The libcstl Library User Guide

The libcstl Library User Guide

for libcstl 2.0

Wangbo

2010-04-22

第一章 简介

第一节 关于这本指南

这本指南是为介绍 libcstl 库的使用方法和使用技巧编写的，全面描述函数接口以及数据结构的书籍，如果想要查询函数接口或者数据结构清参考《The libcstl Library Reference Manual》。这本指南只针对 libcstl 的 2.0 版本，如果想要了解其他版本清参考相应的用户指南或者参考手册。

在阅读这本指南之前您只需要了解基本的 C 语言编程，了解库的使用方法就可以了。下面简单的介绍了这本书的各个章节的内容：

- 第一章：简介
  简单介绍本书的结构和相关的内容，简单介绍 libcstl 库。
- 第二章：libcstl 库的基本概念
  介绍使用 libcstl 库需要知道的基本概念，库的组成部分，包含的头文件，要使用到的数据机构等。
- 第三章：工具类型
  这一章主要介绍 libcstl 提供的小的工具类型，一些辅助的数据结构和宏定义。
- 第四章：容器
  这一章解释容器的概念，介绍各个容器的功能以及对各个容器的能力进行对比。
- 第五章：迭代器
  详细讨论迭代器的概念，功能，用途以及迭代器的一些辅助函数。
- 第六章：函数
  讨论 libcstl 库的一元函数，二元函数以及谓词的用法。
- 第七章：算法
  列举了讨论了算法的应用，详细的讨论了算法的适用范围，对各种算法进行了比较。
- 第八章：容器适配器
  详细描述了特殊的容器 - 容器适配器，介绍了适配器的特点和用法。
- 第九章：字符串
  描述了 libcstl 提供的字符串类型，它不同于传统的 C 字符串。
- 第十章：类型机制
  描述了 libcstl 对于用户自定义类型的处理，以及类型的注册和管理机制。
- 附录：对于直接以数据为参数的函数的使用
  讨论了一种特殊的接口函数的使用方法和技巧。

本书中使用浅黄色背景表示命令行输入或者输出，例如：

```
[wb@ActiveSys ~]$ tar zxvf libcstl-2.0.0.tar.gz
...
[wb@ActiveSys ~]$ cd libcstl-2.0.0
```

使用蓝灰色表示代码，例如:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t* pvec_v1 = create_vector(int);

    if(pvec_v1 == NULL)
    {
        return -1;
    }

    vector_init(pvec_v1);

    vector_push_back(pvec_v1, 1);
    printf("Vector length is %d.\n", vector_size(pvec_v1));

    vector_push_back(pvec_v1, 2);
    printf("Vector length is now %d.\n", vector_size(pvec_v1));

    vector_destroy(pvec_v1);

    return 0;
}
```

第二节 关于 libcstl

libcstl 是使用 ANSI C 编写的通用的数据结构和常用算法的库，它模仿 STL 的接口形式，包括序列容器, 关联容器, 容器适配器, 迭代器, 函数, 算法等. libcstl 为 C 编程中的数据管理提供了方便易用的程序库。

libcstl 分为容器，迭代器，函数和算法四部分，此外 2.0 版本还添加了类型机制，这是一种为用户提供了方便使用自定义类型的机制。

容器一种用于保存数据的类型，按照功能分为序列容器，关联容器和容器适配器。序列容器是按照数据插入的顺序保存数据，关联容器中保存的数据是根据某种规则排序的，容器适配器是在容器的基础上对容器进行封装从而实现特定的功能，容器适配器不支持迭代器操作，因此适配器也不能够用于算法操作。

迭代器表现的是一种指针的语义，它是对位置操作的一种类型，但是迭代器是通用的，通过迭代器可以实现对任何容器的位置操作，同时它也是容器和算法的桥梁，算法通过迭代器对容器中的数据进行操作。

算法是通用的，它通过迭代器来操作数据区间中的数据，这样就可以对任何符合要求的容器以及数据区间应用算法。正式因为通用的关系，相同功能的算法和容器本身的操作函数，后者更高效。

函数以及谓词是规范算法行为的，可以使用特定的函数或者算法来改变算法的行为，带有 _if 后缀的算法都要求使用函数或者谓词。

字符串是一种特殊的容器，它只保存字符类型，同时也支持许多针对字符串特有的操作。

类型机制是 2.0 添加的新功能，它为用户使用自定义类型提供了便利，可以让用户像使用基本类型一样使用自定义类型。

libcstl 2.0 与 1.0 相比有了很大的改进，下面列出了不同点：

功能		1.0	2.0	说明
容器	deque_t	支持	支持	
	list_t	支持	支持	
	vector_t	支持	支持	
	slist_t	支持	支持	
	set_t	支持	支持	
	multiset_t	支持	支持	
	map_t	支持	支持	更新了默认的数据比较规则。
	multimap_t	支持	支持	更新了默认的数据比较规则。
	hash_set_t	支持	支持	更新了默认的哈希函数。
	hash_multiset_t	支持	支持	更新了默认的哈希函数。
	hash_map_t	支持	支持	更新的默认的哈希函数和默认的数据比较规则。
	hash_multimap_t	支持	支持	更新的默认的哈希函数和默认的数据比较规则。
	priority_queue_t	支持	支持	
	queue_t	支持	支持	
	stack_t	支持	支持	
迭代器	iterator_t	支持	支持	
	range_t		支持	一种表示数据范围的类型。
算法	数值算法	支持	支持	
	通用算法	支持	支持	
函数	针对基本类型的函数	支持	支持	
	针对 libcstl 内部类型的函数		支持	增加了针对容器以及工具类型的函数和谓词。
字符串	string_t	支持	支持	
工具类型	pair_t	支持	支持	更新了默认的数据比较规则。
	bool_t	支持	支持	
类型机制	支持 c style 字符串		支持	增加了对于 c style 字符串类型的支持。
	支持用户自定义类型	部分支持	支持	通过类型注册机制完善了对用户自定义类型的支持。
	类型注册		支持	增加了类型注册和类型复制功能。

跨平台	支持 Linux	支持	支持	
	支持 Windows		支持	添加了 VS2005 和 VS2008 的编译工程。

第三节 libcstl 的编译和安装

1. 编译和安装

首先需要在 libcstl 的主页中下载源代码压缩包 libcstl-2.0.0.tar.gz，解压后进入目录 libcstl-2.0.0：

```
[wb@ActiveSys ~]$ tar zxvf libcstl-2.0.0.tar.gz
...
[wb@ActiveSys ~]$ cd libcstl-2.0.0
```

然后执行 make 编译 libcstl:

```
[wb@ActiveSys libcstl-2.0.0]$ make
```

接下来安装 libcstl 库(需要 root 权限):

```
[wb@ActiveSys libcstl-2.0.0]# make install
```

这样编译并安装了 libcstl 库.

卸载 libcstl 库同样需要 root 权限:

```
[wb@ActiveSys libcstl-2.0.0]# make uninstall
```

如果哦以前安装过 libcstl 库，清使用更新更新命令:

```
[wb@ActiveSys libcstl-2.0.0]# make update
```

上面介绍的是 Linux 下的编译安装方法，libcstl-2.0 也提供了 Windows 下的编译工程，在解压后的目录中有目录 build-win，其中两个目录 vc8 和 vc9 分别对应 VS2005 和 VS2008 的工程文件。

2. 特殊的编译选项

在 libcstl-2.0.0 目录下有一个 Makefile 文件, 文件中定义了一个有关编译选项的变量:

```
CFLAGS_EX = -DNDEBUG
```

其中 NDEBUG 都是 libcstl 的默认编译选项，如果想要修改默认编译选项就请修改 CFLAGS_EX 变量：想要添加编译选项请在这一行的后面添加 -DXXXX (其中 XXXX 是要添加的编译选项), 如果要删除就直接删除-DXXXX 选项.

libcstl 编译过程中的可用编译选项有:

- **NDEBUG** 控制断言.

定义这个编译选项可以去掉库中的断言. 当库函数接受到非法参数时, 断言就会报错, 但是有断言的版本执行效率

低(非断言版本效率大约是有断言版本的 20~40 倍).

- **CSTL_STACK_VECTOR_SEQUENCE** 以 vector_t 容器为 stack_t 适配器的底层实现.
- **CSTL_STACK_LIST_SEQUENCE** 以 list_t 容器为 stack_t 适配器的底层实现.

这两个选项都是控制 stack_t 适配器的底层实现的. 如果不指定则使用 deque_t 作为 stack_t 的底层实现.

- **CSTL_QUEUE_LIST_SEQUENCE** 以 list_t 容器为 queue_t 适配器的底层实现.

这个选项控制 queue_t 的底层实现. 如果不指定则使用 deque_t 为 queue_t 的底层实现.

- **CSTL_SET_AVL_TREE** 以 avl 树作为 set_t 的底层实现.
- **CSTL_MULTISET_AVL_TREE** 以 avl 树作为 multiset_t 的底层实现.
- **CSTL_MAP_AVL_TREE** 以 avl 树作为 map_t 的底层实现.
- **CSTL_MULTISET_AVL_TREE** 以 avl 树作为 multimap_t 的底层实现.

以上四个选项是控制关联容器的底层实现的, 如果不指定则对应的关联容器使用红黑树作为底层实现 (红黑树比 avl 树快 40%). 默认使用红黑树作为底层实现.

第二章 libcstl 库的基本概念

数据结构和算法是编程的精髓，有很多数据结构和算法是为我们程序员所熟知的，也是在平常编程的过程中经常使用到的，比如链表，队列，平衡二叉树等这样的数据结构，再比如搜索，排序，二分查找等这样的算法， libcstl 将这些常用的数据结构和算法都封装在一起变成一个通用的库，这样就不用每次使用的时候都要从头再来重新实现了，按照编程的需要，在 libcstl 中选择合适的类型和算法就能够满足你的要求。libcstl 提供了丰富的数据结构类型和算法。

第一节 libcstl 的组成部分

libcstl 由很多部分组成，其中最主要的有容器，迭代器，算法以及函数。

- 容器

容器主要用于保存和管理数据，它是对数据结构的封装。不同的容器各有特点，有的保存简单的数据，有的保存键/值对，有的可以对数据进行随机访问，有的是无序的有的排序的，按照不同的用途选择相应的容器。

- 迭代器

迭代器实现的是位置的语义，它的作用是对所有容器中的数据位置提供了统一的使用方式，这样通过迭代器算法就可以操作任何容器中的数据而且不必理会容器的内部结构，这样就实现了算法和数据的分离。

- 算法和函数

算法就是对如搜索，排序，查找等等这样的算法的封装，通常我们要实现一个算法是要知道数据保存的结构，但是这里的算法不必知道具体结构，它通过迭代器和数据区间的概念就可以作用于容器中的数据。函数的作用主要是为算法提供操作准则，用来改变算法的行为。

libcstl 通过迭代器将数据和算法分离，任何算法都可以和任何容器交互作用。

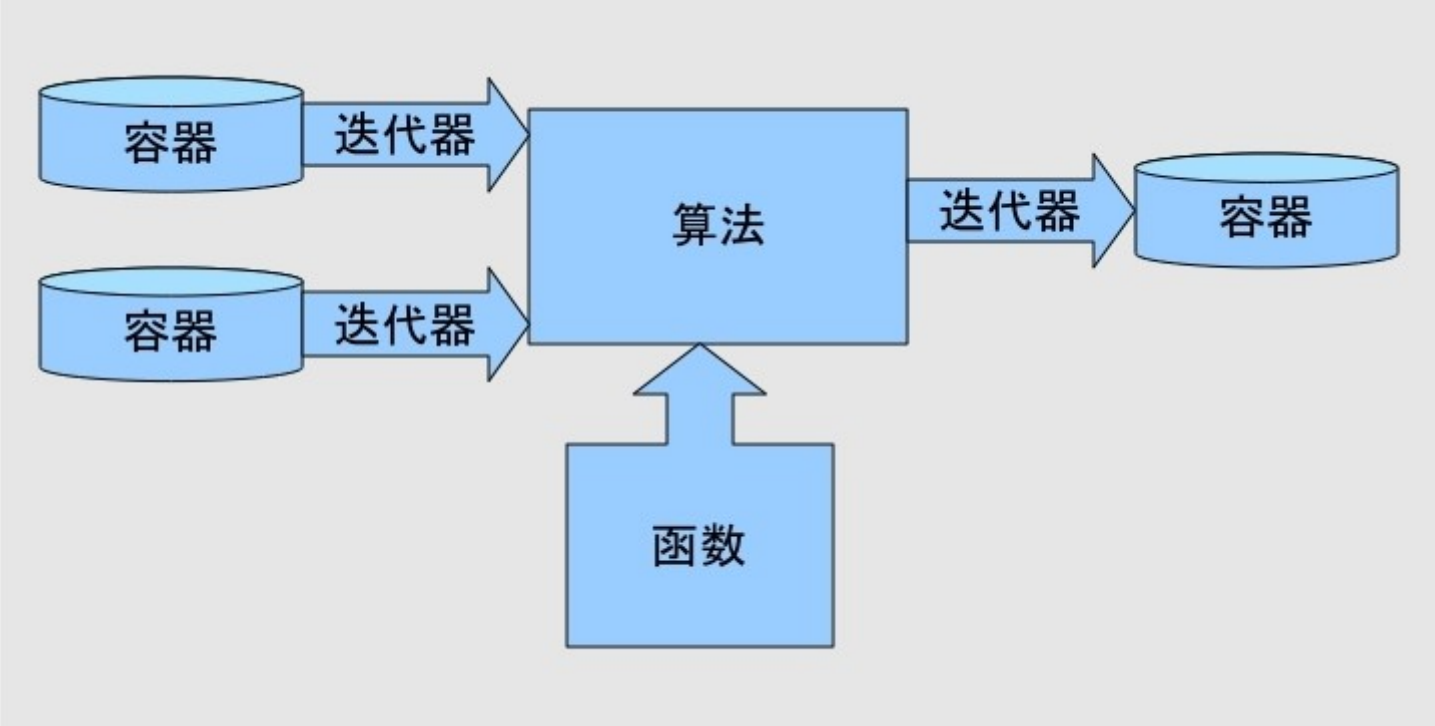


图 2.1 libcstl 组件之间的关系

除了上面基本主要的组成部分，libcstl 还提供了容器适配器，工具类型，字符串和类型机制。

第二节 容器

容器是用来保存和管理数据的，为了满足不同的需要 libcstl 提供了多种容器：

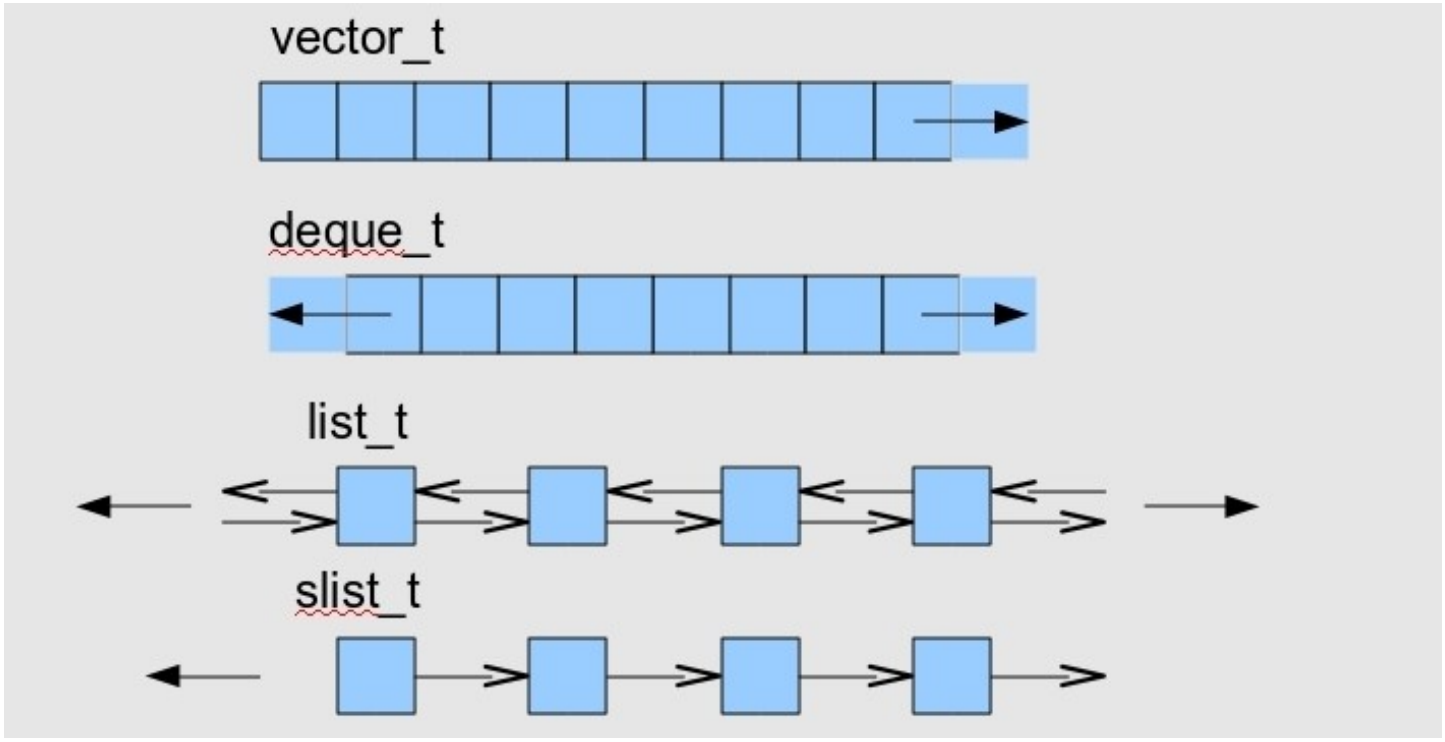


图 2.2 序列容器

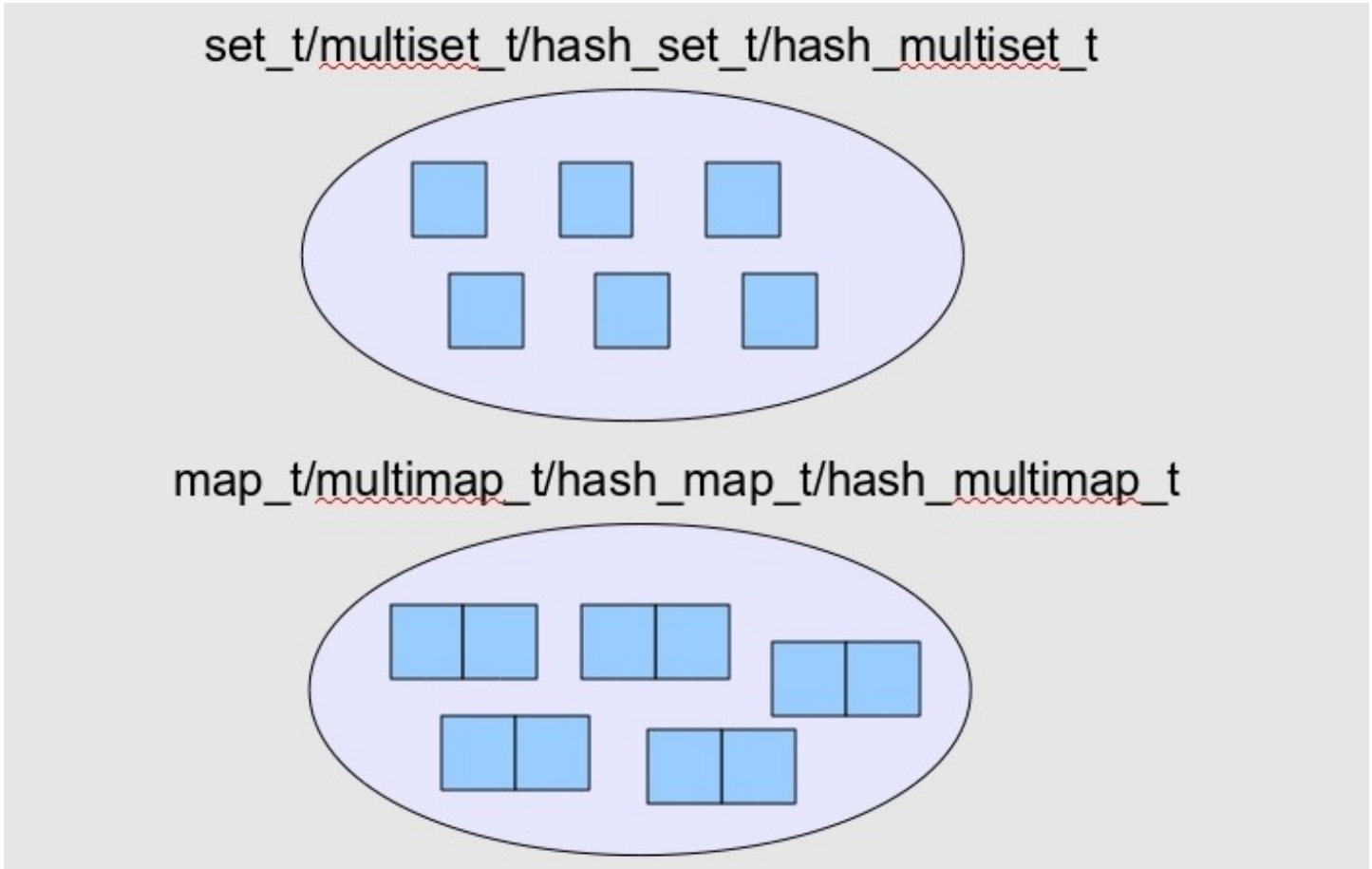


图 2.3 关联容器

总的来说容器分为两大类，序列容器和关联容器：

- 序列容器

序列容器中的数据的顺序与数据插入到容器中的次序有关, 而与数据本身的值无关. libcstl 提供的序列容器有: vector_t, list_t, deque_t, slist_t.

- 关联容器

关联容器中数据是有序的, 容器中数据的顺序取决于特定的排序规则而与数据插入到容器中的次序无关. libcstl 提供的关联容器有: set_t, map_t, multiset_t, multimap_t, hash_set_t, hash_map_t, hash_multiset_t, hash_multimap_t.

数据是否排序并不是两种容器的主要目的，目的在于对容器中的数据的访问，序列容器中的数据可以在指定的位置快速的插入或者删除，也可以快速的访问指定位置的数据。关联数据中的数据是有序的只可以更快速的查找数据。

1. 序列容器

libcstl 提供四种序列容器:vector_t, list_t, deque_t, slist_t.

- **vector_t**

vector_t 的行为类似于数组，但是它可以根据需要动态的生长，这样就可以使用下标来随即的访问 vector_t 中的数据. 在 vector_t 的末尾插入或者删除数据是非常高效的，但是在开头或者中间插入或者删除数据效率就会很低，因为 vector_t 要移动后面的数据。

下面的例子定义了一个保存整型数据的 vector_t，然后向其中插入 6 个数据并打印出来：

```
/*
 * vector1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* vector conatiner for integer elements */
    vector_t* pvec_coll = create_vector(int);
    int i = 0;

    if(pvec_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    vector_init(pvec_coll);

    /* append elements with 1 to 6 */
```

```
    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        vector_push_back(pvec_coll, i);
    }

    /* print all elements followed by space */
    for(i = 0; i < vector_size(pvec_coll); ++i)
    {
        printf("%d ", *(int*)vector_at(pvec_coll, i));
    }
    printf("\n");

    vector_destroy(pvec_coll);

    return 0;
}
```

使用 vector_t 容器必须包含头文件

```
#include <cstl/cvector.h>
```

创建一个存储 int 类型数据的 vector_t

```
vector_t* pvec_coll = create_vector(int);
```

vector_t 在没有初始化的时候是不能使用的，下面是初始化的代码

```
vector_init(pvec_coll);
```

我们使用 vector_push_back()函数向 vector_t 中添加数据

```
for(i = 1; i <= 6; ++i)
{
    vector_push_back(pvec_coll, i);
}
```

vector_size()函数返回 vector_t 容器中数据的个数，vector_at()是通过下标对 vector_t 容器中数据进行访问，它返回的是指向容器中相应数据的指针，要打印出数据的内容我们使用如下的代码：

```
for(i = 0; i < vector_size(pvec_coll); ++i)
{
    printf("%d ", *(int*)vector_at(pvec_coll, i));
}
```

最后销毁 vector_t 容器，以释放容器本身和为了保存数据申请的资源

```
vector_destroy(pvec_coll);
```

这段代码输出的结果如下：

1 2 3 4 5 6

- **deque_t**

deque_t 是双端队列, 它也是一个动态数组, 但是可以在两端生长, 所以在开头和结尾插入和删除数据都很高效, 但是在中间插入和删除数据很慢，因为它也要移动数据。

与上面的例子类似，这次向 deque_t 中添加 6 个浮点数并打印出来：

```
/*
 * deque1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* deque container for float-point elements */
    deque_t* pdq_coll = create_deque(float);
    int i = 0;

    if(pdq_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    deque_init(pdq_coll);

    /* insert elements from 1.1 to 6.6 each at the front */
    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        /* insert at the front */
        deque_push_front(pdq_coll, i * 1.1);
    }

    /* print all elements followed by a space */
    for(i = 0; i < deque_size(pdq_coll); ++i)
    {
        printf("%f ", *(float*)deque_at(pdq_coll, i));
    }
    printf("\n");

    deque_destroy(pdq_coll);

    return 0;
}
```

使用 deque_t 需要包含头文件

```
#include <cstl/cdeque.h>
```

创建一个保存浮点数类型数据的 deque_t 容器并初始化

```
deque_t* pdq_coll = create_deque(float);
...
deque_init(pdq_coll);
```

在 deque_t 开头插入数据

```
deque_push_front(pdq_coll, i * 1.1);
```

以这种方式插入数据得到的结果是与插入顺序相反的序列，结果如下：

6.600000 5.500000 4.400000 3.300000 2.200000 1.100000

这是因为每一个数据都插入到了第一个数据的前面。

deque_t 容器也提供了 deque_size()函数和 deque_at()函数，所以我们也可以使用与第一个例子相同的方式打印数据：

```
for(i = 0; i < deque_size(pdq_coll); ++i)
{
    printf("%f ", *(float*)deque_at(pdq_coll, i));
}
```

最后也要销毁 deque_t

```
deque_destroy(pdq_coll);
```

因为 deque_t 是双端队列，所以它也提供了 deque_push_back()函数向 deque_t 的末尾插入数据, 相反 vector_t 并没有提供 vector_push_front()这样的函数, 因为在 vector_t 开头插入数据效率很低.

- **list_t**

list_t 是一个双向链表. 它不具备随即访问数据的能力, 如果要访问第十个元素就必须从第一个开始向后遍历, 一直找到第十个元素为止, 但是对于一个给定的元素找到它的前驱和后继都是非常快的. list_t 的优点是在任意位置删除和插入数据都非常快.

下面的例子创建一个字符类型的空链表, 插入从’a’到’z’的字符, 然后从开头删除并打印每一个字符:

```
/*
 * list1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* list container for character elements */
    list_t* plist_coll = create_list(char);
    char c = '\0';

    if(plist_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }
```

```
    list_init(plist_coll);

    /* append elements from 'a' to 'z' */
    for(c = 'a'; c <= 'z'; ++c)
    {
        list_push_back(plist_coll, c);
    }

    /* print all elements
     * - while there are elements
     * - print and remove the first element
     */
    while(!list_empty(plist_coll))
    {
        printf("%c ", *(char*)list_front(plist_coll));
        list_pop_front(plist_coll);
    }
    printf("\n");

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

使用 list_t 需要包含头文件

```
#include <cstl/clist.h>
```

创建一个字符类型的 list_t 并初始化

```
list_t* plist_coll = create_list(char);
...
list_init(plist_coll);
```

向 list_t 中插入字符

```
for(c = 'a'; c <= 'z'; ++c)
{
    list_push_back(plist_coll, c);
}
```

list_empty()判断 list_t 是否为空, list_front()访问第一个元素, list_pop_front()删除第一个元素，打印并删除数据的代码：

```
while(!list_empty(plist_coll))
{
    printf("%c ", *(char*)list_front(plist_coll));
    list_pop_front(plist_coll);
}
```

销毁 list_t

```
list_destroy(plist_coll);
```
最后的结果:
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

向上面这样遍历一个链表后链表中的数据就都被删除了，如果要保留数据清使用迭代器对链表进行遍历，迭代器在后面具体介绍。

- **slist_t**

slist_t 是一个单链表(stl 标准中并不包含 slist, 但是 sgi stl 包含一个单链表 slist). 它与 list_t 的特点相同, 对于任意位置的插入和删除数据都是非常快的. 但是 slist_t 寻找前驱的操作效率很低, 因为它必须从第一个元素开始查找.

- **string_t**

string_t 的行为与 vector_t 相似, 但是它主要用来存储字符串, 同时它还提供了很多关于字符串的特殊操作.

2. 关联容器

关联容器对容器中保存的数据自动排序, 这种排序是基于数据本身的值或者数据定义的键值。关联容器对数据排序的默认规则是小于操作，对于基本类型和 libcstl 内部的容器类型还有一些工具类型等 libcstl 库都提供了默认的小于操作函数，但是用户自定义类型的默认小于操作函数可以在注册这个类型的时候指定(类型注册机制在第十章介绍)。

关联容器分集合和映射两种，集合和映射的不同点在于集合对数据的排序是基于数据本身，但是映射是以键/值对的方式保存数据，所以映射对数据的排序是基于键的。

对于集合和映射来说又分为集合和多重集合，映射和多重映射。集合和多重集合的区别在于前者保证数据的唯一性，即不允许数据重复，后者是允许数据重复的。对于映射和多重映射也是同样，但是区别在于映射只是不允许键重复，多重映射允许出现重复的键。这样看来可以将集合看作是整个值作为键的特殊的映射。

关联容器为了实现对数据进行自动排序的功能一般都采用平衡二叉树的结构，libcstl 采用了两种平衡二叉树来实现关联容器，AVL 树和红黑树，可以通过在编译的时候添加编译选项来选择关联容器的底层实现 (特殊的编译选项请参考第一章)，建议使用红黑树作为底层实现，因为红黑树是效率更高的平衡二叉树。除了采用平衡二叉树实现的关联容器为，libcstl 还提供了一套基于哈希结构的关联容器，这套关联容器同样也包括集合，多重集合，映射，多重映射。这一套关联容器采用的底层实现是哈希表结构，基于哈希结构的容器在插入，删除和查找数据可以接近常数时间 (只要哈希函数选择的足够好)，但是于基于平衡二叉树结构的关联容器相比它不是完全有序的。

下面列出了 libcstl 库提供的全部关联容器类型：

- **set_t**

set_t 容器根据它保存的数据进行自动排序, 每一个数据在容器中只出现一次, 重复的数据是不允许的。

- **mulitset_t**

multiset_t 容器除了允许保存的数据重复, 其他的与 set_t 容器相同。

- **map_t**

map_t 容器中保存的是数据 key/value 对, 数据根据 key 值自动排序, 不允许有 key 重复的数据. 同时 map_t 具有关联数组的能力, 使用 key 值可以随即访问 map_t 中相应的 value 值。

- **multimap_t**

multimap_t 允许有 key 值重复的 key/value 数据, 并且它不具备关联数组的性质, 除此之外与 map_t 特点相同。

- **hash_set_t**

hash_set_t 除了底层采用 hash 表实现外其他的特性与 set_t 相同。

- **hash_multiset_t**

hash_multiset_t 除了底层采用 hash 表实现外其他的特性与 multiset_t 相同。

- **hash_map_t**

hash_map_t 除了底层采用 hash 表实现外其他的特性与 map_t 相同。

- **hash_multimap_t**

hash_multimap_t 除了底层采用 hash 实现外其他的特性与 multimap_t 相同。

由于操作关联容器要用到迭代器，所以关联容器的例子在介绍完迭代器之后给出。

3. 容器适配器

除了以上这些容器之外, libcstl 为了特殊的目的还提供了容器适配器, 它们都是基本的容器实现的。

- **stack_t**

stack_t 是堆栈, 它采用 LIFO（后进先出）的原则来管理数据。

- **queue_t**

queue_t 是队列, 它采用 FIFO（先进先出）的原则管理数据。

- **priority_queue_t**

priority_queue_t 是优先队列, 它保存的数据具有优先级, libcstl 默认的数据值越大优先级越大. 每次从队列中取出的都是具有最大优先级的数据。

其中堆栈和队列两种适配器都是可以使用多种容器类型作为底层实现，通过在编译的时候使用特殊的编译选项来实现，具体请参考第一章。容器适配器除了底层实现采用容器外，它们都不支持迭代器，所以不能通过算法对它们保存的数据进行操作。

第三节 迭代器

迭代器是一种实现的是一种指针语义，它是指向容器中数据的”智能指针”，通过迭代器可以访问或者遍历容器中的全部或者部分数据，同时算法也是通过迭代器对容器中的数据进行操作的。也正是因为有了迭代器才实现了数据和算法分离。

迭代器是将容器的内部结构隐藏，通过使用它可以对不同的容器进行同样的操作，同时对于不同的容器迭代器也有特殊的操作，但是下面的这些操作是迭代器共同的：

- **iterator_get_value()**

获得迭代器所指的数据, 将迭代器所指的数据拷贝到指定的缓冲区中。

- **iterator_get_pointer()**

获得迭代器所指的数据的指针。

- **iterator_next()**

指向下一个数据, 使迭代器向前行进一步。

- **iterator_equal()** 和 **iterator_not_equal()**

判断两个迭代器是否指向相同的位置。

- 赋值运算符 =

在 libcstl 中，迭代器类型可以直接使用赋值运算符 = 来进行赋值。

上面都是迭代器本身的操作，下面我们来看一看容器是怎样和迭代器建立联系的：
为了实现容器和迭代器的相互操作,所有的容器都提供了基本的函数。

- **xxxx_begin()**

获得指向特定容器中第一个数据的迭代器(如果有第一个数据)。例如 vector_t 容器就是 vector_begin()。

- **xxxx_end()**

获得指向特定容器末尾的迭代器，这个末尾是指容器中最后一个数据的下一个位置。例如 vector_t 容器就是 vector_end()。

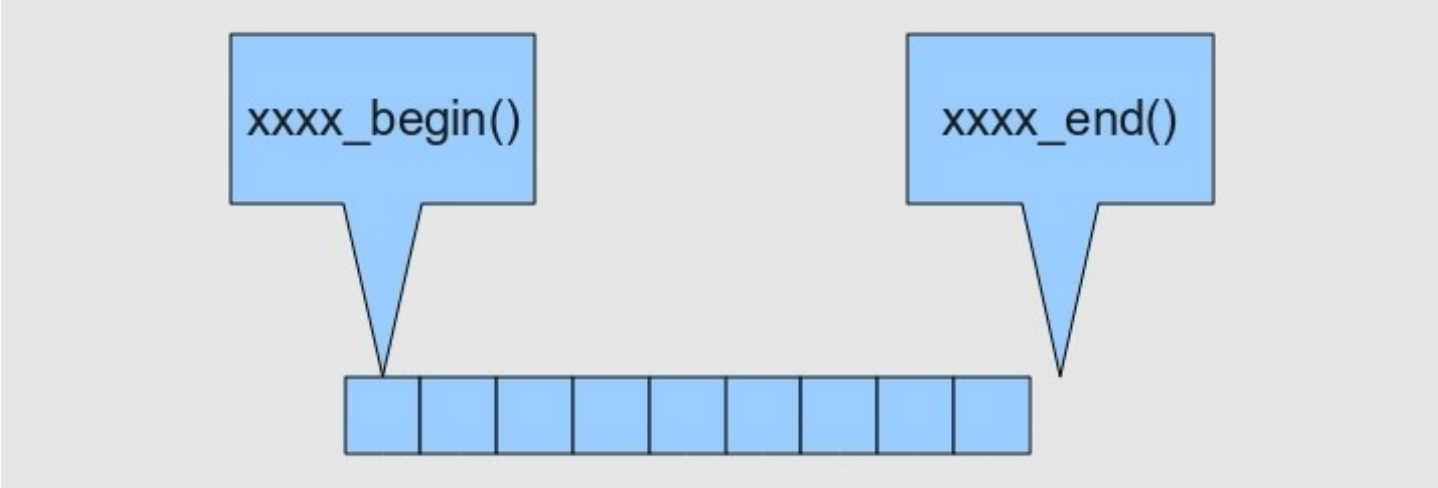


图 2.4 xxxx_begin() 和 xxxx_end()

这样的 xxxx_begin()和 xxxx_end()就组成了一个左闭右开区间[xxxx_begin(), xxxx_end())，这样的好处是便利时对结束条件判断比较方便，如果容器为空那么 xxxx_begin()就等于 xxxx_end()。

使用一个例子来看看迭代器如何使用。下面的例子是将链表中的数据都打印出来，是对前面的例子的改版：

```
/*
 * list2.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* list container for character elements */
    list_t* plist_coll = create_list(char);
    list_iterator_t it_pos;
    char c = '\0';

    if(plist_coll == NULL)
    {
```

```
        return -1;
    }

    list_init(plist_coll);

    /* append elements from 'a' to 'z' */
    for(c = 'a'; c <= 'z'; ++c)
    {
        list_push_back(plist_coll, c);
    }

    /* print all elements
     * - iterate over all elements
     */
    for(it_pos = list_begin(plist_coll);
        !iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%c ", *(char*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

首先要定义一个迭代器:

```
list_iterator_t it_pos;
```

迭代器与容器不同它不需要创建和初始化，定义之后直接就可以使用，使用之后也无需销毁。

使用 it_pos 遍历 list_t 容器, 并获得每一个数据的指针, 将每一个数据打印出来:

```
for(it_pos = list_begin(plist_coll);
    !iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
    it_pos = iterator_next(it_pos))
{
    printf("%c ", *(char*)iterator_get_pointer(it_pos));
}
```

操作过程如图:

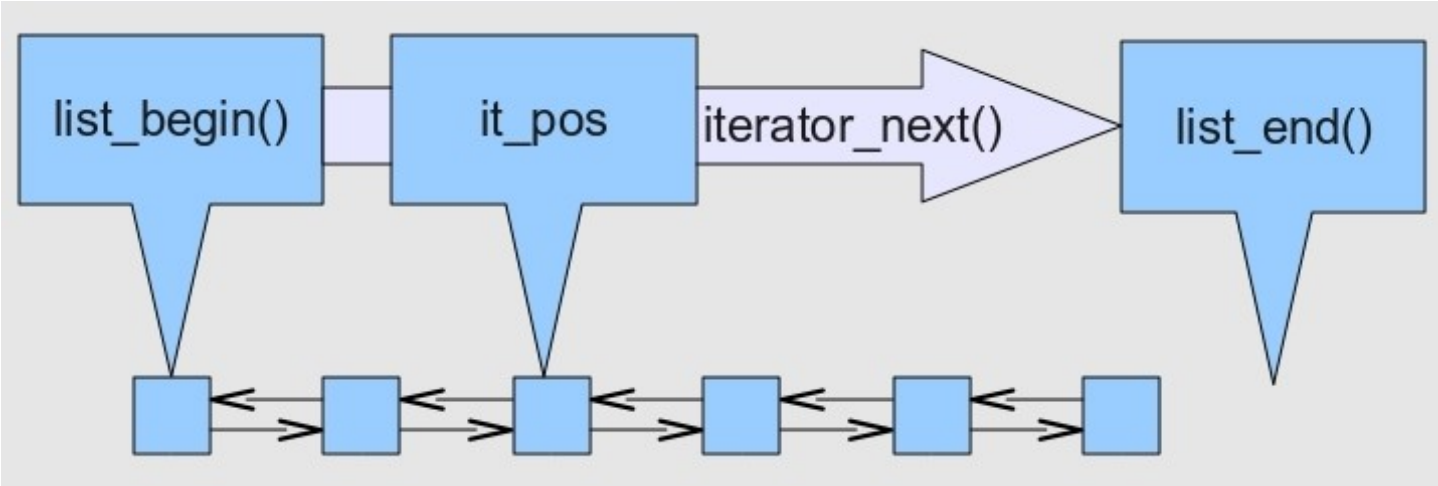


图 2.5 使用迭代器遍历链表中的数据

在遍历的开始首先让迭代器 it_pos 指向链表的第一个数据：

```
it_pos = list_begin(plist_coll);
```

然后判断当前位置是否为链表的末尾：

```
!iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
```

如果不是链表的末尾就或者指向当前数据的指针，并将数据打印出来：

```
printf("%c ", *(char*)iterator_get_pointer(it_pos));
```

然后在移动到下一个数据的位置：

```
it_pos = iterator_next(it_pos)
```

1. 使用关联容器的例子

上面例子中的遍历是通用的，它可以用在任何容器中，下面就将这种便利用在关联容器中。下面这些例子都是使用关联容器的例子：

- set_t 和 multiset_t 的例子

下面的例子展示了如何向 set_t 中插入数据并使用迭代器将数据打印出来：

```
/*
 * set1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cset.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* set container for int values */
    set_t* pset_coll = create_set(int);
    set_iterator_t it_pos;
```

```
    if(pset_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    set_init(pset_coll);

    /*
     * insert elements for 1 to 6 in arbitray order
     * - value 1 gets inserted twice
     */
    set_insert(pset_coll, 3);
    set_insert(pset_coll, 1);
    set_insert(pset_coll, 6);
    set_insert(pset_coll, 4);
    set_insert(pset_coll, 1);
    set_insert(pset_coll, 2);
    set_insert(pset_coll, 5);

    /*
     * print all elements
     * - iterate over all elements
     */
    for(it_pos = set_begin(pset_coll);
        !iterator_equal(it_pos, set_end(pset_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    set_destroy(pset_coll);

    return 0;
}
```

要使用 set_t 必须包含头文件

```
#include <cstl/cset.h>
```

然后创建并初始化一个保存 int 类型的 set_t

set_t 提供了 set_insert()函数，使用它向容器中插入数据。set_t 并没有提供 set_push_back()或者 set_push_front()这样的操作函数，因为在数据插入到容器之前它的位置是未知的。

```
set_insert(pset_coll, 3);
```

```
set_insert(pset_coll, 1);
set_insert(pset_coll, 6);
set_insert(pset_coll, 4);
set_insert(pset_coll, 1);
set_insert(pset_coll, 2);
set_insert(pset_coll, 5);
```

向 set_t 中插入了 7 个数据但是实际上容器只保存了 6 个, 第二次插入数据 1 的时候因为容器中已经有数据 1 了所以插入失败, 数据在 set_t 中的可能保存形式:

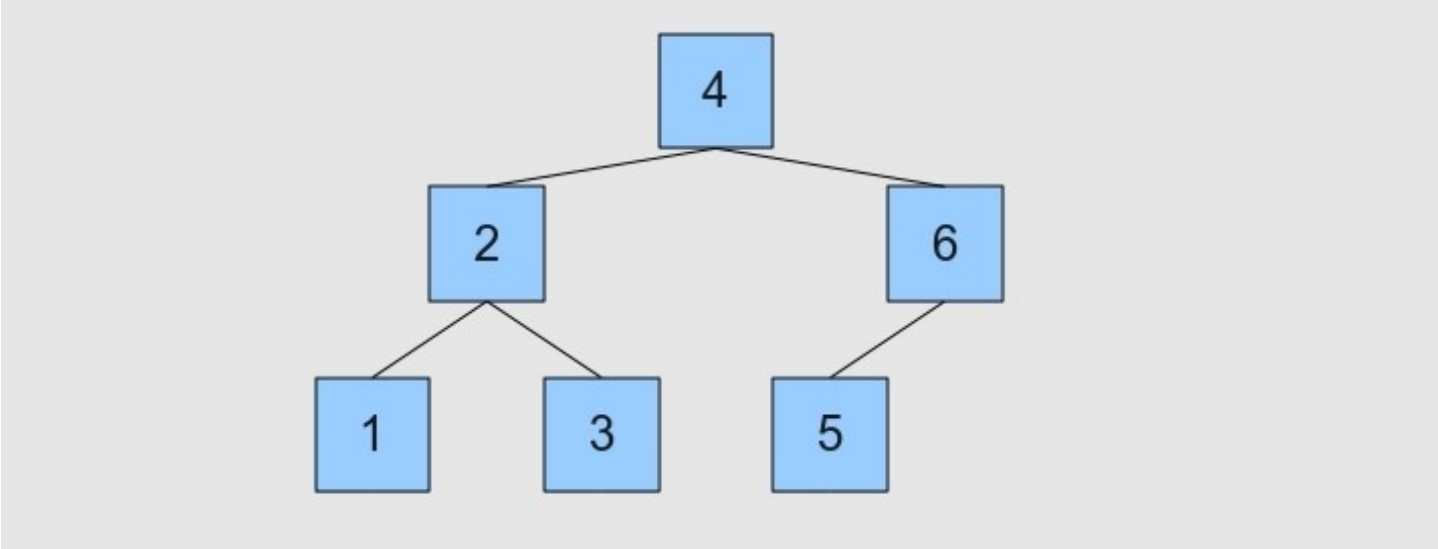


图 2.6 插入数据后的 set_t 容器

接下来是使用迭代器遍历 set_t, 使用了和上面的例子相同的遍历方式:

```
for(it_pos = set_begin(pset_coll);
    !iterator_equal(it_pos, set_end(pset_coll));
    it_pos = iterator_next(it_pos))
{
    printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
}
```

虽然用户在遍历的时候使用的操作是一样的，但是由于内部结构不同迭代器遍历的过程中内部实现还是要根据各个容器的具体情况，让我们来看看关联容器使用迭代器遍历时是什么情况：

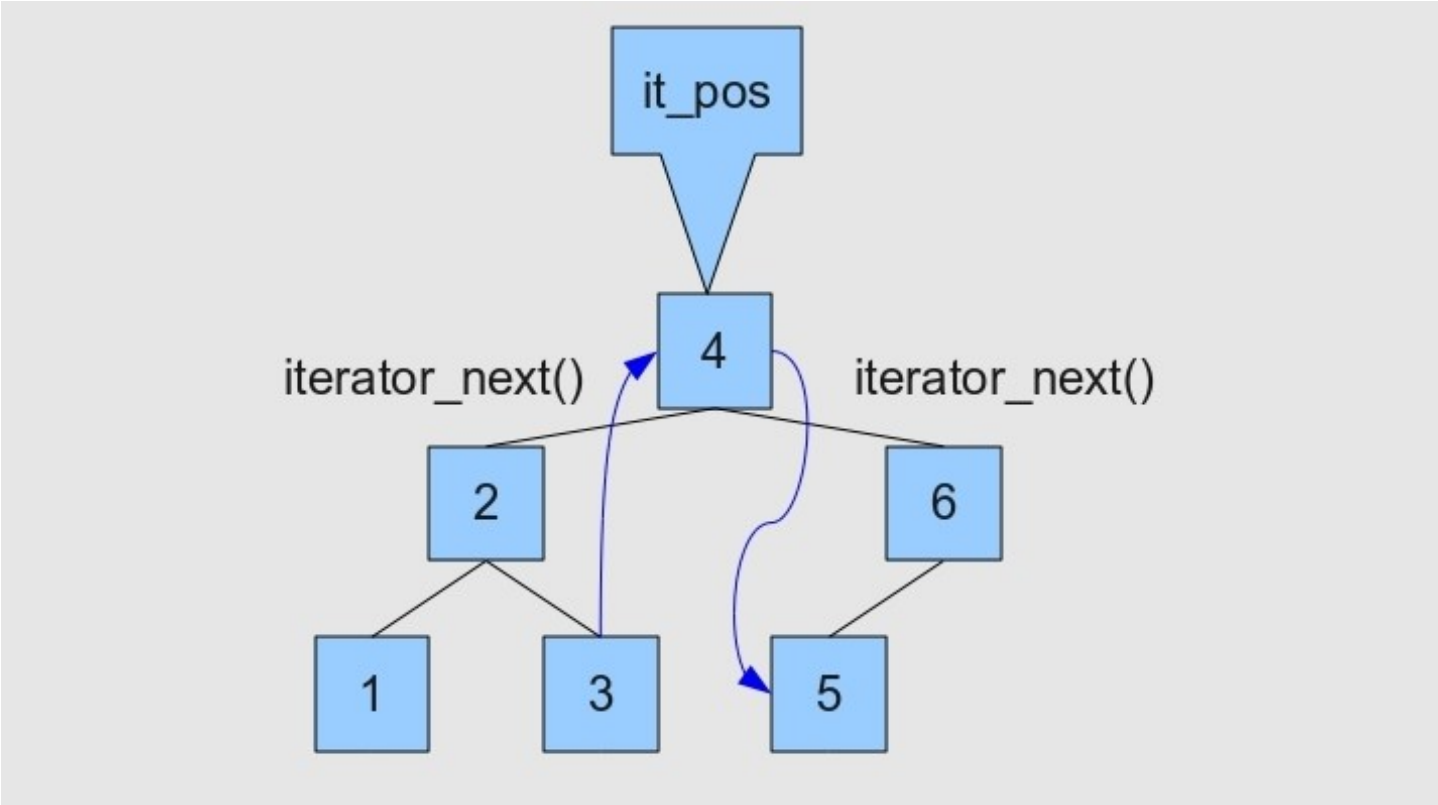


图 2.7 通过迭代器遍历关联容器

上面例子的结果:

1 2 3 4 5 6

如果使用 multiset_t 代替 set_t, 第二次插入数据 1 就不会失败, 输出结果如下:

1 1 2 3 4 5 6

- 使用 map_t 和 multimap_t 的例子

map_t 和 multimap_t 保存的数据都是 key/value 对，所以对于它们的声明，插入和访问都有些不同，下面的例子使用了 multimap_t：

```
/*
 * multimap1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cmap.h>
#include <cstl/cutility.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* multimap container for int/c-string value */
    multimap_t* pmmap_coll = create_multimap(int, char*);
    multimap_iterator_t it_pos;
```

```
    pair_t* ppair_elem = create_pair(int, char*);

    if(pmmap_coll == NULL || ppair_elem == NULL)
    {
        return -1;
    }

    multimap_init(pmmap_coll);
    pair_init(ppair_elem);

    /*
     * insert some elements in arbitray order
     * - a value with key 1 gets inserted twice
     */
    pair_make(ppair_elem, 5, "tagged");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);
    pair_make(ppair_elem, 2, "a");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);
    pair_make(ppair_elem, 1, "this");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);
    pair_make(ppair_elem, 4, "of");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);
    pair_make(ppair_elem, 6, "strings");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);
    pair_make(ppair_elem, 1, "is");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);
    pair_make(ppair_elem, 3, "multimap");
    multimap_insert(pmmap_coll, ppair_elem);

    /*
     * print all element values
     * - iterate over all elements
     * - element member second is value
     */
    for(it_pos = multimap_begin(pmmap_coll);
        !iterator_equal(it_pos, multimap_end(pmmap_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%s ", (char*)pair_second(iterator_get_pointer(it_pos)));
    }
    printf("\n");

    multimap_destroy(pmmap_coll);
```

```
    pair_destroy(ppair_elem);

    return 0;
}
```

输出的结果是:
this is a multimap of tagged strings
this 和 is 的键都是 1，所以在结果中 this 和 is 有可能顺序颠倒。虽然 this 和 is 具有同样的键但是 multimap_t 允许键重复。

这个例子有点复杂

首先，multiset_t 使用 pair_t 来描述 key/value，所以 multimap_t 中保存的是 pair_t。因此在程序中要声明一个 pair_t 并将数据保存在其中，然后插入到 multimap_t 中。这也是代码中在调用 multimap_insert()之前都调用了 pair_make()。

其次, 由于 multimap_t 中保存的是 pair_t，所以在遍历的过程中获得的数据的指针都是指向 pair_t 类型的，我们要获得的值要通过 pair_t 的操作函数 pair_second()来获得：

```
printf("%s ", (char*)pair_second(iterator_get_pointer(it_pos)));
```

pair_t 类型第三章中详细的介绍。

- 将 map_t 作为关联数组

map_t 和 multimap_t 的主要区别在于 map_t 不允许键重复。除了这些，map_t 还可以作为关联数组使用：

```
/*
 * map1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cmap.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    /* map container for c-string/double value */
    map_t* pmap_coll = create_map(char*, double);
    map_iterator_t it_pos;

    if(pmap_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    map_init(pmap_coll);

    /* insert some element into the collection */
    *(double*)map_at(pmap_coll, "VAT") = 0.15;
    *(double*)map_at(pmap_coll, "Pi") = 3.1415;
    *(double*)map_at(pmap_coll, "an arbitray number") = 445.903;
```

```
    *(double*)map_at(pmap_coll, "Null") = 0.0;

    /*
     * print all element values
     * - iterate over all elements
     * - element member first is key
     * - element member second is value
     */
    for(it_pos = map_begin(pmap_coll);
        !iterator_equal(it_pos, map_end(pmap_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("key: \"%s\" value: %lf\n",
            (char*)pair_first(iterator_get_pointer(it_pos)),
            *(double*)pair_second(iterator_get_pointer(it_pos)));
    }

    map_destroy(pmap_coll);

    return 0;
}
```

map_t 提供了 map_at()操作函数，允许使用以键值为下标直接修改 map_t 中的数据。map_at()与其他容器的 at()函数不同，它可以以任何类型作为索引，它也没有下标失效的情况。当使用一个容器中不存在的键作下标的时候，map_at()会首先在容器中生成一个默认的数据，这个数据的键就是当前的下标，值是值类型的默认值。例如：

```
*(double*)map_at(pmap_coll, "VAT") = 0.15;
```

如果像下面这样的写法：

```
map_at(pmap_coll, "VAT");
```

“VAT”键对应的值就是双精度浮点值的默认值 0.0。

执行结果：

key: "Null" value: 0.000000
key: "Pi" value: 3.141500
key: "VAT" value: 0.150000
key: "an arbitray number" value: 445.903000

2. 迭代器种类

上面已经介绍了迭代器是为了给用户提供一种统一的操作方式，也列举了迭代器的基本操作，但是容器的功能不同内部结构也就不同，所以迭代器除了提供了基本的操作外还针对不同种类的容器提供了不同的操作。

根据迭代已经访问数据的能力，可以将迭代器分为五大类(具体的种类在第五章中介绍)，所有的 libcstl 提供的容器的迭代器都属于其中的三类：

- 单向迭代器(forward_iterator_t)

单向迭代器只能向下一个元素移动:使用 iterator_next()操作, 拥有这类迭代器类型的容器只有 slist_t。

- 双向迭代器(bidirectional_iterator_t)

双向迭代器可以向两个方向迭代，向下一个元素使用 iterator_next()操作，向前一个元素使用 iterator_prev()操作，拥有这类迭代器类型的容器有 list_t, set_t, multiset_t, map_t, multimap_t, hash_set_t, hash_multiset_t, hash_map_t, hash_multimap_t。

- 随机访问迭代器(random_access_iterator_t)

随即访问迭代器具有随即访问的能力, 此为还可以进行关系比较，可以一次移动多个数据，还可以计算两个迭代器的差值。拥有这类迭代器类型的容器有 vector_t 和 deque_t。

第四节 算法和函数

libcstl 为了处理容器中的数据提供了许多算法, 例如查找, 排序, 拷贝, 修改还有算术操作。算法不属于任何一种容器, 它是通用的，可以处理任何容器中的数据。通过迭代器实现的算法和数据的分离，但是这样做也有不足的地方，为了做到通用，必然会忽略容器结构的特殊性，这样于容器提供的操作函数相比，实现同样的功能的情况下，容器提供的操作函数更高效。下面通过一个简单的例子来展示一下如何使用算法：

```
/*
 * algo1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t* pvec_coll = create_vector(int);
    vector_iterator_t it_pos;

    if(pvec_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    vector_init(pvec_coll);

    /* insert elements from 1 to 6 in arbitrary order */
    vector_push_back(pvec_coll, 3);
    vector_push_back(pvec_coll, 2);
    vector_push_back(pvec_coll, 5);
    vector_push_back(pvec_coll, 6);
```

```
    vector_push_back(pvec_coll, 4);
    vector_push_back(pvec_coll, 1);

    /* find and print minimum and maximum element */
    it_pos = algo_min_element(vector_begin(pvec_coll), vector_end(pvec_coll));
    printf("min: %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    it_pos = algo_max_element(vector_begin(pvec_coll), vector_end(pvec_coll));
    printf("max: %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));

    /* sort all elements */
    algo_sort(vector_begin(pvec_coll), vector_end(pvec_coll));

    /* find the first element with value 3 */
    it_pos = algo_find(vector_begin(pvec_coll), vector_end(pvec_coll), 3);

    /*
     * reverse the order of the found element with value 3
     * and all following elements
     */
    algo_reverse(it_pos, vector_end(pvec_coll));

    /* print all elements */
    for(it_pos = vector_begin(pvec_coll);
        !iterator_equal(it_pos, vector_end(pvec_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    vector_destroy(pvec_coll);

    return 0;
}
```

要使用 libcstl 算法必须包含头文件

```
#include <cstl/calgorithm.h>
```

最开始的两个算法是 algo_min_element()和 algo_max_element()这两个算法都是接受两个迭代器作为参数, 并把它视为一个数据区间，在这个区间内分别找出最小的元素和最大的元素，返回指向找到的元素的迭代器。

接下来的算法 algo_sort()是将两个迭代器表示的数据区间中的数据进行排序，结果是：

1 2 3 4 5 6

然后通过 algo_find()算法找到元素 3 的位置

```
it_pos = algo_find(vector_begin(pvec_coll), vector_end(pvec_coll), 3);
```

成功就返回指向数据 3 的位置的迭代器，如果失败返回数据区间末尾的迭代器。
然后把从数据 3 的位置开始到容器的末尾数据逆序
algo_reverse(it_pos, vector_end(pvec_coll));
这样例子中程序的输出结果就是：
min: 1
max: 6
1 2 6 5 4 3

1. 数据区间

既然算法是通过迭代器来处理容器中的数据的，那么具体是怎样处理的呢？为例解答这个问题要先给出一个概念：数据区间。数据区间是由两个迭代器组成的，这两个迭代器所表示的位置形成了一个左闭右开区间，这个区间就叫做数据区间，这个区间也是算法要处理的对象。有效数据区间必须去是两个迭代器属于同一个容器，而且第一个迭代器的位置要在第二个迭代器之前或者和第二个迭代器相等。除此之外的迭代器对都是无效的数据区间。

算法处理的就是一个或多个数据区间内的数据，这个数据区间不一定是容器中的所有数据，有可能是容器的子集. 算法一般要求一个或者多个数据区间，这样做很方便，但是很危险，调用者必须保证传递给算法的数据区间是有效的，否则算法的行为是位定义的(带有断言的版本会侦测到非法的区间并触发断言)。

虽然这样做会有很多好处,但是也有不足:

```
/*
 * find1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll = create_list(int);
    list_iterator_t it_pos;
    list_iterator_t it_pos25;
    list_iterator_t it_pos35;
    int i = 0;

    if(plist_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    list_init(plist_coll);
```

```
    /* insert elements from 20 to 40 */
    for(i = 20; i <= 40; ++i)
    {
        list_push_back(plist_coll, i);
    }

    /*
     * find position of element with value 3
     * - there is none, so it_pos gets end()
     */
    it_pos = algo_find(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 3);

    /*
     * reverse the order of element between found element and then end
     * - because the it_pos is end(), it reverses an empty range
     */
    algo_reverse(it_pos, list_end(plist_coll));

    /* find the position of value 25 and 35 */
    it_pos25 = algo_find(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 25);
    it_pos35 = algo_find(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 35);

    /*
     * print the maximum of corresponding range
     * - note: including pos25 and exculding pos35
     */
    printf("max: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(algo_max_element(it_pos25, it_pos35)));

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

首先使用 20 到 40 的整数填充 list_t，当查找数据 3 的位置时会失败，algo_find()返回要处理的数据区间的末尾，在这个例子中是 list_end()。接下来我们调用 algo_reverse()对 it_pos 和 list_end()范围进行逆序的处理，这是没有问题的，it_pos 等于 list_end()相当于调用

```
algo_reverse(list_end(plist_coll), list_end(plist_coll));
```

这个算法空转，没有任何效果。

然后在 list_t 中查找 25 和 35 两个数据的位置, 分别是 it_pos25 和 it_pos35，然后调用 algo_max_element()算法找出范围[it_pos25, it_pos35)中的最大元素，结果是 34 而不是 35。

max: 34

这是因为指向数据 35 的迭代器 it_pos35 是区间的末端，不会被处理，要想处理数据 35 就必须将 it_pos35 指向下一个

数据:

```
it_pos35 = iterator_next(it_pos35);
```

这次再查找得到了正确的结果:

max: 35

这个例子中有个问题，如果想要处理区间末端的迭代器所指向的数据，就必须把迭代器指向下一个数据。另一个问题在上面的例子中我们已经知道了 it_pos25 在 it_pos35 的前面[it_pos25, it_pos35)是有效的区间，如果 it_pos25 在 it_pos35 之后，那么就会使区间无效，algo_max_element()会执行未定义的操作，造成危险。

2. 处理多个数据区间

许多算法要同时处理多个数据区间，对于这种情况通常需要明确的给出第一个数据区间的起点和终点，至于其他的区间只需要给出起点就可以了，重点可以根据第一个区间推算出来。但是这样就要求在使用这样的算法的时候至少要保证第二个及后续的区间的范围至少要和第一个区间一样大，否则将会产生类似越界的问题，这种行为也是未定义的。考虑下面这个例子:

```
/*
 * copy1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll1 = create_list(int);
    vector_t* pvec_coll2 = create_vector(int);
    int i = 0;

    if(plist_coll1 == NULL || pvec_coll2 == NULL)
    {
        return -1;
    }

    list_init(plist_coll1);
    vector_init(pvec_coll2);

    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        list_push_back(plist_coll1, i);
    }
```

```
    /*
     * RUNTIME ERROR.
     * overwrites nonexisting elements in the destination.
     */
    algo_copy(list_begin(plist_coll1), list_end(plist_coll1), /* source */
        vector_begin(pvec_coll2));                            /* destination */

    list_destroy(plist_coll1);
    vector_destroy(pvec_coll2);

    return 0;
}
```

在调用算法 algo_copy 时将第一个范围内的所有数据[list_begin(), list_end())拷贝到以 vector_begin()开始的第二个范围内，算法执行的都是覆盖的操作而不是插入，所以要求第二个范围有足够的空间，如果没有足够的空间（像上面的例子中那样）那么结果是为定义的。使用断言版本的 libcstl 库在这种情况下会触发断言。下面的例子保证了第二个范围有足够大的空间：

```
/*
 * copy2.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll1 = create_list(int);
    vector_t* pvec_coll2 = create_vector(int);
    deque_t* pdeq_coll3 = create_deque(int);
    int i = 0;

    if(plist_coll1 == NULL || pvec_coll2 == NULL || pdeq_coll3 == NULL)
    {
        return -1;
    }

    list_init(plist_coll1);
    vector_init(pvec_coll2);
```

```
    /* insert elements from 1 to 9 */
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        list_push_back(plist_coll1, i);
    }

    /*
     * resize distination to have enough room for
     * the overwrite algorithm
     */
    vector_resize(pvec_coll2, list_size(plist_coll1));

    /* copy elements from first to second collection */
    algo_copy(list_begin(plist_coll1), list_end(plist_coll1),
        vector_begin(pvec_coll2));

    /* initialize third collection with enough room */
    deque_init_n(pdeq_coll3, list_size(plist_coll1));

    /* copy elements from first to third collection */
    algo_copy(list_begin(plist_coll1), list_end(plist_coll1),
        deque_begin(pdeq_coll3));

    list_destroy(plist_coll1);
    vector_destroy(pvec_coll2);
    deque_destroy(pdeq_coll3);

    return 0;
}
```

vector_resize()保证了 pvec_coll2 具有和 plist_coll1 相同数目的数据，使得第二个范围足够大。而 pdeq_coll3 **在初始化的**时候就保证了拥有和 plist_coll1 同样大的空间。

3. 质变算法

有些算法对数据区间内的数据进行修改，这些算法可能移除，或者修改了数据，我们把这样的算法叫质变算法。典型的质变算法 algo_remove()是从一个数据区间内删除指定的数据，下面的例子会产生让你惊奇的结果：

```
/*
 * remove1.c
 * compile with : -lcstl
```

```
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll = create_list(int);
    list_iterator_t it_pos;
    int i = 0;

    if(plist_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    list_init(plist_coll);

    /* insert element from 1 to 6 and 6 to 1 */
    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        list_push_back(plist_coll, i);
        list_push_front(plist_coll, i);
    }

    /* print all elements of the list */
    printf("Pre:  ");
    for(it_pos = list_begin(plist_coll);
        !iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    /* remove all elements with value 3 */
    algo_remove(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 3);

    printf("Post: ");
    for(it_pos = list_begin(plist_coll);
        !iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
```

```
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

您可能认为结果是所有数值等于 3 的数据都被从数据区间中删除了，然而结果却不像想象中那样：
Pre: 6 5 4 3 2 1 1 2 3 4 5 6
Post: 6 5 4 2 1 1 2 4 5 6 5 6

执行 algo_remove()后数据的数目并没有减少，改变的是所有的 3 被后面的数据覆盖，在范围的末尾两个数据并没有被覆盖。这个算法更应该叫做移除而不是删除。

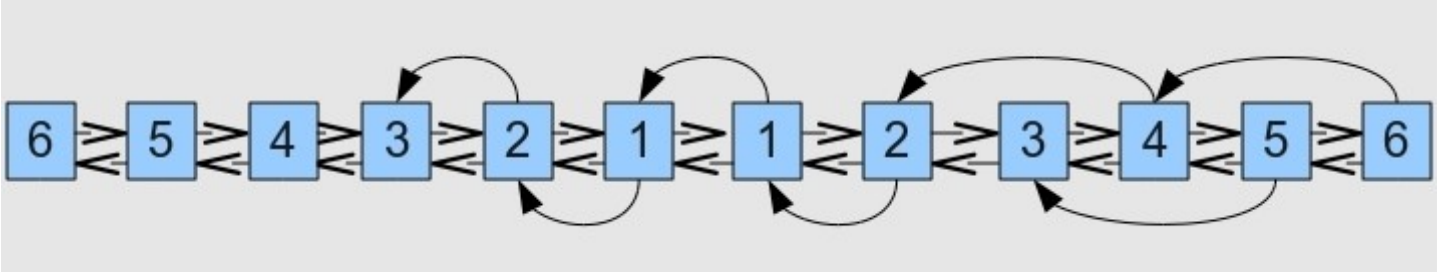


图 2.8 algo_remove()

这个算法返回有效数据的结尾，你可利用这个新的结尾来处理残余数据：

```
/*
 * remove2.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll = create_list(int);
    list_iterator_t it_pos;
    list_iterator_t it_end;
    int i = 0;

    if(plist_coll == NULL)
```

```
{
    return -1;
}

list_init(plist_coll);

/* insert element from 1 to 6 and 6 to 1 */
for(i = 1; i <= 6; ++i)
{
    list_push_back(plist_coll, i);
    list_push_front(plist_coll, i);
}

/* print all elements of the list */
for(it_pos = list_begin(plist_coll);
    !iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
    it_pos = iterator_next(it_pos))
{
    printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
}
printf("\n");

/* remove all elements with value 3 */
it_end = algo_remove(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 3);

/* print resulting elements of the collection */
for(it_pos = list_begin(plist_coll);
    !iterator_equal(it_pos, it_end);
    it_pos = iterator_next(it_pos))
{
    printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
}
printf("\n");

/* print number of resulting elements */
printf("number of removed elements: %d\n",
    iterator_distance(it_end, list_end(plist_coll)));

/* remove "removed" elements */
list_erase_range(plist_coll, it_end, list_end(plist_coll));

/* print all elements of modified collection */
for(it_pos = list_begin(plist_coll);
```

```
        !iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

在这个例子中 algo_remove()返回了删除数据 3 后的有效数据区间的结尾迭代器。

```
it_end = algo_remove(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 3);
```

可以使用这个新的结尾做很多工作, 如获得这个新结尾和实际结尾之间的距离，也就是实际删除的数据的数目。

```
iterator_distance(it_end, list_end(plist_coll));
```

还可以把残余的数据从 plist_coll 中真正的删除掉。

```
list_erase_range(plist_coll, it_end, list_end(plist_coll));
```

输出结果：

6 5 4 3 2 1 1 2 3 4 5 6
6 5 4 2 1 1 2 4 5 6
number of removed elements: 2
6 5 4 2 1 1 2 4 5 6

为什么 algo_remove()不真正的删除数据呢，这是因为算法是独立于容器的，算法并不知道容器内部数据的保存形式，由容器自己执行删除操作更容易和高效，同时 algo_remove()返回新的结尾迭代器这样对于将这个容器用于其他算法也不会产生任何影响。

4. 质变算法和关联容器

对数据进行修改的算法(像删除, 排序, 修改等)作用于关联容器时就会发生问题。关联容器是不能作为这类算法的目的容器的，理由很简单，关联容器中数据的存储顺序与数据本身有关，一点数据被修改，那么这种存储规则就被破坏了，导致容器的操作和其他算法都会出现错误，所以可以使用管理容器自己的操作来完成修改数据这样的任务：

```
/*
 * remove3.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cset.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    set_t* pset_coll = create_set(int);
    set_iterator_t it_pos;
    size_t t_num = 0;
    int i = 0;

    if(pset_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    set_init(pset_coll);

    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        set_insert(pset_coll, i);
    }

    /* print all elements of set */
    for(it_pos = set_begin(pset_coll);
        !iterator_equal(it_pos, set_end(pset_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    /* remove all element with value 3 */
    t_num = set_erase(pset_coll, 3);
    printf("number of removed elements: %u.\n", t_num);

    /* printf all elements of the modified set */
    for(it_pos = set_begin(pset_coll);
        !iterator_equal(it_pos, set_end(pset_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    set_destroy(pset_coll);
```

```
    return 0;
}
```

可见关联容器本身也提供了很多修改数据的操作函数，这个例子的输出结果：
1 2 3 4 5 6 7 8 9
number of removed elements: 1.
1 2 4 5 6 7 8 9

5. 算法和容器操作函数

libcstl 提供了很多的算法，但是有时算法未必是最高效的，如果容器提供了实现同样功能的操作函数的话，那么使用操作函数会更高效。主要的原因是算法是为所有容器提供通用的操作，它是不了解容器的内部结构的，容器的操作函数只是针对特定容器，它更知道容器的内部实现，效率可能更高。所以使用的时候要权衡效率，有的时候容器提供了特定的操作，尽量使用容器操作函数。通过下面的例子来对比一下：

```
/*
 * remove4.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll = create_list(int);
    int i = 0;

    if(plist_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    list_init(plist_coll);

    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        list_push_back(plist_coll, i);
        list_push_front(plist_coll, i);
    }
```

```
    /*
     * remove all elements with value 3
     * - poor performance
     */
    list_erase_range(plist_coll,
        algo_remove(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), 3),
        list_end(plist_coll));

    /*
     * remove all elements with value 4
     * - good performance
     */
    list_remove(plist_coll, 4);

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

上面的例子中进行了两次删除操作，第一次使用先调用 algo_remove()算法用后面的数据覆盖了值为 3 的数据之后在调用 list_erase_range()来删除后面的”无效数据”。而第二次删除直接在链表结构中将值等于 4 的数据节点移除并销毁，真样就比第一种方法效率高了很多。

6. 用户自定义规则

为了使算法更具有扩展性和功能更强大，libcstl 的算法大部分都提供了扩展的版本，允许使用自定义的规则来改变算法的行为。用户可以将自定义的规则作为算法的参数传递给 algo_xxxx_if()这样的算法版本。大部分的算法都提供了这种带有_if 的版本，如 algo_remove()和 algo_remove_if()，第一个算法删除与指定数据相等的数据，第二个算法删除符合指定条件的数据。有些算法要求用户必须提供自定义的规则，如 algo_for_each()这个算法对范围内的每一个数据进行用户定义的操作：

```
/*
 * foreach1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
```

```
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t* pvec_coll = create_vector(int);
    int i = 0;

    if(pvec_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    vector_init(pvec_coll);

    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(pvec_coll, i);
    }

    algo_for_each(vector_begin(pvec_coll), vector_end(pvec_coll), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(pvec_coll);

    return 0;
}
```

algo_for_each()算法对于[vector_begin(), vector_end())中的每一个数据应用函数_print 输出其值，结果：
1 2 3 4 5 6 7 8 9

在许多方面都可以使用用户自定义规则，如制定排序规则，制定查找规则，在修改或转换数据时使用自定义的重复数据判断规则等。下面的例子显示了在数据转移个过程中使用用户自定义规则：

```
/*
 * transform1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cset.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}

static void _square(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    *(int*)pv_output = *(int*)cpv_input * *(int*)cpv_input;
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    set_t* pset_coll1 = create_set(int);
    vector_t* pvec_coll2 = create_vector(int);
    int i = 0;

    if(pset_coll1 == NULL || pvec_coll2 == NULL)
    {
        return -1;
    }

    set_init(pset_coll1);
    vector_init(pvec_coll2);

    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        set_insert(pset_coll1, i);
    }

    printf("initialized: ");
    algo_for_each(set_begin(pset_coll1), set_end(pset_coll1), _print);
    printf("\n");

    /* transform each element from coll1 to coll2 */
    vector_resize(pvec_coll2, set_size(pset_coll1));
    algo_transform(set_begin(pset_coll1), set_end(pset_coll1),
        vector_begin(pvec_coll2), _square);

    printf("squared: ");
    algo_for_each(vector_begin(pvec_coll2), vector_end(pvec_coll2), _print);
    printf("\n");
```

```
    set_destroy(pset_coll1);
    vector_destroy(pvec_coll2);

    return 0;
}
```

上面的例子中_square 为了在从 pset_coll1 到 pvec_coll2 的数据传送过程中产生整数的平方。

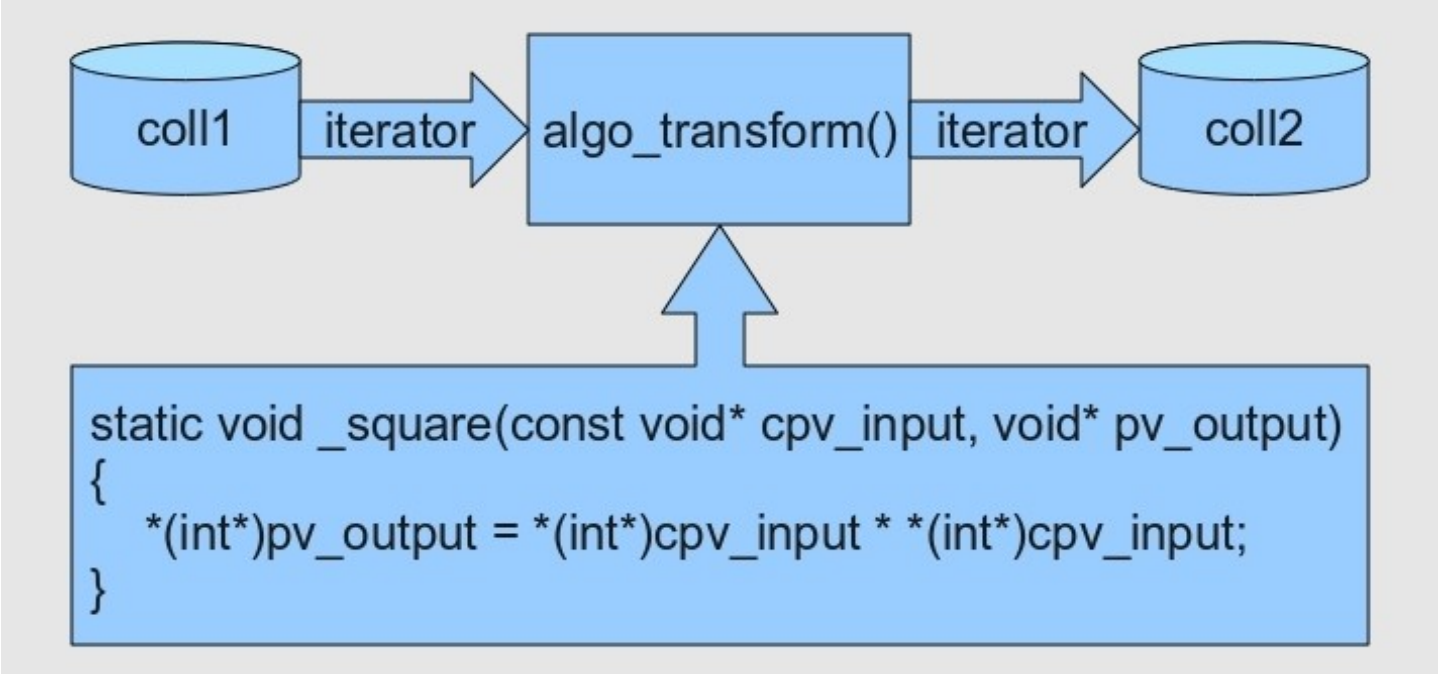


图 2.9 algo_transform()的执行方式

输出结果:
initialized: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
squared: 1 4 9 16 25 36 49 64 81

7. 自定义规则，函数和谓词

观察上面两个例子所使用的自定义规则，你会发现这些规则的形式很奇怪，不论是_print 还是_squre 它们都是这样的形式：

```
void xxxx(const void* cpv_input, void* pv_output) ;
```

这就是 libcstl 规定的自定义规则的函数形式，只有这样形式的规则才会被算法接受。将规则限定为这种形式是为了能够处理任何的数据类型，无论什么数据类型都可以采用这样的方式来制定规则。

除了上面的形式之外，还有一种形式的规则也是被算法接受的：

```
void xxxx(const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output) ;
```

只有这两种形式被算法接受，我们把前者叫做一元函数，把后者叫做二元函数。它们是不同的规则形式不能混淆，有的函数只接受一元函数作为规则，有的函数只接受二元函数作为规则。

对于一元函数和二元函数来说最后一个参数都是输出，前面的参数是输入。

算法在使用这些自定义规则的时候，大部分的规则的输出参数都是 bool_t 类型的 (bool_t 是辅助类型在第三章介

绍)，还有些输出参数不是 bool_t 类型的如上面两个例子中的自定义规则_print 和_square。我们把输出参数是 bool_t 类型的函数叫做谓词。因此谓词也有一元谓词和二元谓词。下面的这些例子展示了如何定义和使用谓词：

下面是一个使用一元谓词判断素数的例子:

```
/*
 * prime1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _is_prime(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    int number = abs(*(int*)cpv_input);
    int divisor = 0;

    /* 0 and 1 are prime number */
    if(number == 0 || number == 1)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
        return;
    }

    for(divisor = number / 2; number % divisor != 0; --divisor)
    {
        continue;
    }

    *(bool_t*)pv_output = divisor == 1 ? true : false;
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t* plist_coll = create_list(int);
    list_iterator_t it_pos;
    int i = 0;

    if(plist_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }
```

```
    list_init(plist_coll);

    for(i = 24; i <= 30; ++i)
    {
        list_push_back(plist_coll, i);
    }

    /* search for prime number */
    it_pos = algo_find_if(list_begin(plist_coll), list_end(plist_coll), _is_prime);
    if(iterator_equal(it_pos, list_end(plist_coll)))
    {
        printf("no prime number found.\n");
    }
    else
    {
        printf("%d is the first prime.\n", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }

    list_destroy(plist_coll);

    return 0;
}
```

在这个例子中 algo_find_if()算法在制定的范围内查找第一个使一元谓词获得 true 输出的数据，这个一元谓词就是_is_prime 函数. 在一元谓词_is_prime 中计算数据是否为素数，如果是将输出 pv_output 设置为 true 否则设置为 false。输出结果：
29 is the first prime.

下面再来看一个使用二元谓词的例子：

```
/*
 * sort1.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

typedef struct _tagperson
{
    char s_firstname[21];
```

```
    char s_lastname[21];
}person_t;

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%s.%s ",
        ((person_t*)cpv_input)->s_firstname,
        ((person_t*)cpv_input)->s_lastname);
}

static void _person_sort_criterion(
    const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output)
{
    person_t* pt_first = (person_t*)cpv_first;
    person_t* pt_second = (person_t*)cpv_second;
    int n_result1 = strncmp(pt_first->s_firstname, pt_second->s_firstname, 21);
    int n_result2 = strncmp(pt_first->s_lastname, pt_second->s_lastname, 21);

    if(n_result1 < 0 || (n_result1 == 0 && n_result2 < 0))
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t* pdeq_coll = NULL;
    person_t t_person;

    type_register(person_t, NULL, NULL, NULL, NULL);
    pdeq_coll = create_deque(person_t);
    if(pdeq_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    deque_init(pdeq_coll);

    memset(t_person.s_firstname, '\0', 21);
```

```
    memset(t_person.s_lastname, '\0', 21);
    strcpy(t_person.s_firstname, "Jonh");
    strcpy(t_person.s_lastname, "right");
    deque_push_back(pdeq_coll, &t_person);
    memset(t_person.s_firstname, '\0', 21);
    memset(t_person.s_lastname, '\0', 21);
    strcpy(t_person.s_firstname, "Bill");
    strcpy(t_person.s_lastname, "killer");
    deque_push_back(pdeq_coll, &t_person);
    memset(t_person.s_firstname, '\0', 21);
    memset(t_person.s_lastname, '\0', 21);
    strcpy(t_person.s_firstname, "Jonh");
    strcpy(t_person.s_lastname, "sound");
    deque_push_back(pdeq_coll, &t_person);
    memset(t_person.s_firstname, '\0', 21);
    memset(t_person.s_lastname, '\0', 21);
    strcpy(t_person.s_firstname, "Bin");
    strcpy(t_person.s_lastname, "lee");
    deque_push_back(pdeq_coll, &t_person);
    memset(t_person.s_firstname, '\0', 21);
    memset(t_person.s_lastname, '\0', 21);
    strcpy(t_person.s_firstname, "Lee");
    strcpy(t_person.s_lastname, "bird");
    deque_push_back(pdeq_coll, &t_person);

    algo_for_each(deque_begin(pdeq_coll), deque_end(pdeq_coll), _print);
    printf("\n");

    algo_sort_if(deque_begin(pdeq_coll), deque_end(pdeq_coll),
        _person_sort_criterion);

    algo_for_each(deque_begin(pdeq_coll), deque_end(pdeq_coll), _print);
    printf("\n");

    deque_destroy(pdeq_coll);

    return 0;
}
```

输出的结果是：

Jonh.right Bill.killer Jonh.sound Bin.lee Lee.bird

Bill.killer Bin.lee Jonh.right Jonh.sound Lee.bird

可以看出是按照_person_sort_criterion()制定的规则排序的。

8. libcstl 函数

通过前面的例子我们知道可以通过自定义规则来扩展或者改变算法的行为，从而增强算法的能力和扩展性。那是不是只要使用自定义规则我们就要自己去编写新的规则呢？答案是否定的，因为 libcstl 库提供了大量的自定义规则，在这里我们把这些 libcstl 库预定以的自定义规则叫做 libcstl 函数，这些函数中一大部分是谓词。它们的形式都符合上面我们看到的算法接受的函数形式。要使用这些预定义的函数必须包含头文件：

```
#include <cstl/cfunctional.h>
```

下面是一个使用了 libcstl 预定义的二元函数的例子：

```
/*
 * sort2.c
 * compile with : -lcstl
 */

#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
#include <cstl/cfunctional.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t* pdeq_coll = create_deque(int);
    deque_iterator_t it_pos;

    if(pdeq_coll == NULL)
    {
        return -1;
    }

    deque_init(pdeq_coll);

    deque_push_back(pdeq_coll, 34);
    deque_push_back(pdeq_coll, 22);
    deque_push_back(pdeq_coll, 90);
    deque_push_back(pdeq_coll, 51);
    deque_push_back(pdeq_coll, 11);
    deque_push_back(pdeq_coll, 47);
    deque_push_back(pdeq_coll, 33);

    for(it_pos = deque_begin(pdeq_coll);
        !iterator_equal(it_pos, deque_end(pdeq_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
```

```
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    algo_sort(deque_begin(pdeq_coll), deque_end(pdeq_coll));
    for(it_pos = deque_begin(pdeq_coll);
        !iterator_equal(it_pos, deque_end(pdeq_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    algo_sort_if(deque_begin(pdeq_coll), deque_end(pdeq_coll), fun_greater_int);
    for(it_pos = deque_begin(pdeq_coll);
        !iterator_equal(it_pos, deque_end(pdeq_coll));
        it_pos = iterator_next(it_pos))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(it_pos));
    }
    printf("\n");

    deque_destroy(pdeq_coll);

    return 0;
}
```

在向 pdeq_coll 中插入了数据后使用 algo_sort()排序，这个算法其实是 algo_sort_if()的使用默认关系二元函数的缩写版本，如果容器中的数据是 int 类型那么这个默认的关系二元函数就是 fun_less_int()。最后使用了 algo_sort_if()使用 fun_greater_int()作为排序规则从大到小排序，所以结果：
34 22 90 51 11 47 33
11 22 33 34 47 51 90
90 51 47 34 33 22 11

第五节 libcstl 容器的使用过程

1. libcstl 容器的使用过程

libcstl 提供定义的一系列的新类型，包括容器，容器适配器，迭代器，工具类型，函数类型。其中容器（序列容器

vector_t，deque_t，list_t，slist_t，关联容器 set_t，map_t，multiset_t，multimap_t，hash_set_t，hash_map_t，hash_multiset_t，容器适配器 stack_t，queue_t，priority_queue_t，字符串 string_t) 和工具类型中的 pair_t 在使用的时候都要遵循以下的过程：

首先要创建一个容器，然后初始化，使用完成后要销毁。下面以 vector_t 为例：

- 创建

使用 vector_t 之前要根据容器中存储的数据的类型创建容器，如果要存储 int 类型的数据调用 create_vector()函数：

```
vector_t* pvec_coll = create_vector(int);
```

如果如果创建成功 pvec_coll 就是执行新创建的保存 int 类型的 vector_t 容器，如果创建过程失败那么 pvec_coll 就等于 NULL。所以在创建一个类型之后要判断是否创建成功。每一个需要创建的类型都有一个以 create_为前缀的函数，具体请参考《The libcstl Library Reference Manula》。

- 初始化

当 vector_t 被创建后要对容器进行初始化，这样才能使用，如果使用未初始化的容器，行为是未定义的，因为有很多事情要在初始化的过程中做。对于一个 libcstl 容器来说往往有多种初始化函数，这些初始化函数可以以不同的方式初始化这个 libcstl 容器。

例如 vector_t 有 vector_init()，vector_init_n()，vector_init_elem()，vector_init_copy()，vector_init_copy_range() 5 个初始化函数，它们根据不同的方式对 vector_t 容器进行初始化，在创建 vector_t 容器后可以调用其中的任意一个，但是只能调用一次，如果对一个容器类型初始化多次那么程序的行为是未定义的：

```
vector_init_n(pvec_coll, 100);
```

初始化 vector_t 后容器中有 100 个元素，每个元素的值都是 0。

- 销毁

vector_t 使用完毕后一定要销毁，如果未销毁那么容器所占的内存就不会被释放。每一个容器都有销毁函数如：

```
vector_destroy(pvec_coll);
```

2. 数据类型的使用

libcstl 2.0 版本对数据类型的处理做了很大改进，现在能够处理任何数据类型，libcstl 将数据类型分为三类：

- C 语言内建类型

C 语言支持的基本类型如，int，double，long，char 等，C 字符串也属于这一类。

- libcstl 内建类型

libcstl 库内部的容器类型，迭代器类型等等。

- 用户自定义类型

用户自己定义的结构，联合，枚举或者重定义的类型。

对于前两种类型可以在创建容器中直接使用如：

```
vector_t* pvec_coll = create_vector(int);
vector_t* pvec_coll = create_vector(double);
vector_t* pvec_coll = create_vector(char*);
vector_t* pvec_coll = create_vector(list_t<int>);
```

等等（这里创建保存 libcstl 内建类型的容器时类型的描述有些特别，我会在第十章中详细介绍）。但是对于用户自定义类型这样的方式就会创建失败，如有一种用户自定义类型 abc_t，现在要创建一个保存 abc_t 类型的 vector_t 容器：

```
vector_t* pvec_coll = create_vector(abc_t);
```

直接这样创建 pvec_coll 一定为 NULL，因为 libcstl 库并不知道关于 abc_t 类型的任何信息。要使用这种新类型就必须在使用它之前注册这种类型：

```
type_register(abc_t, abc_init, abc_copy, abc_less, abc_destroy);
```

注册之后 libcstl 就知道了该类型的信息如初始化方法 abc_init，拷贝方法 abc_copy，比较规则 abc_less，销毁方法 abc_destroy，这样就可以使用这个类型了而且是“一次注册到处使用”。具体在第十章中介绍类型机制。

第三章 libcstl 工具类型

第一节 bool_t

为了使用方便 libcstl 引入了一个新的类型 bool_t 来表示布尔值,同时定义了 true, TRUE, false, FLASE. 包含任何一个 libcstl 头文件就可以使用 bool_t 了.

第二节 pair_t

pair_t 是 libcstl 定义的新类型,它将两个值统一在一起.pair_t 使用很广泛,在容器的很多操作中,算法中都用到了 pair_t,像 map_t, multimap_t, hash_map_t, hash_multimap_t 这样的容器中保存的就是 pair_t.

pair_t 不是容器,它只是保存两个数据.

使用 pair_t 要求包含头文件<cstl/cutility.h>

pair_t 的两个元素:

pair_t 类型中包含两个可以直接使用的成员:

first	指向第一个值的指针.
second	指向第二个值的指针.

这两个元素都是 void*类型,在使用时可以显示转换成指向 pair_t 中保存的值的类型的指针.这两个指针要在 pair_t 初始化之后才能使用,否则结果未定义.

1. pair_t 的创建:

create_pair()	创建 pair_t.

pair_t 保存两个值,所以创建需要两个值的类型.pair_t 对保存的数据有要求,具体要求参考下一章容器对数据的要求.

建议:本文档列出的函数只有函数名和功能,具体请参看 libcstl_reference.pdf.

2. pair_t 的主要操作:

pair_make:

pair_make 是为已经初始化的 pair_t 类型赋值.

pair_make()	为 pair_t 赋值.

pair_t 关系操作:

pair_t 提供了许多关系操作函数

pair_equal()	判断两个 pair_t 是否相等.
pair_not_equal()	判断两个 pair_t 是否不等.
pair_less()	判断第一个 pair_t 是否小于第二个 pair_t.
pair_less_equal()	判断第一个 pair_t 是否小于等于第二个 pair_t.
pair_great()	判断第一个 pair_t 是否大于第二个 pair_t.
pair_great_equal()	判断第一个 pair_t 是否大于等于第二个 pair_t.

以上的 6 个函数是 pair_t 的关系操作符相当于 ==, !=, <, <=, >, >=操作.对于==操作,只有 first 和 second 都相等,两个 pair_t 才相等.对于<, >在 first 相同的情况下才判断 second.

pair_t 的使用实例:

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    pair_t t_p1 = create_pair(int, double);
    pair_t t_p2 = create_pair(int, double);
    pair_t t_p3 = create_pair(int, double);
    pair_init(&t_p1);
   printf("p1(%d, %f)\n",
       *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second);
    pair_init_elem(&t_p2, 10, 1.1e-2);
   printf("p2(%d, %f)\n",
       *(int*)t_p2.first, *(double*)t_p2.second);
    pair_init_copy(&t_p3, &t_p2);
   printf("p3(%d, %f)\n",
       *(int*)t_p3.first, *(double*)t_p3.second);
    pair_make(&t_p1, 10, 2.222);
```

```
printf("p1(%d, %f)\n",
   *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second);
pair_assign(&t_p3, &t_p1);
printf("p3(%d, %f)\n",
   *(int*)t_p3.first, *(double*)t_p3.second);
if(pair_equal(&t_p1, &t_p3))
{
    printf("p1(%d, %f) == p3(%d, %f)\n",
        *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
        *(int*)t_p3.first, *(double*)t_p3.second);
}
else
{
    printf("p1(%d, %f) != p3(%d, %f)\n",
        *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
        *(int*)t_p3.first, *(double*)t_p3.second);
}
if(pair_not_equal(&t_p1, &t_p2))
{
    printf("p1(%d, %f) != p2(%d, %f)\n",
        *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
        *(int*)t_p2.first, *(double*)t_p2.second);
}
else
{
    printf("p1(%d, %f) == p2(%d, %f)\n",
        *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
        *(int*)t_p2.first, *(double*)t_p2.second);
}
pair_make(&t_p1, 22, 35.2);
pair_make(&t_p2, 62, 35.2);
pair_make(&t_p3, 22, 70.0);
if(pair_less(&t_p1, &t_p2))
{
    printf("p1(%d, %f) < p2(%d, %f)\n",
        *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
        *(int*)t_p2.first, *(double*)t_p2.second);
}
else
{
    printf("p1(%d, %f) >= p2(%d, %f)\n",
        *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
        *(int*)t_p2.first, *(double*)t_p2.second);
}
```

```
    if(pair_less(&t_p1, &t_p3))
    {
        printf("p1(%d, %f) < p3(%d, %f)\n",
            *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
            *(int*)t_p3.first, *(double*)t_p3.second);
    }
    else
    {
        printf("p1(%d, %f) >= p3(%d, %f)\n",
            *(int*)t_p1.first, *(double*)t_p1.second,
            *(int*)t_p3.first, *(double*)t_p3.second);
    }
    pair_destroy(&t_p1);
    pair_destroy(&t_p2);
    pair_destroy(&t_p3);

    return 0;
}
```

结果:

```
p1(0, 0.000000)
p2(10, 0.011000)
p3(10, 0.011000)
p1(10, 2.222000)
p3(10, 2.222000)
p1(10, 2.222000) == p3(10, 2.222000)
p1(10, 2.222000) != p2(10, 0.011000)
p1(22, 35.200000) < p2(62, 35.200000)
p1(22, 35.200000) < p3(22, 70.000000)
```


注意：使用类似pair_make这样的直接接受值的函数时libcstl不支持自动转换类型，请在输入时指明类型，否则存储的值会出现错误，例如pair_t为(int, double)类型：

```
pair_make(&t_p, 10, 10);
printf("%d,%f\n", *(int*)t_p.first, *(double*)t_p.second);
```

结果：

```
10, -0.000000
```

这是由于在输入第二个数据时10被认为是整数而非浮点数.

正确的方式：

```
pair_make(&t_p, 10, 10.0);
printf("%d,%f\n", *(int*)t_p.first, *(double*)t_p.second);
```

或

```
pair_make(&t_p, 10, (double)10);
printf("%d,%f\n", *(int*)t_p.first, *(double*)t_p.second);
```

结果：

```
10, 10.000000
```

此外还可以使用变量赋值：

```
double d_value = 10;
pair_make(&t_p, 10, d_value);
printf("%d,%f\n", *(int*)t_p.first, *(double*)t_p.second);
```

结果：

```
10, 10.000000
```

第四章 libcstl容器

libcstl提供了很多不同的容器来满足调用者不同的要求，其中包括序列容器，关联容器还有容器适配器.

序列容器包括：vector_t, deque_t, list_t, slist_t.

关联容器包括：set_t, map_t, multiset_t, multimap_t,
hash_set_t, hash_map_t, hash_multiset_t, hash_multimap_t.

容器适配器包括：stack_t, queue_t, priority_queue_t.

第一节 容器的特点

容器中保存的数据是数据的副本，当一个数据被插入到容器中时，容器内部复制了这个数据.因为这样所以容器对数据有要求：

保存在容器中的数据必须可以进行内存拷贝，也就是说数据中不能包含指向已分配的内存的指针.如果要在容器中包含这样的数据，调用者必须自己负责内存的复制，和删除数据前内存的释放.

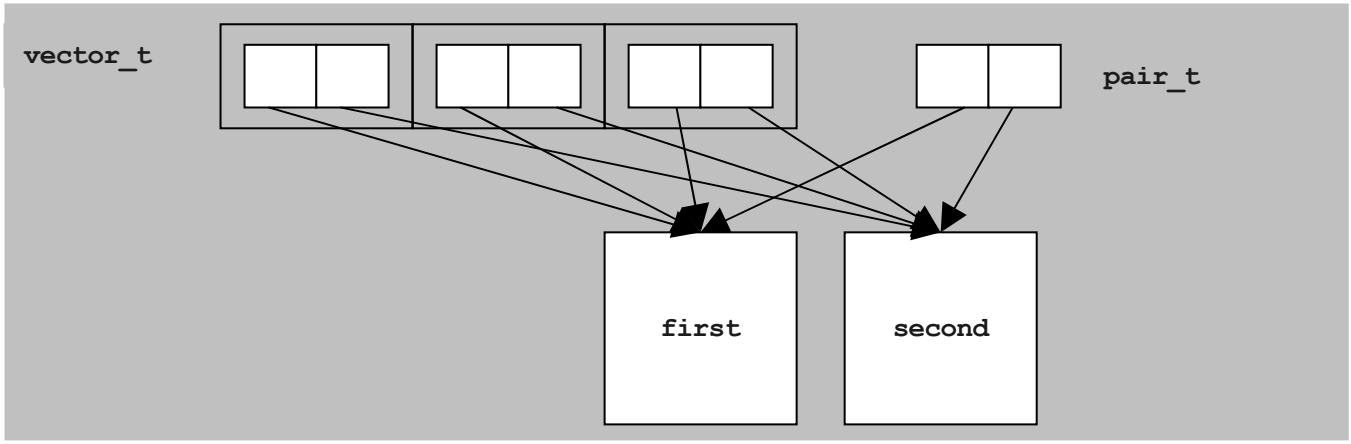
下面是将包含指向已分配内存的指针的数据保存在容器中的例子：

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cutility.h>
int main(int argc, char* argv[])
{

    vector_t t_v = create_vector(pair_t);
    pair_t t_p = create_pair(int, int);
    iterator_t t_i;

    vector_init(&t_v);
    pair_init(&t_p);
    pair_make(&t_p, 1, 1);
    vector_push_back(&t_v, t_p);
    pair_make(&t_p, 2, 2);
    vector_push_back(&t_v, t_p);
    pair_make(&t_p, 3, 3);
    vector_push_back(&t_v, t_p);

    for(t_i = vector_begin(&t_v);
        !iterator_equal(&t_i, vector_end(&t_v));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("<%d, %d>\n",
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }

    pair_destroy(&t_p);
    for(t_i = vector_begin(&t_v);
        !iterator_equal(&t_i, vector_end(&t_v));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("<%d, %d>\n",
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}
```

先看一下执行结果:

```
<3, 3>
```

<3, 3>
<3, 3>
<0, 145981448>
<0, 145981448>
<0, 145981448>
而不是期望的:
<1, 1>
<2, 2>
<3, 3>
<1, 1>
<2, 2>
<3, 3>
主要是 pair_t 中保存了指向两块内存的指针,将数据保存到容器中时只是复制了 pair_t 并没有复制 pair_t 指向的两块内存,所以每次 pair_make 后内存中的数据都会改变,那么第一次输出时就都是<3, 3>了.当 pair_t 被销毁,内存被释放后,保存在容器中的数据中的指针指向了未知内存,输出的结果<0, 145981448>是垃圾数据,其实这个结果是未知的.
上面的例子的执行的过程:



注意 :libcstl 定义的容器 , pair_t 和 string_t 内部都包含执行已分配的内存的指针 , 所以这些类型都不能作为 libcstl 容器保存的数据类型 , 其中 map_t, multimap_t 和 hash_map_t, hash_multimap_t 中保存的是 pair_t, 这是因为这些容器对 pair_t 的赋值过程做了特殊的处理 . 除此之外 libcstl 定义的 bool_t, 迭代器等其他类型都是符合容器数据的要求的可以保存在容器中 .

下面的例子是在 vector_t 保存 pair_t 的正确的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cutility.h>
int main(int argc, char* argv[])
{

    vector_t t_v = create_vector(pair_t);
    pair_t t_p1 = create_pair(int, int);
    pair_t t_p2 = create_pair(int, int);
```

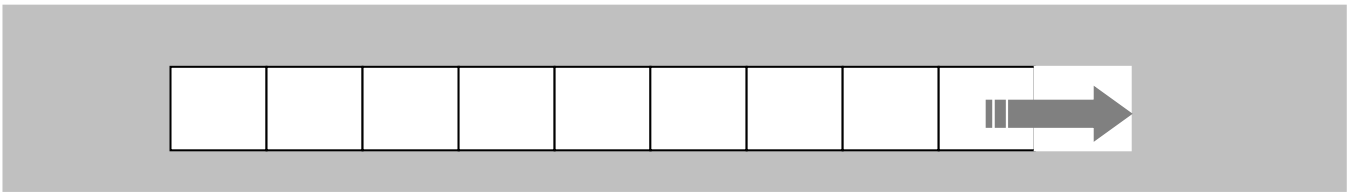
```
    pair_t t_p3 = create_pair(int, int);
    iterator_t t_i;

    vector_init(&t_v);

    pair_init_elem(&t_p1, 1, 1);
    vector_push_back(&t_v, t_p1);
    pair_init_elem(&t_p2, 2, 2);
    vector_push_back(&t_v, t_p2);
    pair_init_elem(&t_p3, 3, 3);
    vector_push_back(&t_v, t_p3);

    for(t_i = vector_begin(&t_v);
        !iterator_equal(&t_i, vector_end(&t_v));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("<%d, %d>\n",
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }

    for(t_i = vector_begin(&t_v);
        !iterator_equal(&t_i, vector_end(&t_v));
        iterator_next(&t_i))
    {
        pair_destroy((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}
```

结果是:

```
<1, 1>
<2, 2>
<3, 3>
```

第二节 vector_t

vector_t 容器是一个动态数组,在向 vector_t 中添加数据时它可以动态生长.



要使用 vector_t 必须包含头文件<cstl/cvector.h>

1. vector_t 的能力

vector_t 将数据拷贝到内部的动态数组中,数据的顺序与插入的顺序有关与数据本身无关.vector_t 是随即访问容器,可以使用下标随即访问容器中的数据,vector_t 的迭代器也是随即访问迭代器.任何 libcstl 算法都可以作用于 vector_t 容器.

在 vector_t 末尾插入或删除数据效率很高,在中间或开头插入或删除数据效率很低,因为这样会移动大量数据.

尺寸和容量:

为数据分配更多的内存往往比分配正好的内存有更好的效率.为了正确和有效的使用 vector_t 必须理解尺寸和容量之间的关系.

vector_t 提供了一个函数 vector_size()获得容器的尺寸,也就是实际保存的数据的个数,同时提供了一个 vector_capacity()函数获得容器的容量,容量就是在 vector_t 不重新分配内存的情况下 vector_t 中能够保存的数据的总量.如果要保存的数据的个数超过的容器的容量,那么容器就会重新分配内存来容纳下这些数据.

重现分配内存后容器以前的迭代器就失效了,同时重新分配内存也很耗时.为了避免重新分配内存,使用 vector_reserve()函数来指定容量的大小,或者使用 vector_init_n()函数来指定容其中数据的个数,或者使用 vector_resize()函数来改变容器中数据的个数.

2. vector_t 的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_vector()	创建一个指定类型的 vector_t.
vector_init()	初始化一个空的 vector_t.
vector_init_n()	初始化一个具有 n 个数据的 vector_t.
vector_init_elem()	初始化一个具有 n 个特定数据的 vector_t.
vector_init_copy()	使用另一个 vector_t 初始化 vector_t.
vector_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 vector_t.
vector_destroy()	销毁 vector_t.

vector_init_copy_range()中要求使用一个数据区间来初始化 vector_t,这个区间必须属于另一个 vector_t,libcstl 不支持使用不同种类的数据区间进行初始化.

非质变操作:

质变是指不修改容器数据,非质变操作就是指操作后容器种的数据内容和数量不会改变.

vector_size()	获得 vector_t 中数据的数目.
vector_max_size()	获得 vector_t 中能够保存的数据的最大数目.

vector_empty()	判断 vector_t 是否为空.
vector_capacity()	获得 vector_t 容量.
vector_reserve()	设置 vector_t 容量.
vector_equal()	判断两个 vector_t 是否相等.
vector_not_equal()	判断两个 vector_t 是否不等.
vector_less()	判断第一个 vector_t 是否小于第二个 vector_t.
vector_less_equal()	判断第一个 vector_t 是否小于等于第二个 vector_t.
vector_great()	判断第一个 vector_t 是否大于第二个 vector_t.
vector_great_equal()	判断第一个 vector_t 是否大于等于第二个 vector_t.

赋值:

vector_assign()	使用另一个 vector_t 为当前 vector_t 赋值.
vector_assign_elem()	使用 n 个指定的数据给 vector_t 赋值.
vector_assign_range()	使用数据区间为 vector_t 赋值.
vector_swap()	交换两个 vector_t 的数据.

vector_assign_range()也要求使用属于 vector_t 的数据区间.

数据访问:

vector_at()	使用下标对 vector_t 中的数据进行随即访问.
vector_front()	访问 vector_t 的第一个数据.
vector_back()	访问 vector_t 的最后一个数据.

对数据进行访问时如果数据不存在,那么访问的操作是为定义的.

迭代器函数:

vector_begin()	获得指向 vector_t 第一个数据的迭代器.
vector_end()	获得指向 vector_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

插入和删除:

调用插入和删除函数是一定要保证迭代器或数据区间是有效的,否则结果为定义.插入或删除操作在下面的情况下更快一些:

在末尾插入或删除.

容量足够大.

一次操作比多次操作更快.

插入或删除数据后,迭代器可能失效.

vector_insert()	向指定位置插入指定数据.
vector_insert_n()	向指定位置插入 n 个指定数据.
vector_insert_range()	向指定位置插入一个数据区间.
vector_push_back()	在末尾插入一个指定数据.
vector_pop_back()	从末尾弹出一个数据.
vector_erase()	删除指定位置的数据.
vector_erase_range()	删除指定区间的数据.
vector_resize()	设置数据个数,新增的数据为 0.
vector_resize_elem()	设置数据个数,新增数据为指定值.
vector_clear()	清空所有数据.

3. 将 vector_t 作为数组使用

vector_t 内部是连续的内存空间,所以可以当作数组使用:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <cstl/cvector.h>
int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(char);

    vector_init_n(&t_v, 30);
    strcpy((char*)vector_at(&t_v, 0), "Hello, World!");
    printf("%s\n", (char*)vector_front(&t_v));

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}
```

下面这句将 vector_t 视为数据并将数据拷贝到 vector_t 中

```
strcpy((char*)vector_at(&t_v, 0), "Hello, World!");
```

结果是:

```
Hello, World!
```

4. vector_t 的使用实例

下面是 vector_t 的一个简单的使用实例:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print_char(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_sentence = create_vector(char);
    vector_t t_always = create_vector(char);

    vector_init(&t_sentence);
```

```
 vector_push_back(&t_sentence, 'H');
 vector_push_back(&t_sentence, 'e');
 vector_push_back(&t_sentence, 'l');
 vector_push_back(&t_sentence, 'l');
 vector_push_back(&t_sentence, 'o');
 vector_push_back(&t_sentence, ',');
 vector_push_back(&t_sentence, ' ');
 vector_push_back(&t_sentence, 'W');
 vector_push_back(&t_sentence, 'o');
 vector_push_back(&t_sentence, 'r');
 vector_push_back(&t_sentence, 'l');
 vector_push_back(&t_sentence, 'd');
 vector_push_back(&t_sentence, '!');
algo_for_each(
   vector_begin(&t_sentence), vector_end(&t_sentence), _print_char);
 printf("\n");

 printf("max_size: %u\n", vector_max_size(&t_sentence));
 printf("size:     %u\n", vector_size(&t_sentence));
 printf("capacity: %u\n", vector_capacity(&t_sentence));

 vector_init(&t_always);
 vector_push_back(&t_always, ' ');
 vector_push_back(&t_always, 'a');
 vector_push_back(&t_always, 'l');
 vector_push_back(&t_always, 'w');
 vector_push_back(&t_always, 'a');
 vector_push_back(&t_always, 'y');
 vector_push_back(&t_always, 's');
 vector_insert_range(
     &t_sentence,
     algo_find(vector_begin(&t_sentence), vector_end(&t_sentence), '!'),
     vector_begin(&t_always),
     vector_end(&t_always));
 *(char*)vector_back(&t_sentence) = '?';
algo_for_each(
   vector_begin(&t_sentence), vector_end(&t_sentence), _print_char);
 printf("\n");

 printf("max_size: %u\n", vector_max_size(&t_sentence));
 printf("size:     %u\n", vector_size(&t_sentence));
 printf("capacity: %u\n", vector_capacity(&t_sentence));

 vector_destroy(&t_sentence);
```

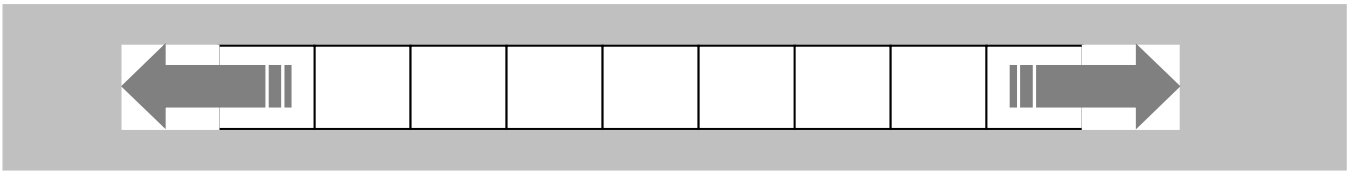
```
    vector_destroy(&t_always);

    return 0;
}

static void _print_char(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%c", *(char*)cpv_input);
}
```

结果:

```
Hello, World!
max_size: 4294967295
size:      13
capacity: 14
Hello, World always?
max_size: 4294967295
size:      20
capacity: 27
```

第三节 deque_t

deque_t 与 vector_t 十分相似,同样是使用动态数组管理数据,提供随机访问,大部分操作函数都一样.不同点是 deque_t 的开始和结尾两端都是开放的,所以在开始和结尾插入或删除数据都是高效的.



为了使用 deque_t,必须包含头文件**<cstl/cdeque.h>**

1. deque_t 的能力

下面列出的是 deque_t 能力

在开头和结尾插入或删除数据都是高效的,在中间插入或删除数据效率很低.

没有容量的概念,所以没有 deque_capacity()函数.

当数据被删除后 deque_t 会成块的释放占用的内存.

支持随即访问,提供随即访问迭代器.

2. deque_t 的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_deque()	创建一个指定类型的 deque_t.
deque_init()	初始化一个空的 deque_t.
deque_init_n()	初始化一个具有 n 个数据的 deque_t.
deque_init_elem()	初始化一个具有 n 个特定数据的 deque_t.
deque_init_copy()	使用另一个 deque_t 初始化 deque_t.
deque_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 deque_t.
deque_destroy()	销毁 deque_t.

非质变操作:

deque_size()	获得 deque_t 中数据的数目.
deque_max_size()	获得 deque_t 中能够保存的数据的最大数目.
deque_empty()	判断 deque_t 是否为空.
deque_equal()	判断两个 deque_t 是否相等.
deque_not_equal()	判断两个 deque_t 是否不等.
deque_less()	判断第一个 deque_t 是否小于第二个 deque_t.
deque_less_equal()	判断第一个 deque_t 是否小于等于第二个 deque_t.
deque_great()	判断第一个 deque_t 是否大于第二个 deque_t.
deque_great_equal()	判断第一个 deque_t 是否大于等于第二个 deque_t.

赋值:

deque_assign()	使用另一个 deque_t 为当前 deque_t 赋值.
deque_assign_elem()	使用 n 个指定的数据给 deque_t 赋值.
deque_assign_range()	使用数据区间为 deque_t 赋值.
deque_swap()	交换两个 deque_t 的数据.

数据访问:

deque_at()	使用下标对 deque_t 中的数据进行随即访问.
deque_front()	访问 deque_t 的第一个数据.
deque_back()	访问 deque_t 的最后一个数据.

迭代器函数:

deque_begin()	获得指向 deque_t 第一个数据的迭代器.
deque_end()	获得指向 deque_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

插入和删除:

deque_insert()	向指定位置插入指定数据.
deque_insert_n()	向指定位置插入 n 个指定数据.
deque_insert_range()	向指定位置插入一个数据区间.
deque_push_back()	在末尾插入一个指定数据.
deque_pop_back()	从末尾弹出一个数据.

deque_push_front()	在开头插入一个指定数据.
deque_pop_front()	从开头弹出一个数据.
deque_erase()	删除指定位置的数据.
deque_erase_range()	删除指定区间的数据.
deque_resize()	设置数据个数,新增的数据为 0.
deque_resize_elem()	设置数据个数,新增数据为指定值.
deque_clear()	清空所有数据.

deque_t 与 vector_t 不同的是没有提供与容量有关的函数(deque_capacity()和 deque_reserve()),提供了针对第一个数据的插入和删除操作(deque_push_front()和 deque_pop_front()).

3. deque_t 的应用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print_int(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    size_t i = 0;

    deque_init(&t_dq);
    deque_assign_elem(&t_dq, 3, 300);
    deque_push_back(&t_dq, 500);
    deque_push_front(&t_dq, 100);

    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print_int);
    printf("\n");

    deque_pop_front(&t_dq);
    deque_pop_back(&t_dq);
    for(i = 1; i < deque_size(&t_dq); ++i)
    {
        *(int*)deque_at(&t_dq, i) += 50;
    }

    deque_resize_elem(&t_dq, 5, -300);

    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print_int);
    printf("\n");
```

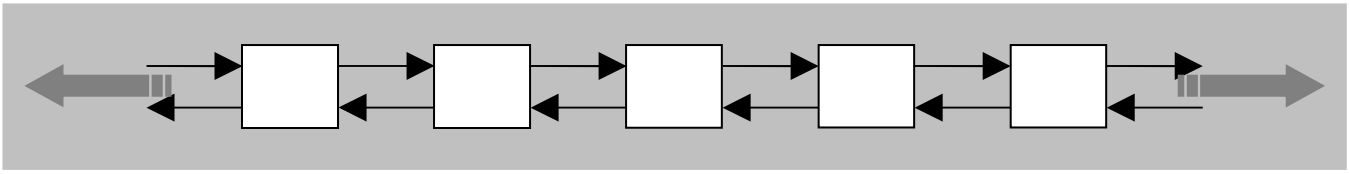
```
    deque_destroy(&t_dq);

    return 0;
}

static void _print_int(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
100 300 300 300 500
300 350 350 -300 -300
```

第四节 list_t

list_t 是双向链表.



要使用 list_t 必须包含头文件**<cstl/clist.h>**

```
#include <cstl/clist.h>
```

1. list_t 的能力

list_t 的结构与 vector_t 和 deque_t 有很大的不同,因此 list_t 与它们的能力也有很大的不同.

list_t 不支持随即访问,例如要访问的五个数据,就必须从头开始查找,一直到的五个数据,所以要访问 list_t 中的任意数据是低效的. list_t 支持双向访问,获得某一数据的前驱和后继很高效.

list_t 的迭代器不是随即访问迭代器,而是双向迭代器.

list_t 支持在任意位置高效的插入和删除数据,不仅仅实在开头和结尾.

在 list_t 中插入或删除数据不会使迭代器失效.

2. list_t 的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_list()	创建一个指定类型的 list_t.
list_init()	初始化一个空的 list_t.

list_init_n()	初始化一个具有 n 个数据的 list_t.
list_init_elem()	初始化一个具有 n 个特定数据的 list_t.
list_init_copy()	使用另一个 list_t 初始化 list_t.
list_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 list_t.
list_destroy()	销毁 list_t.

非质变操作:

list_size()	获得 list_t 中数据的数目.
list_max_size()	获得 list_t 中能够保存的数据的最大数目.
list_empty()	判断 list_t 是否为空.
list_equal()	判断两个 list_t 是否相等.
list_not_equal()	判断两个 list_t 是否不等.
list_less()	判断第一个 list_t 是否小于第二个 list_t.
list_less_equal()	判断第一个 list_t 是否小于等于第二个 list_t.
list_great()	判断第一个 list_t 是否大于第二个 list_t.
list_great_equal()	判断第一个 list_t 是否大于等于第二个 list_t.

赋值:

list_assign()	使用另一个 list_t 为当前 list_t 赋值.
list_assign_elem()	使用 n 个指定的数据给 list_t 赋值.
list_assign_range()	使用数据区间为 list_t 赋值.
list_swap()	交换两个 list_t 的数据.

数据访问:

list_front()	访问 list_t 的第一个数据.
list_back()	访问 list_t 的最后一个数据.

迭代器函数:

list_begin()	获得指向 list_t 第一个数据的迭代器.
list_end()	获得指向 list_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

list_t 提供的是双向迭代器,不是所有的算法都接受双向迭代器,在对 list_t 的数据区间使用算法时请注意.

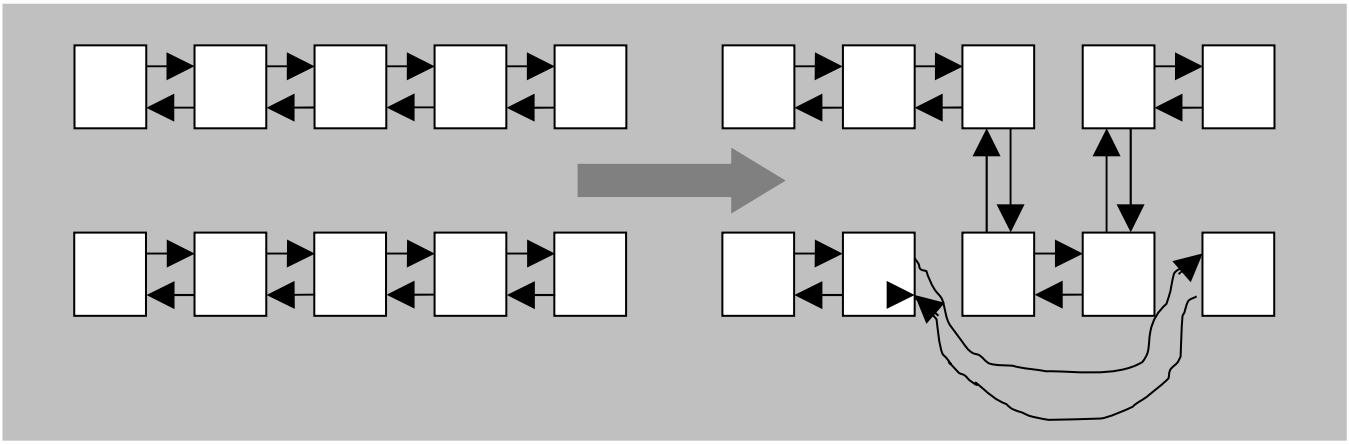
插入和删除:

list_insert()	向指定位置插入指定数据.
list_insert_n()	向指定位置插入 n 个指定数据.
list_insert_range()	向指定位置插入一个数据区间.
list_push_back()	在末尾插入一个指定数据.
list_pop_back()	从末尾弹出一个数据.
list_push_front()	在开头插入一个指定数据.
list_pop_front()	从开头弹出一个数据.
list_remove()	删除指定的数据
list_remove_if()	删除符合条件的所有的数据.
list_erase()	删除指定位置的数据.
list_erase_range()	删除指定区间的数据.
list_resize()	设置数据个数,新增的数据为 0.

list_resize_elem()	设置数据个数,新增数据为指定值.
list_clear()	清空所有数据.

特有的操作:

list_t 具有在任意位置插入或删除数据都是常量时间的特点.如果从一个 list_t 向另一个 list_t 转移数据那么这个特点就得到了更大的发挥.



list_unique()	删除连续的重复数据.
list_unique_if()	删除连续的符合指定条件的数据.
list_splice()	将第二个 list_t 转移到第一个 list_t 的开头.
list_splice_pos()	将第二个 list_t 指定位置的数据转移到第一个 list_t 开头
list_splice_range()	将第二个 list_t 指定的数据区间转移到第一个 list_t 开头
list_sort()	排序.
list_sort_if()	使用指定规则排序.
list_merge()	合并两个已排序的 list_t.
list_merge_if()	使用指定规则合并两个已排序的 list_t.
list_reverse()	逆序.

3. list_t的使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print_int(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _print_list(const list_t* cpt_first, const list_t* cpt_second);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l1 = create_list(int);
```

```
    list_t t_l2 = create_list(int);
    int i = 0;

    list_init(&t_l1);
    list_init(&t_l2);
    for(i = 0; i < 6; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l1, i);
        list_push_front(&t_l2, i);
    }
    _print_list(&t_l1, &t_l2);

    list_splice(
        &t_l2,
        algo_find(list_begin(&t_l2), list_end(&t_l2), 3),
        &t_l1);
    _print_list(&t_l1, &t_l2);

    list_splice_pos(&t_l2, list_end(&t_l2), &t_l2, list_begin(&t_l2));
    _print_list(&t_l1, &t_l2);

    list_sort(&t_l2);
    list_assign(&t_l1, &t_l2);
    list_unique(&t_l2);
    _print_list(&t_l1, &t_l2);

    list_merge(&t_l1, &t_l2);
    _print_list(&t_l1, &t_l2);

    list_destroy(&t_l1);
    list_destroy(&t_l2);

    return 0;
}

static void _print_int(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}

static void _print_list(const list_t* cpt_first, const list_t* cpt_second)
{
    printf("list1: ");
    algo_for_each(list_begin(cpt_first), list_end(cpt_first), _print_int);
```

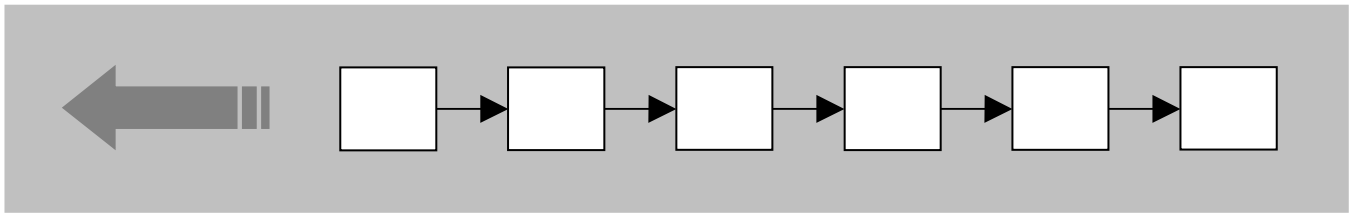
```
    printf("\n");
    printf("list2: ");
    algo_for_each(list_begin(cpt_second), list_end(cpt_second), _print_int);
    printf("\n\n");
}
```

结果:

```
list1: 0 1 2 3 4 5
list2: 5 4 3 2 1 0

list1:
list2: 5 4 0 1 2 3 4 5 3 2 1 0

list1:
list2: 4 0 1 2 3 4 5 3 2 1 0 5

list1: 0 0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5
list2: 0 1 2 3 4 5

list1: 0 0 0 1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5
list2:
```

第五节 slist_t

slist_t 的单链表.



要使用 slist_t 必须包含头文件**<cstl/slist_t>**

```
#include <cstl/slist_t>
```

1. slist_t的能力

slist_t 是单链表,所以它的很多功能与 list_t 相比有很大不同.

slist_t 只支持向前访问的能力,所以随即访问能力效率很低,访问某一数据的前驱效率也很低,但是访问后继很高效. 例如当前数据是的五个数据,如果要访问第六个数据很快,但是要访问第四个数据就必须从头查找.

由于上面的原因,在 slist_t 的任意位置后面插入或删除效率很高,但是插入或删除任意位置的数据效率很低,所以 slist_t 提供了很多针对任意位置后面的插入和删除操作.

slist_t 提供向前迭代器.

2. slist_t 的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_slist()	创建一个指定类型的 slist_t.
slist_init()	初始化一个空的 slist_t.
slist_init_n()	初始化一个具有 n 个数据的 slist_t.
slist_init_elem()	初始化一个具有 n 个特定数据的 slist_t.
slist_init_copy()	使用另一个 slist_t 初始化 slist_t.
slist_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 slist_t.
slist_destroy()	销毁 slist_t.

非质变操作:

slist_size()	获得 slist_t 中数据的数目.
slist_max_size()	获得 slist_t 中能够保存的数据的最大数目.
slist_empty()	判断 slist_t 是否为空.
slist_equal()	判断两个 slist_t 是否相等.
slist_not_equal()	判断两个 slist_t 是否不等.
slist_less()	判断第一个 slist_t 是否小于第二个 slist_t.
slist_less_equal()	判断第一个 slist_t 是否小于等于第二个 slist_t.
slist_great()	判断第一个 slist_t 是否大于第二个 slist_t.
slist_great_equal()	判断第一个 slist_t 是否大于等于第二个 slist_t.

赋值:

slist_assign()	使用另一个 slist_t 为当前 slist_t 赋值.
slist_assign_elem()	使用 n 个指定的数据给 slist_t 赋值.
slist_assign_range()	使用数据区间为 slist_t 赋值.
slist_swap()	交换两个 slist_t 的数据.

数据访问:

slist_front()	访问 slist_t 的第一个数据.

因为 slist_t 访问最后一个数据效率很低,所以只能访问第一个数据. 同样,对最后一个数据的操作函数也没有提供.

迭代器函数:

slist_begin()	获得指向 slist_t 第一个数据的迭代器.
slist_end()	获得指向 slist_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.
slist_previous()	获得当前数据的前驱的迭代器.

插入和删除:

slist_insert()	向指定位置插入指定数据.
slist_insert_n()	向指定位置插入 n 个指定数据.
slist_insert_range()	向指定位置插入一个数据区间.

slist_insert_after()	向指定位置后面插入指定数据.
slist_insert_after_n()	向指定位置后面插入 n 个指定数据.
slist_insert_after_range()	向指定位置后面插入一个数据区间.
slist_push_front()	在开头插入一个指定数据.
slist_pop_front()	从开头弹出一个数据.
slist_remove()	删除指定的数据.
slist_remove_if()	删除符合条件的所有的数据.
slist_erase()	删除指定位置的数据.
slist_erase_range()	删除指定区间的数据.
slist_erase_after()	删除指定位置后面的数据.
slist_erase_after_range()	删除指定区间后面的数据.
slist_resize()	设置数据个数,新增的数据为 0.
slist_resize_elem()	设置数据个数,新增数据为指定值.
slist_clear()	清空所有数据.

由于在当前位置的后面对数据进行插入和删除效率更高,所以插入和删除操作都增加了 after 版本.

特有的操作:

slist_unique()	删除连续的重复数据.
slist_unique_if()	删除连续的符合指定条件的数据.
slist_splice()	将第二个 list_t 转移到第一个 list_t 的开头.
slist_splice_pos()	将第二个 list_t 指定位置的数据转移到第一个 list_t 开头
slist_splice_range()	将第二个 list_t 指定的数据区间转移到第一个 list_t 开头
slist_splice_after_pos()	将第二个 list_t 指定位置的数据转移到第一个 list_t 开头
slist_splice_after_range()	将第二个 list_t 指定的数据区间转移到第一个 list_t 开头
slist_sort()	排序.
slist_sort_if()	使用指定规则排序.
slist_merge()	合并两个已排序的 list_t.
slist_merge_if()	使用指定规则合并两个已排序的 list_t.
slist_reverse()	逆序.

3. slist_t 使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cslist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print_int(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _print_slist(
    const slist_t* cpt_first, const slist_t* cpt_second,
   const slist_t* cpt_third, const slist_t* cpt_fourth);

int main(int argc, char* argv[])
```

```
{
    slist_t t_sl1 = create_slist(int);
    slist_t t_sl2 = create_slist(int);
    slist_t t_sl3 = create_slist(int);
    slist_t t_sl4 = create_slist(int);
    int i = 0;

    slist_init(&t_sl1);
    slist_init(&t_sl2);
    slist_init(&t_sl3);
    slist_init(&t_sl4);
    for(i = 0; i < 6; ++i)
    {
        slist_push_front(&t_sl1, i+1);
        slist_push_front(&t_sl2, -i-1);
        slist_push_front(&t_sl3, i+1);
        slist_push_front(&t_sl4, -i-1);
    }
    _print_slist(&t_sl1, &t_sl2, &t_sl3, &t_sl4);

    slist_splice_pos(
        &t_sl1,
        algo_find(slist_begin(&t_sl1), slist_end(&t_sl1), 3),
        &t_sl2,
        algo_find(slist_begin(&t_sl2), slist_end(&t_sl2), -3));
    slist_splice_after_pos(
        &t_sl3,
        algo_find(slist_begin(&t_sl3), slist_end(&t_sl3), 3),
        &t_sl4,
        algo_find(slist_begin(&t_sl4), slist_end(&t_sl4), -3));
    _print_slist(&t_sl1, &t_sl2, &t_sl3, &t_sl4);

    slist_destroy(&t_sl1);
    slist_destroy(&t_sl2);
    slist_destroy(&t_sl3);
    slist_destroy(&t_sl4);

    return 0;
}

static void _print_int(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

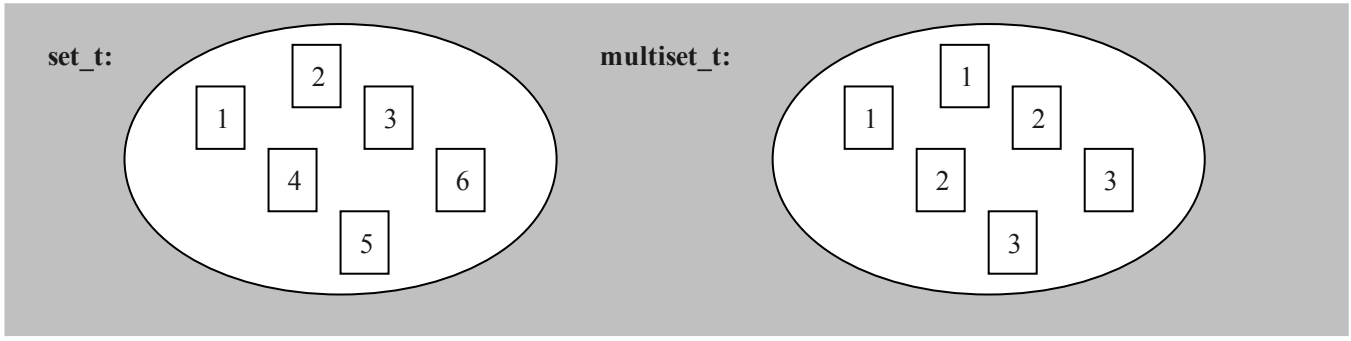
```
static void _print_slist(
    const slist_t* cpt_first, const slist_t* cpt_second,
    const slist_t* cpt_third, const slist_t* cpt_fourth)
{
    printf("slist1: ");
    algo_for_each(slist_begin(cpt_first), slist_end(cpt_first), _print_int);
    printf("\n");
    printf("slist2: ");
    algo_for_each(slist_begin(cpt_second), slist_end(cpt_second), _print_int);
    printf("\n");
    printf("slist3: ");
    algo_for_each(slist_begin(cpt_third), slist_end(cpt_third), _print_int);
    printf("\n");
    printf("slist4: ");
    algo_for_each(slist_begin(cpt_fourth), slist_end(cpt_fourth), _print_int);
    printf("\n\n");
}
```

结果:

```
slist1: 6 5 4 3 2 1
slist2: -6 -5 -4 -3 -2 -1
slist3: 6 5 4 3 2 1
slist4: -6 -5 -4 -3 -2 -1

slist1: 6 5 4 -3 3 2 1
slist2: -6 -5 -4 -2 -1
slist3: 6 5 4 3 -2 2 1
slist4: -6 -5 -4 -3 -1
```

第六节 set_t和multiset_t

set_t 和 multiset_t 按照某种规则自动排序容器中保存的数据.它们的区别在于 multiset_t 允许数据重复但是 set_t 不允许.



为了使用 set_t 和 multiset_t,必须包含头文件**<cstl/cset_t>**

#include <cstl/multiset_t>

set_t 和 multiset_t 排序数据遵循的规则是:

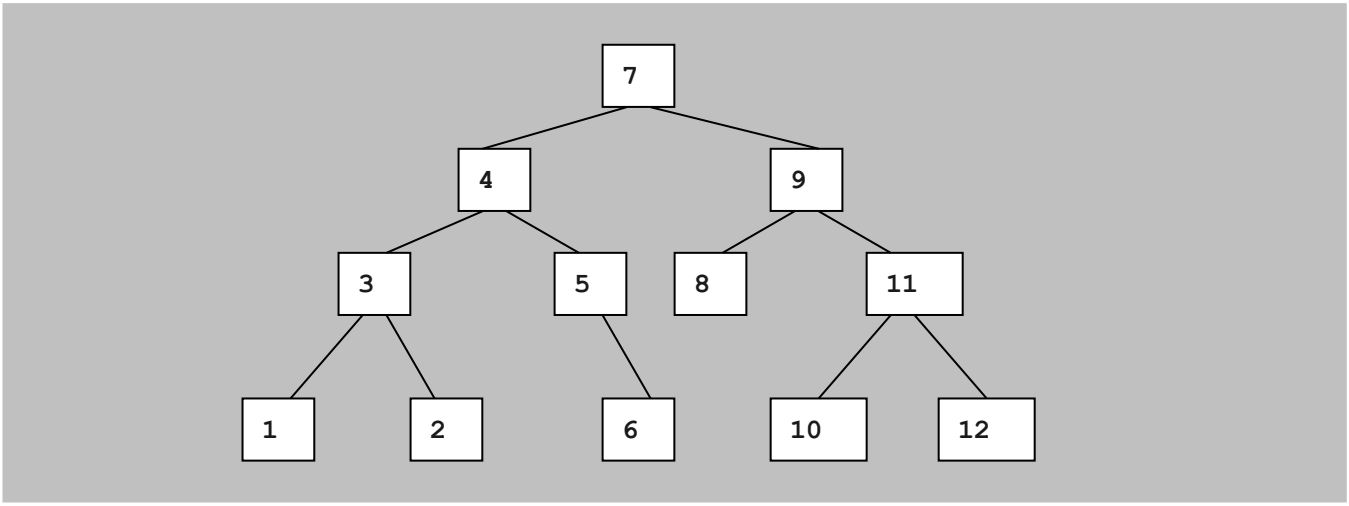
对于 C 语言内部类型采用相应的**”<”**运算符.

对于用户自定义类型采用内存比较,并按照小于次序排序.

libcstl-1.0.0 不支持用户定义类型的比较操作.

1. set_t 和 multiset_t 的能力

set_t 和 multiset_t 通常采用平衡二叉树来保存数据(set_t 和 multiset_t 可以采用 avl 树或红黑树作为底层实现).



自动排序的好处是当查找某一个数据的时候非常高效,可以达到对数复杂度.

排序也带来一点坏处,就是不能修改容器中的数据,因为修改了容器中的数据就破坏了数据的顺序,造成其他操作的结果错误.只能通过删除就数据然后插入新数据来修改数据.

所以 set_t 和 multiset_t 没有提供数据访问的操作.

注意： 一定不要通过迭代器，使用迭代器操作函数 **iterator_get_pointer()**，**iterator_set_value()** 等间接的修改关联容器中的数据 .

2. set_t 和 multiset_t 操作

创建,初始化和销毁操作:

create_set()	创建一个指定类型的 set_t.
set_init()	初始化一个空的 set_t.

set_init_copy()	使用另一个 set_t 初始化 set_t.
set_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 set_t.
set_destroy()	销毁 set_t.

create_multiset()	创建一个指定类型的 multiset_t.
multiset_init()	初始化一个空的 multiset_t.
multiset_init_copy()	使用另一个 multiset_t 初始化 multiset_t.
multiset_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 multiset_t.
multiset_destroy()	销毁 multiset_t.

非质变操作:

set_size()	获得 set_t 中数据的数目.
set_max_size()	获得 set_t 中能够保存的数据的最大数目.
set_empty()	判断 set_t 是否为空.
set_equal()	判断两个 set_t 是否相等.
set_not_equal()	判断两个 set_t 是否不等.
set_less()	判断第一个 set_t 是否小于第二个 set_t.
set_less_equal()	判断第一个 set_t 是否小于等于第二个 set_t.
set_great()	判断第一个 set_t 是否大于第二个 set_t.
set_great_equal()	判断第一个 set_t 是否大于等于第二个 set_t.

multiset_size()	获得 multiset_t 中数据的数目.
multiset_max_size()	获得 multiset_t 中能够保存的数据的最大数目.
multiset_empty()	判断 multiset_t 是否为空.
multiset_equal()	判断两个 multiset_t 是否相等.
multiset_not_equal()	判断两个 multiset_t 是否不等.
multiset_less()	判断第一个 multiset_t 是否小于第二个 multiset_t.
multiset_less_equal()	判断第一个 multiset_t 是否小于等于第二个 multiset_t.
multiset_great()	判断第一个 multiset_t 是否大于第二个 multiset_t.
multiset_great_equal()	判断第一个 multiset_t 是否大于等于第二个 multiset_t.

特殊的查找函数:

set_t 和 multiset_t 的实现都很适合快速的查找,所以它们也提供了许多查找操作,这些查找操作是算法的特殊版本,当在关联容器中查找数据是应该总是使用容器本身提供的查找函数.

set_count()	获得指定数据在容器中的数目.
set_find()	查找指定数据在容器中的位置.
set_lower_bound()	查找第一个不小于指定数据的位置.
set_upper_bound()	查找第一个大于指定数据的位置.
set_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

multiset_count()	获得指定数据在容器中的数目.
multiset_find()	查找指定数据在容器中的位置.
multiset_lower_bound()	查找第一个不小于指定数据的位置.
multiset_upper_bound()	查找第一个大于指定数据的位置.
multiset_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

xxxx_find()获得第一个与指定值相等的数据的迭代器,如果没有则返回 xxxx_end().
xxxx_lower_bound()和 xxxx_upper_bound()获得一个数据区间的第一个会最后一个迭代器,这个区间中的数据都等于指定的数据,而 xxxx_equal_range()的结果是与上面两个操作的总体结果相同,但是它获得的是一个两个元素都是迭代器的 pair_t 者两个迭代器就是区间的边界.

注意： 管理容器的 **xxxx_equal_range()** 操作返回的是 **pair_t** 类型，这个结果是已经初始化的 **pair_t** 值，所以调用者在得到这个 **pair_t** 并使用后必须销毁．同时 **xxxx_equal_range()** 的返回值也不能够忽略．已 **set_equal_range()** 为例：

```
/* 定义 pair_t，但是不需要创建具体类型 */
pair_t t_range;
...
/* 获得一个已经初始化好的 pair_t， 它的类型是 (iterator_t, iterator_t) */
t_range = set_equal_range(&t_set, 100);
/* 使用 t_range 的过程 */
...
/* 使用后或在第二次接收 xxxx_equal_range() 返回值之前销毁 */
pair_destroy(&t_range);
...
t_range = set_equal_range(&t_set2, 555);
...
pair_destroy(&t_range);
```

值得注意的是调用者在定义 pair_t 时并不需要为它创建，也不需要初始化 pair_t，这些步骤都在 xxxx_equal_range() 中完成了．

下面是一个如何使用 set_lower_bound(), set_upper_bound()和 set_equal_range()的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cset.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    set_t t_s = create_set(int);
    iterator_t t_i;
    pair_t t_range;

    set_init(&t_s);
    set_insert(&t_s, 1);
    set_insert(&t_s, 2);
    set_insert(&t_s, 4);
    set_insert(&t_s, 5);
    set_insert(&t_s, 6);

    t_i = set_lower_bound(&t_s, 3);
```

```
    printf("lower_bound(3): %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    t_i = set_upper_bound(&t_s, 3);
    printf("upper_bound(3): %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    t_range = set_equal_range(&t_s, 3);
    printf("equal_range(3): %d, %d\n\n",
        *(int*)iterator_get_pointer((iterator_t*)(t_range.first)),
        *(int*)iterator_get_pointer((iterator_t*)(t_range.second)));
    pair_destroy(&t_range);

    t_i = set_lower_bound(&t_s, 5);
    printf("lower_bound(5): %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    t_i = set_upper_bound(&t_s, 5);
    printf("upper_bound(5): %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    t_range = set_equal_range(&t_s, 5);
    printf("equal_range(5): %d, %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer((iterator_t*)(t_range.first)),
        *(int*)iterator_get_pointer((iterator_t*)(t_range.second)));
    pair_destroy(&t_range);

    set_destroy(&t_s);

    return 0;
}
```

输出结果:

```
lower_bound(3): 4
upper_bound(3): 4
equal_range(3): 4, 4

lower_bound(5): 5
upper_bound(5): 6
equal_range(5): 5, 6
```

如果使用 multiset_t 会得到同样的结果.

赋值:

set_assign()	使用另一个 set_t 为当前 set_t 赋值.
set_swap()	交换两个 set_t 的数据.

multiset_assign()	使用另一个 multiset_t 为当前 multiset_t 赋值.
multiset_swap()	交换两个 multiset_t 的数据.

set_t 和 multiset_t 只提供了简单的赋值操作.

迭代器函数:

set_begin()	获得指向 set_t 第一个数据的迭代器.
set_end()	获得指向 set_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

multiset_begin()	获得指向 multiset_t 第一个数据的迭代器.
multiset_end()	获得指向 multiset_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

set_t 和 multiset_t 提供双向迭代器.禁止通过迭代器操作间接的修改容器中的数据,同样禁止将质变算法作用于关联容器.

插入和删除:

set_insert()	插入指定数据.
set_insert_hint()	向线索位置插入指定数据.
set_insert_range()	插入一个数据区间.
set_erase()	删除指定的数据.
set_erase_pos()	删除指定位置的数据.
set_erase_range()	删除指定区间的数据.
set_clear()	清空所有数据.

multiset_insert()	插入指定数据.
multiset_insert_hint()	向线索位置插入指定数据.
multiset_insert_range()	插入一个数据区间.
multiset_erase()	删除指定的数据.
multiset_erase_pos()	删除指定位置的数据.
multiset_erase_range()	删除指定区间的数据.
multiset_clear()	清空所有数据.

对于 set_t 来说插入数据有可能会失败,当失败是 set_insert()和 set_insert_hint()返回 set_end(),成功的时候返回指向新数据的迭代器.但是 multiset_t 的插入函数绝对不会失败,multiset_insert()会返回指向新插入的数据的迭代器.造成这种现象的原因是 set_t 不允许数据重复,而 multiset_t 允许数据重复.

3. set_t 和 multiset_t 的使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cset.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    set_t t_s1 = create_set(int);
    set_t t_s2 = create_set(int);
    iterator_t t_i;

    set_init(&t_s1);
    set_insert(&t_s1, 4);
    set_insert(&t_s1, 3);
    set_insert(&t_s1, 5);
    set_insert(&t_s1, 1);
```

```
    set_insert(&t_s1, 6);
    set_insert(&t_s1, 2);
    set_insert(&t_s1, 5);
    for(t_i = set_begin(&t_s1);
        !iterator_equal(&t_i, set_end(&t_s1));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    t_i = set_insert(&t_s1, 4);
    if(iterator_equal(&t_i, set_end(&t_s1)))
    {
        printf("4 already exists!\n");
    }
    else
    {
        printf("4 inserted as element %u\n",
            iterator_distance(set_begin(&t_s1), t_i));
    }
    set_init_copy_range(&t_s2, set_begin(&t_s1), set_end(&t_s1));
    for(t_i = set_begin(&t_s2);
        !iterator_equal(&t_i, set_end(&t_s2));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    set_erase_range(&t_s2, set_begin(&t_s2), set_find(&t_s2, 3));
    printf("%u element(s) removed!\n", set_erase(&t_s2, 5));
    for(t_i = set_begin(&t_s2);
        !iterator_equal(&t_i, set_end(&t_s2));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    set_destroy(&t_s1);
    set_destroy(&t_s2);

    return 0;
}
```

输出结果:

```
1 2 3 4 5 6
```

```
4 already exists!
1 2 3 4 5 6
1 element(s) removed!
3 4 6
```

同样的程序如果使用 multiset_t 会出现不同的结果:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cset.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    multiset_t t_s1 = create_multiset(int);
    multiset_t t_s2 = create_multiset(int);
    iterator_t t_i;
    multiset_init(&t_s1);
    multiset_insert(&t_s1, 4);
    multiset_insert(&t_s1, 3);
    multiset_insert(&t_s1, 5);
    multiset_insert(&t_s1, 1);
    multiset_insert(&t_s1, 6);
    multiset_insert(&t_s1, 2);
    multiset_insert(&t_s1, 5);
    for(t_i = multiset_begin(&t_s1);
        !iterator_equal(&t_i, multiset_end(&t_s1));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    t_i = multiset_insert(&t_s1, 4);
    if(iterator_equal(&t_i, multiset_end(&t_s1)))
    {
        printf("4 already exists!\n");
    }
    else
    {
        printf("4 inserted as element %u\n",
            iterator_distance(multiset_begin(&t_s1), t_i));
    }
    multiset_init_copy_range(&t_s2, multiset_begin(&t_s1), multiset_end(&t_s1));
    for(t_i = multiset_begin(&t_s2);
        !iterator_equal(&t_i, multiset_end(&t_s2));
        iterator_next(&t_i))
    {
```

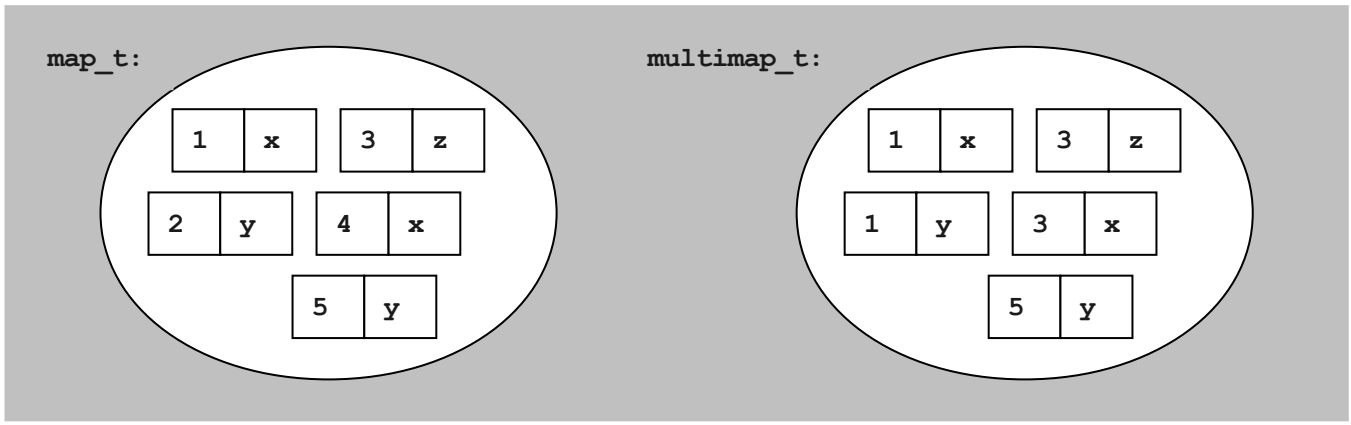
```
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    multiset_erase_range(&t_s2, multiset_begin(&t_s2), multiset_find(&t_s2, 3));
    printf("%u element(s) removed!\n", multiset_erase(&t_s2, 5));
    for(t_i = multiset_begin(&t_s2);
        !iterator_equal(&t_i, multiset_end(&t_s2));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    multiset_destroy(&t_s1);
    multiset_destroy(&t_s2);

    return 0;
}
```

输出的结果:

```
1 2 3 4 5 5 6
4 inserted as element 4
1 2 3 4 4 5 5 6
2 element(s) removed!
3 4 4 6
```

第七节 map_t 和 multimap_t

map_t 和 multimap_t 都是已 key/value 这种形式保存数据,所以 map_t 和 multimap_t 中保存的都是 pair_t 类型. 容器使用 key 通过某种规则对保存在其中的数据进行排序.这两个容器的不同点就是 multimap_t 允许 key 重复.



要使用 map_t 和 multimap_t 必须包含头文件**<cstl/cmap.h>**

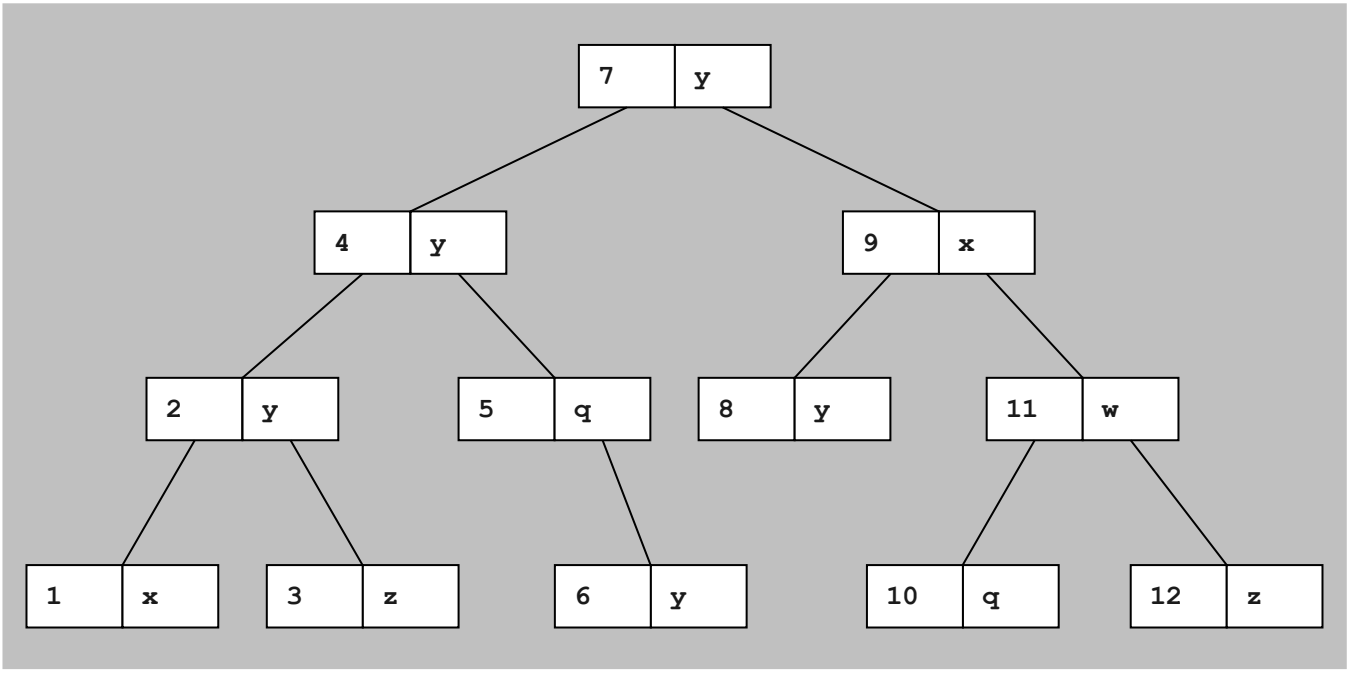
```
#include <cstl/cmap.h>
```

对于 key 是 C 内部类型的数据,容器采用**" <"**作为排序规则,否则使用内存比较来找到小的数据.虽然 pair_t 内部

含有指向已分配内存的指针,但是 map_t 和 multimap_t 对数据的插入和删除做了特殊的处理,所以可以使用 pair_t 作为内部数据的存储方式,但是其他容器没有对 pair_t 做特殊的处理.

1. map_t 和 multimap_t 的能力

与其他的关联容器一样,map_t 和 multimap_t 也是使用平衡二叉树实现的.其实 set_t,multiset_t,map_t, multimap_t 都是使用统一的内部实现,所以你可以认为 set_t, multiset_t 是特殊 map_t,multimap_t,只是它们的 key 和 value 是一样的都是数据本身.



容器根据数据的 key 排序数据,所以根据某个 key 查找数据很高效,但是根据某个 value 查找数据效率很低. map_t 和 multimap_t 具有与 set_t 和 multiset_t 相同的操作函数,同时也具有同样的特定:不能直接或间接修改容器中的数据(map_t 和 multimap_t 中是不能修改数据的 key,但是 value 可以修改).

2. map_t 和 multimap_t 的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_map()	创建一个指定类型的 map_t.
map_init()	初始化一个空的 map_t.
map_init_copy()	使用另一个 map_t 初始化 map_t.
map_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 map_t.
map_destroy()	销毁 map_t.

create_multimap()	创建一个指定类型的 multimap_t.
multi map_init()	初始化一个空的 multimap_t.
multi map_init_copy()	使用另一个 multimap_t 初始化 multimap_t.

multimap_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 multimap_t.
multimap_destroy()	销毁 multimap_t.

非质变操作:

map_size()	获得 map_t 中数据的数目.
map_max_size()	获得 map_t 中能够保存的数据的最大数目.
map_empty()	判断 map_t 是否为空.
map_equal()	判断两个 map_t 是否相等.
map_not_equal()	判断两个 map_t 是否不等.
map_less()	判断第一个 map_t 是否小于第二个 map_t.
map_less_equal()	判断第一个 map_t 是否小于等于第二个 map_t.
map_great()	判断第一个 map_t 是否大于第二个 map_t.
map_great_equal()	判断第一个 map_t 是否大于等于第二个 map_t.

multimap_size()	获得 multimap_t 中数据的数目.
multimap_max_size()	获得 multimap_t 中能够保存的数据的最大数目.
multimap_empty()	判断 multimap_t 是否为空.
multimap_equal()	判断两个 multimap_t 是否相等.
multimap_not_equal()	判断两个 multimap_t 是否不等.
multimap_less()	判断第一个 multimap_t 是否小于第二个 multimap_t.
multimap_less_equal()	判断第一个 multimap_t 是否小于等于第二个 multimap_t.
multimap_great()	判断第一个 multimap_t 是否大于第二个 multimap_t.
multimap_great_equal()	判断第一个 multimap_t 是否大于等于第二个 multimap_t.

特殊的查找函数:

map_t 和 multimap_t 同样提供了特殊查找函数,但是这些函数是基于数据的 key,例如要查找指定的 key 使用 xxxx_find()操作函数,但是如果要查找指定的 value 就不能使用 xxxx_find()了,使用 algo_find_if()可用做到,但是没有 xxxx_find()高效.

map_count()	获得指定数据在容器中的数目.
map_find()	查找指定数据在容器中的位置.
map_lower_bound()	查找第一个不小于指定数据的位置.
map_upper_bound()	查找第一个大于指定数据的位置.
map_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

multimap_count()	获得指定数据在容器中的数目.
multimap_find()	查找指定数据在容器中的位置.
multimap_lower_bound()	查找第一个不小于指定数据的位置.
multimap_upper_bound()	查找第一个大于指定数据的位置.
multimap_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

在使用 xxxx_equal_range()操作函数是同样也要注意在返回值的问题,请参考 6.2.

赋值:

map_assign()	使用另一个 map_t 为当前 map_t 赋值.
map_swap()	交换两个 map_t 的数据.

multimap_assign()	使用另一个 multimap_t 为当前 multimap_t 赋值.
multimap_swap()	交换两个 multimap_t 的数据.

迭代器函数:

map_begin()	获得指向 map_t 第一个数据的迭代器.
map_end()	获得指向 map_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

multimap_begin()	获得指向 multimap_t 第一个数据的迭代器.
multimap_end()	获得指向 multimap_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

map_t 和 multimap_t 提供双向迭代器.禁止通过迭代器操作间接的修改容器中数据的 key,但是可以修改数据的 value,同样禁止将质变算法作用于关联容器.

插入和删除:

map_insert()	插入指定数据.
map_insert_hint()	向线索位置插入指定数据.
map_insert_range()	插入一个数据区间.
map_erase()	删除指定的数据.
map_erase_pos()	删除指定位置的数据.
map_erase_range()	删除指定区间的数据.
map_clear()	清空所有数据.

multimap_insert()	插入指定数据.
multimap_insert_hint()	向线索位置插入指定数据.
multimap_insert_range()	插入一个数据区间.
multimap_erase()	删除指定的数据.
multimap_erase_pos()	删除指定位置的数据.
multimap_erase_range()	删除指定区间的数据.
multimap_clear()	清空所有数据.

对于 map_t 来说插入数据有可能会失败,当失败是 map_insert()和 map_insert_hint()返回 map_end(),成功的时候返回指向新数据的迭代器.但是 multimap_t 的插入函数绝对不会失败,multimap_insert()会返回指向新插入的数据的迭代器.造成这种现象的原因是 map_t 不允许数据重复,而 multimap_t 允许数据重复.

注意： **map_insert()** 直接向容器中插入的是 pair_t 形式的数据，所以调用者在插入时必须先构造一个 pair_t 值．然后将这个 pair_t 值的指针传递个 map_insert()，插入过程中 map_insert() 完全复制了 pair_t 包括它维护的内存，所以在插入后这个 pair_t 可以被销毁或用作其他用途，但是在 pair_t 使用后一定要销毁．具体过程如下：

```
pair_t t_p = create_pair(int, double);
pair_init(&t_p);
pair_make(&t_p, 10, 100.0);
map_insert(&t_map, &t_p);
...
pair_destroy(&t_p);
```

3. 将 map_t 作为关联数组使用

关联容器是不提供数据访问操作的，但是 map_t 例外，它提供了一个通过下标对数据进行随即访问的操作函数，所以可以将 map_t 看作是关联数组．

map_at()	通过以 key 为下标对数据进行随即访问．

这个操作函数使用 key 为下标，返回指向数据的 value 的指针．如果容器中没有以 key 为键值的数据则先向容器中插入一个键值为 key，value 为 0 的数据然后返回指向 value 的指针．

例如：

```
map_t t_m = create_map(char, double);
map_init(&t_m);
...
*(double*)map_at(&t_m, 'A') = 7.7;
```

这个例子中***(double*)map_at(&t_m, 'A') = 7.7;**是对键值为’A’的数据的访问．如果容器中包含键值为’A’的数据，就将这个数据的 value 改为 7.7，如果没有就插入一个（‘A’，7.7）的数据．

这个操作有一个缺点，那就是调用者可能偶然或者错误的插了新数据．如：

```
printf("value = %f\n", *(double*)map_at(&t_m, 'A'));
```

如果容器中有键值为’A’的数据这个操作没有任何错误，但是如果没有那么就无声无息的插入了一个新数据（‘A’，0.0）．

4. map_t 和 multimap_t 的使用实例

map_t 作为关联数组：

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cmap.h>
```

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    map_t t_m = create_map(char, double);
    iterator_t t_i;

    map_init(&t_m);
    *(double*)map_at(&t_m, 'B') = 369.50;
    *(double*)map_at(&t_m, 'V') = 413.50;
    *(double*)map_at(&t_m, 'D') = 819.00;
    *(double*)map_at(&t_m, 'M') = 834.00;
    *(double*)map_at(&t_m, 'S') = 842.20;

    for(t_i = map_begin(&t_m);
        !iterator_equal(&t_i, map_end(&t_m));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("key:%c, value:%f\n",
            *(char*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }
    printf("\n");

    for(t_i = map_begin(&t_m);
        !iterator_equal(&t_i, map_end(&t_m));
        iterator_next(&t_i))
    {
        *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second *= 2;
    }

    for(t_i = map_begin(&t_m);
        !iterator_equal(&t_i, map_end(&t_m));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("key:%c, value:%f\n",
            *(char*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }
    printf("\n");

    *(double*)map_at(&t_m, 'v') = *(double*)map_at(&t_m, 'V');
    map_erase(&t_m, 'V');

    for(t_i = map_begin(&t_m);
        !iterator_equal(&t_i, map_end(&t_m));
```

```
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("key:%c, value:%f\n",
            *(char*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }
    printf("\n");

    map_destroy(&t_m);

    return 0;
}
```

输出结果:

```
key:B, value:369.500000
key:D, value:819.000000
key:M, value:834.000000
key:S, value:842.200000
key:V, value:413.500000

key:B, value:739.000000
key:D, value:1638.000000
key:M, value:1668.000000
key:S, value:1684.400000
key:V, value:827.000000

key:B, value:739.000000
key:D, value:1638.000000
key:M, value:1668.000000
key:S, value:1684.400000
key:v, value:827.000000
```

multimap_t 实例:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cmap.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    multimap_t t_mm = create_multimap(int, double);
    pair_t t_p = create_pair(int, double);
    iterator_t t_i;

    multimap_init(&t_mm);
    pair_init(&t_p);
```

```
pair_make(&t_p, 0, 34.112);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, 0, 4.080);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, 2, 29.752);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, 4, 394.288);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, 4, 13.496);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, 5, 0.332);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, 4, 0.076);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);
pair_make(&t_p, -3, 4.096);
multimap_insert(&t_mm, &t_p);

printf("priority    memory(m)\n");
printf("------------------------\n");
for(t_i = multimap_begin(&t_mm);
    !iterator_equal(&t_i, multimap_end(&t_mm));
    iterator_next(&t_i))
{
    printf("%8d    %f\n",
        *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
        *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
}
printf("\n");
printf("priority: 0\n");
for(t_i = multimap_lower_bound(&t_mm, 0);
    !iterator_equal(&t_i, multimap_upper_bound(&t_mm, 0));
    iterator_next(&t_i))
{
    printf("        %f\n",
        *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
}
printf("priority: 4\n");
for(t_i = multimap_lower_bound(&t_mm, 4);
    !iterator_equal(&t_i, multimap_upper_bound(&t_mm, 4));
    iterator_next(&t_i))
{
    printf("        %f\n",
        *(double*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
}
```

```
    multimap_destroy(&t_mm);
    pair_destroy(&t_p);

    return 0;
}
```

结果:

```
priority    memory(m)
------------------------
      -3    4.096000
       0    34.112000
       0    4.080000
       2    29.752000
       4    394.288000
       4    13.496000
       4    0.076000
       5    0.332000

priority: 0
        34.112000
        4.080000
priority: 4
        394.288000
        13.496000
        0.076000
```

通过数据的 value 来查找数据:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cmap.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _find_value(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    map_t t_m = create_map(int, int);
    iterator_t t_i;

    map_init(&t_m);
    *(int*)map_at(&t_m, 1) = 7;
    *(int*)map_at(&t_m, 2) = 4;
    *(int*)map_at(&t_m, 3) = 2;
    *(int*)map_at(&t_m, 4) = 3;
    *(int*)map_at(&t_m, 5) = 6;
    *(int*)map_at(&t_m, 6) = 1;
```

```
    *(int*)map_at(&t_m, 7) = 3;

    t_i = map_find(&t_m, 3);
    if(!iterator_equal(&t_i, map_end(&t_m)))
    {
        printf("%d : %d\n",
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }
    t_i = algo_find_if(map_begin(&t_m), map_end(&t_m), _find_value);
    if(!iterator_equal(&t_i, map_end(&t_m)))
    {
        printf("%d : %d\n",
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->first,
            *(int*)((pair_t*)iterator_get_pointer(&t_i))->second);
    }
    map_destroy(&t_m);

    return 0;
}

static void _find_value(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)((pair_t*)cpv_input)->second == 3)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
3 : 2
4 : 3
```

第八节 hash_set_t,hash_multiset_t,hash_map_t,hash_multim

ap_t

哈希表也是一种重要的数据结构,它也可是实现对数据的快速存取.因此 cstl 也提供了基于哈希表的关联容器.

要使用 hash_set_t 和 hash_multiset_t 必须包含头文件**<cstl/chash_set.h>**

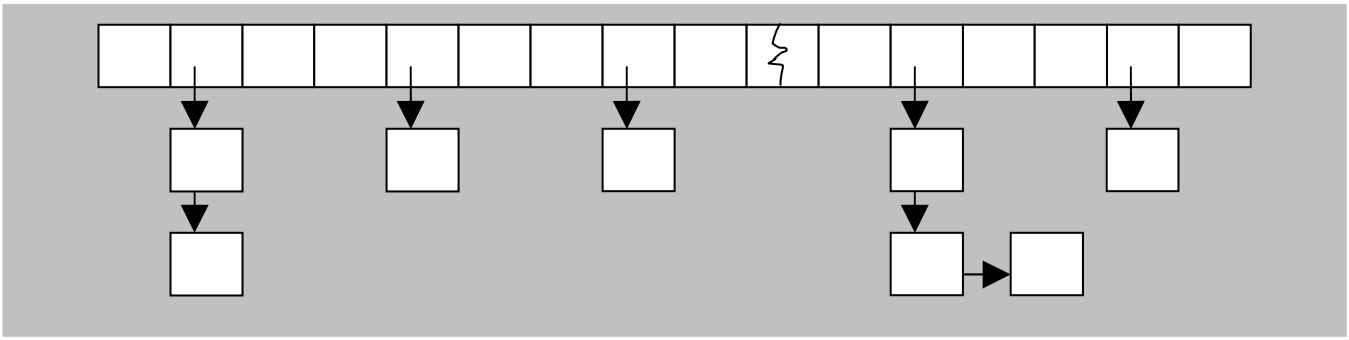
```
#include <cstl/chash_set.h>
```

要使用 hash_map_t 和 hash_multimap_t 必须包含头文件**<cstl/chash_map.h>**

```
#include <cstl/chash_map.h>
```

1. hash 关联容器的能力

hash 关联容器底层采用哈希表结构实现的, 所以它对数据的存取也是十分高效的, 但是容器底层并没有对数据进行排序. 同时 hash 关联容器只提供了向前的迭代器. 其他的基本操作与普通容器类似.



hash 容器中的数据是通过特定的 hash 函数和数据本身的值或数据的键值来计算存储位置的, 所以不能直接或间接修改数据.

2. hash 容器的操作

创建, 初始化和销毁操作:

create_hash_set()	创建一个指定类型的 hash_set_t.
hash_set_init()	初始化一个空的 hash_set_t.
hash_set_init_n()	使用指定的桶数初始化一个空的 hash_set_t.
hash_set_init_copy()	使用另一个 hash_set_t 初始化 hash_set_t.
hash_set_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 hash_set_t.
hash_set_init_copy_range_n()	使用指定的桶数和数据区间来初始化 hash_set_t.
hash_set_destroy()	销毁 hash_set_t.

create_hash_multiset()	创建一个指定类型的 hash_multiset_t.
hash_multiset_init()	初始化一个空的 hash_multiset_t.
hash_multiset_init_n()	使用指定的桶数初始化一个空的 hash_multiset_t.
hash_multiset_init_copy()	使用另一个 hash_multiset_t 初始化 hash_multiset_t.
hash_multiset_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化 hash_multiset_t.
hash_multiset_init_copy_range_n()	使用指定的桶数和数据区间来初始化 hash_multiset_t.
hash_multiset_destroy()	销毁 hash_multiset_t.

create_hash_map()	创建一个指定类型的hash_map_t.
hash_map_init()	初始化一个空的hash_map_t.
hash_map_init_n()	使用指定的桶数初始化一个空的hash_map_t.
hash_map_init_copy()	使用另一个hash_map_t初始化hash_map_t.
hash_map_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化hash_map_t.
hash_map_init_copy_range_n()	使用指定的桶数和数据区间来初始化hash_map_t.
hash_map_destroy()	销毁hash_map_t.

create_hash_multimap()	创建一个指定类型的hash_multimap_t.
hash_multimap_init()	初始化一个空的hash_multimap_t.
hash_multimap_init_n()	使用指定的桶数初始化一个空的hash_multimap_t.
hash_multimap_init_copy()	使用另一个hash_multimap_t初始化hash_multimap_t.
hash_multimap_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化hash_multimap_t.
hash_multimap_init_copy_range_n()	使用指定的桶数和数据区间来初始化hash_multimap_t.
hash_multimap_destroy()	销毁hash_multimap_t.

非质变操作:

hash_set_size()	获得hash_set_t中数据的数目.
hash_set_max_size()	获得hash_set_t中能够保存的数据的最大数目.
hash_set_empty()	判断hash_set_t是否为空.
hash_set_bucket_count()	获得hash_set_t的hash桶的个数.
hash_set_hash_func()	返回hash_set_t使用的hash函数.
hash_set_equal()	判断两个hash_set_t是否相等.
hash_set_not_equal()	判断两个hash_set_t是否不等.
hash_set_less()	判断第一个hash_set_t是否小于第二个hash_set_t.
hash_set_less_equal()	判断第一个hash_set_t是否小于等于第二个hash_set_t.
hash_set_great()	判断第一个hash_set_t是否大于第二个hash_set_t.
hash_set_great_equal()	判断第一个hash_set_t是否大于等于第二个hash_set_t.

hash_multiset_size()	获得hash_multiset_t中数据的数目.
hash_multiset_max_size()	获得hash_multiset_t中能够保存的数据的最大数目.
hash_multiset_empty()	判断hash_multiset_t是否为空.
hash_multiset_bucket_count()	获得hash_multiset_t的hash桶的个数.
hash_multiset_hash_func()	返回hash_multiset_t使用的hash函数.
hash_multiset_equal()	判断两个hash_multiset_t是否相等.
hash_multiset_not_equal()	判断两个hash_multiset_t是否不等.
hash_multiset_less()	判断第一个hash_multiset_t是否小于第二个hash_multiset_t.
hash_multiset_less_equal()	判断第一个hash_multiset_t是否小于等于第二个hash_multiset_t.
hash_multiset_great()	判断第一个hash_multiset_t是否大于第二个hash_multiset_t.

hash_multiset_great_equal()	判断第一个 hash_multiset_t 是否大于等于第二个 hash_multiset_t.

hash_map_size()	获得 hash_map_t 中数据的数目.
hash_map_max_size()	获得 hash_map_t 中能够保存的数据的最大数目.
hash_map_empty()	判断 hash_map_t 是否为空.
hash_map_bucket_count()	获得 hash_map_t 的 hash 桶的个数.
hash_map_hash_func()	返回 hash_map_t 使用的 hash 函数.
hash_map_equal()	判断两个 hash_map_t 是否相等.
hash_map_not_equal()	判断两个 hash_map_t 是否不等.
hash_map_less()	判断第一个 hash_map_t 是否小于第二个 hash_map_t.
hash_map_less_equal()	判断第一个 hash_map_t 是否小于等于第二个 hash_map_t.
hash_map_great()	判断第一个 hash_map_t 是否大于第二个 hash_map_t.
hash_map_great_equal()	判断第一个 hash_map_t 是否大于等于第二个 hash_map_t.

hash_multimap_size()	获得 hash_multimap_t 中数据的数目.
hash_multimap_max_size()	获得 hash_multimap_t 中能够保存的数据的最大数目.
hash_multimap_empty()	判断 hash_multimap_t 是否为空.
hash_multimap_bucket_count()	获得 hash_multimap_t 的 hash 桶的个数.
hash_multimap_hash_func()	返回 hash_multimap_t 使用的 hash 函数.
hash_multimap_equal()	判断两个 hash_multimap_t 是否相等.
hash_multimap_not_equal()	判断两个 hash_multimap_t 是否不等.
hash_multimap_less()	判断第一个 hash_multimap_t 是否小于第二个 hash_multimap_t.
hash_multimap_less_equal()	判断第一个 hash_multimap_t 是否小于等于第二个 hash_multimap_t.
hash_multimap_great()	判断第一个 hash_multimap_t 是否大于第二个 hash_multimap_t.
hash_multimap_great_equal()	判断第一个 hash_multimap_t 是否大于等于第二个 hash_multimap_t.

hash 关联容器多出了两个操作 xxxx_bucket_count()和 xxxx_hash_func(),这两个操作分别是获得桶的数目和获得 hash 函数.

特殊的查找函数:

hash 关联容器同样提供了特殊查找函数,但是没有 xxxx_lower_bound()和 xxxx_upper_bound(). 因为只两个操作是基于有序的容器数据的. 但是 hash 容器中的数据是无序的.

hash_set_count()	获得指定数据在容器中的数目.
hash_set_find()	查找指定数据在容器中的位置.
hash_set_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

hash_multiset_count()	获得指定数据在容器中的数目.
hash_multiset_find()	查找指定数据在容器中的位置.
hash_multiset_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

hash_map_count()	获得指定数据在容器中的数目.
hash_map_find()	查找指定数据在容器中的位置.
hash_map_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

hash_multimap_count()	获得指定数据在容器中的数目.
hash_multimap_find()	查找指定数据在容器中的位置.
hash_multimap_equal_range()	查找等于指定数据的数据区间.

同样对于 xxxx_equal_range()操作来说也需要注意普通管理容器中存在的问题.

赋值:

hash_set_assign()	使用另一个 hash_set_t 为当前 hash_set_t 赋值.
hash_set_swap()	交换两个 hash_set_t 的数据.

hash_multiset_assign()	使用另一个 hash_multiset_t 为当前 hash_multiset_t 赋值.
hash_multiset_swap()	交换两个 hash_multiset_t 的数据.

hash_map_assign()	使用另一个 hash_map_t 为当前 hash_map_t 赋值.
hash_map_swap()	交换两个 hash_map_t 的数据.

hash_multimap_assign()	使用另一个 hash_multimap_t 为当前 hash_multimap_t 赋值.
hash_multimap_swap()	交换两个 hash_multimap_t 的数据.

迭代器函数:

hash_set_begin()	获得指向 hash_set_t 第一个数据的迭代器.
hash_set_end()	获得指向 hash_set_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

hash_multiset_begin()	获得指向 hash_multiset_t 第一个数据的迭代器.
hash_multiset_end()	获得指向 hash_multiset_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

hash_map_begin()	获得指向 hash_map_t 第一个数据的迭代器.
hash_map_end()	获得指向 hash_map_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

hash_multimap_begin()	获得指向 hash_multimap_t 第一个数据的迭代器.
hash_multimap_end()	获得指向 hash_multimap_t 最后一个数据的下一个位置的迭代器.

插入和删除:

hash_set_resize()	修改容器的桶数.
hash_set_insert()	插入指定数据.
hash_set_insert_range()	插入一个数据区间.
hash_set_erase()	删除指定的数据.

hash_set_erase_pos()	删除指定位置的数据.
hash_set_erase_range()	删除指定区间的数据.
hash_set_clear()	清空所有数据.

hash_multiset_resize()	修改容器的桶数.
hash_multiset_insert()	插入指定数据.
hash_multiset_insert_range()	插入一个数据区间.
hash_multiset_erase()	删除指定的数据.
hash_multiset_erase_pos()	删除指定位置的数据.
hash_multiset_erase_range()	删除指定区间的数据.
hash_multiset_clear()	清空所有数据.

hash_map_resize()	修改容器的桶数.
hash_map_insert()	插入指定数据.
hash_map_insert_range()	插入一个数据区间.
hash_map_erase()	删除指定的数据.
hash_map_erase_pos()	删除指定位置的数据.
hash_map_erase_range()	删除指定区间的数据.
hash_map_clear()	清空所有数据.

hash_multimap_resize()	修改容器的桶数.
hash_multimap_insert()	插入指定数据.
hash_multimap_insert_range()	插入一个数据区间.
hash_multimap_erase()	删除指定的数据.
hash_multimap_erase_pos()	删除指定位置的数据.
hash_multimap_erase_range()	删除指定区间的数据.
hash_multimap_clear()	清空所有数据.

3. 将 hash_map_t 作为关联数组使用

hash_map_t 与 map_t 相同可以作为关联数组使用.

hash_map_at()	通过以 key 为下标对数据进行随即访问.

4. hash 容器的使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/chash_set.h>

int main(int argc, char* argv[])
```

```
{
    hash_set_t t_hs = create_hash_set(int);
    iterator_t t_i;
    int i;

    hash_set_init(&t_hs, NULL);
    hash_set_insert(&t_hs, 59);
    hash_set_insert(&t_hs, 63);
    hash_set_insert(&t_hs, 108);
    hash_set_insert(&t_hs, 2);
    hash_set_insert(&t_hs, 53);
    hash_set_insert(&t_hs, 55);

    for(t_i = hash_set_begin(&t_hs);
        !iterator_equal(&t_i, hash_set_end(&t_hs));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");

    for(i = 0; i < 47; ++i)
    {
        hash_set_insert(&t_hs, i);
    }
    for(t_i = hash_set_begin(&t_hs);
        !iterator_equal(&t_i, hash_set_end(&t_hs));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");
    hash_set_destroy(&t_hs);

    return 0;
}
```

结果:

```
53 108 2 55 59 63
53 0 1 108 2 55 3 4 5 59 6 7 8 9 63 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46
```

从结果中我们看出 hash 容器中的数据并不是排序的而是按照某些规则来计算 hash 位置的.

第九节 怎样选择容器类型

libcstl 提供了很多容器类型,它们拥有不同的能力和特定,能够满足各种不同的需求.怎么选择使用哪种容器类型就成为了一个新问题.下面的列表提供了一个总体概括:

	vector_t	**deque_t**	**list_t**	**slist_t**
典型的数据结构	动态数组	动态数组	双向链表	单向链表
数据	值	值	值	值
是否允许数据重复	是	是	是	是
是否支持随即访问	是	是	否	否
迭代器类型	随即	随即	双向	向前
查找数据效率	低	低	很低	很低
快速插入删除数据的位置	末尾	开头和末尾	任意位置	任意位置后面
插入删除数据是否使迭代器实效	是	是	否	否
	set_t	**multiset_t**	**map_t**	**multimap_t**
典型的数据结构	平衡二叉树	平衡二叉树	平衡二叉树	平衡二叉树
数据	值	值	键/值	键/值
是否允许数据重复	否	是	键不允许重复	是
是否支持随即访问	否	否	通过键随即访问	否
迭代器类型	双向	双向	双向	双向
查找数据效率	高	高	查找键效率高	查找键效率高
快速插入删除数据的位置	-	-	-	-
插入删除数据是否使迭代器实效	否	否	否	否
	hash_set_t	**hash_multiset_t**	**hash_map_t**	**hash_multimap_t**
典型的数据结构	哈希表	哈希表	哈希表	哈希表
数据	值	值	键/值	键/值
是否允许数据重复	否	是	键不允许重复	是
是否支持随即访问	否	否	通过键随即访问	否
迭代器类型	向前	向前	向前	向前
查找数据效率	高	高	查找键效率高	查找键效率高
快速插入删除数据的位置	-	-	-	-
插入删除数据是否使迭代器实效	否	否	否	否

通常使用 vector_t,它简单并且提供了对数据的随即访问.使用起来方便.

如果经常在队列的开头和结尾插入数据,那么使用 deque_t 它不仅可以在开头和结尾高效的插入和删除数据而且也提供了对数据的随即访问.

如果经常在容器的任意位置插入删除或移动数据,那么使用 list_t 它可以高效的在任意位置插入或删除数据,并且不会影响已有的迭代器.如果要在任意位置的下一个位置插入或删除数据,那么使用 slist_t.

如果经常查找或者数据的有序性很重要,那么使用 set_t 或 multiset_t,如果只关心查找的效率,那么

hash_set_t 和 hash_multiset_t 也可以使用. 如果数据是 key/value 形式的那么使用 map_t,multimap_t 或者 hash_map_t,hash_multimap_t.如果要使用关联数组,那么使用 map_t,hash_map_t.

下面是两个相同的例子都是对输入的一系列数据进行排序,使用了两个不同的容器:

使用 vector_t:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cfunctional.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    size_t t_random = 0;
    const size_t t_input = 1000000;
    size_t t_i = 0;
    vector_t t_v = create_vector(int);

    vector_init(&t_v);
    for(t_i = 0; t_i < 1000000; ++t_i)
    {
        fun_random_number(&t_input, &t_random);
        vector_push_back(&t_v, t_random);
    }

    algo_sort(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));

    return 0;
}
```

使用 time 命令测试执行结果:

```
real    89m16.791s
user    13m2.127s
sys     62m7.975s
```

使用 multiset_t:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cset.h>
#include <cstl/cfunctional.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    size_t t_random = 0;
    const size_t t_input = 1000000;
    size_t t_i = 0;
    multiset_t t_ms = create_multiset(int);

    multiset_init(&t_ms);
```

```
    for(t_i = 0; t_i < 1000000; ++t_i)
    {
        fun_random_number(&t_input, &t_random);
        multiset_insert(&t_ms, t_random);
    }

    return 0;
}
```

使用 time 命令测试执行结果:

```
real    0m14.492s
user    0m11.911s
sys     0m2.235s
```

由这个统计数据可以看出一切!

第五章 libcstl 迭代器

libcstl 任何容器都需要使用迭代器,所以在使用任何容器时都包含了迭代器必要的头文件,只要包含任意的 libcstl 头文件就可以使用迭代器类型以及迭代器操作函数了.如果想单独使用迭代器以及操作就必须包含头文件 **#include <cstl/citerator.h>**

第一节 迭代器的种类

迭代器是一种表示数据位置的类型,它可以被用来访问数据等其他的一些操作.libcstl 提供了一组统一的迭代器操作函数,这些操作函数不关心容器的具体类型,它们只是关心迭代器的具体类型.这样就可以使用统一的迭代器操作函数通过迭代器对各种不同的容器进行操作了.

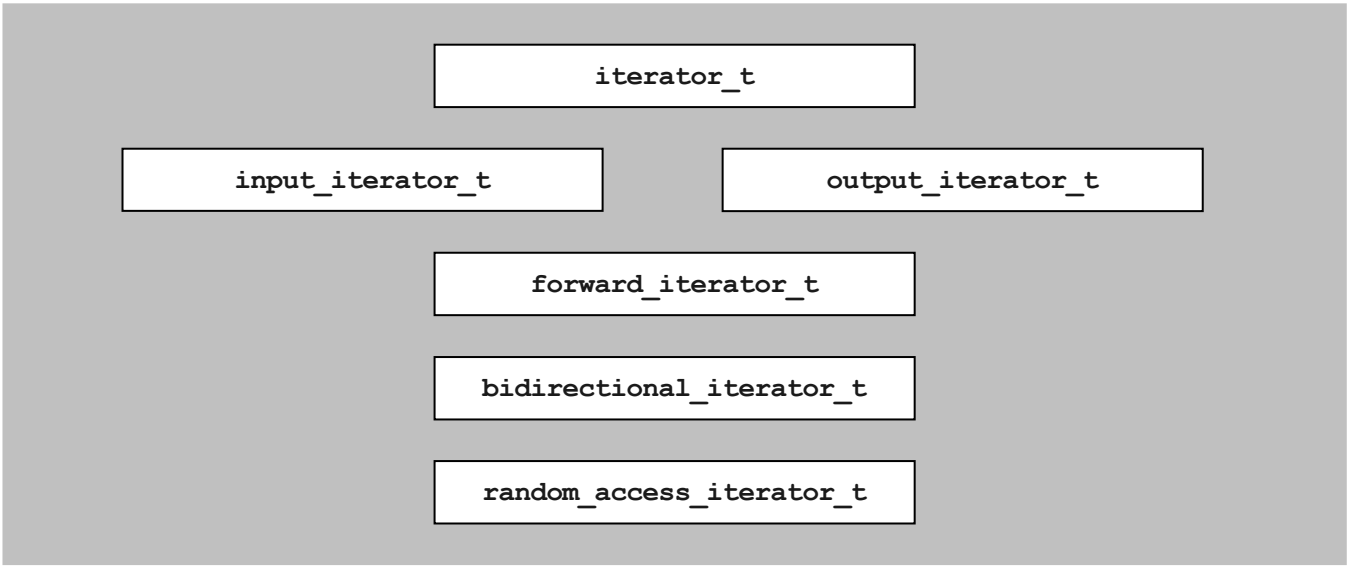
由于与迭代器关联的容器的特定和能力不同,所以迭代器也有很多类型.

迭代器类型	能力	相关的容器
iterator_t	–	**-**
input_iterator_t	输入,向前移动	**-**
output_iterator_t	输出,向前移动	**-**
forward_iterator_t	输入,输出,向前移动	**slist_t, hash_set_t,hash_multiset_t hash_map_t,hash_multimap_t**
bidirectional_iterator_t	输入,输出,双向移动	**list_t set_t,multiset_t, map_t,multimap_t**
random_access_iterator_t	输入,输出,随即移动	**vector_t,deque_t,string_t**

表中的 **iterator_t** 是迭代器的基本类型,下面的所有的类型都是从它演变出来的,但是它没有任何能力.**iterator_t** 可以接受任何迭代器类型的赋值,赋值后原来的 **iterator_t** 类型也就变成了相应的类型.如

```
iterator_t t_i;
bidirectional_iterator_t t_bi;
t_i = t_bi;
```

在赋值之前 **t_i** 是 **iterator_t** 类型, 它不具有任何迭代器能力, 但是赋值之后 t_i 变成了 **bidirectional_iterator_t** 类型, 具有了与 t_bi 同样的能了. 所有的迭代器类型都支持赋值操作符, 赋值后迭代器类型也相应的改变了.



上图展示了各个迭代器类型之间的关系, 它们的能力是相互包含的, 越往下能力越强.

除了上面的迭代器类型之外, 各个容器也定义了迭代器类型, 其实这些类型就是上面迭代器类型的别名, 并不是新类型, 下面是一个对比表格:

容器定义的迭代器类型	对用的迭代器类型
vector_iterator_t	random_access_iterator_t
deque_iterator_t	random_access_iterator_t
list_iterator_t	bidirectional_iterator_t
slist_iterator_t	forward_iterator_t
string_iterator_t	random_access_iterator_t
set_iterator_t	bidirectional_iterator_t
multiset_iterator_t	bidirectional_iterator_t
map_iterator_t	bidirectional_iterator_t
multimap_iterator_t	bidirectional_iterator_t
hash_set_iterator_t	forward_iterator_t
hash_multiset_iterator_t	forward_iterator_t
hash_map_iterator_t	forward_iterator_t
hash_multimap_iterator_t	forward_iterator_t

1. input_iterator_t

input_iterator_t 类型的迭代器只能一个数据一个数据的向前移动, 同时还支持通过迭代器获得数据, 比较两个 **input_iterator_t** 类型的迭代器是否相等.

下面是 **input_iterator_t** 类型的迭代器可以使用的操作函数.

iterator_get_value()	获得迭代器指向的数据.

iterator_get_pointer()	获得迭代器指向的数据的指针.
iterator_next()	将迭代器向前移动, 指向下一个数据.
iterator_equal()	判断两个迭代器是否相等.

2. output_iterator_t

output_iterator_t 类型的迭代器也支持向前移动, 同时它还支持通过迭代器为数据赋值, 但是不支持比较两个迭代器是否相等.

iterator_set_value()	设置迭代器指向的数据.
iterator_next()	将迭代器向前移动, 指向下一个数据.

3. forward_iterator_t

forward_iterator_t 类型的迭代器支持 **input_iterator_t** 类型和 **output_iterator_t** 类型的操作的总和.

iterator_get_value()	获得迭代器指向的数据.
iterator_set_value()	设置迭代器指向的数据.
iterator_get_pointer()	获得迭代器指向的数据的指针.
iterator_next()	将迭代器向前移动, 指向下一个数据.
iterator_equal()	判断两个迭代器是否相等.

4. bidirectional_iterator_t

bidirectional_iterator_t 类型的迭代器是双向迭代器, 除了支持 **forward_iterator_t** 类型的迭代器支持的操作外, 它还支持向后移动.

iterator_prev()	将迭代器向后移动, 指向上一个数据.

5. random_access_iterator_t

random_access_iterator_t 类型的迭代器在 **bidirectional_iterator_t** 类型的基础上又具备了随即访问能力, 所以它支持的操作除了 **bidirectional_iterator_t** 类型支持的操作外还有很多.

iterator_at()	通过迭代器随即访问数据.
iterator_next_n()	将迭代器向前移动 n 个数据位置.
iterator_prev_n()	将迭代器向后移动 n 个数据位置.
iterator_minus()	获得两个迭代器的差.

iterator_less()	判断第一个迭代器是否小于第二个迭代器.
iterator_less_equal()	判断第一个迭代器是否小于等于第二个迭代器.

下面的例子应用到了 **random_access_iterator_t** 类型的迭代器的特殊操作:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    vector_iterator_t t_i;
    iterator_t t_begin;
    random_access_iterator_t t_last;
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = -3; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    t_i = vector_end(&t_v);
    printf("number/distance: %d, %d\n",
        iterator_minus(&t_i, vector_begin(&t_v)),
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)));

    for(t_i = vector_begin(&t_v);
        iterator_less(&t_i, vector_end(&t_v));
        iterator_next(&t_i))
    {
        printf("%d, ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");

    t_begin = vector_begin(&t_v);
    for(i = 0; i < (int)vector_size(&t_v); ++i)
    {
        printf("%d, ", *(int*)iterator_at(&t_begin, i));
    }
    printf("\n");

    t_last = vector_end(&t_v);
    iterator_prev(&t_last);
    for(t_i = vector_begin(&t_v);
        iterator_less(&t_i, t_last);
        iterator_next_n(&t_i, 2))
```

```
    {
        printf("%d, ", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));
    }
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}
```

结果:

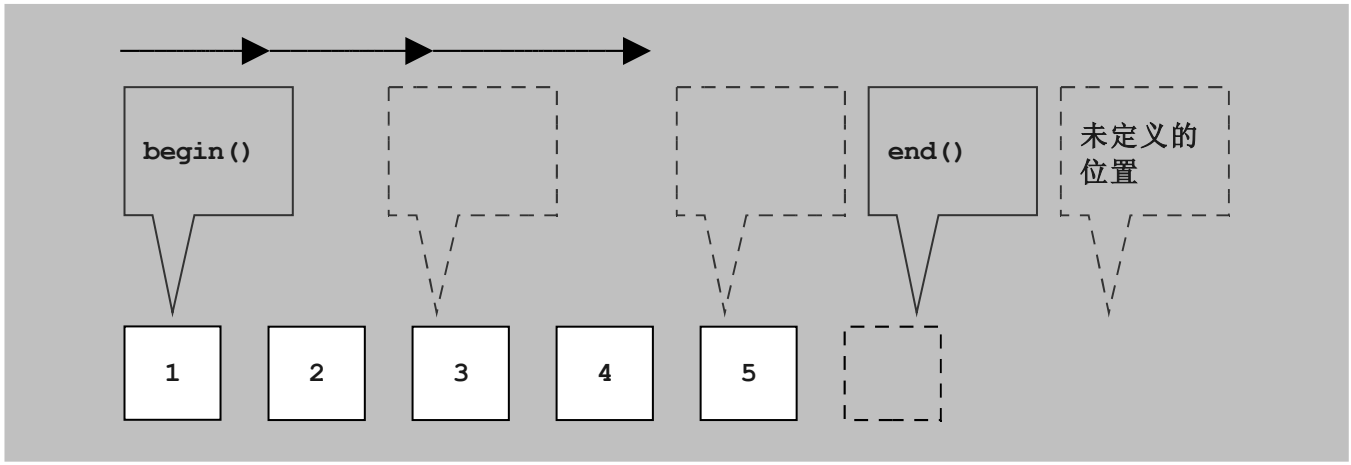
```
number/distance: 13, 13
-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
-3, -1, 1, 3, 5, 7,
```

这个例子不能应用除 vector_t 和 deque_t 以外的容器类型,因为其他的容器类型提供的迭代器不支持这个例子中的迭代器操作函数.

这个例子中有一段代码:

```
t_last = vector_end(&t_v);
iterator_prev(&t_last);
```

这是保证迭代器访问数据不越界.



迭代器在向前移动或者向后移动的过程中会发生越界,迭代器移动操作不检测是否越界(带有断言信息的版本会提示越界错误).所以在移动迭代器时一定要注意,不要越界.

第二节 迭代器的辅助操作

除了上面的基本的迭代器操作函数外 libcstl 还提供两个迭代器的辅助操作函数,**iterator_advance()**和**iterator_distance()**.

1. 使用 iterator_advance()移动迭代器

这个辅助函数可以使任何迭代器一次移动多步(向前或向后),当迭代器为双向或随即迭代器时负数步数表示向后移动,否则向前移动,步数为参数的绝对值.

iterator_advance()	一次移动迭代器 n 步.

下面是使用 iterator_advance()的一个例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_i;

    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <=9; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }

    t_i = list_begin(&t_l);
    printf("%d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));

    iterator_advance(&t_i, 3);
    printf("%d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));

    iterator_advance(&t_i, -1);
    printf("%d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_i));

    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}
```

结果:

```
1
4
3
```

2. 使用 iterator_distance()计算迭代器之间的距离

这个辅助函数是用来计算任意类型的迭代器之间的距离的,两个迭代器必须数以同一容器.

iterator_distance()	计算迭代器之间的距离.

下面是使用 iterator_distance()的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    iterator_t t_i;
    int i = 0;

    list_init(&t_l);
    for(i = -3; i <= 9; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }

    t_i = algo_find(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 5);
    printf("distance between beginning and 5: %d\n",
        iterator_distance(list_begin(&t_l), t_i));

    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}
```

结果:

```
distance between beginning and 5: 8
```

第六章 libcstl 函数

第一节 函数的作用

libcstl 提供了大量的函数,这些函数主要用来为算法提供扩展功能.算法中每一个算法都有一个后缀为 if 的版本,这个版本接受函数作为操作的规则.

1. 作为谓词

函数中很大一部分是作为谓词使用的.例如作为排序的二元谓词:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    size_t t_limit = 1000;
    size_t t_output = 0;
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        fun_random_number(&t_limit, &t_output);
        vector_push_back(&t_v, t_output);
    }
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_sort(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
```

```
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_sort_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), fun_great_int);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

首先在容器中插入了 10 个随即数. 然后使用 algo_sort()排序, 这个排序算法使用默认的小于规则. 接下来将已经排序的数据大乱, 在使用 algo_sort_if()排序, 这个排序接受一个用户定义排序规则, 例子中使用了 libcstl 预定义的二元函数 fun_great_int. 则个二元函数的输出是 bool_t 类型所以它就是二元谓词. 输出结果:

```
275 388 439 495 412 236 484 548 331 75
75 236 275 331 388 412 439 484 495 548
548 275 75 495 439 331 388 236 412 484
548 495 484 439 412 388 331 275 236 75
```

下面是一个使用一元谓词的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v1 = create_vector(int);
    vector_t t_v2 = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v1);
    vector_init(&t_v2);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v1, i);
        vector_push_back(&t_v2, i);
```

```
    }
    printf("before remove:\n");
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");

    algo_remove(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), 3);
    algo_remove_if(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _mod3);
    printf("after remove:\n");
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v1);
    vector_destroy(&t_v2);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input % 3 == 0)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

在algo_remove_if()中_mod3就是用户定义的一元谓词.结果如下:

```
before remove:
vector1: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
vector2: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

```
after remove:
vector1: 1 2 4 5 6 7 8 9 10 10
vector2: 1 2 4 5 7 8 10 8 9 10
```

2. 作为行为规则

这种应用最典型的就是algo_for_each(),它接受一元函数作为用户自定义的行为,对容器中每一个数据执行用户自定义的行为,上面例子的_print就是用户定义的对每一个数据输出的行为.还有一个算法algo_generate()它使用用户定义的函数来产生数据.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _generate(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);

    vector_init_n(&t_v, 10);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_generate(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _generate);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _generate(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    *(int*)pv_output = 100;
}
```

结果:

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
```

第二节 函数的类型

libcstl 函数分为两种,一元函数和二元函数,它们的形式不同,应用在不同的算法中.

1. 一元函数

一元函数具有如下形式

```
void unary_function(const void* cpv_input, void* pv_output);
```

第一参数是输入数据,第二个参数是输出数据.前面的章节已经见过了许多一元函数,它的实现并没有什么特别之处,pv_output 代表函数的输出类型的指针,这个类型可以是 C 的内部类型,也可以是用户自定义的类型等,甚至还可以忽略输出类型(algo_for_each()中使用的一元函数没有输出,所以忽略了输出类型).当输出类型是 bool_t 类型时,一元函数就变成了一元谓词,一元谓词是特殊的一元函数.

2. 二元函数

二元函数具有如下形式

```
void binary_function(
    const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output);
```

前两个参数是输入数据,最后一个参数是输出数据.同一元函数的输出类型相同二元函数的输出也会有很多类型.当输出类型是 bool_t 是就是二元谓词.

第三节 预定义的函数

libcstl 提供了很多预定义的函数,具体分为几大类,每一类中都针对 C 内部类型分别定义了具体的函数.要使用函数必须包含头文件**<cstl/cfunctional.h>**

```
#include <cstl/cfunctional.h>
```

1. 算术运算函数

libcstl 提供了一系列的算术运算函数:

fun_plus_xxxx()	加法操作函数.
fun_minus_xxxx()	减法操作函数.
fun_multiplies_xxxx()	乘法操作函数.
fun_divides_xxxx()	除法操作函数.

fun_modulus_xxxx()	求余操作函数.
fun_negate_xxxx()	求反操作函数.

其中的 xxxx 代表 C 的内部类型,例如针对 int 类型的除法操作函数为 **fun_divides_int()**.

2. 关系运算函数

fun_equal_xxxx()	判断两个数据是否相等.
fun_not_equal_xxxx()	判断两个数据是否不等.
fun_great_xxxx()	判断第一个数据是否大于第二个数据.
fun_great_equal_xxxx()	判断第一个数据是否大于等于第二个数据.
fun_less_xxxx()	判断第一个数据是否小于第二个数据.
fun_less_equal()	判断第一个数据是否小于等于第二个数据.

3. 逻辑运算函数

fun_logical_and_xxxx()	逻辑与操作.
fun_logical_or_xxxx()	逻辑或操作.
fun_logical_not_xxxx()	逻辑非操作.

4. 其他函数

fun_random_number()	产生随机数.
fun_default_unary()	默认的一元函数.
fun_default_binary()	默认的二元函数.

第七章 libcstl 算法

libcstl 提供了大量的算法来满足不同的需求,算法大致分为,非质变算法,质变算法,排序算法,算术算法.这些种类的之间并没有明确的界限,因为如果非质变算法调用了修改数据的用户定义规则函数,那么这个算法就变成了质变的了,所以这只是大概的划分.要使用算法要包含头文件**<cstl/calgorithm.h>**

```
#include <cstl/calgorithm.h>
```

其中算术算法不在这个头文件中,要使用算术算法必须包含头文件**<cstl/cnumeric.h>**

```
#include <cstl/cnumeric.h>
```

第一节 算法的分类

这里所说的分类不是上面说的将算法分为质变,非质变的意思,这里的分类是指同一个算法在为了满足不同的需求会有多种不同的形式,这种形式是通过后缀表现出来的.

一个算法通常会有基本形式,后缀为_if 的形式,后缀为_copy 的形式.但并不是所有的函数都是这样的.

后缀为_if 的形式:

后缀为_if 的形式表示这个算法版本需要用户自定义的规则函数.但并不是灭有_if 后缀的就不能调用用户自定义的规则函数了如 algo_for_each(),algo_generate()等函数没有_if 后缀但是必须调用用户自定义的规则函数.

后缀为_copy 的形式:

后缀为_copy 的形式是将算法的执行结果拷贝到另一个数据区间中.对于输出的数据区间来说这些算法都是质变算法.

第二节 非质变算法

非质变算法就是算法执行后不会修改数据区间中的数据.但是这不是绝对的.

algo_for_each()	对数据区间内的所有数据都执行一次指定的操作.
algo_find()	在指定的数据区间查找指定的数据.
algo_find_if()	使用特定的规则在指定的数据区间查找指定的数据.
algo_adjacent_find()	找到第一组满足相邻两个数据相等的数据.
algo_adjacent_find_if()	找到第一组满足指定条件的相邻的数据.
algo_find_first_of()	找到第二个数据区间中任意数据在第一个区间中出现的位置.
algo_find_first_of_if()	使用指定规则找到第二个区间中任意数据在第一个区间中出现的位置.
algo_count()	统计指定数据在数据区间中的数量.
algo_count_if()	统计满足指定规则的数据在数据区间中的数量.
algo_mismatch()	找到两个区间中数据不相同的第一个位置.
algo_mismatch_if()	找到两个区间中数据不满足规则的第一个位置.
algo_equal()	判断两个区间的数据是否相等.
algo_equal_if()	判断两个区间的数据是否满足特定规则.
algo_search()	查找第一个与第二个区间匹配的位置.
algo_search_if()	查找第一个与第二个区间满足特定规则的位置.
algo_search_n()	查找连续 n 个指定数据.
algo_search_n_if()	查找连续 n 个满足特定规则的数据.
algo_search_end()	查找最后一个与第二个区间匹配的位置.
algo_search_end_if()	查找最后一个与第二个区间满足特定规则的位置.
algo_find_end()	同 **algo_search_end()**
algo_find_end_if()	同 **algo_search_end_if()**

algo_for_each()并不完全属于非质变算法,当用户指定的规则改变了数据,那么 algo_for_each()就变成了质变算法.algo_for_each()使用的是一元函数,但是这个函数不要求返回数据所以不能使用参数 pv_output.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
```

```
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _plus100(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _plus100);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _plus100(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    *(int*)cpv_input += 100;
}
```

结果:

```
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
100 101 102 103 104 105 106 107 108 109
```

当algo_for_each()算法使用_print时,用户定义规则内没有修改数据,所以这时候algo_for_each()算法是非质变算法.当algo_for_each()算法使用_plus100时,用户自定义规则内修改了数据的内容,所以这个时候algo_for_each()算法就是质变算法.

建议： 在使用 **algo_for_each()** 算法时不要使用修改数据的规则，如果要修改数据请使用 **algo_generate()** 算法.

除了 algo_for_each()算法外,非质变算法都是与查找相关的.但是查找分为两类,一类似查找单一数据,另一类时查找一个区间.

1. 查找单一数据

统计指定数据个数: algo_count(), algo_count_if()

带有 if 后缀的版本接收一个一元谓词为特定规则,但是这个谓词不能修改数据内容.关联容器提供了获得指定数据的操作,对于关联容器本身的操作函数更快速.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _is_even(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("number of elements equal to 4:           %u\n",
        algo_count(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 4));
    printf("number of elements with even value:      %u\n",
        algo_count_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _is_even));
    printf("number of elements divided exactly by 3: %u\n",
        algo_count_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _mod3));
```

```
    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _is_even(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input % 2 == 0)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input % 3 == 0)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
number of elements equal to 4:             1
number of elements with even value:       5
number of elements divided exactly by 3: 3
```

查找数据: algo_find(), algo_find_if()

带有 if 后缀的版本接收一个一元谓词为特定规则,但是这个谓词不能修改数据内容.关联容器提供了查找指定数据的操作,对于关联容器本身的操作函数更快速.如果数据区间是有序的使用 algo_equal_range(), algo_lower_bound(), algo_upper_bound(), algo_binary_seach()速度更快.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    iterator_t t_pos1, t_pos2;
    int i = 0;

    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    printf("list: ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    t_pos1 = algo_find(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 4);
    if(!iterator_equal(&t_pos1, list_end(&t_l)))
    {
        iterator_next(&t_pos1);
        t_pos2 = algo_find(t_pos1, list_end(&t_l), 4);
    }

    if(!iterator_equal(&t_pos1, list_end(&t_l)) &&
       !iterator_equal(&t_pos2, list_end(&t_l)))
    {
        iterator_prev(&t_pos1);
        iterator_next(&t_pos2);
        algo_for_each(t_pos1, t_pos2, _print);
        printf("\n");
    }

    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
```

```
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
list: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
4 5 6 7 8 9 10 1 2 3 4
```

下面是使用algo_find_if()的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _greater3(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_find_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _greater3);
    printf("the %d. element is the first greater then 3.\n",
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);
    t_pos = algo_find_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _mod3);
    printf("the %d. element is the first divisible by 3.\n",
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
```

```
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _greater3(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input > 3)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input % 3 == 0)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
the 4. element is the first greater then 3.
the 3. element is the first divisible by 3.
```

找到第一组满足指定条件的相邻的数据: algo_adjacent_find(),algo_adjacent_find_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _doubled(const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    iterator_t t_pos;
```

```
    vector_init(&t_v);
    vector_push_back(&t_v, 1);
    vector_push_back(&t_v, 3);
    vector_push_back(&t_v, 2);
    vector_push_back(&t_v, 4);
    vector_push_back(&t_v, 5);
    vector_push_back(&t_v, 5);
    vector_push_back(&t_v, 0);
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_adjacent_find(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    if(!iterator_equal(&t_pos, vector_end(&t_v)))
    {
        printf("first two elements with equal value have position %d\n",
            iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);
    }

    t_pos = algo_adjacent_find_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _doubled);
    if(!iterator_equal(&t_pos, vector_end(&t_v)))
    {
        printf("first two elements with second value twice the first have pos. %d\n",
            iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);
    }

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _doubled(const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_first * 2 == *(int*)cpv_second)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
```

```
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector: 1 3 2 4 5 5 0
first two elements with equal value have position 5
first two elements with second value twice the first have pos. 3
```

使用指定规则找到第二个区间中任意数据在第一个区间中出现的位置:
algo_find_first_of(),algo_find_first_of_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v);
    list_init(&t_l);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 3; i < 6; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("search: ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_find_first_of(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
```

```
    printf("first element of search in vector is element %d\n",
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);

    algo_reverse(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("search: ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");
    t_pos = algo_find_first_of(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    printf("first element of search in vector is element %d\n",
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
search: 3 4 5
first element of search in vector is element 4
vector: 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
search: 3 4 5
first element of search in vector is element 5
```

2. 数据区间匹配

比较数据区间: algo_equal(),algo_equal_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _both_even_or_odd(
    const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 3; i <= 9; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("list:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    if(algo_equal(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l)))
    {
        printf("vector == list\n");
    }
    else
    {
        printf("vector != list\n");
    }
    if(algo_equal_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), _both_even_or_odd))
    {
        printf("even and odd elements correspond.\n");
    }
    else
    {
        printf("even and odd elements is not correspond.\n");
    }
```

```
    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _both_even_or_odd(
   const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_first % 2 == *(int*)cpv_second % 2)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6 7
list:   3 4 5 6 7 8 9
vector != list
even and odd elements correspond.
```

查找数据区间的不同: algo_mismatch(),algo_mismatch_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.这两个算法函数返回 pair_t 类型,使用之后要销毁.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/cutility.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
```

```
pair_t t_p;
int i = 0;

vector_init(&t_v);
list_init(&t_l);
for(i = 1; i <= 6; ++i)
{
    vector_push_back(&t_v, i);
}
for(i = 1; i <= 16; i *= 2)
{
    list_push_back(&t_l, i);
}
list_push_back(&t_l, 3);
printf("vector: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
printf("\n");
printf("list:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
printf("\n");

t_p = algo_mismatch(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l));
if(iterator_equal(t_p.first, vector_end(&t_v)))
{
    printf("no mismatch!\n");
}
else
{
    printf("first mismatch: %d and %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(t_p.first),
        *(int*)iterator_get_pointer(t_p.second));
}
pair_destroy(&t_p);

t_p = algo_mismatch_if(
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
   list_begin(&t_l), fun_less_equal_int);
if(iterator_equal(t_p.first, vector_end(&t_v)))
{
    printf("always less-or-equal\n");
}
else
{
    printf("not less-or-equal: %d and %d\n",
```

```
            *(int*)iterator_get_pointer(t_p.first),
            *(int*)iterator_get_pointer(t_p.second));
    }
    pair_destroy(&t_p);

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6
list:   1 2 4 8 16 3
first mismatch: 3 and 4
not less-or-equal: 6 and 3
```

查找子数据区间: algo_search(),algo_search_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    deque_init(&t_dq);
    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
```

```
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 3; i <= 6; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    printf("deque: ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");
    printf("sub:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_search(
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    while(!iterator_equal(&t_pos, deque_end(&t_dq)))
    {
        printf("sub find with element %d\n",
            iterator_distance(deque_begin(&t_dq), t_pos) + 1);
        iterator_next(&t_pos);
        t_pos = algo_search(
            t_pos, deque_end(&t_dq), list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    }

    deque_destroy(&t_dq);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
deque: 1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 4 5 6 7
sub:   3 4 5 6
sub find with element 3
sub find with element 10
```

下面是一个使用algo_search_if()的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
```

```
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _check_even(
    const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    deque_t t_dq = create_deque(bool_t);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v);
    deque_init(&t_dq);
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    deque_push_back(&t_dq, true);
    deque_push_back(&t_dq, false);
    deque_push_back(&t_dq, true);
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_search_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq),
        _check_even);
    while(!iterator_equal(&t_pos, vector_end(&t_v)))
    {
        printf("subrange found starting with element %d\n",
            iterator_distance(vector_begin(&t_v), t_pos) + 1);

        iterator_next(&t_pos);
        t_pos = algo_search_if(
            t_pos, vector_end(&t_v),
            deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq),
            _check_even);
    }

    vector_destroy(&t_v);
```

```
    deque_destroy(&t_dq);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _check_even(
   const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output)
{
    if(*(bool_t*)cpv_second)
    {
        if(*(int*)cpv_first %2 == 0)
        {
            *(bool_t*)pv_output = true;
        }
        else
        {
            *(bool_t*)pv_output = false;
        }
    }
    else
    {
        if(*(int*)cpv_first % 2 == 1)
        {
            *(bool_t*)pv_output = true;
        }
        else
        {
            *(bool_t*)pv_output = false;
        }
    }
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
subrange found starting with element 2
subrange found starting with element 4
subrange found starting with element 6
```

查找连续 n 个满足特定规则的数据: algo_search_n(),algo_search_n_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
```

```
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    deque_init(&t_dq);
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    printf("deque: ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_search_n(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), 4, 3);
    if(iterator_equal(&t_pos, deque_end(&t_dq)))
    {
        printf("no four consecutive elements with value 3 found\n");
    }
    else
    {
        printf("four consective elements with value 3 start with %d. element\n",
            iterator_distance(deque_begin(&t_dq), t_pos) + 1);
    }
    t_pos = algo_search_n_if(
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), 4, 3, fun_great_int);
    if(iterator_equal(&t_pos, deque_end(&t_dq)))
    {
        printf("no four consecutive elements with value > 3 found\n");
    }
    else
    {
        printf("four consective elements with value > 3 start with %d. element\n",
            iterator_distance(deque_begin(&t_dq), t_pos) + 1);
    }
    deque_destroy(&t_dq);

    return 0;
}
```

```
static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
deque: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
no four consecutive elements with value 3 found
four consective elements with value > 3 start with 4. element
```

查找最后一个与第二个区间满足特定规则的位置:

algo_search_end(),algo_search_end_if(),algo_find_end(),algo_find_end_if()

带有 if 后缀的版本接收一个二元谓词为特定规则,但是这个谓词用来指定前后两个数据的关系但是不能修改数据内容.这个算法与 algo_search()功能相似,只是它查找的是最后一个子区间. algo_find_end()和 algo_find_end_if()分别与 algo_search_end()和 algo_search_end_if()功能相同,只不过是模仿 SGI STL 相应的算法名称,其实更确切的命名应该是 algo_search_end()和 algo_search_end_if()这两个名字.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos, t_end;

    deque_init(&t_dq);
    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 3; i <= 6; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
```

```
    printf("deque: ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");
    printf("sub:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");
    t_pos = algo_search_end(
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    t_end = deque_end(&t_dq);
    while(!iterator_equal(&t_pos, t_end))
    {
        printf("sub found starting with element %d\n",
            iterator_distance(deque_begin(&t_dq), t_pos) + 1);
        t_end = t_pos;
        t_pos = algo_find_end(
            deque_begin(&t_dq), t_end, list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    }
    deque_destroy(&t_dq);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
deque: 1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 4 5 6 7
sub:   3 4 5 6
sub found starting with element 10
sub found starting with element 3
```

第三节 质变算法

质变算法就是算法执行后修改数据区间中的数据. 修改数据的方式有两种:

当迭代器通过数据时修改.

将算法执行的结果拷贝到其他数据区间中.

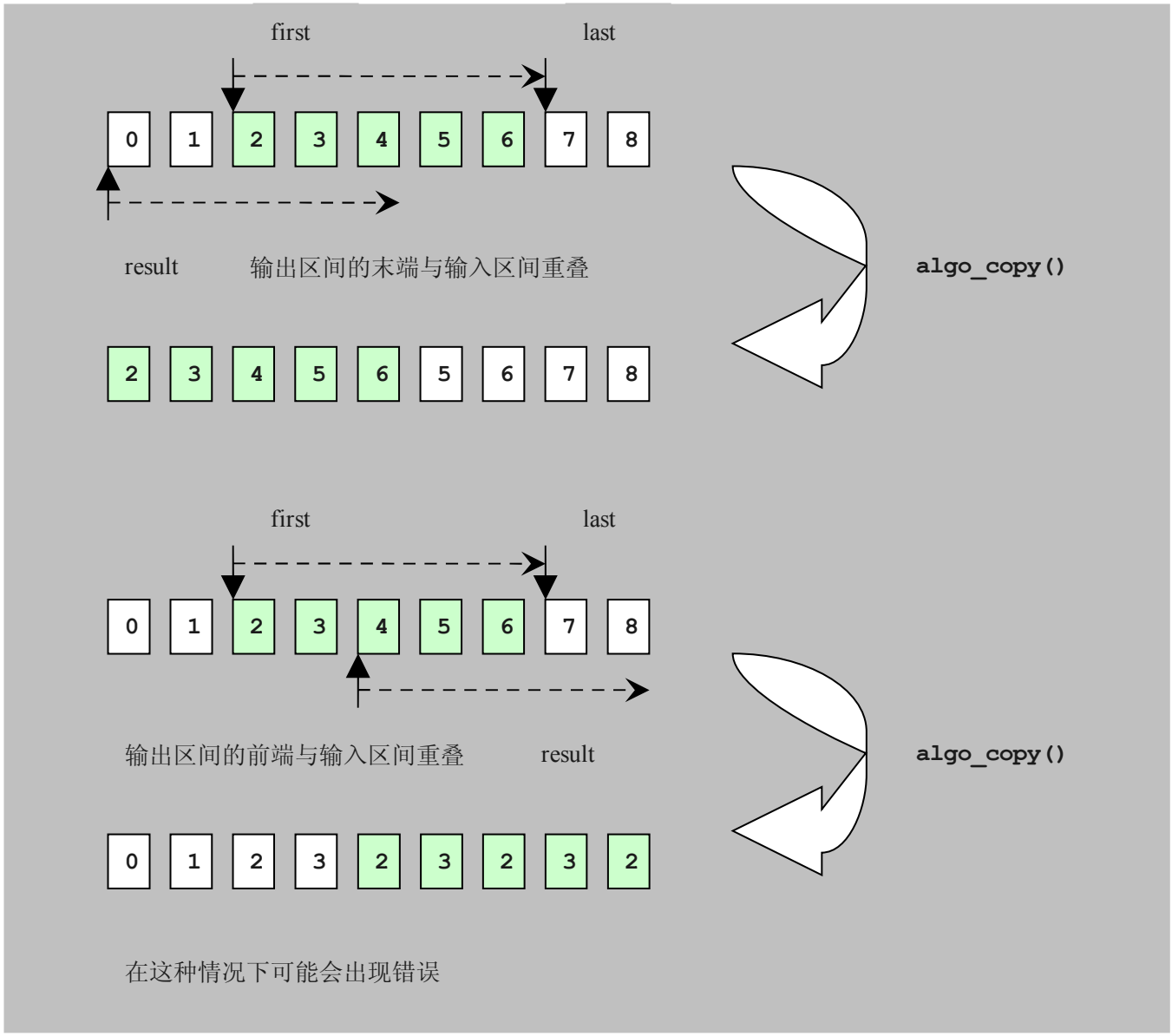
带有_copy 后缀的算法函数都是属于后者, 有些算法两个版本都提供.

在使用质变算法时, 一定不要使用管理容器作为目的数据区间, 如果使用就会修改容器中的数据, 破坏了关联容器的自动排序的性质, 这样有关该管理容器的后续操作都会出现错误或为定义的结果.

algo_copy()	拷贝数据.
algo_copy_n()	拷贝 n 个数据.
algo_copy_backward()	从后往前拷贝数据.
algo_swap()	交换两个迭代器所指的数据.
algo_iter_swap()	交换两个迭代器所指的数据.
algo_swap_ranges()	交换两个数据区间中的数据.
algo_transform()	将数据从第一个数据区间通过特定的规则转换到第二个区间.
algo_transform_binary()	将数据从第一个数据区间通过特定的二元规则转换到第二个区间.
algo_replace()	使用新数据替换数据区间内所有指定的旧数据.
algo_replace_if()	使用新数据替换数据区间内所有符合条件的旧数据.
algo_replace_copy()	将数据区间中的数据拷贝到新的数据区间, 拷贝过程中使用新数据替换指定的旧数据.
algo_replace_copy_if()	将数据区间中的数据拷贝到新的数据区间, 拷贝过程中使用新数据替换所有符合条件的旧数据.
algo_fill()	向数据区间中填充新数据.
algo_fill_n()	向数据区间中填充 n 个新数据.
algo_generate()	使用一元函数产生的结果填充数据区间.
algo_generate_n()	使用一元函数产生的结果向数据区间中填充 n 个值.
algo_remove()	移除指定数据.
algo_remove_if()	移除符合条件的数据.
algo_remove_copy()	移除指定数据并将结果拷贝到另一区间中.
algo_remove_copy_if()	移除符合条件的数据并将结果拷贝到另一个区间中.
algo_unique()	移除相邻的重复数据.
algo_unique_if()	移除相邻的符合条件的数据.
algo_unique_copy()	移除相邻的重复数据并将结果拷贝到另一个区间中.
algo_unique_copy_if()	移除相邻的符合条件的数据并将结果拷贝到另一个区间中.
algo_reverse()	将数据区间中的数据逆序.
algo_reverse_copy()	将数据区间中的数据逆序并拷贝到另一区间中.
algo_rotate()	将数据区间中的两部分数据互换.
algo_rotate_copy()	将数据区间中的两部分数据互换并将结果拷贝到另一个区间中
algo_random_shuffle()	将数据区间中的数据随机重排.
algo_random_shuffle_if()	使用特殊的随机函数将数据区间中的数据随机重排.
algo_random_sample()	随机的将第一个区间中的数据拷贝到第二个区间.
algo_random_sample_if()	使用特殊的随机函数将第一个区间中的数据拷贝到第二个区间中.
algo_random_sample_n()	随机的将第一个区间中的 n 个数据拷贝到第二个区间.
algo_random_sample_n_if()	使用特殊的随机函数将第一个区间中的 n 个数据拷贝到第二个区间.
algo_partition()	将符合条件的数据放到数据区间的前部, 不符合条件的放到后部.
algo_stable_partition()	顺序稳定的 **algo_partition()**.

1. 拷贝数据

拷贝数据有三个算法 **algo_copy(),algo_copy_n(),algo_copy_backward()** 前两个算法的不同点在于第一个算法采用区间来规定拷贝数据的个数,第二个直接给出了拷贝数据的个数,它们两个都是从前往后拷贝数据.第三个算法是从后往前拷贝数据.如果两个区间没有重叠那么这两种拷贝方式都是没有任何问题的,但是如果区间有重叠那么不同的方式在重叠不一样的时候结果会出现不同.



上面的图显示了当区间重叠时使用 **algo_copy()** 可能会出现的来中结果,第一种情况是不会出现任何问题的,第二种情况就会出现拷贝错误.为什么说可能呢,因为如果数据区间是连续的内存(如 vector_t,string_t)就不会出现这样的情况,算法内部对连续的内存拷贝使用了 memmove()函数而不是逐一拷贝所以不会出现这种情况,但是其他容器就会出现这样的错误了.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
```

```
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v1 = create_vector(int);
    vector_t t_v2 = create_vector(int);
    list_t t_l1 = create_list(int);
    list_t t_l2 = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_first, t_last, t_result;

    vector_init(&t_v1);
    vector_init(&t_v2);
    list_init(&t_l1);
    list_init(&t_l2);
    for(i = 0; i < 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v1, i);
        vector_push_back(&t_v2, i);
        list_push_back(&t_l1, i);
        list_push_back(&t_l2, i);
    }
    printf("before copy:\n");
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("list1:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l1), list_end(&t_l1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");
    printf("list2:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l2), list_end(&t_l2), _print);
    printf("\n");

    /* case 1 */
    t_first = vector_begin(&t_v1);
    iterator_advance(&t_first, 2);
    t_last = t_first;
    iterator_advance(&t_last, 5);
    t_result = vector_begin(&t_v1);
```

```
algo_copy(t_first, t_last, t_result);

t_first = list_begin(&t_l1);
iterator_advance(&t_first, 2);
t_last = t_first;
iterator_advance(&t_last, 5);
t_result = list_begin(&t_l1);
algo_copy(t_first, t_last, t_result);

/* case 2 */
t_first = vector_begin(&t_v2);
iterator_advance(&t_first, 2);
t_last = t_first;
iterator_advance(&t_last, 5);
t_result = vector_begin(&t_v2);
iterator_advance(&t_result, 4);
algo_copy(t_first, t_last, t_result);

t_first = list_begin(&t_l2);
iterator_advance(&t_first, 2);
t_last = t_first;
iterator_advance(&t_last, 5);
t_result = list_begin(&t_l2);
iterator_advance(&t_result, 4);
algo_copy(t_first, t_last, t_result);

printf("after copy:\n");
printf("vector1: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
printf("\n");
printf("list1:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l1), list_end(&t_l1), _print);
printf("\n");
printf("vector2: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
printf("\n");
printf("list2:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l2), list_end(&t_l2), _print);
printf("\n");

vector_destroy(&t_v1);
list_destroy(&t_l1);
vector_destroy(&t_v2);
list_destroy(&t_l2);
```

```
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
before copy:
vector1: 0 1 2 3 4 5 6 7 8
list1:   0 1 2 3 4 5 6 7 8
vector2: 0 1 2 3 4 5 6 7 8
list2:   0 1 2 3 4 5 6 7 8
after copy:
vector1: 2 3 4 5 6 5 6 7 8
list1:   2 3 4 5 6 5 6 7 8
vector2: 0 1 2 3 2 3 4 5 6
list2:   0 1 2 3 2 3 2 3 2
```

从结果种可以看出,vector1 和 list1 它们的输出区间的末端与输入区间重叠(图中的第一种情况),拷贝后结果正确.vector2 和 list2 它们的输出区间的前端与输入区间重叠(图中的第二种情况),拷贝后 vector2 的结果正确,list2 的结果不正确,这是因为 vector2 是连续的内存结果拷贝使用了 memmove()函数而 list2 不是连续的内存结构是按照逐个拷贝的结果.如果使用 **algo_copy_backward()**就不同了.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v1 = create_vector(int);
    vector_t t_v2 = create_vector(int);
    list_t t_l1 = create_list(int);
    list_t t_l2 = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_first, t_last, t_result;

    vector_init(&t_v1);
    vector_init(&t_v2);
    list_init(&t_l1);
    list_init(&t_l2);
    for(i = 0; i < 9; ++i)
```

```
{
    vector_push_back(&t_v1, i);
    vector_push_back(&t_v2, i);
    list_push_back(&t_l1, i);
    list_push_back(&t_l2, i);
}
printf("before copy:\n");
printf("vector1: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
printf("\n");
printf("list1:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l1), list_end(&t_l1), _print);
printf("\n");
printf("vector2: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
printf("\n");
printf("list2:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l2), list_end(&t_l2), _print);
printf("\n");

/* case 1 */
t_first = vector_begin(&t_v1);
iterator_advance(&t_first, 2);
t_last = t_first;
iterator_advance(&t_last, 5);
t_result = vector_begin(&t_v1);
iterator_advance(&t_result, 5);
algo_copy_backward(t_first, t_last, t_result);

t_first = list_begin(&t_l1);
iterator_advance(&t_first, 2);
t_last = t_first;
iterator_advance(&t_last, 5);
t_result = list_begin(&t_l1);
iterator_advance(&t_result, 5);
algo_copy_backward(t_first, t_last, t_result);

/* case 2 */
t_first = vector_begin(&t_v2);
iterator_advance(&t_first, 2);
t_last = t_first;
iterator_advance(&t_last, 5);
t_result = vector_end(&t_v2);
algo_copy_backward(t_first, t_last, t_result);
```

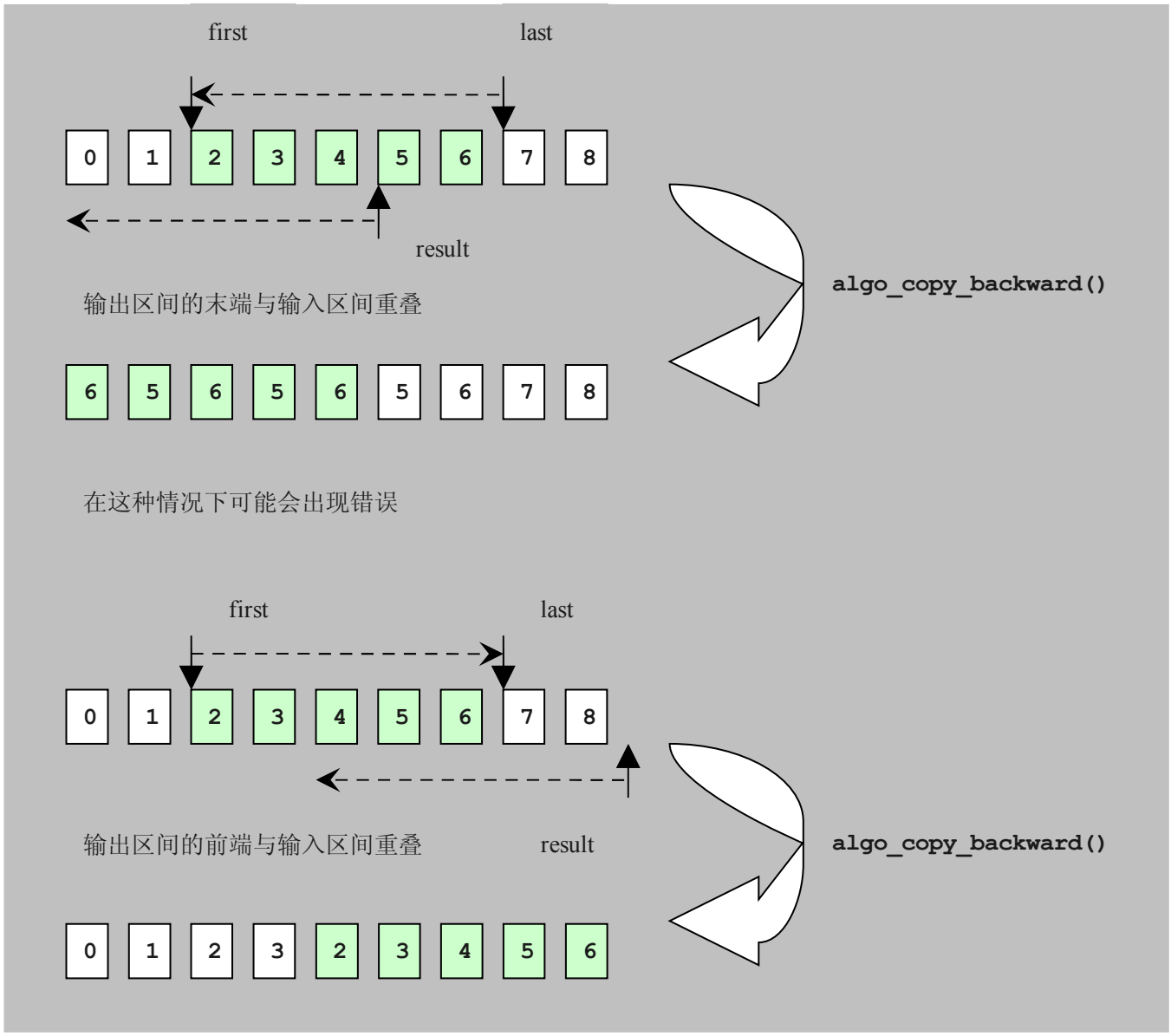
```
    t_first = list_begin(&t_l2);
    iterator_advance(&t_first, 2);
    t_last = t_first;
    iterator_advance(&t_last, 5);
    t_result = list_end(&t_l2);
    algo_copy_backward(t_first, t_last, t_result);

    printf("after copy:\n");
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("list1:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l1), list_end(&t_l1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");
    printf("list2:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l2), list_end(&t_l2), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v1);
    list_destroy(&t_l1);
    vector_destroy(&t_v2);
    list_destroy(&t_l2);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
before copy:
vector1: 0 1 2 3 4 5 6 7 8
list1:   0 1 2 3 4 5 6 7 8
vector2: 0 1 2 3 4 5 6 7 8
list2:   0 1 2 3 4 5 6 7 8
after copy:
vector1: 2 3 4 5 6 5 6 7 8
list1:   6 5 6 5 6 5 6 7 8
vector2: 0 1 2 3 2 3 4 5 6
```

list2: 0 1 2 3 2 3 4 5 6

使用**algo_copy_backward()**的具体过程:



algo_copy_backward()最需要注意的是最后一个参数是输出区间的末端, 而不是前端.

2. 交换数据

数据交换有 3 个算法: **algo_swap(),algo_iter_swap(),algo_swap_ranges()**其中前两个交换单独的数据, 最后一个交换两个数据区间的数据.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    deque_init(&t_dq);
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 11; i <= 23; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("deque:  ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n\n");

    algo_swap(vector_begin(&t_v), deque_begin(&t_dq));
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("deque:  ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n\n");

    algo_swap_ranges(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), deque_begin(&t_dq));
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("deque:  ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n\n");

    algo_iter_swap(vector_begin(&t_v), deque_begin(&t_dq));
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
```

```
    printf("\n");
    printf("deque:  ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n\n");

    vector_destroy(&t_v);
    deque_destroy(&t_dq);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
deque:  11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

vector: 11 2 3 4 5 6 7 8 9
deque:  1 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

vector: 1 12 13 14 15 16 17 18 19
deque:  11 2 3 4 5 6 7 8 9 20 21 22 23

vector: 11 12 13 14 15 16 17 18 19
deque:  1 2 3 4 5 6 7 8 9 20 21 22 23
```

3. 数据变换

数据变换有 2 个算法: **algo_transform(),algo_transform_binary()**这两个算法的区别在于变换规则不同, 第一个算法是从一个区间到另一个区间的变换, 使用一元函数作为变换规则. 第二个算法从两个区间变换到第三个区间, 使用二元函数作为变换规则.

下面是一个如何使用 **algo_transform()**的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _multipiles10(const void* cpv_input, void* pv_output);
```

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    list_init_n(&t_l, 10);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector:  ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_transform(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), vector_begin(&t_v), fun_negate_int);
    printf("negated: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_transform(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), _multipiles10);
    printf("list:    ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _multipiles10(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    *(int*)pv_output = *(int*)cpv_input * 10;
}
```

执行结果:

```
vector:  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
negated: -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10
```

```
list:    -10 -20 -30 -40 -50 -60 -70 -80 -90 -100
```

下面是关于**algo_transform_binary()**的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    list_init_n(&t_l, 10);
    deque_init_n(&t_dq, 10);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector:  ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_transform_binary(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        vector_begin(&t_v), vector_begin(&t_v),
        fun_multiplies_int);
    printf("squared: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_transform_binary(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        vector_begin(&t_v), list_begin(&t_l),
        fun_plus_int);
    printf("list:    ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");
```

```
    algo_transform_binary(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l), deque_begin(&t_dq),
        fun_minus_int);
    printf("deque:   ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector:  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
squared: 1 4 9 16 25 36 49 64 81 100
list:    2 8 18 32 50 72 98 128 162 200
deque:   -1 -4 -9 -16 -25 -36 -49 -64 -81 -100
```

4. 数据替换

数据替换有 4 个算法函数:

algo_replace(),algo_replace_if(),algo_replace_copy(),algo_replace_copy_if()

从算法的后缀就可以看出算法之间的区别.

下面是数据替换的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _greater3(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
```

```
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    list_init_n(&t_l, 20);
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 1; i <= 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    printf("        ");
    algo_replace(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 6, 42);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    printf("        ");
    algo_replace_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _mod3, -3);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    printf("list:   ");
    algo_replace_copy_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), _greater3, 0);
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _mod3(const void* cpv_input, void* pv_output)
```

```
{
    if(*(int*)cpv_input % 3 == 0)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
static void _greater3(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input > 3)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
        1 2 3 4 5 42 7 8 9 10 1 2 3 4 5 42 7 8 9 10
        1 2 -3 4 5 -3 7 8 -3 10 1 2 -3 4 5 -3 7 8 -3 10
list:   1 2 -3 0 0 -3 0 0 -3 0 1 2 -3 0 0 -3 0 0 -3 0
```

5. 数据填充

数据填充有 4 个算法: **algo_fill(),algo_fill_n(),algo_generate(),algo_generate_n()**前两个算法使用固定的数据填充数据区间,两个使用数据产生函数来产生数据填充数据区间.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _fibonacci(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    iterator_t t_first, t_last;
```

```
    vector_init_n(&t_v, 20);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_first = t_last = vector_begin(&t_v);
    iterator_advance(&t_last, 5);
    algo_fill(t_first, t_last, 2);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_fill_n(t_last, 3, 5);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    iterator_advance(&t_first, 10);
    iterator_advance(&t_last, 10);
    algo_generate(t_first, t_last, _fibonacci);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_generate_n(t_last, 2, _fibonacci);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _fibonacci(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    static int i = 1;
    static int j = 0;

    *(int*)pv_output = j + i;
    i = j;
    j = *(int*)pv_output;
}
```

结果:

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 2 2 2 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
2 2 2 2 2 5 5 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 2 2 2 2 5 5 5 0 0 1 1 2 3 5 0 0 0 0 0
2 2 2 2 2 5 5 5 0 0 1 1 2 3 5 8 13 0 0 0
```

6. 移除数据

移除数据算法只是将符合条件的数据使用后面的数据覆盖掉,但是并不会真正的删除数据所占的内存,操作后在数据区间的后部留下了垃圾数据.移除数据算法有两种:第一种是移除符合条件的数据,第二种是移除相邻的符合条件的数据.

移除符合条件的数据:

algo_remove(),algo_remove_if(),algo_remove_copy(),algo_remove_copy_if()

这4个函数是移除符合条件的数据算法的不同版本,从它们的后缀就可以看出它们的区别.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _less4(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v);
    list_init_n(&t_l, 20);
    for(i = 2; i <= 6; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 4; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
```

```
    printf("vector:            ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_remove(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 5);
    printf("size not changed:  ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    vector_erase_range(&t_v, t_pos, vector_end(&t_v));
    printf("size changed:      ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    list_erase_range(
        &t_l,
        algo_remove_copy_if(
            vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), _less4),
        list_end(&t_l));
    printf("list(< 4 removed): ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _less4(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input < 4)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector:            2 3 4 5 6 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7
size not changed:  2 3 4 6 4 6 7 8 9 1 2 3 4 6 7 5 6 7
size changed:      2 3 4 6 4 6 7 8 9 1 2 3 4 6 7
list(< 4 removed): 4 6 4 6 7 8 9 4 6 7
```

移除相邻的符合条件的数据:

algo_unique(),algo_unique_if(),algo_unique_copy(),algo_unique_copy_if()

这4个算法是移除相邻满足条件的数据,不相邻的不会受到影响.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v1 = create_vector(int);
    vector_t t_v2 = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v1);
    vector_push_back(&t_v1, 1);
    vector_push_back(&t_v1, 4);
    vector_push_back(&t_v1, 4);
    vector_push_back(&t_v1, 6);
    vector_push_back(&t_v1, 1);
    vector_push_back(&t_v1, 2);
    vector_push_back(&t_v1, 2);
    vector_push_back(&t_v1, 3);
    vector_push_back(&t_v1, 1);
    vector_push_back(&t_v1, 6);
    vector_push_back(&t_v1, 6);
    vector_push_back(&t_v1, 6);
    vector_push_back(&t_v1, 5);
    vector_push_back(&t_v1, 7);
    vector_push_back(&t_v1, 5);
    vector_push_back(&t_v1, 4);
    vector_push_back(&t_v1, 4);
    vector_init_copy(&t_v2, &t_v1);
    list_init_n(&t_l, vector_size(&t_v1));

    printf("vector:           ");
```

```
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    t_pos = algo_unique(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1));
    printf("size not changed: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    vector_erase_range(&t_v1, t_pos, vector_end(&t_v1));
    printf("size changed:     ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");

    list_erase_range(
        &t_l,
        algo_unique_copy_if(
            vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2),
          list_begin(&t_l), fun_great_int),
        list_end(&t_l));
    printf("list:             ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v1);
    vector_destroy(&t_v2);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector:           1 4 4 6 1 2 2 3 1 6 6 6 5 7 5 4 4
size not changed: 1 4 6 1 2 3 1 6 5 7 5 4 5 7 5 4 4
size changed:     1 4 6 1 2 3 1 6 5 7 5 4
list:             1 4 4 6 6 6 6 7
```

7. 逆序

逆序算法是将数据区间内的数据逆序: **algo_reverse(),algo_reverse_copy()**

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_first, t_last;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    list_init_n(&t_l, vector_size(&t_v));

    printf("vector:           ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_reverse(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("reverse:          ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    t_first = vector_begin(&t_v);
    t_last = vector_end(&t_v);
    iterator_next(&t_first), iterator_prev(&t_last);
    algo_reverse(t_first, t_last);
    printf("reverse subrange: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_reverse_copy(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l));
    printf("list:             ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
```

```
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector:           1 2 3 4 5 6 7 8 9
reverse:          9 8 7 6 5 4 3 2 1
reverse subrange: 9 2 3 4 5 6 7 8 1
list:             1 8 7 6 5 4 3 2 9
```

8. 旋转数据

旋转数据是在同一个数据区间中将两部分数据互相掉换,它与algo_swap_ranges()不同,algo_swap_range()相互掉换的数据区间大小相同,并且可以不同属于一个区间,旋转数据算法是将一个数据区间的两部分互相掉换,并且两部分大小可以不同.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    list_init_n(&t_l, vector_size(&t_v));

    printf("vector:        ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
```

```
    t_pos = vector_begin(&t_v);
    iterator_next(&t_pos);
    algo_rotate(vector_begin(&t_v), t_pos, vector_end(&t_v));
    printf("one left:      ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_pos = vector_end(&t_v);
    iterator_prev_n(&t_pos, 2);
    algo_rotate(vector_begin(&t_v), t_pos, vector_end(&t_v));
    printf("two right:     ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_rotate_copy(
        vector_begin(&t_v),
        algo_find(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 4),
        vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l));
    printf("list(4 first): ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector:        0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
one left:      1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
two right:     9 0 1 2 3 4 5 6 7 8
list(4 first): 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3
```

9. 随机重排

随机算法包括两种, 第一种是将数据区间中的数据随机重排, 第二种是对数据区间中的数据随机取样.

随机重排: algo_random_shuffle(),algo_random_shuffle_if()

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector:   ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("shuffled: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_sort(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("sorted:   ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("shuffled: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);

    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
```

```
}
```
结果:
```
vector:   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
shuffled: 4 1 6 3 7 9 2 5 0 8
sorted:   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
shuffled: 2 1 9 5 7 0 4 3 8 6
```

随机抽样:

随机采样是将第一个数据区间中的数据随机的取出放在第二个数据区间中.

algo_random_sample(),algo_random_sample_if(),

algo_random_sample_n(),algo_random_sample_n_if()

在第一个区间中的数据在第二个区间中最多只出现一次, 第二个区间中的顺序是任意的, 但不会影响第一个区间中的数据.

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 15; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    deque_init_n(&t_dq, 10);
    algo_random_sample(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq));
    printf("deque:   ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    deque_resize(&t_dq, 20);
```

```
    algo_random_sample(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq));
    printf("deque:   ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    deque_destroy(&t_dq);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
deque:   14 12 10 3 4 5 6 11 8 9
deque:   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 0 0 0 0 0
```

10. 划分

划分算法是将符合条件的数据移动到数据区间的前部,剩余的移动到数据区间的后部.划分分为稳定划分和不稳定的划分: **algo_partition(),algo_stable_partition()**

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _is_even(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v1 = create_vector(int);
    vector_t t_v2 = create_vector(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v1);
    vector_init(&t_v2);
```

```
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v1, i);
        vector_push_back(&t_v2, i);
    }
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_partition(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _is_even);
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("first odd element: %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_pos));

   t_pos = algo_stable_partition(
      vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _is_even);
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");
    printf("first odd element: %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_pos));

    vector_destroy(&t_v1);
    vector_destroy(&t_v2);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _is_even(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    if(*(int*)cpv_input % 2 == 0)
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
```

```
}
```
结果:
```
vector1: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
vector2: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
vector1: 8 2 6 4 5 3 7 1 9
first odd element: 5
vector2: 2 4 6 8 1 3 5 7 9
first odd element: 1
```

第四节 排序算法

排序算法是将数据区间排序或者是基于有序的数据区间的操作.

algo_sort()	排序.
algo_sort_if()	使用特定的规则排序.
algo_stable_sort()	稳定排序.
algo_stable_sort_if()	使用特定规则的稳定排序.
algo_partial_sort()	局部排序.
algo_partial_sort_if()	使用特定规则局部排序.
algo_partial_sort_copy()	将局部排序的结果拷贝到两一个区间内.
algo_partial_sort_copy_if()	使用特定规则局部排序, 并将结果拷贝到另一个区间内.
algo_is_sorted()	判断数据区间是否已排序.
algo_is_sorted_if()	判断数据区间是否根据特定规则已经排序.
algo_nth_element()	获得排序后的第 n 个数据.
algo_nth_element_if()	获得使用特定规则排序后的第 n 个数据.
algo_lower_bound()	获得第一个不小于指定数据的迭代器.
algo_lower_bound_if()	同上, 但是使用特定规则.
algo_upper_bound()	获得第一个大于指定数据的迭代器.
algo_upper_bound_if()	同上, 但是使用特定规则.
algo_equal_range()	获得包含指定数据的数据区间.
algo_equal_range_if()	同上, 但是使用特定规则.
algo_binary_search()	二叉查找.
algo_binary_search_if()	使用特定规则进行二叉查找.
algo_merge()	合并.
algo_merge_if()	使用特定规则合并.
algo_inplace_merge()	将一个数据区间的两个已排序的部分合并.
algo_inplace_merge_if()	使用特定规则将一个数据区间的两个已排序的部分合并.
algo_includes()	判断第一个数据区间中是否包含第二个区间中的所有数据.
algo_includes_if()	使用特定规则, 判断第一个数据区间中是否包含第二个区间中的所有数据.
algo_set_union()	求并集.
algo_set_union_if()	使用特定规则, 求并集.
algo_set_intersection()	求交集.

algo_set_intersection_if()	使用特定规则,求交集.
algo_set_difference()	求差集.
algo_set_difference_if()	使用特定规则,求差集.
algo_set_symmetric_difference()	求对称差集.
algo_set_symmetric_difference_if()	使用特定规则,求对称差集.
algo_push_heap()	向堆中插入一个数据.
algo_push_heap_if()	使用特定规则向堆中插入一个数据.
algo_pop_heap()	从堆中弹出一个数据.
algo_pop_heap_if()	使用特定规则从堆中弹出一个数据.
algo_make_heap()	将数据区间转变成一个堆.
algo_make_heap_if()	使用特定规则将数据区间转变成一个堆.
algo_sort_heap()	堆排序.
algo_sort_heap_if()	使用特定规则进行堆排序.
algo_is_heap()	判断一个数据区间是否是堆.
algo_is_heap_if()	使用特定规则判断一个数据区间是否是堆.
algo_min()	获得最小数据的迭代器.
algo_min_if()	使用特定规则获得最小数据的迭代器.
algo_max()	获得最大数据的迭代器.
algo_max_if()	使用特定规则获得最大数据的迭代器.
algo_min_element()	获得数据区间中最小数据的迭代器.
algo_min_element_if()	使用特定规则获得数据区间中最小数据的迭代器.
algo_max_element()	获得数据区间中最大数据的迭代器.
algo_max_element_if()	使用特定规则获得数据区间中最大数据的迭代器.
algo_lexicographical_compare()	按字典顺序比较.
algo_lexicographical_compare_if()	使用特定规则按字典顺序比较.
algo_lexicographical_compare_3way()	按字典顺序比较,返回 3 种结果.
algo_lexicographical_compare_3way_if()	使用特定规则按字典顺序比较,返回 3 种结果.
algo_next_permutation()	将数据区间中的数据转变到下一个排序组合.
algo_next_permutation_if()	使用特定规则将数据区间中的数据转变到下一个排列组合.
algo_prev_permutation()	将数据区间中的数据转变到上一个排序组合.
algo_prev_permutation_if()	使用特定规则将数据区间中的数据转变到上一个排列组合.

1. 排序

排序算法非常重要,所以 libcstl 提供多种排序算法:

基本排序: algo_sort(),algo_sort_if().

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
```

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("vector:   ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_sort(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("sorted:   ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_sort_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), fun_great_int);
    printf("sorted >: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector:   9 8 7 6 9 5 6 2 1 5 3 4 2 7 8 1 3 4
sorted:   1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9
sorted >: 9 9 8 8 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1
```

稳定排序: algo_stable_sort(),algo_stable_sort_if().

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
struct abc_t
{
    int n_value;
    long l_value;
    double d_key;
};

static void _print_abc(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _abcgreat(
   const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(struct abc_t);
    deque_t t_dq = create_deque(struct abc_t);
    struct abc_t t_abc;

    vector_init(&t_v);
    deque_init(&t_dq);
    t_abc.n_value = 70;
    t_abc.l_value = 934000;
    t_abc.d_key = 0.24;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = 100;
    t_abc.l_value = 3000;
    t_abc.d_key = 2.09;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = 2;
    t_abc.l_value = -18;
    t_abc.d_key = 110.00;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = -902;
    t_abc.l_value = 88000;
    t_abc.d_key = -10.007;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = 302;
    t_abc.l_value = 800;
    t_abc.d_key = 0.067;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
```

```
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 2;
t_abc.l_value = 7;
t_abc.d_key = 0.067;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 1;
t_abc.l_value = 89;
t_abc.d_key = 1618.9;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = -10000;
t_abc.l_value = -18;
t_abc.d_key = -8.9;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 0;
t_abc.l_value = 0;
t_abc.d_key = 0.0;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 2340;
t_abc.l_value = 890;
t_abc.d_key = 0.009;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 2340;
t_abc.l_value = 890;
t_abc.d_key = 0.067;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 2;
t_abc.l_value = 7;
t_abc.d_key = 0.067;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = 1111;
t_abc.l_value = 11189;
t_abc.d_key = 1618.9;
vector_push_back(&t_v, t_abc);
deque_push_back(&t_dq, t_abc);
t_abc.n_value = -2340;
t_abc.l_value = -890;
t_abc.d_key = 0.009;
```

```
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = 992;
    t_abc.l_value = 918;
    t_abc.d_key = 110.00;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = 40;
    t_abc.l_value = 90;
    t_abc.d_key = 0.009;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);
    t_abc.n_value = 2;
    t_abc.l_value = 8;
    t_abc.d_key = 110.00;
    vector_push_back(&t_v, t_abc);
    deque_push_back(&t_dq, t_abc);

    printf("vector:\n");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print_abc);
    printf("\n");
    printf("deque:\n");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print_abc);
    printf("\n");

    algo_sort_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _abcgreat);
    printf("sorted vector:\n");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print_abc);
    printf("\n");

    algo_stable_sort_if(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _abcgreat);
    printf("stable sorted deque:\n");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print_abc);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    deque_destroy(&t_dq);
    return 0;
}

static void _abcgreat(const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output)
{
    if(((struct abc_t*)cpv_first)->d_key > ((struct abc_t*)cpv_second)->d_key)
    {
```

```
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
static void _print_abc(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    pv_output = NULL;
    printf("(%d, %ld, %f)\n",
        ((struct abc_t*)cpv_input)->n_value,
        ((struct abc_t*)cpv_input)->l_value,
        ((struct abc_t*)cpv_input)->d_key);
}
```

结果:

```
vector:
(70, 934000, 0.240000)
(100, 3000, 2.090000)
(2, -18, 110.000000)
(-902, 88000, -10.007000)
(302, 800, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(1, 89, 1618.900000)
(-10000, -18, -8.900000)
(0, 0, 0.000000)
(2340, 890, 0.009000)
(2340, 890, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(1111, 11189, 1618.900000)
(-2340, -890, 0.009000)
(992, 918, 110.000000)
(40, 90, 0.009000)
(2, 8, 110.000000)

deque:
(70, 934000, 0.240000)
(100, 3000, 2.090000)
(2, -18, 110.000000)
(-902, 88000, -10.007000)
(302, 800, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(1, 89, 1618.900000)
(-10000, -18, -8.900000)
```

```
(0, 0, 0.000000)
(2340, 890, 0.009000)
(2340, 890, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(1111, 11189, 1618.900000)
(-2340, -890, 0.009000)
(992, 918, 110.000000)
(40, 90, 0.009000)
(2, 8, 110.000000)

sorted vector:
(1111, 11189, 1618.900000)
(1, 89, 1618.900000)
(992, 918, 110.000000)
(2, 8, 110.000000)
(2, -18, 110.000000)
(100, 3000, 2.090000)
(70, 934000, 0.240000)
(2340, 890, 0.067000)
(302, 800, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(-2340, -890, 0.009000)
(40, 90, 0.009000)
(2340, 890, 0.009000)
(0, 0, 0.000000)
(-10000, -18, -8.900000)
(-902, 88000, -10.007000)

stable sorted deque:
(1, 89, 1618.900000)
(1111, 11189, 1618.900000)
(2, -18, 110.000000)
(992, 918, 110.000000)
(2, 8, 110.000000)
(100, 3000, 2.090000)
(70, 934000, 0.240000)
(302, 800, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(2340, 890, 0.067000)
(2, 7, 0.067000)
(2340, 890, 0.009000)
(-2340, -890, 0.009000)
(40, 90, 0.009000)
```

```
(0, 0, 0.000000)
(-10000, -18, -8.900000)
(-902, 88000, -10.007000)
```

从结果中可以看出使用 algo_sort_if()排序的 vector_t 没有保持键值相同的数据的原有顺序,但是使用 algo_stable_sort_if()排序的 deque_t 排序后保持键值相同的数据的原有顺序.这就是稳定排序和不稳定排序,的不同点.

部分排序: algo_partial_sort(),algo_partial_sort_if(),algo_partial_sort_copy(), algo_partial_sort_copy_if().

前两个算法实现的是一个数据区间的前部排序,后部顺序是未知的.后两个算法是将排序后的数据拷贝到新的数据区间,拷贝的数据个数是由两个区间中个数少的一方决定的.

下面是前两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    deque_init(&t_dq);
    for(i = 3; i <= 7; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 2; i <= 6; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 1; i <= 5; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    t_pos = deque_begin(&t_dq);
    iterator_advance(&t_pos, 5);
    algo_partial_sort(deque_begin(&t_dq), t_pos, deque_end(&t_dq));
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
```

```
    printf("\n");

    algo_partial_sort_if(
       deque_begin(&t_dq), t_pos, deque_end(&t_dq), fun_great_int);
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    algo_partial_sort(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), deque_end(&t_dq));
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    deque_destroy(&t_dq);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
3 4 5 6 7 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5
1 2 2 3 3 7 6 5 5 6 4 4 3 4 5
7 6 6 5 5 1 2 2 3 3 4 4 3 4 5
1 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 6 7
```

下面是后两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    vector_t t_v6 = create_vector(int);  /* initialized with 6 elements */
    vector_t t_v30 = create_vector(int); /* initialized with 30 elements */
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    deque_init(&t_dq);
    vector_init_n(&t_v6, 6);
    vector_init_n(&t_v30, 30);
```

```
    for(i = 3; i <= 7; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 2; i <= 6; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    for(i = 1; i <= 5; ++i)
    {
        deque_push_back(&t_dq, i);
    }
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_partial_sort_copy(
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq),
        vector_begin(&t_v6), vector_end(&t_v6));
    algo_for_each(vector_begin(&t_v6), t_pos, _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_partial_sort_copy_if(
        deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq),
        vector_begin(&t_v30), vector_end(&t_v30),
        fun_great_int);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v30), t_pos, _print);
    printf("\n");

    deque_destroy(&t_dq);
    vector_destroy(&t_v6);
    vector_destroy(&t_v30);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
3 4 5 6 7 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5
1 2 2 3 3 3
7 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 1
```

判断是否排序: algo_is_sorted(),algo_is_sorted_if().

这两个算法是用来判断数据区间是否已经排序了, 后缀为 if 的版本接受一个特殊的规则, 它只能判断数据区间是否通过该规则排序. 下面是这两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 20; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    if(algo_is_sorted(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
    {
        printf("sorted\n");
    }
    else
    {
        printf("not sorted\n");
    }
    if(algo_is_sorted_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), fun_great_int))
    {
        printf("sorted with >\n");
    }
    else
    {
        printf("not sorted with >\n");
    }

    algo_sort(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    if(algo_is_sorted(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
```

```
    {
        printf("sorted\n");
    }
    else
    {
        printf("not sorted\n");
    }
    if(algo_is_sorted_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), fun_great_int))
    {
        printf("sorted with >\n");
    }
    else
    {
        printf("not sorted with >\n");
    }

    algo_sort_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), fun_great_int);
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    if(algo_is_sorted(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
    {
        printf("sorted\n");
    }
    else
    {
        printf("not sorted\n");
    }
    if(algo_is_sorted_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), fun_great_int))
    {
        printf("sorted with >\n");
    }
    else
    {
        printf("not sorted with >\n");
    }

    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
```

```
}
```
结果:
```
vector: 10 16 4 7 15 2 11 13 5 6 14 18 12 1 9 19 17 8 0 3
not sorted
not sorted with >
vector: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
sorted
not sorted with >
vector: 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
not sorted
sorted with >
```

根据数据位置排序: algo_nth_element(),algo_nth_element_if()

这两个算法保证执行后第 n 个位置的数据是整个区间排序后的数据,并且前面的数据都小于该数据但是不保证顺序,后面的数据都大于这个数据但是不保证顺序.下面是两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v1 = create_vector(int);
    vector_t t_v2 = create_vector(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    vector_init(&t_v1);
    vector_init(&t_v2);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v1, i);
        vector_push_back(&t_v2, i);
    }

    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1));
    algo_random_shuffle(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2));

    algo_sort(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1));
    t_pos = vector_begin(&t_v2);
    iterator_advance(&t_pos, 5);
    algo_nth_element(vector_begin(&t_v2), t_pos, vector_end(&t_v2));
```

```
    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");

    algo_sort_if(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), fun_great_int);
    t_pos = vector_begin(&t_v2);
    iterator_advance(&t_pos, 4);
    algo_nth_element_if(
        vector_begin(&t_v2), t_pos, vector_end(&t_v2), fun_great_int);

    printf("vector1: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v1), vector_end(&t_v1), _print);
    printf("\n");
    printf("vector2: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v2), vector_end(&t_v2), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v1);
    vector_destroy(&t_v2);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
vector1: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
vector2: 0 1 4 2 3 5 6 7 9 8
vector1: 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
vector2: 8 9 7 6 5 3 2 4 1 0
```

2. 二分查找

二分查找算法都是基于有序的数据区间,相对于顺序查择它可以获得对数级别的效率.

获得数据在数据区间中的上限或下限:

algo_lower_bound(),algo_lower_bound_if(),

algo_upper_bound(),algo_upper_bound_if().

前两个算法获得数据在区间中的下限迭代器,后两个算法获得容器在区间中的上限迭代器.关联容器已经提供获得

数据上下限的操作函数,如果要在关联容器中查找数据的上下限请使用容器本身的操作函数.下面是这4个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_lower, t_upper;

    list_init(&t_l);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    t_lower = algo_lower_bound(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 5);
    t_upper = algo_upper_bound(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 5);
    printf("5 could get position %d up to %d without break the sorting\n",
        iterator_distance(list_begin(&t_l), t_lower) + 1,
        iterator_distance(list_begin(&t_l), t_upper) + 1);

    list_insert(&t_l, algo_lower_bound(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 3), 3);
    list_insert(&t_l, algo_upper_bound(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 7), 7);
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
0 0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9
5 could get position 11 up to 13 without break the sorting
```

```
0 0 1 1 2 2 3 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 7 8 8 9 9
```

获得数据在数据区间中的上限和下限:algo_equal_range(),algo_equal_range_if().

这两个算法返回由上限和下限组成的pair_t,所以这个函数的返回值不能忽略,并且pair_t 使用后要销毁.下面是算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;
    pair_t t_p;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    t_p = algo_equal_range(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 5);
    printf("5 could get position %d up to %d without break the sorting\n",
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), *(iterator_t*)t_p.first) + 1,
        iterator_distance(vector_begin(&t_v), *(iterator_t*)t_p.second) + 1);

    pair_destroy(&t_p);
    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
0 0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9
5 could get position 11 up to 13 without break the sorting
```

二分查找: algo_binary_search(),algo_binary_search_if()

使用二分查找法判断指定数据是否在数据区间中. 下面是使用这两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;

    list_init(&t_l);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    if(algo_binary_search(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 5))
    {
        printf("5 is present\n");
    }
    else
    {
        printf("5 isn't present\n");
    }
    if(algo_binary_search(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 42))
    {
        printf("42 is present\n");
    }
    else
    {
        printf("42 isn't present\n");
    }

    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
```

```
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
5 is present
42 isn't present
```

3. 合并

合并必须满足合并双方都是有序的, 并且排序规则相同. 合并包括将两个数据区间合并, 将一个数据区间的两个部分和并. 合并算法一个有 4 个:

algo_merge(),algo_merge_if(),algo_inplace_merge(),algo_inplace_merge_if().

前两个算法是用来合并两个不同的数据区间. 后两个算法是合并同一数据区间的两个部分. 下面是前两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/cset.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    set_t t_s = create_set(int);
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    int i = 0;

    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <=6; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    set_init(&t_s);
    for(i = 3; i <=8; ++i)
    {
        set_insert(&t_s, i);
    }
    deque_init_n(&t_dq, list_size(&t_l) + set_size(&t_s));
```

```
    printf("list: ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");
    printf("set:  ");
    algo_for_each(set_begin(&t_s), set_end(&t_s), _print);
    printf("\n");

    algo_merge(
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l),
        set_begin(&t_s), set_end(&t_s),
        deque_begin(&t_dq));
    printf("deque: ");
    algo_for_each(deque_begin(&t_dq), deque_end(&t_dq), _print);
    printf("\n");

    list_destroy(&t_l);
    set_destroy(&t_s);
    deque_destroy(&t_dq);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
list: 1 2 3 4 5 6
set:  3 4 5 6 7 8
deque: 1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 8
```

下面是后两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_pos;

    list_init(&t_l);
```

```
    for(i = 1; i <= 7; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    for(i = 1; i <=8; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    t_pos = algo_find(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), 7);
    iterator_next(&t_pos);
    algo_inplace_merge(list_begin(&t_l), t_pos, list_end(&t_l));
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
1 2 3 4 5 6 7 1 2 3 4 5 6 7 8
1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8
```

4. 与集合有关的算法

libcstl 提供了一些与集合有关的算法, 包括判断子集, 求并集, 求交集, 求差集, 求对称差集.

判断是否为子集: algo_includes(),algo_includes_if()

判断第二个数据区间中的数据是否全部包含于第一个数据区间中, 同时要求两个数据区间内的数据必须是有序的. 下面是使用这两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
```

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    list_init(&t_l);
    for(i = 0; i < 10; ++i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    printf("list:  ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_init(&t_v);
    vector_push_back(&t_v, 3);
    vector_push_back(&t_v, 4);
    vector_push_back(&t_v, 7);
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    if(algo_includes(
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l), vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
    {
        printf("all elements of vector are also in list\n");
    }
    else
    {
        printf("not all elements of vector are also in list\n");
    }

    list_destroy(&t_l);
    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
list:  0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
```

```
vector: 3 4 7
all elements of vector are also in list
```

求并集: algo_set_union(),algo_set_union_if()
求交集: algo_set_intersection(),algo_set_intersection_if()
求差集: algo_set_difference(),algo_set_difference_if()
求对称差集: algo_set_symmetric_difference(),algo_set_symmetric_difference_if()

下面是关于这些算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    list_t t_l = create_list(int);
    vector_t t_v = create_vector(int);
    deque_t t_dq = create_deque(int);
    iterator_t t_pos;

    list_init(&t_l);
    list_push_back(&t_l, 1);
    list_push_back(&t_l, 2);
    list_push_back(&t_l, 2);
    list_push_back(&t_l, 4);
    list_push_back(&t_l, 6);
    list_push_back(&t_l, 7);
    list_push_back(&t_l, 7);
    list_push_back(&t_l, 9);
    vector_init(&t_v);
    vector_push_back(&t_v, 2);
    vector_push_back(&t_v, 2);
    vector_push_back(&t_v, 2);
    vector_push_back(&t_v, 3);
    vector_push_back(&t_v, 6);
    vector_push_back(&t_v, 6);
    vector_push_back(&t_v, 8);
    vector_push_back(&t_v, 9);
    deque_init_n(&t_dq, list_size(&t_l) + vector_size(&t_v));

    printf("list:                  ");
```

```
algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
printf("\n");
printf("vector:                ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
printf("\n");

t_pos = algo_merge(
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l),
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    deque_begin(&t_dq));
printf("merge:                 ");
algo_for_each(deque_begin(&t_dq), t_pos, _print);
printf("\n");

t_pos = algo_set_union(
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l),
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    deque_begin(&t_dq));
printf("union:                 ");
algo_for_each(deque_begin(&t_dq), t_pos, _print);
printf("\n");

t_pos = algo_set_intersection(
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l),
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    deque_begin(&t_dq));
printf("intersection:          ");
algo_for_each(deque_begin(&t_dq), t_pos, _print);
printf("\n");

t_pos = algo_set_difference(
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l),
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    deque_begin(&t_dq));
printf("difference:            ");
algo_for_each(deque_begin(&t_dq), t_pos, _print);
printf("\n");

t_pos = algo_set_symmetric_difference(
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l),
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    deque_begin(&t_dq));
printf("symmetric difference:  ");
algo_for_each(deque_begin(&t_dq), t_pos, _print);
```

```
    printf("\n");

    list_destroy(&t_l);
    vector_destroy(&t_v);
    deque_destroy(&t_dq);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
list:                  1 2 2 4 6 7 7 9
vector:                2 2 2 3 6 6 8 9
merge:                 1 2 2 2 2 2 3 4 6 6 6 7 7 8 9 9
union:                 1 2 2 2 3 4 6 6 7 7 8 9
intersection:          2 2 6 9
difference:            1 4 7 7
symmetric difference:  1 2 3 4 6 7 7 8
```

从结果中可以看出,集合的并集并不是简单的合并,而是去掉了相同的数据.

5. 堆算法

堆的主要用途是用来堆排序,堆可以认为是一个完全二叉树,但是通常是使用序列集合实现的,具体关于堆的概念和结构请参考《算法导论》.堆的特点是堆顶总是优先级(最大或最小或其他优先级)最高的元素,向堆中插入或删除元素都可以在对数时间内完成.

libcstl 中的优先队列也是使用堆算法来实现的.libcstl 提供下面 5 个堆算法:

向堆中插入数据:algo_push_heap(),algo_push_heap_if().

从堆中弹出数据: algo_pop_heap(),algo_pop_heap_if().

将数据区间转换成一个堆: algo_make_heap(),algo_make_heap_if()

堆排序: algo_sort_heap(),algo_sort_heap_if().

判断一个数据区间是不是堆: algo_is_heap(),algo_is_heap_if()

其中向堆中插入数据假设数据区间的最后一个数据是待插入的数据,前面已经是一个堆,从堆中弹出数据将堆顶(数据区间的第一个数据)弹出数据并放在区间的最后位置,然后将数据区间前面的数据再转化成一个堆.堆算法默认使用小于操作.下面是有关堆算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
```

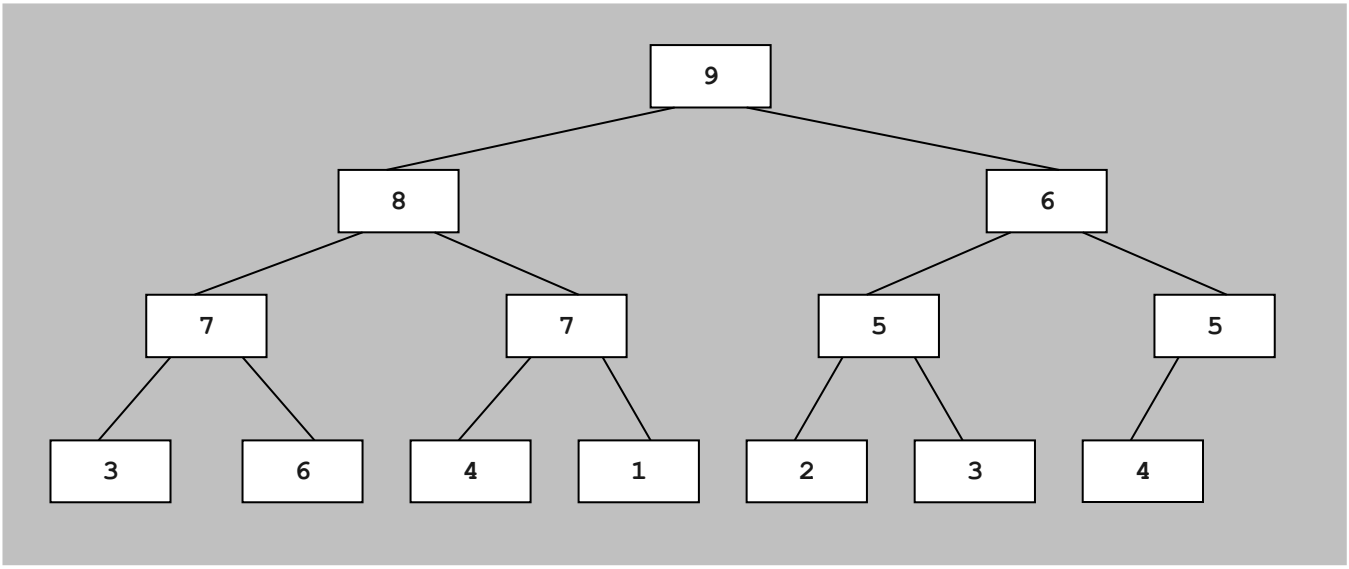
```
int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 3; i <= 7; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 5; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 1; i <= 4; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    printf("on entry:               ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_make_heap(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("after algo_make_heap(): ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_pop_heap(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    vector_pop_back(&t_v);
    printf("after algo_pop_heap():  ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_push_back(&t_v, 17);
    algo_push_heap(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("after algo_push_heap(): ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_sort_heap(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("after algo_sort_heap(): ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
```

```
    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
on entry:                  3 4 5 6 7 5 6 7 8 9 1 2 3 4
after algo_make_heap(): 9 8 6 7 7 5 5 3 6 4 1 2 3 4
after algo_pop_heap():  8 7 6 7 4 5 5 3 6 4 1 2 3
after algo_push_heap(): 17 7 8 7 4 5 6 3 6 4 1 2 3 5
after algo_sort_heap(): 1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 17
```

在使用算法algo_make_heap()后,数据区间中的数据排序: 9 8 6 7 7 5 5 3 6 4 1 2 3 4 将这些数据转换成二叉树就可以看出每一个数据都小于等于它父节点的数据:



6. 最大数据和最小数据

最大数据和最小数据算法是在两个数据中或者一个数据区间中查找最大或者最小数据.包括如下算法:

获得两个数据中的最小数据:algo_min(),algo_min_if().

获得两个数据中的最大数据:algo_max(),algo_max_if().

获得数据区间中的最小数据:algo_min_element(),algo_min_element_if().

获得数据区间中的最大数据:algo_max_element(),algo_max_element_if().

下面是有关算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <cstl/cvector.h>
```

```
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);
static void _absless(const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    iterator_t t_min, t_max;

    vector_init(&t_v);
    list_init(&t_l);
    for(i = -2; i <= 7; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    for(i = 0; i >= -9; --i)
    {
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    printf("list:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    t_min = algo_min(vector_begin(&t_v), list_begin(&t_l));
    printf("minmum between two first: %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_min));
    t_max = algo_max(vector_begin(&t_v), list_begin(&t_l));
    printf("maxmum between two first: %d\n", *(int*)iterator_get_pointer(&t_max));

    t_min = algo_min_if(vector_begin(&t_v), list_begin(&t_l), _absless);
    printf("minmum of absolute value between two first: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_min));
    t_max = algo_max_if(vector_begin(&t_v), list_begin(&t_l), _absless);
    printf("maxmum of absolute value between two first: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_max));

    t_min = algo_min_element(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
```

```
    printf("minmum in vector: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_min));
    t_max = algo_max_element(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v));
    printf("maxmum in vector: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_max));

    t_min = algo_min_element(list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    printf("minmum in list: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_min));
    t_max = algo_max_element(list_begin(&t_l), list_end(&t_l));
    printf("maxmum in list: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_max));

    t_min = algo_min_element_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _absless);
    printf("minmum of absolute value in vector: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_min));
    t_max = algo_max_element_if(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _absless);
    printf("maxmum of absolute value in vector: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_max));

    t_min = algo_min_element_if(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _absless);
    printf("minmum of absolute value in list: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_min));
    t_max = algo_max_element_if(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _absless);
    printf("maxmum of absolute value in list: %d\n",
        *(int*)iterator_get_pointer(&t_max));

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
static void _absless(const void* cpv_first, const void* cpv_second, void* pv_output)
{
    if(abs(*(int*)cpv_first) < abs(*(int*)cpv_second))
    {
        *(bool_t*)pv_output = true;
    }
    else
    {
```

```
        *(bool_t*)pv_output = false;
    }
}
```

结果:

```
vector: -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7
list:   0 -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9
minmum between two first: -2
maxmum between two first: 0
minmum of absolute value between two first: 0
maxmum of absolute value between two first: -2
minmum in vector: -2
maxmum in vector: 7
minmum in list: -9
maxmum in list: 0
minmum of absolute value in vector: 0
maxmum of absolute value in vector: 7
minmum of absolute value in list: 0
maxmum of absolute value in list: -9
```

7. 按词典顺序比较

按词典顺序比较包含 4 个算法:

algo_lexicographical_compare(),algo_lexicographical_compare_if().

algo_lexicographical_compare_3way(),algo_lexicographical_compare_3way_if().

算法通常采用小于操,但也可以接受自定义规则.前两个算法返回 bool_t 类型的值,表示比较是否成功.后两个算法返回 3 种值,类似于 memcpy()函数的返回值,>0 ==0, <0.以 algo_lexicographical_compare_3way()如果第一个区间的数据小于第二个区间的数据返回<0 的值,如果相等则返回==0 的值,大于返回>0 的值.

按字典顺序比较的意思是,如果第一个区间只要遇到一个小于第二个区间的数据就表示小于,如果遇到大于的数据就表示大于,如果等于还要比较两个区间的数据个数,如果第一个区间中数据少则小于,多则大于,否则等于.下面是算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
```

```
vector_init(&t_v);
list_init(&t_l);
vector_push_back(&t_v, 3);
vector_push_back(&t_v, 2);
vector_push_back(&t_v, 8);
vector_push_back(&t_v, 7);

/* case 1 */
list_push_back(&t_l, 3);
list_push_back(&t_l, 3);
list_push_back(&t_l, 3);
list_push_back(&t_l, 3);
printf("vector: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
printf("\n");
printf("list:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
printf("\n");
if(algo_lexicographical_compare(
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l)))
{
    printf("algo_lexicographical_compare(): true\n");
}
else
{
    printf("algo_lexicographical_compare(): false\n");
}
printf("algo_lexicographical_compare_3way(): %d\n",
    algo_lexicographical_compare_3way(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l)));
/* case 2 */
list_clear(&t_l);
list_push_back(&t_l, 3);
list_push_back(&t_l, 2);
list_push_back(&t_l, 8);
list_push_back(&t_l, 7);
list_push_back(&t_l, 7);
printf("vector: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
printf("\n");
printf("list:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
```

```
printf("\n");
if(algo_lexicographical_compare(
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l)))
{
    printf("algo_lexicographical_compare(): true\n");
}
else
{
    printf("algo_lexicographical_compare(): false\n");
}
printf("algo_lexicographical_compare_3way(): %d\n",
    algo_lexicographical_compare_3way(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l)));
/* case 3 */
list_pop_back(&t_l);
printf("vector: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
printf("\n");
printf("list:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
printf("\n");
if(algo_lexicographical_compare(
    vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
    list_begin(&t_l), list_end(&t_l)))
{
    printf("algo_lexicographical_compare(): true\n");
}
else
{
    printf("algo_lexicographical_compare(): false\n");
}
printf("algo_lexicographical_compare_3way(): %d\n",
    algo_lexicographical_compare_3way(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l)));
/* case 4 */
list_pop_back(&t_l);
printf("vector: ");
algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
printf("\n");
printf("list:   ");
algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
```

```
    printf("\n");
    if(algo_lexicographical_compare(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l)))
    {
        printf("algo_lexicographical_compare(): true\n");
    }
    else
    {
        printf("algo_lexicographical_compare(): false\n");
    }
    printf("algo_lexicographical_compare_3way(): %d\n",
        algo_lexicographical_compare_3way(
            vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
            list_begin(&t_l), list_end(&t_l)));
    /* case 5 */
    list_push_back(&t_l, 5);
    printf("vector: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    printf("list:   ");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");
    if(algo_lexicographical_compare(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
        list_begin(&t_l), list_end(&t_l)))
    {
        printf("algo_lexicographical_compare(): true\n");
    }
    else
    {
        printf("algo_lexicographical_compare(): false\n");
    }
    printf("algo_lexicographical_compare_3way(): %d\n",
        algo_lexicographical_compare_3way(
            vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v),
            list_begin(&t_l), list_end(&t_l)));

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
```

```
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```
结果:
```
vector: 3 2 8 7
list:   3 3 3 3
algo_lexicographical_compare(): true
algo_lexicographical_compare_3way(): -1
vector: 3 2 8 7
list:   3 2 8 7 7
algo_lexicographical_compare(): true
algo_lexicographical_compare_3way(): -1
vector: 3 2 8 7
list:   3 2 8 7
algo_lexicographical_compare(): false
algo_lexicographical_compare_3way(): 0
vector: 3 2 8 7
list:   3 2 8
algo_lexicographical_compare(): false
algo_lexicographical_compare_3way(): 1
vector: 3 2 8 7
list:   3 2 8 5
algo_lexicographical_compare(): false
algo_lexicographical_compare_3way(): 1
```

8. 排列组合

libcstl 提供了一组算法来获得下一组合或者上一组合. 什么是排列组合呢, 考虑由三个字符组成的集合 {a, b, c}, 这个集合就有六种排列组合形式:abc, acb, bac, bca, cab, cba. 这些组合也是由小到大排列的. 下一个组合就是针对与当前数据的排序组合形式的, 假设当前的排列组合形式为 acb, 那么下一个组合就是 bac, 同理前一个组合形式就是 abc. 对于开头和末尾的组合形式:abc 没有前一个组合, 同理 cba 没有下一个组合.

组合算法:

algo_next_permutation(),algo_next_permutation_if().

algo_prev_permutation(),algo_prev_permutation_if().

下面四关于排列组合算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
```

```
{
    vector_t t_v = create_vector(int);

    vector_init(&t_v);
    vector_push_back(&t_v, 1);
    vector_push_back(&t_v, 2);
    vector_push_back(&t_v, 3);

    printf("on entry: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    while(algo_next_permutation(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
    {
        algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
        printf("\n");
    }
    printf("afterward: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    while(algo_prev_permutation(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
    {
        algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
        printf("\n");
    }
    printf("now: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    while(algo_prev_permutation(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v)))
    {
        algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
        printf("\n");
    }
    printf("afterward: ");
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
```

```
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
on entry: 1 2 3
1 3 2
2 1 3
2 3 1
3 1 2
3 2 1
afterward: 1 2 3
now: 3 2 1
3 1 2
2 3 1
2 1 3
1 3 2
1 2 3
afterward: 3 2 1
```

第五节 算术算法

算术算法是将数据区间进行算术运算操作. 要使用算术算法必须包含头文件**<cstl/cnumeric.h>**

```
#include <cstl/cnumeric.h>
```

algo_iota()	将数据区间的数据从指定的值开始逐一赋值, 每次加一.
algo_accumulate()	将数据区间中的数据求和.
algo_accumulate_if()	将数据区间中的数据依次应用于特定操作.
algo_inner_product()	求两个数据区间的内积.
algo_inner_product_if()	使用特定操作求两个数据区间的内积.
algo_partial_sum()	计算局部总和.
algo_partial_sum_if()	使用特定操作计算局部总和.
algo_adjacent_difference()	计算相邻数据的差.
algo_adjacent_difference_if()	使用特定操作计算相邻数据的差.
algo_power()	计算数据的 n 次幂.
algo_power_if()	使用特殊操作计算数据的 n 次幂.

1. 依次赋值

algo_iota()

这个算法将数据区间中的数据依次赋新值, 每次递增. 具体赋值过程是

```
*first = value, *(first + 1) = value + 1, *(first + 2) = value + 2, ...
```

下面是这个算法的使用实例:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
#include <cstl/cnumeric.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);

    vector_init_n(&t_v, 10);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_iota(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 100);
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
100 101 102 103 104 105 106 107 108 109
```

2. 求和算法

algo_accumulate(),algo_accumulate_if().

求和算法的执行过程:

```
initvalue + a1 + a2 + a3 + ...
```

或者

```
initvalue op a1 op a2 op a3 op ...
```

关于算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
```

```
#include <cstl/cnumeric.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    int i = 0;
    int n_result;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 9; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_accumulate(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 0, &n_result);
    printf("sum: %d\n", n_result);
    algo_accumulate(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), -100, &n_result);
    printf("sum: %d\n", n_result);

    algo_accumulate_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 1, fun_multiplies_int, &n_result);
    printf("product: %d\n", n_result);
    algo_accumulate_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), 0, fun_multiplies_int, &n_result);
    printf("product: %d\n", n_result);

    vector_destroy(&t_v);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9
sum: 45
sum: -55
product: 362880
product: 0
```

3. 计算内积

algo_inner_product(),algo_inner_product_if().

内积的计算过程是:

```
initvalue + (a1 * b2) + (a2 * b2) + (a3 * b3) + ...
```

或者

```
initvalue op1 (a1 op2 b1) op1 (a2 op2 b2) op1 (a3 op2 b3) op1 ...
```

这个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
#include <cstl/cnumeric.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
    int n_result = 0;

    vector_init(&t_v);
    list_init(&t_l);
    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
        list_push_back(&t_l, i);
    }
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    algo_inner_product(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), 0, &n_result);
    printf("inner product: %d\n", n_result);
    list_reverse(&t_l);
    algo_inner_product(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), 0, &n_result);
    printf("inner reverse product: %d\n", n_result);
```

```
    algo_inner_product_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), vector_begin(&t_v),
        1, fun_multiplies_int, fun_plus_int, &n_result);
    printf("product of sums: %d\n", n_result);

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
1 2 3 4 5 6
1 2 3 4 5 6
inner product: 91
inner reverse product: 56
product of sums: 46080
```

4. 局部总和

algo_partial_sum(),algo_partial_sum_if()

这两个算法用来计算数据区间的局部总和,具体过程如下:

b1 = a1, b2 = a1 + a2, b3 = a1 + a2 + a3, ...

或者

b1 = a1, b2 = a1 op a2, b3 = a1 op a2 op a3, ...

算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
#include <cstl/cnumeric.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;
```

```
    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    list_init_n(&t_l, vector_size(&t_v));
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

    algo_partial_sum(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l));
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    algo_partial_sum_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l),
       fun_multiplies_int);
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```

结果:

```
1 2 3 4 5 6
1 3 6 10 15 21
1 2 6 24 120 720
```

5. 相邻数据的差

algo_adjacent_difference(),algo_adjacent_difference_if().

这两个算法用来计算相邻数据的差, 它们是局部求和算法的逆运算, 具体过程:

```
b1 = a1, b2 = a2 - a1, b3 = a3 - a2, ...
```

或者

```
b1 = a1, b2 = a2 op a1, b3 = a3 op a2, ...
```

下面是关于这两个算法的例子:

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cvector.h>
#include <cstl/clist.h>
#include <cstl/calgorithm.h>
#include <cstl/cnumeric.h>

static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output);

int main(int argc, char* argv[])
{
    vector_t t_v = create_vector(int);
    list_t t_l = create_list(int);
    int i = 0;

    vector_init(&t_v);
    for(i = 1; i <= 6; ++i)
    {
        vector_push_back(&t_v, i);
    }
    list_init_n(&t_l, vector_size(&t_v));
    algo_for_each(vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), _print);
    printf("\n");

   algo_adjacent_difference(
      vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l));
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    algo_adjacent_difference_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l), fun_plus_int);
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    algo_adjacent_difference_if(
        vector_begin(&t_v), vector_end(&t_v), list_begin(&t_l),
      fun_multiplies_int);
    algo_for_each(list_begin(&t_l), list_end(&t_l), _print);
    printf("\n");

    vector_destroy(&t_v);
    list_destroy(&t_l);
    return 0;
}
```

```
static void _print(const void* cpv_input, void* pv_output)
{
    printf("%d ", *(int*)cpv_input);
}
```
结果:
```
1 2 3 4 5 6
1 1 1 1 1 1
1 3 5 7 9 11
1 2 6 12 20 30
```

6. 幂运算

algo_power(),algo_power_if().
这两个算法计算数据的 n 次幂, 下面是运用实例:
```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cdeque.h>
#include <cstl/cnumeric.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    deque_t t_d = create_deque(int);
    int n_output = 0;
    deque_init(&t_d);
    deque_push_back(&t_d, 2);

    algo_power(deque_begin(&t_d), 3, &n_output);
    printf("output:%d\n", n_output);
    algo_power_if(deque_begin(&t_d), 3, fun_plus_int, &n_output);
    printf("output:%d\n", n_output);

    deque_destroy(&t_d);
    return 0;
}
```
结果:
```
output:8
output:6
```

第八章 libcstl容器适配器

libcstl除了提供第五章中描述的容器外,还提供了一些为了满足特定需要接口简单的类型,这些类型都是使用基本容器实现的,所以这种类型叫做容器适配器.容器适配器包括:

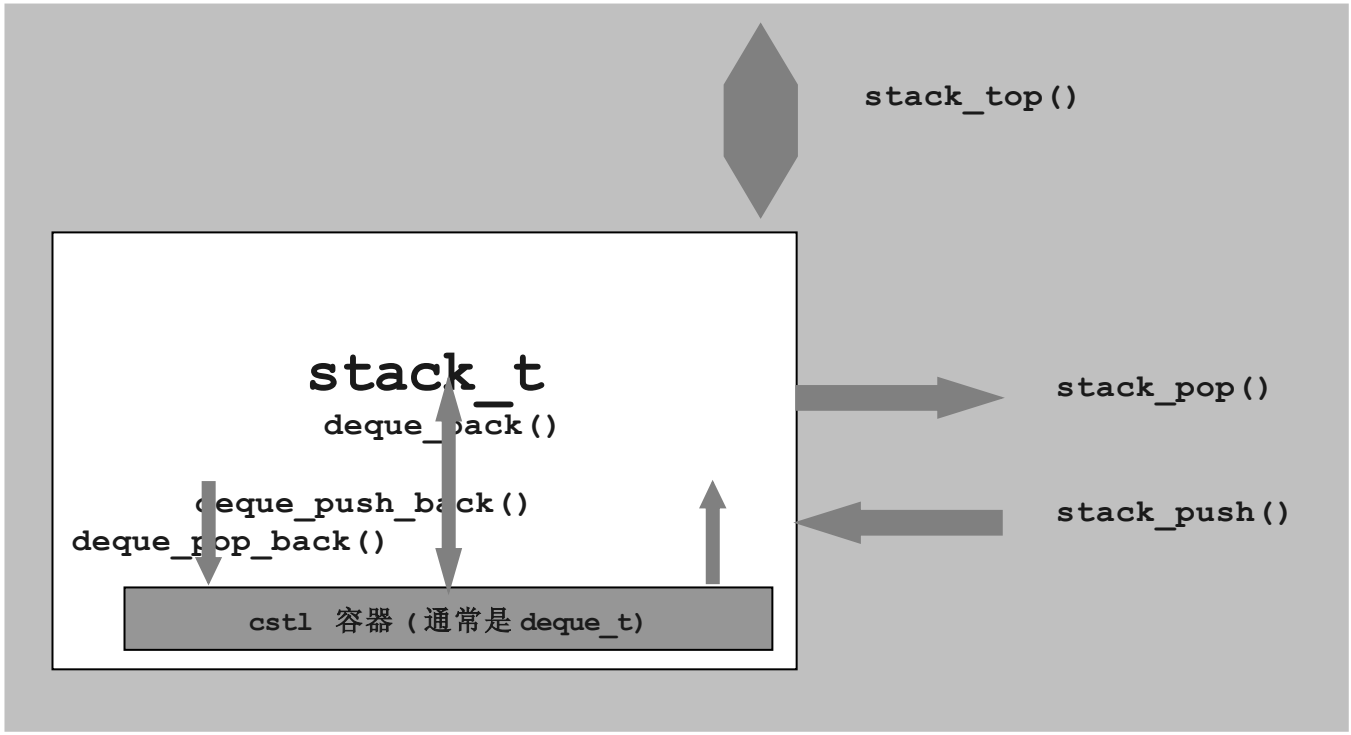
stack_t,queue_t,priority_queue_t.

第一节 stack_t

stack_t是堆栈类型,实现后进先出(LIFO)规则.要使用stack_t必须包含头文件**<cstl/cstack.h>**

```
#include <cstl/cstack.h>
```

stack_t是使用普通的容器实现的,它只不过是在普通容器上面又包装了一层,通常采用deque_t来实现,但是通过修改编译选项可以改变底层实现,具体参考第二章.



stack_t的操作函数很简单最主要的就是三个数据操作函数:

stack_push():将数据压栈.

stack_top():获得栈顶数据.

stack_pop():数据出栈.

1. stack_t的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_stack()	创建一个指定类型的stack_t.
stack_init()	初始化一个空的stack_t.
stack_init_copy()	使用另一个stack_t初始化stack_t.
stack_destroy()	销毁stack_t.

非质变操作:

stack_size()	获得stack_t中数据的数目.
stack_empty()	判断stack_t是否为空.
stack_equal()	判断两个stack_t是否相等.
stack_not_equal()	判断两个stack_t是否不等.
stack_less()	判断第一个stack_t是否小于第二个stack_t.
stack_less_equal()	判断第一个stack_t是否小于等于第二个stack_t.
stack_great()	判断第一个stack_t是否大于第二个stack_t.
stack_great_equal()	判断第一个stack_t是否大于等于第二个stack_t.

赋值:

stack_assign()	使用另一个stack_t为当前stack_t赋值.

数据操作:

stack_push()	将数据压栈.
stack_top()	获得栈顶数据.
stack_pop()	数据出栈.

stack_t不支持迭代器,所以没有迭代器相关的操作函数.

2. stack_t的使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cstack.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    stack_t t_st = create_stack(int);

    stack_init(&t_st);
    stack_push(&t_st, 1);
    stack_push(&t_st, 2);
    stack_push(&t_st, 3);
```

```
    printf("%d ", *(int*)stack_top(&t_st));
    stack_pop(&t_st);
    printf("%d ", *(int*)stack_top(&t_st));
    stack_pop(&t_st);

    *(int*)stack_top(&t_st) = 77;
    stack_push(&t_st, 4);

    while(!stack_empty(&t_st))
    {
        printf("%d ", *(int*)stack_top(&t_st));
        stack_pop(&t_st);
    }
    printf("\n");

    stack_destroy(&t_st);
    return 0;
}
```

结果:

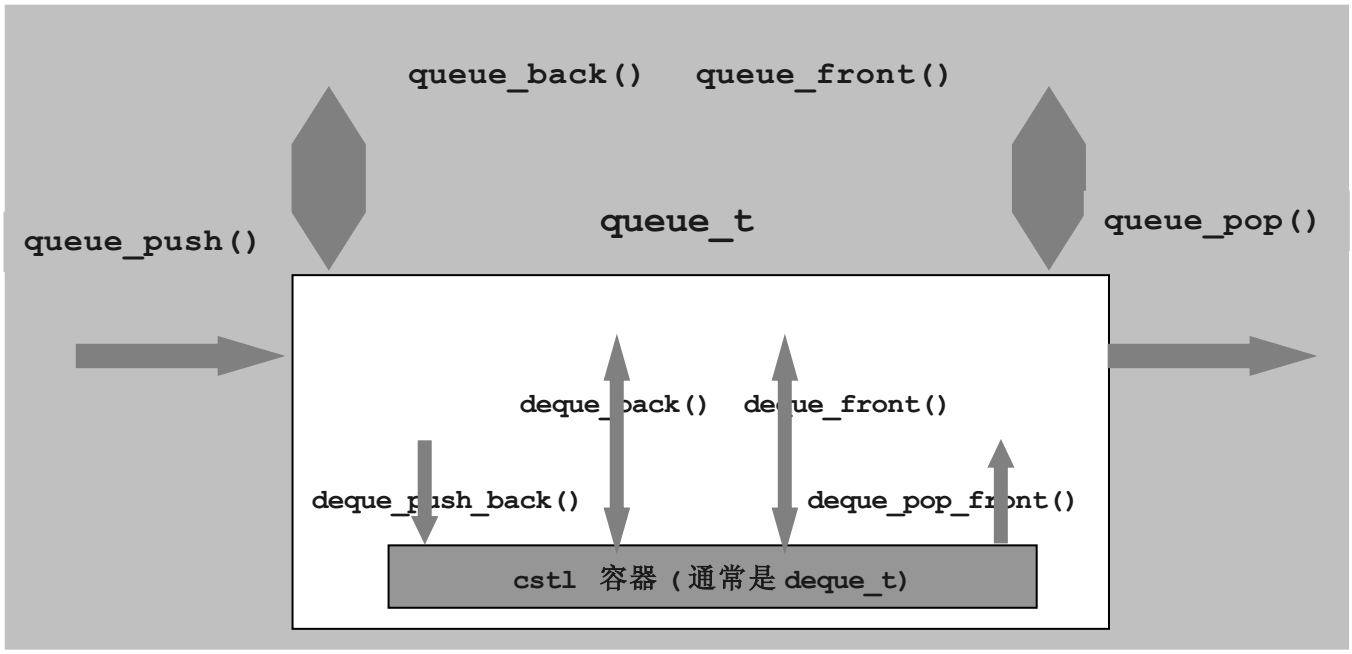
```
3 2 4 77
```

第二节 queue_t

queue_t 是队列类型, 实现先进先出(FIFO)规则. 要使用 queue_t 必须包含头文件**<cstl/cqueue.h>**

```
#include <cstl/cqueue.h>
```

queue_t 是使用普通的容器实现的, 它只不过是在普通容器上面又包装了一层, 通常采用 deque_t 来实现, 但是通过修改编译选项可以改变底层实现, 具体参考第二章.



queue_t 的操作函数很简单最主要的就是四个数据操作函数：

queue_push()：向队列中插入数据.

queue_front()：获得队列开头数据.

queue_back()：获得队列末尾的数据.

queue_pop()：从队列中弹出数据.

1. queue_t 的操作

创建，初始化和销毁操作：

create_queue()	创建一个指定类型的 queue_t.
queue_init()	初始化一个空的 queue_t.
queue_init_copy()	使用另一个 queue_t 初始化 queue_t.
queue_destroy()	销毁 queue_t.

非质变操作：

queue_size()	获得 queue_t 中数据的数目.
queue_empty()	判断 queue_t 是否为空.
queue_equal()	判断两个 queue_t 是否相等.
queue_not_equal()	判断两个 queue_t 是否不等.
queue_less()	判断第一个 queue_t 是否小于第二个 queue_t.
queue_less_equal()	判断第一个 queue_t 是否小于等于第二个 queue_t.
queue_great()	判断第一个 queue_t 是否大于第二个 queue_t.
queue_great_equal()	判断第一个 queue_t 是否大于等于第二个 queue_t.

赋值：

queue_assign()	使用另一个 queue_t 为当前 queue_t 赋值.

数据操作:

queue_push()	向队列中插入数据.
queue_front()	获得队列开头数据.
queue_back()	获得队列末尾的数据.
queue_pop()	从队列中弹出数据.

queue_t 不支持迭代器,所以没有迭代器相关的操作函数.

2. queue_t 的使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cqueue.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    queue_t t_q = create_queue(int);

    queue_init(&t_q);
    printf("queue - size:%u, empty:%d\n", queue_size(&t_q), queue_empty(&t_q));

    queue_push(&t_q, 100);
    queue_push(&t_q, 200);
    queue_push(&t_q, 300);
    printf("queue - size:%u, empty:%d\n", queue_size(&t_q), queue_empty(&t_q));
   printf("front:%d, back:%d\n",
      *(int*)queue_front(&t_q), *(int*)queue_back(&t_q));
    *(int*)queue_front(&t_q) = 5000;
    *(int*)queue_back(&t_q) = -10000;
    printf("queue - size:%u, empty:%d\n", queue_size(&t_q), queue_empty(&t_q));
   printf("front:%d, back:%d\n",
      *(int*)queue_front(&t_q), *(int*)queue_back(&t_q));

    while(!queue_empty(&t_q))
    {
        printf("%d ", *(int*)queue_front(&t_q));
        queue_pop(&t_q);
    }
    printf("\n");

    queue_destroy(&t_q);
    return 0;
}
```

结果:

```
queue - size:0, empty:1
queue - size:3, empty:0
front:100, back:300
queue - size:3, empty:0
front:5000, back:-10000
5000 200 -10000
```

第三节 priority_queue_t

priority_queue_t 是优先队列类型.要使用 priority_queue_t 必须包含头文件

```
#include <cstl/cqueue.h>
```

priority_queue_t 是使用普通的容器实现的,它只不过是在普通容器上面又包装了一层,通常采用 priorigy_deque_t 来实现.

priority_queue_t 是带有优先级的队列,每次从队列中取出的数据总是优先级最高的数据.

priority_queue_t 的操作函数很简单最主要的就是三个数据操作函数:

priority_queue_push():将数据插入优先队列.

priority_queue_top():获得优先级最高的数据.

priority_queue_pop():弹出优先级最高的数据.

既然使用 priority_queue_top()操作函数获得的总是优先级最高的数据,那么说明优先队列内部是已经对数据进行某种排序的,所以不能通过 priority_queue_top()来修改数据的值,否则就会影响队列中的优先级规则.

1. priority_queue_t 的操作

创建,初始化和销毁操作:

create_priority_queue()	创建一个指定类型的 priority_queue_t.
priority_queue_init()	初始化一个空的 priority_queue_t.
priority_queue_init_op()	使用指定的优先级规则初始化一个空的 priority_queue_t.
priority_queue_init_copy()	使用另一个 priority_queue_t 初始化 priority_queue_t.
priority_queue_init_copy_range()	使用一个数据区间初始化 priority_queue_t.
priority_queue_init_copy_range_op()	使用一个数据区间和指定的优先级规则初始化 priority_queue_t.
priority_queue_destroy()	销毁 priority_queue_t.

非质变操作:

priority_queue_size()	获得 priority_queue_t 中数据的数目.
priority_queue_empty()	判断 priority_queue_t 是否为空.

赋值:

priority_queue_assign()	使用另一个 priority_queue_t 为当前 priority_queue_t 赋值.

数据操作:

priority_queue_push()	将数据插入优先队列.
priority_queue_top()	获得优先级最高的数据.
priority_queue_pop()	弹出优先级最高的数据.

priority_queue_t 不支持迭代器,所以没有迭代器相关的操作函数.

2. priority_queue_t的使用实例

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cqueue.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    priority_queue_t t_pq = create_priority_queue(double);

    priority_queue_init(&t_pq);
    priority_queue_push(&t_pq, 66.6);
    priority_queue_push(&t_pq, 22.2);
    priority_queue_push(&t_pq, 44.4);

    printf("%f ", *(double*)priority_queue_top(&t_pq));
    priority_queue_pop(&t_pq);
    printf("%f ", *(double*)priority_queue_top(&t_pq));
    priority_queue_pop(&t_pq);
    printf("\n");

    priority_queue_push(&t_pq, 11.1);
    priority_queue_push(&t_pq, 55.5);
    priority_queue_push(&t_pq, 33.3);
    priority_queue_pop(&t_pq);

    while(!priority_queue_empty(&t_pq))
    {
        printf("%f ", *(double*)priority_queue_top(&t_pq));
        priority_queue_pop(&t_pq);
    }
    printf("\n");

    priority_queue_destroy(&t_pq);
```

```
    return 0;
}
```
结果:
```
66.600000 44.400000
33.300000 22.200000 11.100000
```

第九章 libcstl字符串

这里说的libcstl字符串并不是C语言中的char*或const char*(统称为c-str),而是libcstl定义的string_t类型.string_t类型可以像c-str一样拷贝,赋值,比较而不必考虑是否有足够的内存来保存字符串,会不会越界等等.因为string_t可以动态增长,并且易于使用,你可很方便的插入删除字符或子串,方便的替换等等.

第一节 两个string_t的使用实例

1. 第一个例子:提取文件名模版

这个例子使用命令行参数获得文件名模版,例如输入:
```
./test prog.dat mydir hello. oops.tmp end.dat
```
输出结果如下:
```
prog.dat => prog.tmp
mydir => mydir.tmp
hello. => hello.tmp
oops.tmp => oops.xxx
end.dat => end.tmp
```
通常文件的后缀替换为.tmp,如果是模版文件”后缀为.tmp”替换为.xxx
程序如下:
```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cstring.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
	string_t t_basename, t_filename, t_extname, t_tmpname, t_sffuix;
	int i = 0;
	size_t t_pos = 0;

	string_init_cstr(&t_sffuix, "tmp");
	string_init(&t_basename);
```

```
string_init(&t_filename);
string_init(&t_extname);
string_init(&t_tmpname);

for(i = 1; i < argc; ++i)
{
    string_assign_cstr(&t_filename, argv[i]);

    t_pos = string_find_char(&t_filename, '.', 0);
    if(t_pos == NPOS)
    {
        string_assign(&t_tmpname, &t_filename);
        string_connect_char(&t_tmpname, '.');
        string_connect(&t_tmpname, &t_sffuix);
    }
    else
    {
        string_assign_substring(&t_basename, &t_filename, 0, t_pos);
        string_assign_substring(&t_extname, &t_filename, t_pos + 1, NPOS);

        string_assign(&t_tmpname, &t_filename);
        if(string_empty(&t_extname))
        {
            string_connect(&t_tmpname, &t_sffuix);
        }
        else if(string_equal(&t_extname, &t_sffuix))
        {
            string_replace_cstr(&t_tmpname, t_pos + 1, NPOS, "xxx");
        }
        else
        {
            string_replace(&t_tmpname, t_pos + 1, NPOS, &t_sffuix);
        }
    }

    printf("%s => %s\n",
        string_c_str(&t_filename), string_c_str(&t_tmpname));
}

string_destroy(&t_sffuix);
string_destroy(&t_basename);
string_destroy(&t_filename);
string_destroy(&t_extname);
string_destroy(&t_tmpname);
```

```
    return 0;
}
```

首先是包含头文件
#include <cstl/cstring.h>
要使用 **string_t** 类型就必须包含上面的头文件.

接下来是创建 **string_t** 类型的变量:
```
string_t t_basename, t_filename, t_extname, t_tmpname, t_sffuix;
```
创建 **string_t** 类型的变量不需要使用 **create_string()** 这样的函数, 因为 **string_t** 类型中保存的就是 **char** 类型, 所以不用指定数据类型, 因此 libcstl 也没有提供 **create_string()** 操作函数.

下面是初始化 string_t 类型的变量:
```
string_init_cstr(&t_sffuix, "tmp");
string_init(&t_basename);
string_init(&t_filename);
string_init(&t_extname);
string_init(&t_tmpname);
```
你可以直接使用字符串常量直接对 **string_t** 类型的变量进行初始化如:
```
string_init_cstr(&t_sffuix, "tmp");
```
也可以将 **string_t** 类型初始化为一个空字符串. 如其余 4 个 **string_t** 类型的变量.

为 **string_t** 类型变量赋值:
```
string_assign_cstr(&t_filename, argv[i]);
```
直接使用来自于命令行的参数的字符串为 **string_t** 类型的变量赋值.
```
string_assign(&t_tmpname, &t_filename);
```
使用另一个 **string_t** 类型赋值.
```
string_assign_substring(&t_basename, &t_filename, 0, t_pos);
```
使用 **string_t** 的子串赋值.

在 **string_t** 类型中查找字符:
```
t_pos = string_find_char(&t_filename, '.', 0);
```
这个操作函数返回的是 **size_t** 类型的值表示字符在 **string_t** 类型中的位置. 如果没有找到则返回 **NPOS** 表示查找失败:
```
if(t_pos == NPOS)
```

连接 **string_t**:
```
string_connect_char(&t_tmpname, '.');
string_connect(&t_tmpname, &t_sffuix);
```
可以将单个字符连接到 **string_t** 类型, 或者将两个 **string_t** 类型连接在一起.

判断 **string_t** 类型是否为空:
```
if(string_empty(&t_extname))
```
判断两个 **string_t** 是否相等:

```
if(string_equal(&t_extname, &t_sffuix))
```

对 string_t 类型进行替换:

```
string_replace_cstr(&t_tmpname, t_pos + 1, NPOS, "xxx");
string_replace(&t_tmpname, t_pos + 1, NPOS, &t_sffuix);
```

可以使用字符串常量进行替换也可以使用另一个 **string_t** 类型进行替换.

获得 C 字符串:

```
string_c_str(&t_filename);
```

这样可以获得 C 字符串.

2. 第二个例子:提取单词并逆序打印

```
#include <stdio.h>
#include <cstl/cstring.h>

int main(int argc, char* argv[])
{
    string_t t_delims, t_str;

    string_init_cstr(&t_delims, " \t,.:");
    string_init(&t_str);

    while(string_getline(&t_str, stdin))
    {
        size_t t_beginx, t_endinx;
        int i = 0;

        t_beginx = string_find_first_not_of(&t_str, &t_delims, 0);
        while(t_beginx != NPOS)
        {
            t_endinx = string_find_first_of(&t_str, &t_delims, t_beginx);
            if(t_endinx == NPOS)
            {
                t_endinx = string_length(&t_str);
            }

            for(i = t_endinx - 1; i >= (int)t_beginx; --i)
            {
                printf("%c", *string_at(&t_str, i));
            }
```

```
            printf(" ");

            t_beginx = string_find_first_not_of(&t_str, &t_delims, t_endinx);
        }
        printf("\n");
    }

    string_destroy(&t_delims);

    return 0;
}
```

在程序的开始,所有自定义的分隔符都定义在t_delms中

```
string_init_cstr(&t_delims, " \t,.:");
```

换行符当然也是分隔符,但是没有必要特殊处理换行符,因为程序是按行读取数据的.

```
while(string_getline(&t_str, stdin))
```

这个函数从指定的流中一行一行的读取数据.接下来使用分隔符来区分单词,首先找到单词的开头.

```
t_beginx = string_find_first_not_of(&t_str, &t_delims, 0);
```

这是从一行的开始位置查找第一个不是分隔符的字符即为第一个单词的开头.接下来检查查找的结果:

```
while(t_beginx != NPOS)
```

NPOS表示查找失败,如果查找没有失败我们通过找到下一个分隔符字符来确定一个单词的末尾.

```
t_endinx = string_find_first_of(&t_str, &t_delims, t_beginx);
```

如果没有找到就使用这一行的行尾作为单词的结尾.

```
if(t_endinx == NPOS)
{
    t_endinx = string_length(&t_str);
}
```

确定了单词的开始和结尾然后逆序打印单词.

```
for(i = t_endinx - 1; i >= (int)t_beginx; --i)
{
   printf("%c", *string_at(&t_str, i));
}
printf(" ");
```

然后重复上面的步骤.

如果输入的语句为

```
pots & pans
I saw a reed
```

数据结果为

```
stop & snap
I was a deer
```

第二节 string_t类型的描述

1. strint_t的能力

string_t类型是一个序列容器, 专门用来存储**char**类型, 它包含了所有的序列容器的操作, 同时它有包含了很多针对字符串的操作函数.

要使用**string_t**类型必须包含头文件**<cstl/cstring.h>**

```
#include <cstl/cstring.h>
```

2. string_t的操作概览

string_t是序列容器同时它保存的是**char**类型的数据, 所以它还具有很多针对字符串的特殊操作. 因此**string_t**的操作函数即支持迭代器, 同时又支持字符串. 下面列出了**string_t**操作函数参数的典型形式.

参数形式	参数含义	典型后缀
const string_t* cpt_string	整个string_t类型.	--
const string_t* cpt_string, **size_t t_pos,** **size_t t_len**	cpt_string中从t_pos开始的最多t_len个字符.	substring
const char* s_cstr	整个C字符串.	cstr
const char* s_cstr, **size_t t_len**	C字符串中的前t_len个字符.	subcstr
size_t t_count, **char c_char**	t_count个字符.	char
string_iterator_t t_begin, **string_iterator_t t_end**	数据区间[t_begin, t_end)	range

下面是各种操作对字符串参数的支持情况(使用后缀表示上表的各种参数情况):

	string	**substring**	**cstr**	**subcstr**	**char**	**range**
初始化	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**
赋值	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**
添加	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**
比较	**yes**	--	**yes**	--	--	--
compare	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	--	--
connect	**yes**	--	**yes**	--	**yes**	--
find	**yes**	--	**yes**	**yes**	**yes**	--
push_back	--	--	--	--	**yes**	--
插入(下标版本)	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	--
插入(迭代器版本)	--	--	--	--	**yes**	**yes**
替换(下标	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	--

版本)						
替换(迭代器版本)	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**	**yes**

3. 初始化和销毁

string_init()	初始化一个空的 string_t 容器类型.
string_init_cstr()	使用一个字符串常量初始化一个 string_t 容器类型.
string_init_subcstr()	使用子字符串初始化一个 string_t 容器类型.
string_init_char()	使用 n 个指定字符初始化一个 string_t 容器类型.
string_init_copy()	使用另一个 string_t 类型来初始化一个 string_t 容器类型.
string_init_copy_substring()	使用另一个 string_t 类型的子串来初始化一个 string_t 容器类型.
string_init_copy_range()	使用一个数据区间来初始化一个 string_t 容器类型.
string_destroy()	销毁 string_t 容器类型.

string_t 容器中只能保存 **char** 类型的数据,所以对于 **string_t** 容器类型就确定下来了,所以不需要创建类型的函数,因此 libcstl 没有提供 **create_string()** 函数.

4. string_t 和 C 字符串

string_c_str()	返回一个指向以’\0’结尾的字符数组的指针.
string_data()	返回一个指向字符数组的指针.
string_copy()	将 string_t 的子串拷贝到用户指定的缓冲区中.

这三个操作函数都是提供了从 string_t 到 C 字符串的转换,它们的结果都是普通的 C 字符串或 C 字符数组,但是它们之间是有区别的.

string_c_str() 返回一个指向以’\0’结尾的字符数组的指针,但是 **string_data()** 返回一个指向字符数组的指针并没有明确说明数组是不是以’\0’结尾的.同时 **string_copy()** 只是将 string_t 的子串拷贝到用户指定的缓冲区中,并不会在拷贝的字符后面自动的添加’\0’.

```
strint_t t_str;
string_init_cstr(&t_str, "12345");

atoi(string_c_str(&t_str));                          /* 将字符串转变成整数 */
f(string_data(&t_str), string_length(&t_str));  /* 使用字符数组及其长度最为参数
                                                    调用函数 f() */
char ac_buf[100];
string_copy(&t_str, ac_buff, 100, 2);  /* 从第二个字符开始拷贝最多 100 个字符 */
```

string_c_str() 和 **string_data()** 返回的指针并不是持续有效的,当 string_t 中的数据修改之后,内部可能重新分配内存,那么在修改之前获得的指针就实效了,必须重新获得指针.

```
strint_t t_str;
string_init_cstr(&t_str, "12345");
f(string_c_str(&t_str));              /* 通过这种方式使用总是有效的 */

char* p = string_c_str(&t_str);     /* 获得指向C字符串的指针 */
foo(p);                                  /* 在t_str没有修改之前,p是有效的 */
string_connect_cstr(&t_str, "abc"); /* 修改了t_str的内容 */
foo(p);                                  /* t_str被修改, p肯能会实效 */
```

5. string_t的大小和容量

string_size()	返回string_t容器中字符的个数.
string_length()	返回string_t容器字符串的长度,与string_size()相同.
string_max_size()	返回string_t容器能够保存的字符的最大数目.
string_capacity()	返回string_t容器的容量.
string_empty()	判断string_t容器是否为空.
string_reserve()	设置string_t容器的容量.
string_resize()	设置string_t容器中保存的字符的数目.

这些操作函数与vector_t容器的相应操作功能相似,只是多了一个string_length()函数,它与string_size()函数功能相同.

6. string_t数据访问

string_at()	通过下标随机访问string_t容器中的字符.

通过string_at()函数可以对string_t中的数据随机访问,它返回char*类型,如果string_t中的数据修改后,先前获得指向字符的指针可能无效.

```
string_t t_str;
char* p;
string_init_cstr(&t_str, "abcde");

p = string_at(&t_str, 2);   /* *p == 'c' */
*p = 'X';                          /* string_t中的数据变成了"abXde" */
string_assign_cstr(&t_str, "new long value");
*p = 'Y';                          /* string_t中的数据被修改,p可能已经无效 */
```

7. string_t比较操作

string_equal()	判断两个string_t容器是否相等.
string_not_equal()	判断两个string_t容器是否不等.

string_less()	判断第一个 string_t 容器是否小于第二个 string_t 容器.
string_less_equal()	判断第一个 string_t 是否小于等于第二个 string_t.
string_great()	判断第一个 string_t 是否大于第二个 string_t.
string_great_equal()	判断第一个 string_t 是否大于等于第二个 string_t.
string_equal_cstr()	判断 string_t 是否等于字符串常量.
string_not_equal_cstr()	判断 string_t 是否不等于字符串常量.
string_less_cstr()	判断 string_t 是否小于字符串常量.
string_less_equal_cstr()	判断 string_t 是否小于等于字符串常量.
string_great_cstr()	判断 string_t 是否大于字符串常量.
string_great_equal_cstr()	判断 string_t 是否大于等于字符串常量.
string_compare()	两个 string_t 比较.
string_compare_substring_string()	第一个 string_t 的子串与第二个 string_t 比较.
string_compare_substring_substring()	两个 string_t 的子串比较.
string_compare_cstr()	string_t 与字符串常量比较.
string_compare_substring_cstr()	string_t 的子串与字符串常量比较.
string_compare_substring_subcstr()	string_t 的子串与字符串常量的子串比较.

string_t 的比较操作函数与其他容器的比较操作函数相同，除此之外 string_t 还有另外的比较函数，这些函数可以比较子串，而且与 strcmp 相似返回 3 种状态的值.

```
string_t t_str;
string_init_cstr(&t_str, "abcd");
string_compare_cstr(&t_str, "abcd");  /* return 0 */
string_compare_cstr(&t_str, "dcba");  /* return a value < 0 */
string_compare_cstr(&t_str, "ab");    /* return a value > 0 */
string_compare(&t_str, &t_str);        /* return 0 */
string_compare_substring_substring(&t_str, 0, 2, &t_str, 2, 2);
                                      /* return a value < 0 "ab" < cd " */
string_compare_substring_subcstr(&t_str, 1, 2, "bcx", 2);
                                      /* return 0 "bc" == "bc" */
```

8. 赋值

string_assign()	使用一个 string_t 为 string_t 赋值.
string_assign_substring()	使用一个 string_t 的子串为 string_t 赋值.
string_assign_cstr()	使用一个字符串常量为 string_t 赋值.
string_assign_subcstr()	使用一个字符串常量的子串为 string_t 赋值.
string_assign_char()	使用 n 个指定的字符为 string_t 赋值.
string_assign_range()	使用数据区间为 string_t 赋值.

为了修改 strint_t 中的字符串的值可以使用赋值操作函数，你可以使用 string_t,C 字符串，以及它们的子串，或者单个字符为 string_t 赋值.

```
string_t t_s, t_srt;
string_init_cstr(&t_s, "othello");
```

```
string_init(&t_str);
string_assign(&t_str, &t_s);  /* assign "othello" */
string_assign_substring(&t_str, &t_s, 1, 3); /* assign "the" */
string_assign_substring(&t_str, &t_s, 2, NPOS); /* assign "hello" */
string_assign_cstr(&t_str, "two\nlines"); /* assign C-str */
string_assign_subcstr(&t_str, "nice", 3); /* assign "nic" */
string_assign_char(&t_str, 5, 'x'); /* assign "xxxxx" */
```

9. 数据交换

string_swap()	交换两个 string_t 的数据.

这个操作函数与其他的容器类型相应的函数功能相同.

10. 添加和连接

string_append()	向 string_t 后面添加一个 string_t.
string_append_substring()	向 string_t 后面添加一个 string_t 的子串.
string_append_cstr()	向 string_t 后面添加一个字符串常量.
string_append_subcstr()	向 string_t 后面添加一个字符串常量的子串.
string_append_char()	向 string_t 后面添加 n 个指定的字符.
string_append_range()	向 string_t 后面添加一个数据区间.
string_connect()	将两个 string_t 连接在一起.
string_connect_cstr()	将一个 string_t 和字符串常量连接在一起.
string_connect_char()	将一个 string_t 和一个字符连接在一起.
string_push_back()	在 string_t 最后添加一个字符.

这类操作一共包括三种操作,添加,连接和 push_back,添加操作使用更广泛,可以向 string_t 后面添加 string_t,字符串常量,以及它们的子串,字符和数据区间.连接操作不能连接子串,字符也只能连接一个字符.string_push_back()函数更简单,它的功能只是向 string_t 后面添加一个字符.

```
string_t t_s, t_str;
string_init_cstr(&t_s, "othello");
string_init(&t_str);
string_connect(&t_str, &t_s);  /* append "othello" */
string_connect_cstr(&t_str, "two\nlines"); /* append C-str */
string_connect_char(&t_str, '\n'); /* append single character */
string_append(&t_str, &t_s); /* append "othello" */
string_append_substring(&t_str, &t_s, 1, 3); /* append "the" */
string_append_substring(&t_str, &t_s, 2, NPOS); /* append "hello" */
string_append_cstr(&t_str, "two\nlines"); /* append C-str */
string_append_subcstr(&t_str, "nice", 3); /* append "nic" */
string_append_char(&t_str, 5, 'x'); /* append "xxxxx" */
string_push_back(&t_str, '\n'); /* append signal character */
```

11. 插入数据

string_insert()	在 string_t 指定位置插入字符(迭代器版本).
string_insert_n()	在 string_t 指定位置插入 n 个字符(迭代器版本).
string_insert_range()	在 string_t 指定位置插入一个数据区间(迭代器版本).
string_insert_string()	在 string_t 的指定位置插入 string_t.
string_insert_substring()	在 string_t 的指定位置插入 string_t 的子串.
string_insert_cstr()	在 string_t 的指定位置插入字符串常量.
string_insert_subcstr()	在 string_t 的指定位置插入字符串常量的子串.
string_insert_char()	在 string_t 的指定位置插入 n 个字符.

string_t 的插入函数分为迭代器版本和下标版本，迭代器版本是指使用迭代器来表示插入的位置，下标版本是使用下标来表示插入的位置.

```
string_t t_s, t_srt;
string_init_cstr(&t_s, "age");
string_init_cstr(&t_str, "p");
string_insert_string(&t_str, 1, &t_s); /* "page" */
string_insert_cstr(&t_str, 1, "ersifl"); /* "persiflage" */
```

12. 删除数据

string_erase()	删除指定位置的字符.
string_erase_range()	删除指定数据区间内的字符.
string_erase_substring()	删除 string_t 的子串.
string_clear()	清空 string_t.

string_t 的删除操作与其他容器的相应函数功能相同，此为还有一个使用下标的删除函数用来删除子串，string_erase_substring().

```
string_t t_str;
string_init_cstr(&t_str, "internationalization");
string_erase_substring(&t_str, 13, NPOS); /* "international" */
string_erase_substring(&t_str, 7, 5); /* "internal" */
```

13. 替换

string_replace()	使用 string_t 替换.
string_replace_substring()	使用 string_t 的子串替换.
string_replace_cstr()	使用字符串常量替换.
string_replace_subcstr()	使用字符串常量的子串替换.
string_replace_char()	使用 n 个指定字符替换.
string_range_replace()	使用 string_t 替换(迭代器版本).

string_range_replace_substring()	使用 string_t 的子串替换(迭代器版本).
string_range_replace_cstr()	使用字符串常量替换(迭代器版本).
string_range_replace_subcstr()	使用字符串常量的子串替换(迭代器版本).
string_range_replace_char()	使用 n 个指定字符替换(迭代器版本).
string_replace_range()	使用数据区间替换(迭代器版本).

string_t 的替换操作也分为下标版本和迭代器版本,下标版本是使用下标来指定被替换的范围,迭代器版本是使用迭代器来指定被替换的范围.

14. 子串

string_substr()	返回 string_t 的子串.

这个函数通过下标来确定 string_t 类型的子串,子串的类型也是 strint_t.

```
string_t t_s, t_srt;
string_init_cstr(&t_s, "interchangeability");
t_str = string_substr(&t_s, 0, NPOS);    /* the copy of t_s */
string_destroy(&t_str);
t_str = string_substr(&t_s, 11, NPOS); /* "ability" */
string_destroy(&t_str);
t_str = string_substr(&t_s, 5, 6); /* "change" */
string_destroy(&t_str);
```

注意: **string_substr()** 函数的返回值是一个已经初始化的 **string_t** 类型, 所以这个函数的返回值不能忽略, 同时必须使用为初始化的 string_t 变量去接收返回值, 使用之后要销毁. 这个函数与 **xxxx_equal_range()** 函数一样.

15. 输入输出

string_output()	将 string_t 输出指定的流中.
string_input()	从指定的流中获得输入.
string_getline()	从指定的流中获得一行输入.
string_getline_delimiter()	从指定的流中获得一行输入,使用用户自定义的换行符.

string_t 类型的输入输出函数,使 string_t 类型与标准输入输出或文件的互操作更简便.例如使用下面的操作方式:

```
while(string_getline(&t_str, stdin))
{
...
}
```

或者调用者可以自定义换行符,例如使用':'作为换行符:

```
while(string_getline_delimiter(&t_str, stdin, ':'))
{
...
}
```

16. 查找

string_find()	从指定位置开始查找 string_t 的第一个位置.
string_find_cstr()	从指定位置开始查找字符串常量的第一个位置.
string_find_subcstr()	从指定位置开始查找字符串常量的子串的第一个位置.
string_find_char()	从指定位置开始查找指定的字符第一个位置.
string_rfind()	从指定位置开始向前查找 string_t 的最后一个位置.
string_rfind_cstr()	从指定位置开始向前查找字符串常量的最后一个位置.
string_rfind_subcstr()	从指定位置开始向前查找字符串的子串的最后一个位置.
string_rfind_char()	从指定位置开始向前查找指定字符的最后一个位置.
string_find_first_of()	从指定位置开始查找 string_t 包含的任意一个字符的第一个位置.
string_find_first_of_cstr()	从指定位置开始查找字符串常量中包含的任意一个字符的第一个位置.
string_find_first_of_subcstr()	从指定位置开始查找字符串常量的子串包含的任意一个字符的第一个位置.
string_find_first_of_char()	从指定位置开始查找指定字符的第一个位置.
string_find_last_of()	从指定位置开始向前查找 string_t 包含的任意一个字符的最后一个位置.
string_find_last_of_cstr()	从指定位置开始向前查找字符串常量包含的任意一个字符的最后一个位置.
string_find_last_of_subcstr()	从指定位置开始向前查找字符串常量的子串中包含的任意一个字符的最后一个位置.
string_find_last_of_char()	从指定位置开始向前查找指定字符的最后一个位置.
string_find_first_not_of()	从指定位置开始查找不包含在 string_t 中的任意字符的第一个位置.
string_find_first_not_of_cstr()	从指定位置开始查找不包含在字符串常量中的任意字符的第一个位置.
string_find_first_not_of_subcstr()	从指定位置开始查找不包含在字符串常量的子串的任意字符的第一个位置.
string_find_first_not_of_char()	从指定位置开始查找不是指定字符的任意字符的第一个位置.
string_find_last_not_of()	从指定位置开始向前查找不包含在 string_t 中的任意字符的最后一个位置.
string_find_last_not_of_cstr()	从指定位置开始向前查找不包含在字符串常量中的任意字符的最后一个位置.
string_find_last_not_of_subcstr()	从指定位置开始向前查找不包含在字符串常量的子串的任意字符的最后一个位置.
string_find_last_not_of_char()	从指定位置开始向前查找不是指定字符的的任意字符的最后一个位置.

总体上来说,查找函数分为三类:第一类是查找子串,如 find 和 rfind 类的函数,第二类是查找指定的字符串中的任意字符,如 find_first,find_last 类的函数,第三类是查找出指定字符串包含的字符以为的字符,如 find_first_not,find_last_not 类函数.例如:

```
string_t t_str;
string_init_cstr(&t_str, "Hi Bill, I'm ill, so please pay the bill");
string_find_cstr(&t_str, "il", 0);                    /* return 4 */
string_find_cstr(&t_str, "il", 10);                   /* return 13 */
string_rfind_cstr(&t_str, "il", NPOS);               /* return 37 */
string_find_first_of_cstr(&t_str, "il", 0);         /* return 1 */
string_find_last_of_cstr(&t_str, "il", NPOS);       /* return 39 */
string_find_first_not_of_cstr(&t_str, "il", 0);     /* return 0 */
string_find_last_not_of_cstr(&t_str, "il", NPOS); /* return 36 */
```

17. NPOS 值

上一节的查找函数都是使用下标位置为参数,同时返回结果也是下标位置,那么当查找失败时怎么区分呢?<cstl/cstring.h>中定义了值 NPOS 表示查找失败,例如:

```
size_t t_pos = string_find_cstr(&t_str, "not found");
if(t_pos == NPOS)
{
...
}
```

此外 NPOS 用在接受下标为参数的操作函数中时表示长度到达字符串的末尾,这样可以节省计算字符串常的的时间,同时使用更方便,如在 10.1.1 的例子中

```
string_replace_cstr(&t_tmpname, t_pos + 1, NPOS, "xxx");
```

表示将从 t_pos+1 开始的一直到字符串末尾的子串替换成"xxx".

18. 迭代器支持

string_begin()	获得指向第一个字符的迭代器.
string_end()	获得指向最后一个字符的下一个位置的迭代器.

string_t 类型同样支持迭代器,并且 string_t 类型的迭代器时随机访问迭代器.通过迭代器操作函数,所有的算法都可以应用与 string_t 类型.同时 string_t 类型本身的很多操作函数也都是有迭代器版本的.