第1章 索引介绍

1.介绍

```
索引相当于一本书的目录，可以优化查询。
```

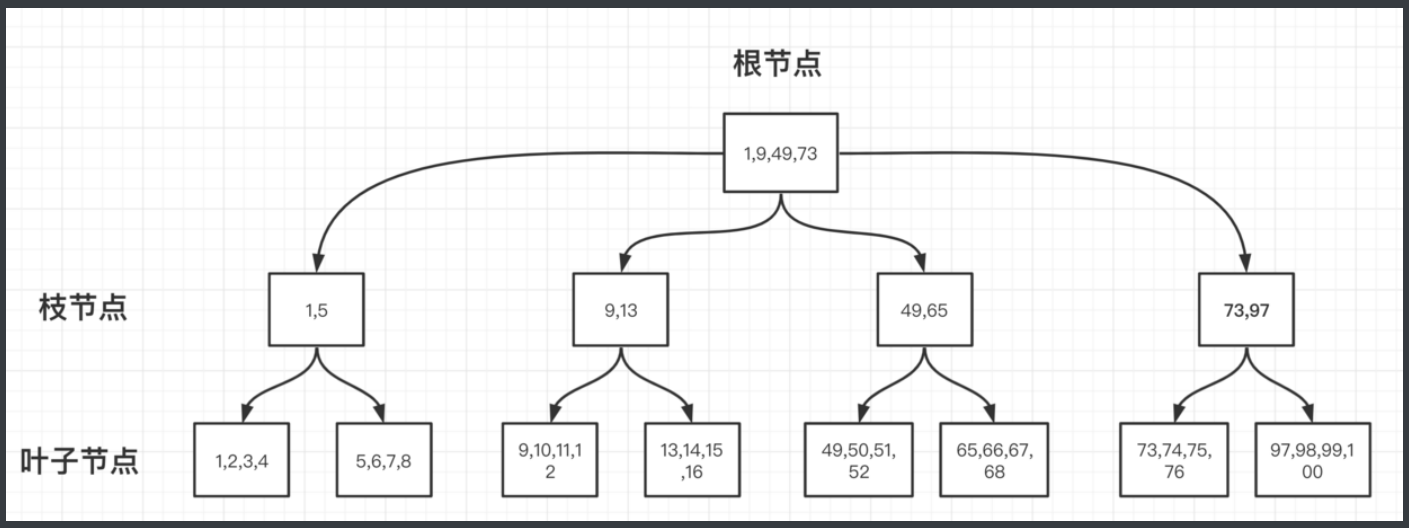
2.索引查找算法

```
1 --> 100 盒子
谁最快猜到数字，礼品归谁。
我会给大家提示。
1. 遍历
2. 二分法   ---> 二叉树 ---> 红黑树 ---> Balance Ttree(平衡多叉树，简称为BTREE)
```

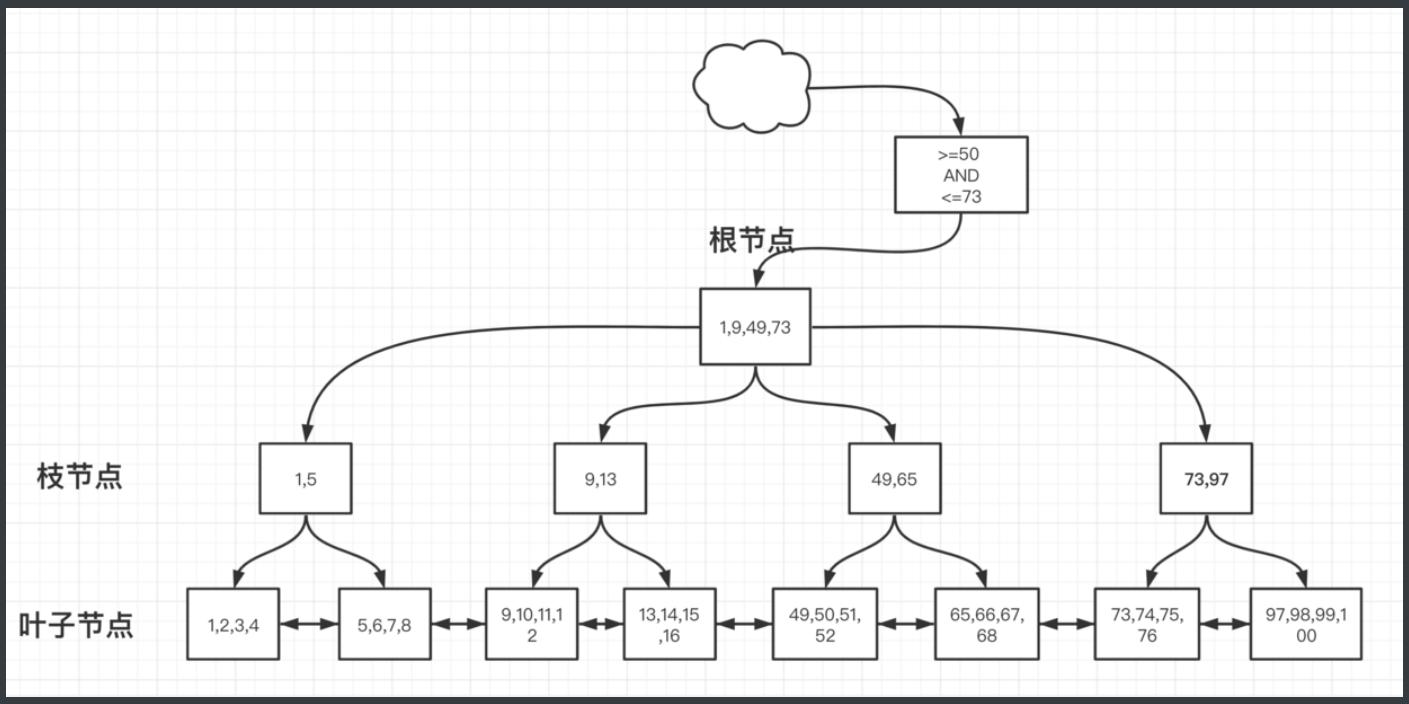
3.BTREE查找算法演变

```
1.B-TREE ：          普通 BTREE
2.B+TREE ：          叶子节点双向指针
3.B++TREE（B*TREE）：枝节点的双向指针
```

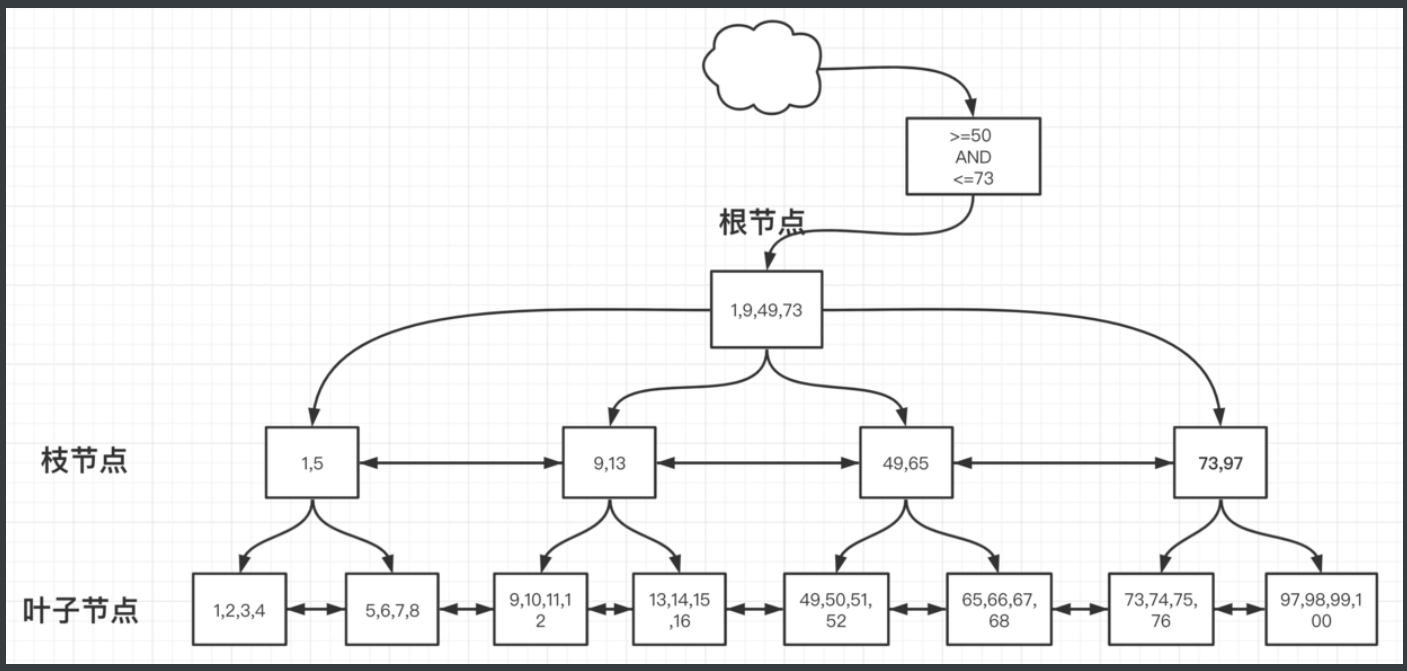
B-TREE示意图：



B+TREE示意图：



B++TREE示意图:



第2章 聚簇(区)索引

1.前提

```
1.如果表中设置了主键（例如ID列），自动根据ID列生成索引树。
2.如果没有设置主键，自动选择第一个唯一键的列作为聚簇索引
3.自动生成隐藏的聚簇索引。
```

2.建议

```
在建表时，显示的创建主键，最好是数字自增列
```

3.功能

```
1.录入数据时，按照聚簇索引组织存储数据，在磁盘上有序存储数据行。
2.加速查询。基于ID作为条件的判断查询。
```

4.构建过程

```
1.叶子节点：存储数据行时就是有序的，直接将数据行的page作为叶子节点（相邻的叶子结点，有双向指针）
2.枝节点：提取叶子节点ID的范围+指针，构建枝节点（相邻枝节点，有双向指针）
3.根节点：提取枝节点的ID的范围+指针，构建根节点
```

第3章 辅助索引

1.前提

```
需要人为创建辅助索引，将经常作为查询条件的列创建辅助索引，起到加速查询的效果。
```

2.功能

```
按照辅助索引列，作为查询条件时。
1.查找辅助索引树，得到ID值
2.拿着ID值回表（聚簇索引）查询
```

3.构建过程

```
1.叶子节点：提取主键（ID）+辅助索引列，按照辅助索引列进行从小到大排序后，生成叶子节点。（相邻的叶子结点，有双向指针）
2.枝节点 ：提取叶子节点辅助索引列的范围+指针，构建枝节点（相邻枝节点，有双向指针）
3.根节点 ：提取枝节点的辅助索引列的范围+指针，构建根节点
```

第4章 索引考虑事项

1.回表是什么？ 回表会带来什么问题？ 怎么减少回表？

```
a. 按照辅助索引列，作为查询条件时，先查找辅助索引树，再到聚簇索引树查找数据行的过程。
b. IO量多、IO次数多、随机IO会增多

减少回表：
1. 辅助索引能够完全覆盖查询结果，可以使用联合索引。
2. 尽量让查询条件精细化，尽量使用唯一值多的列作为查询条件
3. 优化器：MRR（Multi-Range-Read），  锦上添花的功能。
mysql> select @@optimizer_switch;
mysql> set global optimizer_switch='mrr=on';

功能：
1. 辅助索引查找后得到ID值，进行自动排序
2. 一次性回表，很有可能受到B+TREE中的双向指针的优化查找。
```

2.索引树高度的影响因素？ 如何解决？

```
a. 高度越低越好

b. 数据行越多，高度越高。
    1. 分区表。一个实例里管理。
    2. 按照数据特点，进行归档表。
    3. 分布式架构。针对海量数据、高并发业务主流方案。
    4. 在设计方面，满足三大范式。

c. 主键规划：长度过长。
    1. 主键，尽量使用自增数字列。

d. 列值长度越长，数据量大的话，会影响到高度。
    1. 使用前缀索引
    100字符  只取前10个字符，构建索引树。
```

```
15
16  e. 数据类型的选择。
17      选择合适的、简短的数据类性。
18      例如:
19      1. 存储人的年龄  , 使用 tinyint 和 char(3)哪个好一些
20      2. 存储人名, char(20)和varchar(20)的选择哪一个好。
21          a. 站在数据插入性能角度思考, 应该选: char
22          b. 从节省空间角度思考,应该选: varchar
23          c. 从索引树高度的角度思考, 应该选: varchar
24     建议使用varchar类型存储变长列值。
```

第5章 索引应用

1.压测

```
1  source /root/t100w.sql
2  mysqlslap --defaults-file=/etc/my.cnf --concurrency=100 --iterations=1
   --create-schema='test' --query="select * from test.t100w where
   k2='780P'" engine=innodb --number-of-queries=2000 -uroot -p123 -verbose
3
4  --concurrency=100  :   模拟同时100会话连接
5  --create-schema='test' :  操作的库是谁
6  --query="select * from test.t100w where k2='780P'"  : 做了什么操作
7  --number-of-queries=2000 :  一共做了多少次查询
8
9  Running for engine rbose
10 Average number of seconds to run all queries: 648.657 seconds
11 Minimum number of seconds to run all queries: 648.657 seconds
12 Maximum number of seconds to run all queries: 648.657 seconds
13 Number of clients running queries: 100
14 Average number of queries per client: 20
```

2.查询表的索引

查看索引:

```
1  desc t100w;
2  show index from t100w;
```

索引类型:

```
1  -----
2  Key
3  -----
4  PK      --> 主键（聚簇索引）
5  MUL     --> 辅助索引
6  UK      --> 唯一索引
```

3.创建索引

3.1 单列辅助索引

查询语句:

```
1  select * from test.t100w where k2='780P'
```

优化方法:

```
1  alter table 表名 add index 索引名(列名);
2  alter table t100w add index idx_k2(k2);
```

3.2 创建联合索引

```
1  mysql> alter table t100w add index idx_k1_num(k1,num);
```

3.3 前缀索引创建

```
select count(distinct(left(name,5)))  from city ;
select count(distinct name)  from city ;
创建前缀索引
mysql> alter table city add index idx_n(name(5));
```

4.删除索引

```
alter table city drop index idx_n;
```

第6章 执行计划获取和分析

1.命令介绍

```
explain
desc
```

2.使用方法

```
mysql> desc select * from city where countrycode='CHN';
mysql> explain  select * from city where countrycode='CHN';
+----+-------------+-------+------------+------+---------------+--------
-----+---------+-------+------+----------+-------+
| id | select_type | table | partitions | type | possible_keys | key
    | key_len | ref   | rows | filtered | Extra |
+----+-------------+-------+------------+------+---------------+--------
-----+---------+-------+------+----------+-------+
|  1 | SIMPLE      | city  | NULL       | ref  | CountryCode   |
CountryCode | 3       | const |  363 |   100.00 | NULL  |
+----+-------------+-------+------------+------+---------------+--------
-----+---------+-------+------+----------+-------+
```

3.执行计划信息介绍

```
table         : 此次查询访问的表
type          : 索引查询的类型（ALL、index、range、ref、eq_ref、
const(system)、NULL）
possible_keys : 可能会应用的索引
key           : 最终选择的索引
key_len       : 索引覆盖长度，主要是用来判断联合索引应用长度。
rows          : 需要扫描的行数
Extra         : 额外信息
```

4.type信息详解

4.1 ALL 没有使用到索引

```
a. 查询条件没建立索引
mysql> desc select * from city where district='shandong';
b. 有索引不走
mysql> desc select * from city where countrycode!='CHN';
mysql> desc select * from city where countrycode not in ('CHN','USA');
mysql> desc select * from city where countrycode like '%CH%';
```

4.2 index 全索引扫描

```
mysql> desc select countrycode from city;
```

4.3 range 索引范围扫描

```
会受到： B+TREE额外优化，叶子节点双向指针
mysql> desc select * from city where id<10;
mysql> desc select * from city where countrycode like 'CH%';

以下两种查询，大几率受不到叶子节点双向指针优化。
mysql> desc select * from city where countrycode in ('CHN','USA');
mysql> desc select * from city where countrycode='CHN' or
countrycode='USA';

建议： 如果查询列重复值少的话，我们建议改写为 union all
desc
select * from city where countrycode='CHN'
union all
select * from city where countrycode='USA';
```

4.4 ref 辅助索引等值查询

```
desc select * from city where countrycode='CHN';
```

4.5 eq_ref : 多表连接查询中，非驱动表的连接条件是主键或唯一键时

```
mysql> desc select city.name,country.name
from city
left join country
on city.countrycode=country.code where city.population<100;
```

4.6 const(system)： 主键或唯一键等值查询

```
mysql> select * from city where id=1;
```

4.7 NULL

```
mysql> desc select * from city where id=1000000000000000;
```

5.key_len信息详解

5.1 作用

```
用来判断联合索引应用的部分。

例如：
idx(a,b,c)
我们希望应用联合索引的部分越多越好
```

5.2 如何计算

```
key_len=a+b+c
列的key_len长度，按照每列的最大预留长度来做的计算。

create table t1 (
id int,
a int ,
b char(10),
c varchar(10))

最大存储预留长度（字节）：
--------------------------------------------------------------------------------
  数据类型 :        占用字节量              有not null           没有Not Null
```

```
--------------------------------------------------------------------------------
  数字类型:
  tinyint      :  1字节                    1                    1+1
  int          :  4字节                    4                    4+1
  bigint       :  8字节                    8                    8+1
--------------------------------------------------------------------------------
  字符串类型:
  utf8:
  char(10)     :  10*3字节 =30             30                   30+1
  varchar(10)  :  10*3+2字节=32            32                   32+1
--------------------------------------------------------------------------------
  utf8mb4:
  char(10)     : 10*4字节 =40              40                   40+1
  varchar(10)  : 10*4字节+2 =42            42                   42+1
--------------------------------------------------------------------------------

use test;
create table test (
id int not null primary key auto_increment,
a  int not null ,                              # 4
b  int ,                                       # 5
c  char(10) not null ,                         # 40
d  varchar(10),                                # 43
e  varchar(10) not null                        # 42
)engine=innodb charset=utf8mb4;

alter table test add index idx(a,b,c,d,e);

5个列覆盖:
4+5+40+43+42=134

4个列覆盖:
```

```
4+5+40+43=92

3个列覆盖:
4+5+40=49

2个列覆盖:
4+5=9

应用1个列:
4
```

5.3 测试

```
mysql> desc select * from test where a=10 and b=10 and  c='a' and d='a' and e='a';
mysql> desc select * from test where a=10 and b=10 and  c='a' and d='a';
mysql> desc select * from test where a=10 and b=10 and  c='a';
mysql> desc select * from test where a=10 and b=10;
```

5.4 联合索引应用细节

条件:

```
联合索引应用要满足最左原则
a.建立联合索引时，选择重复值最少的列作为最左列。
b.使用联合索引时，查询条件中，必须包含最左列，才有可能应用到联合索引。
```

联合索引不同覆盖场景:

```
mysql> alter table t100w add index idx(num,k1,k2);
num :  5
k1  :  9
k2  :  17
```

a.全部覆盖 (key_len:31)

```
mysql> desc select * from t100w where num=913759  and k1='ej' and k2='EFfg';
mysql> desc select * from t100w where k1='ej' and k2='EFfg' and num=913759 ;
mysql> desc select * from t100w where num=913759  and k1='ej' and k2 in('EFfg','abcd');
mysql> desc select * from t100w where num=913759  and k1='ej' and k2 like 'EF%';
```

说明:

```
a= and b= and c=
b= and c= and a=
```

b.部分覆盖 idx(a,b,c)

```
where a =  and  b =
where b =  and  a =
where a =
where a =  and   b> < >= <= in like between and   and  c=

例如:
mysql> desc select * from t100w where num=913759  and k1>'zz' and k2='EFfg';

总结:
如果联合索引中间出现了<>,between,like都会使得索引匹配截止于此。

如何优化?
(num,k1,k2)   ---->  (num,k2,k1)
mysql> desc select * from t100w where num=913759 and k2='EFfg' and k1>'zz';
```

c. 完全不覆盖 idx(a,b,c)

```
where  b  c
where  b
where  c
```

6.extra 额外的信息

```
using filesort   ---> group by \ order by \distinct \ union all

mysql> desc select * from city where countrycode='CHN' order by
population;

注意: where+order by一定要点联合索引

优化:
mysql> alter table city add index idx_1(CountryCode,population);
mysql> show index from city;
mysql> desc select * from world.city where countrycode='CHN' order by
population;
```

7.应用场景

```
数据库慢:
a. 应急性的慢。
   show full processlist; ----> 慢语句 ----> explain SQL ---> 优化索引、改
写语句
b. 间歇性慢。
   slowlog    ---->   慢语句  --->   explain SQL ---> 优化索引、改写语句
```

第7章 建立索引的原则

1.说明

```
1  为了使索引的使用效率更高，在创建索引时，必须考虑在哪些字段上创建索引和创建什么类型的索引。
```

2.降低索引树高度

```
1  （必须的）建表时一定要有主键,一般是个无关自增列数字列。
```

3.选择唯一性索引

```
1  1.唯一性索引的值是唯一的，可以更快速的通过该索引来确定某条记录。
2  2.例如，学生表中学号是具有唯一性的字段。为该字段建立唯一性索引可以很快的确定某个学生的信息。
3  3.如果使用姓名的话，可能存在同名现象，从而降低查询速度。
```

优化方案:

```
1  1.如果非得使用重复值较多的列作为查询条件(例如:男女),可以将表逻辑拆分
2  2.可以将此列和其他的查询类,做联和索引
3  select count(*) from world.city;
4  select count(distinct countrycode) from world.city;
5  select count(distinct countrycode,population ) from world.city;
```

4.尽量使用前缀来索引

```
1  如果索引字段的值很长，最好使用值的前缀来索引。
```

5.限制索引的数目

```
索引的数目不是越多越好。
可能会产生的问题:
1.每个索引都需要占用磁盘空间，索引越多，需要的磁盘空间就越大。
2.修改表时，对索引的重构和更新很麻烦。越多的索引，会使更新表变得很浪费时间。
3.优化器的负担会很重,有可能会影响到优化器的选择.
4.percona-toolkit中有个工具,专门分析索引是否有用
```

6.删除不再使用或很少使用的索引(percona toolkit)

```
1.表中的数据被大量更新，或者数据的使用方式被改变后，原有的一些索引可能不再需要。
2.数据库管理员应当定期找出这些索引，将它们删除，从而减少索引对更新操作的影响。
```

7.建索引原则总结

```
1.必须要有主键,如果没有可以做为主键条件的列,创建无关列
2.经常做为where条件列  order by  group by  join on, distinct 的条件(业务:产品功能+用户行为)
3.最好使用唯一值多的列作为索引,如果索引列重复值较多,可以考虑使用联合索引
4.列值长度较长的索引列,我们建议使用前缀索引.
5.降低索引条目,一方面不要创建没用索引,不常使用的索引清理,percona toolkit(xxxxx)
6.索引维护要避开业务繁忙期，建议用pt-osc
```

第8章 不走索引的情况

1.没有查询条件或者查询条件没有建立索引

```
select * from city;
select * from city where 1=1;
```

2.查询结果集是原表中的大部分数据，应该是15-25%以上

```
100w  num 有索引
desc select * from t100w where num>1;    ----> 全表

查询的结果集，超过了总数行数25%，优化器觉得就没有必要走索引了。
MySQL的预读功能有关。

可以通过精确查找范围，达到优化的效果。
1000000
desc select * from t100w where num>50000 and num<60000;
```

3.索引本身失效，统计信息不真实（过旧）

```
索引有自我维护的能力。
对于表内容变化比较频繁的情况下，有可能会出现索引失效。
一般是删除重建

现象:
有一条select语句平常查询时很快,突然有一天很慢,会是什么原因
select?  --->索引失效,统计数据不真实
innodb_index_stats
innodb_table_stats

立即更新:
mysql> ANALYZE TABLE world.city;
```

4.查询条件使用函数在索引列上或者对索引列进行运算

```
错误的例子: select * from test where id-1=9;
正确的例子: select * from test where id=10;
算术运算
函数运算
子查询
```

5.隐式转换导致索引失效

```
这样会导致索引失效. 错误的例子:
mysql> CREATE TABLE `num` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `name` char(10) NOT NULL,
  `num` char(10) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`),
  KEY `inx` (`num`)
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=4 DEFAULT CHARSET=utf8mb4

mysql> desc num;
+-------+----------+------+-----+---------+----------------+
| Field | Type     | Null | Key | Default | Extra          |
+-------+----------+------+-----+---------+----------------+
| id    | int(11)  | NO   | PRI | NULL    | auto_increment |
| name  | char(10) | NO   |     | NULL    |                |
| num   | char(10) | NO   | MUL | NULL    |                |
+-------+----------+------+-----+---------+----------------+

mysql> insert into num(name,num)
values
('z3','123456'),
('l4','123'),
('w5','321');

mysql> ALTER TABLE num ADD INDEX inx(num);
mysql> SHOW INDEX FROM num;

mysql> DESC SELECT * FROM num WHERE num='123456';
mysql> DESC SELECT * FROM num WHERE num=123456;
```

6. <>,not in 不走索引（辅助索引）

```
EXPLAIN  SELECT * FROM teltab WHERE telnum  <> '110';
EXPLAIN  SELECT * FROM teltab WHERE telnum  NOT IN ('110','119');

mysql> select * from tab where telnum <> '1555555';
+------+------+---------+
| id   | name | telnum  |
+------+------+---------+
|    1 | a    | 1333333 |
+------+------+---------+
1 row in set (0.00 sec)

mysql> explain select * from tab where telnum <> '1555555';

单独的>,<,in 有可能走，也有可能不走，和结果集有关，尽量结合业务添加limit
or或in 可以修改成union all
EXPLAIN  SELECT * FROM teltab WHERE telnum  IN ('110','119');

改写成：
EXPLAIN SELECT * FROM teltab WHERE telnum='110'
UNION ALL
SELECT * FROM teltab WHERE telnum='119'
```

7.like "%_" 百分号在最前面不走

```
EXPLAIN SELECT * FROM teltab WHERE telnum LIKE '31%'  走range索引扫描
EXPLAIN SELECT * FROM teltab WHERE telnum LIKE '%110'  不走索引
%linux%类的搜索需求，可以使用elasticsearch 或者 mongodb 专门做搜索服务的数据库产品
```