

# 利用金士顿科技 DC500M 企业固态硬盘 提升 SQL Server 性能并降低成本

2019年10月

作者: Bill Ramos, DB Best Technology 技术产品管理主管。

技术报告审核员: Hazem Awadallah, 金士顿科技公司系统工程师





### 内容

执行摘要	3
问题: SQL Server 2008 终止支持	6
解决方案:将 HDD 替换为金士顿科技 Data Center DC500 企业固态硬盘 (SSD) 并升级为 SQL	Server 20177
硬件	9
软件	10
基准测试方案	12
测试结果	15
结果: SQL Server 2008 R2(采用 16 个 vCore 和 HDD)	15
结果: SQL Server 2017(采用 DC500M 和 16 个 vCore)	16
结果: SQL Server 2017(采用 DC500M 和 8 个 vCore)	17
结果: SQL Server 2017(采用 DC500M 和 4 个 vCore)	19
结论	21
后续步骤	22
借助 DB Best 评估您的环境	22
附录 A - 测试系统物料清单	23
服务器配置	23
软件平台	25
图表目录	27
<u> </u>	20



### 执行摘要

2019 年 7 月,运行 SQL Server 2008 和 SQL Server 2008 R2 的公司面临一个关系重大的转折点 - 微软公司 终止支持 (EOS)¹ 这些数据库。终止支持后,微软公司已停止向这些组织内部的 SQL Server 版本发布安全 更新程序,使得这些数据库面临巨大的黑客攻击风险,并且不再符合众多法规要求。

这就需要一款具有成本效益的解决方案,迁移并整合这些由于法规原因或客户偏好而需要留在组织内部的 SQL Server 2008<sup>2</sup> 工作负载。

本白皮书演示,利用现代服务器和<u>金士顿科技 DC500M 企业固态硬盘</u> (SSD) 以及 Microsoft SQL 2017 Windows Server 2019 Datacenter Edition,企业可以经济高效地将 SQL Server 2008 工作负载迁移到现代软硬件解决方案。

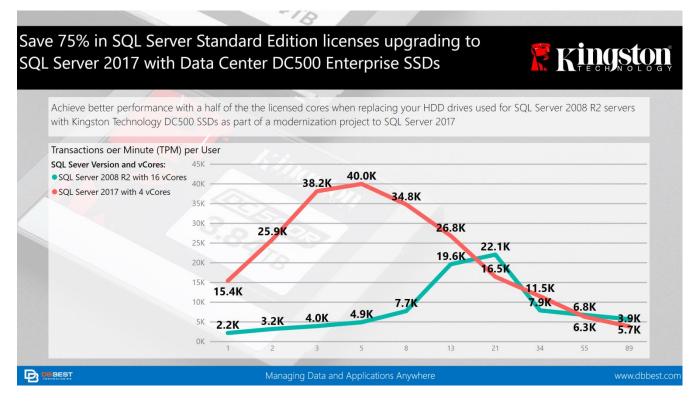
DB Best Technologies 最近与金士顿科技联手演示,采用 8 个虚拟内核 (vCore) 和金士顿科技 DC500 企业 固态硬盘 (SSD) 的 SQL Server 2017 运行速度快于采用 16 个 vCore 和机械硬盘 (HDD) 的 SQL Server 2008 R2。与寻求将自己的 SQL Server 2008 服务器升级为更新版本的 SQL Server 的客户合作时,我们通常发现这些系统为数据、日志和 tempdb 采用 HDD。

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 为了简洁起见,"SQL Server 2008"代表 SQL Server 2008 和 SQL Server 2008 R2 版本。



<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 《SQL Server 2008 和 SQL Server 2008 R2 支持结束》,<a href="https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2008">https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2008</a>>

下图显示了采用 2000 个仓库运行 <u>HammerDB</u> TPC-C 基准测试的结果,其中采用 4 个 vCore 和<u>金士顿</u> <u>Data Center DC500M SATA 6GBps 960 GB 硬盘</u>的 SQL Server 2017 表现优于采用 16 个 vCore 和 <u>Dell 400-ATJL 10,000 RPM SAS 12 GBps 1.2 TB HDD</u> 的 SQL Server 2008 R2。



根据我们以往与其他硬件制造商和云供应商完成的基准测试,我们非常清楚,从较旧版本的 SQL Server 迁移到 SQL Server 2017 并为数据日志和 tempdb 使用 SSD,您可以使用更少的 vCore。

这对您而言意味着,从 SQL Server 2008 R2 服务器升级为 SQL Server 2017 时,您可以将 SQL Server 许可成本减少 75%,并实现更高性能!

Component	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2	SQL Server 2017 4 vCores	SQL Server 2017 8 vCores	SQL Server 2008 R2 16 vCores
Hardware Costs					
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62			
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76			
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92				
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00			
Sub total for hardware	\$14,331.30	\$14,075.38			
Software Costs					
Windows Server Data Center Edition	\$12,310.00	\$12,310.00			
SQL Server 2017 Standard			\$7,434.00	\$14,868.00	\$29,736.00
Total			\$34,075.30	\$41,509.30	\$56,121.38
Percentage of savings for the total server com	39%	26%	0%		
Savings in cost com	pared to SQL Server 2	018 R2 with 16 vCores	\$22,046.08	\$14,612.08	\$0.00
	Savings in SQL	Server licensing costs	75%	50%	0%



SQL Server 2008 R2 服务器被配置为通常运行在较旧软硬件之上的服务器。具体而言,我们采用了Windows Server 2008 R2 Datacenter 64 位操作系统和总共 8 个 Dell 10K SAS(Dell 产品型号ST1200MM0099)硬盘,这些硬盘被配置为两个 RAID 10 模式的物理卷,分别用于数据文件和日志文件。

SQL Server 2017 服务器被配置为一台现代服务器。具体而言,我们采用了 Windows Server 2019 Datacenter 64 位操作系统和总共 8 个金士顿科技 SEDC500M960G 硬盘,这些硬盘被配置为两个 RAID 10 模式的逻辑卷,分别用于数据文件和日志文件。

两台服务器都配置了 Windows Hyper-V。SQL Server 2008 R2 系统有 16 个 vCore 和 128 GB RAM 用于虚拟机。SQL Server 2017 系统在测试中为虚拟机使用了 8 个 vCore 和 4 个 vCore 以及 128GB RAM。



## 问题: SQL Server 2008 终止支持

SQL Server 2008 是部署最多的 SQL Server 数据库版本之一,使得微软公司 2019 年 7 月终止支持 (EOS) SQL Server 2008 的事件对于许多客户而言是个关系重大的转折点。对于由于法规要求或客户偏好将留在组织内部的数据库工作负载而言,企业需要一款具有成本效益的解决方案,从而迁移到受支持的 SQL Server 和 Windows Server 版本<sup>3</sup>。微软公司将 SQL Server 和 Windows Server 的许可模式更改为按内核许可模式,让许可决策更加复杂,不明智的许可决策代价高昂。

多数客户最终将淘汰目前运行 SQL Server 2008 工作负载的 2008 年代硬件,不得不决定采用什么新硬件运行他们迁移的工作负载。客户有许多选项: 物理服务器、服务器到主机虚拟化工作负载、私有云、超融合或分解式架构、传统 SAN 或 DAS 存储,或全新的软件定义存储解决方案。

近年来微软软件许可模式的调整导致许可决策更加复杂,并使得软件许可证成本提高到足以让软件成本主导一个系统的总成本。因此,如果许可决策不明智,更有可能付出高昂代价。明智的决策可以最大限度降低软件许可证成本,正如我们将在下文所演示的。

本白皮书演示企业可以如何利用金士顿科技公司的 Data Center DC500 企业固态硬盘 (SSD) 将总资本和许可证成本降低 39%。

本白皮书和基准测试项目文档将量化企业利用硬件系统架构和软件最新进步成果的优势,为不得不应对 SQL Server 2008 终止支持的客户提供具有经济成本效益的解决方案,克服相关挑战。

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> 2020 年 1 月也将终止支持 Windows Server 2008 和 Windows Server 2008 R2。参阅《Window Server 2008 和 2008 R2 支持结束》,<a href="https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/windows-server-2008">https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/windows-server-2008</a>>



# 解决方案:将 HDD 替换为金士顿科技 Data Center DC500 企业固态硬盘 (SSD) 并升级为 SQL Server 2017

金士顿企业 SSD 提供兼具性能可预测性和经严格测试的可靠性的高性能存储,满足企业对于全天候正常运行时间和可靠性的需求。金士顿的 DC500 系列 SSD 可让数据中心为自己的工作负载选择最经济实惠的 SSD。企业需要在交付产品、解决方案和服务水平协议 (SLA) 时取得优异的成果。金士顿的 DC500 系列 SSD 可满足这些期望。

#### **Microsoft SQL Server 2017**

SQL Server 2017 针对您的任务关键型工作负载需求提供可靠性、安全性和简化管理,全部在一个将内存中性能引入在线事务处理 (OLTP) 数据库的数据平台上实现。

自 SQL Server 2008 R2 以来, SQL Server 团队为 2017 版本开发了超过 100 个重要的新功能。

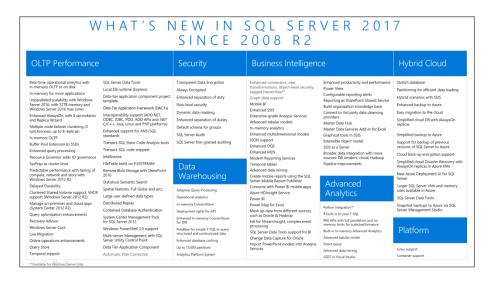


图 1 - 自 SQL Server 2008 R2 以来向 SQL Server 增添的新功能

SQL Server 2017 可用的关键 OLTP 处理功能包括:

- **性能**: SQL Server 的集成式内存中工具集远远超越了孤立的功能,为在广泛的情景中大幅改善性能提供支持。
- **安全性与合规性:** 随着 SQL Server 不断改善,增添了用于保护静态数据和传输中数据的新功能,例如"始终加密"和"行级别安全性"等新功能。
- 可用性: 以坚若磐石的可靠性能著称的 SQL Server 不断为 AlwaysOn 增添新的重要增强功能,包括更好的负载均衡和可实现灵活、高效备份的新功能。
- **可扩展性**: 计算、存储和网络领域的新进步成果将直接影响任务关键型 SQL Server 工作负载。
- **云服务**: SQL Server 和 Microsoft Azure 中的新工具让企业可以更轻松地扩展到云,构建补丁、备份和灾难恢复解决方案,以及访问组织内部、私有云或公共云等任何位置的资源。



本测试专注于使用默认的基于磁盘的表格,而非利用内存中 OLTP 功能,因为我们的目标是演示可以如何在现代硬件上利用金士顿科技 DC500M 硬盘与 SQL Server 2017 以整合 SQL Server 2008 工作负载,而且只需一次简单升级,无需对数据库作出任何调整。

#### Windows Server 2019 Datacenter

Windows Server 2019 是云就绪的操作系统,为支持企业的应用程序和基础架构提供新的安全层和 Microsoft Azure 启发的创新成果。从存储角度看,Windows Server 2019 为软件定义存储以及传统文件 服务器提供了新功能和增强功能。

#### 金士顿 Data Center DC500 系列 SSD

金士顿 Data Center DC500 (DC500R / DC500M) 系列固态硬盘是高性能 6Gbps SATA SSD,采用最新的 3D TLC NAND,专为以读取为中心的服务器工作负载和混合用途服务器工作负载而设计。它们符合金士顿严格的 QoS 要求,确保为广泛的读取和写入工作负载实现可预测的随机 I/O 性能和可预测的低延迟。它们可以提高 AI、机器学习、大数据分析、云计算、软件定义存储、操作型数据库 (ODB)、数据库应用以及数据仓库的生产效率。存储容量为 480GB、960GB、1.92TB 和 3.84TB。



图 2 - 金士顿 Data Center DC500M - 固态硬盘 - 960 GB - SATA 6Gb/秒



### 硬件

出于本测试目的,我们使用了两台 Dell PowerEdge R740XD 服务器。一台用于对采用 Dell 10,000 RPM SAS 1.2 TB 机械硬盘并在 Windows Server 2008 R2 上运行的 SQL Server 2008 R2 进行基准测试。这是仍在运行 SQL Server 2008 R2 的服务器的典型配置。第二台用于对采用 DC500M 960GB 固态硬盘并在 Windows Server 2019 上运行的 SQL Server 2017 进行基准测试。

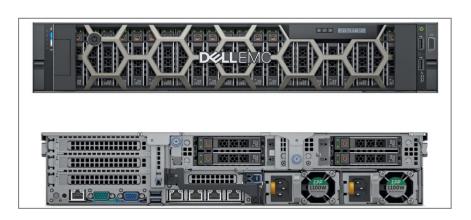


图3 - PowerEdge R740xd 机架服务器

每台服务器都有 24 个金士顿 Server Premier KTD-PE426/32G 内存模组,共计 768GB RAM。



图 4 - 金士顿 Server Premier - DDR4 - 32 GB - DIMM 288 针脚 - 带寄存器的内存模组

对于 SQL Server 2008 R2 服务器, 我们采用了 8 个 Dell - 机械硬盘 - 1.2 TB - SAS 12Gb/秒驱动器。



图5 - Dell - 机械硬盘 - 1.2 TB - SAS 12Gb/秒

利用 PERC H740P RAID 控制器为四个硬盘配置了 8GB NV 缓存和 RAID 10, 其中 64K 条带和 64k 分配大小作为逻辑卷用于 SQL Server 数据文件。其他四个硬盘也配置了 RAID 10, 其中 64K 条带和 8k 分配大小作为逻辑卷用于 SQL Server 日志文件。我们使用了 RAID 控制器的预读、直写缓存。

### 软件

每台裸机服务器都运行 Windows Server 2019 Datacenter (10.0, Build 17763) 和 Hyper-V 角色。我们考虑为连接的存储使用 Windows 存储空间。不过,Windows Server 2008 R2 Datacenter 不提供存储空间,我们选择利用 RAID 控制器配置磁盘。

每台服务器都配置了两个虚拟机,每个虚拟机 16 个 vCore 和 128GB RAM。我们将一个映像用作测试驱动程序 VM,用于执行负责向测试服务器发送事务的 HammerDB 程序。

SQL Server 2017 工作负载在 Hyper-V 虚拟机中运行,其中 Windows Server 2019 用作客户机操作系统,运行 SQL Server 2017 Developer Edition,16 个 vCore 起步。SQL Server 2008 R2 工作负载在 Hyper-V 虚拟机中运行,其中 Windows Server 2008 R2 用作客户机操作系统,运行 SQL Server 2008 R2 Developer Edition,采用 16 个 vCore。

磁盘布局包含以下:

驱动器	大小 (GB)	用途	说明	使用的 SQL Server 文件总大小 (GB)
C:	129	操作系统	使用 sysprep 将 SQL Server 安装到各个 VM 中	
D:	282	数据	格式化 (64k)	TPCC 数据 (193),TempDB 数据 (16)
L:	400	日志	格式化 (8k)	TPCC 日志 (20),TempDB 日志 (0.5)

图 6 - 运行 TPC-C 的 SQL Server VM (包含面向 157 GB 数据库的 2,000 个仓库)的磁盘布局。



### 负载产生与 HammerDB 设置

HammerDB 工具用于为 2000 个仓库生成类似 TPC-C 的事务工作负载。HammerDB 通常用于数据库基准测试,一定程度上是由该社区控制的行业标准。TPC-C 是由事务处理性能委员会 (TPC) 为 OLTP 工作负载发布的基准测试标准。通过遵从 TPC-C 规范,可以确保测试的可靠性和一致性。

对于测试运行,我们使用了一个 157GB 的数据库,该数据库代表根据从 DB Best 客户收集的数据得出的中等大小的 OLTP 数据库。下图显示了 SQL Server Management Studio **Disk Usage by Top Tables**(热门表格磁盘使用情况)报告提供的各个表格的大小。

This report provides detailed data on the utilization of disk space by top 1000 tables within the Database. The report does not provide data for memory optimized tables.

Table Name	<b>*</b>	# ‡ Record s	Reserved ‡ (KB)	Data (KB)	Indexes ‡ (KB)	Unused ‡ (KB)
dbo.stock		200,000,000	64,134,928	64,000,000	134,896	32
dbo.customer		60,000,000	53,378,304	43,636,368	9,741,808	128
dbo.order_line		599,962,513	39,434,768	39,341,808	92,888	72
dbo.history		60,000,000	3,605,944	3,605,184	184	576
dbo.orders		60,000,000	3,093,584	1,959,184	1,134,272	128
dbo.new_order		18,000,000	321,544	320,720	736	88
dbo.district		20,000	321,016	160,000	160,952	64
dbo.warehouse		2,000	32,272	16,000	16,096	176
dbo.item		100,000	9,544	9,416	32	96

图7-TPCC 2,000 仓库数据库的各表格大小

我们选择运行 10 组虚拟用户,其中采用了斐波纳契数列 1、2、3、5、8、13、21、34、55 和 89。

#### SQL Server 设置

虚拟机中 SQL Server 2017 Standard Edition 的配置情况如下表所示。

参数名称	最小	最大	配置值	运行值
并行开销阈值	-	32,767	50	50
游标阈值	(1)	2,147,483,647	(1)	(1)
启用的默认跟踪	-	1	1	1
最大并行度	-	32,767	1	1
最大服务器内存 (MB)	128	2,147,483,647	104,857	104,857
网络数据包大小 (B)	512	32,767	4,096	4,096
查询等待 (s)	(1)	2,147,483,647	(1)	(1)

图8-针对OLTP 工作负载优化的SQL Server 配置

测试结果被写入 HammerDB 驱动程序 VM,然后加载到 Power BI,对结果进行分析。



## 基准测试方案

### 基准测试基本原理

TPC-C 基准测试自 1992 年就已存在,正式定义可从 tpc.org 获取<sup>4</sup>。它提供真实的 SQL Server 和服务器 硬件测试,让用户更好地理解不同服务器配置的潜在性能。DB Best 利用此基准测试对组织内部或不同 云中运行的 VM 进行基线评估,帮助客户更好地规划他们的新环境部署。

HammerDB 是一款免费的开源基准测试应用程序,支持 SQL Server、Oracle Database、IBM DB2、MySQL、MariaDB、PostgreSQL、Redis 和 Amazon Redshift。它支持为 OLTP 运行 TPC-C 基准测试,为数据仓库分析工作负载运行 TPC-H 基准测试。HammerDB 的源代码可从 <u>GitHub</u>(由 <u>TPC</u> 托管)获取,因此数据库供应商可以添加自己的基准测试版本。

可以为 HammerDB<sup>5</sup> 编写脚本,以生成数据库、测试数据并运行基准测试。对于本基准测试,我们利用 autopilot 功能,每次使用 1、2、3、5、8、13、21、34、55 和 89 名用户运行基准测试。我们青睐这个 斐波纳契数列,因为它让您可以更好地了解系统是如何对更多用户作出反应的。

autopilot 功能支持定义启动时间,让所有用户开始处理事务,并预热数据库,使之载入数据库服务器的内存中。总体而言,启动多达 100 名用户花费 1 分钟时间。我们将启动时间定为 3 分钟,在测试周期开始前留出足够时间。

对于测试周期,我们使用了 5 分钟时长。在此期间,基准测试生成新订单,就像一款早期的典型输入程序在特定时段内处理事务。HammerDB 记录用于处理新订单的实际事务数量以及每分钟新订单(NOPM) 的数值,以代表数据库需要完成的实际工作。

运行结束时,HammerDB 为每次用户运行创建包含事务信息的日志文件。此外,我们收集基本性能计数器和其他系统信息,以帮助显示结果与 CPU、磁盘、网络和内存性能之间的关系。

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> HammerDB 网站 - http://www.tpc.org/tpc documents current versions/current specifications.asp



\_\_\_

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> 所有 TPC 规范的列表位于 <a href="http://www.tpc.org/tpc">http://www.tpc.org/tpc</a> documents current versions/current specifications.asp

#### CPU 性能

对于 CPU 性能,我们在开始测试前采用了使用 SQL Server 的单线程性能测试<sup>6</sup>。总体而言,我们在测试中使用的 Intel Xeon Silver 4114 CPU (2.2 GHz) 的时钟速度慢于 Gold 或 Platinum 处理器<sup>7</sup>。

在我们的例子中,我们获得 14,000 左右的数值。较新处理器运行本测试通常获得 7,000 左右的数值。 不过,我们选择的这款 CPU 是当今运行现有 SQL Server 2008 R2 数据库解决方案通常采用 CPU。(数值 14000 比数值 7000 好还是坏?需要在此为我澄清,不是白皮书本身需要澄清)

TPC-C 基准测试对更快的 CPU 有利。因此,为 SQL Server 2017 使用现代 CPU,也将有助于减少所需的 vCore 数量。不过,磁盘驱动器性能对结果的影响最大。

#### 磁盘性能

为了了解 Windows 平台上的磁盘性能,我们使用一款名为 Diskspd 的开源程序,该程序最初由微软开发<sup>8</sup>。对于 Linux,我们使用 FIO。运行 Diskspd 时,我们采用 SQL Server MVP Glen Berry 关于如何使用 Diskspd 匹配用于 SQL Server 事务的 I/O 模式的指南<sup>9</sup>。命令行看起来如下所示:

diskspd -b8K -d30 -o4 -t8 -h -r -w25 -L -Z1G -c20G T:\iotest.dat > DiskSpeedResults.txt

以下是针对用于 SQL Server 2008 R2(采用 HDD)和 SQL Server 2017(采用 DC500M)的数据文件卷运行 Diskspd 得出的一些要点。两者都配备四个采用 RAID 10 模式的硬盘。

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> 《Using Microsoft DiskSpd to Test Your Storage Subsystem》,网址: <a href="https://sqlperformance.com/2015/08/io-subsystem/diskspd-test-storage">https://sqlperformance.com/2015/08/io-subsystem/diskspd-test-storage</a>



<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> SQL Server 单线程性能测试的源代码位于 <u>https://www.hammerdb.com/blog/uncategorized/hammerdb-best-practice-for-sql-server-performance-and-scalability/</u>

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Intel Xeon 处理器及其规格的完整列表位于 <a href="https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/series/125191/intel-xeon-scalable-processors.html">https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/series/125191/intel-xeon-scalable-processors.html</a>

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Windows Diskspd 的 GitHub 存储库位于 <a href="https://github.com/Microsoft/diskspd">https://github.com/Microsoft/diskspd</a>

以下是用于 SQL Server 2008 R2 数据文件的 HDD 磁盘卷的结果。

Total IO										
thread	ŀ	bytes		I/C	s	MB/s		I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	4	459390	976		56078	14.60	)	1869.31	17.119	23.801
Read IO										
thread	ŀ	bytes		I/C	)s	MB/s		I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	3	344678	400		42075	10.96	5	1402.53	20.563	21.940
Write IO										
thread	ŀ	bytes		I/C	)s	MB/s		I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	1	114712	576		14003	3.65		466.78	6.772	26.069
Latency (	(ms)									
%-ile	Read	(ms)	Wri	te (ms)	Total	(ms)				
min	(	0.290		0.259	(	2.259				
25th	8	8.306		0.722		5.497				
50th	14	4.220		2.336	1	0.825				
75th	25	5.396		6.475	2	1.006				
90th	42	2.511		11.673	3	7.731				
95th	56	6.386		15.962	5	1.870				
99th	94	4.808	ĺ	73.804	9	3.303				

图 9 - 用于 SQL Server 2008 R2 的 HDD 的数据驱动器 Diskspd 结果

将此结果与采用金士顿科技 DC500M 硬盘的数据卷的结果作比较。

Total IO													
thread	by	tes		I/	0s		MB/s	I/O per s		AvgLat	1	LatSto	dDev
total:	2412	283645	544	2	945357		767.02	98178.97		0.325		0.	. 252
Read IO													
thread	by	tes		I/	0s		MB/s	I/O per s		AvgLat	11	LatSto	dDev
total:	1808	341922	256	2	207543		574.88	73585.07	Ļ	0.334		0.	. 262
Write IO													
thread	by	tes		I/	0s		MB/s	I/O per s		AvgLat	11	LatSto	dDev
total:	604	41722	288		737814		192.14	24593.90	Ļ	0.297		0.	.219
Latency (	ms)												
%-ile	Read (	(ms)	Wri	te (ms)	Total	(ms)							
min	0.	074		0.063		0.063							
25th	0.	211		0.199		0.208							
50th	0.	281		0.257		0.274							
75th	0.	377		0.333	İ	0.365							
90th	0.	524		0.464		0.512							
95th	0.	629		0.570		0.612							
99th	1.	384		0.868		1.272							

图 10 - 用于 SQL Server 2017 的 DC500M 硬盘的数据驱动器 Diskspd 结果

与客户一起升级数据库的过程中,我们常常看到这种旧驱动器与 SQL Server 匹配不当的情况。



### 性能指标

在实际测试运行中,我们使用用于收集操作系统和 SQL Server 性能计数器的 Windows typeperf 命令 跟踪性能<sup>10</sup>。

## 测试结果

对于每次测试运行,我们执行三次运行,然后计算性能平均数,以报告结果。

## 结果: SQL Server 2008 R2(采用 16 个 vCore 和 HDD)

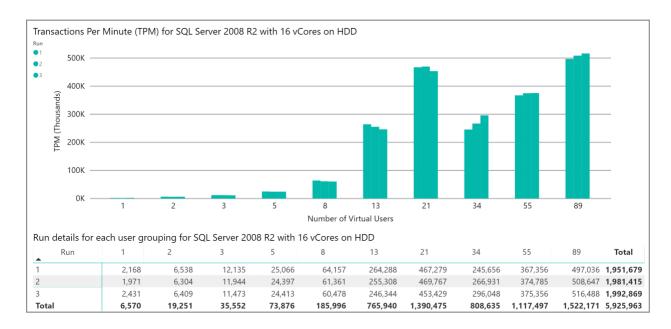


图 11 - SQL Server 2008 R2 结果(采用 16 个 vCore 和 HDD)

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Windows typeperf 相关文档位于 <a href="https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/windows-commands/typeperf">https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/windows-commands/typeperf</a>



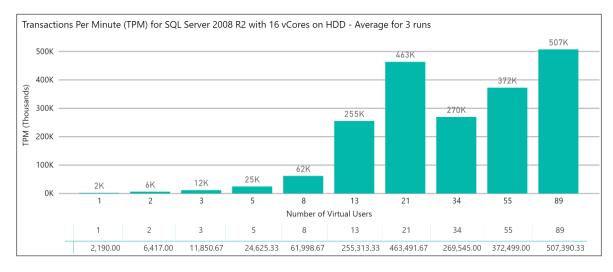


图 12 - SQL Server 2008 R2 (采用 16 个 vCore) - 3 次运行的均值

### 结果: SQL Server 2017 (采用 DC500M 和 16 个 vCore)

对于 SQL Server 2017,我们首先测试了采用 16 个 vCore 的系统,以了解它与采用 HDD 的 SQL Server 2008 R2 的比较情况如何。以下是两个版本之间的对比情况。

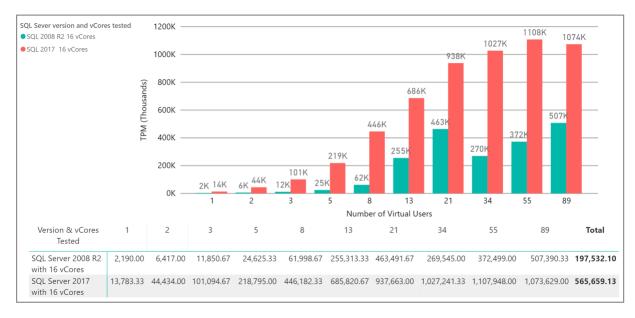


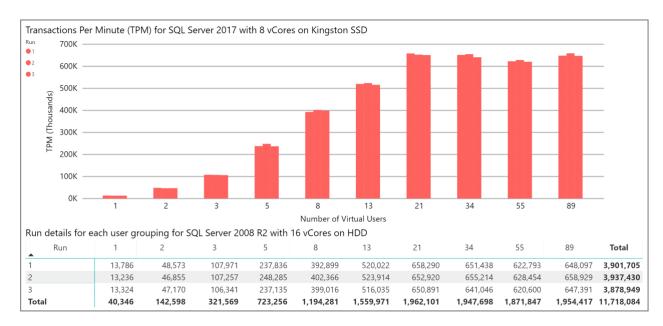
图 13 - 比较采用 HDD 的 SQL Server 2008 R2 与采用 DC500M 硬盘的 SQL Server 2017,两者均配备 16 个 vCore

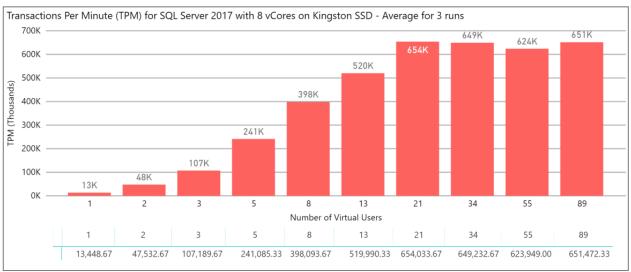
整体性能大幅提升。如果 SQL Server 2008 R2 系统用户对他们现有的性能感到满意,采用 DC500M 硬盘的 SQL Server 2017 将让他们感到惊讶。对于整合及数据库升级项目,我们想法设法降低客户迁移至最新版 SQL Server 的成本。利用 DC500M 硬盘,有望减少客户现有数据库解决方案获得相同性能所需的 vCore,得益于企业 SSD 能够以更低延迟处理更多事务。



### 结果: SQL Server 2017 (采用 DC500M 和 8 个 vCore)

我们的下个迭代是在仅采用 8 个 vCore 和 128GB 服务器 DRAM 的 VM 上运行基准测试。根据我们的以往经验,我们可以将内存减少到 32GB,同时获得类似的结果。





对于本次测试运行,我们跟踪基准测试期间与空闲进程时间的 CPU 使用百分比。



在下图中,从1名用户对应的94开始的红线代表系统空闲进程的百分比。绿线代表SQL Server正在使用的CPU时间百分比。

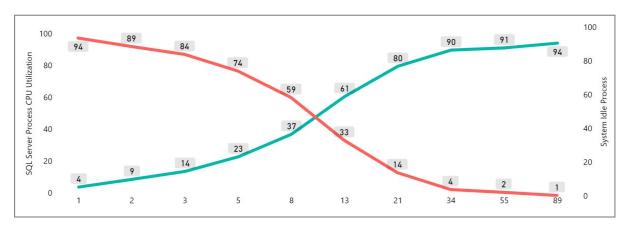


图 14 - 运行8 个vCore 的 SQL Server 2017 显示的 CPU 时间与空闲时间百分比

用户数量较少时,SQL Server 需要极少的 CPU 资源来处理事务请求。系统空闲进程处于较低水平,主要得益于金士顿 DC500M 硬盘的效率。服务器基本上没有做任何事情。

随着用户数量的增加,CPU利用率上升,直到 CPU 成为瓶颈。另一方面,随着纯粹空闲时间减少,系统空闲进程预计将减少。不过,另一个系统空闲进程开始出现。这是随着事务数量开始增加,SQL 服务器将数据从内存写入事务日志文件所需要的等待时间。这实际上是件好事。

这基本上是因为四个 RAID 10 硬盘可以在超过 99% 的时间里实现高达 98,000 的读/写 IOPS 和 1.3 ms 的磁盘延迟。

89 名用户时,系统达到最佳吞吐量,其中 8 个 vCore 的 CPU 为 94%,等待时间仅 1%。

将此结果与 SQL Server 2008 R2(采用 16 个 vCore 和 HDD)的结果作比较。

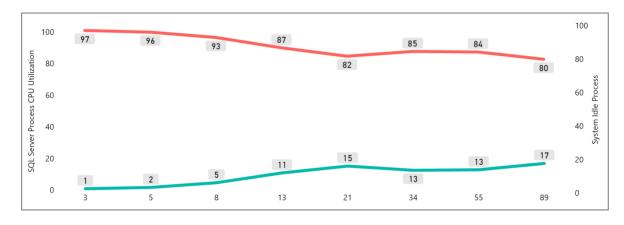


图 15 - 运行 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 显示的 CPU 时间与空闲时间百分比



CPU 利用率的没有像 SQL Server 2017 运行一样上升,原因在于起作用的其他空闲进程正是 SQL Server 2008 R2 将数据从缓慢的驱动器读取到其缓冲池缓存所花费的等待时间。由于 HammerDB 也在高速发放事务,SQL Server 也要等待由于额外等待时间导致的闭锁和锁定。

对于 HDD 硬盘,Diskspd 报告的 IOPS 仅为 1900 左右。这不到金士顿 DC500M 硬盘速度的 1/50!以下是采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 与采用 8 个 vCore 的 SQL Server 2017 的并列对比。

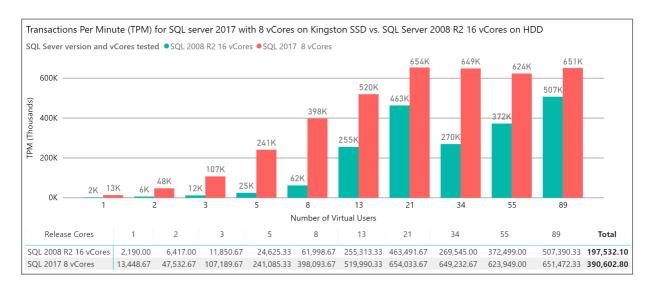


图 16 - 采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 与采用 8 个 vCore 的 SQL Server 2017 的并列对比

对比图凸显了 SQL Server 2017 的卓越性能,而且它还有空间减少 vCore 数量。

### 结果: SQL Server 2017 (采用 DC500M 和 4 个 vCore)

为了进一步理解金士顿 DC500M 硬盘可以多快地减少 SQL Server 需要的内核数量,我们将内核减少到 4 个 vCore 并采用 128 GB RAM。下图显示了与采用 HDD 的 SQL Server 2008 R2 的 TPM 对比情况。



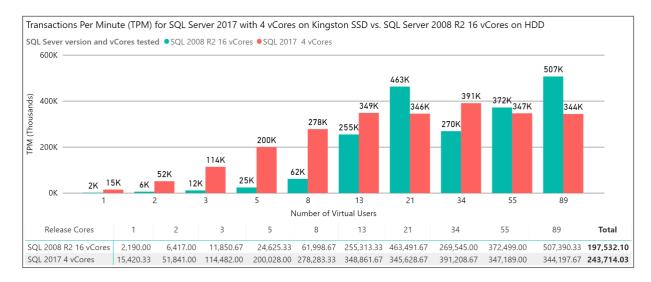


图 17 - 采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 与采用 4 个 vCore 的 SQL Server 2017 的并列对比

此图表显示,对于所有用户运行,SQL Server 2008 R2 的平均 TPM 是 197,532,而仅采用 4 个 vCore 的 SQL Server 2017 为 243,714。采用 4 个 vCore 和金士顿 DC500M 硬盘的 SQL Server 2017 的速度基本上快 1.2 倍。

从用户角度看,下图显示了采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 与采用 4 个 vCore 的 SQL Server 2017 各个用户组的 TPM / 用户。

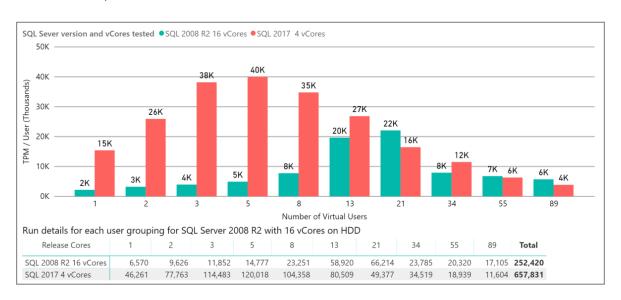


图18 - 比较采用4 个vCore 的SQL Server 2017 与采用16 个vCore 的SQL Server 2008 R2 的TPM / 用户

从 TPM / 用户角度看,采用 16 个 vCore 和 HDD 的 SQL Server 2008 R2 能够实现 2,190 TPM。89 名用户时,SQL Server 2008 R2 有 5,702 TPM / 用户,而仅采用 4 个 vCore 和金士顿 DC500M 硬盘的 SQL Server 2017 能够保持在 3,868 TPM / 用户。

从用户角度看, SQL Server 2017 将看起来仍比 SQL Server 2008 R2 快近 1.8 倍。



### 结论

利用日益强大的现代主机服务器,工作负载整合可以提高 IT 组织以及云和托管提供商的效率,从而支持不断增加的工作负载。提高工作负载密度,即主机服务器上运行的工作负载数量,可以减少运行特定数量的工作负载所需要的主机服务器数量,从而提高整合的经济效益。

金士顿高性能数据中心存储和内存解决方案包含 SSD (DC500M) 和服务器内存 (Server Premier),具备出色的性价比,不仅有助于提高工作负载效率,还可以改善企业的盈利能力,同时降低总拥有成本 (TCO)。

减少所需主机服务器数量,进而降低软硬件许可证成本。对潜在成本节省进行评估时,软件许可证成本是重要考虑事项,正如<u>附录 A - 测试系统物料清单</u>所显示的。附录 A 提供了本测试期间使用的主机服务器配置的零售成本。

软件许可证成本主导总系统成本,其中主要是 SQL Server Standard Edition 每内核许可证成本,它在 16 个 vCore 的配置中占到 113% 的总系统成本。

Component	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2	SQL Server 2017 4 vCores	SQL Server 2017 8 vCores	SQL Server 2008 R2 16 vCores	
Hardware Costs						
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62				
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76				
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92					
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00				
Sub total for hardware	\$14,331.30	\$14,075.38				
Software Costs						
Windows Server Data Center Edition	\$12,310.00	\$12,310.00				
SQL Server 2017 Standard			\$7,434.00	\$14,868.00	\$29,736.0	
Total			\$34,075.30	\$41,509.30	\$56,121.38	
Percentage of savings for the total server com	pared to SQL Server 2	008 R2 with 16 vCores	39%	26%	0%	
Savings in cost com	\$22,046.08	\$14,612.08	\$0.00			
	Savings in SQL	Server licensing costs	75%	50%	0%	
Percentage of the SQL Server licer	Percentage of the SQL Server license costs compared to the hardware and OS					

图 19 - 成本综合比较以及利用 DC500M 硬盘可以如何减少 vCore 并大幅降低成本

更出色的工作负载整合使用更少的内核,这意味着您需要更少的每内核许可证,从而可以节省大笔开支。

高 CPU 利用率和接近零的 I/O 延迟意味着,SSD 存储性能之高足以让 CPU 保持忙碌,即便是最大用户数量也是如此。



## 后续步骤

联系金士顿科技公司,了解将您的 Microsoft SQL Server 2008 工作负载迁移到 SQL Server 2017 时,Data Center DC500 (DC500R / DC500M) 企业固态硬盘 (SSD) 可以如何优化您的业务需求、提升工作负载效率并降低 TCO。

访问 <a href="https://www.kingston.com/us/ssd/dc500-data-center-solid-state-drive">https://www.kingston.com/us/support/technical/emailcustomerservice</a>
上的在线聊天功能。

#### 借助 DB Best 评估您的环境

我们预计没有客户的主服务器配置和工作负载会与我们的测试环境相同,其中的差异影响这些解决方案的效果。尽管我们认为我们测试环境中的假设和选择具有合理性和代表性,而且我们观察到的结果反映了严格测试状况,但我们鼓励任何客户评估这些解决方案的适用性,联系 DB Best 对自己独特的环境进行评估:

要联系我们,可以访问网站 https://www.dbbest.com/company/contact-us/

或联系 Dmitry Balin, Dmitry@dbbest.com, 或本白皮书的任何作者。



## 附录 A - 测试系统物料清单

### 服务器配置

以下是 Dell PowerEdge R740XD 服务器的物料清单副本,该服务器采用两颗 Intel Xeon Silver 4114 2.2G 处理器和总计 20 个物理内核 / 40 个虚拟内核。

	PowerEdge R740XD - [amer_r740xd_12238]	1	\$7,595.62
	Estimated delivery date: Nov. 9, 2018		
210-AKZR	PowerEdge R740XD Server	1	
329-BDKH	PowerEdge R740/R740XD Motherboard	1	
461-AADZ	No Trusted Platform Module	1	
321-BCRC	Chassis up to 24 x 2.5 Hard Drives including 12 NVME Drives, 2CPU Configuration	1	
340-BLBE	PowerEdge R740XD Shipping	1	
343-BBFU	PowerEdge R740 Shipping Material	1	
338-BLUS	Intel Xeon Silver 4114 2.2G, 10C/20T, 9.6GT/s , 14M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400	1	
374-BBPP	Intel Xeon Silver 4114 2.2G, 10C/20T, 9.6GT/s, 14M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400	1	
412-AAIQ	Standard 1U Heatsink	1	
412-AAIQ	Standard 1U Heatsink	1	
370-ADNU	2666MT/s RDIMMs	1	
370-AAIP	Performance Optimized	1	
780-BCDS	Unconfigured RAID	1	
405-AANR	PERC H740P RAID Controller, 8GB NV Cache, Adapter, Full Height	1	
619-ABVR	No Operating System	4	
421-5736	No Media Required	4	
385-BBKT	iDRAC9,Enterprise	4	
528-BCBW	iDRAC Digital License		
379-BCQV	iDRAC Group Manager, Enabled		
379-BCQV 379-BCSF		1	
	iDRAC, Factory Generated Password	1	
330-BBHD	Riser Config 6, 5 x8, 3 x16 slots	1	
540-BBBW	Broadcom 5720 QP 1Gb Network Daughter Card	1	
384-BBPZ	6 Performance Fans forR740/740XD	1	
450-ADWS	Dual, Hot-plug, Redundant Power Supply (1+1), 750W	1	
350-BBBW	No Bezel	1	
389-BTTO	PE R740XD Luggage Tag	1	
350-BBJV	No Quick Sync	1	
750-AABF	Power Saving Dell Active Power Controller	1	
770-BBBQ	ReadyRails Sliding Rails Without Cable Management Arm	1	
631-AACK	No Systems Documentation, No OpenManage DVD Kit	1	
332-1286	US Order	1	
813-6068	Dell Hardware Limited Warranty Plus On-Site Service	1	
813-6075	ProSupport: Next Business Day On-Site Service After Problem Diagnosis, 3 Years	1	
813-6087	ProSupport: 7x24 HW/SW Technical Support and Assistance, 3 Years	1	
989-3439	Thank you choosing Dell ProSupport. For tech support, visit //www.dell.com/support or call	1	
989-3439	1-800- 945-3355	1	
900-9997	On-Site Installation Declined	1	
973-2426	Declined Remote Consulting Service	1	
370-ADNI	8GB RDIMM, 2666MT/s, Single Rank	2	
400-ASEG	120GB SSD SATA Boot 6Gbps 512n 2.5in Hot-plug Drive, 1 DWPD, 219 TBW	2	
400-AWLI	Intel 1TB, NVMe, Read Intensive Express Flash, 2.5 SFF Drive, U.2, P4500 with Carrier	1	
450-AALV	NEMA 5-15P to C13 Wall Plug, 125 Volt, 15 AMP, 10 Feet (3m), Power Cord, North America	2	

图 20 - Dell PowerEdge R740XD 物料清单

鉴于金士顿科技公司是领先的客户机和企业系统内存供应商,我们决定采用他们的 KTD-PE426/32G 内存模组。该服务器采用了 24 个模组,当前在 CDW<sup>11</sup> 上的定价为每个模组 \$204.99(截至 XXX 日期)。服务器模组的总"零售"价格为 \$4,919.76。

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> 金士顿科技 KTD-PE426/32G 的定价于 2019 年 10 月 16 日从 <a href="https://www.cdw.com/product/kingston-ddr4-32-gb-dimm-288-pin-registered/4862854?pfm=srh">https://www.cdw.com/product/kingston-ddr4-32-gb-dimm-288-pin-registered/4862854?pfm=srh</a> 获取。



23

对于 SQL Server 2017 测试系统,金士顿科技公司提供了 8 个 SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/秒硬盘。这些硬盘目前在 CDW $^{12}$  上的定价为 \$226.99,共计花费 \$1,815.92(截至 XXX 日期)。

对于 SQL Server 2008 R2 测试系统,以下是 8 个 Dell 400-ATJL 硬盘的物料清单。

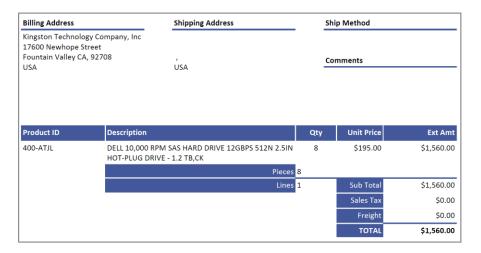


图 21 - 8 个 Dell 400-ATJL 硬盘的物料清单

下表概要介绍了测试系统的硬件成本。

组件	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/秒	\$1,815.92	
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/秒		\$1,560.00
总计	\$14,331.30	\$14,075.38

图 22 - 硬件服务器成本

 $<sup>^{12}</sup>$  金士顿科技 SEDC500M/960G 硬盘的定价是在 2019 年 10 月 16 日获取的。



### 软件平台

该系统是使用 Windows Server 2019 Data Center Edition 和 SQL Server 2017 Developer Edition 测试的。下文显示的是使用 SQL Server Standard Edition 的许可证成本,因为它支持多达 24 个内核和 128 GB 内存,SQL Server 可将这些内存用于其操作内存。

#### 关于 SQL Server 许可

该解决方案设想的 SQL Server 2008 工作负载采用了 SQL Server 2008 Standard Edition,并将继续使用 Standard Edition 的 SQL Server 2017。

当运行多个 SQL Server 虚拟化实例时,要考虑多个许可策略<sup>13</sup>。

- 每个 VM 单独授予许可证 每个 VM 都授予 Standard Edition 许可证,每个 VM 至少是 4 个内核 许可证(即便是使用不到 4 个虚拟内核的 VM 也不例外)。
- Standard Edition"开放的无级别定价(美元)"是每 2 个内核包 \$3,717<sup>14</sup>。
- 典型情况下,利用 Dell PowerEdge R740XD 处理器的服务器超线程技术,虚拟内核 (vCore) 与物理内核的比例是 2 比 1。
- 要利用每内核模式为各个 VM 授予许可证,客户必须为分配给 VM 的每个 vCore(或虚拟处理器、虚拟 CPU、虚拟线程)购买一个内核许可证,而且每个 VM 至少是四内核许可证。出于许可目的,一个 vCore 映射到一个硬件线程。

https://download.microsoft.com/download/7/8/C/78CDF005-97C1-4129-926B-

CE4A6FE92CF5/SQL Server 2017 Licensing guide.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> SQL Server 2017 定价于 2019 年 10 月 16 日获取于 <a href="https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2017-pricing">https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2017-pricing</a>



<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> 更多信息可从以下网址的 SQL Server 2017 许可指南中找到:

下表显示采用每内核模式时 Standard Edition 的 VM 的 SQL Server 许可成本。

SQL Server Standard Edition 2 个内核包	许可的 vCore	许可证成本
\$3,717.00	4	\$7,434.00
	8	\$14,868.00
	16	\$29,736.00

图 23 - Standard Edition VM 每内核许可

显然,从 SQL Server 2008 R2 升级到 SQL Server 2017,减少 vCore 数量应是首要任务。

#### 关于 Windows Server 许可

该系统采用 Windows Server 2019 Datacenter Edition;它还为每个许可的服务器授予无限量的Hyper-V VM。Datacenter edition 定价针对 16 个内核许可证,开放的 NL ERP(美元)定价是\$6,155。由于每个物理服务器有 20 个内核,Window Server 2019 Datacenter Edition 的成本将是\$12,310<sup>15</sup>。

#### 总系统成本

下表显示受测系统的软硬件总成本。

Component	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2	SQL Server 2017 4 vCores	SQL Server 2017 8 vCores	SQL Server 2008 R2 16 vCores
Hardware Costs					
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62			
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76			
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92				
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00			
Sub total for hardware	\$14,331.30	\$14,075.38			
Software Costs					
Windows Server Data Center Edition	\$12,310.00	\$12,310.00			
SQL Server 2017 Standard			\$7,434.00	\$14,868.00	\$29,736.00
Total			\$34,075.30	\$41,509.30	\$56,121.38
Percentage of savings com	pared to SQL Server 2	008 R2 with 16 vCores	39%	26%	0%
Savings in cost comp	pared to SQL Server 2	018 R2 with 16 vCores	\$22,046.08	\$14,612.08	\$0.00

图 24 - SQL Server 2008 R2 (采用 HDD) 与 SQL Server 2017 (采用 4 和 8 个 vCore 以及金土顿 DC500M 硬盘) 的运行总成本

如您所见,通过利用金士顿科技 DC500M 硬盘将运行 SQL Server 2017 所需的 vCore 从 16 个减少到 8 个,您可以使用节省的资金购买一台新服务器。采用 4 个 vCore 可以进一步节省 \$7,434,您可以用来支付 60% 的 Windows Server 2019 Datacenter edition 许可证成本。

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> Windows Server 2019 Datacenter 定价于 2019 年 10 月 16 日获取于 <a href="https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/windows-server-pricing">https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/windows-server-pricing</a>



# 图表目录

图 1 - 自 SQL Server 2008 R2 以来向 SQL Server 增添的新功能	7
图 2 - 金士顿 Data Center DC500M - 固态硬盘 - 960 GB - SATA 6Gb/秒	8
图 3 - PowerEdge R740xd 机架服务器	9
图 4 - 金士顿 Server Premier - DDR4 - 32 GB - DIMM 288 针脚 – 带寄存器的内存模组	9
图 5 - Dell - 机械硬盘 - 1.2 TB - SAS 12Gb/秒	10
图 6 - 运行 TPC-C 的 SQL Server VM(包含面向 157 GB 数据库的 2,000 个仓库)的磁盘布局。	10
图 7 - TPCC 2,000 仓库数据库的各表格大小	11
图 8 - 针对 OLTP 工作负载优化的 SQL Server 配置	
图 9 - 用于 SQL Server 2008 R2 的 HDD 的数据驱动器 Diskspd 结果	14
图 10 - 用于 SQL Server 2017的 DC500M 硬盘的数据驱动器 Diskspd 结果	14
图 11 - SQL Server 2008 R2 结果(采用 16 个 vCore 和 HDD)	15
图 12 - SQL Server 2008 R2(采用 16 个 vCore) - 3 次运行的均值	16
图 13 - 比较采用 HDD 的 SQL Server 2008 R2 与采用 DC500M 硬盘的 SQL Server 2017,两者均配备	
16 个 vCore	
图 14 - 运行 8 个 vCore 的 SQL Server 2017 显示的 CPU 时间与空闲时间百分比	
图 15 - 运行 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 显示的 CPU 时间与空闲时间百分比	
图 16 - 采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 与采用 8 个 vCore 的 SQL Server 2017 的并列对比	
图 17 - 采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 与采用 4 个 vCore 的 SQL Server 2017 的并列对比	
图 18 - 比较采用 4 个 vCore 的 SQL Server 2017 与采用 16 个 vCore 的 SQL Server 2008 R2 的 TPM / 用户	
图 19 - 成本综合比较以及利用 DC500M 硬盘可以如何减少 vCore 并大幅降低成本	
图 20 - Dell PowerEdge R740XD 物料清单	
图 21 - 8 个 Dell 400-ATJL 硬盘的物料清单	
图 22 - 硬件服务器成本	
图 23 - Standard Edition VM 每内核许可	26
图 24 - SQL Server 2008 R2(采用 HDD)与 SQL Server 2017(采用 4 和 8 个 vCore 以及金士顿	
DC500M 硬盘)的运行总成本	26



## 商标

Kingston 和 Kingston 徽标是 Kingston Technology Corporation 的注册商标。IronKey 是 Kingston Digital, Inc. 的注册商标。保留所有权利。所有其他商标均为各自所有者之财产。

以下术语是其他公司的商标: Intel、Xeon 和 Intel 徽标是 Intel Corporation 或其子公司在美国和其他国家/地区的商标或注册商标。Active Directory、Hyper-V、Microsoft、SQL Server、Windows、Windows Server 和 Windows 徽标是 Microsoft Corporation 在美国和/或其他国家/地区的商标。其他公司、产品或服务名称可能是其他方的商标或服务标志。

