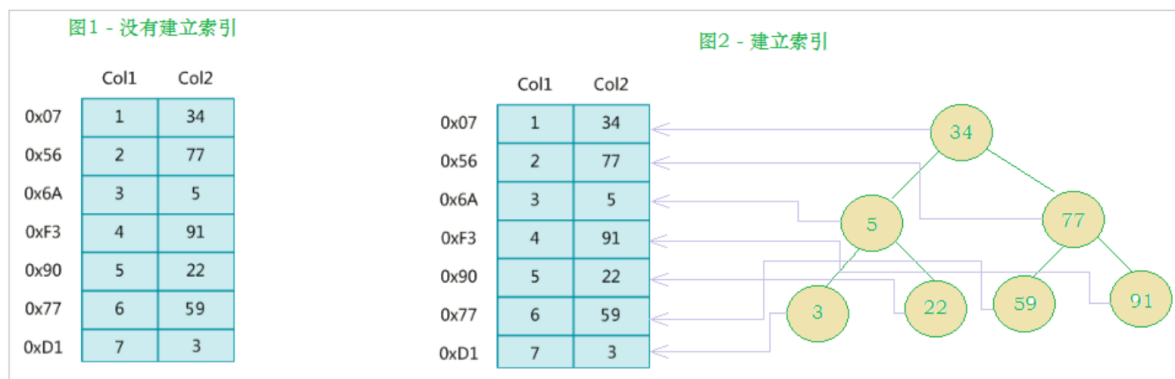


索引

2.1 索引概述

MySQL官方对索引的定义为：索引（index）是帮助MySQL高效获取数据的数据结构（有序）。在数据之外，数据库系统还维护着满足特定查找算法的数据结构，这些数据结构以某种方式引用（指向）数据，这样就可以在这些数据结构上实现高级查找算法，这种数据结构就是索引。如下面的示意图所示：



左边是数据表，一共有两列七条记录，最左边的是数据记录的物理地址（注意逻辑上相邻的记录在磁盘上也并不是一定物理相邻的）。为了加快Col2的查找，可以维护一个右边所示的二叉查找树，每个节点分别包含索引键值和一个指向对应数据记录物理地址的指针，这样就可以运用二叉查找快速获取到相应数据。一般来说索引本身也很大，不可能全部存储在内存中，因此索引往往以索引文件的形式存储在磁盘上。索引是数据库中用来提高性能的最常用的工具。

2.2 索引优势劣势

优势

- 1) 类似于书籍的目录索引，提高数据检索的效率，降低数据库的IO成本。
- 2) 通过索引列对数据进行排序，降低数据排序的成本，降低CPU的消耗。

劣势

- 1) 实际上索引也是一张表，该表中保存了主键与索引字段，并指向实体类的记录，所以索引列也是要占用空间的。
- 2) 虽然索引大大提高了查询效率，同时却也降低更新表的速度，如对表进行INSERT、UPDATE、DELETE。因为更新表时，MySQL不仅要保存数据，还要保存一下索引文件每次更新添加了索引列的字段，都会调整因为更新所带来的键值变化后的索引信息。

2.3 索引结构

索引是在MySQL的存储引擎层中实现的，而不是在服务器层实现的。所以每种存储引擎的索引都不一定完全相同，也不是所有的存储引擎都支持所有的索引类型的。MySQL通常使用以下2种索引：

- BTREE 索引：最常见的索引类型，大部分索引都支持B树索引。
- HASH 索引：只有Memory引擎支持，使用场景简单。

我们平常所说的索引，如果没有特别指明，都是指B+树(多路搜索树，并不一定是二叉的)结构组织的索引。其中 聚集索引、复合索引、前缀索引、唯一索引默认都是使用 B+tree 索引，统称为 索引。

2.3.1 BTREE 结构

BTree又叫多路平衡搜索树，一颗m叉的BTree特性如下：

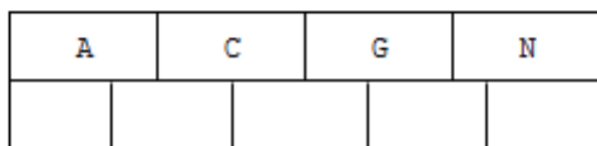
- 树中每个节点最多包含m个孩子。
- 除根节点与叶子节点外，每个节点至少有 $\lceil m/2 \rceil$ 个孩子。
- 若根节点不是叶子节点，则至少有两个孩子。
- 所有的叶子节点都在同一层。
- 每个非叶子节点由n个key与n+1个指针组成，其中 $\lceil m/2 \rceil - 1 \leq n \leq m - 1$

以5叉BTree为例，key的数量:公式推导 $\lceil m/2 \rceil - 1 \leq n \leq m - 1$ 。所以 $2 \leq n \leq 4$ 。当 $n > 4$ 时，中间节点分裂到 父节点，两边节点分裂。

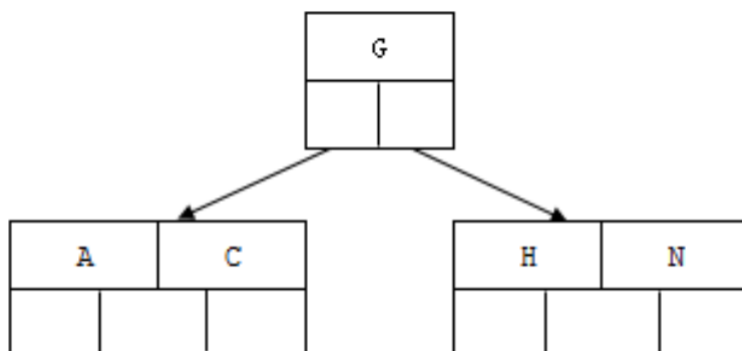
插入 C N G A H E K Q M F W L T Z D P R X Y S 数据为例。

演变过程如下:

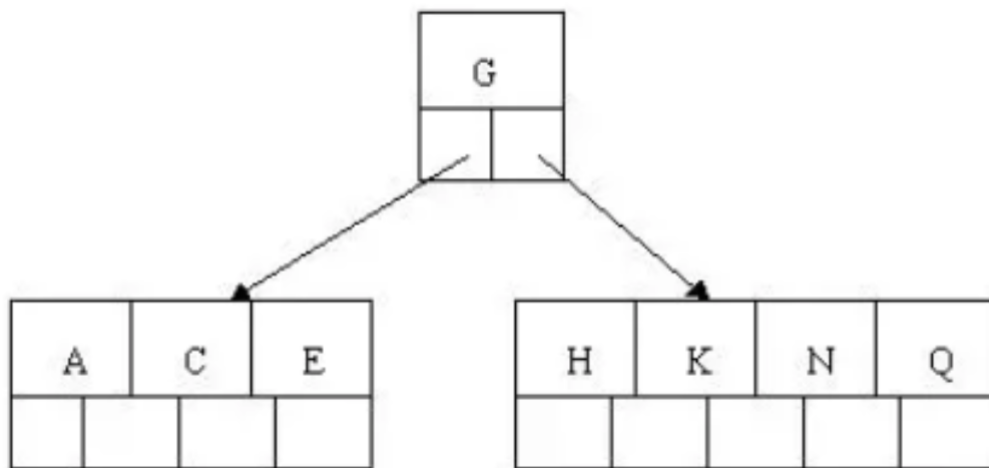
1). 插入前4个字母 C N G A



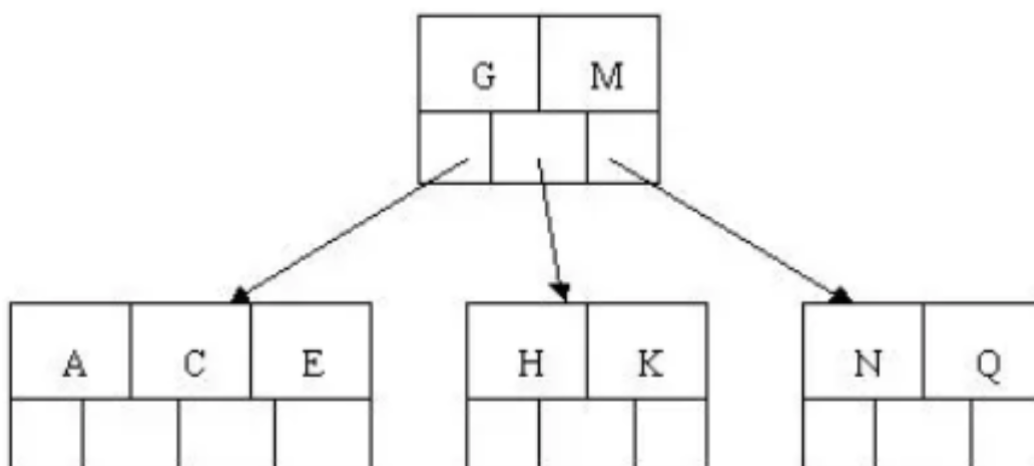
2). 插入H， $n > 4$ ，中间元素G字母向上分裂到新的节点



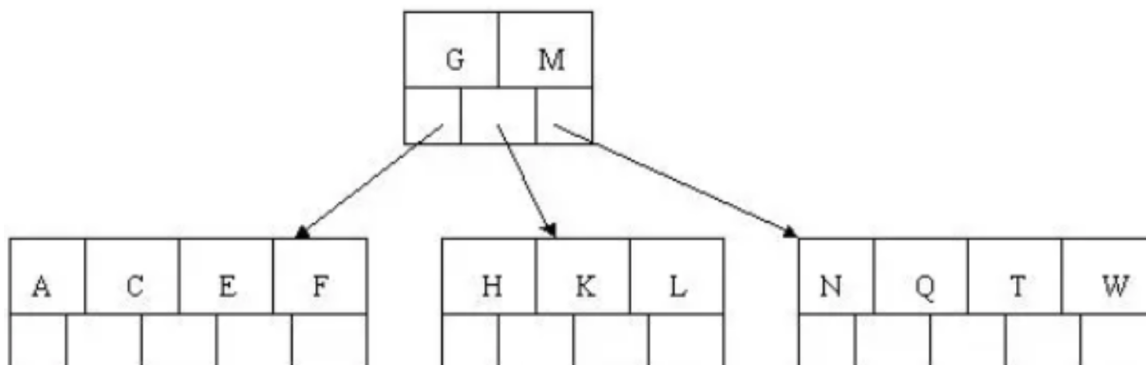
3). 插入E, K, Q不需要分裂



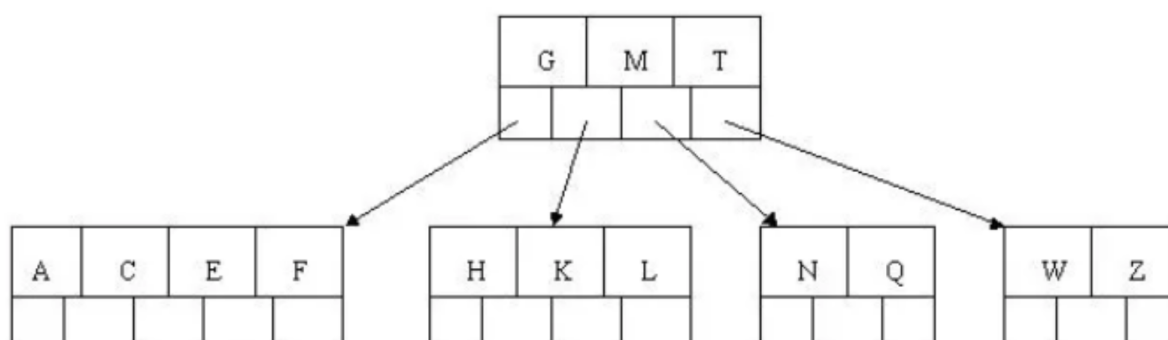
4). 插入M, 中间元素M字母向上分裂到父节点G



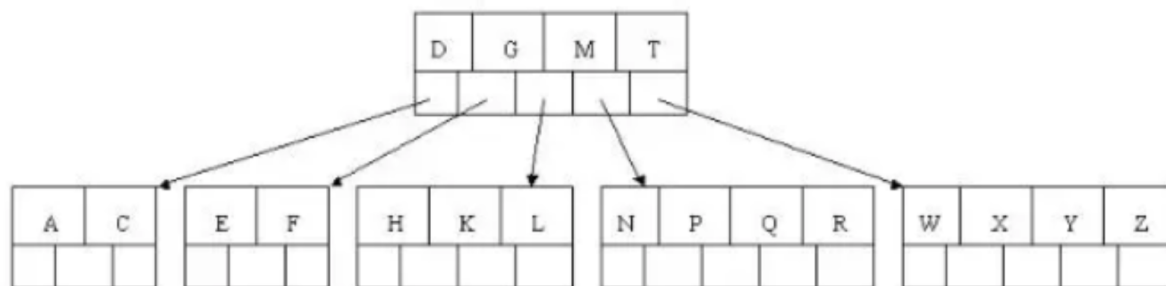
5). 插入F, W, L, T不需要分裂



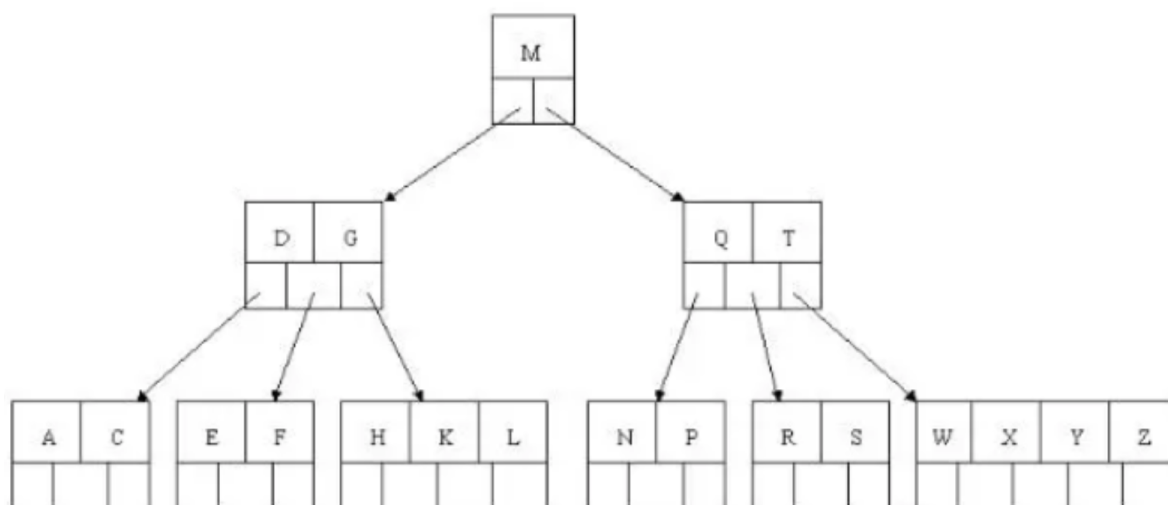
6). 插入Z, 中间元素T向上分裂到父节点中



7). 插入D, 中间元素D向上分裂到父节点中。然后插入P, R, X, Y不需要分裂



8). 最后插入S, NPQR节点 $n > 5$, 中间节点Q向上分裂, 但分裂后父节点DGMT的 $n > 5$, 中间节点M向上分裂



到此, 该B+TREE树就已经构建完成了, B+TREE树和二叉树相比, 查询数据的效率更高, 因为对于相同的数据量来说, B+TREE的层级结构比二叉树小, 因此搜索速度快。

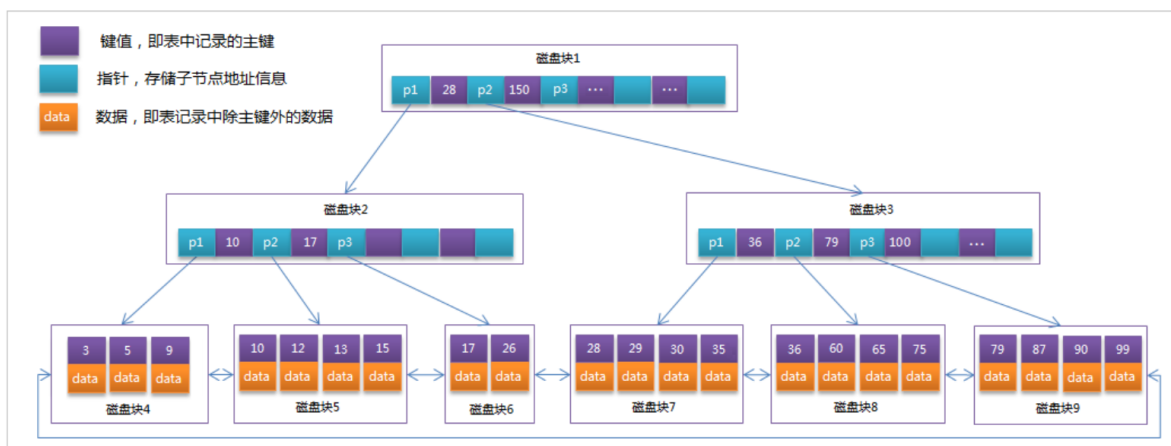
2.3.3 B+TREE 结构

B+Tree为BTree的变种, B+Tree与BTree的区别为:

- 1). n 叉B+Tree最多含有 n 个key, 而BTree最多含有 $n-1$ 个key。
- 2). B+Tree的叶子节点保存所有的key信息, 依key大小顺序排列。
- 3). 所有的非叶子节点都可以看作是key的索引部分。

由于B+Tree只有叶子节点保存key信息, 查询任何key都要从root走到叶子。所以B+Tree的查询效率更加稳定。

B+Tree相邻叶子节点的链表指针相互指向, 形成了带有顺序指针的B+Tree, 提高区间访问的性能。



视图

3.1 视图概述

视图(View)是一种虚拟存在的表。视图并不在数据库中实际存在，行和列数据来自定义视图的查询中使用的表，并且是在使用视图时动态生成的。通俗的讲，视图就是一条SELECT语句执行后返回的结果集。所以我们在创建视图的时候，主要的工作就落在创建这条SQL查询语句上。视图相对于普通的表的优势主要包括以下几项。

- 简单:使用视图的用户完全不需要关心后面对应的表的结构、关联条件和筛选条件，对用户来说已经是过滤好的复合条件的结果集。
- 安全:使用视图的用户只能访问他们被允许查询的结果集，对表的权限管理并不能限制到某个行某个列，但是通过视图就可以简单的实现。
- 数据独立:一旦视图的结构确定了，可以屏蔽表结构变化对用户的影响，源表增加列对视图没有影响;源表修改列名，则可以通过修改视图来解决，不会造成对访问者的影响。

3.2 创建或者修改视图

创建视图的语法为:

```
CREATE VIEW <视图名> AS <SELECT语句>
```

语法说明如下。

- <视图名>: 指定视图的名称。该名称在数据库中必须是唯一的，不能与其他表或视图同名。
- <SELECT语句>: 指定创建视图的 SELECT 语句，可用于查询多个基础表或源视图。

修改视图的语法为:

```
ALTER VIEW <视图名> AS <SELECT语句>
```

用户表

```
CREATE TABLE `tb_user` (  
  `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `username` varchar(255) COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,  
  `password` varchar(255) COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,  
  `phone` char(11) COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,  
  `email` varchar(255) COLLATE utf8mb4_general_ci NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`)  
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=3 DEFAULT CHARSET=utf8mb4  
COLLATE=utf8mb4_general_ci;  
  
INSERT INTO `tb_user` VALUES (1, 'zhangsan', '123456', '13111111111',  
'zhangsan@163.com');  
INSERT INTO `tb_user` VALUES (2, 'lisi', '654321', '13222222222',  
'lisi@163.com');
```

用户其他信息表

```
CREATE TABLE `tb_user_info` (  
  `id` int NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `uid` int NOT NULL,  
  `age` tinyint NOT NULL,  
  `sex` tinyint NOT NULL,  
  `height` smallint DEFAULT NULL,  
  `weight` smallint DEFAULT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`)  
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=3 DEFAULT CHARSET=utf8mb4  
COLLATE=utf8mb4_general_ci;  
  
INSERT INTO `tb_user_info` VALUES (1, 1, 20, 1, 175, 60);  
INSERT INTO `tb_user_info` VALUES (2, 2, 22, 0, 165, 48);
```

创建视图

```
create view user_info as select tb_user.id, tb_user.username, tb_user.phone,  
tb_user_info.age, tb_user_info.sex from tb_user, tb_user_info where tb_user.id =  
tb_user_info.uid
```

删除视图

```
DROP VIEW <视图名>
```

存储过程和函数

4.1 存储过程和函数概述

存储过程和函数是事先经过编译并存储在数据库中的一段 SQL 语句的集合，调用存储过程和函数可以简化应用开发人员的很多工作，减少数据在数据库和应用服务器之间的传输，对于提高数据处理的效率是有好处的。

存储过程和函数的区别在于函数必须有返回值，而存储过程没有。

函数：是一个有返回值的过程；

过程：是一个没有返回值的函数；

4.2 创建存储过程

```
CREATE PROCEDURE procedure_name ([proc_parameter[,...]])  
begin  
    -- SQL语句  
end;
```

示例：

```
delimiter $  
  
create procedure pro_test1()  
begin  
    select 'Hello Mysql' ;  
end$  
  
delimiter ;
```

知识小贴士

DELIMITER

该关键字用来声明SQL语句的分隔符，告诉 MySQL 解释器，该段命令是否已经结束了，mysql是否可以执行了。默认情况下，delimiter是分号；。在命令行客户端中，如果有一行命令以分号结束，那么回车后，mysql将会执行该命令。

4.3 调用存储过程

```
call procedure_name() ;
```

4.4 查看存储过程

```
SHOW PROCEDURE STATUS;
```

4.5 删除存储过程

```
DROP PROCEDURE sp_name ;
```

4.6 语法

存储过程是可以编程的，意味着可以使用变量，表达式，控制结构，来完成比较复杂的功能。

4.6.1 变量

- DECLARE

通过 DECLARE 可以定义一个局部变量，该变量的作用范围只能在 BEGIN...END 块中。

```
DECLARE var_name[,...] type [DEFAULT value]
```

示例：

```
delimiter $

create procedure pro_test2()
begin
    declare num int default 5;
    select num+ 10;
end$

delimiter ;
```

- SET

直接赋值使用 SET，可以赋常量或者赋表达式，具体语法如下：

```
SET var_name = expr [, var_name = expr] ...
```

示例：

```
DELIMITER $

CREATE PROCEDURE pro_test3()
BEGIN
    DECLARE NAME VARCHAR(20);
    SET NAME = 'MYSQL';
    SELECT NAME ;
END$

DELIMITER ;
```

也可以通过select ... into 方式进行赋值操作：


```

DELIMITER $

CREATE PROCEDURE pro_test5()
BEGIN
    declare countnum int;
    select count(*) into countnum from city;
    select countnum;
END$

DELIMITER ;

```

4.6.2 if条件判断

语法结构：

```

if search_condition then statement_list
[elseif search_condition then statement_list] ...
[else statement_list]
end if;

```

需求：

根据定义的身高变量，判定当前身高的所属的身材类型

180 及以上	----->	身材高挑
170 - 180	----->	标准身材
170 以下	----->	一般身材

示例：

```

delimiter $

create procedure pro_test6()
begin
    declare height int default 175;
    declare description varchar(50);
    if height >= 180 then
        set description = '身材高挑';
    elseif height >= 170 and height < 180 then
        set description = '标准身材';
    else
        set description = '一般身材';
    end if;
    select description ;
end$

delimiter ;

```

4.6.3 传递参数

语法格式：

```
create procedure procedure_name([in/out/inout] 参数名 参数类型)
...
```

IN：该参数可以作为输入，也就是需要调用方传入值，默认

OUT：该参数作为输出，也就是该参数可以作为返回值

INOUT：既可以作为输入参数，也可以作为输出参数

IN - 输入

需求：

根据定义的身高变量，判定当前身高的所属的身材类型

示例：

```
delimiter $

create procedure pro_test7(in height int)
begin
    declare description varchar(50) default '';
    if height >= 180 then
        set description='身材高挑';
    elseif height >= 170 and height < 180 then
        set description='标准身材';
    else
        set description='一般身材';
    end if;
    select concat('身高 ', height, '对应的身材类型为:',description);
end$

delimiter ;
```

OUT-输出

需求：

根据传入的身高变量，获取当前身高的所属的身材类型

示例:

```
delimiter $

create procedure pro_test8(in height int, out description varchar(100))
begin
    if height >= 180 then
        set description='身材高挑';
    elseif height >= 170 and height < 180 then
        set description='标准身材';
    else
        set description='一般身材';
    end if;
```

```
end$  
  
delimiter ;
```

调用:

```
call pro_test8(168, @description);  
select @description;
```

小知识

@description : 这种变量要在变量名称前面加上 "@" 符号, 叫做用户会话变量, 代表整个会话过程他都是有作用的, 这个类似于全局变量一样。

@@global.sort_buffer_size : 这种在变量前加上 ":@" 符号, 叫做 系统变量

4.6.4 case结构

语法结构:

```
方式一 :  
CASE case_value  
    WHEN when_value THEN statement_list  
    [WHEN when_value THEN statement_list] ...  
    [ELSE statement_list]  
END CASE;  
  
方式二 :  
CASE  
    WHEN search_condition THEN statement_list  
    [WHEN search_condition THEN statement_list] ...  
    [ELSE statement_list]  
END CASE;
```

需求:

给定一个月份, 然后计算出所在的季度

示例:

```
delimiter $  
  
create procedure pro_test9(month int)  
begin  
    declare result varchar(20);  
    case  
        when month >= 1 and month <=3 then  
            set result = '第一季度';  
        when month >= 4 and month <=6 then  
            set result = '第二季度';  
        when month >= 7 and month <=9 then  
            set result = '第三季度';  
        when month >= 10 and month <=12 then  
            set result = '第四季度';  
    end case;  
end;
```

```

end case;
select concat('您输入的月份为 :', month , ' , 该月份为 : ' , result) as content
;
end$

delimiter ;

```

4.6.5 while循环

语法结构:

```

while search_condition do
    statement_list
end while;

```

需求:

计算从1加到n的值

示例:

```

delimiter $

create procedure pro_test10(n int)
begin
    declare total int default 0;
    declare num int default 1;
    while num<=n do
        set total = total + num;
        set num = num + 1;
    end while;
    select total;
end$

delimiter ;

```

4.6.6 repeat结构

有条件的循环控制语句, 当满足条件的时候退出循环。while 是满足条件才执行, repeat 是满足条件就退出循环。

语法结构:

```

REPEAT
    statement_list
UNTIL search_condition
END REPEAT;

```

需求:

计算从1加到n的值

示例：

```
delimiter $

create procedure pro_test11(n int)
begin
    declare total int default 0;

    repeat
        set total = total + n;
        set n = n - 1;
    until n=0
    end repeat;
    select total ;
end$

delimiter ;
```

4.6.7 loop语句

LOOP 实现简单的循环，退出循环的条件需要使用其他的语句定义，通常可以使用 LEAVE 语句实现，具体语法如

下：

```
[begin_label:] LOOP
    statement_list
END LOOP [end_label]
```

如果不在 statement_list 中增加退出循环的语句，那么 LOOP 语句可以用来实现简单的死循环。

4.6.8 leave语句

用来从标注的流程构造中退出，通常和 BEGIN ... END 或者循环一起使用。下面是一个使用 LOOP 和 LEAVE 的简单例子，退出循环：

```
delimiter $

CREATE PROCEDURE pro_test12(n int)
BEGIN
    declare total int default 0;
    ins: LOOP
        IF n <= 0 then
            leave ins;
        END IF;
        set total = total + n;
        set n = n - 1;
    END LOOP ins;
    select total;
END$

delimiter ;
```

4.6.9 游标/光标

游标是用来存储查询结果集的数据类型，在存储过程和函数中可以使用光标对结果集进行循环的处理。

光标的使用

包括光标的声明、OPEN、FETCH 和 CLOSE，其语法分别如下。

声明光标:

```
DECLARE cursor_name CURSOR FOR select_statement ;
```

OPEN 光标:

```
OPEN cursor_name ;
```

FETCH 光标:

```
FETCH cursor_name INTO var_name [, var_name] ...
```

CLOSE 光标:

```
CLOSE cursor_name ;
```

示例：

初始化脚本:

```
create table emp(  
    id int(11) not null auto_increment ,  
    name varchar(50) not null comment '姓名',  
    age int(11) comment '年龄',  
    salary int(11) comment '薪水',  
    primary key(`id`)  
)engine=innodb default charset=utf8 ;  
  
insert into emp(id,name,age,salary) values(null,'金毛狮王',55,3800),(null,'白眉鹰王',60,4000),(null,'青翼蝠王',38,2800),(null,'紫衫龙王',42,1800);
```

```
-- 查询emp表中数据，并逐行获取进行展示  
DELIMITER $
```

```
create procedure pro_test13()  
begin  
    declare e_id int(11);  
    declare e_name varchar(50);  
    declare e_age int(11);  
    declare e_salary int(11);  
    declare emp_result cursor for select * from emp;  
    open emp_result;  
  
    fetch emp_result into e_id,e_name,e_age,e_salary;
```

```

        select concat('id=',e_id , ', name=',e_name, ', age=', e_age, ', 薪资为:
',e_salary);

        fetch emp_result into e_id,e_name,e_age,e_salary;
        select concat('id=',e_id , ', name=',e_name, ', age=', e_age, ', 薪资为:
',e_salary);

        fetch emp_result into e_id,e_name,e_age,e_salary;
        select concat('id=',e_id , ', name=',e_name, ', age=', e_age, ', 薪资为:
',e_salary);

        fetch emp_result into e_id,e_name,e_age,e_salary;
        select concat('id=',e_id , ', name=',e_name, ', age=', e_age, ', 薪资为:
',e_salary);

        close emp_result;
end$

DELIMITER ;

```

通过循环结构，获取游标中的数据：

```

DELIMITER $

create procedure pro_test14()
begin
    DECLARE id int(11);
    DECLARE name varchar(50);
    DECLARE age int(11);
    DECLARE salary int(11);
    DECLARE has_data int default 1;

    DECLARE emp_result CURSOR FOR select * from emp;
    DECLARE EXIT HANDLER FOR NOT FOUND set has_data = 0;

    open emp_result;

    repeat
        fetch emp_result into id , name , age , salary;
        select concat('id为',id, ', name 为' ,name , ', age为 ' ,age , ', 薪水为:
',
salary);
        until has_data = 0
    end repeat;

    close emp_result;
end$

DELIMITER ;

```

4.7 存储函数

语法结构:

```
CREATE FUNCTION function_name([param type ... ])
RETURNS type
BEGIN
    ...
END;
```

案例:

定义一个存储过程, 请求满足条件的总记录数;

```
delimiter $

create function count_city(countryId int)
returns int
begin
    declare cnum int ;
    select count(*) into cnum from city where country_id = countryId;
    return cnum;
end$

delimiter ;
```

调用:

```
select count_city(1);
select count_city(2);
```

触发器

5.1 介绍

触发器是与表有关的数据库对象, 指在 insert/update/delete 之前或之后, 触发并执行触发器中定义的 SQL 语句集合。触发器的这种特性可以协助应用在数据库端确保数据的完整性, 日志记录, 数据校验等操作。

使用别名 OLD 和 NEW 来引用触发器中发生变化的记录内容, 这与其他数据库是相似的。现在触发器还支持行级触发, 不支持语句级触发。

触发器类型	NEW 和 OLD 的使用
INSERT 型触发器	NEW 表示将要或者已经新增的数据
UPDATE 型触发器	OLD 表示修改之前的数据, NEW 表示将要或已经修改后的数据
DELETE 型触发器	OLD 表示将要或者已经删除的数据

5.2 创建触发器

语法结构：

```
create trigger trigger_name
before/after insert/update/delete
on tbl_name
[ for each row ] -- 行级触发器
begin
    trigger_stmt ;
end;
```

示例

需求

通过触发器记录 emp 表的数据变更日志，包含增加，修改，删除；

首先创建一张日志表：

```
create table emp_logs(
    id int(11) not null auto_increment,
    operation varchar(20) not null comment '操作类型, insert/update/delete',
    operate_time datetime not null comment '操作时间',
    operate_id int(11) not null comment '操作表的ID',
    operate_params varchar(500) comment '操作参数',
    primary key(`id`)
)engine=innodb default charset=utf8;
```

创建 insert 型触发器，完成插入数据时的日志记录：

```
DELIMITER $

create trigger emp_logs_insert_trigger
after insert
on emp
for each row
begin
    insert into emp_logs (id,operation,operate_time,operate_id,operate_params)
    values(null,'insert',now(),new.id,concat('插入后(id:',new.id,',
name:',new.name,', age:',new.age,', salary:',new.salary,')'));
end $

DELIMITER ;
```

创建 update 型触发器，完成更新数据时的日志记录：

```

DELIMITER $

create trigger emp_logs_update_trigger
after update
on emp
for each row
begin
    insert into emp_logs (id,operation,operate_time,operate_id,operate_params)
values(null,'update',now(),new.id,concat('修改前(id:',old.id,',
name:',old.name,', age:',old.age,', salary:',old.salary,')', '修改后(id',new.id,
'name:',new.name,', age:',new.age,', salary:',new.salary,')'));
end $

DELIMITER ;

```

创建delete 行的触发器，完成删除数据时的日志记录：

```

DELIMITER $

create trigger emp_logs_delete_trigger
after delete
on emp
for each row
begin
    insert into emp_logs (id,operation,operate_time,operate_id,operate_params)
values(null,'delete',now(),old.id,concat('删除前(id:',old.id,',
name:',old.name,', age:',old.age,', salary:',old.salary,')'));
end $

DELIMITER ;

```

测试:

```

insert into emp(id,name,age,salary) values(null, '光明左使',30,3500);
insert into emp(id,name,age,salary) values(null, '光明右使',33,3200);
update emp set age = 39 where id = 3;
delete from emp where id = 5;

```

5.3 删除触发器

语法结构：

```
drop trigger [schema_name.]trigger_name
```

如果没有指定 schema_name，默认为当前数据库。

5.4 查看触发器

可以通过执行 SHOW TRIGGERS 命令查看触发器的状态、语法等信息。

语法结构：

```
show triggers ;
```