数据结构
Data Structure

2017年秋季学期

刘鹏远

链式存储结构

线性表之链表

用任意存储单元存储线性表的数据元素

保持线性表元素间的逻辑上的相邻关系

存储单元可连续可以不连续，物理相邻信息直接利用不上

其余一些基本概念参见教材

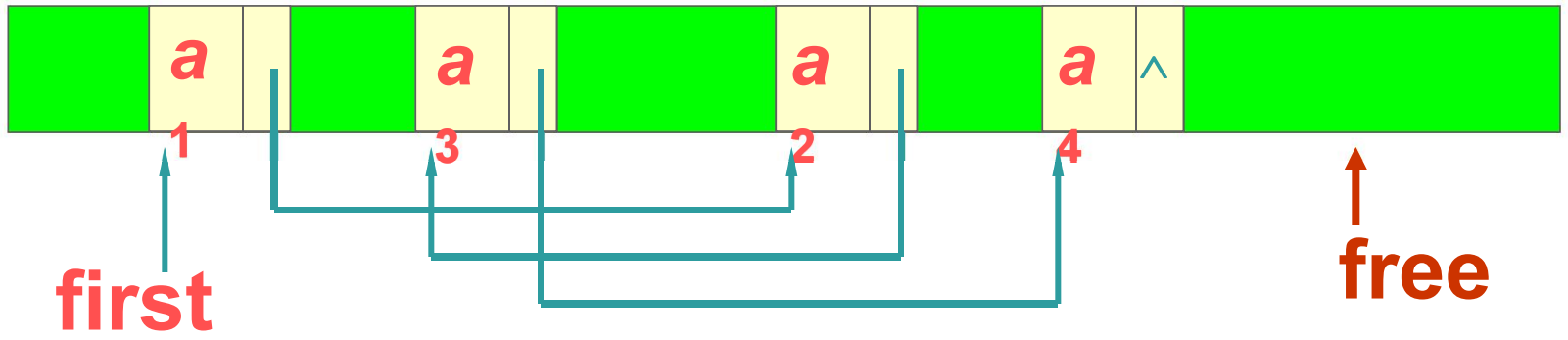
线性表之链表

需要额外表示相邻关系的数据

链式存储节点=
数据元素(Elem_type)+相邻关系信息(*)

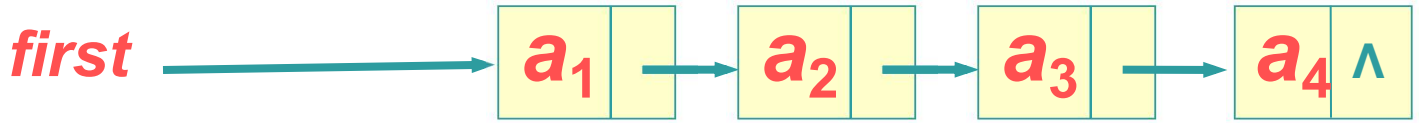
单链表

- 单链表：所有节点均只含有一个指针域的链表。



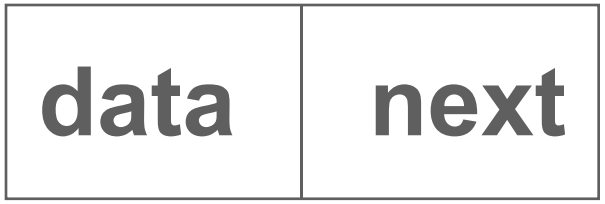
单链表内存存储示意

对应单链表示意



单链表

节点的存储结构



data： 数据域，存放结点的值。
next： 指针域，存放结点的直接后继的地址。
也有next域写成link域的写法。

单链表

```
typedef  struct  node
{
   Elem_type  data;          /*数据域，保存结点的值 */
   struct node *next;        /*指针域*/
}list_node;                  /*结点的类型 */
```

1、定义是递归的

2、指向该结构的指针即可得该节点及之后的节点(如有)

3、整个单链表可用一个指向第一个节点的指针来标识/定义

单链表

节点的基本操作（各类数据结构教程均未封装）

1、声明空节点指针(空链表，长度为0)

```
list_node *my_node = NULL;
```

my_node→NULL

2、分配节点(动态内存分配)，指向之

```
my_node = (list_node*)malloc(sizeof(list_node));
```

单链表

节点赋值

```
my_node->data = 20;
my_node->next = NULL;
```

销毁节点（释放内存）

```
free(my_node);
```

单链表

- 单链表的存储结构定义

```
typedef list_node* link_list;      //单链表
```

- 基本操作的实现(实现线性表ADT操作)
  - 初始化，插入元素，建表，清空，遍历
  - 查找某元素位置，删除元素，求长度
  - 销毁，判断空表，取表中第i个元素等。

单链表

取某位置元素

分析：

- 非随机存取，无法直接利用位置
- 方法：

  从第一个节点开始，依次找向下一个节点

  当找到第i个节点时，返回节点值

  如链表长度不足i，则返回ERROR

单链表

```
Status get_elem_eval(link_list first, int i, Elem_type *e){
    if(!first) return ERROR;
    int k=1; link_node *p = first;
    while(k<i && p){p = p->next;     k++;}
    if (!p) return ERROR;
    else  *e = p->data;
    return OK;
}//大O
```

单链表

插入元素(给定插入位置i)

分析：

- 与顺序表相同，插入元素一般默认在某位置/某元素的前方插入，插入后的元素占据了原来元素的位置
- 思考：给定链表中某节点指针p（代表在第i个位置的原节点），给定新节点q，q插入到p前还是p后实现起来是否有区别？

单链表

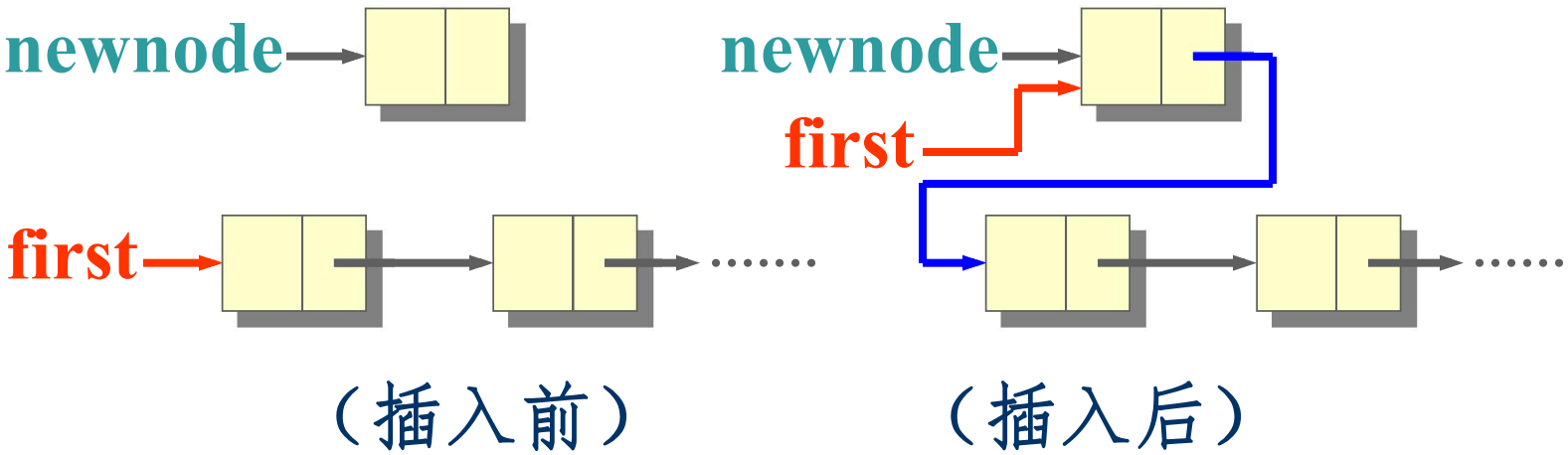
基本方法：

- 对在某节点前插入新节点
- 找到其前一个节点位置
- 在该节点后插入
- 保持原链表不断续

单链表

- 第一种情况：在第 1 个结点前插入：

```
newnode->next = first ;
first = newnode;                    //修改first自身！
```

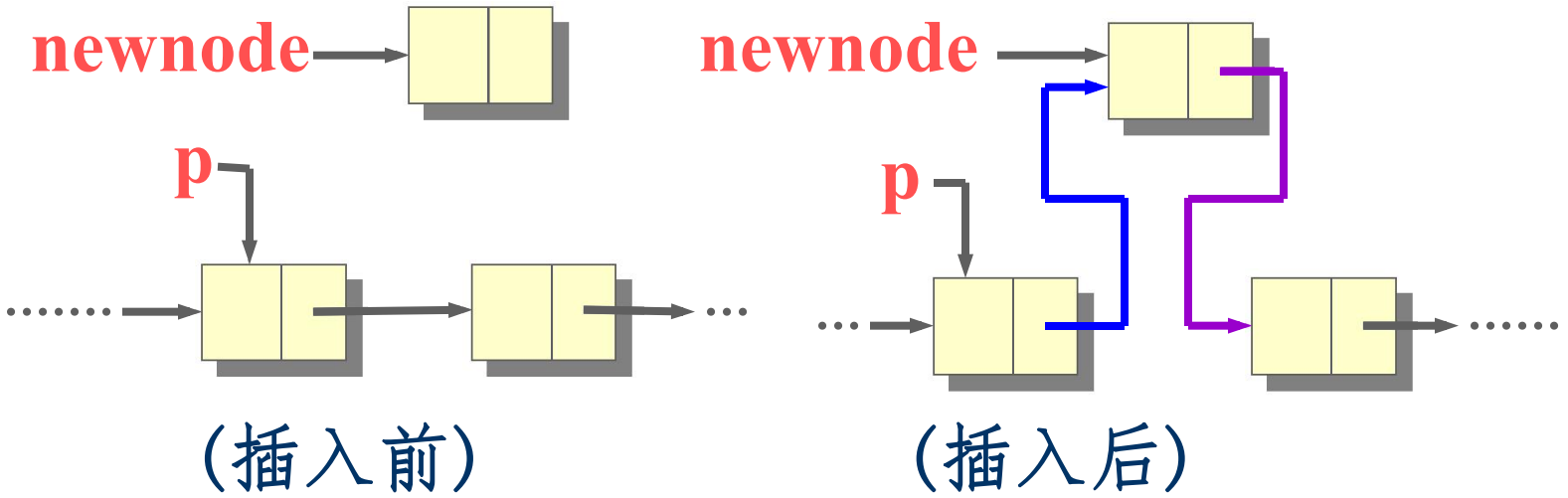


单链表

- 第二种情况：在链表中间插入：

  首先定位指针 p 到插入位置，再将新结点插在其后：

```
newnode->next = p->next;
p->next = newnode;
```



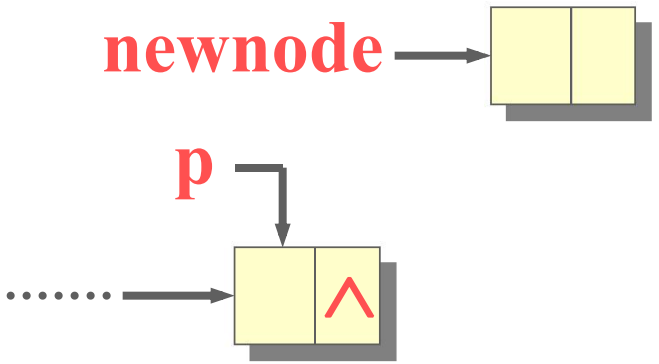
（插入前）　（插入后）

单链表

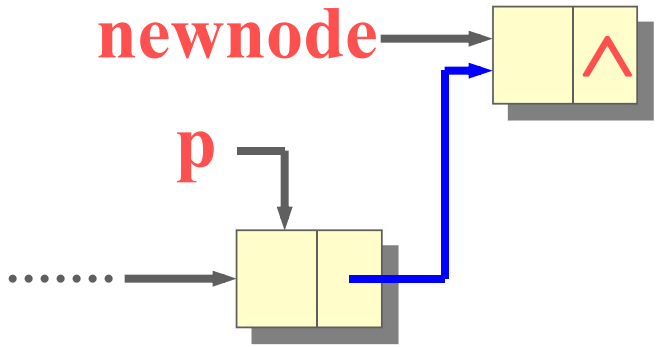
- 第三种情况：在链表末尾插入：

  首先定义指针 p 到尾结点位置，再将新结点插在其后，新结点成为新的尾结点。

```
newnode->next = p->next;
p->next = newnode;
```



(插入前)



(插入后)

单链表

```
bool Insert ( link_list *first, Elem_type x, int i ) {
//在链表第 i (≥1)个结点处插入新元素 x
    link_node * p = *first;   int k = 1;
    while ( p && k < i-1 )    { p = p->next;  k++; }
                              //找第 i-1个结点，此时，k=i-1
    if ( !p && *first) {
          printf ("无效的插入位置!\n" );
          return ERROR;                          //给的 i 太大
    }
```

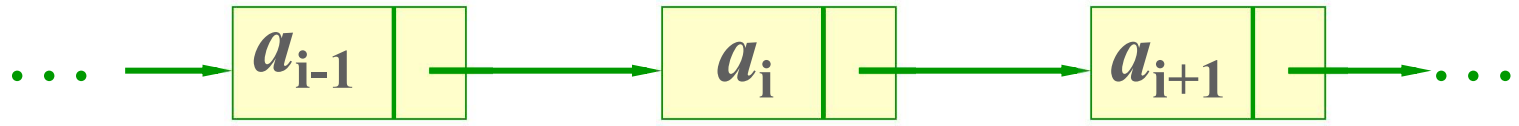
单链表

```
//创建新结点
list_node * newnode =
                (list_node*)malloc(sizeof(list_node));
newnode->data = x;
if (i == 1) {    //插在表前端，是不是空链表均可
   newnode->next = *first;
   *first = newnode;
 }
```

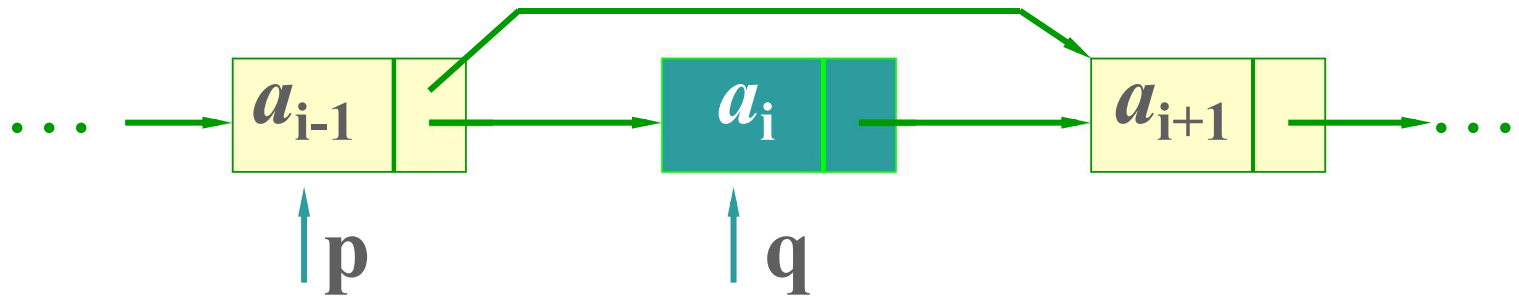
```
    else if(first){          //插在表中或末尾
        newnode->next = p->next;
        p->next = newnode;
    }
    else
        return ERROR;//空链表，插入位置非1
    return OK;
}查找位置O(n)，插入O（1），空间O（1）
```

单链表

- 删除
  - 第一种情况: 删除表中第 1 个元素（改变指向链表第一个元素指针）
  - 第二种情况: 删除表中或表尾元素



删除前



删除后

在单链表中删除含 a_i 的结点

单链表

```
Status Delete (link_list  *first,  int i, Elem_type *x) {
//删除指定位置元素，并返回该元素值
    link_node *p, *q;
                    //p指向操作节点，q指向被删除节点
    if (i == 1){  //删除表中第 1 号结点
       q = *first;  //先保留节点指针
       *first = (*first)->next;
    }
```

单链表

```
else {
    p = *first;  int k = 1;
    while ( p  && k < i-1 )   {
        p = p->next;
        k++;
    }//找到第 i-1个结点
```

单链表

```
    if ( p || p->next ) {//无i-1/i节点
        printf ( “无效的删除位置!\n” );
        return 0;
    }
    else {                              //删除表中或表尾元素
        q = p->next;   //保留被删除节点指针
        p->next = q->next;
    }
}
```

单链表

```
    x = q->data;    //返回被删除元素值
    free(q);                //删除q
    return OK;
}
```

查找元素O(n)，删除O（1）

总体而言，插入删除元素等比较繁琐。

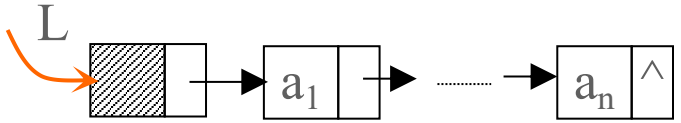
单链表其他操作课后自行实现。

单链表

带头结点的单链表实现基本操作相对方便。

对带头结点的链表，为避免混淆，对一些概念做如下区分：

头结点-----Head 节点



头结点指针-----指向Head节点的指针

首元素指针----指向头结点直接后继（节点）---首元素节点

末元素指针---指向尾节点直接前驱（节点）---末元素节点

英文"head，first，last，tail"，对应中文的"头、首、第一、尾、末、最后"等二义性。

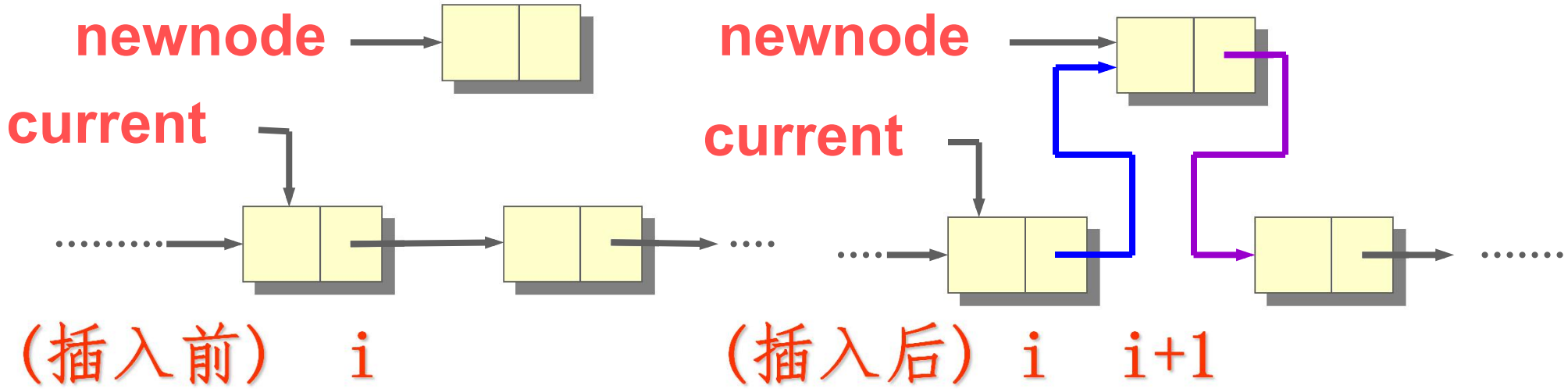
单链表

带不带头结点，是对链表存储结构/操作实现时可选的一种约定。

```
Status init(link_list *my_list){
 *my_list = (link_list)malloc(sizeof(link_node));
        if(*my_list == NULL)              exit(OVERFLOW);
        (*my_list)->next = NULL;
        return OK;
}//带头节点的单链表初始化。
```

可简单的在实现单链表init时，初始化一个头结点，也可以P37重定义

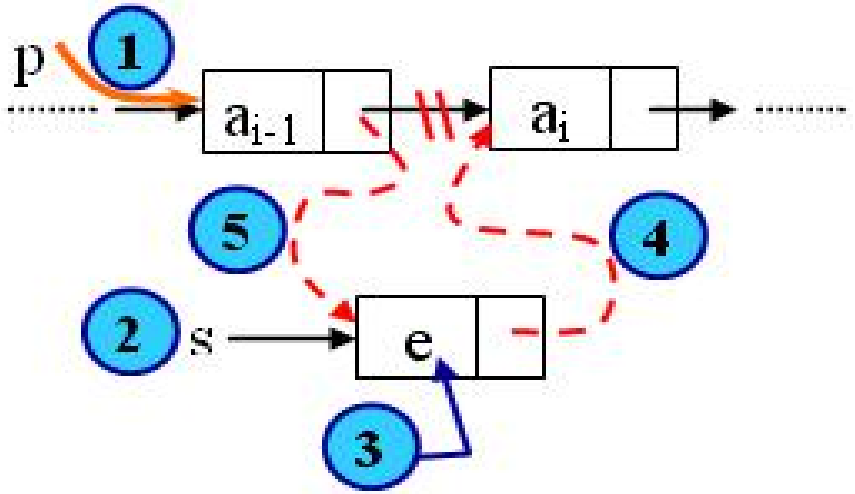
单链表



1. 找到current节点（i-1位置）
2. 生成节点new_node
3, 4. new_node赋值
5. current->next = new_node

时间复杂度O（n）

还须判断边界/内存分配是否成功

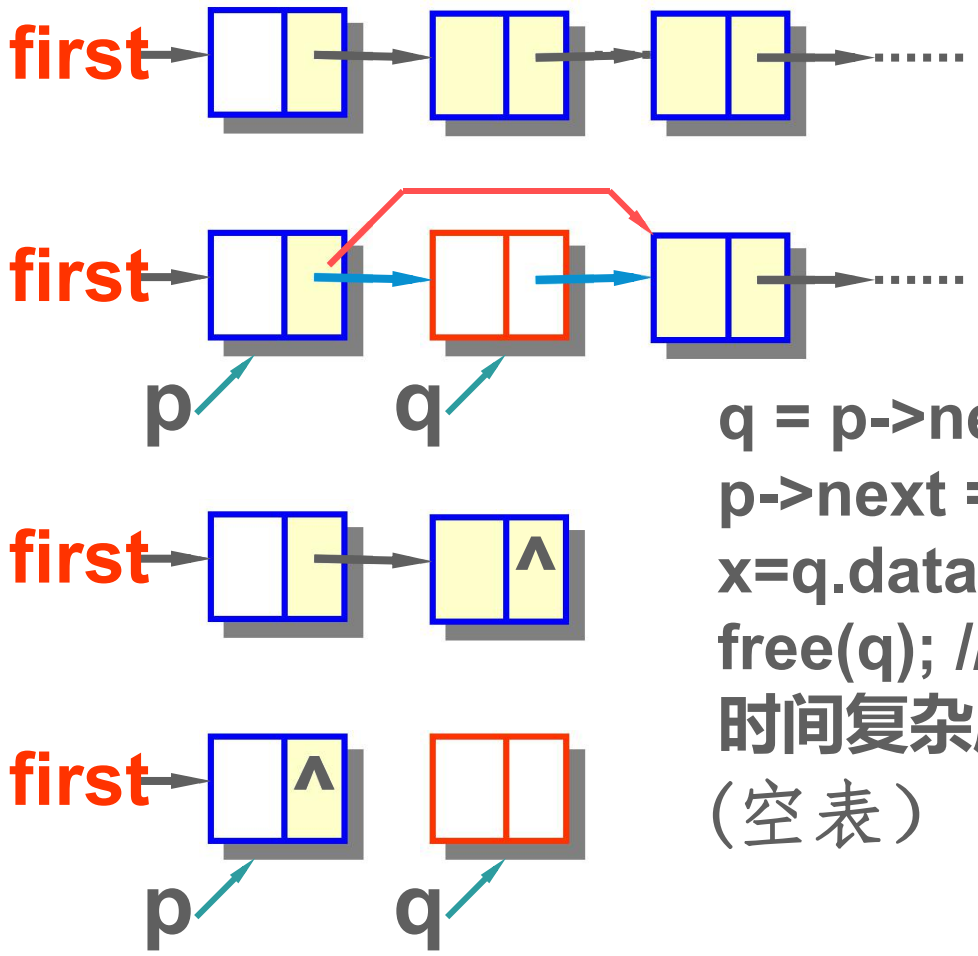


单链表

```
Status insert(link_list L,int i, ElemType e)
{       link_list p = L;      int j=0;//一般均copy下L指针，不直接操作之
        while(p&&j<i-1)   {p = p->next; j++; }
        if(!p || j>i-1) return ERROR; //(右、左越界)
        link_list new_node = (link_list)malloc(sizeof(link_node));
        new_node->data = e;   new_node->next = p->next;
        p->next = new_node;
        return OK;
}//O（n）    寻找i-1节点  插入O（1），空间O(1)
```

单链表

删除元素



（非空表）

```
q = p->next;//保留节点
p->next = q->next;//改链
x=q.data;//保存值
free(q); //删除
```

时间复杂度O（n）

（空表）

单链表

```
Status delete_index(link_list L,int i, ElemType *e)//给定位置，删除
{       link_list p=L, q;    int j=0;
        while(p&&j<i-1)   {p = p->next;       j++;   }
        if(!p||!p->next||j>i-1)      return ERROR;
        q=p->next; p->next = q->next;
        *e = q->data;
        free(q);
        return OK;
}//找节点位置O（n），插入O（1）//删除给定值节点操作自行实现
```

单链表

取第i个元素的值

```
Status get_elem_eval(link_list L, int i, Elem_type *e)
{
        //自行实现
        //大O
}
```

单链表

取第i个元素的地址（指针）

```
Status  get_elem_ptr（link_list L,int i, link_node*p）
{
        //自行实现，如没有，则返回NULL
        //大O
}
//可用此操作简化前面插入/删除操作等操作
```

单链表

按值查找某元素第一次出现位置

1. int find（link_list L, Elem_type e）
//位置序号

2. list_node * find（link_list L, Elem_type e）
//指向某节点的指针

//O(n)，自行实现

单链表

单链表生成　头插法

```
Status creat_from_head（link_list L）//类C伪码
{       while(condition)            //condition为条件表达式，自行定义
        {       scanf("%d", &e);
                insert(L, 1, e);
        }
        return OK；
}//L为带头节点的空单链表，O（n），n为节点个数
//新节点总是作为链表首元素节点，结果为输入的倒序。如何解决？
```

单链表

1、倒序输入节点；

2、采用尾插法

```
Status append(link_list L, Elem_type e)
//该操作是单链表末尾插入元素的操作
//找到最后一个非空节点p
//新生成一个节点q，赋值q->data = e;q->next=p->next;
//链接p->next = q;
```

单链表

假设采用append函数，仿照头插法及insert函数则：

```
Status creat_from_tail（link_list L）//类C伪码
{       while(condition)
        {       scanf("%d", &e);
                append(L, e);
        }
        return OK;
}//L为带头节点的空单链表
//算法时间复杂度O（？）
```

单链表

因此，需要保存记录最后一个节点指针

.....

```
//先找到最后一个节点指针current
while(condition)   //condition条件自行定义
{       scanf("%d", &e);
        new_node = (list_node*)malloc(sizeof(list_node));
        if(new_node == NULL) return ERROR;
        new_node->data = e;   new_node->next = NULL;
        current->next = new_node;
        current = new_node;
}
```

.....

链表与顺序表比较

- 顺序表数据元素存储时物理地址相邻
  - 一般用数组实现

- 链表数据元素存储物理地址不要求一定相邻
  - 一般利用指针

链表与顺序表比较

- 基于空间的比较
  - 存储分配的方式
    - 顺序表的存储空间是静态/动态分配的
    - 链表的存储空间(一般来说)是动态分配的
  - 存储密度

  存储密度=结点数据本身所占的存储量/结点结构所占的存储总量
    - 顺序表的存储密度 = 1
    - 链表的存储密度 < 1

链表与顺序表比较

- 实际空间分析
  - 顺序表未利用空间
    =(MAX_SIZE - DATA_LENGTH)*sizeof(ElemType)
  - 链表未利用空间
    = (ELEMENT_SIZE - DATA_SIZE)*DATA_LENGTH

链表与顺序表比较

- 基于时间的比较
  - 存取元素
    - 给定位置i，顺序表可以随机存取（效率高）O(1)
    - 给定位置i，链表无法随机存取（效率低）O(n)
  - 插入/删除时移动元素个数
    - 顺序表平均需要移动近一半元素（效率低）O(n)
    - 链表不需移动元素，只需修改指针（效率高）O(1)

链表与顺序表比较

各有优劣，不同情形下用不同的结构

思考1：生成链表后，再利用单链表尾插入操作来插入多个数据时间复杂度高，因访问尾元素节点O（n）

思考2：从任意节点开始遍历整个单链表较麻烦

思考：是否可以在现有逻辑及链表存储结构下，解决上述问题？

上机与作业

带头结点的单链表实现，与顺序表类似：

1、上机实现主要功能与验证

1、实现定义

2、主函数建立一个单链表

3、头插法插入10个整数，删除1,3,5位置的整数，位置7插入整数7

4、求此时表长

5、遍历此时的链表表

2、模课上交时间照常(仅交上机实现部分，其余部分下次上机继续)