

ORACLE数据库高级应用丛书

ORACLE

数据高可用之路

贾代平 吴丽娟 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

ORACLE 数据库高级应用丛书

ORACLE 数据高可用之路

贾代平 吴丽娟 著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

现代数据服务面临的两大问题是数据保障和不间断服务，即数据服务的高可用性（High Availability）。本书论述Oracle在此方面的两类解决方案：数据卫士（Data Guard）和数据集群（Real Application Cluster, RAC）。数据卫士将主数据库的数据变更通过异步或同步的方式传播到网络（局域网或广域网）上的另一台或多台主机上，从而实现对主数据库的数据保护。不仅如此，这些跟随主数据库数据变化的主机（备用数据库）还可以实现联机的只读访问或暂时的数据读/写，这就大大增强了数据卫士的应用价值。RAC数据集群则是将数据库同时运行在高速局域网的多个不同的主机上，这种处理方式不仅可以将应用系统的访问负荷分散到不同的服务器上，还可以通过多台主机服务之间的冗余来防范单节点故障，从而为用户提供不间断的数据访问。RAC和Data Guard的联合应用，可以实现当前IT业界最高水准的高可用性。

本书在阐述上述两类解决方案技术原理和关键知识点的基础上，以企业级应用环境为背景，详细解构Data Guard和RAC的体系架构与技术路线，包括软硬件的准备、Oracle系统的安装配置、系统管理与维护等内容。通过与案例实施过程相结合的讲解方式，带领读者领略精彩的Oracle高可用技术。

本书特别适合Oracle中高级系统管理人员、应用开发人员阅读，同时对关心服务器技术、关注数据高可用性与数据安全的企业技术人员、相关IT专业的高校教师和研究生也有重要的参考价值。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

ORACLE数据高可用之路 / 贾代平，吴丽娟著. —北京：电子工业出版社，2015.7

（ORACLE数据库高级应用丛书）

ISBN 978-7-121-26187-9

I. ①0… II. ①贾… ②吴… III. ①关系数据库系统 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第117524号

策划编辑：薄 宇

责任编辑：董亚峰

特约编辑：刘广钦

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱

邮编：100036

开 本：720×1000 1/16 印张：28.5 字数：729.6 千字

版 次：2015年7月第1版

印 次：2015年7月第1次印刷

定 价：78.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前言

欢迎读者开启Oracle数据服务的高可用之路。

计算机系统的安全本质上是数据的安全，包括数据存储与数据访问的安全，因为硬件可以重建、软件可以重装，唯独数据不能有任何闪失（丢失或损坏）。作者在之前出版了一本技术著作——《Oracle数据存储与访问技术》，该著作专门探讨Oracle数据库在数据存储与数据访问方面的诸多技术问题。本书从另外一个角度再一次探讨数据存储与数据访问方面的问题，不过此次的落脚点不是存储与访问的技术本身，而是由此引发的数据安全方面的问题，包括数据存储的安全（可靠性）和数据访问的安全（连续性），即数据高可用性的两个侧面。

早期的Oracle数据库都是运行在单个主机上，用户为了确保数据访问的安全，往往采用第三方的高可用方案，常用的有双机热备和冷热互备方式。这种方式有两大缺点：一是对服务器资源的利用率较低；二是不能避免数据存储的单点故障。为了改变这种方式，Oracle公司在此领域做出了多种途径的探索来确保数据存储与数据访问的安全，如较早的Standby数据库、OPS（Oracle并行服务器）等。到目前为止，Oracle经历多次技术改进与升级，两类解决方案已经比较完美地解决了此类问题，一类是数据卫士（Data Guard），另一类是数据集群（RAC）。数据卫士解决的是数据存储上的安全问题，它通过数据库存储上的冗余来保护数据，而且这种保护是动态的、联机的、跨越地理位置和网络的。数据卫士有效地避免了服务器系统在数据存储上的单点故障。数据集群解决的是数据访问上的安全问题，即提供了应用系统的不间断数据访问，它通过将数据库运行在不同的主机上来避免数据访问的单点故障。不仅如此，数据集群还很好地解决了服务器的扩展性问题，用户可以通过相对廉价的普通服务器（甚至是PC）来增加服务器的访问节点、扩展服务器的容量和性能，从而方便地实现本来由昂贵的大型主机系统才能提供的数据服务。

在实际服务器部署中，如果能够将数据卫士和数据集群联合起来，就能够达到数据服务高可用性的更高境界，产生优势互补、相得益彰、珠联璧合的效果。这正是本书作者所期望达到的目标。全书以数据卫士为主线展开介绍，并介绍相关的技术背景，如数据恢复、日志挖掘、数据闪回、自动存储管理、RMAN等，并将数据集群作为数据卫士的应用环境来展开，最终将数据卫士和数据集群有机地结合在一起，为读者带来Oracle数据服务高可用性的完整解决方案。

本书的写作得到国家自然科学基金（61272244）、山东省自然科学基金（ZR2013FL018）的支持，全书由贾代平同志主笔，吴丽娟同志写作了第1章和第17章，安志勇同志为本书的写作提供了多方面的协助。本书的出版得到电子工业出版社及薄字编辑的大力支持，在此一并表示感谢。

读者在阅读本书的过程中，若有任何问题，可以通过邮件（jiadp@oraclechina.org）与作者联系，我们将提供及时的技术服务。

作者
2015年3月

第 1 章

Data Guard 技术概要

1.1 什么是 Data Guard	001
1.2 Data Guard 的主要功能	001
1.3 Data Guard 进程结构与环境	002
1.4 数据变更与备用方式	003
1.4.1 物理备用数据库	003
1.4.2 逻辑备用数据库	004
1.4.3 两种备用方式的比较	005
1.5 Active Data Guard 功能	006
1.6 角色转换与故障切换	007
1.7 Data Guard 的其他特性	008
1.8 Data Guard 的技术优势	009
1.9 和远程镜像方案的比较	010

3.1.3 补充日志 Supplemental Logging	021
3.2 确定 LogMiner 字典	023
3.3 建立日志文件列表	024
3.4 启动 LogMiner 日志挖掘	026
3.5 查看日志挖掘的结果	027
3.6 控制事务输出	029
3.7 LogMiner 会话及其步骤	031
3.8 日志挖掘典型案例	034
案例 1 挖掘已提交的事务	034
案例 2 限定重做数据的范围	034
案例 3 跟踪特定用户的数据处理	037
案例 4 统计特定表上的用户访问	037
3.9 日志挖掘不支持的数据类型	038

第 2 章

基于事务日志的数据恢复技术

2.1 事务处理与联机日志	012
2.2 归档日志与运行模式	013
2.3 事务日志用于数据恢复的核心机制	014
2.4 Oracle 数据库介质恢复框架	015
2.5 完全数据恢复的黄金法则	017

第 3 章

重做数据与日志挖掘

3.1 Oracle 日志挖掘介绍	019
3.1.1 LogMiner 的配置框架	019
3.1.2 LogMiner 的用户接口	020

第 4 章

Data Guard 中的进程架构

4.1 DG 环境的进程架构概述	039
4.2 备用数据库的实现框架	040
4.3 日志传输服务	042
4.3.1 异步日志传输 (ASYNC)	042
4.3.2 同步日志传输 (SYNC)	042
4.3.3 日志间隔 (Gap) 的自动处理	043
4.4 事务日志的应用服务	044
4.4.1 Redo 应用	044
4.4.2 SQL 应用	044

第 5 章
构建物理备用数据库

5.1	主数据库的准备	047
5.1.1	检查并设置数据库	047
5.1.2	设置必要的主数据库参数	049
5.2	备用数据库控制文件	051
5.3	构造备用数据库运行环境	054
5.4	启动日志传输和应用服务	058
5.4.1	主数据库端启动日志传输	058
5.4.2	备用端启动 Redo 应用	058
5.4.3	数据更新测试	060
5.5	DG 后续配置的考虑	062

第 6 章
构建逻辑备用数据库

6.1	对主数据库的检查	063
6.1.1	检查不支持的模式	063
6.1.2	检查不支持的用户表	064
6.1.3	检查存在唯一性问题的表	066
6.2	准备物理备用数据库	068
6.2.1	主备用数据库参数的准备	069
6.2.2	物理存储的准备	070
6.2.3	备用实例的启动与还原	073
6.2.4	同步物理备用数据库	079
6.3	激活逻辑备用数据库	079
6.3.1	构建 LogMiner 字典	080
6.3.2	Standby 类型的转换	080
6.3.3	重置新的 Incarnation	082
6.3.4	启动 SQL Apply	084

第 7 章
日志传输与应用服务

7.1	配置日志传输服务	088
7.2	重做数据的接收	089
7.3	备用端的日志应用	092
7.4	日志间隔的手工处理	094
7.5	数据保护模式	096
7.5.1	最大保护模式 (Maximum Protection)	096
7.5.2	最高可用性保护 (Maximum Availability)	096
7.5.3	最高性能保护 (Maximum Performance)	097
7.5.4	保护模式的实施与转换	097
7.6	监控物理备用数据库	101
7.6.1	进程名称及其状态	101
7.6.2	物理备用端的应用进展	102
7.6.3	重要的相关视图	103
7.7	重新创建物理备用控制文件	103

第 8 章
逻辑备用数据库的管理

8.1	逻辑备用的状态	105
8.2	SQL Apply 的内部设置	106
8.2.1	挖掘服务的调整	108
8.2.2	应用服务的调整	110
8.2.3	LCR 缓存的调整	110
8.3	控制逻辑备用维护的数据集	111
8.3.1	设置备用数据库的防护	111
8.3.2	逻辑备用不支持的数据集	112

8.3.3 自定义逻辑备用维护的数据集	114
8.4 判断逻辑备用不维护的表	116
8.5 逻辑备用故障排除实例	120

第 9 章 物理备用数据库的新特性

9.1 物理备用的只读模式	125
9.2 物理备用的读 / 写模式	126
9.2.1 打开前的条件准备	126
9.2.2 激活物理备用库	128
9.2.3 返回到物理备用状态	129
9.2.4 处理主库的日志中断	131
9.3 快照备用数据库	138
9.4 Active Data Guard	141
9.4.1 备用数据库的读与写	141
9.4.2 实现活动备用数据库	141
9.4.3 活动备用数据库应用	143

第 10 章 角色切换与故障转移

10.1 角色切换与故障转移技术概要	145
10.1.1 角色切换 (Switch Over)	145
10.1.2 故障转移 (Fail Over)	145
10.1.3 角色切换注意事项	146
10.2 故障转移与数据损失	147
10.3 数据库闪回与 Data Guard	147
10.4 闪回日志导致的数据库故障	148
10.5 角色切换前的准备工作	151
10.5.1 检查日志传输	151
10.5.2 检查备用端的日志应用	152

10.5.3 检查会话和后台作业	153
10.6 物理备用与主数据库的角色切换	155
10.6.1 网络配置与角色参数	155
10.6.2 主数据库中的工作	155
10.6.3 物理备用数据库中的工作	160
10.6.4 主数据库与物理备用 SWITCHOVER 小结	162
10.7 逻辑备用与主数据库的角色切换	164
10.7.1 准备切换阶段	164
10.7.2 执行角色切换	166
10.7.3 主数据库与逻辑备用数据库 SWITCHOVER 小结	168
10.8 故障转移至备用数据库	169
10.8.1 备用数据库的选择和处理	169
10.8.2 转移至物理备用数据库	170
10.8.3 转移至逻辑备用数据库	174
10.8.4 原有主数据库的再利用	181

第 11 章 Data Guard 的主要参数、视图与管理指令

11.1 初始化参数及其设置	189
11.1.1 Data Guard 主要参数	189
11.1.2 参数 LOG_ARCHIVE_DEST_n	190
11.1.3 参数 LOG_ARCHIVE_TRACE	191
11.2 Data Guard 视图	192
11.3 Data Guard 的管理指令	193
11.3.1 管理数据库	193
11.3.2 管理实例	195
11.3.3 管理会话	196

11.3.4	常用指令流程图	196
11.4	PL/SQL 程序包	198
11.4.1	DBMS_LOGMNR 程序包	199
11.4.2	DBMS_LOGMNR_D 程序包	200
11.4.3	DBMS_LOGSTDBY 程序包	200

第 12 章
RMAN 备份与恢复技术

12.1	熟悉 RMAN 环境	203
12.1.1	RMAN 环境的构成	203
12.1.2	目标数据库的配置	206
12.1.3	目录数据库的配置	206
12.1.4	配置 RMAN 执行环境	209
12.1.5	配置备份通道与存储	213
12.1.6	磁带通道的磁盘模拟	215
12.2	RMAN 备份的主要形式	217
12.2.1	RMAN 备份的优点	217
12.2.2	备份目标和备份结果	218
12.2.3	执行 RMAN 备份 BACKUP	218
12.2.4	Plus Archivelog 解析	220
12.3	执行 RMAN 增量备份	225
12.3.1	启动块改变跟踪	225
12.3.2	增量备份的类别	226
12.3.3	基于 SCN 的增量备份	227
12.4	RMAN 备份的其他选项	227
12.4.1	Backup 指令的其他选项	227
12.4.2	限定 RMAN 备份的过程	229
12.5	管理 RMAN 的备份结果	229
12.5.1	查看备份结果 LIST	230
12.5.2	关于备份的报告	234

12.5.3	备份的状态与交叉检验	236
12.5.4	在 RMAN 中注册备份	237

第 13 章
RMAN 与 Data Guard

13.1	RMAN 复制与备用数据库	239
13.1.1	复制的必要准备	239
13.1.2	为物理备用而复制	240
13.2	Data Guard 环境中的 RMAN 配置	245
13.2.1	唯一性标识 DB_UNIQUE_NAME	245
13.2.2	为主备库配置 RMAN	247
13.3	卸载备份至备用数据库	250
13.3.1	RMAN 备份的数据库相关性	250
13.3.2	使用备用端备份恢复主数据库	254
13.3.3	使用备用端数据文件恢复主数据库	260

第 14 章
闪回数据库与 Data Guard

14.1	数据库闪回功能	264
14.1.1	闪回日志与数据库闪回	264
14.1.2	还原点和闪回窗口	265
14.2	配置数据库闪回和还原点	267
14.2.1	闪回和保证还原点的条件	267
14.2.2	启动数据库闪回功能	267
14.3	闪回恢复区的维护	271
14.3.1	闪回恢复区的删除规则	271
14.3.2	监控与管理闪回恢复区	272
14.4	闪回数据归档	273

14.5	数据库闪回与数据恢复	274
14.5.1	当前演化路径下的闪回	276
14.5.2	闪回到 Incarnation 演化分支	278
14.6	数据库闪回在 Data Guard 中的应用	280
14.6.1	基于保证还原点的应用	281
14.6.2	使用快照备用数据库	284

第 15 章 集群数据库系统 RAC

15.1	RAC 体系结构	289
15.1.1	RAC 总体框架图	290
15.1.2	共享存储部分	291
15.1.3	集群件 (Clusterware)	292
15.1.4	网络访问部分	293
15.2	OCR 与 Voting Disk	294
15.2.1	集群注册表 (OCR)	294
15.2.2	表决磁盘 (Voting Disk)	296
15.2.3	本地集群注册表 (OLR)	297
15.3	构造 Clusterware 集群平台	298
15.3.1	主机环境概要	298
15.3.2	ASMLib 驱动与 ASM 磁盘	312
15.3.3	网络基础架构 (Grid Infrastructure)	314
15.4	创建 RAC 集群数据库	317
15.4.1	选择 DBMS 软件	317
15.4.2	集群数据库的特有设置	319
15.4.3	RAC 数据库的形成过程	320
15.5	RAC 的缓存融合技术	323
15.5.1	全局资源目录 (GRD)	324
15.5.2	GCS 和 GES	324

15.5.3	RAC 后台进程	325
--------	----------	-----

第 16 章 RAC 环境下的 Data Guard

16.1	RAC 主机环境描述	326
16.1.1	基于 RAC 的 Dataguard 框架	326
16.1.2	主备数据库及其实例配置	327
16.1.3	建立 Dataguard 前的基础条件	328
16.2	Primary 端 RAC 数据库的准备	330
16.2.1	检查和调整主数据库的运行	330
16.2.2	备份主数据库	331
16.2.3	主数据库端的网络配置	333
16.2.4	主数据库端的参数调整	335
16.3	Standby 端 RAC 数据库的准备	335
16.3.1	准备备用数据库实例	336
16.3.2	还原并启动备用数据库	339
16.3.3	创建备用重做日志	341
16.3.4	向集群中注册 RAC 备用数据库	342
16.4	启动备用实例的托管恢复	343
16.4.1	检查日志传输	343
16.4.2	启动日志应用	344
16.5	RAC 备用数据库的应用	346
16.5.1	RAC 备用冷集群	346
16.5.2	RAC 活动备用数据库	346

第 17 章 由 ASM 到 RAC+DG 的高可用之路

17.1	GI 独立服务器基础架构及其 ASM 数据库	348
------	------------------------	-----

17.1.1	安装独立服务器网络基础架构	349	17.3.4	向 OCR 注册集群数据库	406
17.1.2	安装配置 DBMS 软件和数据库	360	17.3.5	扩展集群至新节点	414
17.1.3	迁移数据库至 ASM 存储	361	17.3.6	删除集群中的节点	425
17.2	Data Guard 及其备用数据库诞生记	367	17.4	典型的 RAC+Data Guard 高可用环境 MAA	430
17.2.1	创建物理备用数据库的基本过程	367	17.4.1	RAC 主数据库端环境描述	430
17.2.2	创建逻辑备用数据库的基本过程	380	17.4.2	为创建备用数据库做准备	433
17.3	RAC 集群数据库的构造过程	388	17.4.3	启动备用端实例	436
17.3.1	单节点 GI for Cluster 的安装和配置	388	17.4.4	在备用端还原数据库	440
17.3.2	Oracle 数据库软件的安装	398	17.4.5	启动托管恢复	444
17.3.3	创建集群数据库	399	17.4.6	主备用角色切换	445
			参考文献		446

第 1 章

Data Guard 技术概要

信息系统的停机分为计划内和计划外两类。信息系统计划外停机事件可能是由硬件或系统故障、数据 / 存储故障、人为错误、计算机病毒、软件故障、自然灾害或恶意行为引起的。在数据库服务器没有异机或远程保护的情况下，信息系统的计划内停机不可避免，此时系统不得不承受因计划维护（如系统升级）而造成的业务中断。业务连续性和灾难恢复是信息系统架构设计最先需要考虑的问题。Data Guard 是保障信息系统数据库服务器连续运行和灾难恢复的综合解决方案，它能够确保数据安全并保障系统 7 × 24 小时运行。

1.1 什么是 Data Guard

Data Guard 是管理、监控和自动化处理 Oracle 数据库服务器的基础架构，它创建、维护和监控一个或多个备用数据库，以保护企业数据结构不受故障、灾难、错误和崩溃的影响。Data Guard 使备用数据库保持为与生产数据库在事务上一致的副本。这些备用数据库既可能位于距生产数据中心千里之外的远程灾难恢复站点，也可能位于同一城市、同一单位乃至同一建筑物内。当生产数据库由于计划中断或意外中断而变得不可用时，Data Guard 可以将任意备用数据库切换到生产角色，从而使与中断相关的停机时间减到最少甚至不停机，并可有效防止任何数据丢失。Data Guard 还能够与其他 Oracle 高可用性（HA）解决方案（如真正应用集群（RAC）和恢复管理器（RMAN））结合使用，以提供数据库服务器前所未有的高水平数据保护和数据可用性。

1.2 Data Guard 的主要功能

Data Guard 包括一个生产数据库，也称为主数据库（Primary Database），以及一个或多个备用数据库（Standby Database），这些备用数据库是与主数据库在事务上一致的副本。Data Guard 利用重做数据保持这种事务一致性。当主数据库中发生事务时，则生成重做数据并将其写入本地重做日志文件中。通过 Data

Guard, 还将重做数据传输到备用站点上, 并应用到备用数据库中, 从而使备用数据库与主数据库保持同步。Data Guard 允许 DBA 选择将重做数据同步还是异步地发送到备用站点上。备用数据库的底层技术是 Data Guard 重做应用 (物理备用数据库) 和 Data Guard SQL 应用 (逻辑备用数据库)。物理备用数据库在磁盘上拥有和主数据库逐块相同的数据库结构, 并且使用 Oracle 介质恢复进行更新。逻辑备用数据库是一个独立数据库, 它与主数据库包含相同的数据。它使用 SQL 语句进行更新, 其相对优势是能够并行用于恢复, 以及诸如报表、查询等其他任务 (从 Oracle 11g 开始, 物理备用数据库也可以实现只读查询)。Data Guard 简化了主数据库和选定的备用数据库之间的转换和故障切换, 从而减少了由计划停机和计划外故障所导致的总停机时间。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 来进行管理。为了获得更高效的可管理性, Data Guard 还提供了一个分布式管理框架 (称为 Data Guard Broker), 它不但自动化了 Data Guard 配置的创建、维护和监控, 并对这些操作进行统一管理。DBA 可以使用 Oracle Enterprise Manager 或 Broker 自己的专用命令行界面 (DGMGRL) 来管理 Data Guard 环境。

1.3 Data Guard 进程结构与环境

在主数据库上, Data Guard 使用日志写入器进程 (LGWR) 或归档器进程 (ARCH) 收集事务重做数据, 并将其传输到备用数据库中; 使用获取归档日志进程 (FAL) 提供一个客户服务器机制, 用于在主数据库和备用数据库之间出现通信中断之后将归档日志发送到备用数据库中, 以实现自动填充间隔和重新同步。

在备用数据库上, Data Guard 使用远程文件服务器 (RFS) 进程从主数据库接收重做记录; 使用管理恢复进程 (MRP) 将重做信息应用到物理备用数据库中; 使用逻辑备用进程 (LSP) 将重做数据经过 SQL 转换后应用到逻辑备用数据库中。如果启动了 Data Guard Broker, Oracle Data Guard 还使用 Data Guard Broker Monitor 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控。

Data Guard 环境包括一个主数据库和最多 9 个备用数据库。主数据库和备用数据库可以是单实例数据库或真正应用集群 (RAC) 数据库。备用数据库使用 Oracle 网络服务通过基于 TCP/IP 的标准网络 (如局域网 (LAN)、城域网 (MAN)、广域网 (WAN)) 连接到主数据库。对备用数据库所处位置没有限制, 只要它们能够接收来自主数据库的重做数据即可。不过, 对于灾难恢复, 建议将备用数据库装载在地理上与主站点相分离的站点上。Data Guard 一般要求主系统和备用系统上的操作系统平台一致, 例如, 如果主数据库是运行在 Intel 架构上的 Linux 操作系统, 则其所有备用数据库也应该运行在 Intel 架构上的 Linux 操作系统。此外, Data Guard 环境中的主数据库和所有备用数据库必须运行在相同版本的 Oracle DBMS 软件企业版上。

1.4 数据变更与备用方式

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 自动将主数据库重做数据传输给备用系统, 然后将重做数据应用到备用数据库中, 从而使备用数据库保持为与主数据库在事务上一致的副本。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 支持的如下两种类型的备用数据库对应。

※ Redo Log 应用: 用于物理备用数据库。

※ SQL 应用: 用于逻辑备用数据库。

从数据变更传播的方式看, 无论采用哪一种应用方式, 在主数据库方面两者没有区别。一旦重做数据到达备用服务器端, 不同的应用方式决定了备用数据库的数据更新方式。

1.4.1 物理备用数据库

通过使用 Oracle 介质恢复应用从主数据库接收到的重做数据, 物理备用数据库与主数据库保持同步。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。

主数据库上的一个日志切换将触发备用数据库上的一个日志切换, 从而使备用数据库上的归档器进程将当前的备用重做日志文件归档到备用数据库上的一个归档日志中。随后, Data Guard 重做应用使用一个专用进程 (称为管理的恢复进程 MRP) 读取归档日志, 并将重做数据应用到物理备用数据库中。如果启动了从 10g 开始诞生的 Data Guard 实时应用功能, 则 MRP 将在 RFS 进程将日志写进备用重做日志文件的过程中直接从其中读取重做数据并实施重做应用。

物理备用数据库通过 Redo 应用来保持与 Primary 数据库的一致性, 所谓 Redo 应用, 实质是通过 Oracle 的基于日志的恢复机制, 应用归档文件 (或 Standby Redologs 文件) 中的 Redo 数据。恢复操作属于块对块的应用。如果正在执行 Redo 应用的操作, 则 Oracle 数据库就不能被打开。

可以将物理备用数据库以只读模式打开。当备用数据库以只读模式打开时, 传送给它的重做数据将在备用站点上累积而不应用。不过, 可以随时在物理备用数据库上恢复操作, 并自动应用累积的重做数据。这允许物理备用数据库以一个序列运行, 这个序列可能包括在恢复中运行一段时间, 然后以只读模式打开来运行报表, 接着重新运行恢复来应用尚未应用的重做数据。物理备用数据库在以只读模式打开后, 可以在 Standby 数据库执行查询或备份等操作 (变相减轻 Primary 数据库的压力)。如果需要的话, 可以在两种状态之间转换, 如先应用 Redo, 然后将数据库置为只读状态, 需要与 Primary 同步时再次执行 Redo 应用命令, 切换回 Redo 应用状态。

在启动了数据库闪回功能的前提下, 物理备用数据库可以读 / 写模式打开, 那

么 Standby 数据库将暂停从 Primary 数据库接收 Redo 数据，并且暂时失去灾难保护的功能。当然，以读 / 写模式打开也并非一无是处，如在需要临时调试一些数据，但又不方便在正式库中操作时，就可以临时将 Standby 数据库置为读 / 写模式，操作完之后将数据库闪回到操作前的状态（闪回之后，Data Guard 会自动同步，并不需要重建物理备用数据库）。

值得注意的是，从 Oracle 11g 版本开始，Data Guard 显著增强了物理备用数据库的应用功能，物理备用数据库可以在 Open Read Only 模式下继续应用 Redo 数据，这就极大地提升了物理备用数据库的应用场合。

1.4.2 逻辑备用数据库

逻辑备用数据库也是通过 Primary 数据库（或其备份及复制库，如物理备用数据库）创建，因此，在创建之初与物理备用数据库类似。不过由于逻辑备用数据库通过 SQL 应用的方式应用 Redo 数据，因此，逻辑备用数据库的物理文件结构甚至数据的逻辑结构都可以与 Primary 不一致。

与物理备用数据库不同，逻辑备用数据库正常情况下是以读 / 写模式打开的，用户可以在任何时候访问逻辑备用数据库，即逻辑备用数据库是在打开状态执行 SQL 应用的。有利也有弊，由于 SQL 应用自身的特点，逻辑备用数据库对于某些数据类型及一些 DDL/DML 语句会有操作上的限制。可以在 DBA_LOGSTDBY_UNSUPPORTED 视图中查看不支持的数据类型，如果使用了这种数据类型，则不能保证数据库完全一致。

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。从而，在将 SQL 应用到逻辑备用数据库上的同时，可以访问逻辑备用数据库来进行查询和报表操作。由于使用 SQL 语句更新逻辑备用数据库，因此，它保持以读 / 写模式打开，而从主数据库中更新的表可以同时用于诸如报表、统计、查询等其他任务，如通过在维护的表上创建额外的索引和物化视图来优化这些任务。

Oracle 可以按模式来更新逻辑备用数据库中的数据，因此，可以选择更新某些模式而保持另外一些模式不受主数据库更新的影响。

SQL 应用使用多个并行的执行服务器和后台进程，它们将来自主数据库的更改应用到逻辑备用数据库中。

默认情况下，Reader 进程从归档日志（如果启动了实时应用，也可以是备用重做日志）中读取重做记录。Preparer 进程将块更改转换成表更改或逻辑更改记录（LCR）。在这里，LCR 并不代表任何特定的事务。Builer 进程对来自各个 LCR 的已完成事务进行组合。Analyzer 进程检查完成的事务，辨别不同事务之间的相关性。Coordinator 进程（也称为逻辑备用进程，即 LSP）负责将事务分配给应用进程、

监控事务之间的相关性，以及批准将更改提交给逻辑备用数据库。Applier 进程将已指定事务的 LCR 应用到数据库中，并在 Coordinator 指示提交事务时提交。

如图 1-1 所示为 Data Guard SQL 应用的进程结构。

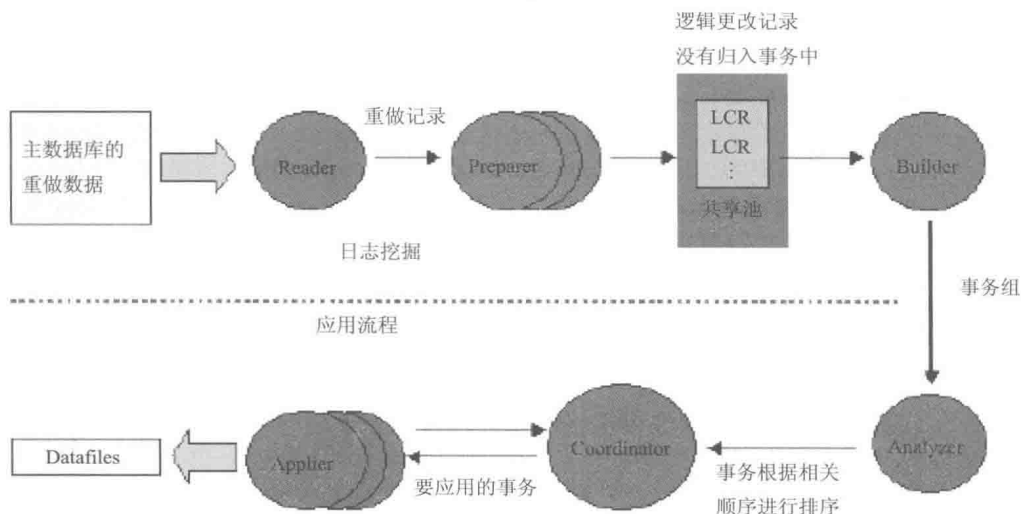


图 1-1 Data Guard SQL 应用的进程结构

1.4.3 两种备用方式的比较

物理备用数据库的特点如下：

(1) 灾难恢复及高可用性。物理备用数据库提供了一个健全、高效的灾难恢复，以及高可用性的解决方案。更加易于管理 switchover/failover 角色转换及在更短的计划内或计划外停机时间。

(2) 数据保护。使用物理备用数据库，Data Guard 可确保即使在遇到不可预见的灾难时也不会丢失数据。物理备用数据库支持主数据库上的所有数据类型，以及 DDL 和 DML 操作。它还提供了防止数据损坏和用户错误的安全保护。主数据库上存储介质上的物理损坏不会传播到备用数据库上。同样，导致主数据库永久损坏的逻辑损坏或用户错误也能够得到解决。最后，在将重做数据应用到备用数据库时对其进行验证。

(3) 分担 Primary 数据库压力。通过将一些备份任务、查询需求等转移到物理备用数据库，可以有效节省 Primary 数据库的 CPU 及 I/O 资源。可以以只读方式打开物理备用数据库，来生成报表和进行查询。此外，利用恢复管理器 (RMAN)，可以利用物理备用数据库为生产数据库创建备份。

(4) 提升性能。物理备用数据库所用的重做应用技术使用底层的基于日志的恢

复机制来应用更改，这种机制绕过了所有 SQL 级代码层，因此，是最有效的应用更改机制。这使得重做应用技术成为一种在数据库之间传播更改的极其有效的机制。

逻辑备用数据库还有下列一些特点：

(1) 有效地利用备机的硬件资源。除灾难恢复外，逻辑备用数据库还可用于其他业务需求。例如，通过在 Standby 数据库创建额外的索引、物化视图等提高查询性能并满足特定业务需要；又如，创建新的 SCHEMA（该 SCHEMA 在 Primary 数据库端并不存在），然后在这些 SCHEMA 中执行那些不适于在 Primary 数据库端执行的 DDL 或者 DML 操作等。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，可以创建额外的索引和物化视图来提高查询性能并满足特定的业务要求。

(2) 分担 Primary 数据库压力。逻辑备用数据库可以在保持与 Primary 同步时仍然置于打开状态，这使得逻辑备用数据库能够同时用于数据保护和报表操作，从而将主数据库从报表和查询任务中解脱出来，节约宝贵的 CPU 和 I/O 资源。

(3) 平滑升级。可以通过逻辑备用数据库来实现如跨版本升级、安装 DBMS 补丁等操作。

1.5 Active Data Guard 功能

如果把逻辑备用数据库和物理备用数据库的优势结合在一起，既能发挥物理备用数据库同步速度快、耗用资源低，又能够在数据同步的同时，进行数据查询，从而充分发挥备用系统的资源利用率。这就是从 Oracle 11g 开始诞生的 Active Data Guard 的功能。

在 Oracle 11g 以前的 Data Guard 物理备用数据库，可以以只读的方式打开数据库，但是这时 Media Recovery 利用日志进行数据同步的过程就停止了，如果物理备用数据库处于恢复的过程中，数据库就不能打开查询，也就是说日志应用和只读打开两个状态是互相排斥的，而 Active Data Guard 功能解决了这个矛盾，在利用日志恢复数据的同时可以以只读的方式打开数据库，用户可以在备用数据库中进行查询、报表等操作，这类似逻辑备用数据库的功能，但是，数据同步的效率更高、对硬件的资源要求更低。这样可以更大程度地发挥物理备用数据库的硬件资源的效能（如对于实时要求比较高的报表服务）。

Active Data Guard 除了可以运行在只读打开和日志同步应用的场景下，还可以切换到 Snapshot Standby 状态下运行。运行在 Snapshot Standby 状态下的物理备用数据库可以以读 / 写模式打开数据库，但是同时没有破坏它作为物理备用数据库的功能，这个特性可以用来在物理备用数据库上执行某些测试，测试完成后，把数据库再切换到 Physical Standby 状态下，又可以自动利用日志实现数据同步了。当然在 Snapshot Standby 以读 / 写方式打开时，它只能接收生产

数据库传过来的日志，但是不能应用这些日志进行数据同步。

例如，把数据库从数据同步和只读打开状态切换到快照备用状态，只需要在备用数据库上执行 `Alter database convert to snapshot standby` 语句；而把数据库从快照备用切换回只读同步状态，只需要执行 `Alter database convert to physical standby` 语句即可。

1.6 角色转换与故障切换

Data Guard 提供了两种易于使用的方法来处理生产站点的计划内停机和计划外中断，这些方法称为角色转换和故障切换。DBA 可以使用 Oracle Enterprise Manager GUI 界面、Data Guard Broker 的命令行界面或直接通过 SQL 来轻松地启动这些方法。故障切换是在主数据库上出现计划外的灾难性故障，且不可能及时恢复主数据库时将一个联机的备用数据库用作新的主数据库的操作。

故障切换操作在将承担主数据库角色的备用数据库上启动。如果在故障恢复之前在原来的主数据库上启动了闪回数据库功能，并且打算将原来的主数据库恢复为 Data Guard 配置中的一个新的备用数据库，则可以在故障恢复之后使用此功能。如果在故障切换之前没有启动闪回数据库，而需要在故障切换之后将原来的主数据库恢复为一个备用数据库，则必须从新主数据库的一个备份副本重新创建该备用数据库。

角色转换是主数据库和备用数据库之间计划的角色转换，用于处理主数据库上的计划维护。转换操作和故障切换操作之间的主要差异是，转换是在主数据库仍然可用时进行，且不需要闪回或重新安装原来的主数据库。这允许原来的主数据库几乎立即承担起备用数据库的角色。因而，可以更轻松、更频繁地执行计划维护。例如，当主站点上升级硬件时，转换功能通过将所有数据库客户机转换到备用站点，以在主站点上执行升级。

角色转换操作始终确保在转换期间不会丢失数据。如果 Data Guard 运行在最大保护模式或最高可用性模式下，故障切换操作确保在故障切换时不会丢失数据。应当强调的是，为了避免在出现临时系统故障或网络故障的情况下进行错误的故障恢复 / 转换，Data Guard 转换和故障恢复操作不是自动进行的，而必须由 DBA 明确启动。一旦启动，Data Guard 就自动运行相关的进程。

当配置中包含多个备用数据库时，故障切换和角色转换操作可以无缝地进行。例如，如果在配置了多个备用数据库的情况下主数据库出现故障，则 DBA 可以灵活地选择一个可用的备用数据库，使其成为主数据库。Data Guard 使重定向到其他备用数据库来使用新主数据库的过程（包括传输任意丢失或不完整的重做数据）完全自动化。