

Oracle Data Guard 11g

数据保护和可用性的新纪元

Oracle 技术白皮书

2007 年 8 月

Oracle Data Guard 11g

数据保护和可用性的新纪元

引言	3
ORACLE DATA GUARD — 概述	4
DATA GUARD 11g	6
Data Guard 11g 新功能	6
新的 Oracle 数据库 11g 数据库选件	9
DATA GUARD 进程体系结构	9
主要的技术组件 Data Guard 配置	11
Data Guard 配置	11
保护模式	12
最大保护	12
最高可用性	13
最高性能	14
自动解析差异 — 处理通信故障	14
应用服务 — 重做应用和 SQL 应用	14
物理备用数据库 — 重做应用	15
将重做数据应用于备用数据库之前对数据进行验证	15
重做应用与实时查询	16
快照备用数据库	17
逻辑备用数据库 — SQL 应用	17
SQL 应用如何工作	18
如何决定使用重做应用还是 SQL 应用	19
管理 Data Guard 配置	20
角色管理服务	22
转换	22
故障切换	23
快速启动故障切换	23
灵活的配置选项	24
将原来的主数据库恢复为新的备用数据库	25
自动客户端故障切换	26
服务重定位	26
客户端通知和重新连接	27
角色转换事件	28
滚动数据库升级	28
级联目标	29
DATA GUARD 和 ORACLE 真正应用集群	29
最高可用性体系结构	29
DATA GUARD 和远程镜像解决方案	30
DATA GUARD 客户	30
结论	31
参考文献	32

Oracle Data Guard 11g

数据保护和可用性的新纪元

Data Guard 11g 亮点

物理备用数据库可以读/写方式打开，用于测试或其他目的，对数据保护无任何影响

增强的 ASYNC 传输消除了延迟对网络吞吐量的影响

自动进行故障切换以实现最佳性能 (ASYNC)

可配置自动故障切换以即时响应特定的事件或错误

快速检测存储层写入丢失导致的损坏

主/备用配置更灵活（例如，Windows 主用和 Linux 备用）

SQL Apply 支持 XML 数据类型 (CLOB)

众多性能、可管理性和安全方面的增强

支持新的 Oracle 数据库 11g 选项 — Oracle Active Data Guard 和 Oracle Advanced Compression

引言

高效的业务运作、优质的客户服务、合乎政府法规以及保护公司信息资产，这一切都需要达到可能的最高级别的数据保护和可用性。因此，不同规模和行业的企业都将数据保护和可用性作为其业务连续性计划的首要考虑因素之一，这也就不足为奇了。

表面上，用于解决这些需求的产品和服务似乎已经成熟，无法让人激动了。从磁带进行备份和恢复、基于存储的远程镜像和数据库日志传输，这些是针对数据保护和灾难恢复 (DR) 要求的传统解决方案。但遗憾的是，传统的解决方案有其固有的缺点：无法可靠地同时保证理想的恢复点（数据保护）和恢复时间（高可用性）；或者即使能做到这一点，也不能避免资产利用不充分、购置和支持成本过高以及复杂度增加等弊端，从而无法确保投资回报最大化。

相反，Oracle Data Guard 11g [1] 重新定义了用户对灾难恢复解决方案的预期。这一产品可以满足“高可用性”与“灾难恢复”两大需求，同时也是对 Oracle 真正应用集群 (Oracle RAC) 的完美补充。Data Guard 具备可靠地保护备用数据库免受试图从主数据库传入的损坏影响的 Oracle 数据库必备知识。它便于实施与管理，支持所有物理和逻辑备用数据库在处于备用角色时用于生产目的。Data Guard 提供：

- 可靠性 — 最佳的数据保护和可用性。您可随时了解备用数据库的状态，且备用数据库可快速（以秒计）转换到主用角色。
- 降低成本和复杂度 — 成熟的功能和丰富的管理接口，具有 Oracle 企业版提供的大多数特性
- 投资回报最大化 — 所有备用数据库在处于备用角色时可用于生产目的。在**不增加**复杂度的前提下消除闲置资源。

无论您的系统和基础架构已经实现了何种程度的高可用性，将 Data Guard 添加到您的 IT 体系结构中都会使数据保护和可用性得到普遍提升。

本白皮书内容包括 Data Guard 体系结构和技术方面的简要介绍。更多详细信息，请参见 Oracle Data Guard 文档[2]。

ORACLE DATA GUARD — 概述

Data Guard 是 Oracle 数据库高可用性 (HA) 集成解决方案集的一个中心组件，有助于组织尽可能减少可能影响其业务的各种计划内和计划外的停机时间，从而保证业务连续性。下图显示了 Oracle Database 11g 提供的多种 HA 特性。要了解这些特性的详细信息，请参见 Oracle 技术网上的 Oracle 数据库高可用性[3]。

“Fidelity National Financial 成功实现了 Oracle RAC 和网络基础架构。此外，还部署了 Oracle Recovery Manager 以实现备份和恢复功能，并使用 Data Guard 来提供跨 WAN 的远程灾难恢复和高可用性。Oracle 高可用性特性的应用结合利用了 Oracle 最高可用性体系结构 (MAA) 最佳实践的的实现使得 FNF 可以最低的成本满足服务级别协议要求。”

— Charles Kim, Fidelity Information Services 的 Oracle 数据库设计首席顾问

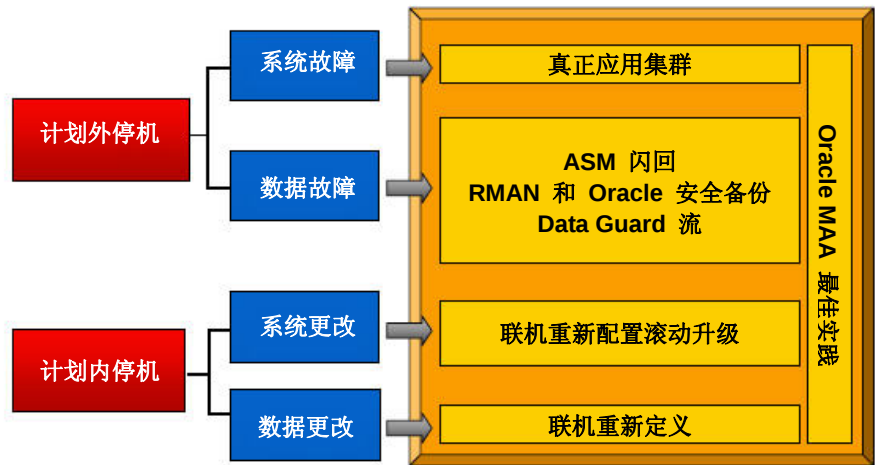


图 1— Oracle 数据库 11g 的集成高可用性特性

Data Guard 提供了管理、监视和自动化软件的基础架构，用以创建、维护和监视一个或多个备用数据库，保护企业数据免受故障、灾难、错误和数据损坏的影响。根据用户的要求，Data Guard 将在主系统出现故障时自动将生产切换到备用系统，以保持关键业务应用程序所需的高可用性。除了提供 HA/DR 之外，Data Guard 备用数据库在处于备用角色时还支持报表、查询、备份和测试等生产功能。

Data Guard 由以下三方面经过时间考验的服务组成：重做传输服务、应用服务和角色管理服务。

Data Guard 重做传输服务：Data Guard 配置包含一个生产数据库（也叫主数据库）以及最多 9 个备用数据库。Data Guard 通过重做数据来保持主数据库和备用数据库的同步。当主数据库中发生事务时，则生成重做数据（恢复事务所需的信息）并将其写入本地重做日志文件中。Data Guard 重做传输服务 用于将此重做数据以同步或异步方式传送至备用站点。这种灵活性使得备用数据库可以位于距生产数据中心数千英里的远程灾难恢复站点，也可位于同一城市、同一校园、同一建筑物乃至同一机房内。

Data Guard 应用服务：重做数据被传送到备用站点后，Data Guard 应用服务 提供两种不同的方法用于将数据应用于备用数据库：Data Guard 重做应用（物理备用）或 Data Guard SQL 应用（逻辑备用）。物理备用数据库具有磁盘上的数据库结构，该结构每块都与主数据库完全一样，使用 Oracle 介质恢复进行更新。逻辑备用数据库是一个独立的数据库，它与主数据库包含相同的数据，使用 SQL 语句进行更新。每种方法都有其不同的优势，用户可根据自己的需求灵活选择。本文后面部分将详细讨论其差异。

“Data Guard 快速启动故障切换为我们的断电管理系统提供了一种简单、快速、无人值守的故障切换方式，PPL 借助它提供 24 小时不间断（尤其是在紧急情况下）的关键客户服务。虽然我们从 Oracle9i 起就使用 Data Guard 进行灾难恢复 (DR)，但快速启动故障切换则模糊了高可用性与 DR 之间的界限——使得我们可以通过一个解决方案同时满足这两方面的需求”

— Chris Carter, PPL 服务公司企业技术服务总监

Data Guard 角色管理服务：如果生产数据库

由于计划内或计划外中断而不可用时，Data Guard 角色管理服务 将快速把选定的备用数据库切换到生产角色，使停机时间减到最少并防止数据丢失。Data Guard 提供灵活的角色转换执行方式，即可手动控制，也可根据用户可配置的一系列规则自动执行而无需操作人员干预。Data Guard 提供了自动执行客户端故障切换的基础架构，以提供关键业务应用程序所需的高可用性级别。进行故障切换后，可以快速地将出现故障的主数据库恢复为新的主数据库的一个备用数据库，快速将配置返回为受保护状态。

创建和管理 Data Guard 配置：主数据库和备用数据库以及它们的各种交互可以使用 SQL*Plus 进行管理。Data Guard 还提供了一个分布式管理框架（称为 Data Guard Broker），它自动化了 Data Guard 配置的创建、维护和监视，并对这些操作进行集中管理。管理员可以使用企业管理器网格控制或 Broker 的命令行界面 (DGMGRL) 与 Broker 进行交互。

利用备用资源：所有 Data Guard 备用数据库都可以实现在应用从主数据库接收的重做数据的同时对备用数据库进行最新的读取访问。这一特性使得所有备用数据库成为减少主数据库支持只读查询和报表的开销的绝佳候选者。

所有 Data Guard 备用数据库都支持使用 RMAN 进行联机备份[4]。由于物理备用数据库是主数据库的精确副本，因此可用于减少主数据库执行备份的开销。

物理备用数据库（重做应用）可转换为快照备用数据库，以通过生产数据的真实读写副本实现热补丁和其他测试。Data Guard 通过不断向快照备用数据库发送重做数据来时刻维护数据保护，在快照备用数据库中，重做数据被归档以便于安全保存，并在测试完成后转换回备用数据库时提供以便快速重新同步。

逻辑备用（SQL 应用）数据库还提供了可以读/写方式打开的灵活性。虽然 SQL 应用维护的数据不能更改，但可以向数据库中添加额外的本地表，还可创建本地索引结构来优化报表或将备用数据库用作数据仓库或处理用于加载数据集市的信息。

逻辑备用数据库可用于执行滚动数据库升级，将升级到新的数据库补丁集或完整数据库版本的停机时间减到最少。此外，物理备用数据库还可以暂时转换为临时逻辑备用数据库，以执行滚动数据库升级，然后再转换回其作为物理备用数据库的常规运行状态。

“Data Guard 滚动升级使得我们的数据库（Oracle10.1.0.3 到 10.1.0.4）、服务器和存储在整個升级中只有很短的停机时间。读取访问没有出现停机时间，读写事务的停机时间不超过 30 分钟”

— Dan Dressel, Thomson
Legal & Regulatory 数据库架构师
(OpenWorld 2006)

DATA GUARD 11g

Data Guard 11g 包含对其已经成熟的数据保护和灾难恢复功能进行扩展的新特性，同时也对 Data Guard 10g 第 2 版首次推出的高可用性功能进行了增强。它提供了将处于备用角色的物理备用数据库用于生产同时又不影响数据保护的多种新方法。Data Guard 11g 还支持新的 Oracle 数据库 11g 选件，利用 Data Guard 技术为 Oracle 客户提供更多收益。接下来的各小节将对这些增强进行总结。

Data Guard 11g 新功能

快照备用数据库：快照备用数据库是一种新的备用数据库类型，从物理备用数据库创建而来。快照备用数据库创建后可以读/写方式打开，以便独立于主数据库处理事务达到测试或其他目的。快照备用数据库将继续接收和归档来自主数据库的更新，但是，从主数据库接收的重做数据直至快照备用数据库重新转换为物理备用数据库后才会得到应用，而所有在其为快照备用期间进行的更新将被丢弃。这使得生产数据能够始终处于受保护状态中。

SYNC 和 ASYNC 重做传输的自动故障切换：Data Guard 10g 第 2 版推出了自动故障切换，以最高可用性保护模式 (SYNC) 使用快速启动故障切换新特性。Data Guard 11g 扩展了快速启动故障切换特性，使其也支持最高性能模式 (ASYNC)。扩展的方式是添加一个用户可配置的数据丢失阈值，确保自动故障切换导致的数据丢失决不会超过需要的恢复点目标 (RPO)。

用户可以配置自动故障切换基于指定的健康检查条件或任何预期的 ORA - nnnnn 错误即时发生，而不等待快速启动故障切换阈值时间过时。

通过一个新增的打包 DBMS_DG PL/SQL，应用程序可通知快速启动故障切换观察器进程启动自动故障切换。

“Data Guard 是我们首选的 Oracle 数据灾难恢复解决方案。我们拥有高性能的应用程序。Data Guard 在零数据丢失配置下所达到的吞吐量是任何其他第三方产品都无法比拟的”。

— Manohar Malayanur,
Fannie Mae 管理人员和基础架构
设计师

性能增强：众多增强包括：

- 并行介质恢复（物理备用）极大地提高了所有负载配置文件的物理备用应用性能。
- SQL 应用增强（逻辑备用）将提升向未分区且不包含 LOB、LONG 或 XML 类型列的表执行插入和更新的应用性能。而且，SQL 应用现在以并行方式应用并行 DDL，而不是像之前的版本一样顺序进行。
- ASYNC 重做传输增强通过消除网络延迟的影响提高了网络吞吐量，在 WAN 部署中尤为明显。
- 使用快速启动故障切换进一步缩短了故障切换时间

临时逻辑备用数据库：用户可以将物理备用转换为临时逻辑备用来实现滚动数据库升级，然后在升级完成后（使用 KEEP IDENTITY 语句）将其重新转换回物理备用。希望执行滚动数据库升级的物理备用数据库用户将会受益于此功能，因为无需投资冗余存储设备，否则需要创建逻辑备用数据库。

增强的数据保护：物理备用数据库现在可以检测故障存储硬件和固件导致数据文件写入丢失而引起的数据损坏。Data Guard 将备用数据库上的数据块版本与传入的重做流版本进行对比。如果存在版本差异，则表示有写入丢失。这种情况下，用户就可以在出现故障时切换到备用数据库并恢复数据一致性。

“Data Guard 逻辑备用数据库是长期战略型软硬件平台的重要组成部分之一，可以极大地提升我们用户的容量和扩展性。实现这一完整的解决方案后，我们大多数批处理操作的性能提高了 50-95%。”

— David Sink, e-Rewards
Market Research 业务智能架构师

增强的安全性： 可以使用 SSL 身份验证代替口令文件来验证重做传输。注意：进行 SSL 身份验证需要使用 PKI 证书、ASO 和 OID。

增加的 SQL 应用数据类型支持： SQL 应用继续增加了对其他数据类型、其他 Oracle 特性和 PL/SQL 的支持，包括：

- XMLType 数据类型（存储为 CLOB 时）
- 能够在逻辑备用数据库上并行执行 DDL
- 透明数据加密 (TDE)
- DBMS_FGA（细粒度审计）
- DBMS_RLS（虚拟专用数据库）

SQL 应用可管理性增强： 可使用 DBMS_SCHEDULER 包，在备用数据库上创建调度程序作业，并将其与适当的数据库角色相关联，以便在需要的时候运行（如数据库为主数据库时、为备用数据库时、或既是主数据库又是备用数据库时）。

结合使用 SQL 应用和 Oracle RAC 数据库进行转换不再需要事先关闭每个 Oracle RAC 集群中的所有实例，只需关闭第一个实例即可。

Data Guard SQL 应用参数也可动态设置，无需重启 SQL 应用。您可以使用 DBMS_LOGSTDBY.APPLY_SET 包动态设置初始化参数，从而提高逻辑备用配置的可管理性、运行时间和自动化程度。

Data Guard Broker 增强： 以下增强进一步简化了使用 Data Guard Broker 时的管理：

- 增强了对重做传输选项的支持，使得管理员可以为重做传输服务指定连接描述。
- 消除了高可用性和高性能这两种保护模式之间进行切换的数据库停机时间。
- 通过将 Oracle 集群件作为冷故障切换集群使用，支持为 HA 配置的单实例数据库。

企业管理器网格控制 11g 增强： 企业管理器在以下方面进一步简化了管理：

- 从现有 RMAN 备份创建备用数据库
- 从 Oracle RAC 主数据库创建 Oracle RAC 备用数据库
- 自动化备用克隆，用于报表、开发和测试
- 在转换或故障切换时自动将企业管理器作业及度量阈值传播至新的主数据库
- 容错的快速启动故障切换观察器
- 企业管理器 Data Recovery Advisor 将利用可用的备用数据库为智能数据修复 (IDR) 提供建议。

新的 Oracle 数据库 11g 数据库选件

利用 Oracle 数据库 11g 企业版提供的新数据库选件也可以增强 Data Guard 配置。数据库选件是单独许可的产品，它们对 Oracle 数据库的效用和性能进行了扩展。具体 Data Guard 11g 相关的两个数据库选件是 Oracle Active Data Guard 选件和 Oracle Advanced Compression 选件。

Oracle Active Data Guard 是 Oracle 数据库 11g 企业版的一个选件，它通过将生产数据库的资源密集型活动卸载到一个或多个同步的备用数据库上来提升服务质量。利用 **Active Data Guard** 选件附带的实时查询特性，可以对物理备用数据库进行只读访问以实现查询、分类、报表、基于 web 的访问等目的，同时不间断地应用从生产数据库接收的更改。

Active Data Guard 还支持在物理备用数据库上进行 RMAN 块更改跟踪，可以实现在物理备用数据库上执行快速增量备份。测试表明，使用 RMAN 块更改跟踪在具有中等更改率的数据库上完成增量备份的速度最快比传统的增量备份快 20 倍。

Oracle Advanced Compression 是 Oracle 数据库 11g 企业版的一个选件，有助于以更具成本效益的方式管理不断增加的数据（平均每两年增长两倍）。**Advanced Compression** 可以压缩包括结构化和非结构化数据在内的任何类型的数据，如文档、图像和多媒体，以及网络流量和正在备份的进程中的数据。

Advanced Compression 选件将在 Data Guard 11g 在备用数据库上解析归档日志差异时执行重做数据的网络压缩。这可以加速网络或备用数据库故障之后的备用数据库重新同步，并更有效地利用网络带宽。

DATA GUARD 进程体系结构

如图 2 所示，Data Guard 使用几个 Oracle 数据库进程来实现达到高可用性和灾难恢复所必需的自动化程度。

Data Guard 在主数据库上使用一个叫做日志写入器网络服务器 (LNS) 的专门的后台进程来捕获日志写入器写入的重做数据，并以同步或异步方式将重做数据传输到备用数据库。LNS 进程将日志写入器与传输开销及网络中断隔离开来。

新增！ — 利用 Active Data Guard 选件可以对最新的物理备用数据库进行只读访问。这可以提升生产数据库的性能，并可使物理备用数据库成为生产环境的扩展（即使是处于备用角色）。

新增！ — 利用 Advanced Compression 选件，可以在网络或备用服务器出现故障后发送解析差异和重新同步备用数据库所需的日志文件时进行网络压缩。

同步重做传输 (SYNC) 要求主数据库上的日志写入器等待 LNS 确认备用数据库已经接收重做数据并已将其写入备用重做日志，然后才能确认到客户端应用程序的提交。这确保了提交的所有事务都在磁盘上，并在备用位置受到保护。

异步重做传输 (ASYNC) 不要求主数据库上的日志写入器等待备用数据库确认重做已被写入磁盘。确认到客户端应用程序的提交与重做传输是异步进行的。

新增！ — 异步重做传输性能增强进一步提升了网络利用率，并提高了恢复点目标。

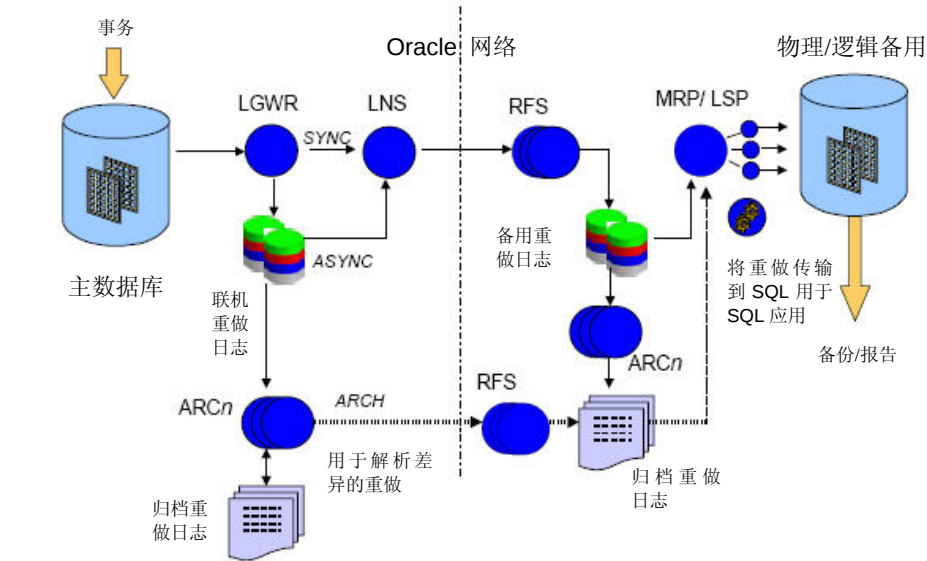


图 2：Data Guard 进程体系结构

此外，ASYNC 可以非常高效地将重做传输至备用数据库，以消除将导致网络吞吐量降低的网络确认的开销。

如果主数据库和备用数据库断开连接（网络故障或备用服务器故障），那么根据选择的保护模式（本文稍后将介绍保护模式），主数据库将继续处理事务并累积不能传输到备用数据库的重做数据积压，直到能建立一个新的网络连接为止（称为归档日志差异）。在这种状态下，Data Guard 持续监视备用数据库状态、检测连接重建时间、并自动重新同步备用数据库与主数据库，以尽快将配置返回到受保护状态。始终使用归档器 (ARCH) 进程来传输解析差异所需的日志文件。有几种方法可用于加快解析差异的速度。

- 使用 **Advanced Compression** 选项，可对为解析差异而传输的归档日志进行网络压缩，以便缩短传输时间，并最大程度地利用可用带宽。
- 如果有大量归档日志需要传输，最多可启用 **30** 个 **ARCn** 进程。其中 **29** 个 **ARCn** 进程可传输到远程位置，一个 **ARCn** 进程始终专用于本地归档。
- 如果积压的归档日志不多但日志的大小很大，最多可以配置 **5** 个 **ARCn** 进程并行传输一个日志文件的内容。

最后，如果备用应用进程检测到日志文件丢失，或其接收的归档日志中有任何缺陷或损坏，**Data Guard** 备用数据库将主动请求获取归档日志的新副本。这类请求由 **ARCn** 进程来完成。

在 **Data Guard** 重做传输服务的接收方，**Data Guard** 在使用备用数据库上的一个或多个远程文件服务器 (**RFS**) 进程来接收重做数据，并将其写入一个名为备用重做日志 (**SRL**) 的文件。管理恢复进程 (**MRP**) 用于协调重做数据到物理备用数据库的应用，逻辑备用进程 (**LSP**) 用于协调经过 **SQL** 转换的重做数据到逻辑备用数据库的应用。

如果启用了 **Data Guard Broker**，**Data Guard** 还使用 **Data Guard Broker Monitor (DMON)** 和其他进程将主数据库和备用数据库作为一个统一的配置进行管理和监视。

主要的技术组件 **Data Guard** 配置

Data Guard 配置

Data Guard 配置中的主数据库和备用数据库可以运行在单个节点上或 **Oracle RAC** 环境中。备用数据库使用 **Oracle** 网络服务通过 **TCP/IP** 连接到主数据库。只要可以互相通信，数据库的位置没有限制。但对于灾难恢复而言，推荐的做法是备用数据库宿主的站点与主站点应处于不同的地理位置。

新增! Data Guard 11g 有多种方法可用于在主数据库和备用数据库上部署不同的 CPU 体系结构、操作系统二进制文件和 Oracle 数据库二进制文件。例如，主数据库可以在 Windows 上，备用数据库在 Linux 上。

参见 MetaLink 说明
413484.1 了解最新的功能和限制。

Data Guard 11g 为 Data Guard 配置提供了更高的灵活性，主数据库和备用数据库可以使用不同的 CPU 体系结构、操作系统（如 Windows 和 Linux）、操作系统二进制文件（32 位/64 位）和 Oracle 数据库二进制文件（32 位/64 位）— 前提是符合 MetaLink 说明 [413484.1](#) 中规定的限制。对于主数据库和备用数据库始终有两个要求，即二者的终结格式必须相同，还有 Oracle 数据库必须相同，除非是在使用逻辑备用数据库进行滚动数据库升级的过程中。

保护模式

Data Guard 提供了三种数据保护模式，以实现成本、可用性、性能和数据保护的平衡。这些模式定义了监管 Data Guard 配置行为的规则，可以通过任何可用的管理接口轻松设置，例如，通过在主数据库上使用下列简单的 SQL 语句设置：

```
SQL> ALTER DATABASE SET STANDBY DATABASE TO MAXIMIZE  
{PROTECTION | AVAILABILITY | PERFORMANCE};
```

要确定适当的数据保护模式，企业需要根据用户对系统响应时间的要求来估量它们对数据保护的业​​务要求。下表从数据丢失风险的角度概述了各种模式的适用性。

保护模式	主数据库出现故障时的数据丢失风险	重做传输
最大保护	零数据丢失	SYNC
最高可用性	零数据丢失 — 假设出现故障之前主数据库提交事务时的同步通信没有中断	SYNC
最高性能	最小数据丢失 — 只有几秒，具体取决于网络带宽	ASync

以下小节更详细地说明了这些保护模式。

最大保护

最大保护提供最高级别的数据保护。最大保护使用 SYNC 重做传输将重做记录同步传输到备用数据库。只有当 Data Guard 确认事务数据安全保存到至少一台备用服务器的磁盘上之后，主数据库上的日志写入器进程才会确认到客户端应用程序的提交。

由于重做传输的同步特性，最大保护模式可能影响主数据库的响应时间。通过配置一个带宽足够应付高峰事务负载的低延迟网络，可以将这种影响降至最小。例如，金融机构和彩票系统就部署了这种最高级别的数据保护模式。

强烈建议，最大保护模式应至少配置两个备用数据库。这样，如果一个备用目标出现故障，另外一个可用的目标仍可向主数据库做出确认，而不中断生产。考虑使用这种保护模式的用户必须接受的事实是，如果至少一个备用数据库无法返回重做已被接收并写入磁盘的确认，主数据库将停滞（并最终崩溃）。最大保护的规则规定这一行为的目的是在有多个故障的情况下（例如，主数据库和备用数据库之间的网络出现故障，然后又有一个事件导致主站点发生故障）实现零数据丢失。如果您无法接受这一要求，并希望在得到零数据丢失保护的同时，主数据库即使在备用数据库无法确认数据受到保护的情况下也能保持可用，可以使用接下来讨论的最高可用性保护模式。

最高可用性

最高可用性在保持主数据库可用的同时，提供级别稍低的数据保护。与最大保护一样，重做数据通过 **SYNC** 重做传输服务同步传输到备用数据库。只有当 **Data Guard** 确认事务数据在至少一台备用服务器的磁盘上可用之后，日志写入器才会确认主数据库已提交事务。但与最大保护模式不同的是，如果最后参与的备用数据库不可用（例如出现网络连接问题或备用故障），主数据库处理将继续进行。断开连接时，与主数据库相比，备用数据库可能暂时滞后。而当再次建立连接时，**Data Guard** 将自动重新同步备用数据库和主数据库。

由于同步的重做传输，这种保护模式可能影响响应时间和吞吐量。通过配置一个带宽足够应付高峰事务负载的低延迟网络，可以将这种影响降至最小。

最高可用性模式适用于想要确保获得零数据丢失保护但不想让生产数据库受网络或备用服务器故障影响的企业。如果在最初的网络或备用故障得到解决和配置重新同步之前，又一个故障随后影响了生产数据库，则会发生数据丢失，采用这种保护模式的企业要接受这样的事实。

最高性能

最高性能是默认的保护模式。

与最高可用性模式相比，它提供了稍差的数据保护，但可为主数据库提供更高的性能。在这种模式下，当主数据库处理事务时，重做数据通过 **ASYNC** 重做传输异步传输到备用数据库。主数据库上的日志写入器不用等待备用数据库确认即可确认到客户端应用程序的提交。这消除了网络往返行程和备用磁盘输入/输出可能生成的主数据库上的响应时间开销。如果任何备用目标不可用，处理将在主数据库上继续进行，对性能只有很小的影响或没有影响。

在正常操作中，可能丢失的数据量只限于在主数据库和备用数据库之间传输的数据量 — 这个量由处理主数据库生成的重做数据量的网络容量决定。如果有足够的带宽，可能丢失的总数据量非常小或为零。

当主数据库上的可用性和性能比丢失少量数据的风险更重要时，应该使用最高性能模式。这种模式还适合于客户网络固有延迟高到可能限制同步重做传输的适用性时的 **Data Guard** 部署。

自动解析差异 — 处理通信故障

Data Guard 可以顺畅地处理将备用数据库与主数据库暂时断开的网络连接问题。具体的行为取决于选定的 **Data Guard** 保护模式的规则。

当最后一个备用数据库不可用时，最高可用性和最高性能模式都允许主数据库继续处理事务。当重新建立与备用数据库的连接时，将自动传输累积的归档日志，并将其应用到备用数据库，使其与主数据库快速重新同步。注意，在重新同步的同时，主数据库还将传输当前的重做流，以避免在解析差异的过程中备用数据库落后于主数据库。只要重新同步备用数据库所需的归档日志在主数据库的磁盘上是可用的，重新同步进程就不需要任何管理干预。

应用服务 — 重做应用和 SQL 应用

备用数据库最初是从主数据库的一个备份副本创建的。一旦创建了备用数据库，**Data Guard** 会自动在 **Data Guard** 配置中同步主数据库与所有备用数据库，方法是，将主数据库重做数据传输到备用系统，然后将重做数据应用到备用数据库中。

新增! 与 Oracle 数据库 10g 相比, 所有负载配置文件的重做应用性能得到了极大提高

Data Guard 提供了两种方法将这些重做数据应用到备用数据库中。这些方法与 Data Guard 支持的两种类型的备用数据库对应:

- 重做应用, 用于物理备用数据库
- SQL 应用, 用于逻辑备用数据库

就从主数据库进行的数据传输而言, 这两种类型的备用数据库之间没有差别。一旦这些重做数据到达备用服务器, 这两种类型的备用数据库在将重做数据应用到备用数据库的方式上就存在差异了。

物理备用数据库 — 重做应用

物理备用数据库使用 Oracle 介质恢复应用从主数据库接收到的重做数据。它在物理上与主数据库逐块相同, 因而数据库模式 (包括索引) 是相同的。

重做应用如何工作

Data Guard 重做应用使用一个专用进程 (称为管理恢复进程 (MRP))。在 RFS 进程将重做数据写入备用重做日志 (SRL) 时, MRP 读取这些重做数据, 并将它们应用于物理备用数据库。

通过加载物理备用数据库并使用以下命令, 可以在该数据库上启动 MRP:

```
SQL> ALTER DATABASE RECOVER MANAGED STANDBY DATABASE  
USING CURRENT LOGFILE DISCONNECT FROM SESSION;
```

如果需要先归档 SRL 然后 MRP 才能完成 SRL 读取 (当主数据库重做生成率很高时, 可能会出现这种情况), MRP 还可以透明地切换到从一个备用的归档日志中读取。

MRP 可以并行运行, 以获得 Data Guard 重做应用的最佳性能。MRP 在启动时自动决定最佳的并行恢复进程数量。

将重做数据应用于备用数据库之前对数据进行验证

Data Guard 的重要优势之一是能使用 Oracle 进程在重做数据应用于备用数据库之前对其进行验证。Data Guard 是一个松散耦合的体系结构, 通过应用重做块保持备用数据库同步, 完全不受主数据库中可能发生的数据文件损坏的影响。进行 SYNC 重做传输时, 重做从主 SGA 发出, 因此完全不受主数据库中的物理输入/输出损坏的影响。备用数据库中执行的软件代码路径也与主数据库完全不同 — 有效地将备用数据库与可能影响主数据库的软件错误隔离开来。

损坏检测检查在以下主要接口上进行：

- 重做传输过程中在主数据库上进行：LGWR、LNS、ARCH
- 重做应用过程中在备用数据库上进行：RFS、ARCH、MRP、DBWR

如果重做应用检测到备用数据库中有重做损坏，Data Guard 将在归档日志差异处理过程中重新获取有效日志，寄希望于原始的归档日志未受损坏。

物理备用数据库还使用新参数：

DB_LOST_WRITE_PROTECT。

当输入/输出子系统确认完成写入时，发生一个写入丢失问题，而实际上写入在持久存储中并未发生。随后进行块读取操作时，输入/输出子系统返回数据块的陈旧版本（可用于更新数据库的其他块），从而导致其损坏。若设置了 DB_LOST_WRITE_PROTECT 初始化参数，数据库将把缓冲区缓存块读取记录到重做日志中，此信息可用于检测写入丢失。

写入丢失检测与 Data Guard 一起使用时最为有效。在这种情况下，应在主数据库和备用数据库中都设置 DB_LOST_WRITE_PROTECT 参数。当某个备用数据库在管理恢复过程中应用重做时，它将读取相应的块并将 SCN 与重做日志中的 SCN 相对比：

- 如果主数据库上的块 SCN 低于备用数据库，将检测主数据库上的写入丢失，并引发一个外部错误 (ORA-752)。推荐的修复主数据库上的写入丢失的步骤是在出现故障时切换到物理备用数据库，然后重新创建主数据库。
- 如果 SCN 高于后者，将检测备用数据库上的写入丢失，并引发一个内部错误 (ORA-600 3020)。要修复备用数据库上的写入丢失，必须重新创建此备用数据库或受损的文件。

在上述两种情况下，备用数据库都将把故障原因写入警报日志和跟踪文件。

总的说来，上述功能体现了 Data Guard 的一个基本原则，即主数据库中的损坏不应影响备用数据库的完整性。

重做应用与实时查询

使用 Active Data Guard 选件的实时查询特性，可以在重做应用打开（恢复处于活动状态）的情况下以只读方式打开物理备用数据库，从而允许对主数据库的最新副本运行查询。这一特性使用企业管理器网格控制 11g 启用，或以下列方式从命令行手动启用：

新增！ Data Guard 重做应用还检测故障存储硬件和固件导致的写入丢失 — 又消除了一个可能导致备用数据库受影响的因素。

新增！ Active Data Guard 选件附带的实时查询特性允许对最新的物理备用数据库进行只读访问，以减少来自主数据库的查询和报表开销。

- 要在重做应用处于活动状态时打开某个备用数据库进行只读访问，首先使用下列语句取消重做应用：
SQL> ALTER DATABASE RECOVER MANAGED STANDBY DATABASE
CANCEL;
- 然后，使用下列语句打开数据库进行只读访问：
SQL> ALTER DATABASE OPEN;
- 打开备用数据库后，使用下列命令重启重做应用。
SQL> ALTER DATABASE RECOVER MANAGED STANDBY DATABASE

新增！ 快照备用数据库可以读/写方式打开并用于测试和其他目的。主数据库将继续向快照备用数据库发送重做数据，以确保远程位置的数据始终受到保护。快照备用数据库将归档此重做数据以便安全保存。测试活动完成后，将把快照备用数据库转换为一个备用数据库，并应用它作为快照备用数据库时从主数据库接收的日志文件，从而使其与主数据库重新同步。

快照备用数据库

快照备用数据库是一种可完全更新的备用数据库，其创建是由物理备用数据库转换而来。快照备用数据库从主数据库接收并归档重做数据，但不应用这些重做数据。在快照备用数据库重新转换为物理备用数据库并删除所有对快照备用数据库的本地更新之后，才应用从主数据库接收的重做数据。

快照备用数据库可从企业管理器、Data Guard Broker 命令行界面 (DGMGRL) 或 SQL*Plus 创建。要从 SQL*Plus 创建快照备用数据库，只需在物理备用数据库上发出下列命令：

```
SQL> ALTER DATABASE CONVERT TO SNAPSHOT STANDBY;
```

备用数据库转换为快照备用数据库后，将创建一个隐式有保证的恢复点，并启用闪回数据库功能。使用完快照备用数据库后，可将其重新转换为物理备用数据库，并使用下列命令将其与主数据库重新同步：

```
SQL> ALTER DATABASE CONVERT TO PHYSICAL STANDBY DATABASE;
```

Data Guard 隐式地将数据库闪回到有保证的恢复点，并自动应用自快照创建以来备用数据库归档的主数据库重做数据。这一过程结束后，有保证的恢复点即被删除。

逻辑备用数据库 — SQL 应用

尽管数据的物理组织和结构可能不同，但逻辑备用数据库包含与主数据库相同的逻辑信息。SQL 应用技术将从主数据库接收到的重做数据转换成 SQL 语句，然后在备用数据库上执行 SQL 语句，以使逻辑备用数据库与主数据库保持同步。与物理备用数据库相似，这使得逻辑备用数据库在应用处于活动状态的同时，可供访问以用于查询和报表等目的。

新增! 添加了对以下内容的 SQL 应用支持:

- XMLType 数据类型 (CLOB)
- 并行执行 DDL
- 透明数据加密 (TDE)
- DBMS_FGA (细粒度审计)
- DBMS_RLS (虚拟专用数据库)
- DBMS_SCHEDULER (调度程序)

由于逻辑备用数据库是使用 SQL 语句更新的, 因此它的灵活性高于物理备用数据库。这样, 逻辑备用数据库可以读/写模式打开, 并可以执行需要对数据库进行读/写访问的其他任务 (如添加只在备用数据库中存在的本地表, 或执行需要读/写权限的报表或合计任务)。通过在 SQL 应用维护的表上创建额外的索引和物化视图, 可以优化这些任务 (注意, 尽管数据库是以读/写方式打开的, 但 SQL 应用不允许更改负责与主数据库进行同步的数据)。逻辑备用数据库可以承载多个数据库模式, 用户可以使用不从主数据库进行更新的模式, 对表执行普通的数据处理操作。

逻辑备用数据库对数据类型、表的类型以及 DDL 和 DML 操作的类型有一些限制。有关这些不支持的数据类型和存储属性, 请参见文档[2]。

SQL 应用如何工作

SQL 应用使用许多后台进程, 它们将来自主数据库的更改应用到逻辑备用数据库中。图 3 显示了信息流和每一个进程所起的作用。

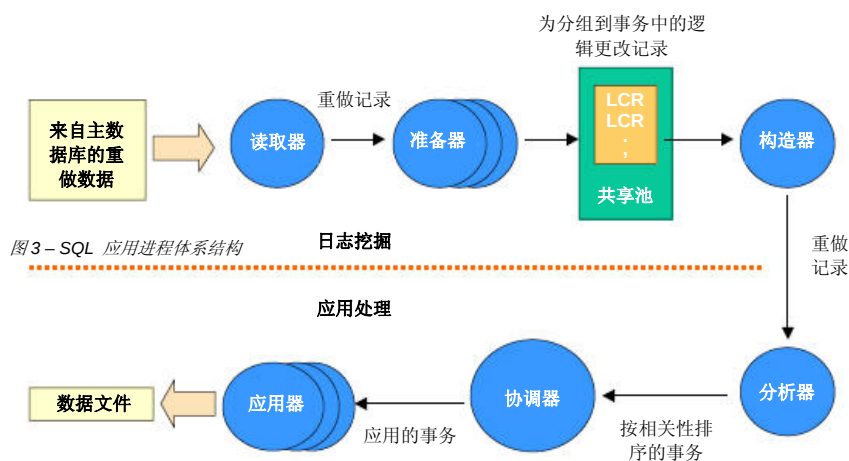


图 3 — SQL 应用进程

新增! 通过对未分区且不包含 LOB、LONG 或 XML 类型列的表进行插入和更新, 特性化负载的 SQL 应用性能得到提升。SQL 应用进一步增强了应用性能, 使得并行 DDL 也可以并行应用。

下面是每个进程的功能总结：

- **读取器** 进程从备用重做日志读取传入的重做记录。
- **准备器** 进程将块更改转换成表更改或逻辑更改记录 (LCR)。
- **构造器** 进程组合来自各个 LCR 的已完成事务。
- **分析器** 进程检查完成的事务，辨明不同事务之间的相关性。
- **协调器** 进程（也称为逻辑备用进程，即 LSP）将事务分配给应用进程、监视事务之间的相关性并授权将更改提交给逻辑备用数据库。
- **应用器** 进程将已分配事务的 LCR 应用到数据库中，并在协调器指示时提交事务。

输入以下 SQL 命令将启动这些 SQL 应用进程：

```
SQL> ALTER DATABASE START LOGICAL STANDBY APPLY IMMEDIATE;
```

与重做应用相似，损坏检测检查也是在主要接口上进行的：

- 重做传输过程中在主数据库上进行：LGWR、LNS、ARCH
- SQL 应用过程中在备用数据库上进行：RFS、ARCH、SQL、LSP、DBWR

如何决定使用重做应用还是 SQL 应用

这两种方法有很多相似之处。物理和逻辑备用数据库使用相同的重做传输和角色管理服务，不同的只有应用进程。它们都可用于卸载主数据库的查询和报表。两种方法都可用于执行滚动数据库升级（物理备用用户利用前面讲到过的临时逻辑备用数据库）。所有备用数据库都是在备用数据库实例化过程中以物理备用数据库的形式创建的。要将物理备用数据库转换为逻辑备用数据库，需要额外的一些步骤。

在实际操作中，用户倾向于根据下列因素在物理和逻辑备用数据库之间选择：

影响使用重做应用决策的考虑因素

- 使用 **Active Data Guard** 选件，可轻松使用物理备用数据库卸载生产数据库处理只读查询和报表的开销。
- 非常高的性能需求 — 物理备用数据库使用的重做应用进程非常高效，因此消耗的输入/输出和 CPU 资源都小于 SQL 应用。由于重做应用进程非常高效，因此利用重做应用在同一台服务器上承载多个生产和/或备用数据库是很实用的做法，而此时使用 SQL 应用耗费资源较多，就不实际了。这对想通过部署共享资源来承载多个备用数据库的公司来说很重要。

- 相关的简单性。重做应用进程较为简单，因此对喜欢简单解决方案的用户来说更具吸引力。
- 物理备用数据库可以转换为快照备用数据库，用于测试、开发或其他目的。
- 物理备用数据库是主数据库的精确备份，因此可减少主用主机的备份工作。
- 物理备用数据库不受任何限制。其操作和性能对于数据类型或事务配置文件都是完全透明的 — 重做就是重做。
- 在灾难恢复的情况下，一些用户倾向于使其备用数据库成为主数据库的精确物理副本。

影响使用 SQL 应用决策的考虑因素

- 逻辑备用数据库可以读/写方式打开，因此灵活性较高。例如，某些报表应用程序要求对数据库进行读/写访问，而尽管物理备用数据库用户可以通过使用指向其他数据库的数据库链接来避开这些限制，但使用逻辑备用数据库，不需任何其他步骤就可以进行读/写访问。由于可以将受 Data Guard 保护的逻辑备用表存储在一个与主数据库不同的物理布局中，因此也可以创建额外的索引和物化视图来提高查询性能。
- 对于数据仓库应用程序的数据临时存储和处理、决策支持或数据集市填充，使用逻辑备用数据库更为方便。除了受 Data Guard 配置所保护的数据库模式之外，逻辑备用数据库还可以承载其他数据库模式，并且，用户可以随时在这些模式上执行 DDL 或 DML 操作。

管理 Data Guard 配置

系统视图。 Data Guard 提供了各种视图，以粒度方式监视 Data Guard 配置的运行时性能。可以通过 SQL*Plus、Data Guard Broker 或企业管理器网格控制访问这些视图。

新增！ 引导用户根据其生产环境的数据了解 NET_TIMEOUT 最优值的响应时间柱状图

例如，V\$REDO_DEST_RESP_HISTOGRAM 是一个固定视图，包含 SYNC 重做传输目标的响应时间柱状图。在确定用于同步目标的网络超时属性的适当值时，这一视图中的数据非常有用。LOG_ARCHIVE_DEST_n NET_TIMEOUT 属性用于最高可用性模式，指定日志写入器在放弃远程目标并允许日志写入器继续之前等待 LNS 确认的最长时段。如果此值设置过低，将导致频繁超时，降低数据的保护级别。若设置过高，则会使主数据库应放弃远程目标时发生停滞，对其吞吐量产生不良影响。这个柱状图中的数据为管理员提供了在 HA 和数据保护目标之间进行最佳折衷所需的数据。

Data Guard Broker 是一个分布式的管理框架，它使 **Data Guard** 配置的创建、维护和监视自动化和集中化。所有管理操作都可通过 **Oracle** 企业管理器网格控制（使用 **Broker**）或 **Broker** 的专门命令行界面(DGMGRL) 执行。

下面的列表描述了 **Broker** 自动化和简化的一些操作：

- 创建和启用 **Data Guard** 配置
- 从配置中的任意站点上管理整个 **Data Guard** 配置。
- 调用转换或故障切换操作（包括快速启动故障切换），此类操作涉及到配置中所有系统的复杂角色转换。
- 利用集中式监视和事件通知，来监视使用率、捕获诊断信息并快速检测问题。

企业管理器 Data Guard 管理页面和向导进一步简化了 **Data Guard** 配置的创建和管理。企业管理器对其监视的 **Data Guard** 量度提供历史趋势分析 — 例如，最近 24 小时或最近 5 天量度的性能情况。此外，通过企业管理器，还可以设置通知警报，这样，如果量度超过了配置的阈值，管理员就会收到通知。图 4 的屏幕截图显示了企业管理器的 **Data Guard** 主页。

企业管理器监视的 **Data Guard** 量度包括：

- 预计故障切换时间 — 切换到该备用数据库所需的大概秒数。
- 应用延迟 — 显示备用数据库比主数据库落后多长时间。
- 重做应用率 — 在备用数据库上应用重做的速率。
- 重做生成率 — 在主数据库上生成重做的速率。
- 传输延迟 — 该备用数据库仍然无法使用重做的大概秒数。这可能是由于尚未传输重做或者存在差异。
- **Data Guard** 状态 — 显示 **Data Guard** 配置中每个数据库的状态。
- 发生的快速启动故障切换 — 在启用了快速启动故障切换的情况下，如果发生快速启动故障切换，该量度将在新的主数据库（原来的备用数据库）上生成一个严重警报。
- 快速启动故障切换时间 — 在启用了快速启动故障切换的情况下，如果发生快速启动故障切换，该量度将在新的主数据库（原来的备用数据库）上生成一个严重警报，指明其发生的时间戳。

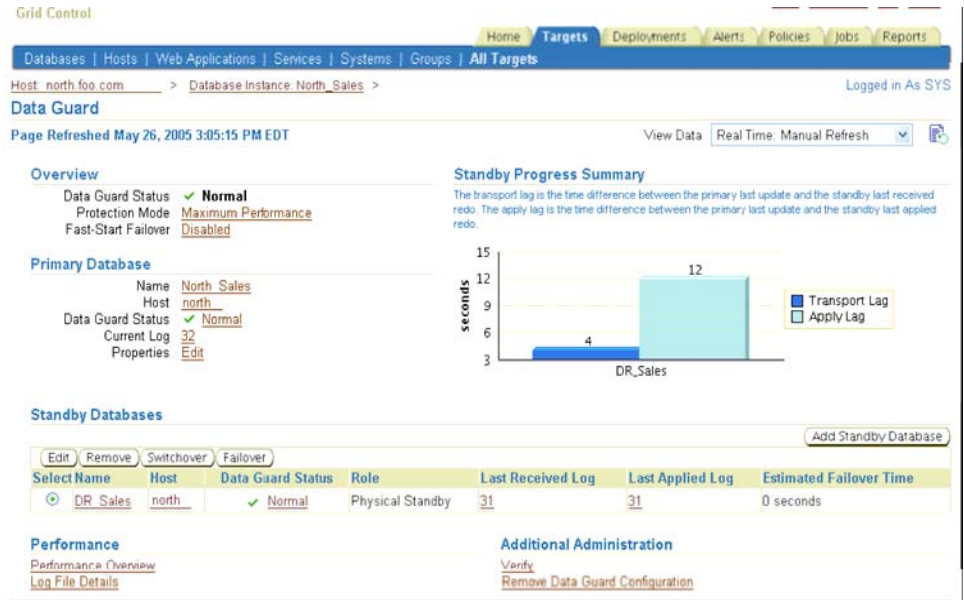


图 4 — Oracle 企业管理器中的 Data Guard 主页

角色管理服务

生产站点发生计划内中断（转换）和计划外（故障切换）中断时，Data Guard 角色管理服务可以快速把指定备用数据库转化为生产角色。角色管理服务还简化了灾难恢复准备测试。

转换

转换用于减少计划内中断期间（例如，操作系统或硬件升级，或者滚动升级 Oracle 数据库软件和补丁集）的主数据库停机时间。

转换操作要求断开所有用户会话与主数据库的连接。之后，将主数据库转换为备用角色，然后再将备用数据库转换为主数据库角色。

管理员可以使用 Oracle 企业管理器 GUI 界面、Data Guard Broker 的命令行界面或直接通过 SQL 启动转换。

例如，下面的一个 Data Guard Broker CLI (DGMGRL) 命令启动并完成到备用数据库 “Chicago” 的转换：

```
DGMGRL> SWITCHOVER TO Chicago;  
...
```

一旦启动，Data Guard 就自动运行实际的角色转换进程。在该进程中，没有任何数据丢失。

故障切换

故障切换是在主数据库上出现计划外的故障时，将一个联机的备用数据库用作新的主数据库的操作。这种方法通过快速将备用数据库提升为主数据库角色来实现恢复时间目标，对影响主数据库的事件进行诊断和解决的时候不会出现停机。故障切换操作不需要重启备用数据库。此外，只要原来的主数据库上的数据库文件未被更改且数据库可重启，则可以使用闪回数据库恢复原来的主数据库，并将其重新同步为新的主数据库的一个备用数据库 — 不需要从备份恢复。

手动故障切换由管理员使用 Oracle 企业管理器 GUI 界面、Data Guard Broker 的命令行界面或直接通过 SQL*Plus 在将接管主数据库角色的备用数据库上启动。例如，下面的一个 Data Guard Broker CLI (DGMGRL) 命令启动并完成到备用数据库 “Chicago” 的故障切换：

```
DGMGRL> FAILOVER TO Chicago;
```

如果 Data Guard 运行在最大保护模式或最高可用性模式下，且在故障切换时已同步目标备用数据库，手动故障切换操作可以确保不会丢失数据。在最高性能模式下，如果主数据库中仍然有一些在进行故障切换时尚未发送到备用数据库的重做数据，该数据可能会丢失。除了手动故障切换之外，客户还可以将配置 Data Guard 为以控制力度很强的方式执行自动故障切换，下面的部分将对此进行深入讨论。

快速启动故障切换

利用快速启动故障切换，Data Guard 会在发生故障时自动切换到以前选择的备用数据库，无需手动调用故障切换。此外，返回出现故障的主数据库时，它将自动恢复为作为新的主数据库的一个备用数据库的配置。快速启动故障切换只能在 Data Guard Broker 配置中使用，只能通过 DGMGRL 或企业管理器配置。

新增！快速启动故障切换（自动故障切换）还支持通过使用一个用户可配置的数据丢失阈值来支持最高性能模式（ASYNC 重做传输）中的 Data Guard 配置。

快速启动故障切换配置受一个独立的观察器进程监视，该进程是在 **DGMGRL** 客户端组件中集成的轻型进程。它持续监视快速启动故障切换环境，确保主数据库可用。如果观察器和备用数据库失去与主数据库的连接，则观察器将尝试重新连接到主数据库（重新连接时间可配置），然后启动快速启动故障切换。快速启动故障切换的设计可以确保：在快速启动故障切换的三个成员（主数据库、备用数据库和观察器）中，至少有两个成员同意主要的状态转换，从而避免出现“裂脑”（在这种情形中，可能有两个不同的主数据库为生产负载提供服务）等情况。快速启动故障切换具有简单且优秀的体系结构，这使得它成为在高可用性情况中（其中，数据保护也很重要）使用的最佳选择。

使用企业管理器的一个好处是，它还为 **Data Guard** 快速启动故障切换配置中的观察器提供高可用性。企业管理器可以监视观察器的状态、检测观察器故障、在其以前的主机上尝试重启观察器，如果重启失败则在之前指定的候选主机上重启观察器。企业管理器能够确保观察器的高可用性，该功能是所有使用 **Data Guard** 快速启动故障切换的 **HA** 策略的关键因素之一。

灵活的配置选项

管理员可以将自动故障切换限制在以下情况下进行：使用最高可用性模式没有数据丢失；或使用最高性能模式，丢失数据量在事先配置的阈值范围内。

下面是一些可供控制快速启动故障切换行为的属性：

- **FastStartFailoverThreshold** — 指定观察器和目标备用数据库在（检测到主数据库不可用之后）启动故障切换前等待的秒数。
- **FastStartFailoverLagLimit** — 用于指定一次自动故障切换中允许的基于时间的数据丢失量。如果备用数据库的应用重做点在主数据库的重做生成点的这个秒数之内，那么将允许进行快速启动故障切换。如果应用点超过了这一限制，则不允许进行快速启动故障切换。这一属性只能应用于最高性能模式，如果配置为在最高可用性模式下运行时启用了快速启动故障切换，则不使用该属性。
- **FastStartFailoverAutoReinststate** — 如果您希望在原来的主数据库上执行诊断和修复，则可以将此属性设为 **FALSE**，以免出现故障的主数据库在故障切换后自动恢复。

新增! 快速启动故障切换提供了用户可配置的事件，一旦被观察器检测到便可立即触发故障切换，无需等待快速启动故障切换阈值到期。

Oracle 企业管理器或 `DGMGRL ENABLE FAST_START FAILOVER CONDITION` 命令还可用于指定某种条件，当其发生时便进行快速启动故障切换，无需等待故障切换阈值时段到期。这些条件包括：

- "Datafile Offline" 由于写入错误导致数据文件脱机。
- "Corrupted Controlfile" 控制文件损坏。
- "Corrupted Dictionary" 关键数据库对象的词典损坏。
- "Inaccessible Logfile" 由于输入/输出错误，日志写入器无法向日志组的任何成员写入。
- "Stuck Archiver" 由于设备没有空间或不可用，归档器无法将重做日志归档。

最后，可使用 `DBMS_DG PL/SQL` 包允许应用程序在遇到特定情况时请求快速启动故障切换。检测到只有此应用程序知道的条件时，它可以调用 `DBMS_DG.INITIATE_FS_FAILOVER` 过程，从而向主数据库警告它要立即发起快速启动故障切换。主数据库将把这一情况通知观察器，如果备用数据库处于可接受故障切换的有效快速启动故障切换状态（观察结果为已同步或在延迟范围内），观察器将立即启动快速启动故障切换。

将原来的主数据库恢复为新的备用数据库

故障切换之后，管理员可能需要将原来的主数据库恢复为 **Data Guard** 配置中的新备用数据库，以恢复该配置的数据保护功能。

如果原来的主数据库可以重启，且该数据库可在保持数据文件不被更改的情况下挂载，则可以使用闪回数据库将原来的主数据库恢复为新的主数据库的一个备用数据库，无需从新的主数据库的一个备份来重新创建（在故障事件发生之前必须启用闪回数据库特性）。如前所述，如果使用快速启动故障切换，此恢复过程是自动进行的。

进行手动故障切换时，只需将原有的主数据库闪回到故障切换发生时的时间点（由 `V$DATABASE` 视图中的 `STANDBY_BECAME_PRIMARY_SCN` 列提供），将该数据库作为备用数据库启动，然后让 **Data Guard** 自动将新的备用数据库与新的主数据库同步即可。要使用 `DGMGRL` 简化这一过程，只需重启原有的主数据库，然后运行以下命令即可：

```
DGMGRL> REINSTATE DATABASE 'database';
```

自动客户端故障切换

故障切换可分为以下几大类：

- 整站点故障切换使用一个辅助站点来承载一个 **Data Guard** 备用数据库和一组完全冗余的中间层应用服务器。向辅助站点进行故障切换时，将启动中间层服务器，并将一个网络负载均衡器重定向到新的主站点。**Data Guard** 故障切换将把辅助位置的备用数据库切换为主数据库角色。Oracle MAA 文章 *Oracle Database High Availability Best Practices* [5]（Oracle 数据库高可用性最佳实践）提供了实现整站点故障切换的指南。
- Oracle RAC 中的一个节点出现故障时，必须迅速通知连接到此节点的客户端发生了一个故障，并将它们重新连接到集群中正常的节点以继续处理。技术白皮书 *Workload Management with Oracle Real Application Clusters* [6]（使用 Oracle 真正应用集群进行工作负载管理）提供了在 Oracle RAC 中处理节点故障的指南。
- 部分站点故障切换在主数据库不可用但主站点正常的情况下发生，受影响的客户端必须在 **Data Guard** 故障切换后重定向到辅助位置的一个新的主数据库。下面概述了如何实现部分站点故障的客户端故障切换。要了解完整的详细信息，请参见 *Client Failover Best Practices for Highly Available Oracle Databases* [7]（高可用性 Oracle 数据库的客户端故障切换最佳实践）。

在较高级别，在 **Data Guard** 配置中自动化客户端故障切换包括将数据库服务重新定位到新的主数据库（作为 **Data Guard** 故障切换的一部分）、通知客户端发生了一个故障以结束它们的 **TCP** 超时状态，以及将客户端重定向到新的主数据库。

服务重定位

Oracle 数据库 10g 为 Oracle RAC 和单实例（非 RAC）数据库推出了一个自动工作负载管理工具，名为[数据库服务](#)[8]，可用于分组数据库工作负载，并轻松指定为此工作负载服务的计算资源。您可以为特定的应用程序（如下面示例中使用的 'sales' 应用程序）定义数据库服务。而且，如果提供此服务的主数据库出现故障，作为 **Data Guard** 故障切换的一部分，该服务可以自动重定位到新的主数据库。

在 Oracle RAC 集群中，用户可以独立于提供服务的实例来访问服务，这是因为，通过监听程序注册，集群中的所有监听程序都知道接收连接请求时数据库服务当前是由哪个实例提供的。如果提供服务的实例出现故障，Oracle RAC 可以快速将服务重定位到集群中的正常实例。

同样的服务重定位概念也适用于 **Data Guard** 配置。作为演示，我们假定一个简单 **Data Guard** 配置，具有单节点主数据库和备用数据库，以及一个名为 'sales' 的数据库服务，按照所有合适的高可用性设置创建和配置 [7]。

客户端应用程序使用一个配置中包含所有主机（主用和备用）的 **Oracle Net** 别名连接到 'sales' 服务。对备用数据库进行的不需要的连接尝试都被阻止，因为在 **Oracle Net** 别名中使用的服务名只在主数据库的实例上运行。通过使用一个触发器，在 **Data Guard** 角色变更将备用数据库转换为主数据库角色时触发，可以自动化将服务重定位到新的主数据库的过程，在新的主数据库上启动服务。例如：

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER manage_service AFTER STARTUP ON database
DECLARE
    role VARCHAR(30);
BEGIN
    SELECT DATABASE_ROLE INTO role FROM V$DATABASE;
    IF role = 'PRIMARY' THEN
        DBMS_SERVICE.START_SERVICE('sales');
    ELSE
        DBMS_SERVICE.STOP_SERVICE('sales');
    END IF;
END;
```

客户端通知和重新连接

继续上面的示例，客户端通知和重新连接可防止在原来的主数据库发生故障时与其连接的客户端进入挂起状态，等待漫长的 **TCP** 超时时间到期。**Oracle** 将通知这些客户端发生了一个故障，结束它们的 **TCP** 超时状态，并在 **Data Guard** 故障切换后，将新的和现有的连接都定向到正常的 **RAC** 节点或新的主数据库。

通过快速应用程序通知 (**FAN**) 完成针对 **OCI** 客户端的这一过程。新的主数据库知道哪些客户端与出现故障的实例连接，并且，作为故障切换的一部分，它将通知这些客户端重新连接到上个示例中使用的 'sales' 服务。

通过快速连接故障切换和一个在备用数据库上创建、在备用数据库转换为主数据库角色时引发 **DB_ROLE_CHANGE** 系统事件[7]的触发器通知 **Data Guard** 配置中的 **JDBC** 客户端。触发器调用 **Oracle** [7] 提供的一个发布程序，通知 **JDBC** 客户数据库服务在新的主数据库上可用，结束停滞客户端的 **TCP** 超时状态。

最后一个任务是确保客户端收到故障通知后，它们随后尝试重新连接到出现故障的主机时不会出现 **TCP** 超时。这是通过使用 **SQLNET** 出站连接超时实现的，这样客户端可在地址列表中的第一个主机不可用时，快速尝试连接到下一个主机[7]。

关于 **OCI**、**OLE DB** 和 **JDBC** 客户端的其他配置详细信息，以及用于重定位数据库服务和为 **JDBC** 客户端发布 **HA** 事件的触发器示例，请参见 **MAA** 文章：*Client Failover Best Practices for Highly Available Oracle Databases* [7]（高可用性 **Oracle** 数据库的客户端故障切换最佳实践）。

角色转换事件

只要有数据库转换角色，就会触发 Data Guard DB_ROLE_CHANGE 系统事件。这与 ON STARTUP 系统事件非常相似，只是前者是在角色改变后触发的。管理员可以开发在该事件发生时执行的触发器，以此管理角色更改后的任务。该事件在角色转换后首次打开数据库时触发，无论新的角色是什么。

DB_ROLE_CHANGE 系统事件可用于管理/自动化角色更改后的任务，是利用自动客户端故障切换的方法之一。典型的任务包括在新的生产数据库上启动服务、更改名称解析服务或连接描述符以便客户端可以重新连接到新的生产数据库、启动第三方应用程序、添加临时表空间等。DB_ROLE_CHANGE 是一个灵活的机制，允许管理员自动化任何可通过数据库触发器完成的操作。

滚动数据库升级

通过使用 Data Guard SQL 应用，可以以一种滚动的方式为主要版本和补丁集升级进行 Oracle 数据库软件升级（从 10.1.0.3 升级）— 几乎没有数据库停机时间（见图 5）。

新增！ 物理备用用户可以执行 SQL 应用滚动升级，无需额外的磁盘用于逻辑备用数据库。只需将物理数据库转换为逻辑数据库，执行滚动升级，然后将逻辑数据库转换回物理备用数据库 — 使用KEEP IDENTITY子句

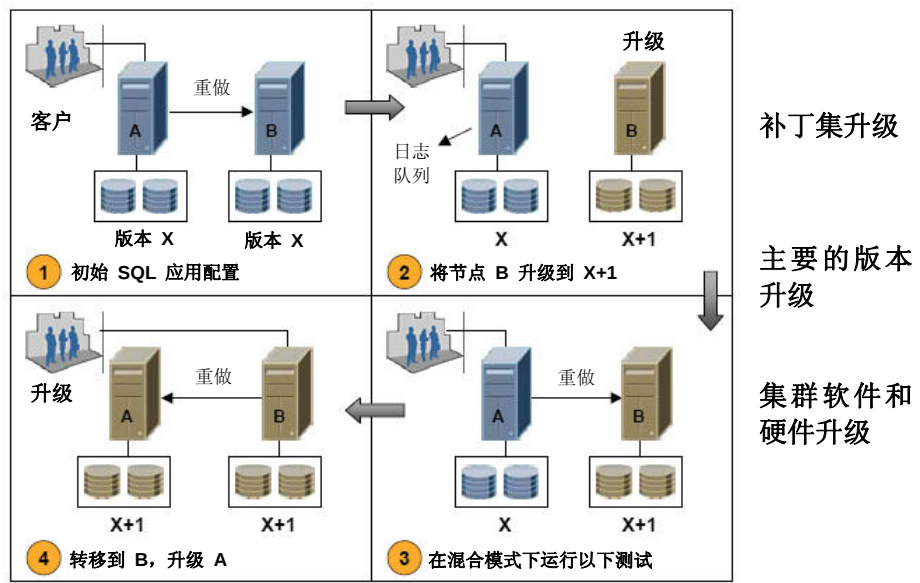


图 5 — 使用 SQL 应用进行滚动数据库升级

滚动升级过程的步骤包括将逻辑备用数据库升级到下一个版本、在一种混合的模式下运行以测试和验证升级、通过切换到已升级的数据库来执行角色转换，然后最终升级旧的主数据库。当为了测试而运行在混合模式下时，可以终止升级，降级软件，而不会有数据丢失。为了在这些步骤中提供额外的数据保护，可以使用第二个备用数据库。

从 Oracle 数据库 11g 开始，物理备用数据库也可以利用逻辑备用数据库提供的滚动升级特性。通过为 `SQL> ALTER DATABASE RECOVER TO LOGICAL STANDBY` 语句使用新的 `new KEEP IDENTITY` 子句选项，可以暂时将物理备用数据库转换为逻辑备用数据库以进行滚动升级，然后在升级完成后，再转换回主数据库和物理备用数据库的原始配置。

级联目标

Data Guard 提供了许多灵活的配置选项。使用级联目标，物理备用数据库可以将它从主数据库接收的重做转发给其他备用数据库。因为主数据库仅将重做数据发送给第一个备用数据库，所以这一特性减少了主系统上的负载，并且还减少了主站点周围的网络流量和需要多个备用数据库时对宝贵的网络资源的使用。注意，包含级联目标的 Data Guard 配置不支持 Oracle RAC 和 Data Guard Broker。

DATA GUARD 和 ORACLE 真正应用集群

Data Guard 和 Oracle RAC 这两个互补的技术提供了可能的最高级别的扩展性、可用性和数据保护。除了限制应用于级联目标外（如前所述），Oracle RAC 和 Data Guard 的集成是无缝的。Oracle RAC 和单节点数据库的任意组合可以参与或承担 Data Guard 配置中的任何角色。Oracle RAC 提供了理想的 HA 解决方案针对服务器故障进行保护，同时提供特定于行业的工作负载管理功能和可扩展性。Data Guard 通过完全冗余来提升数据可用性和保护的级别，可将整个存储阵列故障、操作错误、无法以滚动方式跨 Oracle RAC 节点进行的特定计划内维护，或可能引起站点故障的多个相关故障导致的停机时间降至最少。

最高可用性体系结构

Oracle 最高可用性体系结构 (MAA) [9] 是经过 Oracle 测试和客户验证过的用于部署 Oracle 高可用性技术的最佳实践蓝图。其目标是消除设计最佳高可用性体系结构的复杂性。

“由于我们对 Oracle 相当熟悉，因此 Data Guard 自然非常适合我们使用。我们有 Oracle 的专业知识。我们不需要为现有的存储系统购置更高级的存储设备或新的组件，或是培训自己的人员使用第三方复制解决方案。使用 Data Guard，我们的数据保护和可用性都得到了提升。”

— Mike Balint, Burlington
Coat Factory 高级数据库管理员

MAA 最佳实践包括对 Data Guard 配置的多个方面建议，如使用 Oracle RAC 的配置、优化重做传输、转换/故障切换操作、客户端故障切换、重做应用性能、SQL 应用配置和调优等。强烈建议涉及到 Data Guard 实现的客户参考 MAA 最佳实践准则。

DATA GUARD 和远程镜像解决方案

远程镜像解决方案经常被看作是可以提供简单而完善的数据保护的方法。有两种远程镜像解决方案 — (a) 基于主机的复制 (b) 基于存储阵列的镜像。

在“基于主机的复制”解决方案中，主服务器中专用的文件系统驱动程序或卷管理器组件截取本地写入，并将其打包到逻辑消息中，然后以同步或异步方式通过 IP 将其发送到远程（或辅助）主机。这样的解决方案需要维护专门的日志，以跟踪写入顺序。复制正在进行时，不能使用（即使是只读访问）辅助服务器上的数据卷。

在“基于存储阵列的镜像”解决方案中，主站点的存储阵列控制器将更改的磁盘 I/O 块镜像到辅助站点的一个类似的存储阵列。虽然最近的版本也支持 iSCSI 和基于 IP 的传输，我们仍然使用 ESCON、FICON 和光纤通道等协议发送这些更改。相应通信链接上的镜像由加载了相应固件的专门链接适配器控制。当主服务器发生 I/O 时，系统将数据写入源阵列的缓存，将其放到队列中。链接适配器提取队列中的第一项，越过链接将其移到镜像的阵列中。

在 Oracle 数据库保护方面，Data Guard 在本质上要比远程镜像解决方案更有效、更便宜、更优化。客户无需购买远程镜像解决方案或者将该解决方案与 Data Guard 集成即可保护 Oracle 数据库。Data Guard 的重要优势之一是其能将处于备用角色的备用数据库用于生产目的。有关该主题的分析，请参考 [10]。

DATA GUARD 客户

Data Guard 功能最早是在 Oracle 版本 7 中提供的，它一直在添加新的功能，成为后续所有 Oracle 版本中更为成熟的技术。其部署遍布全球的客户站点，用于关键业务应用程序。在 OTN 上可以找到很多详细的实现案例分析[11]。

“我们使用 EMC Symmetrix。我们有带宽，所以可以使用诸如 SRDF 之类的解决方案。但对于这一关键的数据库系统，我们使用了 Data Guard。数据一致性和数据完整性是主要的动因。”

— David Willen,
BarnesandNoble.com 首席技术官

“我们在横贯大西洋地区 3,000 英里的区域部署了 Data Guard。它提供的可靠性和数据保护级别，满足了我们作为一家在跨多个洲的 27 个不同国家和地区运作的专业生物制药公司应遵守的多个监管机构提出的要求。”

— Kevin Bradley, Support and Delivery 全球研发业务系统副总监

结论

Data Guard 11g 从根本上改变了传统的灾难恢复范例。它提供了一个集成的 HA/DR 解决方案，可实现无可匹敌的数据保护，而且备用系统在处于备用角色时可同时支持生产和 QA 功能。

Oracle Data Guard 是为企业提供的全面的数据保护、灾难恢复和高可用性解决方案。它提供了一个能够解决计划内和计划外中断的灵活、易于管理的框架。物理备用数据库和逻辑备用数据库在减少主数据库上开销的同时可提供高品质的数据保护。不同的数据保护模式提供了适用于不同级别的保护、性能和基础架构需求的灵活性。Data Guard Broker 与 Oracle 企业管理器的结合提供了一个易于使用的配置和管理框架。

无论您的 IT 基础架构已经使用集群、磁盘镜像和各种备份及恢复策略实现了何种程度的高可用性，将 Data Guard 添加到您的 IT 体系结构中都会使数据保护、可用性和您的 IT 投资回报得到普遍提升。

参考文献

1. Oracle Data Guard
<http://www.oracle.com/technology/deploy/availability/htdocs/DataGuardOverview.html>
2. Oracle Data Guard 概念和管理
http://download.oracle.com/docs/cd/B28359_01/server.111/b28294/toc.htm

Oracle Data Guard Broker
http://download.oracle.com/docs/cd/B28359_01/server.111/b28295/toc.htm
3. 概述：Oracle 数据库高可用性
<http://www.oracle.com/technology/deploy/availability>
4. 结合使用 RMAN 与 Data Guard — MAA 最佳实践
http://www.oracle.com/technology/deploy/availability/pdf/RMAN_DataGuard_10g_wp.pdf
5. Oracle 高可用性体系结构和最佳实践
http://download-west.oracle.com/docs/cd/B19306_01/server.102/b25159/toc.htm
6. 使用 Oracle 真正应用集群进行工作负载管理（提供关于服务、FAN 和快速连接故障切换的详细阐述）
<http://www.oracle.com/technology/products/database/clustering/pdf/twpracklmdgmt.pdf>
7. 高可用性 Oracle 数据库的客户端故障切换最佳实践
http://www.oracle.com/technology/deploy/availability/pdf/MAA_WP_10gR2_ClientFailoverBestPractices.pdf
8. 数据库服务
http://download-west.oracle.com/docs/cd/B19306_01/rac.102/b14197/hafeats.htm
9. Oracle 最高可用性体系结构
<http://www.oracle.com/technology/deploy/availability/htdocs/maa.htm>
10. 灾难恢复的正确选择：Data Guard、扩展集群或远程镜像
<http://www.oracle.com/technology/deploy/availability/techlisting.html>
11. Oracle 高可用性案例分析
http://www.oracle.com/technology/deploy/availability/htdocs/HA_CaseStudies.html

甲骨文（中国）软件系统有限公司

北京远洋光华中心办公室

地址：北京市朝阳区景华南街5号远洋光华中心C座21层
邮编：100020
电话：(86.10) 6535-6688
传真：(86.10) 6515-1015

北京上地6号办公室

地址：北京市海淀区上地信息产业基地，上地西路8号，上地六号大厦D座702室
邮编：100085
电话：(86.10) 8278-7300
传真：(86.10) 8278-7373

上海分公司

地址：上海市黄浦区天津路155号名人商业大厦12层
邮编：200021
电话：(86.21) 2302-3000
传真：(86.21) 6340-6055

广州分公司

地址：广州市天河区珠江新城华夏路8号合景国际金融广场18楼
邮编：510623
电话：(86.20) 8513-2000
传真：(86.20) 8513-2380

成都分公司（川信大厦办公室）

地址：成都市人民南路二段18号四川川信大厦20层A&D座
邮编：610016
电话：(86.28) 8619-7200
传真：(86.28) 8619-9573

成都分公司（高新国际广场办公室）

地址：成都市高新区天韵路150号高新国际广场D座四楼18-19，22-25单元
邮编：610041
电话：(86.28) 8530-8600
传真：(86.28) 8530-8699

大连分公司

地址：大连软件园东路23号大连软件园国际信息服务中心2号楼五层502号A区
邮编：116023
电话：(86.411) 8465-6000
传真：(86.411) 8465-6499

济南分公司

地址：济南市涿源大街150号，中信广场11层1113单元
邮编：250011
电话：(86.531) 8518-1122
传真：(86.531) 8518-1133

沈阳分公司

地址：沈阳市沈河区青年大街219号，华新国际大厦17层D单元
邮编：110016
电话：(86.24) 2396 1175
传真：(86.24) 2396 1033

南京分公司

地址：南京市玄武区洪武北路55号，置地广场19层1911室
邮编：210028
电话：(86.25) 8476-5228
传真：(86.25) 8476-5226

杭州分公司

地址：杭州市西湖区杭大路15号，嘉华国际商务中心702室
邮编：310007
电话：(86.571) 8717-5300
传真：(86.571) 8717-5299

西安分公司

地址：西安市高新区科技二路72号，零壹广场主楼1401室
邮编：710075
电话：(86.29) 8833-9800
传真：(86.29) 8833-9829

福州分公司

地址：福州市五四路158号，环球广场1601室
邮编：350003
电话：(86.591) 8801-0338
传真：(86.591) 8801-0330

重庆分公司

地址：重庆市渝中区邹容路68号，大都会商厦1611室
邮编：400010
电话：(86.23) 6370-8898
传真：(86.23) 6370-8700

深圳分公司

地址：深圳市南山区高新南一道飞亚达大厦16层
邮编：518057
电话：(86.755) 8396-5000
传真：(86.755) 8601-3837

甲骨文软件研究开发中心（北京）有限公司

地址：北京市海淀区中关村软件园孵化器2号楼A座一层
邮编：100094
电话：(86.10) 8278-6000
传真：(86.10) 8282-6455

深圳分公司

地址：深圳市南山区高新南一道德赛科技大厦8层0801-0803单元
邮编：518057
电话：(86.755) 8660-7100
传真：(86.755) 2167-1299

甲骨文亚洲研发中心-上海

地址：上海市杨浦区淞沪路290号创智天地10号楼512-516单元
邮编：200433
电话：(86.21) 6095-2500
传真：(86.21) 6095-2555



Oracle Data Guard 11g — 数据保护和可用性的新纪元

2007 年 8 月

作者: Ashish Ray、Larry Carpenter、Joseph Meeks

技术审阅: Serge De La Sablonniere、Mike Dietrich、Holger Kalinowski、Michael Rhys

公司网址: <http://www.oracle.com> (英文)

中文网址: <http://www.oracle.com/cn> (简体中文)

销售中心: 800-810-0161

售后服务热线: 800-810-0366

培训服务热线: 800-810-9931

欢迎访问:

<http://www.oracle.com> (英文)

<http://www.oracle.com/cn> (简体中文)

版权©2009归Oracle公司所有。未经允许,不得以任何形式和手段复制和使用。

本文的宗旨只是提供相关信息,其内容如有变动,恕不另行通知。Oracle公司对本文内容的准确性不提供任何保证,也不做任何口头或法律形式的其他保证或条件,包括关于适销性或符合特定用途的所有默示保证和条件。本公司特别声明对本文档不承担任何义务,而且本文档也不能构成任何直接或间接的合同责任。未经Oracle公司事先书面许可,严禁将此文档为了任何目的,以任何形式或手段(无论是电子的还是机械的)进行复制或传播。

Oracle是Oracle公司和/或其分公司的注册商标。其他名字均可能是各相应公司的商标。

本简体中文翻译版未经原英文版作者审核,仅供参考,Oracle对本翻译之准确性不承担任何责任。