

团 体 标 准

T/ZJSZJJ 0006—2025

数据库 SQL 转换中间件通用技术规范

General technical specifications for database SQL conversion middleware

2025-12-05发布

2025-12-06实施

浙江省数字经济联合会

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 参考模型 .....	2
5 基本服务 .....	2
6 功能要求 .....	3
7 运维管理服务 .....	4
8 安全要求 .....	5
9 非功能要求 .....	5

## 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。

本文件浙江省数字经济联合会提出并归口管理。

本文件起草单位：福建亿榕信息技术有限公司、国网信息通信产业集团有限公司。

本文件起草人：程明、蔡清远、张富林、程凯、郭伟强、许志毅、李建华、林诚健、杨玉霞、李一。

# 数据库 SQL 转换中间件通用技术规范

## 1 范围

本文件规定了数据库 SQL 转换中间件的技术架构、基础服务、SQL 差异规则库、SQL 语法解析器、SQL 语法转换器、运维管理服务、安全要求及非功能性技术要求。

本文件适用于数据库适配场景的开发、应用和测试，也可作为数据库 SQL 转换中间件产品质量评测及用户选型的依据。

## 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本文件。

### 3.1

#### 中间件 Middleware

在系统软件和应用软件之间提供连接的依赖、驱动或独立软件。

### 3.2

#### 数据库管理系统 Database Management System

用于管理和组织数据，并提供对数据的访问、存储和操作功能的软件系统。

### 3.3

#### 异构数据系统 Heterogeneous Data System

由不同数据来源或不同访问方式的关系型数据库系统组成的集合。

### 3.4

#### 数据库中间件 Data Integration Middleware

向应用系统提供对异构数据系统统一数据访问能力的中间件依赖包、软件或工具。

### 3.5

#### Java 数据库连接 Java Database Connectivity (JDBC)

一种用于在 Java 应用程序中连接和操作数据库的 API, 使开发人员能够编写与特定数据库无关的 Java 应用程序。

### 3.6

## 结构化查询语言 Structured Query Language (SQL)

一种用于管理和操作关系型数据库的标准化语言。

### 3.7

#### SQL 兼容 SQL Compatible

指同样的 SQL 语句可通过数据库中间件对不同数据库进行查询或其他操作的能力。

### 3.8

#### 抽象语法树 Abstract Syntax Tree (AST)

源代码语法结构的一种抽象表示，以树状形式表现编程语言的语法结构，树上的每个节点表示源代码中的一种结构。

## 4 参考模型

数据库SQL中间件由SQL差异规则库、SQL语法解析器、SQL语法转换器组成。其总体架构见图 1。

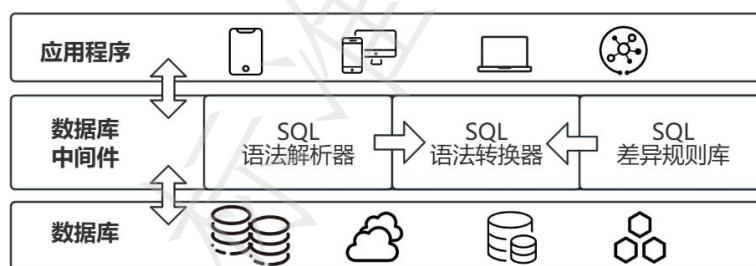


图1 数据库SQL转换中间件总体架构

## 5 基本服务

### 5.1 连接管理

支持多种数据库连接协议，如 JDBC、ODBC、OCI、ADO.NET 等；能自动检测连接的有效性，在连接失效时进行重连；支持连接的优先级设置，保障关键业务的连接资源。

### 5.2 事务管理

支持本地事务与分布式事务，分布式事务应符合 XA 规范；提供事务的隔离级别设置，可根据业务需求配置读未提交、读已提交、可重复读、串行化等隔离级别；支持事务的超时设置与自动回滚机制，当事务执行超时或发生异常时，能自动回滚以保证数据一致性。

### 5.3 连接池管理

支持连接池的创建、配置和监控，可配置连接池的初始连接数、最大连接数、最小连接数、连接超时时间等参数；具备连接池的动态调整能力，能根据业务负载自动增减连接数量；支持连接的复用机制，减少连接创建和销毁的开销，提高性能。

## 5.4 日志服务

记录中间件运行日志、SQL 转换日志及错误日志，日志内容应包含时间戳、操作对象、操作内容、结果状态等信息；支持日志的分级记录，如 DEBUG、INFO、WARN、ERROR、FATAL 等级别；提供日志的过滤和查询功能，方便定位问题。

## 5.5 配置管理

支持动态配置加载、更新和持久化，配置修改后无需重启中间件即可生效；提供配置的版本管理和历史记录查询，可回滚到之前的配置版本；支持配置变更的审批流程与审计日志；支持配置的导入导出功能；支持配置的迁移和备份。

## 5.6 数据缓存服务

支持对常用 SQL 查询结果的缓存，可配置缓存的有效期和缓存策略；能自动检测数据的更新，及时刷新或失效缓存，保证缓存数据的一致性；支持缓存的分布式管理，在集群环境下确保缓存数据的同步。

# 6 功能要求

## 6.1 SQL 差异规则库

### 6.1.1 概述

SQL 差异规则库包含标准 SQL 语法（接近 Oracle 与 MySQL 语法）与各关系型数据库间的 SQL 语法差异规则，包含函数、数据类型、特殊语法、关键字的转义等转换规则。

### 6.1.2 技术要求

SQL 差异规则库需满足以下要求：

- a) 支持多种主流数据库的 SQL 语法，包括但不限于 MySQL、Oracle、SQL Server、PostgreSQL 以及 GaussDB、OceanBase、TDSQL 等，以使用户可以在不同数据库之间进行转换；
- b) 应具备强大的规则引擎，能够解析和转换复杂的 SQL 语句，包括 SELECT、INSERT、UPDATE、DELETE 等语句，以及各种 SQL 函数和操作符；
- c) 应包含丰富的转换规则，能够涵盖各种 SQL 语法的转换需求，包括语法结构、数据类型、函数、存储过程等方面的转换规则；
- d) 应具备良好的可扩展性及定制性，能够方便地添加函数等类型转换规则，以应对不断变化的数据库和 SQL 语法；
- e) 应支持不同数据库 SQL 语法转换规则配置。

## 6.2 SQL 语法解析器

### 6.2.1 概述

SQL 语法解析器能够将 SQL 拆分为清晰的语法结构，如语法树等，由特定的一种或多种 SQL 解析技术封装而成。

### 6.2.2 技术要求

SQL 语法解析器需满足以下要求：

- a) 应具备广泛的兼容性，能够解析 Oracle、MySQL、PostgreSQL 等不少于 3 种数据库系统的 SQL 语句；
- b) 应支持将 SQL 语句解析为具备语义的数据结构，如语法树（AST），面向对象封装等，以便进行后续的语义分析和优化处理；
- c) 应支持识别 SQL 语句中的关键字、表名、列名、函数等元素，并进行语法验证；
- d) 应支持 SQL 新语法规则和新数据类型的扩展功能，可通过插件或配置方式进行扩展以兼容特殊数据库语法；
- e) 应支持检测和处理 SQL 语句中的错误，包括语法错误、语义错误等，给出相应的错误提示和建议。

## 6.3 SQL 语法转换器

### 6.3.1 概述

SQL 语法转换器提供将基于标准 SQL 语法的 SQL 语句转换为目标异构关系型数据库可运行的 SQL 语句，达到同样的 SQL 在不同的数据库执行可得到同样的结果。

### 6.3.2 技术要求

SQL 语法转换器需满足以下要求：

- a) 应支持将一个数据库的 SQL 语法转换为另一个数据库的 SQL 语法的功能；
- b) 应支持将 SQL 语句中使用的特定函数、语法结构等转换为目标数据库支持的对应形式；
- c) 应支持源码级别的拓展和更新，可匹配具体需求和语法进行转换能力拓展；  
支持根据预定义的转换规则，将输入的 SQL 语句转换为目标语法形式，包括语法结构的转换、关键字的替换等；
- d) 支持检测和处理转换过程中可能出现的错误，包括语法错误、语义错误等；
- e) 支持对转换后的 SQL 语句进行语义分析，确保转换后的语句符合语义规范；
- f) 支持不同版本的 SQL 语法转换，包括支持新的语法规则、新的数据类型等。

## 7 运维管理服务

### 7.1 配置管理

支持中间件参数、连接池、日志级别、转换规则、缓存策略等的动态配置；提供配置的可视化界面，方便管理人员进行操作；支持配置的权限管理，不同角色只能修改其权限范围内的配置。

### 7.2 监控诊断

提供运行时监控，包括连接数、事务数、转换成功率、响应时间、缓存命中率、错误率等指标；支持实时监控数据的图表展示，如折线图、柱状图、饼图等；具备异常监控和告警功能，可设置告警阈值，当指标超过阈值时通过邮件、短信、钉钉等方式通知相关人员；提供诊断工具，能对中间件的性能瓶颈、错误原因等进行分析。

### 7.3 日志服务

支持日志分级、滚动存储、远程查询和下载；可配置日志的存储路径、存储周期和最大存储容量；支持日志的压缩和归档，节省存储空间；提供日志的全文检索功能，可根据关键字、时间范围等快速查询所需日志。

## 7.4 高可用支持

支持集群部署、故障转移和会话同步，集群节点之间能自动进行状态检测和信息同步；当主节点发生故障时，能在 30 秒内自动切换到备用节点，保证业务的连续性；支持会话的持久化存储，在节点切换时能恢复会话状态。

## 7.5 版本管理

支持多版本共存与平滑升级，不同版本之间可独立运行，互不影响；提供版本升级的向导和工具，指导管理人员进行升级操作；支持版本回滚功能，当升级出现问题时能快速回滚到之前的稳定版本。

## 7.6 性能调整

提供性能分析报告，指出中间件运行中的性能问题和优化建议；支持对连接池、缓存等参数进行自动调优，根据业务负载动态调整参数值以提高性能。

# 8 安全要求

## 8.1 传输安全

支持 TLS/SSL 加密传输，密码算法应符合国家密码行业标准，如 SM4 等；对敏感数据（如数据库密码、用户身份信息）在传输过程中进行加密处理；支持证书的管理，包括证书的生成、导入、导出、更新和吊销。

## 8.2 访问控制

支持 IP 白名单、身份认证和权限管理，IP 白名单可配置多个 IP 段，限制只有指定 IP 的设备才能访问中间件；身份认证支持密码认证、密钥认证、生物认证等多种方式，密码应采用加密存储，且具备复杂度要求；权限管理采用基于角色的访问控制（RBAC）模型，可定义不同的角色并分配相应的权限，如管理员、操作员、审计员等。

## 8.3 审计日志

记录关键操作和异常访问行为，包括用户登录、配置修改、SQL 转换、权限变更、错误发生等操作；审计日志应包含操作时间、操作人、操作内容、操作结果、客户端 IP 等信息；审计日志应具备不可篡改性，采用数字签名等方式保证日志的完整性和真实性。

### 防注入攻击

具备 SQL 注入检测与防护机制，能识别常见的 SQL 注入攻击特征，如 UNION 查询、注释符绕过等；对检测到的注入攻击进行拦截，并记录相关日志；支持自定义注入攻击规则，以应对新出现的攻击方式。

## 8.4 数据安全

对中间件存储的敏感数据进行加密处理，如配置信息、审计日志等；支持数据的备份和恢复功能，定期自动备份数据，并能在数据丢失或损坏时快速恢复，支持自定义注入攻击规则库更新。

# 9 非功能要求

## 9.1 兼容性

兼容性应包括:

- a) 与主流数据库语法兼容, 应支持 Oracle、MySQL、PostgreSQL、GaussDB、OceanBase、TDSQL 等主流数据库语法;
- b) 不与应用系统中已有软件依赖包冲突;
- c) 向下兼容旧版本数据库 SQL 转换中间件, 保证不同版本之间互不影响。

## 9.2 低侵入性

低侵入性应包括:

- a) 中间件的接入过程不应要求对应用程序的代码进行修改, 可以通过配置或者透明的方式实现与应用的集成, 可无缝替换原有的数据库驱动;
- b) 中间件的引入不应增加系统的风险, 应经过充分的测试和验证, 确保稳定性和可靠性;
- c) 中间件的操作应对应用程序透明, 即应用程序无需感知中间件的存在, 可以直接与中间件交互, 而不需要额外的处理;
- d) 应支持 SDK 及 API 接口调用方式。

## 9.3 高可靠性

高可靠性应包括:

- a) 数据库中间件遭遇故障时, 应提供健全的容错机制, 确保故障不会蔓延至整个应用系统;
- b) 数据库中间件发生错误时, 应支持在应用程序日志或专门的日志文件中记录详细的错误信息。

## 9.4 可拓展性

可拓展性应包括:

- a) 应支持高度可拓展的设计模式, 如策略模式、工厂模式、模板方法等进行基础设计;
- b) 提供针对数据库的开发接口, 适应接入新类型数据库的接入需求;
- c) 应支持函数等 SQL 语法规则配置方式, 以适应不同数据库函数的变化。

## 9.5 效率

应用程序集成数据库SQL转换中间件后的性能要求如下:

- a) 平均响应时间不低于 3 秒;
  - b) 事务失败率不超过 0.1%;
  - c) 性能损耗不高于 10%;
  - d) 转化准确率大于等于 98%。
-