小码哥教育 SEEMYGO

类模板

```
template <class Item>
class List {
    int m_size;
    int m_capacity;
    Item *m_data;
public:
    List(int capacity = 0);
    ~List();
    void add(Item value);
    Item get(int index);
    int size();
    void display();
};
```

```
template <class Item>
void List<Item>::add(Item value) {
    if (this->m_size == this->m_capacity) {
        cout << "数组已满" << endl;
        return;
    }

    this->m_data[this->m_size++] = value;
}

template <class Item>
Item List<Item>::get(int index) {
    if (index < 0 || index >= this->m_size) return NULL;

    return this->m_data[index];
}

template <class Item>
int List<Item>::size() {
    return this->m_size;
}
```

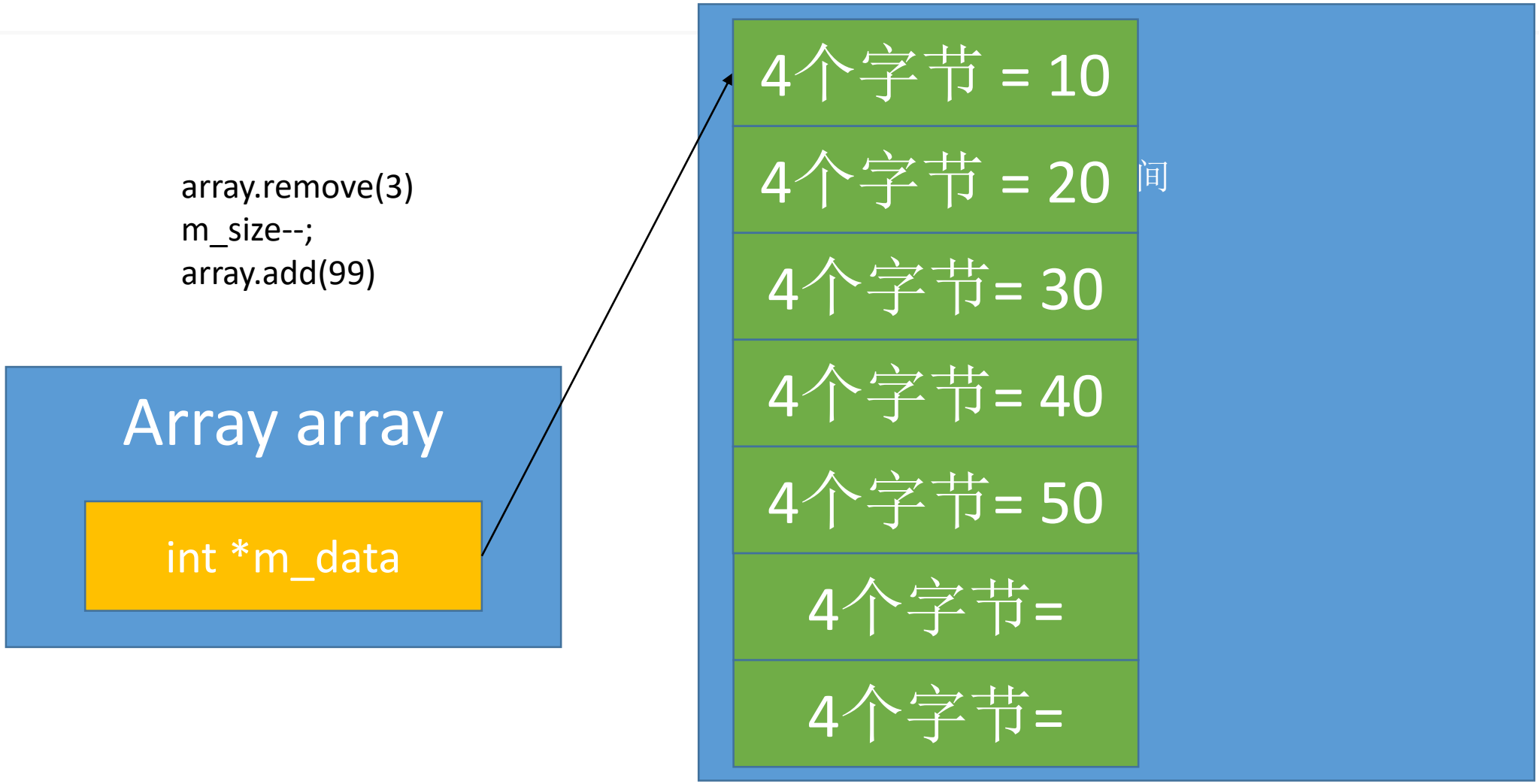
小码哥教育 SEEMYGO

类模板中的友元函数

```
template <class Item>
class Array {
    friend ostream &operator<<<>(ostream &, const Array<Item> &);
    int m_size = 0;
    int m_capacity = 0;
    Item *m_data = NULL;
```

```
template <class Item>
ostream &operator<<<>(ostream &cout, const Array<Item> &array) {
    cout << "[";
    for (int i = 0; i < array.m_size; i++) {
        cout << array.m_data[i];
        if (i != array.m_size - 1) {
            cout << ", ";
        }
    }
    return cout << "]";
}
```

```
array.remove(3)
m_size--;
array.add(99)
```



小码哥教育 SEEMYGO

类型转换

- C语言风格的类型转换符
  - (type)expression
  - type(expression)

- C++中有4个类型转换符
  - static_cast
  - dynamic_cast
  - reinterpret_cast
  - const_cast
  - 使用格式：xx_cast<type>(expression)

小码哥教育 SEEMYGO

const_cast

- 一般用于去除const属性，将const转换成非const

```
const Person *p1 = new Person();
p1->m_age = 10;

Person *p2 = const_cast<Person *>(p1);
p2->m_age = 20;
```

dynamic_cast

- 一般用于多态类型的转换，有运行时安全检测

```
class Person {
    virtual void run() { }
};

class Student : public Person { };

class Car { };
```

```
Person *p1 = new Person();
Person *p2 = new Student();

Student *stu1 = dynamic_cast<Student *>(p1); // NULL
Student *stu2 = dynamic_cast<Student *>(p2);
Car *car = dynamic_cast<Car *>(p1); // NULL
```

小码哥教育 SEEMYGO

static_cast

- 对比dynamic_cast，缺乏运行时安全检测
- 不能交叉转换（不是同一继承体系的，无法转换）
- 常用于基本数据类型的转换、非const转成const
- 使用范围较广

```
Person *p1 = new Person();
Person *p2 = new Student();
Student *stu1 = static_cast<Student *>(p1);
Student *stu2 = static_cast<Student *>(p2);
Car *car = static_cast<Car *>(p1);
```

小码哥教育 SEEMYGO

reinterpret_cast

- 属于比较底层的强制转换，没有任何类型检查和格式转换，仅仅是简单的二进制数据拷贝
- 可以交叉转换
- 可以将指针和整数互相转换

```
Person *p1 = new Person();
Person *p2 = new Student();
Student *stu1 = reinterpret_cast<Student *>(p1);
Student *stu2 = reinterpret_cast<Student *>(p2);
Car *car = reinterpret_cast<Car *>(p1);

int *p = reinterpret_cast<int *>(100);
int num = reinterpret_cast<int>(p);

int i = 10;
double d1 = reinterpret_cast<double &>(i);
```

小码哥教育 SEEMYGO

C++标准的发展

年份	C++ 标准	名称
1998	ISO/IEC 14882:1998	C++98
2003	ISO/IEC 14882:2003	C++03
2011	ISO/IEC 14882:2011	C++11
2014	ISO/IEC 14882:2014	C++14
2017	ISO/IEC 14882:2017	C++17
2020	Yet to be determined	C++20

C++11新特性

- auto
  - 可以从初始化表达式中推断出变量的类型，大大简化编程工作
  - 属于编译器特性，不影响最终的机器码质量，不影响运行效率

```
auto i = 10; // int
auto str = "c++"; // const char *
auto p = new Person(); // Person *
p->run();
```

- decltype
  - 可以获取变量的类型

```
int a = 10;
decltype(a) b = 20; // int
```

- nullptr
  - 可以解决NULL的二义性问题

```
func(0);
func(nullptr);
func(NULL);

cout << (NULL == nullptr) << endl; // 1
```

```
void func(int v) {
    cout << "func(int v) - " << v << endl;
}

void func(int *v) {
    cout << "func(int *v) - " << v << endl;
}
```

```
// 快速遍历
int array[] = { 11, 22, 33, 44, 55 };
for (int item : array) {
    cout << item << endl;
}
```

```
// 更加简洁的初始化方式
int array[]{ 11, 22, 33, 44, 55 };
```

小码哥教育 SEEMYGO

Lambda表达式

- Lambda表达式
- 有点类似于JavaScript中的闭包、iOS中的Block，本质就是函数
- 完整结构： [capture list] (params list) mutable exception-> return type { function body }
  - ✓ capture list：捕获外部变量列表
  - ✓ params list：形参列表，不能使用默认参数，不能省略参数名
  - ✓ mutable：用来说用是否可以修改捕获的变量
  - ✓ exception：异常设定
  - ✓ return type：返回值类型
  - ✓ function body：函数体
- 有时可以省略部分结构
  - ✓ [capture list] (params list) -> return type {function body}
  - ✓ [capture list] (params list) {function body}
  - ✓ [capture list] {function body}

Lambda表达式 – 示例

```
int (*p1)(int, int) = [] (int v1, int v2) -> int {
    return v1 + v2;
};
cout << p1(10, 20) << endl;
```

```
auto p2 = [] (int v1, int v2) {
    return v1 + v2;
};
cout << p2(10, 20) << endl;
```

```
auto p3 = [](int v1, int v2) { return v1 - v2; } (20, 10);
cout << p3 << endl;
```

```
auto p4 = [] {
    cout << "test" << endl;
};
p4();
```

```
int exec(int a, int b, int(*func)(int, int)) {
    if (func == nullptr) return 0;
    return func(a, b);
}
```

```
cout << exec(20, 10, [] (int v1, int v2) { return v1 + v2; }) << endl;
cout << exec(20, 10, [] (int v1, int v2) { return v1 - v2; }) << endl;
cout << exec(20, 10, [] (int v1, int v2) { return v1 * v2; }) << endl;
cout << exec(20, 10, [] (int v1, int v2) { return v1 / v2; }) << endl;
```

小码哥教育 SEEMYGO

Lambda表达式 - 外部变量捕获

```
int a = 10;
int b = 20;
// 值捕获
auto func = [a, b] {
    cout << a << endl;
    cout << b << endl;
};
a = 11;
b = 22;
func(); // 10 20
```

```
int a = 10;
int b = 20;
// 隐式捕获（值捕获）
auto func = [=] {
    cout << a << endl;
    cout << b << endl;
};
a = 11;
b = 22;
func(); // 10 20
```

```
int a = 10;
int b = 20;
// a是值捕获，其余变量是地址捕获
auto func = [&, a] {
    cout << a << endl;
    cout << b << endl;
};
a = 11;
b = 22;
func(); // 10 22
```

```
int a = 10;
int b = 20;
// a是引用（地址）捕获，b是值捕获
auto func = [&a, b] {
    cout << a << endl;
    cout << b << endl;
};
a = 11;
b = 22;
func(); // 11 20
```

```
int a = 10;
int b = 20;
// 隐式捕获（地址捕获）
auto func = [&] {
    cout << a << endl;
    cout << b << endl;
};
a = 11;
b = 22;
func(); // 11 22
```

```
int a = 10;
int b = 20;
// a是地址捕获，其余变量是值捕获
auto func = [=, &a] {
    cout << a << endl;
    cout << b << endl;
};
a = 11;
b = 22;
func(); // 11 20
```

小码哥教育 SEEMYGO

Lambda表达式 - mutable

```
int a = 10;
auto func = [a]() mutable {
    cout << ++a << endl;
};
func(); // 11
cout << a << endl; // 10
```

C++14

- 泛型Lambda表达式

```
auto func = [](auto v1, auto v2) { return v1 + v2; };
cout << func(10, 20.5) << endl;
```

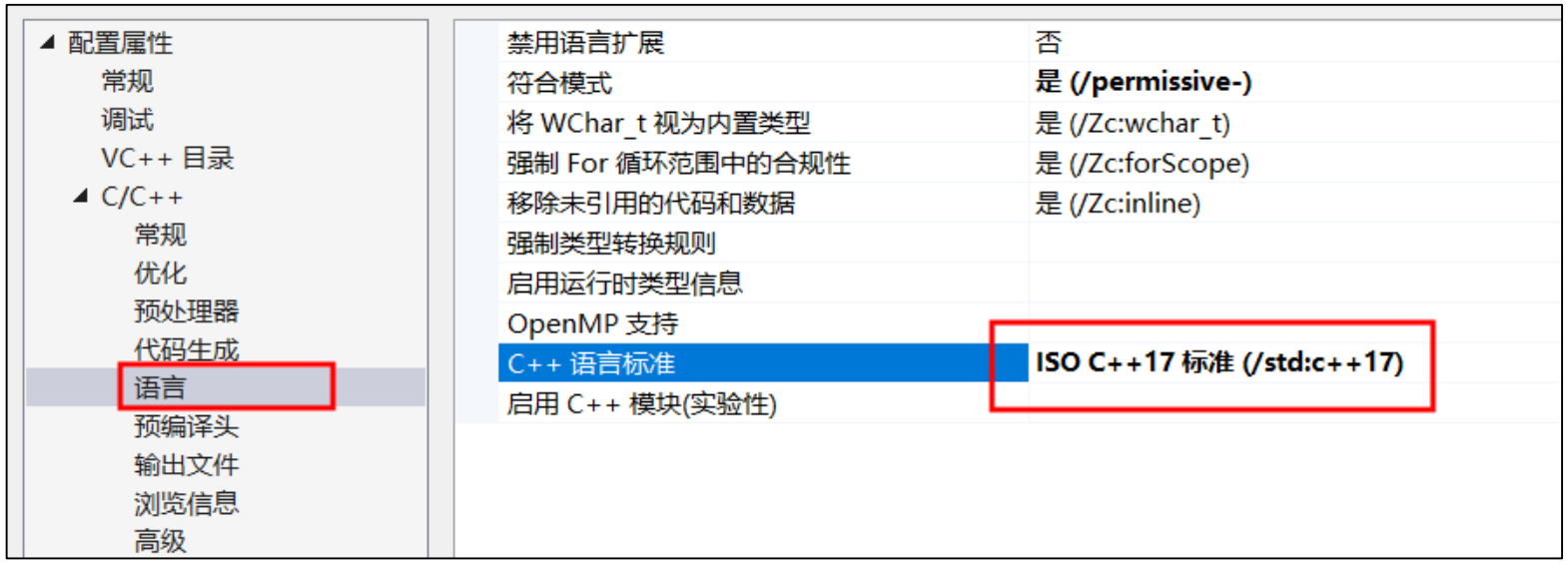
- 对捕获的变量进行初始化

```
int a;
auto func = [a = 10]() {
    cout << a << endl;
};
func();
// 这里仍然是未初始化
cout << a << endl;
```

小码哥教育 SEEMYGO

C++17

■ 设置C++标准



小码哥教育 SEEMYGO

C++17

- 可以进行初始化的if、switch语句

```
// 变量a、b的作用域是它所在的if语句、以及其后面的if-else语句
if (int a = 10; a > 10) {
    a = 1;
} else if (int b = 20; a > 5 && b > 10) {
    b = 2;
    a = 2;
} else if (0) {
    b = 3;
    a = 3;
} else {
    b = 4;
    a = 4;
}
```

```
// 变量a的作用域是它所在switch语句
switch (int a = 10; a) {
case 1:
    break;
case 5:
    break;
case 10:
    break;
default:
    break;
}
```

小码哥教育 SEEMYGO

错误

- 编程过程中的常见错误类型
  - 语法错误
  - 逻辑错误
  - 异常
  - ……

异常

- 异常是一种在程序运行过程中可能会发生的错误（比如内存不够）
- 异常没有被处理，会导致程序终止

```
int divide(int v1, int v2) {
    if (v2 == 0) throw "不能除以0";
    return v1 / v2;
}
```

```
try {
    int a = 10;
    int b = 0;
    int c = divide(a, b);
} catch (const char *exception) {
    cout << exception << endl;
}

cout << "runing..." << endl;
```

```
try {
    // 被检测的代码
} catch (异常类型 [变量名]) {
    // 异常处理代码
} catch (异常类型 [变量名]) {
    // 异常处理代码
} ...
```

- throw异常后，会在当前函数中查找匹配的catch，找不到就终止当前函数代码，去上一层函数中查找。如果最终都找不到匹配的catch，整个程序就会终止

小码哥教育 SEEMYGO

异常的抛出声明

- 为了增强可读性和方便团队协作，如果函数内部可能会抛出异常，建议函数声明一下异常类型

```
// 抛出任意可能的异常
void func1() {


}

// 不抛出任何异常
void func2() throw() {

}

// 只抛出int、double类型的异常
void func3() throw(int, double) {

}
```

小码哥教育 SEEMYGO

自定义异常类型

```
class Exception {
public:
    virtual string what() const = 0;
};

class DivideException : public Exception {
public:
    string what() const { return "不能除以0"; }
};

int divide(int v1, int v2) throw(Exception) {
    if (v2 == 0) throw DivideException();
    return v1 / v2;
}
```

```
try {
    int a = 10;
    int b = 0;
    int c = divide(a, b);
} catch (const Exception &exception) {
    cout << exception.what() << endl;
}

cout << "runing..." << endl;
```

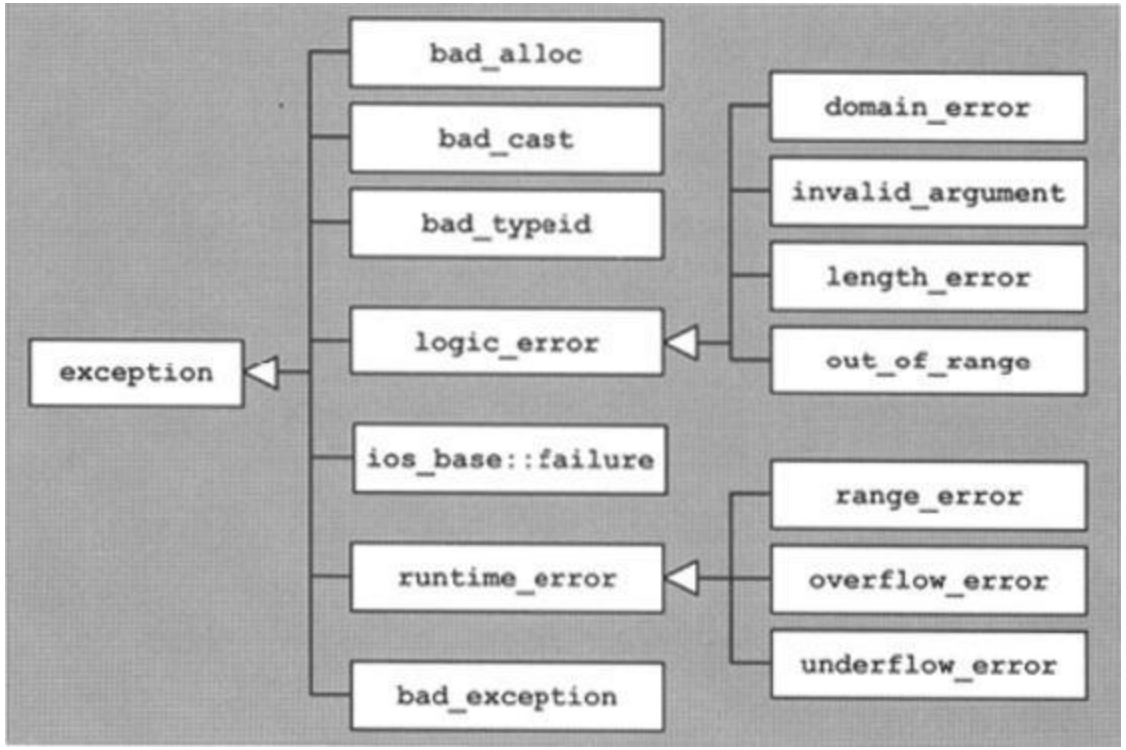
小码哥教育 SEEMYGO

拦截所有类型的异常

```
try {
    int a = 10;
    int b = 0;
    int c = divide(a, b);
} catch (...) {
    cout << "出现异常" << endl;
}
```

小码哥教育 SEEMYGO

标准异常（std）



异常	描述
std::exception	该异常是所有标准 C++ 异常的父类。
std::bad_alloc	该异常可以通过 **new** 抛出。
std::bad_cast	该异常可以通过 **dynamic_cast** 抛出。
std::bad_exception	这在处理 C++ 程序中无法预期的异常时非常有用。
std::bad_typeid	该异常可以通过 **typeid** 抛出。
std::logic_error	理论上可以通过读取代码来检测到的异常。
std::domain_error	当使用了一个无效的数学域时，会抛出该异常。
std::invalid_argument	当使用了无效的参数时，会抛出该异常。
std::length_error	当创建了太长的 std::string 时，会抛出该异常。
std::out_of_range	该异常可以通过方法抛出，例如 std::vector 和 std::bitset<>::operator[]()。
std::runtime_error	理论上不可以通过读取代码来检测到的异常。
std::overflow_error	当发生数学上溢时，会抛出该异常。
std::range_error	当尝试存储超出范围的值时，会抛出该异常。
std::underflow_error	当发生数学下溢时，会抛出该异常。

小码哥教育 SEEMYGO

标准异常（std）

```
try {
    int size = 999999;
    for (size_t i = 0; i < size; i++) {
        int *p = new int[size];
    }
} catch (std::bad_alloc exception) {
    cout << exception.what() << endl;
}

cout << "runing..." << endl;
```

智能指针（Smart Pointer）

- 传统指针存在的问题
  - 需要手动管理内存
  - 容易发生内存泄露（忘记释放、出现异常等）
  - 释放之后产生野指针

- 智能指针就是为了解决传统指针存在的问题
  - auto_ptr：属于C++98标准，在C++11中已经不推荐使用（有缺陷，比如不能用于数组）
  - shared_ptr：属于C++11标准
  - unique_ptr：属于C++11标准

小码哥教育 SEEMYGO

智能指针的简单自实现

```
template<class T>
class SmartPointer {
    T *m_pointer;
public:
    SmartPointer(T *pointer) :m_pointer(pointer) { }

    ~SmartPointer() {
        if (m_pointer == nullptr) return;
        delete m_pointer;
    }

    T *operator->() {
        return m_pointer;
    }
};
```

shared_ptr

- shared_ptr的设计理念
  - 多个shared_ptr可以指向同一个对象，当最后一个shared_ptr在作用域范围内结束时，对象才会被自动释放
- 可以通过一个已存在的智能指针初始化一个新的智能指针

```
shared_ptr<Person> p1(new Person());
shared_ptr<Person> p2(p1);
```

- 针对数组的用法

```
shared_ptr<Person> ptr1(new Person[5]{}, [](Person *p) { delete[] p; });
```

```
shared_ptr<Person[]> persons(new Person[5]{});
```

shared_ptr的原理

- 一个shared_ptr会对一个对象产生强引用（strong reference）

- 每个对象都有个与之对应的强引用计数，记录着当前对象被多少个shared_ptr强引用着
  - 可以通过shared_ptr的use_count函数获得强引用计数

- 当有一个新的shared_ptr指向对象时，对象的强引用计数就会+1

- 当有一个shared_ptr销毁时（比如作用域结束），对象的强引用计数就会-1

- 当一个对象的强引用计数为0时（没有任何shared_ptr指向对象时），对象就会自动销毁（析构）

小码哥教育 SEEMYGO

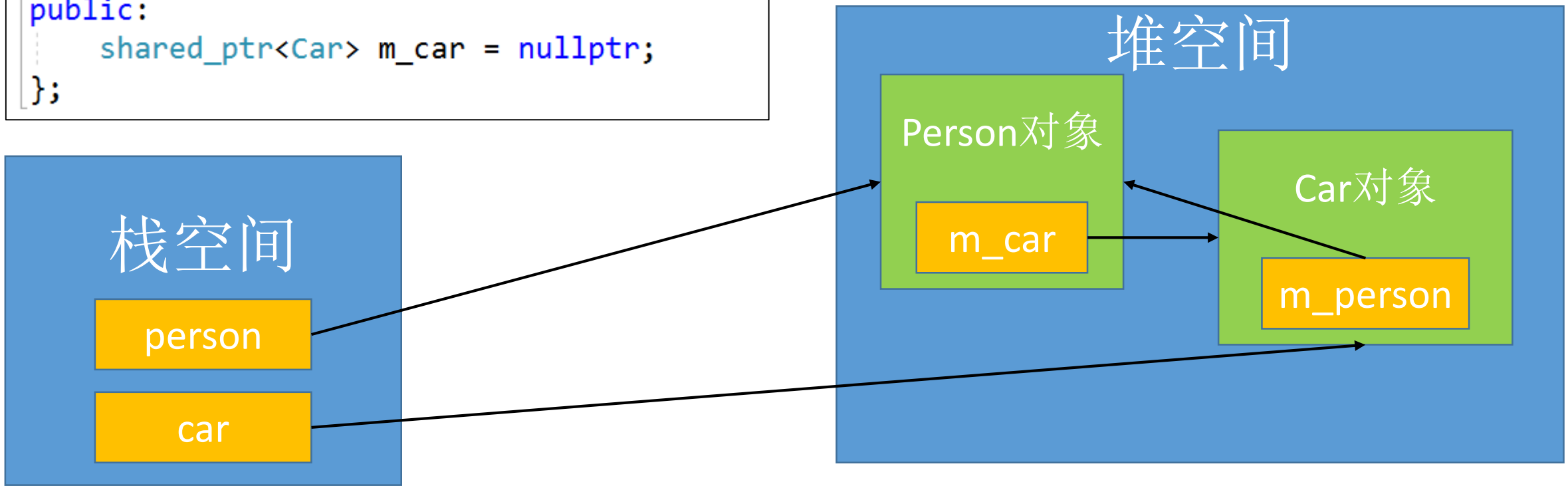
思考下面代码有没有问题

```
Person *p = new Person(); // Person()

{
    shared_ptr<Person> p1(p);
} // ~Person()

{
    shared_ptr<Person> p2(p);
} // ~Person()
```

shared_ptr的循环引用

```
class Car {
public:
    shared_ptr<Person> m_person = nullptr;
};

class Person {
public:
    shared_ptr<Car> m_car = nullptr;
};
```

```
shared_ptr<Person> person(new Person());
shared_ptr<Car> car(new Car());
person->m_car = car;
car->m_person = person;
```



weak_ptr

- weak_ptr会对一个对象产生弱引用

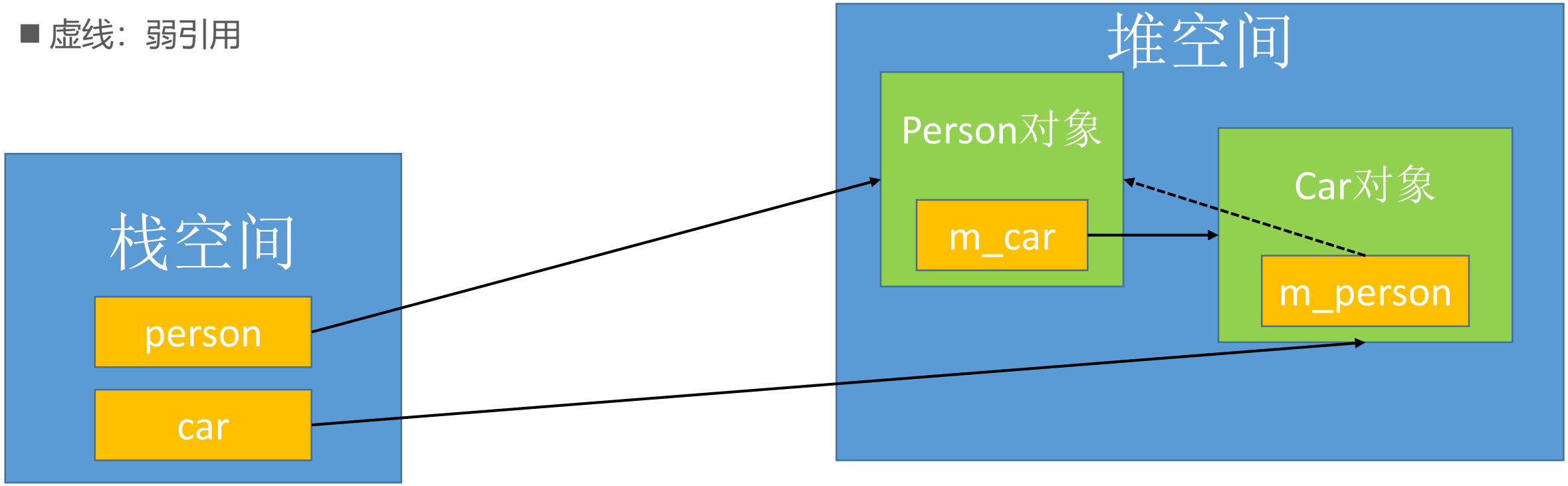
- weak_ptr可以指向对象解决shared_ptr的循环引用问题

```
class Car {
public:
    weak_ptr<Person> m_person;
};

class Person {
public:
    shared_ptr<Car> m_car = nullptr;
};
```

```
shared_ptr<Person> person(new Person());
shared_ptr<Car> car(new Car());
person->m_car = car;
car->m_person = person;
```

weak_ptr解决循环引用

- 实线：强引用
- 虚线：弱引用



unique_ptr

- unique_ptr也会对一个对象产生强引用，它可以确保同一时间只有1个指针指向对象
- 当unique_ptr销毁时（作用域结束时），其指向的对象也就自动销毁了
- 可以使用std::move函数转移unique_ptr的所有权

```
// ptr1强引用着Person对象
unique_ptr<Person> ptr1(new Person());
// 转移之后，ptr2强引用着Person对象
unique_ptr<Person> ptr2 = std::move(ptr1);
```