

！练习 4.4.12：图 4-24 中给出了对应于某些语句的文法。你可以将 e 和 s 当作分别代表条件表达式和“其他语句”的终结符号。如果我们按照下列方法来解决因为展开可选“else”（非终结符号 $stmtTail$ ）而引起的冲突：当我们从输入中看到一个 **else** 时就选择消耗掉这个 **else**。使用 4.4.5 节中描述的同步符号的思想：

1) 为这个文法构造一个带有错误纠正信息的预测分析表。

2) 给出你的语法分析器在处理下列输入时的行为：

- Ⓐ **if e then s ; if e then s end**
- Ⓑ **while e do begin s ; if e then s ; end**

$stmt$	\rightarrow	if e then $stmt$ $stmtTail$
	$ $	while e do $stmt$
	$ $	begin $list$ end
	$ $	s
$stmtTail$	\rightarrow	else $stmt$
	$ $	ϵ
$list$	\rightarrow	$stmt$ $listTail$
$listTail$	\rightarrow	; $list$
	$ $	ϵ

图 4-24 某种类型语句的文法

(1) 构造一个带有错误纠正信息的预测分析表

使用 FIRST 和 FOLLOW 符号作为同步集合，使用 synch 来表示根据相应非终结符号的 FOLLOW 集合得到的同步词法单元。

FIRST 函数：

计算各个文法符号 X 的 $FIRST(X)$ 时，不断应用下列规则，直到再没有新的终结符号或 ϵ 可以被加入到任何 FIRST 集合中为止。

1) 如果 X 是一个终结符号，那么 $FIRST(X) = X$ 。

2) 如果 X 是一个非终结符号，且 $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$ 是一个产生式，其中 $k \geq 1$ ，那么如果对于某个 i ， a 在 $FIRST(Y_i)$ 中且 ϵ 在所有的 $FIRST(Y_1)$ 、 $FIRST(Y_2)$ 、 \dots 、 $FIRST(Y_{i-1})$ 中，就把 a 加入到 $FIRST(X)$ 中。也就是说， $Y_1 \dots Y_{i-1} \Rightarrow \epsilon$ 。如果对于所有的 $j = 1, 2, \dots, k$ ， ϵ 在 $FIRST(Y_j)$ 中，那么将 ϵ 加入到 $FIRST(X)$ 中。比如， $FIRST(Y_1)$ 中的所有符号一定在 $FIRST(X)$ 中。如果 Y_1 不能推导出 ϵ ，那么我们就不会再向 $FIRST(X)$ 中加入任何符号，但是如果 $Y_1 \Rightarrow \epsilon$ ，那么我们就加上 $FIRST(Y_2)$ ，依此类推。

3) 如果 $X \rightarrow \epsilon$ 是一个产生式，那么将 ϵ 加入到 $FIRST(X)$ 中。

FOLLOW 函数：

1) 将 $\$$ 放到 $FOLLOW(S)$ 中，其中 S 是开始符号，而 $\$$ 是输入右端的结束标记。

2) 如果存在一个产生式 $A \rightarrow \alpha B \beta$ ，那么 $FIRST(\beta)$ 中除 ϵ 之外的所有符号都在 $FOLLOW(B)$ 中。

3) 如果存在一个产生式 $A \rightarrow \alpha B$ ，或存在产生式 $A \rightarrow \alpha B \beta$ 且 $FIRST(\beta)$ 包含 ϵ ，那么 $FOLLOW(A)$ 中的所有符号都在 $FOLLOW(B)$ 中。

由文法 G 构造预测分析表 M 的方法：

方法：对于文法 G 的每个产生式 $A \rightarrow \alpha$ ，进行如下处理：

1) 对于 $FIRST(\alpha)$ 中的每个终结符号 a ，将 $A \rightarrow \alpha$ 加入到 $M[A, a]$ 中。

2) 如果 ϵ 在 $FIRST(\alpha)$ 中，那么对于 $FOLLOW(A)$ 中的每个终结符号 b ，将 $A \rightarrow \alpha$ 加入到 $M[A, b]$ 中。如果 ϵ 在 $FIRST(\alpha)$ 中，且 $\$$ 在 $FOLLOW(A)$ 中，也将 $A \rightarrow \alpha$ 加入到 $M[A, \$]$ 中。

在完成上面的操作之后，如果 $M[A, a]$ 中没有产生式，那么将 $M[A, a]$ 设置为 **error**（我们通常在表中用一个空条目表示）。 □

预测分析表												
非终端符号	输入符号											
	if	e	then	while	do	begin	end	s	else	;	\$	
stmt	①			②		③	synch	④	synch	synch	synch	
stmtTail							⑥		⑤	⑥	⑥	
list	⑦			⑦		⑦	synch	⑦				
listTail							⑨			⑧		

① $stmt \rightarrow \text{if } e \text{ then } stmt \text{ stmtTail}$

$\text{FIRST}(\text{if } e \text{ then } stmt \text{ stmtTail}) = \text{FIRST}(\text{if}) = \{\text{if}\}$

$M[stmt, \text{if}] = \text{①}$

② $stmt \rightarrow \text{while } e \text{ do } stmt$

$\text{FIRST}(\text{while } e \text{ do } stmt) = \text{FIRST}(\text{while}) = \{\text{while}\}$

$M[stmt, \text{while}] = \text{②}$

③ $stmt \rightarrow \text{begin } list \text{ end}$

$\text{FIRST}(\text{begin } list \text{ end}) = \text{FIRST}(\text{begin}) = \{\text{begin}\}$

$M[stmt, \text{begin}] = \text{③}$

④ $stmt \rightarrow s$

$\text{FIRST}(s) = \{s\}$

$M[stmt, s] = \text{④}$

⑤ $stmtTail \rightarrow \text{else } stmt$

$\text{FIRST}(\text{else } stmt) = \text{FIRST}(\text{else}) = \{\text{else}\}$

$M[stmtTail, \text{else}] = \text{⑤}$

⑥ $stmtTail \rightarrow \epsilon$

$\text{FIRST}(\epsilon) = \{\epsilon\}$

需求得 $\text{FOLLOW}(stmtTail)$ ，对其中每个终结符号 b ，将⑥加入到 $M[stmtTail, b]$

由 $stmtTail \rightarrow \text{else } stmt$ ， $stmt$ 只出现在 $stmtTail$ 产生式的尾部

$\text{FOLLOW}(stmt) = \text{FOLLOW}(stmtTail)$

由产生式可知：

a) $\text{FIRST}(stmtTail)$ 除 ϵ 之外的所有符号都在 $\text{FOLLOW}(stmt)$ 中

$\text{FIRST}(stmtTail) = \{\text{else}, \epsilon\}$

$\text{FOLLOW}(stmt) = \{\text{else}\}$

同时， $stmt$ 是开始符号， $\text{FOLLOW}(stmt) = \{\text{else}, \$\}$

b) $\text{FIRST}(listTail)$ 除 ϵ 之外的所有符号都在 $\text{FOLLOW}(stmt)$ 中

$\text{FIRST}(listTail) = \{;, \epsilon\}$

ϵ 在 $\text{FIRST}(listTail)$ 中， $\text{FOLLOW}(listTail)$ 中所有符号都在 $\text{FOLLOW}(stmt)$ 中

由⑦⑧ $\text{FOLLOW}(list) = \text{FOLLOW}(listTail) = \{\text{end}\}$

$\text{FOLLOW}(stmt) = \{\text{else}, \$, ;, \text{end}\}$ （最终完整结果）

综上可得： $\text{FOLLOW}(stmtTail) = \{\text{else}, \$, ;, \text{end}\}$

表中 $M[stmtTail, \text{else}] = \text{⑤}$ 位置不变，其余对应 $\text{FOLLOW}(stmtTail)$ 中终结符号

位置的均插入⑥

⑦ $list \rightarrow stmt \text{ listTail}$

$\text{FIRST}(stmt \text{ listTail}) = \text{FIRST}(stmt) = \{\text{if}, \text{while}, \text{begin}, s\}$

表中相应四处插入⑦

⑧ $listTail \rightarrow ; \text{list}$

FIRST(;list) = {;}

M[listTail,;] = ⑧

⑨ listTail $\rightarrow \epsilon$

FIRST(ϵ) = { ϵ }

需求得**FOLLOW**(listTail), 对其中每个终结符号 b , 将⑨加入到M[listTail, b]

由⑥中过程得到:

FOLLOW(list) = **FOLLOW**(listTail) = {end}

M[listTail,end] = ⑨

由恐慌模式的错误恢复过程, 要根据 FOLLOW 函数结果把 synch 插入表中相应位置。

FOLLOW(stmt) = **FOLLOW**(stmtTail) = {else,\$,;,end}

FOLLOW(list) = **FOLLOW**(listTail) = {end}

之前已经正确插入产生式的位置, 不再插入 synch。

(2) 给出你的语法分析器在处理下列输入时的行为

预测分析表处理输入的预测分析过程:

```

设置 ip 使它指向 w 的第一个符号, 其中 ip 是输入指针;
令 X = 栈顶符号;
while ( X  $\neq$  $ ) { /* 栈非空 */
    if ( X 等于 ip 所指向的符号 a ) 执行栈的弹出操作, 将 ip 向前移动一个位置;
    else if ( X 是一个终结符号 ) error();
    else if ( M[X,a] 是一个报错条目 ) error();
    else if ( M[X,a] =  $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$  ) {
        输出产生式  $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$ ;
        弹出栈顶符号;
        将  $Y_k, Y_{k-1}, \dots, Y_1$  压入栈中, 其中  $Y_1$  位于栈顶。
    }
    令 X = 栈顶符号;
}

```

注: 如果条目为 synch, 那么在试图继续分析时, 栈顶的非终结符号被弹出。

(a) **if e then s; if e then s end**

已匹配	栈	输入	动作
	stmt\$	if e then s; if e then s end\$	
	if e then stmt stmtTail\$	if e then s; if e then s end\$	输出①
if	e then stmt stmtTail\$	e then s; if e then s end\$	匹配 if
if e	then stmt stmtTail\$	then s; if e then s end\$	匹配e
if e then	stmt stmtTail\$	s; if e then s end\$	匹配 then
	s stmtTail\$	s; if e then s end\$	输出④
if e then s	stmtTail\$; if e then s end\$	匹配s
	\$; if e then s end\$	输出⑥

(b) **while e do begin s ; if e then s ; end**

已匹配	栈	输入	动作
	$stmt\$$	while e do begin s; if e then s; end\$	
	while e do $stmt\\$	while e do begin s; if e then s; end\$	输出②
while	e do $stmt\\$	e do begin s; if e then s; end\$	匹配 while
while e	do $stmt\\$	do begin s; if e then s; end\$	匹配 e
while e do	$stmt\$$	begin s; if e then s; end\$	匹配 do
	begin list end\$	begin s; if e then s; end\$	输出③
while e do begin	$list$ end\$	s ; if e then s; end\$	匹配 begin
	$stmt$ $listTail$ end\$	s ; if e then s; end\$	输出⑦
	s $listTail$ end\$	s ; if e then s; end\$	输出④
while e do begin s	$listTail$ end\$	s ; if e then s; end\$	匹配 s
	s ; $list$ end\$	s ; if e then s; end\$	输出⑧
while e do begin s;	$list$ end\$	if e then s; end\$	匹配;
	$stmt$ $listTail$ end\$	if e then s; end\$	输出⑦
	if e then $stmt$ $stmtTail$ $listTail$ end\$	if e then s; end\$	输出①
while e do begin s; if	e then $stmt$ $stmtTail$ $listTail$ end\$	e then s; end\$	匹配 if
while e do begin s; if e	then $stmt$ $stmtTail$ $listTail$ end\$	then s; end\$	匹配 e
while e do begin s; if e then	$stmt$ $stmtTail$ $listTail$ end\$	s ; end\$	匹配 then
	s $stmtTail$ $listTail$ end\$	s ; end\$	输出④
while e do begin s; if e then s	$stmtTail$ $listTail$ end\$	s ; end\$	匹配 s
	$listTail$ end\$	s ; end\$	输出⑥
	s ; $list$ $listTail$ end\$	s ; end\$	输出⑧
while e do begin s; if e then s;	$list$ $listTail$ end\$	end\$	匹配;
	$listTail$ end\$	end\$	synch!弹出
	end\$	end\$	输出⑨
while e do begin s; if e then s; end	s	s	匹配 end