

物流系统建模与仿真

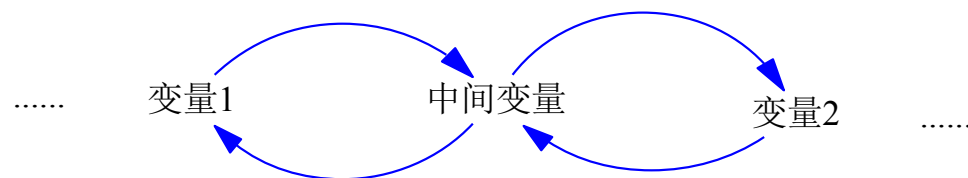
第十三节 二阶系统结构

二阶系统

- › 系统模型中状态变量个数决定了模型阶数，二阶系统包含两个两个独立的状态变量
- › 典型的二阶系统可以简单分为
 - 串联系统
 - 并联系统
- › 由于状态变量的增加，二阶系统的复杂程度远高于一阶系统，能够表达的客观事物也更为丰富多彩。
- › 但二阶系统乃至高阶系统仍然是以基本正负反馈结构组成，主要依靠反馈回路支撑系统的持续运行。

串联结构

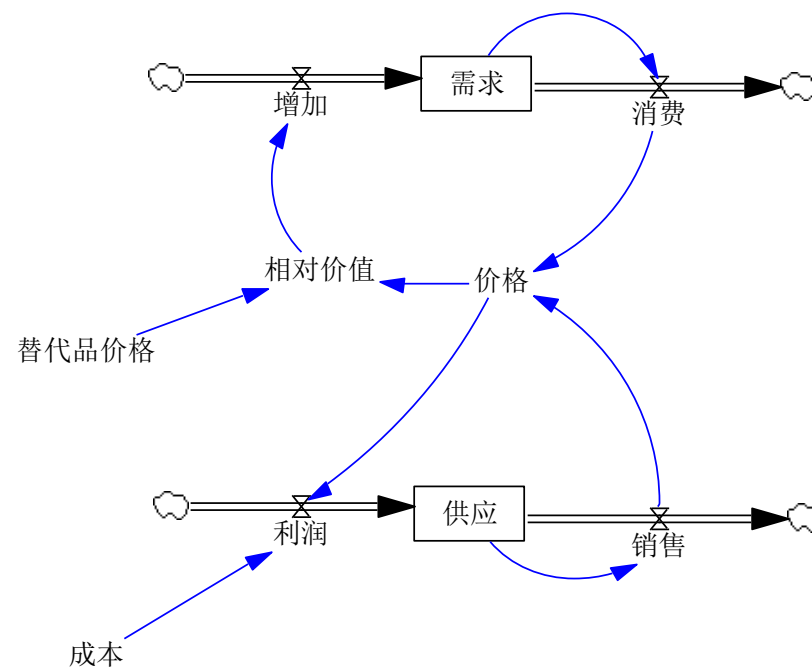
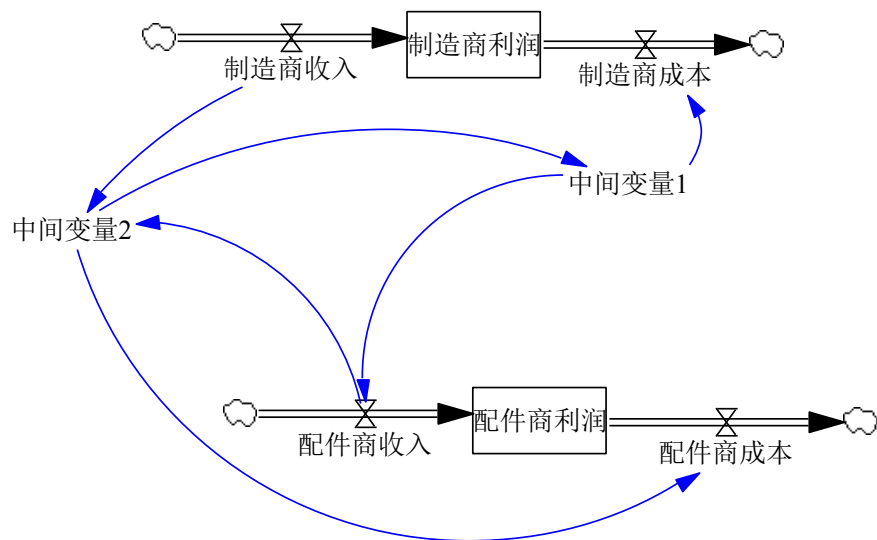
- › 两个状态变量通过流量连接起来，构成串联结构。
- › 右上是串联系统结构的常见因果关系图
- › 右下是串联结构的典型连接方式



图中仅截取了存量连接的部分

并联结构

- › 并联结构中，存量之间没有直接通过流量进行连接，而是利用信息链（物质链）通过互相影响的方式进行连接。



适用场景

› 串联系统

- a. 供应链优化问题
- b. 流程管理
- c. 运输问题
- d.

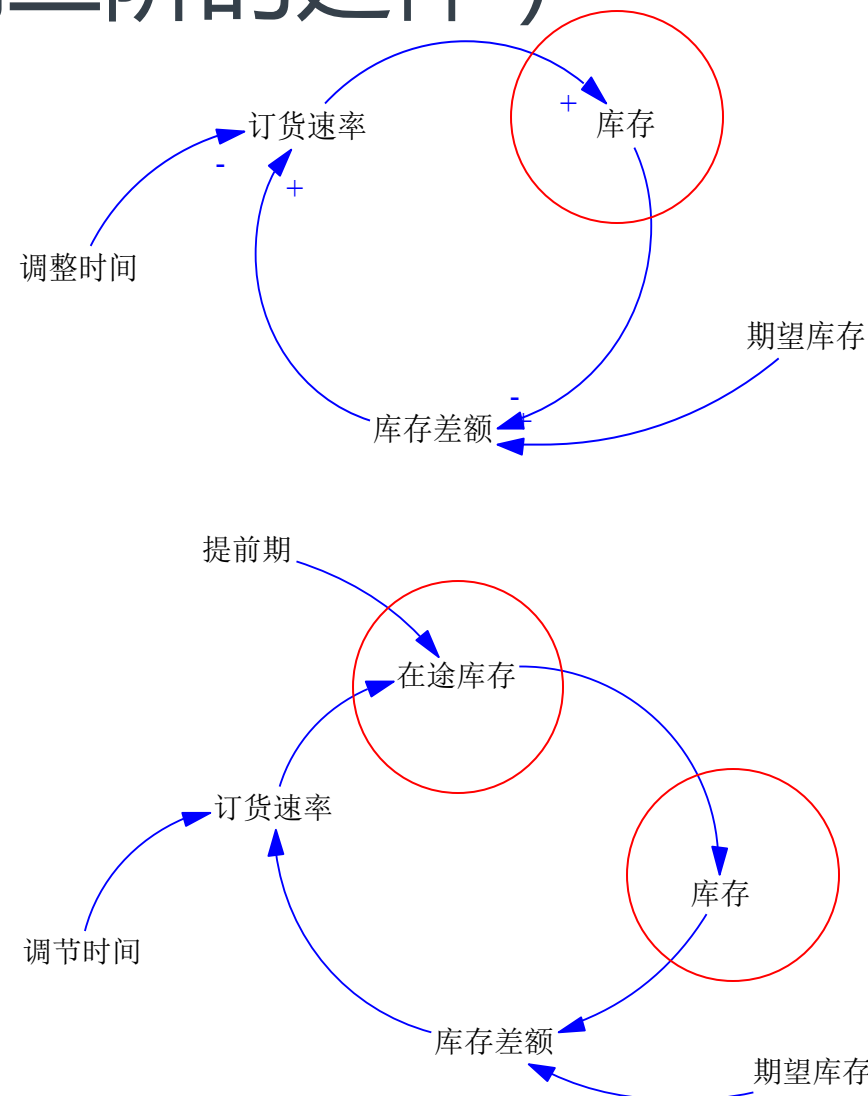
› 并联系统

- a. 竞争问题
- b. 合作问题
- c. 演化博弈
- d.

案例1：库存系统（从一阶到二阶的延伸）

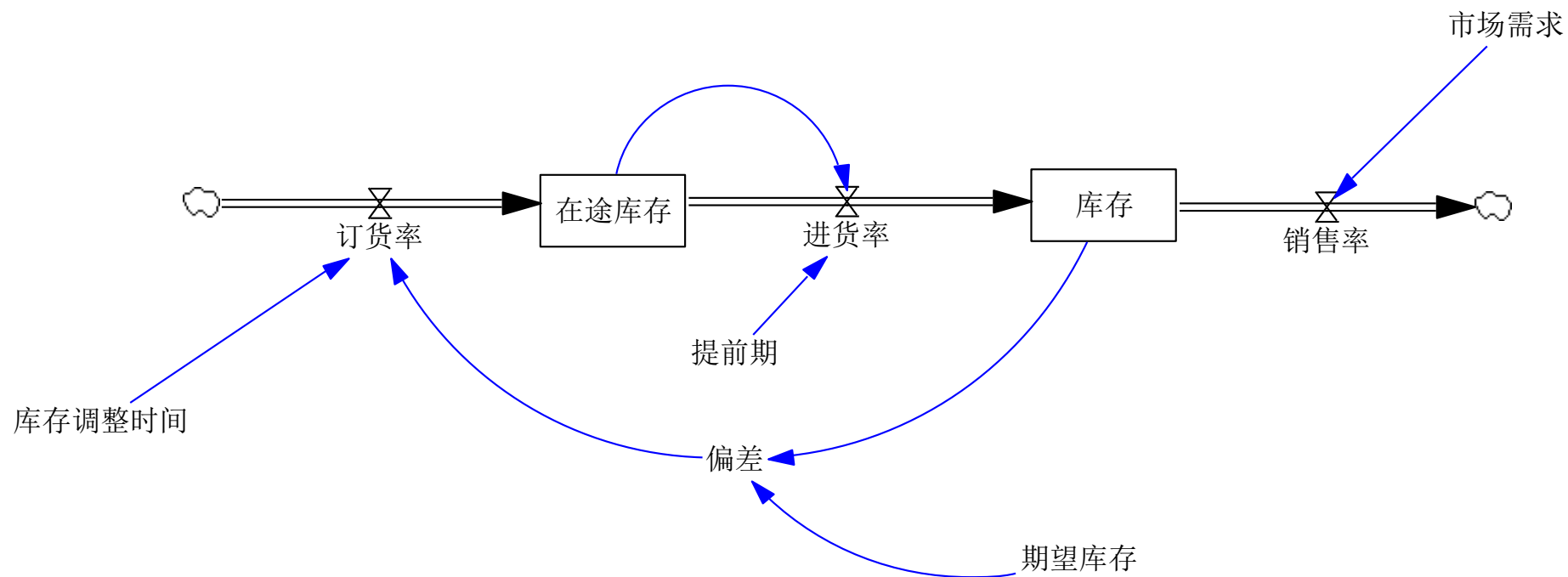
右上是一阶系统时做过的库存仿真模型的因果图，从分析中不难发现：只有库存适合作为存量出现，其他均为辅助变量。

右下的因果关系图中加入了在途运输的库存，从订货到进入企业库存中间存在一个提前期，即用于调节订购货物、处理订单、实施运输的反应时间，该系统中库存和在途库存均应设置为存量。



案例1：订单-库存系统

› 建立订单-库存系统的仿真模型



特别说明：教学中使用的模型主要以演示方法和原理为主，模型本身较为理想化、简单化。鼓励各位同学在作业中根据基本原理设计更为复杂、合理的模型。

参数设置

库存=INTEG (进货率-销售率, 0)
 在途库存=INTEG (订货率-进货率, 0)
 销售率=市场需求
 进货率=在途库存/提前期
 订货率=偏差/库存调整时间
 市场需求=0
 期望库存=100
 提前期=2
 库存调整时间=2

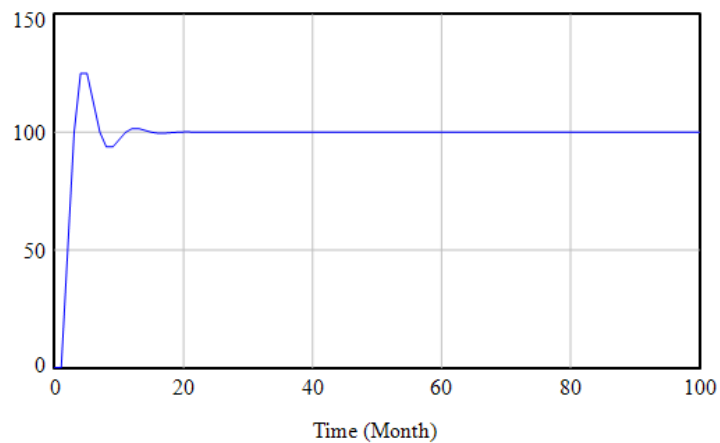
| 变量类型 | 变量名称 |
|------|--------|
| 存量 | 库存 |
| | 在途库存 |
| 流量 | 销售率 |
| | 进货率 |
| | 订货率 |
| 其他变量 | 市场需求 |
| | 提前期 |
| | 期望库存 |
| | 偏差 |
| | 库存调整时间 |

探索系统行为模式

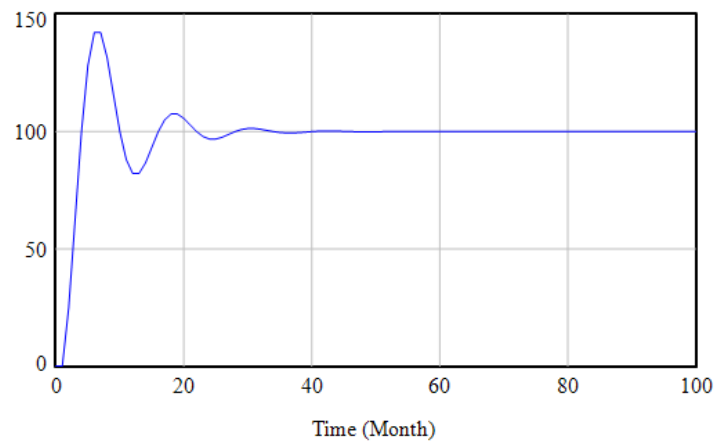
模型原始参数的销售环节为0，即供应链处于一个充实库存过程。在无销售状态下改变参数，以探索串联二阶系统的行为模型。

| 销售状态 | 方案 | 调整时间 | 提前期 |
|------|----|------|-----|
| 0 | 1 | 2 | 2 |
| | 2 | 2 | 3 |
| | 3 | 2 | 1 |
| | 4 | 1 | 2 |
| | 5 | 1 | 1 |
| | 6 | 0.9 | 2 |
| | 7 | 0.6 | 2 |

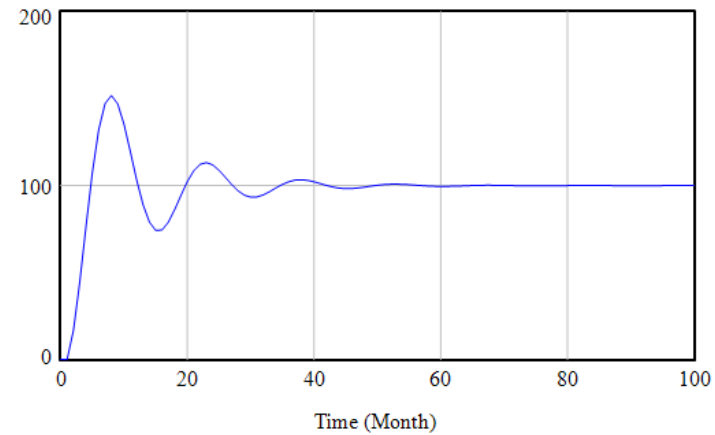
库存



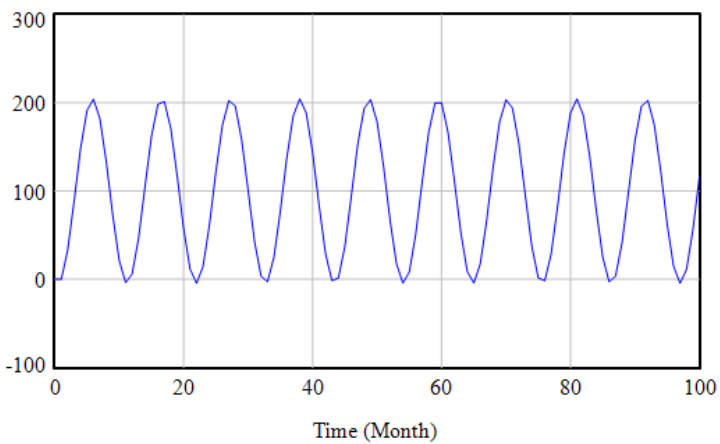
库存



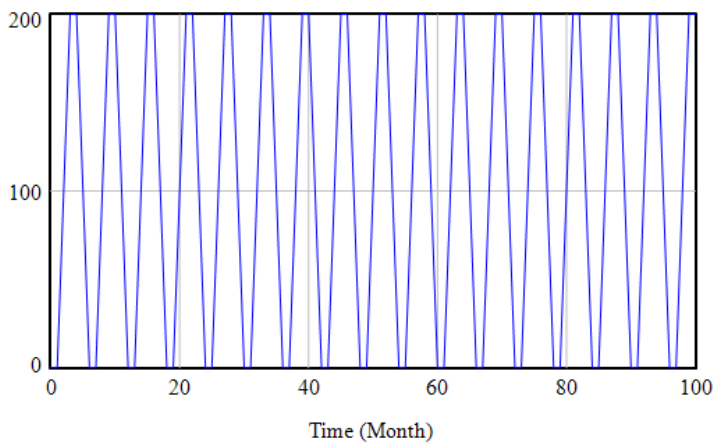
库存



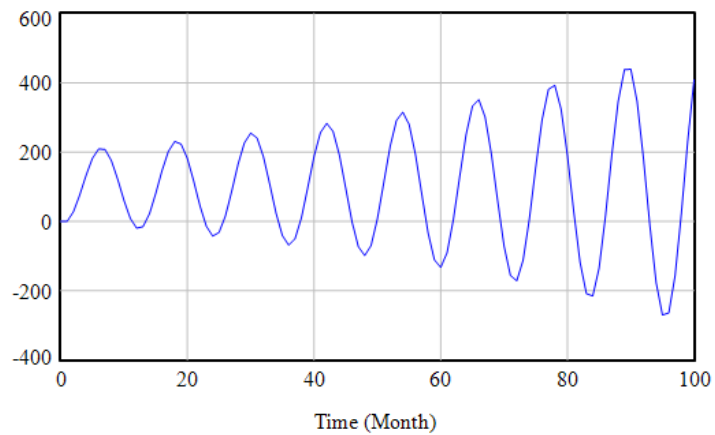
库存



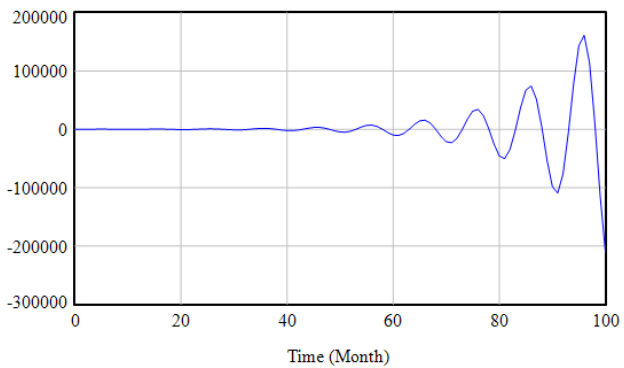
库存



库存



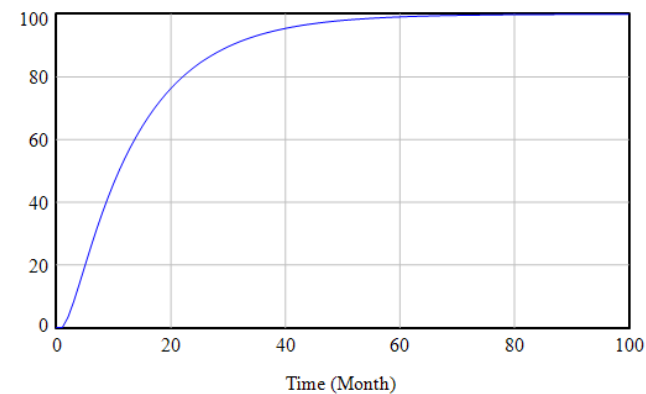
库存



— Current

上述图中显示了各方案下库存状态随时间的变化。
问题：影响库存变化的关键变量是谁？

库存



— Current

— Current

系统行为模式

- › “订单-库存” 系统运行中有明显的振荡特征
- › 振荡变化至少有三种模式
 - 渐进增长
 - 超调
 - 衰减振荡
 - 等幅震荡
 - 发散振荡

串联系统的特征

› 由流量直接连接起来的串联系统具有

– 振荡特征

由于多个存量的存在，串联结构二阶系统具有发生振荡的可能，并且能够持续振荡。

– 通量守恒

流量连接的特点使得存量之间保持物质交换的特点，即通量保持一致。

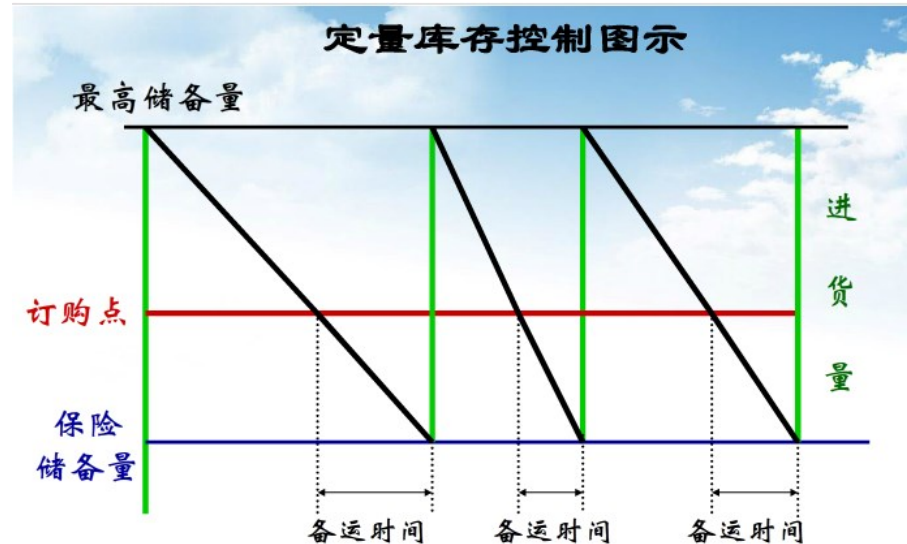
加入销售活动的测试

- “订单-库存”系统没有加入销售活动，仅通过库存充实过程展现二阶串联系统的行为特点。
- 课堂任务：
为市场需求加入测试函数，测试库存状态的变化。
- 备选测试函数
 - 常数（大于0）
 - 阶跃函数
 - 脉冲函数
 - 平滑函数

案例2：“订单-库存”系统-批量采购

› 批量采购

- 固定的订购批量，而没有固定的采购周期和采购时间。
- 采购时机：企业储备量下降到某个数量（**采购点**），开始采购。



采购模式如下：

| 计划期采购总量 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|---|----|---|----|----|----|----|----|
| 周数 | 库存 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 总量 |
| 需求量 | | | 10 | | 20 | 10 | | 10 | | 20 | 10 | | 10 | 90 |
| 采购量 | 5 | 10 | | 35 | | 10 | | 20 | | 10 | | 10 | | 95 |

• 采购周期

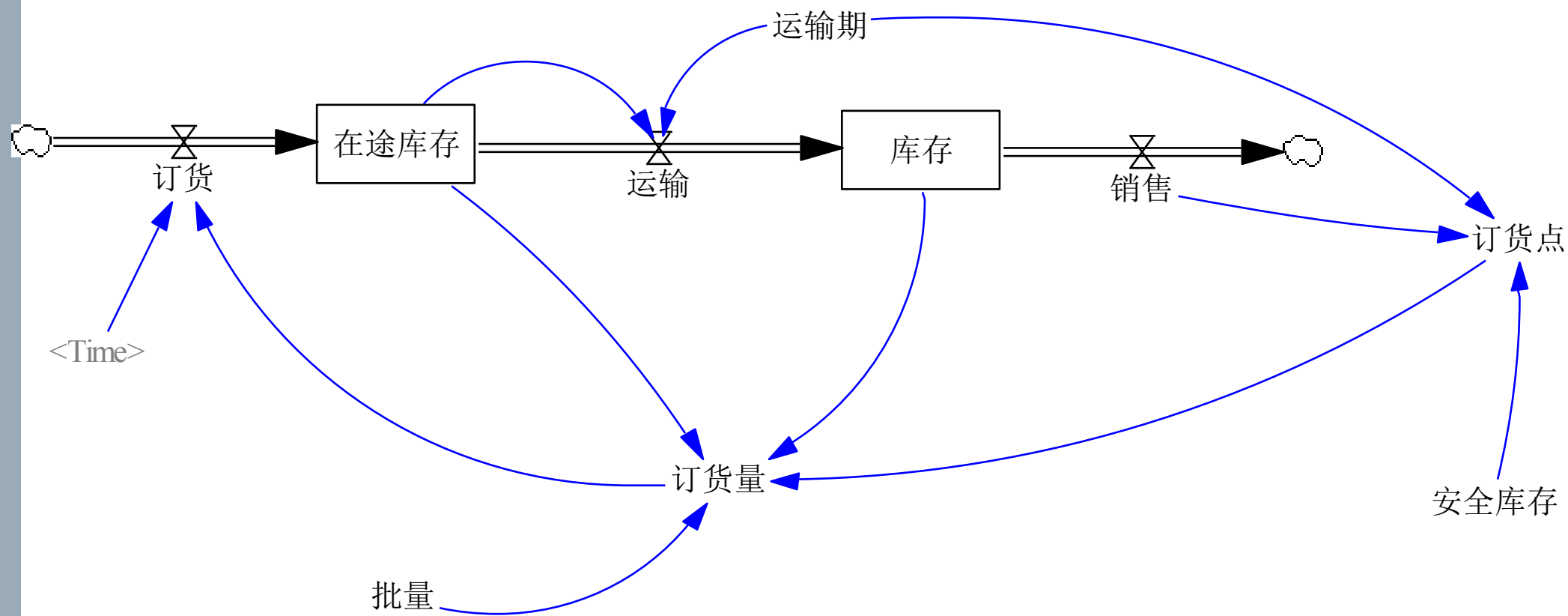
• 采购批量

• 采购次数

课堂案例中数字仅供参考，可以自行设定

π

简单定量采购的供应链模型



测试模型

关键变量的参数设置

订货量=IF THEN ELSE(库存+在途库存<订货点, 批量, 0)

运输=在途库存/运输期

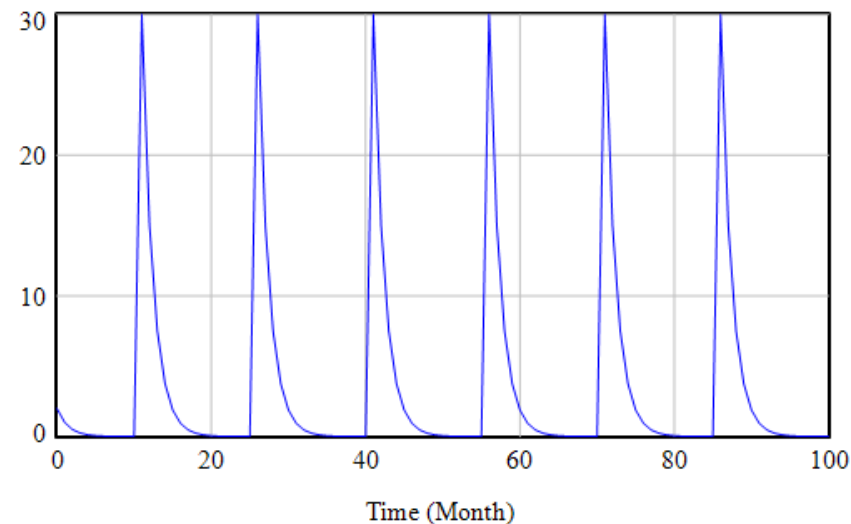
订货点=运输期*销售+安全库存

批量=30

安全库存=10

销售=2

在途库存



库存

