

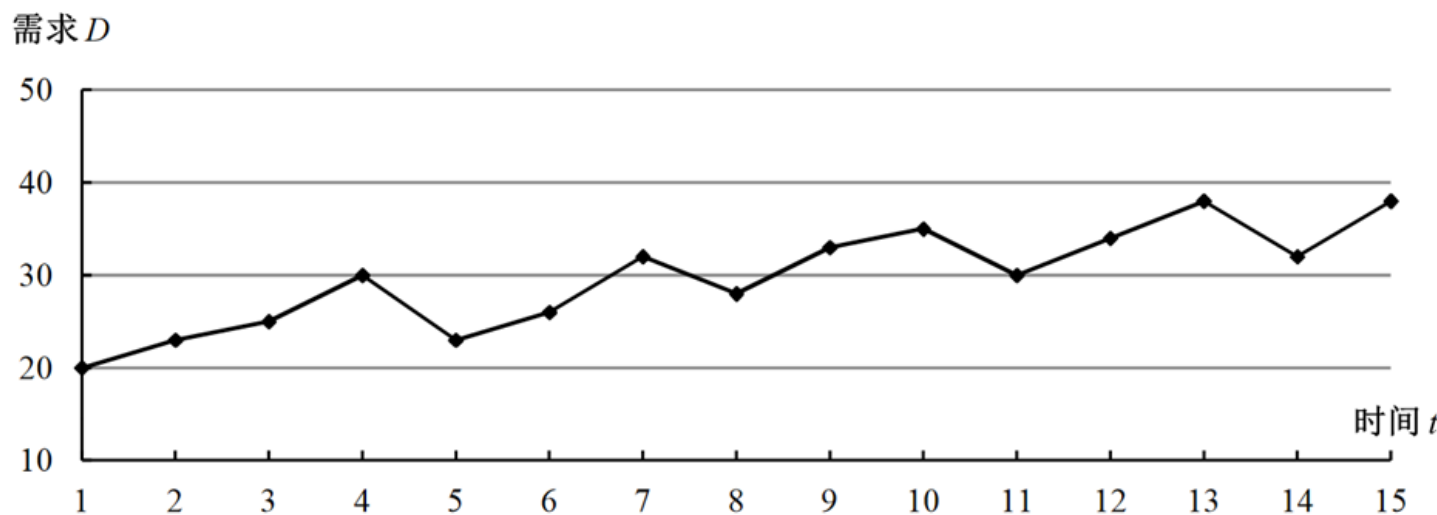
第11章 库存与生产 计划管理

第一节 库存管理

一、需求预测

■ 库存计划要根据市场需求来制定。

- 理论上，若需求完全稳定，如每月始终需要300件，则需求预测很简单，而且预测的结果与实际发生的需求之间没有差别。
- 但由于实际需求并不是稳定的，因此预测的需求一般与最终实际发生的需求有所误差，在进行需求预测时，需要考虑这些误差因素的影响。



(一) 需求变化的影响因素

- 影响需求的因素有四大类：趋势因素、季节性因素、周期性因素和随机因素。
- (1) 趋势因素：需求总体上越来越多或越来越少。

□ (2) 季节性因素

- 季节造成波动：夏季空调需求增加，冬季则相反；季节性因素的影响周期固定且影响量基本固定。

□ (3) 周期因素

- 和季节性因素比较类似，其区别在于周期因素出现的时间间隔可能会变化，而其波动量也可能会变化，如经济周期的影响，其周期和影响量并不固定。

□ (4) 随机因素

- 除了前三类因素之外，所存在的无法辨识的波动统统归于随机因素。

(二) 主观预测法

- 预测方法可分为主观预测和客观预测两大类。
- 主观预测根据人的主观判断给出需求信息，预测者可以是**单独的某人**，也可以是参与预测的**专家团队**，方法包括：
 - 销售人员预测法：销售人员根据经验确定需求值。
 - 领导层集体预测法：以前没有任何销售记录，需要更有经验的高层团队预测需求，如新品牌电子产品。
 - 客户调查方法：使用问卷等对市场进行调查。
 - 德尔菲方法：以一定的程序进行预测的一种方法。

(三) 客观预测

- 客观预测是根据历史上的实际需求数据建立预测模型而给出预测结果；如只考虑需求变化与时间的关系，则称为“时间序列预测”，若还考虑其他因素，则称为“因果预测”。

1、时间序列预测

- (1) 移动平均法
- 对于变化比较平稳的需求，可使用最近几个时期的历史需求的平均值作为下一个时期的需求。

- 例：已知1至3季度的需求分别为：80、86、82，那么简单移动平均法预测第4季度需求为：

$$\frac{80 + 86 + 82}{3} = 82.67$$

- 一般地，假设使用最近 n 期的历史需求预测第 t 期的需求，可用公式表示为：

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_{t-i}}{n}$$

- 虽然移动平均法看起来很“幼稚”，但对于稳定消费品的需求上预测效果很好，如食用油、盐、粮食这类生活必需品。
- 如果历史上某些时期对未来的影响更大，那么可以对不同历史时期赋予不同的权值，形成所谓“**加权移动平均**”方法：

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^n c_i D_{t-i}}{n}$$

- 其中 c_i 为加权系数，且满足条件： $\sum_{i=1}^n c_i = n$

- 例，假设第1、3季度和第4季度的需求特点更接近，因而赋予前3个季度对第4季度影响的重要性系数依次为1.2、0.6、1.2，那么第4季度预测值为：

$$\frac{80 \times 1.2 + 86 \times 0.6 + 82 \times 1.2}{1.2 + 0.6 + 1.2} = \frac{246}{3} = 82$$

■ (2) 指数平滑法

- 如果存在趋势因素，但波动还比较稳定，则可以使用指数平滑法，其基本公式为：

第 t 期预测值=

第 $t-1$ 期预测值+平滑系数 \times 第 $t-1$ 期预测误差

第 $t-1$ 期预测误差=

第 $t-1$ 期实际值-第 $t-1$ 期预测值

- 平滑系数一般取为0.1~0.2之间。

■ 例,

- 某产品本月预测需求为100件，而本月实际需求为110件，那么本期预测误差为： $110-100=10$ 。
- 假设我们认为这10件预测误差的20%归因于趋势变动所致，那么平滑系数为0.2，所以下期预测值为： $100+0.2 \times 10 = 102$ 。
- 若实际需求为90件，则预测误差为： $90-100 = -10$ ，所以下月需求： $100+0.2 \times (-10) = 98$ 件。

- 例，已知1到3季度的实际需求为200, 250, 175，平滑系数为 0.1，预测第4期需求。

□ 指数平滑法第一期的预测值可取为实际需求

期间	预测值	实际需求	误差
1	$200 = 200$	200	$200 - 200 = 0$
2	$200 = 200 + 0.1 \times 0$	250	$250 - 200 = 50$
3	$205 = 200 + 0.1 \times 50$	175	$175 - 205 = -30$
4	$202 = 205 + 0.1 \times (-30)$		-

- 如果第4期实际发生的需求已知，则可进一步预测第5期需求：

期间	预测值	实际需求	误差
1	$200 = 200$	200	$200 - 200 = 0$
2	$200 = 200 + 0.1 \times 0$	250	$250 - 200 = 50$
3	$205 = 200 + 0.1 \times 50$	175	$175 - 205 = -30$
4	$202 = 205 + 0.1 \times (-30)$	232	$232 - 202 = 30$
5	$205 = 202 + 0.1 \times 30$		-

□ 若知第5、6、7期实际值，则第5~9期预测值为

期间	预测值	实际需求	误差
5	$205 = 202 + 0.1 \times 30$	225	$225 - 205 = 20$
6	$207 = 205 + 0.1 \times 20$	285	$285 - 207 = 78$
7	$215 = 207 + 0.1 \times 78$	305	$305 - 215 = 90$
8	$224 = 215 + 0.1 \times 90$	190	$190 - 224 = -34$
9	$220 = 224 + 0.1 \times (-34)$		-

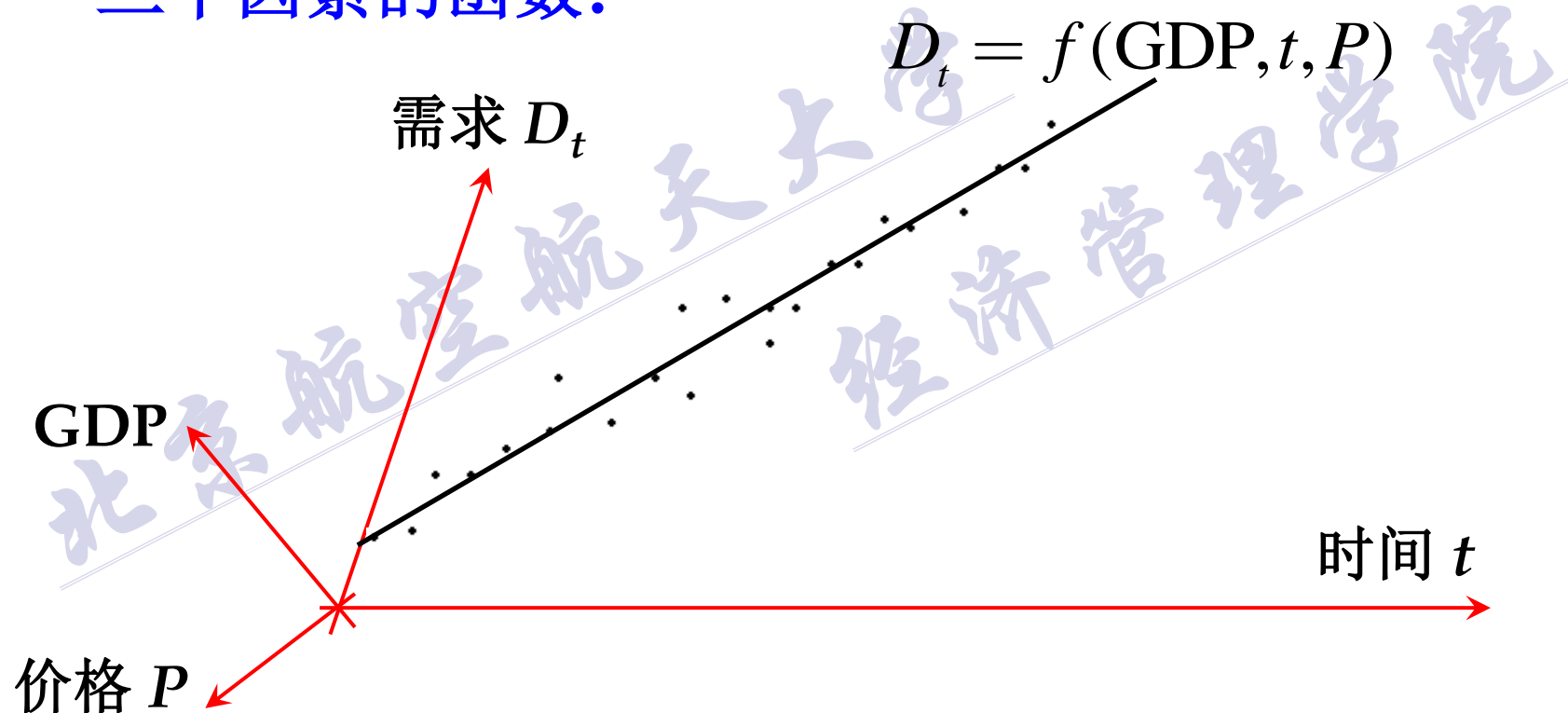
■ (3) 其他方法

- 如果时间序列数据中，既有趋势因素、又有季节因素或者周期因素，则可以进一步考虑Holt方法、Winter方法、Box-Jenkins模型（也称为ARIMA模型）等。

2、“因果”预测模型

- “因果”预测模型，不光使用时间序列关系，还考虑其他因素和预测量的关系，因此自变量可能是多元的。
- 使用的预测模型以回归分析为代表。
- “因果”模型里面的因变量不一定是导致需求变化的真实“原因”，只反映了一种统计意义上的关联关系。

- 比如预测汽车销售量，可能考虑它和GDP总量、时间 t 以及价格 P 同时有关系，那么销售量就是三个因素的函数：



二、经济订货批量

(一) 库存与库存成本

- 考虑一个零售店：通过预测可知方便面的需求，那么该如何进货才能**最经济**地满足这些需求？
- 例如，若未来一年方便面需求预测为10000包，每包进价2元，则产品总成本为20000元——无论提前一年采购，还是提前一个月采购都一样。
- 储备产品将会引起哪些**库存成本**？

(1) 保存成本（持有成本）

- 维持物理存储空间的仓储成本
 - 保险和税费
 - 损坏/腐烂/损耗/陈旧/丢失造成的价值减少
 - 库存占用资金的机会成本，或称为**资金成本**
- 其中资金成本占最主要的部分：设想这20000元来自利率为10%的银行贷款，那么每包方便面如果在库存中保存一年，则每年支付的利息为：
- $$2 \times 10\% = 0.2 \text{元}/(\text{年} \cdot \text{包})。$$

(2) 订购成本

- 订购成本包括业务洽谈、运输、验收、搬运、分拣等，其中运输费用往往占据主要部分。
- 订购成本的特点：订购成本主要和订购次数有关系，而与订购量关系不大。
 - 如运输成本，同样距离，运输半车鱼和运输一车鱼，运费很接近。
- 同样的一件商品，一般假设其保存成本与时间成正比，但订购成本只与订购次数有关系。

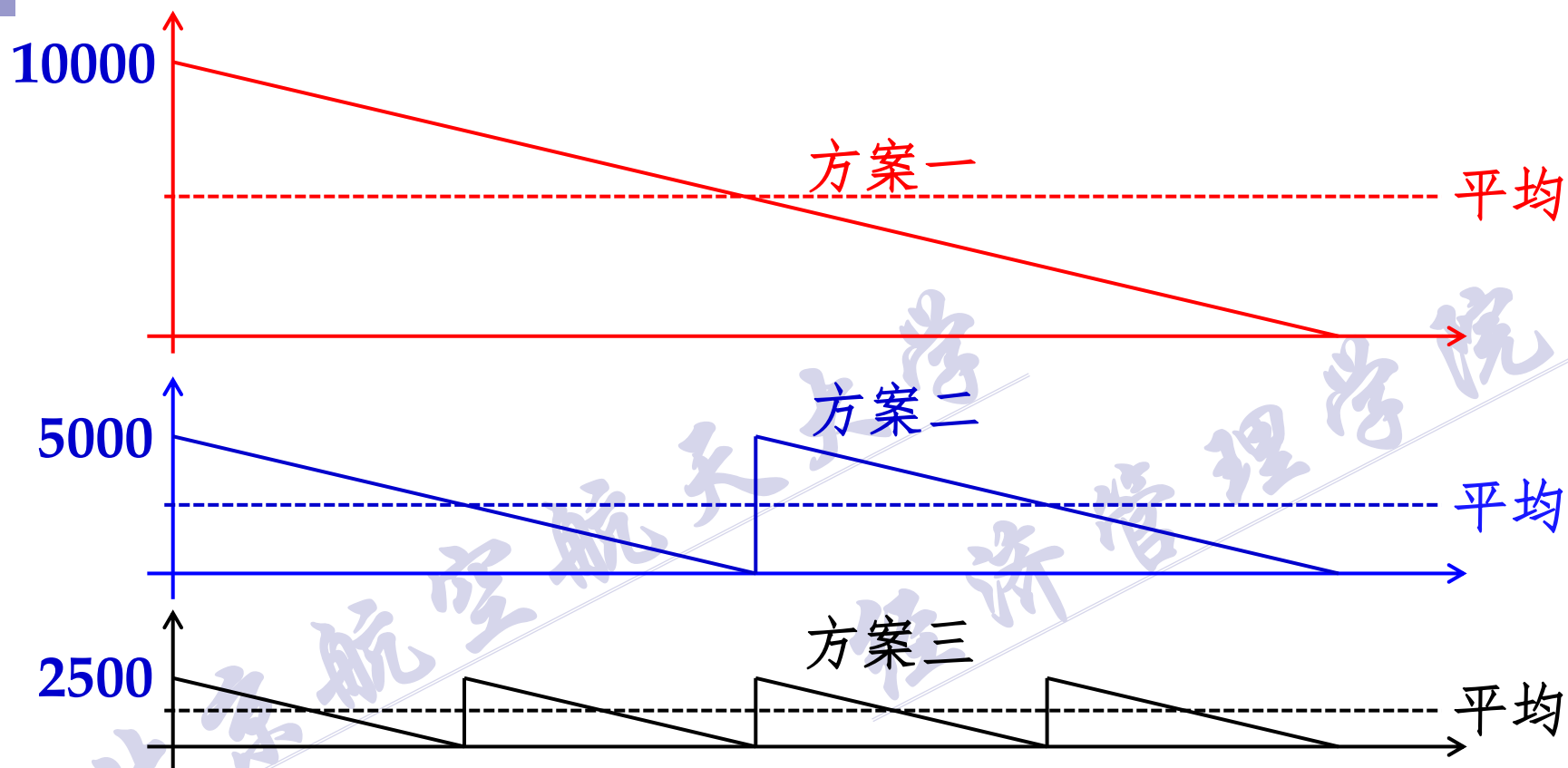
(3) 缺货惩罚成本

- 当库存产品缺货时候，会发生缺货惩罚成本：比如为了满足顾客而加急进货，此时供应商会收取额外费用，这个费用就相当于惩罚成本。
- 想避免缺货惩罚，就需要订购足够的商品，但又不能订购太多，否则会造成库存积压，结果又付出保存成本。
- 因此，应该根据需求和成本信息，确定一个最佳的进货策略。

(二) 经济订货批量 (economic order quantity, EOQ) 模型

- 考虑方便面的例子：不管什么时候订货，也不管分几批订货， 每年20000元的产品总价不变，必须付出，因此做决策时可以不考虑。
- 现在假设每**订购一次**，需要付出的运输成本、分拣入库等订购成本为**200元**。
- 每包方便面单位时间**保存成本：0.2元/(包.年)**。
- 考虑下述几种方案：

- 方案一：一次性订购10000包方便面，就能满足整年的需要。此时，年订购成本为200元。
- 方案二：每次订购5000包，一年订购两次即可，那么，年订购成本为 $200 \times 2 = 400$ 元。
- 方案三：每次订购2500包，一年订购四次，那么，年订购成本为 $200 \times 4 = 800$ 元。
- 哪个方案总成本最小？
- 需要进一步考虑**保存成本**，假设需求是稳定的因而库存是匀速消耗的，则库存量将线性减少：



- 方案一平均库存水平为 $10000/2=5000$ ；方案二平均库存水平为 $5000/2=2500$ ，方案三为1250。

总库存成本 = 订购总成本+保存成本

- 方案一： $200 + 5000 \times 0.2 = 1200$ 元/年
- 方案二： $400 + 2500 \times 0.2 = 900$ 元/年
- 方案三： $800 + 1250 \times 0.2 = 1050$ 元/年
- 方案二的订货策略最好！
- 上例表明：假设不允许缺货（满足所有需求），那么合理调整订货次数和每次的订货量，会使库存总成本减小。

经济订货批量EOQ问题的模型

- 假设：不允许缺货，不考虑订货提前期，产品入库瞬间完成。
- 设单位时间的需求为 D ，每次订货成本为 A ，每件产品单位时间保存成本为 C_h ，若订货量为 Q ，如何确定 Q 的最优值？

- 首先，单位时间发生的订货次数为： D/Q ，所以单位时间订货费用为： $A \times D/Q$ 。
- 而平均库存水平刚好就等于： $Q/2$ ，因此单位时间的库存保存成本为： $C_h \times Q/2$ 。
- 单位时间库存总成本就是：

$$C(Q) = A \times D/Q + C_h \times Q/2$$

- 上述函数 $C(Q)$ 关于 Q 为凸函数，直接求导得到使总成本最小的最优 Q 为：

$$Q^* = \sqrt{2AD / C_h}$$

- Q^* 称为经济订货批量（economic order quantity, EOQ）；代入成本函数，得到最低总库存成本为：

$$C^* = \sqrt{2ADC_h}$$

- EOQ的存在说明：针对稳定需求，有一个最佳订货量使库存总成本最小。因此，订货时不能过多，也不能过少。

- 以方便面为例，其EOQ为：

$$\begin{aligned} \text{EOQ} &= \sqrt{2AD / C_h} \\ &= \sqrt{2 \times 200 \times 10000 / 0.2} \\ &\approx 4472 \text{件} \end{aligned}$$

- 最优库存成本为：

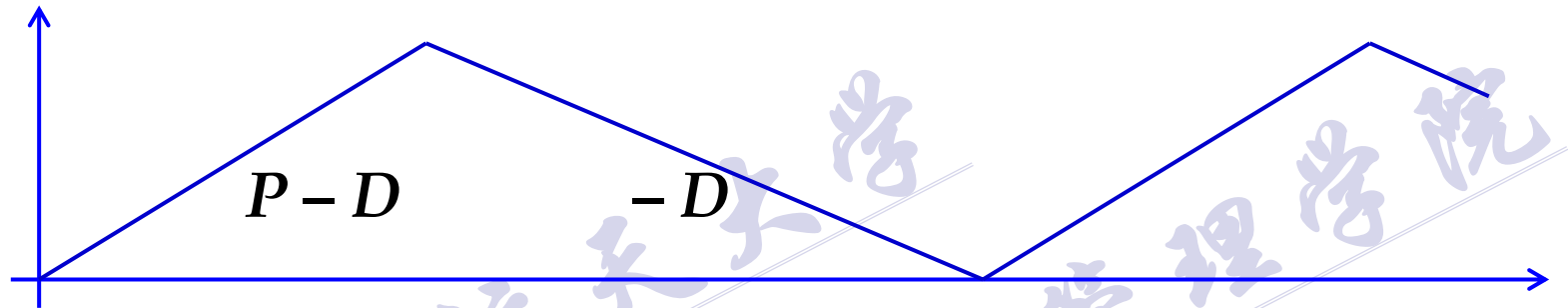
$$\begin{aligned} C^* &= \sqrt{2ADC_h} \\ &= \sqrt{2 \times 200 \times 10000 \times 0.2} \\ &= 894.43 \text{元 / 年} \end{aligned}$$

第二节 批量问题与生产计划

一、经济生产批量

- EOQ假设库存补充瞬时发生——瞬间从 0 补充到订货量 Q ；但如果不是依靠一次性订货，而是通过生产获得产品，那么库存的补充就需要时间。
- 假设生产率为 P 件/单位时间，那么 P 应该大于需求率 D ——否则永远缺货。
- 从库存为 0 开始生产时，一边生产一边满足需求，则库存积累的速率为 $P - D$ 。

- 当库存补充到最高水平时，可停止生产，通过消耗库存而满足需求，则库存水平变化如图：

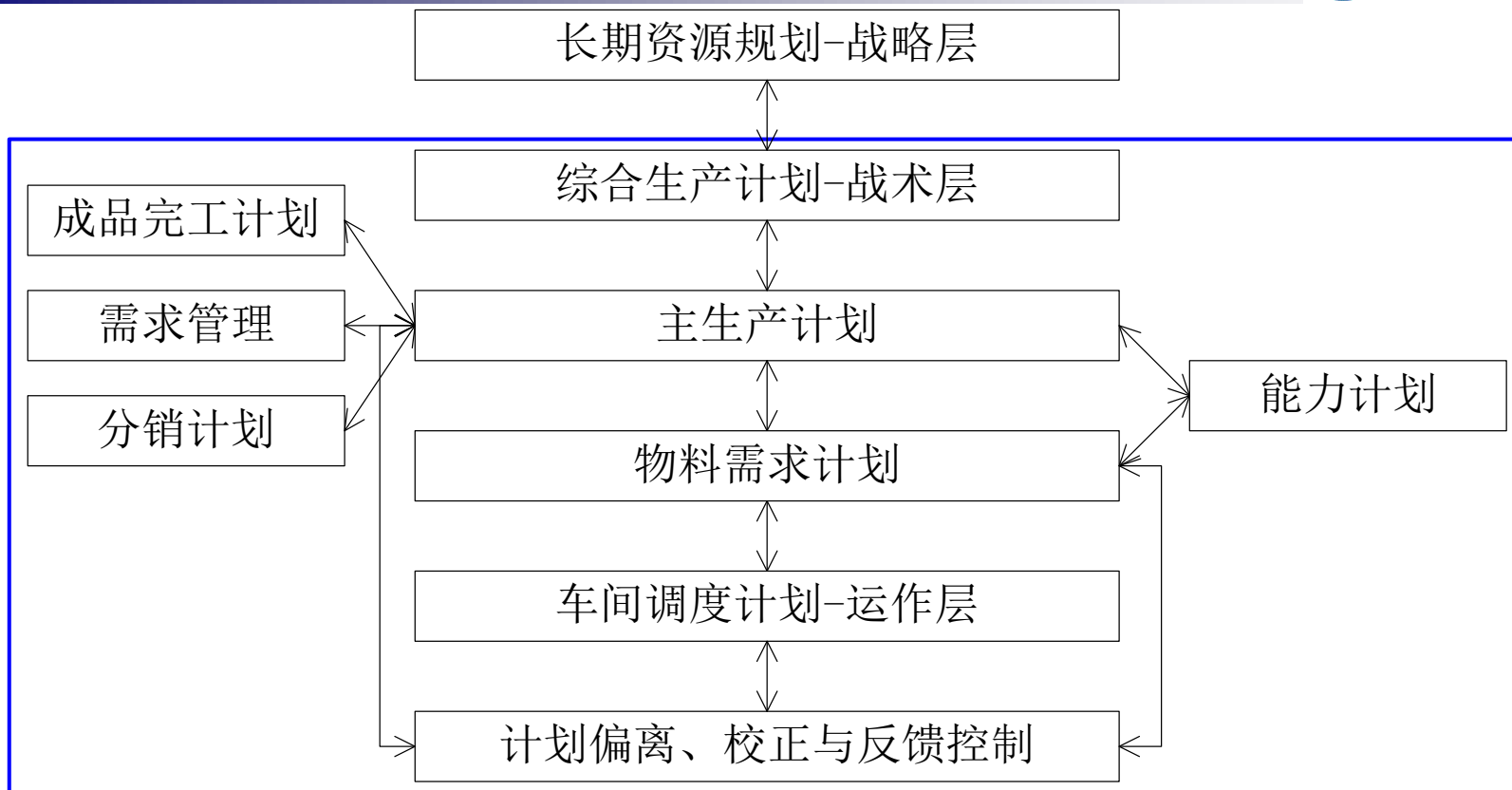


- 启动一次生产，就发生一次**生产准备成本**，而持有库存又要支付**保存成本**，因此类似有一个最佳生产量，称为**经济生产批量**。
- 批量现象表明：应该在适当的时候订购，或生产适当数量的产品，而不是越多越好。

二、生产计划

(一) 生产计划的体系结构

- 对于需求稳定的简单产品，**经济批量模型**足以解决生产计划问题，但实际上并非如此：
 - 产品往往很复杂、同类品种也分不同规格，需求也并不总是稳定的；
 - 不同管理层关心的问题不同：高层管理者更关注总体生产，车间管理者更关注具体零部件的生产。
- 简单批量模型不可能解决复杂问题，人们往往使用分层计划体系：



- ❑ 战略层解决新产品开发、资源计划、市场开发等企业未来5-10年或更长时期的战略性问题。
- ❑ 生产管理，开始于综合生产计划层。

(二) 综合生产计划

- 综合生产计划制定未来 0.5 年到 2 年内，每个月或者每个季度的产量计划。
- 其特点是围绕一个抽象的“综合产品”展开：
 - 设想一个汽车制造商，生产BX50系列的小轿车，而这个系列又分为基本型、舒适型、豪华型、旗舰型四种型号。
 - 综合计划不会具体到每个型号的产量，而只以BX50为“综合产品”制定总的产量计划。

(三) 主生产计划

□ 主生产计划基于综合生产计划进一步细化：

- 一方面**细化时间粒度**，具体到 0.5 年内每个星期甚至每天的工作量；另一方面，更多考虑实际生产和市场信息，具体化到产品品种。
- 例如，确定BX50系列每种型号：基本型、舒适性、豪华型、旗舰型**各自具体的产量**。
- 主生产计划将生产任务具体**下达到成品车间**。
- 在主生产计划层面，可在定制分离点之后，按订单进行定制生产。

（四）物料需求计划

- 将成品生产任务进一步分解为具体的原材料、零部件，并确定它们在每个计划期的产量，从而使生产计划可以下达到**所有车间**而启动生产，这就是**物料需求计划**（material requirement planning, **MRP**）。
- 和主生产计划比较：
 - 主生产计划将成品产量计划下达到成品车间；
 - 物料需求计划**MRP**要继续分解成原材料、零部件的生产任务，从而将计划下达到所有车间。

(五) 车间调度计划

- 车间调度计划，是将各车间的生产任务，进一步细化落实到具体的加工中心、工位、每件或每批次产品的交货期而制定的生产计划。
- 例如，某车间要加工A、B两种零件，MRP只是告诉该车间在哪一天各自完成多少量。但是，至于A、B的生产顺序，需要车间调度计划来解决。
- 难道生产顺序不同会造成结果有差异吗？

- 假设车间生产完产品A，需要经过30分钟才能准备好生产产品B；而若先生产B，则只需要5分钟就能开始A的生产。那么显然按照 $B \rightarrow A$ 的顺序是最经济的——避免了时间浪费。
- 或者，假设这两种产品都超出了正常工作时间而需要延期完成，但A的延期惩罚比B小，那么按照 $A \rightarrow B$ 的顺序又是最经济的。
- 总之，要找一个最优车间调度方案，最底层的生产单元就按照这个最优调度方案开始生产。

(六) 生产计划滚动

- 通过预测得到的需求信息或者直接拿到客户订单，是制定生产计划和进行生产的开始。
- 但在实际中，预测会有误差、订单可能出现变化、生产过程也可能出现偏离，这就需要不断考察计划的实际执行情况以及实际市场环境的变化，修正原有计划而形成新的生产计划。
- 要求每隔一段时间重复这一操作，从而使生产计划体系具有应对未来变化和对偏离的自我修正能力，这就是生产计划滚动，原理如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
初始计划:	执行期	准备期		展望期								
第一次计划滚动:	执行期	准备期		展望期								
第二次计划滚动:	执行期	准备期		展望期								
第三次计划滚动:	执行期	准备期		展望期								

■ 计划滚动的基本思路就是“得陇望蜀”：

- 当前计划在执行时，要预计未来变化，做好应对计划偏离的准备。
- 执行期结束，马上评估偏离，修正还未执行的旧计划而形成新的执行期计划，如此一直往复循环。

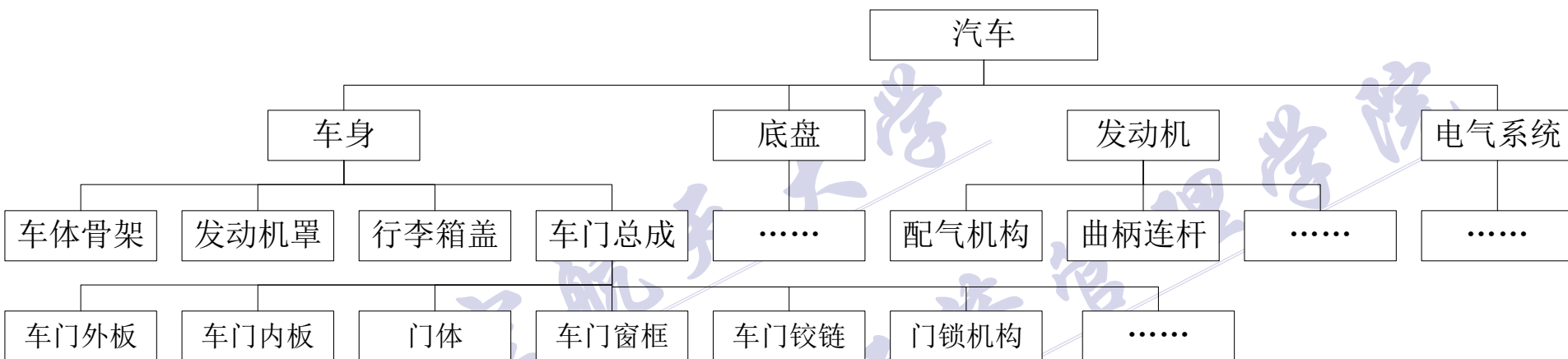
第四节 MRP和JIT系统

一、MRP——推式生产计划

(一) 产品物料清单 (bill of material, BOM)

- 到了物料需求计划 (material requirement planning, **MRP**) 这一层, 生产计划才具有执行的可能。
- MRP将成品需求计划通过产品物料清单 (bill of material, BOM) 分解为原材料、零部件的生产或采购计划, 然后下达给各生产单位启动生产。

- **产品物料清单**，就是以树状分层结构将产品分解为部件、零件直至原材料。

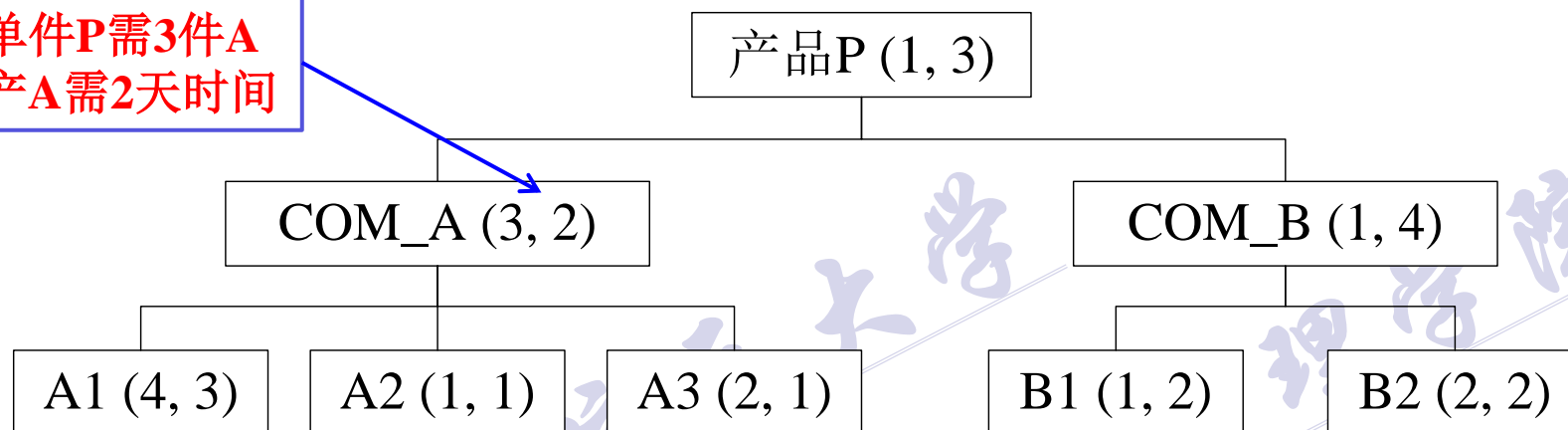


- 对上述每个子系统继续细分，就可以得到最终所需要的零部件或者原材料的物料清单表：

物料名称	代码	层次	父节点	单位	每台件数	制造类型	生产周期
汽车	10000	1	-	台	1	自制	2周
车身	11000	2	10000	台	1	自制	1周
车体骨架	11100	3	11000	件	1	自制	1周
发动机罩	11200	3	11000	件	1	自制	0.5周
行李箱盖	11300	3	11000	件	1	自制	0.5周
车门总成	11400	3	11300	件	4	自制	1周
车门外板	11401	4	11300	件	1	外包	0.5周
...
底盘	12000	2	10000	件	1	自制	2周
发动机	13000	2	10000	件	1	外购	3周
电气系统	14000	2	10000	件	1	自制	2周

□ 产品BOM结构可简示如下，

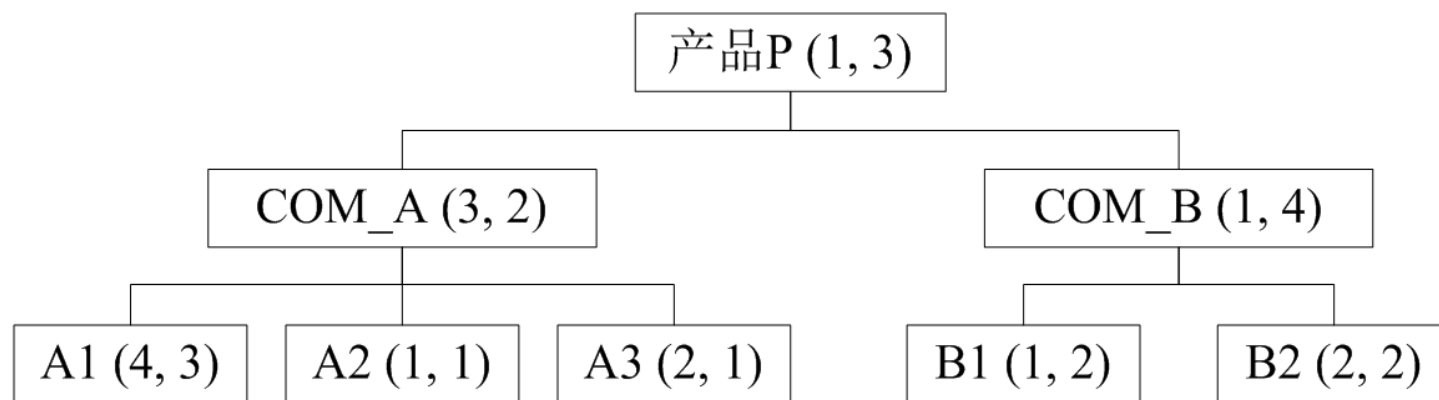
生产单件P需3件A
而生产A需2天时间



- 括号中的第一个数字表示生产单件父节点上的产品所需要的该节点上的零部件数；第二个数字表示该零部件的**生产周期或生产提前期**。
- 生产周期/提前期就是从开始生产到生产完成所需要的时间。

(二) 物料需求计划——MRP计划方法

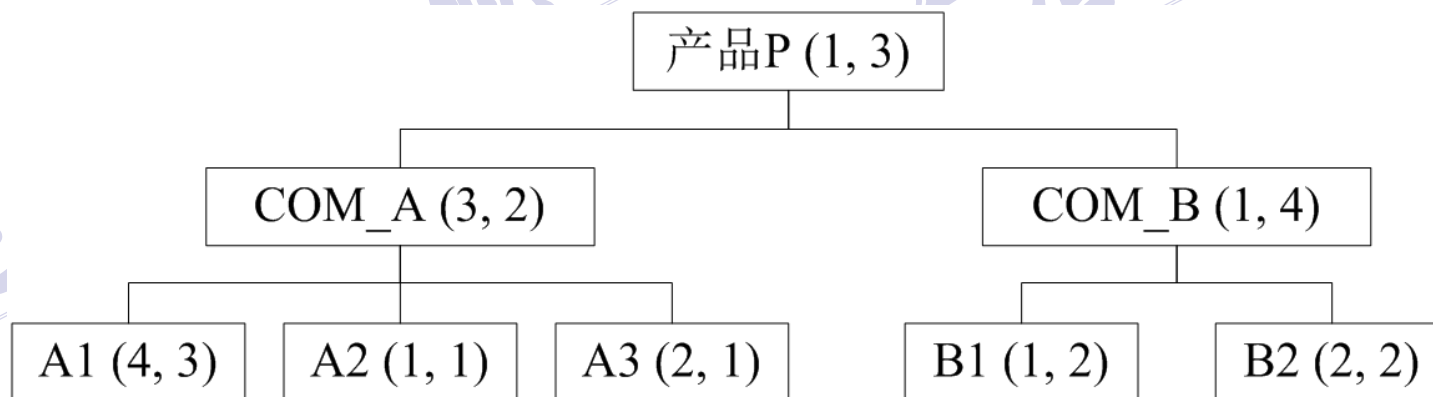
- 物料需求计划（material requirement planning , MRP）的基本思路：从成品主生产计划开始，**逆工艺路线**，从成品向下逐层分解，直到得到各零部件以及外购原材料的生产和采购计划。
- 假设上述产品主生产计划规定：在第10周交付100件产品P，请确定各零部件的生产计划？



- 首先，产品P生产提前期为3周，因此产品P必须要在第 $10 - 3 = 7$ 周开始生产。
- 产品P由3个部件COM_A和1个COM_B组成，生产提前期分别是2周和4周，那么COM_A显然应该要在第 $7 - 2 = 5$ 周开始，共生产 $100 \times 3 = 300$ 件；
- COM_B应在第 $7 - 4 = 3$ 周生产 $100 \times 1 = 100$ 件。

■ 同理得到其他所有产品的生产计划:

产品	产品P	COM_A	A1	A2	A3	COM_B	B1	B2
产量	100	300	1200	300	600	100	100	200
开始日期	7	5	2	4	4	3	1	1



- 1980年代，IBM在MRP的基础上，增加了财务会计管理职能，实现了生产、库存、采购、销售、财务和成本子系统的信息集成。
- 这一新的系统仍然**简称**为MRP，但其全名修改为“**制造资源计划**”（Manufacturing Resource Planning, MRP）。
- 为了与第一代MRP相区别，一般称为**MRPII**。

- MRP适合BOM结构较为复杂，但需求和生产不确定因素较低的离散制造装配型生产环境，因为其需求预测较准确，故可提前生产产品维持适当批量的库存，以满足顾客需求。
- 若需求波动较大，这种提前生产方式就不太合适：可能生产过剩，也可能发生缺货。
- 一个解决办法就是：尽量推迟成品的生产，直到确实已经拿到顾客订单因而彻底敲定了成品需求之后再开始按订单生产。
- 这类系统由拉式生产方式实现。

二、准时制生产——JIT

（一）JIT基本概念

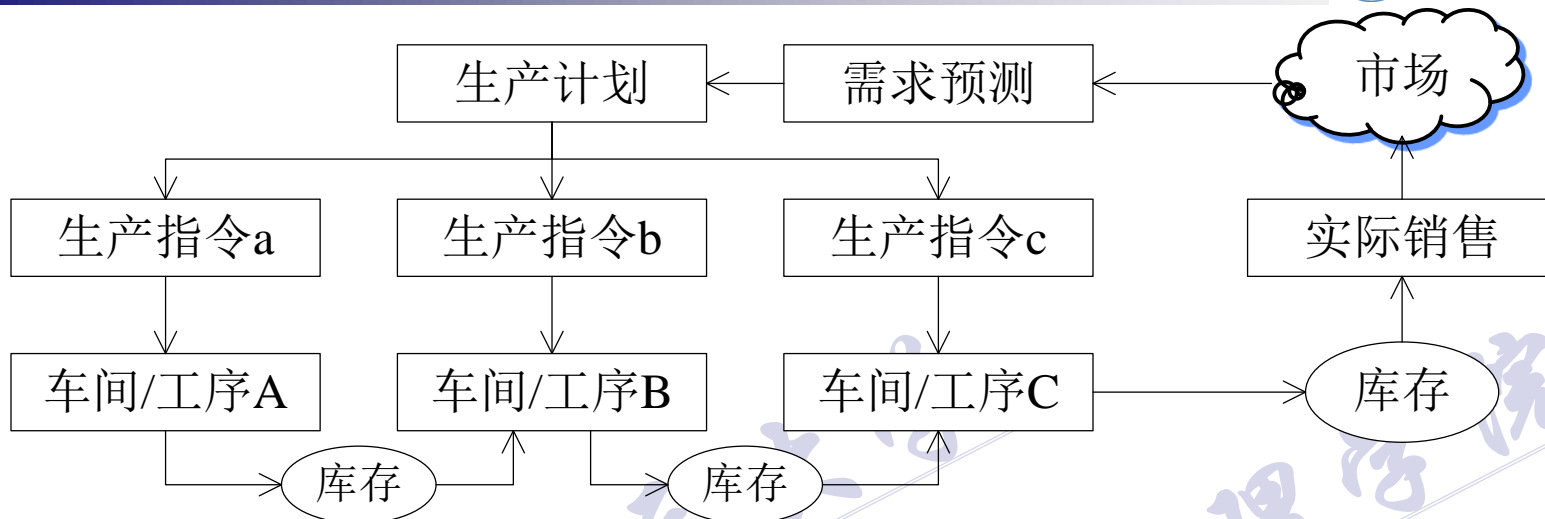
- 准时制（just in time, JIT）生产，最早由丰田喜一郎构思于1930年代，而由丰田汽车公司的丰田英二和大野耐一于1970年代完全实现，也称丰田生产方式。
- 准时制，就是要求产品线各环节将必要的产品（原材料、零部件或成品），以必要的数量和完美的质量，在正确的时间送往正确的地点。

- 以JIT的理念，产品产出的“正确时间”就是顾客实际需求发生或者要求交货的时间，此时，任何产出的产品，立即会被交货给顾客，不会保留任何库存。
- 因此，若企业达到了理想的JIT，则理论上其库存就应是0，因此JIT又称为“零库存”管理。
- JIT的生产是等顾客需求到达才开始，因此是需求拉动的生产方式（和计划推动的持有库存生产方式相对）。

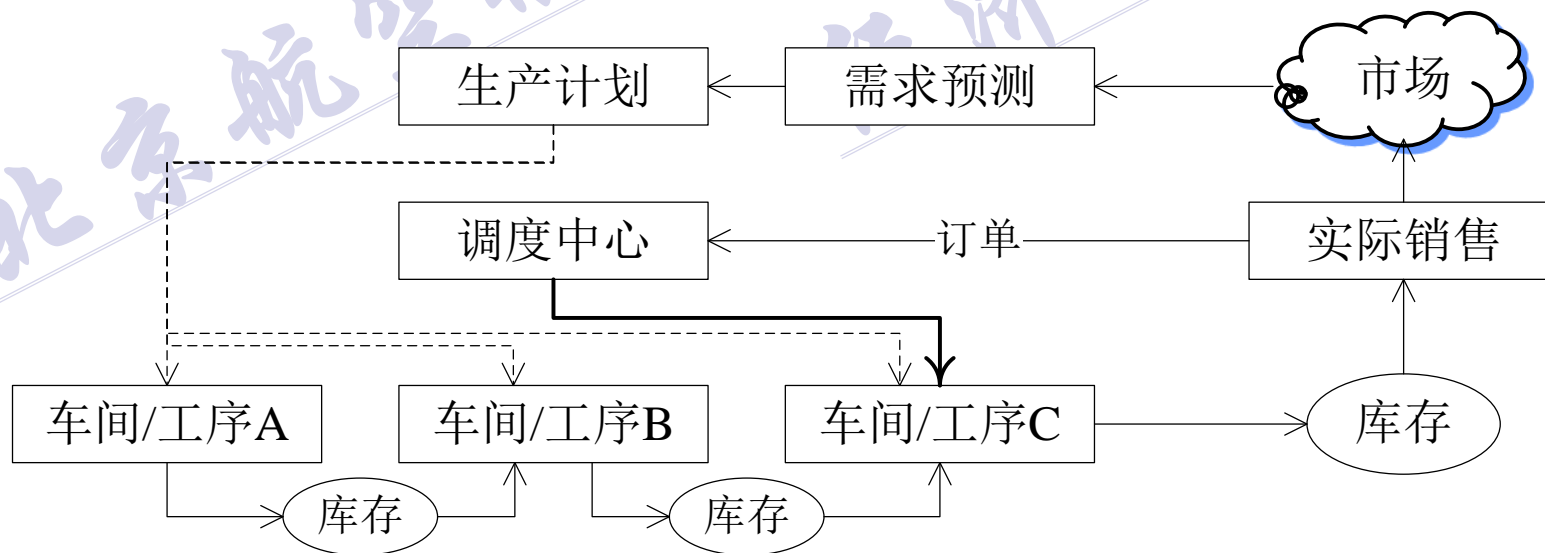
- 以JIT来说，若实际需求还未发生，订单还未到达，就不应做任何生产。否则，就是浪费。
- JIT定义了7大浪费：
 - 多余的操作和搬运
 - 库存积压
 - 故障和有害操作
 - 等待
 - 多余的产品功能
 - 过度生产
 - 废品和次品。

在JIT方式下，“超额与提前完成任务”并不一定是什么好事，因为它们会造成库存积压，抬高资金成本，降低企业盈利能力，这与JIT的目标完全相悖。

- 要实现“准时”，JIT系统就必须做到**快速响应**，**尽量缩短生产周期**。为此，要遵循下述思想：
 - (1) 无情消除一切浪费：凡是不增加顾客价值的活动都是无效和浪费的。
 - (2) 不断改进，不断完善，追求尽善尽美。
 - (3) 把调动人的积极性和创造性放在首位，推行“以人为中心”的管理。
 - 注意，JIT在做计划分解时，也一样要用到MRP的BOM分解和计算，但是他们的区别是：JIT基于实际需求信息进行计划分解，而MRP是根据需求预测进行计划分解。



a. MRP推式生产系统



b. JIT拉式生产系统

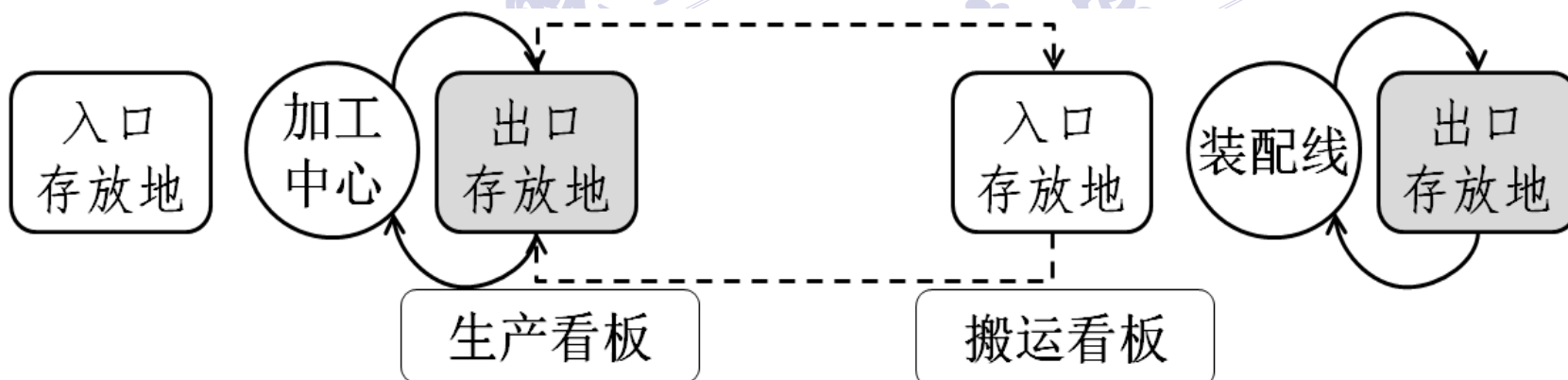
（二）JIT的生产管理方式——看板管理

- 看板管理（Kanban）是准时制生产系统的基本管理方法。
- 因为JIT是将产品从成品需求端分解，逐层传递到零部件、原材料等上游生产节点而启动生产的，所以其生产指令是从最下游的成品节点向上游节点下达的。

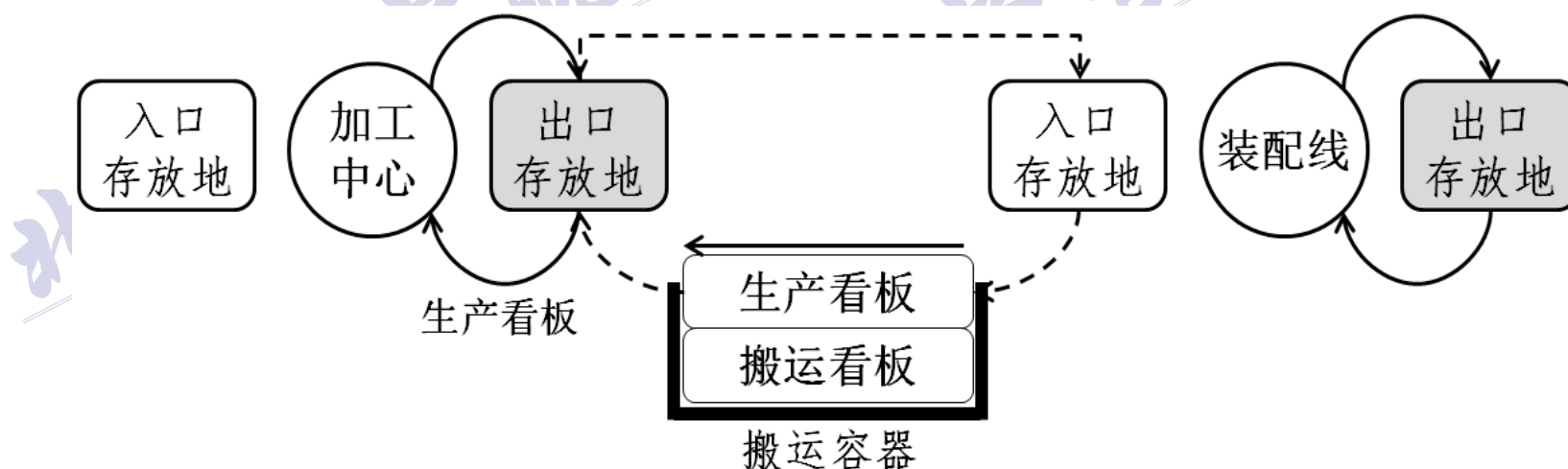
■ 看板管理原理

- 首先，合理布置设备，使零部件在加工过程中有明确固定的路线；
- 其次，合理布置工作地，使在制品（半成品）与零部件存放在工作地旁边，而不是放在仓库；
- 最后，每个工作中心有两个存放地：入口和出口存放地。
- 使用两种看板：搬运看板和生产看板。

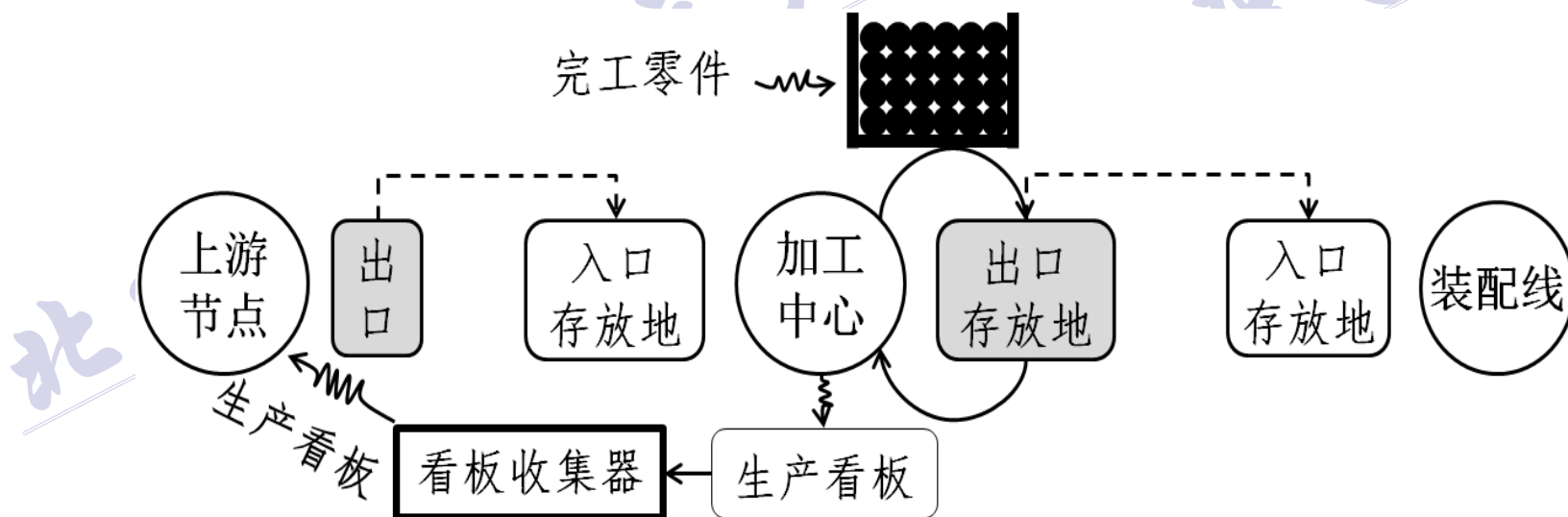
- 搬运看板：在上道工序出口与下道工序入口之间往返运动，指出某批零件的生产者（出口存放号），以及应该搬运到的目的工作地（入口存放号）。
- 生产看板：规定生产内容，以及规定生产出来的零部件在出口存放地的存放点（与下道工序对应）。



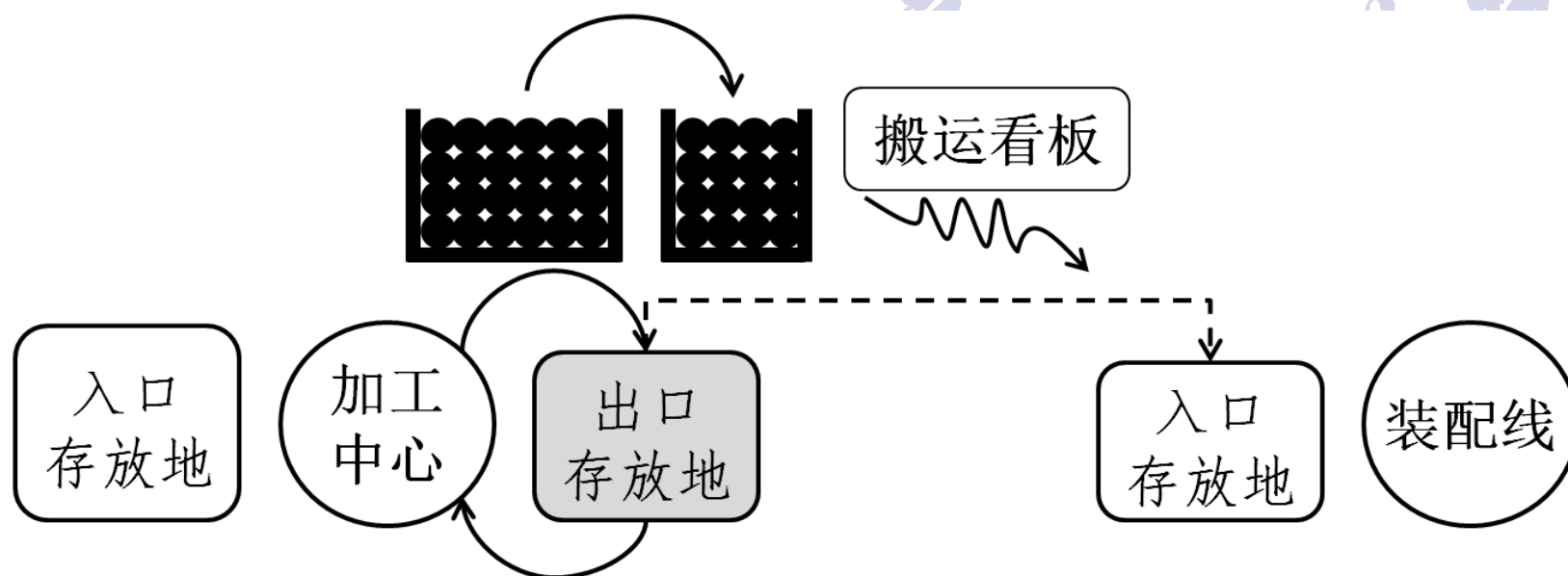
- 作为拉式系统，JIT 生产开始于终点工序：
 - 第一步，装配线（下道工序）给加工中心（上道工序）发送一个生产看板和搬运容器（内含搬运看板），提出需要生产什么零件，生产看板连同搬运容器放在上道工序出口存储区。



- 第二步，上道工序工人发现生产看板，就按要求生产，并将完成的零件放在**生产容器**中，准备移到**搬运容器**，以便运送至下道工序的入口存放地；而生产看板则回收指定收集箱。



- 第三步，上道工序工人将零件连同搬运看板从生产容器放进搬运容器（生产量/生产容器和搬运量/搬运容器不一定相等），传送到下道工序的入口存放地。



- 第四步，装配线工人取走存储区零件，放入新的生产看板，告诉上道工序继续下一批零件的生产；加工中心工人取出新的生产看板，在容器中装满零件，放入搬运看板，继续循环。
- 看板系统的核心原则就是“看板为王”：无看板，不搬运；无看板，不生产。
 - 由于其生产指令完全由需求驱动，生产计划能在当月内随时调整，因此在制品的计划数量与实际消耗出入不大，而产成品又能及时销售出去，所以可大幅降低库存储备。

(三) JIT系统的生产批量与看板数量

- 当达到理想JIT生产时，生产准备时间可以忽略，对应的生产准备成本也接近于0，此时即可多频次小批量启动生产，达到接近零库存的目标。

考虑一个单看板系统：生产看板就是搬运看板，每批产出的产品直接装在生产容器（也当作搬运容器）中完整地交付给下道工序；并且，每次的生产批量就等于容器的容量，记为 a ；此时，**看板数量就决定了库存量**。

- 设单位时间需求量为 D ，上道工序生产 a 件产品并搬运到下道工序的时间为 L （包括生产准备时间）；考虑到随机因素的影响，给定安全系数为 S （一般约为10%），则看板数量计算公式为：

$$k \geq \frac{DL(1+S)}{a}$$

- 其中 k 取不小于下限值的最小整数。

■ 例，有一个为装配线提供零件的加工中心，采用单看板系统，生产/搬运容器容量为 10。

□ 加工中心完成 10 件零件的生产并被搬运到装配线需要 $L = 4$ 小时，装配线每小时需要 $D = 7$ 个零件组装成品，若取安全系数 $S = 5\%$ ，那么生产/搬运看板数为：

$$k \geq \frac{DL(1+S)}{a} = \frac{7 \times 4 \times (1+5\%)}{10} = 2.94$$

□ 取整可知，所需看板数为 $k = 3$ ，即需要设置容量为10的3个生产/搬运容器。

■ JIT看板管理 vs. 生产水平

- 只有当生产准备成本/时间达到极低程度时，才可以将合理生产批量设定为生产/搬运容器的容量从而实现小批量生产*，否则会因反复启动生产线而发生高额的生产准备成本。
- 并不是说因为实施了JIT的看板管理而提高了生产水平，而是因为提高了生产水平才使得生产系统可以按照JIT的看板管理方式运行。

*为了实现“准时”生产，JIT系统要求将生产准备时间压缩至极低。在20世纪70年代末，丰田公司的胶印工人能在10分钟内完成800吨压力机的换模，而当时美国和德国的工人分别需要6小时和4小时；三菱重工的工人将镗床的刀具换装时间从过去的24小时降低到了惊人的2分40秒。

（四）增强版JIT——精益生产

- 日本准时制生产的成功，使美国人开始关注日本汽车工业的生产方式，并惊奇于日本人仅使用很“简单”的看板系统就能生产精良产品。
- 于是MIT（麻省理工学院）启动了“国际汽车项目”，认为日本人在工作上追求尽善尽美，精益求精，在制造上讲究零缺陷和零库存。这种思想和管理方式可以推广到其他行业，美国人将之称为“精益生产”（lean production, LP）。

- 精益生产是抽取JIT精髓形成的更高层面的管理理论，总原则是“一切从简”（lean：“精瘦”、“精干”）和“不断改进”（精益求精）；
 - 一切从简：删除一切冗余和不利因素，包括简化企业组织结构、简化产品开发过程、简化制造过程、简化产品结构、简化与供应商的联系；
 - 不断改进：强调企业时刻只处于“良好”状态而不是“最优”状态，因此要不断进取，永无止境，永远追求理想境界。

（五）拉式生产系统的适用性

- 对于一些顾客定制要求较多、花样较为繁复的产品，若在需求实现之前盲目生产，很可能造成库存积压。
- 而拉式生产系统是在获得顾客订单之后才开始成品的生产，因此对于顾客定制性较多的产品，可考虑采用拉式生产系统。
- 但若**生产提前期**太长，就会造成顾客流失，因此JIT一般适于按订单装配的定制产品生产线，如汽车、电子产品等。

- 对于标准产品，如家电产品、日常消耗品等，其花样的选择性不大，推式生产就可以满足；
- 对于大型工程、轮船、重型机械等产品，并不适合采用JIT的拉式生产，因为不是简单的装配过程，不可能做到如JIT水平的快速反应。对这类产品，一般采用项目管理，以项目型制造系统应对。
- 总的来说，JIT以及MRP能解决部分批量生产、离散制造-装配类型的生产系统计划问题，但对于单件小批生产、连续流程型生产系统并不完全适用，还需要借助其他生产管理方法。

■ 本章小结

- 需求预测与库存批量
- 生产计划分层体系
- 不同生产系统类型，其生产计划方法不同；
- 按预测制定生产计划，是备货型推式生产，典型的为MRP系统；
- 按实际需求制定生产计划，是拉式接单生产，典型的是JIT系统；
- JIT系统的看板数量。