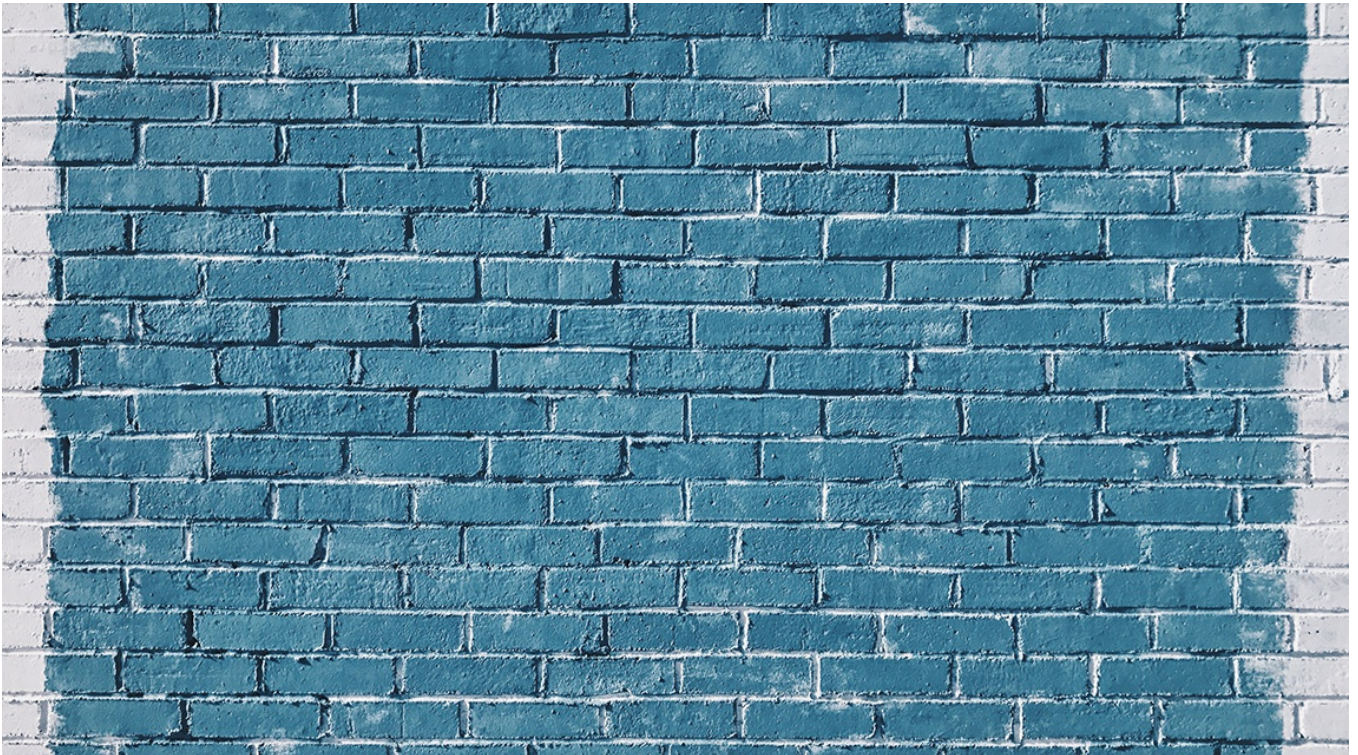


## 28 | 从磁盘I/O的角度理解SQL查询的成本

2019-08-14 陈旻



在开始今天的内容前，我们先来回忆一下之前的内容。

数据库存储的基本单位是页，对于一棵B+树的索引来说，是先从根节点找到叶子节点，也就是先查找数据行所在的页，再将页读入到内存中，在内存中对页的记录进行查找，从而得到想要数据。你看，虽然我们想要查找的，只是一行记录，但是对于磁盘I/O来说却需要加载一页的信息，因为页是最小的存储单位。

那么对于数据库来说，如果我们想要查找多行记录，查询时间是否会成倍地提升呢？其实数据库会采用缓冲池的方式提升页的查找效率。

为了更好地理解SQL查询效率是怎么一回事，今天我们就来看看磁盘I/O是如何加载数据的。

这部分的内容主要包括以下几个部分：

1. 数据库的缓冲池在数据库中起到了怎样的作用？如果我们对缓冲池内的数据进行更新，数据会直接更新到磁盘上吗？
2. 对数据页进行加载都有哪些方式呢？
3. 如何查看一条SQL语句需要在缓冲池中进行加载的页的数量呢？

### 数据库缓冲池

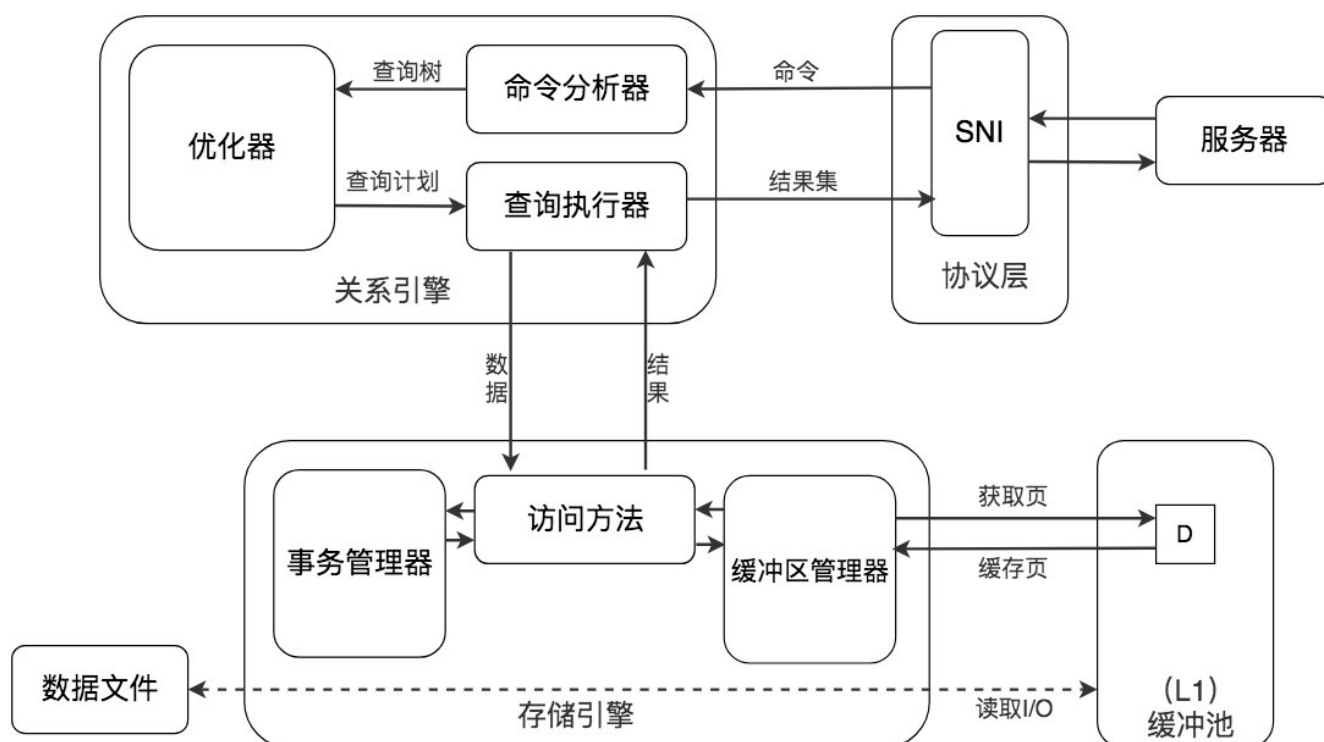
磁盘I/O需要消耗的时间很多，而在内存中进行操作，效率则会高很多，为了能让数据表或者索

引中的数据随时被我们所用，DBMS会申请占用内存来作为数据缓冲池，这样做的好处是可以让磁盘活动最小化，从而减少与磁盘直接进行I/O的时间。要知道，这种策略对提升SQL语句的查询性能来说至关重要。如果索引的数据在缓冲池里，那么访问的成本就会降低很多。

那么缓冲池如何读取数据呢？

缓冲池管理器会尽量将经常使用的数据保存起来，在数据库进行页面读操作的时候，首先会判断该页面是否在缓冲池中，如果存在就直接读取，如果不存在，就会通过内存或磁盘将页面存放到缓冲池中再进行读取。

缓存在数据库中的结构和作用如下图所示：



如果我们执行SQL语句的时候更新了缓存池中的数据，那么这些数据会马上同步到磁盘上吗？

实际上，当我们对数据库中的记录进行修改的时候，首先会修改缓冲池中页里面的记录信息，然后数据库会以一定的频率刷新到磁盘上。注意并不是每次发生更新操作，都会立刻进行磁盘回写。缓冲池会采用一种叫做checkpoint的机制将数据回写到磁盘上，这样做的好处就是提升了数据库的整体性能。

比如，当缓冲池不够用时，需要释放掉一些不常用的页，就可以采用强行采用checkpoint的方式，将不常用的脏页回写到磁盘上，然后再从缓冲池中将这些页释放掉。这里脏页（dirty page）指的是缓冲池中被修改过的页，与磁盘上的数据页不一致。

## 查看缓冲池的大小

了解完缓冲池的工作原理后，你可能想问，我们如何判断缓冲池的大小？

如果你使用的是MySQL MyISAM存储引擎，它只缓存索引，不缓存数据，对应的键缓存参数为key\_buffer\_size，你可以用它进行查看。

如果你使用的是InnoDB存储引擎，可以通过查看innodb\_buffer\_pool\_size变量来查看缓冲池的大小，命令如下：

```
mysql > show variables like 'innodb_buffer_pool_size'
```

```
mysql> show variables like 'innodb_buffer_pool_size'
+-----+-----+
| Variable_name | Value |
+-----+-----+
| innodb_buffer_pool_size | 8388608 |
+-----+-----+
```

你能看到此时InnoDB的缓冲池大小只有8388608/1024/1024=8MB，我们可以修改缓冲池大小为128MB，方法如下：

```
mysql> set global innodb_buffer_pool_size = 134217728;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

然后再来看下修改后的缓冲池大小，此时已成功修改成了128MB：

```
mysql> show variables like 'innodb_buffer_pool_size';
+-----+-----+
| Variable_name | Value |
+-----+-----+
| innodb_buffer_pool_size | 134217728 |
+-----+-----+
1 row in set, 1 warning (0.00 sec)
```

在InnoDB存储引擎中，我们可以同时开启多个缓冲池，这里我们看下如何查看缓冲池的个数，使用命令：

```
mysql > show variables like 'innodb_buffer_pool_instances'
```

```
mysql> show variables like 'innodb_buffer_pool_instances';
+-----+-----+
| Variable_name | Value |
+-----+-----+
| innodb_buffer_pool_instances | 1 |
+-----+-----+
1 row in set, 1 warning (0.01 sec)
```

你能看到当前只有一个缓冲池。实际上innodb\_buffer\_pool\_instances默认情况下为8，为什么只显示只有一个呢？这里需要说明的是，如果想要开启多个缓冲池，你首先需要将innodb\_buffer\_pool\_size参数设置为大于等于1GB，这时innodb\_buffer\_pool\_instances才会大于1。你可以在MySQL的配置文件中对innodb\_buffer\_pool\_size进行设置，大于等于1GB，然后再针对innodb\_buffer\_pool\_instances参数进行修改。

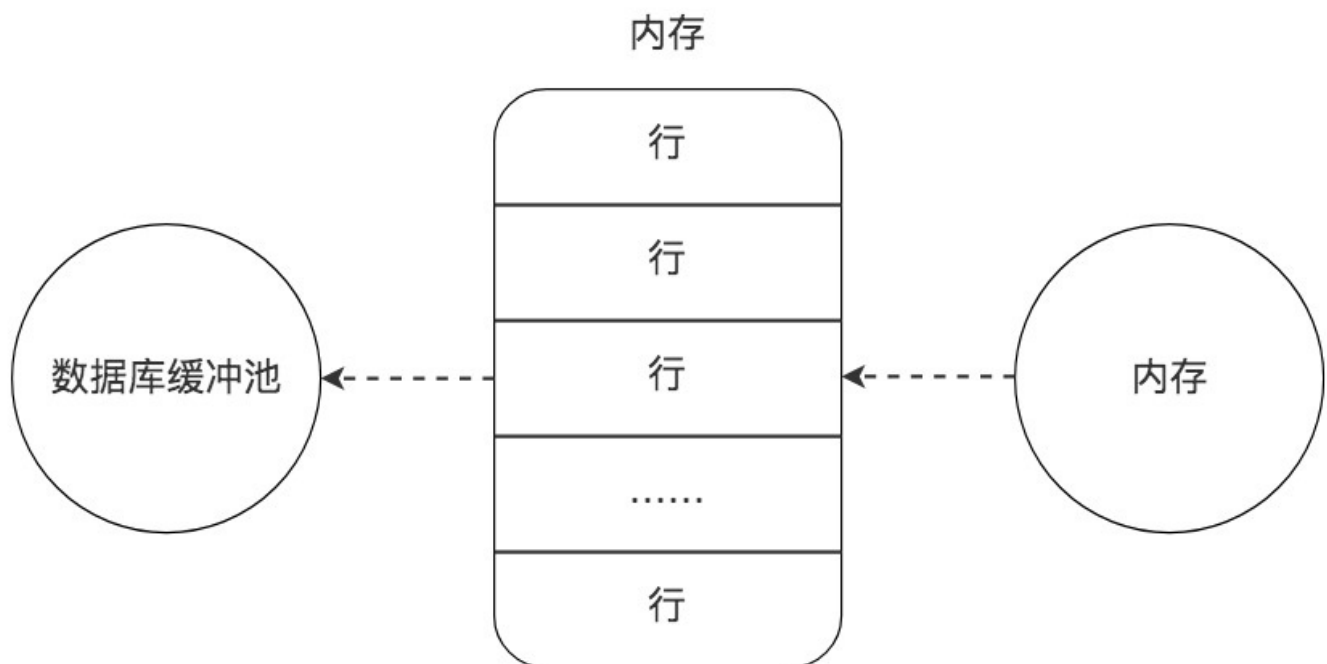
## 数据页加载的三种方式

我们刚才已经对缓冲池有了基本的了解。

如果缓冲池中没有该页数据，那么缓冲池有以下三种读取数据的方式，每种方式的读取效率都是不同的：

### 1. 内存读取

如果该数据存在于内存中，基本上执行时间在**1ms**左右，效率还是很高的。

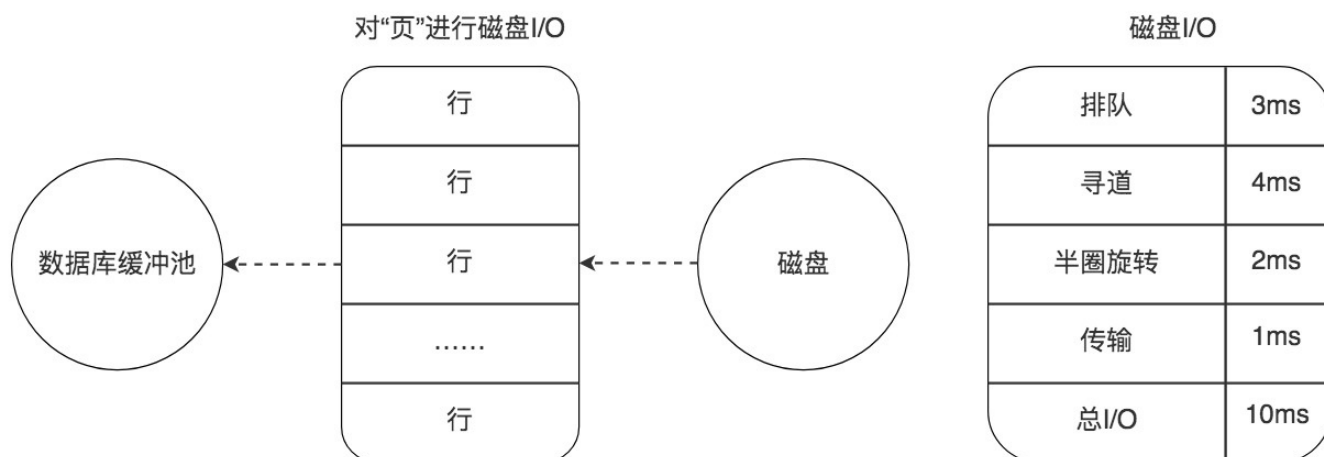


### 2. 随机读取

如果数据没有在内存中，就需要在磁盘上对该页进行查找，整体时间预估在**10ms**左右，这**10ms**中有**6ms**是磁盘的实际繁忙时间（包括了寻道和半圈旋转时间），有**3ms**是对可能发生的排队时



间的估计值，另外还有**1ms**的传输时间，将页从磁盘服务器缓冲区传输到数据库缓冲区中。这**10ms**看起来很快，但实际上对于数据库来说消耗的时间已经非常长了，因为这还只是一个页的读取时间。



### 3. 顺序读取

顺序读取其实是一种批量读取的方式，因为我们请求的数据在磁盘上往往都是相邻存储的，顺序读取可以帮我们批量读取页面，这样的话，一次性加载到缓冲池中就不需要再对其他页面单独进行磁盘I/O操作了。如果一个磁盘的吞吐量是**40MB/S**，那么对于一个**16KB**大小的页来说，一次可以顺序读取**2560**（**40MB/16KB**）个页，相当于一个页的读取时间为**0.4ms**。采用批量读取的方式，即使是从磁盘上进行读取，效率也比从内存中只单独读取一个页的效率要高。

### 通过last\_query\_cost统计SQL语句的查询成本

我们先前已经讲过，一条SQL查询语句在执行前需要确定查询计划，如果存在多种查询计划的话，MySQL会计算每个查询计划所需要的成本，从中选择成本最小的一个作为最终执行的查询计划。

如果我们想要查看某条SQL语句的查询成本，可以在执行完这条SQL语句之后，通过查看当前会话中的last\_query\_cost变量值来得到当前查询的成本。这个查询成本对应的是SQL语句所需要读取的页的数量。

我以product\_comment表为例，如果我们想要查询comment\_id=900001的记录，然后看下查询成本，我们可以直接在聚集索引上进行查找：

```
mysql> SELECT comment_id, product_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE comment_id = 900001
```

运行结果（1条记录，运行时间为0.042s）：

comment_id	product_id	comment_text	user_id
900001	10001	9e71ed18f49c1bb8b2dc	595306

然后再看下查询优化器的成本，实际上我们只需要检索一个页即可：

```
mysql> SHOW STATUS LIKE 'last_query_cost';
```

```
mysql> show status like 'last_query_cost';
+-----+-----+
| Variable_name | Value |
+-----+-----+
| Last_query_cost | 1.000000 |
+-----+-----+
```

如果我们想要查询comment\_id在900001到9000100之间的评论记录呢？

```
mysql> SELECT comment_id, product_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE comment_id
```

运行结果（100条记录，运行时间为0.046s）：

comment_id	product_id	comment_text	user_id
900001	10001	9e71ed18f49c1bb8b2dc	595306
900002	10001	cb672c3ff4c4f79ef0c6	785110
.....	.....	.....	.....
900100	10001	9a8ed69117eb947ee7bc	153568

然后再看下查询优化器的成本，这时我们大概需要进行20个页的查询。

```
mysql> SHOW STATUS LIKE 'last_query_cost';
```

```
mysql> show status like 'last_query_cost';
```

Variable_name	Value
Last_query_cost	20.291351

你能看到页的数量是刚才的20倍，但是查询的效率并没有明显的变化，实际上这两个SQL查询的时间基本上一样，就是因为采用了顺序读取的方式将页面一次性加载到缓冲池中，然后再进行查找。虽然页数量（last\_query\_cost）增加了不少，但是通过缓冲池的机制，并没有增加多少查询时间。

## 总结

上一节我们了解到了页是数据库存储的最小单位，这一节我们了解了在数据库中是如何加载使用页的。SQL查询是一个动态的过程，从页加载的角度来看，我们可以得到以下两点结论：

1. 位置决定效率。如果页就在数据库缓冲池中，那么效率是最高的，否则还需要从内存或者磁盘中进行读取，当然针对单个页的读取来说，如果页存在于内存中，会比在磁盘中读取效率高很多。
2. 批量决定效率。如果我们从磁盘中对单一页进行随机读，那么效率是很低的（差不多10ms），而采用顺序读取的方式，批量对页进行读取，平均一页的读取效率就会提升很多，甚至要快于单个页面在内存中的随机读取。

所以说，遇到I/O并不用担心，方法找对了，效率还是很高的。我们首先要考虑数据存放的位置，如果是经常使用的数据就要尽量放到缓冲池中，其次我们可以充分利用磁盘的吞吐能力，一次性批量读取数据，这样单个页的读取效率也就得到了提升。



最后给你留两道思考题吧。你能解释下相比于单个页面的随机读，为什么顺序读取时平均一个页面的加载效率会提高吗？另外，对于今天学习的缓冲池机制和数据页加载的方式，你有什么心得体会吗？

欢迎在评论区写下你的答案，如果你觉得这篇文章有帮助，不妨把它分享给你的朋友或者同事吧。



# SQL 必知必会

## 从入门到数据实战

陈旸

清华大学计算机博士



新版升级：点击「 请朋友读」，20位好友免费读，邀请订阅更有**现金**奖励。





老毕

👍 8

顺序读的页面平均加载效率更高是因为顺序读更贴合存储介质的物理特性，即一次顺序读取一批相邻物理块的效率，大于多次随机访问不连续的物理块的效率。

缓冲池机制和页面加载方式是计算机体系结构的经典方式，首先必须承认两个客观事实，一是资源有限，二是时间有限。从硬盘到内存再到CPU缓存，价格和效率永远存在矛盾，只能通过多级缓存的形式，将更贵的资源留给更热的数据。

2019-08-14



lmtoo

👍 2

`innodb_buffer_pool_size`是缓存池总大小吗？如果缓存池个数大于1，那每个缓冲池大小是不是 $\text{innodb\_buffer\_pool\_size}/\text{innodb\_buffer\_pool\_instances}$ ？

2019-08-14



用0和1改变自己

👍 1

1,顺序读取是一种批量读取，读取的数据都是相邻的，所以不需要每一页都进行I/O操作，平均下来就效率更高了。

2.缓存池的刷新机制和许多缓存都是一样的，达到一定数量后进行更新，以达到提升性能都目的。

2019-08-14



请问下老师

👍 0

缓冲池和查询缓存是一个东西吗？

2019-08-22



一米阳光

👍 0

老师，ssd硬盘也存在随机读吗，还是只是减少了机械硬盘的寻道

2019-08-21



ABC

👍 0

感觉缓冲池很像MySQL里面的Redis。。

老师，随机读取的意思是不是`comment_id in (1001,10002,95230,5698)`这样啊？

2019-08-16



Geek\_Wison

👍 0

老师，您好。这一节讲的数据库缓存池和新版本MySQL8.0取消的缓存指的是同一个东西吗？

如果是的话，那这节课的内容只在旧版本的mysql成立，在新版本的mysql（取消了缓存的版本）就没用了？

2019-08-16



土田王人王人

👍 0



明ママ



老师,有个问题请教一下:

项目中使用kafka来做消息传递,监控的主库的binlog;但是由于功能场景需要再查询从库,这时候主从延迟会导致数据问题,出了重试机制还有其他解决办法吗?

比如:能否在从库写入成功之后再发送消息

2019-08-15



DemonLee

0

数据页的加载方式,我可以手工调整是随机读取还是顺序读取吗?

2019-08-14



asdf100

0

对于上面的问题是不是想问的是“所谓顺序多个页,平均下来每个页的读取时间为什么比随机读取一个页的时候小”的么?如果这样的话,就容易理解多了。主要还是和磁盘存储原理有关

2019-08-14



asdf100

0

数据缓冲池数据来源,一种是内存,一种是磁盘,其中磁盘读取时,又分为随机读取和顺序读取。另外数据缓冲池也是一块特殊的内存,也就是说如果源数据在内存的话,等于将数据从一块内存转到了另一块内存里,这样理解对么?

2019-08-14



许童童

0

你能解释下相比于单个页面的随机读,为什么顺序读取时平均一个页面的加载效率会提高吗?和硬盘的结构有关,硬盘如果读取连续的页,那平均延时和寻道时间平均到每个页面就非常少了,甚至非常接近读取一个页面的效率。

另外,对于今天学习的缓冲池机制和数据页加载的方式,你有什么心得体会吗?

缓冲机制在计算机性能优化随处可见,其理论依据就是计算机的局部性原理,空间局部性,时间局部性。

2019-08-14

作者回复

对的 批量处理,以及缓冲池机制在系统性能设计中会经常用到

2019-08-14



马哲富

0

怎样把数据存放在数据池中,又怎样批量的读取数据呢?

2019-08-14



空知

0

顺序读快 磁盘悬臂除了第一次转半圈 找磁道之后不用做这个操作了

老师问下

1.innodb\_buffer\_pool\_size是全部缓存池实例的总大小吗?所有实例均分这个size吗?

## 2. mysql查询之前版本是开启缓存器的 这个跟缓冲区区别是啥？

2019-08-14



蒙开强

老师，你好，这个缓冲池里存的是优化的语句还是查询的结果集呢

2019-08-14

👍 0