

团体标准

T/CESA XXXX—202X

数据库迁移规程

Database migration procedure

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。
已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国电子工业标准化技术协会 发布



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 综述	2
5.1 数据库迁移过程	2
5.2 能力域和能力项	2
5.3 能力等级	4
6 迁移准备	4
6.1 概述	4
6.2 迁移评估	5
6.3 方案确定	7
6.4 物料准备	10
6.5 迁移可行性验证	12
7 迁移实施	15
7.1 概述	15
7.2 对象迁移	16
7.3 功能适配	17
7.4 数据迁移	18
7.5 数据比对	19
7.6 生产验证	20
8 并线运行	21
8.1 概述	21
8.2 并线准备	21
8.3 并线实施	22
8.4 生产割接	24
8.5 保障优化	25
附录 A (资料性) 迁移准备阶段评估示例	26

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由成都虚谷伟业科技有限公司提出。

本文件由中国电子工业标准化技术协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。



数据库迁移规程

1 范围

本文件给出了数据库迁移过程和能力等级规范了迁移准备、迁移实施和并线运行的能力要求。

本文件适用于指导数据库厂商、第三方数据库运维机构、数据库开发者、数据库使用者等对于数据库迁移进行全流程把控，可供各行业组织参考。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于文件。

3.1

源数据库 source databases

在数据迁移和数据同步过程中，导出数据的数据库。

3.2

目标数据库 target databases

在数据迁移和数据同步过程中，导入数据的数据库。

3.3

数据迁移 data migration

将数据本身以全量静态的方式一次性从源数据库转移到目标数据库的动作，主要针对表结构和表数据的迁移。

3.4

数据同步 data synchronism

将源数据库表数据的变更连续动态地实时抽取、转换并传输至目标数据库的过程，用于保持目标数据与源端数据内容的一致性。

3.5

并线运行 dual track run

源数据库和目标数据库同时处于运行状态，且两端数据处于同步（或异步）的一致性状态。

3.6

割接 cut over

应用从操作源数据库并把数据同步至目标数据库的一致性状态，切换至操作目标数据库并把数据反向同步回源数据库一致性状态的动作。

3.7

断点续传 breakpoint resume

在迁移、同步过程出现异常中断时，从上次中断的地方开始继续进行数据迁移或同步，数据无损失。

3.8

逻辑程序单元 logical program unit

数据库中用于执行某一特定任务，且具有一定逻辑性的代码模块。

3.9

主数据库 master databases

在数据并线运行过程中，主要承接业务流量的数据库。

3.10

备数据库 slave databases

在数据并线运行过程中，用作备选或承接部分业务流量的数据库。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- CPU: 中央处理器 (Central Processing Unit)
- DDL: 数据控制语言 (Data Control Language)
- DML: 数据操纵语言 (Data Manipulation Language)
- QPS: 查询/秒 (Queries Per Second)
- SQL: 结构化查询语言 (Structured Query Language)
- RTO: 恢复时间目标 (Recovery Time Object)
- RPO: 恢复点目标 (Recovery Point Object)
- TPS: 事务数/秒 (Transaction Per Second)

5 综述

5.1 数据库迁移过程

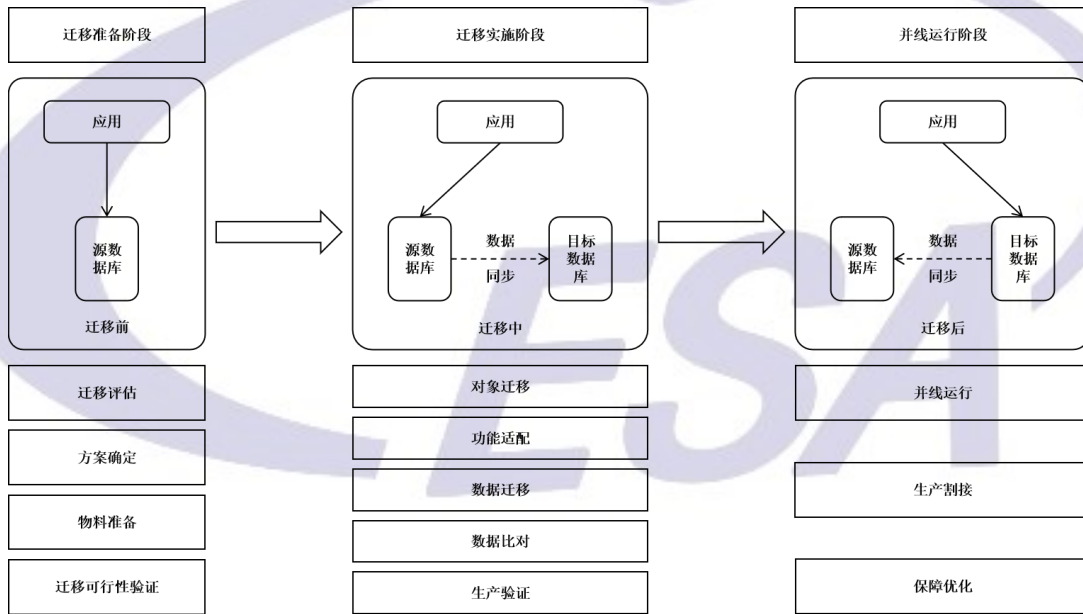


图1 数据库迁移过程

数据库迁移过程分为3个阶段，见图1，包括：迁移准备阶段、迁移实施阶段和并线运行阶段。各阶段需完成的工作及对应的数据库和应用状态如下：

- a) 迁移准备阶段：处于数据库迁移的迁移前阶段，需完成迁移评估、方案确定、物料准备、迁移可行性验证等工作，此阶段应用保持源数据库的接入；
- b) 迁移实施阶段：处于数据库迁移的迁移中阶段需完成对象迁移、功能适配、数据迁移、数据比对、生产验证等工作，此阶段应用接入源数据库，源数据库将数据同步到目标数据库；
- c) 并线运行阶段：处于数据库迁移的迁移后阶段，需完成并线准备、并线实施、生产割接、保障优化等工作，此阶段应用切换接入至目标数据库，由目标数据库将数据反向同步至源数据库。

5.2 能力域和能力项

数据库迁移能力要求由能力域组成。每个能力域包含多个能力项。数据库迁移能力要求包含3个能力域21个能力项。能力域和能力项见表1。

表1 能力域和能力项

能力域	能力项		
迁移准备	迁移评估	源数据库评估	
		目标数据库评估	
		兼容性评估	
	方案确定	迁移目标	
		迁移周期	
		迁移路径	
		迁移保障	
	物料准备	硬件环境	
		软件环境	
	迁移可行性验证	开发适配	
		连接适配	
		模块抽样验证	
	迁移实施	对象迁移	

表1 能力域和能力项（续）

能力域	能力项
迁移实施	功能适配
	数据迁移
	数据比对
	生产验证
并线运行	并线准备
	并线实施
	生产割接
	保障优化

5.3 能力等级

5.3.1 初始级

通过手动/人工方式完成数据库迁移过程的必备步骤。

5.3.2 稳健级

在初始级基础上，通过手动/人工方式完成数据库迁移过程的非必备步骤。

5.3.3 成熟级

在稳健级基础上，通过工具的方式完成数据库迁移过程的必备步骤。

5.3.4 优化级

在成熟级基础上，通过工具的方式完成数据库迁移过程的非必备步骤。

6 迁移准备

6.1 概述

迁移准备的主要内容是对源数据库、目标数据库以及兼容性进行评估，根据评估统计信息确定迁移方案，准备迁移所需的硬件环境和软件环境，验证迁移的可行性，确保迁移的顺利实施。

迁移准备的基本工作流程见图2。

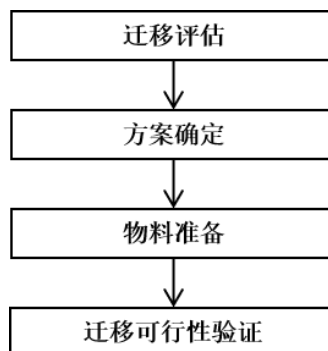


图2 迁移准备的基本工作流程

迁移准备的工作由4个部分组成，包括迁移评估、方案确定、物料准备和迁移可行性验证。其中，迁移评估需在迁移前对源数据库的信息进行采集，对目标数据库的能力进行评估，以及对目标数据库与源数据库的兼容性进行评估；方案确定需对迁移目标、迁移周期、迁移路径、迁移保障这些方面进行考虑，从而制定可行的迁移方案；物料准备根据迁移要求准备满足需要的软硬件环境；迁移可行性验证需在迁移前对数据库的开发框架、使用方言、接口驱动等进行验证，对数据库连接进行验证，以及对应用系统模块进行抽样可行性验证。

6.2 迁移评估

6.2.1 源数据库评估

6.2.1.1 概述

迁移之前需对源数据库的数据库类型、数据容量、数据增量、性能指标、部署方式和业务连续性等信息进行采集。

6.2.1.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 对源数据库类型进行评估，用于确定与目标数据库是否匹配、是否可迁移到目标数据库；
- b) 对源数据库的现存容量进行评估，主要是当前数据库的物理大小、各主要业务表的记录数；
- c) 对源数据库的运行指标进行评估，评估内容可包括 TPS/QPS、单位时间内的数据吞吐量、平均和峰值连接数、单日数据增量、RTO/RPO 等。

6.2.1.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 在迁移实施前对源数据库类型进行人工采集，包括但不限于架构、部署形态等维度；
 - 2) 在迁移实施前对源数据库容量进行人工采集，包括但不限于物理大小、表记录数。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 在数据迁移前对源数据库的性能指标进行人工采集，包括但不限于 TPS/QPS、连接数、数据增量、RTO/RPO 等。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 在迁移实施前对源数据库类型通过人工和使用工具进行采集，包括但不限于从架构、部署形态等维度；
 - 3) 在迁移实施前对源数据库容量通过人工和使用工具进行采集，包括但不限于物理大小、表记录数。

- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 在数据迁移前对源数据库的性能指标通过人工和使用工具进行采集，包括但不限于TPS/QPS、连接数、数据增量等。

6.2.2 目标数据库评估

6.2.2.1 概述

迁移之前需对目标数据库的容量支撑能力、性能、部署方式和运行环境等信息进行采集匹配。

6.2.2.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 目标数据库的容量支撑能力匹配源数据库，数据迁移到目标数据库后，数据容量的膨胀率保持在可接受的范围内；
- b) 目标数据库的性能匹配源数据库或满足业务系统的性能需要，能够在迁移过程通过一定的手段（如数据分区、分库分表等）对目标数据库的性能进行优化；
- c) 目标数据库的部署方式匹配源数据库的当前部署方式，在不匹配或不完全匹配时提供合理的替代方案；
- d) 目标数据库支持常见数据库运行环境，如通用处理器、通用操作系统。

6.2.2.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第2级：稳健级
 - 1) 对目标数据库的容量指标进行收集，检查目标数据库是否能容纳迁移后的数据；
 - 2) 对目标数据库的性能指标进行收集，检查目标数据库是否匹配应用系统的性能；
 - 3) 对目标数据库的部署方式进行收集，检查目标数据库的部署方式是否能满足应用需要；
 - 4) 对目标数据库的运行环境进行收集，检查目标数据库的运行环境是否能满足应用需要。
- b) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 对目标数据库的容量指标进行收集，提供目标数据库的容量指标权威评测报告或用户实际案例说明，检查是否目标数据库能容纳迁移后的数据；
 - 3) 对目标数据库的性能指标进行收集，提供目标数据库的性能指标权威评测报告或用户实际案例说明，检查是否目标数据库匹配应用系统的性能。
- c) 第4级：优化级
 - 1) 对目标数据库的容量指标进行收集，提供目标数据库的容量指标权威评测报告或用户实际案例说明并输出目标数据库与源数据库的容量指标对比结论，并针对未能达到的能力提出解决方案；
 - 2) 对目标数据库的性能指标进行收集，提供目标数据库的性能指标权威评测报告或用户实际案例说明并输出目标数据库与源数据库的性能指标对比结论，并针对未能达到的能力提出解决方案；
 - 3) 对目标数据库的部署方式进行收集，提供目标数据库的部署方式详细文档并输出目标数据库与源数据库的部署方式对比结论，如果不能完全匹配需要提出解决方案；
 - 4) 对目标数据库的运行环境进行收集，提供目标数据库的运行环境适配清单并输出目标数据库与源数据库的容量指标对比结论，并针对未能达到的能力提出解决方案。

6.2.3 兼容性评估

6.2.3.1 概述

在迁移前，需对目标数据库与源数据库的兼容性进行评估。如果在存在无法兼容的情况，则提供能够达成相同能力的解决方案。

6.2.3.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 目标数据库与源数据库在语法方面兼容，包括 SQL、逻辑程序单元和其它语法规则；
- b) 目标数据库与源数据库在数据类型方面的兼容，包括字段类型、精度、字符集等；
- c) 目标数据库与源数据库在内置程序对象的功能和使用方法上兼容，例如内置包、内置函数等。

6.2.3.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第 1 级：初始级
 - 1) 通过人工方式评估目标数据库与源数据库在语法方面的兼容性，包括 SQL、逻辑程序单元等；
 - 2) 通过人工方式评估目标数据库与源数据库在数据类型方面的兼容性，包括字段类型、精度、字符集等。
- b) 第 2 级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 通过人工方式评估目标数据库与源数据库在内置程序对象的功能和使用方法上的兼容性，例如内置包、内置函数等。
- c) 第 3 级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 通过工具方式评估目标数据库与源数据库在语法方面的兼容性，包括 SQL、逻辑程序单元等；
 - 3) 通过工具方式评估目标数据库与源数据库在数据类型方面的兼容性，包括字段类型、精度、字符集等。
- d) 第 4 级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 通过工具的方式评估目标数据库与源数据库在内置程序对象的功能和使用方法上的兼容性，例如内置包、内置函数等。

6.3 方案确定

6.3.1 迁移目标

6.3.1.1 概述

根据业务需要确定迁移范围、业务改造范围和规模、迁移方式和数据迁移后的业务运行状态。

6.3.1.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 确定迁移的范围，包括需要迁移的源数据库的内容和规模、需要迁移的数据库对象和需要迁移的数据；
- b) 确定业务改造范围和规模，迁移动作对源数据库服务的业务系统没有入侵性或仅有微弱的入侵性，迁移动作尽量避免对原有的业务系统进行大规模改造；
- c) 确定迁移的方式，是在一个完整时间段内进行一次性迁移还是分多次多时间段进行迁移；
- d) 确定数据迁移后的业务运行状态，包括是由目标数据库替代源数据库，还是需要并线运行，以及并线运行时是以源数据库为主还是以目标数据库为主。

6.3.1.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 确定迁移范围，包括但不限于需要迁移的数据库的内容和规模、需要迁移的数据库对象和需要迁移的数据；
 - 2) 确定业务改造范围和规模。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 确定迁移方式，是在一个完整的时间段内进行一次性迁移还是多次多时间段进行迁移的方案。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 确定数据迁移后的业务运行状态，包括是由目标数据库替代源数据库，还是需要并线运行，以及并线运行时是以源数据库为主还是以目标数据库为主；
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 提供详细的迁移方式的权威评测报告或用户实际案例说明及备用方案；
 - 3) 提供业务切换权威评测报告或用户实际案例说明及备用方案。

6.3.2 迁移周期

6.3.2.1 概述

根据迁移目标和实际生产系统的约束现状确定迁移周期。迁移的周期主要由对象迁移时间、数据迁移时间、应用迁移时间组成。除了上述的迁移实施周期外，还需要确定应用割接时间窗口。

6.3.2.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 确定对象迁移时间；
- b) 确定数据迁移时间；
- c) 确定应用迁移时间；
- d) 确定应用割接时间窗口。

6.3.2.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级

根据迁移目标和实际生产系统的约束现状确定迁移周期，迁移周期包括对象迁移时间和数据迁移时间，且时间精度为周。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 确定应用割接时间窗口。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 提供详细文档，列出各类迁移对象不同业务或数据库的迁移时间和顺序，精度为天或小时，包括对象迁移、数据迁移、功能适配、生产验证。
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 提供详细文档，详细列出各阶段各项工作的具体时间节点或周期，如准备阶段、实施阶段、并行运行阶段，精度为天或小时。

6.3.3 迁移路径

6.3.3.1 概述

在完成迁移评估、确立迁移目标后，根据迁移目标和具体的业务约束确定迁移的具体路径。

6.3.3.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 组建迁移团队；
- b) 完成迁移准备；
- c) 迁移数据对象；
- d) 迁移数据本身；
- e) 迁移应用逻辑；
- f) 数据迁移结果校验；
- g) 业务系统迁移验证。

6.3.3.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 组建迁移团队，包括迁移实施人员，实施人员能够完成迁移准备、安装部署、实施数据迁移的相关工作；
 - 2) 方案需描述物料准备工作的相关步骤，包括硬件环境和软件环境；
 - 3) 方案需描述迁移可行性验证的相关步骤，包括开发适配、连接适配；
 - 4) 方案需描述数据对象迁移的相关步骤；
 - 5) 方案需描述数据本身迁移的相关步骤；
 - 6) 方案需描述数据迁移结果校验的相关步骤；
 - 7) 方案需描述功能适配和应用逻辑迁移的步骤，包括比对分析改造前后的应用 SQL 在原数据库和目标数据库的执行结果、不兼容 SQL 代码方案以及改造前后验证比对等验证方案。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 方案需描述模块抽样验证的步骤，包括验证数据库对象、全量数据迁移、迁移异常处理等方案；
 - 3) 方案需描述生产验证的步骤，包括迁移后按生产业务压力进行性能验证的方案。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 方案需描述并线运行相关内容，包括并线运行任务、增量数据复制方案。
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 方案附带详细的操作文档，包括：硬件环境要求、软件环境配置文档、数据对象迁移工具操作文档、数据本身迁移工具操作文档、应用逻辑迁移工具操作文档或具体实施方案，数据校验工具操作文档、业务验证方案等；
 - 3) 方案需描述并行运行方案，包括并线运行任务、增量数据复制、应用双写同步方案的具体实施办法。

6.3.4 迁移保障

6.3.4.1 概述

在完成迁移后对迁移后的数据库进行运维保障，包括数据的正确性、数据库的性能、数据同步的准确性等。

6.3.4.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 对迁移后的数据库系统中数据的正确性进行检验；
- b) 对迁移后的数据库系统的性能进行监控和调优；
- c) 在迁移后，系统状态为并线运行时，监控源数据库与目标数据库数据同步的情况，确保两端数据的准确性；
- d) 在迁移后，系统状态为并线运行时，割接之前需准备好迁移回退方案并演练确认。

6.3.4.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 方案需描述服务团队组建情况；
 - 2) 方案需描述迁移后数据校验相关的工作内容；
 - 3) 方案需描述业务割接后出现问题的解决方案，如应急处理预案、回滚方案、常见问题处理文档等；
 - 4) 方案需描述在迁移的全过程中对原数据库、目标数据库和迁移工具的监控相关的内容。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 方案中包含迁移后对目标数据库的优化方案或相关工作内容。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 包含对运维人员的培训的工作内容；
 - 3) 包含出现故障后的需要执行哪些操作流程来避免造成更大影响，以及售后技术支持；
 - 4) 包含使用双轨运行方案出现故障时，需对运行状态及时延进行监控。
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 包含7*24小时的售后服务方案；
 - 3) 包含上机实操演练的培训，如：应急预案、回滚方案、数据校验、应用切换等内容。

6.4 物料准备

6.4.1 硬件环境

6.4.1.1 概述

在执行迁移动作之前需要根据迁移要求准备和确定源数据库、目标数据库、迁移工具、数据同步工具等软件产品的硬件安装介质。硬件环境的具体内容和要求包括但不限于服务器、交换机、客户端机等。

6.4.1.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 在安装软件之前，确定数据库服务器和迁移工具/数据同步工具服务器部署在同一网络中；
- b) 在安装软件之前，确定数据库服务器和迁移工具/数据同步工具服务器所在网络的带宽、时延满足数据迁移的需要；
- c) 在安装软件之前，确定数据库服务器和迁移工具/数据同步工具服务器的CPU、内存、IO能力可满足数据迁移的需要。

6.4.1.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级

- 1) 从现阶段及未来业务负载情况以及安全性、兼容性、可维护性经济性等方面考虑，规划合适的目标数据库硬件资源，选择或推荐维度包括 CPU 核数、内存大小、磁盘类型容量大小及 IO 性能指标等等；
- 2) 依据迁移方案及要求，选择或推荐配套的监控系统、迁移软件、同步软件等的硬件环境。
- b) 第 2 级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 对目标数据库及配套的软件系统部署的硬件环境进行参数配置或检查，包括服务器、交换机等；
 - 3) 对硬件环境风险检测和进行评估并对风险提出应对方案；
 - 4) 对硬件环境不能匹配业务要求的情况进行针对性说明。
- c) 第 3 级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 规划或推荐硬件环境的冗余，包括但不限于整机、处理器、存储、网络交换设备等；
- d) 第 4 级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 规划或推荐业务非必须的安全设备、负载均衡器等硬件设备。

6.4.2 软件环境

6.4.2.1 概述

在执行迁移动作之前需要根据迁移要求准备满足需要的软件环境，包括源数据库、目标数据库、外围软件或工具、第三方工具等。

6.4.2.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 部署源数据库、目标数据库；
- b) 部署数据库运行强相关的外围软件或工具，如数据库管理等；
- c) 部署数据库外围工具（如导入导出工具、备份恢复工具等）；
- d) 部署数据迁移、数据比对、性能测试、数据同步等工作的第三方工具。

6.4.2.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第 1 级：初始级
 - 1) 从安全性、可靠性、成熟度、与数据库兼容性、可维护性经济性、生态环境等方面给目标数据库服务器选择必须的操作系统补丁并配置合适的操作系统参数；
 - 2) 依据安全规范和数据库需求，配置和创建对应的操作系统账号并进行正确的权限划分；
 - 3) 依据迁移方案安装目标数据库及相关驱动程序，并进行正确的数据库参数配置；
 - 4) 支持对迁移环境进行基础检查，包括但不限于对网络状态、服务器运行状态进行检查，以确保数据库能正确运行。
- b) 第 2 级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 部署在整个数据库迁移阶段中，如数据迁移、数据比对、性能测试、数据同步，所需的迁移软件工具，并对其进行正确配置；
 - 3) 确定和准备好与数据库运行强相关的外围软件或工具，如监控工具；
 - 4) 提供依据安全规范，开启操作系统所必须的服务，包括时钟校准服务、远程安全访问服务等。
- c) 第 3 级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；

- 2) 部署远程访问审计相关软件、防病毒软件，或使用堡垒机提升访问安全性；
 - 3) 支持对迁移环境包括数据库运行环境、迁移工具运行环境进行全面检查，并对将会造成迁移失败的相关问题，进行分类，如网络类问题、权限类问题、日志格式类问题等，并对问题进行分级。
- d) 第4级：优化级
- 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 提供降低迁移软件工具对源端数据库及目标端数据库可能造成的影响的措施，如迁移软件与数据库分离部署、限制迁移软件的最小操作系统账号和数据库账号运行权限、独立划分磁盘空间作为迁移数据缓存目录等。

6.5 迁移可行性验证

6.5.1 开发适配

6.5.1.1 概述

在正式迁移前，对数据库的开发框架、使用方言、接口驱动等进行验证，发现由开发框架、使用方言、接口驱动引发的影响业务正常使用的问题，并给出解决方案，确保迁移方案的可行以及迁移后业务系统的稳定运行。

6.5.1.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 提供应用开发框架使用的通用方言或数据库自有方言；
- b) 提供多种类型开发语言对应的数据库驱动，并满足相应的标准规范，如 JAVA、C/C++等；
- c) 适配数据库驱动常用开发框架，如持久层框架、对象关系映射框架、应用程序框架等；
- d) 适配数据库常用开发工具，如数据库开发平台、Java 集成开发环境等。

6.5.1.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第2级：稳健级
 - 1) 提供应用系统使用的开发语言对应的数据库驱动，并满足相应的标准规范，如 JAVA、C/C++等；
 - 2) 提供应用系统使用的开发框架所需的数据库方言。
- b) 第3级：成熟级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 对源数据库使用的开发框架进行适配验证，如持久层框架，如 MYBATIS、HIBERNATE 等；
 - 3) 对源数据库使用的开发工具进行适配验证或等价替换，如数据库开发平台、Java 集成开发环境等；
 - 4) 对应用系统使用的连接池进行适配验证。
- c) 第4级：优化级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 对数据库常用开发框架进行适配验证，如持久层框架等，提供数据库典型开发示例或手册；
 - 3) 对数据库常用开发工具进行适配验证或等价替换，如数据库开发平台、Java 集成开发环境等，提供数据库典型开发示例或手册。

6.5.2 连接适配

6.5.2.1 概述

在正式迁移前，使用连接工具（如应用系统、迁移工具、客户端等）通过驱动接口程序对数据库进行连接、访问操作、功能调用、断开连接等行为进行验证，发现在访问数据、对象、硬件资源时，由驱

动接口程序引发的影响业务正常使用的问题，并给出解决方案，确保迁移方案的可行以及迁移后业务系统的稳定运行。

6.5.2.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 网络连接方式下，适配连接工具与目标数据库的可连接性和可正常退出性；
- b) 网络连接方式下，适配连接工具在目标数据库中常用 DML 操作的可执行性与数据准确性；
- c) 网络连接方式下，适配连接工具在目标数据库中事务操作的正确性与性能；
- d) 网络连接方式下，适配连接工具在目标数据库批量数据操作时的可执行性与性能；
- e) 网络连接方式下，适配连接工具写入目标数据库时间数据的准确性；
- f) 网络连接方式下，适配连接工具保证数据写入目标数据库后与源数据库的字符集匹配。

6.5.2.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第 2 级：稳健级
 - 1) 验证连接工具与目标数据库的可连接性和可正常退出性，对于执行出错或不符合预期的情况，实施方给出相应解决建议；
 - 2) 验证连接工具在目标数据库中常用 DML 操作的可执行性与数据准确性，对于执行出错或不符合预期的情况，实施方给出相应解决建议；
 - 3) 验证连接工具在目标数据库中事务操作语句的正确性与性能，对于执行出错或不符合预期的情况，实施方给出相应解决建议；
 - 4) 验证连接工具在目标数据库批量数据操作时的可执行性与性能，对于执行出错或不符合预期的情况，实施方给出相应解决建议；
 - 5) 验证连接工具写入目标数据库时间数据的准确性，对于执行出错或不符合预期的情况，实施方给出相应解决建议；
 - 6) 验证连接工具保证数据写入目标数据库后与源数据库的字符集匹配，对于执行出错或不符合预期的情况，实施方给出相应解决建议。
- b) 第 3 级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 采用工具管理和批量执行适配验证任务，并记录执行时间、运行结果及是否符合预期。
- c) 第 4 级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 对于执行出错或不符合预期的情况，工具可给出相应信息提示和解决建议。

6.5.3 模块抽样验证

6.5.3.1 概述

在正式迁移前，对应用系统模块进行抽样可行性验证。基于确定的迁移方案，按照迁移路径，在准备好的物料环境中通过迁移脚本、工具、平台等方式逐步实施对象迁移、数据迁移等一系列迁移的测试验证，以发现迁移方案、迁移路径、物料环境等相关因素中的问题与风险，从而完善迁移方案，确保迁移成功。

6.5.3.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 验证迁移常用数据库对象的可行性；
- b) 验证根据兼容性情况对结构和对象进行改写或者提供修改建议的可行性；
- c) 验证自由选择迁移对象和迁移顺序的可行性；
- d) 验证数据库全量数据迁移的可行性；

- e) 验证数据迁移异常处理的可行性;
- f) 验证单独迁移数据量大的表的可行性;
- g) 验证数据类型转换的可行性;
- h) 验证迁移过程中对相关事件或行为日志记录、存储、显示的可行性;
- i) 验证数据迁移断点续传的可行性;
- j) 验证提供并查阅数据迁移报告的可行性;
- k) 验证迁移过程中对遇到的异常和错误进行记录、存储、显示的可行性;
- l) 验证数据迁移最小化影响源数据库业务的可行性;
- m) 验证迁移速度流控且不影响业务连续性的可行性;
- n) 验证配置部分数据进行迁移的可行性;
- o) 验证迁移进度详情展示的可行性;
- p) 验证迁移对象过滤的可行性;
- q) 验证按库、用户、对象等不同层级进行迁移对象选择的可行性;
- r) 验证提供详细的性能信息指标监控的可行性;
- s) 验证修改批量迁移的行数的可行性;
- t) 验证源数据库和目标数据库字符集映射和不同字符集数据结构转换的可行性;
- u) 若出现不兼容语法、函数、对象、数据类型等内容时进行分类输出;
- v) 若出现不兼容 SQL 代码时提供改造的参考建议和性能风险评估建议;
- w) 对不兼容 SQL 代码改造后的功能再次进行验证直至通过测试。

6.5.3.3 能力等级标准

能力等级标准如下:

- a) 第1级: 初始级
 - 1) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对常用数据库对象迁移能力的验证;
 - 2) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对自由选择迁移对象能力的验证;
 - 3) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对数据库全量数据迁移的能力的验证;
 - 4) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对迁移时进行数据类型转换的能力的验证;
 - 5) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对按层级进行迁移的能力验证, 例如库、用户、对象;
 - 6) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对在数据迁移异常时处理异常能力的验证;
 - 7) 提供数据迁移报告。
- b) 第2级: 稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求;
 - 2) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括在异构数据库之间进行迁移的能力;
 - 3) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括选择表中部分数据进行迁移的能力;
 - 4) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括迁移工具断点续传的能力;
 - 5) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括在迁移时源数据库和目标数据库不同字符集时数据自动转换的能力;
 - 6) 对整个系统的部分模块进行迁移抽样验证, 验证内容包括对表结构和其他数据库对象进行对象改写或者提供应用修改建议的能力;

- 7) 提供数据迁移报告，迁移报告至少包含源数据库信息、目标数据库信息、成功迁移汇总、失败迁移汇总等信息。
- c) 第3级：成熟级
- 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备进行常用数据库对象迁移的能力；
 - 3) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备自由选择迁移对象的能力；
 - 4) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备能够数据库全量数据迁移的能力；
 - 5) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备迁移时进行数据类型转换的能力；
 - 6) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备按库、用户、对象等不同层级进行迁移对象选择的能力；
 - 7) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备在源数据库和目标数据库之间进行迁移兼容性检查的能力；
 - 8) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备能够对表结构和其他数据库对象进行自动改写或者提供应用修改建议的能力；
 - 9) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备对迁移过程中相关事件或行为日志记录、存储、显示的能力；
 - 10) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备对迁移过程中遇到的异常和错误进行记录、存储、显示的能力；
 - 11) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备生成数据迁移报告的能力。
- d) 第4级：优化级
- 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备配置选择表中部分数据进行迁移的能力；
 - 3) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备在迁移时源数据库和目标数据库不同字符集时数据自动转换的能力；
 - 4) 提供迁移工具，具备生成数据迁移报告并提供查看的能力，迁移报告至少包含源数据库信息、目标数据库信息、成功迁移汇总、失败迁移汇总等信息；
 - 5) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，能够完成对象、数据的兼容性检查、改写、迁移；
 - 6) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备在迁移时控制 QOS 的能力；
 - 7) 提供迁移工具，对整个系统的部分模块进行抽样验证，验证内容包括迁移工具具备在多种异构数据库之间进行迁移的能力。

7 迁移实施

7.1 概述

迁移实施的主要内容是通过迁移脚本、工具、平台等方式迁移对象和数据，对应用系统进行业务功能测试验证，对数据进行一致性和完整性校验。

迁移实施的基本工作流程见图3。

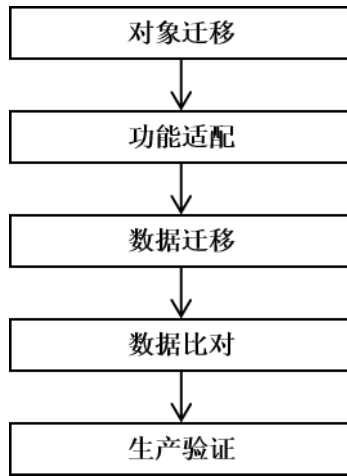


图3 迁移实施阶段的基本工作流程

迁移实施阶段的工作由5个部分组成，包括对象迁移、功能适配、数据迁移、数据比对、生产验证。其中，对象迁移需在正式迁移实施时将源数据库的对象迁移至目标数据库；功能适配需对应用系统进行业务功能测试验证；数据迁移需在正式迁移实施时将源数据库的静态全量数据迁移至目标数据库；数据比对需在迁移实施后对源数据库和目标数据库各个对象的数据内容进行一致性和完整性校验；生产验证需对迁移后的系统按生产业务压力进行性能验证。

7.2 对象迁移

7.2.1 概述

在正式数据迁移实施时，通过迁移脚本、工具、平台等方式读取源库中数据对象的结构定义，依据目标库类型中各种对象定义的语法要求，将源库中选择的对象结构定义转换为符合目标库对象定义的语句，进而在目标库中自动创建等价的数据对象。常用数据库对象的迁移主要是针对表、视图、用户、序列、自定义类型、索引、约束等。

7.2.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 根据兼容性情况对结构和对象进行改写或者提供修改建议；
- b) 自由选择迁移对象；
- c) 批量迁移对象；
- d) 对象结构不一致时的结构迁移，如字段增加、删除、修改；
- e) 按库、用户、对象等不同层级进行迁移对象的选择；
- f) 对对象迁移结果进行比对，即确认对象迁移过程的完成性；
- g) 自由选择迁移顺序。

7.2.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 正式进行数据库对象迁移，能对常用数据库对象进行迁移；
 - 2) 正式进行数据库对象迁移，能自由选择迁移对象；
 - 3) 正式进行数据库对象迁移，能批量迁移数据库对象；
 - 4) 正式进行数据库对象迁移，能按层级进行迁移对象选择，例如库、用户、表；
 - 5) 正式进行数据库对象迁移，能对迁移后的对象与源数据库对象进行比对。
- b) 第2级：稳健级

- 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 正式进行数据库对象迁移，在迁移过程中对数据库表对象进行结构更改，如字段增加、删除、修改；
 - 3) 正式进行数据库对象迁移，根据兼容性情况对数据库表结构和对象能进行改写或者提供修改建议。
- c) 第3级：成熟级
- 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能对常用数据库对象迁移的工具；
 - 3) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能自由选择迁移对象的工具；
 - 4) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能支持批量迁移对象的工具；
 - 5) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能支持对象结构不一致时结构迁移的工具，如字段增加、删除、修改；
 - 6) 正式进行数据库对象迁移，需要提供按层级对迁移对象进行选择的工具，层级例如库、用户、表；
 - 7) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能对对象迁移结果进行比对的工具；
 - 8) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能在源数据库和目标数据库之间进行迁移对象兼容性检查的工具；
 - 9) 正式进行数据库对象迁移，需要提供能够对结构和对象进行自动改写或者提供修改建议的工具。
- d) 第4级：优化级
- 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 正式进行数据库对象迁移，需要提供自主研发的迁移工具，迁移工具能够完成对象的兼容性检查、改写、迁移。

7.3 功能适配

7.3.1 概述

在正式迁移实施后，对应用系统进行业务功能测试验证，确保迁移后目标库中没有出现影响业务正常使用的数据、对象、数据类型、SQL代码等方面的问题，测试针对数据库中迁移对象相关的所有SQL（包括存储过程、自定义函数、触发器等逻辑程序单元）、数据库对象。

7.3.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 比对分析改造前后的应用 SQL 在源数据库和目标数据库的执行结果；
- b) 对应用 SQL 语句中出现不兼容语法、函数、对象、数据类型等内容时进行分类输出；
- c) 对不兼容 SQL 代码提供改造的参考建议和性能风险评估建议；
- d) 对不兼容 SQL 代码改造后的功能再次进行验证直至通过测试；
- e) 将应用 SQL 导出，并以特定格式输出到文件；
- f) 对应用 SQL 语句在源数据库和目标数据库进行执行计划比对分析和性能比对分析。

7.3.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 对应用系统进行功能适配，如果出现目标数据库不兼容应用的 SQL 语句时，如语法、函数、对象、数据类型等，需要对不兼容内容进行分类输出；
 - 2) 对应用系统进行功能适配，如果出现目标数据库不兼容应用的 SQL 语句时，对不兼容 SQL 代码提供改造的参考建议和性能风险评估建议；

- 3) 对应用系统进行功能适配,如果出现目标数据库不兼容应用的 SQL 语句时,对不兼容 SQL 代码改造后的功能进行持续验证直至通过测试。
- b) 第 2 级: 稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求;
 - 2) 对应用系统进行功能适配,需要比对分析改造前后的应用 SQL 在源数据库和目标数据库的执行结果集;
 - 3) 对应用系统进行功能适配,将应用在源数据库中使用到的 SQL 全部导出成特定格式的文件,并在目标数据库中进行测试、改造和验证;
 - 4) 对应用系统进行功能适配,对关键的应用 SQL 语句在源数据库和目标数据库进行执行计划比对分析和性能比对分析。
- c) 第 3 级: 成熟级
 - 1) 对应用系统进行功能适配,提供工具比对分析改造前后的应用 SQL 在源数据库和目标数据库的执行结果集;
 - 2) 对应用系统进行功能适配,提供工具对应用 SQL 语句、数据库对象在目标数据库的兼容性进行评估,对出现不兼容语法、函数、对象、数据类型等内容时进行分类输出;
 - 3) 对应用系统进行功能适配,提供工具对不兼容 SQL 代码提供改造的参考建议和性能风险评估建议;
 - 4) 对应用系统进行功能适配,提供工具对不兼容 SQL 代码进行改造直至通过测试。
- d) 第 4 级: 优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求;
 - 2) 对应用系统进行功能适配,使用工具来收集应用中使用到的 SQL 并全部导出成特定格式的文件;
 - 3) 对应用系统进行功能适配,使用工具对关键的应用 SQL 语句在源数据库和目标数据库进行执行计划比对并从性能角度进行对比分析。

7.4 数据迁移

7.4.1 概述

在正式数据迁移实施时,通过迁移脚本、工具、平台等方式对迁移对象实现源库数据到目标库数据的一次性静态全量数据迁移,为后续的数据同步作基础,以实现应用迁移、并线、割接的迁移需求。

7.4.2 过程描述

过程描述如下:

- a) 对数据量过大的表进行单独迁移;
- b) 对源数据库与目标数据库不一致的数据类型进行转换;
- c) 对源数据库和目标数据库不同的字符集和数据结构进行映射转换;
- d) 记录、存储迁移过程中的相关日志,能够显示对象迁移过程中的日志信息,如正常日志、错误日志、告警日志等信息;
- e) 对迁移过程中的异常进行处理;
- f) 优先采用源数据库的备份库进行数据迁移,如无备份库,则采用源数据库的主库进行数据迁移;
- g) 记录、存储迁移过程中遇到的异常和错误,方便筛选迁移失败的对象进行重新迁移;
- h) 进行断点续传,数据迁移被异常终止时,重新启动后可以继续迁移未完成的数据;
- i) 对迁移速度进行流控,以保证对业务连续性影响较低;
- j) 配置部分数据进行迁移;
- k) 对迁移进度进行详情展示,包括已迁移对象、待迁移对象、正在迁移中对象的百分比进度;
- l) 对性能信息指标进行详细监控,如同步任务后台资源类(CPU、存储器、存储)、网络吞吐信息、抓取时延、写入时延、DML TPS、DDL TPS、单位时间同步数据量等;
- m) 对输出迁移过程统计信息,包括但不限于成功条数、错误条数等。

7.4.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 从源数据库往目标数据库进行数据迁移，对源数据库与目标数据库不一致的数据类型进行转换；
 - 2) 从源数据库往目标数据库进行数据迁移，对源数据库和目标数据库不同的字符集进行数据映射转换；
 - 3) 从源数据库往目标数据库进行数据迁移，对迁移过程中的异常进行处理；
 - 4) 从源数据库往目标数据库进行数据迁移，能按层级进行迁移对象选择，例如库、用户、表。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 从源数据库往目标数据库进行数据迁移，记录、存储数据迁移过程中的工作记录。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移，对源数据库与目标数据库不一致的数据类型进行转换；
 - 2) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移，对源数据库和目标数据库不同的字符集进行数据映射转换；
 - 3) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移，记录、存储数据迁移过程中的相关日志信息，能够显示迁移过程中的日志信息，如正常日志、错误日志、告警日志等信息；
 - 4) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移，迁移工具能对迁移过程中的异常进行处理；
 - 5) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移，迁移工具按层级对迁移对象进行选择，层级例如库、用户、表；
 - 6) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，对迁移进度进行展示，如已迁移对象、待迁移对象、正在迁移中对象的百分比进度。
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，迁移工具可以记录、存储迁移过程中遇到的异常和错误，能方便筛选迁移失败的对象进行重新迁移；
 - 3) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，在数据迁移异常终止时可进行断点续传，重新启动后可以继续迁移未完成的数据；
 - 4) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，只选择部分数据表中的部分数据进行迁移；
 - 5) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，对迁移速度进行流控，例如IO速率、网络流量、数据迁移并行度等；
 - 6) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，对迁移进度进行图形化界面展示，如已迁移对象、待迁移对象、正在迁移中对象的百分比进度；
 - 7) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移时，对性能指标进行图形化界面监控，如CPU利用率、存储资源消耗、IO性能、网络吞吐信息、抓取时延、写入时延、DML耗时、DDL耗时、单位时间同步数据量等；
 - 8) 采用数据迁移工具从源数据库往目标数据库进行数据迁移后，输出迁移过程统计信息，包括但不限于成功条数、错误条数等。

7.5 数据比对

7.5.1 概述

在数据迁移实施后，通过脚本、工具、平台等方式对源数据库和目标数据库各个对象的数据内容进行一致性和完整性校验，从而发现数据迁移后的数据差异并提供解决方案，以完善迁移方案，确保源与目标数据库的数据一致性。

7.5.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 进行全量数据比对或者指定条件的对比，如指定表、指定对象等；
- b) 进行展示、修复存在差异或缺失的数据；
- c) 明确比对快速中止策略，例如数据差异数量超过阈值即刻停止比对；
- d) 输出数据校验报告。

7.5.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
在进行数据迁移后，需要对源数据库和目标数据库进行全量数据比对，比对维度包括但不限于对象数量、数据量、行数、字段内容等。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 满足初始级的所有要求；
 - 2) 在进行数据迁移后进行目标数据库数据和源数据库数据比对工作，对指定的数据库对象进行比对，如指定表、指定对象等；
 - 3) 提供详细的数据比对报告。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求；
 - 2) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，在进行数据迁移后进行目标数据库数据和源数据库数据比对工作，对支持比对结果筛选；
 - 3) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，支持源数据库和目标数据库增量数据实时比对并定时反馈比对结果，比对维度包括但不限于对象数量、数据量、行数、字段内容等；
 - 4) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，支持展示、修复比对差异的数据；
 - 5) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，支持数据比对失败后重试，自动修复因时间延迟导致的临时比对差异；
 - 6) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，支持记录、存储比对过程中的相关日志，展示全量数据比对的实时进度。
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，在进行数据比对的时候，如果错误数超过阈值停止比对；
 - 3) 在数据迁移后的数据比对操作中，需要提供数据比对工具，通过该工具可自动输出详细的数据比对报告。

7.6 生产验证

7.6.1 概述

生产验证指的是对数据库的对象、数据、逻辑迁移后的系统按生产业务压力进行性能验证，以发现影响业务性能的数据、对象、硬件资源等方面的问题。手段包括正常压力、最大压力、持续压力的验证。同时应对目标数据库单个SQL性能抓取，更精准地与源数据库进行性能对比。

7.6.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 正常压力验证；
- b) 最大压力验证；
- c) 持续压力验证；
- d) 对目标数据库单个 SQL 性能抓取，与源数据库进行性能对比。

7.6.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第 3 级：成熟级
 - 1) 完成数据迁移和比对工作后，对基于目标数据库的应用，进行业务功能的正确性验证；
 - 2) 完成数据迁移和比对工作后，对基于目标数据库的应用，进行性能的正常压力、最大压力、常稳测试的验证。
- b) 第 4 级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 完成数据迁移和比对工作后，对基于目标数据库的应用，进行可靠性测试验证，如宕机测试、断电测试等；
 - 3) 完成数据迁移和比对工作后，对基于目标数据库的应用在进行生产功能验证的情况下，能对应用情况进行监控，如执行 SQL，连接数等方面；
 - 4) 完成数据迁移和比对工作后，可抓取基于目标数据库中的单个 SQL 性能；
 - 5) 完成数据迁移和比对工作后，可将目标数据库中的慢 SQL 标记并展示。

8 并线运行

8.1 概述

并线运行是指在数据库迁移完成后，将源库与目标库同时在线并线运行的阶段，先以源库作为主库（业务请求/流量主要访问的库），目标库作为备库，后续则主备切换完成生产割接。在此阶段中首先需要考虑的是将源库的增量数据实时同步同步至目标库。

并线运行的基本工作流程见图4。

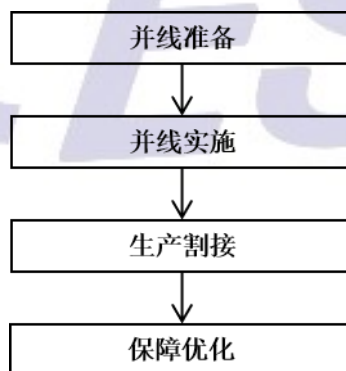


图4 并线运行的基本工作流程

并线运行的工作由4个部分组成，包括并线准备、并线实施、生产割接、保障优化。其中，并线准备需在并线实施前获取增量数据的起始时间点以及关闭目标数据库的任务和触发器；并线运行需在迁移实施完成后通过源数据库与目标数据库同时存在一段时间以确保数据库上线的平滑性和稳定性；生产割接需在并线运行充分后，将业务流量正式切换至目标数据库；保障优化需在生产成功割接后，采取系列保障优化举措以确保数据库系统稳健运行。

8.2 并线准备

8.2.1 概述

在并线实施前，为确保并线实施的准确性和业务正常运行，需获取增量数据的起始时间点，以及关闭目标数据库的任务和触发器。

8.2.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 获取增量数据的起始时间点；
- b) 关闭目标数据库的任务、触发器，保证目标数据库业务正常运行。

8.2.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第2级：稳健级
在并线运行开始前，应获取增量数据的起始时间点。
- b) 第3级：成熟级
在并线运行开始前，通过工具关闭目标数据库的任务、触发器，保证目标数据库业务正常运行。
- c) 第4级：优化级
 - 1) 在并线运行开始前，通过工具自动关闭目标数据库的任务、触发器；
 - 2) 在并线运行开始前，通过工具自动获取增量数据的起始时间点。

8.3 并线实施

8.3.1 概述

在迁移实施完毕后，为确保数据库上线的平滑性和稳定性，应有源数据库与目标数据库同时存在的并行运行阶段，通过实施增量数据复制或应用双写同步的方案确保源库与目标库数据始终保证一致。

增量数据复制指的是将在迁移实施的数据迁移（全量数据）阶段完毕时间点起产生的增量数据以数据库层面的工具、接口等方案从主库实时导入到备库的动作。增量数据复制方案由于是非阻塞式的异步复制，会有网络时延引起的数据复制时延。

同步分为生产割接前的“正向数据复制阶段”与生产割接后的“逆向数据复制阶段”。此处的正向与逆向是以从源数据库到目标数据库的数据流向为参考的，即从源数据库将数据同步至目标数据库称之为正向，反之则为逆向，正向与逆向转换的界限是生产割接。正向数据同步是为了目标数据库的数据与源数据库尽可能处于同一时间状态，让生产割接周期更短。逆向数据同步是为了让目标数据库在上线后如遇意外可以快速回退至原数据库。逆向数据复制阶段是可选的。

增量数据复制的流程见图5。

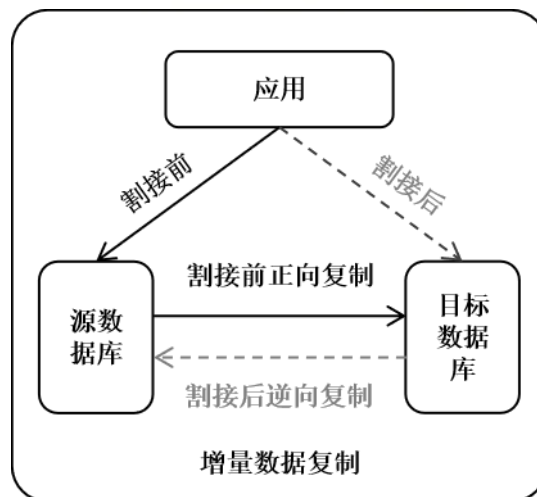


图5 增量数据复制

应用双写同步方案指的是将在迁移实施的数据迁移（全量数据）阶段完毕时间点起产生的增量数据通过改造应用形成两条链路的方式同时写入到主库与备库的同步方案。应用双写同步方案由于应用层会阻塞式等待主库与备库的数据同时写入成功才会返回，所以此方案的选择是为了主库与备库之间的数据实时一致性。

应用双写同步的流程见图6。

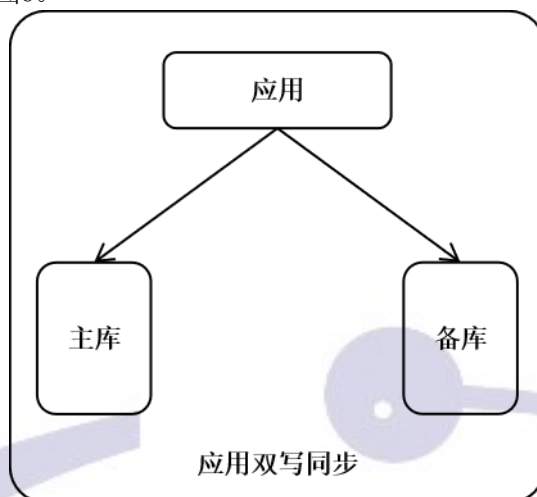


图6 应用双写同步

8.3.2 过程描述

增量数据复制过程描述如下：

- 对源数据库的增量数据进行获取并直接写入到目标数据库或者消息中间件，获取的方式包括但不限于接口、SQL、日志等；
- 源数据库向目标数据库的增量数据复制按库、模式、用户、表等维度进行筛选；
- 源数据库向目标数据库的增量数据复制提供按时间点开始的能力；
- 明确增量数据获取的起始时间点，并与数据迁移（全量）的最后时间进行对齐；
- 先关闭源数据库业务流量，待目标数据库与源数据库数据一致后，启动目标数据库的任务和触发器，以保障流量转移后目标数据库能正常服务且能将数据同步至源数据库；
- 同时对源数据库和目标数据库进行数据同步监控与数据比对；
- 源数据库向目标数据库的增量数据复制保证事务的一致性；
- 明确在出现主数据库风险（源数据库）的情况下的回退方案；
- 作为源数据库的数据库对应用提供读写服务，目标数据库保持数据准一致性，提供数据可查询能力。

应用双写同步过程描述如下：

- 数据同时写入源数据库与目标数据库，两库需在任意时刻保障数据及事务一致，源数据库和目标数据库之间的数据一致性由应用保障，源数据库和目标数据库内部的数据一致性由数据库本身提供；
- 在整个并线运行阶段，主数据库与备数据库同时提供读写服务。

8.3.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- 第1级：初始级
在整个并线运行阶段中，需要保证源数据库向目标数据库的增量数据复制的事务一致性。
- 第2级：稳健级

- 1) 满足初始级的所有要求;
 - 2) 在整个并线运行阶段中,若采用应用双写方案,则源数据库和目标数据库同时对应用提供读写能力;
 - 3) 在整个并线运行阶段中,若采用增量数据复制方案,则作为源数据库的数据库对应用提供读写服务,目标数据库提供数据可查询能力。
- c) 第3级:成熟级
- 1) 满足稳健级的所有要求;
 - 2) 在整个并线运行阶段中,采用工具对源数据库的增量数据进行获取并直接写入到目标数据库或者消息中间件,获取的方式至少包含接口、SQL、日志中的一种;
 - 3) 在整个并线运行阶段中,采用数据复制工具,对源数据库向目标数据库的增量数据复制按库、用户、表等维度进行筛选;
 - 4) 在整个并线运行阶段中,要明确在出现主数据库风险(源数据库)的情况下的回退方案。
- d) 第4级:优化级
- 1) 满足成熟级的所有要求;
 - 2) 在整个并线运行阶段中,采用工具对源数据库和目标数据库进行数据同步状态监控与实时数据比对;
 - 3) 在整个并线运行阶段中,采用工具,按时间点启动从源数据库向目标数据库的增量数据复制。

8.4 生产割接

8.4.1 概述

在并线运行充分后,将业务流量正式切换至目标库,实现生产从源数据库到目标数据库的转移。

8.4.2 过程描述

过程描述如下:

- a) 在业务并线运行时间足够并充分验证生产状态下业务系统在目标数据库的可用性后,可进行生产割接;
- b) 增量数据复制方案下的生产割接需考虑由于时延引起的 RTO 和 RPO,先停止应用对源数据库进行写入,确认源数据库写入任务执行完毕后再确认数据复制完成;
- c) 增量数据复制方案下生产割接开始后,需启动逆向数据复制前先将数据复制的流向切换,再启动目标数据库的增量数据收集。

8.4.3 能力等级标准

能力等级标准如下:

- a) 第1级:初始级
 - 1) 提供基础并行割接方案及详细步骤;
 - 2) 在生产割接前,源数据库可提供读写服务、目标数据库可提供读服务;
 - 3) 在生产割接后,目标数据库可提供读写服务。
- b) 第2级:稳健级
 - 1) 提供基于基础并线割接方案之上的包括详细的割接步骤、各部门职责、各界注意事项等的方案;
 - 2) 在生产割接后,提供回退方案,目标数据库可提供读写服务、源数据库可提供读服务。
- c) 第3级:成熟级
 - 1) 满足稳健级的所有要求;
 - 2) 在生产割接后,提供反向数据复制方案。
- d) 第4级:优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求;

- 2) 利用生产割接工具实现流量切换；
- 3) 在生产割接后，提供目标数据库对源数据库反向数据复制的工具。

8.5 保障优化

8.5.1 概述

在生产成功割接后，采取系列保障优化举措以确保数据库系统稳健运行。

8.5.2 过程描述

过程描述如下：

- a) 实时监控源数据库和目标数据库的运行情况；
- b) 对业务割接后出现的问题提供快速响应处理；
- c) 提供对目标数据库相较源数据库性能下降情况的优化支持；
- d) 如果启动了逆向数据复制，监控其状态和时延；
- e) 实施回切演练，包括但不限于数据校验、应用切换、数据校验、应用验证、应用回切。

8.5.3 能力等级标准

能力等级标准如下：

- a) 第1级：初始级
 - 1) 提供基本的运维服务方案，能够提供不低于5*8小时的服务保障；
 - 2) 对源数据库和目标数据库的运行情况进行监控；
 - 3) 对业务割接后出现的问题进行处理。
- b) 第2级：稳健级
 - 1) 提供标准的运维服务方案，能够提供7*24小时的服务保障；
 - 2) 对源数据库和目标数据库的运行情况进行实时监控；
 - 3) 对目标数据库相较源数据库性能下降情况提供优化支持。
- c) 第3级：成熟级
 - 1) 提供完备的运维服务方案，能够提供7*24小时的服务保障，并具有事件分级和升级机制；
 - 2) 提供能实时监控源数据库和目标数据库的运行情况，并在出现异常时进行报警的工具，报警方式至少包括界面推送、邮件；
 - 3) 迁移完成后，提供对目标数据库进行性能优化的辅助工具；
 - 4) 在生产割接之后，如果启动了反向数据复制，需要监控链路状态和时延；
 - 5) 提供回切演练方案和计划，包括但不限于数据校验、应用切换、应用验证。
- d) 第4级：优化级
 - 1) 满足成熟级的所有要求；
 - 2) 在生产割接之后，如果启动了反向数据复制，需要提供监控链路状态和时延的工具；
 - 3) 回切演练可利用工具完成。

附 录 A
(资料性)
迁移准备阶段评估示例

表A. 1给出了源数据库评估概况列表示例。

表A. 1 迁移评估的源数据库概况

项目	描述	备注
数据库版本		
操作系统版本		
服务器型号		
CPU配置		
.....		
用户数/天		
事务量/天		
客户端应用连接接口		
.....		

表A. 2给出了源数据库对象评估统计列表示例。

表A. 2 迁移评估的对象统计

类型	小计	备注
存储函数		
索引		
大对象		
存储过程		
.....		
表		
触发器		
视图		
.....		

表3给出了源数据库和目标数据库数据类型转换列表示例。

表A. 3 源数据库和目标数据库数据类型转换

序号	源数据库	目标数据库	备注
数值类型			
1	NUMBER	tinyint	
2	NUMBER	smallint	
3	NUMBER	integer	
4	NUMBER	bigint	
.....	
大对象类型			
1	BLOB	blob	

表A.3 源数据库和目标数据库数据类型转换（续）

序号	源数据库	目标数据库	备注
2	CLOB	clob	
.....	
日期时间类型			
1	DATE	date	
.....	

表A.4给出了源数据库和目标数据库函数差异对比列表示例。

表A.4 源数据库和目标数据库函数差异对比

序号	源数据库	目标数据库	功能简要说明
数值函数			
1	REMAINDER (n2, n1)	/	取第一个参数除以第二个参数的余数
2	ABS (n)	abs (x)	绝对值
3	ACOS (n)	acos (x)	反余弦
4	ASIN (n)	asin (x)	反正弦
.....
字符函数			
1	SUBSTR	substring	提取子串
2	reverse (str)	reverse (str)	返回反转的字符串
.....