

33 | 如何使用性能分析工具定位SQL执行慢的原因？

在上一篇文章中，我们了解了查询优化器，知道在查询优化器中会经历逻辑查询优化和物理查询优化。需要注意的是，查询优化器只能在已经确定的情况下（SQL语句、索引设计、缓冲池大小、查询优化器参数等已知的情况下）决定最优的查询执行计划。

但实际上 SQL 执行起来可能还是很慢，那么到底从哪里定位 SQL 查询慢的问题呢？是索引设计的问题？服务器参数配置的问题？还是需要增加缓存的问题呢？今天我们就从性能分析来入手，定位导致 SQL 执行慢的原因。

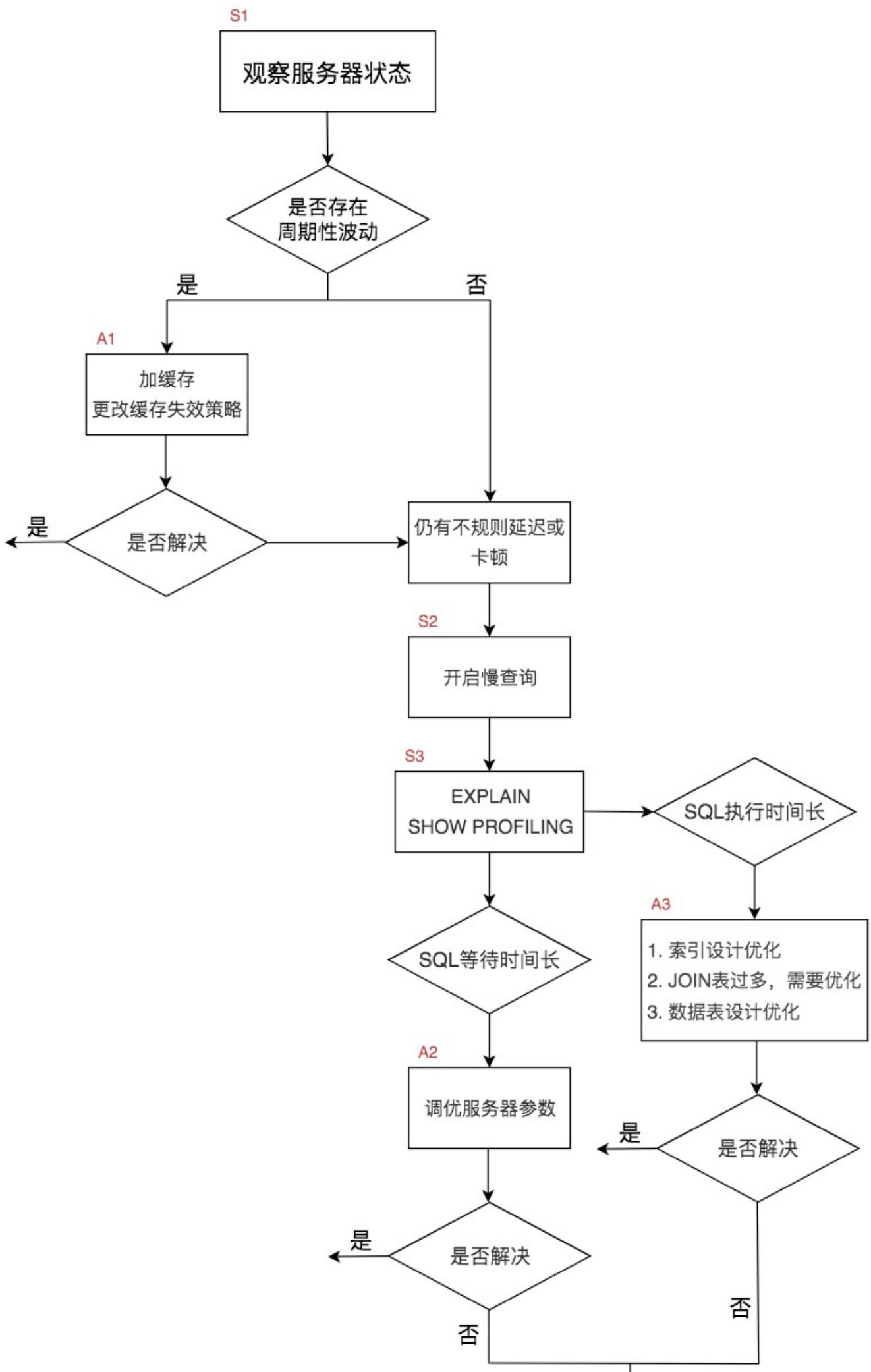
今天的内容主要包括以下几个部分：

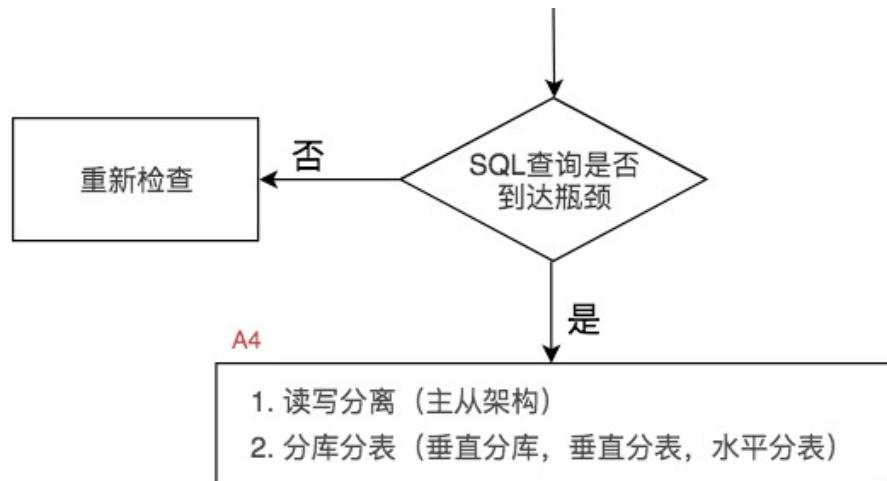
1. 数据库服务器的优化分析的步骤是怎样的？中间有哪些需要注意的地方？
2. 如何使用慢查询日志查找执行慢的 SQL 语句？
3. 如何使用 EXPLAIN 查看 SQL 执行计划？
4. 如何使用 SHOW PROFILE 分析 SQL 执行步骤中的每一步的执行时间？

数据库服务器的优化步骤

当我们遇到数据库调优问题的时候，该如何思考呢？我把思考的流程整理成了下面这张图。

整个流程划分成了观察（Show status）和行动（Action）两个部分。字母 S 的部分代表观察（会使用相应的分析工具），字母 A 代表的部分是行动（对应分析可以采取的行动）。





我们可以通过观察了解数据库整体的运行状态，通过性能分析工具可以让我们了解执行慢的 SQL 都有哪些，查看具体的 SQL 执行计划，甚至是 SQL 执行中的每一步的成本代价，这样才能定位问题所在，找到了问题，再采取相应的行动。

我来详细解释一下这张图。

首先在 S1 部分，我们需要观察服务器的状态是否存在周期性的波动。如果存在周期性波动，有可能是周期性节点的原因，比如双十一、促销活动等。这样的话，我们可以通过 A1 这一步骤解决，也就是加缓存，或者更改缓存失效策略。

如果缓存策略没有解决，或者不是周期性波动的原因，我们就需要进一步分析查询延迟和卡顿的原因。接下来进入 S2 这一步，我们需要开启慢查询。慢查询可以帮我们定位执行慢的 SQL 语句。我们可以通过设置 `long_query_time` 参数定义“慢”的阈值，如果 SQL 执行时间超过了 `long_query_time`，则会认为是慢查询。当收集上来这些慢查询之后，我们就可以通过分析工具对慢查询日志进行分析。

在 S3 这一步骤中，我们就知道了执行慢的 SQL 语句，这样就可以针对性地用 EXPLAIN 查看对应 SQL 语句的执行计划，或者使用 SHOW PROFILE 查看 SQL 中每一个步骤的时间成本。这样我们就可以了解 SQL 查询慢是因为执行时间长，还是等待时间长。

如果是 SQL 等待时间长，我们进入 A2 步骤。在这一步骤中，我们可以调优服务器的参数，比如适当增加数据库缓冲池等。如果是 SQL 执行时间长，就进入 A3 步骤，这一步中我们需要考虑是索引设计的问题？还是查询关联的数据表过多？还是因为数据表的字段设计问题导致了这一现象。然后在这些维度上进行对应的调整。

如果 A2 和 A3 都不能解决问题，我们需要考虑数据库自身的 SQL 查询性能是否已经达到了瓶颈，如果确认没有达到性能瓶颈，就需要重新检查，重复以上的步骤。如果已经达到了性能瓶颈，进入 A4 阶段，需要考虑增加服务器，采用读写分离的架构，或者考虑对数据库分库分表，比如垂直分库、垂直分表和水平分表等。

以上就是数据库调优的流程思路。当我们发现执行 SQL 时存在不规则延迟或卡顿的时候，就可以采用分析工具帮我们定位有问题的 SQL，这三种分析工具你可以理解是 SQL 调优的三个步骤：慢查询、EXPLAIN 和 SHOW PROFILE。

使用慢查询定位执行慢的 SQL

慢查询可以帮我们找到执行慢的 SQL，在使用前，我们需要先看下慢查询是否已经开启，使用下面这条命令即可：

 复制代码

```
1 mysql > show variables like '%slow_query_log';
```

```
Database changed
mysql> show variables like 'slow_query_log';
+-----+-----+
| Variable_name | Value |
+-----+-----+
| slow_query_log | OFF   |
+-----+-----+
1 row in set, 1 warning (0.00 sec)
```

我们能看到`slow_query_log=OFF`，也就是说慢查询日志此时是关上的。我们可以把慢查询日志打开，注意设置变量值的时候需要使用 `global`，否则会报错：

 复制代码

```
1 mysql > set global slow_query_log='ON';
```

然后我们再来查看下慢查询日志是否开启，以及慢查询日志文件的位置：

```
mysql> show variables like '%slow_query_log%';
+-----+-----+
| Variable_name      | Value
+-----+-----+
| slow_query_log     | ON
| slow_query_log_file | DESKTOP-4BK02RP-slow.log
+-----+
2 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

你能看到这时慢查询分析已经开启，同时文件保存在 DESKTOP-4BK02RP-slow 文件中。

接下来我们来看下慢查询的时间阈值设置，使用如下命令：

 复制代码

```
1 mysql > show variables like '%long_query_time%';
```

```
mysql> show variables like '%long_query_time%';
+-----+-----+
| Variable_name      | Value
+-----+-----+
| long_query_time    | 10.000000
+-----+
1 row in set, 1 warning (0.03 sec)
```

这里如果我们想把时间缩短，比如设置为 3 秒，可以这样设置：

 复制代码

```
1 mysql > set global long_query_time = 3;
```

```
mysql> set global long_query_time = 3;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> show variables like '%long_query_time%';
+-----+-----+
| Variable_name | Value |
+-----+-----+
| long_query_time | 3.000000 |
+-----+-----+
1 row in set, 1 warning (0.00 sec)
```

我们可以使用 MySQL 自带的 mysqldumpslow 工具统计慢查询日志（这个工具是个 Perl 脚本，你需要先安装好 Perl）。

mysqldumpslow 命令的具体参数如下：

-s：采用 order 排序的方式，排序方式可以有以下几种。分别是 c (访问次数)、t (查询时间)、l (锁定时间)、r (返回记录)、ac (平均查询次数)、al (平均锁定时间)、ar (平均返回记录数) 和 at (平均查询时间)。其中 at 为默认排序方式。

-t：返回前 N 条数据。

-g：后面可以是正则表达式，对大小写不敏感。

比如我们想要按照查询时间排序，查看前两条 SQL 语句，这样写即可：

 复制代码

```
1 perl mysqldumpslow.pl -s t -t 2 "C:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data\DESKTOP-4BK02RP-slow.log"
```

```
C:\Program Files\MySQL\MySQL Server 8.0\bin>perl mysqldumpslow.pl -s t -t 2 "C:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data\DESKTOP-4BK02RP-slow.log"
Reading mysql slow query log from C:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data\DESKTOP-4BK02RP-slow.log
Count: 1 Time=695.43s (695s) Lock=0.00s (0s) Rows=0.0 (0), root[root]@localhost
  update product_comment2 set product_comment2.user_name =
    (select user_name from user
     where product_comment2.user_id = user.user_id)

Count: 4 Time=164.04s (656s) Lock=0.00s (0s) Rows=25.0 (100), root[root]@localhost
  SELECT user_id, count(*) as num FROM product_comment group by user_id order by comment_time desc limit N
```

你能看到开启了慢查询日志，并设置了相应的慢查询时间阈值之后，只要查询时间大于这个

阈值的 SQL 语句都会保存在慢查询日志中，然后我们就可以通过 mysqldumpslow 工具提取想要查找的 SQL 语句了。

如何使用 EXPLAIN 查看执行计划

定位了查询慢的 SQL 之后，我们就可以使用 EXPLAIN 工具做针对性的分析，比如我们想要了解 product_comment 和 user 表进行联查的时候所采用的的执行计划，可以使用下面这条语句：

 复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT comment_id, product_id, comment_text, product_comment.user_id, user_name
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	ALL	user_id	(Null)	(Null)	(Null)	996424	100.00	(Null)
1	SIMPLE	user	(Null)	eq_ref	PRIMARY	PRIMARY	4	wucai.product_comment.user_id	1	100.00	(Null)

EXPLAIN 可以帮助我们了解数据表的读取顺序、SELECT 子句的类型、数据表的访问类型、可使用的索引、实际使用的索引、使用的索引长度、上一个表的连接匹配条件、被优化器查询的行的数量以及额外的信息（比如是否使用了外部排序，是否使用了临时表等）等。

SQL 执行的顺序是根据 id 从大到小执行的，也就是 id 越大越先执行，当 id 相同时，从上到下执行。

数据表的访问类型所对应的 type 列是我们比较关注的信息。type 可能有以下几种情况：

type	说明
all	全数据表扫描
index	全索引表扫描
range	对索引列进行范围查找
index_merge	合并索引，使用多个单列索引搜索
ref	根据索引查找一个或多个值
eq_ref	搜索时使用primary key或unique类型，常用于多表联查
const	常量，表最多有一个匹配行，因为只有一行，在这行的列值可被优化器认为是常数。
system	系统，表只有一行（一般用于MyISAM或Memory表）。是const连接类型的特例。

在这些情况里，all 是最坏的情况，因为采用了全表扫描的方式。index 和 all 差不多，只不过 index 对索引表进行全扫描，这样做的好处是不再需要对数据进行排序，但是开销依然很大。如果我们在 Extra 列中看到 Using index，说明采用了索引覆盖，也就是索引可以覆盖所需的 SELECT 字段，就不需要进行回表，这样就减少了数据查找的开销。

比如我们对 product_comment 数据表进行查询，设计了联合索引 composite_index (user_id, comment_text)，然后对数据表中的comment_id、comment_text、user_id这三个字段进行查询，最后用 EXPLAIN 看下执行计划：

 复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT comment_id, comment_text, user_id FROM product_comment
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	index	(Null)	composite_index	771	(Null)	996424	100.00	Using index

你能看到这里的访问方式采用了 index 的方式，key 列采用了联合索引，进行扫描。Extra 列为 Using index，告诉我们索引可以覆盖 SELECT 中的字段，也就不需要回表查询了。

range 表示采用了索引范围扫描，这里不进行举例，从这一级别开始，索引的作用会越来越明显，因此我们需要尽量让 SQL 查询可以使用到 range 这一级别及以上的 type 访问方式。

`index_merge` 说明查询同时使用了两个或以上的索引，最后取了交集或者并集。比如想要对`comment_id=500000` 或者`user_id=500000`的数据进行查询，数据表中`comment_id`为主键，`user_id`是普通索引，我们可以查看下执行计划：

复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT comment_id, product_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	index_merge	PRIMARY,user_id	PRIMARY,user_id	4,4	(Null)	3	100.00	Using union(PRIMARY,user_id)

你能看到这里同时使用到了两个索引，分别是主键和`user_id`，采用的数据表访问类型是`index_merge`，通过`union`的方式对两个索引检索的数据进行合并。

`ref` 类型表示采用了非唯一索引，或者是唯一索引的非唯一性前缀。比如我们想要对`user_id=500000`的评论进行查询，使用`EXPLAIN` 查看执行计划：

复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT comment_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE user_id = 500000
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	ref	user_id,composite_index	user_id	4	const	2	100.00	(Null)

这里`user_id`为普通索引（因为`user_id`在商品评论表中可能是重复的），因此采用的访问类型是`ref`，同时在`ref`列中显示`const`，表示连接匹配条件是常量，用于索引列的查找。

`eq_ref` 类型是使用主键或唯一索引时产生的访问方式，通常使用在多表联查中。假设我们对`product_comment`表和`user`表进行联查，关联条件是两张表的`user_id`相等，使用`EXPLAIN` 进行执行计划查看：

复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT * FROM product_comment JOIN user WHERE product_comment.user_id = user.user_id
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	ALL	user_id	(Null)	(Null)	(Null)	996424	100.00	(Null)
1	SIMPLE	user	(Null)	eq_ref	PRIMARY	PRIMARY	4	wucai.product_comment.user_id	1	100.00	(Null)

`const` 类型表示我们使用了主键或者唯一索引（所有的部分）与常量值进行比较，比如我们想要查看`comment_id=500000`，查看执行计划：

 复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT comment_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE comment_id = 500000
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	const	PRIMARY	PRIMARY	4	const	1	100.00	(Null)

需要说明的是 `const` 类型和 `eq_ref` 都使用了主键或唯一索引，不过这两个类型有所区别，`const` 是与常量进行比较，查询效率会更快，而 `eq_ref` 通常用于多表联查中。

`system` 类型一般用于 MyISAM 或 Memory 表，属于 `const` 类型的特例，当表只有一行时连接类型为 `system`（我在 GitHub 上上传了 `test_myisam` 数据表，该数据表只有一行记录，下载地址：https://github.com/cystanford/SQL_MyISAM）。我们查看下执行计划：

 复制代码

```
1 EXPLAIN SELECT * FROM test_myisam
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	test_myisam	(Null)	system	(Null)	(Null)	(Null)	(Null)	1	100.00	(Null)

你能看到除了 `all` 类型外，其他类型都可以使用到索引，但是不同的连接方式的效率也会有所不同，效率从低到高依次为 `all < index < range < index_merge < ref < eq_ref < const/system`。我们在查看执行计划的时候，通常希望执行计划至少可以使用到 `range` 级别以上的连接方式，如果只使用到了 `all` 或者 `index` 连接方式，我们可以从 SQL 语句和索引设计的角度上进行改进。

使用 SHOW PROFILE 查看 SQL 的具体执行成本

`SHOW PROFILE` 相比 `EXPLAIN` 能看到更进一步的执行解析，包括 SQL 都做了什么、所花费的时间等。默认情况下，profiling 是关闭的，我们可以在会话级别开启这个功能。

 复制代码

```
1 mysql > show variables like 'profiling';
```

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

通过设置profiling='ON'来开启 show profile:

 复制代码

```
1 mysql > set profiling = 'ON';
```

```
mysql> set profiling = 'ON';
Query OK, 0 rows affected, 1 warning (0.00 sec)

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

我们可以看下当前会话都有哪些 profiles，使用下面这条命令：

 复制代码

```
1 mysql > show profiles;
```

```
mysql> show profiles;
+-----+-----+-----+
| Query_ID | Duration | Query
+-----+-----+-----+
|       1 | 0.00028275 | set profiling = 'ON'
|       2 | 0.00037775 | select * from product_comment limit 10
+-----+-----+-----+
2 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

你能看到当前会话一共有 2 个查询，如果我们想要查看上一个查询的开销，可以使用：

 复制代码

```
1 mysql > show profile;
```

```
mysql> show profile;
+-----+-----+
| Status          | Duration |
+-----+-----+
| starting        | 0.000063 |
| checking permissions | 0.000007 |
| Opening tables  | 0.000036 |
| init            | 0.000020 |
| System lock     | 0.000009 |
| optimizing       | 0.000004 |
| statistics       | 0.000040 |
| preparing         | 0.000012 |
| executing        | 0.000004 |
| Sending data    | 0.000049 |
| end              | 0.000005 |
| query end        | 0.000004 |
| waiting for handler commit | 0.000006 |
| query end        | 0.000006 |
| closing tables   | 0.000008 |
| freeing items    | 0.000093 |
| cleaning up      | 0.000014 |
+-----+-----+
17 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

我们也可以查看指定的 Query ID 的开销，比如`show profile for query 2`查询结果是一样的。在 SHOW PROFILE 中我们可以查看不同部分的开销，比如 cpu、block.io 等：

Status	Duration	CPU_user	CPU_system	Block_ops_in	Block_ops_out
starting	0.000063	0.000000	0.000000	NULL	NULL
checking permissions	0.000007	0.000000	0.000000	NULL	NULL
Opening tables	0.000036	0.000000	0.000000	NULL	NULL
init	0.000020	0.000000	0.000000	NULL	NULL
System lock	0.000009	0.000000	0.000000	NULL	NULL
optimizing	0.000004	0.000000	0.000000	NULL	NULL
statistics	0.000040	0.000000	0.000000	NULL	NULL
preparing	0.000012	0.000000	0.000000	NULL	NULL
executing	0.000004	0.000000	0.000000	NULL	NULL
Sending data	0.000049	0.000000	0.000000	NULL	NULL
end	0.000005	0.000000	0.000000	NULL	NULL
query end	0.000004	0.000000	0.000000	NULL	NULL
waiting for handler commit	0.000006	0.000000	0.000000	NULL	NULL
query end	0.000006	0.000000	0.000000	NULL	NULL
closing tables	0.000008	0.000000	0.000000	NULL	NULL
freeing items	0.000093	0.000000	0.000000	NULL	NULL
cleaning up	0.000014	0.000000	0.000000	NULL	NULL

17 rows in set, 1 warning (0.00 sec)

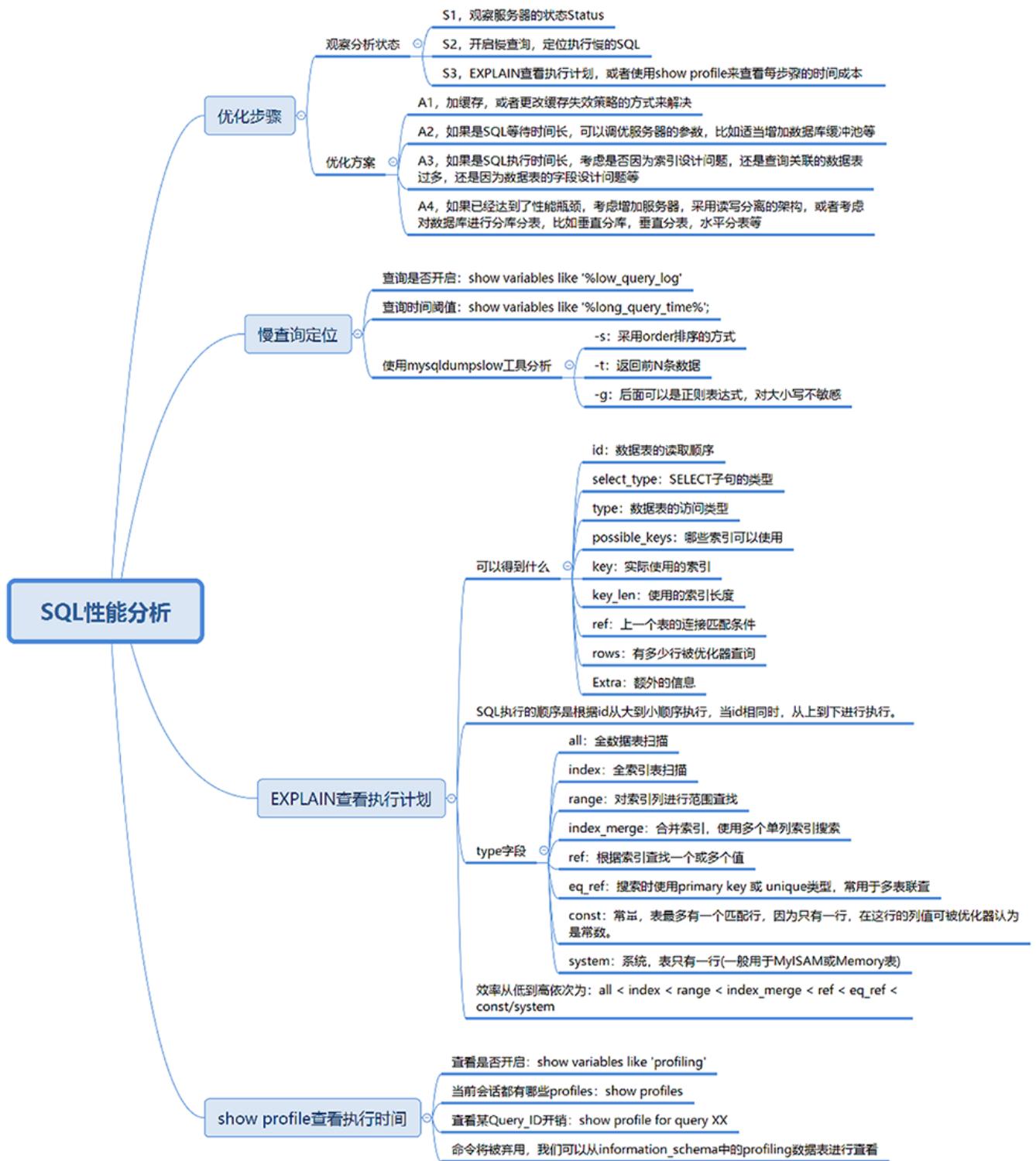
通过上面的结果，我们可以弄清楚每一步骤的耗时，以及在不同部分，比如 CPU、block.io 的执行时间，这样我们就可以判断出来 SQL 到底慢在哪里。

不过 SHOW PROFILE 命令将被弃用，我们可以从 information_schema 中的 profiling 数据表进行查看。

总结

我今天梳理了 SQL 优化的思路，从步骤上看，我们需要先进行观察和分析，分析工具的使用在日常工作中还是很重要的。今天只介绍了常用的三种分析工具，实际上可以使用的分析工具还有很多。

我在这里总结一下今天文章里提到的三种分析工具。我们可以通过慢查询日志定位执行慢的 SQL，然后通过 EXPLAIN 分析该 SQL 语句是否使用到了索引，以及具体的数据表访问方式是怎样的。我们也可以使用 SHOW PROFILE 进一步了解 SQL 每一步的执行时间，包括 I/O 和 CPU 等资源的使用情况。



今天我介绍了 EXPLAIN 和 SHOW PROFILE 这两个工具, 你还使用过哪些分析工具呢?

另外我们在进行数据表连接的时候, 会有多种访问类型, 你可以讲一下 ref、eq_ref 和 const 这三种类型的区别吗? 查询效率有何不同?