C++ 编程语言 · 第七章

# 结构体

## 把一条记录的所有字段装在一起

HGNU-ACM 实验室算法组

截图配套：6 道练习全部逐题精讲

本章新增：**lambda** 表达式从零讲起






# 本章目录

定义与内存

成员访问

结构体数组

比较与排序

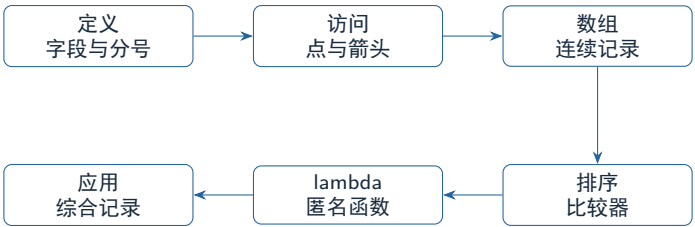
lambda 表达式

综合应用

常见错误

小结与索引

# 本章学习路线




- 先弄懂“一条记录”是什么，再学怎样访问、怎样批量存。
- 排序和 lambda 是本章难点：比较器决定顺序，lambda 让比较器就地写。
- 最后用 $6$ 道练习把定义、访问、排序、稳定排序和综合字段串起来。

## 本页要点

结构体是“数据怎么放”，比较器是“顺序怎么定”，两者要一起学。

# 一个学生有姓名、学号、成绩，怎么放？

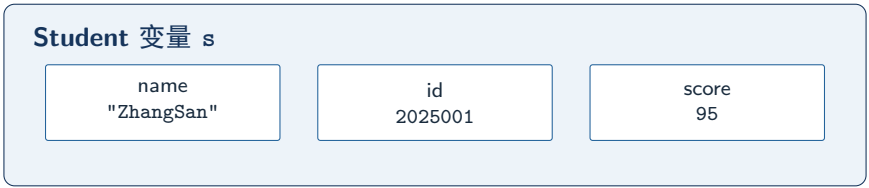
- 分开存三个数组：name[]、id[]、score[]。
- 排序时只能让一个数组动，姓名、学号与分数就会错位。
- 交换两名学生要同时改三个数组，漏改一个就“张冠李戴”。
- 函数想返回“一个学生”，也没法一次返回三个值。




## 本页要点

把属于同一个对象的字段打包成一种新类型，这种类型叫结构体（struct）。

# 一条记录长什么样




- 三个格子是三个字段（也叫成员），类型可以不同。
- 整个盒子是一个变量；赋值、传参、排序都以“整条记录”为单位。
- 字段名在盒子内部，必须通过变量名加点访问。

## 本页要点

结构体解决的是“把分散的数据绑定在一起”的问题。

# 定义结构体：先声明一种新类型

```
struct Student {
    string name; // 姓名
    int id; // 学号
    int score; // 成绩
}; // 这个分号不能漏
```

- `struct` 是关键字，`Student` 是新类型名（通常首字母大写）。
- 花括号里每行声明一个字段，字段之间用分号隔开。
- 这条语句只是“告诉编译器这种类型长什么样”，不创建变量。
- 之后可以写 `Student s;`、`Student a[105];`。

## 本页要点

结构体定义末尾的分号不是可选项；漏写是本章最常见的编译错误。

# 定义放在哪里：位置、分号与作用域

- 位置：一般放在 `#include` 之后、`main` 之前，所有函数都能看到。
- 分号：漏写时编译器常把错误报在下一行；看到 `expected ';'` 要先检查上一行结尾。
- 同时定义变量：`struct Point { int x, y; } p, q;` 合法，但初学阶段建议类型和变量分开写。
- 作用域：在函数内部定义的结构体，其他函数看不见；需要共用的类型要定义在全局。
- C++ 中类型名直接写 `Student`，不必像 C 那样每次写 `struct Student`。

## 本页要点

先定义类型，再定义变量；类型定义放在所有使用者之前。

# 字段可以是什么类型

```
struct Date {
    int year, month, day;
};
struct Student {
    string name;
    Date birthday; // 字段本身是结构体
    int score[3]; // 字段可以是数组
};
```

- 基本类型都可以：int、double、char、bool。
- 也可以是 string、数组，甚至另一个已经定义好的结构体。
- 字段类型决定它能做什么运算；name 是字符串，不能直接当数字加。

## 本页要点

结构体的字段就是普通变量，只是被放进了同一个“盒子”里。

# 创建、初始化与整体赋值

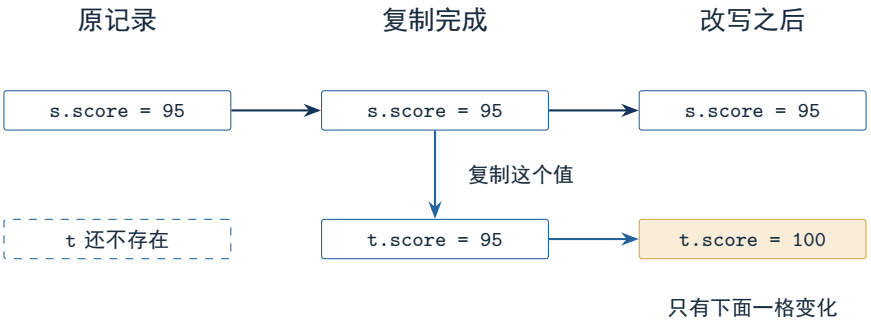
```
Student s{"ZhangSan", 2025001, 95}; // 按声明顺序
Student t = s; // 复制所有字段
t.score = 100; // 只改 t
cout << s.score << '\n'; // 95，未受影响
Student a[3] = {}; // 全部零初始化
```

- 花括号初始化按字段声明顺序：姓名、学号、成绩。
- `Student t = s;` 复制所有字段；之后修改 `t` 不影响 `s`。
- 局部变量不写初始化时，字段是未定义的随机值；读之前必须先赋值。
- `Student a[3] = {};` 把数组元素全部零初始化，`string` 为空串。

## 本页要点

结构体赋值是“整盒复制”，不是让两个变量指向同一份数据。

# 结构体复制前后：先复制，再改一个字段




## 本页要点

对这类只含普通值成员的结构体，`t = s` 让 `t` 有自己的成员值。之后只修改 `t.score` 不会改变 `s.score`。

# 上机验证：复制一条成绩记录

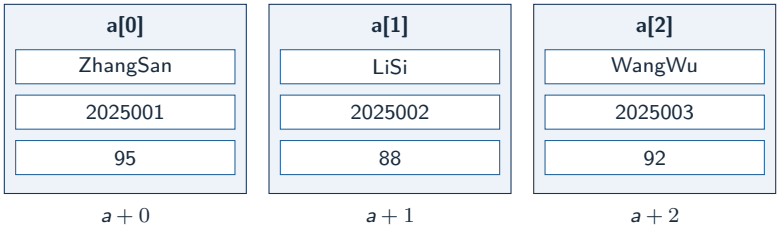
```cpp
#include <iostream>

struct Student {
    int score;
};

int main() {
    Student s{95};
    Student t = s;
    t.score = 100;
    std::cout << s.score << ' ' << t.score << '\n';
}
```

code/record-copy-demo.cpp 输出 95 100。若最后改的是 s.score，哪一个数会先变？

# 结构体数组的内存布局




- `a[i]` 是第 $i$ 条完整记录，不是某个字段；取分数要写 `a[i].score`。
- 相邻元素的地址相差一条记录的大小；`a + i` 指向第 $i$ 条记录。
- 排序交换的是整条记录，因此姓名和分数永远一起移动。
- 编译器可能为了对齐插入填充字节，实际字节偏移不要手算。

## 本页要点

结构体数组 = 连续存放的“记录表”，一行就是一条记录。

# 例题索引

点击题名可跳到讲解页。


- 1147 | 最高分数的学生姓名
- 1399 | 甲流病人初筛
- 1176 | 谁考了第 k 名
- 1178 | 成绩排序
- 1183 | 病人排队
- 1839 | 谁拿了最多奖学金

# 练习 1147 | 最高分数的学生姓名：题意与样例

## 题意

有 $n$ 名学生（$n \le 100$），每行给出“分数姓名”。分数是不超过 $100$ 的非负整数，姓名不含空格。数据保证最高分只有一位，输出这位学生的姓名。

| 轮次 | 读入 | 当前最高分 | 当前姓名 |
|---|---|---|---|
| 1 | 87 lilei | 87 | lilei |
| 2 | 99 hanmeimei | 99 | hanmeimei |
| 3 | 97 lily | 99 | hanmeimei |
| 4 | 96 lucy | 99 | hanmeimei |
| 5 | 77 jim | 99 | hanmeimei |

注意：读入顺序是分数在前、姓名在后，与“姓名分数”的习惯相反。输出 `hanmeimei`。

# 练习 1147 | 核心步骤

逐条读入，分数超过当前最好值就整体保存记录，最后输出姓名。一般最大值扫描只保存数值，本题需要保留姓名字段。

完整程序：`code/1147.cpp`

# 练习 1147 | 格式与实现检查

- 结构体里字段顺序可以自定，但读入语句必须按题面顺序。
- `best` 马上会用来保存“当前分数最高的整条记录”。
- 初值分数为 $-1$，保证第一个学生一定更新；$n \geq 1$。
- 保存整条记录，最后才能知道最高分对应哪个姓名。
- 时间复杂度 $O(n)$，额外空间 $O(1)$。

学校 OJ：P5147 | 最高分数的学生姓名

# 练习 1147 | 易错点

- 读入顺序：题目是“分数、姓名”；写成 `cin >> name >> score` 会把姓名当成分数读入失败。
- 只记最高分：如果只保存一个 `int bestScore`，最后不知道要输出谁；要保存整条记录。
- 初值：`best` 的分数设为 $-1$，保证第一个学生一定更新；$n \geq 1$。
- 并列：题面保证最高分唯一，用 `>` 即可；若要求并列取最早出现，也不能用 `>=`。
- 输出只写姓名，不要带分数或提示文字。

## 本页要点

“最高分”题的标准写法：保存当前最优的整条记录，而不是只保存一个数值。

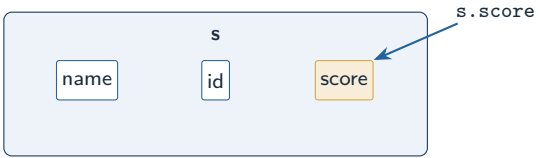
# 筛选模板：先读成员，再合并条件

成员是记录中的字段。用点号访问它，例如 `p.temperature` 是病人记录中的体温。




两个条件必须同时满足时用 `&&`。只要按输入顺序筛选，读一条处理一条就够；需要稍后按其他顺序输出时才保存到数组。

# 点运算符：打开盒子取字段




- `s.name`、`s.id`、`s.score`。
- 点左边必须是结构体变量（或引用），右边必须是该类型有的字段。
- `s.score += 5;`、`cin >> s.score;`、`int x = s.score;` 都合法。
- 数组元素：`a[i].name`；点运算优先级高于算术，`a[i].score + 1` 不会歧义。

## 本页要点

点运算符是“打开盒子取东西”，取出来的字段就是普通变量。

# 点运算符的优先级与链式访问

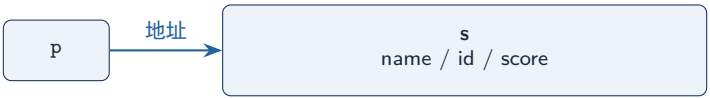
```
Student s;
s.birth.year = 2007; // 连续用点：先 birth，再 year
cout << a[i].score + 1; // 先取 a[i]，再取 score，最后加 1
cout << (*p).name << '\n'; // 括号不能省
cout << p->name << '\n'; // 与上一行等价
```

- 下标 `[]` 和点 `.` 从左到右结合，`a[i].score` 不会理解成 `a[i.score]`。
- 链式访问要求每一层都是结构体：`s.birth` 是 `Date`，再取 `.year`。
- `*p.name` 会被理解为 `*(p.name)`；想先解引用必须写 `(*p).name`。
- 记不住优先级时，直接加括号，代码更清楚。

## 本页要点

点用于对象，箭头用于指针；拿不准就加括号。

# 指针与箭头：p->score




```
Student s{"ZhangSan", 2025001, 95};
Student* p = &s; // p 保存 s 的地址
cout << (*p).name << '\n'; // 先解引用，再取成员
cout << p->name << '\n'; // 等价写法
```

- 指针变量存地址；`&s` 取地址，`*p` 取回 `p` 指向的对象。
- `p->name` 完全等价于 `(*p).name`，`->` 专用于“指针访问成员”。
- `vector` 中取地址：`Student* q = &a[i]; q->score`。

## 本页要点

有对象用点，有指针用箭头；两者不要混。

# 引用参数：让函数真正改到原记录

```
void read(Student& s) { // 引用：改到原记录
    cin >> s.name >> s.id >> s.score;
}
void print(const Student& s) { // 只读：不复制
    cout << s.name << ' ' << s.score << '\n';
}
void wrong(Student s) { // 按值：只是副本
    s.score = 0; // 外面不受影响
}
```

- `Student&` 是引用：函数内的 `s` 就是调用者的那条记录。
- `const Student&` 只读、不复制；比较器和大结构体传参都这样写。
- `Student s` 按值传参：复制整条记录，函数内修改不会影响外面。

## 本页要点

想修改原记录用 `&`；只读用 `const &`；按值传参只是副本。

# 按值传参与按引用传参：内存里发生了什么




- 按值传参多复制一份，适合小结构体；修改副本不影响调用者。
- 按引用传参不复制，函数直接操作原对象；只读时加 `const` 防止误改。

## 本页要点

大结构体优先用 `const Student&`；要改原对象才用 `Student&`。

# 练习 1399 | 甲流病人初筛：题意与样例

## 题意

$n$ 位病人（$n < 200$），每人有姓名、体温、是否咳嗽。体温 $\geq 37.5$ 且咳嗽（值为 $1$）判为甲流初筛对象。按输入顺序输出这些人的姓名，最后单独输出人数。

| 病人 | 体温 | 咳嗽 | 判定 |
|---|---|---|---|
| Zhang | 38.3 | 0 | 否（不咳嗽） |
| Li | 37.5 | 1 | 是（等于 37.5 也算） |
| Wang | 37.1 | 1 | 否（体温不够） |
| Zhao | 39.0 | 1 | 是 |
| Liu | 38.2 | 1 | 是 |

输出为 `Li`、`Zhao`、`Liu`，最后一行 `3`。

# 练习 1399 | 核心步骤

读到一条记录就判断体温和咳嗽，两项都满足才输出姓名并加一。与排序不同，直接输出能保持输入顺序，也无需保存所有记录。

完整程序：`code/1399.cpp`

# 练习 1399 | 格式与实现检查

- 体温是小数，必须用 `double`，不能用 `int`。
- `cnt` 统计符合条件的人数，初值为 $0$。
- 条件必须是“体温 $\geq 37.5$ 且咳嗽”，用 `&&`。
- $37.5$ 本身算发烧，写 `>= 37.5`，不能写 `> 37.5`。
- 姓名输出后不再需要保存，因此不必开数组。

# 练习 1399 | 易错点

- 体温用 `double`（或 `float`），不要用 `int`；$37.5$ 是小数。
- 条件是“体温 $\geq 37.5$ 且咳嗽”，用 `&&`，不是“或”。
- $37.5$ 本身算发烧，必须写 `>= 37.5`，不能写 `> 37.5`。
- 先按输入顺序输出所有姓名，最后再输出人数；不要每输出一个名字就输出一次计数。
- 计数变量初始化为 $0$；不要把咳嗽状态 `cough` 和人数混用同一个变量。
- 本题也可用章末索引中的学校 OJ 入口练习。

## 本页要点

“筛选 + 计数”题：判断条件写全，输出顺序照题面。

# 结构体数组：一条记录就是一个元素

```
Student a[105]; // 固定长度
vector<Student> b(n); // 动态长度
a[0] = b[1]; // 整体赋值
```

- Student a[105]；固定长度；vector<Student> a(n)；动态长度。
- a[i] 的类型是 Student，可以整体赋值：a[j] = a[i];。
- a[i].score 才是 int；a.score 没有意义。
- 排序后“第 $k$ 名”是 a[k-1]，不是 a[k]。
- 如果题目还要原始编号，把编号作为字段存进去，排序后仍能查到。

## 本页要点

数组的每个元素是一条记录；先把“记录”想清楚，再想下标。

# 批量读入与遍历

```
int n;
cin >> n;
vector<Student> a(n);
for (int i = 0; i < n; ++i) {
    cin >> a[i].name >> a[i].id >> a[i].score;
}
for (const Student& s : a) {
    cout << s.name << ' ' << s.score << '\n';
}
```

- `const Student&` 避免每个元素复制一遍；只读时加 `const`。
- `for (auto& s : a)` 可以修改元素；只读时写 `const auto&`。
- 读入顺序必须逐项对照题面：1147 是“分数、姓名”，1839 有六个字段。

## 本页要点

读入之前先把题面的字段顺序抄在纸上，能避免大半的“样例不过”。

# 结构体数组作函数参数

```
void readAll(vector<Student>& a) {
    for (Student& s : a) {
        cin >> s.name >> s.id >> s.score;
    }
}
void printAll(const vector<Student>& a) {
    for (const Student& s : a) {
        cout << s.name << ' ' << s.score << '\n';
    }
}
```

- 传 `vector<Student>&` 不复制整个数组，函数内能改到原元素。
- 只读加 `const`；范围 `for` 里用 `Student&` 才能改元素。

## 本页要点

数组传参一律加 `&`；只读再加 `const`。

# 结构体数组的常见操作：找最值

```cpp
int best = 0;
for (int i = 1; i < n; ++i) {
    if (a[i].score > a[best].score) {
        best = i; // 记录下标
    }
}
cout << a[best].name << '\n';
```

- 保存“最优元素的下标”，而不是只保存分数，最后才能取到整条记录。
- 从下标 $1$ 开始比较，`best` 初值为 $0$，天然处理 $n = 1$。
- 若要求并列取最早出现，比较用 `>`，不要用 `>=`。

## 本页要点

找最值、找位置：保存下标；要输出整条记录时尤其方便。

# 比较器练习：什么时候才看第二个字段？

规则：分数高的在前；同分按名字升序。试回答“左边是否应在右边前面？”

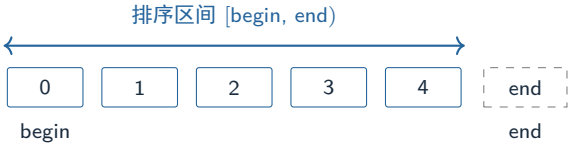
| 左边、右边 | 去看哪个字段 | 回答 |
|---|---|---|
| Bo 95、An 90 | 分数不同，只看分数 | 真 |
| Bo 90、An 90 | 分数相同，再看名字 | 假 |
| An 90、An 90 | 两个键都相同 | 假 |

## 本页要点

“左边不在前”不保证“右边在前”。两个方向都为假时，比较器认为两条记录等价。

# sort 怎么用：区间与比较器

```
sort(a.begin(), a.end()); // 默认按 < 升序
sort(a.begin(), a.end(), cmp); // 使用自定义比较器
```



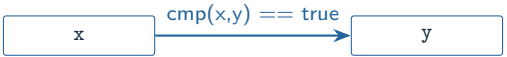

- 区间是 [begin, end)，左闭右开；end 指向最后一个元素的下一个位置。
- 不传比较器时，元素必须支持 <；结构体默认没有顺序，必须自己给规则。
- cmp(x, y) 返回 true，表示 $x$ 应排在 $y$ 前面。
- 时间复杂度 $O(n \log n)$；排序后原下标不再对应原来的学生。

## 本页要点

比较器回答的是“谁在前”，不是“谁更大”。

# 比较器：返回 true 表示 x 排在 y 前面

```
bool cmpScore(const Student& x, const Student& y) {
    return x.score > y.score; // true: x 排在 y 前面
}
sort(a.begin(), a.end(), cmpScore);
```




表示 x 应排在 y 前面

- 普通函数也能当比较器：函数名就是“可调用对象”，直接传给 sort。
- 降序用 x.score > y.score；升序用 <。
- 比较器参数用 const Student&，避免每次比较都复制整条记录。

## 本页要点

比较器只做一件事：回答“x 是否应该排在 y 前面”。

# 比较器必须满足严格弱序

## 三条实用检查

1. 自己和自己比必须为假：`cmp(x, x) == false`。
2. 不能同时认为 $x$ 在 $y$ 前、$y$ 在 $x$ 前。
3. 顺序关系要能传递；互相都不在对方前面的元素视为等价，等价关系也要能传递。

```
bool bad(const Student& x, const Student& y) {
    return x.score >= y.score; // 同分也返回 true
}
bool good(const Student& x, const Student& y) {
    return x.score > y.score; // 同分返回 false
}
```

- 升序用 `<`，降序用 `>`；绝不写 `<=`、`>=`。
- 违反后果：结果错乱甚至崩溃，属于未定义行为。

# 比较器写错会怎样：同分时的三种关系

| $x$ 分数 | $y$ 分数 | 正确 > | 错误 >= | 后果 |
|---|---|---|---|---|
| 90 | 90 | false | true | 互相认为对方在前 |
| 90 | 80 | true | true | 正常 |
| 80 | 90 | false | false | 正常 |

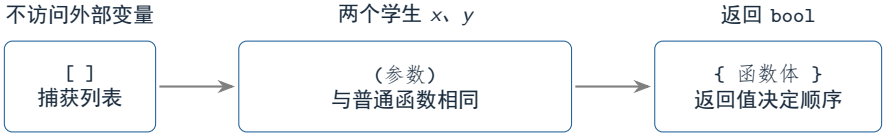
- 严格弱序要求“等价”只能来自“谁也不在谁前面”，不能来自“两边都为真”。
- 同分时返回 `true`，排序算法可能陷入错误的划分，甚至越界崩溃。
- 多关键字排序时，只有主键相等才看次键；全部相等必须返回 `false`。
- 检查最小反例：`cmp(x,x)` 必须为假。按单个分数降序比较时，用 `>`，不要用 `>=`。

## 本页要点

严格弱序不是“更严格”，而是“相等时必须说相等”。

# lambda（一）：把一小段函数写在调用处

```
auto cmp = [](const Student& x, const Student& y) {
    return x.score > y.score; // 分数高的排在前面
};
sort(a.begin(), a.end(), cmp); // 把 cmp 作为比较器
```




整体是一个匿名函数对象，可以赋给 auto，也可以直接传给 sort

- 语法 `[](参数){ 函数体 }`；`[]` 是捕获列表，这里不访问外部变量。

## 本页要点

lambda 是匿名的函数对象：没有名字、就地定义；返回类型由 return 自动推导。

# lambda（二）：捕获、返回类型与比较器

```
sort(a.begin(), a.end(),
    [](const Student& x, const Student& y) {
        if (x.score != y.score) {
            return x.score > y.score; // 主键降序
        }
        return x.name < y.name; // 次键升序
    });
```

| 写法 | 定义位置 | 能否捕获外部变量 | 复用性 |
|---|---|---|---|
| 普通函数 | 全局 | 不能 | 可多处调用 |
| 函数对象 | `struct` 内 | 可保存状态 | 可多处调用 |
| lambda | 调用处 | 可以（`[=]`、`[&]`） | 通常一次性 |

- `[]` 不捕获；`[=]` 按值捕获；`[&]` 按引用捕获；比较器通常只用 `[]`，保持无状态。
- 返回类型从 `return` 推导；多个 `return` 必须同类型，也可写 `-> bool` 明确指定。
- `sort` 的第三个参数是模板：只要能用 `cmp(x,y)` 调用并返回 `bool`，普通函数、函数对象、lambda 都可以。
- 严格弱序：相等返回 `false`；先主键、后次键，绝不用 `>=`。

# lambda 比较器：一次调用只问一个方向




同分时调换参数再问，两个方向都为假

比较器回答谁该在前，排序函数负责移动记录。答案为假时，y 可能在前，也可能并列。

# 练习 1176 | 谁考了第 $k$ 名：题意与样例

## 题意

$n$ 名学生（$1 \le n \le 100$），每个学生的成绩都不相同。每行给出“学号成绩”，求第 $k$ 名（$1 \le k \le n$）的学号和成绩。成绩按题面要求用 %g 输出。

| 名次 | 学号 | 成绩 |
|---|---|---|
| 1 | 90788002 | 90.3 |
| 2 | 90788005 | 73.9 |
| 3 | 90788004 | 68.4 |
| 4 | 90788001 | 67.8 |
| 5 | 90788003 | 61 |

$k = 3$，答案是 `90788004 68.4`。
思路：读入所有记录；按成绩降序排序；取下标 $k-1$。

# 练习 1176 | 核心步骤

按分数降序排列整条记录，读下标 k−1 的学号和分数。只按一个字段比较，但交换时移动的是整条记录。

完整程序：code/1176.cpp

# 练习 1176 | 格式与实现检查

- 学号建议用 `long long`，避免位数增加后溢出。
- 第 $k$ 名对应下标 $k-1$；写 `a[k]` 会取到下一名或越界。
- 题面要求用 `%g` 输出成绩；格式串写 `"%lld %g"`，再补换行符。
- 排序 $O(n \log n)$，空间 $O(n)$。

学校 OJ：P5170 | 谁考了第 k 名

# 练习 1176 | 易错点

- 名次与下标：第 $k$ 名是 `a[k-1]`；写 `a[k]` 会取到下一名或越界。
- 升降序：`x.score > y.score` 是降序；写成 `<` 会得到升序。
- 浮点类型：成绩是小数，用 `double` 读入；用 `int` 会截断。
- 输出格式：题面要求用 `%g` 输出成绩；不要输出多余提示文字。
- 学号：建议用 `long long`，避免学号位数增加后溢出。
- 题目保证成绩互不相同；若出现相等，比较器必须返回 `false`。

## 本页要点

排序题先确认三件事：按什么排、升序还是降序、取第几个。

# 多关键字排序：先主键，后次键

```
sort(a.begin(), a.end(),
    [](const Student& x, const Student& y) {
        if (x.score != y.score) {
            return x.score > y.score; // 主键降序
        }
        return x.name < y.name; // 次键升序
    });
```

- 1178 的规则：成绩从高到低；成绩相同，姓名字典序小的在前。
- 字典序：从第一个字符起逐个比较；前缀较短的字符串更小；`string` 的 `<` 已是字典序。
- 写法：主键不同先按主键决定；主键相同再看次键；全部相同返回 `false`。

## 本页要点

多关键字不是写两个并列的 `if`，而是“主键相同才轮到次键”。

# 练习 1178 | 成绩排序：题意与样例

## 题意

$0 < n < 20$。每行给出姓名和整数成绩；按成绩从高到低输出；成绩相同则姓名字典序小的在前。每行输出“姓名成绩”。

| 输入 | 排序后输出 |
|---|---|
| Kitty 80 | Joey 92 |
| Hanmeimei 90 | Hanmeimei 90 |
| Joey 92 | Kitty 80 |
| Tim 28 | Tim 28 |

样例没有同分。若再加一条 `Amy 90`，则 `Amy` 应排在 `Hanmeimei` 前（字典序 $A < H$）。
思路：姓名与成绩绑成一条记录；先按成绩降序，成绩相同再按姓名升序。

# 练习 1178 | 核心步骤

分数不同则高分先；分数相同则姓名按字典序升序。比 1176 多一个并列时使用的比较条件。

完整程序：`code/1178.cpp`

# 练习 1178 | 格式与实现检查

- 读入顺序是“姓名、成绩”，与 1147 的“分数、姓名”不同。
- 主键相同才执行第二个 `return`；全部相同返回 `false`。
- 输出“姓名空格成绩”，不要输出名次或提示文字。

学校 OJ：P5172 | 成绩排序

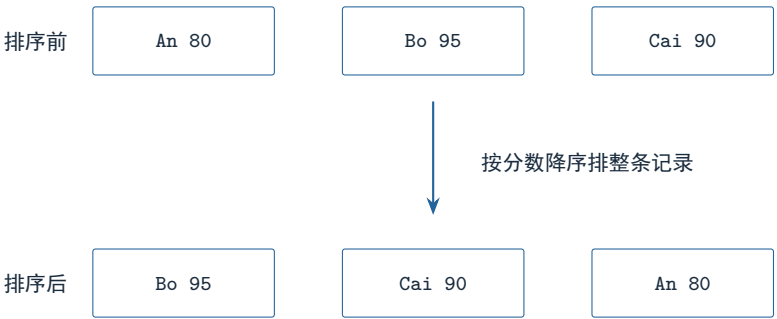
# 练习 1178 | 易错点

- 只按成绩排序，同分时顺序由 sort 任意决定，可能不符合“姓名字典序”。
- 次键升序用 x.name < y.name；写成 > 会变成降序。
- 比较器在全部字段相同时必须返回 false，不能写 >=。
- 输出格式是“姓名空格成绩”，不要输出名次或提示文字。
- 姓名只含字母，直接用 string 比较即可，不需要逐字符手写。
- 分数是不超过 100 的整数，用 int 足够。

## 本页要点

“同分再按姓名”是典型的多关键字排序：主键降序，次键升序。

# 排序前后：名字和分数必须一起移动




若只给分数排序而不移动姓名，第一条会错配成 `An 95`。检查排序结果时，先确认每个人仍带着自己的分数。

# stable_sort：相等记录保留原顺序

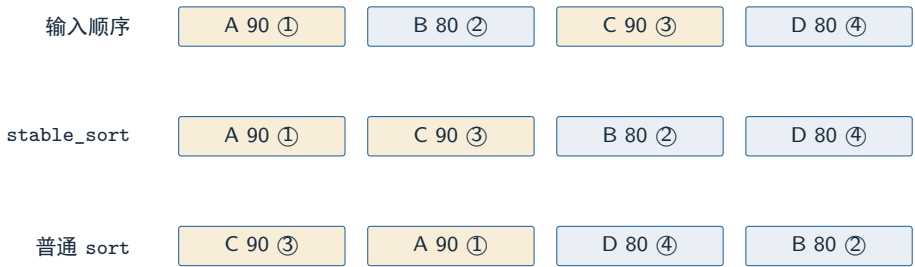
```
stable_sort(a.begin(), a.end(), cmp); // 相等元素保持原顺序
```

- stable_sort 的用法与 sort 相同，但相等元素保持原来的相对顺序。
- 适用场景：题目要求“年龄相同按登记顺序”“非老人按登记顺序”。
- 比较器仍须满足严格弱序；相等时返回 false，由稳定排序保留顺序。
- 复杂度通常为 $O(n \log^2 n)$ 或 $O(n \log n)$（需要额外内存）；$n < 100$ 完全够用。
- 另一种写法：给每条记录存原始编号 order，比较器最后按 order 升序做最终区分，再用普通 sort。

## 本页要点

题目出现“相同……按输入/登记顺序”时，优先想到 stable_sort。

# 稳定与不稳定：相等键的相对顺序




普通 `sort` 不保证相等键的原顺序；`stable_sort` 保证 ①→③、②→④

- 金色是 90 分档，蓝色是 80 分档；同色内部的圆圈数字表示原来的先后。
- 稳定排序只保证“相等键”的顺序；不同键之间仍按比较器排列。

## 本页要点

“并列时按登记顺序”是稳定排序的典型信号。

# 练习 1183 | 病人排队：题意与样例

## 排队规则

1. 老人（年龄 $\geq 60$）比非老人优先。
2. 老人按年龄从大到小；年龄相同的按登记先后。
3. 非老人按登记先后。

| 登记顺序 | ID | 年龄 | 类别 |
|---|---|---|---|
| 1 | 021075 | 40 | 非老人 |
| 2 | 004003 | 15 | 非老人 |
| 3 | 010158 | 67 | 老人 |
| 4 | 021033 | 75 | 老人 |
| 5 | 102012 | 30 | 非老人 |

老人：021033、010158；非老人：021075、004003、102012。

思路：`stable_sort`；老人优先、老人按年龄降序，其余保持登记顺序。

# 练习 1183 | 核心步骤

先区分是否满 60 岁；都满 60 岁且年龄不同则年长者先。其余并列，用稳定排序保留登记顺序，不给非老人按年龄重排。

完整程序：code/1183.cpp

# 练习 1183 | 格式与实现检查

- ID 可能以 0 开头，必须用 `string` 读入。
- 先判断“是否老人”，再判断“老人年龄”，最后返回 `false`。
- 每行只输出 ID，不要输出年龄或名次。
- 非老人之间全部“相等”，`stable_sort` 会保持他们的登记顺序。

学校 OJ：P5177 | 病人排队

# 练习 1183 | 易错点：为什么不能用普通 sort

- 普通 `sort` 不保证相等元素的原顺序；非老人之间全部“相等”，可能被打乱。
- 同龄老人之间也“相等”，同样必须保持登记顺序。
- `stable_sort` 恰好保留这些相等组的输入顺序。
- 若坚持用 `sort`，可给每人加 `order` 字段，比较器最后按 `order` 升序。
- 优先级顺序：先判断“是否老人”，再判断“老人年龄”，最后返回 `false`；顺序写反会把非老人排到前面。

## 本页要点

稳定排序解决“并列时按原顺序”，比较器只负责分出优先级的层级。

# 汇总模板：每条记录先算局部，再更新全局

将规则单独写成函数。以单人奖金为例，先从零开始逐条累加符合条件的奖金，再把这一人的结果交给外层。

$$\text{个人记录} \longrightarrow \text{个人奖金} \longrightarrow \begin{cases} \text{累加全体奖金} \\ \text{超过最高值时更新姓名与最高值} \end{cases}$$

各规则能同时成立就用独立判断。只有严格更高才更新，保证并列时留下先来的人；若要输出全部排名，才需要把所有记录排序。

# 练习 1839 | 谁拿了最多奖学金：题意

## 题意

$N$ 名学生（$1 \le N \le 100$），每人有姓名、期末平均成绩、班级评议成绩、是否学生干部、是否西部省份学生、发表论文数。五项奖学金可同时获得。求奖金最多者的姓名、其奖金，以及全体奖金总和；并列最多取输入最早者。

| 奖学金 | 奖金 | 条件 |
|---|---|---|
| 院士奖学金 | 8000 | 期末 $> 80$ 且论文 $\ge 1$ |
| 五四奖学金 | 4000 | 期末 $> 85$ 且班级 $> 80$ |
| 成绩优秀奖 | 2000 | 期末 $> 90$ |
| 西部奖学金 | 1000 | 期末 $> 85$ 且西部为 `Y` |
| 班级贡献奖 | 850 | 班级 $> 80$ 且干部为 `Y` |

所有成绩条件都是严格大于。

# 练习 1839 | 样例手推

| 姓名 | 期末 | 班级 | 干部 | 西部 | 论文 | 奖金 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| YaoLin | 87 | 82 | Y | N | 0 | $4000+850=4850$ |
| ChenRuiyi | 88 | 78 | N | Y | 1 | $8000+1000=9000$ |
| LiXin | 92 | 88 | N | N | 0 | $4000+2000=6000$ |
| ZhangQin | 83 | 87 | Y | N | 1 | $8000+850=8850$ |

- 最高奖金是 ChenRuiyi 的 $9000$，输出其姓名和奖金。
- 总奖金 $4850+9000+6000+8850=28700$。
- LiXin 同时满足五四奖学金和成绩优秀奖，最容易漏掉其中一个。

## 本页要点

每项奖学金独立判断，符合条件的都要累加。

# 练习 1839 | 核心步骤

对每位学生独立判断各项奖金并累加；更新全体总额；仅在奖金严格更高时更换获奖者。比最大值模板多了单人计算和全体累加。

完整程序：`code/1839.cpp`

# 练习 1839 | 格式与实现检查

- 五个字段类型不同：姓名 `string`，成绩 `int`，两个标志 `char`。
- `award` 只负责算一个人的奖金，主程序负责比较和累加。
- 每个 `if` 独立，不能用 `else if` 串联。
- 条件里的成绩都是严格大于；例如期末 $80$ 分拿不到院士奖学金。
- 字符比较用 `'Y'`，不要和字符串 `"Y"` 混用。
- 五项奖金可以同时累加，`money` 的初值为 $0$。
- 六个字段分两行读入，顺序仍是题面的顺序。
- `bestMoney` 初值为 $-1$，保证第一个学生一定更新。
- 只有严格大于才更新，并列时保留最早输入者；用 `>=` 会改成“最晚”。
- 第三行输出全体奖金之和 `total`，不是最高奖金。

学校 OJ：P20072 | 【05NOIP 提高组】谁拿了最多奖学金

# 练习 1839 | 易错点

- 严格大于：条件写 `>`，不是 `>=`；例如期末 80 分拿不到院士奖学金。
- 独立判断：写成 `else if` 会漏奖；LiXin 就同时拿两项。
- 并列最早：只有 `money > bestMoney` 才更新；用 `>=` 会改成“最晚”出现者。
- 读入顺序：姓名、期末、班级、干部、西部、论文，六项一个都不能乱。
- 总和：第三行输出全体奖金之和，不是最高奖金。
- 字符：干部和西部字段是 `char`，比较时用 `'Y'`，不要和字符串 `"Y"` 混用。

## 本页要点

条件多、字段多的题，先把规则列成表，再逐条翻译成 `if`。

# 四个高频错误

1. 忘记分号：`struct` 定义末尾漏写 `;`，编译器常把错误报到下一行。修正：每个字段和整个定义都检查分号。
2. 比较器不满足严格弱序：写成 `>=`、`<=`，或同分时忘记处理次键。后果是排序结果错乱甚至崩溃。修正：升序 `<`、降序 `>`，相等返回 `false`。
3. 读入顺序错：1147 是“分数姓名”，1839 是六个字段；凭感觉读入会导致样例都过不了。修正：把题面字段顺序抄在代码旁。
4. 名次与下标混用：第 $k$ 名是 `a[k-1]`；排序后原下标也已改变。

## 本页要点

编译错误先看结构体分号；答案错误先查读入顺序和比较器。

# 编译错误实战：漏分号与箭头误用

```
struct Student {
    string name;
    int score;
} // 错误：这里漏了分号
int main() {
    Student s;
    cout << s->name; // 错误：s 不是指针
}
```

- 漏分号时，编译器常报 `expected ';' before ...`，位置在下一行；要回头看结构体结尾。
- `s` 是对象，取成员用 `s.name`；只有指针 `p` 才能写 `p->name`。

## 本页要点

先分清“对象”还是“指针”，再决定用点还是箭头。

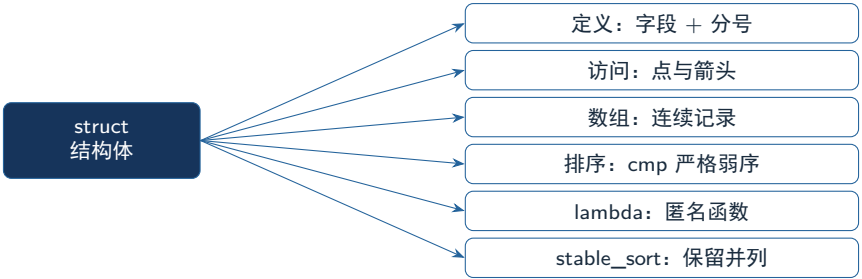
# 提交前的八项自查

1. 结构体定义末尾有分号吗？字段类型和题面一致吗？
2. 每个字段的读入顺序与题面完全相同吗？
3. 数组下标从 $0$ 开始，第 $k$ 名是否用了 `k-1`？
4. 比较器是否只用了 `<` 或 `>`，相等时返回 `false`？
5. 多关键字排序是否做到“主键不同先主键，主键相同再比次键”？
6. 需要保留输入顺序时，是否用了 `stable_sort` 或原始编号字段？
7. 输出格式、空格、换行、浮点精度是否符合题面？
8. 是否手算过样例，并测试了 $n = 1$、全部相同、最大 $n$ 等边界？

## 本页要点

把这张清单贴在显示器旁，比反复提交试错更快。

# 本章知识地图




- 数据组织用 `struct`；顺序规则用比较器（严格弱序）；并列保序用 `stable_sort`，就地写规则用 lambda。

## 本页要点

结构体负责“装”，比较器负责“排”，lambda 负责“就地写规则”。

# 练习安排：从定义到综合

1. 先做 1147、1399：练结构体定义、点访问、边读边处理。
2. 再做 1176、1178：练结构体数组、`sort` 比较器与多关键字排序。
3. 接着做 1183：练 `stable_sort` 与多级优先级。
4. 最后做 1839：综合字段、函数、最大值与总和。

## 做题方法

每题先手推样例，把“记录里有哪些字段、按什么规则排序、输出什么”写成三行笔记，再开始写代码。

# 本章全部 6 道练习索引

1. 一本通 1147：P5147 | 最高分数的学生姓名
2. 一本通 1399：甲流病人初筛 P4957
3. 一本通 1176：P5170 | 谁考了第 k 名
4. 一本通 1178：P5172 | 成绩排序
5. 一本通 1183：P5177 | 病人排队
6. 一本通 1839：P20072 | 【05NOIP 提高组】谁拿了最多奖学金

点击蓝色链接进入学校 OJ。本章 6 道练习全部列出，无遗漏。