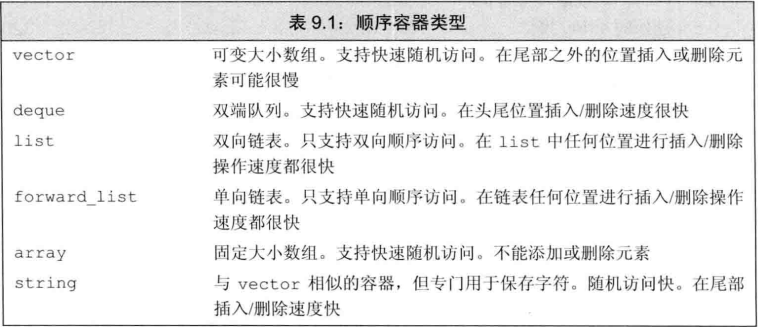
# 什么是顺序容器（sequential container）？

# C++标准库提供了哪些顺序容器？



# vector<noDefault> v2(10); 其中noDefault是一个自定义的类类型，这个语句有什么问题吗？

因为只提供数量，不提供初值的时候将执行默认初始化，因此：

① 类noDefault没有默认构造函数，错误

② 类noDefault有默认构造函数，正确

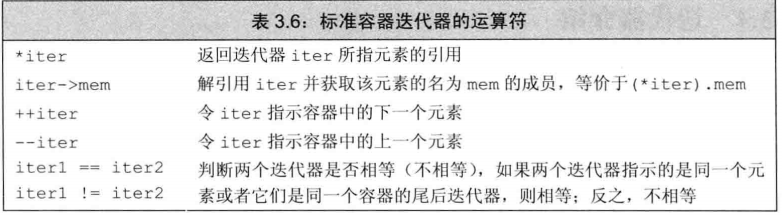
# 顺序容器本质上是什么？

模板类

# iter是一个迭代器，iter->men是什么意思？

iter->men相当于：(\*iter).men

# 哪些操作是迭代器都支持的？



# 有哪些容器支持额外的迭代器操作？为什么？

**vector和deque容器的迭代器可进行的额外操作**：

迭代器运算： iter+n、 iter-n 、iter1- iter2

除!=和==之外的关系运算： > 、 >= 、 < 、 <=

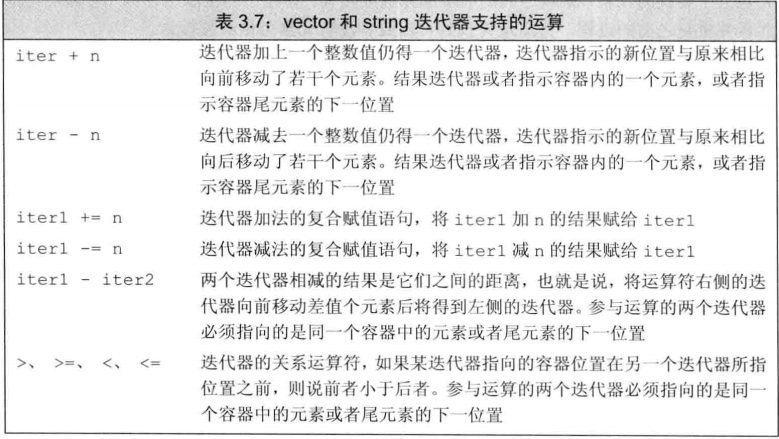
**原因**：

vector、string和deque本质上是数组，它们是有序的，拿iter+n来说：

① 如果iter是vector容器的迭代器，iter+n指的是iter所指向的元素的后面的第n个元素（因为vector和deque本质上是数组，即它们是有序的）；

② 但如果iter是list容器的迭代器，对它加n是没有意义的，因为list是链表，它的元素在内存中不是连续的，在内存中，第二个元素也可能在第一个元素的前面，因此iter+n并不能指向iter后面的第n个元素，因此为list的迭代器提供这个操作是没有意义的。

**例子**：



# 使用不同的容器的迭代器时需要注意什么？

不能混用，因为它们压根不是一个类型，就像int \* 和 char\* 一样都是指针，但它们不是一个类型。

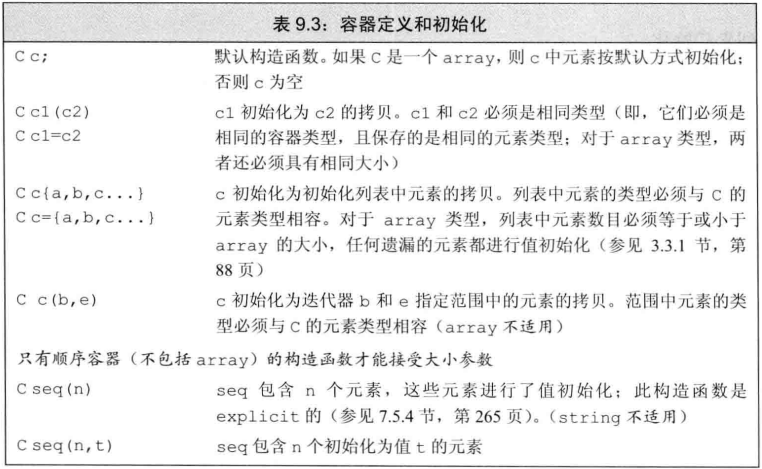
# ****difference\_type是什么？****

两个迭代器相减得出两个迭代器对象的距离，该距离名为**difference\_type**的signed类型的值，该类型类似于size\_type类型，也是有vector定义的。可以迭代器算术操作来移动迭代器直接指向某个元素：

# forward\_list容器的迭代器有何不一样？

它不支持递减运算符（--）

# 容器有哪些初始化方式？



# 将容器初始化为另一个容器的拷贝 时需要注意什么？

① 创建一个容器c1为容器c2的拷贝时，要求c1和c2的 容器类型 以及 元素类型必须匹配；

② 当传递迭代器来拷贝一个范围时，**不要求**容器类型、元素类型匹配，只要元素类型可以转换即可。

# 下列代码正确的是？

* 1. // 每个容器有三个元素，用给定的初始化器进行初始化
  2. list<string> authors = {"Milton", "Shakespeare", "Austen"};
  3. vector<**const** **char**\*> articles = {"a", "an", "the"};
  4. list<string> list2(authors);
  5. deque<string> authList(authors);
  6. vector<string> words(articles);
  7. forward\_list<string> words(articles.begin(), articles.end());

解答：

1. list<string> list2(authors); // 正确: 容器类型匹配
2. deque<string> authList(authors); // 错误: 容器类型不匹配
3. vector<string> words(articles); // 错误: 容器类型不匹配
4. // 正确: converts const char\* elements to string
5. forward\_list<string> words(articles.begin(), articles.end());

# 下列构造函数分别表示什么意思？

* 1. vector<**int**> ivec(10, -1);
  2. list<string> svec(10, "hi!");
  3. forward\_list<**int**> ivec(10);
  4. deque<string> svec(10);

解答：

1. vector<**int**> ivec(10, -1); // ten int elements, each initialized to -1
2. list<string> svec(10, "hi!"); // ten strings; each element is "hi!"
3. forward\_list<**int**> ivec(10); // ten elements, each initialized to 0
4. deque<string> svec(10); // ten elements, each an empty string

# 只为构造函数提供一个 容器大小 的参数时，需要注意什么？

该容器的元素类型必须有默认构造函数或是内置类型。

# 定义一个array时需要注意什么？

和其它容器不一样的是，当定义一个array的时候，除了需要制定元素类型，还要指定容器的大小：

1. array<**int**, 42> // type is: array that holds 42 ints
2. array<string, 10> // type is: array that holds 10 strings
3. array<**int**, 10>::size\_type i; // array type includes element type and size
4. array<**int**>::size\_type j; // error: array<int> is not a type

# 如何定义一个array容器的迭代器？

注意，定义array的迭代器的时候需要

1. array<**int**, 10>:: iterator iter1; // 正确
2. array<**int**>:: iterator iter2;  // 错误: array<int> 不是一个类型！

# 相比于普通数组，array多了了什么操作？

array可以进行拷贝和赋值操作

* 1. **int** digs[10] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
  2. **int** cpy[10] = digs; // error: no copy or assignment for built-in arrays
  3. array<**int**, 10> digits = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
  4. array<**int**, 10> copy = digits; // ok: so long as array types match

# 相比于普通数组，array的优势在哪？

1. array比数组更安全。它提供了opeartor[]与at()成员函数，后者将进行数组越界检查。
2. 与其他容器相似，array也有自己的迭代器，因此array能够更好地与标准算法库结合起来。
3. 通过array::swap函数，可以实现线性时间内的两个数组内容的交换。
4. 不像C-style数组，array容器类型的名称不会自动转换为指针（这个不一定是优势）

# array的底层数据结构是？

array的底层数据结构是**固定数组**。与C-style的数组类似，它的大小在定义后就不能被改变，这就是array不能改变大小的原因。

# forward\_listd 的底层数据结构是什么？

forward\_list的底层数据结构为**单向链表**。

# 相比于list，forward\_list有何优势？

更节省内存，因为forward\_list没有反方向的迭代器，所以forward\_list的每个节点都节省了迭代器大小的开销，在元素众多的时候，将比list消耗少得多的内存。

# 相比于其它STL容器，forward\_list有何特殊的地方？

1. **forward\_list不提供返回其大小的操作**

每个容器类型都有三个与大小相关的操作，forward\_list只提供了max\_size(),empty()

在所有已知的STL容器中，forward\_list是**唯一一个不提供size()**的容器。不提供的原因在于计算一个forward\_list的长度需要线性的时间，库用户有时无法忍受这样的时间开销。

1. **forward\_list是唯一一个在给定位置之后插入新元素的容器**
2. 同样的，处于性能的考虑，forward\_list没有提供在尾部进行操作的接口，包括push\_back(),pop\_back()和emplace\_back(),这些操作对单列表来说都至少要花费O(n)来完成
3. **没有back成员函数**
4. **forward\_list的迭代器没有 递减操作（--）**

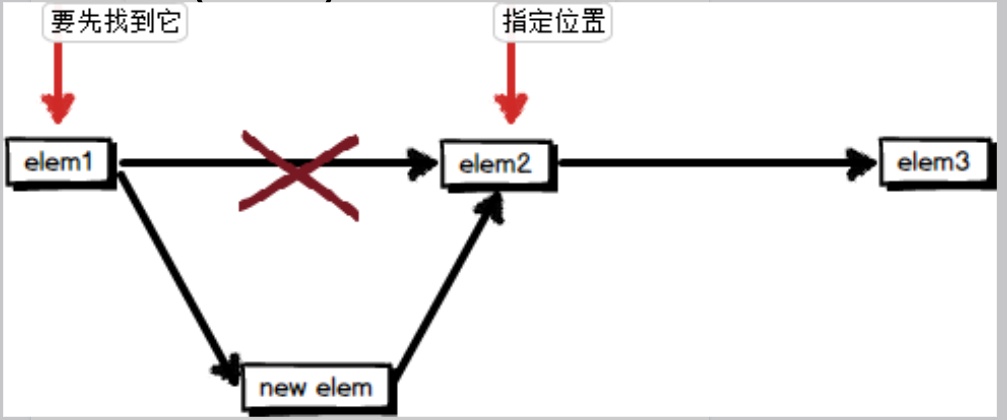
# 如何计算forward\_list的元素个数？

使用distance(begin, end)计算，其中begin和end是分别为首、尾前期

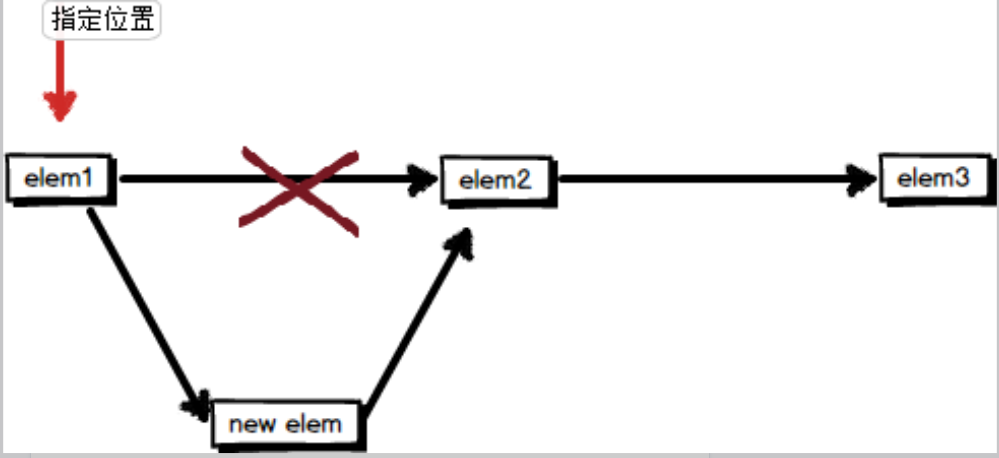
1. **int** main()
2. {
3. forward\_list<**int**> flist;
4. **for** (**int** i = 0; i < 10; i++)
5. {
6. flist.push\_front(i);
7. }
8. std::cout << std::distance(flist.begin(), flist.end()); //输出10
9. }

# 为什么forward\_list这么特别，是在给定位置之后插入新元素呢？

我们知道，forward\_list的底层数据结构是单向链表，为了在单向链表的某个指定节点之前插入插入节点，我们必须改变插入位置的前一个节点的指向。换句话说，为了在指定节点**之前**插入新元素，我们必须要先获得插入位置前一个位置的节点，因此对于forward\_list来说，我们必须从头遍历链表，直到找到该元素的前一个元素：



而如果我们是在指定位置**之后**插入新元素，则无需线性时间的查找操作，这样可实现常数时间的插入：



同样的，处于性能的考虑，forward\_list没有提供在尾部进行操作的接口，包括push\_back(),pop\_back()和emplace\_back(),这些操作对单列表来说都至少要花费O(n)来完成。

# ****list的底层数据结构是？****

list同样是一个模板类，它底层数据结构为**双向循环链表**。因此，它支持任意位置常数时间的插入/删除操作，不支持快速随机访问。

# list的内存分配策略？

list的空间配置策略，就像普通双向链表那样，有多少元素申请多少内存。它不像vector那样需要预留空间供新元素的分配，也不会因找不到连续的空间而引起整个容器的内存迁移。

# list和forward\_list怎么选？

通常来说，forward\_list在使用灵活度上比不上list，因为它只能单向迭代元素，且提供的接口没有list多。然而，在内存的使用上，它是比list占优势的。当对内存的要求占首要位置时，应该选择forward\_list。

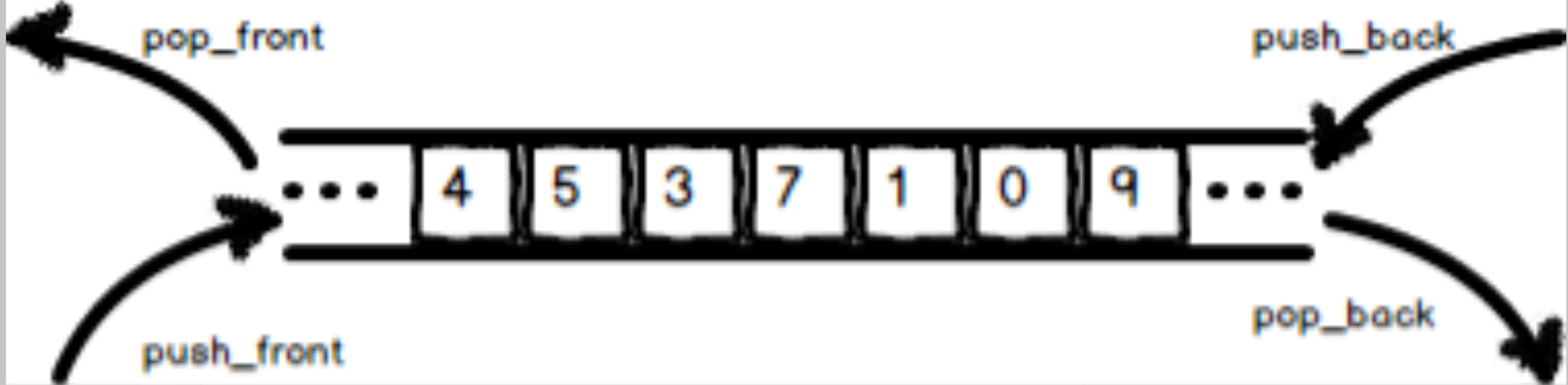
# deque是是什么的缩写？

double—ended queue

# deque的底层数据结构是？

vector是单向开口的线性连续空间，deque则是一种双向开口的**连续**数据空间。所谓的双向开口，意思是可以在头尾两端分别做元素的插入和删除操作。当然vector也可以在头尾两端进行操作，但是其头部操作效果奇差，所以标准库没有为vector提供push\_front或pop\_front操作。

与vector类似，deque支持元素的快速随机访问。deque的示意图如下：



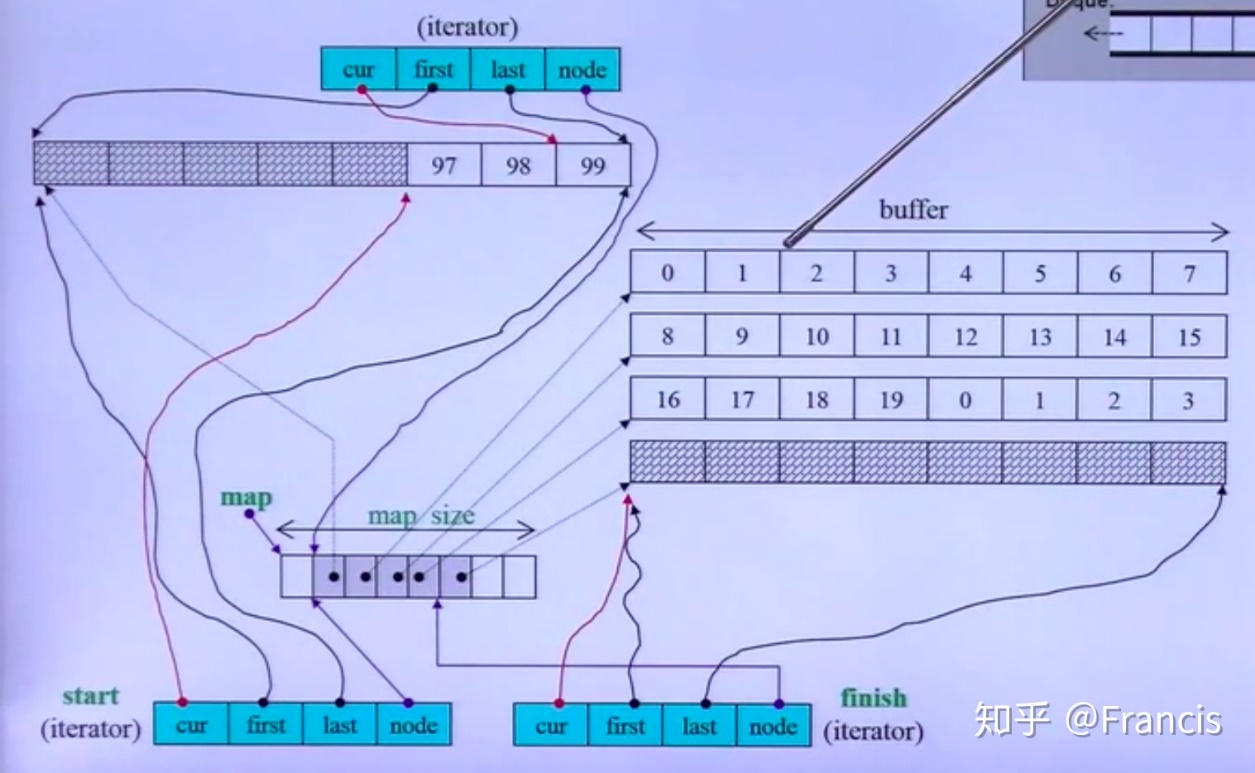
# deque的空间真的是连续的？

准确的说是**分段连续的，**用户看起来deque使用的是连续空间

# deque底层是怎么实现的？

deque有一个中控器，即所谓的map（不是STL的那个map）作为主控，map是一小块连续的空间，它里面的每一个元素都是一个指针，指向的是另一段连续的空间，称为缓冲区，这个缓冲区用来存储deque的元素

在下图中，buffer称为缓冲区，显示map size的一段连续空间就是中控器：



# 既然vector和deque都可以随机访问，而且deque在头部插入还那么快，为什么不用deque呢？

因为deque的实现特点决定了它的随机访问性能远不如vector。

# 当内存不够时，deque和vector的内存重分配策略是一样的吗？

不一样，deque的要效率高很多

vector的内存重分配一般是：①另觅更大的空间；②将原数据复制过去；③释放原空间，

deque若需要在头部或尾部增加新空间，只要配置一段连续的空间然后将其串连在deque的头部或尾部即可，这就避开了“重新配置空间、复制、释放原空间”的循环，所以deque在内存不够用时插入数据效率比较高。

# deque的迭代器和vector在实现上是一样的吗？

不一样，为了使得这些分段的连续空间看起来像是一个整体，deque的迭代器必须有这样的能力：它必须能够指出分段连续空间在哪里，判断自己所指的位置是否位于某一个缓冲区的边缘，如果位于边缘，则执行operator-- 或operator++时要能够自动跳到下一个缓冲区。因此，尽管deque的迭代器也是**Ramdon Access Iterator** 迭代器，但它的实现要比vector的复杂太多。（具体实现要看《STL源码剖析》）

# STL中有哪些容器是连续的内存空间？

vector、deque（看起来是）、array

# 为什么说除array外，其它stl容器执行swap都很快？

因为除array外，swap不对任何元素进行拷贝、删除或插入，只是交换了两个容器的内部数据结构，因此可以保证在常数时间内完成

# 使用swap( )交换stl容器的时候发生了什么？

① 除array外，swap不对任何元素进行拷贝、删除或插入，只是交换了两个容器的内部数据结构，因此可以保证在常数时间内完成；

② 对于array，会在两个array变量中进行交换，耗费时间与array中的元素成正比。

# swap操作会使迭代器失效吗？

因为swap操作后，元素并不会被移动，这意味着，string除外，指向容器的迭代器、引用和指针在swap操作后不会失效。它们仍指向swap操作之前的那些元素。但在swap之后，这些元素已经属于不同的容器了。例如有两个容器vec1和vec2，假定iter1在swap前指向vec1[3]， 在swap之后它指向vec2[3]。

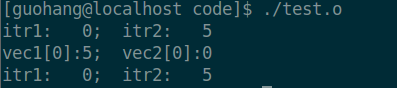
但是，对一个string调用swap会导致迭代器、引用和指针失效。

对array调用swap会导致迭代器、引用和指针失效，因为对array调用swap会交换元素，迭代器肯定会失效了。

下面通过代码来看对vector执行swap后迭代器的情况：

1. **int** main ()
2. {
3. vector<**int**> vec1 = {0, 1, 2, 3, 4};
4. vector<**int**> vec2 = {5, 6, 7 ,8, 9};
6. vector<**int**>::iterator itr1 = vec1.begin();
7. vector<**int**>::iterator itr2 = vec2.begin();
9. cout <<"itr1:  "<< \*itr1 << ";  itr2:  "<< \*itr2 << endl;
11. swap(vec1, vec2);
13. cout <<"vec1[0]:"<< vec1[0] << ";  vec2[0]:" << vec2[0] << endl;
14. cout <<"itr1:   "<< \*itr1   << ";  itr2:   "<< \*itr2 << endl;
16. **return** 0;
17. }

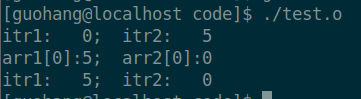
运行结果如下图，这说明经过了swap操作，迭代器也交换了，它们仍指向swap操作之前的那些元素（跟着老东家一起跑了）



将上面的代码中的vector改为array后：

1. **int** main ()
2. {
3. array<**int**, 5> arr1 = {0, 1, 2, 3, 4};
4. array<**int**, 5> arr2 = {5, 6, 7 ,8, 9};
6. array<**int**, 5>::iterator itr1 = arr1.begin();
7. array<**int**, 5>::iterator itr2 = arr2.begin();
9. cout <<"itr1:   "<< \*itr1   << ";  itr2:   "<< \*itr2 << endl;
11. swap(arr1, arr2);
13. cout <<"arr1[0]:"<< arr1[0] << ";  arr2[0]:" << arr2[0] << endl;
14. cout <<"itr1:   "<< \*itr1   << ";  itr2:   "<< \*itr2 << endl;
16. **return** 0;
17. }

运行结果如下，迭代器已经还是指向原来的的位置（老东家跑了，迭代器不愿意跟着，还指向原来的地址），所以它失效了



# string调用swap会导致迭代器、引用和指针失效吗？为什么？

会的，默认情况下，C++的std::string都是存储在heap中，导致访问std::string需要经过一次寻址过程，速度较慢，并且这种实现的空间局部性不好，对cache的利用较低。

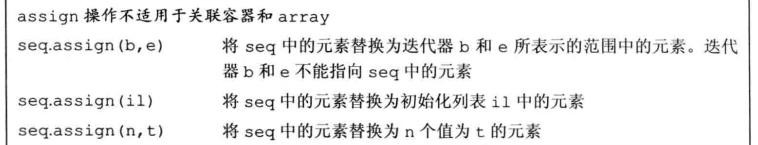
　　很多string的字符串长度很小，这个时候，我们可以把字符串存储到栈上，从而不需要进行内存分配，优化创建速度，并且访问栈上数据的局部性很好，速度比较快。

即C++会自动把较短的字符串放到对象内部，较长的字符串放到动态内存。

假如 std::string 用 SSO 实现，而待交换的两个对象中的字符串恰好一长一短，则原先指向短字符串中的迭代器会全部失效。

# assign操作有什么作用？

assign提供了三个版本：



① 传两个迭代器的版本允许我们从一个不同但相容的类型赋值，或者从容器的一个子序列赋值：

1. list<string> names;
2. vector<**const** **char**\*> oldstyle;
3. names = oldstyle; // 错误: 容器类型不匹配
4. // 正确: 可将 const char\*转为string
5. names.assign(oldstyle.cbegin(), oldstyle.cend());

②版本seq.assign(n, t)将指定的数目且具有相同的给定值的元素替换容器原有的元素：

1. // 等价于： slist1.clear();
2. list<string> slist1(1); // slist1含一个元素, 是一个空 string
3. // 等价于：slist1.insert(slist1.begin(), 10, "Hiya!");
4. slist1.assign(10, "Hiya!"); // 10个元素; 每一个都是 Hiya !

# assign有什么特殊的地方？

顺序容器才有assign，关联容器没有！

# 为什么forward\_list不提供size()操作？

为了提供常量时间的size成员函数，内部需要记录一个forward\_list大小的成员变量，这样会增加额外的存储空间，也会影响插入和删除的操作效率，所以实现中没有为forward\_list提供size操作。可以用distance计算begin和end之间的距离，这个操作是线性时间复杂度。

# 容器支持关系运算符吗？

所有容器都支持相等运算符（== 和 !=）;

但只有顺序容器支持关系运算符（>、>=、<、<=）

# 容器的比较规则是怎样的？

* 如果两个容器具有相同的大小，且所有元素都两两对应相对，则这两个容器相等，否则不等。
* 如果两个容器大小不同，但较小容器的每个元素都等于较大容器中的对应元素，则较小容器小于较大容器。
* 如果两个容器都不是另一个容器的前缀子序列，则它们的比较结果取决于第一个不相等的元素的比较结果。

# 下列容器的比较结果是怎样的？

1. vector<**int**> v1 = { 1, 3, 5, 7, 9, 12 };
2. vector<**int**> v2 = { 1, 3, 9 };
3. vector<**int**> v3 = { 1, 3, 5, 7 };
4. vector<**int**> v4 = { 1, 3, 5, 7, 9, 12 };
5. v1 < v2
6. v1 < v3
7. v1 == v4
8. v1 == v2

结果：

1. v1 < v2 // true; v1 and v2 differ at element [2]: v1[2] is less than v2[2]
2. v1 < v3 // false; all elements are equal, but v3 has fewer of them;
3. v1 == v4 // true; each element is equal and v1 and v4 have the same size()
4. v1 == v2 // false; v2 has fewer elements than v1

# 容器的关系运算符的使用有何限制？

因为容器的关系运算符是通过元素的关系运算符完成比较的，因此只有元素类型定义了比较运算符时，我们才能使用关系运算符来比较两个容器。

这就意味着，如果容器内的元素类型是自定义的类型，要对容器使用关系运算符，那必须的定义该类型的关系运算符：

1. vector<Sales\_data> storeA, storeB;
2. **if** (storeA < storeB) // error: Sales\_data has no less-than operator

# 哪些容器不支持push\_back和emplace\_back？为什么？

array和forward\_list都不支持：

array是定长的，不能动态插入元素；

forward\_list是单向链表，所以我们如果想要访问尾元素，都要从首元素开始跌代，算法复杂度为O(n)，所以不支持push\_back( )。

# 哪些容器不支持push\_front和emplace\_front？为什么？

array、vector和string都不支持：

array是定长的，不能动态插入元素；

vector和string在内存中是连续的，对它们进行push\_front和emplace\_front操作的话，时间复杂度会很高（要重新申请空间然后复制过去），所以不提供看似高效实则低效的操作，以免误用。

# vector如何实现在头部插入元素？

vector没有push\_front操作，因此只能通过vec.insert(0)实现在头部插入元素。

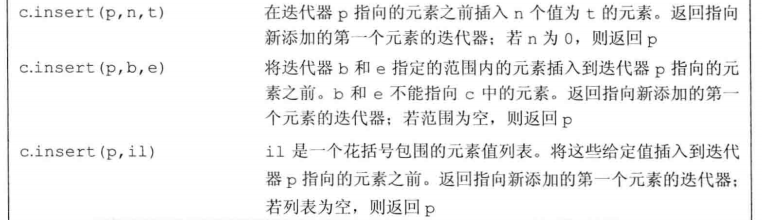
# vector有push\_front吗？为什么？

没有，vector的设计就是为了O(1)的push\_back( )，而push\_front对vector来说性能等同于O(n)的insert，所以就不提供push\_back，避免误用（如果提供了，会给用户一种push\_front和push\_back复杂度一样的错觉），而这正是 STL 接口（concept）的优点，也是泛型编程优于面向对象的方面：明确的时间复杂度，不提供看似高效实则低效的操作，以免误用（例如 list 就没有 operator[]）。

# STL容器的插入操作（insert）中，是在给定元素前面还是后面插入新元素？

除forward\_list外，其他所有STL容器都是在指定位置之前插入元素（除了std::array，它不允许插入）。

# 顺序容器有哪几个insert( )操作？



# 下面这个代码正确吗？为什么？

* 1. vector<string> svec;
  2. list<string> slist;
  3. vector<string> v = {"quasi", "simba", "frollo", "scar"};
  4. slist.insert(slist.begin(), v.end() - 2, v.end());
  5. slist.insert(slist.end(), {"these", "words", "will",  "go", "at", "the", "end"});
  6. slist.insert(slist.begin(), slist.begin(), slist.end());

解答：

1. // 运行时错误：迭代器表示要拷贝的范围，不能指向与目的位置相同的迭代器
2. slist.insert(slist.begin(), slist.begin(), slist.end());

# insert操作的返回值是什么？

insert( )将返回一个迭代器，这个迭代器指向的是刚刚插入的新元素。

# 有哪些emplace操作？

有三个emplace操作emplace\_front、emplace,和emplace\_back，分别对应push\_front, insert和push\_back，emplace操作采用构造而不是拷贝元素到容器中。

# emplace和insert有何区别？

当调用insert时，我们将元素类型的对象传递给insert，元素的对象被拷贝到容器中；

而当我们使用emplace时，我们将参数传递元素类型的构造函数，emplace使用这些参数在容器管理的内存空间中直接构造元素。

1. // 在c的末尾构造一个 Sales\_data 对象
2. // 使用三个参数的 Sales\_data 构造函数
3. c.emplace\_back("978-0590353403", 25, 15.99);
4. // 错误: 没有接受三个参数的 push\_back 版本
5. c.push\_back("978-0590353403", 25, 15.99);
6. // 正确: 先创建一个Sales\_data 的临时对象，然后通过 push\_back插入末尾
7. c.push\_back(Sales\_data("978-0590353403", 25, 15.99));
8. // iter refers to an element in c, which holds Sales\_data elements
9. c.emplace\_back(); // 使用Sales\_data的默认构造函数
10. // 使用 Sales\_data(string)，插入到迭代器iter前
11. c.emplace(iter, "999-999999999");
12. // 使用 Sales\_data 的接受一个 ISBN, 一个 count, 和一个 price的构造函数函数
13. c.emplace\_front("978-0590353403", 25, 15.99);

# 使用emplace操作需要注意什么？

emplace函数在容器中直接构造元素，传递给emplace函数的参数必须与元素类型的构造函数相匹配。

# 既然可以使用构造函数构造一个对象传给insert函数，那为什么还需要emplace呢？

使用emplace向容器中添加新元素时，是在容器管理的内存空间中构造新元素； 而insert是创建一个临时对象，然后插入容器中；相比之下，emplace操作省去了构造临时对象，减少了内存开销。

# emplace\_back能完全代替push\_back吗？

不能，

1. std::vector<std::vector<**int**>> v;
2. v.push\_back({1,2,3}); // OK
3. v.emplace\_back({1,2,3}); // error，emplace\_back是模板函数，对于{0}它无法确定是什么东西。而push\_back不是模板函数，它会直接构造一个对应的对象拷过去。
4. v.emplace\_back(std::vector<**int**>{1,2,3}); // OK
5. v.emplace\_back<std::vector<**int**>>({1,2,3}); // OK

emplace\_back的直接构造也不一定就是好事

1. std::vector<std::regex> v;
2. v.push\_back(nullptr); // 编译出错
3. v.emplace\_back(nullptr); // 通过编译，但运行时抛出异常并且难以定位

PS：emplace操作也不一定比insert高效。

# emplace\_back内部原理是怎样的？push\_back呢？

emplcae\_back 接收一个右值引用，调用其移动构造函数，将对象移动到容器中，而之前的push\_back 是调用一次对象的拷贝构造函数， 容器中存储的是拷贝后的副本。

# front和back成员函数的作用是？

front和back成员函数分别返回首元素和尾元素的**引用**。

# 哪个顺序容器没有back成员函数？

**forward\_list没有**back成员函数

# 使用front和back成员函数的时候要注意什么？

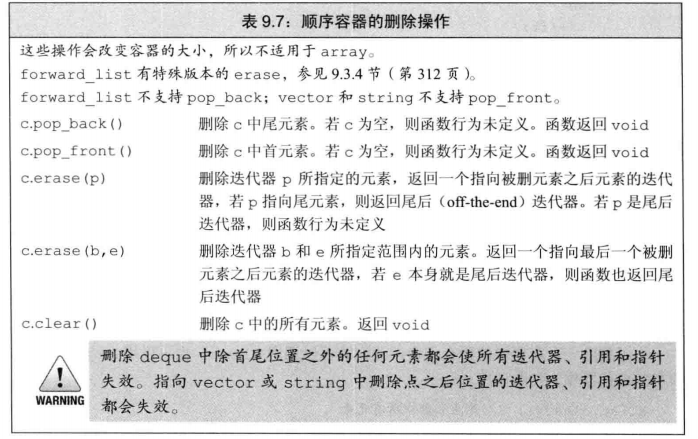
要先检查容器是否非空，因为对一个空容器调用front和back就像使用一个越界的下表一样，是一种严重的程序设计错误。

# vec.[6]和vec.at(6)有何区别？

1) vec.at(6)如果发生了下标越界，则会抛出一个out\_of\_range异常；而vec.[6]将会发生运行时错误。

2) vec.at(6)用的是小括号，而不是中括号！

# 顺序容器有哪些删除操作？



# 哪些顺序容器不支持pop\_back( ) ?

**array，因为它是定长数组**

**forward\_list**不支持pop\_back( )，因为效率太低了，如果需要从**forward\_list中删除尾元素，则需要自己遍历到最后，然后erase( )**。

# 哪些顺序容器不支持pop\_front( )

**array，因为它是定长数组；**

**vector、string也不支持，因为对于这两个容器来说，弹出首元素效率太低了，为了避免用户不知道这个操作效率低，所以stl不提供。**

# 为什么STL对有些容器不实现相关操作？比如vector就没有push\_front

这正是 STL 接口（concept）的优点，也是泛型编程优于面向对象的方面：明确的时间复杂度，不提供看似高效实则低效的操作，以免误用。

例如vector、string都不支持往头部插入（删除）元素，因为这首先需要重新申请内存，然后往头部插入（删除）元素，最后将旧元素复制过去，这样效率就很低了，如果提供了这种操作，用户会觉得这样用也没问题，造成程序效率低。

# 顺序容器的erase( )操作返回什么？

上面的图有答案。

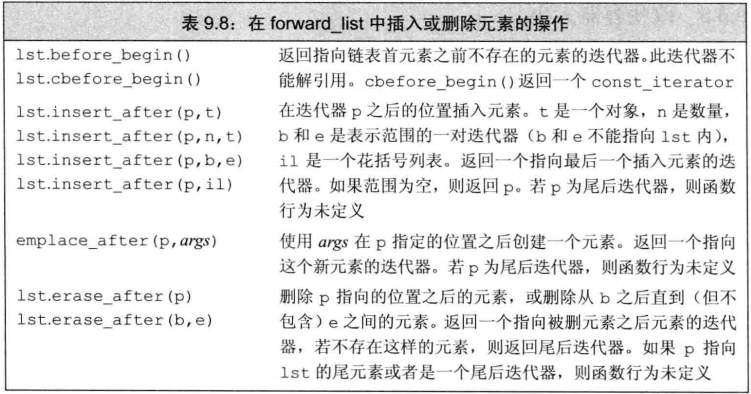
# ****forward\_list有insert、empalce、erase吗？****

没有，STL为**forward\_list提供了insert\_after、empalce\_after和erase\_after**

# 为什么****forward\_list需要提供特殊的插入和删除操作？****

和list不一样，**forward\_list**是单向链表，里面的元素只有一个指针指向它的下一个元素，而没有指向它前面元素的指针，所以他需要提供特殊版本的**插入和删除操作。**

# ****forward\_list有哪些特殊的操作？****



# resize( )的作用是？

增大或缩小容器：

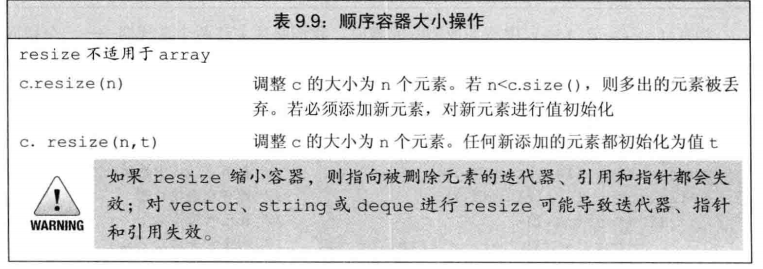
如果当前大小 大于 所要求的大小，容器后面的元素都会被删除；

**如果当前大小 小于 所要求的大小**，会将新元素加到容器后部。

# 如果当前大小 小于 所要求的大小，vec.resize(n)将对vec将新增的元素进行什么初始化？

值初始化

# 有哪几个resize函数？



# 下面的代码的意思是？

1. list<**int**> ilist(10, 42);
2. ilist.resize(15);
3. ilist.resize(25, -1);
4. ilist.resize(5);

解答：

1. list<**int**> ilist(10, 42); // ten ints: each has value 42
2. ilist.resize(15); // adds five elements of value 0 to the back of ilist
3. ilist.resize(25, -1); // adds ten elements of value -1 to the back of ilist
4. ilist.resize(5); // erases 20 elements from the back of ilist

# 什么情况下迭代器会失效？

**1) 在容器中添加元素后**

如果容器是vector或string，且存储空间被重新分配，则指向容器的迭代器、指针和引用都会失效；如果存储空间未重新分配，指向插入位置之前的元素迭代器、指针和引用仍有效，但指向插入位置之后元素的迭代器、指针和引用均会失效；

对于deque，插入到首尾位置之外的任何位置都会导致迭代器、指针和引用失效。如果在首尾位置添加元素，迭代器会失效，但指向存在的元素的引用和指针不会失效

对于list和forward\_list，指向容器的迭代器（包括首前和尾后迭代器）、指针和引用仍有效；

**2) 在容器中删除元素后**

对于list和forward\_list，指向容器其他位置的迭代器（包括首前和尾后迭代器）、指针和引用仍然有效（它使用了不连续分配的内存，并且它的erase方法也会返回下一个有效的iterator，所以其使用迭代器前移或者使用erase返回的迭代器均可）；

对于deque，如果在首尾之外的任何位置删除位置，那么指向被删除元素外其他元素的迭代器、引用或指针也会失效。如果是删除deque的首元素或尾元素，则尾后迭代器也会失效，但其他迭代器、引用和指针不受影响；

对于vector和string，指向被删除元素之前元素的迭代器、引用和指针仍有效，之后的全部失效。注意：当我们删除元素时，尾后迭代器总是会失效。（删除当前的iterator会使后面所有元素的iterator都失效。这是因为vetor,deque使用了连续分配的内存，删除一个元素导致后面所有的元素会向前移动一个位置。还好erase方法可以返回下一个有效的iterator，即后面的迭代器全部前移后的位置）

对于关联容器(如map, set, multimap,multiset)，删除当前的iterator，仅仅会使当前的iterator失效，只要在erase时，递增当前iterator即可。这是因为map之类的容器，使用了红黑树来实现，插入、删除一个结点不会对其他结点造成影响。

# 在向迭代器中添加或删除元素后，如何确保代码的准确性？

最小化要求迭代器，在进行了添加或删除元素后进行正确的重定位迭代器。

# 使用失效的迭代器有什么后果？

和使用试下的指针、引用一样，会造成严重的运行时错误。

# 下面的代码存在什么问题？

* 1. auto begin = v.begin(),
  2. end = v.end();
  3. **while** (begin != end) {
  4. // do some processing
  5. ++begin; // advance begin because we want to insert after this element
  6. begin = v.insert(begin, 42); // insert the new value
  7. ++begin; // advance begin past the element we just added
  8. }

上面的代码保存了end()返回的迭代器，但在while循环里又进行了容器v进行了insert操作，这会导致end迭代器失效，此代码是未定义的，正确的做法是不保存end()返回的迭代器：

1. //safer: recalculate end on each trip whenever the loop adds/erases elements
2. **while** (begin != v.end()) {
3. // do some processing
4. ++begin; // advance begin because we want to insert after this element
5. begin = v.insert(begin, 42); // insert the new value
6. ++begin; // advance begin past the element we just added
7. }

# vector的备用空间耗尽了怎么办？

当继续向容器中加入元素导致备用空间被用光（超过了容量 capacity），此时再加入元素时vector的内存管理机制便会扩充容量至两倍，如果两倍容量仍不足，就扩张至足够大的容量。容量扩张必须经历“重新配置、元素移动、释放原空间”这个浩大的工程。按照《STL源码剖析》中提供的vector源码，vector的内存配置原则为：

如果vector原大小为0，则配置1，也即一个元素的大小。

如果原大小不为0，则配置原大小的两倍。

整个的流程是：

1.先申请两倍内存，判断够不够，够进入2；否则，分配需要的大小；

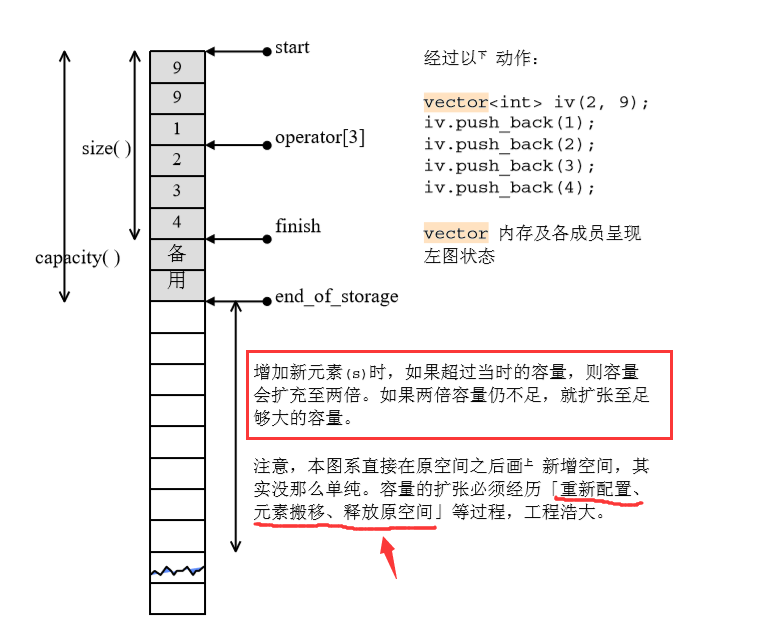
2.拷贝要插入点之前的内容

3.构造插入元素顺次添加到后面

4.接着把之前插入点后面的内容拷贝到新的空间中

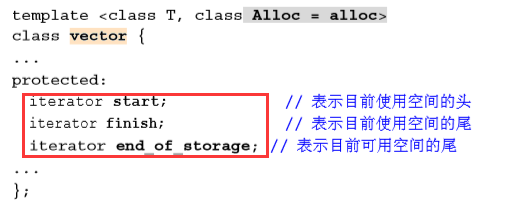
5.释放原来空间

当然，vector的每种实现都可以自由地选择自己的内存分配策略，分配多少内存取决于其实现方式，不同的库采用不同的分配策略。



# vector是怎么知道的备用空间耗尽了的？

当迭代器finish等于迭代器end\_of\_storage时，备用空间就耗尽了：



# vector的capacity()和size()

size()  ： (大小)指容器当前拥有元素的个数；

capacity() ： (容量)指容器当前的容量，即在必须分配存储空间之前可以存储元素的总数；

# reserve( )的作用是？

reserve()改变的是当前容器的最大容量（capacity），它不会生成元素，只是确定这个容器允许放入多少对象，对于reserve(len)：

如果len的值大于当前的capacity()：那么会重新分配一块能存len个对象的空间，然后把之前v.size()个对象通过copy construtor复制过来，销毁之前的内存；只有当容器内元素数（size）大于capcity时，容器才会改变地址；

如果len小于等于当前的capacity()的：那reserve什么也不做。

# resize( )和reserve( )的区别

vector<**int**> v;

v.resize(len);

当v.resize(len) 中 len>v.capacity()，则v中的size和capacity均设置为len，并将增加的空间进行值初始化；

当v.resize(len) 中 len<=v.capacity()，则v中的size设置为len（len到size之间的元素被置空），而capacity不变; 如果此时len<v.size(),那么多出的那些对象(v[len], v[len+1]…)会被销毁，v[0]-v[len-1]仍保留在原地。

v.reserve(len);

当v.reserve(len)中len>v.capacity()，则v中的capacity变为len，size不变，size只跟容器中元素数和resize有关（v.resize(len)将原来不存在的元素设为初值0）。

当v.reserve(len)中len<=v.capacity()，则v中的capacity不变，size不变，即不对容器做任何改变。

**总结**：

resize( )会改变capacity和size；

但reserve( )只会改变capacity。

resize( )和reserve( )都只会增大capacity，而不会减小capacity，因为没有必要这么做（空间大一点也无所谓，留着不用就是了）。

# reserve( )在什么情况下使用？

如果有大量的数据需要进行push\_back操作，应当使用reserve( )函数提前设定其容量大小，否则会出现许多次容量扩充操作，导致效率低下。

# 通过resize( )和reserve( )增加的内存可以直接访问吗？

resize( )可以，reserve( )不可以：

resize( )可以，因为通过resize得到的内存会进行值初始化；

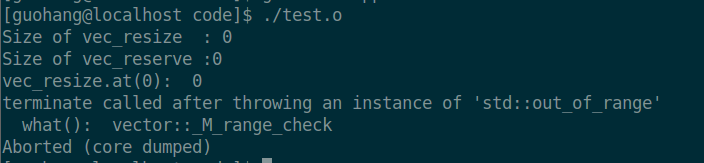
reserve( )不可以，它得到的是野指针，不能直接访问。

看下列代码：

1. #include<iostream>
2. #include<vector>
4. **using** **namespace** std;

7. **int** main ()
8. {
9. vector<**int**>vec\_resize;
10. vector<**int**>vec\_reserve;
12. cout<<"Size of vec\_resize  : "<<vec\_resize.size()<<endl;
13. cout<<"Size of vec\_reserve :"<<vec\_reserve.size()<<endl;
15. vec\_resize.resize(2);
16. vec\_reserve.reserve(2);
18. cout<<"vec\_resize.at(0):  "<<vec\_resize.at(0)<<endl;
19. cout<<"vec\_reserveat(0):  "<<vec\_reserve.at(0)<<endl;
21. **return** 0;
22. }

运行结果如下：



# vector的内存分配策略需要遵循什么原则？

每个vector的实现都可以选择自己的内存分配策略，但是必须遵守的是：**只有在迫不得已的时候才能分配新的内存空间**，迫不得已指的是下面的几种情况：

① 执行insert操作时size和capacity相等；

② 调用resize或reserve时 给定大小 大于 当前capacity；

# 什么是 容器适配器？

适配器是一种设计模式(设计模式是一套被反复使用的、多数人知晓的、经过分类编目的、代码设计经验的总结)，适配器是将一个类的接口转换成客户希望的另外一个接口。

举个栗子, 咱们香港的插头和我们内地是不一的, 如下图, 这种插头在咱们内地是不方便使用的, 要是香港同胞到对岸深圳转一转, 被繁华的深圳所吸引, 不禁多留了两天, 那这时候手机要充电怎么充电啊, 不过没关系, 我们有适配器, 其实真正给手机充电的还是手机充电器, 适配器只是方便了人们的使用而已.



港版充电器                                          适配器                               适配器的使用

常见的容器适配器有stack , queue,  priority\_queue,  它们就相当于上图的适配器, 真正给手机充电的是还是充电头, 同样的道理, 它们底层是靠别的容器实现的

**适配器（adaptor）**是标准库的一个通用概念，容器、迭代器、函数都有适配器，本质上，一个适配器是一种机制，能使某种事物的行为看起来像另外一种事物一样。

**容器适配器**接受一种已存在的容器类型，使其行为看起来像一种不同的类型。

# 容器适配器本质上是什么类型？

容器适配器是一个封装了序列容器的类模板，它在一般序列容器的基础上提供了一些不同的功能。之所以称作适配器类，是因为它可以通过适配容器现有的接口来提供不同的功能。

# STL容器适配器有哪几种？基础容器必须支持哪些成员？默认使用的基础容器是什么？还可以使用哪些基础容器？

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **容器适配器** | **基础容器筛选条件** | **默认使用的基础容器** |
| stack | 基础容器需包含以下成员函数：  empty()  size()  back()  push\_back()  pop\_back()  满足条件的基础容器有:  vector、deque、list。 | deque |
| queue | 基础容器需包含以下成员函数：  empty()  size()  front()  back()  push\_back()  pop\_front()  满足条件的基础容器有: deque、list。 | deque |
| priority\_queue | 基础容器需包含以下成员函数：  empty()  size()  front()  push\_back()  pop\_back()  满足条件的基础容器:  vector、deque。 | vector |

# C++中既然有vector了，为什么还要有stack呢？

从功能上来说，stack能完成的，用vector一样可以，但作为一个类的设计者，不仅要考虑类的用户所需要的的功能，也要考虑如何限制类用户的不当操作：stack可以避免用户从中间访问，在中间插入删除，但vector不能提供这样的保护措施。

**Milo Yip在知乎的回答：**

std::vector 是容器，而 std::stack 是容器适配器。

std::stack只提供和堆栈相关的接口，其中主要是 push()、emplace()、pop()、top()和empty()。使用 std::stack时只需关心这些接口，而非内在用了哪个具体容器。改变容器类型也不需要修改调用方的代码。这个设计应该可说是乎合 SOLID 中的 I ──接口隔离原则(interface segregation principle)。

std::stack 可适配的标准容器有 std::vector、std::list、std::deque，而 std::deque 是缺省的，因为它提供 的push\_back()，而 std::vector::push\_back()是均摊（amortized）。

# stack适配器不能接收什么顺序容器？为什么？

array和**forward\_list:**

array长度不能改变，因此array不具备添加额删除元素的能力，所以不能是array；

**forward\_list不支持push\_back和pop\_back，不能满足要求**

# ****如何使用****默认的基础容器****定义一个元素类型为int 的stack？****

* 1. std::stack<**int**> values;

# 如何用vector为基础容器****定义一个元素类型为string的stack？****

* 1. std::stack<std::string, std::list<**int**>> values;

# 用一个 顺序容器变量 来初始化 stack 适配器时要注意什么？

**需要保证**该容器的类型和 stack 底层使用的基础容器类型相同

# ****如何用一个list类型的变量初始化一个stack？****

* 1. std::list<**int**> values {1, 2, 3};
  2. std::stack<**int**,std::list<**int**>> my\_stack (values);

## ****上面的代码中****，改变my\_stack 适配器是否会改变values ？

不会，因为my\_stack 适配器的数据是经过拷贝得来的，操作 my\_stack 适配器，并不会对 values 容器有任何影响；反过来也是如此。

# ****如何用一个元素类型为int的stack来初始化另一个stack？****

1. std::list<**int**> values{ 1, 2, 3 };
2. std::stack<**int**, std::list<**int**>> my\_stack1(values);
3. std::stack<**int**, std::list<**int**>> my\_stack=my\_stack1;

## ****上面的代码中****，改变my\_stack1 适配器是否会改变values ？

不会，因为my\_stack1 适配器的数据是经过拷贝得来的，操作 my\_stack1 适配器，并不会对 values 容器有任何影响；反过来也是如此。

# stack容器适配器支持的成员函数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **成员函数** | **功能** |  |  |
| empty() | 当 stack 栈中没有元素时，该成员函数返回 true；反之，返回 false。 |  |  |
| size() | 返回 stack 栈中存储元素的个数。 |  |  |
| top() | 返回一个栈顶元素的引用，类型T&。如果栈为空，程序会报错。 |  |  |
| push(const T& val) | 先复制 val，再将 val 副本压入栈顶。这是通过调用底层容器的 push\_back() 函数完成的。 |  |  |
| push(T&& obj) | 以移动元素的方式将其压入栈顶。这是通过调用底层容器的有右值引用参数的 push\_back() 函数完成的。 |  |  |
| pop() | 弹出栈顶元素。 |  |  |
| emplace(arg...) | arg... 可以是一个参数，也可以是多个参数，但它们都只用于构造一个对象，并在栈顶直接生成该对象，作为新的栈顶元素。 |  |  |
| swap(stack<T> & other\_stack) | 将两个 stack 适配器中的元素进行互换，需要注意的是，进行互换的 2 个 stack 适配器中存储的元素类型以及底层采用的基础容器类型，都必须相同。 |  |  |

# 适配器可以使用 它的基础容器 提供的操作吗？

**不能**，每个容器适配器都基于底层容器类型的操作定义了自己的 特殊操作，我们只能使用适配器操作，而不能使用底层容器类型的操作。

# queue适配器不能接收什么顺序容器？为什么？

queue适配器其实就是队列，而队列需要从头弹出（pop\_front）和从尾部插入（push\_back），而vector没有pop\_front操作，因此不能用vector作queue的基础容器。

# 按下列要求定义适配器

## 创建一个空的 queue 容器适配器，其基础容器选择默认的 deque 容器

1. std::queue<**int**> values;

## 创建一个使用 list 容器作为基础容器的空 queue 容器适配器

1. std::queue<**int**, std::list<**int**>> values;

# 用一个 顺序容器变量 来初始化 queue 适配器时要注意什么？

**需要保证**该容器的类型和 queue 底层使用的基础容器类型相同

# STL queue本质上是什么？

STL queue 容器适配器模拟的就是队列这种存储结构，因此对于任何需要用队列进行处理的序列来说，使用 queue 容器适配器都是好的选择。

# queue容器适配器支持的成员函数

|  |  |
| --- | --- |
| **成员函数** | **功能** |
| empty() | 如果 queue 中没有元素的话，返回 true。 |
| size() | 返回 queue 中元素的个数。 |
| front() | 返回 queue 中第一个元素的引用。如果 queue 是常量，就返回一个常引用；如果 queue 为空，返回值是未定义的。 |
| back() | 返回 queue 中最后一个元素的引用。如果 queue 是常量，就返回一个常引用；如果 queue 为空，返回值是未定义的。 |
| push(const T& obj) | 在 queue 的尾部添加一个元素的副本。这是通过调用底层容器的成员函数 push\_back() 来完成的。 |
| emplace() | 在 queue 的尾部直接添加一个元素。 |
| push(T&& obj) | 以移动的方式在 queue 的尾部添加元素。这是通过调用底层容器的具有右值引用参数的成员函数 push\_back() 来完成的。 |
| pop() | 删除 queue 中的第一个元素。 |
| swap(queue<T> &other\_queue) | 将两个 queue 容器适配器中的元素进行互换，需要注意的是，进行互换的 2 个 queue 容器适配器中存储的元素类型以及底层采用的基础容器类型，都必须相同。 |

# priority\_queue适配器不能接收什么顺序容器？为什么？

priority\_queue需要随机访问能力，因此不能用list构造。

# priority\_queue适配器 是什么？

priority\_queue 优先级队列是一个拥有权值概念的单向队列queue，队列中，所有元素是按优先级排列的（也可以认为queue是个按进入队列的先后做为优先级的优先队列——先进入队列的元素优先权要高于后进入队列的元素）。

在计算机操作系统中，优先级队列的使用是相当频繁的，进线程调度都会用到。

# 使用默认基础容器时，priority\_queue是什么是 数据结构？

最大堆（max-heap），因为最大堆可以做到“依权值高低自动递减排序”。

# priority\_queue一般在什么情况下使用？

① 进线程调度时需要根据进程的优先级进行调度，可以用priority\_queue实现；

② 所有需要用到堆的时候，都可以考虑使用priority\_queue。注意: (默认情况下priority\_queue是大堆。)

# 如何遍历STL容器适配器？

因为stack、queue 、priority\_queue 都没有迭代器，因此访问元素的唯一方式是遍历容器，通过不断移除访问过的元素，去访问下一个元素。

# priority\_queue如何做到pop出来的肯定是优先级最高的呢？

priority\_queue 优先级队列之所以总能保证优先级最高的元素位于队头，最重要的原因是其底层采用堆数据结构存储结构。

# priority\_queue 底层明明采用的是vector 或 deque 容器存储数据吗，这里又说使用堆结构存储数据，它们之间不冲突吗？

首先，vector 和 deque 是用来存储元素的容器，而堆是一种数据结构，其本身无法存储数据，只能依附于某个存储介质，辅助其组织数据存储的先后次序。其次，priority\_queue 底层采用 vector 或者 deque 作为基础容器，这毋庸置疑。但由于 vector 或 deque 容器并没有提供实现 priority\_queue 容器适配器 优先级高的先出列 特性的功能，因此 STL 选择使用堆来重新组织 vector 或 deque 容器中存储的数据，从而实现该特性。

也就是说数据还是用vector存放，但是使用堆来组织数据以达到“优先级高的先出列”的特性。

**注意**，虽然不使用堆结构，通过编写算法调整 vector 或者 deque 容器中存储元素的次序，也能使其具备 “优先级高的先出列” 的特性，但执行效率通常没有使用堆结构高。

# 实现priority\_queue用到了哪些STL算法？

能做到“优先级高的先出列”的特性，就是因为使用了heap，而heap并不是STL容器组件，它是个幕后英雄，扮演者priority\_queue的助手

# STL中的heap是什么？

heap并不是STL容器组件，它是个幕后英雄，扮演者priority\_queue的助手

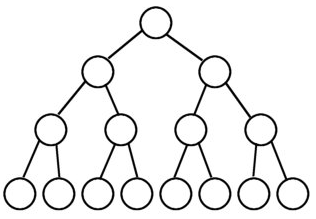
下表列出了常用的几个和堆存储结构相关的方法。

|  |  |
| --- | --- |
| **函数** | **功能** |
| make\_heap(first,last,comp) | 选择位于 [first,last) 区域内的数据，并根据 comp 排序规则建立堆，其中 fist 和 last 可以是指针或者迭代器，默认是建立大顶堆。 |
| push\_heap(first,last,comp) | 当向数组或容器中添加数据之后，此数据可能会破坏堆结构，该函数的功能是重建堆。 |
| pop\_heap(first,last,comp) | 将位于序列头部的元素（优先级最高）移动序列尾部，并使[first,last-1] 区域内的元素满足堆存储结构。 |
| sort\_heap(first,last,comp) | 对 [first,last) 区域内的元素进行堆排序，将其变成一个有序序列。 |
| is\_heap\_until(first,last,comp) | 发现[first,last)区域内的最大堆。 |
| is\_heap(first,last,comp) | 检查 [first,last) 区域内的元素，是否为堆结构。 |

# 什么是满二叉树、完全二叉树、平衡二叉树？

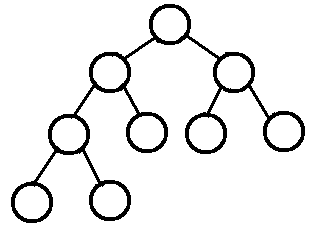
一、满二叉树

　　一棵二叉树的结点要么是叶子结点，要么它有两个子结点（如果一个二叉树的层数为K，且结点总数是(2^k) -1，则它就是满二叉树。）



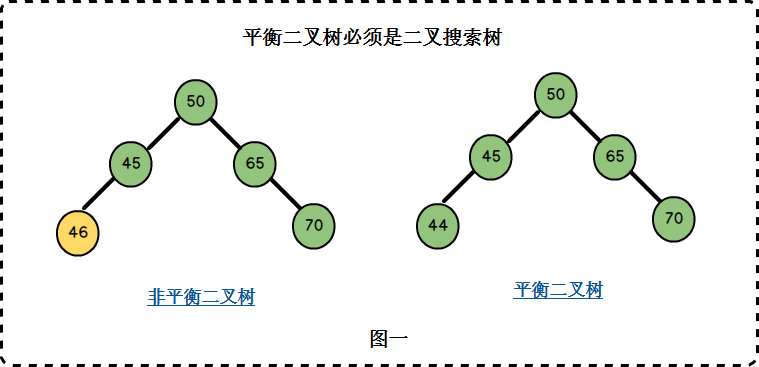
二、完全二叉树

　　若设二叉树的深度为k，除第 k 层外，其它各层 (1～k-1) 的结点数都达到最大个数，第k 层所有的结点都连续集中在最左边，这就是完全二叉树。



三、平衡二叉树

　　它或者是一颗空树，或它的左子树和右子树的深度之差(平衡因子)的绝对值不超过1，且它的左子树和右子树都是一颗平衡二叉树。



# 什么是最大堆和最小堆？

简单的理解堆，它在是完全二叉树的基础上，要求树中所有的父节点和子节点之间，都要满足既定的排序规则：

如果排序规则为从大到小排序，则表示堆的完全二叉树中，每个父节点的值都要不小于子节点的值，这种堆通常称为大顶堆；

如果排序规则为从小到大排序，则表示堆的完全二叉树中，每个父节点的值都要不大于子节点的值，这种堆通常称为小顶堆；

下图展示了一个由 {10,20,15,30,40,25,35,50,45} 这些元素构成的大顶堆和小顶堆。其中经大顶堆组织后的数据先后次序变为 {50,45,40,20,25,35,30,10,15}，而经小顶堆组织后的数据次序为{10,20,15,25,50,30,40,35,45}。

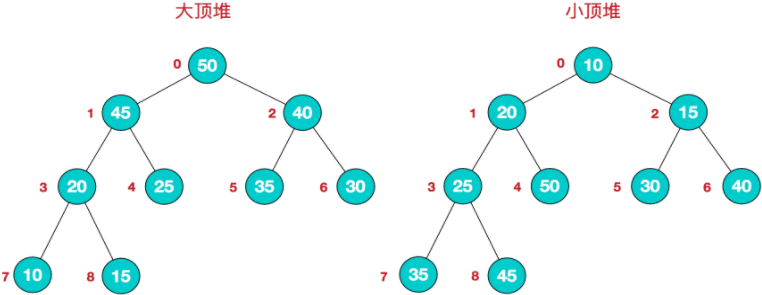


图 使用堆结构重新组织数据

# find\_first\_of()和find()的区别？

# 如何在string字符串的指定的区间查找？

# C++的字符串和数字之间的转换的函数是？

# 如何获取string的子串