2.3 线性表的链式表示和实现

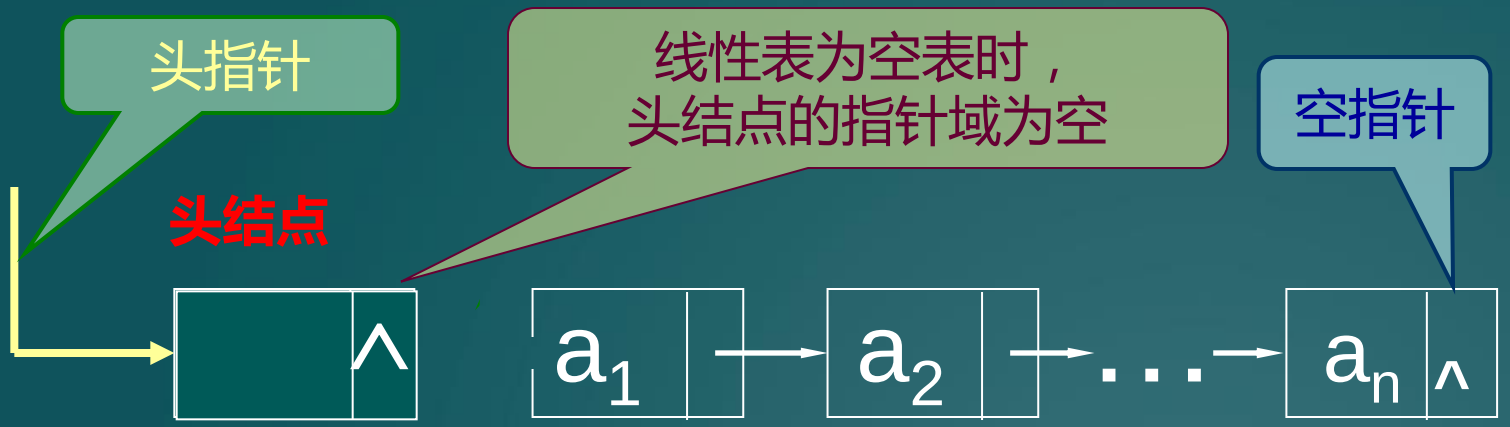
2.3.1 线性链表

用一组地址任意的存储单元存放线性表中的数据元素。

以元素（数据元素的映象）+ 指针（指示后继元素存储位置）= 结点（表示数据元素 或 数据元素的映象）

以“结点的序列”表示线性表— 称作链表

由于此链表的每个结点中只包含一个指针域，故称为线性链表或单链表



以线性表中第一个数据元素a_1的存储地址作为线性链表的地址，称作线性链表的头指针。

有时为了操作方便，在第一个结点之前虚加一个“头结点”，以指向头结点的指针为链表的头指针。

结点和单链表的 C 语言描述

```
Typedef struct  LNode {
    ElemType      data;  // 数据域
    struct Lnode   *next;  // 指针域
} LNode, *LinkList;
    LinkList  L ;   // L 为单链表的头指针，它指向表中第一
    个结点。
```

单链表操作的实现

GetElem(L, i, e) // 取第i个数据元素

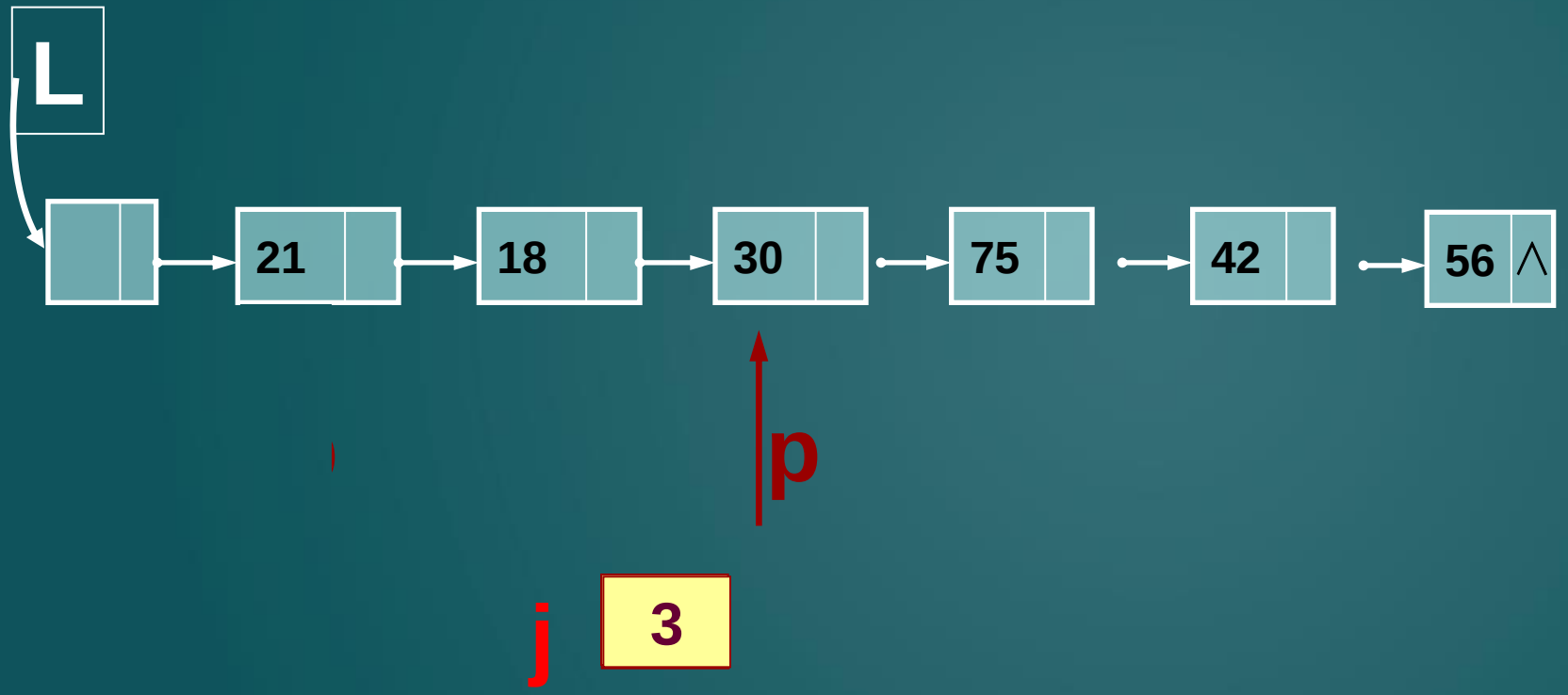
ListInsert(&L, i, e) // 插入数据元素

ListDelete(&L, i, e) // 删除数据元素

ClearList(&L) // 重置线性表为空表

CreateList(&L, n) // 生成含 n 个数据元素的链表

线性表的操作 **GetElem(L, i, &e)**在单链表中的实现:



单链表是一种顺序存取的结构，为找第 i 个数据元素，必须先找到第 i-1 个数据元素。

因此，查找第 i 个数据元素的基本操作为：移动指针，比较 j 和 i 。

令指针 p 始终指向线性表中第 j 个数据元素。

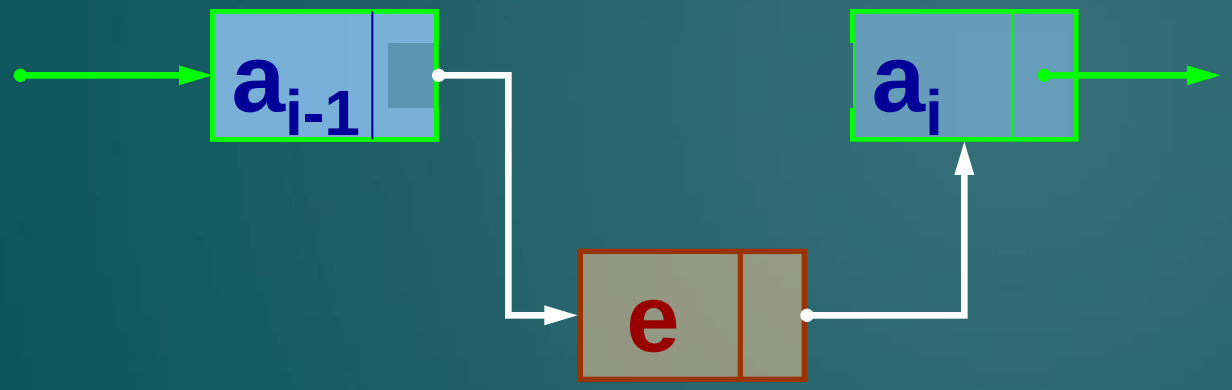
```
Status GetElem_L(LinkList L, int i, ElemType &e) {
  // L是带头结点的链表的头指针，以 e 返回第 i 个元素
 p = L->next；   j = 1；  // p指向第一个结点，j为计数器
 while (p && j<i) { p = p->next；  ++j；  }
       // 顺指针向后查找，直到 p 指向第 i 个元素或 p 为空
 if ( !p || j>i )
    return ERROR；      //  第 i 个元素不存在
 e = p->data；                //  取得第 i 个元素
 return OK；
} // GetElem_L
```

算法时间复杂度为： O（ListLength(L)）

算法：2.8

线性表的操作 **ListInsert(&L, i, e)**，在单链表中的实现：

有序对 $<a_{i-1}, a_i>$ 改变为 $<a_{i-1}, e>$ 和$<e, a_i>$



可见，在链表中插入结点只需要修改指针。但同时，若要在第 i 个结点之前插入元素，修改的是第 i-1 个结点的指针。

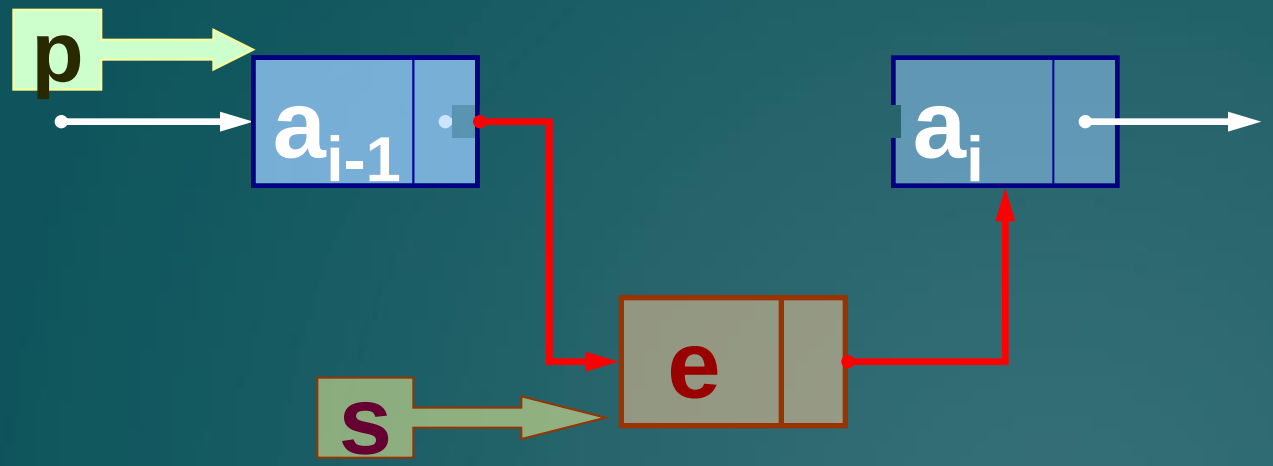
因此，在单链表中第 i 个结点之前进行插入的基本操作为:

找到线性表中第i-1个结点，然后修改其指向后继的指针。

```
Status ListInsert_L(LinkList L, int i, ElemType e) {
    // L 为带头结点的单链表的头指针，本算法在链表中第i 个
//结点之前插入新的元素 e
  p = L ;     j = 0 ;
while (p && j < i-1)
    { p = p->next ;   ++j ; }        // 寻找第 i-1 个结点
  if (!p || j > i-1)  return ERROR ;     // i 大于表长或者小于1
  s = (LinkList) malloc ( sizeof (LNode)) ;   // 生成新结点
  s->data = e ;
  s->next = p->next ;     p->next = s ;     // 插入
 return OK ;
  } // LinstInsert_L
```

算法的时间复杂度为：O（ListLength(L)）

算法：2.9



s->next = p->next

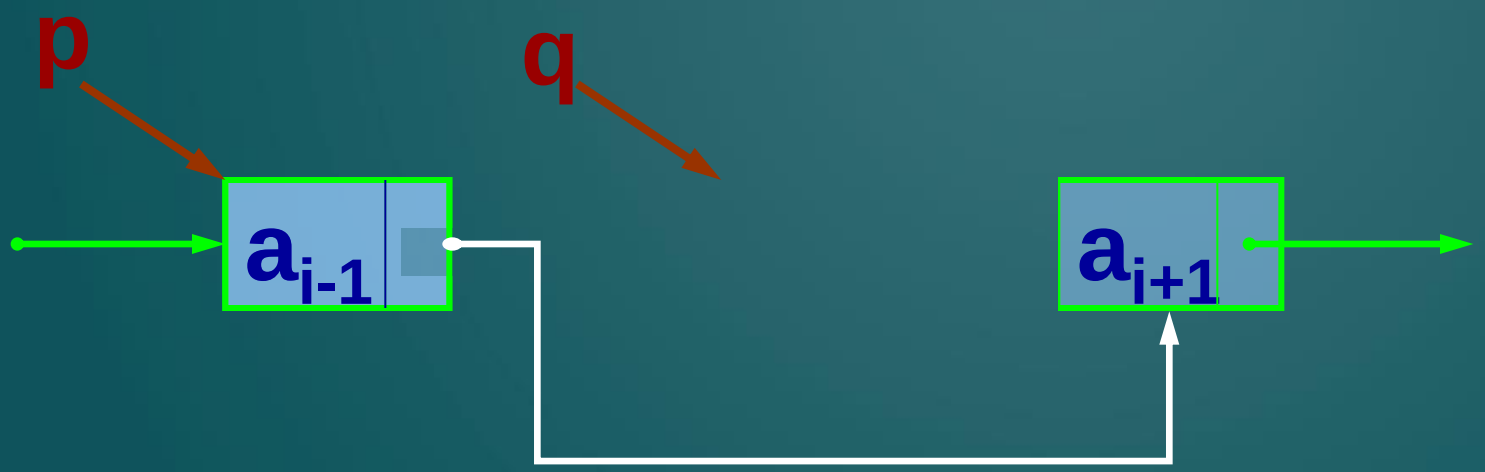
p->next = s

线性表的操作**ListDelete (&L, i, &e)**在链表中的实现:

有序对<a_{i-1}, a_i> 和 <a_i, a_{i+1}> 改变为 <a_{i-1}, a_{i+1}>

在单链表中删除第 i 个结点的基本操作为:找到线性表中第i-1个结点，修改其指向后继的指针。

```
q = p->next;    p->next = q->next;
e = q->data;    free(q);
```



```
Status ListDelete_L(LinkList L, int i, ElemType &e) {
  // 删除以 L 为头指针（带头结点）的单链表中第 i 个结点
p = L；    j = 0；
while (p->next && j < i-1) {  p = p->next；    ++j；  }
                        // 寻找第 i 个结点，并令 p 指向其前驱
if  (!(p->next) || j > i-1)
    return ERROR；  // 删除位置不合理
q = p->next；    p->next = q->next；  // 删除并释放结点
e = q->data；    free(q)；
return OK；
} // ListDelete_L
```

算法的时间复杂度为：O（ListLength(L)）

算法：2.10

操作 **ClearList(&L)** 在链表中的实现:

```
void ClearList(&L) {
   // 将单链表重新置为一个空表
    while (L->next) {
        p=L->next；   L->next=p->next；
       free(p)；
    }
} // ClearList
```

如何从线性表得到单链表？

链表是一个动态的结构，它不需要予分配空间，因此生成链表的过程是一个结点“逐个插入” 的过程。

例如：逆位序输入 n 个数据元素的值，建立带头结点的单链表。

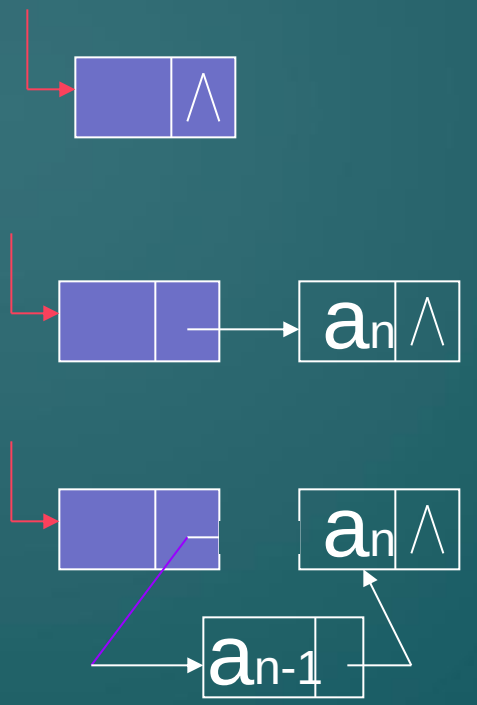
操作步骤：

一、建立一个“空表”；

二、输入数据元素a_n，建立结点并插入；

三、输入数据元素a_{n-1}，建立结点并插入；

四、依次类推，直至输入a_1为止。



```
void CreateList_L(LinkList &L, int n) {
    // 逆序输入 n 个数据元素，建立带头结点的单链表
L = (LinkList) malloc (sizeof (LNode)) ;
L->next = NULL ;     // 先建立一个带头结点的单链表
for （i = n ; i > 0 ; --i ）{
    p = (LinkList) malloc (sizeof (LNode)) ;
                    //生成新结点
    scanf ( &p->data ) ;     // 输入元素值
    p->next = L->next ; L->next = p ; // 插入到表头
}
} // CreateList_L
```

算法的时间复杂度为：O（Listlength(L)）

算法：2.11

用上述定义的单链表实现线性表的操作时，存在的问题：

1．单链表的表长是一个隐含的值；

2．在单链表的最后一个元素之后插入元素时，需遍历整个链表；

3．在链表中，元素的“位序”概念淡化，结点的 “位置”概念加强。

改进链表的设置：

1．增加“表长”、“表尾指针” 和 “当前位置的指针”三个数据域；

2．将基本操作中的“位序 i ”改变为“指针 p ”。

```
void MergeList_L(LinkList &La, LinkList &Lb, LinkList &Lc) {
 // 已知单链线性表La和 Lb的元素按值非递减排列归并La和 Lb
//得到新的单链线性表Lc，Lc的元素也按值非递减排列
    pa = La->next；    pb = Lb->next；
    Lc = pc = La；    //用的La头结点作为Lc的头结点
 While ( pa && pb ) {
       if ( pa->data<=pb->data ) {
            pc->next=pa; pc=pa; pa=pa->next;
       }
       else {pc->next=pb; pc=pb; pb=pb->next; }
     }
     pc->next=pa ? pa : pb;         //插入剩余段
     free (Lb)；                          //释放Lb的头结点
} // MergeList_L
```

算法：2.13

有时也可借用一维数组来描述线性链表，其类型说明如下：

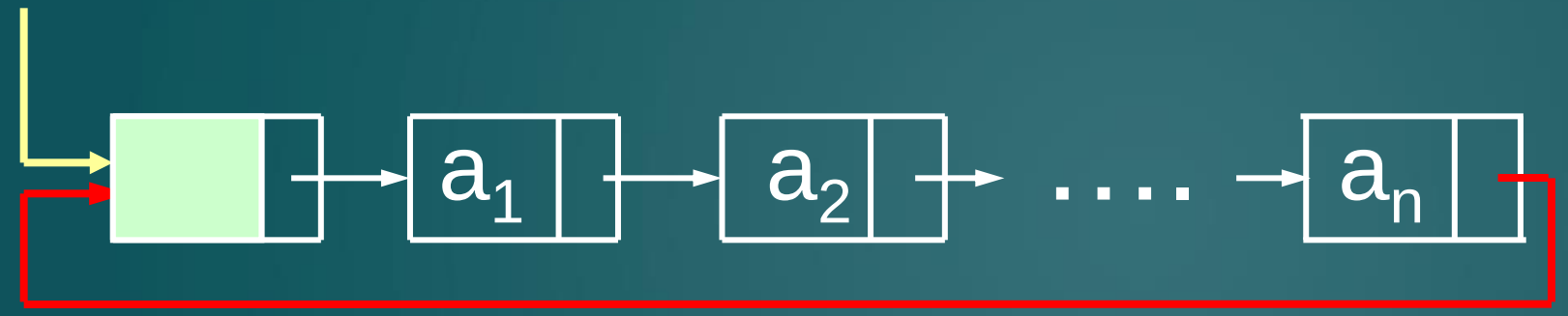
```
//-----线性表的静态单链表存储结构-----
#define MAXSIZE1000   //链表的最大长度
typedef struct {
    ElemType data;
    int      cur;
}component, SLinkList [ MAXSIZE ];
```

这种用数组描述的链表起名叫**静态链表**。

关于静态链表的内容，讲义P31 – P35

2.3.2 循环链表

其特点是表中最后一个结点的指针域指向头结点，整个链表形成一个环。



和单链表的差别仅在于，判别链表中最后一个结点的条件不再是“后继是否为空”，而是“后继是否为头结点”。

空表

2.3.3 双向链表

在每个结点中有两个指针域，其一指向直接后继，另一指向直接前驱。

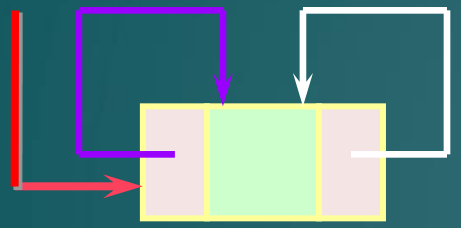
在C语言中可描述如下：

```
typedef struct  DuLNode {
    ElemType        data；    // 数据域
    struct DuLNode   *prior；
                            // 指向前驱的指针域
    struct DuLNode  *next；
                            // 指向后继的指针域
} DuLNode, *DuLinkList；
```

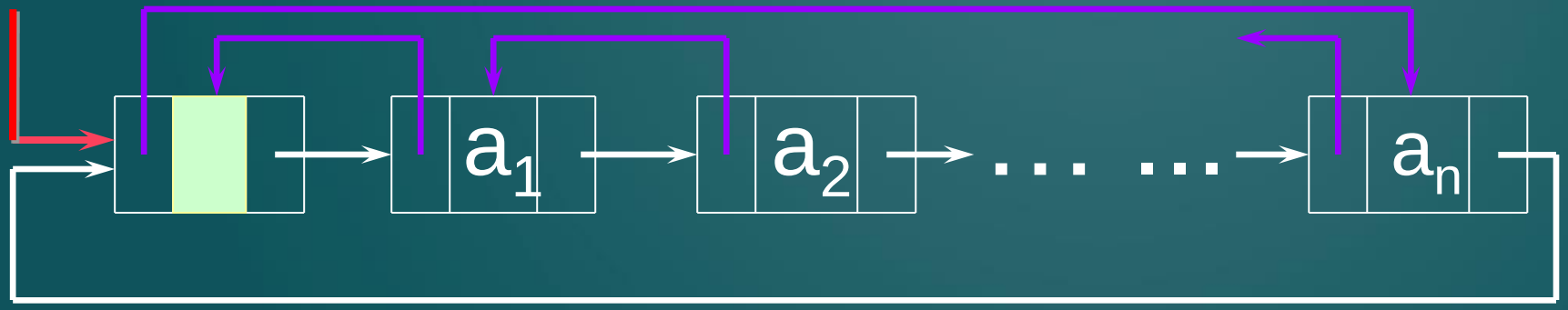
双向循环链表

结点结构：

空表



非空表

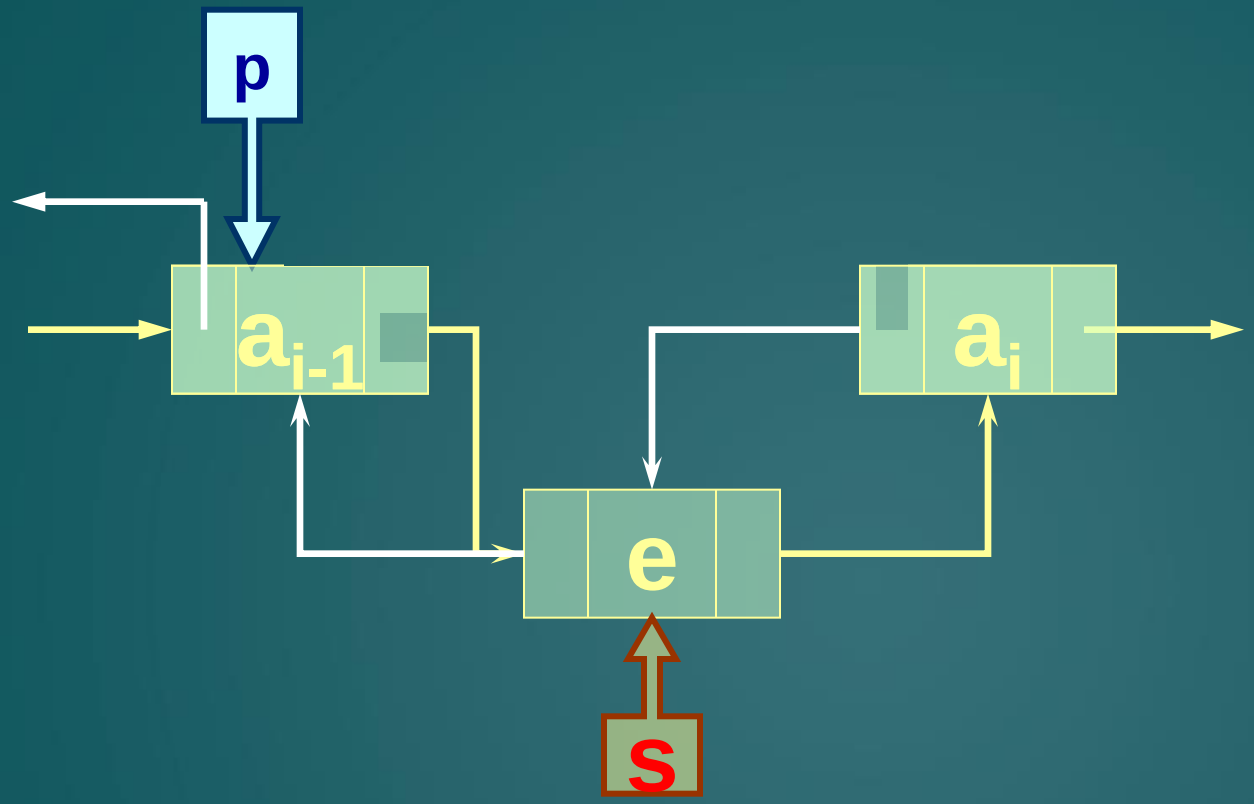


双向链表的操作特点：

1、“查询” 和单链表相同。

2、“插入” 和“删除”时需要同时修改两个方向上的指针。

插入：



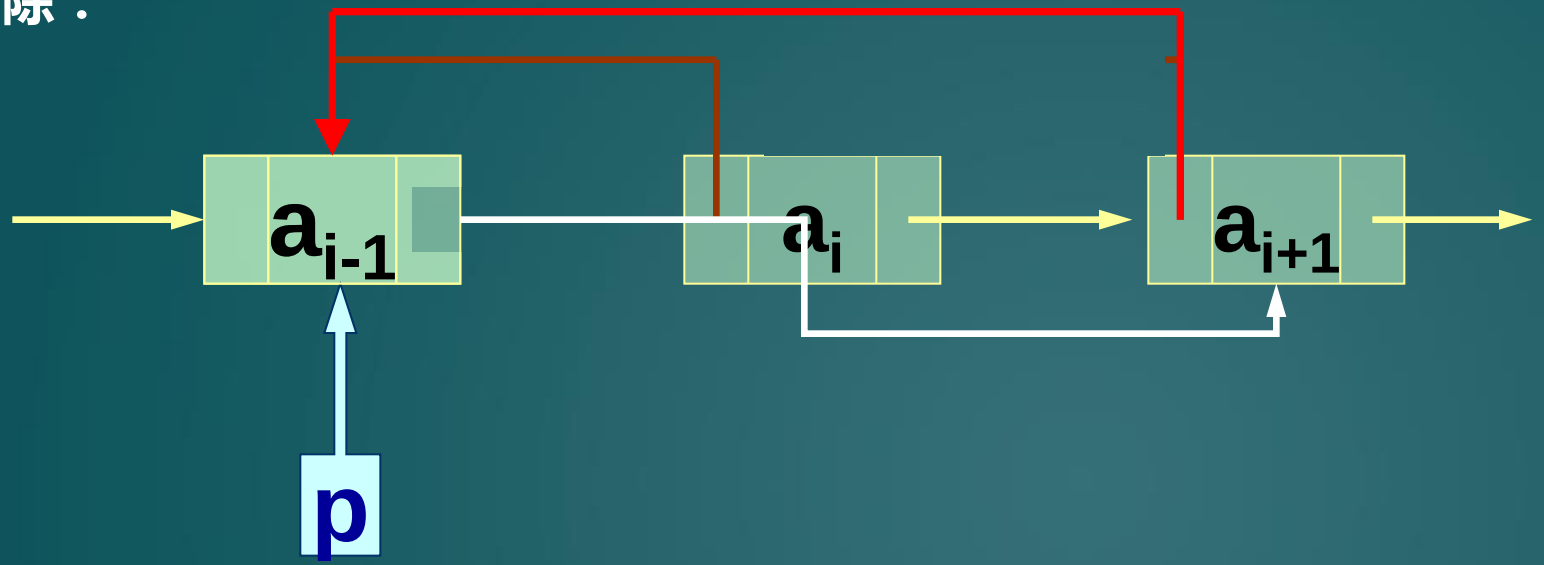
s->next = p->next;　p->next = s;

s->next->prior = s;　s->prior = p;

```
Status ListInsert_ DuL (DuLinkList &L, int i, ElemType e) {
  //在带头结点的双链循环线性表L中第 i 个位置之前插入 元素e
    // i 的合法值为1≤i≤表长+1.
      if (!(p=GetElemP_ DuL(L,i))) //在L中确定插入位置指针p
      return ERROR;   //  i 等于表长加1时，p 指向头结点；
                      //  i 大于表长加1时，p=NUL
      if (!(s=(DuLinkList) malloc(sizeof (DuLNode)))
      return ERROR ;
      s->data=e ;
      s->prior=p->prior ;  p->prior->next=s ;
      s->next=p ;       p->prior=s ;
      return OK ;
}// ListInsert_ DuL
```

算法：2.18

删除：




```
p->next = p->next->next;
p->next->prior = p;
```

```
Status ListDelete_ DuL (DuLinkList &L, int i, ElemType &e) {
    //删除带头结点的双链循环线性表L中第 i 个元素，i 的合法值为
    //1≤i≤表长
        if (!(p=GetElemP_ DuL(L,i)))
                    //在L中确定第 i 个元素的位置指针p
        return ERROR；  //p=NULL，即第 i 个元素不存在
        e=p->data；
        p->prior->next=p->next；
        p->next->prior=p->prior；
        free (p)；      return OK；
}// ListDelete_ DuL
```

算法：2.19