语法制导翻译
Part3: 语法制导翻译方案

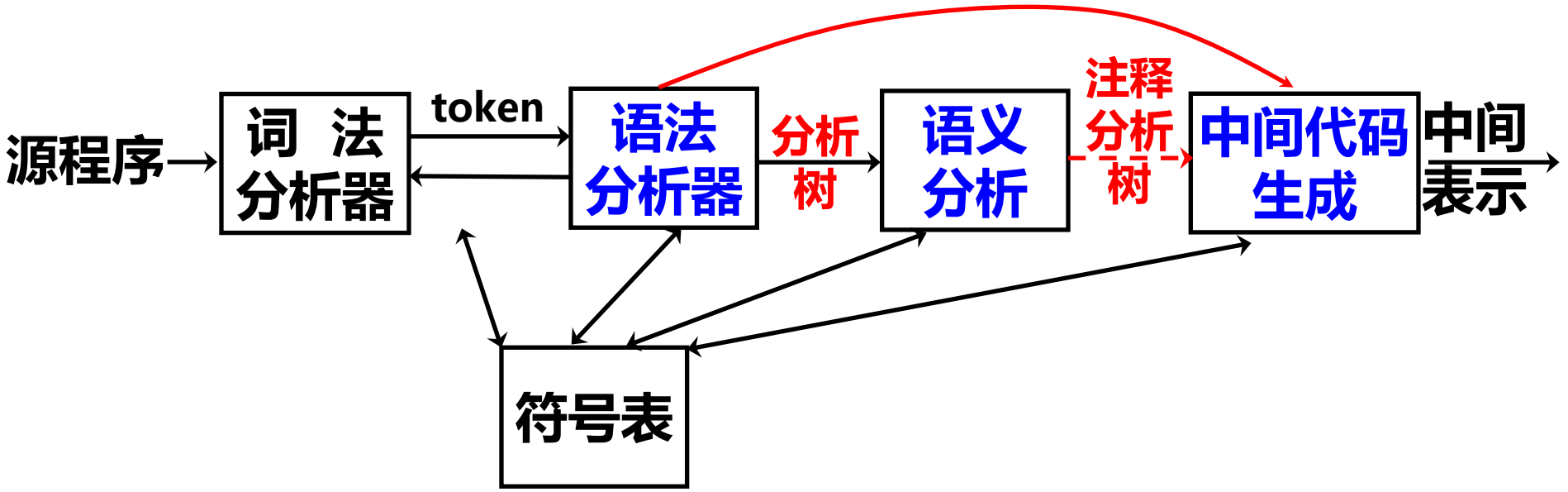
李 诚

国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心

计算机科学与技术学院

2024年10月14日

本节提纲



- 从语法制导定义到翻译方案
- S属性定义的SDT
  - 实现方式1：先建树，后计算
  - 实现方式2：边分析，边计算

语法制导翻译方案

- **语法制导翻译方案(SDT)是在产生式右部中嵌入了程序片段(称为语义动作)的CFG**
- **SDT可以看作是SDD的具体实施方案**
  - 通过建立语法分析树的方案
  - 在语法分析过程中，边分析边计算的方案
    - 与LR或者LL分析方法结合

将S-SDD转换为SDT

- **将一个S-SDD转换为SDT的方法：**
  - 将每个语义动作都放在产生式的最后
  - 称为“后缀翻译方案”

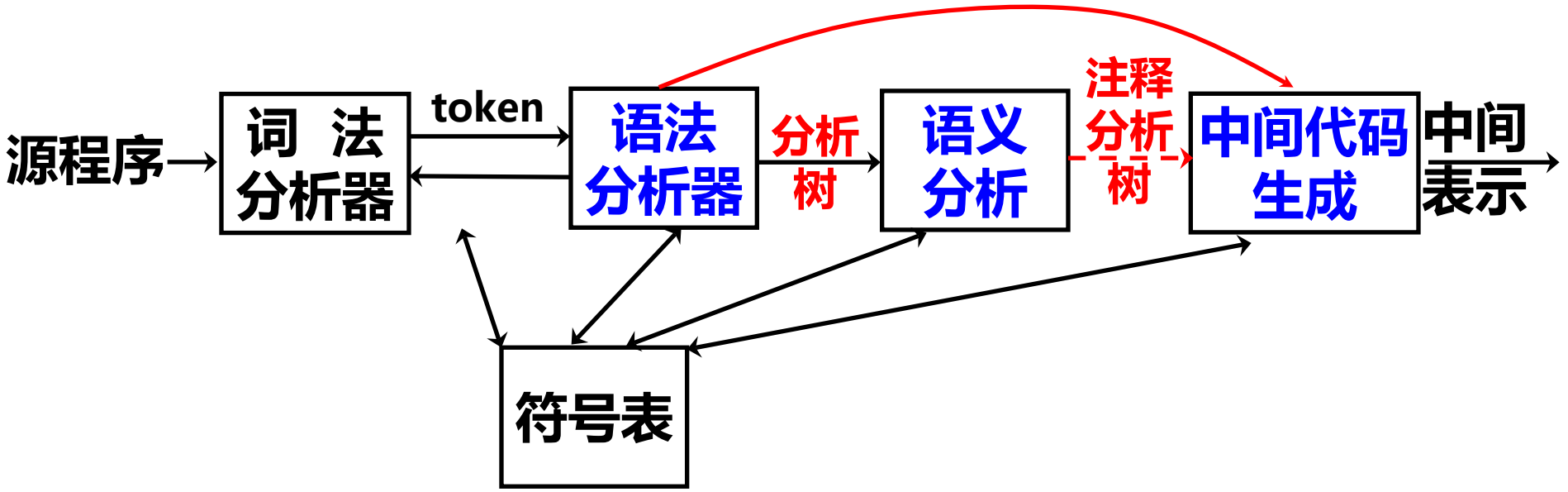
S-SDD

产生式	语义规则
(1) $L \rightarrow E$ n	$L.val = E.val$
(2) $E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
(3) $E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
(4) $T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val \times F.val$
(5) $T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
(6) $F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
(7) $F \rightarrow$ digit	$F.val =$ digit.$lexval$

SDT

(1) $L \rightarrow E$ n { $L.val = E.val$}
(2) $E \rightarrow E_1 + T${$E.val = E_1.val + T.val$}
(3) $E \rightarrow T$ { $E.val = T.val$}
(4) $T \rightarrow T_1 * F$ { $T.val = T_1.val \times F.val$}
(5) $T \rightarrow F$ { $T.val = F.val$}
(6) $F \rightarrow (E)$ { $F.val = E.val$}
(7) $F \rightarrow$ digit { $F.val =$ digit.$lexval$}

本节提纲



- 从语法制导定义到翻译方案
- **S属性定义的SDT**
  - 实现方式1：先建树，后计算
  - 实现方式2：边分析，边计算

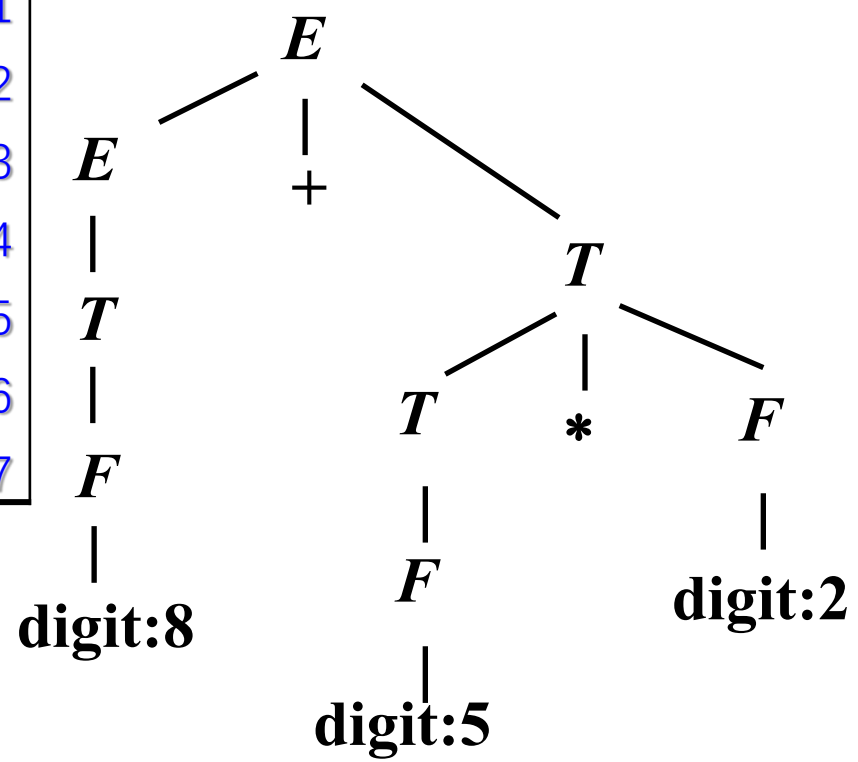
S-属性定义的SDT实现-1

- **基于分析树的语法制导翻译方案**
  - 建立语法分析树
  - 将语义动作看作是虚拟结点
  - 从左到右、深度优先地遍历分析树，在访问虚拟结点时执行相应的动作

S-属性定义的SDT实现-1

- 基于分析树的语法制导翻译方案

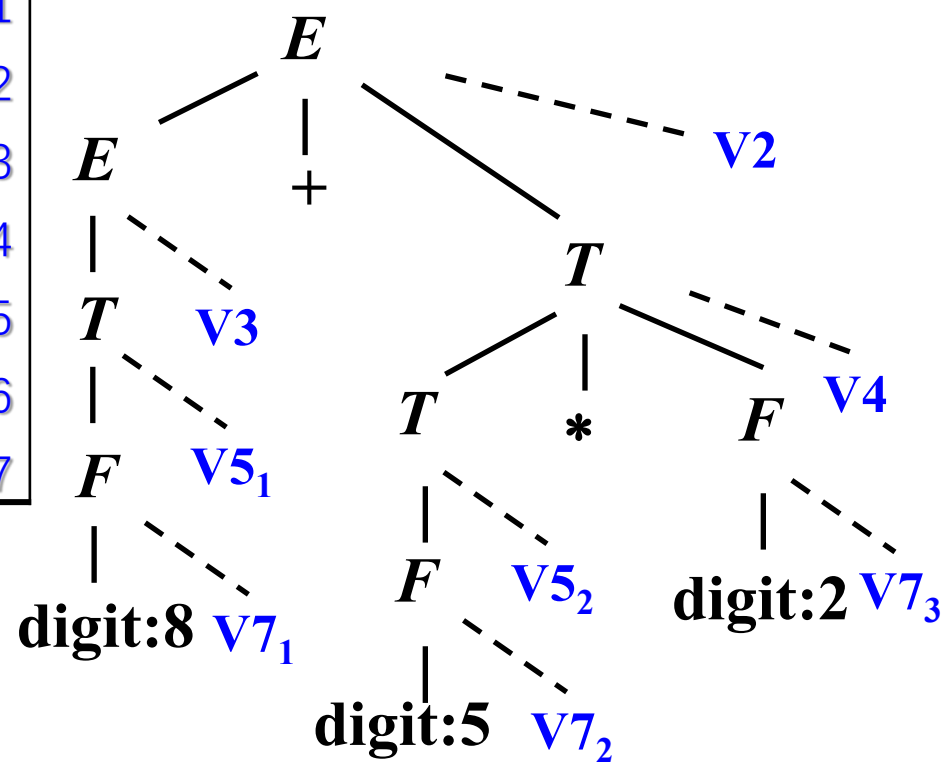
$L \rightarrow E$ n	{*print* (*E.val*) }	V1
$E \rightarrow E_1 + T$	{*E.val* = E_1 .*val* + *T.val* }	V2
$E \rightarrow T$	{*E.val* = *T.val* }	V3
$T \rightarrow T_1 * F$	{*T.val* = T_1.*val* * *F.val* }	V4
$T \rightarrow F$	{*T.val* = *F.val* }	V5
$F \rightarrow (E)$	{*F.val* = *E.val* }	V6
$F \rightarrow$ digit	{*F.val* = digit.*lexval*}	V7



S-属性定义的SDT实现-1

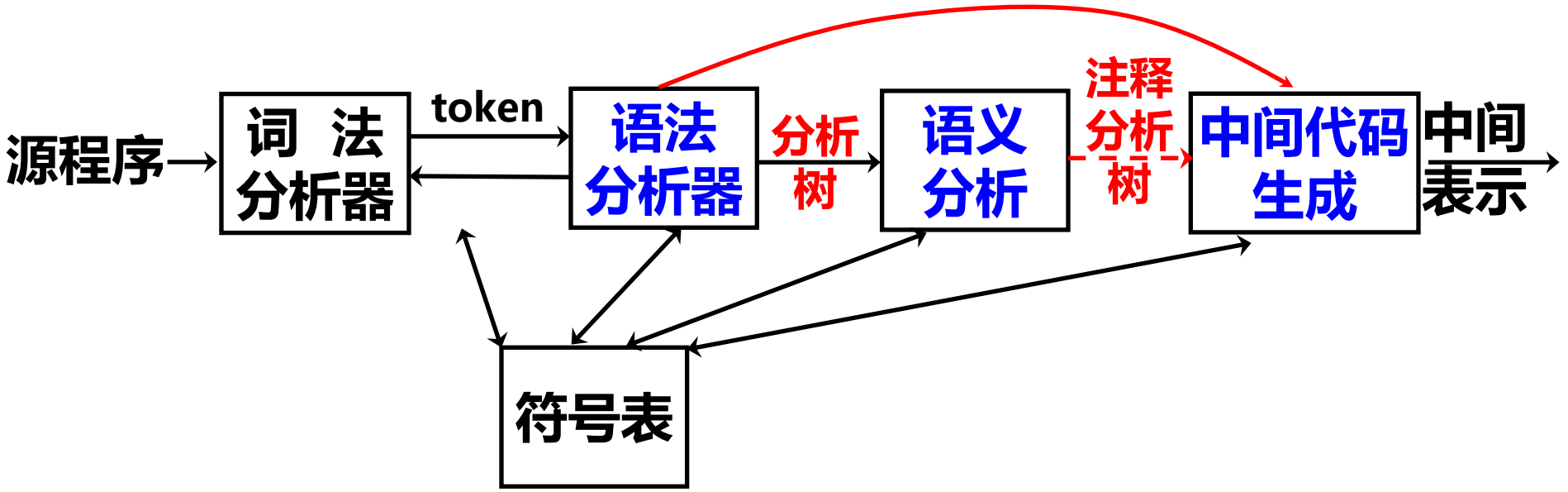
- 基于分析树的语法制导翻译方案

$L \rightarrow E$ n	{*print* (*E.val*) }	V1
$E \rightarrow E_1 + T$	{*E.val* = E_1 *.val* + *T.val* }	V2
$E \rightarrow T$	{*E.val* = *T.val* }	V3
$T \rightarrow T_1 * F$	{*T.val* = T_1*.val* * *F.val* }	V4
$T \rightarrow F$	{*T.val* = *F.val* }	V5
$F \rightarrow (E)$	{*F.val* = *E.val* }	V6
$F \rightarrow$ digit	{*F.val* = digit.*lexval*}	V7



- 语句8+5*2的分析树如右
- 深度优先可知动作执行顺序
  - $V7_1$, $V5_1$,V3,$V7_2$,$V5_2$,$V7_3$,V4,V2

本节提纲



- 从语法制导定义到翻译方案
- **S属性定义的SDT**
  - 实现方式1：先建树，后计算
  - 实现方式2：边分析，边计算

S-属性定义的SDT实现-2

- 综合属性可通过自底向上的LR方法来计算
- 当归约发生时执行相应的语义动作

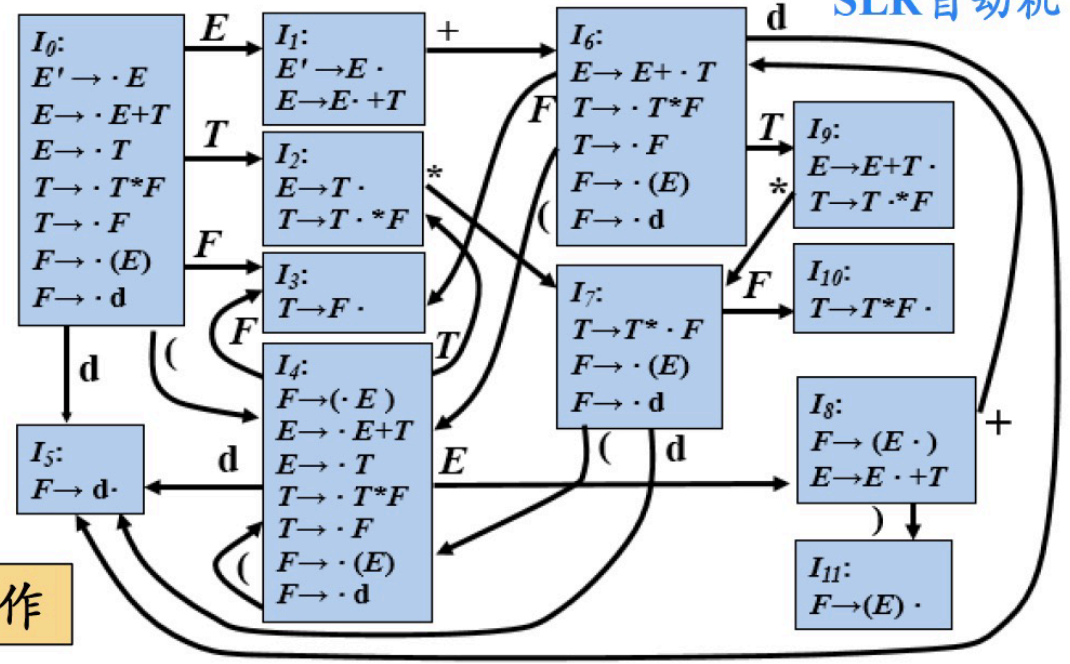
➢ 例

S-SDD

产生式	语义规则
(1) $L \to E$ n	$L.val = E.val$
(2) $E \to E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
(3) $E \to T$	$E.val = T.val$
(4) $T \to T_1 * F$	$T.val = T_1.val \times F.val$
(5) $T \to F$	$T.val = F.val$
(6) $F \to (E)$	$F.val = E.val$
(7) $F \to$ digit	$F.val =$ digit.*lexval*

当归约发生时执行相应的语义动作

SLR自动机

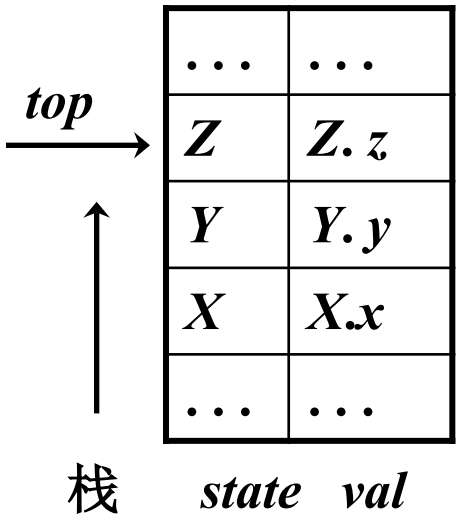


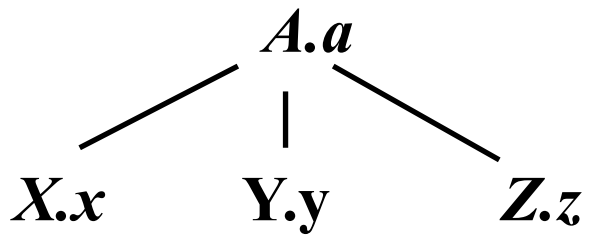
S-属性定义的SDT实现-2

- **可以通过扩展的LR语法分析栈来实现**
  - 在分析栈中使用一个附加的域来存放综合属性值。若支持多个属性，那么可以在栈中存放指针
  - 每一个栈元素包含状态、文法符号、综合属性三个域
    - 也可以将分析栈看成三个平行的栈，分别是状态栈、文法符号栈、综合属性栈，分开看的理由是，入栈出栈并不完全同步
  - 语义动作将修改为对栈中文法符号属性的计算

S-属性定义的SDT实现-2

- 可以通过扩展的LR语法分析栈来实现
  - 考虑产生式 $A \rightarrow XYZ$

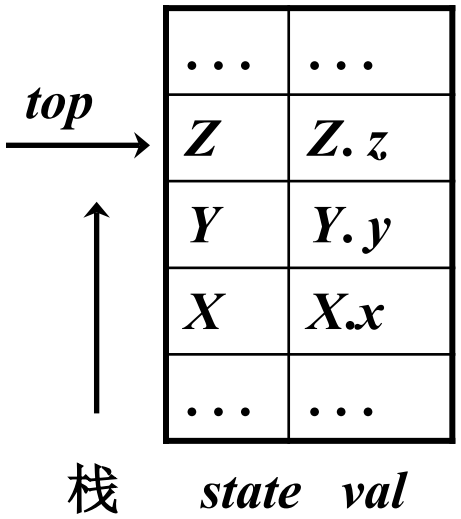


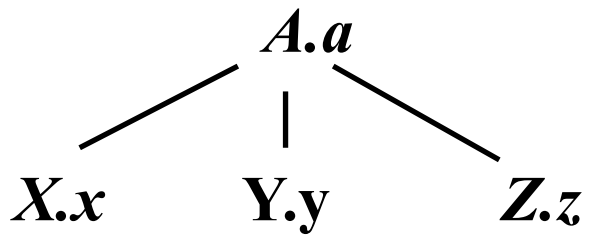


$A \rightarrow XYZ \{A.a = f(X.x, Y.y, Z.z)\}$

S-属性定义的SDT实现-2

- **可以通过扩展的LR语法分析栈来实现**
  - 考虑产生式 $A \rightarrow XYZ$





$A \rightarrow XYZ \{A.a = f(X.x, Y.y, Z.z)\}$

语义动作

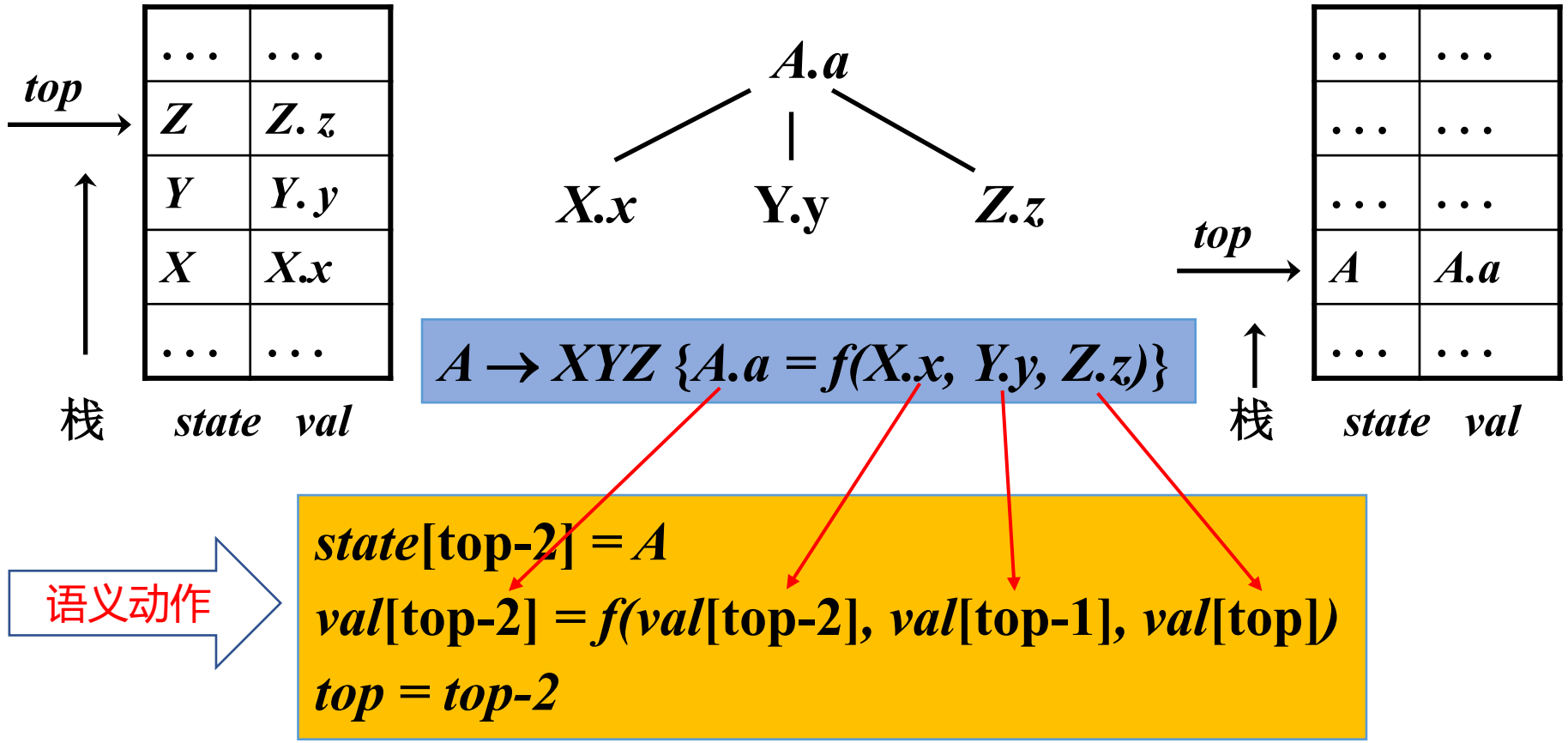
state[top-2] = *A*

val[top-2] = *f*(*val*[top-2], *val*[top-1], *val*[top])

top = *top*-2

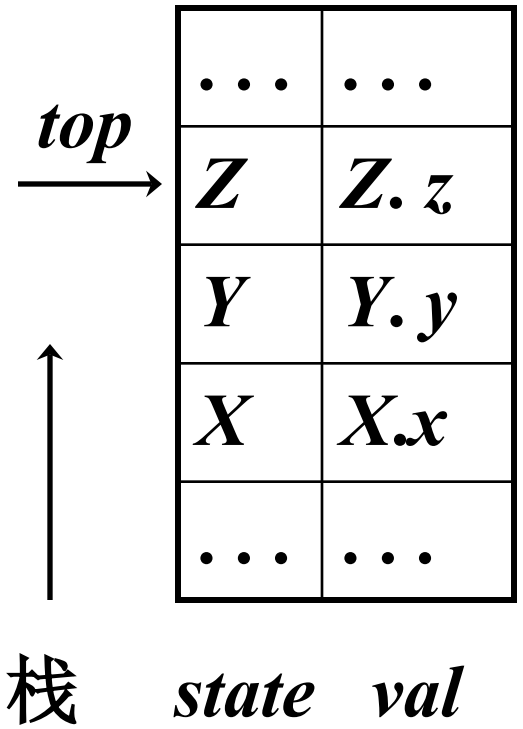
S-属性定义的SDT实现-2

- 可以通过扩展的LR语法分析栈来实现
  - 考虑产生式 $A \rightarrow XYZ$



SLR分析栈中实现计算器

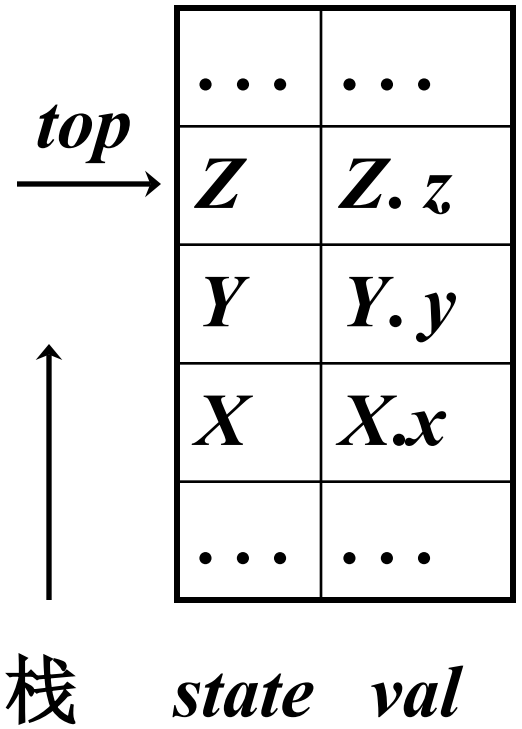
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	语 义 规 则
$L \rightarrow E$ n	*print* (*E.val*)
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
$E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
$T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
$T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
$F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
$F \rightarrow$ digit	$F.val =$ digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

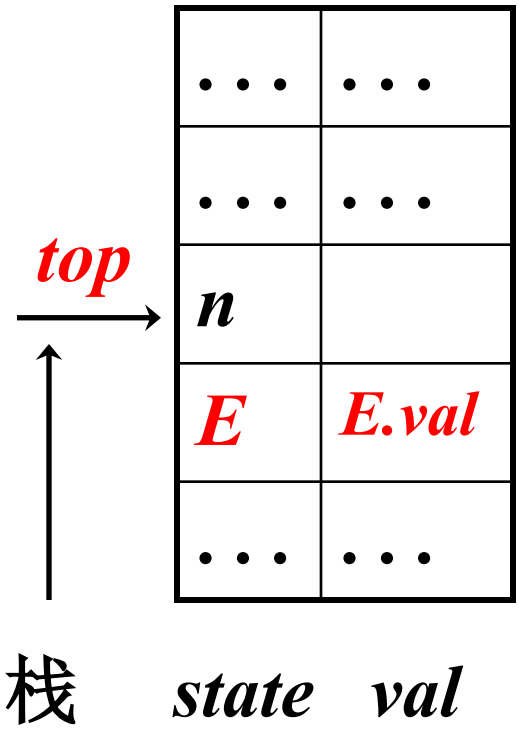
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*E.val*)
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
$E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
$T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
$T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
$F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
$F \rightarrow$ digit	$F.val =$ digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

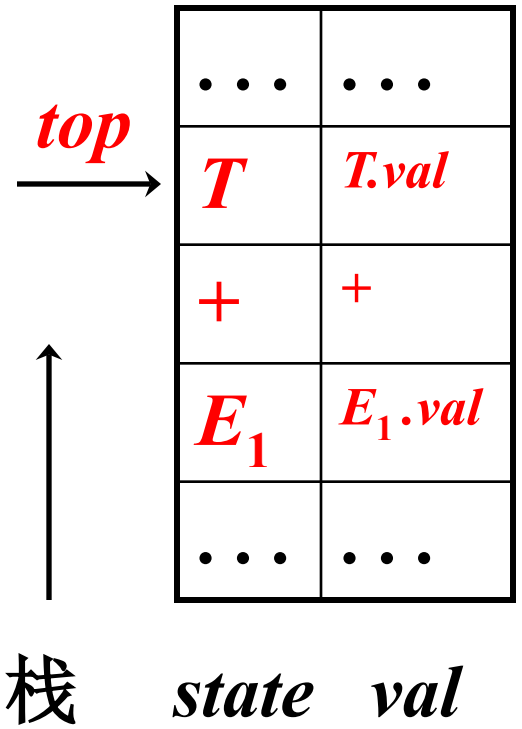
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.val = E_1.val + T.val$
$E \rightarrow T$	$E.val = T.val$
$T \rightarrow T_1 * F$	$T.val = T_1.val * F.val$
$T \rightarrow F$	$T.val = F.val$
$F \rightarrow (E)$	$F.val = E.val$
$F \rightarrow$ digit	$F.val$ = digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

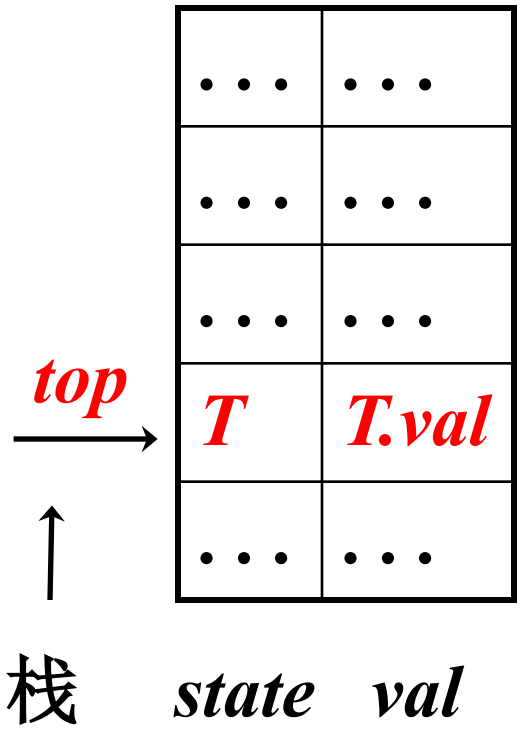
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]+*val* [*top*]
$E \rightarrow T$	*E.val* = *T.val*
$T \rightarrow T_1 * F$	*T.val* = T_1.*val* * *F.val*
$T \rightarrow F$	*T.val* = *F.val*
$F \rightarrow (E)$	*F.val* = *E.val*
$F \rightarrow$ digit	*F.val* = digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

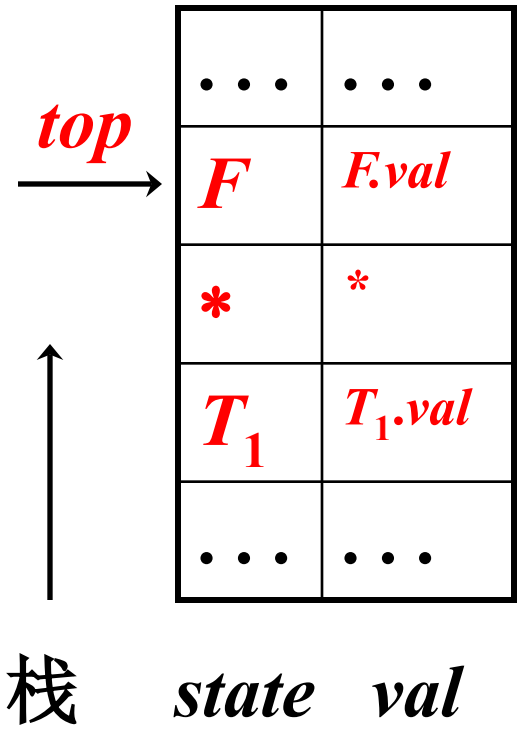
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]+*val* [*top*]
$E \rightarrow T$	值不变，无动作
$T \rightarrow T_1 * F$	*T.val* = T_1.*val* * *F.val*
$T \rightarrow F$	*T.val* = *F.val*
$F \rightarrow (E)$	*F.val* = *E.val*
$F \rightarrow$ digit	*F.val* = digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

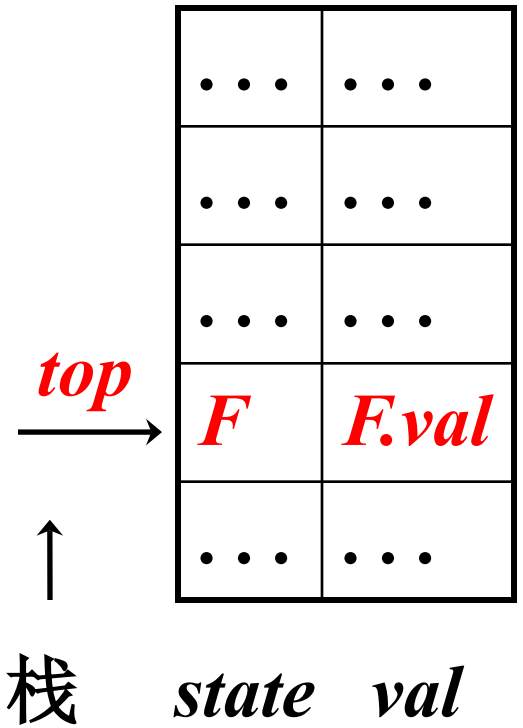
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]+*val* [*top*]
$E \rightarrow T$	
$T \rightarrow T_1 * F$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]×*val* [*top*]
$T \rightarrow F$	*T.val* = *F.val*
$F \rightarrow (E)$	*F.val* = *E.val*
$F \rightarrow$ digit	*F.val* = digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

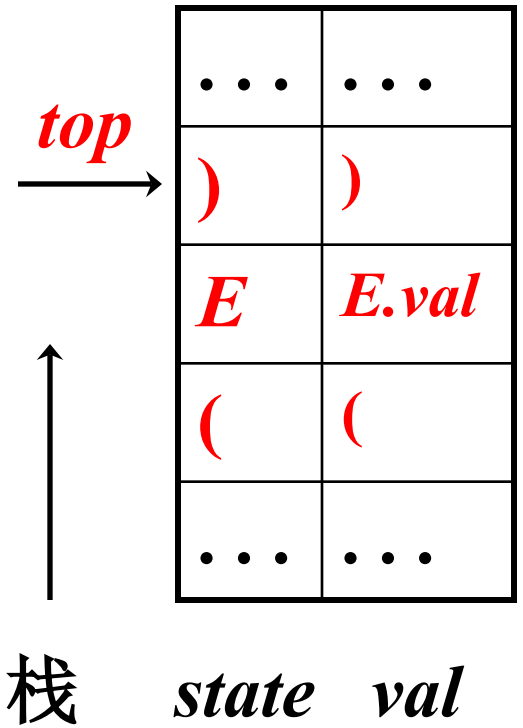
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]+*val* [*top*]
$E \rightarrow T$	值不变，无动作
$T \rightarrow T_1 * F$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]×*val* [*top*]
$T \rightarrow F$	值不变，无动作
$F \rightarrow (E)$	*F.val* = *E.val*
$F \rightarrow$ digit	*F.val* = digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

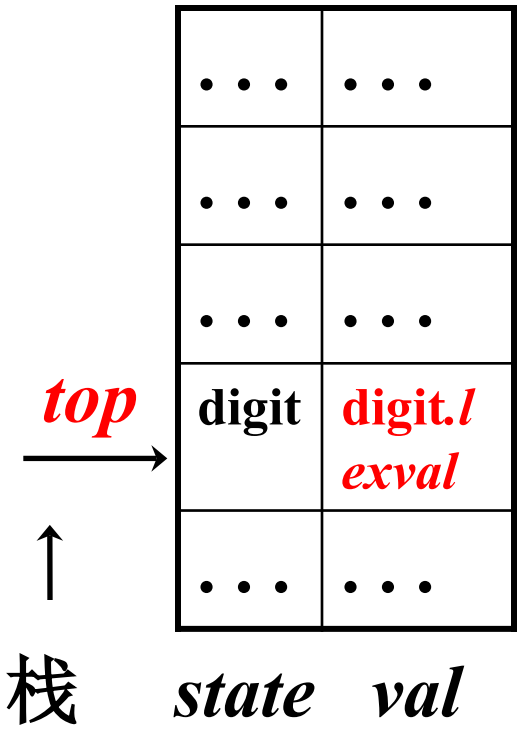
- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]+*val* [*top*]
$E \rightarrow T$	值不变，无动作
$T \rightarrow T_1 * F$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]×*val* [*top*]
$T \rightarrow F$	值不变，无动作
$F \rightarrow (E)$	*val* [top –2] =*val* [top –1]
$F \rightarrow$ digit	*F.val* = digit.*lexval*

SLR分析栈中实现计算器

- 简单计算器的语法制导定义改成栈操作代码



产 生 式	代 码 段
$L \rightarrow E$ n	*print* (*val* [*top*–1])
$E \rightarrow E_1 + T$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]+*val* [*top*]
$E \rightarrow T$	值不变，无动作
$T \rightarrow T_1 * F$	*val* [*top* –2] = *val* [*top* –2]×*val* [*top*]
$T \rightarrow F$	值不变，无动作
$F \rightarrow (E)$	*val* [top –2] =*val* [top –1]
$F \rightarrow$ digit	值不变，无动作

总结

- 采用自底向上分析，例如LR分析，首先给出S-属性定义，然后，把S-属性定义变成可执行的代码段，放到产生式尾部，这就构成了翻译程序。
- 随着语法分析的进行，归约前调用相应的语义子程序，完成翻译的任务。

一起努力
打造国产基础软硬件体系！

李 诚

国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心

计算机科学与技术学院

2024年10月14日