Lesson09---vector

【本节目标】

- **1.vector的介绍及使用**
- **2.vector深度剖析及模拟实现**

1.vector的介绍及使用

1.1 vector的介绍

> vector的文档介绍
>
> 1. vector是表示可变大小数组的序列容器。
> 2. 就像数组一样，vector也采用的连续存储空间来存储元素。也就是意味着可以采用下标对vector的元素进行访问，和数组一样高效。但是又不像数组，它的大小是可以动态改变的，而且它的大小会被容器自动处理。
> 3. 本质讲，vector使用动态分配数组来存储它的元素。当新元素插入时候，这个数组需要被重新分配大小为了增加存储空间。其做法是，分配一个新的数组，然后将全部元素移到这个数组。就时间而言，这是一个相对代价高的任务，因为每当一个新的元素加入到容器的时候，vector并不会每次都重新分配大小。
> 4. vector分配空间策略：vector会分配一些额外的空间以适应可能的增长，因为存储空间比实际需要的存储空间更大。不同的库采用不同的策略权衡空间的使用和重新分配。但是无论如何，重新分配都应该是对数增长的间隔大小，以至于在末尾插入一个元素的时候是在常数时间的复杂度完成的。
> 5. 因此，vector占用了更多的存储空间，为了获得管理存储空间的能力，并且以一种有效的方式动态增长。
> 6. 与其它动态序列容器相比（deque, list and forward_list）， vector在访问元素的时候更加高效，在末尾添加和删除元素相对高效。对于其它不在末尾的删除和插入操作，效率更低。比起list和forward_list统一的迭代器和引用更好。
>
> 使用STL的三个境界：能用，明理，能扩展 ，那么下面学习vector，我们也是按照这个方法去学习

1.2 vector的使用

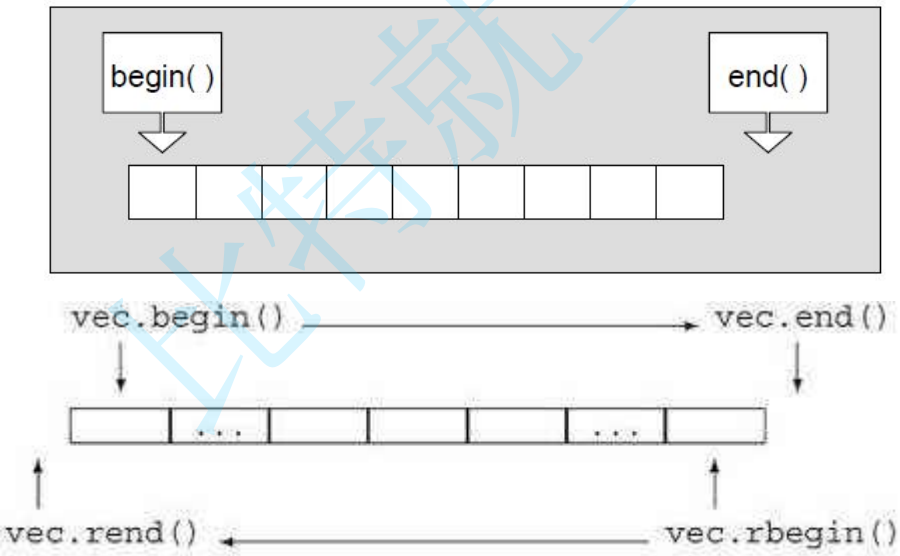
> vector学习时一定要学会查看文档：vector的文档介绍，vector在实际中非常的重要，在实际中我们熟悉常见的接口就可以，下面列出了**哪些接口是要重点掌握的。**
>
> #### 1.2.1 vector的定义

(constructor)构造函数声明	接口说明
vector()（重点）	无参构造
vector（size_type n, const value_type& val = value_type()）	构造并初始化n个val
vector (const vector& x);（重点）	拷贝构造
vector (InputIterator first, InputIterator last);	使用迭代器进行初始化构造

vector的构造代码演示

1.2.2 vector iterator 的使用

iterator的使用	接口说明
begin + end（重点）	获取第一个数据位置的iterator/const_iterator，获取最后一个数据的下一个位置的iterator/const_iterator
rbegin + rend	获取最后一个数据位置的reverse_iterator，获取第一个数据前一个位置的reverse_iterator



vectot的迭代器使用代码演示

1.2.3 vector 空间增长问题

容量空间	接口说明
size	获取数据个数
capacity	获取容量大小
empty	判断是否为空
resize（重点）	改变vector的size
reserve （重点）	改变vector的capacity

- capacity的代码在vs和g++下分别运行会发现，**vs下capacity是按1.5倍增长的，g++是按2倍增长的。**这个问题经常会考察，不要固化的认为，vector增容都是2倍，具体增长多少是根据具体的需求定义的。vs是PJ版本STL，g++是SGI版本STL。
- reserve只负责开辟空间，如果确定知道需要用多少空间，reserve可以缓解vector增容的代价缺陷问题。
- resize在开空间的同时还会进行初始化，影响size。

```
// 测试vector的默认扩容机制
void TestVectorExpand()
{
    size_t sz;
    vector<int> v;
    sz = v.capacity();
    cout << "making v grow:\n";
    for (int i = 0; i < 100; ++i)
    {
        v.push_back(i);
        if (sz != v.capacity())
        {
            sz = v.capacity();
            cout << "capacity changed: " << sz << '\n';
        }
    }
}

vs：运行结果：vs下使用的STL基本是按照1.5倍方式扩容
making foo grow:
capacity changed: 1
capacity changed: 2
capacity changed: 3
capacity changed: 4
capacity changed: 6
capacity changed: 9
capacity changed: 13
capacity changed: 19
capacity changed: 28
capacity changed: 42
capacity changed: 63
capacity changed: 94
```

```
capacity changed: 141

g++运行结果：linux下使用的STL基本是按照2倍方式扩容
making foo grow:
capacity changed: 1
capacity changed: 2
capacity changed: 4
capacity changed: 8
capacity changed: 16
capacity changed: 32
capacity changed: 64
capacity changed: 128
```

```cpp
// 如果已经确定vector中要存储元素大概个数，可以提前将空间设置足够
// 就可以避免边插入边扩容导致效率低下的问题了
void TestVectorExpandOP()
{
    vector<int> v;
    size_t sz = v.capacity();
    v.reserve(100);   // 提前将容量设置好，可以避免一遍插入一遍扩容
    cout << "making bar grow:\n";
    for (int i = 0; i < 100; ++i)
    {
        v.push_back(i);
        if (sz != v.capacity())
        {
            sz = v.capacity();
            cout << "capacity changed: " << sz << '\n';
        }
    }
}
```

vector容量接口使用代码演示

1.2.3 vector 增删查改

vector增删查改	接口说明
push_back（重点）	尾插
pop_back （重点）	尾删
find	查找。（注意这个是算法模块实现，不是vector的成员接口）
insert	在position之前插入val
erase	删除position位置的数据
swap	交换两个vector的数据空间
operator[] （重点）	像数组一样访问

vector插入和删除操作代码演示

1.2.4 vector 迭代器失效问题。（重点）

迭代器的主要作用就是让算法能够不用关心底层数据结构，其底层实际就是一个指针，或者是对指针进行了封装，比如：**vector的迭代器就是原生态指针T*** 。因此**迭代器失效，实际就是迭代器底层对应指针所指向的空间被销毁了，而使用一块已经被释放的空间**，造成的后果是程序崩溃(即**如果继续使用已经失效的迭代器，程序可能会崩溃**)。

对于vector可能会导致其迭代器失效的操作有：

1. **会引起其底层空间改变的操作，都有可能是迭代器失效**，比如：resize、reserve、insert、assign、push_back等。

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <vector>

int main()
{
    vector<int> v{1,2,3,4,5,6};

    auto it = v.begin();

    // 将有效元素个数增加到100个，多出的位置使用8填充，操作期间底层会扩容
    // v.resize(100, 8);

    // reserve的作用就是改变扩容大小但不改变有效元素个数，操作期间可能会引起底层容量改变
    // v.reserve(100);

    // 插入元素期间，可能会引起扩容，而导致原空间被释放
    // v.insert(v.begin(), 0);
    // v.push_back(8);

    // 给vector重新赋值，可能会引起底层容量改变
    v.assign(100, 8);

    /*
    出错原因：以上操作，都有可能会导致vector扩容，也就是说vector底层原理旧空间被释放掉，而在打印时，it还使用的是释放之间的旧空间，在对it迭代器操作时，实际操作的是一块已经被释放的空间，而引起代码运行时崩溃。
    解决方式：在以上操作完成之后，如果想要继续通过迭代器操作vector中的元素，只需给it重新赋值即可。
    */
    while(it != v.end())
    {
        cout<< *it << " " ;
        ++it;
    }
    cout<<endl;
    return 0;
}
```

2. 指定位置元素的删除操作--**erase**

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;
#include <vector>

int main()
{
    int a[] = { 1, 2, 3, 4 };
    vector<int> v(a, a + sizeof(a) / sizeof(int));

    // 使用find查找3所在位置的iterator
    vector<int>::iterator pos = find(v.begin(), v.end(), 3);

    // 删除pos位置的数据，导致pos迭代器失效。
    v.erase(pos);
    cout << *pos << endl; // 此处会导致非法访问
    return 0;
}
```

erase删除pos位置元素后，pos位置之后的元素会往前搬移，没有导致底层空间的改变，理论上讲迭代器不应该会失效，但是：如果pos刚好是最后一个元素，删完之后pos刚好是end的位置，而end位置是没有元素的，那么pos就失效了。因此删除vector中任意位置上元素时，vs就认为该位置迭代器失效了。

以下代码的功能是删除vector中所有的偶数，请问那个代码是正确的，为什么？

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;
#include <vector>

int main()
{
    vector<int> v{ 1, 2, 3, 4 };
    auto it = v.begin();
    while (it != v.end())
    {
        if (*it % 2 == 0)
            v.erase(it);

        ++it;
    }

    return 0;
}

int main()
{
    vector<int> v{ 1, 2, 3, 4 };
    auto it = v.begin();
    while (it != v.end())
    {
```

```
        if (*it % 2 == 0)
            it = v.erase(it);
        else
            ++it;
    }

    return 0;
}
```

3. 注意：Linux下，g++编译器对迭代器失效的检测并不是非常严格，处理也没有vs下极端。

```
// 1. 扩容之后，迭代器已经失效了，程序虽然可以运行，但是运行结果已经不对了
int main()
{
    vector<int> v{1,2,3,4,5};
    for(size_t i = 0; i < v.size(); ++i)
         cout << v[i] << " ";
    cout << endl;

    auto it = v.begin();
    cout << "扩容之前，vector的容量为: " << v.capacity() << endl;
   // 通过reserve将底层空间设置为100，目的是为了让vector的迭代器失效
    v.reserve(100);
    cout << "扩容之后，vector的容量为: " << v.capacity() << endl;

    // 经过上述reserve之后，it迭代器肯定会失效，在vs下程序就直接崩溃了，但是linux下不会
    // 虽然可能运行，但是输出的结果是不对的
    while(it != v.end())
    {
        cout << *it << " ";
        ++it;
    }
    cout << endl;
    return 0;
}

程序输出:
1 2 3 4 5
扩容之前，vector的容量为: 5
扩容之后，vector的容量为: 100
0 2 3 4 5 409 1 2 3 4 5

// 2. erase删除任意位置代码后，linux下迭代器并没有失效
// 因为空间还是原来的空间，后序元素往前搬移了，it的位置还是有效的
#include <vector>
#include <algorithm>

int main()
{
    vector<int> v{1,2,3,4,5};
    vector<int>::iterator it = find(v.begin(), v.end(), 3);

    v.erase(it);
```

```
    cout << *it << endl;
    while(it != v.end())
    {
        cout << *it << " ";
        ++it;
    }
    cout << endl;
    return 0;
}

程序可以正常运行，并打印：
4
4 5

// 3: erase删除的迭代器如果是最后一个元素，删除之后it已经超过end
// 此时迭代器是无效的，++it导致程序崩溃
int main()
{
    vector<int> v{1,2,3,4,5};
   // vector<int> v{1,2,3,4,5,6};
    auto it = v.begin();
    while(it != v.end())
    {
        if(*it % 2 == 0)
            v.erase(it);
        ++it;
    }

    for(auto e : v)
       cout << e << " ";
    cout << endl;
    return 0;
}

============================================================
// 使用第一组数据时，程序可以运行
[sly@VM-0-3-centos 20220114]$ g++ testVector.cpp -std=c++11
[sly@VM-0-3-centos 20220114]$ ./a.out
1 3 5
============================================================
// 使用第二组数据时，程序最终会崩溃
[sly@VM-0-3-centos 20220114]$ vim testVector.cpp
[sly@VM-0-3-centos 20220114]$ g++ testVector.cpp -std=c++11
[sly@VM-0-3-centos 20220114]$ ./a.out
Segmentation fault
```

从上述三个例子中可以看到：SGI STL中，迭代器失效后，代码并不一定会崩溃，但是运行结果肯定不对，如果it不在begin和end范围内，肯定会崩溃的。

4. 与vector类似，string在插入+扩容操作+erase之后，迭代器也会失效

```
#include <string>
void TestString()
```

```
{
    string s("hello");
    auto it = s.begin();

    // 放开之后代码会崩溃，因为resize到20会string会进行扩容
    // 扩容之后，it指向之前旧空间已经被释放了，该迭代器就失效了
    // 后序打印时，再访问it指向的空间程序就会崩溃
    //s.resize(20, '!');
    while (it != s.end())
    {
        cout << *it;
        ++it;
    }
    cout << endl;

    it = s.begin();
    while (it != s.end())
    {
        it = s.erase(it);
        // 按照下面方式写，运行时程序会崩溃，因为erase(it)之后
        // it位置的迭代器就失效了
        // s.erase(it);
        ++it;
    }
}
```

迭代器失效解决办法：在使用前，对迭代器重新赋值即可。

1.2.5 vector 在OJ中的使用。

1. 只出现一次的数字i

```
class Solution {
public:
    int singleNumber(vector<int>& nums) {
        int value = 0;
        for(auto e : v) {value ^= e; }
        return value;
    }
};
```

2. 杨辉三角OJ

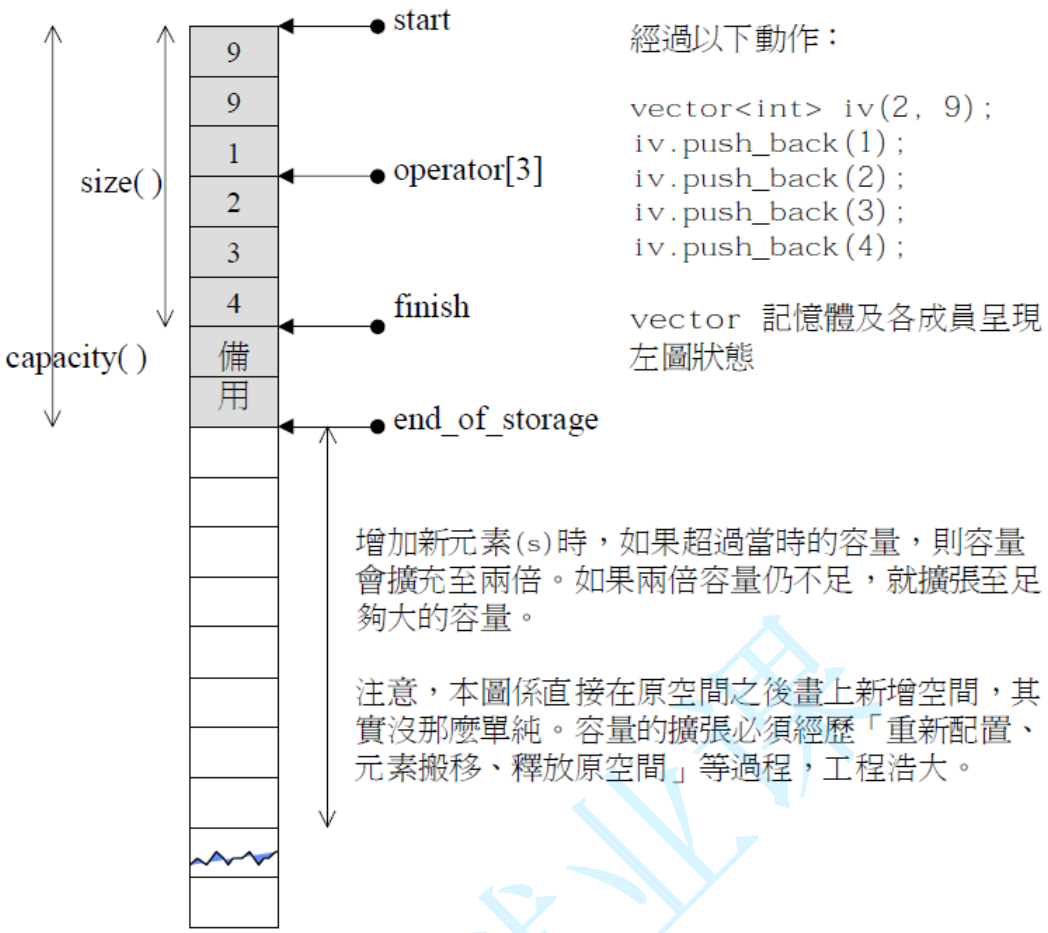
```
// 涉及resize / operator[]
// 核心思想：找出杨辉三角的规律，发现每一行头尾都是1，中间第[j]个数等于上一行[j-1]+[j]
class Solution {
public:
    vector<vector<int>> generate(int numRows) {
        vector<vector<int>> vv(numRows);
        for(int i = 0; i < numRows; ++i)
        {
            vv[i].resize(i+1, 1);
```

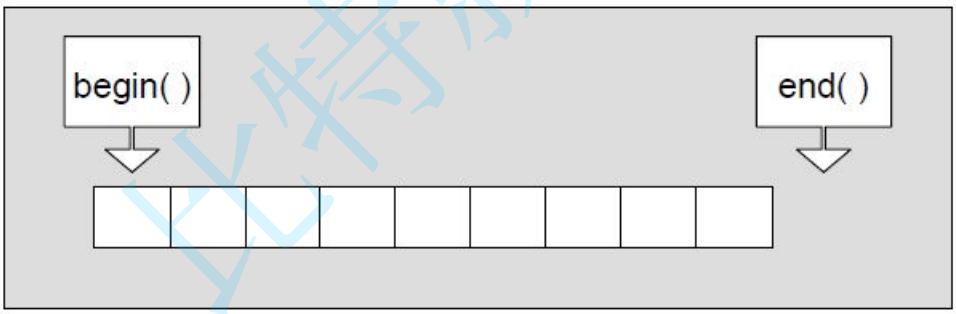
```
        }

        for(int i = 2; i < numRows; ++i)
        {
            for(int j = 1; j < i; ++j)
            {
                vv[i][j] = vv[i-1][j] + vv[i-1][j-1];
            }
        }

        return vv;
    }
};
```

总结：通过上面的练习我们发现vector常用的接口更多是插入和遍历。遍历更喜欢用数组operator[i]的形式访问，因为这样便捷。课下自己实现一遍上面课堂讲解的OJ练习，然后请自行完成下面题目的OJ练习。以此增强学习vector的使用。

3. 删除排序数组中的重复项 OJ
4. 只出现一次的数ii OJ
5. 只出现一次的数iii OJ
6. 数组中出现次数超过一半的数字 OJ
7. 电话号码字母组合OJ

2.vector深度剖析及模拟实现





2.1 std::vector的核心框架接口的模拟实现bit::vector

> vector的模拟实现

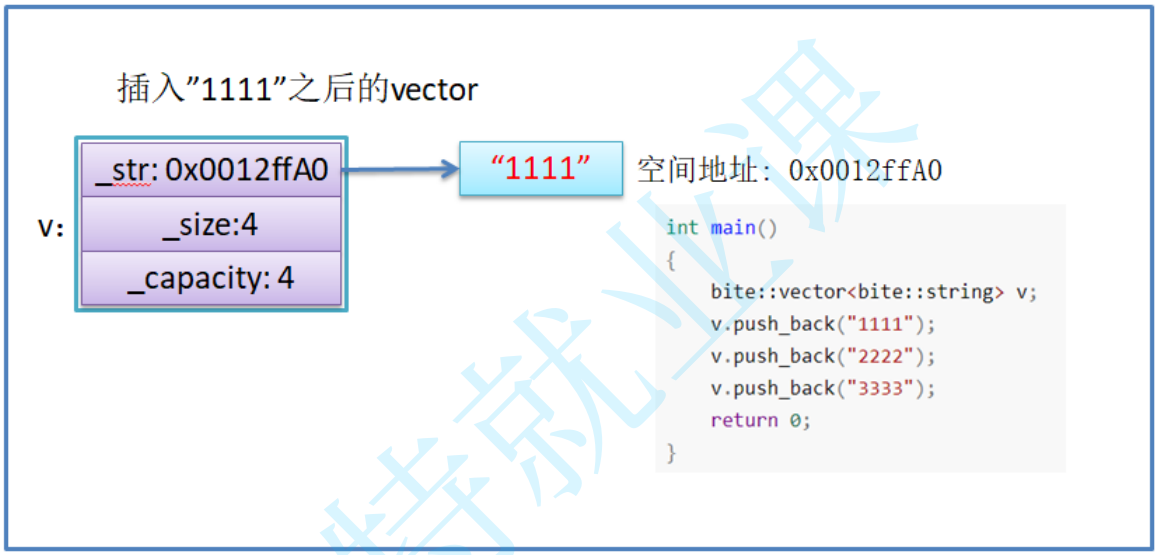
2.2 使用memcpy拷贝问题

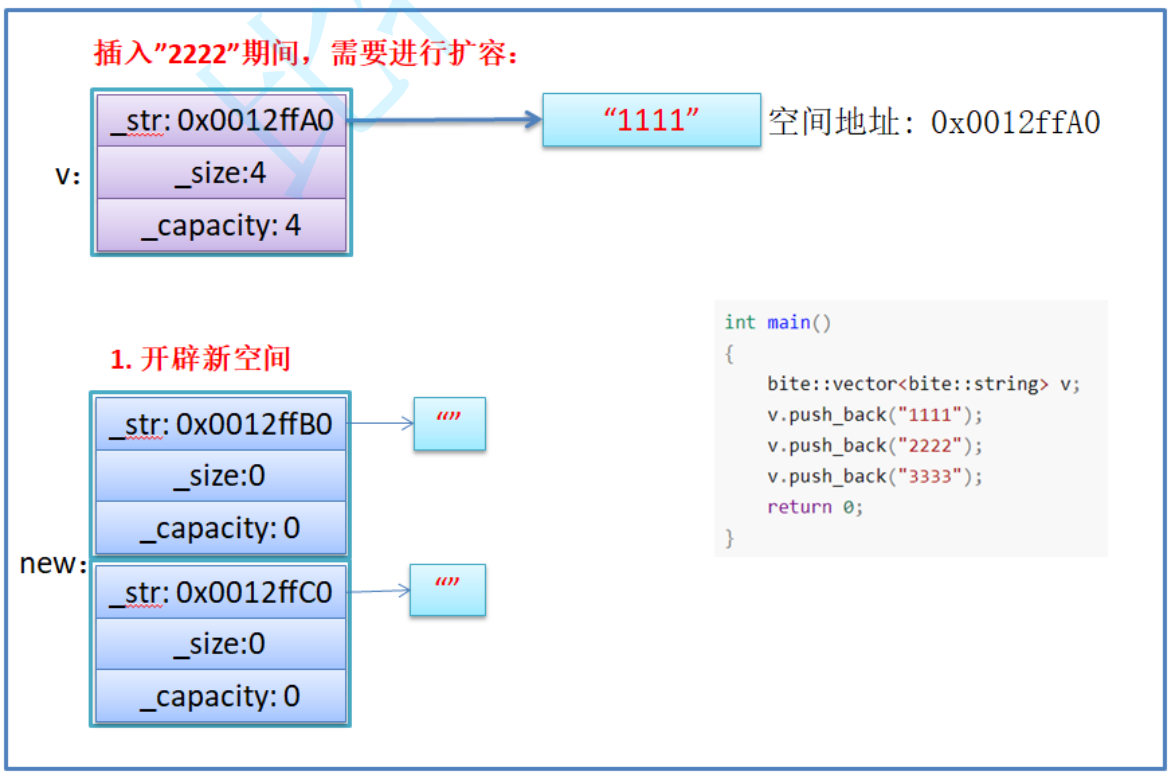
> 假设模拟实现的vector中的reserve接口中，使用memcpy进行的拷贝，以下代码会发生什么问题？

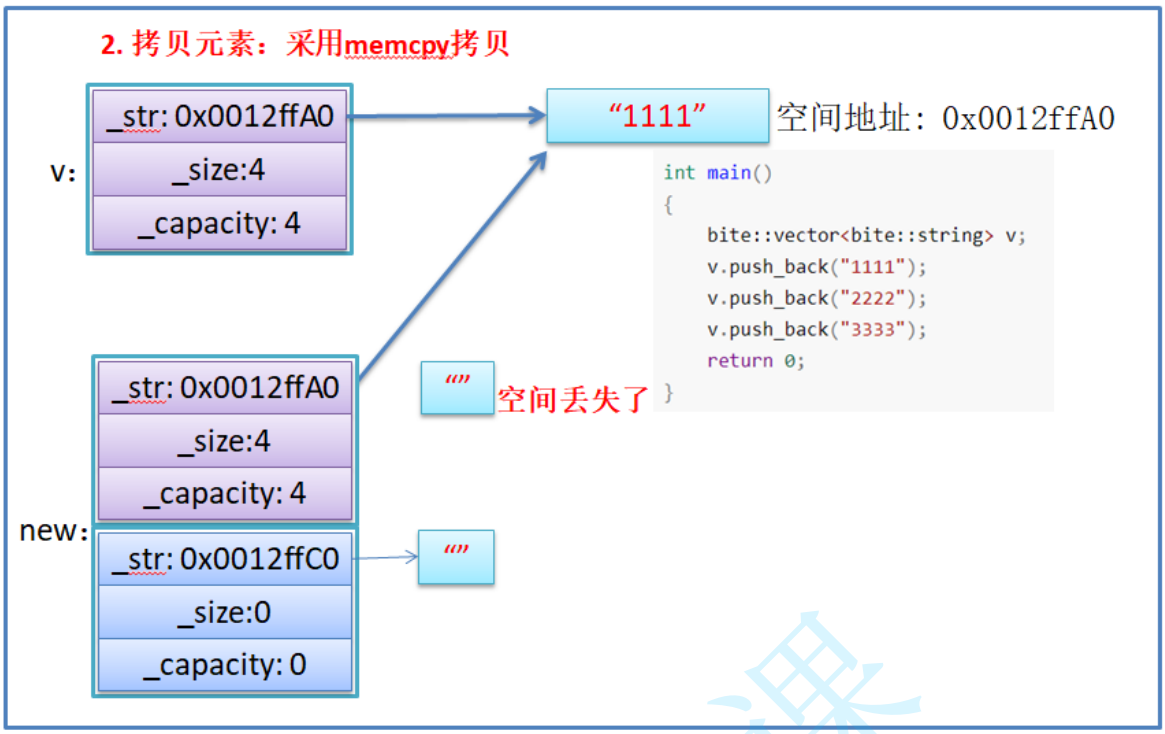
```cpp
int main()
{
    bite::vector<bite::string> v;
    v.push_back("1111");
    v.push_back("2222");
    v.push_back("3333");
    return 0;
}
```

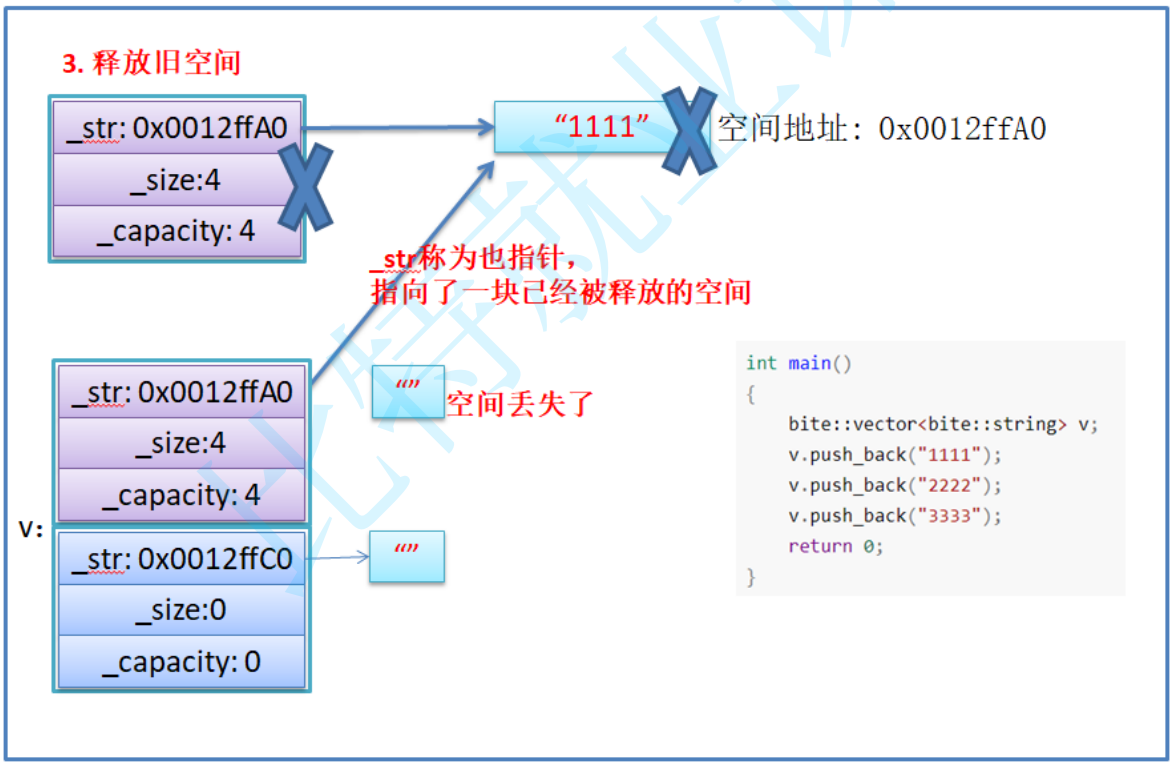
问题分析：

1. memcpy是内存的二进制格式拷贝，将一段内存空间中内容原封不动的拷贝到另外一段内存空间中
2. 如果拷贝的是自定义类型的元素，memcpy既高效又不会出错，但如果拷贝的是自定义类型元素，并且自定义类型元素中涉及到资源管理时，就会出错，因为memcpy的拷贝实际是浅拷贝。









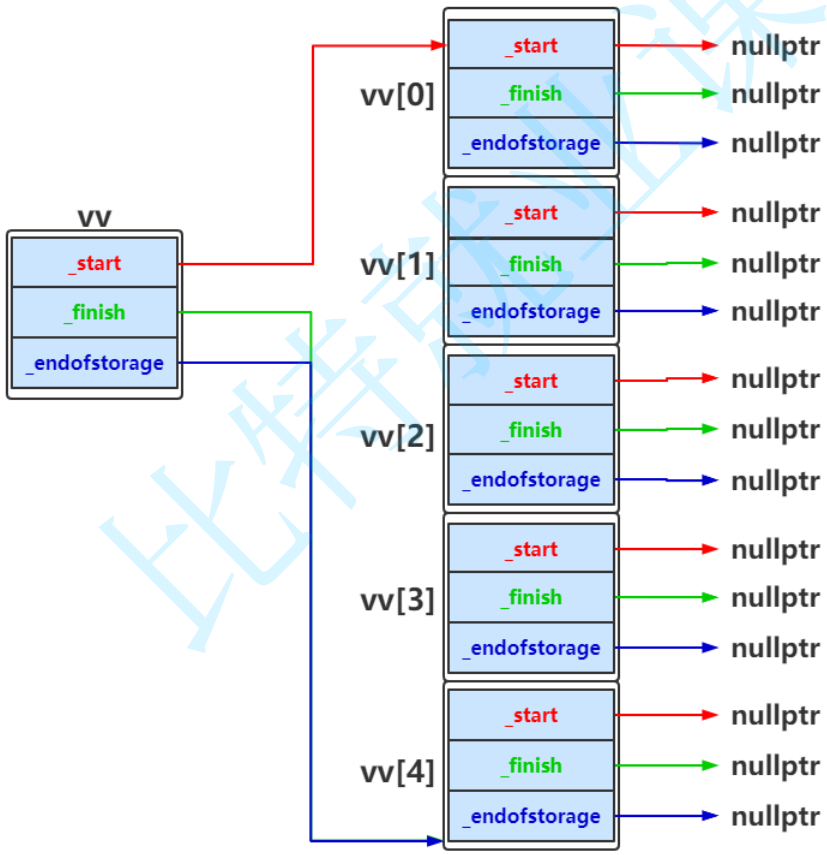
结论：如果对象中涉及到资源管理时，千万不能使用memcpy进行对象之间的拷贝，因为memcpy是浅拷贝，否则可能会引起内存泄漏甚至程序崩溃。

2.2 动态二维数组理解

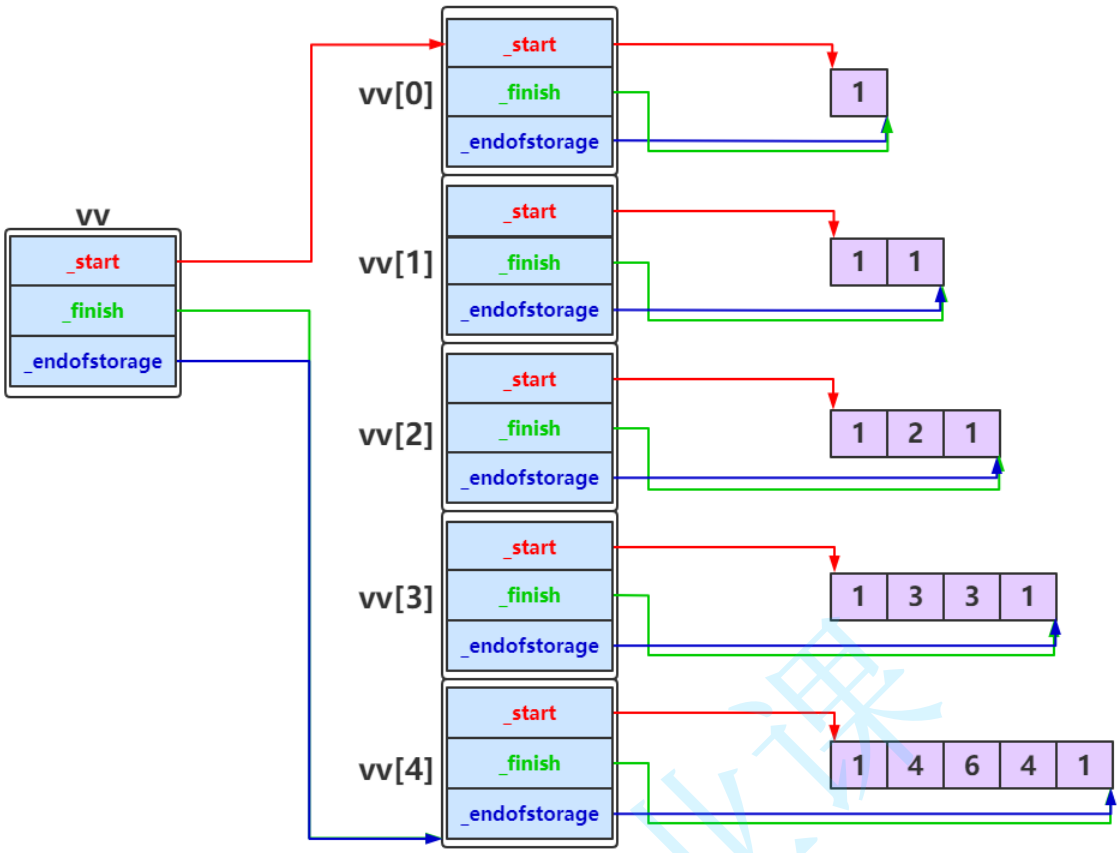
```
// 以杨慧三角的前n行为例：假设n为5
void test2vector(size_t n)
{
    // 使用vector定义二维数组vv，vv中的每个元素都是vector<int>
```

```
    bit::vector<bit::vector<int>> vv(n);

    // 将二维数组每一行中的vecotr<int>中的元素全部设置为1
    for (size_t i = 0; i < n; ++i)
        vv[i].resize(i + 1, 1);

    // 给杨慧三角出第一列和对角线的所有元素赋值
    for (int i = 2; i < n; ++i)
    {
        for (int j = 1; j < i; ++j)
        {
            vv[i][j] = vv[i - 1][j] + vv[i - 1][j - 1];
        }
    }
}
```

`bit::vector<bit::vector<int>> vv(n);`构造一个vv动态二维数组，vv中总共有n个元素，每个元素都是vector类型的，每行没有包含任何元素，如果n为5时如下所示：



vv中元素填充完成之后，如下图所示：



使用标准库中vector构建动态二维数组时与上图实际是一致的。