

使用 Transparent Snapshot 的 VMware 虚拟机保护

摘要

本白皮书深入分析了如何使用 Dell PowerProtect Data Manager 提供的 Transparent Snapshot 来保护和还原 VMware 虚拟机。

2022年3月

修订记录

日期	说明
2021年 9月	初始版本
2021年 12月	内容更新
2022年 3月	关于 PPDM 19.10 的更新

致谢

作者：Idan Kentor

本出版物中的信息按原样提供。Dell Inc. 对本出版物中的信息不作任何形式的陈述或担保，并明确拒绝对适销性或针对特定用途的适用性进行任何暗示担保。本案例分析仅供参考。如有更改，恕不另行通知。

需具备适用的软件许可证才能使用、复制和分发本出版物中说明的任何软件。

版权所有©2022 Dell Inc.或其子公司。保留所有权利。戴尔、戴尔标志、Dell Technologies, Dell, EMC, Dell EMC 和其他商标是 Dell Inc. 或其子公司的商标。其他商标权益归属其商标所有者所有。[2022/3/21] [白皮书] [H18884.2]

目录

修订记录	2
致谢	2
目录	3
执行摘要	4
1 简介	5
2 Transparent Snapshot 体系结构	6
3 与 PowerProtect Data Manager 集成	8
3.1 条件	9
3.2 PowerProtect Data Manager 19.10 增强功能	9
3.3 网络考虑因素	10
4 Transparent Snapshot 生命周期	11
4.1 完全同步操作	11
4.2 Transparent Snapshot 创建	12
4.3 增量同步操作	13
4.4 快照淘汰操作	15
5 还原虚拟机	17
6 性能测试结果	19
6.1 PowerProtect Data Manager 19.10 中的性能改进	20
6.1.1 还原性能	20
A 技术支持和资源	22
A.1 相关资源	22

执行摘要

本白皮书深入分析了如何使用 Dell PowerProtect Data Manager 提供的 Transparent Snapshot 来保护和还原 VMware 虚拟机。本文档详细介绍了 Transparent Snapshot 的体系结构和生命周期，并描述了此新功能如何与 PowerProtect Data Manager 集成在一起。此外，文中还概述了虚拟机还原过程，并展示了测试结果，证明该解决方案的性能优势。

1 简介

VMware 虚拟机备份过程是将 VMware 环境中的虚拟机 (VM) 上的数据传输或导出到二级保护存储系统。该系统 (例如戴尔 PowerProtect 数据保护存储设备) 可以位于主站点或第二站点上, 也可以位于云中。整个过程由备份引擎或软件 (例如 PowerProtect Data Manager) 进行管理。PowerProtect Data Manager 可以对备份拷贝执行数据管理和拷贝管理操作, 并确保为所有数据正确地编制目录索引。使用此功能可以提供一致的虚拟机拷贝, 从而满足灾难情形下的还原要求。

PowerProtect Data Manager 使用 VMware API for Data Protection (VADP) 快照, 可以可靠、高效地保护 VMware 虚拟机 (参见图 1)。这些 VADP 快照经过验证, 可靠性毋庸置疑, 而且已获得 VMware 认证, 可以在备份操作中使用。

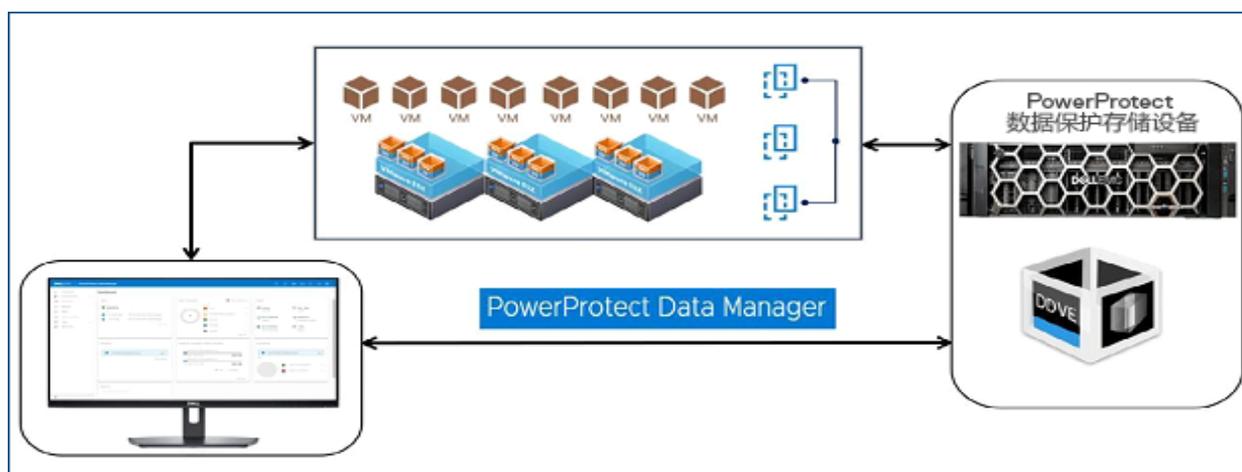


图 1 适用于 VMware 的 PowerProtect Data Manager

但是, VADP 快照进程会暂停虚拟机的运行, 并允许传输中的磁盘 I/O 完成。该操作可能会增加读取和写入延迟, 并影响快照和虚拟机生态系统生命周期。当分析 VADP 快照的生命周期时, 快照起始点和结束点会给虚拟机带来影响。创建某个虚拟机磁盘文件的快照后, 需要冻结该虚拟机, 才能接收该虚拟机磁盘文件的快照。之后, 必须将增量整合到基本磁盘中。当您创建高事务性应用程序 (如数据库) 的快照时, 可能会产生不利影响。如果无法有效管理为接收和整合而进行冻结的工作流, 则会导致备份时间冗长和应用程序超时等问题。

解决这些问题需要一个全面的解决方案, 不仅可以提供备份和还原功能, 还要提供替代方式来减少因虚拟机冻结操作而产生的不利影响。

2 Transparent Snapshot 体系结构

如图 2 所示，PowerProtect Data Manager Transparent Snapshot 使用 vSphere API for I/O (VAIO) Filtering 框架。Transparent Snapshot Data Mover (TSDM) 通过 PowerProtect Data Manager VIB 部署在 VMware ESXi 基础架构中，它可创建一致的虚拟机备份拷贝，并将拷贝写入保护存储（PowerProtect DD 系列）。

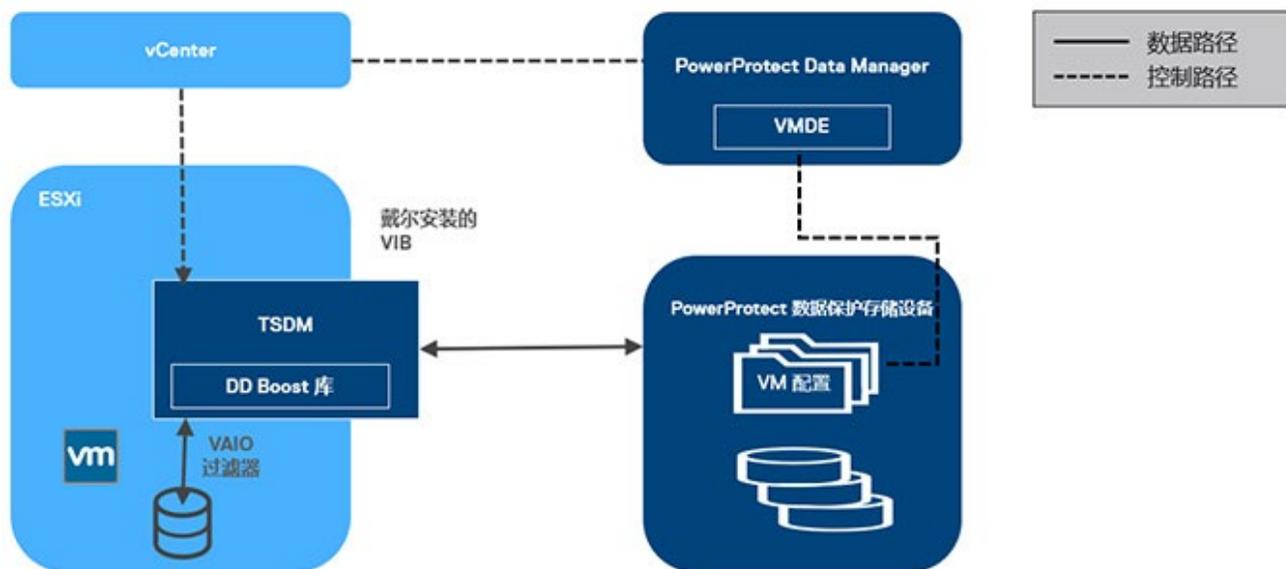


图 2 Transparent Snapshot 体系结构

以下是对各个组件的介绍，便于您理解图 2 中所示的控制路径和数据路径：

- PowerProtect Data Manager 起到编排器的作用，可识别 VMware 环境中的虚拟机资产并提供调度功能。
- PowerProtect Data Manager 使用 VM Direct Engine 与 VMware 提供的 VMware vCenter 级别 API 进行通信。VM Direct Engine 与 vCenter 进行通信以完成以下两个关键任务：
 - 创建并跟踪对终端用户可见的 vCenter 级别任务的进度，如同步、还原和快照操作
 - 负责根据要保护的虚拟机资产的位置，找到在其上执行操作（备份或还原）的相关 ESXi 主机
- 在每台 ESXi 主机上，使用 VAIO 过滤器来驱动与保护相关的 VMware API 和工作流。
- 每台 ESXi 都会与 Transparent Snapshot Data Mover (TSDM) 组件通信，该组件负责移动虚拟机备份数据。
- 备份过程将 Transparent Snapshot 传输到 PowerProtect 数据保护存储设备，而还原过程则将 Transparent Snapshot 从 PowerProtect 数据保护存储设备传输回来。

- TSDM 还包含 PowerProtect 数据保护存储设备 SDK (DDBoost 库) , 可帮助框架访问 PowerProtect 数据保护存储设备上的存储单元。此外, 它还有助于从这些存储单元写入和读取数据。

注意: PowerProtect Data Manager 使用 Dell Technologies 的 VIB (已获 VMware 认证) 来管理 TSDM 组件。对于需要使用 Transparent Snapshot 来保护虚拟机的 PowerProtect Data Manager 集成, 可以在集成过程中动态安装该组件。所使用的 API 在 VMware ESXi 7.0 U3 及更高版本中受支持。

3 与 PowerProtect Data Manager 集成

本节介绍在 VMware 基础架构中集成 PowerProtect Data Manager 需要执行的步骤，包括部署所有必需的组件以及使用 Transparent Snapshot 启用虚拟机保护。

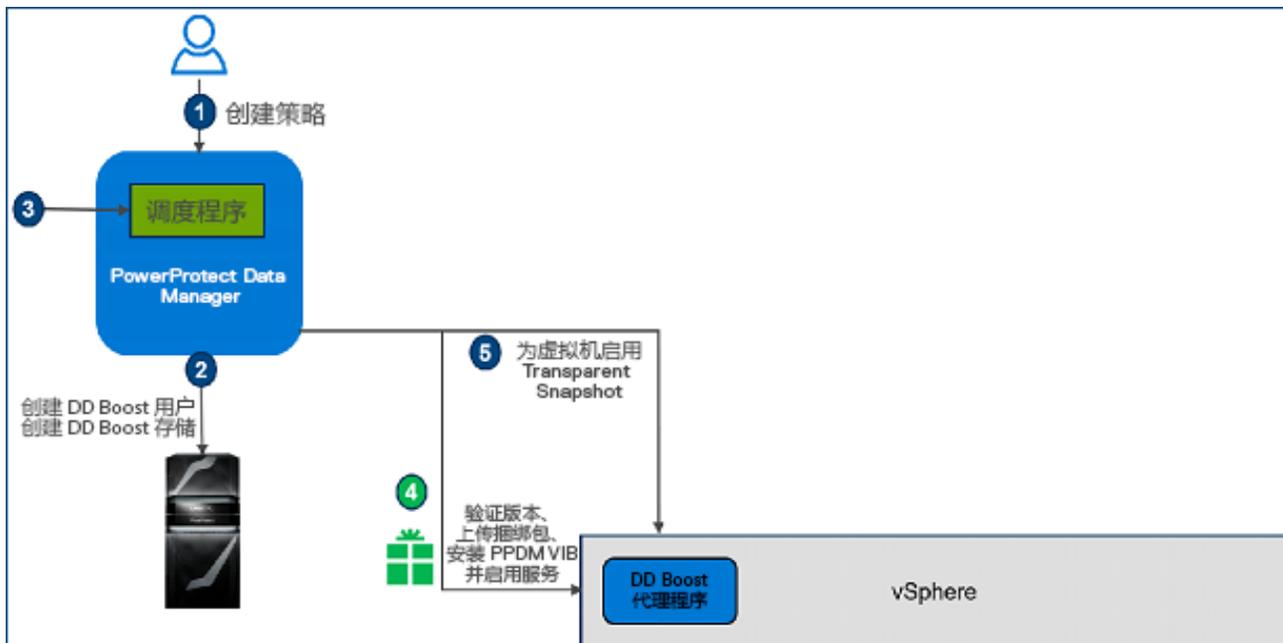


图 3 与 PowerProtect Data Manager 集成

1. VMware 虚拟机作为 PowerProtect Data Manager 资产被发现后，下一步是创建保护策略并添加要保护的虚拟机资产。

注意：在第 3.1 节中列出了适用于 Transparent Snapshot 的策略需满足哪些条件。

2. PowerProtect Data Manager 在 PowerProtect 数据保护存储设备中创建存储单元用于存储备份。
3. 调度程序根据保护策略中定义的时间表激活。
4. 上述步骤完成后，PowerProtect Data Manager VM Direct Engine 向 vCenter 发出 API 调用。然后，它会验证 ESXi 版本（7.0U3 及更高版本）、进行上传、安装 PowerProtect Data Manager VIB，并启用服务。然后，VAIO 过滤器会附加到每个虚拟机磁盘。在此步骤中会创建 TSDM 组件，但它处于空闲状态（运行中但未被使用），因为未发生数据移动。您可以查看受保护的虚拟机所在的 ESXi 主机上安装的 VIB 文件（图 4）。

Summary						
VIB Name	: tsdm	<input type="checkbox"/>	DEL_bootbank_tsdm_19.9.0-10EM.703.0.0.17990185.v...	4,201.92 ...	07/01/2021, 3:03:22 PM	File [esxi03_DS1] DEL_bootbank
VIB Operation	: vib_install	<input type="checkbox"/>	metadata.zip	3.52 KB	07/01/2021, 3:03:22 PM	File [esxi03_DS1] metadata.zip
vCenter	: VC					
Hosts Managed	: esxi03.tme.local					

图 4 安装的 VIB 文件

5. 当 vCenter 确认成功后，PowerProtect Data Manager 将虚拟机标记为受 Transparent Snapshot 保护。

注意：除 DEL_bootbank VIB 文件外，图 4 还显示了一个包含 VIB 相关信息（如对主机的依赖关系、系统要求、摘要和版本）的 metadata.zip 文件。这些文件位于 ESXi 主机的 Datastore Files（数据存储区文件）部分。该 VIB 安装还会显示在 PowerProtect Data Manager 策略配置作业摘要中。

3.1 条件

适用于 Transparent Snapshot 的策略需满足以下条件：

1. 崩溃一致性
2. “性能优化”模式或“容量优化”模式（PowerProtect Data Manager 19.10 及更高版本）
3. 交换文件排除：禁用
4. 静止文件系统：禁用

必须注意的是，升级到 19.9 及更高版本后，在 PowerProtect Data Manager 19.9 之前版本中创建的策略不会自动开始使用 TSDM。对于在 19.9 或更早版本中使用“容量优化”模式创建的策略也是如此，在升级到 PowerProtect Data Manager 19.10 后，不会自动使用 TSDM。下次编辑策略或明确对其进行配置时，数据移动器类型将更新。在首次执行完全备份时，TSDM 会运行，而且在性能模式和容量模式之间切换策略选项时也会运行。当“性能优化”模式切换为“容量优化”模式时，数据移动器仍为 TSDM，反之亦然。

3.2 PowerProtect Data Manager 19.10 增强功能

作为一种预防措施，从 19.10 版本开始，PowerProtect Data Manager 在以下情况下自动使用 VADP：

- 具有 RDM 磁盘的虚拟机
- 具有加密 VMDK 的虚拟机

- 具有 40 个以上磁盘的虚拟机
- 启用了容错 (FT) 的虚拟机

此外，使用 PowerProtect Data Manager 19.10 时，对于所有支持的云保护和恢复应用场景，使用 TSDM 作为 Data mover 创建的备份可以借由 Cloud DR 复制到云中。

3.3 网络考虑因素

TSDM 需要连接到 PowerProtect DD，以传输数据（请参见下面 [第 4 节](#) 中的各种流）。使用安装了 TSDM VIB 的 ESXi 主机上的 VMkernel 端口可促成此通信。Transparent Snapshot 解决方案开箱即用，无需专用的 VMkernel 端口，因为系统将自动使用任何可以与 Data Domain 通信的 VMkernel 端口。

尽管如此，为实现预计的最佳性能和规模，强烈建议遵守以下指导准则：

1. **专用 VMkernel 端口：**务必为每台 ESXi 主机创建一个专用的 VMkernel 端口。设置专用 VMK 可以降低因与其他使用者（尤其是 vMotion 和 vSAN）共享 VMkernel 端口而导致性能下降的可能性。
2. **VMkernel 端口位置：**建议将 VMK 放置在专用于传输从 TSDM 到 PowerProtect DD 的流量的 VLAN 上，或放置在专用于传输备份流量的 VLAN 上。建议让 VMK 端口和相关的 PowerProtect DD 端口位于同一个 L2 网络中（同一广播域）。避免将 VMK 和 PowerProtect DD 端口放置在有大量突发流量的 VLAN 上，如 vMotion、iSCSI 网络或 FT 等。
3. **一致的端到端 MTU：**确保在 VMkernel 端口上和 PowerProtect DD 端口上设置的最大传输单元 (MTU) 从端到端均一致。这可以使用 ESXCLI 命令 vmkping 加 DF 标记来验证。例如，以下命令将检查是否有统一的端到端巨型帧通过一个特定的 VMK 端口：`vmkping -l vmk1 -d -s 8972 10.10.100.1`

4 Transparent Snapshot 生命周期

Transparent Snapshot 提供简单、快速、高效的虚拟机备份，整个生命周期如下所述：

- 监视：跟踪内存中的增量更改
- 处理：将增量更改直接传输到保护存储
- 释放：删除增量表 and 任何临时数据块

为了更好地了解虚拟机备份过程，本节介绍同步和数据传输流程，主要包含以下四个步骤：

- 完全同步
- Transparent Snapshot 创建
- 增量同步
- 快照淘汰

4.1 完全同步操作

1. 在完全同步操作（参见图 5）过程中，PowerProtect Data Manager 发出完全同步请求。该请求包含所有必需的参数，例如虚拟机信息以及磁盘包含和排除详细信息。
2. PowerProtect Data Manager 通过查询 vCenter 找到相关 ESXi 主机，并将操作传输到该 ESXi 主机上。
3. ESXi 与 TSDM 组件进行同步，使用 VAIO，并让 TSDM 知道应该对特定资产执行完全同步。
4. TSDM 首先使用 VAIO 来读取和查询磁盘的已分配区域。在解析分配的区域后，TSDM 开始读取数据。
5. TSDM 还会使用 DDBoost 库来建立与 PowerProtect 数据保护存储设备的连接。在辅助存储（每个文件对应虚拟机资产的平面 VMDK 文件）中创建空文件，开始数据传输。最终，将所有分配的区域传输并写入 PowerProtect 数据保护存储设备。
6. 在完全同步操作完成后，TSDM 向 ESXi 主机发送确认消息。vCenter 将任务标记为完成。

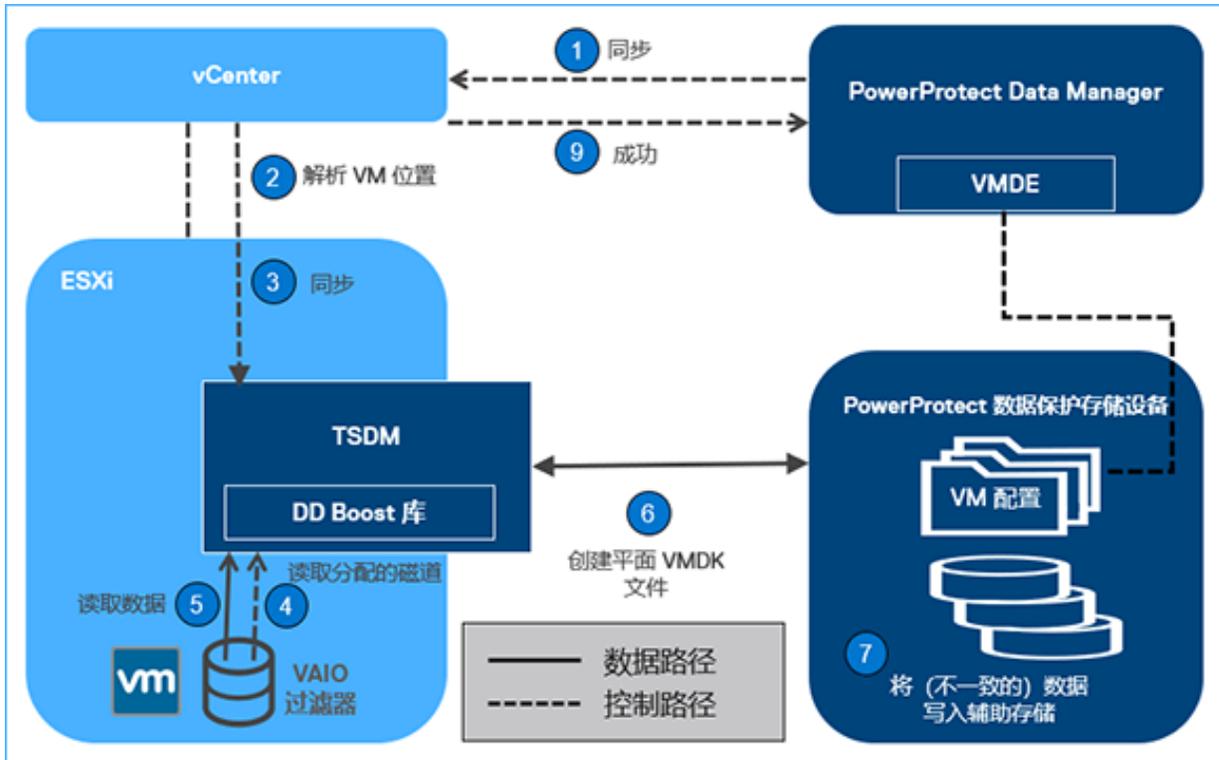


图 5 完全同步操作

注意：由于在完全同步流中创建的文件不一致，因此我们无法使用它们将虚拟机还原到一致的时间点。这是由于在完全同步流期间，虚拟机仍在处理 I/O，而磁盘中的数据可能在完全同步操作期间发生更改。在完全同步操作后必须立即执行增量同步操作，以便创建一致的时间点拷贝，用于之后的还原操作。

4.2 Transparent Snapshot 创建

1. 完全同步完成后，PowerProtect Data Manager 发出快照创建操作（参见图 6）。
2. PowerProtect Data Manager 请求对 vCenter 执行同步操作。
3. 解析位置后，API 调用被传递到 ESXi 主机。在此步骤中，TSDM 未主动运作，因为并未发生数据传输。
4. ESXi 主机使用 VAIO 与相关虚拟机资产进行通信，并且快照将保留至 Snapshot Extent Store (SES)。

注意：Snapshot Extent Store (SES) 是在快照创建过程中动态创建的，并且会在快照淘汰时被删除。SES 存储与当时磁盘中的数据对应的位图。SES 使用整个数据存储区空间中的精简分配空间，不会影响特定虚拟机配额。

5. 使用 SES，VAIO 过滤器获取内存中的位图并将其保存。由于所有这些都是基于位图，因此创建 Transparent Snapshot 的速度非常快，从而减少了读取/写入延迟。

- 保留位图后，过滤器可以使用新位图再次开始跟踪磁盘上的更改。
- 将快照操作标记为已完成。PowerProtect Data Manager 可以使用 VM Direct Engine 查询 vCenter 级别任务完成情况，并获得已创建的快照 UUID。

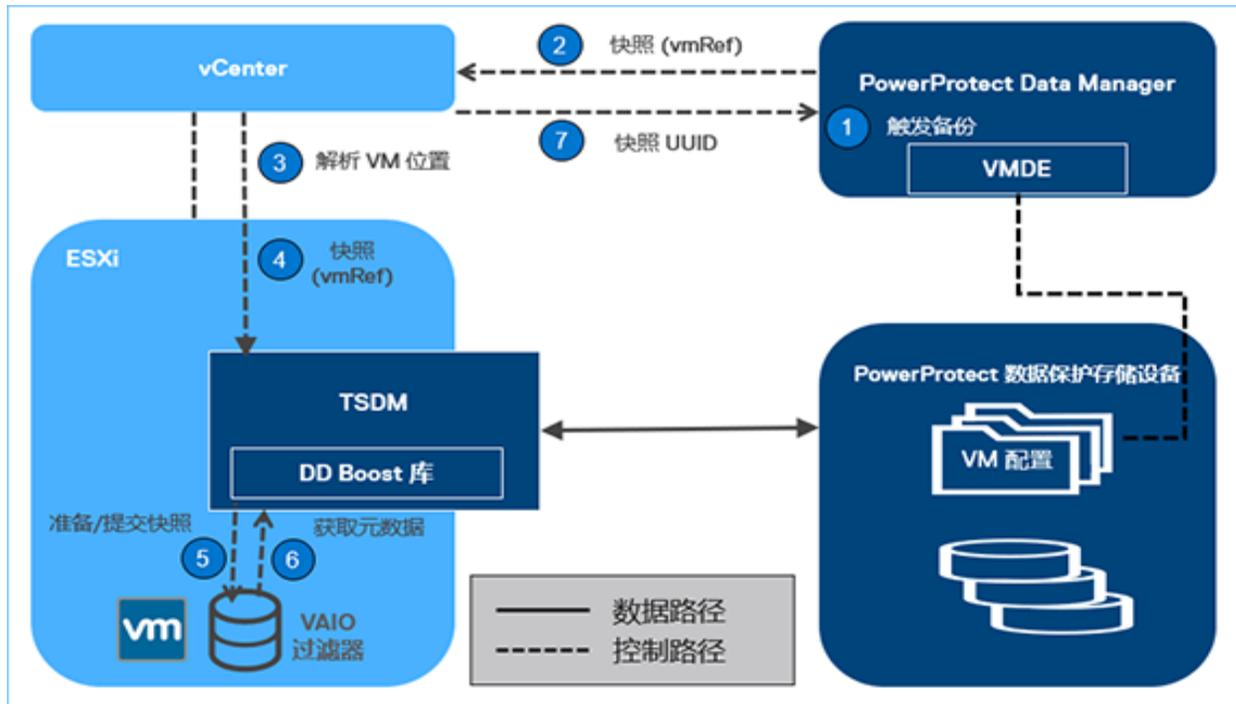


图 6 Transparent Snapshot 创建

4.3 增量同步操作

- Transparent Snapshot 创建操作完成后，您可以启动增量同步操作或增量操作（参见图 7）。PowerProtect Data Manager 向 vCenter 发出 API 调用以进行增量同步操作，并提供在上一步创建的快照 UUID。
- PowerProtect Data Manager 通过用于解析相关 ESXi 主机的 vCenter API 向 TSDM 发出信号，启动增量同步流。
- TSDM 使用 VAIO API 查询和跟踪 Transparent Snapshot 位图表示的更改区域。
- 对于每个更改的区域，将从磁盘读取数据。

注意：增量同步操作使用 Fast Copy（快速复制）覆盖方法。在此方法中，会先快速复制先前的时间点文件。快速复制的文件会被增量数据部分覆盖。只复制当前已同步快照所表示的增量或更改。最后，这些更改被复制到 Snapshot Extent Store (SES) 中。

5. 从磁盘读取更改的数据或增量，以创建一致的数据流。
6. 现在，使用 DDBoost 库将读取的数据写入到保护存储。
7. 将更改的数据写入到保护存储或辅助存储的过程现已完成。
8. 将所有数据移至保护存储后，TSDM 向 ESXi 主机发送一条操作已完成的确认消息。vCenter 级别任务被标记为完成。
9. 最后一步是将元数据写入到保护存储。在此步骤中，将使用 VM Direct Engine VMware API 传输虚拟机元数据（例如 VMX 文件、清单和上次 TSDM 快照信息）。

注意：从这个时间点开始，PowerProtect 数据保护存储设备上的文件具有崩溃一致性，可以用于恢复。对于完全备份，将执行完全同步和增量同步。但是，对于增量备份，仅执行增量同步。完全同步可以并行备份 4 个虚拟机磁盘，增量同步可以并行备份 10 个虚拟机磁盘。

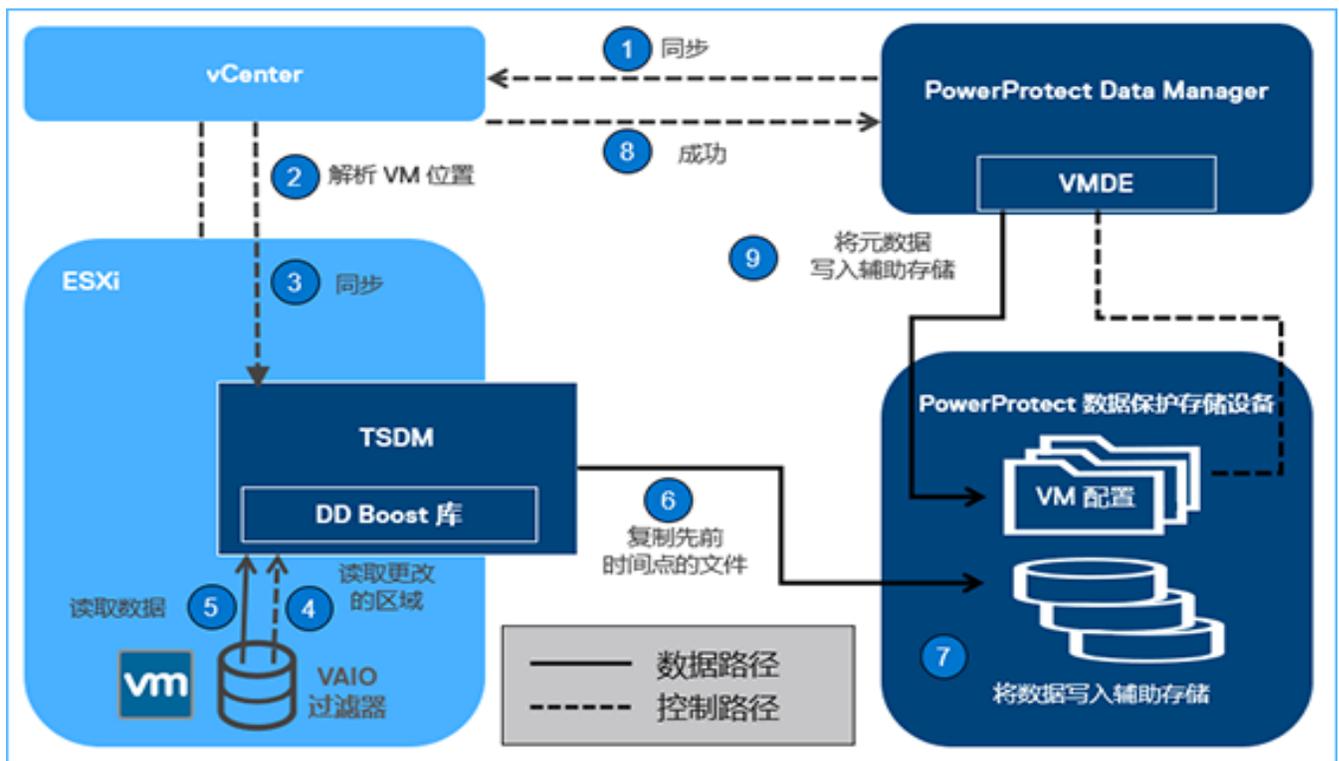


图 7 增量同步操作

4.4 快照淘汰操作

1. 增量同步操作完成后，PowerProtect Data Manager 会确保删除先前创建的快照（参见图 8）。PowerProtect Data Manager 现在向 vCenter 发出调用，向相关的 ESXi 主机调用淘汰快照 API。
2. ESXi 主机将此信息传递给所有相关的 VAIO 过滤器，以删除自快照创建和增量同步阶段留下的所有位图和写入时复制数据。
3. ESXi 主机向 vCenter 和 PowerProtect Data Manager 发送有关快照淘汰成功的确认消息。
4. PowerProtect Data Manager 将备份拷贝集信息记录在 PowerProtect Data Manager 目录中，并通知搜索节点（如果有）开始收集元数据以创建索引。

Asset	Stat...	Er...	Size	Data ...	Redu...	Summary
Linux-02_NoStun	✔ Succ...	--	17.2 GB	3.8 GB	88.9 %	Description : Backup has SUCCEEDED. Total VMs backed up: 1 ProxyHostName : localhost TransportModeUsed : SDM ParallelismUsed : 1 BackupLevel : Full Overall : CompressedSize : 418.5 MB AverageThroughput : 39.5 MB/s

注意以下事项：

- Transparent Snapshot 在 VMFS、NFS 和 vSAN 数据存储区中受支持。VMware vSphere Virtual Volumes (vVols) 不受支持。
- Transparent Snapshot 不支持加密 VMDK。
- Transparent Snapshot 不支持虚拟和物理 RDM 模式。

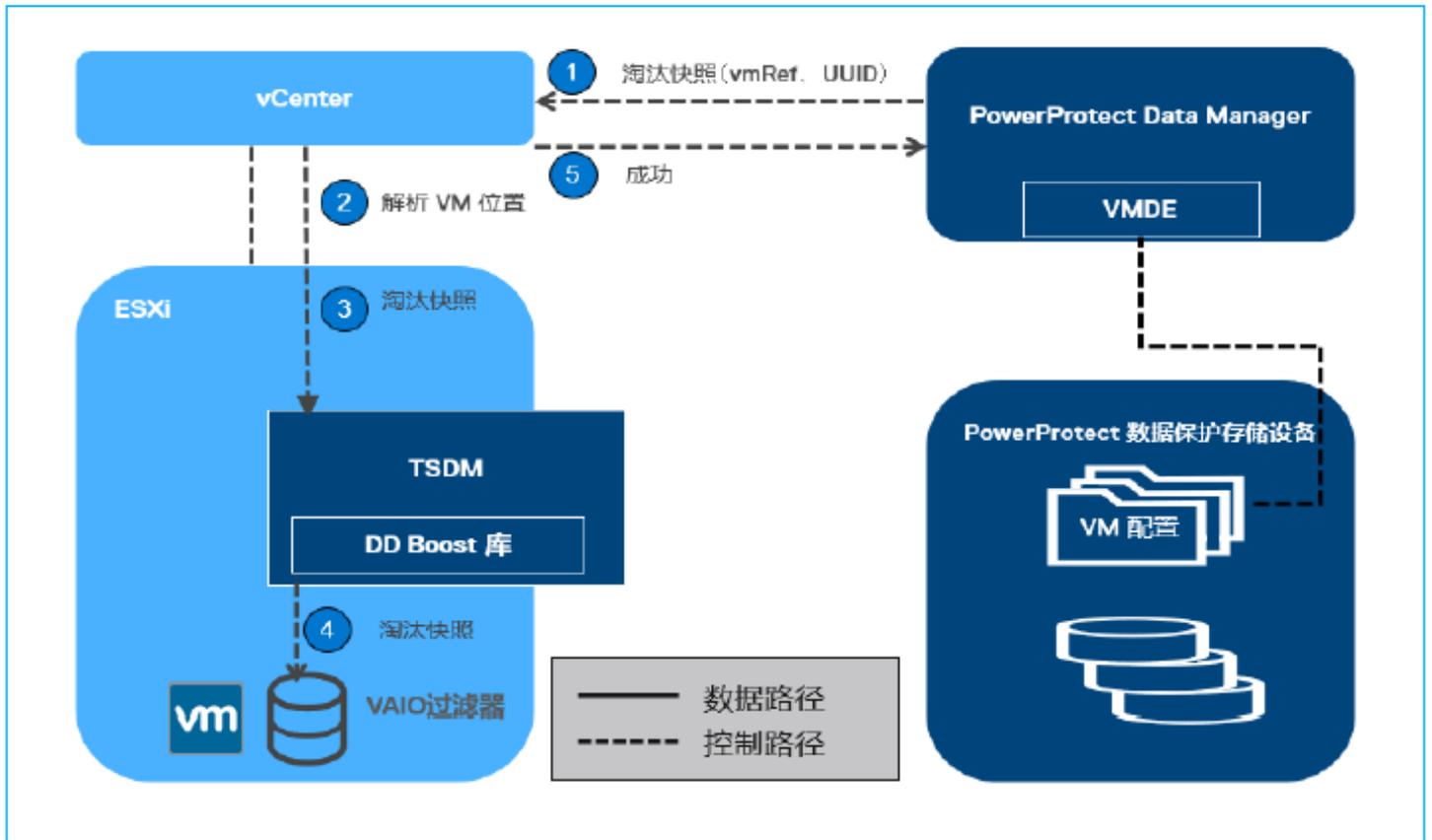


图 8 快照淘汰操作

5 还原虚拟机

1. 在将任何 API 从 PowerProtect Data Manager 调用到 vCenter 之前，PowerProtect Data Manager 会负责虚拟机的配置。例如，如果由于虚拟机在创建快照后发生了更改而需要添加或删除磁盘，则可能会添加磁盘。因此，重新配置部分会提前执行。
2. 使用“Transparent Snapshot 创建”一节中介绍的相同快照创建流创建仅包含元数据的快照。
3. PowerProtect Data Manager 调用还原操作，指示应将哪台虚拟机还原到哪个时间点。
4. 检查虚拟机以确定其是否处于关闭状态。如果虚拟机处于开机状态，则会将其关闭。
5. PowerProtect Data Manager 通过 vCenter 找到相关 ESXi 主机，随后该 ESXi 主机与 TSDM 通信以启动还原操作。
6. 对于还原 workflow，会先保留虚拟机磁盘中所有需要恢复到先前一时间点的区域，目的是：
 - 最大限度减少从保护存储传输回磁盘的数据。
 - 确定自我们尝试恢复到的时间点以来每个磁盘已发生更改的部分。
7. 要解析更改（如上所示），还原 workflow 会利用两个 Get Diff API，即 Get VAIO Diff API 和 DD Get Diff API。
8. ESXi 主机会解析 Get VAIO Diff API。此差异包括自先前同步或备份到 PowerProtect 数据保护存储设备的最后一刻以来，虚拟机对磁盘所做的更改。VAIO Diff 使用在虚拟机关闭之前创建的仅包含元数据的快照，来获取从未写入 PowerProtect 数据保护存储设备的内容的详细信息。
9. DD Get Diff API 提供上次同步时间点与要恢复的时间点之间的增量详细信息。它还会将该增量与上一步骤返回的增量合并起来。该步骤提供了现在可从 PowerProtect 数据保护存储设备读取的完整范围集。
10. 从用户希望恢复到的时间点拷贝开始，读取数据，最后在 VMDK 上写入数据。
11. 完成所有数据移动操作后，TSDM 会向 ESXi 主机发送一条还原过程已完成的确认消息。
12. vCenter 将任务标记为完成，并向 PowerProtect Data Manager 发送确认消息，以便更新目录。
13. 现在可以打开虚拟机，它应该已经成功地恢复到先前的时间点。
14. 现在可以采用与每次增量同步操作后相同的方式淘汰仅包含元数据的快照。

注意以下事项：

- 在 TSDM 上打开多个流（当 ESXi 收到请求时）以实现并行还原。如果虚拟机分布在多台 ESXi 主机上，您可以实现更高级别的并行。
- 使用 Transparent Snapshot 的并行还原最多支持一台虚拟机的 8 个磁盘。
- PowerProtect Data Manager 19.9 版仅支持使用 Transparent Snapshot 还原到原始位置和新位置。尽管目前不支持通过 Transparent Snapshot 进行即时访问和文件级还原，

但如果执行，它们将默认为使用虚拟机代理 (vProxy) 的还原 workflow。

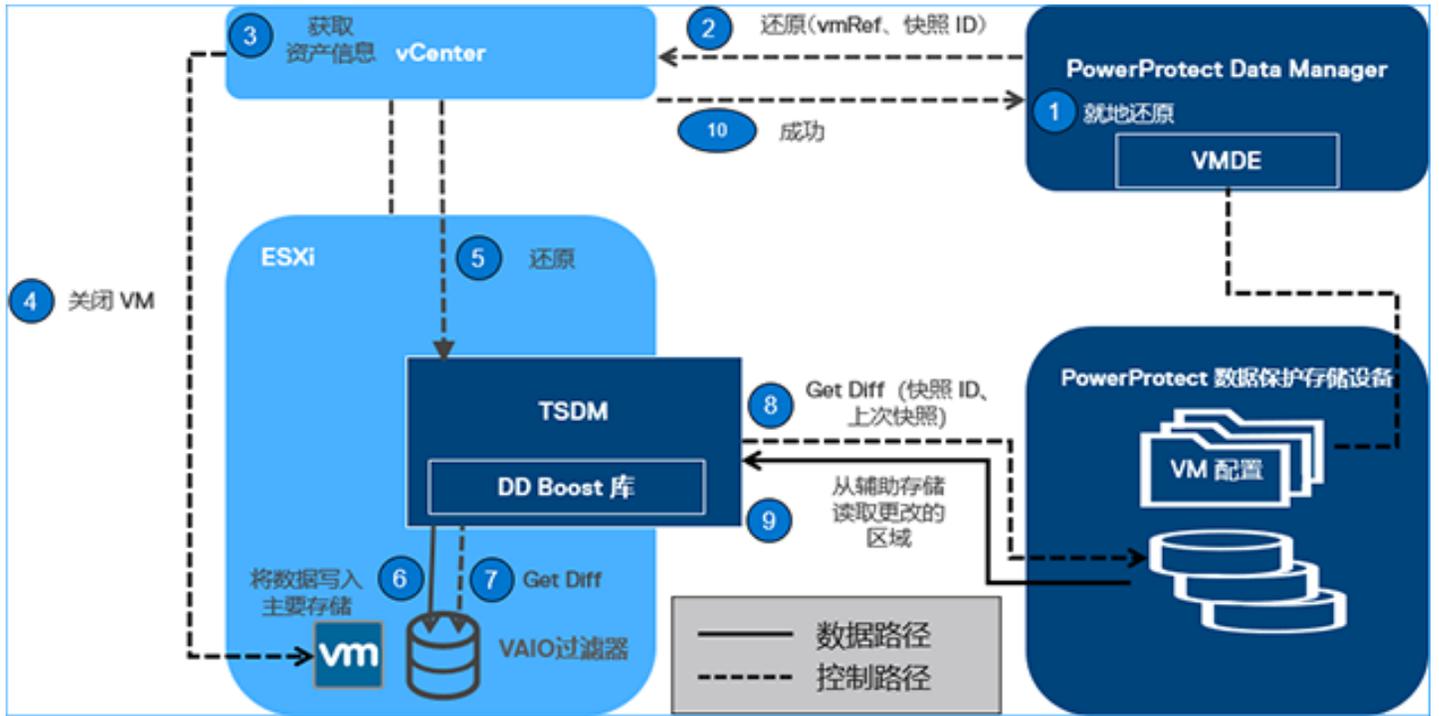


图 9 还原虚拟机

6 性能测试结果

本节对 VMware API for Data Protection (VADP) 与 Transparent Snapshot 的 I/O 特征进行了比较（在测试过程中使用的是 PowerProtect Data Manager 19.9）。我们从这些结果中推断，在使用 Transparent Snapshot 的情况下，虚拟机延迟缩短至原来的五分之一，备份速度加快达五倍，克服了读取和写入延迟造成的损失。

除外责任： 这些结果将使用 Transparent Snapshot 时的 PowerProtect Data Manager 19.9 的备份性能（“性能优化”模式）与使用 VADP 时的 PowerProtect Data Manager 的备份性能进行了比较。结果基于 Dell Technologies 在 2021 年 8 月进行的内部测试。

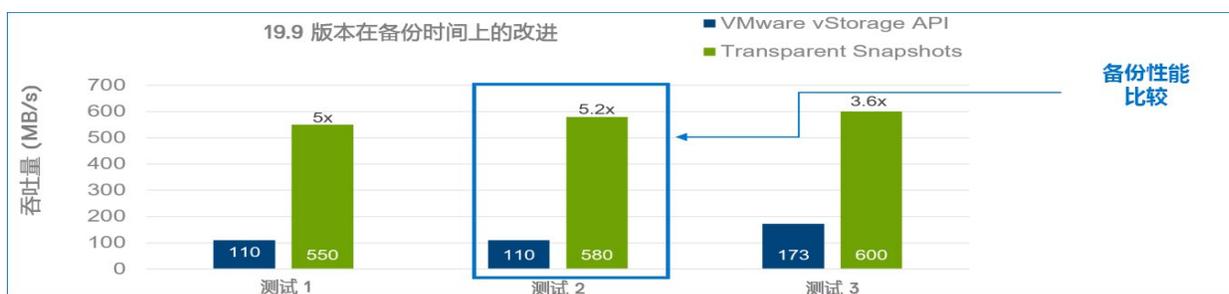


图 10 备份性能比较

	Transparent Snapshot	VADP
测试 1	同步期间的有效 IOPS: 平均 - 10K 同步传输率: 平均 - 550 MB/s 延迟: 同步期间: 平均 - 1 毫秒 无同步: 平均 - 0.5 毫秒	同步期间的有效 IOPS: 平均 - 10K 同步传输率: 平均 - 110 MB/s 延迟: 同步期间: 平均 - 读取: 1 毫秒/写入: 2.2 毫秒 无同步: 平均 - 0.5 毫秒
测试 2	同步期间的有效 IOPS: 平均 - 10K 同步传输率: 平均 - 580 MB/s 延迟: 同步期间: 平均 - 1 毫秒 无同步: 平均 - 0.5 毫秒	同步期间的有效 IOPS: 平均 - 10K 同步传输率: 平均 - 110 MB/s 延迟: 同步期间: 平均 - 读取: 1 毫秒/写入: 2 毫秒 无同步: 平均 - 0.5 毫秒
测试 3	同步期间的有效 IOPS: 平均 - 10K 同步传输率: 平均 - 610 MB/s 延迟: 同步期间: 平均 - 1 毫秒 无同步: 平均 - 0.5 毫秒	同步期间的有效 IOPS: 平均 - 10K 同步传输率: 平均 - 173 MB/s, 具有 12 个 DD 流 延迟: 同步期间: 平均 - 读取: 1.1 毫秒/写入: 2.5 毫秒 无同步: 平均 - 0.5 毫秒

图 11 备份性能比较测试详细信息

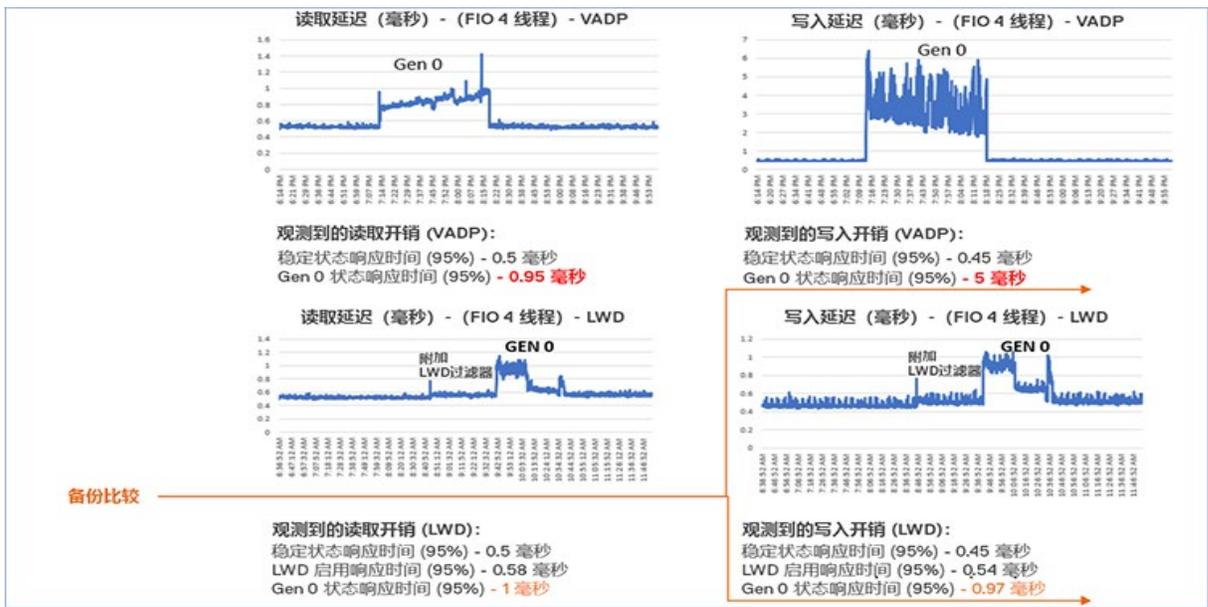


图 12 虚拟机延迟 (读取和写入) 性能比较

6.1 PowerProtect Data Manager 19.10 中的性能改进

6.1.1 还原性能

以下结果显示了, 相比 PowerProtect Data Manager 19.9, PowerProtect Data Manager 19.10 在还原性能方面的改进。

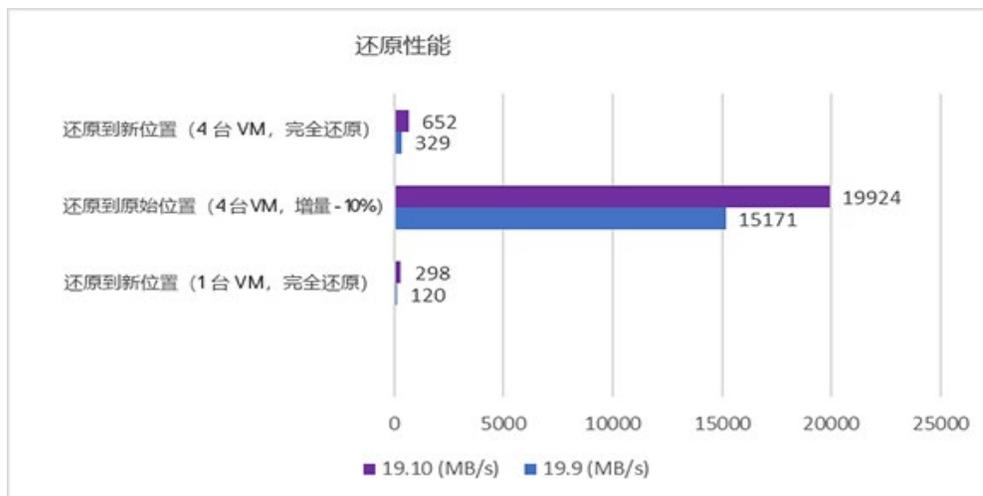


图 13 还原性能比较

测试	19.9 版吞吐量 (MB/s)	19.10 版吞吐量 (MB/s)	% 改进百分比
还原到新位置 (1 台 VM, 完全还原)	120	298	148.3
还原到原始位置 (4 台 VM, 增量 - 10%)	15171	19924	31.3
还原到新位置 (4 台 VM, 完全还原)	329	652	98.2

图 14 还原性能比较测试详细信息

A 技术支持和资源

[Dell Technologies 信息中心](#) 旨在提供专业知识，确保客户成功使用 Dell Data Protection 产品。

[Dell.com/support/home/zh-cn](https://dell.com/support/home/zh-cn) 专注于通过成熟的服务和支持满足客户需求。

A.1 相关资源

其他资源：

- [PowerProtect Data Manager 交互式演示](#)
- [PowerProtect 官方文档](#)
- [VMware vSphere APIs for I/O Filtering \(VAIO\)](#)