# 物流系统建模与仿真

第六节 DYNAMO方程

#### DYNAMO语言

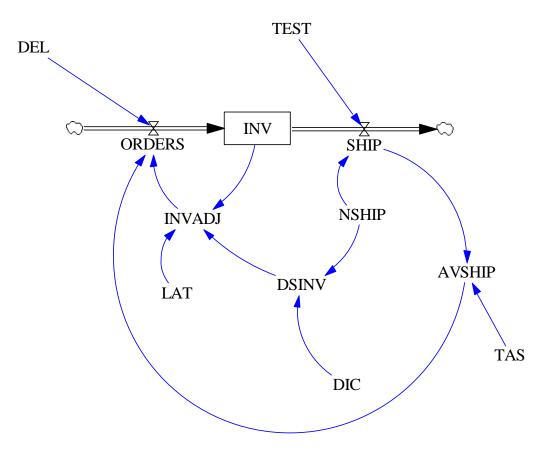
- > DYNAMO : Dynamic Models
- > 为系统动力学仿真提供的一套标准化表达式
- > 接近计算机语言,主要用于分析

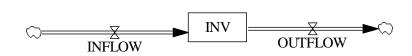
#### DYNAMO语言

- > 出现早于计算机编程语言
- > 曾经作为仿真模型的计算机编程语言
- > 高度标准化,与仿真模型相适应
- › 依然作为建模表达式使用

#### 系统的方程表达式

- > 系统动力学方程:
  - 动态平衡
  - 尽可能简单
  - 明确的方向
  - 互相关联,单个方程无意义





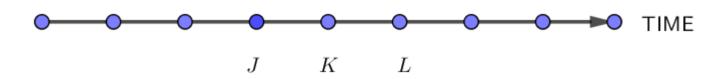
# 从数学公式到DYNAMO方程

#### › DYNAMO表达式如何描述动态反馈系统

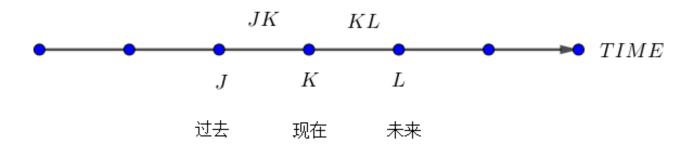
例:考虑一个简单的输入输出系统,每月的发 货出库OUTFLOW和入库补货INFLOW都是常数

INV.<sub>现在=</sub>INV.<sub>过去</sub>+(纯速率)\*时间间隔 INV.<sub>现在=</sub>INV.<sub>过去</sub>+(INFLOW-OUTFLOW)\*时间间隔





#### 时间下标的含义



INV.K=INV.J+(INFLOW.JK-OUTFLOW.JK)\*DT

式中

INV.K:库存现有量

INV.J:DT前的库存量

DT: 时间间隔

INFLOW.JK: JK时间内的订货 OUTFLOW.JK: JK时间内的发货 JKL 是DYNAMO表达 式的时间下标规范

#### 变量类型

- › DYNAMO方程表达方式将所有数量分为两大类
- 1. 变量数值可变,须带时间下标
- 2. 常量 在仿真时间轴范围内不变,没有时间下标

#### 方程式类型

› L 类型:状态方程

› N类型:初始值类型

L STOCK.K=STOCK.J+(INFLOW.JK-OUTFLOW.JK)\*DT N STOCK=100

规范:方程前要写上对应类型

# 方程式类型

› R 速率方程(流量)

特点:

- 速率方程无固定格式
- 速率方程在K时刻计算,由K至L的DT时刻中保持不变
- 时间下标为KL

注意:速率方程的时间下表很特殊

#### 方程类型

- › C 方程 常数方程
- › C方程常用于给常数赋值,清晰列出重要参数
- › C方程无时间下标

注意:常数方程并非可有可无,只是

某个要素恰好就是固定值

#### 练习

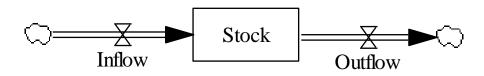
› 将基本出库入库模型的标准DYNAMO表达式写出来

L Stock.K=Stock.J+(Inflow.JK-Outflow.JK)\*DT

N Stock=60

R Inflow=1.2

R Outflow=1.1



# 热水杯的DYNAMO方程

L TEA.K=TEA.J+CHNG.JK\*DT

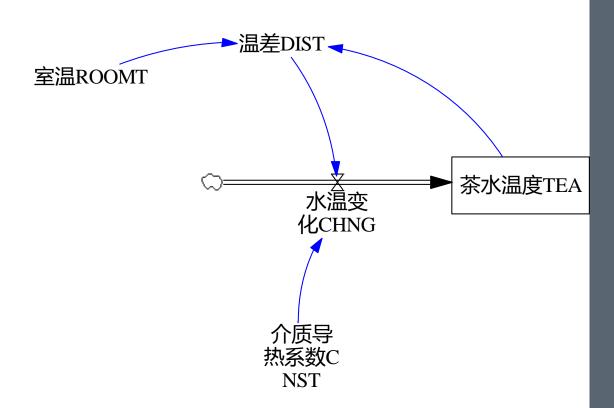
N TEA=90

A DIST.K=ROOMT-TEA.K

R CHNG.KL=CNST\*DIST.K

C CNST=0.2

C ROOMT=20

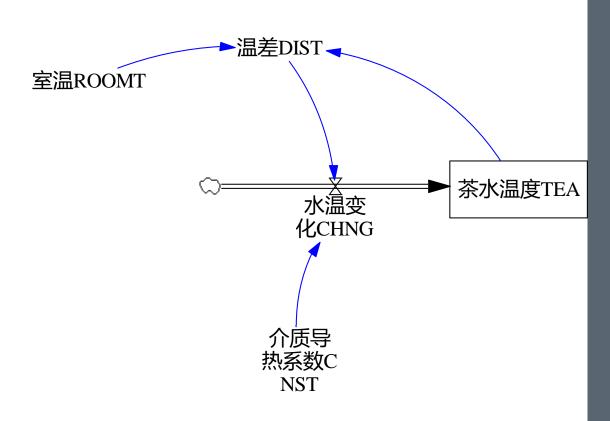


#### 辅助方程

› 系统之外的变量, 不受系统 影响

例如:一杯茶水安静的放在桌子上,它的温度变化如右图所示,室温ROOMT影响茶水温度,温差DIST作为辅助变量出现。

A DIST.K=ROOMT-TEA.K



 $\pi$ 

#### 表函数的方程类型

自变量一	→ X	0	1	1.5	2	2.5
因变量 —	<b>→</b> Y	0.5	1.3	2.7	4.8	6.2

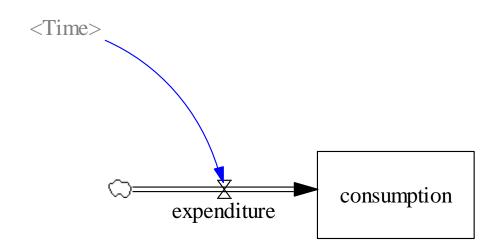
上述表函数的设置 DYNAMO方程表 达式为:

A Y.K=TABLE(TY,X.K,0,2.5,0.5) T TY=0.5,1.3,2.7,4.8,6.2 表函数与其他函数有所不同, 表函数的方程由两个方程配合 组成,即T(表函数方程)和A (辅助方程)

# 案例

#### › 请写出上次课堂练习中的DYNAMO方程

TIME	0	1	2	3	4
expenditure	0	4200	5300	5700	3700



# 总结:方程类型

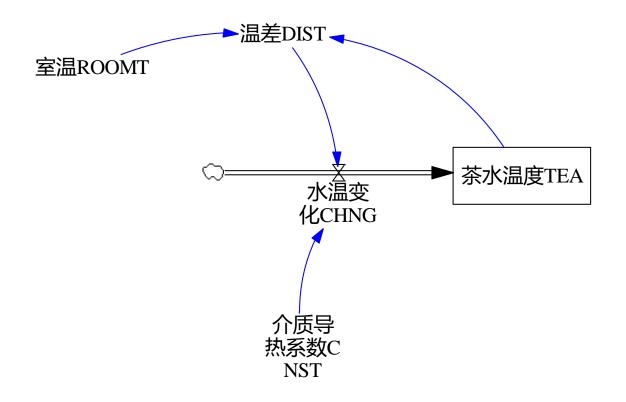
- L状态变量方程
- R 速率方程
- A 辅助方程
- C常数方程
- N初始状态值
- T表函数中的Y坐标

# 规范

- > DYNAMO方程在命名中有一套共同遵守的规范:
  - 方程必须有类型,需写在第一列
  - 变量字符不超过6个(防止名称过长),首字母大写,必须以字符 开头,不可用数字开头
  - 所有变量需要加下标,常量(包括CNT)不加下标,下标JKL分别代表过去、现在、未来
  - 所有方程必须可计算

#### VENSIM表达式

TEA=INTEG(CHNG,90)
CHNG=DIST-CNST
DIST=ROOMT-TEA
ROOMT=20
CNST=0.2



#### 图形表示法

- > 状态
- >速率
- > 辅助变量
- > 表函数
- > 常数
- > 外生变量
- 〉信息链/物质链
- > 物质源/漏

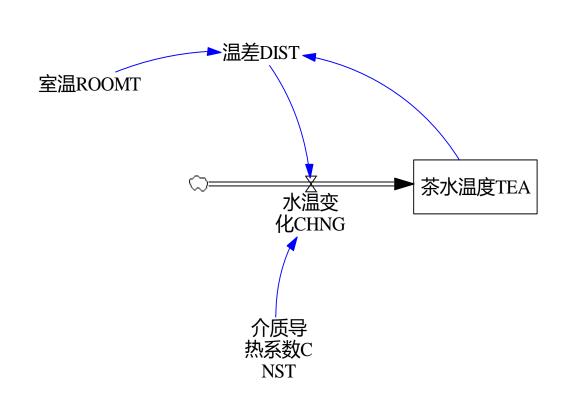
图形表示法被软件吸收后,经过简化演变成目前的系统流图形式。

系统图示以软件 中的系统流图为主

#### DT的合理选取

- > 离散的时间步长time step取多少合适
  - 理论上, 充分小, 精度提升
  - 操作中, 足够小

计算方程 TEA(t)=TEA(t0)+ CHNG(t)=(ROOMT-TEA(t))\*CNST TEA(t0)=90 ROOMT=20 CNST=0.2



# 计算结果对比

time step	0.125	0.5	1	5
最大相对误差%	2	<3.5	<8	56.5

- > TIME STEP的经验取值为 0.1~0.5倍的模型最小时间常数
- > 最小时间常数
- › 取值小于0.1时,精度提升不大, 但计算量快速提升

案例中的最小时间系数 1/CNST=1/0.2=5 经验取值范围 0.1~0.5 \* 5 =0.5~2.5