



第4章 综合生产计划

4.1 需求预测

4.2 生产能力与能力计划

4.3 综合生产计划

4.4 主生产计划制定

电子教案

案例分析

课后习题

4.1 需求预测

- 需求预测定性方法
- 需求预测定量方法
- 预测误差及监控
- 预测方法选择

■需求预测定性方法

1. 德尔菲法

它以预先选定的专家作为征询意见的对象，预测小组以匿名的方式给各位专家发放调查问卷，函询征求专家的意见，然后将收集到的专家意见汇总整理，在参考反馈意见的基础上，预测小组重新设计出新的调查问卷，再对每个专家进行调查，专家可以根据多次反馈的信息做出判断。如此多次反复，专家的意见逐步趋于一致，即得出预测结果。

■需求预测定性方法

德尔菲法预测的步骤如下：(1) 设计调查问卷；(2) 选择调查专家；(3) 征询专家意见；(4) 综合归纳分析结果，再反复进行调查；(5) 提出预测结论。

德尔菲法的特点：(1) 匿名性。(2) 反馈性。(3) 统计性。

■需求预测定性方法

德尔菲法应用的原则：（1）问题要集中。

（2）不能将调查小组的意见强加专家，防止诱导。（3）避免组合事件。（4）考虑可能的偏差。

德尔菲法通常用于采集数据成本太高或不便于进行技术分析时采用，适用于长期趋势和对新产品的预测。

■需求预测定性方法

2. 用户调查法

用户调查法是通过信函、电话或访问的方式对现实的或潜在的顾客购买意图进行调查，得到需求的预测结果。

■需求预测定性方法

这种方法的优点是:(1) 预测直接来源于顾客购买意图, 较好地反映了市场需求情况; (2) 可以获得丰富的信息, 如顾客对产品优缺点的看法, 这有利于企业改善产品, 有利于开发新产品和有针对性地开展促销活动。

■需求预测定性方法

这种方法的缺点是:(1) 在调查中顾客有时不配合调查, 影响调查结果的准确性; (2) 顾客购买意图容易随着一些新的情况 (如办展销会) 出现而发生变化; (3) 调查时需耗费较多的人力和时间。一般使用这种方法对新产品或缺乏销售记录的产品需求进行预测。

■需求预测定性方法

3.部门主管讨论法

部门主管讨论法是一些高层管理人员，如营销部门、生产运作部门、财务部门等管理人员，聚集在一起进行集体讨论，对产品需求作出预测。

■需求预测定性方法

这种方法的优点是：（1）预测简单、经济易行；（2）不需要准备和统计历史资料；（3）汇集了各主管的丰富经验与聪明才智；（4）如果市场情况发生变化，可以立即进行修正。

不足之处是：（1）个别人（权威）的观点可能左右其他人发表意见；（2）预测的责任分散，会导致管理者发表的意见过于草率。这种方法常用于制定长期规划以及开发新产品预测。

■需求预测定性方法

4. 销售人员集中法

销售人员集中法是根据每个销售人员对需求预测的情况进行综合得出预测结果。

■需求预测定量方法

因果关系模型：回归预测法

时间序列模型：移动平均、加权移动平均和指数平滑法

■需求预测定量方法

1. 一元线性回归法

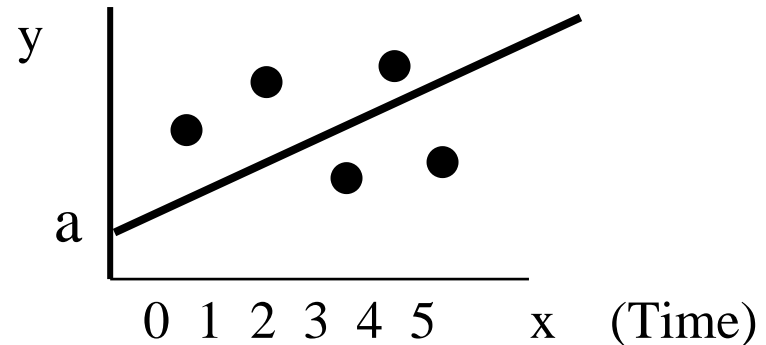
设X、Y两变量满足趋势变动直线方程： $y=a+bX$

举例

简单线性回归模型

Simple Linear Regression Model

寻找通过散点的拟合曲线



$$y_t = a + bx$$

线性回归直线

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n(\bar{y})(\bar{x})}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

Simple Linear Regression Model

Question: 已知下列数据, 可以使用简单的线性回归模型预测销售量吗?

Week	Sales
1	150
2	157
3	162
4	166
5	177

Simple Linear Regression Model

Week	Week*Week	Sales	Week*Sales
1	1	150	150
2	4	157	314
3	9	162	486
4	16	166	664
5	25	177	885
3	55	162.4	2499
Average	Sum	Average	Sum

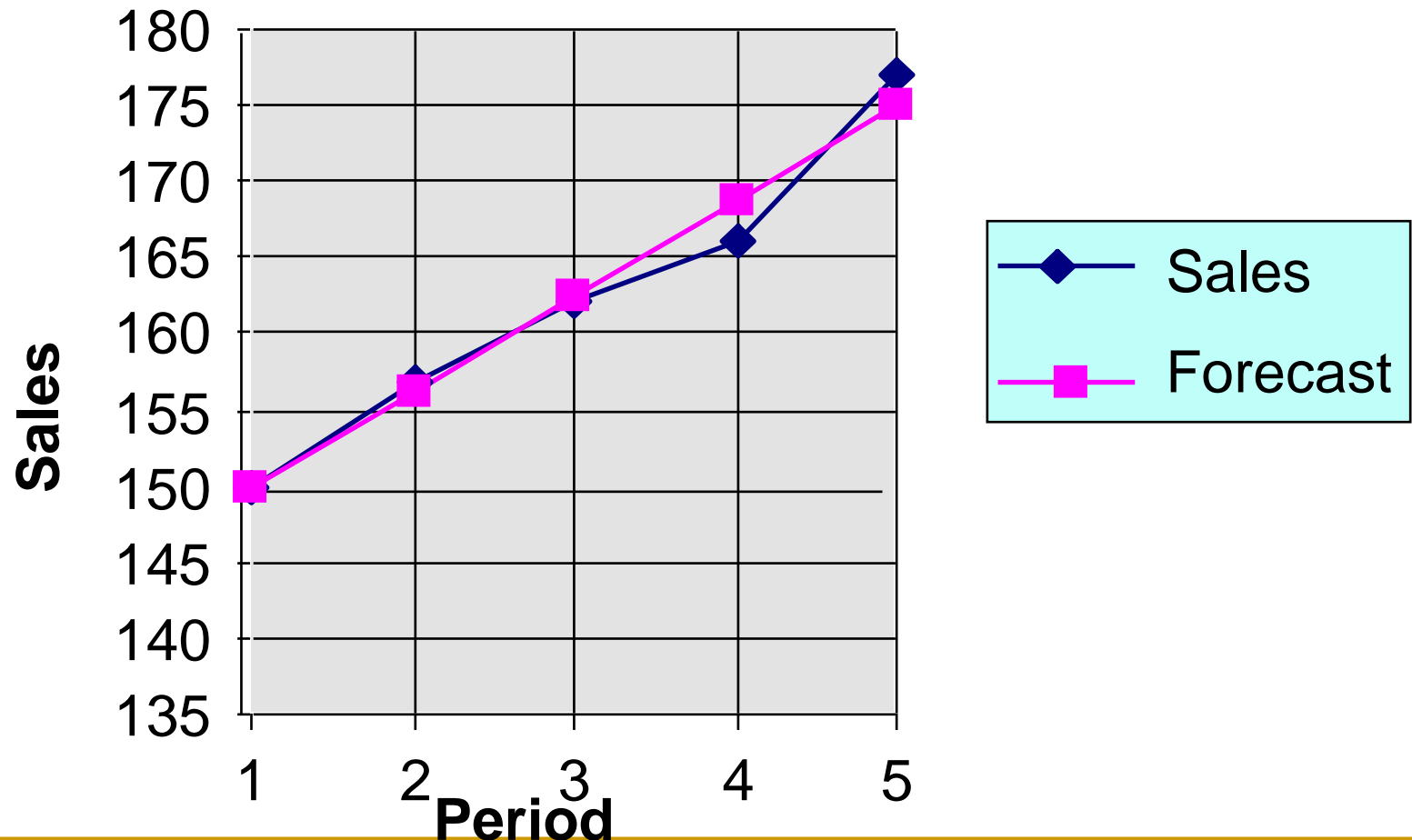
$$b = \frac{\sum xy - n(\bar{y})(\bar{x})}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} = \frac{2499 - 5(162.4)(3)}{55 - 5(9)} = \frac{63}{10} = \mathbf{6.3}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 162.4 - (6.3)(3) = \mathbf{143.5}$$

回归直线:

$$y_t = 143.5 + 6.3x$$

实际销售曲线、用于预测的回归直线如下图:



▪需求预测定量方法

2. 移动平均法

时间序列，其一次移动平均数计算公式为

$$M_t^{(1)} = M_{t-1}^{(1)} + \frac{x_t - x_{t-N}}{N}$$

或

$$M_t^{(1)} = \frac{x_t + x_{t-1} + \cdots + x_{t-N+1}}{N}$$

x_t ——第t时期的时间序列值

$M_t^{(1)}$ ——第t时期的时序数据的一次移动平均数

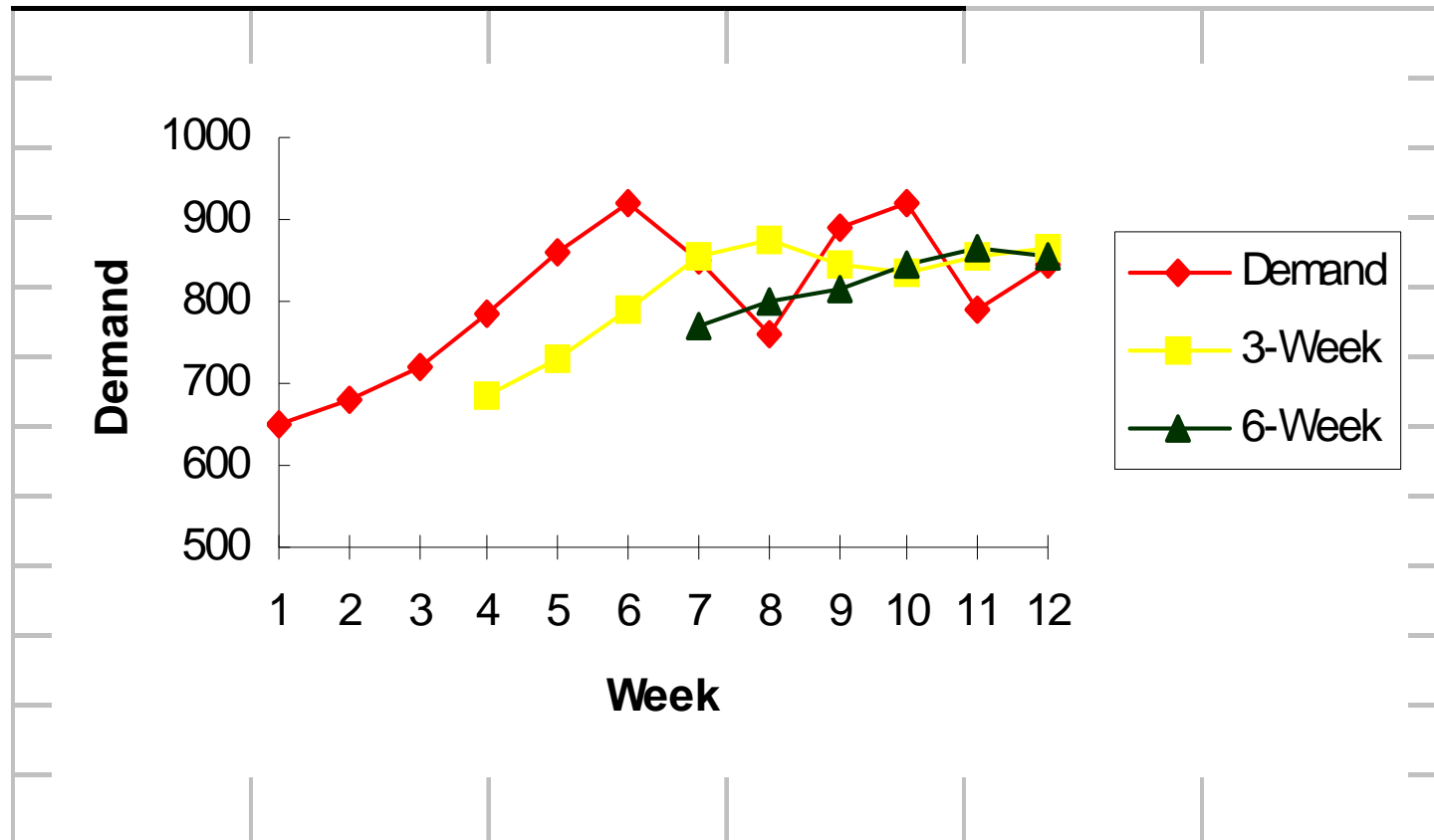
N ——每一时段的时序数据数目

简单移动平均

Week	Actual	3-Week MA	6-Week MA
1	650	$(650+678+720)/3$ $=682.67$	$(650+678+720$ $+785+859+920)/6$ $=768.67$
2	678		
3	720		
4	785	682.67	
5	859	727.67	
6	920	788.00	
7	850	854.67	768.67
8	758	876.33	802.00
9	892	842.67	815.33
10	920	833.33	844.00
11	789	856.67	866.50
12	844	867.00	854.83

Simple Moving Average

简单移动平均



■需求预测定量方法

应用：长期趋势的预测。

优点：便于计算，易于理解。

缺点：移动平均时没有考虑不同时期对近期预测的影响程度不同。

■需求预测定量方法

加权移动平均数法： 对各期时序数据给以不同的权数。

一次加权移动平均数为

$$M_t^{(1)} = \frac{C_1x_t + C_2x_{t-1} + \cdots + C_Nx_{t-N+1}}{N}$$

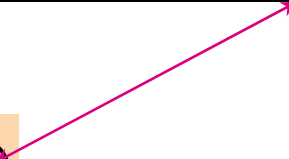
加权系数满足下式

$$C_1 + C_2 + \cdots + C_N = N$$

Weighted Moving Average

加权移动平均

Week	Actual	Forecast
1	650	
2	678	
3	720	
4		693.4

$$F_4 = 0.5(720) + 0.3(678) + 0.2(650)$$


■需求预测定量方法

3. 指数平滑法

一次指数平滑法计算公式为

$$S_t^{(1)} = \alpha x_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{(1)}$$

式中 $S_t^{(1)}$ —— 第t期的一次指数平滑数值

α —— 加权系数

x_t —— 第t时期的数据

Exponential Smoothing

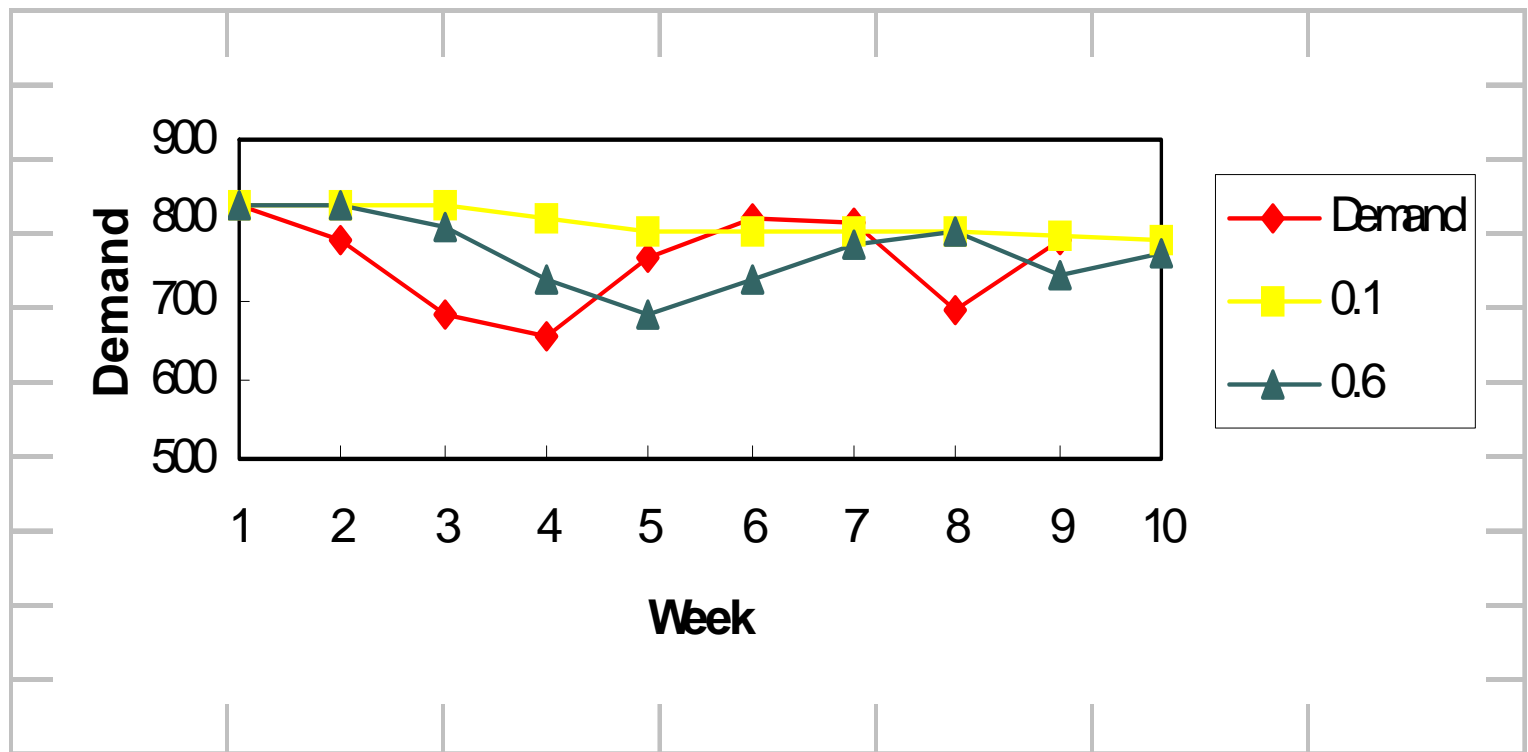
指数平滑

根据下表给出的1—11月份某商品需求量的观察值，分别取 $\alpha = 0.1$ 、 0.5 、 0.9 ，预测12月份的需求量，并进行误差比较。

月份	时期	需求的观察值	指数平滑值		
			$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.9$
1月	1	2000			
2月	2	1350	2000	2000	2000
3月	3	1950	1935	1675	1415
4月	4	1975	1937	1813	1897
5月	5	3100	1940	1894	1967
6月	6	1750	2056	2497	2987
7月	7	1550	2026	2123	1974
8月	8	1300	1978	1837	1582
9月	9	2200	1910	1568	1328
10月	10	2775	1939	1884	2113
11月	11	2350	2023	2330	2709
12月	12		2056	2340	2386

Effect of α on Forecast

α 对预测的影响



■ 预测误差及监控

➤ 预测误差是指在给定的时间间隔内实际值与预测值之间的差异，反映预测精度。

➤ 评价方法：

平均误差和平均绝对误差

平均相对误差和平均相对误差绝对值

预测误差的方差和标准差

■ 预测方法选择

选择预测方法时应该考虑成本、精确度、数据的可获性、时间跨度、产品和服务的性质、脉冲响应和抗干扰能力。

Forecast Errors

预测误差

误差来源

- 偏移误差：来源于变量有误、变量间关系定义错误、趋势曲线不正确、季节性需求偏离正常轨道、存在某些未知趋势；
- 随机误差：无法由现有预测模型解释的误差项。

误差测量

$$\text{平均绝对误差 (MAD)} = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

4.2 生产能力与能力计划

- 生产能力概念与种类
- 影响生产能力的因素
- 生产能力核算
- 生产能力计划

■ 生产能力概念与种类

- 企业生产能力从广义上讲，是指设备能力、人员能力和管理能力的总和。
- 生产能力可定义为企业在一定的生产组织技术条件下，在一定时期内（年或月），直接参与生产过程中的生产性固定资产（机器设备、厂房和其他生产性建筑物）所能生产的一定种类和一定质量产品的最高数量，或者所能加工处理一定原材料的最大数量。
- 种类：设计能力、查定生产能力、计划能力

■影响生产能力的因素

- 从广义的生产能力角度，影响生产能力的因素包括产品与服务因素、设施因素、工艺因素、人力因素、运行因素以及生产系统的外部因素（如供应链）。

■ 生产能力核算

当设备生产一种产品时，单台设备生产能力为

$$M = \frac{F}{t}$$

式中：M——设备的生产能力，单位为件或台；

F——单台设备计划期（年）有效工作时间（在制度工作时间内扣除设备修理、停歇时间后的工作时间），单位为小时；

t——单位产品的台时定额，单位为（时 / 件或时/台）

■ 生产能力核算

设备组生产能力为

$$M = \frac{F \times S}{t}$$

式中：S——设备组的设备数，单位为台。

■ 生产能力核算

对于生产多种产品的设备或设备组，生产能力采用代表产品法或假定产品法。

(1) 代表产品法。

具体步骤：

第一步，计算以代表产品表示的设备组生产能力 $M_{代}$ 。

$$M_{代} = \frac{F \times S}{t_{代}}$$

式中 $t_{代}$ 为代表产品的台时定额。

■ 生产能力核算

第二步，将各种产品计划产量换算成以代表产品表示的总产量 $Q_{\text{总}}$ 。

$$Q_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n Q_i K_i$$

式中： $Q_{\text{总}}$ ——以代表产品表示的计划总产量，单位为台或件；

Q_i ——第*i*种产品的计划产量，单位同上；

K_i ——第*i*种产品的台时定额与代表产品的台时定额之比。

■ 生产能力核算

第三步，计算具体产品的生产能力。

$$M_i = M_{\text{代}} \times Q_i / Q_{\text{总}}$$

式中： M_i ——第*i*种产品的生产能力，单位为台或件。

■ 生产能力核算

(2) 假定产品法。

步骤：

第一步，计算假定产品的台时定额 $t_{\text{假}}$

$$t_{\text{假}} = \sum_{i=1}^n t_i \times \frac{Q_i}{\sum Q_i}$$

第二步，计算以假定产品表示的能力。

$$M_{\text{假}} = \frac{F \cdot S}{t_{\text{假}}}$$

■ 生产能力核算

(2) 假定产品法。

步骤：

第三步，计算具体产品的生产能力。

$$M_i = M_{\text{假}} \cdot \frac{Q_i}{\sum Q}$$

举例：两种方法比较

■ 生产能力计划

生产能力计划制定的步骤为：

(1) 根据需求预测的结果，计算未来能力需求情况。

计划期所需设备台(人)时 = Σ 计划期所生产的产品或提供的服务数量 \times 单位产品或服务的台（人）时定额 + 产品或服务的生产准备时间

(2) 核算现有生产能力与预测能力需求之间的差距。

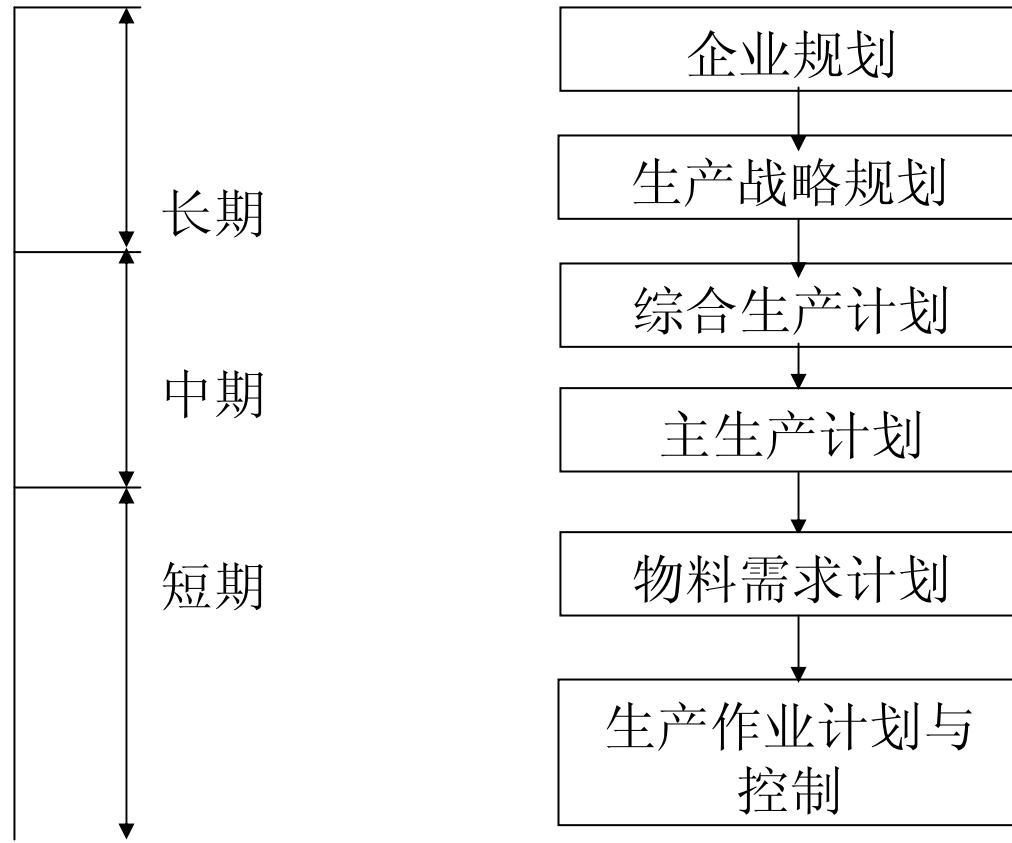
(3) 制定生产能力计划方案。

(4) 计划方案的评价。

4.3 综合生产计划

- 生产计划体系
- 综合计划编制程序
- 制定综合生产计划的方法
- 服务业综合计划的特点

■ 生产计划体系



■ 综合计划编制程序

• 编制程序：

- (1) 确定计划期内的市场需求。
- (2) 在预期生产能力约束下，考虑生产系统其他约束，拟订初步计划方案。
- (3) 比较不同计划方案的成本，选择一个成本最低的计划方案。

滚动计划方法

(1) 整个计划期分为几个时间段，第一个时间段的计划为执行计划，后几个为预计计划。

(2) 执行计划较具体，要求按计划实施。预计计划比较粗略。

(3) 一个时间段后，根据执行计划对原来的预计计划进行调整和修改，原预计计划中第一个时间段的计划就成了执行计划。

滚动式综合计划

企业长期滚动式计划

	实行计划		预计计划		
1月	2月	3月	4月	5月	6月
2月	3月	4月	5月	6月	7月
3月	4月	5月	6月	7月	8月

■制定综合生产计划的方法

综合生产计划制定的方法有经验法、试算法、线性规划法和计算机仿真等方法。

经验法：根据过去的统计分析资料确定生产计划。

试算法：通过计算不同生产计划的成本来选择方案。

■ 服务业综合计划的特点

1. 计划中服务能力与需求相匹配很重要。
2. 服务需求难以预测。
3. 服务能力难以测量。

4.4 主生产计划制定

- 从综合生产计划到主生产计划
 - 提前期
 - 时界
 - 主生产计划的制定程序
 - 制定主生产计划的基本模型
 - 主生产计划的约束条件
-

■从综合生产计划到主生产计划

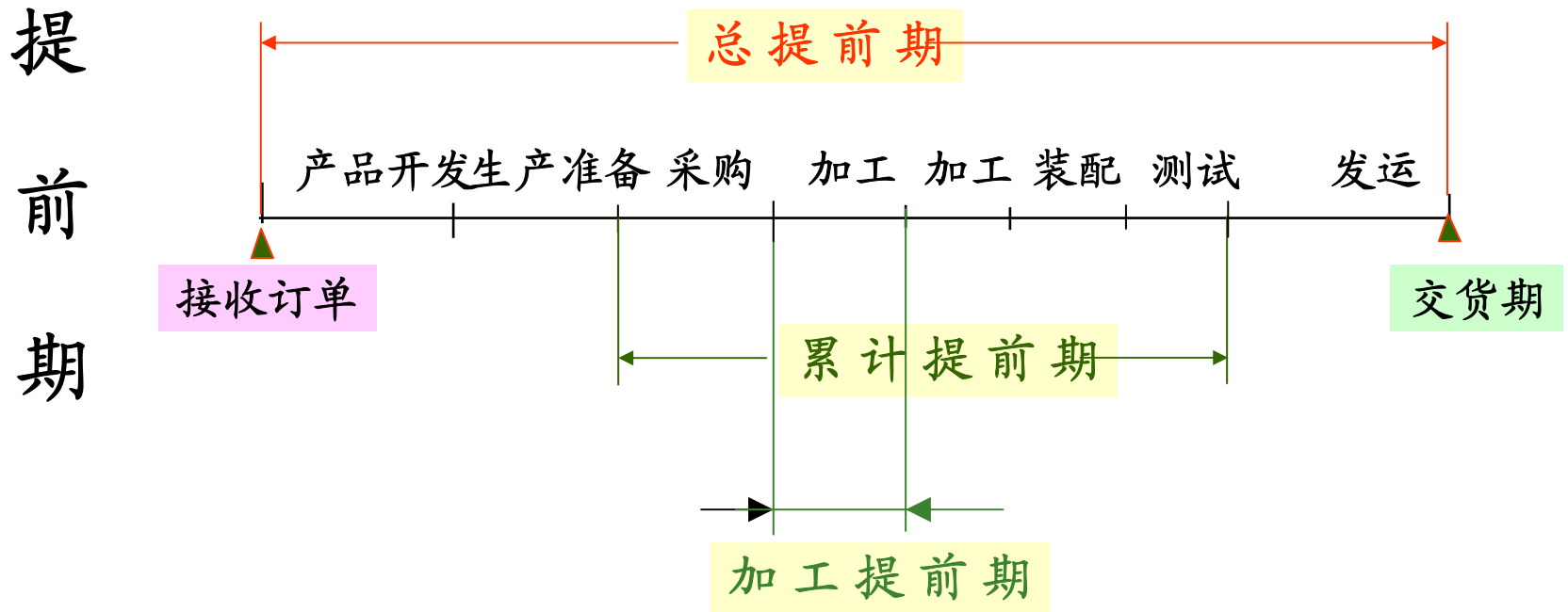
- 综合生产计划是按产品大类，在考虑生产能力规划情况下，编制的进度安排。
- 主生产计划是要确定每一具体的最终产品在每一具体时间段内的生产数量，是综合生产计划的分解和细化。

■主生产计划的制定程序

- MPS制定首先从综合计划开始，将产品的所有需求（包括预测的、已承诺的订单）、库存状况、生产能力情况等相关信息输入MPS计划中。MPS方案的制定是一个反复试算的过程。
- MPS应该确定在计划期间内各时间段上的最终产品的需求数量。
- MPS输出有计划生产量、存货需求以及待分配库存。

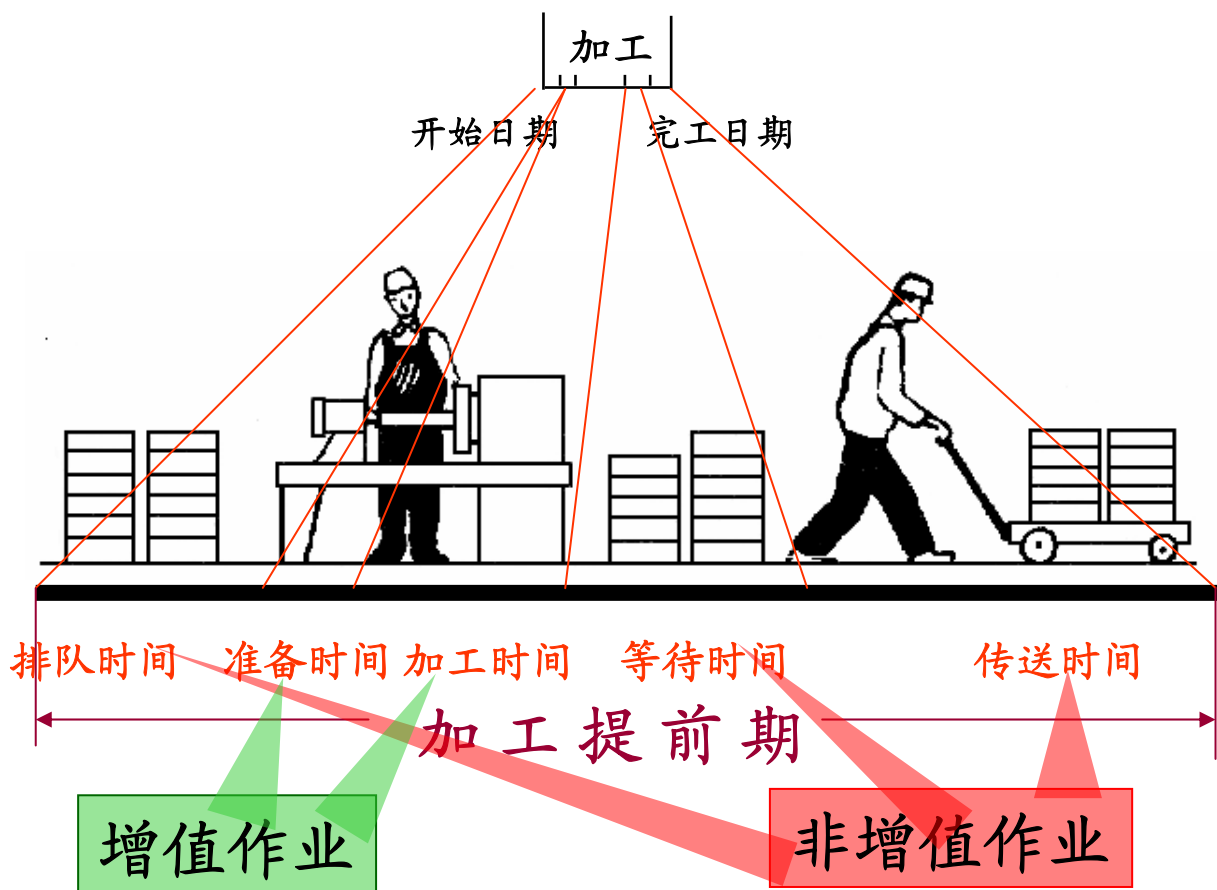
计划中的重要概念---提前期

- 定义：自交货/完工日起倒推生产周期



提前期

加工提前期的五种时间



提前期

影响提前期各类时间因素

时间类型	影响因素			
排队时间	批量	优先级	能力	拖欠量(计划)
准备时间	批量	工装设计		
加工时间	批量	工装设计	设备性能与能力	
等待时间	批量	搬运手段		
传送时间	批量	搬运手段	车间布置	

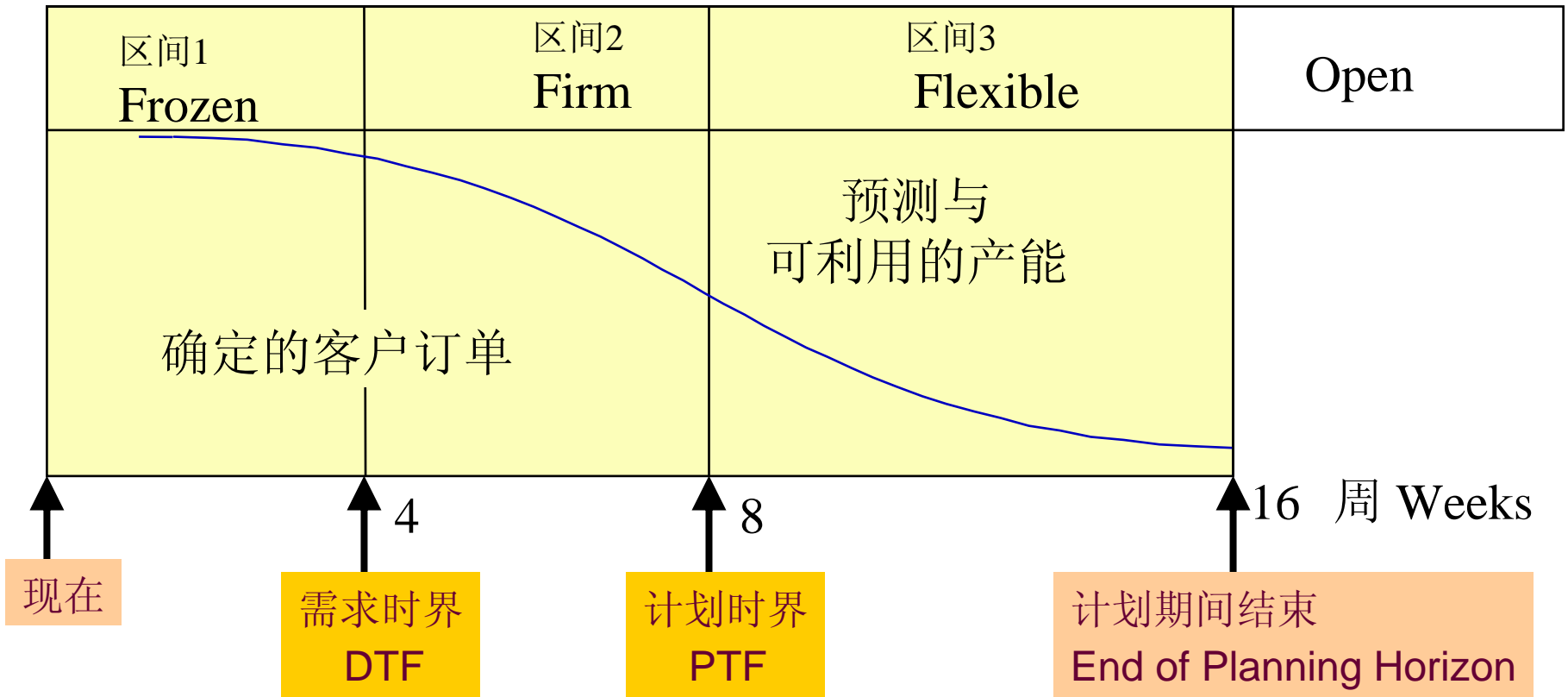
主生产计划MPS

- 为了资源的计划和订单的安排，MPS通常采用的时间期间（Time Horizon）是20周或更多，取决于从物料最终项至所有组件迭加的提前期。
- MPS的柔性取决于以下因素：
 - 生产提前期
 - 最终物料项所需组件
 - 与顾客与供应商的关系
 - 生产能力余量大小
 - 管理层变革愿望

时界 Time Fences

- 对MPS计划期间的不同部分所允许的变化予以限制，常设定时界（如在第4、8周设定），确定允许的变化程度。

产能Capacity



时界 Time Fences

- 冻结状态 **Frozen**
 - 计划不允许有任何的改变.
 - 稳定状态 **Moderately Firm**
 - 允许产品族内部一些特殊的微小变化（只要所需部件可获得）.
 - 灵活状态 **Flexible**
 - 允许某种程度较大的变化（只要总体能力需求水平基本保持不变）.
 - 开放状态 **Open**
 - 允许任何的改变。
-

时界 Time Fences

■ 两类时界

- 需求时界 **demand time fence**: 在该计划点之后仅允许少许重要的改变（需主计划员批准的特殊客户订单）。
 - 计划时界 **planning time fence**: 在该计划点之后MPS允许变化（由主计划员手工输入）。
-

计划的时间三要素

1. 计划期间 (跨度)

- 时间是连续、无限延绵的
- 看多远? — \approx 总提前期
- 预见性

2. 时段

- 分多细? — 计划的精度 (日、周、旬、月、季、年)
- 区别优先级

3. 时界

- 控制计划的稳定性
- 预测量 / 合同量的取舍
- 需求时界 — \approx 总装提前期
- 计划时界 — \approx 累计提前期

■制定主生产计划的基本模型

1. 计算现有库存量 (projected on-hand inventory, POH)

$$I_t = I_{t-1} + P_t - \max(F_t, CO_t)$$

I_t —t周末的现有库存量;

P_t —t周末的MPS生产量;

F_t —t周末的预计需求;

CO_t —t周准备发货的顾客订货量;

2. 确定MPS的生产量和生产时间

3. 计算待分配库存 (available-to-promise inventory, ATP)

营销部门可用来确定在确切的时间内供货的产品数量。

主生产计划

- 可承诺量/可签约量ATP(Available To Promise): 在一段时间中, 生产数量多于客户订单的数量, 称为可承诺量**ATP**。主生产计划中尚未确定订单的数量.

21英寸电视机MPS量的计算

期初库存：45	2月				3月			
	周次				周次			
	1	2	3	4	5	6	7	8
需求预计	30	30	30	30	30	30	30	30
顾客订货	33	25	18	14	0	0	0	0
现有库存量(I _t)	12	32	2	22	32	42	2	12
MPS量	0	50	0	50	50	50		50

21英寸电视机的新订单

订单序号	订货量	交货时间（周序号）
1	4	1
2	28	5
3	34	2
4	25	4

21英寸电视机的ATP

期初库存: 45	2月				3月			
	周次				周次			
	1	2	3	4	5	6	7	8
需求预计	30	30	30	30	30	30	30	30
顾客订货	33	25	18	14	0	0	0	0
现有库存量(I_t)	12	32	2	22	32	42	2	12
MPS量	0	50	0	50	50	50		50
ATP量	12	7		36	50	50		50

ATP计算：第一周的ATP量等于期初库存量加上本周的MPS量减去直到下一期（不包括该期）MPS量到达为止的全部订货量。

以后的各周，只在MPS量时才计算，计算方法：该周的MPS量减去从该周到下一期（不包括该期）MPS量到达为止的全部订货量。

■主生产计划的约束条件

- MPS所确定的生产总量必须等于综合计划确定的生产总量。
- 在决定产品批量和生产时间时必须考虑资源的约束。
- 还要注意生产的均衡安排与同一产品族内不同产品型号的混合生产

生产计划的均衡性

假定生产单一产品。产品计划可使用如下任一种。

不均衡	1	2	3	Total
	1,200	3,500	4,300	9,000

或

均衡	1	2	3	Total
	3,000	3,000	3,000	9,000

均衡生产有何好处？

均衡的生产计划

- 运作系统在不同时段上生产的产品数量与品种组合保持不变，保持有节奏、有规律的生产。
 - 简化工序的计划与控制工作
 - 逐渐降低准备时间
 - 工人熟练度增加
 - 稳定的计划传递给上游的供应商工序
 - 节省劳动力成本、降低管理费用

混合式生产

- 不同零件的均衡、重复性混合生产
- 降低加工批量，提高柔性，形成稳定连续的输出流

生产的同步化

- 协调各个工序的加工速度，保证各个零件或产品以相同的流动特征通过各个工序。
 - 提高输出的稳定性与可预测性。
 - 以固定的间隔期生产，减慢作业速度较快的工序，使物流运动的“鼓点节奏”统一。
 - 按需求频率分类：
 - 频繁生产，如每周一次
 - 经常生产，间隔期更长
 - 不经常生产，甚至偶尔才生产

生产的同步化

案例：假定某加工中心必须在20天内生产三种产品：产品A 1920件；产品B 1200件；产品C 960件。工作时间为每日8小时，确定固定时段的产品生产组合。

- 各个产品的节拍（相邻同类产品的生产间隔期）：
 - 产品A： $20 \times 8 \times 60 / 1920 = 5$ 分钟
 - 产品B： $20 \times 8 \times 60 / 1200 = 8$ 分钟
 - 产品C： $20 \times 8 \times 60 / 960 = 10$ 分钟

• 每40分钟生产8件A
• 每40分钟生产5件B
• 每40分钟生产4件C

可以建立一个由8件A，5件B，4件C混合组成的每40分钟重复一次的加工序列。具体产品排列方式有多种。

生产的产品组合满足计划期内的需求。