day03-MySQL备份与恢复（重点）

一、学习目标

1、引言

俗话说"手里有粮，心里不慌"，这句话应用在数据库运维领域同样有效。对于重要的数据做好备份，是我们每个系统运维以及数据库运维的重要职责。备份只是一种手段，我们最终目的是当数据出现问题时能够及时的通过备份进行恢复。

2、课程目标

- [ ] 了解MySQL常见的备份方式和类型
- [ ] 能够使用mysqldump工具进行数据库的备份。如全库备份，库级别备份，表级别备份
- [ ] 能够使用mysqldump工具+binlog日志实现增量备份
- [ ] 理解xtrabackup工具实现增量备份的原理和方法
- [ ] 能够使用xtrabackup工具对数据库进行全备和增备
- [ ] 重点：逻辑备份（mysqldump）+ 物理备份（xtrabackup）

二、MySQL备份与还原

1、什么是数据库备份?

数据库备份是指对数据库中的数据进行复制和存储，以便在数据丢失或损坏时进行恢复。数据库备份通常包括表、记录、索引、配置等关键数据和结构。

2、数据库备份的常用方式

数据库备份的常用方式：逻辑备份 与 物理备份

逻辑备份：

内容：备份的是数据库的结构和数据

工具：常用 `mysqldump`

特点：可读性强，跨平台，可用于部分恢复和迁移

场景：适合中小型数据库

物理备份：

内容：备份的是数据库文件（物理数据文件、日志文件binlog二进制日志以及配置文件my.cnf）

工具：常用 `xtrabackup`

特点：备份速度快，恢复效率高

场景：适合大规模数据库

> binlog：二进制日志，可以手工配置log-bin，这个日志主要负责把用户对数据库的增、删、改等事务型的SQL语句记录在binlog日志中，方便未来对数据进行查找与恢复！

3、数据库备份核心

数据库：可以简单理解为一堆物理文件的集合 => 数据文件 + 日志文件 + 配置文件

① 数据文件

② 配置文件 => my.cnf

③ 日志文件（主要是二进制日志文件） => binlog日志（MySQL8以后默认开始） => 记录对数据库的增删改操作

4、数据引擎与备份的关系

MySQL体系结构

4.1 存储引擎层

存储引擎层：简单来说，就是数据的存储方式。在MySQL中，我们可以使用 `show engines` 查看当前数据库版本支持哪些引擎，常见的数据存储引擎：InnoDB、MyISAM等等

MyISAM与InnoDB 引擎的对比表：

特性	MyISAM	InnoDB
事务支持	不支持	支持（ACID特性）
外键支持	不支持	支持
锁机制	表级锁	行级锁
适用场景	读多写少的应用，查询性能好	高并发写操作的应用
崩溃恢复	数据损坏风险高，无法自动恢复	自动恢复，数据更安全
存储结构	每个表有单独的文件	表和索引存储在共享表空间

性能	查询性能较好，但不支持事务处理	支持事务处理，写操作性能较高

> 面试题：MySQL中，MyISAM、InnoDB引擎的区别?

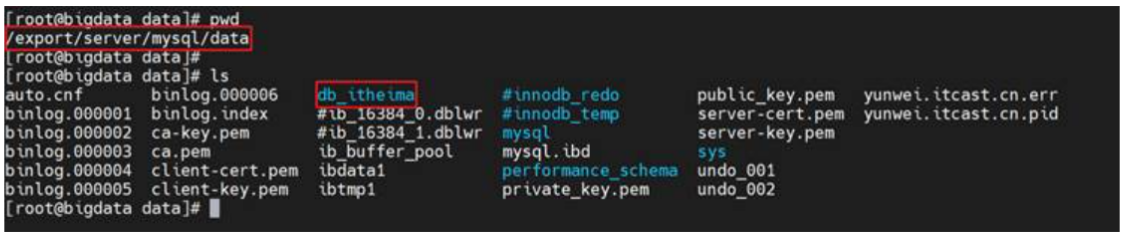
4.2 数据文件存储

问题：数据库到底是如何保存数据文件的?

代码块

```
1   mysql> create database db_itheima default charset=utf8;
```

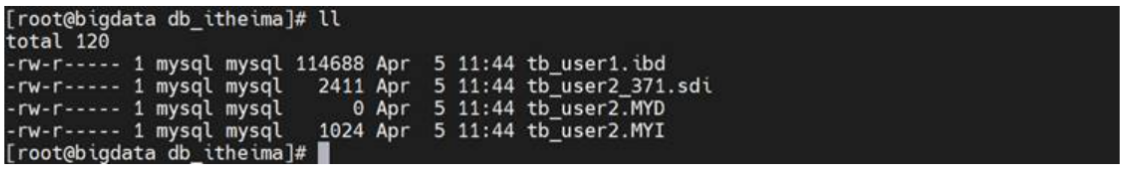
当数据库创建完毕后，查看/export/server/mysql/data文件夹：



4.3 MyISAM引擎

```
1   mysql> use db_itheima;
2   mysql> create table tb_user1(id int, name char(1)) engine=myisam default
    charset=utf8;
```

查看db_itheima目录结构，如下图所示:



MyISAM引擎：

`*.sdi` => 表的元数据信息，主要用于数据字典管理；数据表结构、字段、类型等等

`*.MYI` => INDEX索引，主要用于存放 索引 文件；

`*.MYD` => 数据文件，主要用于存储 数据 文件；

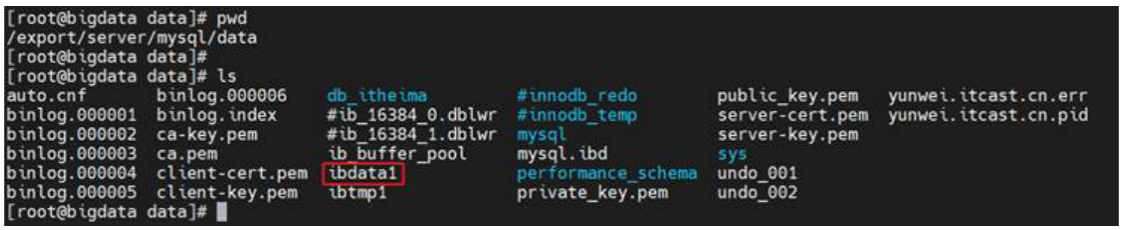
> 早期MySQL5.7及以前版本，没有*.sdi文件，只有*.frm文件
>
> 早期MySQL5.7及以前版本，我们可以通过cp *.frm、*.MYI、*.MYD这三个文件来实现MyISAM引擎表的备份，MySQL8.0以后引入更多复杂的功能，导致没有办法直接copy，只能通过物理备份或逻辑

> 备份！！！

4.4 InnoDB引擎

```
mysql> use db_itheima;
mysql> create table tb_user2(id int, name char(1)) default charset=utf8;
```

InnoDB引擎：



`.ibd`：每个表都会有一个独立的 `.ibd` 文件，存储该表的表数据和索引。

`ibdata1`：用于存储全局的表空间、数据字典和事务日志等。

`redo log日志文件（ib_logfile0，ib_logfile1 等）`：用于存储事务日志，确保数据一致性和恢复能力。

redo log配置：

```
[mysqld]
innodb_log_file_size = 50M
innodb_log_files_in_group = 2
innodb_log_group_home_dir = /export/server/mysql/data  # redo log 文件存放路径
```

> **对于中等负载的数据库**，`innodb_log_file_size` 可以设置为 50M 到 256M 之间。
>
> **对于高负载数据库**，可以考虑将 `innodb_log_file_size` 设置为 1GB 或更大。

4.5 不同引擎采用何种备份?

逻辑备份：

适用于MyISAM 和 InnoDB，可以通过工具如 `mysqldump` 导出表结构和数据为SQL语句。备份文件为文本格式，便于跨平台迁移和恢复。

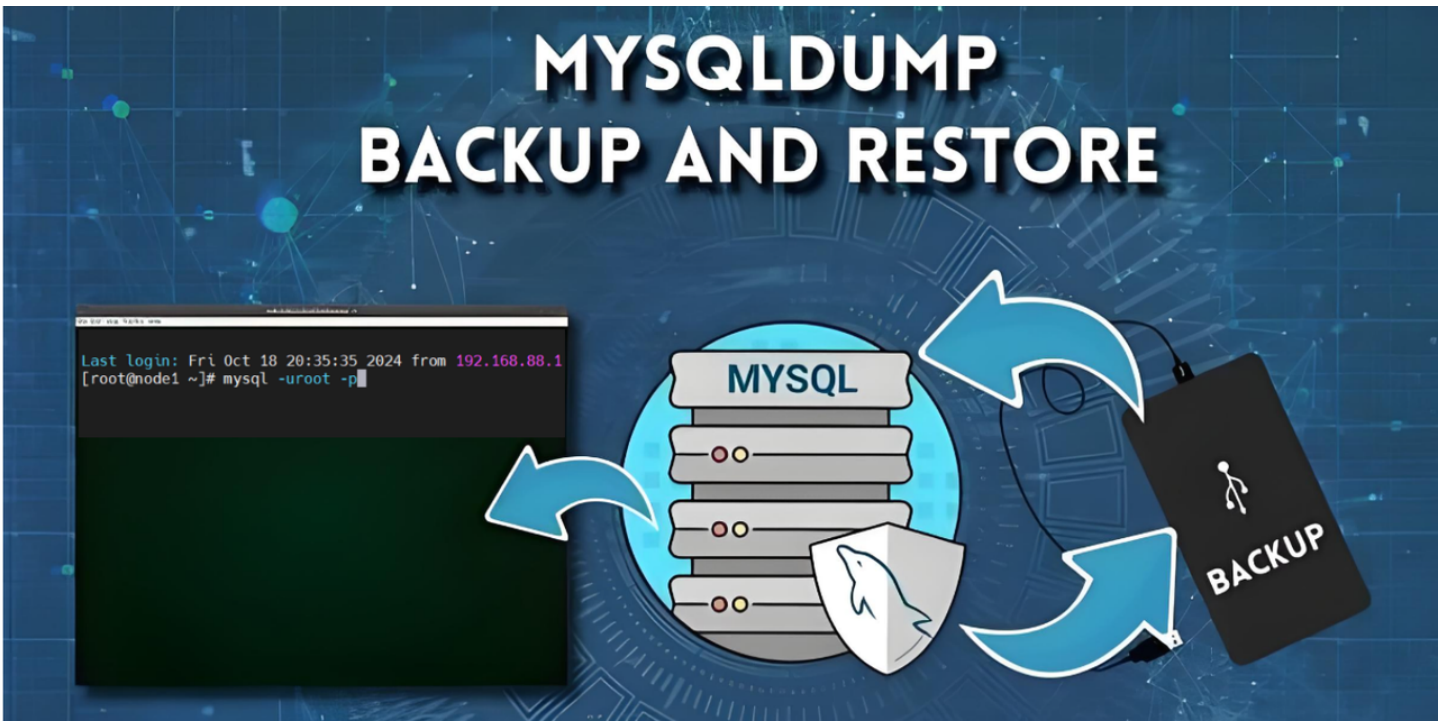
InnoDB 支持事务和外键，备份时需要注意数据一致性，可以用 `--single-transaction` 实现无锁备份。

物理备份：

MyISAM：MySQL5.7及之前版本可以简单复制数据库文件（如 `.frm` 、 `.MYI` 文件、 `.MYD` 文件）进行物理备份，MySQL8.0引入了更多复杂的功能，导致摒弃了这种操作。

InnoDB：物理备份需要包括表数据、日志文件等，适用工具如 `xtrabackup` ，确保数据的一致性和完整性，特别是在大规模数据环境下。

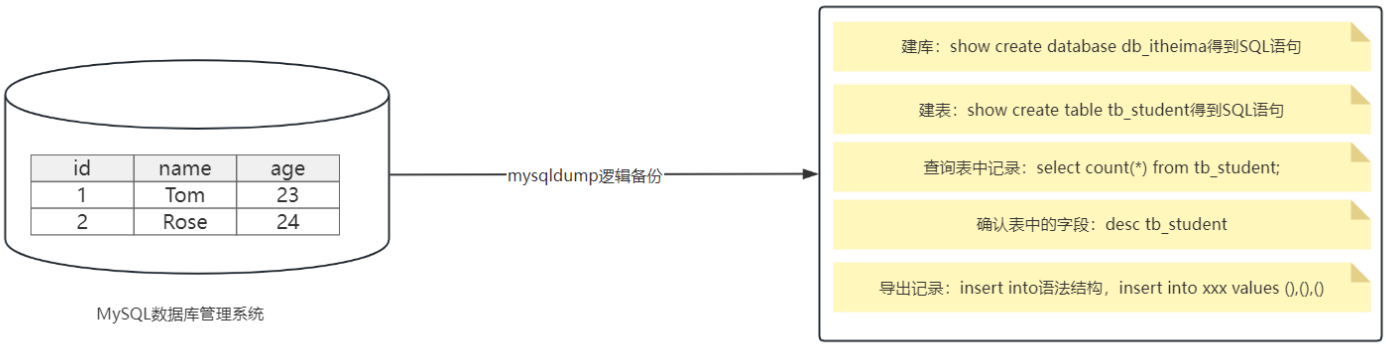
三、MySQL逻辑备份



1、mysqldump基本语法

> 强调：mysqldump不是SQL语句，而是一个MySQL命令。所以在终端执行！！！

mysqldump逻辑备份图解：



表级别备份

```
mysqldump [OPTIONS] database [tables]
```

库级别备份

```
mysqldump [OPTIONS] --databases [OPTIONS] DB1 [DB2 DB3...]
```

全库级别备份

```
mysqldump [OPTIONS] --all-databases [OPTIONS]
```

准备一些数据集

```
mysql> create database db_itheima default charset=utf8;
mysql> use db_itheima;
mysql> create table tb_student(
  id int not null auto_increment,
  name varchar(20),
  age tinyint unsigned default 0,
  gender enum('male','female'),
  subject enum('ui','java','bigdata','yunwei'),
  primary key(id)
) engine=innodb default charset=utf8;

mysql> insert into tb_student values (null,'刘备',33,'male','java');
mysql> insert into tb_student values (null,'关羽',32,'male','yunwei');
mysql> insert into tb_student values (null,'张飞',30,'male','yunwei');
mysql> insert into tb_student values (null,'貂蝉',18,'female','ui');
mysql> insert into tb_student values (null,'大乔',18,'female','ui');

mysql> exit;
```

2、表级备份与还原

数据表备份

案例：把db_itheima数据库中的tb_student数据表进行备份

```
mkdir /tmp/sqlbak
mysqldump db_itheima tb_student > /tmp/sqlbak/tb_student.sql -p
```

```
3   Enter password:123456
```

数据表还原

```
1   mysql 数据库名称 < .sql文件位置 -p
2   Enter password:123456
3   或
4   mysql -uroot -p
5   Enter password:123456
6   mysql> use db_itheima
7   mysql> source .sql文件的位置
```

案例：对/tmp/sqlbak/tb_student.sql文件进行还原

```
1   mysql db_itheima < /tmp/sqlbak/tb_student.sql -p
2   Enter password:123456
```

确认是否还原成功

```
1   mysql -e "use db_itheima; show tables;" -p
2   Enter password:123456
```

`mysql -e` 代表在命令行执行SQL语句（好处：可以不需要进入mysql终端，就可以执行SQL语句）

3、库级备份与还原（重点）

备份数据库，包含数据表

```
1   mysqldump --databases db_itheima > /tmp/sqlbak/db_itheima.sql -p
2   Enter password:123456
```

库级还原

```
1   mysql < .sql文件位置 -p
2   Enter password:123
3
4   或
```

```
5
6   mysql -uroot -p
7   Enter password:123
8   mysql> source .sql文件的位置
```

案例：还原db_itheima.sql文件到MySQL数据库

代码块

```
1   mysql < /tmp/sqlbak/db_itheima.sql -p
2   Enter password:123456
```

确认是否还原成功

```
1   mysql -e "show databases;" -p
2   Enter password:123456
```

第一步：备份数据库、视图以及存储过程

比较特殊的情况：数据库中除了数据库、数据表以外，还包含视图、存储过程。

添加视图（虚拟表），底层就是一个SQL语句（select查询语句）。作用：简化SQL查询，保护数据

employee

id name age dept salary薪资

代码块

```
1   create view vm_employee as select id,name,age,dept from employee;
```

案例：数据库备份与视图备份

代码块

```
1   create view vm_tb_student as select id,name,gender,subject from tb_student;
2
3   mysqldump --databases db_itheima > /tmp/sqlbak/db_itheima.sql -p
4   Enter password:123456
5
6   mysql < /tmp/sqlbak/db_itheima.sql -p
7   Enter password:123456
```

添加存储过程（开发需要掌握）：

存储过程类似Shell脚本中的函数，相当于把某些功能封装起来。

以后需要使用的时候直接通过`call 存储过程名称()`

procedure： 存储过程

```
-- 存储过程
DELIMITER //
CREATE PROCEDURE InsertData()
BEGIN
    DECLARE i INT DEFAULT 1;
    START TRANSACTION;
    WHILE i <= 2000000 DO
        INSERT INTO simple_table (name, age)
        VALUES (CONCAT('User', i), FLOOR(18 + (RAND() * 42)));
        SET i = i + 1;
    END WHILE;
    COMMIT;
END //
DELIMITER ;
```

第二步：备份存储过程（和数据库、视图有所不同，存储过程需要单独备份）

```
mysqldump --routines --no-create-info --no-data --all-databases >
/tmp/sqlbak/backup.sql -p

参数说明:
--routines: 包括存储过程和存储函数
--no-create-info: 不备份表结构
--no-data: 不备份表中的数据
--all-databases: 备份所有数据库（如果只备份某个数据库，改成 --databases dbname）
```

案例：备份db_itheima数据库下的存储过程

只备份存储过程

```
mysqldump --routines --no-create-info --no-data --databases db_itheima >
/tmp/sqlbak/backup.sql -p
```

既想备份数据库、视图还要备份存储过程

代码块

```
mysqldump --routines --databases db_itheima > /tmp/sqlbak/db_itheima.sql -p
```

答疑：mysqldump不是只要备份数据库就可以了，为什么还需要备份视图、存储过程呢?

答：虽然我们使用视图、存储过程较少，但是开发人员需要大量使用视图、存储过程等操作，mysqldump本身只能对数据库以及视图进行备份，如果一个项目中使用了大量的存储过程，在备份过程中，就需要单独备份。

4、全库备份与还原（重点）

在MySQL中，如果想使用mysqldump进行全库级备份，必须`开启二进制日志`！！！

开启二进制日志

```
vim /etc/my.cnf
添加如下内容:
[mysqld]
在文件最末端追加以下内容:
server-id=10
log_error=/export/server/mysql/logs/error.log
log-bin=/export/server/mysql/data/binlog
```

> mysql8.0及以后版本，二进制日志默认处于开启状态!

如果myql目录下不存在logs文件夹，需要提前创建，而且文件拥有者以及所属组必须为mysql

代码块

```
mkdir /export/server/mysql/logs
chown -R mysql.mysql /export/server/mysql
```

重启mysql数据库

```
systemctl restart mysqld
ll /export/server/mysql/data/
binlog.000001
...
```

mysqldump高级选项说明:

常用选项	描述说明

--flush-logs, -F	开始备份前刷新日志（二进制日志）binlog.000001 => binlog.000002
--flush-privileges	备份包含mysql数据库时刷新授权表 => 刷新用户和授权信息
--lock-all-tables, -x	MyISAM一致性，服务可用性（针对所有库所有表）
--lock-tables, -l	备份前锁表（针对要备份的库）
--single-transaction	适用InnoDB引擎，保证一致性，服务可用性

案例：全库备份实现

```
mysqldump --all-databases --master-data --single-transaction > /tmp/sqlbak/all.sql -p
Enter password:123456

--master-data：在导出文件中标记二进制文件位置，默认为1（只标注，但是标注内容已注释）；如果值为2，则会把二进制文件的位置写入到备份文件中，不注释，主要应用于主从复制。

主服务器 => 定时同步数据 => 从服务器

如果需要备份存储过程，需要添加--routines
mysqldump --routines --all-databases --master-data --single-transaction > /tmp/sqlbak/all.sql -p
Enter password:123456
```

> 注：在mysqldump工具中，--single-transaction选项是一个很有用的功能，它主要用于支持事务的存储引擎（如InnoDB）。当你使用此选项时，mysqldump会启动一个单独的事务来转储数据，这样可以在不锁定整个表的情况下获取表的一致性快照。

> 在MySQL中，大部分使用InnoDB引擎，InnoDB引擎在执行增删改的时候，都会开启事务，执行结束，提交事务，如果失败了，则回滚事务。

案例：全库还原实现

```
mysql -e "drop database db_itheima;" -p

mysql < /tmp/sqlbak/all.sql -p
Enter password:123456


mysql -e "show databases;" -p
```

补充：全库还原只能还原业务相关的业务数据，而不能还原mysql系统数据，所以千万不要删mysql这些系统数据库，一旦删除，后果自负。

5、总结

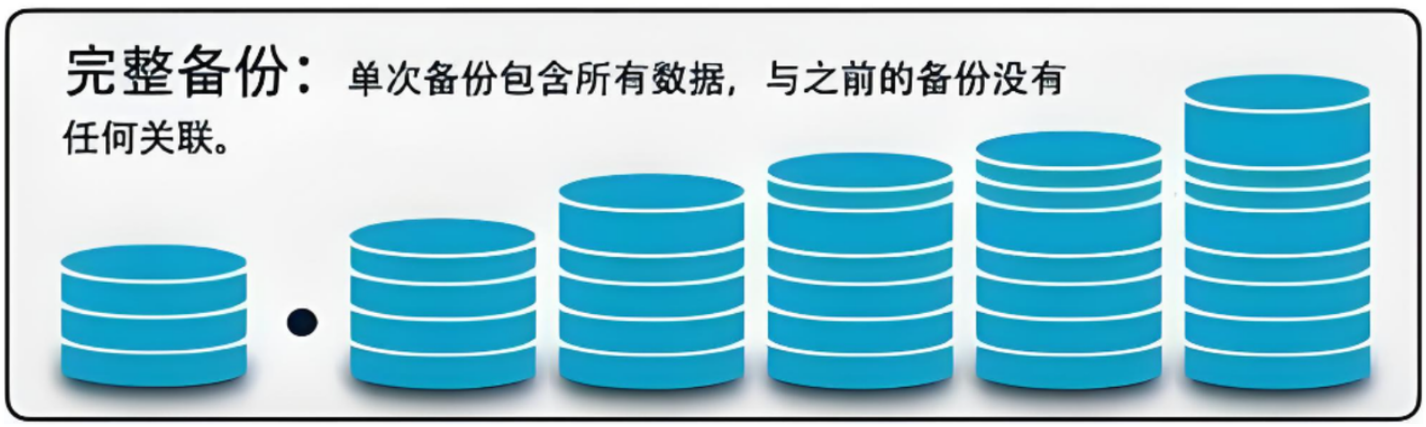
1. mysqldump工具备份的是 SQL语句，最终结果是一个SQL文件，故备份不需要停服务（热备）
2. 使用备份文件 恢复 时，要保证 数据库处于运行状态
3. 只能实现全库，指定库，表级别的 某一时刻的备份，本身 不能增量备份
4. 适用于中小型数据库

扩展：mysqldump + binlog增量备份

备份策略：每周会做一次全量备份，以后每天就是增量备份（只备份增加的那一部分数据）

周天：全量备份，周一 ~ 周六：增量备份

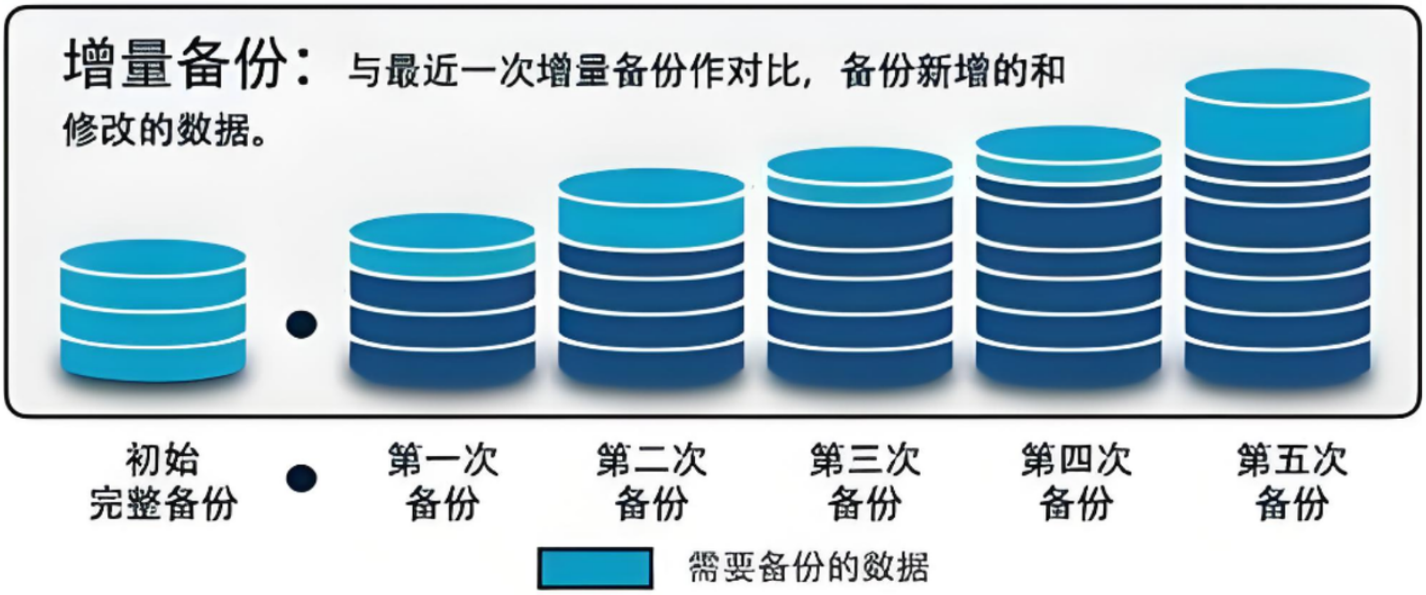
使用 `mysqldump` 进行全量备份，它能帮助我们将整个数据库的当前状态保存下来。但如果数据库不断更新，进行全量备份可能会占用大量的时间和资源。



所以，在这时候我们引入了增量备份，它只备份自上次全量备份以来的变化部分。通过结合全量备份和二进制日志（binlog），我们可以高效地还原出完整的数据状态，这就是 `mysqldump + binlog` 的增量备份还原方案。

什么是增量备份?

增量备份是指在 全量备份 的基础上，只备份自上次备份以来发生变化的数据（新增、修改或删除的内容）。相比于全量备份，增量备份的优点在于速度更快、占用空间更小，恢复时则需要先恢复全量备份，再依次应用增量备份文件。增量备份常用于提高备份效率，特别是在数据量大且频繁更新的场景中。



现有数据情况说明：

数据库名称：db_itheima

客户表名称：tb_student

增量备份实施步骤：

第一步：先准备数据（前提）

第二步：开启二进制日志，然后做全量备份（全库备份）=> 1、2、3

第三步：继续对数据库进行增删改操作（还未备份）=> 4、5 => 写入到binlog，然后写入磁盘

第四步：突然发生了硬件故障，数据库丢失了

第五步：备份二进制日志

第六步：恢复全量备份导出的数据（不完整，可能只有90%）+ 根据二进制日志信息导入剩余的10%的数据

> binlog二进制日志：主要用于保存用户对数据库的增删改操作！！！

第一步：准备数据集

```
mysql> drop database db_itheima;
mysql> create database db_itheima default charset=utf8;
mysql> use db_itheima;

mysql> create table tb_student(
  id int not null auto_increment,
  name varchar(20),
  age tinyint unsigned default 0,
  gender enum('male','female'),
```

```
  subject enum('ui', 'java', 'yunwei', 'bigdata'),
  primary key(id)
) engine=innodb default charset=utf8;

mysql> insert into tb_student values (null,'刘备',33,'male','bigdata');
mysql> insert into tb_student values (null,'关羽',32,'male','yunwei');
mysql> insert into tb_student values (null,'张飞',30,'male','yunwei');
mysql> insert into tb_student values (null,'貂蝉',18,'female','ui');
mysql> insert into tb_student values (null,'大乔',18,'female','ui');
```

第二步：开启二进制以及格式化binlog日志输出格式，然后做全量备份

```
vim /etc/my.cnf

[mysqld]
尾部追加内容：
server-id=10
log-bin=/export/server/mysql/data/binlog
# 设置binlog日志存储格式，默认对sql语句进行编码，无法直观查看对应SQL语句
binlog_format=statement
# 设置密码验证插件，从mysql5.7密码验证发生了改变，可能会导致很多客户端无法连接MySQL服务器端
default_authentication_plugin=mysql_native_password


systemctl restart mysqld
rm -rf /tmp/sqlbak/*
mysqldump --routines --single-transaction --flush-logs --master-data --all-databases > /tmp/sqlbak/all.sql -p
从这个位置开始，后期增删改数据就相当于增量数据，最好单独保存在一个独立的binlog日志文件中，方便后期管理与数据恢复
```

备份完成后，一定要确认你最新的二进制文件是哪一个 => 如binlog.000013

> 注意：--flush-logs会让系统重新生成一个新的二进制文件，以后增量数据都会写入到新二进制文件

第三步：继续对数据库进行增删改操作

```
mysql> insert into tb_student values (null,'小乔',16,'female','ui');
mysql> delete from tb_student where id = 3;
```

突然发生了硬件故障，数据库丢失了

情况一：服务器故障，导致数据库异常或丢失

情况二：误删或故删（删库到跑路）

```
mysql -e "drop database db_itheima;" -p
Enter password:123
```

第四步：马上把最新的二进制文件进行备份

```
cp /export/server/mysql/data/binlog.000013 空格 /tmp/sqlbak/
```

第五步：先进行全库恢复

```
mysql < /tmp/sqlbak/all.sql -p
Enter password:123
```

第六步：通过binlog增量备份还原数据到100% => at 157 ~ at 952 => 增量数据

```
mysqlbinlog /tmp/sqlbak/binlog.000013 |less
mysqlbinlog /tmp/sqlbak/binlog.000013 => 重点找事故的临界点
确认at位置
mysqlbinlog --start-position=157 --stop-position=952 /tmp/sqlbak/binlog.000013
 | mysql -p

或

注：除了按照位置进行恢复，还可以按照时间点进行恢复
mysqlbinlog --start-datetime="2025-04-28 17:57:11" --stop-datetime="2025-04-
28 17:58:35" /tmp/sqlbak/binlog.000013 | mysql -p
```

最后验证数据是否100%恢复

```
mysql> use db_itheima;
mysql> select * from tb_student;
```

小结：mysqldump + binlog增量备份具体作用?

答：① 可以实现增量备份，周天（全量），周一~周六（增量），减少空间占用，备份恢复速度快

② 防止误删，因为有全量、还有增量，可以对误删数据进行恢复

四、Xtrabackup物理备份

区别：物理备份比较适合超大型数据库备份操作，逻辑备份就是把数据导出成一个.sql文件，物理备份直接针对物理文件、binlog二进制日志、/etc/my.cnf也会进行备份。

1、Xtrabackup概述

Xtrabackup 是一个由 Percona 开发的开源 MySQL 备份工具，旨在提供高性能、低影响的备份和恢复解决方案。

Xtrabackup 可以在线备份 InnoDB、XtraDB 和其他支持 XtraBackup 协议的存储引擎的 MySQL 数据库，而不会锁定表。

Xtrabackup 8 是 Xtrabackup 的一个重要版本，它在前一版本的基础上引入了一些新功能和改进。一些 Xtrabackup 8 的亮点包括：

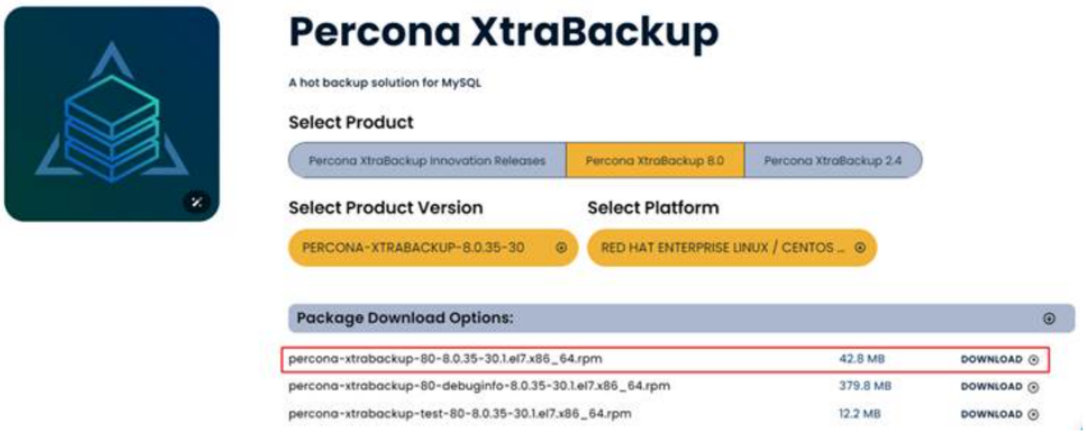
- 支持 MySQL 8.x：Xtrabackup 8 支持备份和恢复 MySQL 8.x 版本的数据库。
- 并行备份和恢复：引入了并行备份和恢复功能，可以加快备份和恢复速度。
- 支持新的 MySQL 特性：Xtrabackup 8 适配了 MySQL 8.x 中的新功能和改进，如数据字典。
- 改进的故障恢复：在故障恢复方面进行了改进，提高了数据完整性和可靠性。
- 性能优化：对备份和恢复过程进行了性能优化，使其更加高效。
- 支持流式备份和恢复：Xtrabackup 8 支持流式备份和恢复，可以将备份直接发送到另一个服务器，从而简化了备份和恢复的流程。

总的来说，Xtrabackup 8 提供了一种快速、高效、低成本的备份和恢复解决方案，适用于 MySQL 数据库管理员。

2、Xtrabackup优点

- 支持完全备份和增量备份
- 备份过程快速、可靠；
- 备份过程不会打断正在执行的事务（不停机备份，热备）；
- 能够基于压缩等功能节约磁盘空间和流量；
- 自动实现备份检验；
- 还原速度快；

官方下载地址：www.percona.com/



3、Xtrabackup软件安装

Xtrabackup工具版本 8.0.35软件安装：

```
dnf install percona-xtrabackup-80-8.0.35-31.1.el9.x86_64.rpm -y
```

4、创建备份用户并授权

需要的权限：

https://docs.percona.com/percona-xtrabackup/8.0/privileges.html

flush tables with read lock： 锁表

backup_admin：备份权限

REPLICATION CLIENT：备份时，需要读取二进制文件位置

进入到MySQL终端（先登录）：

```
mysql> create user 'admin'@'localhost' identified with mysql_native_password by '123';
mysql> GRANT BACKUP_ADMIN, PROCESS, RELOAD, LOCK TABLES, REPLICATION CLIENT ON *.* TO 'admin'@'localhost';
mysql> GRANT SELECT ON performance_schema.log_status TO 'admin'@'localhost';
```

```
mysql> GRANT SELECT ON performance_schema.replication_group_members TO 'admin'@'localhost';
mysql> GRANT SELECT ON performance_schema.keyring_component_status TO 'admin'@'localhost';
mysql> flush privileges;

performance_schema.log_status：该表存储有关 MySQL 服务器日志（如错误日志、查询日志、慢查询日志等）的状态信息。授权访问该表，可以使用户查询当前日志的状态信息。

performance_schema.replication_group_members：这个表包含有关 MySQL 复制组成员的信息，尤其是在 MySQL 8.0 及以上版本的组复制（Group Replication）设置中。如果你正在使用组复制，授权访问该表能让用户查看与复制成员相关的状态。

performance_schema.keyring_component_status：该表存储有关 MySQL 加密密钥管理的信息。如果启用了 MySQL 密钥环（Keyring）插件并且配置了加密功能，授权访问此表可以让用户查看密钥环组件的状态。
```

说明：

在数据库中需要以下权限：

RELOAD和LOCK TABLES权限：为了执行FLUSH TABLES WITH READ LOCK（针对MyISAM引擎）

REPLICATION CLIENT权限：为了获取binary log位置

PROCESS权限：显示有关在服务器中执行的线程的信息（即有关会话执行的语句的信息），允许使用SHOW ENGINE

5、Xtrabackup全量备份与恢复

Xtrabackup全量备份原理图：

https://opensource.actionsky.com/blog/

作用1：熟悉数据库底层（成为数据库专家）

作用2：分享了很多故障案例，这些案例都可以作为面试中印象比较深刻问题！


数据文件
页 1
LSN:200
页 2
LSN:100
页 3
LSN:300
数据文件
非事务引擎数据文件
表结构定义文件 .frm
buffer pool dump
LSN=100
页 2 变更为
页 2
LSN=200
页 1 变更为
页 1
LSN=300
页 3 变更为
页 3
LSN=400
页 3 变更为
页 3
redo log
全量备份
全量备份
LSN: 0~400
数据文件
页 1
LSN:200
页 2
LSN:100
页 3
LSN:300
redo log
LSN=300
页 3 变更为
页 3

凌晨02:00开始备份，整个备份需要30分钟！

备份开始实际上只备份截止到02:00这段时间内的所有数据

问题：02:00 ~ 02:30这段时间，也可能会有增删改操作 => redo log重写日志中

解决：Xtrabackup不仅会备份截止到02:00这段时间内的所有数据，备份结束，其会把2:00-2:30这段时间的重写日志也执行一遍，写入到备份文件中。这样咱们得到的备份数据就是截止到02:30的所有内容。

Xtrabackup全量备份实施步骤：

第一步：创建全量备份，使用 `xtrabackup` 创建数据库的全量备份。

第二步：预备阶段，整合备份期间生成的redo log日志。

第三步：模拟数据库故障，删除数据文件并停止 MySQL 服务。

第四步：恢复数据库，使用 `--copy-back` 命令恢复备份，并确保指定数据目录。=> datadir

第五步：更改权限，更改数据目录下文件的所有者和组权限为 `mysql.mysql` 。

第六步：启动 MySQL 并测试，确保还原后的MySQL可以正常工作。

具体实施方案：

第一步：创建全量备份

```
xtrabackup --user=admin --password=123 --backup --target-dir=/full_xtrabackup
```

原因1：可能在/etc目录下还有my.cnf文件，影响了xtrabackup 的执行。

原因2：xtrabackup 拥有自己的默认配置，默认读取了/var/lib/mysql/mysql.sock文件

解决方案：

方案1：把你的套接字文件创建一个软链接，放置于/var/lib/mysql/mysql.sock文件中（不推荐）

代码块

```
mkdir /var/lib/mysql
ln -s /tmp/mysql.sock /var/lib/mysql/mysql.sock
```

方案2：在xtrabackup中添加一个-S选项，执行套接字（推荐方案二）

代码块

```
xtrabackup -S /tmp/mysql.sock --user=admin --password=123 --backup --target-dir=/full_xtrabackup
```

第二步：预备阶段，把备份这段时间内产生的日志整合到全量备份中

代码块

```
xtrabackup --user=admin --password=123 --prepare --target-dir=/full_xtrabackup
```

第三步：模拟数据库故障

```
rm -rf /export/server/mysql/data
systemctl stop mysqld
# 如果以上命令无法停止mysql，可以通过pkill强制杀死进程
pkill mysqld
```

如果还不能杀死mysqld进程，则需要手工重启Linux服务器！！！

第四步：快速的恢复数据库中的数据

```
mkdir /export/server/mysql/data
xtrabackup --copy-back --target-dir=/full_xtrabackup

第一次恢复报错
...
Error: datadir must be specified.
出现以上问题的主要原因在于，xtrabackup 工具无法找到MySQL中的数据目录
```

解决方案：把my.cnf配置文件传递给xtrabackup ，让其自动识别这个文件中的datadir

```
xtrabackup --defaults-file=/etc/my.cnf --copy-back --target-
dir=/full_xtrabackup
```

如果xtrabackup --copy-back返回结果为`Completed OK!'，代表数据真正恢复成功

```
ll /export/server/mysql/data
```

第五步：恢复数据时，一定要记得更改/export/server/mysql/data目录下的文件拥有者以及所属组权限，否则mysql无法启动

```
chown -R mysql.mysql /export/server/mysql/data
```

第六步：启动MySQL，测试其是否正常

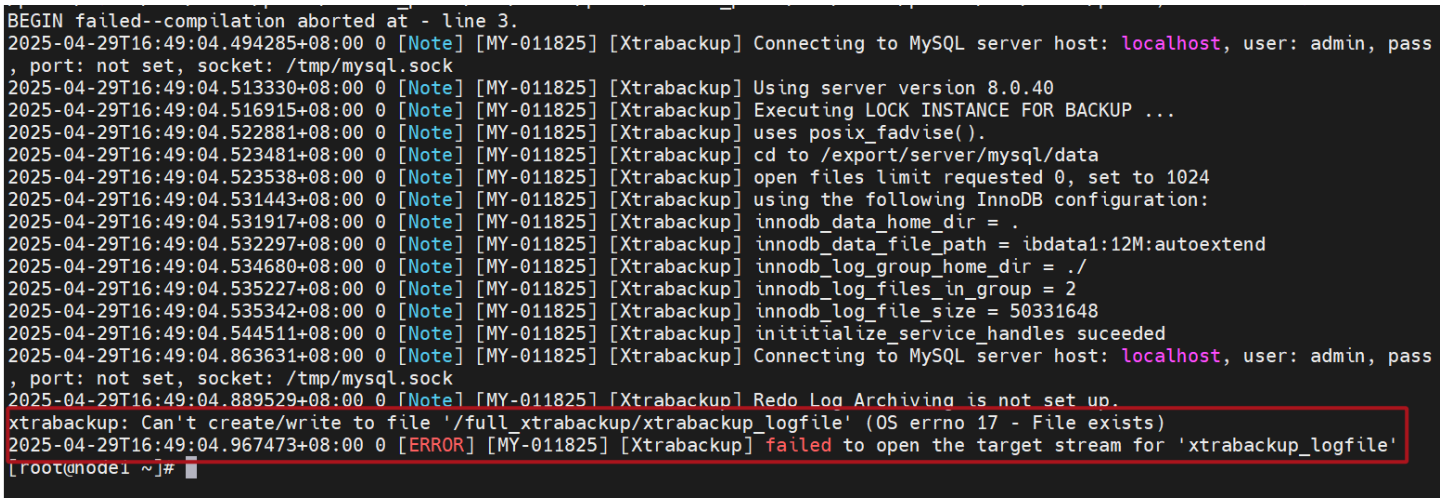
```
记得创建.err日志并设置权限为mysql.mysql（这部分可以忽略）
touch /export/server/mysql/主机名称.err
chown mysql.mysql /export/server/mysql/主机名称.err

systemctl start mysqld

mysql -p
Enter password:123456
```

常见问题说明

问题1：不喜欢读错误



解决方案：遇到问题时，往前或者往后预读1-2行，往往都能找到问题！！！

问题2：喜欢按照自己想法去修改文件，如/etc/my.cnf文件

代码块

```
[mysqld]
port=3306
basedir=/export/server/mysql
datadir=/export/server/mysql/data
socket=/tmp/mysql.sock
character_set_server=utf8
collation-server=utf8_unicode_ci
# 开启慢查询日志
slow_query_log=1
# 指定慢查询日志文件存放路径
slow_query_log_file=/export/server/mysql/logs/mysql-slow.log
# 设置超过 1 秒的查询被记录
long_query_time=1
# 记录未使用索引的查询（可选）
log_queries_not_using_indexes=0
server-id=10
log_error=/export/server/mysql/logs/error.log
log-bin=/export/server/mysql/data/binlog
# 设置binlog日志存储格式，默认对sql语句进行编码，无法直观查看对应SQL语句
binlog_format=statement
# 设置密码验证插件，从mysql5.7密码验证发生了改变，可能会导致很多客户端无法连接MySQL服务器端
default_authentication_plugin=mysql_native_password
```

问题3：要确认最终文件以及权限

备份：备份完成后，确认备份目录下有没有生成备份文件，终端有没有提示Complete Ok!

还原：xtrabackup软件会到/etc/my.cnf中找datadir目录，所以必须要有这一行

还原后：我们的data文件夹中的所有数据都是root.root，必须更改为mysql.mysql，否则mysqld无法启动！！！

6、Xtrabackup增量备份与恢复

生产环境下：每周做一次全备（周天），以后每天都是增量（周一~周六）。

由于增量备份是在全量备份的基础上进行备份，先来做一个全量备份：

讨论1：现在我们开始做一个增量备份，那么如何识别InnoDB的哪些数据是增量的？

从全量备份的示意图里，可以看到数据文件中的数据页都有LSN号，LSN可以看做是数据页的变更时间戳。

那么通过这个时间戳，就可以识别数据页在全量备份后是否修改过，即通过LSN可以识别数据是否是增量的。

从下图中，可以看到增量备份时，**LSN>400**的数据页才会进行备份。


增量备份示意
数据写入
MySQL
redo log
非事务引擎数据文件
表结构定义文件 .frm
buffer pool dump
数据文件
页 1
LSN:500
页 2
LSN:100
页 3
LSN:400
页 4
LSN:600
忽略
拷贝
拷贝
LSN=400
页 1 变更为
页 1
LSN=500
页 1 变更为
页 1
LSN=600
页 4 变更为
页 4
LSN=700
页 2 变更为
页 2
redo log
拷贝
当页 LSN > 全备 LSN 400
拷贝至增备
增量备份
增量备份
LSN : 400~700
数据文件
页 1
LSN:500
页 4
LSN:600
数据文件
redo log
LSN=600
页 4 变更为
页 4
LSN=700
页 2 变更为
页 2
redo log
非事务引擎数据文件
表结构定义文件 .frm
buffer pool dump
备份元数据

讨论2：如果一个数据页原本不是增量范围内的，在增量备份的过程中，数据页更新了，那么增量备份是否会涵盖这个数据页？

这个问题的本质，与全量备份中的数据页新旧不一致的问题相同，解决方案也相同：通过恢复时回放redo log，解决数据新旧不一致的问题。

也就是说：增量备份过程中，如果数据页被更新了，那数据文件中的这个数据页有可能被拷贝到备份中，也可能没有被拷贝到备份中，但这个更新信息一定会被redo log记录，并被记录在备份中。在恢复过程中，redo log会被”安全地“回放成功，达成数据的新旧一致。

下面我们来看看增量备份的流程，如下图：

1. 先进行全量备份。（周天）
2. 模拟向数据库中添加一些新数据。
3. 模拟第一次增量备份（周一）
4. 模拟向数据库中添加一些新数据。
5. 模拟第二次增量备份（周二）
6. 模拟数据库故障
7. 预备阶段（保存在xtrabackup），把全量备份期间、增量备份期间产生的事务操作数据合并到备份数据中
8. 马上利用已备份数据进行紧急恢复

第一步：进行全量备份

```
代码块
1   rm -rf /full_xtrabackup/*
2   xtrabackup --user=admin --password=123 --backup --target-dir=/full_xtrabackup
```

原因1：可能在/etc目录下还有my.cnf文件，影响了xtrabackup 的执行。

原因2：xtrabackup 拥有自己的默认配置，默认读取了/var/lib/mysql/mysql.sock文件

解决方案：

方案：在xtrabackup中添加一个-S选项，执行套接字

```
xtrabackup -S /tmp/mysql.sock --user=admin --password=123 --backup --target-dir=/full_xtrabackup
```

第二步：全量备份之后增加些数据

```
mysql> use db_itheima;
mysql> insert into tb_student values (null,'曹操',35,'male','yunwei');
mysql> insert into tb_student values (null,'典韦',30,'male','java');
mysql> insert into tb_student values (null,'张辽',30,'male','yunwei');
```

第三步：第一次增量备份

查看全量备份的to_lsn

```
cd /full_xtrabackup
cat xtrabackup_checkpoints
返回结果:
backup_type = full-backuped
from_lsn = 0
to_lsn = 20328125
last_lsn = 20328125
flushed_lsn = 20328125
redo_memory = 0
redo_frames = 0
```

第一次增量备份的命令

```
rm -rf /incre_xtrabackup
mkdir /incre_xtrabackup
xtrabackup -S /tmp/mysql.sock --user=admin --password=123 --backup --target-dir=/incre_xtrabackup/inc1 --incremental-basedir=/full_xtrabackup/


说明:
--incremental-basedir：指定本次增量是相对于谁做增量操作，由于是第一次增量备份，所以其一定依赖于上一次的全量备份，指定全量目录，读取lsn，从这个位置开始做增量
```

第四步：第二次增量备份

再次增加些数据

```
mysql> insert into tb_student values (null,'许诸',33,'male','java');
mysql> insert into tb_student values (null,'于禁',30,'male','yunwei');
```

第二次增量备份的命令

```
xtrabackup -S /tmp/mysql.sock --user=admin --password=123  --backup --target-dir=/incre_xtrabackup/inc2 --incremental-basedir=/incre_xtrabackup/inc1
```

第五步：模拟数据库故障（还未到周三增量备份，突然出现故障）

代码块

```
rm -rf /export/server/mysql/data/*

systemctl stop mysqld
或
pkill mysqld

注意：新版本mysql8，引入了保护进程，有的时候pkill不一定能终止mysqld服务。可能需要通过systemctl stop mysqld尝试正常结束或者通过reboot重启计算机来终止mysqld服务
```

第六步：预备阶段：把完全备份、第1次增量备份、第2次增量备份（整合）

代码块

```
xtrabackup --prepare --apply-log-only --target-dir=/full_xtrabackup
```

代码块

```
xtrabackup --prepare --apply-log-only --target-dir=/full_xtrabackup --incremental-dir=/incre_xtrabackup/inc1
```

代码块

```
xtrabackup --prepare --target-dir=/full_xtrabackup --incremental-dir=/incre_xtrabackup/inc2
```

> 最后一次还原不需要加选项 --apply-log-only

第七步：恢复数据库数据

```
rm -rf /export/server/mysql/data/*
xtrabackup --copy-back --target-dir=/full_xtrabackup
ll /export/server/mysql/data/
total 116772
-rw-r----- 1 root root      157 May  4 10:13  binlog.000022
-rw-r----- 1 root root       14 May  4 10:13  binlog.index
drwxr-x--- 2 root root       28 May  4 10:13  db_itheima
drwxr-x--- 2 root root       20 May  4 10:13  db_test
-rw-r----- 1 root root     8699 May  4 10:13  ib_buffer_pool
-rw-r----- 1 root root 12582912 May  4 10:13  ibdata1
-rw-r----- 1 root root 12582912 May  4 10:13  ibtmp1
drwxr-x--- 2 root root        6 May  4 10:13 '#innodb_redo'
drwxr-x--- 2 root root      143 May  4 10:13  mysql
-rw-r----- 1 root root 27262976 May  4 10:13  mysql.ibd
drwxr-x--- 2 root root     8192 May  4 10:13  performance_schema
drwxr-x--- 2 root root       28 May  4 10:13  sys
-rw-r----- 1 root root 16777216 May  4 10:13  undo_001
-rw-r----- 1 root root 50331648 May  4 10:13  undo_002
-rw-r----- 1 root root      564 May  4 10:13  xtrabackup_info

注意：每个人数据目录数据文件可能有所不同，但是一般像mysql文件夹、binlog日志等等应该都是具备的，而且相对而言，文件可能超过5个！！！
```

创建日志目录以及错误日志

```
代码块
mkdir -p /export/server/mysql/logs
touch /export/server/mysql/logs/error.log
```

由于恢复的数据权限是root:root，新创建的日志目录以及日志文件权限也是root:root

设置权限

```
chown -R mysql:mysql /export/server/mysql
```

启动MySQL服务

```
```

```
systemctl start mysqld
```

查看数据，验证数据恢复情况

```
mysql -uroot -p
Enter password:123456

mysql> use db_itheima;
mysql> select * from tb_student;
```

到此，完成增量备份与恢复！

常见问题说明

问题1：MySQL无法启动

在MySQL正常启动时，在MySQL终端（mysql>）中，查看错误日志位置。

代码块

```
SHOW VARIABLES LIKE 'log_error';
```

如果是在/etc/my.cnf中配置了log_error则可以通过配置路径查看未启动原因或者通过journalctl -xe查看错误信息，大部分是权限或者错误日志不存在或者权限不足。

问题2：查看xtrabackup错误日志

xtrabackup在备份目录会生成日志文件，例如 xtrabackup_logfile 或 xtrabackup_checkpoints。可以使用grep -i error /备份目录/xtrabackup_logfile

问题3：尝试准备（--prepare）或恢复时，备份文件损坏。

错误示例：InnoDB: Page checksum mismatch。

解决方案：备份可能已损坏，删除全量备份以及增量备份，重新备份（预备阶段出故障，会导致原有备份出现异常，也就是数据损坏了）

问题4：增量备份依赖错误：

增量备份的 --incremental-basedir 指向错误或损坏的备份目录。

错误示例：xtrabackup: error: failed to read metadata from basedir。

解决方案：确认 --incremental-basedir 指向正确的全量或增量备份目录

问题5：重置 xtrabackup

重置 xtrabackup，并不是指卸载或重装 XtraBackup 软件，而是清理失败的备份文件、临时文件或状态，确保下次操作干净无干扰。以下是具体步骤：

步骤 1：停止正在运行的 XtraBackup 进程

```
代码块
1   ps aux | grep xtrabackup
2   kill -9 xtrabackup的pid号
```

步骤 2：清理失败的备份文件

失败的备份目录可能包含不完整或损坏的文件，需删除：

全量备份失败，删除全量目录

增量备份失败，删除增量目录

注意：

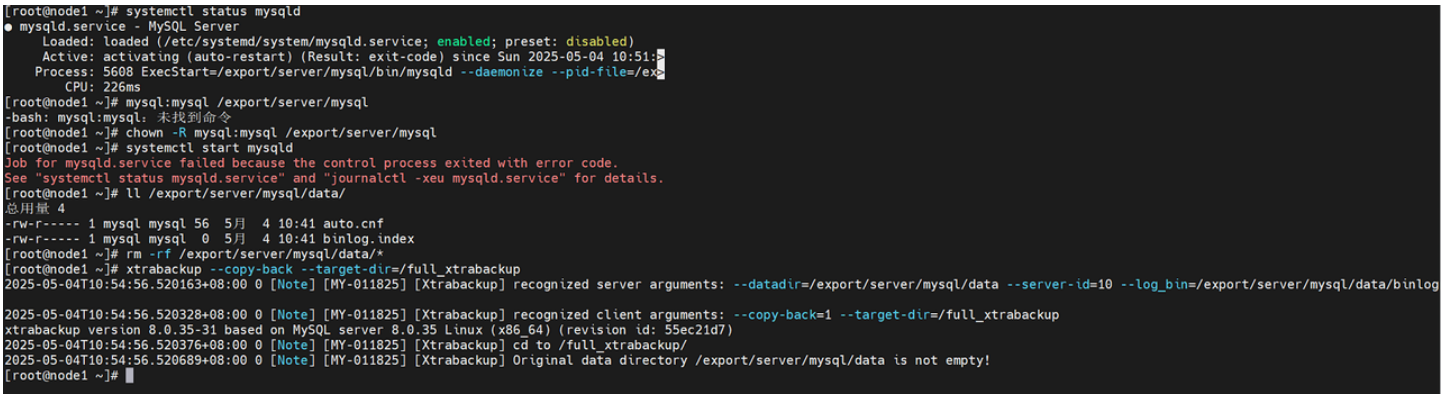
- 确保删除的是失败的备份目录，不要误删有效备份。
- 如果备份目录被其他进程占用，检查并终止相关进程

步骤 3：清理 XtraBackup 临时文件

XtraBackup 可能生成临时文件（例如 xtrabackup_logfile），通常在备份目录中。清理失败的备份目录（如步骤 2）已包含这些文件。若有其他临时文件：

```
代码块
1   find /tmp -name "xtrabackup*" -delete
```

问题4：数据恢复时报/export/server/mysql/data is not empty!



出现以上界面，代表数据恢复没有成功，ll /export/server/mysql/data目录查看是否有超过5个文件，肯定没有！！！

记住：在备份、预备、还原时只要没有看到complete ok！都代表操作失败了，不要往后继续了，排查问题，然后在继续。

产生以上问题的主要原因：mysqld进程没有结束或者mysql服务器重启，都会导致初始化了几个文件到/export/server/mysql/data目录，最终这个目录不干净，还存在文件就会导致Xtrabackup软件无法正常恢复。

解决方案：

① 进程没有结束

代码块

```
ps -ef |grep mysqld
kill -9 mysqld进程编号 或者 pkill mysqld
再次确认是否正常结束
ps -ef |grep mysqld
然后手工删除data数据目录
rm -rf /export/server/mysql/data/*
然后在执行xtrabackup数据恢复操作
xtrabackup --copy-back --target-dir=/full_xtrabackup
再次确认数据目录是否产生了超过5个文件
ll /export/server/mysql/data
```

② 进程已经结束，但是数据目录仍有文件，重启mysqld服务器，也会产生这个问题

代码块

```
然后手工删除data数据目录
rm -rf /export/server/mysql/data/*
然后在执行xtrabackup数据恢复操作
xtrabackup --copy-back --target-dir=/full_xtrabackup
再次确认数据目录是否产生了超过5个文件
ll /export/server/mysql/data
```

问题5：The target is not fully prepared. Please prepare is without option --apply-log-only

```
[root@node1 ~]# ps -ef |grep mysqld
root        1418    1348  0 10:48 pts/0    00:00:00 grep --color=auto mysqld
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]# ll /export/server/mysql/
总用量 272
drwxr-xr-x  2 mysql mysql   4096  9月 18  2024 bin
drwxr-xr-x  2 mysql mysql     42  5月  4 10:49 data
drwxr-xr-x  2 mysql mysql     38  9月 18  2024 docs
drwxr-xr-x  3 mysql mysql   4096  9月 18  2024 include
drwxr-xr-x  6 mysql mysql   4096  9月 18  2024 lib
-rw-r--r--  1 mysql mysql 257478  9月 18  2024 LICENSE
drwxr-xr-x  2 mysql mysql     45  4月 29 15:13 logs
drwxr-xr-x  4 mysql mysql     30  9月 18  2024 man
-rw-r--r--  1 mysql mysql    666  9月 18  2024 README
drwxr-xr-x 28 mysql mysql   4096  9月 18  2024 share
drwxr-xr-x  2 mysql mysql     77  9月 18  2024 support-files
[root@node1 ~]# ll /export/server/mysql/logs/
总用量 5552
-rw-r----- 1 mysql mysql 2710512  5月  4 10:49 error.log
-rw-r--r-- 1 mysql mysql 2007387  4月 29 16:25 mysql-slow.log
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]# ll /export/server/mysql/data/
总用量 4
-rw-r----- 1 mysql mysql 56  5月  4 10:46 auto.cnf
-rw-r----- 1 mysql mysql  0  5月  4 10:46 binlog.index
[root@node1 ~]# rm -rf /export/server/mysql/data/*
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]#
[root@node1 ~]# xtrabackup --copy-back --target-dir=/full_xtrabackup
2025-05-04T10:49:29.849432+08:00 0 [Note] [MY-011825] [Xtrabackup] recognized server arguments: --datadir=/export/server/mysql/data --server-id=10 --log_bin=/
export/server/mysql/data/binlog
2025-05-04T10:49:29.853239+08:00 0 [Note] [MY-011825] [Xtrabackup] recognized client arguments: --copy-back=1 --target-dir=/full_xtrabackup
xtrabackup version 8.0.35-31 based on MySQL server 8.0.35 Linux (x86_64) (revision id: 55ec21d7)
2025-05-04T10:49:29.853447+08:00 0 [Note] [MY-011825] [Xtrabackup] cd to /full_xtrabackup/
2025-05-04T10:49:29.855899+08:00 0 [ERROR] [MY-011825] [Xtrabackup] The target is not fully prepared. Please prepare it without option --apply-log-only
```

产生原因：

① 备份之前没有删除/full_xtrabackup，也没有删除增量目录/incre_xtrabackup，导致新的备份是基于之前备份生成的，最后老的备份和新的备份混合在一起，xtrabackup无法正确的整合redo log日志，导致备份文件有异常。

解决方案：必须删除/full_xtrabackup 和 /incre_xtrabackup，从增量备份的第一步，重新进行全量备份以及增量备份。

② 预备阶段，正常只有前面的整合需要添加--apply-log-only，但是有的小伙伴把所有整合步骤都添加--apply-log-only，导致最后一次整合数据和预期备份有出入，所以出现异常。

解决方案：必须删除/full_xtrabackup 和 /incre_xtrabackup，从增量备份的第一步，重新进行全量备份以及增量备份。

问题6：不理解--apply-log-only？为什么最后一次整合不需要添加此参数？

参考如下知识点补充

7、xtrabackup知识点补充

什么是 --apply-log-only ?

在准备备份时，XtraBackup需要处理数据库的"日志"（类似于一个记录本，记录了数据库的所有操作）。这个日志包含：

- 已完成的操作（比如"用户注册成功"）。
- 未完成的操作（比如"用户正在注册，但还没点提交"）。

--apply-log-only 的作用:

它告诉XtraBackup："只把日志里已完成的操作应用到数据库，暂时不要管未完成的操作。"

为什么要留着未完成的操作？因为这些操作可能在后面的增量备份里会继续处理（比如"用户终于点提交了"）。

为什么"除最后一个增量备份外"都要用它?

想象你有以下备份：

全量备份（周日）：整个数据库的完整副本。

增量备份1（周一）：周日之后的变化。

增量备份2（周二）：周一之后的变化。

在恢复时，你需要把这些备份合并成一个完整的数据库，就像把一本书的原始版本和所有的修改记录合并成一本新书。

准备备份的过程

- 处理全量备份：
  - 你先把全量备份（书的原始版本）拿出来。
  - 里面可能有些未完成的操作（比如"有人在写第5页，但没写完"）。
  - 你用--apply-log-only，只把已完成的操作写入书里，留下未完成的操作（因为周一的增量备份可能会继续写第5页）。
- 处理增量备份1：增量备份1是周一的修改记录（比如"第5页加了几句话"）。
  - 你还是用--apply-1og-only，把这些修改加到书里，但继续保留未完成的操作（因为周二的增量备份可能还有后续修改）。
- 处理增量备份2（最后一个）：
  - 增量备份2是周二的修改记录（比如"第5页终于写完了"），这是最后一个增量备份，没有后续备份了。
  - 这时候，你不用--apply-log-only，而是让 XtraBackup 做完整的处理：把所有修改写入书里，并且清理掉未完成的操作（比如把没写完的草稿删掉）。
  - 结果是一本完整的、正确的书，可以直接拿来用。

用生活化的比喻

假设你在写一本小说：

- 全量备份：周日，你把整本小说（草稿）备份了一份。
- 增量备份1：周一，你改了几页，记录了这些变化。
- 增量备份2：周二，你又改了几页，记录了更多变化。

现在你想把小说恢复到周二的状态：

处理全量备份

- 你拿出周日的草稿，里面有些句子没写完。
- 用--apply-log-only，只把写完的句子整理好，留着没写完的句子（因为周一可能接着写）。

处理增量备份1

- 周一的记录说"加了几段"。
- 还是用--apply-log-only，把这些段落加进去，但不删没写完的句子（因为周二可能有后续）。

处理增量备份2

- 周二的记录是最后的修改。
- 不用--apply-log-only，把所有修改都加进去，并且把没写完的句子清理掉（因为没有后续记录了）。
- 最后得到一本完整的小说。

为什么不能一直用--apply-log-only?

如果一直用--apply-log-only，未完成的操作（未提交的事务）会一直留在备份里。数据库恢复后可能会出现不一致的情况（比如订单记录显示"正在支付"，但实际上没完成）。只有在最后一个增量备份时，XtraBackup 需要"整理干净"（回滚未完成的操作），确保备份是完整的、可以直接用的。

小结：

围绕增量备份 => xtrabackup工具

xtrabackup工具属于物理备份，适合大型及超大型数据库备份

增量备份前提必须现有一个（全量备份）=> 依靠谁（LSN）来判断这个数据是否为增量?

今日重点

xmind总结

- [ ] 慢查询日志 + explain执行计划
- [ ] show profiles，查看SQL执行时间
- [ ] mysqldump逻辑备份（表、库、全库）

- [ ] mysqldump + binlog增量备份

- [ ] xtrabackup全量备份与恢复
- [ ] xtrabackup增量备份与恢复
- [ ] 总结一个在线文档，记录所有mysql无法启动可能的原因