

## ☆ 目录

### ☆ 二分查找

模板 #704

搜索旋转排序数组 #33

搜索旋转排序数组II #81

### ☆ 双指针

移除元素 #27

删除有序数组重复项 #26

有序数组的平方 #977

替换空格 #O-5

长度最小的子数组 #209

三数之和 #15

四数之和 #18

### ☆ 链表

定义

删除元素 #203

插入元素 #707

翻转链表 #206

两两交换链表中的节点 #24

删除链表倒数第N个数 #19

链表相交 #160

环形链表II #142

### ☆ 哈希表

字母异位词 #242

两个数组的交集 #349

快乐数 #202

两数之和 #1

四数相加II #454

赎金信 #383

### ☆ 字符串

反转字符串 #344

反转字符串II #541

翻转字符串里的单词 #151

左旋转字符串 #O-58

KMP #28

重复的子字符串 #459

### ☆ 栈与队列

栈实现队列 #232

队列实现栈 #225

有效的括号 #20

删除字符串相邻重复项 #1047

逆波兰 #150

前k个高频元素 #347

滑动窗口最大值 #239

### ☆ 排序

归并排序

逆序对 #O-51

元素右侧的逆序数 #315

快速排序

第K个最大的数 #215

拓扑排序 #210

### ☆ 二叉树

定义

深度遍历 #144,94,145

☆ 迭代遍历（栈）

层序遍历 #102  
翻转二叉树 #226  
对称二叉树 #101  
相同的树 #100  
二叉树的最大深度 #104  
二叉树的最小深度 #111  
完全二叉树的节点个数 #222  
判断平衡二叉树 #110  
二叉树的所有路径 #257  
左子叶之和 #404  
树左下角的值 #513  
路径总和 #112  
路径总和II #113  
中序和后序构造树 #106  
前序和中序构造树 #105  
最大二叉树 #654  
合并二叉树 #617  
BST的搜索 #700  
验证BST #98  
BST最小绝对差 #530  
BST的众数 #501  
二叉树的最近公共祖先 #236  
二叉搜索树的最近公共祖先 #235  
BST插入 #701  
BST的删除 #450  
修剪BST #669  
有序数组转为平衡BST #108  
BST转为累加树 #538

#### ☆回溯

递归要素  
二叉树的最大路径和 #124  
组合 #77  
组合总和III #216  
电话号码的字母组合 #17  
组合总和 #39  
组合总和II #40  
分割回文串 #131  
复原IP地址 #93  
子集 #78  
子集II #90  
递增子序列 #491  
全排列 #46  
全排列II #47  
重新安排行程 #332  
N皇后 #51  
解数独 #37

#### ☆贪心

分发饼干 #455  
摆动序列 #376  
最大子数组和 #53  
买卖股票的最佳时机II #122  
跳跃游戏 #55  
跳跃游戏II #45  
K次取反后最大化的数组和 #1005  
加油站 #134  
分发糖果 #135  
柠檬水找零 #860  
根据身高重建队列 #406

用最少数量的箭引爆气球 #452

无重叠区间 #435

划分字母区间 #763

合并区间 #56

单调递增的数字 #738

监控二叉树 #968

#### ☆动态规划

动规要素

斐波那契数 #509

爬楼梯 #70

不同路径 #62

不同路径II #63

整数拆分 #343

不同的二叉搜索树 #96

0-1背包模板

分割等和子集 #416

最后一块石头的重量II #1049

目标和 #494

一和零 #474

完全背包模板

零钱兑换II #518

组合总和(排列) #377

爬楼梯 #70

零钱兑换 #322

完全平方数 #279

单词拆分 #139

多重背包模板

打家劫舍 #198

打家劫舍II #213

打家劫舍III #337

买卖股票的最佳时机 #121

买卖股票的最佳时机II #122

买卖股票的最佳时机III #123

买卖股票的最佳时机IV #188

最佳买卖股票时机含冷冻期 # 309

买卖股票的最佳时机含手续费 #714

最长递增子序列 #300

最长连续递增序列 #674

最长重复子数组 #718

最长公共子序列 #1143

不相交的线 #1035

最大子数组和 #53

判断子序列 #392

不同的子序列 #115

两个字符串的删除操作 # 49

编辑距离 #72

回文子串 #647

最长回文子序列 #516

#### ☆其他

螺旋矩阵 #59

#### ☆单调栈

#### ☆Error

#### ☆C++

STL

#### ☆面试题

字符串转为整数

两数之和

## ☆ 目录

二分查找: 704, 33

双指针: 27, 26, 977, O-5, 209, 15, 18

链表: 203, 707, 206, 24, 19, 160, 142

哈希表: 242, 349, 202, 1, 454, 383

字符串: 344, 541, 151, 58, 28, 459

栈与队列: 232, 225, 20, 1047, 150, 347, 239

排序: O-51, 315, 215

二叉树: 144, 94, 145, 102, 226, 101, 100, 104, 111, 222, 110, 257, 404, 513,

112, 113, 106, 105, 654, 617, 700, 98, 530, 501, 236, 235, 701, 450, 669, 108, 538

回溯: 124, 77, 216, 17, 39, 40, 131, 93, 78, 90, 491, 46, 47, 332, 51, 37

贪心: 455, 376, 53, 122, 55, 45, 1005, 134, 135, 860, 406, 452, 435, 763, 56, 738, 968

动态规划: 509, 70, 62, 63, 343, 96, 416, 1049, 494, 474, 518, 377, 70, 322, 279, 139, 198, 213,

337, 121, 122, 123, 188, 309, 714, 300, 674, 718, 1143, 1035, 53, 392, 115, 49, 72, 647, 516

其他: 59

## ☆ 二分查找

### 模板 #704

```
class Solution {
public:
    int search(vector<int>& nums, int target) {
        if (nums.size() == 0) return -1;

        // 1. 左开右闭
        // 2. [left, right)
        // 3. while( < )
        // 4. right = mid
        int left = 0, right = nums.size();
        while (left < right) {
            int mid = left + (right - left) / 2;
            if (target < nums[mid]) { // target 比较都是 < 或者 > , 没有 =
                right = mid;
            } else if (target > nums[mid]) {
                left = mid + 1;
            } else {
                return mid;
            }
        }

        return -1;
    }
};
```

## 搜索旋转排序数组 #33

```
class Solution {
public:
    int search(vector<int>& nums, int target) {
        if (nums.size() == 0) return -1;

        int left = 0, right = nums.size();
        while(left < right) {
            int mid = left + (right - left) / 2;
            // 旋转后的数组有一个很重要的特点是，随便以一个节点为界，两边至少有一个是有序的
            // 跟普通二分查找不同的是，如果 target < nums[mid]，不能直接对 right 赋值
            // 要先判断 target 与 nums[mid] 的大小，而是先判断哪一边是有序的，然后再判断
            target 和 nums[mid] 的大小关系
            if (target == nums[mid]) {
                return mid;
            } else if (nums[left] < nums[mid]) {
                if (nums[left] <= target && target < nums[mid]) {
                    right = mid;
                } else {
                    left = mid + 1;
                }
            } else {
                if (nums[mid] <= target && target <= nums[right - 1]) {
                    left = mid + 1;
                } else {
                    right = mid;
                }
            }
        }

        return -1;
    }
};
```

## 搜索旋转排序数组II #81

```
class Solution {
public:
    bool search(vector<int>& nums, int target) {
        if (nums.size() == 0) return -1;

        int left = 0, right = nums.size();
        while (left < right) {
            int mid = left + (right - left) / 2;

            if (nums[mid] == target) return true;
            // 中点跟左端点相同时，因为有重复元素，无法判断左右哪一个是有顺序的
            // 比如 nums=[3,1,2,3,3,3,3], target=2
            // 让左端点右移一个，减少一个重复项的干扰
            if (nums[left] == nums[mid]) {
                left++;
            } else if (nums[left] < nums[mid]) { // 左边有序，而且这里一定要 else
                if (nums[left] <= target && target < nums[mid]) {
                    right = mid;
                } else {
                    left = mid + 1;
                }
            } else {
                if (nums[mid] <= target && target <= nums[right - 1]) {
                    left = mid + 1;
                } else {
                    right = mid;
                }
            }
        }

        return false;
    }
};
```

```

        right = mid;
    } else {
        left = mid + 1;
    }
} else {
    if (nums[mid] <= target && target <= nums[right - 1]) {
        left = mid + 1;
    } else {
        right = mid;
    }
}
}

return false;
}

};

```

## ☆双指针

### 移除元素 #27

```

// 时间复杂度: O(n)
// 空间复杂度: O(1)
class Solution {
public:
    int removeElement(vector<int>& nums, int val) {
        if (nums.size() == 0) return 0;

        int slow = 0;
        for (int fast = 0; fast < nums.size(); fast++) {
            if (nums[fast] != val) {
                nums[slow++] = nums[fast];
            }
        }

        return slow;
    }
};

```

### 删除有序数组重复项 #26

```

class Solution {
public:
    int removeDuplicates(vector<int>& nums) {
        if (nums.size() == 0) return 0;

        // slow 在外边, fast 用 for 遍历, 这是隐藏的双层循环遍历方式
        int slow = 0;
        for (int fast = 0; fast < nums.size(); fast++) {
            // 不判断的, 即是遇到重复的了, 要跳过
            // 注意一定是 ++slow, 而不是 slow++, 否则会多覆盖前一个元素
            // nums[++slow] = nums[fast] 是把每个重复的第一个元素进行往前复制, 后边的都跳过了

            if (nums[slow] != nums[fast]) {
                nums[++slow] = nums[fast];
            }
        }
    }
};

```

```

    }
}

return slow + 1;
}
};

```

## 有序数组的平方 #977

```

class Solution {
public:
    vector<int> sortedSquares(vector<int>& nums) {
        if (nums.size() == 0) return {};
        if (nums.size() == 1) return {nums[0] * nums[0]};

        vector<int> res(nums.size(), 0);
        int index = nums.size() - 1;
        int left = 0, right = nums.size() - 1;
        while (left <= right && index >= 0) {
            if (abs(nums[left]) < abs(nums[right])) {
                res[index--] = nums[right] * nums[right];
                right--;
            } else {
                res[index--] = nums[left] * nums[left];
                left++;
            }
        }

        return res;
    }
};

```

## 替换空格 #0-5

```

class Solution {
public:
    string replaceSpace(string s) {
        if (s.size() == 0) return "";
        int cnt = 0;
        for (char ch : s) {
            if (ch == ' ') cnt++;
        }
        int old_size = s.size();
        int new_size = old_size + 2 * cnt;
        s.resize(new_size); // 注意是 2* 不是 3*

        // string res(n, ' '); // 可以这样定义某个长度的字符串
        // 下边用空间O(1)的方法，也就是原数组基础上去做
        int i = old_size - 1, j = new_size - 1;
        while (i >= 0 && j >= 0) {
            if (s[i] != ' ') {
                s[j--] = s[i--];
            } else {
                s[j] = '0';
                s[j - 1] = '2';
                s[j - 2] = '%';
            }
        }
    }
};

```

```

        j = j - 3;
        i--;
    }
}

return s;
}
};

```

## 长度最小的子数组 #209

滑动窗口

```

class Solution {
public:
    int minSubArrayLen(int target, vector<int>& nums) {
        if (nums.size() == 1) return nums[0] >= target ? 1 : 0;

        int res = INT_MAX;
        int i = 0;
        int sum = 0;
        for (int j = 0; j < nums.size(); j++) {
            sum += nums[j];
            // 一定是 while, 否则比如 [2,3,1,2,4,3] 会越过 [1,2,4] 这一部分
            while (sum >= target) {
                int length = j - i + 1;
                if (res > length) res = length;
                sum -= nums[i]; // 一定要记得 sum 减去 nums[i], 而且要在 i++ 之前
                i++;
            }
        }

        return res == INT_MAX ? 0 : res; // 记得还要判断一下是否是初始值
    }
};

```

## 三数之和 #15

```

class Solution {
public:
    vector<vector<int>> threeSum(vector<int>& nums) {
        vector<vector<int>> res;
        if (nums.size() < 3) return res;

        // 1. 一定要排序
        // 2. nums[i] = a, nums[left] = b, nums[right] = c
        // 3. i, left, right 都要分别去重
        sort(nums.begin(), nums.end());
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            if (nums[i] > 0) return res;
            if (i > 0 && nums[i] == nums[i - 1]) continue; // nums[i] == nums[i
+ 1] 是错误的去重

            int left = i + 1, right = nums.size() - 1; // left = i + 1
            while (left < right) {
                if (nums[i] + nums[left] + nums[right] > 0) {

```



```

        right--;
        while (left < right && nums[right] == nums[right + 1])
right--;
    } else if (nums[i] + nums[left] + nums[right] < 0) {
        left++;
        while (left < right && nums[left] == nums[left + 1]) left++;
    } else {
        res.push_back(vector<int>{nums[i], nums[left],
nums[right]});
        // // 去重逻辑应该放在找到一个三元组之后 ??
        // while (right > left && nums[right] == nums[right + 1])
right--;
        // while (right > left && nums[left] == nums[left + 1])
left++;
        right--;
        left++;
        while (left < right && nums[right] == nums[right + 1])
right--;
        while (left < right && nums[left] == nums[left + 1]) left++;
    }
}
}
return res;
}
};

```

## 四数之和 #18

```

class Solution {
public:
    vector<vector<int>> fourSum(vector<int>& nums, int target) {
        vector<vector<int>> res;
        if (nums.size() < 4) return res;

        sort(nums.begin(), nums.end());
        // 千万不要忘记去重，四个都要去重，尤其是 i, j 容易忘记
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            if (i > 0 && nums[i] == nums[i - 1]) continue;
            for (int j = i + 1; j < nums.size(); j++) {
                if (j > i + 1 && nums[j] == nums[j - 1]) continue;
                int left = j + 1, right = nums.size() - 1;
                while (left < right) {
                    if ((long) nums[i] + nums[j] + nums[left] + nums[right] >
target) { // 注意整型溢出
                        right--;
                        while (left < right && nums[right] == nums[right + 1])
right--;
                    } else if((long) nums[i] + nums[j] + target < - nums[left] -
nums[right]) {
                        left++;
                        while (left < right && nums[left] == nums[left + 1])
left++;
                    } else {
                        res.push_back(vector<int>{nums[i], nums[j], nums[left],
nums[right]});
                        right--;

```

```

        left++;
        while (left < right && nums[right] == nums[right + 1])
            right--;
        while (left < right && nums[left] == nums[left - 1])
            left++;
    }
}
}
}

return res;
}
};

```

## ☆链表

### 定义

```

struct ListNode {
    int val;
    ListNode *next;
    ListNode(int x) : val(x), next(NULL) {}
};

```

### 删除元素 #203

```

/**
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution {
public:
    ListNode* removeElements(ListNode* head, int val) {
        ListNode* dummyHead = new ListNode(0);
        dummyHead->next = head;
        ListNode* cur = dummyHead;

        // 一定是去判断 cur->next
        while (cur->next != nullptr) {
            if (cur->next->val == val) {
                ListNode* tmp = cur->next;
                cur->next = cur->next->next;
                delete tmp;
            } else {
                cur = cur->next;
            }
        }
    }
}

```

```

        // 别忘了删除虚拟头结点，而且要返回新的头结点也就是 dummyHead->next，因为之前的
        head 有可能已经被删除了
        head = dummyHead->next;
        delete dummyHead;
        return head;
    }
};

```

## 插入元素 #707

```

void addAtIndex(int index, int val) {
    if(index > _size) return;

    ListNode* newNode = new ListNode(val);
    ListNode* cur = _dummyHead;
    while(index-- > 0) {
        cur = cur->next;
    }
    newNode->next = cur->next;
    cur->next = newNode;
}

```

## 翻转链表 #206

```

class Solution {
public:
    ListNode* reverseList(ListNode* head) {
        if (!head) return nullptr;

        ListNode* pre = nullptr; // 可以定义为 nullptr
        ListNode* cur = head;
        ListNode* tmp; // 提到循环前边定义
        while (cur != nullptr) { // 判断cur，而不是 cur->next
            tmp = cur->next;
            cur->next = pre;
            pre = cur;
            cur = tmp;
        }

        return pre;
    }
};

```

## 两两交换链表中的节点 #24

```

class Solution {
public:
    ListNode* swapPairs(ListNode* head) {
        ListNode* dummyHead = new ListNode(0);
        dummyHead->next = head;

        // 不用定义两个 pre 和 cur，只要一个cur
        // 定义一个虚拟头结点，让 cur 指向它，方便后续操作
        // 注意 while 循环里要判断 cur->next 以及 cur->next->next 都不为空
    }
};

```

```

ListNode* cur = dummyHead;
while (cur->next != nullptr && cur->next->next != nullptr) {
    ListNode* tmp1 = cur->next;
    ListNode* tmp2 = cur->next->next->next;

    cur->next = cur->next->next;
    cur->next->next = tmp1;
    cur->next->next->next = tmp2;
    cur = cur->next->next;
    // delete tmp1; // 不要删除啊，这不是删除元素，tmp是有具体指向某个元素的
}

return dummyHead->next;
}
};

```

## 删除链表倒数第N个数 #19

```

class Solution {
public:
    ListNode* removeNthFromEnd(ListNode* head, int n) {
        ListNode* dummyNode = new ListNode(0);
        dummyNode->next = head;
        // 快慢指针，也是双指针的一种
        ListNode* slow = dummyNode;
        ListNode* fast = dummyNode;

        while (fast != nullptr && n-- > 0) {
            fast = fast->next;
        }
        while (fast->next != nullptr) {
            slow = slow->next;
            fast = fast->next;
        }

        ListNode* tmp = slow->next;
        slow->next = slow->next->next;
        delete tmp;

        return dummyNode->next;
    }
};

```

## 链表相交 #160

```

class Solution {
public:
    ListNode *getIntersectionNode(ListNode *headA, ListNode *headB) {
        int lenA = 0, lenB = 0;
        ListNode* curA = headA;
        ListNode* curB = headB;

        while (curA != nullptr) {
            lenA++;
            curA = curA->next;
        }
    }
};

```

```

    }
    while (curB != nullptr) {
        lenB++;
        curB = curB->next;
    }

    // 千万不要忘了 curA,curB 要重新指向, 因为此时已经指向末尾了
    curA = headA;
    curB = headB;
    if (lenB > lenA) {
        swap(lenA, lenB);
        swap(curA, curB);
    }

    int cnt = lenA - lenB;
    while (cnt--) {
        curA = curA->next;
    }
    while (curA != nullptr) {
        if (curA == curB) {
            return curA;
        } else {
            curA = curA->next;
            curB = curB->next;
        }
    }

    return nullptr;
}
};

```

## 环形链表II #142

```

class Solution {
public:
    ListNode *detectCycle(ListNode *head) {
        ListNode* slow = head;
        ListNode* fast = head;
        // 1. 快慢指针, 快指针两步两步的走, 慢指针一步一步的走
        //     快指针相当于每一次都靠近慢指针一步, 如果有环的话, 一定可以相遇
        // 2. 如果判断有环, 那么找到环的入口, 是比较难的
        //     假设head到入环口距离x个节点, 入环口到相遇节点距离y, 环的距离减去y的距离为z
        //     那么slow走了 x+y, fast走了 x+n*(y+z)+y = 2*(x+y), 得 x = (n-1)*(z+y)
+ z
        //     n=1的时候, x=z, 让一个节点index1指向头结点, 一个节点index2指向相遇节点, 两个
        //     节点同时走, 相遇节点就是入环口
        //     n>1的时候, 与 n=1 的情况相同, 只不过 index2 多走了 n-1 圈而已
        // 3. 一定注意, while 里的判断一定要有 fast, 因为你判断 fast->next 不为空之前, 当
        //     然要先判断 fast 不为空
        while (fast && fast->next) {
            slow = slow->next;
            fast = fast->next->next;
            if (slow == fast) {
                ListNode* index1 = head;
                ListNode* index2 = slow;
                while (index1 != index2) {
                    index1 = index1->next;

```

```

        index2 = index2->next;
    }
    return index1;
}

return nullptr;
}
};

```

## ☆ 哈希表

### 字母异位词 #242

```

class Solution {
public:
    bool isAnagram(string s, string t) {
        if (s.size() != t.size()) return false;

        // 必须要初始化, int a[n] = {0}, 是可以全部初始化为0的
        // 但如果 int a[n] = {1}, 只会初始化为 1,0,0,0...
        int cnt[26] = {0};
        for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
            cnt[s[i] - 'a']++;
            cnt[t[i] - 'a']--;
        }
        for (int c : cnt) {
            if (c != 0) return false;
        }

        return true;
    }
};

```

### 两个数组的交集 #349

```

class Solution {
public:
    vector<int> intersection(vector<int>& nums1, vector<int>& nums2) {
        unordered_set<int> set(nums1.begin(), nums1.end());
        unordered_set<int> res;

        for (int num : nums2) {
            if (set.find(num) != set.end()) {
                res.insert(num);
            }
        }

        return vector<int>(res.begin(), res.end());
    }
};

```

## 快乐数 #202

```
class Solution {
public:
    bool isHappy(int n) {
        unordered_set<int> uset;
        // 让 n 不停的变化, 定义一个 sum, 让 sum 保存中间的结果
        // 定义一个 set, 保存中间所有出现过的结果, 一旦再次出现即将出现无限循环
        while (1) {

            int sum = 0;
            while (n) {
                sum += (n % 10) * (n % 10);
                n = n / 10;
            }

            if (sum == 1) return true;
            if (uset.find(sum) != uset.end()) {
                return false;
            } else {
                uset.insert(sum);
            }

            n = sum; // 千万别忘了最后要把 n 重新赋值为中间处理的结果
        }
        return false;
    }
};
```

## 两数之和 #1

```
class Solution {
public:
    vector<int> twoSum(vector<int>& nums, int target) {
        // 如果不需要下标, 只需要找到两个数, 那么可以用 set, 而且只能遍历一遍
        // 此题目需要下标, 所以必须用 map 去做
        unordered_map<int, int> map;

        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            // 技巧, 定义 auto iter, 因为后边要用 iter->second
            auto iter = map.find(target - nums[i]);
            if (iter != map.end()) {
                return {i, iter->second};
            } else {
                map[nums[i]] = i;
            }
        }

        return {};
    }
};
```

## 四数相加II #454

```
class Solution {
public:
    int fourSumCount(vector<int>& nums1, vector<int>& nums2, vector<int>& nums3,
vector<int>& nums4) {
        // 默认初始化为0 ??
        unordered_map<int, int> umap;

        for (int a : nums1) {
            for (int b : nums2) {
                umap[a + b]++;
            }
        }

        int cnt = 0;
        for (int c : nums3) {
            for (int d : nums4) {
                if (umap.find(0 - (c + d)) != umap.end()) {
                    cnt += umap[0 - (c + d)];
                }
            }
        }

        return cnt;
    }
};
```

## 赎金信 #383

```
// 数组
class Solution {
public:
    bool canConstruct(string ransomNote, string magazine) {
        // map 还是比较占空间，可以使用 数组 去保存
        int record[26] = {0};

        for (char ch : magazine) {
            record[ch - 'a']++;
        }
        for (char ch : ransomNote) {
            record[ch - 'a']--;
            // 最好是判断在一个循环里，更方便
            // 只有第一个是对于 magazine 遍历，才可以判断 <0，反过来得重新循环 record 才可
            // 以判断

            if (record[ch - 'a'] < 0) return false;
        }

        return true;
    }
};
// map
class Solution {
public:
    bool canConstruct(string ransomNote, string magazine) {
        unordered_map<char, int> umap;
```



```

    for (char ch : ransomNote) {
        umap[ch]++;
    }
    for (char ch : magazine) {
        if (umap.find(ch) != umap.end()) {
            umap[ch]--;
        }
        // 注意这里 else 是不可以直接判断为 false，因为magazine可能有很多用不到的字符
    }
    for (auto iter = umap.begin(); iter != umap.end(); iter++) {
        // 这里一定是判断 >0，而不是 ==0，因为有可能magazine很多相匹配的字符，会使它
        的值 <0
        if (iter->second > 0) return false;
    }

    return true;
}
};

```

## ☆字符串

### 反转字符串 #344

```

// I.
class Solution {
public:
    void reverseString(vector<char>& s) {
        // i < s.size() / 2，没有 =
        for (int i = 0, j = s.size() - 1; i < s.size() / 2; i++, j--) {
            swap(s[i], s[j]);
        }
    }
};

```

### 反转字符串II #541

```

class Solution {
public:
    void reverse(string& s, int begin, int end) {
        if (begin >= end) return;
        // 当下标用 start 和 end 计算的时候，要千万注意边界怎么表示的
        // 这里 i < (end - begin) / 2 就是错的，一定要在前边加上 begin!!!
        for (int i = begin, j = end - 1; i < begin + (end - begin) / 2; i++, j--) {
            swap(s[i], s[j]);
        }
    }

    string reverseStr(string s, int k) {
        for (int i = 0; i < s.size(); i += 2 * k) {
            if (i + k - 1 < s.size() - 1) {
                reverse(s, i, i + k);
            } else {
                reverse(s, i, s.size());
            }
        }
    }
};

```

```

    }
    return s;
}
};

```

## 翻转字符串里的单词 #151

### 左旋转字符串 #0-58

```

// 1.
class Solution {
public:
    string reverseLeftWords(string s, int n) {
        // 不开辟空间，在原字符串上改
        // s.begin()指向第一个元素，s.end()指向最后一个元素的下一个
        reverse(s.begin(), s.begin() + n); // [begin, begin + n) 左开右闭
        reverse(s.begin() + n, s.end());
        reverse(s.begin(), s.end());
        return s;
    }
};

// 2.
class Solution {
public:
    string reverseLeftWords(string s, int n) {
        string res = s; // res复制s，对res改动不会对s改动
        int j = 0;
        for (int i = n; i < s.size(); i++) {
            res[j++] = s[i];
        }
        for (int i = 0; i < n; i++) {
            res[j++] = s[i];
        }
        return res;
    }
};

```

## KMP #28

```

class Solution {
public:
    void getNext(int* next, const string& s) {
        // 1. 计算next数组，next[i] 代表的是在s这个字符串上，下标 i 以及之前的字符串中的最长相等前后缀的长度
        // 2. next[i] 也指示着当 s[i]和s[j]不匹配的时候，要回退哪个下标上
        // 回退到最长长度这个数的下标上，正好之前的匹配好的长度就是这个最长长度，因为下标从0开始
        // 3. 计算next数组的本质，是把模式字符串既作为主串，也作为模式串，进行模式匹配
        // 4. 前缀不包括首元素，后缀不包括结尾元素，所以主串从 i=1 开始遍历
        int j = 0;
        next[0] = 0;
        for (int i = 1; i < s.size(); i++) {
            while (j > 0 && s[i] != s[j]) { // 不相等的时候要一直回退，直到相等或者回退到模式串的首元素
                j = next[j - 1];
            }

```

```

    }
    if (s[i] == s[j]) {
        j++;
    }
    // j++ 完之后, j的大小就代表的是已经匹配好的字符串的长度
    next[i] = j;
}
}
int strStr(string haystack, string needle) {
    // next数组长度跟模式串相等
    int next[needle.size()];
    getNext(next, needle);

    int j = 0;
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {
        while (j > 0 && haystack[i] != needle[j]) {
            j = next[j - 1];
        }
        if (haystack[i] == needle[j]) {
            j++;
        }
        if (j == needle.size()) { // 是双等号 == !!!!!!!
            return i - j + 1; // [i-j+1, ..., i] 长度刚好是 j, 也就是
needle.size()
        }
    }

    return -1;
}
};

```

## 重复的子字符串 #459

暴力

```

class Solution {
public:
    bool repeatedSubstringPattern(string s) {
        int n = s.size();
        for(int i = 1; i <= n / 2; i++) { // i = 1
            if(n % i == 0) {
                bool match = true; // before for()
                for(int j = i; j < n; j++) {
                    if(s[j] != s[j - i]) {
                        match = false;
                        break; // break
                    }
                }
                if(match) return true;
            }
        }
        return false;
    }
};

```

KMP

```

bool repeatedSubstringPattern (string s) {
    if (s.size() == 0) {
        return false;
    }
    int next[s.size()];
    getNext(next, s);
    int len = s.size();
    if (next[len - 1] != 0 && len % (len - (next[len - 1] )) == 0) {
        return true;
    }
    return false;
}

```

## ☆ 栈与队列

### 栈实现队列 #232

```

class MyQueue {
public:
    stack<int> s1;
    stack<int> s2;
    MyQueue() {

    }

    void push(int x) {
        s1.push(x);
    }

    int pop() {
        if (s1.empty() && s2.empty()) return -1;
        if (s2.empty()) {
            while (!s1.empty()) {
                s2.push(s1.top());
                s1.pop();
            }
        }
        int top = s2.top();
        s2.pop();
        return top;
    }

    int peek() {
        int top = this->pop();
        s2.push(top); // 一定是 s2.push(), 因为pop操作里, 一定是在s2上进行pop的
        return top;
    }

    bool empty() {
        return s1.empty() && s2.empty();
    }
};

```

## 队列实现栈 #225

```
class MyStack {
public:
    queue<int> que;
    MyStack() {

    }

    void push(int x) {
        que.push(x);
    }

    int pop() {
        // 用一个队列模拟栈，依次把队首的元素push到队尾，留下最后一个元素即可
        int size = que.size();
        size--;
        while (size--) {
            que.push(que.front());
            que.pop();
        }
        int top = que.front();
        que.pop();
        return top;
    }

    int top() {
        return que.back();
    }

    bool empty() {
        return que.empty();
    }
};
```

## 有效的括号 #20

```
class Solution {
public:
    bool isValid(string s) {
        stack<char> st;
        for (char ch : s) {
            if (ch == '(') st.push('(');
            else if (ch == '[') st.push('[');
            else if (ch == '{') st.push('{');
            else {
                // 一定要注意，因为要用到 st.top 或者 st.pop，那么一定要记着先判断是不是为空
                if (!st.empty() && st.top() == ch) st.pop();
                else return false;
            }
        }

        return st.empty();
    }
};
```

## 删除字符串相邻重复项 #1047

```
// 1. stack
class Solution {
public:
    string removeDuplicates(string s) {
        stack<char> st;
        for (char ch : s) {
            if (!st.empty() && ch == st.top()) { // 一定要注意判断是否为空!!!
                st.pop();
            } else {
                st.push(ch);
            }
        }

        string res = "";
        while (!st.empty()) {
            res.push_back(st.top()); // res += st.top()
            st.pop();
        }
        reverse(res.begin(), res.end());

        return res;
    }
};

// 2. string
class Solution {
public:
    string removeDuplicates(string s) {
        string res = "";
        for(char ch : s) {
            if(res.empty() || ch != res.back()) {
                res.push_back(ch);
            } else {
                res.pop_back();
            }
        }
        return res;
    }
};
```

## 逆波兰 #150

```
class Solution {
public:
    int evalRPN(vector<string>& tokens) {
        // 逆波兰表达式是一种后缀表达式，即运算符写在后面，去掉括号后无歧义，其实相当于是二叉
        // 树中的后序遍历
        // 栈操作：遇到数字入栈；遇到算符则取出栈顶两个数字进行计算，并将结果压入栈中
        stack<int> st;
        for (string str : tokens) {
            if (str == "+" || str == "-" || str == "*" || str == "/") {
                int a = st.top();
                st.pop();
                int b = st.top();
```

```

        st.pop();

        int res;
        if (str == "+") res = b + a;
        else if (str == "-") res = b - a;
        else if (str == "*") res = b * a;
        else if (str == "/") res = b / a;

        st.push(res); // 最后不要忘了把运算的结果 push 进去
    } else {
        st.push(stoi(str));
    }
}

return st.top();
}
};

```

## 前k个高频元素 #347

```

// priority_queue
class Solution {
public:
    // 1. struct {
    //     bool operator()(int a, int b){
    //         return a > b;
    //     }
    // }
    struct cmp {
        bool operator()(pair<int, int>& p1, pair<int, int>& p2) {
            return p1.second > p2.second; // 小顶堆, 与 vector 排序顺序相反
        }
    };

    vector<int> topKFrequent(vector<int>& nums, int k) {
        unordered_map<int, int> umap;
        for (int num : nums) {
            umap[num]++;
        }

        // 2. priority_queue<Type, Container, Functional>
        // 3. 优先队列默认大顶堆, 堆顶元素是最大的, 每次pop就是pop堆顶元素, 插入在队尾插入
        // 4. 因为要维护前k个最大的, 不能把大的pop出去, 所以定义一个小顶堆
        priority_queue<pair<int, int>, vector<pair<int, int>>, cmp> pri_que;
        for (auto iter = umap.begin(); iter != umap.end(); iter++) { //
            unordered_map<int, int>::iterator
                pri_que.push(*iter); // *iter
            if (pri_que.size() > k) {
                pri_que.pop();
            }
        }

        vector<int> res(k);
        for (int i = k - 1; i >= 0; i--) { // 小顶堆每次pop的都是最小的, 所以倒序遍历
            res[i] = pri_que.top().first;
            pri_que.pop();
        }
    }
};

```

```

        return res;
    }
};
// map
class Solution {
public:
    // 要加 static, 但是不知道为什么
    // return a > b, 意味着 a > b 的时候, a排在b的前面, 也就是从大到小排序
    static bool cmp(const pair<int, int>& a, const pair<int, int>& b) {
        return a.second > b.second;
    }
    vector<int> topKFrequent(vector<int>& nums, int k) {
        unordered_map<int, int> umap;
        for (int num : nums) {
            umap[num]++;
        }

        // sort 无法对 map 进行排序, 所以可以先转为 vector 然后再排序
        // pair<int, int> 用 .first .second 去访问元素
        vector<pair<int, int>> vec(umap.begin(), umap.end());
        sort(vec.begin(), vec.end(), cmp);
        vector<int> res(k);
        for (int i = 0; i < k; i++) { // 从小到大排序也可以, 就是最后要倒序遍历
            res[i] = vec[i].first;
        }
        return res;
    }
};

```

## 滑动窗口最大值 #239

单调队列

```

// 1.
class Solution {
public:
    class Myque {
    public:
        // c++ 的 stack, queue 底层实现其实默认都是双向队列 deque
        // 这里用 deque 实现符合本题目条件的单调队列, 维持队列元素从队首到队尾是单调的, 本题
        // 目是单调递减
        deque<int> que;

        // pop: 如果队首元素等于滑动窗口即将要滑走的元素, 那么直接pop_front就可以。如果不相
        // 等, 就不操作。
        void pop(int val) {
            if (!que.empty() && que.front() == val) {
                que.pop_front();
            }
        }

        // push: 如果要push进来的元素大于队尾元素, 那么需要pop_back掉队尾的元素, 一直到
        // push进来的元素小于等于队尾元素为止, 因为要保证单调性。
        void push (int val) {
            while (!que.empty() && val > que.back()) {
                que.pop_back();
            }
            que.push_back(val);
        }
    }
};

```



```

        int front () {
            return que.front();
        }
    };

    vector<int> maxSlidingWindow(vector<int>& nums, int k) {
        Myque my_que;
        vector<int> res;
        for (int i = 0; i < k; i++) { // 先把第一个滑动窗口push进队列
            my_que.push(nums[i]);
        }
        res.push_back(my_que.front());
        for (int i = k; i < nums.size(); i++) {
            my_que.pop(nums[i - k]);
            my_que.push(nums[i]);
            res.push_back(my_que.front());
        }

        return res;
    }
};

// 2.
class Solution {
public:
    vector<int> maxSlidingWindow(vector<int>& nums, int k) {
        deque<int> q; //双向列表, 保存下标, 实现单调(递减)队列
        for(int i = 0; i < k; i++) {
            while(!q.empty() && nums[i] >= nums[q.back()]) {
                q.pop_back();
            }
            q.push_back(i);
        }

        vector<int> res = {nums[q.front()]}; // initiate
        for(int i = k; i < nums.size(); i++) {
            while(!q.empty() && nums[i] >= nums[q.back()]) { // 1.保持单调递减
                q.pop_back();
            }
            q.push_back(i);

            while(q.front() <= i - k) { // 2.保证队首元素下标在窗口内
                q.pop_front();
            }
            res.push_back(nums[q.front()]); // 队首永远是最大元素的下标
        }
        return res;
    }
};

// 3.
class Solution {
public:
    vector<int> maxSlidingWindow(vector<int>& nums, int k) {
        deque<int> q; //双向列表, 保存下标, 实现单调(递减)队列
        vector<int> res; // initiate
        for(int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            while(!q.empty() && nums[i] >= nums[q.back()]) { // 1.保持单调递减
                q.pop_back();
            }
            q.push_back(i);
        }
    }
};

```

```

        while(q.front() <= i - k) { // 2. 保证队首元素下标在窗口内
            q.pop_front();
        }
        if(i >= k - 1) {
            res.push_back(nums[q.front()]); // 队首永远是最大元素的下标
        }
    }
    return res;
}
};

```

## ☆排序

### 归并排序

```

const int N = 1e6;
int n;
int q[N], temp[N];
void merge_sort(int* q, int l, int r) {
    if (l >= r) return;
    // 1. [l, mid] && [mid + 1, r]
    // 归并排序采用分治思路，先分再治(合)
    int mid = l + r >> 1;
    merge_sort(q, l, mid);
    merge_sort(q, mid + 1, r);

    // 2. 上边执行完，则认为 [l,mid] 和 [mid+1,r] 分别完成了排序，那么下边要做就是归并起来
    int i = l, j = mid + 1;
    int k = 0;
    while (i <= mid && j <= r) {
        if (q[i] <= q[j]) temp[k++] = q[i++];
        else temp[k++] = q[j++];
    }
    // 3. 一定别忘了扫尾
    while (i <= mid) temp[k++] = q[i++];
    while (j <= r) temp[k++] = q[j++];
    for (int i = 0; j < k; i++) {
        q[l + i] = temp[i];
    }
}
}

```

### 逆序对 #O-51

```

class Solution {
public:
    int merge_sort(vector<int>& nums, vector<int>& temp, int l, int r) {
        if (l >= r) return 0;
        int mid = l + r >> 1;
        int res = merge_sort(nums, temp, l, mid) + merge_sort(nums, temp, mid + 1, r);

        // 1. [l, mid] && [mid + 1, r]
        // 2. 当 nums[i] > nums[j] 时，统计逆序对的个数
    }
}

```

```

// 因为左右两边都是排序好了的，因此 nums[i, mid] 都是大于 nums[j] 的，因此逆序
对个数 mid-i+1.
// 虽然之前排序好的数，已经打乱了原来的顺序，但是在每一个合并的阶段，都把逆序对的个
数加上了
// 因为每次合并的时候计算逆序对个数，只考虑左边大于右边的情况，所以不会计算重复
// 3. 也可以当 nums[i] <= nums[j] 时候，统计逆序对的个数
// 此时，nums[mid+1, j-1] 一定都是自小于 nums[i] 的，而且已经归并回temp辅助数
组了，逆序对个数 j-1-(mid+1)+1 = j-mid-1
// 这里是 <= 有等号的时候，因为如果相等也是第一次碰到，不会说 j 前边还有跟 i 相等
的

// 这个方法要注意，当最后收尾的时候，如果是对 nums[i]，依然要进行计算逆序对
// 4. 统计逆序对个数的时机选择哪一个都可以，选择一个就始终选择这一个，就不会出现漏或者
重复的情况

int i = l, j = mid + 1;
int k = 0;
while(i <= mid && j <= r) {
    if (nums[i] <= nums[j]) {
        temp[k++] = nums[i++];
        res += j - mid - 1;
    } else {
        temp[k++] = nums[j++];
        // res += mid - i + 1;
    }
}
while (i <= mid) {
    temp[k++] = nums[i++];
    res += j - mid - 1;
}
while (j <= r) {
    temp[k++] = nums[j++];
}
for (int i = 0; i < k; i++) {
    nums[l + i] = temp[i];
}
return res;
}

int reversePairs(vector<int>& nums) {
    if (nums.size() <= 1) return 0;
    vector<int> temp(nums.size());
    return merge_sort(nums, temp, 0, nums.size() - 1);
}
};

```

## 元素右侧的逆序数 #315

```

class Solution {
public:
    vector<pair<int, int>> temp;
    vector<int> res;
    void merge_sort(vector<pair<int, int>>& nums_index, int l, int r) {
        if (l >= r) return;
        int mid = l + r >> 1;
        merge_sort(nums_index, l, mid);
        merge_sort(nums_index, mid + 1, r);

        // 3. 这个题只可以当 nums[i] <= nums[j] 时候，统计逆序对的个数
    }
};

```

```

// 因为我们计算的是某个元素右侧比它小的元素，如果当 nums[i]>nums[j] 的时候计算，就把好多元素混在一起了
// 此时，nums[mid+1, j-1] 一定都是自小于 nums[i] 的，而且已经归并回temp辅助数组了，逆序对个数  $j-1-(mid+1)+1 = j-mid-1$ 
// 这里是 <= 有等号的时候，因为如果相等也是第一次碰到，不会说 j 前边还有跟 i 相等的

// 这个方法要注意，当最后收尾的时候，如果是对 nums[i]，依然要进行计算逆序对
// 4. temp辅助数组一定也是跟 nums_index 一样的，同样需要记录坐标
// 坐标和数值一直绑定在一起，如果只归并了数值，那么后边复制回 nums_index 数组的时候，就跟数值匹配不上了
int i = l, j = mid + 1; // j = mid + 1 不是 r !!!!
int k = l;
while (i <= mid && j <= r) {
    if (nums_index[i].first <= nums_index[j].first) {
        res[nums_index[i].second] += j - mid - 1; // res累加一定要在temp之前，否则i已经变了!!
        temp[k++] = nums_index[i++];
    } else {
        temp[k++] = nums_index[j++];
    }
}
while (i <= mid) {
    res[nums_index[i].second] += j - mid - 1;
    temp[k++] = nums_index[i++];
}
while (j <= r) {
    temp[k++] = nums_index[j++];
}

for (int i = l; i <= r; i++) {
    nums_index[i] = temp[i];
}
}

vector<int> countSmaller(vector<int>& nums) {
    // 1. 与之前单纯的求逆序对总和不一样的，这个题要非常准确的知道哪一个元素的具体逆序对数
    // 而在归并排序的过程中，元素都打乱了顺序，所以我们要记录 nums[i] 在原始数组中的下标
    // 定义索引数组 nums_index，.first 是数的大小，用来比较进行归并排序，.second 是在原始数组里的下标
    // 2. 定义的时候千万别给一个初始大小啊，否则后边的push_back全都加到后边了，前边全是0
    vector<pair<int, int>> nums_index;
    for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
        nums_index.push_back(pair<int, int>(nums[i], i));
    }
    temp = vector<pair<int, int>>(nums.size());
    res = vector<int>(nums.size(), 0);

    merge_sort(nums_index, 0, nums.size() - 1);
    return res;
}
};

```

## 快速排序

```
void quick_sort(int* q, int l, int r) {
    if (l >= r) return;
    // 1. 下标 l-1 和 r+1
    // 2. 3个 while 都是 <
    // 3. ++i, --j
    // 4. 一定要判断 i < j
    // 5. 跟merge_sort相反, qucik_sort的递归处理在后边
    //    而且是 [l,j] && [j+1,r] 注意是 j !! 这里 i可不可以?
    int x = q[l + r >> 1];
    int i = l - 1, j = r + 1;
    while (i < j) {
        while (q[++i] < x);
        while (q[--j] > x);
        if (i < j) {
            swap(q[i], q[j]);
        }
    }

    quick_sort(q, l, j);
    quick_sort(q, j + 1, r);
}
```

## 第K个最大的数 #215

```
class Solution {
public:
    int quick_sort_k(vector<int>& nums, int l, int r, int k) {
        if (l > r) return -1;
        if (l == r) return nums[l];

        int x = nums[l + r >> 1];
        int i = l - 1, j = r + 1;
        while (i < j) {
            while (nums[++i] < x);
            while (nums[--j] > x);
            if (i < j) swap(nums[i], nums[j]);
        }

        // 1. 注意上边的快速排序是按照从小到大的顺序排序的
        // 2. [l,j] && [j+1,r] 两个范围, 右边的一定大于左边的所有元素
        //    [l,i-1] && [i,r] 这个区间也可以, 快排这个区间应该可以, 但是这个题超出时间限
        //    制不知道为啥
        //    跳出循环的时候, 一定是 i>=j, q[i-1]<x, q[i]>=x, q[j+1]>x, q[j]<=x, 所以
        //    决定了上边两个区间是对的
        // 3. 所以, 如果求第k个最大的数, 当k<=right右边长度的时候, 那么目标一定就在右边, 因
        //    为右边是大的数
        // 4. 为什么要先++i, --j, 是为了防止陷入死循环, 因为如果i<j而且q[i]=x=q[j], 那么就
        //    会陷入死循环
        int right = r - j;
        if (k <= right) return quick_sort_k(nums, j + 1, r, k);
        else return quick_sort_k(nums, l, j, k - right);
    }

    int findKthLargest(vector<int>& nums, int k) {
        return quick_sort_k(nums, 0, nums.size() - 1, k);
    }
};
```

```

    }
};

// int left = j - 1 + 1; // 第K个最小的数
// if(k <= left) return quick_sort(nums, l, j, k);
// else return quick_sort(nums, j + 1, r, k - left);

```

## 拓扑排序 #210

## ☆ 二叉树

### 定义

```

struct TreeNode {
    int val;
    TreeNode *left;
    TreeNode *right;
    TreeNode(int x) : val(x), left(NULL), right(NULL) {}
};

```

## 深度遍历 #144,94,145

前中后序 #144 #94 #145

```

class Solution {
public:
    void traverse(TreeNode *cur, vector<int>& vec) {
        if(cur == nullptr) return;
        vec.push_back(cur->val);
        traverse(cur->left, vec);
        traverse(cur->right, vec);
    }

    vector<int> preorderTraversal(TreeNode* root) {
        vector<int> res;
        traverse(root, res);
        return res;
    }
};

void traverse(TreeNode *cur, vector<int>& vec) {
    if(cur == nullptr) return;
    traverse(cur->left, vec);
    vec.push_back(cur->val);
    traverse(cur->right, vec);
}

void traverse(TreeNode *cur, vector<int>& vec) {
    if(cur == nullptr) return;
    traverse(cur->left, vec);
    traverse(cur->right, vec);
    vec.push_back(cur->val);
}

```

## ☆ 迭代遍历 (栈)

### 层序遍历 #102

```
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> levelOrder(TreeNode* root) {
        vector<vector<int>> res;
        if(!root) return res;

        queue<TreeNode*> que;
        que.push(root);

        while(!que.empty()) {
            vector<int> vec;
            int size = que.size();
            // 一定要提前计算que.size(), 因为会变
            // 也不要写 while(que.empty()), 也是因为que.size()会变
            for(int i = 0; i < size; i++) {
                TreeNode* node = que.front();
                vec.push_back(node->val);
                que.pop();

                if(node->left) que.push(node->left);
                if(node->right) que.push(node->right);
                // delete tmp; // 不可以写删除, 否则会段错
            }
            res.push_back(vec);
        }
        return res;
    }
};
```

### 翻转二叉树 #226

```
class Solution {
public:
    TreeNode* invertTree(TreeNode* root) {
        if(!root) return nullptr;
        // if(root->left == nullptr && root->right == nullptr) return root;

        swap(root->left, root->right); // 前序遍历
        invertTree(root->left); // 中序遍历不可以, 会翻转两次
        invertTree(root->right);
        // swap(root->left, root->right); // 后序遍历

        return root;
    }
};
```

## 对称二叉树 #101

```
class Solution {
public:
    bool compare_sym(TreeNode* left,TreeNode* right) {
        if(!left && !right) return true;
        else if((!left && right) || (left && !right)) return false;
        else if(left->val != right->val) return false;

        // 左右节点val相等，传入“左左，右右”和“左右，右左”两对节点，递归遍历外侧和内侧的树是
        // 否对称
        return compare_sym(left->left, right->right) && compare_sym(left->right,
right->left);
    }
    bool isSymmetric(TreeNode* root) {
        if(!root) return true;
        return compare_sym(root->left, root->right);
    }
};
```

## 相同的树 #100

```
class Solution {
public:
    bool isSameTree(TreeNode* p, TreeNode* q) {
        if(!p && !q) return true;
        else if(!p && q || p && !q) return false;
        else if(p->val != q->val) return false;
        return isSameTree(p->left, q->left) && isSameTree(p->right, q->right);
    }
};
```

## 二叉树的最大深度 #104

```
class Solution {
public:
    int maxDepth(TreeNode* root) {
        if(!root) return 0;
        // if(!root->left && !root->right) return 1;
        return 1 + max(maxDepth(root->left), maxDepth(root->right));
    }
};

// n叉树最大深度
class Solution {
public:
    int maxDepth(Node* root) {
        if(!root) return 0;
        int depth = 0;
        for(Node* node : root->children) {
            int tmp = maxDepth(node);
            depth = depth > tmp ? depth : tmp;
        }
        return depth + 1;
    }
};
```



## 二叉树的最小深度 #111

```
class Solution {
public:
    int minDepth(TreeNode* root) {
        if(!root) return 0;
        if(!root->left && !root->right) return 1;
        int depth = INT32_MAX;
        if(root->left) depth = min(depth, minDepth(root->left));
        if(root->right) depth = min(depth, minDepth(root->right));
        return 1 + depth;
    }
};
```

## 完全二叉树的节点个数 #222

```
// 1. 递归遍历  $O(n)$   $O(\log n)$ 
class Solution {
public:
    int countNodes(TreeNode* root) {
        if(!root) return 0;
        return 1 + countNodes(root->left) + countNodes(root->right);
    }
};

// 2. 分别递归左孩子，和右孩子，递归到某一深度一定会有左孩子或者右孩子为满二叉树  $O(\log n * \log n)$ ??  $O(\log n)$ 
class Solution {
public:
    int countNodes(TreeNode* root) {
        if(!root) return 0;
        TreeNode* left = root->left;
        TreeNode* right = root->right;
        int leftDepth = 0, rightDepth = 0;
        while(left) {
            leftDepth++;
            left = left->left;
        }
        while(right) {
            rightDepth++;
            right = right->right;
        }
        if(leftDepth == rightDepth) {
            return pow(2, leftDepth + 1) - 1;
        }
        return 1 + countNodes(root->left) + countNodes(root->right);
    }
};
```

## 判断平衡二叉树 #110

```
class Solution {
public:
    int getDepth(TreeNode* root) {
        if(!root) return 0;
        int leftDepth = getDepth(root->left);
        int rightDepth = getDepth(root->right);
        if(leftDepth == -1 || rightDepth == -1) return -1;
        if(abs(leftDepth - rightDepth) <= 1) return 1 + max(leftDepth,
rightDepth);
        return -1;
    }
    bool isBalanced(TreeNode* root) {
        int depth = getDepth(root);
        return depth == -1 ? false : true;
    }
};
```

## 二叉树的所有路径 #257

```
class Solution {
public:
    void traverse(TreeNode* node, vector<int>& path, vector<string>& res) {
        path.push_back(node->val);
        if(!node->left && !node->right) { // 1. 前序遍历
            string str;
            int i = 0;
            for(; i < path.size() - 1; i++) {
                str += to_string(path[i]);
                str += "->";
            }
            str += to_string(path[i]);
            res.push_back(str);
        }

        if(node->left) {
            traverse(node->left, path, res);
            path.pop_back();
        }
        if(node->right) {
            traverse(node->right, path, res);
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<string> binaryTreePaths(TreeNode* root) {
        if(!root) return {};
        vector<int> path;
        vector<string> res;
        traverse(root, path, res);
        return res;
    }
};
```

## 左子叶之和 #404

// 1. 不能通过当前节点判断是否为左子叶，要通过父节点去判断

```
class Solution {
public:
    int sum;
    void traverse(TreeNode* root) {
        if(!root) return;
        if(root->left && !root->left->left && !root->left->right) {
            sum += root->left->val;
        }
        traverse(root->left);
        traverse(root->right);
    }
    int sumOfLeftLeaves(TreeNode* root) {
        if(!root) return 0;
        sum = 0;
        traverse(root);
        return sum;
    }
};
```

// 2. 后序遍历

```
class Solution {
public:
    int sumOfLeftLeaves(TreeNode* root) {
        if (root == NULL) return 0;

        int leftValue = sumOfLeftLeaves(root->left); // 左
        int rightValue = sumOfLeftLeaves(root->right); // 右
                                                // 中

        int midValue = 0;
        if (root->left && !root->left->left && !root->left->right) { // 中
            midValue = root->left->val;
        }
        int sum = midValue + leftValue + rightValue;
        return sum;
    }
};
```

## 树左下角的值 #513

// 1. 递归遍历（回溯）

```
class Solution {
public:
    int maxDepth = -1;
    int maxVal;
    void traverse(TreeNode* root, int leftDepth) {
        if(!root->left && !root->right) {
            if(leftDepth > maxDepth) { //保证首先遍历最后一行的最左边元素，而且只进入循环这一次
                maxDepth = leftDepth;
                maxVal = root->val;
            }
        }
        if(root->left) {
            leftDepth++;
        }
    }
};
```

```

        traverse(root->left, leftDepth);
        leftDepth--;
    }
    if(root->right) {
        leftDepth++;
        traverse(root->right, leftDepth);
        leftDepth--;
    }
}
int findBottomLeftValue(TreeNode* root) {
    if(!root) return -1;
    int leftDepth = 0;
    traverse(root, leftDepth);
    return maxVal;
}
};
// 2. 层序遍历
class Solution {
public:
    int findBottomLeftValue(TreeNode* root) {
        if(!root) return -1;

        queue<TreeNode*> que;
        que.push(root);
        int val = 0;
        while(!que.empty()) {
            int size = que.size();
            for(int i = 0; i < size; i++) {
                TreeNode* node = que.front();
                que.pop();
                if(i == 0) val = node->val; //只保存每一行的第一个元素，最后结束代表的
就是最后一行最左边元素

                if(node->left) que.push(node->left);
                if(node->right) que.push(node->right);
            }
        }
        return val;
    }
};

```

## 路径总和 #112

```

class Solution {
public:
    bool traverse(TreeNode* root, int sum) {
        if(!root->left && !root->right) {
            if(sum == 0) return true;
        }
        if(root->left) {
            sum -= root->left->val; // 回溯的时候，前后都要写好，因为不是全局变量，返回
时在里边函数做的操作相当于没做
            if(traverse(root->left, sum)) return true; // 一定要判断一下，否则后边的
false会覆盖叶子节点返回的true
            sum += root->left->val;
        }
    }
}

```

```

        if(root->right) {
            sum -= root->right->val;
            if(traverse(root->right, sum)) return true;
            sum += root->right->val;
        }
        return false;
    }
    bool hasPathSum(TreeNode* root, int targetSum) {
        if(!root) return false;
        return traverse(root, targetSum - root->val); // 要提前减去root->val,
// traverse里不用先减了
    }
};
// 也可以定义全局变量和全局标志flag

```

## 路径总和II #113

```

class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void traverse(TreeNode* root, int sum) {
        if(!root->left && !root->right) {
            if(sum == 0) {
                res.push_back(path);
                return;
            }
        }
        if(root->left) {
            sum -= root->left->val;
            path.push_back(root->left->val);
            traverse(root->left, sum);
            sum += root->left->val;
            path.pop_back();
        }
        if(root->right) {
            sum -= root->right->val;
            path.push_back(root->right->val);
            traverse(root->right, sum);
            sum += root->right->val;
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<vector<int>> pathSum(TreeNode* root, int targetSum) {
        res.clear();
        path.clear();
        if(!root) return res;

        path.push_back(root->val);
        traverse(root, targetSum - root->val);
        return res;
    }
};

```

## 中序和后序构造树 #106

```
class Solution {
public:
    TreeNode* traverse(vector<int>& inorder, int in_begin, int in_end,
vector<int>& postorder, int post_begin, int post_end) {
        // 注意不要使用 x.size(), 下标不要用0或者x.size()-1 之类的
        if(post_begin == post_end) return nullptr; // 一定要对空数组的判断

        int rootVal = postorder[post_end - 1];
        TreeNode* root = new TreeNode(rootVal);

        if(post_end - post_begin == 1) return root;

        int delimiterIndex;
        for(delimiterIndex = in_begin; delimiterIndex < in_end;
delimiterIndex++) {
            if(inorder[delimiterIndex] == rootVal) break;
        }

        root->left = traverse(inorder, in_begin, delimiterIndex, postorder,
post_begin, post_begin + delimiterIndex - in_begin);
        root->right = traverse(inorder, delimiterIndex + 1, in_end, postorder,
post_begin + delimiterIndex - in_begin, post_end - 1);
        return root;
    }
    TreeNode* buildTree(vector<int>& inorder, vector<int>& postorder) {
        if(inorder.size() == 0 || postorder.size() == 0) return nullptr;
        // 坚持左闭右开的区间
        return traverse(inorder, 0, inorder.size(), postorder, 0,
postorder.size());
    }
};
```

## 前序和中序构造树 #105

```
class Solution {
public:
    TreeNode* traverse(vector<int>& preorder, int pre_begin, int pre_end,
vector<int>& inorder, int in_begin, int in_end) {
        // 注意不要使用 x.size(), 下标不要用0或者x.size()-1 之类的
        if(pre_begin == pre_end) return nullptr; // 不要使用 preorder.size()

        int rootVal = preorder[pre_begin]; // 不要使用下标[0]
        TreeNode* root = new TreeNode(rootVal);

        if(pre_end - pre_begin == 1) return root;

        int delimiterIndex;
        for(delimiterIndex = in_begin; delimiterIndex < in_end;
delimiterIndex++) {
            if(inorder[delimiterIndex] == rootVal) break;
        }
    }
```

```

        root->left = traverse(preorder, pre_begin + 1, pre_begin + 1 +
delimiterIndex - in_begin, inorder, in_begin, delimiterIndex); // 起始位置不要用1,
而是pre_begin+1
        root->right = traverse(preorder, pre_begin + 1 + delimiterIndex -
in_begin, pre_end, inorder, delimiterIndex + 1, in_end);
        return root;
    }
    TreeNode* buildTree(vector<int>& preorder, vector<int>& inorder) {
        if(preorder.size() == 0 || inorder.size() == 0) return nullptr;
        return traverse(preorder, 0, preorder.size(), inorder, 0,
inorder.size());
    }
};

```

## 最大二叉树 #654

```

class Solution {
public:
    TreeNode* traverse(vector<int>& nums, int begin, int end) {
        int size = end - begin;
        if(size == 0) return nullptr;
        else if(size == 1) return new TreeNode(nums[begin]);

        int maxIndex = begin;
        for(int i = begin; i < end; i++) {
            if(nums[i] > nums[maxIndex]) maxIndex = i;
        }
        TreeNode* root = new TreeNode(nums[maxIndex]);
        root->left = traverse(nums, begin, maxIndex);
        root->right = traverse(nums, maxIndex + 1, end);

        return root;
    }
    TreeNode* constructMaximumBinaryTree(vector<int>& nums) {
        return traverse(nums, 0, nums.size());
    }
};

```

## 合并二叉树 #617

```

class Solution {
public:
    TreeNode* mergeTrees(TreeNode* root1, TreeNode* root2) {
        if(!root1 && !root2) return nullptr;
        else if(root1 && !root2) return root1;
        else if(!root1 && root2) return root2;

        root1->val = root1->val + root2->val; // 重复利用root1
        root1->left = mergeTrees(root1->left, root2->left); // 传入两个数的参数
        root1->right = mergeTrees(root1->right, root2->right);

        return root1;
    }
};

```

## BST的搜索 #700

BST-二叉搜索树

```
// 1.递归
class Solution {
public:
    TreeNode* searchBST(TreeNode* root, int val) {
        if(!root) return nullptr;
        if(root->val == val) return root;
        else if(root->val > val) return searchBST(root->left, val);
        return searchBST(root->right, val);
    }
};

// 2.迭代
class Solution {
public:
    TreeNode* searchBST(TreeNode* root, int val) {
        while(root) {
            if(root->val > val) root = root->left;
            else if(root->val < val) root = root->right;
            else return root;
        }
        return nullptr;
    }
};
```

## 验证BST #98

```
class Solution {
public:
    TreeNode* pre = nullptr; // 记录前一个节点, 方便比较, 否则有INT_MIN值, 不好比较
    bool isValidBST(TreeNode* root) {
        if(!root) return true;

        bool left = isValidBST(root->left);

        if((pre != nullptr) && (pre->val >= root->val)) return false; // 一定是
        >=, 因为二叉搜索树不能有重复节点
        pre = root;

        bool right = isValidBST(root->right);

        return left && right;
    }
};

// 也可以定义 long long maxVal = LONG_MIN 方便比较, 或者定义一个vector最后判断是否有序。
```

## BST最小绝对差 #530

```
// 1. 保存前一个节点pre
class Solution {
public:
    TreeNode* pre = nullptr;
```



```

int res = INT_MAX;
void traverse(TreeNode* root) {
    if(!root) return;
    traverse(root->left);

    if((pre != nullptr) && (root->val - pre->val < res)) res = root->val - pre->val;
    pre = root;

    traverse(root->right);
}

int getMinimumDifference(TreeNode* root) {
    traverse(root);
    return res;
}
};

class Solution {
public:
    vector<int> vec;
    void traverse(TreeNode* root) {
        if(!root) return;
        traverse(root->left);
        vec.push_back(root->val);
        traverse(root->right);
    }
    int getMinimumDifference(TreeNode* root) {
        traverse(root);
        int min = INT_MAX;
        for(int i = 0; i < vec.size() - 1; i++) {
            int tmp = vec[i + 1] - vec[i];
            if(tmp < min) min = tmp;
        }
        return min;
    }
};

```

## BST的众数 #501

```

class Solution {
public:
    vector<int> res;
    int max = 0;
    int cnt = 0;
    TreeNode* pre = nullptr;

    void traverse(TreeNode* root) {
        if(!root) return;
        traverse(root->left);

        if(pre == nullptr) {
            cnt = 1;
        } else if(pre->val == root->val) {
            cnt++;
        } else {
            cnt = 1;
        }
        res.push_back(root->val);
        pre = root;
        traverse(root->right);
    }
};

```

```

    }
    pre = root; // 一定记得更新

    if(cnt == max) {
        res.push_back(root->val);
    } else if(cnt > max) {
        res.clear();
        max = cnt;
        res.push_back(root->val);
    }

    traverse(root->right);
}
vector<int> findMode(TreeNode* root) {
    traverse(root);
    return res;
}
};

```

## 二叉树的最近公共祖先 #236

```

// 后序遍历，回溯
class Solution {
public:
    TreeNode* lowestCommonAncestor(TreeNode* root, TreeNode* p, TreeNode* q) {
        if(root == p || root == q || root == nullptr) return root;

        TreeNode* left = lowestCommonAncestor(root->left, p, q);
        TreeNode* right = lowestCommonAncestor(root->right, p, q);

        // 四种情况
        if(left && right) return root;
        if(left && !right) return left;
        if(!left && right) return right;
        else return nullptr;
    }
};

```

## 二叉搜索树的最近公共祖先 #235

```

// 如果两个节点值都小于根节点，说明他们都在根节点的左子树上
// 如果两个节点值都大于根节点，说明他们都在根节点的右子树上
// 如果一个节点值大于根节点，一个节点值小于根节点，说明他们他们在根节点的异侧，那么根节点就是他们
的最近公共祖先节点
class Solution {
public:
    TreeNode* lowestCommonAncestor(TreeNode* root, TreeNode* p, TreeNode* q) {
        if(!root) return nullptr;

        if((p->val < root->val) && (q->val < root->val)) return
lowestCommonAncestor(root->left, p, q);
        else if((p->val > root->val) && (q->val > root->val)) return
lowestCommonAncestor(root->right, p, q);
        else return root;
    }
};

```

## BST插入 #701

```

// 1.
class Solution {
public:
    TreeNode* insertIntoBST(TreeNode* root, int val) {
        TreeNode* node = new TreeNode(val);
        if(!root) return node;

        TreeNode* cur = root;
        TreeNode* pre;
        while(cur) {
            pre = cur;
            if(val < cur->val) cur = cur->left;
            else cur = cur->right;
        }
        if(val < pre->val) pre->left = node;
        else pre->right = node;
        return root;
    }
};

// 2. 通过递归函数返回值完成新加入节点的父子关系赋值操作
class Solution {
public:
    TreeNode* insertIntoBST(TreeNode* root, int val) {
        if(!root) {
            TreeNode* node = new TreeNode(val);
            return node;
        }

        if(val < root->val) root->left = insertIntoBST(root->left, val); // 串联
起来了
        else root->right = insertIntoBST(root->right, val);

        return root;
    }
};

```

## BST的删除 #450

```
// 由于BST的性质，最多只删除一个节点，因为没有重复的节点
class Solution {
public:
    TreeNode* deleteNode(TreeNode* root, int key) {
        if(!root) return nullptr;

        if(root->val == key) {
            if(!root->left && !root->right) {
                delete root;
                return nullptr;
            } else if(!root->left) {
                TreeNode* tmp = root->right;
                delete root;
                return tmp;
            } else if(!root->right) {
                TreeNode* tmp = root->left;
                delete root;
                return tmp;
            } else {
                // 都不空，因为是删除一个节点，不能舍弃其他节点，所以比较麻烦，跟下一个题目
                进行对比

                TreeNode* cur = root->right;
                while(cur->left) {
                    cur = cur->left;
                }
                cur->left = root->left;
                TreeNode* tmp = root;
                root = root->right;
                delete tmp;
                return root;
            }
        } else if(root->val > key) {
            root->left = deleteNode(root->left, key);
        } else {
            root->right = deleteNode(root->right, key);
        }
        return root;
    }
};
```

## 修剪BST #669

```
class Solution {
public:
    TreeNode* trimBST(TreeNode* root, int low, int high) {
        if(!root) return nullptr;

        // 跟删除特定的值不同，删除不在某个区间的值，根据值大小的判断可以舍弃某一半的子树，返回
        符合条件的另一半子树
        if(root->val < low) {
            TreeNode* right = trimBST(root->right, low, high);
            return right;
        } else if(root->val > high) {
            TreeNode* left = trimBST(root->left, low, high);
        }
    }
};
```

```

        return left;
    }

    root->left = trimBST(root->left, low, high); // root->left接入符合条件的左
孩子
    root->right = trimBST(root->right, low, high); // root->right接入符合条件
的右孩子
    return root;
}
};

```

## 有序数组转为平衡BST #108

```

// 每次以数组中间位置的元素为分割点，自然就是平衡二叉搜索树
class Solution {
public:
    TreeNode* traverse(vector<int>& nums, int begin, int end) {
        int size = end - begin;
        if(size == 0) return nullptr;
        if(size == 1) return new TreeNode(nums[begin]);

        int mid = begin + size / 2;
        TreeNode* root = new TreeNode(nums[mid]);
        root->left = traverse(nums, begin, mid);
        root->right = traverse(nums, mid + 1, end);

        return root;
    }
    TreeNode* sortedArrayToBST(vector<int>& nums) {
        return traverse(nums, 0, nums.size());
    }
};

```

## BST转为累加树 #538

```

// 逻辑是这样的
// 首先明确遍历的顺序是【逆中序】遍历
// 其次，BST的中序遍历是有序的，我们要做的中间结点的逻辑就是加上前一个结点的值，定义一个pre保存
前一个结点的值
// 然后因为是逆中序遍历，所以相当于是倒着往前加
class Solution {
public:
    int pre = 0;
    void traverse(TreeNode* root) {
        if(!root) return;

        traverse(root->right);
        root->val += pre;
        pre = root->val;
        traverse(root->left);
    }
    TreeNode* convertBST(TreeNode* root) {
        traverse(root);
        return root;
    }
};

```

## ☆ 回溯

### 递归要素

- 确定参数和返回值
- 确定终止条件
- 确定单层递归逻辑

### 二叉树的最大路径和 #124

```
class Solution {
private:
    int maxSum = INT_MIN;
public:
    int dfs(TreeNode *node){
        if(node == nullptr) return 0;

        int leftMax = max(dfs(node->left), 0);
        int rightMax = max(dfs(node->right), 0);

        int newPath = node->val + leftMax + rightMax;
        maxSum = max(maxSum, newPath);
        return node->val + max(leftMax, rightMax);
    }
    int maxPathSum(TreeNode* root) {
        dfs(root);
        return maxSum;
    }
};
```

### 组合 #77

```
// 回溯精神: for循环横向遍历, 递归纵向遍历, 回溯不断调整结果集
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void backtracking(int n, int k, int begin) {
        if(path.size() == k) {
            res.push_back(path);
            return;
        }

        // for(int i = begin; i <= n; i++) {
        for(int i = begin; i <= n - (k - path.size()) + 1; i++) { // 优化, 剪枝
            path.push_back(i);
            backtracking(n, k, i + 1);
            path.pop_back();
        }
        return;
    }
    vector<vector<int>> combine(int n, int k) {
        res.clear();
```

```

        path.clear();
        backtracking(n, k, 1);
        return res;
    }
};

```

## 组合总和III #216

找出所有相加之和为  $n$  的  $k$  个数的组合。组合中只允许含有 1 - 9 的正整数。

每种组合中不存在重复的数字。

```

class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    int curSum = 0;
    void backtracking(int k, int n, int begin) {
        if(curSum > n) {
            // 这里千万不要回溯，直接return就好，因为for循环会统一回溯，否则会多pop元素了
            // curSum -= path[path.size() - 1];
            // path.pop_back();
            return;
        }
        if(path.size() == k) {
            if(curSum == n) {
                res.push_back(path);
            }
            return;
        }
        // 这样写也对，但是path.size()会超过k，会进行下边无意义的多余的循环
        // if(path.size() == k && curSum == n) {
        //     res.push_back(path);
        //     return;
        // }

        for(int i = begin; i <= 9 - (k - path.size()) + 1; i++) {
            curSum += i;
            path.push_back(i);
            backtracking(k, n, i + 1);
            curSum -= i;
            path.pop_back();
        }
        return;
    }
    vector<vector<int>> combinationSum3(int k, int n) {
        backtracking(k, n, 1);
        return res;
    }
};

```

## 电话号码的字母组合 #17

```
// 这个是多个集合求组合，上一个题是一个集合求组合。
class Solution {
public:
    // 字母表
    const string letterMap[10] = {
        "",
        "",
        "abc",
        "def",
        "ghi",
        "jkl",
        "mno",
        "pqrs",
        "tuv",
        "wxyz"
    };
    vector<string> res;
    string str;
    // 没有begin，而是index代表遍历的是第几个集合，每个集合从0开始遍历
    void backtracking(const string& digits, int index) {
        if(index == digits.size()) {
            res.push_back(str);
            return;
        }

        int letter = digits[index] - '0';
        string letters = letterMap[letter];
        for(int i = 0; i < letters.size(); i++) {
            str.push_back(letters[i]);
            backtracking(digits, index + 1);
            str.pop_back();
        }
        return;
    }
    vector<string> letterCombinations(string digits) {
        if(digits.size() == 0) return res;
        backtracking(digits, 0);
        return res;
    }
};
```

## 组合总和 #39

无重复元素数组 candidates, 目标数 target, 找出 candidates 中所有可以使数字和为 target 的组合。

candidates 中的数字可以重复取。

```
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    int curSum = 0;
    void backtracking(vector<int>& candidates, int target, int index) {
        if(curSum > target) return;
```



```

        if(curSum == target) {
            res.push_back(path);
            return;
        }

        for(int i = index; i < candidates.size(); i++) {
            curSum += candidates[i];
            path.push_back(candidates[i]);
            backtracking(candidates, target, i); // 不是 index+1, 也不是 i+1, 而是
i, 代表可以重复选取
            curSum -= candidates[i];
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<vector<int>> combinationSum(vector<int>& candidates, int target) {
        backtracking(candidates, target, 0);
        return res;
    }
};

```

## 组合总和II #40

有重复数组 candidates, 目标数 target, 找出 candidates 中所有可以使数字和为 target 的组合。

candidates 中的每个数字在每个组合中只能使用一次, 解集不能包含重复的组合。

```

class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    int curSum = 0;
    void backtracking(vector<int>& candidates, int target, int index) {
        if(curSum > target) return;
        if(curSum == target) {
            res.push_back(path);
            return;
        }

        for(int i = index; i < candidates.size(); i++) {
            if(i > index && candidates[i] == candidates[i - 1]) continue; // 同
一个树层, 不可以重复取
            curSum += candidates[i];
            path.push_back(candidates[i]);
            backtracking(candidates, target, i + 1);
            curSum -= candidates[i];
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<vector<int>> combinationSum2(vector<int>& candidates, int target) {
        // 必须先进行排序, 后边去重才是有效的
        sort(candidates.begin(), candidates.end());
        backtracking(candidates, target, 0);
        return res;
    }
};

```

## 分割回文串 #131

```
class Solution {
public:
    vector<vector<string>> res;
    vector<string> path;
    bool isPalindrome(const string& s, int start, int end) { // 要定义start, end
        for(int i = start, j = end; i < j; i++, j--) {
            if(s[i] != s[j]) return false;
        }
        return true;
    }
    // index是切割的位置, 表示在s[index]这个元素后边进行切割, 当index=s.size()则是切割到末尾了
    void backtracking(const string& s, int index) { // 定义为 const string& 是引用, 节省空间和时间
        if(index >= s.size()) {
            res.push_back(path);
            return;
        }

        for(int i = index; i < s.size(); i++) {
            if(isPalindrome(s, index, i)) { // [index, i] 闭区间的子串
                path.push_back(s.substr(index, i - index + 1)); //
string.substr(index,len) 第二个参数是长度
            } else {
                continue;
            }

            backtracking(s, i + 1);
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<vector<string>> partition(string s) {
        backtracking(s, 0);
        return res;
    }
};
```

## 复原IP地址 #93

```
class Solution {
public:
    vector<string> res;
    vector<string> path;
    void backtracking(const string& s, int index) {
        if(path.size() == 4 && index >= s.size()) { // 一定别忘了必须有且只有四段, 而且两个条件必须同时满足
            string str;
            for(string ss : path) {
                str += ss + '.';
            }
            str.pop_back();
            res.push_back(str);
            return;
        }
    }
```

```

        for(int i = index; i < s.size(); i++) {
            if(isvalid(s, index, i)) {
                path.push_back(s.substr(index, i - index + 1));
            } else {
                break; // 如果不合法, 直接跳出循环即可, 没必要continue了
            }

            backtracking(s, i + 1);
            path.pop_back();
        }
    }

    bool isvalid(const string& s, int begin, int end) {
        if(begin > end) return false; // 别忘了判断是否为空
        if(s[begin] == '0' && begin != end) return false;

        int num = 0;
        for(int i = begin; i <= end; i++) {
            if(s[i] > '9' || s[i] < '0') return false;
            num = (s[i] - '0') + num * 10;
            if(num > 255) return false;
        }
        return true;
    }

    vector<string> restoreIpAddresses(string s) {
        if(s.size() > 12) return res; // 剪枝操作
        backtracking(s, 0);
        return res;
    }
};

```

## 子集 #78

无重复元素数组nums, 返回数组所有子集

```

class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void backtracking(vector<int>& nums, int index) {
        res.push_back(path); // 提前加
        if(index >= nums.size()) {
            return;
        }

        for(int i = index; i < nums.size(); i++) {
            path.push_back(nums[i]);
            backtracking(nums, i + 1);
            path.pop_back();
        }
    }

    vector<vector<int>> subsets(vector<int>& nums) {
        backtracking(nums, 0);
        return res;
    }
};

```

## 子集II #90

有重复元素的整数数组 `nums`，返回该数组所有可能的子集（幂集）。

```
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void backtracking(vector<int>& nums, int index) {
        res.push_back(path);
        if(index >= nums.size()) {
            return;
        }

        for(int i = index; i < nums.size(); i++) {
            if(i > index && nums[i] == nums[i - 1]) continue; // 去重
            path.push_back(nums[i]);
            backtracking(nums, i + 1);
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<vector<int>> subsetsWithDup(vector<int>& nums) {
        if(nums.size() == 0) return res;
        sort(nums.begin(), nums.end());
        backtracking(nums, 0);
        return res;
    }
};
```

## 递增子序列 #491

```
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void backtracking(vector<int>& nums, int index) {
        if(path.size() >= 2) res.push_back(path);
        if(index >= nums.size()) return;

        unordered_set<int> uset; // 记录本层（树层）元素是否重用过
        for(int i = index; i < nums.size(); i++) {
            // 一定要判断 path.empty()，不要用 i>index 去判断
            // i>index 的时候：
            // (1) 树退回到第一层的时候，i>index，但是path是空的，path.back()会报错或者返回一个很大的数
            // (2) 树往下递归的时候，选取集合第一个元素，i==index 不会进入if()，但是如果元素小于path.back()会加到path里
            if((!path.empty() && nums[i] < path.back()) || (uset.find(nums[i]) != uset.end())) continue;
            uset.insert(nums[i]);
            path.push_back(nums[i]);
            backtracking(nums, i + 1);
            path.pop_back();
        }
    }
};
```

```
vector<vector<int>> findSubsequences(vector<int>& nums) {
    backtracking(nums, 0);
    return res;
}
};
```

## 全排列 #46

```
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void backtracking(vector<int>& nums, vector<bool>& used) {
        if (path.size() == nums.size()) {
            res.push_back(path);
            return;
        }

        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            if (used[i] == true) continue;
            used[i] = true; // 不要写成 ==
            path.push_back(nums[i]);
            backtracking(nums, used);
            used[i] = false;
            path.pop_back();
        }
    }
    vector<vector<int>> permute(vector<int>& nums) {
        vector<bool> used(nums.size(), false);
        backtracking(nums, used);
        return res;
    }
};
```

## 全排列II #47

```
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> res;
    vector<int> path;
    void backtracking(vector<int>& nums, vector<bool>& used) {
        if (path.size() == nums.size()) {
            res.push_back(path);
            return;
        }

        // used[i - 1] == true 代表当前这个树枝用过i-1这个元素
        // used[i - 1] == false 代表当前这个树层用过i-1这个元素
        // 因为同一个树层，在"弹"回来的时候，前一个元素的used置为了false，而且只能判断前一个元素是否用过
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            if (used[i] == true) continue;
            if (i > 0 && nums[i] == nums[i - 1] && used[i - 1] == false)
                continue;
            used[i] = true;
            path.push_back(nums[i]);
        }
    }
};
```

```

        backtracking(nums, used);
        path.pop_back();
        used[i] = false;
    }
}

vector<vector<int>> permuteUnique(vector<int>& nums) {
    vector<bool> used(nums.size(), false);
    sort(nums.begin(), nums.end()); // 结果集需要去重的都需要先排序
    backtracking(nums, used);
    return res;
}
};

```

## 重新安排行程 #332

```

class Solution {
public:
    unordered_map<string, map<string, int>> targets;
    vector<string> res;
    bool backtracking(int ticketsNum) {
        if (res.size() == ticketsNum + 1) return true; // 欧拉回路, res.size() =
        顶点数 = 边数 + 1 = ticketsNum + 1

        // &引用, 一定是遍历res中最末尾的节点对应的targets
        // const string 是因为 map 中的 key 是不能改变的
        for (pair<const string, int>& tar : targets[res.back()]) {
            if (tar.second > 0) {
                tar.second--;
                res.push_back(tar.first);
                if(backtracking(ticketsNum)) return true; // 这个很关键, 只需要找到
                一条合适的到达叶子节点的路径
                res.pop_back();
                tar.second++; // 别忘了
            }
        }
        return false;
    }
    vector<string> findItinerary(vector<vector<string>>& tickets) {
        for(const vector<string>& ticket : tickets) { // const
            targets[ticket[0]][ticket[1]]++;
        }
        res.push_back("JFK");
        backtracking(tickets.size());
        return res;
    }
};

```

## N皇后 #51

```

class Solution {
public:
    vector<vector<string>> res;
    vector<string> chessboard;
    void backtracking(int n, int row) {
        if (row == n) {
            res.push_back(chessboard);
        }
    }
};

```

```

        return;
    }

    // row代表行，深度遍历；col代表列，for层遍历
    for (int col = 0; col < n; col++) {
        if (isValid(n, row, col)) {
            chessboard[row][col] = 'Q';
            backtracking(n, row + 1);
            chessboard[row][col] = '.';
        }
    }
}

bool isValid(int n, int row, int col) {
    // 上方的列的方向，下方不用考虑，因为会回溯回来
    for (int i = 0; i < row; i++) {
        if (chessboard[i][col] == 'Q') return false;
    }
    // 左斜上45°方向，右斜下45°方向不用考虑
    for (int i = row - 1, j = col - 1; i >= 0 && j >= 0; i--, j--) {
        if(chessboard[i][j] == 'Q') return false;
    }
    // 右斜上45°方向，左斜下45°方向不用考虑
    for (int i = row - 1, j = col + 1; i >= 0 && j < n; i--, j++) {
        if(chessboard[i][j] == 'Q') return false;
    }
    return true;
}

vector<vector<string>> solveNQueens(int n) {
    chessboard = vector<string>(n, string(n, '.'));
    backtracking(n, 0);
    return res;
}
};

```

## 解数独 #37

```

class Solution {
public:
    // 符合条件的才返回，其他的丢弃，所以有bool返回值
    bool backtracking(vector<vector<char>>& board) {
        // N皇后:只需要一层for循环遍历一行，递归来遍历列，因为每一行每一列只放一个皇后
        // 数独:二维递归，先遍历二维的结构，两个for循环嵌套一个递归，递归遍历数字1-9
        // 不需要返回值，因为每次递归都比之前多填了一个数，当数填满之后就自动停止了
        for(int row = 0; row < 9; row++) {
            for(int col = 0; col < 9; col++) {
                if(board[row][col] != '.') continue;
                for(char ch = '1'; ch <= '9'; ch++) {
                    if(isValid(row, col, ch, board)) {
                        board[row][col] = ch;
                        if(backtracking(board)) return true;
                        board[row][col] = '.';
                    }
                }
            }
            return false; // 尝试了1-9个数都不行，那么说明无解
        }
    }
}

```

```

    }
    return true;
}
bool isValid(int row, int col, char ch, vector<vector<char>>& board) {
    // 行列
    for(int i = 0; i < 9; i++) {
        if(board[row][i] == ch) return false;
        if(board[i][col] == ch) return false;
    }

    // 3x3格子
    int startRow = row / 3 * 3;
    int startCol = col / 3 * 3;
    for(int i = startRow; i < startRow + 3; i++) {
        for(int j = startCol; j < startCol + 3; j++) {
            if(board[i][j] == ch) return false;
        }
    }
    return true;
}
void solveSudoku(vector<vector<char>>& board) {
    backtracking(board);
    return;
}
};

```

## ☆贪心

### 分发饼干 #455

```

class Solution {
public:
    int findContentChildren(vector<int>& g, vector<int>& s) {
        sort(g.begin(), g.end());
        sort(s.begin(), s.end());

        int index_g = 0;
        // 遍历孩子，小饼干先喂饱胃口小的孩子
        // index_g 也是一个技巧，不要写两个循环
        for(int i = 0; i < s.size(); i++) {
            if(index_g < g.size() && g[index_g] <= s[i]) {
                index_g++;
            }
        }
        return index_g;
    }
};

```

### 摆动序列 #376

```

class Solution {
public:
    int wiggleMaxLength(vector<int>& nums) {
        int curDiff = 0;
        int preDiff = 0; // 为了好比较
    }
};

```



```

    int res = 1; // 默认为1, 因为长度为2的数组摆动序列长度为2

    for(int i = 0; i < nums.size() - 1; i++) {
        curDiff = nums[i + 1] - nums[i];
        // 这里没有 curDiff=0 的情况, 说明自动忽略了平坡的情况
        if((curDiff > 0 && preDiff <= 0) || (curDiff < 0 && preDiff >= 0)) {
            res++;
            preDiff = curDiff;
        }
    }

    return res;
}
};

```

## 最大子数组和 #53

```

class Solution {
public:
    int maxSubArray(vector<int>& nums) {
        if(nums.size() == 1) return nums[0];
        int sum = 0;
        int res = INT_MIN;
        for(int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            sum += nums[i];
            if(sum > res) {
                res = sum;
            }
            if(sum < 0) sum = 0; // 如果当前和小于0, 一定重新开始计, 因为加负数一定更小
        }

        return res;
    }
};

```

## 买卖股票的最佳时机II #122

```

class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices) {
        if(prices.size() == 1) return 0;
        int res = 0;
        for(int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            res += max(0, prices[i] - prices[i - 1]); // 只收集正利润
        }
        return res;
    }
};

```

## 跳跃游戏 #55

```
class Solution {
public:
    bool canJump(vector<int>& nums) {
        int index = 0;
        for(int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            if(index < i) return false;
            index = max(index, i + nums[i]); // 每次移动，更新跳跃的最大范围
        }
        return true;
    }
};
```

## 跳跃游戏II #45

```
class Solution {
public:
    int jump(vector<int>& nums) {
        if (nums.size() == 1) return 0;
        int curDistance = 0, nextDistance = 0;
        int step = 0;

        // 关键在于不知道当前要跳多少步，这个方法比较巧妙，不去考虑跳多少步，而是决定在什么时候
        // 加步数
        // 还是一个一个遍历，遍历的时候不断更新覆盖范围，当前坐标跟当前覆盖范围相等的时候，就要
        // 加步数了
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            nextDistance = max(nums[i] + i, nextDistance);
            if (i == curDistance) {
                step++;
                curDistance = nextDistance;
            } else {
                continue;
            }
            if (nextDistance >= nums.size() - 1) break;
        }

        return step;
    }
};
```

## K次取反后最大化的数组和 #1005

```
class Solution {
static bool cmp(int a, int b) {
    return abs(a) > abs(b);
}
public:
    int largestSumAfterKNegations(vector<int>& nums, int k) {
        int res = 0;
        sort(nums.begin(), nums.end(), cmp); // 按照绝对值大小，从大到小排序
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            if(nums[i] < 0 && k > 0) { // 1. 局部最优，优先把绝对值大的负数转为正数
```

```

        nums[i] *= -1;
        k--;
    }
}
// while (k) {
//     nums[nums.size() - 1] *= -1;
//     k--;
// }
if(k % 2 == 1) nums[nums.size() - 1] *= -1; // 2. 如果k仍然>0, 说明负数都处理过了, 那么在绝对值最小的数上进行重复翻转
for(int a : nums) res += a;

return res;
}
};

```

## 加油站 #134

```

class Solution {
public:
    int canCompleteCircuit(vector<int>& gas, vector<int>& cost) {
        int sum = 0;
        int min_gas = INT_MAX;
        int min_index;

        // 想象折线图, 找到折线图的最低点, 将整个折线图移到x轴以上, x轴的交点即是最低点, 最低点下一个点就是起始的点
        // 最低点的这个点的gas-cost肯定是你负的, 否则不会是最低, 所以从当前这个点开始肯定不行, 要从下一个点开始
        // 无论最低点前边有多少个负数, 从下一个节点开始会一点点弥补回来
        for (int i = 0; i < gas.size(); i++) {
            sum += gas[i] - cost[i];
            if (sum < min_gas) {
                min_gas = sum;
                min_index = i;
            }
        }

        return sum < 0 ? -1 : (min_index + 1) % gas.size();
    }
};

```

## 分发糖果 #135

```

class Solution {
public:
    int candy(vector<int>& ratings) {
        vector<int> candy(ratings.size(), 1);
        // 先从左往右遍历, 如果右边比左边分数高, 那么右边糖果数+1
        for (int i = 0; i < ratings.size() - 1; i++) {
            if (ratings[i + 1] > ratings[i]) {
                candy[i + 1] = candy[i] + 1; // candy[i + 1]++ 这样写不对
            }
        }
        // 再从右往左遍历, 而且要从后往前, 如果左边比右边分数高
    }
};

```

```

// 那么左边糖果数等于max(之前更新的, 右边+1), 要考虑之前更新的值, 就是为了保持之前的比较关系
for (int i = ratings.size() - 1; i > 0; i--) {
    if (ratings[i - 1] > ratings[i]) {
        candy[i - 1] = max(candy[i - 1], candy[i] + 1);
    }
}

int res = 0;
for (int a : candy) res += a;
return res;
}
};

```

## 柠檬水找零 #860

```

class Solution {
public:
    bool lemonadeChange(vector<int>& bills) {
        // 划分为三个情况去分析
        int five = 0, ten = 0, twenty = 0;
        for (int bill : bills) {
            if (bill == 5) {
                five++;
            } else if (bill == 10) {
                if (five <= 0) return false;
                five--;
                ten++;
            } else if (bill == 20) {
                // 付款20的时候, 优先找5+10, 其次5*3, 因为5的作用更多, 还可以应对付款10的情况
                if (five > 0 && ten > 0) {
                    five--;
                    ten--;
                    twenty++;
                } else if (five >= 3) {
                    five -= 3;
                    twenty++;
                } else return false;
            }
        }
        return true;
    }
};

```

## 根据身高重建队列 #406

```

class Solution {
public:
    static bool cmp(vector<int>& a, vector<int>& b) {
        if(a[0] == b[0]) return a[1] < b[1]; // 意思是a[1]如果小于b[1]的话, a[1]在前边
        return a[0] > b[0]; // [0]大的在前边
    }
    vector<vector<int>> reconstructQueue(vector<vector<int>>& people) {
        sort(people.begin(), people.end(), cmp);
    }
};

```

```

list<vector<int>> que; // 底层实现是链表，插入速度更快

for (int i = 0; i < people.size(); i++) {
    int k = people[i][1];
    list<vector<int>>::iterator it = que.begin(); // 注意语法
    while(k--) {
        it++;
    }
    que.insert(it, people[i]);
}

return vector<vector<int>>(que.begin(), que.end());
}
};

```

## 用最少数量的箭引爆气球 #452

```

class Solution {
public:
    static bool cmp(vector<int>& a, vector<int>& b) {
        return a[0] < b[0];
    }
    int findMinArrowShots(vector<vector<int>>& points) {
        if (points.size() == 1) return 1;
        sort(points.begin(), points.end(), cmp);

        int res = 1;
        for (int i = 1; i < points.size(); i++) {
            if (points[i][0] > points[i - 1][1]) { // 通过右边界判断，不挨着，需要箭
                res++;
            } else { // 如果挨着，右边界统一到右边气球的左坐标上，这样其实points[i]的区间
                // 就代表了重叠的区域
                points[i][1] = min(points[i - 1][1], points[i][1]);
            }
        }

        return res;
    }
};

```

## 无重叠区间 #435

```

class Solution {
public:
    static bool cmp(vector<int>& a, vector<int>& b) {
        return a[1] < b[1]; // 按照右边界，从小到大排序
    }
    int eraseOverlapIntervals(vector<vector<int>>& intervals) {
        if (intervals.size() == 1) return 0;

        sort(intervals.begin(), intervals.end(), cmp);
        int res = 1;
        int end = intervals[0][1];
        for (int i = 1; i < intervals.size(); i++) { // 从左到右遍历
            if (intervals[i][0] >= end) { // 计算非重叠区域的个数，重叠的自动跳过
                res++;
                end = intervals[i][1];
            }
        }
        return intervals.size() - res;
    }
};

```

```

        res++;
        end = intervals[i][1];
    }
}
return intervals.size() - res;
}
};

```

## 划分字母区间 #763

```

class Solution {
public:
    vector<int> partitionLabels(string s) {
        int hash[26] = {0};
        for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
            hash[s[i] - 'a'] = i; // 记录当前字符出现的最远位置
        }

        int left = 0, right = 0;
        vector<int> res;
        for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
            right = max(right, hash[s[i] - 'a']); // 记录一段字符中最远的边界
            if (i == right) { // 找到之前字符出现的最大出现位置和当前位置相等，即为一个片
                res.push_back(right - left + 1);
                left = i + 1;
            }
        }

        return res;
    }
};

```

## 合并区间 #56

```

class Solution {
public:
    static bool cmp(vector<int>& a, vector<int>& b) {
        return a[0] < b[0];
    }
    vector<vector<int>> merge(vector<vector<int>>& intervals) {
        if (intervals.size() == 1) return intervals;
        sort(intervals.begin(), intervals.end(), cmp);

        vector<vector<int>> res;
        for (int i = 1; i < intervals.size(); i++) {
            if (intervals[i][0] <= intervals[i - 1][1]) {
                intervals[i][0] = min(intervals[i - 1][0], intervals[i][0]);
                intervals[i][1] = max(intervals[i - 1][1], intervals[i][1]);
            } else {
                res.push_back(intervals[i - 1]);
            }
        }
        res.push_back(intervals.back());

        return res;
    }
};

```

```

    }
};

```

## 单调递增的数字 #738

```

class Solution {
public:
    int monotoneIncreasingDigits(int n) {
        if(n < 10) return n;

        string s = to_string(n); // to_string()
        int flag = s.size(); // 记录需要赋值为9的最初位置，后边都要赋值为9
        for (int i = s.size() - 1; i > 0; i--) {
            if (s[i - 1] > s[i]) {
                flag = i;
                s[i - 1]--;
            }
        }

        for (int i = flag; i < s.size(); i++) {
            s[i] = '9';
        }

        return stoi(s); // stoi()
    }
};

```

## 监控二叉树 #968

```

/**
 * Definition for a binary tree node.
 * struct TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode *left;
 *     TreeNode *right;
 *     TreeNode() : val(0), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x) : val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x, TreeNode *left, TreeNode *right) : val(x), left(left),
right(right) {}
 * };
 */
class Solution {
public:
    int res = 0;
    int traverse(TreeNode* root) {
        // 0: 无覆盖
        // 1: 有覆盖
        // 2: 有摄像头
        if (root == nullptr) return 1;
        int left = traverse(root->left);
        int right = traverse(root->right);
        if (left == 1 && right == 1) { // 11 两个孩子都覆盖，说明父节点肯定无覆盖，这
里先不要急着加摄像头
            return 0;
        } else if (left == 0 || right == 0) { // 00,01,02,10,20 只要有一个无覆盖，
父节点一定要加摄像头，否则跨过去就落下了

```

```

        res++;
        return 2;
    } else { // 12,21,22
        return 1;
    }
}
int minCameraCover(TreeNode* root) {
    if (traverse(root) == 0) { // 处理根节点无覆盖的情况
        res++;
    }
    return res;
}
};

```

## ☆ 动态规划

### 动规要素

- 确定dp数组和下标的含义
- 确定递推公式
- dp数组初始化
- 确定遍历顺序
- 举例推导dp数组

### 斐波那契数 #509

```

class Solution {
public:
    int fib(int n) {
        if (n < 2) return n;

        int dp[n + 1];
        dp[0] = 0;
        dp[1] = 1;
        for (int i = 2; i <= n; i++) {
            dp[i] = dp[i - 1] + dp[i - 2];
        }

        return dp[n];
    }
};

```

### 爬楼梯 #70

```

class Solution {
public:
    int fib(int n) {
        if (n < 2) return n;

        int dp[n + 1];
        dp[0] = 0;
        dp[1] = 1;
        for (int i = 2; i <= n; i++) {
            dp[i] = dp[i - 1] + dp[i - 2];
        }
    }
};

```



```

        return dp[n];
    }
};

```

## 不同路径 #62

```

class Solution {
public:
    int uniquePaths(int m, int n) {
        if (m == 1 || n == 1) return 1;

        int dp[m][n];
        for (int i = 0; i < m; i++) dp[i][0] = 1;
        for (int j = 0; j < n; j++) dp[0][j] = 1;

        for (int i = 1; i < m; i++) {
            for (int j = 1; j < n; j++) {
                dp[i][j] = dp[i - 1][j] + dp[i][j - 1];
            }
        }

        return dp[m - 1][n - 1];
    }
};

```

## 不同路径II #63

```

class Solution {
public:
    int uniquePathsWithObstacles(vector<vector<int>>& obstacleGrid) {
        int m = obstacleGrid.size();
        int n = obstacleGrid[0].size();

        if (obstacleGrid[0][0] == 1 || obstacleGrid[m - 1][n - 1] == 1) return 0;
        vector<vector<int>> dp(m, vector<int>(n, 0));
        for (int i = 0; i < m && obstacleGrid[i][0] == 0; i++) dp[i][0] = 1;
        for (int j = 0; j < n && obstacleGrid[0][j] == 0; j++) dp[0][j] = 1;

        for (int i = 1; i < m; i++) {
            for (int j = 1; j < n; j++) {
                if (obstacleGrid[i][j] == 1) continue;
                dp[i][j] = dp[i - 1][j] + dp[i][j - 1];
            }
        }

        return dp[m - 1][n - 1];
    }
};

```

## 整数拆分 #343

```
class Solution {
public:
    int integerBreak(int n) {
        vector<int> dp(n + 1, 0);
        dp[2] = 1; // dp[0], dp[1] 没有意义

        // i从3开始遍历, j代表从1-(i-1)进行拆分
        for (int i = 3; i <= n; i++) {
            for (int j = 1; j <= i - 1; j++) {
                // 1. 要比较dp[i], 因为这个循环可能随时变化
                // 2. 为什么要比较 (i-j)*j, 因为 dp[i-j]里不包括拆分为 i-j 的情况
                // 3. 可以这样理解, (i-j)*j 是拆分为两个数的情况, dp[i-j]*j 是拆分为两个
                // 数及以上的情况
                dp[i] = max(dp[i], max(dp[i - j] * j, (i - j) * j));
            }
        }

        return dp[n];
    }
};
```

## 不同的二叉搜索树 #96

```
class Solution {
public:
    int numTrees(int n) {
        vector<int> dp(n + 1);
        dp[0] = 1;
        dp[1] = 1;

        // 1...i 一共 i 个节点
        for (int i = 2; i <= n; i++) {
            // 以 j 为头节点, 根据二叉搜索树规则, 左子树为 j-1 个节点, 右子树为 i-j 个节点
            for (int j = 1; j <= i; j++) {
                dp[i] += dp[j - 1] * dp[i - j];
            }
        }

        return dp[n];
    }
};
```

## 0-1背包模板

```
void bag_01() {
    vector<int> weight = {1, 3, 4};
    vector<int> value = {15, 20, 30};
    int bagweight = 4;

    // 二维数组-模板
    vector<vector<int>> dp(weight.size(), vector<int>(value.size(), 0));
    // 初始化
```

```

    for (int j = weight[0]; j <= bagweight; j++) {
        dp[0][j] = value[0];
    }
    // i,j 都从 1 开始遍历, 因为下标为 0 的都初始化过了
    for (int i = 1; i < weight.size(); i++) {
        for (int j = 1; j <= bagweight; j++) {
            if (j < weight[i]) { // 不选i
                dp[i][j] = dp[i - 1][j];
            } else { // 选i
                dp[i][j] = max(dp[i - 1][j], dp[i - 1][j - weight[i]] +
value[i]);
            }
        }
    }

    // 一维数组-模板
    vector<int> dp(bagweight + 1, 0);
    for (int i = 0; i < weight.size(); i++) {
        // 背包重量的【遍历必须在里边】。如果放在外边, 那么背包只放了一个物品; 放在里边, 相当
于考虑了 0...i 这些物品
        // 一维dp数组, 用【倒序】, 保证了物品不会重复放, 而且本质还是对二维数组的遍历, 右下角
的值依赖上一层左上角的值
        // j >= nums[i] 防止下标溢出
        for (int j = bagweight; j >= weight[i]; j--) {
            dp[j] = max(dp[j], dp[j - weight[i]] + value[i]);
        }
    }

    cout << dp[weight.size() - 1][bagweight] << endl;
}

int main() {
    bag_01();
}

```

## 分割等和子集 #416

```

class Solution {
public:
    bool canPartition(vector<int>& nums) {

        // 每个元素最大是100, 数组长度最大是200, 所以一般和最大为10000
        int sum = 0;
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            sum += nums[i];
        }
        if (sum % 2 == 1) return false;
        int target = sum / 2;
        vector<int> dp(target, 0);

        // dp[j]代表背包重量为 j 时, 可以得到的最大的value值, 这里即最大的子集的和
        // 背包重量 j 最大为 target, dp[j]最大值时是 j, j取最大时也就是 target
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            // 背包重量的【遍历必须在里边】。如果放在外边, 那么背包只放了一个物品; 放在里边,
相当于考虑了 0...i 这些物品
            // 一维dp数组, 用【倒序】, 保证了物品不会重复放, 而且本质还是对二维数组的遍历, 右
下角的值依赖上一层左上角的值

```

```

        // j >= nums[i] 防止下标溢出
        for (int j = target; j >= nums[i]; j--) {
            dp[j] = max(dp[j], dp[j - nums[i]] + nums[i]);
        }
    }

    if (dp[target] == target) return true;
    return false;
}
};

```

## 最后一块石头的重量II #1049

```

class Solution {
public:
    int lastStoneweightII(vector<int>& stones) {
        int sum = 0;
        for (int i = 0; i < stones.size(); i++) {
            sum += stones[i];
        }
        int target = sum / 2;
        vector<int> dp(target + 1, 0);

        for (int i = 0; i < stones.size(); i++) {
            for (int j = target; j >= stones[i]; j--) {
                dp[j] = max(dp[j], dp[j - stones[i]] + stones[i]);
            }
        }

        return sum - dp[target] * 2;
    }
};

```

## 目标和 #494

```

class Solution {
public:
    int findTargetSumWays(vector<int>& nums, int target) {
        int sum = 0;
        for (int num : nums) sum += num;
        if (abs(target) > sum) return 0;           // S有可能是负数
        if ((target + sum) % 2 == 1) return 0;
        int bagSize = (target + sum) / 2;

        // 初始化
        // dp[0]=1, 不能为0, 因为后边的累加都要依赖于dp[0], 可以解释为装满容量为0的背包有1种
        // 方法, 也就是装0件物品
        // 其他的要初始化为0, 否则会对累加的结果有影响
        vector<int> dp(bagSize + 1, 0);
        dp[0] = 1;
        for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            // 求装满背包有几种方法的情况下, 递推公式一般为 dp[j] = dp[j - nums[i]]
            for (int j = bagSize; j >= nums[i]; j--) {
                dp[j] += dp[j - nums[i]];
            }
        }
    }
};

```

```

        return dp[bagSize];
    }
};

```

## 一和零 #474

```

class Solution {
public:
    int findMaxForm(vector<string>& strs, int m, int n) {
        vector<vector<int>> dp(m + 1, vector<int>(n + 1, 0));

        // dp[i][j]中的 i 不是二维dp中的物品序号，这里也是重量，只不过这个是重量为两维的一维
        // dp背包问题
        // 对于strs的遍历相当于是对物品的遍历
        for (string str : strs) {
            int zero_num = 0, one_num = 0;
            for (char ch : str) {
                if (ch == '0') {
                    zero_num++;
                } else {
                    one_num++;
                }
            }
            // 这里两层循环都是对重量的遍历，只不过这个是重量为两维的一维dp背包问题
            // 本质还是采用的一维dp，所以都采用倒序，前边初始化为0就行，嵌套顺序在里边在外边
            // 无所谓
            for (int i = m; i >= zero_num; i--) {
                for (int j = n; j >= one_num; j--) {
                    dp[i][j] = max(dp[i][j], dp[i - zero_num][j - one_num] + 1);
                }
            }
        }
        return dp[m][n];
    }
};

```

## 完全背包模板

```

// 0-1背包
for(int i = 0; i < weight.size(); i++) { // 遍历物品
    for(int j = bagweight; j >= weight[i]; j--) { // 遍历背包容量，倒序
        dp[j] = max(dp[j], dp[j - weight[i]] + value[i]);
    }
}

// 完全背包
// 0-1背包内嵌循环是从大到小倒序遍历，是因为要保证每个物品仅被添加一次
// 完全背包的物品可以重复添加，所以从小到大正序遍历
// 两个for循环的顺序都可以，但是问装满背包有几种方式的时候，for循环的顺序就有区别了，要根据实际题目而变
for(int i = 0; i < weight.size(); i++) { // 遍历物品
    for(int j = weight[i]; j <= bagweight; j++) { // 遍历背包容量，正序
        dp[j] = max(dp[j], dp[j - weight[i]] + value[i]);
    }
}

```

## 零钱兑换II #518

```
class Solution {
public:
    int change(int amount, vector<int>& coins) {
        // if (amount == 0) return 0; // 这一行不要加
        vector<int> dp(amount + 1, 0);

        // 注意此题目是要求装成背包重量的组合数
        // 1. 求总和的时候, 推导公式一般为 dp[j] += dp[j - coins[i]]
        // 2. 求总和的时候, dp[0]=1是必须的, 否则后边没法累加, 但是非0下标的必须为0, 防止多加
        // 3. 不仅求总和, 而且是组合数, 也就是{1,5}和{5,1}是一种情况, 此时必须先遍历物品, 先把1放进去计算, 后把5放进去

        dp[0] = 1;
        for (int i = 0; i < coins.size(); i++) {
            for (int j = coins[i]; j <= amount; j++) {
                dp[j] += dp[j - coins[i]];
            }
        }

        return dp[amount];
    }
};
```

## 组合总和(排列) #377

```
class Solution {
public:
    int combinationSum4(vector<int>& nums, int target) {
        vector<int> dp(target + 1, 0);

        // 1. 一定要初始化dp[0]
        // 2. 组合: 背包遍历在内
        //    排列: 背包遍历在外
        // 3. 完全背包: 内循环从小到大遍历
        dp[0] = 1;
        for (int j = 0; j <= target; j++) {
            // for (int i = 0; nums[i] <= j; i++) { 这样判断不行
            for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
                if (nums[i] <= j && dp[j] < INT_MAX - dp[j - nums[i]]) { // c++用例, 有两个数相加会溢出, 需要判断一下
                    dp[j] += dp[j - nums[i]];
                }
            }
        }

        return dp[target];
    }
};
```

## 爬楼梯 #70

```
class Solution {
public:
    int climbStairs(int n) {
        vector<int> dp(n + 1, 0);

        dp[0] = 1;
        // 相当于组合总和那个题，数组只有两个数 {1, 2}，然后总和为 n
        // 把内循环改为 i<=m 就是相当于可以爬 1.2.3....m 阶台阶的答案
        for (int j = 0; j <= n; j++) {
            for (int i = 1; i <= 2; i++) {
                if (i <= j) {
                    dp[j] += dp[j - i];
                }
            }
        }

        return dp[n];
    }
};
```

## 零钱兑换 #322

```
class Solution {
public:
    int coinChange(vector<int>& coins, int amount) {
        vector<int> dp(amount + 1, INT_MAX);

        // dp[0]的初始化一定要好好想清楚，要模拟一下数组，这里是0否则后边比较的时候总是赋值为
        INT_MAX
        // 非零下标的初始化一般初始化值是一样的，因为这个题要比较最小值，所以非零下标初始化为
        INT_MAX
        dp[0] = 0;
        for (int i = 0; i < coins.size(); i++) {
            for (int j = coins[i]; j <= amount; j++) {
                if (dp[j - coins[i]] < INT_MAX) { // 要加一个判断，否则如果dp[j-
                    coins[i]]==INT_MAX, 后边再加1就溢出了
                    dp[j] = min(dp[j], dp[j - coins[i]] + 1); // 别忘了+1
                }
            }
        }

        return dp[amount] == INT_MAX ? -1 : dp[amount];
    }
};
```

## 完全平方数 #279

```
class Solution {
public:
    int numSquares(int n) {
        vector<int> dp(n + 1, INT_MAX);

        dp[0] = 0;
```

```

int m = sqrt(n);
for (int i = 1; i <= m; i++) {
    for (int j = i * i; j <= n; j++) {
        if (dp[j - i * i] < INT_MAX) {
            dp[j] = min(dp[j], dp[j - i * i] + 1);
        }
    }
}

return dp[n];
}
};

```

## 单词拆分 #139

```

class Solution {
public:
    bool wordBreak(string s, vector<string>& wordDict) {
        unordered_set wordSet(wordDict.begin(), wordDict.end());
        vector<int> dp(s.size() + 1, 0);

        // 1. 背包是字符串s，字典里的每一个字符串是物品
        // 2. 这个题特殊就特殊在dp[i]的含义上，dp[i]代表长度为i的子串，能不能由字典里的单词
        //    拼接成的结果，i 是长度！！
        // 3. dp[i]对应子串的下标是 [0,...i-1]，s.substr(j, i-j)对应下标 [j,...,i-1]
        // 4. dp[0]一定是true，否则永远进不到if那一句里，非零下标的初始化为false
        dp[0] = true;
        for (int i = 1; i <= s.size(); i++) {
            for (int j = 0; j < i; j++) {
                string substr = s.substr(j, i - j); // substr(截取开始下标，截取长
                // 度)

                if (wordSet.find(substr) != wordSet.end() && dp[j] == true) {
                    dp[i] = true;
                }
            }
        }

        return dp[s.size()];
    }
};

```

## 多重背包模板

```

void test_multi_pack() {
    vector<int> weight = {1, 3, 4};
    vector<int> value = {15, 20, 30};
    vector<int> nums = {2, 3, 2};
    int bagWeight = 10;
    vector<int> dp(bagWeight + 1, 0);

    for(int i = 0; i < weight.size(); i++) { // 遍历物品
        for(int j = bagWeight; j >= weight[i]; j--) { // 遍历背包容量
            // 以上为01背包，然后加一个遍历个数
            for (int k = 1; k <= nums[i] && (j - k * weight[i]) >= 0; k++) { //
                // 遍历个数
            }
        }
    }
}

```



```

        dp[j] = max(dp[j], dp[j - k * weight[i]] + k * value[i]);
    }
}
// 打印一下dp数组
for (int j = 0; j <= bagweight; j++) {
    cout << dp[j] << " ";
}
cout << endl;
}
cout << dp[bagweight] << endl;
}
int main() {
    test_multi_pack();
}

```

## 打家劫舍 #198

```

class Solution {
public:
    int rob(vector<int>& nums) {
        if (nums.size() == 0) return 0;
        if (nums.size() == 1) return nums[0];

        vector<int> dp(nums.size(), 0);
        dp[0] = nums[0];
        dp[1] = max(nums[0], nums[1]);
        // 1. dp[i]代表下标 [0,...i] 数组的偷窃最高金额
        // 2. i 偷的话, dp[i] = dp[i-2] + nums[i], 完全不考虑 i-1 的情况
        // 3. i 不偷的话, dp[i] = dp[i - 1], 考虑 i-1 的情况, 但是并不意味着 i-1 是要偷
        // 的

        for (int i = 2; i < nums.size(); i++) {
            dp[i] = max(dp[i - 1], dp[i - 2] + nums[i]);
        }

        return dp[nums.size() - 1];
    }
};

```

## 打家劫舍II #213

```

class Solution {
public:
    int rob(vector<int>& nums) {
        if (nums.size() == 0) return 0;
        if (nums.size() == 1) return nums[0];

        // 有三种情况: 不考虑首尾元素, 不考虑首元素, 不考虑尾元素。
        // 第二三种情况包含了第一种, 所以考虑后两种即可。注意考虑, 不等于就一定要选那个元素。
        int left = rob_range(nums, 0, nums.size() - 2);
        int right = rob_range(nums, 1, nums.size() - 1);
        return max(left, right);
    }
    int rob_range(vector<int>& nums, int begin, int end) {
        // [begin, end]
        if (end == begin) return nums[begin];
    }
};

```

```

// 1. 一定注意，所有标了 begin、end 下标的题目，都要切记不要从下标为 0, 1 开始赋值
了

// 2. dp 的长度还是声明为 nums.size() 个，但是只用 [begin,end] 这一部分，方便后
边赋值

vector<int> dp(nums.size(), 0); // dp[i] : 0,...,i => 实际只考虑
[begin,...,end] 范围内的数
dp[begin] = nums[begin];
dp[begin + 1] = max(nums[begin], nums[begin + 1]);

for (int i = begin + 2; i <= end; i++) {
    dp[i] = max(dp[i - 1], dp[i - 2] + nums[i]);
}

return dp[end];
}
};

```

## 打家劫舍III #337

```

/**
 * Definition for a binary tree node.
 * struct TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode *left;
 *     TreeNode *right;
 *     TreeNode() : val(0), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x) : val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x, TreeNode *left, TreeNode *right) : val(x), left(left),
right(right) {}
 * };
 */
class Solution {
public:
    int rob(TreeNode* root) {
        vector<int> res = rob_tree(root);
        return max(res[0], res[1]);
    }
    vector<int> rob_tree(TreeNode* root) {
        if (root == nullptr) return {0, 0};

        // 1. 某个节点偷不偷是两个状态，不太好用一个数表示，所以用两个数表示
        // 2. 树形dp的典型题，确定遍历顺序是最关键的
        //    偷不偷当前节点的最后结果值依赖于子节点的结果，所以采用后序遍历
        vector<int> left = rob_tree(root->left);
        vector<int> right = rob_tree(root->right);

        // 3. res1: 不偷当前节点，那么就考虑两个子节点的各自两个状态，选最大的那个
        //    res2: 偷的话，就当前节点值加上两个子节点不偷的值
        int res1 = max(left[0], left[1]) + max(right[0], right[1]);
        int res2 = root->val + left[0] + right[0];

        return {res1, res2};
    }
};

```

## 买卖股票的最佳时机 #121

```
// 贪心
class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices) {
        int low = INT_MAX;
        int res = 0;
        // 每次记录左边最小的值，并且每次都计算最大的间距
        // 因为不一定是减去最小的值才是最大的间距
        for (int i = 0; i < prices.size(); i++) {
            low = min(low, prices[i]);
            res = max(res, prices[i] - low);
        }
        return res;
    }
};

// 动规
class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices) {
        // dp[i]代表下标为 i 的这个股票是否持有的情况下的现金数量，这题难在怎么定义dp
        // 用两个状态去表示，dp[i][0] 代表不持有第i支股票的现金数，dp[i][1]代表持有的现金
        vector<vector<int>> dp(prices.size(), vector<int>(2, 0));
        dp[0][0] = 0;
        dp[0][1] = -prices[0];
        for (int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            // 1. 不持有的话，由两个状态推出，dp[i-1]不持有那么继续保持，dp[i-1]持有的话那么就相当于以prices[i]的价格卖出去
            // 2. 持有的话，有两个状态推出，dp[i-1]持有的话继续保持，dp[i-1]不持有的话相当于以prices[i]的价格买入，现金为-prices[i]
            dp[i][0] = max(dp[i - 1][0], prices[i] + dp[i - 1][1]); // 因为买入的时候取的是负数 -prices[i]，所以这里是加号
            dp[i][1] = max(dp[i - 1][1], -prices[i]);
        }

        return dp[prices.size() - 1][0];
    }
};
```

## 买卖股票的最佳时机II #122

```
class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices) {
        vector<vector<int>> dp(prices.size(), vector<int>(2, 0));
        dp[0][0] = 0;
        dp[0][1] = -prices[0];

        for (int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            dp[i][0] = max(dp[i - 1][0], prices[i] + dp[i - 1][1]);
            // 这里是跟121那个题唯一不同的地方，121题因为只会买入一次，但是这个题可以买入多次
            // 买的时候之前可能已经产生了利润，所以 -prices[i] 要加上 dp[i-1][1]
            dp[i][1] = max(dp[i - 1][1], -prices[i] + dp[i - 1][0]);
        }
    }
};
```

```

        return dp[prices.size() - 1][0];
    }
};

```

## 买卖股票的最佳时机III #123

```

class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices) {
        // 一共五个状态：
        // 0. 没有操作 1. 第一次买入的持有 2. 第一次卖出的非持有
        // 3. 第二次买入的持有 4. 第二次卖出的非持有
        // dp[i][j] 表示第 i 天, j 为[0-4] 五个状态, dp[i][j]表示第i天状态j时的最大现金数
        vector<vector<int>> dp(prices.size(), vector<int>(5, 0));
        dp[0][0] = 0;
        dp[0][1] = -prices[0];
        dp[0][2] = 0;
        dp[0][3] = -prices[0];
        dp[0][4] = 0;
        for (int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            dp[i][0] = dp[i - 1][0];
            dp[i][1] = max(dp[i - 1][1], -prices[i] + dp[i - 1][0]);
            dp[i][2] = max(dp[i - 1][2], prices[i] + dp[i - 1][1]);
            dp[i][3] = max(dp[i - 1][3], -prices[i] + dp[i - 1][2]);
            dp[i][4] = max(dp[i - 1][4], prices[i] + dp[i - 1][3]);
        }

        return dp[prices.size() - 1][4];
    }
};

```

## 买卖股票的最佳时机IV #188

```

class Solution {
public:
    int maxProfit(int k, vector<int>& prices) {
        if (prices.size() == 0) return 0;
        vector<vector<int>> dp(prices.size(), vector<int>(1 + 2 * k, 0));
        for (int i = 1; i <= k; i++) {
            dp[0][2 * i - 1] = -prices[0];
            dp[0][2 * i] = 0;
        }

        for (int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            for (int j = 1; j <= k; j++) {
                dp[i][2 * j - 1] = max(dp[i - 1][2 * j - 1], -prices[i] + dp[i - 1][2 * j - 2]);
                dp[i][2 * j] = max(dp[i - 1][2 * j], prices[i] + dp[i - 1][2 * j - 1]);
            }
        }

        return dp[prices.size() - 1][2 * k];
    }
};

```

## 最佳买卖股票时机含冷冻期 # 309

```
class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices) {
        // 四个状态:
        // 0. 持有股票, 可以是今天刚买的, 也可以是之前买的一直没卖
        // 1. 不持有股票, 今天卖的
        // 2. 不持有股票, 而且是之前卖的, 并且过了冷冻期, 也就是说最晚是前天卖的
        // 3. 不持有股票, 今天是冷冻期, 也就是说是昨天卖的
        vector<vector<int>> dp(prices.size(), vector<int>(4, 0));
        dp[0][0] = -prices[0];

        for (int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            dp[i][0] = max(dp[i - 1][0], max(-prices[i] + dp[i - 1][2], -
prices[i] + dp[i - 1][3]));
            dp[i][1] = prices[i] + dp[i - 1][0];
            dp[i][2] = max(dp[i - 1][2], dp[i - 1][3]);
            dp[i][3] = dp[i - 1][1];
        }

        return max(dp[prices.size() - 1][1], max(dp[prices.size() - 1][2],
dp[prices.size() - 1][3]));
    }
};
```

## 买卖股票的最佳时机含手续费 #714

```
class Solution {
public:
    int maxProfit(vector<int>& prices, int fee) {
        vector<vector<int>> dp(prices.size(), vector<int>(2, 0));
        dp[0][1] = -prices[0];

        for (int i = 1; i < prices.size(); i++) {
            dp[i][0] = max(dp[i - 1][0], prices[i] - fee + dp[i - 1][1]);
            dp[i][1] = max(dp[i - 1][1], -prices[i] + dp[i - 1][0]);
        }

        return dp[prices.size() - 1][0];
    }
};
```

## 最长递增子序列 #300

```
class Solution {
public:
    int lengthOfLIS(vector<int>& nums) {
        // 非连续
        // 1. dp的含义如何定义很难, 定义的原则就是方便推导出转移方程, 如果不好推倒那么要想是不
是换一种定义
        // 2. 此题目, 定义 dp[i] 是 从下标 0 到以 nums[i] 这个元素为结尾的子序列的最长严格
递增子序列的长度
```

```

// 3. 注意一定是以 nums[i] 为结尾，这样就容易推导出转移方程了，要在 [0,...,i-1] 这个范围进行遍历
// 4. 每一个元素至少本身是严格递增子序列，所以初始化为 1
vector<int> dp(nums.size(), 1);
int res = 1;
// 这个两层循环，也非常重要
for (int i = 1; i < nums.size(); i++) {
    for (int j = 0; j < i; j++) {
        if (nums[i] > nums[j]) {
            dp[i] = max(dp[i], dp[j] + 1);
        }
        // 不大于的时候，直接跳过了，相当于只看了比nums[i]小的，所以要对中间结果进行比较
    }
    // 虽然这个题不是求连续的，但是也要在中间进行比较
    // 因为dp[i]的定义是以nums[i]为结尾，这样的定义中间都要进行比较
    // 有疑问的时候，画图模拟一遍就明白了
    if (dp[i] > res) res = dp[i];
}

return res;
}
};

```

## 最长连续递增序列 #674

```

class Solution {
public:
    int findLengthOfLCIS(vector<int>& nums) {
        // 连续
        vector<int> dp(nums.size(), 1);
        int res = 1;

        for (int i = 1; i < nums.size(); i++) {
            if (nums[i] > nums[i - 1]) {
                dp[i] = dp[i - 1] + 1;
            } else {
                dp[i] = 1; // continue
            }
            if (dp[i] > res) res = dp[i];
        }

        return res;
    }
};

```

## 最长重复子数组 #718

```

class Solution {
public:
    int findLength(vector<int>& nums1, vector<int>& nums2) {
        // 连续
        // 1. dp[i][j] 代表以 nums1[i-1] 和 nums2[j-1] 为结尾的两个数组中最长的公共子数组的长度，子数组注意是连续的
        // 2. 推导公式：如果 nums1[i-1] == nums2[j-1]，那么 dp[i][j] = dp[i-1][j-1] + 1
    }
};

```

```

// 3. 根据数组定义和推导公式，初始化 dp[0][j] 和 dp[i][0] 都是 0
vector<vector<int>> dp(nums1.size() + 1, vector<int>(nums2.size() + 1,
0));

int res = 0;
// 要两层循环，非常关键
for (int i = 1; i <= nums1.size(); i++) {
    for (int j = 1; j <= nums2.size(); j++) {
        if (nums1[i - 1] == nums2[j - 1]) {
            dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1] + 1;
        }
        if (dp[i][j] > res) res = dp[i][j];
    }
}

return res;
}
};

```

## 最长公共子序列 #1143

```

class Solution {
public:
    int longestCommonSubsequence(string text1, string text2) {
        // 非连续
        vector<vector<int>> dp(text1.size() + 1, vector<int>(text2.size() + 1,
0));

        // 1. dp[i][j] 代表 text1[0,...,i-1] 和 text2[0,...,j-1] 两个字符串最长子序列
        的长度
        // 2. 两种情况: text1[i-1] == != text[j-1]
        for (int i = 1; i <= text1.size(); i++) {
            for (int j = 1; j <= text2.size(); j++) {
                if (text1[i - 1] == text2[j - 1]) {
                    dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1] + 1;
                } else {
                    dp[i][j] = max(dp[i - 1][j], dp[i][j - 1]);
                }
            }
        }

        return dp[text1.size()][text2.size()];
    }
};

```

## 不相交的线 #1035

```

class Solution {
public:
    int maxUncrossedLines(vector<int>& nums1, vector<int>& nums2) {
        // 就是求最长公共子序列
        vector<vector<int>> dp(nums1.size() + 1, vector<int>(nums2.size() + 1,
0));

        for (int i = 1; i <= nums1.size(); i++) {
            for (int j = 1; j <= nums2.size(); j++) {

```

```

        if (nums1[i - 1] == nums2[j - 1]) {
            dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1] + 1;
        } else {
            dp[i][j] = max(dp[i - 1][j], dp[i][j - 1]);
        }
    }
}

return dp[nums1.size()][nums2.size()];
}
};

```

## 最大子数组和 #53

```

// 贪心
class Solution {
public:
    int maxSubArray(vector<int>& nums) {
        if(nums.size() == 1) return nums[0];
        int sum = 0;
        int res = INT_MIN;
        for(int i = 0; i < nums.size(); i++) {
            sum += nums[i];
            if(sum > res) {
                res = sum;
            }
            if(sum < 0) sum = 0;
        }

        return res;
    }
};

// 动规
class Solution {
public:
    int maxSubArray(vector<int>& nums) {
        // 连续
        vector<int> dp(nums.size(), 0);
        dp[0] = nums[0];

        // 1. dp[i] 代表以 nums[i] 为结尾的最大的连续子数组的和，需要连续的话都是这样定义
        // 2. 连续的时候，必须要在过程中进行比较最后的结果
        int res = nums[0];
        for (int i = 1; i < nums.size(); i++) {
            dp[i] = max(dp[i - 1] + nums[i], nums[i]);
            if (dp[i] > res) res = dp[i];
        }

        return res;
    }
};

```



## 判断子序列 #392

```
// 双指针
class Solution {
public:
    bool isSubsequence(string s, string t) {
        int i = 0, j = 0;
        for (int j = 0; j < t.size(); j++) {
            if (s[i] == t[j]) {
                i++;
            }
        }
        if (i == s.size()) return true;
        return false;
    }
};

// 动规
class Solution {
public:
    bool isSubsequence(string s, string t) {
        // 非连续
        vector<vector<int>> dp(s.size() + 1, vector<int>(t.size() + 1, 0));

        for (int i = 1; i <= s.size(); i++) {
            for (int j = 1; j <= t.size(); j++) {
                if (s[i - 1] == t[j - 1]) {
                    dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1] + 1;
                } else { // 对 t 进行删除操作, 继续匹配
                    dp[i][j] = dp[i][j - 1];
                }
            }
        }
        if (dp[s.size()][t.size()] == s.size()) return true;
        return false;
    }
};
```

## 不同的子序列 #115

```
class Solution {
public:
    int numDistinct(string s, string t) {
        // 非连续
        // int, long, long long 都会溢出, 要用 unsigned long long
        vector<vector<unsigned long long>> dp(s.size() + 1, vector<unsigned long long>(t.size() + 1, 0));
        dp[0][0] = 1;
        for (int i = 1; i <= s.size(); i++) dp[i][0] = 1; // t为空串, 在s中出现一次

        for (int i = 1; i <= s.size(); i++) {
            for (int j = 1; j <= t.size(); j++) {
                // 当s[i-1]==t[j-1]时, s不一定要选择s[i-1]去匹配, 还可以选择之前的去匹配
                // 不相等的时候, 就只有一种情况了
                if (s[i - 1] == t[j - 1]) {
                    dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1] + dp[i - 1][j];
                } else {
```

```

        dp[i][j] = dp[i - 1][j];
    }
}

return dp[s.size()][t.size()];
}
};

```

## 两个字符串的删除操作 # 49

```

class Solution {
public:
    int minDistance(string word1, string word2) {
        vector<vector<int>> dp(word1.size() + 1, vector<int>(word2.size() + 1, 0));

        for (int i = 1; i <= word1.size(); i++) dp[i][0] = i;
        for (int j = 1; j <= word2.size(); j++) dp[0][j] = j;

        for (int i = 1; i <= word1.size(); i++) {
            for (int j = 1; j <= word2.size(); j++) {
                if (word1[i - 1] == word2[j - 1]) {
                    dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1];
                } else { // 不相等就删除, 3种情况: 各自删除、word1删除、word2删除。
                    dp[i][j] = min({dp[i - 1][j - 1] + 2, dp[i - 1][j] + 1, dp[i][j - 1] + 1});
                }
            }
        }

        return dp[word1.size()][word2.size()];
    }
};

```

## 编辑距离 #72

```

class Solution {
public:
    int minDistance(string word1, string word2) {
        vector<vector<int>> dp(word1.size() + 1, vector<int>(word2.size() + 1, 0));

        // 1. dp[i][j] 定义为以 word1[i-1] 和 word2[j-1] 为结尾的最少操作数, 跟连续子序列的定义类似
        // 2. word1[i-1] == word2[j-1] 直接 dp[i][j] = dp[i-1][j-1]
        // 3. word1[i-1] != word2[j-1] 分为三种操作: 删, 增, 换。
        //    其中增和删的操作达到的效果是相同的, 即只考虑 删 和 换 两种操作。
        // 4. 删: 1) word1删除结尾元素 2) word2删除结尾元素
        //    换: word1[i-1]替换为word2[j-1]
        // 5. 注意初始化不为0了, dp[0][j] = j, dp[i][0] = i 即删除 i 个操作

        for (int i = 1; i <= word1.size(); i++) dp[i][0] = i;
        for (int j = 1; j <= word2.size(); j++) dp[0][j] = j;

        for (int i = 1; i <= word1.size(); i++) {

```

```

        for (int j = 1; j <= word2.size(); j++) {
            if (word1[i - 1] == word2[j - 1]) {
                dp[i][j] = dp[i - 1][j - 1];
            } else {
                dp[i][j] = min({dp[i - 1][j], dp[i][j - 1], dp[i - 1][j -
1]}) + 1;
            }
        }
    }

    return dp[word1.size()][word2.size()];
}
};

```

## 回文子串 #647

```

class Solution {
public:
    int countSubstrings(string s) {
        vector<vector<bool>> dp(s.size(), vector<bool>(s.size(), false));
        int cnt = 0;
        // 1. dp[i][j] 代表 [i,j] 闭区间的字串是否为回文子串, bool类型
        // 2. s[i]!=s[j] 肯定是false
        // 3. s[i]==s[j] 三种情况:
        //    1) i=j 单个字母, 肯定是回文子串
        //    2) j-i=1 两个相邻的字母相同, 是回文子串
        //    3) j-i > 1 要看 dp[i+1][j-1]
        //    情况三决定了遍历顺序, 要从下到上, 从左到右
        //    即只考虑对角线元素以及对角线以上的元素, 且对角线元素肯定都是true
        for (int i = s.size() - 1; i >= 0; i--) {
            for (int j = i; j < s.size(); j++) {
                if (s[i] == s[j]) {
                    if (j - i <= 1) {
                        dp[i][j] = true;
                        cnt++;
                    } else if (dp[i + 1][j - 1]) {
                        dp[i][j] = true;
                        cnt++;
                    }
                }
            }
        }

        return cnt;
    }
};

```

## 最长回文子序列 #516

```

class Solution {
public:
    int longestPalindromeSubseq(string s) {
        vector<vector<int>> dp(s.size(), vector<int>(s.size(), 0));
        // 1. dp[i][j] 代表 [i,j] 闭区间内的最长的回文子序列长度
        // 2. 子序列是非连续的, 所以区间长度越大肯定越长, 可以直接定义为长度
        //    字串是连续的, 区间长度越大不一定越长, 所以要单独计算cnt
    }
};

```

```

// 3. 根据推导公式，要初始化，对角线元素都是1，对角线以下是0
for (int i = 0; i < s.size(); i++) dp[i][i] = 1;
for (int i = s.size() - 1; i >= 0; i--) {
    for (int j = i + 1; j < s.size(); j++) {
        if (s[i] == s[j]) {
            // // 单个字母和两个相邻的字母的时候可以直接赋值
            // // 而且这两种情况无法用 dp[i+1][j-1]，这个元素是空的，在对角线以下
            // if (j - i <= 1) {
            //     dp[i][j] = j - i + 1;
            // } else {
            //     dp[i][j] = dp[i + 1][j - 1] + 2;
            // }
            dp[i][j] = dp[i + 1][j - 1] + 2;
        } else {
            dp[i][j] = max(dp[i][j - 1], dp[i + 1][j]);
        }
    }
}

return dp[0][s.size() - 1];
}
};

```

## ☆ 其他

### 螺旋矩阵 #59

## ☆ 单调栈

## ☆ Error

1. `vector.size()` 返回的是无符号数，`vector.size()-1` 会是一个很大的数，用的时候 `int n = vector.size()-1` 就可以了。

## ☆ C++

### STL

```

// vector
vector<int> vec;
vector<int> vec(n, val);
vector<int> vec(set.begin(), set.end()); // unordered_set<int> set;

vec.size();
vec.push_back(elem);
vec.pop_back();
vec.back();
vec.resize(n);
vec.empty();

vec.insert(pos, elem);
vec.erase(pos);
vec.erase(begin, end); // delete [begin, end);

```

```

// #include <algorithm>
reverse(vec.begin(), vec.end());
sort(vec.begin(), vec.end());
bool cmp(const int &a, const int &b) {
    return a > b;
}
sort(vec.begin(), vec.end(), cmp);

return {};
return {1, 2, 3};

// set
set<int> set;

set.find(key); // set.find(key) != set.end();
set.count();
set.insert(val);

// map
map<int, string> map;

map.find(key);
map.count(key);
map.insert(pair<int, string>(1, "abc"));
map[1] = "abc";

auto iter_1 = map.find(val);
for (auto iter = umap.begin(); iter != umap.end(); iter++)
    iter->first;
    iter->second;

// stack
stack<int> st;
st.push(x);
st.pop(); // void
st.top();
st.empty();

// queue
queue<int> qu;
que.push(x);
que.pop();
que.front();
que.back();

// priority_queue 优先队列 (堆, 默认是大顶堆)
priority_queue<Type, Container, Functional> // container 容器一般为 vector

struct cmp {
    bool operator()(pair<int, int>& p1, pair<int, int>& p2) {
        return p1.second > p2.second; // 小顶堆, 与 vector 排序顺序相反
    }
};
priority_queue<pair<int, int>, vector<pair<int, int>>, cmp> pri_que;

```

```
p_que.push(x);
p_que.pop();
p_que.top(); // 堆顶元素
```

```
// deque 双端队列
deque.push_back();
deque.pop_back();
deque.push_front();
deque.pop_front();
deque.front();
deque.back();
```

## ☆ 面试题

### 字符串转为整数

将一个字符串转换成一个整数，要求不能使用字符串转换整数的库函数。数值为0或者字符串不是一个合法的数值则返回0。

注意：（1）字符串中可能出现任意符号，出现除 +/- 以外符号时直接输出0。（2）字符串中可能出现 +/- 且仅可能出现在字符串首位。

```
class Solution {
public:
    bool isValid(char ch) {
        if(!(ch >= '0' && ch <= '9')) return false;
        return true;
    }
    int StrToInt(string str) {
        int n = str.size();
        int sum = 0, cnt = 1;
        int flag = 1;

        for(int i = n - 1; i >= 0; i--) {
            char ch = str[i];
            if(ch == '+') continue;
            else if(ch == '-') {
                flag = -1;
                continue;
            }
            else if(!isValid(str[i])) return 0;
            sum += (str[i] - '0') * cnt;
            cnt *= 10;
        }
        return flag * sum;
    }
};
```

### 两数之和

输入一个递增排序的数组array和一个数字S，在数组中查找两个数，使得他们的和正好是S，如果有多对数字的和等于S，返回任意一组即可，如果无法找出这样的数字，返回一个空数组即可。

```
// 1. 这种做法不对，会重复使用，比如 [1,5,11],10 的样例会返回 [5,5]
// 错在两个循环上，遍历一次就可以了
```

```

class Solution {
public:
    vector<int> FindNumbersWithSum(vector<int> array,int sum) {
        unordered_set<int> set;
        int n = array.size();
        if(n < 2) return {};

        for(int i = 0; i < n; i++) {
            set.insert(array[i]);
        }

        for(int i = 0; i < n; i++) {
            auto iter = set.find(sum - array[i]);
            if(iter != set.end()) return {array[i], sum - array[i]};
        }

        return {};
    }
};

// 2.
class Solution {
public:
    vector<int> FindNumbersWithSum(vector<int> array,int sum) {
        unordered_set<int> set;
        int n = array.size();
        if(n < 2) return {};

        for(int i = 0; i < n; i++) {
            auto iter = set.find(sum - array[i]);
            if(iter != set.end()) return {array[i], sum - array[i]};
            else set.insert(array[i]);
        }

        return {};
    }
};

```