

红黑树

- 特性

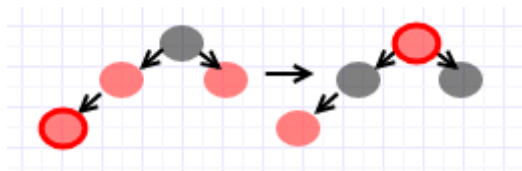
- ①每个节点或者是黑色，或者是红色
- ②根节点是黑色
- ③每个叶子节点（为空的节点）是黑色
- ④如果一个节点是红色的，则它的子节点必须是黑色的
 - 1.一条路径的特征为红黑交替或者全黑
 - 2.红色的父节点和子节点必须都是黑色，黑色的父节点和子节点可以随机。
- ⑤相同的黑色高度:从根节点到叶节点或空子节点的每条路径，必须包含相同数目的黑色节点
 - 确保没有一条路径比其他路径长两倍(不是最长1吗?)
 - 答：不是红黑相间。可以连续的黑。

- 应用

- 基本操作

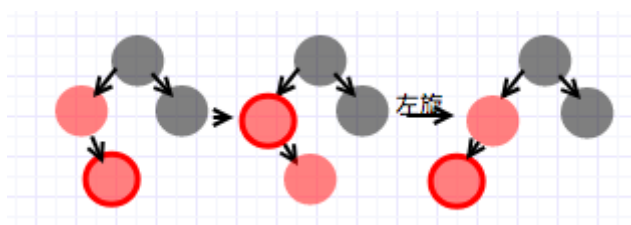
- 添加

- ①将红黑树当作一颗二叉查找树，将节点插入
 - 如果插入成功的节点肯定在叶子节点处
- ②将插入的节点着色为"红色"
 - 为什么着色为红色？
 - 答：不会违背特性①②③⑤特性
- ③调整树
 - 因为插入后违背可能违背了特性④,需要调整使其满足使其满足特性④
 - 被插入节点是根节点
 - 直接把此节点涂为黑色
 - 被插入节点的父节点是黑色
 - 什么都不用管，能保证上述5个特性
 - 被插入节点的父节点是红色
 - 需调整，破坏了特性④,从底向上调整
 - case1:叔叔节点是红色



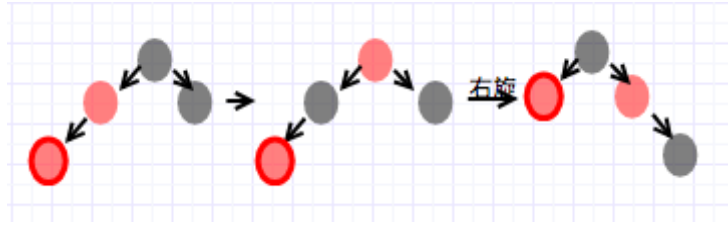
- (01) 将“父节点”设为黑色。
- (02) 将“叔叔节点”设为黑色。
- (03) 将“祖父节点”设为“红色”。
- (04) 将“祖父节点”设为“当前节点”(红色节点)；即，之后继续对“当前节点”进行操作。

- case2: 叔叔节点是黑色，且当前节点是其父节点的右孩子



- (01) 将“父节点”作为“新的当前节点”。
- (02) 以“新的当前节点”为支点进行左旋。

- case3: 叔叔节点是黑色，且当前节点是其父节点的左孩子



- (01) 将“父节点”设为“黑色”。
- (02) 将“祖父节点”设为“红色”。
- (03) 以“祖父节点”为支点进行右旋。

• 删除

- ①将红黑树当作一颗二叉查找树，将节点删除
- ②通过"旋转和重新着色"等一系列来修正该树，使之重新成为一棵红黑树

- 若删除节点若为红色,原红黑树没有影响

为什么？

- 1.对于特性⑤，删除红色对黑色个数肯定没有影响
- 2.对于特性④，红色节点的父节点肯定是黑色，那么黑色节点的子节点可以是红或黑。

①②③肯定没有影响

- 若删除节点为黑色，会破坏特性②④⑤。

假设将删除节点设为Y,顶替X的节点设为X。

为什么会破坏②④⑤？

- 1.删除了黑色的肯定违背了⑤
- 2.因为删除的是黑色，所以Y的父节点可能是黑或红。将Y删除后，X的父节点就为Y的父节点了。

X不知道是红或黑，X的父节点也不知道是红或黑，这个可能会违背④

- 3.如果删除的是根节点，可能会违背①

此时，假设

- 1.将X假设多包含了一个黑色
- 2.此时违背的特性由②④⑤变为①②④。
- 3.将x所包含的额外的黑色不断沿树上移(向根方向移动)

- X是"红+黑"

将直接把x设为黑色，结束。此时红黑树性质全部恢复
为什么呢？

- 1.黑色节点父节点和子节点可以是任何颜色，所以不用管X的父节点是什么颜色和子节点是什么颜色。
- 2.然后又弥补了这条路径上少的黑色节点，很完美！

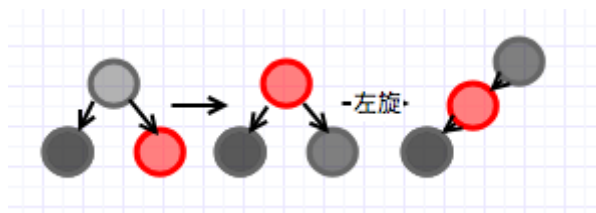
- X是"黑+黑"，且x是根

什么都不做，结束。此时红黑树性质全部恢复。

在X向上调整的整个过程中，能保证X的子节点都没问题了。

- x是“黑+黑”节点，且x不是根

- x是"黑+黑"节点，x的兄弟节点是红色。(此时x的父节点和x的兄弟节点的子节点都是黑节点)。



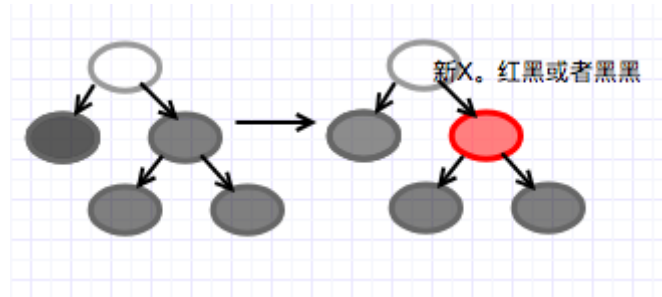
(01) 将x的兄弟节点设为“黑色”。

(02) 将x的父节点设为“红色”。

(03) 对x的父节点进行左旋。

完成这一步后，将X上调一次，就变成了X是红黑了。按照X是红黑处理。

- x是“黑+黑”节点，x的兄弟节点是黑色，x的兄弟节点的两个孩子都是黑色。



(01) 将x的兄弟节点设为“红色”。

(02) 设置“x的父节点”为“新的x节点”。向上传递

- x是“黑+黑”节点，x的兄弟节点是黑色；x的兄弟节点的左孩子是红色，右孩子是黑色的。

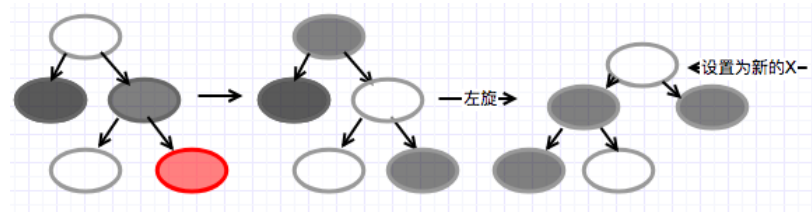
(01) 将x兄弟节点的左孩子设为“黑色”。

(02) 将x兄弟节点设为“红色”。

(03) 对x的兄弟节点进行右旋。

(04) 右旋后，重新设置x的兄弟节点。

- x是“黑+黑”节点，x的兄弟节点是黑色；x的兄弟节点的右孩子是红色的，x的兄弟节点的左孩子任意颜色。



(01) 将x父节点颜色 赋值给 x的兄弟节点。

(02) 将x父节点设为“黑色”。

(03) 将x兄弟节点的右子节设为“黑色”。

(04) 对x的父节点进行左旋。

(05) 设置“x”为“根节点”。