

在供应链决策中的多阶生产规划支持模式研究

邵志芳, 刘仲英

(同济大学经济与管理学院, 上海 200092)

摘要:以液晶显示器(TFT-LCD)制造业为例,对供应链中多阶生产规划问题进行了研究。运用混合整数线性规划,以企业整体获利最大为目标,考虑材料成本随时间的变化以及库存对资金的占用和市场需求量、需求价格的变动,对工厂生产做出安排,给出不同时段库存状态,由此开发 TFT-LCD 产业多阶生产规划决策支持系统,为生产安排提供决策依据。通过在 TFT-LCD 厂的应用,证明了该系统的实用性。

关键词:生产规划;供应链;决策支持系统;优化

Research on Decision Support Models for Multi-stage Production Planning in Supply Chain

SHAO Zhifang, LIU Zhongying

(College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092)

【Abstract】 Take TFT-LCD industry as an example, the multi-stage production planning in supply chain is studied in this paper. The mixed integer programming model for production planning considers the material cost in different time and the inventory cost, supposes that the market requirement and price forecast for each production are given, the maximum profit and the production plan for each factory will be obtained. Besides, a decision support system is exploited here. With the system, some what-if analysis can be done conveniently.

【Key words】 Production planning; Supply chain; Decision support system; Optimization

1 概述

生产规划是整个生产管理的开端,其规划结果会影响企业内部制造、配送、销售与存货等功能。如今规划已经由单一企业、单一厂区的规划方式演变为供应链上各重要节点的协同规划方式。

目前生产规划方面的研究不但数量繁多而且在持续增长,但大多为探讨单一厂区特定问题或为单纯的单一企业多厂区生产问题^[1-6]。而在供应链网络上多阶生产环境下的研究相对较少。相关研究包括:

(1)1999年,Carlo Vercellis^[7]利用线性规划方式解决具相同生产流程的多厂生产规划,考虑设置时间及成本,求出最小生产批量,以满足订单需求。

(2)2000年, Timpe和Kallrath^[8]利用混合整数线性规划建立模型,探讨在供应链体系中包括物料的取得、运送、生产、库存与分配市场的多阶生产规划模型,求得最佳解。

(3)2001年, Jayaraman V和 Pirkul H^[9]利用多阶层生产模式方式整合协调多厂间生产规划。

在整合生产厂区产能及大型零售商的产能限制下,规划多阶生产模式、建立混和整数线性规划模型。在考虑变动成本与固定成本总成本最小的情况下,取得混合式分配生产的多阶生产规划模式。

液晶显示器(Thin Film Transistor-liquid Crystal Display, TFT-LCD)制造业是资金密集、技术密集的新兴高科技产业,在国民经济发展中占据重要地位。供应链上下游产业形态不同,生产规划方式和重点亦不同,需求存在明显的淡旺季特征,针对其特点对供应链协同生产规划进行专门研究的文献鲜有报道。为了达到企业全年整体获利最大的目标,对其上

下游制程进行综合生产规划具有重要的现实意义。

2 TFT-LCD 产业特性及生产形态

TFT-LCD生产过程主要分为3个制程:列阵制程(Array),组立制程(Cell),模组组装制程(Module)。列阵制程类似于半导体晶圆制造过程,经过曝光、显影、蚀刻等一系列物理和化学变化,在玻璃基板上刻出满足要求的电路,生产过程存在多重入(re-entrant)特征;组立制程是将刻好电路的基板(TFT)与彩色滤光片压合,中间灌入液晶,成为液晶显示器面板(LCD);模组组装制程将液晶显示器面板加上背光模组和导光板等零组件,成为液晶显示器模组(LCM)。完成上述制程的 LCM 最后在液晶显示器组装厂(Monitor)根据客户外观要求组装成用户使用的液晶显示器。由于制程特性不同,因此列阵、组立和模组组装以及显示器组装厂为不同的厂区。列阵厂和组立厂因为设备昂贵,主要是产能为主要的生产环境,生产成本低,强调的是资源利用率,且生产前置时间较长,因此一般采用计划式生产,将存货堆积点置于模组组装制程前,可获得较佳的生产效益。为了确保机台的高使用率,其规划不考虑客户需求,为推式(Push)生产规划。模组组装厂一方面需要根据客户指定的零组件组装出满足客户要求的产品,另一方面,会根据预测安排一部分库存生产,以应对旺季需求,其生产规划为推拉结合式的生产规划。处于供应链末端的显示器组装厂(Monitor)则完全是依据客户订单进行生

基金项目:中国博士后基金资助项目(20060400677)

作者简介:邵志芳(1975-),女,博士后,主研方向:系统建模,仿真,智能算法,高级规划与排程系统;刘仲英,教授、博导

收稿日期:2006-09-22 **E-mail:** szhifang@yahoo.com.cn

产,属于拉式(Pull)生产规划,见图1。

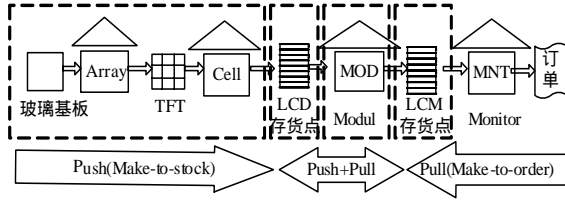


图1 TFT-LCD 产业形态

TFT-LCD 厂犹如小型的上下游供应链体系,在进行规划时具有上下游同步规划的特性,且为资本密集型产业,其生产规划需考虑满足市场需求的前提下,受限于各厂不同的产能,同步协调各厂的生产计划,以提升各厂产能利用率,达成各厂及整体的产能目标。本文以此为出发点,构造最优生产规划模型并开发决策支持系统,以达到整体获利最大为目标,为 TFT-LCD 各厂的生产规划提供决策依据。

3 FT-LCD 产业生产规划模型

LCD 的需求存在明显的淡季特征,列阵厂和组立厂设备投资昂贵,TFT-LCD 产业供应链上游厂一般会有备库存的生产,以合理利用全年的产能,并最大满足全年的市场需求。本模型考虑不同时间的材料成本以及库存对资金的占用和市场需求量、需求价格的变动,以企业整体获利最大为目标,对各厂生产进行规划。

3.1 基本假设

(1)不考虑订单预测问题,预测区间内的市场价格和需求量已知;

(2)一张订单只有一种产品;

(3)各工厂有最大产能限制及最小开工条件限制;

(4)所有成本皆为已知或事先估计可得,生产成本包括:

1)变动成本:各厂各种产品所增加的变动成本,如材料、人工费用等。

2)固定成本:除变动成本外分摊到每天的固定费用,包括设备的折旧、维持和管理费用、厂房建设费用等。

存货持有成本计算存货的储存成本和资金占用的成本。

3.2 符号说明

(1)标注:

i :工厂编号, $i=1,2,3,4$;

j :产品种类编号, $j=1,2,3,\dots,N$;

t :时间编号,指某一天, $t=0,1,2,\dots,T_S$;

s :时间编号,指某一天, $s=0,1,2,3,\dots,t$ 。

(2)输入参数

Q_{\max} :工厂 i 的最大产能;

Q_{\min} :工厂 i 所要求的最小开工产能;

L_i :工厂 i 的生产提前期;

T :预测期;

$d_j(T)$:第 j 种产品在预测期的市场需求情况;

$p_j(T)$:第 j 种产品在预测期的市场价格情况;

C_i :工厂 i 的固定成本;

$c_{ij}(t)$:在工厂 i ,产品 j 在时间 t 的变动成本;

$h_{ij}(t)$:在工厂 i ,存货 j 在时间 t 的存货持有成本率;

$p_j(T)$:产品 j 在 T 时间的市场价格;

W_i : i 厂的仓库容量;

r_{ij} :产品 j 在工厂 i 的良率;

ROI:资金投资回报率。

(3)决策变量与目标值

$q_{ij}(t)$:在工厂 i ,产品 j 在时间 t 的生产量;

π :企业整体获利。

3.3 目标函数

已知时间 T 内各种产品的市场需求量和价格,列阵、组立、模组组装和显示器各厂的生产提前期分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 (见图2)。

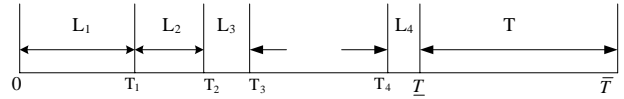


图2 各厂生产时间序

以企业整体获利最大为目标,以满足预测区间内各产品需求的生产安排为决策变量,目标函数如下:

$$\begin{aligned} \text{MAX } \pi = & \sum_{j=1}^N \left(\sum_{t=\bar{T}}^{\bar{T}} d_j(t) p_j + \sum_{t=L_4+L_2+L_3}^{\bar{T}-L_4} q_{3j}(t) r_{3j}(t) (1-R_{3j}(t)) p_{3j} \right) \\ & - \sum_{j=1}^N \sum_{t=\bar{T}}^{\bar{T}} q_{4j}(t) c_{4j}(t) \\ & - \sum_{j=1}^N \left(\sum_{t=L_4+L_2+L_3}^{\bar{T}-L_4} \left(\sum_{s=L_4+L_2}^t q_{3j}(s) r_{3j}(s) R_{3j}(t) - \sum_{s=\bar{T}-L_4}^t q_{4j}(s+L_4) \right) h_{3j}(t) + q_{3j}(t) c_{3j}(t) \right) \\ & - \sum_{j=1}^N \left(\sum_{t=L_4+L_2}^{\bar{T}-L_4-L_3} \left(\sum_{s=L_4+L_2}^t q_{2j}(s) r_{2j}(s) - \sum_{s=L_4+L_2}^t q_{3j}(s+L_3) \right) h_{2j}(t) + q_{2j}(t) c_{2j}(t) \right) \\ & - \sum_{j=1}^N \sum_{t=L_4}^{\bar{T}-L_4-L_3-L_2} q_{1j}(t) (c_{1j}(t) + c_{0j}(t)) \\ & - \left(\sum_{t=\bar{T}-L_4}^{\bar{T}} C_4(t) + \sum_{t=L_4+L_2}^{\bar{T}-L_4} C_3(t) + \sum_{t=L_4}^{\bar{T}-L_4-L_3} C_2(t) + \sum_{t=0}^{\bar{T}-L_4-L_3-L_2} C_1(t) \right) \end{aligned}$$

其中, π 为企业获得的整体利润; $P_j(d)$ 为产品 j 需求量为 d 的概率。

3.4 约束条件

(1)仓库约束

对 $\forall t$ 均有

$$\sum_{j=1}^N \sum_{t=L_4+L_2}^{\bar{T}-L_4-L_3} \left(\sum_{s=L_4+L_2}^t q_{2j}(s) r_{2j}(s) - \sum_{s=L_4+L_2}^t q_{3j}(s+L_3) \right) \leq W_2 \quad (1)$$

如式(1)表示,对于组立厂之后的存货点,从开始生产到 T 时间内,组立厂生产总量与当前出货量之差小于或等于该段库存容量 W_2 。该式保证库存量不会超出仓容限制。

$$\sum_{j=1}^N \sum_{t=L_4+L_2}^{\bar{T}-L_4-L_3} \left(\sum_{s=L_4+L_2}^t q_{3j}(s) r_{3j}(s) - \sum_{s=\bar{T}-L_4}^t q_{4j}(s+L_4) \right) \leq W_3 \quad (2)$$

如式(2)表示,对于模组厂之后的存货点,从开始生产到 T 时间内,模组厂生产总量与当前出货量之差小于或等于该段库存容量 W_3 。该式保证库存量不会超出仓容限制。

(2)产能约束

对 $\forall i$ 均有

$$Q_{\min}(t) \leq \sum_{j=1}^N q_{ij}(t) \leq Q_{\max}(t), i=1,2,3,4 \quad (3)$$

如式(3)表示,各厂生产量必须大于该厂的最小开工限制量,小于该厂最大产能。该式一方面保证降低开工损失,另

一方面保证生产安排在产能范围内。

(3)各厂之间的供货比例关系

对 $\forall i, j, t$ 均有

$$\sum_{t=L_1+L_2}^{\bar{T}-L_4} \left(\sum_{s=L_1+L_2}^t q_{2j}(s)r_{2j}(t) - \sum_{s=L_1+L_2}^t q_{3j}(s+L_3) \right) \geq 0 \quad (4)$$

式(4)保证组立厂的生产量大于该段时间内对模组厂的出货量，即组立厂有备库存的生产。

$$\sum_{t=L_1+L_2+L_3}^{\bar{T}-L_4} \left(\sum_{s=L_1+L_2+L_3}^t q_{3j}(s)r_{3j}(t)R_{3j}(t) - \sum_{s=L_1+L_2+L_3}^t q_{4j}(s+L_4) \right) \geq 0 \quad (5)$$

式(5)保证模组厂的生产量大于显示器组装厂的需求量，即模组厂在该段时间内有备库存的生产。

$$q_{1j}(t)r_{1j}(t) = q_{2j}(t+L_2) \quad 0 \leq t \leq \bar{T}-L_4-L_3-L_2-L_1 \quad (6)$$

$$\sum_{t=L_1+L_2}^{\bar{T}-L_4-L_3} q_{2j}(t)r_{2j}(t) = \sum_{t=L_1+L_2+L_3}^{\bar{T}-L_4} q_{3j}(t) \quad L_1 \leq t \leq \bar{T}-L_4-L_3-L_2 \quad (7)$$

$$\sum_{t=L_1+L_2+L_3}^{\bar{T}-L_4} q_{3j}(t)r_{3j}(t)R_{3j}(t) = \sum_{t=L_1+L_2+L_3}^{\bar{T}} q_{4j}(t) \quad L_1+L_2 \leq t \leq \bar{T}-L_4-L_3 \quad (8)$$

$$q_{4j}(t)r_{4j}(t) = d_j(t) \quad L_1+L_2+L_3 \leq t \leq \bar{T}-L_4 \quad (9)$$

式(6)、式(9)用来保证列阵厂和显示器组装厂为 JIT 生产，生产量等于需求量。式(7)、式(8)保证组立厂和模组厂前期库存存在后期全部被吸收掉，即全年生产处于产销平衡状态。

(4)时间约束

$$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \leq T < \bar{T} \quad (10)$$

式(10)保证全部生产安排可在计划时间内实现且满足预测期的时间要求。

(5)企业周转资金限制

$$\sum_{j=1}^5 CV_j + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 (CS_{ij} * X_{ij} * (d - L_{ij})) \leq I \quad (11)$$

式(11)保证生产和库存占用资金小于、等于企业周转资金总额。

4 决策支持系统

4.1 系统界面

为提高模型的通用性和灵活性，使模型能对材料价格、市场需求等变化作出快速反应，利用 Delphi7.0 开发生产规划决策支持系统。系统输入数据部分(建立用户定义数据库进行所需数据的存储和维护)包括某段时期市场对各种产品的需求量、需求价格、各厂各种产品的原材料价格、固定成本、生产提前期、库存成本等。输出数据包括各厂生产规划、库存状态、企业最大利润。

4.2 数据分析

计算得到的各厂生产安排及库存状态可根据需要选择以表格或图形的形式输出。例如：已知 8-12 月某公司市场对 15"、17"、19" 产品的市场需求量如图 3，以该公司数据为参考，运行模型得到的各厂生产安排如图 4~图 6，该生产规划下企业获利比原生产安排(根据产能平均安排每月各产品的生产量)实际获利增长了 8.3%。

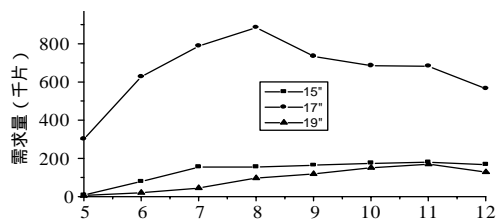


图 3 8-12 月市场对各产品的需求量

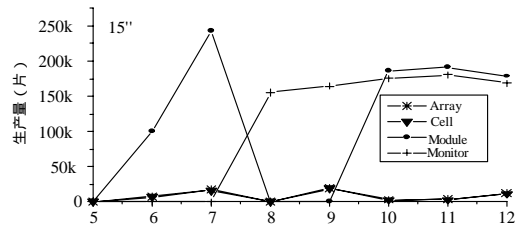


图 4 15" 产品生产规划

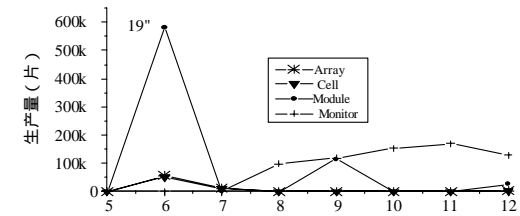


图 5 19" 产品生产规划

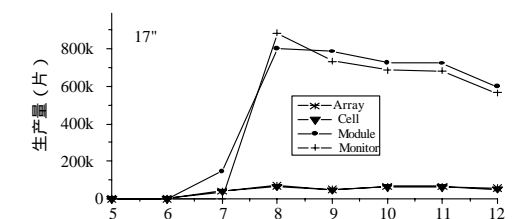


图 6 17" 产品生产规划

4.3 What-if 模拟分析

该系统可通过对不同参数的修改进行 What-if 模拟分析，如市场需求发生变化后各厂生产计划应如何改变，某种材料的价格发生变化后对利润的影响等。

5 结论

TFT-LCD 产业是资金与技术密集型产业，供应链后段为 JIT 式客制化生产，由于市场需求的特性，因此全年的需求量有较大变化。供应链前段制程考虑昂贵的设备和厂房投资，一般在需求淡季会备库存生产，从而提高设备的利用率，最大可能地满足旺季时的市场需求量。本文基于以上事实，以各厂整体获利最大为目标，建立 TFT-LCD 企业生产规划模型，开发决策支持系统，为各厂在不同时间的生产安排提供决策依据。通过对该产业某公司的历史数据的分析，证明了模型的实用性。该系统对 TFT-LCD 企业能够制定获利最大的生产规划，具有重要的现实意义，该方法对其他企业制定合理生产规划也具有一定的指导意义。

参考文献

- 1 Park M. W, Kim Y D. A Branch and Bound Algorithm for a Production Scheduling Problem in an Assembly System Under Due Date Constraints[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 123(3): 504-518.
- 3 Chen J C, Fan Y C, Wang J Y, et al. Capacity Planning for a Twin Fab.[C]//Proceedings of Semiconductor Manufacturing Conference, IEEE Internal Symposium. 1999: 317-320.
- 3 Sauer J, Suelmann G, Appelrath H J. Multi-site Scheduling with Fuzzy Concepts[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 1998, 19(1): 145-160.
- 4 Thierry C, Besnard P, Ghatas D, et al. Multi-site Planning: Non Flexible Production Units and Set-up Time Treatment[C]//Proc. of Emerging Technologies and Factory Automation. 1995.

(下转第 6 页)