

## 实验四-2、( T , S , s ) 库存系统的建模与仿真

### 1. 实验目的

进一步熟悉 AutoMod 软件,学习其对库存问题的建模与仿真分析方法。通过对 (T, S, s) 库存系统的建模与仿真,加深对 AutoMod 建模的认识和理解,并观察最优的策略分别是多少。

### 2. 实验内容

#### (1) 对象系统描述:

T: 查库周期, S: 最大库存量, s:最小库存量。

(T, S, s) 中涉及销售商、供应商、客户。销售商向供应商进货卖给客户商品。下面我们将用到以下几个名词: 客户的需求量, 销售商向供应商的订货量, 销售商的库存水平, 销售商的最大最小库存量。

销售商以 T 为周期检查库存, 如果库存水平 I 小于最小库存 s, 则需要订货。即

$$Z = \begin{cases} S - I & \text{if } I < s \\ 0 & \text{if } I \geq s \end{cases}$$

其中 I 是月初的库存水平。

当需求发生时, 如果库存水平至少与需求量一样, 则此需求会立即被满足。如果需求超过库存水平, 则超过的部分需要订货, 并在以后的交付中满足。在订货到达时, 首先用来尽可能地冲销未结的数目, 剩下的订货才回加到库存。

只销售单一产品的公司采用 (T, S, s) 的策略对 (S, s) 进行决策。

月初, 公司查库, 并决定是否从供应商订货, 订多少件。如果公司订了 Z 件, 则花费为  $K + iZ$ , 其中,  $K = \$32$ , 为准备成本, 而  $i = \$3$  为每件订货的边际成本 (如果  $Z = 0$ , 则无任何花费)。当下订单后, 订货到达所需时间 (称为到货提前期) 是一个在 0.5 至 1 个月之间均匀分布的随机变量。需求的间隔时间是均值为 0.1 个月的独立同分布的指数随机变量。需求量 D 是独立同分布的随机变量 (与需求发生时间是独立的), 其中

$$D = \begin{cases} 1 & \text{w.p. } 1/6 \\ 2 & \text{w.p. } 1/3 \\ 3 & \text{w.p. } 1/3 \\ 4 & \text{w.p. } 1/6 \end{cases}$$

其中 w.p. 表示 “概率为” (with probability)

除订货成本外, 还要考虑到两类附加成本, 储备成本每件每月  $h = \$1$ , 短缺成本每件每月  $\pi = \$5$ 。

假设初始库存水平为  $I(0) = 60$ , 并且无订货出现, 对此库存系统做  $n=120$  个月的仿真, 并利用每月平均总成本 (是每月平均订货成本、每月平均储备成本和每月平均短缺成本之和) 来比较下面 9 个库存策略。

s	20	20	20	20	40	40	40	60	60
S	40	60	80	100	60	80	100	80	100

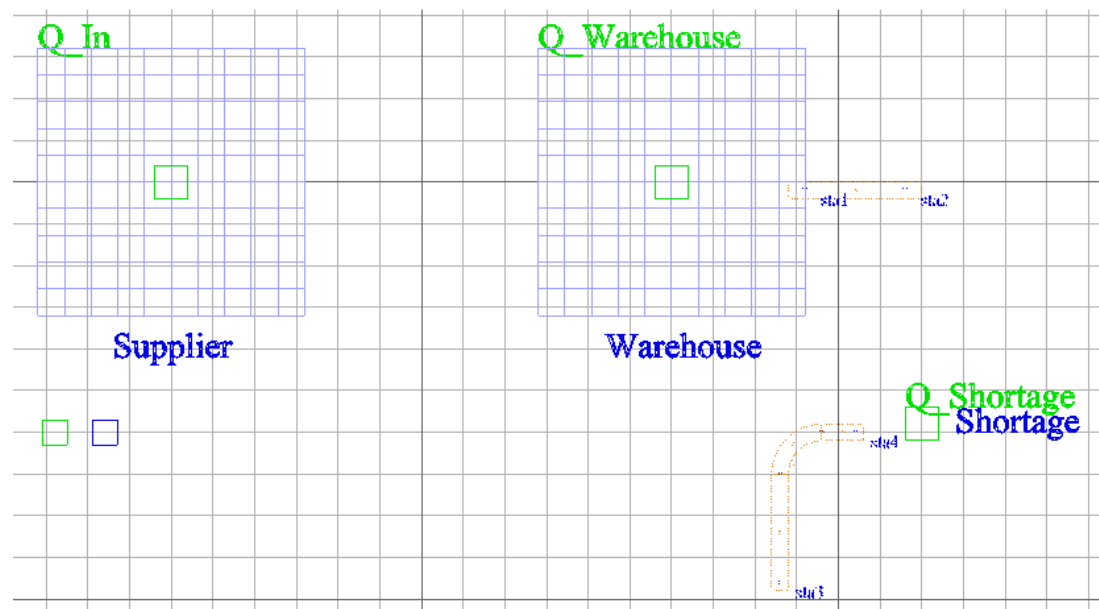
## (2) 实验内容

- ① 完成该库存系统模型的建模。
- ② 对最大和最小库存量进行仿真分析和决策。
- ③ 求出最优时对应的成本及最小最大库存。

## 3. 建模设计

以下是其中一种建模方法，以供参考：

销售商仓库	Q Warehouse
订单	L Order
货物（商品）	L Product
在途货物	Q In
库存尚未满足的订单在队列中等待	Q Shortage



## 4. 实验步骤

- (1) 新建一个模型（自动创建一个 process system）；
- (2) 定义 Loads、Queues 等实体单元；
- (3) 定义系统各个变量；
- (4) 编辑 source file 文件，编写相应代码，定义系统的流程逻辑；
- (5) 根据系统特征设定运行时间；
- (6) 运行模型；
- (7) 查看仿真动画和仿真输出结果，分析不同策略的成本。

## 实验四-2 详细解析

本实验学习的重点在于对各个变量的设置, 以及通过改变进货量观察成本的变化以得到 (T, S, s) 的最佳库存策略。以下是完成本系统模型所需要的项目设置。

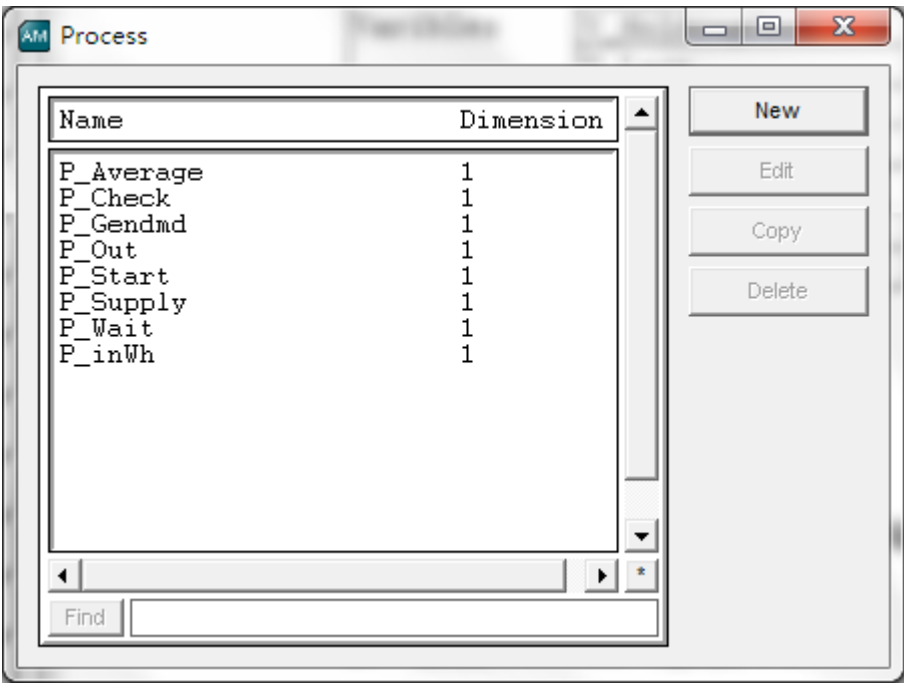
表 4-1 (T, S, s) 库存系统建模与仿真项目设置

Process系统		
项目	名称	备注
Process	P Start	初始库存进入仓库
	P Check	月初查库
	P Supply	供应商供货
	P Wait	交货延迟
	P inWh	供应商供货进入仓库
	P Gendmd	需求产生
	P Out	需求部分出库
	P Average	计算各部分平均成本并输出
Loads	L Check	查库的驱动型load, constant 30days
	L Cost	计算成本的驱动型load, constant 3600days
	L CusOrder	需求产生的驱动型load, e 3days
	L Product	货物
LoadAttributes	LA Buy	订货量
	LA OrderQty	顾客需求量
Queues	Q In	供应商供货延迟等待队列
	Q Shortage	缺货队列
	Q Warehouse	储存队列
Order Lists	OL Wh	储存队列的逻辑缓存区
	OL in	供货延迟队列的逻辑缓存区
	OL Shortage	缺货订单的逻辑缓存区
Variables	T	查库周期, Int
	V AvgHoldingCost	每月平均储存成本, Real
	V AvgPrepareCost	每月平均准备成本, Real
	V AvgTotalCost	每月平均总成本, Real
	V CSoutputfile	输出到文件, FilePtr
	V Excess	满足需求后剩余货物量, int
	V AvgInventory	每月平均库存, Real
	V Loss	缺货量, int
	V Month	仿真月份数, int
	V PrepareCost	准备成本, Real
	V S	最大库存量, int
	V AvgLoss	每月平均缺货量, Real
	V s	最小库存量, int
	V Order	订单到达时刻, Time, 100000维
	V SumInventory	总库存量, Real
	V SumLoss	总缺货量, Real
	V wait	到货提前期, 每一次进货到达的时刻, Real
	i	对订单计数, int, 初值设为1
	j	对查库计数, int
	V Inventory	订单i到达时的库存水平, int, 100000维
	V LossQty	订单i到达时的缺货情况, int, 100000维
	V OrderQty	订单i的订单量, int, 100000维
	V Arrive	进货到达时刻, Real, 100000维
	V AvgShortageCost	平均缺货成本, Real

1. 新建一个模型（）。

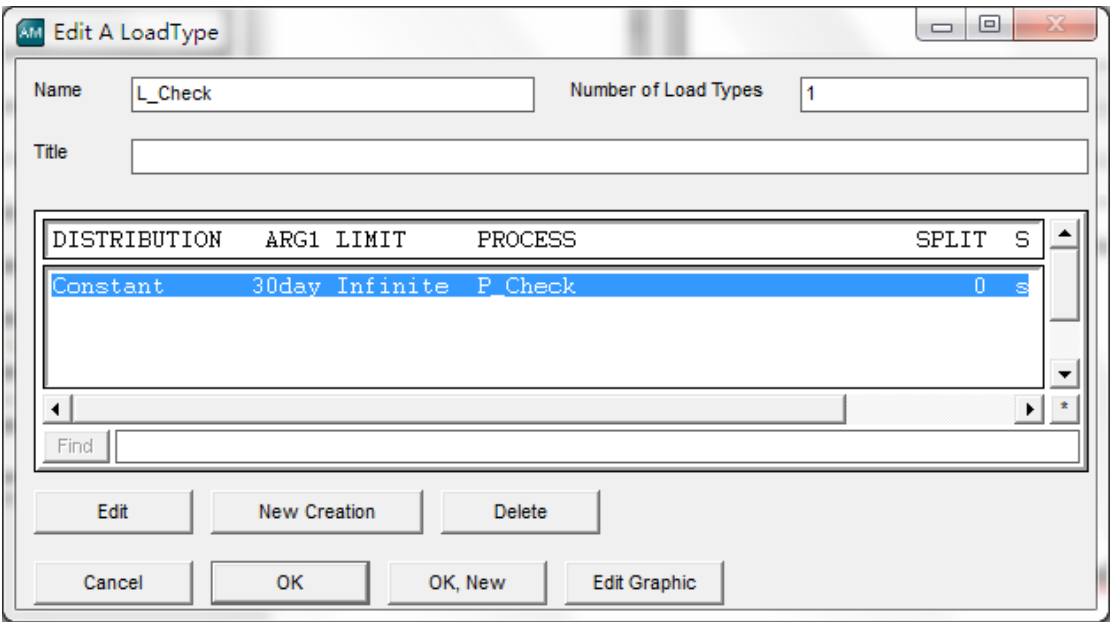
修改单元格长度为米，并保存和输出模型。

2. 新建 Process（按表 4-1）。

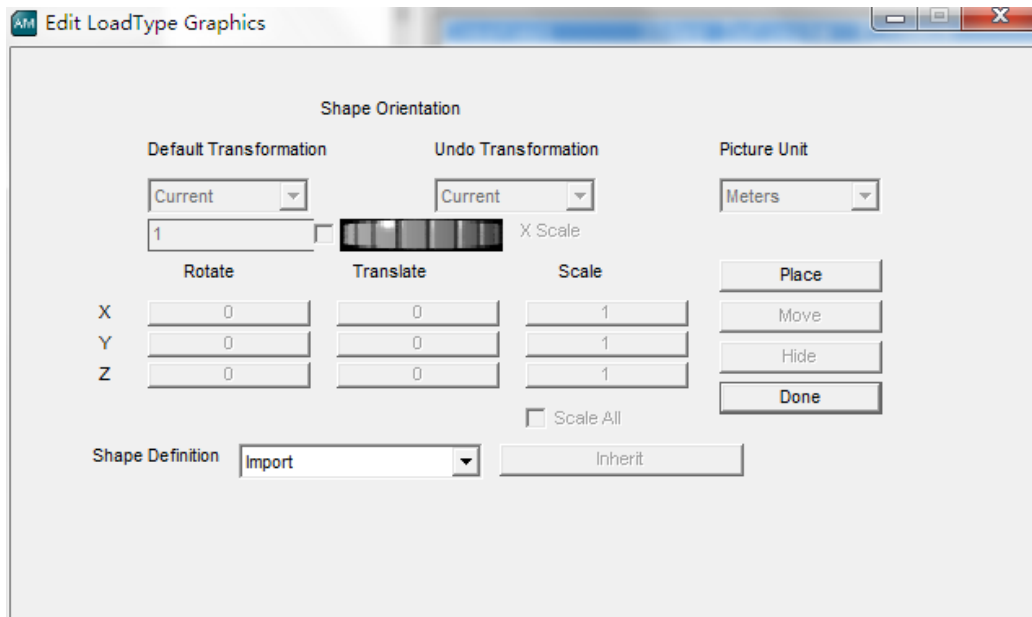


Process 视窗

3. 新建 Loads。



Edit A LoadType 视窗

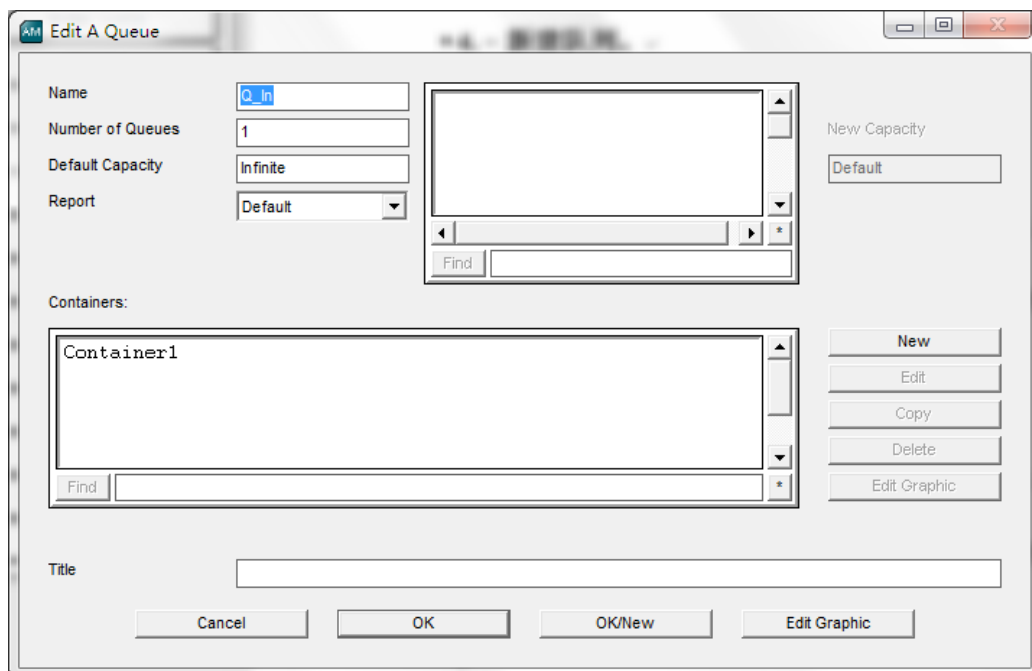


Define A Creation Spec 视窗

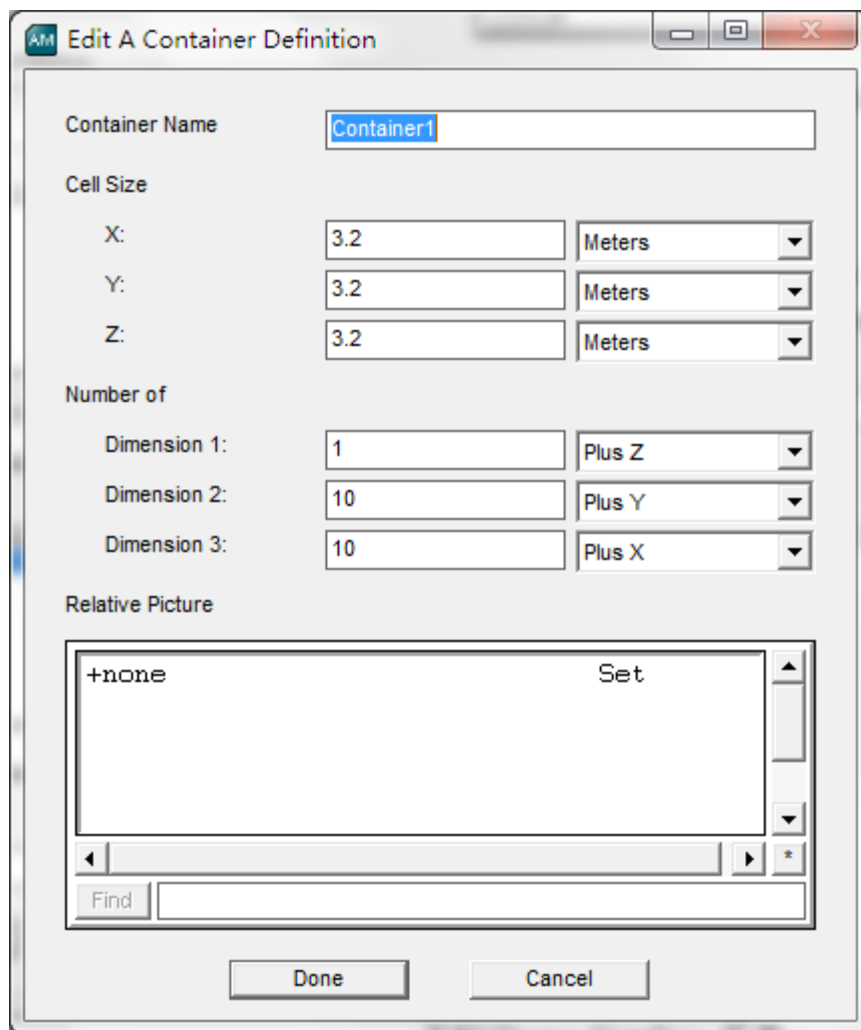
注：L\_Check、L\_Cost、L\_Order 是驱动型 load，是不需要在模型中产生实体的，只需要设置 new Creation 即可，不要 Place 到模型中。而 L\_Product 是货物，是需要在模型中产生实体的，其产生是在代码中控制的，只需要 Place 到模型中即可。

#### 4. 新建队列。

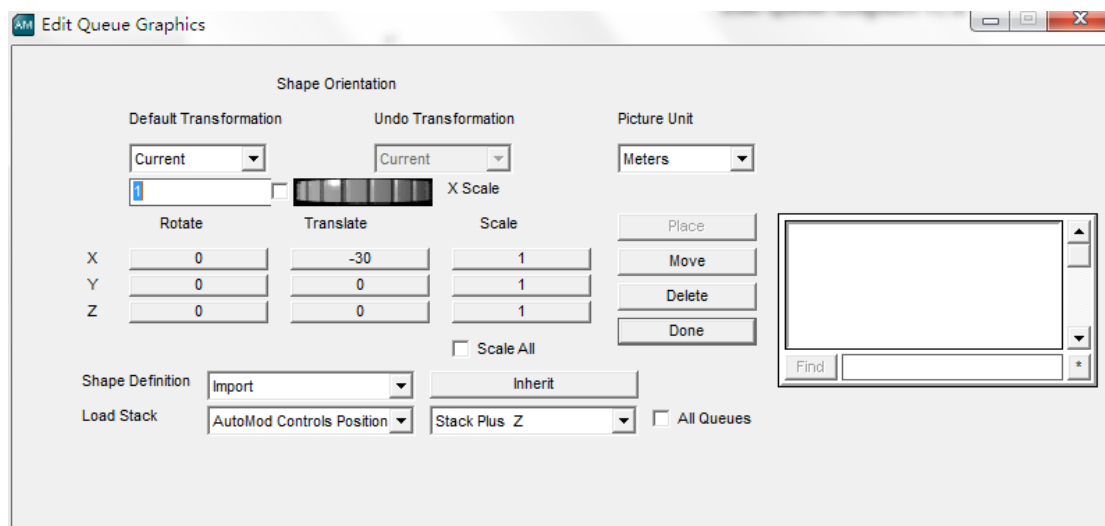
##### Step4-1 新建 Q\_In



Edit A Queue 视窗



Edit A Container Definition 视窗



Edit Queue Graphics 视窗

**Step4-2** 新建 Q\_Warehohuse

**Edit A Queue**

Name:

Number of Queues:

Default Capacity:

Report:

New Capacity:

Containers:

Find:

New

Edit

Copy

Delete

Edit Graphic

Title:

Cancel OK OK/New Edit Graphic

Edit A Queue 视窗

**Edit A Container Definition**

Container Name:

Cell Size

X:

Y:

Z:

Number of

Dimension 1:

Dimension 2:

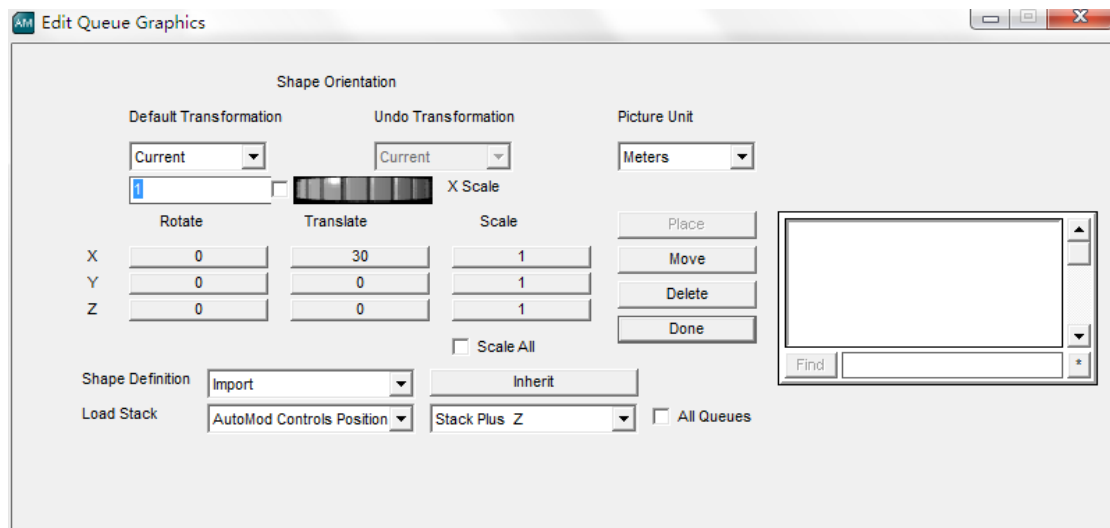
Dimension 3:

Relative Picture

Find:

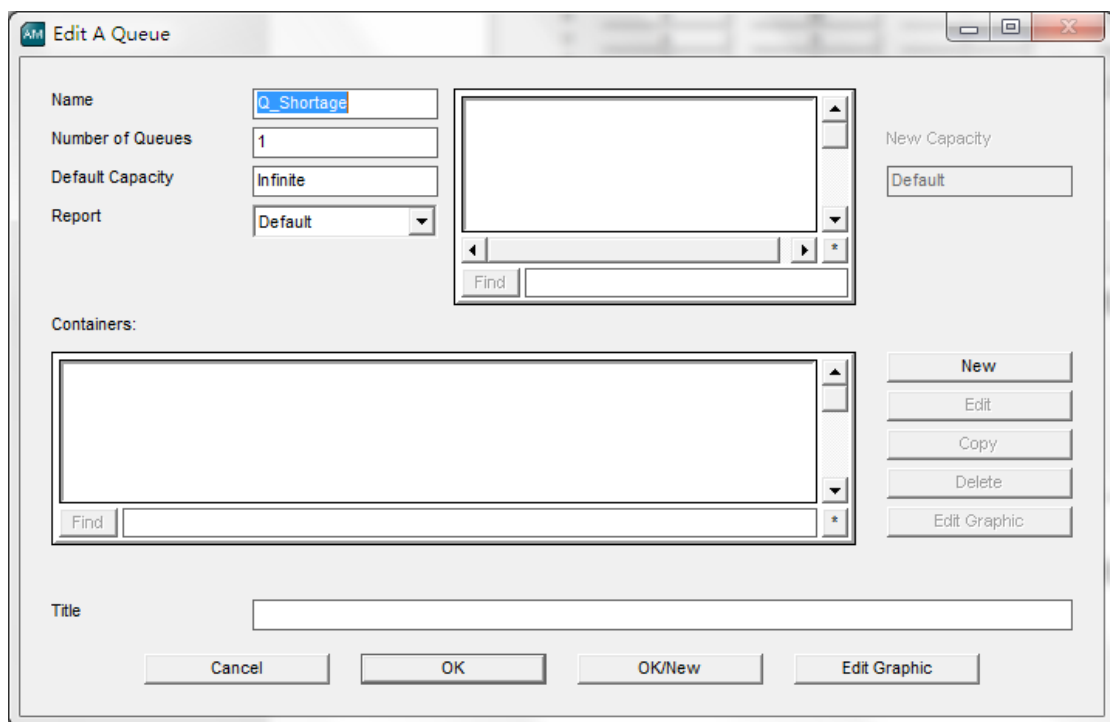
Done Cancel

Edit A Container Definition 视窗



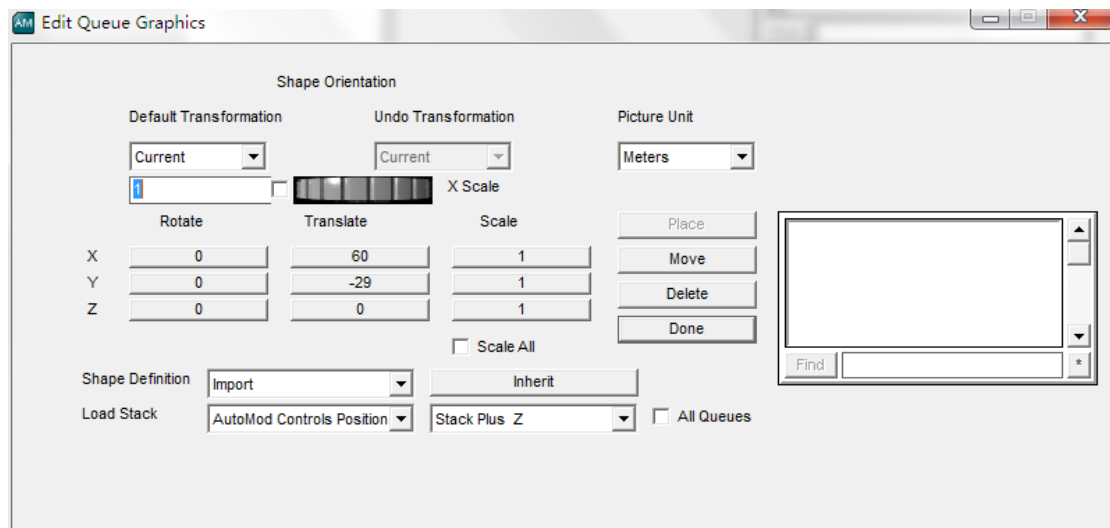
Edit Queue Graphics 视窗

**Step4-3** 新建 Q\_Shortage。



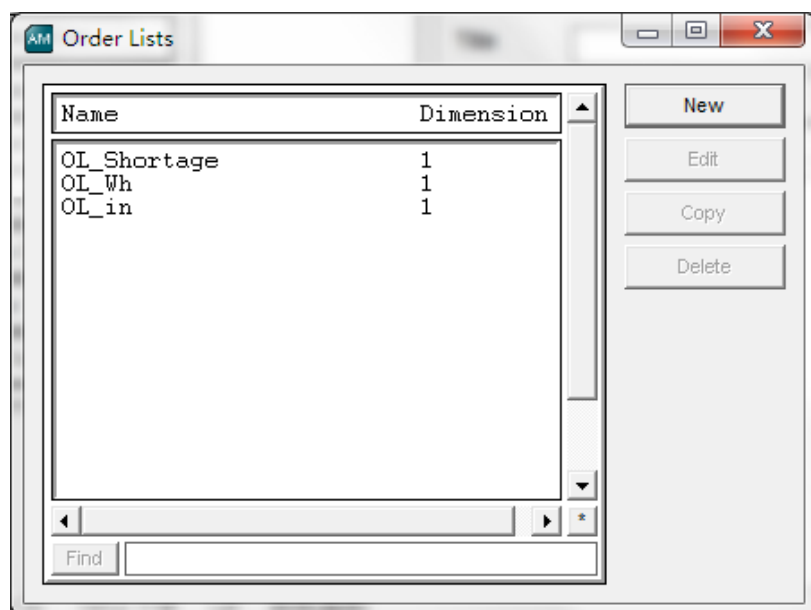
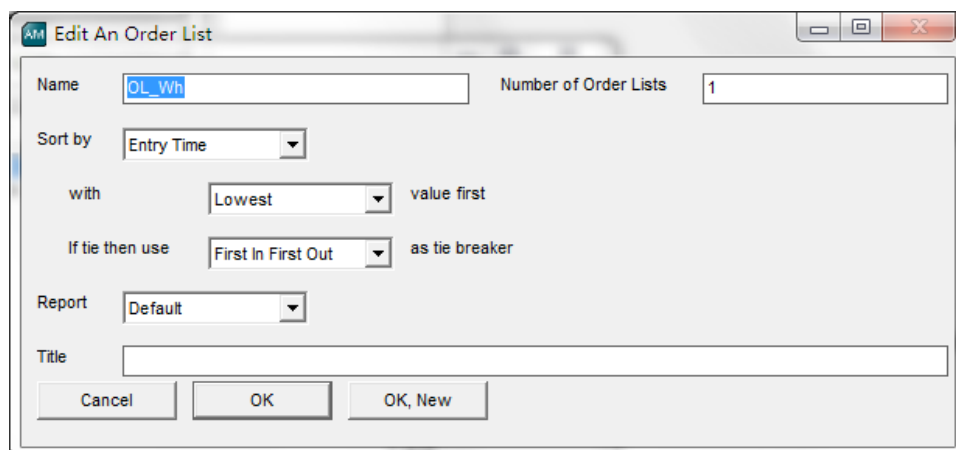
Edit A Queue 视窗





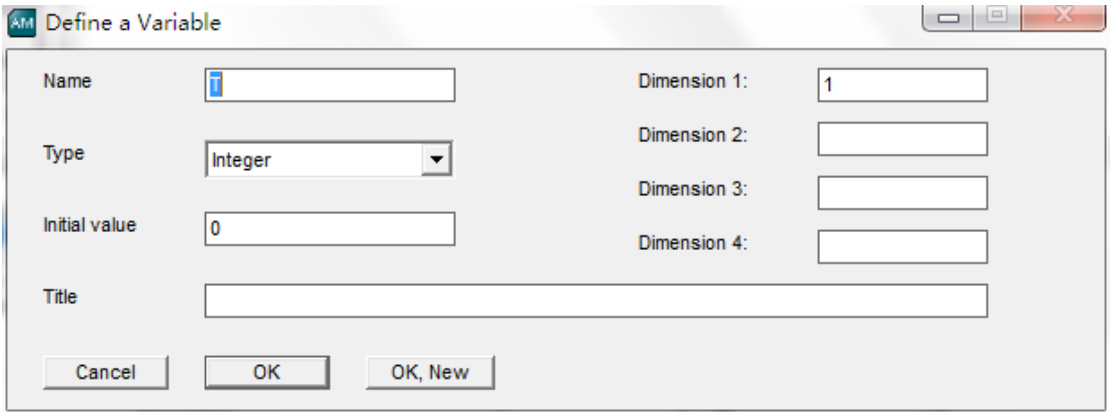
Edit Queue Graphics 视窗

## 5. 新建 Order List。



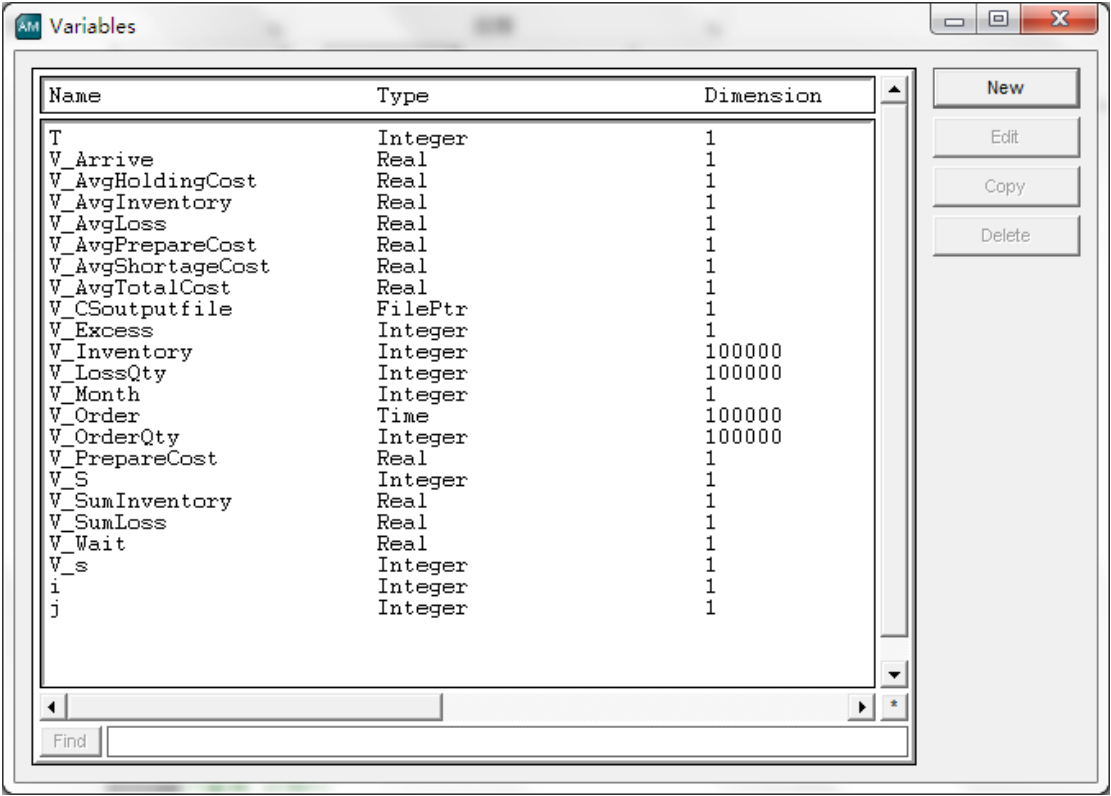
Edit An Order List 视窗

6. 新建 Variables。



Variables 视窗

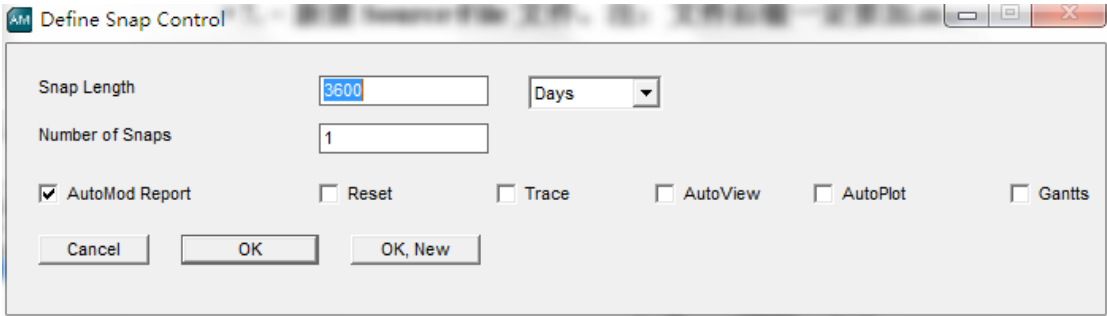
类似地，新建如下的各变量。



7. 新建 Source File 文件。注：文件后缀一定要加.m。

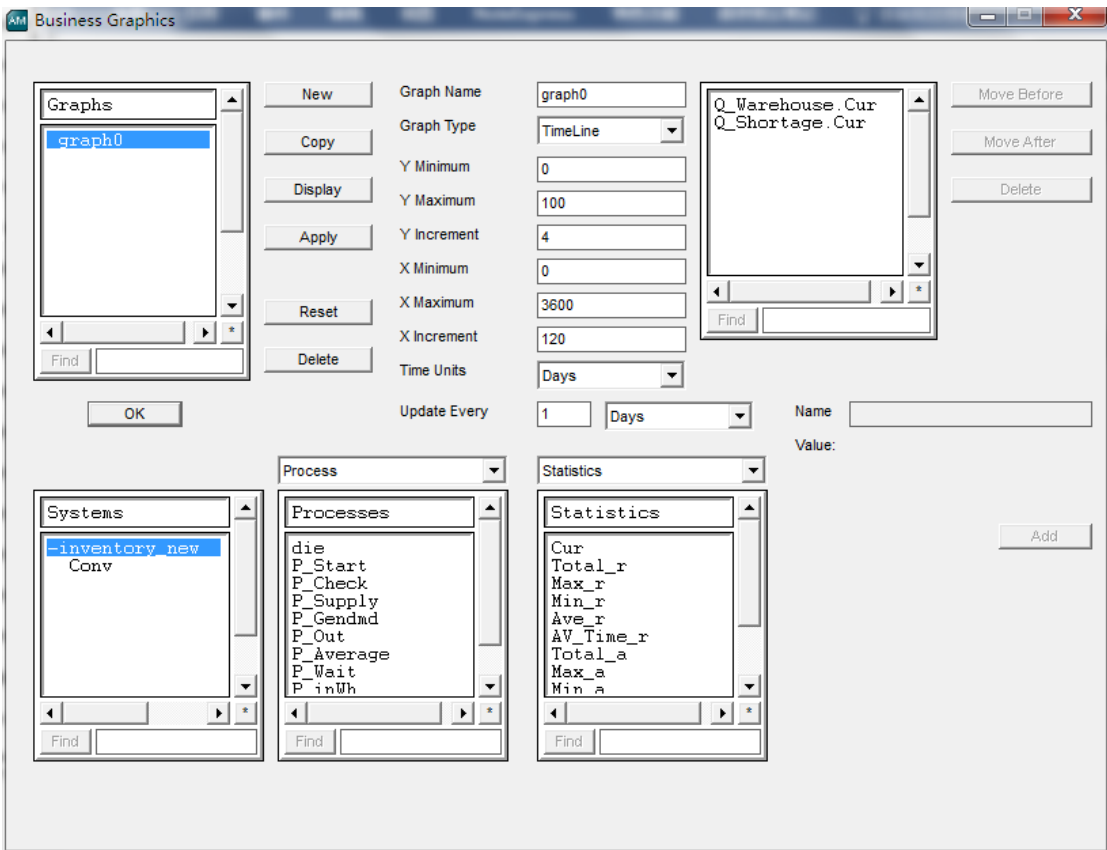
代码见指导书最后。

8. 设 Run Control。



Define Snap Control 视窗

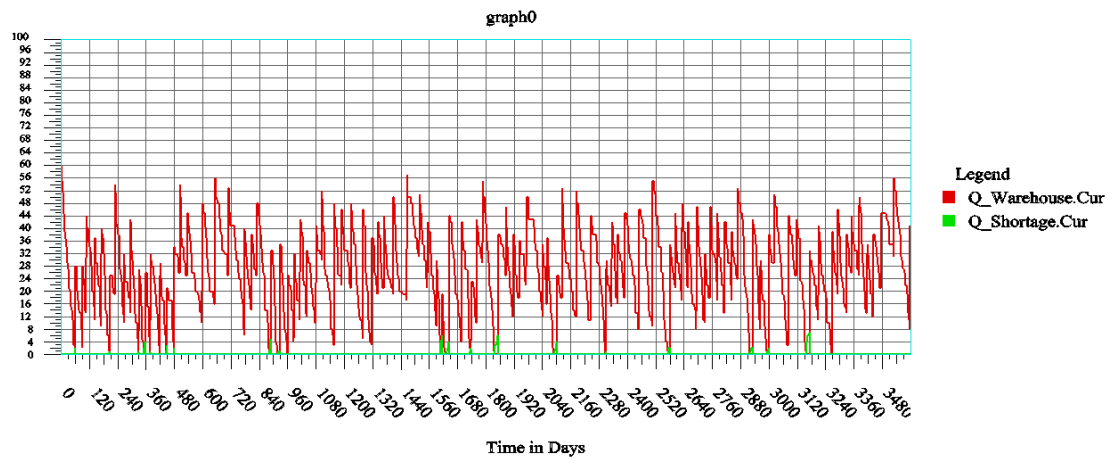
9. 设置 Business Graphics。



Business Graphics 视窗

10. 运行模型。

Step10-1 查看 Business Graphics。



**Step10-2** 查看输出文件 Cost.txt。

改变库存策略，可以得到，每种情况下各部分的成本，进行比较得出最佳库存策略。

(T, S, s)	V_AvgTotalCost	V_AvgPrepareCost	V_AvgHoldingCost	V_AvgShortageCost
( 30, 40, 20)	121.718504	98.858333	10.632526	12.227645
( 30, 60, 20)	116.620076	87.716667	19.036135	9.867275
( 30, 80, 20)	118.646410	83.641667	27.361504	7.643240
( 30, 100, 20)	125.412005	82.733333	37.497575	5.181097
( 30, 60, 40)	128.321311	99.133333	28.613896	0.574082
( 30, 80, 40)	125.884624	88.383333	36.924914	0.576376
( 30, 100, 40)	131.757498	84.191667	47.072140	0.493692
( 30, 80, 60)	147.797926	99.633333	48.164263	0.000329
( 30, 100, 60)	145.358485	88.883333	56.474823	0.000329

## 附相关成本计算的讨论：

每月平均储备成本=每月平均库存\*每月每件储备成本

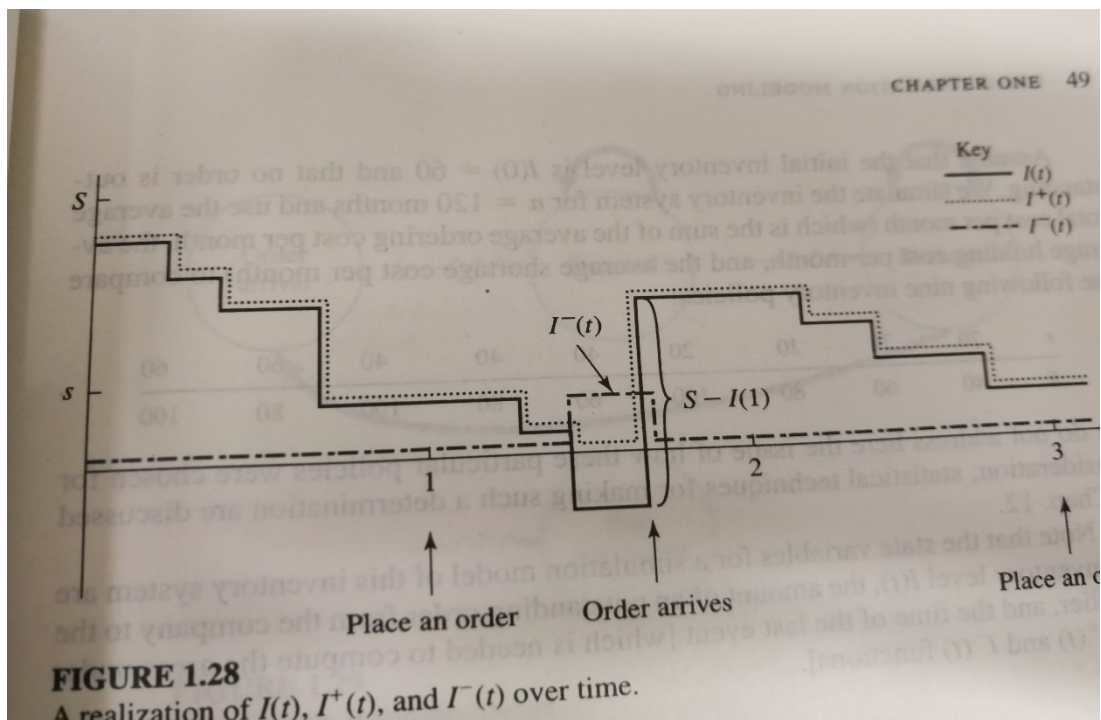
同理，

每月平均短缺成本=每月平均短缺库存\*每月每件短缺成本

每月平均准备成本=总准备成本/月数

准备成本比较好理解。

下面说一下储备成本和短缺成本，这两个都涉及到每月平均库存。下面先说一下平均库存的计算。



横轴：时间；纵轴：库存水平

每月平均库存是有横轴上方的函数积分除以月数得到，实际上就是每一方块的面积总和除以月数。同理，每月平均短缺库存是横轴下方的函数积分除以月数得到，实际上就是每一方块

的面积总和除以月数。  
所以我们只需计算方块面积总和即可。（ $V\_SumInventory$  和  $V\_SumLoss$ ）

订单  $i$  到达时：

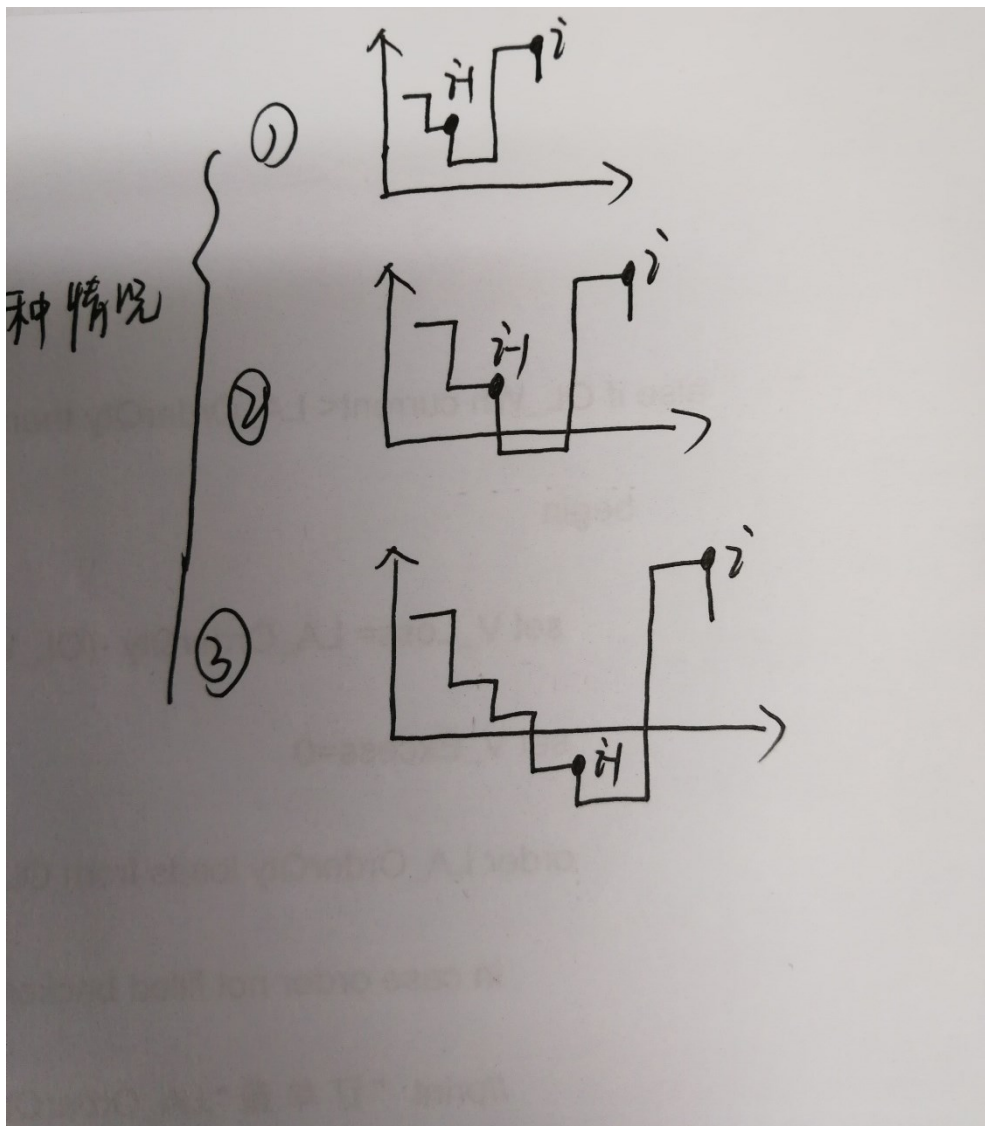
1. 库存水平（ $V\_Inventory(i)$ ）能够满足顾客订单的需求（ $V\_OrderQty(i)$ ）

（1） 订单  $i$  和订单  $i-1$  之间没有发生进货到达，要么都大于进货到达时刻，要么都小于进货到达时刻，这是两种情况。此时，会有储备成本。

set  $V\_SumInventory = ((V\_Order(i) - V\_Order(i-1))/2592000) * V\_Inventory(i) + V\_SumInventory$

$V\_Order$  是一组数组，用来记录每张顾客订单的到达时刻，单位是秒，所以我们需要将其转化为月，然后进行累加。

(2) 订单  $i$  和  $i-1$  之间发生了进货到达，分三种情况：



① 没有发生缺货情况。

$$\text{set } V\_SumInventory = ((V\_Arrive/30) - (V\_Order(i-1)/2592000)) * (V\_Inventory(i-1) - V\_OrderQty(i-1)) + V\_SumInventory$$

$$\text{set } V\_SumInventory = ((V\_Order(i)/2592000) - (V\_Arrive/30)) * V\_Inventory(i) + V\_SumInventory$$

面积的计算分为两段，被进货到达的时刻分开。

第一段：库存为订单  $i-1$  到达时的库存-订单  $i-1$  的需求量

第二段：库存为订单  $i$  到达时的库存

② 发生了缺货情况，但订单  $i-1$  到达时库存大于 0, 发生缺货，但订单  $i$  到达之前就有进货到达。

$$\text{set } V\_SumLoss = ((V\_Arrive/30) - (V\_Order(i-1)/2592000)) * (V\_OrderQty(i-1) - V\_Inventory(i-1)) + V\_SumLoss$$

$$\text{set } V\_SumInventory = ((V\_Order(i)/2592000) - (V\_Arrive/30)) * V\_Inventory(i) + V\_SumInventory$$

面积的计算有储备也有缺货。分为两段。

第一段：缺货：订单 i-1 的需求量-订单 i-1 到达时的库存

第二段：订单 i 到达时的库存

③ 发生了缺货情况，且订单 i-1 到达时库存小于 0, 订单 i 到达之前就有进货到达。

$$\text{set } V\_SumLoss = ((V\_Arrive/30) - (V\_Order(i-1)/2592000)) * (V\_LossQty(i-1) + V\_OrderQty(i-1)) + V\_SumLoss$$

$$\text{set } V\_SumInventory = ((V\_Order(i)/2592000) - (V\_Arrive/30)) * V\_Inventory(i) + V\_SumInventory$$

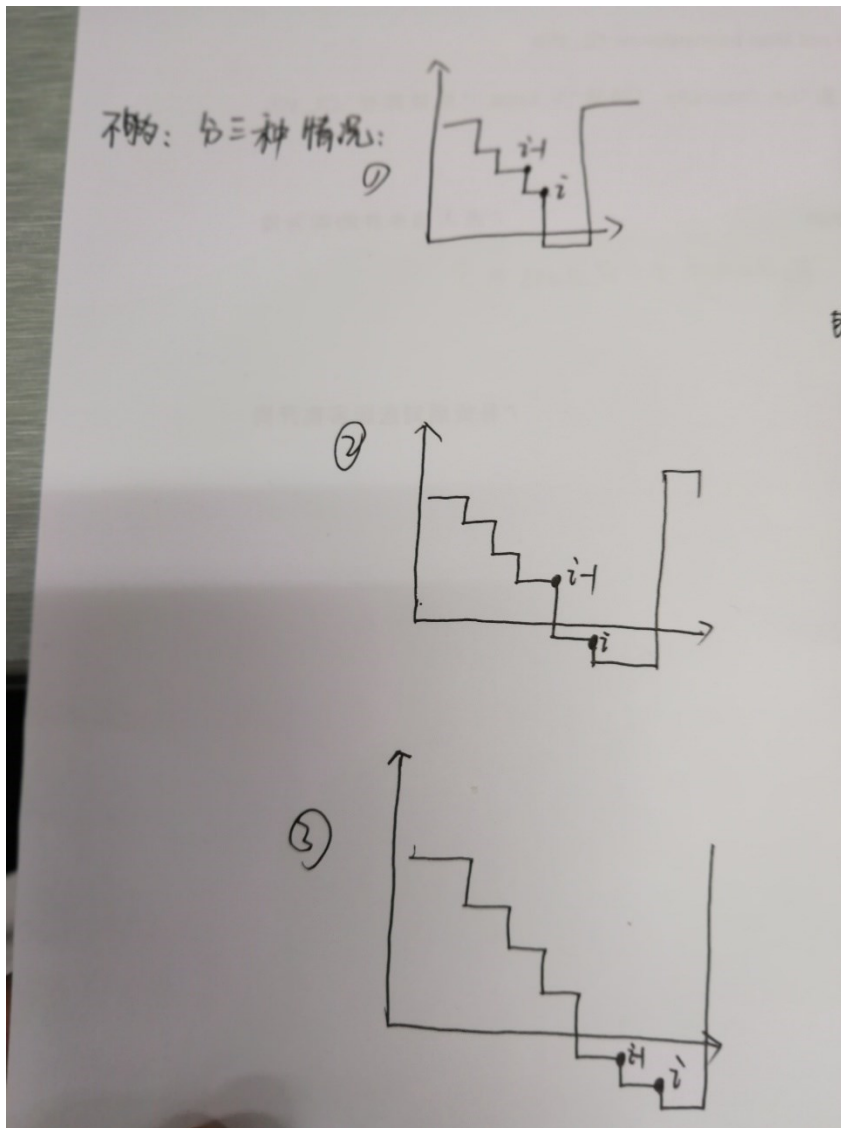
面积的计算同样分为两段。储备和缺货。

第一段：订单 i-1 到达时的 backorder+订单 i-1 的需求量

backorder 是缓存区等待被满足（所缺的）的 load 数量

第二段：订单 i 到达时的库存

2. 库存水平 ( $V\_Inventory(i)$ ) 不能满足顾客订单的需求 ( $V\_OrderQty(i)$ )



① 订单 i 到达发生缺货，订单 i 到达时库存大于 0

$$\text{set } V\_SumInventory = ((V\_Order(i) - V\_Order(i-1))/2592000) * V\_Inventory(i) + V\_SumInventory$$

② 订单 i 到达时库存为 0，而且有缺货，但订单 i-1 到达时库存大于 0

订单 i 到达时需要计算缺货库存

set V\_SumLoss = ((V\_Order(i) - V\_Order(i-1))/2592000)\*V\_LossQty(i) + V\_SumLoss

缺货为订单 i-1 的需求量-订单 i-1 到达时的库存

③ 订单 i 到达时和订单 i-1 到达时的库存均为 0，且都有缺货

set V\_SumLoss = ((V\_Order(i) - V\_Order(i-1))/2592000)\*(V\_LossQty(i-1)+V\_OrderQty(i-1)) + V\_SumLoss

缺货量为订单 i-1 到达时的 backOrder 数量+订单 i-1 的需求量