# 红黑树

## 插入情况讨论

### 父节点是黑的

插入节点是红的，如果父节点是黑的不会改变红黑树性质，无需旋转或变色。

### 父节点是红的(2)

#### 叔叔节点是红的

变色，将父节点和叔叔节点变成黑色，爷爷节点变成红色。如果爷爷节点的父节点是红的，根据(2)再操作一次。

#### 叔叔节点是黑的

LL型右旋，RR型左旋，LR型先左旋再右旋，RL型先右旋再左旋，然后变色，旋转后的子树的根节点一定是黑色，不会再次触发连锁旋转。

在红黑树的插入过程中，变色可能出现多次（连锁变色），旋转最多出现2次。

## 删除情况讨论

### 只有1个子节点

这种情况该节点必定是黑色（如果是红色子结点必定是黑色，不符合红黑树的性质），子节点必定是红色。只需要用子节点代替该节点，再将子节点变成黑色即可。

### 有2个子节点

找到中序序列的前驱或后继，再将该节点的值与前驱或后继交换，转化为没有子节点(3)的情况。

### 没有子节点(3)

#### 该节点是红色

直接删除即可。

#### 该节点是黑色

很复杂。。

在红黑树的删除过程中，旋转最多出现3次。