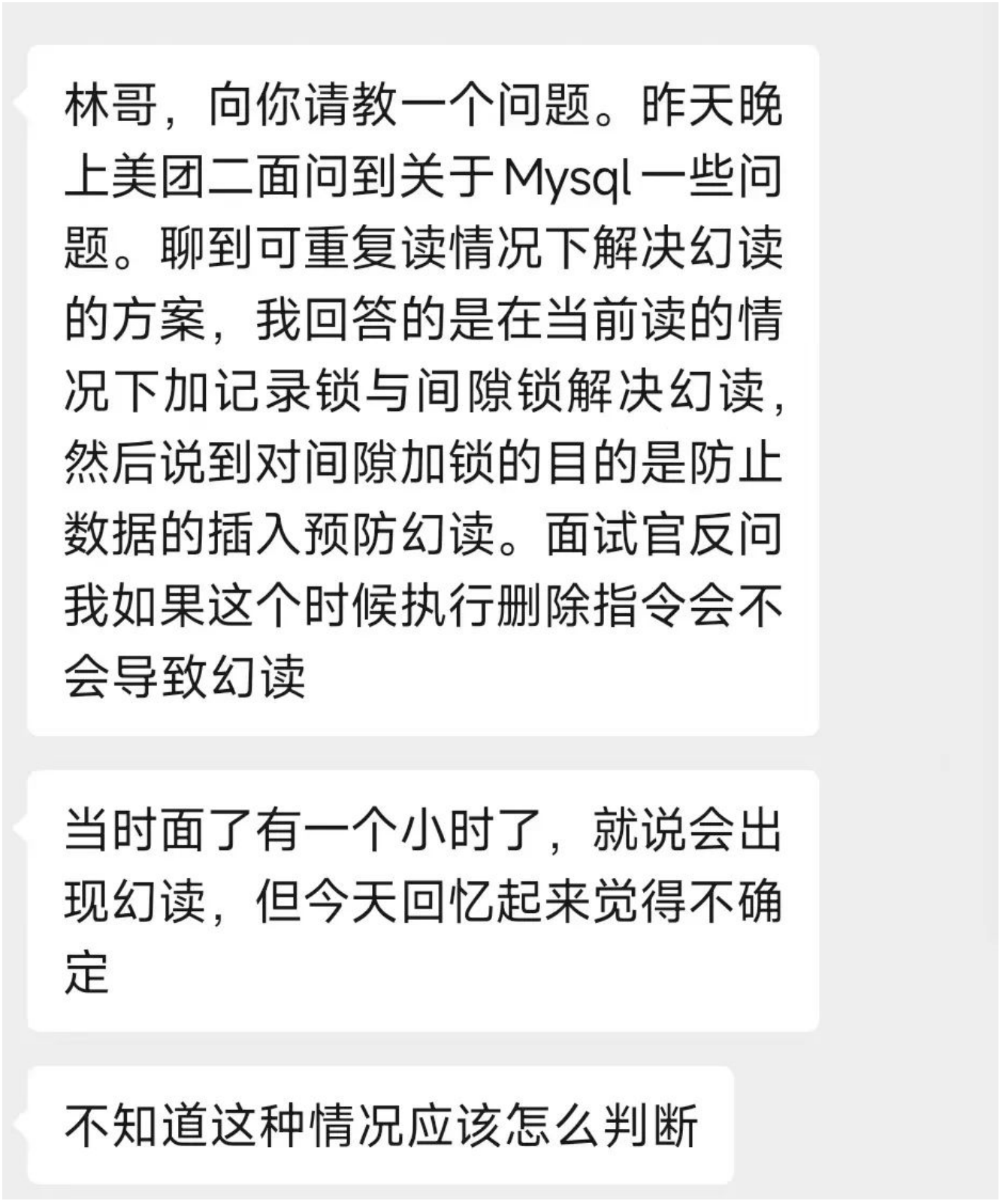
MySQL 记录锁+间隙锁可以防止删除操作而导致的幻读吗?

大家好，我是小林。

昨天有位读者在美团二面的时候，被问到关于幻读的问题：



面试官反问的大概意思是，**MySQL 记录锁+间隙锁可以防止删除操作而导致的幻读吗?**

答案是可以的。

接下来，通过几个小实验来证明这个结论吧，顺便再帮大家复习一下记录锁+间隙锁。

什么是幻读?

首先来看看 MySQL 文档是怎么定义幻读（Phantom Read）的:

The so-called phantom problem occurs within a transaction when the same query produces different sets of rows at different times. For example, if a SELECT is executed twice, but returns a row the second time that was not returned the first time, the row is a "phantom" row.

翻译：当同一个查询在不同的时间产生不同的结果集时，事务中就会出现所谓的幻象问题。例如，如果 SELECT 执行了两次，但第二次返回了第一次没有返回的行，则该行是"幻像"行。

举个例子，假设一个事务在 T1 时刻和 T2 时刻分别执行了下面查询语句，途中没有执行其他任何语句：

```
SELECT * FROM t_test WHERE id > 100;
```

只要 T1 和 T2 时刻执行产生的结果集是不相同的，那就发生了幻读的问题，比如：

- T1 时间执行的结果是有 5 条行记录，而 T2 时间执行的结果是有 6 条行记录，那就发生了幻读的问题。
- T1 时间执行的结果是有 5 条行记录，而 T2 时间执行的结果是有 4 条行记录，也是发生了幻读的问题。

> MySQL 是怎么解决幻读的?

MySQL InnoDB 引擎的默认隔离级别虽然是「可重复读」，但是它很大程度上避免幻读现象（并不是完全解决了，详见这篇**文章**）， 解决的方案有两种：

- 针对**快照读**（普通 select 语句），是**通过 MVCC 方式解决了幻读**，因为可重复读隔离级别下，事务执行过程中看到的数据，一直跟这个事务启动时看到的数据是一致的，即使中途有其他事务插入了一条数据，是查询不出来这条数据的，所以就很好了避免幻读问题。
- 针对**当前读**（select ... for update 等语句），是**通过 next-key lock（记录锁+间隙锁）方式解决了幻读**，因为当执行 select ... for update 语句的时候，会加上 next-key lock，如果

有其他事务在 next-key lock 锁范围内插入了一条记录，那么这个插入语句就会被阻塞，无法成功插入，所以就很好了避免幻读问题。

实验验证

接下来，来验证「 MySQL 记录锁+间隙锁**可以防止**删除操作而导致的幻读问题」的结论。

实验环境：MySQL 8.0 版本，可重复读隔离级。

现在有一张用户表（t_user），表里**只有一个主键索引**，表里有以下行数据：

id	name	age	reward
1	路飞	19	3000000000
2	索隆	21	11100000000
3	山治	21	1000000000
4	乌索普	19	500000000
5	香克斯	39	4000000000
6	鹰眼	43	3500000000
7	罗	23	3000000000
8	基德	23	3000000000
9	乔巴	17	1000

现在有一个 A 事务执行了一条查询语句，查询到年龄大于 20 岁的用户共有 6 条行记录。

```
mysql> begin;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> select * from t_user where age > 20 for update;
+----+-----------+-----+-------------+
| id | name      | age | reward      |
+----+-----------+-----+-------------+
|  2 | 索隆      |  21 | 11100000000 |
|  3 | 山治      |  21 |  1000000000 |
|  7 | 罗        |  23 |  3000000000 |
|  8 | 基德      |  23 |  3000000000 |
|  5 | 香克斯    |  39 |  4000000000 |
|  6 | 鹰眼      |  43 |  3500000000 |
+----+-----------+-----+-------------+
6 rows in set (0.00 sec)
```

事务 A

然后， B 事务执行了一条删除 id = 2 的语句：

```
mysql> delete from t_user where id = 2;
```

事务 B，阻塞。。。

此时，B 事务的删除语句就陷入了**等待状态**，说明是无法进行删除的。

因此，MySQL 记录锁+间隙锁**可以防止**删除操作而导致的幻读问题。

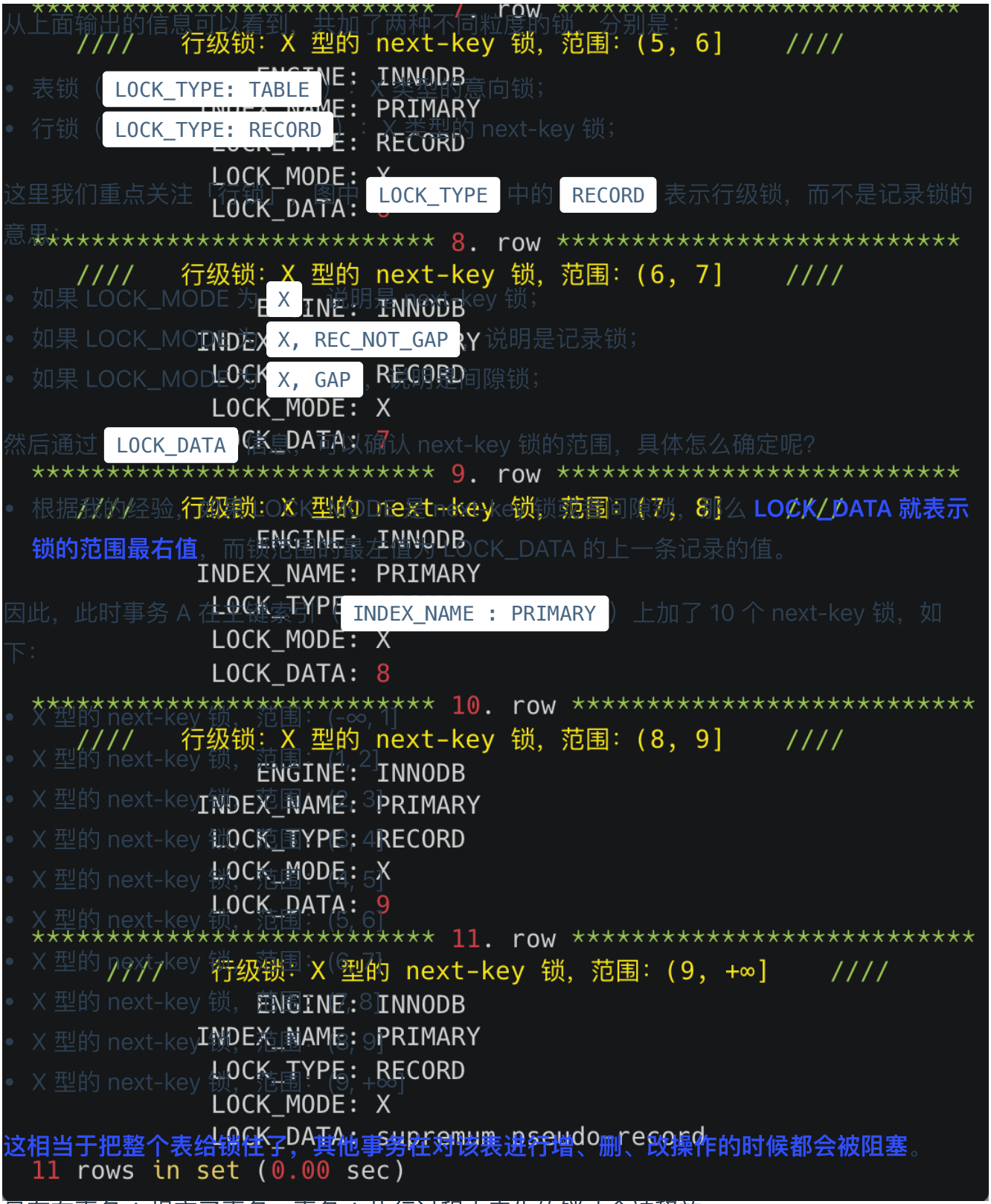
加锁分析

问题来了，A 事务在执行 select ... for update 语句时，具体加了什么锁呢?

我们可以通过 `select * from performance_schema.data_locks\G;` 这条语句，查看事务执行 SQL 过程中加了什么锁。

输出的内容很多，共有 11 行信息，我删减了一些不重要的信息：

```
*************************** 1. row ***************************
        ////   表级锁：X 型的意向锁   ////
               ENGINE: INNODB
            LOCK_TYPE: TABLE
            LOCK_MODE: IX
            LOCK_DATA: NULL
*************************** 2. row ***************************
  ////   行级锁：X 型的 next-key 锁，范围：(-∞, 1]   ////
               ENGINE: INNODB
           INDEX_NAME: PRIMARY
            LOCK_TYPE: RECORD
            LOCK_MODE: X
            LOCK_DATA: 1
*************************** 3. row ***************************
 ////   行级锁：X 型的 next-key 锁，范围：(1, 2]   ////
               ENGINE: INNODB
           INDEX_NAME: PRIMARY
            LOCK_TYPE: RECORD
            LOCK_MODE: X
            LOCK_DATA: 2
*************************** 4. row ***************************
   ////   行级锁：X 型的 next-key 锁，范围：(2, 3]   ////
               ENGINE: INNODB
           INDEX_NAME: PRIMARY
            LOCK_TYPE: RECORD
            LOCK_MODE: X
            LOCK_DATA: 3
*************************** 5. row ***************************
 ////   行级锁：X 型的 next-key 锁，范围：(3, 4]   ////
               ENGINE: INNODB
           INDEX_NAME: PRIMARY
            LOCK_TYPE: RECORD
            LOCK_MODE: X
            LOCK_DATA: 4
*************************** 6. row ***************************
   ////   行级锁：X 型的 next-key 锁，范围：(4, 5]   ////
               ENGINE: INNODB
           INDEX_NAME: PRIMARY
            LOCK_TYPE: RECORD
            LOCK_MODE: X
            LOCK_DATA: 5
*************************** 7. row ***************************
```

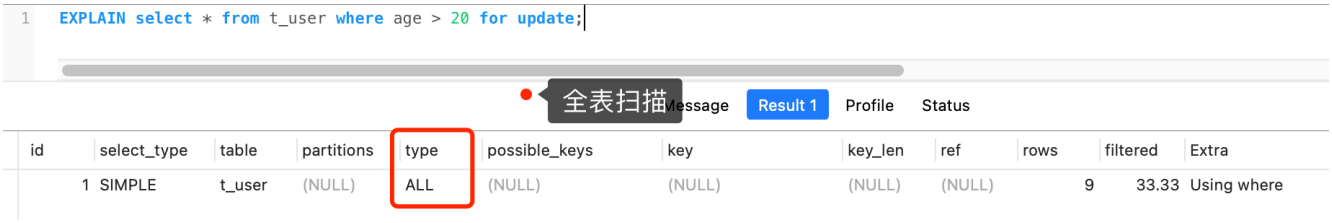


这相当于把整个表给锁住了，其他事务在对该表进行增、删、改操作的时候都会被阻塞。

只有在事务 A 提交了事务，事务 A 执行过程中产生的锁才会被释放。

> 为什么只是查询年龄 20 岁以上行记录，而把整个表给锁住了呢?

这是因为事务 A 的这条查询语句是**全表扫描，锁是在遍历索引的时候加上的，并不是针对输出的结果加锁**。



因此，**在线上在执行 update、delete、select ... for update 等具有加锁性质的语句，一定要检查语句是否走了索引，如果是全表扫描的话，会对每一个索引加 next-key 锁，相当于把整个表锁住了**，这是挺严重的问题。

> 如果对 age 建立索引，事务 A 这条查询会加什么锁呢?

接下来，我**对 age 字段建立索引**，然后再执行这条查询语句：

```
mysql> begin;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> select * from t_user where age > 20 for update;
+----+-----------+-----+-------------+
| id | name      | age | reward      |
+----+-----------+-----+-------------+
|  2 | 索隆      |  21 | 11100000000 |
|  3 | 山治      |  21 |  1000000000 |
|  7 | 罗        |  23 |  3000000000 |
|  8 | 基德      |  23 |  3000000000 |
|  5 | 香克斯    |  39 |  4000000000 |
|  6 | 鹰眼      |  43 |  3500000000 |
+----+-----------+-----+-------------+
6 rows in set (0.00 sec)
```

事务 A

接下来，继续通过 `select * from performance_schema.data_locks\G;` 这条语句，查看事务执行 SQL 过程中加了什么锁。

具体的信息，我就不打印了，我直接说结论吧。

因为表中有两个索引，分别是主键索引和 age 索引，所以会分别对这两个索引加锁。

主键索引会加如下的锁：

- X 型的记录锁，锁住 id = 2 的记录；
- X 型的记录锁，锁住 id = 3 的记录；

- X 型的记录锁，锁住 id = 5 的记录；
- X 型的记录锁，锁住 id = 6 的记录；
- X 型的记录锁，锁住 id = 7 的记录；
- X 型的记录锁，锁住 id = 8 的记录；

分析 age 索引加锁的范围时，要先对 age 字段进行排序。

age 索引加的锁：

- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (19, 21] 的记录；
- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (21, 21] 的记录；
- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (21, 23] 的记录；
- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (23, 23] 的记录；
- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (23, 39] 的记录；
- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (39, 43] 的记录；
- X 型的 next-key lock，锁住 age 范围 (43, +∞] 的记录；

化简一下，**age 索引 next-key 锁的范围是 (19, +∞]。**

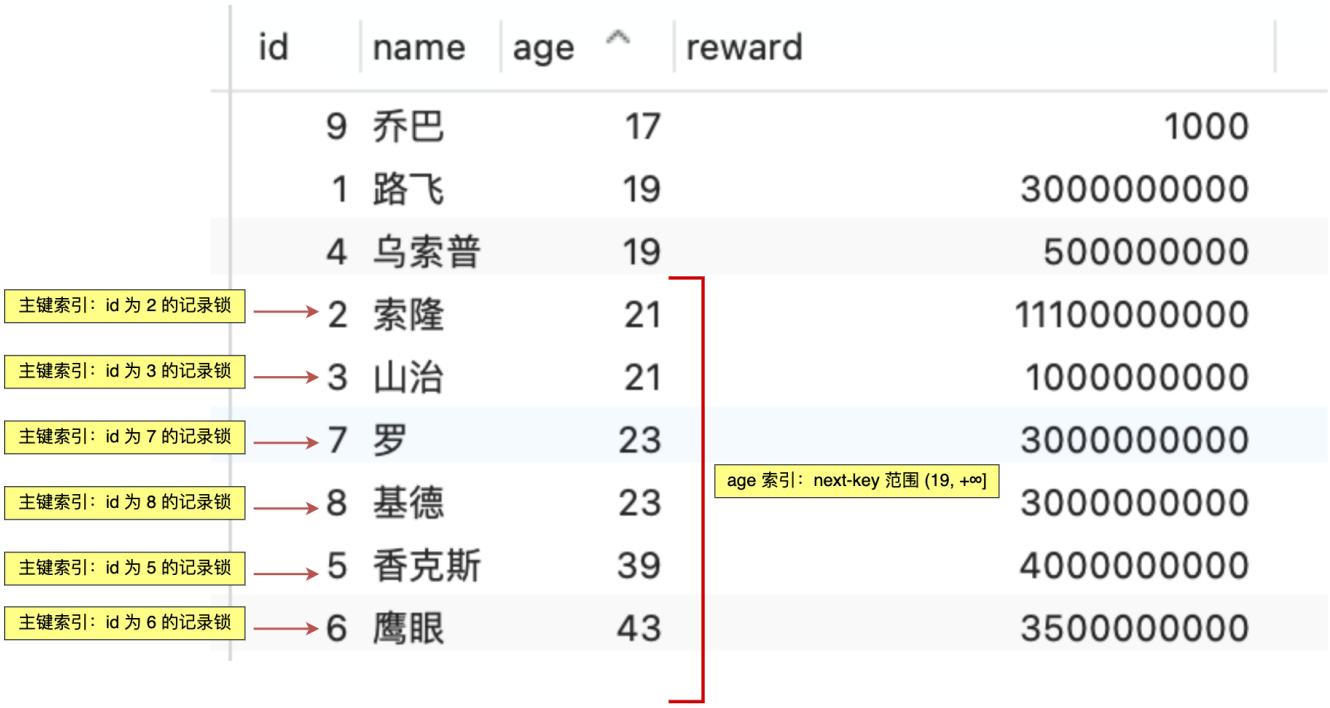
可以看到，对 age 字段建立了索引后，查询语句是索引查询，并不会全表扫描，因此**不会把整张表给锁住**。

```
1  EXPLAIN select * from t_user where age > 20 for update;
```

Message | Result 1 | Profile | Status

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	t_user	(NULL)	range	index_age	index_age	4	(NULL)	6	100.00	Using index condition

总结一下，在对 age 字段建立索引后，事务 A 在执行下面这条查询语句后，主键索引和 age 索引会加下图中的锁。



事务 A 加上锁后，事务 B、C、D、E 在执行以下语句都会被阻塞。

事务 A	事务 B	事务 C	事务 D	事务 E
begin	begin	begin	begin	begin
select * from t_user where age > 20 for update;				
	update t_user set age = 20 where id = 1; // 阻塞			
		delete from t_user where id = 2; // 阻塞		
			delete from t_user where age = 23; // 阻塞	
				insert into t_user (age) values (100); // 阻塞

总结

在 MySQL 的可重复读隔离级别下，针对当前读的语句会对索引加记录锁+间隙锁，这样可以避免其他事务执行增、删、改时导致幻读的问题。

有一点要注意的是，在执行 update、delete、select ... for update 等具有加锁性质的语句，一定要检查语句是否走了索引，如果是全表扫描的话，会对每一个索引加 next-key 锁，相当于把整个表锁住了，这是挺严重的问题。

完！