# 《王道计算机》

## 数据结构

### 树与二叉树

树中的结点数等于所有结点的度+1

度为m的树第i层最多有mi-1个结点

高度为h的m叉树至多有 个结点

有n个结点的m叉树的最小高度为

总分支数=1\*n1+2\*n2+…+m\*nm度为m的结点引出m条分支

总结点数=总分支数+1

满二叉树：高度h，含2h-1个结点

标号i，若有双亲，则为

完全二叉树性质：

* + 若，则i为分支结点，否则为叶子结点
  + 若有度为1的点，仅一个且有左孩子
  + 按层编号，一旦某i结点为叶子结点或仅有左孩子，则编号大于i的结点均为叶子结点
  + N为奇数，每个分支结点都有左右孩子，n为偶数，则编号最大的分支结点n/2只有左孩子  
    即n为奇时，不含度为1的点

二叉树性质：

* + 非空时，第k层最多有2k-1个结点
  + 高度为h，最多有2h-1个结点
  + 按层编号后：
    - i>1时，双亲，若i为偶，为左孩子，i奇则为右孩子
    - 时，结点i的左孩子为2i，否则无左孩
    - 时，结点i的右孩为2i+1，否则无
    - I所在层次（深度）为

具有n个结点（n>0）的完全二叉树高度为  
或

设高度为h的二叉树上只有度为0,2则结点数至少为2h-1

设二叉树右2n个结点，则度为1的结点有奇数个  
N=2n=N1+2N2+1  
N1=2(N-N2)-1



高度为h的完全二叉树最少有2h-1个结点

第n层有叶结点的完全二叉树，高度为n或n+1层  
比如，第六层有8个叶结点，则最少有25-1+8个结点  
最多有：7层，(25-8)\*2+26-1个结点

完全二叉树,n个结点

* + n为奇数不含度为1的点，即N1=0

N0=N2+1=(n+1)/2

N2=(n-1)/2

n=2N0-1=2N2+1

* + n为偶数，含一个度为1的点，即N1=1

N0=n/2=N2+1

N2=n/2-1

n=2N0=2(N2+1)

* + N0已知，则nmax=2N0 此时N1=1  
    nmin=2N0-1 此时N1=0

n个结点的二叉树采用二叉链存储，则空指针数量为n+1  
空=2\*结点数-非空=n+1

高度为h的满m叉树

* + 第i层结点个数：mi-1
  + 编号为i的结点，若其双亲结点存在，则为
  + 结点i的第一个子女编号：j=(i-1)\*m+2
  + 结点i的第k个子女编号：(i-1)\*m+k+1
  + 结点i的第m个子女编号：i\*m+1
  + 编号i的结点有右兄弟的条件：
    - 当结点i不是双亲的第m个子女才有右兄弟，设其双亲结点编号为j:  
      j的第m个孩子  
      (j-1)\*m+m+1=j\*m+1=  
      所以，的时候才有右兄弟  
      或者(i-1)%m!=0（满足不为第m个孩子）

可唯一确定二叉树

非线索二叉树中共，如有n个结点，则有n+1个空指针

二叉树中序遍历的最后一个点一定是从根结点开始沿右子女指针链走到底，可能是叶子结点，也可能是分支结点

若a有左孩子b，右孩子c，则无论先中后序序列，b都在c前面

先序和后序序列正好相反的话，则该二叉树只有一个叶结点

中序：n在m前的条件：n在m左方，可以不同层

后序：n在m前的条件：n是m的子孙或者同层的左方

先序中序后序序列中，叶子结点的先后顺序相同

先序遍历序号要借助栈。先序和中序的关系相当于以先序序列为入栈顺序，中序序列为出栈顺序

N个结点的线索二叉树有n+1个线索（存疑）

一棵左子树为空的二叉树在先序线索话后，其中空的链域个数为2个

* + 根的左子树为空且无前驱结点
  + 先序的最后一个元素为叶子结点，无后继结点

线索二叉树是利用二叉树的n+1个空指针来存放结点的前驱和后继

并非每个结点都可以通过线索找到前驱和后继

后序线索树的遍历仍不能有效求解

先序序列确定，n个系欸但，则有个不同的二叉树

等价关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 树 | 森林 | 二叉树 |
| 先根遍历 | 先序遍历 | 先序遍历 |
| 后根遍历 | 中序遍历 | 中序遍历 |

若树中的任两个叶子结点都不存在相同的双亲，则树中的叶子数才有可能与其对应的二叉树中的叶子数相等

设F是一个森林，B是F变来的二叉树，若F中有n个非终端结点，则B中右指针为空的结点个数有n+1个



将森林F转化为对应的二叉树T，F中叶结点的个数等于T左孩子指针为空的结点个数

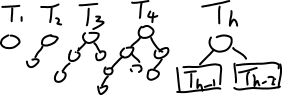
中序遍历二叉排序树，可得到有序数列

Huffman树，N个结点构造，过程中新建了N-1个结点（双分支结点），因此Huffman树中系欸但总数为2N-1

Huffman树中不含度为1的结点

具有n个结点的二叉排序树，最理想深度

平衡二叉树最少结点数递推公式：  
N0=0,N1=1,N2=2,Nh=1+ Nh-1+Nh-2  
h为二叉树高度，Nh为构造此高度的平衡二叉树所需最少结点数；所有非叶结点的平衡因子均为1



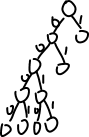
Huffman树权值最小的两个结点一定是兄弟结点

Huffman树中任一非叶结点的权值一定不小于下一层任一结点的权值

Huffman树不已迪尼个是一棵完全二叉树

没有一个编码是另一个编码的前缀，则称这样的编码为前缀编码

设Huffman编码长度不超过4，若已对两个字符编码为1和01，则还可以对（4）个字符编码  
长度4,则高度最高为5，已有0和01，说明第2，3层各有一个叶子，为使从第3层起编码更多字符，余下的二叉树应为满二叉树,4个叶子



度为m的Huffman树，只有度为0和m的结点，叶子结点有N0个，度为m的结点有Nm个，总数N，N=N0+Nm。

* + 有N个结点的Huffman树有N-1条分支
  + m\* Nm=N-1= Nm+ N0-1
  + (m-1)\* Nm= N0-1
  + Nm=( N0-1)/(m-1)

合并排序，长度分别为m,n,最坏情况下需比较m+n-1次

N个顶点，无向完全图N(N-1)/2条边，有向完全图N(N-1)

### 图

若n个顶点的图，小于n-1条边，则一定不是连通图

无向图：连通，连通图，连通分量，极大连通子图，极小连通子图

有向图：强连通图，强连通分量

无向图，n顶点e条边

有向图：

如果一个图有n个顶点，并且边数大于n-1，则一定有环

路径长度：路径上边的数目

简单路径：顶点不重复出现

简单回路：除第一个和最后一个顶点，其余顶点不重复出现

有向树：有一个顶点入度为0，其余顶点的入度均为1的有向图

路径：由顶点和相邻顶点序偶成的边形成的序列