

ORACLE®
Autonomous
Database Cloud

Oracle 自治数据库

白皮书系列：业界第一个**自动驾驶**数据库

2018 年 9 月

ORACLE®

免责声明

本文主要介绍 Oracle 自治数据库的**自治驾驶**特性。Oracle 自治数据库是基于 Oracle 数据库（18c 及更高版本）打造的一项云服务，运行于 Oracle 云中。自治驾驶、自治修复和自治安全是 Oracle 自治数据库的三大自治功能。

本文的前几个章节介绍基础知识，适合业务层面的读者。随后的细节部分比较适合不熟悉 Oracle 自治数据库中较新的自治驾驶功能的 DBA 和 IT 经理。本文是 Oracle 自治数据库白皮书系列中的一篇。有关 Oracle 自治数据库的自治修复和自治安全功能的详细信息，请参见本系列的其他 Oracle 白皮书。

在本系列的 Oracle 自治数据库白皮书中，每篇白皮书的“引言”和“什么是自治数据库？”章节是相同的。

目录

引言	4
什么是自治数据库?	4
理解自动驾驶需求	5
Oracle在自动驾驶功能领域居领导地位	6
自动驾驶数据库为何如此重要?	6
自动驾驶（自治）数据库的适用环境	7
自动驾驶与其他自治功能协同工作	8
自动驾驶云数据库具备哪些功能?	8
总结	12

引言ⁱ

几十年来，关系型数据库在性能、可用性和安全性方面取得了巨大的进步 — 不仅运行速度高达过去的百倍，可配置为零数据丢失，还通过更强大的安全功能防范恶意的内部和外部威胁。如今，云数据库和基础设施服务提供弹性扩展能力和供应，实现了实时敏捷性和扩容，进一步增强了这些特性。就在几年前，数据库负载还被认为规模较大或“任务关键”，不宜在企业数据中心外部运行，现在却已经可以在公有云中运行了。此外，数据库资源部署、监视和管理等功能也实现了自动化，从而提高了运营效率，节省了成本。那么数据库还有什么欠缺呢？事实上，云数据库以及上述所有特性管理起来仍然需要一定程度的人工干预，无法作为实用的，或者说“无人驾驶”的产品提供真正意义上的数据库即服务。因此，企业还无法充分发挥云的运营效益和财务效益。

什么是自治数据库？ⁱⁱ

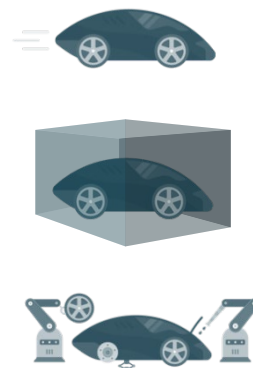
提起“自动”和“自治”功能，许多人分不清两者之间的区别。就拿一个需要进行数据库备份、故障切换或大小调整的任务流程来说，它可以**自动**完成，但如果数据库管理员不得不响应警报、做出决策并点击一些按钮（或键入一些命令）才能启动自动化活动，那么该流程就不是**自治**的。

更确切地说，比如管理控制台上能够自动显示与组件故障或性能下降相关的警报，但并不提供足够的信息来诊断问题、确定根本原因或提供明确的解决建议。当出现警报时，自动化过程就结束了。数据库对于接下来要做什么以及需要多长时间解决问题完全一无所知。

相比之下，自治数据库既有云的动态敏捷性，又有实用自适应机器学习的智能响应能力，实现了两者的有机结合。其设计宗旨是尽可能减少或消除人工作业以及随之而来的人为错误，确保数据安全并优化性能。企业会发现，自治功能可以让 IT 人员专注于价值更高的活动，而不是忙于处理繁琐耗时的常规任务，从而帮助他们提高工作效率。这具有重大的意义，因为如今企业高达 75% 的 IT 预算都花在了手动管理数据库上。ⁱⁱⁱ自治数据库可以帮助企业将 IT 运营转变为依托于云的现代模式，从而降低运营支出，消除代价高昂的停机，最终让他们能以更少的资源进行更多的创新。

Oracle 自治数据库旨在通过自动驾驶、自治安全和自治修复三大类自治功能实现上述优势，显著减少或消除人为干预。

- **自动驾驶：**自治数据库自动完成数据库和基础设施的供应、管理、监视、备份、恢复和调优。
- **自治安全：**自治数据库自动防范内部和外部的漏洞及攻击，因此比手动操作的数据库更安全。Oracle 云提供持续威胁检测，而 Oracle 自治数据库会在联机状态下自动应用所有安全更新并提供“不间断”，端到端加密。鉴于当今 85% 的安全入侵是在 CVE（公共漏洞和暴露）警报发出之后发生的，因此这种预防性方法非常重要。^{iv}
- **自治修复：**自治数据库采用预防性保护机制来防范所有计划外和计划内停机，并且无需停机就能够自动、快速地从故障中恢复。Oracle 的一项关键差异化优势是 Autonomous Health Framework，它集成了多方面的诊断，支持在运行时进行分析和采取措施来尽可能减少或消除运营中断，从而将可用性和性能管理提升到 AI 自治这一更高的层面。



什么是自治数据库云？



图 1：Oracle 云中的自治数据库组件

理解自治驾驶需求

我们经常听到业务领导者们大谈“需要做到多快好省”。没错，这是一项挑战，也是老生常谈，但是，随着企业努力提高 IT 运营效率并设法将 IT 从成本中心转变为现代创新中心，这种需求如今变得空前地重要。

那么，IT 转型与数据库之间有什么关联？数据库管理系统是支持关键企业应用并保持业务持续运转的引擎。过去，这些数据库系统大多是“手工组装”的，需要多位 IT 人员手动维护其硬件和软件体系，因此，企业 IT 部门承担着系统构建者、测试者、调优者以及安全专家等众多角色。

由于每个部署都是针对特定项目和负载而设计和优化，因此企业充斥着五花八门各不相同的系统。这种自行构建和管理定制数据库的方法可导致企业缺乏规模效益，资本成本和运营成本高企，进而相应地降低敏捷性和性能。另外，这种方法还可能使得开发人员难以快速供应资源和实施创新，并使得企业难以获得或保持竞争优势。然而现在有许多数据库仍旧是通过这种方式来部署和运营的。

Oracle 自治数据库彻底改变了数据库管理方式，让企业从数据库构建者和管理者华丽转身为自治数据库云服务用户，借助云服务提供的自治驾驶功能轻松管理其全部负载。随着人为干预大为减少或消除，企业如今能以空前高效的方式供应、配置、管理、调优、修复和保护新数据库，以及转换现有数据库。通过在 Oracle 云上运行自治数据库，企业将获得一个敏捷、安全的平台，该平台能够按需供应和扩展资源，按资源用量对企业进行收费，有助企业加速实施创新。

Oracle在自动驾驶功能领域居领导地位

自治数据库虽然是 Oracle 新近推出的产品，但实际上早在 20 多年前发布 Oracle Database 9i 之时，Oracle 便已踏上了自动化和自动驾驶之旅。一路上，Oracle 引入了许多复杂的自动化功能，并不断改进它们，其中包括空间和内存管理、负载监视以及数据库调优，而所有这些功能都在自治数据库中得到了沿用（见下图 2）。除了自动数据库管理，Oracle 十几年来还一直在开发理想的自动数据库基础设施，即 Exadata 云基础设施，这是鲜有的专门为 Oracle 数据库开发的，并且经过预先配置、预先测试和预先优化的平台（见下图 3）。



图 2：自治数据库优化之旅

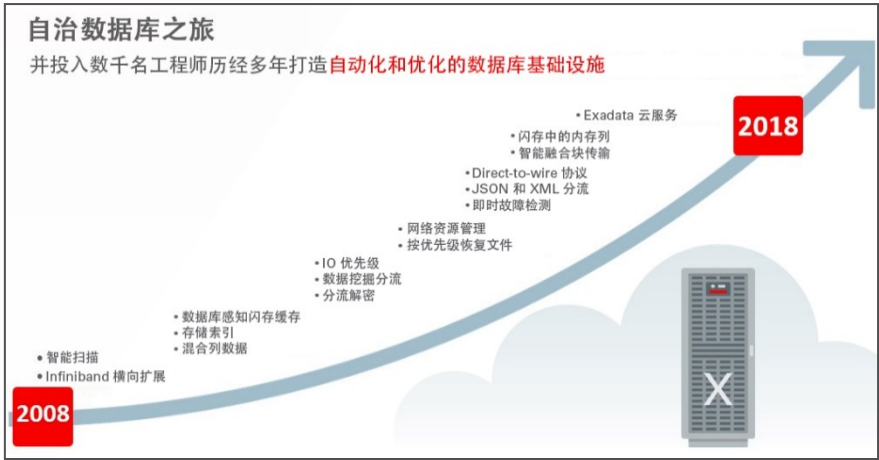


图 3：自治数据库基础设施优化之旅

自动驾驶数据库为何如此重要？

相比手动操作的数据库，自动驾驶数据库更加高效、可靠和安全。自动驾驶的关键在于智能、自适应的自动化，而这也是 Oracle 自治数据库中许多自治修复和自治安全功能的基础。以现代汽车进行类比，自动驾驶功能就好比是发动机引擎，它让数据库能够持续运行并根据“路况”（即设置的负载类型和所需的服务水平）自动进行调整。不仅如此，该功能还让数据库的运营变得如同乘坐自动驾驶汽车出行一样轻松：我们只需设定目的地和首选到达时间，然后就可以“双手放开方向盘”。

汽车上的远程故障排除、自适应大灯和防抱死制动功能就好比是自治数据库的**自治修复**功能（包括主动监视、基于 AI 的深度诊断和相应采取的措施），它们能够避免数据库停机和速度减慢。而汽车上的报警系统、气囊和自动锁门功能则好比是自治数据库的**自治安全**功能，它们能够自动保护数据库及其中存储的数据免遭内部和外部威胁，包括各种恶意软件和恶意攻击。

如果观察现代电动汽车的发动机舱，我们马上会惊叹于其中可供驾驶员摆弄的部件居然如此之少。相比传统汽车，电动汽车中需要维护的部件要少得多，而那些 *可以* 调整的部件通常又是驾驶员接触不到的。自治数据库则将这种设计方法提升到了一个新的高度。它不向用户提供操作系统登录权限或 SYSDBA 权限，因此根本不存在用户主导的维护或调优需求。这就好比将汽车的发动机舱完全密封起来，从而驾驶员根本无法更换机油或添加冷却液，就更不用说调整正时系统了。类似地，自治数据库的“发动机舱”在设计上是“焊死”的。任何异常和故障情况都将由 Oracle 专家来处理。这种设计的目的是，让用户只需设置目标，而让数据库本身来实现所需的结果。

Oracle 自治数据库用广泛的自动化替代手动任务，减少了多达 80% 的管理成本。联机状态下的即时自动扩展能够显著减少资源浪费并大幅降低运行时成本。Oracle 还为自治数据库提供 99.995% 的正常运行时间保证，换言之，数据库的每月停机时间少于 2.5 分钟。与其他云提供商不同的是，Oracle 的正常运行时间保证会将计划内维护和所有其他常见停机来源纳入计算之中，并且没有任何不合理的排除条件（例如，有些提供商可能会从正常运行时间保证的计算中排除因云数据库引擎中的错误而导致的停机）。

自治驾驶（自治）数据库的适用环境

Oracle 自治数据库是一款运行 Oracle 数据库（18c 及更高版本）的 Oracle 云服务。尽管 Oracle 数据库的许多 *自动* 功能在本地部署和云环境下均能提供，但许多 *自治* 功能只有在 Oracle 云中才会提供，例如自治供应、修补、扩展和备份等。

尽管目前 Oracle 自治数据库还只在云端提供，但为了帮助那些需要将数据保留在防火墙内部以满足数据主权或控制要求的企业，Oracle 很快会推出本地部署版自治数据库。Oracle 公有云数据库一体机是一款可以在客户本地部署的 Oracle 公有云产品，能够在企业数据中心内部提供自治数据库的一切功能。

自治数据库可以部署在混合云中，也可以全部部署在云端。举例来说，可以在生产和测试环境中部署多个数据库，也可以在灾难恢复场景下将多个数据库部署为主用/备用系统。

自治数据库及其自治驾驶功能没有负载限制，支持事务处理、混合负载（涉及事务处理、批处理和报告）以及与数据仓库和数据湖相关的分析负载。

自动驾驶与其他自治功能协同工作

Oracle 自治数据库采用整体设计方法，其各种组件相互集成，彼此协同工作。例如，备份、恢复、修补和故障切换（在数据库集群内切换或切换至备用数据库）等自治修复功能在数据库自动驾驶功能的驱动下实现了自动化运行。另外，联机安全更新和修补等自治安全功能也通过类似方式实现了自动化运行。

自动驾驶云数据库具备哪些功能？

自治数据库在以下 6 大关键领域自动化并简化了数据库的整个生命周期管理。由于自动驾驶功能与自动化密不可分，本章节还介绍了各种利用高级自动化的自治安全和自治修复功能。有关这些功能的更多详细信息，请参阅 Oracle 自治数据库白皮书系列中的自治修复和自治安全白皮书。

1. **供应：**收到创建数据库的请求时，自治数据库云将供应一个可扩展且高度可用的数据库，并且该数据库已经过预先构建、预先配置和预先测试。在 Oracle 云上部署一个完全配置的数据库所涉及的许多步骤，包括分配和配置必要的服务器、虚拟机、存储和软件，以往可能需要耗费数小时乃至数天时间来手动完成，而现在只需几分钟便可自动完成。自治数据库随后将安装 Oracle 数据库。自动供应配有以下先进的企业级功能：

- 在 Exadata 云基础设施上供应数据库。数据库将继承 Exadata 平台的所有内置冗余性和许多性能增强特性，如智能闪存缓存、智能扫描、超快的 InfiniBand 网络以及自动存储索引。
- Oracle Real Application Clusters (RAC)，能够快速横向扩展数据库、保护数据库免受服务器故障影响，并支持联机修补。
- 通过 Active Data Guard 在另一个区域的 Oracle 云中部署备用数据库，利用该数据库进行实时复制和自动故障切换，以防站点级或区域性中断。

主要优势：

- 基于 Exadata 的云基础设施能为云端或本地部署的 Oracle 数据库带来叹为观止的性能、可用性和可扩展性。
 - RAC 可在单个可用性域中为 Oracle 数据库提供业界最高的可用性。
 - Active Data Guard 支持将 Oracle 云中的数据库配置为“零数据丢失”和跨任何距离的自动故障切换，同时保持数据库性能不会降级。
2. **安全性：**在供应数据库后，还要保证其安全性。默认情况下，自治数据库中的所有数据以及接入数据库的所有连接都是完全加密的，以防范外部数据访问和攻击。自治数据库通常会按季度联机应用新的安全更新，不过也可能增加更新频次，以便及时解决影响重大的漏洞。
- 除了能够应对外部威胁，自治数据库还能自动防范恶意内部用户的访问。未经客户批准，Oracle 员工也将被完全拦截在系统之外，无法访问数据库或查看任何数据。

主要优势：

- 自治数据库包含 Database Vault，这项功能可确保企业内的任何管理员（或 Oracle 员工）都无法查看 Oracle 云中存储或运行的任何应用数据。
 - 自治数据库还提供端到端加密功能。
3. **管理：**据统计，IT 部门多达 72% 的时间都花在了维护系统上，而不是进行创新。为了简化管理并进一步减少人为错误风险，我们让系统自动维护数据库和基础设施。如前所述，客户企业不会被授予操作系统访问权限或 SYSDBA 权限。撤消这些权限有助于确保用户凭据不会被盗，同时也意味着自治数据库必须自动执行所有 SYSDBA 和操作系统级操作，包括所有维护任务。
- 就系统修补这项维护任务而言，自治数据库特别实用。许多组织每年可能要耗费数千小时来执行系统修补任务，而在自治数据库环境中，补丁一经发布，系统会及时自动地应用它们，每个季度的全体系修补（从固件、操作系统、虚拟机、Clusterware 到数据库的修补）也是如此。为确保可靠性，系统在修补之前会运行预检查。客户还可以指定维护时段以便系统自动调度修补任务。自动修补能让 DBA 如释重负并能显著降低运营开支，对于运行着数十乃至数百个数据库的大型企业而言尤其如此。
 - 由于用户没有操作系统访问权限，因此自治数据库还必须能够检测、诊断和修复任何涉及可用性和性能的问题。这是通过 Autonomous Health Framework (AHF) 实现的。AHF 是多个集成组件的集合，它结合了自治驾驶和自治修复功能，可提供全面的监视和管理。AHF 使用自适应机器学习来保持 Oracle 数据库正常运行，同时还能显著缩短甚至消除人工响应时间。
 - AHF 可自动监视数据库 CPU、内存、存储和网络资源的容量限制和瓶颈。它确保资源不会被耗尽，并阻止个别用户或数据库独占资源，以此保持良好的系统性能。AHF 能够利用数千小时的机器学习结果来监视上百个流程、检测异常事件，并推荐或自动实施纠正措施。它执行自动错误检查和处理、收集数据、分析日志、将相关数据上传到 Oracle 支持知识库，据此查找已知的解决方案。（有关详细信息，请参阅“自治修复数据库”白皮书）。

主要优势：

- 在 RAC 各节点之间以滚动方式联机应用所有补丁，从而避免了竞争性云平台在修补数据库时的应用停机和中断问题。
- AHF 不仅会检测异常现象和分析症状，还会深入分析根本原因。这种方法将实用机器学习、算法和领域专业知识结合起来。在运行时环境中，它比手动分类方法更快速、更准确，并且更具可扩展性。
- 在运行时检测问题、进行分析并实施相应措施，从而尽可能减少运营中断。
- 无需进行专门的培训来理解 AHF 的机器学习结果，因为系统会在几秒时间内独立自主地应用这些结果。

4. **保护：**自治数据库每晚都会自行备份到 Oracle 云中，它在设计上能够自动消化从组件错误到区域级灾难的任何计划外或计划内中断。这些功能的实现主要归功于 Oracle 最高可用性架构 (MAA) 中的各种前卫技术，如前面“供应”一节中提到的 Oracle RAC 和 Active Data Guard 技术。数十年来，这些技术一直在不断发展，并且支撑着全球很多任务关键型数据库的运行。从备份到零数据丢失数据复制，Oracle MAA 涵盖了各种高可用性和灾难恢复技术及优秀实践。（有关详情信息，请参阅“Oracle 自治数据库：业界第一个自治修复数据库”白皮书）。

主要优势：

- 只有 Oracle 能够毫无例外地提供 99.995% 的数据库正常运行时间保证。
 - 自治数据库能够透明地从故障中恢复，不会对应用或用户造成任何负面影响。
 - Oracle RMAN（备份和恢复）、RAC（节点故障切换）、Active Data Guard（数据复制）以及数据库闪回（从人为错误中快速恢复），这些专为 Oracle 数据库开发的优秀实践技术与自治驾驶和自治修复功能相结合，实现了 Oracle 数据库的自治保护。（有关详细信息，请参阅“自治修复数据库”白皮书）。
5. **可扩展性：**很多企业想要迁移到云端的一个很大的原因是云具有弹性伸缩能力，能够快速扩展和分配资源，助力企业实现业务增长。自治数据库具备即时、自动伸缩能力，它能在联机状态下单独添加 CPU，或者添加整个计算节点和存储系统。此外，自治数据库还采用了无服务器计算和存储技术，让客户能够根据负载情况按需增减资源，从而避免了过度供应，消除了资源浪费，实现了真正的按用量付费模式。

主要优势：

- 可在数据库完全联机状态下进行伸缩，确保应用不受干扰地持续运行。
- 与其他云供应商解决方案不同的是，自治数据库支持独立增减计算和存储资源。
- 此外，它还可以在系统闲置时关闭所有计算资源，以便降低成本。

6. **优化：**优化可能是自治数据库的自动驾驶功能最实质性的领域了。自治数据库经过优化，无需人工指导即可运行各种负载。例如，目前它可以作为“自治数据仓库服务”和“自治事务处理数据库服务”来提供。这两种服务都使用 Oracle 数据库（18c 及更高版本），都在 Oracle 云中的 Exadata 平台上运行，然而它们各自针对截然不同但彼此互补的负载进行了优化。自治数据仓库的设计是为了快速处理复杂的分析任务，而自治事务处理数据库的设计则是为了执行大量简单事务。以下示例说明了自治数据库优化的几个关键方面。

- **数据格式：**自治数据库以对每种负载优化的格式存储数据。例如，对于数据仓库环境中的分析处理负载，数据库以列格式存储数据；而对于事务处理负载，数据库以行格式存储数据。
- **配置：**自治数据库按负载分配内存，以实现内存的优化使用。对于自治数据仓库，系统会将大部分内存分配给程序全局区域 (PGA)，以便在内存中而不是磁盘中执行并行联接和更复杂的聚合。而对于自治事务处理数据库，系统则会将大多数内存分配给系统全局区域 (SGA)，以确保缓存关键工作集，从而避免 I/O 操作并维持良好性能。
- **查询优化：**在数据仓库环境中，由于查询往往需要访问大量数据，因此系统会自动并行处理这些查询，以便快速解答业务问题。另一方面，在事务处理环境中，系统会使用索引来确保只访问想要的特定行。在即将发布的版本中，系统还能够自动检测和创建缺失的索引，以便加快性能。
- **自治调优：**调优是一个非常棘手的问题，并且更改 SQL 计划和索引可能要冒很大的风险，尤其是当目标是避免整体速度减慢时。自治数据库提供高级数据库自治调优功能，让企业能够轻松加载数据并运行查询，而无需挂虑每个会话的优先级和并行度。自治数据库会使用机器学习算法进行自我调优，例如自动创建必要的索引来加快应用速度。此外，当日后数据量发生变化或者创建了新的访问结构时，它还能自动调优内部数据库结构并优化 SQL 执行计划。自动 SQL 调优会监视负载，并根据新的性能统计信息不断重新评估 SQL 计划。它可以根据需要识别、推荐和实施新的 SQL 计划和索引，以便避免瓶颈和失控的 SQL。

自治优化 — 按负载区别对待

	ADW	ATP
➡ 主要目标	快速处理复杂分析	快速处理简单事务
📊 数据格式	列格式	行格式
🚀 数据访问加速	创建数据摘要	联机创建索引*
💾 内存使用	并行联接与聚合	缓存数据以避免 I/O 操作
📈 统计信息	随数据变更实时更新优化器统计信息*	
🖥️ SQL 计划	管理 SQL 计划以避免速度减慢和失控的 SQL*	

* 即将引入，针对 ATP 的可选功能

图 4：针对数据仓库 (ADW) 和事务处理 (ATP) 的自治优化

总结

目前，无论是在本地部署环境还是云环境中运行的数据库均未实现 100% 的自治，但是，实现完全自治已成为整个行业前进的目标。为了进一步推动云数据库朝着这种真正实用的模式发展，Oracle 推出了自治数据库 — 在 Oracle 云中运行的基于 Oracle 数据库（18c 及更高版本）的产品。自治数据库通过自治驾驶、自治安全和自治修复功能尽可能减少或消除了手动工作。

Oracle 在本地部署环境和云端提供了全面的自治驾驶数据库功能，这是任何其他供应商都没有做到的。自治驾驶功能与自治数据库的自治修复和自治安全功能协同工作，可大大减少手工劳动和人为错误。相比手动操作的数据库，自治数据库可提供更为安全、可靠的解决方案，并且能够帮助 DBA 和其他 IT 人员摆脱单调的操作任务，投身更具业务价值的领域。它还可以帮助企业将 IT 运营转变为依托于云的现代模式，从而降低运营支出、消除代价高昂的停机，最终助力他们以更少的资源进行更多创新。

-
- i Oracle 自治数据库的三篇白皮书分别侧重于自动驾驶、自治安全和自治修复特性，每篇白皮书的“引言”章节是相同的。
 - ii Oracle 自治数据库的三篇白皮书分别侧重于自动驾驶、自治安全和自治修复特性，每篇白皮书的“什么是自治数据库”章节是相同的。
 - iii IDC Perspective, “Oracle’s Autonomous Database: AI-Based Automation for Database Management and Operations”, 2018 年 2 月
 - iv Verizon — 2018 年数据泄露调查报告

甲骨文公司

全球总部

500 Oracle Parkway, Redwood Shores, CA 94065 USA

全球咨询热线

电话 + 1.650.506.7000 + 1.800.ORACLE1

传真 + 1.650.506.7200

oracle.com

关注我们

请致电 400-699-8888 或访问 oracle.com/cn。中国地区的用户请访问 oracle.com/cn/corporate/contact/index.html，查找您当地 Oracle 办事处的电话号码。

 blogs.oracle.com/oracle

 facebook.com/oracle

 twitter.com/oracle

Integrated Cloud Applications & Platform Services

版权所有 © 2018, Oracle 和/或其关联公司。保留所有权利。本文档仅供参考，内容如有更改，恕不另行通知。本文档不保证没有错误，也不受其他任何口头表达或法律暗示的担保或条件的约束，包括对特定用途的适销性或适用性的暗示担保和条件。我们特别声明拒绝承担与本文档有关的任何责任，本文档不直接或间接形成任何契约义务。未经预先书面许可，不允许以任何形式或任何方式（电子或机械的）、出于任何目的复制或传播本文档。

Oracle 和 Java 是 Oracle 和/或其关联公司的注册商标。其他名称可能是其各自所有者的商标。

Intel 与 Intel Xeon 是 Intel Corporation 的商标或注册商标。所有 SPARC 商标均为 SPARC International, Inc. 的商标或注册商标，需经许可方可使用。

AMD、Opteron、AMD 徽标以及 AMD Opteron 徽标是 Advanced Micro Devices 的商标或注册商标。UNIX 是 The Open Group 的注册商标。0918

ORACLE 自治数据库

2018 年 8 月作者：

[可选]

特约作者：[可选]



Oracle is committed to developing practices and products that help protect the environment

