



迈向智能世界白皮书2023

数据存储

数据新范式，
释放AI新动能



序言

今天AI大模型是一个非常热的话题，如果说我们把机器智力的发展跟人类过去文明和智力的发展进行类比，有很多相似之处。人类出现在地球上，有几十万年的历史，但是真正人类文明的高速发展也就几千年。这里边最关键的是文字的出现，我们可以记录我们的经验和知识，而且记录下来之后可以群体性地进行学习、复制、演进、发展，这就导致了我们的人类社会文明在这几千年当中高速地发展。

那么同样的，AI机器文明的发展会怎么样。我们可以看到，今天机器已经有了很好的算法，这个算法可以使得机器能够学习，但是更重要的是学习的素材在哪里。所以有一句话叫做缺

数据、无AI，我觉得这句话是非常重要的，它跟人类的历史也恰恰是一样的。

如果说我们仅仅只有一个方法论，但是缺乏知识库，缺乏语料库，那么所有的AI大模型本质上是没有任何意义的。我们必须喂给它知识库、语料库，它才能够针对我们的场景形成咨询师，形成编程机器人，形成客服机器人，让它具有自己学习的大脑。

因此在整个系统当中，除了算这一部分，把我们今天的信息进行数字化存储，变成知识库，让这些知识库用的更好，这一点也需要引起足够的重视。

所以我认为，企业在未来AI时代要持续领先，一个很重要的基础就是必须具备先进的以数据存储为核心的数据基础设施。

华为公司在数据存储产业上的大规模投入超过十年，产品已进入全球超过150个国家和地区，广泛服务于运营商、金融、政府、能源、医疗、制造、交通等多个行业超过25000家客户。通过与业界专家、客户和伙伴深入交流，我们编写了这份《迈向智能世界-数据存储》白皮书报告，结合近期火热的AI大模型话题，从新应用、新数据、新安全、新技术、绿色节能五个方面，展望数据存储的发展趋势与行动建议。我相信这是一次有

意义的探索，将凝聚更多的产业力量共同推进数据存储产业的发展。

过去三十年，数据存储一直是高价值数据的最佳底座，新技术、新应用产生的数据源源不断地汇入数据海洋，华为数据存储愿与产业各方更加紧密携手努力，汇聚产业力量，共创数据存储美好未来。

周跃峰
华为数据存储产品线总裁



序言 01

目录 03

执行摘要 05

新应用

展望一 08
AI大模型

新应用

展望二 19
大数据

新应用

展望三 24
分布式数据库

新应用

展望四 28
云原生

新数据

展望五 33
非结构化数据

新安全

展望六

37

存储内生安全

新技术

展望七

42

全场景闪存普惠

新技术

展望八

46

以数据为中心的架构

新技术

展望九

49

AI赋能存储

绿色节能

展望十

54

存储绿色节能

附录

63

执行摘要

AI大模型已超出人类想象的速度，将我们带入智能世界。算力、算法、数据构成了AI的三要素。算力、算法是AI大模型时代的工具，数据的规模和质量才真正决定了AI智能的高度。数据存储将信息变为语料库、知识库，正在和计算一起成为最重要的AI大模型基础设施。以AI大模型为代表的企业智能化应用，正在和经典数据库应用形成并驾齐驱乃至超越之势。每一次应用的变革，都伴随着数据基础设施架构的演进。高可靠、高性能、共享的数据存储，成为以Oracle为代表的数据库的最佳数据基础设施。新的企业智能化应用从量变进入质变阶段，正在形成新的数据范式。

面向未来，我们对企业数据存储进行了如下展望：

- ① AI大模型将AI带入新的发展阶段。AI大模型需要更高效的海量原始数据收集和预处理，更高性能的训练数据加载和模型数据保存，以及更加及时和精准的行业推理知识库。以近存计算、向量存储为代表的AI数据新范式正在蓬勃发展。
- ② 大数据应用经历了历史信息统计、未来趋势预测阶段，正在进入辅助实时精准决策、智能决策阶段。以近存计算为代表的数据库新范式，将大幅提升湖仓一体大数据平台的分析效率。
- ③ 以开源为基础的分布式数据库，正在承担越来越关键的企业应用，新的分布式数据库+共享存储的高性能、高可靠架构正在形成。
- ④ 多云成为企业数据中心新常态，企业自建数据中心和公有云形成有效互补。云计算的建设模式从封闭全栈走向开放解耦，从而实现应用多云部署、数据/资源集中共享。以容器为基础的云原生应用，从无状态应用走向有状态应用，数据存储一方面要提升资源发放效率，更重要的要承载全新的云原生应用。存储即服务的商业模式，正在从公有云走向企业数据中心。

- ⑤ 80%的企业新增数据是非结构化数据，AI大模型正在加速海量非结构化数据进入生产决策系统，全闪分布式存储成为海量非结构数据最佳数据基础设施。
- ⑥ AI大模型应用聚集海量企业私域数据，数据安全风险剧增。构建包括存储内生安全在内的完整数据安全体系，迫在眉睫。
- ⑦ 全闪存存储以高性能、高可靠、更优的TCO，不仅实现对高性能机械硬盘的替代，也将实现对大容量机械盘的替代，从而打造全闪存数据中心。
- ⑧ AI大模型推动数据中心的计算、存储架构从以CPU为中心走向以数据为中心，新的系统架构、生态正在重新构建。
- ⑨ AI技术正在越来越多地融入在数据存储产品及其管理，从而大幅改善数据基础设施的SLA水平。
- ⑩ 绿色节能从产业牵引进入实施执行阶段，占数据中心能耗30%的数据存储，能耗指标正在纳入建设标准。

面向以AI大模型为代表的企业智能化新应用，新的数据基础设施架构也正在逐渐形成。为了构建大模型时代最佳的数据基础设施，我们建议：

- ① 企业数字化从以应用创新为主，转向应用和数据基础设施的协同创新，充分发挥数据潜力。
- ② 针对AI、大数据、分布式数据库、云原生应用，建设新应用和数据存储的联合设计团队，共同打造最佳的数据基础设施。
- ③ 坚定不移地推进新应用的存算分离架构，充分发挥应用、存储的专业能力，实现强强联合。

- ④ 探索以数据为中心的新存储系统架构；构建新的数据范式，推动数据存储支持近存计算、新的数据格式、新的数据访问协议、高性能应用数据缓存。新架构和新范式的组合优化，将大幅提升数字化新应用的效率，让新应用拥有更高的SLA，并尽量降低传统应用的改造成本。
- ⑤ 企业核心的竞争力应用部署在企业自建数据中心，不确定性创新业务根据需要可以尝试公有云。云的建设模式逐渐向应用多云部署、数据/资源集中共享的分层解耦模式演进。面向容器为基础的云原生应用，联合应用开发团队和数据存储团队，构建云原生应用最佳实践。依据企业的战略、经营情况、未来预测，不盲从，综合对比、选择合适的商业模式，并选择合适的MSP、存储厂商合作伙伴。
- ⑥ 加速全闪存存储的应用，采用以数据为中心的新架构存储、高密硬件、数据缩减、系统融合、海量非结构化数据治理等技术，降低海量数据的TCO，打造绿色低碳的数据中心。
- ⑦ 将数据存储团队加入数据安全联合团队，制定数据存储内生安全标准，构建数据安全的最后一道防线。
- ⑧ 积极尝试AI使能的数据存储产品及其管理，提升团队人员AI技能，从而大幅改善数据基础设施的SLA水平。



新应用

展望一

AI大模型



缺数据，无AI

随着GPU算力、AI算法的迅猛发展，以生成式AI为代表的AI大模型时代已经来临。其在对话、知识反馈等方面已远超过普通人类水平，更将颠覆互联网、制造、金融、媒体等千行百业。当前，AI大模型的第一波浪潮已经开始，作为企业IT建设的决策者，需要正视并主动拥抱变化，探索企业如何利用好大模型赋能生产、提升效率。



趋势

AI的发展远超过预期

2022年末，当OpenAI发布ChatGPT时，没有人能想到，AI大模型接下来将为人类社会带来历史性变革。其拐点已经出现：2022年以前，AI还是一个面向专用领域以“感知世界、理解世界”的小众工具，例如计算机视觉、互联网推荐。当前，它已经成长为面向通用领域以“生成创造世界”的全能发明家，懂学习知识、会理解思考，在社交、办公、编程、决策、创意生成中掀起生产力的巨浪。

举例来说，同年发布的生成式绘图AI软件Midjourney在1分钟内，便可根据描述创造出不逊于人类顶尖设计师的作品。Midjourney基于GPT大模型，实现了在33个设计领域均实现应用落地，例如，在文创设计领域的毛线编织、手机壳、盲盒公仔、冰箱贴、贺卡、玩具，在视觉设计领域的卡通头像、公司Logo、徽标、电影海报，甚至在家装设计领域的地毯纹路、瓷砖图案、家具造型……

大模型正在从基础大模型走向企业自建的行业大模型

AI基础大模型已逐渐普及，正在加速向各个行业渗透。过去，AI在不同场景下需要开发和训练不同的模型，不仅投入大、效率低，而且是从最基础的模型开始开发，技术门槛极高。而如今，大模型很大程度上打破了AI通用化、行业化的瓶颈，为上层应用提供更多通用性的基础能力，企业不再需要按场景从零开始开发和训练独立的基础模型，仅需在较成熟的基础大模型上融入企业生产业务沉淀而来的私域数据，即可进一步实现大模型的专业训练，满足特定领域对准确度、安全性等方面的诉求。根据华为分析，预计95%的中大型企业未来将基于专属数据自建行业大模型，依赖如银行的企业账户与个人财务信息、车企的自动驾驶影像记录、医疗集团的用户健康数据。

其次，我们也发现，企业对于使用公开的大模型，是非常谨慎的。数据是企业核心资产，企业无法接受在大模型使用中导致企业核心机密泄露。据Cyberhaven对覆盖160万名来自各行业员工的调研，2.3%的员工曾将公司数据复制到ChatGPT，且其中机密数据占11%。而根据Gartner报告显

示，沃尔玛、亚马逊和微软等公司已经通知员工不要在ChatGPT或类似生成式应用中输入任何机密信息，而摩根大通、花旗集团、德意志银行和美国银行直接禁止员工使用ChatGPT。Verizon也禁止员工从公司系统访问ChatGPT，原因是Verizon认为如果将客户信息、源代码或知识产权等内容放置在AI平台上，这些信息最终将转化为这些平台的资产，从而失去对数据流转的控制。

数据决定AI智能的高度

AI大模型三要素是数据、算力、算法。随着AI技术快速成熟，各企业所能够使用的算力已逐渐趋同，均是以英伟达、昇腾为代表的GPU硬件；而各企业采用的算法也同样逐渐收敛简化，均采用Transformer模型基础架构和Pytorch、TensorFlow、MindSpore开发框架。因此，真正决定AI智能高度的是数据，企业需要思考怎样才能用好数据。

首先，训练数据的规模至关重要。我们发现，同样是大语言模型，Meta开发的LLaMA拥有650亿参数和4.5TB训练数据，而OpenAI的GPT-3.5拥有1750亿参数和570GB训练数据，尽管LLaMA在参数规模上仅不到GPT-3.5

的一半，但其表现能力在大部分基准上均超过后者。不仅如此，LLaMA更是与来自DeepMind的700亿参数模型Chinchilla、来自谷歌的5400亿参数模型PaLM在表现上旗鼓相当。由此可见，相较于模型参数规模，训练数据的体量对提升AI精度的效果更能起决定性作用。

其次，数据的质量同样重要。AI大模型生成不正确、有歧义、无意义或不真实的结果，根本原因就是缺乏具备规范性、完整性、时效性的高质量数据源支撑。对于基础大模型，主要基于厂商从公开渠道所获取数据的质量。而对于行业大模型的训练及细分场景推理应用，模型效果取决于行业专属的私域数据的质量，这包含了企业原有数据，与实时更新的增量数据，也就是行业知识库。

作为数据载体，数据存储成为AI大模型的关键基础设施

作为数据载体，数据存储成为AI大模型的关键基础设施。数据存储是AI大模型数据收集、预处理、训练、推理的关键一环，决定了能保存的数据容量、训练及推理的数据读取效率、数据的可靠性以及数据安全。

首先，海量原始数据的归集效率。这个阶段需要通过跨地域、跨线上线下的方式对数据进行归集汇总，进行如数据中心、边缘、云间不同协议格式数据的交互。据统计，PB级数据的归集通常花费3~5周，耗时占据整个AI大模型全流程时长的30%。为了加速数据归集、减少后续分析的等待时间，需要存储具备高效汇聚、协议互通、海量按需扩容的能力。

其次，数据的预处理效率。通过收集、爬取的原始数据是无法直接用于模型训练的，PB级原始数据会在这个阶段被CPU与GPU再次读取，进行解析、清洗、去重等工作，包含至少3次全量数据读取与搬运，所消耗的CPU、GPU、网络、内存资源占据30%以上，然后最终生成训练样本用于后续训练。我们分析，企业在这个阶段耗时超过50天，占据AI大模型全流程时长的40%以上。为了保证数据处理的效率、减少资源的浪费，需要存储提供对数据的就近处理能力。

第三，模型训练阶段的数据访问效率。在模型训练启动阶段，GPU服务器会随机读取数万个小文件，读取完毕后才能启动训练。为了避免GPU等待训练数据的加载时间过长，需要数

据存储提供千万级IOPS能力。此外，在模型训练的过程中，GPU服务器硬件的故障率较高，譬如业界模型训练平均每2.8天故障一次，如果每次均从头重新训练，将永远无法完成训练任务。因此，在过程中一般会设定数十次、甚至上百次的周期性checkpoint操作，保存中间过程数据，让发生故障后可以断点续训。在这个期间，GPU将会暂停，等待数据完整保存后才可继续运转。为了减少GPU的空置时长，需要存储提供数百GBps级的读写带宽。

此外，应用推理阶段的实时性和精准性。当大模型用于推理时，为避免大模型出现答非所问、内容杜撰等问题，需要将企业不断产生的私有数据联接到大模型。如果将这些全新的数据再次进行训练或微调，会耗费很长时间，且成本高昂。业界正在研究大模型旁外挂一个可容纳增量数据、并且实时动态更新的行业知识库，这其实就需要一个能够快速检索关键信息的新型存储。

最后，在AI大模型全周期漫长的数据链条中，通常攻击的手段归结为两类，一类是传统的数据窃取，以获取勒索赎金。据统计，2022年平均每11

秒就发生一次数据勒索事件，企业不仅面临赎金损失，还会面临商誉、商业机会、法律诉讼、人力和时间成本等损失，这些连带损失甚至是赎金损失的23倍以上。而另一类是新型的数据攻击，主要是通过加入噪音数据，如在训练数据中加入暴力、意识形态歪曲的内容，导致模型质量下降、推理精确度失准、出现模型幻觉，最终干扰企业决策。这需要存储能够保障数据安全。

简单来说，AI大模型时代的到来，存储作为数据的关键载体，需要在三个方面演进，即海量非结构化数据的治理、10倍的性能提升、存储内生安全。在满足EB级海量扩展性的基础之上，需要满足百GBps级的带宽和千万级IOPS，实现10倍以上的性能提升。



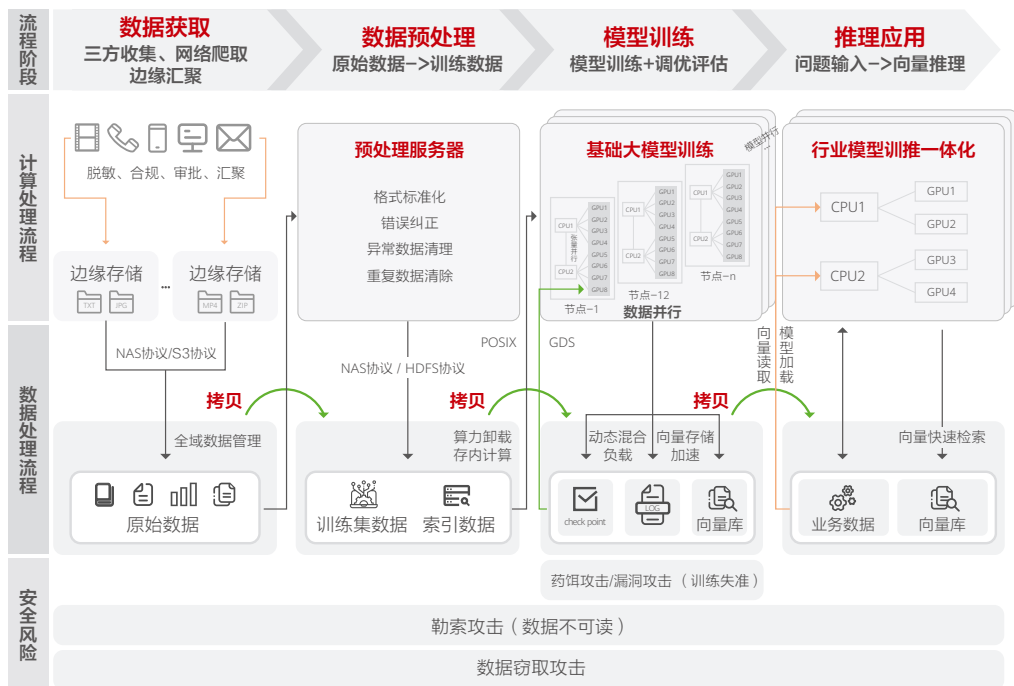


图1：AI大模型全生命周期

数据编织能力实现跨地域的海量数据归集和管理

数据编织是通过全局数据视图技术，实现全局数据可视可管、跨域跨系统的数据按需调度，实现业务无感、业务性能无损的数据最优排布，满足来自多个源头的价值数据快速归集和流动，以提升海量复杂数据的管理效率，直接减少AI训练端到端周期。

除此之外，数据编织也能实现AI训练数据集的按需筛选。通过数据画像，凭借数据的时空信息、数据的标签，以简化数据的分级分类管理，做到按场景化的数据治理，满足AI大模型的场景化要求。通过识别数据的访问日期、格式类型和访问频次，来满足热、温、冷数据的智能分级，最大化节省TCO。

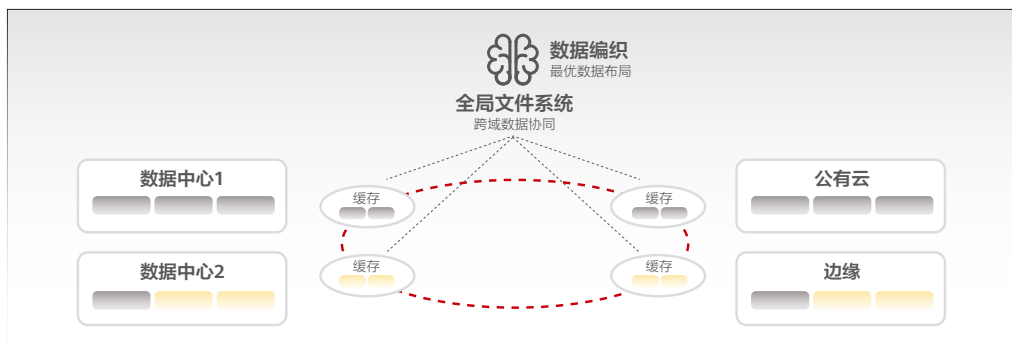


图2：全局数据视图和调度

AI大模型数据的高性能存取需要数据存储全面走向全闪存

高性能的数据读写是提升GPU利用率、减少端到端训练周期的关键。

传统的机械硬盘存储已经无法满足快速访问和处理大规模数据的需求，而闪存技术具备高速读写能力和低延迟特性，并伴随着其堆叠层数与颗粒类型方面突破，带来成本的持续走低，使其成为处理AI大模型的理想选择。在读写比6:4时，机械盘存储仅有5~10万IOPS，而全闪存存储可以达数十倍以上，大幅突破100万以上IOPS。数据读写性能的大幅提升，将减少计算、网络等资源等待，加速大模型的上市与应用。据华为测算，以GPT-3采用100PFlops算力下，当存储的读写性能提升30%，将优化计算侧30%的利用率，训练周期将从48天降

低至36天，整体训练时间缩短32%。

高性能的计算与存储架构从以CPU为中心转向以数据为中心

AI大模型的出现，让算力以CPU为主转向了CPU、GPU、NPU等异构融合。目前，模型训练仍然需要通过CPU去访问内存，但由于CPU的发展逐步放缓，导致内存的带宽和容量成为瓶颈。

业界的解决办法是正在采用以CXL（Compute Express Link）为代表的高速互联总线，将系统中的计算、存储、内存等资源彻底解构，各自形成统一的共享资源池，让GPU可以直接通过CXL总线以更快的速度访问内存与存储，从而极大提升AI大模型的数据加载及流转效率，实现以CPU为中心转向以数据为中心的架构。

目前，存储系统也还是以CPU为中心的架构，为了提供更快速的数据服务，以支撑AI大模型的高效训练与推理，存储未来也会采用高速互联总线的数据交互方式，朝着以数据为中心的架构演进。

新的数据范式将以新的数据架构加速AI大模型的训练/推理

AI大模型的兴起，促进了大算力+大数据+大模型的化学反应，推动了向量存储、近存计算等存储新范式的创新。

【向量存储】外挂知识库正在成为大模型应用的必备组件。知识库就是一个新型的外置存储，为我们带来了全新数据范式，我们称之为向量存储。向量存储秉承“万物皆可向量”的理念，将所有知识内容、所有提问输入转化成向量表示，把多模态、高维度的非结构化数据的特征提取出来，并在推理应用时进行快速的查询检索，找到与问题最接近的知识内容（即在向量表示中距离最近），将这些内容输入给大模型，形成更加精准的回答。于此往复，向量存储就成为一块AI大模型的外置记忆块，用于长期存储这些数据，供大模型随时调用，也可以及时更新。

预计2025年向量知识库会占非结构化数据处理总需求约三成，向量存储将成为一切大模型数据的基础。一方面，向量存储需要具备每秒一万次级别的向量检索能力，以快速在数十亿甚至上百亿条向量里进行模糊查找或精确匹配。另一方面，还需要支持跨域、跨模态数据的索引查找，比如来自多地多源头同一事物的图片、语音、文字等多模态形式，实现信息快速关联与聚合。

【近存计算】大模型的数据预处理涉及至少3次存储、内存、CPU间的数据移动，消耗30%的计算与网络资源。为了减少或避免数据搬移带来的系统开销，需要通过近存计算、以存强算的能力，将算力卸载下沉进存储实现随路计算，让数据在存储侧便完成一部分过滤、聚合、转码任务，释放20%的CPU、GPU、网络、内存资源，一定程度上减少了对GPU的依赖。

存储内生安全将成为数据安全的最后一道防线

大模型诞生于海量数据知识，这些数据囊括用户的私人信息、企业的核心商业秘密等敏感信息。作为数据的最终载体，存储绝不能被攻破，安全应

该是存储的内生能力，需增强整个大模型系统的数据防护能力，以构建数据安全最后一道防线。存储内生安全包括存储软硬件系统安全、存储数据安全以及安全管理。

AI大模型的建设模式将采用和HPC、大数据同源的数据湖建设模式

企业在使用AI大模型、HPC、大数据时均需要丰富的原始数据，它们的来源是相同的，均是企业所积累的生产交易数据、科研实验数据和用户行为数据。因此，大模型采用和HPC、大数据同源的建设模式是最经济高效的，实现一份数据在不同环境中协同工作。否则，将重复建设独立集群、消耗大量存储设备和机房空间，产生更严重的数据孤岛，影响建设运维成本与数据流转效率。如今，例如鹏城云脑、武汉智算中心、中国移动、中国电信等客户已经开始基于此模式启动建设。

虽然业界的HPC、大数据、AI大模型走向数据湖的建设模式，但由于AI大模型的数据规模与工作负载对存储性能和容量诉求提升至少10倍，因此，企业有必要针对现有的数据湖存储进行性能升级和不断扩容，并满足数据

的全生命周期管理。

对于企业的细分行业场景应用，一站式的训/推超融合一体机成为主流建设模式

企业受限于技术、人才和资金的短缺，带来了设备集成复杂、模型部署繁琐、资源使用效率低、运维管理困难等一系列难题。

针对上述困境，一站式的训/推超融合一体机，凭借开箱即用、存算灵活拓展、模型一键部署等特点成为企业拥抱行业大模型的最优解。这种集成存储、网络、多样性计算的一体化交付模式，在2小时内完成部署，免去企业适配调优、系统从头搭建的困扰；并可以灵活扩展计算、存储节点，并利用高效的资源调度和虚拟化技术，让一切资源能够物尽其用；此外，通过预置集成各种大模型，基于企业私有知识库进行微调与推理，构建更偏向端侧细分应用的环境，如客服专家机器人、办公室助理机器人、程序员机器人，降低企业部署AI大模型的门槛，加速走向普惠时代。

HCI超融合架构
训练/推理一体机



资源管理
软件

虚拟化软件

AI组件

网络节点

训练 / 推理节点

存储节点

图3：HCI超融合架构训/推一体机



建议

建议1：数据决定AI智能的高度，企业应该建立计算与存储并重的AI大模型基础设施

AI大模型走向各行各业后，数据的规模与质量是AI智能的决定性因素，企业不应仅关注堆叠算力，更应关注以存储为核心的数据基础设施，其中包括海量非结构化数据的治理、更优的吞吐性能、更高的数据安全。

建议2：AI大模型采用和HPC、大数据同源的数据湖建设模式，并对当前的数据湖存储进行性能升级

数据湖的建设模式将消除数据孤岛，满足海量数据诉求下的弹性扩容，降低TCO。此外，应该按需对现有数据湖存储进行性能升级，以满足AI大模型实时

性下不断攀升的性能诉求。

建议3：企业应该构建具备前瞻性的数据基础设施架构，包括全面闪存化、以数据为中心的架构、数据编织、新数据范式（向量存储、近存计算）以及存储内生安全

全闪存存储将带来性能大幅提升，加快AI大模型开发落地的速度；以数据为中心的架构可以带来硬件资源的解耦与互联，加速数据的按需流动；数据编织、向量存储与近存计算等新兴数据处理技术，将最大程度降低企业整合数据、使用数据的门槛，满足资源的高效利用，降低行业接入AI大模型的难度；存储内生安全体系将保护企业核心私密数据资产，让企业更加放心地使用AI大模型。



图4：AI数据基础设施

建议4：对于企业的细分行业场景应用，采用一站式的训/推超融合一体机建设模式

考虑到细分行业应用的便捷性，企业应考虑采用超融合架构，将数据存储节点、计算（训/推）节点、交换设备、AI平台软件，以及管理运维软件高度集成并一站式交付，免去大量适配调优、系统搭建的成本。

建议5：打造具备AI大模型、尤其是AI大模型存储的专业技术团队，提升企业AI大模型的专业能力

企业应该培养更多具备对AI大模型、尤其是AI大模型存储方面拥有深入理解、实战经验的专业人员，构建AI大模型的人才培养体系。



新应用

展望二

大数据



大数据应用从描述过去走向决策未来，新数据范式驱动数据应用效率提升

大数据应用经过十来年的发展，已经从对历史数据进行统计描述走向主动决策、智能决策。企业通过优化大数据平台与基础设施，构建领先的数据价值挖掘能力和应用效率，将获得竞争优势。



趋势

大数据应用迈向辅助实时精准决策、智能决策，大数据平台正在走向湖仓一体，关键要建设面向大数据的数据湖存储

大数据应用的发展可以描述为传统数据应用、预测分析和主动决策三个阶段。

第一阶段，2000年~2012年的传统数据时代：数据技术主要用于对历史现象进行更准确描述。例如银行历史明细查询、运营商话单查询和客户流失率统计、城市供电燃气和水务使用

分布情况统计等。

第二阶段，2012年~2022年的预测分析时代：根据历史统计预测未来可能发生什么，以辅助管理者判断和决策。例如信用卡目标客户画像与推荐、话费流量包推荐、舆情检测和灾情评估等。

面向未来，大数据进入主动决策时代：通过历史发生过什么及正在发生什么的即时分析判断，进行实时精准决策。例如，在城市交通管理中，通过大数据技术采集和分析车辆位置数

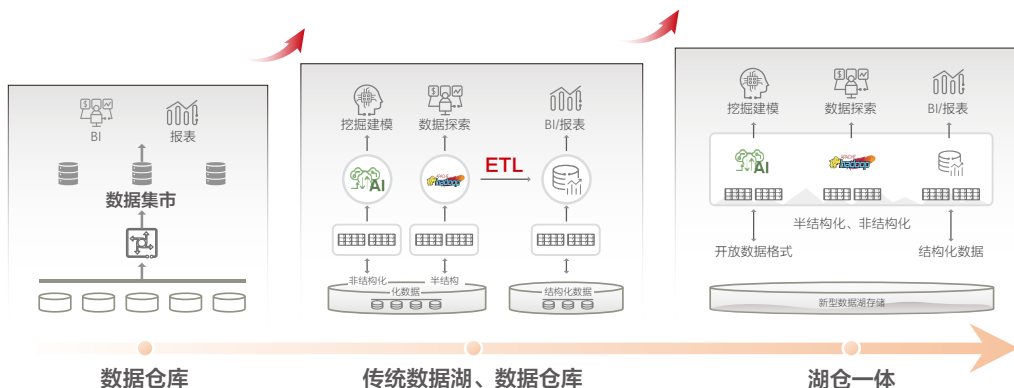


图5：大数据分析平台三阶段演进

据、交通流量数据等实时分析和处理，从而实现交通路线的自动优化、交通拥堵的实时调控与缓解。

在此过程中，大数据分析平台的演进也经历三个阶段：

传统数据仓库时代：企业通过数据仓库构建面向主题的、可随时间变化的数据集合，从而实现对历史数据进行准确的描述和统计，为分析决策服务，但仅能处理TB级结构化数据。

传统数据湖时代：企业使用Hadoop技术构建数据湖，处理结构化、半结构化数据，实现基于历史数据预测未来的发展趋势。这个阶段形成了数据湖和数据仓库并存的“烟囱”架构，数据需要在数据湖和数据仓库之间流转，因而无法实现实时决

策、主动决策。

湖仓一体时代：企业开始尝试从IT堆栈优化上寻找实时决策、主动决策解决方案，将大数据平台快速推向湖仓一体的新架构。其核心举措是与存储厂商联合创新，将大数据IT堆栈存算解耦，以数据湖存储实现数据湖和数据仓库共享同一份数据，无需在数据湖和数据仓库间进行数据流转，从而实现实时、主动决策。

中国移动联合华为数据存储开展大数据存算分离研究，重点推进湖仓一体架构的应用，以提升大数据服务便捷性。在其九大区域业务数据中心节点建设超过180PB容量的数据湖存储进行规模试点，形成每日超过20万个作业、每秒超过2亿条数据的分析处理能力，规模全球领先。

多样负载接入是新型数据湖存储的基本特征

新型数据湖存储把来自数据科学、AI应用、知识挖掘等不同应用的数据源接入集成到统一存储池中，因此它应能支持不同应用工具集带来的多样化数据访问，包括多样化数据访问协议以及不同的IO负载。

数据湖存储支持近数据计算，新数据范式提升大数据对应用的支

撑效率

当计算客户端的规模达到万级甚至是几十万级别，数据量达到十PB级时，为了快速进行数据查找分析，关键是要优化元数据查询操作性能。在大数据平台与数据持久存储之间新增一个高速缓存层作为海量数据加速引擎，近数据计算实现百PB数据查询效率从10分钟级缩短至10秒，支撑T+0实时数据分析成为现实。



图6：近存计算实现实时大数据分析



建议

建议1：企业关注大数据平台与存储的协同创新，推进数据分析走向实时

企业应从传统以关心大数据平台建设为主，演变为通过落地大数据平台与存储的协同创新，有效解决现有大数据平台实时数据与离线数据无法共享和融合分析的问题，实现对不同类型、不同来源、不同格式的数据进行统一管理和处理，从而实现数据实时更新、实时分析和实时供数。

建议2：成立大数据平台与存储联合设计团队，形成协同工作常态机制

当前企业大数据平台团队的职责主要是搭建稳定、可靠的大数据计算平台，通过海量数据的计算建模、分析和挖掘，探索数据应用场景。成立大数据平台与存储联合方案设计团队，并形成协同工作机制，有助于将大数据分析工作流的探索优化范围从以数据计算为主扩展到数据产生、数据计算、数据存储、数据应用的端到端全流程，形成探索数据应用的更强大创新引擎。

建议3：大数据平台基于存算分离架构向湖仓一体演进，探索新数据范式，实现T+0实时决策

通过建设新型数据湖存储、探索以近存计算为代表的新数据范式，帮助企业大数据平台向湖仓一体演进，实现实时、主动决策。



新应用

展望三

分布式数据库



互联网浪潮和成本压力促使核心系统逐步采用分布式数据库，同时分布式数据库正在从存算一体走向存算分离架构

开源数据库MySQL和PostgreSQL占据全球数据库市场格局TOP2。开源数据库正在重构企业核心系统。同时为确保业务平稳运行，分布式数据库存算分离架构正在成为事实标准。



趋势

基于业务变化、降本增效和长期技术演进，基于开源生态的分布式数据库正在替代传统核心系统

数字化、移动化技术发展使企业与客户交互渠道发生巨大变化，手机APP类互联网应用成为触发客户购买行为的最佳媒介。这固然引领了业务快速增长，但也给核心系统带来难以预料且波动巨大的业务浪涌。核心系统必须具备极强的资源弹性，以确保高峰期能够快速扩展以保障业务正常运行，而平时能够释放闲置资源避免浪费。

高昂的运维成本也是企业选择传统核心改造的原因之一。甲骨文第三方支持服务提供商 Rimini Street, Inc. 面向 Oracle 用户所作调查结果显示，97% 的用户认为成本是使用 Oracle 数据库的最大战，35% 的用户正在转向使用开源或其它非 Oracle 云数据库。

分析网站 6Sence 显示，MySQL 以 42.95% 的市场占用率稳居数据库榜首，排名第二的是另一个开源数据库 PostgreSQL，Oracle 仅排名第三位。

为确保业务平稳运行，分布式数据库存算分离架构成为事实标准

稳定性是核心数据库的第一关注点，此外性能、功能和能效也是重要的考核标准。

在分布式数据库使用初期，由于试点的业务规模小、数据量小，为了最小化初始成本，许多企业直接把数据库应用和数据部署在同一台服务器上，这种架构又称为存算一体架构。显然，这种“将鸡蛋放在一个篮子里”的做法难以抵抗风险，因此企业通过多套服务器+多份数据冗余的方式来暂时性解决业务稳定性问题。随着分布式数据库规模扩大，数据量成倍增长，冗余导致的投资浪费越来越多，服务器数量也越来越庞大。数据规模的扩大也使得冗余数据同步对网络带宽消耗越来越大，尤其是在多地容灾架构下，网络瓶颈将导致灾害发生时可能出现数据丢失。

随着矛盾日益突出，分布式数据库建设逐步从存算一体架构走向存算分离架构。在存算分离架构下，企业通过高性能、高稳定性、可共享的企业级全闪存存储池确保数据高可用性。存算分离架构将应用和数据隔离开来，不再需要多份冗余数据副本来提升高可用，并利用存储强大而成熟的容灾

能力弥补开源数据库容灾能力不足。最重要的是，存算分离架构经过传统核心业务长期检验，有非常成熟的产品体系与运维经验，企业可以更多关注分布式数据库如何帮助其业务增长，无需被运维问题频繁打扰。

目前，全球主要银行均已通过存算分离架构分布式数据库建设新核心系统，亚马逊Aurora、阿里PolarDB、华为GaussDB、腾讯TDSQL等主要新型数据库厂商均已将其架构转向存算分离，存算分离架构已经成为分布式数据库建设的事实标准。

分布式数据库促使新的数据范式正在形成

MySQL、PostgreSQL等开源数据库都是部署在单机上的数据库，并不能像Oracle RAC那样协调多个数据库节点同时读写同一个数据库，这使得分布式数据库性能扩展上有明显瓶颈。通过专业存储设备提供数据的跨节点共享访问，并实现数据库节点间的一致性缓存层，分布式数据库也能实现与Oracle RAC相同的多读多写能力。万里数据库GreatDB和天翼云TeleDB通过与华为存储协同，通过华为“参天”数据库存储引擎实现了多读多写能力，其数据库性能最大可提升10倍。



图7：从存算一体数据库向存算分离数据库演进



建议

建议1：坚定不移的推动分布式数据库存算分离架构

尽管业界有许多基于存算一体架构建设分布式数据库的实践，但不论从技术角度、运维角度和后续演进角度，存算分离架构都已成为必然选择。从长远处考量，新建分布式数据库的企业建议直接基于存算分离架构建设，避免重复建设导致的资源浪费；采用存算一体架构的企业也可逐步迁移到存算分离架构中，为后期降本增效和持续扩展做好准备。

建议2：联合数据库团队和存储团队，共同孵化新的数据范式

分布式数据库构筑的新数据范式，其核心在于数据库软件不再是万能钥匙，满足企业诉求的方案需要数据库与硬件基础设施配合实现。因此，数据库团队也不应再孤立的建设企业核心系统。建议企业联合数据库团队和存储团队，结合软硬件优势技术共同建设数据库及核心系统，孵化新的数据范式。

新应用
展望四
云原生



创新与成本驱动云原生转型加速，云原生基础设施走向开放解耦的多云架构

89%的企业正在建设多云IT架构。容器云原生技术成为多云最佳技术底座，在企业广泛建设，并驱动存储等基础设施对其提供支持。云原生基础设施走向开放解耦的建设模式，以帮助企业博采众家之长，并实现多云资源共享。



趋势

在应用加速创新和降本增效需求推动下，多云架构成为企业IT新常态

企业云计算基础设施已经从单云走向多云。不论哪一朵云都无法同时满足企业所有对应用与成本的诉求。因此，89%的企业选择建设多个公有云和私有云并存的多云IT架构。

企业逐步建立多云IT架构，将其确定性、关键的业务留在本地，将处于起步阶段或流量不确定的业务建设在云端。

目前基础设施面向多云打造的关键能

力大致可分为两类。第一类是使能数据跨云流动，如华为和NetApp存储支持数据跨云分级、跨云备份能力，使数据始终使用性价比最高的存储服务；另一类是数据跨云管理，让用户通过全局数据视图把握数据总体情况，并将数据调度到产生价值最大的应用中。

以容器为基础的云原生应用走向关键业务，存储对容器的支持能力将成为刚需

据权威机构调研，当前96%的客户正在建设容器平台，95%的新应用都在

容器中完成部署。

越来越多的企业关键应用被搬迁到容器上，当前61%的容器应用都是需要持久保存交互数据的有状态应用，因此需要高可靠的企业级存储提供支

持。一方面存储需要支持和扩展容器存储接口，以实现存储资源的快速发放和容器应用的容灾；另外一方面，存储需要和容器上运行的新型云原生应用打造最佳实践。



图8：虚拟机时代与云原生时代对比

云原生基础设施走向开放解耦

从全球范围看，当前云基础设施有两种建设模式，一种是封闭全栈的，一种是开放解耦的。随着企业多云建设的不断深入，及对最优服务和降本增效诉求的提升，开放解耦的方式正在成为主流。

企业采用开放解耦架构建设，让硬件资源可被多个云共享，数据可在多个云间按需流动，方可真正发挥多云架构优势。

从硬件、平台到应用，最优的服务往往来自不同供应商，因此通过开放解耦的建设方式企业能搭建最优的IT堆栈。以AI为例。当前市面上最为火热的AI大模型供应商，如openAI、Meta等，其硬件基础设施能力远不如NVIDIA、DDN、华为等IT巨头。没有任何一个厂商能够提供端到端的最优AI训练/推理方案，因此企业在搭建自己的AI训练/推理集群时，会选择开放解耦的架构，选择最优的硬件和训练/推理模型。



图9：企业多云IT构架

数据存储的CAPEX和OPEX商业模式走向更加平衡的共存模式

云的商业模式正在从CAPEX走向OPEX，这也正在影响企业建设数据存储的商业模式。企业逐步减少对资产、特性和功能的关注，转而更多关注采购服务所带来的商业结果，这使得以服务SLA和结果为销售量纲的OPEX商业模式更受欢迎；另一方面，由于全球经济压力加大，企业对业务试错成本愈加敏感，高弹性、低初始成本的OPEX商业模式风险更低，也更加受到青睐。

然而，随着数据存储规模扩大和合同时限增长，订阅式服务并不总能提供最优建设成本。从业界实践来看，

OPEX和CAPEX商业模式多元并存的方式可能是最优解。规模较大且业务收益稳定的企业，CAPEX模式其实是更佳的选择。





建议

建议1：企业不确定性的创新业务、OA办公为代表的外围业务切入公有云，核心竞争力业务保留在自有数据中心

以不确定性的创新业务、OA办公为代表的外围业务对于企业IT的诉求是弹性收缩、按需申请和释放资源，公有云在具有良好的弹性的同时，能为企业带来低成本低风险的获益。企业的核心竞争力业务要求企业有强大的自研平台运维能力，同时需要关注业务的私密性。将这类业务保留在企业自有数据中心（即私有云），能进一步激发IT研发创新能力，可实现对数据的管控及独立控制运营，具备企业核心竞争力的业务可有效避免被厂商锁定。

建议2：容器平台团队与存储团队协同构建敏捷、高可靠的容器平台，并针对容器应用孵化最佳实践

容器团队应该与存储团队协同配合，共同构建高可靠的容器平台，并制定

容器与存储间的接口标准以使得存储资源能和容器同步敏捷发放。此外，企业可在云原生转型过程中逐步孵化容器应用最佳建设实践，并随着使用的深入不断优化，这将为多云时代积累宝贵的经验与财富。

建议3：采用开放解耦的云建设模式

基于开放解耦架构建设云IT可为企业带来服务、成本和灵活性优化，正在成为企业的主流选择。一方面需要企业开放采购模式以选择最优的组件厂商；另外一方面，也需要促进云平台厂商开放接口，并牵头与基础设施提供商共同制定对接标准。

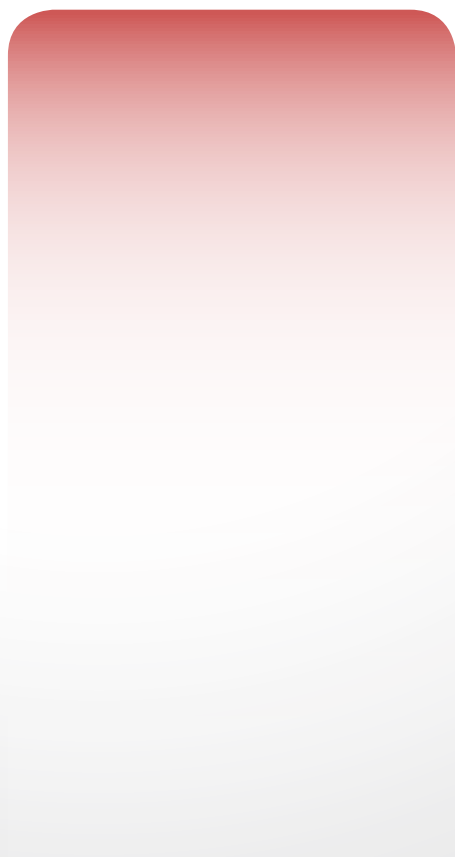
建议4：根据企业和业务需求选择适合的商业模式

在商业模式的选择上，企业应该充分考虑其业务发展阶段，综合考虑收益与风险，灵活选择商业模式。

新数据

展望五

非结构化数据



企业新增数据80%以上是非结构化数据，非结构化数据正在成为生产决策数据

根据华为GIV报告，2025年全球数据总量将达180ZB，其中80%以上都是非结构化数据。预计2025年25%的非结构化数据将成为生产决策数据，2030年80%的非结构数据将成为生产决策数据。



趋势

新应用催生了海量的非结构化数据，AI大模型加速了海量非结构化数据进入生产决策系统

随着5G、云计算、大数据、AI、高性能数据分析（HPDA）等新技术、新应用的蓬勃发展，企业非结构化数据快速增长，如视频，语音，图片，文件等，容量正在从PB到EB级跨越。例如，一台基因测序仪每年产生数据达到8.5PB，某运营商集团每天平均处理数据量达到15PB，一颗遥感卫星每年采集数据量可以达到18PB，一辆自动驾驶训练车每年产生训练数据达到180PB。

非结构化数据已经进入企业的生产决策系统，AI大模型在各行各业的应用将加快这一进程。在金融行业，某银行为了实现在线实时授信，利用金融大数据平台及AI分析平台，贷款时间从15分钟缩短到1分钟，同时提升借款人风险识别准确率80%。在医疗行业，盘古药物分子大模型对17亿个类药分子的化学进行预训练，打破双十定律（即需要超过10年时间、10亿美元的成本，才有可能成功研发出一款新药），加速新药问世，研发周期从十年缩短至1个月，研发成本降低70%。

为了高效、安全存储企业数据中心的非结构化数据，越来越多的行业期望使用专业的分布式存储解决方案

首先需要让数据“存得下”：以最低的成本、最小的机房空间、最低的功耗存下更多的数据。

- 企业需要使用海量的非结构化数据，存储的规模和扩展性是最先考虑的因素。单一集群需要支持几千个节点来简化存储资源分配与管理，同时要求随着节点数的增多，容量和性能需要线性增长。
- 传统的数据多副本技术已经满足不了非结构化数据的存储需求，需要通过专业分布式存储的数据缩减技术，优化存储利用率。比如高空间利用率的纠删码（Erasure Coding）算法、重删压缩算法，并且使用高密存储硬件替换通用服务器，节省机房空间，并降低能耗和运维复杂度，达到TCO最优。
- 业界通过软件和硬件一体的专业分布式存储，为企业客户提供端到端的高可靠、高性能、高扩展解决方案，降低了企业在部署、管理和服务等方面的复杂性。

其次要让数据在都要“流得动”：数据中心间和数据中心内的数据需要根据策略按需高效流动。

- 多地和多形态部署的数据中心需要数据编织功能，把跨地域、跨集群、跨厂商、跨形态的数据资源共享，通过一张图进行数据的按需高效调度。
- 数据中心内通过专业分布式存储的热、温、冷数据分级技术，并自动按需在不同介质迁移，从而实现投资最优。

最后还需要让数据“用得好”：企业的视频、音频、图片、文本等多种混合负载应用都能满足要求。

- 海量非结构化数据承载的应用多种多样，面向混合负载的全闪存分布式存储是最佳选择，在避免数据孤岛的同时，既能满足视频、音频、文件等大带宽的要求，也能满足图片、检索、查询等高IO的要求。相比于传统的HDD，分布式存储全闪存SSD能显著加速读写速度和降低读写时延。
- 在海量数据使用场景下，由于各种非结构化数据利用技术的进步，在多种业务场景下，一次数据处理大概率会涉及到文件、对象、大数据等多种访问协议的数

据，希望专业分布式存储实现协议互通和免拷贝，减少数据冗余。

- 海量的非结构化数据不仅仅要求实现数据保存，还需要帮助企业实现海量数据的管理，比如基于元数据的查询和检索加速，以及基于数据冷热识别的数据全生命周期管理。
- 存储作为最后一道防线，需要具备数据存储内生高安全、高可靠的能力，例如防勒索、容灾和备份。

理海量非结构化数据团队进行转型。

建议2：选择专业的分布式存储来构建海量非结构化数据底座

为了提升海量非结构化数据作为生产数据的效率，应以非结构化数据为中心，通过专业的分布式存储系统构建全局统一数据存储底座，优先部署支持文件/对象/大数据多协议互通、业务混合负载、数据缩减技术、高密硬件、全闪存等能力的分布式存储系统，从而让数据存得下、流得动、用得好。



建议

建议1：数据存储建议企业IT团队加强海量非结构化数据处理能力建设

随着非结构化数据在企业应用越来越广泛，尤其是开始进入企业生产决策系统，如何高效地存储海量非结构化数据、挖掘非结构化数据蕴含的巨大价值，从而指导企业进行科学决策，成为企业关键竞争力。因此，企业IT人员和组织有必要加强海量非结构化数据处理能力建设，从以结构化数据为中心的团队向能够设计、规划、管



新安全

展望六

存储内生安全





趋势

AI时代数据海量汇聚，安全风险持续提升，安全防护体系从网络安全走向数据安全

2023年以来，随着以ChatGPT为代表的AI大模型掀起新一轮全球人工智能技术发展浪潮，海量数据因AI汇聚，经过大模型的训练，推理出更具价值的信息。数据作为AI的根基，其重要性进一步凸显，数据的安全就是企业核心资产的安全。据splunk公司发布的《2023年安全现状报告》显示，超过52%的组织遭受了恶意攻击导致数据泄露，66%的机构遭受勒索软件攻击，数据安全的重要性正在不断上升。

在不断变化的数据安全局势下，世界多个国家及地区出于数据安全和自身隐私保护的考虑，相继颁布并完善相关的法规政策。2021年，新加坡更新发布《2021个人数据保护条例》。此外，《欧盟网络与信息安全指令（NIS）》、《美国联邦贸易委员会法

案》、《澳大利亚信息与隐私权法案》等法律均明确规定了数据安全相关条例内容。数据安全已成为衡量企业竞争力甚至国家竞争力的核心要素。

数据在产生、采集、传输、使用、销毁的全生命周期处理过程中始终离不开存储设备。存储作为数据的最终载体，数据的“保险箱”，拥有近数据的保护能力，近介质的控制能力，在数据安全防护、数据备份与恢复、数据安全销毁等领域有不可替代的作用。

以往谈到数据安全时，人们往往看到的是安全网关，以及在应用层的安全软件，经常忽视数据存储，这个存数据本身的保险箱的作用。就像为了保证金银财宝的安全，请了很好的保安，安装了结实的防盗门、防盗窗，但是一进房间，所有金银财宝都放在桌子上随便拿，这何其奇怪。所以为保护数据的安全，首先要把存数据的保险箱做好做安全。



图10：数据安全深度防御模型

存储内生安全构筑数据安全的最后一道防线

存储内生安全体系通过先天的架构与设计，不断增强存储的安全能力，包含两个方面：存储设备自身的安全能力、存储的数据安全防护能力。

存储设备安全

存储硬件安全：

通过在硬件芯片上植入类似身份证功能的根密钥，使得系统上的每个程序运行之前都有相应的身份认证，从而保证系统的环境达到可信的标准。



图11：存储内生安全体系架构

存储软件安全：

遵从相关法规条例要求，构建安全研发能力。通过高价值的开源软件选型，规范的开源软件使用。对全量软件进行可信的生命周期维护，通过积极的社区回馈和协同维护确保软件合规使用，安全使用。

数据安全防护

数据加密：

对数据的加密，可以在应用层软件、数据库或存储系统等不同层级实施，应用层加密需要大量的业务改造，数据库加密对性能损耗较高。存储设备可通过加密盘的方式对数据实现加密，对生产业务透明，是性能、成本综合最优的一种加密方式。

数据防勒索：

首先生成存储通过异常读写行为识别、信息熵计算等方式检测并且拦截勒索病毒，让病毒进不来。其次，生产存储的WORM与安全快照功能保护数据不被非法篡改或删除。第三层，本地备份快速恢复，守护数据丢不

了。第四层，Air Gap隔离区数据离线保护，使病毒看不见，攻击不到。

数据容灾备份：

数据备份：通过定期将重要数据复制到其它存储位置备份系统中，使数据能够并可以恢复到过去的某个特定的时间点。根据业务需要提升备份能力，使备份系统能够兼容大数据、数据仓库等新核心生态。以保障重要数据的全量备份，抵御误操作、硬件故障、病毒等一系列威胁。

数据容灾：针对无容灾的场景，通过自建数据中心方式实现数据与业务双容灾，使生产数据与业务随时有容灾系统进行接管。对已建容灾系统，根据业务连续性需求增强，将主备容灾模式提升为双活模式。以此来保障重要数据0丢失，抵御自然灾害、掉电、计算机病毒等一系列威胁。

数据安全销毁：

存储设备数据永久清除、不可恢复，以避免存储设备转售、废弃后重要的敏感数据造成泄露。



建议

建议1：企业在关注网络安全防护的同时，应考虑将存储的安全能力加入企业的安全建设当中

存储具有贴近数据的天然优势，能够在网络拦截之后，进一步提供隔离、恢复等独特的数据安全能力。当前企业的安全团队主要由网络团队构成，其职责是通过防火墙等网络安全设备，制定安全策略，封堵高危端口。存储团队更多关注的是存储的安全服务是否能够正常提供，以及对存储安全服务技术的规划与研制。建议企业把存储的安全能力加入到安全体系建设当中。

建议2：存储设备应具备底层的抗攻击能力，存储应加强自身的软件与硬件安全能力

存储设备需要具备底层的抗攻击能力。通过存储系统的架构和设计出发，加强存储系统自身的硬件与软件安全能力，从而让企业能够通过存储的保护与恢复能力给数据和资产增加一份保险。

建议3：关注存储设备的加密、防

勒索等数据安全防护能力的部署

存储设备因其近数据的特点，数据相关的内生安全特性部署具有可靠性、性能、成本综合最优的特点。通过存储的加密盘进行数据加密，以满足行业的合规要求，并减少性能损失与业务改造的成本。为了应对勒索攻击，应该建立端到端的防勒索体系，保证数据遭遇勒索攻击能够进行精准检测和快速响应，遭遇勒索后及时恢复。同时要增强灾备安全，在全面构建企业关键业务全容灾、数据全量备份的基本格局上，提升灾备兼容新核心生态的兼容能力。



新技术

展望七

全场景闪存普惠



介质全面闪存化时代已到来

根据市场统计数据，到2022年，SSD在市场份额和出货数量方面已经完成了对机械硬盘的全面超越。随着海量非结构化数据进入生产决策系统，我们正在迎来全面闪存化的时代。

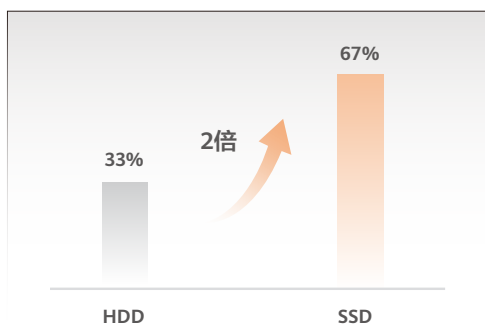


趋势

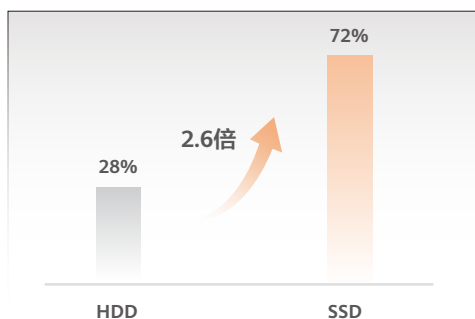
从全球市场看，SSD出货量已完成对机械硬盘的全面超越

根据市场统计到2022年，SSD的市场

份额和出货数量已经是机械盘的2倍以上，占比超过了65%。我们有理由相信企业正在迎来全面闪存化的时代。



2倍 2022年市场份额占比



2.6倍 2022年发货占比

图12：SSD市场份额与发货量占比

全闪存存储明显的高性能优势，大幅度提升企业效率和业务体验

SSD在性能上远超机械硬盘HDD，单盘SSD的IOPS比HDD提升千倍，同时SSD还具有低延迟（常以毫秒或微秒为度量单位）和大吞吐量优势，能更好地适应多类新兴业务的高吞吐、低时延的需求。

即使在企业认为性能要求最普通的备份场景中，随着数据量的暴增，企业已难以在晚上规定的备份时间窗内完成备份。基于全SSD的备份存储系统相比HDD备份性能可提升至3倍，恢复性能可提升至5倍，使得以往以HDD为主，存放冷数据的备份系统也逐渐采用全闪存备份存储，以满足企

业快速备份和恢复的要求。

相对于机械盘存储，全闪存存储总体拥有成本更低

更高堆叠层数和QLC/PLC颗粒类型将显著降低SSD单盘价格，物理容量成本持续降低

企业级SSD的核心组成部分——NAND颗粒，很大程度上决定其成本。而3D NAND堆叠层数升级与QLC颗粒的应用，推动全闪存物料成本不断降低。目前，主流颗粒厂商量产的3D NAND颗粒堆叠层数已经达到176L，并纷纷给出200层以上设计路标，比2018年提升接近2倍。除了堆叠层数，在颗粒类型方面，TLC颗粒已经成为企业级SSD主流选择，QLC SSD也已登上舞台。

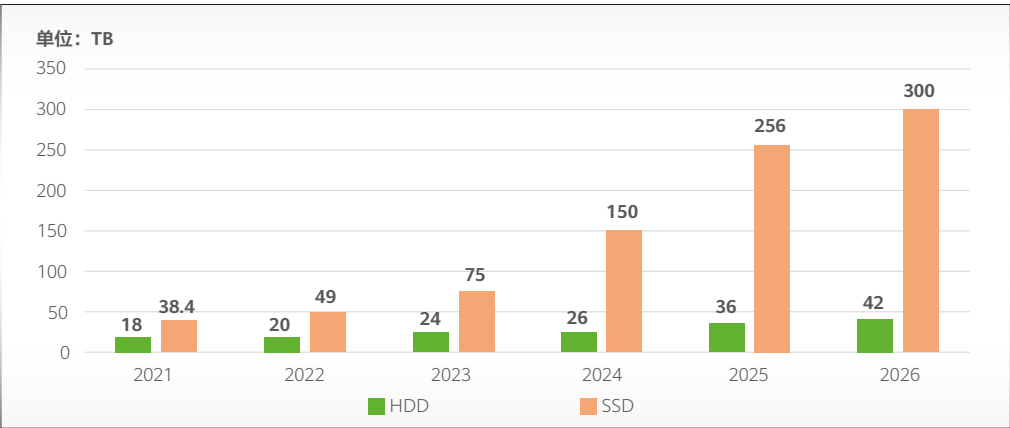


图13：HDD和SSD单盘最大容量

围绕SSD的数据缩减技术快速发展，有效容量成本将持续降低

针对典型的非结构化数据场景，卫星遥感数据缩减比可达2:1，自动驾驶数据缩减比可达1.5:1，PACS影像数据缩减比可达3:1，这使全闪存存储购置成本大幅降低。针对备份场景，基于全SSD的备份存储通过全局重删服务，在线相似重删，以及语义级重删等技术可实现数据缩减率领先HDD备份存储业界标杆50%。

大容量SSD和数据缩减技术的发展带来数据中心能耗和机房占用空间的持续降低

未来2-3年，SSD单盘容量会持续保持在HDD的1.5倍到2倍甚至更高，而SSD和HDD单盘功耗接近。因此大容量SSD对于企业数据中心能耗降低和空间节省有巨大推动作用。同时数据缩减技术也将大大减少数据存储的总体物理空间和能耗。此外SSD比HDD具备更高的可靠性，SSD存储的5年返还率只有1.75%，低于HDD4倍。

综上，SSD可以为企业带来CAPEX、空间、能耗等端到端的节省。综合下来5年TCO，SSD备份存储低于HDD备份存储标杆50%-60%。用于海量非结构化数据的分布式存储以5年TCO计算，可做到1:1可得容量SSD替换

HDD。因此我们看到SSD不仅仅在高性能的生产交易系统已经实现对机械硬盘的替代，同时也正在替代以备份数据、海量非结构化数据为代表的温冷存储。



建议

建议1：企业应组织技术团队，对当下与未来IT系统数据量与业务诉求进行研讨，并制定全闪存存储建设规划

企业应组织技术团队，与存储提供商进行研讨，评估数据量与业务压力走势，制定全闪存存储建设策略，并分析策略执行下企业收益与建设、运维投资变化。

建议2：抓住存储生命周期更迭以及新建机会，持续加速全闪存存储应用

许多企业在过去购买了大量HDD存储，如今已面临维保过期；而正在数字化转型的企业，需要购置新的存储设备。这是企业加速全闪存存储布局的绝佳机会，应该抓住机遇，推进全闪存存储应用。

新技术

展望八

以数据为中心的架构



从以CPU为中心走向以数据为中心

近年来，AI和实时大数据分析应用蓬勃发展，以CPU为主的算力向CPU+GPU+NPU+DPU的多样化算力发展。同时，应用对内存的容量及带宽提出更高要求，以CPU为中心的架构成为瓶颈。



趋势

以CPU为中心的服务器架构正在向以数据为中心的Composable架构演进

面对多样性的应用和实时的数据处理要求，CPU算力已经不能满足需求，以GPU为代表的多样化算力涌现。

新型计算硬件提升IO密集型应用处理热数据效率的同时，对内存数据的访问压力增大，本地内存容量、带宽难以匹配数据处理要求。

2019年，Intel推出了开放性互联协议CXL（Compute Express Link），基于CXL协议构建的新型内存语义总线可以支持外置内存的快速访问，打破

CPU对内存限制，支持内存容量扩展让外置高速存储设备和异构算力间的内存互联成池。

这类新型内存语义总线使内存从服务器解耦成为可能，以CPU为中心的服务器架构将进一步解耦，演进成以数据为中心的Composable架构，不同计算单元的计算、内存、存储资源可以任意组合，并且多样化算力可以通过高速总线直接访问内存、存储等数据资源。

新型的服务器架构促使数据存储的职责定位向前演进，数据存储将不仅仅管理硬盘，未来将出现内存型存储的新品类。在2023年的全球闪存峰会，

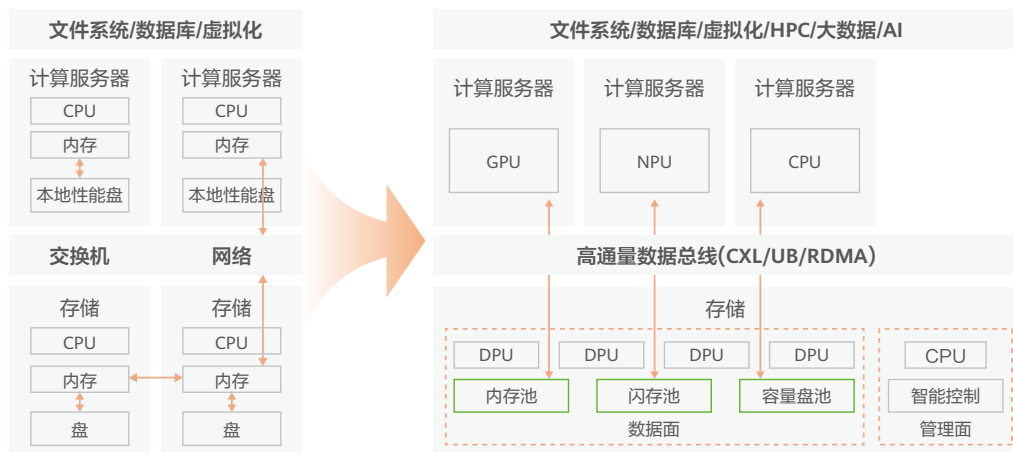


图14：CPU为中心的服务器架构向以数据为中心的Composable架构演进

MemVerge、三星、XConn和H3平台发布适用于AI的2TB池化CXL内存系统，韩国科技公司Panmnesia也展示了其6TB的CXL内存池系统。



建议

以CPU为中心的存储架构会向以数据为中心的Composable架构演进

未来，随着AI、大数据等应用更高的性能时延要求、CPU性能增速放缓，在服务器架构演进为Composable架构的同时，存储架构也将演进为以数据为中心的Composable架构，从而大幅提升存储系统的性能。存储系统的多样化处理器（CPU、DPU）、内存池、闪存池、容量盘池，将通过新型数据总线互联，从而实现数据进入存储系统之后可以直接存放至内存或闪存，避免CPU成为数据访问的瓶颈。

企业积极关注服务器和存储架构演进的趋势和进展，从而适时调整，尝试新型存储

在数据处理需求激增的今天，数据中心架构会从以CPU算力为核心演进为以数据为中心。建议企业积极关注数据中心硬件的演进趋势和进展，适时做出变化，构建不断变化演进的服务器及存储架构，为业务发展打好数据基础。

新技术

展望九

AI赋能存储



管理智能到产品智能，AI驱动数据全生命周期自动驾驶

越来越多的企业开始引入AIOps来提升存储的运维自动化能力，并且随着AI技术在存储领域的广泛应用，AI不再局限于存储设备的监控和运维，也让存储产品本身更加智能。



趋势

存储厂商纷纷拥抱AI变革，将更多颠覆性创新应用于存储管理SLA优化

AI大模型与传统AI组合，将从多维度优化存储管理SLA：

业务上线周期优化：存储资源发放与变更效率 天级→分钟级。传统业务变更需要人工规划方案、开发变更脚本并执行；基于传统AI技术可实现自动业务仿真以制定最佳变更方案，基于AIGC技术则可实现自动生成变更脚本，将变更周期缩短到分钟级。

基础设施可用性优化：数据中心年平均故障周期 小时级→分钟级。

基于传统AI实现性能、容量、备件故障等趋势提前预测，降低异常发生概率；在复杂的异常处理场景，存储管理系统可基于AI大模型快速强化交互逻辑，辅助人工快速定位问题，从而大幅缩短故障处理周期。

成本管理优化，存储资源利用率从50%→60%。资源不合理分配一直是造成数据中心资源利用率低的主要原因，基于AI智能识别并释放闲置资源，保护存储投资；同时，通过对全

局数据的热力分析，优化数据中心内的数据在不同介质的分布，及时搬移冷数据，从而改善存储成本。亚太某大型运营商，通过引入华为存储集中管理软件，将存储资源利用率从30%提升到60%以上。

加速AI能力孵化，打造云-管-端协同的AI管理架构

大数据、容器、多云等新应用不断涌

现，企业IT技术栈复杂度不断增长，作为IT基础设施底座，存储使用、管理对企业IT团队要求越来越高。越来越多的企业使用存储厂商提供的AI管理工具，构建“设备管理智能-数据中心智能-云端智能”的三层管理架构，在简化基础设施管理复杂度，优化管理效率的同时，构筑AI新能力“孵化-发布-优化”全流程，以更好地应对AI变革：

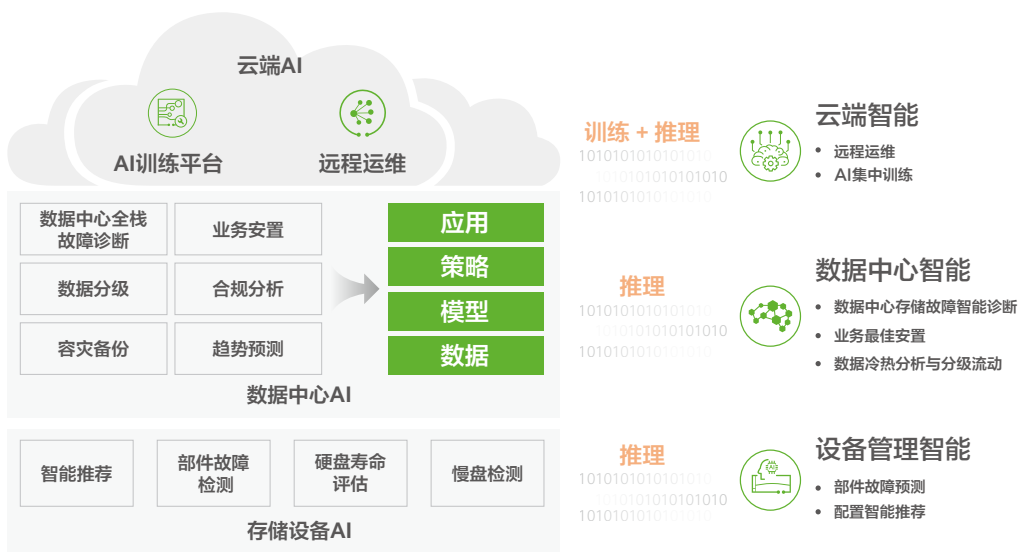


图15 云-管-端 三层AI管理架构

设备管理智能：设备管理软件可以为云端AI模型的孵化提供基础信息采集，并通过在线更新或离线导入的形式获取云端的AI模型更新，同时，软件负责基于单个存储设备的使用和管理，包括最佳配置推荐，光模块、盘、控制器等部件级别的故障检测，以及慢盘检测等。

数据中心智能：相对于存储设备自身管理软件，数据中心管理软件覆盖范围更广，首先，通过多厂商存储设备统一管理，简化运维流程，并通过跨设备的数据智能调度和分级优化存储成本；其次，通过对数据中心全栈设备的管理，针对复杂的性能问题，管理软件可智能分析应用、虚拟化、网络、存储资源，实现分钟级的问题诊断。相对于云端智能，数据中心管理软件部署在数据中心内，可以实现公网隔离，适用于数据安全管控严格的企业。

云端智能：云端拥有强大的计算、存储资源，可持续对大量设备上传的运行数据做AI模型推理和训练，并按需将优化后的AI模型分发给数据中心管理软件和设备。云端管理软件也可提供诸如手机应用的多样化运维方式。相对数据中心管理软件，云端管理对数据中心基础设施全栈分析能力较

弱，同时不支持设备的变更操作。

存储厂商加速投入存储产品智能，以优化设备效率和可靠性

随着不同应用对存储的诉求多样化，各大存储厂商纷纷布局存储产品智能，以实现在设备性能和可靠性上的能力飞跃。Dell EMC存储产品内置智能调节算法以及智能数据缩减算法，以实现实现存储配置自优化和最佳数据缩减比；NetAPP存储能够智能优化存储硬件资源调度，为数据存取提速。华为存储实现硬件资源智能调配，加速数据读写效率，同时根据数据类型智能调整数据缩减算法，提升数据压缩率，降低单位数据的平均存储成本。

为了实现存储产品智能，存储厂商在产品架构上进行了创新。传统存储中算法和数据耦合，多种固定算法分散在存储设备缓存层、调度层和存储池中，需要手工调整算法参数来保障不同类型数据的存取效率，灵活性较差；智能存储在架构上将算法和数据解耦，通过构建自学习、自适应的算法库，实现不同类型数据在存储设备中的布局、调度、缩减等场景自主决策，保障数据存取效率最优。

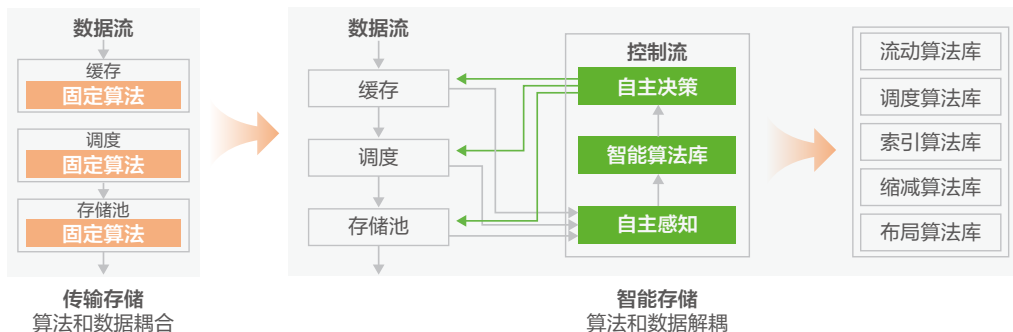


图16 智能存储实现算法和数据解耦



建议

建议1：清晰地定义业务模型指标与SLA要求，做好新平台和新技术引入后的评价标准体系

在企业计划引入AI相关产品前，应优先评估企业当前和未来的业务需求，建立涵盖存储容量、性能要求、可靠性、能效要求、安全性要求、生态健壮性等多维度可量化的评价体系；针对企业采购名录中的多个存储供应商，应建立供应商的能力基线，并在供应商的产品能力进/退化时及时更新，以保障企业引入与业务需求最匹配的智能存储设备和管理平台。

建议2：积极采用存储厂商提供的AI能力，并且与存储厂商联合，持续改进

AI在存储系统的应用极大地提升了存储SLA，建议企业加强与存储厂商开展AI能力联合创新，从而孵化更贴近企业业务特征的AI能力。

建议3：更新企业IT团队能力模型，对员工做好充足的预培训

随着智能存储设备的引入，员工需要学习和适应新的技术。企业需要建立培训计划和技术支持机制，确保员工能够充分理解和利用智能存储设备及其管理工具的功能，以确保智能存储设备能够有效地发挥其功效，实现更好的人机协同，为企业带来更高的价值。

绿色节能 展望十 存储绿色节能



迈向碳中和，数据存储绿色节能促进数据中心零碳排

在“碳达峰、碳中和”大背景下，绿色低碳成为数据中心的重要发展方向。存储能耗在数据中心占比超过30%。因此，除了降低PUE之外，降低以存储为代表的IT设备能耗，对于促进数据中心零碳排至关重要。



趋势

建设绿色数据中心，不仅需要降低PUE，同时应该关注数据存储绿色节能

数据中心的绿色节能一方面来自于数据中心PUE的降低，另外一方面来自于IT设备的能耗降低。存储正在成为IT设备中能耗增长最快的设施。存储1PB数据的数据中心年耗电量可达到30万千瓦时，折合为碳排放为235.5吨。按照这一能耗水平，到2030年，全球数据中心存储碳排放量将轻松超过2019年全球碳排放量。

存储厂商在绿色节能上积极进行

技术创新，助力数据中心绿色低碳发展

随着存储能耗压力越来越大，存储厂商也在积极通过技术创新，持续助力数据中心绿色低碳，为可持续发展贡献力量。



存储厂商在绿色节能上积极进行技术创新，助力数据中心绿色低碳发展



图17 全生命周期碳足迹

1、存储节能技术

1.1多合一，一套存储顶多套

通过多协议融合和孤岛融合，实现多合一，提升资源利用率。一套存储可支持文件、对象、HDFS等多种协议，满足多样化需求，整合多种类型存储；同时通过融合资源池，实现资源池化，从而提升利用率。

1.2多变少，数据缩减扩大存储容量

数据缩减技术，能够实现在信息不失真下的情况下，将实际需要保存的数据量大幅减少，以更少的物理容量，存放更多的数据，降低企业的运营成本，同时降低数据存储能耗。

1.3大变小，高密设计提升存储容量密度

存储有83%的能耗来自于存储介质，在相同容量下，SSD相比机械硬盘的能耗降低70%，空间占用节省50%。通过大容量SSD和高密硬盘框，提升存储容量功耗占比，减少相同数据量附带产生的数据处理和存储能耗，进而推动存储单位容量能耗降低，用更小的空间存储更大的容量。

1.4近存计算，降低数据移动能耗

数据移动将会导致更高的能量消耗，据研究结果显示，大规模AI计算集群中，数据移动产生的能耗几乎是计算能耗的两倍以上。数据处理靠近数据完成，减少数据移动，例如将向量检索等处理在存储上完成，可以减少存算间50%协议开销和数据转换开销，降低数据处理能耗50%+。

1.5专用处理器加速，减少CPU开销

相比存储设备采用单一CPU计算架构，采用专用处理器可以提高存储性能，降低功耗。专用处理器将数据缩减、协议处理等能力从通用CPU卸载，提高数据处理效率，减少数据处理延迟，摆脱对CPU算力依赖，能提升存储整体能效。

1.6根据负载智能调频调核，降低设备运行能耗

通过AI模型和软件方案进行预测和干预，提高数据中心的存储运行能效。基于业务IO模型的大数据的统计分析，采用智能负载预测，动态资源调度管理，及时关停、调整资源使用频率，实现运行时工作能耗最低，能够有效满足业务工作负载的SLA要求，且对应用无感。

2、存储全生命周期绿色节能

绿色节能需要贯彻存储产品从原材料选取、制造、运输、使用到最终废弃全生命周期。在存储生产制造环节，制造工厂大规模使用光伏发电，产品大量使用铝、锡等可再生材料，同时在制造过程中使用“零波峰焊接”技术以及标签无纸化，包装采用FSC认证的纸张结合大豆油墨印刷减少重量

及运输负担；在存储产品使用过程中，通过AIOps智能运维，实现存储资源按需使用。在存储产品生命周期末端，通过建立完善的回收系统，以环保的方式处理电子废弃物，实现最大化的循环再利用，减少对环境的影响。

碳足迹通过统计产品全生命周期中温室气体间接和直接排放总量，促进存储产品设计优化，推进节能技术发展。例如华为OceanStor全闪存存储凭借业界领先的绿色创新方案，获得全球首个权威认证机构DEKRA颁发的存储产品碳足迹和碳标签证书。



建议

建议1：从关注单设备功耗走向关注全生命周期碳排放

全球越来越多的企业客户要求设备供应商必须提供产品的碳足迹报告或全生命周期碳排放值，碳排放披露正在加速落地，在国际贸易上，碳足迹正在成为绿色通行证。当前业界碳足迹评价标准和碳足迹计算方法多样，建议企业采信第三方权威检测机构验证

评估的存储产品碳足迹认证。

建议2：企业遵从统一的能效测评标准

当前存储节能标准体系尚不成熟，标准组织、企业客户和存储厂商采用的存储能效测评方法和能效指标不统一，企业和厂商往往需要基于不同标准和测评方法重复测试。建立统一的能效标准体系可以减少厂商测评压力和资源浪费，方便企业客户选择绿色节能的产品，并有利于存储行业的节能减碳技术健康发展。

建议3：积极采用创新技术降低能耗

企业要积极部署具备节能技术的存储产品，推动存储厂商进行技术创新，比如在专用处理器、数据缩减、高密度闪存、智能调频等技术上创新，提升存储容量密度和能效，在新一代存储产品上应用近存计算，减少数据流动产生的能耗。



数据新范式， 释放AI新动能



数字经济时代，数据作为新型的生产要素，已经成为基础性资源和战略性资源，我们正在迎来YB数据时代，数据应用蓬勃发展，需要有强大、安全、可靠的数据设施保驾护航。专业存储设备承载的是千行百业的数据资产，数据不能丢、访问不能停、访问不能等是各行业对专业存储的关键诉求。华为OceanStor存储相信，在不确定性、复杂性、多元性激增的时代，需要以应需而变的海纳能力，才能融合和识别难以被洞察的数据需求。

AI存储包括OceanStor A310，面向基础/行业大模型数据湖场景，实现从数据归集、预处理到模型训练、推理应用的AI全流程海量数据管理；以及FusionCube A3000，面向行业大模型训练/推理场景，针对百亿级模型应用，集成OceanStor A300高性能存储节点、训/推节点、交换设备、AI平台软件与管理运维软件，为大模型伙伴提供拎包入住式的部署体验，实现一站式交付。

OceanStor Dorado全闪存存储在SAN领先的基础上全面发力NAS市场，以配额、QoS、防勒索病毒为代表的丰富安全特性，实现文件跨部门安全共享；业界唯一的Active-Active SAN/NAS

一体化双活，保障业务持续在线；为分布式数据库、容器等新兴应用生态提供强大的性能、可靠性、可管理性支持，助力客户平滑实现云原生转型。

OceanStor Pacific分布式存储，通过高性能全闪存、大容量闪存盘、高效数据缩减算法，以及业界唯一支持混合负载和无损多协议互通，实现一套存储支持AI、高性能数据分析、视频、归档等多样化应用。坚定推行分布式存储全面全闪化，支撑海量非结构化数据进入生产决策系统，大幅提升企业效率和业务体验。

OceanProtect数据保护系列产品，专用备份存储，实现业界3倍备份带宽、5倍恢复带宽、72:1数据缩减率，同时存储可内生集成备份软件，支持对数据库、虚拟化、文件系统，大数据，数仓等进行自动化备份恢复管理，支持全方位的防勒索病毒方案，帮助用户实现高效备份恢复，构筑数据保护最后一道防线。

FusionCube超融合基础设施，在实现计算，存储以及网络融合的基础上，通过软件定义实现管理、备份、容灾等功能的按需加载，并可通过预集成实现一体化交付。通过搭载智能管理软件和匹配各行业场景的智能算法，

实现从数据中心到企业分支的全场景覆盖，具备架构灵活、性能强大、安全可靠、简易高效的特点。

DME通过统一的管理界面、AI使能的多维度风险预测与调优能力，一方面，实现“规划、建设、运维、优化”存储全生命周期自动化管理与智能运维，简化存储管理，提升数据中心运营效率，另一方面，实现海量非结构化数据的快速检索、分析与分级流动能力，提升数据取用效率，优化数据存储成本。

DCS轻量数据中心解决方案，以虚拟化、容器、灾备套件为核心，南向兼容主流基础硬件设施，北向对接第三方云管提供云服务，同时PaaS服务增加大数据方案和AI使能平台，通过eDME统一管理平台将IT基础设施与应用协同建设，实现应用归一，硬件归一和平台归一。

华为存储获得了全球25000多家企业用户的信任，服务于150多个国家和地区；在全球TOP100的银行中，我们服务其中的47家。华为存储连续7

年入选Gartner魔力象限领导者，而且每年的评分都在持续增长，分布式存储和主存储两大产品也都是Gartner最佳用户之选。

未来，存储结合多样化数据应用加速引擎，实现10倍存储性能提升。硬件方面，存储系统当前数据流动要跨越两条总线：DDR内存总线和系统PCI总线，未来华为将通过高通量的全局数据总线将两条总线整合，大幅提升数据流通效率，实现存储的数据流由5GB每秒提升到50多GB每秒。软件方面，从数控融合到数控分离架构，可以大幅度降低数据访问时延，预计可以从当前的100微秒降低到10微秒。为了进一步实现应用加速和体验提升，在优化数据存取功能的基础上，通过数据应用加速引擎，实现近数据处理，带来5-10倍的处理效率提升。

同时，华为数据存储将深入践行“以数据为中心”的理念，为客户打造更为安全、可靠、高效的数据底座，积极拥抱数字化时代日新月异的多样化数据应用。

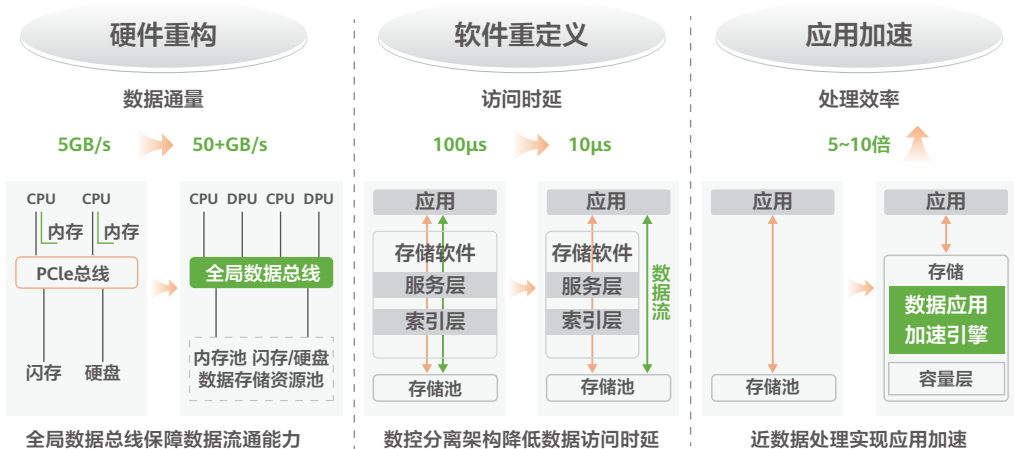


图18 以数据为中心，重定义存储架构



附录

参考文献

① 迈向智能世界产业白皮书2022

<https://www.huawei.com/cn/giv/industries/data-storage>

② Vikas Arora: How are Artificial intelligence and Big Data connected?

<https://dzone.com/articles/how-ai-and-big-data-connected>

③ 中国移动《大数据湖仓一体技术白皮书2022》

<https://www.sgpjbg.com/baogao/109573.html>

④ Forecast: Hard-Disk Drives, Worldwide, 2021-2027, 2Q23 Update

<https://www.gartner.com/en/documents/4568499>

⑤ Splunk《2023年安全现状报告》

https://www.splunk.com/zh_cn/newsroom/press-releases/2023/state-of-security-2023-report-reveals-increase-in-data-breaches-and-outages-due-to-cybersecurity-incidents.html

⑥ Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096511720300761>

⑦ Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2025

<https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>

⑧ How To Identify And Break Down Tech Silos In IT

<https://www.advsyscon.com/blog/break-down-silos-in-it/>

华为技术有限公司
深圳市龙岗区坂田华为基地
电话: (0755) 28780808
邮编: 518129
www.huawei.com



商标声明
HUAWEI，HUAWEI，是华为技术有限公司的商标或者注册商标，在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其他商标、产品名称、服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

免责声明
本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺，华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

版权所有 © 华为技术有限公司 2022。保留一切权利。
非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

主编：张国彬、袁方佳
责编：庞鑫、丁志彬、张伟、王雪松、王振、王强、杨传斌
参编：何雨今、丁江波、仇东华、秦垣、戴伏羲、李运莉、吴霖、赵乐、杨丹、杨泽生、郑勇、符纯浩、曹宇、蔡金荣、洪月、朱乐山、郑成明、宋江娴、蒋华虎、朱凌云、张越、郭楠、武装、高覃、汪广洪、王韦、李文秀、沈琦、陈友光、索海东、何昌军、陈爱平、赵博南、崔文林、舒长林、林鹏、谭华、陈华、蓝文海