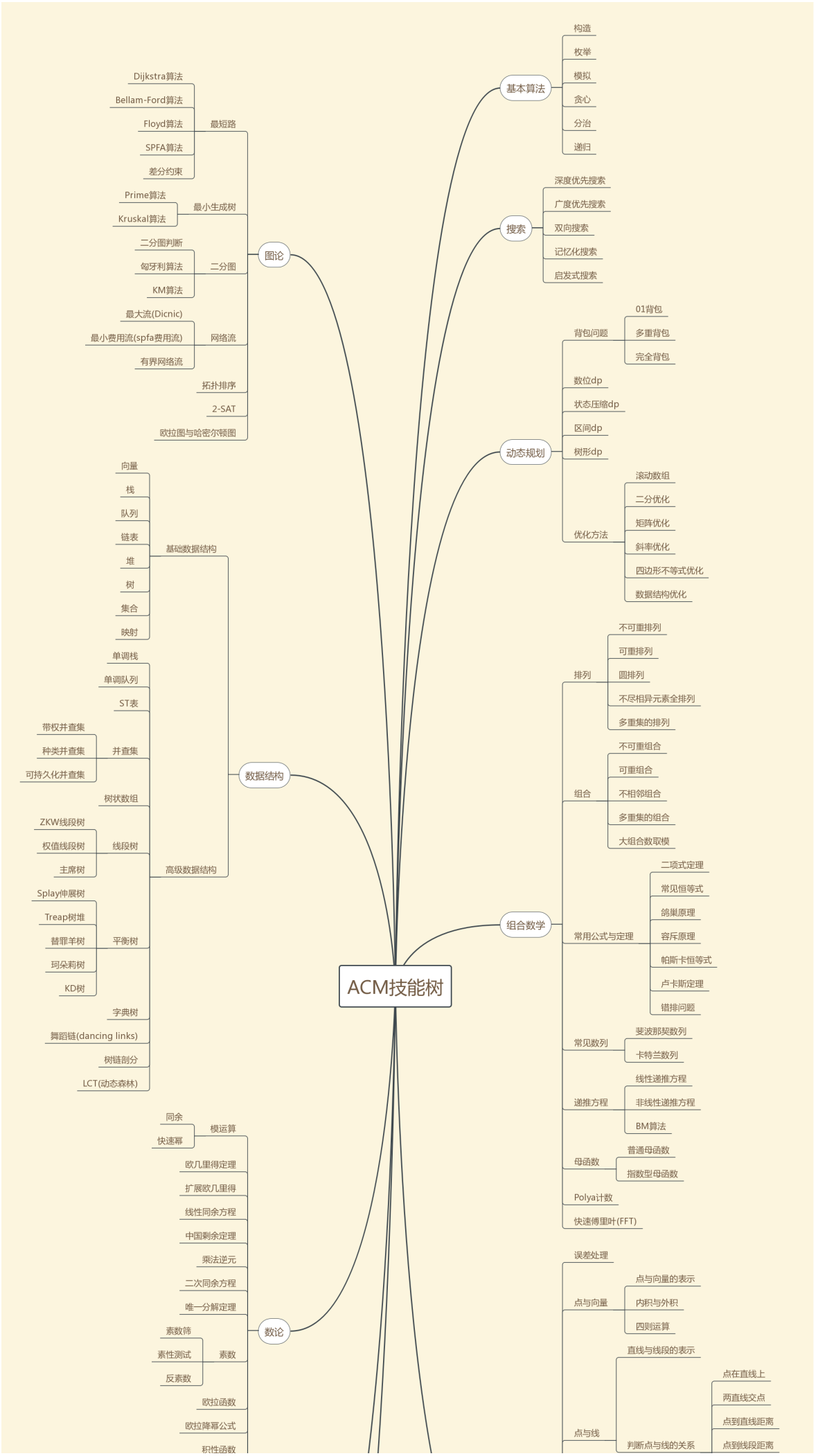
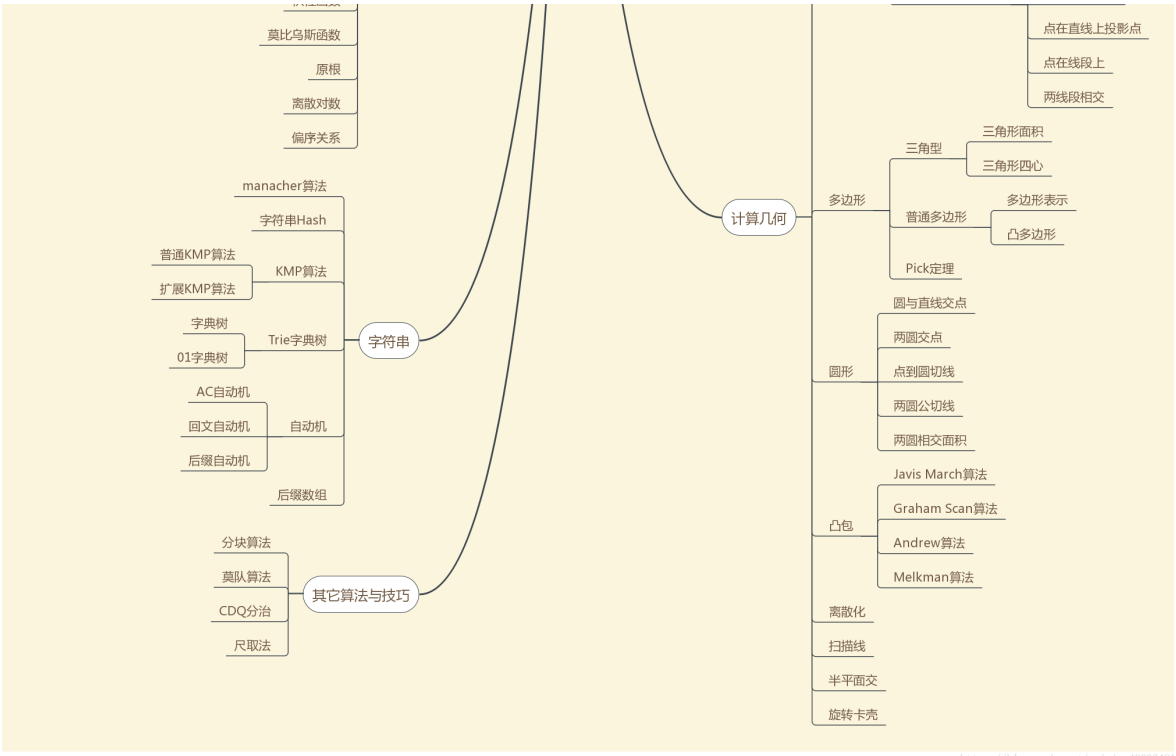
ACM模板

> Author：Sylvie233
>
> Date：2022/07/13


ACM技能树
基本算法
构造
枚举
模拟
贪心
分治
递归
搜索
深度优先搜索
广度优先搜索
双向搜索
记忆化搜索
启发式搜索
动态规划
背包问题
01背包
多重背包
完全背包
数位dp
状态压缩dp
区间dp
树形dp
优化方法
滚动数组
二分优化
矩阵优化
斜率优化
四边形不等式优化
数据结构优化
组合数学
排列
不可重排列
可重排列
圆排列
不尽相异元素全排列
多重集的排列
组合
不可重组合
可重组合
不相邻组合
多重集的组合
大组合数取模
常用公式与定理
二项式定理
常见恒等式
鸽巢原理
容斥原理
帕斯卡恒等式
卢卡斯定理
错排问题
常见数列
斐波那契数列
卡特兰数列
递推方程
线性递推方程
非线性递推方程
BM算法
母函数
普通母函数
指数型母函数
Polya计数
快速傅里叶(FFT)
图论
最短路
Dijkstra算法
Bellam-Ford算法
Floyd算法
SPFA算法
差分约束
最小生成树
Prime算法
Kruskal算法
二分图
二分图判断
匈牙利算法
KM算法
网络流
最大流(Dicnic)
最小费用流(spfa费用流)
有界网络流
拓扑排序
2-SAT
欧拉图与哈密尔顿图
数据结构
基础数据结构
向量
栈
队列
链表
堆
树
集合
映射
高级数据结构
单调栈
单调队列
ST表
并查集
带权并查集
种类并查集
可持久化并查集
树状数组
线段树
ZKW线段树
权值线段树
主席树
平衡树
Splay伸展树
Treap树堆
替罪羊树
珂朵莉树
KD树
字典树
舞蹈链(dancing links)
树链剖分
LCT(动态森林)
数论
模运算
同余
快速幂
欧几里得定理
扩展欧几里得
线性同余方程
中国剩余定理
乘法逆元
二次同余方程
唯一分解定理
素数
素数筛
素性测试
反素数
欧拉函数
欧拉降幂公式
积性函数
计算几何
误差处理
点与向量
点与向量的表示
内积与外积
四则运算
点与线
直线与线段的表示
判断点与线的关系
点在直线上
两直线交点
点到直线距离
点到线段距离



基础工具

一、图论

最短路

1.dijkstra（单源最短路）

```
/**
 * @brief dijkstra单源最短路
 *  数据范围：0~n-1
 *
 */
int n;
int cost[N][N], d[N];
bool used[N];

void dijkstra(int s) {
    std::fill(d, d + n, INF);
    std::fill(used, used + n, false);
    d[s] = 0;
    while (true) {
        int v = -1;
        for (int w = 0; w < n; w++) {
            if (!used[w] && (v == -1 || d[w] < d[v])) {
                v = w;
            }
        }
        if (v == -1) {
            break;
```

```
        }
        used[v] = true;
        for (int w = 0; w < n; w++) {
            d[w] = std::min(d[w], d[v] + cost[v][w]);
        }
    }
}
```

2.dijkstra（单源最短路，优先队列优化）

```
/**
 * @brief dijkstra单源最短路 （优先队列优化）
 *  数据范围：0~n-1
 *
 */
struct edge {
    int to, cost;
};
int n, d[N];
std::vector<edge> G[N];

void dijkstra(int s) {
    std::priority_queue<P, std::vector<P>, std::greater<P>> que;
    std::fill(d, d + n, INF);
    d[s] = 0;
    que.push(P(0, s));
    while (!que.empty()) {
        P p = que.top();
        que.pop();
        int v = p.second;
        if (d[v] < p.first) {
            continue;
        }
        for (int i = 0; i < G[v].size(); i++) {
            edge e = G[v][i];
            if (d[e.to] > d[v] + e.cost) {
                d[e.to] = d[v] + e.cost;
                que.push(P(d[e.to], e.to));
            }
        }
    }
}
```

最小生成树

1.kruskal

```
/**
 * @brief kruskal（并查集）
 *  数据范围：0~n、0~m-1
 *
 */
```

```cpp
struct edge {
    int v, w, cost;
};
edge es[N];
int n, m;
int par[N], rk[N];

void init() {
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        par[i] = i;
        rk[i] = 0;
    }
}

int find(int x) {
    if (par[x] == x) {
        return x;
    }
    return par[x] = find(par[x]);
}

void unite(int x, int y) {
    x = find(x);
    y = find(y);
    if (x == y) {
        return;
    }
    if (rk[x] < rk[y]) {
        par[x] = y;
    } else {
        par[y] = x;
        if (rk[x] == rk[y]) {
            rk[x]++;
        }
    }
}

bool same(int x, int y) {
    return find(x) == find(y);
}

int kruskal() {
    std::sort(es, es + m, [](edge a, edge b) {
        return a.cost < b.cost;
    });
    init();
    int res = 0;
    for (int i = 0; i < m; i++) {
        edge e = es[i];
        if (!same(e.v, e.w)) {
            unite(e.v, e.w);
            res += e.cost;
        }
    }
    return res;
}
```

二分图

1.二分图匹配（最大匹配数）

```cpp
/**
 * @brief 二分图匹配（最大匹配数）
 *  数据范围：1~n、1~m
 *
 */
int n, m;
bool used[N];
int match[N], G[N][N];

int find(int x) {
    for (int i = 1; i <= m; i++) {
        if (!used[i] && G[x][i]) {
            used[i] = true;
            if (!match[i] || find(match[i])) {
                match[i] = x;
                return 1;
            }
        }
    }
    return 0;
}

int solve() {
    int res = 0;
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        std::memset(used, 0, sizeof(used));
        if (find(i)) {
            res++;
        }
    }
    return res;
}
```

Tarjin（强连通分量分解、缩点）

```cpp
/**
 * @brief Tarjin（强连通分量分解、缩点）
 * 数据范围：0~m-1、0~n-1
 */
struct {
    int v, next;
} edge[N];
int cnt, head[N];
int top, flag, tot, sta[N], dfn[N], low[N], id[N];
bool used[N];

void add_edge(int u, int v) {
    edge[cnt].v = v;
```

```
    edge[cnt].next = head[u];
    head[u] = cnt++;
}

void init() {
    cnt = top = flag = tot = 0;
    std::memset(head, -1, sizeof(head));
    std::memset(dfn, 0, sizeof(dfn));
    std::memset(used, 0, sizeof(used));
}

void tarjin(int u) {
    dfn[u] = low[u] = ++flag;
    used[u] = true;
    sta[top++] = u;
    for (int i = head[u]; i != -1; i = edge[i].next) {
        int v = edge[i].v;
        if (!dfn[v]) {
            tarjin(v);
            low[u] = std::min(low[u], low[v]);
        } else if (used[v]) {
            low[u] = std::min(low[u], dfn[v]);
        }
    }
    if (dfn[u] == low[u]) {
        tot++;
        int t;
        do {
            t = sta[--top];
            used[t] = false;
            id[t] = tot;
        } while(t != u);
    }
}

void solve() {
    int n, m, u, v; // 删除
    init();
    for (int i = 0; i < m; i++) {
        add_edge(u, v);
    }
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        if (!dfn[i]) {
            tarjin(i);
        }
    }
}
```

二、数据结构

手写堆

```
```

```cpp
/**
 * @brief 小顶堆
 *  索引范围：1~n-1，n为当前剩余空位，左右索引[index*2+1, index*2]
 *  堆顶：hp[0]
 */
int hp[N], n = 0;

void push(int x) {
    int index = n++;
    while (index > 0) {
        int p = (index - 1) / 2;
        if (hp[p] <= x) {
            break;
        }
        hp[index] = hp[p];
        index = p;
    }
    hp[index] = x;
}

int pop() {
    int ret = hp[0], x = hp[--n], index = 0;
    while (index * 2 + 1 < n) {
        int left = index * 2 + 1, right = index * 2 + 2;
        if (right < n && hp[right] < hp[left]) {
            left = right;
        }
        if (hp[left] >= x) {
            break;
        }
        hp[index] = hp[left];
        index = left;
    }
    hp[index] = x;
    return ret;
}
```

单调栈（柱形图包含的长方形的最大面积）

```cpp
/**
 * @brief 单调栈（柱形图包含的长方形的最大面积）
 *  数据范围：1~n
 */
int n, h[N], l[N], r[N];

int solve() {
    std::stack<int> sta;
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        while (!sta.empty() && h[sta.top()] >= h[i]) {
            sta.pop();
        }
        l[i] = sta.empty() ? 1 : sta.top() + 1;
        sta.push(i);
    }
    std::stack<int> sta2;
```

```
    for (int i = n; i >= 1; i++) {
        while (!sta2.empty() && h[sta2.top()] >= h[i]) {
            sta2.pop();
        }
        r[i] = sta2.empty() ? n : sta2.top() - 1;
        sta2.push(i);
    }
    int res = 0;
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        res = std::max(res, (r[i] - l[i] + 1) * h[i]);
    }
    return res;
}
```

单调队列（固定长度区间最大、小值）

```
/**
 * @brief 单调队列求固定长度区间最大、小值
 *  索引范围：1~n，长度：k
 *  mx[]、mn[]的索引范围：[1,n-k+1]
 *
 */
int n, k, d[N], mn[N], mx[N];
std::deque<int> dq;

void clear(std::deque<int>& dq) {
    std::deque<int> empty;
    std::swap(empty, dq);
}

void solve() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        while (!dq.empty() && d[dq.back()] >= d[i]) {
            dq.pop_back();
        }
        dq.push_back(i);
        if (i - k + 1 > 0) {
            mn[i - k + 1] = d[dq.front()];
            if (dq.front() == i - k + 1) {
                dq.pop_front();
            }
        }
    }
    clear(dq);
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        while (!dq.empty() && d[dq.back()] <= d[i]) {
            dq.pop_back();
        }
        dq.push_back(i);
        if (i - k + 1 > 0) {
            mx[i -k + 1] = d[dq.front()];
            if (dq.front() == i - k + 1) {
                dq.pop_front();
            }
        }
```

```
    }
}
```

并查集

```
/**
 * @brief 并查集
 *  带高度优化
 *  数据范围：1~n-1
 *
 */
int n, par[N], rk[N];

void init() {
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        par[i] = i;
        rk[i] = 0;
    }
}

int find(int x) {
    if (par[x] == x) {
        return x;
    }
    return par[x] = find(par[x]);
}

void unite(int x, int y) {
    x = find(x);
    y = find(y);
    if (x == y) {
        return;
    }
    if (rk[x] < rk[y]) {
        par[x] = y;
    } else {
        par[y] = x;
        if (rk[x] == rk[y]) {
            rk[x]++;
        }
    }
}

bool same(int x, int y) {
    return find(x) == find(y);
}
```

ST表（区间最大、小值查询，不能更新）

```
/**
```

```
 * @brief ST表（区间最大、小值查询，不能更新）
 * 区间范围：1~n，2^21=2e6
 */
int n, d[N], mx[N][22], mn[N][22];

int get_max(int l, int r) {
    int k = std::log2(r - l + 1);
    return std::max(mx[l][k], mx[r - (1 << k) + 1][k]);
}

int get_min(int l, int r) {
    int k = std::log2(r - l + 1);
    return std::min(mn[l][k], mn[r - (1 << k) + 1][k]);
}

void init() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        mx[i][0] = mn[i][0] = d[i];
    }
    for (int j = 1; j <= 21; j++) {
        for (int i = 1; i + (1 << j) - 1 <= n; i++) {
            mx[i][j] = std::max(mx[i][j - 1], mx[i + (1 << (j - 1))][j - 1]);
            mn[i][j] = std::min(mn[i][j - 1], mn[i + (1 << (j - 1))][j - 1]);
        }
    }
}
```

树状数组

1.单点更新，区间求和

```
/**
 * @brief 树状数组（单点更新，区间求和）
 *  数据范围：1~n
 *
 */
int n, arr[N], bit[N];

int sum(int i) {
    int res = 0;
    while (i > 0) {
        res += bit[i];
        i -= i & -i;
    }
}

void add(int i, int v) {
    while (i <= n) {
        bit[i] += v;
        i += i & -i;
    }
}

```

```
void init() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        add(i, arr[i]);
    }
}
```

2.区间更新，单点查询

```
/**
 * @brief 树状数组（区间更新，单点查询）
 *  数据范围：1~n
 *
 */
int n, arr[N], bit[N];

int sum(int i) {
    int res = 0;
    while (i > 0) {
        res += bit[i];
        i -= i & -i;
    }
}

void add(int i, int v) {
    while (i <= n) {
        bit[i] += v;
        i += i & -i;
    }
}

void update(int l, int r, int v) {
    add(l, v);
    add(r + 1, -v);
}

void init() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        add(i, arr[i] - arr[i - 1]);
    }
}
```

3.区间更新，区间查询

```
/**
 * @brief 树状数组（区间更新，区间查询）
 *  数据范围：1~n，bit[i][0]为公式前面，bit[i][1]为公式后面
 *     arr[1~3]:
 *        (3+1)*(c[1]+c[2]+c[3])-(1*c[1]+2*c[2]+3*c[3])
 *
 */
int n, arr[N], bit[N][2];

```

```
int sum(int i, int f) {
    int res = 0;
    while (i > 0) {
        res += bit[i][f];
        i -= i & -i;
    }
}

void add(int i, int v, int f) {
    while (i <= n) {
        bit[i][f] += v;
        i += i & -i;
    }
}

void update(int l, int r, int v) {
    add(l, v, 0);
    add(r + 1, -v, 0);
    add(l, l * v, 1);
    add(r + 1, (r + 1) * -v, 1);
}

int query(int i) {
    return (i + 1) * sum(i, 0) - sum(i, 1);
}

void init() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        add(i, arr[i] - arr[i - 1], 0);
        add(i, i * (arr[i] - arr[i - 1]), 1);
    }
}
```

4.单点更新，区间最值

```
/**
 * @brief 树状数组（单点更新，区间最值）
 *  数据范围：1~n，这里算的是max，最小值只需把max换成min即可
 *     7(111)   6(110)      4(100)
 *              5(101)   2(010) 3(101)
 *                       1(001)
 */
int n, arr[N], bit[N];

void update(int i) {
    while (i <= n) {
        bit[i] = arr[i];
        int x = i & -i;
        for (int j = 1; j < x; j++) {
            bit[i] = std::max(bit[i], bit[i - j]);
        }
    }
}

int query(int l, int r) {
```

```
    int res = 0;
    while (r >= l) {
        res = std::max(res, arr[r]);
        r--;
        while (r - (r & -r) >= l) {
            res = std::max(res, bit[r]);
            r -= r & -r;
        }
    }
    return res;
}

void init() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        update(i);
    }
    // 更新arr[1]
    arr[1] = 100;
    update(1);
}
```

线段树

1.单点更新，区间查询

```
/**
 * @brief 线段树（单点更新，区间查询）
 *  数据范围：1~n，根标号：1，左节点标号:i<<1，右节点标号：(i<<1)|1
 *                          1[1~5]
 *               2[1~3]               3[4~5]
 *         4[1~2]     5[3~3]      6[4~4] 7[5~5]
 *     8[1~1] 9[2~2]
 *
 */
struct node {
    int l, r, sum, mx;
};
int n, arr[N];
node seg[N << 2];

void pushup(int i) {
    seg[i].sum = seg[i << 1].sum + seg[(i << 1) | 1].sum;
    seg[i].mx = std::max(seg[i << 1].mx, seg[(i << 1) | 1].mx);
}

void build(int i, int l, int r) {
    seg[i].l = l;
    seg[i].r = r;
    if (l == r) {
        seg[i].sum = arr[l];
        seg[i].mx = arr[l];
        return;
    }
    int mid = (l + r) / 2;
    build(i << 1, l, mid);
```

```
    build((i << 1) | 1, mid + 1, r);
    pushup(i);
}

int get_sum(int i, int l, int r) {
    if (seg[i].l == l && seg[i].r == r) {
        return seg[i].sum;
    }
    int mid = (seg[i].l + seg[i].r) /2;
    if (r <= mid) {
        return get_sum(i << 1, l, r);
    } else if (l > mid) {
        return get_sum((i << 1) | 1, l, r);
    }
    return get_sum(i << 1, l, mid) + get_sum((i << 1) | 1, mid + 1, r);
}

int get_max(int i, int l, int r) {
    if (seg[i].l == l && seg[i].r == r) {
        return seg[i].mx;
    }
    int mid = (seg[i].l + seg[i].r) /2;
    if (r <= mid) {
        return get_max(i << 1, l, r);
    } else if (l > mid) {
        return get_max((i << 1) | 1, l, r);
    }
    return std::max(get_max(i << 1, l, mid), get_max((i << 1) | 1, mid + 1,
r));
}

void add(int i, int k, int v) {
    if (seg[i].l == k && seg[i].r == k) {
        seg[i].sum += v;
        seg[i].mx += v;
        return;
    }
    int mid = (seg[i].l + seg[i].r) / 2;
    if (k <= mid) {
        add(i << 1, k, v);
    } else {
        add((i << 1) | 1, k, v);
    }
    pushup(i);
}

void solve() {
    build(1, 1, n);
}
```

2.区间更新，区间查询

```
/**
 * @brief 线段树（区间更新，区间查询）
 *   数据范围：1~n，根标号：1，左节点标号:i<<1，右节点标号：(i<<1)|1
```

```
 *                        1[1~5]
 *               2[1~3]              3[4~5]
 *         4[1~2]     5[3~3]      6[4~4] 7[5~5]
 *     8[1~1] 9[2~2]
 *
 */
struct node {
    int l, r, sum;
};
int arr[N], lz[N << 2];
node seg[N << 2];

void pushdown(int rt, int m) {
    if (lz[rt]) {
        lz[rt << 1] += lz[rt];
        lz[(rt << 1) | 1] += lz[rt];
        seg[rt << 1].sum += lz[rt] * (m - (m >> 1));
        seg[(rt << 1) | 1].sum += lz[rt] * (m >> 1);
        lz[rt] = 0;
    }
}

void pushup(int rt) {
    seg[rt].sum = seg[rt << 1].sum + seg[(rt << 1) | 1].sum;
}

void build(int l, int r, int rt) {
    seg[rt].l = l;
    seg[rt].r = r;
    lz[rt] = 0;
    if (l == r) {
        seg[rt].sum = arr[l];
        return;
    }
    int mid = (l + r) >> 1;
    build(l, mid, rt << 1);
    build(mid + 1, r, (rt << 1) | 1);
    pushup(rt);
}

int query(int l, int r, int rt) {
    if (seg[rt].l == l && seg[rt].r == r) {
        return seg[rt].sum;
    }
    int mid = (seg[rt].l + seg[rt].r) >> 1;
    pushdown(rt, seg[rt].r - seg[rt].l + 1);
    if (r <= mid) {
        return query(l, r, rt << 1);
    } else if (l > mid) {
        return query(l, r, (rt << 1) | 1);
    }
    return query(l, mid, rt << 1) + query(mid + 1, r, (rt << 1) | 1);
}

void update(int v, int l, int r, int rt) {
    if (seg[rt].l == l && seg[rt].r == r) {
        lz[rt] += v;
        seg[rt].sum += v * (r - l + 1);
```

```
        return;
    }
    if (seg[rt].l == seg[rt].r) {
        return;
    }
    int mid = (seg[rt].l + seg[rt].r) >> 1;
    pushdown(rt, seg[rt].r - seg[rt].l + 1);
    if (r <= mid) {
        update(v, l, r, rt << 1);
    } else if (l > mid) {
        update(v, l, r, (rt << 1) | 1);
    } else {
        update(v, l, mid, rt << 1);
        update(v, mid + 1, r, (rt << 1) | 1);
    }
    pushup(rt);
}
```

三、数论

快速幂

```
typedef long long ll;

ll qpow(ll a, ll b) {
    ll res = 1;
    while (b) {
        if (b & 1) {
            res *= a;
        }
        a *= a;
        b >>= 1;
    }
    return res;
}

ll qpow(ll a, ll b, ll mod) {
    ll res = 1;
    a %= mod;
    while (b) {
        if (b & 1) {
            res = res * a % mod;
        }
        a = a * a % mod;
        b >>= 1;
    }
    return res;
}
```

欧几里得定理

```cpp
/**
 * @brief 欧几里得定理
 *  a=kb+r
 */

int gcd(int a, int b) {
    return b ? gcd(b, a % b) : a;
}

```

扩展欧几里得定理

```cpp
/**
 * @brief 欧几里得定理
 *  ax+by=gcd(a,b)=gcd(b,a%b)=b*x0+(a%b)*y0
 *      x0,y0为下层的值
 *  ax+by=a*y0+b*(x0-[a/b]*y0)，已递归求出下层的x0，y0，
 *  反过来求当前层的x，y：x=y0，y=x0-[a/b]*y0
 */
int exgcd(int a, int b, int& x, int& y) {
    int res = a;
    if (b) {
        res = exgcd(b, a % b, y, x);
        y -= (a / b) * x;
    } else {
        x = 1;
        y = 0;
    }
    return res;
}
```

四、字符串

Manacher（最大回文子串：回文半径）

```cpp
/**
 * @brief Manacher（最大回文子串：回文半径）
 *  数据范围：N为字符串长度的两倍，
 *      p为当前mx最远的回文串的中心
 */
int Len[N];

int manacher(std::string s) {
    std::string t;
    t += "^";
    t += "#";
    for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
        t += s[i];
        t += "#";
```

```
    }
    t += "$";
    int len = t.size(), p = 0, mx = 0, res = 0;
    for (int i = 1; i <= len - 2; i++) {
        Len[i] = mx > i ? std::min(Len[2 * p - i], mx - i) : 1;
        while (t[i + Len[i]] == t[i - Len[i]]) {
            Len[i]++;
        }
        if (i + Len[i] > mx) {
            mx = i + Len[i];
            p = i;
        }
        res = std::max(res, Len[i] - 1);
    }
    return res;
}
```

普通kmp

```
/**
 * @brief kmp（字符串匹配、个数统计）
 *  数据范围：1~n-1
 */
int next[N];

void get_next(char* T) {
    int i = 0, j = -1, len = std::strlen(T);
    next[0] = -1;
    while (i < len) {
        if (j == -1 || T[i] == T[j]) {
            next[++i] = ++j;
        } else {
            j = next[j];
        }
    }
}

int kmp_index(char* S, char* T) {
    int i = 0, j = 0, len_s = std::strlen(S), len_t = std::strlen(T);
    get_next(T);
    while (i < len_s && j < len_t) {
        if (j == -1 || S[i] == T[j]) {
            i++;
            j++;
        } else {
            j = next[j];
        }
    }
    if (j == len_t) {
        return i - len_t;
    }
    return -1;
}

int kmp_count(char* S, char* T) {
```

```
    int res = 0, len_s = std::strlen(S), len_t = std::strlen(T);
    if (len_s == 1 && len_t == 1) {
        if (S[0] == T[0]) {
            return 1;
        } else {
            return 0;
        }
    }
    get_next(T);
    for (int i = 0, j = 0; i < len_s; i++) {
        while (j > 0 && S[i] != T[j]) {
            j = next[j];
        }
        if (S[i] == T[j]) {
            j++;
        }
        if (j == len_t) {
            res++;
            j = next[j];
        }
        return res;
    }
}
```

扩展kmp（后缀匹配前缀）

```
/**
 * @brief 扩展kmp（后缀匹配前缀）
 *  数据范围：0~n-1
 */
int next[N], extend[N];

void get_next(std::string t) {
    int p = 0, len = t.size();
    next[0] = len;
    while (p + 1 < len && t[p] == t[p + 1]) {
        p++;
    }
    next[1] = p;
    p = 1;
    for (int i = 2; i < len; i++) {
        if (i + next[i - p] < p + next[p]) {
            next[i] = next[i - p];
        } else {
            int j = p + next[p] - i > 0 ? p + next[p] - i : 0;
            while (i + j < len && t[j] == t[i + j]) {
                j++;
            }
            next[i] = j;
            p = i;
        }
    }
}

void get_extend(std::string s, std::string t) {
```

```
    int p = 0, i = 0, len_s = s.size(), len_t = t.size();
    get_next(t);
    while (i < len_s && i < len_t && s[i] == t[i]) {
        i++;
    }
    extend[0] = i;
    p = 0;
    for (i = 1; i < len_s; i++) {
        if (i + next[i - p] < p + extend[p]) {
            extend[i] = next[i - p];
        } else {
            int j = p + extend[p] - i > 0 ? p + extend[p] - i : 0;
            while (i + j < len_s && j < len_t && t[j] == s[i + j]) {
                j++;
            }
            extend[i] = j;
            p = i;
        }
    }
}
```

字典树

```
/**
 * @brief 字典树
 *  数据范围：1~n，0为头结点
 */
struct node {
    int cnt;
    int next[26];
    void init() {
        cnt = 0;
        std::memset(next, -1, sizeof(next));
    }
} T[N];
int cnt;

void insert(std::string s) {
    int p = 0;
    for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
        int j = s[i] - 'a';
        if (T[p].next[j] == -1) {
            T[cnt].init();
            T[p].next[j] = cnt++;
        }
        p = T[p].next[j];
        T[p].cnt++;
    }
}

bool query(std::string s) {
    int p = 0;
    for (int i = 0; i < s.size(); i++) {
        int j = s[i] - 'a';
        if (T[p].next[j] == -1) {
```

```
            return false;
        }
        p = T[p].next[j];
    }
    return true;
}
```

01字典树（求异或值最大的数）

```
/**
 * @brief 01字典树（求异或值最大的数）
 *  数据范围：1~n*32，0为头结点
 */
int cnt, trie[N * 32][2];
ll val[N * 32];

void init() {
    cnt = 1;
    std::memset(trie[0], 0, sizeof(trie[0]));
}

void insert(ll x) {
    int u = 0;
    for (int i = 32; i >= 0; i--) {
        int v = (x >> i) & 1;
        if (!trie[u][v]) {
            std::memset(trie[cnt], 0, sizeof(trie[cnt]));
            val[cnt] = 0;
            trie[u][v] = cnt++;
        }
        u = trie[u][v];
    }
    val[u] = x;
}

ll query(ll x) {
    int u = 0;
    for (int i = 32; i >= 0; i--) {
        int v = (x >> i) & 1;
        if (trie[u][v ^ 1]) {
            u = trie[u][v ^ 1];
        } else {
            u = trie[u][v];
        }
    }
    return val[u];
}
```

五、其它算法

分块算法

1.区间更新，单点查询

```cpp
/**
 * @brief 区间更新，单点查询
 *  数据范围：1~n
 */
int n, len, id[N], lazy[N], data[N];

void add(int l, int r, int v) {
    for (int i = l; i <= std::min(id[l] * len, r); i++) {
        data[i] += v;
    }
    if (id[l] != id[r]) {
        for (int i = (id[r] - 1) * len + 1; i <= r; i++) {
            data[i] += v;
        }
    }
    for (int i = id[l] + 1; i <= id[r] - 1; i++) {
        lazy[i] += v;
    }
}

void solve() {
    len = std::sqrt(n);
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        id[i] = (i - 1) / len + 1;
    }
    // data[i] + lazy[id[i]]
}
```

六、基础算法

七、搜索

八、动态规划

背包问题

1.01背包

```cpp
for (int i = 0; i < n; i++) {
    for (int j = m; j >= w[i]; j--) {
        dp[j] = std::max(dp[j], dp[j - w[i]] + v[i]);
    }
}
```

2.完全背包

```cpp
for (int i = 0; i <= n; i++) {
    for (int j = w[i]; j <= m; j++) {
        dp[j] = std::max(dp[j], dp[j - w[i]] + v[i]);
    }
}
```

3.多重背包

```cpp
for (int i = 0; i < n; i++) {
    for (int j = m; j >= w[i]; j--) {
        for (int k = 1; k <= c[i] && j >= k * w[i]; k++) {
            dp[j] = std::max(dp[j], dp[j - k * w[i]] + k * [i]);
        }
    }
}
```

最长子序列问题

1.最长公共子序列

```cpp
for (int i = 0; i < n; i++) {
    for (int j = 0; j < m; j++) {
        if (s[i] == t[j]) {
            dp[i + 1][j + 1] = dp[i][j] + 1;
        } else {
            dp[i + 1][j + 1] = std::max(dp[i + 1][j], dp[i][j + 1]);
        }
    }
}
```

2.最长上升子序列

```cpp
int res = 0;
for (int i = 0; i < n; i++) {
    dp[i] = 1;
    for (int j = 0; j < i; j++) {
        if (a[j] < a[i]) {
            dp[i] = std::max(d[i], dp[j] + 1);
        }
        res = std::max(res, dp[i]);
    }
}
```

九、组合数学

十、计算几何