

第四章习题

提取



- 对以下上下文无关文法消除左递归。如果有公共左因子请消除最大公共左因子，然后通过构造相关的 LL(1) 分析表来判断得到的文法是不是 LL(1) 文法。

$$S \rightarrow iCtS \mid iCtSeS \mid a$$

$$C \rightarrow C \text{ or } D \mid D$$

$$D \rightarrow D \text{ and } E \mid E$$

$$E \rightarrow (C) \mid b$$

注：原题中 $D \rightarrow D \text{ or } E \mid E$ ，个人认为改为 $D \rightarrow D \text{ and } E \mid E$ 更合理。

解：(1) 消除左递归。由文法可见，中间两个产生式存在左递归。

① 针对 $C \rightarrow C \text{ or } D \mid D$ ，

$$\text{改为 } C \rightarrow DC', \quad C' \rightarrow \text{or } D C' \mid \epsilon$$

② 针对 $D \rightarrow D \text{ and } E \mid E$ ，

$$\text{改为 } D \rightarrow ED', \quad D' \rightarrow \text{and } E D' \mid \epsilon$$

$$\text{此时： } C \rightarrow DC' \Rightarrow C \rightarrow ED'C' \Rightarrow C \rightarrow (C)D'C' \mid bD'C'$$

$$D \rightarrow ED' \Rightarrow D \rightarrow (C)D' \mid bD'$$

不存在直接或间接左递归问题。

(2) 提取最大公共左因子。由文法可见，第一个产生式存在公共左因子。

$$\text{则改为： } S \rightarrow iCtSS' \mid a$$

$$S' \rightarrow \epsilon \mid eS$$

(3) 现在得到的文法如下：

$$\textcircled{1} S \rightarrow iCtSS' \quad \textcircled{2} S \rightarrow a$$

$$\textcircled{8} D \rightarrow ED'$$

$$\textcircled{3} S' \rightarrow \epsilon \quad \textcircled{4} S' \rightarrow eS$$

$$\textcircled{9} D' \rightarrow \text{and } E D' \quad \textcircled{10} D' \rightarrow \epsilon$$

$$\textcircled{5} C \rightarrow DC'$$

$$\textcircled{11} E \rightarrow (C) \quad \textcircled{12} E \rightarrow b$$

$$\textcircled{6} C' \rightarrow \text{or } D C' \quad \textcircled{7} C' \rightarrow \epsilon$$



书本 4.3.1 4.5.4.6.6 4.7.4 4.7.5 4.8.10.6

下面开始构造 LL(1) 分析表 (只完成部分)

$V_N \backslash V_T$	i	$+$	e	a	or	and	b	$($	$)$	$\$R$
S	①			②						③
S'			② ④							
C										
C'										
D										
D'										
E										

如表, 在 $M[S', e]$ 中有多个对应产生式, 说明该文法不是 LL(1) 文法

2. 为以下带有附加条件的二义文法构造 LR(1) 分析表, 附加条件是

① else 与最靠近的未匹配的 if 进行悬挂 (匹配); ② 左结合属性;

$S \rightarrow \text{if } S \text{ else } S \mid \text{if } S \mid S; S \mid a$

分号具有

解: 第一步, 建立多层-自动机 $NFA \Rightarrow DFA$

(0) $S' \rightarrow S$

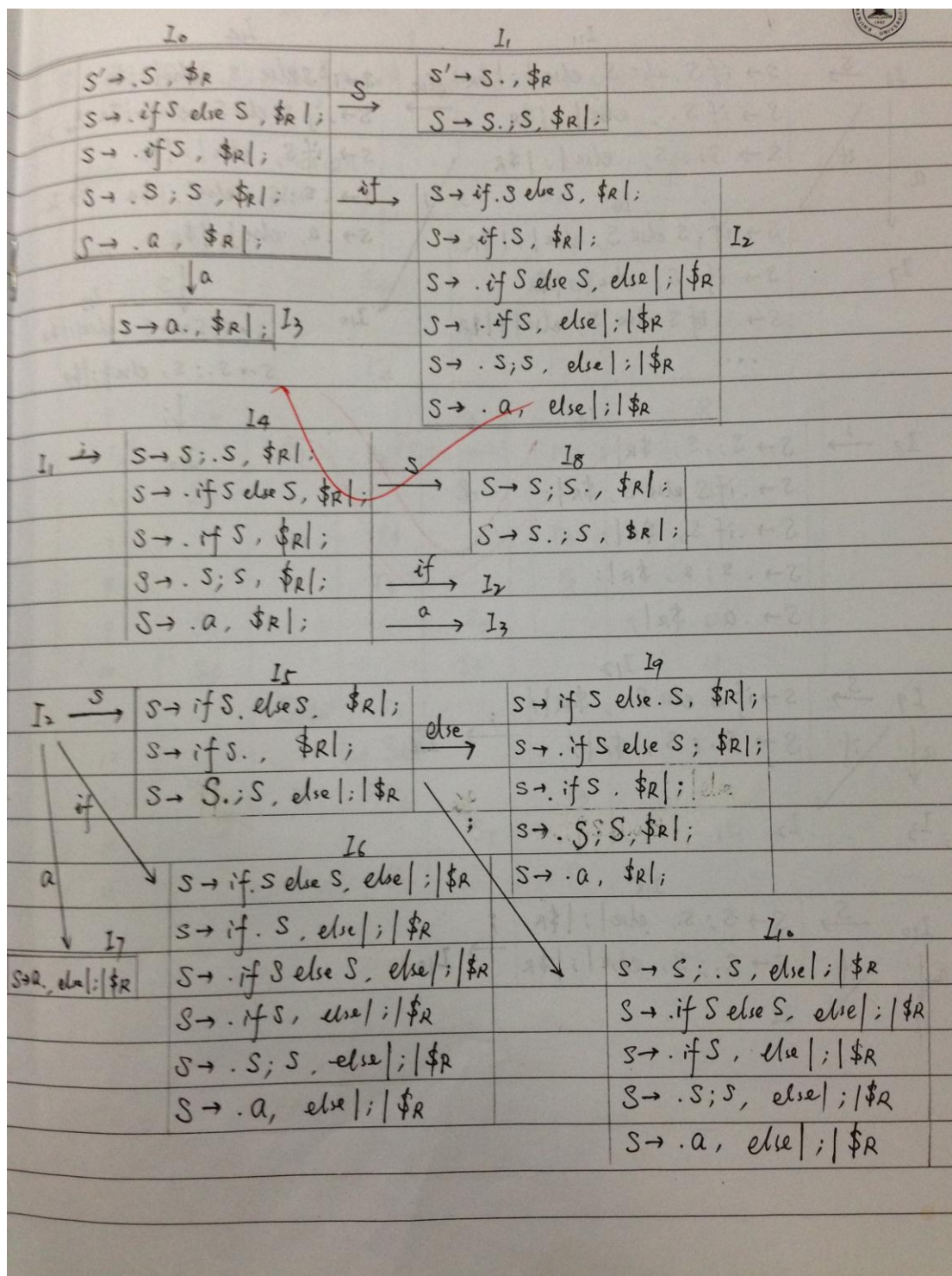
(1) $S \rightarrow \text{if } S \text{ else } S$

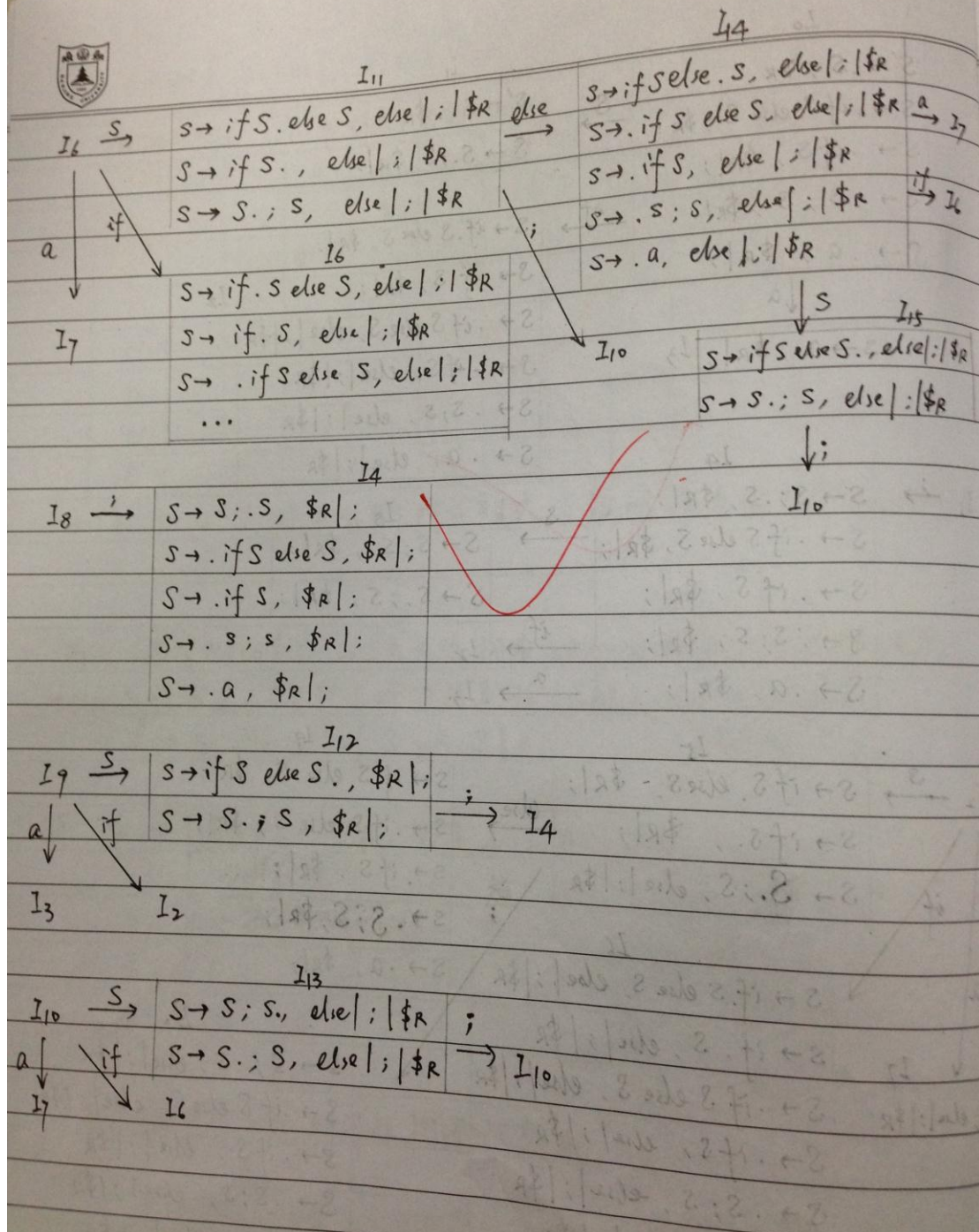
(2) $S \rightarrow \text{if } S$

(3) $S \rightarrow S; S$

(4) $S \rightarrow a$

下面根据 LR(1) 法则开始构造状态机:





新增条件: if > ; > else

第二步, 根据 DFA 和附加条件构造 LR(1) 分析表:

State	Action					goto
	if	else	;	a	\$R	S
0	S ₂			S ₃		1
1			S ₄		accept	
2	S ₆			S ₇		5
3			r ₄		r ₄	
4	S ₂			S ₃		8
5		S ₉	r ₂	S ₁₀	r ₂	
6	S ₆			S ₇		11
7		r ₄	r ₄		r ₄	
8			r ₃	S ₄	r ₃	
9	S ₂			S ₃		12
10	S ₆			S ₇		13
11		S ₁₄	r ₂		r ₂	
12			S ₄ S ₄		r ₁	
13		r ₃	r ₃		r ₃	
14	S ₆			S ₇		15
15		r ₁	S ₁₀		r ₁	



下面是书本练习:

4.3.1 $\text{rexpr} \rightarrow \text{rexpr} + \text{rterm} \mid \text{rterm}$
 $\text{rterm} \rightarrow \text{rterm} \text{rfactor} \mid \text{rfactor}$
 $\text{rfactor} \rightarrow \text{rfactor} * \mid \text{rprimary}$
 $\text{rprimary} \rightarrow a \mid b$

解:

(a) 提取公共左因子, 由于不存在公共右因子, 所以该步骤跳过。

(b) 提取公共左因子不能符合自上而下的分析。

(c) 从原来的文法中消除左递归。

① 首先, 找出直接左递归有:

$\text{rexpr} \rightarrow \text{rexpr} + \text{rterm} \mid \text{rterm}$

$\text{rterm} \rightarrow \text{rterm} \text{rfactor} \mid \text{rfactor}$

$\text{rfactor} \rightarrow \text{rfactor} * \mid \text{rprimary}$

② 消除直接左递归

$\text{rexpr} \rightarrow \text{rterm} A, A \rightarrow + \text{rterm} A \mid \epsilon$

$\text{rterm} \rightarrow \text{rfactor} B, B \rightarrow \text{rfactor} B \mid \epsilon$

$\text{rfactor} \rightarrow \text{rprimary} C, C \rightarrow * C \mid \epsilon$

③ 此时不存在任何左递归。

(d) 消除左递归使得文法适合自上而下的分析。

4.6.5 说明以下文法是 LL(1) 文法但不是 SLR(1) 文法。

$S \rightarrow A a A b \mid B b B a$

$A \rightarrow \epsilon$

$B \rightarrow \epsilon$

解: (1) 证明是 LL(1):

$\text{First}(A a A b) = \{a\}, \text{First}(B b B a) = \{b\}$

$\therefore \text{First}(A a A b) \cap \text{First}(B b B a) = \emptyset$, 即不相交

且 $A a A b \not\Rightarrow \epsilon, B b B a \not\Rightarrow \epsilon$

\therefore 该文法是 LL(1) 文法。

(2) 证明不是 SLR(1) :

根据该文法, 不管对句子怎么分析, 在面临第一个符号时进行空归约。由于 $\text{Follow}(A) = \text{Follow}(B) = \{a, b\}$, 那么不知把 ϵ 归约成 A 还是归约成 B , 因此出现归约-归约冲突, 所以该文法不是 SLR(1) 文法。

4.6.6 说明以下文法是 SLR(1) 但不是 LL(1)。

$S \rightarrow SA \mid A$

$A \rightarrow a$

解: (1) 证明不是 LL(1) :

对于句型 $S \rightarrow SA \mid A$

$\text{First}(SA) = \{a\}$, $\text{First}(A) = \{a\}$

$\therefore \text{First}(SA) \cap \text{First}(A) = \{a\} \neq \emptyset$

\therefore 该文法不是 LL(1) 文法。

(2) 证明是 SLR(1) :

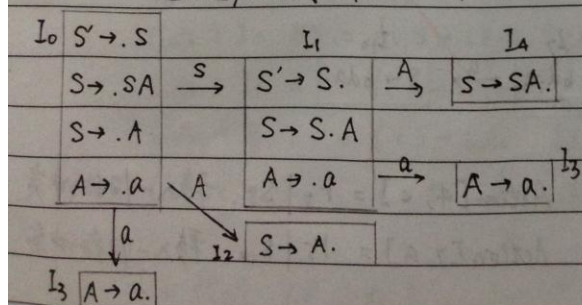
① $S' \rightarrow S$

① $S \rightarrow SA$

② $S \rightarrow A$

③ $A \rightarrow a$

通过层次式 NFA \Rightarrow DFA:



构造 SLR(1) 分析表:

State	Action		Auto	
	a	\$R	s	A
0	S ₃		1	2
1	S ₃	acc		4
2	r ₂	r ₂		
3	r ₃	r ₃		
4	r ₁	r ₁		

由于没有冲突, 所以该文法是 SLR(1) 文法。

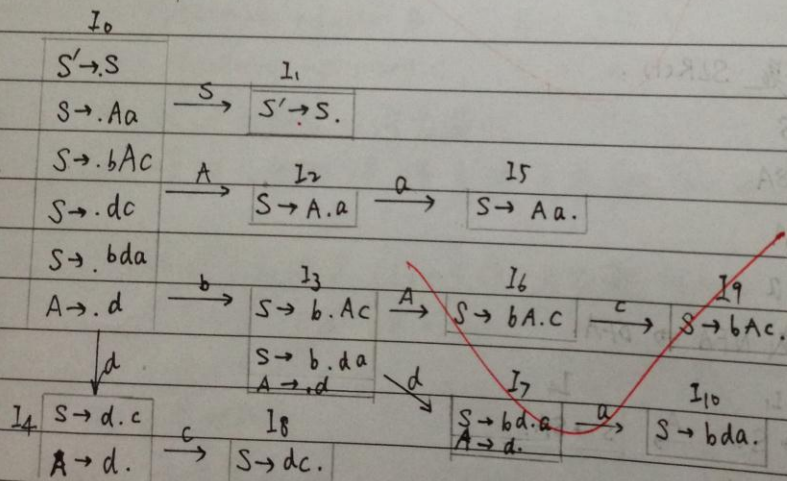
4.7.4 说明以下文法是 LALR(1) 文法但不是 SLR(1) 文法。

$S \rightarrow Aa \mid bAc \mid dc \mid bda$

$A \rightarrow d$

解: (1) 证明不是 SLR(1):

由层次式 NFA \Rightarrow DFA.



对于 I_4 , $\because \text{Follow}(A) = \{a, c\} \therefore \text{Action}[4, c] = r_5 \mid S_8$, 移入-归约冲突。

对于 I_7 , $\because \text{Follow}(A) = \{a, c\} \therefore \text{Action}[7, a] = r_5 \mid S_{10}$, 移入-归约冲突。

因此, 该文法不是 SLR(1) 文法。

(2) 证明是 LALR(1) 文法:

高效构造 LALR(1) 分析表。通过计算搜索符, 所有项目都具有搜索符 \$R\$,
I4: $A \rightarrow d$. 具有搜索符 a , I7: $A \rightarrow d$. 具有搜索符 c , 因此
 $\text{action}[4, c] = S_8$, $\text{Action}[7, a] = S_{10}$, LALR 分析表不冲突。
因此该文法是 LALR(1) 文法。

1.7.5 说明以下文法是 LR(1) 文法但不是 LALR(1) 文法。

$S \rightarrow Aa \mid bAc \mid Bc \mid bBa$

$A \rightarrow d$

$B \rightarrow d$

解: $NFA \Rightarrow DFA$

$I_0 = \{ (S' \rightarrow \cdot S, \$R), (S \rightarrow \cdot Aa, \$R), (S \rightarrow \cdot bAc, \$R), (S \rightarrow \cdot Bc, \$R),$

$(S \rightarrow \cdot bBa, \$R), (A \rightarrow \cdot d, a), (B \rightarrow \cdot d, c) \}$

$\text{Goto}(I_0, S) = \{ (S' \rightarrow S \cdot, \$R) \} = I_1$

$\text{Goto}(I_0, A) = \{ (S \rightarrow A \cdot a, \$R) \} = I_2$

$\text{Goto}(I_0, B) = \{ (S \rightarrow B \cdot c, \$R) \} = I_3$

$\text{Goto}(I_0, b) = \{ (S \rightarrow b \cdot AC, \$R), (S \rightarrow b \cdot Ba, \$R), (A \rightarrow \cdot d, c), (B \rightarrow \cdot d, a) \} = I_4$

$\text{Goto}(I_0, d) = \{ (A \rightarrow d \cdot, a), (B \rightarrow d \cdot, c) \} = I_5$

$\text{Goto}(I_2, a) = \{ (S \rightarrow Aa \cdot, \$R) \} = I_6$

$\text{Goto}(I_3, c) = \{ (S \rightarrow Bc \cdot, \$R) \} = I_7$

$\text{Goto}(I_4, A) = \{ (S \rightarrow bA \cdot c, \$R) \} = I_8$

$\text{Goto}(I_4, B) = \{ (S \rightarrow bB \cdot a, \$R) \} = I_9$

$\text{Goto}(I_4, d) = \{ (A \rightarrow d \cdot, c), (B \rightarrow d \cdot, a) \} = I_{10}$

$\text{Goto}(I_8, c) = \{ (S \rightarrow bAc \cdot, \$R) \} = I_{11}$

$\text{Goto}(I_9, a) = \{ (S \rightarrow bBa \cdot, \$R) \} = I_{12}$

下面构造 LR 分析表:



State	Action				Goto		
	a	b	c	d	S	A	B
0		S ₄		S ₅	1	2	3
1				acc			
2	S ₆						
3			S ₇				
4				S ₁₀		8	9
5	r ₅		r ₆				
6				r ₁			
7				r ₃			
8			S ₁₁				
9	S ₁₂		r₅				
10	r ₆		r ₅				
11				r ₂			
12				r ₄			

因为 LR 分析表产生冲突, 因此是 LR(1) 文法。

若构造 LALR 分析表, 则将 I₅ 和 I₁₀ 合并, 显然会造成 1/0 的冲突, 因此, 该文法不是 LALR(1) 文法。

4.8.1 下面是一个包含 n 个二元中缀操作符的二义文法, 且这 n 个操作符有 n 种不同的优先级。

$$E \rightarrow E \theta_1 E \mid E \theta_2 E \mid \dots \mid E \theta_n E \mid (E) \mid id$$

a) SLR 项目集构造如下:

$$I_0 = \{ E' \rightarrow E, E \rightarrow E \theta_1 E, E \rightarrow (E), E \rightarrow id \} \quad (1 \leq i \leq n)$$

$$Goto(I_0, E) = \{ E' \rightarrow E., E \rightarrow E \theta_i E \} = I_1 \quad (1 \leq i \leq n)$$

$$Goto(I_0, () = \{ E \rightarrow (E), E \rightarrow E \theta_i E, E \rightarrow (E), E \rightarrow id \} = I_2 \quad (1 \leq i \leq n)$$

$$Goto(I_0, id) = \{ E \rightarrow id. \} = I_3$$



$$\text{Goto}(I_1, \theta_i) = \{E \rightarrow E\theta_i.E, E \rightarrow E\theta_j.E, E \rightarrow (E), E \rightarrow id\} = I_3 + i \quad (1 \leq i, j \leq n)$$

$$\text{Goto}(I_2, E) = \{E \rightarrow (E.), E \rightarrow E.\theta_j.E\} = I_{n+4} - i \quad (1 \leq i \leq n)$$

$$\text{Goto}(I_2, () = I_2$$

$$\text{Goto}(I_2, id) = I_3$$

$$\text{Goto}(I_3 + i, E) = \{E \rightarrow E\theta_i.E, E \rightarrow E.\theta_j.E\} = I_{n+4} + i \quad (1 \leq i, j \leq n)$$

$$\text{Goto}(I_3 + i, () = I_2$$

$$\text{Goto}(I_3 + i, id) = I_3$$

$$\text{Goto}(I_{n+4}, \theta_i) = I_3 + i$$

$$\text{Goto}(I_{n+4}, () = \{E \rightarrow (E.)\} = I_{2n+5}$$

$$\text{Goto}(I_{n+4} + i, \theta_j) = I_3 + j \quad (1 \leq j \leq n)$$

\therefore 共 $2n+6$ 个项目集。

b) 所有括号符号均为左结合, 且 $\theta_1 > \theta_2 > \dots > \theta_n$

通过这两个条件, 可以解决前面 SLR 项目中由于二义性造成的冲突。

通过左结合的性质和优先级, 可以解决如下:

$$\text{对于 } I_{n+4} + i = \{E \rightarrow E\theta_i.E, E \rightarrow E.\theta_j.E\} \quad (1 \leq i, j \leq n)$$

$$\text{Follow}(E) = \{\theta_i, \$R, ()\} \quad (1 \leq i \leq n), \text{ 产生移入-归约冲突。}$$

① 当 $i=j$ 时, $I_{n+4} + i$ 中 $E \rightarrow E\theta_i.E$ 与 $E \rightarrow E.\theta_j.E$ 产生归约-移入冲突。

由于左结合, 所以选择 r_i 。

② 当 $i < j$ 时, $\theta_i > \theta_j$, 选择 r_i 。

③ 当 $i > j$ 时, $\theta_j > \theta_i$, 选择 s_{n+j} 。