

41 | 怎么最快地复制一张表？

2019-02-15 林晓斌



讲述：林晓斌

时长 13:27 大小 12.33M



我在上一篇文章最后，给你留下的问题是怎么在两张表中拷贝数据。如果可以控制对源表的扫描行数和加锁范围很小的话，我们简单地使用 `insert ... select` 语句即可实现。

当然，为了避免对源表加读锁，更稳妥的方案是先将数据写到外部文本文件，然后再写回目标表。这时，有两种常用的方法。接下来的内容，我会和你详细展开一下这两种方法。

为了便于说明，我还是先创建一个表 `db1.t`，并插入 1000 行数据，同时创建一个相同结构的表 `db2.t`。

📄 复制代码


```
1 create database db1;
2 use db1;
3
4 create table t(id int primary key, a int, b int, index(a))engine=innodb;
5 delimiter ;;
6 create procedure idata()
```

```
7  begin
8      declare i int;
9      set i=1;
10     while(i<=1000)do
11         insert into t values(i,i,i);
12         set i=i+1;
13     end while;
14 end;;
15 delimiter ;
16 call idata();
17
18 create database db2;
19 create table db2.t like db1.t
```

假设，我们要把 db1.t 里面 a>900 的数据行导出来，插入到 db2.t 中。

mysqldump 方法

一种方法是，使用 mysqldump 命令将数据导出成一组 INSERT 语句。你可以使用下面的命令：

 复制代码

```
1 mysqldump -h$host -P$port -u$user --add-locks=0 --no-create-info --single-transaction -
```

把结果输出到临时文件。

这条命令中，主要参数含义如下：

1. `--single-transaction` 的作用是，在导出数据的时候不需要对表 db1.t 加表锁，而是使用 `START TRANSACTION WITH CONSISTENT SNAPSHOT` 的方法；
2. `--add-locks` 设置为 0，表示在输出的文件结果里，不增加 `"LOCK TABLES t WRITE;"`；
3. `--no-create-info` 的意思是，不需要导出表结构；
4. `--set-gtid-purged=off` 表示的是，不输出跟 GTID 相关的信息；
5. `--result-file` 指定了输出文件的路径，其中 `client` 表示生成的文件是在客户端机器上的。

通过这条 `mysqldump` 命令生成的 `t.sql` 文件中就包含了如图 1 所示的 `INSERT` 语句。


```
INSERT INTO `t` VALUES (901,901,901),(902,902,902),(903,903,903),(904,904,904),(905,905,905),(906,906,906),(907,907,907),(908,908,908),(909,909,909),(910,910,910),(911,911,911),(912,912,912),(913,913,913),(914,914,914),(915,915,915),(916,916,916),(917,917,917),(918,918,918),(919,919,919),(920,920,920),(921,921,921),(922,922,922),(923,923,923),(924,924,924),(925,925,925),(926,926,926),(927,927,927),(928,928,928),(929,929,929),(930,930,930),(931,931,931),(932,932,932),(933,933,933),(934,934,934),(935,935,935),(936,936,936),(937,937,937),(938,938,938)
```

图 1 `mysqldump` 输出文件的部分结果

可以看到，一条 `INSERT` 语句里面会包含多个 `value` 对，这是为了后续用这个文件来写入数据的时候，执行速度可以更快。

如果你希望生成的文件中一条 `INSERT` 语句只插入一行数据的话，可以在执行 `mysqldump` 命令时，加上参数 `--skip-extended-insert`。

然后，你可以通过下面这条命令，将这些 `INSERT` 语句放到 `db2` 库里去执行。

 复制代码

```
1 mysql -h127.0.0.1 -P13000 -uroot db2 -e "source /client_tmp/t.sql"
```


需要说明的是，`source` 并不是一条 `SQL` 语句，而是一个客户端命令。`mysql` 客户端执行这个命令的流程是这样的：

1. 打开文件，默认以分号为结尾读取一条条的 `SQL` 语句；
2. 将 `SQL` 语句发送到服务端执行。

也就是说，服务端执行的并不是这个 “`source t.sql`” 语句，而是 `INSERT` 语句。所以，不论是在慢查询日志（`slow log`），还是在 `binlog`，记录的都是这些要被真正执行的 `INSERT` 语句。

导出 CSV 文件

另一种方法是直接将结果导出成 `.csv` 文件。`MySQL` 提供了下面的语法，用来将查询结果导出到服务端本地目录：


 复制代码

```
1 select * from db1.t where a>900 into outfile '/server_tmp/t.csv';
```

我们在使用这条语句时，需要注意如下几点。

1. 这条语句会将结果保存在服务端。如果你执行命令的客户端和 MySQL 服务端不在同一个机器上，客户端机器的临时目录下是不会生成 t.csv 文件的。
2. into outfile 指定了文件的生成位置（/server_tmp/），这个位置必须受参数 secure_file_priv 的限制。参数 secure_file_priv 的可选值和作用分别是：
如果设置为 empty，表示不限制文件生成的位置，这是不安全的设置；
如果设置为一个表示路径的字符串，就要求生成的文件只能放在这个指定的目录，或者它的子目录；
如果设置为 NULL，就表示禁止在这个 MySQL 实例上执行 select ... into outfile 操作。
3. 这条命令不会帮你覆盖文件，因此你需要确保 /server_tmp/t.csv 这个文件不存在，否则执行语句时就会因为有同名文件的存在而报错。
4. 这条命令生成的文本文件中，原则上一个数据行对应文本文件的一行。但是，如果字段中包含换行符，在生成的文本中也会有换行符。不过类似换行符、制表符这类符号，前面都会跟上 “\” 这个转义符，这样就可以跟字段之间、数据行之间的分隔符区分开。

得到.csv 导出文件后，你就可以用下面的 load data 命令将数据导入到目标表 db2.t 中。

 复制代码

```
1 load data infile '/server_tmp/t.csv' into table db2.t;
```

这条语句的执行流程如下所示。

1. 打开文件 /server_tmp/t.csv，以制表符 (\t) 作为字段间的分隔符，以换行符 (\n) 作为记录之间的分隔符，进行数据读取；
2. 启动事务。
3. 判断每一行的字段数与表 db2.t 是否相同：
若不相同，则直接报错，事务回滚；
若相同，则构造成一行，调用 InnoDB 引擎接口，写入到表中。
4. 重复步骤 3，直到 /server_tmp/t.csv 整个文件读入完成，提交事务。

你可能有一个疑问，如果 `binlog_format=statement`，这个 `load` 语句记录到 `binlog` 里以后，怎么在备库重放呢？

由于 `/server_tmp/t.csv` 文件只保存在主库所在的主机上，如果只是把这条语句原文写到 `binlog` 中，在备库执行的时候，备库的本地机器上没有这个文件，就会导致主备同步停止。

所以，这条语句执行的完整流程，其实是下面这样的。

1. 主库执行完成后，将 `/server_tmp/t.csv` 文件的内容直接写到 `binlog` 文件中。
2. 往 `binlog` 文件中写入语句 `load data local infile '/tmp/SQL_LOAD_MB-1-0' INTO TABLE `db2`.`t`。`
3. 把这个 `binlog` 日志传到备库。
4. 备库的 `apply` 线程在执行这个事务日志时：
 - a. 先将 `binlog` 中 `t.csv` 文件的内容读出来，写入到本地临时目录 `/tmp/SQL_LOAD_MB-1-0` 中；
 - b. 再执行 `load data` 语句，往备库的 `db2.t` 表中插入跟主库相同的数据。

执行流程如图 2 所示：

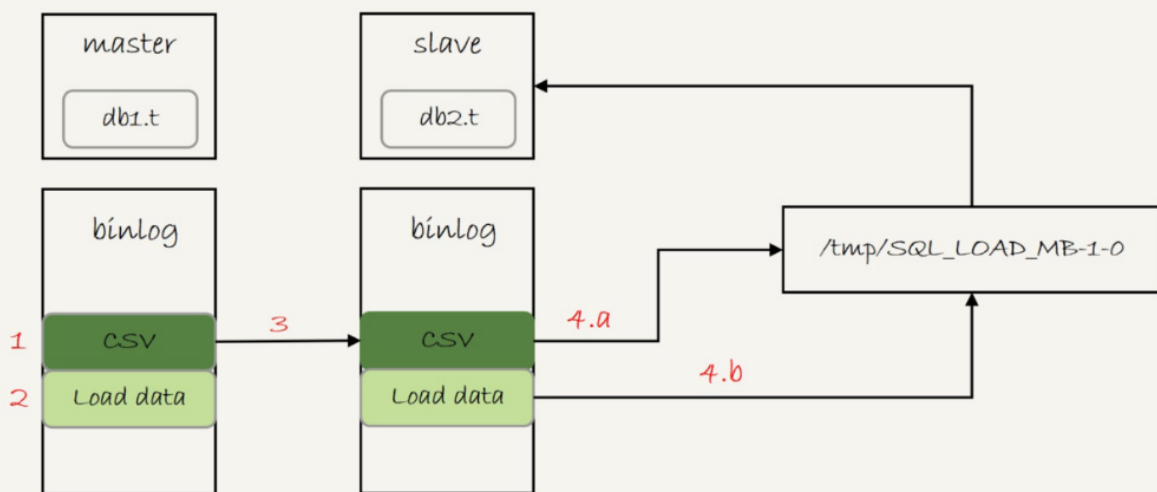


图 2 load data 的同步流程

注意，这里备库执行的 load data 语句里面，多了一个“local”。它的意思是“将执行这条命令的客户端所在机器的本地文件 /tmp/SQL_LOAD_MB-1-0 的内容，加载到目标表 db2.t 中”。

也就是说，**load data 命令有两种用法**：

1. 不加“local”，是读取服务端的文件，这个文件必须在 secure_file_priv 指定的目录或子目录下；
2. 加上“local”，读取的是客户端的文件，只要 mysql 客户端有访问这个文件的权限即可。这时候，MySQL 客户端会先把本地文件传给服务端，然后执行上述的 load data 流程。

另外需要注意的是，**select ...into outfile 方法不会生成表结构文件**，所以我们导出数据时还需要单独的命令得到表结构定义。mysqldump 提供了一个 -tab 参数，可以同时导出表结构定义文件和 csv 数据文件。这条命令的使用方法如下：


```
1 mysqldump -h$host -P$port -u$user ---single-transaction --set-gtid-purged=OFF db1 t --w
```

这条命令会在 `$secure_file_priv` 定义的目录下，创建一个 `t.sql` 文件保存建表语句，同时创建一个 `t.txt` 文件保存 CSV 数据。

物理拷贝方法

前面我们提到的 `mysqldump` 方法和导出 CSV 文件的方法，都是逻辑导出数据的方法，也就是将数据从表 `db1.t` 中读出来，生成文本，然后再写入目标表 `db2.t` 中。

你可能会问，有物理导出数据的方法吗？比如，直接把 `db1.t` 表的 `.frm` 文件和 `.ibd` 文件拷贝到 `db2` 目录下，是否可行呢？

答案是不行的。

因为，一个 InnoDB 表，除了包含这两个物理文件外，还需要在数据字典中注册。直接拷贝这两个文件的话，因为数据字典中没有 `db2.t` 这个表，系统是不会识别和接受它们的。

不过，在 MySQL 5.6 版本引入了**可传输表空间**(transportable tablespace) 的方法，可以通过导出 + 导入表空间的方式，实现物理拷贝表的功能。

假设我们现在的目标是在 `db1` 库下，复制一个跟表 `t` 相同的表 `r`，具体的执行步骤如下：

1. 执行 `create table r like t`，创建一个相同表结构的空表；
2. 执行 `alter table r discard tablespace`，这时候 `r.ibd` 文件会被删除；
3. 执行 `flush table t for export`，这时候 `db1` 目录下会生成一个 `t.cfg` 文件；
4. 在 `db1` 目录下执行 `cp t.cfg r.cfg; cp t.ibd r.ibd`；这两个命令（这里需要注意的是，拷贝得到的两个文件，MySQL 进程要有读写权限）；
5. 执行 `unlock tables`，这时候 `t.cfg` 文件会被删除；
6. 执行 `alter table r import tablespace`，将这个 `r.ibd` 文件作为表 `r` 的新的表空间，由于这个文件的数据内容和 `t.ibd` 是相同的，所以表 `r` 中就有了和表 `t` 相同的数据。

至此，拷贝表数据的操作就完成了。这个流程的执行过程图如下：

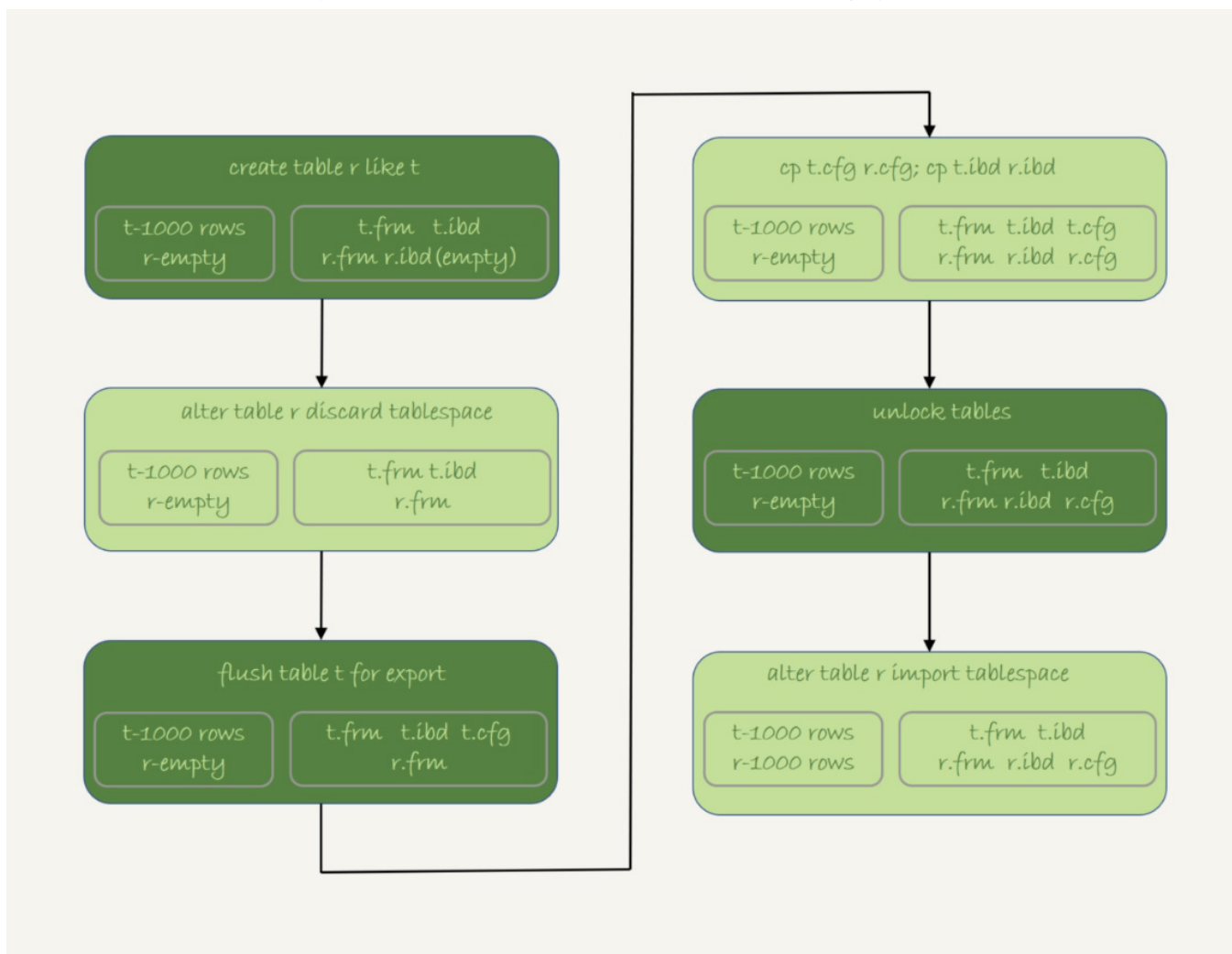


图 3 物理拷贝表

关于拷贝表的这个流程，有以下几个注意点：

1. 在第 3 步执行完 `flush table` 命令之后，`db1.t` 整个表处于只读状态，直到执行 `unlock tables` 命令后才释放读锁；
2. 在执行 `import tablespace` 的时候，为了让文件里的表空间 id 和数据字典中的一致，会修改 `r.ibd` 的表空间 id。而这个表空间 id 存在于每一个数据页中。因此，如果是一个很大的文件（比如 TB 级别），每个数据页都需要修改，所以你会看到这个 `import` 语句的执行是需要一些时间的。当然，如果是相比于逻辑导入的方法，`import` 语句的耗时是非常短的。

小结

今天这篇文章，**我和你介绍了三种将一个表的数据导入到另外一个表中的方法。**

我们来对比一下这三种方法的优缺点。

1. 物理拷贝的方式速度最快，尤其对于大表拷贝来说是最快的方法。如果出现误删表的情况，用备份恢复出误删之前的临时库，然后再把临时库中的表拷贝到生产库上，是恢复数据最快的方法。但是，这种方法的使用也有一定的局限性：

必须是全表拷贝，不能只拷贝部分数据；

需要到服务器上拷贝数据，在用户无法登录数据库主机的场景下无法使用；

由于是通过拷贝物理文件实现的，源表和目标表都是使用 InnoDB 引擎时才能使用。

2. 用 mysqldump 生成包含 INSERT 语句文件的方法，可以在 where 参数增加过滤条件，来实现只导出部分数据。这个方式的不足之一是，不能使用 join 这种比较复杂的 where 条件写法。

3. 用 select ... into outfile 的方法是最灵活的，支持所有的 SQL 写法。但，这个方法的缺点之一就是，每次只能导出一张表的数据，而且表结构也需要另外的语句单独备份。

后两种方式都是逻辑备份方式，是可以跨引擎使用的。

最后，我给你留下一个思考题吧。

我们前面介绍 binlog_format=statement 的时候，binlog 记录的 load data 命令是带 local 的。既然这条命令是发送到备库去执行的，那么备库执行的时候也是本地执行，为什么需要这个 local 呢？如果写到 binlog 中的命令不带 local，又会出现什么问题呢？

你可以把你的分析写在评论区，我会在下一篇文章的末尾和你讨论这个问题。感谢你的收听，也欢迎你把这篇文章分享给更多的朋友一起阅读。

上期问题时间

我在上篇文章最后给你留下的思考题，已经在今天这篇文章的正文部分做了回答。

上篇文章的评论区有几个非常好的留言，我在这里和你分享一下。

@huolang 同学提了一个问题：如果 sessionA 拿到 c=5 的记录锁是写锁，那为什么 sessionB 和 sessionC 还能加 c=5 的读锁呢？

这是因为 next-key lock 是先加间隙锁，再加记录锁的。加间隙锁成功了，加记录锁就会被堵住。如果你对这个过程有疑问的话，可以再复习一下[第 30 篇文章](#)中的相关内容。

@一大只 同学做了一个实验，验证了主键冲突以后，insert 语句加间隙锁的效果。比我在上篇文章正文中提的那个回滚导致死锁的例子更直观，体现了他对这个知识点非常好的理解和思考，很赞。

@roaming 同学验证了在 MySQL 8.0 版本中，已经能够用临时表处理 insert ... select 写入原表的语句了。

@老杨同志 的回答提到了我们本文中说到的几个方法。

 极客时间

MySQL 实战 45 讲

从原理到实战，丁奇带你搞懂 MySQL

林晓斌

网名丁奇
前阿里资深技术专家



新版升级：点击「 请朋友读」，10位好友免费读，邀请订阅更有**现金**奖励。

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得转载

上一篇 40 | insert语句的锁为什么这么多？

下一篇 42 | grant之后要跟着flush privileges吗？

精选留言 (21)

 写留言



undifined

2019-02-15

 3

老师，用物理导入的方式执行 alter table r import tablespace 时 提示ERROR 1812

(HY000): Tablespace is missing for table `db1`.`r`. 此时 db1/ 下面的文件有 db.opt r.cfg r.frm r.ibd t.frm t.ibd ; 这个该怎么处理

执行步骤：...

展开 ▾

作者回复: 应该就是评论区其他同学帮忙回复的权限问题了吧？



poppy

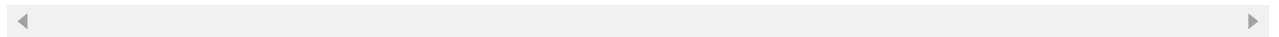
2019-02-15

👍 2

关于思考题，我理解是备库的同步线程其实相当于备库的一个客户端，由于备库的会把 binlog中t.csv的内容写到/tmp/SQL_LOAD_MB-1-0中，如果load data命令不加'local'表示读取服务端的文件，文件必须在secure_file_priv指定的目录或子目录，此时可能找不到该文件，主备同步执行会失败。而加上local的话，表示读取客户端的文件，既然备份线程都能在该目录下创建临时文件/tmp/SQL_LOAD_MB-1-0,必然也有权限访问，把该文件...

展开 ▾

作者回复: 🐼这是其中一个原因



☆appleう

2019-02-15

👍 2

通知对方更新数据的意思是: 针对事务内的3个操作:插入和更新两个都是本地操作，第三个操作是远程调用，这里远程调用其实是想把本地操作的那两条通知对方(对方:远程调用)，让对方把数据更新，这样双方(我和远程调用方)的数据达到一致，如果对方操作失败，事务的前两个操作也会回滚，主要是想保证双方数据的一致性，因为远程调用可能会出现网络延迟超时等因素，极端情况会导致事务10s左右才能处理完毕，想问的是这样耗时的事...

展开 ▾

作者回复: 嗯 了解了

这种设计我觉得就是会对并发性有比较大的影响。

一般如果网络状态不好的，会建议把这个更新操作放到消息队列。

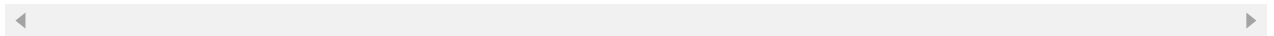
就是说

1. 先本地提交事务。
2. 把通知这个动作放到消息队列，失败了可以重试；
3. 远端接收事件要设置成可重入的，就是即使同一个消息收到两次，也跟收到一次是相同的效

果。

2 和3 配合起来保证最终一致性。

这种设计我见到得比较多，你评估下是否符合你们业务的需求哈



lionetes

2019-02-15

👍 2

```
mysql> select * from t;
```

```
+----+-----+
```

```
| id | name |
```

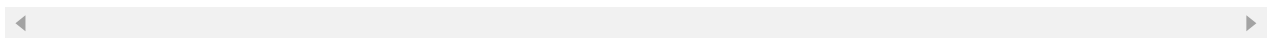
```
+----+-----+
```

```
| 1 | Bob |...
```

展开 ▾

作者回复: 你说得对，👉细致

import动作 不会自动删除cfg文件，我图改一下



☆**appleう**

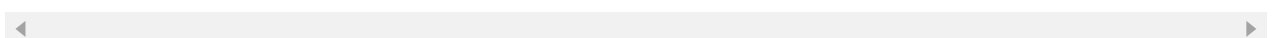
2019-02-15

👍 2

老师，我想问一个关于事务的问题，一个事务中有3个操作，插入一条数据(本地操作),更新一条数据(本地操作)，然后远程调用，通知对方更新上面数据(如果远程调用失败会重试，最多3次，如果遇到网络等问题，远程调用时间会达到5s,极端情况3次会达到15s)，那么极端情况事务将长达5-15s，这样会带来什么影响吗？

作者回复: “通知对方更新上面数据” 是啥概念，如果你这个事务没提交，其他线程也看不到前两个操作的结果的。

设计上不建议留这么长的事务哈，最好是可以先把事务提交了，再去做耗时的操作。



AstonPutti...

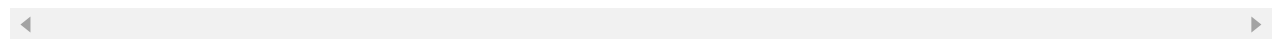
2019-02-22

👍 1

老师，mysqlpump能否在平时代替mysqldump的使用？

展开 ▾

作者回复: 我觉得是



PengfeiWan...

2019-02-18

👍 1

老师，您好：

文中 “--add-locks 设置为 0，表示在输出的文件结果里，不增加" LOCK TABLES t WRITE;" 是否是笔误，--add-locks应该是在insert语句前后添加锁，我的理解此处应该是--skip-add-locks，不知道是否是这样？

作者回复: 嗯嗯，命令中写错了，是--add-locks=0，
效果上跟--skip-add-locks是一样的哈

👉细致



长杰

2019-02-17

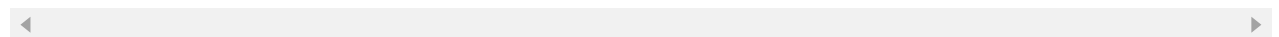
👍 1

课后题答案

不加 “local”，是读取服务端的文件，这个文件必须在 secure_file_priv 指定的目录或子目录下；而备库的apply线程执行时先讲csv内容读出生成tmp目录下的临时文件，这个目录容易受secure_file_priv的影响，如果备库改参数设置为Null或指定的目录，可能导致load操作失败，加local则不受这个影响。

展开 ▾

作者回复: 👉



王显伟

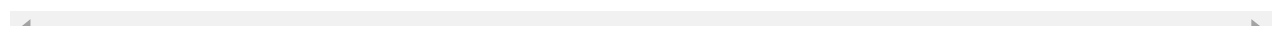
2019-02-16

👍

第一位留言的朋友报错我也复现了，原因是用root复制的文件，没有修改属组导致的

展开 ▾

作者回复: 👉





夜空中最亮...

2019-02-15



学习完老师的课都想做dba了

展开 ∨



undifined

2019-02-15



老师 错误信息的截屏 <https://www.dropbox.com/s/8wyet4bt9yfjsau/mysqlerror.png?dl=0>

MySQL 5.7 , Mac 上的 Docker 容器里面跑的, 版本是 5.7.17

展开 ∨

作者回复: 额, 打不开。。

可否发个微博贴图😁



晨思暮语

2019-02-15



不好意思, 第一条留言中, 实验三的最后一天语句还是少了, 在这里贴一下,

```
mysql> select * from t where id=1;
```

```
+----+-----+
```

```
| id | a |
```

```
+----+-----+...
```

展开 ∨



晨思暮语

2019-02-15



老师好, 由于字数限制, 分两条:

我用的是percona数据库, 问题是第15章中的思考题。

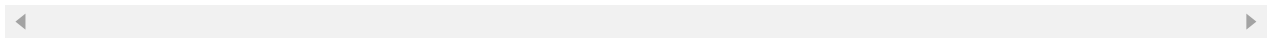
根据我做的实验, 结论应该是:

MySQL 调用了 InnoDB 引擎提供的“修改为 (1,2)”这个接口, 但是引擎发现值与原来相

同，不更新，直接返回...

展开 ▾

作者回复: 我两个留言连在一起看没看明白你对哪个步骤的哪个结果有疑虑，
可以写在现象里面（用注释即可）哈



晨思暮语

2019-02-15



```
mysql> select version();
```

```
+-----+
```

```
| version() |
```

```
+-----+...
```

展开 ▾



库淘淘

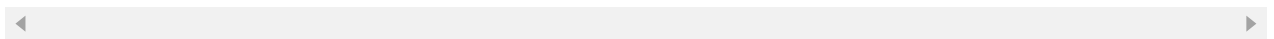
2019-02-15



如果不加local 如secure_file_priv 设置为null 或者路径 可能就不能成功,这样加了之后可以保证执行成功率不受参数secure_file_priv影响。 还有发现物理拷贝文件后，权限所属用户还得改下，不然import tablespace 会报错找不到文件，老师是不是应该补充上去，不然容易踩坑。

展开 ▾

作者回复: 嗯嗯，有同学已经踩了，
我加个说明进去，多谢提醒



lionetes

2019-02-15



@undifined 看下是否是 权限问题引起的 cp 完后 是不是mysql 权限

展开 ▾

作者回复: 🐼 经验丰富

如果进程用mysql用户启动，命令行是在root账号下，确实会出现这种情况



Ryoma

2019-02-15



问老师一个主题无关的问题：现有数据库中有个表字段为text类型，但是目前发现text中的数据有点不太对。

请问在MySQL中有没有办法确认在插入时是否发生截断数据的情况么？（因为该字段被修改过，我现在不方便恢复当时的现场）

作者回复: 看那个语句的binlog（是row吧？）😊



信信

2019-02-15



老师好，图3中的cfg文件记录什么内容啊？

展开 ▾



信信

2019-02-15



老师好，唯一索引的加next-key lock时，会退化会记录锁。这中间会先拿到间隙锁再释放，还是从一开始就不会获取间隙锁，直接只获取记录锁呢？

作者回复: 在我们这篇的例子里面，insert duplicate key后导致加锁这个，是不会退化的哦。

如果是说我们在21篇讲的加锁规则里面，这个退化的效果就是直接不加间隙锁



千木

2019-02-15



老师您好，您在文章的物理拷贝里面写到的注意事项的第二点，说为了保持表空间的id和数据字典一致，会修改t.ibd的表空间id。

然后我理解从unlock tables；之后应该就不会对t表造成影响了，所以你的本意其实是会修改r.ibd的表空间id吗？

作者回复: 你说得对，我这里笔误了，修改的是r.ibd。

unlock tables以后就对表没有影响了

