

物流系统建模与仿真

第八节 因果关系图

因果分析图

› 制图方式

- 计算机：以Vensim图形为标准
- 手绘：作为分析图遵守符号标准

› 基本元素

- variable控件（所有变量不区分类型）
- 连接线（仅有示意图功能）
- comment控件（产生回路标注和其他说明）



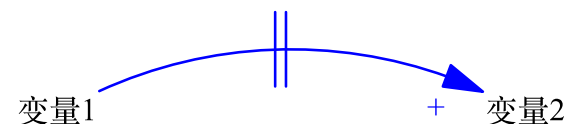
作图符号

› 因果链的标记符号

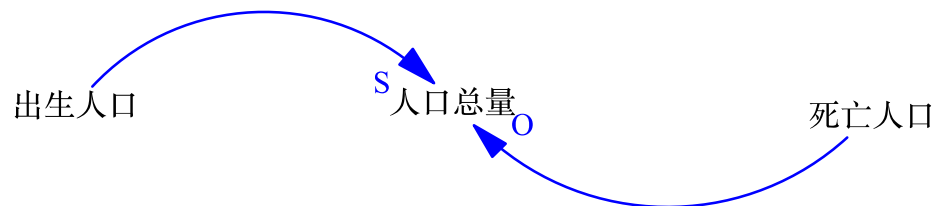
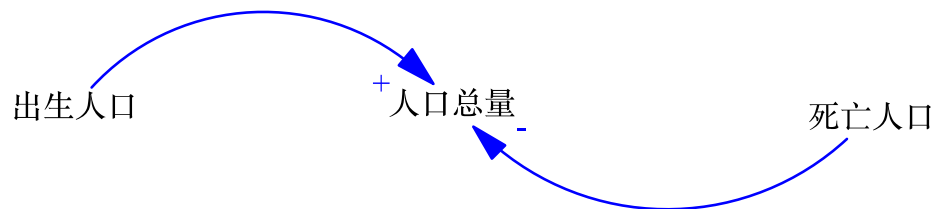
- 变量（使用名词）
- 有向向量
- 因果链极性
- 延迟符号（若存在延迟）



单个因果链的标记符号



带延迟的因果链标记



通常，因果链线段带有一定弧度，便于观看

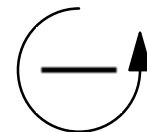
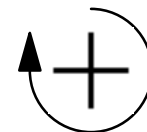
作图符号

› 反馈回路的标记

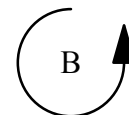
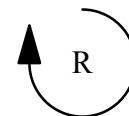
- 因果链构成闭合回路
- 因果链的正确标记
- 反馈回路极性符号
- 回路序号（同一个系统中存在多回路时）

反馈回路极性符号

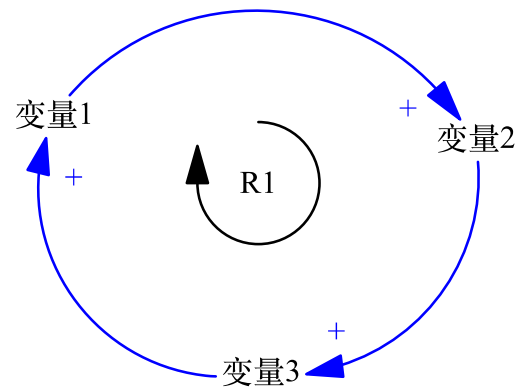
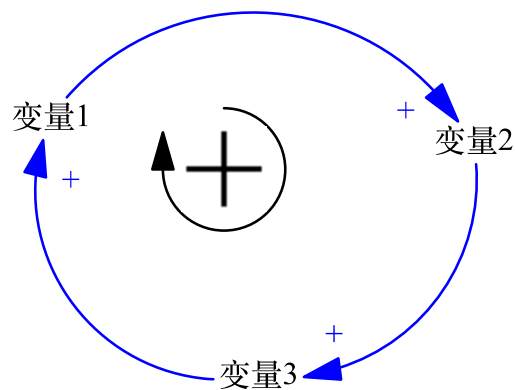
符号类型1



符号类型2



注意：反馈回路极性符号中箭头方向
随因果链环路的方向

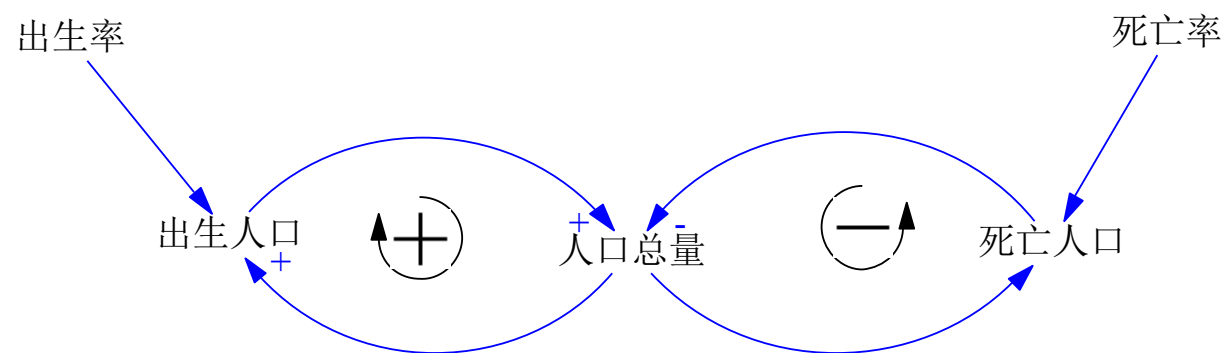


作图符号

› 尝试作出人口系统的增长关系图

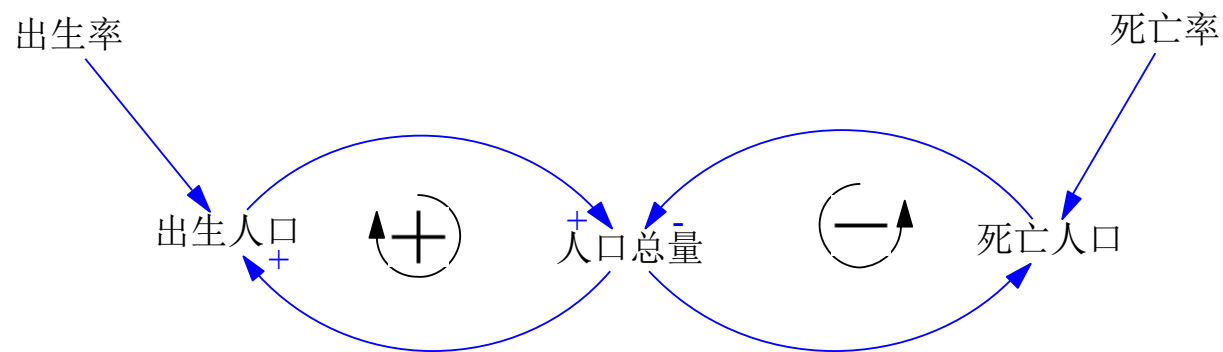
› 涉及变量

- 人口总量
- 出生人口
- 出生率
- 死亡人口
- 死亡率



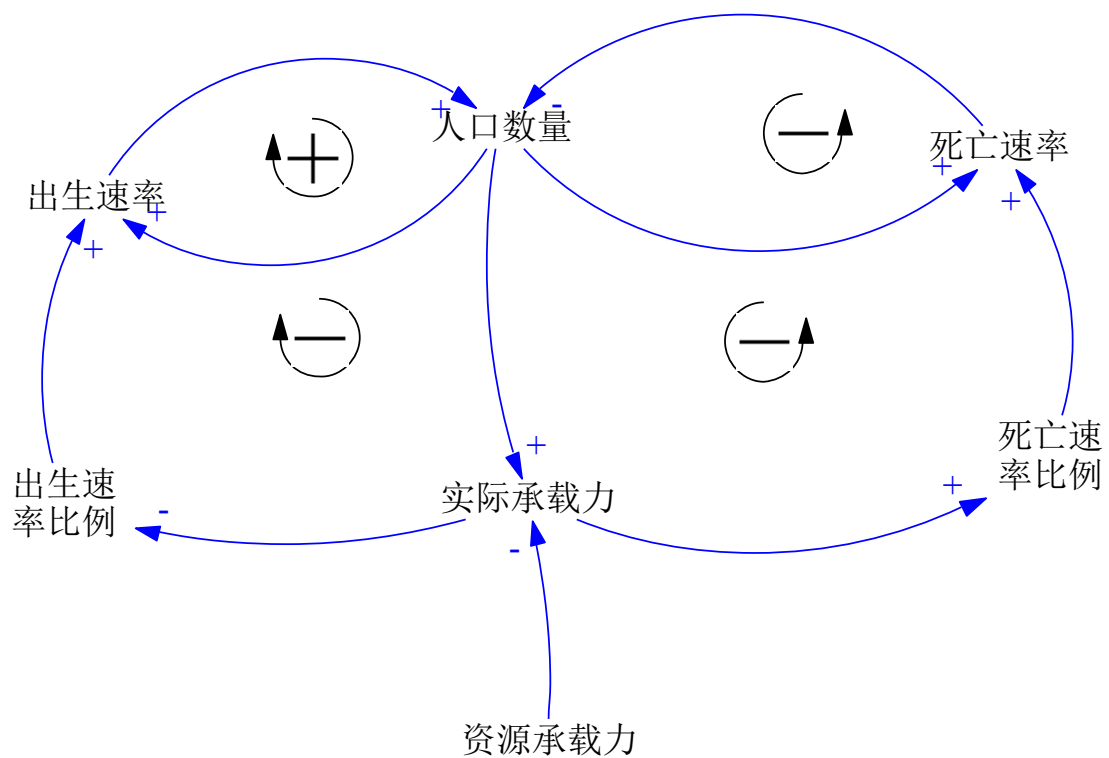
反馈回路的极性：复杂反馈

- › 复杂反馈——由多个反馈回路构成的系统
- › 特点：环中套环，回路中套回路
- › 分析方法：逐个找出回路，判断极性，分析系统合理性



案例

当自然资源承载因素被加入后，系统的因果关系如何发生变化。

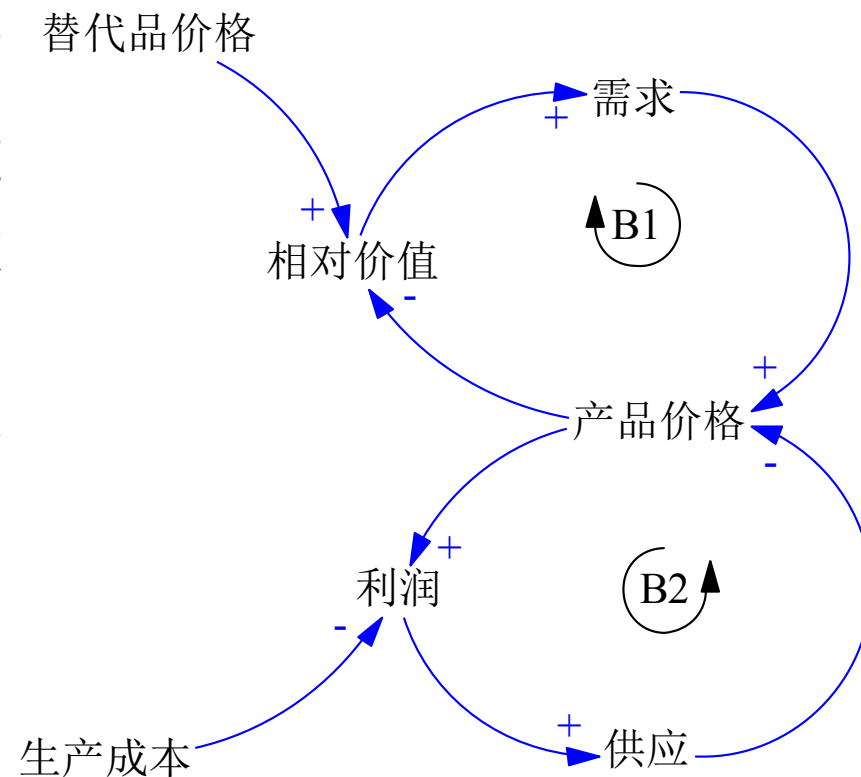


案例

亚当斯密描述的市场中看不见的手，市场是如何通过反馈发挥作用

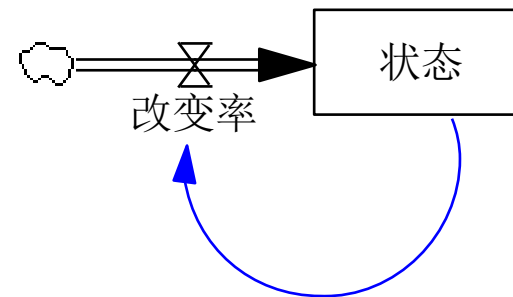
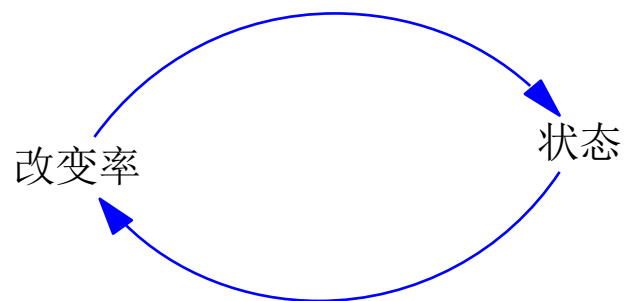
每种特定商品的市场价格受实际供应能力和愿意支付商品自然价格者的需求见的比例所决定，当商品供给数量小于有效需求时，不是所有愿意购买者都能得到他们所需的商品。供给有时会超过有效需求，有时会低于有效需求。

需求对应了该商品同其替代品而言的相对价值，较高的相对价值增加需求，而抬高价格最终导致相对价值的降低。

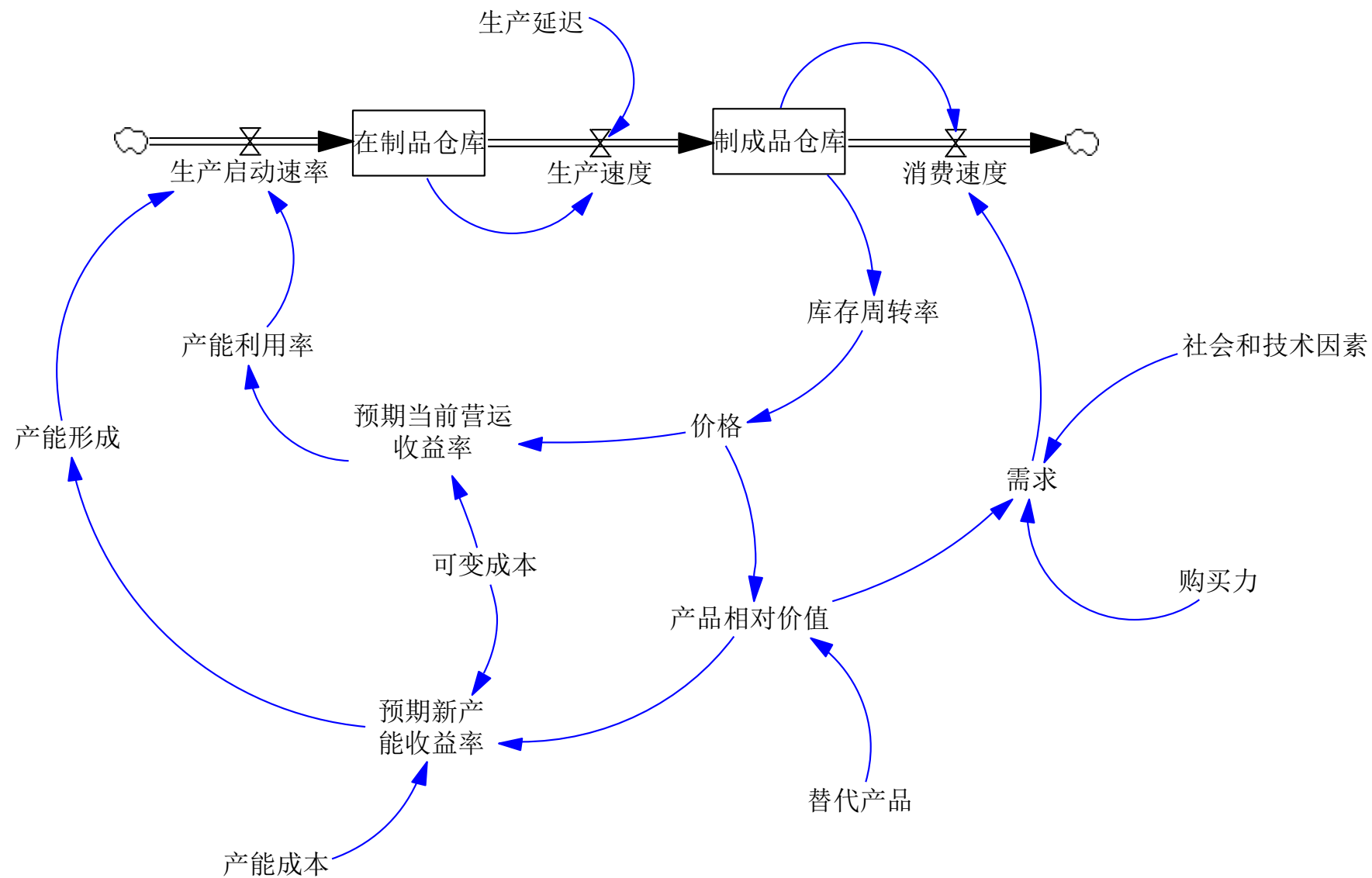


混合图（因果分析向模型转化）

- › 将因果分析转化为模型
- › 找出关键的存量和流量



模型复杂的时候仅转化部分关键变量，其他变量区分类型



图解分析法（速率-状态图）

- › 目的：便于思考变量之间随时间变化的关系，分析变量特征，寻找解决系统问题途径
- › 以反馈系统为基础

目前VENSIM PLE版无此作图功能，可以到I THINK中速率-状态图

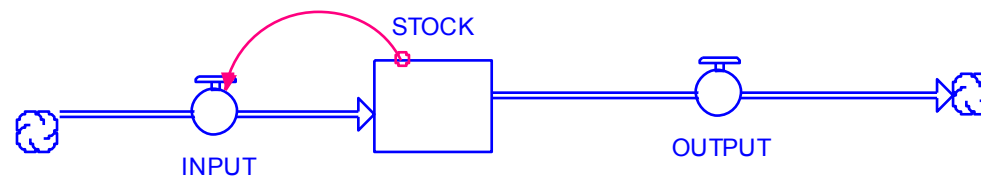
案例

L STOCK.K=STOCK.J+(INPUT.JK-OUTPUT.JK)*DT

N STOCK=20

R INPUT.KL=SIN(0.1*3.14*TIME.K)+0.1*STOCK.K

R OUTPUT.KL=0.7

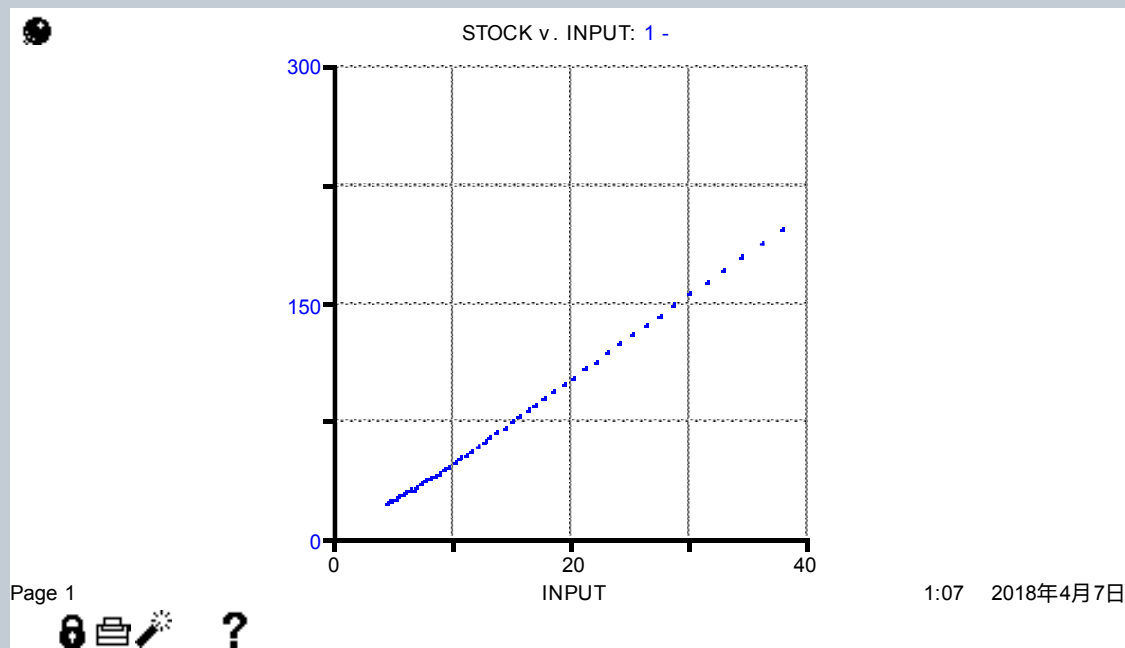
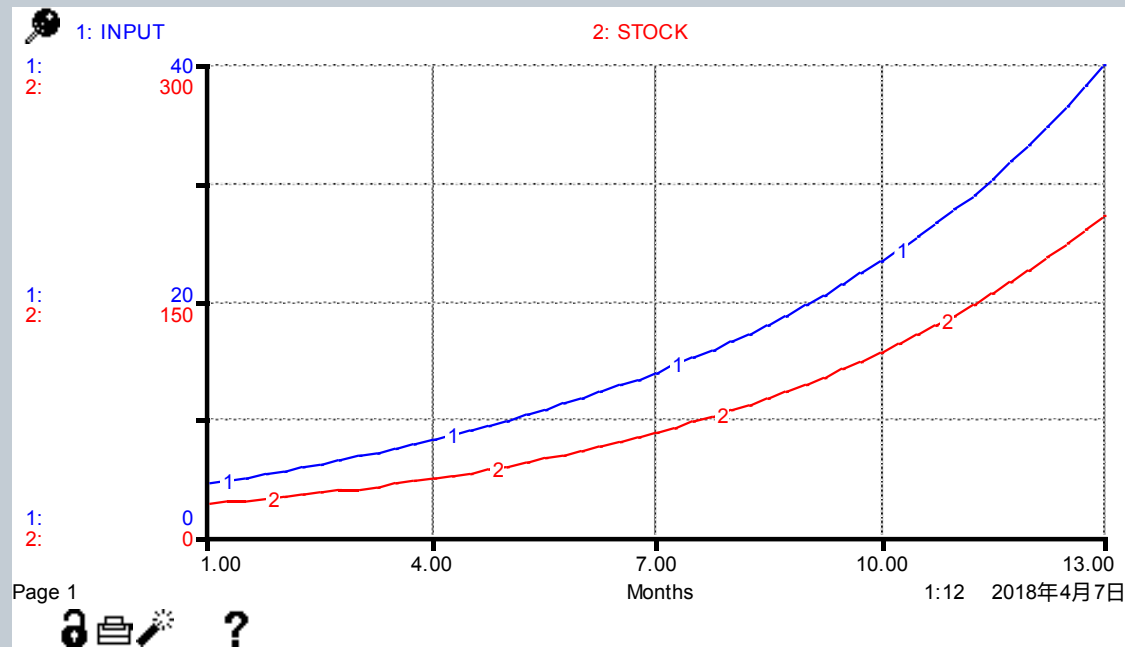


INPUT \longrightarrow STOCK

这对关系是什么样子的

思考

速率-状态关系图能够做什么事情



系统方程（ DYNAMO ）的规范问题

‣ 动态

– 时间下标

- K 当前状态
- J 过去状态
- JK KL 流量时间下标

DYNAMO方程式的必要规范

1. 方程类型符号
2. 时间下标
3. R方程
4. L 方程和N方程放一起
5. 表函数的两个方程放一起

‣ 常数

– 无时间下标

系统方程 (DYNAMO)

› 其中SRATE使用了平滑函数

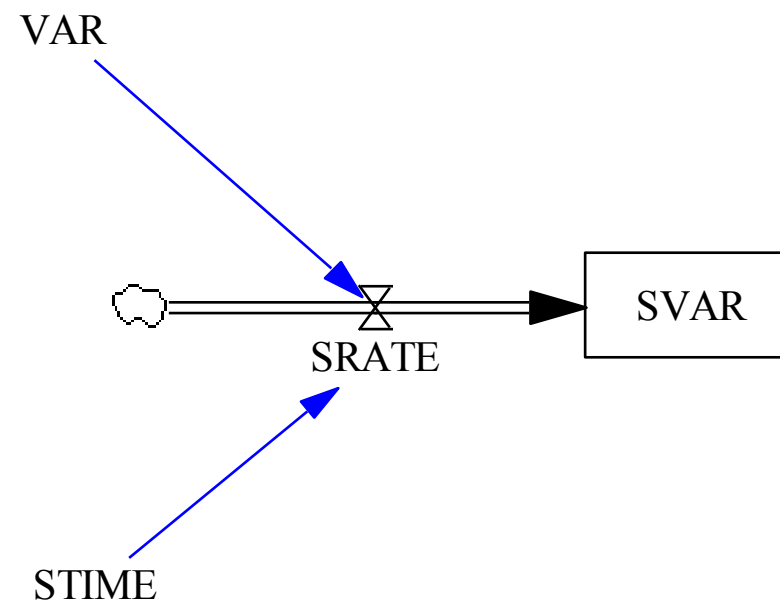
L SVAR.K=SVAR.J+SRATE.JK*DT

N SVAR=500

R SRATE.KL=SMOOTH(SRATE.K,VAR)

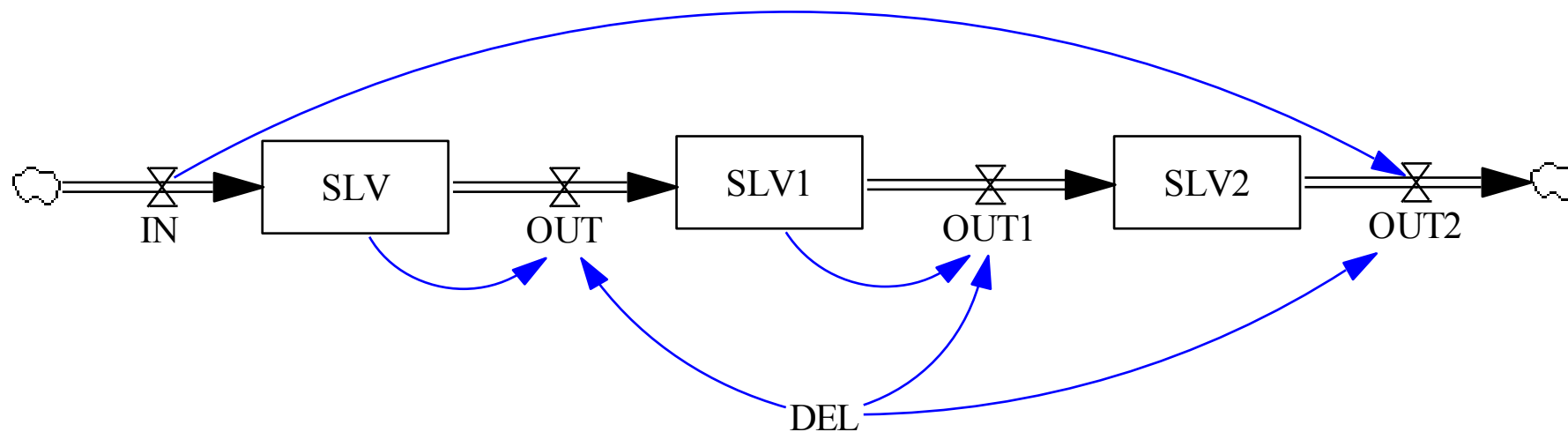
A STIME.K=10*COS(0.5*TIME.K)

C VAR=3



系统方程（ VENSIM ）

- › 系统方程的书写逐步进行了简化， VENSIM中执行的是由 DYNAMO简化而来的方程规范
- › 函数的表达式
 - $OUT2.KL = DELAY3(IN.JK, DEL)$



π

DYNAMO中的函数

› 软件中的表达式如何读取

$INV = INTEG(ORDERS - SHIP, 200)$

Edit: INV

Variable Information

Name: INV

Type: Level Sub-Type:

Units: Check Units Supplementary

Group: .inv Min: Max:

Equations

= INTEG (ORDERS-SHIP

Initial Value: 200

Functions

- ABS
- DELAY FIXED
- DELAY1
- DELAY11
- DELAY3
- DELAY31
- EXP
- GET 123 CONSTANTS
- GET 123 DATA
- GET 123 LOOKUPS

Keypad Buttons

Variables

- INV
- ORDERS
- SHIP

Errors: Equation Modified

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

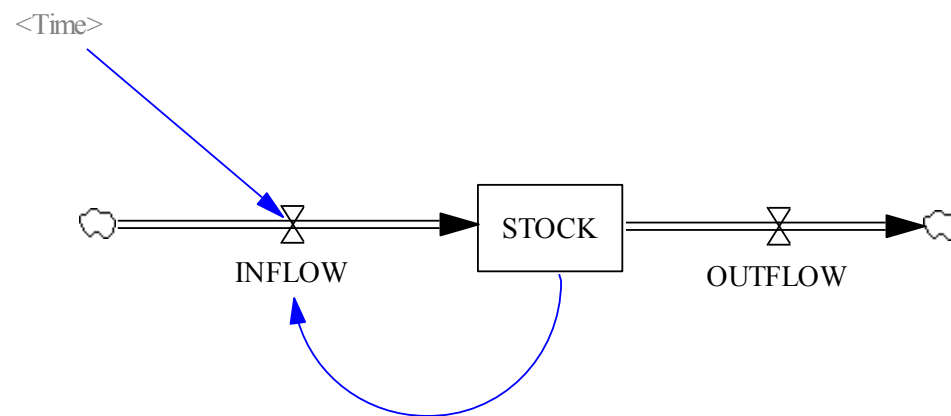
简化式的书写

› 由软件直接读出的方程式必须配图才能清楚表达变量间的关系

STOCK=INTEG(INFLOW-OUTFLOW,200)

INFLOW=SIN(0.3*TIME)*STOCK

OUTFLOW=15



系统结构中的问题

- › 流量和存量相互依存，不能出现孤立的流量或存量
- › 存量可以用信息链指向其他变量，但其他变量不能指向存量，只能通过改变流量影响存量