

王军,黄经国,余丹,等.2023.分析数据库 ClickHouse 在国家地球物理台网中心的应用[J].地震研究,46(1):308–314,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2023.0019.

Wang J,Huang J G,Yu D,*et al.* 2023. Application of the analytical database ClickHouse in the National Geophysical Observatory Network Center[J]. *Journal of Seismological Research*,46(1):308–314,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2023.0019.

# 分析数据库 ClickHouse 在国家地球物理 台网中心的应用\*

王 军,黄经国,余 丹,纪寿文,王方建

(中国地震台网中心,北京 100045)

**摘要:**面对日益增长的地球物理观测数据,传统的 Oracle 数据库已经力不从心。根据地球物理历史数据可大量被读取的使用特点,通过技术选型,以具备横向扩展能力的分布式 OLAP 数据库 ClickHouse 作为数据底座,重新设计适用于 ClickHouse 的地球物理观测数据表结构。经过全库迁移、增量迁移和数据对比,国家地球物理台网中心的 Oracle 数据库中约 13 TB 的数据已经迁移到 ClickHouse 并每日更新。实际测试表明:ClickHouse 显著提升数据读写性能,增强了数据统计查询能力,并且通过多副本保证了数据库的一致性和安全性。

**关键词:** ClickHouse; 大数据; 地球物理台网; 观测数据

**中图分类号:** P315–391.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000–0666(2023)01–0308–07  
doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2023.0019

## 0 引言

2007 年我国建成“十五”数字地震观测网络,中国地震台网中心是该网络的数据汇集与存储中心,汇集了地下流体、地电、形变、重力、地磁 5 个学科的全国地球物理观测数据。这些数据都存储在按“十五”数据库结构设计的 Oracle10g 数据库中(周克昌等,2009)。随着观测仪器的增多和高采样率仪器的入网,目前存储的数据已占用 13 TB 磁盘空间,如此庞大的数据库逐渐显现数据访问速度较慢、使用不方便等问题,给数据的分析应用带来挑战。一些研究表明,通过使用 OCI 接口(王军等,2008,2016)、CLOB 字段压缩、并行化读取等技术手段进行优化(王建军等,2019;刘坚等,2019;李井冈等,2008;陈晓琳等,2020),可以在一定程度上提升数据库的读写速度。但受限于 Oracle 的单节点 I/O 瓶颈(尽管 Or-

acle 有 RAC,但存储仍是共享的)(谷长勇等,2011),这些优化手段的效果随着数据量的增长会逐渐减弱,没有从根本上解决性能问题。

ClickHouse 是一个开源、免费的联机分析处理(On-Line Analytical Processing,简称 OLAP)数据库,相对于传统的联机事务处理(On-Line Transaction Processing,简称 OLTP)数据库,如 Oracle 和 MySQL,ClickHouse 具有按列存储、使用预计算加速聚合函数查询、自带数据压缩、向量化引擎、可以在多个服务器上分布式处理等优点(朱凯,2020);同时,也比行式数据库具有更高的性能(Wickramasekara *et al.*, 2020; Dwivedi *et al.*, 2012)。此外,ClickHouse 还具备横向扩展能力,可以通过向集群增加新的节点来提升数据处理能力。ClickHouse 的缺点是不支持事务、不支持严格意义上的数据删除和更新,但在实际应用中影响不大或者可以采用一些技术手段加以克服。ClickHouse 集群支持数据自动复制,支持数据的完整性

\* 收稿日期:2022–02–15.

基金项目:公共安全信息化工程(中国地震局建设项目)(12151013401)。

第一作者简介:王 军(1979–),高级工程师,主要从事地震监测数据管理与软件开发.E-mail: wangjun825@163.com.

和最终一致性；集群中的节点没有主从之分，不会因为主服务器故障导致服务不可用。相对于 Tdengine 和 IOTDB 等分布式时序数据库（王焕涛等，2021），ClickHouse 的数据类型更丰富，对 SQL（结构化查询语言，Structured Query Language）语句的支持更广泛，系统也更成熟和稳定（李亚臣，2021）。经过选型对比，本文使用 ClickHouse 作为分析数据库进行设计，并将原始数据和预处理数据向 ClickHouse 进行迁移，最后对 Oracle 数据库和 ClickHouse 数据库进行对比研究。

## 1 数据库设计

### 1.1 基础信息

原 Oracle 数据库中保存着国家地球物理台网的基础信息，比如台站、井泉、洞体、观测室等，这些信息的完整性要求较高，而且含有多达上百兆字节的 BLOB（Binary Large Object，二进制大对象）字段，如台站建设报告，仍然需要存储在关系数据库中。考虑到 ClickHouse 自带访问 MySQL 数据库的引擎，可以实现 ClickHouse 和 MySQL 的表的跨库连接，所以把基础信息迁移到 MySQL 中，表结构仍然保持不变。

### 1.2 “十五”观测数据表结构

“十五” Oracle 数据库中，观测数据按测项、数据类型、采样率进行分表设计存储，表结构类似。以水位数据为例，原始数据分钟采样表名为 QZ\_411\_DYS\_01，其中“411”是水位的测项代码，“DYS”为原始数据，“01”为采样率，结构设计见表1。存储时序观测数据的字段是 obsvalue，类型是 CLOB（Character Large Object，字符大对象），内容是空格分隔的以 ASCII 码表示的字符串数据。

表1 “十五” Oracle 数据库中的水位数据分钟采样表结构

Tab.1 Structure of the water-level data table (sampling rate: per minute) in the Oracle database in the 10th Five-Year Plan period

字段描述	字段名	字段类型及长度	主键	NULL
起始时间	startdate	DATE	√	—
台站代码	stationid	CHAR(5)	√	—
测点编码	pointid	CHAR(1)	√	—
测项分量代码	itemid	CHAR(4)	√	—
采样率代码	samplerate	CHAR(2)	—	√
观测值序列	obsvalue	CLOB	—	—
预处理标志	processingflag	NUMBER(1)	—	√

### 1.3 ClickHouse 的特性与表结构设计

#### (1) 本地表和分布式表

ClickHouse 本地表是存储在本地磁盘上的，对它的操作只影响本节点上的数据。分布式表可以理解为集群所有分片上的本地表的合并视图，对分布式表的操作会根据分片规则映射到相应的分片节点上。分片规则必须是以数值类型定义，实际应用中使用数据的年份进行分片，即将相同年的数据放在同一分片上。

#### (2) 日期类型

ClickHouse 的日期字段是 DateTime 类型，与标准的 Unix 时间戳一样，不能表示 1970 年 1 月 1 日以前的日期。据了解，Tdengine、IOTDB 等数据库也不支持。由于 Oracle 中有 1970 年前的数据，所以实际使用 64 位的整型数来存储时间戳，含义与 Unix 时间戳一致，代表 1970 年 1 月 1 日 0 时以来的毫秒数（负数为 1970 年前），与 Java 语言中 Date 类型的 getTime 方法得到的时间戳相同。

#### (3) 主键

ClickHouse 的主键与传统意义上的主键概念不同，它的主键主要用来建立索引查找数据更快，但是不具备唯一性约束，即相同主键的数据可以插入到同张表中。

#### (4) 表引擎

ClickHouse 最广泛使用的表引擎是 MergeTree 家族，它有很多分支。比如 ReplicatedMergeTree 是指集群中的表，它可以自动在副本之间同步数据。ClickHouse 不具备真正的更新和删除功能，它的删除和更新需通过后台的合并来间接实现，合并的时间不可预知。而在实际应用中，原始和预处理数据都有少量的更新需求，使用 ReplacingMergeTree 引擎引入一个版本列可以保证最终数据表里相同主键的数据只保留 1 条。考虑到多副本的数据安全性，最终所有的本地表都用 ReplicatedReplacingMergeTree 表引擎来建立。

为保持与原 Oracle 数据库设计的兼容，Oracle 数据表中所有字段都保留，obsvalue 字段则被拆分为时序数据格式单独建表存放。为利用 ClickHouse 的高速查询优势，将 Oracle 数据库中所有原始和预处理记录合并到一张表中，但不包含 obsvalue 字段。ClickHouse 数据记录表结构见表 2，分布式表与本地表字段相同。

表 2 ClickHouse 数据记录表结构

Tab. 2 Structure of the data-record table in ClickHouse

字段描述	字段名	字段类型及长度	主键	NULL
数据时间	time_stamp	Int64	√	—
数据类型	type	FixedString(3)	√	—
台站代码	station_id	FixedString(5)	√	—
测点编码	point_id	FixedString(1)	√	—
测项分量代码	item_id	FixedString(4)	√	—
采样率代码	sample_rate	FixedString(2)	√	—
预处理标志	processing_flag	Nullable(Int8)	—	√
插入时间	insert_time	DateTime	—	—

(5) 时序数据表

原 Oracle 中的 obsvalue 字段存储的是以空格分隔的字符串数据块。在 ClickHouse 中, 该字段需要拆分成单个的数据按对应的时间戳, 并以每行一个数据方式存储。为提高存储和查询效率, 时序数据按测点、数据类型(原始、预处理或产品)和采样率建表。为了保证数据迁移后的精度, 时序数据用 Decimal 类型保存。以中国地震局地质研究所白浮台(代码 03002)测点 3 气象三要素观测仪原始分钟采样数据为例, 本地表名为 DYS\_01\_03002\_3, 分布式表名为 DYS\_01\_03002\_3\_ALL。本地表结构见表 3, 分布式表字段与本地表相同。

表 3 ClickHouse 原始数据表结构

Tab. 3 Structure of the original data table in ClickHouse

字段描述	字段名	字段类型及长度	主键	NULL
数据时间	time_stamp	Int64	√	—
测项分量 1	item_9130	Nullable[Decimal(18,9)]	—	√
测项分量 2	item_9140	Nullable[Decimal(18,9)]	—	√
测项分量 3	item_9110	Nullable[Decimal(18,9)]	—	√
插入时间	insert_time	DateTime	—	—

(6) 产品数据表

产品数据表包括均值类产品数据和学科专业产品数据。均值类产品数据主要由预处理软件产生, 在 Oracle 中的表结构比原始和预处理表仅缺少 processingflag 字段, 所以均值产品数据在 ClickHouse 中可与原始和预处理数据一样, 将均值产品的观测数据序列拆分到时序表(表 3), 将记录中其它信息存放在数据记录表(表 2)中, 用数据类

型字段对均值产品类型进行区分。学科专业产品数据在 Oracle 中的表结构与原始或预处理数据差异很大, 需要根据各自特点分别设计, 此处不再赘述。

(7) 日志表

日志表包括仪器运行日志表和观测日志表, 这两类表在 Oracle 中的表结构按测项进行分表。因为日志表每行数据量较小, 而且不含有 LOB 字段, 所以在 ClickHouse 中可以将各测项合并到 1 张表。仪器运行日志表结构见表 4, 观测日志表结构见表 5。

表 4 ClickHouse 仪器运行日志表结构

Tab. 4 Structure of the instrument-log table in ClickHouse

字段描述	字段名	字段类型及长度	主键	NULL
发生时间	time_stamp	Int64	√	—
仪器 ID	instr_id	String	√	—
信息号	infor_no	Int16	√	—
信息类型代码	infor_id	String	—	—
信息描述	infor_desc	Nullable(String)	—	√
插入时间	insert_time	DateTime	—	—

表 5 ClickHouse 观测日志表结构

Tab. 5 Structure of the observation-log table in ClickHouse

字段描述	字段名	字段类型及长度	主键	NULL
台站代码	station_id	FixedString(5)	√	—
测点编码	point_id	FixedString(1)	√	—
测项分量代码	item_id	FixedString(4)	√	—
起始时间	start_timestamp	Int64	√	—
结束时间	end_timestamp	Int64	√	—
日志类型代码	evt_id	Int16	—	—
日志描述	evt_desc	String	—	—
日志填写人员	log_person	String	—	—
是否进行了预处理	is_processed	Nullable(Int8)	—	√
是否自动处理	is_auto_processed	Nullable(Int8)	—	√
处理软件名称	process_software	Nullable(String)	—	√
置为 NULL 数据个数	pro_null_num	Nullable(Int32)	—	√
处理人员	evt_person	Nullable(String)	—	√
处理流程和依据	evt_processing	Nullable(String)	—	√
处理时间	pro_date	Nullable(DateTime)	—	√
预处理描述	pro_desc	Nullable(String)	—	√
备注	evt_note	Nullable(String)	—	√

## 2 历史数据迁移

考虑到 Oracle 中最常用的是原始数据和预处理数据，而且表结构基本相同，所以先将原始和预处理数据迁移到 ClickHouse 数据库。

### 2.1 数据目录

在进行数据迁移之前，需要掌握 Oracle 中的数据量、数据分布等。由于 Oracle 中的表按照数据类型、测项代码、采样率进行分表，所以通过编写 PL/SQL 过程来扫描数据库中所有仪器的数据目录并保存到 Oracle 中，数据目录表结构见表 6。扫描过程为：①读取数据库中所有的原始和预处理数据表名。②对每张原始或预处理表，按照台站代码、测点编码、测项分量代码进行分组，查询每个测项分量的数据起止时间、行数、字节数、时间戳最大值，将这些信息保存到数据目录表。

表 6 Oracle 数据目录表结构

Tab. 6 Structure of the data-catalog table in Oracle

字段描述	字段名	字段类型及长度	主键	NULL
数据表名	tb_name	VARCHAR(20)	√	—
台站代码	stationid	CHAR(5)	√	—
测点编码	pointid	CHAR(1)	√	—
测项分量代码	itemid	CHAR(4)	√	—
记录行数	row_cnt	NUMBER	—	√
数据最早时间	min_date	DATE	—	√
数据最晚时间	max_date	DATE	—	√
字节数	bytes	NUMBER	—	√
最大时间戳	max_index	NUMBER	—	√
是否导出	exported	NUMBER(1)	—	√
迁移是否出错	copy_error	NUMBER(1)	—	√
是否有增量数据	has_new	NUMBER(1)	—	√
迁移到 ClickHouse 的最大时间戳	latest_index	NUMBER(1)	—	√

### 2.2 数据迁移

数据迁移分为两个阶段：第一阶段一次性迁移全量数据；第二阶段每天迁移增量数据。迁移的基本单位是 ClickHouse 中的时序数据表，即某测点的某采样率的原始或预处理数据，采用多线程

方式并行提高迁移速度。

由于“九五”向“十五”并网等历史原因，Oracle 数据库中的部分数据时间戳字段为 0，所以要进行一次全表数据迁移，完成全量数据迁移后，再针对每天 Oracle 增加的数据定时进行复制。全量数据迁移和增量数据迁移的流程相似，主要区别在于是否对数据按时间戳进行筛选。增量数据迁移的流程见图 1。

### 2.3 数据对比

为保证数据迁移的准确性，笔者编写程序将 Oracle 与 ClickHouse 的数据进行对比。如果有错误就将信息输出到日志文件，排查原因后重新迁移。分析得出，除程序自身的 BUG 外，大多为数据格式或数据精度造成的错误。

## 3 应用效果

本次共迁移 Oracle 中 265 张表共 5 355 个测点的原始和预处理数据，并从以下几个方面将 OLTP 数据库和 ClickHouse 数据库进行对比。

### 3.1 磁盘占用

迁移前 Oracle 占用约 13 TB 磁盘空间，迁移后 ClickHouse 单个副本占用约 4 TB 节的三分之二空间。原因是 Oracle 数据库同一观测对象的时序数据重复部分较多，而 ClickHouse 是按列存储并自带数据压缩。

### 3.2 服务器配置

ClickHouse 是分布式分析数据库，根据实际资源和数据安全需求，在中国地震台网中心使用 4 台服务器来部署 ClickHouse，即 2 个分片 2 个副本的节点模式，节点服务器配置见表 7。Oracle 服务器为单节点。为减少网络传输开销，测试程序在服务器上运行，服务器配置与 ClickHouse 节点相同。

### 3.3 时序数据读取

以地磁、形变、流体 3 个学科的各 1 套仪器对 Oracle 和 ClickHouse 时序数据读取进行对比，结果见表 8。由表 8 可知，ClickHouse 读取速度为 Ovalle 的 5 ~ 6 倍；对于相同的查询任务，ClickHouse 的 CPU 占用率较 Oracle 稍高，IO 等待率较 Oracle 低，内存占用两者相当。可见，数据量越大，ClickHouse 的性能优势越明显。

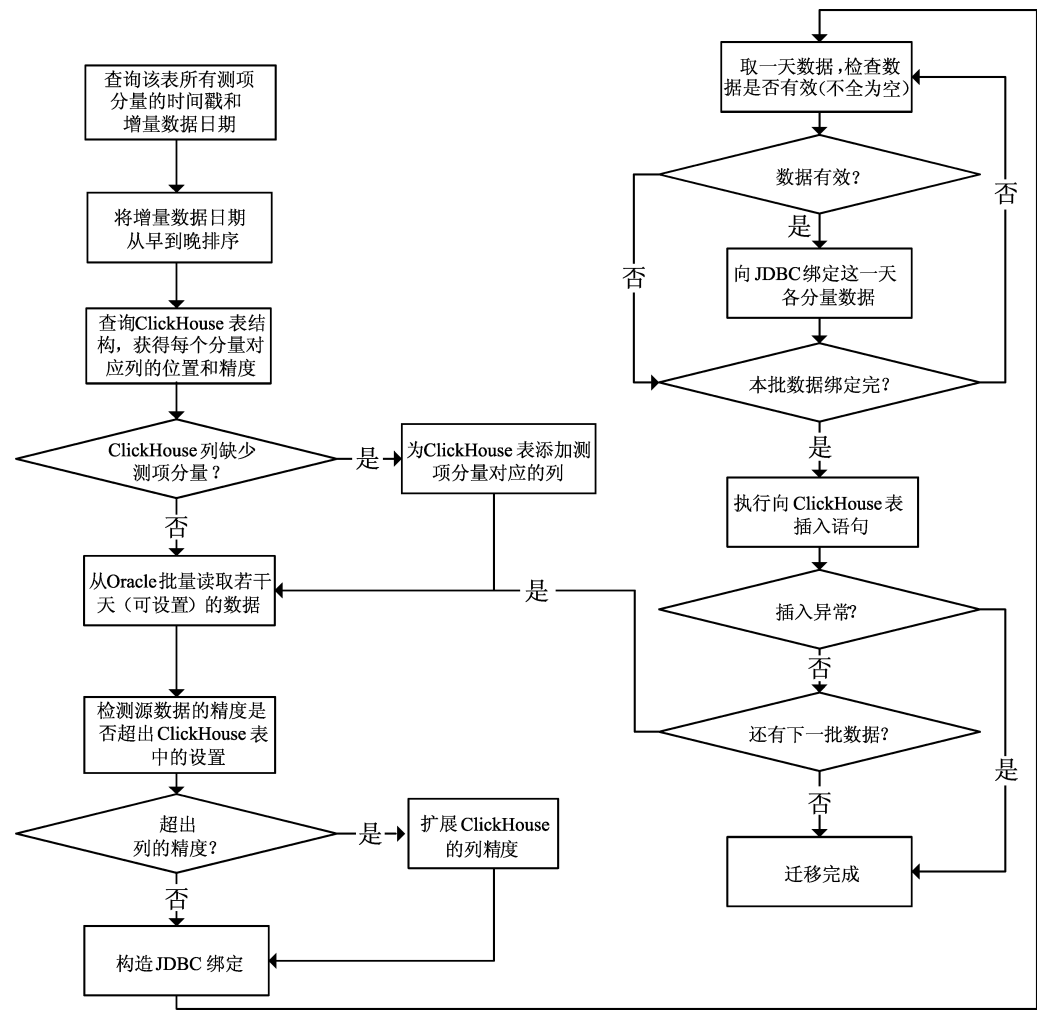


图 1 增量数据迁移流程图

Fig. 1 Flowchart of incremental data migration

表 7 服务器配置

Tab. 7 Configuration of servers

数据库	CPU 型号	物理 CPU 个数	逻辑 CPU 个数	内存	存储方式	占用空间/TB
Oracle	Intel(R) Xeon(R) CPU E7 - 4820@ 2.00 GHz	4	64	64 G	光纤连接磁盘阵列	13
ClickHouse	Intel(R) Xeon(R) Gold 6248 CPU @ 2.50 GHz	2	80	256 G	本地硬盘	4(单副本)

表 8 时序数据读取对比

Tab. 8 Comparison of the time series data reading in Oracle and ClickHouse

学科	台站	仪器	采样率	数据量/d	Oracle				ClickHouse			
					读取时间/s	CPU 使用率 (%)	内存使用/GB	IO 等待率 (%)	读取时间/s	CPU 使用率 (%)	内存使用/GB	IO 等待率 (%)
地磁	天津静海	自动化地磁台站系统	秒	5 386	4 416	2	5	3	352	7	6	0. 1
形变	安徽金寨	宽频带倾斜仪	秒	3 027	1 080	2	4	3	123	7	5	0. 2
流体	安徽庐江	数字水位仪	分	8 126	22	2	4	2. 8	5	6	5	0. 1

注: ClickHouse 存在副本, CPU 等指标为占用资源较多的 2 个节点的指标平均值; Oracle 使用多进程模型, 内存占用为估计值。

### 3.4 表的连接

ClickHouse 支持表连接查询, 并提供 ALL、ANY、ASOF 3 种连接策略。考虑这样的需求, 查询所有仪器的测项分量名称、仪器名称、台站名称和机构名称。该查询需要连接台站信息表、机构信息表、仪器信息表、台站仪器运行信息表、台站测项分量信息表、测项分量信息表。该查询 Oracle 用时约 350 ms, ClickHouse 用时约 280 ms。此外, 对表连接查询性能要求较高的场合, ClickHouse 可以使用 Join 和 Dictionary 表引擎将数据常驻内存来加速查询。

### 3.5 其它查询

有些查询需求, 如查询天津市 2021 年的数据条数, 在 Oracle 中需要遍历所有测项相关的数据表, 而在 ClickHouse 中仅需要一条 SQL 语句就可以完成; 如查询某时间段的数据均值, ClickHouse 采用预计算技术因而可以毫秒级返回结果, 而 Oracle 由于数据存储在 CLOB, 无法完成此类查询。

### 3.6 数据的更新问题

对 Oracle 这样的 OLTP 系统, 事务完成就标志着数据达到一致性状态。而 ClickHouse 是后台合并实现更新, 合并时间不可预知。在合并完成前读取数据有可能出现同一主键对应多条记录的情况, 对此有两种处理方式: ①表名后使用 final 关键字表示要读取最终一致的状态, 即合并后的状态, 但这会带来较大的时间开销。②应用程序读取时序数据时按数据时间戳和插入时间这两列进行排序, 将数据按时间戳对齐放到内存时, 如果存在同一主键多条记录的情况, 程序会使用最新的数据覆盖掉之前的数据, 从而保证内存的数据是最新的。从实际读取测试的效果来看, 与不加排序相比, 这种方式带来的时间开销可以忽略。使用 final 关键字的开销较大, 大数据量时更为显著, 读取时序数据时推荐使用第二种方法来解决最新数据问题。

### 3.7 数据的删除问题

ClickHouse 没有事务的概念, 不支持真正意义上的删除, 其删除操作也是通过后台合并实现, 这个过程是异步的。在业务场景中, 预处理软件

删除数据时可以通过将数据置空的方式, 将删除操作转化为更新操作, 由 Replacing 表引擎实现版本更新。极少数场景下, 如果确实需要删除数据, 可以手动触发强制合并数据涉及的分区, 总体延时比 OLTP 系统高, 但在可接受的范围内。

### 3.8 实时数据支持

近年来对地球物理实时数据的应用需求逐渐增加, 而现有 Oracle 原始数据表每行只能按块存储 1 d 的数据, 不能支持实时数据的持久化。在 ClickHouse 中可以将所有仪器的实时数据按行存储到一张表, 充分发挥 ClickHouse 每秒百万行的读写速度优势。还可以设置 TTL (time to live) 自动删除过期实时数据。

此外, 迁移后的 ClickHouse 集群经历过一次磁盘故障的考验, 体现出良好的健壮性。

## 4 结论

本文使用 ClickHouse 作为国家地球物理台网中心的应用数据库, 按照地球物理台网数据的使用特点, 重新设计适合于 ClickHouse 的数据表结构, 并将 Oracle 数据库的 265 张表 (5 355 个测点) 的原始和预处理数据迁移到 ClickHouse, 主要得出以下结论:

(1) 数据迁移后, 大数据量场景下时序数据读取速度提升约 5 ~ 10 倍, 占用磁盘空间仅为 Oracle 的三分之一, 同时通过多副本增强了系统的高可用性和数据安全性。

(2) ClickHouse 支持常用的表连接策略, 连接性能与 Oracle 相当, 并且支持与 MySQL 数据库的跨库连接。

(3) ClickHouse 的数据更新问题可以使用 Replacing 表引擎以及数据读取时 in 应用端对齐的方法解决。

由于时序数据的存储结构发生较大变化, 地球物理数据处理和分析软件也需要做出相应修改, ClickHouse 的应用还有很多工作要完成。ClickHouse 可以跟其他大数据组件如 Kafka、Pulsar 等消息中间件, 以及 Spark、Flink 等计算框架紧密集成, 未来可以建设大数据架构下的流批一体化地球物理数据处理平台。

### 参考文献:

- 陈晓琳,李盛乐,刘坚,等. 2020. 分布式数据库 Greenplum 在地震前兆数据存储中的应用[J]. 地震研究,43(2):412-416.
- 谷长勇,吴逸云,单永红,等. 2011. Oracle 11g 权威指南(2 版)[M]. 北京:电子工业出版社.
- 李井冈,姚运生,李胜乐,等. 2008. 基于 Oracle 的地震前兆数据库表结构对比[J]. 计算机工程与设计,29(1):243-245.
- 李亚臣. 2021. 基于 ClickHouse 的用户事件分析系统的设计与实现[J]. 信息与电脑,33(9):4.
- 刘坚,李胜乐,王子影. 2009. 基于 LZMA 的数据库压缩存储应用研究[J]. 大地测量与地球动力学,29(6):144-147.
- 王焕涛,周念,陈俊彦. 2021. 基于时序数据库的氢能源动力监测系统的设计[J]. 电子技术与软件工程,(16):2.
- 王建军,赵银刚,刘高川. 2019. 地震前兆 Oracle LOB 数据压缩与交换及其访问效率研究[J]. 地震研究,42(3):447-453.
- 王军,方召盟,何案华,等. 2016. 电扰动仪数据处理软件的设计和实现[J]. 震灾防御技术,11(3):667-673.
- 王军,赵刚,何案华,等. 2008. 通过 C++ 类封装 Oracle 调用接口实现地热数据库的快速建库与访问[J]. 地震研究,31(3):293-297.
- 周克昌,蒋春花,纪寿文,等. 2010. 地震前兆数据库系统设计[J]. 地震,30(2):143-151.
- 朱凯. 2020. ClickHouse 原理解析与应用实践[M]. 北京:机械工业出版社.
- Dwivedi A K, Lamba C S, Shukla S. 2012. Performance analysis of column oriented database vs row oriented database[J]. International Journal of Computer Applications,50(14):31-34.
- Wickramasekara A, Liyanage P P, Kumarasinghe U. 2020. A comparative study between the capabilities of MySQL and ClickHouse in low-performance Linux environment[C]//University of Colombo School of Computing. Conference Proceedings of the 20th International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer) - 2020. Sri Lanka.

## Application of the Analytical Database ClickHouse in the National Geophysical Observatory Network Center

WANG Jun, HUANG Jingguo, YU Dan, JI Shouwen, WANG Fangjian  
(China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China)

### Abstract

Traditional Oracle database has been unable to cope with the rapidly-growing seismic geophysical observation data. To meet the need of mass data processing of the historical geophysical data from the National Geophysical Observatory Network Center, through technology selection, the distributed OLAP database ClickHouse with horizontal expansion capability is used to redesign the structure of the data table which is suitable for ClickHouse. By full database migration, incremental migration, and data comparison, about 13 TB data in the Oracle database have been migrated to the ClickHouse database and have been keeping daily updating. Tests show that in ClickHouse, the performance of data reading and writing is significantly improved, the capability of data query is enhanced, and the consistency and security of the database is guaranteed through multiple copies.

**Keywords:** ClickHouse; big data; geophysical networks; observation data