

## 13讲为什么表数据删掉一半，表文件大小不变



经常会有同学来问我，我的数据库占用空间太大，我把一个最大的表删掉了一半的数据，怎么表文件的大小还是没变？

那么今天，我就和你聊聊数据库表的空间回收，看看如何解决这个问题。

这里，我们还是针对MySQL中应用最广泛的InnoDB引擎展开讨论。一个InnoDB表包含两部分，即：表结构定义和数据。在MySQL 8.0版本以前，表结构是存在以.frm为后缀的文件里。而MySQL 8.0版本，则已经允许把表结构定义放在系统数据表中了。因为表结构定义占用的空间很小，所以我们今天主要讨论的是表数据。

接下来，我会先和你说明为什么简单地删除表数据达不到表空间回收的效果，然后再和你介绍正确回收空间的方法。

### 参数innodb\_file\_per\_table

表数据既可以存在共享表空间里，也可以是单独的文件。这个行为是由参数innodb\_file\_per\_table控制的：

1. 这个参数设置为OFF表示的是，表的数据放在系统共享表空间，也就是跟数据字典放在一起；
2. 这个参数设置为ON表示的是，每个InnoDB表数据存储在一个以.ibd为后缀的文件中。

从MySQL 5.6.6版本开始，它的默认值就是ON了。

我建议你不论使用MySQL的哪个版本，都将这个值设置为ON。因为，一个表单独存储为一个文件更容易管理，而且在你不需要这个表的时候，通过drop table命令，系统就会直接删除这个文件。而如果是放在共享表空间中，即使表删掉了，空间也是不会回收的。

所以，将innodb\_file\_per\_table设置为ON，是推荐做法，我们接下来的讨论都是基于这个设置展开的。

我们在删除整个表的时候，可以使用drop table命令回收表空间。但是，我们遇到的更多的删除数据的场景是删除某些行，这时就遇到了我们文章开头的问题：表中的数据被删除了，但是表空间却没有被回收。

我们要彻底搞明白这个问题的话，就要从数据删除流程说起了。

### 数据删除流程

我们先再来看一下InnoDB中一个索引的示意图。在前面[第4](#)和[第5](#)篇文章中，我和你介绍索引时曾经提到过，InnoDB里的数据都是用B+树的结构组织的。

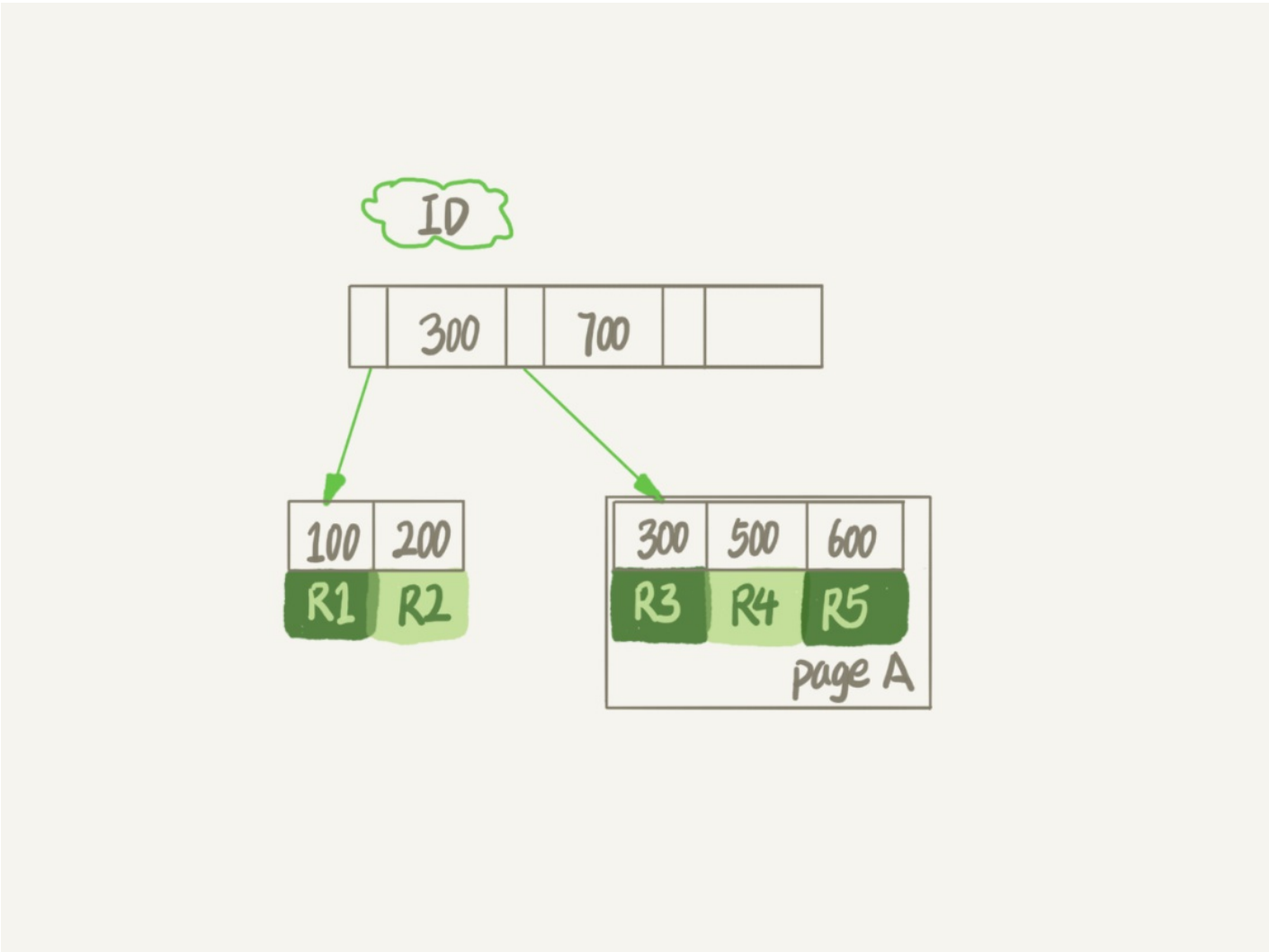


图1 B+树索引示意图

假设，我们要删掉R4这个记录，InnoDB引擎只会把R4这个记录标记为删除。如果之后要再插入一个ID在300和600之间的记录时，可能会复用这个位置。但是，磁盘文件的大小并不会缩小。

现在，你已经知道了InnoDB的数据是按页存储的，那么如果我们删掉了一个数据页上的所有记录，会怎么样？

答案是，整个数据页就可以被复用了。

但是，**数据页的复用跟记录的复用是不同的。**

记录的复用，只限于符合范围条件的数据。比如上面的这个例子，R4这条记录被删除后，如果插入一个ID是400的行，可以直接复用这个空间。但如果插入的是一个ID是800的行，就不能复用这个位置了。

而当整个页从B+树里面摘掉以后，可以复用到任何位置。以图1为例，如果将数据页page A上的所有记录删除以后，page A会被标记为可复用。这时候如果要插入一条ID=50的记录需要使用新页的时候，page A是可以被复用的。

如果相邻的两个数据页利用率都很小，系统就会把这两个页上的数据合到其中一个页上，另外一个数据页就被标记为可复用。

进一步地，如果我们用delete命令把整个表的数据删除呢？结果就是，所有的数据页都会被标记为可复用。但是磁盘上，文件不会变小。

你现在知道了，delete命令其实只是把记录的位置，或者数据页标记为了“可复用”，但磁盘文件的大小是不会变的。也就是说，通过delete命令是不能回收表空间的。这些可以复用，而没有被使用的空间，看起来就像是“空洞”。

实际上，**不止是删除数据会造成空洞，插入数据也会。**

如果数据是按照索引递增顺序插入的，那么索引是紧凑的。但如果数据是随机插入的，就可能造成索引的数据页分裂。

假设图1中page A已经满了，这时我要再插入一行数据，会怎样呢？

ID

	300		700		
--	-----	--	-----	--	--

100	200
R1	R2

300	500	600
R3	R4	R5
page A		

insert(550)

ID

	300		550		700		
--	-----	--	-----	--	-----	--	--

100	200
R1	R2

300	500	
R3	R4	
page A		

550	600	
R6	R5	
page B		

图2 插入数据导致页分裂

可以看到，由于page A满了，再插入一个ID是550的数据时，就不得不再申请一个新的页面page B来保存数据了。页分裂完成后，page A的末尾就留下了空洞（注意：实际上，可能不止1个记录的位置是空洞）。

另外，更新索引上的值，可以理解为删除一个旧的值，再插入一个新值。不难理解，这也是会造成空洞的。

也就是说，经过大量增删改的表，都是可能是存在空洞的。所以，如果能够把这些空洞去掉，就能达到收缩表空间的目的。

而重建表，就可以达到这样的目的。

## 重建表

试想一下，如果你现在有一个表A，需要做空间收缩，为了把表中存在的空洞去掉，你可以怎么做呢？

你可以新建一个与表A结构相同的表B，然后按照主键ID递增的顺序，把数据一行一行地从表A里读出来再插入到表B中。

由于表B是新建的表，所以表A主键索引上的空洞，在表B中就都不存在了。显然地，表B的主键索引更紧凑，数据页的利用率也更高。如果我们把表B作为临时表，数据从表A导入表B的操作完成后，用表B替换A，从效果上看，就起到了收缩表A空间的作用。

这里，你可以使用alter table A engine=InnoDB命令来重建表。在MySQL 5.5版本之前，这个命令的执行流程跟我们前面描述的差不多，区别只是这个临时表B不需要你自己创建，MySQL会自动完成转存数据、交换表名、删除旧表的操作。

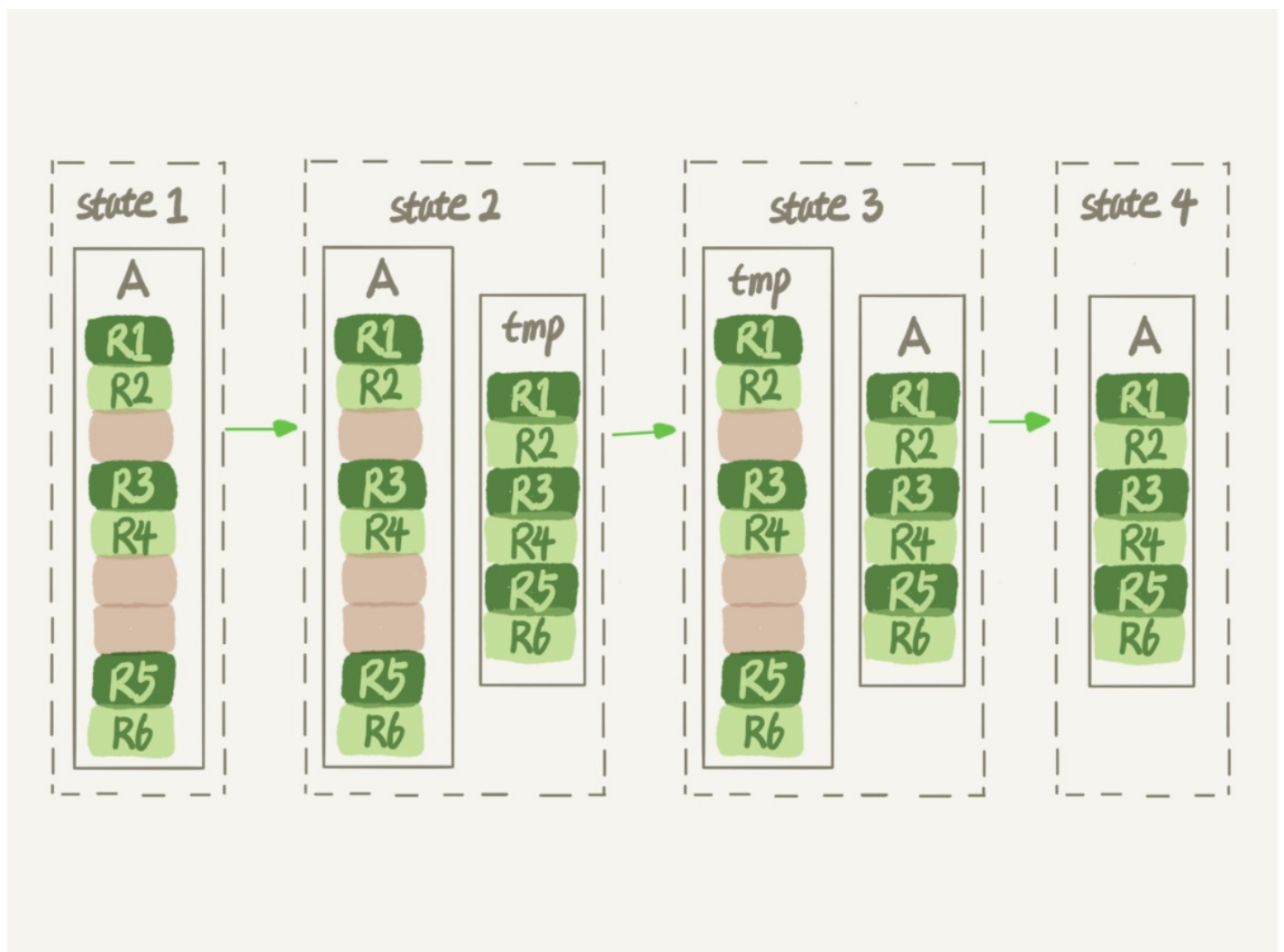


图3 改锁表DDL

显然，花时间最多的步骤是往临时表插入数据的过程，如果在这个过程中，有新的数据要写入到表A的话，就会造成数据丢失。因此，在整个DDL过程中，表A中不能有更新。也就是说，这个DDL不是Online的。

而在MySQL 5.6版本开始引入的Online DDL，对这个操作流程做了优化。

我给你简单描述一下引入了Online DDL之后，重建表的流程：

1. 建立一个临时文件，扫描表A主键的所有数据页；
2. 用数据页中表A的记录生成B+树，存储到临时文件中；
3. 生成临时文件的过程中，将所有对A的操作记录在一个日志文件（row log）中，对应的是图中state2的状态；
4. 临时文件生成后，将日志文件中的操作应用到临时文件，得到一个逻辑数据上与表A相同的数据文件，对应的就是图中state3的状态；
5. 用临时文件替换表A的数据文件。

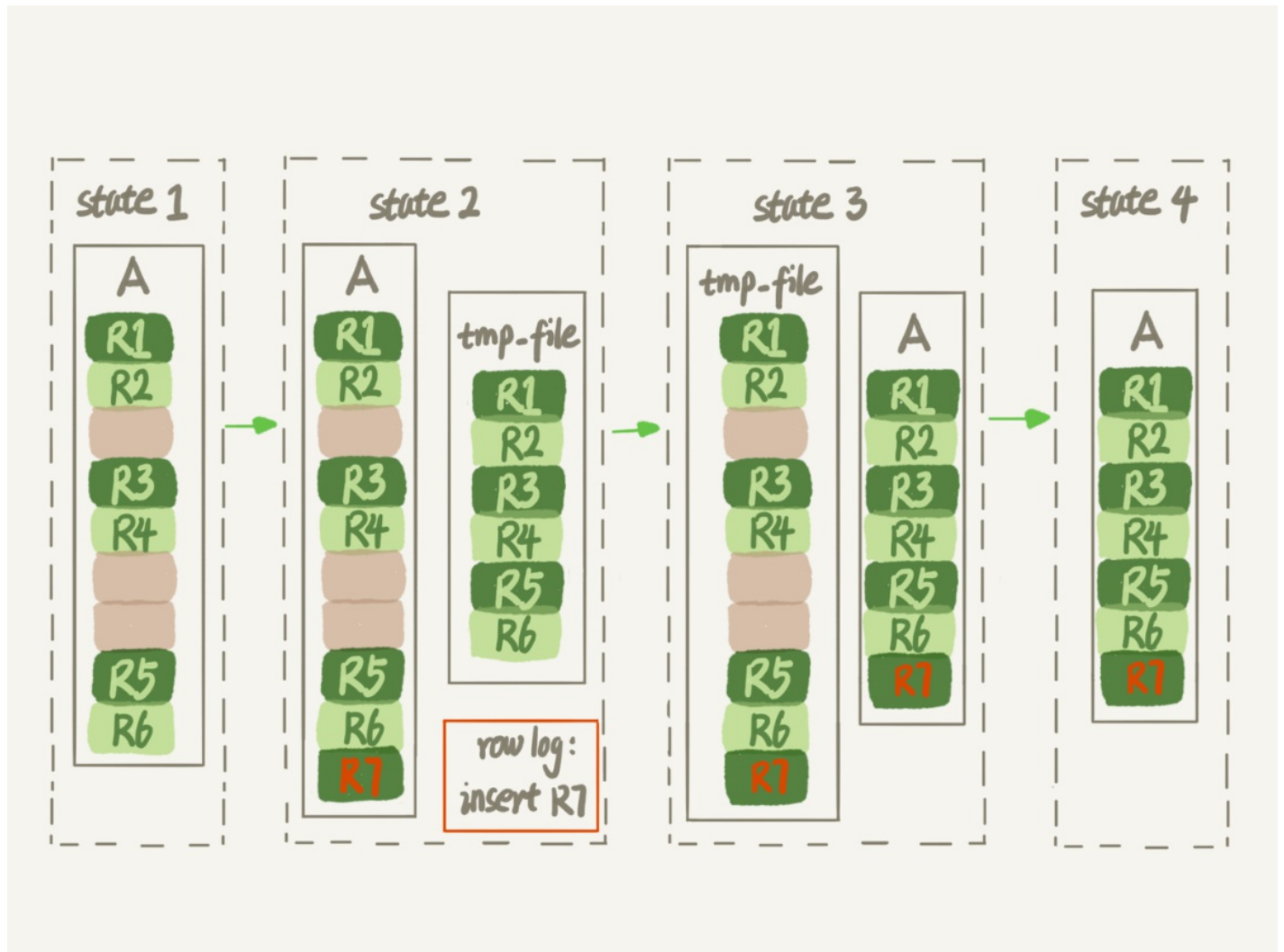


图4 Online DDL

可以看到，与图3过程的不同之处在于，由于日志文件记录和重放操作这个功能的存在，这个方案在重建表的过程中，允许对表A做增删改操作。这也就是Online DDL名字的来源。



我记得有同学在第6篇讲表锁的文章 [《全局锁和表锁：给表加个字段怎么索这么多阻碍？》](#) 的评论区留言说，DDL之前是要拿MDL写锁的，这样还能叫Online DDL吗？

确实，图4的流程中，alter语句在启动的时候需要获取MDL写锁，但是这个写锁在真正拷贝数据之前就退化成读锁了。

为什么要退化呢？为了实现Online，MDL读锁不会阻塞增删改操作。

那为什么不干脆直接解锁呢？为了保护自己，禁止其他线程对这个表同时做DDL。

而对于一个大表来说，Online DDL最耗时的过程就是拷贝数据到临时表的过程，这个步骤的执行期间可以接受增删改操作。所以，相对于整个DDL过程来说，锁的时间非常短。对业务来说，就可以认为是Online的。

需要补充说明的是，上述的这些重建方法都会扫描原表数据和构建临时文件。对于很大的表来说，这个操作是很消耗IO和CPU资源的。因此，如果是线上服务，你要很小心地控制操作时间。如果想要比较安全的操作的话，我推荐你使用GitHub开源的gh-ost来做。

## Online 和 inplace

说到Online，我还要再和你澄清一下它和另一个跟DDL有关的、容易混淆的概念inplace的区别。

你可能注意到了，在图3中，我们把表A中的数据导出来的存放位置叫作tmp\_table。这是一个临时表，是在server层创建的。

在图4中，根据表A重建出来的数据是放在“tmp\_file”里的，这个临时文件是InnoDB在内部创建出来的。整个DDL过程都在InnoDB内部完成。对于server层来说，没有把数据挪动到临时表，是一个“原地”操作，这就是“inplace”名称的来源。

所以，我现在问你，如果你有一个1TB的表，现在磁盘间是1.2TB，能不能做一个inplace的DDL呢？

答案是不能。因为，tmp\_file也是要占用临时空间的。

我们重建表的这个语句alter table t engine=InnoDB，其实隐含的意思是：

```
alter table t engine=innodb,ALGORITHM=inplace;
```

跟inplace对应的就是拷贝表的方式了，用法是：

```
alter table t engine=innodb,ALGORITHM=copy;
```

当你使用ALGORITHM=copy的时候，表示的是强制拷贝表，对应的流程就是图3的操作过程。

但我这样说你可能会觉得，inplace跟Online是不是就是一个意思？

其实不是的，只是在重建表这个逻辑中刚好是这样而已。

比如，如果我要给InnoDB表的一个字段加全文索引，写法是：

```
alter table t add FULLTEXT(field_name);
```

这个过程是inplace的，但会阻塞增删改操作，是非Online的。

如果说这两个逻辑之间的关系是什么的话，可以概括为：

1. DDL过程如果是Online的，就一定是inplace的；
2. 反过来未必，也就是说inplace的DDL，有可能不是Online的。截止到MySQL 8.0，添加全文索引（FULLTEXT index）和空间索引（SPATIAL index）就属于这种情况。

最后，我们再延伸一下。

在第10篇文章 [《MySQL为什么有时候会选错索引》](#) 的评论区中，有同学问到使用optimize table、analyze table和alter table这三种方式重建表的区别。这里，我顺便再简单和你解释一下。

- 从MySQL 5.6版本开始，alter table t engine = InnoDB（也就是recreate）默认的就是上面图4的流程了；
- analyze table t 其实不是重建表，只是对表的索引信息做重新统计，没有修改数据，这个过程中加了MDL读锁；
- optimize table t 等于recreate+analyze。

## 小结

今天这篇文章，我和你讨论了数据库中收缩表空间的方法。

现在你已经知道了，如果要收缩一个表，只是delete掉表里面不用的数据的话，表文件的大小是不会变的，你还要通过alter table命令重建表，才能达到表文件变小的目的。我跟你介绍了重建表的两种实现方式，Online DDL的方式是可以考虑在业务低峰期使用的，而MySQL 5.5及之前的版本，这个命令是会阻塞DML的，这个你需要特别小心。

最后，又到了我们的课后问题时间。

假设现在有人碰到了“想要收缩表空间，结果适得其反”的情况，看上去是这样的：

1. 一个表t文件大小为1TB；
2. 对这个表执行 alter table t engine=InnoDB；
3. 发现执行完成后，空间不仅没变小，还稍微大了一点儿，比如变成了1.01TB。

你觉得可能是什么原因呢？

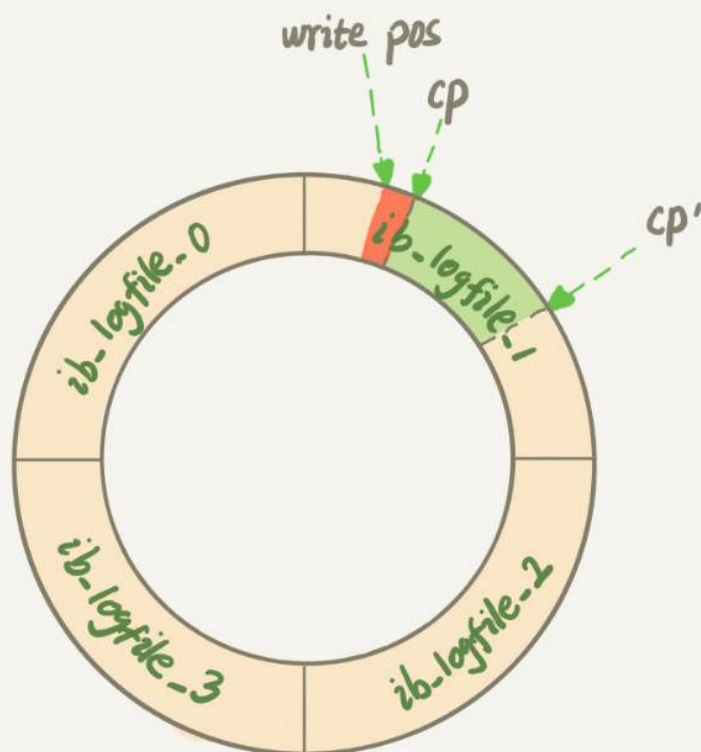
你可以把你觉得可能的原因写在留言区里，我会在下一篇文章的末尾把大家描述的合理的原因都列出来，以后其他同学就不用掉到这样的坑里了。感谢你的收听，也欢迎你把这篇文章分享给更多的朋友一起阅读。

## 上期问题时间

在上期文章最后，我留给你的问题是，如果一个高配的机器，redo log设置太小，会发生什么情况。

每次事务提交都要写redo log，如果设置太小，很快就会被写满，也就是下面这个图的状态，这个“环”将很快被写满，write pos一直追着CP。





这时候系统不得不停止所有更新，去推进checkpoint。

这时，你看到的现象就是**磁盘压力很小，但是数据库出现间歇性的性能下跌。**

评论区留言点赞板：

@某、人 给了一个形象的描述，而且提到了，在这种情况下，连change buffer的优化也失效了。因为checkpoint一直要往前推，这个操作就会触发merge操作，然后又进一步地触发刷脏页操作；

有几个同学提到了内存淘汰脏页，对应的redo log的操作，这个我们会在后面的文章中展开，大家可以先看一下 @melon 同学的描述了解一下；

@算不出流源 提到了“动态平衡”，其实只要出现了这种“平衡”，意味着本应该后台的操作，就已经影响了业务应用，属于有损失的平衡。

# 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



## 精选留言



undefined

老师，有几个问题：

1. Truncate 会释放表空间吗
2. 重建表的时候如果没有数据更新，有没有可能产生页分裂和空洞
3. 页分裂是发生在索引还是数据上
4. 应用 row log 的过程会不会再次产生页分裂和空洞
5. 不影响增删改，就是 Online；相对 Server 层没有新建临时表，就是 inplace，这里怎么判断是不是相对 Server 层没有新建临时表

辛苦老师解答一下，谢谢老师

2018-12-12 10:41

作者回复

1. Truncate 可以理解为 drop+create
2. Online 可以认为没有
3. 数据也是索引哦
4. 可能会
5. 好问题，我放到明天答疑部分

2018-12-12 11:16



郜

麻烦咨询个问题，“在图 3 中，我们把表 A 中的数据导出来的存放位置叫作 tmp\_table。这是一个临时表，是在 server 层创建的。”

在 server 层创建的表也是将 A 表数据 copy 到了临时表，为什么在空间不够用时就没有问题，而 inplace 在 InnoDB 执行则会再占用一份存储？

2018-12-13 11:07

作者回复

额，

Copy 的时候肯定更需要的...

这里特别指出来，是因为大多数人很容易理解 copy 需要临时空间，但是误以为 inplace 不需要

Anyway,好问题

2018-12-13 18:13



陈飞

老师，请问下分布式ID（雪花算法生成的ID）生成的索引会比自增长的ID性能低吗？

雪花算法生成的ID是越来越大的，但不是逐渐递增，长度用的的bitint，麻烦解答下，非常感谢。

2018-12-13 13:57

作者回复

好问题。

性能一样的，没有一定要“连续”，只要是递增

2018-12-13 18:11



发条橙子。

老师，我的确实是 5.7 版本。我今天看了些关于 online ddl的文章，再结合表锁那章评论的内容，有几个点还想确认一下，希望老师能解答一下。

1. 是不是 5.6 之后所有的 alter 操作(增删字段、增删索引等)都是支持 online ddl
2. 如果 alter 都是 online ddl 那么是不是如果 alter操作 获取到mdl写锁时，后面的 查询需要mdl读锁会暂时阻塞，但是mdl会马上降为读锁，后面的操作会继续进行不会堵塞。等再升到写锁，后面操作又会暂时阻塞。
3. 当 alter 降到mdl 读锁时，这时候可以新增数据么，mdl表级读锁不会影响到 insert 或者 update的行锁么
4. 如果将 alter 操作显式的放到事务里，事务不提交，另一个事务查询的时候会查询到alter 操作后的表结构，比如新增了一个字段。这个是什么原因，是否打破了 mvcc 的定义呢

2018-12-13 23:49

作者回复

1. 不是哦，我文章里说的加全文索引就不online
2. 对，这两个暂时，都是时间很短的
3. 是，DML语句加的是MDL读锁，读读不冲突
4. 好问题，不过alter table 语句会默认提交前面的事务，然后自己独立执行

2018-12-14 00:36



飞翔

我想到的其中一种可能：

本来就很紧凑，没能整出多少剩余空间。

重新收缩的过程中，页会按90%满的比例来重新整理页数据（10%留给UPDATE使用），未整理之前页已经占用90%以上，收缩之后，文件就反而变大了。

2018-12-12 11:16

作者回复

一个漂亮的答案

2018-12-12 11:43



帆帆帆帆帆帆帆帆

@undefined怎么判断是不是相对 Server 层没有新建临时表。一个最直观的判断方法是看命令执行后影响的行数，没有新建临时表的话新建的行数是0。

2018-12-12 14:41

作者回复

，下一篇答疑直接贴你答案

2018-12-12 17:56



某、人

通过第10期的课后思考题学习到如果delete的数据还会被用于MVCC,那么该数据页(二级索引和聚簇索引)上的记录不会被物理删除,是被标记删除.只有当该事务不会用于mvcc了,才可以被purge线程把之前标记删除的数据真正删除掉.但是即便数据物理删除了,磁盘空间也不会返回给操作系统.可以通过show table status like 't';观察data\_free来预估该表的碎片.如果过大,可以用alter table t engine=innodb来清除

我有几个问题请教下老师:

- 1.inplace相对于其他在线改表软件,多了MDL X锁.既然都是通过临时表/文件来做,为什么一开始要上MDL X锁?
- 2.gh-ost使用binlog来做同步,假设从position 1开始,先lock S前面1000条数据做cp,这时有事务对后面1000条数据做了修改或者插入.等cp后面这个1000条时,会把修改好的数据cp到临时表.最后又应用binlog,那么这相当于做了两次操作,请问这部分数据是怎么处理的?
- 3.online会把过程中对表的操作记录在一个(row log)中,那么中途这些DML事务,是怎么判定的commit?我做测试,中途这些事务都是成功的.但是有在做online DDL快完了,commit那个阶段,DDL报唯一键冲突,这又是什么原因造成的啊? 我没有模拟出来这个例子

2018-12-13 20:26

作者回复

1. 确保没有启发请求在用这个表
2. Binlog设置为row格式, 幂等的
3. 这个我觉得其实是bug,就没提.你在DDL期间, 往原表插入一个已经存在相同主键的一行试试

2018-12-13 21:51



尘封

老师, 请教一个问题, 和本文无关, 既然mysql支持了打包数据排序模式, 能够更紧凑的分配内存进行排序, 那定义表结构的时候, varchar(10)存储hello和varchar(100)存储hello的优势在哪里呢? 谢谢

2018-12-12 07:32

作者回复

你这个问题放在第16篇问就刚刚好了。

以前不支持紧凑排序的时候有, 现在没啥差别了, 小于256都差不多

2018-12-12 10:47



V。

可能性有两个。

1. 生成临时表过程中, row log中新增的数据较多, 导致表的行数变多。
  2. 生成临时表过程中, row log中有部分插入和删除操作会产生“空洞”。
- 个人感觉, 第一种情况, 突然多了高于1%的数据, 比较少见; 但第二种情况, 在某些业务中, 经常出现。

2018-12-12 09:46

库淘淘

alter table A engine=InnoDB 中由写锁降为读锁。有个疑问 为何不直接就加个MDL读锁,这样DDL 也执行不了,应用redo 替换文件后释放读锁即可

2018-12-13 16:04

作者回复

如果有别的线程正在读这个表的数据, 得等下

2018-12-13 18:07



lionetes

在alter table engine =innodb 未完成前,做了DML 操作, 并且是在已经重构完的数据引起的DML操作, 产生了空洞. 导致变大 重构未处理的数据 即使产生了 空洞, 到100% 后也能清理碎片空间.

truncate table 里面的 数据 不产生 binlog,无法恢复, 如果速度上来讲 还是drop table 更快. 但对于 超大的table 做drop, truncate 时候也是很危险了, 容易整个数据库 hang 住, 因为要对 buffer pool 中对应的页面清除, 可以对ibd 文件做 In 操作生成 ibd.hdlk 然后 rm -f ibd 最后 drop table 会很快

对经常delete 数据的表 用以前讲的 循环删除 方法, 来删除 也是 不错的. 当然要根据情况做 碎片整理

2018-12-12 22:34



帆帆帆帆帆帆帆帆

执行完成后, 空间不仅没变小, 还稍微大了一点儿。比较常见的情况是表上只有insert, 没有update的情况, 如一些存放历史记录记录的表。

2018-12-12 14:42



wang chen

wen

optimize table t 等于 recreate+analyze

老师请教个问题recreate出来应该是几乎全新的, analyze的必要性?

2018-12-12 09:45

作者回复

好问题, 这个得是比较极端的情况下才有必要, 所以我比较喜欢直接用alter

2018-12-12 10:30



天王

delete删除表数据, 只是打上一个可复用标记, 如果是数据页上一部分数据打上标记, 如果按照自增主键insert数据, 那表空间的数据不会复用, 如果是整个数据页的所有数据打上标记, 那么可以复用。2个3相邻的数据页, 如果空洞太多, 合并成一个页, 另外一个可以标记复用。重建表可以减少空洞, 文件大小可以减小, 本质上是通过, 创建临时文件, 将数据在临时文件上, 重建一份, 重建过程, 按照顺序插入, 极大减少了黑洞, 数据都拷贝到临时文件以后, 会有删除原来文件, 切换到新文件。文件会减小了。

2018-12-12 09:14

作者回复

2018-12-12 10:32



杰之7

通过这一节的阅读学习, 了解了删除表中的数据以后, 表的大小并没有减少, 这种现象我们叫做空洞, 对于增删改都会产生这种现象。为什么会是这样, 我想是计算机系统或许内存方面的内容。

对于这种现象, 老师给予的解决方法是重建表, 就是将原表数据重新建立在一张表。同时在高版本Mysql的Innodb支持online操作, 同时, 老师解释了onplace和inplace的区别。

中途有两个礼拜没有跟上进度学习, 很惭愧, 接下来一月会尽快跟上老师的步伐。

2019-01-10 13:21



金龟

老师, 请教个问题, 在innodb中是不是b+树的每个节点都是一页, 比如最上层的根节点就是一页。下层有5个节点就是5页。

2018-12-30 11:45

作者回复

是的

2018-12-30 19:31



海曙云崖

怎么判断online DDL 的阶段是在MDL还是读锁阶段呢

2018-12-26 15:10

作者回复

Show processlist可以看到

不过MDL锁阶段很短

2018-12-26 17:06



三木禾

数据页A满了，随机插入一条数据，不得不申请一个新的数据页，这时候数据页A会留下空洞，我的问题是，既然满了，为什么还有空洞呢？

2018-12-24 15:18

作者回复

申请新页B，把一部分数据从A挪到B，A就空出一些

2018-12-24 16:20



zzklll99

老师我想问一下，为什么对表结构进行修改要读原数据。不可以直接修改吗

2018-12-20 17:28

作者回复

你说的原数据是说表里的数据吗？

MySQL 官方版本还不支持只改表结构

2018-12-20 18:07



壹口尘埃

网上找到一个Inplace和Online的区别，写的挺好的，贴出来方便大家理解：

MySQL各版本，对于add Index的处理方式是不同的，主要有三种：

#### (1) Copy Table方式

这是InnoDB最早支持的创建索引的方式。顾名思义，创建索引是通过临时表拷贝的方式实现的。

新建一个带有新索引的临时表，将原表数据全部拷贝到临时表，然后Rename，完成创建索引的操作。

这个方式创建索引，创建过程中，原表是可读的。但是会消耗一倍的存储空间。

#### (2) Inplace方式

这是原生MySQL 5.5，以及innodb\_plugin中提供的创建索引的方式。所谓Inplace，也就是索引创建在原表上直接进行，不会拷贝临时表。相对于Copy Table方式，这是一个进步。

Inplace方式创建索引，创建过程中，原表同样可读的，但是不可写。

#### (3) Online方式

这是MySQL 5.6.7中提供的创建索引的方式。无论是Copy Table方式，还是Inplace方式，创建索引的过程中，原表只能允许读取，不可写。对应用有较大的限制，因此MySQL最新版本中，InnoDB支持了所谓的Online方式创建索引。

InnoDB的Online Add Index，首先是Inplace方式创建索引，无需使用临时表。在遍历聚簇索引，收集记录并插入到新索引的过程中，原表记录可修改。而修改的记录保存在Row Log中。当聚簇索引遍历完毕，并全部插入到新索引之后，重放Row Log中的记录修改，使得新索引与聚簇索引记录达到一致状态。

与Copy Table方式相比，Online Add Index采用的是Inplace方式，无需Copy Table，减少了空间开销；与此同时，Online Add Index只有在重放Row Log最后一个Block时锁表，减少了锁表的时间。

与Inplace方式相比，Online Add Index吸收了Inplace方式的优势，却减少了锁表的时间。

2018-12-19 14:40