

云端AI架构中的启动盘技术需求

企业级启动盘解决方案

启动盘是 AI 云环境中的关键业务组件 - 它决定了服务器在线、重新加入集群以及开始运行工作负载的速度和可靠性。

启动盘是 AI 基础设施中经常被忽视但至关重要的基础存储层，在系统初始化、可信启动和运行效率方面发挥关键作用。

随着云服务提供商不断扩展异构 GPU、CPU 及加速器基础设施规模，启动存储必须提供低延迟、高 IOPS、强耐久性和可靠安全性，同时避免成为性能瓶颈。

慧荣科技的企业级 PCIe NVMe 启动 SSD 解决方案是 AI 启动盘的理想选择。这些方案结合了我们的主控芯片和固件技术，确保了启动一致性、断电恢复能力和大规模部署的可管理性。

启动盘在云服务供应商 AI 架构中的关键作用

启动盘在云服务供应商 AI 架构中的关键作用



图 1：启动盘提供可信控制基础，可初始化 AI 云节点，将这些节点连接到调度和存储服务，并将工作负载数据与根卷分离。

在云 AI 环境中，启动盘是存储架构的关键构建块，可启动和运行计算实例。

启动盘包含初始化硬件并启动 AI 工作负载软件栈所需的操作系统、引导加载程序以及核心平台代理程序，可存储关键配置数据，如网络设置、身份凭证、存储挂载点和编排参数，让实例能够连接云服务并访问所需的计算和数据资源。

启动盘支持的其他功能包括启动编排、网络 and 存储堆栈，这些组件共同建立训练和推理所需的通信及资源管理层。

启动盘的可靠性和性能对云 AI 环境尤其重要，因为它们通常通过快速启动和销毁实例来快速扩展。更快和更可靠的启动盘可降低启动延迟，有助于 AI 服务快速和一致地运行。

启动盘建立一致、可复制的系统状态。标准化能够让云 AI 提供商无需手动干预，自动将异构硬件初始化为已知的正确配置。该抽象化概念对于跨不同物理主机的集群部署并保持运行一致性至关重要。

将启动盘与数据存储分离还可实现架构优化。根卷会针对操作系统和平台服务严格控制并进行微调，而数据磁盘或对象存储则针对容量、耐用性和特定工作负载的 I/O 模式进行了设计。如果应用程序数据占满或启动卷损坏，操作系统可能出现故障，导致停机。将应用程序数据保存在独立的卷中可以防止资源争用，并保护平台服务的完整性。

云 AI 架构中的 AI 增长正在推动对更大容量、更高数据吞吐量和更低延迟、更具耐用性和更高功耗效率的需求。

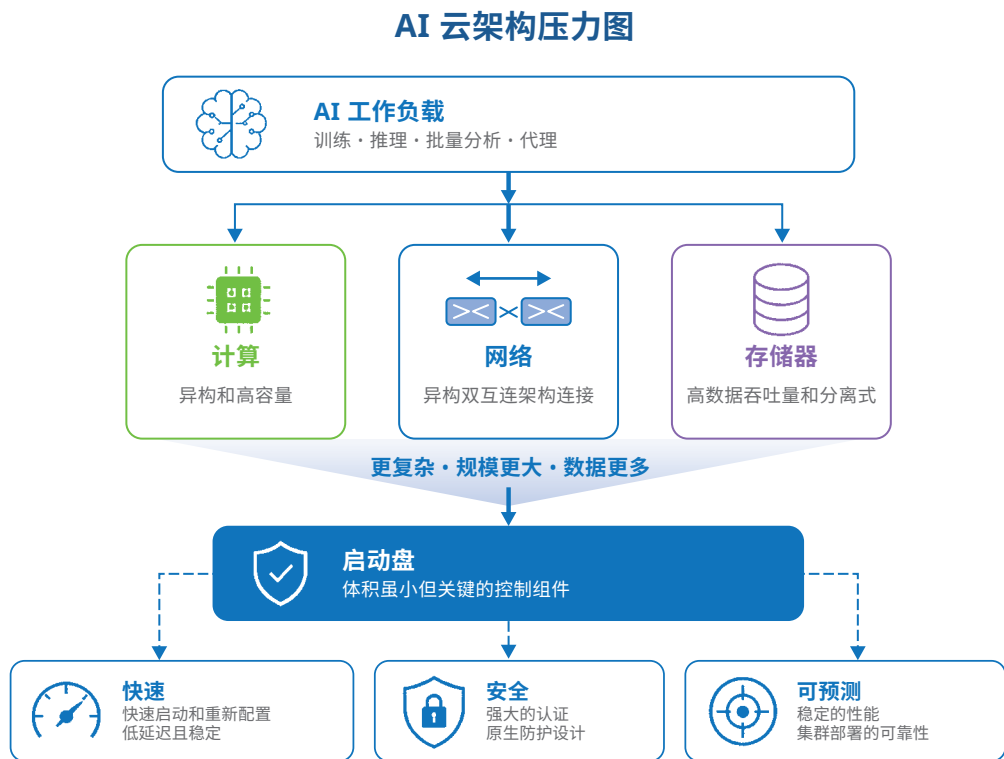


图 2：AI 工作负载正在推动云基础架构向异构计算、双互连架构网络和高数据吞吐量存储发展，这提高了快速、安全和可预测的启动盘对大规模部署运行的重要性。

云服务提供商正在重塑数据中心架构，以满足 AI 对计算、网络 and 存储领域不断增长的需求。高密度加速器如今基于更高的内存带宽、芯粒（Chiplet）或多芯片模块（MCM），以及更紧密的硬件与软件协同设计进行构建，使其能够在液冷、高功率环境下高效运行，并实现跨机架扩展，而不仅限于单台服务器内部。

AI 工作负载还会带来更明显的流量突发和更严重的负载不均衡，并经常集中在 GPU 资源丰富的区域或集群中。这使得资源预测和负载均衡更加困难，尤其是当训练运行、推理峰值和批量分析快速上升和下降时。为解决此问题，云提供商正在采用异构节点，将 CPU 与 GPU、DPU 和 FPGA 结合起来，以满足不同的训练和推理需求。

这些变化需要双网络互连架构：高带宽的东西向流量路径用于 GPU 间通信，南北向流量路径用于通用网络通信。它们还需要高吞吐量存储，以持续为高性能加速器提供数据支持，避免其因等待数据而闲置和能够将每项任务匹配到合适资源的调度器。同时，地理层面分布的数据中心被视为单一的 AI 工厂，通过跨区域互连技术，将低延迟性能表现能在数百米扩展至数百公里的距离。

在统一的横向扩展与跨域扩展设计中，越来越多地采用相同的硬件和软件底层架构，这使得网络资源能够在数据中心内部以及跨数据中心之间实现弹性池化。这样一来，系统就可以支持多站点 GPU 集群和分布式推理计算，包括那些分布在从边缘端到云端各节点上的智能体 AI 工作负载。

存储系统也正在针对 AI 进行重新设计。服务提供商纷纷采用 NVMe 闪存 SSD，将存储与计算分离，同时将数据直接导入 GPU 内存，从而最大限度提升吞吐量并降低延迟。检查点（checkpointing）技术目前已成为一大瓶颈：模型规模越大，生成的 TB 级检查点文件就越大；并行作业数量越多，写入压力也随之攀升；此外，服务目标日益严格，要求更快的快照创建与恢复速度。

最后，数据生命周期管理正在成为一条持续的云原生流水线，其核心环节包括数据采集、清洗、治理、复用和模型快速反馈。这要求实时共享、更强的追溯能力以及更严密的安全保障，从而确保 AI 系统所依赖的数据始终是最新且可信的。受此影响，启动盘的趋势正向着体积更小、速度更快、且通常为无状态的方向发展。

云端 AI 正在为启动盘带来全新挑战

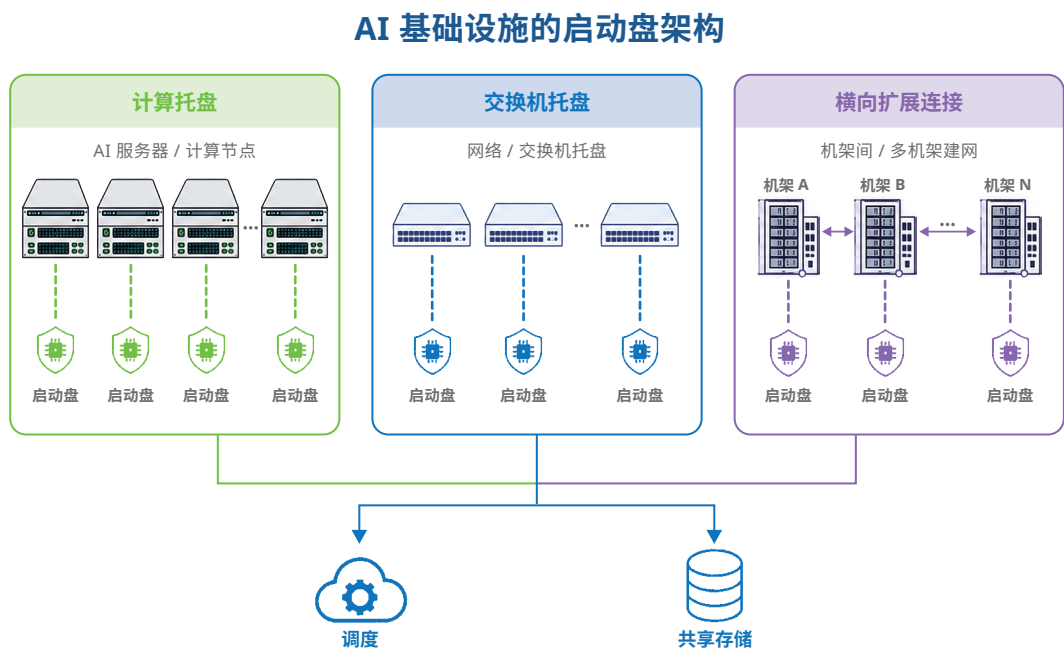


图 3：无论是计算托盘、交换托盘，还是横向扩展连接环节，启动盘都扮演着紧凑型控制中枢的角色——负责初始化设备、确立可信配置，并将基础设施对接至编排系统及共享存储服务。

在 AI 负载繁重的云服务商环境中，启动盘的作用虽看似单一，实则至关重要：它负责装载操作系统及核心系统软件，完成每个节点的初始化，从而让节点能够顺利运行 AI 任务。同时，启动盘与专门存储数据集、模型检查点和训练数据流的高性能存储层级相互独立。

实际应用中，启动盘往往只预装一个极简的操作系统镜像，仅满足基本的启动需求。节点既可以依托本地的小型镜像启动，也可以先将操作系统加载至内存，再通过 NVMe-over-Fabrics 等网络存储或其它共享系统，接入真正的任务负载。

这些环境通常分为三种情况：计算托盘、交换托盘和横向扩展连接。每一项都有相同的基本需求，但由于启动的对象不同——无论是 GPU 服务器、结构交换机，还是大规模分布式服务器集群——各自的操作侧重点也会有所差异。

计算托盘（专用 NVMe 设备）通常为 M.2 或 E1 外形规格，用来存放操作系统镜像，这样节点就可以不依赖外部存储独立启动。启动完成后，托盘将加入集群管理框架，并在参与分布式 AI 任务前确保软件状态符合预期。

对于交换机托盘，本地启动盘负责保存交换机操作系统、配置文件以及管理软件。这一点之所以关键，是因为必须要有可靠的互连架构，GPU 服务器才能实现低延迟通信；而启动盘能帮助交换机快速恢复故障，并实现高效扩展。

在横向扩展连接架构中，启动盘的作用是控制锚点而非容量引擎。它负责加载互连架构所需的操作系统、容器运行所需环境、驱动程序和网络配置；至于多数数据和模型参数，则继续存放在可以独立扩展的共享存储系统上。

此外，启动盘还能支持大规模集群的可管理性与安全性。标准化的镜像、安全启动、快速重新配置、本地凭证、固件以及配置基线，都依赖于稳定可预测的本地存储，这样当某节点故障或被重新用途后，可以迅速重置并重新部署，而不会影响整个系统。

总之，云服务商应当针对 IOPS、延迟、可靠性以及可管理性来优化启动盘，而不是容量；并且应将启动盘视为集群安全信任根的一部分。上述场景充分说明了为何 SSD 是动态 AI 环境中启动盘的更优选择。

为什么 SSD 是 AI 云环境中的理想启动盘

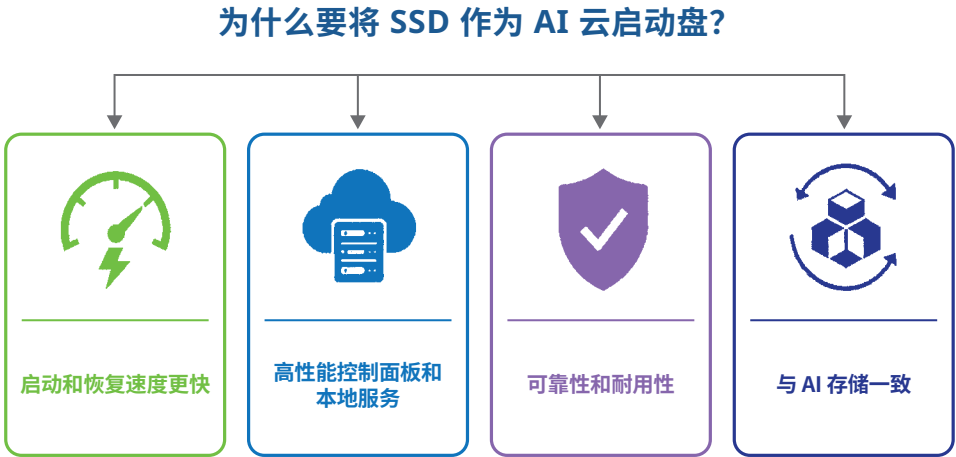


图 4：与机械硬盘相比，企业级 PCIe NVMe SSD 提供了大规模启动、恢复和管理 AI 云基础设施所需的低延迟、高 IOPS、耐久性和确定性行为。

AI 基础设施要求超低延迟、高 IOPS 和持续性能，这些是机械硬盘无法提供的。启动盘必须能支撑数千台服务器同时启动、频繁重装操作系统，并实现快速从故障中恢复，同时不能自身成为性能瓶。

SSD 提供关键功能，以支持典型的启动盘功能：

- **启动和恢复速度更快：**启动盘必须在服务器发生故障后迅速让其重新上线，从而最大限度缩短集群停机时间，确保 GPU 利用率。同时，它还需在超大规模环境中可靠地完成恢复任务，因为即便是轻微的延迟或反复的重建操作，都可能成为整个系统的瓶颈。
- **高性能控制面板和本地服务：**在 AI 云环境中，启动盘要为调度、身份验证、监控和其他启动服务提供极低延迟、高 IOPS 的存储支持，确保这些服务快速且稳定地启动。采用本地 SSD 作为启动存储，能显著降低延迟，有效避免启动过程中的拥堵。
- **可靠性与耐久性：**一旦启动盘故障，会导致整个基础设施的服务立即中断。因此，启动盘必须在持续高负载下保持数据完整性和系统可用性，因为这些系统都需要频繁写入和较长的运行生命周期。
- **与 AI 存储分配的协同：**I/O 不对齐会引发性能下降和延迟不确定等问题。SSD 能提供确定性性能、稳定功耗和强大的数据完整性，这对于可靠的系统加载、固件执行以及持续遥测操作而言，是至关重要的保障。

SSD 具备 GPU 基础设施所必需的高速、稳定和韧性，能确保系统快速启动、迅速恢复，并在大规模部署下持续稳定运行。

慧荣科技企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案，针对 AI 场景专项优化



图 5：慧荣科技企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案将主控芯片和固件技术与 IntelligentSeries™ 功能相结合，为大规模 AI 云架构提供快速、可预测、安全和抗电源波动的启动存储。

在 AI 云环境中，启动存储已演变为不可或缺的核心节点——它直接影响着整个集群的正常运行时间、资源利用率及总体效率。

慧荣科技通过独有的主控芯片与固件技术，将高效、稳定与安全融为一体，从而满足 AI 服务器对启动盘的严苛要求，有效降低了大规模部署中的启动风险与运维成本。其核心竞争力并非单纯的读取速度，而是在于能让数千台 AI 服务器在快速启动后，长期保持安全稳定，并持续降低生产环境中的能耗。

- **快速且稳定的启动性能：**慧荣科技的企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案，采用专为启动场景设计的存储架构，配合确定性固件行为、稳定的电源管理以及强大的数据完整性保障，确保操作系统能够可靠地加载与初始化。
- **AI 节点全天候可靠运行性：**慧荣科技的企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案，以可预测的启动过程、断电保护及数据完整性为核心，即使在频繁写入日志和持续运行的高负载环境下，也能确保操作系统加载和固件执行的稳定性。
- **断电和恶劣环境韧性：**慧荣科技集成了由硬件和固件协同工作的先进断电保护技术。一旦遭遇意外断电，系统能够安全地将正在处理的数据刷新到非易失性闪存，并确保映射表的完整性。
- **安全启动与可信防护：**慧荣科技的企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案，融合了基于硬件的加密技术和主控芯片内置的安全特性，如身份验证固件保护、安全启动，并遵循 TCG Opal 等标准，确保启动卷免受篡改和非法访问。

慧荣科技自研的 IntelligentSeries™ 技术，通过多种差异化机制，进一步增强 SSD 启动盘，包括

- IntelligentLog™ 技术全面记录 SSD 的健康状态，让系统开发人员了解其当前情况，并采取适当的行动。它可记录主要事件日志，以更快和更有效地进行调试。
- IntelligentScan™ 技术能够执行自动扫描和修复，确保存储在安全区域的数据能够正确读取和写入，同时增加数据存储的留存时长，并延长 SSD 的使用寿命。
- IntelligentThermal™ 技术负责监控启动盘的温度，并在超过特定阈值时激活冷却机制。它能够在主机控制热管理和硬盘控制热管理之间进行选择有效控制温度，并防止 SSD 在高温条件下的损坏。
- IntelligentShield™ 技术会确保所有数据安全地存储在指定的安全区域，防止断电造成数据丢失。一旦检测到电源不稳定，驱动器就会立刻启动该机制。
- IntelligentFlush™ 技术能以稳定的速度立刻进行即时数据迁移，让数据快速转移到安全的存储块。

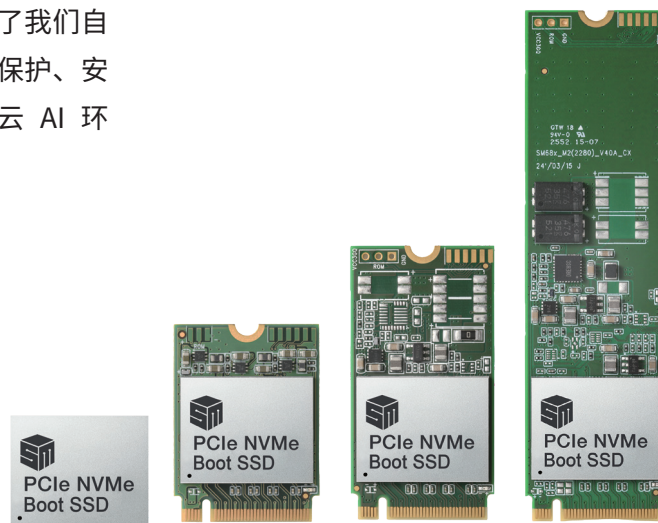
- IntelligentGuard™ 技术通过强化启动盘固件的身份验证与保护机制，全方位保障启动过程的安全性。
- IntelligentImage™ 技术提供一个用于嵌入式系统的预加载机制，可在表面贴装组装之前将数据加载到安全块。此功能可保护数据免受损坏的风险（如回流焊高温的损坏），并大幅提高生产线效率。
- IntelligentZone™ 技术支持多名称空间设计，让 SSD 根据不同系统设计人员的要求进行量身定制。该技术将 SSD 划分为不同的存储块，数据根据设计存储于适当的存储块中。这样既能确保数据的完整性，又能有效利用 SSD 容量，实现经济效益的最大化。

启动盘是 AI 云环境的关键枢纽点

启动盘的容量可能较小，但在 AI 云环境下，其对性能、可靠性和安全性的影响不容小觑。一旦宕机，就会直接降低利用率、抬高成本并降低服务质量。启动盘已不再是单纯的辅助部件，它已经成为整个 AI 基础设施的控制枢纽。

随着云服务商持续扩建分布式 GPU 集群，快速启动、稳定恢复以及保持系统可信任状态，已从原本的后台功能跃升为核心运营需求。PCIe NVMe SSD 凭借低延迟、高 IOPS、高耐用性和出色能效，恰好能满足这些要求，让 AI 平台时刻在线且具备弹性。

慧荣科技的企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案，集成了我们自主研发的 IntelligentSeries™ 技术，通过协同确定性行为、断电保护、安全启动特性以及智能管理能力，进一步放大了这一优势，为云 AI 环境中的大规模部署提供了有力支撑。



图片 1：慧荣科技的企业级 PCIe NVMe SSD 启动盘解决方案支持多种外形规格，包括 BGA 和 M.2 设计。

如需更多信息，请访问：www.siliconmotion.com