

# 钢铁企业订货系统建模与仿真分析

邹安全<sup>1,2</sup>, 于琦<sup>2</sup>, 秦仲麓<sup>1</sup>, 杨芳<sup>1</sup>, 戴恩勇<sup>1</sup>

(1.长沙学院工商管理系,长沙 411100; 2.湖南科技大学工业工程系,湖南湘潭 411201)

**[摘要]** 订货模型存在于大多数的公司中,用以根据销售情况组织公司生产。供应链中的企业大多数是根据销售组织生产的,企业中的订货模型尤为重要。以钢铁企业分销商订货模型为例,运用系统动力学方法分析了该订货模型,并对现实情况进行了仿真分析,提出了钢铁企业分销商订货策略。

**[关键词]** 订货模型;建模仿真;钢铁企业

**[中图分类号]** TH16 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)02-0060-05

## 1 前言

在处理钢铁企业的物流管理业务时,要考虑到钢铁企业生产高能耗的特点,这使得钢铁企业生产对批量和连续性有较高的要求,同时由于信息延迟的存在和不可避免,完全的零库存是难以实现的。但是尽量地减少流程中不必要的存量仍是企业生产销售管理中所追求的目标。通过动态的仿真分析能较好地结合历史记录和生产销售的即时状态,给出接近实际状况的控制参量。从而确立一个可满足实用要求、运转流畅、存量能被及时消化的订货模型。系统动力学可以很好地用来分析供应链的管理,有助于建模和仿真的实现<sup>[1~5]</sup>。笔者基于该理论,针对钢铁企业订货系统的特点,进行了建模与仿真。

## 2 生产—分配系统模型

首先,给出一个简单生产—分配系统模型,如图1所示。

在图1的模型中有两个流动过程,生产过程被展示在模型的上部,分配系统展示在模型的下部。生产系统主要是订单的流动,而分配系统主要是物质的流动,两个过程通过工厂生产联系起来。当某些产品被生产后,这些产品的订单就从工厂订单积压中去除,转换成生产的产品进入零售商库存。在

图1中的云状标志叫做源(source),代表系统外的物质进入系统内部或是系统内的物质流向系统外部。图1中的模型,生产系统右边的云状标志表示订单进入单证处理中心,分配系统右边的云状标志表示工厂生产已经开始。图1的模型实际上比大多数真实系统要简单得多。真实系统经常包括多级生产、多级分配阶段(分配商、批发商、零售商),如图2所示。

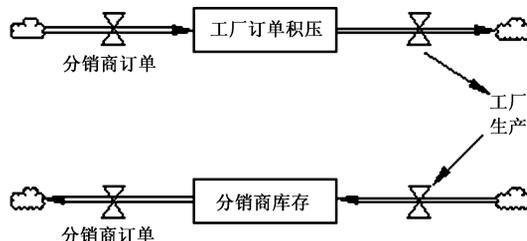


图1 简单生产—分配系统模型

Fig.1 Simple production-distribution system model

## 3 分销商订货系统 VENSIM 建模与仿真

### 3.1 分销商订货系统模型

在图1简单生产—分配系统模型的基础上,通过增加一些信息流动建立了零售商订货系统模型,

**[收稿日期]** 2008-03-19; **[修回日期]** 2008-09-01

**[基金项目]** 湖南省科技计划项目(2008NK3001);湖南省基础平台建设重点专项资助(2007TP2046)

**[作者简介]** 邹安全(1964-),男,湖南浏阳市人,湖南科技大学教授,博士,研究方向为物流管理、工业工程;E-mail:zaq2833@163.com

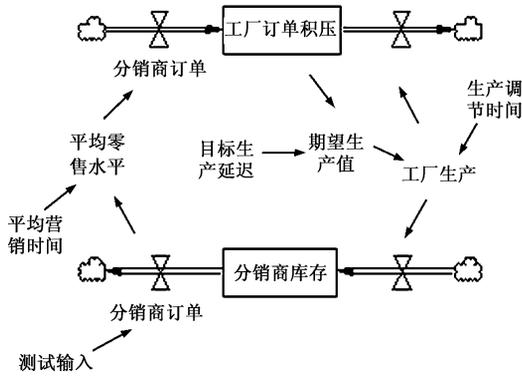


图2 分销商订货系统模型  
Fig.2 Distributor orders system model

如图2所示。模型中增加了辅助变量:平均销售水平、测试输入、期望生产值;增加了辅助常量:平均销售时间、目标生产延迟、生产调节时间。对于变量平均销售时间、测试输入、生产调节时间,由于它们在一段时间内的变化是预先明确规定的,所以称为外生变量。

### 3.2 系统动力学仿真软件 VENSIM 介绍<sup>[6,7]</sup>

#### 3.2.1 VENSIM 仿真软件特点

VENSIM 软件是一个可视化的建模工具,通过使用该软件可以对系统动力学模型进行构思、模拟、分析和优化,主要有以下4个特点:

1)利用图示化编程进行建模。在 VENSIM 中,编程实际上并不存在,只有建模的概念。在启动 VENSIM 系统后得到的主窗口中,依据操作按钮画出简化流率基本入树图或流图,再通过 EQUATION EDITOR 输入方程和参数,就可以直接模拟使用。在 VENSIM 中方程及变量不带时标,模型建立是围绕着变量间的因果关系展开的。

2)运行于 Windows 操作系统下,采用了多种分析方法,使得 VENSIM 的输出信息非常丰富。输出兼容性强,一般的模拟结果,除了即时显示外,还提供了保存到文件和复制至剪贴板等方法输出。

3)对模型提供多种分析方法。VENSIM 可以对模型进行结构分析和数据集分析。其中结构分析包括原因树分析(逐层列举作用于指定变量的变量)、结果树分析(逐层列举该变量对于其他变量的作用)和反馈环列表分析。数据集分析包括变量随时间变化的数据值及曲线图分析。

4)真实性检查。对于所研究的系统和模型中的一些重要变量,可以依据常识和一些基本原则,预先

提出对其正确性的基本要求。设定假设是受真实性约束的,将这些假设加到建好的模型中,专门模拟现有模型在运行时对于这些约束的遵守情况或违反情况,判断模型的合理性与真实性,从而调整结构或参数。

#### 3.2.2 VENSIM 软件的仿真程序

一般地,应用 VENSIM 软件进行仿真遵循如图3所示的流程。

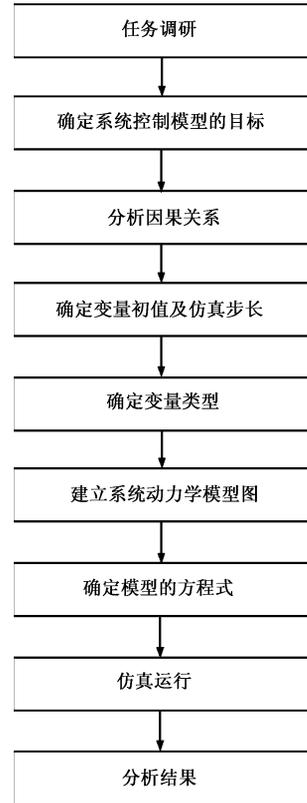


图3 VENSIM 软件仿真程序  
Fig.3 Software simulated program

#### 3.2.3 分销商订货系统模型的 VENSIM 方程

- 1)平均销售水平 = SMOOTH(分销商销售, 平均销售时间);
- 2)期望生产值 = 工厂订单积压/目标生产延迟;
- 3)工厂订单积压 = INTEG(零售商总订单 - 工厂生产, 190);
- 4)工厂生产 = SMOOTH(期望生产值, 生产调节时间);
- 5) FINALTIME = 50;
- 6) INITIAL TIME = 0;
- 7)分销商库存 = INTEG(工厂生产 - 零售商销售, 275);

- 8) 分销商销售 = 测试输入;
- 9) 分销商订单 = 平均订单水平;
- 10)  $SAVEPER = TIME STEP$ ;
- 11) 目标生产延迟 = 2;
- 12) 测试输入 =  $100 + STEP(20, 10)$ ;
- 13)  $TIME STEP = 0.25$ ;
- 14) 生产调节时间 = 4;
- 15) 平均销售时间 = 1。

在 VENSIM 方程中, 步骤 3 设定工厂接受订单的初始总值为 190 单元/周(简称 190/周, 以下同), 步骤 7 设定分销商的初始库存值为 275。步骤 11 设定目标生产延迟为 2 周, 那么期望生产值就是  $190/2 = 95/周$ 。只要工厂订单积压没有变化, 那么工厂生产将等于期望生产值, 即 95/周。步骤 12 设定测试输入初始值为 95/周。由步骤 8 可知, 分销商销售的初始值也需要输入。分销商销售的初始数据采集为 110/周, 这预示着近期的可能订单。由步骤 9 可知, 平均订单水平就是分销商向工厂的订购量经平均生产、运输等环节的调节时间而得。依据最新的数据输入, 系统将周而复始地循环。像上面所描述的那样, 系统中的变量在一段时间内保持稳定, 则说明系统处于平衡状态。通过检验模型中的库存, 可以判断模型是否处于稳定状态。在平衡状态, 库存的流入量等于流出量, 库存量在一段时间内不变。如果模型不是从平衡状态开始, 即使检测输入值没有变化, 系统变量也将改变。比如工厂订单积压超过 200, 即使分销商的销售仍然保持 100/周的水平, 整个生产一分配系统的水平还是会下降。因为工厂订单积压超过 200, 那么工厂生产将超出 100/周, 这也就是分销商的订购速率, 从而会导致工厂订单积压的流出量将超过流入量。研究分销商销售的改变对于生产一分配系统的冲击, 必须从系统的稳定状态开始, 追求优化的生产经营状态, 以确保利润和目标市场的实现。步骤 5、步骤 6 表明模型以一年为周期。

### 3.3 工厂生产

在研究分销商的订货策略之前, 首先分析工厂生产的管理。从图 2 的模型可知, 期望生产值由工厂订单积压和目标生产延迟决定。期望生产值调节实际的工厂生产, 但是有延迟。笔者把延迟设为常量, 用生产调节时间来表示。在图 2 的模型中, 笔者把生产过程做了简化: 工厂没有库存, 产品流动中始终维持目标生产延迟, 以周为单位。在这个假设下,

分销商能够预测工厂订单积压到订单生产的时间长度。如果目标生产延迟是两周, 那么表示工厂将在两周后开始调节生产, 以便当前所积压的订单能够完成, 如模型的步骤 2 所示。

在现实中, 工厂生产并不能马上随着订单的增加而变化, 而是有一个延迟, 这主要是用于改变人员、设备等。在复杂的模型中, 需要对这些因素进行详细而周密的考虑。工厂实际调节生产的速度, 主要取决于当前的情况。所以, 延迟不会一直等于固定的生产调节时间, 在此把它当成一个指数过程。笔者用一个平均时间“生产调节时间”来表示从工厂期望生产值到实际工厂生产的延迟。在系统动力学仿真软件 VENSIM 中, 这种外生延迟功能被定义为信息延迟函数(SMOOTH)。需要指出的是, 现实生产中所采用的一些完善生产过程的手段是提高供应链管理水平的一个重要方面, 比如设计准时制生产方式用于完成产品生产等。为了研究方便, 假定生产过程不变, 不进行任何改进。

### 3.4 分销商订购

如果分销商直接向工厂订货, 而且分销商的销售是已知的图模型的一个外生变量, 那么分销商最简单的订购过程是直接订购所售出的商品。但是, 大多数分销商不可能每售出一件商品, 就马上进行订购, 而是根据一段时间内的平均销售情况进行订购。订购还需考虑未来的销售趋势, 尤其是最近的销售情况。比如, 商品的销售量前段时间一直节节上升, 那么分销商的订购量势必高于销售量, 反之亦然。笔者假定, 模型中分销商的订购等于平均销售水平。

模型中所指的平均过程, 在 VENSIM 中都称为指数信息延迟函数(SMOOTH)。由模型中的步骤 1 可知, 平均销售水平是通过平均销售时间内的指数一阶信息延迟函数计算出来的, 平均销售时间为一周。对于工厂生产, 也是采取指数一阶信息延迟函数的方式进行计算。需要说明的是, VENSIM 方程中的指数平均过程和指数延迟过程是相同的。但是, 在概念上, 两者还是有所差别。就延迟来说, 是指事件经过多长时间后发生。平均则是指变量在过去一段时间的均值。

### 3.5 测试输入

典型的分销商销售水平一般都是在销售平均值附近上下波动, 期间有一些季节性的变化和总体发展趋势, 可能是逐年上升。这样, 就需要完成一个复

杂的测试输入函数来描述真实的零售商销售水平。为了完成模型所需要决定的零售商销售水平,笔者采用了阶跃函数来描述分销商销售水平。阶跃函数  $\text{step}(p, q)$  表示输入从某个水平常量开始,一段时间内保持不变。在特定时段,突然变为另一个水平常量,并在余下的时段内维持不变。

阶跃函数  $\text{step}(p, q)$  用方程表示为:

$$\text{step}(p, q) = \begin{cases} 0, & \text{时间} < q \\ p, & \text{时间} \geq q \end{cases}$$

其中,  $p$  为阶跃幅度;  $q$  为  $\text{step}$  从零值阶跃变化到  $p$  值的时间。

根据模型 1 中的步骤 12 可知,前 10 周每周的测试输入值 100。10 周过后变为 120,并一直保持到仿真周期结束。虽然零售商实际销售中,很少出现这样的情形。但笔者采用阶跃函数作为测试输入函数主要和模型的目的有关。构造模型的主要目的在于研究分销商不同的订货策略对生产—分配系统的影响,提高和改进生产—分配系统。虽然现实中有多种不同的分销商销售情形,但采用特定情形简化处理,能更好地研究生产—分配系统的特征。显然,阶跃函数是一种理想的测试输入函数。结果表明,得出的生产—分配系统的特征与采用阶跃函数得出的结果非常相似。在系统工程中,经常采用阶跃函数来测试线性系统的特征<sup>[8,9]</sup>。而系统动力学一般是研究非线性系统,用阶跃函数输入来测试系统响应明显好于利用一个变量输入。系统对阶跃函数的输入响应,也能很好地反映出系统对于变量输入函数的响应<sup>[10]</sup>。

## 4 仿真结果及分析

### 4.1 分销商订货系统模型仿真结果

以湘潭某钢铁集团公司 2005 年生产的线材、棒材、厚板等几大类产品进行分析,这里只考虑两类品种规格的产品,以实际数据为基础进行仿真分析。主要产品为常用的建筑用钢 6 mm 线材和 25 mm 螺纹钢,如表 1、表 2 所示,采用 VENSIM 系统,依据流程图,通过 EQUATION EDITOR 输入方程和参数,进行模拟仿真分析,结果如图 4,图 5,图 6 所示。

表 1 2005 年 6 mm 线材产销量

Table 1 Production of 6 mm wire rod in 2005  $\times 10^4 \text{t}$

	一季度	二季度	三季度	四季度
预测销量	16.7	26.7	21.5	25.6
实际订单	16.5	26.1	21.2	26.1
实际产量	16.8	26.3	21.3	25.9

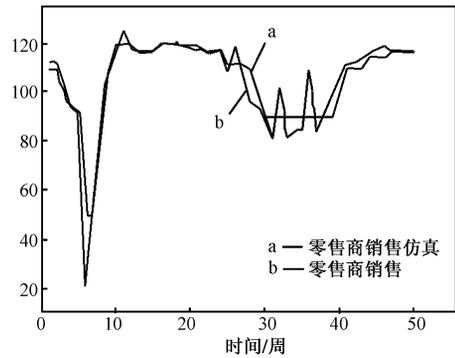


图 4 分销商销售与仿真

Fig. 4 Distributor sale and simulation

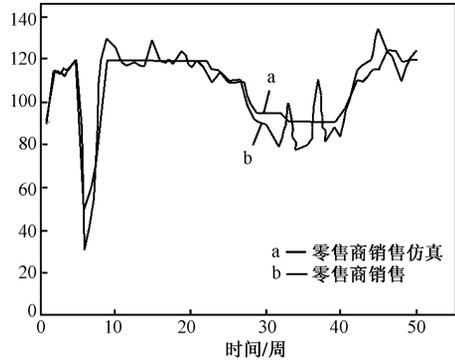


图 5 分销商订单与仿真

Fig. 5 Distributor order and simulation

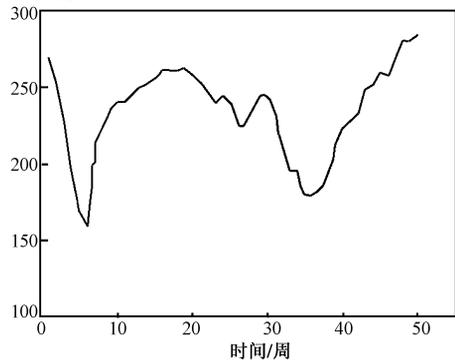


图 6 分销商库存仿真

Fig. 6 Distributor stock and simulation

表 2 2005 年 25 mm 螺纹钢产销量

Table 2 Production of 25 mm thread steel in 2005

	一季度	二季度	三季度	四季度
预测销量	16.9	31.9	21.9	27.7
实际订单	16.7	32.3	21.8	27.2
实际产量	16.2	31.4	22.3	28.6

### 4.2 分销商订货系统模型仿真分析

从图 4~图 6 模型的仿真结果图可以看出,节前销量由 110/周逐渐下降,即期订单在年初保持较

低水平,节后需交付订单增加较快。7月至9月受宏观调控的影响,整体销售和订单保持在较低水平,分销商库存先增加,然后下降,在存量消化后,在37周时较低水平。销售的变化在约1~2星期后能反映到订单的变化上。10月以后,销量和订单再次攀升,受预期影响,订单的增加有时大于即期销售的增加。由图4~图6可见,无论是实际销售还是订单,都处于振荡状态,采用仿真控制后,实际的销售和总订单经系统处理,运转出能较好满足生产系统、企业利润目标和顾客需求的较为稳定的仿真订单以控制企业流程,不断输入的最新数据以及销售仿真和库存仿真等数据不断地被平衡处理,使系统内部振荡减少。当然振荡完全消失是不可能的,需要针对振荡情形,尤其是零售商库存的变化,做出一些决策。比如,工厂生产下滑时并处于低水平稳定时,是否需要解雇工人;怎样消除工厂不规则的利润,使其平稳等。分销商销量上升,库存降低,储存成本减少,利润增加。特定情况下,分销商销量持续上升,这样平均销售水平将总是小于当前的分销商销量,订购的商品也不可能补充卖出的商品,最终分销商的库存将所剩无几。减少平均销售时间可以缓和这种情况,但不能从根本上解决。即使每售出一样商品就马上订购,由于工厂生产等原因也会有滞后。

## 5 结语

在简单生产一分配系统模型基础上建立了分销

商订货模型,采用了阶跃函数描述了复杂变化的分销商销售状况,结果表明,得出的生产一分配系统的特征与采用阶跃函数得出的结果非常相似。通过VENSIM建模与仿真分析,找出了零售商销售一订单一库存的相互关系,为分销商的订货提供方法指导。

## 参考文献

- [1] 张力波. 供应链管理的系统动力学研究综述[J]. 系统工程, 2004, (6): 45-47
- [2] 孙东川. 系统动力学建模与回归分析在现代物流业中的组合应用[J]. 太原理工大学学报, 2005, (1): 23-26
- [3] Maria Caridi, Sergio Cavalieri, Giorgio Diazzi, et al. Assessing the impact of procurement strategies through the use of business process modeling and simulation techniques [J]. Production Planning and Control, 2004, 15(7): 647-661
- [4] Delvin A Grant. Using existing modeling techniques for manufacturing process reengineering [J]. A Case Study Computers in Industry, 1999, (40): 37-49
- [5] Laiand V S, Mahapatra R K. Business process re-engineering with the information systems department [J]. Taylor and Francis Ltd, 2004, 42(12): 2357-2382
- [6] 王其藩. 系统动力学理论与方法的新进展[J]. 系统工程理论方法应用, 2005, (6): 15-19
- [7] 杨宇航. KSIM 系统动力学仿真方法应用分析[J]. 系统工程理论方法应用, 2001, (12): 35-37
- [8] 张剑芳. 系统动力学在物流系统中的运用[J]. 物流技术, 2004, (5): 42-45
- [9] 尤安军, 庄玉良. 系统动力学在物流系统分析中的应用研究[J]. 物流技术, 2004, (4): 12-15
- [10] 邢中芳, 陈善早, 谢军. 系统动力学模型及其应用[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2000, (8): 35-36

# Study on modeling and emulation of VENSIM for ordering system in steel enterprises

Zou Anquan<sup>1,2</sup>, Yu Qi<sup>2</sup>, Qin Zhongchi<sup>1</sup>, Yang Fang<sup>1</sup>, Dai Enyong<sup>1</sup>

(1. School of Business Administration, Changsha University, Changsha 411100, China; 2. Department of Industrial Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China)

**[Abstract]** Ordering models are essential for most corporations, which are used to arrange the industrial production by the marketing situation. In the most supply chain enterprises, production is organized according to its sale, the ordering model of enterprises is especially important. In the case of retail ordering in steel enterprises, system dynamics is used to analyze the model of retail ordering system, and simulation analysis is aimed at its realism, then the retail ordering tactic in steel enterprises is proposed.

**[Key words]** ordering model; modeling and simulation; steel enterprise