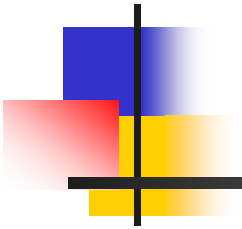
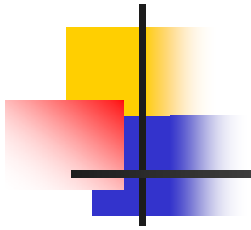


第八章 句法分析（二）

詹卫东

http://ccl.pku.edu.cn/doubtfire



提纲

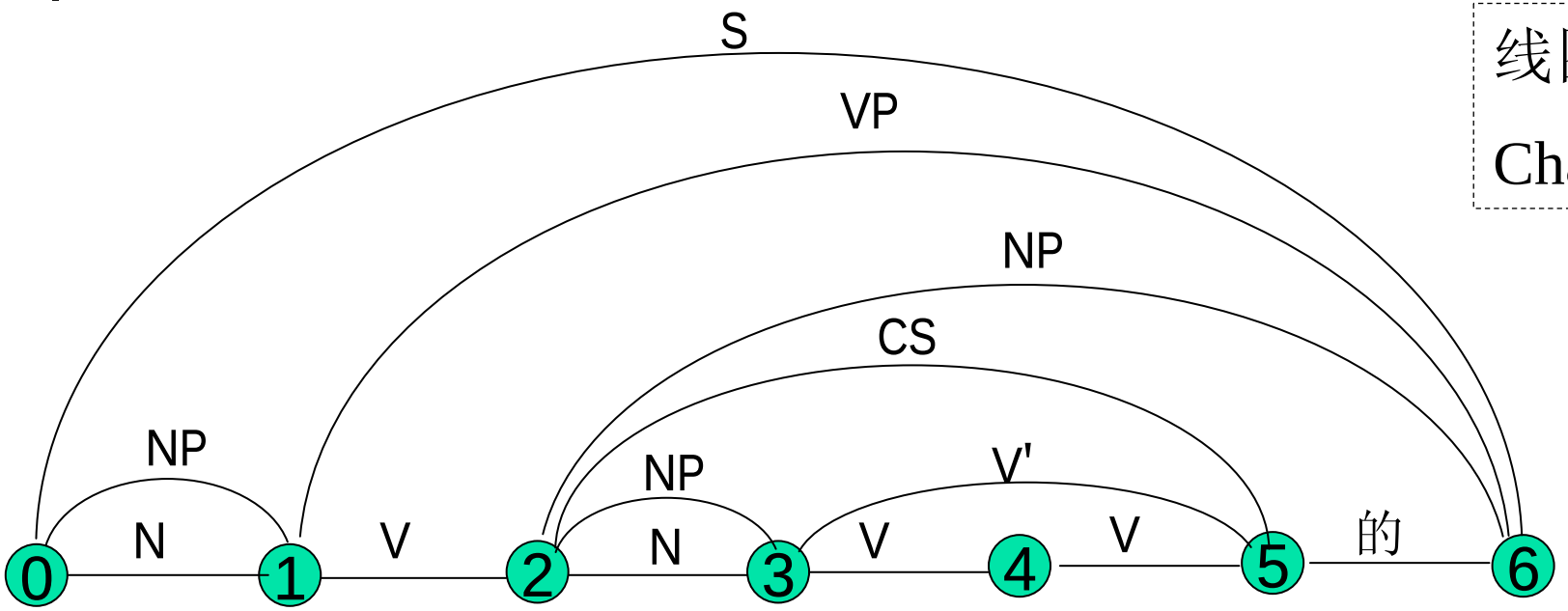
- 1 线图分析算法（Chart parsing）
- 2 标准LR分析算法
- 3 GLR分析算法（Tomita/富田胜算法）

1 线图分析算法

张三是县长派来的
苍蝇是瞎子打死的
主意是董永想出来的
……
N V N V V 的

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V'
(6) V' → V V

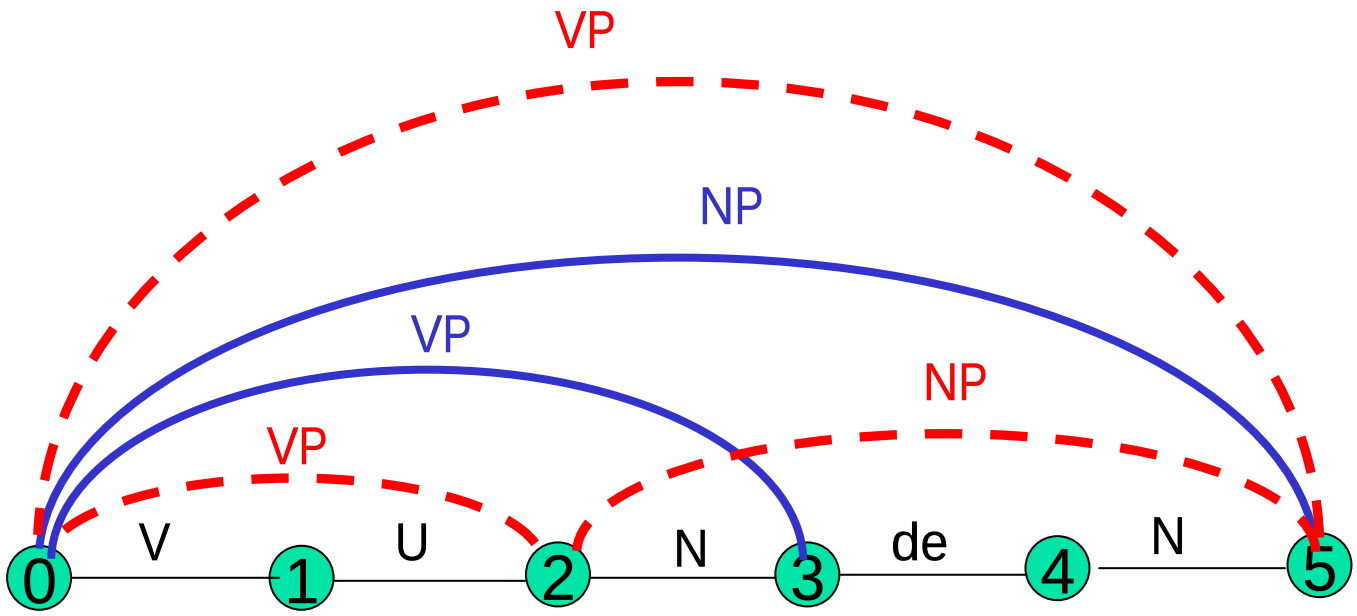
线图结构图示-1



线图

Chart

线图结构图示-2

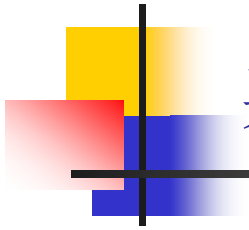


咬死　了　猎人　的　狗

发现　了　敌人　的　哨兵

批评　过　张三　的　老师

……



基本概念：线图/chart

线图是一组节点(node)和边(edge)的集合

节点：对应着输入字符串中的字符间隔

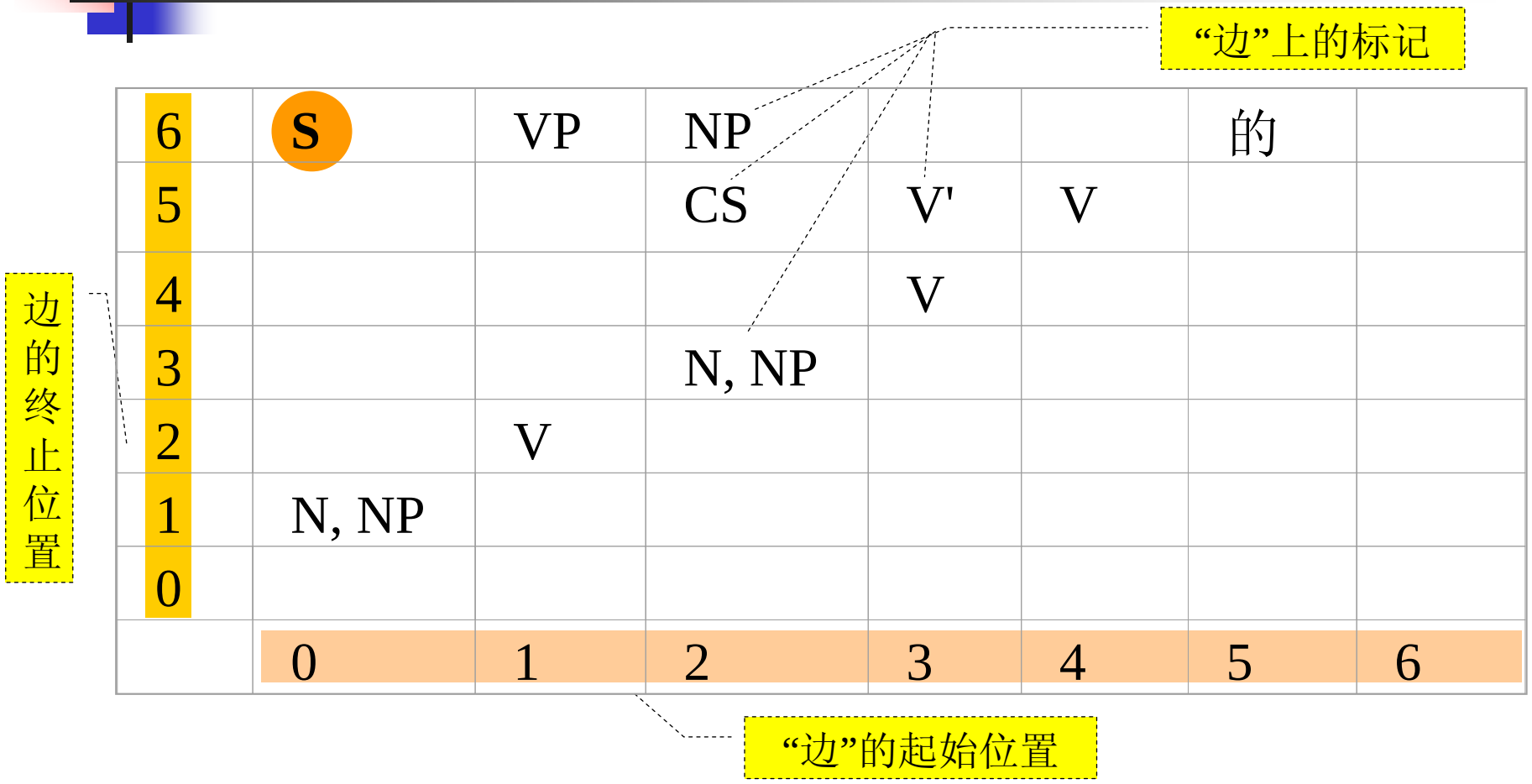
边：<起点, 终点, 标记>

其中标记为非终结符或终结符

问题：

如何从输入串开始，一步步形成chart，使得存在一条边可以覆盖全部节点，并且边上标记为S？

Chart的另一种表示形式



6	S	VP	NP			的	
5			CS	V'	V		
4				V			
3			N, NP				
2		V					
1	N, NP						
0							
	0	1	2	3	4	5	6

Chart算法的基本数据结构

1) chart（线图）

{$edge_{[i]}$} i=1,2,…　edge := <P1,P2, Label>

2) agenda（议程表）

存放等待加入到chart中的边（edge）
可以栈（stack）结构，或队列（queue）结构实现

3) active arc（活动弧）

存放分析过程的中间状态，
状态由三部分组成<P1,P2, 点规则>

Chart算法的过程描述

1) 将待分析字符串w置入输入缓冲区，agenda清为空栈；

2) 循环，反复执行下面步骤，直至输入缓冲区和agenda均为空

扫描吃进

a) 若agenda为空，则从输入缓冲区取一个字符，并把该字符及其起止位置(P1, P2)推入agenda栈；

b) 若agenda不为空，则从agenda中弹出栈顶的边，该边的起止位置为(P1, P2)，边上标记为L；

c) 检查规则集中的规则，对所有形如A→L β这样的规则，在active arc集合中增加一条起止位置为P1, P2，弧上为A→L · β这样的点规则；

d) 把从agenda中弹出的标记为L的边，加入到chart中的P1, P2之间；

归约→ e) 检查所有active arc，如果存在起止位置为P0, P1，且弧上点规则为A→ α · L β的active arc，就增加一条新的active arc，起止位置为P0, P2，弧上点规则为A→ α L · β

预测→ f) 如果一条active arc（起止位置为P0, P2）上点规则形如A→ α L ·（点号在规则最右端），就将起止位置为P0, P2，边上标记为A的边压入agenda栈。

agenda中的这条边将为下面的分析指出方向：吃进所有右部以A开头的规则（步骤b，c）

Chart算法分析示例-1

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

agenda

“议程表”用于中转当前正在处理的边

chart

active arc

“线图”用于存放已经确定的分析结果

“活动弧”用于存放分析的中间结果
（包括尚未确定的，和已经确定的分析结果）

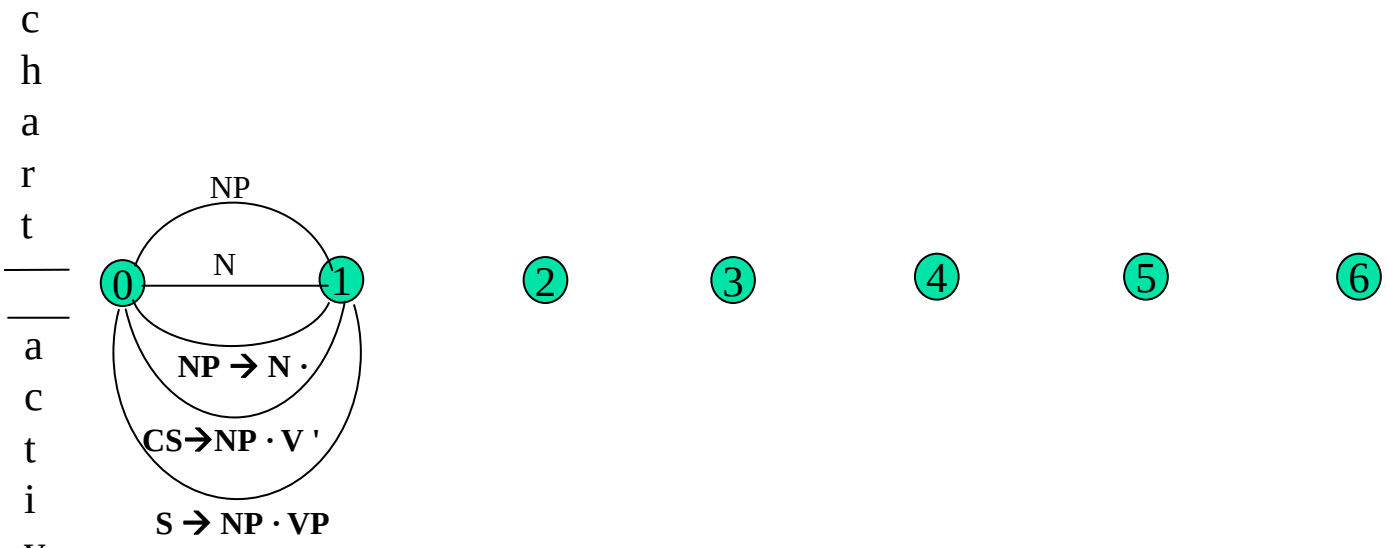
N	V	N	V	V	的

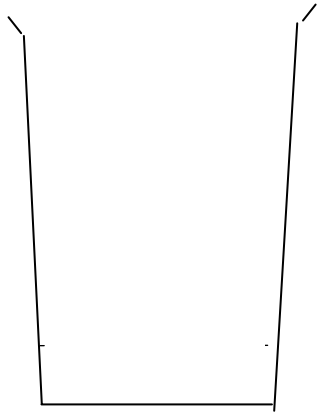
输入缓冲区

Chart算法分析示例-2

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

agenda





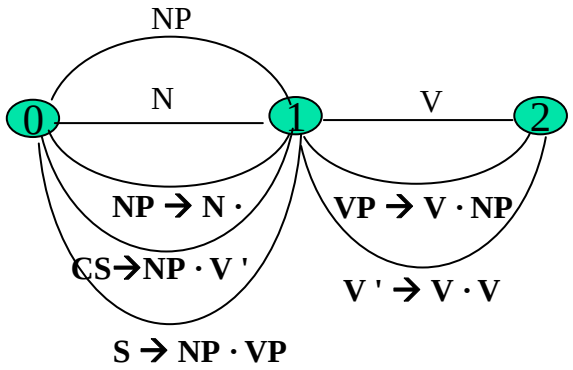
V	N	V	V	的

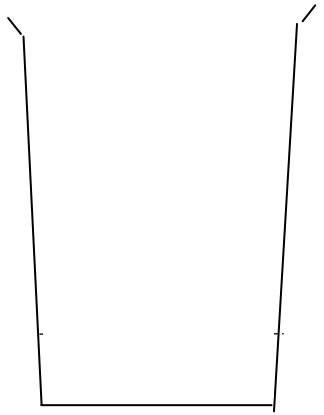
输入缓冲区

Chart算法分析示例-3

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

agenda



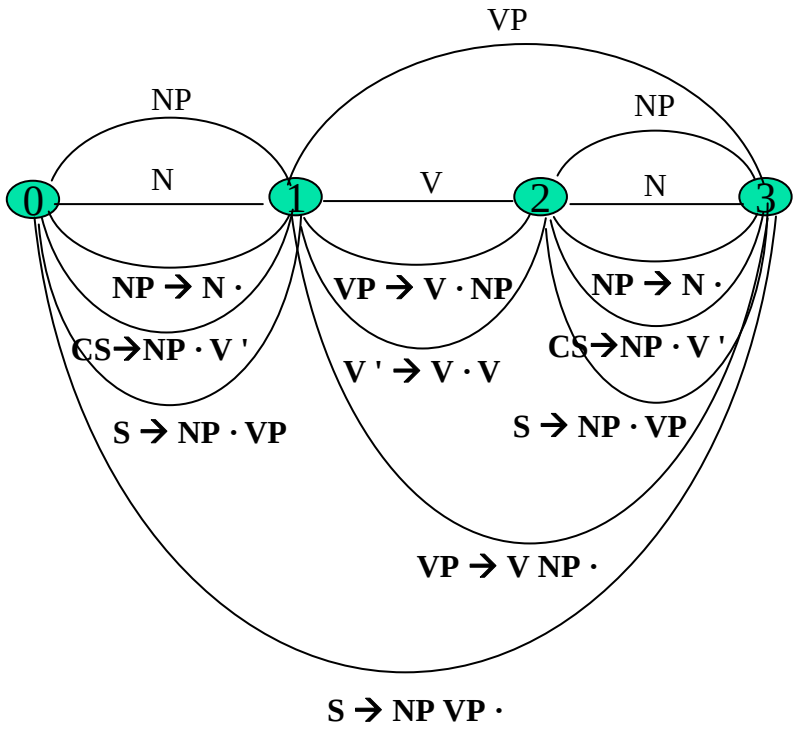


N	V	V	的

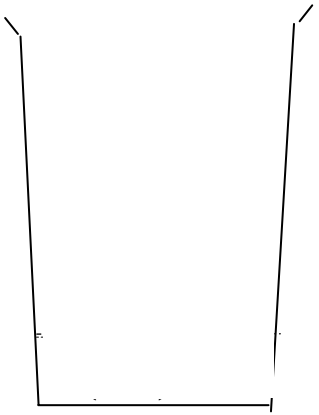
输入缓冲区

Chart算法分析示例-4

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



agenda

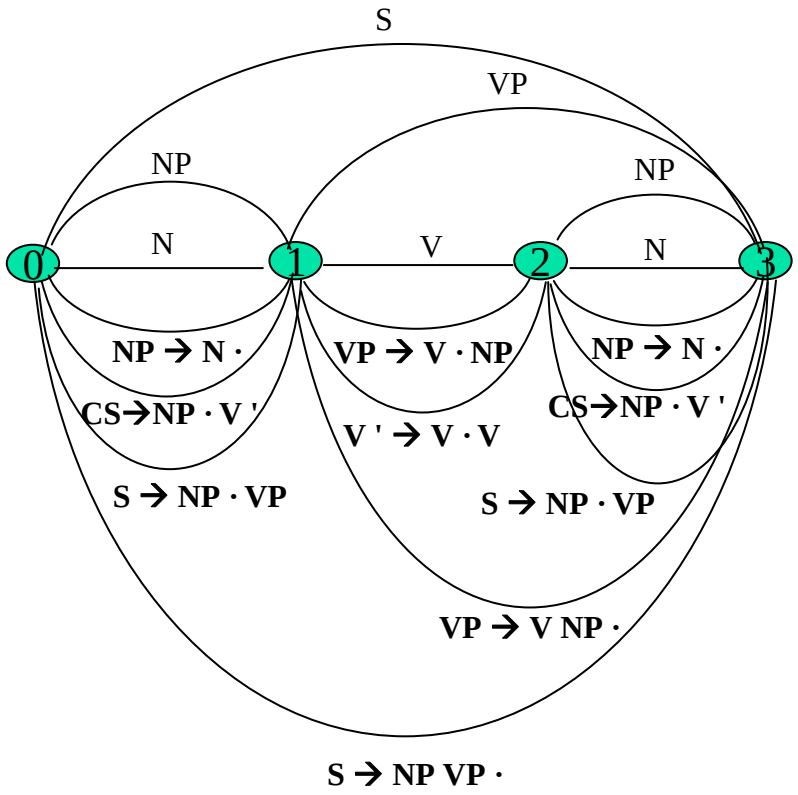


V	V	的

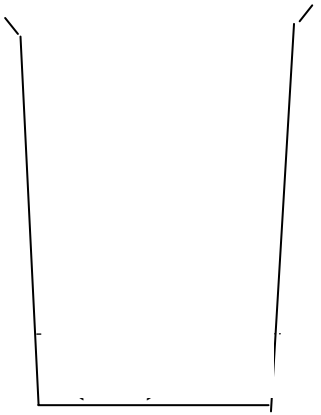
输入缓冲区

Chart算法分析示例-5

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



agenda

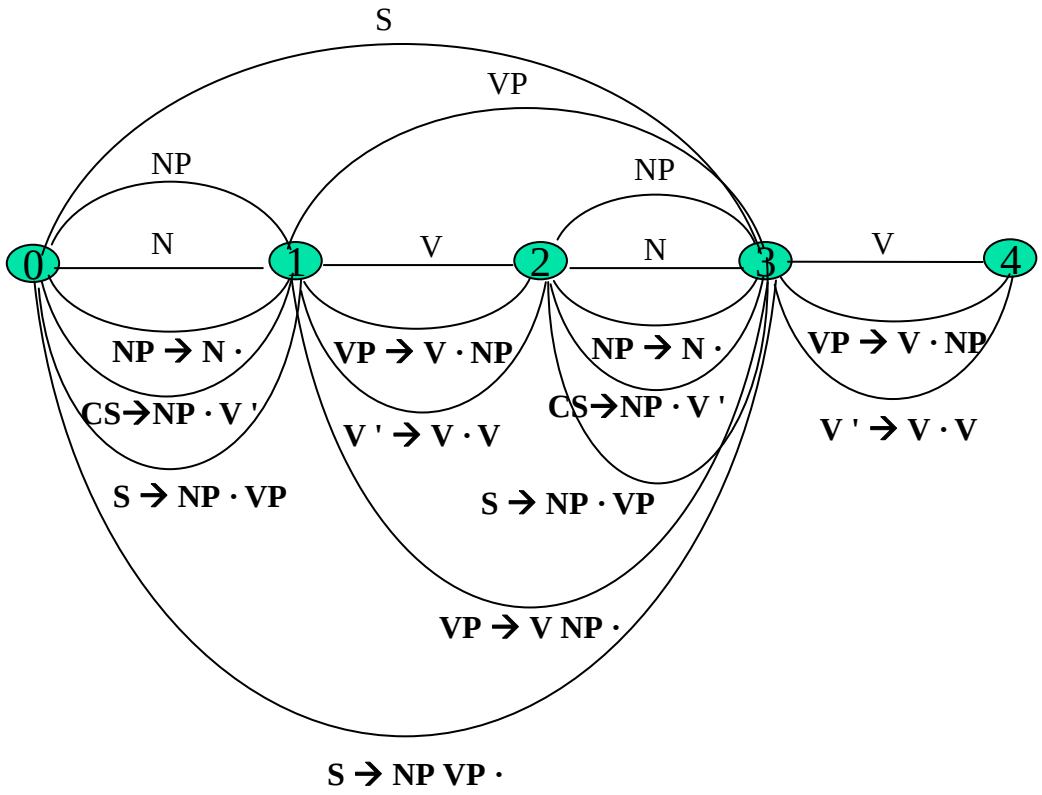


V	V	的

输入缓冲区

Chart算法分析示例-6

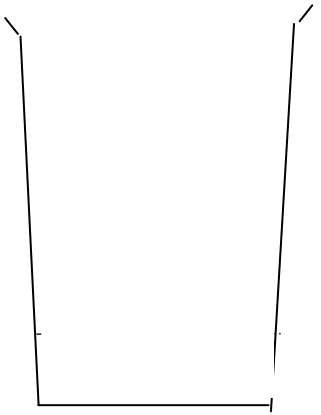
(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



5

6

agenda

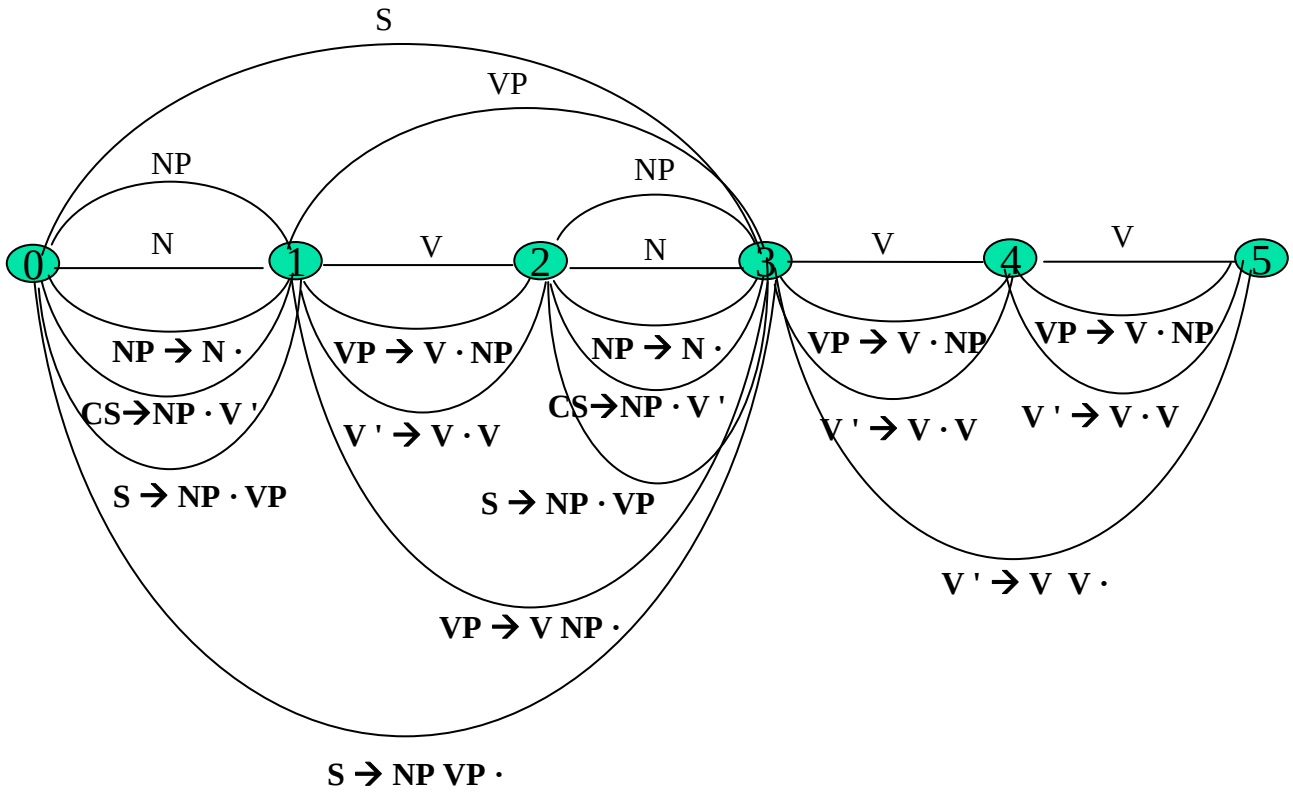


V	的

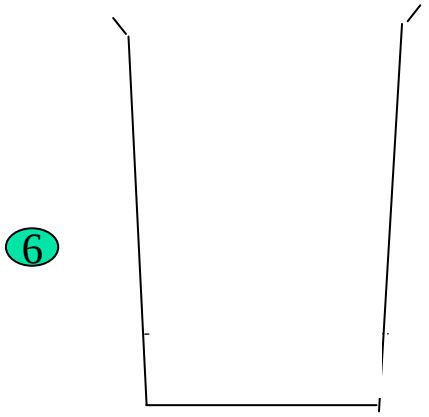
输入缓冲区

Chart算法分析示例-7

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



agenda

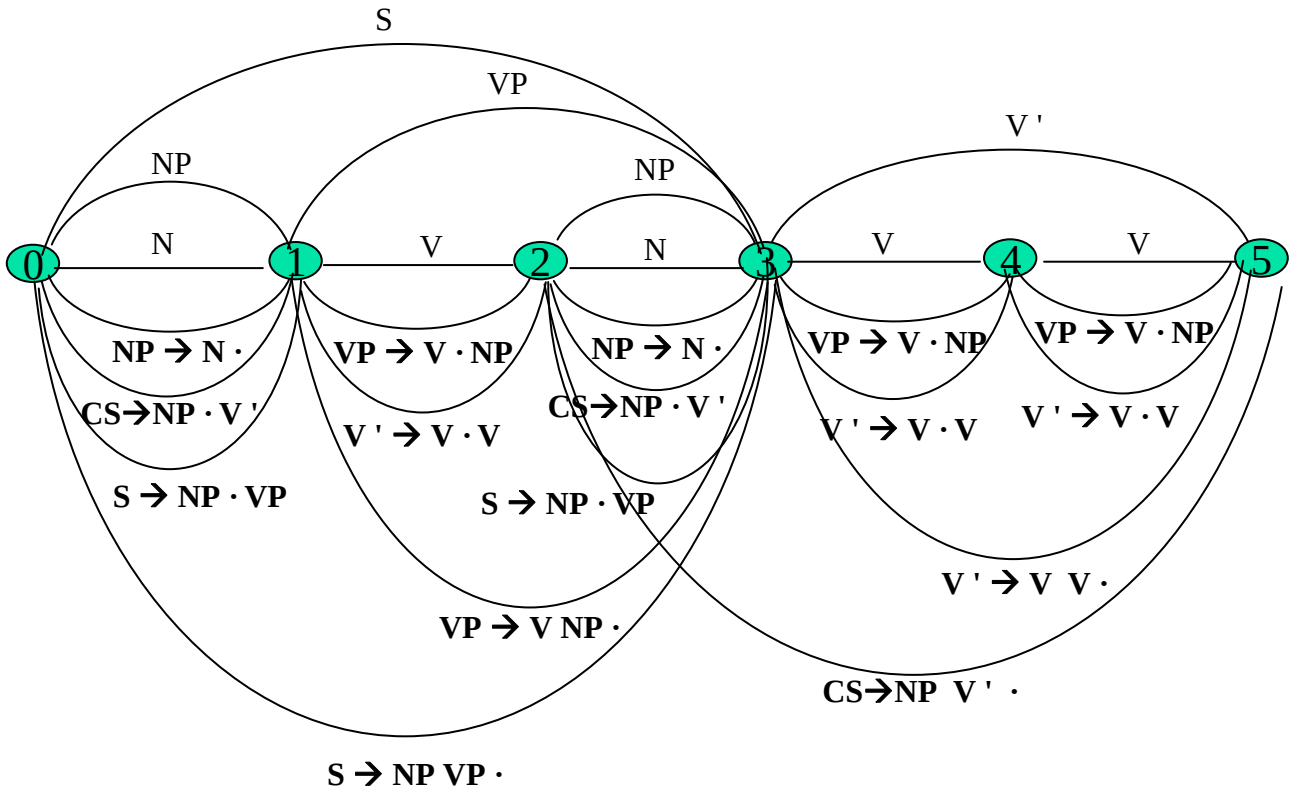


的

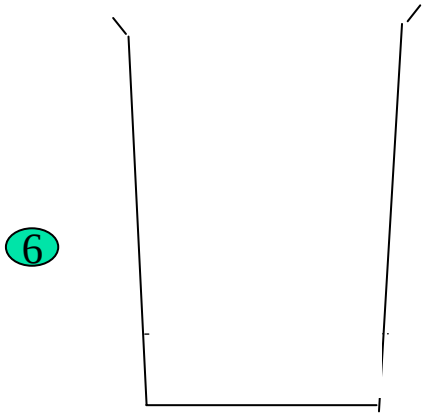
输入缓冲区

Chart算法分析示例-8

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



agenda

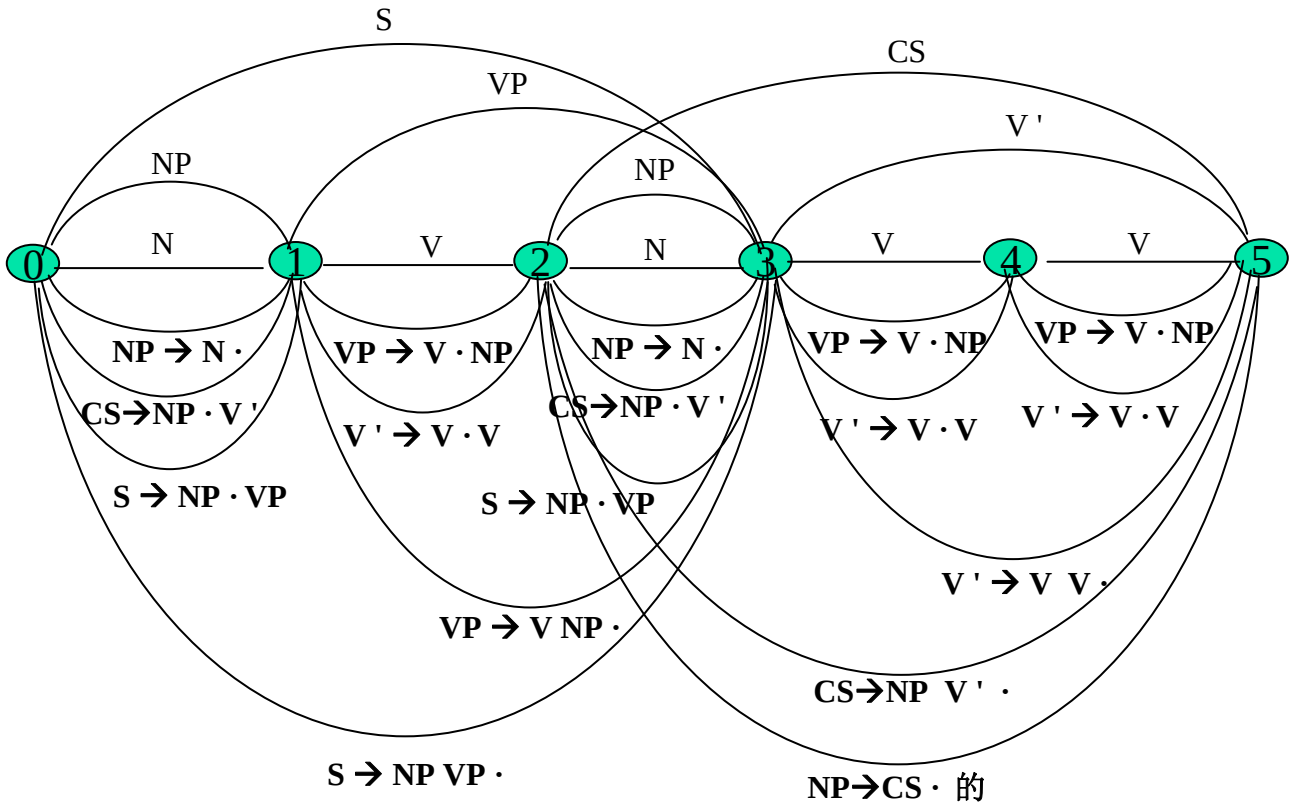


的

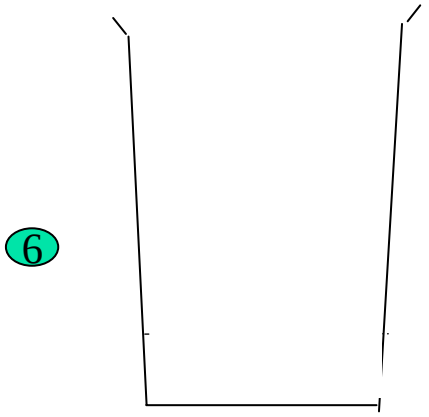
输入缓冲区

Chart算法分析示例-9

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



agenda

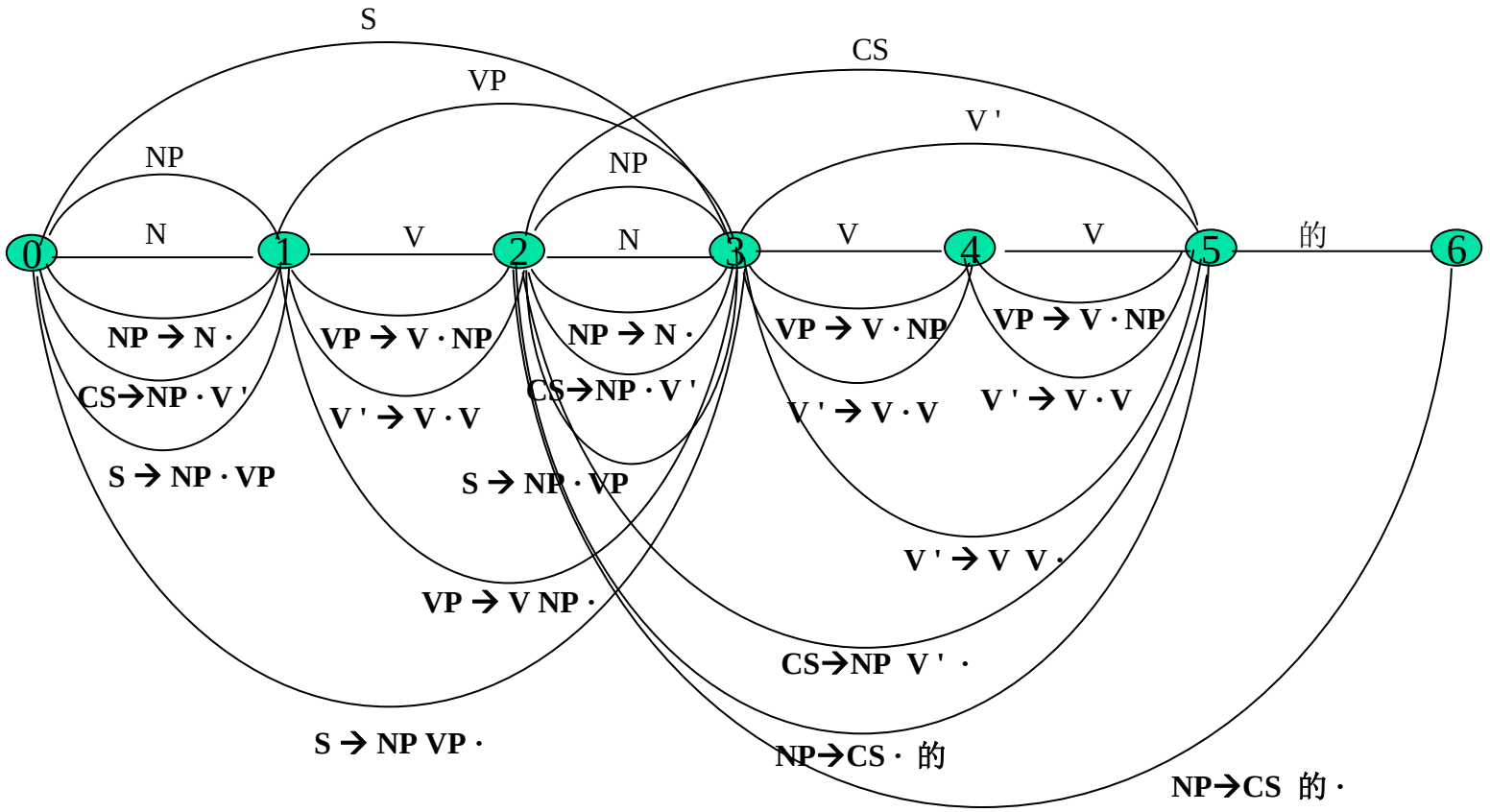


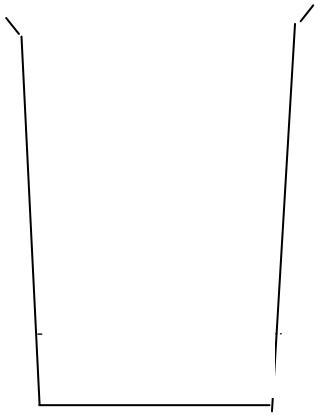
的

输入缓冲区

Chart算法分析示例-10

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

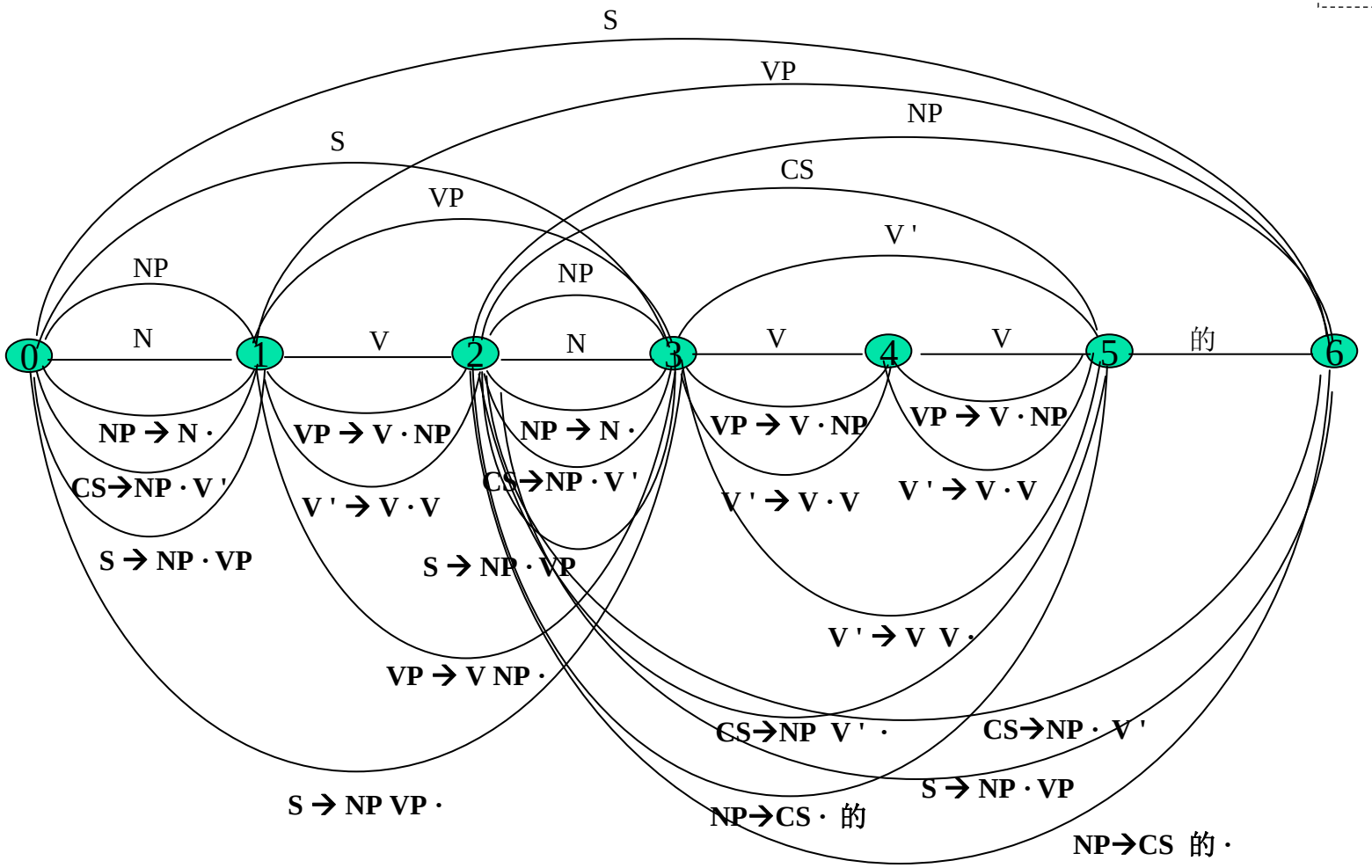




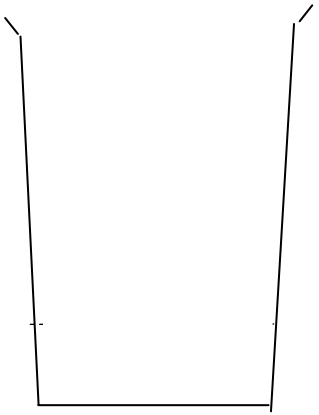
输入缓冲区

Chart算法分析示例-11

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V



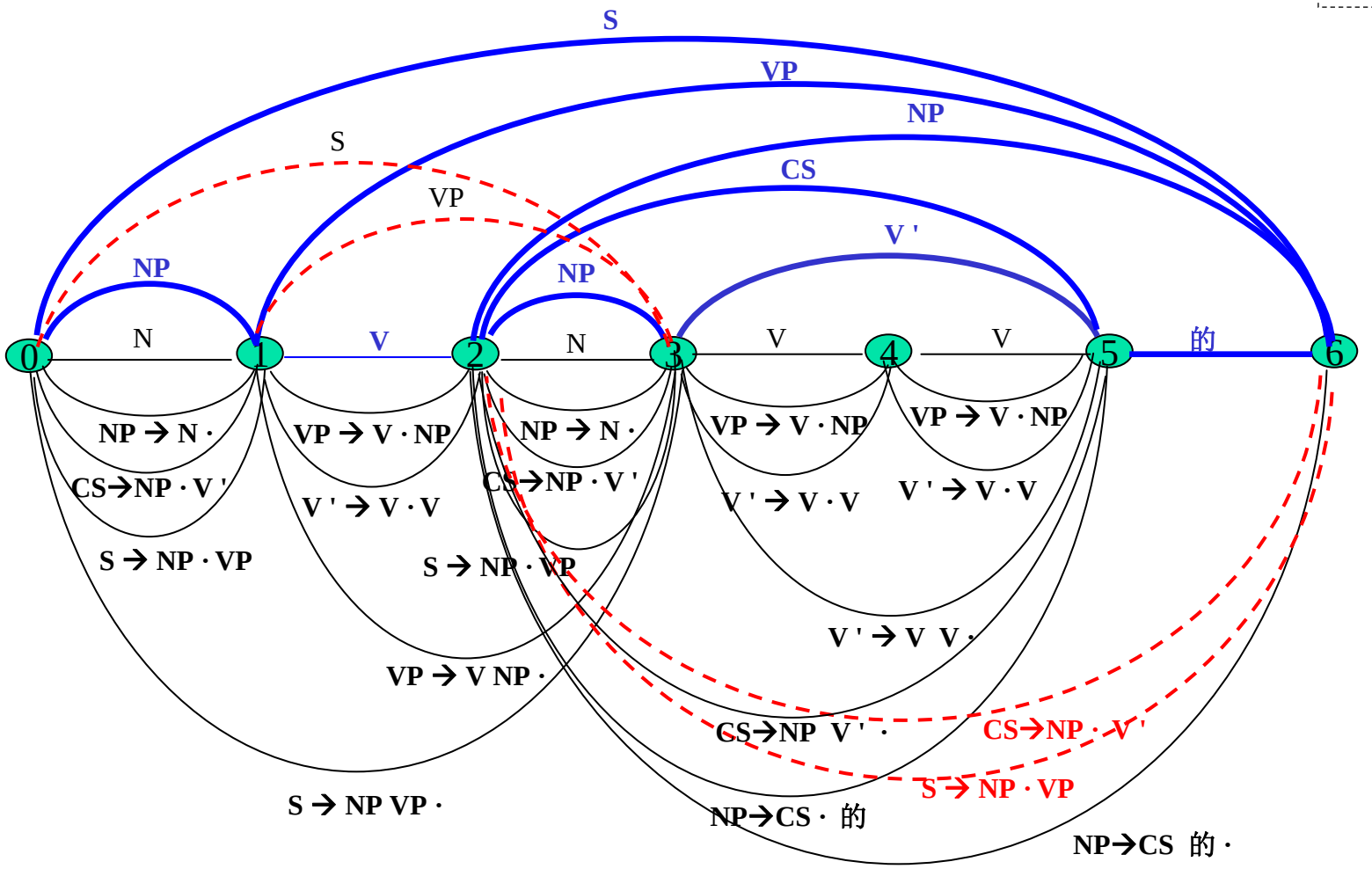
agenda



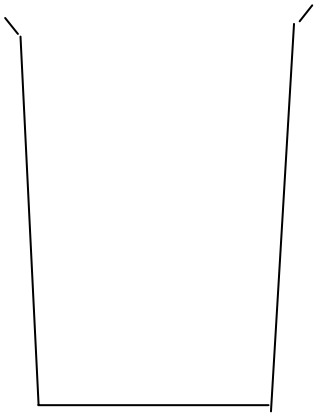
输入缓冲区

Chart算法分析示例-12

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

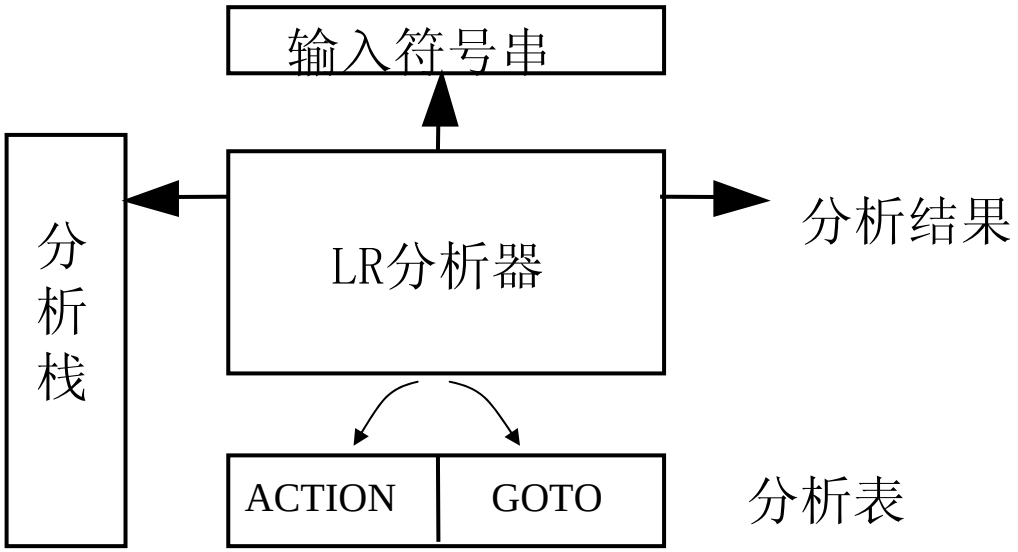


agenda



输入缓冲区

2 标准LR分析算法（Left-to-right Reduce）



LR分析算法的基本思想和基本概念

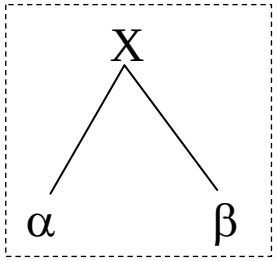
- 利用预读字符（Lookahead）和当前状态来决定下一步分析动作
- 状态由若干个二元组（项目）构成：<点规则，规则完成后的后续字符>
- 分析动作：
  - 移进（shift）
  - 归约（reduce）
  - 成功（accept）
  - 报错（error）

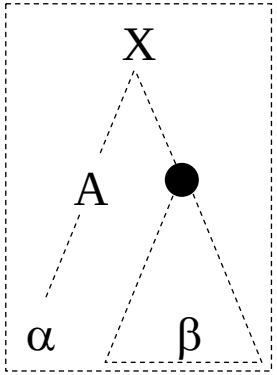
根据规则集中规则之间的相互制约关系，来判断当前规则的使用是否合理。比如根据示例规则，CS后面一定是个“的”；NP后面要么是V，要么是$

First(x)函数 —— 实现Lookahead

First(x) = {α | x $\overset{*}{\Rightarrow}$ α β , α∈V_T , β ∈ $V_N \cup V_T$ }

First(x) = {x} 若 x ∈ V_T → 终结符的first集是它自身





示例：

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

First(S) ={N}
First(NP) = {N}
First(N) = {N}
First(CS) = {N}
First(VP)={V}
First(V ') = {V}

LR分析算法 之 [状态构造算法]

1) 首先添加一条新规则S'→ S，并把S'定义为新的文法开始符号;

2) 0是一个状态，项目二元组<S'→ · S, $>属于状态0, $是输入串结束标志;

3) 如果项目二元组<x→ α · y β, t >属于状态 *i* ，并且y → γ 是规则集中的一条产生式规则，那么项目二元组<y→ · γ, t'>也属于状态 *i* ，其中，若β不为空，t'∈first(β)，若β为空，则 t'= t;

4) 状态 *j* 是状态 *i* 遇到字符y （终结符或非终结符）时的后继状态，对于所有状态 *i* 中形如 < x→ α · y β, t > 的项目二元组，项目二元组< x→ α y · β, t >都属于状态 *j* 。

从状态i如何转移到状态j，取决于状态i中的点规则x→ α · y β，点右边的符号y可以理解为触发条件

“遇见”仅意味着“状态转移”的条件（对分析格局的预测），
比如1{0遇见N}，表示状态0如果遇到N，则转移到状态1

状态构造算法示例-1

如果预读到V，则可以
调用2号规则进行归约

规则集

(0) S’→ S
(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

0:
<S’ → · S, $>
<S → · NP VP, $>
<NP → · N, V>
<NP → · CS 的, V>
<CS → · NP V ' , 的>

1 {0遇见N}：
<NP → N · , V>

NP可能是“N”，也可能是“CS
的”，但NP后面必是“V”，CS
后面必是“的”，S后面必是“$”

2 {0遇见NP}：
<S → NP · VP, $>
<VP → · V NP, $>
<CS → NP · V ' , 的>
< V ' → · V V, 的>

3 {0遇见S}：
< S’ → S · , $>

如果预读到$，则可以
调用0号规则进行归约

状态是分析
过程中的一个个“格局”，
状态编号0,1,2,...等并无顺序
含义，你可以用你喜欢的其他
标识符命名1个状态，比如
dog，cat 什么的

说明：状态6中，从<CS → · NP V ‘, 的>开始，根据算法步骤3，又可得到 <NP → · N, V>，跟已有的<NP → · N, $>合并，即成<NP → · N, $|V>

状态构造算法示例-2

First(V ') = {V}

4 {0遇见CS}：
<NP → CS · 的, V>

5 {2遇见VP}：
<S → NP VP · , $>

6 {2遇见V}：
<V ' → V · V, 的>
<VP → V · NP, $>
<NP → · N, $|V>
<NP → · CS 的, $|V>
<CS → · NP V ', 的>

7 {2遇见V '}：
<CS → NP V ' · , 的>

8 {4遇见“的”}：
<NP → CS 的 · , V>

9 {6遇见V}：
< V ' → V V · , 的>

状态构造算法示例-3

10 {6遇见N}：
<NP → N ·, $ | V>

11 {6遇见NP}：
<VP → V NP ·, $>
<CS → NP · V', 的>
<V ' → · V V, 的>

12 {6遇见CS}：
<NP → CS · 的, $|V>

13 {11遇见V}：
< V ' → V · V, 的>

14 {11遇见V ' }：
<CS → NP V ' ·, 的>

= 状态7

14 {12遇见“的”}：
<NP → CS 的 ·, $|V>

15 {13遇见V}：
< V ' → V V ·, 的>

= 状态9

相同的状态，即相同的“格局”（两个状态中所有项目都相同），没有必要重新命名，所以应该合并。

状态构造算法示例-4

0:
<S’ → · S, $>
<S → · NP VP, $>
<NP → · N, V>
<NP → · CS 的, V>
<CS → · NP V ' , 的>

1 {0遇见N} :
<NP → N · , V>

2 {0遇见NP} :
<S → NP · VP, $>
<VP → · V NP, $>
<CS → NP · V ' , 的>
< V ' → · V V, 的>

3 {0遇见S} :
< S’ → S · , $>

4 {0遇见CS} :
<NP → CS · 的, V>

5 {2遇见VP} :
<S → NP VP · , $>

6 {2遇见V} :
<V ' → V · V, 的>
<VP → V · NP, $>
<NP → · N, $|V>
<NP → · CS 的, $|V>
<CS → · NP V ', 的>

7 {2遇见V '} :
<CS → NP V ' · , 的>

8 {4遇见“的”} :
<NP → CS 的 · , V>

9 {6遇见V} :
<V ' → V V · , 的>

10 {6遇见N} :
<NP → N · , $ | V>

11 {6遇见NP} :
<VP → V NP · , $>
<CS → NP · V', 的>
<V ' → · V V, 的>

12 {6遇见CS} :
<NP → CS · 的, $|V>

13 {11遇见CS} :
< V ' → V · V, 的>

14 {12遇见“的”} :
<NP → CS 的 · , $|V>

LR分析算法 之 [分析表构造算法]

生成转移表

1) 如果状态s遇见符号x转移到状态s’，那么在转移表（go to）中s为行，x为列的格子里填入状态s’（s, s’为整数，x是非终结符或终结符）。

生成动作表

2) 条件同上。如果x是终结符，那么在动作表中的s为行、x为列的格子里填入动作“移进”（shift）。

3) 如果s中包含有项目元组<x→ α ·, t>，其中x→ α是规则集中编号为 *i* 的产生式规则，那么在动作表中的s为行、t为列的格子里填入“归约 *i* ”（reduce）。

4) 如果s中包含有项目元组<S’→S ·, $>，那么在动作表中的s为行、$为列的格子里填入“成功”（accept）。

5) 反复执行（1）—（4），直至所有状态均已遍历。最后动作表中所有没有填入内容的格子里的默认填入值为“报错”；转移表中所有没有填入内容的格子里的默认填入值为“不可转移”.

状态1中有<NP → N ·, V>，对应第2条规则，因此，就在1行，V列中填“归约2”，表示调用第2条规则进行归约，意思是，碰到V时，对前面已经分析过的成分，比如N，进行归约（归约时调用第2条规则）

LR分析表示例-1

终结符　　非终结符

状态	动作表（Action）				转移表（Go to）							
	N	V	的	$	N	V	的	S	NP	VP	CS	V'
0	移进				1			3	2		4	
1		归约 2										
2		移进				6				5		7
3				成功								
4			移进				8					
5				归约 1								
6	移进	移进			10	9			11		12	
7			归约 5									
8		归约 3										
9			归约 6									
10		归约 2		归约 2								
11		移进		归约 4		13						7
12			移进				14					
13		移进				9						
14		归约 3		归约 3								

只有遇到“终结符”，才可能发生“归约”操作，遇到非终结符，只可能发生“移进‘操作

LR分析表示例-2

状态	动作表（Action）				转移表（Go to）				
	N	V	的	$	S	NP	VP	CS	V'
0	移进 1				3	2		4	
1		归约 2							
2		移进 6					5		7
3				成功					
4			移进 8						
5				归约 1					
6	移进 10	移进 9				11		12	
7			归约 5						
8		归约 3							
9			归约 6						
10		归约 2		归约 2					
11		移进 13		归约 4					7
12			移进 14						
13		移进 9							
14		归约 3		归约 3					

“移进”后面的数字表示“状态编号”；“归约”后面的数字表示规则编号。

LR分析算法过程描述-1

分析句法构造的所有操作都发生在“分析栈”
“输入缓冲区”的指针只用来预读下一个字符，
以决定分析栈里该如何操作

分析栈：

分析过程中，不断按“状态”—“字符”—“状态”—“字符” — … 的顺序向栈中压进当前分析状态及等待归约的字符

待分析字符串指针：指向输入缓冲区中当前待分析字符

输入：符号串W= w_1w_2…，文法规则集G，LR分析表

输出：若W是合法句子，输出“成功”，否则输出“错误”

比如有状态“11 {6遇见NP}”，x=6，A=NP，则把NP,11压入栈中

LR分析算法过程描述-2

1) 把状态0压入分析栈，W$放入输入缓冲区中，指针p指向W$的第一个符号；

2) 循环执行下面的语句

   a) 设s是分析栈的栈顶状态，并且c是p所指向的当前字符；

   b) 若 Action[s, c]=移进*k* , 则 把c和 *k* 先后压入分析栈中, p指向下一个输入符号；

   c) 若 Action[s, c]=归约*j*, 并且第 *j* 条产生式为 A → β （β长度为m），则

      (i) 从栈顶弹出2*m个符号；
      (ii) 设x为当前栈顶，把A和Go to[x, A]先后推入分析栈中；

   d) 若 Action[s, c]=成功，则宣布分析成功，算法结束；

   e) 若 Action[s, c]=报错，则宣布分析失败，算法结束；

说明：Action[x,y]表示分析表中x行，y列的动作值，
Go to[x,y]表示分析表中x行，y列的转移值（下一个状态号）。

action(0, N)=移进1，把N，1压入栈中

action(1, V)=归约2，把N，1弹出，把NP，Go to[0, NP]=2压入栈中

action(2, V)=移进6，把V，6压入栈中

LR分析算法过程示例

分析栈	字符串指针	规则使用序列
0	N V N V V 的	<>
0 N 1	V N V V 的	<>
0 NP 2	V N V V 的	<2>
0 NP 2 V 6	N V V 的	<2>
0 NP 2 V 6 N 10	V V 的	<2>
0 NP 2 V 6 NP 11	V V 的	<2, 2>
0 NP 2 V 6 NP 11 V 13	V 的	<2, 2>
0 NP 2 V 6 NP 11 V 13 V 9	的	<2, 2>
0 NP 2 V 6 NP 11 V' 7	的	<2,2,6>
0 NP 2 V 6 CS 12	的	<2,2,6,5>
0 NP 2 V 6 CS 12 的 14	$	<2,2,6,5>
0 NP 2 V 6 NP 11	$	<2,2,6,5,3>
0 NP 2 VP 5	$	<2,2,6,5,3,4>
0 S 3	$	<2,2,6,5,3,4,1>
成功	$	<2,2,6,5,3,4,1>

移进时，将终结符和状态号压入栈中

缓冲区待分析字符数减少

归约时，将规则右部弹出，将规则左部非终结符和状态号压入栈中

栈中字符数减少

分析树形成过程示意图-1

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V'
(6) V' → V V

调用规则：

栈操作：0压入栈中，
栈顶为0

栈：0

N V N V V 的 $

分析树形成过程示意图-2

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V'
(6) V' → V V

调用规则：

栈操作：Action[0,N]=移进1,
将N 1压入栈中，指针下移到V，
栈顶为1

栈：0 N 1

N V N V V 的 $

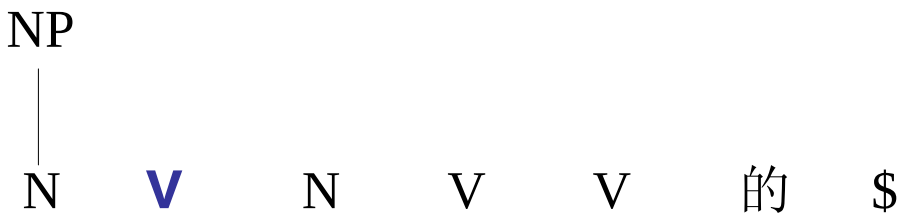
分析树形成过程示意图-3

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V'
(6) V' → V V

调用规则：2

栈操作：Action[1,V]=归约2,
第2条规则为NP→N，
将N 1弹出栈，0为当前栈顶，
Goto[0,NP]=2，
将NP,2压入栈，
栈顶为2

栈：0 NP 2



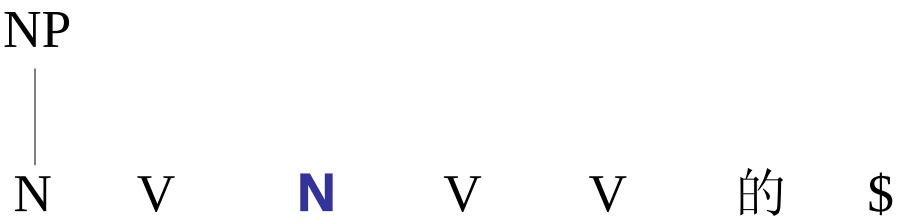
分析树形成过程示意图-4

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：

栈操作：Action[2,V]=移进6,
将V 6压入栈中，指针下移到N，
栈顶为6

栈：0 NP 2 V 6



分析树形成过程示意图-5

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V'
(6) V' → V V

调用规则：

栈操作：Action[6,N]=移进10,
将N 10压入栈中，指针下移到V，
栈顶为10

栈：0 NP 2 V 6 N 10

分析树形成过程示意图-6

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：2

栈操作：Action[10,V]=归约2,
第2条规则为NP→N，
将N 10弹出栈，6为当前栈顶，
Go to[6,NP]=11，
将NP,11压入栈，
栈顶为11

栈：0 NP 2 V 6 NP 11

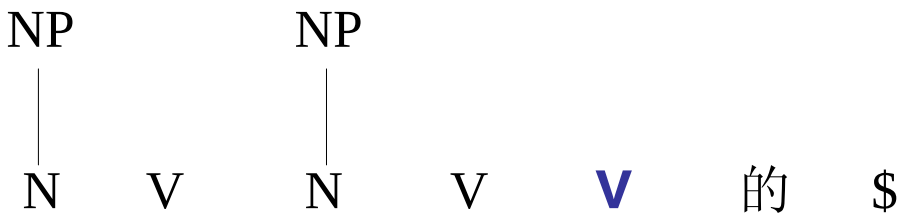
分析树形成过程示意图-7

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：

栈操作：Action[11,V]=移进13,
将V 13压入栈中，指针下移到“V”，
栈顶为13

栈： 0 NP 2 V 6 NP 11 V 13



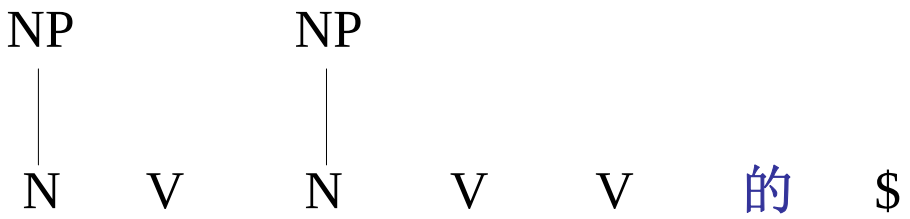
分析树形成过程示意图-8

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：

栈操作：Action[13,V]=移进9,
将V 9压入栈中，指针下移到“的”，
栈顶为9

栈： 0 NP 2 V 6 NP 11 V 13 V 9



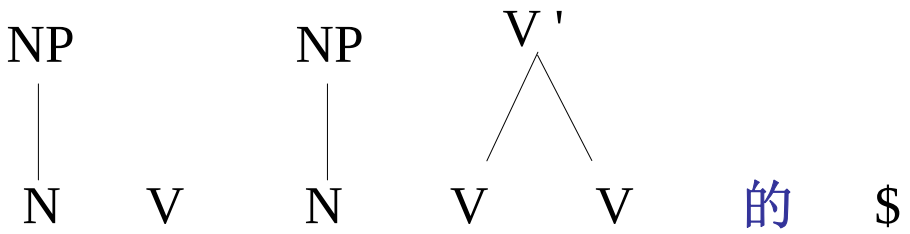
分析树形成过程示意图-9

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：6

栈操作：Action[9,的]=归约6,
第6条规则V' → V V，长度为2
将V 13 V 9弹出栈，11为当前栈顶,
Go to[11, V']=7,
将V ' 7压入栈中,
栈顶为7

栈： 0 NP 2 V 6 NP 11 V' 7



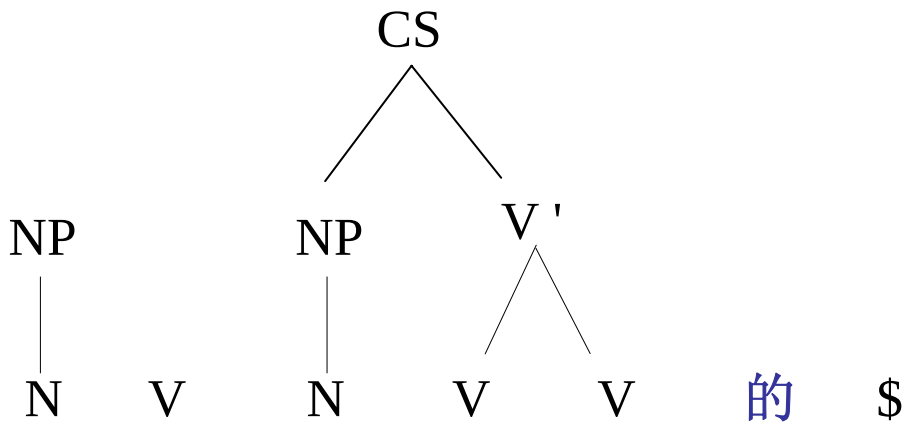
分析树形成过程示意图-10

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：5

栈操作：Action[7,的]=归约5,
第5条规则CS → NP V '，长度为2
将NP 11 V ' 7弹出栈，6为当前栈顶,
Go to[6, CS]=12,
将CS 12压入栈中,
栈顶为12

栈： 0 NP 2 V 6 CS 12



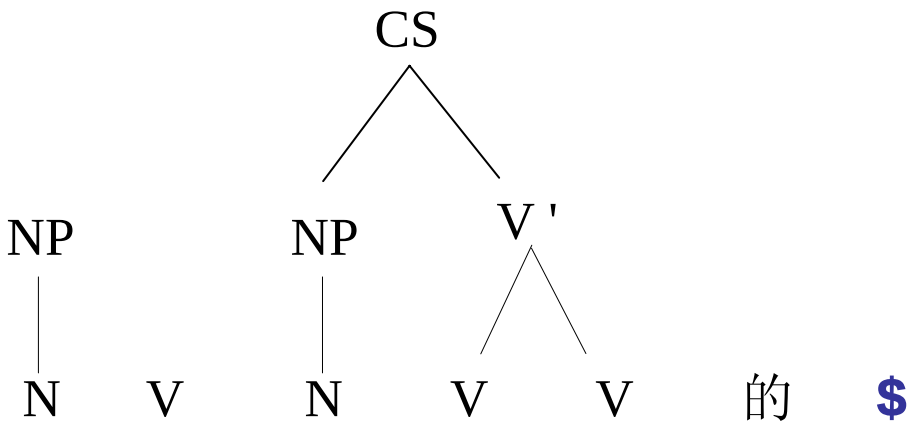
分析树形成过程示意图-11

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：

栈操作：Action[12,的]=移进14,
将“的 14”压入栈中，指针下移到$
栈顶为14

栈： 0 NP 2 V 6 CS 12 的 14



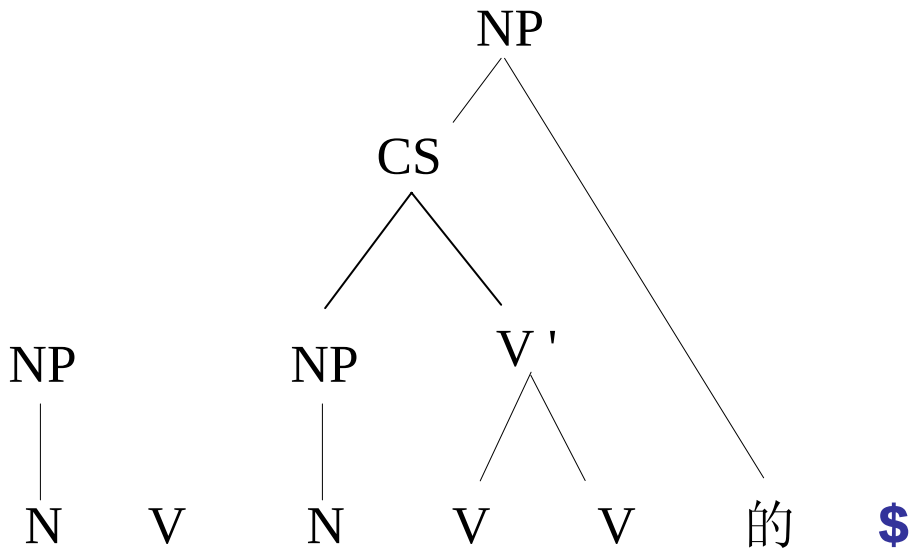
分析树形成过程示意图-12

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：3

栈操作：Action[14,$]=归约3,
第3条规则NP→ CS 的，长度为2
将CS 12 的 14弹出栈，6为当前栈顶
Go to[6, NP]=11，
将NP,11压入栈，
栈顶为11

栈： 0 NP 2 V 6 NP 11



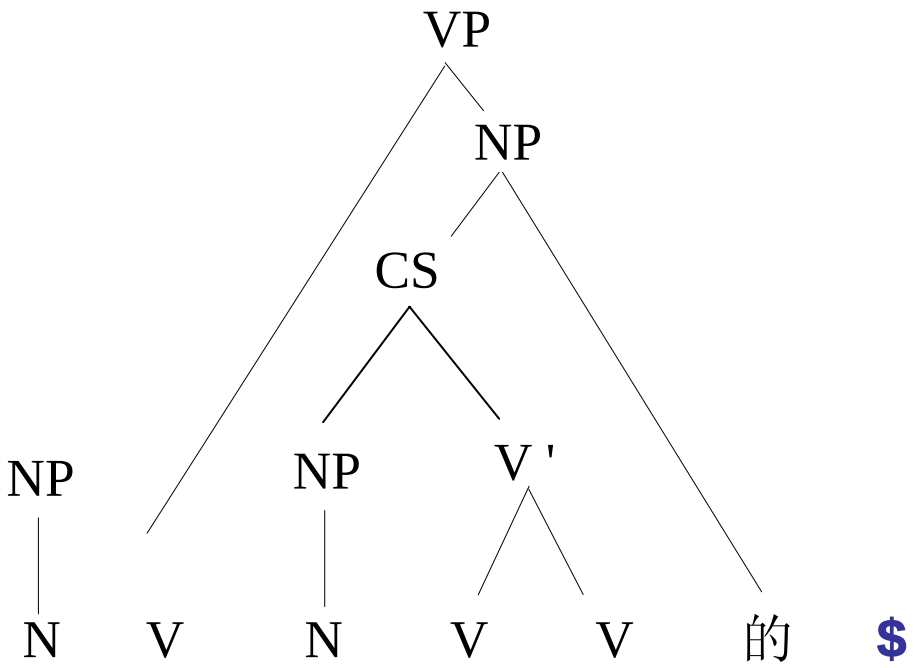
分析树形成过程示意图-13

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：4

栈操作：Action[11,$]=归约4,
第4条规则VP→ V NP，长度为2
将V 6 NP 11弹出栈，2为当前栈顶
Go to[2, VP]=5，
将VP,5压入栈，
栈顶为5

栈： 0 NP 2 VP 5



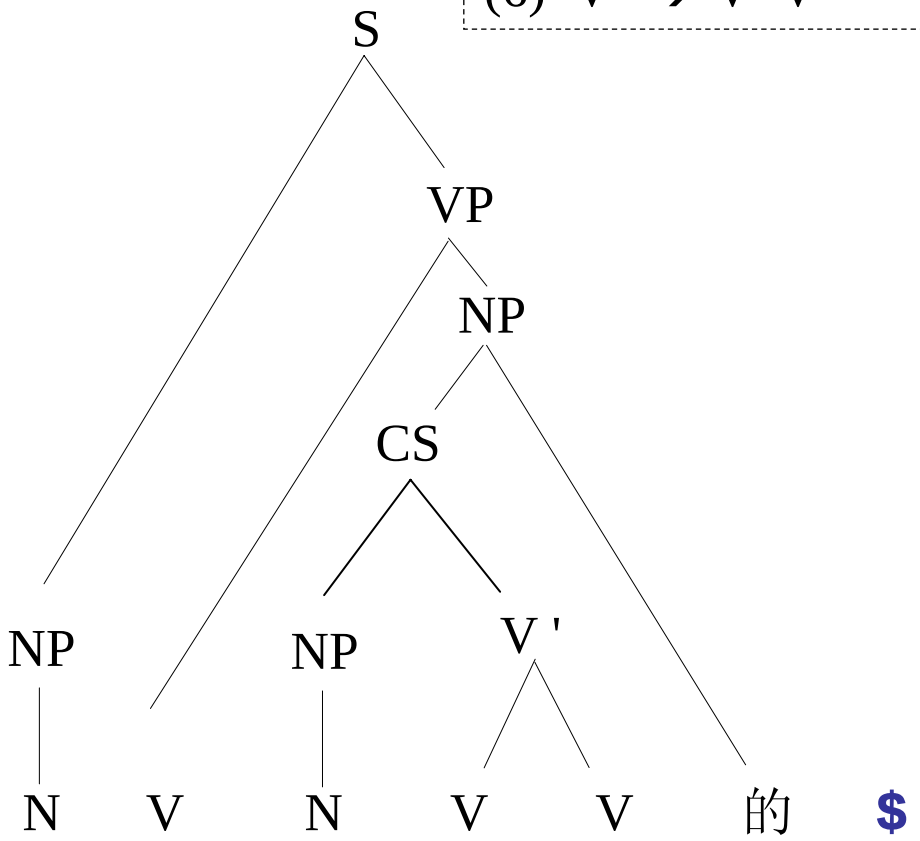
分析树形成过程示意图-14

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：1

栈操作：Action[5,$]=归约1,
第1条规则S → NP VP ，长度为2
将NP 2 VP 5弹出栈，0为当前栈顶
Go to[0, S]=3，
将S,3压入栈，
栈顶为3

栈： 0 S 3

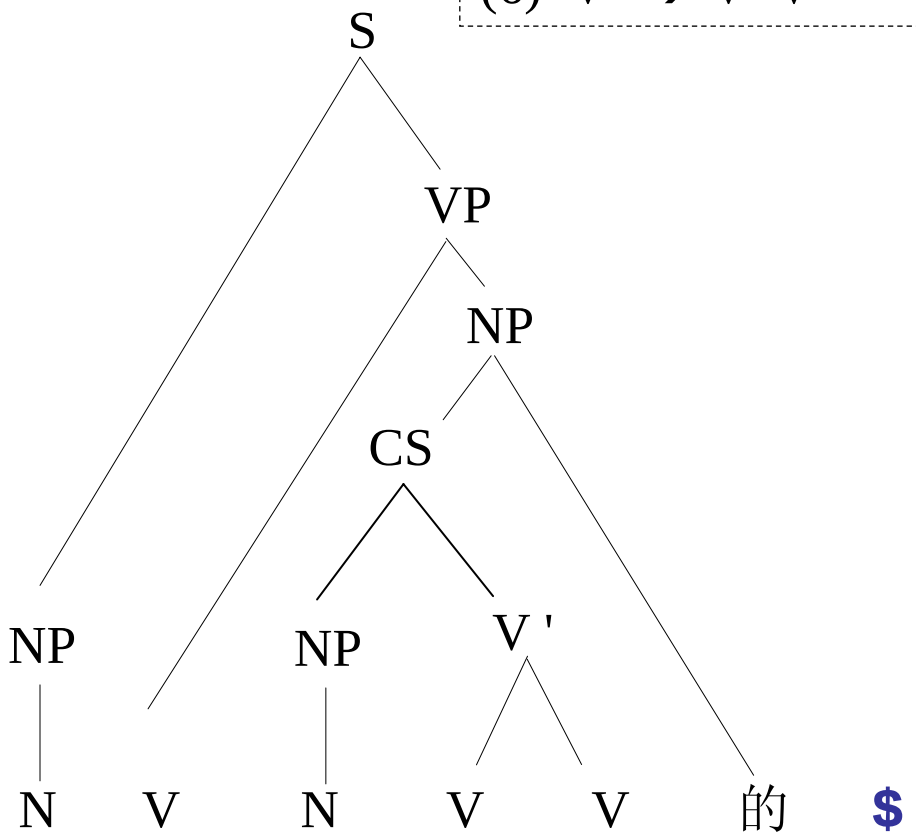


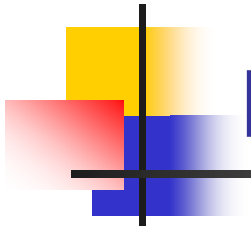
分析树形成过程示意图-15

(1) S → NP VP
(2) NP → N
(3) NP → CS 的
(4) VP → V NP
(5) CS → NP V '
(6) V ' → V V

调用规则：

栈操作：Action[3,$]=成功,
分析成功，结束。





LR分析算法的不足

LR分析器又被称为“确定性下推自动机”（push-down automata）

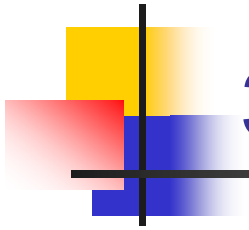
（1）不允许回溯

（2）只能分析标准LR文法，不能处理有歧义的文法

描述自然语言的文法不可避免地存在着歧义

因此，难以直接用LR分析算法分析自然语言

Tomita（1985，1987）对标准LR算法提出了改进



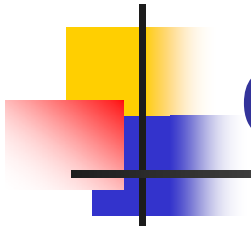
3 Tomita算法/Generalized LR算法

1) GLR分析表允许有多重入口（即一个格子里有多个动作）

2) 将线性分析栈改进为图分析栈处理分析动作的歧义（分叉）

3) 采用共享子树结构来表示局部分析结果，节省空间开销

4) 通过节点合并，压缩局部歧义



GLR分析示例

I	saw	a	girl	with	a	telescope
Pron	*V*	*Det*	*N*	*Prep*	*Det*	*N*

(0) $S' \rightarrow S$

(1) $S \rightarrow NP\,VP$

(2) $VP \rightarrow V$

(3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$

(5) $VP \rightarrow VP\ PP$

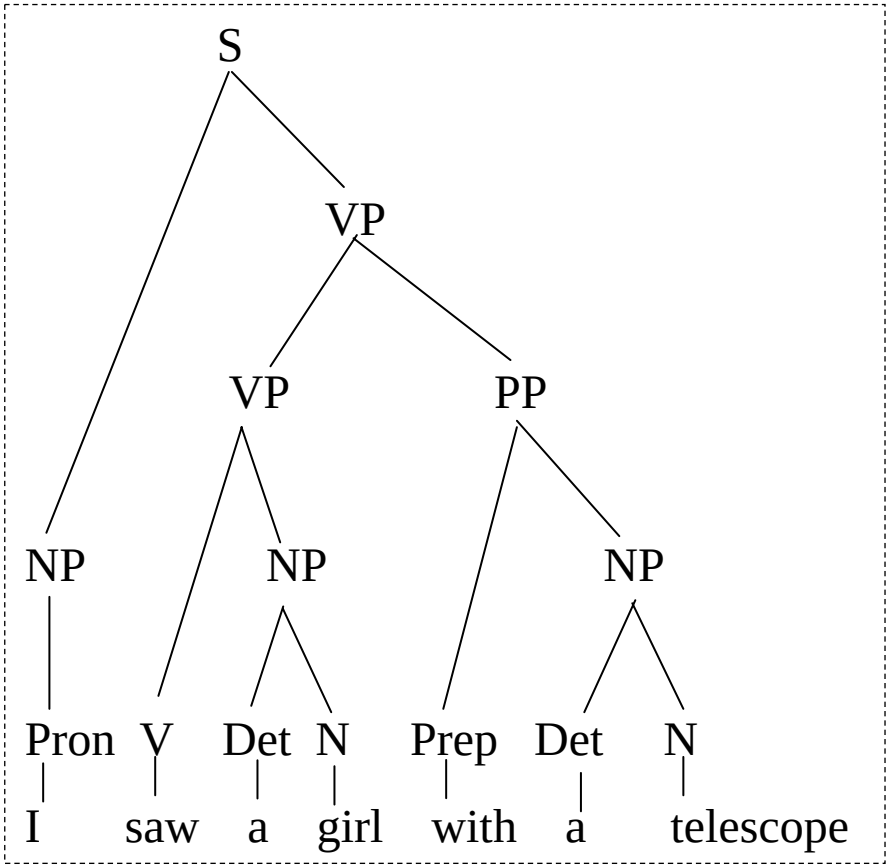
(6) $NP \rightarrow Det\ N$

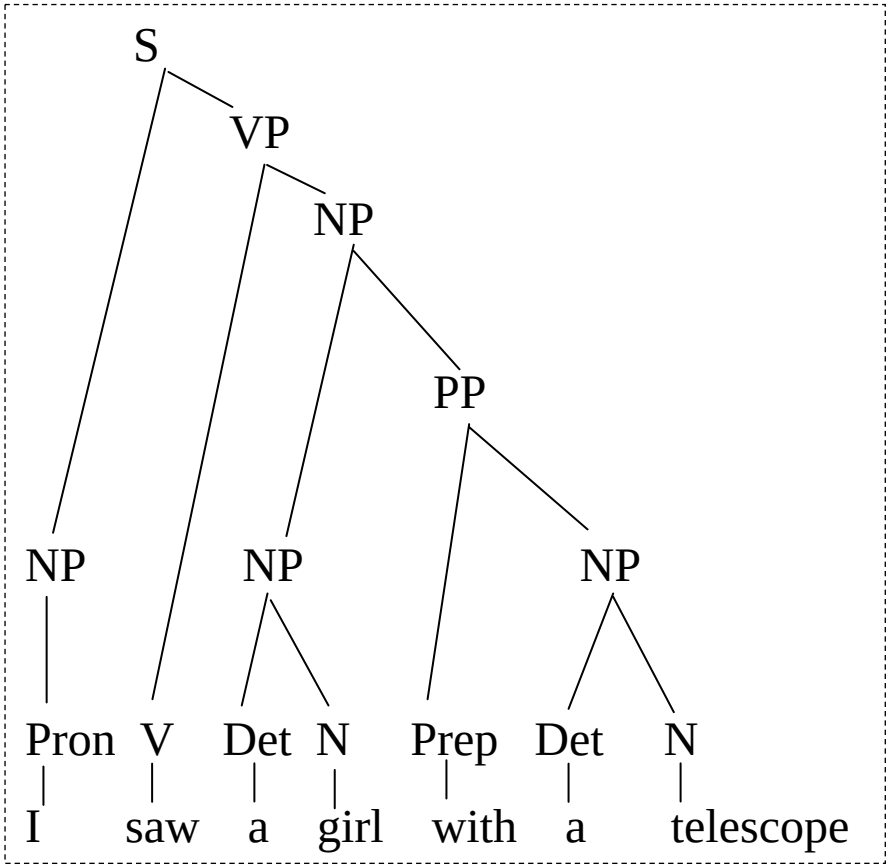
(7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$

(9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

两棵句法树


S
VP
VP
PP
NP
NP
NP
Pron
V
Det
N
Prep
Det
N
I
saw
a
girl
with
a
telescope


S
VP
NP
PP
NP
NP
NP
Pron
V
Det
N
Prep
Det
N
I
saw
a
girl
with
a
telescope

GLR分析表

s: shift

r: reduce

状态	ACTION						GOTO			
	Det	*N*	*Prep*	*Pron*	*V*	$	*NP*	*PP*	S	VP
0	s2			s3			1		4	
1			s8		s6			7		5
2		s10								
3	r7		r7	r7	r7	r7				
4						acc				
5			s8			r1		9		
6	s2		r2	s3		r2	11			
7	r8		r8	r8	r8	r8				
8	s2			s3			13			
9			r5			r5				
10	r6		r6	r6	r6	r6				
11	s2		s8/r3	s3		r3	12	7		
12			s8/r4			r4		7		
13	r9		s8/r9	r9	r9	r9		7		

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

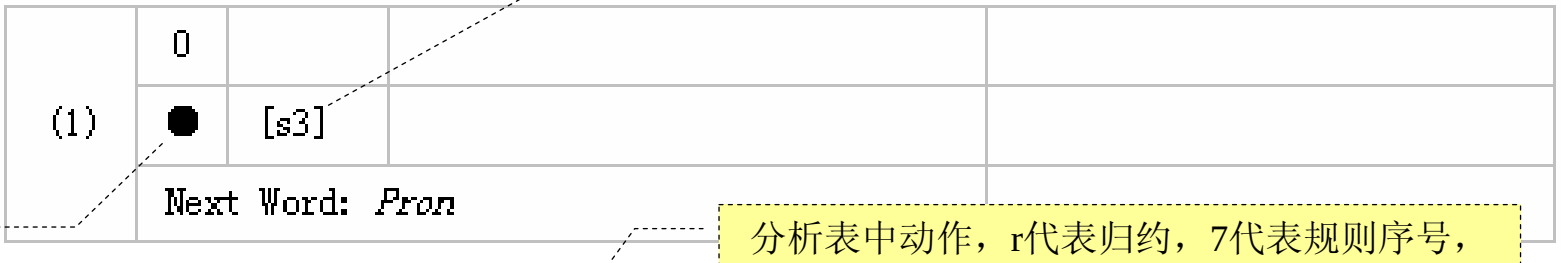
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

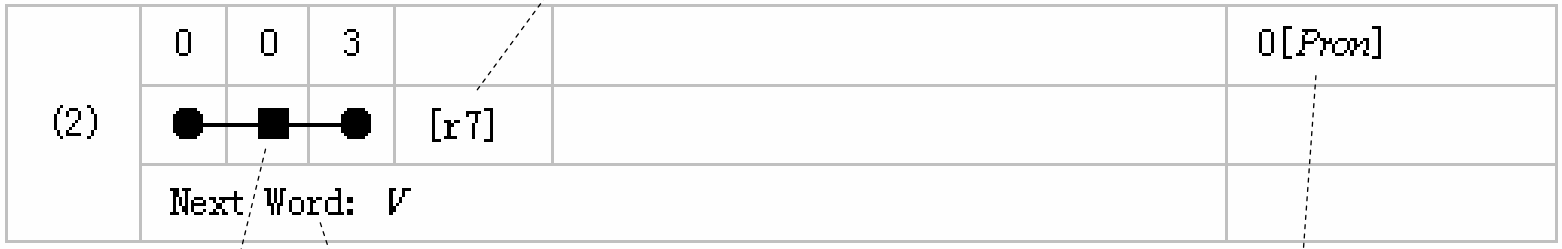
GLR分析过程-1

分析表中动作，s代表移进，3代表状态号，Action[0, Pron]=s3



圆点表示状态，上方数字为状态号

分析表中动作，r代表归约，7代表规则序号，Action[3, V]=r7



方点表示分析树中所对应的节点，上方数字为节点序号

Next Word是指向输入字符串的指针，指向当前待处理符号

正在形成中的树节点，[ ]中是节点内容，左边数字是节点指针序号

Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

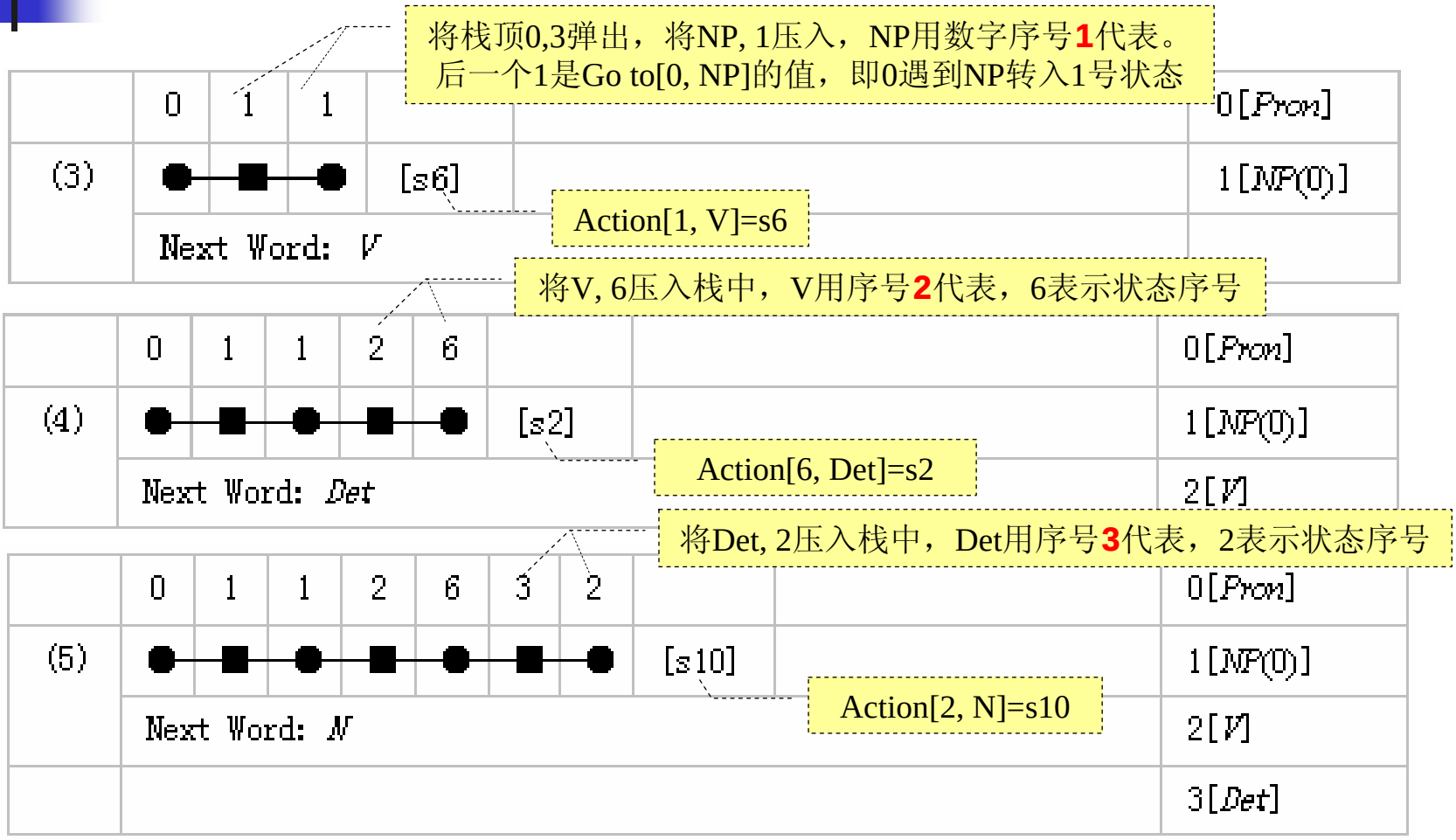
(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-2



(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

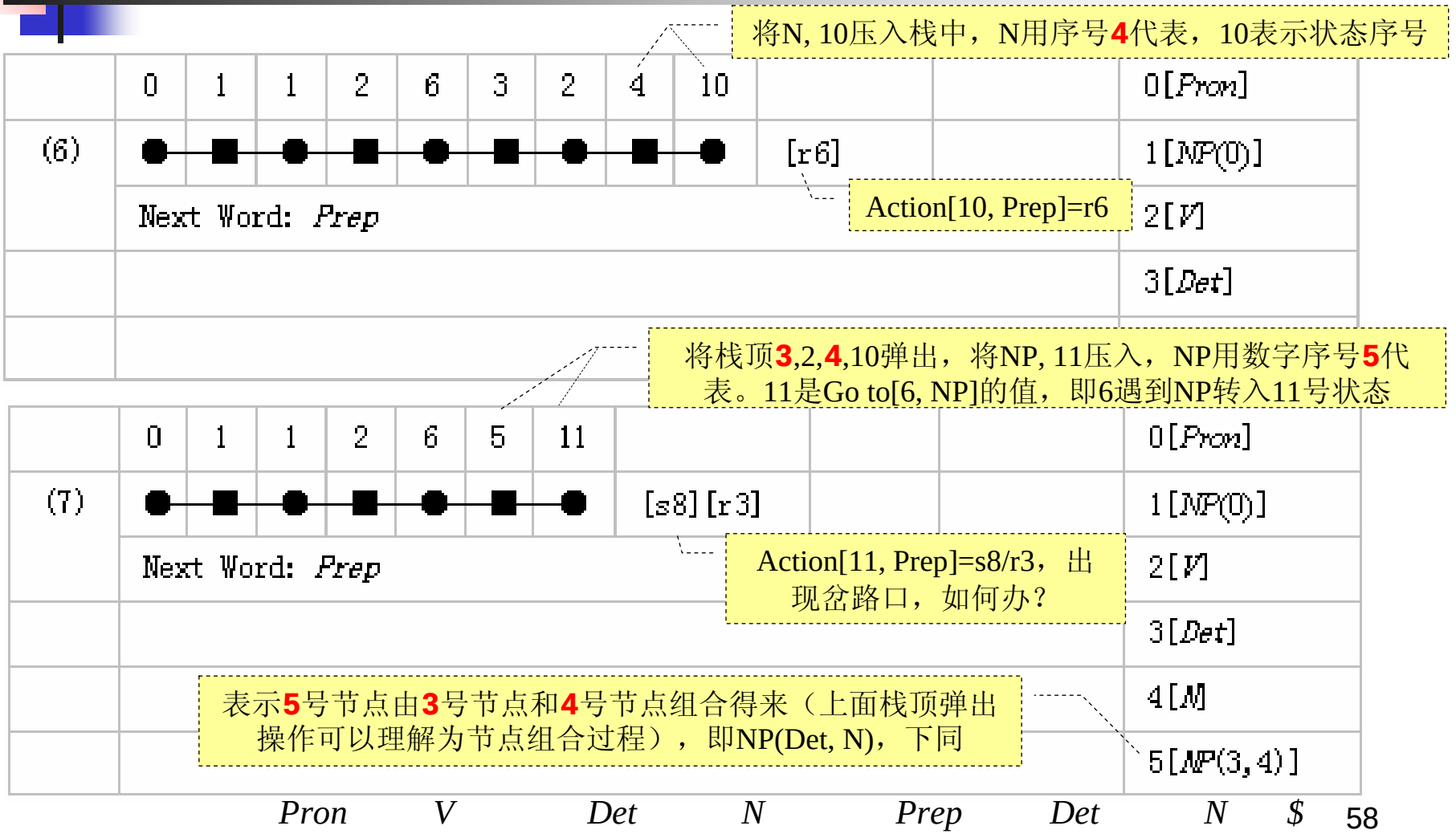
(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-3



(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

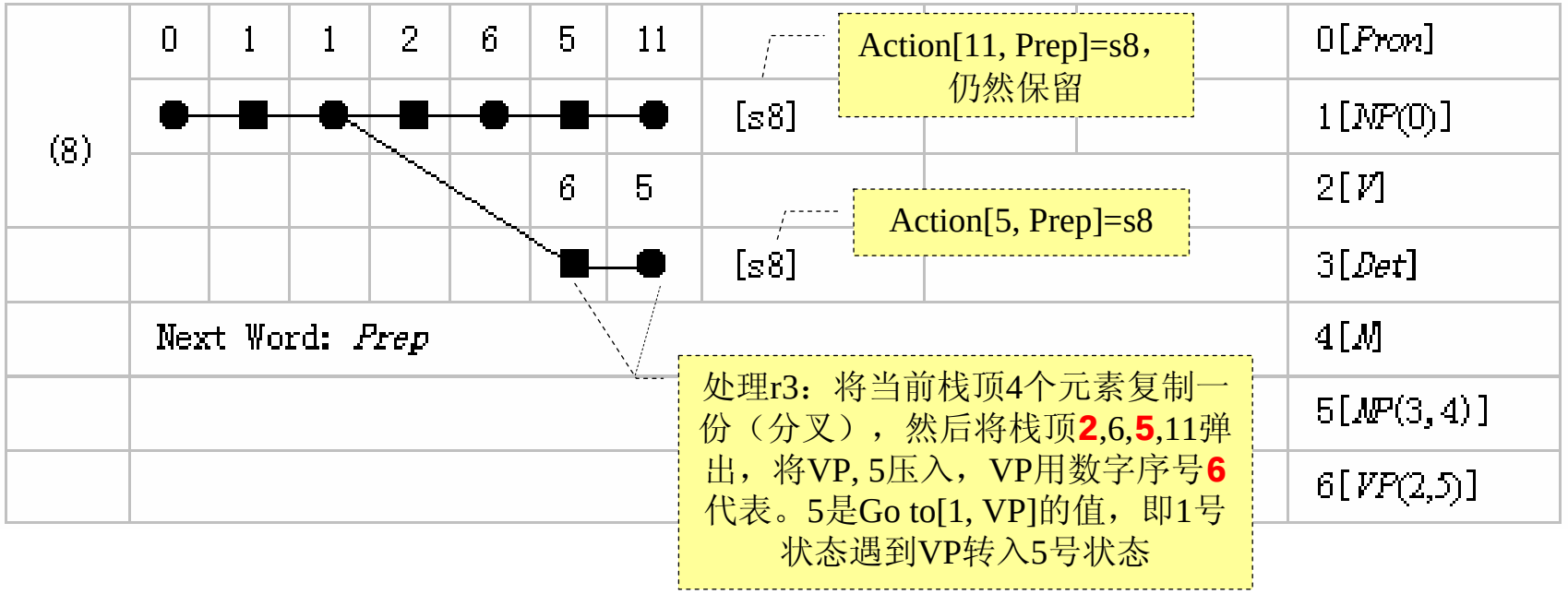
(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-4



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

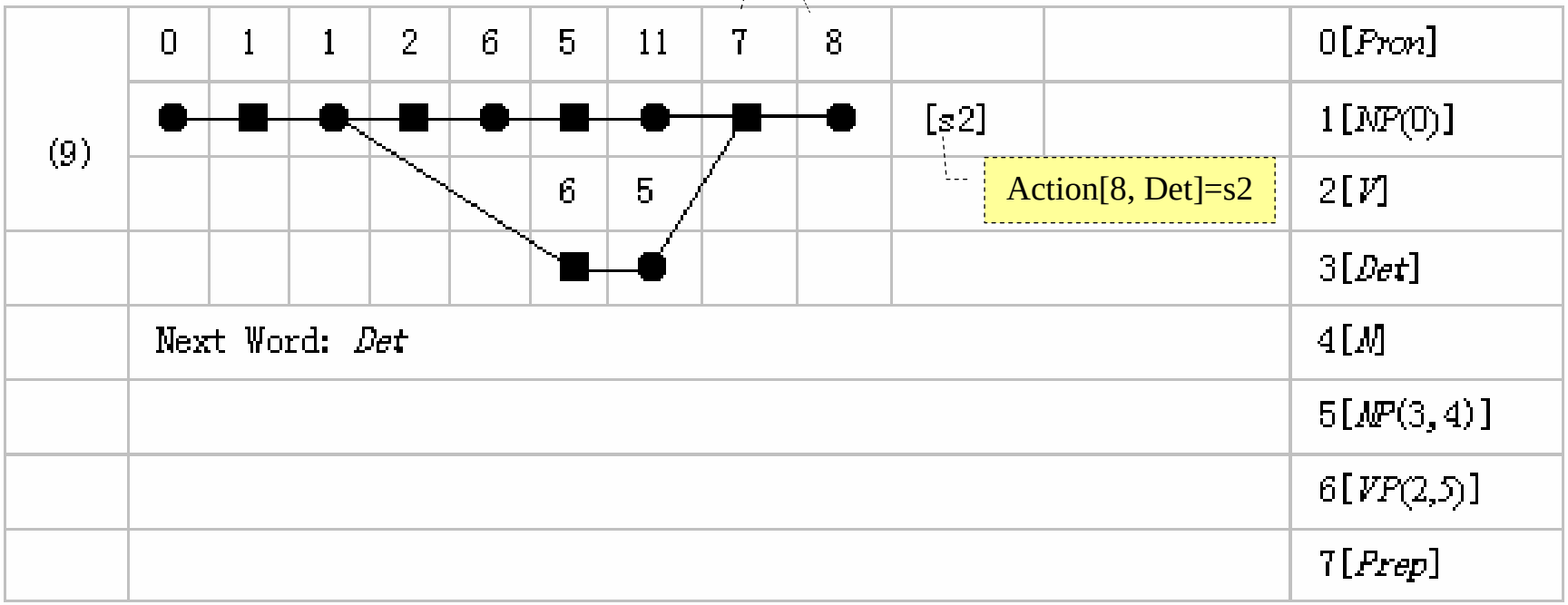
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-5

两个栈顶的后续动作相同(s8)，可以归并进行，将Prep, 8压入栈中，Prep用序号**7**代表，8表示状态序号



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

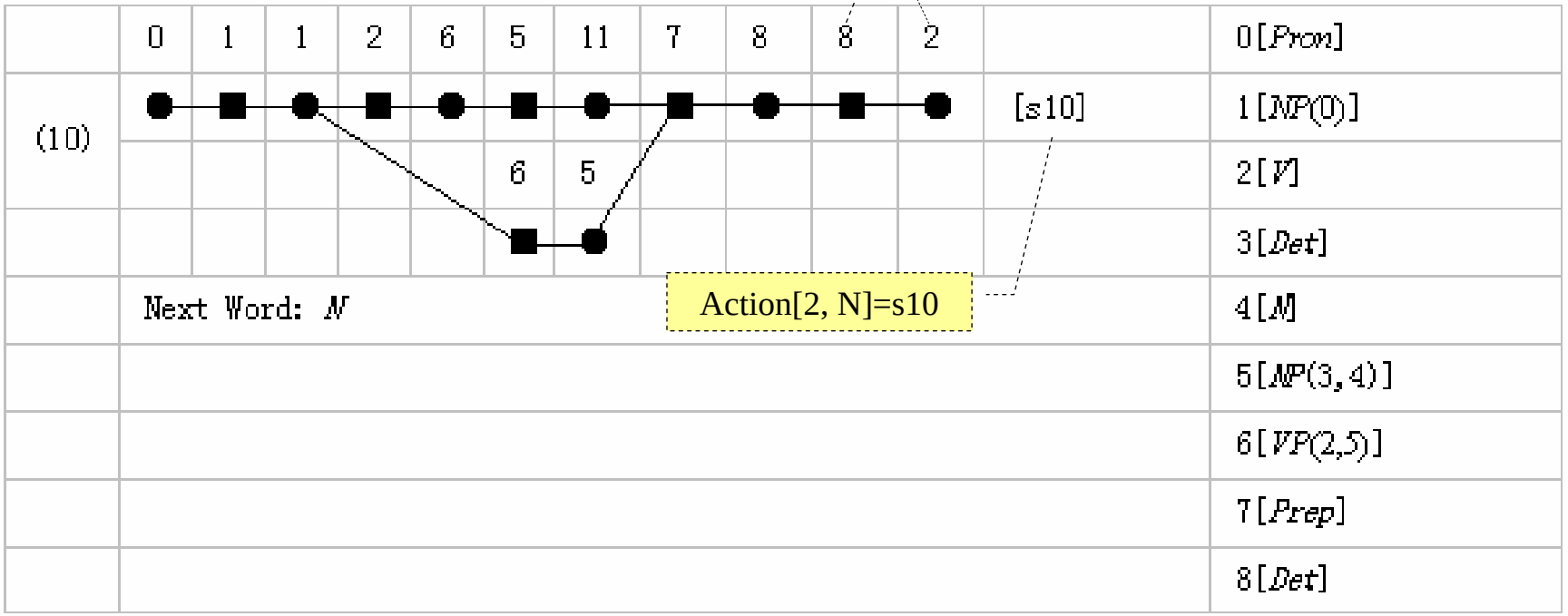
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-6

将Det, 2压入栈中，Det用序号**8**代表，2表示状态序号



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

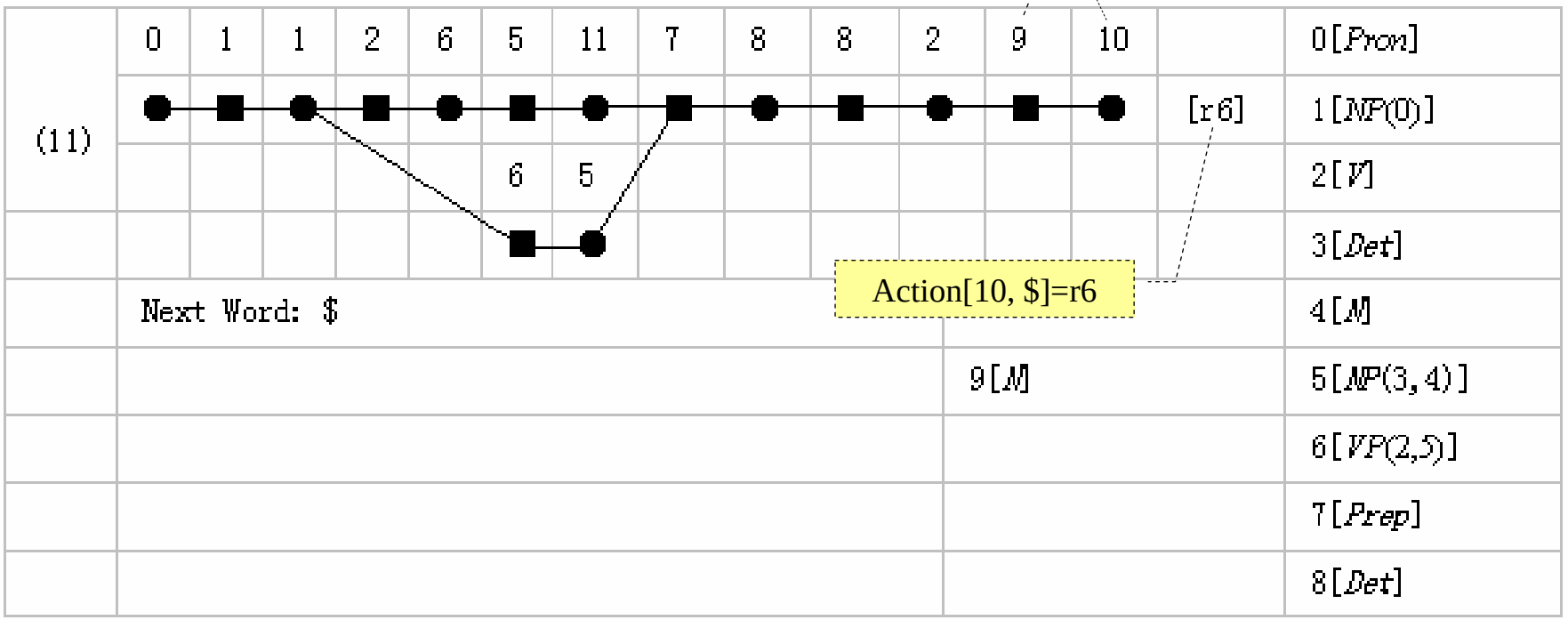
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-7

将N, 10压入栈中，N用序号**9**代表，10表示状态序号



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

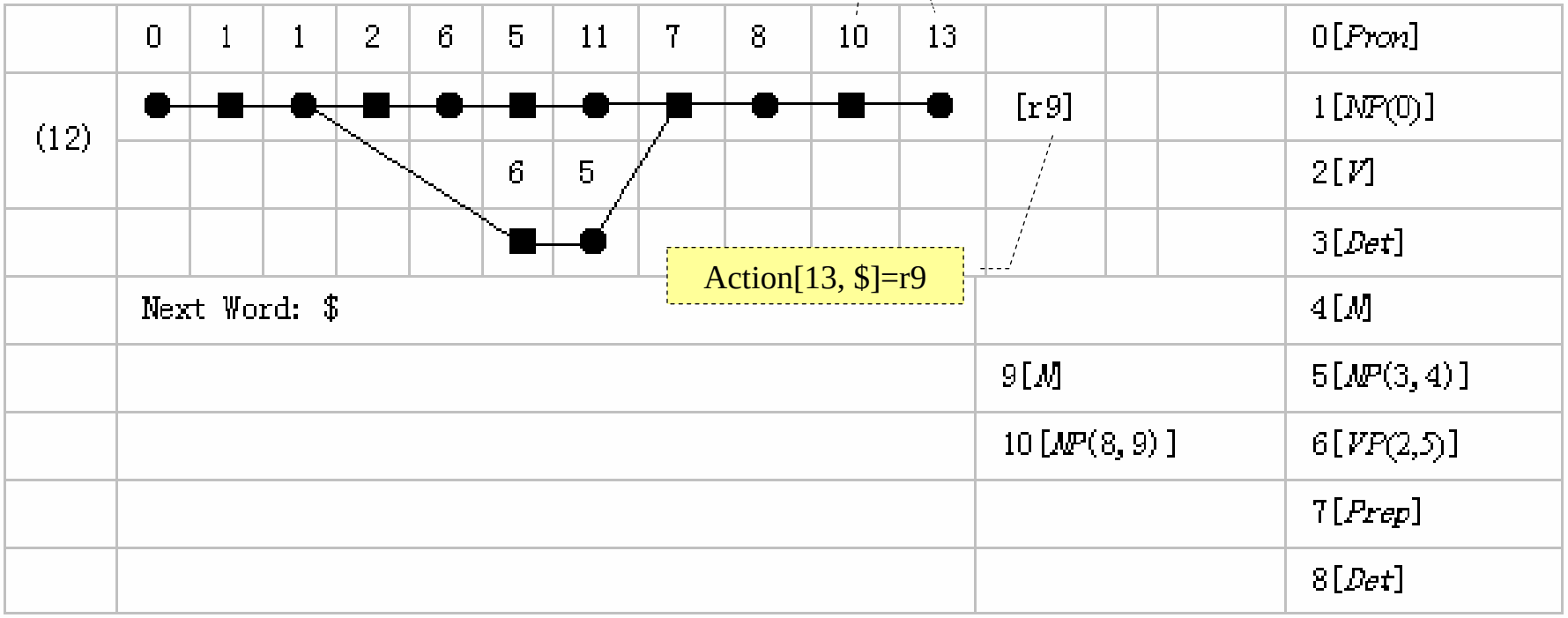
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-8

将栈顶**8**,2,**9**,10弹出，将NP, 13压入，NP用数字序号**10**代表。13是Go to[8, NP]的值，即8号状态遇到NP转入13号状态



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

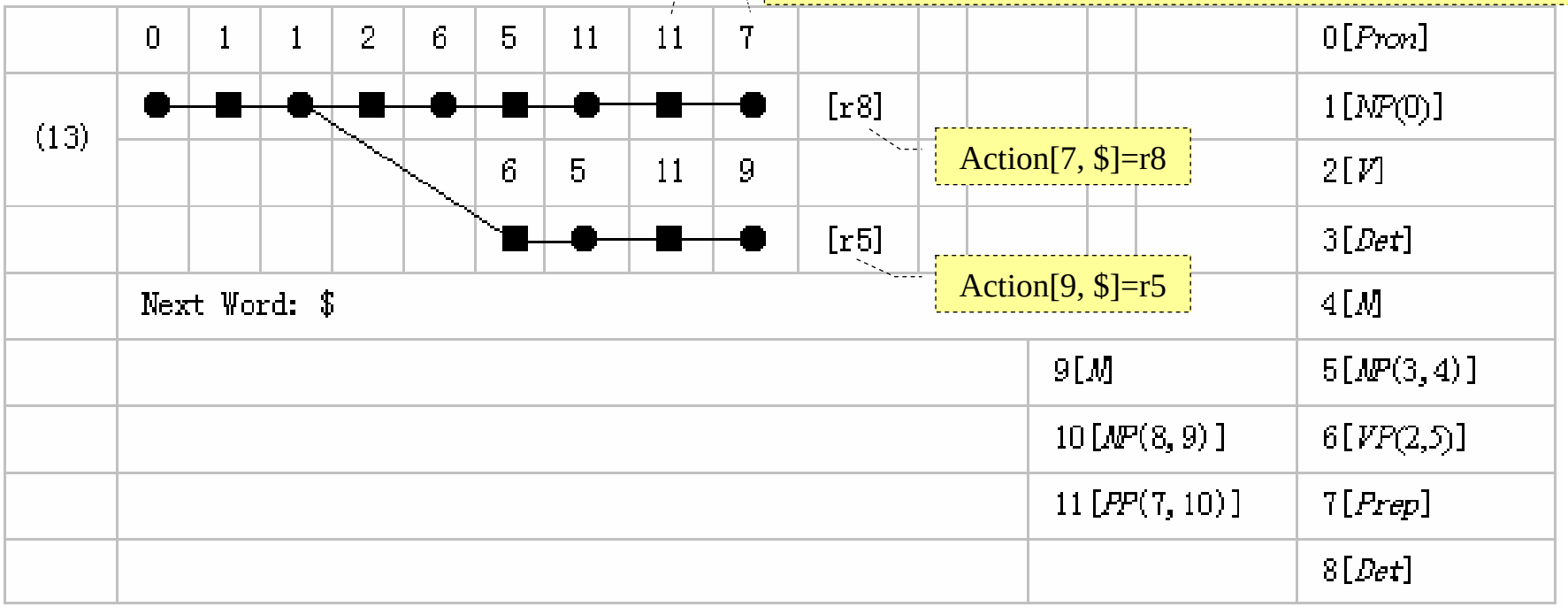
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-9

将栈顶**7**,8,**10**,13弹出，刚好遇到分裂栈顶，将PP, 7和PP,9分别压入两个栈中，PP用数字序号**11**代表。7和9分别是Go to[11, PP]和Go to[5, PP]的值，即11号状态遇到PP转入7号状态,5号状态遇到PP转入9号状态



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

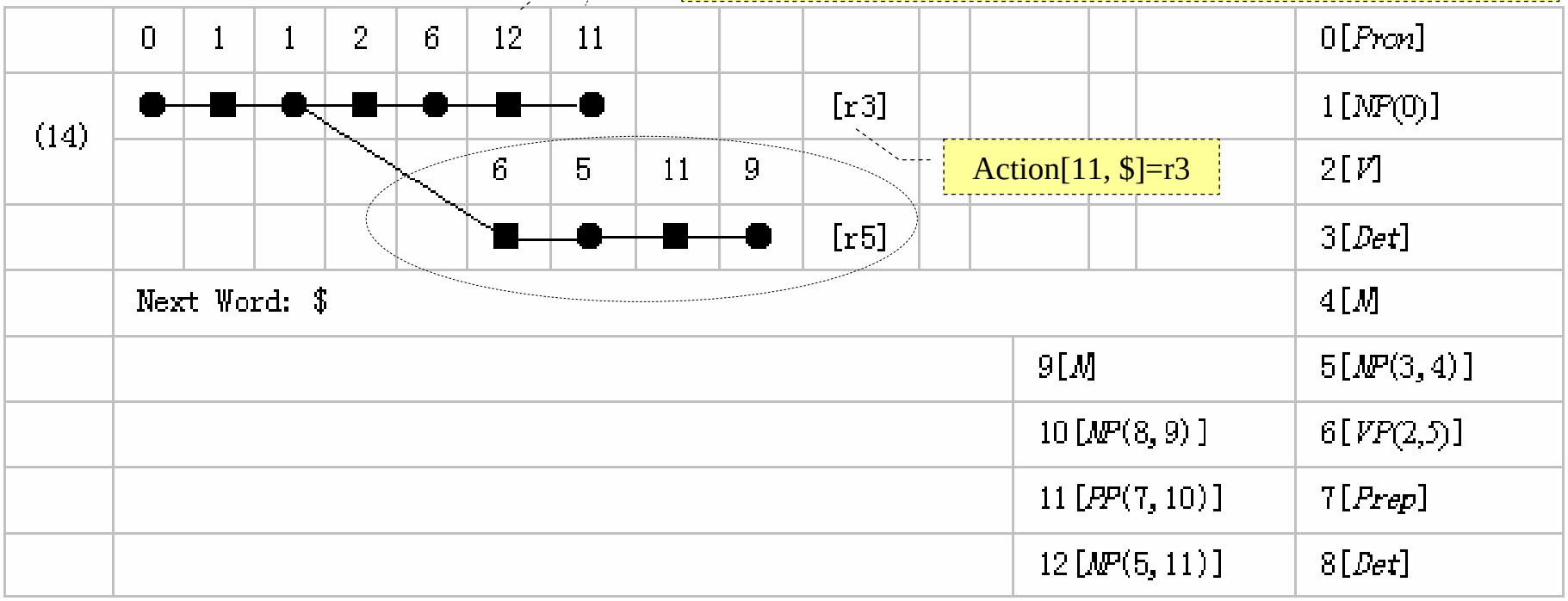
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-10

将栈顶**5**,11,**11**,7弹出，将NP, 11压入，NP用数字序号**12**代表。11是Go to[6, NP]的值，即6号状态遇到NP转入11号状态



Pron *V* *Det* *N* *Prep* *Det* *N* *$*

(0) $S' \rightarrow S$　　(1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$　　(3) $VP \rightarrow V\ NP$

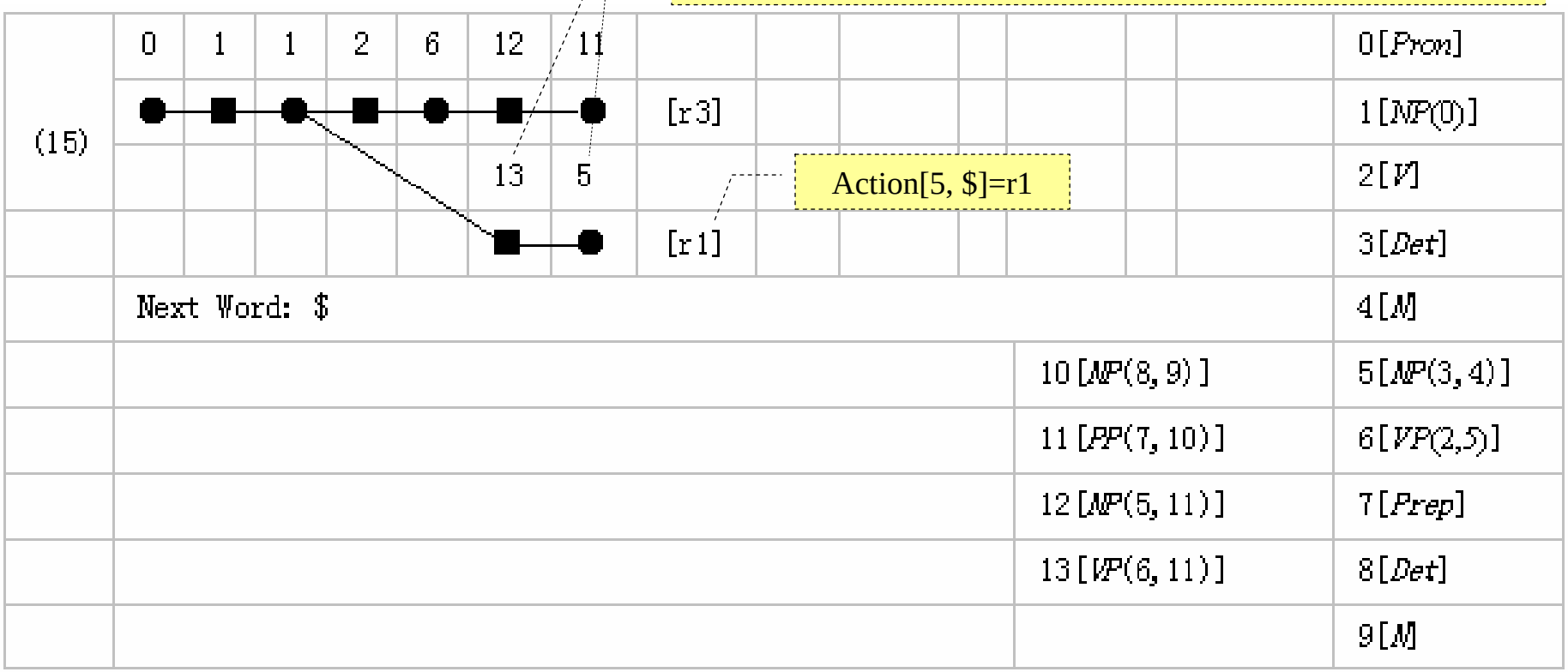
(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$　　(5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$　　(7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$　　(9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-11

将栈顶**6**,5,**11**,9弹出，将VP, 5压入，VP用数字序号**13**代表。5是Go to[1, VP]的值，即1号状态遇到VP转入5号状态



Pron　*V*　*Det*　*N*　*Prep*　*Det*　*N*　*$*

(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

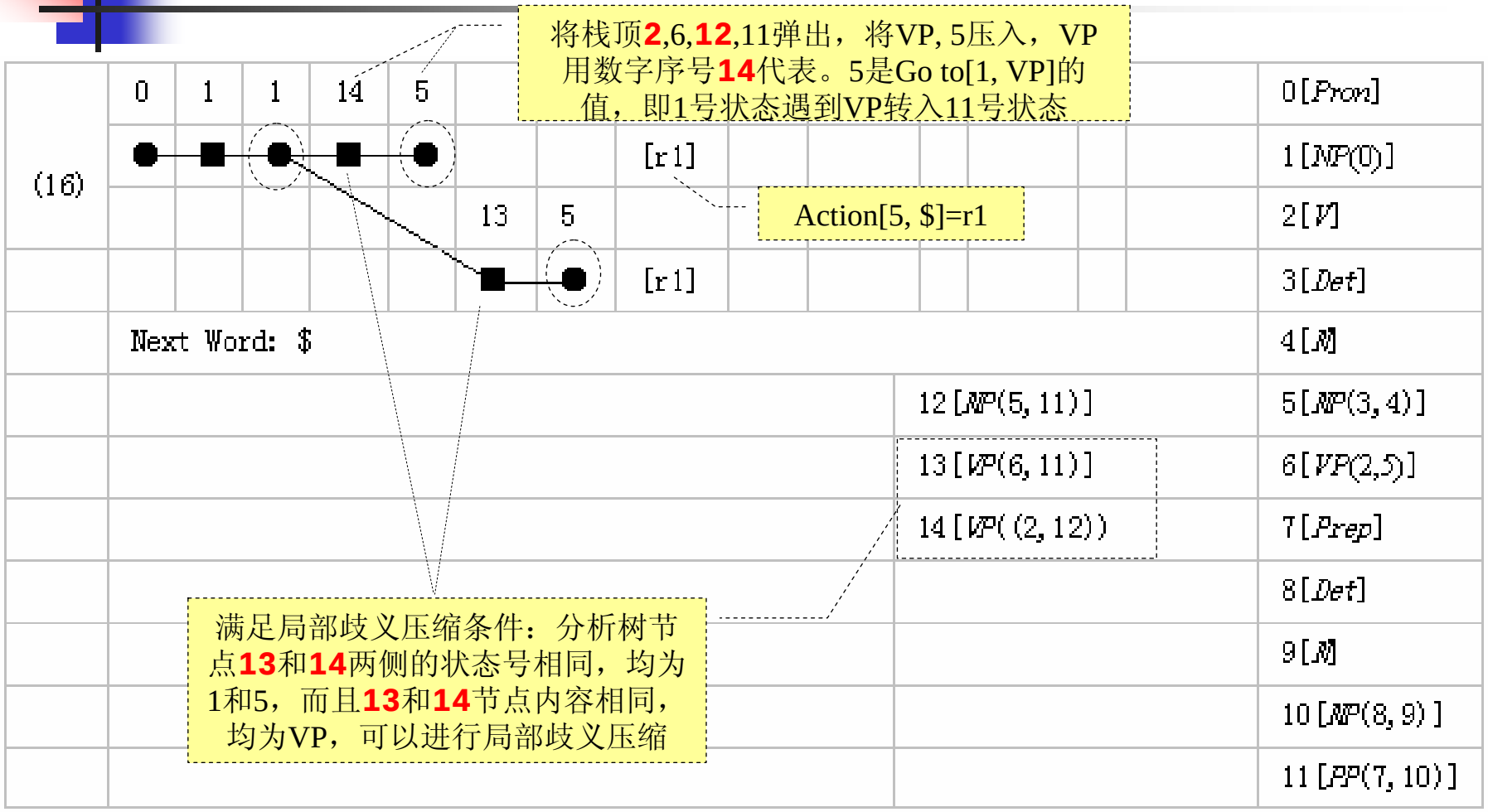
(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-12



(0) $S' \rightarrow S$ (1) $S \rightarrow NP\ VP$

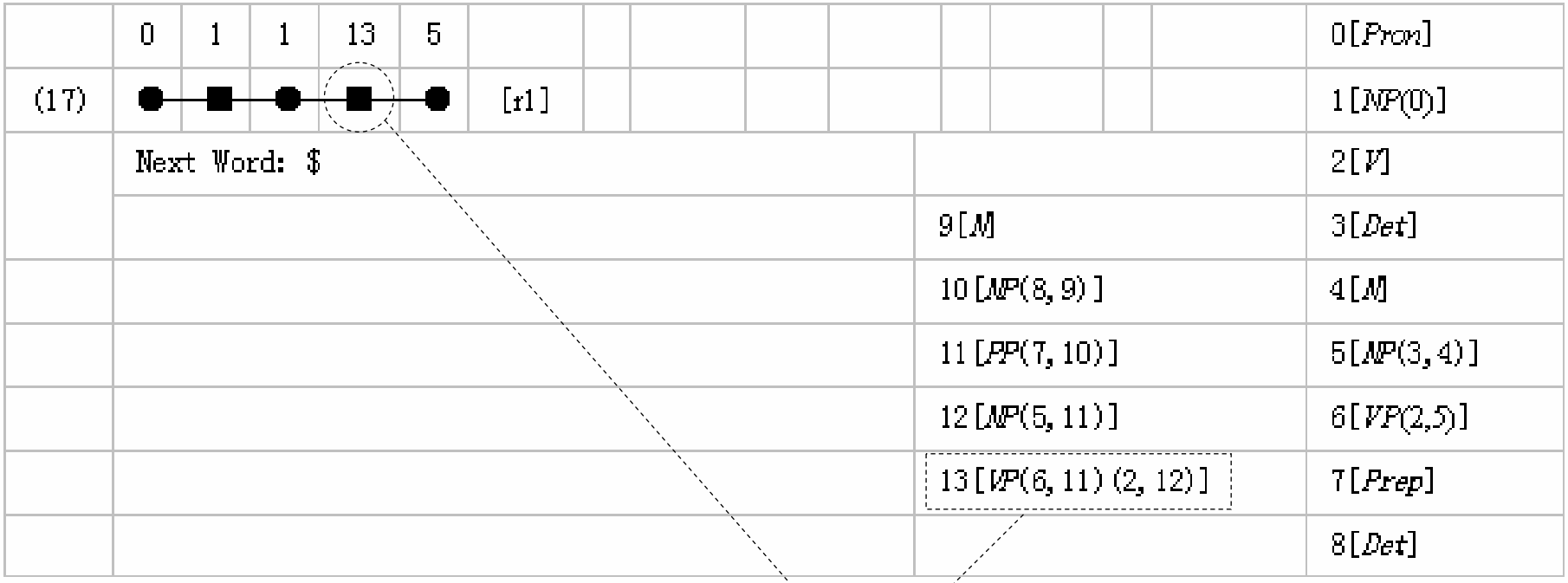
(2) $VP \rightarrow V$ (3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$ (5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$ (7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$ (9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-13



进行局部歧义压缩

Pron V Det N Prep Det N $

(0) $S' \rightarrow S$　　(1) $S \rightarrow NP\ VP$

(2) $VP \rightarrow V$　　(3) $VP \rightarrow V\ NP$

(4) $VP \rightarrow V\ NP\ NP$　　(5) $VP \rightarrow VP\ PP$

(6) $NP \rightarrow Det\ N$　　(7) $NP \rightarrow Pron$

(8) $NP \rightarrow NP\ PP$　　(9) $PP \rightarrow Prep\ NP$

GLR分析过程-14

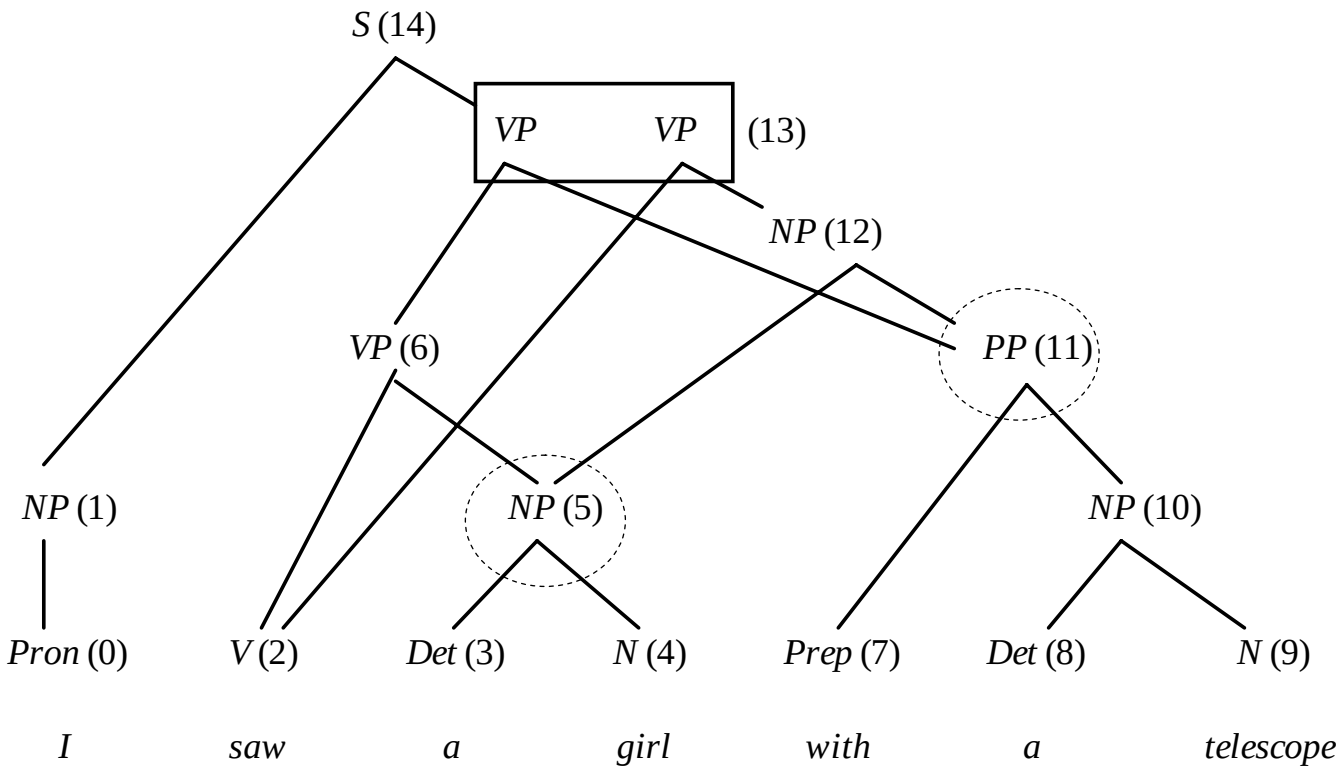
将栈顶**1**,1,**13**,5 弹出，将S, 4压入，S用数字序号**14**代表。4是Go to[0, S]的值，即0号状态遇到S转入4号状态

	0	14	4												0[*Pron*]
(18)	●	■	●	[acc]											1[*NP*(0)]
	Next Word: $														2[*V*]
														9[*M*]	3[*Det*]
														10[*NP*(8,9)]	4[*M*]
														11[*PP*(7,10)]	5[*NP*(3,4)]
														12[*NP*(5,11)]	6[*VP*(2,5)]
														13[*VP*(6,11)(2,12)]	7[*Prep*]
														14[*S*(1,13)]	8[*Det*]

Action[4, $]=acc

Pron　*V*　*Det*　*N*　*Prep*　*Det*　*N*　*$*

GLR分析树（压缩—共享森林）



进一步阅读文献

- 翁富良、王野翊（1998）《计算语言学导论》，第5章，中国社会科学出版社
- 杜淑敏 等（1990）《编译程序设计原理》，第4章，北京大学出版社
- 赵铁军 等，2000，《机器翻译原理》，哈尔滨工业大学出版社，第5.5节
- 吴立德 等，1997，《大规模中文文本处理》，复旦大学出版社，第4章
- Masaru Tomita, 1987, An efficient augmented context-free parsing algorithm. Computational Linguistics, vol. 13, No. 1, pp31--46.

复习思考题

1 用自底向上线图分析法分析“I saw a girl with a telescope”

2 用GLR分析法分析“老虎咬死了猎人的狗”
终结符符号串可简化为： N V N 的 N
规则集如下：
S→NP VP
VP → V NP
NP → N
NP → NP 的 NP
NP → VP 的 NP

N → 老虎 | 猎人 | 狗
V → 咬死了