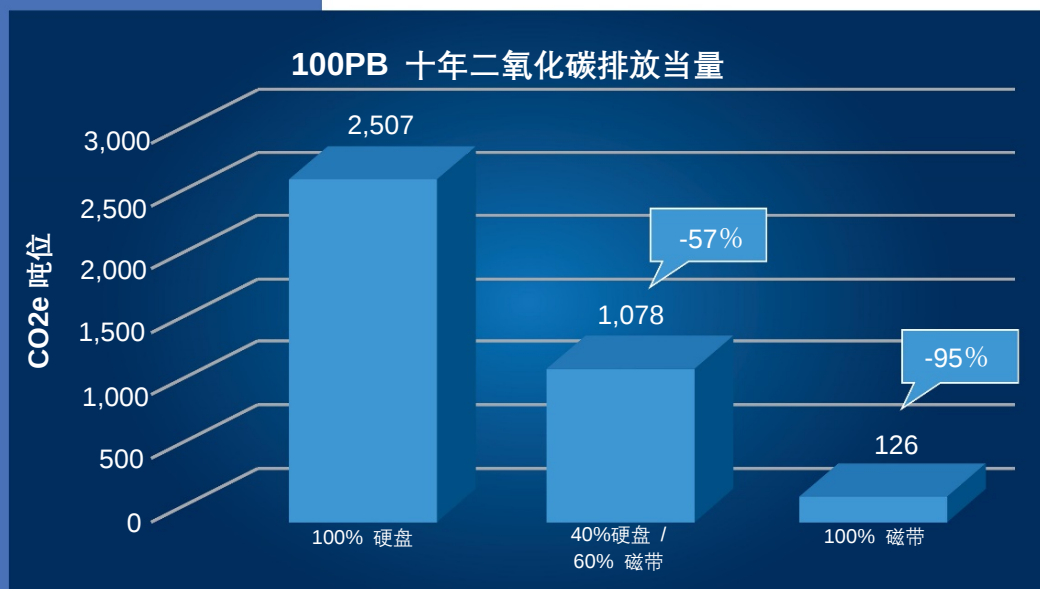


图2 — 10 年二氧化碳当量 CO₂e 的排放

除了降低碳排放，将数据移动到磁带上也大大减少了电子垃圾(eWaste)的数量。一个十年的存放要求将需要至少一次硬盘更新，这将导致在第六年就要购买替换的硬盘。根据硬盘的历史容量增长趋势，估计第 6 年的更换将利用到 34 TB 的硬盘。

更大容量的硬盘大大减少了所需的硬盘数量，以及由此产生的二氧化碳排放当量 CO₂e 和电子垃圾。将所有的 100PB 存储在硬盘上，并在 5 年后进行更新，将产生 9.2 吨电子垃圾。磁带存储具有更长的使用寿命，超过十年也不需要更新。因此，将 60%的数据存储在磁带上只会产生 4.8 吨电子垃圾，同比减少了 48%。将所有数据保存在磁带上只产生了 1.9 吨电子垃圾，同比减少了 80%。图 3 对此作了详细说明。

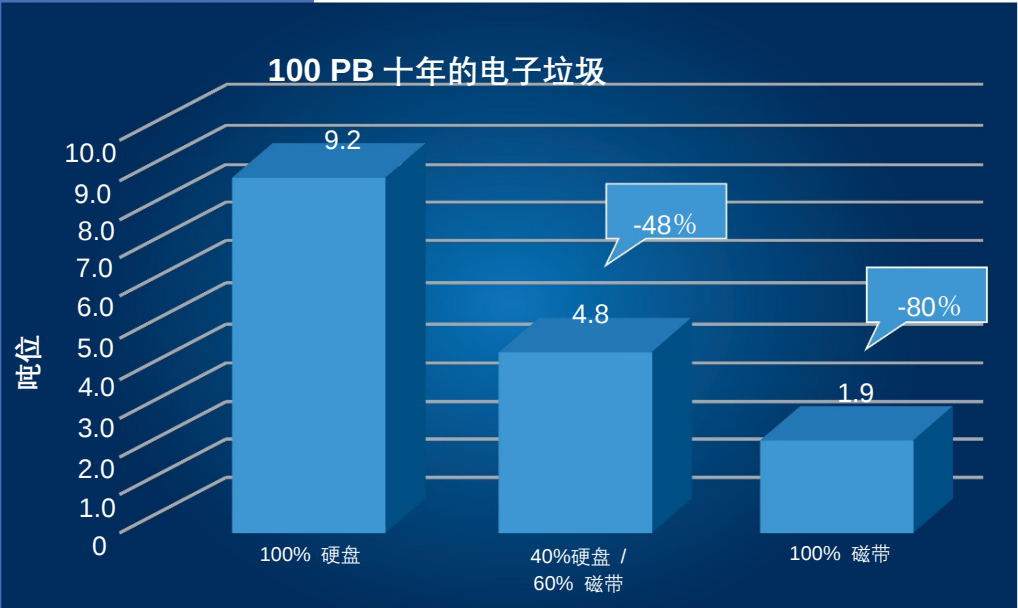


图 3 — 电子垃圾吨位

将冷数据存储在磁带上的可持续性优势是巨大的，同时也有着显著的经济效益。为了评估这一经济效益，我们将大容量硬盘存储解决方案总体拥有成本 TCO 与使用 LTO 8 磁带介质和磁带机的磁带解决方案进行比较。在硬盘上保存所有 100PB，10 年的预估总体拥有成本 TCO 为 16,416,294 美元。采用分层解决方案后，10 年 TCO 降至 9,216,059 美元，节省 44%。将所有 100PB 数据存储在磁带上则进一步降低了 TCO，成本降至 4,361,363 美元，降低了 73%。图 4 说明了节省的费用。

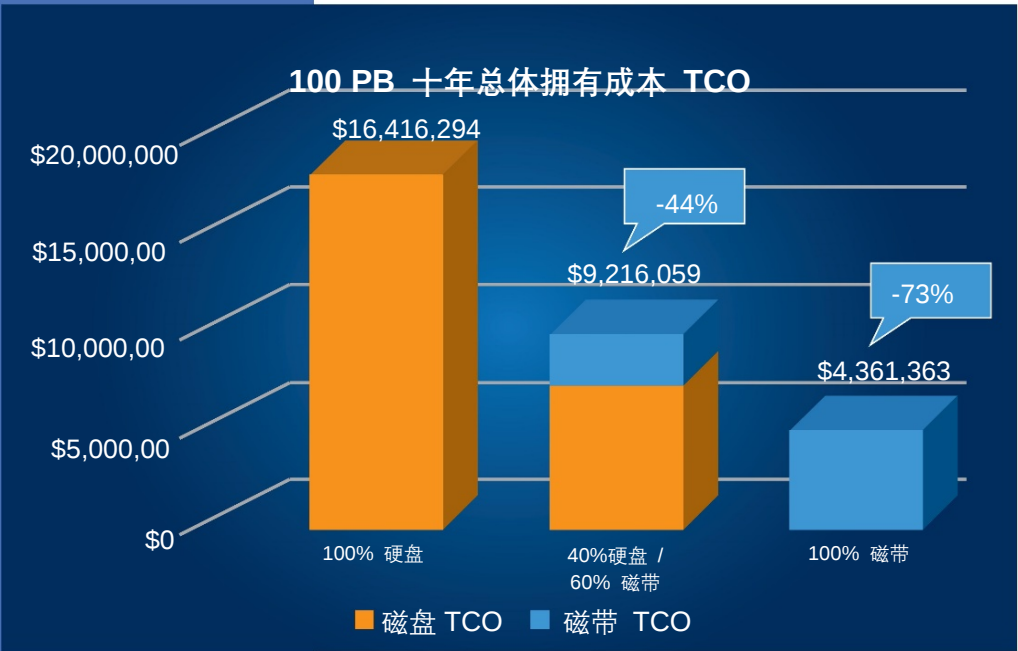


图 4 — 10 年 TCO

潜在全球影响

对单独一家公司来说，潜在的可持续性和财务效益已十分显著。那么，如果全球的机构组织对运营进行评估，并将冷数据转存到现代磁带存储呢？

我们可以从全球存储的数据总量及其所在的介质着眼，对潜在的全球影响进行估算。幸运的是，主要的研究公司，国际数据公司 IDC 在其《全球数据范围》报告中提出了这一估计。IDC 预计，到 2021 年，全球将有 8.3 ZB 的数据存储在各种介质上，其中 5.1 ZB(62%)存储在硬盘上。如果硬盘数据中的很大一部分是冷数据并被转存到磁带存储中，又会是怎样？

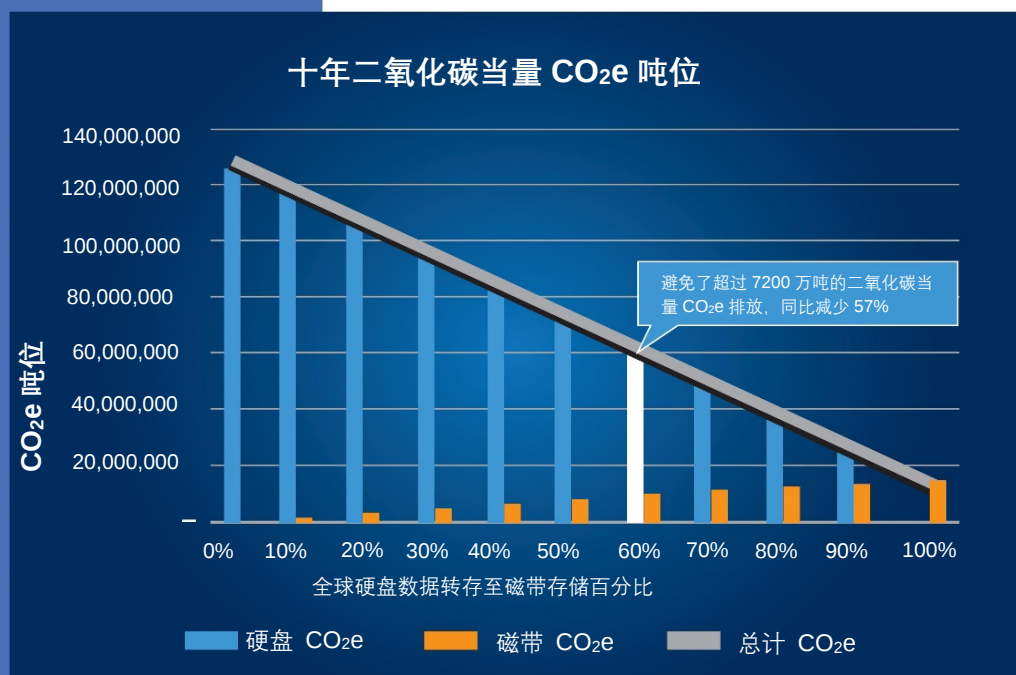


图 5 显示了全球 10 年将硬盘数据转存到磁带的不同百分比的二氧化碳排放当量 CO₂e。例如，将 60%的硬盘迁移到磁带上可以减少 7200 万吨的二氧化碳排放当量 CO₂e，同比较减少了 57%。

图 5 — 十年二氧化碳排放当量 CO₂e 与硬盘数据转存到磁带百分比

总结

全球变暖是一个长期存在的问题。因此，政府正在实施新的、成本越来越高的申报要求和法规，而消费者则倾向于更有力的政府政策来保护环境。为了解决可持续发展的问题，不同规模的企业都在使用新的方法来理解和管理其产品在整个生命周期中对环境的影响，同时实施形式多样的计划和举措来完善可持续发展。

组织机构可以采用许多不同的备选方案来解决和适应这些可持续性挑战。它们会因行业和公司而有所不同。然而，理想的可持续性方案将显著减少碳排放，将产品对环境的影响降到最低，减少开支，且易于实施。对于具有大量存储数据的企业来说，将冷数据从硬盘转存到磁带存储恰恰是其中一种方案。

为了掌握这个机会，第一步是通过对硬盘数据进行全面评估来甄别“冷数据”。一旦评估完成，该机会的规模效益也就清晰可见了。然后可以组织和实施该项目，将冷数据从硬盘存储迁移到磁带存储。很显然，管理和迁移大量数据的软件工具和方法已经得到广泛使用。通过甄别冷数据，然后将信息迁移到磁带存储，组织机构可以显著减少碳排放和电子垃圾，同时降低成本。

同样明显的是，如果全世界有足够多的公司采取这一战略，那么对环境的影响将随着全球二氧化碳排放和电子垃圾的减少而大幅下降。考虑到各种事件的影响和对全球变暖的关注，显然，现在是评估 IT 数据存储策略并将低频次访问的数据转存到现代磁带存储的最佳时机。



CO₂

二氧化碳当量 CO₂e 排放

幸运的是，数据存储行业提供了关于其产品的制造、使用和处理对环境影响的杰出数据。二氧化碳当量 CO₂e 硬盘的基准是希捷 Exos X16 企业硬盘。分析中使用的信息可以在他们的网站上找到链接：
<https://www.seagate.com/global-citizenship/product-sustainability/exos-x16-sustainability-report/>。根据硬盘历史容量的增长速度，预计在第 6 年，所有的初始硬盘将被一个 34 TB 容量的硬盘取代，其环境足迹与现有设备相同，从而显著降低 CO₂e/PB。
富士胶片提供了 LTO 8 磁带媒介生命周期中二氧化碳排放当量 CO₂e 的估算。

为了全面了解碳排放情况，该研究还添加了 IBM LTO 8 磁带机使用时的能量所产生的二氧化碳排放。磁带机使用比率为每 200 个磁带盒使用一个磁带机。LTO 的包装和分配二氧化碳当量 CO₂e 估计值是基于磁带盒带与硬盘的重量。一个 LTO 8 磁带 10 年的二氧化碳当量 CO₂e 排放总量（包括它的驱动能源使用量）为每盘磁带 13.72kg 二氧化碳当量 CO₂e。

磁带的细节如图 6 所示。
磁带介质供应商宣称，如果储存得当，磁带存储的存储寿命将超过 30 年。然而，由于实际的经济、技术和操作原因，大多数使用此存储方式的组织机构会在此之前很长时间就更新磁带介质和磁带机。该分析采用 10 年生命周期。

	CO ₂ e -kg
物料清单	2.12
生产能耗	4.58
包装	0.06
分销	0.50
使用阶段	5.70
生命周期结束	0.76
生命周期内的二氧化碳总量	13.72

图 6 — LTO 8 CO₂e 排放量预估

二氧化碳 CO₂ 与二氧化碳当量 CO₂e

二氧化碳 CO₂ 排放量和二氧化碳当量 CO₂e 是不同的。CO₂ 排放量是指排放到大气中的二氧化碳量。而 CO₂e 是代表二氧化碳当量，用来衡量温室气体对全球变暖的影响，用二氧化碳当量表示。例如，据估计，甲烷对全球变暖的影响是二氧化碳的 25 倍。因此，CO₂e 是较为全面的测度，本文采用的是 CO₂e。

全球 CO₂e 减少量预估

全球潜在的二氧化碳当量 CO₂e 减少量是基于将 1PB 数据存储于硬盘和磁带上 10 年所产生的二氧化碳当量。对于硬盘，据估计保存 1PB 10 年将产生 25.1 短吨的二氧化碳。对于磁带来说，储存 1PB 10 年将产生 1.3 吨的二氧化碳。这些比率将应用于 2021 年存储在硬盘上的全球数据量，并按转存到磁带上的不同比重来生成图表。



电子垃圾

电子垃圾的评估是基于介质的重量的。该重量在技术规范中有明文规定。对于硬盘，每个硬盘的重量是 670 克；对于 LTO 8 磁带，每个磁带的重量为 200 克。对于给定的存储数据量（在我们的示例中为 100PB），将根据介质的容量计算所需的单元数。采用磁盘阵列 RAID 或擦除编码两种数据保护方式，提高了硬盘的单元数，降低了硬盘的有效容量。在此分析中，硬盘的有效利用率为 75%。

关于本报告所使用的资料

布拉德·约翰斯咨询有限责任公司认为，这份报告中的信息在发表之日是准确的。信息是“按原样”提供的，且无任何形式的担保。

商标及特别通知

线性磁带开放协议(Linear Tape-Open)、LTO、LTO 商标、傲群(Ultrium)和 Ultrium 商标是惠普、IBM、昆腾(Quantum)在美国和其他国家的商标。其他公司、产品或服务名称可能是其他公司的商标或服务标记。

关于赞助商



富士胶片记录媒体美国公司提供了基于薄膜工程和磁颗粒科学历史的突破性数据存储产品，如富士胶片的 NANOCUBIC 和钆铁氧体技术。我们的使命是通过创新的产品和解决方案，使世界多地的机构都能够有效地管理全球指数级的数据增长，并认识到为后代保护环境和保存数字内容的社会责任。



国际商用机器公司(IBM)是一家美国跨国信息技术公司，总部设在纽约阿蒙克，业务遍及 170 多个国家。IBM 提供全系列的磁带存储产品，包括磁带机、自动加载器、磁带库、虚拟磁带系统、IBM Spectrum Archive 软件和混合解决方案。

关于作者

布拉德·约翰斯是布拉德·约翰斯咨询有限责任公司的所有者和总裁。他在信息技术行业有超过 40 年的经验。他的公司专门从事存储行业的经济分析和咨询。

1978 年，布拉德在国际商用机器公司(IBM)的数据处理部门开始了他的信息技术职业生涯，并先后担任过几个销售管理、咨询和营销职位。他于 1997 年加入 IBM 存储系统部门，负责产品的管理和营销，直到 2010 年退休。作者持有亚利桑那大学工商管理硕士学位和经济学学士学位。他的网站是 bradjohnsconsulting.com。

