

VMAX 全闪存存储系列

详细概述



摘要

近期工程技术领域取得的一些进步，包括更高密度、垂直、多层单元闪存技术等，促进了更高容量的多 TB 闪存驱动器的开发。这些更高容量的闪存驱动器的出现，大大加快了闪存驱动器革新转折点的到来，闪存驱动器将凭借与传统硬盘驱动器同等的经济性，作为数据中心中企业应用程序的主存储介质。EMC 的工程师预见到了这一发展转折点，现向您隆重推出 VMAX® 全闪存系列。本白皮书提供了 VMAX 全闪存系列的操作原理、产品包，以及其独特功能的详细信息，为读者深度概述了为何这款全闪存存储产品会成为现代数据中心的首选。

2016 年 9 月

本出版物的内容按“原样”提供。EMC Corporation 对本出版物的内容不提供任何形式的陈述或担保，明确拒绝对有特定目的的适销性或适用性进行默示担保。

使用、复制或分发本出版物所描述的任何 EMC 软件都要有相应的软件许可证。

EMC²、EMC 和 EMC 徽标是 EMC Corporation 在美国和其他国家/地区的注册商标或商标。此处使用的所有其他商标均为其各自所有者的资产。© 版权所有 2016 EMC Corporation。保留所有权利。中国印刷。09/16，白皮书，部件号 H14920.1

EMC 确信本文档在发布之日内容准确无误。本出版物中的信息可随时更改而不另行通知。

EMC 现已成为戴尔集团公司的一员。

目录

执行摘要	5
目标受众	5
VMAX 全闪存系列	5
背景	5
VMAX 全闪存阵列介绍	5
VMAX 全闪存系统概述	6
模块化构造块体系结构	6
Brick 概述	7
Brick 引擎	8
Brick 引擎 CPU 核心配置	8
Brick 引擎缓存配置	9
Brick 驱动器磁盘阵列存储模块 (DAE)	9
VMAX 250F 型号 V-Brick DAE	9
VMAX 450F 和 VMAX 850F 型号 Brick DAE	10
关于 VMAX 全闪存 Brick DAE 容量的重要说明	11
VMAX 全闪存上的闪存优化	11
VMAX 全闪存缓存体系结构和缓存算法	11
了解闪存单元耐用性	12
减少 VMAX 全闪存写入放大	12
借助 FlashBoost 提高闪存性能	12
HYPERMAX 操作系统	13
VMAX 全闪存数据服务	13
通过 SRDF 执行远程复制	13
使用 TimeFinder SnapVX 进行本地复制	14

使用 eNAS 整合数据块和文件存储	14
嵌入式管理 (嵌入式 Unisphere for VMAX)	15
VMAX 全闪存 — 高可用性和弹性	15
开放系统 VMAX 全闪存配置	16
VMAX 250F 的开放系统 V-Brick 系统配置	16
VMAX 450F 和 VMAX 850F 的开放系统 V-Brick 系统配置	16
开放系统 V-Brick 的前端连接选项	17
开放系统 VMAX 全闪存软件包	19
大型机 VMAX 全闪存	20
VMAX 450F / 850F 大型机 zBrick 系统配置	20
大型机 zBrick 前端连接选项	21
大型机 VMAX 全闪存软件包	23
摘要	24

执行摘要

2016 年，闪存存储经历了一个历史性的转折点，实现了同传统旋转硬盘驱动器 (HDD) 介质同等的密度和经济性。这已从根本上更改了企业数据中心的数据存储环境。为了满足全闪存企业存储环境的需求，EMC 现隆重推出名为“VMAX 全闪存”的系列全闪存产品。

VMAX 全闪存系列对全闪存领域进行了扩展，涵盖了任务关键的弹性、本机和值得信赖的企业数据服务，以及超出数据块存储范围的工作负载整合。VMAX 全闪存存在企业闪存存储领域领先于其他竞争对手的关键，在于它能为客户提供：

- 值得信任的体系结构，可提供无与伦比的 6 个 9 的可用性，并能满足企业级的闪存存储要求
- 业内最值得信赖的数据服务，包括 SRDF 和 Timefinder SnapVX（远程和本地复制技术的黄金级标准）
- 无与伦比的每地砖闪存密度，数据块和文件工作负载可在同一系统内共存

在计划、订购和管理方面，VMAX 全闪存可为客户提供无与伦比的简便性。VMAX 全闪存共分为三个型号：VMAX 250F、VMAX 450F 和 VMAX 850F。客户利用一款简单的模块化体系结构就可实现纵向扩展和横向扩展。每个 VMAX 全闪存型号均可连同预组装的软件捆绑包一同订购——如入门级“F”产品包，或功能更为丰富的“FX”产品包。每个 VMAX 全闪存型号均标配嵌入式 Unisphere for VMAX，使用户可以轻松简单地管理和监视存储。VMAX 全闪存存在维护和许可方面还具备无与伦比的简便性，为客户大幅降低了产品的总体拥有成本 (TCO)。

VMAX 全闪存系列真正改变了企业数据中心的格局。本文档将在以下各章节中详细地讨论这款颠覆性产品的主要组件和优势。

目标受众

本白皮书面向 EMC 客户和潜在客户、EMC 销售人员和支持人员、合作伙伴和有意深入了解 VMAX 全闪存存储阵列及其功能的任何人员。

VMAX 全闪存系列

背景

近年来，由于企业需要支持数以百万计的虚拟设备和虚拟机，所以企业对存储容量和存储性能的要求大幅提升。虽然传统的旋转磁盘介质仍能满足存储容量需求，但却难以满足这些环境的性能要求（当前的 IOPS 的数量级已达数百万）。

不久前，业界仍面临全闪存存储价格偏高的经济成本问题；但闪存技术的最新进展，尤其是垂直、3 位、电荷抽取 NAND 体系结构的最新发展，为容量和闪存存储的经济性难题带来了重大突破。这一突破大大加快了闪存存储变革转折点的到来，使闪存能够实现与传统旋转磁盘介质同等的经济成本。这些新驱动器的出现能令企业数据中心以经济实惠的成本，满足其高度虚拟化环境的存储容量和性能要求。

VMAX 全闪存阵列介绍

为了满足企业存储环境新出现的需求，EMC 现隆重推出名为“VMAX 全闪存”的全新全闪存产品。VMAX 全闪存有三种基本型号：VMAX 250F、VMAX 450F 和 VMAX 850F。VMAX 全闪存阵列以备受信赖的 Virtual Matrix 体系结构和 HYPERMAX 操作系统为基础，但与 VMAX 混合阵列的不同之处在于，它们是全闪存阵列，是专为满足全闪存企业数据中心的存储容量和性能要求而开发的 VMAX 产品。VMAX 全闪存阵列产品经专门设计，功能丰富，旨在尽可能以最大密度的配置发挥全新高容量闪存驱动器的价值。VMAX 全闪存阵列可为企业客户提供值得信赖的 VMAX 数据服务、经优化的简单性、更高的容量和更强大的性能，在满足其高度虚拟化环境要求的同时，仍能满足传统型存储工作负载的经济性要求。

VMAX 全闪存产品线的工程设计旨在实现以下主要设计目标：

- **性能** — 不论面对怎样的工作负载和存储容量利用率，VMAX 全闪存均能为企业数据中心提供一致、可预测的高性能，可以 150 GB/s 的带宽实现高达 400 万 IOPS，延迟时间不到 0.5 毫秒。
- **高可用性和恢复能力** — VMAX 全闪存采用可信赖的体系结构构建而成，无单点故障，并且具有经验证的 6 个 9 可用性的骄人记录。它可利用 SRDF 为客户提供完整的多站点复制选项，用于灾难恢复和快速重启。
- **线内压缩** — 压缩功能旨在支持 HYPERMAX 操作系统以最高效的方式管理容量，可节省空间。压缩会由 HYPERMAX 操作系统在系统中以多个压缩范围来执行，从而为系统实现 2:1 的平均压缩率。
- **无中断迁移 (NDM)** — NDM 可支持在无宕机的前提下，实现将主机和应用程序迁移到新 VMAX 全闪存阵列的自动化流程。
- **增强闪存驱动器的耐用性** — VMAX 全闪存的独特功能可以极大减少闪存驱动器上的写入放大率。它采用大量的缓存来存储写入数据，然后使用智能化的转储算法，将写入操作合并为较大的顺序写入，最大限度减少后端的随机写入 I/O。VMAX 全闪存还采用了经验证的写入折叠算法，可大幅减少后端的写入 I/O。
- **闪存密度** — VMAX 全闪存将利用高容量闪存驱动器提供业内最高的 IOPS/TB/地砖密度。VMAX 全闪存对高容量闪存驱动器独特的支持能力，使其与众多全闪存备选方案相比优势显著，脱颖而出。它可使系统充分利用供应商为行业标准闪存驱动器带来的更高的闪存驱动器密度，经济高效的可扩展性和更快的上市时间。
- **可扩展性** — VMAX 全闪存配置采用名为“Brick”的模块化构造块构建而成。一个 Brick 包括一个引擎和两个驱动器 DAE，预配置有初始总可用容量。Brick 可凭借闪存容量包以特定增量进行容量扩展。
- **数据服务** — 完全支持远程复制和本地复制的黄金级标准 SRDF 和 Timefinder SnapVX。VMAX 全闪存也可与 EMC AppSync 全面集成，更加轻松地实现关键应用程序的本地复制管理。
- **整合** — VMAX 全闪存可以将开放系统数据块和文件存储整合至一块地砖的面积上，是业内唯一做到这一点的全闪存存储产品。VMAX 全闪存支持多种前端连接选项，包括光纤通道、iSCSI 和用于大型机的 FICON。
- **精简包装** — VMAX 全闪存系列 450F 和 850F 拥有“F”和“FX”功能选项。两种型号的不同之处在于其针对 VMAX 全闪存产品线大大简化的软件包。在 VMAX 全闪存的基本型号将始终称为 VMAX 250F、450F 和 850F。基础的“F”型号提供入门级软件产品包，其中包括嵌入式 Unisphere 等功能；而“FX”则除入门级“F”产品包之外还包含更高级的软件产品，如 SRDF 等。
- **易管理性** — F 和 FX 产品包中均提供嵌入式 Unisphere for VMAX。Unisphere for VMAX 直观的管理界面使 IT 经理可以大大减少调配、管理和监视 VMAX 全闪存存储资产所需的时间，从而最大程度地提高生产率。Unisphere for VMAX 嵌入在 VMAX 全闪存中，由此可实现简单的管理，而无需额外的服务器和硬件。FX 产品包还包含有 Unisphere 360，它能让存储管理员查看数据中心中每个 VMAX 的站点级别运行状况报告，及协调对代码级别和其他基础架构维护要求的法规遵从性

VMAX 全闪存系统概述

VMAX 全闪存为支持最大密度的闪存配置而设计。VMAX 全闪存对高容量闪存驱动器独特的支持能力，使其与众多全闪存备选方案相比优势显著，脱颖而出。它可使 VMAX 全闪存充分利用供应商为行业标准闪存驱动器带来的更高的闪存驱动器密度，经济高效的规模和更快的上市时间。

在购置成本和总体拥有成本方面，容量更大的闪存驱动器提供了极具吸引力的混合阵列替代方案。VMAX 全闪存的其他优势包括性能的增强、可预测的延迟、密度的提升、功耗和冷却成本的降低以及驱动器更换频率的减少，这将加快今后基于 VMAX 存储系统的全闪存的部署。

模块化构造块体系结构

VMAX 全闪存采用了基于应用装置的简化软件包和模块化构造块配置，以降低复杂性，从而可以更加轻松地实现配置和部署。此体系结构可让您对其进行扩展，以在需要时提供可预测的高性能。这些构造块称为“Brick”。

VMAX 全闪存有两种类型的 Brick：

- 借助光纤通道和/或 iSCSI 连接和 FBA 设备格式，支持开放系统配置的**V-Brick**
- 借助 FICON 连接和 CKD 设备格式，支持大型机配置的**zBrick**。

注意：本文档中，在讨论适用于 V-Brick 和 zBrick 的特性和功能时，将使用术语“Brick”。本文档将在 VMAX 全闪存大型机支持部分更详细地讨论 zBrick。

Brick 概述

VMAX 全闪存的核心元素是 Brick。各 Brick 拥有下列组件：

- 采用动态虚拟矩阵体系结构且运行 HYPERMAX 操作系统的单引擎配置
- 完全冗余硬件，以及多个电源和互连连接结构
 - 无单点故障体系结构
 - 经验证的“6 个 9”的可用性
- 2 个 2.5 英寸驱动器插槽的驱动器阵列存储模块 (DAE)
 - VMAX 250F 拥有 2 个 25 插槽 2.5 英寸驱动器，VMAX 450F/850F 拥有 2 个 120 插槽的 2.5 英寸驱动器
 - VMAX 全闪存入门级 Brick 配置拥有一定的可用容量
 - 可凭借“闪存容量包”添加特定增量的额外 V-Brick 存储容量，凭借“zCapacity 包”添加特定增量的额外 zBrick 存储。
- 多达 32 端口的前端连接
- 每个 Brick 多达 2 TB 的缓存

下表详细说明了各类 VMAX 全闪存型号 Brick 规格：

表 1. Brick 规格（按 VMAX 全闪存型号分类）

组件	规范	VMAX 250F	VMAX 450F	VMAX 850F
系统布局	所需的地砖空间	1	1 - 2	1 - 4
计算	每个系统的 Brick 数量	1 - 2	1 - 4	1 - 8
	大型机支持情况	否	是	是
	每个系统的最大核心数量	96	128	384
缓存	每个 Brick 选项的缓存	512 GB、1 TB 和 2 TB	1 TB 和 2 TB	
	混合缓存支持	是	否	否
端口和模块	每个 V-Brick 的最大前端模块数量	8 (每个 V-Brick 总共 32 个前端端口)	6 (每个 V-Brick 总共 24 个前端端口)	
	每个 zBrick 的最大前端模块数	不适用	6 (每个 zBrick 总共 24 个 FICON 端口) (1)	
	每个系统的最大前端端口数量	64	96	192
驱动器和容量	Brick 类型和数量：	2 x 25 插槽，2.5 英寸 (DAE25)	2 x 120 插槽，2.5 英寸	
	每个系统的最大驱动器数量	100	960	1920
	每个系统的最大开放系统有效容量 (1)	1 PBe	2 PBe	4 PBe
	每个系统的最大大型机可用容量 (2)	不适用	800 TBu	1.7PBu
	入门级 Brick 的可用容量	11 TBu	53 TBu	

闪存容量包增量大小	11 TBu	13 TBu
RAID 选项	RAID 5 (3+1), RAID 6 (6+2)	RAID 5 (7+1), RAID 6 (14+2)
受支持的 V-Brick 闪存驱动器大小	960GB、1.92 TB、3.84 TB、7.68 TB、15.36 TB	960 GB、1.92 TB、3.84 TB
受支持的 zBrick 闪存驱动器大小	不适用	960 GB、1.92 TB、3.84 TB

- (1) 默认 zBrick 附带 2 个 FICON 模块。额外的 FICON 模块可以自选方式订购
- (2) 在不存在压缩的情况下，EMC 使用 PBu (和 TBu) 定义可用的存储容量，即内置物理存储量。EMC 使用 PBe (和 TBu) 定义存在压缩情况下的有效存储容量，
 - (a) 即，如果客户的物理存储为 50TBu，并且可按 2:1 压缩，则客户拥有 100TBe (有效存储)。

Brick 这一概念能够“纵向扩展”和“横向扩展”VMAX 全闪存。客户可以通过添加“闪存容量包”进行纵向扩展。每个闪存容量包拥有数个 13 TBu 的可用存储，可用于 VMAX 450F / VMAX 850F 型号，而适用于 VMAX 250F 型号的容量包增量为 11 TBu。VMAX 全闪存可在单个系统中针对 VMAX 250F 聚合最多两个 Brick，针对 VMAX 450F / 850F 聚合最多八个 Brick，它们具有完全共享的连接、处理和容量资源，通过这种方式实现横向扩展。不论工作负载如何，通过添加额外的 Brick 对 VMAX 全闪存系统进行横向扩展都能实现一种可预测的线性性能提升。

Brick 引擎

Brick 引擎是中央 I/O 处理单元，专门采用冗余设计来实现高可用性。它包括冗余控制器，每个控制器包含多核 CPU、内存模块并且将接口连接到通用 I/O 模块，例如前端、后端、InfiniBand 和闪存 I/O 模块。

Brick 引擎以值得信赖的 Dynamic Virtual Matrix 体系结构为基础。Virtual Matrix 从根本上实现了冗余的内部 InfiniBand 连接结构控制器间的通信。InfiniBand 连接结构为高度可扩展、极低延迟和高带宽主干提供了基础，后者是全闪存阵列不可或缺的关键部分。这种功能还使 Brick 概念能以其所用方式向上和向外扩展，因此至关重要。

Brick 引擎 CPU 核心配置

每个 Brick 引擎均拥有两个控制器，每个控制器均有双 CPU 插槽可支持多核、多线程的 Intel 处理器。下表详细说明了每个 VMAX 全闪存型号的引擎 CPU 核心布局：

表 2. VMAX 全闪存各型号 Brick 引擎 CPU 核心

VMAX 全闪存型号	引擎的 CPU 类型	每个控制器的核心数量	每个 Brick 的核心数量	每个系统的的核心数量
250F (仅限 V-Brick)	双 Intel Broadwell 12 核	24	48	96 (最多 2 个 Brick)
450F	双 Intel Ivy Bridge 8 核	16	32	128 (最多 4 个 Brick)
850F	双 Intel Ivy Bridge 12 核	24	48	384 (最多 8 个 Brick)

Brick 引擎使用了一种核心池化机制，通过将核心分布至引擎上运行的前端、后端和数据服务（如 SRDF、eNAS 和嵌入式的管理），实现核心的动态负载平衡。可对核心池加以动态调整，随时将这些池的偏重转换为前端繁重或后端繁重工作负载，以进一步优化适用于特定使用情形的解决方案。

除了能够动态地调整核心池，VMAX 全闪存还能够实施高级服务质量 (QoS)，例如，为特定存储组设置最大 IOPS 数量等。这在正确管理系统核心消耗方面十分有效，如此，“吵闹”的虚拟机或主机便无法过多占用系统资源。QoS 可帮助确保所有已连接的主机和虚拟机接收的资源量均匀分布，从而实现 IOPS 和吞吐量方面的最高性能。

Brick 引擎缓存配置

每个 Brick 控制器均拥有 16 个内存插槽，可容纳 32 GB 和 64 GB 的 DDR4 双列直插内存模块(DIMMS)，以实现每个控制器高达 1 TB 的缓存（每个 Brick 引擎最大 2 TB 缓存）。

表 3. VMAX 全闪存各型号 Brick 引擎的缓存配置

VMAX 全闪存型号	每个 Brick 的缓存量	每系统最大缓存量
250F（仅 V-Brick）	512 GB、1 TB、2 TB	4 TB（最多 2 个 Brick）
450F	1 TB 或 2 TB	8 TB（最多 4 个 Brick）
850F	1 TB 或 2 TB	16 TB（最多 8 个 Brick）

对于双 Brick VMAX 全闪存 250F 型号，系统可以使用缓存大小（混合内存）不同的引擎。例如，Brick A 上的引擎缓存可以为 1 TB，而 Brick B 的引擎缓存可为 512 GB。如此，总系统缓存大小则为 1.5 TB。引擎之间的缓存容量差异必须为另一缓存容量大小的一倍或一半。下表中显示了 VMAX 250F 的有效混合内存配置：

表 4. VMAX 250F 混合引擎缓存大小配置

混合内存配置	最小引擎缓存大小	最大引擎缓存大小	总体系统缓存
配置 1	512 GB	1 TB	1.5 TB
配置 2	1 TB	2 TB	3 TB

注意：VMAX 450F 和 850F 型号不支持在引擎之间混合大小不同的缓存。在这些系统中，引擎之间的缓存大小必须相同。

VMAX 全闪存系列在系统引擎上支持动态缓存分区 (DCP)。DCP 是一种 QoS 功能，可实现针对特定环境（如“生产”环境）将特定数量的缓存与“开发”环境隔离开。另一种示例是在使用 eNAS 服务的系统将“文件数据的缓存资源与“数据块数据”分离开。能够隔离缓存资源是多租户环境的关键推动因素。

Brick 驱动器磁盘阵列存储模块 (DAE)

VMAX 250F 型号 V-Brick DAE

VMAX 250F 的每个 Brick 附带两个 25 插槽 2.5 英寸驱动器，2U 前端加载式 DAE 和 11 TBu 预配置的初始容量，可使用 RAID 5 3+1 或 RAID 6 6+2 保护。VMAX 250F DAE 支持 12 Gb/s SAS 连接，并且需要 12 Gb/s SAS 闪存驱动器支持。VMAX 250F 中不支持使用 6 Gb/s SAS 连接的闪存驱动器。VMAX 250F DAE 具有双端口驱动器插槽和双电源区，可实现高可用性。

图 1. 完全占满的 VMAX 250FV-Brick DAE

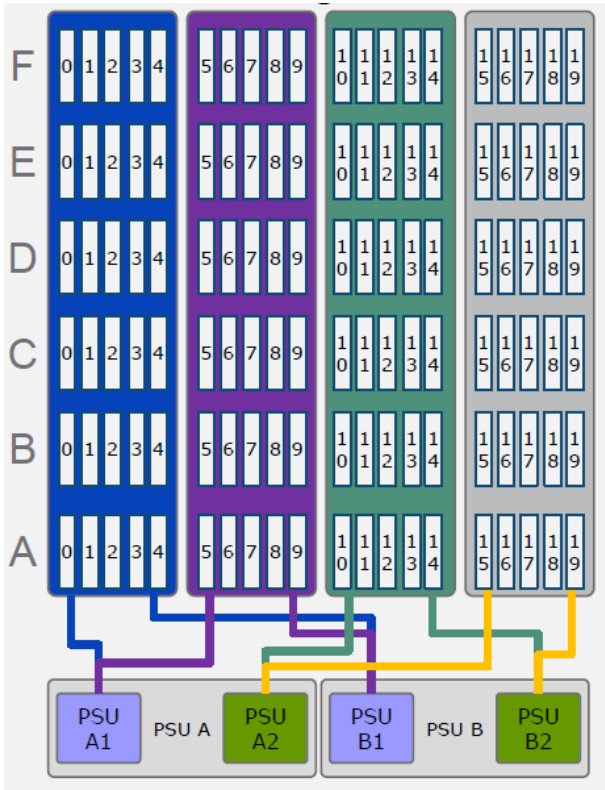


可使用闪存容量包以 11 TBu 为增量将容量添加到 VMAX 250F 系统以实现纵向扩展，每个 Brick 的有效容量最高可扩展至 500 TBe。双 Brick VMAX 250F 的总容量可以扩展至 1PBe，这将占用单块地砖上的半个机架 (20U)。

VMAX 450F 和 VMAX 850F 型号 Brick DAE

VMAX 450F 和 VMAX 850F 的每个 Brick 附带两个 120 插槽 2.5 英寸驱动器，3U 抽屉式 DAE 和 53 TBu 预配置初始容量，可使用 RAID 5 7+1 或 RAID 6 14+2 保护。每个 VMAX 450F 和 VMAX 850F Brick DAE 均使用双端口的驱动器插槽，并具有四个独立电源区以消除任何单点故障。VMAX 450F 和 VMAX 850F Brick DAE 布局如下图所示：

图 2. VMAX 450F / VMAX 850F Brick DAE 布局 — 驱动器插槽和电源区



对于 V-Brick，可使用“闪存容量包”以 13 TBu 为增量将容量添加至系统，对于 zBrick 可使用“zCapacity Pack”以 13 TBu 为增量将容量添加至系统，从而实现纵向扩展。容量包可在 VMAX 450F 和 VMAX 850F 阵列的使用寿命内为其实现可观的内部容量增长，尤其是在使用的闪存驱动器容量较高的情况下。每个 VMAX 450F 和 VMAX 850F 系统可仅以 53 TBu 的容量起步，使用单个 2 TB 缓存引擎扩展到最多 500 TBu 的容量。可以将更多容量添加到 DAE 的空插槽中。由于无需向系统机架添加额外的 DAE，因此可方便地进行扩展。当两个 Block VMAX 450F 或 VMAX 850F 系统机架都使用 (2:1) 的压缩率部署了 2 TB 缓存引擎时，客户可拥有高达 1 PBe 的有效闪存容量，使用的物理存储仅 500 TB，占用空间为一块地砖。使用平均为 2:1 的压缩率，VMAX 450F 系统可以扩展到 2 PBe，VMAX 850F 系统可以扩展到 4 PBe。

图 3. 完全填充的 VMAX 450F / 850F Brick DAE



关于 VMAX 全闪存 Brick DAE 容量的重要说明

- VMAX 全闪存阵列将面向整个系统使用同一种 RAID 保护方案。具体保护方案取决于系统的初始可用容量。所有后续添加的容量和 Brick 均将使用与初始可用容量（VMAX 450F 和 VMAX 850F 为 53 TBu，VMAX 250F 为 11 TBu）相同的 RAID 保护方案，无论新增闪存容量包使用的驱动器大小如何。
- VMAX 全闪存可寻址容量和可用于主机 I/O 的空间大小受系统中总缓存量的控制。通常情况下，1 TB 的 V-Brick 引擎缓存通常可支持多达 250 TB 的开放系统主机可寻址存储；1 TB 的 zBrick 引擎缓存通常可以支持多达 100 TB 的大型机主机可寻址存储。依靠压缩功能正确调整 VMAX 全闪存系统时，这一点的重要性就会体现出来。例如，如果客户需要压缩率为 2:1 的 1 PBe 的可寻址存储，这意味着系统将需要 4 TB 的系统缓存和 500 TB 的物理存储。
- 多个大小不同的闪存驱动器可以在 VMAX 250F、VMAX 450F、和 VMAX 850F 的 Brick DAE 内共存。
- Brick RAID 组分布于两个 DAE 中。
- VMAX 全闪存将为内部存储提供“钻石”级别服务，为云阵列等外部磁盘存储提供“优化”级别服务。
- 备盘驱动器的计算要求为，针对每个引擎，每 50 个特定类型的驱动器需要 1 个备盘
- 大型机 zBrick DAE 将支持 960 GB、1.92 TB 和 3.84 TB 闪存驱动器

VMAX 全闪存上的闪存优化

全闪存依托的存储系统需要为其提供支持的企业级存储平台最高级别的性能和恢复能力。能够充分利用现代的高密度闪存驱动器聚合的性能，同时最大限度提高其使用寿命的体系结构，是真正全闪存阵列的基础。VMAX 全闪存产品的体系结构中内置有专为最大限度提高闪存驱动器的性能，延长其使用寿命的功能。本部分将会详细介绍这些功能。

VMAX 全闪存缓存体系结构和缓存算法

VMAX 系列构建于一个非常庞大，基于高速 DRAM 缓存的体系结构，由高度复杂和优化的算法驱动。这些算法通过尽可能避免对后端进行物理访问，从而加快数据访问速度。

EMC 多年来致力于开发和优化缓存算法。VMAX 缓存算法优化了读取和写入操作，从而最大限度提高从缓存处理的 I/O，最大限度减少对后端闪存驱动器的访问。系统还会根据参考 I/O 的位置，尽可能预测应用程序将来可能需要哪些数据。此数据也会被拉入缓存中。

缓存算法用于最大限度减少磁盘访问的一些技术包括：

- 将 100% 的主机写入进行缓存
- 将超过 50% 的读取进行缓存
- 近期数据会在缓存中存放很长一段时间，因为这是最有可能被再次请求的数据
 - 按顺序进行智能算法转储

了解闪存单元耐用性

写缓存管理对性能的提高至关重要，但它也是 VMAX 全闪存促进提升闪存驱动器的耐用性的关键。闪存驱动器的寿命和耐用性受写入的影响最大，尤其是小型数据块随机写入。写入闪存单元，需要该单元首先将任何旧的数据擦除，然后使用新数据进行编程。这一过程称为编程和擦除周期（P/E 周期）。每个闪存单元在损耗（不再可承载数据）前能够承受的 P/E 周期数量是有限的。大多数现代闪存单元可承受数千 P/E 周期。

闪存的特性之一是写入操作会分散于闪存页（大小通常以 KB 为单位）；但是，写入操作前，页面所在的整个闪存数据块中的现有数据（大小通常以 MB 为单位）都必须被擦除。在擦除页面之前，闪存控制器芯片会在驱动器上找到空的（已擦除的）位置，然后从该页将任何现有数据拷贝（写入）到该位置。由于闪存写入数据的方式，来自主机的一个简单的 4 KB 写入可能会导致这一部分数据在驱动器上进行了多次内部写入，令大量单元上承受 P/E 周期。这种写入的倍增影响被称为“写入放大”，不利于闪存单元的耐用性。这种影响在小型数据块随机写入工作负载上体现的更加明显。这种情况下，大量小型数据块的随机写入操作往往会“散射”到整个驱动器，对更大数量的单元造成影响，并在更大的单元区域上引发 P/E 周期。大型连续写入的写入放大现象远不如连续向单一闪存数据块本地写入数据显著，因而能更好地与闪存页面大小相适应，并将 P/E 周期限制在较小的范围内。

减少 VMAX 全闪存写入放大

必须正确地对写入放大加以控制和缓解，才便于确保闪存设备的使用寿命。因为不受控制的写入放大是闪存存储过早损耗的首要原因。控制闪存单元的写入放大率是 VMAX 全闪存最大的优势之一，也是令其真正从其他闪存阵列竞争产品中脱颖而出的关键。除了将数据尽可能长久地保留在缓存中的智能缓存算法之外，VMAX 全闪存还采用了一些其他方法，以最大限度减少闪存的写入量。这些方法包括：

- 写入折叠 — 写入折叠可在主机向特定地址范围进行重新写入时，避免不必要的磁盘 I/O。这些重新写入的数据只需在缓存中进行替换，而永远不会写入闪存驱动器。写入折叠可以减少高达 50% 的闪存驱动器写入操作。
- 写入合并 — 写入合并可将不同批次的小型后续随机写入合并为一个大的持续写入。这些更大行的闪存驱动器写入能更好地与闪存驱动器本身的页面大小相适应。使用写合并能使 VMAX 全闪存创建高度随机写入主机 I/O 工作负载，并将其显示为持续工作负载写入闪存驱动器。
- Timefinder SnapVX 无拷贝链接目标功能 — Timefinder SnapVX 为源卷提供了影响非常小的（空间高效型）时间点快照。通常，用户希望从快照取消目标卷的链接时（这常出现在设置开发环境时），取消链接操作需要将完整的源卷拷贝至目标，以便取消链接后使用。这也将导致后端容量的使用大幅增加，并且后端驱动器上会出现大量写入操作。由于取消无拷贝目标卷链接后，仍可访问时间映像，SnapVX 取消了这一要求。这样可以为后端闪存设备减少大量写入活动。
- 高级损耗分析 — VMAX 全闪存还针对大容量闪存驱动器提供优化的高级损耗分析，确保将写入分布于整个闪存池，以实现负载均衡，避免过多的写入和特定驱动器的损耗。不仅这有助于管理存储池中的闪存驱动器，还可轻松向系统添加额外存储并实现重新平衡。

VMAX 全闪存使用的所有减少写入放大率的技术均可先出减少后端写入，从而显著延长阵列中使用的闪存驱动器的使用寿命。

借助 FlashBoost 提高闪存性能

EMC 始终致力于其产品性能的改进。公司努力通过每个新的硬件平台和新版本的软件，消除可能会以任何方式妨碍产品性能的潜在瓶颈。

“FlashBoost”是 EMC 推出的已成为 HYPERMAX 操作系统标准的一项功能。FlashBoost 通过直接从后端闪存驱动器处理读取请求，最

大限度提高了 HYPERMAX 操作系统的效率。这种方法消除了通过全局缓存处理 IO 所需的步骤，并减少了读取延迟，对于闪存驱动器而言尤其如此。如果客户的闪存上驻留有繁重的读取未命中工作负载，则可获得高达 100% 的 IOPS 性能提升。

HYPERMAX 操作系统

VMAX 全闪存引擎使用的是受信任且经验证的 HYPERMAX 操作系统。它将经验证、业界领先的高可用性、I/O 管理、服务质量、数据完整性验证、数据迁移和数据安全融合到一个开放式应用程序平台中。HYPERMAX 操作系统采用首款实时无中断的存储虚拟机管理程序，该虚拟机管理程序将高可用性扩展到传统上在阵列外部运行的嵌入式服务，从而管理和保护这些服务。HYPERMAX 操作系统的主要功能是管理阵列上执行的核心操作，如：

- 处理来自主机的 IO
- 实施 RAID 保护
- 允许直接访问硬件资源，从而实现性能的优化
- 系统管理和监视
- 实施本地和远程复制等数据服务

VMAX 全闪存数据服务

VMAX 全闪存产品线完整附带同类最佳的一流数据服务。在 VMAX 中，数据服务是协助保护、管理和移动阵列上客户数据的众多流程。这些服务以本机方式运行，嵌入于 VMAX 内部，使用 HYPERMAX 操作系统虚拟机管理程序来提供资源抽象层。这可使数据服务于阵列内共享池化资源（CPU 核心、缓存和带宽）。这可以在整个系统范围内优化性能，并减少环境的复杂性，因为资源（系统缓存、CPU 核心和外部应用装置）并不是专用的。

VMAX 全闪存产品线提供的最受青睐的数据服务包括：

- 通过 SRDF 执行远程复制
- 使用 TimeFinder SnapVX 进行本地复制
- 嵌入式 NAS (eNAS)
- eManagement — 嵌入式 Unisphere for VMAX

通过 SRDF 执行远程复制

SRDF 可能是企业数据中心中的最受欢迎的数据服务，它被称之为远程复制的黄金级标准之一。多达 70% 的财富 500 强公司均使用此工具运行 VMAX，将其关键数据复制到遍布于世界各地的数据中心。SRDF 能在全球范围内为客户将数以万计的卷复制到多达四个不同的位置。

VMAX 全闪存运行有全闪存使用情形专用的增强型 SRDF 版本。此版本使用多核心、多线程技术大幅提高性能；使用功能强大写入折叠的算法，极大地降低复制带宽要求以及源和目标阵列对闪存的后端写入。

有三种主要的 SRDF 版本可供客户选择：

- (1) SRDF/Synchronous (SRDF/S) — SRDF/S 可在最多相距 60 英里（100 公里）的数据中心之间提供零数据丢失远程镜像。
- (2) SRDF Asynchronous (SRDF/A) — SRDF/A 可在最多相距 8,000 英里（12,875 公里）的数据中心之间提供异步远程数据复制。SRDF/A 可用于支持世界上多数任务关键型应用程序所需的三站点或四站点拓扑。
- (3) SRDF/Metro — SRDF/Metro 提供主动-主动式高可用性，在数据中心内或最远相距 60 英里的数据中心之间均可实现无中断的数据访问和工作负载移动。SRDF/Metro 可提供存储阵列群集，从而实现更高的弹性、敏捷性和数据移动性。SRDF/Metro 允许主机或主机群集访问两个不同站点之间复制的逻辑单元号 (LUN)。主机能看到两个 Metro Replicated LUN（R1 和 R2）的视图，

但在主机操作系统上以同一个 LUN 显示。如此，主机则可同时写入 R1 和 R2 设备中。此使用情形考虑了应用程序的自动恢复和无缝故障切换，从而一同避免恢复情形。SRDF Metro 的其他关键功能包括：

- 可实现并发访问 LUN/存储组，从而可确保在城际距离范围内做到无中断数据访问并提供更高的可用性
- 提供更加简单且顺畅无痕的数据移动性
- 支持非常适合 Microsoft 和 VMware 环境的延伸群集功能

SRDF 软件包含于 VMAX 全闪存 FX 软件包中，不含基于容量的许可。它可在订购 F 软件包时自选添加。任何支持 SRDF 所需的硬件须单独购买。

使用 TimeFinder SnapVX 进行本地复制

每个 VMAX 全闪存阵列都标配有本地复制数据服务 Timefinder SnapVX，作为 F 产品包的一部分。SnapVX 为 VMAX LUN 提供影响极低的快照和克隆。SnapVX 每个源卷支持多达 256 个快照，每个阵列支持的快照数量多达 1,600 万。用户可以为快照分配名称以方便辨认，还可以为每个快照设置自动过期日期。

SnapVX 能够通过一次操作管理存储组的一致时间点拷贝。每个源卷可以链接多达 1024 个目标卷，系统将这些目标卷作为指针或完整拷贝克隆提供读/写访问。

SnapVX 本地复制功能极为高效，首先创建一个快照，一个基于指针的结构，其中保存着源卷时间视图中的一个点。快照不需要目标卷，其与源卷和源卷的其他快照共享后端分配，只有在源卷被更改时才需要占用额外空间。一个源卷最多可以有 256 个快照。

用户可向每个快照分配一个由用户定义的名称和一个到期日期（可选），这两者随后都可以修改。通过新的管理界面，用户能够使用单个命令为整个存储组创建快照。

用户可以将时间点快照链接至称为“目标”的主机可访问卷，以此来访问该快照。目标卷为标准的精简 LUN。每个单一源卷的快照可以链接多达 1024 个目标卷。用户可以将 1024 个目标卷全部链接至源卷的同一个快照，也可以将多个目标卷链接至同一个源卷的多个快照，这两种方式都收到此数量限制。但是，一个目标卷一次只能链接至一个单一快照。

默认情况下，目标以无拷贝模式链接。此无拷贝链接目标功能极大地减少了写入后端闪存驱动器的数量，因为它取消了在执行取消链接操作期间执行源卷的完整卷拷贝，以便主机 IO 使用目标卷的要求。这样可以在取消链接操作的过程中为后端闪存设备减少大量写入活动，从而进一步减少 VMAX 全闪存阵列上潜在的写入放大。

使用 eNAS 整合数据块和文件存储

嵌入式 NAS (eNAS) 数据服务使客户能够利用关键的企业功能，如面向数据块和文件存储的闪存级别性能及简化管理，并可节约高达 33% 的部署成本，从而将 VMAX 全闪存的价值扩展至文件存储。配有 eNAS 数据服务的 VMAX 全闪存成为了一款整合型的数据块和文件平台，使用一种多控制器、事务性 NAS 解决方案，专为在任务关键型环境中需要数据块超级整合（传统的 VMAX 使用情形）及适度容量、高性能文件存储相结合的客户设计。常见的 eNAS 使用情形包括：在 NFS 上运行 Oracle®，在 NFS 上运行 VMware®，在 SMB 3.0 上运行 Microsoft® SQL，主目录以及 Windows 服务器整合。

嵌入式 NAS (eNAS) 采用 HYPERMAX 操作系统所提供的虚拟机管理程序，可在 VMAX 全闪存阵列中创建并运行一系列虚拟机。这些虚拟机承载着 eNAS 的两个主要元素：软件 Data Mover 和控制站。嵌入的 Data Mover 和控制站有权访问共享的系统资源池，因而可以均匀地占用 VMAX 全闪存的性能和容量资源。

除了性能和整合功能外，VMAX 全闪存通过 eNAS 为客户带来的优势还包括：

- 可扩展性 — 可轻松处理超过 6,000 个活动 SMB 连接性
- 元数据日志记录文件系统，非常适合全闪存环境
- 使用 File Replicator 进行内置异步文件级远程复制
- 与 SRDF/S 集成
- 受攻击影响较小 — 不易受常规操作系统病毒侵害。

eNAS 数据服务包含于 FX 软件包中。它可以作为附加项随 F 软件包自选订购。所有在 VMAX 全闪存上支持 SRDF 所需的硬件须单独购买

嵌入式管理 (嵌入式 Unisphere for VMAX)

VMAX 全闪存客户可以使用嵌入式 Unisphere for VMAX 实现简化的阵列管理。Unisphere for VMAX 是一个直观的管理界面，它使 IT 管理人员能够通过大大减少调配、管理和监视 VMAX 全闪存存储资产所需的时间，从而最大程度地提高工作人员的生产率。

借助嵌入式 Unisphere，客户能够直接在阵列上运行 VMAX 全闪存管理软件，从而简化管理、降低成本并提高可用性。嵌入式的管理为出厂配置，以确保尽可能减少现场安装时间。该功能在 HYPERMAX 操作系统虚拟机管理程序中作为容器运行，使客户不必再分配自己的设备管理其阵列。除 Unisphere 外，eManagement 数据服务的其他关键要素还包括 Solutions Enabler、Database Storage Analyzer 和 SMI-S 管理软件。

Unisphere for VMAX 提供简单性、灵活性和自动化，这些是加快向全闪存数据中心转型的关键要求。对于经常构建和拆分存储配置的客户而言，Unisphere for VMAX 通过减少删除卷和重新调整卷的用途所需的步骤，可以更轻松地重新配置阵列。借助 VMAX 全闪存，可使用默认的钻石级存储服务通过四步简单的流程，向主机或虚拟机调配存储。这将确保所有应用程序的响应时间能达到亚毫秒级。客户可使用 Unisphere for VMAX 在数分钟内设置好多站点的 SRDF 配置。

嵌入式 Unisphere 是管理单个 VMAX 全闪存阵列的有效工具；但是，对于需要其整个数据中心更高级别控制台视图的客户，EMC 提供的 Unisphere 360 可满足此类需求。Unisphere 360 软件最多可聚合和监视单个数据中心上多达 200 个的 VMAX All Flash/VMAX 阵列。对于运行多个采用嵌入式管理 (eManagement) 的 VMAX 全闪存阵列，且希望更好地了解其整个数据中心的客户，该解决方案是理想选择。Unisphere 360 使存储管理员能查看每个 VMAX 的站点级别运行状况报告，或者协调对代码级别和其他基础架构维护要求的法规遵从性。客户现在可在数据中心规模利用简化的 VMAX 全闪存管理。

嵌入式 Unisphere 和 Database Storage Analyzer 包含于 F 软件包中，每个 VMAX 全闪存阵列均可提供。Unisphere 360 包含于 FX 软件包中，您也可在订购时在 F 软件包中自选添加。Unisphere 360 不可在嵌入式环境中运行，客户需要提供额外的服务器硬件。

VMAX 全闪存 — 高可用性和弹性

VMAX 全闪存以其出色的可靠性、可用性和可维护性 (RAS) 优势，成为需要永不停机的可用性环境的理想平台。这些阵列经过专门的设计，可在最严苛的任务关键型环境中提供 6 个 9 的可用性。VMAX 全闪存的可用性、冗余性和安全功能如下所列：

- 无单点故障 — 所有组件都完全冗余，可承受任何组件故障
- 完全冗余和可热插拔的现场可换部件 (FRU) 确保可在系统不脱机的情况下进行修理
- 提供 RAID5 或 RAID 6 部署选项可供选择，以实现所需的最高级别的保护
- 缓存条目副本分布在镜像缓存中，以实现最高的可用性
- HYPERMAX 操作系统闪存驱动器的耐用性监视 — 闪存驱动器的特点是，其 NAND 闪存单元的写入次数是有限的。这称为闪存驱动器的耐用性，并由驱动器固件报告为“所使用寿命的百分比”。HYPERMAX 操作系统会定期收集和监视此信息，并使用它在特定驱动器的使用寿命接近结束时触发警报，并向 EMC 客户支持报告。
- 存储区到闪存带有电池备份，以允许缓存转储到闪存，还可实现有序关机，以便在电源发生故障时保护数据
- 通过 SRDF/Metro 实现的主动-主动远程复制提供对站点 A 和 B 的读/写访问，可在发生站点故障期间确保即时的数据访问。
- 完全无中断升级，包括加载 HYPERMAX 操作系统软件，无论是小更新还是主要版本均可轻松升级
- 持续的系统监视、Call-Home 通知和高级远程诊断功能
- 静态数据加密 (D@RE) 带有集成 RSA® 密钥管理器，获得了 FIPS 140-2 认证，可满足严格的法规要求
- T10 DIF 数据编码，可扩展以防止写入内容丢失
- 每个组件在设计期间包含详细的失效模式与影响分析 (FMEA)，确保恰当地处理故障情况
- 广泛的故障检测和隔离，允许早期磨损检测和防止坏数据作为好数据传递

- 服务经过定义和脚本化以确保成功，包括电缆颜色编码、电缆定位、脚本化步骤和在脚本中检查关键参数
- 所有闪存缓存数据存储区均能够承受两种关键故障，确保即使在电源关闭后再打开时存储区和其他区域出现故障之前某个部件损坏，系统也能启动
- 支持热偏移下正常关机，例如当数据中心空调损坏时也可正常关机
- 通过 EMC ProtectPoint 备份和快速恢复集成了数据保护，将备份的黄金标准与业界领先的 SRDF 复制技术相结合

开放系统 VMAX 全闪存配置

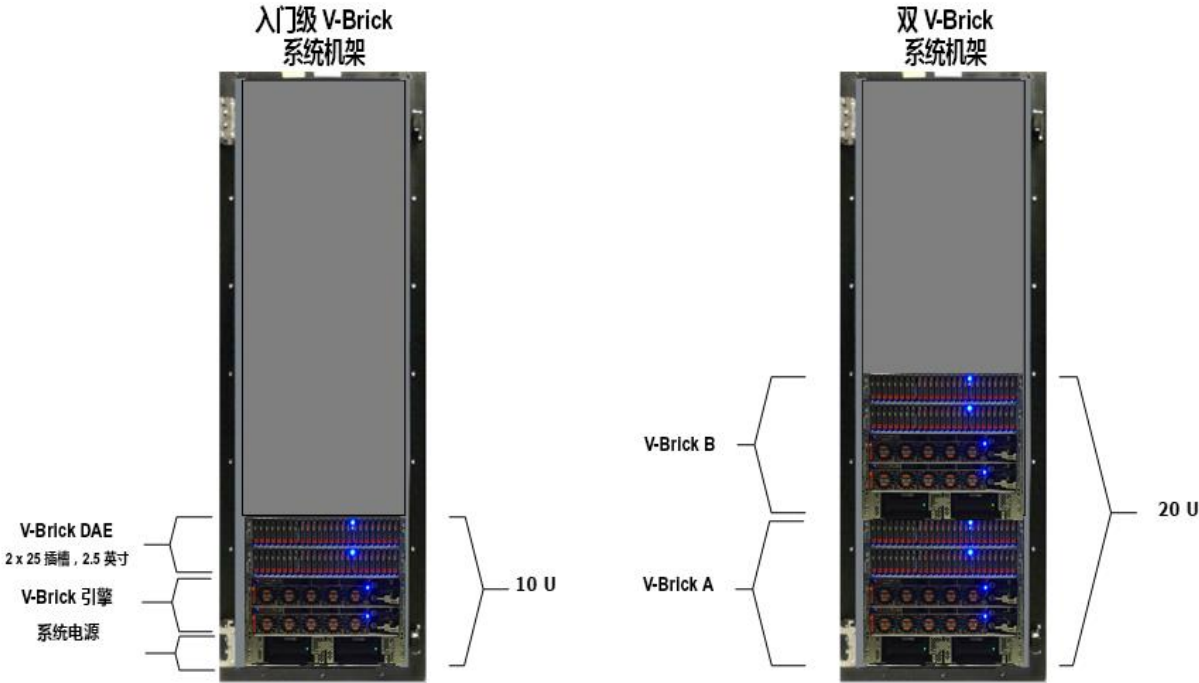
对于开放系统配置，VMAX 全闪存 Brick 被称为“V-Brick”。每个初始开放系统 V-Brick 都在从 EMC 出厂时进行了预配置，拥有其独立的系统机架。将额外的 V-Brick 添加到系统中时，会专门采用系统双引擎系统机架配置。客户可选择使用其专用的机架（只要是标准 NEMA 19 英寸机架即可），并满足 EMC 缆线连接和冷却标准。

VMAX 250F 的开放系统 V-Brick 系统配置

所有 VMAX 250F V-Brick 都包含 11TBu 的基础容量。容量通过大小为 960GB、1.92TB、3.84TB、7.68TB 和 15.36TB 的闪存驱动器提供，并可借助闪存容量包以 11TBu 为增量进行升级。VMAX 250F V-Brick 引擎包含 2 个控制器，每个控制器各拥有 512GB、1TB 或 2TB 的内存和双 12 核处理器。VMAX 250F 以双引擎机柜配置发货。VMAX 250F 系统机柜可进行横向扩展，以容纳最多两整个 V-Brick，每地砖 100 个驱动器，从而在仅 20U 的机架空间中实现 1PBu 可用容量。剩余的机架空间可用于放置额外的 VMAX 250F 系统或客户的硬件，如服务器和交换机。

下图显示了 VMAX 250F 入门级 V-Brick 系统机架的配置以及一个双 V-Brick 系统机架的配置：

图 4. VMAX 250F 入门级 V-Brick 配置和双 V-Brick 系统机架



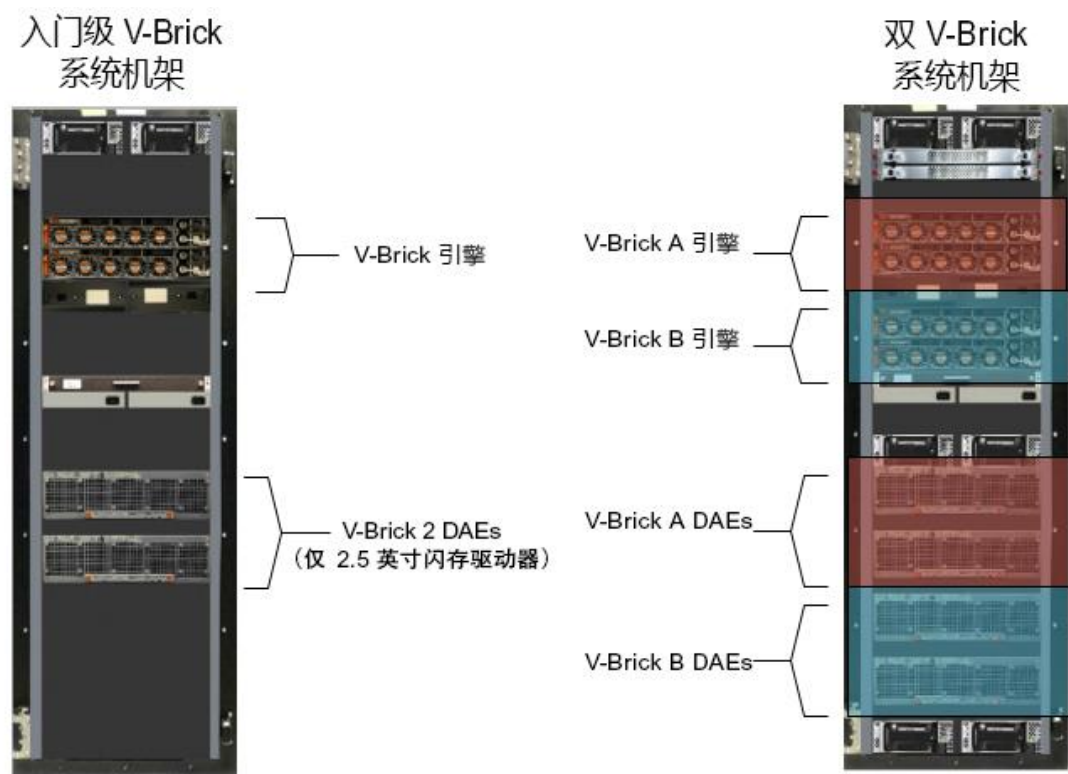
VMAX 450F 和 VMAX 850F 的开放系统 V-Brick 系统配置

所有开放系统 VMAX 450F/850F 配置也采用了 V-Brick，其中包括 53TBu 的计算和基础容量。容量通过大小为 960GB、1.92TB 和 3.84TB 的闪存驱动器提供，并可借助闪存容量包以 13TBu 为增量进行升级。450F 和 850F 引擎包含 2 个控制器，每个控制器拥有 1TB

或 2TB 的内存以及双处理器（450F 为 8 核 2.6GHz，850F 为 12 核 2.7GHz），以双引擎机柜配置发货。单个机柜可容纳最多两整个 V-Brick，每地砖 480 个驱动器，每机柜的最大可用容量为 1PB。VMAX 450F 每个系统可扩展到 4 个 V-Brick 和 2PBu，850F 每个系统可扩展至最多 8 个 V-Brick 和 4PBu。

下图显示了 VMAX 450F /850F 入门级 V-Brick 系统机架的配置以及一个双 V-Brick 系统机架的配置：

图 5. VMAX 450F /850F 入门级 V-Brick 配置和双 V-Brick 系统机架



VMAX 450F 型号可横向扩展为四个 V-Brick，这种配置需要两个系统机架（占用两块地砖），而 VMAX 850F 可横向扩展为八个 V-Brick，这需要四个系统机架（四块地砖）。系统机架可使用光纤连接器相连，分开放置，最多可相距 25 米。

开放系统 V-Brick 的前端连接选项

对于 V-Brick，用户可以从正面接触引擎冷却风扇和电源，从背面接触 I/O 模块、管理模块和控制台。由于在 V-Brick 引擎中使用的通用 I/O 模块数量取决于客户需要的功能，因此一些插槽可保留为未使用状态。

有多个受支持的 V-Brick 前端连接，可支持多种协议和速度。下表重点介绍了各种支持 VMAX 全闪存 V-Brick 的前端连接模块：

表 5. VMAX 全闪存开放系统 V-Brick 引擎的前端连接模块

连接类型	模块类型	端口数	与协议混用	支持的速度 (Gbps)
光纤通道	8 Gbps FC	4	SRDF	2 / 4 / 8
光纤通道	16 Gbps FC	4	SRDF	2/ 8 / 16
SRDF	10 GigE	4	iSCSI	10
SRDF	GigE	2	无	1

iSCSI	10 GigE	4	SRDF	10
Cloud Array (CA)	8 Gbps FC	4	FC、SRDF	2 / 4 / 8
eNAS	10 GigE	2	无	10
eNAS	10 GigE (铜质)	2	无	10
eNAS 磁带备份	8 Gbps FC	4	无	2 / 4 / 8

V-Brick 前端的端口数量扩展具体取决于协议类型， VMAX 250F 最多可扩展至 32 个， VMAX 450F / 850F 最多可扩展至 24 个。

在四端口 8 Gbps 和 16 Gbps 光纤通道 I/O 模块上，客户可以不同的端口混合使用光纤通道主机连接和 SRDF。四端口 10 GigE I/O 模块也可同样使用模块上的不同端口，将主机 iSCSI 连接和 GigE SRDF 混用。客户也可使用 8 Gbps 光纤通道模块，混用连接到 EMC 云阵列的光纤通道，以及主机光纤通道连接和 SRDF。为 eNAS 预留的 GigE I/O 模块为专用模块，不能用于任何其他 GigE 连接类型，例如 iSCSI 和 SRDF。

下表中显示了其他 V-Brick 使用的模块：

表 6. 其他 VMAX 250F / 450F / 850F 开放系统 V-Brick 引擎模块

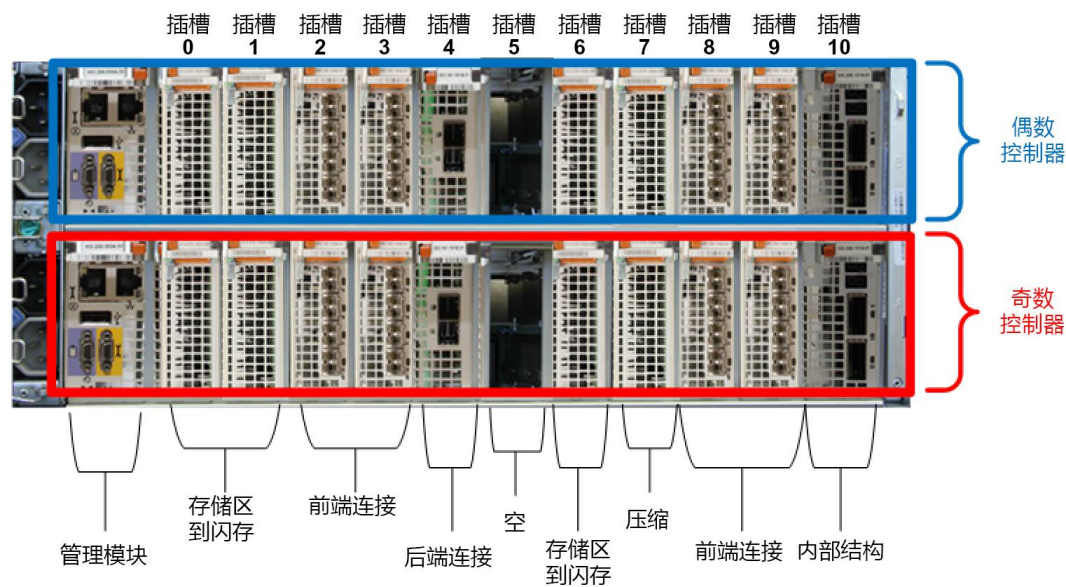
模块类型	用途
存储区到闪存	存储区和元数据闪存 (VMAX 450F /850F 为 4 x 800 GB、VMAX 250F 为 3 x 400 GB 或 800 GB)
内部结构	内部 InfiniBand 结构连接
后端 SAS	连接到 DAE 的后端 SAS (VMAX 250F 为 12 Gbps , VMAX 450F / 850F 为 6 Gbps)
压缩	自适应压缩引擎 (ACE) 和 SRDF 压缩

VMAX 250F 将使用最多 3 个存储区至闪存模块，而 VMAX 450F 和 VMAX 850F 系统将使用最多 4 个存储区至闪存模块。VMAX 450F 和 VMAX 850F 系统需要额外的闪存模块是由于 VMAX 450F 和 850F 可以扩展至更大的可用容量。存储区到闪存模块通常将占用 VMAX 250F V-Brick 引擎上的 0、1 和 6 号插槽，以及 VMAX 450F 和 VMAX 850F V-Brick 引擎上的 0、1、6 和 7 号插槽。

压缩模块为 VMAX 全闪存系统执行所有适用于自适应压缩引擎 (ACE) 及 SRDF 压缩的操作。其结果是从使用引擎 CPU 核心周期分载压缩任务。每个 V-Brick 将使用一对压缩模块 (每个 V-Brick 控制器一个)。压缩模块通常位于 VMAX 250F 上的插槽 7 以及 VMAX 450F / 850F 的插槽 9 中。

下图显示了 VMAX 250F V-Brick 引擎的典型布局：

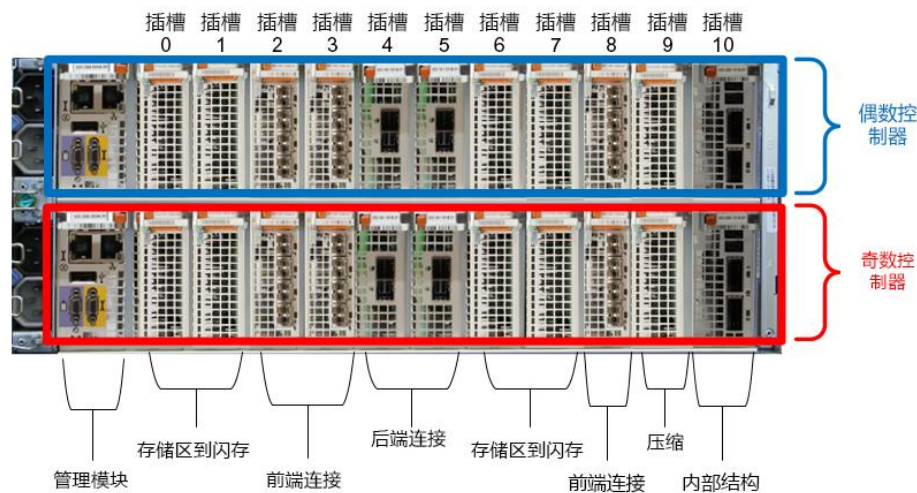
图 6. VMAX 250F V-Brick 引擎的典型布局



注意：VMAX 250F 中，插槽 5 留空（未使用）。

下图显示了 VMAX 450F / 850F V-Brick 引擎的典型布局：

图 7. VMAX 450F / 850F V-Brick 引擎的典型布局



开放系统 VMAX 全闪存软件包

为了简化软件的订购和管理流程，VMAX 全闪存为 VMAX 250F、VMAX 450 和 VMAX 850 在开放系统环境下提供两种不同的软件包。

第一种软件包被称为“F 产品包”，可将其看做一种入门级产品包。F 产品包内含 HYPERMAX 操作系统、嵌入式管理、SnapVX 和 AppSync 初级产品包。您可向 F 产品包中自选添加任何 VMAX 全闪存支持的软件。使用 F 产品包的 VMAX 全闪存型号被称为 VMAX 250F、VMAX 450F 和 VMAX 850F。

第二种软件包是一款功能更为丰富的产品包，被称为“FX 产品包”。FX 产品包中包含 F 产品包中的所有内容，并另外包含 SRDF/S、SRDF/A、SRDF / STAR、SRDF/Metro，CloudArray Enabler、D@RE、eNAS、Unisphere 360 和 ViPR Suite。FX 产品包在 F 产品包同等价格的基础上提供了捆绑折扣，其中可自选添加许多额外产品。客户可向 FX 产品包中自选添加任何 VMAX 全闪存支持的软件，包括 ProtectPoint、完整的 AppSync suite 和 EMC Storage Analytics。使用 FX 产品包的 VMAX 全闪存型号称为 VMAX 250FX、VMAX 450FX 和 VMAX 850FX。下表详述了各 VMAX 全闪存产品包中包含哪些软件：

表 7. VMAX 全闪存开放系统软件包

特性	包含于 F 产品包	F 产品包中可自选项	包含于 FX 产品包	FX 产品包中可自选项	注释
HYPERMAX 操作系统	✓		✓		包括迁移工具、VVOL、QoS (3)
嵌入式管理	✓		✓		包括 Unisphere for VMAX、Database Storage Analyzer、Solutions Enabler、SMI-S
本地复制	✓		✓		包括 Timefinder SnapVX
AppSync Starter Pack	✓		✓		
Remote Replication Suite (1)		✓	✓		包括 SRDF/S/A/STAR
SRDF/Metro (1)		✓	✓		
Unisphere 360		✓	✓		
Cloud Array Enabler (1)		✓	✓		
D@RE (2)		✓	✓		
eNAS (1) (2)		✓	✓		
ViPR Suite		✓	✓		包括 ViPR Controller 和 ViPR SRM
ProtectPoint		✓		✓	
PowerPath		✓		✓	
AppSync Full Suite		✓		✓	
EMC Storage Analytics		✓		✓	

- (1) FX 产品包中包含软件许可。所需硬件需要单独订购
- (2) 出厂配置。必须在订购过程中启用。
- (3) 包括主机 I/O 限制

大型机 VMAX 全闪存

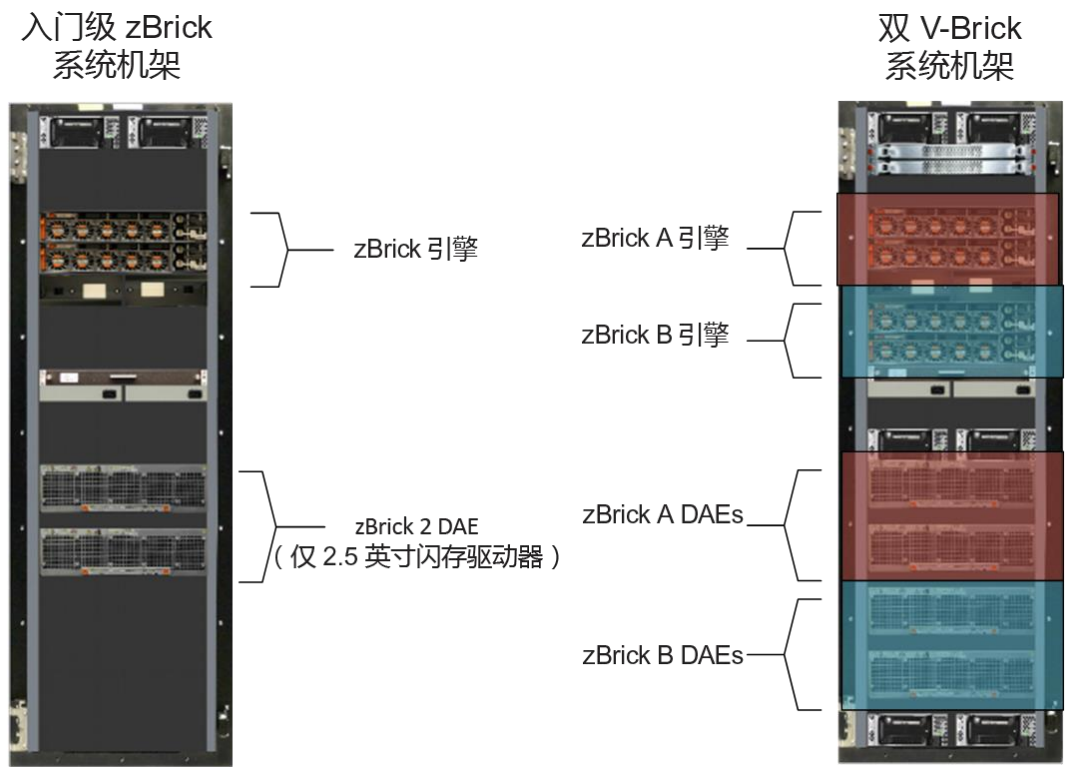
对于大型机配置，VMAX 全闪存 Brick 称为“zBrick”。每个初始大型机 zBrick 都在从 EMC 出厂时进行了预配置，拥有其独立的系统机架。将额外的 zBrick 添加到系统中时，会专门采用系统双引擎系统机架配置。

大型机 VMAX 全闪存仅限用于 VMAX 450F 和 850F 产品。两者必须 100%作为大型机工作负载来运行，大型机不得混用，并支持开放系统工作负载。VMAX 250F 不支持大型机工作负载。

VMAX 450F / 850F 大型机 zBrick 系统配置

所有大型机 VMAX 450F / 850F zBrick 均包含 53TBu 的基础容量。容量通过大小为 960GB、1.92TB 和 3.84TB 的闪存驱动器提供，并可借助 zCapacity Pack 以 13TBu 为增量进行升级。450F 和 850F zBrick 引擎包含 2 个控制器，每个控制器拥有 1TB 或 2TB 的内存以及双处理器（450F 为 8 核 2.6GHz，850F 为 12 核 2.7GHz），以双引擎机柜配置发货。单个机柜可容纳最多两整个 zBrick，每地砖 480 个驱动器，每机柜的最大容量为 400 PBu。VMAX 450F 每个系统可扩展到四个 zBrick 和 800TBu，850F 每个系统可扩展至最多八个 zBrick 和 1.7PBu。大型机 zBrick 不支持自适应压缩引擎 (ACE)，因此所有系统容量都显示为可用容量。

图 8. VMAX 450F / 850F 入门级 zBrick 配置和双 zBrick 系统机架



VMAX 450 型号可横向扩展为四个 zBrick，这种配置需要两个系统机架（占用两块地砖），而 VMAX 850 可横向扩展为八个 zBrick，这需要四个系统机架（四块地砖）。系统机架可使用光纤连接器相连，分开放置，最多可相距 25 米。

大型机 zBrick 前端连接选项

对于 zBrick，用户可以从正面接触引擎冷却风扇和电源，从背面接触 I/O 模块、管理模块和控制台。由于在 zBrick 引擎中使用的通用 I/O 模块数量取决于客户需要的功能，因此一些插槽可保留为未使用状态。

zBrick 支持 FICON 和 SRDF 前端连接。下表重点介绍了各种支持 VMAX 全闪存 zBrick 的前端连接模块：

表 8. VMAX 全闪存开放系统 V-Brick 引擎的前端连接模块

连接类型	模块类型	端口数	混用协议	支持的速度 (Gbps)
FICON	16 Gbps FICON	4	单模式/多模式	4 / 8 / 16
SRDF	16 Gbps 光纤通道	4	无	4 / 8 / 16
SRDF	8 Gbps 光纤通道	4	无	4 / 4 / 8
SRDF	10 GigE	4	无	10
SRDF	GigE	2	无	1

未使用 SRDF 时，zBrick 前端端口的数量可以扩展到最多 32 个。配置中使用 SRDF 的情况下，每个引擎控制器上的前端插槽之一会被 SRDF 压缩模块占用。这会将可用的 zBrick 前端端口数量减少为 24 个。默认情况下，每个 zBrick 附带两个 FICON 模块。

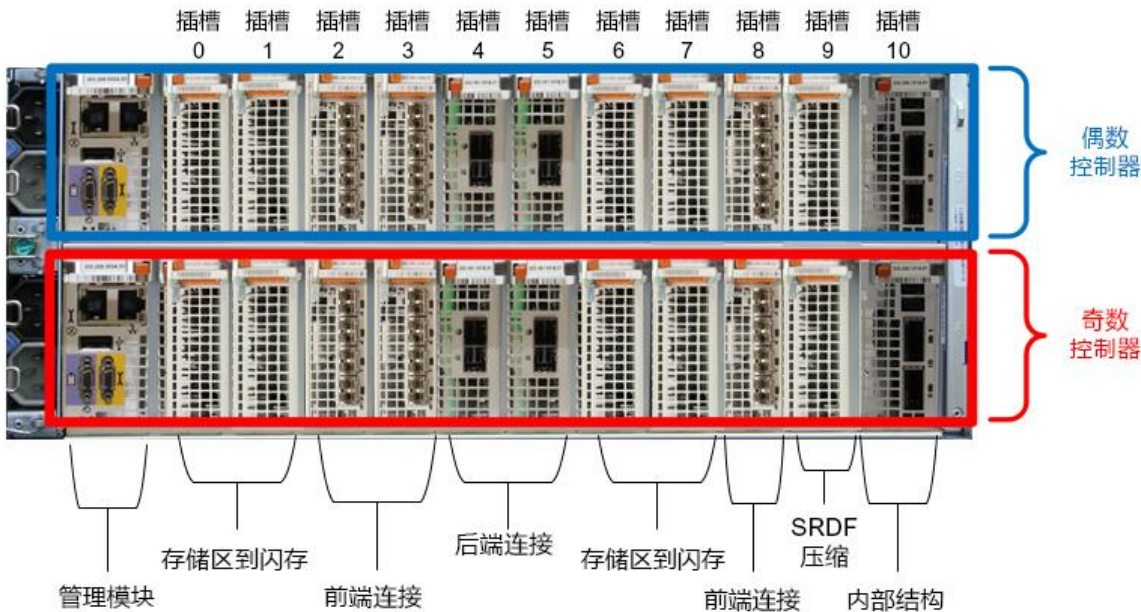
表 9. 其他 VMAX 450F / 850F 大型机 zBrick 引擎模块

模块类型	用途
存储区到闪存	存储区和元数据闪存 (VMAX 450F /850F 为 4 x 800 GB)
内部结构	内部 InfiniBand 结构连接
后端 SAS	连接到 DAE 的后端 SAS (VMAX 450F / 850F 为 6 Gbps)
压缩 (可选)	仅 SRDF 压缩

VMAX 450F 和 VMAX 850F 系统最多使用四个存储区到闪存模块。VMAX 450F 和 VMAX 850F 系统需要额外的闪存模块是由于 VMAX 450F 和 850F 可以扩展至更大的可用容量。存储区到闪存模块通常将会占用 VMAX 450F 和 VMAX 850F zBrick 引擎上的 0、1、6 和 7 号插槽。

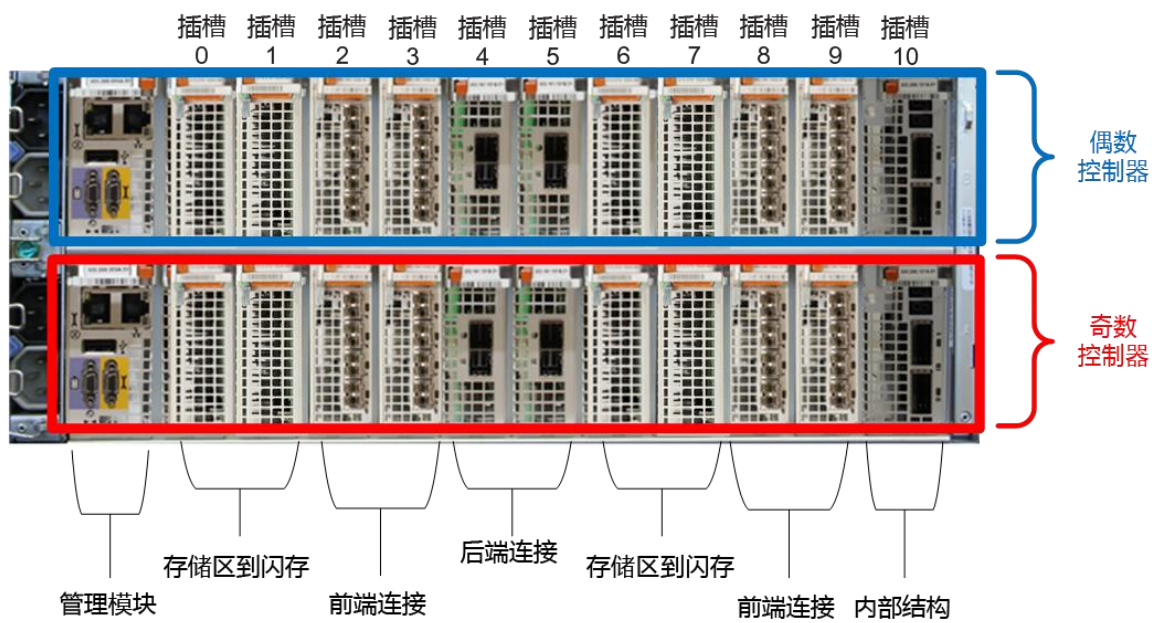
下图显示了用于 SRDF 配置的 VMAX 450F / 850F zBrick 引擎的典型布局：

图 9. 使用 SRDF 的 VMAX 450F / 850F zBrick 引擎的典型布局



在配置中使用 SRDF 时，每个 zBrick 将使用一对 SRDF 压缩模块（每个 zBrick 控制器一个）。SRDF 压缩模块通常位于 VMAX 450F / 850F 上的插槽 9 中。zBrick 配置未使用 SRDF 时，插槽 9 中可插入前端模块，用于提供额外的前端连接。下图显示了典型的非 SRDF zBrick 引擎配置：

图 10. 不使用 SRDF 的 VMAX 450F / 850F zBrick 引擎的典型布局



大型机 VMAX 全闪存软件包

用于支持大型机的软件包有两种：基本软件包 z/F 和包含更高级功能的更大捆绑包 z/FX。此外还可“单独选配”许多软件功能用于大型机。这种产品包不同于标准的全闪存包，提供了大型机客户所使用的核心功能。下表重点介绍了在用于大型机的 VMAX 全闪存软件包：

表 10. 大型机 VMAX 全闪存软件包

特性	包含于 zF 产品包	zF 产品包中可自选项	包含于 zFX 产品包	zFX 产品包中可自选项	注释
HYPERMAX 操作系统	✓		✓		包括迁移工具和 QoS
嵌入式管理	✓		✓		包括 Unisphere for VMAX、Database Storage Analyzer、Solutions Enabler、SMI-S
本地复制	✓		✓		包括 Timefinder SnapVX
Mainframe Essentials	✓		✓		
Remote Replication Suite (1)(3)		✓	✓		包括 SRDF/S/A/STAR
Unisphere 360		✓	✓		
AutoSwap		✓	✓		
D@RE (2)		✓	✓		
zDP		✓	✓		
GDDR (3)		✓		✓	

(1) zFX 产品包中包含软件许可。任何其他所需硬件均需单独订购

(2) 出厂配置。必须在订购过程中启用。

(3) 使用大型机 SRDF/STAR 需要 GDDR

摘要

VMAX 全闪存是专为企业数据中心内最为严苛和关键的工作负载而设计的突破型全闪存阵列。独特的模块化体系结构允许其大规模扩展，同时提供可预测的高性能，不论工作负载如何。阵列内置有复杂的算法，可最大限度提高闪存性能，同时极大地提升闪存驱动器的耐用性。其独特的数据服务和高度可用的 6 个 9 体系结构能够满足企业环境中易用且可靠的基本要求，使其成为企业环境的首要之选。