



成功从 Oracle Exadata 迁移到 Oracle 的蓝图 AWS

AWS 规范性指导



AWS 规范性指导: 成功从 Oracle Exadata 迁移到 Oracle 的蓝图 AWS

Copyright © 2025 Amazon Web Services, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.

Amazon 的商标和商业外观不得用于任何非 Amazon 的商品或服务，也不得以任何可能引起客户混淆、贬低或诋毁 Amazon 的方式使用。所有非 Amazon 拥有的其他商标均为各自所有者的财产，这些所有者可能附属于 Amazon、与 Amazon 有关联或由 Amazon 赞助，也可能不是如此。

Table of Contents

简介	1
数据库的关键趋势	3
企业市场的数据库趋势	3
专用数据库与融合数据库	4
数据库迁移策略	7
迁移前的数据库迁移依赖关系	7
数据库迁移路径	8
迁移注意事项	10
在线迁移	10
离线迁移	10
额外注意事项	10
发现阶段	11
工作负载特征	12
读/写比率	14
非关系工作负载	14
数据库引擎依赖关系	14
数据库版本和版本	15
整合数据库	16
Exadata 功能使用情况	16
智能扫描	17
存储索引	20
智能闪存缓存	20
混合列压缩	24
I/O 资源管理	26
永久内存 (PMEM)	27
Exadata 功能和替代方案摘要 AWS	27
发现阶段的工具	29
AWR	30
cellCI	31
OEM 云控制	34
数据库视图	35
AWS SCT	37
目标平台的资源需求	37
CPU 和内存要求	37

I/O 要求	38
在目标平台上进行性能测试	39
应用程序 SLA 要求	40
数据生命周期管理和保留政策	41
其他因素	41
决策流程图	42
执行迁移	44
Exadata 到迁移工具 AWS	45
AWS DMS 迁移	45
甲骨文 GoldenGate 迁移	48
Oracle 数据泵迁移	49
甲骨文 RMAN 迁移	50
甲骨文数据防护迁移	53
AWS 迁移模式示例	54
特定于 Exadata 的功能注意事项	55
同构数据库迁移注意事项	57
加密	57
数据分区	57
数据压缩	58
信息生命周期管理战略	58
OEM 集成	59
亚马逊 CloudWatch 集成	59
数据库优化器统计信息	60
AWR 设置	60
甲骨文 RAC 注意事项	61
同构迁移的其他最佳实践	61
平台改造建议	62
亚马逊 EBS 卷类型注意事项	63
适用于 Oracle 的 Amazon RDS 最佳实践	63
重新托管建议	65
亚马逊 EC2 实例类型注意事项	65
亚马逊 EBS 卷类型注意事项	65
甲骨文 ASM 注意事项	66
亚马逊 EC2 上的 Oracle 最佳实践	66
重构建议	68
迁移后活动	70

持续监控	70
监控计划	70
性能基准	71
关键绩效指南	71
监控工具	71
Amazon CloudWatch	72
增强监控	73
性能详情	74
Oracle Enterprise Manager	76
持续成本优化	76
正确调整您的实例大小	77
考虑迁移到 Oracle 数据库 SE2	77
使用预留数据库实例	78
使用 AWS Graviton 处理器	78
优化你的 SQL 查询	78
自动监控	79
Amazon CloudWatch 警报和异常检测	79
适用于亚马逊 DevOps RDS 的 Amazon Guru	79
自动审计	80
基本 Amazon RDS 审计	80
数据库活动流	80
总结	82
资源	83
工具和服务	83
计划	83
案例研究	84
AWS规范性指导内容	84
贡献者	85
文档历史记录	86
术语表	87
#	87
A	87
B	90
C	91
D	94
E	97

F	99
G	100
H	101
我	102
L	104
M	105
O	109
P	111
Q	113
R	114
S	116
T	119
U	120
V	121
W	121
Z	122
.....	cxxiii

成功从 Oracle Exadata 迁移到 Oracle 的蓝图 AWS

亚马逊 Web Services ([贡献者](#))

2024 年 7 月 ([文件历史记录](#))

由于数据的爆炸式增长和向云服务的转变，数据库正在经历重大转型。数据库管理系统 (DBMS) 市场在2017年的386亿美元收入基础上增加了400亿美元，在五年内翻了一番，而最大的数据库管理系统市场故事仍然是收入转移到云端的影响。根据Gartner Research的数据，“数据库管理系统市场在2022年增长了14.4%，达到910亿美元。云 dbPaaS 几乎占据了所有收益，云支出 (55.2%) 超过了本地 (44.8%)。 “* 公司可以使用云服务将其 IT 团队从耗时的数据库任务 (例如服务器配置、修补和备份) 中解放出来。例如，[AWS 完全托管的数据库服务](#)提供持续监控、自我修复存储和自动扩展，以帮助公司专注于应用程序开发。

随着各公司寻求最大限度地利用迁移到云端作为其数字化转型的一部分所带来的好处，他们专注于实现数据基础设施的现代化。为了实现数据现代化目标，各公司希望实现以下能力：

- 降低总拥有成本 (TCO) ——全球市场放缓、通货膨胀率上升、对全球衰退的担忧以及其他市场状况迫使公司优先考虑成本效率。
- 速度和敏捷性 — 在云计算环境中，新的 IT 资源易于部署，这意味着公司可以将向开发人员提供这些资源的时间从几周缩短到几分钟。这极大地提高了组织的灵活性，因为实验和开发的成本和时间显著降低。
- 全球规模、安全性和高可用性 — 公司为全球客户提供服务，因此他们经常寻求更好的方法来支持不同地理区域的客户，并通过包括网络隔离和 end-to-end加密在内的多个安全级别提供全面的数据监督。高可用性、可靠性和安全性是业务关键型企业工作负载的关键。
- 大规模性能 — 各公司都在寻求弹性：从小规模起步，随着应用程序的增长，扩展其关系或非关系数据库。他们希望更轻松地满足存储和计算需求，最好不要停机。

作为向云服务转变的一部分，公司通常希望摆脱单一的软件架构，使用微服务来降低应用程序的复杂性，提高创新性和敏捷性。但是，一些公司仍然使用单体数据库来为多个微服务提供服务。例如，具有不同数据需求、增长速度和数据库 (关系或非关系) 的微服务可能会被迫使用相同的单体数据库引擎。这意味着开发人员通常需要对数据模型进行标准化以适应关系模型，而不是使用支持其要求的数据模型。因此，使用相同的数据库引擎可能会对开发人员的灵活性和敏捷性产生负面影响。

整体方法的一个例子是在 Oracle Exadata 上使用 Oracle 数据库、为多个工作负载、多个应用程序和可能的多个微服务提供服务的架构。Oracle Exadata 是一个由硬件和软件组件组成的精心设计的系统。它专为以高性能运行 Oracle 数据库工作负载而设计。

但是，使用单个数据库引擎运行工作负载可能会带来业务敏捷性挑战。许多公司意识到，每种工作负载可能需要不同的数据库引擎来满足其需求。此外，对于在本地 Exadata 上运行的 Oracle 数据库而言，单体数据库可能会给许多公司带来总体拥有成本 (TCO) 挑战，因为它们依赖于 Oracle 进行硬件部署和维护。单体数据库还会带来锁定挑战，因为它们使用的专有功能抑制了将 Oracle 工作负载和应用程序迁移到非 ExaData 平台或其他数据库的能力。

出于这些原因，一些公司考虑从 Exadata 迁移到 AWS 完全托管的专用数据库。AWS 提供了[许多关系数据库和专门构建的数据库类型](#)，以支持不同的数据模型，包括关系数据库、键值数据库、文档模型、内存数据库、图形数据库、时间序列数据库和宽列数据库。AWS 顾问已帮助[加州医疗保健资格、注册和留存系统 \(CalHeers\)](#)、[澳大利亚金融集团 \(AFG\)](#) 和 [EDF UK](#) 等客户将其的 Exadata 工作负载迁移到。AWS

在公司考虑将工作负载从 Oracle Exadata 迁移到 AWS 时，他们需要制定与其应用程序和业务需求相一致的有效迁移策略，并制定明确的指导以确保顺利迁移。Oracle Exadata 成功迁移到 AWS 的蓝图是一种多步骤、系统的方法，包括迁移前发现和性能评估、数据迁移以及迁移后的例行程序，以实现最佳性能和成本。

本指南的目的是分享有关如何规划、执行和维护从 Oracle Exadata 成功迁移到 Oracle Exadata 的见解、最佳实践和技巧。AWS 旨在帮助技术受众（包括 DBAs、IT 架构师、DevOps、CTOs 工程师和其他人员）完成从 Oracle Exadata 迁移到 Oracle Exadata 的过程。AWS

在本指南中：

- [数据库的关键趋势](#)
- [数据库迁移策略](#)
- [迁移注意事项](#)
- [发现阶段](#)
- [执行迁移](#)
- [迁移后活动](#)
- [摘要](#)
- [资源](#)

* [市场份额：全球数据库管理系统，2022 年](#) (Gartner Research , 2023 年 5 月 17 日)

数据库的关键趋势

本节讨论发布时的主要数据库趋势。这些信息有助于阐明将数据库工作负载推向云端的动机。本节涵盖以下主题：

- [企业市场的数据库趋势](#)
- [专用数据库和融合数据库之间的区别](#)

企业市场的数据库趋势

数据库市场目前正在发生重大变化。数据量呈指数级增长。每年在全球范围内捕获、复制和使用的数据总量正在增加。客户必须从其数据中获得更多价值。诸如此类的云公司 AWS 提供各种专为满足数据库需求而构建的数据库技术。这些服务提供了敏捷性、创新性、更少的维护开销和更多的控制，而且更具成本效益。现代数据策略可以支持当前和未来的用例，包括构建用于存储、访问、分析、可视化和预测未来结果 end-to-end 的数据解决方案的步骤。有关数据服务和解决方案的更多信息 AWS，请参阅 [for Data](#) 网站。AWS

40 多年前，商业关系数据库已成为主流。当时，硬件容量有限且价格昂贵。存储成本非常高，数据已标准化以避免存储重复项。现在，大多数存储都比计算和内存便宜。要求也发生了变化，您可能需要在包括结构化和非结构化数据的不同数据集上获得微秒级性能。多年来，客户只能使用少量数据库平台。诸如甲骨文电子商务套件、Siebel CRM 和 Peoplesoft 之类的商业 off-the-shelf (COTS) 应用程序只能在甲骨文上运行。公司通过使用 PL/SQL 或 Pro*C 等专有功能开发内部应用程序，这些定制应用程序满足了业务需求。但是，随着时间的推移，专有功能变得复杂且难以维护。IT 预算限制迫使许多公司重新考虑其满足业务需求的方法，并专注于通过迁移到更便宜的选项来优化成本结构，在这些选项中，迁移成本由所需的定制级别决定。

作为商业数据库产品的替代方案，推出 AWS 了一系列完全托管的关系型开源数据库以及专门构建的非关系数据库引擎，用于优化特定用例的工作负载。开源数据库的主要优点是成本较低。IT 预算不受合同付款的限制，因为他们不再需要支付与商业软件相关的许可费。有了这些节省，IT 部门就有了极大的灵活性，因此他们可以进行实验并保持敏捷性。例如，许多客户通过迁移到 PostgreSQL 来实现其 Oracle 工作负载的现代化。在过去的十年中，PostgreSQL 的 SQL 功能得到了显著改进，现在包括许多企业数据库功能，可以支持大型关键工作负载。

数据库的运行方式也在发生变化。在过去的 30 年中，客户一直在本地运营自己的数据中心：他们购买和管理基础设施，维护硬件，许可的网络和商业数据库，并雇用 IT 专业人员来运营数据中心。数据库管理员 (DBAs) 主要配置和操作关系数据库。他们的操作任务包括硬件和软件安装、整理许可问题、配

置、修补和数据库备份。DBAs还管理了性能调整、高可用性、安全性和合规性问题的配置。管理数据库包括繁琐的重复任务，既耗时又昂贵。客户花时间管理基础架构，而不是专注于核心业务能力。出于这个原因，公司尽可能投资于自动化DBA和运营任务，以更好地利用DBA资源，从而可以将更多的时间花在创新上。有关更多信息，请参阅《[Amazon Relational Database Service 以更低的总成本提供增强的数据库性能](#)》IDC报告。

专用数据库与融合数据库

甲骨文 Exadata 最初于 2008 年发布。它旨在解决大型数据库的常见瓶颈：将大量数据从磁盘存储移动到数据库服务器。对于经常扫描大型数据集的数据仓库应用程序，解决这个问题可能特别有益。Exadata 通过使用增加了存储层和数据库层之间的管道 InfiniBand，并使用 Exadata Smart Scan 等软件功能减少了从磁盘传输到数据库层的数据量。在某些情况下，Exadata引入了性能改进，但这是以增加总拥有成本 (TCO) 和降低灵活性为代价的，原因如上一节所述。

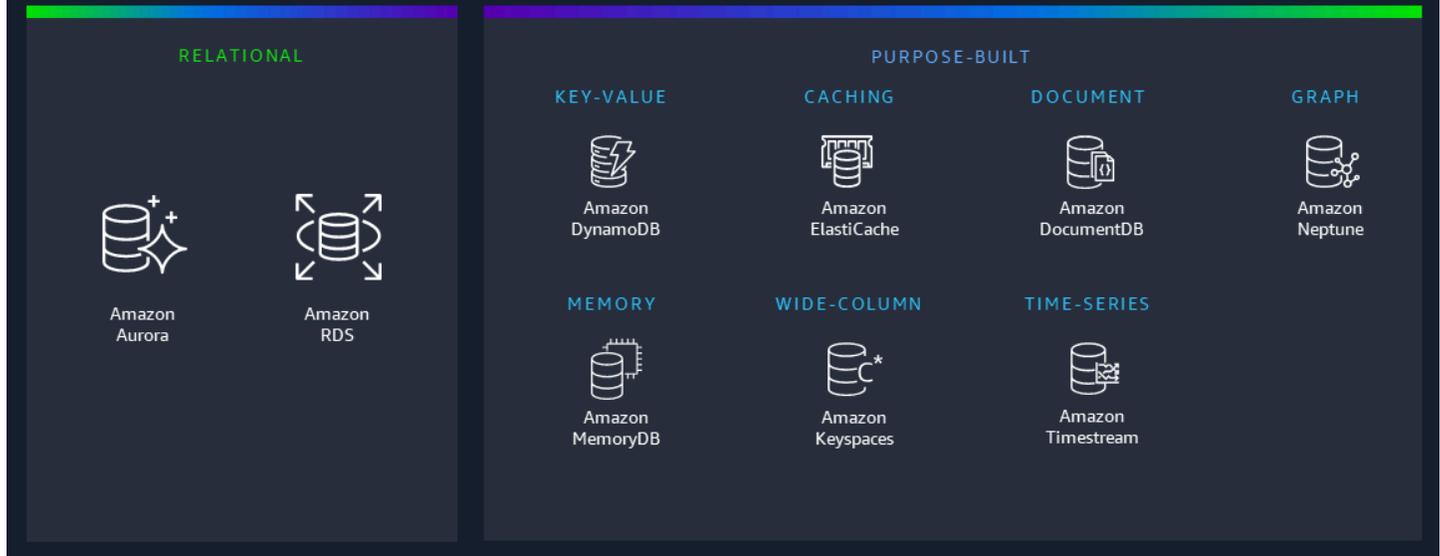
托管数据库应用程序有两种方法：

- 为特定工作负载或用例使用特定的、专门构建的数据库
- 使用支持同一数据库中不同数据库工作负载的融合数据库

客户迁移到云端后，他们通常希望通过使用微服务、容器和无服务器[架构来实现应用程序架构的现代化](#)。这些现代应用程序具有独特的功能、性能和可扩展性需求，需要特定的数据库类型来支持每种工作负载。

AWS 与企业级、商用数据库和八个专用数据库相比，以低得多的成本提供高性能关系数据库。每个专门构建的数据库都经过独特设计，可为特定用例提供最佳性能，因此公司不必像使用融合数据库方法时经常发生的那样妥协。下图说明了 AWS 数据库产品。

AWS relational and purpose-built databases



数据库类型	使用案例	AWS 服务
关系	传统应用程序、企业资源规划、客户关系管理	亚马逊 Aurora、亚马逊RDS、亚马逊 Redshift
键/值	高流量 Web 应用程序、电子商务系统、游戏应用程序	Amazon DynamoDB
内存中	缓存、会话管理、游戏排行榜、地理空间应用程序	亚马逊 ElastiCache、亚马逊 MemoryDB
文档	内容管理、目录、用户配置文件	Amazon DocumentDB (与 MongoDB 兼容)
宽列	用于设备维护、车队管理和路线优化的大规模工业应用	Amazon Keyspaces (Apache Cassandra 兼容)
图表	欺诈检测、社交网络、推荐引擎	Amazon Neptune

数据库类型	使用案例	AWS 服务
时间序列	物联网 (IoT) 应用 DevOps、工业遥测	Amazon Timestream

数据库迁移策略

本节讨论将 Exadata 工作负载迁移到的策略。AWS Cloud 规划全面的数据库迁移策略是成功迁移 Exadata 的关键。本节涵盖以下主题：

- [迁移前的数据库迁移依赖关系](#)
- [数据库迁移路径](#)

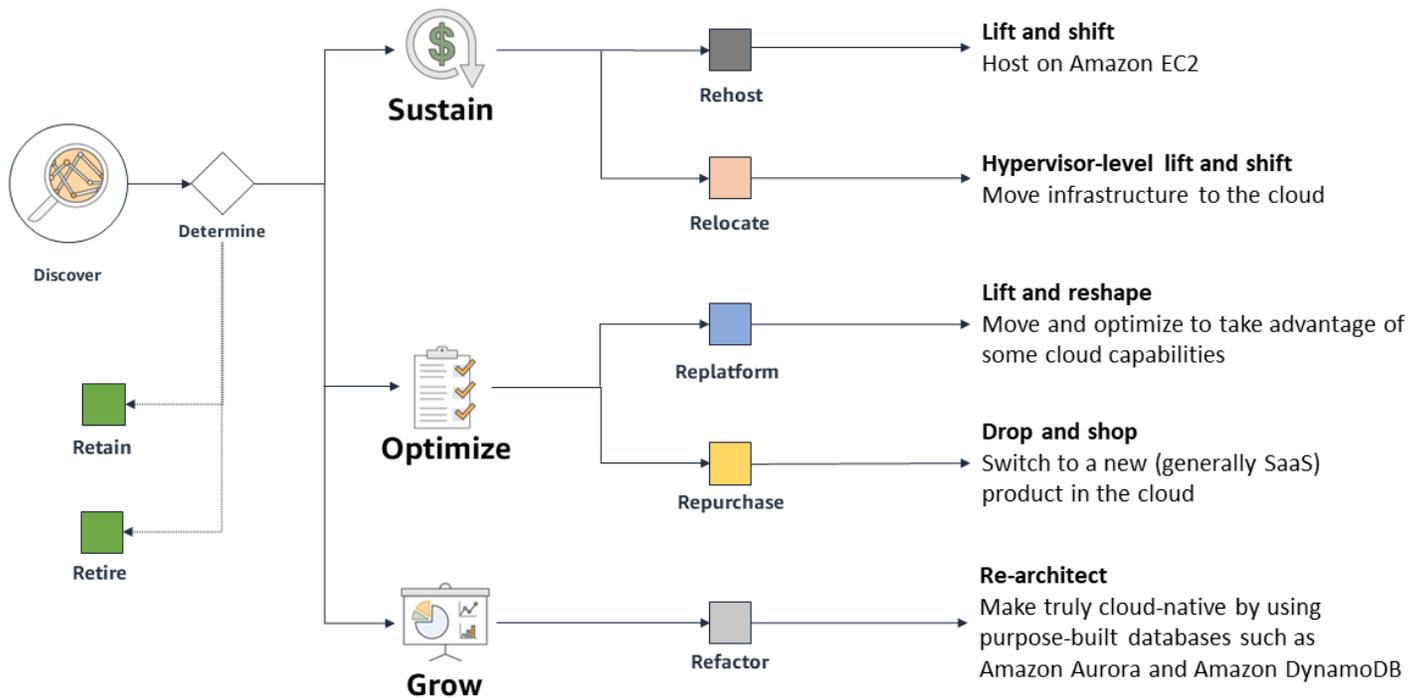
迁移前的数据库迁移依赖关系

制定迁移策略需要了解关键依赖关系以及工作负载的未来运行情况 AWS。在选择迁移方法之前，我们建议您收集和分析以下信息：

- 了解源代码 Exadata 系统。
 - Exadata 硬件设备的版本、版本和大小
 - 可用的数据库选项和版本、工具和实用程序
 - 要迁移的数据库的大小和数量
 - 甲骨文的许可状况
- 了解应用程序和数据库的依赖关系。
 - 哪些应用程序使用该数据库？数据库是连接多个数据库的集成应用程序的一部分吗？
 - 移动数据库是否存在本地依赖关系？
- 了解迁移窗口前后的业务需求。
 - 有多少时间可供迁移？
 - 源服务器和之间的网络连接 AWS 如何？
 - 数据库和应用程序的长期业务前景如何？
 - 随着时间的推移，迁移和切换 AWS 是通过一个步骤还是按顺序完成的？
- 根据应用程序要求，了解可能的数据库现代化水平。
 - 工作负载是否必须留在 Oracle 身上？
 - 能否对源数据库进行现代化改造？如果是，达到什么水平？
 - 哪些 AWS 数据库服务可以承载 Oracle 工作负载？
- 了解 Exadata 工作负载迁移到后的业务和性能需求。AWS

数据库迁移路径

迁移路径和选择被称为 7 R，如下图所示。



这些路径是：

- **重新托管 (直接迁移)**：将应用程序迁移到云，而无需进行任何更改。例如，在中的亚马逊弹性计算云 (Amazon EC2) 实例上将您的本地 Oracle 数据库迁移到 Oracle。AWS Cloud
- **迁移 (虚拟机管理程序级别的提升和转移)** — 无需购买新硬件、重写应用程序或修改现有操作，即可将基础架构迁移到云端。您可以将服务器从本地平台迁移到同一平台的云服务。例如，将微软 Hyper-V 应用程序迁移到。AWS
- **重塑平台 (提升和重塑)** — 将应用程序迁移到云端，并引入一定程度的优化以利用云功能。例如，在中将本地 Oracle 数据库迁移到适用于 Oracle 的 Amazon RDS for Oracle AWS Cloud。
- **回购 (直接购买)**：改用其他产品，通常是从传统应用程序转移到软件即服务 (SaaS) 产品，然后将数据从本地应用程序迁移到新产品。例如，将客户数据从本地客户关系管理 (CRM) 系统迁移到 Salesforce.com。
- **重构 (重新架构)**：充分利用云原生功能来提高敏捷性、性能和可扩展性，以迁移应用程序并修改其架构。例如，使用关系数据库的“AWS 规范性指南”[迁移策略](#)之一进行迁移。重构策略还可能包括重写应用程序，以使用为不同工作负载提供的 AWS 专用数据库。或者，选择通过将单片应用程序分解为较小的微服务来实现这些应用程序的现代化。

- 保留 (重新访问) -将应用程序保留在源环境中。其中可能包括需要进行重大重构的应用程序，在这些应用程序中，您可能希望将工作推迟到以后的某个时间。或者，您可能想要保留旧版应用程序，因为迁移它没有商业上的理由。
- 停用-停用或删除源环境中不再需要的应用程序。

通常，对于 Exadata 堆栈，重新托管和平台是主要的迁移路径。当 Exadata 工作负载复杂或使用商用 off-the-shelf (COTS) 应用程序时，将使用重新托管方法。如果目标是数据库现代化（例如，用兼容 Amazon Aurora PostgreSQL 的版本替换 Oracle Exadata 数据库），则重构过于耗时且资源密集，因此无法在单个步骤中实施。你可以考虑采取两步走的方法：首先，在 Amazon EC2 上重新托管 Oracle 数据库，或者在 Amazon RDS for Oracle 上重新托管数据库。然后，你可以将数据库重构为兼容 Aurora PostgreSQL 的版本。这种方法有助于降低第一阶段的成本、资源和风险，并在第二阶段侧重于优化和现代化。

有四种 AWS 数据库产品支持重新托管或平台重新迁移：

- Amazon Relational Database Service (Amazon RDS) 和 Amazon Aurora 是完全托管的服务，可让您在云中轻松设置、操作和扩展数据库。[目前，它们支持八个数据库引擎：兼容 MySQL 的 Amazon Aurora、兼容 PostgreSQL 的 Amazon Aurora 以及适用于 Db2、MySQL、MariaDB、PostgreSQL、Oracle 和 SQL Server 的 Amazon RDS。](#)
- 亚马逊 EC2 支持自我管理的 Oracle 数据库。它提供了对基础架构和数据库环境设置的完全控制。在 Amazon EC2 上运行数据库与在专用服务器上运行数据库非常相似。您可以选择多种工具来管理操作系统、数据库软件、补丁、数据复制、备份和恢复，从而完全控制数据库和操作系统级别的访问权限。此迁移选项需要像在本地一样设置、配置、管理和调整所有组件。它包括 EC2 实例的配置、存储卷、可扩展性、联网和安全性。
- 适用于 Oracle 的 Amazon RDS 定制版支持自定义底层操作系统和数据库环境。它为您提供了比 Amazon RDS 更多的控制权，但也让您在操作系统修补等任务上承担更多责任。您还需要确保您的自定义不会干扰 AWS 自动化，这是我们与 Amazon RDS Custom 共担责任模式的核心部分。

客户经常将其工作负载迁移到 Amazon RDS 或 Amazon EC2（用于自我管理的 Oracle 数据库）。对于 [Amazon RDS](#)，AWS 管理操作系统并在数据库层提供有限的权限。创建 Amazon RDS 数据库时，AWS 提供一个数据库终端节点，您可以通过该终端节点连接到数据库实例。Amazon RDS Custom 允许您完全访问底层数据库、操作系统和所有资源。有些数据库活动是在您和 AWS 自动化之间共享的。如果您在 EC2 实例上重新托管 Oracle 数据库，则可以像在本地运行 Oracle 数据库一样管理数据库、操作系统和资源。因此，如果您的工作负载无法迁移到 Amazon RDS，请考虑将您的 Oracle 数据库迁移到 Amazon RDS Custom 或 Amazon EC2。有关其他指导，请参阅 AWS 入门资源中心中的 [选择 AWS 数据库服务](#)。本指南的后面部分将更详细地讨论这些选项。

迁移注意事项

有许多工具和技术可以将您的 Exadata 工作负载迁移到其中。AWS 它们分为两大类：物理迁移和逻辑迁移。物理迁移是指将数据库从一台服务器逐块提升到另一台服务器。逻辑迁移涉及从一个数据库中提取数据并将其加载到另一个数据库中。

您还可以根据您的工作负载可以容忍最少（零或接近零）还是更长的停机时间来选择在线或离线迁移方法。

在线迁移

当应用程序需要接近零到最少的停机时间时，使用此方法。通常，大型和关键数据库使用此方法。在联机迁移中，源数据库分多个步骤迁移到 AWS。在初始步骤中，源数据库中的数据将在源数据库仍在运行时复制到目标数据库。在后续步骤中，来自源数据库的所有变更都传播到目标数据库。当源数据库和目标数据库处于同步时，它们已准备好进行割接。在直接转换期间，应用程序会将其与目标数据库的连接切换为开启。AWS

从您的 Oracle 数据库到 Amazon RDS for Oracle 的在线迁移通常涉及初始步骤（满载）的 Oracle 数据泵。然后，使用逻辑复制工具（例如 AWS Database Migration Service (AWS DMS) 或 Oracle GoldenGate）来处理机上事务。如果您使用此方法迁移到 Amazon EC2，则可以使用 Oracle Data Guard 或 Oracle Recovery Manager (RMAN) 处理满载和机上交易。您也可以使用逻辑工具，例如 AWS DMS 和 Oracle GoldenGate。[执行迁移](#)部分更详细地描述了这些工具。

离线迁移

如果您的应用程序能够承受计划内停机时间，则可以使用离线迁移方法。通常，小型的、不太重要的数据库使用这种方法。对于这种类型的迁移，通常不需要逻辑复制工具。要离线迁移到 Amazon RDS for Oracle，您可以使用 Oracle 数据泵。要离线迁移到 Amazon EC2，您可以使用 Oracle RMAN 或数据泵。[执行迁移](#)部分更详细地讨论了这些工具。

额外注意事项

另一个考虑因素是，是将所有数据移动到新环境中，还是在迁移之前存档数据。此外，可能需要整合架构。如果迁移涉及数 TB，则使用物理设备复制数据然后传输数据要比通过网络复制数据更快。本指南的后面部分将详细介绍这些技术。

发现阶段

Exadata 是一个针对运行不同类型的 Oracle 数据库工作负载进行了优化的精心设计的系统，被广泛用作 Oracle 数据库的整合平台。这些工作负载包括在线事务处理 (OLTP) 和在线分析处理 (OLAP) 工作负载、高交易密集型业务关键型应用程序以及不需要工程系统（例如 Exadata）功能的非关键工作负载。成功迁移 Exadata 工作负载的关键阶段之一是发现阶段。在此阶段，您将分析源 Exadata 平台以评估关键细节，例如应用程序和业务部门如何使用其 Exadata 系统来满足其性能和可用性要求以及 Exadata 特定功能带来的好处。在发现阶段收集的信息对于了解您的工作负载要求和选择合适的平台 AWS 来满足应用程序的性能和可用性要求至关重要。

本节讨论如何评估源 Exadata 平台以收集关键信息，例如工作负载特征、Exadata 功能依赖关系和其他注意事项。本节还介绍如何选择合适的平台来托管工作负载，AWS 以及如何使用您收集的信息来调整目标实例的大小。

有关可以用作收集迁移项目发现阶段信息的起点的调查问卷，请参阅《AWS 规范性指南》指南将 Oracle 数据库迁移到中的[附录](#)。AWS Cloud

本节内容：

- [工作负载特征](#)
- [数据库引擎依赖关系](#)
- [数据库版本和版本](#)
- [整合数据库](#)
- [Exadata 功能使用情况](#)
- [发现阶段的工具](#)
- [目标平台的资源需求](#)
- [在目标平台上进行性能测试](#)
- [应用程序 SLA 要求](#)
- [数据生命周期管理和保留政策](#)
- [其他因素](#)
- [决策流程图](#)

工作负载特征

过去，专门的数据库计算平台是为特定工作负载设计的，例如在线事务处理 (OLTP) 或在线分析处理 (OLAP)，而这些特定的设计模式使其成为其他工作负载的糟糕选择。例如，托管决策支持系统的 Oracle 数据库通常使用更大的块大小来支持以更少的 I/O 操作从缓存中读取更多数据。另一方面，OLTP 工作负载受益于较小的块大小，有利于随机访问小行并减少区块争用。Exadata 可以有效地运行任何类型的 Oracle 数据库工作负载或任何工作负载组合，因为持久内存 (PMEM) 和 Exadata 智能闪存等功能可提高 OLTP 事务的性能，以及支持分析查询的混合列压缩 (HCC) 和智能扫描。但是，迁移 Exadata 工作负载为您提供了一个很好的机会，可以考虑为该工作负载使用专门构建的数据库引擎，而不是使用现有的数据库类型或实例。AWS 通过[@@ 专门构建的数据库](#)，可以轻松地在基于消费的模式上为特定工作负载选择特定类型的服务，而不必尝试将多个工作负载强加到同一个平台上。如前所述，AWS 它提供了超过 15 个专门构建的引擎来支持不同的数据模型，包括关系数据库、键值模型、文档模型、内存数据库、图形数据库、时间序列数据库和宽列数据库。

传统上，针对决策支持系统进行优化的数据库遵循特定的设计模式和工作负载特征，例如：

- 更大的数据库块大小 (16K 或 32K)
- 使用数值表和维度表以及 `star_transformation_enabled` 参数设置为的星型架构 TRUE
- 压缩功能，例如 HCC、高级压缩或基本压缩
- OLAP 功能
- 数据库中存在 `query_rewrite_enabled` 设置为的实例化视图 TRUE
- 大规模并行处理
- I/O 占用空间大

另一方面，针对 OLTP 优化的数据库具有较小的数据库块大小 (8K 或更小)、单块读取、高并发性、高缓冲区缓存命中率以及事务的串行执行。在 Exadata 中，通常会看到反模式，即专为 OLTP 工作负载设计的数据库大量用于分析查询，或者反之亦然。Oracle 数据库极不可能用于纯粹的 OLTP 工作负载，因为为了方便起见，在事务数据库上运行报告查询是一种常见的做法。

Oracle 动态性能视图、自动工作量存储库 (AWR) 报告和 Statspack 报告中提供的各种系统统计信息可以揭示数据库工作负载与 OLTP 或 OLAP 系统的相似程度。该统计数据 `Physical read total multi block requests` 表示每个请求在两个或更多数据库块中读取的读取请求总数。`Physical read total IO requests` 和之间的差异 `Physical read total multi block requests` 表示数据库发出的单块读取请求的总数。大量的多块请求通常表示一个 OLAP 系统，而大量的单块读取请求则表示 OLTP 系统。此外，AWR 报告中的以下统计数据还可以揭示在 Oracle 数据库上运行的工作负载主要是 OLTP 还是 OLAP 工作负载：

- **user commits**— 反映在交易边界处发出的提交数量。通常，OLTP 系统有大量的小型事务，这会导致大量用户提交。另一方面，OLAP 系统运行的繁重事务数量较少。
- **Buffer hit**— 表示在不需要访问磁盘的情况下在缓冲区缓存中找到请求块的频率。OLTP 系统的缓冲命中率通常高于 99%，而 OLAP 系统的缓冲命中率通常较低。

下表汇总了 OLTP 和 OLAP 系统之间工作负载特性的常见差异。

特征	OLTP	OLAP
区块大小	<= 8K	> 8K
提交率	高	低
缓冲区缓存命中率	> 99%	< 99%
突出的 I/O 等待事件	数据库文件顺序读取，日志文件同步	DB 文件分散读取，直接读取路径
平均 I/O 请求大小 (I/O 吞吐量/IOPS)	< 12K	> 400K
星形架构	不存在	可能存在
star_transformation_enabled 参数	FALSE	TRUE
并行度	低度或残疾	以高度启用

如果您的数据库主要支持 OLAP 工作负载，那么当您在工作负载迁移到时，可能更适合专门构建的数据仓库解决方案，例如 [Amazon Redshift](#)。AWS 然后，您可以使用诸如 [Amazon S3](#)、[Amazon Athena](#) 和 [亚马逊之类的服务构建分析解决方案](#)。AWS QuickSight 对于 OLTP 工作负载，如果您依赖于 [Oracle 数据库](#)，[Amazon RDS 有六种关系引擎可供选择，包括适用于 Oracle 的 Amazon RDS](#)。如果你不这样做，你可以选择开源引擎，例如 [适用于 PostgreSQL 的 Amazon RDS 或兼容 Aurora PostgreSQL 的引擎](#)。[Amazon DynamoDB](#) 还可以托管高度可扩展的事务系统，这些系统不需要关系模型，可以由键值存储提供服务。

读/写比率

另一个重要因素是要迁移的数据库上托管的工作负载的读/写比率。大多数 OLTP 系统也用于报告目的，并且对关键事务数据库运行临时的、资源密集型的查询。这通常会导致关键应用程序组件出现性能问题。可以将那些不太重要、资源密集型的报告查询重定向到生产实例的副本，以避免对关键生产应用程序造成任何性能影响。AWR physical writes 统计数据反映写入磁盘的数据块总数，physical reads 统计数据指定从磁盘读取的数据块总数。使用这些统计信息，您可以按如下方式确定工作负载的读取百分比：

$$\text{Read percentage} = \text{physical reads} / (\text{physical reads} + \text{physical writes}) * 100$$

根据事务在数据库上发出读取操作的方式，您可以在目标架构中部署数据库外部的[只读副本](#)解决方案或缓存解决方案（例如 A [amazon ElastiCache](#)）。这有助于减少主数据库实例处理读取工作负载所需的资源。[Amazon Aurora](#) 是一款云原生关系数据库引擎，属于 Amazon RDS 系列，它提供了一个[自动扩展选项](#)，可支持高度可扩展的只读工作负载，最多可容纳 15 个读取实例。您还可以使用 A [urora 全球数据库](#)跨越多个 AWS 区域，在每个区域实现快速的本地读取操作和低延迟。

非关系工作负载

Oracle 数据库版本 12.c 支持通过关系数据库功能原生存储 JSON 数据。在 21c 中，甲骨文数据库引入了 JSON 数据类型。此外，简单 Oracle 文档访问 (SODA) 功能允许您使用 No APIs SQL 创建、存储和检索文档集合。您也可以使用 Oracle Graph Server 处理图形工作负载。[但是，当您使用 AWS 专门构建的数据库（例如亚马逊 DynamoDB、Amazon Document DB 或 Amazon Neptune）时，您可以最有效地运行这些非关系工作负载。](#)这些服务专门针对 NoSQL 访问模式和特殊用例进行了优化。

数据库引擎依赖关系

许多客户考虑将其工作负载从 Oracle 数据库迁移到兼容 [Amazon Aurora PostgreSQL](#) 的数据库中。该 AWS 服务提供具有成本效益的云原生关系数据库，具有企业级功能、增强的性能和安全性，无需支付许可费用。[使用 \(\) 和 AWS DMS\(\)，从 Oracle 数据库到 PostgreSQL 的异构迁移变得更加容易](#)[AWS Database Migration Service](#)。[AWS Schema Conversion Tool](#)[AWS SCT](#) [AWS SCT](#) 使异构数据库迁移变得可预测。它会自动将大多数架构和代码对象转换为目标平台，还可以预测在无法进行自动转换时手动转换对象所需的工作量。

异构迁移可能并非在所有迁移场景中都是可行的。例如，涉及 Oracle 打包应用程序（例如 Oracle 电子商务套件 (Oracle EBS)）的工作负载无法轻松迁移到 PostgreSQL 或其他数据库引擎。同样，对依赖于 Oracle 数据库特定功能（例如 Java 虚拟机 (JVM) 或高级压缩）的应用程序进行现代化改造可能需

要更多的时间、精力和资源。在发现阶段，您应该分析您的应用程序可能与 Oracle 数据库及其功能存在的任何依赖关系。根据迁移复杂性、所需工作量、成本效益和技能组合等因素，考虑将工作负载迁移到开源引擎的可行性。

数据库版本和版本

如果您的 Exadata 工作负载可以托管在 Oracle 数据库上 AWS，则有多个选项可供选择，包括适用于 Oracle 的 [Amazon RDS](#)、[适用于 Oracle 的 Amazon RDS Custom EC2](#)、[亚马逊上的自我管理实例和启用的 Oracle Real Application Cluster \(RAC\) 部署选项](#)。AWS 您应该评估您的应用程序对特定版本或版本的 Oracle 数据库可能存在的任何依赖关系。如果您的应用程序依赖于旧版本的 Oracle 数据库，那么当您尝试在 Amazon RDS for Oracle 中部署该版本时，您可能会遇到困难，这会强制执行 Oracle 支持生命周期。另一方面，适用于 Oracle 的 Amazon RDS Custom 使用自带媒体 (BYOM) 和自带许可 (BYOL) 策略，这些策略目前允许您部署旧版本的 Oracle 数据库，例如 12.1、12.2 和 18c。

您可以考虑从 Oracle 数据库企业版 (EE) 迁移到标准版 2 (SE2)，以降低许可成本。了解功能依赖关系和缓解策略的高级规划是成功从 Oracle Database EE 迁移到的关键。SE2 Amazon RDS for Oracle 提供 [两种许可选项](#)：附带许可 (LI) 和 BYOL。如果您对 Oracle 数据库使用 LI 选项 SE2，则无需单独购买 Oracle 数据库许可证。您可以使用 LI 许可证运行 Oracle 数据库，AWS 无需 SE2 与 Oracle 签订支持合同，也无需支付年度支持费。LI 定价包括软件、底层硬件资源和 Amazon RDS 管理功能。通过在 LI 模型中使用按需实例，您可以按小时为数据库实例付费，无需长期合约。

AWS SCT 可以分析您的工作负载当前对 Oracle 数据库 EE 特定功能的使用情况。AWS SCT 报告的 @@ 许可评估和云支持部分提供了有关正在使用的 Oracle 功能的详细信息，以确保您在迁移到 Amazon RDS for Oracle 时能够做出明智的决定。

如果您的工作负载使用 Oracle Database EE 功能和选项（例如用于实现高可用性的 Oracle Data Guard 或根据 Oracle 诊断包获得许可的自动工作负载存储库 (AWR)）来诊断性能问题，则可能仍然可以继续迁移到 Oracle 数据库 SE2。AWS Amazon RDS 多可用区选项可提供高可用性并有助于防止数据丢失。此功能在不依赖于 Oracle Data Guard 的情况下使用存储复制，并且适用于 Oracle Database EE 和 SE2。同样，通过使用具有 [Performance Insights](#)、[Amazon CloudWatch 指标和增强监控等 AWS 监控功能的 Oracle Statspack](#)，[无需使用 Oracle Diagnostics Pack 即可满足性能监控要求](#)。

在 [Amazon RDS for Oracle 上发布的博客文章《重新思考 Oracle 标准版二》](#) 讨论了在使用 Oracle 数据库 SE2 时缩小亚马逊 RDS for Oracle 功能差距的各种策略。我们还建议您查看 AWS 规范性指南出版物 [《评估在 Amazon RDS for Oracle 上将 Oracle 数据库降级为标准版 2 AWS 以及将 Oracle 数据库企业版重新平台降级为标准版 2》](#)。

整合数据库

当主要目标是通过提高基础架构资源的利用率来降低数据库环境的成本时，Exadata 被认为是整合 Oracle 数据库的便捷平台。当单个数据库工作负载无法充分利用 Exadata 系统的所有资源和功能时，在 Exadata 中整合数据库有助于证明 Exadata 的高昂成本。整合还有助于提高运营效率和标准化。

Exadata 平台上的常见策略包括整合：

- 作为 Exadata 系统中单个真实应用程序集群 (RAC) 一部分的多个数据库
- 部署在不同的 RAC 和单实例数据库 RACs 或组合数据库下的多个数据库
- 容器数据库中有多个可插拔数据库 (PDBs)
- 单个数据库中有多个架构

这些整合策略往往使人们难以满足与 Exadata 中整合的工作负载相关的不同级别的安全性、可扩展性、性能和 SLA 要求。

开启 AWS 后，您无需整合数据库即可轻松扩展资源并采用经济实惠的部署模式。但是，出于各种原因，包括架构之间复杂的相互依赖关系或多个数据库之间的低延迟数据库链接，您可能仍希望在目标 AWS 环境中整合数据库和架构。

将 Oracle 数据库整合到以下位置的注意事项 AWS：

- 您可以在开启任何 Oracle 部署模型的情况下实施架构整合策略 AWS。
- 适用于 Oracle 的 Amazon RDS 和适用于 Oracle 的 Amazon RDS Custom 支持在容器数据库中包含多个可插拔数据库的多租户架构。

Exadata 功能使用情况

本节讨论在迁移 Exadata 工作负载时应考虑的关键 Exadata 功能。这些功能包括智能扫描、混合列压缩 (HCC)、存储索引和永久内存 (PMEM)。本节还讨论了评估工作负载的 Exadata 功能依赖性的方法、如何衡量 Exadata 功能的使用程度，以及在不使用 Exadata 特定功能的情况下在目标平台上满足应用程序要求的策略。

Note

Oracle 通过定期推出新的硬件和软件功能来增强 Exadata。涵盖所有这些功能超出了本指南的范围。

本节内容：

- [智能扫描](#)
- [存储索引](#)
- [智能闪存缓存](#)
- [混合列压缩](#)
- [I/O 资源管理](#)
- [永久内存 \(PMEM\)](#)
- [Exadata 功能和替代方案摘要 AWS](#)

智能扫描

Exadata 使用其数据库感知存储子系统，通过将一些 SQL 处理移至存储单元服务器，将处理工作从数据库服务器上卸载。Exadata Smart Scan 可以通过卸载的过滤和列投影来减少返回到数据库服务器的数据量。此功能解决了处理大型数据集的两个主要挑战：将大量和不必要的从存储层传输到数据库服务器，以及筛选所需数据所花费的时间和资源。智能扫描是单元卸载处理的一项重要功能，它还包括数据文件初始化、HCC 解压缩和其他功能。

来自智能扫描的数据流无法在系统全局区域 (SGA) 缓冲池中进行缓冲。智能扫描需要直接读取路径，该路径在程序全局区域 (PGA) 中进行缓冲。SQL 语句必须满足一些要求才能使用智能扫描：

- SQL 语句查询的段必须存储在 Exadata 系统中，其中 ASM 磁盘组设置 `cell.smart_scan_capable` 属性设置为 `TRUE`
- 必须执行全表扫描或索引快速完全扫描操作。
- SQL 语句中涉及的段必须足够大，才能进行[直接路径读取操作](#)。

要评估智能扫描在 Exadata 系统中的效率，应考虑以下关键数据库统计信息：

- `physical read total bytes`— 数据库发出的读取操作的 I/O 字节总量，无论该操作是否已卸载到存储服务器。这表示数据库服务器向 Exadata 存储单元发出的读取操作总数（以字节为单位）。该值反映了在不进行调整的情况下将工作负载迁移到 AWS 时，AWS 上的目标平台必须满足的读取 I/O 容量。
- `cell physical IO bytes eligible for predicate offload`— 输入到 Smart Scan 且符合谓词卸载条件的读取操作量（以字节为单位）。

- `cell physical IO interconnect bytes`— 通过数据库服务器和存储单元之间的互连交换的 I/O 字节数。这涵盖了数据库和存储节点之间的所有类型的 I/O 流量，包括智能扫描返回的字节、不符合智能扫描条件的查询返回的字节以及写入操作。
- `cell physical IO interconnect bytes returned by smart scan`— 单元为智能扫描操作返回的 I/O 字节。这是智能扫描的输出。
- `cell physical IO bytes eligible for predicate offload`— 您可以将此值与物理读取总字节数进行比较，以了解总共有多少读取操作需要进行智能扫描。`cell physical IO bytes eligible for predicate offload` (智能扫描的输入) 与 `cell physical IO interconnect bytes returned by smart scan` (智能扫描的输出) 的比率表示智能扫描的效率。对于主要包含读取操作的 Exadata 系统，与的比率 `cell physical IO interconnect bytes` 可以表示 `cell physical IO interconnect bytes returned by smart scan` 对智能扫描的依赖性。但是，情况可能并非总是如此，因为 `cell physical IO interconnect bytes` 还包括计算服务器和存储服务器之间两倍的写入操作 (使用 ASM 镜像)。

您可以从 [AWR 报告中或通过直接查询底层 V\\$ 视图 \(例如, 和\)](#) 来获取这些数据库 I/O 统计数据和 [Exadata 特定的指标](#)。V\$SYSSTAT V\$ACTIVE_SESSION_HISTORY V\$SQL

以下示例来自从 Exadata 系统收集的 AWR 报告，该数据库请求了 5.7 Gbps 的读取吞吐量，其中 5.4 Gbps 符合智能扫描条件。在数据库和计算节点之间的 39 MBps 5 MBps 个互连流量中，智能扫描输出占了 55 个。这些统计数据表明 Exadata 系统高度依赖智能扫描。

Statistic	Total	per Second
physical read total bytes	41,486,341,567,488	5,758,375,137.90
cell physical IO bytes eligible for predicate offload	39,217,360,822,272	5,443,436,754.68
cell physical IO interconnect bytes	2,846,913,082,080	395,156,370.37
cell physical IO interconnect bytes returned by smart scan	400,725,918,720	55,621,456.14

您可以使用 V\$SQL 视图的以下各列来评估 SQL 级别的智能扫描效率和依赖关系。

- `IO_CELL_OFFLOAD_ELIGIBLE_BYTES`— Exadata 存储系统可以筛选的 I/O 字节数。
- `IO_INTERCONNECT_BYTES`— Oracle 数据库和存储系统之间交换的 I/O 字节数。
- `PHYSICAL_READ_BYTES`— 受监视的 SQL 从磁盘读取的字节数。

以下查询输出显示了智能扫描对具有 SQL ID 的 SQL 查询的好处 xn2fg7abff2d。

```
select
```

```

ROUND(physical_read_bytes/1048576) phyrd_mb
, ROUND(io_cell_offload_eligible_bytes/1048576) elig_mb
, ROUND(io_interconnect_bytes/1048576) ret_mb
, (1-(io_interconnect_bytes/NULLIF(physical_read_bytes,0)))*100 "SAVING%"
from v$sql
where sql_id = 'xn2fg7abff2d' and child_number = 1;

```

PHYRD_MB	ELIG_MB	RET_MB	SAVING%
10815	10815	3328	69.2%

要测试云安全扫描对工作负载的影响，您可以通过在系统、会话或查询FALSE级别将cell_offload_processing参数设置为来禁用该功能。例如，要禁用 SQL 语句的 Exadata 存储服务器单元卸载处理，可以使用：

```
select /*+ OPT_PARAM('cell_offload_processing' 'false') */ max(ORDER_DATE) from SALES;
```

要禁用数据库会话的 Exadata 存储服务器单元卸载处理，可以设置以下 Oracle 数据库初始化参数：

```
alter session set CELL_OFFLOAD_PROCESSING=FALSE;
```

要禁用整个 Exadata 数据库的 Exadata 存储服务器单元卸载处理，可以设置：

```
alter system set CELL_OFFLOAD_PROCESSING=FALSE;
```

迁移到 AWS

最初将工作负载迁移到 Exadata 时，通常会实施几项设计更改以支持智能扫描，包括删除架构索引以支持全表扫描。当您将此类工作负载迁移到非 ExaData 平台时，您需要撤消这些设计更改。

将 Exadata 工作负载迁移到时 AWS，请考虑以下调整操作，以优化使用智能扫描的查询的性能：

- 使用内存优化型实例并配置更大的 SGA 以提高缓冲区命中率。
- 识别以次优执行计划运行的查询，并对其进行调整以减少其 I/O 占用空间。
- 调整优化器参数（如db_file_multiblock_read_count和）optimizer_index_cost_adj以避免全表扫描。
- 选择适当的压缩选项。
- 根据需要创建其他架构索引。

存储索引

存储索引是一种基于内存的结构，可减少在 Exadata 存储单元中执行的物理 I/O 量。存储索引会跟踪列的最小值和最大值，此信息用于避免不必要的 I/O 操作。存储索引使 Exadata 无需访问不包含查询所查找数据的存储区域，从而加快 I/O 操作。

以下数据库统计信息有助于评估系统中存储索引的好处：

- cell physical IO bytes saved by storage index— 显示在存储单元级别应用存储索引减少了多少字节的 I/O。
- cell IO uncompressed bytes— 反映存储索引筛选和任何解压缩后用于卸载谓词的数据量。

有关这些内容的更多信息，请参阅 [Oracle 文档](#)。在以下示例中，从 Exadata 系统收集的 AWR 报告中，5.4 Gbps 的读取操作符合智能扫描条件。其中 4.6 Gbps 的 I/O 操作在谓词卸载之前由单元处理，55 MBps Gbps 返回到计算节点，按存储索引节省了 820 MBps 个 I/O。在此示例中，对存储索引的依赖性不是很高。

Statistic	Total	per Second
cell physical IO bytes eligible for predicate offload	39,217,360,822,272	5,443,436,754.68
cell physical IO interconnect bytes returned by smart scan	400,725,918,720	55,621,456.14
cell physical IO bytes saved by storage index	5,913,287,524,352	820,775,330.00
cell IO uncompressed bytes	33,217,076,600,832	4,610,586,117.33

迁移到 AWS

如果您迁移到不提供存储索引的平台，则在大多数情况下，您可以创建架构索引以避免全表扫描并减少查询访问的块数。要测试存储索引对工作负载性能的影响，请在系统、会话或查询 TRUE 级别将 `kcfis_storageidx_disabled` 参数设置为。

例如，使用以下 SQL 语句在会话级别禁用存储索引：

```
alter session set "_KCFIS_STORAGEIDX_DISABLED"=TRUE;
```

智能闪存缓存

Exadata Smart Flash Cache 功能将数据库对象缓存在闪存中，以提高访问数据库对象的速度。Smart Flash Cache 可以确定需要缓存哪些类型的数据段和操作。它可以识别不同类型的 I/O 请求，因此不可重复的数据访问（例如 RMAN 备份 I/O）不会从缓存中清除数据库块。您可以使用 ALTER 命令将热门

表和索引移动到智能闪存缓存。使用写回 Flash Cache 功能时，Smart Flash 还可以缓存数据库块写入操作。

Exadata 存储服务器软件还提供 Smart Flash Logging，以加快重做日志写入操作并缩短日志文件同步事件的服务时间。此功能同时对闪存和磁盘控制器缓存执行重做写入操作，并在两者中的第一个完成时完成写入操作。

以下两个统计数据提供了对 Exadata 智能闪存性能的快速见解。它们可在动态性能视图找到，例如 AWR 报告的“全局活动统计信息”或“实例活动统计信息”部分。V\$SYSSTAT

- Cell Flash Cache read hits— 记录在智能闪存中找到匹配项的读取请求的数量。
- Physical read requests optimized— 记录通过智能闪存缓存或通过存储索引优化的读取请求数。

从存储单元收集的 Exadata 指标也有助于了解工作负载如何使用智能闪存缓存。以下 [cellCLI](#) 命令列出了可用于监控智能闪存缓存使用情况的不同指标。

```
CellCLI> LIST METRICDEFINITION ATTRIBUTES NAME,DESCRIPTION WHERE OBJECTTYPE =
FLASHCACHE
FC_BYKEEP_DIRTY          "Number of megabytes unflushed for keep objects
on FlashCache"
FC_BYKEEP_OLTP          "Number of megabytes for OLTP keep objects in
flash cache"
FC_BYKEEP_OVERWR        "Number of megabytes pushed out of the FlashCache
because of space limit
for keep objects"
FC_BYKEEP_OVERWR_SEC    "Number of megabytes per second pushed out of the
FlashCache because of
space limit for keep objects"
...
```

迁移到 AWS

上不存在智能闪存缓存 AWS。在将 Exadata 工作负载迁移到时，可以缓解这一挑战并避免性能下降的选项很少 AWS，包括以下各节将讨论这些选项：

- 使用扩展内存实例
- 使用带有 NVMe 基于实例存储的实例
- 使用 AWS 存储选项实现低延迟和高吞吐量

但是，这些选项无法重现 Smart Flash Cache 行为，因此您需要评估工作负载的性能，以确保其继续满足您的性能 SLAs。

扩展内存实例

Amazon EC2 提供了许多高内存实例，包括[具有 12 TiB 和 24 TiB 内存的实例](#)。这些实例支持超大的 Oracle SGAs，它可以通过提高缓冲区命中率来减少缺少智能闪存缓存的影响。

具有 NVMe 基于实例存储的实例

实例存储为实例提供临时块级存储。此存储位于已物理附加到主机的磁盘上。实例存储允许工作负载通过将数据存储在 NVMe 基于磁盘的磁盘上来实现低延迟和更高的吞吐量。实例存储中的数据仅在实例的生命周期内保留，因此实例存储非常适合临时表空间和缓存。实例存储可以支持数百万 IOPS 和超过 10 Gbps 的吞吐量，延迟时间为微秒，具体取决于实例类型和 I/O 大小。有关不同实例类别的实例存储读/写 IOPS 和吞吐量支持的更多信息，请参阅 Amazon 文档中的[通用型](#)、[计算优化型](#)、[内存优化型](#)和[存储优化型实例](#)。EC2

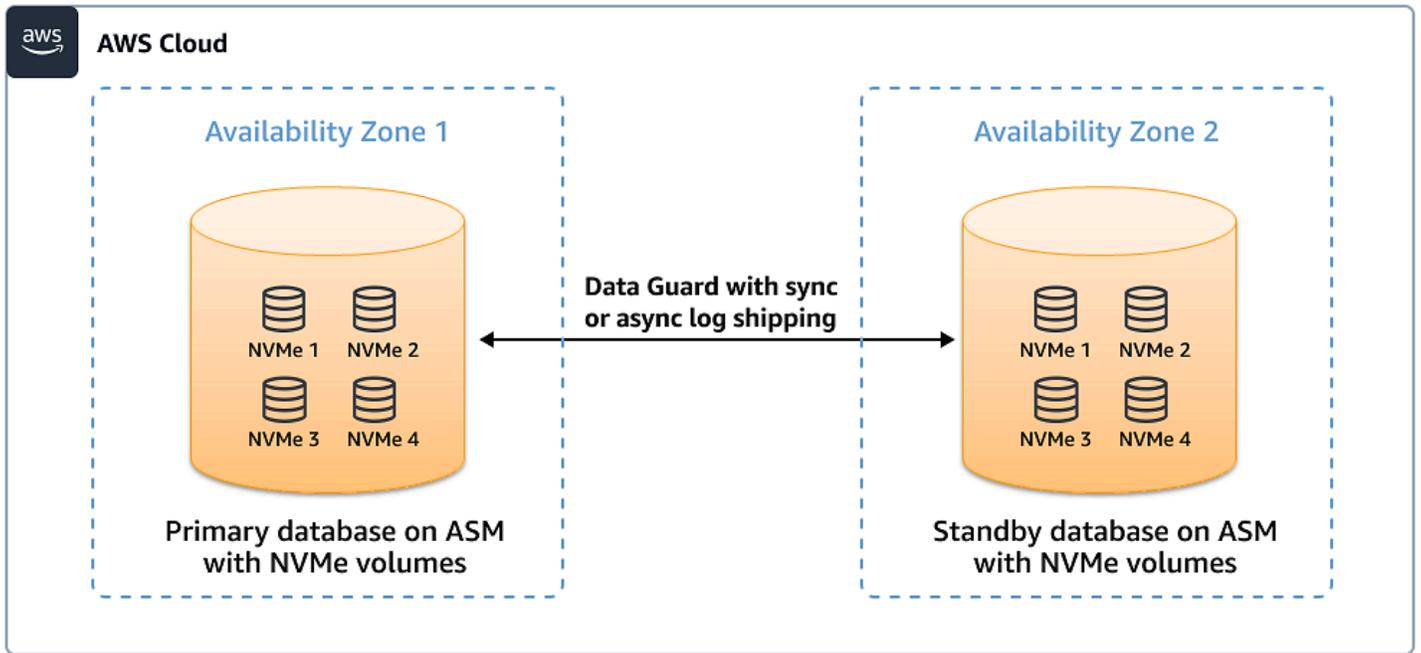
在 Exadata 中，数据库闪存缓存允许用户在实例存储卷上定义第二个缓冲缓存层，平均 I/O 延迟为 100 微秒，以提高读取工作负载的性能。您可以通过设置两个数据库初始化参数来激活此缓存：

- `db_flash_cache_file = /<device_name>`
- `db_flash_cache_size = <size>G`

您还可以为托管在 Amazon EC2 上的 Oracle 数据库设计高性能架构，方法是将数据库文件放在实例存储中，并使用 Oracle 自动存储管理 (ASM) 和 Data Guard 提供的冗余来保护和恢复数据，以防实例存储中的数据丢失。这些架构模式非常适合需要在低延迟下实现极高 I/O 吞吐量的应用程序，并且能够承受更高的 RTO 来在某些故障情况下恢复系统。以下各节简要讨论了两种架构，其中包括托管在 NVMe 基于实例存储上的数据库文件。

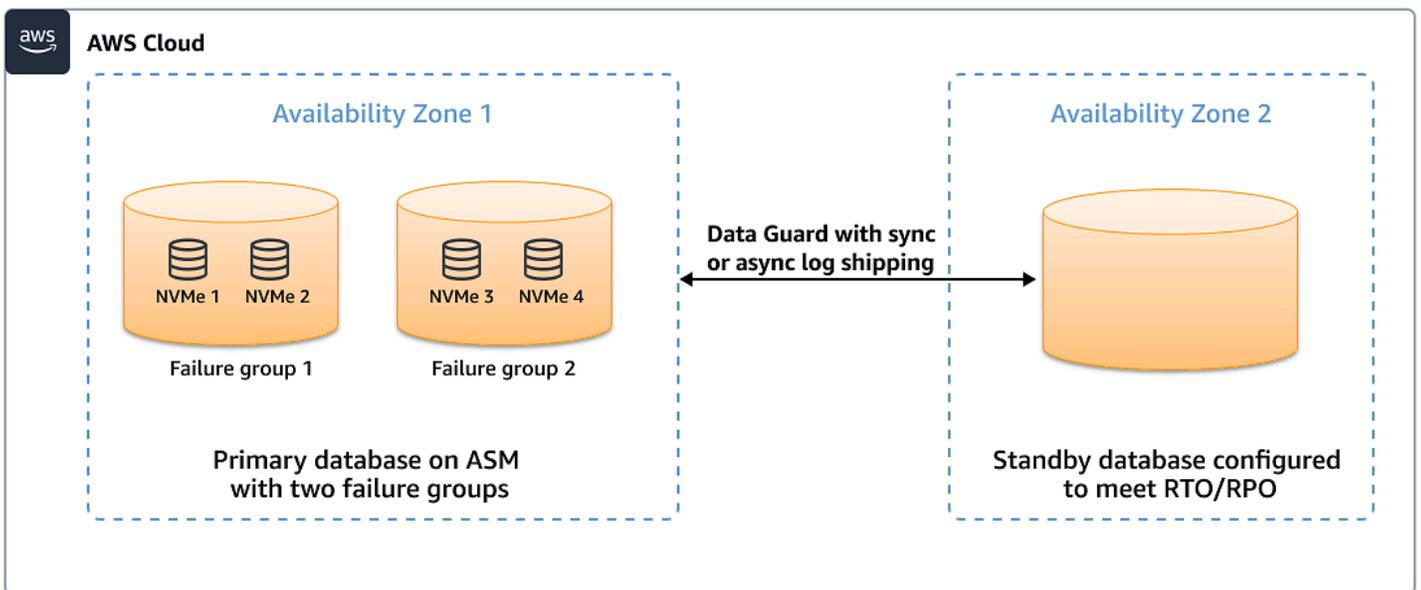
架构 1. 数据库托管在主实例和备用实例的实例存储上，使用 Data Guard 进行数据保护

在此架构中，数据库托管在 Oracle ASM 磁盘组上，以便在多个实例存储卷之间分配 I/O，以实现高吞吐量、低延迟 I/O。Data Guard 备用磁盘放在相同或另一个可用区中，以防止实例存储中的数据丢失。磁盘组配置取决于 RPO 和提交延迟。如果主实例上的实例存储由于任何原因丢失，则数据库可以在数据丢失为零或最少的情况下故障转移到备用实例。您可以配置 Data Guard 观察者进程以自动执行故障转移。读取和写入操作都受益于实例存储提供的高吞吐量和低延迟。



架构 2. 数据库托管在 ASM 磁盘组上，该磁盘组包含两个故障组，这两个故障组将 EBS 卷和实例存储结合在一起

在此架构中，所有读取操作都是使用ASM_PREFERRED_READ_FAILURE_GROUP参数从本地实例存储中执行的。写入操作适用于实例存储卷和亚马逊弹性块存储 (Amazon EBS) 卷。但是，Amazon EBS 带宽专用于写入操作，因为读取操作会转移到实例存储卷。如果实例存储中的数据丢失，则可以基于 EBS 卷从 ASM 故障组中恢复数据，也可以从备用数据库中恢复数据。有关更多信息，请参阅 Oracle 白皮书《[使用 ASM 进行镜像和故障组](#)》。您可以将 Data Guard 备用服务器部署在不同的可用区以获得额外保护。



Amazon RDS for Oracle 支持[数据库智能闪存缓存和实例存储上的临时表空间](#)。Oracle 数据库工作负载可以使用此功能来降低读取操作的延迟、更高的吞吐量以及高效地利用 Amazon EBS 带宽进行其他数据库 I/O 操作。db.m5d、db.r5d、db.x2idn 和 db.x2iedn 实例类目前支持此功能。有关最新信息，请参阅 Amazon RDS 文档中的[RDS for Oracle 实例存储支持的实例类](#)。

AWS 存储选项适用于需要低延迟和高吞吐量的工作负载

Amazon RDS for Oracle 目前支持的 EBS 卷类型，即 [gp2](#)、[gp3](#) 和 [io1](#)，都基于固态硬盘 (SSD)。SSDs 当您使用相应的 [Amazon EBS 优化实例类](#) 部署这些卷类型时，它们通常可以满足您的服务时间和吞吐量要求。IOPs

对于在亚马逊上自行管理的 Oracle 数据库部署 EC2，Amazon EBS [io2](#) 和 [io2 Block Express EBS 卷](#) 为需要更低延迟和更高吞吐量的工作负载提供了更多选择。

需要更高吞吐量或微秒延迟的工作负载在亚马逊上部署为自管理 Oracle 数据库时，可以使用不基于 Amazon EBS 的存储卷。EC2 例如，[Amazon FSx for OpenZFS](#) 可以提供超过 100 万个 IOPS，吞吐量为 20 Gbps 或更高，延迟为几百微秒。[Amazon FSx for NetApp ONTAP](#) 可以提供数十万个 IOPS，延迟不到一毫秒。

混合列压缩

Exadata 中的 Oracle 混合列压缩 (HCC) 允许在 Oracle 数据库的可用压缩选项中实现最高的压缩比。它同时使用数据库和 Exadata 存储功能来实现高压缩率，从而降低存储成本，并因减少 I/O 而提高某些工作负载的性能。有两个 HCC 选项：仓库压缩和存档压缩。当您使用智能扫描查询来解压存储单元中的 HCC 压缩单元时，仓库压缩可以降低存储成本并提供更好的性能。Archive Compression 是一种信息生命周期管理 (ILM) 解决方案，它以牺牲性能开销为代价提供了更高的压缩率，适用于很少访问的数据。

您可以使用以下查询来识别启用了压缩功能的表：

```
select table_name, compression, compress_for from dba_tables where compression = 'ENABLED';
```

对于启用 HCC 的表，该 `compress_for` 列根据配置显示以下值之一：

```
QUERY LOW, QUERY HIGH, ARCHIVE LOW, ARCHIVE HIGH
```

此外，您还可以使用该 `DBMS_COMPRESSION.GET_COMPRESSION_TYPE` 函数来了解分段的 HCC 配置，以及分析允许使用 HCC 的分段的压缩率的 `dbms_compression.get_compression_ratio` 过程。

在以下示例中，TEST_HCC是一个大小约为 30 MB 的表。通过使用该选项，它已启用 HCC。ARCHIVE HIGH的输出dbms_compression.get_compression_ratio显示该表的压缩率为 19.4。

如果没有 HCC，此表的大小将增加到大约 580 MB。

```
SET SERVEROUTPUT ON

DECLARE
l_blkcnt_cmp PLS_INTEGER;
l_blkcnt_uncmp PLS_INTEGER;
l_row_cmp PLS_INTEGER;
l_row_uncmp PLS_INTEGER;
l_cmp_ratio NUMBER;
l_comptype_str VARCHAR2(32767);

BEGIN
DBMS_COMPRESSION.get_compression_ratio (
    scratchtbsname => 'USERS',
    ownname => upper('TEST_USER'),
    objname => upper('TEST_HCC'),
    subobjname => NULL,
    comptype => DBMS_COMPRESSION.COMP_ARCHIVE_HIGH,
    blkcnt_cmp => l_blkcnt_cmp,
    blkcnt_uncmp => l_blkcnt_uncmp,
    row_cmp => l_row_cmp,
    row_uncmp => l_row_uncmp,
    cmp_ratio => l_cmp_ratio,
    comptype_str => l_comptype_str,
    subset_numrows => DBMS_COMPRESSION.comp_ratio_allrows,
    objtype SQL> => DBMS_COMPRESSION.objtype_table
);

DBMS_OUTPUT.put_line('Number of blocks used (compressed) : ' || l_blkcnt_cmp);
DBMS_OUTPUT.put_line('Number of blocks used (uncompressed) : ' || l_blkcnt_uncmp);
DBMS_OUTPUT.put_line('Number of rows in a block (compressed) : ' || l_row_cmp);
DBMS_OUTPUT.put_line('Number of rows in a block (uncompressed) : ' || l_row_uncmp);
DBMS_OUTPUT.put_line('Compression ratio : ' || l_cmp_ratio);
DBMS_OUTPUT.put_line('Compression type : ' || l_comptype_str);
END;
/
Compression Advisor self-check validation successful. select count(*) on both
Uncompressed and EHCC Compressed format = 3851900 rows
Number of blocks used (compressed) : 3816
Number of blocks used (uncompressed) : 74263
```

```
Number of rows in a block (compressed) : 1009
Number of rows in a block (uncompressed) : 51
Compression ratio : 19.4
Compression type : "Compress Archive High"
PL/SQL procedure successfully completed.
```

迁移到 AWS

由于 HCC 是一种依赖于硬件的专有压缩技术，因此在迁移到目标平台的过程中，必须对启用 HCC 的分段进行解压缩。AWS 由于 Exadata HCC 功能提供了很高的压缩率，因此通常将存档数据与访问频率较低的数据一起存储在 Exadata 中。要解决在 AWS 没有 HCC 的情况下管理较大数据集的难题，可以考虑将数据集的非活动部分移出主数据库，然后将其存储在其他廉价且高效的存储解决方案中，例如 [Amazon S3 Intelligent-Tiering](#)。这可能需要更改应用程序逻辑或工作流程，具体取决于您的应用程序访问非活动数据的方式。有关更多信息，请参阅本指南的[数据生命周期管理部分](#)。

对于依赖于 Oracle 数据库的工作负载，也可以将启用 HCC 的数据段转换为使用 Oracle 数据库提供的基本或高级压缩功能。只有 Oracle 数据库 EE 支持基本压缩和高级压缩。高级压缩需要额外的许可。Amazon EC2 和 Amazon RDS 支持这两个压缩选项。

I/O 资源管理

I/O 资源管理 (IORM) 是一项 Exadata 功能，用于管理多个工作负载和数据库如何共享 Exadata 系统的 I/O 资源。IORM 补充了 Oracle 数据库资源管理器 (DBRM)，为整合环境中的不同工作负载提供必要的隔离。每当 I/O 请求开始使存储单元服务器的 I/O 容量饱和时，IORM 都会根据您配置的资源计划安排传入的 I/O 请求并确定其优先级。

您可以使用 My Oracle Support (MOS) Note 337265.1，收集 [I/O 资源管理器指标的工具](#)：[metric_iorm.pl \(需要 Oracle 帐户\)](#) 中讨论的脚本 [metric_iorm.pl](#) 从 Exadata 存储单元中收集 [IORM 指标](#)。当您将工作负载迁移到 AWS 上的目标平台时，这些指标可用于组织在 Exadata 的整合环境中运行的工作负载。

迁移到 AWS

在中 AWS Cloud，我们建议您在不同的实例上托管不同的工作负载。这种方法为根据各个应用程序的资源、性能和 SLA 要求维护数据库提供了更大的灵活性，而不是将它们整合到单个实例中。将此类工作负载迁移到以下位置时，以下做法可能很有用 AWS：

- 确定数据库之间的相互依赖关系，并对必须迁移到目标平台上同一实例的工作负载进行分类。这些数据库可能具有无法解析的跨架构引用或低延迟的数据库链接连接。

- 根据您使用 `metric_iorm.pl` 脚本收集的统计信息，识别启动并受益于 IORM 的数据库和工作负载。使用此信息来确定可以整合或迁移到独立实例的数据库。选择适当的存储类型和实例类以避免 I/O 饱和。
- 如果目标平台是 Oracle 数据库，请考虑使用 [Oracle 数据库资源管理器 \(DBRM\)](#) 为与多个可插拔数据库或架构整合在同一实例中的多个工作负载确定优先级或限制 CPU、PGA 和并行度等资源。
- 考虑实施缓存解决方案，例如 [Amazon ElastiCache](#) 和 [Amazon RDS for Oracle 只读副本](#)，为只读工作负载提供服务。这些解决方案减少了主实例上的 I/O 占用空间。
- 对于不依赖于 Oracle 数据库的工作负载，[Amazon Aurora](#) 提供了一种分布式解耦架构，可提供高 I/O 吞吐量。通过设计具有适当数量的读取器实例的 Aurora 集群并使用 [Amazon Aurora 全球](#) 数据库等功能，您可以满足 I/O 密集型繁重的工作负载的需求。

永久内存 (PMEM)

Oracle Exadata X8M 及更高版本使用永久内存 (PMEM) 来实现更高的 I/O 速率和低延迟的存储访问。Exadata 能够通过 PMEM 与通过聚合以太网 (RoCE) 进行远程直接内存访问，从而绕过代码层，实现低于 19 微秒的存储延迟。PMEM 缓存与 Exadata Smart Flash Cache 配合使用，提供三层存储层：PMEM 充当热存储层，智能闪存缓存作为温存储层，存储单元中的磁盘作为冷存储层，以提供更高的 IOPS 和更高的提交操作性能。

从 AWR 统计数据可以看出 PMEM 的性能优势是，读取等待事件（例如单元单块物理读取）和重做日志写入等待事件（例如日志文件同步和日志文件并行写入）的服务时间很短（以微秒为单位）。您还可以使用其他统计信息来监控 PMEM 缓存命中率，例如单元格 `pmem` 缓存读取命中率和单元格 `pmem` 缓存写入量，这些统计数据可在动态性能视图（例如 `V$SYSSTAT` 和 AWR 报告）中找到。

迁移到 AWS

EC2 AWS 上的实例目前不提供 PMEM 功能。但是，具有大内存容量的 EC2 实例可以支持可以缓存 Oracle 数据库对象 SGAs 的超大型 Oracle。对于需要以微秒为单位的读写服务时间的工作负载，[Amazon for OpenZFS 可以提供超过 100 万个 IOPS，吞吐量 FSx 为 20 Gbps 或更高，延迟为几百微秒。](#)

Exadata 功能和替代方案摘要 AWS

下表总结了在将 Exadata 工作负载迁移到 AWS 时解决缺失 Exadata 功能的常见策略和方法。有关每个 Exadata 功能和 AWS 替代方案的详细讨论，请参阅前面的章节。

Exadata 功能	解决功能差距的策略	适用的迁移策略
智能扫描	使用内存优化型实例。	重新托管、重定平台、重构
	优化 SGA/PGA 配置。	重新托管、重定平台
	调整优化器参数，例如。optimizer_index_cost_adj	重新托管、重定平台
	创建其他架构索引。	重新托管、重定平台、重构
	优化 SQL 以减少 I/O 占用空间。	重新托管、重定平台、重构
存储索引	创建适当的架构索引。	重新托管、重定平台、重构
智能闪存缓存	使用内存优化型实例。	重新托管、重定平台、重构
	优化 SGA。	重新托管、重定平台
	使用本地 SSD 存储在亚马逊 EC2 或亚马逊 RDS for Oracle 上配置数据库闪存功能。	重新托管、重定平台
	使用外部缓存解决方案，例如 Amazon ElastiCache。	重新托管、重定平台、重构
	考虑使用带有 NVMe 磁盘的实例，在 Amazon EC2 上为 Oracle 构建高性能架构。	重新托管
	将 io2 Block Express EBS 卷和亚马逊 FSx 服务视为存储层。	重新托管
	将存档和不常访问的数据迁移到其他存储解决方案。	重新托管、重定平台、重构
混合列压缩 (HCC)	使用高级压缩或基本压缩。	重新托管、重定平台

Exadata 功能	解决功能差距的策略	适用的迁移策略
I/O 资源管理 (IORM)	使用适当的实例和存储类型以避免 I/O 饱和	重新托管、重定平台、重构
	使用 Oracle 数据库资源管理器。	重新托管、重定平台
	使用外部缓存解决方案，例如 Amazon ElastiCache。	重新托管、重定平台、重构
	使用 Amazon Aurora，它提供高 I/O 可扩展性。	重构
永久内存 (PMEM)	使用内存较高的 EC2 实例。	重新托管、重定平台、重构
	可以考虑 io2 Block Express EBS 卷和亚马逊 FSx 服务作为低延迟的存储层。	重新托管

发现阶段的工具

本节讨论了可用于发现阶段的 AWS 和 Oracle 工具以及每种工具的用途。您可以根据自己的要求、技能以及诸如 Oracle 自动工作负载存储库 (AWR) 之类的工具所需的[许可](#)使用此列表中的一个或多个工具。

目的	工具
确定你目前正在使用哪些 Exadata 功能	Oracle 自动工作负载存储库 (AWR) 、 Oracle Enterprise Manager (OEM) 、 字典视图 、 单元控制命令行界面 (cellCLI)
确定您当前正在使用哪些企业版功能	字典视图 ， AWS Schema Conversion Tool (AWS SCT)
分析数据库统计数据 and 等待事件	AWR 、 OEM 、 字典视图
估算资源并调整规模	AWR 、 OEM 、 字典视图 、 cell CLI

目的

工具

AWR

Oracle 自动工作量存储库 (AWR) 包含在 Oracle 数据库企业版 (EE) 中。它会自动收集、处理和维护数据库的性能统计信息。您可以通过 AWR 报告、数据库视图或 Oracle Enterprise Manager (OEM) 访问这些统计信息。当您使用不同的 [Oracle 服务](#) 将多个工作负载整合到单个数据库中时，AWR 会收集服务级别统计信息，这些统计信息对于将这些整合的工作负载调整为独立实例非常有用。AWS

AWR 根据 Oracle 诊断包获得许可 (参见 [许可信息](#))。Statspack 是 AWR 的替代品，是一款用于分析性能统计数据 and 指标的免费工具。但是，Statspack 提供的与 Exadata 组件相关的指标和统计数据级别与 AWR 不同。

您可以为真实应用程序集群 (RAC) 数据库的所有实例或特定的 SQL ID 在实例级别或全局生成 AWR 报告。有关更多信息，请参阅 [Oracle 数据库性能调整指南](#)。

您可以使用 AWR 来分析您的 Exadata 工作负载、您的工作负载使用的特定 Exadata 功能、Exadata 特定功能的好处、不同的数据库统计数据和等待事件，以及在 AWS 上托管工作负载所需的资源。AWR 收集的这些丰富的统计数据和指标跨越 Exadata 系统的多个层，包括数据库服务器、存储单元、互连网络、RAC 和 ASM 磁盘组。下表汇总了 Exadata 迁移期间需要重点关注的关键 AWR 指标和统计数据。涵盖发现阶段的所有相关统计数据和指标超出了本指南的范围。

指标	表示	相关性
用户提交	在交易边界发出的承诺	工作量的性质
缓冲区缓存命中率	在不需要访问磁盘的情况下在缓冲区缓存中发现请求的块的频率	工作量的性质
物理读取多块请求	每个请求在两个或更多数据库块中读取的读取请求总数	工作负载的性质、I/O 特征
物理读取总数 I/O 请求数	读取请求的总数	工作负载的性质、I/O 特征
符合谓词卸载条件的单元物理 I/O 字节	磁盘上符合谓词卸载条件的字节数	Exadata 智能扫描功能依赖关系

指标	表示	相关性
信元物理 I/O 互连字节	通过数据库主机和单元之间的互连交换的 I/O 字节数	Exadata 智能扫描功能依赖关系
智能扫描返回的单元物理 I/O 互连字节	单元为云安全扫描操作返回的 I/O 字节数	Exadata 智能扫描功能依赖关系
存储索引保存的单元物理 I/O 字节	在存储单元级别应用存储索引减少了多少字节的 I/O。	Exadata 存储索引功能依赖关系
物理优化的读取请求	通过 Exadata 智能闪存缓存或通过存储索引优化的读取请求数	Exadata 存储索引和智能闪存缓存功能依赖关系
手机闪存缓存读取命中率	在 Exadata 智能闪存中找到匹配项的读取请求数	Exadata 智能闪存缓存功能依赖关系

cellCLI

单元控制命令行界面 (cellCLI) 是 Exadata 存储单元的命令行管理和监视工具，已在 Exadata 存储单元服务器中预先配置。该实用程序直接从硬件或存储服务器软件中提取信息。

有关 cellCLI 可用指标的完整列表，请参阅 [Oracle Exadata](#) 文档。要查看所有可用指标及其定义的列表，请在从其中一个存储服务器连接到 cellCLI 时运行以下命令。

```
CellCLI>LIST metricDefinition WHERE objectType=cell;
```

要分析不同的指标，请直接连接到存储服务器并使用 cellCLI list metriccurrent 或 list metrichistory 命令进行读取。

```
CellCLI> list metriccurrent

          CD_BY_FC_DIRTY                CD_00_celladm-01
    0.000 MB

...

...

          SIO_IO_WR_RQ_FC_SEC            SMARTIO
    0.000 IO/sec
```

SIO_IO_WR_RQ_HD 3,660,097 IO requests	SMARTIO
SIO_IO_WR_RQ_HD_SEC 0.000 IO/sec	SMARTIO

您必须在单个单元节点上运行 cellCLI 才能收集该节点的指标。您也可以从中运行 cellCLI 命令 dcli 来收集一组单元节点的指标。

```
./dcli -g mycells "cellcli -e list metriccurrent GD_IO_BY_R_LG \
attributes alertstate, metricvalue";
```

Exadata 将许多资源密集型任务转移到存储单元服务器。因此，重要的是要了解存储单元上如何使用各种资源来调整目标环境中的计算实例的大小。下表显示了来自存储单元服务器的一些关键 Exadata 指标，这些指标可以帮助您了解存储单元中资源的使用情况。

指标	描述
CL_CPU	单元 CPU 利用率
CL_MEMUT	使用的物理内存占总内存的百分比
N_HCA_MB_RCV_SEC	InfiniBand 接口每秒接收的兆字节数
N_HCA_MB_TRANS_SEC	InfiniBand 接口每秒传输的兆字节数
N_MB_RECEIVED_SEC	每秒从特定主机接收的速率（兆字节数）
N_MB_SENT_SEC	特定主机每秒发送的速率（兆字节数）
FL_RQ_TM_W_RQ	重做日志写入请求的平均延迟
FL_IO_TM_W_RQ	平均重做日志写入延迟，仅包括写入 I/O 延迟
FC_IO_RQ_W_SKIP_SEC	每秒绕过闪存的写入 I/O 请求数
FC_IO_RQ_R_SKIP_SEC	每秒绕过闪存的读取 I/O 请求数
SIO_IO_EL_OF_SEC	每秒有资格通过智能 I/O 卸载的兆字节数
SIO_IO_OF_RE_SEC	智能 I/O 每秒返回的互连兆字节数

指标	描述
SIO_IO_RD_FC_SEC	通过智能 I/O 每秒从闪存中读取的兆字节数
SIO_IO_RD_HD_SEC	通过智能 I/O 每秒从硬盘读取的兆字节数
SIO_IO_WR_FC_SEC	智能 I/O 每秒 Flash Cache 写入操作的兆字节数
SIO_IO_SI_SV_SEC	存储索引每秒保存的兆字节数

以下 cellCLI 命令对 Exadata 单元节点运行，以显示与 Exadata 关键功能相关的统计信息。

```
CellCLI> list metrictory where collectionTime > '2022-06-13T15:42:00+01:00' and
collectionTime < '2022-06-13T15:43:00+01:00' and name like 'SIO_.*SEC.*'
```

```

SIO_IO_EL_OF_SEC      SMARTIO      1,223 MB/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_OF_RE_SEC      SMARTIO      34.688 MB/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_PA_TH_SEC      SMARTIO      0.000 MB/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_RD_FC_HD_SEC   SMARTIO      0.174 MB/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_RD_FC_SEC      SMARTIO      843 MB/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_RD_HD_SEC      SMARTIO      0.101 MB/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_RD_RQ_FC_HD_SEC SMARTIO      0.183 IO/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_RD_RQ_FC_SEC   SMARTIO      850 IO/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

SIO_IO_RD_RQ_HD_SEC   SMARTIO      0.000 IO/sec
2022-06-13T15:42:03+01:00

```

SIO_IO_RV_OF_SEC 2022-06-13T15:42:03+01:00	SMARTIO	3.392 MB/sec
SIO_IO_SI_SV_SEC 2022-06-13T15:42:03+01:00	SMARTIO	362 MB/sec
SIO_IO_WR_FC_SEC 2022-06-13T15:42:03+01:00	SMARTIO	0.008 MB/sec
SIO_IO_WR_HD_SEC 2022-06-13T15:42:03+01:00	SMARTIO	0.000 MB/sec
SIO_IO_WR_RQ_FC_SEC 2022-06-13T15:42:03+01:00	SMARTIO	0.017 IO/sec
SIO_IO_WR_RQ_HD_SEC 2022-06-13T15:42:03+01:00	SMARTIO	0.000 IO/sec

在这些示例统计数据中，SIO_IO_SI_SV_SEC表示存储索引保存了 362 MBps % 的 I/O，SIO_IO_RD_RQ_FC_SEC表示每秒 850 个 I/O 由闪存提供服务，并SIO_IO_OF_RE_SEC表示智能扫描返回了 34 MBps % 的 I/O。

在另一个示例中，以下dcli命令输出显示 Exadata 系统中所有单元节点的 CPU 利用率都非常低。这可能表明工作负载并未从 Exadata 存储层功能中受益匪浅。

```
dcli -g
../cell_group cellcli -e \
list metriccurrent where name='CL_CPUT';
cm01cel01: CL_CPUT cm01cel01 0.2 %
cm01cel02: CL_CPUT cm01cel02 0.2 %
cm01cel03: CL_CPUT cm01cel03 0.7 %
```

OEM 云控制

Oracle Enterprise Manager (OEM) 云控制为所有关键的 Oracle 系统提供集中、全面的 end-to-end 监控、管理、管理和支持功能。监控和管理 Exadata 的最佳方法是使用 OEM，因为它与所有 Exadata 软件和硬件组件紧密集成。

您可以使用 OEM 仪表板访问到目前为止已经讨论过的许多指标。在 Exadata 迁移的发现阶段有用的一些关键仪表板有：

- 数据库服务器上的资源利用率

- 来自存储单元的存储和 I/O 统计信息
- InfiniBand 交换机统计信息
- ASM 磁盘组统计信息
- 使用 AWR、自动数据库诊断监视器 (ADDM) 和活动会话历史记录 (ASH) 实现数据库性能
- 诸如 SGA 咨询和 SQL 优化顾问之类的咨询工具

但是，有些仪表板是在不同的软件包下获得许可的，例如 Oracle 诊断包或 Oracle 调整包。有关详细信息，请参阅 [Oracle 许可信息](#)。

数据库视图

您可以查询 Oracle 数据库中的数据库视图（字典视图和动态性能视图），以检索与数据库或实例的 Exadata 功能相关的有用统计信息。下表显示了一些主要视图，这些视图显示了对发现阶段有用的关键统计信息。

视图	描述
DBA_TABLES	识别使用 HCC 功能的表
DBA_HIST_SYSSTAT	显示与 Exadata 相关的历史统计数据
DBA_FEATURE_USAGE_STATISTICS	显示有关数据库功能使用情况的信息
DBA_HIST_SQLSTAT	显示有关 SQL 统计信息的历史信息
DBA_HIST_ASM_DISKGROUP_STAT	显示 ASM 磁盘组的性能统计信息
DBA_HIST_CELL_DISK_SUMMARY	显示有关单元上磁盘性能的历史信息
DBA_HIST_ACTIVE_SESS_HISTORY	显示活动会话历史记录
DBA_HIST_DB_CACHE_ADVICE	提供对缓存大小的物理读取操作数量的预测
DBA_ADVISOR_FINDINGS	显示各种咨询任务（例如 SQL 优化顾问）的结果

以下示例显示了从数据库视图中检索到的统计信息，这些统计数据对发现阶段很有用。

此查询显示了数据库中已启用 QUERY HIGH 压缩模式的 HCC 的单个表：

```
select table_name, compression, compress_for from dba_tables where compression =
'ENABLED';
TABLE_NAME COMPRESS COMPRESS_FOR
-----
ORDER_ITEMS ENABLED QUERY HIGH
```

此查询显示数据库功能的使用情况，这有助于确定功能与 Oracle 数据库企业版的依赖性：

```
select
  name          c1,
  detected_usages c2,
  first_usage_date c3,
  currently_used  c4
from dba_feature_usage_statistics
where first_usage_date is not null;
```

feature	times used	first used	used now
Protection Mode - Maximum Performance	24	18-AUG-20	TRUE
Recovery Area	24	18-AUG-20	TRUE
Server Parameter File	24	18-AUG-20	TRUE
Shared Server	4	18-AUG-20	FALSE
Streams (system)	24	18-AUG-20	TRUE
Virtual Private Database (VPD)	24	18-AUG-20	TRUE
Automatic Segment Space Management (system)	24	18-AUG-20	TRUE
Automatic Segment Space Management (user)	24	18-AUG-20	TRUE
Automatic SQL Execution Memory	24	18-AUG-20	TRUE
Automatic Undo Management	24	18-AUG-20	TRUE
Character Set	24	18-AUG-20	TRUE
Dynamic SGA	1	18-AUG-20	FALSE
Locally Managed Tablespaces (system)	24	18-AUG-20	TRUE
Locally Managed Tablespaces (user)	24	18-AUG-20	TRUE
Multiple Block Sizes	7	25-DEC-20	TRUE
Partitioning (system)	24	18-AUG-20	TRUE

此查询显示特定 AWR 快照的 SQL 语句的物理读取总字节、符合单元卸载条件的字节以及从存储单元返回的字节数：

```
select
  ROUND(physical_read_bytes_delta/EXECUTIONS_DELTA)/1024/1024 phyrd_mb
, ROUND(IO_OFFLOAD_ELIG_BYTES_TOTAL/EXECUTIONS_DELTA)/1024/1024 elig_mb
, ROUND(io_interconnect_bytes_delta/EXECUTIONS_DELTA)/1024/1024 ret_mb
```

```

from dba_hist_sqlstat
where sql_id = 'zg2fg7abfx2y' and snap_id between 12049 and 12050;

```

PHYRD_MB	ELIG_MB	RET_MB	SAVING%
10815	10815	3328	69.2%

AWS SCT

[AWS Schema Conversion Tool \(AWS SCT\)](#) 使异构数据库迁移变得可预测。它会自动将源数据库架构和大部分数据库代码对象（包括视图、存储过程和函数）转换为与目标数据库兼容的格式。任何无法自动转换的对象都有明确的标记，因此您可以手动转换它们以完成迁移。AWS SCT 当需要手动操作来转换数据库对象时，可以预测异构迁移所需的工作量。此工具还可以指示对 Oracle 数据库企业版 (EE) 功能的依赖关系。您可以使用此分析来决定是否考虑从 EE 迁移到 SE2。有关更多信息，请参阅本指南前面的“[数据库版本和版本](#)”部分。有关 AWS SCT 用于异构迁移的信息，请参阅本指南后[面的执行迁移](#)部分。

目标平台的资源需求

我们建议您 AWS 根据源 Exadata 利用率而不是配置来调整目标数据库环境的大小。许多客户购买具有额外容量的 Exadata 系统，以适应未来三到五年的预期增长。通常，当将 Exadata 工作负载迁移到 AWS 时，部署的资源少于源 Exadata 系统的配置，因此使用原始配置来预测 AWS 资源会产生误导。

要估算目标实例所需的资源，您可以使用[上一节](#)中讨论的工具，例如 AWR、数据库视图、OEM 和 cellCLI。开启后 AWS，与源 Exadata 平台相比，您可以更轻松地向上或向下扩展资源。以下各节讨论了估算目标平台的 CPU、内存和 IOPS 等资源的最佳实践。此外，在协助客户进行 Exadata 迁移方面拥有丰富经验的 AWS 账户团队和数据库专家可以帮助您确定目标环境的规模。AWS 拥有内部工具，AWS 账户团队可以使用这些工具来估算所需的资源并调整您在 AWS 上的目标环境的大小。

CPU 和内存要求

在将 Exadata 工作负载迁移到 Oracle 数据库部署选项（例如 Amazon RDS for Oracle）时，不应仅根据来自 Exadata 数据库服务器的利用率统计数据来计算层资源（CPU 和内存）。AWS 工作负载还受益于 Exadata 特有的功能，例如智能扫描和存储索引，这些功能将处理工作负载转移到存储单元并使用存储服务器的资源。因此，您应根据您对 Exadata 特定功能的使用情况以及在迁移期间可能实现的工作负载优化程度，为目标实例的计算层配置额外的 CPU 和内存资源。

很难准确估计所需的额外 CPU 资源。使用发现结果作为调整目标环境规模的起点。要进行粗略计算，可以考虑在计算层 CPUs 所需的总数 v 中为每 500 个 MBps 智能扫描工作负载增加一个 v CPU。

另一种方法是考虑存储服务器上的 CPU 利用率。作为起点，您可以将存储服务器 CPUs 上使用的总量的大约 20% 与计算层 CPUs 所需的总 v 相加。您可以根据自己对 Exadata 功能的使用情况调整此百分比，具体由 AWR 和 cellCLI 等工具决定。例如，对于低使用率，您可以为低使用率添加 10%，为中等使用量添加 20%，为高使用率添加 40%。如果您在所有存储服务器上总共使用 20 个 CPU 线程，并且观察到 Exadata 功能使用率为中等，则可以考虑再使用 4 个 v CPUs 来补偿目标环境中缺少的 Exadata 功能。

在这些初步估算之后，您还应该对目标环境进行性能测试，以确定是否需要扩展分配的资源。性能测试还可以揭示进一步的工作负载优化机会，从而减少所需的资源。

您可能需要增加对 Oracle 实例的内存分配以提高缓存命中率并减少 I/O 占用空间。您的源 Exadata 平台可能没有足够的内存来分配大量 SGA，尤其是在整合场景中。这可能不会导致 Exadata 中的性能问题，因为 I/O 操作通常很快。我们建议您从支持以下内存分配的实例开始：

```
Target memory required = larger of (8 GB per vCPUs required, two times the SGA+PGA allocation in the source)
```

```
SGA+PGA allocation = ~80% of available memory on the instance
```

在性能测试期间，您可以使用缓冲池指导、SGA 目标指导和 PGA 内存指导等 Oracle 功能来微调 SGA 和 PGA 分配以满足工作负载的要求。

Amazon EC2 或 Amazon RDS 实例必须有足够的 CPU、内存和 I/O 资源来处理预期的数据库工作负载。我们建议您使用最新一代的实例类来托管您的工作负载 AWS。当前一代的实例类型，例如在 [Nitro System](#) 上构建的实例，支持硬件虚拟机 (HVMs)。要利用增强的联网功能和更高的安全性，您可以将 Amazon 系统映像 (AMIs) 用于 HVMs。Amazon RDS for Oracle 目前最多支持 128 个 vCPU 和 3,90 GBs 4 个内存。有关可用于 Amazon RDS for Oracle 的实例类的硬件规格的信息，请参阅 Amazon RDS 文档中的数据库 [EC2 实例类](#)。有关包含资源详细信息的 [EC2 实例列表](#)，请参阅 [亚马逊实例类型](#)。

I/O 要求

使用 AWR 报告估算资源需求需要熟悉高峰期、非高峰期和平均加载时间的工作负载模式。要根据高峰期收集的 AWR 报告估算工作负载的 IOPS 要求，请执行以下步骤：

1. 查看 AWR 报告，确定物理读取 I/O 请求、物理写入 I/O 请求、物理读取总字节数和物理写入总字节数。

这些指标考虑了 Exadata 特定功能（例如存储索引）的优点，因此它们表示实际的 IOPS 和吞吐量值，您可以使用这些值来调整目标 AWS 环境的存储 I/O 层的大小。

- 在 AWR 报告的 I/O 配置文件部分，查看优化的物理读取请求和物理写入请求优化的值，以确定是否使用了智能扫描和与 I/O 相关的其他 Exadata 功能，例如存储索引保存的 I/O、列式缓存或智能闪存缓存。如果您在 AWR I/O 配置文件中看到优化的请求，请查看系统统计信息以获取智能扫描和存储索引指标的详细信息，例如符合谓词卸载条件的单元物理 I/O 字节、智能扫描返回的单元物理 I/O 互连字节以及存储索引保存的单元物理 I/O 字节。

尽管这些指标并未直接用于调整目标环境的大小，但它们对于了解特定于 Exadata 的功能和优化工作负载的调整技术节省了多少 I/O 非常有用。

```
Total IOPS required for the workload = physical read IO requests + physical write IO requests
```

```
Total throughput = physical read bytes + physical write bytes
```

AWR 统计数据物理读取 I/O 请求、物理写入 I/O 请求、物理读取字节和物理写入字节反映了工作负载的 I/O 活动，不包括非应用程序组件（例如 RMAN 备份）和其他实用程序（例如 expd 或 sqlldr）贡献的 I/O。在这些情况下，您可以考虑 AWR 统计数据物理读取总数 I/O 请求、物理写入总数 I/O 请求、物理读取总字节数和物理写入总字节数来估算 IOPs 和吞吐量需求。

由于前面章节中讨论的因素，在 Exadata 上运行的数据库通常会生成成千上万的 IOPS 和非常高的吞吐量（超过 50 Gbps）。但是，在大多数情况下，调整技术和工作负载优化会大大减少工作负载的 I/O 占用空间。

如果 I/O 要求非常高，请注意亚马逊 EC2 和亚马逊 RDS 的限制。要获得较高的亚马逊 EBS 卷吞吐量，可以考虑使用亚马逊 EC2 实例类，例如 x2iedn、x2idn 和 r5b，它们支持高达 260,000 IOPS，吞吐量为 10,000。MBps 请参阅[亚马逊 EC2 文档中的 Amazon EBS 优化实例](#)，[查看各种实例支持的最大 IOPS 和吞吐量](#)。对于 Amazon RDS for Oracle，rb5 实例类最多支持 256,000 个 IOPS，吞吐量为 4,000。MBps 参阅[数据库实例类](#)，查看可用于 Amazon RDS for Oracle 的 Amazon EBS 优化实例。

您还应该了解在目标环境中可用的不同 EBS 卷的情况下，如何衡量 IOPS 和吞吐量。在某些情况下，Amazon EBS 会拆分或合并 I/O 操作以最大限度地提高吞吐量。要了解更多信息，请参阅 Amazon EC2 文档中的[I/O 特性和监控](#)以及[如何优化 Amazon EBS 预配置 IOPS 卷的性能？](#)在 AWS 知识中心中。

在目标平台上进行性能测试

您可以 AWS 根据在发现阶段收集的资源信息选择相应的目标实例和存储选项。

预配置目标实例后，我们建议您进行负载测试，以确保预配置的实例和配置满足应用程序的性能要求。您应该使用实际的应用程序工作负载来执行此负载测试，以达到预期的用户数量和并发数，而不是使用通用负载测试工具（例如 Swingbench）。如果您的目标是 Amazon RDS for Oracle、[适用于 Oracle 的 Amazon RDS 定制版或亚马逊 EC2](#)，则可以使用 [Oracle Real Application Testing](#)（一项单独许可的功能）从源 Exadata 数据库捕获生产工作负载，然后在目标实例上重播这些工作负载以评估性能。有关在上使用真实应用程序测试的更多信息 AWS，请参阅 AWS 博客文章将 [Oracle 真实应用程序测试功能与 Amazon RDS for Oracle 配合使用和在亚马逊上使用 Oracle 真实应用程序测试功能 EC2](#)。

如果您计划进行异构迁移，将工作负载从 Oracle 数据库迁移到开源数据库（例如 PostgreSQL），那么估计资源会更具挑战性，因为它们在不同的引擎之间无法进行比较。作为一般做法，我们建议您从一个可以支持 CPU、内存和 I/O 资源（相当于 Exadata 中已用资源的实例）开始，然后使用 AWS 扩展选项根据负载测试结果调整目标实例的大小。

应用程序 SLA 要求

在发现阶段，确定托管在 Exadata 上的应用程序的 SLA 要求非常重要，包括恢复时间目标 (RTO) 和恢复点目标 (RPO)。您应该从业务或用户的角度了解这些需求，而不是将当前架构照原样复制到目标平台。例如，您当前的部署可能使用的是与 Exadata 集成的 Oracle Real Application Cluster (RAC) 功能。但是，如果您的应用程序并不真正需要此功能，则在不使用 RAC AWS 的情况下部署经济实惠的解决方案可能是可行的。

下表列出了开启不同部署模式时可以实现的 RTO 和 RPO。AWS 此信息基于一个选项中的高可用性和灾难恢复 (HA/DR) 选项。AWS 区域您可以使用多区域部署模型扩展灾难恢复功能，例如在 Amazon RDS for Oracle 中添加跨区域只读副本，或者在 Amazon Aurora 中使用全球数据库。

部署类型	RTO (以秒为单位)	RPO (以秒为单位)	注释
带多可用区的亚马逊 RDS for Oracle	~120	0	RTO 可能因实例恢复所需的时间等因素而异。
适用于 Oracle 的 Amazon RDS 定制，带有使用数据防护和快速启动故障转移 (FSFO) 的自我管理 HA 解决方案	~120	0	构建适当的 HA 解决方案是您的责任。最佳做法是，将备用实例部署在与主实例不同的可用区中。

部署类型	RTO (以秒为单位)	RPO (以秒为单位)	注释
使用 Data Guard 和 FSF EC2 O 在 Amazon 上自行管理实例	~120	0	构建适当的 HA 解决方案是您的责任。最佳做法是，将备用实例部署在与主实例不同的可用区中。
Aurora PostgreSQL 兼容版	< 30	0	如果您使用读取器实例，则故障转移可以在几秒钟内完成。
带多可用区的亚马逊 RDS for PostgreSQL	~120	0	
AWS 使用 Oracle 主动数据防护开启 RAC	0	0	此部署类型使用其中一个 RAC 部署选项，将 Data Guard 复制到另一个可用区。AWS

与部署模式一样，选择正确的迁移和回滚策略以及迁移工具对于满足业务的 SLA 要求至关重要。本指南的“[执行迁移](#)”部分将详细介绍该主题。

数据生命周期管理和保留政策

Organizations 通常会将数据保存很长时间以满足其合规性要求。通常的做法是使用 HCC 等功能查看应用程序的整个数据集，包括活动数据、访问频率较低的数据和存档数据，这些数据存储在 Exadata 上托管的单个数据库中。将 Exadata 工作负载迁移到时，遵循同样的做法可能效率不高。AWS 提供了多种存储解决方案，例如 [Amazon S3 智能分层](#) 和 [Amazon S3 Glacier](#)，用于高效存储、查询和检索不经常访问和存档的数据，而不是将其保存在事务数据库中。有关在迁移到期间处理存档和不经常访问的数据的不同方法的更多信息 AWS，请参阅本指南的[执行迁移](#)部分。

其他因素

了解当前 Oracle 许可协议下可用的工具和产品将有助于选择正确的迁移策略 AWS。例如，如果您拥有使用 Oracle 的许可证和技能 GoldenGate，则可以将其 AWS DMS 用作迁移工具。有关更多信息，请参阅本指南的[执行迁移](#)部分。

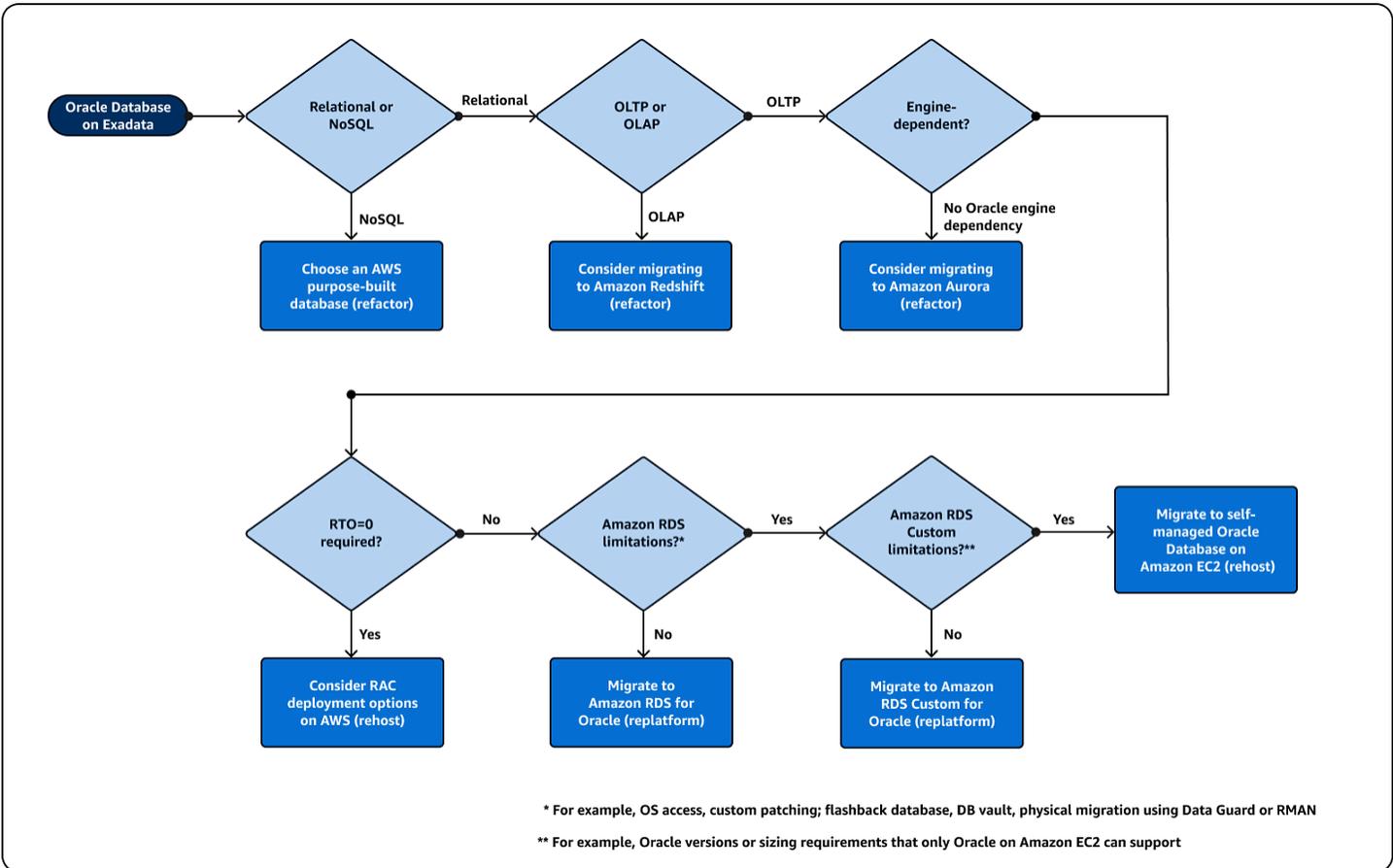
此外，我们建议您在 Exadata 上收集数据库的所有入站和出站接口的详细信息。这包括连接到数据库的所有应用程序组件、使用数据库链接的数据库间连接以及外部数据库连接。您还应该在目标实例的功能和负载测试中包括这些接口，以防现有接口需要更改才能在目标架构中运行。例如，Amazon RDS for Oracle 不支持使用 [Oracle 数据库网关产品](#) 的外部数据库连接，因此您可能需要重新设计界面才能使用其他解决方案，例如 [AWS Glue](#) 或将这些数据库迁移到 Amazon RDS Custom for Oracle 或亚马逊上自行管理的 Oracle 数据库。EC2

我们还建议您考虑工作负载使用的数据库功能，以便选择正确的目标环境 AWS。如果您的工作负载依赖于 Oracle 数据库附加功能，则应将其迁移到支持这些功能的 AWS 服务。例如，如果您的工作负载依赖于 Oracle Database Vault，则应将其托管在 Amazon RDS Custom for Oracle 上，或者将其作为自我管理数据库托管在亚马逊 EC2 上。

有关支持的功能的信息，请参阅适用于 Oracle 的 [Amazon RDS 和适用于 Oracle 的 Amazon RDS 定制文档](#)。

决策流程图

下图提供了将在 Exadata 上运行的应用程序迁移到 AWS 的简单决策流程图。流程图为目标数据库选项提供了方向性指导，但没有两个迁移项目是相同的。我们建议您在做出任何决定之前进行发现评估或概念验证 (POC)。



执行迁移

AWS 必须正确迁移、配置和调整中的 Oracle 数据库，才能处理预期的工作量。在调整之前，第一次 AWS 性能测试可能无法满足本地 Exadata 环境的性能。但是，通过适当调整大小和调整，AWS 在大多数情况下，您可以达到或超过最初的 Exadata 性能。为了实现您的绩效目标，我们建议您寻求 AWS 专业服务或经验丰富的 AWS 合作伙伴的帮助来进行迁移。

本节讨论迁移方法，包括平台重构、重新托管和重构。它概述了迁移服务和工具，并介绍了在上设置经过优化、高性能的 Oracle 数据库的最佳实践。AWS

适用于 Oracle 的 Amazon RDS 和 Amazon EC2 同时支持 Oracle 数据库企业版 (EE) 和 Oracle 数据库标准版 2 (SE2)。Oracle Database EE 为开发诸如高容量在线事务处理 (OLTP) 应用程序、查询密集型数据仓库和要求苛刻的互联网应用程序之类的应用程序提供了性能、可用性、可扩展性和安全性。它提供了 Oracle 数据库的所有组件，并通过购买选件和套装提供了其他增强功能。本地 Exadata 系统使用 Oracle 数据库 EE。

Note

尽管 AWS 支持这两个 Oracle 版本，但本节假设 Oracle Database EE 将用于中的 Oracle 数据库 AWS。

有关迁移策略和架构的更多信息，请参阅 AWS 规范性指南[将 Oracle 数据库迁移到](#)。AWS Cloud

本节内容：

- [Exadata 到迁移工具 AWS](#)
- [AWS 迁移模式示例](#)
- [特定于 Exadata 的功能注意事项](#)
- [同构数据库迁移注意事项](#)
- [平台改造建议](#)
- [重新托管建议](#)
- [重构建议](#)

Exadata 到迁移工具 AWS

有 15 种以上的 Exadata AWS 迁移方法。下表显示了最常用的工具。该表不包括 Oracle 传统导出/导入、Oracle SQL*Loader、Oracle SQL 开发者数据库副本、Oracle SQL*Developer 导出/导入向导、Oracle 可传输表空间、使用“创建表即选择”(CTAS) 的 Oracle 数据库链接、Oracle 外部表或提取、转换和加载 (ETL) 解决方案。

迁移方法	支持迁移策略	物理或逻辑	支持变更数据捕获 (CDC)	需要联网才能 AWS
AWS DMS	全部	逻辑	是	是
甲骨文 GoldenGate	全部	逻辑	是	是
Oracle Data Pump	重新托管、重定平台	逻辑	否	否
甲骨文恢复管理器 (RMAN)	重新托管	物理	否	如果你使用 RMAN DUPLICATE 或 Oracle 安全备份到亚马逊 S3
Oracle Data Guard	重新托管	物理	是	是

Oracle Data Guard 和 Oracle Recovery Manager (RMAN) 是将 Exadata 数据库迁移到亚马逊 EC2 的绝佳选择。但是，适用于 Oracle 的 Amazon RDS 不支持这两种工具。

您可以使用逻辑备用或物理备用方法实现 Oracle Data Guard。逻辑备用数据库在备用数据库上应用数据操作语言 (DML) 语句以保持数据同步。逻辑备用数据库通常用于从主数据库卸载报告。本节中的所有 Oracle Data Guard 参考文献都直接适用于物理备用服务器。物理备用数据库在块级别上与主数据库完全匹配。

AWS DMS 迁移

AWS Database Migration Service (AWS DMS) 是一种逻辑复制解决方案。它支持同构迁移，例如将 Oracle 本地数据库迁移到上的 Oracle 数据库，以及不同数据库平台之间的异构迁移 AWS，例如甲骨

文到微软 SQL Server 和 Oracle 到兼容 Amazon Aurora PostgreSQL 的版本。AWS DMS 支持多种来源和目标。[支持的 AWS DMS 目标包括亚马逊简单存储服务 \(Amazon S3\)、亚马逊 DynamoDB、亚马逊 Redshift、亚马逊 Kinesis Data Streams、亚马逊 DocumentDB 和 Redis。](#)

您可以使用将 Exadata 工作负载迁移 AWS DMS 到 Amazon RDS for Oracle 或亚马逊 EC2 上的 Oracle 数据库。AWS DMS 处理来自 Exadata 的初始加载以及变更数据捕获 (CDC) 更新。在迁移过程中，Exadata 已全面运行。如果您使用 CDC，则目标数据库会持续与 Exadata 保持同步，因此可以在方便的时间进行应用程序切换。

Oracle RMAN、Oracle Data Guard 和 Oracle Data Pump 等原生 Oracle 工具更加灵活，加载数据的速度也比 AWS DMS 之前快。如果您要迁移大型（多 TiB）Exadata 数据库，我们建议您选择这些本机 Oracle 实用程序，而不是 AWS DMS 用于初始数据加载。

Oracle Data Pump 支持多个工作进程，这些工作进程可以执行表间和分区间的并行性，以加载和卸载多个、并行或直接路径流中的表。Data Pump 中的所有导入和导出处理（包括读取和写入转储文件）均由服务器处理，不涉及客户端。Data Pump 转储文件存储格式是直接路径 API 的内部流格式。这种格式与存储在表空间内的 Oracle 数据库数据文件中的格式非常相似。因此，Data Pump 不必在客户端执行 INSERT 语句绑定变量的转换。此外，Data Pump 还支持数据访问方法、直接路径和外部表，这些方法比传统 SQL 更快。直接路径 API 提供最快的单流性能。外部表功能有效利用了 Oracle 数据库的并行查询和并行 DML 功能。如果您的 Exadata 到 Amazon RDS for Oracle 迁移需要较短的停机时间，那么常见的 Exadata 迁移方法是使用数据泵进行初始加载，然后使用 AWS DMS 或 Oracle for CDC。GoldenGate

当你使用 Exadata 作为来源时，会有一些限制。AWS DMS 有关这些内容的更多信息，请参阅 [AWS DMS 文档](#)。此外，还需要与源（内部部署的 Exadata）和目标（开启 Oracle 数据库 AWS）的网络连接。AWS DMS

如果您使用 AWS DMS 初始加载，请考虑以下最佳实践：

- 通常，您可以通过选择大型 AWS DMS 复制实例来提高性能。大型表需要更长的时间才能加载，在加载表之前，必须缓存这些表上的事务。表加载之后将立即应用这些缓存的事务，不再保存在磁盘上。例如，如果加载需要五个小时并且每小时生成 6 GiB 的事务，请确保为缓存的事务分配 30 GiB 的磁盘空间。初始加载完成后，在启动 CDC 之前，您可以修改 AWS DMS 复制实例以使用较小的实例。
- 对于大型（多 Tib）Exadata 迁移，我们建议您使用 AWS DMS 二进制阅读器而不是 Oracle LogMiner（这是默认设置）。Binary Reader 的 I/O 或 CPU 影响风险较低，因为日志是直接挖掘的，不需要进行多次数据库查询。但是，当你有大量的更改并且使用 LogMiner 的是 Oracle ASM 时，Oracle 会更好。要使用 Binary Reader 访问重做日志，请为源端点添加以下额外的连接属性：

```
useLogMinerReader=N;useBfile=Y
```

有关完整比较，请参阅 AWS DMS 文档中的[使用 Oracle LogMiner 或 AWS DMS Binary Reader for CDC](#)。

- NOARCHIVELOG如果您要在 Amazon EC2 上迁移到 Oracle，请禁用 Amazon RDS for Oracle 备份，或者将存档模式更改为。在 CDC 阶段之前或初始数据加载之后启用备份。
- 禁用所有开启的备用数据库 AWS。这包括适用于 Oracle 的 Amazon RDS 多可用区和只读副本。如果您要在 Amazon EC2 上迁移到 Oracle，它还包括 Oracle Data Guard 或 Oracle Active Data Guard 备用服务器。
- 在目标数据库上进行初始加载之前，删除主键索引、二级索引、参照完整性约束和数据操作语言 (DML) 触发器。在开始 CDC 阶段之前启用这些对象。
- 对于大型表，可以考虑使用行筛选、键或分区键将单个表分成多个 AWS DMS 任务。例如，如果您的数据库具有介于 1 到 8,000,000 之间的整数主键 ID，则使用行筛选来为每个 AWS DMS 任务迁移一百万条记录，从而创建八个任务。您也可以将此技术与日期列一起使用。
- 将 AWS DMS 迁移分为多个 AWS DMS 任务。在任务中保持事务一致性，因此不同任务中的表不应参与常见事务。
- 默认情况下，一次 AWS DMS 加载八个表。为了提高性能，如果您使用大型复制服务器，则可以增加此值。
- 默认情况下，AWS DMS 处理以事务模式进行更改，这样可以保持事务的完整性。更改为批处理优化的应用选项可以提高性能。我们建议您在初始加载期间关闭这些限制，然后在 CDC 流程中重新启用这些限制。
- 如果 AWS DMS 复制实例和上 AWS 的 Oracle 数据库位于不同的[虚拟私有云 \(VPC\)](#) 中，我们建议您使用 [VPC](#) 对等互连。
- 在创建或修改 AWS DMS 迁移任务时启用 [Amazon CloudWatch](#) 日志。创建任务时，此参数在“任务设置”部分中可用。AWS DMS 启用此参数可在迁移过程中捕获诸如任务状态、完成百分比、已用时间和表统计信息之类的信息。有关更多信息，请参阅 AWS DMS 文档 CloudWatch 中的[使用 Amazon 监控复制任务](#)。

有关其他最佳实践，请参阅 AWS DMS 文档 AWS Database Migration Service 中的“[使用 Oracle 数据库作为来源](#)”AWS DMS 和“[最佳实践](#)”。

甲骨文 GoldenGate 迁移

Oracle GoldenGate 是一种逻辑复制解决方案。您可以使用此工具将数据从一个数据库复制、筛选和转换到另一个数据库。您可以跨多个异构系统移动已提交的事务，并将数据从 Oracle 数据库复制到其他同构数据库和支持的异构数据库。Oracle 有许多 GoldenGate 共同的积极特征和局限性 AWS DMS。

这两个工具都提供逻辑复制。但是，AWS DMS 是一项无需安装和配置的托管服务，而 GoldenGate 必须安装和配置 Oracle。您可以在本地或内部进行设置 AWS。您可以使用[高度可用的配置 GoldenGate 在上 AWS 安装 Oracle](#)，将数据从 Exadata 迁移到。AWS 不要将 Oracle GoldenGate 直接安装在本地的 Exadata 上或 Amazon EC2 上的 Oracle 数据库节点上；数据库节点应专用于处理数据库工作负载。

与 Oracle AWS DMS 之间的另一个主要区别 GoldenGate 是定价。AWS DMS 复制实例使用量和日志存储费用。向的所有数据传输 AWS DMS 都是免费的，在同一可用区内的 Amazon RDS 和 Amazon EC2 实例上的数据库之间 AWS DMS 传输的数据也是免费的。Oracle GoldenGate 要求源数据库和目标数据库上的每个核心都有 Oracle GoldenGate 许可证。您可以使用 Oracle 将 Exadata 工作负载迁移 GoldenGate 到适用于 Oracle 的 Amazon RDS 或亚马逊 EC2 上的 Oracle，用于初始加载和从 Exadata 执行 CDC。此过程允许 Exadata 在迁移过程中全面运行。

要将大型（多 Tib）Exadata 数据库迁移到 Amazon EC2 上的 Oracle，请考虑使用 Oracle RMAN、Oracle Data Guard 或 Oracle Data Pump 代替 Oracle GoldenGate，原因如下：

- Oracle GoldenGate 要求在 Exadata 和之间建立网络连接。AWS
- 在初始数据加载方面，Oracle 的性能 GoldenGate 不如其他 Oracle 迁移工具。例如，要将大型 Exadata 数据库迁移到适用于 Oracle 的 Amazon RDS，可以考虑改用 Oracle 数据泵，因为它比 Oracle 更灵活，加载数据的速度也更快。GoldenGate

如果您的 Exadata 到 Amazon RDS for Oracle 迁移需要较短的停机时间，那么常见的迁移方法是使用 Oracle 数据泵进行初始加载，使用 Oracle GoldenGate 或 CDC AWS DMS 进行迁移。Oracle 的优势 GoldenGate 在于它可以处理初始负载以及 CDC。CDC 允许目标数据库与 Exadata 保持持续同步，因此您可以在方便的时间进行切换。

在 Oracle 中使用 Exadata 作为来源时会有一些限制。GoldenGate 有关这些内容的信息，请参阅 GoldenGate 文档[中的了解支持的内容](#)。

如果您使用 Oracle GoldenGate 进行初始加载，请考虑以下最佳实践：

- 在集成捕获模式下使用 Extract 以利用与 LogMiner 服务器的集成。与经典模式下的“提取”相比，集成捕获允许无缝提取更多的数据类型。这些其他数据类型包括压缩数据，包括基本压缩、在线事务处

理 (OLTP) 和 Exadata 混合列压缩 (HCC)。数据提取无需额外配置即可读取存储在 Oracle ASM 上的日志文件。

- 使用集成副本。此选项使用数据库应用进程。它保持引用完整性并自动应用 DDL 操作。Integrated Replicat 还提供自动并行性，可根据当前的工作负载和数据库性能自动增加或减少。
- BATCHSQL 在 Replicat 参数文件中设置。默认情况下，Integrated Replicat 会尝试对每个事务中的相同对象对相同类型的 DML 语句进行重新排序和分组。使用批处理可以减少 DML 语句的 CPU 和运行时间。
- 配置 GoldenGate 心跳表以提供 end-to-end 复制延迟视图。这使您可以通过查看 GG_LAG 数据库视图来查看 end-to-end 复制延迟。
- NOARCHIVELOG 如果您在 Amazon EC2 上使用 Oracle，请禁用 Amazon RDS for Oracle 备份，或者将存档模式更改为。在 CDC 阶段之前或初始数据加载之后启用备份。
- 禁用 AWS 上的所有备用数据库。这包括适用于 Oracle 的 Amazon RDS 多可用区和只读副本。如果您要在 Amazon EC2 上迁移到 Oracle，它还包括 Oracle Data Guard 或 Oracle Active Data Guard 备用服务器。
- 在目标数据库上进行初始加载之前，删除主键索引、二级索引、参照完整性约束和数据操作语言 (DML) 触发器。在开始 CDC 阶段之前启用这些对象。
- 如果 Oracle GoldenGate 复制实例和上 AWS 的 Oracle 数据库位于不同的 [虚拟私有云 \(VPC\)](#) 中，我们建议您使用 [VPC](#) 对等互连。

Oracle 数据泵迁移

您可以使用 Oracle 数据泵将数据从一个 Oracle 数据库移动到另一个 Oracle 数据库。Data Pump 具有多种优势，例如支持旧版本的 Oracle 数据库（回到 10.1 版），以及支持具有不同格式、数据库架构和版本的平台。您可以选择导出完整的数据库，也可以选择仅导出特定的架构、表空间或表。

您可以控制并行度、压缩和加密程度，并指定要包含或排除哪些对象和对象类型。Data Pump 还支持网络模式，在这种模式下，您可以使用数据库链接传输数据，而无需中间存储。

Data Pump API 提供了一种在 Oracle 数据库之间移动数据和元数据的快速可靠方法。数据泵导出和数据泵导入实用程序基于数据泵 API。无法通过安全外壳 (SSH) 协议访问适用于 Oracle 的 Amazon RDS 实例，因此，如果您使用数据泵从 Exadata 迁移到 Amazon RDS for Oracle，则数据泵 API 是导入数据的唯一途径。数据泵命令行界面 (CLI) 不是迁移到 Amazon RDS for Oracle 的选项。

如果您使用数据泵进行初始加载，请考虑以下最佳实践：

- 在导入数据之前，创建所需的表空间。

- 如果要将数据导入不存在的用户帐户，请创建该用户帐户并授予必要的权限和角色。
- 如果您要通过亚马逊 EC2 迁移到 Oracle，请关闭 Amazon RDS for Oracle 备份或将存档模式更改为 NOARCHIVELOG。在开始 CDC 阶段之前或初始数据加载之后激活备份。
- 关闭所有备用数据库 AWS。这包括适用于 Oracle 的 Amazon RDS 多可用区和只读副本。如果您要在 Amazon EC2 上迁移到 Oracle，它还包括 Oracle Data Guard 或 Oracle Active Data Guard 备用服务器。
- 在目标数据库上进行初始加载之前，请删除主键索引、二级索引、参照完整性约束和 DML 触发器。在开始 CDC 阶段之前激活这些对象。
- 要导入特定的架构和对象，请在架构或表模式下执行导入。
- 将导入的架构限制为应用程序所需的架构。
- 使用压缩和多线程并行加载和卸载数据。
- Amazon S3 中的文件必须不超过 5 TiB。使用该 PARALLEL 选项创建多个 Data Pump 转储文件以避免此限制。
- 如果您计划在数据泵导出后执行 CDC，请使用带有 Data Pump 的 Oracle 系统更改号 (SCN)。
- 如果您想将数据加载到 Amazon RDS for Oracle，请执行以下任务：
 1. 创建 AWS Identity and Access Management (IAM) 策略以允许 Amazon RDS 访问 S3 存储桶。
 2. 创建 IAM 角色并附加策略。
 3. 将 IAM 角色与 Amazon RDS for Oracle 实例关联。
 4. 为 Amazon S3 集成配置 Amazon RDS for Oracle 选项组，并将其添加到 Amazon RDS for Oracle 实例。

有关更多信息，请参阅 [Amazon RDS 文档中的 Amazon S3 集成](#)。

甲骨文 RMAN 迁移

Oracle Recovery Manager (RMAN) 是一款用于备份和恢复 Oracle 数据库的工具。它还用于促进本地数据库以及本地和云数据库之间的数据库迁移。

Oracle RMAN 提供了一种物理迁移方法。因此，它支持重新托管（迁移到亚马逊 EC2），但不能用于在 Amazon RDS for Oracle 上重新构建您的 Oracle 数据库平台。您的迁移停机容忍度必须足够大，足以备份和恢复 Oracle RMAN 增量备份。

迁移到亚马逊 S3

要将 Exadata 数据库备份到 Amazon S3，您可以使用以下选项：

- 使用 [Oracle 安全备份 \(OSB\)](#) 云模块将您的 Exadata 数据库直接备份到亚马逊 S3。
- 从 Exadata RMAN 备份位置将 Oracle RMAN 备份集复制到 Amazon S3。
- 使用 Oracle ZFS 存储设备。存储在 Oracle ZFS 存储设备上的 Oracle RMAN 备份集可以使用 [Oracle ZFS 存储设备 S3 对象 API 服务直接传输到 Amazon S3](#)。
- 将 Oracle RMAN 备份直接存储在 Exadata 存储服务器、Oracle 零丢失恢复设备和磁带库上。然后，您可以将其中任何一个存储平台上的 RMAN 备份集传输到 Amazon S3。

迁移到亚马逊 EC2

您也可以使用 RMAN 将 Exadata 数据库直接备份到 Amazon EC2 上的 Oracle 数据库，而无需创建备份集。为此，请使用 Oracle RMAN DUPLICATE 命令执行备份和恢复。但是，DUPLICATE 不建议将 Oracle RMAN 用于大型（多 Tib）Exadata 迁移。

RMAN 设置通常根据备份大小、Exadata CPU、压缩以及 RMAN 通道的并行度或 RMAN 通道数量等因素进行配置。使用 Oracle 服务总线 (OSB) 和压缩（低、中、高）与 RMAN 一起使用，需要 Oracle 高级压缩选项 (ACO) 许可证。OSB 还需要 Oracle 许可证，这些许可证基于您要与 OSB 一起使用的 RMAN 频道的数量。

如果您想使用 RMAN 将 Exadata 迁移到 Amazon EC2 上的 Oracle，请考虑以下最佳实践。

Note

本节中提供的命令必须在 Oracle on Amazon EC2 实例上运行。

- 如果您想在 Amazon EC2 上使用不同的 Oracle ASM 磁盘组名称，请使用 RMAN 还原过程运行 set newname 以下命令：

```
set newname for datafile 1 to '+<disk_group>'; set newname for datafile 2 to '+<disk_group>';
```

- 如果联机重做日志将位于上的其他位置 AWS，请重命名重做日志文件：

```
alter database rename file '/<old_path>/redo01.log' to '+<disk_group>';  
alter database rename file '/<old_path>/redo02.log' to '+<disk_group>';
```

- 在上成功打开数据库后 AWS：
 - 移除其他实例的重做线程的重做日志组：

```
alter database disable thread 2;
alter database drop logfile group 4;
alter database clear unarchived logfile group 4;
```

- 移除其他实例的撤消表空间：

```
drop tablespace UNDOTBS2 including contents and datafiles;
```

- 确保只有一个TEMP表空间存在。移除不必要的TEMP表空间，并确认现有TEMP表空间足够大，足以处理预期的数据库工作量。

HCC 注意事项

如果您在 Exadata 中使用混合列压缩 (HCC)，则所有带有 HCC 的表都必须转换为 Oracle ACO 或将其禁用。AWS 否则，当您在亚马逊 EC2 上访问您的 Oracle 数据库时，SQL 语句将失败。甲骨文 ACO 需要 Oracle 许可证。

通常，用户无法从本地 Exadata 生产数据库中删除 HCC。当您将数据库迁移到时，可以删除 HCC。AWS 要确定在将数据库迁移到表或分区后是否激活 HCC AWS，请运行以下 SQL 语句：

```
select TABLE_NAME, COMPRESSION, COMPRESS_FOR
from DBA_TABLES
where OWNER like 'SCHEMA_NAME';

select TABLE_NAME, PARTITION_NAME, COMPRESSION, COMPRESS_FOR
from DBA_TAB_PARTITIONS
where TABLE_OWNER = 'SCHEMA_NAME';
```

如果compression列值设置为，ENABLED并且该compress_for列具有以下值之一，则启用 HCC：

- QUERY LOW
- QUERY HIGH
- ARCHIVE LOW
- ARCHIVE HIGH
- QUERY LOW ROW LEVEL LOCKING
- QUERY HIGH ROW LEVEL LOCKING
- ARCHIVE LOW ROW LEVEL LOCKING

- ARCHIVE HIGH ROW LEVEL LOCKING
- NO ROW LEVEL LOCKING

要关闭表或分区上的 HCC，请运行以下 SQL 语句：

```
alter table table_name nocompress;  
alter table table_name modify partition partition_name nocompress;
```

要激活 Oracle ACO AWS，请按照 [Oracle 文档](#) 中的说明进行操作。

甲骨文数据防护迁移

Oracle Data Guard 允许您创建和管理一个或多个备用数据库，以实现高可用性和灾难恢复。Data Guard 将备用数据库作为主（通常是生产）数据库的副本进行维护。如果生产数据库遇到计划内或计划外的可用性问题，Data Guard 可以切换角色以确保最大限度地减少停机时间和应用程序连续性。

您可以使用逻辑备用方法和物理备用方法来实现 Data Guard。在本指南中，我们假设您使用的物理备用数据库与主数据库完全匹配。

Data Guard 支持从 Exadata 迁移到 Amazon EC2 上的 Oracle 数据库，以创建物理备用数据库。它不能用于迁移到 Amazon RDS for Oracle，后者需要逻辑迁移方法 AWS DMS，例如 Oracle Data Pump 或 Oracle GoldenGate。

与 CDC 机制（例如 Oracle）相比，Data Guard 是一种更简单、更快捷的迁移整个 Exadata 数据库的方法。AWS DMS GoldenGate 如果您的停机时间要求最低（例如，您只有时间进行切换），则通常推荐使用这种方法。

您可以将 Data Guard 配置为同步或异步传输。通常，当往返网络延迟小于 5 毫秒时，Oracle 客户在同步传输方面会取得更大的成功。对于异步传输，Oracle 建议往返网络延迟小于 30 毫秒。

通常，生产 Exadata 本地数据库的 Data Guard 备用数据库已经存在。Amazon EC2 上的 Oracle 通常用作生产 Exadata 本地数据库的额外备用数据库。我们建议您使用 Oracle RMAN 在上 AWS 创建 Data Guard 备用数据库。

有许多变量会影响 Data Guard 的性能。我们建议您在得出关于 Data Guard 复制对工作负载的影响的任何结论之前先进行测试。

延迟（通过 ping 监视器测量）对于 Data Guard 复制来说并不重要，因为使用的机制不同。Oracle oratcptest 实用程序可帮助评估网络资源。你可以从 My Oracle Support (MOS) [Note 2064368.1 \(需要 Oracle 账户\)](#) 中下载 JAR 格式的 oratcp test。MOS 注释还提供了有关此实用程序的更多信息。

AWS 迁移模式示例

假设你有一个 50 GiB 的 Exadata 数据库，必须对其进行平台重构 AWS（迁移到 Amazon RDS for Oracle）。您使用的迁移方法将取决于诸如您的停机容忍度、连接方法和数据库大小等因素。

下表根据关键因素提供了最有效的迁移方法的示例。最能满足您需求的迁移方法取决于这些因素的具体组合。

源数据库	目标数据库	数据库大小	迁移停机容忍度	与 AWS 联网	最佳迁移方法
Exadata 12c	适用于 Oracle 的 Amazon RDS 19c	1 TiB	48 小时	1 Gbps AWS Direct Connect	使用 Oracle 数据泵。
Exadata 12c	适用于 Oracle 的 Amazon RDS 21c	5 TiB	2 小时	10 Gbps AWS Direct Connect	使用 Oracle 数据泵进行初始加载和 AWS DMS CDC。
Exadata 19c	亚马逊 EC2 上的 Oracle 19c	10 TiB	72 小时	10 Gbps AWS Direct Connect	使用 Oracle RMAN。
Exadata 19c	亚马逊 EC2 上的 Oracle 19c	70 TiB	4 小时	1 Gbps AWS Direct Connect	用于 AWS Snowball 将 RMAN 备份、存档的重做日志文件和控制文件传输到。AWS 通过 Exadata RMAN 备份在 Amazon EC2 上实例化 Oracle Data Guard 备用

源数据库	目标数据库	数据库大小	迁移停机容忍度	与 AWS 联网	最佳迁移方法
Exadata 19c	适用于 PostgreSQL 的亚马逊 RDS 13.4	10 TiB	2 小时	10 Gbps AWS Direct Connect	数据库。在 Amazon EC2 上配置备用数据库并处于同步状态后，执行 Data Guard 切换。 使用 AWS Schema Conversion Tool (AWS SCT) 创建 PostgreSQL 架构。AWS DMS 用于满载和 CDC。

特定于 Exadata 的功能注意事项

Exadata 拥有在存储单元上运行的专有软件，可提高查询性能、降低重做日志延迟、压缩数据和改进其他数据库操作。其中许多功能不适用于上的 Oracle 数据库 AWS。我们建议您考虑执行本节后面将讨论的任务，以实现同等的性能和类似的功能。

您可以在非生产 Exadata 系统上禁用 Exadata 功能，以了解在没有此功能的情况下数据库的性能基准。您可以将此基线与第一次性能测试进行比较，AWS 以进行真实的比较。

以下说明描述了如何在现有 Exadata 系统上禁用 Exadata 功能。我们建议您在非生产环境中执行这些步骤，以了解非 ExaData 数据库的性能基准。

- 禁用 Exadata Storage Server 单元卸载处理：该机制取决于更改的范围（语句级、会话级或数据库级）。
- 对于 SQL 语句，请使用以下 SQL 提示：

```
select /*+ OPT_PARAM('cell_offload_processing' 'false') */ max(ORDER_DATE)
```

```
from SALES;
```

- 对于 Oracle 会话，请设置以下 Oracle 数据库初始化参数：

```
alter session set CELL_OFFLOAD_PROCESSING=FALSE;
```

- 对于整个 Exadata 数据库，请设置以下 Oracle 数据库初始化参数：

```
alter system set CELL_OFFLOAD_PROCESSING=FALSE;
```

- 要禁用 Exadata 存储索引：要关闭整个 Exadata 数据库的 Exadata 存储索引，请设置以下 Oracle 数据库初始化参数：

```
alter system set KCFISSTORAGEIDX_DISABLED=TRUE scope=both;
```

- 禁用 Exadata 存储服务器的解密卸载：默认情况下，加密表空间和加密列的解密都将卸载到 Exadata 存储服务器。要禁用 Exadata 存储服务器的解密卸载，请运行以下命令：

```
alter system set CELL_OFFLOAD_DECRYPTION=FALSE;
```

- 智能闪存缓存：除非由 Oracle Support 或 Oracle 开发部门指示，否则甲骨文不建议关闭 Exadata 智能闪存缓存。

在敏捷产品开发中，冲刺是一段固定的时间段，在此期间，必须完成特定工作并做好审查准备。将 Exadata 数据库迁移到 AWS 并完成三到四次冲刺之后，IOPS 降低 30-70% 的情况并不少见。此外，存储吞吐量最多可减少 Exadata 报告值的 90%。如前所述，您可以在作为 Exadata 生产系统副本的 Exadata 非生产系统上测试 IOPS 和吞吐量。您可以关闭 Exadata 存储服务器单元卸载处理、Exadata 存储服务器解密和 Exadata 存储索引。此外，将 Exadata 迁移到之后，您可能需要在 Exadata 非生产系统上完成以下操作：AWS

- 添加索引以改进未编入索引的查询。如果将索引更改为不可见，则可能需要使用 ALTER INDEX 语句使其可见。每个索引都需要维护插入、更新和删除语句。
- 重写无法使用索引改进的查询。
- 确定是否可以降低运行某些 SQL 语句的频率。

经过几次开发冲刺之后，一位将 Exadata 系统迁移到 Amazon EC2 的 AWS 客户 AWS 报告了以下结果，该结果是基于 [Oracle 自动工作负载存储库 \(AW R\)](#) 快照的平均值。尽管峰值 IOPS 和峰值吞吐量

(Mbps) 较低，但 Oracle 数据库的 AWS 性能平均比 Exadata 本地数据库好 220%。此外，与内部部署的 Exadata 相比，该 AWS 数据库只有 20% 的内核。

环境	峰值 IOPS	峰值吞吐量 (Mbps)
内部部署的 Exadata	201,470	62,617
亚马逊 EC2 上的甲骨文	66,420	4,640

同构数据库迁移注意事项

本节讨论同构迁移的关键最佳实践。当您将数据库从本地的 Exadata 迁移到 Amazon RDS for Oracle 或 Amazon EC2 上的 Oracle 时，请考虑以下小节中讨论的指南。

加密

数据安全是重中之重 AWS。AWS 已实施严格的合同、技术和组织措施来保护客户的机密性、完整性和可用性。对于数据库，加密至关重要，因为它可以保护私人信息和敏感数据。亚马逊 EC2 上的 Oracle 和适用于 Oracle 的 Amazon RDS 支持两种静态数据加密方法：

- [AWS Key Management Service \(AWS KMS\)](#) 用于加密 Amazon EBS 卷。
- [Oracle 高级安全选项透明数据加密 \(TDE\)](#)，用于加密存储在数据文件中的敏感信息。Oracle TDE 需要 Oracle 许可证。

这两个选项都加密 Oracle 数据库和所有数据库备份中的用户数据。加密对应用程序发出的 DML 语句也是透明的。

对于传输中的数据，亚马逊 EC2 上的 Oracle 和 Amazon RDS for Oracle 支持 Oracle 原生网络加密 (NNE)。有关 NNE 支持的更多信息，请参阅 [Amazon RDS 文档](#)。

数据分区

使用 Oracle 分区，可以将数据库中的单个逻辑对象（例如表或索引）划分为较小的物理数据库对象，这有助于提高可管理性、性能和可用性。Oracle 分区需要 Oracle 许可证。

如果您的数据库工作负载很大，请考虑对表进行分区。分区修剪使 Oracle 数据库优化器能够分析 FROM SQL 语 WHERE 句中的子句，从而在构建分区访问列表时消除不需要的分区。Oracle 数据库仅对与 SQL 语句相关的分区执行操作，这通常可以提高性能。

分区还有助于提高可用性。如果分区脱机且 SQL 语句不需要离线分区即可完成操作，则 SQL 语句将成功。但是，如果尚未分区的 Oracle 数据库表中的数据块丢失，则在还原操作完成之前，整个表将不可用。

数据压缩

对于数据压缩，Oracle 同时提供 HCC 和高级压缩。高级压缩通过减少关系数据（表）、非结构化数据（文件）、索引、Data Guard 重做数据、网络数据、RMAN 备份和其他类型数据的数据库存储占用空间来提高性能并降低存储成本。高级压缩还可以提高数据库基础架构组件的性能，包括内存和网络带宽。

根据 [Oracle 文档](#)，高级压缩的平均压缩率至少为 2 倍。因此，100 GiB 的数据通常可以驻留在 50 GiB 的存储空间中。当你将 Oracle 数据库迁移到时 AWS，你可以在 Amazon RDS for Oracle 和 Amazon EC2 上使用 Oracle 的高级压缩，同时使用 OLTP 和数据仓库数据库。即使您没有在 Exadata 上使用高级压缩，也可以考虑在 Oracle 数据库开启的情况下使用高级压缩 AWS 来提高性能并降低 Amazon EBS 存储成本。高级压缩需要 Oracle 许可证。

信息生命周期管理策略

信息生命周期管理 (ILM) 提供的流程、策略和组件可帮助根据数据库的使用频率管理其中的信息。在 Oracle 上从 Exadata 迁移到 Oracle 时 AWS，应确定是否可以在将任何数据迁移到之前或之后将其清除。AWS 启用 AWS，您可以应用规则仅在特定时间段内维护数据。您可以实施 Oracle 分区和 Oracle 高级压缩来设置数据生命周期策略。这可以提高性能，同时仅保留支持业务所需的数据。

例如，假设你有一个表消耗了多 TB 的未压缩数据。您目前拥有 12 年的数据，并且必须将数据保留 14 年。在所有查询中，约有 90% 访问的是不到两年的数据。您通常会逐月、逐季和同比比较数据使用情况。30 个月无法更新数据，但有时您必须访问长达 12 年的历史数据。在这种情况下，您可以考虑以下 ILM 策略：

- 实现高级压缩。利用 Oracle 热图和带有高级压缩功能的自动数据优化 (ADO)。
- 在日期列上设置间隔分区。
- 使用按月删除超过 14 年的分区的函数。
- 使用只读表空间来保存超过 30 个月的数据。只读表空间的主要目的是无需对数据库的大型静态部分执行备份和恢复（当您在 Amazon EC2 上将 Oracle RMAN 与 Oracle 搭配使用时）。只读表空间还提供了一种保护历史数据的方法，这样用户就无法对其进行修改。将表空间设为只读可以防止对表空间中的所有表进行更新，无论用户的更新权限级别如何。

用户通常将活动数据、不经常访问的数据和存档数据存储在一个 Oracle 数据库中。在将 Oracle 数据库迁移到期间 AWS，您可以将不经常访问的数据、历史审计数据和存档数据直接迁移到 [Amazon S3 或 Amazon S3 Glacier](#) 中。这可以帮助您在不影响数据库性能的情况下满足长期数据保留的治理和合规需求。随着数据在关系数据库中的老化，可以将其存档到 [Amazon S3 或 Amazon S3 Glacier](#)。您可以使用 Amazon Athena 或 [Amazon S3 Glacier Select](#) 轻松查询存档的数据。

OEM 集成

当你将 Oracle 工作负载迁移到时 AWS，你可能需要在上实施 Oracle Enterprise Manager (OEM) 云控制 AWS。OEM 是 Oracle 的管理平台，它为管理 Oracle 环境提供了单一界面。

亚马逊 EC2 上的 Oracle 和适用于 Oracle 的 Amazon RDS 可以成为 OEM 环境的目标。亚马逊 EC2 上的 Oracle 遵循与本地甲骨文相同的流程与 OEM 集成。要在亚马逊 RDS for Oracle 上激活 OEM，请执行以下操作：

1. 登录 AWS Management Console 并打开 Amazon RDS 控制台，[网址为 https://console.aws.amazon.com/rds/](https://console.aws.amazon.com/rds/)。
2. 在导航窗格中，选择选项组。
3. 将该 OEM_AGENT 选项添加到新的或现有的选项组。
4. 添加 OEM 配置信息，包括 OEM 管理服务器的主机名、端口和 OEM 代理注册密码。

Amazon RDS for Oracle 和 Amazon EC2 上的 Oracle 也可以成为本地运行的 OEM 环境的目标。但是，这要求可以通过防火墙访问所有 OEM 端口。

亚马逊 CloudWatch 集成

Amazon 以日志、指标和事件的形式 CloudWatch 收集监控和运营数据。它使用自动仪表板对数据进行可视化，这些仪表板提供了本地和本地运行的 AWS 资源、应用程序 AWS 和服务的统一视图。托管在亚马逊 EC2 和 Amazon RDS for Oracle 上的 Oracle 数据库可以使用 CloudWatch。

CloudWatch 和亚马逊简单通知服务 (Amazon SNS) Simple Notification Service 已集成，因此您可以收集、查看和分析每条有效的亚马逊 SNS 通知的指标。例如，您可以将警报设置为在发生指定操作（例如 Oracle 数据库警报日志中的特定 Oracle 错误消息）时发送电子邮件通知或短信。

要在 Amazon EC2 上将 Amazon SNS 与 Oracle 配合使用 CloudWatch，您必须安装 CloudWatch 代理才能将 Oracle 警报日志、审计日志、跟踪日志、OEM 日志和侦听器日志推送到。CloudWatch 如果您部署 Amazon RDS for Oracle，则必须修改 Oracle 实例才能将这些日志发送到 CloudWatch。有关 CloudWatch 集成的更多信息，请参阅 [Amazon SNS 文档 CloudWatch 中使用监控亚马逊 SNS 主题](#)。

Amazon RDS for Oracle 还内置了针对数十个事件的 CloudWatch 警报，包括 CPU 利用率、数据库连接数、可用内存、可用存储空间、存储 IOPS、磁盘吞吐量和复制延迟。

大多数在本地从 Exadata 迁移以 AWS 继续使用 OEM 并 CloudWatch 与 AWS 上的 Oracle 数据库集成的用户都会继续使用 OEM。

数据库优化器统计信息

Oracle 数据库优化器统计信息提供有关数据库及其表、列、索引和系统的信息。优化器使用此信息来估计从表、分区或索引中检索到的查询行数 and 字节数，估算访问成本，并选择开销最低的 SQL 执行计划。

如果您通过 Oracle RMAN 将 Exadata 本地数据库恢复到 Amazon EC2，Oracle 会自动提供反映 Exadata 环境的统计数据。将 Exadata 数据库恢复到 Amazon EC2 或者在 Amazon RDS for Oracle 中完成初始加载后，最好尽快收集统计数据。这可以通过运行 [Oracle DBMS_S TATS](#) 软件包来实现。

AWR 设置

Oracle 自动工作负载存储库 (AWR) 存储 Oracle 数据库的性能相关统计信息。默认情况下，Oracle 数据库每小时生成一次快照，并将快照保留 8 天。您可以手动创建或删除快照，也可以修改快照设置。

对于生产 Oracle 数据库，应将 AWR 保留期延长到 60 或 90 天，并将 AWR 间隔缩短到 15 或 30 分钟。这些设置支持 month-over-month 比较，并在您查看 AWR 数据时提供更精细的粒度。这些更改消耗的数据库空间相对较小（以 Gibibytes 为单位），并提供了额外的历史记录的好处。要将 AWR 保留期设置为 60 天，将 AWR 间隔设置为 15 分钟，请运行以下命令（参数值以分钟为单位）：

```
BEGIN
DBMS_WORKLOAD_REPOSITORY.modify_snapshot_settings
    (interval => 15,
     retention => 86400
    );
END;
/
```

如果您使用 Oracle RMAN 或 Oracle Data Guard 将 Exadata 本地数据库迁移到 Amazon EC2 上的 Oracle，则应删除在 Exadata 上运行数据库时捕获的 AWR 快照。为此，请使用上的 DBMS_WORKLOAD_REPOSITORY.DROP_SNAPSHOT_RANGE 步骤 AWS。

甲骨文 RAC 注意事项

默认情况下，Exadata 使用 Oracle Real Application Clusters (RAC)，它允许您在多台服务器上运行单个 Oracle 数据库，以最大限度地提高可用性并实现横向可扩展性。Oracle RAC 使用共享存储。最小的 Exadata 产品包括两个使用 Oracle RAC 配置的节点。

如果您的 RPO 要求为零，RTO 要求为两分钟或更短，则可以使用多可用区实施 Amazon RDS for Oracle。此配置提供的每月正常运行时间承诺为 99.95%，相当于或优于业内任何托管 Oracle 云数据库，包括使用 Oracle RAC 的托管 Oracle 数据库。

此外，Amazon EC2 上的 Oracle 允许您使用 [Oracle 最高可用性架构 \(MAA\) 中的许多组件来实现高可用性数据库](#)。这些组件包括但不限于 Active Data Guard、RMAN、Flashback Technologies、基于版本的重新定义和 GoldenGate

在上实现 Oracle RAC 还有多种替代方案。AWS 要了解有关 RAC 选项的更多信息 AWS，我们建议您联系您的 AWS 客户团队。

同构迁移的其他最佳实践

开发人员在实现 Exadata 时经常忽略 SQL 调整技术和最佳实践。Exadata 隐藏了许多设计问题，因此 SQL 语句可能会在不评估其执行计划或资源消耗的情况下部署到生产中，因为它们在可接受的时间内完成。在将 Exadata 本地数据库迁移到 Oracle 时，请遵循以下其他做法。AWS

- 应用最新的 Oracle 版本更新 (RU) 或版本更新修订版 (RUR)。
- 确保 COMPATIBLE 初始化参数仅包含三个级别（例如 19.0.0）。如果在迁移到之后进行了升级 AWS，请确保在升级过程中修改了此参数。
- 考虑缓存序列号以最大限度地减少 I/O。默认值为 20。如果序列号缓存不足，则可能会发生争用，这将显示为 DML 服务时间的增加。
- 如果使用序列，请根据源数据库（内部的 Exadata）验证序列值，以避免序列不一致。
- 如果未在应用程序层上实现连接池，或者应用程序层的数量导致了大量的数据库连接，请考虑实施 [Oracle 数据库驻留连接池 \(DRCP\)](#)。此功能可高效处理数据库服务器上的内存和计算资源。
- 考虑使用 HugePages。甲骨文建议您使用 HugePages 适用于 Linux 的标准版。 [启用 HugePages](#)后，操作系统可以支持大于默认值（通常为 4 KB）的内存页。使用非常大的页面大小可以减少访问页表条目所需的系统资源量，从而提高系统性能。
- 如果上的 Oracle 数据库 AWS 有数据库链接，请确认 OPEN_LINKS 和 OPEN_LINKS_PER_INSTANCE 初始化参数未设置为默认值 (4)。如果该值太低，则当达到最大值时，具有数据库链接的 SQL 语句就会开始排队，这会对性能产生负面影响。

- 初始数据加载可能无法通过网络传输。例如，从理论上讲，通过 1 Gbps 链路传输 100 TiB 至少需要九天时间，并且不会中断。更好的方法是使用[AWS Snow Family](#)设备将数据库迁移到 AWS。
- 移除所有特定于 Exadata 的隐藏参数（参见 Oracle MOS Note 1274318.1）。不应激活这些隐藏的 Exadata 初始化参数。AWS 它们可能导致不稳定、性能问题、损坏和崩溃。
- 在将数据迁移到 Oracle 之后，请尝试解析所有非SYS和SYSTEM无效的对象 AWS。
- 考虑在 Oracle 系统全局区 (SGA) 中缓存经常访问的静态表。
- 选择具有更大 Oracle SGA 配置的内存优化型实例，以缓解其他 I/O 开启 AWS 带来的挑战。在目标实例的负载测试期间，您可以使用 Oracle SGA Advisory 报告来找到最佳 Oracle SGA 配置。
- 在处理大量全表扫描的表上创建索引。该V\$SEGMENT_STATISTICS视图列出了候选区段。
- 确定最耗费资源的查询，并对其进行优化，以制定更好的执行计划。Oracle SQL 优化顾问根据 Oracle 优化包获得许可，可用于自动 SQL 优化。在某些情况下，您可能需要重写查询或将复杂的查询分解为较小的块。
- 考虑实施缓存解决方案，例如 [Amazon ElastiCache](#) 和 [Amazon RDS for Oracle 只读副本](#)，例如 Oracle Active Data Guard，为只读工作负载提供服务。
- 对开发人员进行查询优化技术培训，并制定标准操作程序，以便在将查询部署到生产环境之前对其进行评估。
- 确保中的数据库对象数量与 Exadata 本地数据库中的数据库对象数量相同。AWS 验证表、索引、过程、触发器、函数、包、约束和其他对象。
- 如果可能，请考虑修改应用程序。（在某些情况下，无法像打包的 ISV 应用程序那样修改应用程序。）避免不必要的呼叫，并尽量减少所需调用的频率。尽量减少 SQL 语句检索到的数据量。确保提交频率适合业务逻辑，但不要过高。尝试改进应用程序级缓存的使用。
- 数据库应位于上的私有虚拟私有云 (VPC) 中 AWS。将入站和出站流量的网络访问权限限制为最低权限模式。安全组来源应指 AWS 账户、前缀列表或一组特定的 IP 地址（使用 x.x.x.x/32 格式）中的安全组。安全组来源不应使用 CIDR，并且不应通过公共互联网访问安全组 (0.0.0.0/0)。

平台改造建议

大多数用户在从 Exadata 本地数据库迁移时会选择 Amazon RDS for Oracle，以利用托管数据库服务并提高灵活性和弹性。Amazon RDS for Oracle 应该始终是您运行 Oracle 数据库的首选，AWS 因为它具有自动化和管理功能。

亚马逊 EBS 卷类型注意事项

适用于 Oracle 的 Amazon RDS 提供两种 EBS 卷类型：通用固态硬盘 (SSD) 和预配置 IOPS 固态硬盘。您的数据库大小、IOPS 要求和估计吞吐量可帮助您确定要使用的适当的 EBS 卷类型。

当您的应用程序不需要高存储性能时，您可以使用通用型 SSD (gp2) 存储。gp2 存储的基准输入/输出性能为 3IOPS/GiB，最少具有 100IOPS。这意味着卷越大，性能越好。例如，一个 100 GiB 卷的基准性能为 300 IOPS。一个 1000GiB 卷的基准性能为 3000 IOPS。一个 gp2 卷 (5334GiB 及更大) 的最高基准性能为 16000 IOPS。大小低于 1000GiB 的单独 gp2 卷也有能力在延长的时间内突增至 3000 IOPS。

通用固态硬盘 (gp3) 卷每个 EBS 卷最多支持 16,000 个 IOPS。亚马逊 EBS gp3 卷的大小可以从 1 GiB 到 16 TiB 不等。使用 gp3 卷时，您的 Amazon RDS for Oracle 实例最多可以实现 64,000 个 IOPS。通过使用 gp3 存储卷，您可以独立于存储容量自定义存储性能。存储性能是每秒 I/O 操作数 (IOPS) 与存储卷执行读取和写入操作的速度 (存储吞吐量) 的组合。在 gp3 存储卷上，Amazon RDS 提供的基准存储性能为 3,000 IOPS 和 125 MiB/s。

对于除适用于 SQL Server 的 Amazon RDS 数据库引擎，当 gp3 卷的存储大小达到一定阈值时，基准存储性能将提高到 12,000 IOPS 和 500 MiB/s。这是因为卷条带化，其中存储使用四个卷而不是一个卷。

预置 IOPS SSD 卷

预配置 IOPS SSD (io1) 卷旨在满足对存储性能和一致性敏感的 I/O 密集型工作负载的需求。Amazon EBS io1 卷可提供个位数的毫秒延迟。当您为 Amazon RDS for Oracle 选择 Amazon EBS io1 卷时，必须提供分配的存储值和预配置的 IOPS 值。io1 卷的大小可以从 4 GiB 到 16 TiB 不等。每个 io1 卷的最大 IOPS 为 64,000。使用 io1 卷时，Amazon RDS for Oracle 实例的最大吞吐量可达 256,000 个 IOPS，最大吞吐量为 4 Gbps (需要 256 KB IOPS)。启用多可用区的 Amazon RDS for Oracle 实例的最大写入吞吐量为 625 Mbps。

io2 Block Express 是一个较新的预配置 IOPS 固态硬盘存储选项。io2 卷的大小可以从 4 GiB 到 64 TiB 不等。每个 io2 卷的最大 IOPS 为 256,000。io2 Block Express 还提供亚毫秒的平均延迟，因此性能优于 io1。使用预配置 IOPS 固态硬盘存储时，建议使用 io2。您无需停机即可从 io1 卷升级到 io2 Block Express 卷，并在不增加存储成本的情况下显著提高应用程序的性能和可靠性。有关更多信息，请参阅 AWS 博客文章 [Amazon RDS 现在支持任务关键型数据库工作负载的 io2 Block Express 卷](#)。

适用于 Oracle 的 Amazon RDS 最佳实践

从内部部署的 Exadata 迁移到适用于 Oracle 的 Amazon RDS 时，请考虑以下最佳实践：

- 在将数据从 Exadata 迁移到 Amazon RDS for Oracle 之前，请将重做日志的大小从默认值 128 MB 增加到默认值。否则，重做日志切换可能会过于频繁地发生，从而导致性能下降。
- 在初始数据加载后@@ [启用 Performance Insights](#) (默认数据保留期为 7 天)。
- 在初始数据加载后，为生产数据库@@ [设置多可用区](#)。
- 在初始数据加载后，[将 Amazon RDS for Oracle 与亚马逊](#)集成 CloudWatch (至少使用警报日志、侦听器 and OEM 代理)。
- 在关联的 Amazon RDS for Oracle 选项组中安装 Oracle Enterprise Manager (OEM) 代理。这需要有一个已经存在于内部 AWS 或内部的正常运行的 OEM。您可以在“[高可用性](#)”模式下设置 OEM AWS。
- 为以下内容@@ [实施 Amazon RDS 警报](#)，以便在超过最大容量之前通知管理员：
 - CPU 利用率、写入 IOPS、读取 IOPS、写入吞吐量
 - 读取吞吐量、可用内存、交换使用率
- Amazon RDS 每五分钟将数据库实例的事务日志上传到 Amazon S3。要查看数据库实例的最新可还原时间，请使用 AWS CLI [describe-db-instances](#) 命令并查看该数据库实例的 LatestRestorableTime 字段中返回的值。如果您的 point-in-time 恢复要求少于五分钟，Amazon RDS 可以更频繁地上传事务日志。要更改默认值，请修改关联的 Amazon RDS for Oracle 参数组中的 ARCHIVE_LAG_TARGET 初始化参数。您可以将此参数的值设置为 60、120、180、240 或 300 秒。但是，如果设置较低的值，则需要权衡取舍：将生成更多的重做日志文件，并且会更频繁地切换日志文件。
- 在混合模式下实施 Oracle 统一审计，这是 Oracle 推荐的审计框架。默认情况下，Amazon RDS (AUDIT_TRAIL=NONE) 上未启用统一审计。您可以通过设置 AUDIT_TRAIL=DB 或来启用它 AUDIT_TRAIL=DB, EXTENDED。有关更多信息，请参阅 AWS 博客文章 [Amazon RDS for Oracle 中的安全审计：第 1 部分](#)。
- 要防范内部威胁，请配置[数据库活动流](#) (如果适用)。此功能可与 Oracle 统一审计配合使用，并提供数据库实例中运行的所有已审计报表 (SELECT, DML, DDL, DCL, , , TCL) 的近乎实时的流。审计数据是从统一的数据库审计位置收集的，而数据库活动的存储和处理则在数据库之外的 Amazon Kinesis Data Streams 中进行管理。有关更多信息，请参阅 AWS 博客文章 [Amazon RDS for Oracle 中的安全审计：第 2 部分](#)。
- 如果您更喜欢标准审计，则可以在初始数据加载 CloudWatch 后将审计报表与 Amazon 集成。当您通过将 AUDIT_TRAIL 参数设置为、或来启用标准审计时 OS XML, EXTENDED, Amazon RDS for Oracle 会生成审计记录，这些记录作为 .AUD.XML 操作系统文件存储在 Amazon RDS for Oracle 实例中。这些审计文件通常在 Amazon RDS for Oracle 实例中保留七天。您可以将 Amazon RDS for Oracle 配置为将这些文件发布到 CloudWatch，以便他们可以对日志数据进行实时分析，将数据

存储在高度耐用的存储中，并使用 CloudWatch 日志代理管理数据。AWS 除非您指定保留期，否则将在 AWS 帐户中无限期保留发布到 CloudWatch 日志的日志数据。

重新托管建议

在 Amazon EC2 上重新托管 Oracle 时，您需要安装和配置 Oracle 数据库并执行所有维护操作，包括 Oracle 次要升级、主要 Oracle 升级、操作系统修补、操作系统配置、数据库配置、内存分配、存储分配和存储配置。

亚马逊 EC2 实例类型注意事项

EC2 实例必须有足够的 CPU、内存和存储空间来处理预期的数据库工作负载。我们建议您为 Oracle 数据库使用最新一代的 EC2 实例类。这些实例类型（例如在 [Nitro 系统](#) 上构建的实例）支持硬件虚拟机 (HVM)。HVM Amazon 机器映像 (AMI) 需要使用增强的联网功能，而且它们还提供了更高的安全性。

在 Nitro 系统上构建的虚拟化实例包括 r5b、x2iDN 和 x2iedn。要获得较高的亚马逊 EBS 卷吞吐量，请考虑 Amazon EC2 r5b 和 X2 实例类型。这些实例最多支持 260,000 IOPS。Amazon EC2 R5b 实例的最大吞吐量为 7,500 Mbps。Amazon EC2 x2iDN 和 x2iedn 实例的最大吞吐量为 10,000 Mbps。[有关更多信息，请查看 Amazon EC2 文档中的亚马逊 EBS 优化实例和最大 IOPS。](#)

亚马逊 EBS 卷类型注意事项

亚马逊 EBS 通用型 (gp3) 卷比亚马逊 EBS 预配置 IOPS (io2) 卷便宜。如果 gp3 卷满足您的 I/O 和吞吐量要求，则它们应该是您的首选解决方案。单个 gp3 卷每个卷不能超过 16,000 个 IOPS。您还必须考虑可以分配给 EC2 实例的最大 EBS 卷数量。该数字因 EC2 实例类型而异；但是，Nitro System 实例的最大 EBS 卷数为 28。通常，专门用于 Oracle 数据库的 EBS 卷不应超过 24 个。

如果您的磁盘 I/O 要求很高，可以考虑使用 Amazon EBS [io2 Block Express 卷](#)。它们旨在为每个卷提供高达 4,000 Mbps 的吞吐量、每卷 256,000 IOPS、64 TiB 的存储容量、亚毫秒的延迟和 99.999% 的持久性。我们建议您在以下情况下使用 Amazon EBS io2 Block Express 卷：

- 数据库分配的空间超过 384 TiB。这包括但不限于数据库文件、重做日志、TEMP 空间、UNDO 空间、闪回恢复区空间和数据暂存区。Amazon EBS io2 Block Express 卷使用单个 EC2 实例最多可以支持 1.536 PiB。
- 您需要亚毫秒范围内的存储延迟。
- 您需要一个专为 999% 持久性而设计的数据库，而 Amazon EBS gp3 卷的持久性为 99.9%。

- 您需要一个[虚拟存储阵列](#)来为单个 EC2 实例提供 100 万或更高的 IOPS。
- 在你的 Exadata 本地系统中，Exadata Smart Flash Cache 和 Exadata 智能闪存日志记录功能非常高。Exadata 智能闪存缓存读取操作的 I/O 延迟通常小于 400 微秒。Amazon EBS io2 Block Express 的 I/O 延迟通常在 400 到 600 微秒之间。

甲骨文 ASM 注意事项

当您在 Amazon EC2 上使用 Oracle 时，Oracle AWS 建议您实施 Oracle 自动存储管理 (ASM) 外部冗余，以避免[Amazon EBS 的故障率](#)。但是，如果 EBS 卷在 ASM 外部冗余模式下不可用，则关联的 ASM 磁盘组将进入强制卸载状态。必须找到所有磁盘才能成功装载 ASM 磁盘组。因此，在所有 EBS 卷都可用之前，数据库将不可用。ASM 外部冗余有效地提供了 RAID 0 级别的可靠性，因此，每添加一个 EBS 卷，ASM 磁盘组受到影响的几率就会增加，总体故障率是每个 EBS 卷故障率的倍数。

Amazon EBS 卷是在 AWS 可用区域内复制的。但是，EBS 卷仍可能出现故障。例如，gp3 卷的年故障率为 0.1-0.2%，而 io2 卷的年故障率为 0.001%。您可以实现具有普通冗余或高冗余的 ASM 磁盘组，以减少由单个 EBS 卷故障引起的中断。但是，这不是最佳实践，因为 EBS 卷是在可用区内复制的，而且 ASM 故障组 EBS 卷也可以与 ASM 主组 EBS 卷位于相同的物理主机上。

其他 ASM 注意事项：

- 使用[Oracle ASM 过滤器驱动程序 \(ASMFD\)](#)来实现 ASM。
- 确保磁盘组中的所有 Oracle ASM 磁盘都具有相似的存储性能和可用性特征。在具有混合速度驱动器（例如闪存和硬盘驱动器 (HDD)）的存储配置中，I/O 性能受到速度最慢的驱动器的限制。
- 确保磁盘组中的 Oracle ASM 磁盘具有相同的容量以保持平衡。
- Oracle ASM 将数据随机分配到选定的 ASM 磁盘集中。配置系统的存储空间时，请考虑系统的初始容量和未来的增长计划。Oracle ASM 简化了适应增长的任务。如前所述，Amazon EC2 Nitro System 实例最多支持 28 个卷。如果 DATA ASM 磁盘组需要 96 TiB，那么四个 24 TiB 的 Amazon EBS io2 Block Express 卷将比十六个 6 TiB Amazon EBS io2 Block Express 卷更好的选择。
- 在两个 ASM 磁盘组中设置至少两个控制文件。

亚马逊 EC2 上的 Oracle 最佳实践

将数据从本地的 Exadata 迁移到 Amazon EC2 上的 Oracle 之后，在向最终用户提供访问权限之前，请考虑以下最佳实践：

- 启用[EC2 实例终止](#)保护。这样可以要求用户在终止实例之前禁用保护，从而防止 EC2 实例被意外终止。

- 启用 [Amazon EC2 自动恢复功能](#)，该功能可在托管 EC2 实例的硬件受损时解决问题。此功能可在不同的底层硬件上恢复实例，并减少手动干预的需求。
- Amazon EC2 提供的实例内存高达 24 TiB。这些实例支持超大的 Oracle SGA，如果您使用的是多 TiB 的 Oracle SGA，则应该是您的首选。但是，许多 EC2 实例和 Amazon RDS for Oracle 实例也支持本地实例存储。如果您使用带有 NVMe 固态硬盘 [实例存储的 Amazon EC2 或 Amazon RDS for Oracle](#) 实例，则可以使用临时存储来扩展 Oracle SGA 数据库块缓冲区。这种方法使您能够使用实例存储来缓存对象，并且读取操作的平均 I/O 延迟为 100 微秒。[智能闪存和/2 级闪存](#) 仅适用于使用实例存储且需要 Oracle Linux 操作系统的实例。OLTP 和数据仓库环境可以从这项技术中受益。设置 Oracle 初始化参数 `DB_FLASH_CACHE_FILE` `DB_FLASH_CACHE_SIZE` 并使用智能闪存缓存。
- 使用 Oracle Linux 作为您的实例的操作系统。如果不能选择 Oracle Linux，可以考虑红帽企业 Linux (RHEL)。基于 Graviton 处理器的 EC2 实例不支持 Oracle 数据库，因为 Oracle 尚未发布为 ARM 处理器编译的 Oracle 数据库二进制文件。此外，甲骨文数据库不支持亚马逊 Linux。
- 使用最新版本的 Oracle 软件来安装 Oracle 网格基础架构。您可以使用旧版本的 Oracle 数据库部署最新版本的 Oracle 网格基础架构。例如，Oracle 网格基础设施 21c 支持 Oracle 数据库 19c。
- 如果您使用 Oracle RMAN 或 Oracle Data Guard 从 Exadata 上的 Oracle 数据库的较早版本迁移，请考虑在迁移后将数据库版本升级到最新版本。如果您使用 Oracle Data Pump，请在迁移 AWS 之前安装最新的 Oracle 数据库版本。
- 使用 Oracle 快速恢复区 (FRA) 可以在不使用 [RMAN](#) 备份的情况下快速恢复数据库。如果可能，请将 FRA 设置为至少一天。必须设置 Oracle 初始化参数 `DB_RECOVERY_FILE_DEST_SIZE` `DB_RECOVERY_FILE_DEST` 和 `DB_FLASHBACK_RETENTION_TARGET` (表示时间，以分钟为单位)。
- 如果您将多个数据库工作负载迁移到单个 EC2 实例，请考虑实施 [Oracle 数据库资源管理器](#) 来管理数据库资源分配。
- 实施 Oracle SPFILE 而不是独立的 PFILE。SPFILE 是一个二进制文件，允许动态修改，而无需重启实例。如果正在使用 STARTUP 命令，请勿指定 PFILE 何时使用命令。SPFILE
- 启用 [Oracle 自动共享内存管理器 \(ASMM\)](#)，这样可以简化 SGA 内存管理。Oracle 数据库会自动在 SGA 组件之间分配内存，以确保最有效的内存利用率。
- 在数据库写入进程 (DBWR) 中，您可能会遇到 Oracle db 文件并行写入等待事件。此等待表示 DBWR 等待 I/O 完成所花费的时间。要解决此问题，请确认已启用异步 I/O (Oracle 初始化参数 `DISK_ASYNCH_IO`)，增加 EBS 卷的 IOPS，并验证数据库缓冲区缓存是否足够大，足以防止抖动。
- 定期对 EC2 实例运行扫描 (至少每两周一次) 并验证合规性。您可以使用 [Amazon Inspector](#) 进行此扫描。Amazon Inspector 是一项自动安全评估服务，可帮助提高部署在其上的应用程序的安全性和合规性 AWS。它会自动评估应用程序的暴露程度、漏洞以及与最佳实践的偏差。执行评估后，它

会生成一份按严重程度划分优先顺序的安全发现的详细列表。您可以直接查看这些发现，也可以在通过 Amazon Inspector 控制台或 API 提供的详细评估报告中查看这些发现。

- 为设置亚马逊 CloudWatch 警报[AWS CloudTrail](#)。例如，当安全组发生配置更改时，应激活 CloudWatch 警报。当有人试图获取 EC2 实例的访问权限时，这会提醒运营团队。
- 如果您的组织需要零或接近零的恢复点目标 (RPO)，请在最大可用性模式下使用 Oracle Data Guard 或 Oracle Active Data Guard。备用数据库应位于与主数据库不同的可用区中。最大保护和最大可用性模式提供了一个专为不丢失数据而设计的自动故障转移环境。最高性能模式提供了一个自动故障转移环境，该环境旨在丢失的数据量不超过FastStartFailoverLagLimit配置属性指定的数据量（以秒为单位）。我们还建议您使用 Oracle Data Guard 或 Oracle Active Data Guard 实施数据保护代理。Data Guard Broker 可自动执行 Data Guard 的配置和监控任务。主动数据防护需要 Oracle 许可证。
- 考虑使用 Oracle 主动数据防护自动块介质恢复。如果在访问主数据库时遇到损坏的数据块，则该块将自动替换为物理备用数据库中该块的未损坏副本。但是，要使用此功能，Active Data Guard 必须以最大可用性模式运行，并将 Oracle 初始化参数LOG_ARCHIVE_DEST_n设置为SYNC重做传输模式。最高性能模式不支持此功能。
- 如果您的组织需要跨区域灾难恢复，请考虑实施 [Oracle Far Sync](#)。Far Sync 需要 Oracle 主动数据卫士许可证。
- 使用 [Oracle Secure Backup \(OSB\) 通过 Oracle RMAN 将数据库备份](#)到 Amazon S3。OSB 需要 Oracle 许可证。OSB 的定价基于正在使用的 Oracle RMAN 渠道的数量。您也可以使用[AWS Storage Gateway](#)将数据库直接备份到 Amazon S3。您可以对 Amazon S3 中的备份应用生命周期策略，将较旧的备份移至 Amazon S3 Glacier 进行存档。

重构建议

AWS 提供了两种工具，用于激活从 Oracle 到 Amazon RDS for PostgreSQL 或兼容 Amazon Aurora PostgreSQL 的版本的异构迁移。这些工具是 [AWS Schema Conversion Tool \(AWS SCT\)](#) 和 [AWS Database Migration Service \(AWS DMS\)](#)。

AWS SCT 自动将源数据库架构和大部分自定义代码转换为与目标数据库兼容的格式。在数据库从 Oracle 迁移到 PostgreSQL 期间 AWS SCT ，自动将 Oracle PL/SQL 代码转换为 PostgreSQL 中等效的 PL/pgSQL 代码。该工具转换的自定义代码包括视图、存储进程和函数。当代码片段无法自动转换为目标语言时，会 AWS SCT 记录需要应用程序开发人员手动输入的所有位置。AWS DMS 使用 CDC 将 Oracle 迁移到 PostgreSQL 或 MySQL。

要将 Oracle 数据库迁移到 PostgreSQL 或 MySQL，通常需要同时完成自动和手动任务。AWS 提供迁移手册，其中提供了基本和复杂代码转换策略的 step-by-step 说明。有关重构 Oracle 数据库的信息，请参阅以下行动手册：

- [甲骨文到 Aurora PostgreSQL 迁移手册](#)
- [甲骨文到 Aurora MySQL 迁移手册](#)

迁移后活动

将 Exadata 工作负载迁移到后 AWS，还有其他任务和最佳实践对于维护可靠、高可用性、高性能和成本优化的数据库环境至关重要。本节概述了迁移后的关键最佳实践和技巧。

本节内容：

- [持续监控](#)
- [监控工具](#)
- [持续成本优化](#)
- [自动监控](#)
- [自动审计](#)

持续监控

监控是维护上数据库的可靠性、可用性和性能的重要组成部分 AWS。为了更轻松地调试多点故障，我们建议从数据库环境的所有部分收集监控数据。AWS

本节探讨提供高级性能诊断功能的 AWS 服务和工具。在使用这些工具之前，我们建议您制定明确的监控计划。

监控计划

我们建议您在创建监控计划之前先解决以下问题：

- 监控目的是什么？
- 您将使用哪些资源进行监控？
- 这些资源多久会被监控一次？
- 您将使用哪些监控工具？
- 谁负责执行监控任务？
- 出现错误时应通知谁？

定义监控计划后，为关键指标建立基准，以衡量您的监控目标是否已实现。

性能基准

在不同时间测量不同负载条件下的性能。您可以监控如下指标：

- CPU 使用率
- 网络吞吐量
- 客户端连接
- 用于读取或写入操作的 I/O
- 突发信用余额

当性能超出既定基准时，您可能需要进行更改以优化工作负载的数据库可用性。例如，这些更改可能包括更改数据库实例的实例类或更改可供客户端使用的数据库实例和只读副本的数量。

关键绩效指南

通常，性能指标的可接受值取决于应用程序相对于基准的执行情况。调查与基线相比的一致差异或趋势差异。以下指标通常是性能问题的根源：

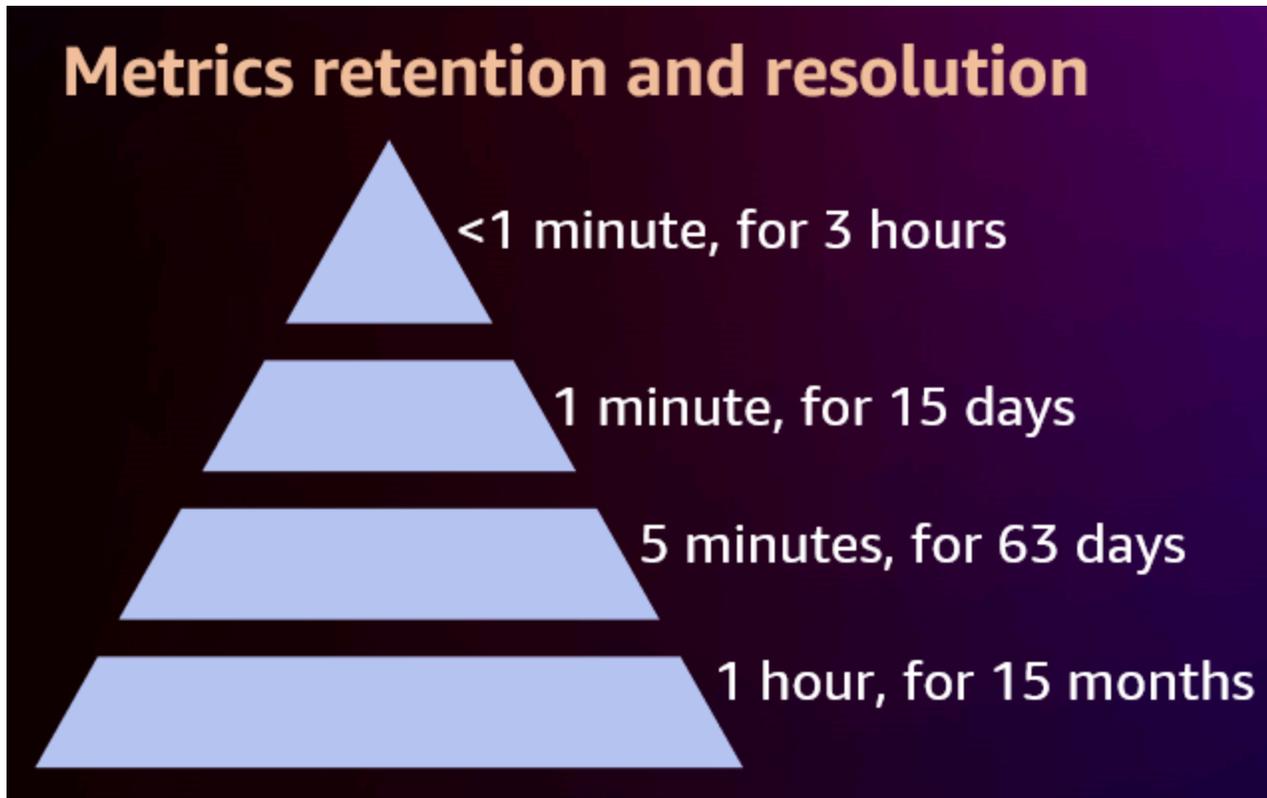
- CPU 或 RAM 消耗过高。如果 CPU 或 RAM 消耗量与应用程序目标（例如吞吐量或并发性）一致，并且符合预期，则可能需要使用较高的 CPU 或 RAM 消耗值。
- 磁盘空间消耗。如果使用的空间一直等于或高于总磁盘空间的 85%，请调查磁盘空间消耗情况。评估是否可以从实例中删除数据或将数据存档到其他系统以释放空间。
- 网络流量。对于网络流量，请与您的系统管理员合作，确定域网络和互联网连接的预期吞吐量。如果吞吐量一直低于预期，我们建议您调查网络流量。
- 数据库连接。如果您遇到大量用户连接以及实例性能和响应时间下降的情况，则可以考虑限制数据库连接。数据库实例的最佳用户连接数因实例类和所执行操作的复杂性而异。
- IOPS 指标。从 Oracle Exadata 迁移时，IOPS 监控至关重要。众所周知，Oracle Exadata 可以提供高存储吞吐量和 IOPS。我们建议您确定典型 I/O 活动的基准，以确保最佳配置 AWS。

监控工具

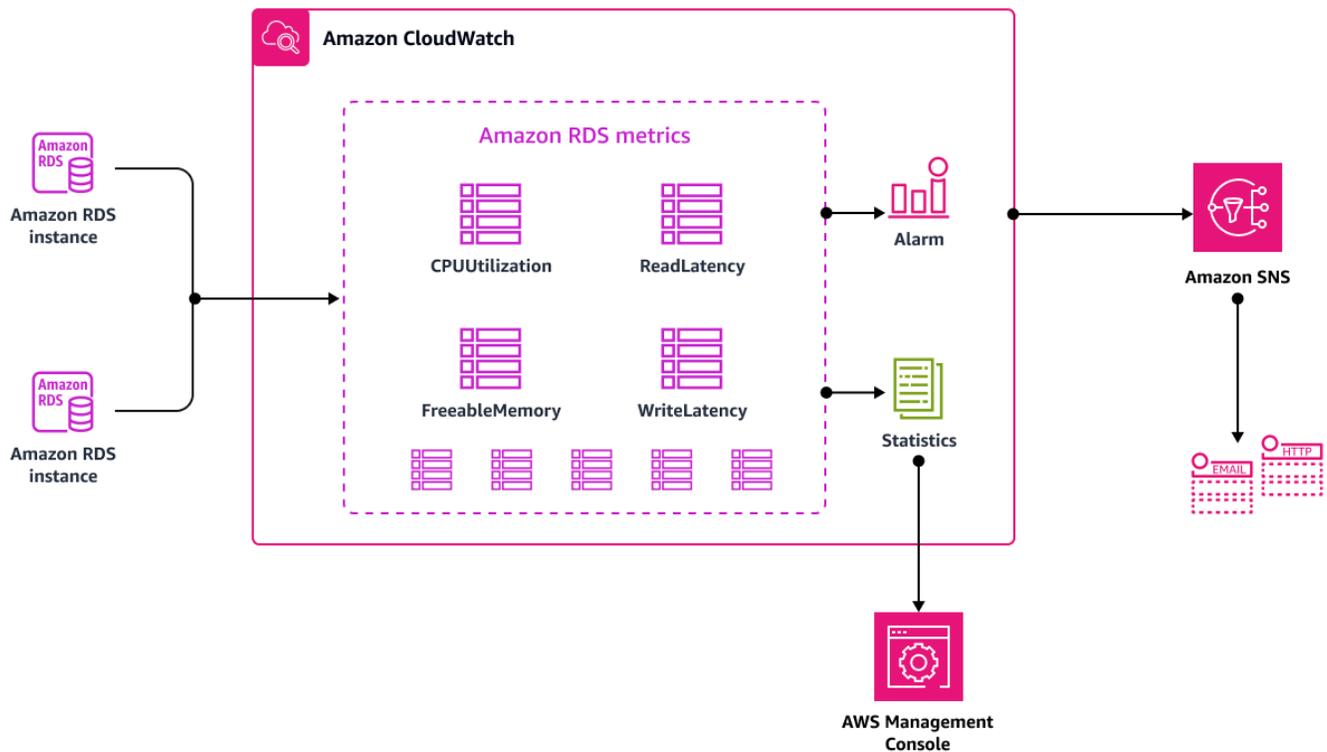
本节讨论 Amazon 和 Oracle 提供的监控工具，您可以在迁移后阶段使用这些工具来维护可靠、高可用性、高性能和成本优化的数据库环境。

Amazon CloudWatch

[Amazon CloudWatch](#) 是一项监控和可观察性服务，可提供操作运行状况的统一视图，让您全面了解本地和内部运行的 AWS 资源、应用程序 AWS 和服务。您可以使用 CloudWatch 来检测环境中的异常行为、设置警报、并排可视化日志和指标、采取自动操作、解决问题以及发现见解，以保持应用程序平稳运行。CloudWatch 衡量指标分辨率和留存率的最佳类比是下图所示的金字塔结构。顶层代表最精细的频率（最多 1 秒），但也代表最低的指标保留率。随着用户浏览更多历史监控数据，数据点的粒度就会越低。例如，对于最大留存率（介于 63 天到 15 个月之间），粒度将为一小时，如金字塔底层所示。



如下图所示，您可以为 CloudWatch 指标设置警报。例如，您可以创建一个警报，当实例的 CPU 使用率超过 70% 时，该警报就会激活。



您可以将亚马逊简单通知服务 (Amazon SNS) Simple Notification Service 配置为在超过阈值时发送电子邮件或短信。您还可以使用亚马逊 SNS 通知其他协议或服务，例如亚马逊简单队列服务 (Amazon SQS) Simple Queue S AWS Lambda ervice 或 HTTP/HTTPS。例如，您可以创建一个警报，当使用的总 IOPS 超过为实例配置的最大值的 90% 时，该警报就会被激活。警报操作可能是一个 Lambda 函数，如果警报状态为警报，则该函数会增加预配置 IOPS (PIOPS) 的数量。有关更多信息，请参阅演示文稿[减轻负担：使用 Amazon RDS 诊断和解决性能问题](#) (re AWS : Invent 2023)。

增强监控

一些从 Oracle Exadata 迁移的用户习惯于在操作系统级别查看映射到其 ASM 磁盘组的物理设备，并查看精细的操作系统级指标，例如大页、交换活动和进程/线程列表详细信息。亚马逊 CloudWatch 不提供这种级别的可视性，但是 Amazon RDS 和 Amazon Aurora 提供了增强监控，可为您的数据库提供精细的操作系统级监控。增强监控的默认保留期为 30 天，采样频率为 1 分钟，但这两个设置都是可配置的。

有关更多信息，请参阅 [Amazon RD S](#) 和 [A urora](#) 文档的使用增强监控功能监控操作系统指标部分。

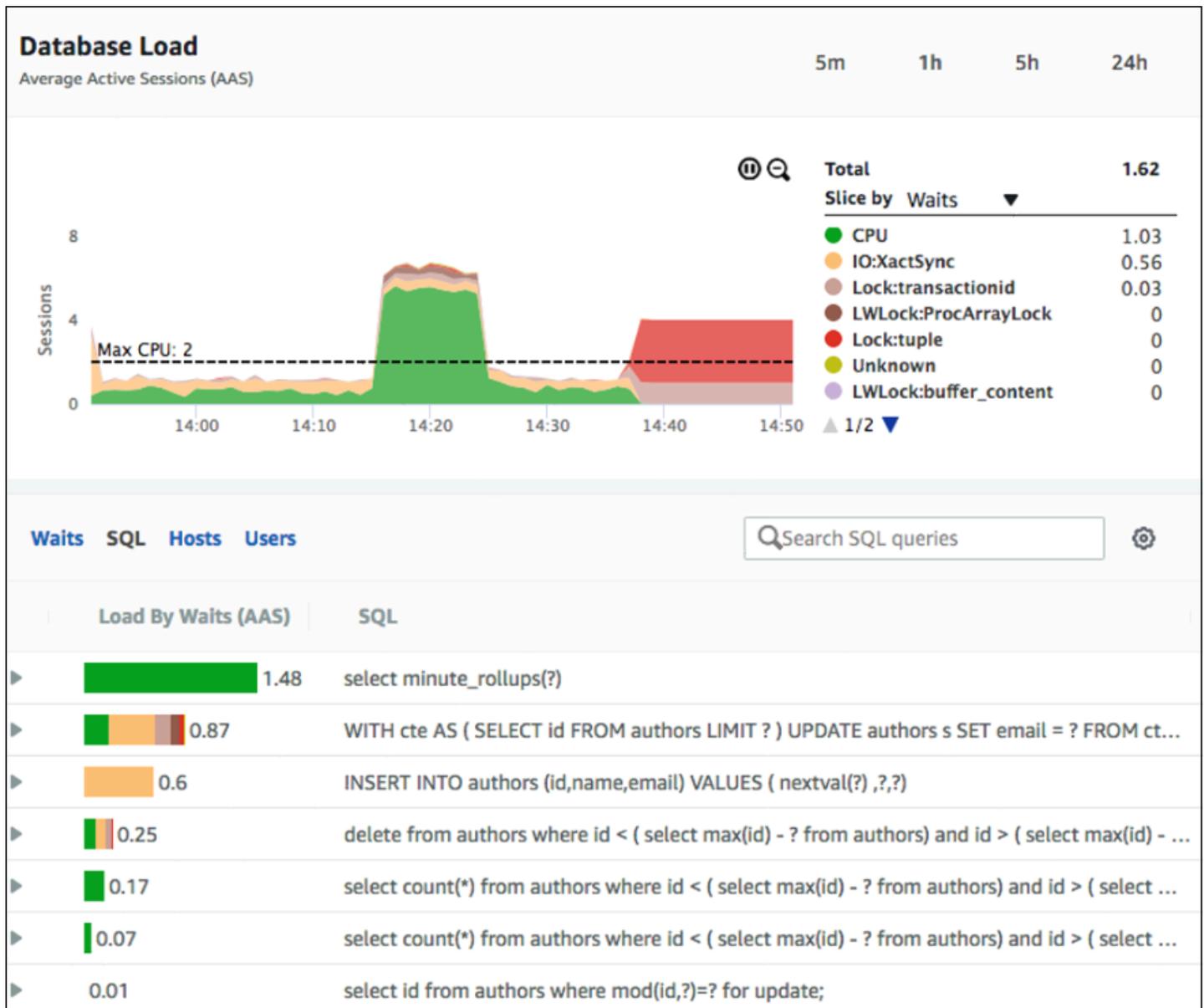
Note

增强监控目前不支持 Amazon 上的 Oracle 数据库 EC2。对于这些数据库，您可以使用第三方合作伙伴解决方案或本机解决方案，例如 Oracle Enterprise Manager，如[后面的章节](#)所述。

性能详情

Amazon CloudWatch 和 Amazon RDS 增强监控都是实例级和操作系统级监控的绝佳工具。但是，这些工具不提供数据库引擎级别的深度性能诊断功能。数据库引擎指标有助于 DBAs 识别数据库瓶颈，例如密集的 SQL 查询，并清晰可视化一段时间内的数据库负载。在 Amazon RDS 和 Amazon Aurora 中，Performance Insights 控制面板使用名为平均活跃会话数 (AAS) 的指标显示数据库负载。

以下示例显示了受监控的 Amazon RDS 实例 CPUs 中最多两个 v。但是，两个主要峰值超过了 v 的数量 CPUs，可能表示存在性能瓶颈。一个峰值代表主要的 CPU 负载，以绿色显示，另一个峰值代表主要 SQL 语句瓶颈，以红色显示。



Performance Insights 通过每秒对数据库会话进行采样、寻找活动会话并忽略空闲会话来提供这种可见性。对于每个活跃的会话，Performance Insights 都会收集以下信息：

- SQL 语句
- 等待事件，例如 CPU、I/O、锁定和提交日志等待
- 其他维度，例如主持人和用户

基于这些数据，您可以将数据库工作负载可视化并轻松解决性能问题。您还可以按各种维度（例如主持人和用户）筛选活动，以进行其他根本原因分析。每个数据库引擎都有一组[支持的维度](#)。

Performance Insights 的主要优势之一是它不依赖于 Oracle 诊断包，因此您可以使用它来监控在 Amazon RDS 上运行的 Oracle 数据库 SE2 和其他非企业版本。有关更多信息，请参阅 [Amazon RDS](#) 和 [A urora](#) 文档的“性能见解”部分。

Note

Performance Insights 目前不支持亚马逊上的 Oracle 数据库 EC2。对于这些数据库，您可以使用第三方合作伙伴解决方案或本机解决方案，例如 Oracle Enterprise Manager，如下一节所述。

Oracle Enterprise Manager

在某些情况下，Oracle Exadata 用户可能更喜欢使用 Oracle Enterprise Manager (OEM)。Amazon RDS 通过以下选项支持 OEM：

选项	选项 ID	支持的 OEM 版本	支持的 Oracle 数据库版本
OEM 数据库快速	OEM	OEM Database Express 12c	Oracle Database 19c (仅限非 CDB) 和 Oracle Database 12c
OEM 管理代理	OEM_AGENT	<ul style="list-style-type: none"> OEM Cloud Control for 13c OEM Cloud Control for 12c 	Oracle Database 19c (仅限非 CDB) 和 Oracle Database 12c

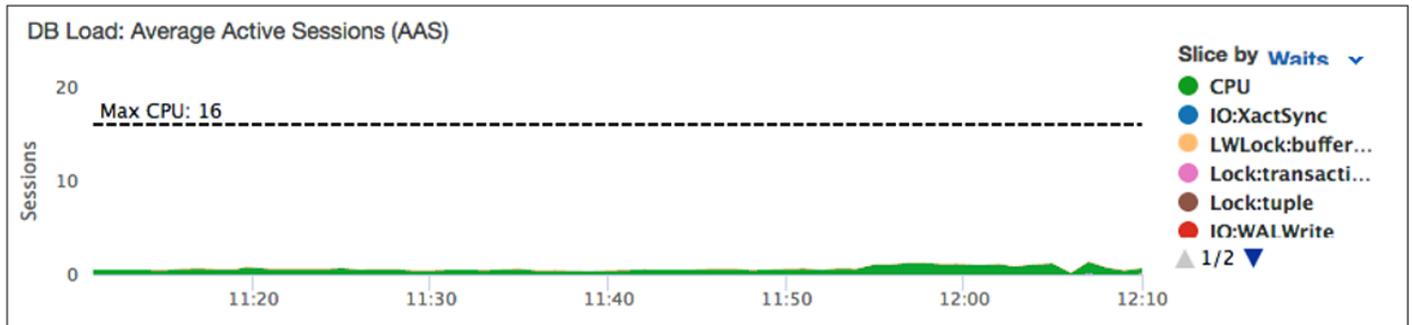
持续成本优化

有多种方法可以优化数据库成本 AWS。其中包括调整实例大小、迁移到 Oracle 数据库、使用预留实例 SE2、使用 Amazon 和 Graviton2 处理器以及优化 SQL 语句等技术。

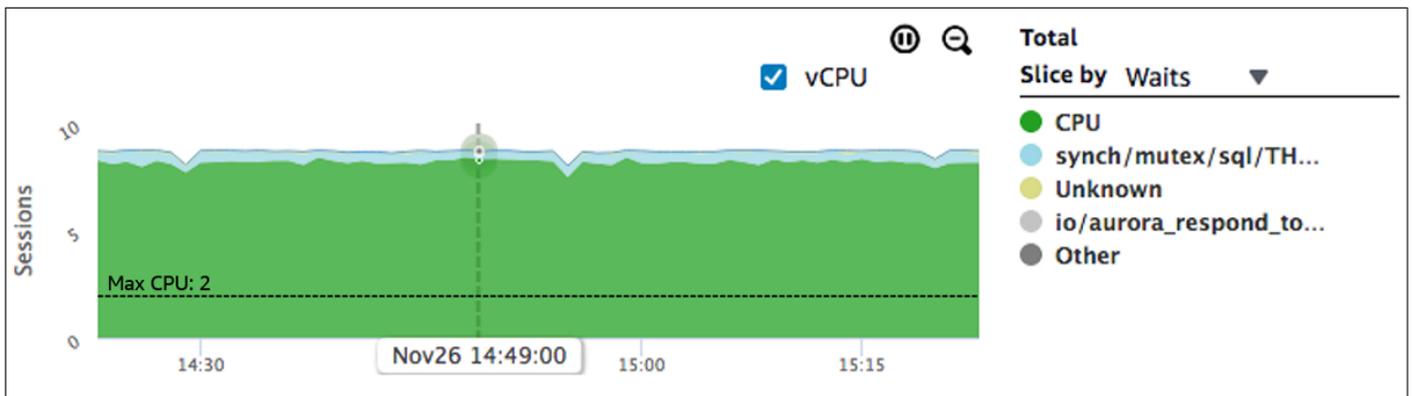
正确调整您的实例大小

调整大小是指以最低的成本选择满足您特定工作负载性能和容量要求的实例和存储类型的过程。这是优化 AWS 成本的关键部分。

上一节介绍了 Performance Insights，您可以将其用于性能诊断以及调整规模和成本优化。例如，如果 CPU 负载明显低于 v CPU 的数量（如以下屏幕插图所示），则您的实例过大，您将有大量节省成本的机会。



另一方面，如果 CPU 负载明显高于 v 的数量 CPUs，则说明您的实例大小不足，如以下屏幕插图所示。在这种情况下，您有机会进行性能优化，需要优化 SQL 语句以减少平均活动会话，或者迁移到可以满足负载要求的更大的实例。



考虑迁移到 Oracle 数据库 SE2

Oracle 数据库企业版 (EE) 已成为许多组织的标准配置。但是，当您进行深入的数据评估时，您可能会发现您的应用程序可能不需要 Oracle Database EE 的所有功能。

Oracle 数据库标准版 (SE) 现已作为适用于 Oracle 12c 和 19c 的 Oracle 数据库标准版 2 (SE2) 上市。Oracle 数据库 SE2 是一个关系数据库管理系统 (RDBMS)，它包含 Oracle 数据库的核心功能。其

中包括公司可用于支持企业级工作负载的功能。鉴于 Amazon RDS 和 Amazon Aurora 提供的其他功能，这些功能同时适用于 EE 和 SE2（例如[用于跨区域自动备份的 Amazon RDS 多可用区](#)和 Amazon RDS、静态和传输中的 Amazon RDS 加密以及数据库活动流），您可以考虑使用 SE2 来节省成本。

通过切换到 SE2，您可以优化 Oracle 数据库许可证的使用情况。您可以使用[自带许可 \(BYOL\)](#) 和 [Oracle 附带许可 \(LI\) 选项预置 Oracle](#) 数据库 SE2 以与 Amazon RDS 配合使用。但是，在决定进行此类重大更改之前，我们建议您评估正在使用哪些 EE 功能，使用 Amazon RDS 或 Aurora 功能可以替换哪些功能，以及哪些功能是必需的，无法替换或删除，这可能会使您无法更改数据库版本。

有关更多信息，请参阅 AWS 规范指南网站[AWS 上的评估将 Oracle 数据库降级为标准版 2](#)。

使用预留数据库实例

您可以使用 Amazon RDS 预留数据库实例来预留一年或三年的数据库实例，从而与按需数据库实例相比，获得大幅折扣。

购买预留实例时，您可以选择三种付款方式：全额预付、部分预付和无预付款。使用全额预付选项，您可以在开始使用预留实例之前支付整个预留实例的费用。与按需定价相比，此选项提供的折扣最大。部分预付选项要求在期限内为实例支付较低的预付款和折扣的小时费率。No UpFront 选项在期限内提供折扣小时费率，无需预付款。

Amazon RDS 和 Aurora 均提供预留数据库实例类型，适用于 MySQL、MariaDB、PostgreSQL、Oracle 和 SQL Server 数据库引擎。

使用 AWS Graviton 处理器

[如果您从 Oracle Exadata 迁移到其中一个 Amazon RDS 和 Aurora 开源数据库，则可以受益于适用于 Amazon RDS 的 Graviton2 AWS 和 Graviton3 处理器的更高性价比。](#)

优化你的 SQL 查询

我们建议您定期监控数据库性能并确定消耗大量数据库资源的热门 SQL 语句，例如，使用 Amazon RDS 性能洞察。确定资源密集型 SQL 语句后，应用 SQL 优化实践来提高数据库性能。这些调整实践包括但不限于索引创建或删除、SQL 查询重写、架构建模等操作以及物化视图等功能。

SQL 优化可提高性能，从而缩短应用程序响应时间和改善用户体验，并降低数据库成本。例如，由于查询的 IOPS 和 CPU 较高，因此可能会消耗 60% 的数据库负载，这可能需要预配置 200,000 个 IOPS (PIOPS) 和一个大型 Amazon RDS 实例 (r5b.24x1)。通过优化查询（例如，通过创建索引），您可以调整其大小。因此，您可以花更少的钱购买 PIOPS 较少的小型 Amazon RDS 数据库实例。

自动监控

本节讨论用于在 AWS 上监控您的 Exadata 工作负载的关键自动化功能。

Amazon CloudWatch 警报和异常检测

创建警报和调用警报操作是主动监控的最佳实践。设置警报时，一个典型的问题是要监控的指标的阈值。例如，您可以创建一个警报，当实例的 CPU 使用率超过 70% 的阈值时，该警报会更改为 ALARM 状态。

确定阈值并不总是那么容易，尤其是因为许多公司在许多数据库实例中监控数十个（有时是数百个）指标。这就是 Amazon CloudWatch 异常检测可能发挥作用的地方。

对指标使用异常检测时，会 CloudWatch 应用统计和机器学习 (ML) 算法。这些算法持续分析系统和应用程序指标，生成一系列代表典型指标行为的预期值，并在最少的用户干预下显示异常。这些类型的警报没有用于确定警报状态的静态阈值。相反，它们将根据异常检测模型将指标的值与预期值进行比较。您可以选择当指标值高于预期值区间、低于该区间时警报是否响应，或者两者兼而有之。有关使用异常检测的更多信息，请参阅 [CloudWatch 文档](#)。

例如，您可以使用 [CloudWatch](#) 中的向导并选择异常检测选项而不是静态选项，根据适用于 Amazon RDS for Oracle 实例的 ReadIOPS 指标指定警报。有关说明，请参阅 [Amazon CloudWatch 文档](#)。

适用于亚马逊 DevOps RDS 的 Amazon Guru

Amazon DevOps Guru for Amazon RDS 是一项基于 ML 的功能，可帮助您快速检测、诊断和修复各种与数据库相关的问题。当 DevOps Guru for Amazon RDS 自动检测到与数据库相关的问题（例如资源过度使用或 SQL 查询行为不当）时，该服务会立即通知您，并提供诊断信息、问题严重程度的详细信息和智能建议，以帮助您快速解决问题。

Note

DevOpsGuru for Amazon RDS 目前支持从 Oracle Exadata 到兼容 Amazon Aurora MySQL 的版本、兼容 Aurora PostgreSQL 的版本和适用于 PostgreSQL 的亚马逊 RDS 的异构迁移。它不支持亚马逊 EC2、亚马逊 RDS 或 Aurora 上的 Oracle 数据库。

例如，考虑一家在线书店。假设书店网站的并发峰值很高，因为在电视上宣传一本书后，有大量用户想购买一本书。每次买家购买都会降低该书的可用性。以下是每次购买后在幕后运行的 SQL 语句的示例：

```
update book_inventory
set available = available -1
where book_series =: series and book_title =: title;
```

许多 DML 语句同时访问相同行所带来的高并发性可能会导致表锁定。但是，Amazon CloudWatch 不会显示任何主要的 CPU 负载峰值，因为锁通常不会消耗大量的 CPU 资源。在这种情况下，DevOpsGuru 可以通过查看平均活跃会话数指标并检测偏离典型基线的值来自动识别数据库活动的异常峰值。

有关更多信息，请参阅在 Amazon [RDS 中使用 Amazon DevOps Guru 分析性能异常](#)。

RDSdocumentation

自动审计

由于合规要求和安全威胁，实施安全审计变得越来越重要。许多用户更愿意继续在 Exadata 上使用 Oracle 执行的审计活动。AWS 为您的数据库提供了两个审计选项：基本 Amazon RDS 审计和数据库活动流。

基本 Amazon RDS 审计

适用于 Oracle 的 Amazon RDS 提供以下审计功能：

- **log**和**listener.log**文件。您可以将这些关键日志文件自动推送到 Amazon，CloudWatch 以延长保留期和分析时间。
- 标准审计。您可以使用此本机 Oracle 功能来审计 SQL 语句、权限、架构、对象、网络和多层活动。Oracle 建议对 Oracle Database 12c 发行版 1 (12.1) 之前的版本使用标准审计。标准审计可能难以管理，因为多个审计跟踪具有不同的参数来控制审计行为，而且缺乏精细的审计选项。
- 统一审计。Oracle 数据库 12.1 及更高版本提供统一的审计功能。此功能以单一位置和单一格式提供审计数据。Amazon RDS for Oracle 支持混合模式审计，默认启用该模式以支持标准审计和统一审计。

数据库活动流

数据库活动流提供所有数据库活动的实时数据流。此功能可帮助公司监控、审计和保护数据库免遭未经授权的访问，并满足合规和监管要求。它减少了实现合规性目标所需的工作，并便于迁移到托管数据库服务 AWS。数据库活动流提供集成到现有监控和警报基础架构中的实时数据，因此您可以使用现有的流程、工具和报告。以下是一个典型的用例：

1. 授予对 Amazon Kinesis Data Streams 合作伙伴应用程序的访问权限，AWS Key Management Service 以及AWS KMS() 以监控数据库活动。
2. 将 Amazon Kinesis Data Streams 连接到 Amazon Data Firehose，将活动保存到亚马逊 S3 以便长期保留。
3. Connect AWS Lambda 以分析或监控数据库活动。

 Note

Amazon RDS 和 Amazon Aurora 中提供了数据库活动流功能。它支持异构和同构数据库迁移方案。

总结

要构建现代应用程序并最大限度地提高业务灵活性并节省成本，您需要一个能够满足应用程序及其微服务独特需求的数据基础架构。在对应用程序进行现代化改造时，我们建议您在确定目标迁移路径之前，先考虑资源需求、功能使用情况以及监控和审计需求等因素。

本指南涵盖了 Exadata 到 AWS 迁移项目的关键方面，包括迁移前发现、执行迁移以及在迁移后维护可靠、高可用性、性能高效且成本优化的数据库环境。要开始现代化之旅，请联系[AWS 客户团队](#)安排免费探索会议。

资源

本节总结了可以帮助您从 Oracle Exadata 迁移到的AWS工具、程序和其他资源。AWS

工具和服务

- [AWS Database Migration Service\(AWS DMS\)](#) 可帮助您将数据库快速安全地迁移到AWS。在迁移期间，您的源数据库仍可完全运行，从而最大限度地减少依赖该数据库的应用程序的停机时间。AWS DMS支持广泛使用的商用和开源数据库，包括同构迁移，例如从本地 Oracle 数据库迁移到云中的 Oracle 数据库，以及不同数据库平台（例如 Oracle 数据库或微软 SQL Server 到 Amazon Aurora）之间的异构迁移。您还可以使用AWS DMS以低延迟将数据从任何支持的源持续复制到任何支持的目标。例如，您可以将来自多个来源的数据复制到 Amazon S3，以构建高度可用且可扩展的数据湖解决方案。您可以通过将数据流式传输到 Amazon Redshift，将数据库整合到 PB 级的数据仓库中。AWS DMS如果您在迁移期间需要最少的停机时间（通常涉及变更数据捕获 (CDC) 解决方案），则可能特别有用。AWS DMS与 Oracle 等其他 CDC 解决方案相比具有优势 GoldenGate，因为它是一项本机AWS服务。它还具有成本效益：您的成本仅限于运行AWS DMS复制实例的底层 EC2 实例，可能还有额外的存储和数据传输成本。此外，由于它AWS DMS是一项完全托管的服务，因此与大多数其他数据迁移和复制解决方案相比，与之相关的资源需求和运营成本降至最低。
- [AWS Schema Conversion Tool\(AWS SCT\)](#) 提供可预测的异构数据库迁移。它会自动将源数据库架构和大部分数据库代码对象（包括视图、存储过程和函数）转换为与目标数据库兼容的格式。任何无法自动转换的对象都将被标记为手动转换。AWS SCT还可以扫描应用程序源代码中的嵌入式 SQL 语句，并将其作为数据库架构转换项目的一部分进行转换。在此过程中，通过将传统的 Oracle 和 SQL Server 函数转换为其等效AWS服务来AWS SCT执行云原生代码优化，从而帮助您实现应用程序现代化。

计划

- Migr [AWSation Acceleration Program \(MAP\)](#) 是一项全面的云AWS迁移计划，它基于我们在将成千上万的企业客户迁移到AWS Cloud. 企业迁移可能既复杂又耗时，但是 MAP 可以通过使用以结果为导向的方法来帮助加快云迁移和现代化任务。MAP 提供降低成本、自动化和加速实施的工具、量身定制的培训方法和内容、来自AWS专业服务、全球AWS合作伙伴社区的专业知识以及AWS投资。MAP 还使用久经考验的三阶段框架（评估、动员、迁移和现代化）来帮助公司实现迁移目标。
- [AWS优化和许可评估 \(AWSOLA\)](#) 可帮助您节省第三方许可成本并更有效地运行资源。AWSOLA 是一项免费计划，可供新老客户根据实际资源利用率、第三方许可和应用程序依赖关系评估和优化当前的本地和云环境。使用 AWS OLA 来制定您的迁移和许可策略AWS。该计划提供了一份报告，该报

告使用现有的许可授权对部署选项进行建模。这些结果可以帮助您探索灵活许可选项中可节省的成本。

- [Amazon 数据库迁移加速器 \(DMA\)](#) 汇集了和AWS数据库专家 AWS DMSAWS SCT，帮助客户摆脱传统的商业数据库和分析服务。该计划提供迁移咨询服务，例如制定迁移策略、解决方案和实施计划，或者解锁持续停滞或延迟的迁移。亚马逊 DMA 通过将数据库现代化为亚马逊 Aurora、适用于 PostgreSQL 或 [MySQL 的亚马逊 RDS](#)、[亚马逊 Redshift](#)、[亚马逊 DynamoDB](#) 等，为包括 [BMC Software](#) 和 [汤森路透](#) 在内的数千名客户提供了支持。

案例研究

- AWS 博客文章 [EDF 完成了在 Amazon RDS 上运行 Oracle 公用事业解决方案的开创性迁移](#)，描述了 [电力供应商 EDF](#) 是如何从 Oracle Exadata 迁移到 AWS 的。它提供了一个成功迁移的真实示例，该示例使用了本指南中介绍的一些最佳实践和工具。

AWS 规范性指导内容

- [将 Oracle 数据库迁移到 AWS Cloud](#) 描述了将 Oracle 本地数据库迁移到的选项、工具和最佳实践 AWS。
- [将庞大的 Oracle 数据库迁移到 AWS 跨平台环境](#) 解释了如何使用带有 Oracle XTTS 和 RMAN 增量备份的 AWS Snowball、AWS Direct Connect、Amazon FSx 来缩短大于 100 TB 的 Oracle 数据库的迁移停机时间。
- [将本地的 Oracle 数据库转储文件传输到 AWS](#) 解释如何使用 Amazon S3、Amazon EFS 和 Oracle 数据库链接将 Oracle 数据库转储文件迁移到 AWS。
- [为标准版的 Amazon RDS for Oracle 和 SQL Server 选择灾难恢复功能](#) 讨论了主动-主动和主动-被动灾难恢复 (DR) 方案，以及标准版 Amazon RDS for Oracle 和 SQL Server 每种选项的优势和局限性。
- [评估将 Oracle 数据库降级为标准版 2 AWS 提供了有关](#) 评估您的 Oracle 数据库并确定是否可以降级以降级 Oracle 许可成本的指导。
- [重构微软 SQL Server 和 Oracle 数据库的优先级指南](#) 讨论了识别候选数据库 AWS 以迁移到 PostgreSQL 和 MySQL 等开源引擎的过程。AWS
- [关系数据库的迁移策略侧重于将本地关系数据库](#) (例如 Oracle 或 Microsoft SQL Server) 迁移到的策略和框架 AWS。
- 另请参阅：[Oracle 数据库的迁移和现代化模式](#)。

贡献者

以下作者和合著者为本指南做出了贡献：

- Pini Dibask，高级数据库解决方案架构师，AWS
- NoSQL 解决方案架构师经理汤姆·哈珀 AWS
- Jobin Joseph，Amazon RDS for Oracle 高级解决方案架构师，AWS
- Marvin Vinson，首席数据库解决方案架构师，AWS

文档历史记录

下表介绍了本指南的一些重要更改。如果您希望收到有关未来更新的通知，可以订阅 [RSS 源](#)。

变更	说明	日期
更新了有关 Amazon EBS 卷类型的信息	使用有关 io2 Block Express 存储选项的信息更新了 平台改造建议 部分。	2024年7月12日
更新了有关数据库整合的信息	更新了 数据库整合 部分，明确了 Amazon RDS for Oracle 现在支持具有多个可插拔数据库的多租户架构。	2024年2月28日
初次发布	—	2024 年 1 月 24 日

AWS 规范性指导词汇表

以下是 AWS 规范性指导提供的策略、指南和模式中的常用术语。若要推荐词条，请使用术语表末尾的提供反馈链接。

数字

7 R

将应用程序迁移到云中的 7 种常见迁移策略。这些策略以 Gartner 于 2011 年确定的 5 R 为基础，包括以下内容：

- **重构/重新架构** - 充分利用云原生功能来提高敏捷性、性能和可扩展性，以迁移应用程序并修改其架构。这通常涉及到移植操作系统和数据库。示例：将您的本地 Oracle 数据库迁移到兼容 Amazon Aurora PostgreSQL 的版本。
- **更换平台** - 将应用程序迁移到云中，并进行一定程度的优化，以利用云功能。示例：在中将您的本地 Oracle 数据库迁移到适用于 Oracle 的亚马逊关系数据库服务 (Amazon RDS) AWS Cloud。
- **重新购买** - 转换到其他产品，通常是从传统许可转向 SaaS 模式。示例：将您的客户关系管理 (CRM) 系统迁移到 Salesforce.com。
- **更换主机 (直接迁移)** - 将应用程序迁移到云中，无需进行任何更改即可利用云功能。示例：在中的 EC2 实例上将您的本地 Oracle 数据库迁移到 Oracle AWS Cloud。
- **重新定位 (虚拟机监控器级直接迁移)**：将基础设施迁移到云中，无需购买新硬件、重写应用程序或修改现有操作。您可以将服务器从本地平台迁移到同一平台的云服务。示例：将 Microsoft Hyper-V 应用程序迁移到 AWS。
- **保留 (重访)** - 将应用程序保留在源环境中。其中可能包括需要进行重大重构的应用程序，并且您希望将工作推迟到以后，以及您希望保留的遗留应用程序，因为迁移它们没有商业上的理由。
- **停用** - 停用或删除源环境中不再需要的应用程序。

A

ABAC

请参阅[基于属性的访问控制](#)。

抽象服务

参见[托管服务](#)。

ACID

参见[原子性、一致性、隔离性、持久性](#)。

主动-主动迁移

一种数据库迁移方法，在这种方法中，源数据库和目标数据库保持同步（通过使用双向复制工具或双写操作），两个数据库都在迁移期间处理来自连接应用程序的事务。这种方法支持小批量、可控的迁移，而不需要一次性割接。与[主动-被动迁移](#)相比，它更灵活，但需要更多的工作。

主动-被动迁移

一种数据库迁移方法，在这种方法中，源数据库和目标数据库保持同步，但在将数据复制到目标数据库时，只有源数据库处理来自连接应用程序的事务。目标数据库在迁移期间不接受任何事务。

聚合函数

一个 SQL 函数，它对一组行进行操作并计算该组的单个返回值。聚合函数的示例包括SUM和MAX。

AI

参见[人工智能](#)。

AIOps

参见[人工智能操作](#)。

匿名化

永久删除数据集中个人信息的过程。匿名化可以帮助保护个人隐私。匿名化数据不再被视为个人数据。

反模式

一种用于解决反复出现的问题的常用解决方案，而在这类问题中，此解决方案适得其反、无效或不如替代方案有效。

应用程序控制

一种安全方法，仅允许使用经批准的应用程序，以帮助保护系统免受恶意软件的侵害。

应用程序组合

有关组织使用的每个应用程序的详细信息的集合，包括构建和维护该应用程序的成本及其业务价值。这些信息是[产品组合发现和分析过程](#)的关键，有助于识别需要进行迁移、现代化和优化的应用程序并确定其优先级。

人工智能 (AI)

计算机科学领域致力于使用计算技术执行通常与人类相关的认知功能，例如学习、解决问题和识别模式。有关更多信息，请参阅[什么是人工智能？](#)

人工智能操作 (AIOps)

使用机器学习技术解决运营问题、减少运营事故和人为干预以及提高服务质量的过程。有关如何在 AIOps AWS 迁移策略中使用的更多信息，请参阅[操作集成指南](#)。

非对称加密

一种加密算法，使用一对密钥，一个公钥用于加密，一个私钥用于解密。您可以共享公钥，因为它不用于解密，但对私钥的访问应受到严格限制。

原子性、一致性、隔离性、持久性 (ACID)

一组软件属性，即使在出现错误、电源故障或其他问题的情况下，也能保证数据库的数据有效性和操作可靠性。

基于属性的访问权限控制 (ABAC)

根据用户属性 (如部门、工作角色和团队名称) 创建精细访问权限的做法。有关更多信息，请参阅 AWS Identity and Access Management (IAM) 文档 [AWS 中的 AB AC](#)。

权威数据源

存储主要数据版本的位置，被认为是最可靠的信息源。您可以将数据从权威数据源复制到其他位置，以便处理或修改数据，例如对数据进行匿名化、编辑或假名化。

可用区

中的一个不同位置 AWS 区域，不受其他可用区域故障的影响，并向同一区域中的其他可用区提供低成本、低延迟的网络连接。

AWS 云采用框架 (AWS CAF)

该框架包含指导方针和最佳实践 AWS，可帮助组织制定高效且有效的计划，以成功迁移到云端。AWS CAF 将指导分为六个重点领域，称为视角：业务、人员、治理、平台、安全和运营。业务、人员和治理角度侧重于业务技能和流程；平台、安全和运营角度侧重于技术技能和流程。例如，人员角度针对的是负责人力资源 (HR)、人员配置职能和人员管理的利益相关者。从这个角度来看，AWS CAF 为人员发展、培训和沟通提供了指导，以帮助组织为成功采用云做好准备。有关更多信息，请参阅 [AWS CAF 网站](#) 和 [AWS CAF 白皮书](#)。

AWS 工作负载资格框架 (AWS WQF)

一种评估数据库迁移工作负载、推荐迁移策略和提供工作估算的工具。AWS WQF 包含在 AWS Schema Conversion Tool (AWS SCT) 中。它用来分析数据库架构和代码对象、应用程序代码、依赖关系和性能特征，并提供评测报告。

B

坏机器人

旨在破坏个人或组织或对其造成伤害的[机器人](#)。

BCP

参见[业务连续性计划](#)。

行为图

一段时间内资源行为和交互的统一交互式视图。您可以使用 Amazon Detective 的行为图来检查失败的登录尝试、可疑的 API 调用和类似的操作。有关更多信息，请参阅 Detective 文档中的[行为图中的数据](#)。

大端序系统

一个先存储最高有效字节的系统。另请参见[字节顺序](#)。

二进制分类

一种预测二进制结果（两个可能的类别之一）的过程。例如，您的 ML 模型可能需要预测诸如“该电子邮件是否为垃圾邮件？”或“这个产品是书还是汽车？”之类的问题

bloom 筛选条件

一种概率性、内存高效的数据结构，用于测试元素是否为集合的成员。

蓝/绿部署

一种部署策略，您可以创建两个独立但完全相同的环境。在一个环境中运行当前的应用程序版本（蓝色），在另一个环境中运行新的应用程序版本（绿色）。此策略可帮助您在影响最小的情况下快速回滚。

自动程序

一种通过互联网运行自动任务并模拟人类活动或互动的软件应用程序。有些机器人是有用或有益的，例如在互联网上索引信息的网络爬虫。其他一些被称为恶意机器人的机器人旨在破坏个人或组织或对其造成伤害。

僵尸网络

被**恶意软件**感染并受单方（称为**机器人**牧民或机器人操作员）控制的机器人网络。僵尸网络是最著名的扩展机器人及其影响力的机制。

分支

代码存储库的一个包含区域。在存储库中创建的第一个分支是主分支。您可以从现有分支创建新分支，然后在新分支中开发功能或修复错误。为构建功能而创建的分支通常称为功能分支。当功能可以发布时，将功能分支合并回主分支。有关更多信息，请参阅[关于分支](#)（GitHub 文档）。

破碎的玻璃通道

在特殊情况下，通过批准的流程，用户 AWS 账户 可以快速访问他们通常没有访问权限的内容。有关更多信息，请参阅 Well [-Architected 指南](#) 中的“[实施破碎玻璃程序](#)”指示 AWS 器。

棕地策略

您环境中的现有基础设施。在为系统架构采用棕地策略时，您需要围绕当前系统和基础设施的限制来设计架构。如果您正在扩展现有基础设施，则可以将棕地策略和[全新](#)策略混合。

缓冲区缓存

存储最常访问的数据的内存区域。

业务能力

企业如何创造价值（例如，销售、客户服务或营销）。微服务架构和开发决策可以由业务能力驱动。有关更多信息，请参阅在 [AWS 上运行容器化微服务](#) 白皮书中的[围绕业务能力进行组织](#)部分。

业务连续性计划（BCP）

一项计划，旨在应对大规模迁移等破坏性事件对运营的潜在影响，并使企业能够快速恢复运营。

C

CAF

参见[AWS 云采用框架](#)。

金丝雀部署

向最终用户缓慢而渐进地发布版本。当你有信心时，你可以部署新版本并全部替换当前版本。

CCoE

参见 [云卓越中心](#)。

CDC

请参阅 [变更数据捕获](#)。

更改数据捕获 (CDC)

跟踪数据来源 (如数据库表) 的更改并记录有关更改的元数据的过程。您可以将 CDC 用于各种目的，例如审计或复制目标系统中的更改以保持同步。

混沌工程

故意引入故障或破坏性事件来测试系统的弹性。您可以使用 [AWS Fault Injection Service \(AWS FIS\)](#) 来执行实验，对您的 AWS 工作负载施加压力并评估其响应。

CI/CD

查看 [持续集成和持续交付](#)。

分类

一种有助于生成预测的分类流程。分类问题的 ML 模型预测离散值。离散值始终彼此不同。例如，一个模型可能需要评估图像中是否有汽车。

客户端加密

在目标 AWS 服务 收到数据之前，对数据进行本地加密。

云卓越中心 (CCoE)

一个多学科团队，负责推动整个组织的云采用工作，包括开发云最佳实践、调动资源、制定迁移时间表、领导组织完成大规模转型。有关更多信息，请参阅 AWS Cloud 企业战略博客上的 [CCoE 帖子](#)。

云计算

通常用于远程数据存储和 IoT 设备管理的云技术。云计算通常与 [边缘计算](#) 技术相关。

云运营模型

在 IT 组织中，一种用于构建、完善和优化一个或多个云环境的运营模型。有关更多信息，请参阅 [构建您的云运营模型](#)。

云采用阶段

组织迁移到以下阶段时通常会经历四个阶段 AWS Cloud :

- 项目 - 出于概念验证和学习目的，开展一些与云相关的项目
- 基础 — 进行基础投资以扩大云采用率（例如，创建着陆区、定义 CCo E、建立运营模型）
- 迁移 - 迁移单个应用程序
- 重塑 - 优化产品和服务，在云中创新

Stephen Orban在 AWS Cloud 企业战略博客的博客文章 [《云优先之旅和采用阶段》](#) 中定义了这些阶段。有关它们与 AWS 迁移策略的关系的信息，请参阅[迁移准备指南](#)。

CMDB

参见[配置管理数据库](#)。

代码存储库

通过版本控制过程存储和更新源代码和其他资产（如文档、示例和脚本）的位置。常见的云存储库包括GitHub或Bitbucket Cloud。每个版本的代码都称为一个分支。在微服务结构中，每个存储库都专门用于一个功能。单个 CI/CD 管道可以使用多个存储库。

冷缓存

一种空的、填充不足或包含过时或不相关数据的缓冲区缓存。这会影响性能，因为数据库实例必须从主内存或磁盘读取，这比从缓冲区缓存读取要慢。

冷数据

很少访问的数据，且通常是历史数据。查询此类数据时，通常可以接受慢速查询。将这些数据转移到性能较低且成本更低的存储层或类别可以降低成本。

计算机视觉 (CV)

[人工智能](#)领域，使用机器学习来分析和提取数字图像和视频等视觉格式的信息。例如，Amazon SageMaker AI 为 CV 提供了图像处理算法。

配置偏差

对于工作负载，配置会从预期状态发生变化。这可能会导致工作负载变得不合规，而且通常是渐进的，不是故意的。

配置管理数据库 (CMDB)

一种存储库，用于存储和管理有关数据库及其 IT 环境的信息，包括硬件和软件组件及其配置。您通常在迁移的产品组合发现和分析阶段使用来自 CMDB 的数据。

合规性包

一系列 AWS Config 规则和补救措施，您可以汇编这些规则和补救措施，以自定义合规性和安全性检查。您可以使用 YAML 模板将一致性包作为单个实体部署在 AWS 账户 和区域或整个组织中。有关更多信息，请参阅 AWS Config 文档中的 [一致性包](#)。

持续集成和持续交付 (CI/CD)

自动执行软件发布过程的源代码、构建、测试、暂存和生产阶段的过程。CI/CD is commonly described as a pipeline. CI/CD可以帮助您实现流程自动化、提高生产力、提高代码质量和更快地交付。有关更多信息，请参阅[持续交付的优势](#)。CD 也可以表示持续部署。有关更多信息，请参阅[持续交付与持续部署](#)。

CV

参见[计算机视觉](#)。

D

静态数据

网络中静止的数据，例如存储中的数据。

数据分类

根据网络中数据的关键性和敏感性对其进行识别和分类的过程。它是任何网络安全风险管理策略的关键组成部分，因为它可以帮助您确定对数据的适当保护和保留控制。数据分类是 Well-Architected AWS d Framework 中安全支柱的一个组成部分。有关详细信息，请参阅[数据分类](#)。

数据漂移

生产数据与用来训练机器学习模型的数据之间的有意义差异，或者输入数据随时间推移的有意义变化。数据漂移可能降低机器学习模型预测的整体质量、准确性和公平性。

传输中数据

在网络中主动移动的数据，例如在网络资源之间移动的数据。

数据网格

一种架构框架，可提供分布式、去中心化的数据所有权以及集中式管理和治理。

数据最少化

仅收集并处理绝对必要数据的原则。在中进行数据最小化 AWS Cloud 可以降低隐私风险、成本和分析碳足迹。

数据边界

AWS 环境中的一组预防性防护措施，可帮助确保只有可信身份才能访问来自预期网络的可信资源。有关更多信息，请参阅在[上构建数据边界](#)。AWS

数据预处理

将原始数据转换为 ML 模型易于解析的格式。预处理数据可能意味着删除某些列或行，并处理缺失、不一致或重复的值。

数据溯源

在数据的整个生命周期跟踪其来源和历史的过程，例如数据如何生成、传输和存储。

数据主体

正在收集和处理其数据的人。

数据仓库

一种支持商业智能（例如分析）的数据管理系统。数据仓库通常包含大量历史数据，通常用于查询和分析。

数据库定义语言（DDL）

在数据库中创建或修改表和对象结构的语句或命令。

数据库操作语言（DML）

在数据库中修改（插入、更新和删除）信息的语句或命令。

DDL

参见[数据库定义语言](#)。

深度融合

组合多个深度学习模型进行预测。您可以使用深度融合来获得更准确的预测或估算预测中的不确定性。

深度学习

一个 ML 子字段使用多层神经网络来识别输入数据和感兴趣的目标变量之间的映射。

defense-in-depth

一种信息安全方法，经过深思熟虑，在整个计算机网络中分层实施一系列安全机制和控制措施，以保护网络及其中数据的机密性、完整性和可用性。当你采用这种策略时 AWS，你会在 AWS

Organizations 结构的不同层面添加多个控件来帮助保护资源。例如，一种 defense-in-depth 方法可以结合多因素身份验证、网络分段和加密。

委托管理员

在中 AWS Organizations，兼容的服务可以注册 AWS 成员帐户来管理组织的帐户并管理该服务的权限。此帐户被称为该服务的委托管理员。有关更多信息和兼容服务列表，请参阅 AWS Organizations 文档中[使用 AWS Organizations 的服务](#)。

后

使应用程序、新功能或代码修复在目标环境中可用的过程。部署涉及在代码库中实现更改，然后在应用程序的环境中构建和运行该代码库。

开发环境

参见[环境](#)。

侦测性控制

一种安全控制，在事件发生后进行检测、记录日志和发出警报。这些控制是第二道防线，提醒您注意绕过现有预防性控制的安全事件。有关更多信息，请参阅在 AWS 上实施安全控制中的[侦测性控制](#)。

开发价值流映射 (DVSM)

用于识别对软件开发生命周期中的速度和质量产生不利影响的限制因素并确定其优先级的流程。DVSM 扩展了最初为精益生产实践设计的价值流映射流程。其重点关注在软件开发过程中创造和转移价值所需的步骤和团队。

数字孪生

真实世界系统的虚拟再现，如建筑物、工厂、工业设备或生产线。数字孪生支持预测性维护、远程监控和生产优化。

维度表

在[星型架构](#)中，一种较小的表，其中包含事实表中有关定量数据的数据属性。维度表属性通常是文本字段或行为类似于文本的离散数字。这些属性通常用于查询约束、筛选和结果集标注。

灾难

阻止工作负载或系统在其主要部署位置实现其业务目标的事件。这些事件可能是自然灾害、技术故障或人为操作的结果，例如无意的配置错误或恶意软件攻击。

灾难恢复 (DR)

您用来最大限度地减少[灾难](#)造成的停机时间和数据丢失的策略和流程。有关更多信息，请参阅 Well-Architected Framework AWS work 中的“[工作负载灾难恢复：云端 AWS 恢复](#)”。

DML

参见[数据库操作语言](#)。

领域驱动设计

一种开发复杂软件系统的方法，通过将其组件连接到每个组件所服务的不断发展的领域或核心业务目标。Eric Evans 在其著作[领域驱动设计：软件核心复杂性应对之道](#) (Boston: Addison-Wesley Professional, 2003) 中介绍了这一概念。有关如何将领域驱动设计与 strangler fig 模式结合使用的信息，请参阅[使用容器和 Amazon API Gateway 逐步将原有的 Microsoft ASP.NET \(ASMX \) Web 服务现代化](#)。

DR

参见[灾难恢复](#)。

漂移检测

跟踪与基准配置的偏差。例如，您可以使用 AWS CloudFormation 来[检测系统资源中的偏差](#)，也可以使用 AWS Control Tower 来[检测着陆区中可能影响监管要求合规性的变化](#)。

DVSM

参见[开发价值流映射](#)。

E

EDA

参见[探索性数据分析](#)。

EDI

参见[电子数据交换](#)。

边缘计算

该技术可提高位于 IoT 网络边缘的智能设备的计算能力。与[云计算](#)相比，边缘计算可以减少通信延迟并缩短响应时间。

电子数据交换 (EDI)

组织之间自动交换业务文档。有关更多信息，请参阅[什么是电子数据交换](#)。

加密

一种将人类可读的纯文本数据转换为密文的计算过程。

加密密钥

由加密算法生成的随机位的加密字符串。密钥的长度可能有所不同，而且每个密钥都设计为不可预测且唯一。

字节顺序

字节在计算机内存中的存储顺序。大端序系统先存储最高有效字节。小端序系统先存储最低有效字节。

端点

参见[服务端点](#)。

端点服务

一种可以在虚拟私有云 (VPC) 中托管，与其他用户共享的服务。您可以使用其他 AWS 账户 或 AWS Identity and Access Management (IAM) 委托人创建终端节点服务，AWS PrivateLink 并向其授予权限。这些账户或主体可通过创建接口 VPC 端点来私密地连接到您的端点服务。有关更多信息，请参阅 Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC) 文档中的[创建端点服务](#)。

企业资源规划 (ERP)

一种自动化和管理企业关键业务流程 (例如会计、[MES](#) 和项目管理) 的系统。

信封加密

用另一个加密密钥对加密密钥进行加密的过程。有关更多信息，请参阅 AWS Key Management Service (AWS KMS) 文档中的[信封加密](#)。

环境

正在运行的应用程序的实例。以下是云计算中常见的环境类型：

- 开发环境 — 正在运行的应用程序的实例，只有负责维护应用程序的核心团队才能使用。开发环境用于测试更改，然后再将其提升到上层环境。这类环境有时称为测试环境。
- 下层环境 — 应用程序的所有开发环境，比如用于初始构建和测试的环境。

- 生产环境 — 最终用户可以访问的正在运行的应用程序的实例。在 CI/CD 管道中，生产环境是最后一个部署环境。
- 上层环境 — 除核心开发团队以外的用户可以访问的所有环境。这可能包括生产环境、预生产环境和用户验收测试环境。

epic

在敏捷方法学中，有助于组织工作和确定优先级的功能类别。epics 提供了对需求和实施任务的总体描述。例如，AWS CAF 安全史诗包括身份和访问管理、侦探控制、基础设施安全、数据保护和事件响应。有关 AWS 迁移策略中 epics 的更多信息，请参阅[计划实施指南](#)。

ERP

参见[企业资源规划](#)。

探索性数据分析 (EDA)

分析数据集以了解其主要特征的过程。您收集或汇总数据，并进行初步调查，以发现模式、检测异常并检查假定情况。EDA 通过计算汇总统计数据 and 创建数据可视化得以执行。

F

事实表

[星形架构](#)中的中心表。它存储有关业务运营的定量数据。通常，事实表包含两种类型的列：包含度量的列和包含维度表外键的列。

失败得很快

一种使用频繁和增量测试来缩短开发生命周期的理念。这是敏捷方法的关键部分。

故障隔离边界

在中 AWS Cloud，诸如可用区 AWS 区域、控制平面或数据平面之类的边界，它限制了故障的影响并有助于提高工作负载的弹性。有关更多信息，请参阅[AWS 故障隔离边界](#)。

功能分支

参见[分支](#)。

特征

您用来进行预测的输入数据。例如，在制造环境中，特征可能是定期从生产线捕获的图像。

特征重要性

特征对于模型预测的重要性。这通常表示为数值分数，可以通过各种技术进行计算，例如 Shapley 加法解释 (SHAP) 和积分梯度。有关更多信息，请参阅使用[机器学习模型的可解释性 AWS](#)。

功能转换

为 ML 流程优化数据，包括使用其他来源丰富数据、扩展值或从单个数据字段中提取多组信息。这使得 ML 模型能从数据中获益。例如，如果您将“2021-05-27 00:15:37”日期分解为“2021”、“五月”、“星期四”和“15”，则可以帮助学习与不同数据成分相关的算法学习精细模式。

少量提示

在要求[法学硕士](#)执行类似任务之前，向其提供少量示例，以演示该任务和所需的输出。这种技术是情境学习的应用，模型可以从提示中嵌入的示例 (镜头) 中学习。对于需要特定格式、推理或领域知识的任务，Few-shot 提示可能非常有效。另请参见[零镜头提示](#)。

FGAC

请参阅[精细的访问控制](#)。

精细访问控制 (FGAC)

使用多个条件允许或拒绝访问请求。

快闪迁移

一种数据库迁移方法，它使用连续的数据复制，通过[更改数据捕获](#)在尽可能短的时间内迁移数据，而不是使用分阶段的方法。目标是将停机时间降至最低。

FM

参见[基础模型](#)。

基础模型 (FM)

一个大型深度学习神经网络，一直在广义和未标记数据的大量数据集上进行训练。FMs 能够执行各种各样的一般任务，例如理解语言、生成文本和图像以及用自然语言进行对话。有关更多信息，请参阅[什么是基础模型](#)。

G

生成式人工智能

[人工智能](#)模型的子集，这些模型已经过大量数据训练，可以使用简单的文本提示来创建新的内容和工件，例如图像、视频、文本和音频。有关更多信息，请参阅[什么是生成式 AI](#)。

地理封锁

请参阅[地理限制](#)。

地理限制 (地理阻止)

在 Amazon 中 CloudFront，一种阻止特定国家/地区的用户访问内容分发的选项。您可以使用允许列表或阻止列表来指定已批准和已禁止的国家/地区。有关更多信息，请参阅 CloudFront 文档[中的限制内容的地理分布](#)。

GitFlow 工作流程

一种方法，在这种方法中，下层和上层环境在源代码存储库中使用不同的分支。Gitflow 工作流程被认为是传统的，而[基于主干的工作流程](#)是现代的首选方法。

金色影像

系统或软件的快照，用作部署该系统或软件的新实例的模板。例如，在制造业中，黄金映像可用于在多个设备上配置软件，并有助于提高设备制造运营的速度、可扩展性和生产力。

全新策略

在新环境中缺少现有基础设施。在对系统架构采用全新策略时，您可以选择所有新技术，而不受对现有基础设施 (也称为[棕地](#)) 兼容性的限制。如果您正在扩展现有基础设施，则可以将棕地策略和全新策略混合。

防护机制

一项高级规则，可帮助管理各组织单位的资源、策略和合规性 (OUs)。预防性防护机制会执行策略以确保符合合规性标准。它们是使用服务控制策略和 IAM 权限边界实现的。侦测性防护机制会检测策略违规和合规性问题，并生成警报以进行修复。它们通过使用 AWS Config、Amazon、AWS Security Hub GuardDuty AWS Trusted Advisor、Amazon Inspector 和自定义 AWS Lambda 支票来实现。

H

HA

参见[高可用性](#)。

异构数据库迁移

将源数据库迁移到使用不同数据库引擎的目标数据库 (例如，从 Oracle 迁移到 Amazon Aurora)。异构迁移通常是重新架构工作的一部分，而转换架构可能是一项复杂的任务。[AWS 提供了 AWS SCT](#) 来帮助实现架构转换。

高可用性 (HA)

在遇到挑战或灾难时，工作负载无需干预即可连续运行的能力。HA 系统旨在自动进行故障转移、持续提供良好性能，并以最小的性能影响处理不同负载和故障。

历史数据库现代化

一种用于实现运营技术 (OT) 系统现代化和升级以更好满足制造业需求的方法。历史数据库是一种用于收集和存储工厂中各种来源数据的数据库。

抵制数据

从用于训练[机器学习](#)模型的数据集中扣留的一部分带有标签的历史数据。通过将模型预测与抵制数据进行比较，您可以使用抵制数据来评估模型性能。

同构数据库迁移

将源数据库迁移到共享同一数据库引擎的目标数据库（例如，从 Microsoft SQL Server 迁移到 Amazon RDS for SQL Server）。同构迁移通常是更换主机或更换平台工作的一部分。您可以使用本机数据库实用程序来迁移架构。

热数据

经常访问的数据，例如实时数据或近期的转化数据。这些数据通常需要高性能存储层或存储类别才能提供快速的查询响应。

修补程序

针对生产环境中关键问题的紧急修复。由于其紧迫性，修补程序通常是在典型的 DevOps 发布工作流程之外进行的。

hypercure 周期

割接之后，迁移团队立即管理和监控云中迁移的应用程序以解决任何问题的时间段。通常，这个周期持续 1-4 天。在 hypercure 周期结束时，迁移团队通常会将应用程序的责任移交给云运营团队。

我

laC

参见[基础设施即代码](#)。

基于身份的策略

附加到一个或多个 IAM 委托人的策略，用于定义他们在 AWS Cloud 环境中的权限。

空闲应用程序

90 天内平均 CPU 和内存使用率在 5% 到 20% 之间的应用程序。在迁移项目中，通常会停用这些应用程序或将其保留在本地。

IloT

参见[工业物联网](#)。

不可变的基础架构

一种为生产工作负载部署新基础架构，而不是更新、修补或修改现有基础架构的模型。[不可变基础架构本质上比可变基础架构更一致、更可靠、更可预测](#)。有关更多信息，请参阅 Well-Architected Framework 中的[使用不可变基础架构 AWS 部署最佳实践](#)。

入站 (入口) VPC

在 AWS 多账户架构中，一种接受、检查和路由来自应用程序外部的网络连接的 VPC。[AWS 安全参考架构](#)建议设置您的网络帐户，包括入站、出站和检查，VPCs 以保护您的应用程序与更广泛的互联网之间的双向接口。

增量迁移

一种割接策略，在这种策略中，您可以将应用程序分成小部分进行迁移，而不是一次性完整割接。例如，您最初可能只将几个微服务或用户迁移到新系统。在确认一切正常后，您可以逐步迁移其他微服务或用户，直到停用遗留系统。这种策略降低了大规模迁移带来的风险。

工业 4.0

该术语由[克劳斯·施瓦布 \(Klaus Schwab \)](#)于2016年推出，指的是通过连接、实时数据、自动化、分析和人工智能/机器学习的进步实现制造流程的现代化。

基础设施

应用程序环境中包含的所有资源和资产。

基础设施即代码 (IaC)

通过一组配置文件预置和管理应用程序基础设施的过程。IaC 旨在帮助您集中管理基础设施、实现资源标准化和快速扩展，使新环境具有可重复性、可靠性和一致性。

工业物联网 (IloT)

在工业领域使用联网的传感器和设备，例如制造业、能源、汽车、医疗保健、生命科学和农业。有关更多信息，请参阅[制定工业物联网 \(IloT\) 数字化转型战略](#)。

检查 VPC

在 AWS 多账户架构中，一种集中式 VPC，用于管理对 VPCs（相同或不同 AWS 区域）、互联网和本地网络之间的网络流量的检查。[AWS 安全参考架构](#)建议设置您的网络帐户，包括入站、出站和检查，VPCs 以保护您的应用程序与更广泛的互联网之间的双向接口。

物联网 (IoT)

由带有嵌入式传感器或处理器的连接物理对象组成的网络，这些传感器或处理器通过互联网或本地通信网络与其他设备和系统进行通信。有关更多信息，请参阅[什么是 IoT?](#)

可解释性

它是机器学习模型的一种特征，描述了人类可以理解模型的预测如何取决于其输入的程度。有关更多信息，请参阅使用[机器学习模型的可解释性 AWS](#)。

IoT

参见[物联网](#)。

IT 信息库 (ITIL)

提供 IT 服务并使这些服务符合业务要求的一套最佳实践。ITIL 是 ITSM 的基础。

IT 服务管理 (ITSM)

为组织设计、实施、管理和支持 IT 服务的相关活动。有关将云运营与 ITSM 工具集成的信息，请参阅[运营集成指南](#)。

ITIL

请参阅[IT 信息库](#)。

ITSM

请参阅[IT 服务管理](#)。

L

基于标签的访问控制 (LBAC)

强制访问控制 (MAC) 的一种实施方式，其中明确为用户和数据本身分配了安全标签值。用户安全标签和数据安全标签之间的交集决定了用户可以看到哪些行和列。

登录区

landing zone 是一个架构精良的多账户 AWS 环境，具有可扩展性和安全性。这是一个起点，您的组织可以从这里放心地在安全和基础设施环境中快速启动和部署工作负载和应用程序。有关登录区的更多信息，请参阅[设置安全且可扩展的多账户 AWS 环境](#)。

大型语言模型 (LLM)

一种基于大量数据进行预训练的深度学习 [AI](#) 模型。法学硕士可以执行多项任务，例如回答问题、总结文档、将文本翻译成其他语言以及完成句子。有关更多信息，请参阅[什么是 LLMs](#)。

大规模迁移

迁移 300 台或更多服务器。

LBAC

请参阅[基于标签的访问控制](#)。

最低权限

授予执行任务所需的最低权限的最佳安全实践。有关更多信息，请参阅 IAM 文档中的[应用最低权限许可](#)。

直接迁移

见 [7 R](#)。

小端序系统

一个先存储最低有效字节的系统。另请参见[字节顺序](#)。

LLM

参见[大型语言模型](#)。

下层环境

参见[环境](#)。

M

机器学习 (ML)

一种使用算法和技术进行模式识别和学习的人工智能。ML 对记录的数据 (例如物联网 (IoT) 数据) 进行分析和学习，以生成基于模式的统计模型。有关更多信息，请参阅[机器学习](#)。

主分支

参见[分支](#)。

恶意软件

旨在危害计算机安全或隐私的软件。恶意软件可能会破坏计算机系统、泄露敏感信息或获得未经授权的访问。恶意软件的示例包括病毒、蠕虫、勒索软件、特洛伊木马、间谍软件和键盘记录器。

托管服务

AWS 服务 它 AWS 运行基础设施层、操作系统和平台，您可以访问端点来存储和检索数据。亚马逊简单存储服务 (Amazon S3) Service 和 Amazon DynamoDB 就是托管服务的示例。这些服务也称为抽象服务。

制造执行系统 (MES)

一种软件系统，用于跟踪、监控、记录和控制将原材料转化为成品的生产过程。

MAP

参见[迁移加速计划](#)。

机制

一个完整的过程，在此过程中，您可以创建工具，推动工具的采用，然后检查结果以进行调整。机制是一种在运行过程中自我增强和改进的循环。有关更多信息，请参阅在 Well-Architect AWS ed 框架中[构建机制](#)。

成员账户

AWS 账户 除属于组织中的管理账户之外的所有账户 AWS Organizations。一个账户一次只能是一个组织的成员。

MES

参见[制造执行系统](#)。

消息队列遥测传输 (MQTT)

[一种基于发布/订阅模式的轻量级 machine-to-machine \(M2M\) 通信协议，适用于资源受限的物联网设备。](#)

微服务

一种小型的独立服务，通过明确的定义进行通信 APIs，通常由小型的独立团队拥有。例如，保险系统可能包括映射到业务能力（如销售或营销）或子域（如购买、理赔或分析）的微服务。微服务

的好处包括敏捷、灵活扩展、易于部署、可重复使用的代码和恢复能力。有关更多信息，请参阅[使用 AWS 无服务器服务集成微服务](#)。

微服务架构

一种使用独立组件构建应用程序的方法，这些组件将每个应用程序进程作为微服务运行。这些微服务使用轻量级通过定义明确的接口进行通信。APIs 该架构中的每个微服务都可以更新、部署和扩展，以满足对应用程序特定功能的需求。有关更多信息，请参阅[在上实现微服务](#)。AWS

迁移加速计划 (MAP)

AWS 该计划提供咨询支持、培训和服务，以帮助组织为迁移到云奠定坚实的运营基础，并帮助抵消迁移的初始成本。MAP 提供了一种以系统的方式执行遗留迁移的迁移方法，以及一套用于自动执行和加速常见迁移场景的工具。

大规模迁移

将大部分应用程序组合分波迁移到云中的过程，在每一波中以更快的速度迁移更多应用程序。本阶段使用从早期阶段获得的最佳实践和经验教训，实施由团队、工具和流程组成的迁移工厂，通过自动化和敏捷交付简化工作负载的迁移。这是[AWS 迁移策略](#)的第三阶段。

迁移工厂

跨职能团队，通过自动化、敏捷的方法简化工作负载迁移。迁移工厂团队通常包括运营、业务分析师和所有者、迁移工程师、开发 DevOps 人员和冲刺专业人员。20% 到 50% 的企业应用程序组合由可通过工厂方法优化的重复模式组成。有关更多信息，请参阅本内容集中[有关迁移工厂的讨论](#)和[云迁移工厂指南](#)。

迁移元数据

有关完成迁移所需的应用程序和服务器信息。每种迁移模式都需要一套不同的迁移元数据。迁移元数据的示例包括目标子网、安全组和 AWS 账户。

迁移模式

一种可重复的迁移任务，详细列出了迁移策略、迁移目标以及所使用的迁移应用程序或服务。示例：EC2 使用 AWS 应用程序迁移服务重新托管向 Amazon 的迁移。

迁移组合评测 (MPA)

一种在线工具，可提供信息，用于验证迁移到的业务案例。AWS Cloud MPA 提供了详细的组合评测（服务器规模调整、定价、TCO 比较、迁移成本分析）以及迁移计划（应用程序数据分析和数据收集、应用程序分组、迁移优先级排序和波次规划）。所有 AWS 顾问和 APN 合作伙伴顾问均可免费使用[MPA 工具](#)（需要登录）。

迁移准备情况评测 (MRA)

使用 AWS CAF 深入了解组织的云就绪状态、确定优势和劣势以及制定行动计划以缩小已发现差距的过程。有关更多信息，请参阅[迁移准备指南](#)。MRA 是 [AWS 迁移策略](#) 的第一阶段。

迁移策略

用于将工作负载迁移到的方法 AWS Cloud。有关更多信息，请参阅此词汇表中的 [7 R](#) 条目和[动员组织以加快大规模迁移](#)。

ML

参见[机器学习](#)。

现代化

将过时的（原有的或单体）应用程序及其基础设施转变为云中敏捷、弹性和高度可用的系统，以降低成本、提高效率和利用创新。有关更多信息，请参阅[中的应用程序现代化策略](#)。AWS Cloud

现代化准备情况评估

一种评估方式，有助于确定组织应用程序的现代化准备情况；确定收益、风险和依赖关系；确定组织能够在多大程度上支持这些应用程序的未来状态。评估结果是目标架构的蓝图、详细说明现代化进程发展阶段和里程碑的路线图以及解决已发现差距的行动计划。有关更多信息，请参阅[中的评估应用程序的现代化准备情况](#) AWS Cloud。

单体应用程序 (单体式)

作为具有紧密耦合进程的单个服务运行的应用程序。单体应用程序有几个缺点。如果某个应用程序功能的需求激增，则必须扩展整个架构。随着代码库的增长，添加或改进单体应用程序的功能也会变得更加复杂。若要解决这些问题，可以使用微服务架构。有关更多信息，请参阅[将单体分解为微服务](#)。

MPA

参见[迁移组合评估](#)。

MQTT

请参阅[消息队列遥测传输](#)。

多分类器

一种帮助为多个类别生成预测（预测两个以上结果之一）的过程。例如，ML 模型可能会询问“这个产品是书、汽车还是手机？”或“此客户最感兴趣什么类别的产品？”

可变基础架构

一种用于更新和修改现有生产工作负载基础架构的模型。为了提高一致性、可靠性和可预测性，Well-Architect AWS ed Framework 建议使用[不可变基础设施](#)作为最佳实践。

O

OAC

请参阅[源站访问控制](#)。

OAI

参见[源访问身份](#)。

OCM

参见[组织变更管理](#)。

离线迁移

一种迁移方法，在这种方法中，源工作负载会在迁移过程中停止运行。这种方法会延长停机时间，通常用于小型非关键工作负载。

OI

参见[运营集成](#)。

OLA

参见[运营层协议](#)。

在线迁移

一种迁移方法，在这种方法中，源工作负载无需离线即可复制到目标系统。在迁移过程中，连接工作负载的应用程序可以继续运行。这种方法的停机时间为零或最短，通常用于关键生产工作负载。

OPC-UA

参见[开放流程通信-统一架构](#)。

开放流程通信-统一架构 (OPC-UA)

一种用于工业自动化的 machine-to-machine (M2M) 通信协议。OPC-UA 提供了数据加密、身份验证和授权方案的互操作性标准。

运营级别协议 (OLA)

一项协议，阐明了 IT 职能部门承诺相互交付的内容，以支持服务水平协议 (SLA)。

运营准备情况审查 (ORR)

一份问题清单和相关的最佳实践，可帮助您理解、评估、预防或缩小事件和可能的故障的范围。有关更多信息，请参阅 Well-Architecte AWS d Frame [work 中的运营准备情况评估 \(ORR\)](#)。

操作技术 (OT)

与物理环境配合使用以控制工业运营、设备和基础设施的硬件和软件系统。在制造业中，OT 和信息技术 (IT) 系统的集成是[工业 4.0](#) 转型的重点。

运营整合 (OI)

在云中实现运营现代化的过程，包括就绪计划、自动化和集成。有关更多信息，请参阅[运营整合指南](#)。

组织跟踪

由此创建的跟踪 AWS CloudTrail ，用于记录组织 AWS 账户 中所有人的所有事件 AWS Organizations。该跟踪是在每个 AWS 账户 中创建的，属于组织的一部分，并跟踪每个账户的活动。有关更多信息，请参阅 CloudTrail文档中的[为组织创建跟踪](#)。

组织变革管理 (OCM)

一个从人员、文化和领导力角度管理重大、颠覆性业务转型的框架。OCM 通过加快变革采用、解决过渡问题以及推动文化和组织变革，帮助组织为新系统和战略做好准备和过渡。在 AWS 迁移策略中，该框架被称为人员加速，因为云采用项目需要变更的速度。有关更多信息，请参阅[OCM 指南](#)。

来源访问控制 (OAC)

在中 CloudFront ，一个增强的选项，用于限制访问以保护您的亚马逊简单存储服务 (Amazon S3) 内容。OAC 全部支持所有 S3 存储桶 AWS 区域、使用 AWS KMS (SSE-KMS) 进行服务器端加密，以及对 S3 存储桶的动态PUT和DELETE请求。

来源访问身份 (OAI)

在中 CloudFront ，一个用于限制访问权限以保护您的 Amazon S3 内容的选项。当您使用 OAI 时，CloudFront 会创建一个 Amazon S3 可以对其进行身份验证的委托人。经过身份验证的委托人只能通过特定 CloudFront 分配访问 S3 存储桶中的内容。另请参阅 [OAC](#) ，其中提供了更精细和增强的访问控制。

ORR

参见[运营准备情况审查](#)。

OT

参见[运营技术](#)。

出站 (出口) VPC

在 AWS 多账户架构中，一种处理从应用程序内部启动的网络连接的 VPC。[AWS 安全参考架构](#)建议设置您的网络帐户，包括入站、出站和检查，VPCs 以保护您的应用程序与更广泛的互联网之间的双向接口。

P

权限边界

附加到 IAM 主体的 IAM 管理策略，用于设置用户或角色可以拥有的最大权限。有关更多信息，请参阅 IAM 文档中的[权限边界](#)。

个人身份信息 (PII)

直接查看其他相关数据或与之配对时可用于合理推断个人身份的信息。PII 的示例包括姓名、地址和联系信息。

PII

查看[个人身份信息](#)。

playbook

一套预定义的步骤，用于捕获与迁移相关的工作，例如在云中交付核心运营功能。playbook 可以采用脚本、自动化运行手册的形式，也可以是操作现代化环境所需的流程或步骤的摘要。

PLC

参见[可编程逻辑控制器](#)。

PLM

参见[产品生命周期管理](#)。

policy

一个对象，可以在中定义权限（参见[基于身份的策略](#)）、指定访问条件（参见[基于资源的策略](#)）或定义组织中所有账户的最大权限 AWS Organizations（参见[服务控制策略](#)）。

多语言持久性

根据数据访问模式和其他要求，独立选择微服务的数据存储技术。如果您的微服务采用相同的数据存储技术，它们可能会遇到实现难题或性能不佳。如果微服务使用最适合其需求的数据存储，则可以更轻松地实现微服务，并获得更好的性能和可扩展性。有关更多信息，请参阅[在微服务中实现数据持久性](#)。

组合评测

一个发现、分析和确定应用程序组合优先级以规划迁移的过程。有关更多信息，请参阅[评估迁移准备情况](#)。

谓词

返回true或的查询条件false，通常位于子WHERE句中。

谓词下推

一种数据库查询优化技术，可在传输前筛选查询中的数据。这减少了必须从关系数据库检索和处理的数据量，并提高了查询性能。

预防性控制

一种安全控制，旨在防止事件发生。这些控制是第一道防线，帮助防止未经授权的访问或对网络的意外更改。有关更多信息，请参阅在 AWS 上实施安全控制中的[预防性控制](#)。

主体

中 AWS 可以执行操作和访问资源的实体。此实体通常是 IAM 角色的根用户或用户。AWS 账户有关更多信息，请参阅 IAM 文档中[角色术语和概念](#)中的主体。

通过设计保护隐私

一种在整个开发过程中考虑隐私的系统工程方法。

私有托管区

一个容器，其中包含有关您希望 Amazon Route 53 如何响应针对一个或多个 VPCs 域名及其子域名的 DNS 查询的信息。有关更多信息，请参阅 Route 53 文档中的[私有托管区的使用](#)。

主动控制

一种[安全控制](#)措施，旨在防止部署不合规的资源。这些控件会在资源配置之前对其进行扫描。如果资源与控件不兼容，则不会对其进行配置。有关更多信息，请参阅 AWS Control Tower 文档中的[控制参考指南](#)，并参见在上实施安全[控制中的主动](#)控制 AWS。

产品生命周期管理 (PLM)

在产品的整个生命周期中，从设计、开发和上市，到成长和成熟，再到衰落和移除，对产品进行数据和流程的管理。

生产环境

参见[环境](#)。

可编程逻辑控制器 (PLC)

在制造业中，一种高度可靠、适应性强的计算机，用于监控机器并实现制造过程自动化。

提示链接

使用一个 [LLM](#) 提示的输出作为下一个提示的输入，以生成更好的响应。该技术用于将复杂的任务分解为子任务，或者迭代地完善或扩展初步响应。它有助于提高模型响应的准确性和相关性，并允许获得更精细的个性化结果。

假名化

用占位符值替换数据集中个人标识符的过程。假名化可以帮助保护个人隐私。假名化数据仍被视为个人数据。

publish/subscribe (pub/sub)

一种支持微服务间异步通信的模式，以提高可扩展性和响应能力。例如，在基于微服务的 [MES](#) 中，微服务可以将事件消息发布到其他微服务可以订阅的频道。系统可以在不更改发布服务的情况下添加新的微服务。

Q

查询计划

一系列步骤，例如指令，用于访问 SQL 关系数据库系统中的数据。

查询计划回归

当数据库服务优化程序选择的最佳计划不如数据库环境发生特定变化之前时。这可能是由统计数据、约束、环境设置、查询参数绑定更改和数据库引擎更新造成的。

R

RACI 矩阵

参见 [“负责任、负责、咨询、知情” \(RACI \)](#)。

RAG

请参见[检索增强生成](#)。

勒索软件

一种恶意软件，旨在阻止对计算机系统或数据的访问，直到付款为止。

RASCI 矩阵

参见 [“负责任、负责、咨询、知情” \(RACI \)](#)。

RCAC

请参阅[行和列访问控制](#)。

只读副本

用于只读目的的数据库副本。您可以将查询路由到只读副本，以减轻主数据库的负载。

重新架构师

见 [7 R](#)。

恢复点目标 (RPO)

自上一个数据恢复点以来可接受的最长时间。这决定了从上一个恢复点到服务中断之间可接受的数据丢失情况。

恢复时间目标 (RTO)

服务中断和服务恢复之间可接受的最大延迟。

重构

见 [7 R](#)。

区域

地理区域内的 AWS 资源集合。每一个 AWS 区域 都相互隔离，彼此独立，以提供容错、稳定性和弹性。有关更多信息，请参阅[指定 AWS 区域 您的账户可以使用的账户](#)。

回归

一种预测数值的 ML 技术。例如，要解决“这套房子的售价是多少？”的问题 ML 模型可以使用线性回归模型，根据房屋的已知事实（如建筑面积）来预测房屋的销售价格。

重新托管

见 [7 R](#)。

版本

在部署过程中，推动生产环境变更的行为。

搬迁

见 [7 R](#)。

更换平台

见 [7 R](#)。

回购

见 [7 R](#)。

故障恢复能力

应用程序抵御中断或从中断中恢复的能力。在中规划弹性时，[高可用性](#)和[灾难恢复](#)是常见的考虑因素。AWS Cloud有关更多信息，请参阅[AWS Cloud 弹性](#)。

基于资源的策略

一种附加到资源的策略，例如 AmazonS3 存储桶、端点或加密密钥。此类策略指定了允许哪些主体访问、支持的操作以及必须满足的任何其他条件。

责任、问责、咨询和知情 (RACI) 矩阵

定义参与迁移活动和云运营的所有各方的角色和责任的矩阵。矩阵名称源自矩阵中定义的责任类型：负责 (R)、问责 (A)、咨询 (C) 和知情 (I)。支持 (S) 类型是可选的。如果包括支持，则该矩阵称为 RASCI 矩阵，如果将其排除在外，则称为 RACI 矩阵。

响应性控制

一种安全控制，旨在推动对不良事件或偏离安全基线的情况进行修复。有关更多信息，请参阅在 AWS 上实施安全控制中的[响应性控制](#)。

保留

见 [7 R](#)。

退休

见 [7 R](#)。

检索增强生成 (RAG)

一种[生成式人工智能](#)技术，其中[法学硕士](#)在生成响应之前引用其训练数据源之外的权威数据源。例如，RAG 模型可以对组织的知识库或自定义数据执行语义搜索。有关更多信息，请参阅[什么是 RAG](#)。

轮换

定期更新[密钥](#)以使攻击者更难访问凭据的过程。

行列访问控制 (RCAC)

使用已定义访问规则的基本、灵活的 SQL 表达式。RCAC 由行权限和列掩码组成。

RPO

参见[恢复点目标](#)。

RTO

参见[恢复时间目标](#)。

运行手册

执行特定任务所需的一套手动或自动程序。它们通常是为了简化重复性操作或高错误率的程序而设计的。

S

SAML 2.0

许多身份提供商 (IdPs) 使用的开放标准。此功能支持联合单点登录 (SSO)，因此用户无需在 IAM 中为组织中的所有人创建用户即可登录 AWS Management Console 或调用 AWS API 操作。有关基于 SAML 2.0 的联合身份验证的更多信息，请参阅 IAM 文档中的[关于基于 SAML 2.0 的联合身份验证](#)。

SCADA

参见[监督控制和数据采集](#)。

SCP

参见[服务控制政策](#)。

secret

在中 AWS Secrets Manager，您以加密形式存储的机密或受限信息，例如密码或用户凭证。它由密钥值及其元数据组成。密钥值可以是二进制、单个字符串或多个字符串。有关更多信息，请参阅 [Secrets Manager 密钥中有什么？](#) 在 Secrets Manager 文档中。

安全性源于设计

一种在整个开发过程中考虑安全性的系统工程方法。

安全控制

一种技术或管理防护机制，可防止、检测或降低威胁行为体利用安全漏洞的能力。安全控制主要有四种类型：[预防性](#)、[侦测](#)、[响应式](#)和[主动式](#)。

安全加固

缩小攻击面，使其更能抵御攻击的过程。这可能包括删除不再需要的资源、实施授予最低权限的最佳安全实践或停用配置文件中不必要的功能等操作。

安全信息和事件管理 (SIEM) 系统

结合了安全信息管理 (SIM) 和安全事件管理 (SEM) 系统的工具和服务。SIEM 系统会收集、监控和分析来自服务器、网络、设备和其他来源的数据，以检测威胁和安全漏洞，并生成警报。

安全响应自动化

一种预定义和编程的操作，旨在自动响应或修复安全事件。这些自动化可作为[侦探或响应式](#)安全控制措施，帮助您实施 AWS 安全最佳实践。自动响应操作的示例包括修改 VPC 安全组、修补 Amazon EC2 实例或轮换证书。

服务器端加密

在目的地对数据进行加密，由接收方 AWS 服务 进行加密。

服务控制策略 (SCP)

一种策略，用于集中控制组织中所有账户的权限 AWS Organizations。SCPs 定义防护措施或限制管理员可以委托给用户或角色的操作。您可以使用 SCPs 允许列表或拒绝列表来指定允许或禁止哪些服务或操作。有关更多信息，请参阅 AWS Organizations 文档中的[服务控制策略](#)。

服务端点

的入口点的 URL AWS 服务。您可以使用端点，通过编程方式连接到目标服务。有关更多信息，请参阅 AWS 一般参考 中的 [AWS 服务 端点](#)。

服务水平协议 (SLA)

一份协议，阐明了 IT 团队承诺向客户交付的内容，比如服务正常运行时间和性能。

服务级别指示器 (SLI)

对服务性能方面的衡量，例如其错误率、可用性或吞吐量。

服务级别目标 (SLO)

代表服务运行状况的目标指标，由服务[级别指标](#)衡量。

责任共担模式

描述您在云安全与合规方面共同承担 AWS 的责任的模型。AWS 负责云的安全，而您则负责云中的安全。有关更多信息，请参阅[责任共担模式](#)。

SIEM

参见[安全信息和事件管理系统](#)。

单点故障 (SPOF)

应用程序的单个关键组件出现故障，可能会中断系统。

SLA

参见[服务级别协议](#)。

SLI

参见[服务级别指标](#)。

SLO

参见[服务级别目标](#)。

split-and-seed 模型

一种扩展和加速现代化项目的模式。随着新功能和产品发布的定义，核心团队会拆分以创建新的产品团队。这有助于扩展组织的能力和服务，提高开发人员的工作效率，支持快速创新。有关更多信息，请参阅[中的分阶段实现应用程序现代化的方法。AWS Cloud](#)

恶作剧

参见[单点故障](#)。

星型架构

一种数据库组织结构，它使用一个大型事实表来存储交易数据或测量数据，并使用一个或多个较小的维度表来存储数据属性。此结构专为在[数据仓库](#)中使用或用于商业智能目的而设计。

strangler fig 模式

一种通过逐步重写和替换系统功能直至可以停用原有的系统来实现单体系统现代化的方法。这种模式用无花果藤作为类比，这种藤蔓成长为一棵树，最终战胜并取代了宿主。该模式是由 [Martin Fowler](#) 提出的，作为重写单体系统时管理风险的一种方法。有关如何应用此模式的示例，请参阅[使用容器和 Amazon API Gateway 逐步将原有的 Microsoft ASP.NET \(ASMX \) Web 服务现代化](#)。

子网

您的 VPC 内的一个 IP 地址范围。子网必须位于单个可用区中。

监控和数据采集 (SCADA)

在制造业中，一种使用硬件和软件来监控有形资产和生产操作的系统。

对称加密

一种加密算法，它使用相同的密钥来加密和解密数据。

综合测试

以模拟用户交互的方式测试系统，以检测潜在问题或监控性能。您可以使用 [Amazon S CloudWatch ynthetic](#) 来创建这些测试。

系统提示符

一种向[法学硕士提供上下文、说明或指导方针](#)以指导其行为的技术。系统提示有助于设置上下文并制定与用户交互的规则。

T

tags

键值对，充当用于组织资源的元数据。AWS 标签可帮助您管理、识别、组织、搜索和筛选资源。有关更多信息，请参阅[标记您的 AWS 资源](#)。

目标变量

您在监督式 ML 中尝试预测的值。这也被称为结果变量。例如，在制造环境中，目标变量可能是产品缺陷。

任务列表

一种通过运行手册用于跟踪进度的工具。任务列表包含运行手册的概述和要完成的常规任务列表。对于每项常规任务，它包括预计所需时间、所有者和进度。

测试环境

参见[环境](#)。

训练

为您的 ML 模型提供学习数据。训练数据必须包含正确答案。学习算法在训练数据中查找将输入数据属性映射到目标（您希望预测的答案）的模式。然后输出捕获这些模式的 ML 模型。然后，您可以使用 ML 模型对不知道目标的新数据进行预测。

中转网关

一个网络传输中心，可用于将您的网络 VPCs 和本地网络互连。有关更多信息，请参阅 AWS Transit Gateway 文档中的[什么是公交网关](#)。

基于中继的工作流程

一种方法，开发人员在功能分支中本地构建和测试功能，然后将这些更改合并到主分支中。然后，按顺序将主分支构建到开发、预生产和生产环境。

可信访问权限

向您指定的服务授予权限，该服务可代表您在其账户中执行任务。AWS Organizations 当需要服务相关的角色时，受信任的服务会在每个账户中创建一个角色，为您执行管理任务。有关更多信息，请参阅 AWS Organizations 文档中的[AWS Organizations 与其他 AWS 服务一起使用](#)。

优化

更改训练过程的各个方面，以提高 ML 模型的准确性。例如，您可以通过生成标签集、添加标签，并在不同的设置下多次重复这些步骤来优化模型，从而训练 ML 模型。

双披萨团队

一个小 DevOps 团队，你可以用两个披萨来喂食。双披萨团队的规模可确保在软件开发过程中充分协作。

U

不确定性

这一概念指的是不精确、不完整或未知的信息，这些信息可能会破坏预测式 ML 模型的可靠性。不确定性有两种类型：认知不确定性是由有限的、不完整的数据造成的，而偶然不确定性是由数据中固有的噪声和随机性导致的。有关更多信息，请参阅[量化深度学习系统中的不确定性指南](#)。

无差别任务

也称为繁重工作，即创建和运行应用程序所必需的工作，但不能为最终用户提供直接价值或竞争优势。无差别任务的示例包括采购、维护和容量规划。

上层环境

参见[环境](#)。

V

vacuum 操作

一种数据库维护操作，包括在增量更新后进行清理，以回收存储空间并提高性能。

版本控制

跟踪更改的过程和工具，例如存储库中源代码的更改。

VPC 对等连接

两者之间的连接 VPCs，允许您使用私有 IP 地址路由流量。有关更多信息，请参阅 Amazon VPC 文档中的[什么是 VPC 对等连接](#)。

漏洞

损害系统安全的软件缺陷或硬件缺陷。

W

热缓存

一种包含经常访问的当前相关数据的缓冲区缓存。数据库实例可以从缓冲区缓存读取，这比从主内存或磁盘读取要快。

暖数据

不常访问的数据。查询此类数据时，通常可以接受中速查询。

窗口函数

一个 SQL 函数，用于对一组以某种方式与当前记录相关的行进行计算。窗口函数对于处理任务很有用，例如计算移动平均线或根据当前行的相对位置访问行的值。

工作负载

一系列资源和代码，它们可以提供商业价值，如面向客户的应用程序或后端过程。

工作流

迁移项目中负责一组特定任务的职能小组。每个工作流都是独立的，但支持项目中的其他工作流。例如，组合工作流负责确定应用程序的优先级、波次规划和收集迁移元数据。组合工作流将这些资产交付给迁移工作流，然后迁移服务器和应用程序。

蠕虫

参见[一次写入，多读](#)。

WQF

参见[AWS 工作负载资格框架](#)。

一次写入，多次读取 (WORM)

一种存储模型，它可以一次写入数据并防止数据被删除或修改。授权用户可以根据需要多次读取数据，但他们无法对其进行更改。这种数据存储基础架构被认为是[不可变的](#)。

Z

零日漏洞利用

一种利用未修补[漏洞](#)的攻击，通常是恶意软件。

零日漏洞

生产系统中不可避免的缺陷或漏洞。威胁主体可能利用这种类型的漏洞攻击系统。开发人员经常因攻击而意识到该漏洞。

零镜头提示

向[法学硕士](#)提供执行任务的说明，但没有示例（镜头）可以帮助指导任务。法学硕士必须使用其预先训练的知识来处理任务。零镜头提示的有效性取决于任务的复杂性和提示的质量。另请参阅[few-shot 提示](#)。

僵尸应用程序

平均 CPU 和内存使用率低于 5% 的应用程序。在迁移项目中，通常会停用这些应用程序。

本文属于机器翻译版本。若本译文内容与英语原文存在差异，则一律以英文原文为准。