

## 05 | 深入浅出索引（下）

2018-11-23 林晓斌



在上一篇文章中，我和你介绍了InnoDB索引的数据结构模型，今天我们再继续聊聊跟MySQL索引有关的概念。

在开始这篇文章之前，我们先来看一下这个问题：

在下面这个表T中，如果我执行 `select * from T where k between 3 and 5`，需要执行几次树的搜索操作，会扫描多少行？

下面是这个表的初始化语句。

```
mysql> create table T (  
  ID int primary key,  
  k int NOT NULL DEFAULT 0,  
  s varchar(16) NOT NULL DEFAULT '',  
  index k(k))  
engine=InnoDB;  
  
insert into T values(100,1, 'aa'),(200,2,'bb'),(300,3,'cc'),(500,5,'ee'),(600,6,'ff'),(700,7,'
```

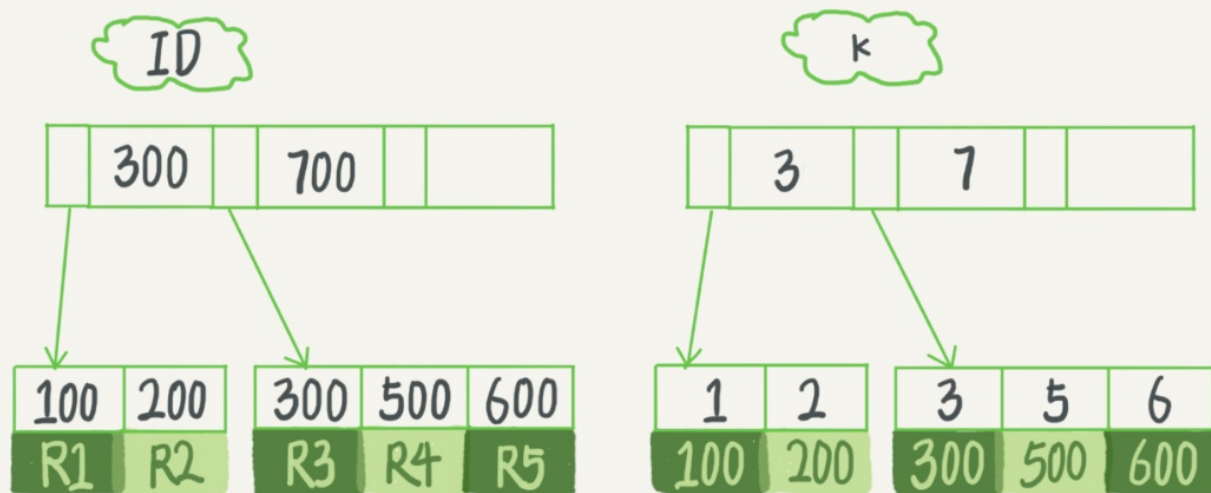


图1 InnoDB的索引组织结构

现在，我们一起来看看这条SQL查询语句的执行流程：

1. 在k索引树上找到k=3的记录，取得 ID = 300；
2. 再到ID索引树查到ID=300对应的R3；
3. 在k索引树取下一个值k=5，取得ID=500；
4. 再回到ID索引树查到ID=500对应的R4；
5. 在k索引树取下一个值k=6，不满足条件，循环结束。

在这个过程中，回到主键索引树搜索的过程，我们称为回表。可以看到，这个查询过程读了k索引树的3条记录（步骤1、3和5），回表了两次（步骤2和4）。

在这个例子中，由于查询结果所需要的数据只在主键索引上有，所以不得不回表。那么，有没有可能经过索引优化，避免回表过程呢？

## 覆盖索引

如果执行的语句是select ID from T where k between 3 and 5，这时只需要查ID的值，而ID的值

已经在k索引树上了，因此可以直接提供查询结果，不需要回表。也就是说，在这个查询里面，索引k已经“覆盖了”我们的查询需求，我们称为覆盖索引。

由于覆盖索引可以减少树的搜索次数，显著提升查询性能，所以使用覆盖索引是一个常用的性能优化手段。

需要注意的是，在引擎内部使用覆盖索引在索引k上其实读了三个记录，R3~R5（对应的索引k上的记录项），但是对于MySQL的Server层来说，它就是找引擎拿到了两条记录，因此MySQL认为扫描行数是2。

备注：关于如何查看扫描行数的问题，我将会在第16文章《如何正确地显示随机消息？》中，和你详细讨论。

基于上面覆盖索引的说明，我们来讨论一个问题：在一个市民信息表上，是否有必要将身份证号和名字建立联合索引？

假设这个市民表的定义是这样的：

```
CREATE TABLE `tuser` (  
  `id` int(11) NOT NULL,  
  `id_card` varchar(32) DEFAULT NULL,  
  `name` varchar(32) DEFAULT NULL,  
  `age` int(11) DEFAULT NULL,  
  `ismale` tinyint(1) DEFAULT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`),  
  KEY `id_card` (`id_card`),  
  KEY `name_age` (`name`, `age`)  
) ENGINE=InnoDB
```

我们知道，身份证号是市民的唯一标识。也就是说，如果有根据身份证号查询市民信息的需求，我们只要在身份证号字段上建立索引就够了。而再建立一个（身份证号、姓名）的联合索引，是不是浪费空间？

如果现在有一个高频请求，要根据市民的身份证号查询他的姓名，这个联合索引就有意义了。它可以在这个高频请求上用到覆盖索引，不再需要回表查整行记录，减少语句的执行时间。

当然，索引字段的维护总是有代价的。因此，在建立冗余索引来支持覆盖索引时就需要权衡考虑了。这正是业务DBA，或者称为业务数据架构师的工作。

## 最左前缀原则

看到这里你一定有一个疑问，如果为每一种查询都设计一个索引，索引是不是太多了。如果我现在要按照市民的身份证号去查他的家庭地址呢？虽然这个查询需求在业务中出现的概率不高，但总不能让它走全表扫描吧？反过来说，单独为一个不频繁的请求创建一个（身份证号，地址）的索引又感觉有点浪费。应该怎么做呢？

这里，我先和你说结论吧。**B+树**这种索引结构，可以利用索引的“最左前缀”，来定位记录。

为了直观地说明这个概念，我们用（**name**， **age**）这个联合索引来分析。

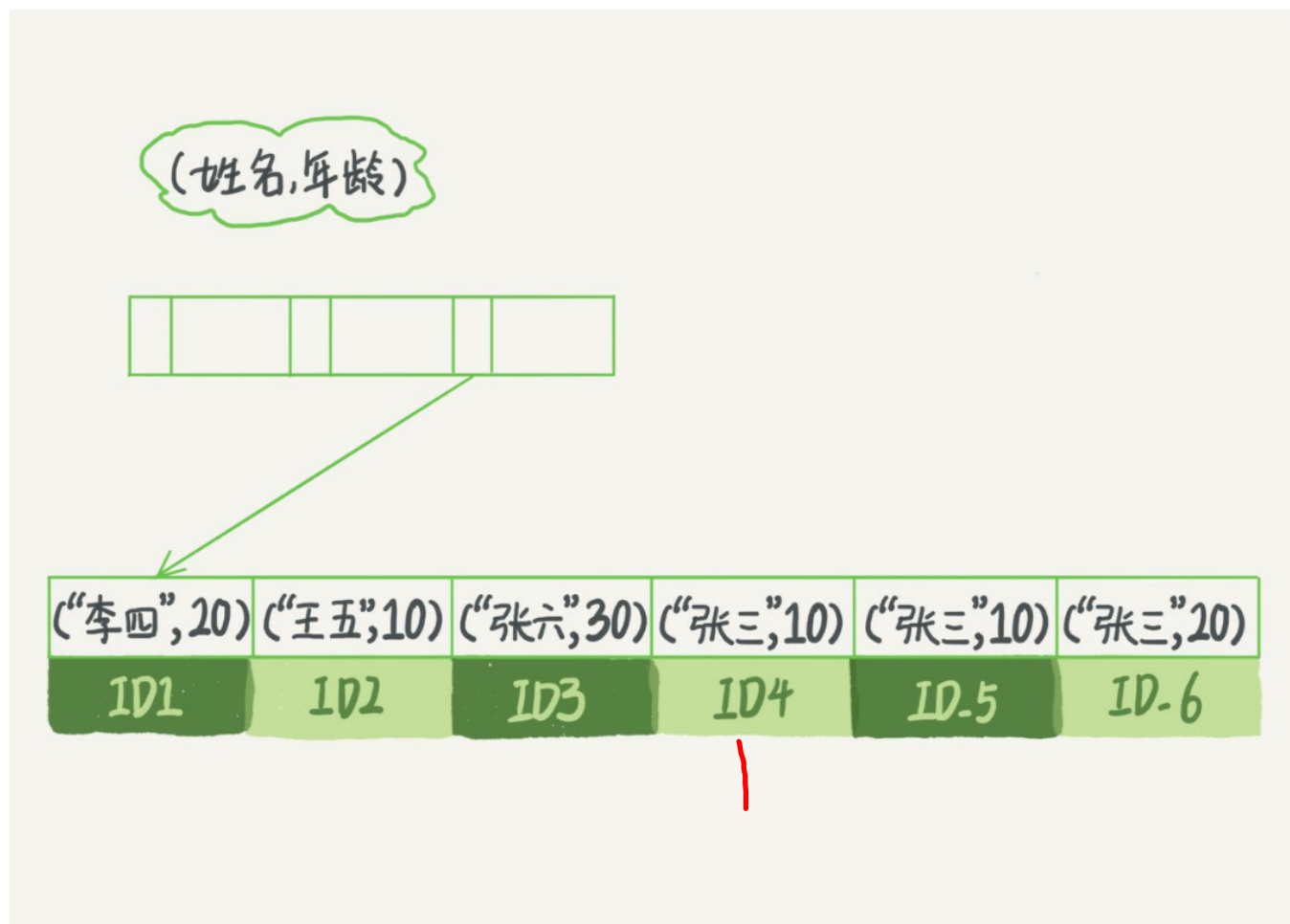


图2（name， age）索引示意图

可以看到，索引项是按照索引定义里面出现的字段顺序排序的。

当你的逻辑需求是查到所有名字是“张三”的人时，可以快速定位到ID4，然后向后遍历得到所有需要的结果。

如果你要查的是所有名字第一个字是“张”的人，你的SQL语句的条件是"where name like '张%'".这时，你也能够用上这个索引，查找到第一个符合条件的记录是ID3，然后向后遍历，直到不满足条件为止。

可以看到，不只是索引的全部定义，只要满足最左前缀，就可以利用索引来加速检索。这个最左前缀可以是联合索引的最左N个字段，也可以是字符串索引的最左M个字符。

基于上面对最左前缀索引的说明，我们来讨论一个问题：在建立联合索引的时候，如何安排索引内的字段顺序。

这里我们的评估标准是，索引的复用能力。因为可以支持最左前缀，所以当已经有了(a,b)这个联合索引后，一般就不需要单独在a上建立索引了。因此，**第一原则是，如果通过调整顺序，可以减少维护一个索引，那么这个顺序往往就是需要优先考虑采用的。**

所以现在你知道了，这段开头的问题里，我们要为高频请求创建(身份证号，姓名)这个联合索引，并用这个索引支持“根据身份证号查询地址”的需求。

那么，如果既有联合查询，又有基于a、b各自的查询呢？查询条件里面只有b的语句，是无法使用(a,b)这个联合索引的，这时候你不得不维护另外一个索引，也就是说你需要同时维护(a,b)、(b)这两个索引。

这时候，我们要考虑的原则就是空间了。比如上面这个市民表的情况，name字段是比age字段大的，那我就建议你创建一个(name,age)的联合索引和一个(age)的单字段索引。

## 索引下推

上一段我们说到满足最左前缀原则的时候，最左前缀可以用于在索引中定位记录。这时，你可能要问，那些不符合最左前缀的部分，会怎么样呢？

我们还是以市民表的联合索引(name, age)为例。如果现在有一个需求：检索出表中“名字第一个字是张，而且年龄是10岁的所有男孩”。那么，SQL语句是这么写的：

```
mysql> select * from tuser where name like '张%' and age=10 and ismale=1;
```

你已经知道了前缀索引规则，所以这个语句在搜索索引树的时候，只能用“张”，找到第一个满足条件的记录ID3。当然，这还不错，总比全表扫描要好。

然后呢？

当然是判断其他条件是否满足。

在MySQL 5.6之前，只能从ID3开始一个个回表。到主键索引上找出数据行，再对比字段值。

而MySQL 5.6引入的索引下推优化(index condition pushdown)，可以在索引遍历过程中，对索引中包含的字段先做判断，直接过滤掉不满足条件的记录，减少回表次数。

图3和图4，是这两个过程的执行流程图。

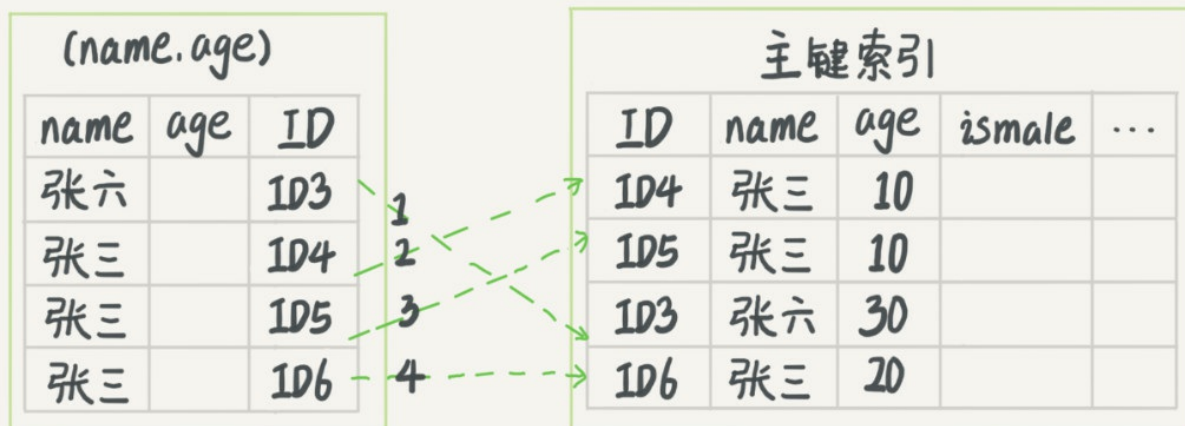


图3 无索引下推执行流程



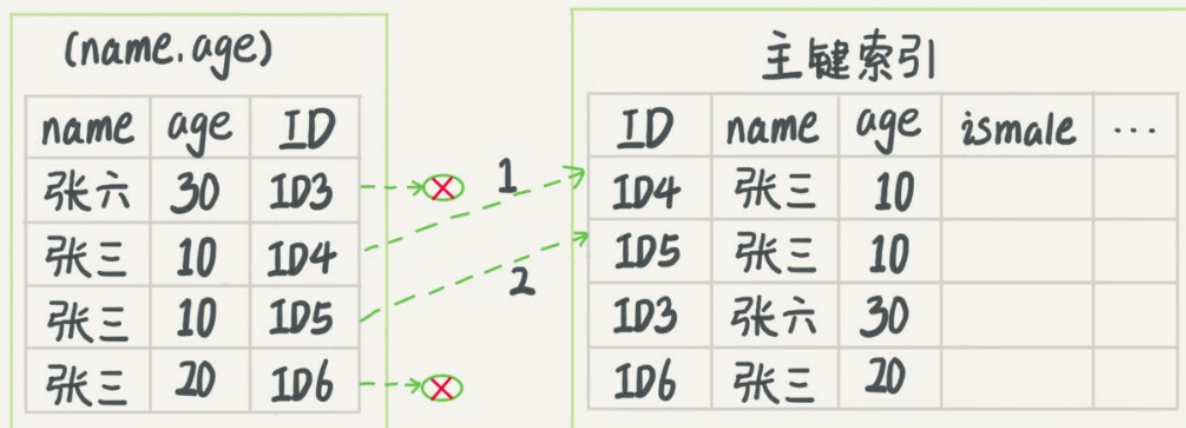


图4 索引下推执行流程

在图3和4这两个图里面，每一个虚线箭头表示回表一次。

图3中，在(name,age)索引里面我特意去掉了age的值，这个过程InnoDB并不会去看age的值，只是按顺序把“name第一个字是’张’”的记录一条条取出来回表。因此，需要回表4次。

图4跟图3的区别是，InnoDB在(name,age)索引内部就判断了age是否等于10，对于不等于10的记录，直接判断并跳过。在我们的这个例子中，只需要对ID4、ID5这两条记录回表取数据判断，就只需要回表2次。

## 小结

今天这篇文章，我和你继续讨论了数据库索引的概念，包括了覆盖索引、前缀索引、索引下推。你可以看到，在满足语句需求的情况下，尽量少地访问资源是数据库设计的重要原则之一。我们在使用数据库的时候，尤其是在设计表结构时，也要以减少资源消耗作为目标。

接下来我给你留下一个问题吧。

实际上主键索引也是可以使用多个字段的。DBA小吕在入职新公司的时候，就发现自己接手维护的库里面，有这么一个表，表结构定义类似这样的：

```
CREATE TABLE `geek` (  
  `a` int(11) NOT NULL,  
  `b` int(11) NOT NULL,  
  `c` int(11) NOT NULL,  
  `d` int(11) NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`a`,`b`),  
  KEY `c` (`c`),  
  KEY `ca` (`c`,`a`),  
  KEY `cb` (`c`,`b`)  
) ENGINE=InnoDB;
```

公司的同事告诉他说，由于历史原因，这个表需要**a**、**b**做联合主键，这个小吕理解了。

但是，学过本章内容的小吕又纳闷了，既然主键包含了**a**、**b**这两个字段，那意味着单独在字段**c**上创建一个索引，就已经包含了三个字段了呀，为什么要创建“**ca**”“**cb**”这两个索引？

同事告诉他，是因为他们的业务里面有这样的两种语句：

```
select * from geek where c=N order by a limit 1;  
select * from geek where c=N order by b limit 1;
```

我给你的问题是，这位同事的解释对吗，为了这两个查询模式，这两个索引是否都是必须的？为什么呢？

你可以把你的思考和观点写在留言区里，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

上期的问题是，通过两个**alter** 语句重建索引**k**，以及通过两个**alter**语句重建主键索引是否合理。

在评论区，有同学问到为什么要重建索引。我们文章里面有提到，索引可能因为删除，或者页分裂等原因，导致数据页有空洞，重建索引的过程会创建一个新的索引，把数据按顺序插入，这样页面的利用率最高，也就是索引更紧凑、更省空间。

这道题目，我给你的“参考答案”是：

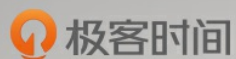
重建索引**k**的做法是合理的，可以达到省空间的目的。但是，重建主键的过程不合理。不论是删除主键还是创建主键，都会将整个表重建。所以连着执行这两个语句的话，第一个语句就白做了。这两个语句，你可以用这个语句代替：**alter table T engine=InnoDB**。在专栏的第**12**篇文章



《为什么表数据删掉一半，表文件大小不变？》中，我会和你分析这条语句的执行流程。

评论区留言中，@壹笙🌊漂泊 做了很详细的笔记，@高枕 帮同学解答了问题，@约书亚 提了一个很不错的面试问题。在这里，我要和你们道一声感谢。

PS: 如果你在面试中，曾有过被MySQL相关问题难住的经历，也可以把这个问题发到评论区，我们一起来讨论。如果解答这个问题，需要的篇幅会很长的话，我可以放到答疑文章展开。



# 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

